保　存　用

共同研究報告書
整理番号第175号

トンネル内の新照明方式に関する共同研究報告書

カウンタービーム照明に関する研究(その３)報告書

平成９年３月

建設省土木研究所
トンネル研究室
日本道路公団
首都高速道路公団
岩崎電気株式会社
建電設備株式会社
小糸工業株式会社
東芝ライテック株式会社
松下電器産業株式会社

Copyright © (1997) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

共同研究報告書
第175号1997年3月

トンネル内の新照明方式に関する共同研究報告書
カウンタービーム照明に関する研究(その3)報告書

建設省土木研究所	トンネル研究室室長	真下　英人
	トンネル研究室研究員	石村　利明
日本道路公団	施設部施設建設課	相馬　隆治
	施設部施設企画課	稲見　寛昭
首都高速道路公団	保全施設部電気通信課課長補佐	宮川　勝海
	保全施設部電気通信課班長	小林　浩之
岩崎電気株式会社	技術開発室	内田　和夫
	技術開発室営業技術部課長	赤坂　人司
建電設備株式会社	東京支店技術部担当部長	関口　芳夫
	大阪支店技術部次長	乗松　幸生
小糸工業株式会社	電気営業本部室理事	荒井　弘志
	照明技術部次長	森永　晃
	照明技術部	永井　渉
	照明技術部	角　建志
東芝ライテック株式会社	セールスエンジニアリングセンター部長代理	大山　敬
	セールスエンジニアリングセンター	皆川　考司
松下電器産業株式会社	照明研究所主席研究員	坂本　正悦
	照明研究所	山中　泰彦
	東京エンジニアリングセンター課長	大橋　利彦

要　旨

近年，道路トンネルの供用本数・総延長が増加しており，これに伴う維持管理費も増加してきている。今後，快適性，経済性の面から道路トンネルの合理化を図って行くためには照明効率の高い照明方式について検討する必要がある。本共同研究報告書は，カウンタービーム照明を国内に適用するため，平成6年度に実施した設計速度40km/h，60km/h，80km/hを対象とした各照明レベル(60km/hの場合は1/2低減)でのカウンタービーム照明の適用性，障害物の視認性，走行時の安全性等についての実大トンネル実験施設での検討結果と供用トンネルにおける平均照度換算係数，コントラスト係数などの現場調査の結果を取りまとめたものである。

キーワード：道路トンネル，カウンタービーム照明，視認性，輝度対比，グレア

はじめに

道路トンネルは、トンネル利用者に対して安全で快適な空間を確保するために、換気・照明設備が設けられている。近年、道路トンネルの総延長、本数が増加しており、これに伴って道路トンネルの換気・照明施設にかかる費用、維持管理費も増加する傾向にある。今後は、これらの諸施設に対する省エネルギー化への対応とともに、快適性の面、あるいは交通の高速化に対応するため、効率的かつ合理的な道路トンネルの照明について検討が必要となってきている。

本共同研究「トンネル内の新照明方式に関する研究」は、海外の一部で実用化が図られているカウンタービーム照明を我が国においても新しい照明方式として採用するため、国内での適用性、照明器具の開発、照明器具の設置方法、必要照明レベル等の検討および設計ガイドライン（案）の作成を目標に、平成５年度から平成７年度の３カ年で実施したものである。

本共同研究報告書は、平成６年度に実施した設計速度４０km/h、６０km/h、８０km/hを対象とした各照明レベル（６０km/hの場合は1/2低減）でのカウンタービーム照明の適用性、障害物の視認性、走行時の安全性等についての実大トンネル実験施設での検討結果と実供用路面における平均照度換算係数、コントラスト係数などの現場調査を取りまとめたものである。

建設省土木研究所
'9-5.-9
図書館

目次

はじめに

1.研究の概要 …… 1
1.1 研究目的 …… 1
1.2 研究項目 …… 1

2.実験施設の照明設計 …… 3
2.1 設計条件 …… 3
2.2 照明計算 …… 5
2.3 基本照明器具の配置 …… 14
2.4 入口照明の実施輝度 …… 15

3.照明特性の把握 …… 20
3.1 入口部照明の明るさ …… 20
3.2 コントラスト係数 …… 44
3.3 平均照度換算係数 …… 50
3.4 照明器具からのグレア（TI値） …… 58
3.5 輝度対比 …… 72
3.5.1 人工照明下での輝度対比 …… 72
3.5.2 自然光下での輝度対比 …… 85
3.5.3 自然光の射し込みによる照明条件別の輝度対比の比較 …… 92
3.6 まとめ …… 96

4.障害物の視認性実験（静止実験） …… 97
4.1 実験概要 …… 97
4.1.1 実験方法 …… 97
4.1.2 実験条件 …… 98
4.1.3 障害物 …… 99
4.1.4 測定機器 …… 99
4.1.5 被験者 …… 99
4.2 実験結果 …… 101
4.2.1 静止実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度 …… 101
4.2.2 障害物の輝度対比 …… 108
4.2.3 被験者による見え方の評価 …… 119
4.2.4 障害物の輝度対比と見え方の評価 …… 140
4.3 まとめ …… 143

5.障害物の視認性実験（走行実験）……144
5.1 実験概要……144
5.1.1 実験方法……144
5.1.2 実験条件……145
5.1.3 障害物……145
5.1.4 測定機器……145
5.1.5 被験者……145
5.2 実験結果……148
5.2.1 走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度……148
5.2.2 障害物の輝度対比……155
5.2.3 視認距離および確認距離の測定結果……166
5.2.4 視認距離および確認距離と野外の輝度との関係……210
5.2.5 視認距離と確認距離の関係……222
5.2.6 アンケート結果……226
5.3 まとめ……234
6.先行車の視認性実験（静止実験）……235
6.1 実験概要……235
6.1.1 実験方法……235
6.1.2 先行車……237
6.1.3 測定機器……237
6.1.4 被験者……239
6.2 実験結果……240
6.2.1 静止実験時の野外輝度および水平面照度・鉛直面照度……240
6.2.2 先行車の輝度対比およびブライトネス……240
6.2.3 先行車の明るさ評価および見え方評価……246
6.2.4 考察……251
6.3 まとめ……253
7.先行車の視認性実験（走行実験）……260
7.1 実験概要……260
7.1.1 実験方法……260
7.1.2 実験条件……261
7.1.3 被験者……261
7.2 実験結果……263
7.2.1 走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度……263

7．2．2　先行車の視認性 ……266
7．3　まとめ ……283
8．大型車による遮光の影響確認実験 ……284
8．1　実験概要 ……284
8．1．1　実験方法 ……284
8．1．2　光学測定 ……284
8．1．3　視認性アンケート ……285
8．2　実験結果 ……285
8．2．1　走行実験時の野外輝度および水平面・鉛直面照度 ……298
8．2．2　被験者による見え方の評価 ……301
8．3　まとめ ……306
9．路面光学特性実態調査 ……307
9．1　調査方法 ……307
9．2　調査結果 ……311
9．2．1　平均照度換算係数 ……313
9．2．2　コントラスト係数 ……317
9．3　まとめ ……318
10．まとめと今後の課題 ……319
おわりに
付録　実験期間中の野外輝度および野外水平面照度・鉛直面照度

1．研究の概要

1．1　研究目的

現在の国内の道路トンネルの照明は、照明器具から道路軸方向に対称に配光する、いわゆる対称照明と呼ばれている方式が従来から採用され整備されてきている。また、トンネル照明の明るさの基準は、諸外国に比べてトンネル内部を対象とした基本照明の明るさは、大きな差異はないものの、入口部を対象とした入口照明の明るさは、低く設定されているのが現状である。

一方、トンネルの総延長、本数が増加しており、これに伴って道路トンネルの換気・照明施設にかかる費用、維持管理費も増加する傾向にある。今後は、これらの諸施設に対する省エネルギー化への対応とともに、快適性の面、あるいは交通の高速化に対応するため、効率的かつ合理的な道路トンネルの照明について検討する必要がある。

カウンタービーム照明は、自動車の進行方向と逆方向に光を照射し、比較的少ない光束で高い路面輝度が得られる方式であり、省エネルギーの観点からも有効な照明であるとともに、対称照明に比べて障害物等の視認性の向上、視線誘導効果の向上等が期待できる照明方式である。今後、我が国でこの照明を適用していくためには、照明方式の基本的な特性を把握するとともに、国内の交通状況等に適した新しい合理的な照明方式として開発する必要がある。

本研究は、現行の照明方式である対称照明とカウンタービーム照明の両照明方式下において４０km/h、６０km/h、８０km/hの各設計速度に応じた照明レベル（設計速度６０km/hの場合は１／２低減）における障害物の視認性、走行時の安全性等についての検討を行うとともに、供用トンネルでの平均照度換算係数、コントラスト係数の調査を実施したものである。

1．2　研究項目

本研究は、建設省土木研究所内にある実大トンネル実験施設を用いて、カウンタービーム照明および対称照明の両照明方式下で、４０km/h、６０km/h、８０km/hの各設計速度に応じた照明レベル（設計速度６０km/hの場合は１／２低減）（いずれも設定野外輝度は４，０００cd/㎡を想定）の場合における障害物の視認性、走行時の安全性等について検討を行った。また、カウンタービーム照明の合理的な設計を行うため、各種の路面における平均照度換算係数、コントラスト係数などの光学特性の調査を供用中の４トンネルの現場で実施した。表－１．１に検討項目と概要を示す。以下、２章に実大トンネル実験施設の照明設計について示すとともに、３章以降に検討結果を示す。

表－１．１　研究項目と概要

研究項目	概　　要
照明特性の把握 （光学測定）	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、種々の照度測定あるいは輝度測定を行い、照明器具からの眩しさの程度（ＴＩ値）、障害物と背景路面の輝度対比等について求め、以下の項目について検討する。 ・コントラスト係数 ・平均照度換算係数 ・照明器具からのグレア ・障害物等の視認性 ・自然光の射し込みの影響
障害物の視認性実験 （静止実験）	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、静止状態で反射率の異なる障害物の視認性について被験者によるアンケート調査を実施し、以下の項目について検討する。 ・障害物等の視認性
障害物の視認性実験 （走行実験）	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、小型車を所定の速度で定速走行させ、トンネル内に提示した障害物の視認性について被験者によるアンケート調査を実施する。併せて、トンネル坑口の見え方、トンネル内への進入の難易、照明器具からの眩しさ、トンネル内の視環境についてアンケート調査を行い以下の項目について検討する。 ・障害物等の視認性 ・照明器具からの眩しさ
先行車の視認性実験 （静止実験）	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、静止状態で先行車（小型車）相当の大きさの視標について先行車のブライトネスによる評価、先行車の明るさ感と見え方の評価についてアンケート調査を行う。 ・先行車の視認性
先行車の視認性実験 （走行実験）	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、大型車および小型車を先行車として所定の速度で定速走行させ、被験者によりトンネル進入前後の先行車の視認性についてアンケート調査を実施し、以下の検討を行う。 ・先行車の視認性
大型車による遮光の影響確認実験	実大トンネル実験施設および照明器具（従来の対称照明用の器具とカウンタービーム用の器具）を用いて、対称照明およびカウンタービーム照明の両照明方式下で、大型車の後部に生じる影の状態の確認と被験者による大型車後部の障害物の視認性についてアンケート調査を実施し、以下の検討を行う。 ・大型車による遮光の影響
路面光学特性実態調査	供用中のトンネル内にカウンタービーム用の照明器具を仮設し、コントラスト係数（Ｌｒ／Ｅｖ）、平均照度換算係数の検討を行う。 ・路面の種類による効率

2．実験施設の照明設計

2．1　設計条件

本トンネルの照明計画は、基本照明および入口照明について計画する。

照明設計は、以下の諸基準に準拠して計画するものとする。

（イ）道路照明施設設置基準・同解説　　昭和56年　　（社）日本道路協会

（ロ）トンネル照明設計指針　　平成２年　　（財）高速道路調査会

（ハ）トンネル照明器材仕様書　　平成５年　　（社）建設電気技術協会

1）設計条件

トンネル構成

延　　長　　７００m　（照明設計区間は３５５m）

車道幅員　　７．０m　（３．５m×２車線）

2）反射率

トンネル内の天井および壁面の反射率は２５％とした。

（注）トンネル内の仕上げは一部異部分があるが、反射率は一律２５％とした。

路面はコンクリート舗装とし反射率は２５％とする。

3）設計速度

４０km/h、６０km/h、８０km/hの３種類とする。

4）光源の選定

光源は以下のとおりとする。

基本照明：対　称　照　明　　低圧ﾅﾄﾘｳﾑﾗﾝﾌﾟ

入口照明：対　称　照　明　　高圧ﾅﾄﾘｳﾑﾗﾝﾌﾟ＋低圧ﾅﾄﾘｳﾑﾗﾝﾌﾟ

ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明　　高圧ﾅﾄﾘｳﾑﾗﾝﾌﾟ

5）照明器具

照明器具は以下のとおりとする。

基本照明：対称配光を有する照明器具

入口照明：対　称　照　明　　対称配光を有する照明器具

ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明　　非対称配光を有する照明器具

6）器具取付高さ

器具取付高さは以下のとおりとする。

基本照明：４．４m

入口照明：対　称　照　明　　４．４m

ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明　　４．９m

7）保守率

対称照明に用いる照明器具は既設なので０．９とし、カウンタービーム照明に用いる照明器具は新設なので１．０とする。

8）基本照明

①平均路面輝度

平均路面輝度は次のとおりとする。

表－２．１　平均路面輝度

設計速度 (km/h)	平均路面輝度 (cd/m²)
４０	１．５
６０	１．１５
８０	４．５

６０km/hは低減係数１／２を採用して設計。

②灯具の配列

灯具の配列は向き合わせ配列とする。

光源には低圧ナトリウムランプ５５Wを使用する。

ただし、設計速度８０km/hの時は向き合わせ配列で調光無しで点灯し、６０km/h、４０km/hのは千鳥配列で点灯し、減光点灯する。

9）入口部照明

①野外輝度の設定

表－２．２　設定野外輝度

坑　口	野外輝度
実大トンネル南側	４，０００ cd/m²

②入口部照明路面輝度

入口部照明は境界部、移行部、緩和部から構成され各部の路面輝度および長さは、「道路照明施設設置基準・同解説」の６９ページ、表－５．２の値を採用する。

※（注）「道路照明施設設置基準・同解説」は以下の本文中においては「設置基準」と称する。

表－２．３　入口部照明基準輝度

設計速度		境界部	移行部	緩和部	計	
４０km/h	路面輝度　(cd/m²)	29.0	20.0	1.5	——	4000 cd/m² の場合
	長　さ　(m)	15.0	30.0	85.0	130. 0	
６０km/h	路面輝度　(cd/m²)	29.0	17.5	1.15	——	
	長　さ　(m)	25.0	65.0	135.0	225. 0	
８０km/h	路面輝度　(cd/m²)	83.0	46.0	4.5	——	
	長　さ　(m)	40.0	100.0	155.0	295. 0	

６０km/hは低減係数１／２を採用して設計。

１０）平均照度換算係数

平均照度換算係数は次の値とする。〔コンクリート路面〕

表－２．４　平均照度換算係数

対　称　照　明	1 cd/m² ＝ １３ ℓx
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	1 cd/m² ＝ １２ ℓx　(路肩近傍取付)
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	1 cd/m² ＝ １１ ℓx　(車線中央取付)

２．２　照明計算

（１）照明率の算出式

照明率Uは「設置基準」の１２４ページの照明率の求め方による。

$$U = U_4' + \frac{W}{W_0}\{A_1 U_1 + A_2 U_2 + A_3 U_3 + (A_4 - 1) U_4\} \quad (2.1)$$

ここで、U_4'：　車道幅員に対する直射照明率

W_0：　路面全幅員（m）

W　：　車道幅員（m）

A_1：　照明率を求めるための係数（天井面）

A_2：　照明率を求めるための係数（器具に近い壁面）

A_3：　照明率を求めるための係数（器具に遠い壁面）

A_4：　照明率を求めるための係数（路面）

U_1：　天井に対する直射照明率

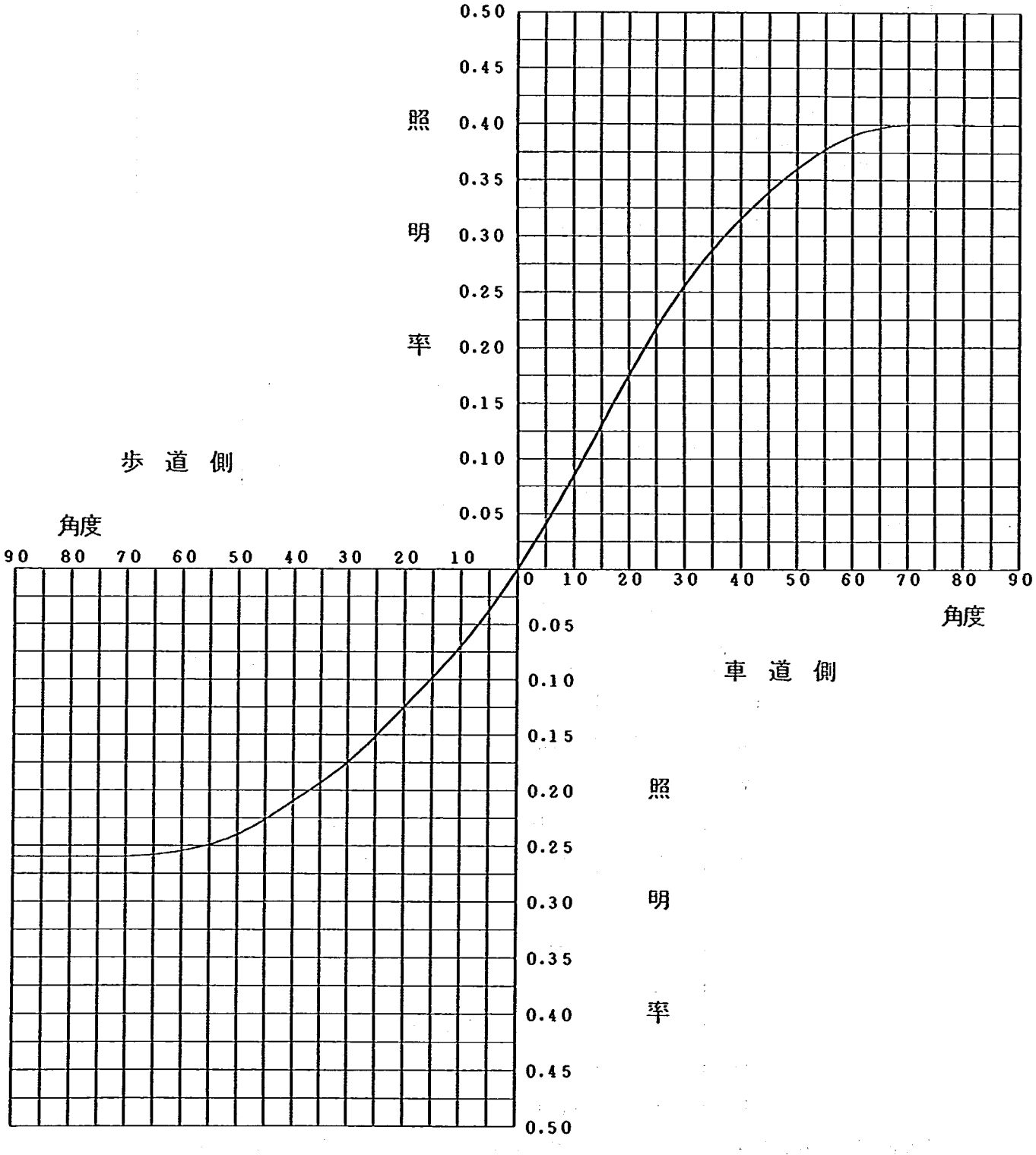
U_2：　器具に近い方の壁面に対する直射照明率

U_3：　器具に遠い方の壁面に対する直射照明率

U_4：　路面全幅員に対する直射照明率

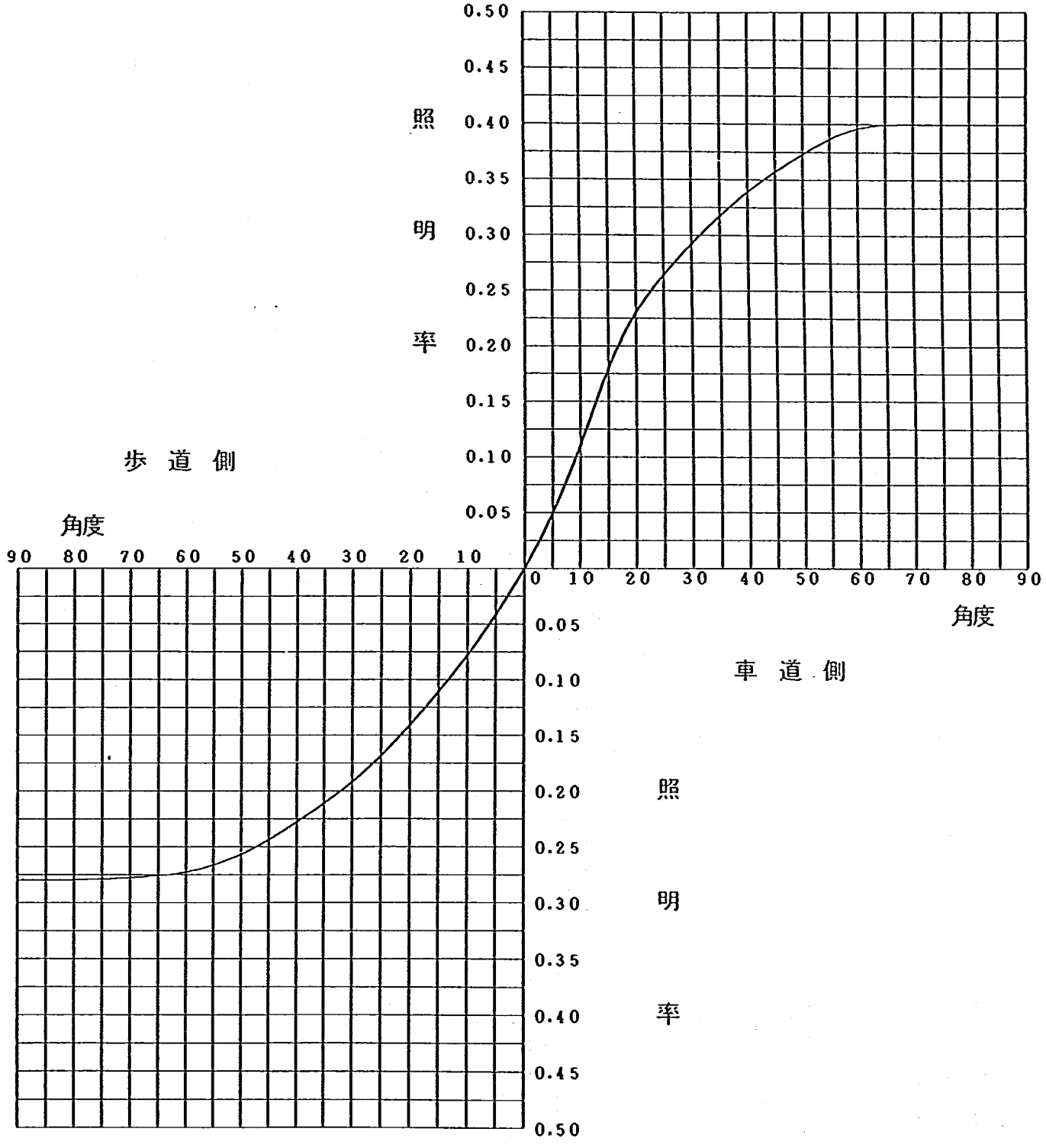
トンネル断面図より器具中心と車道幅員、路面全幅員、壁面、天井面とのなす角度を求めて、照明率曲線図より各直射照明率を読みとる。

基本照明器具照明率曲線図
対 称 照 明



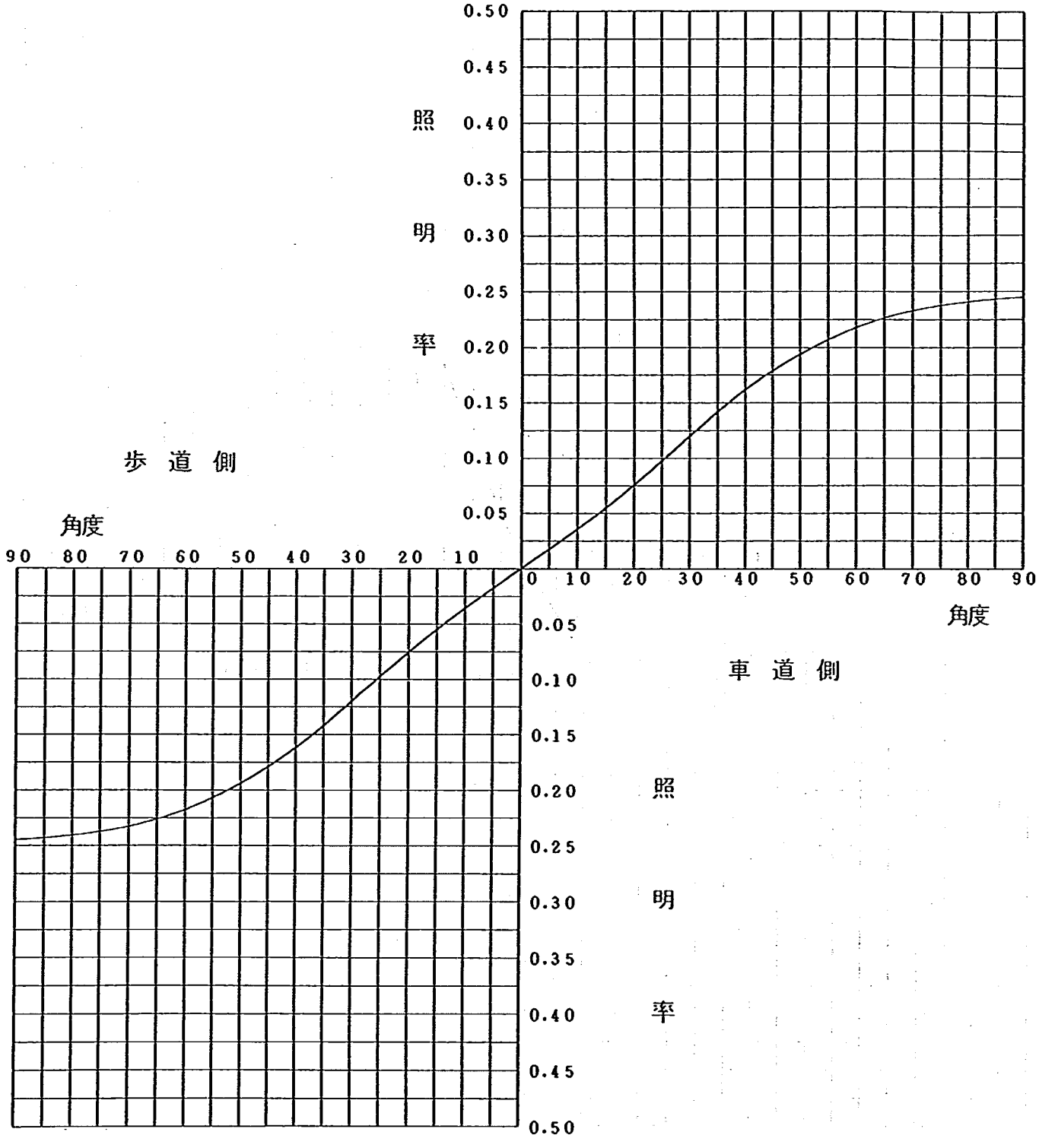
図－２．１　基本照明器具照明率曲線図（対称照明）

入口照明器具照明率曲線図
対 称 照 明



図－2．2　入口照明器具照明率曲線図（対称照明）

入口照明器具照明率曲線図
カウンタービーム照明



図－２．３　入口照明器具照明率曲線図（ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明）

（2）直射照明率の算出

1）基本照明器具・対称照明（ランプ：ＮＸ５５）※

車道幅員、路面全幅員、壁面及び天井面に対する直射照明率を求める。

$U_1 = U(90.0°) - U(45.0°) = 0.400 - 0.338 = 0.062$

$U_2 = U(-90.0°) - U(-52.6°) = 0.260 - 0.244 = 0.016$

$U_3 = U(45.0°) - U(15.9°) = 0.338 - 0.138 = 0.200$

$U_4 = U(-52.6°) + U(15.9°) = 0.244 + 0.138 = 0.382$

$U_4' = U(-42.9°) + U(13.4°) = 0.219 + 0.116 = 0.335$

各部の係数

$$\frac{W_0}{H_0} = \frac{8.5}{4.4} = 1.93$$

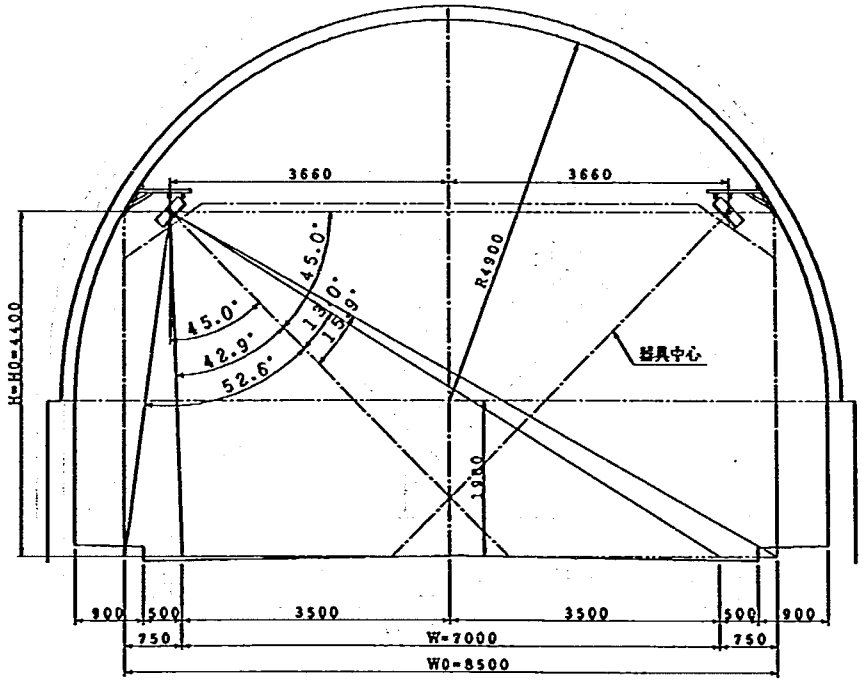
「設置基準」の１２４ページより各部の係数は次の値になる。

$A_1 = 0.170$

$A_2 = A_3 = 0.122$

$A_4 = 1.037$

※この照明器具は、対称照明の入口照明器具としても使用する。



図－２．４　照明器具取付図（対称照明）

2）入口照明器具・対称照明（ランプ：NHT220L, NHT180L）

車道幅員、路面全幅員、壁面及び天井面に対する直射照明率を求める。

U_1 ＝U（ 90.0° ）－U（ 45.0° ）＝0.400 －0.356 ＝0.044

U_2 ＝U（−90.0° ）－U（−52.6° ）＝0.280 －0.261 ＝0.019

U_3 ＝U（ 45.0° ）－U（ 15.9° ）＝0.356 －0.181 ＝0.175

U_4 ＝U（−52.6° ）＋U（ 15.9° ）＝0.261 ＋0.181 ＝0.442

U_4' ＝U（−42.9° ）＋U（ 13.4° ）＝0.236 ＋0.151 ＝0.387

各部の係数

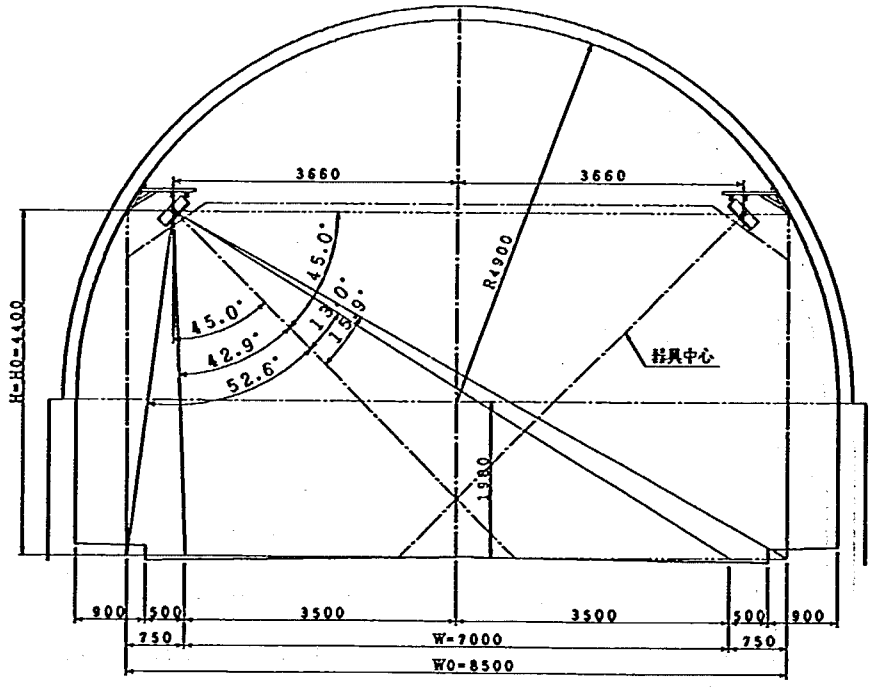
$$\frac{W_0}{H_0} = \frac{8.5}{4.4} = 1.93$$

「設置基準」の１２４ページより各部の係数は次の値になる。

A_1 ＝０．１７０

A_2 ＝A_3 ＝０．１２２

A_4 ＝１．０３７



図－２．５　照明器具取付図（対称照明）

3）入口照明器具・ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰA照明（ランプ：NHT270L, NHT220L, NHT180L, NHT110L）

車道幅員、路面全幅員、壁面及び天井面に対する直射照明率を求める。

$U_1 = U(90.0°) - U(90.0°) = 0.243 - 0.243 = 0.000$

$U_2 = U(-90.0°) - U(-27.0°) = 0.257 - 0.112 = 0.145$

$U_3 = U(90.0°) - U(50.8°) = 0.243 - 0.197 = 0.046$

$U_4 = U(-27.0°) + U(50.8°) = 0.112 + 0.197 = 0.309$

$U_4' = U(-19.7°) + U(47.0°) = 0.082 + 0.185 = 0.267$

各部の係数

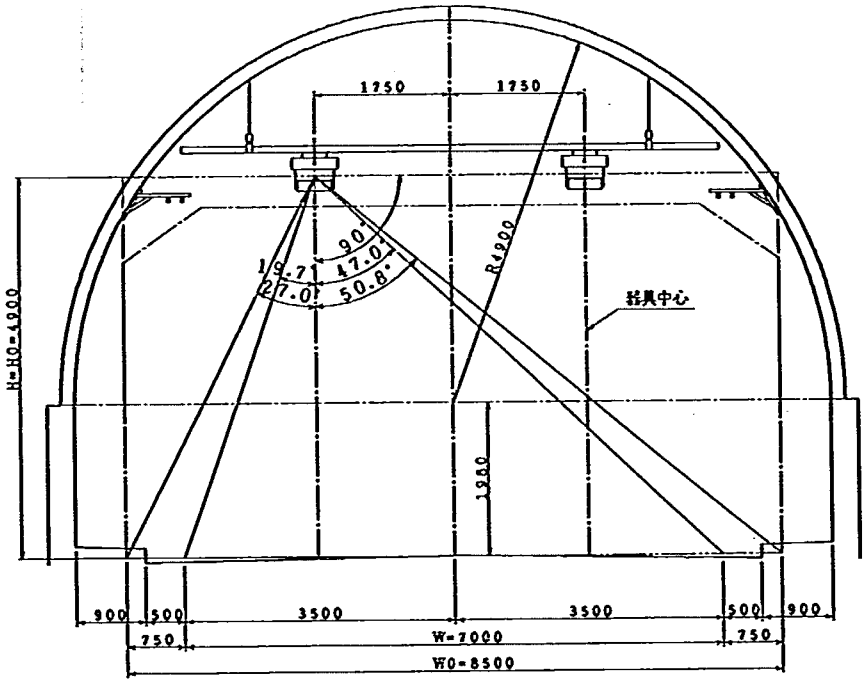
$$\frac{W_0}{H_0} = \frac{8.5}{4.9} = 1.73$$

「設置基準」の１２４ページより各部の係数は次の値になる。

$A_1 = 0.162$

$A_2 = A_3 = 0.117$

$A_4 = 1.035$



図－２．６　照明器具取付図（ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰA照明）

（3）照明率の算出

各値を式（2・1）に代入して照明率を求める。

1）基本照明器具・対称照明

$$U = 0.335 + \frac{7.00}{8.50}\{0.170 \times 0.062 + 0.122\,(0.016 + 0.200) + (1.037 - 1)\,0.382\}$$

$$= \underline{0.377}$$

2）入口照明器具・対称照明

$$U = 0.387 + \frac{7.00}{8.50}\{0.170 \times 0.044 + 0.122\,(0.019 + 0.175) + (1.037 - 1)\,0.442\}$$

$$= \underline{0.426}$$

3）入口照明器具・ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明

$$U = 0.267 + \frac{7.00}{8.50}\{0.162 \times 0.000 + 0.117\,(0.145 + 0.046) + (1.035 - 1)\,0.309\}$$

$$= \underline{0.294}$$

4）照明率のまとめ

表－2.5　照明率算出結果

基本照明器具・対称照明	0.377
入口照明器具・対称照明	0.426
入口照明器具・ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	0.294

（4）基本照明器具間隔

従来、器具取付間隔は光束法によって算出するが、本実験設備については照明器具が１０m間に設置されているのでこのままとし、点灯パターンによって各々の設計速度の基準輝度を確保するものとする。

点灯パターンは以下のとおりとする。

	点灯状態	調光状態
設計速度 ４０km/h	千鳥点灯	減光点灯
設計速度 ６０km/h	千鳥点灯	減光点灯
設計速度 ８０km/h	向き合わせ点灯	間引き点灯

この時の路面輝度は次式にて求めることができる。

$$L = \frac{F \cdot U \cdot N \cdot M}{W \cdot S \cdot K} \qquad (2 \cdot 2)$$

ここで、L： 基準輝度（cd/m²）

F： ランプ光束（ℓm）

U： 照明率

N： 灯具の配列による係数　（向き合わせ配列　N＝2）

（千鳥配列　N＝1）

M： 保守率

W： 車道幅員（m）

S： 器具取付間隔（m）

K： 平均照度換算係数（ℓx ／cd/m²）

設計速度毎に路面輝度を計算すれば以下のとおりである。

４０km/h時

$$L = \frac{7600 \times 0.5 \times 0.377 \times 1 \times 0.9}{7.0 \times 10 \times 13} = 1.42\,cd/m^2$$

６０km/h時

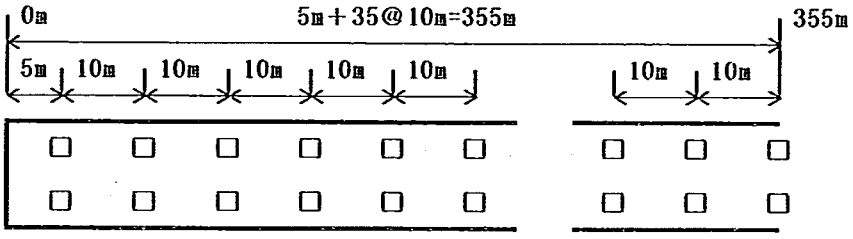
$$L = \frac{7600 \times 0.5 \times 0.377 \times 1 \times 0.9}{7.0 \times 10 \times 13} = 1.42\,cd/m^2$$

８０km/h時

$$L = \frac{7600 \times 1.0 \times 0.377 \times 2 \times 0.9}{7.0 \times 10 \times 13} = 5.67\,cd/m^2$$

２．３　基本照明器具の配置

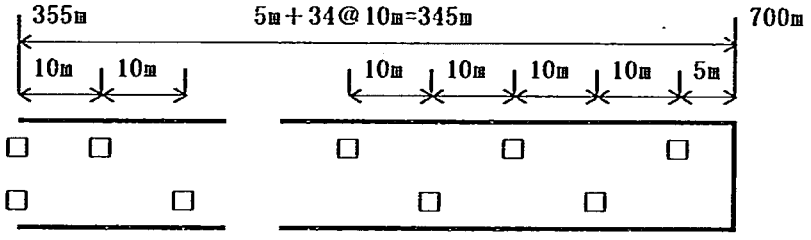
設計延長３５５mについて、下図のように向き合わせ配列で配置すれば使用器具台数は７２台となる。



図－２．７　設計区間基本照明器具配置図

設計区間以降については、トンネル内を安全に走行出来るように１０m間隔で照明器具を配置する。

（３５５m～６９５m）



図－２．８　一般走行区間基本照明器具配置図

この区間は、照明器具を千鳥配列で配置すれば照明器具は３５台使用する。

なお、一般走行区間の照明器具は調光を行わない。

2．4　入口照明の実施輝度

入口照明の実施輝度を照明方式ごとに示す。

$$L = \frac{F \cdot N \cdot U \cdot M}{W \cdot S \cdot K} + \text{基本照明実施輝度}$$

（1）４０km/h

カウンタービーム照明

A区間　１０m～４０m　　３０m区間　　NHT220L ×10台

$$L = \frac{26500 \times 10 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 30 \times 11} + 1.42 = 35.15 \text{ cd/m}^2$$

B区間　４０m～６０m　　２０m区間　　NHT220L × 4台

$$L = \frac{26500 \times 4 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 20 \times 11} + 1.42 = 21.66 \text{ cd/m}^2$$

C区間　６０m～８０m　　２０m区間　　NHT180L × 4台

$$L = \frac{19000 \times 4 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 20 \times 11} + 1.42 = 15.93 \text{ cd/m}^2$$

D区間　８０m～１００m　　２０m区間　　NHT110L × 4台

$$L = \frac{10400 \times 4 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 20 \times 11} + 1.42 = 9.36 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１００m ～１２０m　２０m区間　　NHT110L × 4台（調光）

$$L = \frac{5200 \times 4 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 20 \times 11} + 1.42 = 5.39 \text{ cd/m}^2$$

F区間　１２０m～１４０m　２０m区間　　NHT110L × 2台（調光）

$$L = \frac{5200 \times 2 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 20 \times 11} + 1.42 = 3.41 \text{ cd/m}^2$$

対称照明

A区間　１０m～４０m　　３０m区間　　NHT220L × 8台

$$L = \frac{26500 \times 8 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 30 \times 13} + 1.42 = 31.19 \text{ cd/m}^2$$

B区間　４０m～６０m　　２０m区間　　NHT180L × 6台

$$L = \frac{19000 \times 6 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 20 \times 13} + 1.42 = 25.44 \text{ cd/m}^2$$

C区間　６０m～８０m　　２０m区間　　NHT180L × 4台

$$L = \frac{19000 \times 4 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 20 \times 13} + 1.42 = 17.43 \text{ cd/m}^2$$

D区間　８０m～１００m　　２０m区間　　NX55 × 4台

$$L = \frac{7600 \times 4 \times 0.377 \times 0.9}{7 \times 20 \times 13} + 1.42 = 7.09 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１００m～１２０m　　３０m区間　　NX55 × 6台（調光）

$$L = \frac{3800 \times 6 \times 0.377 \times 0.9}{7 \times 30 \times 13} + 1.42 = 4.25 \text{ cd/m}^2$$

（2）６０km/h（路面輝度は１／２低減）

カウンタービーム照明

A区間　１０m～５０m　　４０m区間　NHT220L ×12台

$$L = \frac{26500 \times 12 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 1.42 = 31.77 \text{ cd/m}^2$$

B区間　５０m～９０m　　４０m 区間　NHT220L ×10台

$$L = \frac{26500 \times 10 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 1.42 = 26.72 \text{ cd/m}^2$$

C区間　９０m～１３０m　　４０m区間　NHT180L ×10台

$$L = \frac{19000 \times 10 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 1.42 = 19.56 \text{ cd/m}^2$$

D区間　１３０m～１７０m　　４０m区間　NHT110L × 8台

$$L = \frac{10400 \times 8 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 1.42 = 9.36 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１７０m～２１０m　　４０m区間　NHT110L × 4台（調光）

$$L = \frac{5200 \times 4 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 1.42 = 3.41 \text{ cd/m}^2$$

対称照明

A区間　１０m～５０m　　４０m区間　NHT220L ×10台

$$L = \frac{26500 \times 8 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 1.42 = 29.33 \text{ cd/m}^2$$

B区間　５０m～９０m　　４０m区間　NHT220L × 8台

$$L = \frac{26500 \times 8 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 1.42 = 23.75 \text{ cd/m}^2$$

C区間　９０m～１３０m　　４０m区間　NHT180L × 8台

$$L = \frac{19000 \times 8 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 1.42 = 17.43 \text{ cd/m}^2$$

D区間　１３０m～１７０m　　４０m区間　　NX55 × 8台

$$L = \frac{7600 \times 8 \times 0.377 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 1.42 = 7.09 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１７０m～２１０m　　４０m区間　　NX55 × 8台

$$L = \frac{3800 \times 8 \times 0.377 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 1.42 = 4.25 \text{ cd/m}^2$$

（3）８０km/h

カウンタービーム照明

A区間　１０m～５０m　　４０m区間　NHT270L ×28台

$$L = \frac{33500 \times 28 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 95.21 \text{ cd/m}^2$$

B区間　５０m～９０m　　４０m区間　NHT220L ×28台

$$L = \frac{26500 \times 28 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 76.50 \text{ cd/m}^2$$

C区間　９０m～１３０m　　４０m区間　NHT220L ×22台

$$L = \frac{26500 \times 22 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 61.32 \text{ cd/m}^2$$

D区間　１３０m～１７０m　　４０m区間　NHT220L ×18台

$$L = \frac{26500 \times 18 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 51.20 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１７０m～２１０m　　４０m区間　NHT180L ×12台

$$L = \frac{19000 \times 12 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 27.43 \text{ cd/m}^2$$

F区間　２１０m～２５０m　　４０m区間　NHT110L ×12台

$$L = \frac{10400 \times 12 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 17.58 \text{ cd/m}^2$$

G区間　２５０m～２９０m　　４０m区間　NHT110L × 8台（調光）

$$L = \frac{5200 \times 8 \times 0.294 \times 1.0}{7 \times 40 \times 11} + 5.67 = 9.64 \text{ cd/m}^2$$

対称照明

A区間　１０m～５０m　　４０m 区間　NHT220L ×30台

$$L = \frac{26500 \times 30 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 89.41 \text{ cd/m}^2$$

B区間　５０m～９０m　　４０m区間　NHT220L ×26台

$$L = \frac{26500 \times 26 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 78.24 \text{ cd/m}^2$$

C区間　９０m～１３０m　　４０m区間　NHT220L ×20台

$$L = \frac{26500 \times 20 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 61.49 \text{ cd/m}^2$$

D区間　１３０m～１７０m　　４０m区間　NHT220L ×16台

$$L = \frac{26500 \times 16 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 50.33 \text{ cd/m}^2$$

E区間　１７０m～２１０m　　４０m区間　NHT180L ×12台

$$L = \frac{19000 \times 12 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 29.69 \text{ cd/m}^2$$

F区間　２１０m～２５０m　　４０m区間　NHT180L × 8台

$$L = \frac{19000 \times 8 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 21.68 \text{ cd/m}^2$$

G区間　２５０m～２９０m　　４０m区間　NHT180L × 4台 (調光)

$$L = \frac{9500 \times 4 \times 0.426 \times 0.9}{7 \times 40 \times 13} + 5.67 = 13.68 \text{ cd/m}^2$$

3．照明特性の把握

3．1　入口部照明の明るさ

入口部照明区間において、所要の明るさが得られているかを確認するために下記の項目について測定を行った。

（1）測定項目

測定は、下記の項目とする。

照明方式	測定の種類
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	水平面照度
	路面輝度
対称照明	水平面照度
	路面輝度

測定は設計速度４０km/h、６０km/h、８０km/hの３種類について行った。

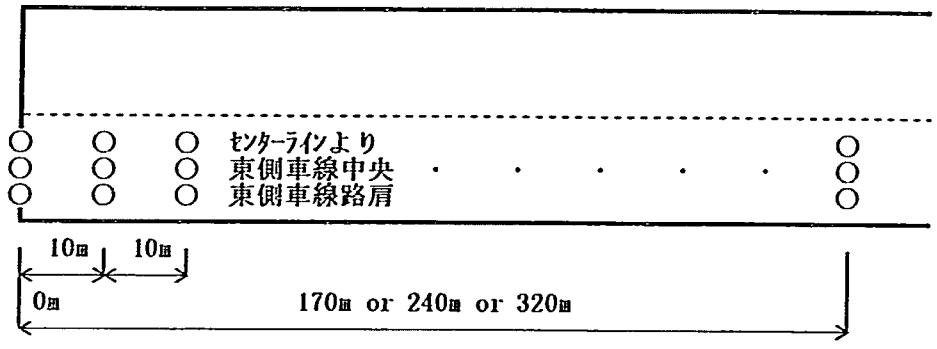
（2）測定区間

測定区間は下記のとおりとする。

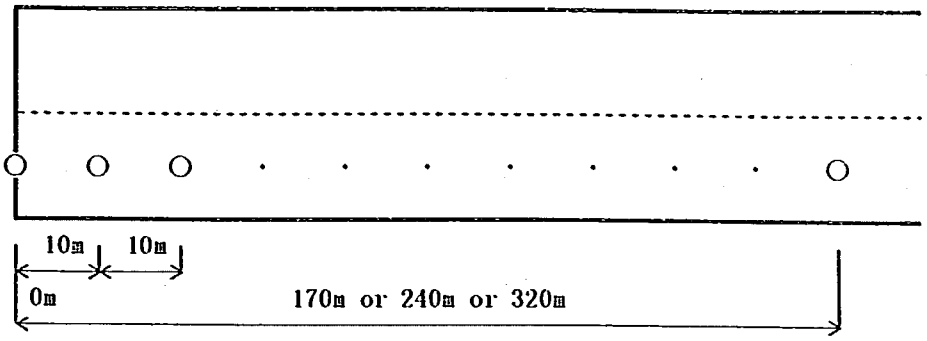
４０ km/h	水平面照度	南側坑口　0m～１７０m
	路面輝度	
６０ km/h	水平面照度	南側坑口　0m～２４０m
	路面輝度	
８０ km/h	水平面照度	南側坑口　0m～３２０m
	路面輝度	

（3）測定位置

測定位置は、下図のとおりとする。



図－３．１　水平面照度測定ポイント



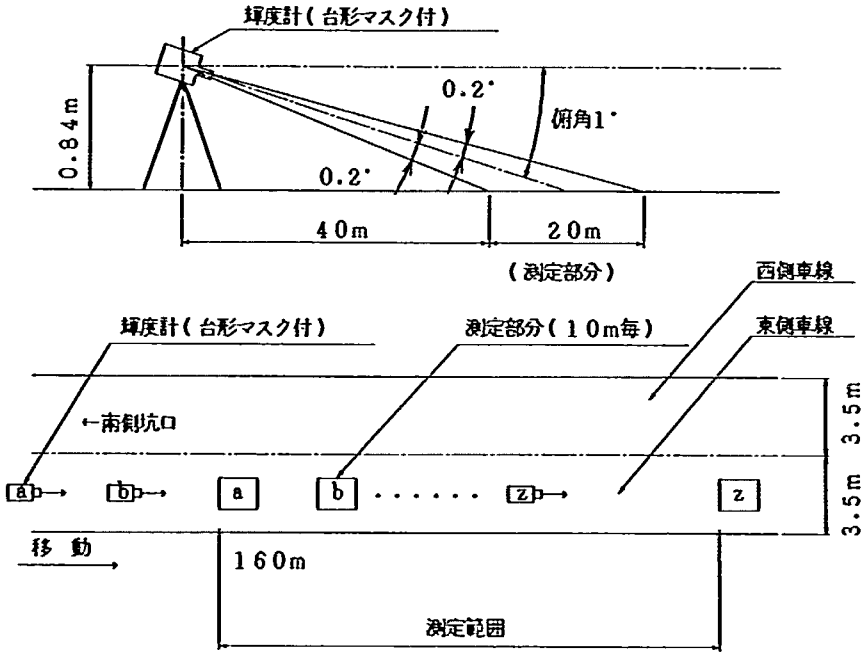
図－３．２　路面輝度測定ポイント

（４）測定方法

水平面照度は、東側車線でｾﾝﾀｰﾗｲﾝより、車線中央、路肩の３点で受光部が水平になるようにして行う。

路面輝度測定は、俯角を１°に保ち、車線中央部で１０m毎に測定する。

測定は図－３．３のとおりとする。（輝度測定）



図－３．３　路面輝度測定法

（５）測定機器

測定機器は次のとおりとする。

照度計：トプコン　ＩＭ－３形

輝度計：トプコン　ＢＭ－３形（改造・台形マスク付）

（6）測定結果

水平面照度の測定結果を、表－３．１～３．６および図－３．４～３．９に示す。

路面輝度の測定結果を、表－３．７～３．１２および図－３．１０～３．１５に示す。

水平面照度の測定結果については、各設計速度および各照明方式とも設計値を満足する値であった。

路面輝度の測定結果についても、各設計速度および各照明方式ともに設計値を満足する値であった。

ただし、各設計速度ともカウンタービーム照明方式については、６０～７０m以降の測定値がかなり設計値を上回った結果となっている。

表－３．１　水平面照度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：４０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	59.4	465.0	373.0	456.0	333.0	394.0	286.0	312.0	182.0	157.0	98.8
東側車線中央	53.8	410.0	328.0	431.0	278.0	330.0	242.0	231.0	131.0	122.0	82.2
東側車線路肩	45.3	346.0	276.0	345.0	231.0	278.0	201.0	180.0	109.0	101.0	65.7
平　均　照　度	53.1	407.8	326.3	415.8	280.0	333.0	242.8	238.5	138.3	125.5	82.2
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ				
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	93.6	55.2	45.0	18.6	15.7	17.8	14.8				
東側車線中央	76.0	54.6	30.3	15.4	13.5	15.2	12.9				
東側車線路肩	59.9	51.6	22.2	12.6	11.3	12.6	10.8				
平　均　照　度	76.4	54.0	32.0	15.5	13.5	15.2	12.9				
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より											
東側車線中央											
東側車線路肩											
平　均　照　度											

表－３．２　水平面照度測定結果・照明方式：対称照明　　設計速度：４０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	25.7	295.0	490.0	492.0	488.0	408.0	269.0	251.0	236.0	94.0	81.0
東側車線中央	24.5	293.0	542.0	524.0	494.0	427.0	276.0	249.0	235.0	82.5	67.8
東側車線路肩	22.2	242.0	407.0	467.0	368.0	336.0	201.0	188.0	169.0	66.6	55.3
平 均 照 度	24.2	280.8	495.3	501.8	461.0	399.5	255.5	234.3	218.8	81.4	68.0
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ				
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	55.7	65.1	74.7	20.1	15.8	17.6	14.9				
東側車線中央	47.4	58.2	61.6	16.4	13.9	15.0	12.8				
東側車線路肩	39.8	48.0	51.4	14.3	11.4	12.3	10.8				
平 均 照 度	47.6	57.4	62.3	16.8	13.8	15.0	12.8				
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より											
東側車線中央											
東側車線路肩											
平 均 照 度											

表－３．３　水平面照度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：６０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	38.6	368.0	489.0	467.0	503.0	354.0	400.0	382.0	310.0	320.0	367.0
東側車線中央	33.6	324.0	450.0	413.0	456.0	296.0	330.0	338.0	282.0	273.0	295.0
東側車線路肩	30.1	280.0	353.0	355.0	330.0	243.0	280.0	244.0	231.0	231.0	246.0
平均照度	34.0	324.0	435.5	412.0	436.3	297.3	335.0	325.5	276.3	274.3	300.8
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	301.0	248.0	297.0	185.2	157.7	78.3	52.0	53.1	55.2	46.8	16.3
東側車線中央	277.0	225.0	244.0	136.1	122.6	52.1	49.7	37.2	53.9	31.9	13.8
東側車線路肩	218.0	181.0	198.0	120.1	104.0	49.7	47.3	24.8	49.3	22.7	11.1
平均照度	268.3	219.8	245.8	144.4	126.7	58.1	49.7	38.1	53.1	33.3	13.8
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ								
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	16.7	16.9	18.9								
東側車線中央	13.6	13.9	16.5								
東側車線路肩	10.9	11.3	13.1								
平均照度	13.7	14.0	16.3								

表－３．４　水平面照度測定結果・照明方式：対称照明　　設計速度：６０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

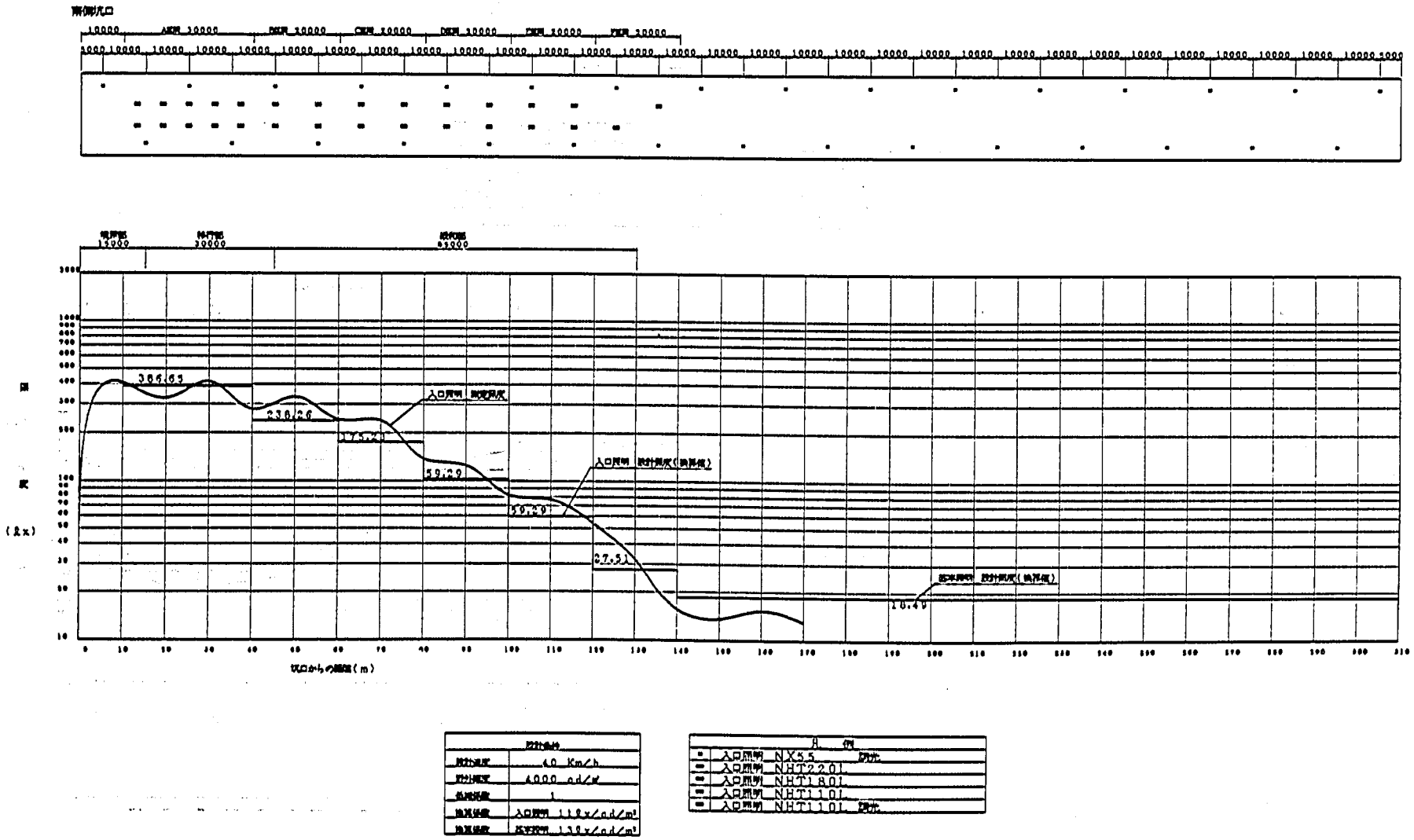
	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	26.3	292.0	500.0	495.0	332.0	354.0	298.0	302.0	358.0	351.0	284.0
東側車線中央	24.5	296.0	556.0	533.0	344.0	359.0	294.0	329.0	393.0	336.0	269.0
東側車線路肩	22.4	262.0	431.0	476.0	279.0	282.0	265.0	245.0	259.0	286.0	232.0
平均照度	24.4	286.5	510.8	509.3	324.8	338.5	287.8	301.3	350.8	327.3	263.5
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	286.0	269.0	251.0	100.5	87.5	97.5	89.7	61.7	63.9	61.1	48.9
東側車線中央	279.0	273.0	262.0	84.1	76.4	83.9	76.3	53.7	55.9	52.1	40.9
東側車線路肩	191.0	192.0	170.3	71.2	64.7	64.6	61.3	41.4	44.1	42.7	32.4
平均照度	258.8	251.8	236.3	85.0	76.3	82.5	75.9	52.6	55.0	52.0	40.8
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ								
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	17.9	17.4	19.2								
東側車線中央	14.8	13.9	16.7								
東側車線路肩	12.2	11.8	13.2								
平均照度	14.9	14.3	16.5								

表－３．５　水平面照度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：８０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	119.5	1214.0	1275.0	1284.0	1018.0	912.0	932.0	952.0	1060.0	978.0	923.0
東側車線中央	119.1	1052.0	1134.0	1139.0	917.0	817.0	807.0	814.0	933.0	890.0	841.0
東側車線路肩	101.6	868.0	891.0	966.0	778.0	698.0	637.0	685.0	785.0	744.0	676.0
平均照度	114.8	1046.5	1108.5	1132.0	907.5	811.0	795.8	816.3	927.8	875.5	820.3
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	866.0	601.0	803.0	580.0	577.0	675.0	437.0	347.0	436.0	295.0	247.0
東側車線中央	781.0	541.0	741.0	492.0	518.0	607.0	382.0	326.0	381.0	248.0	220.0
東側車線路肩	640.0	468.0	608.0	428.0	441.0	487.0	315.0	273.0	323.0	214.0	178.0
平均照度	767.0	537.8	723.3	498.0	513.5	594.0	379.0	318.0	380.3	251.3	216.3
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ	２５０ｍ	２６０ｍ	２７０ｍ	２８０ｍ	２９０ｍ	３００ｍ	３１０ｍ	３２０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	198.0	254.0	254.0	105.3	92.9	93.9	113.3	66.2	62.6	49.6	39.1
東側車線中央	202.0	189.0	233.0	94.5	81.5	83.3	99.3	61.0	52.2	41.7	35.2
東側車線路肩	165.0	161.0	198.0	81.2	62.5	68.8	82.2	51.3	44.0	36.0	31.7
平均照度	191.8	198.3	229.5	93.9	79.6	82.3	98.5	59.9	52.8	42.3	35.3

表－３．６　水平面照度測定結果・照明方式：対称照明　　設計速度：８０ｋｍ／ｈ　　単位：ｌｘ

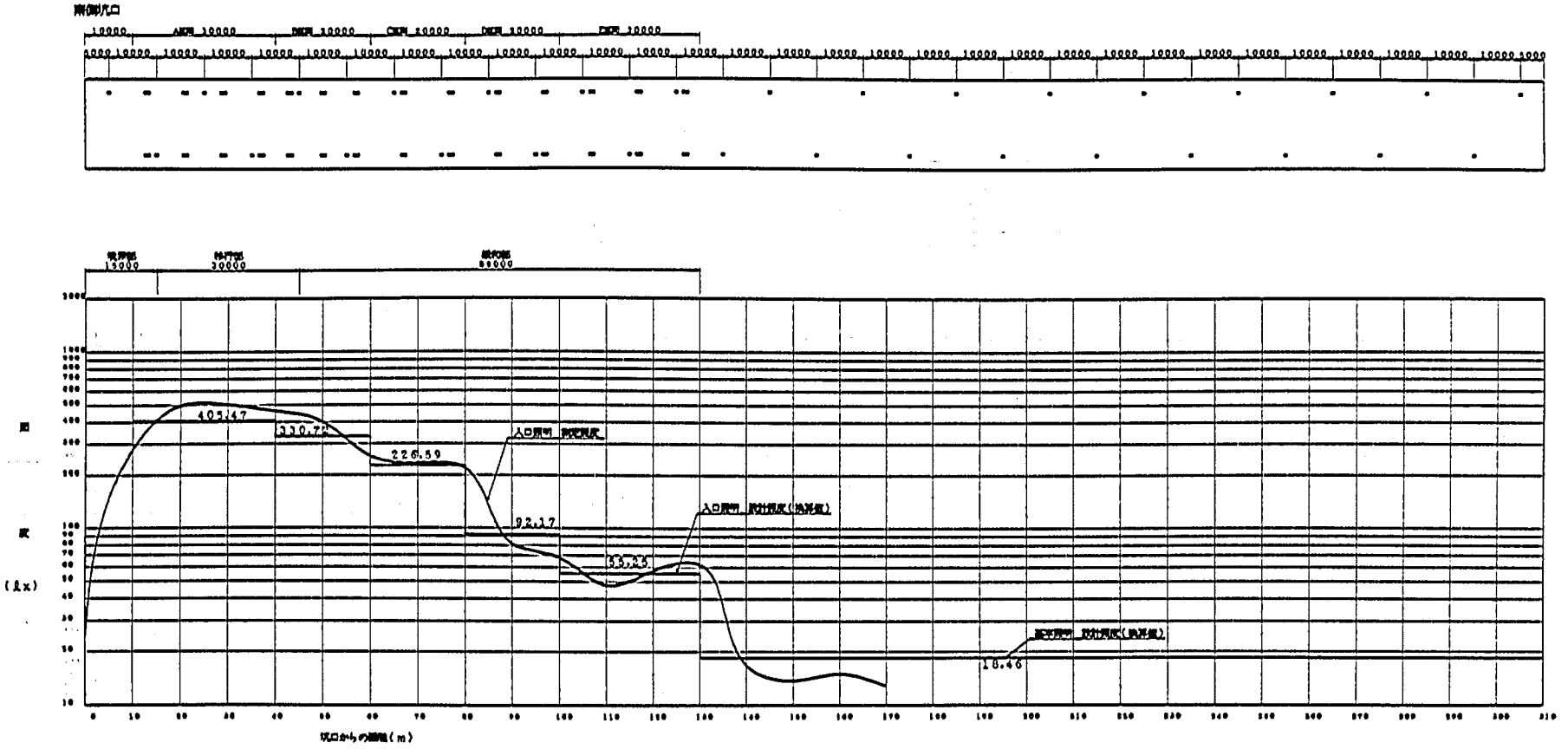
	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	54.8	782.0	1492.0	1606.0	1421.0	1559.0	1202.0	1131.0	1137.0	1152.0	1150.0
東側車線中央	59.7	878.0	1544.0	1687.0	1515.0	1710.0	1232.0	1249.0	1220.0	1162.0	1221.0
東側車線路肩	47.7	682.0	1207.0	1329.0	1336.0	1394.0	993.0	941.0	978.0	953.0	926.0
平均照度	55.5	805.0	1446.8	1577.3	1446.8	1593.3	1164.8	1142.5	1138.8	1107.3	1129.5
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	794.0	740.0	726.0	776.0	778.0	742.0	523.0	433.0	476.0	403.0	398.0
東側車線中央	746.0	769.0	799.0	824.0	860.0	777.0	544.0	447.0	468.0	407.0	388.0
東側車線路肩	614.0	728.0	577.0	694.0	604.0	579.0	424.0	351.0	332.0	294.0	280.0
平均照度	725.0	751.5	725.3	779.5	775.5	718.8	508.8	419.5	436.0	377.8	363.5
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ	２５０ｍ	２６０ｍ	２７０ｍ	２８０ｍ	２９０ｍ	３００ｍ	３１０ｍ	３２０ｍ
ｾﾝﾀｰﾗｲﾝ より	364.0	352.0	348.0	384.0	250.0	201.0	229.0	222.0	66.6	50.3	39.4
東側車線中央	345.0	352.0	340.0	388.0	288.0	173.0	252.0	179.0	56.0	41.6	35.3
東側車線路肩	301.0	294.0	250.0	292.0	235.0	134.3	209.0	111.8	48.8	36.4	31.2
平均照度	338.8	337.5	319.5	363.0	265.3	170.3	235.5	173.0	56.9	42.5	35.3



設計速度	40 Km/h
設計輝度	4000 cd/㎡
低減係数	1
路面輝度	入口照明 119×cd/㎡
路面輝度	基本照明 139×cd/㎡

●	入口照明 NX65
■	入口照明 NHT220L
■	入口照明 NHT180L
■	入口照明 NHT110L
■	入口照明 NHT110L

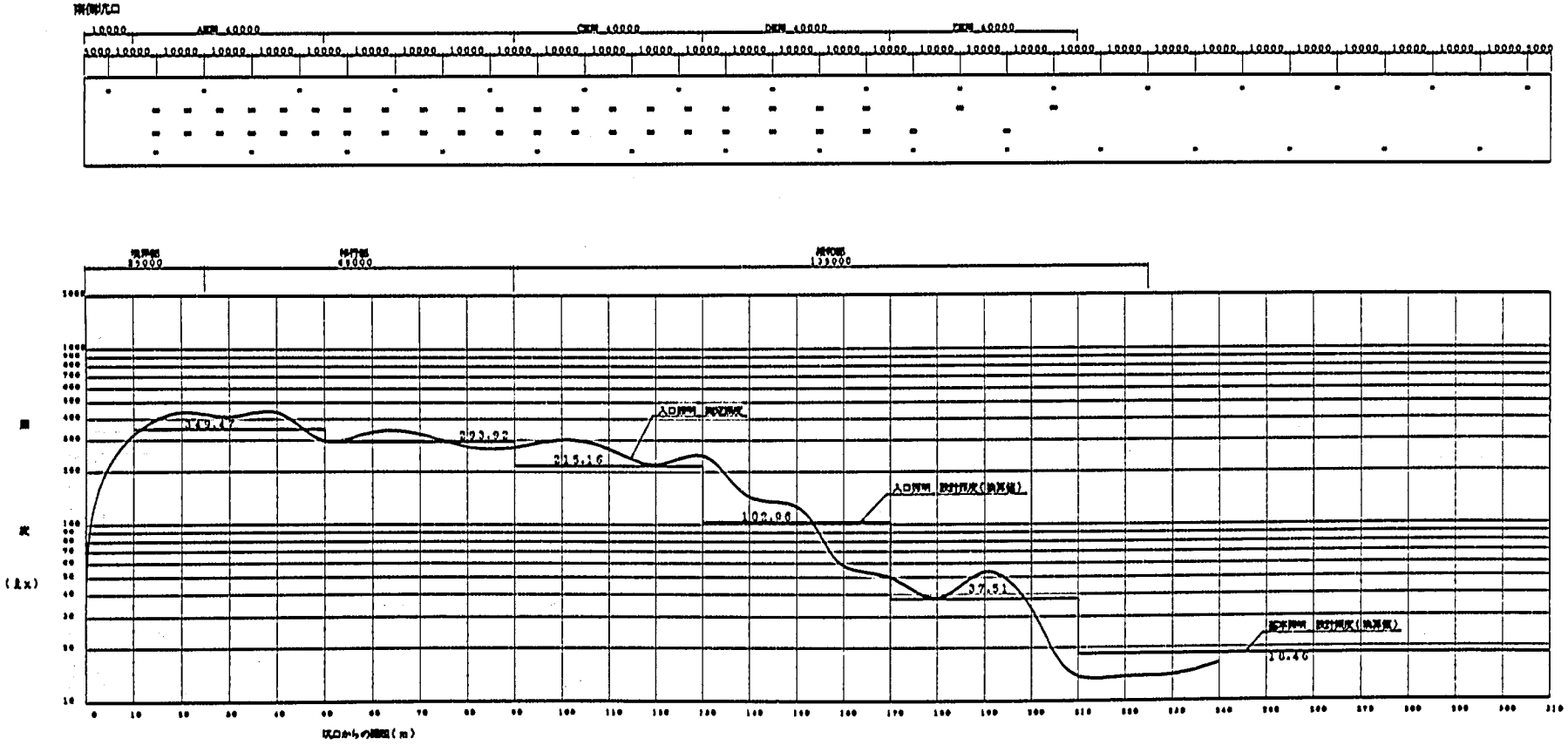
図－３．４　水平面照度測定結果（カウンタービーム照明・４０ｋｍ／ｈ）



設計速度	80 Km/h
設計交通量	4000 ad/日
車線数	1
換算係数	入口照明 1.38×/ad/m²
換算係数	基本照明 1.38×/ad/m²

	名 称	
●	基本照明 NX55	調光
■	入口照明 NX55	
■	入口照明 NX55	調光
■	入口照明 NHT220L	
■	入口照明 NHT180L	

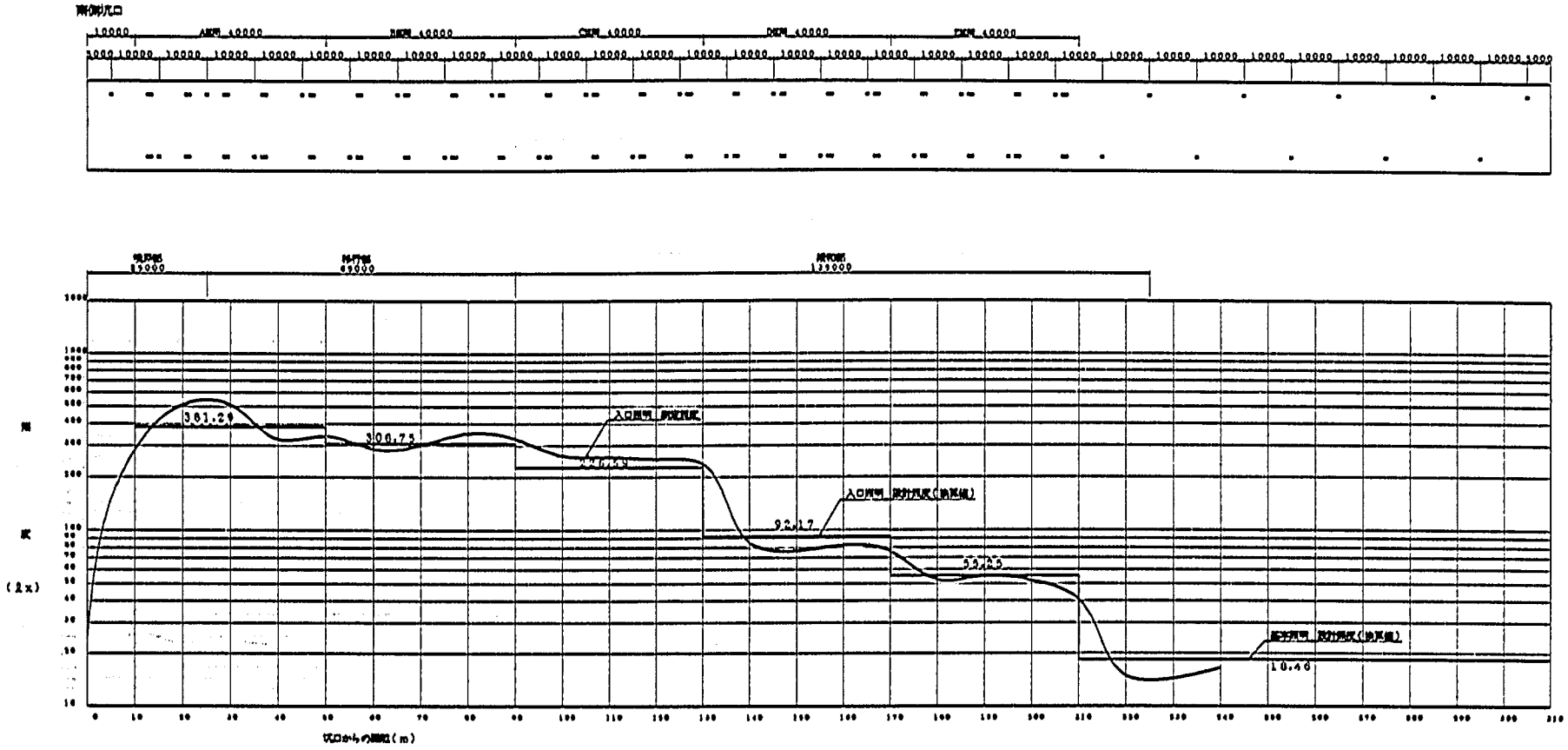
図－３.５　水平面照度測定結果（対称照明・４０ｋｍ／ｈ）



設計諸元	
設計速度	60 Km/h
設計輝度	4000 cd/㎡
総合係数	0.5
換算係数	入口照明 1.0lx/cd/m²
換算係数	基本照明 1.0lx/cd/m²

凡 例		
●	基本照明	NX55 同光
■	入口照明	NHT220L
■	入口照明	NHT180L
■	入口照明	NHT110L
■	入口照明	NHT110L 同光

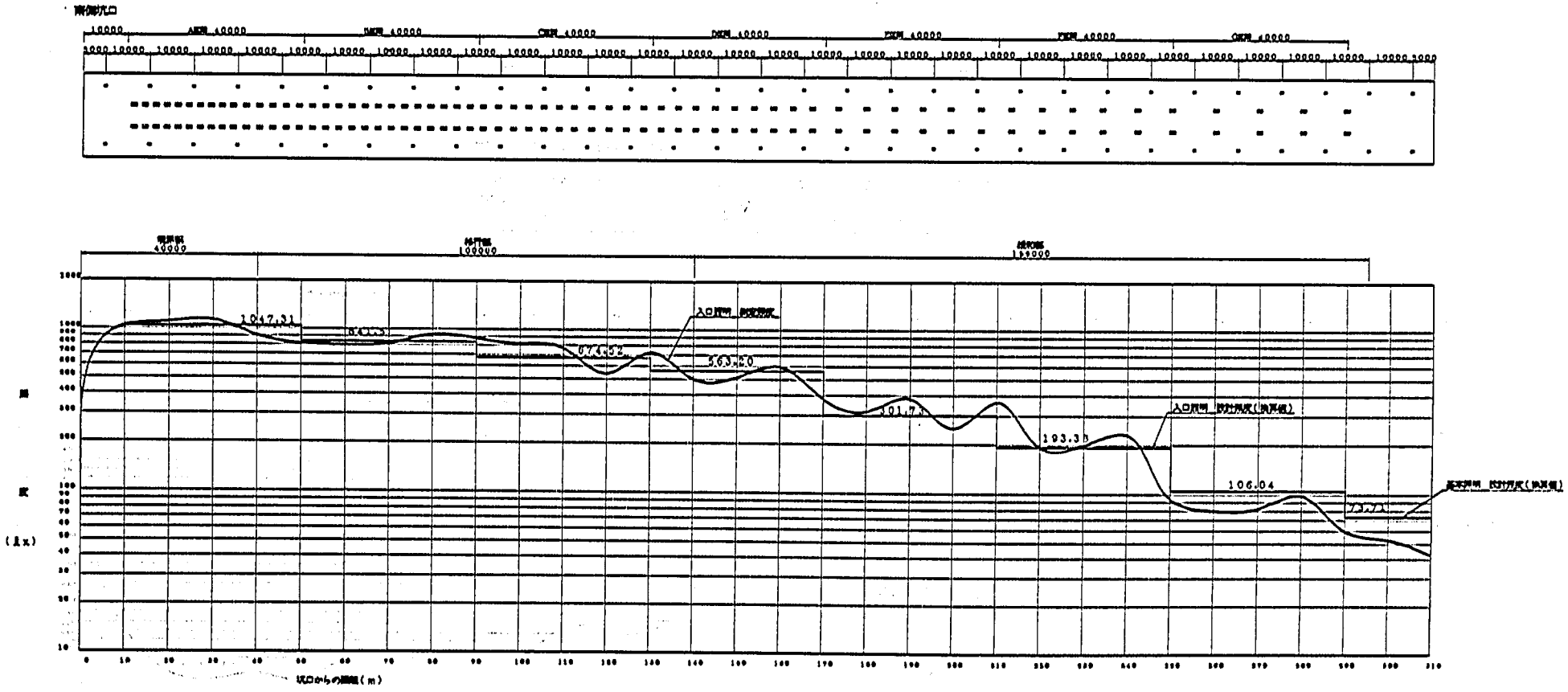
図－3.6　水平面照度測定結果（カウンタービーム照明・６０km／h）

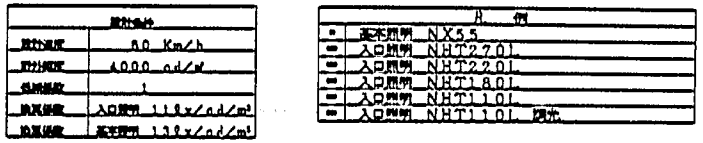


設計速度	60 Km/h
設計照度	4000 cd/㎡
低減係数	0.5
路面照度	入口照明 133x/cd/m²
路面照度	基本照明 133x/cd/m²

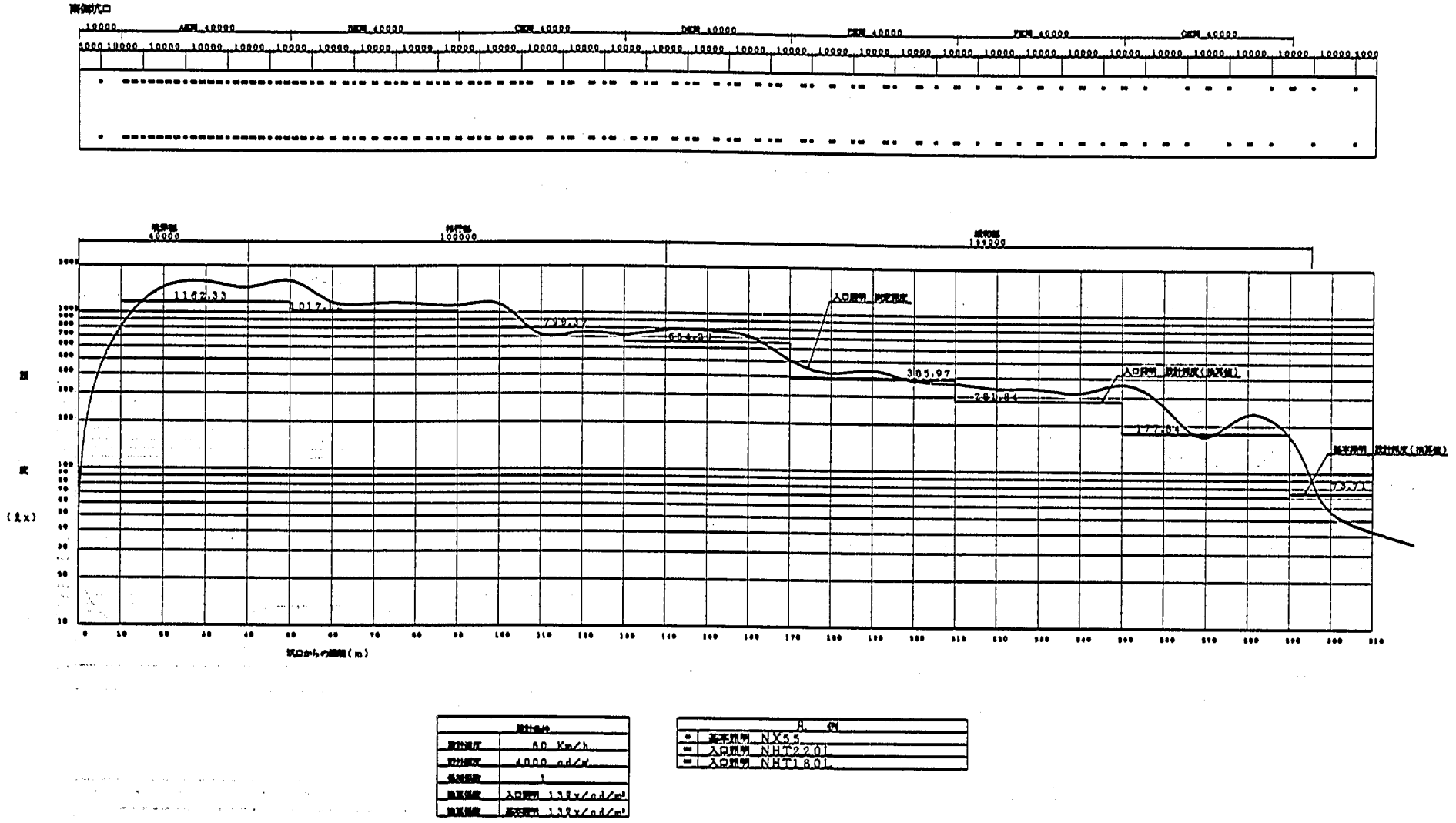
凡 例	
基本照明 NX55	片側
入口照明 NX55	
入口照明 NX55	片側
入口照明 NHT2201	
入口照明 NHT1801	

図－3.7　水平面照度測定結果（対称照明・６０km／h）





図－3.8　水平面照度測定結果（カウンタービーム照明・８０ｋｍ／ｈ）



設計速度	80 Km/h
設計照度	4000 cd/㎡
維持補数	1
路面係数	入口照明 0.13 lx/cd/m²
路面係数	基本照明 0.10 lx/cd/m²

A 例	
●	基本照明 NX55
■	入口照明 NHT220L
▬	入口照明 NHT180L

図－３.９　水平面照度測定結果（対称照明・８０ｋｍ／ｈ）

表－３．７　路面輝度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　４０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	11.0	32.8	34.4	35.1	27.4	28.2	54.7	38.5	34.2	15.9	15.5
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ				
路面輝度	10.9	6.9	4.5	3.6	1.5	2.0	1.5				
路面輝度											

表－３．８　路面輝度測定結果・照明方式：対称照明　　４０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	2.5	13.2	26.6	29.7	30.4	30.2	28.6	24.2	22.3	12.5	9.2
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ				
路面輝度	7.1	7.1	4.7	2.6	1.2	1.4	1.3				
路面輝度											

表－３．９　路面輝度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　６０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	8.1	22.1	35.4	33.4	34.2	37.8	54.6	69.6	53.3	68.7	35.5
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
路面輝度	44.5	58.8	41.3	23.3	24.8	30.0	20.8	9.3	7.2	5.4	2.4
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ								
路面輝度	2.3	1.0	2.2								

表－３．１０　路面輝度測定結果・照明方式：対称照明　　６０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

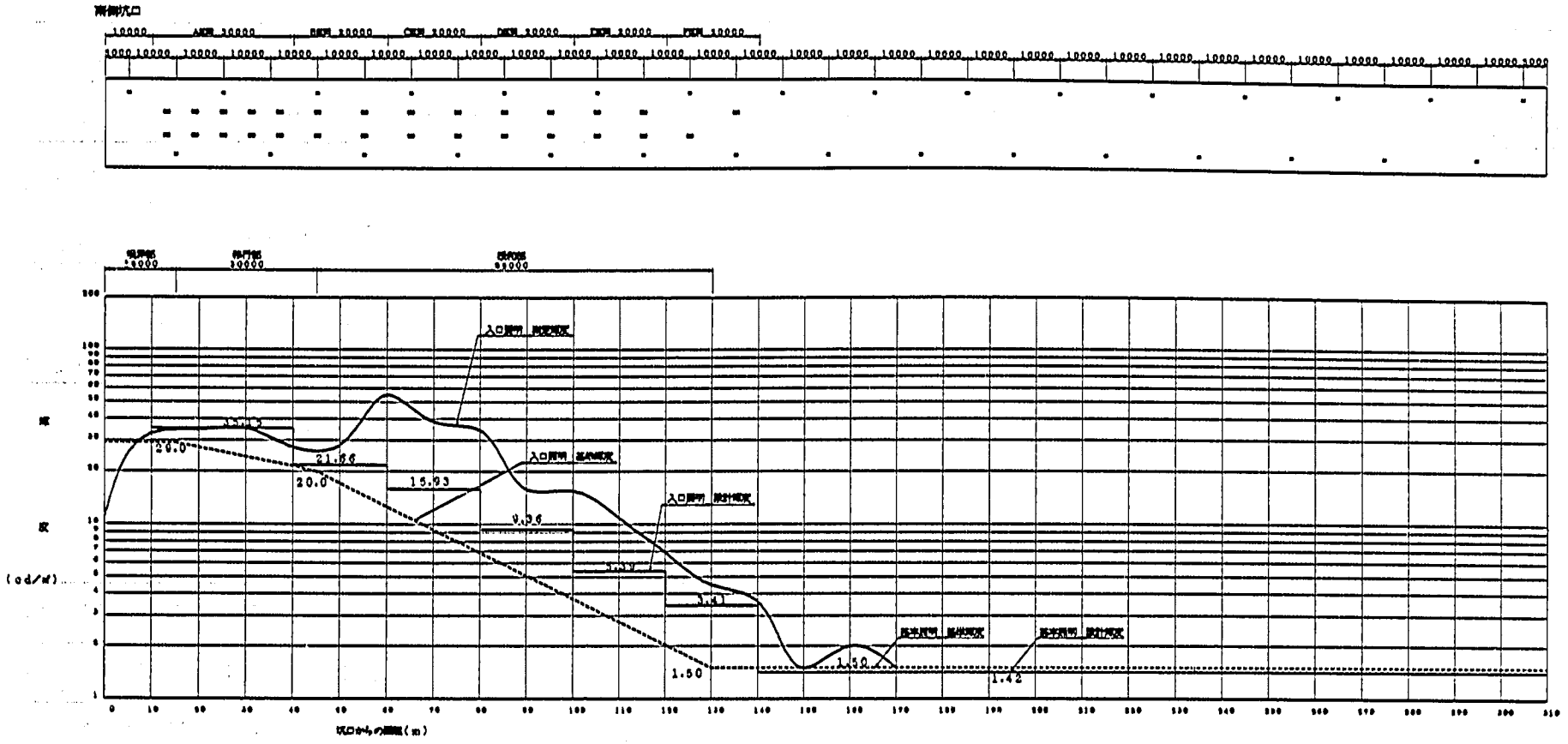
	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	2.2	12.8	28.8	27.9	26.6	25.2	27.9	31.6	33.4	30.0	25.9
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
路面輝度	23.9	24.2	21.9	14.8	9.3	9.6	8.7	6.1	5.2	5.4	3.3
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ								
路面輝度	2.3	1.3	1.7								

表－３．１１　路面輝度測定結果・照明方式：カウンタービーム照明　　８０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	20.9	86.4	104.8	97.9	85.9	98.3	147.2	144.0	143.1	130.3	128.1
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
路面輝度	108.6	107.5	120.8	105.7	102.5	83.5	78.5	69.6	69.3	71.2	52.1
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ	２５０ｍ	２６０ｍ	２７０ｍ	２８０ｍ	２９０ｍ	３００ｍ	３１０ｍ	３２０ｍ
路面輝度	42.3	36.6	39.6	25.0	21.5	22.3	15.8	16.7	8.4	8.6	7.9

表－３．１２　路面輝度測定結果・照明方式：対称照明　　８０ｋｍ／ｈ　　単位：ｃｄ／ｍ²

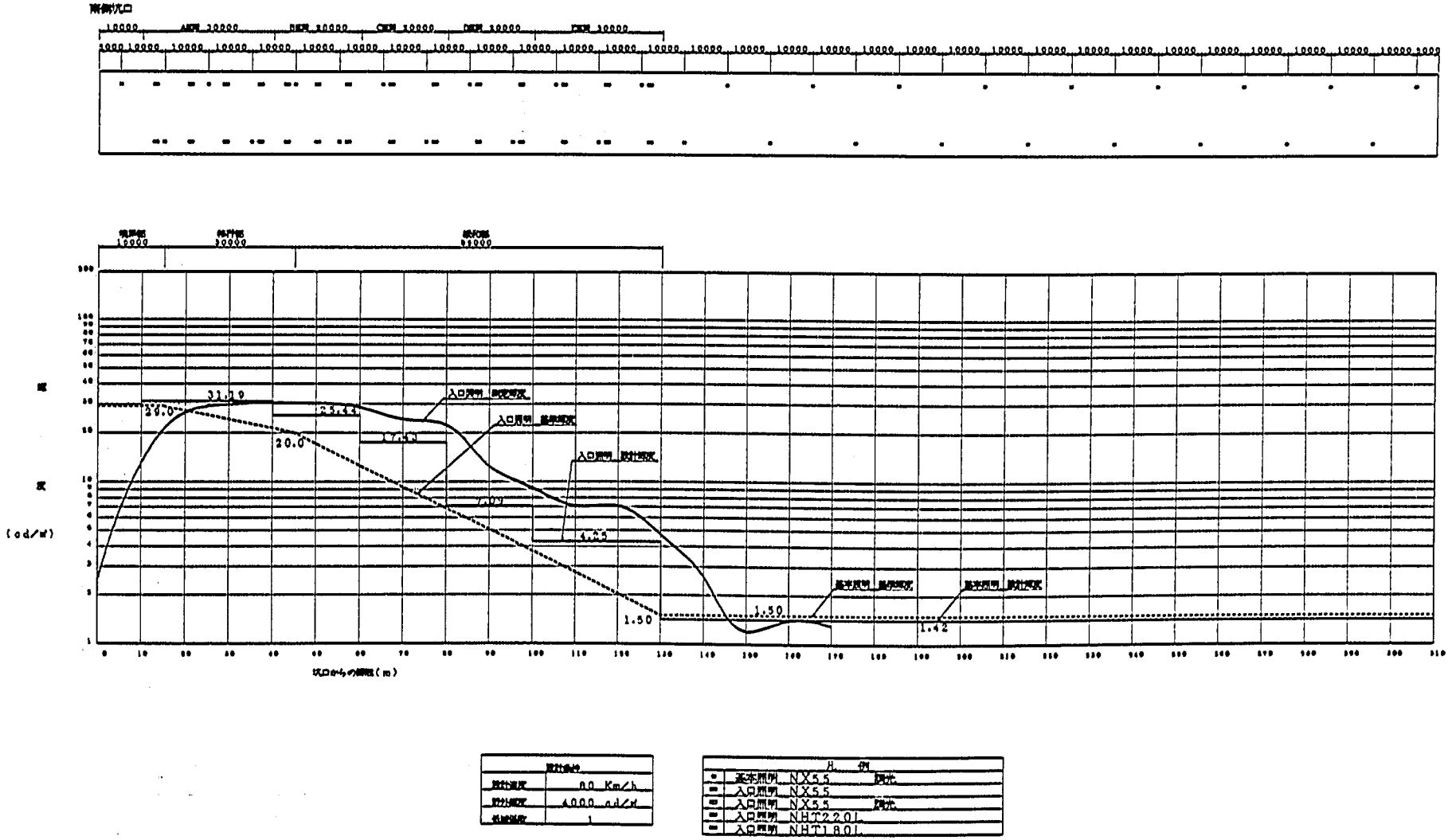
	０ｍ	１０ｍ	２０ｍ	３０ｍ	４０ｍ	５０ｍ	６０ｍ	７０ｍ	８０ｍ	９０ｍ	１００ｍ
路面輝度	6.4	35.9	78.9	94.7	95.8	99.3	105.6	103.3	103.4	99.8	93.6
	１１０ｍ	１２０ｍ	１３０ｍ	１４０ｍ	１５０ｍ	１６０ｍ	１７０ｍ	１８０ｍ	１９０ｍ	２００ｍ	２１０ｍ
路面輝度	80.4	66.9	70.1	71.8	72.0	65.9	53.3	47.9	47.3	42.1	35.3
	２２０ｍ	２３０ｍ	２４０ｍ	２５０ｍ	２６０ｍ	２７０ｍ	２８０ｍ	２９０ｍ	３００ｍ	３１０ｍ	３２０ｍ
路面輝度	29.5	29.0	27.5	25.9	23.0	18.2	17.8	14.5	11.1	5.8	4.8

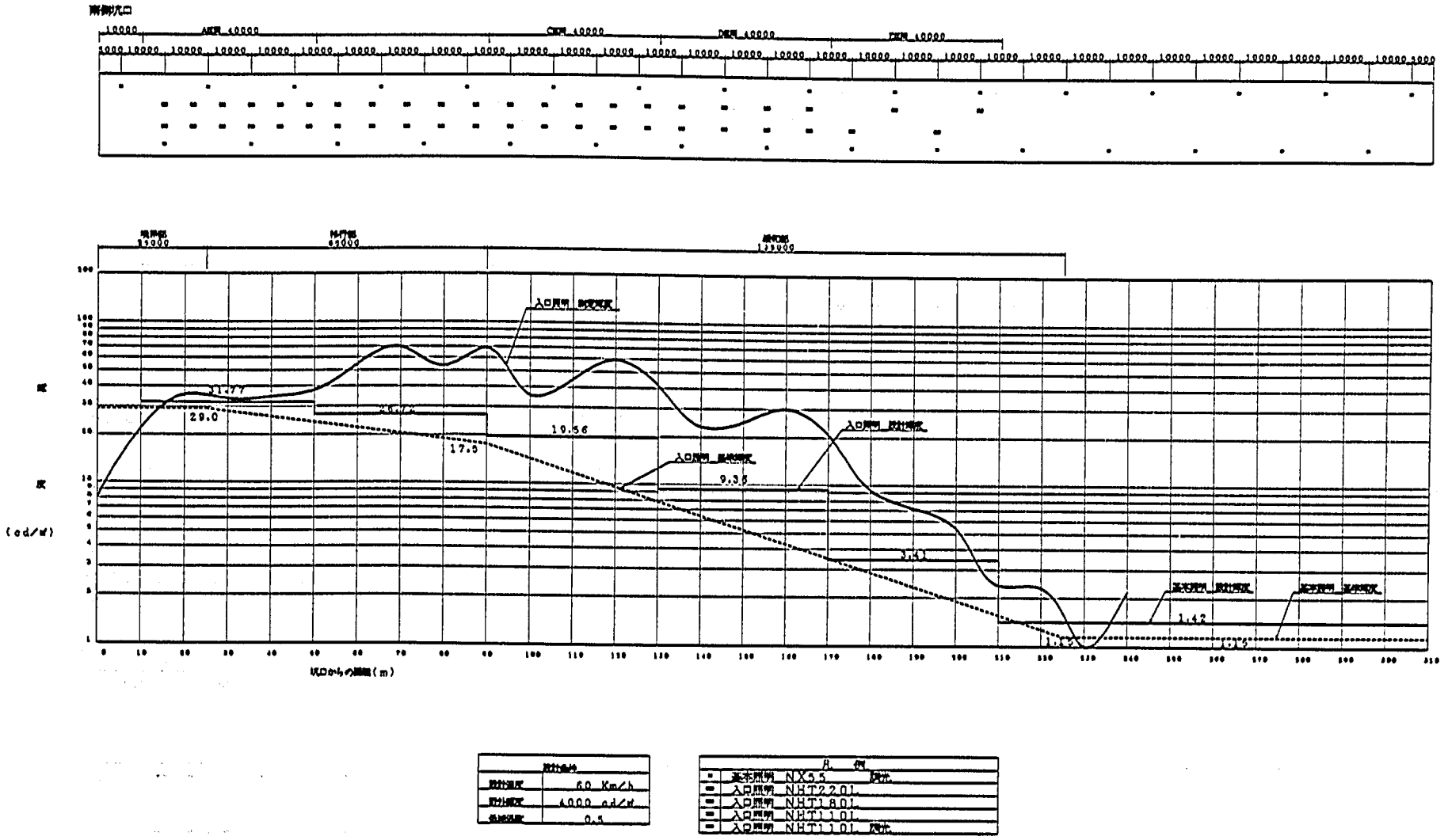


設計速度	40 Km/h
設計輝度	4000 cd/㎡
統制係数	1

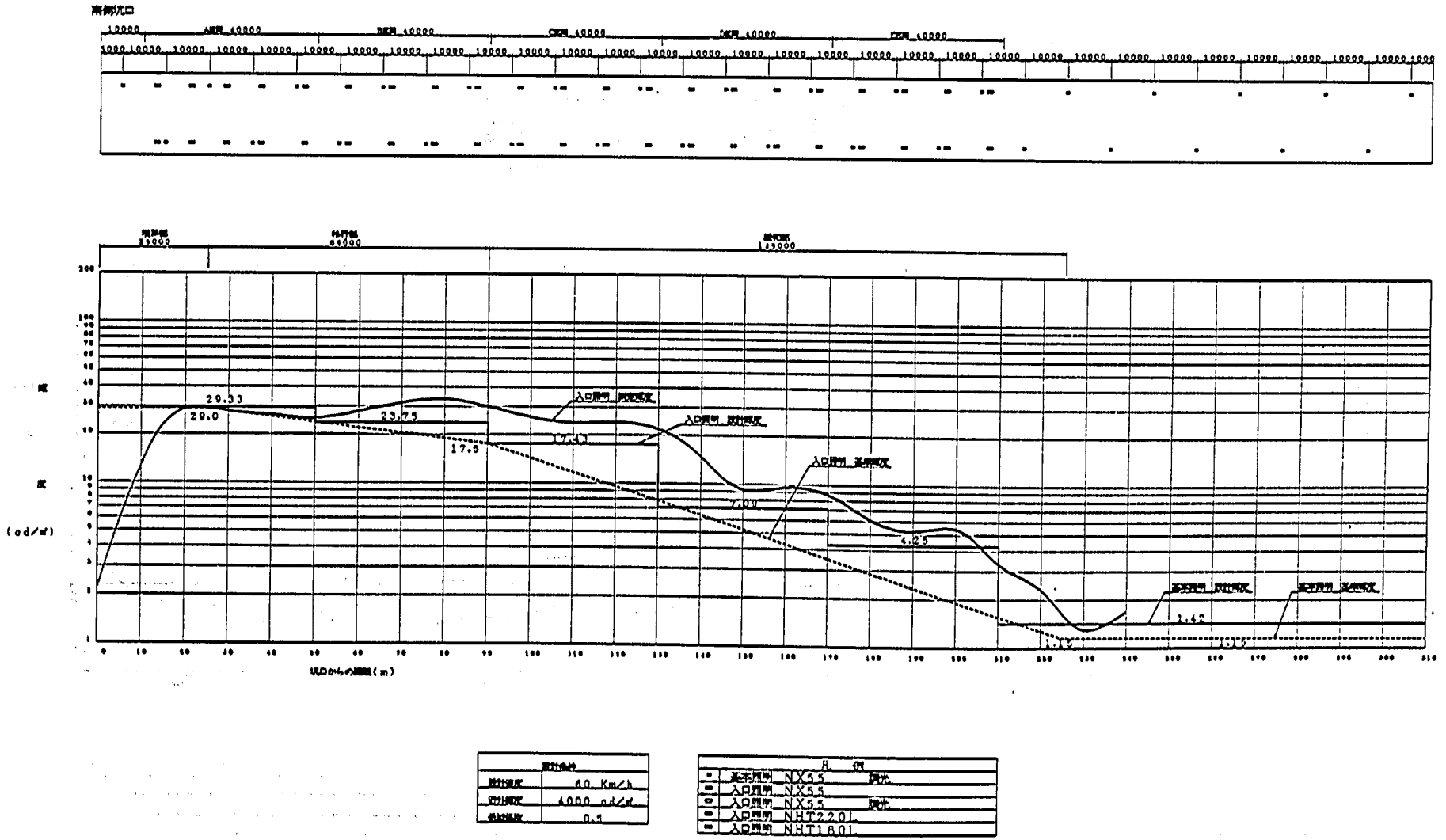
凡 例	
●	入口照明 NX55
■	入口照明 NHT2201
■	入口照明 NHT1801
■	入口照明 NHT1101
■	入口照明 NHT1101

図－３.１０　路面輝度測定結果（カウンタービーム照明・４０km／h）


南側入口
10000
A区間 10000
B区間 10000
C区間 10000
D区間 10000
E区間 10000
10000 10000 10000



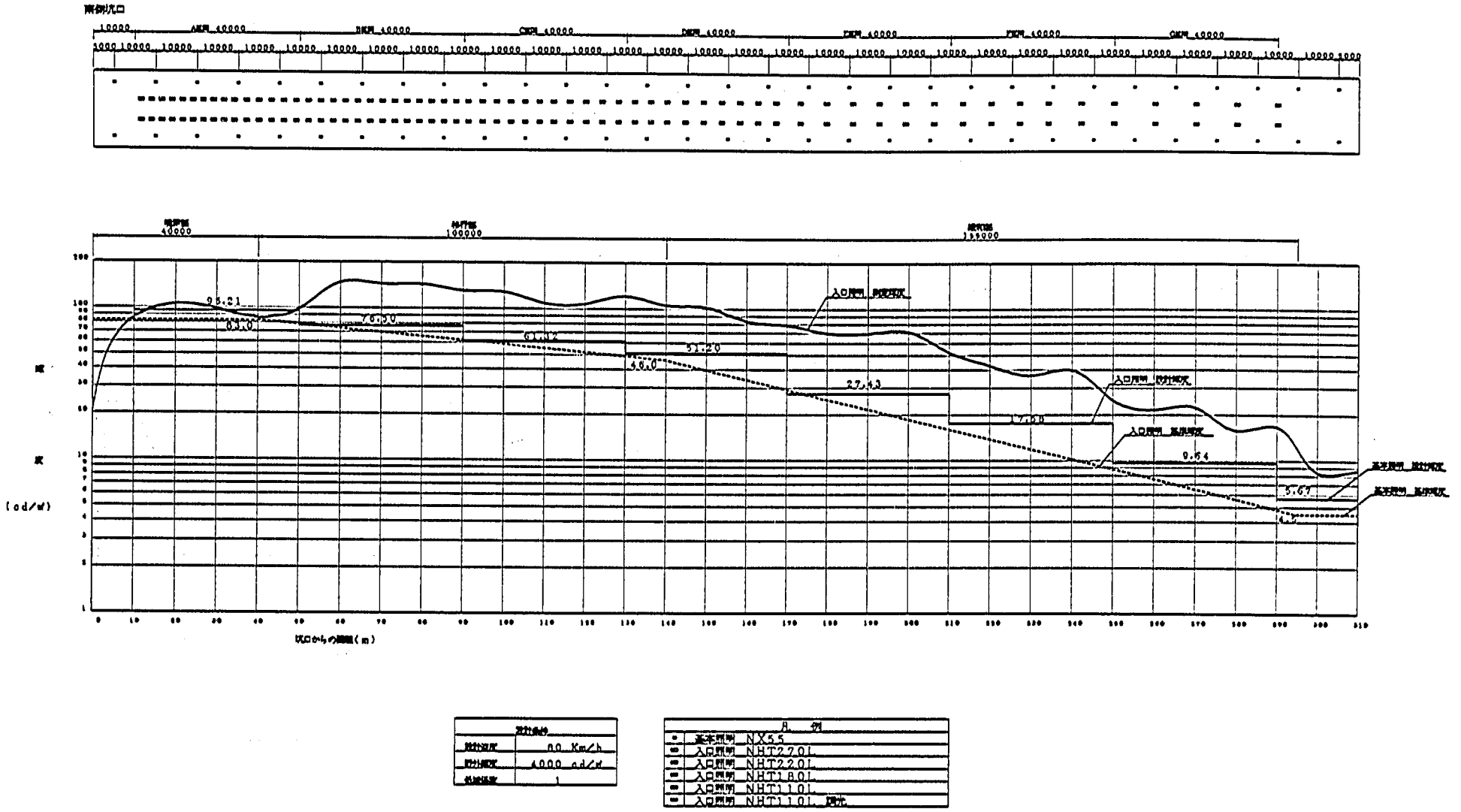
図－３．１２　路面輝度測定結果（カウンタービーム照明・６０ｋｍ／ｈ）



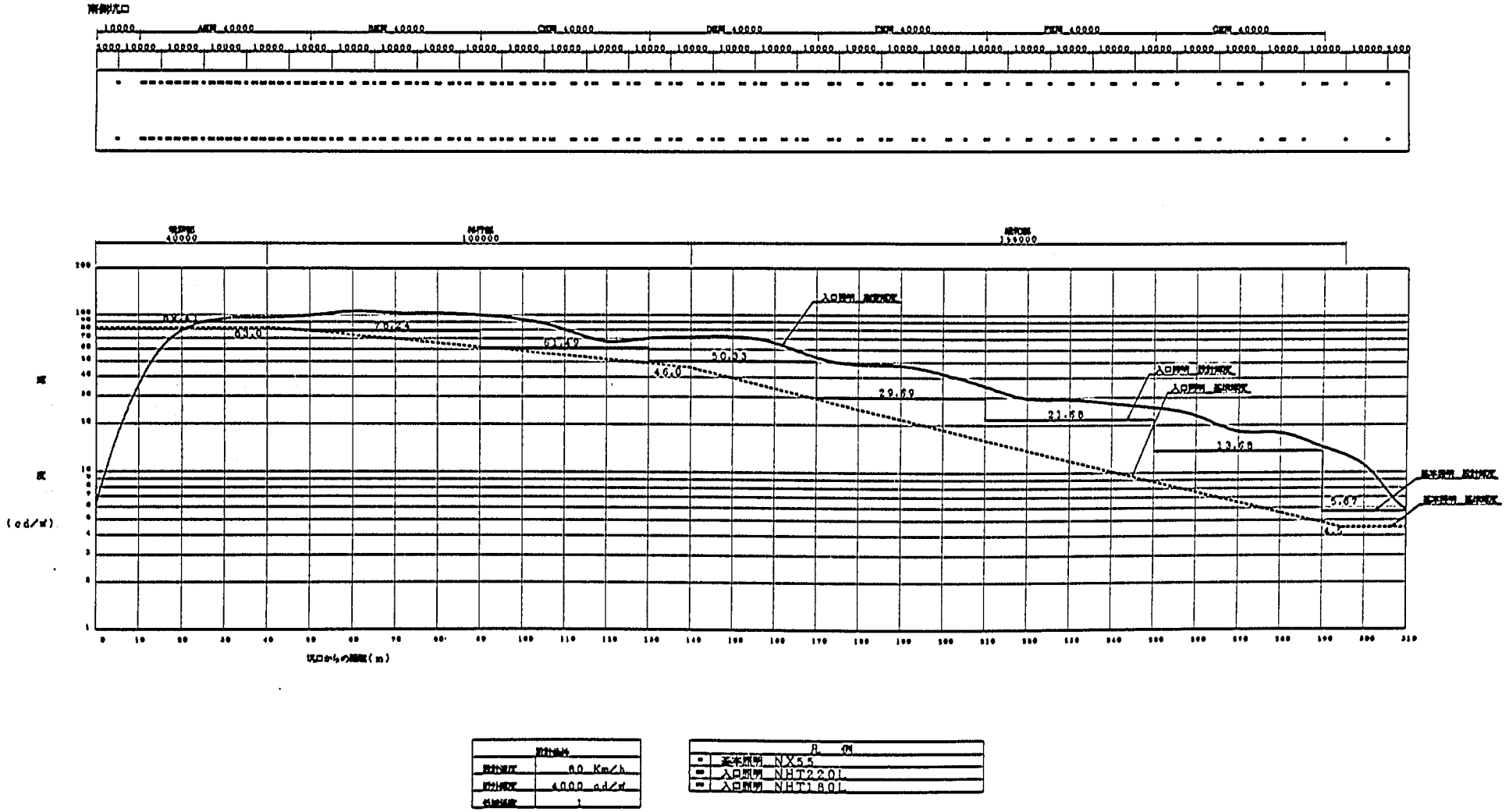
設計速度	60 Km/h
設計輝度	4.000 cd/㎡
視認輝度	0.5

	名 称
●	基本照明 NX55
●	入口照明 NX55
●	入口照明 NX55
●	入口照明 NHT22.0L
●	入口照明 NHT18.0L

図－3.13　路面輝度測定結果（対称照明・60km／h）



図－３.１４　路面輝度測定結果（カウンタービーム照明・８０ｋｍ／ｈ）



設計条件	
設計速度	80 Km/h
設計輝度	4.000 cd/㎡
代表断面	1

凡 例	
●	基本照明 NX55
■	入口照明 NHT220L
▲	入口照明 NHT160L

図－３．１５　路面輝度測定結果（対称照明・８０ｋｍ／ｈ）

3．2　コントラスト係数

各設計速度毎に照明方式の特性を把握するため，下記の測定を行いコントラスト係数を算出した。

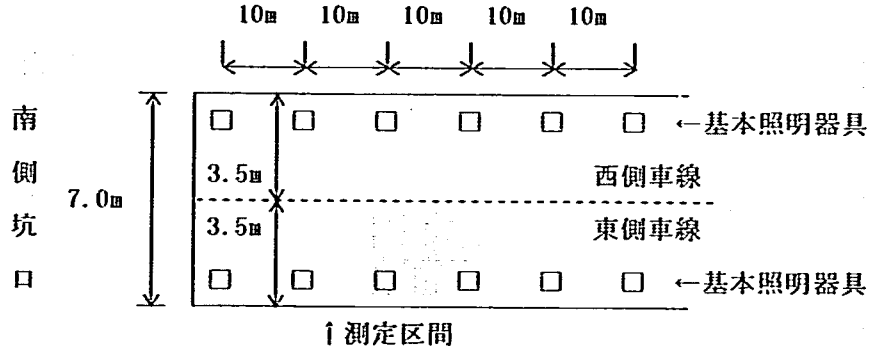
（1）測定項目

測定は、下記の項目とする。

照明方式	路面の種類	測定の種類
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	コンクリート舗装 実大トンネル実験施設 粗面仕上げ	路面輝度 鉛直面照度
対称照明	コンクリート舗装 実大トンネル実験施設 粗面仕上げ	路面輝度 鉛直面照度

（2）測定区間

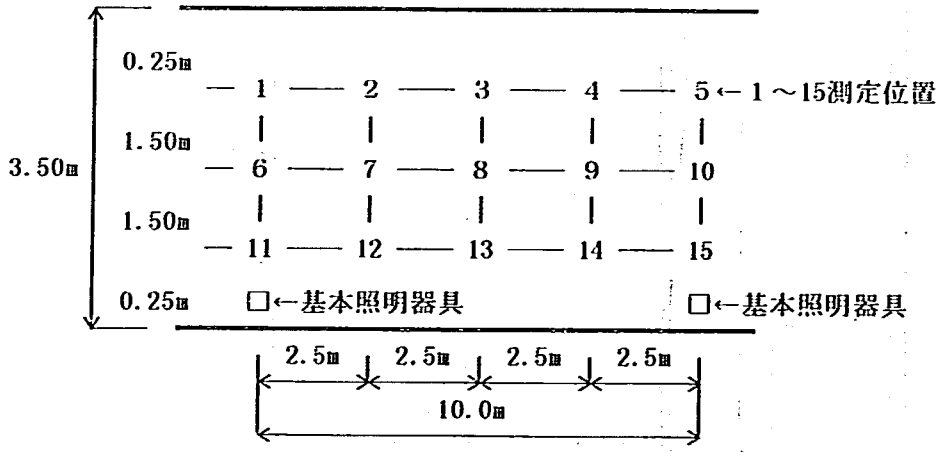
測定区間は、下図のとおりとする。南側坑口より２５m～３５mの区間。



図－３．１６　測定区間

（3）測定位置

測定位置は、下図のとおりとする（東側車線拡大図）



図－３．１７　測定位置

（4）測定方法

路面輝度測定は、俯角を1°に保って行う。

水平面照度は路面上で受光部を水平にして行う。

（5）測定機器

測定機器は次のとおりとする。

照度計：トプコン　IM－3形

（6）測定結果

路面特性測定結果を照明方式および設計速度毎に表－3.13～3.18に示し、そのまとめを表－3.19に示す。

各設計速度において行ったコントラスト係数の算出結果の平均値は、カウンタービーム照明：0.39、対称照明：0.12であった。コントラスト係数による照明方式の定義はカウンタービーム：0.6以上、対称照明：0.2以下（定義はCIEによるものである）であるので、本実験におけるカウンタービーム照明の値はこの定義を満足してない結果となった。この定義を満足出来ない原因は、対称照明の基本照明が点灯していて鉛直面照度が増加したことと、粗面仕上げのコンクリート舗装により照明器具から照射された光が路面に反射して鉛直面照度を増加させたことによるものであると考えられる。

表－３．１３　路面特性測定結果

照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：４０ km/h				
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）				
路面輝度測定結果　　平均値　３２．０　　単位：cd/㎡				
①　４５．２	②　３８．９	③　３８．６	④　３１．８	⑤　３９．５
⑥　３６．９	⑦　３４．２	⑧　３６．７	⑨　２５．９	⑩　３３．３
⑪　２３．２	⑫　２８．２	⑬　２３．３	⑭　２０．９	⑮　２３．９
鉛直面照度測定結果　　平均値　８５．１　　単位：lx				
①　８６．３	②　１０７．８	③　８３．６	④　８２．９	⑤　９４．４
⑥　７７．８	⑦　１０１．１	⑧　９２．６	⑨　８１．２	⑩　８４．９
⑪　７４．２	⑫　８７．９	⑬　７８．７	⑭　６７．７	⑮　７５．４

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１４　路面特性測定結果

照明方式：対称照明　　設計速度：４０ km/h				
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）				
路面輝度測定結果　　平均値　２９．４　　単位：cd/㎡				
①　３３．７	②　３２．５	③　２９．６	④　２８．５	⑤　３１．７
⑥　２９．２	⑦　３０．４	⑧　３６．３	⑨　２９．３	⑩　３５．１
⑪　１９．８	⑫　２３．４	⑬　２５．７	⑭　２５．１	⑮　３１．１
鉛直面照度測定結果　　平均値　２２４．７　　単位：lx				
①　２６０．０	②　１８４．０	③　２２５．０	④　２７３．０	⑤　２０７．０
⑥　２５３．０	⑦　１９３．０	⑧　２３３．０	⑨　２７７．０	⑩　２１３．０
⑪　２０３．０	⑫　１７６．０	⑬　２１７．０	⑭　２４６．０	⑮　２１１．０

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１５　路面特性測定結果

照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：６０ km/h									
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）									
路面輝度測定結果				平均値	３０．５		単位：cd/㎡		
①	３２．５	②	３４．６	③	４８．２	④	４１．０	⑤	３８．８
⑥	２８．２	⑦	３２．２	⑧	３８．７	⑨	３０．９	⑩	２９．３
⑪	１５．１	⑫	２１．７	⑬	２３．５	⑭	２１．０	⑮	２１．３
鉛直面照度測定結果				平均値	７７．２		単位：lx		
①	８６．２	②	８８．３	③	８５．２	④	８６．０	⑤	７０．４
⑥	７４．８	⑦	７８．４	⑧	８８．８	⑨	８２．７	⑩	６６．８
⑪	６８．７	⑫	６８．９	⑬	７７．８	⑭	７１．５	⑮	６３．５

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１６　路面特性測定結果

照明方式：対称照明　　設計速度：６０ km/h									
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）									
路面輝度測定結果				平均値	２７．５		単位：cd/㎡		
①	３２．１	②	３１．１	③	２３．９	④	２６．９	⑤	２７．６
⑥	２７．８	⑦	２９．３	⑧	３４．７	⑨	２７．５	⑩	３２．１
⑪	１８．９	⑫	２５．８	⑬	２６．２	⑭	２２．５	⑮	２６．７
鉛直面照度測定結果				平均値	２２３．７		単位：lx		
①	２６４．０	②	１８３．０	③	２２７．０	④	２７７．０	⑤	２０１．０
⑥	２６０．０	⑦	１９０．０	⑧	２３５．０	⑨	２７５．０	⑩	２０６．０
⑪	２０４．０	⑫	１７７．０	⑬	２１８．０	⑭	２４３．０	⑮	１９６．０

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１７　路面特性測定結果

照明方式：カウンタービーム照明　　設計速度：８０ km/h				
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）				
路面輝度測定結果　　平均値　９５．０　　単位：cd/㎡				
①　１２８．７	②　１１８．６	③　１３０．９	④　１０６．２	⑤　１１４．６
⑥　９６．５	⑦　９６．７	⑧　１０５．０	⑨　８５．９	⑩　９７．７
⑪　６３．０	⑫　７１．１	⑬　７０．５	⑭　６０．９	⑮　７８．７
鉛直面照度測定結果　　平均値　２４１．７　　単位：lx				
①　２７０．０	②　２７８．０	③　２３６．０	④　２５２．０	⑤　２５４．０
⑥　２４２．０	⑦　２５９．０	⑧　２４５．０	⑨　２４４．０	⑩　２３８．０
⑪　２２３．０	⑫　２２５．０	⑬　２２０．０	⑭　２１６．０	⑮　２２３．０

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１８　路面特性測定結果

照明方式：対称照明　　設計速度：８０ km/h				
舗装の種類：コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）				
路面輝度測定結果　　平均値　７６．１　　単位：cd/㎡				
①　６６．６	②　８９．２	③　７２．７	④　８０．３	⑤　８０．０
⑥　７５．６	⑦　９６．６	⑧　１００．８	⑨　６４．５	⑩　９１．３
⑪　４０．６	⑫　６９．７	⑬　６８．１	⑭　６８．１	⑮　７７．０
鉛直面照度測定結果　　平均値　６９８．８　　単位：lx				
①　７４７．０	②　６７３．０	③　６８７．０	④　７９２．０	⑤　７９１．０
⑥　７３１．０	⑦　６８１．０	⑧　７４６．０	⑨　７９０．０	⑩　７８３．０
⑪　６０７．０	⑫　５９０．０	⑬　６０２．０	⑭　６３０．０	⑮　６３２．０

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．１９　各設計速度における照明方式毎の路面特性測定結果まとめ

	コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）		
	項　　目	ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	対　称　照　明
設計速度　４０ ㎞/h	平均路面輝度　Ｌｒ	３２．０ cd/㎡	２９．４ cd/㎡
	平均鉛直面照度　Ｅｖ	８５．１ lx	２２４．７ lx
	ｺﾝﾄﾗｽﾄ係数　Lr/Ev	０．３８	０．１３
設計速度　６０ ㎞/h	平均路面輝度　Ｌｒ	３０．５ cd/㎡	２７．５ cd/㎡
	平均鉛直面照度　Ｅｖ	７７．２ lx	２２３．７ lx
	ｺﾝﾄﾗｽﾄ係数　Lr/Ev	０．４０	０．１２
設計速度　８０ ㎞/h	平均路面輝度　Ｌｒ	９５．０ cd/㎡	７６．１ cd/㎡
	平均鉛直面照度　Ｅｖ	２４１．７ lx	６９８．８ lx
	ｺﾝﾄﾗｽﾄ係数　Lr/Ev	０．３９	０．１１

設計速度　６０ ㎞/hの路面輝度は１／２低減

表－３．２０　各設計速度における照明方式毎の路面特性測定結果平均値

	コンクリート舗装（粗面仕上げ・実大トンネル実験施設）		
	項　　目	ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	対　称　照　明
各設計速度における測定値の平均値	ｺﾝﾄﾗｽﾄ係数　Lr/Ev	０．３９	０．１２

３．３　平均照度換算係数

アスファルト舗装のカウンタービーム照明における平均照度換算係数の経年変化を調査するために路面サンプルを用いて実験を行った。サンプルは実際に数年間使用されたものであり、自動車の走行により表面が摩耗したものを使用した。

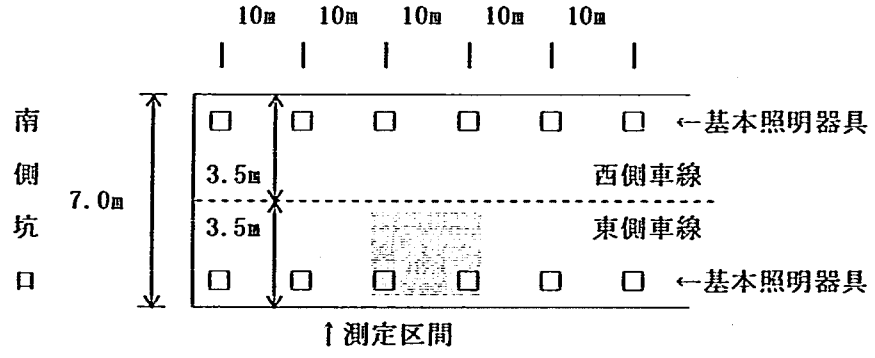
（１）測定項目

測定は、下記の項目とする。

照明方式	路面の種類	測定の種類
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明	アスファルト舗装	水平面照度
		路面輝度
対称照明	アスファルト舗装	水平面照度
		路面輝度

（２）測定区間

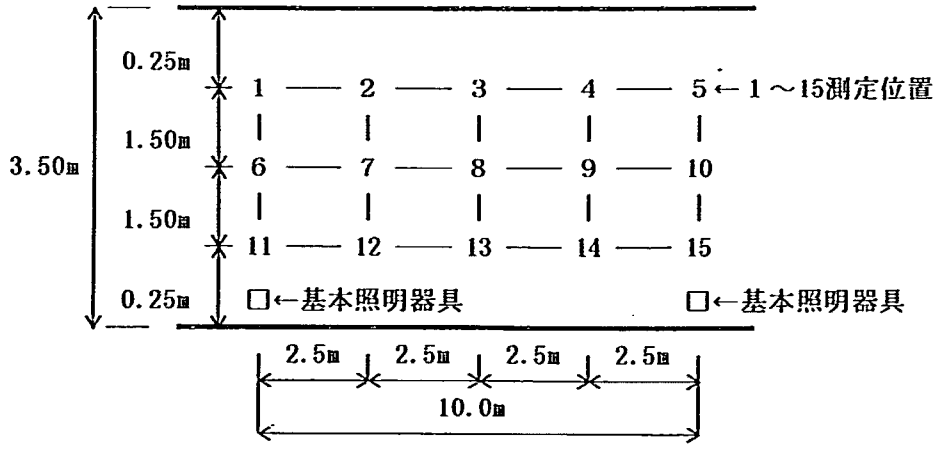
測定区間は、南側坑口より２５m～３５mの区間であり、下図のとおりとする。



図－３．１８　測定区間

（３）測定位置

測定位置を次に示す。（東側車線拡大図）



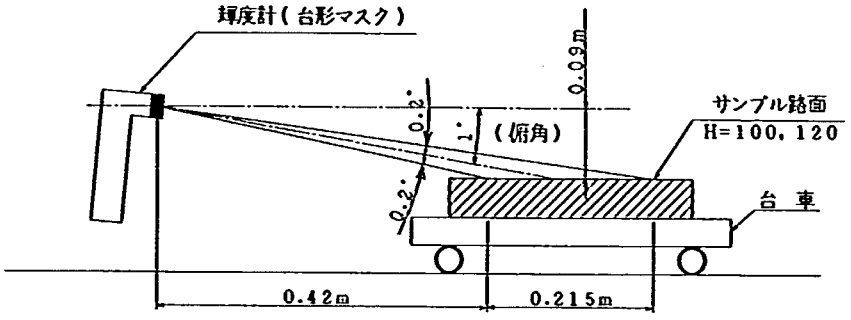
図－３．１９　測定位置

（4）測定方法

鉛直面照度測定は、路面上１０cmの位置で受光部を垂直にして行う。

路面輝度測定は、俯角を1°に保ち進行方向について行う。

測定は図－３．２０のとおりとする。（輝度測定）



図－３．２０　路面輝度測定法

（5）路面サンプル

路面サンプルの仕様は次の通りである。

サンプル①

路線名：一般国道１４号線　東京都江東区亀戸　供用開始後３年経過

形　状：２５cm×３６cm×Ｈ１０cm

交通量：５９４７１台／日（平成２年調査）、５０４４０台／日（昭和６３年調査）

サンプル②

路線名：一般国道１６号線　千葉県柏市　　供用開始後12年経過

形　状：３６cm×４８cm×Ｈ１２cm

交通量：４６３５２台／日（平成２年調査）、４７９４７台／日（昭和６３年調査）

（注）交通量は１日あたりの上下線の合計である。

車線数は、１４号線は片側４車線、１６号線は片側２車線。

交通量は下記の資料による値である。

・平成２年度　交通センサス（全国道路交通情勢調査）

一般交通量調査　平成３年３月　建設省道路局

・平成63年度　交通センサス（全国道路交通情勢調査）

一般交通量調査　平成元年３月　建設省道路局

実験に使用したサンプルは、写真－３．１～３．４に示した。

（6）測定機器

測定機器は次のとおりとする。

照度計：トプコン　IM－3形

輝度計：トプコン　BM－8形（改造・台形マスク付）

（7）測定結果

水平面照度測定結果および路面輝度測定結果を表－3.21,22に示し、各測定結果の平均値および平均照度換算係数を表－3.23に示す。

サンプル①、サンプル②のカウンタービーム照明による平均照度換算係数の平均値は7.3、対称照明による平均照度換算係数の平均値は16.2であった。アスファルト路面の平均照度換算係数の値は、交通による汚れや摩耗による経年変化を受けて開通当初より小さくなる傾向にあると考えられている。今回の測定結果では共用年数の長いサンプル②（供用開始後12年経過）の方が平均照度換算係数の値が小さい値となっていた。

これまでに本共同研究で行った平均照度換算係数に関する測定結果を、図－3.21に示す。

図－3.21に示した換算係数の値は、下記の実験結果によるものである。

経過年数0年：サンプル路面（実験用に製作したもの）

平成6年8月　土木研究所・実大実験トンネル施設にて測定。

経過年数3年：サンプル路面（一般国道14号線より採取したもの）

平成6年8月　土木研究所・実大実験トンネル施設にて測定。

経過年数6年：供用中の路面

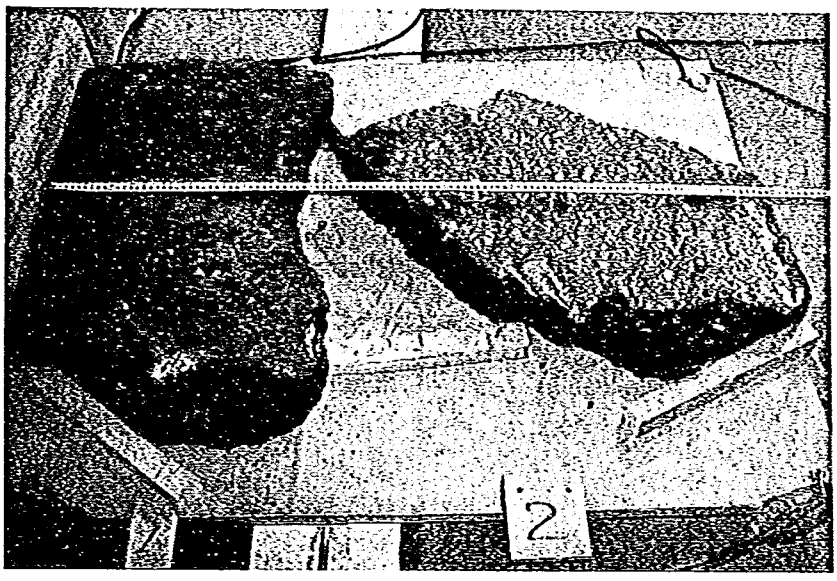
平成6年9月　供用中のBトンネル（表－9.1参照）にて測定。

経過年数12年：サンプル路面（一般国道16号線より採取したもの）

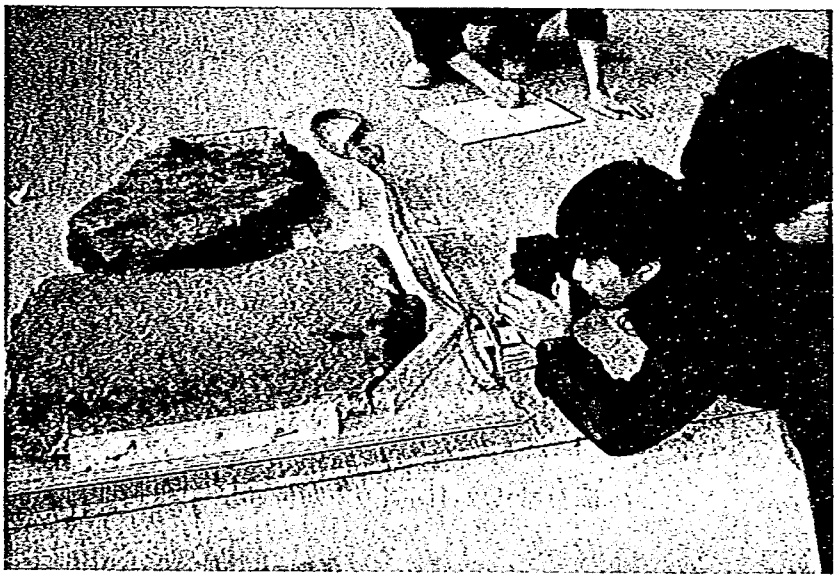
平成6年8月　土木研究所・実大実験トンネル施設にて測定。

図－3.21からアスファルト路面の平均照度換算係数の値が経年変化によって減少傾向にあることは予想出来るが何れも、同一路面での調査結果ではないため大きな差が生じている。

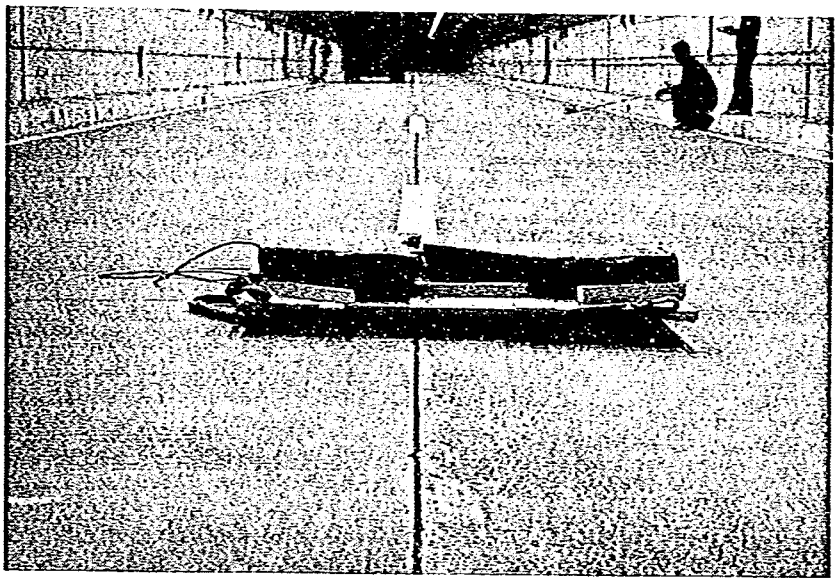
平均照度換算係数の経年変化に関する調査は、できれば同一路面において測定を実施し、より正確な値を得ることが望まれる。



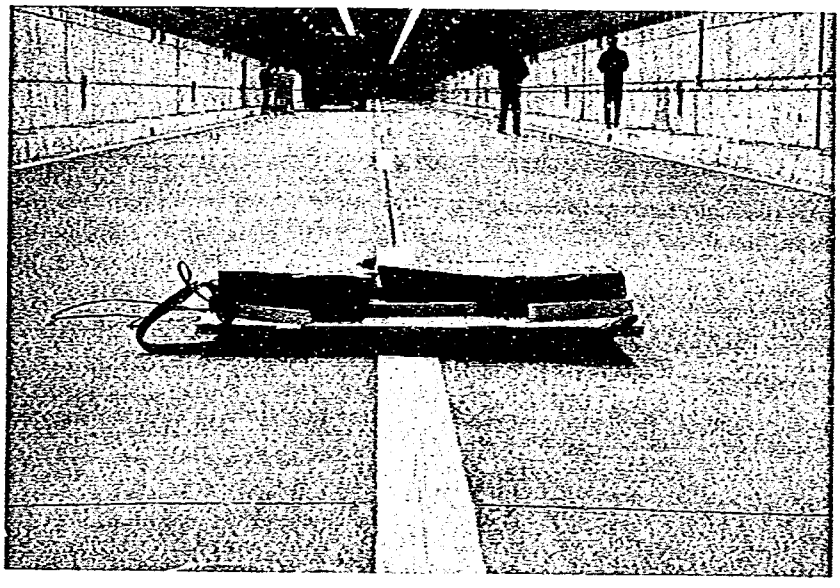
写真－３．１　測定に使用したサンプル路面



写真－３．２　サンプル路面測定の様子



照明器具の直下付近



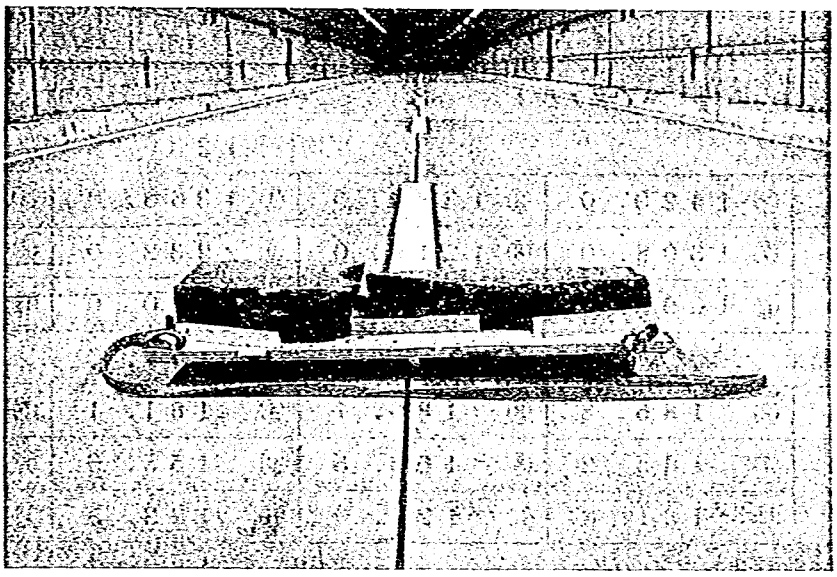
照明器具取付間隔の中間付近

照明方式：カウンタービーム照明

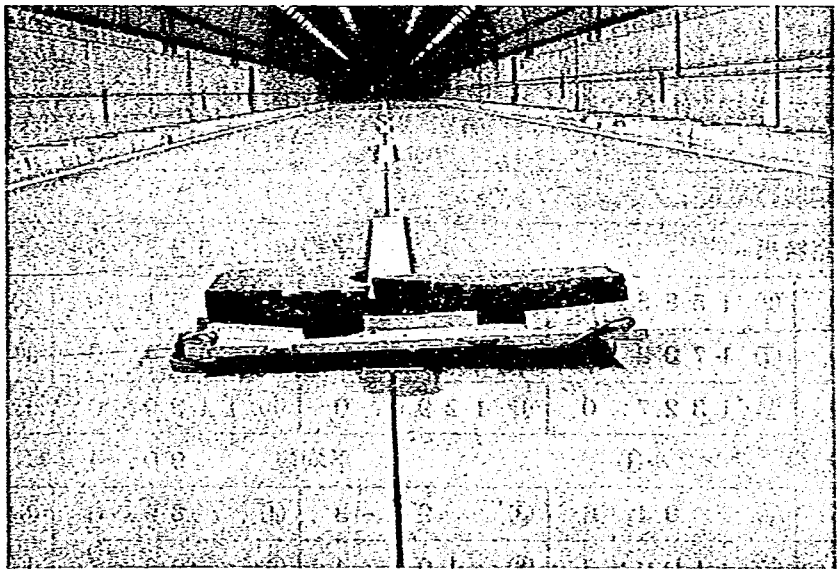
左　　側：サンプル①

右　　側：サンプル②

写真－３．３　カウンタービーム照明時のサンプル路面



照明器具の直下付近



照明器具取付間隔の中間付近

照明方式：対称照明

左　　側：サンプル①

右　　側：サンプル②

写真－３．４　対称照明時のサンプル路面

表－３．２１　路面サンプル測定結果

照明方式：カウンターピーム照明　　設計速度：８０ km/h				
舗装の種類：アスファルト				
水平面照度測定結果　　平均値　１２３６．２　　単位：lx				
① １５２０．０	② １４２０．０	③ １３８４．０	④ １３６３．０	⑤ １３６２．０
⑥ １３０１．０	⑦ １３０８．０	⑧ １２１６．０	⑨ １２３２．０	⑩ １２３７．０
⑪ １０５５．０	⑫ １０９３．０	⑬ １０１０．０	⑭ １０００．０	⑮ ９８２．０
路面輝度測定結果　サンプル①　　平均値　１５９．６　　単位：lx				
① １９２．４	② １８６．３	③ １８６．７	④ １８１．１	⑤ １８８．６
⑥ １６７．４	⑦ １６５．２	⑧ １６５．５	⑨ １５５．６	⑩ １６６．３
⑪ １２９．７	⑫ １３１．８	⑬ １２４．０	⑭ １２３．９	⑮ １２９．９
路面輝度測定結果　サンプル②　　平均値　１８２．７　　単位：lx				
① ２２３．７	② ２１３．０	③ ２１０．６	④ ２１７．３	⑤ ２３５．７
⑥ ２０１．９	⑦ １９５．１	⑧ １９１．２	⑨ １８０．４	⑩ １７６．６
⑪ １４５．８	⑫ １３２．０	⑬ １３０．１	⑭ １３９．４	⑮ １４７．５

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

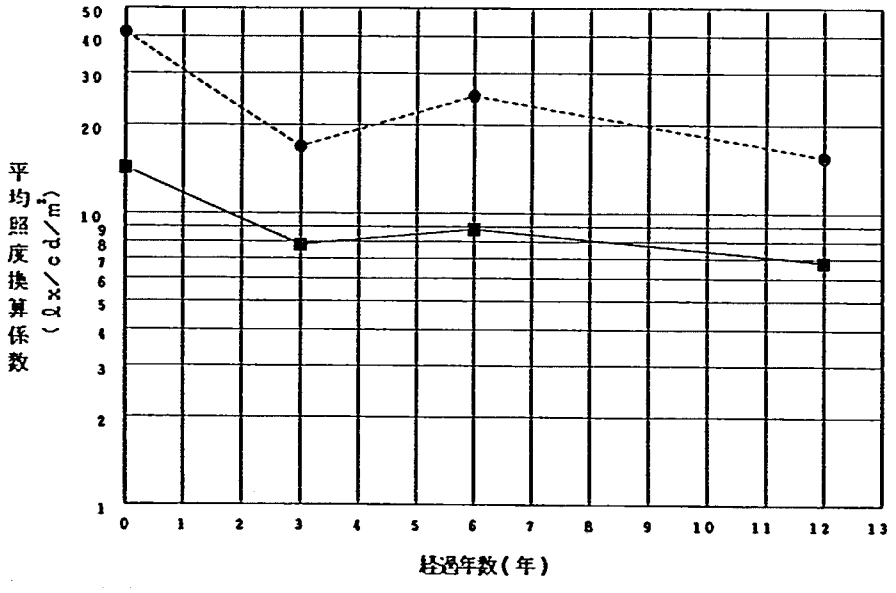
表－３．２２　路面サンプル測定結果

照明方式：対称照明　　設計速度：８０ km/h				
舗装の種類：アスファルト				
水平面照度測定結果　　平均値　１５２８．３　　単位：lx				
① １４２４．０	② １５８５．０	③ １６７０．０	④ １５６１．０	⑤ １３９３．０
⑥ １５３４．０	⑦ １７０２．０	⑧ １８１０．０	⑨ １６４４．０	⑩ １４５３．０
⑪ １１４１．０	⑫ １３２７．０	⑬ １２９０．０	⑭ １１９９．０	⑮ １０８４．０
路面輝度測定結果　サンプル①　　平均値　９０．４　　単位：lx				
① ８４．６	② ９４．６	③ ９５．３	④ ８９．０	⑤ ８４．２
⑥ ９９．４	⑦ １００．３	⑧ １０１．４	⑨ ９３．７	⑩ ８９．３
⑪ ８４．８	⑫ ８８．７	⑬ ９３．８	⑭ ７９．４	⑮ ７６．９
路面輝度測定結果　サンプル②　　平均値　９８．３　　単位：lx				
① ９５．５	② １０２．９	③ １００．６	④ １０２．２	⑤ ８９．６
⑥ １０８．０	⑦ １０８．９	⑧ １１２．７	⑨ １０５．５	⑩ １０１．７
⑪ ９１．４	⑫ ９４．６	⑬ ８８．７	⑭ ８３．８	⑮ ８８．０

測定区間　　南坑口２５m～３５m（１０m）

表－３．２３　サンプルの路面特性測定結果

	舗装の種類：アスファルト舗装		
	項　　目	サンプル ①	サンプル ②
カウンタービーム照明 向き合わせ配列 車線中央取付 設計速度 ８０ km/h	平均水平面照度　Eh	１２３６．２ lx	１２３６．２ lx
	平均路面輝度　Lr	１５９．６ cd/m²	１８２．７ cd/m²
	平均照度換算係数 Eh/Lr	７．８	６．８
対称照明 向き合わせ配列 設計速度 ８０ km/h	平均水平面照度　Eh	５２８．３ lx	５２８．３ lx
	平均路面輝度　Lr	９０．４ cd/m²	９８．３ cd/m²
	平均照度換算係数 Eh/Lr	１６．９	１５．５



●：対　称　照　明

■：カウンタービーム照明

図－３．２１　アスファルト路面の平均照度換算係数経年変化

3．4　照明器具からのグレア（ＴＩ値）

（1）目的

トンネル入口照明部において、照明方式、照明レベル（設計速度に対応し定められた照明レベル）および観測位置（遮光角、観測高さ）などを変え、それぞれの状態での路面輝度、等価光幕輝度を測定し、その測定結果から求めたＴＩ値を比較検討することを目的に実験を行った。

照明器具からのグレアには、視機能低下グレアと不快グレアがあり、観測者の眼の順応状態と照明器具の光学特性により変化する。

視機能低下グレアは、相対閾値増加（Threshold Increment:ＴＩ）で表され、観測者の順応状況すなわち路面輝度と眼球内の散乱を定量的に表す等価光幕輝度を測定することにより、式（3．1）または式（3．2）より求めることができる。ただし、L_{seq}：等価光幕輝度 、L_{road}：路面輝度である。

$$TI = \frac{95 \cdot L_{seq}}{L_{road}^{1.05}} \ (\%) \qquad (\ L_{road} > 5\,cd/m^2\ ) \qquad (3.1)$$

$$TI = \frac{65 \cdot L_{seq}}{L_{road}^{0.8}} \ (\%) \qquad (0.05 < L_{road} \leqq 5\,cd/m^2) \qquad (3.2)$$

（2）測定項目

1）測定場所

測定場所及び舗装を次に示す。

①場　所　　建設省　土木研究所　実大トンネル

②トンネル坑口の方位　　南坑口

③舗装の種類　　コンクリート舗装（粗面仕上げ）

2）測定条件

①照明方式

カウンタービーム照明（車線中央：照明器具を車線中央に配置した場合）

対称照明（現状の照明方式）

②入口照明のレベル（野外輝度４，０００cd/㎡）

設計速度 (km/h)	路面輝度 (cd/㎡)			入口部照明の長さ (m)		
	境界部	移行部最終点	緩和部最終点	境界部	移行部	緩和部
８０	８３.０	４６.０	４.５	４０	１００	１５５
６０	２９.０	１７.５	１.１５	２５	６５	１３５
４０	２９.０	２０.０	１.５	１５	３０	８５

注）設計速度６０km/hの路面輝度は１／２低減。

③実験に使用した車両

乗用車（日産セドリック　排気量2，000cc)

3）測定用計器

測定には次の測定器を使用した。

①等価光幕輝度測定　　等価光幕輝度計（岩崎電気㈱製　20DP形)

②路面輝度測定　　輝　度　計　　(トプコンBM－3形　視角0．2度)

4）測定方法

①等価光幕輝度の測定

等価光幕輝度の測定は、乗用車を使用し、車内の運転者の眼の高さ（乗用車では地上1．2m）にあわせて設けられた取付け台に受光角を俯角約1度に測定器を設置し、表－3．24に示した各観測位置で等価光幕輝度を測定した。

測定中は坑口のシャッタを閉鎖し、人工照明のみで照明されている状態にして測定を行った。

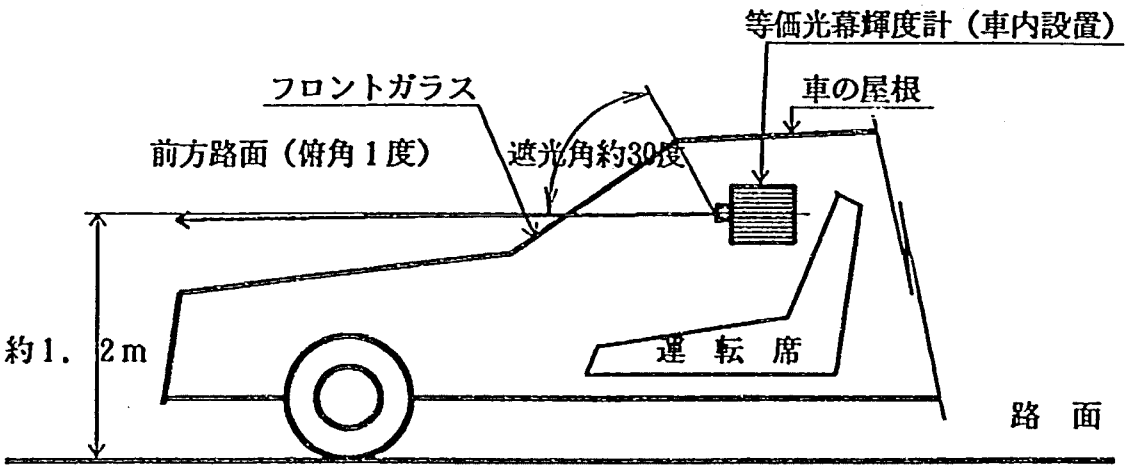
なお、遮光角の違いがTI値にどのような影響を与えるかを知るため、80km/hの照明レベルの場合に20m地点、280m地点、300m地点の3か所で、遮光角を15度から60度まで変化させた場合の等価光幕輝度を測定した。　(図－3．22、写真－3．5参照)

②路面輝度の測定

平均路面輝度の測定は、等価光幕輝度の測定と同様、表－3．24に示す観測地点で乗用車を使用し、車内の運転者の眼の高さ（乗用車では地上1．2m）にあわせて設けた取付け台に測定器を設置し、受光角を俯角約1度に設定した場合の距離に概ね等しい地点（乗用車の場合には60m前方）の路面輝度を測定した。なお、路面輝度の測定では、フロントガラスの影響を考慮し、各測定地点ごとに車内および車外から測定を行った。　(図－3．23、写真－3．6参照)

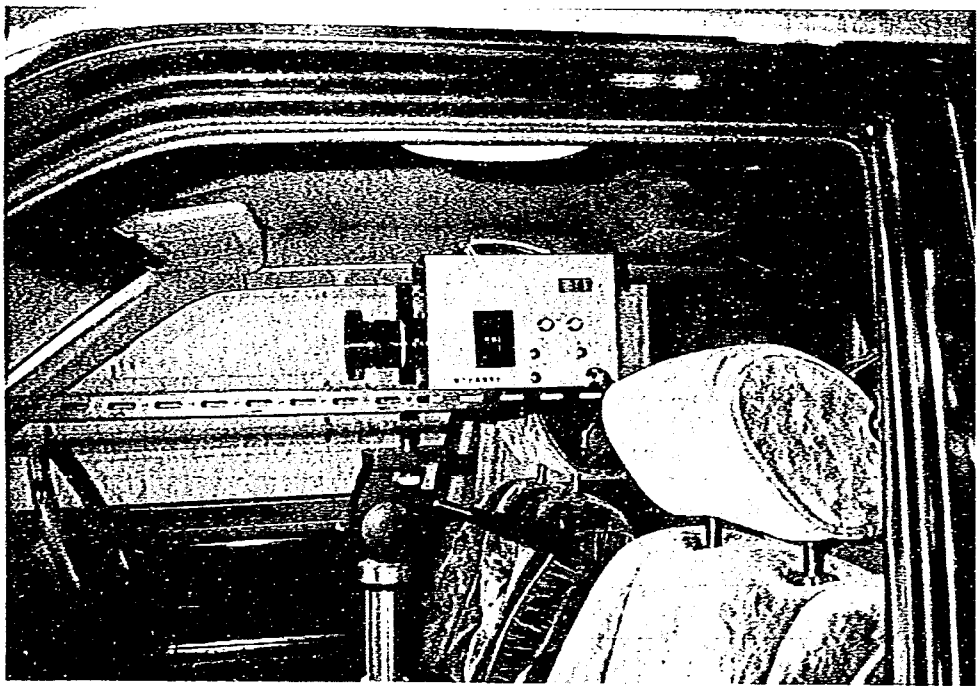
表－3．24　測定位置一覧表

照明方式	設計速度（km/h)	実験に使用した車両	観測点範囲（m)	観測点間隔（m)
カウンタービーム照明	80	乗用車	0～300まで	20
	60	乗用車	0～200まで	20
	40	乗用車	0～100まで	20
対称照明	80	乗用車	0～300まで	20
	60	乗用車	0～160まで	20
	40	乗用車	0～120まで	20



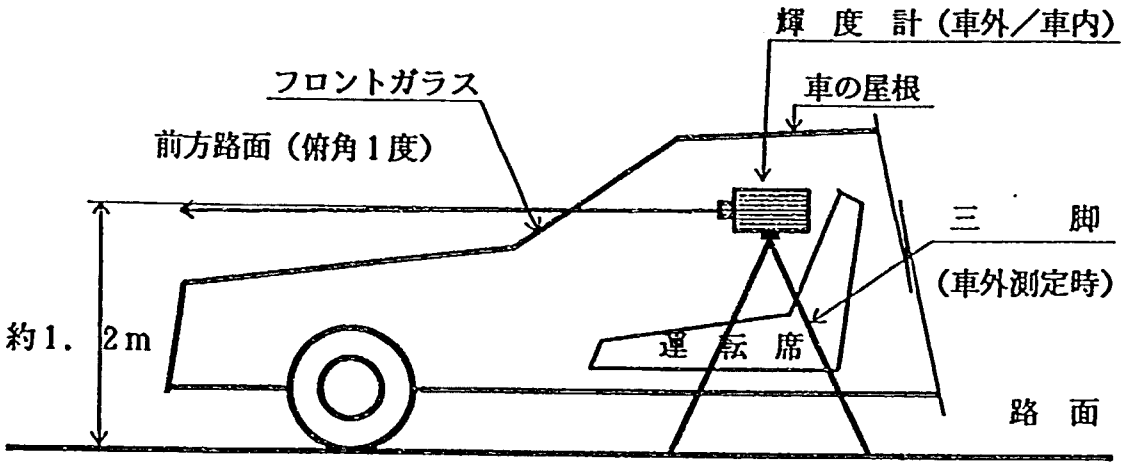
図－３．２２　等価光幕輝度の車内測定図

（車の屋根による遮光の影響あり　遮光角約３０度）

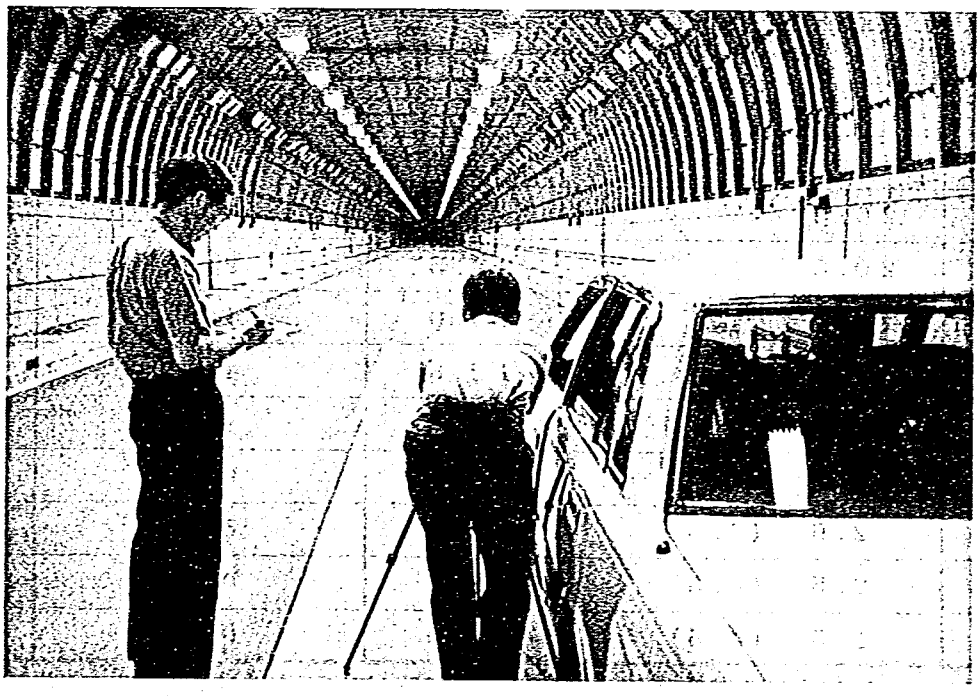


写真－３．５　等価光幕輝度測定状況写真

（設計速度８０km/h時の実験状況）



図－３．２３　路面輝度の測定図（車内／車外）



写真－３．６　路面輝度の車外測定状況写真
（設計速度８０㎞/h時の実験状況）

（3）測定結果

路面輝度および等価光幕輝度の測定結果をもとにＴＩ値を算出した。ただし、測定範囲末端部の路面輝度は、本実験の設計基準に従って照明設備を変更した路面の範囲外となるため、ＴＩ値の計算上の路面輝度は（　）内の設計基準値４．５cd/㎡ にて処理をした。その算出結果を、表－３．２５～表－３．３０に示す。 また、設計速度８０km/hの場合における遮光角の違いによるＴＩ値の算出結果を、表－３．３１～表－３．３２に示す。

表－３．２５　照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月１８日　１６時５０分～１７時３０分
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　乗用車　（測定高さ　Ｈ＝１．２m）
・設計速度：　８０km/h
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）

測定位置 (m)	路面輝度　(cd/㎡)		等価光幕輝度 (cd/㎡)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0　(60)	６０．３	８０．１	６．０	７．７
20　(80)	６３．１	７９．６	５．９	７．２
40　(100)	６２．５	７１．０	５．６	６．９
60　(120)	５１．８	６１．３	５．１	７．６
80　(140)	４７．３	５３．１	４．７	７．８
100　(160)	４０．３	４８．５	４．３	８．４
120　(180)	３０．５	４０．２	３．６	９．４
140　(200)	２６．５	３１．２	３．２	９．７
160　(220)	２０．０	２４．５	２．３	９．４
180　(240)	１３．２	１９．０	１．８	１１．３
200　(260)	１１．７	１２．８	１．２	８．６
220　(280)	７．８	９．３	１．０	１０．９
240　(300)	６．４	６．７	０．９	１２．１
260　(320)	２．６　（４．５）	２．９	０．６	１１．７
280　(340)	２．５　（４．５）	２．６	０．４	７．８
300　(360)	１．５　（４．５）	２．０	０．３	５．９

注）　１）測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。
　　２）路面輝度欄の数値は実測値を示し、（　）内の数値は設計基準および計算上で処理した数値を示す。

表－3.26　照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月１９日　　１５時４０分～１６時１０分
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　　乗用車　（測定高さ　Ｈ＝１．２m）
・設計速度：　８０km/h
・照明方式：　対称照明

測定位置 (m)	路面輝度　(cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0　(60)	６１．２	８１．０	４．２	５．３
20　(80)	６２．０	６８．５	４．７	５．８
40　(100)	５５．０	６２．５	４．２	５．９
60　(120)	４４．２	５７．１	３．７	６．６
80　(140)	３６．５	５４．５	３．４	７．４
100　(160)	４１．５	５３．２	２．７	５．１
120　(180)	２７．２	３０．３	２．５	７．４
140　(200)	２５．０	３１．５	２．３	７．４
160　(220)	２０．３	２４．５	１．７	６．８
180　(240)	１７．２	２１．９	１．３	６．２
200　(260)	１４．３	１５．９	１．１	６．４
220　(280)	１０．６	１４．０	１．０	７．９
240　(300)	５．０	８．４	０．８	１４．３
260　(320)	３．２　（４．５）	３．３	０．６	１１．７
280　(340)	２．６　（４．５）	２．６	０．４	７．８
300　(360)	１．６　（４．５）	１．９	０．２	３．９

注）　１）測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。
　　２）路面輝度欄の数値は実測値を示し、（　）内の数値は設計基準および計算上で処理した数値を示す。

表－３．２７　照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月６日　１０時２０分～１０時５０分
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　乗用車　（測定高さ　Ｈ＝１．２m）
・設計速度：　６０km/h（路面輝度は１／２低減）
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）

測定位置 (m)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0 (60)	２５	３４	２．２	７．１
20 (80)	２６	３１	２．７	８．３
40 (100)	２２	２９	２．５	９．２
60 (120)	２０	２６	２．０	８．１
80 (140)	１２	１７	１．８	１２．５
100 (160)	８	９	１．５	１６．０
120 (180)	５	６	１．６	２８．６
140 (200)	３	４	０．６	１６．１
160 (220)	２	２	０．４	１４．９
180 (240)	２	２	０．３	１１．１
200 (260)	１	１	０．２	１３．０

注）　測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。

表－３．２８　照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月７日　１６時３０分～１７時
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　乗用車　（測定高さ　Ｈ＝１．２m）
・設計速度：　６０km/h（路面輝度は１／２低減）
・照明方式：　対称照明

測定位置 (m)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0 (60)	１９	２５	１．５	６．５
20 (80)	２２	２８	１．７	６．３
40 (100)	１６	２１	１．５	７．７
60 (120)	１４	２０	１．４	８．３
80 (140)	７	８	１．３	１６．０
100 (160)	５	６	１．０	１７．９
120 (180)	４	５	０．７	１５．０
140 (200)	２	３	０．４	１４．９
160 (220)	２	２	０．３	１１．２

注）　測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。

表－3.29 照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月３日　１６時～１６時３０分
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　　乗用車　（測定高さ　H＝１．２m）
・設計速度：　４０km/h
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）

測定位置 (m)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0 （60）	１８	２３	２．６	１１．８
20 （80）	１４	１６	２．１	１２．５
40 （100）	７	９	１．５	１８．４
60 （120）	５	６	１．７	３０．４
80 （140）	３	４	１．１	２９．６
100 （160）	２	２	０．４	１４．９

注）　測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。

表－3.30 照明器具によるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月４日　１１時～１１時３０分
・測定条件：　車の屋根による遮光の影響あり。（遮光角約３０度）
　　乗用車　（測定高さ　H＝１．２m）
・設計速度：　４０km/h
・照明方式：　対称照明

測定位置 (m)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値（%）
	①車内測定	②車外測定		①車内測定
0 （60）	２１	３１	１．５	５．８
20 （80）	１７	２２	１．７	８．２
40 （100）	７	１１	１．２	１４．７
60 （120）	５	１２	０．９	１６．１
80 （140）	３	７	０．５	１３．４
100 （160）	２	２	０．３	１１．１
120 （180）	３	４	０．３	８．０

注）　測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。

表－3.31　遮光角の違いによるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月１８日　　１６時～１６時３０分

・測定条件：　乗用車　(測定高さ　H＝１.２m)

・設計速度：　８０km/h

・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）

測定位置 (m)	遮光角度 (度)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値 (%)
		①車内測定	②車外測定		①車内測定
２０（８０）	１５	６３.１	７９.６	４.１	５.０
	２０			４.５	５.５
	３０			５.９	７.２
	４０			７.６	９.３
	５０			９.３	１１.４
	６０			１０.５	１２.８
	遮光無し			１４.８	１８.１
２８０（３４０）	１５	２.５（４.５）	２.６	０.３１	６.０
	２０			０.２９	５.７
	３０			０.３７	７.２
	４０			０.４９	９.６
	５０			０.５９	１１.５
	６０			０.７８	１５.２
	遮光無し			１.２８	２５.０
３００（３６０）	１５	１.５（４.５）	２.０	０.１６	３.１
	２０			０.１６	３.１
	３０			０.２０	３.９
	４０			０.２１	４.１
	５０			０.２４	４.７
	６０			０.３８	７.４
	遮光無し			０.３９	７.６

注）1）測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。
2）遮光角度欄の「遮光無し」とは、測定計器受光部をフロントガラスに可能なかぎり接近させた時の測定値を示す。
3）路面輝度欄の数値は実測値を示し、（　）内の数値は設計基準および計算上で処理した数値を示す。

表－3.32　遮光角の違いによるＴＩ値

・測定日時：　１９９４年１０月１９日　　１８時～１８時３０分

・測定条件：　乗用車　(測定高さ　H＝１.２m)

・設計速度：　８０km/h

・照明方式：　対称照明

測定位置 (m)	遮光角度 (度)	路面輝度 (cd/m²)		等価光幕輝度 (cd/m²)	ＴＩ値 (%)
		①車内測定	②車外測定		①車内測定
２０（８０）	１５	６２.０	６８.５	３.８	４.７
	２０			４.２	５.２
	３０			４.９	６.１
	４０			５.５	６.８
	５０			５.９	７.３
	６０			６.２	７.７
	遮光無し			７.２	８.９
２８０（３４０）	１５	２.５（４.５）	２.６	０.３１	６.０
	２０			０.３３	６.４
	３０			０.４３	８.４
	４０			０.４６	９.０
	５０			０.５４	１０.５
	６０			０.５８	１１.３
	遮光無し			０.７６	１４.８
３００（３６０）	１５	１.６（４.５）	１.９	０.１６	３.１
	２０			０.１７	３.３
	３０			０.２１	４.１
	４０			０.２２	４.３
	５０			０.２５	４.９
	６０			０.２６	５.１
	遮光無し			０.３９	７.６

注）　1) 測定位置欄の（　）内の数値は、路面輝度の測定対象とした路面の位置を示す。
2) 遮光角度欄の「遮光無し」とは、測定計器受光部をフロントガラスに可能なかぎり接近させた時の測定値を示す。
3) 路面輝度欄の数値は実測値を示し、（　）内の数値は設計基準および計算上で処理した数値を示す。

（4）考察

各設計速度別に、測定結果から求めたＴＩ値とトンネル坑口からの距離の変化を各照明方式ごとに示したものが図－３．２４～図－３．２６である。

遮光角の違いによるＴＩ値の比較を、設計速度８０km/h の照明レベルにおいて、照明方式別に示したものが図－３．２７である。

本実験結果より、次に示すようなことが分かった。

１）照明方式と照明レベルによるＴＩ値

各設計速度に対応する照明レベル別に照明方式を比較すると、各設計速度とも対称照明よりカウンタービーム照明のＴＩ値の方が、相対的に高い値を示すことが分かった。

これはカウンタービーム照明器具の配光が、車両の進行と逆方向に光軸の最大値があり、対称照明器具の配光との相違により等価光幕輝度が増加することが原因と考えられる。

２）遮光角度とＴＩ値

トンネル坑口から２０mおよび２８０mの測定位置での遮光角の違いによるＴＩ値を比較すると、いずれの測定位置においても遮光角が大きくなるほどＴＩ値が大きくなること、また対称照明よりカウンタービーム照明の方が増加の割合が若干大きな傾向にあることが分かった。

これは遮光角が大きくなるほど、照明の直射光成分の影響を受け、その影響の程度も対称照明よりカウンタービーム照明において、より強く受けることによるものと推測される。

トンネル坑口から２８０mの測定位置の場合で、かつ遮光角が５０度を超えるにつれて、カウンタービーム照明のＴＩ値は、対称照明と比較して大幅な増加の傾向を示すことが分かった。

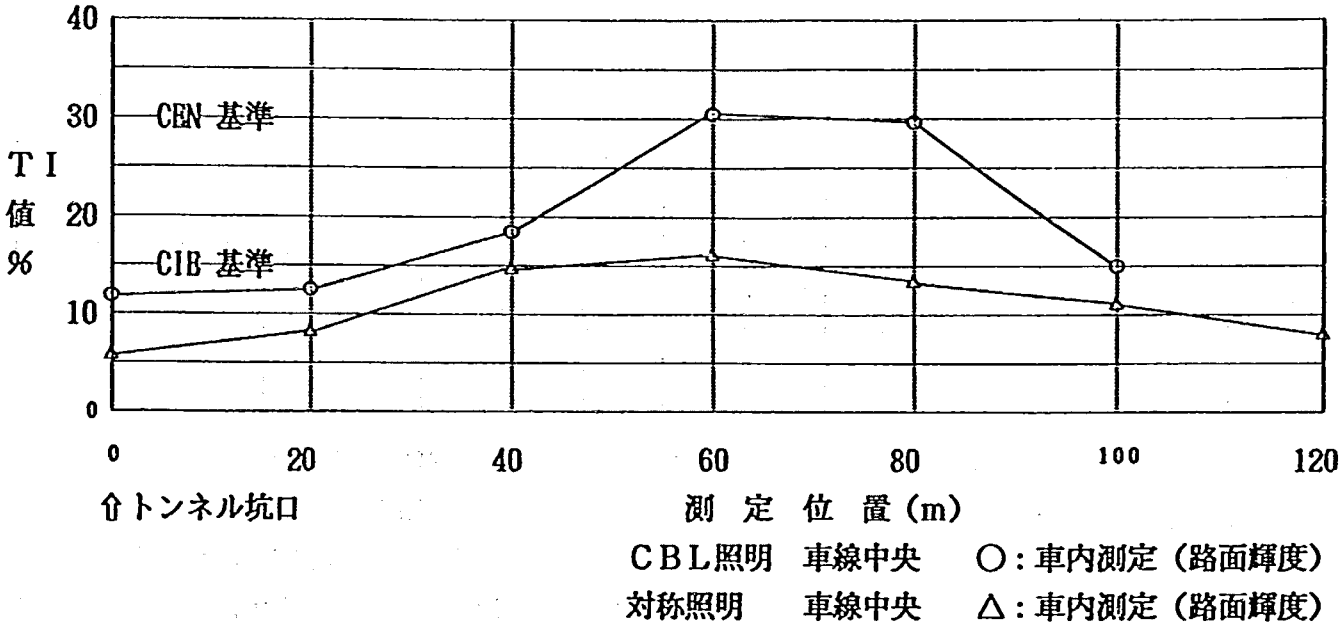
これはカウンタービーム照明器具の配光が、対称照明の配光と違って、車両の進行と逆方向（６０度）に光軸の最大値を持つことと、トンネル坑口から２８０mの測定位置の路面輝度はトンネル坑口から２０mと比較し極端に低くなることの相乗効果によるものと推測される。

なお、「カウンタービーム照明に関する共同研究報告書[1]（平成９年３月）」で測定したＴＩ値と今回の測定値を比較すると、今回実験したＴＩ値の方が小さな値であることが分かった。

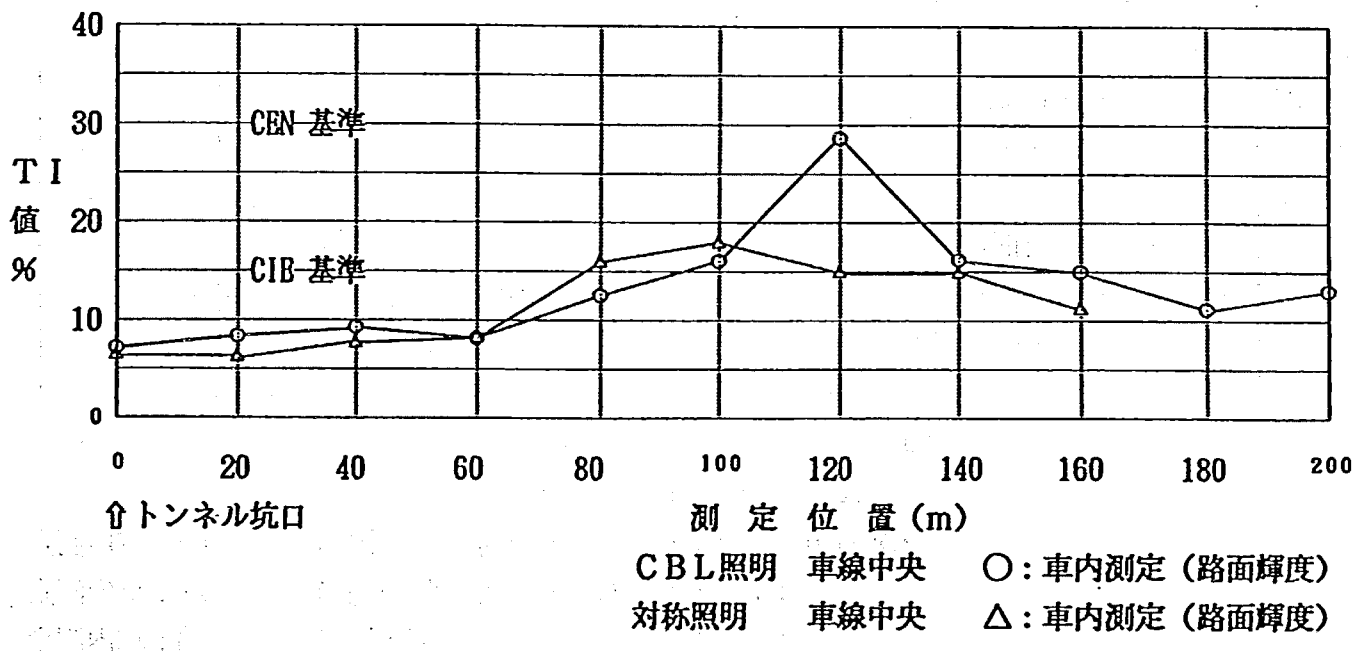
これは、前回の実験[1]で使用したプリチャード測定器の受光部が長く、車内設置した状態でフロントガラス前面付近まであったが、今回は実際の運転者の眼の位置でのＴＩ値を測定するため、運転者の眼の位置付近に測定器を設置したことによる遮光角の相違によるものと推測される。

３）その他

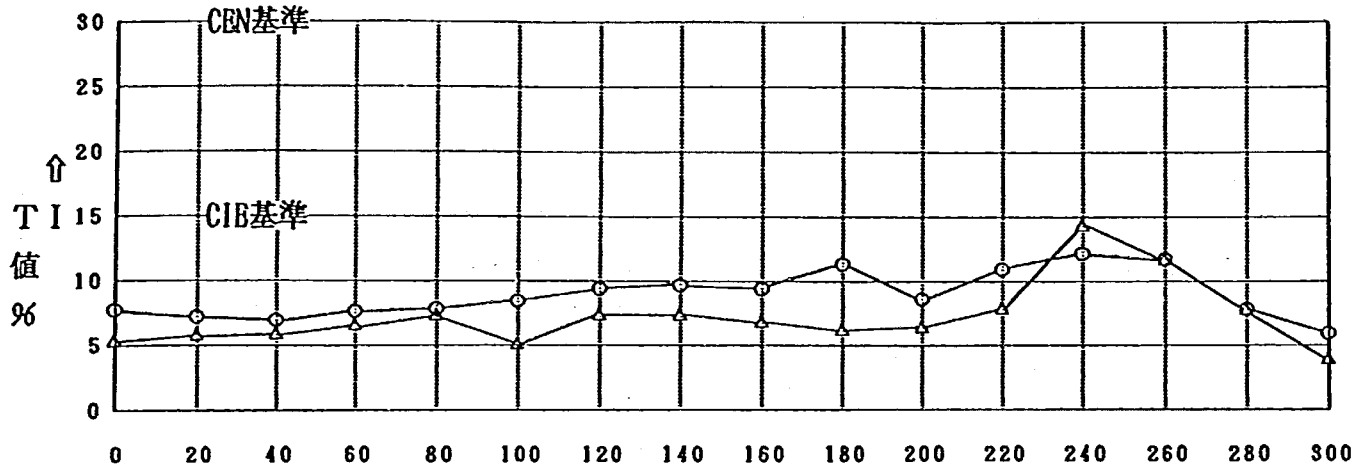
現在、国際的な規格（ＣＩＥ[2]、ＣＥＮ[3]）で推奨しているＴＩ値の規定値は高さ１．５m、遮光角度２０度の条件で計算される値としてそれぞれ１５%未満、３０%未満としている。参考までに測定値と国際的な規格の規定値と比較してみる。今回測定した乗用車の運転者の眼の位置での遮光角は３０度前後であるため、測定値をそのまま比較することはできないが、遮光角度による測定結果から遮光角度２０度の場合のＴＩ値は遮光角度３０度の場合のＴＩ値の約２割程度低下している。このことを考慮すると、対称照明の場合のＴＩ値は、各設計速度ともＣＩＥが推奨している規定値１５%未満を満足していることが分かった。他方、カウンタービーム照明のＴＩ値は、設計速度４０Km/hおよび６０Km/h（路面輝度は



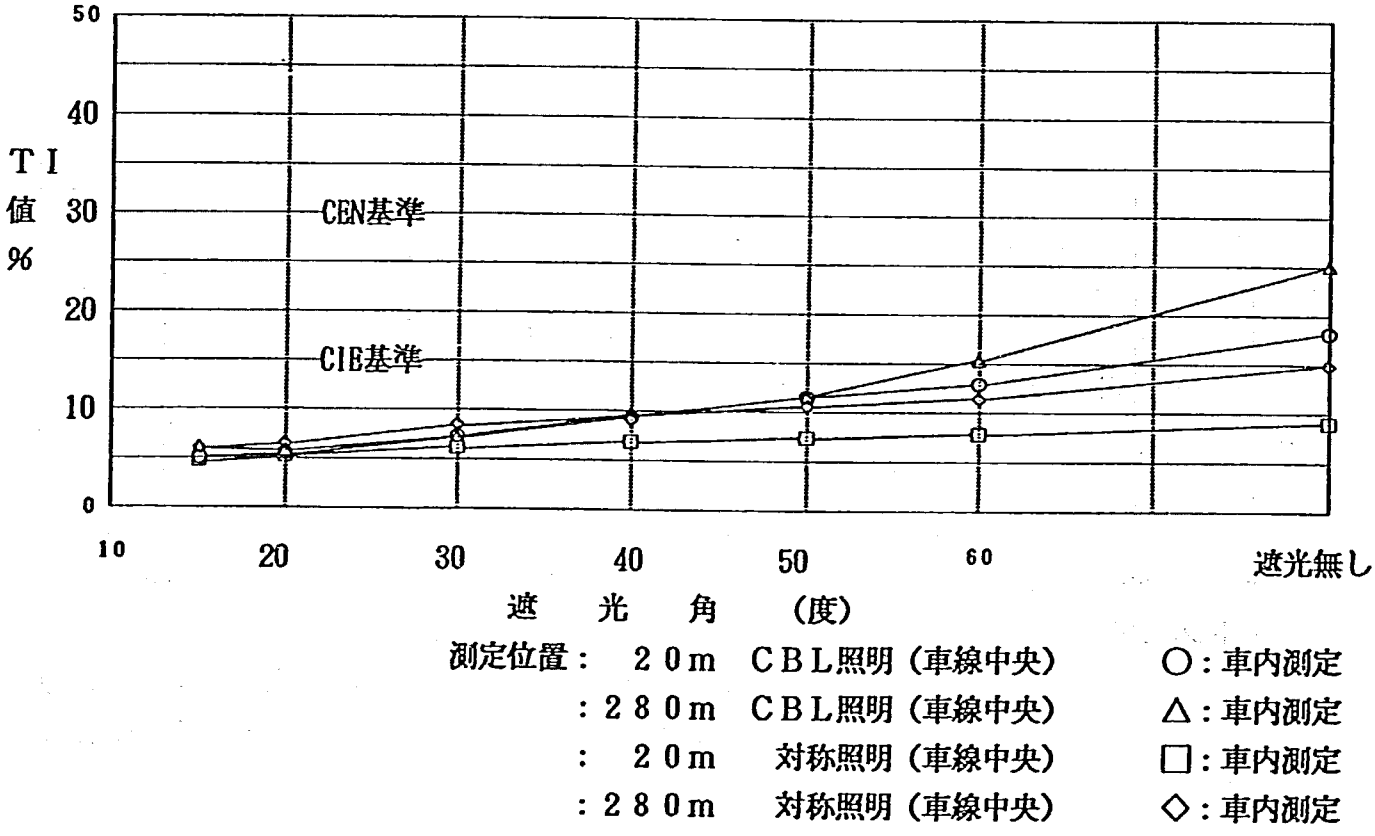
図－３．２４　照明器具によるTI値の比較（乗用車　設計速度：４０km/h）



図－３．２５　照明器具によるTI値の比較（設計速度：６０km/h　路面輝度は１／２低減）



図－３．２６　照明器具によるTI値の比較（乗用車　設計速度：８０km/h）



図－３．２７　遮光角の違いによるTI値の比較（乗用車　設計速度：８０km/h）

１／２低減）の場合において、基本照明とのすり合わせ部付近において１５%を超えているものの、ＣＥＮが推奨している規定値の３０%未満には、収まっていることが分かった。

ＴＩ値の測定は、国際的な規格との整合、乗用車と大型車等の測定高さの相違を考慮すると測定高さＨ＝１．５mに、実際の運転者の眼の順応状態を考慮すると車内測定が望ましい。課題としては、この設定条件におけるＴＩ値の検証がある。

車のフロントガラスでの散乱を加味した実効透過率の平均値を、車内および車外から測定した路面輝度の測定値より算出し、結果を表－３．３３に示す。車のフロントガラスでの散乱を加味した実効透過率の平均値を、各照明方式別に比較すると、カウンタービーム照明と対称照明方式による顕著な相違は見られないことが分かった。

表－３．３３　フロントガラスの実効透過率

設計速度 (Km/h)	照明方式	実験車両	フロントガラスでの散乱を加味した実効透過率の平均値（%）
８０	カウンタービーム照明	乗用車	８２
	対称照明	乗用車	８１

3.5 輝度対比

3.5.1 人工照明下での輝度対比

（1）目的

設計速度８０km/h、６０km/h、４０Km/hの各照明レベル（６０km/hの路面輝度は１／２低減）において、障害物、背景路面の輝度および障害物の鉛直面照度を測定し、照明方式による輝度対比の相違を知ることを目的に実験を行った。

（2）測定方法

1）測定場所

測定場所および舗装は次に示す。

①場　所	建設省　土木研究所　実大トンネル
②トンネル坑口の方位	南坑口
③舗装の種類	コンクリート舗装（粗面仕上げ）
④天候条件	晴れ又は曇り

2）測定項目

人工照明のみで照明した場合に生ずる障害物の位置と背景路面との輝度対比を知るため、各照明方式ごとに次の測定を行う。

①進行方向から見た障害物の輝度

②障害物の輝度測定と同様な方向から見た障害物の背景路面の輝度

③障害物の鉛直面照度の測定

3）照明方式

①カウンタービーム照明（車線中央：照明器具を車線中央に配置した場合）

②対称照明（現状の照明方式）

4）測定方法

各照明方式とも外部からの自然光の影響を受けないようにした後、人工照明のみを点灯した状態にし、実験車両の走行する車線の右側車線路上に提示した障害物の輝度、背景路面の輝度および障害物の鉛直面照度を測定する。

背景路面の輝度測定は、視角１／３度の輝度計を使用し、障害物の提示位置から距離１０m離れた点より道路照明に於ける路面輝度の測定の場合と同様、俯角約１度を維持し障害物の周辺４か所の輝度を測定した。

障害物の提示位置は、実験車両の走行する車線の右側車線中央、測定間隔は２０mを基本とし、設計速度および照明方式別に、次に示す範囲内とした。

①設計速度４０Km/h：　カウンタービーム照明ではトンネルの坑口部から１６０m
　　対称照明ではトンネルの坑口部から１２０m

②設計速度６０Km/h：　カウンタービーム照明ではトンネルの坑口部から２００m
　　対称照明ではトンネルの坑口部から１６０m

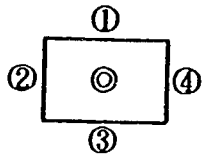
③設計速度８０Km/h：　カウンタービーム照明ではトンネルの坑口部から３００m
対称照明ではトンネルの坑口部から３００m

背景路面輝度の測定点、障害物との位置関係および道路横断方向の位置は、図－３．２８～図－３．３１に示す。また、障害物の反射率は３０%（Ｎ６）とする。

障害物、背景路面の輝度および障害物の鉛直面照度の測定状況を、写真－３．７～写真－３．８に示す。なお、通常、輝度対比C_oは絶対値で表されるが、本報告書では、障害物の見えている状態も示すため式（３．３）により測定結果を処理することとした。この場合、「負」の輝度対比は逆シルエットの状態で障害物が見えていることを意味し、「正」の輝度対比はシルエットの状態で障害物が見えていることを意味している。

$$C_o = (L_b - L_o) / L_b \qquad (3.3)$$

ここで　C_o：輝度対比
L_b：背景の輝度　(cd/m²)
L_o：障害物の輝度　(cd/m²)



□ 障害物
◎ 輝度／照度
○ 輝　度

注）１．背景路面輝度は、障害物の周囲４か所の平均値とする。
２．レーンマークおよび壁面が輝度の測定視野に入らないこと。

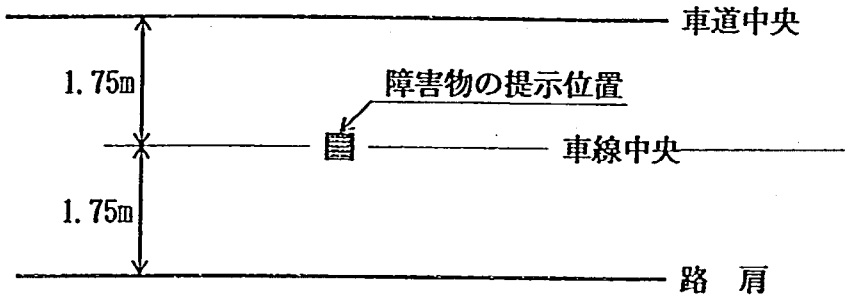
図－３．２８　障害物および背景輝度の測定

５）測定器

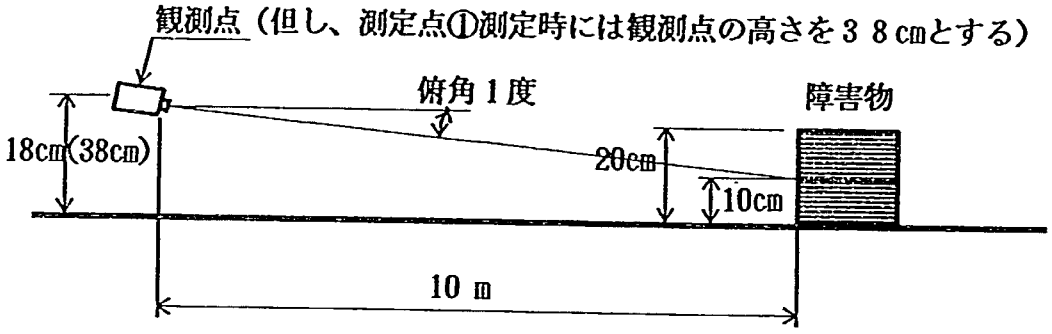
測定には、次の測定器を使用した。

①輝度測定　・・・輝度計（ミノルタ LS-110　視角 1/3度）

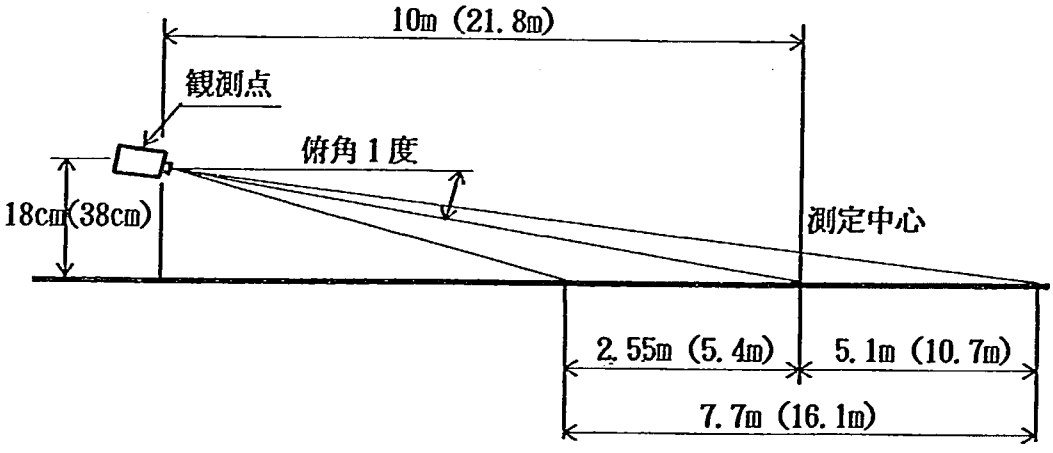
②鉛直面照度・・・照度計（トプコン IM-3　視角 0.2度）



図－３．２９　道路横断方向の障害物提示位置

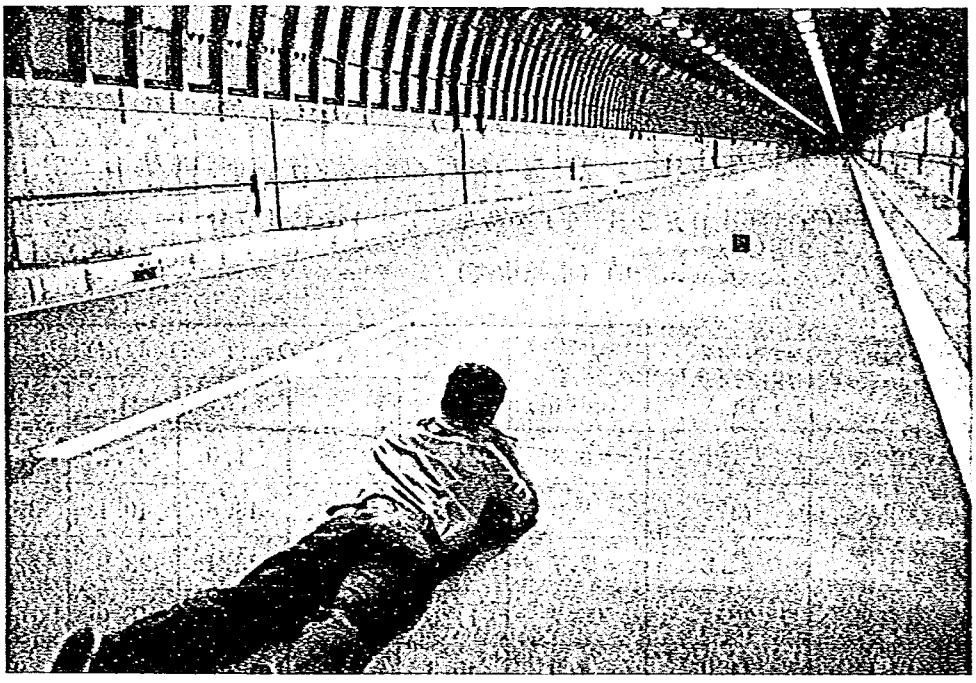


図－３．３０　観測位置と障害物との関係

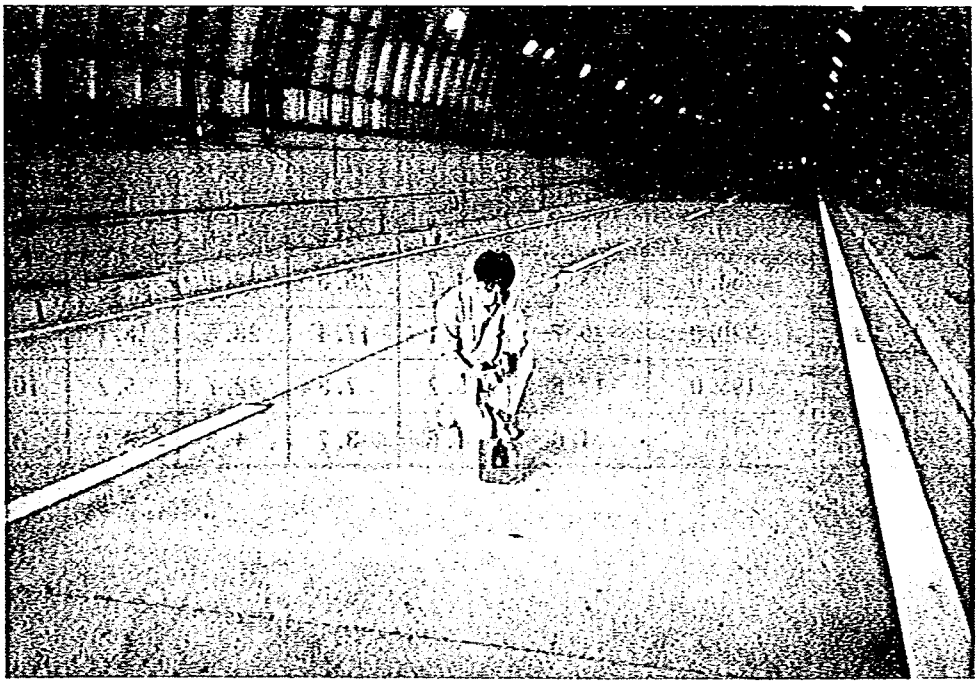


（　）内の値は、測定高さ 38cm の場合を示す。

図－３．３１　輝度計の測定範囲



写真－３．７　障害物と背景路面の輝度測定状況



写真－３．８　障害物の鉛直面照度の測定状況

（3）測定結果

人工照明下における各照明方式ごとの測定結果を、各設計速度別に、表－３．３４～表－３．３９に示す。

表－３．３４　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月３日　１７時１０分～１７時４０分
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）
・設計速度：　４０km/h

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (Lx)	障害物の輝度 (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	1.1	0.3	24.3	37.5	1.0	37.2	25.0
２０	車線中央	73.5	8.3	23.9	40.9	43.8	40.1	37.1
４０	車線中央	67.8	7.7	16.3	26.8	23.4	23.9	22.6
６０	車線中央	50.9	5.7	11.5	17.5	19.3	16.0	16.1
８０	車線中央	34.0	4.0	6.3	8.5	12.5	10.3	9.4
１２０	車線中央	16.0	1.7	1.3	2.8	4.6	2.1	2.7
１６０	車線中央	10.0	1.1	1.1	1.2	1.6	1.1	1.2

表－３．３５　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月４日　１０時３０分～１１時
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　対称照明
・設計速度：　４０km/h

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (Lx)	障害物の輝度 (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	0.74	0.37	29.1	23.6	0.78	23.4	19.2
２０	車線中央	170.5	17.1	26.5	27.2	28.7	29.8	28.1
４０	車線中央	253.0	25.1	21.7	25.3	32.1	22.5	25.4
６０	車線中央	220.0	20.7	14.1	17.4	28.6	18.1	19.5
８０	車線中央	195.0	17.8	5.2	7.3	22.7	5.2	10.1
１２０	車線中央	37.9	4.0	1.6	3.7	4.6	3.9	3.4

表－３．３６　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月６日　　９時００分～９時４０分
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）
・設計速度：　６０km/h（路面輝度は１／２低減）

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (L_x)	障害物の輝度 (cd/m^2)	背景の輝度 (cd/m^2)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	0.6	0.8	34.7	33.5	1.2	30.5	24.9
２０	車線中央	102.0	8.4	34.0	38.0	36.0	32.8	35.2
４０	車線中央	98.0	8.2	32.8	32.3	33.5	29.7	32.1
６０	車線中央	78.0	6.4	35.2	33.5	29.8	29.5	32.0
８０	車線中央	75.0	6.4	26.5	28.8	32.3	26.6	28.5
１２０	車線中央	56.0	4.6	13.5	18.5	25.0	17.7	18.7
１６０	車線中央	25.0	2.2	5.2	4.3	6.2	4.9	5.1
２００	車線中央	20.0	1.9	1.4	1.7	5.2	1.6	2.5

表－３．３７　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月７日　　１５時００分～１５時３０分
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　対称照明
・設計速度：　６０km/h（路面輝度は１／２低減）

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (L_x)	障害物の輝度 (cd/m^2)	背景の輝度 (cd/m^2)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	0.9	0.3	26.4	16.2	0.7	18.5	15.4
２０	車線中央	182.0	17.6	25.5	26.5	29.2	30.0	27.8
４０	車線中央	251.0	24.0	22.9	22.8	29.1	24.4	24.8
６０	車線中央	208.0	19.8	28.6	23.6	25.7	25.6	25.8
８０	車線中央	295.0	26.5	20.5	22.5	35.8	24.2	25.7
１２０	車線中央	182.0	18.1	7.3	7.4	20.5	8.3	10.8
１６０	車線中央	62.5	6.1	4.8	5.5	7.0	5.9	5.8

表－３．３８　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月１７日　　１９時００分～１９時４０分
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　カウンタービーム照明（車線中央）
・設計速度：　８０km/h

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 (cd/m²)	背景の輝度　(cd/m²)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	3.2	1.3	97.8	98.6	5.9	94.3	74.1
２０	車線中央	235.0	23.6	85.5	101.3	99.8	91.0	94.4
４０	車線中央	215.0	22.1	82.1	81.7	88.3	72.9	81.2
６０	車線中央	185.0	18.9	83.8	81.9	65.4	78.3	77.3
８０	車線中央	192.0	20.4	72.0	82.0	81.8	71.3	76.8
１２０	車線中央	130.0	14.3	58.1	60.0	57.3	56.4	57.9
１６０	車線中央	141.0	14.6	35.1	39.8	45.8	36.8	39.4
２００	車線中央	86.5	9.0	22.4	23.2	35.3	22.4	25.8
２５０	車線中央	69.0	6.9	11.7	12.3	17.5	11.9	13.3
２８０	車線中央	45.5	4.7	4.0	6.5	10.7	6.6	7.0
３００	車線中央	41.0	3.5	2.9	3.1	5.1	3.3	3.6

表－３．３９　障害物と背景路面の輝度／障害物の鉛直面照度値

・測定日時：　１９９４年１０月１９日　　１６時００分～１６時４０分
・測定条件：　人工照明のみ
・照明方式：　対称照明
・設計速度：　８０km/h

坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の鉛直面照度 (L_x)	障害物の輝度 (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)				
				①	②	③	④	平均
0	車線中央	2.2	0.8	60.3	32.7	1.8	32.9	31.9
２０	車線中央	622.0	56.6	83.6	84.5	90.0	87.5	86.4
４０	車線中央	650.0	61.0	73.7	83.6	82.7	82.9	80.7
６０	車線中央	585.0	53.4	65.7	73.9	86.8	73.6	75.0
８０	車線中央	582.0	51.5	52.7	73.4	79.3	78.4	70.9
１２０	車線中央	375.0	34.8	50.5	46.3	49.2	45.7	47.9
１６０	車線中央	435.0	41.9	35.1	45.5	55.9	46.3	45.7
２００	車線中央	184.0	17.6	21.5	28.8	29.0	28.0	26.8
２５０	車線中央	103.5	9.8	12.8	21.0	20.6	20.3	18.6
２８０	車線中央	83.1	8.1	7.0	17.2	16.5	17.3	14.5
３００	車線中央	53.3	5.1	3.0	4.2	6.8	4.4	4.5

（４）まとめ

今回の測定結果をもとに各設計速度別に、トンネル坑口からの距離と輝度対比C_oとの変化を求めた結果を、表－３．４０～表－３．４２に示す。なお、輝度対比C_oは、測定結果をもとに式（３．３）より算出した。また、これらの表よりトンネル坑口からの距離と輝度対比の変化を示したものが、図－３．３２～図－３．３４である。

表－３．４０　人工照明のみの場合の各照明方式での輝度対比比較

設計速度		４０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
0	車線中央	0.3	25.0	0.99	0.4	19.2	0.98
２０	車線中央	8.3	37.1	0.77	17.1	28.1	0.39
４０	車線中央	7.7	22.6	0.66	25.1	25.4	0.01
６０	車線中央	5.7	16.1	0.64	20.7	19.5	-0.06
８０	車線中央	4.0	9.4	0.57	17.8	10.1	-0.76
１２０	車線中央	1.7	2.7	0.37	4.0	3.4	-0.17
１６０	車線中央	1.1	1.2	0.08			

表－３．４１　人工照明のみの場合の各照明方式での輝度対比比較

設計速度		６０km/h（路面輝度は１／２低減）					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
0	車線中央	0.83	24.9	0.96	0.3	15.4	0.98
２０	車線中央	8.4	35.2	0.76	17.6	27.8	0.36
４０	車線中央	8.2	32.1	0.74	24.0	24.8	0.03
６０	車線中央	6.5	32.0	0.79	19.8	25.8	0.23
８０	車線中央	6.4	28.5	0.77	26.5	25.7	-0.03
１２０	車線中央	4.6	18.7	0.75	18.1	10.8	-0.67
１６０	車線中央	2.2	5.1	0.56	6.1	5.8	-0.05
２００	車線中央	1.9	2.5	0.24			

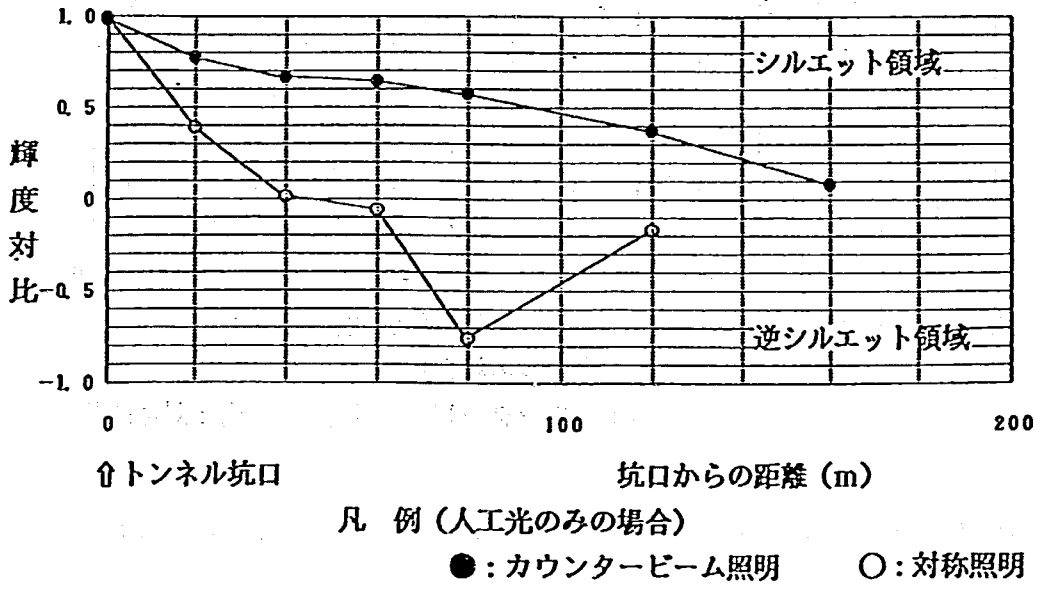
表－３．４２　人工照明のみの場合の各照明方式での輝度対比比較

設計速度		８０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
0	車線中央	1.3	74.1	0.98	0.8	31.9	0.97
２０	車線中央	23.6	94.4	0.75	56.6	86.4	0.34
４０	車線中央	22.1	81.2	0.73	61.0	80.7	0.24
６０	車線中央	18.9	77.3	0.75	53.4	75.0	0.29
８０	車線中央	20.4	76.8	0.73	51.5	70.9	0.27
１２０	車線中央	14.3	57.9	0.75	34.8	47.9	0.27
１６０	車線中央	14.6	39.4	0.63	41.9	45.7	0.08
２００	車線中央	9.0	25.8	0.65	17.6	26.8	0.34
２５０	車線中央	6.9	13.3	0.48	9.8	18.6	0.47
２８０	車線中央	4.7	7.0	0.32	8.1	14.5	0.44
３００	車線中央	3.5	3.6	0.02	5.1	4.5	-0.13
３２０	車線中央						

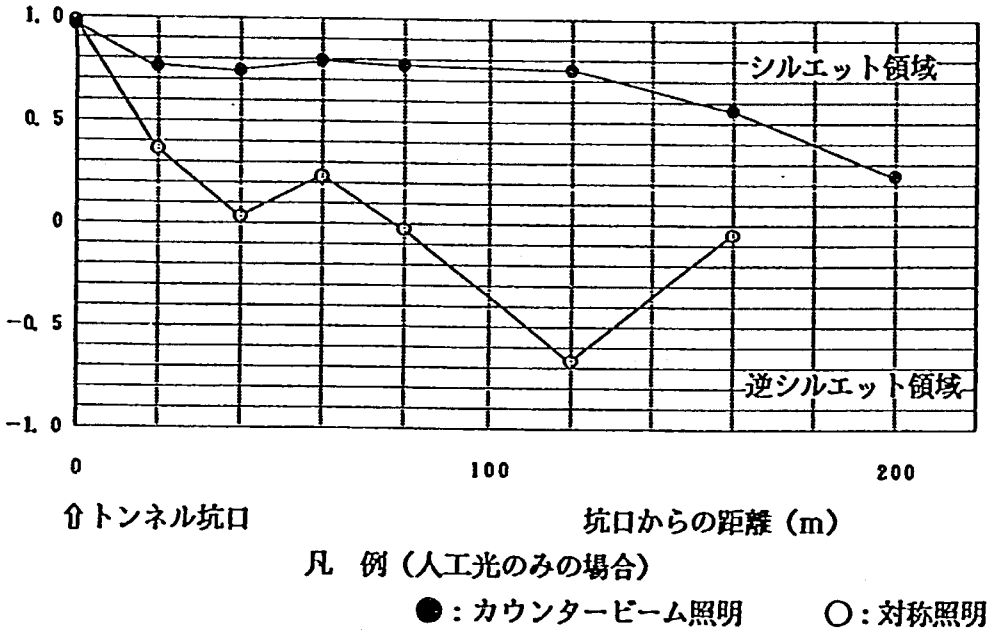
図－３．３２～図－３．３４によると、人工照明のみの場合、今回、実験した照明器具の設置位置ではカウンタービーム照明での障害物と背景との輝度対比は、設計速度が高くなる程トンネル坑口から内部に向けて変化の割合が少ないことが分かる。これはカウンタービーム照明器具の配光が車両の進行方向と逆方向（一方向）にだけ向かう配光であることと、設計速度が高くなる程、入口部照明の内でも境界部（輝度値が一定）と移行部の長さが長くなることに関係しているものと考えられる。

対称照明の場合、トンネル坑口から内部に向けて障害物と背景との輝度対比が「正」のシルエット領域から「負」の逆シルエット領域に移行し、設計速度４０km/hの場合はトンネル坑口から８０mの地点、また設計速度６０km/h（路面輝度は１／２低減）の場合はトンネル坑口から１２０mの地点を境にして、再び、輝度対比が「負」の逆シルエット領域から「正」のシルエット領域に移行する傾向を示した。また、対称照明の輝度対比は、全ての設計速度においてカウンタービーム照明より、シルエット領域から逆シルエット領域に移行するのが早いことが分かった。これは対称照明とカウンタービーム照明とにより障害物の面に生ずる鉛直面照度を、設計速度別に比較した図－３．３５～図－３．３７で分かるとおり、対称照明の場合、障害物の面に生ずる鉛直面照度が、カウンタービーム照明の場合と比較し高いことが原因と考えられる。

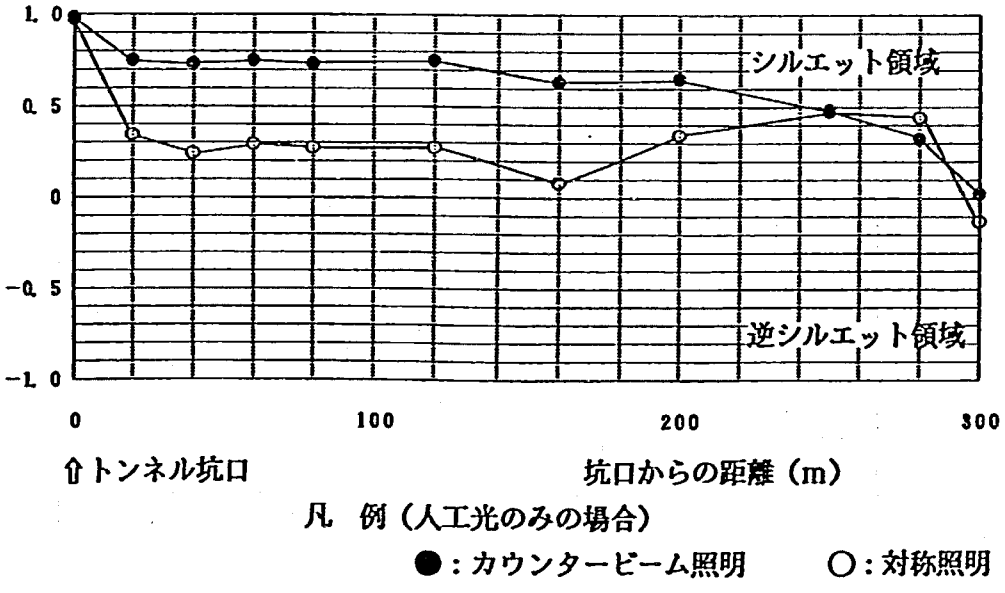
照明方式による障害物の鉛直面照度は、各設計速度や基本照明による影響で一定してはいないが、約５倍から１倍程度ほど対称照明の方が高く、また設計速度が低い程、その差が大きくなる傾向が分かった。



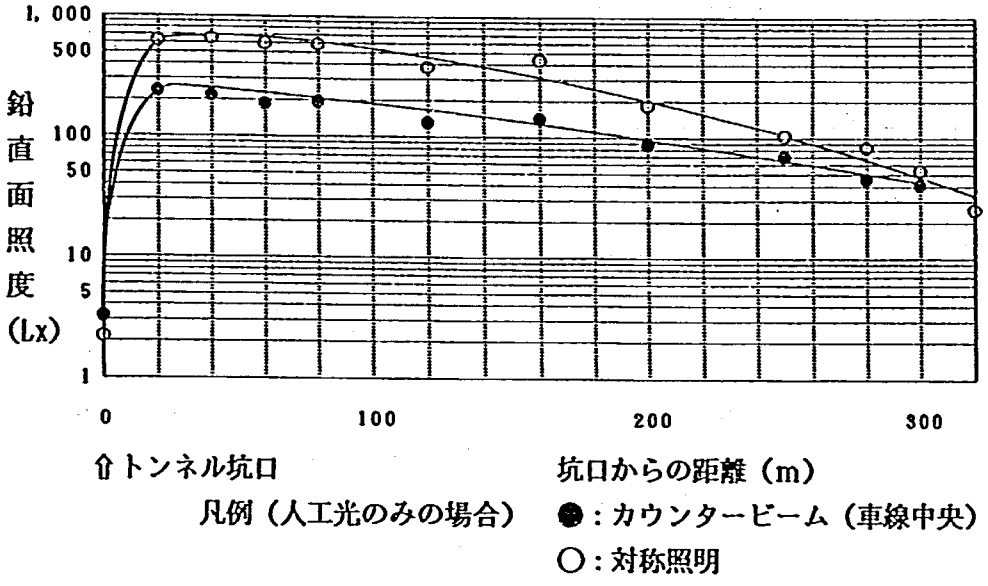
図－３．３２　照明方式による障害物の輝度対比の比較（設計速度４０km/h）



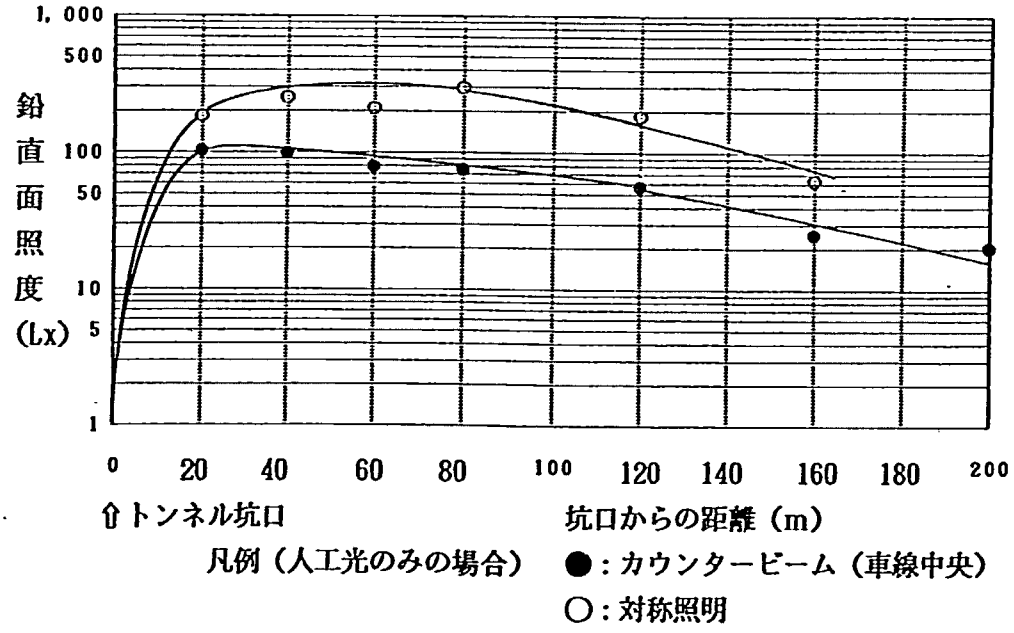
図－３．３３　照明方式による障害物の輝度対比の比較（設計速度６０km/h，路面輝度は１／２低減）



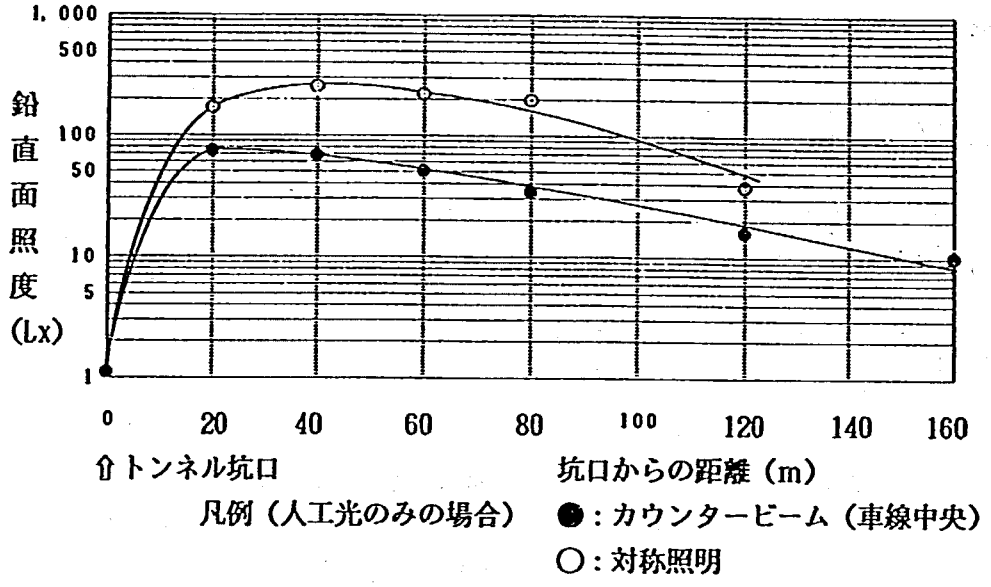
図－３．３４　照明方式による障害物の輝度対比の比較（設計速度８０km/h）



図－３．３５　照明方式と障害物の鉛直面照度の比較（設計速度８０km/h）



図－３．３６　照明方式による障害物の鉛直面照度の比較（設計速度６０km/h，路面輝度は１／２）



図－３．３７　照明方式による障害物の鉛直面照度の比較（設計速度４０km/h）

3．5．2　自然光下での輝度対比

自然光の影響を加味した場合の輝度対比を、今回の測定結果と「カウンタービーム照明に関する研究（その2）報告書[4]」で行った実験結果の内、晴天の日（8月2日）の自然光のみによる測定結果をもとに、設計速度および照明方式別に求めて表－3．43～表－3．45に示す。

「カウンタービーム照明に関する研究報告書[1]」にて行った実験の内、設定野外輝度が概ね4，000cd/㎡付近で行った実験、曇りの日（3月14日）の自然光のみによる測定結果をもとにして、照明方式別に、設計速度60Km/hにおける自然光の影響を加味した場合の輝度対比を求め表－3．46に示す。なお、実験で使用した障害物の反射率を30%から20%に変化させ、自然光の影響を加味した場合の輝度対比を設計速度および照明方式別に求めたものを、表－3．47～表－3．50に示す。

図－3．38～図－3．41は、自然光の影響を加味した輝度対比の算出結果と、表－3．43～表－3．50をもとに、障害物の反射率を30%および20%に変化させた場合の輝度対比の比較を、設計速度および照明方式別に表したものである。

表－３．４３　自然光の影響を考慮した時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光データは、８月２日、天候　晴れを使用）

設計速度		４０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	3714.3	1794	-1.07	3714.4	1788.2	-1.08
２０	車線中央	145.3	80.1	-0.81	154.1	71.1	-1.17
４０	車線中央	36.7	30.2	-0.21	54.1	33.0	-0.64
６０	車線中央	16.5	19.1	0.14	31.5	22.5	-0.40
８０	車線中央	8.4	10.5	0.2	22.2	11.2	-0.98
１２０	車線中央	2.8	3.0	0.07	5.1	3.7	-0.38
１６０	車線中央	1.1	1.2	0.08			

表－３．４４　自然光の影響を考慮した時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光データは、８月２日、天候　晴れを使用）

設計速度		６０km/h（路面輝度は１／２低減）					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	3714.8	1793.9	-1.07	3714.3	1784.4	-1.08
２０	車線中央	145.4	78.2	-0.86	154.6	70.8	-1.18
４０	車線中央	37.2	39.7	0.06	53.0	32.4	-0.63
６０	車線中央	17.3	35.0	0.51	30.6	28.8	-0.06
８０	車線中央	10.8	29.6	0.63	30.9	26.8	-0.15
１２０	車線中央	5.7	19.0	0.70	19.2	11.1	-0.73
１６０	車線中央	2.2	5.1	0.56	6.1	5.8	-0.05
２００	車線中央	1.9	2.5	0.24			

表－３．４５　自然光の影響を考慮した時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光データは、８月２日、天候　晴れを使用）

設計速度		８０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	3715.3	1843.1	-1.02	3714.8	1800.9	-1.06
２０	車線中央	160.6	137.4	-0.17	193.6	129.4	-0.49
４０	車線中央	51.1	88.8	0.42	90.0	88.3	-0.02
６０	車線中央	29.7	80.3	0.63	64.2	78.0	0.18
８０	車線中央	24.8	77.9	0.68	55.9	72.0	0.22
１２０	車線中央	15.4	58.2	0.73	35.9	48.2	0.26
１６０	車線中央	14.6	39.4	0.63	41.9	45.7	0.08
２００	車線中央	9.0	25.8	0.65	17.6	26.8	0.34
２５０	車線中央	6.9	13.3	0.48	9.8	18.6	0.47
２８０	車線中央	4.7	7.0	0.32	8.1	14.5	0.44
３００	車線中央	3.5	3.6	0.02	5.1	4.5	-0.13

表－３．４６　自然光の影響を考慮した時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光データは、３月１４日、天候　曇りを使用）

設計速度		６０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	840.6	357.7	-1.35	840.6	362.3	-1.32
２０	車線中央	92.2	79.4	-0.16	123.8	91.9	-0.35
４０	車線中央	36.4	56.2	0.35	67.2	70.5	0.05
６０	車線中央	21.5	46.2	0.53	51.1	55.7	0.08
８０	車線中央	16.5	41.5	0.6	45.5	50.7	0.10
１２０	車線中央	9.4	27.2	0.65	20.2	18.5	-0.09
１６０	車線中央	6.7	15.0	0.55	7.2	9.1	0.21
２００	車線中央	4.7	11.7	0.59	3.5	4.9	0.28

表－３．４７　障害物の反射率を２０％とした時の各照明方式での輝度対比比較

（自然光を加味した表－３．４３より算出）

設計速度		４０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
0	車線中央	2476.2	1794	-0.38	2476.2	1788.2	-0.38
２０	車線中央	96.9	80.1	-0.21	102.7	71.1	-0.44
４０	車線中央	24.5	30.2	0.19	36.1	33.0	-0.09
６０	車線中央	11.0	19.1	0.42	21.0	22.5	0.07
８０	車線中央	5.6	10.5	0.47	14.8	11.2	-0.32
１２０	車線中央	1.9	3.0	0.37	3.4	3.7	0.08
１６０	車線中央	0.7	1.2	0.42			

表－３．４８　障害物の反射率を２０％とした時の各照明方式での輝度対比比較

（自然光を加味した表－３．４４より算出）

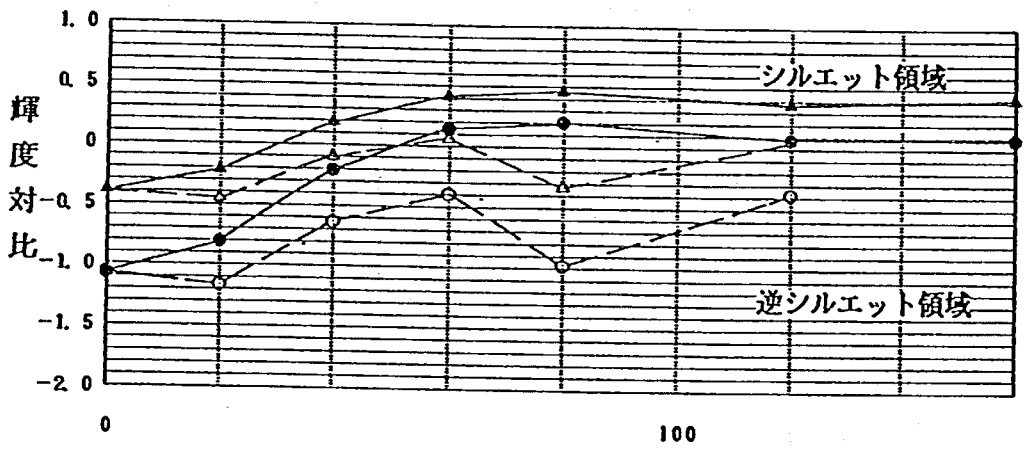
設計速度		６０km/h（路面輝度は１／２低減）					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
0	車線中央	2476.5	1793.9	-0.38	2476.2	1784.4	-0.39
２０	車線中央	96.9	78.2	-0.24	103.1	70.8	-0.46
４０	車線中央	24.8	39.7	0.38	35.3	32.4	-0.09
６０	車線中央	11.5	35.0	0.67	20.4	28.8	0.29
８０	車線中央	7.2	29.6	0.76	20.6	26.8	0.23
１２０	車線中央	3.8	19.0	0.80	12.8	11.1	-0.15
１６０	車線中央	1.5	5.1	0.71	4.1	5.8	0.29
２００	車線中央	1.3	2.5	0.48			

表－３．４９　障害物の反射率を２０％とした時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光を加味した表－３．４５より算出）

設計速度		８０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	2476.9	1843.1	-0.34	2476.5	1800.9	-0.38
２０	車線中央	107.1	137.4	0.22	129.1	129.4	0.00
４０	車線中央	34.1	88.8	0.62	60.0	88.3	0.32
６０	車線中央	19.8	80.3	0.75	42.8	78.0	0.45
８０	車線中央	16.5	77.9	0.79	37.3	72.0	0.48
１２０	車線中央	10.3	58.2	0.82	23.9	48.2	0.50
１６０	車線中央	9.7	39.4	0.75	27.9	45.7	0.39
２００	車線中央	6.0	25.8	0.77	11.7	26.8	0.56
２５０	車線中央	4.6	13.3	0.65	6.5	18.6	0.65
２８０	車線中央	3.1	7.0	0.56	5.4	14.5	0.63
３００	車線中央	2.3	3.6	0.36	3.4	4.5	0.24

表－３．５０　障害物の反射率を２０％とした時の各照明方式での輝度対比比較
（自然光を加味した表－３．４６より算出）

設計速度		６０km/h					
照明方式		カウンタービーム（車線中央）			対称照明		
坑口からの距離 (m)	障害物の位置	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o	障害物の輝度 L_o cd/m²	背景の輝度 L_b cd/m²	輝度対比 C_o
０	車線中央	560.4	357.7	-0.57	560.4	362.3	-0.55
２０	車線中央	61.5	79.4	0.23	82.5	91.9	0.10
４０	車線中央	24.3	56.2	0.56	44.8	70.5	0.36
６０	車線中央	14.3	46.2	0.69	34.1	55.7	0.38
８０	車線中央	11.0	41.5	0.73	30.3	50.7	0.40
１２０	車線中央	6.3	27.2	0.77	13.5	18.5	0.27
１６０	車線中央	4.5	15.0	0.70	4.8	9.1	0.47
２００	車線中央	3.1	11.7	0.73	2.3	4.9	0.53



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

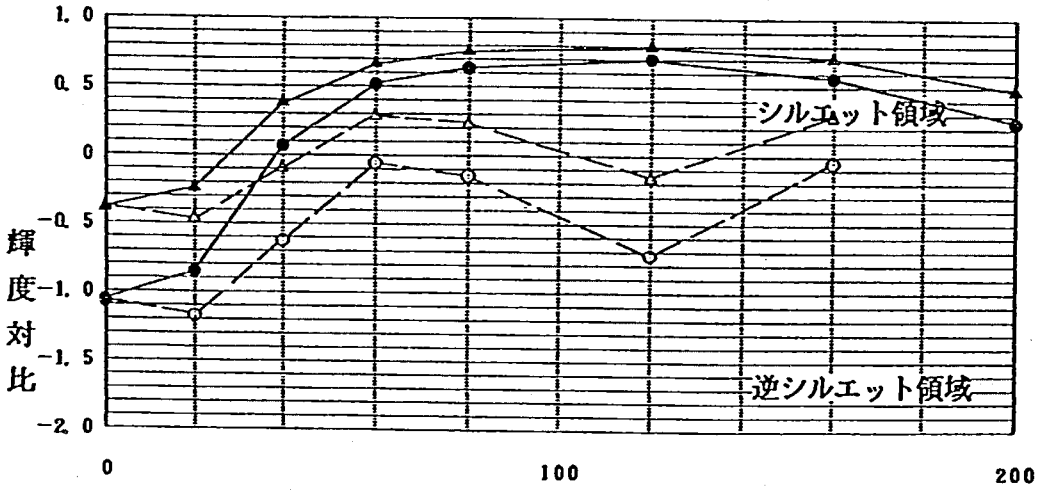
凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　○：対　称　照　明　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　△：対　称　照　明　（自然光加味）

図－３．３８ 障害物の反射率を変化させた時の照明方式と輝度対比（設計速度８０km/h）



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

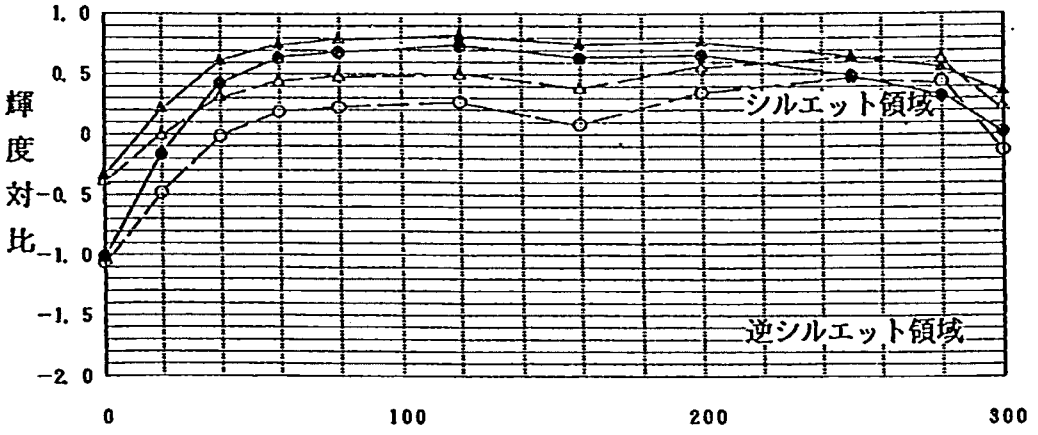
凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　○：対　称　照　明　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　△：対　称　照　明　（自然光加味）

図－３．３９ 障害物の反射率を変化させた時の照明方式と輝度対比（設計速度60km/h 路面輝度は1/2低減）



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

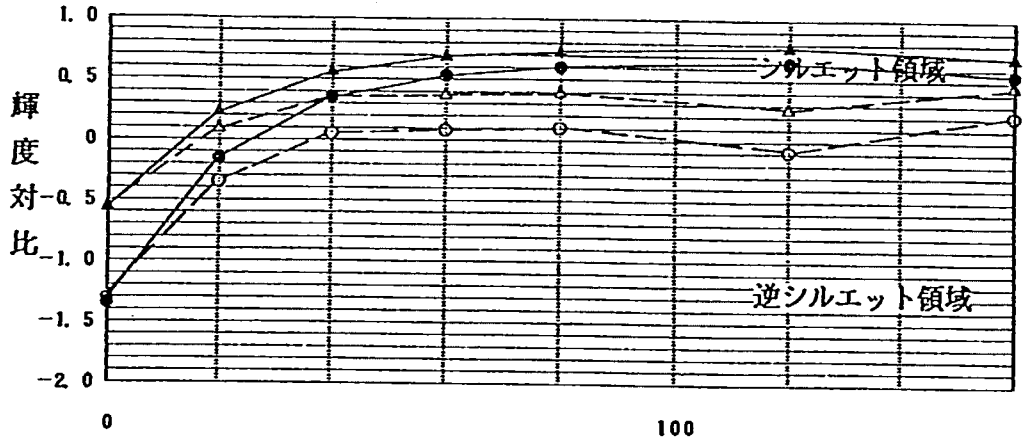
凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　○：対　称　照　明　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　△：対　称　照　明　（自然光加味）

図－３．４０ 障害物の反射率を変化させた時の照明方式と輝度対比（設計速度８０km/h）



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　○：対　称　照　明　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　△：対　称　照　明　（自然光加味）

図－３．４１ 障害物の反射率を変化させた時の照明方式と輝度対比（設計速度６０km/h）

3．5．3　自然光の射し込みによる照明条件別の輝度対比の比較

自然光が輝度対比に影響を与えるトンネル坑口からの距離を、設計速度、照明方式および障害物の反射率別に示した図－３．３８～図－３．４１から次のことが分かった。

（１）カウンタービーム照明

カウンタービーム照明の設計速度４０km/hの場合には、設計基準の路面輝度レベルが低いため、自然光の影響を受ける度合いが大きいことが分かった。一方、設計速度８０km/hの場合には、設計速度４０km/hの場合と比較して、設計基準の路面輝度レベルが高い分、相対的に自然光の影響を受ける度合いが小さくなることが分かった。また、輝度対比は、いずれの設計速度においても、障害物の反射率が低くなる程、改善される傾向となることが分かった。

カウンタービーム照明は、対称照明と比較して障害物と背景路面間でのコントラストが高くなるため、トンネル坑内での輝度対比の変動は比較的なだらかに推移することが分かった。

設定野外輝度が、本実験の設計基準４，０００cd/㎡に近いデータ（図－３．４１）では、輝度対比は「正」のシルエット領域で変動幅も少なく推移することが分かった。

（２）対称照明

対称照明の設計速度４０km/hの場合もカウンタービーム照明と同様に、設計基準の路面輝度レベルが低いため、自然光の影響を受ける度合いが大きいことが分かった。一方、設計速度８０km/hの場合には、設計速度４０km/hの場合と比較して、設計基準の路面輝度レベルが高い分、相対的に自然光の影響を受ける度合いが小さくなることが分かった。また、輝度対比は、設計速度が高くなる程、また障害物の反射率が低くなる程、改善される傾向となることが分かった。対称照明は道路軸方向に対し対称配光であるため、カウンタービーム照明と比較し、障害物と背景路面間で明確なコントラストがつかないため、トンネル坑口から坑内での輝度対比の変動幅は大きく推移するが、設計速度が高くなるにつれて変動幅は小さくなることが分かった。

設定野外輝度が、本実験の設計基準（４，０００cd/㎡）に近いもの程、輝度対比の変動幅も少なく推移することが分かった。

人工照明下と自然光下での障害物の輝度と背景路面の輝度とを、設計速度、照明方式ごとにまとめたものを、図－３．４２から図－３．４５に示す。

（３）カウンタービーム照明

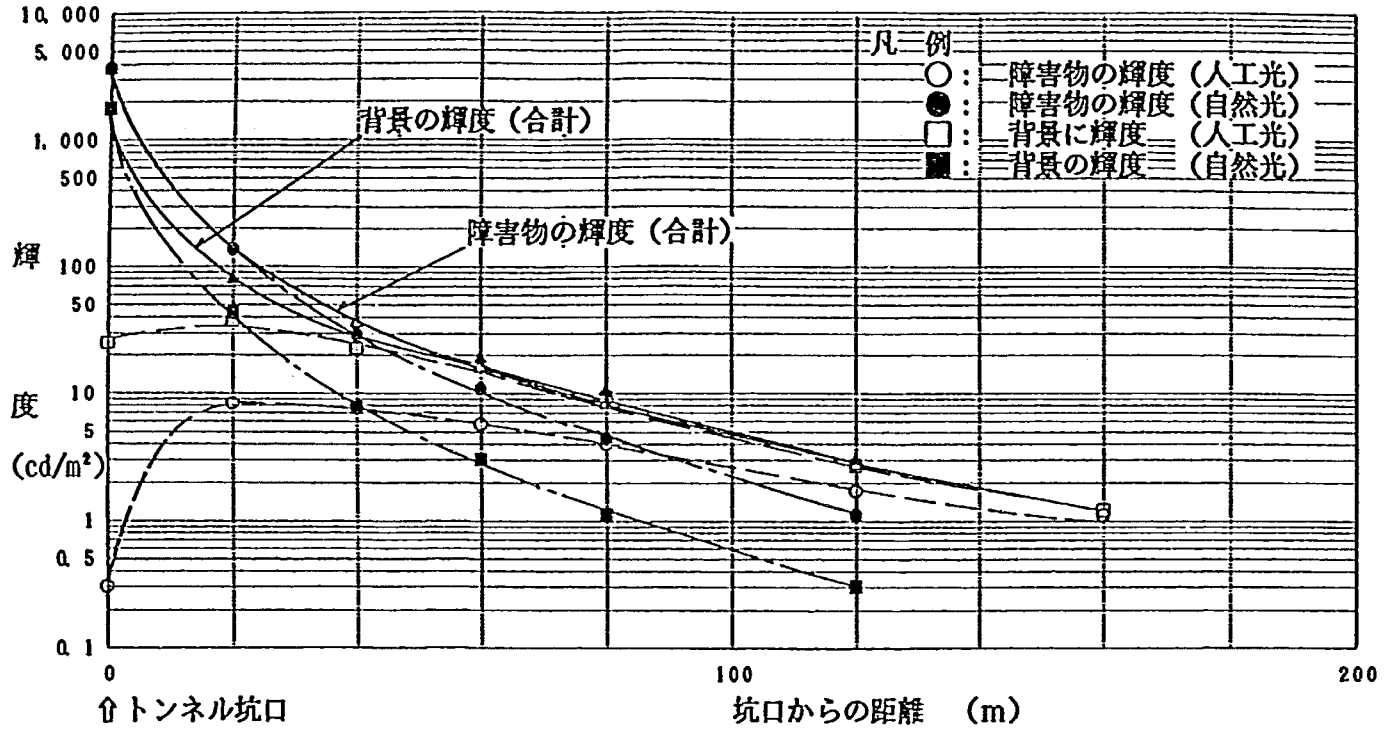
実大トンネルでのカウンタービーム照明実験においては、設計速度４０km/hの場合には自然光の影響を受け、トンネル坑口から６０m付近で背景路面の輝度と障害物の輝度とがほぼ等しくなり、概ね１２０m付近で人工光による照明時とほぼ同じ輝度となることが分かった。

設計速度８０km/hの場合にはトンネル坑口から２０m付近で背景路面の輝度と障害物の輝度とがほぼ等くなり、その後は背景路面の輝度は障害物の輝度より大きな値で推移し、緩和部と基本照明部のすり合わせ付近で、ほぼ等しい値となることが分かった。

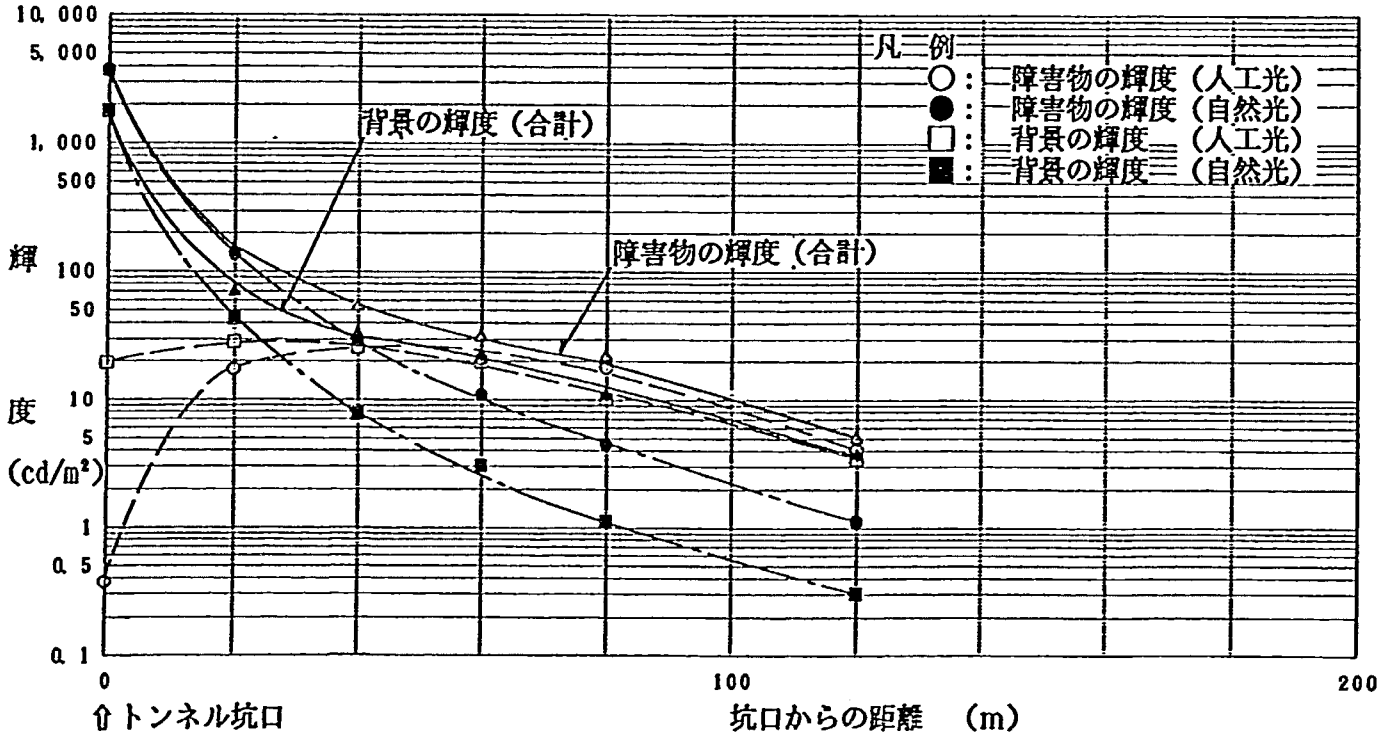
（４）対称照明

実大トンネルでの対称照明実験においては、設計速度４０km/hの場合、トンネル坑口から１２０mの測定範囲内では、背景路面の輝度と障害物の輝度は収束しないことが分かった。

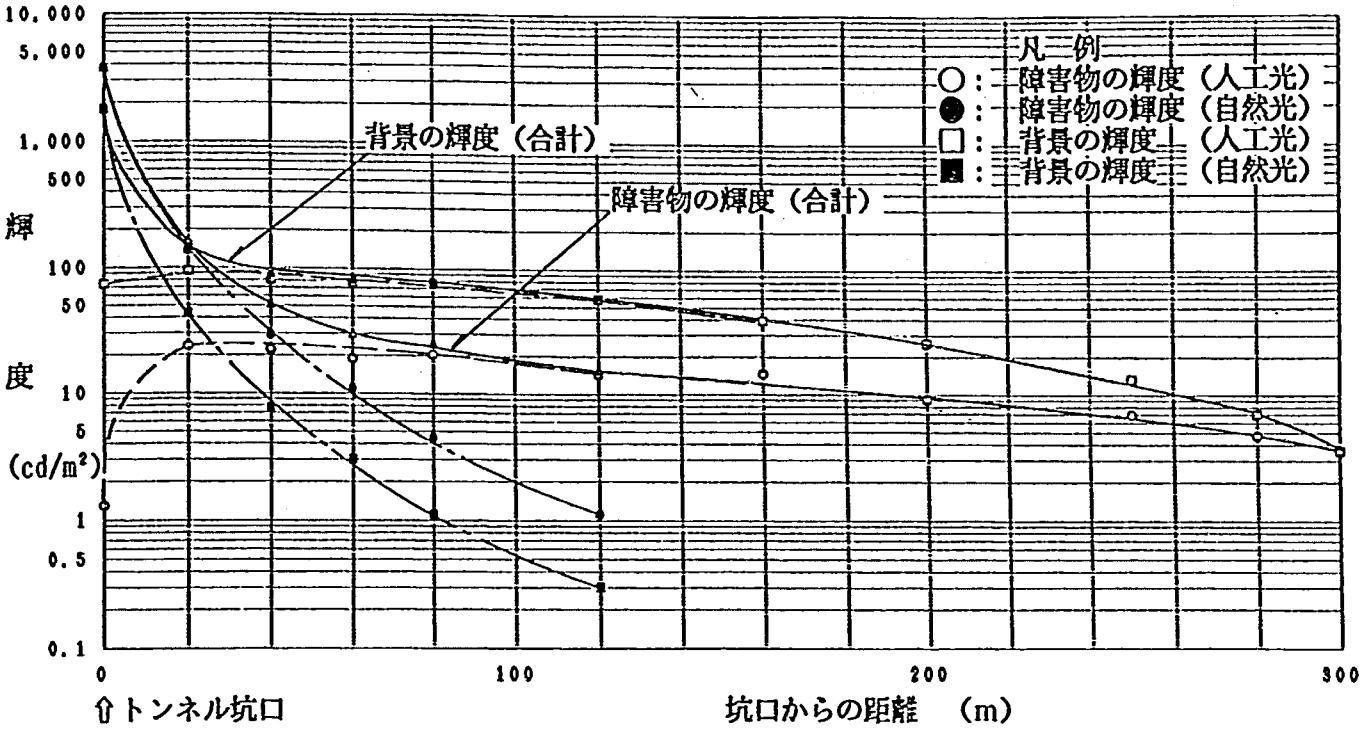
設計速度８０km/hの場合にはトンネル坑口から４０m付近で背景路面の輝度と障害物の輝度がほぼ等しくなり、その後、背景路面の輝度は障害物の輝度より若干大きな値で推移し、緩和部と基本照明部のすり合わせ付近でほぼ等しい値となることが分かった。



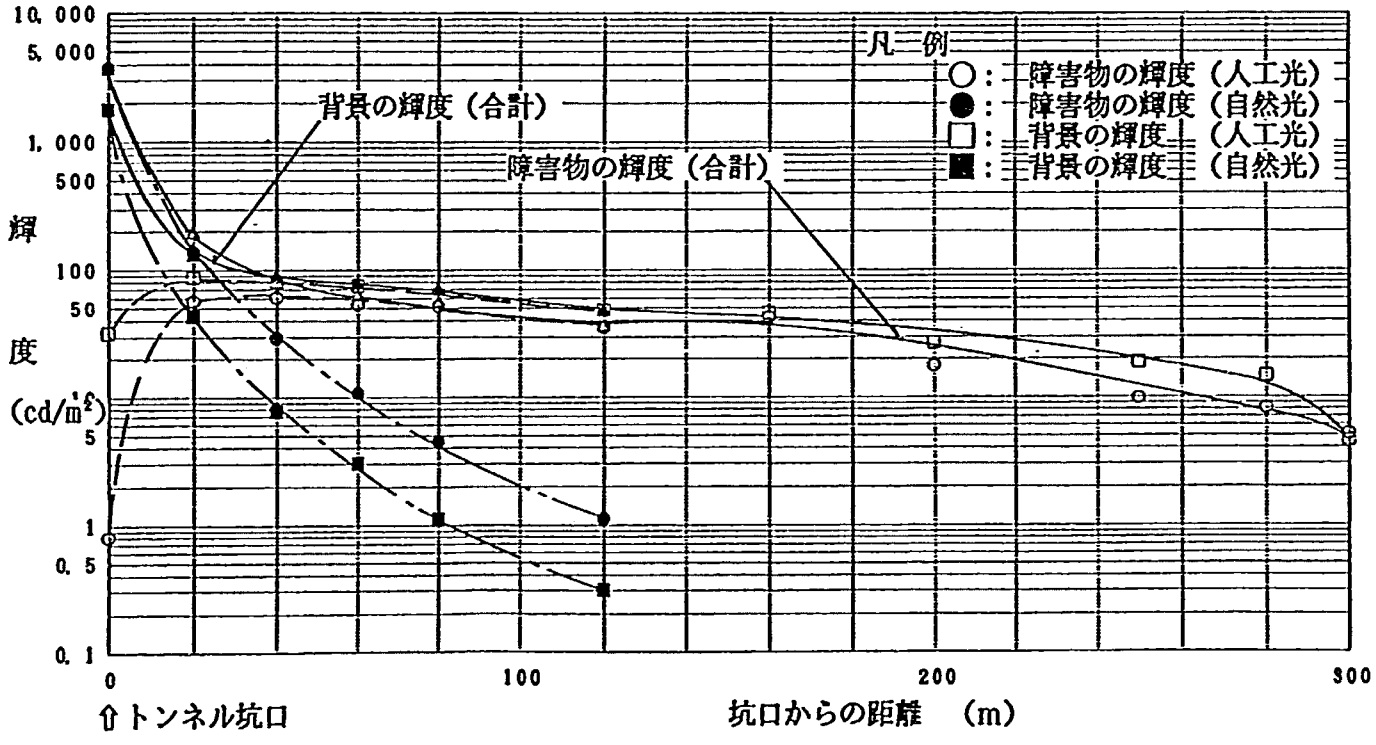
図－３．４２　障害物と背景の輝度値の変化（カウンタービーム照明・車線中央、設計速度４０km/h）



図－３．４３　障害物と背景の輝度値の変化（対称照明・車線中央、設計速度４０km/h）



図－３．４４　障害物と背景の輝度値の変化（カウンタービーム照明・車線中央、設計速度８０km/h）



図－３．４５　障害物と背景の輝度値の変化（対称照明・車線中央、設計速度８０km/h）

3.6 まとめ

（1）照明方式と照明レベルによるＴＩ値

各設計速度に対応する照明レベル別に照明方式を比較すると、各設計速度とも対称照明よりカウンタービーム照明のＴＩ値の方が、相対的に高い値を示すことが分かった。

（2）遮光角度とＴＩ値

遮光角の違いによるＴＩ値は、遮光角が大きくなるほどＴＩ値が大きくなること、また対称照明よりカウンタービーム照明の方が増加の割合が若干大きな傾向にあることが分かった。

（3）自然光の射し込みによる照明条件別の輝度対比の比較

カウンタービーム照明の設計速度４０km/hの場合には、路面輝度レベルが低いため、自然光の影響を受ける度合いが大きいことが分かった。一方、設計速度８０km/hの場合には、設計速度４０km/hの場合と比較して、路面輝度レベルが高い分、相対的に自然光の影響を受ける度合いが小さくなることが分かった。また、輝度対比は、いずれの設計速度においても、障害物の反射率が低くなる程、改善される傾向となることが分かった。

対称照明の設計速度４０km/hの場合もカウンタービーム照明と同様に、路面輝度レベルが低いため、自然光の影響を受ける度合いが大きいことが分かった。一方、設計速度８０km/hの場合には、設計速度４０km/hの場合と比較して、路面輝度レベルが高い分、相対的に自然光の影響を受ける度合いが小さくなることが分かった。また、輝度対比は、設計速度が高くなる程、また障害物の反射率が低くなる程、改善される傾向となることが分かった。

4．障害物の視認性実験（静止実験）

4．1　実験概要

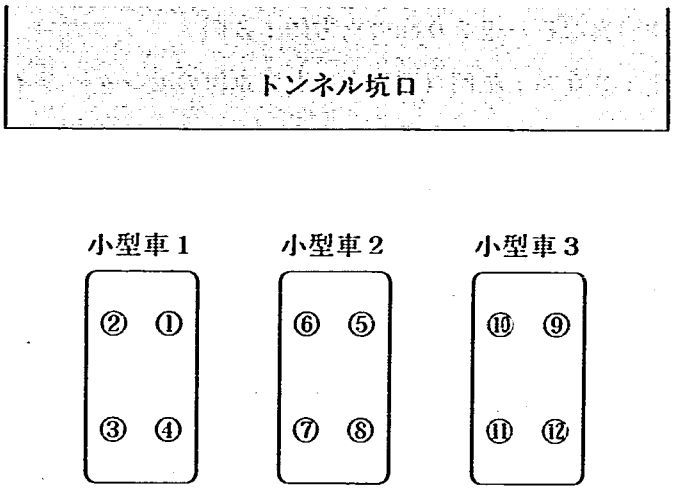
4．1．1　実験方法

実験は、実大トンネル実験施設の車線上に観測車として普通乗用車３台を並列に停止させておき、図－４．１に示すような被験者配置により、視対象物の見え方の観測を行った。

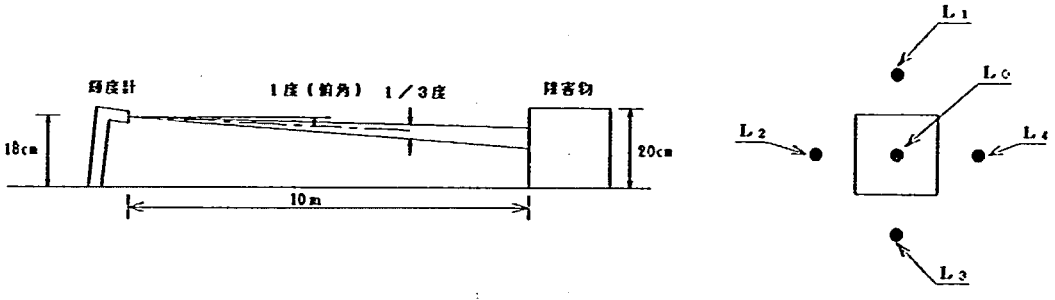
被験者は、観測車の車内より前方に各設計速度に応じた視距だけ離れた位置の路上に置かれた反射率の異なる３つの障害物（反射率３０%、２０%、１２%）を観測し、その視認性について５段階評価による主観調査で行った。

被験者の観測条件として障害物輝度と障害物の背景路面輝度、障害物観測面の鉛直面照度を３個の障害物のうち中央の１個（反射率２０%）について各観測条件毎に行った。

なお、観測車のヘッドライトはすれ違いビーム点灯とした。



図－４．１　車両および被験者配置



図－４．２　障害物と背景路面輝度の測定ポイントと測定方法

障害物と背景路面輝度は図－４．２に示すように障害物輝度測定ポイント（Lo）は１点、背景路面輝度は障害物の周辺輝度４点（L_1～L_4）の算術平均値とした。

4．1．2　実験条件

（1）照明方式　　：カウンタービーム照明（車線中央）

対称照明

（2）照明レベル　　：設計速度４０km/h相当（設定野外輝度４，０００cd/㎡）

設計速度６０km/h相当（低減係数１／２）

（設定野外輝度４，０００cd/㎡）

設計速度８０km/h相当（設定野外輝度４，０００cd/㎡）

（3）シャッター開度　：全開

３／４開

１／２開

（4）観測距離　　：設計速度４０km/h；　４０m

設計速度６０km/h；　７５m

設計速度８０km/h；１１０m

（5）障害物　　：反射率の異なる一辺２０cmの立方体；３個

反射率：３０％；左側（進行方向右側車線のセンターライン側）

反射率：２０％；中央（進行方向右側車線の中央）

反射率：１２％；右側（進行方向右側車線の路肩側）

（6）被験者　　：被験者数１２名

（7）障害物の提示位置：表－４．１に示すとおりとする。

表－４．１　障害物の提示位置（静止実験）

照明レベル	シャッター開度	障害物の提示位置：坑口からの距離（m）									
		0	20	40	60	80	120	160	200	240	300
40km/h相当	全開	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
	3/4開	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
	1/2開	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
60km/h相当 低減係数 1/2	全開	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－
	3/4開	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	1/2開	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
80km/h相当	全開	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3/4開	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－
	1/2開	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－

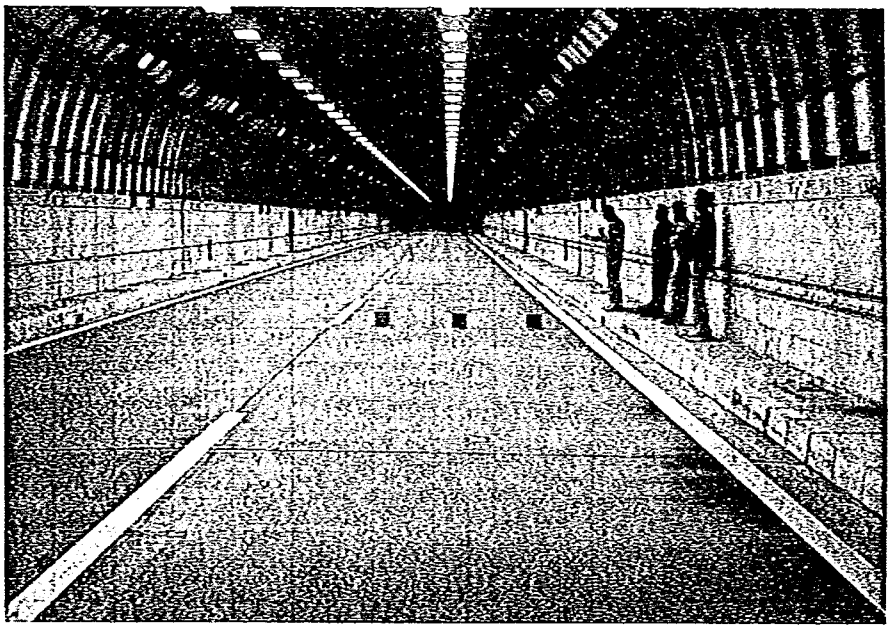
4．1．3　障害物

観測車からの観測に用いた障害物は以下のように設定した。

①一辺が２０cmの立方体とした。

②表面は光沢の無い灰色とした。

③表面の反射率は１２％（N＝４）、２０％（N＝５）、３０％（N＝６）相当各１個とした（N値はマンセル表色系による）。



写真－４．１　観測に使用した障害物

（向かって左側より反射率３０％、２０％、１２％）

4．1．4　測定機器

①輝度計（視角１／３度）　　１台（障害物輝度、障害物の背景路面輝度測定用）

②照度計　　１台（障害物の観測面の鉛直面照度測定用）

4．1．5　被験者

被験者は、各測定毎に１２名とした。被験者の属性を表－４．２に示す。

表－4．2　被験者属性一覧表

氏名	年齢	性別	運転歴(年)	車の使用用途	良く運転する車種	視力			観測者番号						備考
						右	左	矯正	03日	05日	06日	07日	18日	19日	
E．A	22	男	3	通学	普通車	1.5	0.8	有り	1						
N．M	25	男	1	通学	普通車	0.7	1.2	有り	2						
I．M	27	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	3					11	
Y．T	24	男	5	通学	軽自動車	1.2	1.0	有り	4	1				1	
N．Y	21	男	3	通学	普通車	0.5	0.7	有り	5						
S．T	28	男	8	通勤	普通車	0.9	0.8	有り	6						
A．K	28	男	9	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	7					6	
S．T	25	男	7	レジャー	普通車	1.5	1.5	有り	8	8			12	12	
K．N	22	男	3	通学	普通車	1.0	1.2	有り	9	5				9	
Y．H	35	男	15	通勤	普通車	0.7	1.2	有り	10						
K．M	28	男	2	レジャー	普通車	0.6	0.7	有り	11		7				
K．H	34	男	15	レジャー	普通車	1.2	0.7	有り	12						
M．T	26	男	7	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		4					
I．M	24	女	7	通学	普通車	0.7	1.2	有り		6				3	
S．W	24	女	5	買い物等	普通車	1.5	1.5	有り		7					
S．Y	59	男	30	レジャー	普通車	1.5	1.5	無し		3				8	
A．H	43	男	15	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し		2					
H．Y	43	女	13	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		9					
T．B	29	男	1	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		10					
H．A	26	女	4	通勤	軽自動車	1.2	1.5	無し		12					
H．Y	22	男	3	レジャー	普通車	0.7	0.9	有り			10			5	
H．K	22	男	3	レジャー	普通車	1.2	1.0	有り			9	9	9		
O．Y	21	男	3	通学	普通車	0.6	0.7	無い			12			2	
M．S	25	男	6	レジャー	普通車	0.6	0.6	有り			11		2		
N．A	21	男	1	通学	普通車	0.7	0.9	有り			5	5			
N．R	21	女	2	通学	普通車	1.5	1.5	無し			6		3		
S．T	41	男	20	通勤	普通車	0.6	0.6	有り			8				
K．T	20	男	1	レジャー	普通車	1.2	1.0	無し			4	4			
H．Y	25	男	6	通勤	普通車	0.8	0.7	無し			3	3			
I．Y	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			1		1		
H．H	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			2	2			
Y．T	23	男	3	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				1	5		
O．A	31	男	8	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し				7			
W．Y	22	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し				6			
M．K	49	男	28	レジャー	普通車	0.6	0.7	無し				8			
M．S	22	男	2	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し				10			
Y．H	25	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	有り				12			
Y．K	31	男	10	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				11	8		
S．R	35	男	15	通勤	普通車	1.0	1.0	無し					4	4	
E．	22	男	1	レジャー	普通車	1.5	2.0	無し					11	7	
M．K	23	男	5	レジャー	軽自動車	0.7	0.9	有り					6		
H．A	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し					7		
N．M	22	女	2	通学	軽自動車	0.6	1.2	無し					10		
T．M	24	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し						10	
K．M	31	男	13	通勤	普通車	1.5	1.5	無し				大型			
M．H	30	男	12	通勤	普通車	1.0	1.5	有り	大型	大型	大型	大型	大型	大型	
O．M	55	男	36	通勤	普通車	1.5	1.5	有り	大型	11	大型	大型	大型	大型	
I．K	25	男	7	通勤	普通車	0.5	0.8	有り	大型	大型	大型		大型	大型	
I．Y	29	男	10	通勤	普通車	1.5	2.0	無し	大型	大型	大型	大型	大型	大型	

4.2　実験結果

4.2.1　静止実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度

静止実験を行った時間帯の野外の輝度および水平面・鉛直面照度を観測時の条件として連続測定した。表－4.3～表－4.4に実験条件毎の測定結果を示す。

（1）野外の輝度

坑口手前１０５.９m、地上１.５mの高さ、東側車線路肩付近にトンネル坑口を中心とする直径２０度円形視野の平均野外輝度計を設置し、輝度を測定した。坑口手前からの距離を野外の輝度の通常の測定距離である１５０mとしなかったのは、坑口手前１００m付近の上方に存在する高架道路が視野内に入るのを避けたためである。

図－4.3～図－4.5に実験時の野外の輝度の平均値を示す。

①４０km/h相当の場合

シャッター全開の場合、カウンタービーム照明実験時で１，７００～１，８００cd/m²、対称照明実験時で１，０００～１，８００cd/m²で観測しており、対称照明実験時が若干有利な条件であった。また、シャッター３／４開、１／２開の場合、カウンタービーム照明実験時でそれぞれ２，２００～２，５００cd/m²、１，８００～２，５００cd/m²、対称照明実験時で９００～１，６００cd/m²、９００～１，２００cd/m²で観測しており、カウンタービーム照明実験時が若干有利な条件であった。

②６０km/h相当（低減係数１／２）の場合

カウンタービーム照明実験時で４００～５００cd／m²、対称照明実験時で２，８００～３，１００cd/m²で観測しており、カウンタービーム照明実験時がきわめて低い条件であった。

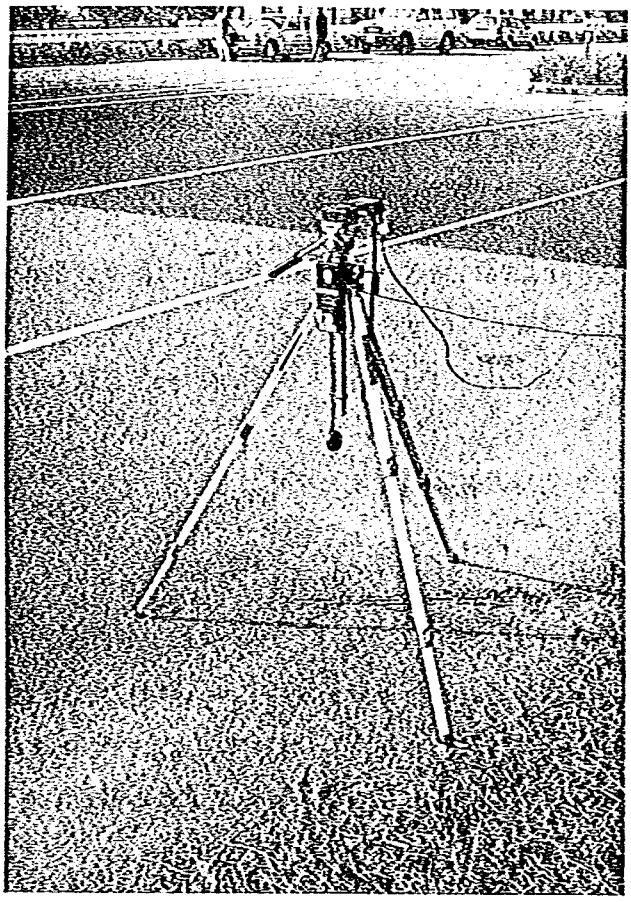
③８０km/h相当の場合

シャッター全開の場合、カウンタービーム照明実験時で２，４７０～４，２２０cd/m²、対称照明実験で１，７４０～２，０６０cd/m²で観測しており、対称照明実験時が有利な条件であった。また、シャッター３／４開、１／２開の場合、カウンタービーム照明実験時でそれぞれ３，９１０～４，２００cd/m²、３，４００～３，７００cd/m²、対称照明実験時で１，９５０～２，６５０cd/m²、１，５１０～１，８００cd/m²で観測しており、対称照明実験時が有利な条件であった。

（2）水平面・鉛直面照度

坑口手前１１２.３m地点、東側車線路肩付近において、水平面照度は地上高さ１.４m、鉛直面照度はトンネル坑口と反対側に受光部を向け高さ１.１mに受光部を設置し、測定した。鉛直面照度の測定結果は、トンネル坑口での鉛直面照度とほぼ等しいものと考えられる。

水平面・鉛直面照度測定した照度計を写真－4.2に示す。



写真－４．２　水平面・鉛直面照度計

表－4．3　静止実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度測定結果

実験日	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物提示位置	時間	野外の輝度 (cd／m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	評価点の平均値 反射率30%	反射率20%	反射率12%	備考
10/3	CBL	40km/h相当	全開	0m	15:05	1800	0.021	16000	9000	4.67	4.67	4.42	
				20m	15:07	1800	0.021	16000	9000	3.33	3.25	3.08	
				40m	15:08	1700	0.023	16000	9000	3.42	3.17	3.33	
				60m	15:09	1700	0.023	16000	9000	4.00	3.75	3.83	
				80m	15:11	1700	0.023	16000	9000	3.17	3.08	3.25	
				120m	15:12	1700	0.023	16000	9000	1.92	2.00	2.25	
			3/4開	0m	14:44	2500	0.015	24000	16000	4.83	4.58	4.17	
				20m	14:45	2500	0.015	24000	16000	3.83	3.42	3.25	
				40m	14:45	2500	0.015	24000	16000	3.50	3.17	2.92	
				60m	14:47	2500	0.015	24000	16000	3.92	3.83	3.67	
				80m	14:48	2200	0.018	25000	17000	3.58	3.67	3.50	
				120m	14:50	2200	0.018	25000	17000	2.17	1.92	1.92	
			1/2開	0m	14:55	2500	0.015	27000	18000	4.75	4.75	4.42	
				20m	14:56	2500	0.015	27000	18000	2.75	2.25	2.25	
				40m	14:57	2500	0.015	27000	18000	3.33	2.92	2.92	
				60m	14:59	2300	0.017	23000	15000	4.17	4.08	4.00	
				80m	15:01	2300	0.017	23000	15000	3.58	3.50	3.50	
				120m	15:03	1800	0.021	16000	9000	2.08	2.25	2.33	
10/5	SYM	40km/h相当	全開	0m	11:23	1000	0.039	9000	6000	5.00	4.83	4.67	
				20m	11:34	1000	0.039	8000	6000	3.08	3.08	4.00	
				40m	11:36	1000	0.039	8000	6000	3.08	3.08	4.08	
				60m	11:56	1800	0.021	14000	10000	3.33	2.58	4.00	
				80m	11:57	1800	0.021	14000	10000	3.83	3.25	2.83	
				120m	11:58	1700	0.023	14000	9000	2.33	1.92	3.00	
			3/4開	0m	11:27	1000	0.039	9000	6000	5.00	4.83	4.67	
				20m	11:32	900	0.043	7000	6000	2.83	3.42	4.17	
				40m	11:37	1000	0.039	8000	6000	2.83	3.25	4.17	
				60m	11:49	1600	0.024	11000	8000	3.00	2.42	3.67	
				80m	11:50	1600	0.024	11000	8000	3.83	3.08	2.83	
				120m	11:51	1600	0.024	11000	8000	2.25	1.92	3.00	
			1/2開	0m	11:29	900	0.043	7000	6000	5.00	4.92	4.83	
				20m	11:30	900	0.043	7000	6000	2.50	3.58	4.25	
				40m	11:38	1200	0.032	9000	6000	2.75	3.33	4.00	
				60m	11:39	1200	0.032	9000	6000	2.83	2.33	3.67	
				80m	11:40	1200	0.032	9000	6000	3.83	3.25	2.75	
				120m	11:41	1200	0.032	9000	6000	2.42	2.00	3.08	
10/6	CBL	60km/h相当 低減係数1/2	全開	0m	16:07	500	0.068	9000	3000	4.00	3.83	3.33	
				20m	16:10	500	0.068	9000	3000	3.50	3.42	3.25	
				40m	16:12	500	0.068	9000	3000	3.67	3.50	3.50	
				60m	16:14	500	0.068	9000	3000	3.58	3.58	3.50	
				80m	16:16	500	0.068	9000	3000	3.42	3.58	3.17	
				120m	16:17	500	0.068	9000	3000	3.42	3.50	3.25	
				160m	16:19	400	0.085	8000	2000	1.75	1.83	2.17	
				200m	16:21	400	0.085	8000	2000	1.50	1.50	1.42	
10/7	SYM	60km/h相当 低減係数1/2	全開	0m	14:44	3100	0.011	39000	15000	4.42	4.25	3.58	
				20m	14:47	3100	0.011	39000	15000	3.33	2.75	1.92	
				40m	14:49	3000	0.011	38000	14000	2.25	1.67	1.83	
				60m	14:51	3000	0.011	38000	14000	1.17	1.58	2.17	
				80m	14:53	2800	0.012	36000	13000	2.08	2.00	3.17	
				120m	14:55	2800	0.012	36000	13000	1.67	2.08	3.00	
				160m	14:57	2800	0.012	36000	13000	1.33	1.42	2.33	
				200m	15:00	2900	0.012	34000	13000	1.42	1.42	2.08	

(注)　*印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。

k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）

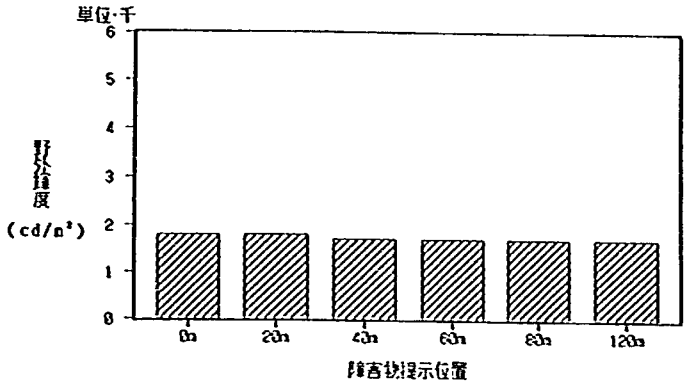
表－4．4　静止実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度測定結果

実験日	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物提示位置	時間	野外の輝度 (cd／㎡)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	評価点の平均値 反射率30%	反射率20%	反射率12%	備考
10/18	CBL	80km/h相当	全開	0m	13:26	2490	0.033	23000	17000	4.25	4.00	3.25	
				20m	13:29	2470	0.034	24000	17000	3.08	2.83	2.58	
				40m	13:31	2600	0.032	24000	17000	3.50	3.50	3.50	
				60m	13:35	3810	0.022	50000	42000	3.50	3.42	3.50	*
				80m	13:38	4220	0.020	65000	56000	3.50	3.67	3.50	
				120m	13:40	4190	0.020	65000	56000	4.08	4.08	4.08	
				160m	13:44	4180	0.020	63000	54000	3.58	3.75	3.92	
				200m	13:47	4140	0.020	63000	54000	2.92	3.42	3.50	
				240m	13:51	4050	0.020	61000	52000	2.08	2.67	3.08	
				300m	13:54	4120	0.020	58000	48000	1.42	1.08	1.25	
			3/4開	0m	14:02	4200	0.020	60000	50000	4.58	4.50	4.08	
				20m	14:05	4180	0.020	55000	48000	2.00	1.75	1.75	
				40m	14:08	4030	0.021	57000	48000	2.67	2.67	2.58	
				60m	14:10	4170	0.020	57000	48000	3.25	3.25	3.08	
				80m	14:13	4100	0.020	56000	46000	3.25	3.33	3.25	
				120m	14:16	4080	0.020	56000	46000	4.17	4.17	4.17	
				160m	14:20	4010	0.021	50000	43000	3.58	3.67	3.83	
				200m	14:23	3910	0.021	50000	41000	3.33	3.42	3.50	
			1/2開	0m	14:47	3400	0.024	42000	34000	4.67	4.33	4.00	
				20m	14:44	3400	0.024	42000	34000	1.92	2.00	2.25	
				40m	14:41	3700	0.022	44000	35000	3.08	2.50	3.08	
				60m	14:39	3700	0.022	44000	35000	3.42	2.75	3.42	
				80m	14:36	3600	0.023	43000	34000	3.50	2.50	3.50	
				120m	14:33	3770	0.022	43000	34000	3.92	2.58	3.92	
				160m	14:30	3700	0.022	46000	38000	3.58	1.83	3.67	
				200m	14:27	3900	0.021	50000	41000	3.17	2.42	3.42	
10/19	SYM	80km/h相当	全開	0m	12:53	1890	0.044	20000	14000	4.08	3.75	3.25	
				20m	12:56	1740	0.048	20000	14000	1.92	1.67	2.50	
				40m	12:58	1870	0.044	18000	13000	1.83	2.33	2.67	
				60m	13:00	1880	0.044	18000	13000	1.92	2.67	3.00	
				80m	13:02	1900	0.044	18000	13000	1.83	2.67	3.08	
				120m	13:05	1930	0.043	17000	11000	1.83	2.58	3.17	
				160m	13:06	1940	0.043	17000	11000	1.58	1.92	2.83	
				200m	13:10	1990	0.042	15000	10000	1.67	2.33	2.83	
				240m	13:12	2050	0.040	15000	10000	1.83	2.67	2.83	
				300m	13:14	2060	0.040	15000	10000	1.83	1.00	1.00	
			3/4開	0m	13:19	2650	0.031	16000	10000	4.50	4.33	3.58	
				20m	13:21	2180	0.038	16000	10000	1.08	2.00	2.83	
				40m	13:22	2180	0.038	16000	10000	1.75	2.50	2.83	
				60m	13:24	2170	0.038	14000	8000	1.83	2.75	3.25	
				80m	13:25	2140	0.039	14000	8000	1.83	2.50	3.25	
				120m	13:27	2090	0.040	14000	8000	1.92	2.58	3.25	
				160m	13:28	2000	0.042	12000	6000	1.50	1.83	2.75	
				200m	13:30	1950	0.043	12000	6000	1.92	2.42	2.83	
			1/2開	0m	13:34	1800	0.046	12000	6000	4.25	4.00	2.58	
				20m	13:35	1800	0.046	12000	6000	1.42	2.50	3.33	
				40m	13:37	1780	0.047	12000	6000	2.00	2.58	3.17	
				60m	13:39	1680	0.049	11000	5900	2.00	2.75	3.33	
				80m	13:40	1630	0.051	11000	5900	1.92	2.58	3.00	
				120m	13:42	1580	0.053	11000	5900	1.83	2.50	3.25	
				160m	13:43	1540	0.054	10000	4200	1.42	1.92	2.83	
				200m	13:45	1510	0.055	10000	4200	1.92	2.25	3.00	

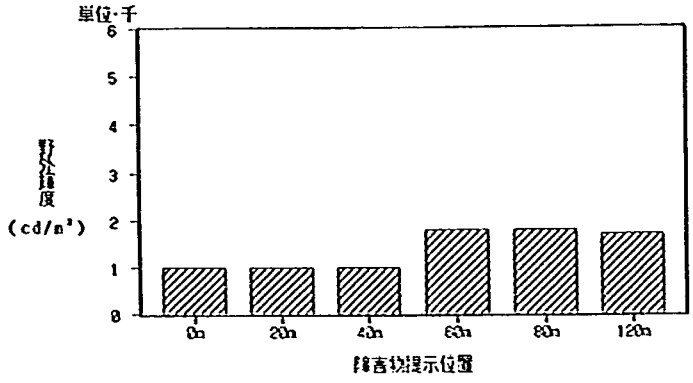
(注)　*印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。

**印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。

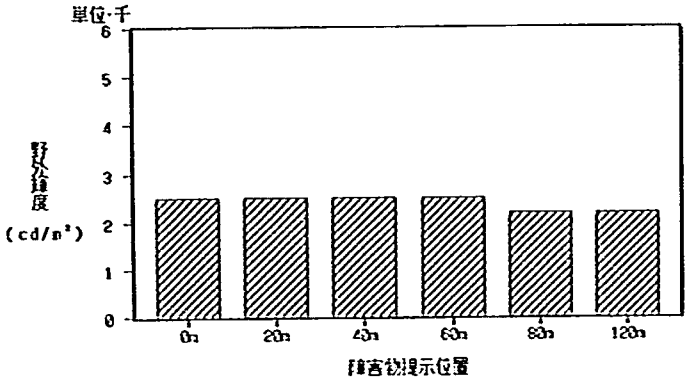
k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）



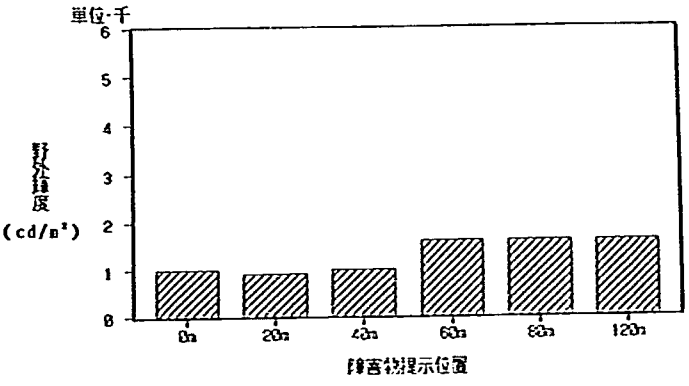
カウンタービーム照明　シャッター：全開



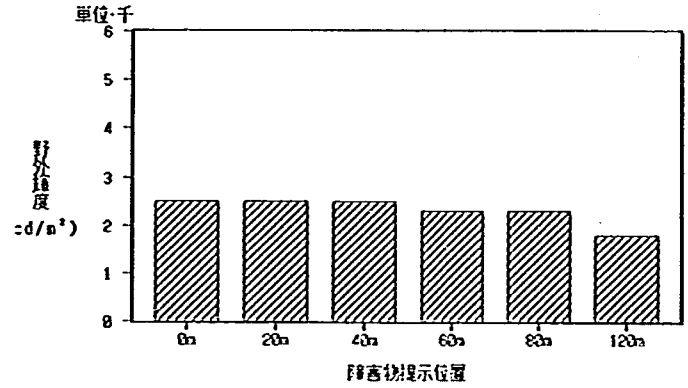
対称照明　シャッター：全開



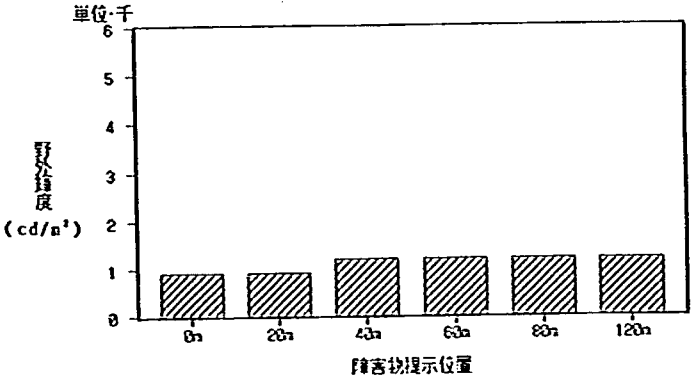
カウンタービーム照明　シャッター：３／４開



対称照明　シャッター：３／４開

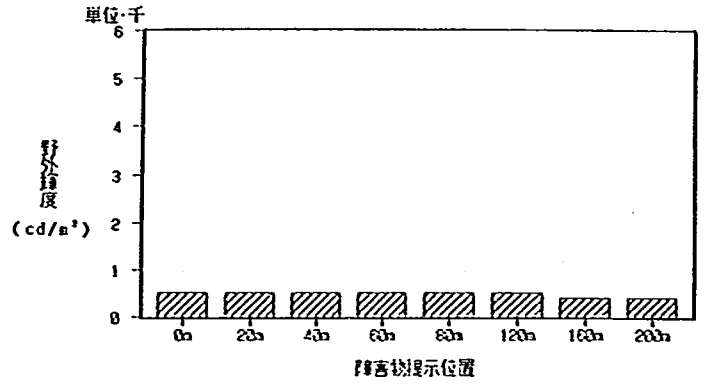


カウンタービーム照明　シャッター：１／２開

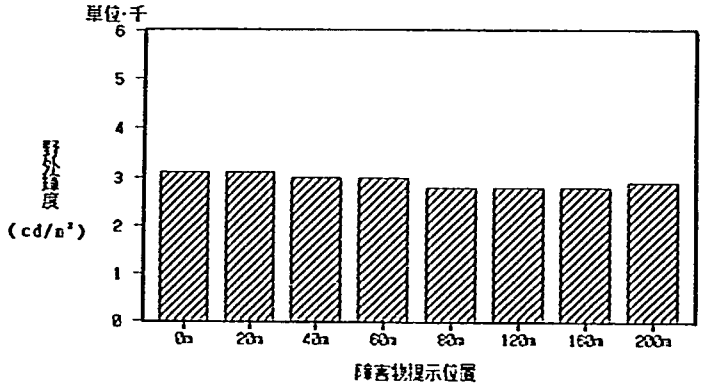


対称照明　シャッター：１／２開

図－４．３　静止実験時の野外の輝度（照明レベル：４０km/h相当）

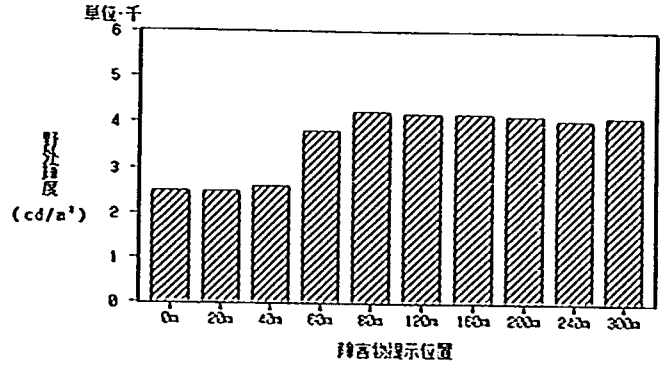


カウンタービーム照明　シャッター：全開

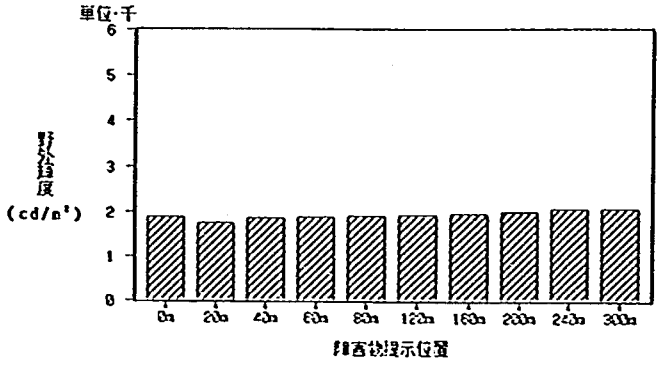


対称照明　シャッター：全開

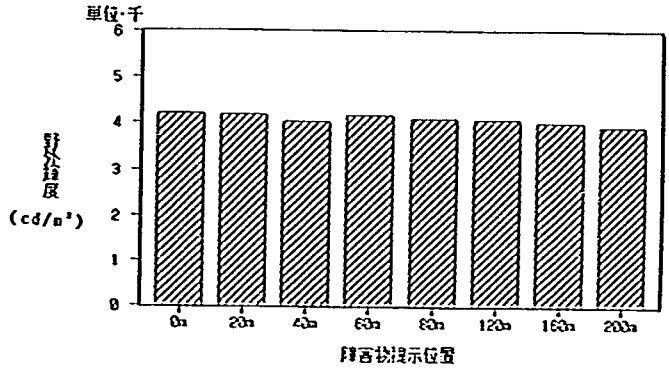
図－４．４　静止実験時の野外の輝度（照明レベル：６０km/h相当　低減係数１／２）



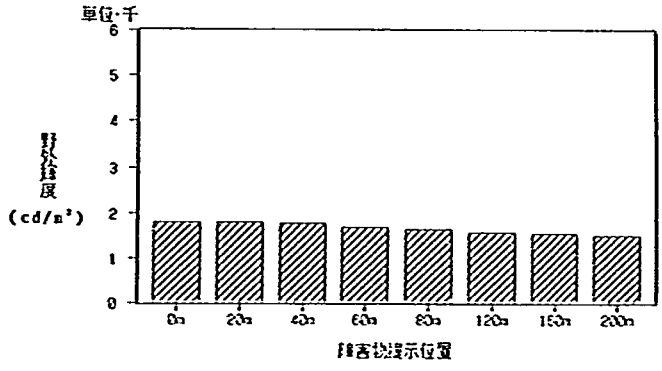
カウンタービーム照明　シャッター：全開



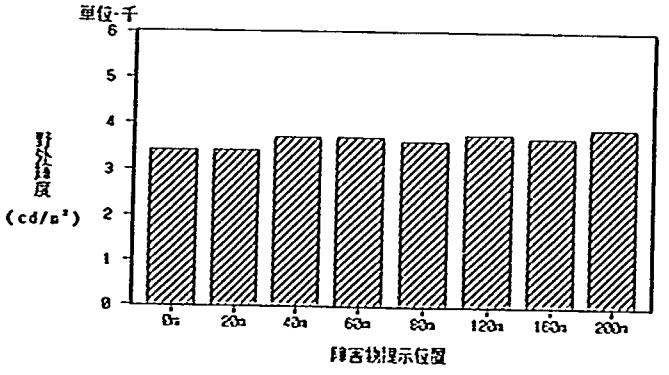
対称照明　シャッター：全開



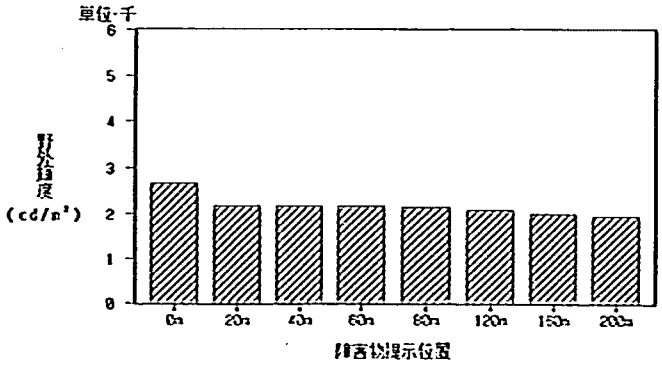
カウンタービーム照明　シャッター：３／４開



対称照明　シャッター：３／４開



カウンタービーム照明　シャッター：１／２開



対称照明　シャッター：１／２開

図－４．５　静止実験時の野外の輝度（照明レベル：８０km/h相当）

４．２．２　障害物の輝度対比

各照明方式における障害物の視認性を確認するため、東側車線の各設計速度における視距だけ離れた前方の路上に障害物を設置し、観測を行った。

（１）観測条件

①観測距離　　：４０km/h：４０m　６０km/h：７５m　８０km/h：１１０m

②障害物の提示位置　：０，２０，４０，６０，８０，１２０，１６０，２００，２４０，３００mの車線中央

③障害物　　：一辺２０cmの立方体で反射率の異なる３種類

（N＝４、５、６）

（２）測定項目

①障害物と背景路面の輝度

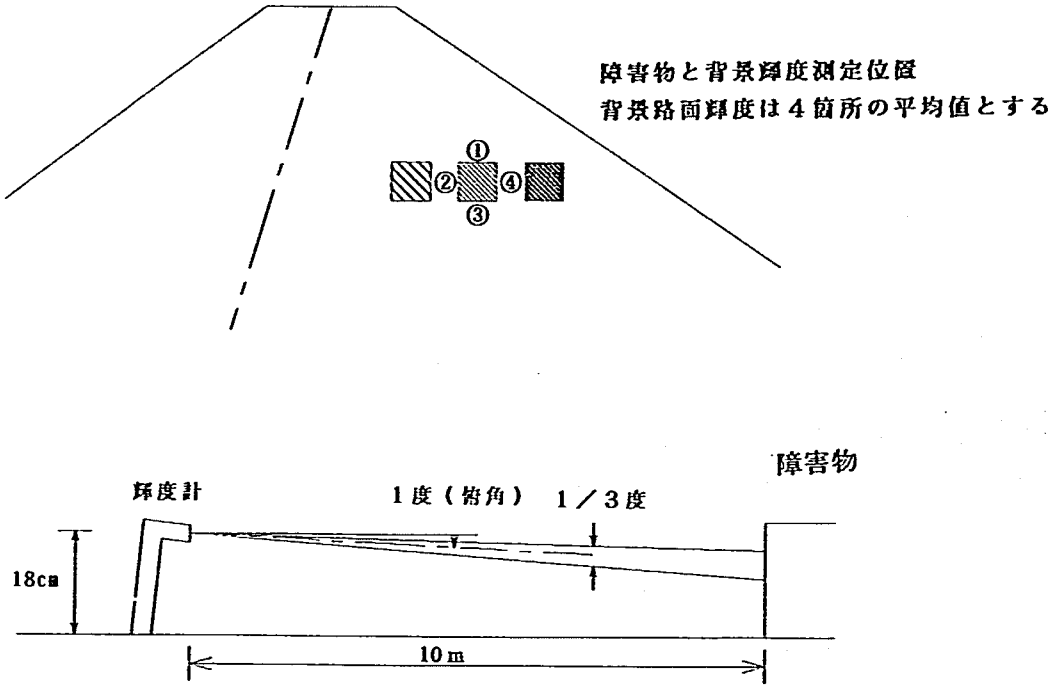
②障害物の鉛直面照度

但し、照度、輝度は中央に置いたN＝５の立方体を測定した。

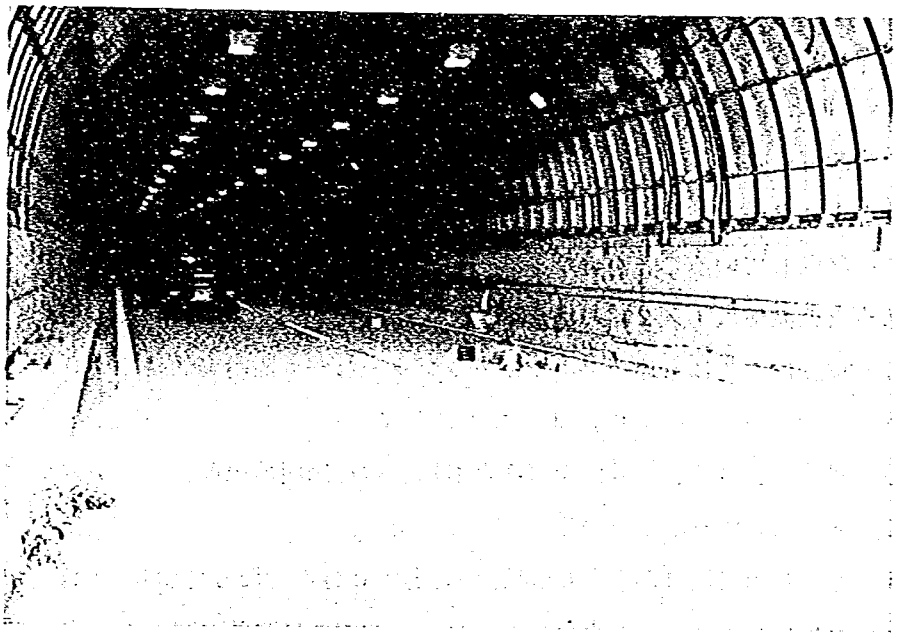
（３）測定器

①輝度測定　　ミノルタ輝度計（視角１／３度）

②鉛直面照度　　トプコン照度計



図－４．６　測定位置と障害物の関係



写真－４．３　測定状況

（４）測定結果

障害物の輝度対比を求めるため、障害物の鉛直面照度、障害物周辺４点の背景路面輝度測定を行った結果を表－４．５～表－４．９に、またそれぞれの条件下で障害物提示位置毎の各測定値を図－４．７～図－４．９に示した。なお、障害物の輝度対比は次式の式（４．１）によって求めた。

$$C = (L - Lo) / L \qquad (4.1)$$

C：輝度対比

L：背景の輝度（平均値）　cd／㎡

Lo：障害物の輝度　cd／㎡

①４０km/h相当の場合

測定時の野外輝度は、先にも述べたようにカウンタービーム照明実験時で１，７００～１，８００cd/㎡、対称照明実験時で１，０００～１，８００cd/㎡で観測している。

・障害物の鉛直面照度は、カウンタービーム照明と対称照明との違いは顕著に現れており、坑口から６０m付近では対称照明の照度がカウンタービーム照明の照度に比べて非常に高い値を示している。また、全体的に見ても、対称照明はカウンタービーム照明に比較して高い結果となっている。

・障害物の輝度は、野外の輝度の影響を受けて坑口周辺部分を除き大きな違いは見られない。しかし、野外の輝度の条件によっては障害物の輝度は大きく変化するものと考えられる。

・背景路面輝度も障害物の輝度と同様に野外輝度の影響を坑口から２０m付近まで影響を受けることが明らかとなった。

・輝度対比は、対称照明で坑口から２０～６０m付近で０付近となっており、障害物の視認性が低下していることが予想される。一方、カウンタービーム照明では逆シルエットからシルエットで見える境界が３０m付近となっているが、対称照明と同様に輝度対比はあまり大きな値とはなっていない。シャッターの開度による輝度対比の変化は、野外の輝度の条件が比較的同様であったシャッター開度３／４開と１／２開を比較すると、輝度対比の符号が変わる点がシャッター１／２開の方がトンネル坑口側へ移動していることが分かる。

②６０km/h相当（低減係数１／２）の場合

測定時の野外輝度は、先にも述べたようにカウンタービーム照明実験時で４００～５００cd/m²、対称照明実験時で２，８００～３，１００cd/m²で観測している。

・障害物の鉛直面照度、輝度、背景路面輝度ともに、対称照明の照度、輝度がカウンタービーム照明に比較して非常に高い値を示している。

・輝度対比は、対称照明で坑口から４０m付近から奥で０付近となっており、障害物の視認性が低下していることが予想される。一方、カウンタービーム照明では野外の輝度が小さく自然光の射し込みが少ないため、逆シルエットからシルエットで視認できる境界が１５m付近となっている。

③８０km/h相当の場合

測定時の野外輝度は、先にも述べたようにカウンタービーム照明実験時で２，４７０～４，２２０cd/m²、対称照明実験時で１，７４０～２，０６０cd/m²で観測している。

・障害物の鉛直面照度、輝度、背景路面輝度ともに大きな違いはないように思われる。これは、自然光の射し込みの影響が設計速度４０km/h相当と比較して小さいものと考えられる。また、シャッター３／４開、１／２開の場合も同様の傾向がうかがえる。

・輝度対比は、両照明方式ともに坑口部で逆シルエット状態、坑口より２０～３０mより奥からシルエット状態の値を示し、比較的高い値を示している。特にカウンタービーム照明は、野外の輝度が高いにもかかわらず、高い輝度対比が得られている。

表－４．５　障害物の視認性実験（静止実験）記録

１．照明方式　カウンタービーム照明
２．設計速度　４０ｋｍ／ｈ相当
３．観測日時　平成６年１０月３日（月）１４：４０～１５：１５　天候：晴

§シャッター開度　全開（前照灯は点灯状態）

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	10700.00	918.00	39.00	107.00	535.00	85.00	191.50	-3.79
２０ｍ	675.00	65.00	30.00	50.00	81.00	48.00	52.25	-0.24
４０ｍ	199.00	19.00	18.00	31.00	29.00	28.00	26.50	0.28
６０ｍ	94.00	9.40	14.00	19.00	22.00	18.00	18.25	0.48
８０ｍ	51.00	5.90	7.30	12.00	15.00	12.00	11.58	0.49
１２０ｍ	① 37.00	3.50	1.70	2.70	5.20	2.20	2.95	-0.19

①前照灯を消灯すると１９(lx)となる

§シャッター開度　３／４開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	17400.00	1370.00	75.00	216.00	972.00	101.00	341.00	-3.02
２０ｍ	930.00	87.00	32.00	57.00	94.00	54.00	59.25	-0.47
４０ｍ	217.00	20.00	23.00	30.00	30.00	29.00	28.00	0.29
６０ｍ	96.00	9.30	14.00	19.00	22.00	18.00	18.25	0.49
８０ｍ	54.00	5.30	7.60	12.00	15.00	11.70	11.58	0.54
１２０ｍ	② 37.00	2.20	1.60	3.20	5.20	2.70	3.18	0.31

②前照灯を消灯すると１８(lx)となる

§シャッター開度　１／２開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	12510.00	960.00	40.00	80.00	692.00	88.00	225.00	-3.27
２０ｍ	458.00	41.00	28.00	45.00	61.00	36.00	42.50	0.04
４０ｍ	127.00	12.00	21.00	30.00	26.00	27.00	26.00	0.54
６０ｍ	69.00	6.70	14.00	19.00	21.00	18.00	18.00	0.63
８０ｍ	51.00	4.90	6.00	12.00	15.00	12.00	11.25	0.56
１２０ｍ	32.00	3.00	1.60	2.70	5.40	2.70	3.10	0.03

表－4．6　障害物の視認性実験（静止実験）記録

1．照明方式　対称照明
2．設計速度　４０ｋｍ／ｈ相当
3．観測日時　平成６年１０月５日（水）１１：１６～１１：５５　天候：曇り～小雨

§シャッター開度　全開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	6700.00	502.00	53.00	50.00	355.00	58.00	129.00	-2.89
２０m	5020.00	42.00	27.00	36.00	49.00	37.00	37.25	-0.13
４０m	2700.00	26.00	21.00	27.00	36.00	26.00	27.50	0.05
６０m	255.00	19.00	17.00	17.00	29.00	20.00	20.75	0.08
８０m	221.00	16.00	4.60	6.70	24.00	6.20	10.38	-0.54
１２０m	59.00	4.70	2.00	3.90	5.00	4.80	3.93	-0.20

§シャッター開度　３／４開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	5580.00	476.00	41.00	75.00	343.00	41.00	125.00	-2.81
２０m	4220.00	37.00	28.00	33.00	46.00	35.00	35.50	-0.04
４０m	3250.00	25.00	20.00	26.00	35.00	26.00	26.75	0.07
６０m	250.00	18.00	18.00	18.00	29.00	19.00	21.00	0.14
８０m	224.00	16.00	4.60	6.80	25.00	7.40	10.95	-0.46
１２０m	57.00	4.80	1.80	2.70	5.30	4.00	3.45	-0.39

§シャッター開度　１／２開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	5200.00	458.00	35.00	46.00	304.00	39.00	106.00	-3.32
２０m	3300.00	29.00	30.00	31.00	40.00	34.00	33.75	0.14
４０m	2930.00	22.00	21.00	22.00	34.00	25.00	25.50	0.14
６０m	230.00	17.00	13.00	17.00	29.00	19.00	19.50	0.13
８０m	207.00	16.00	3.70	6.30	24.00	7.50	10.38	-0.54
１２０m	56.00	4.60	1.70	3.30	5.10	4.00	3.53	-0.30

表－４．７　障害物の視認性実験（静止実験）記録

１．照明方式　カウンタービーム照明
２．設計速度　６０ｋｍ／ｈ相当（低減係数1/2）
３．観測日時　平成６年１０月６日（木）１６：０５～１６：２５　天候：晴

§シャッター開度　全開

障害物の提示位置（坑口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
０ｍ	2500.00	181.00	44.90	73.10	167.00	68.60	88.40	-1.05
２０ｍ	204.00	18.50	36.40	45.10	44.00	36.30	40.45	0.54
４０ｍ	99.00	9.80	34.90	35.00	33.40	31.80	33.78	0.71
６０ｍ	68.00	7.00	36.00	34.00	30.50	30.50	32.75	0.79
８０ｍ	58.00	6.70	28.40	31.20	33.80	29.80	30.80	0.78
１２０ｍ	41.00	4.65	14.40	22.30	26.60	23.00	21.58	0.78
１６０ｍ	23.00	2.05	5.04	4.75	6.80	4.83	5.36	0.62
２００ｍ	18.00	1.76	1.54	2.04	5.58	2.50	2.92	0.40

１．照明方式　対称照明
２．設計速度　６０ｋｍ／ｈ相当（低減係数1/2）
３．観測日時　平成６年１０月７日（金）１４：４０～１５：００　天候：晴

§シャッター開度　全開

障害物の提示位置（坑口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
０ｍ	30000.00	1972.00	68.70	106.10	1480.00	105.10	439.98	-3.48
２０ｍ	1275.00	105.90	33.10	47.20	101.30	49.90	57.88	-0.83
４０ｍ	471.00	35.30	25.70	30.70	38.40	30.80	31.40	-0.12
６０ｍ	290.00	20.40	25.50	26.70	30.40	27.90	27.63	0.26
８０ｍ	335.00	21.90	20.20	23.30	36.90	29.40	27.45	0.20
１２０ｍ	205.00	14.10	6.76	16.50	23.20	19.00	16.37	0.14
１６０ｍ	69.00	4.88	4.75	6.10	7.51	5.65	6.00	0.19
２００ｍ	45.70	3.25	1.60	3.69	5.61	3.00	3.48	0.06

表－４．８　障害物の視認性実験（静止実験）記録

１．照明方式　カウンタービーム照明
２．設計速度　８０ｋｍ／ｈ相当
３．観測日時　平成６年１０月１８日（火）１３：２５～１４：５０　天候：晴

§シャッター開度　全開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	13920.00	1210.00	171.00	473.00	574.00	383.00	400.25	-2.02
２０ｍ	1633.00	149.00	93.00	139.00	184.00	124.00	135.00	-0.10
４０ｍ	503.00	47.00	82.40	83.00	105.00	79.00	87.35	0.46
６０ｍ	253.00	25.00	90.00	82.00	72.00	77.00	80.25	0.69
８０ｍ	213.00	21.00	70.00	87.00	83.00	79.00	79.75	0.74
１２０ｍ	126.00	12.00	53.00	63.00	59.00	58.00	58.25	0.79
１６０ｍ	125.00	12.00	40.00	40.00	49.00	44.00	43.25	0.72
２００ｍ	82.70	7.20	22.00	28.00	36.00	30.00	29.00	0.75
２４０ｍ	62.20	5.30	10.00	14.00	19.00	13.00	14.00	0.62
３００ｍ	42.80	3.10	2.70	3.90	5.50	3.80	3.98	0.22

§シャッター開度　３／４開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	38500.00	3324.00	147.00	1931.00	2067.00	1145.00	1322.50	-1.51
２０ｍ	1298.00	117.00	88.40	125.40	171.10	122.20	126.78	0.08
４０ｍ	403.00	38.00	82.40	81.80	100.50	81.40	86.53	0.56
６０ｍ	235.00	22.10	88.80	81.80	71.50	76.70	79.70	0.72
８０ｍ	199.00	18.80	72.20	85.60	83.10	82.70	80.90	0.77
１２０ｍ	122.10	11.30	53.40	61.70	57.10	55.90	57.03	0.80
１６０ｍ	122.70	11.10	38.50	38.50	47.40	34.00	39.60	0.72
２００ｍ	82.00	7.20	19.70	30.50	35.40	28.50	28.53	0.75

§シャッター開度　１／２開

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
０ｍ	33700.00	2256.00	118.40	419.30	1390.00	455.80	595.88	-2.79
２０ｍ	724.00	69.50	87.30	114.50	138.50	113.90	113.55	0.39
４０ｍ	267.00	26.00	78.90	78.90	93.20	74.90	81.48	0.68
６０ｍ	175.00	17.50	88.30	80.70	70.50	74.40	78.48	0.78
８０ｍ	169.00	17.30	68.90	79.10	81.10	78.40	76.88	0.77
１２０ｍ	116.30	11.20	54.30	63.00	58.60	58.10	58.50	0.81
１６０ｍ	121.60	11.20	37.70	40.10	50.80	40.80	42.35	0.74
２００ｍ	79.60	7.10	20.30	26.00	32.30	25.70	26.08	0.73

表－4．9　障害物の視認性実験（静止実験）記録

1．照明方式　対称照明
2．設計速度　８０ｋｍ／ｈ相当
3．観測日時　平成６年１０月１９日（水）１２：５５～１３：４７　天候：曇り

§シャッター開度　全開

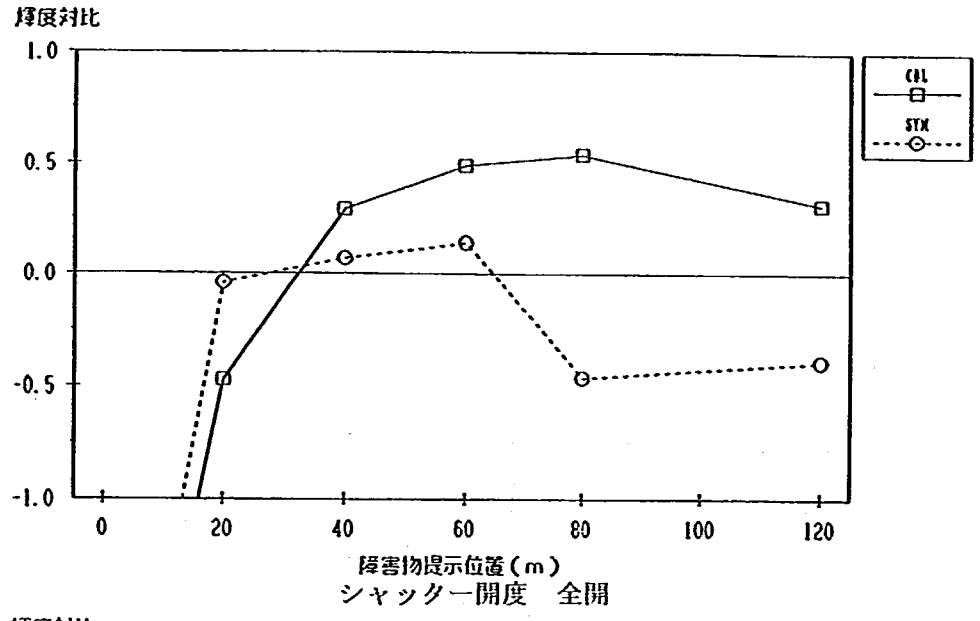
障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	15000.00	443.00	114.40	48.50	977.00	176.70	329.15	-0.35
20 m	1360.00	109.00	81.80	109.00	144.00	109.00	110.95	0.02
40 m	760.00	56.80	77.40	92.30	94.00	95.60	89.83	0.37
60 m	610.00	44.70	82.60	74.00	92.20	81.10	79.98	0.44
80 m	607.00	43.30	56.00	68.00	83.60	80.10	71.93	0.40
120 m	380.00	28.60	56.70	48.80	53.90	50.50	52.48	0.45
160 m	470.00	31.70	34.70	33.10	58.70	39.90	41.60	0.24
200 m	18.00	13.70	21.10	24.20	32.50	23.40	25.30	0.46
240 m	120.00	8.70	12.00	22.00	22.90	21.10	19.50	0.55
300 m	55.00	3.90	2.20	3.50	8.50	3.50	4.43	0.12

§シャッター開度　３／４開

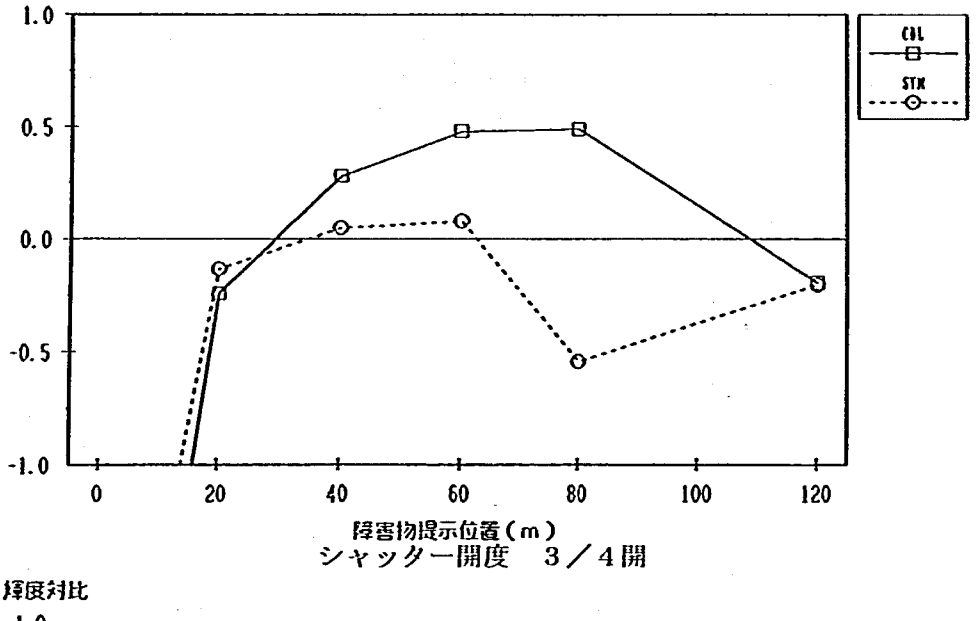
障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	10400.00	796.00	57.90	99.70	612.00	101.40	217.75	-2.66
20 m	1010.00	78.30	84.10	97.40	114.00	96.60	98.03	0.20
40 m	730.00	53.90	71.60	91.10	94.00	88.00	86.18	0.37
60 m	590.00	43.90	65.00	77.50	90.00	77.40	77.48	0.43
80 m	590.00	42.20	49.30	66.50	82.70	73.90	68.10	0.38
120 m	390.00	28.30	54.70	50.20	52.70	48.60	51.55	0.45
160 m	450.00	31.60	29.70	36.50	59.40	35.50	40.28	0.22
200 m	186.00	14.00	20.60	24.90	31.60	22.70	24.95	0.44

§シャッター開度　１／２開

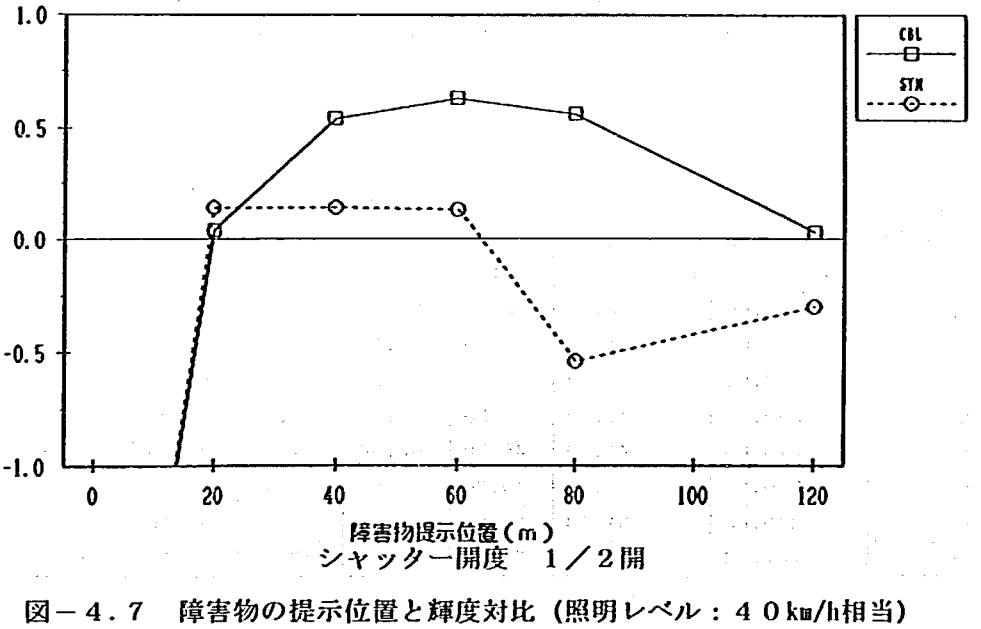
障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
0 m	3960.00	298.90	78.60	79.70	253.90	75.10	121.83	-1.45
20 m	775.00	61.60	82.60	94.10	104.50	89.00	92.55	0.33
40 m	680.00	51.40	72.30	93.00	88.70	89.50	85.88	0.40
60 m	590.00	41.50	52.50	73.90	89.80	77.30	73.38	0.43
80 m	575.00	41.40	48.70	68.90	81.40	75.50	68.63	0.40
120 m	380.00	28.10	49.20	48.50	51.40	49.40	49.63	0.43
160 m	440.00	31.50	26.00	38.30	59.60	35.10	39.75	0.21
200 m	187.00	13.90	21.80	25.00	32.20	24.10	25.78	0.46



シャッター開度　全開

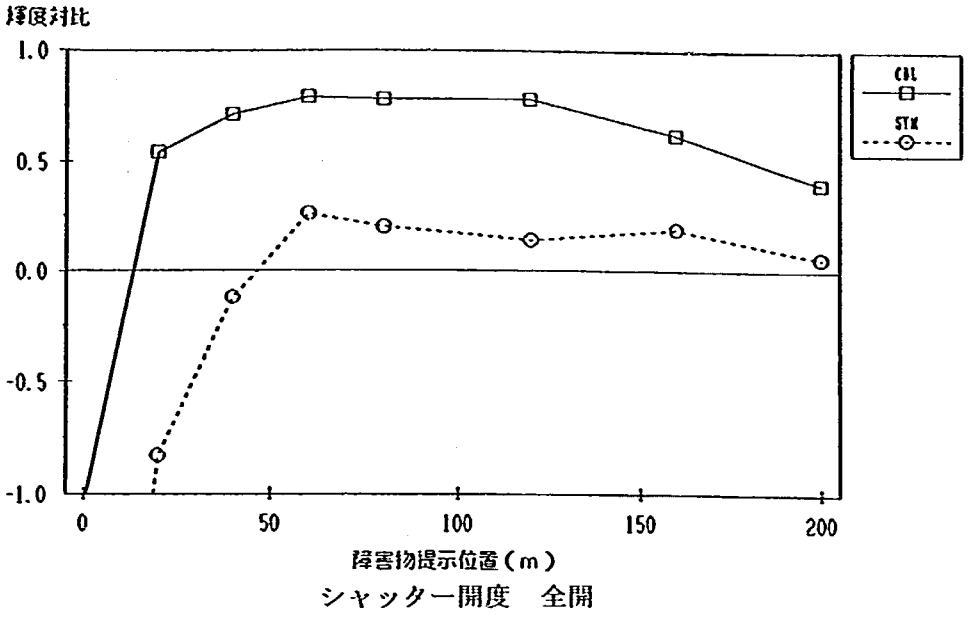


シャッター開度　3／4開



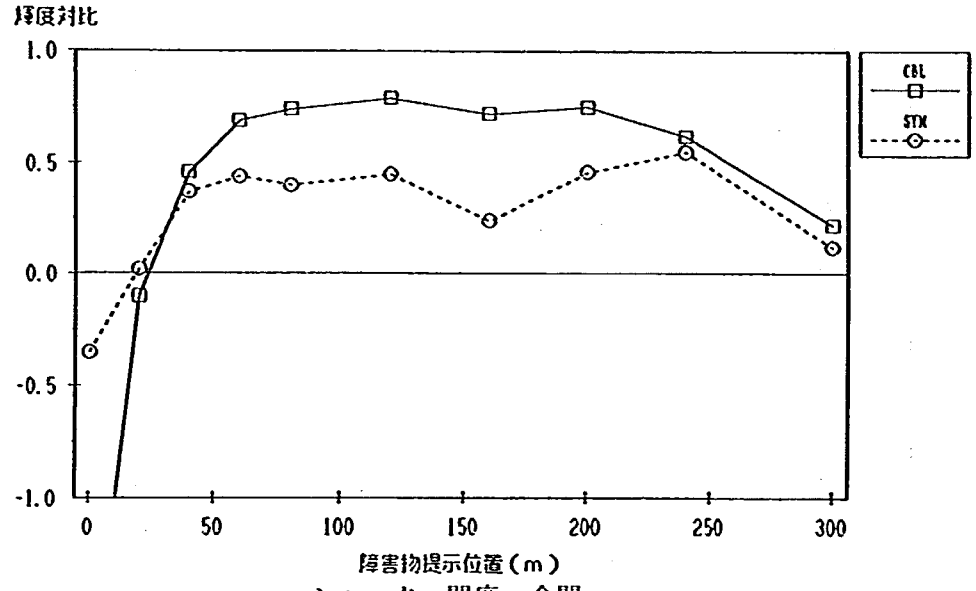
シャッター開度　1／2開

図－４．７　障害物の提示位置と輝度対比（照明レベル：４０km/h相当）

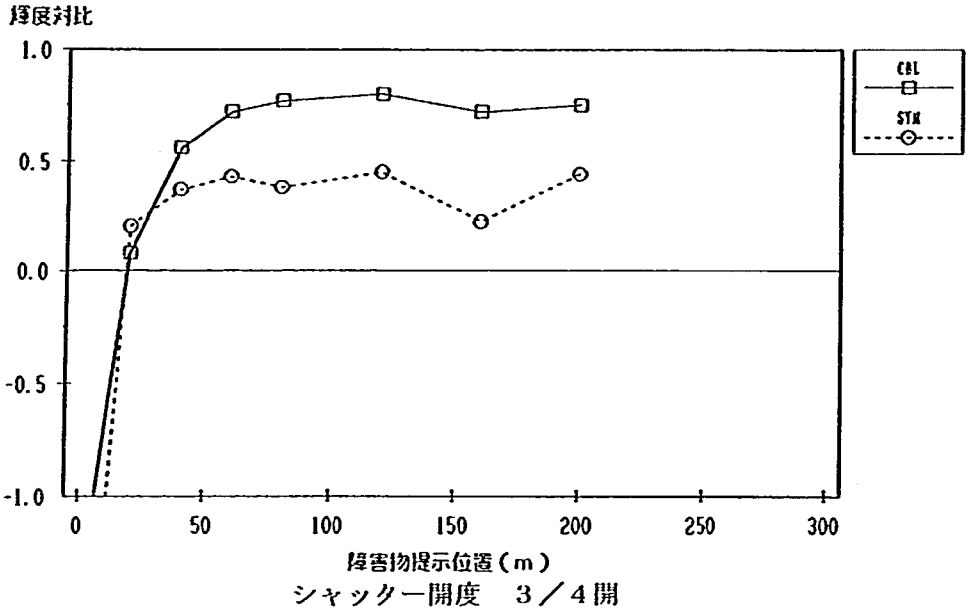


図－４．８　障害物の提示位置と輝度対比

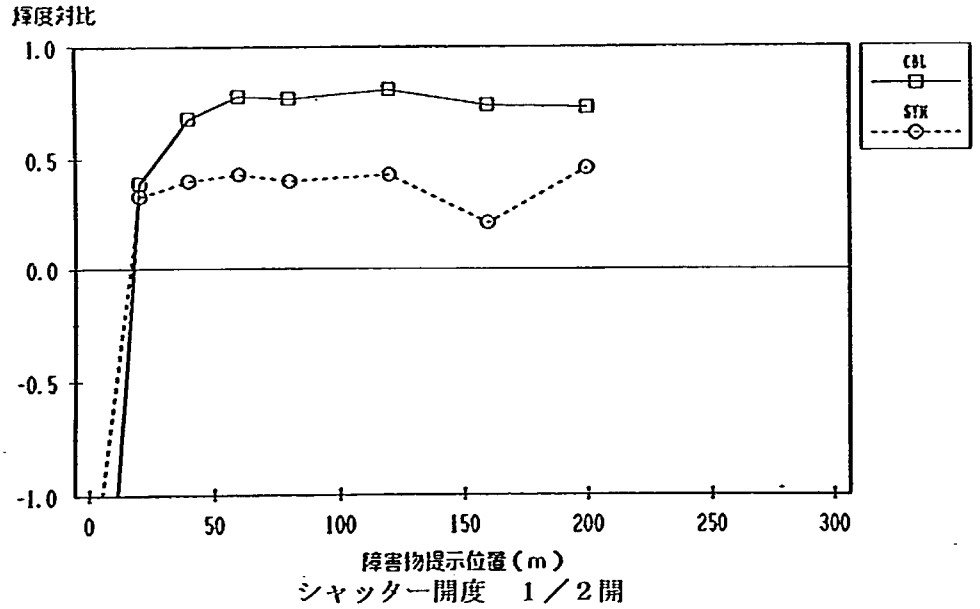
(照明レベル：６０km/h相当、低減係数１／２)



シャッター開度　全開



シャッター開度　3／4開



シャッター開度　1／2開

図－4．9　障害物の提示位置と輝度対比（照明レベル：８０km/h相当）

4.2.3　被験者による見え方の評価

被験者は、観測車の車内より前方に各設計速度の視距だけ離れた位置の路上に置かれた反射率の異なる３つの障害物（反射率１２%、２０%、３０%）を観測し、その視認性について５段階で評価した。なお、測定時の条件は先の４.１.２の（４）、（５）に示す通りである。

上記測定条件に基づき、被験者にそれぞれの障害物の視認性について以下の項目（５段階評価）について回答してもらった。

評価は、一番良い状態で見えたときの評価を５として換算し、照明方式別の評価を行った。

まったく見えない・・・・・・・・・評点　1
かろうじて見えた・・・・・・・・・評点　2
ふつうに見えた・・・・・・・・・・評点　3
よく見えた・・・・・・・・・・・・評点　4
非常によく見えた・・・・・・・・・評点　5

アンケート調査結果を、表－４.１０～表－４.２０、図－４.１０～図－４.１８に示す。表－４.１０～表－４.１９には、評価内容と評価の割合（%）を示し、表－４.２０には観測条件別の評点の平均値を示した。

図－４.１０～図－４.１８には、カウンタービーム照明と対称照明の評点と障害物提示位置の関係を示した。

（１）４０km/h相当の場合

対称照明とカウンタービーム照明実験時の野外条件（輝度、照度）を比較するとカウンタービーム照明実験時の野外条件が若干悪かったにもかかわらず、対称照明と同等程度の評価結果となった。

図－４.１０～図－４.１２は、障害物の反射率毎にシャッター開度別、障害物提示位置と評点（平均値）の関係を示したものである。

図より、評価結果は照明方式、障害物の提示位置により大きく変化していることが分かる。これは、野外の輝度の条件が異なること、照明方式の違いにより輝度対比が変化していることを示している。カウンタービーム照明は、障害物の見え方が変化する坑口から２０～４０m付近が評価結果が低くなっていることが分かる。また、障害物の反射率毎に障害物提示位置と評点（平均値）の関係を見ると、カウンタービーム照明では反射率（１２%、２０%、３０%）による大きな違いは見られない。対称照明の場合は、障害物の反射率によって評点が多少異なっていることが分かる。

したがって、４０km/h相当の場合、カウンタービーム照明は障害物の見え方が反転する坑口２０～４０m付近を除き、障害物の反射率にあまり影響することはなく、比較的安定した視認性が得られる。

・シャッター開度別、障害物提示位置と評点（平均値）の関係を見ると、野外輝度が若干異なるため、単純に評価することはできないが、今回の野外輝度の下では、カウンタービーム照明はトンネル坑口から２０m付近でシャッターの開度（全開、３／４開、１／２開）によって評点に違いがあることがわかった。

・照明方式と評点（平均値）の関係を見ると、反射率３０％ではカウンタービーム照明の方が評点は高いが、反射率２０％では４０m付近までは対称照明と同じか低い。しかし、６０m以上になるとカウンタービーム照明の方が評点が高くなる。さらに、反射率１２％になるとカウンタービーム照明の評点は坑口から８０m付近を除き、全体的に評点は低くなっている。これは、野外輝度と障害物の輝度対比の影響によるものと考えられる。

（２）６０km/h相当（低減係数１／２）の場合

対称照明とカウンタービーム照明実験時の野外条件（輝度、照度）を比較すると、カウンタービーム照明実験時の野外輝度は４００～５００cd/㎡と非常に小さい条件で実施したため、高い評点結果となっている。比較的自然光の影響の小さいと判断できるトンネル坑口から８０m付近から奥を照明方式別に比較すると、反射率１２％を除きカウンタービーム照明の方が評点が高いことがわかる。特に、８０m、１２０mの位置ではカウンタービーム照明でふつうに見えた（評点３）に対して、対称照明ではかろうじて見えた（評点２）となっている。

図－４．１３～図－４．１５はシャッター開度一定（全開）で障害物の反射率毎に障害物提示位置と評点（平均値）の関係を示したものである。

・障害物の反射率毎に障害物提示位置と評点（平均値）の関係を見ると、カウンタービーム照明では反射率（１２％、２０％、３０％）による大きな違いは見えられないが、対称照明では反射率によって障害物の見え方が反転する坑口から６０m（３０％）、６０m（２０％）、４０m（１２％）付近の見え方が低下することがわかった。

・照明方式と評点（平均値）の関係を見ると、カウンタービーム照明では障害物の反射率とは関係なく評点は高く、同じ傾向を示している。しかし、対称照明では全体的に評点は低くなっている。これは、野外輝度がカウンタービーム照明実験時より高く、条件が悪かったためと考えられる。

（3）８０km/h相当の場合

対称照明とカウンタービーム照明実験時の野外条件（輝度、照度）を比較すると、カウンタービーム照明実験時の野外輝度がかなり悪かったにもかかわらず、４０km/h相当、６０km/h相当の場合と同様にカウンタービーム照明での評点が高くなっている。トンネル坑口部と基本照明との接続部付近を除いて考えると、対称照明方式の３０%、２０%でかろうじて見えた（評点２）となっており、カウンタービーム照明の評点結果、ふつうに見えた（評点３）、よく見えた（評点４）に比較すると評点にして１程度以上の差が生じているところもある。これより、照明方式の特徴が現れているものと判断できる。

図－４．１６～図－４．１８は、障害物の反射率毎にシャッター開度別、障害物提示位置と評点（平均値）との関係を示したものである。図より、一部のデータを除き、障害物提示位置２０m付近で照明方式とは関係なく評点は低くなっている。これは、先の輝度対比結果からも想定される。すなわち、この付近で逆シルエット状態からシルエット状態に変化するポイントがあることを示している。カウンタービーム照明方式は障害物の反射率にあまり影響されずに、トンネル坑口から２０m地点を除き、ほぼふつうに見えた（評点３）の評価となった。対称照明の場合、障害物の反射率によって評点が多少異なっている。

・障害物の反射率毎に障害物提示位置と評点（平均値）の関係を見ると、カウンタービーム照明では反射率（１２%、２０%、３０%）による大きな違いは見られない。一方、対称照明では反射率が３０%、２０%、１２%になるに従って評点は大きくなっていることがわかった。従って、８０km/h相当の場合、カウンタービーム照明は障害物の見え方が反転する２０m付近を除き、反射率にあまり影響することはなく、安定した視認性が得られる。

・シャッター開度別、障害物提示位置と評点（平均値）の関係を見ると、野外輝度が異なるため、単純に評価することはできないが、今回の野外条件の下では、カウンタービーム照明はトンネル坑口から２０m付近でシャッターの開度（全開、３／４開、１／２開）によって評点に違いがあることがわかった。

・照明方式と評点（平均値）の関係を見ると、全体的にカウンタービーム照明の方が評点は高いが、反射率が１２%、２０%、３０%と大きくなるに従って、カウンタービーム照明と対称照明の差が大きくなることが明らかとなった。

表－４．１０　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
全開	0m	30%				4	8	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	4.7	0.5	
		20%				4	8	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	4.7	0.5	
		12%			2	3	7	0.0	0.0	16.7	25.0	58.3	4.4	0.8	
	20m	30%		1	7	3	1	0.0	8.3	58.3	25.0	8.3	3.3	0.7	
		20%		1	7	4		0.0	8.3	58.3	33.3	0.0	3.3	0.6	
		12%		3	5	4		0.0	25.0	41.7	33.3	0.0	3.1	0.8	
	40m	30%		1	7	2	2	0.0	8.3	58.3	16.7	16.7	3.4	0.9	
		20%		2	6	4		0.0	16.7	50.0	33.3	0.0	3.2	0.7	
		12%		1	6	5		0.0	8.3	50.0	41.7	0.0	3.3	0.6	
	60m	30%		1	4	1	6	0.0	8.3	33.3	8.3	50.0	4.0	1.1	
		20%		2	3	3	4	0.0	16.7	25.0	25.0	33.3	3.8	1.1	
		12%		1	4	3	4	0.0	8.3	33.3	25.0	33.3	3.8	1.0	
	80m	30%		2	7	2	1	0.0	16.7	58.3	16.7	8.3	3.2	0.8	
		20%		2	8	1	1	0.0	16.7	66.7	8.3	8.3	3.1	0.8	
		12%		1	8	2	1	0.0	8.3	66.7	16.7	8.3	3.3	0.7	
	120m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		12%		9	3			0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	2.3	0.4	
3/4開	0m	30%				2	10	0.0	0.0	0.0	16.7	83.3	4.8	0.4	
		20%			1	3	8	0.0	0.0	8.3	25.0	66.7	4.6	0.6	
		12%			4	2	6	0.0	0.0	33.3	16.7	50.0	4.2	0.9	
	20m	30%			5	4	3	0.0	0.0	41.7	33.3	25.0	3.8	0.8	
		20%		3	5		4	0.0	25.0	41.7	0.0	33.3	3.4	1.2	
		12%		4	4	1	3	0.0	33.3	33.3	8.3	25.0	3.3	1.2	
	40m	30%		2	5	2	3	0.0	16.7	41.7	16.7	25.0	3.5	1.0	
		20%		3	5	3	1	0.0	25.0	41.7	25.0	8.3	3.2	0.9	
		12%		4	6	1	1	0.0	33.3	50.0	8.3	8.3	2.9	0.9	
	60m	30%		1	4	2	5	0.0	8.3	33.3	16.7	41.7	3.9	1.0	
		20%		1	3	5	3	0.0	8.3	25.0	41.7	25.0	3.8	0.9	
		12%		1	5	3	3	0.0	8.3	41.7	25.0	25.0	3.7	0.9	
	80m	30%		1	6	2	3	0.0	8.3	50.0	16.7	25.0	3.6	1.0	
		20%			7	2	3	0.0	0.0	58.3	16.7	25.0	3.7	0.8	
		12%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
	120m	30%	1	6	3	1		9.1	54.5	27.3	9.1	0.0	2.4	0.8	無回答1
		20%		10	1			0.0	90.9	9.1	0.0	0.0	2.1	0.3	
		12%		10	1			0.0	90.9	9.1	0.0	0.0	2.1	0.3	
1/2開	0m	30%				3	9	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	4.8	0.4	
		20%				3	9	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0	4.8	0.4	
		12%			1	5	6	0.0	0.0	8.3	41.7	50.0	4.4	0.6	
	20m	30%		4	7	1		0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	2.8	0.6	
		20%	1	7	4			8.3	58.3	33.3	0.0	0.0	2.3	0.6	
		12%	1	7	4			8.3	58.3	33.3	0.0	0.0	2.3	0.6	
	40m	30%		1	6	5		0.0	8.3	50.0	41.7	0.0	3.3	0.6	
		20%		2	9	1		0.0	16.7	75.0	8.3	0.0	2.9	0.5	
		12%		2	9	1		0.0	16.7	75.0	8.3	0.0	2.9	0.5	
	60m	30%		1	2	3	6	0.0	8.3	16.7	25.0	50.0	4.2	1.0	
		20%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
		12%			3	6	3	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	0.7	
	80m	30%		1	5	4	2	0.0	8.3	41.7	33.3	16.7	3.6	0.9	
		20%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
		12%			8	2	2	0.0	0.0	66.7	16.7	16.7	3.5	0.8	
	120m	30%	3	5	4			25.0	41.7	33.3	0.0	0.0	2.1	0.8	
		20%		9	3			0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	2.3	0.4	
		12%		8	4			0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	2.3	0.5	

表－４．１１　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
全開	0m	30%			5	2	5	0.0	0.0	41.7	16.7	41.7	4.0	0.9	・トンネル内けむりがかかっていた。
		20%			6	2	4	0.0	0.0	50.0	16.7	33.3	3.8	0.9	
		12%		4	4		4	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	3.3	1.2	
	20m	30%		2	5	2	3	0.0	16.7	41.7	16.7	25.0	3.5	1.0	
		20%		2	6	1	3	0.0	16.7	50.0	8.3	25.0	3.4	1.0	
		12%		4	4	1	3	0.0	33.3	33.3	8.3	25.0	3.3	1.2	
	40m	30%		1	4	5	2	0.0	8.3	33.3	41.7	16.7	3.7	0.8	
		20%		2	4	4	2	0.0	16.7	33.3	33.3	16.7	3.5	1.0	
		12%		3	2	5	2	0.0	25.0	16.7	41.7	16.7	3.5	1.0	
	60m	30%		2	2	7	1	0.0	16.7	16.7	58.3	8.3	3.6	0.9	
		20%		2	2	7	1	0.0	16.7	16.7	58.3	8.3	3.6	0.9	
		12%		1	5	5	1	0.0	8.3	41.7	41.7	8.3	3.5	0.8	
	80m	30%		2	4	5	1	0.0	16.7	33.3	41.7	8.3	3.4	0.9	
		20%		1	4	6	1	0.0	8.3	33.3	50.0	8.3	3.6	0.8	
		12%		4	3	4	1	0.0	33.3	25.0	33.3	8.3	3.2	1.0	
	120m	30%		2	4	5	1	0.0	16.7	33.3	41.7	8.3	3.4	0.9	
		20%		3	2	5	2	0.0	25.0	16.7	41.7	16.7	3.5	1.0	
		12%		3	3	6		0.0	25.0	25.0	50.0	0.0	3.3	0.8	
	160m	30%	3	9				25.0	75.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		12%	2	6	4			16.7	50.0	33.3	0.0	0.0	2.2	0.7	
	200m	30%	6	6				50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	
		20%	6	6				50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	
		12%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	

表－４．１２　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
全開	0m	30%		1	1	4	6	0.0	8.3	8.3	33.3	50.0	4.3	0.9	・坑口に入ってすぐのところ（20m～40m）の物体の認識がしにくかった。 ・トンネル内カウンタービームの光が目に入り物体を見る妨げとなっている（特に自分寄りのビーム）。 ・160m位から北坑口のもれ光が気になってきた。200mでシャッターを降ろしてもらった。 ・300mは入口部の直後で分かりにくい。
		20%		1	3	3	5	0.0	8.3	25.0	25.0	41.7	4.0	1.0	
		12%		4	3	3	2	0.0	33.3	25.0	25.0	16.7	3.3	1.1	
	20m	30%		3	6	2	1	0.0	25.0	50.0	16.7	8.3	3.1	0.9	
		20%	1	3	5	3		8.3	25.0	41.7	25.0	0.0	2.8	0.9	
		12%		6	5	1		0.0	50.0	41.7	8.3	0.0	2.6	0.6	
	40m	30%		2	4	4	2	0.0	16.7	33.3	33.3	16.7	3.5	1.0	
		20%		2	4	4	2	0.0	16.7	33.3	33.3	16.7	3.5	1.0	
		12%		2	4	4	2	0.0	16.7	33.3	33.3	16.7	3.5	1.0	
	60m	30%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
		20%		1	6	4	1	0.0	8.3	50.0	33.3	8.3	3.4	0.8	
		12%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
	80m	30%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
		20%		1	5	3	3	0.0	8.3	41.7	25.0	25.0	3.7	0.9	
		12%		1	6	3	2	0.0	8.3	50.0	25.0	16.7	3.5	0.9	
	120m	30%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
		20%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
		12%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
	160m	30%			8	1	3	0.0	0.0	66.7	8.3	25.0	3.6	0.9	
		20%		1	4	4	3	0.0	8.3	33.3	33.3	25.0	3.8	0.9	
		12%			4	5	3	0.0	0.0	33.3	41.7	25.0	3.9	0.8	
	200m	30%		5	3	4		0.0	41.7	25.0	33.3	0.0	2.9	0.9	
		20%		1	6	4	1	0.0	8.3	50.0	33.3	8.3	3.4	0.8	
		12%		1	5	5	1	0.0	8.3	41.7	41.7	8.3	3.5	0.8	
	240m	30%		8	3			0.0	72.7	27.3	0.0	0.0	2.3	0.4	無回答１
		20%		5	6	1		0.0	41.7	50.0	8.3	0.0	2.7	0.6	
		12%		2	8	1	1	0.0	16.7	66.7	8.3	8.3	3.1	0.8	
	300m	30%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		20%	11	1				91.7	8.3	0.0	0.0	0.0	1.1	0.3	
		12%	9	3				75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.4	

表－４．１３　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４開）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
3/4開	0m	30%			1	3	8	0.0	0.0	8.3	25.0	66.7	4.6	0.6	
		20%			2	2	8	0.0	0.0	16.7	16.7	66.7	4.5	0.8	
		12%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
	20m	30%	2	8	2			16.7	66.7	16.7	0.0	0.0	2.0	0.6	
		20%	4	7	1			33.3	58.3	8.3	0.0	0.0	1.8	0.6	
		12%	4	7	1			33.3	58.3	8.3	0.0	0.0	1.8	0.6	
	40m	30%		5	6	1		0.0	41.7	50.0	8.3	0.0	2.7	0.6	
		20%		5	6	1		0.0	41.7	50.0	8.3	0.0	2.7	0.6	
		12%		6	5	1		0.0	50.0	41.7	8.3	0.0	2.6	0.6	
	60m	30%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
		20%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
		12%		2	7	3		0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	3.1	0.6	
	80m	30%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
		20%		1	6	5		0.0	8.3	50.0	41.7	0.0	3.3	0.6	
		12%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
	120m	30%			3	4	5	0.0	0.0	25.0	33.3	41.7	4.2	0.8	
		20%			3	4	5	0.0	0.0	25.0	33.3	41.7	4.2	0.8	
		12%			3	4	5	0.0	0.0	25.0	33.3	41.7	4.2	0.8	
	160m	30%		1	6	2	3	0.0	8.3	50.0	16.7	25.0	3.6	1.0	
		20%		1	4	5	2	0.0	8.3	33.3	41.7	16.7	3.7	0.8	
		12%		1	4	3	4	0.0	8.3	33.3	25.0	33.3	3.8	1.0	
	200m	30%		2	6	2	2	0.0	16.7	50.0	16.7	16.7	3.3	0.9	
		20%		2	5	3	2	0.0	16.7	41.7	25.0	16.7	3.4	1.0	
		12%		2	5	2	3	0.0	16.7	41.7	16.7	25.0	3.5	1.0	

表－４．１４　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：１／２開）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
1/2開	0m	30%			1	2	9	0.0	0.0	8.3	16.7	75.0	4.7	0.6	
		20%			1	3	8	0.0	0.0	8.3	25.0	66.7	4.6	0.6	
		12%		1	2	5	4	0.0	8.3	16.7	41.7	33.3	4.0	0.9	
	20m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		12%		9	3			0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	2.3	0.4	
	40m	30%		2	7	3		0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	3.1	0.6	
		20%		2	7	3		0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	3.1	0.6	
		12%		2	7	3		0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	3.1	0.6	
	60m	30%		1	5	6		0.0	8.3	41.7	50.0	0.0	3.4	0.6	
		20%		1	5	6		0.0	8.3	41.7	50.0	0.0	3.4	0.6	
		12%		1	5	6		0.0	8.3	41.7	50.0	0.0	3.4	0.6	
	80m	30%		1	5	5	1	0.0	8.3	41.7	41.7	8.3	3.5	0.8	
		20%		1	5	5	1	0.0	8.3	41.7	41.7	8.3	3.5	0.8	
		12%		1	5	5	1	0.0	8.3	41.7	41.7	8.3	3.5	0.8	
	120m	30%		1	3	4	4	0.0	8.3	25.0	33.3	33.3	3.9	1.0	
		20%		1	3	4	4	0.0	8.3	25.0	33.3	33.3	3.9	1.0	
		12%			5	3	4	0.0	0.0	41.7	25.0	33.3	3.9	0.9	
	160m	30%		2	4	3	3	0.0	16.7	33.3	25.0	25.0	3.6	1.0	
		20%		2	4	3	3	0.0	16.7	33.3	25.0	25.0	3.6	1.0	
		12%		1	5	3	3	0.0	8.3	41.7	25.0	25.0	3.7	0.9	
	200m	30%		3	6	1	2	0.0	25.0	50.0	8.3	16.7	3.2	1.0	
		20%		2	7	1	2	0.0	16.7	58.3	8.3	16.7	3.3	0.9	
		12%		2	5	3	2	0.0	16.7	41.7	25.0	16.7	3.4	1.0	

表－4.15　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（対称照明，照明レベル：40km/h相当）

シャンク一開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容					評価の割合（%）					点平均	標準偏差	備考
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
全開	0m	30%					12	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	5.0	0.0	
		20%				2	10	0.0	0.0	0.0	16.7	83.3	4.8	0.4	
		12%			1	2	9	0.0	0.0	8.3	16.7	75.0	4.7	0.6	
	20m	30%		2	8	1	1	0.0	16.7	66.7	8.3	8.3	3.1	0.8	
		20%		3	5	4		0.0	25.0	41.7	33.3	0.0	3.1	0.8	
		12%			4	4	4	0.0	0.0	33.3	33.3	33.3	4.0	0.8	
	40m	30%		3	5	4		0.0	25.0	41.7	33.3	0.0	3.1	0.8	
		20%		3	5	4		0.0	25.0	41.7	33.3	0.0	3.1	0.8	
		12%			2	7	3	0.0	0.0	16.7	58.3	25.0	4.1	0.6	
	60m	30%		1	6	5		0.0	8.3	50.0	41.7	0.0	3.3	0.6	
		20%		6	5	1		0.0	50.0	41.7	8.3	0.0	2.6	0.6	
		12%			3	6	3	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	0.7	
	80m	30%		1	3	5	3	0.0	8.3	25.0	41.7	25.0	3.8	0.9	
		20%		1	7	4		0.0	8.3	58.3	33.3	0.0	3.3	0.6	
		12%		3	8	1		0.0	25.0	66.7	8.3	0.0	2.8	0.6	
	120m	30%	2	5	4	1		16.7	41.7	33.3	8.3	0.0	2.3	0.8	
		20%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		12%		2	8	2		0.0	16.7	66.7	16.7	0.0	3.0	0.6	
3/4開	0m	30%					12	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	5.0	0.0	
		20%				2	10	0.0	0.0	0.0	16.7	83.3	4.8	0.4	
		12%			1	2	9	0.0	0.0	8.3	16.7	75.0	4.7	0.6	
	20m	30%		4	6	2		0.0	33.3	50.0	16.7	0.0	2.8	0.7	
		20%		1	5	6		0.0	8.3	41.7	50.0	0.0	3.4	0.6	
		12%			2	6	4	0.0	0.0	16.7	50.0	33.3	4.2	0.7	
	40m	30%		3	8	1		0.0	25.0	66.7	8.3	0.0	2.8	0.6	
		20%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
		12%			2	6	4	0.0	0.0	16.7	50.0	33.3	4.2	0.7	
	60m	30%		3	6	3		0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	3.0	0.7	
		20%		7	5			0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	2.4	0.5	
		12%			5	6	1	0.0	0.0	41.7	50.0	8.3	3.7	0.6	
	80m	30%		1	3	5	3	0.0	8.3	25.0	41.7	25.0	3.8	0.9	
		20%		3	5	4		0.0	25.0	41.7	33.3	0.0	3.1	0.8	
		12%		3	8	1		0.0	25.0	66.7	8.3	0.0	2.8	0.6	
	120m	30%	2	5	5			16.7	41.7	41.7	0.0	0.0	2.3	0.7	
		20%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		12%		3	6	3		0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	3.0	0.7	
1/2開	0m	30%					12	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	5.0	0.0	
		20%				1	11	0.0	0.0	0.0	8.3	91.7	4.9	0.3	
		12%				2	10	0.0	0.0	0.0	16.7	83.3	4.8	0.4	
	20m	30%		6	6			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
		20%			5	7		0.0	0.0	41.7	58.3	0.0	3.6	0.5	
		12%			1	7	4	0.0	0.0	8.3	58.3	33.3	4.3	0.6	
	40m	30%		4	7	1		0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	2.8	0.6	
		20%			8	4		0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	3.3	0.5	
		12%		1	2	5	4	0.0	8.3	16.7	41.7	33.3	4.0	0.9	
	60m	30%		5	4	3		0.0	41.7	33.3	25.0	0.0	2.8	0.8	
		20%		8	4			0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	2.3	0.5	
		12%			5	6	1	0.0	0.0	41.7	50.0	8.3	3.7	0.6	
	80m	30%		1	2	7	2	0.0	8.3	16.7	58.3	16.7	3.8	0.8	
		20%		1	7	4		0.0	8.3	58.3	33.3	0.0	3.3	0.6	
		12%		4	7	1		0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	2.8	0.6	
	120m	30%		7	5			0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	2.4	0.5	
		20%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		12%		1	9	2		0.0	8.3	75.0	16.7	0.0	3.1	0.5	

表－4．16　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数1／2）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
全開	0m	30%			2	3	7	0.0	0.0	16.7	25.0	58.3	4.4	0.8	・立方体の色（白っぽいのと黒っぽいもの）によって見え方がだいぶ変わってしまうのではないか。（白っぽいものだと道路の色と同じ様でよく分からない時がある。）
		20%			3	3	6	0.0	0.0	25.0	25.0	50.0	4.3	0.8	
		12%		2	3	5	2	0.0	16.7	25.0	41.7	16.7	3.6	1.0	
	20m	30%		2	5	4	1	0.0	16.7	41.7	33.3	8.3	3.3	0.8	
		20%		4	7	1		0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	2.8	0.6	
		12%	3	7	2			25.0	58.3	16.7	0.0	0.0	1.9	0.6	
	40m	30%	2	5	5			16.7	41.7	41.7	0.0	0.0	2.3	0.7	
		20%	5	6	1			41.7	50.0	8.3	0.0	0.0	1.7	0.6	
		12%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
	60m	30%	10	2				83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	
		20%	5	7				41.7	58.3	0.0	0.0	0.0	1.6	0.5	
		12%	1	8	3			8.3	66.7	25.0	0.0	0.0	2.2	0.6	
	80m	30%	3	5	4			25.0	41.7	33.3	0.0	0.0	2.1	0.8	
		20%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		12%		1	8	3		0.0	8.3	66.7	25.0	0.0	3.2	0.6	
	120m	30%	4	8				33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	
		20%	1	9	2			8.3	75.0	16.7	0.0	0.0	2.1	0.5	
		12%		2	8	2		0.0	16.7	66.7	16.7	0.0	3.0	0.6	
	160m	30%	8	4				66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	1.3	0.5	
		20%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		12%	2	4	6			16.7	33.3	50.0	0.0	0.0	2.3	0.7	
	200m	30%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		20%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		12%	2	7	3			16.7	58.3	25.0	0.0	0.0	2.1	0.6	

表－４．１７　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評定平均	標準偏差	備考
全開	0m	30%		1	2	4	5	0.0	8.3	16.7	33.3	41.7	4.1	1.0	
		20%		1	2	8	1	0.0	8.3	16.7	66.7	8.3	3.8	0.7	
		12%		3	4	4	1	0.0	25.0	33.3	33.3	8.3	3.3	0.9	
	20m	30%	3	7	2			25.0	58.3	16.7	0.0	0.0	1.9	0.6	
		20%	4	8				33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	
		12%		6	6			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
	40m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%		8	4			0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	2.3	0.5	
		12%		4	8			0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	2.7	0.5	
	60m	30%	1	11				8.3	91.7	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3	
		20%		4	8			0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	2.7	0.5	
		12%		1	10	1		0.0	8.3	83.3	8.3	0.0	3.0	0.4	
	80m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%		4	8			0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	2.7	0.5	
		12%		2	7	3		0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	3.1	0.6	
	120m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%	1	3	8			8.3	25.0	66.7	0.0	0.0	2.6	0.6	
		12%		2	6	4		0.0	16.7	50.0	33.3	0.0	3.2	0.7	
	160m	30%	5	7				41.7	58.3	0.0	0.0	0.0	1.6	0.5	
		20%	1	11				8.3	91.7	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3	
		12%	1	1	9	1		8.3	8.3	75.0	8.3	0.0	2.8	0.7	
	200m	30%	4	8				33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	
		20%	1	6	5			8.3	50.0	41.7	0.0	0.0	2.3	0.6	
		12%	1		11			8.3	0.0	91.7	0.0	0.0	2.8	0.6	
	240m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%	1	3	7	1		8.3	25.0	58.3	8.3	0.0	2.7	0.7	
		12%	1	1	9	1		8.3	8.3	75.0	8.3	0.0	2.8	0.7	
	300m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%	12					100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	
		12%	12					100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	

表－４．１８　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４開）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容 1	2	3	4	5	評価の割合（%） 1	2	3	4	5	評定平均	標準偏差	備考
3/4開	0m	30%				6	6	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	4.5	0.5	
		20%				8	4	0.0	0.0	0.0	66.7	33.3	4.3	0.5	
		12%			6	5	1	0.0	0.0	50.0	41.7	8.3	3.6	0.6	
	20m	30%	11	1				91.7	8.3	0.0	0.0	0.0	1.1	0.3	
		20%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		12%		3	8	1		0.0	25.0	66.7	8.3	0.0	2.8	0.6	
	40m	30%	3	9				25.0	75.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%		6	6			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
		12%		2	10			0.0	16.7	83.3	0.0	0.0	2.8	0.4	
	60m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%		3	9			0.0	25.0	75.0	0.0	0.0	2.8	0.4	
		12%		1	7	4		0.0	8.3	58.3	33.3	0.0	3.3	0.6	
	80m	30%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		20%		6	6			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
		12%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
	120m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%		5	7			0.0	41.7	58.3	0.0	0.0	2.6	0.5	
		12%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
	160m	30%	6	6				50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	
		20%	2	10				16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	
		12%	1	2	8	1		8.3	16.7	66.7	8.3	0.0	2.8	0.7	
	200m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%	1	5	6			8.3	41.7	50.0	0.0	0.0	2.4	0.6	
		12%	1	1	9	1		8.3	8.3	75.0	8.3	0.0	2.8	0.7	

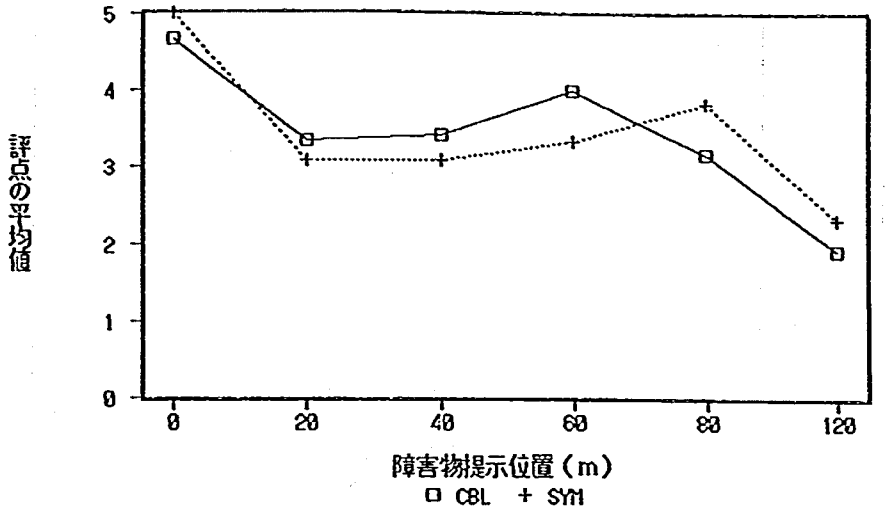
表－４．１９　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果

（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：１／２開）

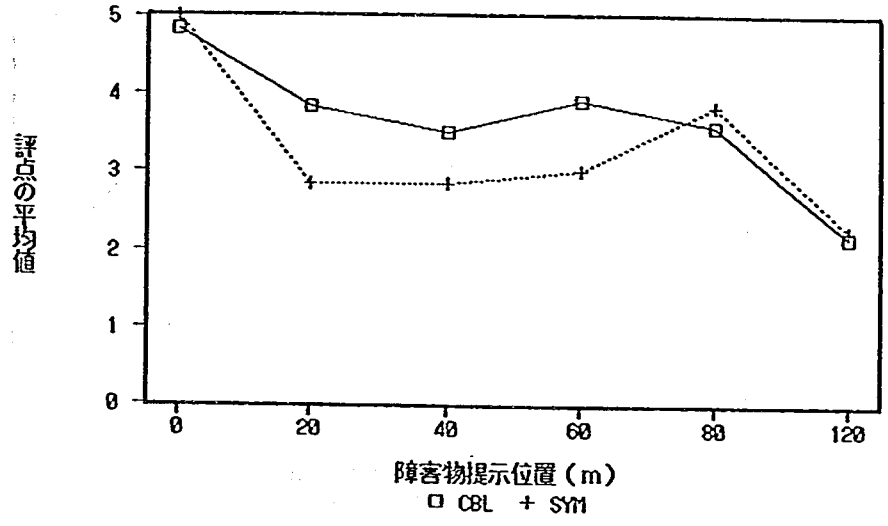
シャッター開度	障害物提示位置	障害物反射率	評価内容					評価の割合（%）					評定平均	標準偏差	備考
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1/2開	0m	30%			2	5	5	0.0	0.0	16.7	41.7	41.7	4.3	0.7	
		20%			3	6	3	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	0.7	
		12%	1	3	8			8.3	25.0	66.7	0.0	0.0	2.6	0.6	
	20m	30%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		20%		7	4	1		0.0	58.3	33.3	8.3	0.0	2.5	0.6	
		12%			8	4		0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	3.3	0.5	
	40m	30%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		20%		5	7			0.0	41.7	58.3	0.0	0.0	2.6	0.5	
		12%		1	8	3		0.0	8.3	66.7	25.0	0.0	3.2	0.6	
	60m	30%	1	10	1			8.3	83.3	8.3	0.0	0.0	2.0	0.4	
		20%		4	7	1		0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	2.8	0.6	
		12%		1	6	5		0.0	8.3	50.0	41.7	0.0	3.3	0.6	
	80m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%		5	7			0.0	41.7	58.3	0.0	0.0	2.6	0.5	
		12%		2	8	2		0.0	16.7	66.7	16.7	0.0	3.0	0.6	
	120m	30%	3	8	1			25.0	66.7	8.3	0.0	0.0	1.8	0.6	
		20%	1	4	7			8.3	33.3	58.3	0.0	0.0	2.5	0.6	
		12%		2	5	5		0.0	16.7	41.7	41.7	0.0	3.3	0.7	
	160m	30%	7	5				58.3	41.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	
		20%	1	11				8.3	91.7	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3	
		12%	1	2	7	2		8.3	16.7	58.3	16.7	0.0	2.8	0.8	
	200m	30%	2	9	1			16.7	75.0	8.3	0.0	0.0	1.9	0.5	
		20%	1	7	4			8.3	58.3	33.3	0.0	0.0	2.3	0.6	
		12%	1	1	7	3		8.3	8.3	58.3	25.0	0.0	3.0	0.8	

表－４．２０　障害物提示位置毎の評点の平均値

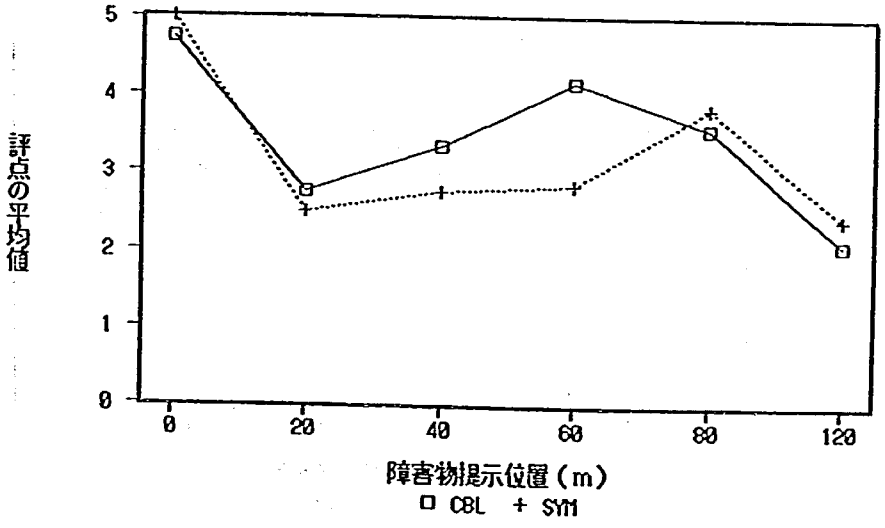
反射率(%)	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物の提示位置 (m) 0	20	40	60	80	120	160	200	240	300	備考
30	CBL	40km/h相当	全開	4.67	3.33	3.42	4.00	3.17	1.92					
			3/4開	4.83	3.83	3.50	3.92	3.58	2.17					
			1/2開	4.75	2.75	3.33	4.17	3.58	2.08					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	4.00	3.50	3.67	3.58	3.42	3.42	1.75	1.50			
		80km/h相当	全開	4.25	3.08	3.50	3.50	3.50	4.08	3.58	2.92	2.08	1.42	
			3/4開	4.58	2.00	2.67	3.25	3.25	4.17	3.58	3.33			
			1/2開	4.67	1.92	3.08	3.42	3.50	3.92	3.58	3.17			
	SYM	40km/h相当	全開	5.00	3.08	3.08	3.33	3.83	2.33					
			3/4開	5.00	2.83	2.83	3.00	3.83	2.25					
			1/2開	5.00	2.50	2.75	2.83	3.83	2.42					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	4.42	3.33	2.25	1.17	2.08	1.67	1.33	1.42			
		80km/h相当	全開	4.08	1.92	1.83	1.92	1.83	1.83	1.58	1.67	1.83	1.83	
			3/4開	4.50	1.08	1.75	1.83	1.83	1.92	1.50	1.92			
			1/2開	4.25	1.42	2.00	2.00	1.92	1.83	1.42	1.92			
20	CBL	40km/h相当	全開	4.67	3.25	3.17	3.75	3.08	2.00					
			3/4開	4.58	3.42	3.17	3.83	3.67	1.92					
			1/2開	4.75	2.25	2.92	4.08	3.50	2.25					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	3.83	3.42	3.50	3.58	3.58	3.50	1.83	1.50			
		80km/h相当	全開	4.00	2.83	3.50	3.42	3.67	4.08	3.75	3.42	2.67	1.08	
			3/4開	4.50	1.75	2.67	3.25	3.33	4.17	3.67	3.42			
			1/2開	4.58	1.83	3.08	3.42	3.50	3.92	3.58	3.25			
	SYM	40km/h相当	全開	4.83	3.08	3.08	2.58	3.25	1.92					
			3/4開	4.83	3.42	3.25	2.42	3.08	1.92					
			1/2開	4.92	3.58	3.33	2.33	3.25	2.00					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	4.25	2.75	1.67	1.58	2.00	2.08	1.42	1.42			
		80km/h相当	全開	3.75	1.67	2.33	2.67	2.67	2.58	1.92	2.33	2.67	1.00	
			3/4開	4.33	2.00	2.50	2.75	2.50	2.58	1.83	2.42			
			1/2開	4.00	2.50	2.58	2.75	2.58	2.50	1.92	2.25			
12	CBL	40km/h相当	全開	4.42	3.08	3.33	3.83	3.25	2.25					
			3/4開	4.17	3.25	2.92	3.67	3.50	1.92					
			1/2開	4.42	2.25	2.92	4.00	3.50	2.33					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	3.33	3.25	3.50	3.50	3.17	3.25	2.17	1.42			
		80km/h相当	全開	3.25	2.58	3.50	3.50	3.50	4.08	3.92	3.50	3.08	1.25	
			3/4開	4.08	1.75	2.58	3.08	3.25	4.17	3.83	3.50			
			1/2開	4.00	2.25	3.08	3.42	3.50	3.92	3.67	3.42			
	SYM	40km/h相当	全開	4.67	4.00	4.08	4.00	2.83	3.00					
			3/4開	4.67	4.17	4.17	3.67	2.83	3.00					
			1/2開	4.83	4.25	4.00	3.67	2.75	3.08					
		60km/h相当 低減係数1/2	全開	3.58	1.92	1.83	2.17	3.17	3.00	2.33	2.08			
		80km/h相当	全開	3.25	2.50	2.67	3.00	3.08	3.17	2.83	2.83	2.83	1.00	
			3/4開	3.58	2.83	2.83	3.25	3.25	3.25	2.75	2.83			
			1/2開	2.58	3.33	3.17	3.33	3.00	3.25	2.83	3.00			



シャッター開度　全開



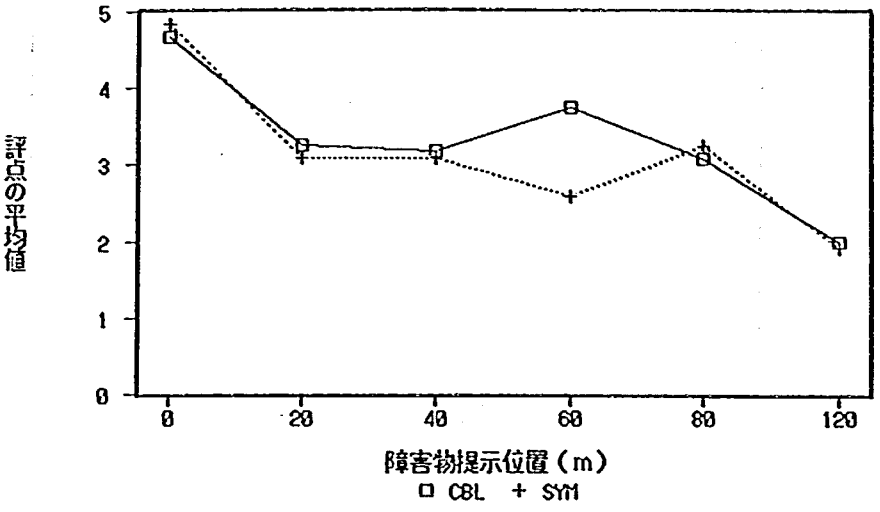
シャッター開度　3／4開



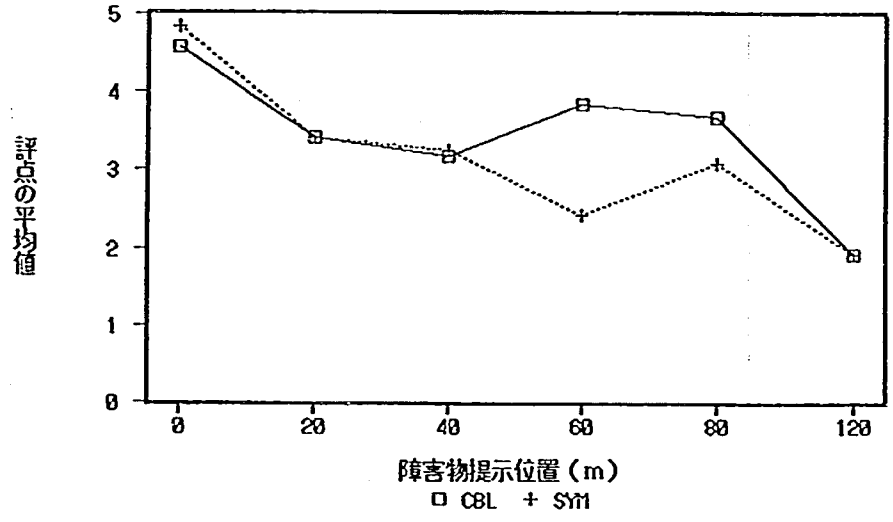
シャッター開度　1／2開

図－4．10　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

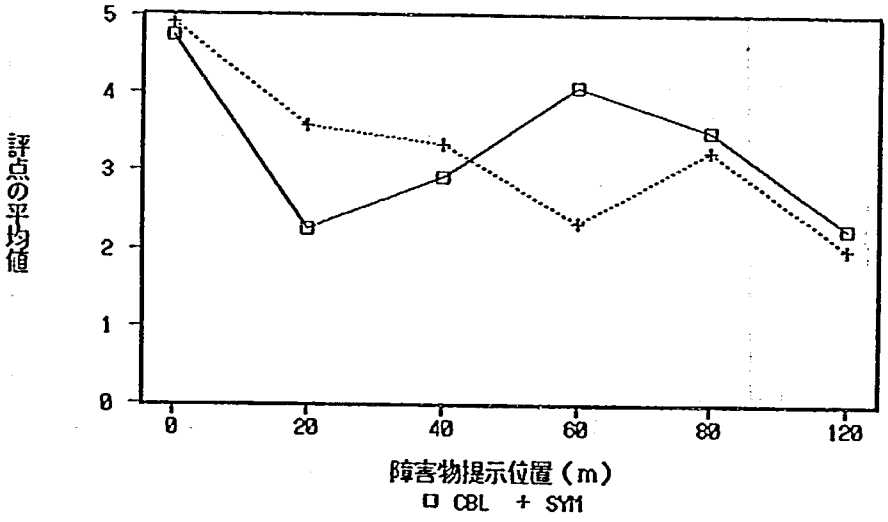
（照明レベル：40km/h相当，反射率：30%）



シャッター開度　全開



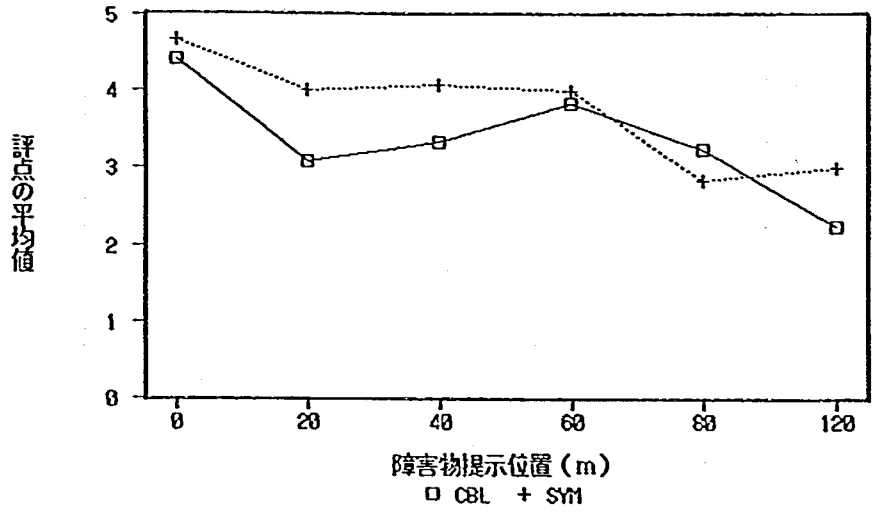
シャッター開度　3／4開



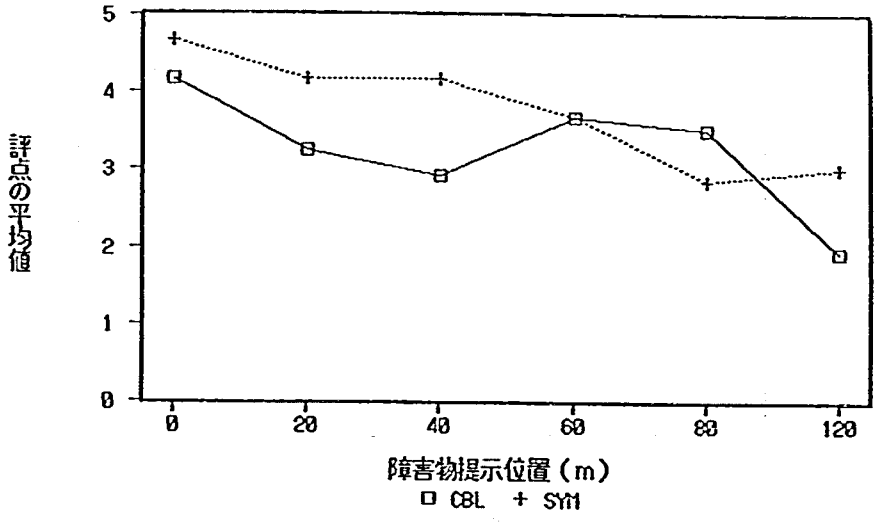
シャッター開度　1／2開

図－4．11　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

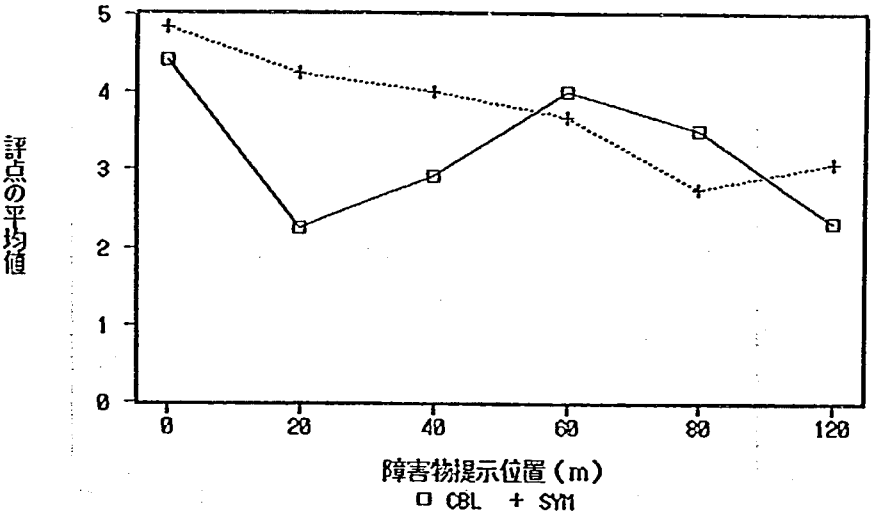
（照明レベル：40km/h相当，反射率：20％）



シャッター開度　全開



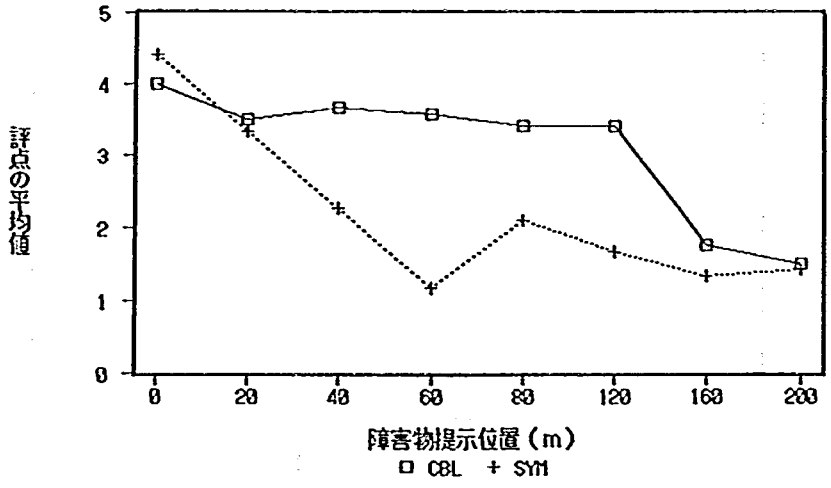
シャッター開度　３／４開



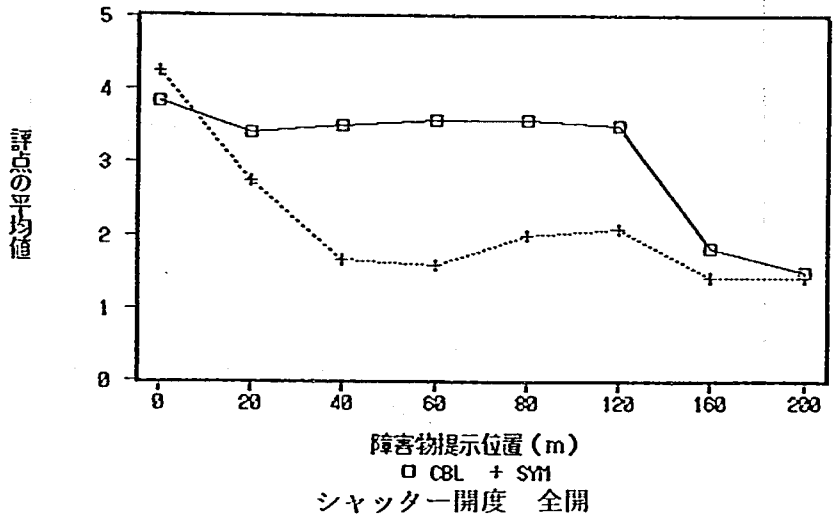
シャッター開度　１／２開

図－４．１２　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

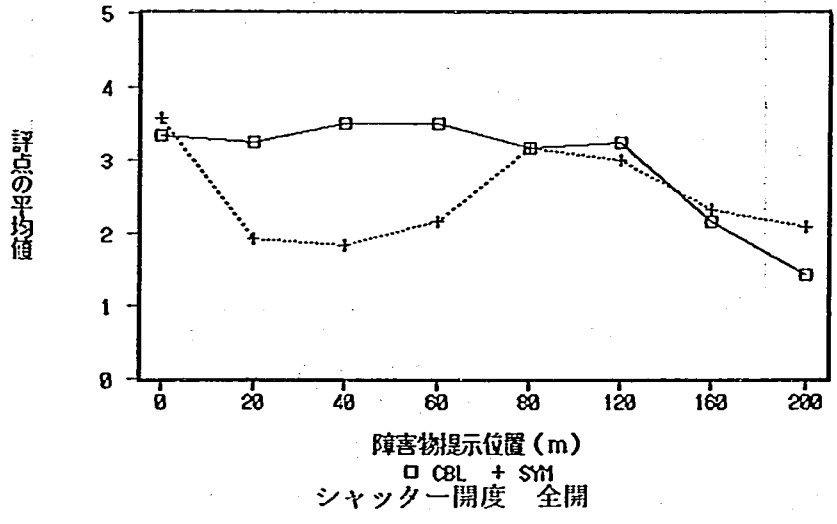
（照明レベル：４０km/h相当，反射率：１２%）



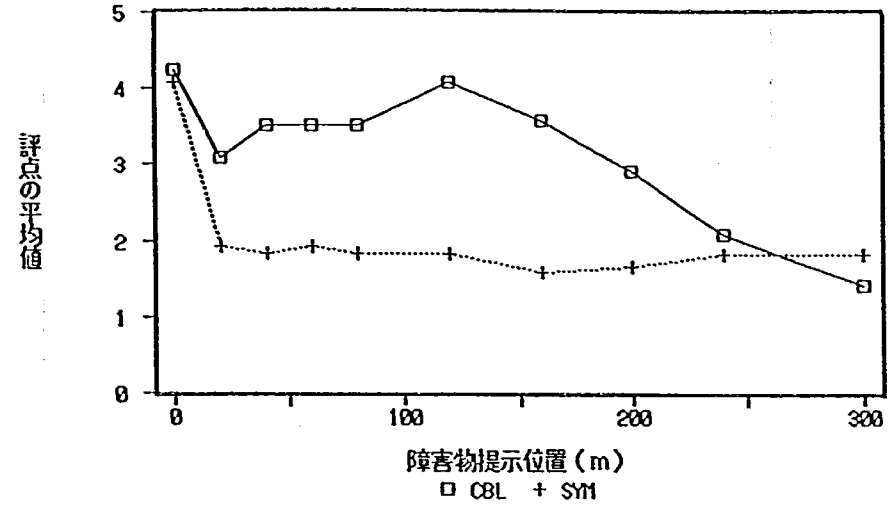
図－４．１３　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移
（照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，反射率：３０％）



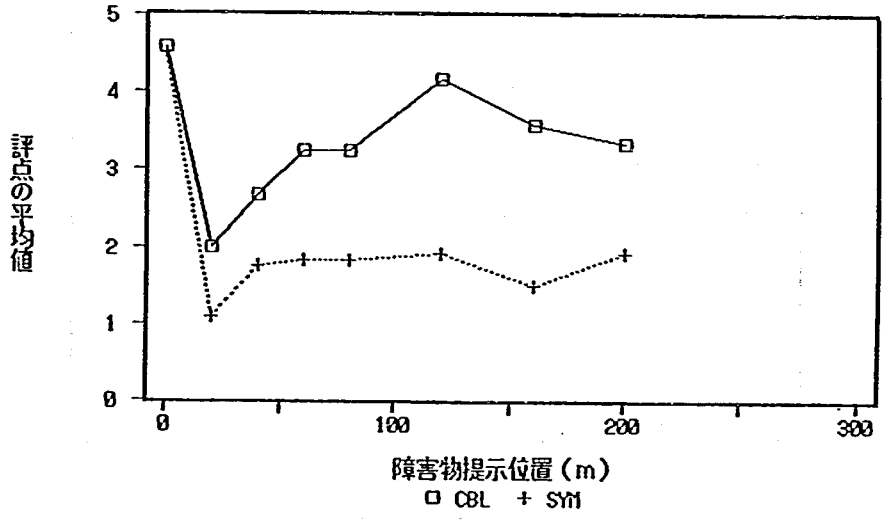
図－４．１４　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移
（照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，反射率：２０％）



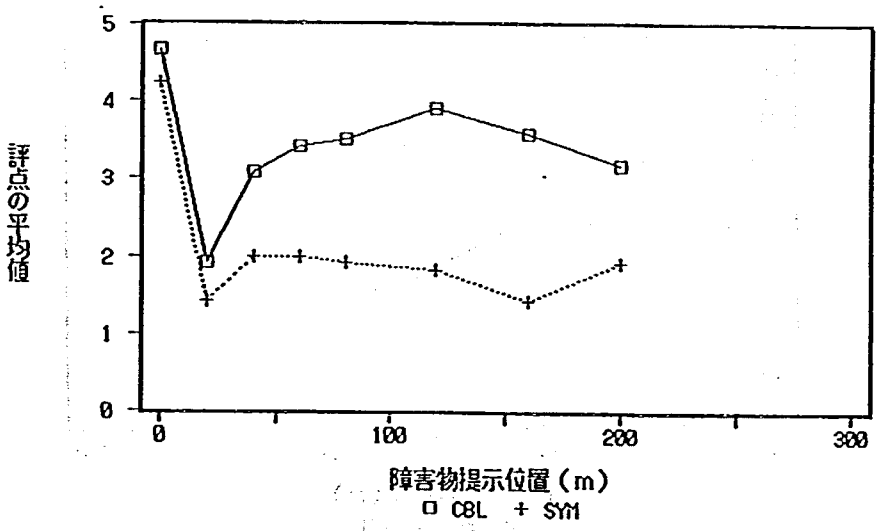
図－４．１５　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移
（照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，反射率：１２％）



シャッター開度　全開



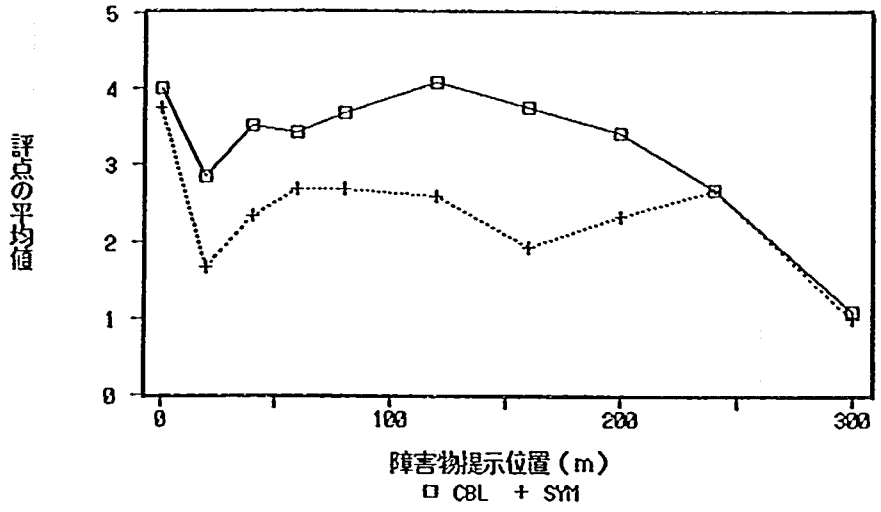
シャッター開度　３／４開



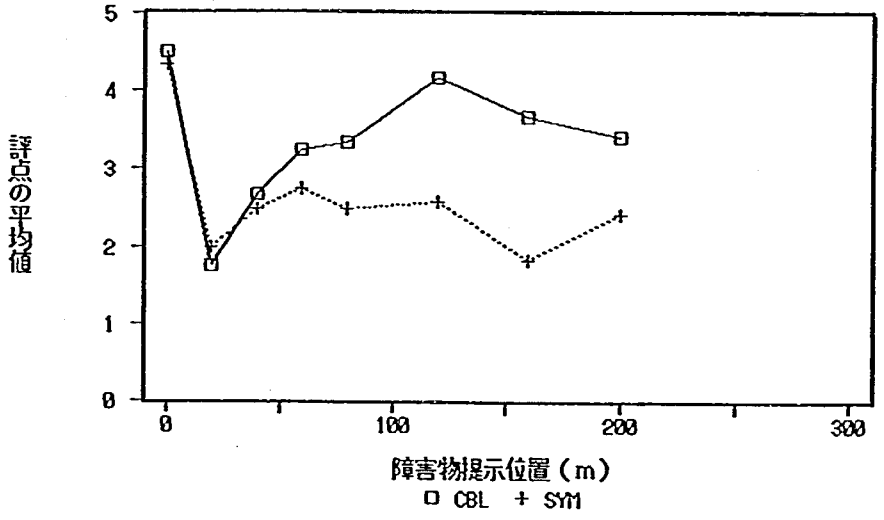
シャッター開度　１／２開

図－４．１６　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

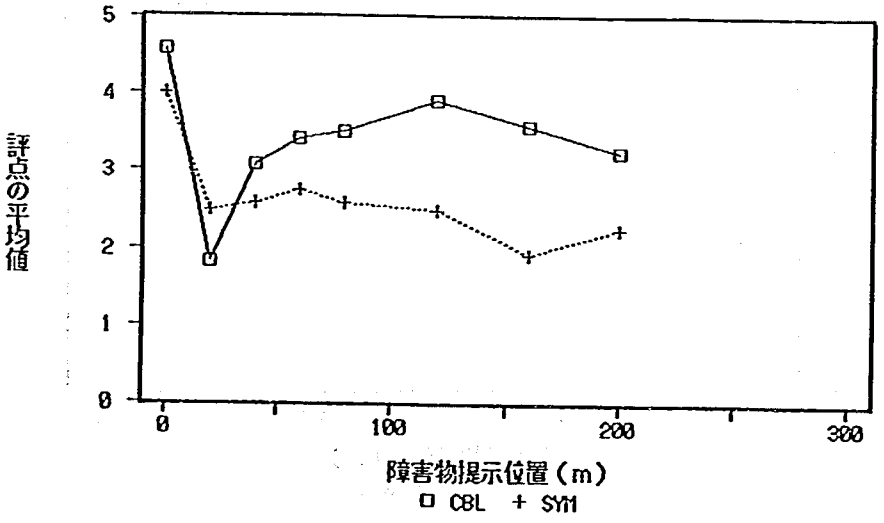
（照明レベル：８０km/h相当，反射率：３０%）



シャッター開度　全開



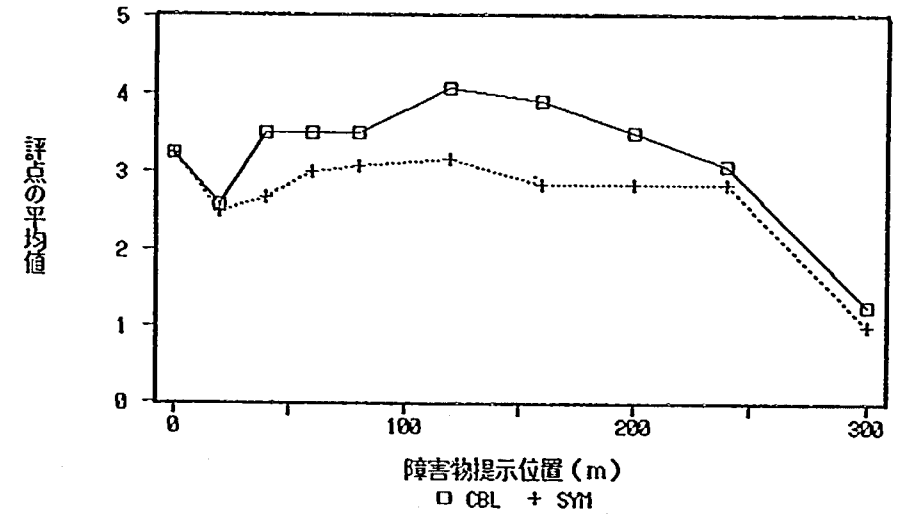
シャッター開度　３／４開



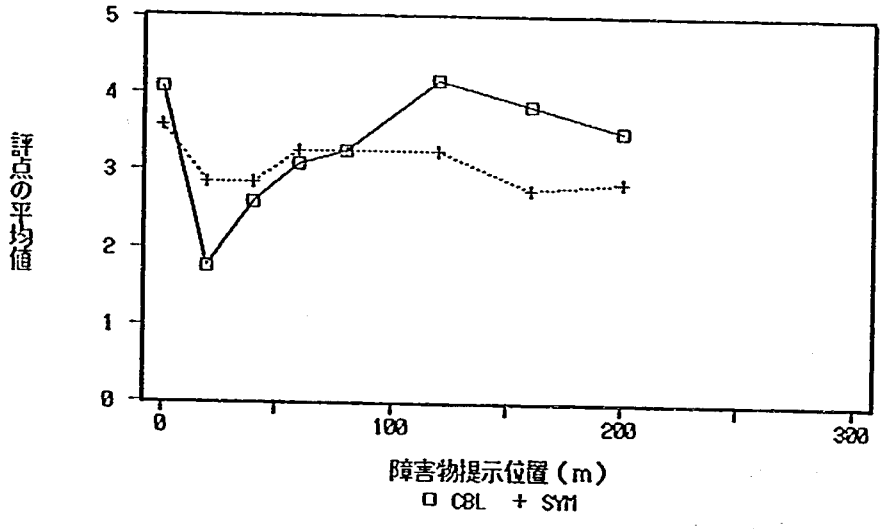
シャッター開度　１／２開

図－４．１７　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

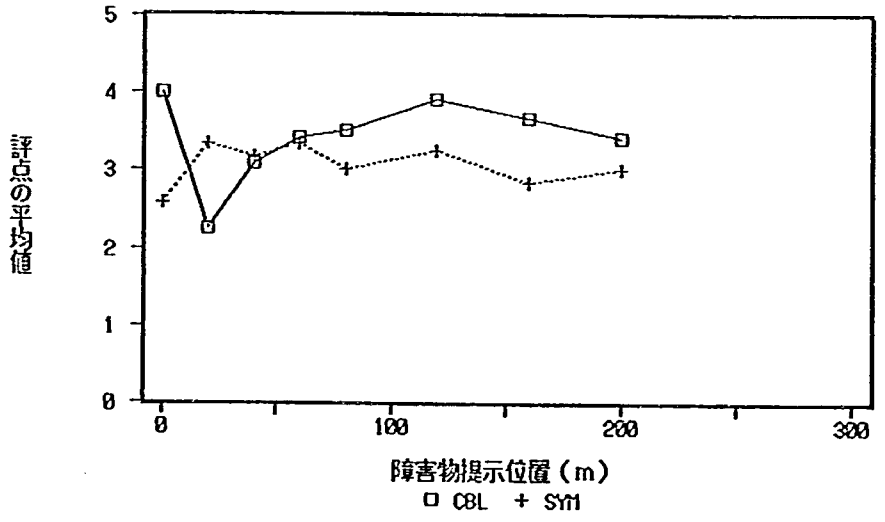
（照明レベル：８０km/h相当，反射率：２０％）



シャッター開度　全開



シャッター開度　３／４開



シャッター開度　１／２開

図－４．１８　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果の推移

（照明レベル：８０km/h相当，反射率：１２％）

４．２．４　障害物の輝度対比と見え方の評価

障害物提示位置における障害物の輝度対比と見え方の評点（平均値）との関係を整理し、表－４．２１に、また照明レベル（４０km/h相当、６０km/h相当、８０km/h相当）と評点（平均値）の関係を図－４．１９に示す。

（１）４０km/h相当の場合

カウンタービーム照明では輝度対比が大きいときには、ふつうに見える（評点３）以上となっているが、輝度対比が小さいときには評点が低くなっている。しかし、対称照明ではいくつかのデータでカウンタービームと同じような傾向を示しているものもあるが、全体的な傾向としては輝度対比が小さいのにふつうに見える（評点３）以上となっている。したがって、輝度対比と評点の相関係数は０．１９と悪くなっている。一般的な傾向としては、障害物の輝度対比が小さい場合には、見え方は悪くなると考えられる。

（２）６０km/h相当（低減係数１／２）の場合

４０km/h相当に比較してバラツキも少なく、輝度対比と評点の相関係数も０．６７と、良好な傾向を示していると言える。

（３）８０km/h相当の場合

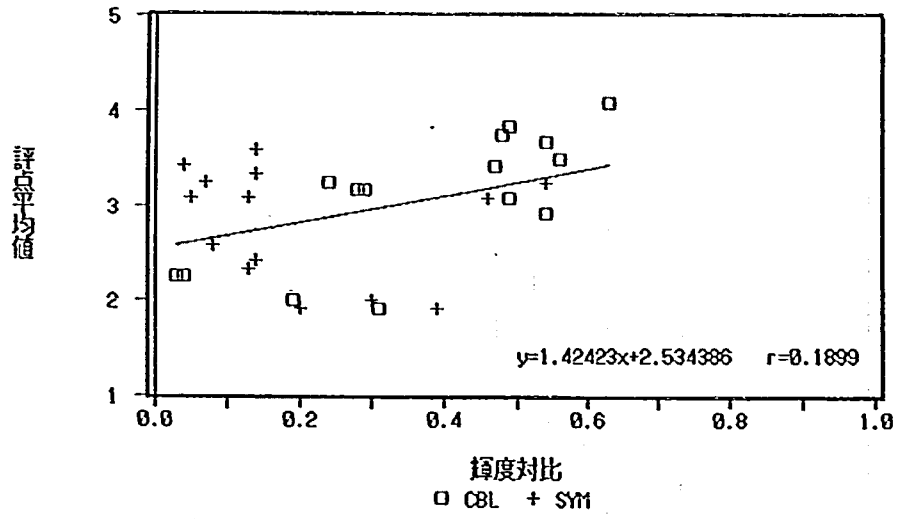
カウンタービーム照明にバラツキが多少見られるが、全体的な傾向として輝度対比と評点との関係が明確に表れており相関係数も０．７７と高い値を示した。

以上の結果、４０km/h相当時の対称照明の値を除くと輝度対比と評点の関係は非常に良好な関係にあるという結果を得ることができた。

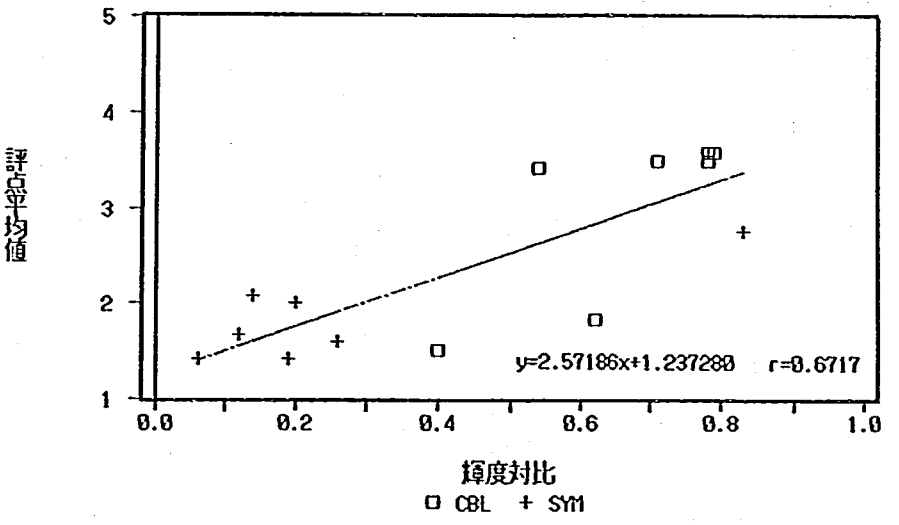
表－4．21　障害物の提示位置毎のアンケート評点値・輝度対比

照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物の提示位置（m） 0	20	40	60	80	120	160	200	240	300	備考
CBL	40km/h相当	全開	4.67	3.25	3.17	3.75	3.08	2.00					
			-3.79	-0.24	0.28	0.48	0.49	-0.19					
		3/4開	4.58	3.42	3.17	3.83	3.67	1.92					
			-3.02	-0.47	0.29	0.49	0.54	0.31					
		1/2開	4.75	2.25	2.92	4.08	3.50	2.25					
			-3.27	0.04	0.54	0.63	0.56	0.03					
	60km/h相当 低減係数 1/2	全開	3.83	3.42	3.50	3.58	3.58	3.50	1.83	1.50			
			-1.05	0.54	0.71	0.79	0.78	0.78	0.62	0.40			
	80km/h相当	全開	4.00	2.83	3.50	3.42	3.67	4.08	3.75	3.42	2.67	1.08	
			-2.02	-0.10	0.46	0.69	0.74	0.79	0.72	0.75	0.62	0.22	
		3/4開	4.50	1.75	2.67	3.25	3.33	4.17	3.67	3.42			
			-1.51	0.08	0.56	0.72	0.77	0.80	0.72	0.75			
		1/2開	4.58	1.83	3.08	3.42	3.50	3.92	3.58	3.25			
			-2.79	0.39	0.68	0.78	0.77	0.81	0.74	0.73			
SYM	40km/h相当	全開	4.83	3.08	3.08	2.58	3.25	1.92					
			-2.89	-0.13	0.05	0.08	-0.54	-0.20					
		3/4開	4.83	3.42	3.25	2.42	3.08	1.92					
			-2.81	-0.04	0.07	0.14	-0.46	-0.39					
		1/2開	4.92	3.58	3.33	2.33	3.25	2.00					
			-3.32	0.14	0.14	0.13	-0.54	0.30					
	60km/h相当 低減係数 1/2	全開	4.25	2.75	1.67	1.58	2.00	2.08	1.42	1.42			
			-3.48	-0.83	-0.12	0.26	0.20	0.14	0.19	0.06			
	80km/h相当	全開	3.75	1.67	2.33	2.67	2.67	2.58	1.92	2.33	2.67	1.00	
			-0.35	0.02	0.37	0.44	0.40	0.45	0.24	0.46	0.55	0.12	
		3/4開	4.33	2.00	2.50	2.75	2.50	2.58	1.83	2.42			
			-2.66	0.20	0.37	0.43	0.38	0.45	0.22	0.44			
		1/2開	4.00	2.50	2.58	2.75	2.58	2.50	1.92	2.25			
			-1.45	0.33	0.40	0.43	0.40	0.43	0.21	0.46			

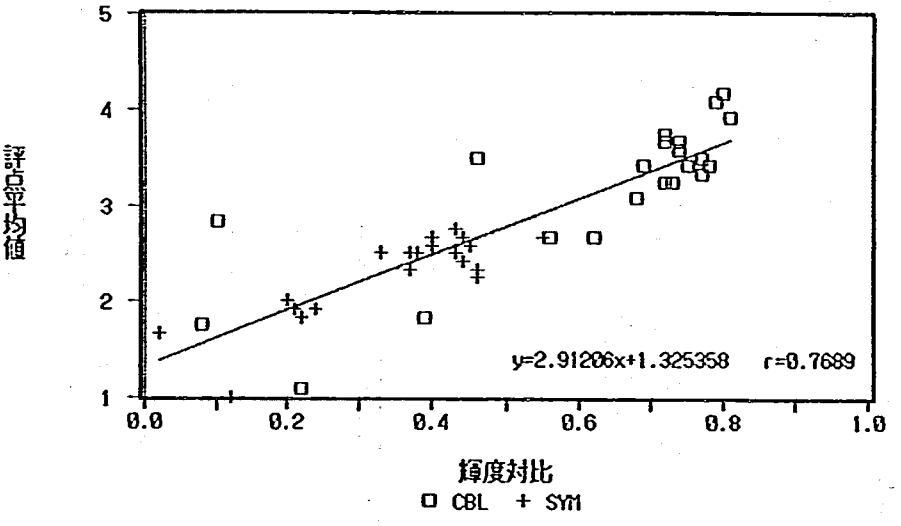
注：上段は評点の平均値，下段は輝度対比（反射率20％）



照明レベル　４０km/h相当



照明レベル　６０km/h相当，低減係数１／２



照明レベル　８０km/h相当

図－４．１９　障害物の視認性実験（静止実験）アンケート結果（評点の平均値）と輝度対比の関係

4.3 まとめ

①障害物の輝度対比は、野外条件（輝度、照度）、実験条件（照明レベル、照明方式、シャッター開度）によって変化することが確認できた。

・輝度対比が0付近となる位置は照明レベルによって異なる。今回の野外条件では概ね40km/h相当の場合：20～60m、60km/h相当の場合：20～40m、80km/h相当の場合：15m前後で輝度対比が0付近となることが明らかとなった。

・シャッター開閉によって自然光の影響を制御することで逆シルエット状態からシルエット状態に変化する点が坑口側へ移動することが確認できた。

上記の現象は、いずれも野外の条件である自然光の射し込みの程度により変わってくると考えられる。

②被験者による見え方の評価は、障害物の反射率、シャッター開度によって多少異なるが、カウンタービーム照明実験時の野外条件（輝度、照度）が60km/h相当時を除き対称照明実験時より高かったにもかかわらず、一部のデータを除き対称照明実験時の評価結果と同じかそれよりかなり高い結果となった。

③全体的な傾向として、カウンタービーム照明は対称照明に比較して障害物の視認性に対する評価は良いことがわかった。特に、80km/h相当時の反射率30%ではシャッター開度とは関係なくカウンタービーム照明の特性効果が顕著に現れているものと考えられる。

④障害物の輝度対比と見え方の評価は、40km/h相当時の対称照明の値を除き、高い相関を示すことが分かった。

5.障害物の視認性実験（走行実験）

5.1　実験概要

5.1.1　実験方法

観測車３台により各照明条件の設計速度に応じて８０km/h、６０km/h、４０km/hで走行し、走行中にトンネル内の東側車線中央の任意の位置に存在する障害物（立方体２０cmか円板２３cm、反射率３０%）を被験者により観測を行った。

被験者は、以下に示す３つの項目により観測を行う。

視認：路面上に指示した障害物の形状は分からないが何か路上に存在すると認められたとき。

確認：視認された障害物の形状がはっきりと確認できたとき。

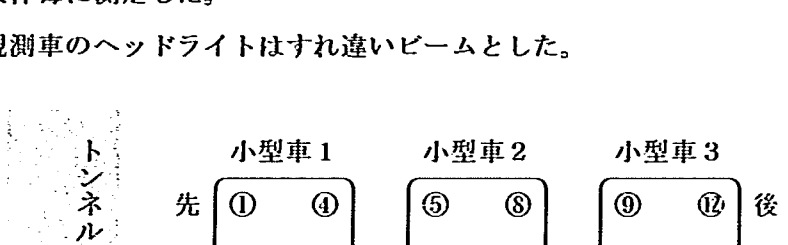
通過：障害物の真横を通過した時点。

それぞれの項目に相当する状態と思われた時点で被験者は手元の押しボタンスイッチを直ちに押し、その押しボタンスイッチによって入力されたデータは、観測車に搭載された記録計により連続記録される。

また、障害物の視認及び確認距離実験を終了した被験者に対してトンネル坑口の見え方等についてアンケート調査を行った。

被験者の観測条件として障害物の輝度と背景路面輝度（図－５．２）、障害物観測面の鉛直面照度の測定を各実験条件毎に測定した。

なお、観測車のヘッドライトはすれ違いビームとした。



図－５．１　車両および被験者の配置



図－５．２　障害物と背景路面輝度の測定ポイントと測定方法

5．1．2　実験条件

（1）照明方式　　：カウンタービーム照明
　　対称照明

（2）照明レベル　　：設計速度４０km/h相当（設定野外輝度４０００cd/㎡）
　　設計速度６０km/h相当、低減係数１／２
　　（設定野外輝度４０００cd/㎡）
　　設計速度８０km/h相当（設定野外輝度４０００cd/㎡）

（3）シャッター開度　：全開
　　３／４開

（4）障害物　　：反射率３０％（N値＝６）；一辺２０cmの立方体または、直径２３cmの円板

（5）被験者　　：被験者数は１２名

（6）繰り返し数　　：１回

（7）障害物の提示位置：表－５．１に示す。

5．1．3　障害物

試験車両からの観測に用いた障害物は以下のように設定した。

①一辺２０cmの立方体

②直径２３cmの円板（ほぼ立方体との見かけの面積を等しくした。）

③それぞれ表面は光沢のない灰色とする。

④それぞれ表面の反射率は３０％相当（N値＝６）とし、各１個とする。

5．1．4　測定機器

①輝度計（視角１／３度）　　１台（障害物輝度、障害物の背景路面輝度測定用）

②照度計　　１台（障害物の観測面の鉛直面照度測定用）

5．1．5　被験者

被験者は各条件毎に１２名とした。被験者の属性を表－５．２に示す。

表－５．１　障害物の提示位置（走行実験）

照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物の提示位置：坑口からの距離（m）									
			0	20	40	60	80	120	160	200	240	300
CBL	40km/h相当	全開 1回目	○4	□1	○2	□5	□3	○6	－	－	－	－
		全開 2回目	□5	○2	□4	○3	○6	□1	－	－	－	－
		3/4開1回目	□2	□4	○6	○1	□5	○3	－	－	－	－
		3/4開2回目	○6	○5	□3	□4	○1	□2	－	－	－	－
	60km/h相当 低減係数 1/2	全開 1回目	－	□1	○7	□4	□2	○5	○3	□6	－	－
		全開 2回目	－	○3	□5	○2	○4	□1	□6	○7	－	－
		3/4開1回目	－	□7	○6	○5	□4	○1	□3	○2	－	－
		3/4開2回目	－	○5	□1	□3	○6	□2	○7	□4	－	－
	80km/h相当	全開 1回目	－	□8	□4	○7	□2	○5	○9	○1	□6	○3
		全開 2回目	－	○5	○2	□6	○4	□8	□1	□9	○3	□7
		3/4開1回目	－	○6	□5	○8	□1	□3	○7	□2	○9	○4
		3/4開2回目	－	□3	○9	□4	○7	○2	□8	○6	□5	□1
SYM	40km/h相当	全開 1回目	－	○5	□1	○2	□3	○4	－	－	－	－
		全開 2回目	－	□2	○4	□5	○1	□3	－	－	－	－
		3/4開1回目	－	○1	□5	○4	□2	□3	－	－	－	－
		3/4開2回目	－	□3	○5	□4	○1	○2	－	－	－	－
	60km/h相当 低減係数 1/2	全開 1回目	－	○2	□6	○1	□3	□7	○5	□4	－	－
		全開 2回目	－	□6	○2	□7	○1	○3	□4	○5	－	－
		3/4開1回目	－	○4	□6	□3	□7	○5	○2	□1	－	－
		3/4開2回目	－	□5	○3	○7	○6	□4	□1	○2	－	－
	80km/h相当	全開 1回目	－	□1	□9	□5	□3	○8	○7	○6	○4	○2
		全開 2回目	－	○9	○4	○1	○6	□5	□3	□8	□2	□7
		3/4開1回目	－	□4	○2	○9	□8	□6	○3	○7	□1	○5
		3/4開2回目	－	○4	□8	□2	○7	○1	□6	□3	○5	□9

注）ＣＢＬ：カウンタービーム照明、ＳＹＭ：対称照明
○、□：障害物の形状、数字：提示する順番。

表－5．2　被験者属性一覧表

氏名	年齢	性別	運転歴(年)	車の使用用途	良く運転する車種	視力			観測者番号						備考
						右	左	矯正	03日	05日	06日	07日	18日	19日	
E．A	22	男	3	通学	普通車	1.5	0.8	有り	1						
N．M	25	男	1	通学	普通車	0.7	1.2	有り	2						
I．M	27	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	3					11	
Y．T	24	男	5	通学	軽自動車	1.2	1.0	有り	4	1				1	
N．Y	21	男	3	通学	普通車	0.5	0.7	有り	5						
S．T	28	男	8	通勤	普通車	0.9	0.8	有り	6						
A．K	28	男	9	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	7					6	
S．T	25	男	7	レジャー	普通車	1.5	1.5	有り	8	8			12	12	
K．N	22	男	3	通学	普通車	1.0	1.2	有り	9	5				9	
Y．H	35	男	15	通勤	普通車	0.7	1.2	有り	10						
K．M	28	男	2	レジャー	普通車	0.6	0.7	有り	11		7				
K．H	34	男	15	レジャー	普通車	1.2	0.7	有り	12						
M．T	26	男	7	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		4					
I．M	24	女	7	通学	普通車	0.7	1.2	有り		6				3	
S．W	24	女	5	買い物等	普通車	1.5	1.5	有り		7					
S．Y	59	男	30	レジャー	普通車	1.5	1.5	無し		3				8	
A．H	43	男	15	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し		2					
H．Y	43	女	13	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		9					
T．B	29	男	1	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		10					
H．A	26	女	4	通勤	軽自動車	1.2	1.5	無し		12					
H．Y	22	男	3	レジャー	普通車	0.7	0.9	有り			10			5	
H．K	22	男	3	レジャー	普通車	1.2	1.0	有り			9	9	9		
O．Y	21	男	3	通学	普通車	0.6	0.7	無い			12			2	
M．S	25	男	6	レジャー	普通車	0.6	0.6	有り			11		2		
N．A	21	男	1	通学	普通車	0.7	0.9	有り			5	5			
N．R	21	女	2	通学	普通車	1.5	1.5	無し			6		3		
S．T	41	男	20	通勤	普通車	0.6	0.6	有り			8				
K．T	20	男	1	レジャー	普通車	1.2	1.0	無し			4	4			
H．Y	25	男	6	通勤	普通車	0.8	0.7	無し			3	3			
I．Y	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			1		1		
H．H	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			2	2			
Y．T	23	男	3	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				1	5		
O．A	31	男	8	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し				7			
W．Y	22	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し				6			
M．K	49	男	28	レジャー	普通車	0.6	0.7	無し				8			
M．S	22	男	2	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し				10			
Y．H	25	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	有り				12			
Y．K	31	男	10	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				11	8		
S．R	35	男	15	通勤	普通車	1.0	1.0	無し					4	4	
E．	22	男	1	レジャー	普通車	1.5	2.0	無し					11	7	
M．K	23	男	5	レジャー	軽自動車	0.7	0.9	有り					6		
H．A	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し					7		
N．M	22	女	2	通学	軽自動車	0.6	1.2	無し					10		
T．M	24	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し						10	
K．M	31	男	13	通勤	普通車	1.5	1.5	無し				大型			
M．H	30	男	12	通勤	普通車	1.0	1.5	有り	大型	大型	大型	大型	大型	大型	
O．M	55	男	36	通勤	普通車	1.5	1.5	有り	大型	11	大型	大型	大型	大型	
I．K	25	男	7	通勤	普通車	0.5	0.8	有り	大型	大型	大型		大型	大型	
I．Y	29	男	10	通勤	普通車	1.5	2.0	無し	大型	大型	大型	大型	大型	大型	

5．2　実験結果

5．2．1　走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度

走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度をバックデータとして測定した。測定結果を表－5．3～表－5．5に示す。

（1）野外の輝度

走行実験時の野外の輝度の平均値を図－5．3～図－5．5に示す。

1）照明レベル40km/h相当の場合

シャッター全開の場合ではカウンタービーム照明実験時で2，300～5，500cd/㎡であり、対称照明実験時で1，030～1，760cd/㎡で視認性実験が実施されており、対称照明実験時が観測状態では有利な条件であった。また、シャッター3／4開の場合ではカウンタービーム照明実験時で2，400～3，700cd/㎡であり、対称照明実験時で930～1，760cd/㎡で観測されており、いずれも対称照明実験時での観測が有利であった。

2）照明レベル60km/h（低減係数1／2）の場合

シャッター全開の場合ではカウンタービーム照明実験時で620～2，270cd/㎡であり、対称照明実験時で2，780～4，270cd/㎡で観測されており、カウンタービーム照明実験時が観測状態では有利な条件であった。また、シャッター3／4開の場合ではカウンタービーム照明実験時で2，010～3，430cd/㎡であり、対称照明実験時で3，110～4，120cd/㎡で観測されており、カウンタービーム照明実験時が観測状態では若干有利であった。

3）照明レベル80km/h相当の場合

シャッター全開の場合ではカウンタービーム照明実験時で4，750～5，390cd/㎡であり、対称照明実験時で2，900～5，400で観測されており、対称照明実験時が観測状態では若干ではあるが有利であった。また、シャッター3／4開の場合ではカウンタービーム照明実験時で400～1，880cd/㎡であり、対称照明実験時で1030～1600cd/㎡で観測されており、カウンタービーム照明実験時が観測状態では若干ではあるが有利であったが、各照明方式とも野外の輝度が低い条件となった。

（2）水平面・鉛直面照度

坑口手前112．3m地点、東側車線路肩付近において、水平面照度は地上高さ1．4m、鉛直面照度はトンネル坑口と反対側に受光部を向け高さ1．1mに受光部を設置し、測定した。鉛直面照度の測定結果は、トンネル坑口での鉛直面照度とほぼ等しいものと考えられる。

表－5．3　走行実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度

実験日	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	時間	野外の輝度 (cd／m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	視認距離平均(m)	確認距離平均(m)	備考
10/3	CBL	40km/h相当	全開1回目	20m	□	10:29～10:30	2900	0.013	20000	11000	88.97	38.9	
				40m	○	10:43～10:44	3200	0.012	27000	17000	22.52	7.52	
				80m	□	10:55～10:56	5500	0.007	88000	70000	49.63	18.66	
				0m	○	11:01～11:02	5100	0.008	88000	70000	145.32	42.09	*
				60m	□	11:09～11:10	2700	0.014	32000	23000	96.75	25.1	
				120m	○	11:22～11:23	2200	0.018	20000	12000	60.68	25.06	
			全開2回目	120m	□	11:33～11:34	2400	0.016	25000	17000	68.73	20.49	
				20m	○	11:43～11:44	2300	0.017	29000	19000	132.71	29.3	
				60m	○	11:55～11:58	3500	0.011	79000	60000	39.2	10.69	*
				40m	□	12:05～12:06	4100	0.009	80000	64000	47.92	9.02	*
				0m	□	12:12～12:13	4500	0.009	90000	72000	185.62	46.62	*
				80m	○	12:20～12:21	2500	0.015	30000	22000	67.39	15.91	
			3/41回目	60m	○	13:10～13:11	3400	0.011	37000	30000	62.89	21.85	*
				0m	□	13:18～13:19	3700	0.010	64000	53000	164.98	54.28	*
				120m	○	13:25～13:26	3300	0.012	28000	22000	66.91	23.36	
				20m	□	13:32～13:33	3200	0.012	28000	22000	136.58	55.42	
				80m	□	13:39～13:40	3300	0.012	42000	30000	59.85	20.55	*
				40m	○	13:47～13:49	3700	0.010	46000	34000	33.2	9.59	*
			3/42回目	80m	○	13:54～13:55	2900	0.013	28000	20000	60.05	15.67	
				120m	□	13:59～14:00	2500	0.015	23000	13000	67.35	24.28	
				40m	□	14:11～14:12	3000	0.013	28000	18000	33.7	8.86	
				60m	□	14:19～14:20	2800	0.014	31000	20000	57.48	10.95	
				20m	○	14:26～14:27	2700	0.014	32000	20000	116.4	29.78	
				0m	○	14:34～14:35	2400	0.016	26000	17000	202	39.23	
10/5	SIM	40km/h相当	全開1回目	40m	□	11:03～11:05	1030	0.038	8000	6000	116.92	49.44	
				60m	○	11:11～11:13	1180	0.033	10000	7000	105.93	40.45	
				80m	□	10:14～10:15	1900	0.020	17000	14000	105.33	66.94	
				120m	○	10:22～10:23	1930	0.020	18000	14000	76.74	23.19	
				20m	○	10:27～10:28	1830	0.021	14000	12000	146.8	93.72	
			全開2回目	80m	○	10:32～10:33	1810	0.021	18000	16000	132.74	76.07	
				20m	□	10:38～10:39	1630	0.024	13000	11000	174.05	81.6	
				120m	□	10:48～10:49	2710	0.014	23000	16000	81.32	24.57	
				40m	○	10:53～10:54	2240	0.017	14000	10000	93.87	39.62	
				60m	□	10:58～10:59	1630	0.024	8000	6000	86.59	43.98	
			3/41回目	20m	○	14:27～14:28	1320	0.029	10000	7000	83.69	38.37	
				80m	□	13:33～13:34	1510	0.026	11000	8000	136.3	70.34	
				120m	□	13:38～13:39	1260	0.031	12000	8000	77.57	22.43	
				60m	○	13:44～13:45	1510	0.026	10000	8000	104.4	43.51	
				40m	□	13:49～13:50	1660	0.023	9000	6000	88.72	35.87	
			3/42回目	80m	○	13:54～13:55	1730	0.022	8000	7000	146.24	73.4	
				120m	○	13:59～14:00	1760	0.022	14000	12000	80.77	32.53	
				20m	□	14:04～14:05	1480	0.026	12000	9000	132.7	56.86	
				60m	□	14:10～14:11	940	0.041	9000	7000	94.25	42.26	
				40m	○	14:19～14:20	930	0.042	9000	6000	97.21	39.34	

(注)　*印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。

**印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。

k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）

表－５．４　走行実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度

実験日	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	時間	野外の輝度 (cd／m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	視認距離平均(m)	確認距離平均(m)	備考
10/6	CBL	60km/h相当	全開１回目	20m	□	14:23～14:24	1840	0.019	23000	15000	74.86	38.23	
				80m	□	14:30～14:31	2270	0.015	31000	22000	87.81	42.97	*
				160m	○	14:35～14:36	2110	0.016	30000	19000	68.21	26.91	*
		低減係数1/2		60m	□	14:42～14:23	1340	0.025	20000	13000	103.25	55.07	*
				120m	○	14:48～14:49	1360	0.025	16000	9000	100.75	49.43	
				200m	□	14:55～14:56	1260	0.027	13000	7000	43.46	24.2	
				40m	○	15:00～15:01	1280	0.027	13000	6000	94.86	44.3	
			全開２回目	120m	□	15:07～15:08	1300	0.026	14000	7000	107.84	61.32	
				60m	○	15:15～15:16	1090	0.031	13000	6000	116.6	51.94	
				20m	○	15:20～15:21	1020	0.033	13000	5000	26.42	16.9	
				80m	○	15:29～15:30	870	0.039	11000	4000	126.61	60.28	
				40m	□	15:36～15:37	1000	0.034	11000	5000	104.71	49.02	
				160m	□	15:50～15:51	750	0.045	10000	4000	56.94	23.78	
				200m	○	15:56～15:57	620	0.055	9000	3000	38	18.77	
			3/41回目	120m	○	12:46～12:47	2780	0.012	28000	21000	94.28	50.06	
				200m	○	11:25～11:26	2190	0.016	20000	10000	39.42	20.52	
				160m	□	11:34～11:35	2180	0.016	20000	11000	49.75	21.84	
				80m	□	11:40～11:41	2370	0.014	23000	15000	80.1	50.29	
				60m	○	11:45～11:46	2590	0.013	26000	17000	66.12	36.92	
				40m	○	11:51～11:52	2640	0.013	25000	17000	44.3	23.99	
				20m	□	11:57～11:58	2010	0.017	22000	14000	47.56	26.91	
			3/42回目	40m	□	12:03～12:04	2440	0.014	23000	15000	63.62	28.78	
				120m	□	12:09～12:10	2550	0.013	25000	16000	87.61	51.73	
				60m	□	12:16～12:17	2170	0.016	23000	15000	81.14	43.39	
				200m	□	12:22～12:23	2120	0.016	23000	14000	43.39	25.86	
				20m	○	12:28～12:29	2250	0.015	24000	15000	71.75	28.78	
				80m	○	12:34～12:35	2750	0.012	29000	20000	86.47	46.72	
				160m	○	12:41～12:42	3430	0.010	40000	30000	64.58	21.69	
10/7	SIM	60km/h相当	全開１回目	60m	○	11:25～11:26	4240	0.008	74000	33000	54.02	25.86	*
				20m	○	10:15～10:16	4010	0.009	74000	35000	150.98	67.4	
				80m	□	10:20～10:21	4030	0.008	74000	35000	79.86	40.19	
		低減係数1/2		200m	□	10:26～10:27	4030	0.008	75000	35000	90.64	34.95	
				160m	○	10:34～10:35	4010	0.009	75000	35000	76.74	24.19	
				40m	□	10:38～10:39	4070	0.008	76000	35000	120.05	59.44	
				120m	□	10:44～10:45	3740	0.009	45000	20000	100.18	45.58	*
			全開２回目	80m	○	10:48～10:49	2950	0.012	50000	22000	90.17	36.7	
				40m	○	10:53～10:54	2890	0.012	70000	31000	132.92	63.33	*
				120m	○	10:58～10:59	2780	0.012	75000	33000	109.91	42.48	
				160m	□	11:03～11:04	4270	0.008	78000	35000	95.23	27.25	
				200m	○	11:09～11:10	3290	0.010	35000	15000	104.95	41.43	*
				20m	□	11:15～11:16	3890	0.009	76000	33000	146.84	88.86	*
				60m	□	11:20～11:21	4030	0.008	76000	34000	43.92	20.44	
			3/41回目	200m	□	13:22～13:23	4120	0.008	60000	25000	101.62	32.77	
				160m	○	14:35～14:37	3320	0.010	43000	17000	106.06	49.23	
				60m	□	13:36～13:37	3670	0.009	55000	23000	29.76	19.34	
				20m	○	13:42～13:43	3480	0.010	56000	23000	149.97	69.67	
				120m	○	13:47～13:48	3690	0.009	56000	23000	104.67	36.41	
				40m	□	13:52～13:53	3810	0.009	56000	23000	88.23	39.01	
				80m	□	13:56～13:57	3460	0.010	44000	18000	69.08	33.45	
			3/42回目	160m	□	14:02～14:03	3110	0.011	30000	12000	72.8	18.98	
				200m	○	14:06～14:07	3770	0.009	46000	19000	109.19	62.12	*
				40m	○	14:12～14:13	3690	0.009	50000	20000	84.48	36.72	
				120m	□	14:17～14:18	3750	0.009	50000	20000	105.81	46.65	
				20m	□	14:24～14:25	3690	0.009	47000	18000	142.88	77.59	
				80m	○	14:28～14:29	3540	0.010	42000	17000	70.5	34.83	
				60m	○	14:32～14:33	3270	0.010	42000	17000	30.35	18.77	

(注)　＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。

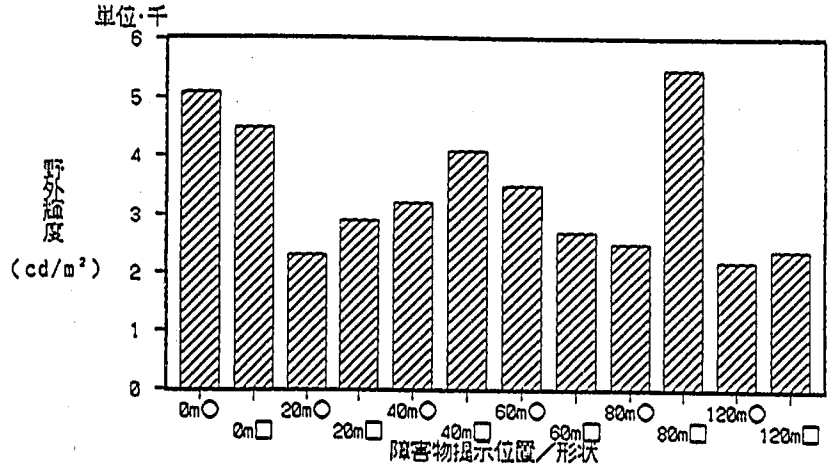
＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。

k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）

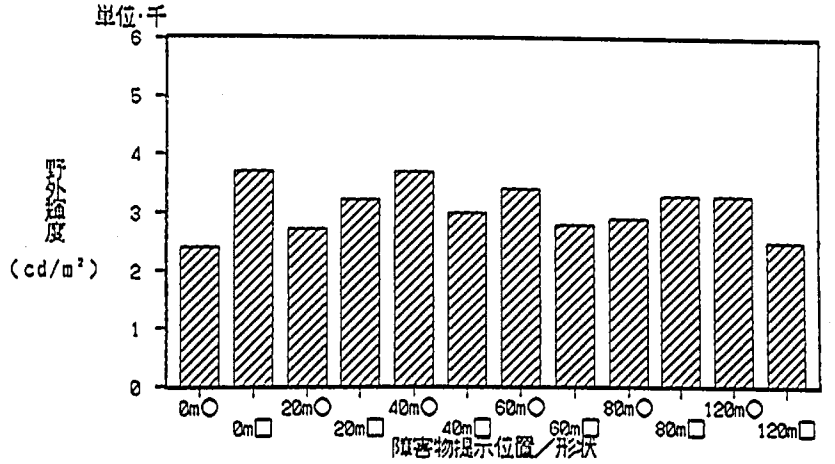
表－5．5　走行実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度

実験日	照明方式	照明レベル	シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	時間	野外の輝度 (cd／m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	視認距離平均(m)	確認距離平均(m)	備考
10/18	CBL	80km/h相当	全開1回目	200m	○	9:55～9:56	4843	0.017	82000	82000	154.98	84.74	
				80m	□	10:02～10:03	4870	0.017	83000	83000	151.56	85.08	
				300m	○	10:12～10:13	5100	0.016	88000	85000	75.55	36.66	
				40m	□	10:17～10:18	5220	0.016	83000	80000	85.27	49.62	
				120m	○	10:22～10:23	4780	0.017	60000	25000	193.41	111.01	＊
				240m	□	10:27～10:28	4970	0.017	82000	79000	136.19	69.34	
				60m	○	10:33～10:34	4890	0.017	80000	80000	154.8	75.36	＊
				20m	□	10:47～10:48	4760	0.017	86000	80000	156.28	95.36	
				160m	○	10:52～10:53	5260	0.016	90000	84000	158.69	79.62	
			全開2回目	160m	□	10:58～10:59	4750	0.017	86000	80000	163.59	100.36	＊
				40m	○	11:05～11:06	5040	0.016	86000	80000	68.88	33.79	
				240m	○	12:05～12:06	5190	0.016	84000	75000	136.19	54.62	
				80m	○	12:11～12:12	5030	0.017	85000	75000	166.56	76.2	
				0m	○	12:18～12:19	5120	0.016	82000	73000	178.06	92.21	
				60m	□	11:40～11:41	5160	0.016	81000	74000	155.74	74.53	
				300m	□	11:47～11:48	5260	0.016	83000	76000	62.09	22.89	
				120m	□	11:52～11:53	5280	0.016	84000	76000	184.33	96.47	
				200m	□	11:57～11:58	5390	0.015	85000	77000	165.95	92.31	
			3/4 1回目	80m	□	15:52～15:53	1650	0.044	22000	13000	239.98	128.21	
				40m	□	15:59～16:00	1580	0.053	18000	9000	210.76	109.32	
				20m	○	16:05～16:06	1380	0.060	17000	8000	198.87	84.62	
				160m	○	16:10～16:11	1220	0.068	16000	7000	233.68	97.68	
				240m	○	16:14～16:15	1070	0.078	15000	6000	150.26	64.16	
			3/4 2回目	20m	□	16:18～16:19	940	0.088	9000	4500	207.48	101.47	
				240m	□	16:23～16:24	800	0.104	9000	3300	138.17	59.25	
				80m	○	16:28～16:29	660	0.126	8000	2200	277.84	121.84	
				160m	□	16:32～16:33	550	0.151	8000	2200	226.46	108.97	
				40m	○	16:38～16:39	400	0.208	7000	1300	236.83	105.73	
10/19	SIM	80km/h相当	全開1回目	20m	□	10:00～10:01	4840	0.017	73000	81000	184.8	103.14	
				300m	○	10:05～10:06	3900	0.021	26000	24000	126.28	58.7	＊
				80m	□	10:11～10:12	3060	0.027	28000	26000	89.71	61.2	＊
				240m	○	10:18～10:19	3280	0.025	78000	84000	154.52	73.05	
				60m	□	10:22～10:23	5290	0.016	78000	84000	57.31	35.55	
				200m	□	10:27～10:28	5400	0.015	77000	84000	117.21	58.33	
				160m	○	10:32～10:33	5310	0.016	79000	86000	125.36	59.35	
				120m	○	10:36～10:37	5270	0.016	80000	86000	118.51	63.51	
				40m	□	10:41～10:42	4500	0.018	24000	22000	48.42	23.24	＊
			全開2回目	60m	○	10:47～10:48	5400	0.015	22000	20000	69.16	37.96	＊
				240m	○	10:52～10:53	5300	0.016	21000	17000	163.5	77.68	＊
				160m	□	10:58～10:59	3300	0.025	36000	35000	120.36	64.72	＊
				40m	□	11:06～11:07	2900	0.029	72000	75000	53.82	30	＊
				120m	○	11:17～11:18	2900	0.029	60000	70000	127.3	69.81	＊＊
				80m	○	11:21～11:22	3500	0.024	60000	60000	89.16	48.7	＊＊
				300m	□	11:26～11:27	5100	0.016	78000	78000	117.4	51.94	＊
				200m	□	11:31～11:32	5000	0.017	76000	78000	133.23	68.05	
				20m	○	11:35～11:36	4500	0.018	75000	70000	160.63	82.49	＊
			3/4 1回目	240m	□	14:32～14:33	1420	0.058	14000	6800	156.47	74.71	
				40m	○	14:36～14:37	1300	0.064	14000	8100	128.32	62.12	
				160m	○	14:41～14:42	1310	0.063	13000	7400	147.49	67.03	
				20m	□	14:46～14:47	1250	0.056	11000	7000	92.12	50.83	
				80m	□	14:50～14:51	1280	0.065	14000	8300	151.93	76.84	＊
			3/4 2回目	20m	○	14:55～14:56	1340	0.062	14000	9300	86.38	40.92	
				240m	○	15:00～15:01	1340	0.062	13000	8400	158.87	71.01	
				160m	□	15:03～15:04	1090	0.076	15000	8800	163.13	79.16	
				80m	○	15:13～15:14	1030	0.081	14000	6100	141.65	69.44	
				40m	□	15:18～15:19	1600	0.052	12000	5700	150.39	71.41	

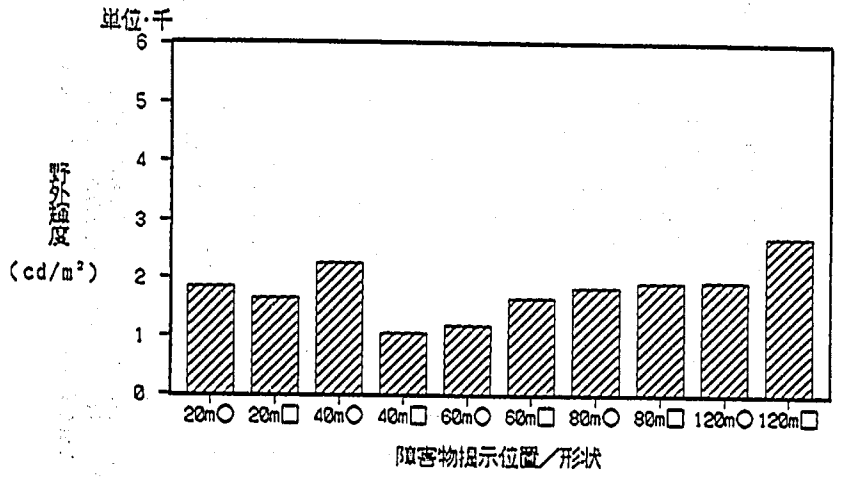
(注)　＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。
＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。
k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）



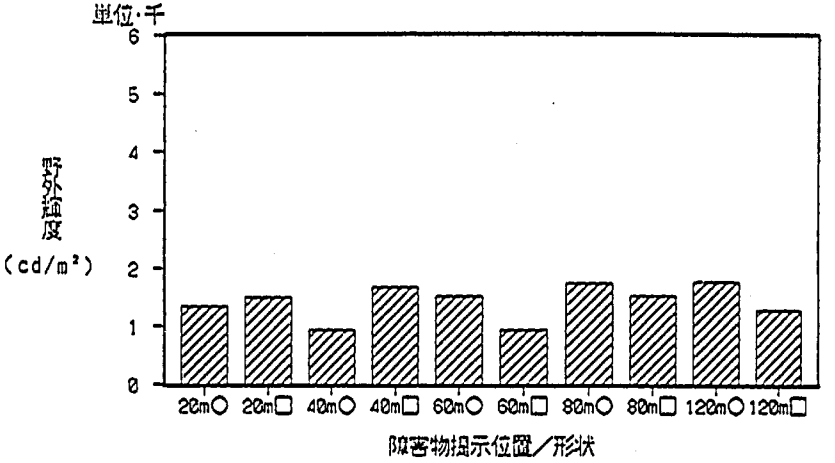
カウンタービーム照明　　シャッター：全開



カウンタービーム照明　　シャッター：３／４開

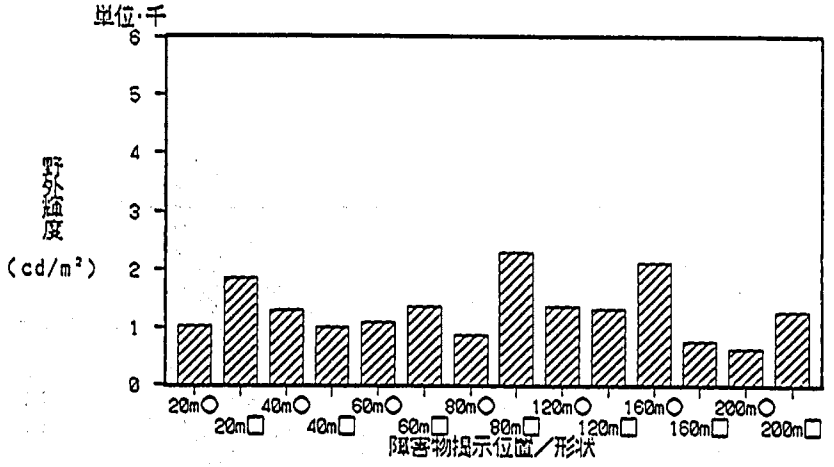


対称照明　　シャッター：全開

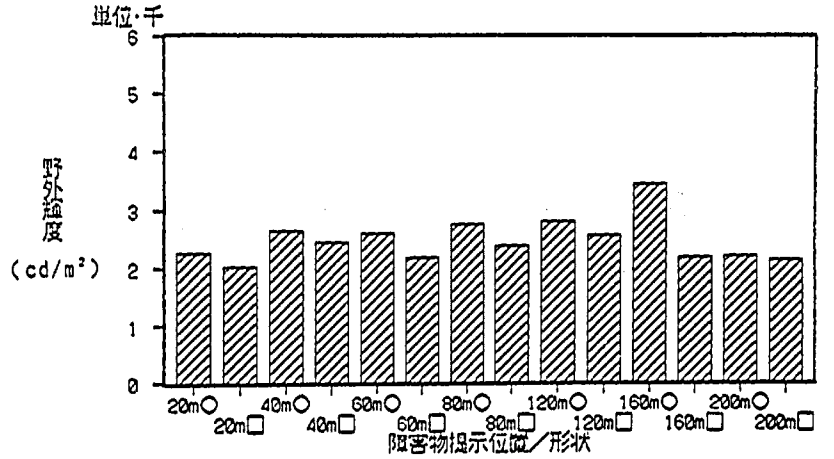


対称照明　　シャッター：３／４開

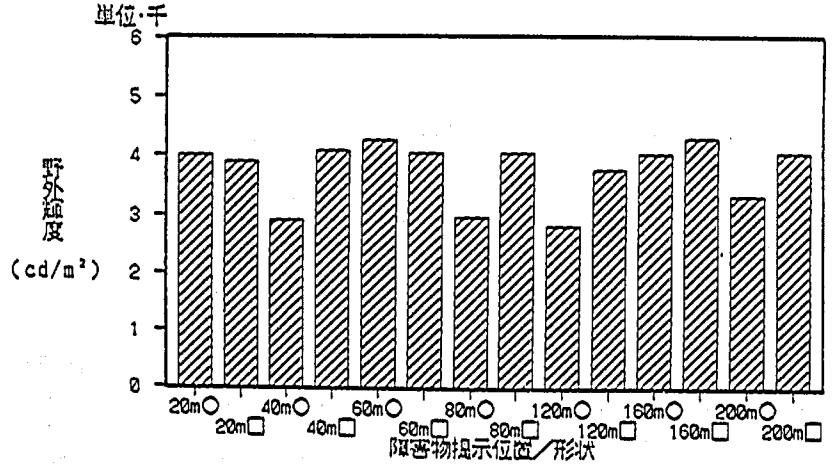
図－５．３　走行実験時の野外の輝度（照明レベル：４０km/h相当）



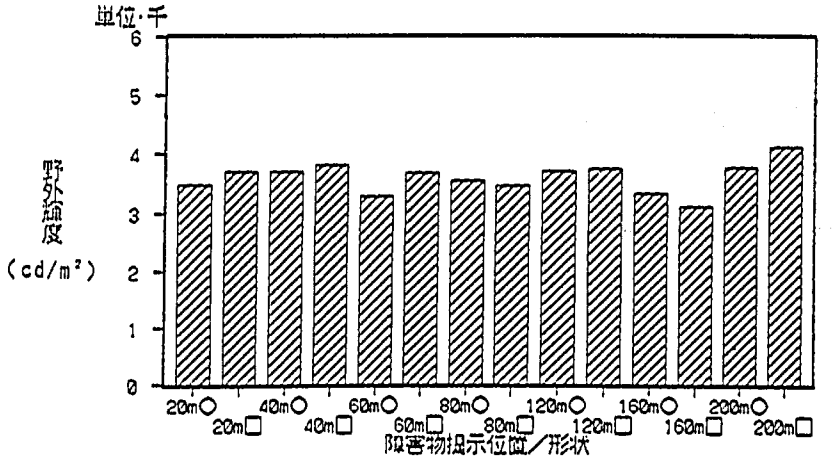
カウンタービーム照明　　シャッター：全開



カウンタービーム照明　　シャッター：３／４開

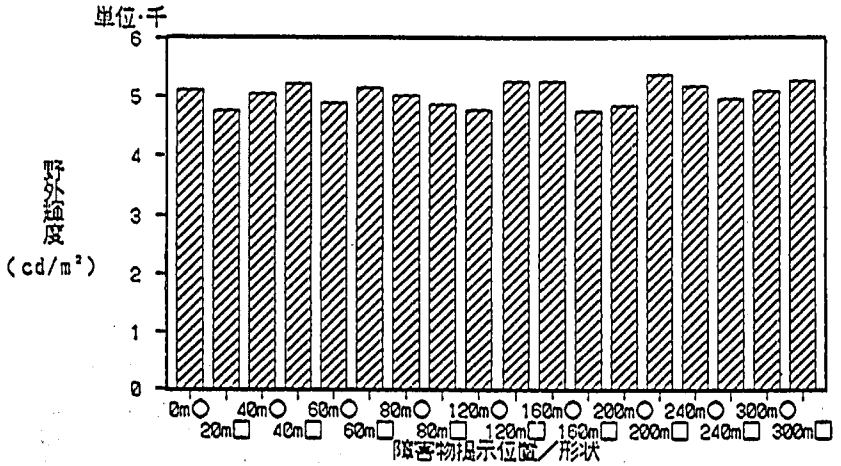


対称照明　　シャッター：全開

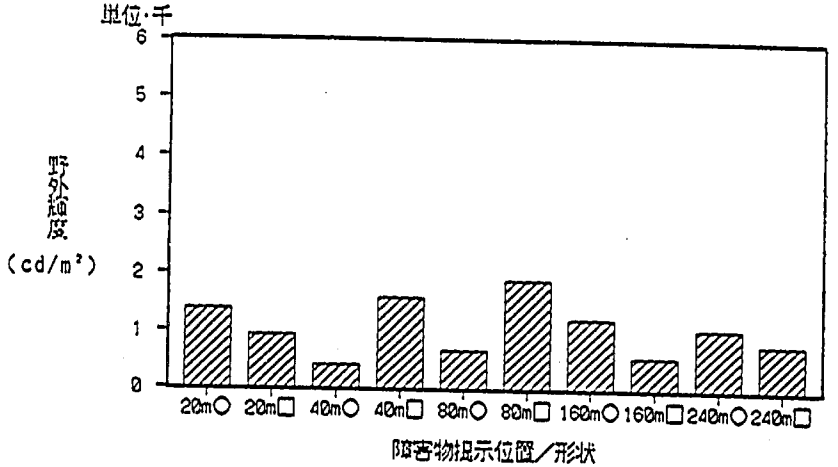


対称照明　　シャッター：３／４開

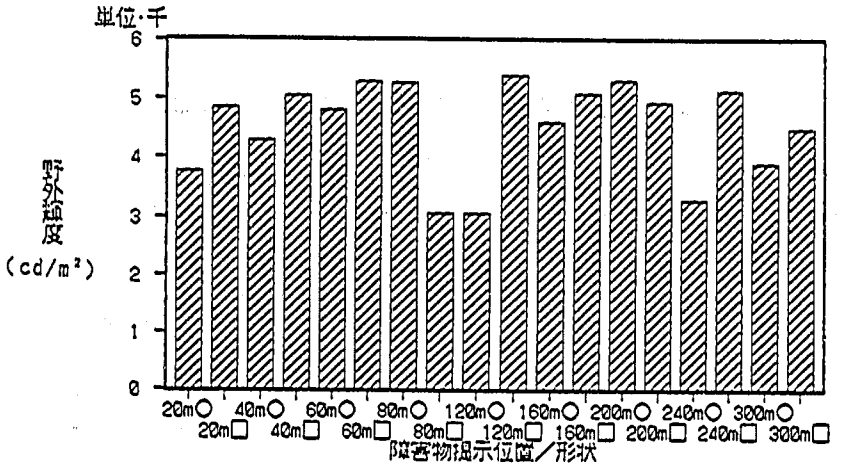
図－５．４ 走行実験時の野外の輝度（照明レベル：６０km/h相当　低減係数１／２）



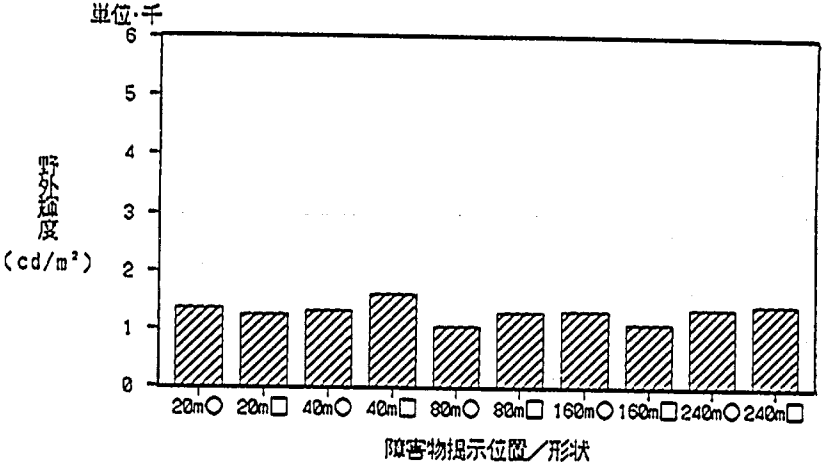
カウンタービーム照明　　シャッター：全開



カウンタービーム照明　　シャッター：３／４開



対称照明　　シャッター：全開



対称照明　　シャッター：３／４開

図－５．５　走行実験時の野外の輝度（照明レベル：８０km/h相当）

5．2．2　障害物の輝度対比

各照明方式における障害物の視認性を確認するため、各走行速度において定速走行し観測させたときの、東側車線の路上に提示した障害物の輝度対比を測定した。

（1）観測条件

1）障害物の提示位置：0，20，40，60，80，120，160，200，240，300mの車線中央

2）障害物　　：一辺20cmの立方体、直径23cm円板（N＝6、反射率30%）

（2）測定項目

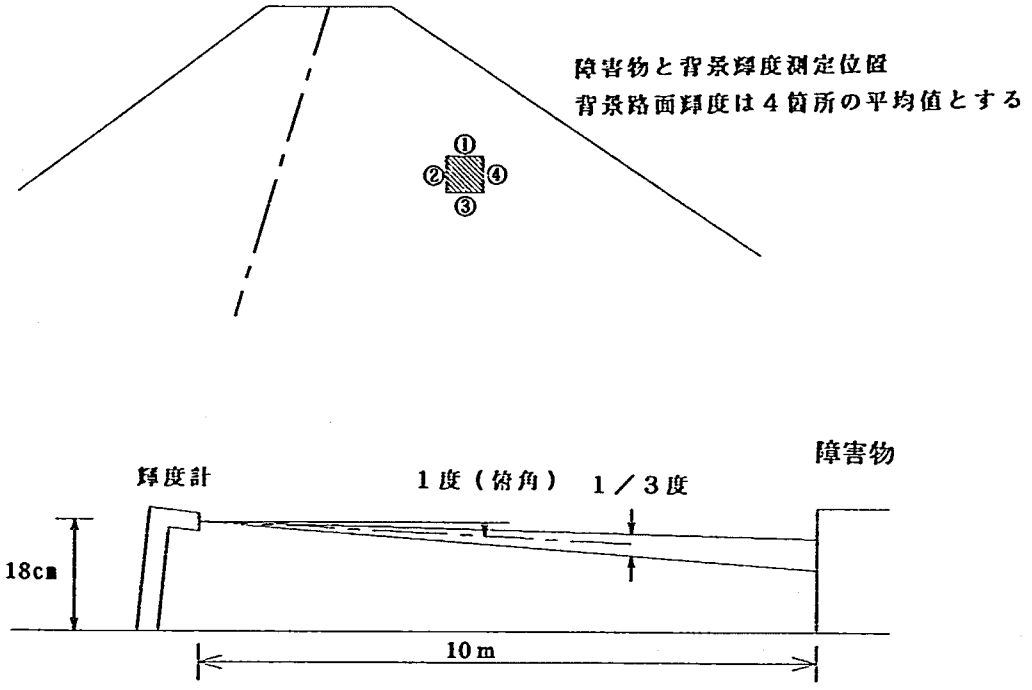
1）障害物と背景路面の輝度

2）障害物の鉛直面照度

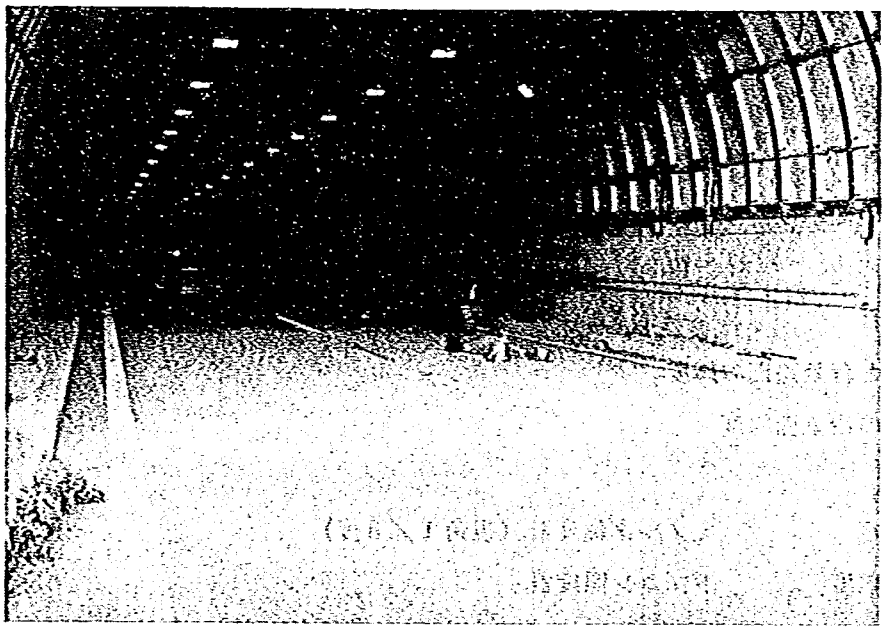
（3）測定器

1）輝度測定　　ミノルタ輝度計（視角1／3度）

2）鉛直面照度　　トプコン照度計



図－5．6　測定位置と障害物の関係



写真－５．１　測定状況

（４）測定結果

障害物の輝度対比を求めるための測定（障害物の鉛直面照度、障害物の輝度、背景路面輝度）結果を表－５．６～表－５．１１に示す。また、それぞれの条件下で提示位置毎の障害物の輝度対比の測定値を図－５．７～図－５．９に示す。

１）照明レベル４０km/h相当の場合

カウンタービーム照明では障害物が逆シルエットからシルエットで見える境界が４０mとなっているが、全体的に輝度対比の絶対値は余り大きな値とはなっていない。また、対称照明ではほとんどの障害物が逆シルエットで見えており、輝度対比の値もカウンタービーム照明に比べて絶対値としては高くなっていることが分かる。

２）照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当の場合

４０km/h相当の場合と同様な障害物の見え方になっている。しかし、カウンタービーム照明では坑口より４０m～１２０mの位置で輝度対比は０．５以上と比較的高い値となっている。シャッター全開と３／４開をそれぞれの照明方式で比較すると、シャッターを若干閉じた３／４開では自然光の射し込みが少なくなるため、輝度対比の推移が坑口側へ全体的に移動していることが分かる。

３）照明レベル８０km/h相当の場合

８０km/h相当の場合の輝度対比は、路面の所要輝度が高くなることで、比較的低い路面輝度の６０km/h相当、４０km/h相当の場合の見え方の状態とは異なり、カウンタービーム照明と同様にトンネル内のある位置で逆シルエット状態からシルエット状態に変化していることが分かる。しかし、その移行する位置付近での輝度対比の傾きは、カウンタービーム照明の傾きに比べて小さく、その絶対値も小さいことが分かる。

表－５．６　障害物の視認性実験（走行実験）記録

１．照明方式　カウンタービーム照明
２．設計速度　４０ｋｍ／ｈ相当

§シャッター開度　全開
§観測日時　平成６年１０月３日（月）１０：４０～１２：２０
§天候　晴～曇り

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
□　２０ｍ	716.00	99.00	30.00	51.00	73.00	51.00	51.25	-0.93
○　４０ｍ	242.00	29.70	23.00	30.00	31.00	27.00	27.75	-0.07
□　８０ｍ	62.90	7.90	10.50	14.90	15.00	14.50	13.73	0.42
○　　０ｍ	30000.00	4300.00	70.00	180.00	148.80	1900.00	574.70	-6.48
□　６０ｍ	96.10	13.00	16.00	19.60	22.00	19.40	19.25	0.32
○１２０ｍ	36.60	3.90	1.80	4.70	6.30	4.60	4.35	0.10
□１２０ｍ	36.60	4.10	1.70	5.50	6.30	4.70	4.55	0.10
○　２０ｍ	1163.00	130.00	34.00	58.00	100.00	50.00	60.50	-1.15
○　６０ｍ	123.00	14.00	12.00	19.60	24.00	18.00	18.40	0.24
□　４０ｍ	271.00	33.00	23.00	31.00	31.00	29.50	28.63	-0.15
□　　０ｍ	57300.00	6500.00	128.00	358.00	284.00	131.00	225.25	-27.86
○　８０ｍ	79.00	9.40	8.30	13.50	16.00	12.50	12.58	0.25

§シャッター開度　３／４開
§観測日時　平成６年１０月３日（月）１３：０４～１４：４０
§天候　晴～曇り

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
○　６０ｍ	127.00	14.00	13.00	19.00	23.00	19.00	18.50	0.24
□　　０ｍ	50900.00	30000.00	67.00	201.00	13.03	260.00	135.26	-21.18
○１２０ｍ	23.60	2.60	1.60	2.00	5.10	1.80	2.63	0.01
□　２０ｍ	1192.00	150.00	33.00	56.00	102.00	53.00	61.00	-1.46
□　８０ｍ	61.10	7.50	8.20	12.00	15.00	12.00	11.80	0.36
○　４０ｍ	281.00	33.00	16.00	32.00	33.00	30.00	27.75	-0.19
○　８０ｍ	60.70	7.20	6.50	8.60	15.00	10.00	10.03	0.28
□１２０ｍ	21.90	2.60	1.50	3.20	5.10	2.50	3.08	0.15
□　４０ｍ	169.00	23.00	20.60	29.00	29.00	28.00	26.65	0.14
□　６０ｍ	95.40	12.00	13.00	20.00	23.00	19.00	18.75	0.36
○　２０ｍ	568.00	67.00	28.00	40.00	72.00	51.00	47.75	-0.40
○　　０ｍ	14060.00	1400.00	36.00	88.00	850.00	68.00	260.50	-4.37

表－５．７　障害物の視認性実験（走行実験）記録

１．照明方式　対称照明
２．設計速度　４０ｋｍ／ｈ相当

§シャッター開度　全開
§観測日時　平成６年１０月５日（水）１０：０４～１１：０５
§天候　晴

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
□　４０ｍ	294.00	37.00	20.00	26.00	36.00	26.00	27.00	-0.37
○　６０ｍ	240.00	24.00	7.00	15.00	29.00	19.00	17.50	-0.37
□　８０ｍ	153.00	22.00	5.00	8.20	25.00	8.10	11.58	-0.90
○１２０ｍ	42.00	4.60	1.80	4.50	5.00	4.00	3.83	-0.20
○　２０ｍ	998.00	122.00	30.00	32.00	93.00	39.00	48.50	-1.52
○　８０ｍ	166.00	21.00	5.00	7.00	24.00	7.60	10.90	-0.93
□　２０ｍ	876.00	108.00	31.00	40.00	70.00	44.00	46.25	-1.34
□１２０ｍ	42.00	4.70	1.90	3.20	4.90	4.00	3.50	-0.34
○　４０ｍ	299.00	42.00	16.00	25.00	39.00	26.00	26.50	-0.58
□　６０ｍ	251.00	27.00	7.30	16.00	27.00	20.00	17.58	-0.54

§シャッター開度　３／４開
§観測日時　平成６年１０月５日（水）１３：２０～１４：１５
§天候　曇り

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
○　２０ｍ	549.00	62.00	28.00	31.00	56.00	32.00	36.75	-0.69
□　８０ｍ	198.00	20.00	4.30	6.60	24.00	6.00	10.23	-0.96
□１２０ｍ	39.00	4.30	1.90	4.10	4.90	3.30	3.55	-0.21
○　６０ｍ	184.00	23.00	6.70	16.00	30.00	17.00	17.43	-0.32
□　４０ｍ	308.00	32.00	22.00	24.00	35.00	25.00	26.50	-0.21
○　８０ｍ	203.00	20.00	4.50	5.60	24.00	5.90	10.00	-1.00
○１２０ｍ	41.00	4.00	1.70	3.70	4.90	2.50	3.20	-0.25
□　２０ｍ	523.00	62.00	28.00	34.00	54.00	37.00	38.25	-0.62
□　６０ｍ	233.00	23.00	7.40	16.00	27.00	19.00	17.35	-0.33
○　４０ｍ	225.00	31.00	23.00	23.00	34.00	22.00	25.50	-0.22

表－5.8　障害物の視認性実験（走行実験）記録

1．照明方式　カウンタービーム照明
2．設計速度　６０ｋｍ／ｈ相当（低減係数1/2）

§シャッター開度　全開
§観測日時　平成６年１０月６日（木）１４：２２～１５：５３
§天候　曇り

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
□　２０ｍ	539.00	66.40	39.30	50.00	66.00	42.50	49.45	-0.34
□　８０ｍ	99.60	13.90	33.40	35.10	32.50	31.90	33.23	0.58
○１６０ｍ	25.20	3.06	5.40	4.82	6.91	4.89	5.51	0.44
□　６０ｍ	109.40	13.30	33.00	34.50	31.40	29.90	32.20	0.59
○１２０ｍ	51.30	6.36	10.20	23.70	26.10	18.50	19.63	0.68
□２００ｍ	20.60	2.31	1.46	1.88	5.40	1.64	2.60	0.11
○　４０ｍ	156.00	16.80	34.90	34.50	35.60	31.20	34.05	0.51
□１２０ｍ	50.60	6.58	11.10	21.70	25.90	17.30	19.00	0.65
○　６０ｍ	82.80	10.18	30.60	35.60	30.80	30.70	31.93	0.68
○　２０ｍ	365.00	41.60	36.30	46.20	53.90	37.60	43.50	0.04
○　８０ｍ	72.50	9.05	23.30	29.80	32.70	27.60	28.35	0.68
□　４０ｍ	125.00	15.50	34.00	33.90	35.60	30.60	33.53	0.54
□１６０ｍ	25.00	2.95	4.74	4.82	6.30	4.86	5.18	0.43
○２００ｍ	21.10	2.21	1.75	1.88	5.55	1.88	2.77	0.20

§シャッター開度　３／４開
§観測日時　平成６年１０月６日（木）１１：０７～１２：４０
§天候　曇り

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²)					輝度対比
			L1	L2	L3	L4	平均L	C=(L-Lo)/L
○１２０ｍ	48.80	5.93	12.40	23.00	24.70	19.70	19.95	0.70
○２００ｍ	21.10	2.20	1.75	1.80	5.40	1.75	2.68	0.18
□１６０ｍ	24.00	2.86	4.96	4.61	6.82	4.54	5.23	0.45
□　８０ｍ	74.50	9.70	27.00	34.00	32.90	27.70	30.40	0.68
○　６０ｍ	98.00	11.96	29.30	35.10	30.90	29.40	31.18	0.62
○　４０ｍ	186.00	20.81	35.80	35.50	37.70	29.60	34.65	0.40
□　２０ｍ	735.00	83.50	34.50	51.80	72.70	44.20	50.80	-0.64
□　４０ｍ	150.00	20.70	33.70	33.70	35.00	30.50	33.23	0.38
□１２０ｍ	48.90	6.31	13.20	23.50	24.70	20.70	20.53	0.69
□　６０ｍ	92.70	11.90	35.10	33.30	30.50	28.50	31.85	0.63
□２００ｍ	19.80	2.20	1.51	1.75	5.15	1.58	2.50	0.12
○　２０ｍ	519.00	59.50	34.40	48.40	63.30	40.90	46.75	-0.27
○　８０ｍ	75.50	9.80	26.50	29.60	31.90	26.30	28.58	0.66
○１６０ｍ	23.50	2.88	5.19	4.48	6.33	4.48	5.12	0.44

表－５．９　障害物の視認性実験（走行実験）記録

１．照明方式　対称照明
２．設計速度　６０ｋｍ／ｈ相当（低減係数1/2）

§シャッター開度　全開
§観測日時　平成６年１０月７日（金）１０：０３～１１：２４
§天候　晴

障害物の提示位置（灯口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
○　６０ｍ	350.00	36.60	23.70	27.50	34.20	28.70	28.53	-0.28
○　２０ｍ	2770.00	309.00	38.80	70.50	196.00	75.80	95.28	-2.24
□　８０ｍ	354.00	37.90	20.30	23.00	38.10	28.30	27.43	-0.38
□２００ｍ	41.50	4.28	2.09	3.20	5.28	3.35	3.48	-0.23
○１６０ｍ	68.30	6.77	5.08	6.50	7.58	5.40	6.14	-0.10
□　４０ｍ	762.00	86.50	29.60	34.00	52.60	35.10	37.83	-1.29
□１２０ｍ	204.00	20.00	6.74	11.50	22.20	10.80	12.81	-0.56
○　８０ｍ	355.00	34.60	20.40	25.20	37.90	29.20	28.18	-0.23
○　４０ｍ	740.00	79.20	29.70	28.60	52.10	34.10	36.13	-1.19
○１２０ｍ	206.00	19.60	6.60	13.10	23.50	13.80	14.25	-0.38
□１６０ｍ	67.50	6.95	4.74	6.29	7.64	5.86	6.13	-0.13
○２００ｍ	43.50	4.22	1.79	3.01	5.24	2.04	3.02	-0.40
□　２０ｍ	2500.00	296.40	43.80	67.70	185.00	71.60	92.03	-2.22
□　６０ｍ	353.00	37.60	30.80	27.20	33.30	29.40	30.18	-0.25

§シャッター開度　３／４開
§観測日時　平成６年１０月７日（金）１３：２５～１４：３１
§天候　晴

障害物の提示位置（灯口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
□２００ｍ	40.90	4.11	1.52	3.39	5.38	3.71	3.50	-0.17
○１６０ｍ	67.90	6.55	5.11	5.54	7.21	5.38	5.81	-0.13
□　６０ｍ	298.00	30.50	30.20	25.30	31.20	27.80	28.63	-0.07
○　２０ｍ	1577.00	170.70	29.60	48.20	124.10	55.90	64.45	-1.65
○１２０ｍ	202.00	18.90	6.67	12.00	24.00	17.70	15.09	-0.25
□　４０ｍ	482.00	51.70	26.10	27.80	38.50	27.20	29.90	-0.73
□　８０ｍ	332.00	32.60	20.20	23.10	37.10	23.00	25.85	-0.26
□１６０ｍ	65.40	6.32	5.08	6.00	7.35	5.52	5.99	-0.06
○２００ｍ	41.60	3.94	1.51	2.35	5.45	2.62	2.98	-0.32
○　４０ｍ	460.00	47.90	26.00	25.30	38.20	26.20	28.93	-0.66
□１２０ｍ	200.00	19.40	6.61	15.60	23.60	14.50	15.08	-0.29
□　２０ｍ	1298.00	156.50	32.70	48.70	99.50	47.60	57.13	-1.74
○　８０ｍ	321.00	31.00	19.30	20.70	36.50	24.60	25.28	-0.23
○　６０ｍ	281.00	28.00	20.80	25.80	29.60	27.70	25.98	-0.08

表－５．１０　障害物の視認性実験（走行実験）記録

１．照明方式　カウンタービーム照明
２．設計速度　８０ｋｍ／ｈ相当

§シャッター開度　全開
§観測日時　平成６年１０月１８日（火）９：５０～１２：２０
§天候　晴

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
○２００ｍ	83.70	9.80	21.40	25.00	36.30	21.70	26.10	0.62
□　８０ｍ	233.00	28.70	76.40	86.80	85.90	84.60	83.43	0.66
○３００ｍ	43.90	4.30	31.00	4.60	6.20	3.90	4.45	0.03
□　４０ｍ	640.00	82.80	86.70	87.00	113.10	85.30	93.03	0.11
○１２０ｍ	130.00	15.80	48.20	63.10	57.50	57.80	56.65	0.72
□２４０ｍ	63.50	7.30	10.20	16.90	19.90	15.50	15.63	0.53
○　６０ｍ	318.00	38.70	85.60	84.20	78.20	79.40	81.85	0.53
□　２０ｍ	2520.00	310.20	94.10	156.00	245.00	146.00	160.28	-0.94
○１６０ｍ	132.60	15.30	36.30	36.70	51.00	39.30	42.33	0.64
□１６０ｍ	124.40	15.50	10.60	39.80	51.00	42.90	33.80	0.54
○　４０ｍ	660.00	75.30	87.30	86.80	111.60	82.70	92.10	0.18
○２４０ｍ	65.10	7.20	9.80	13.90	21.20	13.70	14.65	0.51
○　８０ｍ	239.00	28.20	63.30	86.10	85.30	80.30	78.75	0.64
○　２０ｍ	2430.00	266.70	93.00	154.90	244.30	144.10	159.08	-0.68
□　６０ｍ	332.00	41.90	88.90	84.10	77.00	80.50	82.63	0.49
□３００ｍ	43.40	4.30	3.30	4.90	5.70	4.20	4.53	0.05
□１２０ｍ	130.00	16.60	53.80	64.40	58.70	60.20	59.28	0.72
□２００ｍ	81.00	9.50	21.40	31.40	35.00	29.70	29.38	0.68

§シャッター開度　３／４開
§観測日時　平成６年１０月１８日（火）１５：５０～１６：３５
§天候　晴

障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
□　８０ｍ	201.00	22.40	72.23	85.73	73.48	74.60	76.51	0.71
□　４０ｍ	286.00	33.69	85.49	72.30	96.13	69.60	83.38	0.60
○　２０ｍ	573.00	65.33	84.05	115.20	126.30	98.98	106.13	0.38
○１６０ｍ	136.80	15.09	36.08	47.06	55.26	41.99	45.10	0.67
○２４０ｍ	67.20	6.77	8.34	18.36	21.85	12.97	15.38	0.56
□　２０ｍ	472.00	58.32	82.65	114.10	126.70	98.00	105.36	0.45
□２４０ｍ	67.70	7.10	10.18	14.91	22.17	14.98	15.56	0.54
○　８０ｍ	191.20	21.37	63.66	87.93	77.63	79.54	77.19	0.72
□１６０ｍ	135.00	14.91	37.15	43.80	53.79	43.40	44.54	0.67
○　４０ｍ	237.00	26.26	78.43	85.68	94.25	72.38	82.69	0.68

表－５．１１　障害物の視認性実験（走行実験）記録

１．照明方式　対称照明

２．設計速度　８０ｋｍ／ｈ相当

§シャッター開度　全開

§観測日時　平成６年１０月１９日（水）９：５６～１１：３２

§天候　晴

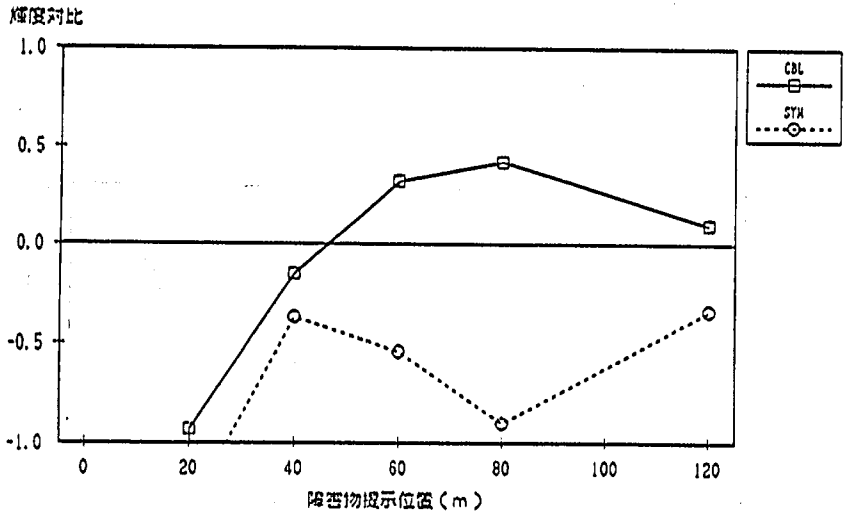
障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
□　２０ｍ	2870.00	340.00	138.00	159.00	217.00	155.00	167.25	-1.03
○３００ｍ	56.40	5.35	3.64	4.49	5.82	4.30	4.56	-0.17
□　８０ｍ	652.00	63.00	59.50	73.00	85.00	79.00	74.13	0.15
○２４０ｍ	124.00	11.30	13.00	21.00	22.00	20.00	19.00	0.41
□　６０ｍ	727.00	74.90	74.70	77.00	93.70	81.80	81.80	0.08
○２００ｍ	187.00	18.40	21.20	23.60	29.70	22.90	24.35	0.24
○１６０ｍ	447.00	40.90	33.60	40.30	56.50	43.70	43.53	0.06
○１２０ｍ	410.00	38.10	45.70	49.60	51.70	79.30	49.08	0.22
□　４０ｍ	1071.00	108.20	78.70	86.80	104.30	94.80	91.15	-0.19
○　６０ｍ	672.00	65.30	61.70	77.30	91.50	79.70	77.55	0.16
□２４０ｍ	118.00	11.70	15.20	22.80	21.90	20.40	20.08	0.42
□１６０ｍ	470.00	42.60	33.90	40.80	53.50	43.50	42.93	0.01
○　４０ｍ	1012.00	103.60	73.30	97.40	104.40	96.10	92.80	-0.12
□１２０ｍ	417.00	38.10	51.60	47.90	50.90	50.00	50.10	0.24
○　８０ｍ	662.00	60.80	49.20	70.80	85.00	77.30	70.58	0.14
□３００ｍ	56.50	5.56	3.01	4.14	7.93	3.20	4.57	-0.22
□２００ｍ	194.00	19.00	21.70	26.00	30.40	23.50	25.40	0.25
○　２０ｍ	2510.00	250.50	86.30	112.20	198.70	133.80	132.75	-0.89

§シャッター開度　３／４開

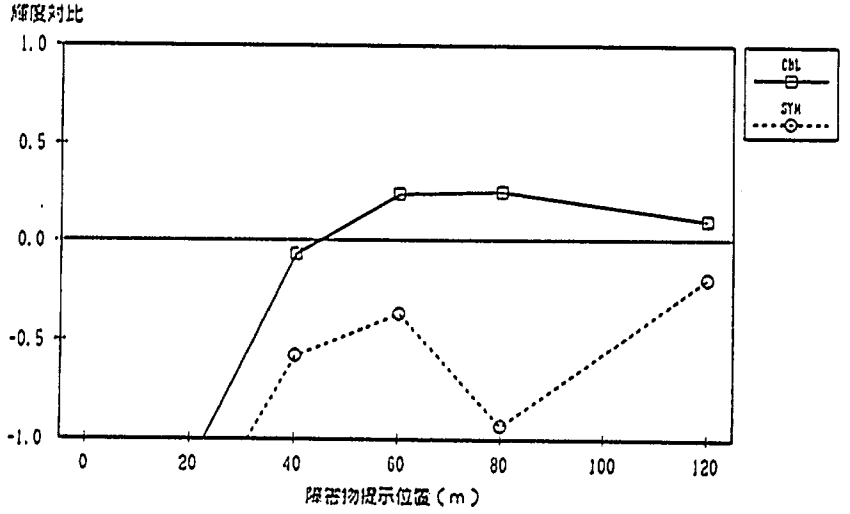
§観測日時　平成６年１０月１９日（水）１４：２８～１５：１４

§天候

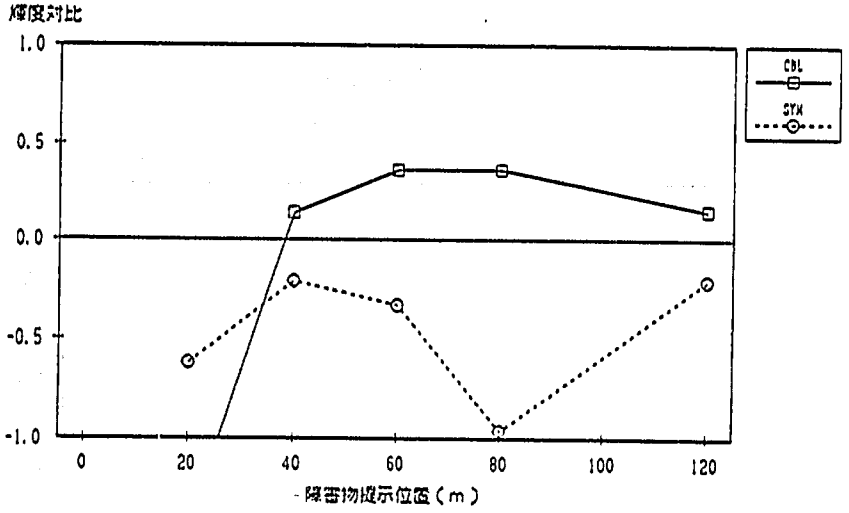
障害物の提示位置（抗口からの距離）	障害物の鉛直面照度 Ev(lx)	障害物の輝度 Lo(cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) L1	L2	L3	L4	平均L	輝度対比 C=(L-Lo)/L
□２４０ｍ	119.00	11.70	12.80	20.60	21.20	20.10	18.68	0.37
○　４０ｍ	746.00	72.30	70.50	82.40	93.40	84.90	82.80	0.13
○１６０ｍ	455.00	42.00	26.40	35.60	59.60	38.80	40.10	-0.05
□　２０ｍ	1087.00	109.40	89.80	100.40	100.40	109.20	104.65	-0.05
□　８０ｍ	614.00	55.40	64.30	70.10	70.10	78.50	73.60	0.25
○　２０ｍ	1101.00	108.70	90.50	96.70	96.70	91.10	99.75	-0.09
○２４０ｍ	120.00	11.00	11.70	22.30	22.30	20.80	19.28	0.43
□１６０ｍ	486.00	43.40	26.50	41.40	41.40	45.70	42.90	-0.01
○　８０ｍ	608.00	56.10	59.80	68.50	68.50	77.90	71.90	0.22
□　４０ｍ	802.00	72.10	69.90	94.10	94.10	90.70	88.68	0.19



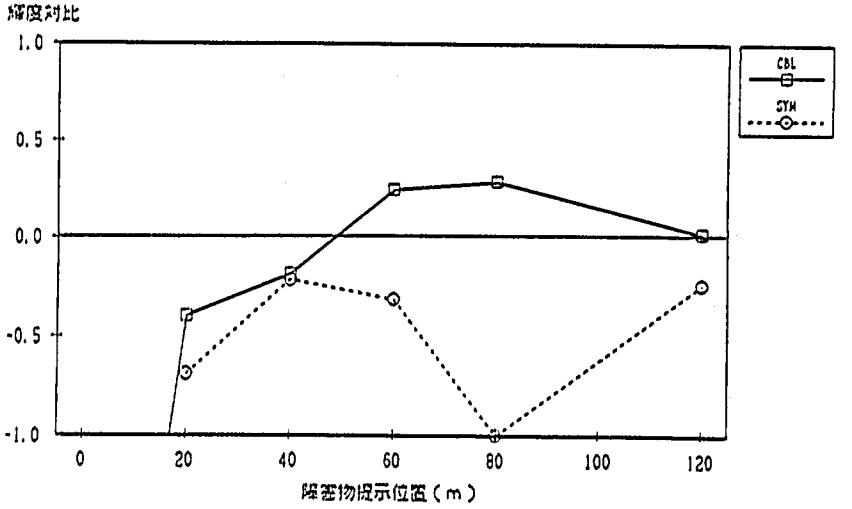
シャッター全開　　立方体



シャッター全開　　円板

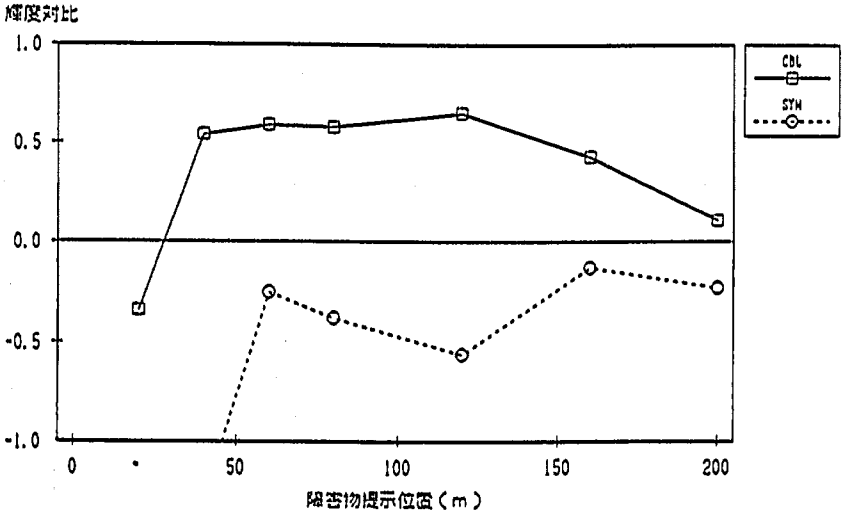


シャッター３／４開　　立方体

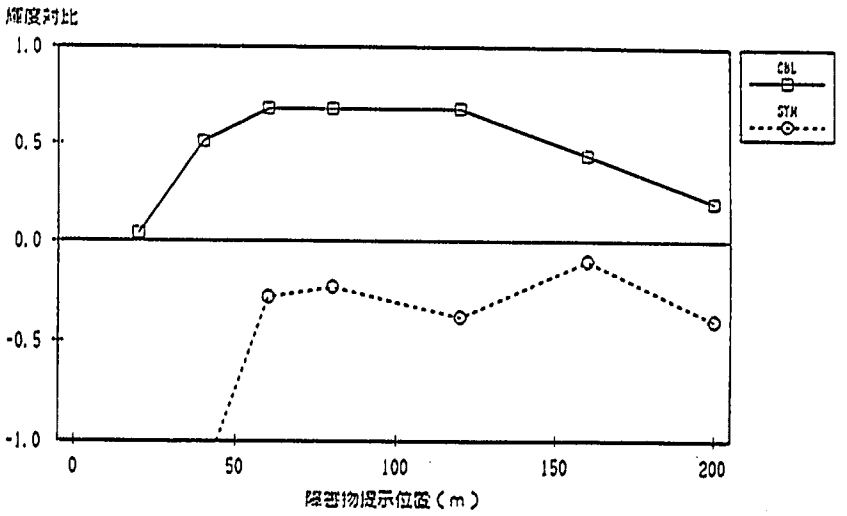


シャッター３／４開　　円板

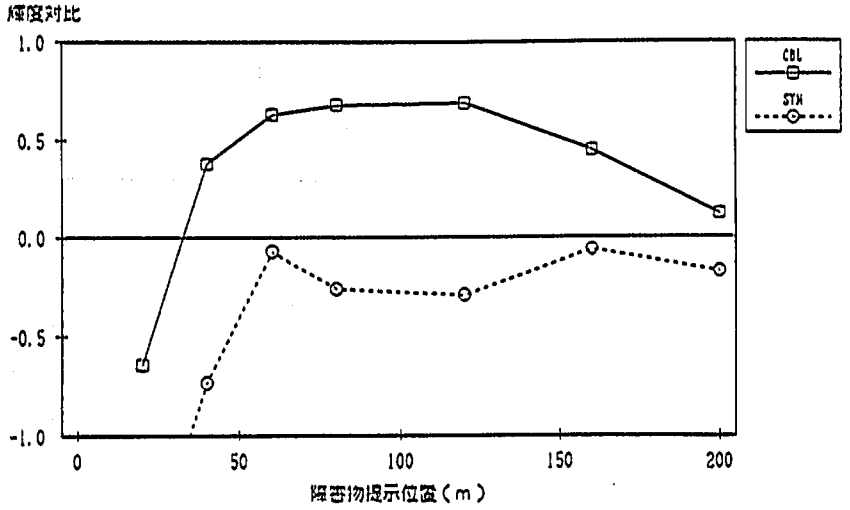
図－５．７ 障害物の提示位置と輝度対比（照明レベル：４０km/h）



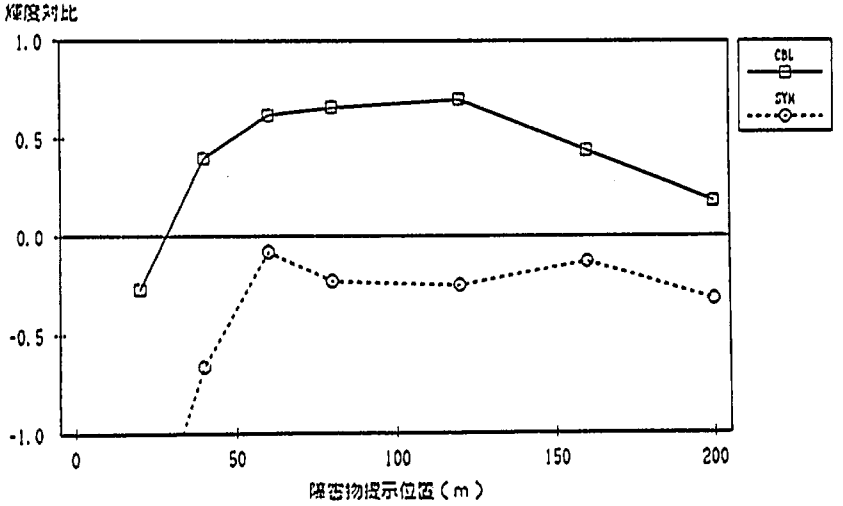
シャッター全開　　立方体



シャッター全開　　円板

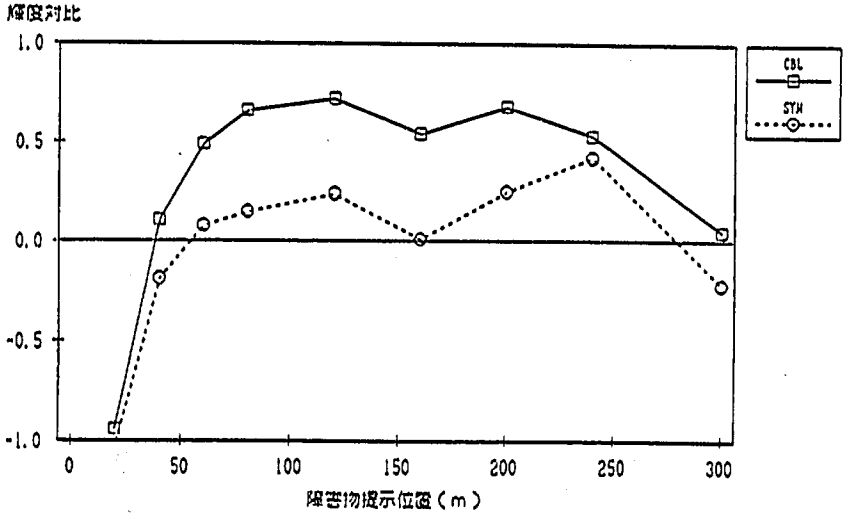


シャッター３／４開　　立方体

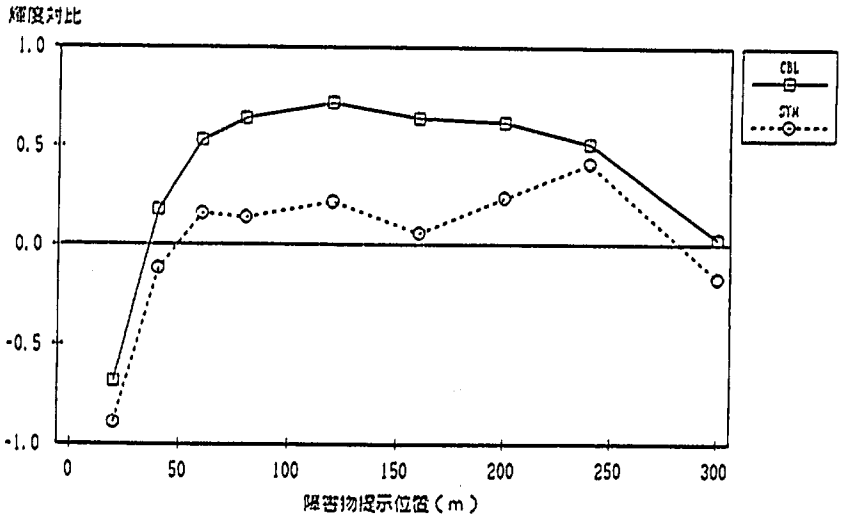


シャッター３／４開　　円板

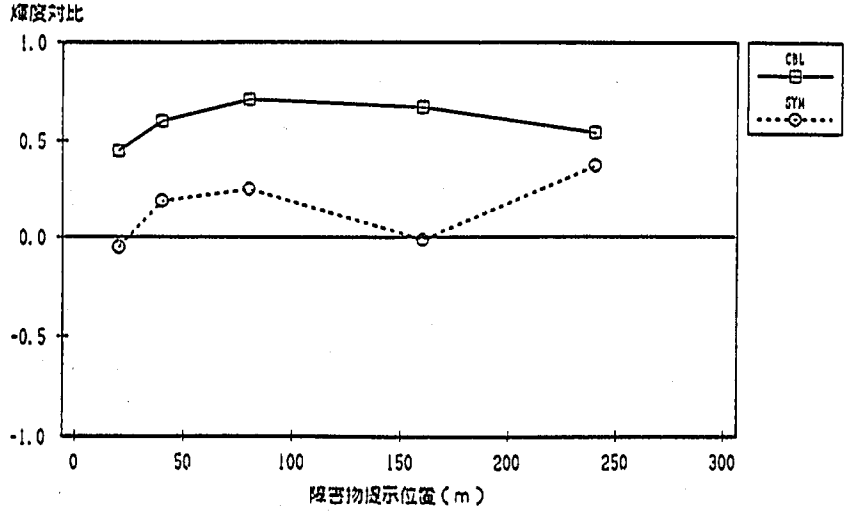
図－５．８ 障害物の提示位置と輝度対比（照明レベル：６０km/h　低減係数１／２）



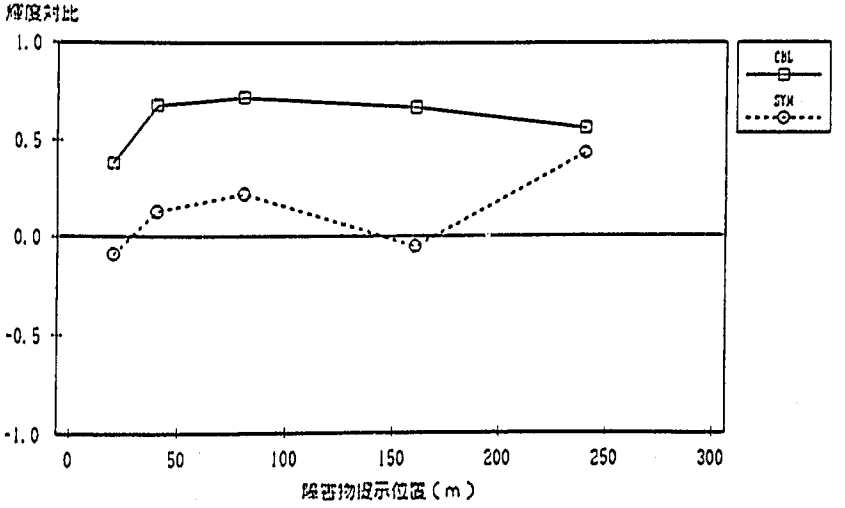
シャッター全開　　立方体



シャッター全開　　円板



シャッター３／４開　　立方体



シャッター３／４開　　円板

図－５．９ 障害物の提示位置と輝度対比（照明レベル：８０km/h）

5．2．3　視認距離および確認距離の測定結果

各照明方式・照明レベルと障害物提示位置および形状の違いによる視認距離及び確認距離の測定結果を表－5．12～表－5．23、図－5．10～図－5．36に示した。

（1）視認距離

1）照明レベル40km/h相当の場合

カウンタービーム照明の場合は、指示位置毎に示した図－5．10、図－5．12から各被験者の結果のばらつきが大きいことが分かる。平均値で見た場合でも視認距離はトンネル坑口から約40m付近が最も低く、所定の視距40mを若干下回っている。これは、輝度対比結果からも予想されるが、輝度対比の絶対値が全体的に低く、障害物の見え方が変化する付近であるので見え方が極端に悪くなるためである。

対称照明では、カウンタービーム照明と同様に結果が大きくばらついている。平均値で見るとトンネル坑口からトンネル内120m付近まで約100前後の視距となっている。

カウンタービーム照明と対称照明で比較すると、対称照明の視認距離が長くなっている。これは、野外の輝度の条件が対称照明の観測時がカウンタービーム照明の観測時に比べて有利であったことによると考えられる。この点については、5．2．4の視認距離及び確認距離と野外の輝度との関係で検討を加えた。

また、障害物の形状（円板か立方体か）の影響は、これらの図を見る限りではあまり無いものと考えられる。

2）照明レベル60km/h（低減係数1／2）相当の場合

40km/h相当の場合と同様に各結果のばらつきが大きく、また、野外輝度の条件が異なるので、そのまま比較することはできないが、輝度対比の絶対値の大きさにより視認距離の結果が左右されているものと考えられる。

3）照明レベル80km/h相当の場合

各結果のばらつきは他の条件と同様に大きいが、平均値で比較するとトンネル内の240m位奥を除き、カウンタービーム照明の方が視認距離が長いことが分かる。

（2）確認距離

1）照明レベル40km/h相当の場合

視認距離の結果と比較すると各結果のばらつきが視認距離のときと比べてやや小さくなっている。視認距離の場合よりも確認距離の方が小さくなっており、照明方式による差が明確に表れていない。

2）照明レベル60km/h（低減係数1／2）相当の場合

40km/h相当の場合と同様な傾向である。

3）照明レベル80km/h相当の場合

確認距離の場合も視認距離の場合と同様にカウンタービーム照明の方がトンネル内の240m位奥を除いて距離が延びていることが分かる。

（3）対称照明との比較

カウンタービーム照明と対称照明の障害物の視認性がどの程度の差があるのか把握するために対称照明の視認距離・確認距離を基準（1）とした場合のカウンタービーム照明の視認距離・確認距離の比率を求めた。その結果を表－5.24、表－5.25および図－5.37、図－5.38に示した。

1）視認距離の比率

照明レベル80km/h相当の場合は対称照明に比較してカウンタービーム照明の方が視認距離、確認距離ともに坑口周辺とトンネルの奥、すなわち基本部照明との接続付近を除き良い結果となっている。この場合の距離の比率としては、視認距離で最大で約2.5倍、確認距離で約2倍であった。

照明レベル60km/h（低減係数1／2）相当、40km/h相当の場合は、野外の条件が異なるためこの図から直接比較はできないが、障害物の位置により効果が異なっていることが分かる。

2）確認距離の比率

確認距離の比率は、視認距離の場合と傾向は同様である。

表－５．１２　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：４０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	－	－	不可	－	23.35	－	63.39	203.52	85.08	103.43	55.05	－	203.52	23.35	88.97	56.94	0.93
	40m	○	－	23.35	不可	－	11.68	－	26.69	28.36	不可	不可	－	－	28.36	11.68	22.52	6.51	0.07
	80m	□	－	60.05	不可	－	51.71	43.37	70.06	70.06	18.35	25.02	58.39	－	70.06	18.35	49.63	18.19	0.42
	0m	○	121.78	103.43	不可	－	178.49	－	201.85	186.83	70.06	60.05	193.51	191.84	201.85	60.05	145.32	53.49	6.48
	60m	□	－	58.39	不可	58.39	41.70	－	81.74	81.74	205.18	206.85	40.04	－	206.85	40.04	96.75	64.73	0.32
	120m	○	不可	18.35	30.03	73.40	30.03	－	108.43	106.76	－	48.38	70.06	－	108.43	18.35	60.68	32.55	0.10
全開２回目	120m	□	60.05	36.70	－	80.07	26.69	46.71	103.43	100.09	68.39	65.06	－	100.09	103.43	26.69	68.73	25.82	0.10
	20m	○	93.42	120.11	－	103.43	－	123.44	176.83	210.19	186.83	116.77	63.39	－	210.19	63.39	132.71	45.44	1.15
	60m	○	36.70	43.37	－	40.04	38.37	41.70	36.70	40.04	25.02	－	40.04	50.05	50.05	25.02	39.20	5.98	0.24
	40m	□	30.03	70.06	23.35	35.03	20.02	30.03	136.79	36.70	60.05	53.38	31.70	－	136.79	20.02	47.92	31.83	0.15
	0m	□	136.79	188.50	180.16	186.83	176.83	170.15	210.19	203.52	200.18	211.86	176.83	不可	211.86	136.79	185.62	20.54	27.86
	80m	○	－	60.05	60.05	66.73	56.72	68.39	91.75	91.75	－	51.71	46.71	80.07	91.75	46.71	67.39	14.98	0.25

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	60m	○	120.11	150.14	－	40.04	38.37	43.37	61.72	56.72	40.04	33.36	45.04	－	150.14	33.36	62.89	37.61	0.24
	0m	□	－	26.69	－	156.81	123.44	171.82	216.86	173.49	198.51	195.18	185.17	201.85	216.86	26.69	164.98	52.47	21.18
	120m	○	86.74	166.82	－	－	21.69	23.35	83.41	55.05	80.07	68.39	16.68	－	166.82	16.68	66.91	44.01	0.01
	20m	□	65.06	65.06	－	－	－	125.11	225.20	203.52	173.49	138.48	76.74	－	225.20	65.06	136.58	59.29	1.46
	80m	□	－	－	－	61.72	58.39	61.72	76.74	70.06	53.38	61.72	35.03	－	76.74	35.03	59.85	11.51	0.36
	40m	○	20.02	30.03	－	23.35	30.03	28.36	75.07	60.05	－	31.70	18.35	15.01	75.07	15.01	33.20	18.28	0.19
3/4２回目	80m	○	60.05	60.05	－	56.72	60.05	－	71.73	71.73	61.72	55.05	43.37	－	71.73	43.37	60.05	8.10	0.28
	120m	□	－	48.38	－	68.39	33.36	－	111.77	110.10	71.73	71.73	23.35	－	111.77	23.35	67.35	30.19	0.15
	40m	□	－	48.38	－	26.69	33.36	26.69	48.38	40.04	16.68	30.03	26.69	40.04	48.38	16.68	33.70	9.81	0.14
	60m	□	50.05	50.05	－	60.05	53.38	50.05	73.40	60.05	63.39	46.71	33.36	91.75	91.75	33.36	57.48	14.64	0.36
	20m	○	－	65.06	－	116.77	65.06	110.10	201.85	198.51	135.12	101.76	53.38	－	201.85	53.38	116.40	51.52	0.40
	0m	○	166.82	191.84	173.49	－	195.18	196.84	218.53	220.20	220.20	233.54	191.84	213.53	233.54	166.82	202.00	19.99	4.37

表－５．１３　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：４０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	23.35	0.00	不可	0.00	10.01	0.00	26.69	126.78	50.05	80.07	13.35	66.73	126.78	0.00	36.09	38.90	0.93
	40m	○	0.00	15.01	不可	0.00	3.34	0.00	20.02	15.01	不可	不可	0.00	5.00	20.02	0.00	6.49	7.52	0.07
	80m	□	43.37	30.03	不可	33.36	33.36	66.73	61.72	60.05	10.01	18.35	21.69	58.39	66.73	10.01	39.73	18.66	0.42
	0m	○	80.07	80.07	不可	76.74	88.41	80.07	183.50	166.82	51.71	38.37	91.75	73.40	183.50	38.37	91.90	42.09	6.48
	60m	□	41.70	33.36	不可	40.04	23.35	20.02	53.38	60.05	98.42	93.42	26.69	48.38	98.42	20.02	48.98	25.10	0.32
	120m	○	不可	10.01	20.02	30.03	10.01	0.00	71.73	86.74	38.37	40.04	6.67	35.03	86.74	0.00	31.70	26.06	0.10
全開２回目	120m	□	36.70	25.02	16.68	30.03	13.35	13.35	66.73	75.07	26.69	13.35	8.34	40.04	75.07	8.34	30.44	20.49	0.10
	20m	○	51.71	80.07	36.70	60.05	16.68	16.68	93.42	123.44	63.39	56.72	43.37	46.71	123.44	16.68	57.41	29.30	1.15
	60m	○	23.35	16.68	23.35	20.02	26.69	16.68	28.36	51.71	11.68	13.35	30.03	36.70	51.71	11.68	24.88	10.69	0.24
	40m	□	23.35	23.35	13.35	20.02	10.01	16.68	30.03	26.69	30.03	38.37	16.68	40.04	40.04	10.01	24.05	9.02	0.15
	0m	□	96.75	125.11	110.10	120.11	68.39	41.70	196.84	191.84	120.11	130.12	60.05	不可	196.84	41.70	114.65	46.62	27.86
	80m	○	63.39	33.36	40.04	33.36	31.70	25.02	63.39	71.73	30.03	28.36	26.69	53.38	71.73	25.02	41.70	15.91	0.25

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	60m	○	80.07	83.41	23.35	20.02	25.02	15.01	43.37	36.70	26.69	21.69	25.02	46.71	83.41	15.01	37.26	21.85	0.24
	0m	□	20.02	13.35	150.14	80.07	76.74	41.70	170.15	166.82	125.11	120.11	28.36	100.09	170.15	13.35	91.05	54.28	21.18
	120m	○	53.38	86.74	30.03	6.67	11.68	10.01	51.71	45.04	20.02	20.02	6.67	40.04	86.74	6.67	31.83	23.36	0.01
	20m	□	43.37	33.36	0.00	186.83	40.04	31.70	130.12	140.13	56.72	68.39	45.04	0.00	186.83	0.00	64.64	55.42	1.46
	80m	□	0.00	0.00	20.02	36.70	28.36	18.35	63.39	60.05	10.01	46.71	21.69	45.04	63.39	0.00	29.19	20.55	0.36
	40m	○	11.68	20.02	0.00	13.35	16.68	10.01	30.03	36.70	13.35	20.02	10.01	6.67	36.70	0.00	15.71	9.59	0.19
3/4２回目	80m	○	30.03	33.36	0.00	30.03	43.37	23.35	63.39	53.38	26.69	36.70	18.35	26.69	63.39	0.00	32.11	15.67	0.28
	120m	□	46.71	23.35	0.00	30.03	21.69	40.04	83.41	81.74	21.69	40.04	10.01	40.04	83.41	0.00	36.56	24.28	0.15
	40m	□	20.02	25.02	0.00	16.68	20.02	13.35	30.03	30.03	8.34	21.69	11.68	28.36	30.03	0.00	18.77	8.86	0.14
	60m	□	33.36	30.03	38.37	26.69	40.04	23.35	53.38	43.37	46.71	31.70	15.01	50.05	53.38	15.01	36.00	10.95	0.36
	20m	○	20.02	38.37	0.00	46.71	38.37	26.69	110.10	100.09	51.71	50.05	30.03	51.71	110.10	0.00	46.99	29.78	0.40
	0m	○	113.44	100.09	90.08	168.48	98.42	70.06	161.81	190.17	100.09	101.76	51.71	96.75	190.17	51.71	111.91	39.23	4.37

表－５．１４　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：６０km/h（低減係数１／２）相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	65.08	127.65	132.66	100.12	110.13	45.05	20.02	35.04	65.08	72.59	50.06	不可	132.66	20.02	74.86	36.06	0.34
	80m	□	110.13	130.16	175.21	125.15	120.14	95.11	55.07	50.06	45.05	40.05	60.07	47.56	175.21	40.05	87.81	42.25	0.58
	160m	○	95.11	45.05	115.14	70.08	100.12	50.06	20.02	35.04	105.13	85.10	55.07	42.55	115.14	20.02	68.21	29.88	0.44
	60m	□	110.13	162.70	127.65	125.15	142.67	115.14	42.55	60.07	102.62	97.62	80.10	72.59	162.70	42.55	103.25	33.43	0.59
	120m	○	135.16	145.17	170.20	85.10	142.67	100.12	60.07	65.08	35.04	57.57	105.13	107.63	170.20	35.04	100.75	39.96	0.68
	200m	□	52.56	60.07	65.08	50.06	50.06	35.04	20.02	22.53	57.57	40.05	－	25.03	65.08	20.02	43.46	15.14	0.11
	40m	○	105.13	160.19	170.20	100.12	125.15	70.08	50.06	45.05	データナシ	データナシ	67.58	55.07	170.20	45.05	94.86	42.92	0.51
全開２回目	120m	□	95.11	145.17	147.68	107.63	165.20	110.13	55.07	90.11	100.12	90.11	105.13	82.60	165.20	55.07	107.84	29.66	0.65
	60m	○	155.19	165.20	195.23	130.16	155.19	145.17	45.05	65.08	100.12	90.11	87.61	65.08	195.23	45.05	116.60	45.43	0.68
	20m	○	－	20.02	－	－	15.02	27.53	27.53	35.04	27.53	20.02	30.04	35.04	35.04	15.02	26.42	6.47	0.04
	80m	○	132.66	180.22	210.25	135.16	205.25	167.70	60.07	65.08	95.11	82.60	100.12	85.10	210.25	60.07	126.61	51.17	0.68
	40m	□	97.62	160.19	155.19	145.17	202.74	120.14	50.06	52.56	65.08	90.11	70.08	47.56	202.74	47.56	104.71	49.26	0.54
	160m	□	62.58	110.13	60.07	55.07	107.63	50.06	17.52	30.04	40.05	60.07	50.06	40.05	110.13	17.52	56.94	26.45	0.43
	200m	○	40.05	52.56	75.09	－	50.06	35.04	25.03	12.52	27.53	45.05	32.54	22.53	75.09	12.52	38.00	16.49	0.20

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	120m	○	105.13	112.64	115.14	110.13	100.12	105.13	55.07	95.11	60.07	65.08	107.63	100.12	115.14	55.07	94.28	20.55	0.70
	200m	○	－	37.55	データナシ	データナシ	45.05	25.03	20.02	－	67.58	65.08	20.02	35.04	67.58	20.02	39.42	17.55	0.18
	160m	□	20.02	35.04	87.61	50.06	65.08	不可	15.02	－	55.07	70.08	－	－	87.61	15.02	49.75	23.49	0.45
	80m	□	不可	77.59	135.16	107.63	95.11	65.08	60.07	62.58	60.07	87.61	65.08	65.08	135.16	60.07	80.10	23.09	0.68
	60m	○	85.10	95.11	120.14	85.10	57.57	65.08	70.08	60.07	45.05	20.02	30.04	60.07	120.14	20.02	66.12	26.64	0.62
	40m	○	40.05	60.07	75.09	－	35.04	27.53	30.04	35.04	75.09	35.04	－	30.04	75.09	27.53	44.30	17.63	0.40
	20m	□	70.08	70.08	95.11	－	15.02	22.53	35.04	45.05	42.55	50.06	－	30.04	95.11	15.02	47.56	23.37	0.64
3/4２回目	40m	□	62.58	70.08	95.11	65.08	70.08	32.54	45.05	37.55	95.11	100.12	65.08	25.03	100.12	25.03	63.62	23.95	0.38
	120m	□	92.61	97.62	100.12	100.12	120.14	100.12	55.07	65.08	90.11	70.08	95.11	65.08	120.14	55.07	87.61	18.48	0.69
	60m	□	107.63	107.63	135.16	102.62	100.12	97.62	50.06	50.06	35.04	47.56	85.10	55.07	135.16	35.04	81.14	30.68	0.63
	200m	□	52.56	55.07	50.06	52.56	62.58	37.55	10.01	22.53	45.05	70.08	42.55	20.02	70.08	10.01	43.39	17.23	0.12
	20m	○	95.11	105.13	115.14	85.10	10.01	15.02	－	－	80.10	95.11	45.05	－	115.14	10.01	71.75	36.63	0.27
	80m	○	80.10	117.64	105.13	115.14	110.13	85.10	65.08	65.08	55.07	－	75.09	77.59	117.64	55.07	86.47	21.01	0.66
	160m	○	57.57	65.08	50.06	80.10	100.12	25.03	－	－	95.11	100.12	50.06	22.53	100.12	22.53	64.58	27.39	0.44

表－５．１５　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：６０km/h（低減係数１／２）相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	40.05	65.08	57.57	70.08	35.04	17.52	10.01	12.52	42.55	37.55	32.54	不可	70.08	10.01	38.23	19.21	0.34
	80m	□	55.07	65.08	97.62	75.09	45.05	32.54	30.04	30.04	10.01	25.03	30.04	20.02	97.62	10.01	42.97	24.50	0.58
	160m	○	27.53	25.03	35.04	40.05	22.53	12.52	7.51	20.02	45.05	50.06	10.01	27.53	50.06	7.51	26.91	13.05	0.44
	60m	□	50.06	92.61	100.12	75.09	65.08	52.56	25.03	35.04	35.04	45.05	45.05	40.05	100.12	25.03	55.07	22.55	0.59
	120m	○	55.07	60.07	72.59	55.07	75.09	45.05	20.02	37.55	17.52	30.04	50.06	75.09	75.09	17.52	49.43	19.26	0.68
	200m	□	27.53	42.55	35.04	30.04	35.04	17.52	10.01	12.52	25.03	15.02	30.04	10.01	42.55	10.01	24.20	10.49	0.11
	40m	○	57.57	65.08	60.07	60.07	52.56	30.04	27.53	25.03	データナシ	データナシ	35.04	30.04	65.08	25.03	44.30	15.23	0.51
全開２回目	120m	□	55.07	102.62	80.10	55.07	97.62	65.08	22.53	45.05	47.56	55.07	55.07	55.07	102.62	22.53	61.32	21.50	0.65
	60m	○	30.04	60.07	105.13	87.61	55.07	60.07	25.03	35.04	32.54	37.55	50.06	45.05	105.13	25.03	51.94	23.03	0.68
	20m	○	45.05	12.52	0.00	45.05	5.01	10.01	10.01	15.02	10.01	10.01	20.02	20.02	45.05	0.00	16.90	13.68	0.04
	80m	○	60.07	67.58	115.14	75.09	105.13	70.08	25.03	37.55	27.53	50.06	55.07	35.04	115.14	25.03	60.28	27.37	0.68
	40m	□	60.07	72.59	92.61	77.59	70.08	40.05	17.52	30.04	22.53	45.05	30.04	30.04	92.61	17.52	49.02	23.65	0.54
	160m	□	22.53	57.57	27.53	15.02	35.04	15.02	7.51	20.02	10.01	30.04	25.03	20.02	57.57	7.51	23.78	12.78	0.43
	200m	○	20.02	25.03	25.03	25.03	35.04	17.52	12.52	5.01	10.01	22.53	15.02	12.52	35.04	5.01	18.77	7.95	0.20

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	120m	○	85.10	65.08	65.08	70.08	50.06	45.05	20.02	47.56	25.03	35.04	47.56	45.05	85.10	20.02	50.06	18.02	0.70
	200m	○	20.02	27.53	データナシ	データナシ	35.04	17.52	7.51	0.00	40.05	32.54	5.01	20.02	40.05	0.00	20.52	12.75	0.18
	160m	□	10.01	22.53	40.05	30.04	25.03	不可	7.51	0.00	42.55	52.56	10.01	0.00	52.56	0.00	21.84	17.11	0.45
	80m	□	不可	55.07	82.60	85.10	65.08	50.06	40.05	40.05	42.55	30.04	27.53	35.04	85.10	27.53	50.29	18.90	0.68
	60m	○	42.55	60.07	62.58	60.07	40.05	32.54	37.55	35.04	20.02	10.01	12.52	30.04	62.58	10.01	36.92	16.95	0.62
	40m	○	22.53	25.03	20.02	70.08	25.03	10.01	12.52	20.02	22.53	20.02	20.02	20.02	70.08	10.01	23.99	14.54	0.40
	20m	□	45.05	52.56	25.03	65.08	7.51	10.01	17.52	22.53	22.53	22.53	15.02	17.52	65.08	7.51	26.91	17.04	0.64
3/4２回目	40m	□	35.04	25.03	40.05	35.04	27.53	12.52	20.02	20.02	45.05	45.05	25.03	15.02	45.05	12.52	28.78	10.69	0.38
	120m	□	67.58	65.08	45.05	65.08	102.62	62.58	25.03	27.53	40.05	45.05	40.05	35.04	102.62	25.03	51.73	20.92	0.69
	60m	□	65.08	62.58	60.07	70.08	60.07	47.56	25.03	30.04	7.51	20.02	37.55	35.04	70.08	7.51	43.39	19.53	0.63
	200m	□	40.05	40.05	27.53	22.53	40.05	15.02	25.03	10.01	12.52	40.05	27.53	10.01	40.05	10.01	25.86	11.62	0.12
	20m	○	37.55	72.59	35.04	40.05	5.01	45.05	10.01	0.00	35.04	40.05	25.03	0.00	72.59	0.00	28.78	20.78	0.27
	80m	○	55.07	55.07	60.07	65.08	67.58	42.55	30.04	37.55	10.01	40.05	42.55	55.07	67.58	10.01	46.72	15.68	0.66
	160m	○	30.04	20.02	22.53	35.04	35.04	10.01	0.00	0.00	20.02	62.58	15.02	10.01	62.58	0.00	21.69	16.74	0.44

表－５．１６　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：８０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	200m	○	195.54	116.66	181.09	109.99	－	157.76	122.21	166.65	163.32	不可	156.65	179.98	195.54	109.99	154.98	27.81	0.62
	80m	□	195.54	124.43	211.09	147.76	173.32	75.55	88.88	166.65	108.88	147.76	174.43	204.42	211.09	75.55	151.56	42.61	0.66
	300m	○	119.99	－	－	57.77	83.33	不可	11.11	不可	42.22	56.66	104.43	128.88	128.88	11.11	75.55	38.16	0.03
	40m	□	122.21	62.22	96.66	28.89	71.10	79.99	51.11	116.66	97.77	51.11	119.99	125.54	125.54	28.89	85.27	31.27	0.11
	120m	○	191.09	135.54	193.31	168.87	225.53	222.20	171.09	226.64	126.65	186.65	293.30	179.98	293.30	126.65	193.41	42.90	0.72
	240m	□	155.54	99.99	117.77	71.10	149.98	146.65	122.21	123.32	111.10	118.88	208.87	208.87	208.87	71.10	136.19	39.17	0.53
	60m	○	175.54	119.99	141.10	134.43	137.76	153.32	131.10	147.76	103.32	151.10	268.86	193.31	268.86	103.32	154.80	41.14	0.53
	20m	□	132.21	109.99	173.32	135.54	124.43	183.32	132.21	168.87	97.77	159.98	226.64	231.09	231.09	97.77	156.28	40.73	0.94
	160m	○	186.65	151.10	131.10	147.76	157.76	204.42	141.10	186.65	133.32	142.21	177.76	144.43	204.42	131.10	158.69	23.07	0.64
全開２回目	160m	□	195.54	141.10	174.43	129.99	144.43	224.42	155.54	158.87	144.43	62.22	258.86	173.32	258.86	62.22	163.59	47.21	0.54
	40m	○	77.77	48.88	134.43	27.78	46.66	36.66	30.00	113.32	46.66	26.66	131.10	106.66	134.43	26.66	68.88	39.85	0.18
	240m	○	124.43	128.88	135.54	97.77	116.66	125.54	146.65	92.21	102.21	146.65	213.31	204.42	213.31	92.21	136.19	36.60	0.51
	80m	○	143.32	155.54	175.54	171.09	161.09	192.20	142.21	219.98	102.21	186.65	164.43	184.43	219.98	102.21	166.56	28.53	0.64
	20m	○	143.32	111.10	168.87	124.43	不可	235.53	177.76	204.42	115.54	222.20	233.31	222.20	235.53	111.10	178.06	46.23	0.68
	60m	□	153.32	75.55	117.77	151.10	－	179.98	133.32	255.53	93.32	158.87	236.64	157.76	255.53	75.55	155.74	51.70	0.49
	300m	□	66.66	－	不可	69.99	47.77	40.00	44.44	不可	38.88	47.77	119.99	83.33	119.99	38.88	62.09	25.02	0.05
	120m	□	208.87	154.43	174.43	164.43	－	203.31	197.76	218.87	95.55	194.42	242.20	173.32	242.20	95.55	184.33	37.15	0.72
	200m	□	164.43	153.32	144.43	134.43	－	178.87	164.43	191.09	163.32	162.21	186.65	193.31	193.31	134.43	166.95	18.11	0.68

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	80m	□	231.09	149.98	不可	不可	259.97	291.08	177.76	271.08	146.65	266.64	308.86	296.64	308.86	146.65	239.98	57.80	0.71
	40m	□	217.76	133.32	不可	不可	202.20	253.31	183.32	185.54	148.87	264.42	252.20	266.64	266.64	133.32	210.76	45.68	0.60
	20m	○	155.54	197.76	233.31	171.09	224.42	164.43	202.20	176.65	119.99	243.31	251.09	246.64	251.09	119.99	198.87	40.19	0.38
	160m	○	244.42	186.65	215.53	187.76	277.75	237.75	174.43	237.75	153.32	231.09	348.85	308.86	348.85	153.32	233.68	54.49	0.67
	240m	○	153.32	103.32	173.32	147.76	175.54	106.66	96.66	144.43	79.99	164.43	235.53	222.20	235.53	79.99	150.26	46.35	0.56
3/4２回目	20m	□	153.32	151.10	204.42	168.87	228.87	262.20	146.65	242.20	139.99	262.20	265.53	264.42	265.53	139.99	207.48	50.11	0.45
	240m	□	141.10	71.10	119.99	75.55	173.32	－	106.66	186.65	92.21	164.43	193.31	195.54	195.54	71.10	138.17	45.20	0.54
	80m	○	263.31	184.43	277.75	239.98	296.64	302.19	273.31	296.64	219.98	326.63	326.63	326.63	326.63	184.43	277.84	42.99	0.72
	160m	□	206.65	182.20	235.53	179.98	246.64	253.31	202.20	242.20	203.31	122.21	337.74	305.52	337.74	122.21	226.46	55.22	0.67
	40m	○	253.31	177.76	228.87	179.98	255.53	262.20	204.42	214.42	242.20	274.42	273.31	275.53	275.53	177.76	236.83	34.00	0.68

表－５．１７　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：８０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	200m	○	119.99	56.66	107.77	49.99	164.43	111.10	20.00	53.33	42.22	不可	95.55	111.10	164.43	20.00	84.74	41.13	0.62
	80m	□	133.32	65.55	114.43	76.66	83.33	41.11	54.44	106.66	49.99	66.66	142.21	86.66	142.21	41.11	85.08	31.38	0.66
	300m	○	34.44	47.77	0.00	40.00	31.11	不可	1.11	不可	13.33	26.66	73.33	68.88	73.33	0.00	33.66	23.91	0.03
	40m	□	72.22	30.00	53.33	12.22	46.66	26.66	33.33	79.99	34.44	16.66	107.77	82.21	107.77	12.22	49.62	28.56	0.11
	120m	○	104.43	57.77	89.99	99.99	151.10	106.66	124.43	88.88	42.22	131.10	228.87	106.66	228.87	42.22	111.01	45.44	0.72
	240m	□	97.77	40.00	35.55	37.77	62.22	64.44	63.33	49.99	42.22	42.22	166.65	129.99	166.65	35.55	69.34	39.70	0.53
	60m	○	132.21	55.55	53.33	57.77	55.55	68.88	42.22	81.10	33.33	84.44	148.87	91.10	148.87	33.33	75.36	33.52	0.53
	20m	□	84.44	84.44	86.66	68.88	72.22	115.54	73.33	82.21	44.44	103.32	172.21	156.65	172.21	44.44	95.36	35.28	0.94
	160m	○	131.10	77.77	59.99	66.66	57.77	105.55	44.44	53.33	55.55	65.55	137.76	99.99	137.76	44.44	79.62	30.08	0.64
全開２回目	160m	□	111.10	91.10	75.55	75.55	66.66	91.10	46.66	79.99	75.55	219.98	148.87	122.21	219.98	46.66	100.36	44.45	0.54
	40m	○	51.11	25.55	20.00	12.22	27.78	26.66	11.11	62.22	15.55	13.33	82.21	57.77	82.21	11.11	33.79	22.55	0.18
	240m	○	66.66	46.66	40.00	48.88	62.22	46.66	17.78	34.44	18.89	43.33	113.32	116.66	116.66	17.78	54.62	30.33	0.51
	80m	○	75.55	71.10	71.10	83.33	68.88	91.10	37.77	82.21	56.66	66.66	96.66	113.32	113.32	37.77	76.20	18.62	0.64
	20m	○	97.77	55.55	86.66	81.10	不可	133.32	55.55	79.99	44.44	73.33	143.32	163.32	163.32	44.44	92.21	36.95	0.68
	60m	□	91.10	38.88	46.66	75.55	64.44	93.32	54.44	108.88	40.00	54.44	148.87	77.77	148.87	38.88	74.53	30.95	0.49
	300m	□	23.33	0.00	不可	25.55	22.22	20.00	15.55	不可	11.11	27.78	40.00	43.33	43.33	0.00	22.89	12.11	0.05
	120m	□	101.10	75.55	91.10	95.55	162.21	121.10	48.88	103.32	52.22	79.99	122.21	104.43	162.21	48.88	96.47	29.84	0.72
	200m	□	96.66	94.44	75.55	73.33	168.87	97.77	46.66	62.22	42.22	82.21	129.99	137.76	168.87	42.22	92.31	36.10	0.68

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	80m	□	124.43	99.99	不可	不可	85.55	136.65	67.77	122.21	76.66	108.88	199.98	259.97	259.97	67.77	128.21	56.51	0.71
	40m	□	157.76	68.88	不可	不可	102.21	108.88	68.88	93.32	57.77	122.21	173.32	139.99	173.32	57.77	109.32	37.13	0.60
	20m	○	98.88	112.21	62.22	72.22	65.55	81.10	44.44	68.88	36.66	88.88	158.87	125.54	158.87	36.66	84.62	33.37	0.38
	160m	○	131.10	73.33	83.33	63.33	68.88	133.32	48.88	57.77	45.55	88.88	213.31	164.43	213.31	45.55	97.68	49.82	0.67
	240m	○	73.33	41.11	56.66	66.66	59.99	44.44	7.78	51.11	13.33	66.66	132.21	156.65	156.65	7.78	64.16	41.04	0.56
3/4２回目	20m	□	99.99	97.77	75.55	97.77	75.55	119.99	57.77	101.10	49.99	88.88	191.09	162.21	191.09	49.99	101.47	38.90	0.45
	240m	□	82.21	24.44	51.11	36.66	53.33	84.44	33.33	59.99	35.55	43.33	88.88	117.77	117.77	24.44	59.25	27.04	0.54
	80m	○	122.21	112.21	121.10	111.10	109.99	124.43	91.10	102.21	47.77	133.32	195.54	191.09	195.54	47.77	121.84	38.22	0.72
	160m	□	79.99	63.33	119.99	95.55	105.55	98.88	71.10	86.66	115.54	91.10	199.98	179.98	199.98	63.33	108.97	39.75	0.67
	40m	○	101.10	77.77	48.88	107.77	99.99	119.99	75.55	92.21	53.33	134.43	188.87	168.87	188.87	48.88	105.73	40.66	0.68

表－５．１８　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（対称照明、照明レベル：４０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	40m	□	113.44	56.72	156.81	110.10	143.46	120.11	173.49	195.18	46.71	36.70	不可	133.45	195.18	36.70	116.92	49.50	0.37
	60m	○	100.09	45.04	131.79	116.77	141.79	106.76	146.80	130.12	43.37	53.38	151.80	103.43	151.80	43.37	105.93	37.48	0.37
	80m	□	－	68.39	不可	106.76	110.10	100.09	不可	125.11	76.74	不可	150.14	不可	150.14	68.39	105.33	25.73	0.90
	120m	○	－	18.35	83.41	76.74	－	95.09	93.42	96.75	不可	不可	96.75	53.38	96.75	18.35	76.74	26.02	0.20
	20m	○	－	120.11	150.14	158.48	－	－	220.20	206.85	86.74	不可	70.06	161.81	220.20	70.06	146.80	49.46	1.52
全開２回目	80m	○	不可	90.08	－	108.43	－	133.45	153.47	163.48	86.74	不可	193.51	－	193.51	86.74	132.74	37.02	0.93
	20m	□	－	120.11	196.84	161.81	213.53	180.16	216.86	220.20	76.74	－	180.16	－	220.20	76.74	174.05	45.52	1.34
	120m	□	－	21.69	不可	96.75	90.08	83.41	－	96.75	66.73	－	113.44	81.74	113.44	21.69	81.32	25.88	0.34
	40m	○	90.08	58.39	－	141.79	143.46	66.73	176.83	151.80	40.04	30.03	88.41	45.04	176.83	30.03	93.87	48.98	0.58
	60m	□	46.71	56.72	90.08	56.72	53.38	不可	143.46	143.46	43.37	28.36	176.83	113.44	176.83	28.36	86.59	47.75	0.54

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	20m	○	46.71	50.05	110.10	96.75	71.73	143.46	93.42	103.43	46.71	50.05	108.43	83.41	143.46	46.71	83.69	29.83	0.69
	80m	□	138.46	83.41	156.81	133.45	161.81	151.80	163.48	173.49	126.78	76.74	160.14	116.77	173.49	76.74	136.93	30.04	0.96
	120m	□	93.42	53.38	－	96.75	不可	不可	96.75	103.43	86.74	20.02	不可	70.06	103.43	20.02	77.57	26.68	0.21
	60m	○	146.80	43.37	120.11	43.37	116.77	121.78	120.11	123.44	93.42	53.38	186.83	83.41	186.83	43.37	104.40	41.35	0.32
	40m	□	46.71	38.37	－	90.08	100.09	111.77	128.45	126.78	30.03	43.37	146.80	113.44	146.80	30.03	88.72	39.86	0.21
3/4２回目	80m	○	156.81	90.08	130.12	150.14	158.48	166.82	150.14	151.80	118.44	100.09	208.52	173.49	208.52	90.08	146.24	31.20	1.00
	120m	○	78.40	50.05	100.09	90.08	100.09	98.42	100.09	106.76	46.71	43.37	100.09	55.05	106.76	43.37	80.77	23.69	0.25
	20m	□	－	83.41	146.80	133.45	143.46	161.81	203.52	190.17	66.73	63.39	148.47	118.44	203.52	63.39	132.70	44.23	0.33
	60m	□	70.06	53.38	－	93.42	163.48	－	165.15	156.81	53.38	36.70	93.42	56.72	165.15	36.70	94.25	47.31	0.31
	40m	○	－	53.38	106.76	143.46	100.09	118.44	146.80	130.12	46.71	30.03	133.45	60.05	146.80	30.03	97.21	40.35	0.22

表－５．１９　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

（対称照明、照明レベル：４０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	40m	□	36.70	40.04	66.73	51.71	60.05	58.39	70.06	58.39	21.69	21.69	不可	58.39	70.06	21.69	49.44	16.16	0.37
	60m	○	45.04	30.03	41.70	43.37	46.71	33.36	65.06	50.05	16.68	36.70	46.71	30.03	65.06	16.68	40.45	11.74	0.37
	80m	□	106.76	53.38	不可	65.06	70.06	60.05	不可	70.06	36.70	不可	73.40	不可	106.76	36.70	66.94	18.70	0.90
	120m	○	10.01	6.67	26.69	23.35	10.01	38.37	30.03	30.03	不可	不可	50.05	6.67	50.05	6.67	23.19	13.97	0.20
	20m	○	106.76	120.11	93.42	106.76	120.11	91.75	96.75	96.75	46.71	不可	55.05	96.75	120.11	46.71	93.72	22.30	1.52
全開２回目	80m	○	不可	60.05	0.00	60.05	130.12	66.73	86.74	66.73	40.04	不可	125.11	125.11	130.12	0.00	76.07	39.52	0.93
	20m	□	93.42	66.73	78.40	110.10	91.75	123.44	98.42	90.08	43.37	40.04	105.09	38.37	123.44	38.37	81.60	27.39	1.34
	120m	□	0.00	13.35	不可	18.35	23.35	31.70	40.04	26.69	23.35	13.35	60.05	20.02	60.05	0.00	24.57	14.99	0.34
	40m	○	30.03	30.03	33.36	85.08	38.37	30.03	63.39	46.71	25.02	23.35	43.37	26.69	85.08	23.35	39.62	17.46	0.58
	60m	□	40.04	40.04	56.72	36.70	33.36	不可	63.39	60.05	23.35	20.02	66.73	43.37	66.73	20.02	43.98	15.11	0.54

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/41回目	20m	○	30.03	31.70	43.37	46.71	33.36	43.37	48.38	45.04	26.69	30.03	46.71	35.03	48.38	26.69	38.37	7.58	0.69
	80m	□	68.39	56.72	76.74	75.07	63.39	66.73	96.75	73.40	63.39	53.38	76.74	73.40	96.75	53.38	70.34	10.83	0.96
	120m	□	23.35	6.67	0.00	16.68	不可	不可	56.72	31.70	26.69	10.01	不可	30.03	56.72	0.00	22.43	15.91	0.21
	60m	○	33.36	31.70	46.71	30.03	53.38	43.37	60.05	55.05	36.70	28.36	65.06	38.37	65.06	28.36	43.51	11.92	0.32
	40m	□	23.35	18.35	58.39	40.04	35.03	33.36	46.71	45.04	13.35	23.35	46.71	46.71	58.39	13.35	35.87	13.21	0.21
3/42回目	80m	○	80.07	58.39	70.06	63.39	65.06	63.39	80.07	70.06	68.39	63.39	123.44	75.07	123.44	58.39	73.40	16.43	1.00
	120m	○	26.69	18.35	36.70	23.35	23.35	41.70	50.05	48.38	18.35	18.35	61.72	23.35	61.72	18.35	32.53	14.15	0.25
	20m	□	0.00	48.38	56.72	63.39	73.40	85.08	83.41	81.74	35.03	35.03	66.73	53.38	85.08	0.00	56.86	23.81	0.33
	60m	□	26.69	33.36	0.00	46.71	51.71	113.44	50.05	53.38	26.69	23.35	43.37	38.37	113.44	0.00	42.26	25.95	0.31
	40m	○	45.04	33.36	38.37	46.71	30.03	63.39	43.37	45.04	23.35	20.02	50.05	33.36	63.39	20.02	39.34	11.61	0.22

表－５．２０　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（対称照明、照明レベル：６０km/h（低減係数１／２）相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	60m	○	67.58	55.07	50.06	42.55	37.55	40.05	70.08	125.15	37.55	32.54	40.05	50.06	125.15	32.54	54.02	24.26	0.28
	20m	○	165.20	180.22	200.24	197.74	170.20	42.55	125.15	45.05	ｱｰｸﾅｼ	ｱｰﾀﾅｼ	181.70	201.71	201.71	42.55	150.98	57.62	2.24
	80m	□	55.07	95.11	140.17	95.11	80.10	72.59	70.08	55.07	100.12	不可	71.68	43.34	140.17	43.34	79.86	25.75	0.38
	200m	□	－	－	－	97.62	120.14	95.11	－	不可	57.57	不可	43.34	130.03	130.03	43.34	90.64	31.15	0.23
	160m	○	20.02	97.62	100.12	130.16	100.12	92.61	27.53	15.02	40.05	112.64	84.18	100.85	130.16	15.02	76.74	38.03	0.10
	40m	□	127.65	160.19	160.19	140.17	177.71	110.13	117.64	67.58	25.03	107.63	120.02	126.69	177.71	25.03	120.05	39.89	1.29
	120m	□	95.11	97.62	102.62	107.63	110.13	95.11	107.63	不可	65.08	120.14	103.35	97.52	120.14	65.08	100.18	13.22	0.56
全開２回目	80m	○	120.14	77.59	175.21	115.14	172.71	32.54	82.60	25.03	85.10	75.09	58.35	62.51	175.21	25.03	90.17	45.99	0.23
	40m	○	170.20	160.19	140.17	160.19	227.77	160.19	150.18	77.59	55.07	42.55	126.69	124.19	227.77	42.55	132.92	50.31	1.19
	120m	○	117.64	125.15	145.17	150.18	107.63	107.63	120.14	30.04	75.09	125.15	108.36	106.69	150.18	30.04	109.91	30.43	0.38
	160m	□	95.11	112.64	95.11	120.14	120.14	115.14	50.06	12.52	92.61	105.13	110.86	113.36	120.14	12.52	95.23	30.96	0.13
	200m	○	145.17	－	130.16	140.17	152.68	137.67	82.60	7.51	25.03	95.11	110.02	128.36	152.68	7.51	104.95	46.61	0.40
	20m	□	155.19	210.25	230.28	195.23	205.25	197.74	147.68	65.08	90.11	37.55	90.11	137.67	230.28	37.55	146.84	60.93	2.22
	60m	□	85.10	50.06	35.04	45.05	32.54	45.05	47.56	40.05	32.54	30.04	40.05	－	85.10	30.04	43.92	14.49	0.25

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	200m	□	130.16	100.12	－	115.14	160.19	150.18	55.07	不可	45.05	67.58	82.60	110.13	160.19	45.05	101.62	37.08	0.17
	160m	○	135.16	－	－	177.71	145.17	－	65.08	－	32.54	110.13	72.59	110.13	177.71	32.54	106.06	44.37	0.13
	60m	□	25.03	45.05	－	－	17.52	40.05	20.02	不可	15.02	35.04	35.04	35.04	45.05	15.02	29.76	10.04	0.07
	20m	○	220.26	195.23	160.19	210.25	207.75	200.24	95.11	55.07	75.09	130.16	125.15	125.15	220.26	55.07	149.97	54.65	1.65
	120m	○	100.12	100.12	125.15	115.14	112.64	110.13	110.13	不可	82.60	90.11	100.12	105.13	125.15	82.60	104.67	11.34	0.25
	40m	□	150.18	135.16	145.17	125.15	105.13	105.13	72.59	40.05	37.55	35.04	77.59	30.04	150.18	30.04	88.23	43.48	0.73
	80m	□	85.10	70.08	80.10	70.08	67.58	67.58	65.08	不可	－	60.07	65.08	60.07	85.10	60.07	69.08	7.61	0.26
3/4２回目	160m	□	102.62	100.12	100.12	95.11	115.14	120.14	62.58	15.02	20.02	77.59	30.04	35.04	120.14	15.02	72.80	36.99	0.06
	200m	○	165.20	－	－	150.18	180.22	－	75.09	不可	37.55	130.16	85.10	50.06	180.22	37.55	109.19	50.84	0.32
	40m	○	50.06	77.59	95.11	100.12	205.25	85.10	70.08	35.04	55.07	70.08	87.61	82.60	205.25	35.04	84.48	40.73	0.66
	120m	□	105.13	105.13	110.13	105.13	110.13	117.64	97.62	不可	95.11	80.10	137.67	100.12	137.67	80.10	105.81	13.71	0.29
	20m	□	160.19	172.71	182.72	172.71	205.25	142.67	110.13	62.58	95.11	135.16	135.16	140.17	205.25	62.58	142.88	38.17	1.74
	80m	○	92.61	70.08	85.10	70.08	85.10	70.08	70.08	12.52	62.58	60.07	77.59	90.11	92.61	12.52	70.50	20.18	0.23
	60m	○	15.02	－	－	－	30.04	70.08	－	15.02	17.52	37.55	22.53	35.04	70.08	15.02	30.35	17.13	0.08

表－５．２１　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

（対称照明、照明レベル：６０km/h（低減係数１／２）相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	60m	○	40.05	35.04	22.53	17.52	27.53	15.02	25.03	35.04	15.02	22.53	17.52	37.55	40.05	15.02	25.86	8.69	0.28
	20m	○	75.09	65.08	90.11	102.62	112.64	20.02	65.08	15.02	データナシ	データナシ	69.18	59.18	112.64	15.02	67.40	29.89	2.24
	80m	□	37.55	40.05	47.56	55.07	52.56	52.56	30.04	20.02	42.55	不可	34.17	30.01	55.07	20.02	40.19	10.63	0.38
	200m	□	0.00	80.10	102.62	30.04	15.02	20.02	20.02	不可	30.04	不可	13.34	38.34	102.62	0.00	34.95	30.35	0.23
	160m	○	12.52	25.03	40.05	30.04	40.05	20.02	5.01	7.51	12.52	30.04	35.01	32.51	40.05	5.01	24.19	11.88	0.10
	40m	□	95.11	70.08	60.07	60.07	112.64	60.07	65.08	25.03	10.01	37.55	55.01	62.51	112.64	10.01	59.44	26.43	1.29
	120m	□	67.58	37.55	10.01	50.06	77.59	50.06	32.54	不可	30.04	45.05	67.51	33.34	77.59	10.01	45.58	18.88	0.56
全開２回目	80m	○	57.57	45.05	50.06	60.07	50.06	15.02	35.04	10.01	15.02	25.03	35.84	41.68	60.07	10.01	36.70	16.39	0.23
	40m	○	97.62	105.13	57.57	80.10	100.12	55.07	50.06	35.04	12.52	25.03	80.02	61.68	105.13	12.52	63.33	28.82	1.19
	120m	○	80.10	65.08	30.04	45.05	50.06	57.57	35.04	5.01	25.03	40.05	41.68	35.01	80.10	5.01	42.48	18.71	0.38
	160m	□	37.55	27.53	10.01	22.53	62.58	15.02	27.53	5.01	10.01	45.05	26.67	37.51	62.58	5.01	27.25	15.91	0.13
	200m	○	85.10	125.15	70.08	30.04	20.02	32.54	22.53	2.50	10.01	37.55	25.01	36.67	125.15	2.50	41.43	33.63	0.40
	20m	□	125.15	117.64	145.17	100.12	130.16	125.15	62.58	40.05	55.07	22.53	57.57	85.10	145.17	22.53	88.86	38.81	2.22
	60m	□	45.05	30.04	12.52	15.02	20.02	32.54	22.53	20.02	10.01	15.02	22.53	0.00	45.05	0.00	20.44	11.19	0.25

シャッター開度	障害物提示位置	形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	200m	□	55.07	7.51	120.14	45.05	35.04	25.03	7.51	不可	10.01	25.03	5.01	25.03	120.14	5.01	32.77	31.67	0.17
	160m	○	55.07	100.12	135.16	55.07	30.04	127.65	10.01	5.01	5.01	32.54	15.02	20.02	135.16	5.01	49.23	45.01	0.13
	60m	□	12.52	30.04	30.04	27.53	10.01	25.03	12.52	不可	10.01	25.03	10.01	20.02	30.04	10.01	19.34	8.06	0.07
	20m	○	90.11	90.11	85.10	85.10	95.11	107.63	45.05	30.04	30.04	75.09	37.55	65.08	107.63	30.04	69.67	26.19	1.65
	120m	○	50.06	25.03	35.04	85.10	50.06	45.05	30.04	不可	7.51	35.04	17.52	20.02	85.10	7.51	36.41	20.12	0.25
	40m	□	55.07	50.06	45.05	65.08	75.09	37.55	27.53	20.02	20.02	17.52	47.56	7.51	75.09	7.51	39.01	19.96	0.73
	80m	□	37.55	35.04	35.04	37.55	42.55	47.56	30.04	不可	0.00	37.55	35.04	30.04	47.56	0.00	33.45	11.61	0.26
3/4２回目	160m	□	30.04	15.02	12.52	22.53	45.05	25.03	15.02	5.01	10.01	22.53	10.01	15.02	45.05	5.01	18.98	10.44	0.06
	200m	○	40.05	130.16	140.17	75.09	30.04	150.18	12.52	不可	10.01	47.56	25.03	22.53	150.18	10.01	62.12	50.89	0.32
	40m	○	35.04	52.56	35.04	47.56	60.07	35.04	25.03	10.01	25.03	27.53	37.55	50.06	60.07	10.01	36.71	13.45	0.66
	120m	□	50.06	72.59	40.05	45.05	72.59	67.58	15.02	不可	15.02	30.04	50.06	55.07	72.59	15.02	46.65	19.54	0.29
	20m	□	80.10	95.11	87.61	90.11	105.13	95.11	45.05	27.53	40.05	100.12	60.07	105.13	105.13	27.53	77.59	26.11	1.74
	80m	○	40.05	47.56	35.04	40.05	55.07	40.05	25.03	2.50	15.02	32.54	37.55	47.56	55.07	2.50	34.83	14.03	0.23
	60m	○	10.01	15.02	22.53	15.02	20.02	50.06	30.04	5.01	7.51	25.03	5.01	20.02	50.06	5.01	18.77	12.16	0.08

表－５．２２　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

（対称照明、照明レベル：８０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	形状	視測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	114.43	66.66	186.65	183.32	135.54	253.31	257.75	173.32	251.09	95.55	235.53	264.42	264.42	66.66	184.80	66.31	1.03
	300m	○	88.88	68.88	252.20	53.33	151.10	186.65	217.76	155.54	68.88	74.44	59.99	137.76	252.20	53.33	126.28	64.46	0.17
	80m	□	75.55	73.33	113.32	97.77	82.21	106.66	151.10	133.32	69.99	0.00	77.77	95.55	151.10	0.00	89.71	36.19	0.15
	240m	○	137.76	119.99	215.53	104.43	109.99	191.09	204.42	197.76	162.21	124.43	111.10	175.54	215.53	104.43	154.52	39.45	0.41
	60m	□	44.44	54.44	82.21	57.77	44.44	88.88	106.66	57.77	35.55	0.00	53.33	62.22	106.66	0.00	57.31	26.12	0.08
	200m	○	116.66	84.44	148.87	84.44	95.55	115.54	168.87	157.76	88.88	106.66	76.66	162.21	168.87	76.66	117.21	32.30	0.24
	160m	○	124.43	115.54	137.76	86.66	99.99	135.54	208.87	133.32	137.76	139.99	44.44	139.99	208.87	44.44	125.36	37.26	0.06
	120m	○	93.32	104.43	99.99	84.44	99.99	162.21	202.20	146.65	106.66	104.43	106.66	111.10	202.20	84.44	118.51	32.81	0.22
	40m	□	26.66	28.89	76.66	0.00	33.33	79.99	204.42	0.00	20.00	0.00	35.55	75.55	204.42	0.00	48.42	54.74	0.19
全開２回目	60m	○	59.99	75.55	73.33	71.10	71.10	131.10	72.22	127.77	41.11	0.00	48.88	57.77	131.10	0.00	69.16	33.59	0.16
	240m	□	184.43	119.99	199.98	102.21	128.88	166.65	199.98	193.31	177.76	193.31	126.65	168.87	199.98	102.21	163.50	33.32	0.42
	160m	□	136.65	26.66	139.99	97.77	111.10	145.54	182.20	135.54	121.10	131.10	84.44	132.21	182.20	26.66	120.36	36.81	0.01
	40m	○	18.89	0.00	不可	不可	26.66	148.87	147.76	不可	42.22	77.77	22.22	0.00	148.87	0.00	53.82	55.09	0.12
	120m	□	106.66	106.66	125.54	114.43	111.10	208.87	189.98	157.76	88.88	101.10	108.88	107.77	208.87	88.88	127.30	36.14	0.24
	80m	○	93.32	69.99	104.43	89.99	69.99	124.43	144.43	73.33	76.66	78.88	71.10	73.33	144.43	69.99	89.16	23.05	0.14
	300m	□	108.88	75.55	183.32	53.33	97.77	137.76	155.54	137.76	82.21	146.65	121.10	108.88	183.32	53.33	117.40	35.50	0.22
	200m	□	122.21	86.66	151.10	111.10	87.77	168.87	168.87	152.21	106.66	154.43	128.88	159.98	168.87	86.66	133.23	28.81	0.25
	20m	○	195.54	91.10	211.09	131.10	71.10	232.20	248.86	226.64	93.32	136.65	146.65	143.32	248.86	71.10	160.63	57.99	0.89

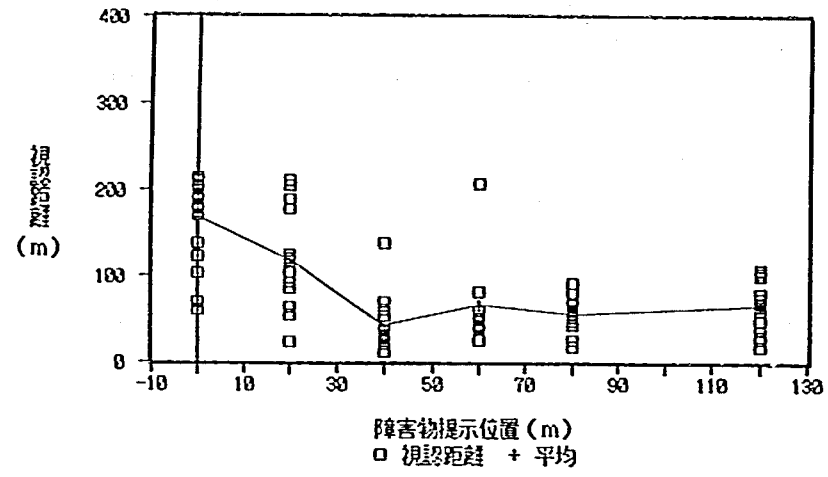
シャッター開度	障害物提示位置	形状	視測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	240m	□	106.66	105.55	172.21	151.10	131.10	183.32	215.53	164.43	124.43	181.09	206.65	135.54	215.53	105.55	156.47	35.19	0.37
	40m	○	124.43	57.77	137.76	104.43	78.88	166.65	247.75	161.09	103.32	115.54	108.88	133.32	247.75	57.77	128.32	46.63	0.13
	160m	○	117.77	133.32	137.76	135.54	113.32	171.09	222.20	231.09	77.77	148.87	131.10	149.98	231.09	77.77	147.49	41.59	0.05
	20m	□	58.88	84.44	93.32	67.77	68.88	149.98	162.21	126.65	79.99	97.77	22.22	93.32	162.21	22.22	92.12	37.44	0.05
	80m	□	128.88	79.99	148.87	146.65	134.43	183.32	215.53	193.31	145.54	124.43	161.09	161.09	215.53	79.99	151.93	33.86	0.25
3/4２回目	20m	○	24.44	66.66	115.54	97.77	35.55	148.87	135.54	108.88	73.33	91.10	82.21	56.66	148.87	24.44	86.38	36.18	0.09
	240m	○	92.21	97.77	187.76	159.98	148.87	208.87	208.87	195.54	135.54	125.54	183.32	162.21	208.87	92.21	158.87	38.43	0.43
	160m	□	119.99	128.88	239.98	115.54	142.21	195.54	267.75	219.98	128.88	154.43	88.88	155.54	267.75	88.88	163.13	52.99	0.01
	80m	○	148.87	117.77	113.32	131.10	128.88	184.43	184.43	153.32	128.88	164.43	117.77	126.65	184.43	113.32	141.65	24.11	0.22
	40m	□	116.66	104.43	173.32	133.32	113.32	不可	215.53	201.09	131.10	196.65	133.32	135.54	215.53	104.43	150.39	37.27	0.19

表－５．２３　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

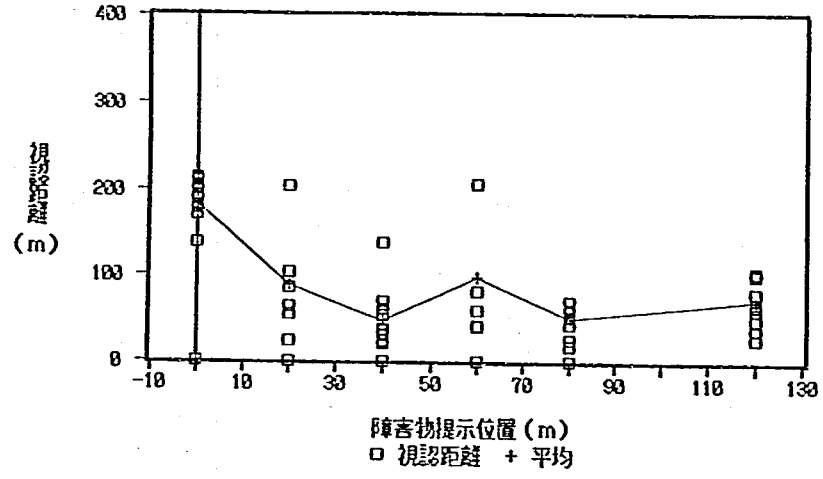
（対称照明、照明レベル：８０km/h相当）

シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
全開１回目	20m	□	73.33	30.00	79.99	97.77	93.32	166.65	204.42	124.43	104.43	47.77	84.44	131.10	204.42	30.00	103.14	46.41	1.03
	300m	○	44.44	21.11	82.21	30.00	57.77	95.55	129.99	65.55	33.33	55.55	30.00	58.88	129.99	21.11	58.70	30.22	0.17
	80m	□	56.66	58.88	55.55	53.33	28.89	84.44	104.43	86.66	49.99	59.99	42.22	53.33	104.43	28.89	61.20	19.94	0.15
	240m	○	98.88	51.11	83.33	49.99	62.22	86.66	73.33	97.77	57.77	98.88	54.44	62.22	98.88	49.99	73.05	18.40	0.41
	60m	□	22.22	33.33	40.00	33.33	15.55	68.88	73.33	31.11	22.22	33.33	31.11	22.22	73.33	15.55	35.55	17.19	0.08
	200m	○	72.22	46.66	67.77	44.44	40.00	64.44	119.99	57.77	35.55	48.88	40.00	62.22	119.99	35.55	58.33	21.88	0.24
	160m	○	40.00	53.33	56.66	34.44	40.00	86.66	135.54	76.66	36.66	59.99	18.89	73.33	135.54	18.89	59.35	29.74	0.06
	120m	○	49.99	64.44	44.44	40.00	37.77	82.21	111.10	85.55	52.22	71.10	55.55	67.77	111.10	37.77	63.51	20.67	0.22
	40m	□	15.55	15.55	42.22	4.44	13.33	42.22	59.99	11.11	7.78	16.66	18.89	31.11	59.99	4.44	23.24	16.20	0.19
全開２回目	60m	○	33.33	44.44	26.66	42.22	26.66	61.11	45.55	49.99	30.00	40.00	25.55	30.00	61.11	25.55	37.96	10.65	0.16
	240m	□	59.99	97.77	95.55	66.66	46.66	88.88	124.43	86.66	83.33	63.33	53.33	65.55	124.43	46.66	77.68	21.39	0.42
	160m	□	41.11	21.11	77.77	46.66	58.88	115.54	114.43	77.77	42.22	75.55	43.33	62.22	115.54	21.11	64.72	27.84	0.01
	40m	○	4.44	37.77	不可	不可	10.00	76.66	49.99	不可	22.22	34.44	10.00	24.44	76.66	4.44	30.00	21.61	0.12
	120m	□	51.11	67.77	62.22	54.44	53.33	101.10	113.32	86.66	42.22	56.66	68.88	79.99	113.32	42.22	69.81	20.65	0.24
	80m	○	30.00	51.11	53.33	38.88	43.33	62.22	92.21	42.22	43.33	42.22	35.55	49.99	92.21	30.00	48.70	15.45	0.14
	300m	□	75.55	49.99	85.55	33.33	37.77	46.66	71.10	49.99	35.55	51.11	45.55	41.11	85.55	33.33	51.94	15.98	0.22
	200m	□	62.22	57.77	82.21	68.88	37.77	102.21	111.10	75.55	51.11	64.44	51.11	52.22	111.10	37.77	68.05	20.76	0.25
	20m	○	82.21	59.99	117.77	88.88	31.11	148.87	148.87	83.33	48.88	61.11	48.88	69.99	148.87	31.11	82.49	36.65	0.89

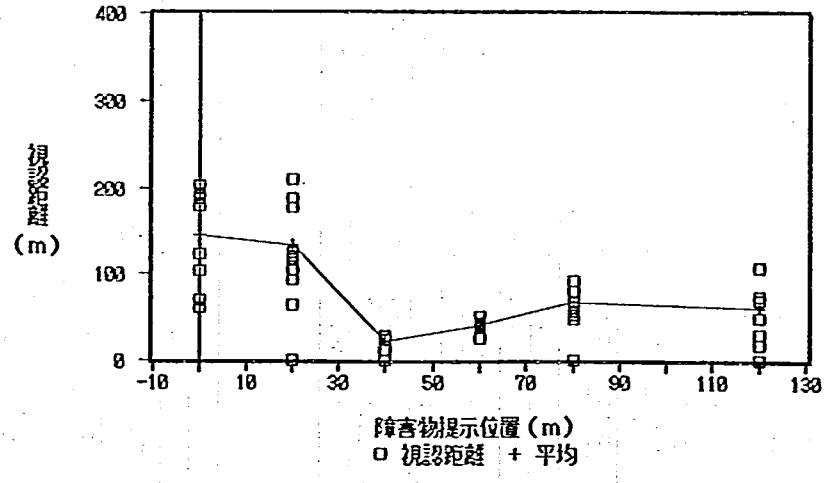
シャッター開度	障害物提示位置	障害物形状	観測者番号 ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	最大	最小	平均	偏差	輝度対比
3/4１回目	240m	□	65.55	77.77	88.88	42.22	62.22	103.32	119.99	91.10	44.44	73.33	73.33	54.44	119.99	42.22	74.71	22.31	0.37
	40m	○	48.88	40.00	82.21	36.66	37.77	111.10	135.54	76.66	55.55	57.77	30.00	33.33	135.54	30.00	62.12	31.93	0.13
	160m	○	52.22	59.99	86.66	42.22	68.88	93.32	141.10	77.77	33.33	61.11	35.55	52.22	141.10	33.33	67.03	28.79	0.05
	20m	□	31.11	57.77	49.99	35.55	40.00	105.55	99.99	51.11	31.11	55.55	12.22	40.00	105.55	12.22	50.83	26.17	0.05
	80m	□	72.22	53.33	84.44	55.55	51.11	113.32	145.54	86.66	64.44	67.77	58.88	68.88	145.54	51.11	76.84	26.64	0.25
3/4２回目	20m	○	14.44	47.77	56.66	35.55	20.00	74.44	57.77	51.11	33.33	46.66	24.44	28.89	74.44	14.44	40.92	17.03	0.09
	240m	○	51.11	69.99	93.32	37.77	55.55	104.43	126.65	92.21	53.33	66.66	45.55	55.55	126.65	37.77	71.01	26.01	0.43
	160m	□	71.10	82.21	113.32	38.88	77.77	113.32	141.10	98.88	43.33	63.33	41.11	65.55	141.10	38.88	79.16	30.86	0.01
	80m	○	48.88	57.77	53.33	53.33	58.88	108.88	124.43	88.88	54.44	62.22	53.33	68.88	124.43	48.88	69.44	23.60	0.22
	40m	□	54.44	67.77	99.99	73.33	42.22	不可	129.99	82.21	51.11	82.21	46.66	55.55	129.99	42.22	71.41	25.07	0.19



全　体



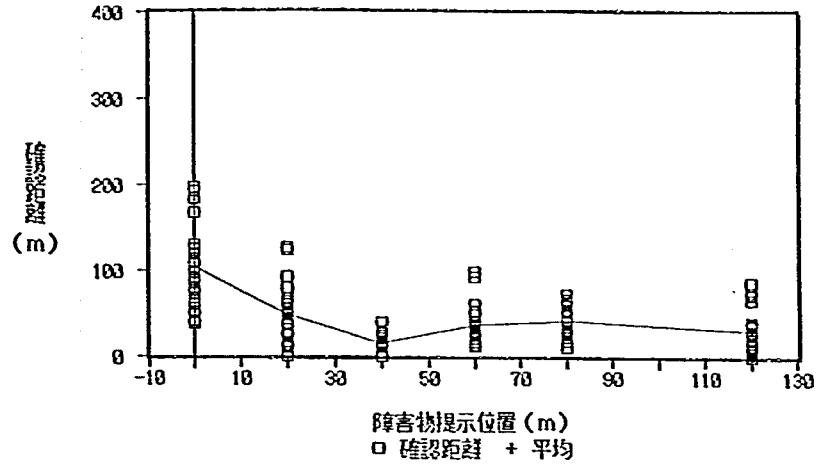
立方体



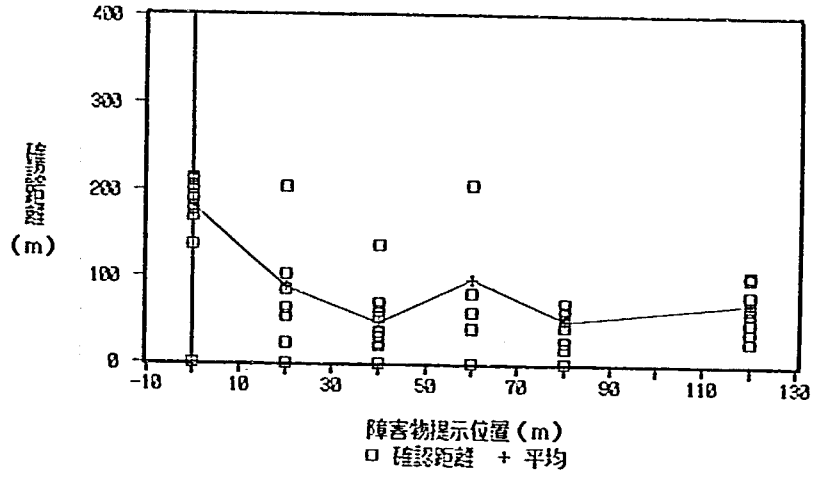
円　板

図－５．１０　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

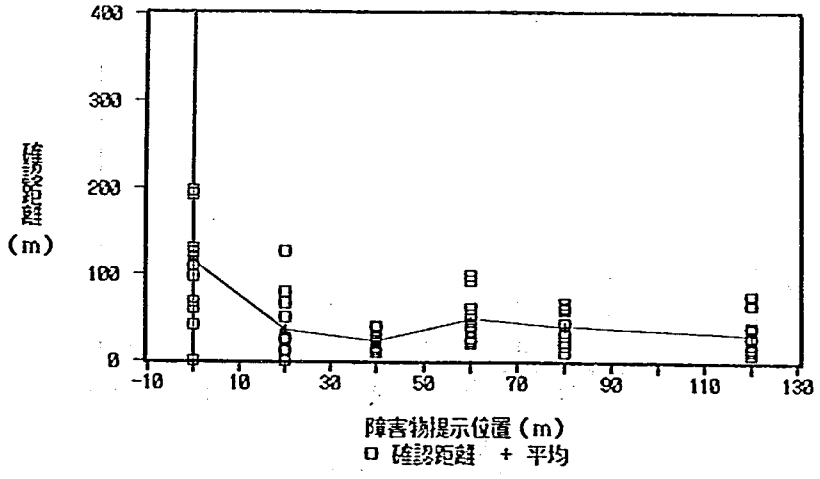
(カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開)



全　体



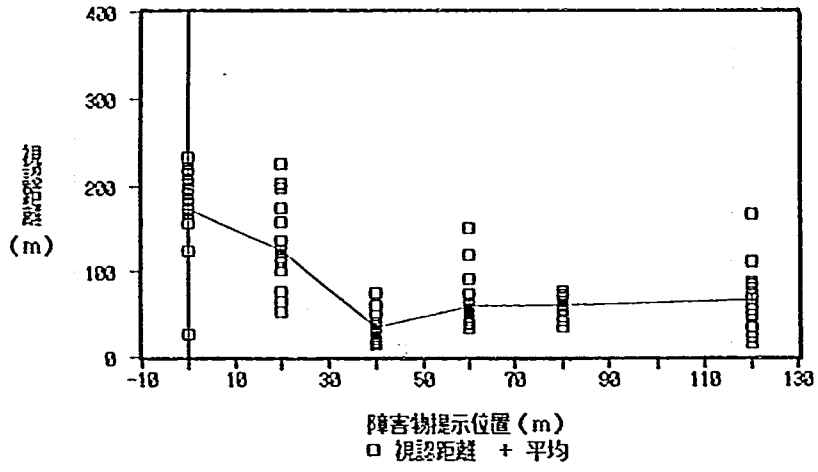
立方体



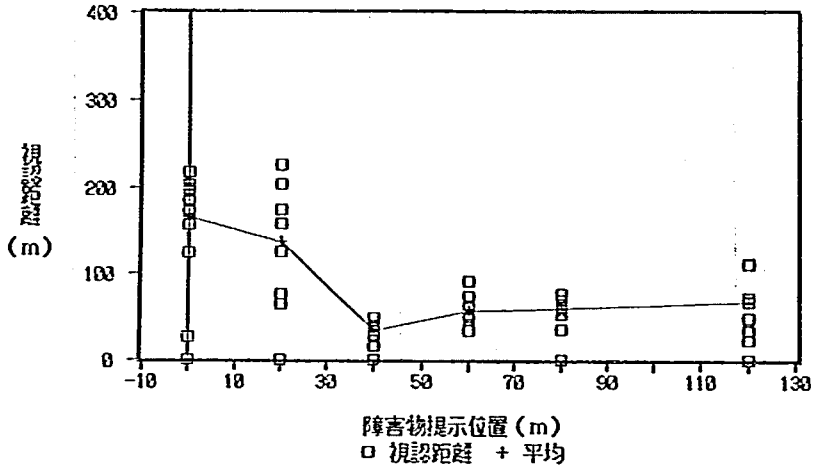
円　板

図－５．１１　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

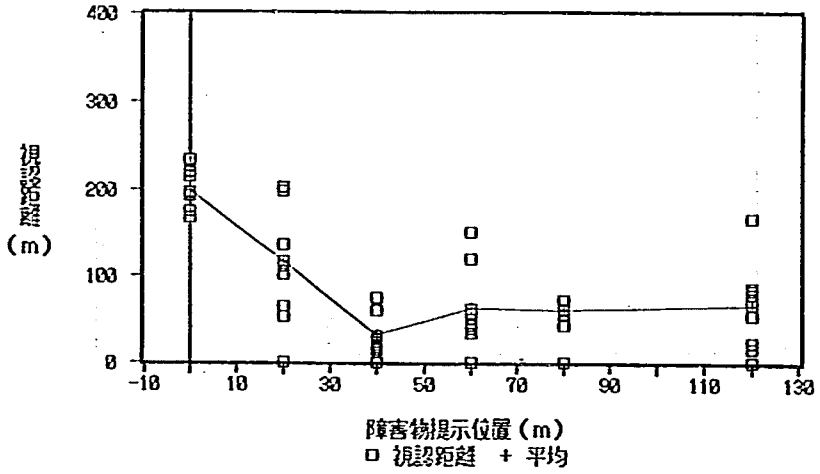
（カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開）



全　体



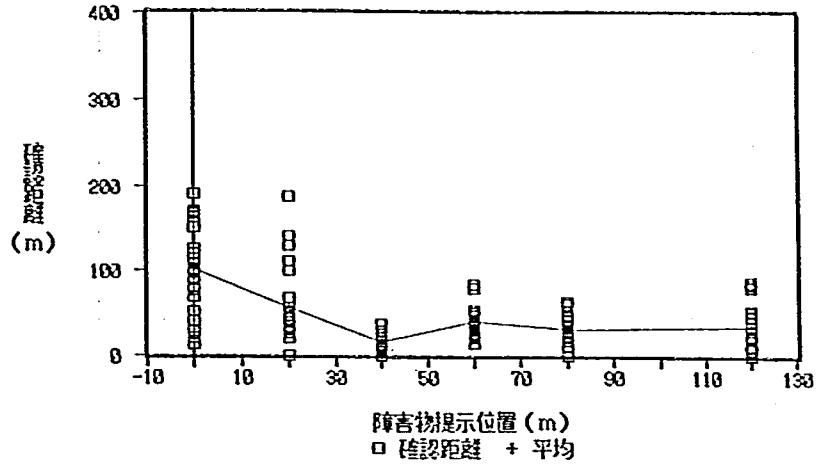
立方体



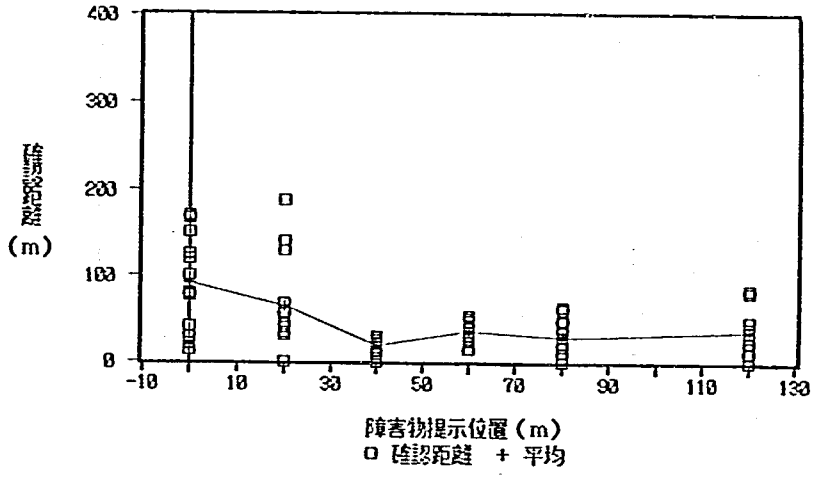
円　板

図－５．１２　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

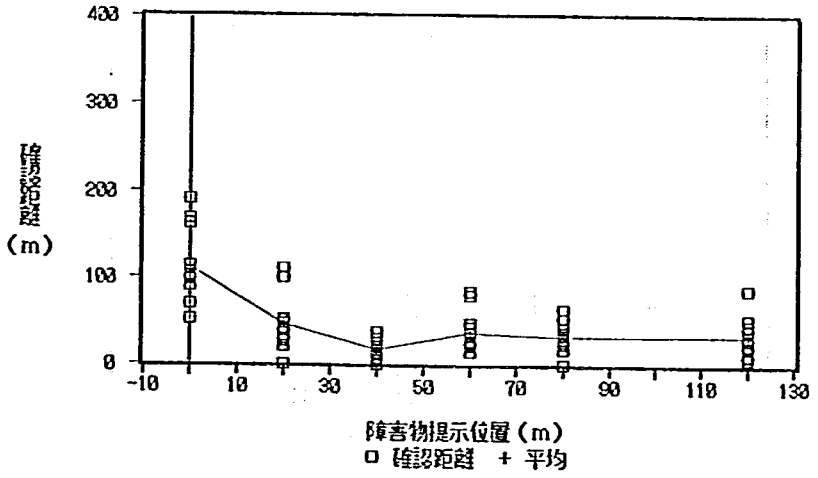
(カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：３／４開)



全　体



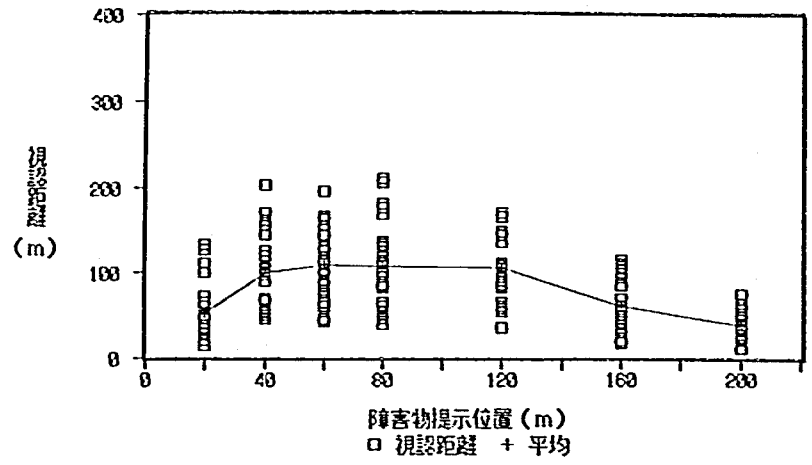
立方体



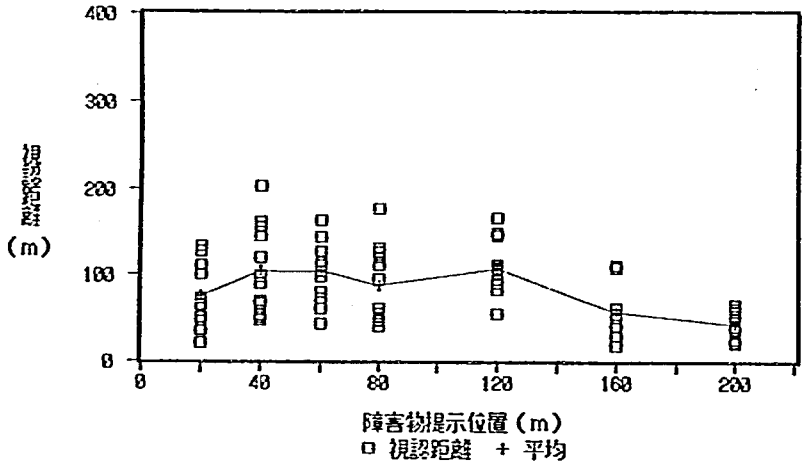
円　板

図－５．１３　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

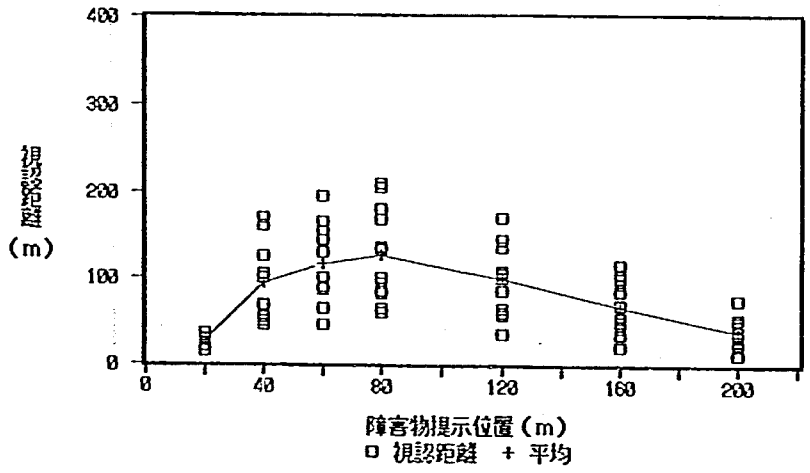
（カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：３／４開）



全　体



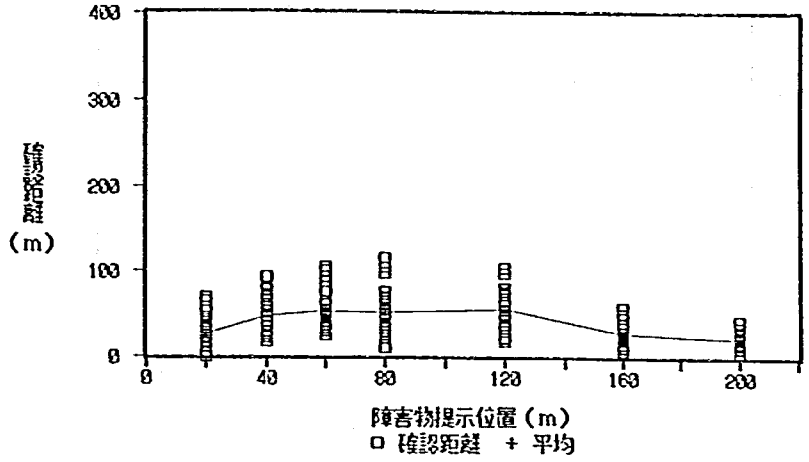
立方体



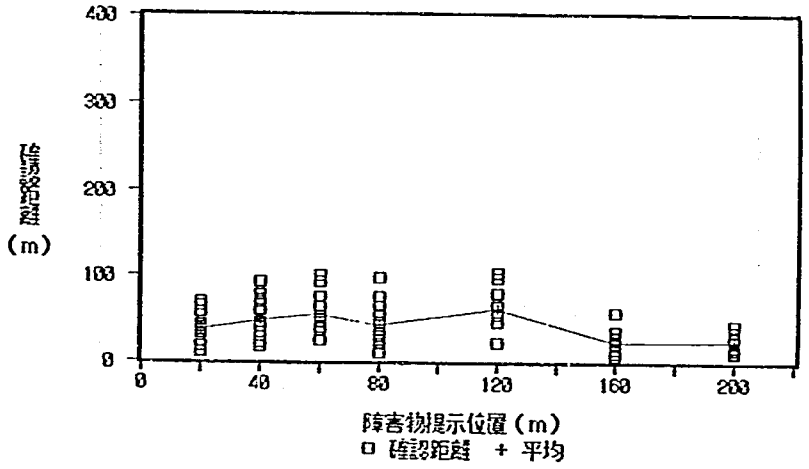
円　板

図－５．１４　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

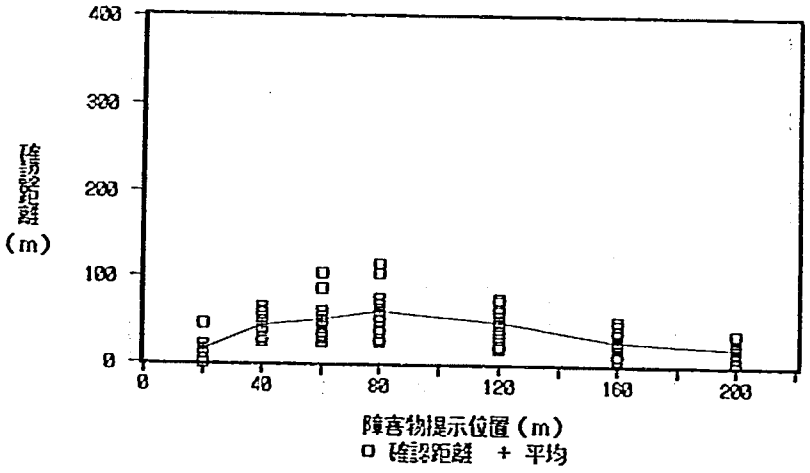
（カウンタービーム照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開）



全　体



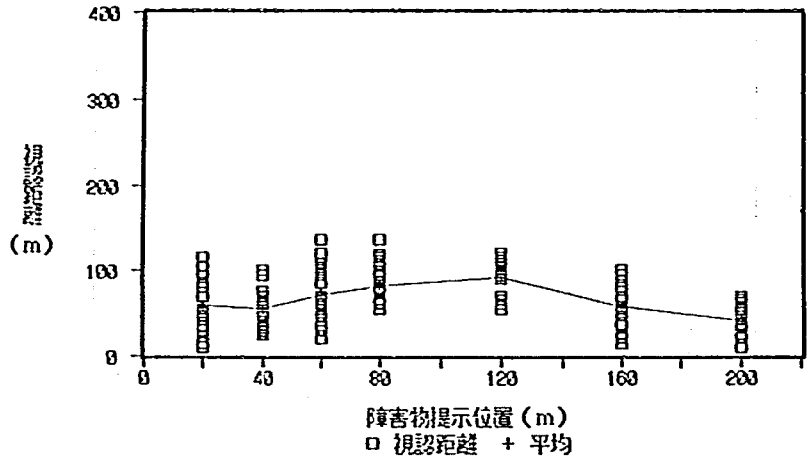
立方体



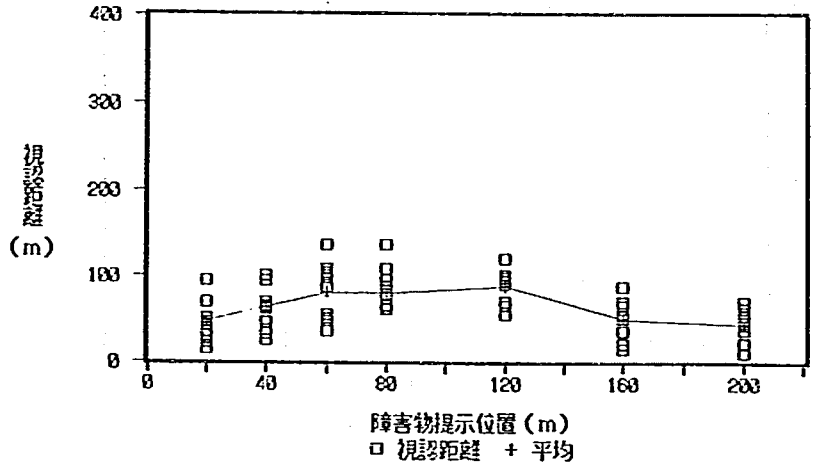
円　板

図－５．１５　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

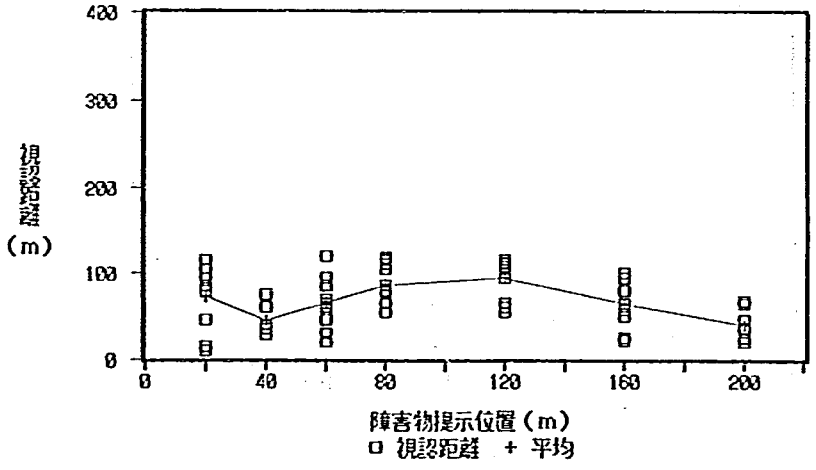
（カウンタービーム照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開）



全　体



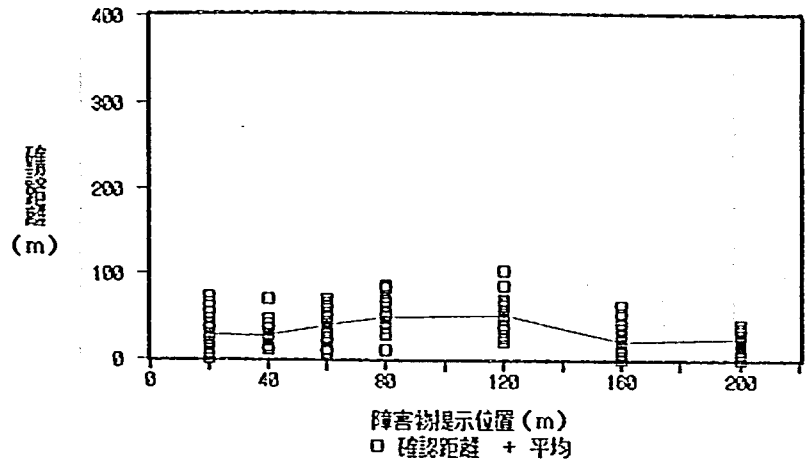
立方体



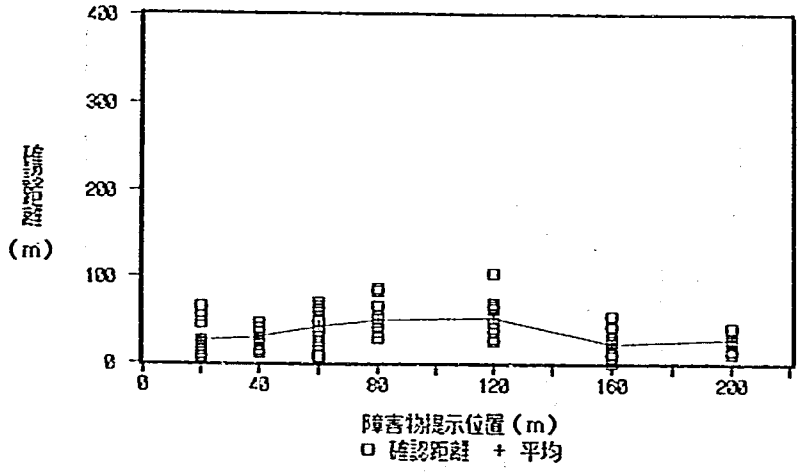
円　板

図－５．１６　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

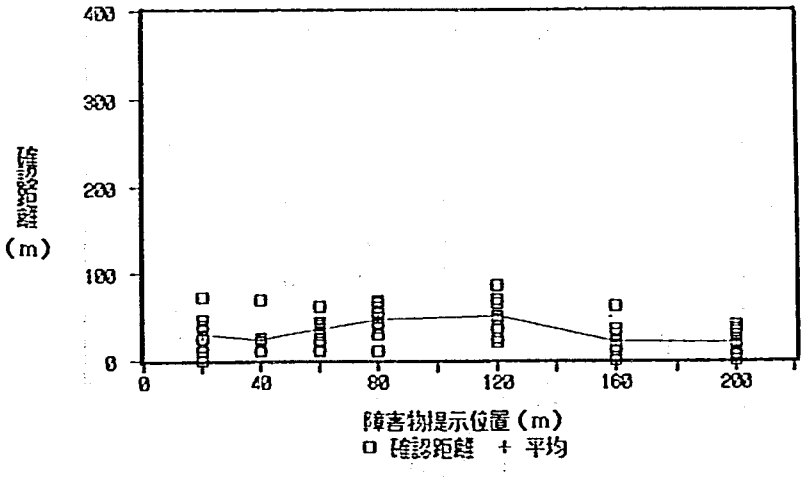
（カウンタービーム照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：３／４開）



全　体



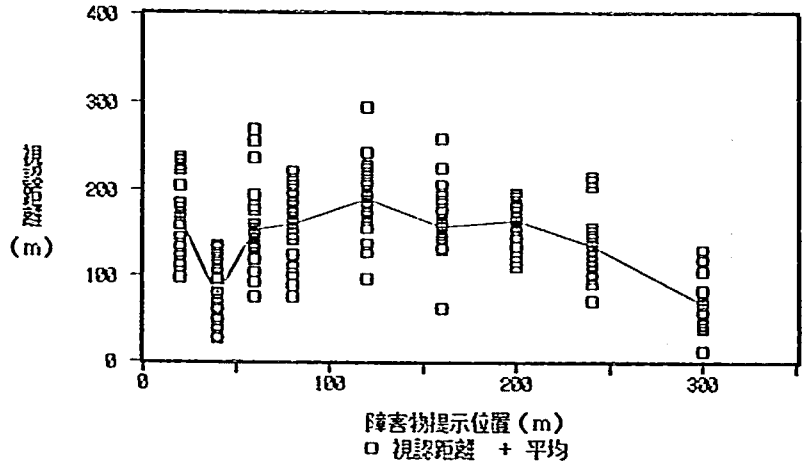
立方体



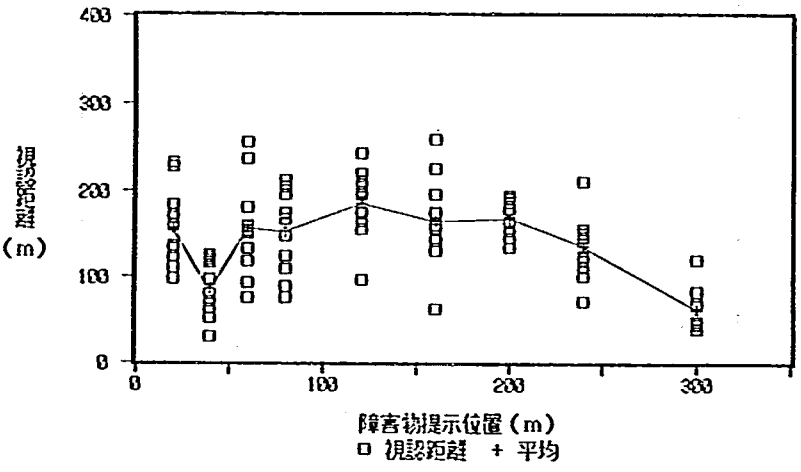
円　板

図－５．１７　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

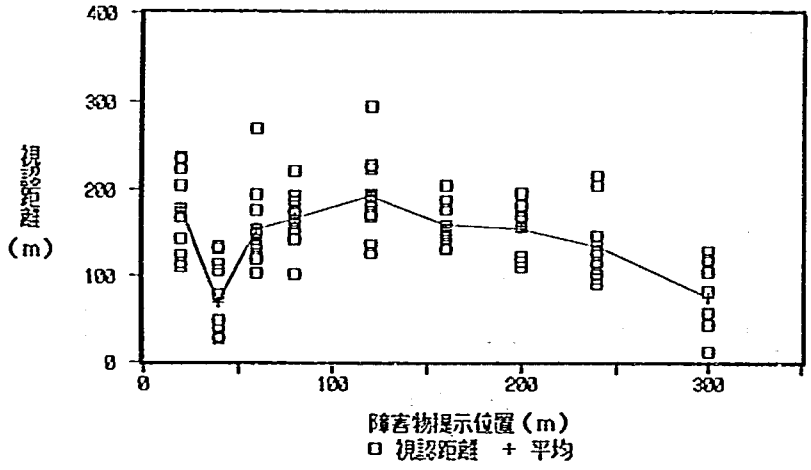
（カウンタービーム照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：３／４開）



全　体



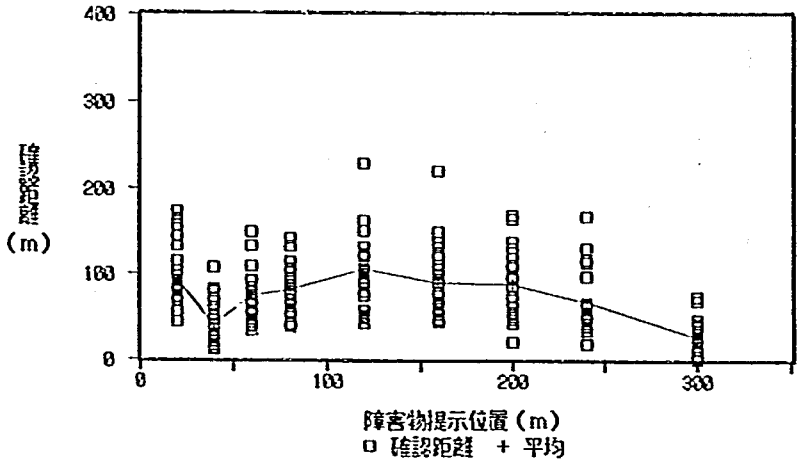
立方体



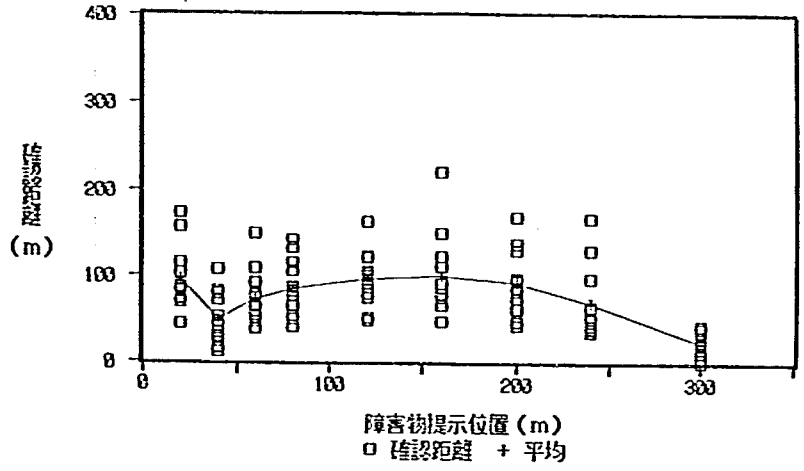
円　板

図－５．１８　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

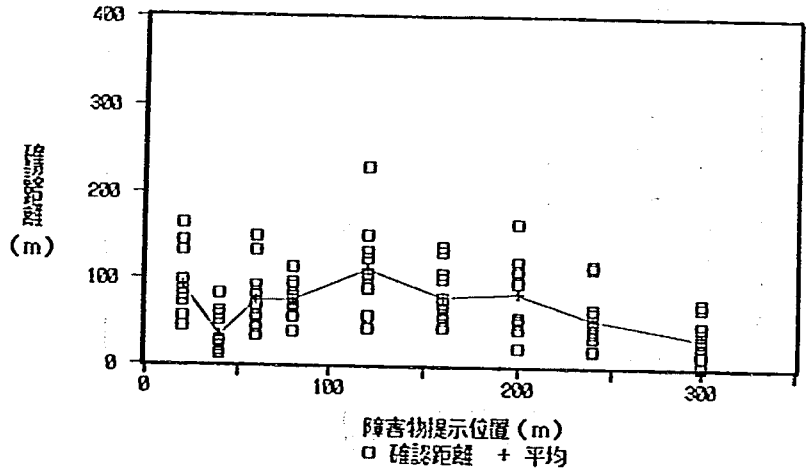
(カウンタービーム照明，照明レベル：８０㏅/㎡相当，シャッター開度：全開)



全　体



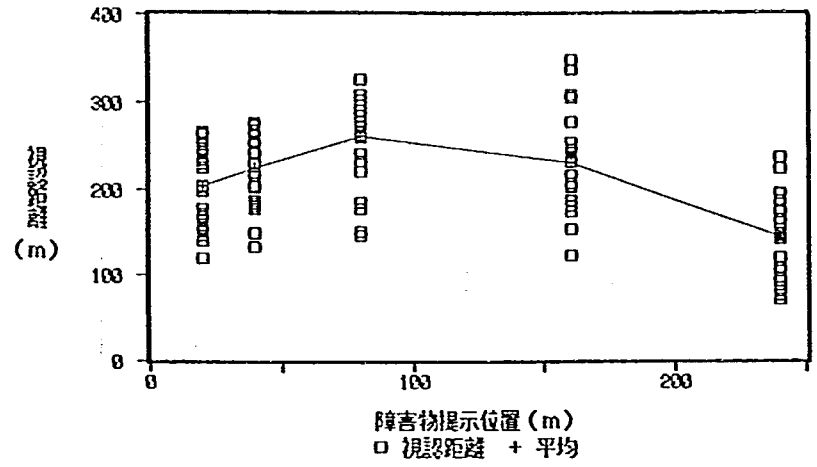
立方体



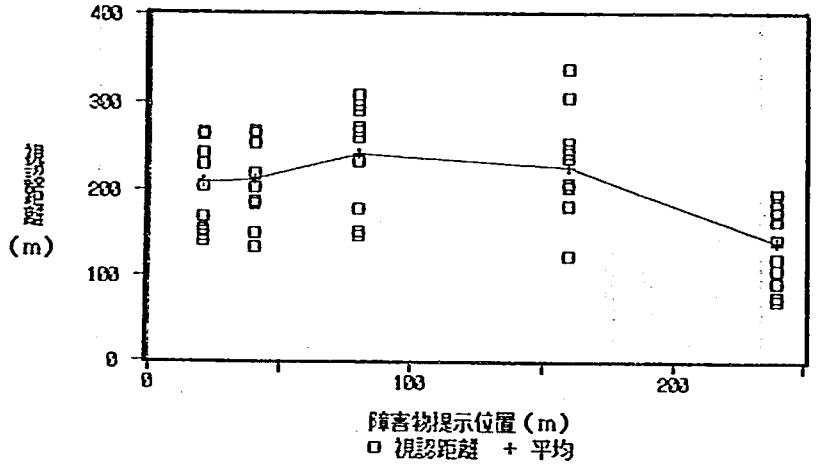
円　板

図－５．１９　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

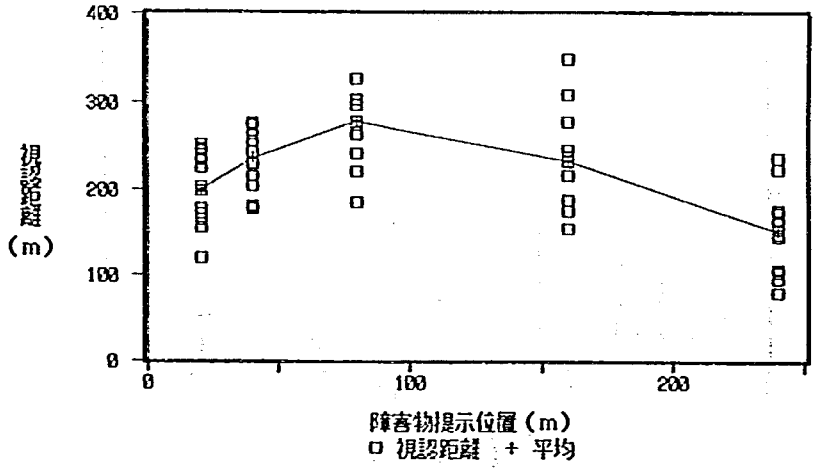
（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）



全　体



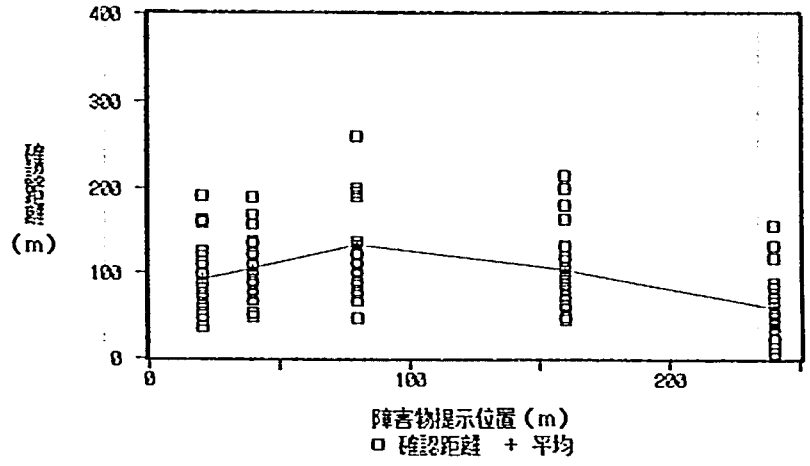
立方体



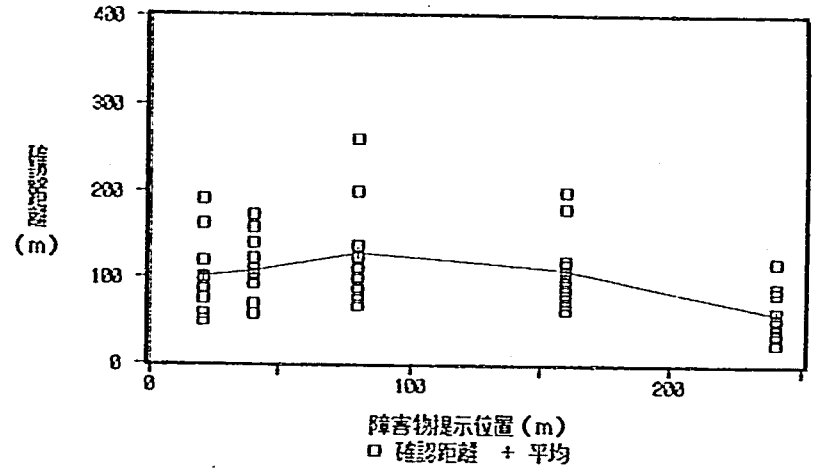
円　板

図－５．２０　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

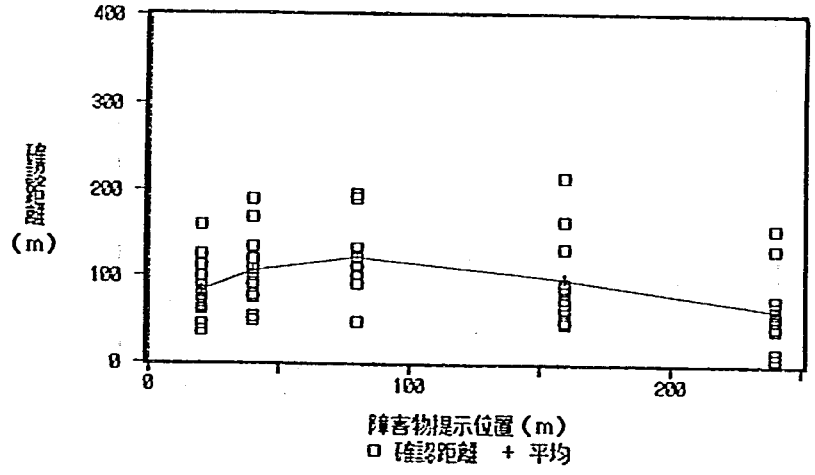
（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４開）



全　体



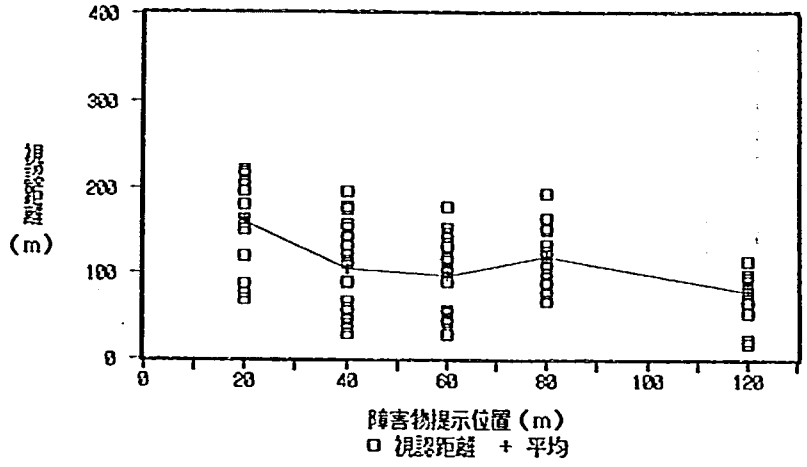
立方体



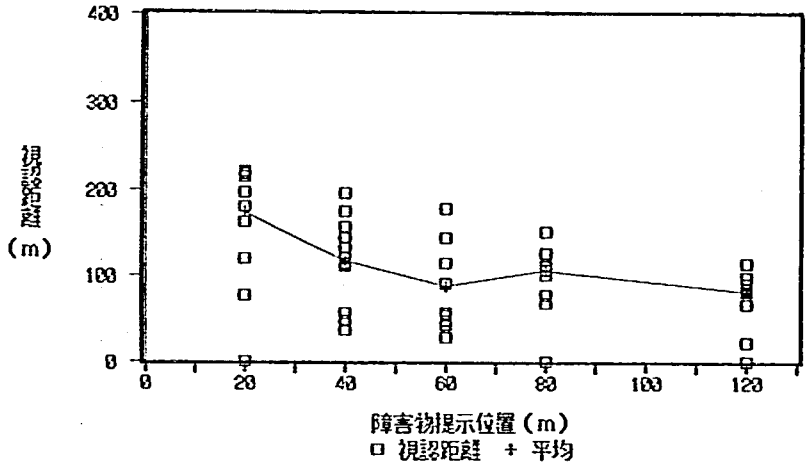
円　板

図－５．２１　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

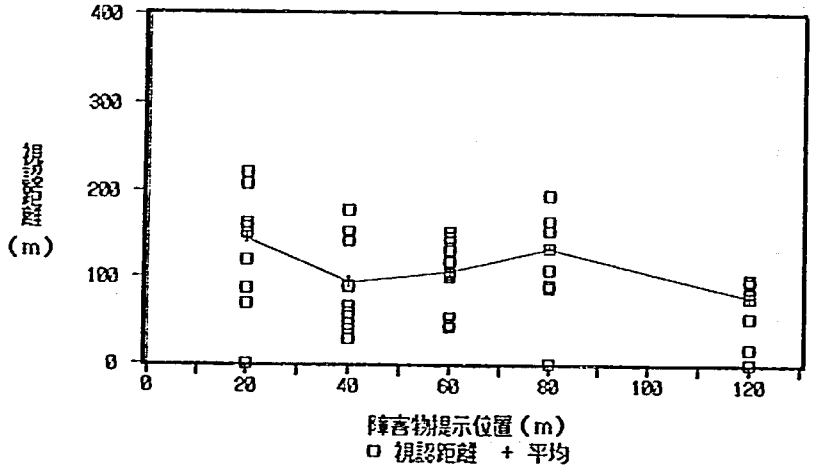
（カウンタービーム照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４開）



全　体

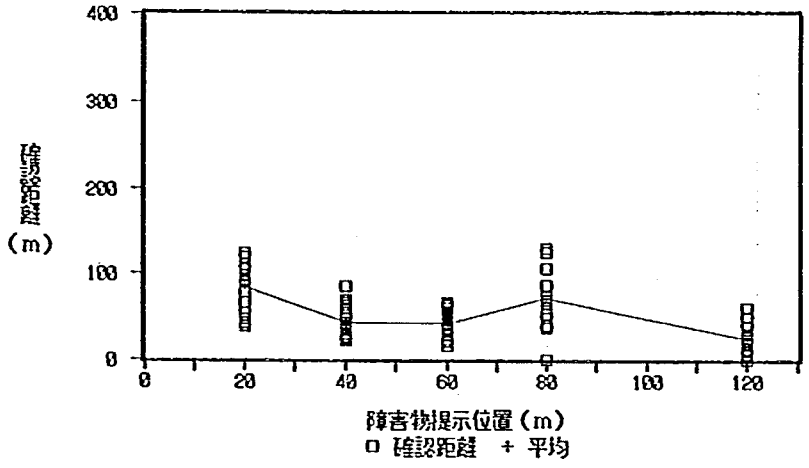


立方体

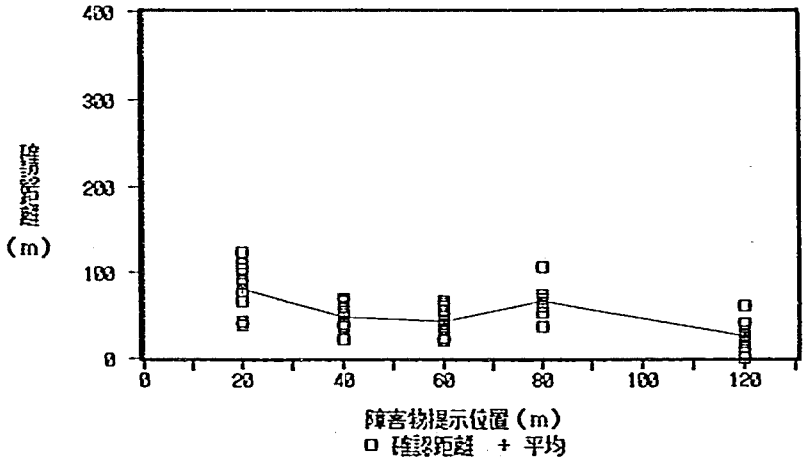


円　板

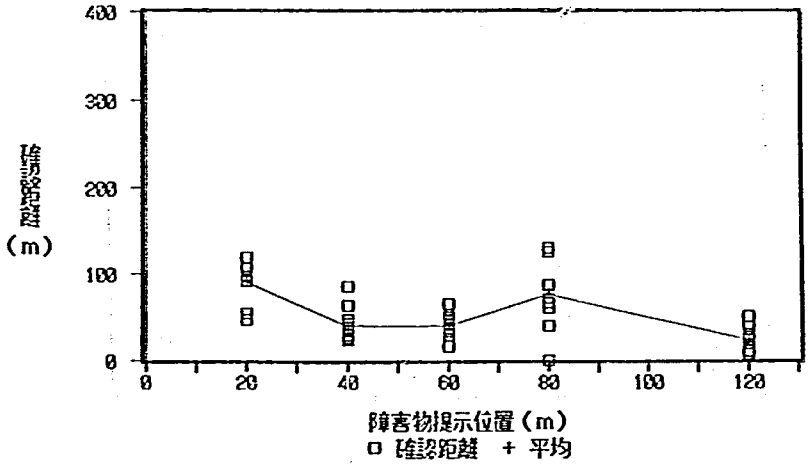
図－５．２２　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果
（対称照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開）



全　体



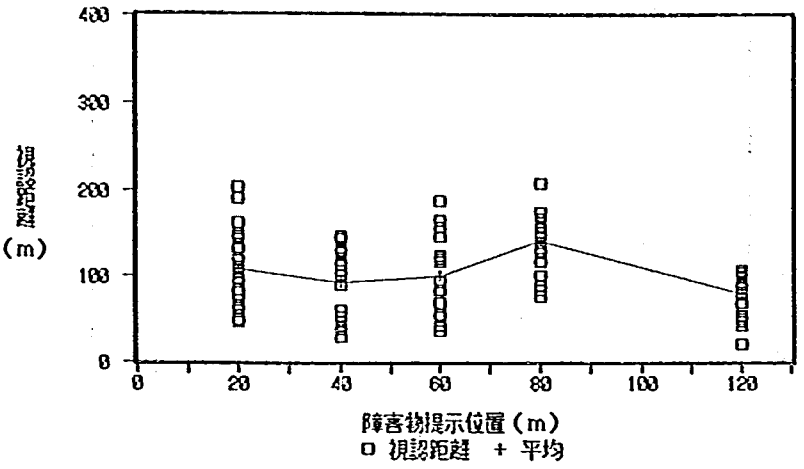
立方体



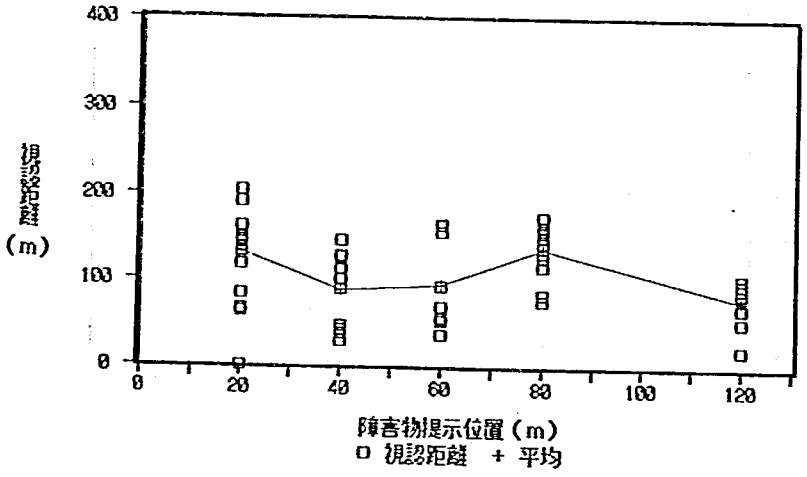
円　板

図－５．２３　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

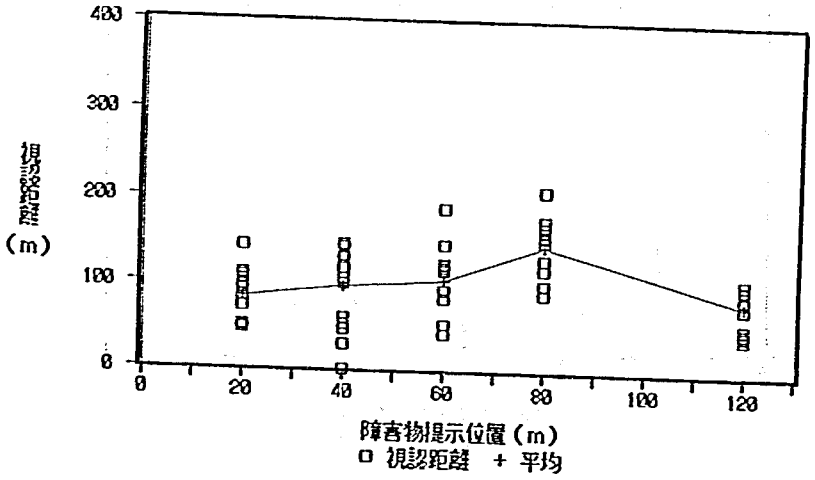
（対称照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開）



全　体

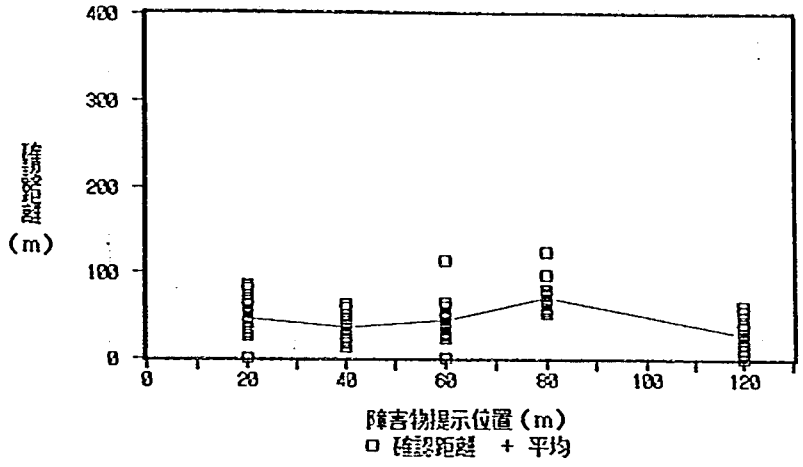


立方体

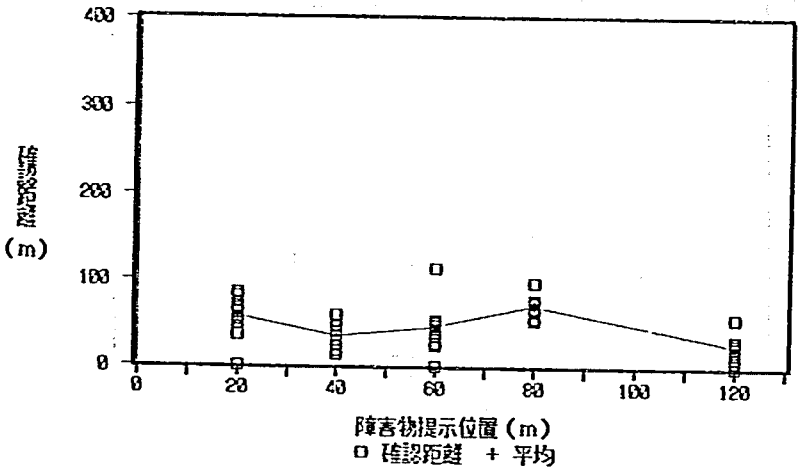


円　板

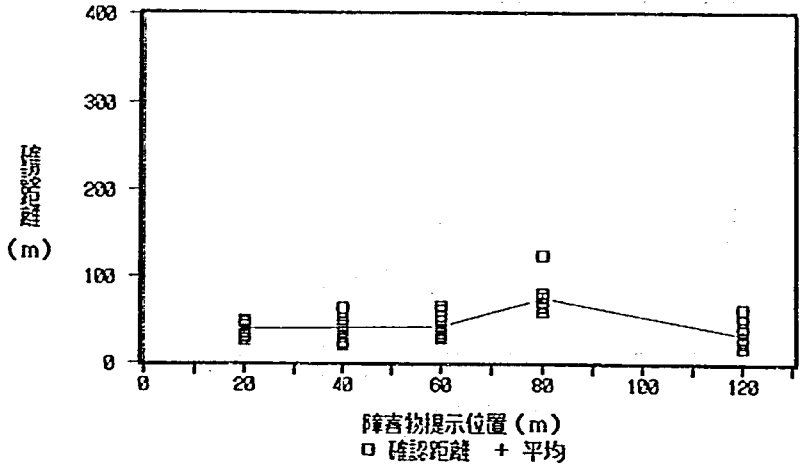
図－５．２４　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果
（対称照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：３／４開）



全　体

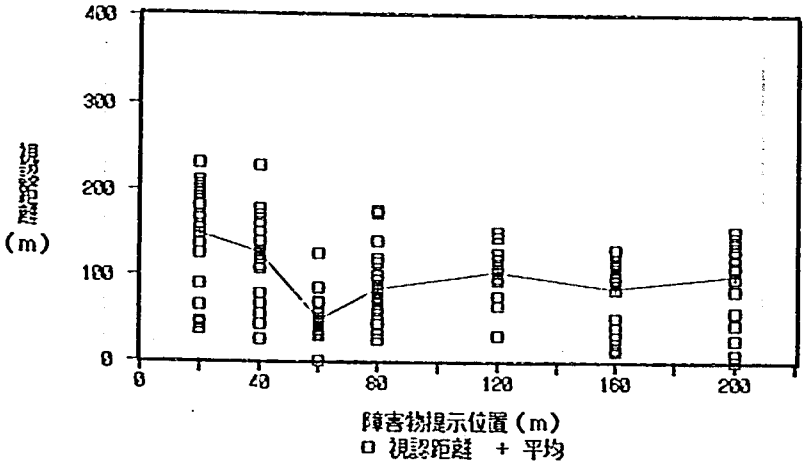


立方体

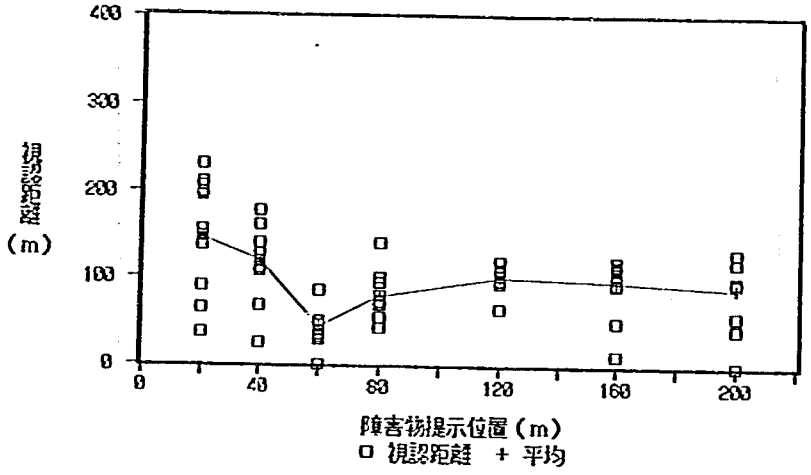


円　板

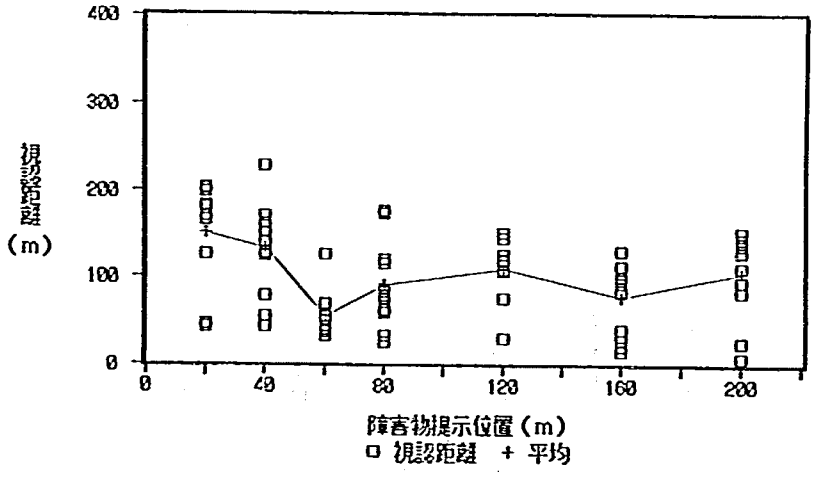
図－５．２５　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果
(対称照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：３／４開)



全　体



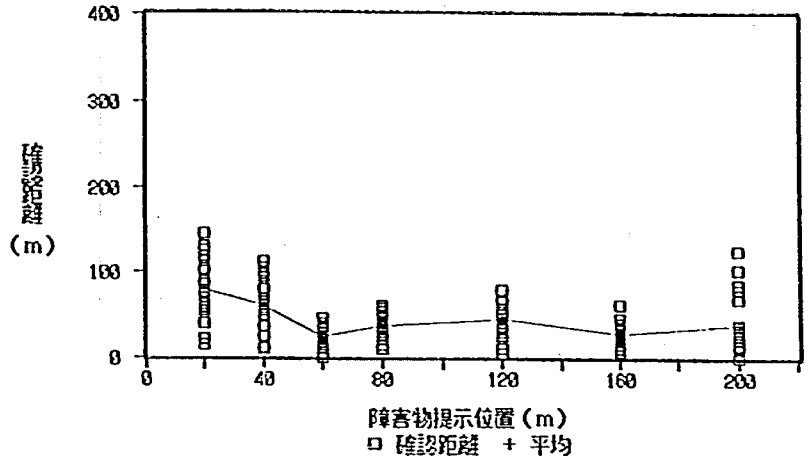
立方体



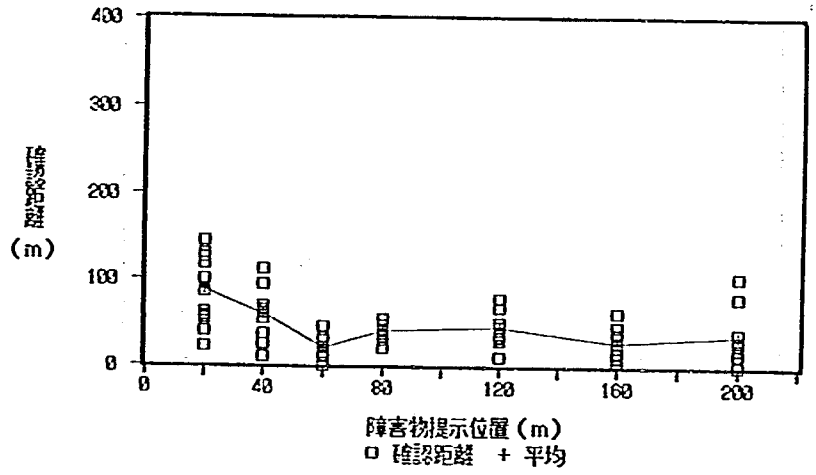
円　板

図－５．２６　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

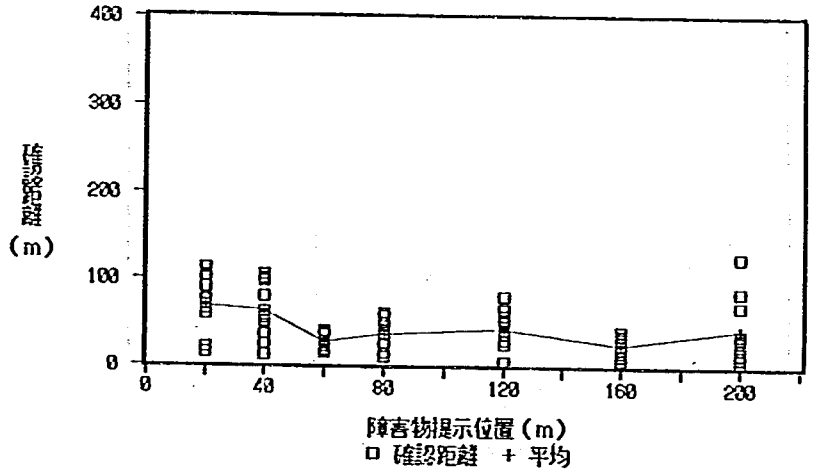
（対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開）



全　体



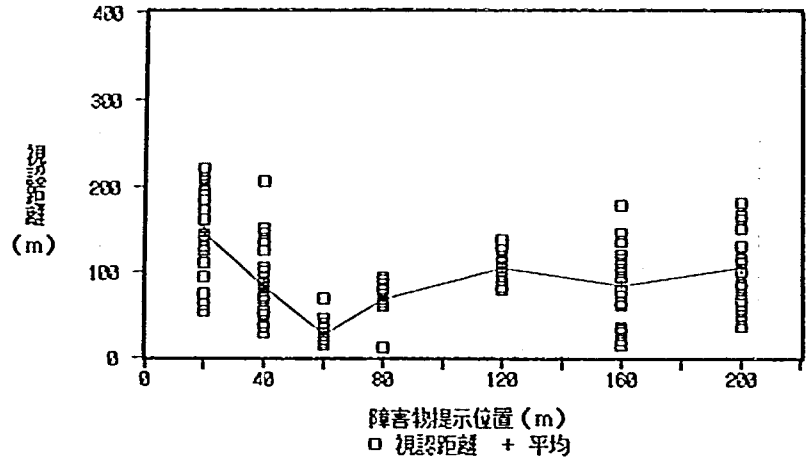
立方体



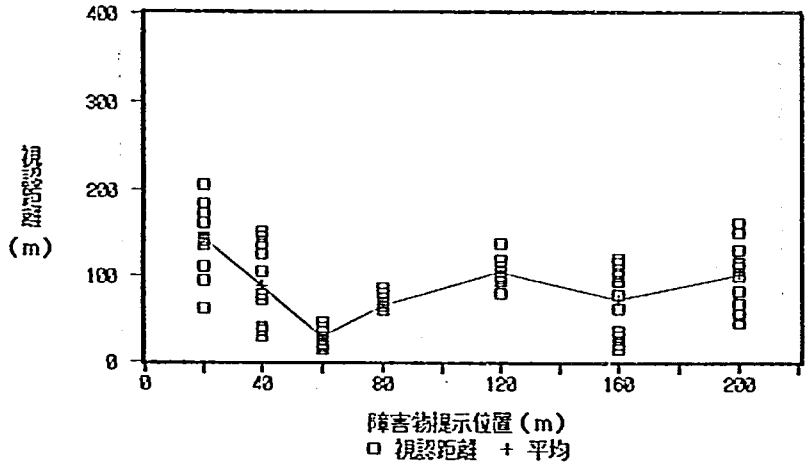
円　板

図－５．２７　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

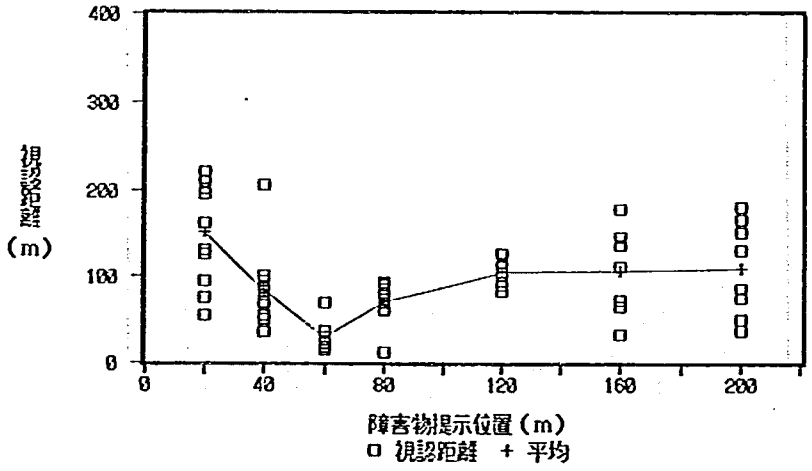
(対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開)



全　体



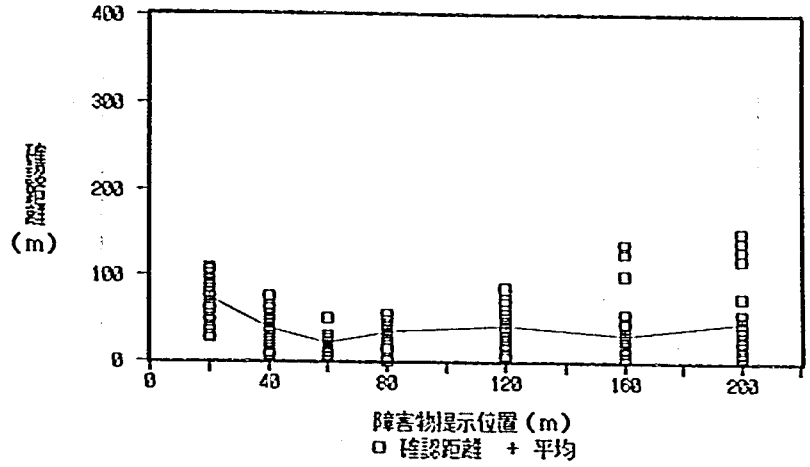
立方体



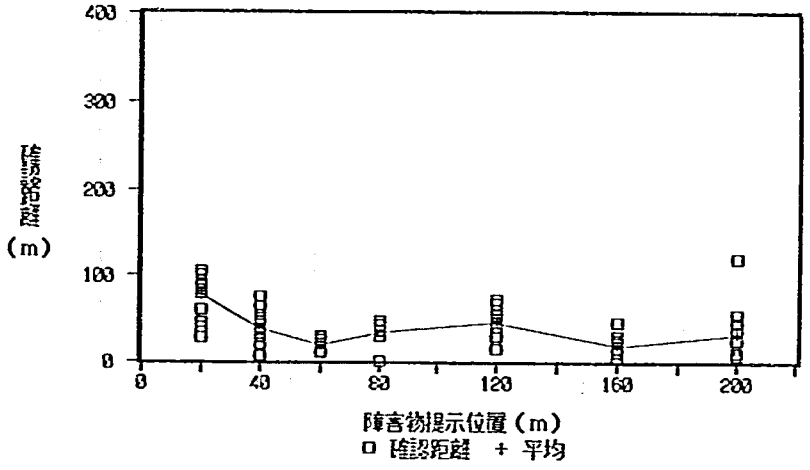
円　板

図－５．２８　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

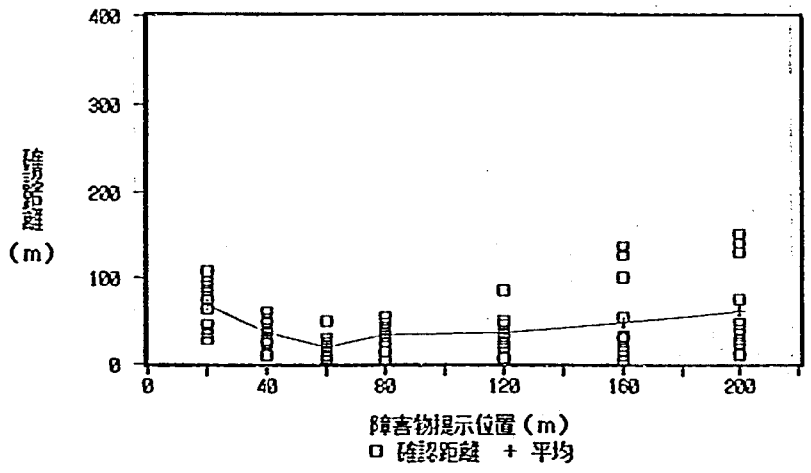
（対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：３／４開）



全　体



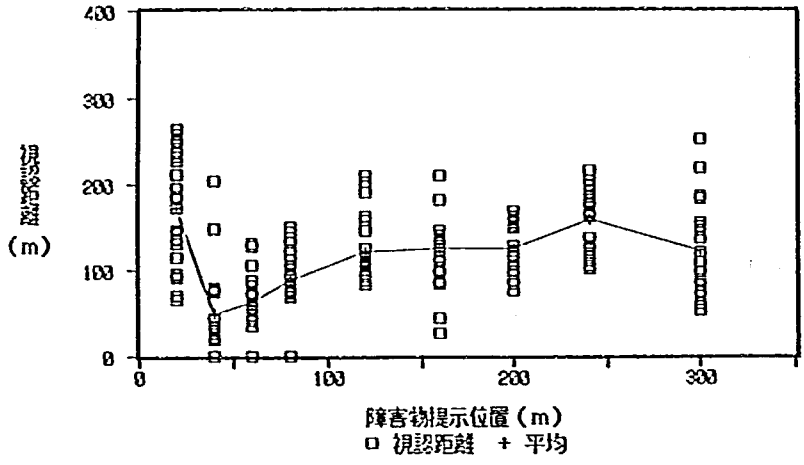
立方体



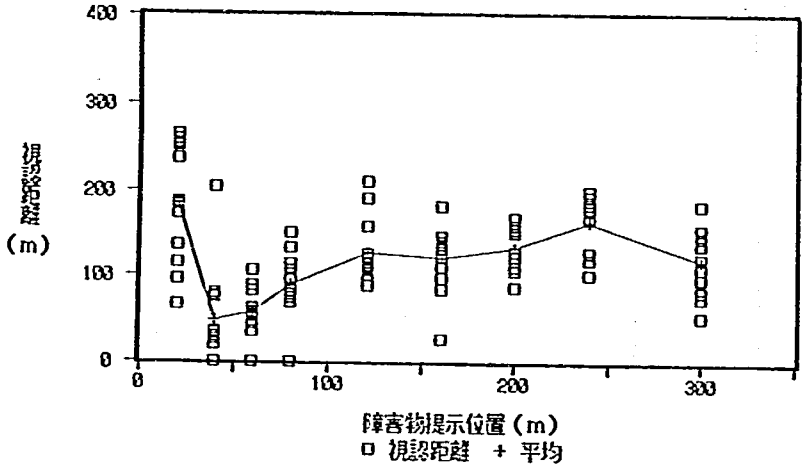
円　板

図－５．２９　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果

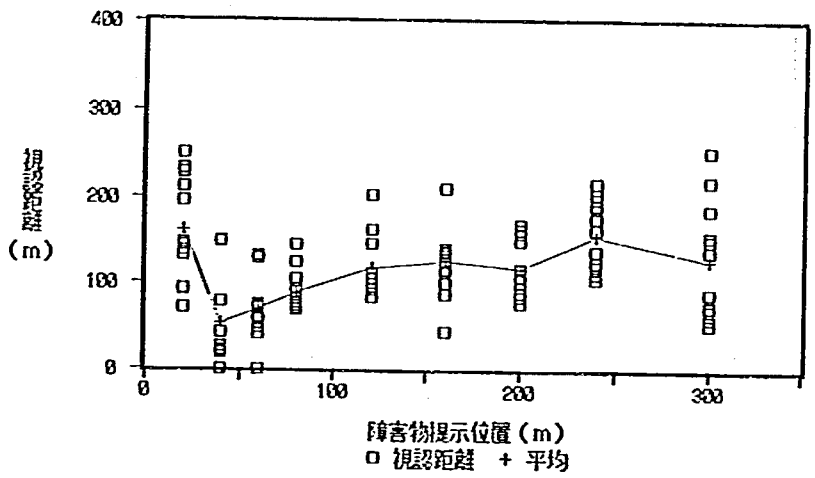
（対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：３／４開）



全　体



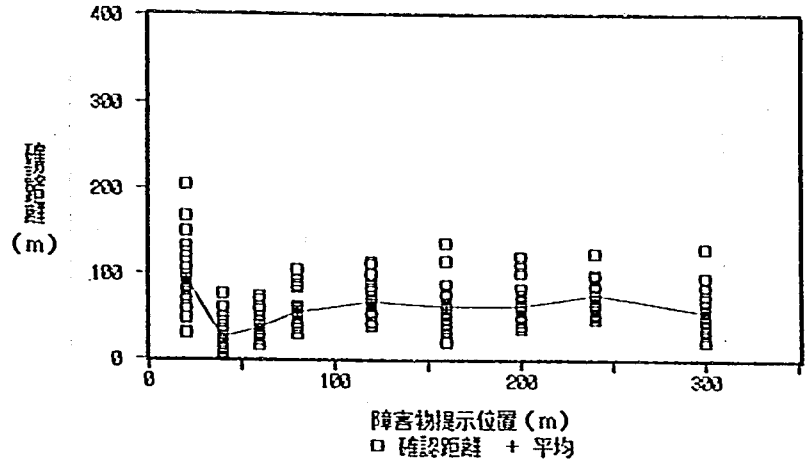
立方体



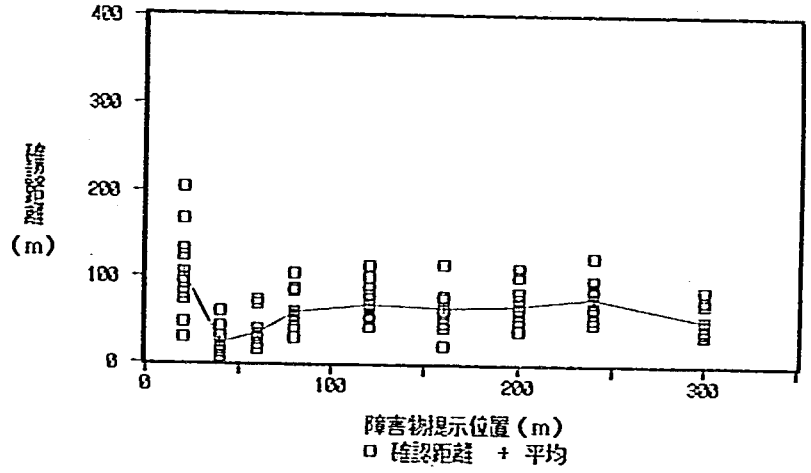
円　板

図－５．３０　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果

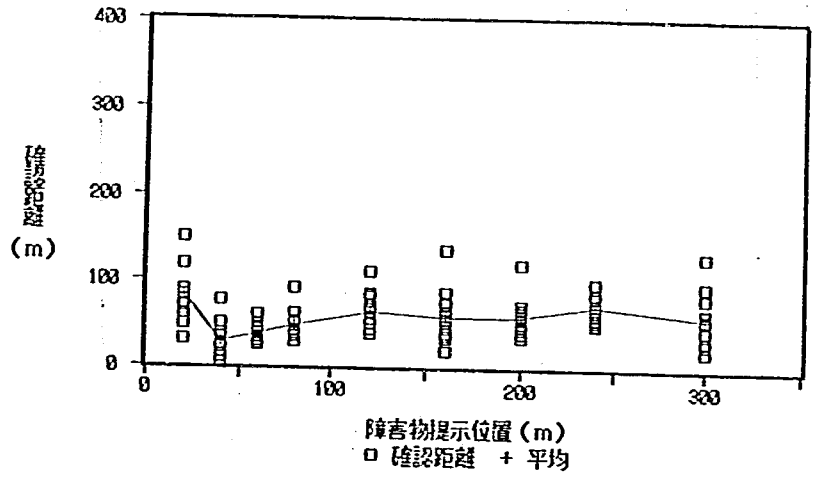
（対称照明，照明レベル：８０㏓/㎡相当，シャッター開度：全開）



全　体

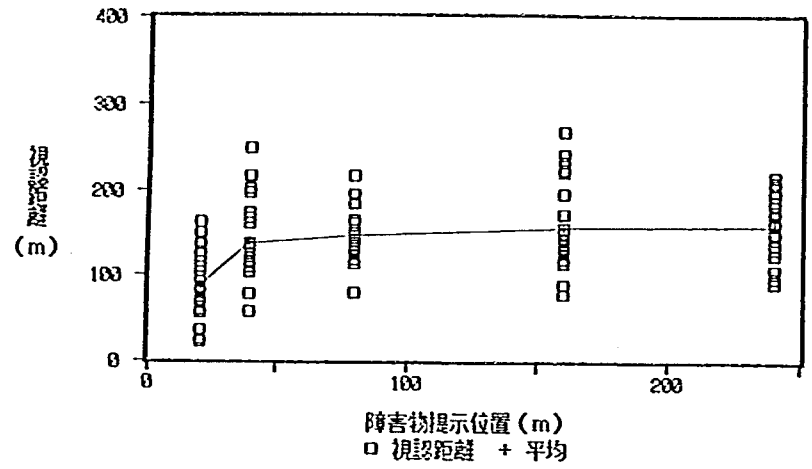


立方体

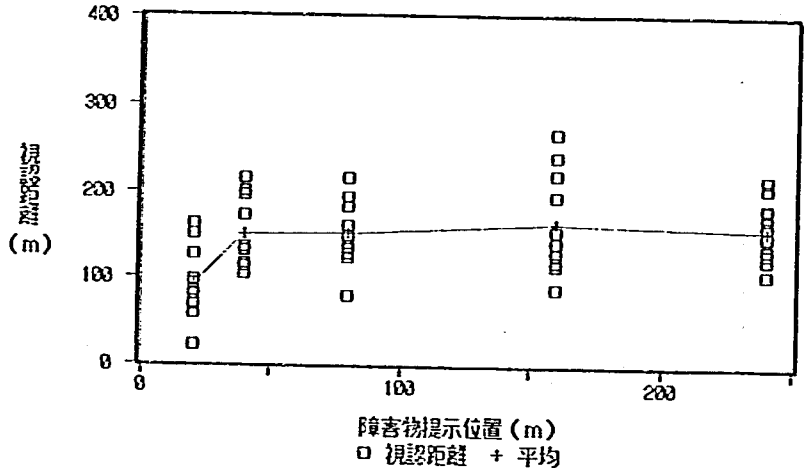


円　板

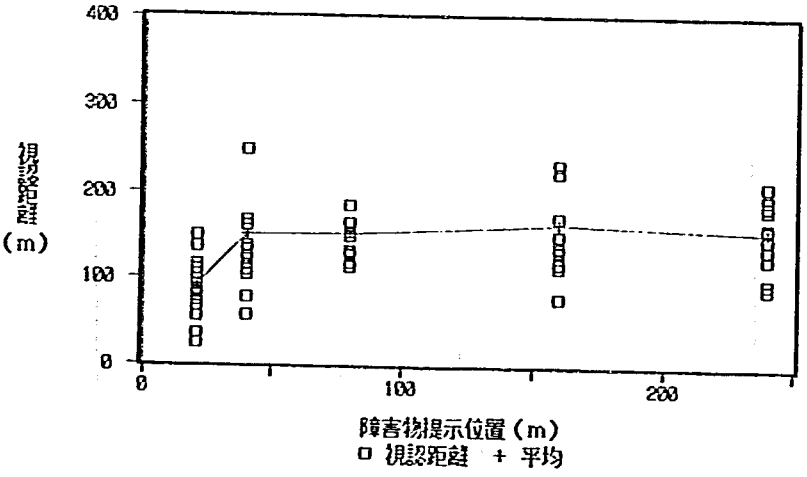
図－５．３１　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果
（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）



全　体

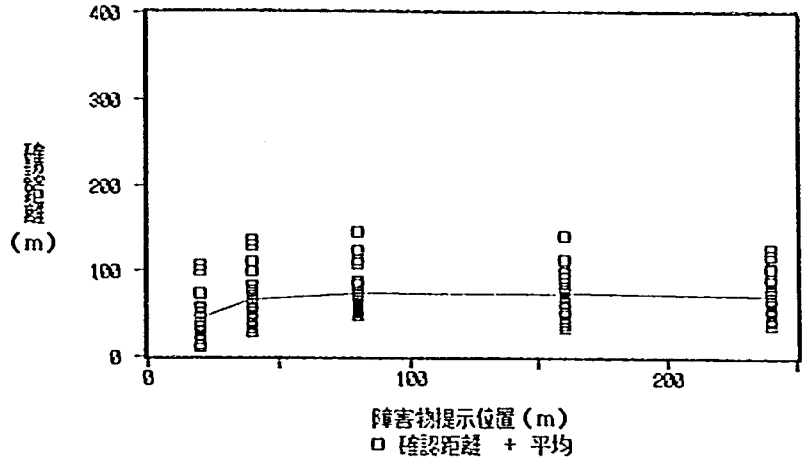


立方体

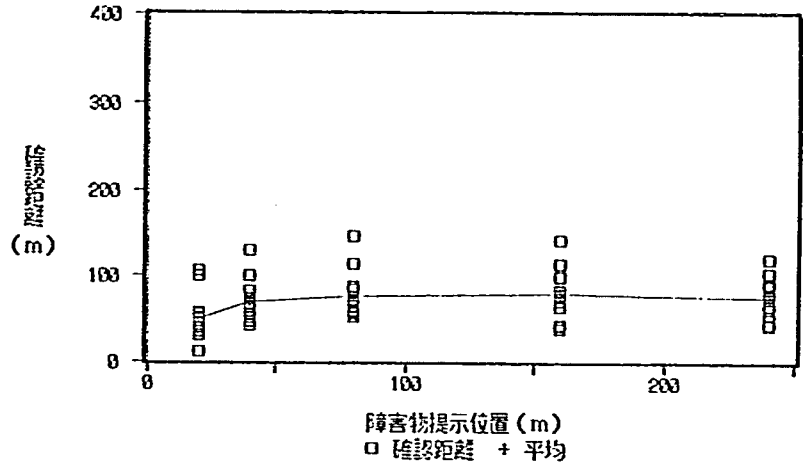


円　板

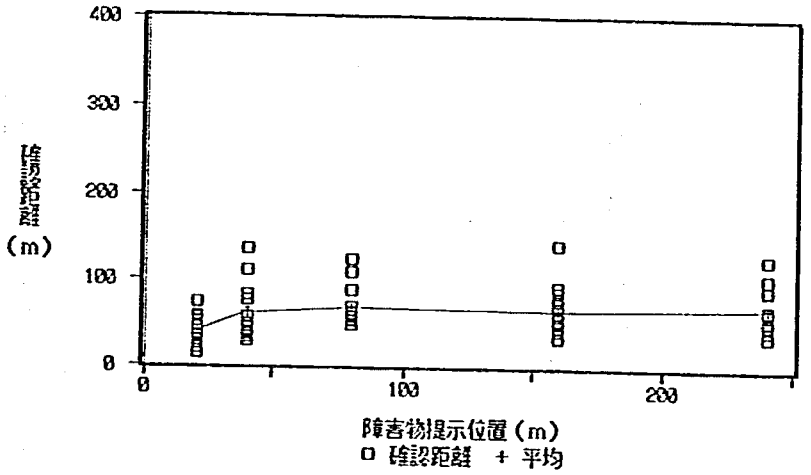
図－５．３２　障害物の視認性実験（走行実験）視認距離測定結果
(対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４開)



全　体

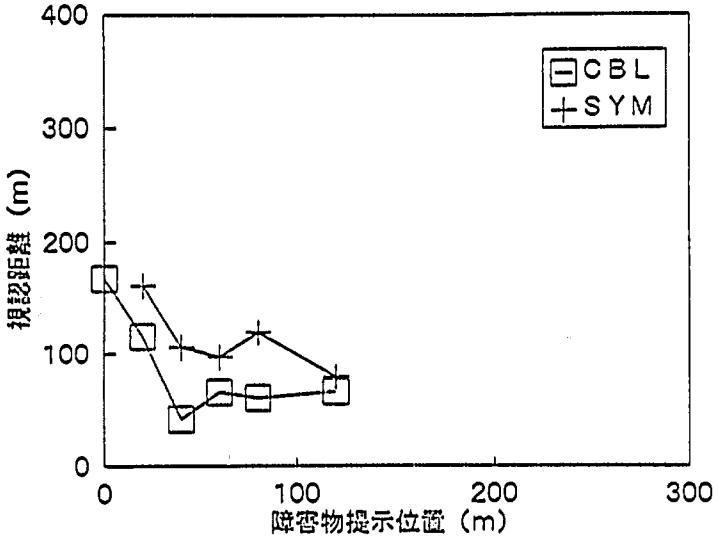


立方体

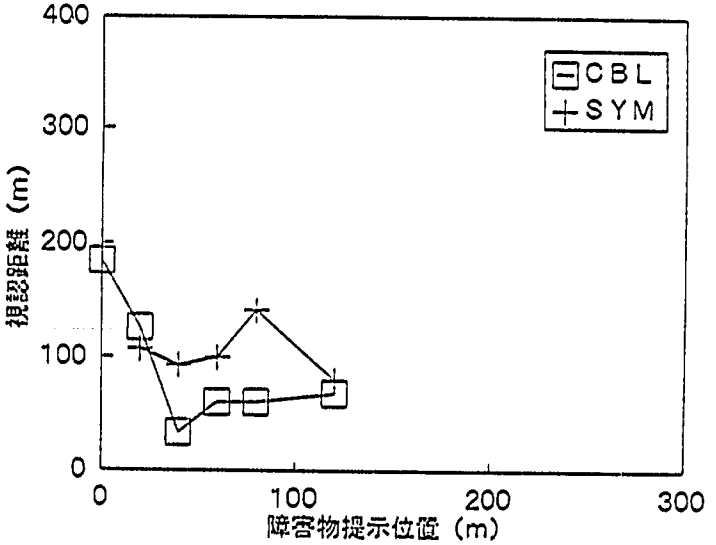


円　板

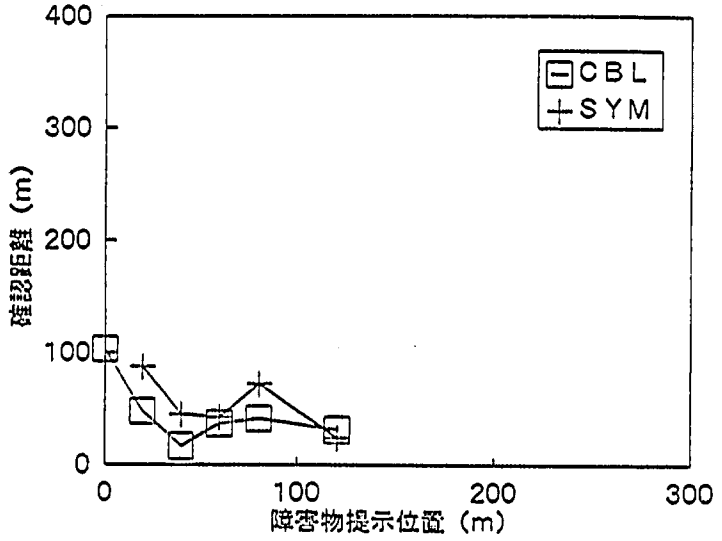
図－５．３３　障害物の視認性実験（走行実験）確認距離測定結果
（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：３／４）



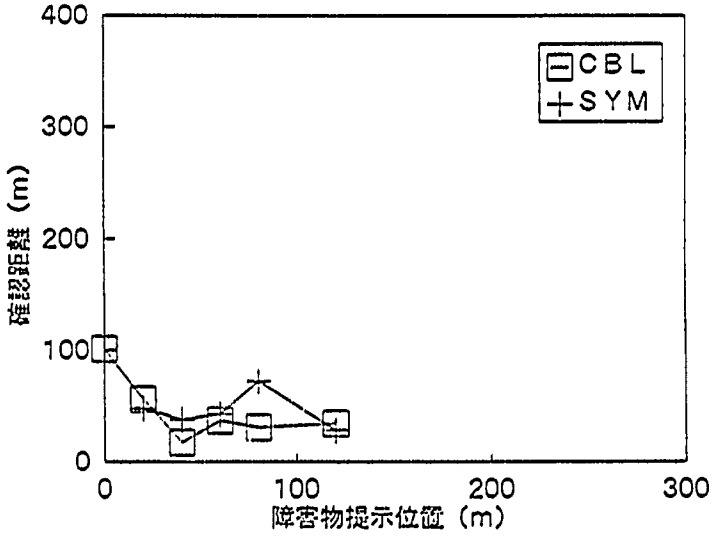
視認距離　シャッター：全開



視認距離　シャッター：３／４開



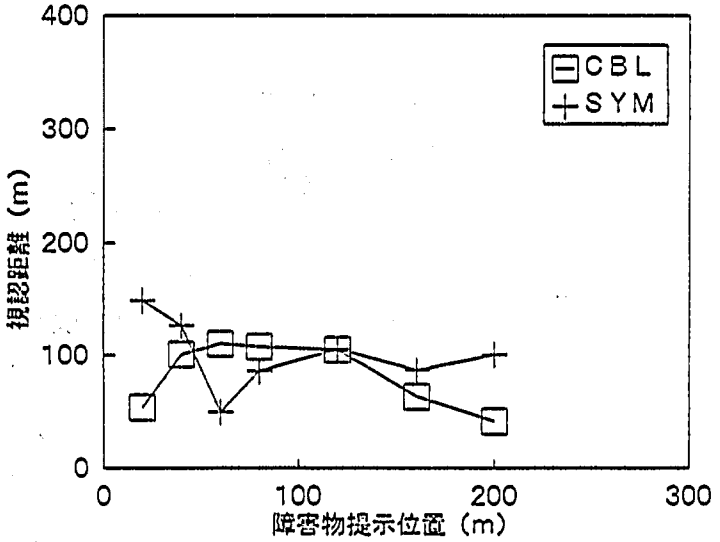
確認距離　シャッター：全開



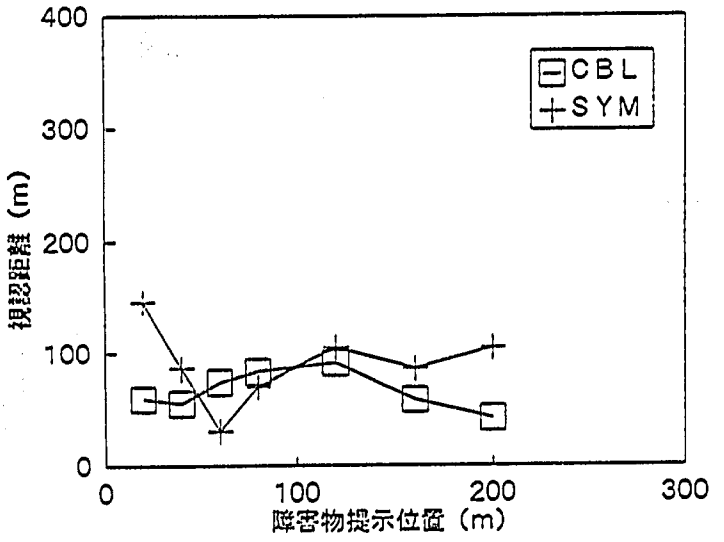
確認距離　シャッター：３／４開

図－５．３４　障害物の視認性実験（走行実験）測定結果（平均値）

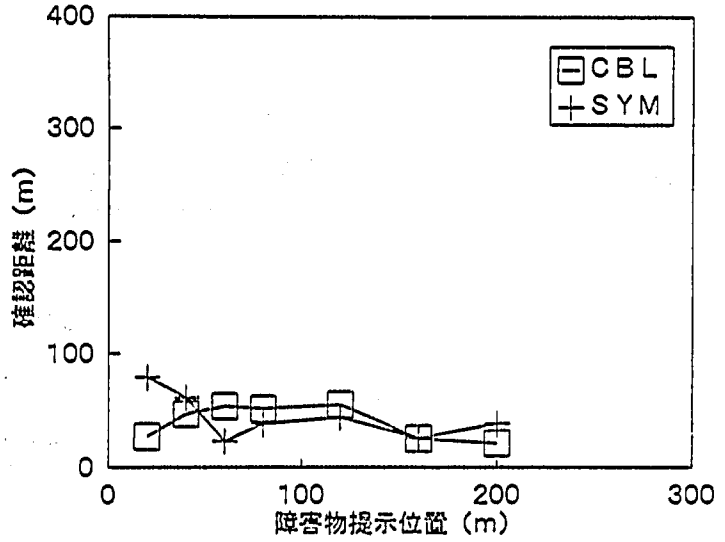
（照明レベル：４０km/h）



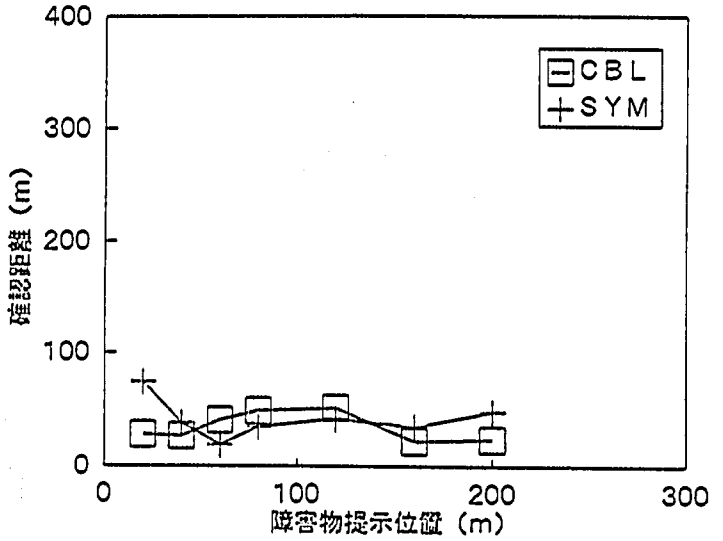
視認距離　シャッター：全開



視認距離　シャッター：３／４開



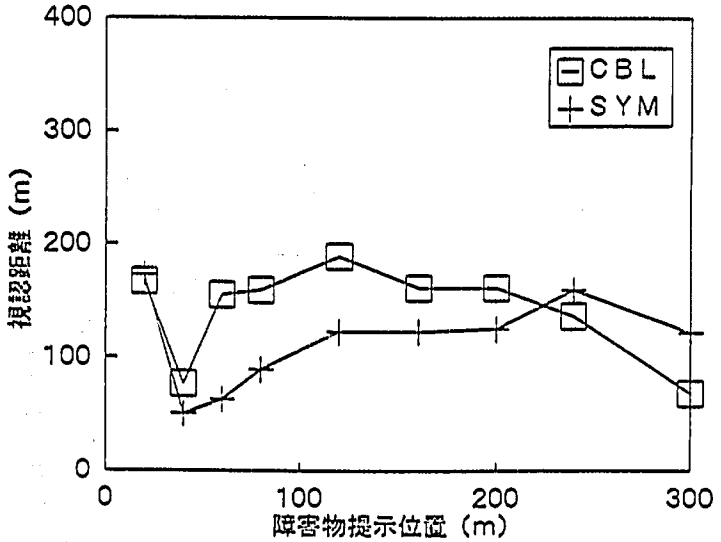
確認距離　シャッター：全開



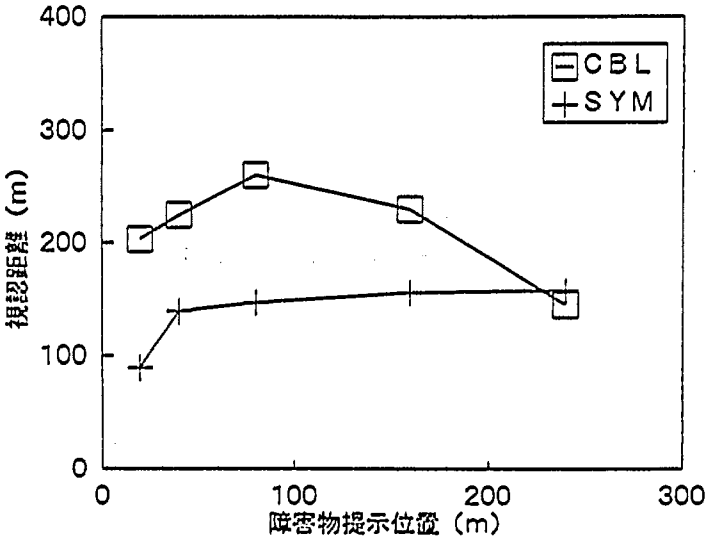
確認距離　シャッター：３／４開

図－５．３５　障害物の視認性実験（走行実験）測定結果（平均値）

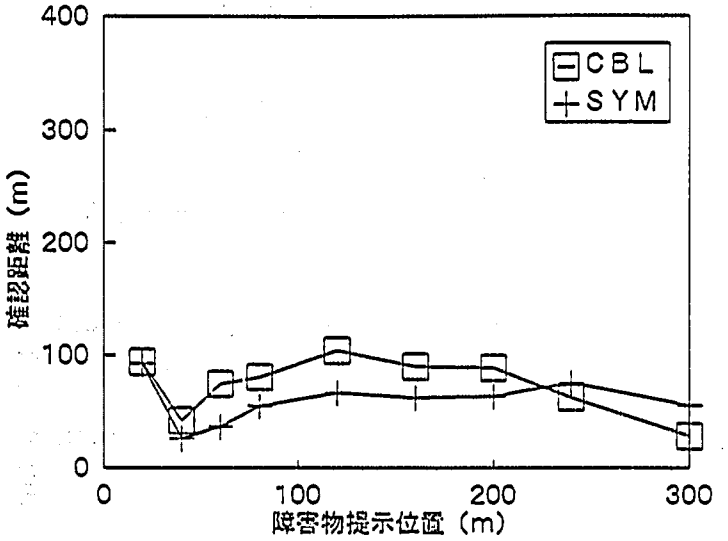
（照明レベル：６０km/h・低減係数１／２）



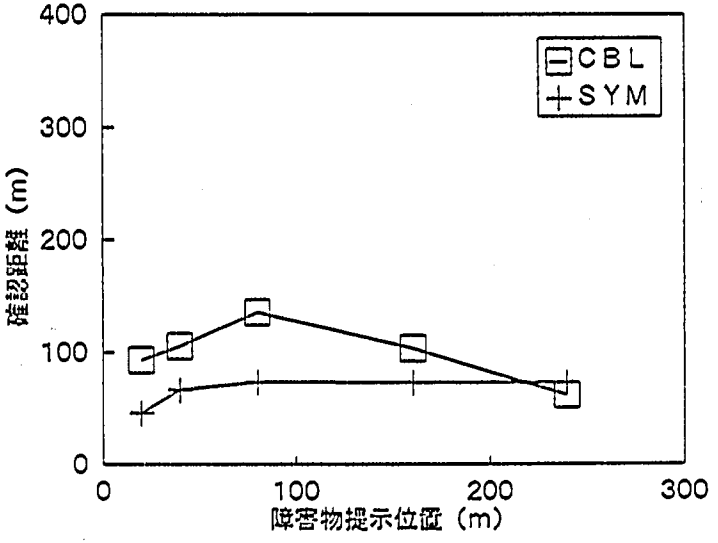
視認距離　シャッター：全開



視認距離　シャッター：３／４開



確認距離　シャッター：全開



確認距離　シャッター：３／４開

図－５．３６　障害物の視認性実験（走行実験）測定結果（平均値）

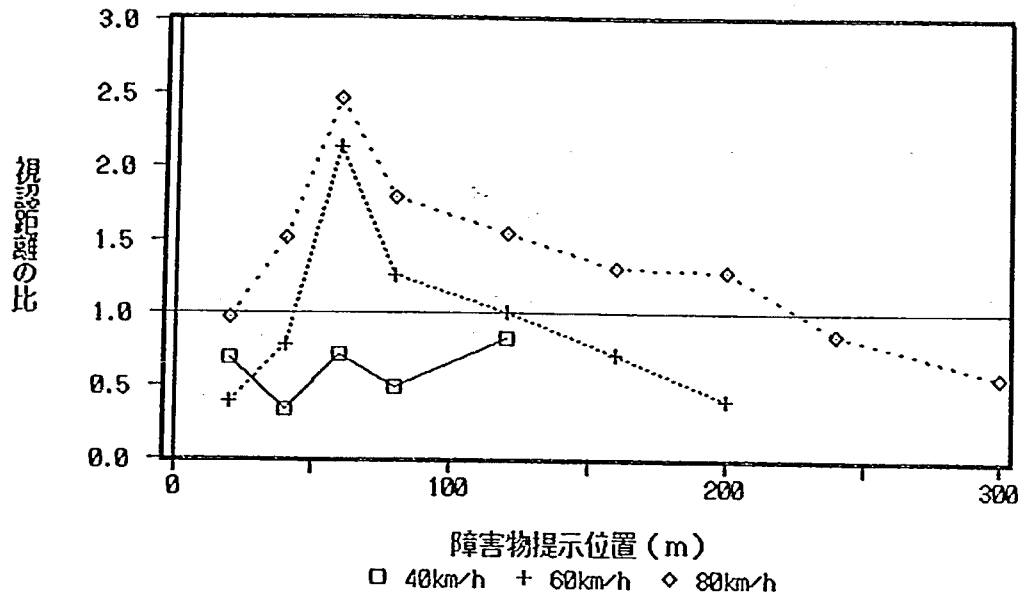
（照明レベル：８０km/h）

表－５．２４　対称照明を１とした場合のカウンタービーム照明の視認距離の比率

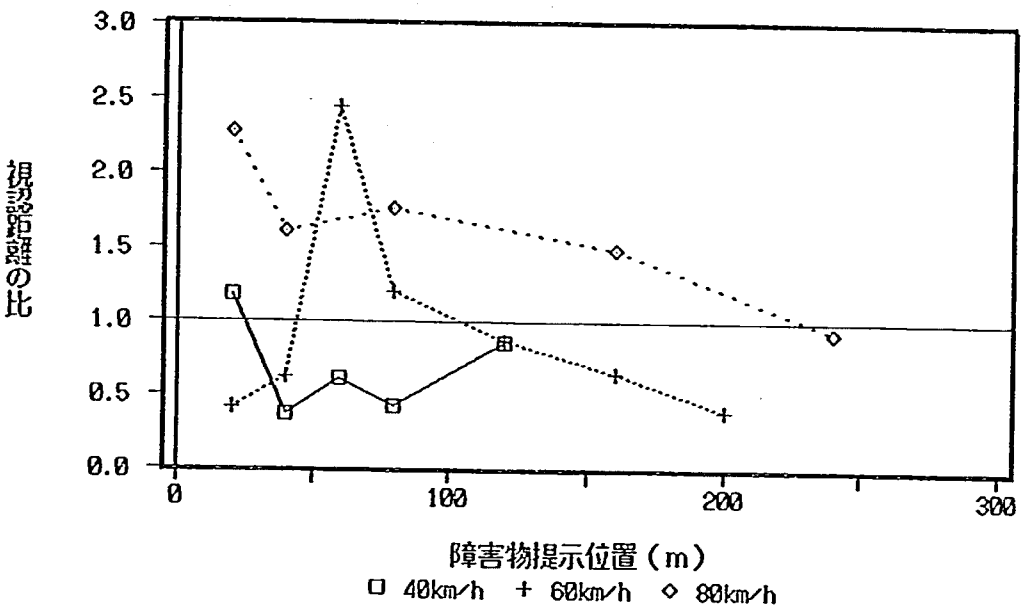
照明レベル	シャッター開度	障害物設置位置（m）									
		0	20	40	60	80	120	160	200	240	300
40km/h相当	全開	－	0.69	0.33	0.71	0.49	0.82	－	－	－	－
	3/4開	－	1.17	0.36	0.61	0.42	0.85	－	－	－	－
60km/h相当	全開	－	0.39	0.77	2.12	1.25	0.99	0.71	0.39	－	－
低減係数 1/2	3/4開	－	0.41	0.63	2.45	1.19	0.86	0.64	0.39	－	－
80km/h相当	全開	－	0.97	1.51	2.46	1.78	1.54	1.31	1.29	0.86	0.56
	3/4開	－	2.28	1.61	－	1.76	－	1.48	－	0.91	－

表－５．２５　対称照明を１とした場合のカウンタービーム照明の確認距離の比率

照明レベル	シャッター開度	障害物設置位置（m）									
		0	20	40	60	80	120	160	200	240	300
40km/h相当	全開	－	0.53	0.34	0.87	0.57	1.30	－	－	－	－
	3/4開	－	1.17	0.46	0.85	0.43	1.24	－	－	－	－
60km/h相当	全開	－	0.38	0.75	2.22	1.33	1.23	0.97	0.55	－	－
低減係数 1/2	3/4開	－	0.38	0.70	2.10	1.42	1.23	0.64	0.49	－	－
80km/h相当	全開	－	1.01	1.57	2.04	1.47	1.55	1.45	1.40	0.82	0.51
	3/4開	－	2.03	1.61	－	1.71	－	1.41	－	0.85	－

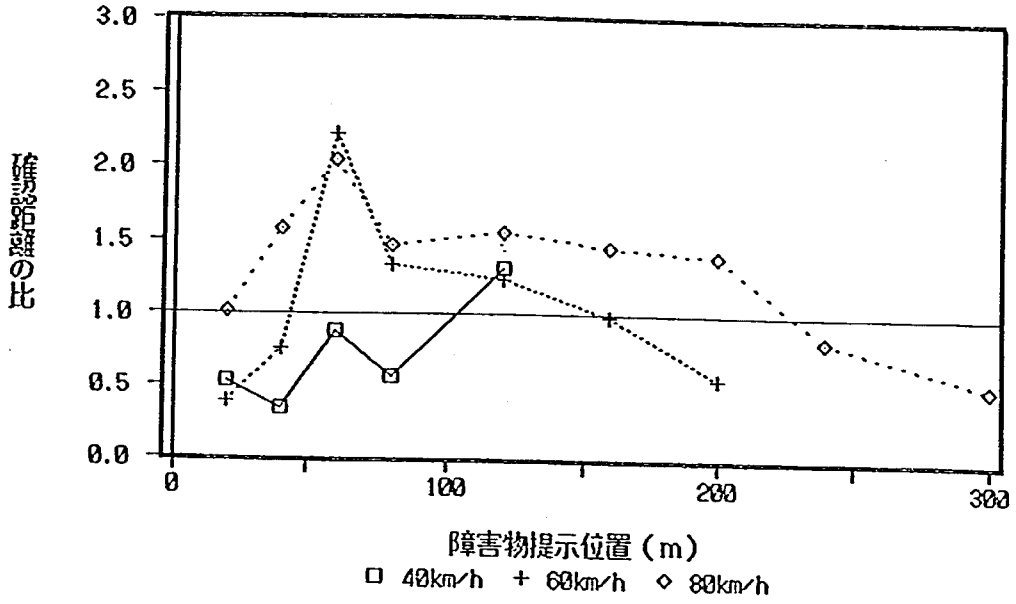


シャッター開度　全開

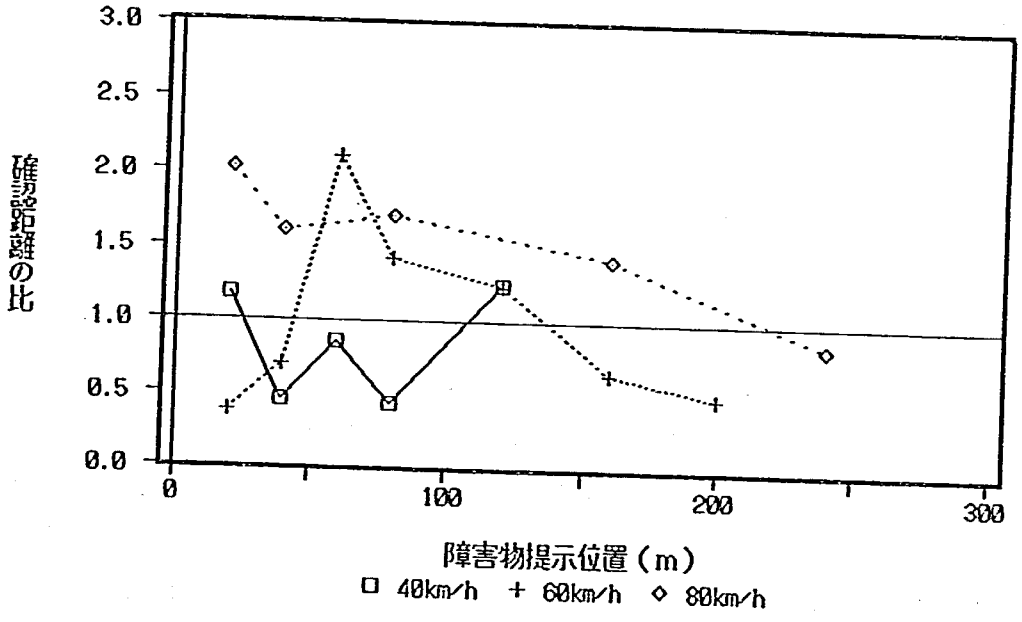


シャッター開度　3／4開

図－5．37　対称照明を1とした場合のカウンタービーム照明の視認距離の比率



シャッター開度　全開



シャッター開度　3／4開

図－5．38　対称照明を1とした場合のカウンタービーム照明の確認距離の比率

５．２．４　視認距離および確認距離と野外の輝度との関係

図－５．３９に各設計速度毎の視認距離の平均値を用いて野外輝度との関係を示した。図中には、障害物の各提示位置に関係なくすべての測定データを示した。これより設計速度４０、６０km/hの条件では照明条件により視認性実験を実施した野外輝度が大きく異なることが分かる。４０km/hの場合は、野外輝度が増加することにより、視認距離が小さくなる傾向が見受けられるが、照明方式の違いによる視認距離の相違は明確ではない。６０km/hの場合は、野外輝度による顕著な傾向を見ることはできない。対称照明の視認性実験時の野外輝度が高い条件で実施したにもかかわらず、カウンタービーム照明の視認距離と比較して大きい値となっているようにも見受けられる。８０km/hの場合は、野外輝度が増加することによる視認距離の減少傾向が見られ、カウンタービーム照明のほうが対称照明に比べて視認距離が長くなっていることが分かる。

以上のように野外輝度と視認距離の関係からでは照明方式による顕著な差が明確でないことから、野外輝度に替わる一つの視標としてｋ値（入口部照明の境界部の輝度とトンネル坑口から設計速度に応じた視距だけ離れた位置からの２０°視野の野外輝度との比）と視認距離の関係で表すこととした。

図－５．４０に野外輝度の条件を考慮してｋ値と視認距離との関係を示した。この図では、境界部の輝度は照明方式に関係なく同一値であるのでｋ値が小さい場合は野外輝度が高い条件で、ｋ値が大きい場合が野外輝度が小さい条件で実施したことになる。これより、野外輝度の明るさによる各視認距離の関係から照明方式の比較をすると、４０km/h、６０km/hの場合は、野外輝度と視認距離の関係と同様に顕著な傾向は見受けられない。８０km/hの場合は、ばらつきはあるもののｋ値が大きくなる（野外輝度が低くなる）とカウンタービーム照明のほうが視認距離が延びる傾向にある。

以上、野外輝度およびｋ値と視認距離の関係からでは、いずれも照明方式による相違を明確にすることができなかった。ただし、別途に実施した光学測定から輝度対比について以下のようなことが得られている。

光学測定から求められる輝度対比は、人工照明のみでは図－５．４１に示すように、トンネル坑口部からトンネル内の奥の位置にしたがって徐々に輝度対比が小さくなり、シルエット領域から逆シルエット領域へと移行するような傾向を示すことが分かっている。ただし、４０km/h、６０km/hの場合の対称照明はカウンタービーム照明に比べて全体的にばらつきが大きく、位置によっては負の輝度対比の逆シルエットの状態となっている所もある。図－５．４２は、晴天時の自然光を含めた状態での輝度対比の推移を示したものであるが、これより、自然光の影響により人工照明のみの輝度対比に比べて全体的に負の輝度対比側へ移行していることが分かる。すなわち、自然光の射し込みにより障害物の鉛直面照度が上昇することにより障害物の輝度が増加し、輝度対比が負の輝度対比へと全体的にシフトするものと考えられる。図中には障害物の反射率が２０％、３０％の場合の輝度対比との関係を示しているが、輝度対比は反射率の大小により大きく異なることが分かる。すなわち、反射率３０％の比較的明るい障害物は、反射率が２０％の障害物に比べて、もともと障害物輝度が高いため、同一の条件でも反射率２０％の輝度対比に比べて負の輝度対比側の値をとることになる。今回実施した走行実験の障害物は、反射率３０％を使用しており、障害物の輝度対比は全体的に負の輝度対比側へシフトした値で実施していることになる。図中からも分かるよ

うに、対称照明の輝度対比はカウンタービーム照明の輝度対比の変化に比べて大きく、障害物の反射率、すなわち障害物の種類によって見え方が大きく異なることとなる。

以上のことより、今回、異なった野外輝度の条件で視認性実験を実施し、自然光の差し込みの影響の程度が異なっていること、同一の野外輝度の状態でも障害物の反射率によっても異なっていることから、本視認性実験の値をそのまま比較することは困難であると考えられる。障害物の見え方（視認距離）は、障害物の輝度対比によって変わってくることが分かっている。そこで、同一の輝度対比での障害物の見え方を比較するため、以下に示す輝度対比と視認距離の関係から考察することとした。

図－５．４３は走行実験時の輝度対比と視認距離の関係を示したものである。図－５．４３の各走行速度毎の輝度対比と視認距離の関係から、それぞれ正の輝度対比の場合、負の輝度対比の場合で相関が見られ、特に４０km/h、６０km/hの場合が傾向が類似している。そこで、図－５．４４に示すように４０km/hと６０km/h、８０km/hの２条件での正の輝度対比の場合、負の輝度対比の場合の回帰式、相関を求めた。回帰直線は、障害物の見え方が異なること等により輝度対比がゼロの点で必ずしも一致していない。図－５．４４の各条件での輝度対比の推移は、晴天時の自然光の射し込みを考慮したときに求められる輝度対比であり、照明条件、障害物の反射率毎の輝度対比から図－５．４４の関係から視認距離を求めると表－５．２６のとおりとなる。これらの関係を図－５．４５、図－５．４６に示す。

（１）障害物の反射率２０％の場合

照明レベル４０km/h相当でカウンタービーム照明では障害物の提示位置が坑口から４０m間では視認距離は下がる傾向にあり６０mからはほぼ一定の視認距離となっている。対称照明では障害物の提示位置が坑口から６０mまで視認距離は下がる傾向にあるが８０mで上がっており視認距離にばらつきが見られるが、全体的に見ると各照明方式とも同じ様な傾向にある事が分かる。これは、この照明レベルでは各照明方式とも輝度対比での差があまりなく視認距離も同じ様な結果となっていることが分かる。

照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当でカウンタービーム照明では坑口から４０mまでは対称照明と変わらず、それ以降の提示位置では視認距離が１００m前後と対称照明より視認距離は長くなっていることが分かる。これは、自然光の射し込みの影響により輝度対比が低下していくため視認距離も低下するためである。提示位置が６０m以降では照明方式の違いにより輝度対比に多少差がでてくる（カウンタービーム照明での輝度対比が高い）ために視認距離に差が現れてくることが分かる。

照明レベル８０km/h相当でカウンタービーム照明と対称照明とも、傾向としては同じような結果となっているが、視認距離の差が生じていることが分かる。これは、輝度対比の結果が対称照明比べて高い値となっており、それに伴って視認距離が長くなったことが分かる。

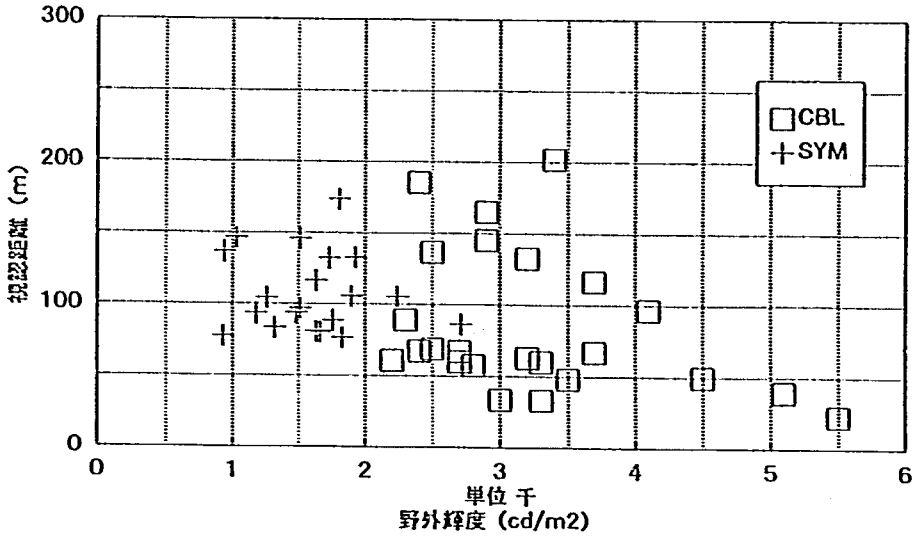
（２）障害物の反射率30%の場合

照明レベル４０km/h相当の場合、カウンタービーム照明より対称照明の視認距離が長くなっている。これは、対称照明の場合負の輝度対比が高く逆シルエットの状態による障害物の見え方が良くなっていたためと考えられる。

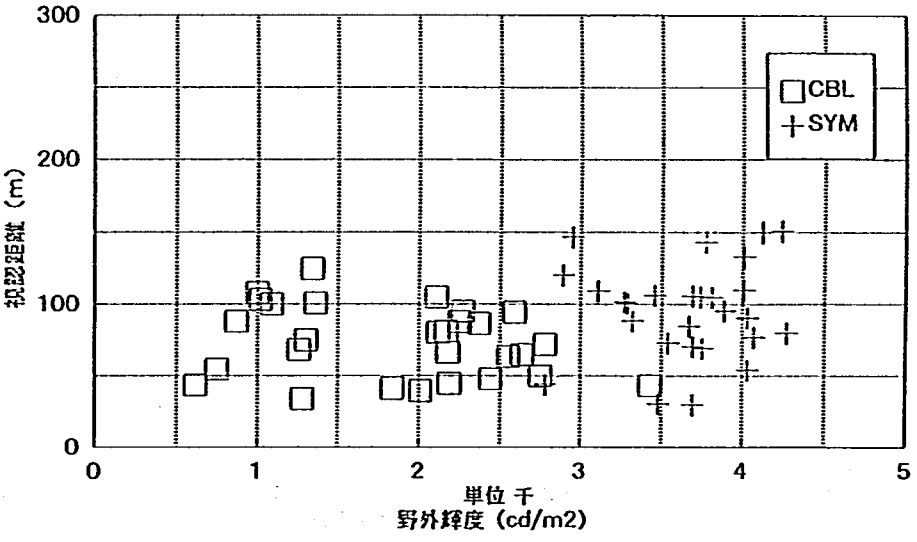
照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当の場合、カウンタービーム照明と対称照明で視認距離は同じような距離となっているが、カウンタービーム照明の場合４０m位置で視認距離が落ちている。これは、野外の輝度との関係で輝度対比が０に近くなったためと考えられる。

照明レベル８０km/h相当の場合、障害物の反射率２０%と同様にカウンタービーム照明と対称照明とは同じような傾向にあるが、視認距離の差は生じている。カウンタービーム照明では坑口付近から２０m付近で視認距離が低下するものの、それ以降の位置では安定した視認距離が確保されている。対称照明は同じ傾向にはなっているが視認距離はカウンタービーム照明に比べて短い。

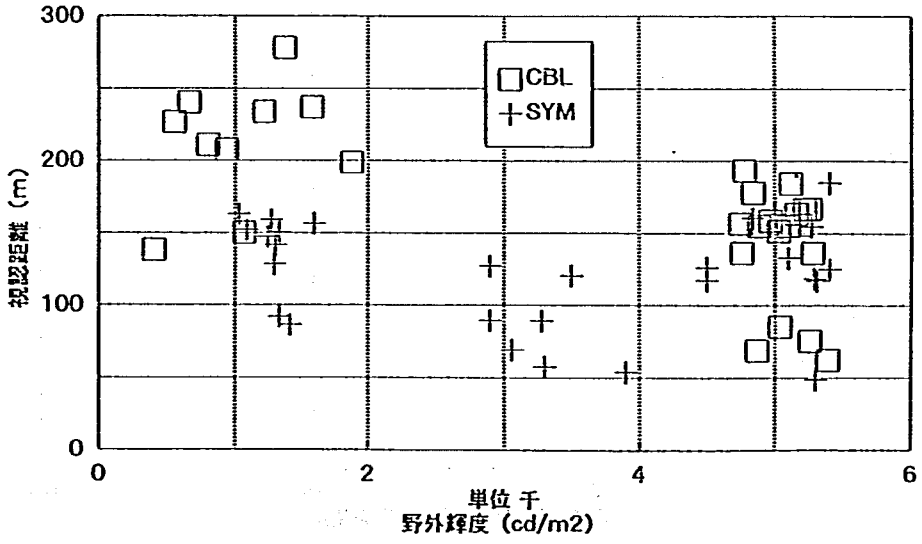
以上より、照明レベルの低い（設計速度４０km/h）場合は、自然光の影響により障害物の反射率の大きさによっては、対称照明に比べて輝度対比が小さくなり、その結果、視認距離が低下することが分かった。それ以外の条件では、対称照明に比べてカウンタービーム照明の方が障害物の視認性が優れていることが明らかとなった。



照明レベル：４０km/h相当

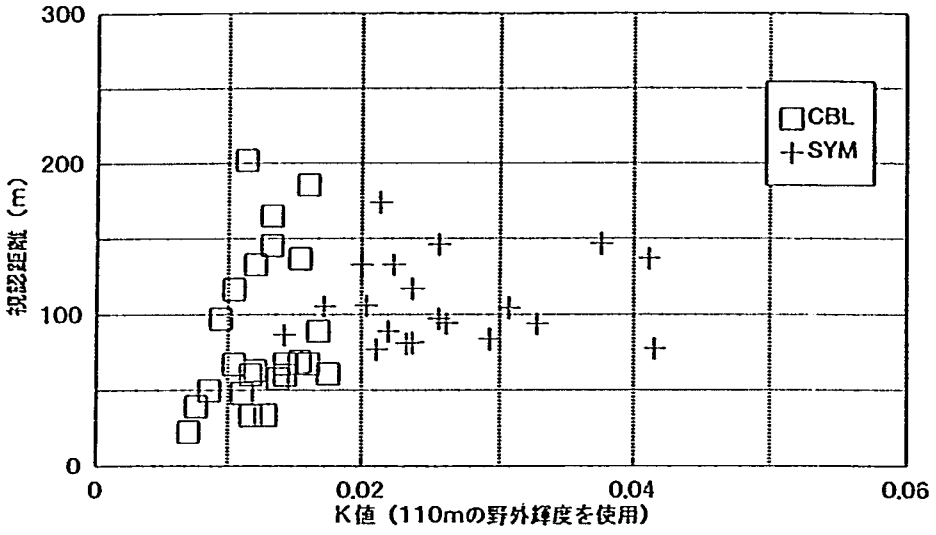


照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２

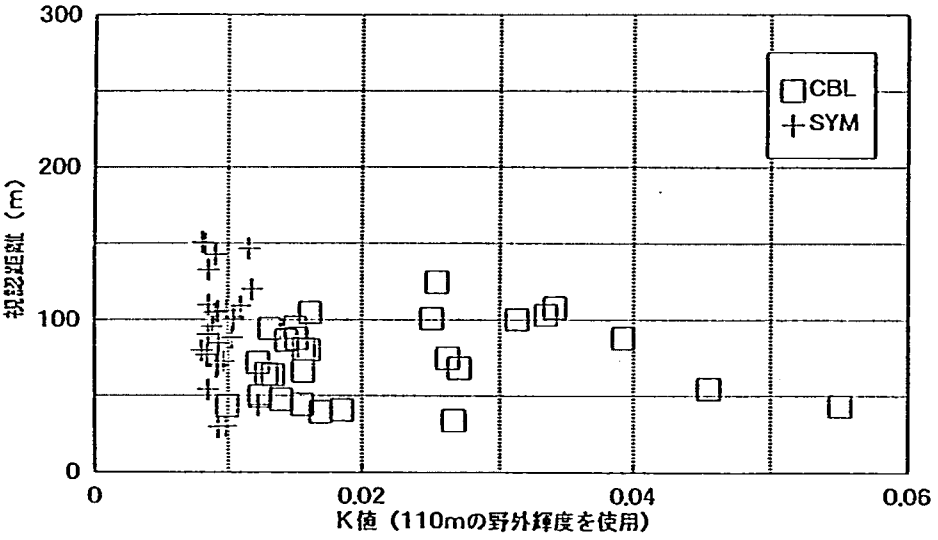


照明レベル：８０km/h相当

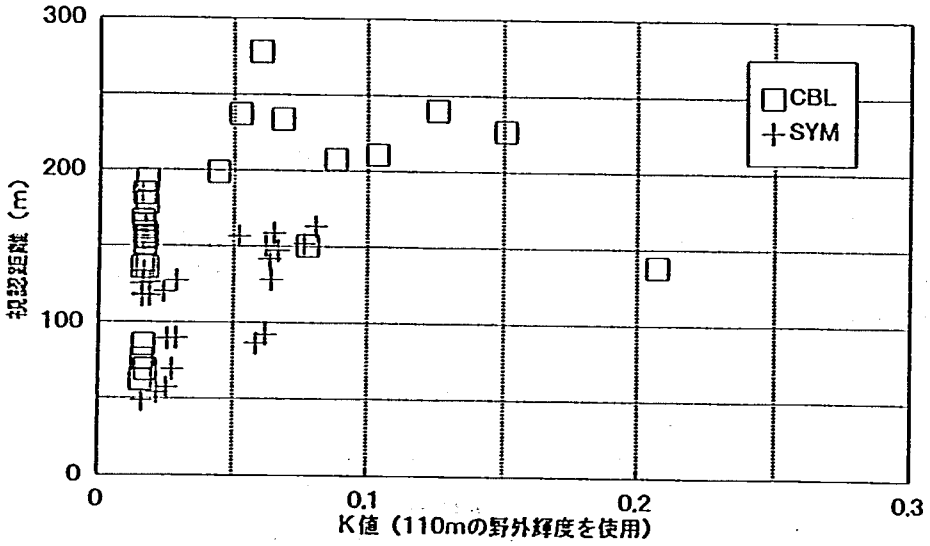
図－５．３９　野外輝度と視認距離の関係



照明レベル：４０km/h相当

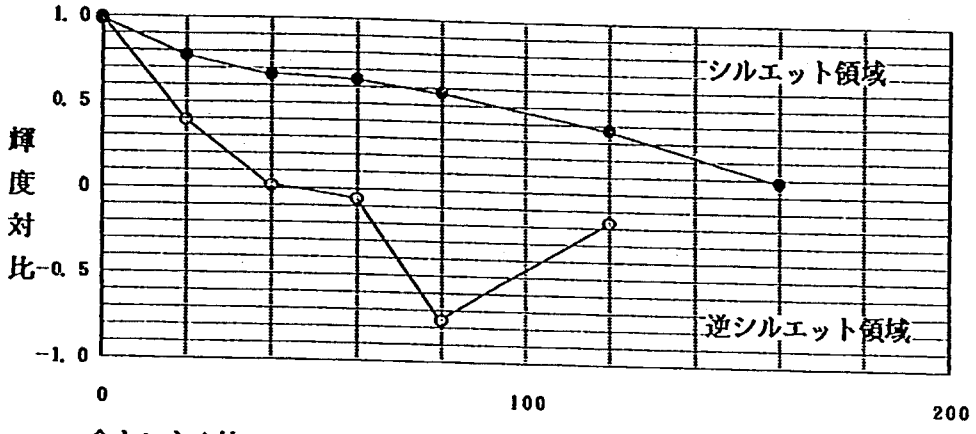


照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２



照明レベル：８０km/h相当

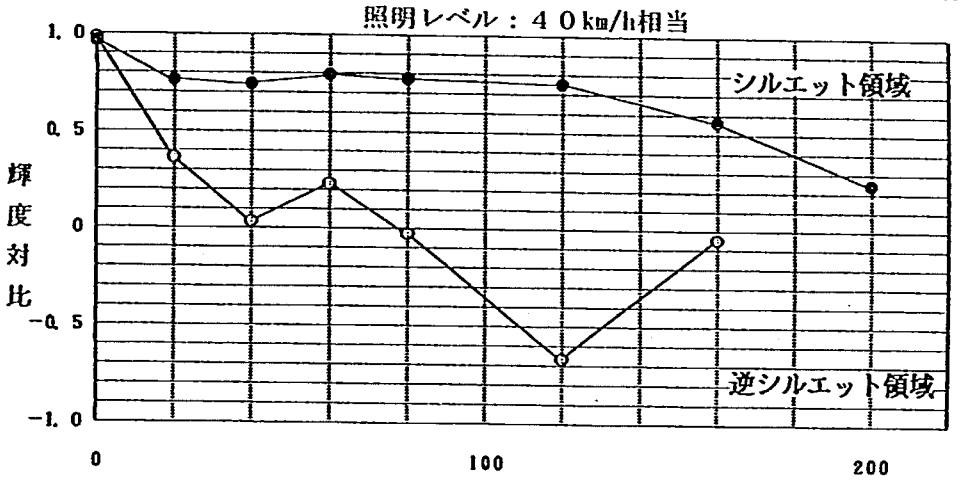
図－５．４０　ｋ値と視認距離の関係



凡　例（人工光のみの場合）

●：カウンタービーム照明　　○：対称照明

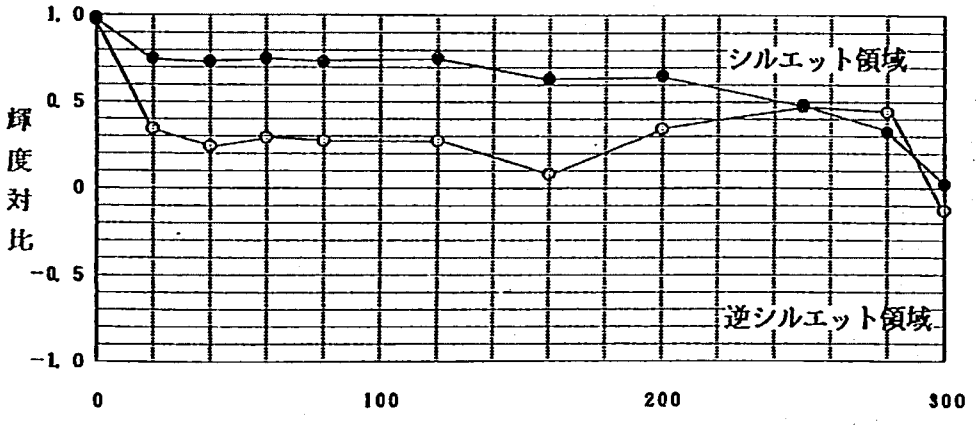
照明レベル：４０km/h相当



凡　例（人工光のみの場合）

●：カウンタービーム照明　　○：対称照明

照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２

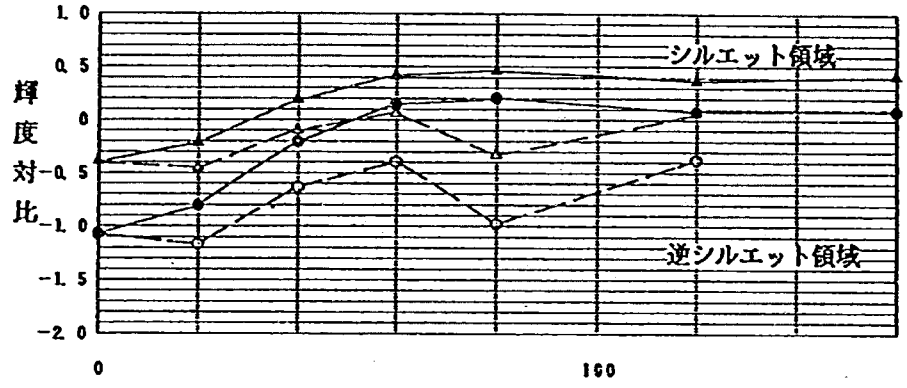


凡　例（人工光のみの場合）

●：カウンタービーム照明　　○：対称照明

照明レベル：８０km/h相当

図－５．４１　照明方式による障害物の輝度対比の比較（反射率３０%）



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

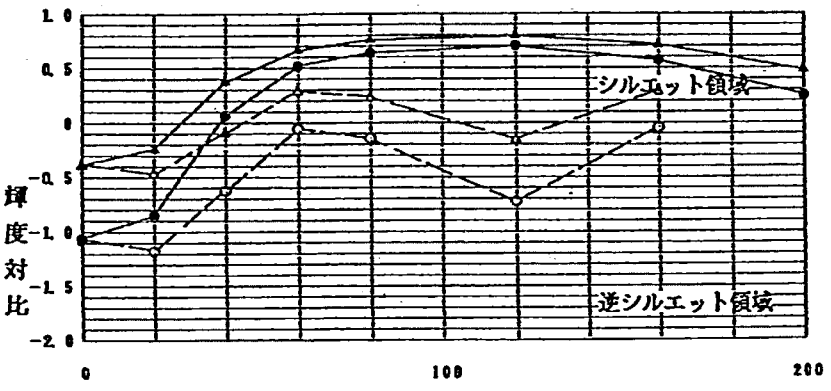
凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　　○：対　称　照　明　　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　　△：対　称　照　明　　（自然光加味）

照明レベル：４０km/h相当



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

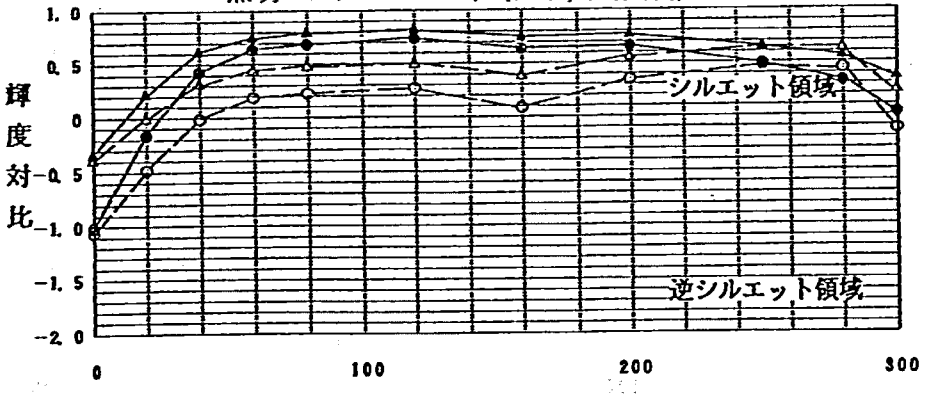
凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　　○：対　称　照　明　　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

〃　　△：対　称　照　明　　（自然光加味）

照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２



⇧トンネル坑口　　坑口からの距離（m）

凡例　障害物の反射率３０％　●：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

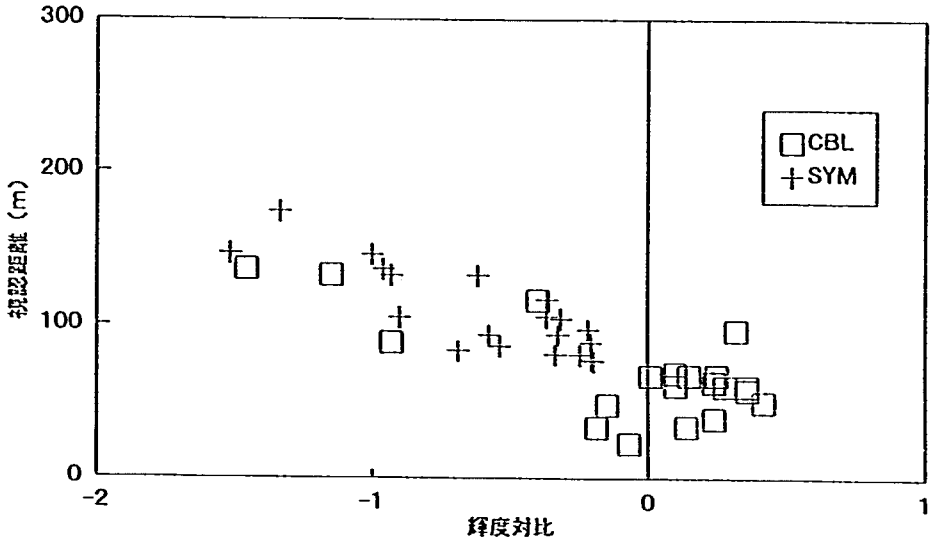
〃　　○：対　称　照　明　　（自然光加味）

障害物の反射率２０％　▲：カウンタービーム照明（車線中央、自然光加味）

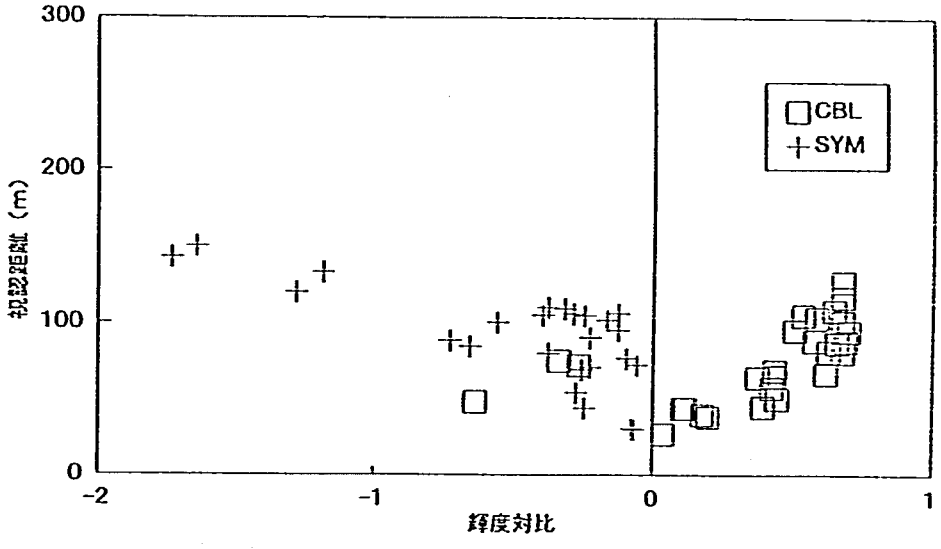
〃　　△：対　称　照　明　　（自然光加味）

照明レベル：８０km/h相当

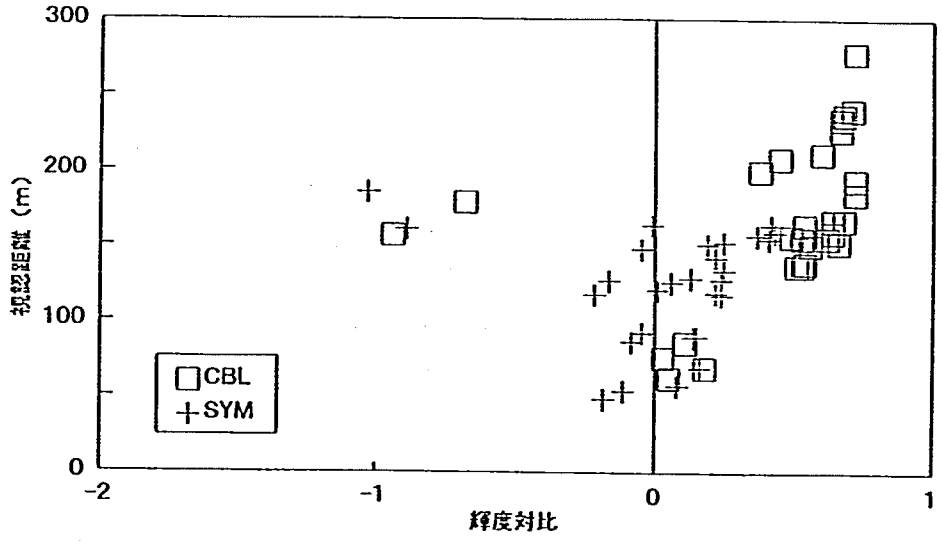
図－５．４２　自然光の影響を考慮した場合の輝度対比



照明レベル：４０km/h相当

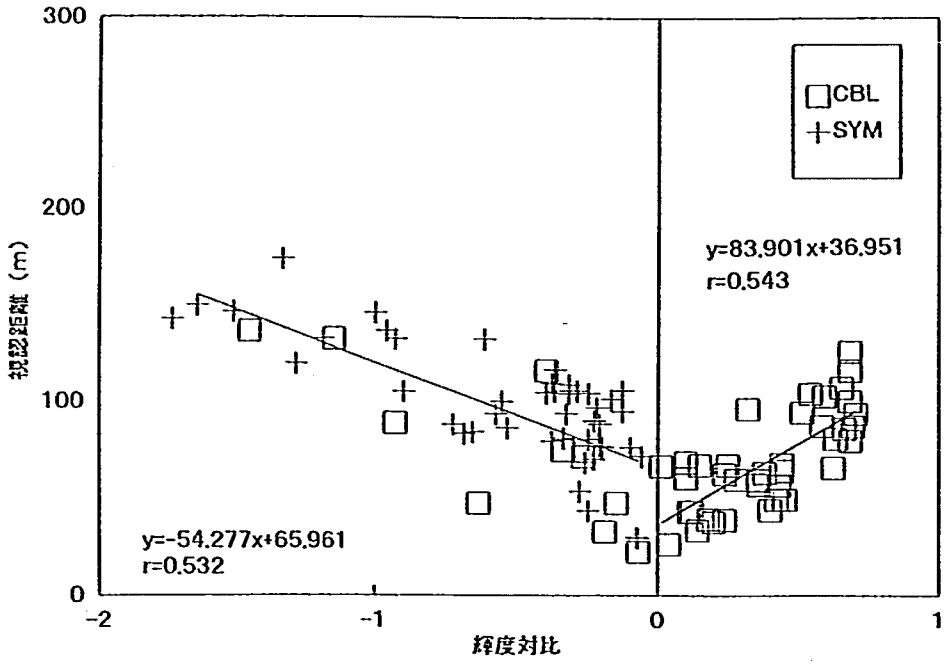


照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２

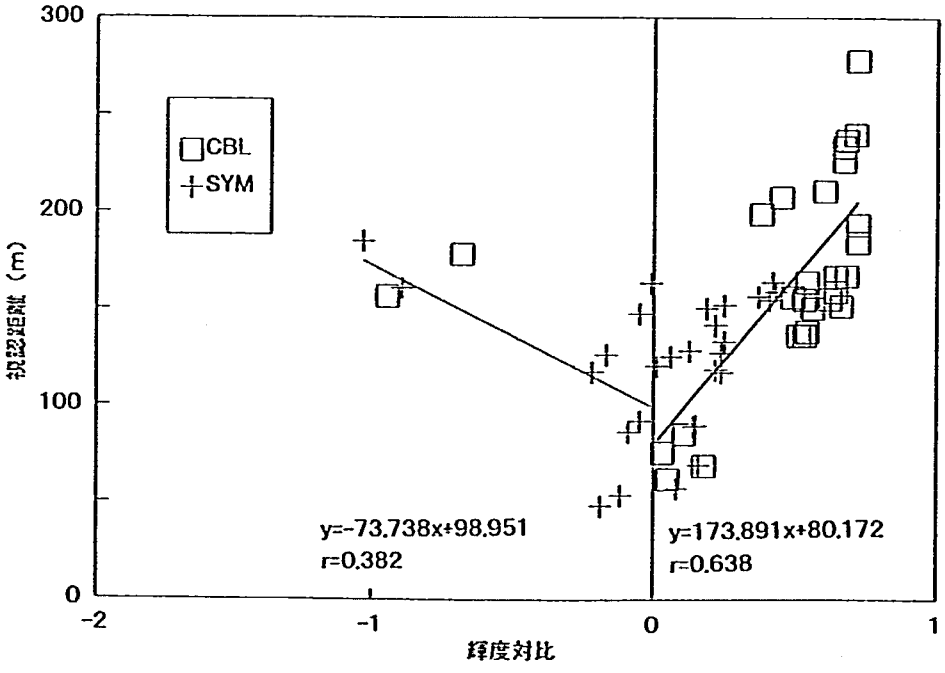


照明レベル：８０km/h相当

図－５．４３　輝度対比と視認距離の関係



照明レベル：４０km/h相当、６０km/h相当；低減係数１／２

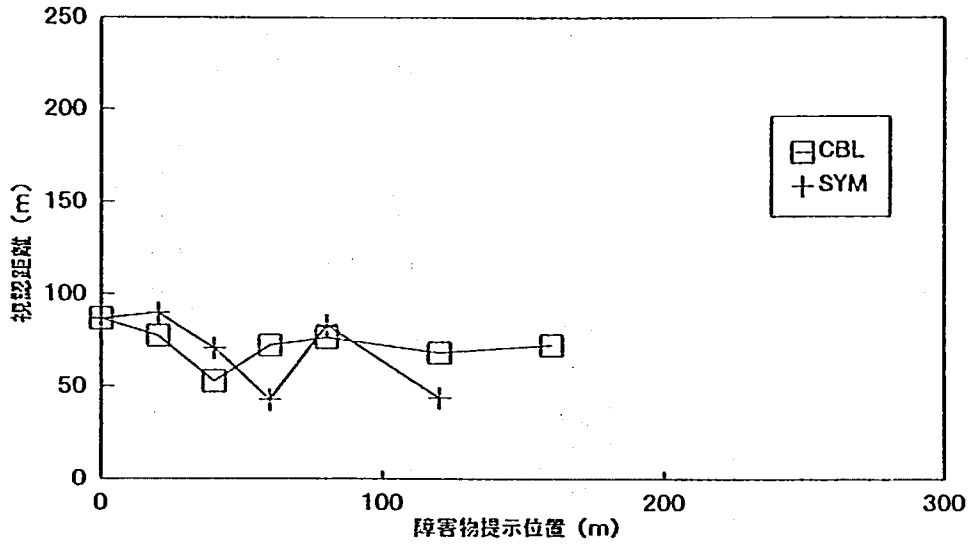


照明レベル：８０km/h相当

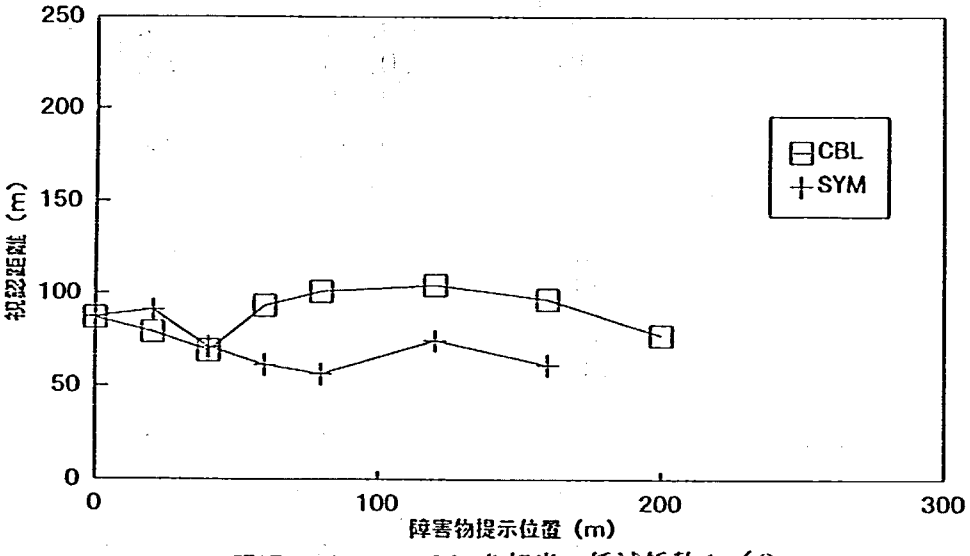
図－５．４４　輝度対比と視認距離の関係

表－５．２６　提示位置と視認距離の関係

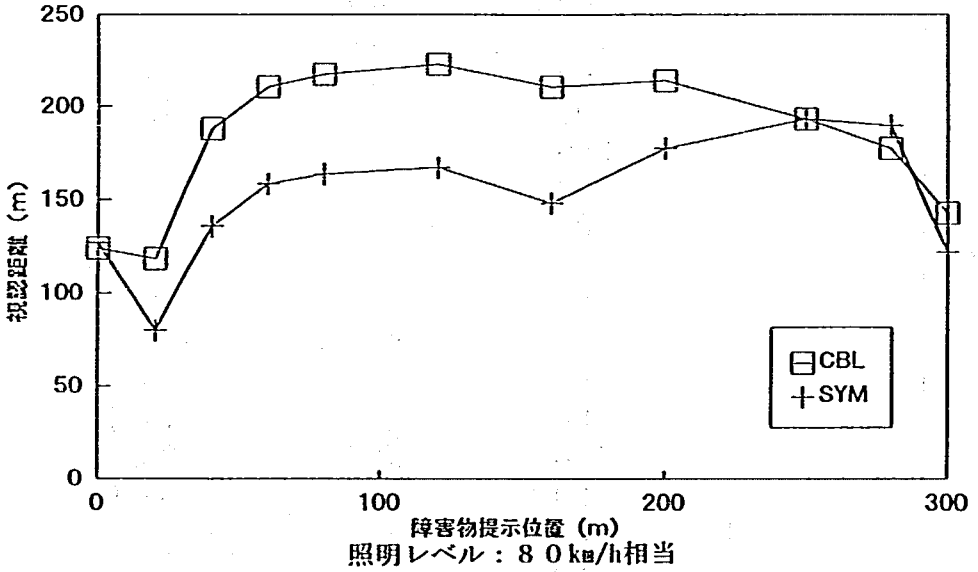
照明方式	障害物の反射率	障害物の提示位置(m)	照明レベル 40km/h相当	60km/h相当 低減係数1/2	80km/h相当
ＣＢＬ	20%	0	86.59	86.59	124.02
		20	77.36	78.99	118.43
		40	52.89	68.83	187.98
		60	72.19	93.16	210.59
		80	76.38	100.72	217.55
		120	67.99	104.07	222.76
		160	72.19	96.52	210.59
		200	－－	77.22	214.07
		250	－－	－－	193.20
		280	－－	－－	177.55
		300	－－	－－	142.77
ＳＹＭ		0	86.59	87.13	126.97
		20	89.84	90.93	80.17
		40	70.85	70.85	135.82
		60	42.82	61.28	158.42
		80	83.33	56.25	163.64
		120	43.66	74.10	167.12
		160	－－	61.28	147.99
		200	－－	－－	177.55
		250	－－	－－	193.20
		280	－－	－－	189.72
		300	－－	－－	121.91
		320	－－	－－	135.82
ＣＢＬ	30%	0	124.04	124.04	174.16
		20	109.93	112.64	111.49
		40	77.36	41.99	153.21
		60	48.70	79.74	189.72
		80	53.73	89.81	198.42
		120	42.82	95.68	207.11
		160	43.66	83.94	189.72
		200	－－	57.09	193.20
		250	－－	－－	163.64
		280	－－	－－	135.82
		300	－－	－－	83.65
ＳＹＭ		0	124.58	124.58	177.11
		20	129.47	130.01	132.87
		40	100.70	100.16	100.43
		60	87.67	69.22	111.47
		80	119.17	74.10	118.43
		120	68.83	105.58	125.38
		160	－－	68.67	94.08
		200	－－	－－	139.29
		250	－－	－－	161.90
		280	－－	－－	156.68
		300	－－	－－	108.54
		320	－－	－－	80.17



照明レベル：４０km/h相当



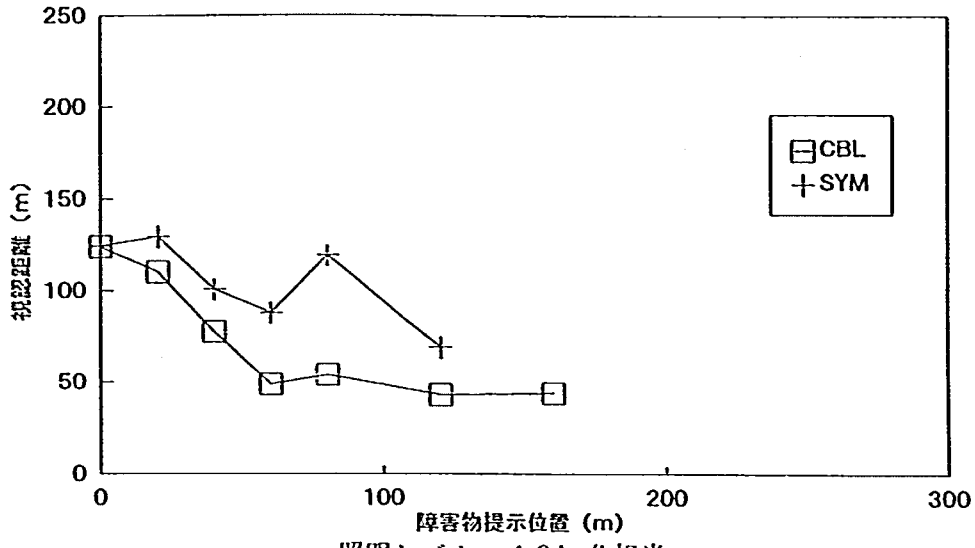
照明レベル：６０km/h相当；低減係数１／２



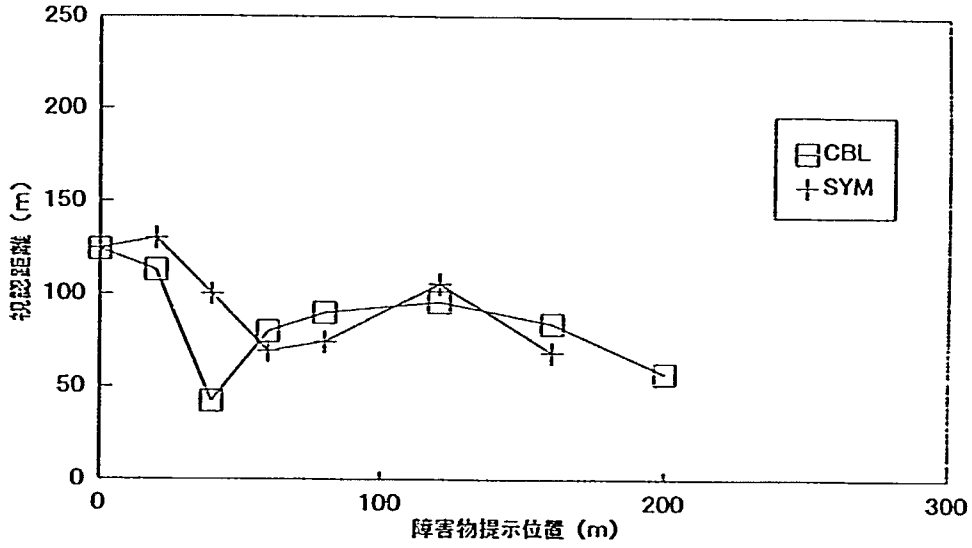
照明レベル：８０km/h相当

図－５．４５　提示位置と視認距離の関係（反射率２０％）

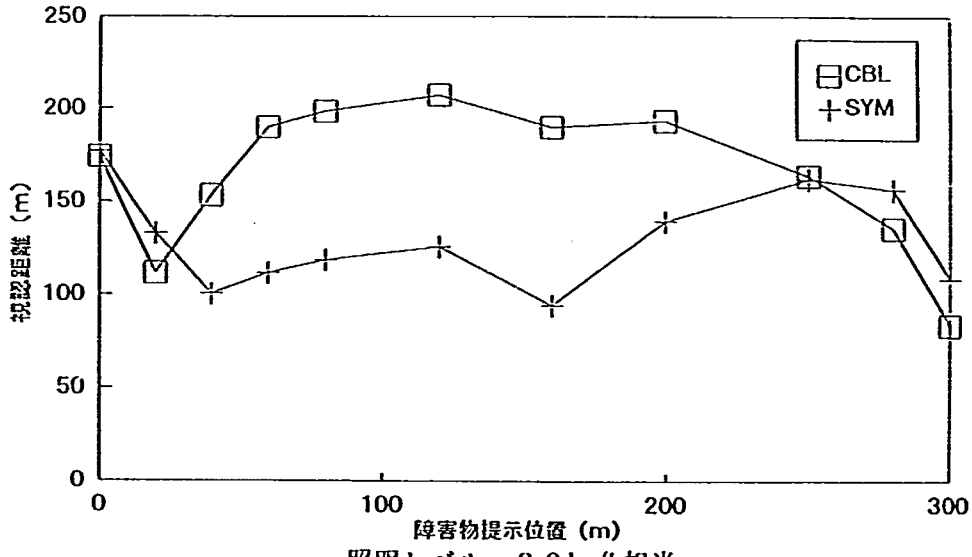
※図－５．４４より求めた回帰係数から、視認距離を算出。



照明レベル：４０km/h相当



照明レベル：６０km/h相当：低減係数１／２



照明レベル：８０km/h相当

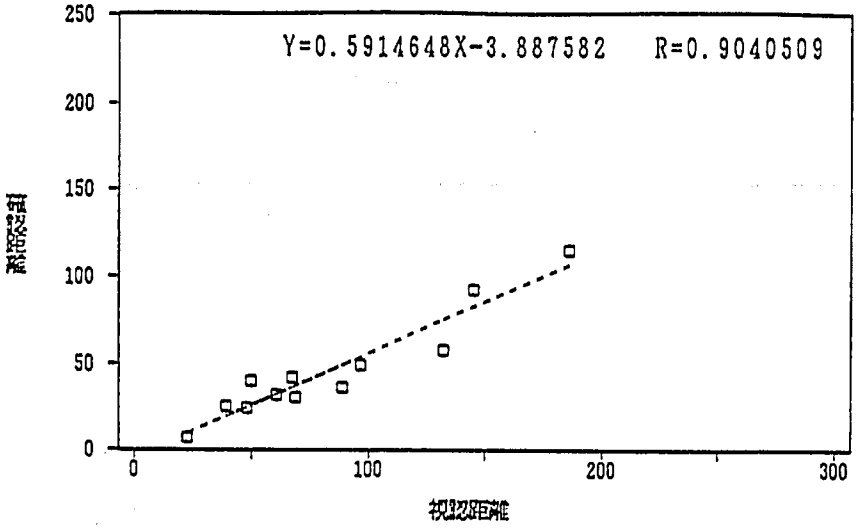
図－５．４６　提示位置と視認距離の関係（反射率３０％）

※図－５．４４より求めた回帰係数から、視認距離を算出。

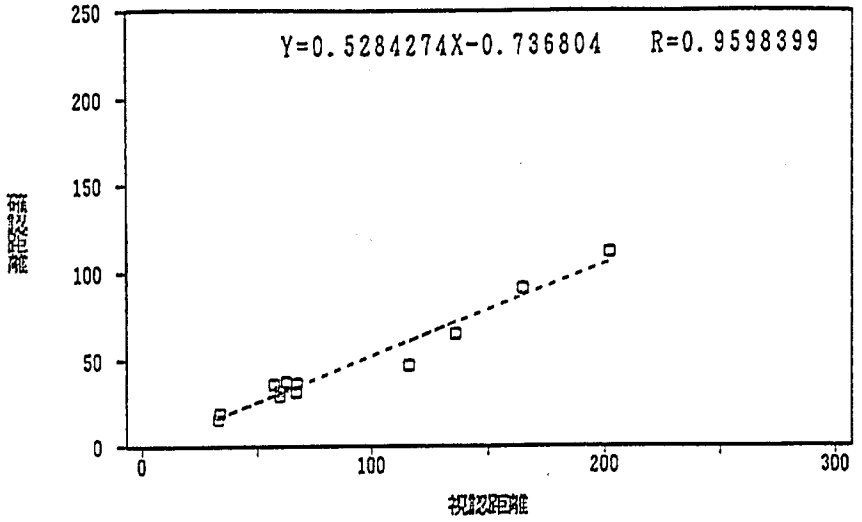
5．2．5　視認距離と確認距離の関係

各照明方式、照明レベル、シャッター開度毎に視認距離と確認距離の関係について求めた。その結果を図－5．47～図－5．49に示す。

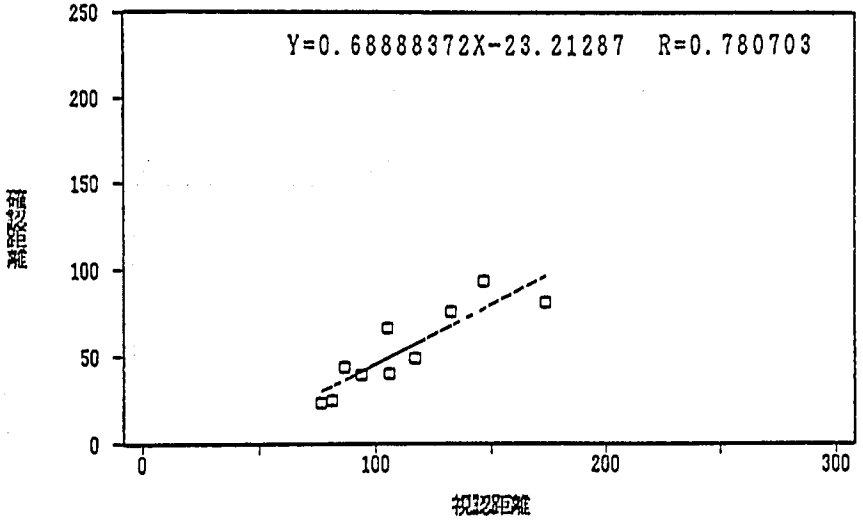
各条件下での視認距離と確認距離の関係は、一部を除いてほとんどの場合相関係数0．9以上と両者の関係を顕著に見ることができる。



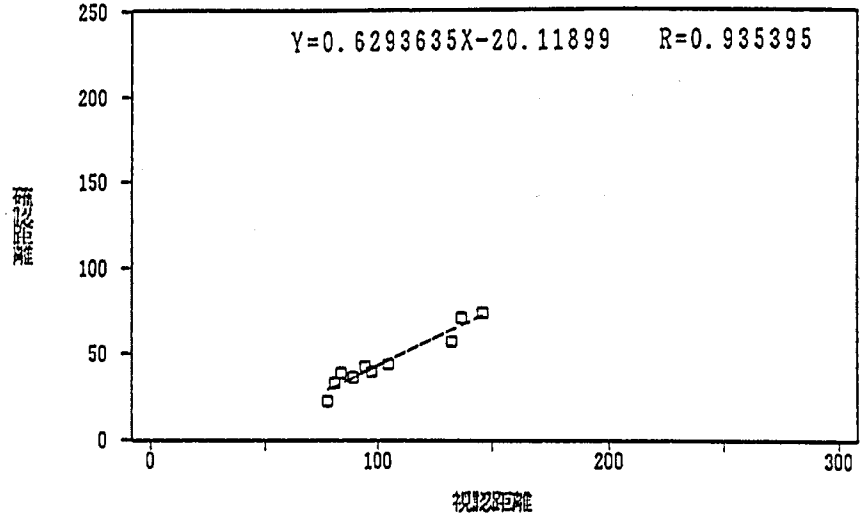
カウンタービーム照明　シャッター：全開



カウンタービーム照明　シャッター：３／４開

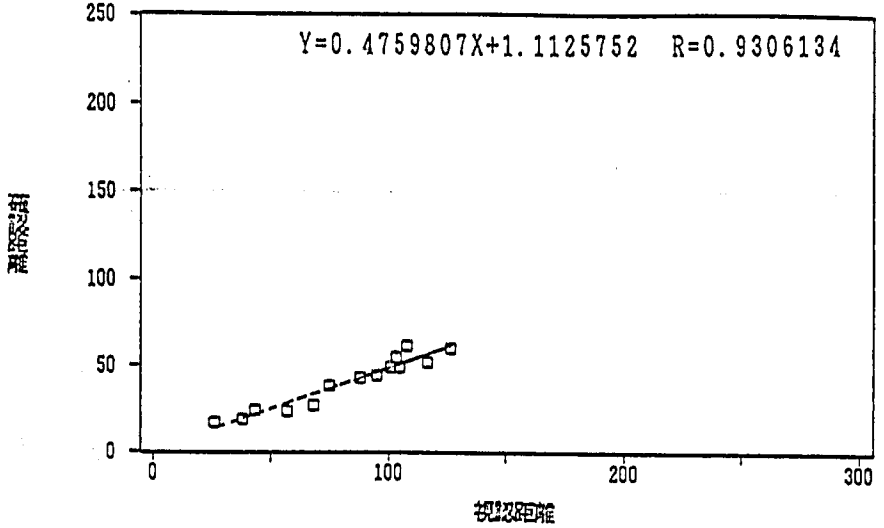


対称照明　シャッター：全開

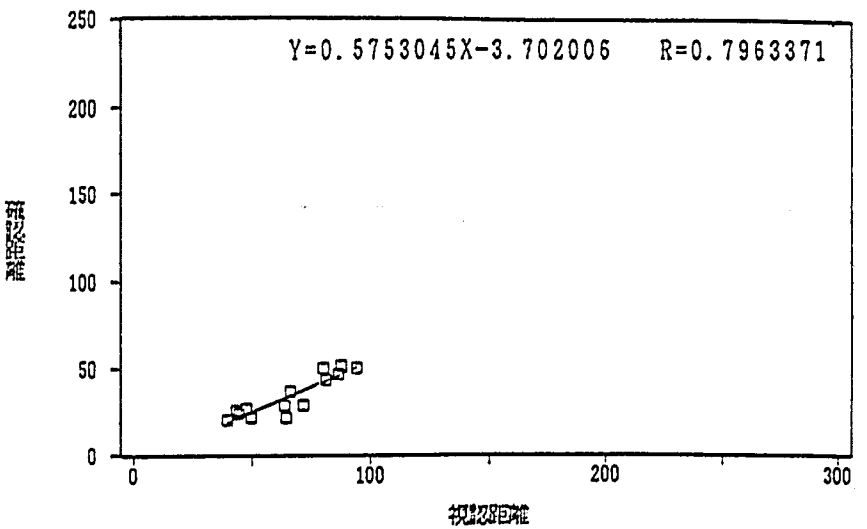


対称照明　シャッター：３／４開

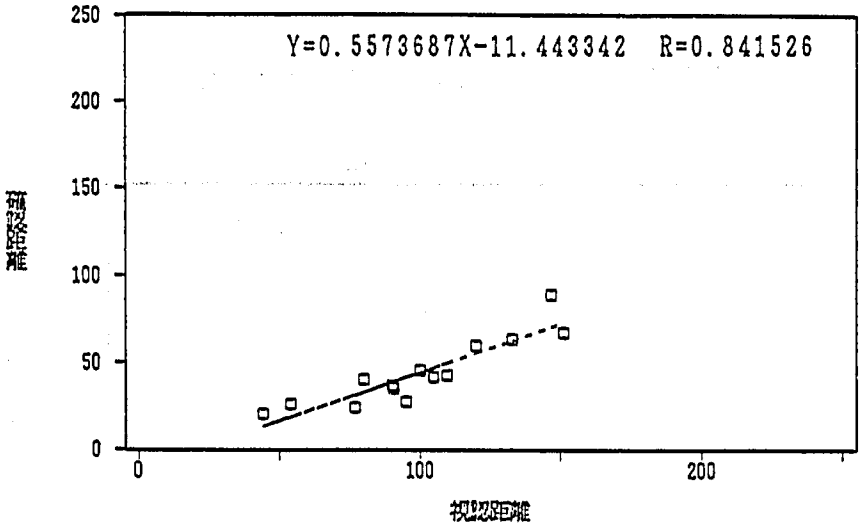
図－５．４７　視認距離と確認距離の関係（照明レベル：４０km/h相当）



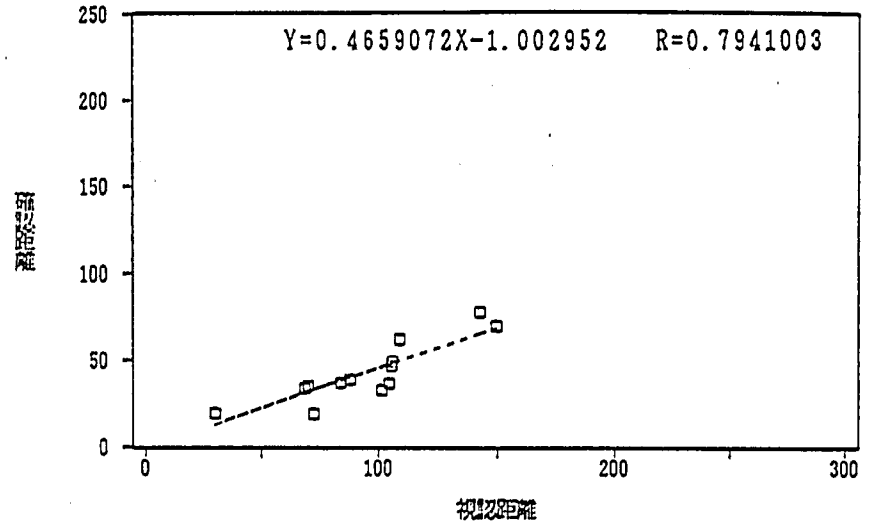
カウンタービーム照明　シャッター：全開



カウンタービーム照明　シャッター：３／４開

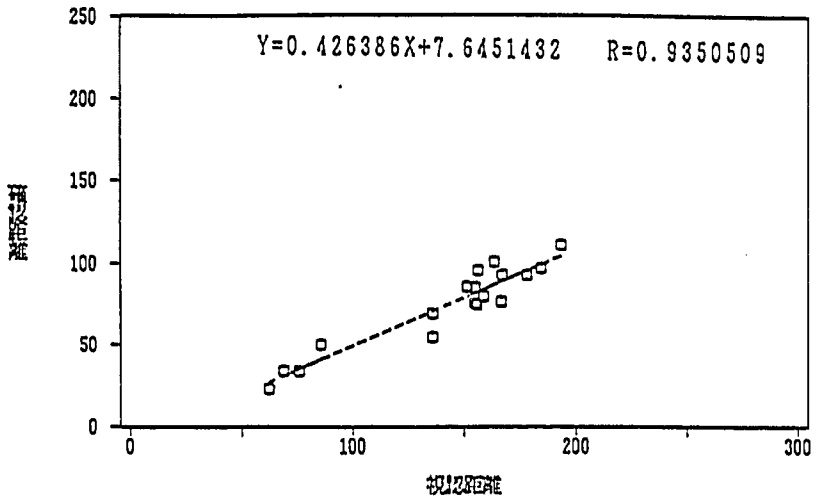


対称照明　シャッター：全開

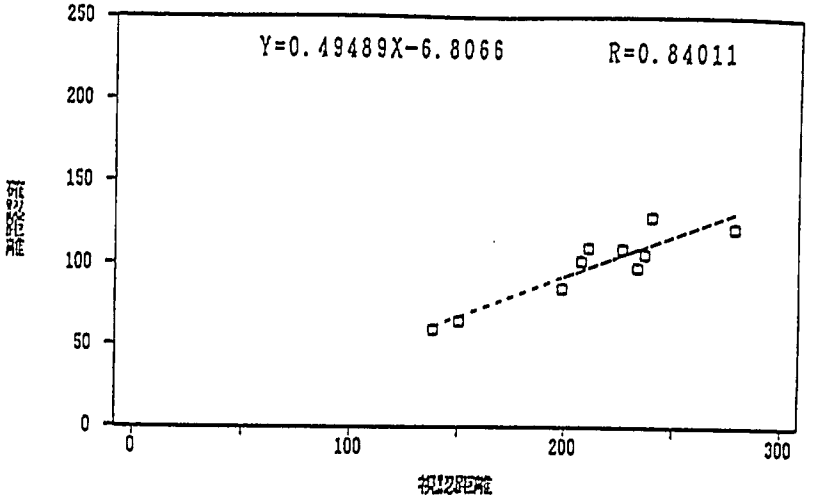


対称照明　シャッター：３／４開

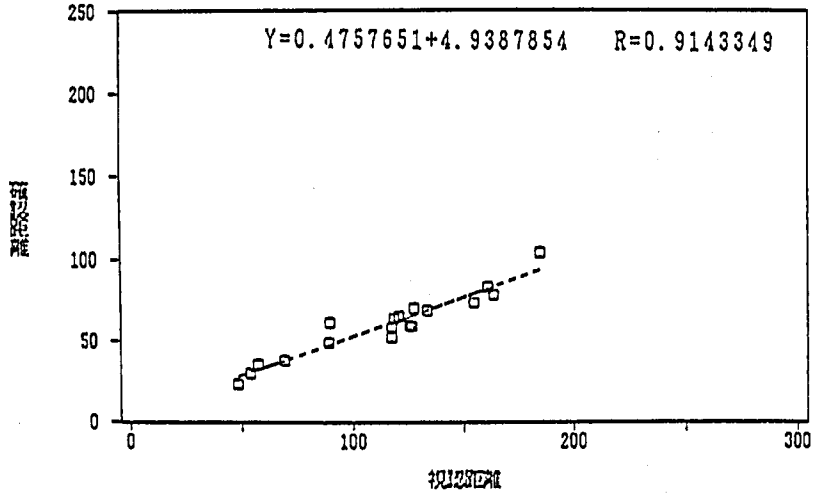
図－５．４８　視認距離と確認距離の関係（照明レベル：６０km/h相当・低減係数１／２）



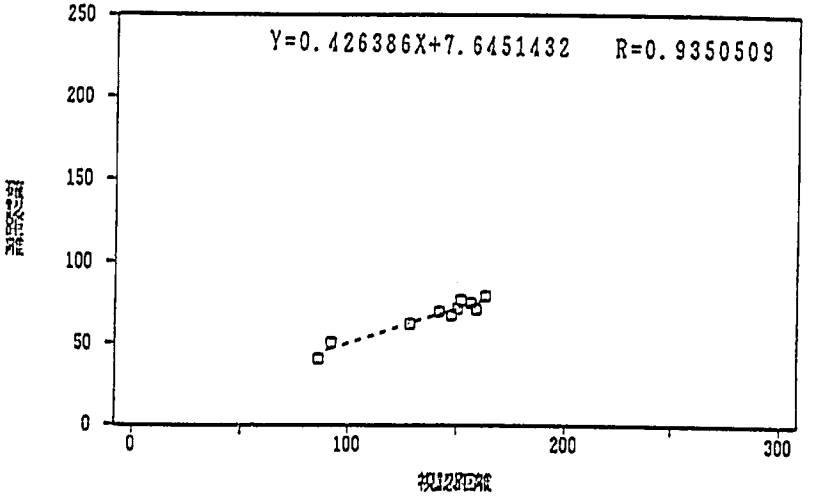
カウンタービーム照明　シャッター：全開



カウンタービーム照明　シャッター：３／４開



対称照明　シャッター：全開



対称照明　シャッター：３／４開

図－５．４９　視認距離と確認距離の関係（照明レベル：８０km/h相当）

5．2．6　アンケート結果

各走行毎に次に示すアンケート調査を被験者に対して実施した。

①トンネル坑口の見え方

トンネルに進入しつつある自動車の運転者から見たトンネル坑口の見え方についてのアンケート（ブラックホール現象を感じるかどうか）。

②トンネル進入の難易

トンネルに進入しつつある自動車の運転者から見たトンネルに進入する際の難易（トンネル進入に不安を感じるか）についてのアンケート。

③照明器具からのグレア

トンネルに進入しつつある自動車の運転者がトンネルに設置された照明器具からのグレア（まぶしさを感じるかどうか）についてのアンケート。

④トンネル進入後の視環境

トンネルを通過する自動車の運転者がトンネル内に進入した後の視環境（トンネルの走り安さ）についてのアンケート。

以上のアンケート結果を、静止実験と同様に以下に示すように評点に換算して以下の項目で整理を行った。表－５．２７～表－５．２８、図－５．５０～図－５．５２にアンケート結果を示す。

トンネル坑口の見え方

非常に暗く感じた・・・・・・・・・評点　1
やや暗く感じた・・・・・・・・・・評点　2
どちらともいえない・・・・・・・・評点　3
やや明るく感じた・・・・・・・・・評点　4
非常に明るく感じた・・・・・・・・評点　5

トンネル進入の難易

不安感が高く非常に進入しにくい・・評点　1
やや不安感があり進入しにくい・・・評点　2
多少不安感があるが支障はない・・・評点　3
ほとんど不安感がない・・・・・・・評点　4
まったく不安感がない・・・・・・・評点　5

照明器具からのグレア

まぶしすぎて非常に運転しづらい・・評点　1

ややまぶしく運転しづらい・・・・・評点　2

多少まぶしいが支障はない・・・・・評点　3

ほとんどまぶしくない・・・・・・・評点　4

まったくまぶしくない・・・・・・・評点　5

トンネル進入後の視環境

非常に悪い・・・・・・・・・・・・評点　1

やや悪い・・・・・・・・・・・・・評点　2

どちらともいえない・・・・・・・・評点　3

やや良い・・・・・・・・・・・・・評点　4

非常に良い・・・・・・・・・・・・評点　5

（1）照明レベル４０km/h相当の場合

トンネルの坑口に見え方については、カウンタービーム照明の方がやや良い評価となっているが両照明方式でも評点は２．５前後とやや暗く感じた、どちらとも言えないと評価されている。

トンネル進入の難易については、カウンタービーム照明がやや良い評価となっているが両照明方式とも評点は３．５前後とトンネル進入については何ら問題ない結果となった。

照明器具からのグレアは、両照明方式とも同じ評価となっており、評点も４以上となっていることから、カウンタービーム照明でのグレアは何ら問題ないことが分かった。

トンネル進入後の視環境は、カウンタービーム照明で評点が３以上、対称照明で２．５以上とカウンタービーム照明がやや良い評価という結果となった。

この結果から、照明レベル４０km/h相当の場合では各項目とも若干ではがカウンタービーム照明においての評価が高いがその差はほとんど無く対称照明と変わらない結果となった。

（2）照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当の場合

トンネル坑口の見え方は、シャッター全開の場合カウンタービーム照明で評点が３．５前後、対称照明で評点が３前後と多少カウンタービーム照明の方が良い結果となっており、やや明るく感じたと評価が得られている。また、シャッター３／４開の場合カウンタービーム照明で評点は２．８前後、対称照明で２．５前後とカウンタービーム照明の方が多少良い評価となっている。

トンネル進入の難易は、シャッター全開の場合カウンタービーム照明で評点は４、対称照明で評点は３．５前後と多少カウンタービーム照明の方が良い結果となっているが両照明方式とも、ほとんど不安感が無いと評価をうけている。また、シャッター３／４開の場合カウンタービーム照明で評点は３．５前後、対称照明で評点は３．４前後とほとんど差はなくトンネル進入難易はほとんど問題ない結果となった。

照明器具からのグレアは、カウンタービーム照明で評点は、３．５前後、対称照明で４前後となっており対称照明の方が良い結果となっているが、カウンタービーム照明でもほとんどまぶしくないと評価をうけている。

トンネル進入後の視環境は、カウンタービーム照明で評点は３．５前後、対称照明で３前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、やや良いと評価をうけている。

（3）照明レベル８０km/h相当の場合

トンネル坑口の見え方は、カウンタービーム照明で評点の平均値は３．５前後、対称照明で３前後とカウンタービーム照明の方が多少ではあるが良い結果となっており、やや明るく感じたと評価されている。

トンネル進入の難易は、カウンタービーム照明で評点は４前後、対称照明で評点は３．５前後とカウンタービーム照明の方が多少良い結果となっていおり、ほとんど不安感がないと評価されている。

照明器具からのグレアは、カウンタービーム照明で評点は３．８前後、対称照明で評点は４前後と対称照明の方が良い結果となっているが、カウンタービーム照明でも、ほとんどまぶしくないと評価されている。

トンネル進入後の視環境は、カウンタービーム照明で評点は３．５前後、対称照明で３．５前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっていが、両照明方式とも視環境はやや良いと評価されている。

この結果から、カウンタービーム照明と対称照明と比較すると、照明器具からのグレアを除き、他のアンケート項目でカウンタービーム照明の方が高い評価となった。

以上より、アンケートによる評価を実施したが、野外の輝度が異なると評価が大きく変わることが予想される。野外の輝度がほぼ同条件であった照明レベル８０km/h相当では、照明器具からのグレアを除き、他のアンケート項目でカウンタービーム照明の方が高い評価を得ていることから、他の設計速度でも同条件で実施した場合の評価の傾向は同様になったと考えられる。

表－5．27　障害物の視認性実験（走行実験）アンケート結果

（カウンタービーム照明）

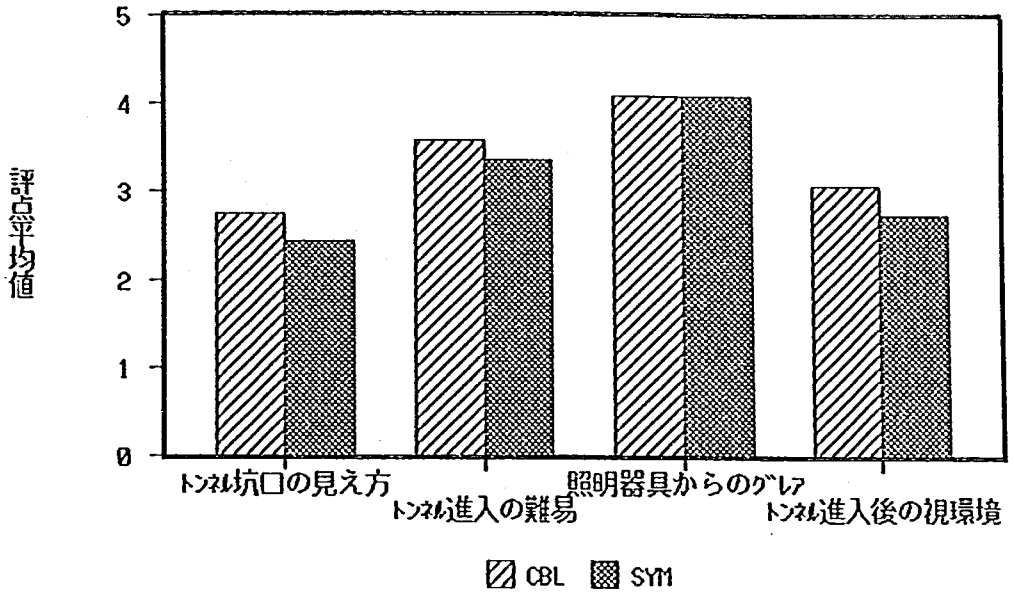
照明レベル	シャッター開度	評価項目	評価内容						評価の割合						評点平均	標準偏差	備考
			1	2	3	4	5	合計	1	2	3	4	5	合計			
40km/h相当	全開	トンネル坑口の見え方	12	55	38	35	4	144	8.3	38.2	26.4	24.3	2.8	100.0	2.8	1.0	
		トンネル進入の難易	0	16	49	58	21	144	0.0	11.1	34.0	40.3	14.6	100.0	3.6	0.9	
		照明器具からのグレア	0	1	16	96	31	144	0.0	0.7	11.1	66.7	21.5	100.0	4.1	0.6	
		トンネル進入後の視環境	14	31	39	50	10	144	9.7	21.5	27.1	34.7	6.9	100.0	3.1	1.1	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	14	46	39	32	12	143	9.8	32.2	27.3	22.4	8.4	100.0	2.9	1.1	全問無回答各1ずつ
		トンネル進入の難易	0	14	53	48	28	143	0.0	9.8	37.1	33.6	19.6	100.0	3.6	0.9	
		照明器具からのグレア	0	2	23	82	36	143	0.0	1.4	16.1	57.3	25.2	100.0	4.1	0.7	
		トンネル進入後の視環境	13	26	29	61	14	143	9.1	18.2	20.3	42.7	9.8	100.0	3.3	1.1	
60km/h相当低減係数 1/2	全開	トンネル坑口の見え方	0	10	87	57	14	168	0.0	6.0	51.8	33.9	8.3	100.0	3.4	0.7	
		トンネル進入の難易	0	0	38	90	40	168	0.0	0.0	22.6	53.6	23.8	100.0	4.0	0.7	
		照明器具からのグレア	1	18	25	120	4	168	0.6	10.7	14.9	71.4	2.4	100.0	3.6	0.7	
		トンネル進入後の視環境	1	17	91	54	5	168	0.6	10.1	54.2	32.1	3.0	100.0	3.3	0.7	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	2	54	76	35	1	168	1.2	32.1	45.2	20.8	0.6	100.0	2.9	0.8	
		トンネル進入の難易	0	15	58	92	3	168	0.0	8.9	34.5	54.8	1.8	100.0	3.5	0.7	
		照明器具からのグレア	0	6	22	128	11	167	0.0	3.6	13.2	76.6	6.6	100.0	3.9	0.6	無回答1⑨
		トンネル進入後の視環境	1	15	87	58	6	167	0.6	9.0	52.1	34.7	3.6	100.0	3.3	0.7	無回答1⑧
80km/h相当	全開	トンネル坑口の見え方	3	24	80	91	17	215	1.4	11.2	37.2	42.3	7.9	100.0	3.4	0.8	無回答1（⑭全問）
		トンネル進入の難易	0	11	41	125	38	215	0.0	5.1	19.1	58.1	17.7	100.0	3.9	0.7	
		照明器具からのグレア	0	6	48	130	31	215	0.0	2.8	22.3	60.5	14.4	100.0	3.9	0.7	
		トンネル進入後の視環境	0	20	61	115	19	215	0.0	9.3	28.4	53.5	8.8	100.0	3.6	0.8	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	0	6	25	58	30	119	0.0	5.0	21.0	48.7	25.2	100.0	3.9	0.8	全問無回答各1ずつ
		トンネル進入の難易	0	1	7	71	40	119	0.0	0.8	5.9	59.7	33.6	100.0	4.3	0.6	
		照明器具からのグレア	1	9	35	62	12	119	0.8	7.6	29.4	52.1	10.1	100.0	3.6	0.8	
		トンネル進入後の視環境	1	4	26	66	22	119	0.8	3.4	21.8	55.5	18.5	100.0	3.9	0.8	

表－５．２８　障害物の視認性実験（走行実験）アンケート結果

（対称照明）

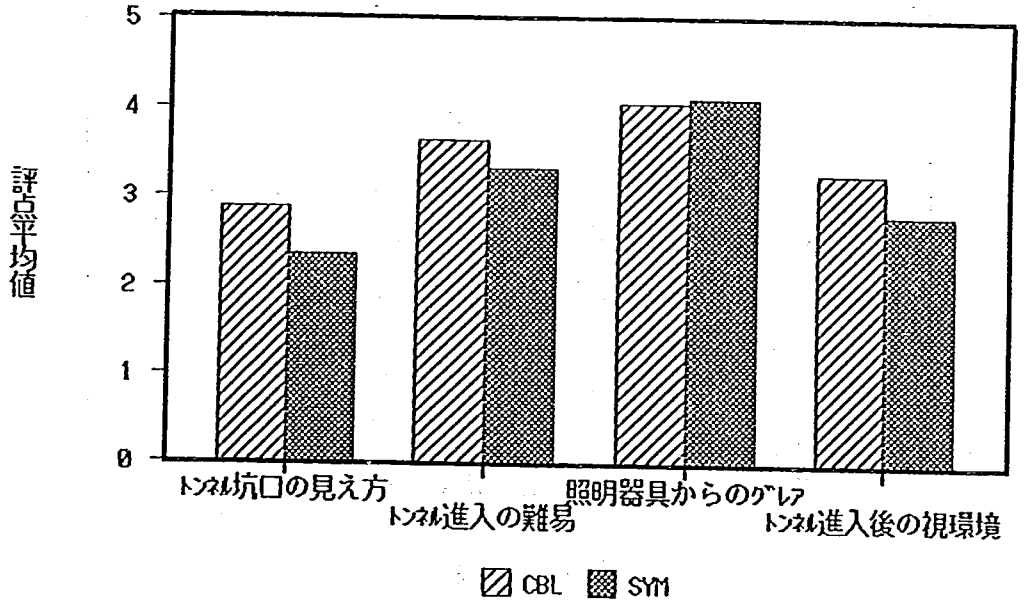
照明レベル	シャッター開度	評価項目	評価内容						評価の割合						評点平均	標準偏差	備考
			1	2	3	4	5	合計	1	2	3	4	5	合計			
40km/h相当	全開	トンネル坑口の見え方	21	52	20	27	0	120	17.5	43.3	16.7	22.5	0.0	100.0	2.4	1.0	
		トンネル進入の難易	1	26	38	38	17	120	0.8	21.7	31.7	31.7	14.2	100.0	3.4	1.0	
		照明器具からのグレア	0	7	9	69	35	120	0.0	5.8	7.5	57.5	29.2	100.0	4.1	0.8	
		トンネル進入後の視環境	4	45	50	20	1	120	3.3	37.5	41.7	16.7	0.8	100.0	2.7	0.8	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	20	59	21	20	0	120	16.7	49.2	17.5	16.7	0.0	100.0	2.3	0.9	
		トンネル進入の難易	0	32	31	44	13	120	0.0	26.7	25.8	36.7	10.8	100.0	3.3	1.0	
		照明器具からのグレア	0	1	10	83	26	120	0.0	0.8	8.3	69.2	21.7	100.0	4.1	0.6	
		トンネル進入後の視環境	4	46	44	22	4	120	3.3	38.3	36.7	18.3	3.3	100.0	2.8	0.9	
60km/h相当 低減係数 1/2	全開	トンネル坑口の見え方	10	44	52	61	1	168	6.0	26.2	31.0	36.3	0.6	100.0	3.0	0.9	
		トンネル進入の難易	0	11	74	62	21	168	0.0	6.5	44.0	36.9	12.5	100.0	3.6	0.8	
		照明器具からのグレア	0	0	14	119	35	168	0.0	0.0	8.3	70.8	20.8	100.0	4.1	0.5	
		トンネル進入後の視環境	4	38	67	56	3	168	2.4	22.6	39.9	33.3	1.8	100.0	3.1	0.8	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	5	79	59	25	0	168	3.0	47.0	35.1	14.9	0.0	100.0	2.6	0.8	
		トンネル進入の難易	0	20	83	60	5	168	0.0	11.9	49.4	35.7	3.0	100.0	3.3	0.7	
		照明器具からのグレア	0	0	16	100	52	168	0.0	0.0	9.5	59.5	31.0	100.0	4.2	0.6	
		トンネル進入後の視環境	3	44	79	41	1	168	1.8	26.2	47.0	24.4	0.6	100.0	3.0	0.8	
80km/h相当	全開	トンネル坑口の見え方	2	46	37	31	3	119	1.7	38.7	31.1	26.1	2.5	100.0	2.9	0.9	無回答 (⑧全問)
		トンネル進入の難易	5	15	39	45	15	119	4.2	12.6	32.8	37.8	12.6	100.0	3.4	1.0	
		照明器具からのグレア	1	5	15	73	25	119	0.8	4.2	12.6	61.3	21.0	100.0	4.0	0.8	
		トンネル進入後の視環境	0	21	44	52	2	119	0.0	17.6	37.0	43.7	1.7	100.0	3.3	0.8	
	3/4開	トンネル坑口の見え方	0	21	56	35	7	119	0.0	17.6	47.1	29.4	5.9	100.0	3.2	0.8	無回答1
		トンネル進入の難易	0	14	27	53	26	120	0.0	11.7	22.5	44.2	21.7	100.0	3.8	0.9	
		照明器具からのグレア	0	5	26	55	34	120	0.0	4.2	21.7	45.8	28.3	100.0	4.0	0.8	
		トンネル進入後の視環境	0	21	44	52	3	120	0.0	17.5	36.7	43.3	2.5	100.0	3.3	0.8	

野外の輝度　CBL：２，３００～５，５００cd/㎡
SYM：１，０３０～１，７６０cd/㎡



シャッター開度　全開

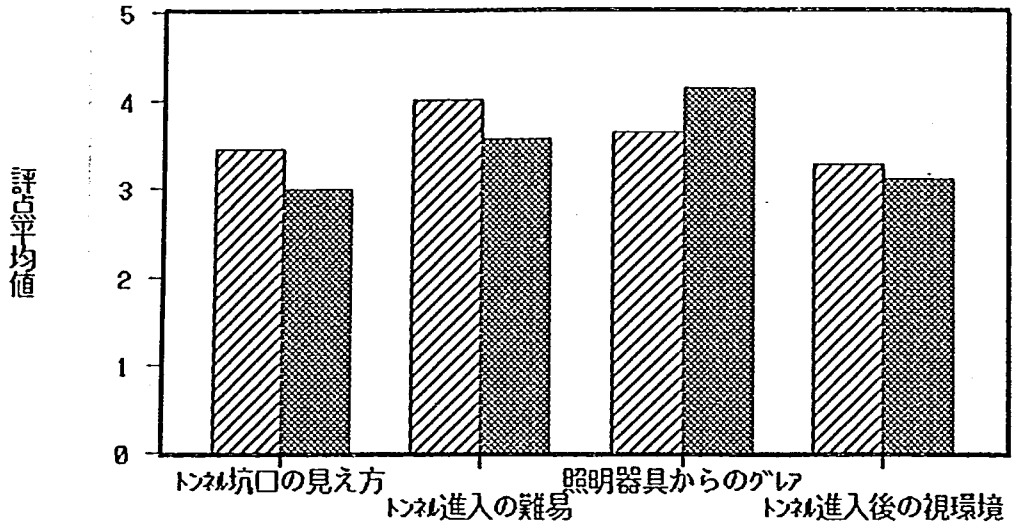
野外の輝度　CBL：２，４００～３，７００cd/㎡
SYM：　９３０～１，７６０cd/㎡



シャッター開度　３／４開

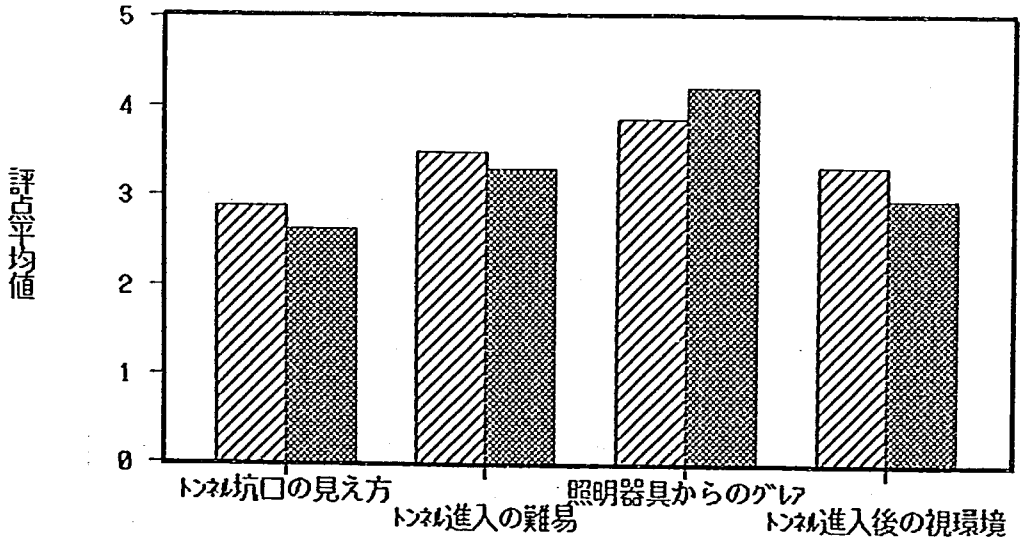
図－５．５０　障害物の視認性実験（走行実験）アンケート結果（評点平均値）
（照明レベル：４０㎞/h相当）

野外の輝度　CBL：　６２０～２，２７０cd/㎡
SYM：２，７８０～４，２７０cd/㎡



シャッター開度　全開

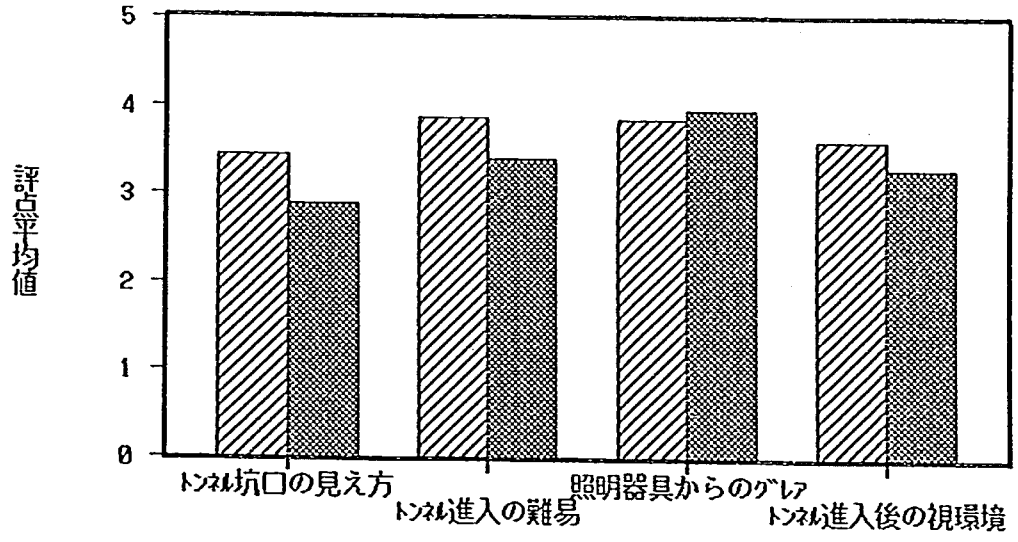
野外の輝度　CBL：２，０１０～３，４３０cd/㎡
SYM：３，１１０～４，１２０cd/㎡



シャッター開度　３／４開

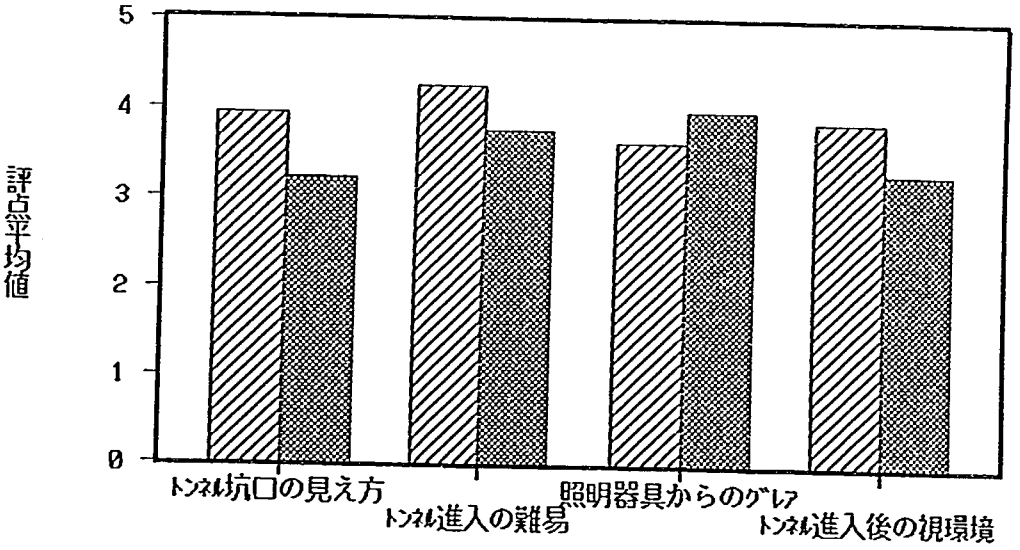
図－５．５１　障害物の視認性実験（走行実験）アンケート結果（評点平均値）
（照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２）

野外の輝度　CBL：４，７５０～５，３９０cd/㎡
SYM：２，９００～５，４００cd/㎡



シャッター開度　全開

野外の輝度　CBL：　４００～１，８８０cd/㎡
SYM：１，０３０～１，６００cd/㎡



シャッター開度　３／４開

図－５．５２　障害物の視認性実験（走行実験）アンケート結果（評点平均値）
（照明レベル：８０km/h相当）

5.3 まとめ

（1）障害物の輝度対比

坑口付近での輝度対比は、野外の輝度と照明レベルの大きさに影響される。また対称照明では、障害物の反射率によっても大きく変化することが分かった。坑口付近で逆シルエットからシルエットに見える境界点は照明方式、各照明レベルで異なるが、カウンタービーム照明の方が対称照明に比べて坑口側にある。また、対称照明は比較的緩やかに輝度対比が変化し、絶対値そのものも小さいことが分かった。

（2）視認距離および確認距離

視認・確認距離ともに被験者個人によるばらつきが大きい。また、坑口付近での距離が各照明レベルで異なっており対称照明での距離が延びている場合もある。これは、野外の条件による影響と考えられた。

（3）視認距離および確認距離と野外の輝度との関係

輝度対比と視認距離の相関関係から、同一の野外の条件下での輝度対比から視認距離を推定した結果、照明レベルの低い４０km/h相当では、野外の輝度の影響により、障害物の反射率によっては一部対称照明より視認距離が低下する場合があるが、それ以外の条件では全体的にカウンタービーム照明が視認距離が長く、障害物の視認性が優れていることが明らかとなった。

（4）視認距離および確認距離と輝度対比の関係

全体的にばらつきが非常に大きく両者の関係は顕著には見ることは出来ず、また、照明方式による違いもまた見ることは出来なかった。

（5）アンケート結果

照明器具からのグレアを除き、カウンタービーム照明はトンネルの坑口の見え方、進入の難易、進入後の視環境ともに高い評価を得た。

6．先行車の視認性実験（静止実験）

6．1　実験概要

設計速度６０km/hの照明条件における先行車の見え方を、カウンタービーム照明と対称照明とで比較検討した結果、カウンタービーム照明における先行車の見え方が対称照明に比べて劣ることが明らかになった[4]。

今回、設計速度８０km/hの照明条件について、先行車の見え方を両照明方式で比較することを目的として、（1）先行車のブライトネス[5]の測定、（2）先行車の明るさ感と見え方の評価、の２つを行った。

6．1．1　実験方法

（1）先行車のブライトネスの測定

先行車相当の視標の輝度測定、および運転者の位置での等価光幕輝度等の測定をもとに、「ブライトネス」を算出して、先行車の明るさを評価した。

ブライトネスBは、人間が見ている対象物の明るさの感覚を定量的に表わすもので、ある順応状態において人間の目が識別できる最小の輝度差（輝度差弁別閾ΔLmin）と、対象物輝度Loとから、次式により算出することができる。

$$B = 0.8 \{ (Lo / \Delta Lmin)^{0.5} - 1 \} \qquad (6.1)$$

このうち輝度差弁別閾ΔLmin は、中心窩順応輝度Lafと等価光幕輝度Leqを測定し、それぞれに対応した輝度差弁別閾ΔLmin(Laf)、ΔLmin(Leq)を図－６．１、図－６．２より求め、次式により算出する。

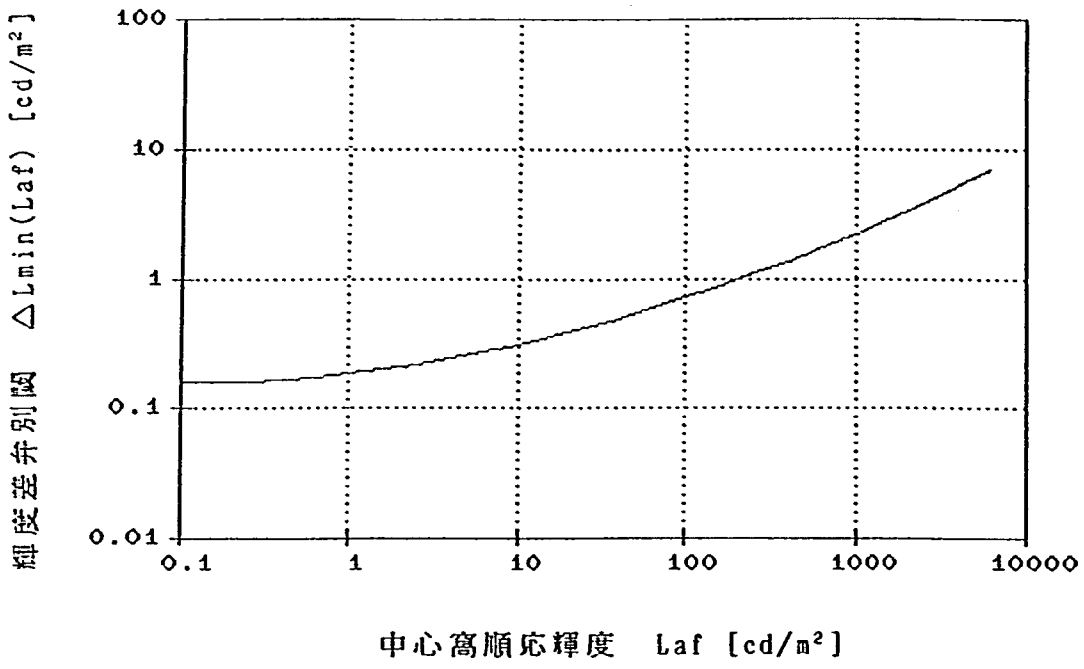
$$\Delta Lmin = \Delta Lmin(Laf) + \Delta Lmin(Leq) \qquad (6.2)$$

（2）先行車の明るさ感および見え方の主観評価

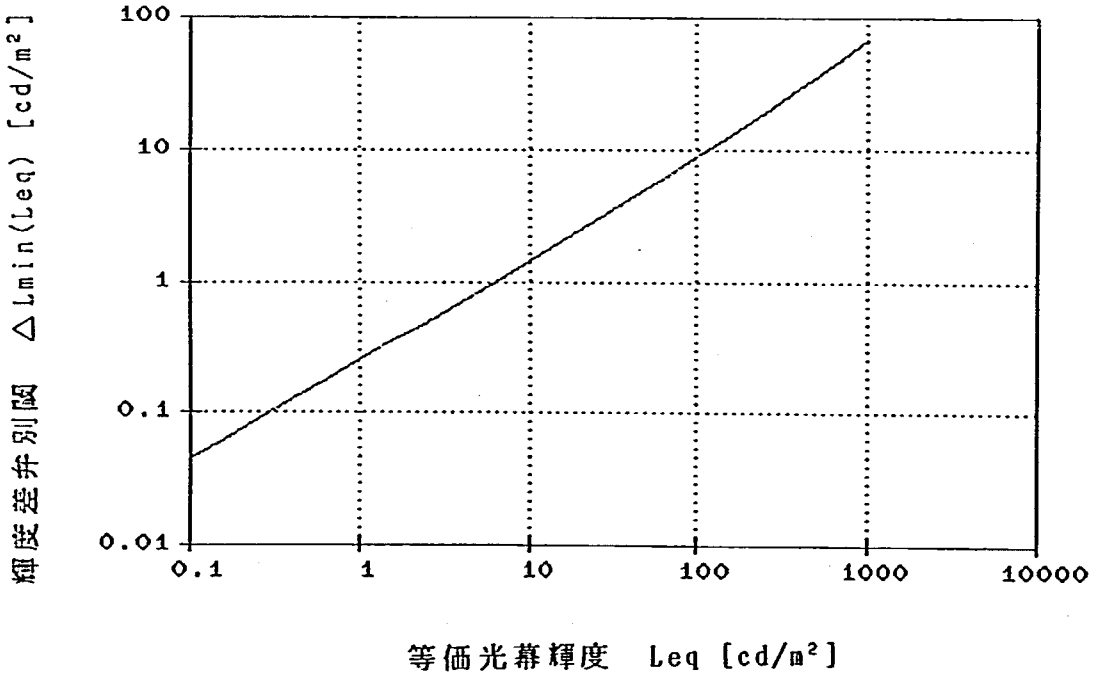
運転者の位置から先行車相当の視標を見たときの、視標の明るさ感と見え方を主観評価により求めた。本報告書ではこれら評価実験を「明るさ評価」および「見え方評価」と表現する。評価方法は、以下のとおりである。

1）明るさ評価：無彩色で反射率の異なる複数の色票を先行車相当の視標と比較させ、表－６．１に示す評価尺度（１～７）により、視標の明るさと同じ明るさに見える色票を回答させた。

2）見え方評価：被験者が自動車の運転者として先行車である視標を見たときに、視標の見え方を表－６．２に示す評価尺度に従って、「非常によい」から「非常に悪い」までの７段階で評価させた。



図－６．１　中心窩順応輝度と輝度差弁別閾の関係



図－６．２　等価光幕輝度と輝度差弁別閾の関係

6．1．2　先行車

先行車相当の視標として、以下のものを用いた。

大きさ：縦１４０cm×横１７０cmの長方形

反射率：１８．３％（無彩色）

6．1．3　測定機器

視標の設置および測定、観測はすべて西側車線中央付近において行った。

測定項目、測定機器は以下のとおりである。

（１）視標とその背景の輝度

輝度計：円形２度視野の輝度計

測定位置：視標の１５m程度手前

測定対象：図－６．３に示す視標５箇所、背景４箇所

視標位置：トンネル内０～１２５m（１２．５mごと）

（２）視標の鉛直面照度

測定対象：図－６．４に示す３箇所

視標位置：トンネル内０～１２５m（１２．５mごと）

（３）運転者の位置での等価光幕輝度

輝度計：等価光幕輝度計（ブリチャード輝度計＋グレアレンズ）

測定位置：地上高さ１．２m、坑口の外１００m～トンネル内２５m（１２．５mごと）

測定方向：等価光幕輝度計の光軸を道路軸方向に合致

（４）運転者の位置での路面輝度

輝度計：円形２度視野の輝度計

測定位置：地上高さ１．２m、坑口の外１００m～トンネル内２５m（１２．５mごと）

測定対象：６０m前方の路面

各測定、観測位置を図－６．５に示す。

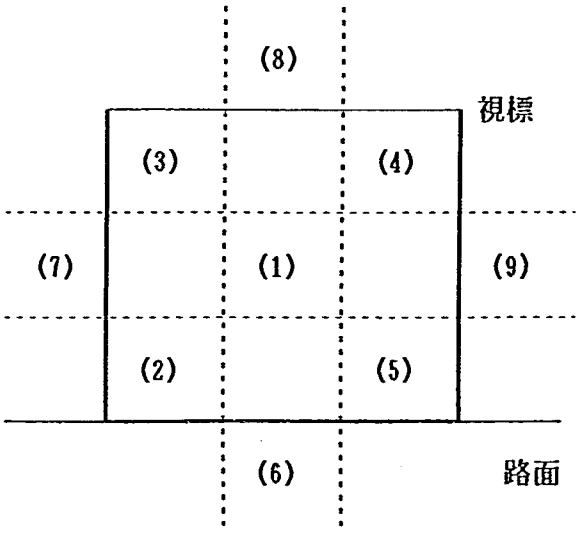
以上の測定結果をもとに、運転者から先行車までの距離が５０mおよび１００mの２種類について、先行車がトンネル坑口からトンネル内部に進入するときのブライトネスを算出した。

表－６．１　明るさ評価の尺度

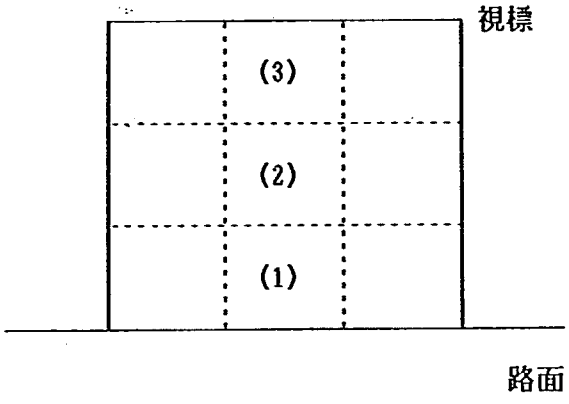
評価尺度	反射率[%]
7	43
6	30
5	20
4	12
3	6.6
2	3.1
1	1.2

表－６．２　見え方評価の尺度

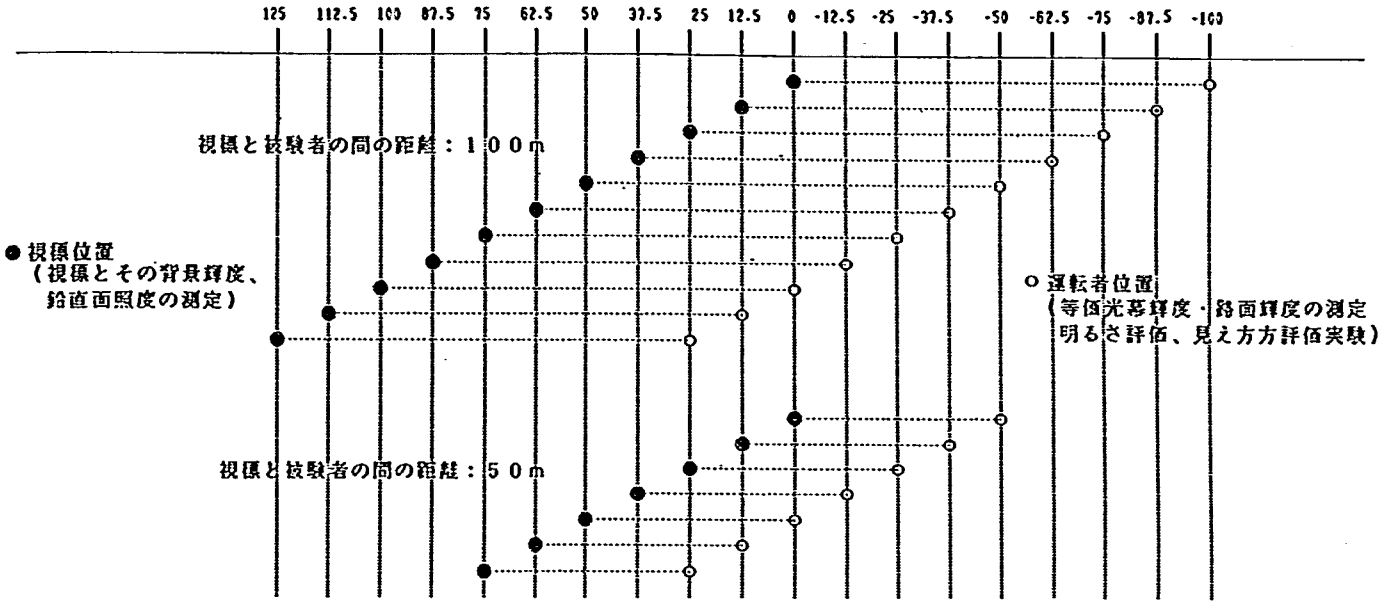
評価尺度	評価カテゴリー
7	非常によい
6	かなりよい
5	ややよい
4	よくも悪くもない
3	やや悪い
2	かなり悪い
1	非常に悪い



図－６．３　視標の輝度、視標の背景輝度の測定位置



図－６．４視標の鉛直面照度の測定位置



図－６．５ 各測定項目の測定位置

６．１．４　被験者

自動車免許取得に必要な視機能を有する者計７名（表－６．３）とし、照明方式ごとに以下の被験者を用いた。

カウンタービーム照明：被験者Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅの５名

対称照明：被験者Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｆ、Ｇの５名

表－６．３　先行車の明るさ評価および見え方評価の被験者一覧

記号	年　齢	性　別	視　力	
			左	右
Ａ	４６	男性	１．２	１．０
Ｂ	４３	男性	１．０	１．０
Ｃ	２８	男性	１．２	１．０
Ｄ	２５	男性	１．２	１．２
Ｅ	２４	男性	０．６	１．２
Ｆ	４６	男性	１．０	１．０
Ｇ	４３	男性	０．５	０．７

6．2　実験結果

6．2．1　静止実験時の野外輝度および水平面照度・鉛直面照度

測定を行った時間帯の水平面照度、鉛直面照度、野外輝度の測定結果を表－6．4に示す。

6．2．2　先行車の輝度対比およびブライトネス

各測定結果を照明方式別に以下に示す。

（1）視標の輝度、視標の背景の輝度と輝度対比

カウンタービーム照明：表－6．5、対称照明：表－6．6

（2）視標の鉛直面照度　カウンタービーム照明：表－6．7、対称照明：表－6．8

（3）路面輝度と等価光幕輝度

カウンタービーム照明：表－6．9、対称照明：表－6．10

ブライトネスを求めるための要素は以下のとおりである。

（1）中心窩順応輝度Laf：運転者が先行車（視標）を注視しており、運転者の眼の中心窩が先行車の輝度に順応していると考え、表－6．5～6．6に示す視標の輝度の平均値とした。

（2）等価光幕輝度Leq：表－6．9～6．10の測定結果を用いた。

（3）対象物輝度Lo：表－6．5～6．6に示す視標の輝度の平均値とした。

これらの要素から算出したブライトネスを、視標までの距離ごとに以下の表および図に示す。

（なお、図－6．6および図－6．9は、「明るさ評価の観測結果」、「見え方評価の観測結果」とあわせて　6．2．3項に示した。）

（1）視標までの距離１００m

カウンタービーム照明：表－6．11、対称照明：表－6．12、図－6．6

（2）視標までの距離５０m

カウンタービーム照明：表－6．13、対称照明：表－6．14、図－6．9

表－６．４　先行車の見え方実験の水平面照度・鉛直面照度・野外輝度

項目 / 照明方式	測定日時	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	野外輝度 [cd/m²]
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明				
測定	10/18 12:20～12:35	82000～83000	70000～73000	4700～5200
主観評価 100m	10/18 12:45～12:57	78000～81000	67000～70000	4500～4900
主観評価 50m	10/18 13:04～13:11	25000～30000	17000～23000	2600～3100
対称照明				
測定	10/19 11:43～11:58	11000～17000	5000～10000	1100～2500
主観評価 100m	10/19 12:08～12:19	12000～20000	6000～14000	1200～2000
主観評価 50m	10/19 12:22～12:28	20000～26000	14000～21000	2000～2400

(注)主観評価の項の距離は、被験者から視標までの距離を示す。

表－６．５ 視標の輝度、視標の背景の輝度と輝度対比（カウンタービーム照明　設計速度８０km/h)

視標位置 [m]	測定日時	視標の輝度 [cd/m²] (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	平均Lo	視標の背景の輝度[cd/m²] (6)	(7)	(8)	(9)	平均Lb	輝度対比C
0	10/18 12:22	5390	5560	6020	5750	5300	5600	2350	644	236	271	1090	-4.14
12.5	12:23	342	343	319	361	375	348	375	144	49.2	159	226	-0.54
25.0	12:25	101	102	97.0	105	110	103	89.9	139	34.7	112	114	0.10
37.5	12:26	52.2	52.1	52.1	56.2	53.2	53.2	80.7	80.8	32.1	85.1	82.2	0.35
50.0	12:28	30.1	28.4	30.9	32.9	30.7	30.6	63.4	59.3	25.7	79.4	67.4	0.55
62.5	12:29	21.0	19.4	22.5	24.0	20.4	21.5	55.9	69.6	22.7	81.1	70.4	0.69
75.0	12:30	16.2	14.3	18.3	19.5	16.3	16.9	57.4	60.6	21.2	89.0	69.0	0.76
87.5	12:31	18.1	16.2	19.6	22.0	17.9	18.8	62.3	53.2	16.3	71.2	62.2	0.70
100.0	12:33	14.2	12.4	15.5	17.5	14.0	14.7	48.8	45.2	15.2	59.9	51.3	0.71
112.5	12:34	12.2	11.0	13.5	14.8	11.8	12.7	49.8	37.9	12.7	59.0	48.9	0.74
125.0	12:35	10.8	9.2	12.6	13.4	10.3	11.3	48.3	34.7	7.3	59.7	47.6	0.76

(注) 背景の輝度の平均Lbは、背景がトンネル天井面となる(8)を除く(6)(7)(9)の平均とした。
輝度対比Cは、C=(Lb-Lo)/Lb より算出した。

表－６．６ 視標の輝度、視標の背景の輝度と輝度対比（対称照明　設計速度８０km/h）

視標位置 [m]	測定日時	視標の輝度 [cd/m²]						視標の背景の輝度[cd/m²]					輝度対比C
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	平均Lo	(6)	(7)	(8)	(9)	平均Lb	
0	10/19 11:43	730	750	805	812	690	797	425	250	19.2	175	283	-1.82
12.5	11:45	120	117	116	121	120	119	165	140	12.4	130	145	0.18
25.0	11:46	85.0	80.3	76.5	91.7	78.7	82.4	138	142	7.4	132	137	0.40
37.5	11:48	59.4	59.3	58.8	67.2	56.3	60.2	114	131	7.2	107	117	0.49
50.0	11:50	66.4	63.0	63.0	72.8	57.2	64.5	137	90.4	6.0	88.6	105	0.39
62.5	11:51	50.7	48.5	45.5	55.9	46.2	49.4	109	98.0	5.0	85.3	97.4	0.49
75.0	11:53	45.3	42.1	46.0	52.9	41.3	45.5	90.9	101	4.5	89.9	93.9	0.52
87.5	11:54	40.7	39.4	39.5	47.6	37.9	41.0	88.2	108	4.2	85.7	94.0	0.56
100.0	11:55	38.8	36.5	44.9	48.2	35.8	40.8	84.9	83.7	4.4	58.5	75.7	0.46
112.5	11:57	30.7	29.8	34.1	34.2	27.2	31.2	64.8	54.3	3.7	54.3	57.8	0.46
125.0	11:58	34.1	31.3	33.4	37.4	28.4	32.9	70.1	69.9	3.8	63.3	67.8	0.51

(注) 背景の輝度の平均Lbは、背景がトンネル天井面となる(8)を除く(6)(7)(9)の平均とした。
輝度対比Cは、C=(Lb-Lo)/Lb より算出した。

表－６．７　視標の鉛直面照度（カウンタービーム照明　設計速度８０km/h）

視標位置 [m]	測定日時	視標の鉛直面照度 [lx]				視標輝度 [cd/m²]
		(1)	(2)	(3)	平均	
0	10/18　12:21	75500	74100	76800	75500	4400
12.5	12:23	4380	4370	4260	4340	253
25.0	12:24	1232	1220	1181	1210	70.5
37.5	12:25	580	628	637	615	35.8
50.0	12:27	345	365	374	361	21.0
62.5	12:28	211	256	267	245	14.3
75.0	12:29	167	202	227	199	11.6
87.5	12:30	182	219	252	218	12.7
100.0	12:31	138	169	191	166	9.67
112.5	12:33	119	144	163	142	8.27
125.0	12:34	105	130	151	129	7.51

(注) 視標輝度は、視標が完全拡散面であると仮定して、視標の反射率（18.3%）と鉛直面照度の平均から算出したものである。

表－６．８　視標の鉛直面照度（対称照明　設計速度８０km/h）

視標位置 [m]	測定日時	視標の鉛直面照度 [lx]				視標輝度 [cd/m²]
		(1)	(2)	(3)	平均	
0	10/19　11:43	9480	9790	10690	9990	582
12.5	11:44	1480	1521	1498	1500	87.4
25.0	11:45	1019	1186	1102	1100	64.1
37.5	11:47	702	803	861	789	46.0
50.0	11:49	746	908	882	845	49.2
62.5	11:50	588	721	715	675	39.3
75.0	11:52	480	591	677	583	34.0
87.5	11:54	498	552	579	543	31.6
100.0	11:55	495	567	681	581	33.8
112.5	11:56	363	405	456	408	23.8
125.0	11:58	405	477	513	465	27.1

(注) 視標輝度は、視標が完全拡散面であると仮定して、視標の反射率（18.3%）と鉛直面照度の平均から算出したものである。

表－６．９　路面輝度と等価光幕輝度（カウンタービーム照明　設計速度８０km/h）

測定位置 [m]	測定日時	路面輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]
-100.0(-40.0)	10/18　12:20	4250	214
-87.5 (-27.5)	12:23	4160	229
-75.0 (-15.0)	12:24	3990	214
-62.5 (-2.5)	12:25	3270 / 206	205
-50.0 (10.0)	12:26	3270 / 275	193
-37.5 (22.5)	12:27	297	174
-25.0 (35.0)	12:28	178	151
-12.5 (47.5)	12:29	143	114
0.0 (60.0)	12:30	113	55.5
12.5 (72.5)	12:31	111	17.5
25.0 (85.0)	12:32	106	16.1

(注) 測定位置の( )内は、路面輝度の測定対象とした路面の位置である。測定位置が-62.5m, -50mの場合、路面輝度の測定視野がトンネル外、トンネル内の両方にまたがったため、測定視野をまたがらない位置に移動してトンネル外／トンネル内の両方の路面輝度を測定した。

表－６．１０　路面輝度と等価光幕輝度（対称照明　設計速度８０km/h）

測定位置 [m]	測定日時	路面輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]
-100.0(-40.0)	10/19　11:46	1234	101
-87.5 (-27.5)	11:48	1142	112
-75.0 (-15.0)	11:49	1041	96.3
-62.5 (-2.5)	11:50	695 / 143	91.6
-50.0 (10.0)	11:51	447 / 147	81.8
-37.5 (22.5)	11:52	133	71.4
-25.0 (35.0)	11:53	127	62.3
-12.5 (47.5)	11:54	121	39.3
0.0 (60.0)	11:55	110	8.77
12.5 (72.5)	11:56	91	7.70
25.0 (85.0)	11:57	87	8.69

(注) 測定位置の( )内は、路面輝度の測定対象とした路面の位置である。
測定位置が-62.5m, -50mの場合、路面輝度の測定視野がトンネル外、トンネル内の両方にまたがったため、測定視野をまたがらない位置に移動してトンネル外／トンネル内の両方の路面輝度を測定した。

表－６．１１　ブライトネスの計算（カウンタービーム照明　設計速度８０km/h、視標までの距離100m）

視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	5600	214	9.52
12.5	348	229	1.9
25	103	214	0.73
37.5	53.2	205	0.33
50	30.6	193	0.086
62.5	21.5	174	-0.016
75	16.9	151	-0.054
87.5	18.8	114	0.103
100	14.7	55.5	0.319
112.5	12.7	17.5	0.89
125	11.3	16.1	0.85

表－６．１２　ブライトネスの計算（対称照明　設計速度８０km/h、視標までの距離100m）

視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	797	101	5.09
12.5	119	112	1.46
25	82.4	96.3	1.23
37.5	60.2	91.6	0.98
50	64.5	81.8	1.14
62.5	49.4	71.4	1.01
75	45.5	62.3	1.05
87.5	41	39.3	1.35
100	40.8	8.77	2.92
112.5	31.2	7.7	2.63
125	32.9	8.6	2.6

表－６．１３　ブライトネスの計算（カウンタービーム照明　設計速度８０km/h、視標までの距離50m）

視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	5600	193	9.97
12.5	348	174	2.29
25	103	151	1.03
37.5	53.2	114	0.71
50	30.6	55.5	0.8
62.5	21.5	17.5	1.38
75	16.9	16.1	1.2

表－６．１４　ブライトネスの計算（対称照明　設計速度８０km/h、視標までの距離50m）

視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	797	81.8	5.63
12.5	119	71.4	1.98
25	82.4	62.3	1.67
37.5	60.2	39.3	1.79
50	64.5	8.77	3.76
62.5	49.4	7.7	3.41
75	45.5	8.6	3.13

6．2．3　先行車の明るさ評価および見え方評価

各評価結果を照明方式別に以下に示す。

（1）視標までの距離１００m

カウンタービーム照明：表－６．１５、対称照明：表－６．１６

（2）視標までの距離５０m

カウンタービーム照明：表－６．１７、対称照明：表－６．１８

以上の結果を、視標までの距離ごとに以下の図に示す。

（1）視標までの距離１００m

明るさ評価：図－６．７、見え方評価：図－６．８

（2）視標までの距離５０m

明るさ評価：図－６．１０、見え方評価：図－６．１１

表－６．１５　先行車の明るさ評価、見え方評価

（カウンタービーム照明 設計速度８０km/h、視標までの距離１００m）

視標位置 [m]	測定日時	測定項目	明るさ評価、見え方評価					
			A	B	C	D	E	平均
0	10/18 12:45	明るさ評価	7	6	7.5	6	7	6.7
		見え方評価	7	7	7	6	7	6.8
12.5	12:47	明るさ評価	3.5	5	3.5	4.5	5	4.3
		見え方評価	3	6	6	5	6	5.2
25.0	12:49	明るさ評価	2.5	4	3	3.5	4	3.4
		見え方評価	2	5	3	4	5	3.8
37.5	12:50	明るさ評価	2	3	2	3	3.5	2.7
		見え方評価	2	4	2	4	5	3.4
50.0	12:51	明るさ評価	1.5	2.5	1.75	2	3	2.2
		見え方評価	1	3	1	3	4	2.4
62.5	12:52	明るさ評価	2	2	1.75	2	2	2.0
		見え方評価	2	2.5	1	3	4	2.5
75.0	12:53	明るさ評価	2.5	2	2	2	2	2.1
		見え方評価	2	2	2	3	3	2.4
87.5	12:54	明るさ評価	2	2	2	2	2.5	2.1
		見え方評価	2	2	2	4	3	2.6
100.0	12:55	明るさ評価	3	2	2	1.5	2.5	2.2
		見え方評価	3	1.5	2	4	3	2.7
112.5	12:56	明るさ評価	3.5	3	3	3.5	3.5	3.3
		見え方評価	4	3	4	6	4	3.4
125.0	12:57	明るさ評価	3.5	3	3	4	3.5	3.4
		見え方評価	4	3	4	6	5	4.4

（注）A、B、C、D、Eは各被験者を表わす。

表－６．１６　先行車の明るさ評価、見え方評価

（カウンタービーム照明 設計速度８０km/h、視標までの距離１００m）

視標位置 [m]	測定日時	測定項目	明るさ評価、見え方評価					
			A	B	C	F	G	平均
0	10/19 12:08	明るさ評価	5	5.5	5.5	4.5	5	5.1
		見え方評価	6	7	7	7	4.5	6.3
12.5	12:09	明るさ評価	3	5	4	3	3.5	3.7
		見え方評価	4	6	6	6	3	5.0
25.0	12:10	明るさ評価	3.5	4	4	3	3.5	3.6
		見え方評価	4	5.5	6	5	4	4.9
37.5	12:12	明るさ評価	3.5	4	3.5	2.5	3.5	3.4
		見え方評価	4	5	5	3	3.5	4.1
50.0	12:13	明るさ評価	3.5	4.5	4	3	4	3.8
		見え方評価	5	4.5	6	2	3.5	4.2
62.5	12:14	明るさ評価	3	4.5	4	3	4	3.7
		見え方評価	4	4	6	2.5	4.5	4.2
75.0	12:15	明るさ評価	3.5	4	3.5	3.5	4	3.7
		見え方評価	5	4	5	2	5.5	4.3
87.5	12:16	明るさ評価	3	4	4	3	4	3.6
		見え方評価	5	3.5	6	3	5	4.5
100.0	12:17	明るさ評価	4	4	4	4	5	4.2
		見え方評価	6	3.5	6	4	5.5	5.0
112.5	12:18	明るさ評価	4	3.5	4.5	3.5	4.5	4.0
		見え方評価	6	4	6	4.5	6.5	5.4
125.0	12:19	明るさ評価	4.5	4	4.5	4	5	4.4
		見え方評価	6	4.5	6	5	6.5	5.6

（注）A、B、C、F、Gは各被験者を表わす。

表－６．１７　先行車の明るさ評価、見え方評価

（カウンタービーム照明 設計速度８０km/h、視標までの距離５０m）

視標位置 [m]	測定日時	測定項目	明るさ評価、見え方評価					
			A	B	C	D	E	平均
0	10/18 13:04	明るさ評価	6.5	6.5	5.5	5.5	7	6.2
		見え方評価	6	7	7	6	7	6.6
12.5	13:05	明るさ評価	4	5.5	4.5	4.5	5.5	4.8
		見え方評価	6	6	6	5	7	6.0
25.0	13:07	明るさ評価	3.5	5	3	4	5	4.1
		見え方評価	4	6	5	4	7	5.2
37.5	13:08	明るさ評価	3	4.5	2.5	3	4	3.4
		見え方評価	3	5	4	4	6	4.4
50.0	13:09	明るさ評価	2.5	3.5	2.5	3	3.5	3
		見え方評価	3	4.5	3	4	5	3.9
62.5	13:10	明るさ評価	2.5	3	3	5	4	3.5
		見え方評価	4	5	5	6	6	5.2
75.0	13:11	明るさ評価	3	3	3.5	5	4.5	3.8
		見え方評価	4	5	6	6	6	5.4

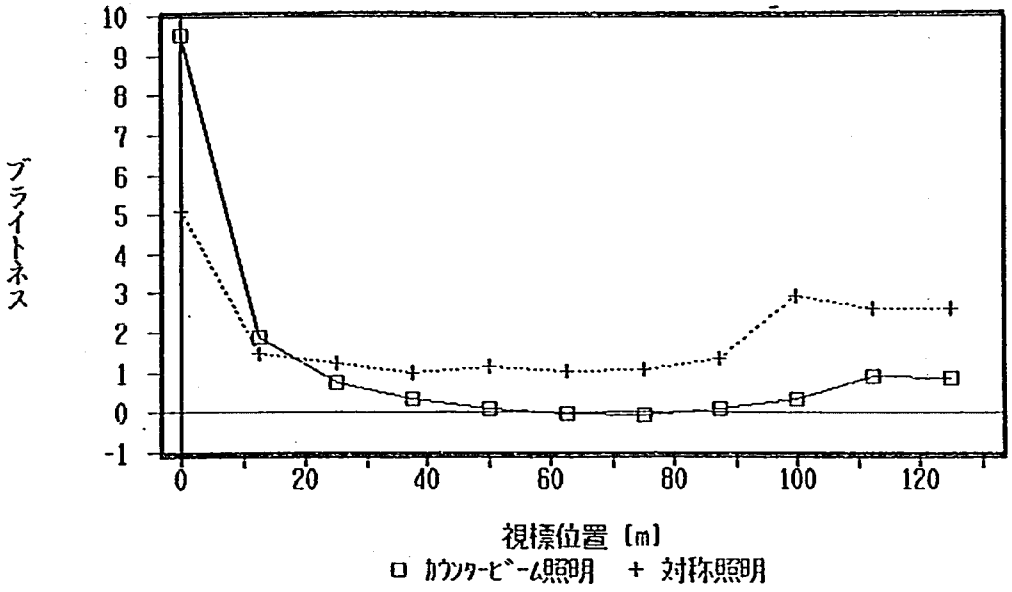
（注）A、B、C、D、Eは各被験者を表わす。

表－６．１８　先行車の明るさ評価、見え方評価

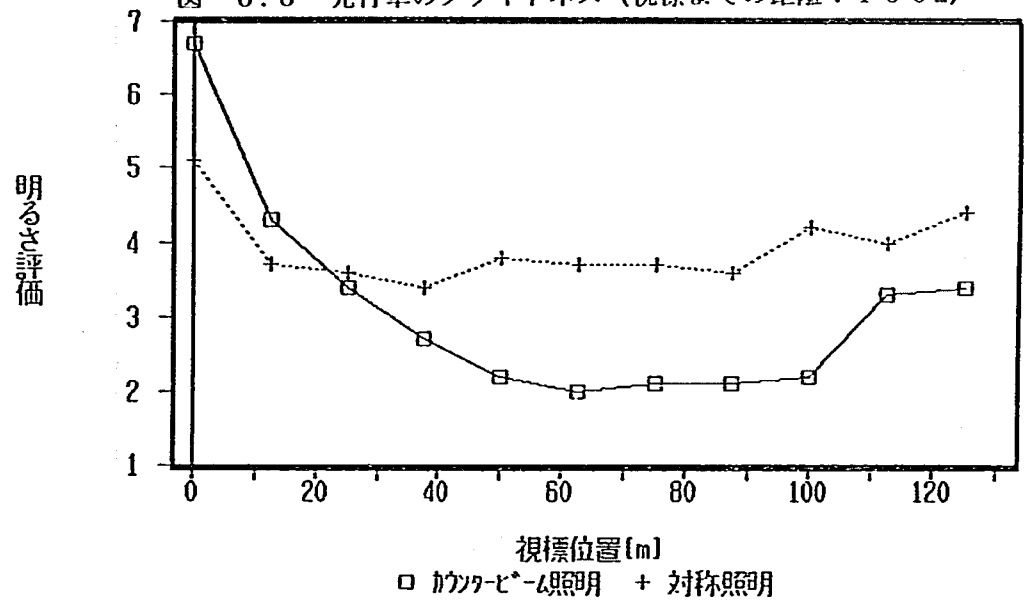
（カウンタービーム照明 設計速度８０km/h、視標までの距離５０m）

視標位置 [m]	測定日時	測定項目	明るさ評価、見え方評価					
			A	B	C	F	G	平均
0	10/19 12:22	明るさ評価	5.5	5.5	6	4.5	6	5.5
		見え方評価	7	7	7	7	7	7.0
12.5	12:23	明るさ評価	4.5	5	4	4.5	5.5	4.7
		見え方評価	5	6.5	6	5	5	5.5
25.0	12:24	明るさ評価	4	4	4	3.5	4.5	4.0
		見え方評価	4	6	6	2	3	4.2
37.5	12:25	明るさ評価	3	4	3	2.5	4.5	3.4
		見え方評価	4	5.5	4	2	3	3.7
50.0	12:27	明るさ評価	4.5	4.5	4	3	4.5	4.1
		見え方評価	5	5.5	6	2	4	4.5
62.5	12:28	明るさ評価	4.5	4.5	4.5	5	4.5	4.6
		見え方評価	5.5	6	7	6	5	5.9
75.0	12:28	明るさ評価	4.5	4.5	5	5.5	5	4.9
		見え方評価	5.5	6	7	6.5	5	6.0

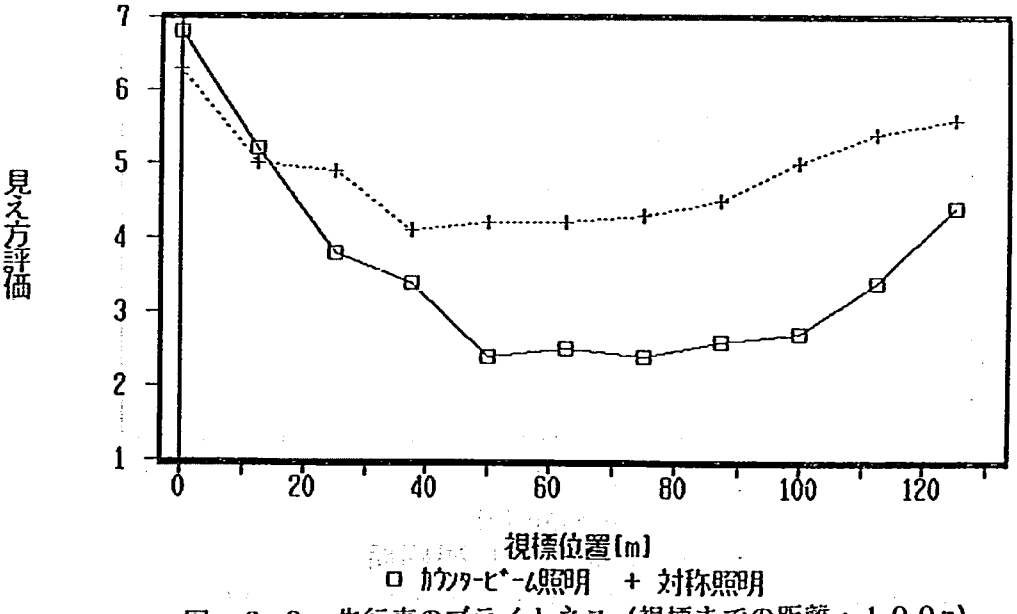
（注）A、B、C、F、Gは各被験者を表わす。



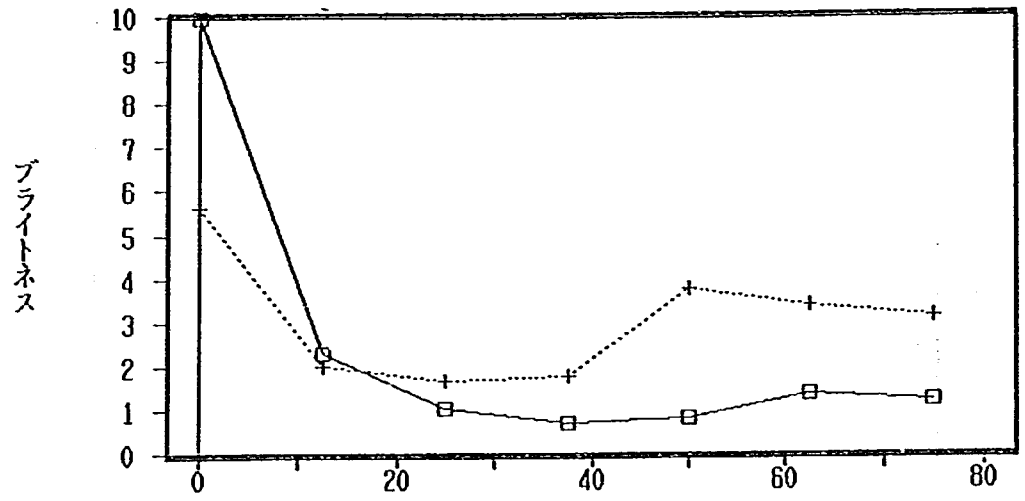
図－６．６　先行車のブライトネス（視標までの距離：１００m）



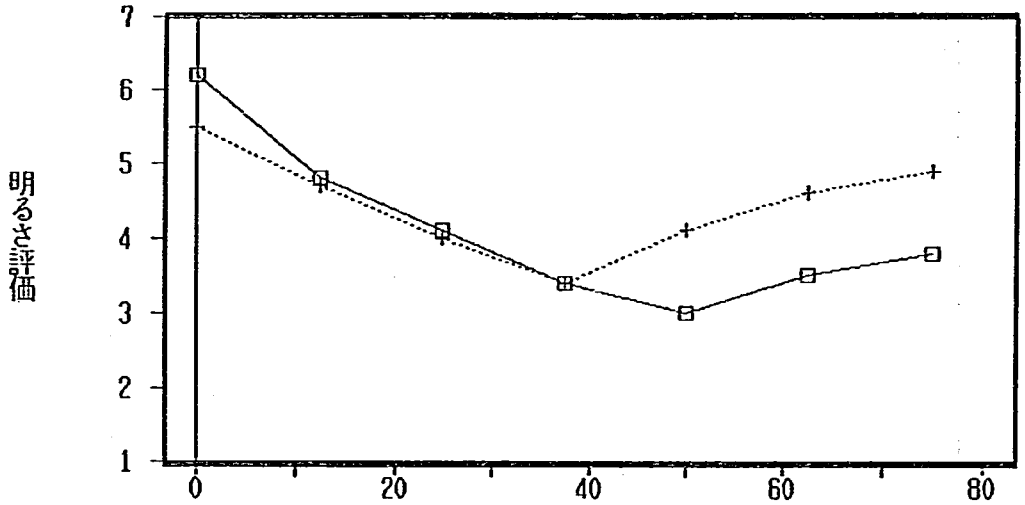
図－６．７　先行車のブライトネス（視標までの距離：１００m）



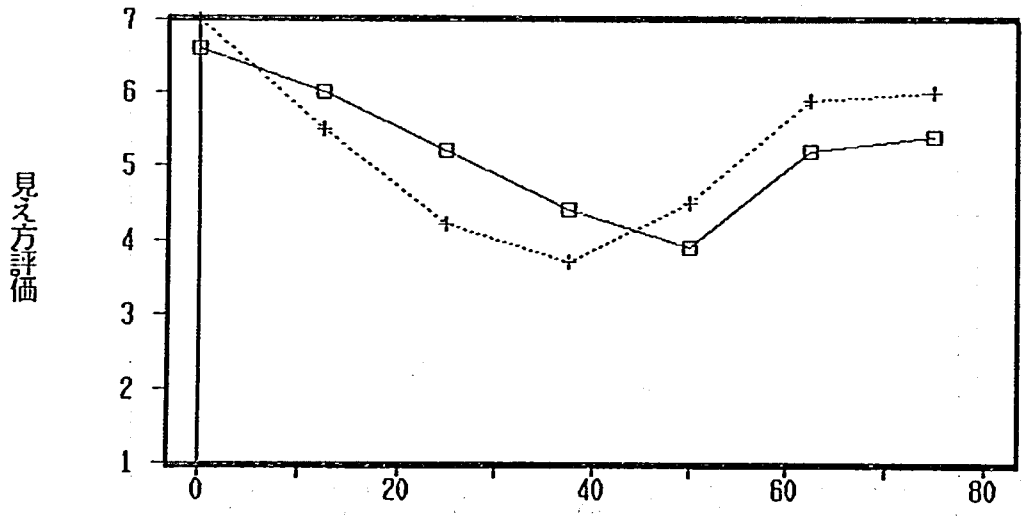
図－６．８　先行車のブライトネス（視標までの距離：１００m）



図－６．９　先行車のブライトネス（視標までの距離：５０m）



図－６．１０　先行車のブライトネス（視標までの距離：５０m）



図－６．１１　先行車のブライトネス（視標までの距離：５０m）

6．2．4　考察

（1）先行車位置と見え方

一般にトンネルに進入する先行車を見たときの先行車の見え方は次のように変化すると考えられる。

1）先行車がトンネルに進入する以前は、運転者は野外の高い輝度に順応しているが、先行車も自然光で明るく照らされるため、先行車を明るく感じる。

2）先行車がトンネルに進入すると、運転者は野外の高い輝度に順応した状態でトンネル内の先行車を見ることになり、先行車を非常に暗く感じる。

3）運転者が坑口に近づくにしたがって、トンネル坑口付近の暗い輝度に順応しはじめ、先行車を徐々に明るく感じるようになる。

4）運転者が坑口内部に進入すると、運転者がトンネル内の低い輝度に順応するため、先行車を明るく感じる。

図－6．6～図－6．11によれば、ブライトネスの変化、明るさ評価、見え方評価とも、上記1）～4）のトンネル進入時の先行車の見え方とよく一致していることがわかる。

（2）照明方式と視標の見え方（その1）

車間距離が100mの場合、測定・主観評価時の天候条件はカウンタービーム照明と対称照明とで、表－6．4のように異なり、野外輝度でおよそ2～5倍、水平面照度でおよそ4～8倍、鉛直面照度でおよそ10倍程度の差が見られる。また、表－6．9～表－6．10の等価光幕輝度もカウンタービーム照明と対称照明とでおよそ2倍以上の差がある。この場合、視標の見え方は、

1）カウンタービーム照明の測定時のほうが、被験者の眼が高い輝度に順応しており、対称照明の測定時に比べ、視標を暗く感じる

2）カウンタービーム照明の測定時のほうが、視標の鉛直面照度（自然光の射し込みの程度）が高く、視標を明るく感じる

の2つの相反する作用が同時に働くため、天候条件が異なるこれら両照明方式の結果を比較して、照明方式の得失を評価することは困難である。

車間距離が50mの場合、主観評価時の天候条件は両照明方式でほぼ等しいが、評価が最も低くなる位置がカウンタービーム照明と対称照明とで異なり、図－6．11 の見え方評価では両方式による評価が視標位置40m付近で逆転している。これは自然光の射し込みの影響が強く現れたものと考えられ、この結果のみから照明方式の得失を判断するのは難しい。また、先行車のブライトネス測定時の天候条件は照明方式で異なるため、ブライトネスにより照明方式の違いを比較することはできない。同様の理由から、カウンタービーム照明の先行車のブライトネス（図－6．9）と、明るさ評価、見え方評価の観測結果（図－6．10～6．11）とは、距離に対する変化の様子が異なっている。

（3）ブライトネス、明るさ評価および見え方評価の関係

今回の実験において測定と主観評価実験の天候条件がほぼ等しい、視標までの距離が１００mの場合の結果をもとに、ブライトネスによる評価の妥当性を確認する。

図－６．６のブライトネスと図－６．７の明るさ評価、図－６．８ の見え方評価を比較するとカウンタービーム照明、対称照明ともに、距離の変化に対するブライトネス、各評価の凹凸の傾向は良く一致し、特にブライトネスと明るさ評価の傾向が非常に近似していることがわかる。ブライトネスは、視標が自然光で照らされる視標位置０mの場合に大きな値となり、視標位置がトンネル内部ではブライトネスが０～３の狭い範囲にある。図－６．１２～図－６．１４に、ブライトネスと明るさ評価および見え方評価の相関を示す。図のように、ブライトネスと明るさ評価、見え方評価の間には一定の関係があり、ブライトネスにより先行車の見え方を評価できるものと考えられる。図－６．１３において、見え方評価が７付近でブライトネスが立ち上がっているのは、見え方評価が７段階評定法で、７が上限であるためである。明るさ評価と見え方評価の関係は図－６．１４のようになり、ややばらつきがあるものの、ほぼ直線的な関係がある。

（4）視標の見え方と輝度対比

視標とその背景との輝度対比は表－６．５～表－６．６に示すとおりであり、視標までの距離が１００mの場合について、輝度対比（絶対値）と視標位置との関係を図－６．１５に示す。見え方評価の結果（図－６．８）と比較すると、輝度対比の変化と見え方評価とはあまり相関がない。輝度対比と見え方評価の関係をグラフに表わすと、図－６．１６のようになり、輝度対比が１以下では見え方評価と輝度対比は相関がなく、輝度対比では先行車の見え方を評価できないことがわかった。

（5）照明方式と視標の見え方（その２）

今回の実験とほぼ同様の天候条件における測定データからブライトネスを算出し、これに基づいて照明方式による違いを評価する。

カウンタービーム照明の測定時のデータとこれとほぼ等しい天候条件（野外輝度５，０００cd/㎡付近）における対称照明の測定データを表－６．１９～表－６．２０に示す。対称照明の測定データは、実大トンネル南坑口付近において今回の測定と同様の照明条件、測定方法で測定したものであり、測定時の野外輝度、鉛直面照度、水平面照度は表－６．２１に示すように、今回のカウンタービーム照明の測定時の野外輝度等とほぼ等しい。

この測定データをもとに前述と同様にしてブライトネスを算出した結果を、視標までの距離が１００mと５０mの場合について表－６．２２～表－６．２３に示し、視標位置との関係を図－６．１７～図－６．１８に示す。図－６．１７～図－６．１８を見ると、対称照明のほうがカウンタービーム照明に比べ若干ブライトネスが高いことが分かるが、その差が見え方の違いとしてどの程度なのかは、この図からでは分からない。そこで、図－６．１３の見え方評価とブライトネスの関係をもとに、図－６．１７～図－６．１８のブライトネスを見え方評価に置き直して図－６．１９～図－６．２０に示す。この結果より、以

下のことが読み取れる。

1）自然光の射し込みにより先行車が照らされる坑口から０～２０mの範囲では、カウンタービーム照明と対称照明で差は見られない。

2）見え方が最も悪くなる位置は、先行車（視標）までの距離の半分から3分の２程度、先行車がトンネル内に入ったところである。

3）先行車までの距離が１００mの場合、見え方が最も悪くなる位置での評価が対称照明で「どちらでもない」から「やや悪い」の間であったものが、カウンタービーム照明では「やや悪い」から「かなり悪い」の間となり、カウンタービーム照明のほうが、７段階評定法で１段階程度評価が低い。

4）先行車までの距離が５０mの場合、同様の位置での評価が対称照明で「どちらでもない」程度であったものが、カウンタービーム照明では「どちらでもない」から「やや悪い」の間となり、カウンタービーム照明のほうが７段階評定法で０．５段階程度評価が低い。

5）このように先行車までの距離が長い場合のほうが、先行車の見え方の評価が悪くなり、カウンタービーム照明と対称照明の見え方の差が顕著に現われる。

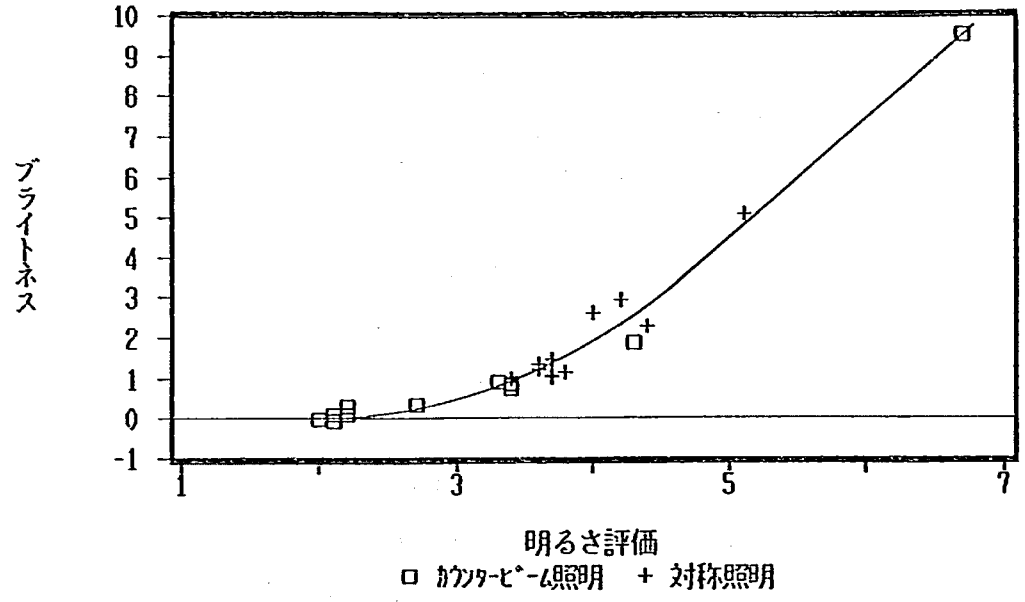
６．３　まとめ

実験時の天候条件がカウンタービーム照明と対称照明とで異なったため、実験結果の比較により照明方式の得失を評価することが困難であった。このため、先行車の見え方とブライトネスとの関係を解析し、ブライトネスを用いて先行車の照明方式による先行車の見え方の違いを検討した。その結果以下のことが明らかになった。

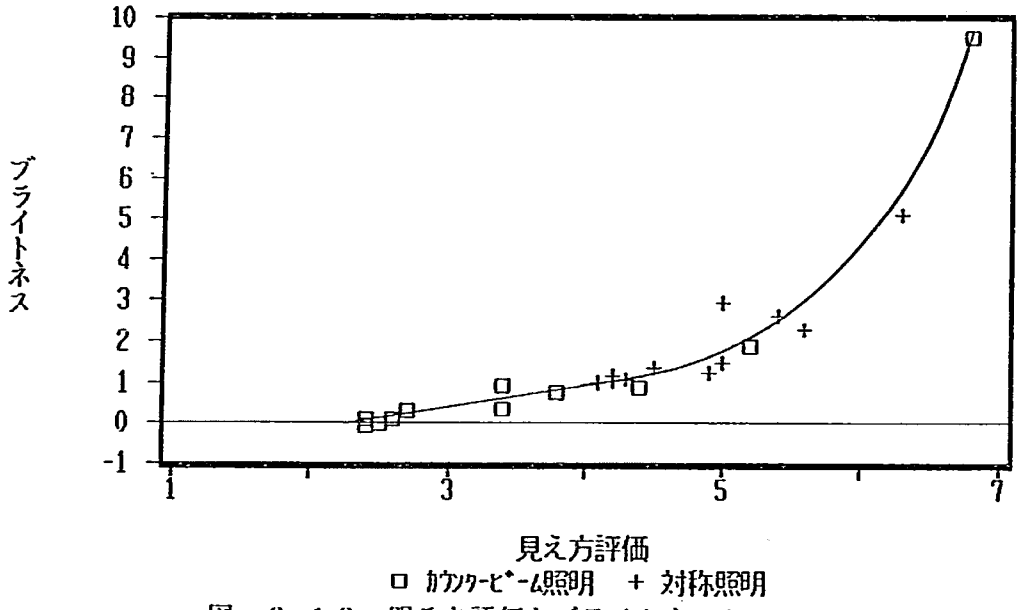
（1）先行車の見え方とブライトネスとの間には高い相関があり、ブライトネスによって先行車の見え方を評価することができる。

（2）先行車の見え方と輝度対比との間には相関がない。

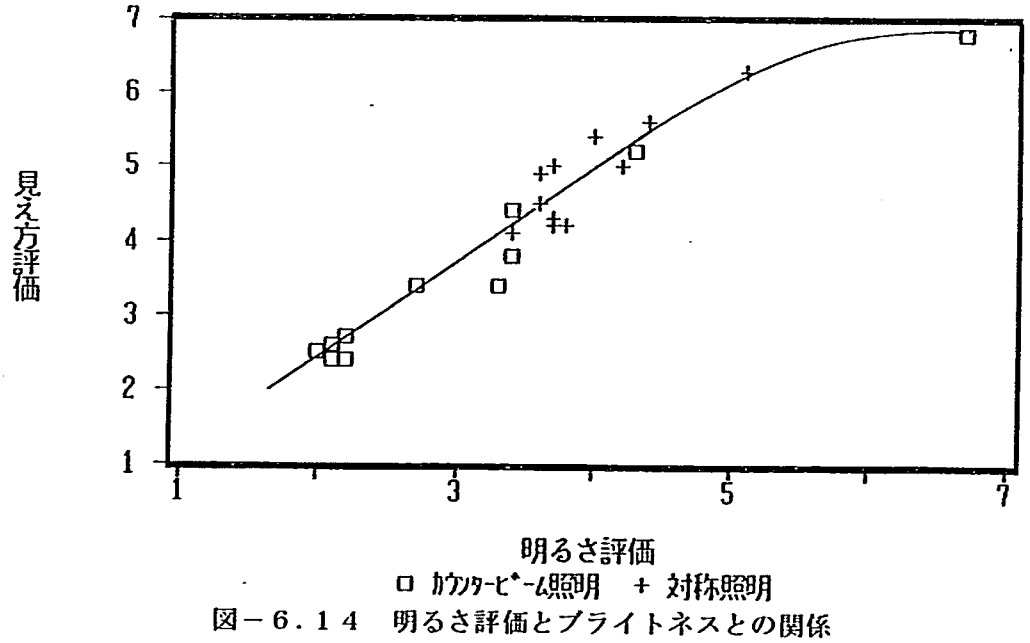
（3）カウンタービーム照明に比べて対称照明による先行車の見え方のほうが優れている。



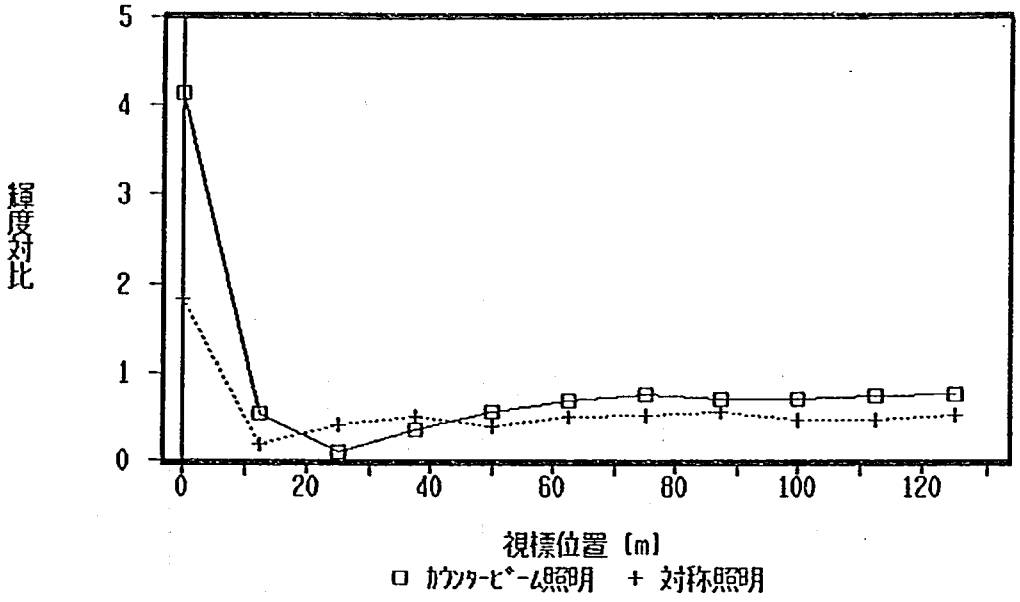
図－６．１２　明るさ評価とブライトネスとの関係



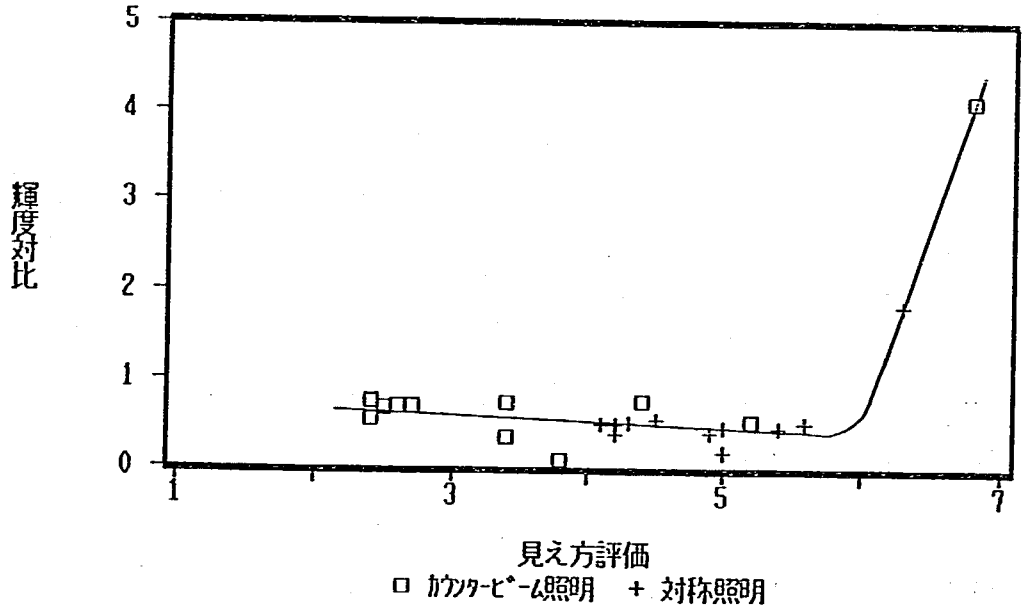
図－６．１３　明るさ評価とブライトネスとの関係



図－６．１４　明るさ評価とブライトネスとの関係



図－６．１５　先行車の輝度比



図－６．１６　見え方評価と輝度対比との関係（視標までの距離：１００m）

表－６．１９　路面輝度と等価光幕輝度（対称照明　設計速度８０km/h）

測定位置 [m]	測定日時	路面輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]
-100.0(-40)	11/9　10:55	3350	169
-90.0	10:56	—	195
-80.0	10:57	—	190
-70.0	10:58	—	177
-60.0	11:00	—	174
-50.0	11:03	—	171
-40.0	11:08	—	150
-30.0	11:10	—	135
-20.0	11:19	—	116
-10.0	11:25	—	94.9
0.0	11:28	—	70.2
10.0	11:33	—	9.7
20.0	11:39	—	8.4

(注) 測定位置の( )内は、路面輝度の測定対象とした路面の位置である。

表－６．２０　視標の鉛直面照度（対称照明　設計速度８０km/h）

視標位置 [m]	測定日時	視標の鉛直面照度 [lx]				視標輝度 [cd/m²]
		(1)	(2)	(3)	平均	
0.0	11/9　10:55	90200	89700	91300	90400	5225.1
10.0	10:56	6280	7700	8130	7550	448.5
20.0	10:57	2540	2690	2690	2640	156.7
30.0	10:58	1710	1670	1640	1670	97.3
40.0	11:00	1170	1250	1380	1270	72.8
50.0	11:03	1130	1150	1110	1130	67.0
60.0	11:08	838	826	789	820	48.1
70.0	11:10	759	728	777	750	42.4
80.0	11:19	677	711	725	700	41.4
100.0	11:28	540	610	691	610	35.5
120.0	11:39	379	375	422	390	21.8

(注) 視標輝度は、視標が完全拡散面であると仮定して、視標の反射率（18.3%）と鉛直面照度の平均から算出したものである。

表－６．２１　先行車の見え方実験の際の水平面照度・鉛直面照度・野外輝度

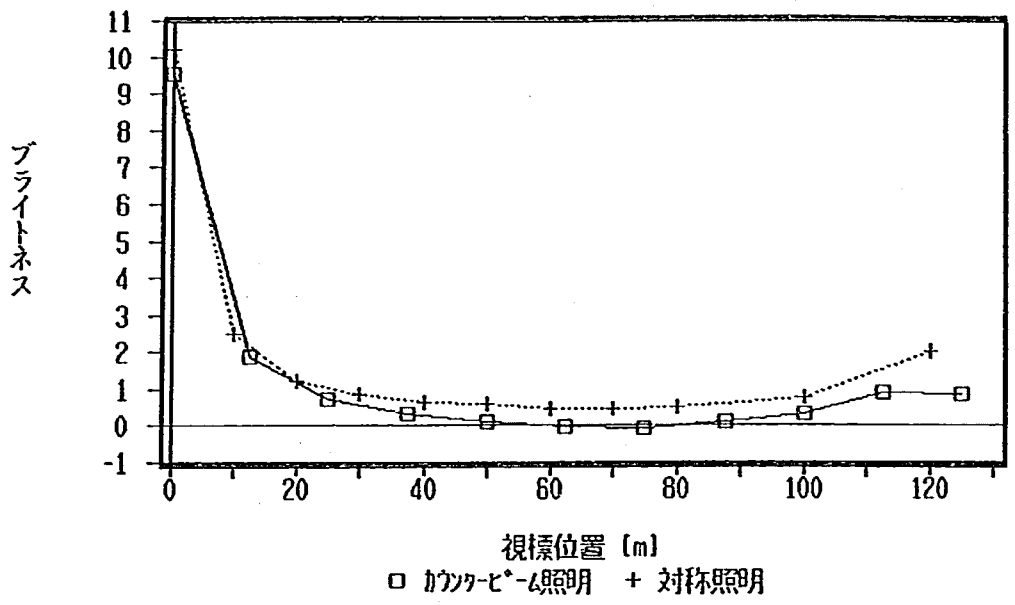
項目 / 照明方式	測定日時	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	野外輝度 [cd/m²]
ｶｳﾝﾀｰﾋﾞｰﾑ照明 測定	10/18 12:20～12:35	82000～83000	70000～73000	4700～5200
対称照明 測定	11/9 10:55～11:40	71000～73000	86000～91000	4500～4900

表－６．２２　ブライトネスの計算（対称照明　設計速度８０km/h、視標までの距離100m、11/9）

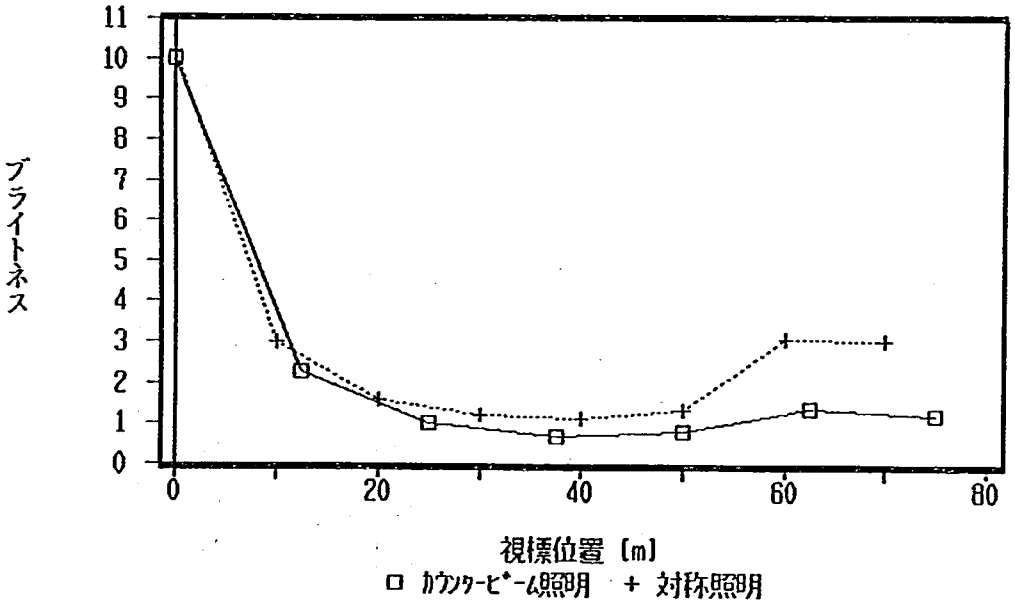
視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	5225	169	10.2
10	448.5	195	2.51
20	156.7	190	1.2
30	97.3	177	0.84
40	72.8	174	0.63
50	67	171	0.59
60	48.1	150	0.46
70	42.4	135	0.44
80	41.4	116	0.52
100	35.5	70.2	0.75
120	21.8	8.4	2.03

表－６．２３　ブライトネスの計算（対称照明　設計速度８０km/h、視標までの距離50m、11/9）

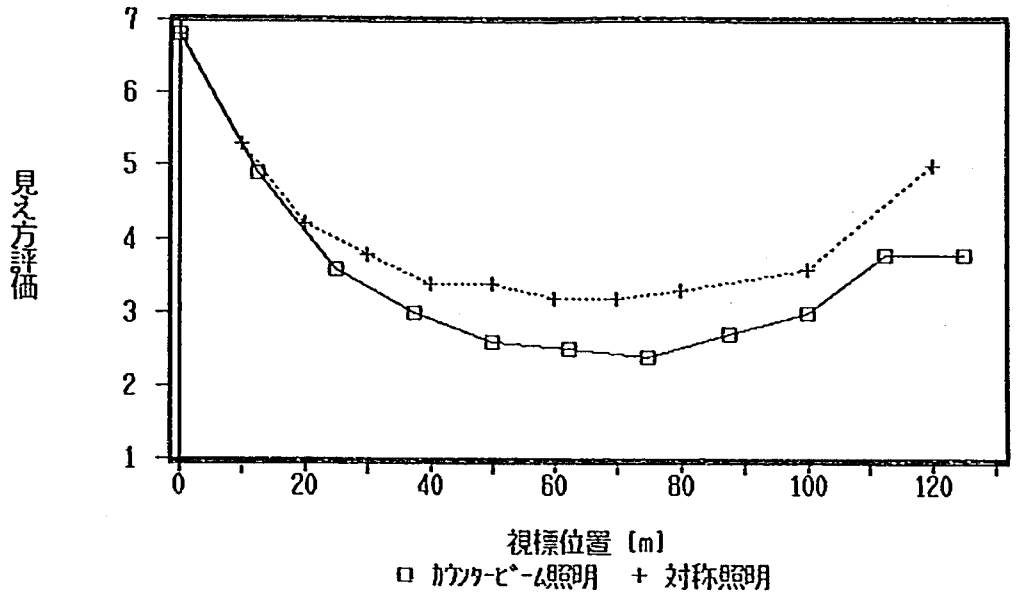
視標位置 [m]	視標輝度 [cd/m²]	等価光幕輝度 [cd/m²]	ブライトネス
0	5225	171	10.18
10	448.5	150	3
20	156.7	135	1.57
30	97.3	116	1.22
40	72.8	94.9	1.12
50	67	70.2	1.32
60	48.1	9.7	3.08
70	42.4	8.4	3.04



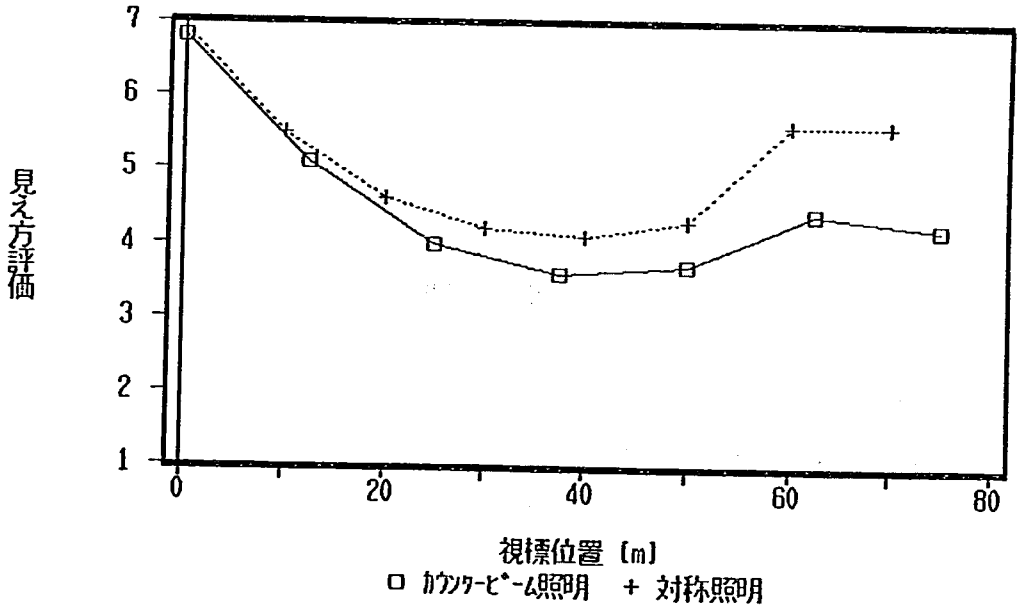
図－６．１７　先行車のブライトネス（視標までの距離：１００m）
（カウンタービーム照明、対称照明ともほぼ等しい野外輝度
（５，０００cd/m²）における測定データをもとに解析）



図－６．１８　先行車のブライトネス（視標までの距離：５０m）
（カウンタービーム照明、対称照明ともほぼ等しい野外輝度
（５，０００cd/m²）における測定データをもとに解析）



図－６．１９　先行車の見え方評価（視標までの距離：１００m）
（カウンタービーム照明、対称照明ともほぼ等しい野外輝度
（５，０００cd/m²）における測定データをもとに解析）



図－６．２０　先行車の見え方評価（視標までの距離：５０m）
（カウンタービーム照明、対称照明ともほぼ等しい野外輝度
（５，０００cd/m²）における測定データをもとに解析）

7．先行車の視認性実験（走行実験）

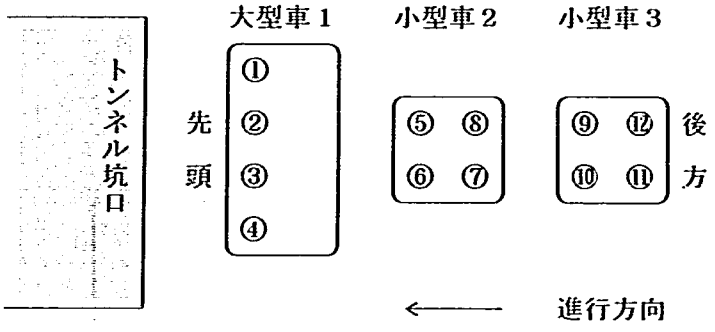
7．1　実験概要

7．1．1　実験方法

一定条件で走行している先行車（大型車、小型車）の視認性を把握するため、観測車３台（大型車１台、小型車２台）を用い、一走行毎にアンケートによって５段階評価した。

観測車は、図－７．１に示すように縦列に並んだ状態で実大トンネル実験施設南側坑口手前約５００mから指定した速度と車間距離を保持しながら走行させた。車間距離は坑口手前に設置した指定速度に対する車間距離確認標示（セーフティコーン）に合わせた。また、走行速度は、それぞれ照明の設計速度に応じた４０km/h、６０km/h、８０km/hになるよう走行させ，トンネル内３００m地点まで（試験区間）定速走行させた。

なお、小型車は前後の車両の位置を走行毎に入れ替えて走行させ、観測車のヘッドライトはすれ違いビームとした。



図－７．１　観測車の並び方と被験者の配置状況

（１）アンケート調査

アンケート調査は、車両（大型車、小型車）によって異なるが、各条件毎に実施した。

１）トンネル坑口の見え方（大型車の被験者のみ）

２）トンネルの進入のしやすさ

３）照明器具からのまぶしさ（大型車の被験者のみ）

４）トンネル進入後の視環境（大型車の被験者のみ）

５）トンネル坑口進入前後の先行車の見え方（小型車の被験者のみ）

7．1．2　実験条件

（1）照明方式　　：カウンタービーム照明
　　対称照明

（2）照明レベル　　：設計速度４０km/h相当（設定野外輝度４０００cd/㎡）
　　設計速度６０km/h相当（低減係数１／２）
　　（設定野外輝度４０００cd/㎡）
　　設計速度８０km/h相当（設定野外輝度４０００cd/㎡）

（3）シャッター開度　：全開

（4）被験者　　：１２名（大型車４名、小型車８名）

（5）繰り返し数　　：２回

表－７．１　走行条件

照明レベル	先行車との距離			備　考
	20m	40m	80m	
設計速度40km/h相当	○	○		
設計速度60km/h相当（低減係数1/2）	○	○		
設計速度80km/h相当		○	○	

7．1．3　被験者

被験者は各条件毎に１２名とし、被験者の属性は表－７．２に示す通りである。

表－７．２　被験者属性一覧表

氏名	年齢	性別	運転歴(年)	車の使用用途	良く運転する車種	視力			観測者番号						備考
						右	左	矯正	03日	05日	06日	07日	18日	19日	
E．A	22	男	3	通学	普通車	1.5	0.8	有り	1						
N．M	25	男	1	通学	普通車	0.7	1.2	有り	2						
I．M	27	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	3					11	
Y．T	24	男	5	通学	軽自動車	1.2	1.0	有り	4	1				1	
N．Y	21	男	3	通学	普通車	0.5	0.7	有り	5						
S．T	28	男	8	通勤	普通車	0.9	0.8	有り	6						
A．K	28	男	9	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	7					6	
S．T	25	男	7	レジャー	普通車	1.5	1.5	有り	8	8			12	12	
K．N	22	男	3	通学	普通車	1.0	1.2	有り	9	5				9	
Y．H	35	男	15	通勤	普通車	0.7	1.2	有り	10						
K．M	28	男	2	レジャー	普通車	0.6	0.7	有り	11		7				
K．H	34	男	15	レジャー	普通車	1.2	0.7	有り	12						
M．T	26	男	7	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		4					
I．M	24	女	7	通学	普通車	0.7	1.2	有り		6				3	
S．W	24	女	5	買い物等	普通車	1.5	1.5	有り		7					
S．Y	59	男	30	レジャー	普通車	1.5	1.5	無し		3				8	
A．H	43	男	15	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し		2					
H．Y	43	女	13	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		9					
T．B	29	男	1	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		10					
H．A	26	女	4	通勤	軽自動車	1.2	1.5	無し		12					
H．Y	22	男	3	レジャー	普通車	0.7	0.9	有り			10			5	
H．K	22	男	3	レジャー	普通車	1.2	1.0	有り			9	9	9		
O．Y	21	男	3	通学	普通車	0.6	0.7	無い			12			2	
M．S	25	男	6	レジャー	普通車	0.6	0.6	有り			11		2		
N．A	21	男	1	通学	普通車	0.7	0.9	有り			5	5			
N．R	21	女	2	通学	普通車	1.5	1.5	無し			6		3		
S．T	41	男	20	通勤	普通車	0.6	0.6	有り			8				
K．T	20	男	1	レジャー	普通車	1.2	1.0	無し			4	4			
H．Y	25	男	6	通勤	普通車	0.8	0.7	無し			3	3			
I．Y	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			1		1		
H．H	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			2	2			
Y．T	23	男	3	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				1	5		
O．A	31	男	8	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し				7			
W．Y	22	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し				6			
M．K	49	男	28	レジャー	普通車	0.6	0.7	無し				8			
M．S	22	男	2	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し				10			
Y．H	25	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	有り				12			
Y．K	31	男	10	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				11	8		
S．R	35	男	15	通勤	普通車	1.0	1.0	無し					4	4	
E．	22	男	1	レジャー	普通車	1.5	2.0	無し					11	7	
M．K	23	男	5	レジャー	軽自動車	0.7	0.9	有り					6		
H．A	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し					7		
N．M	22	女	2	通学	軽自動車	0.6	1.2	無し					10		
T．M	24	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し						10	
K．M	31	男	13	通勤	普通車	1.5	1.5	無し				大型			
M．H	30	男	12	通勤	普通車	1.0	1.5	有り	大型	大型	大型	大型	大型	大型	
O．M	55	男	36	通勤	普通車	1.5	1.5	有り	大型	11	大型	大型	大型	大型	
I．K	25	男	7	通勤	普通車	0.5	0.8	有り	大型	大型	大型		大型	大型	
I．Y	29	男	10	通勤	普通車	1.5	2.0	無し	大型	大型	大型	大型	大型	大型	

7．2　実験結果

7．2．1　走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度

走行実験時のバックデータとして、野外の輝度および水平面・鉛直面照度を測定した。結果を表－7．3び図－7．2に示す。

（1）野外の輝度

1）照明レベル４０km/h相当の場合

カウンタービーム照明実験時で2,700～3,700cd/㎡、対称照明実験時で2,000～3,400cd/㎡で観測実験が実施されており、ほとんど同条件で実施された。

2）照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当の場合

カウンタービーム照明実験時で1,600～3,000cd/㎡、対称照明実験時で3,600～3,700cd/㎡で観測実験が実施されており、カウンタービーム照明実験時が観測状態が有利な条件であった。

3）照明レベル８０km/h相当の場合

カウンタービーム照明実験時で4,600～4,700cd/㎡、対称照明実験時で4,000～4,900cd/㎡で観測実験が実施されており、ほとんど同条件で実施された。

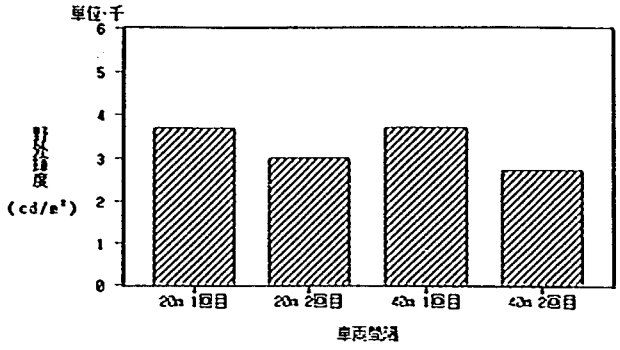
（2）水平面・鉛直面照度

坑口手前１１２．３m地点、東側車線路肩付近において、水平面照度は地上高さ１．４m、鉛直面照度はトンネル坑口と反対側に受光部を向け高さ１．１mに受光部を設置し、測定した。鉛直面照度の測定結果は、トンネル坑口での鉛直面照度とほぼ等しいものと考えられる。

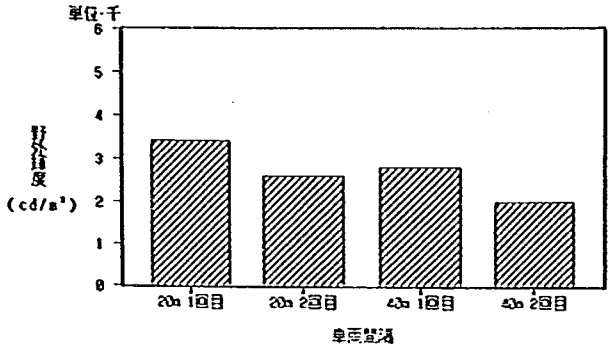
表－７．３　走行実験時の野外の輝度及び水平面・鉛直面照度測定結果

実験日	照明方式	照明レベル	車両間隔	時　間	野外の輝度 (cd/m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	備　考
10/3	CBL	40km/h相当	20m 1回目	9:25	3700	0.010	70000	75000	＊＊
			20m 2回目	9:40	3000	0.013	35000	26000	＊
			40m 1回目	9:35	3700	0.010	35000	25000	＊＊
			40m 2回目	9:45	2700	0.014	29000	20000	＊
10/5	SYM	40km/h相当	20m 1回目	9:21	3400	0.011	46000	45000	＊
			20m 2回目	9:36	2600	0.015	21000	18000	
			40m 1回目	9:30	2800	0.014	26000	25000	
			40m 2回目	9:43	2000	0.019	16000	13000	
10/6	CBL	60km/h相当 低減係数 1/2	20m 1回目	13:53	2200	0.016	24000	15000	
			20m 2回目	14:06	3000	0.011	40000	30000	＊
			40m 1回目	13:59	2800	0.012	35000	25000	
			40m 2回目	14:14	1600	0.021	19000	12000	
10/7	SYM	60km/h相当 低減係数 1/2	20m 1回目	9:20	3600	0.009	63000	31000	
			20m 2回目	9:35	3700	0.009	66000	32000	
			40m 1回目	9:30	3700	0.009	65000	32000	
			40m 2回目	9:45	3700	0.009	67000	32000	
10/18	CBL	80km/h相当	40m 1回目	9:40	4600	0.018	79000	78000	
			40m 2回目	9:45	4700	0.018	80000	79000	
			80m 1回目	9:28	4600	0.018	78000	78000	
			80m 2回目	9:34	4600	0.018	78000	79000	
10/19	SYM	80km/h相当	40m 1回目	9:40	4000	0.021	50000	55000	＊＊
			40m 2回目	9:50	4900	0.017	71000	81000	＊
			80m 1回目	9:25	4100	0.020	65000	80000	＊＊
			80m 2回目	9:34	4400	0.019	60000	70000	＊＊

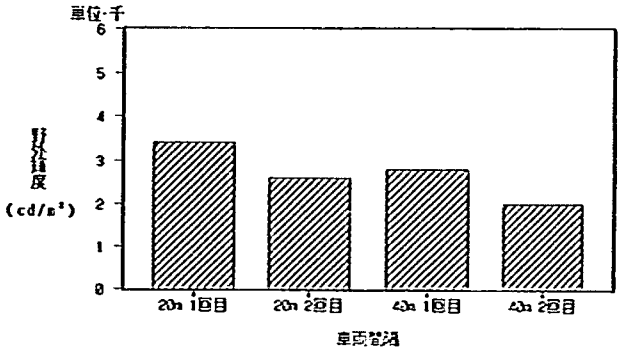
(注)　＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。
＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい。
k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）



カウンタービーム照明　照明レベル：４０km/h相当

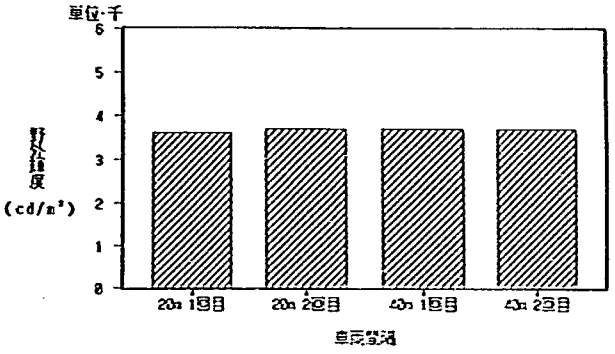


対称照明　照明レベル：４０km/h相当



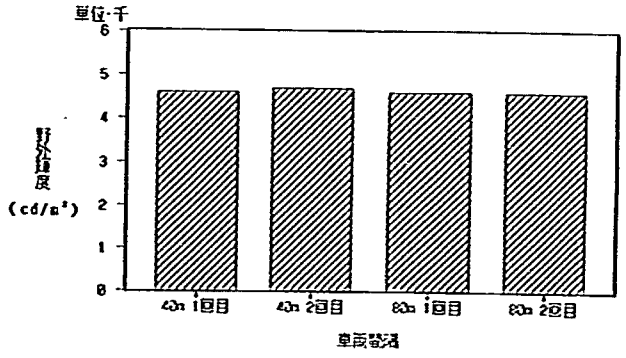
カウンタービーム照明　照明レベル：６０km/h相当

低減係数１／２

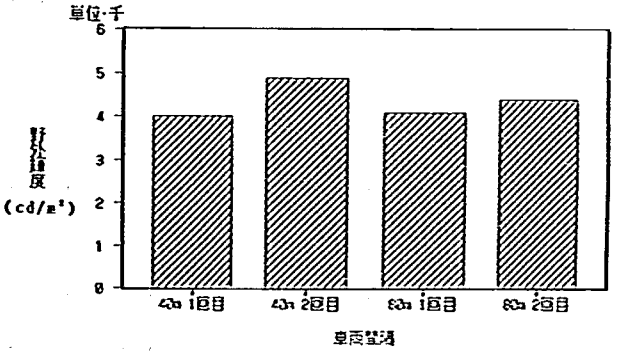


対称照明　照明レベル：６０km/h相当

低減係数１／２



カウンタービーム照明　照明レベル：８０km/h相当



対称照明　照明レベル：８０km/h相当

図－７．２　先行車走行実験時の野外の輝度

7．2．2　先行車の視認性

各走行毎に被験者に対してアンケート調査を行い以下に示す項目についての評価を行った。先行車の視認性についてのアンケート調査項目と換算評点は以下の通りである。

大型車の被験者のみ

トンネル坑口の見え方

非常に暗く感じた・・・・・・・・・・・・・評点　1
やや暗く感じた・・・・・・・・・・・・・・評点　2
どちらともいえない・・・・・・・・・・・・評点　3
やや明るく感じた・・・・・・・・・・・・・評点　4
非常に明るく感じた・・・・・・・・・・・・評点　5

トンネルの進入のしやすさ

不安感が高く非常に進入しにくい・・・・・評点　1
やや不安感があり進入しにくい・・・・・・評点　2
多少不安感があるが支障はない・・・・・・評点　3
ほとんど不安感がない・・・・・・・・・・評点　4
まったく不安感がない・・・・・・・・・・評点　5

照明器具からのまぶしさ

まぶしすぎて非常に運転しづらい・・・・・評点　1
ややまぶしく運転しづらい・・・・・・・・評点　2
多少まぶしいが支障はない・・・・・・・・評点　3
ほとんどまぶしくない・・・・・・・・・・評点　4
まったくまぶしくない・・・・・・・・・・評点　5

トンネル進入後の視環境

非常に悪い・・・・・・・・・・・・・・・・評点　1
やや悪い・・・・・・・・・・・・・・・・・評点　2
どちらともいえない・・・・・・・・・・・・評点　3
やや良い・・・・・・・・・・・・・・・・・評点　4
非常に良い・・・・・・・・・・・・・・・・評点　5

小型車の被験者のみ

トンネルの進入のしやすさ

不安感が高く非常に進入しにくい・・・・・評点　1

やや不安感があり進入しにくい・・・・・・評点　2

多少不安感があるが支障はない・・・・・・評点　3

ほとんど不安感がない・・・・・・・・・・評点　4

まったく不安感がない・・・・・・・・・・評点　5

トンネル坑口進入前後の先行車の見え方

先行車が進入する以前

非常に見にくい・・・・・・・・・・・・・評点　1

やや見にくい・・・・・・・・・・・・・・評点　2

普通に見えた・・・・・・・・・・・・・・評点　3

やや見えやすい・・・・・・・・・・・・・評点　4

非常に見えやすい・・・・・・・・・・・・評点　5

先行車が進入した直後

非常に見にくい・・・・・・・・・・・・・評点　1

やや見にくい・・・・・・・・・・・・・・評点　2

普通に見えた・・・・・・・・・・・・・・評点　3

やや見えやすい・・・・・・・・・・・・・評点　4

非常に見えやすい・・・・・・・・・・・・評点　5

先行車が進入後～３００m

非常に見にくい・・・・・・・・・・・・・評点　1

やや見にくい・・・・・・・・・・・・・・評点　2

普通に見えた・・・・・・・・・・・・・・評点　3

やや見えやすい・・・・・・・・・・・・・評点　4

非常に見えやすい・・・・・・・・・・・・評点　5

上記の換算評点に基づき各アンケートを集計した結果を、表－７．４～表－７．９に示した。また、実験条件毎の評点の平均値を表－７．１０、図－７．３～図－７．５に示す。

（1）観測車：大型車

①トンネル坑口の見え方

・照明レベル４０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は２．３前後、対称照明で評点は２．４前後とほとんど同じ評価となった。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当でカウンタービーム照明の時評点は３．０前後、対称照明の時評点は２．０前後とカウンタービーム照明の方が１程度良い評価となっている。

・照明レベル８０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は３．５前後、対称照明の時評点は２．３前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、やや明るく感じたと評価されている。

②トンネルの進入のしやすさ

・照明レベル４０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は３．２前後、対称照明の時評点は３．０前後とカウンタービーム照明の方が若干ではあるが良い評価となっており、多少不安があるが支障はないと評価されている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当でカウンタービーム照明の時評点は３．５前後、対称照明の時評点は３．０前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、概ねほとんど不安がないと評価されている。

・照明レベル８０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は４．０前後、対称照明の時評点は３．３前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、ほとんど不安感がないと評価されている。

③照明器具からのまぶしさ

・照明レベル４０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は３．５前後、対称照明の時評点は４．４前後と対称照明の方が良い結果となっているが、カウンタービーム照明でも多少まぶしいが支障はないと評価されており、特に問題はないと考えられる。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当でカウンタービーム照明の時評点は３．１前後、対称照明の時評点は４．０前後と対称照明の方がよい結果となっているが、カウンタービーム照明でも多少まぶしいが支障はないと評価されており、４０km/h相当と同様に問題はないと考えられる。

・照明レベル８０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は３．５前後、対称照明の時評点は３．９前後と若干ではあるが対称照明の方が良い結果となっているが、他の照明レベル同様に問題はないと考えられる。

④トンネル進入後の視環境

・照明レベル４０km/h相当の時カウンタービーム照明の時評点は３．３前後、対称照明の時の評点は３．５前後とほとんど同じ様な結果となっており、どちらともいえないと評価されている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当でカウンタービーム照明の時評点は３．４前後、対称照明の時評点は３．１前後と若干ではあるがカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、どちらともいえないと評価されている。

・照明レベル８０km/h相当でカウンタービーム照明の時評点は４．０前後、対称照明の時評点は４．１前後と結果にほとんど差は見られず、やや良いと評価されている。

（２）観測車：小型車

１）車間距離２０mの場合（照明レベル８０km/h相当の場合は４０m）

①トンネルの進入のしやすさ

・照明レベル４０km/h相当で前方車、後方車ともに対称照明で評点は３．４前後と評価されている。カウンタービーム照明では評点は３．９前後となっており、対称照明より高い評価となっているが、両照明方式ともほとんど不安がないと言う結果となった。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車、後方車とも、カウンタービーム照明で評点は３．４前後であり、対称照明で３．９前後と対称照明の方がよい結果となっているが、カウンタービーム照明でも概ねほとんど不安感がないと評価されている。

・照明レベル８０km/h相当で先方車、後方車ともにカウンタービーム照明で評点は３．９前後、対称照明で評点は３．１前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、ほとんど不安感がないと評価されている。

以上、トンネル内の進入のしやすさは、実験条件により評価が異なるが、両方式ともにほとんど不安感が生じていないことが分かった。また、大型車・小型車にそれぞれ追従した条件での評価の大きな差は認められなかった。

②トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入する以前）

・照明レベル４０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．６前後、対称照明で３．３前後とカウンタービーム照明の方が若干よい結果となっており、ふつうに見えたか、やや見えやすいと評価されている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車の時カウンタービーム照明と対称照明では評点が４．０前後と同じ結果となっており、やや見えやすいと評価されている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は４．０前後、対称照明で４．２前後と若干対称照明の結果がよいが、カウンタービーム照明の評価でもやや見えやすいとなっている。

・照明レベル８０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．９前後、対称照明で評点は３．８前後とほとんど変わらない結果となっており、やや見えやすいと評価されている。

③トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入した直後）

・照明レベル４０km/h相当で前方車の時カウンタービーム照明で評点は３．１前後、対称照明で３．２前後とほとんど変わらない結果となっている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は３．０前後、対称照明で２．８前後とカウンタービーム照明の方が若干ではあるが良い評価となった。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は２．５前後、対称照明で評点は３．２前後と対称照明の方がよい結果となった。

・照明レベル８０km/h相当の場合、前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．８前後、対称照明で評点は２．５前後とカウンタービーム照明の方がかなり良い結果となっており、やや見えやすいと評価されている。

④トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入後～３００m）

・照明レベル４０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．０前後、対称照明で評点は２．５前後とカウンタービーム照明の方が０．５前後良い結果となっており、普通に見えると評価されている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は２．８前後、対称照明で評点は２．６前後とカウンタービーム照明の方が若干ではあるが良い結果となっているが、見え方はやや見えにくいか、ふつうに見えたと余り良くない評価となっている。

・照明レベル８０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．６前後、対称照明で評点は２．８前後とカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、ややよく見えたと評価されている。

以上、車間距離が比較的短い２０mの場合は、両照明方式の評価にあまり大きな差は認められなかった。特に先行車の視認性が問題となるのは、先行車がトンネルに進入した直後であるが、野外の輝度の条件がほぼ同様であった４０km/h、８０km/hの照明方式による評価は若干カウンタービーム照明が高い結果となった。したがって、２０m程度の車間距離の場合の先行車の視認性は、照明方式にはあまり影響されないことが明らかとなった。

2）車間距離４０mの場合（照明レベル８０km/h相当の場合は８０m）

①トンネルの進入のしやすさ

・照明レベル４０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は４．２前後、対称照明で３．９前後と若干ではあるがカウンタービーム照明の方が良い結果となっているが、両照明ともほとんど不安感がないと良い評価となっている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車の時カウンタービーム照明で評点は３．０前後、対称照明で評点は４．０前後と対称照明の方が１程度結果が良くなっているが、進入のしやすさはカウンタービーム照明でも多少不安感はあるが支障はないと評価されている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は３．６前後、対称照明で評点は４．０前後と前方車と同様に対称照明の方が良い結果となっているが、カウンタービーム照明でもほとんど支障はないと評価されている。

・照明レベル８０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は４．０前後、対称照明で評点は３．３前後とカウンタービーム照明の方が多少良い結果となっており、ほとんど不安がないと評価されている。

②トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入する以前）

・照明レベル４０km/h相当の場合で前方車の時カウンタービーム照明、対称照明とも評点は３．５前後と同じ結果となっており、ほぼやや見えやすいと評価されている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は３．５前後、対称照明で評点は３．６前後と若干ではあるが対称照明の方が良い結果となっているが、その差は少なくカウンタービーム照明でもややよく見えたと評価されている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．７前後、対称照明で評点は４．１前後と対称照明の方が良い結果となっているが、カウンタービーム照明でも概ねやや見えやすい評価となった。

・照明レベル８０km/h相当で前方車の時カウンタービーム照明で評点は３．８前後、対称照明で評点は３．５前後とカウンタービーム照明の方が若干ではあるが良い結果となっており、ややよく見えたと評価されている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は３．８前後、対称照明で評点は４．０前後と対称照明の方が若干ではあるが良い結果となっている。しかし、カウンタービーム照明でも前方車と同様に概ねややよく見えたと評価されている。

③トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入した直後）

・照明レベル４０km/h相当で前方車の時カウンタービーム照明で評点は３．０前後、対称照明で評点は２．９前後とほとんど同じ様な結果となっており、ふつうに見えたと評価されている。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は２．５前後、対称照明で評点は3.0前後と対称照明の方が良い結果となっており、カウンタービーム照明がやや見えにくいか、ふつうに見えたと余り良くない評価となっている。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は２．０前後、対称照明で評点は３．０前後と対称照明の方が１前後良い結果となった。

・照明レベル８０km/h相当の時、前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．０前後、対称照明で評点は２．５前後とカウンタービーム照明の方が若干良い結果となっており、普通に見えたと評価されている。

④トンネル進入後の先行車の視認性（先行車が進入後～３００m）

・照明レベル４０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は２．３前後、対称照明で評点は２．６前後とほとんど差はない結果となってはいるが、やや見えにくいか、普通に見えると余り良くない結果となった。

・照明レベル６０km/h（低減係数１／２）相当で前方車の時カウンタービーム照明で評点は２．５前後、対称照明で評点は２．６前後と対称照明の方が若干ではあるが良い結果となっているが、その差は少ない。しかし、評価は概ねやや見えにくいと余り良くない結果となった。また、後方車の時カウンタービーム照明で評点は２．６前後、対称照明で評点は２．３前後と若干ではあるがカウンタービーム照明の方が良い結果とはなっているものの、評価はやや見にくいと前方車と同様に余り良くない結果となった。

・照明レベル８０km/h相当で前方車、後方車ともカウンタービーム照明で評点は３．３前後、対称照明で評点は２．９前後と若干ではあるがカウンタービーム照明の方が良い結果となっており、普通に見えたと評価されている。

表－7．4　先行車の見え方実験アンケート結果

（カウンタービーム照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容 1	2	3	4	5	評価割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
大型車	20m	トンネル坑口の見え方			6	2			0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	2.3	0.4	
		トンネルへの進入しやすさ			2	4	1	1	0.0	25.0	50.0	12.5	12.5	3.1	0.9	
		照明器具からのまぶしさ				4	4		0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	3.5	0.5	
		トンネル進入後の視環境				6	2		0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	3.3	0.4	
小型車	20m	トンネルへの進入しやすさ			1	1	4	2	0.0	12.5	12.5	50.0	25.0	3.9	0.9	・追従走行であるため注視点は先行車となりトンネル進入には問題なく基本部で先行車が見えにくい。（黒い車なら「非常に見にくい」となる）入口照明のおとし方が急な気もする。
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			5	1	2	0.0	0.0	62.5	12.5	25.0	3.6	0.9	
			・進入した直後		2	4	1	1	0.0	25.0	50.0	12.5	12.5	3.1	0.9	
			・進入後～300m	1	2	5			12.5	25.0	62.5	0.0	0.0	2.5	0.7	・追従走行なので不安はない。（何かあったら前が変な動きをするだろう）
		トンネルへの進入しやすさ			1	1	3	3	0.0	12.5	12.5	37.5	37.5	4.0	1.0	・バス後面は焼煙で反射率が低いので見にくい。基本部暗い。
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			3	4	1	0.0	0.0	37.5	50.0	12.5	3.8	0.7	・車間が短い方が進入直後の先行車の見え方が良いと思う。
			・進入した直後		2	5		1	0.0	25.0	62.5	0.0	12.5	3.0	0.9	・設問２は前方が小型車のため20mの車間でもあまり不安感はない。
			・進入後～300m		5	3			0.0	62.5	37.5	0.0	0.0	2.4	0.5	・入口部が明るいので基本部が特に暗く感じる。
大型車	40m	トンネル坑口の見え方			5	3			0.0	62.5	37.5	0.0	0.0	2.4	0.5	
		トンネルへの進入しやすさ			2	2	4		0.0	25.0	25.0	50.0	0.0	3.3	0.8	
		照明器具からのまぶしさ				3	5		0.0	0.0	37.5	62.5	0.0	3.6	0.5	
		トンネル進入後の視環境				5	3		0.0	0.0	62.5	37.5	0.0	3.4	0.5	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ				2	2	4	0.0	0.0	25.0	25.0	50.0	4.3	0.8	・40km/h、20m間隔の時より良いと思う。
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			5	2	1	0.0	0.0	62.5	25.0	12.5	3.5	0.7	・先行車の影にストップランプが隠れバスが大変見にくくなりました。
			・進入した直後		2	5		1	0.0	25.0	62.5	0.0	12.5	3.0	0.9	・１台前の小型車は良好に見えるがその前方の大型車は見づらい。
			・進入後～300m		5	3			0.0	62.5	37.5	0.0	0.0	2.4	0.5	・後席からだとグレアは全く感じられない。車の屋根との関係により
		トンネルへの進入しやすさ				2	3	3	0.0	0.0	25.0	37.5	37.5	4.1	0.8	・先行車を注視しトンネルはあまり意識しない。
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			6	1	1	0.0	0.0	75.0	12.5	12.5	3.4	0.7	・黒っぽい車体は見にくい。・基本部が暗い。・白い車体は見やすい。
			・進入した直後	2	2	3	1		25.0	25.0	37.5	12.5	0.0	2.4	1.0	・車間距離が１回毎に変わるとそちらの方に意識がいってしまう。
			・進入後～300m	2	2	4			25.0	25.0	50.0	0.0	0.0	2.3	0.8	・追従は前の車の動きを見る。前がスムーズな以上不安はない。

表－７．５　先行車の見え方実験アンケート結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容					評価割合（%）					評点平均	標準偏差	備考
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
大型車	20m	トンネル坑口の見え方			2	1	5		0.0	25.0	12.5	62.5	0.0	3.4	0.9	
		トンネルへの進入しやすさ				3	5		0.0	0.0	37.5	62.5	0.0	3.6	0.5	
		照明器具からのまぶしさ			1	5	2		0.0	12.5	62.5	25.0	0.0	3.1	0.6	
		トンネル進入後の視環境			1	3	4		0.0	12.5	37.5	50.0	0.0	3.4	0.7	
小型車	20m	トンネルへの進入しやすさ			2	1	5		0.0	25.0	12.5	62.5	0.0	3.4	0.9	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	1	3	0.0	0.0	50.0	12.5	37.5	3.9	0.9	
			・進入した直後		4	4			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
			・進入後～300m		1	7			0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	2.9	0.3	
		トンネルへの進入しやすさ			1	3	4		0.0	12.5	37.5	50.0	0.0	3.4	0.7	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	1	3	0.0	0.0	50.0	12.5	37.5	3.9	0.9	
			・進入した直後	1	5	1	1		12.5	62.5	12.5	12.5	0.0	2.3	0.8	
			・進入後～300m	1	2	3	2		12.5	25.0	37.5	25.0	0.0	2.8	1.0	
大型車	40m	トンネル坑口の見え方		1	2	2	3		12.5	25.0	25.0	37.5	0.0	2.9	1.1	
		トンネルへの進入しやすさ				3	5		0.0	0.0	37.5	62.5	0.0	3.6	0.5	
		照明器具からのまぶしさ			1	5	2		0.0	12.5	62.5	25.0	0.0	3.1	0.6	
		トンネル進入後の視環境			2	1	5		0.0	25.0	12.5	62.5	0.0	3.4	0.9	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ				4	3		0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	3.4	0.5	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	2	2	0.0	0.0	50.0	25.0	25.0	3.8	0.8	
			・進入した直後	2	3	1	1		28.6	42.9	14.3	14.3	0.0	2.1	1.0	
			・進入後～300m		5	2	1		0.0	62.5	25.0	12.5	0.0	2.5	0.7	
		トンネルへの進入しやすさ				3	5		0.0	0.0	37.5	62.5	0.0	3.6	0.5	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4		4	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	4.0	1.0	
			・進入した直後	1	5	2			12.5	62.5	25.0	0.0	0.0	2.1	0.6	
			・進入後～300m		3	5			0.0	37.5	62.5	0.0	0.0	2.6	0.5	

表－7．6　先行車の見え方実験アンケート結果

（カウンタービーム照明、照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容 1	2	3	4	5	評価割合（%） 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
大型車	40m	トンネル坑口の見え方			1	2	5		0.0	12.5	25.0	62.5	0.0	3.5	0.7	・運転している時と助手では感じ方が異なるようである。運転に負担が大きい。
		トンネルへの進入しやすさ				2	6		0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	3.8	0.4	
		照明器具からのまぶしさ			1	2	5		0.0	12.5	25.0	62.5	0.0	3.5	0.7	
		トンネル進入後の視環境					8		0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	4.0	0.0	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ				2	5	1	0.0	0.0	25.0	62.5	12.5	3.9	0.6	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			3	2	3	0.0	0.0	37.5	25.0	37.5	4.0	0.9	
			・進入した直後		1	2	4	1	0.0	12.5	25.0	50.0	12.5	3.6	0.9	
			・進入後～300m			4	3	1	0.0	0.0	50.0	37.5	12.5	3.6	0.7	
	80m	トンネルへの進入しやすさ			1	2	3	2	0.0	12.5	25.0	37.5	25.0	3.8	1.0	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	1	3	0.0	0.0	50.0	12.5	37.5	3.9	0.9	
			・進入した直後		1	1	5	1	0.0	12.5	12.5	62.5	12.5	3.8	0.8	
			・進入後～300m		1	2	4	1	0.0	12.5	25.0	50.0	12.5	3.6	0.9	
大型車	80m	トンネル坑口の見え方				3	5		0.0	0.0	37.5	62.5	0.0	3.6	0.5	
		トンネルへの進入しやすさ					8		0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	4.0	0.0	
		照明器具からのまぶしさ				4	4		0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	3.5	0.5	
		トンネル進入後の視環境				1	6	1	0.0	0.0	12.5	75.0	12.5	4.0	0.5	
小型車	80m	トンネルへの進入しやすさ				1	6	1	0.0	0.0	12.5	75.0	12.5	4.0	0.5	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			5		3	0.0	0.0	62.5	0.0	37.5	3.8	1.0	
			・進入した直後	1	2	2	2	1	12.5	25.0	25.0	25.0	12.5	3.0	1.2	
			・進入後～300m		2	3	2	1	0.0	25.0	37.5	25.0	12.5	3.3	1.0	
		トンネルへの進入しやすさ					7	1	0.0	0.0	0.0	87.5	12.5	4.1	0.3	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前		1	4		3	0.0	12.5	50.0	0.0	37.5	3.6	1.1	
			・進入した直後		2	3	3		0.0	25.0	37.5	37.5	0.0	3.1	0.8	
			・進入後～300m			5	3		0.0	0.0	62.5	37.5	0.0	3.4	0.5	

表－７．７　先行車の見え方実験アンケート結果

（対称照明，照明レベル：４０km/h相当，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容 1	2	3	4	5	評価割合(%) 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
大型車	20m	トンネル坑口の見え方		1	4	2	1		12.5	50.0	25.0	12.5	0.0	2.4	0.9	
		トンネルへの進入しやすさ			2	4	1	1	0.0	25.0	50.0	12.5	12.5	3.1	0.9	
		照明器具からのまぶしさ					4	4	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	4.5	0.5	
		トンネル進入後の視環境				4	4		0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	3.5	0.5	
小型車	20m	トンネルへの進入しやすさ			2	1	5		0.0	25.0	12.5	62.5	0.0	3.4	0.9	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	1		4	2	1	12.5	0.0	50.0	25.0	12.5	3.3	1.1	
			・進入した直後		1	4	3		0.0	12.5	50.0	37.5	0.0	3.3	0.7	
			・進入後～300m		2	6			0.0	25.0	75.0	0.0	0.0	2.8	0.4	
		トンネルへの進入しやすさ			2		6		0.0	25.0	0.0	75.0	0.0	3.5	0.9	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			5	1	2	0.0	0.0	62.5	12.5	25.0	3.6	0.9	
			・進入した直後		2	5	1		0.0	25.0	62.5	12.5	0.0	2.9	0.6	
			・進入後～300m			8			0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	3.0	0.0	
大型車	40m	トンネル坑口の見え方		2	2	2	2		25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	2.5	1.1	
		トンネルへの進入しやすさ			4	2	1	1	0.0	50.0	25.0	12.5	12.5	2.9	1.1	
		照明器具からのまぶしさ					6	2	0.0	0.0	0.0	75.0	25.0	4.3	0.4	
		トンネル進入後の視環境				5	2	1	0.0	0.0	62.5	25.0	12.5	3.5	0.7	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ				2	4	2	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	0.7	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			6		2	0.0	0.0	75.0	0.0	25.0	3.5	0.9	
			・進入した直後		3	4		1	0.0	37.5	50.0	0.0	12.5	2.9	0.9	
			・進入後～300m	1	4	2		1	12.5	50.0	25.0	0.0	12.5	2.5	1.1	
		トンネルへの進入しやすさ			1	2	3	2	0.0	12.5	25.0	37.5	25.0	3.8	1.0	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前		2	1	4	1	0.0	25.0	12.5	50.0	12.5	3.5	1.0	
			・進入した直後		5	2	1		0.0	62.5	25.0	12.5	0.0	2.5	0.7	
			・進入後～300m		3	4	1		0.0	37.5	50.0	12.5	0.0	2.8	0.7	

表－７．８　先行車の見え方実験アンケート結果

（対称照明，照明レベル：６０km/h相当，低減係数１／２，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容					評価割合（%）					評点平均	標準偏差	備考
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
大型車	20m	トンネル坑口の見え方		1	5	2			12.5	62.5	25.0	0.0	0.0	2.1	0.6	
		トンネルへの進入しやすさ			2	3	3		0.0	25.0	43.8	31.3	0.0	3.1	3.0	
		照明器具からのまぶしさ					7	1	0.0	0.0	6.3	87.5	6.3	4.1	3.4	
		トンネル進入後の視環境			1	4	3		0.0	12.5	62.5	25.0	0.0	3.3	3.1	
小型車	20m	トンネルへの進入しやすさ				2	5	1	0.0	0.0	25.0	62.5	12.5	3.9	3.3	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	1	3	0.0	0.0	50.0	12.5	37.5	3.9	3.4	
			・進入した直後		2	3	1	2	0.0	25.0	37.5	12.5	25.0	3.4	3.2	
			・進入後～300m	2		5	1		25.0	0.0	62.5	12.5	0.0	2.6	2.8	
		トンネルへの進入しやすさ				2	4	2	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	3.4	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			1	4	3	0.0	0.0	12.5	50.0	37.5	4.3	3.5	
			・進入した直後		2	4	2		0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	3.0	3.0	
			・進入後～300m	1	2	5			12.5	25.0	62.5	0.0	0.0	2.5	2.7	
大型車	40m	トンネル坑口の見え方		1	5	2			12.5	62.5	25.0	0.0	0.0	2.1	2.5	
		トンネルへの進入しやすさ			2	4	2		0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	3.0	3.0	
		照明器具からのまぶしさ				1	7		0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	3.9	3.3	
		トンネル進入後の視環境			1	6	1		0.0	12.5	75.0	12.5	0.0	3.0	2.9	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ				2	4	2	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	3.4	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			3	1	4	0.0	0.0	37.5	12.5	50.0	4.1	3.5	
			・進入した直後	1	2	2	1	2	12.5	25.0	25.0	12.5	25.0	3.1	3.1	
			・進入後～300m	2	2	1	3		25.0	25.0	12.5	37.5	0.0	2.6	2.9	
		トンネルへの進入しやすさ				2	4	2	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	3.4	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			2	3	3	0.0	0.0	25.0	37.5	37.5	4.1	3.4	
			・進入した直後		4	2	1	1	0.0	50.0	25.0	12.5	12.5	2.9	2.9	
			・進入後～300m	1	4	3			12.5	50.0	37.5	0.0	0.0	2.3	2.6	

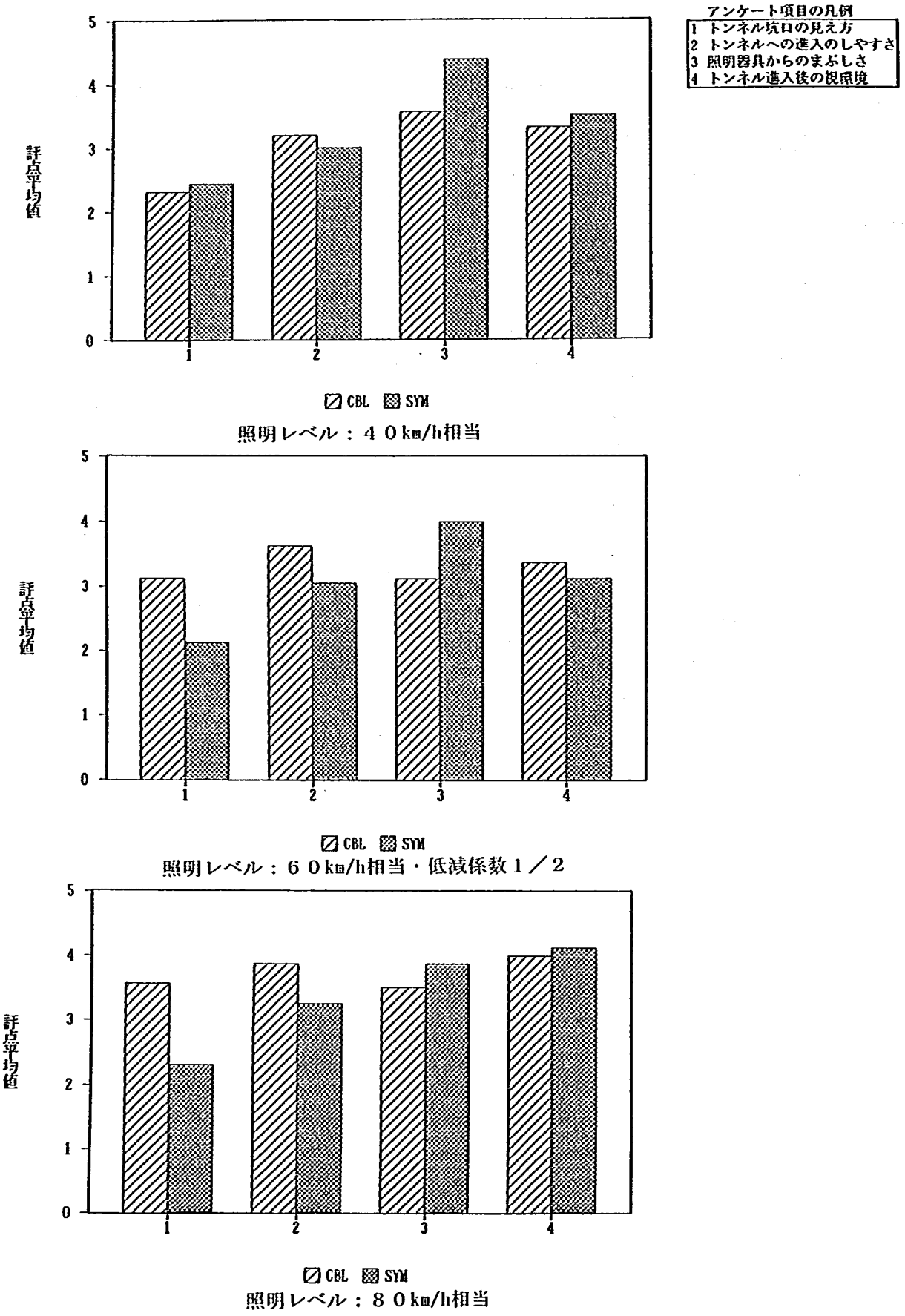
表－7．9　先行車の見え方実験アンケート結果

（対称照明，照明レベル：８０km/h相当，シャッター開度：全開）

車種	車間距離	評価項目		評価内容 1	2	3	4	5	評価割合 (%) 1	2	3	4	5	評点平均	標準偏差	備考
大型車	40m	トンネル坑口の見え方		1	3	4			12.5	43.8	43.8	0.0	0.0	2.4	0.7	
		トンネルへの進入しやすさ				6	2		0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	3.3	0.4	
		照明器具からのまぶしさ					8		0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	4.0	0.0	
		トンネル進入後の視環境					6	2	0.0	0.0	12.5	62.5	25.0	4.3	0.4	
小型車	40m	トンネルへの進入しやすさ			2	3	3		0.0	25.0	37.5	37.5	0.0	3.1	0.8	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前		1	3	1	3	0.0	12.5	37.5	12.5	37.5	3.8	1.1	
			・進入した直後	1	2	5			12.5	25.0	62.5	0.0	0.0	2.5	0.7	
			・進入後～300m		3	4	1		0.0	37.5	50.0	12.5	0.0	2.8	0.7	
		トンネルへの進入しやすさ			2	3	2		0.0	28.6	42.9	28.6	0.0	3.0	0.8	無回答１
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前		1	3	1	3	0.0	12.5	37.5	12.5	37.5	3.8	1.1	
			・進入した直後		4	3	1		0.0	50.0	37.5	12.5	0.0	2.6	0.7	
			・進入後～300m		3	2	3		0.0	37.5	25.0	37.5	0.0	3.0	0.9	
大型車	80m	トンネル坑口の見え方		1	4	3			12.5	50.0	37.5	0.0	0.0	2.3	0.7	
		トンネルへの進入しやすさ				6	2		0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	3.3	0.4	
		照明器具からのまぶしさ				2	6		0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	3.8	0.4	
		トンネル進入後の視環境				2	4	2	0.0	0.0	25.0	50.0	25.0	4.0	0.7	
小型車	80m	トンネルへの進入しやすさ			2		6		0.0	25.0	0.0	75.0	0.0	3.5	0.9	
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前		1	3	4		0.0	12.5	37.5	50.0	0.0	3.4	0.7	
			・進入した直後		4	4			0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	2.5	0.5	
			・進入後～300m		2	5	1		0.0	25.0	62.5	12.5	0.0	2.9	0.6	
		トンネルへの進入しやすさ			2	3	1	1	0.0	28.6	42.9	14.3	14.3	3.1	1.0	無回答１
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前			4	1	3	0.0	0.0	50.0	12.5	37.5	3.9	0.9	
			・進入した直後	1	4	1	2		12.5	50.0	12.5	25.0	0.0	2.5	1.0	
			・進入後～300m	1	2	2	3		12.5	25.0	25.0	37.5	0.0	2.9	1.1	

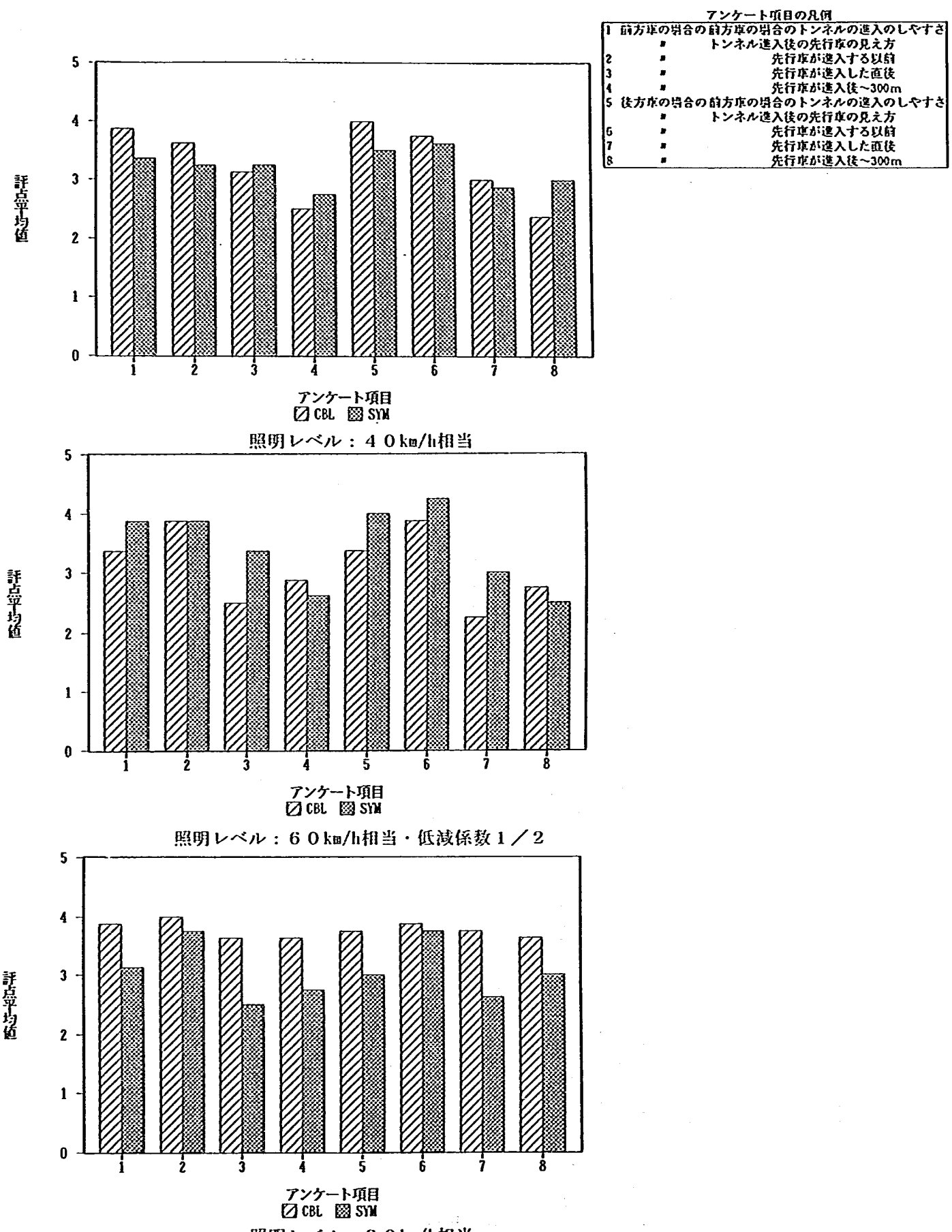
表－７．１０　各実験条件毎の評点の平均値

車種	車間距離	評価項目		カウンタービーム照明			対称照明		
				40km/h相当	CBL60相当低減係数1/2	80km/h相当	40km/h相当	CBL60相当低減係数1/2	80km/h相当
大型車	―	トンネル坑口の見え方		2.31	3.13	3.56	2.44	2.13	2.31
		トンネル進入しやすさ		3.19	3.63	3.88	3.00	3.06	3.25
		照明器具からのまぶしさ		3.56	3.13	3.50	4.38	4.00	3.88
		トンネル進入後の視環境		3.31	3.38	4.00	3.50	3.13	4.13
小型車前方車	20m	トンネル進入しやすさ		3.88	3.38	3.88	3.38	3.88	3.13
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.63	3.88	4.00	3.25	3.88	3.75
			・進入した直後	3.13	2.50	3.63	3.25	3.38	2.50
			・進入後～300m	2.50	2.88	3.63	2.75	2.63	2.75
後方車		トンネルへの進入しやすさ		4.00	3.38	3.75	3.50	4.00	3.00
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.75	3.88	3.88	3.63	4.25	3.75
			・進入した直後	3.00	2.25	3.75	2.88	3.00	2.63
			・進入後～300m	2.38	2.75	3.63	3.00	2.50	3.00
平均		トンネルへの進入しやすさ		3.94	3.38	3.81	3.44	3.94	3.06
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.69	3.88	3.94	3.44	4.06	3.75
			・進入した直後	3.06	2.38	3.69	3.06	3.19	2.56
			・進入後～300m	2.44	2.81	3.63	2.88	2.56	2.88
小型車前方車	40m	トンネル進入しやすさ		4.25	3.00	4.00	4.00	4.00	3.50
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.50	3.75	3.75	3.50	4.13	3.38
			・進入した直後	3.00	1.88	3.00	2.88	3.13	2.50
			・進入後～300m	2.38	2.50	3.25	2.50	2.63	2.88
後方車		トンネルへの進入しやすさ		4.13	3.63	4.13	3.75	4.00	3.14
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.38	4.00	3.63	3.50	4.13	3.88
			・進入した直後	2.38	2.13	3.13	2.50	2.88	2.50
			・進入後～300m	2.25	2.63	3.38	2.75	2.25	2.88
平均		トンネルへの進入しやすさ		4.19	3.31	4.06	3.88	4.00	3.32
		トンネル坑口進入前後の先行車の見え方	・進入する以前	3.44	3.88	3.69	3.50	4.13	3.63
			・進入した直後	2.69	2.00	3.06	2.69	3.00	2.50
			・進入後～300m	2.31	2.56	3.31	2.63	2.44	2.88



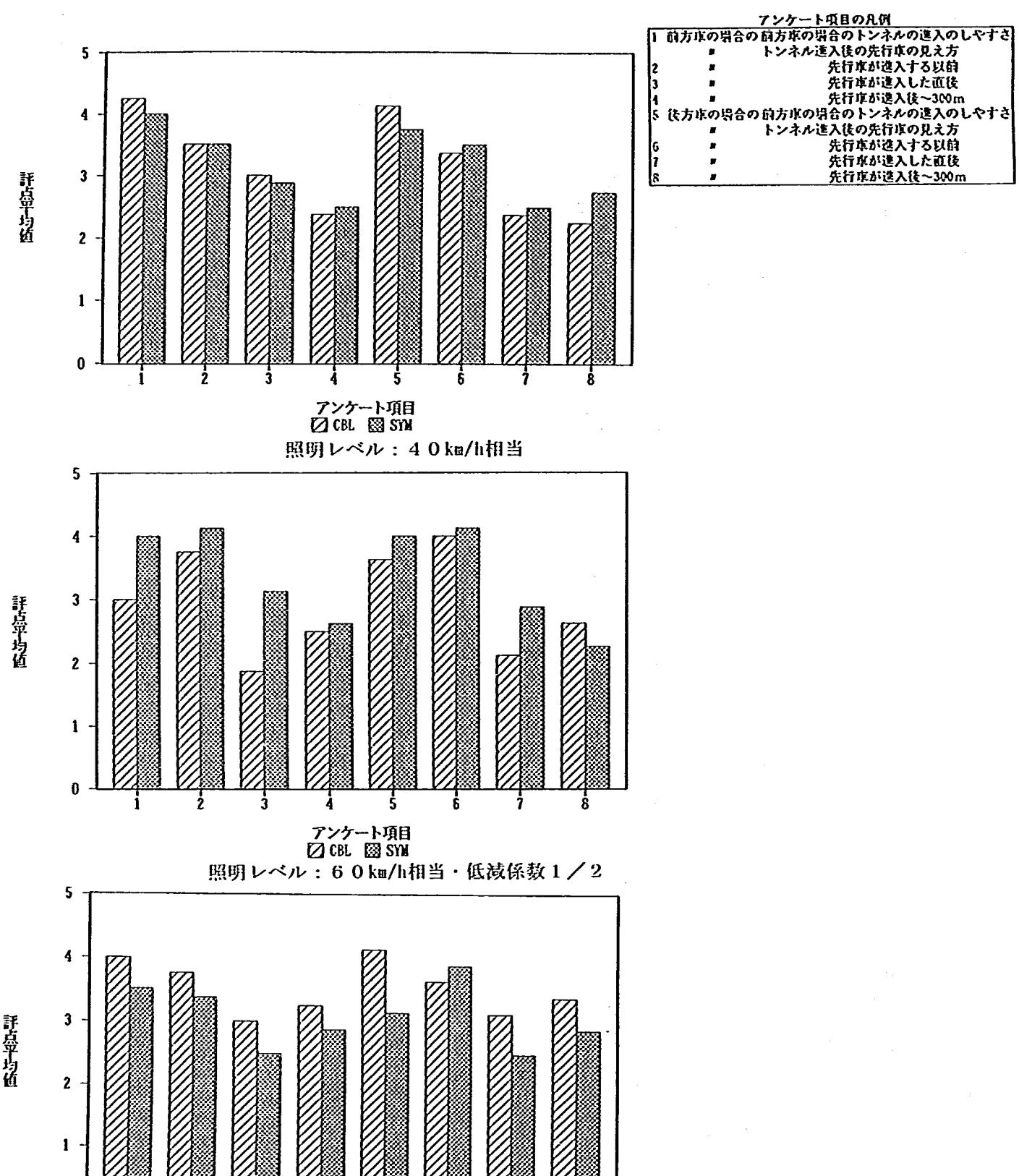
図－７．３　先行車の見え方実験アンケート結果（評点平均値）

（観測車：大型車）



図－７．４　先行車の見え方実験アンケート結果（評点平均値）

（観測車：小型車，車間距離：２０m）



図－７．５　先行車の見え方実験アンケート結果（評点平均値）

（観測車：小型車，車間距離：４０m）

7.3 まとめ

（1）野外の輝度および水平面・鉛直面照度

観測時の野外条件はほとんどの場合3,000cd/㎡前後であり、照明方式の比較の際にそれほど影響はなかったと考えられる。

（2）先行車の視認性

観測車が小型車の場合は前方車と後方車で評価に違いは余り見られない。照明レベル60㎞/h相当の一部で対称照明で評価が良くなっているもののその他ではカウンタービーム照明で評価が良くなっいる。また、車間距離20mと40mでは、若干評価の差はあるが傾向としては同じ様な結果となっている。この結果から見て、今回の視認性実験ではカウンタービーム照明で各評価項目とも比較的良い結果となっていると考えられる。

8．大型車による遮光の影響確認実験

8．1　実験概要

カウンタービーム照明下のトンネル内において大型車が連続して走行する場合に、後続の車両は照明器具からの光が先行する大型車の後部に生じる影により路面輝度が低下するとともに、対称照明に比べ障害物の存在がわかりにくくなるのではないか懸念される。これを明らかにするために、実大トンネル実験施設を用いて光学測定及び被験者による視認性のアンケートを行なった。

8．1．1　実験方法

トンネル内の西側車線に大型車を停止させ、大型車の後方３mに障害物を設置し、照明条件、照度レベルを変えた場合の光学測定及び視認性確認実験を行なった。

照明条件　　カウンタービーム照明と対称照明の２条件

照明レベル　　設計速度４０km/h，６０km/h（低減係数１／２）、８０km/hの３条件

障害物　　一辺２０cmの立方体３種類、反射率を３０、２０及び１２%(N４、５、６)を大型車の後方３mに設置

8．1．2　光学測定

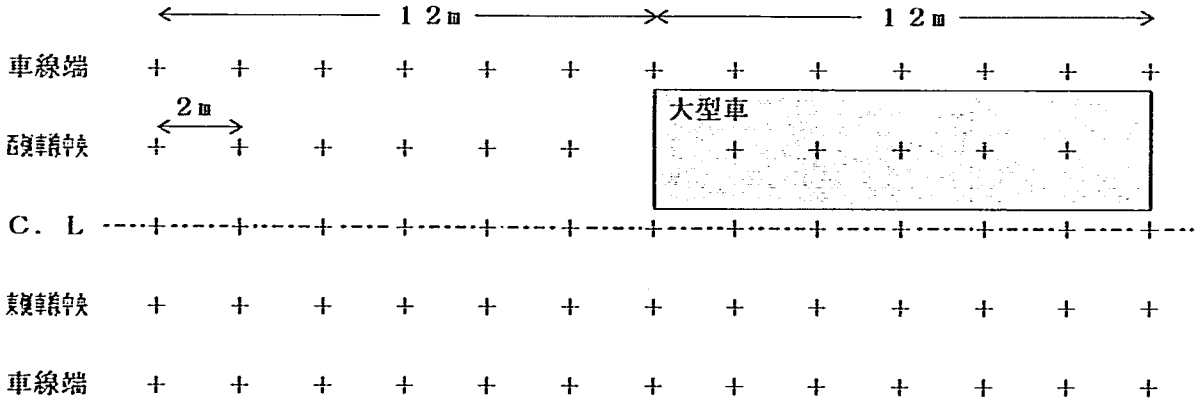
（1）照度測定

大型車周辺の水平面照度の測定を行ない、大型車の影による影響範囲を把握する。大型車の後部位置を照明レベルに応じて次に示すとおりとした。

照明レベル（km/h）	大型車の後部位置（m）
４０	坑口から４０、　８０
６０（低減係数1/2）	〃　４０、　８０
８０	〃　４０、　１２０

（2）照度測定範囲

大型車の後方２m間隔に１２mまでの水平面照度を大型車の有無により測定する。



図－８．１　照度測定ポイント

（3）障害物の輝度・輝度対比の測定

輝度測定はミノルタ視角１／３度輝度計を使用し、障害物の手前１０mから中央の障害物(Ｎ５)を測定した。

8.1.3　視認性アンケート

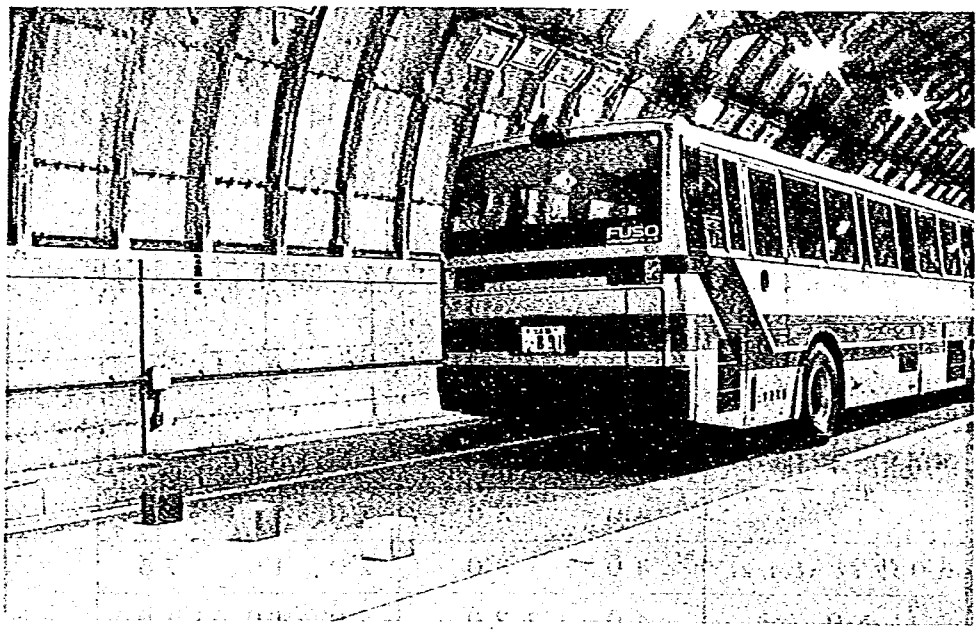
大型車の後部位置を光学測定時と同様の位置に置き、１２名の被験者による観測を行なった。観測距離は視距相当、４０m及び２０mとした。

なお、観測時のヘッドライトはロービーム点灯状態とした。

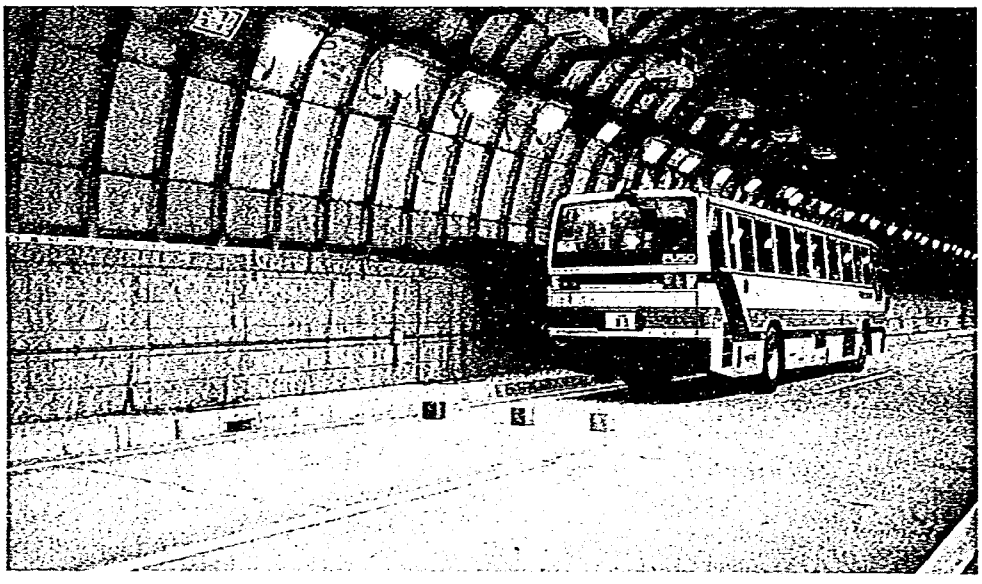
照明レベル（km/h）	障害物提示位置（m）	観測距離（m）
４０	４０、　８０	２０、４０
６０(低減係数1/2)	４０、　８０	２０、４０、　７５
８０	４０、　１２０	２０、４０、１１０

8.2　実験結果

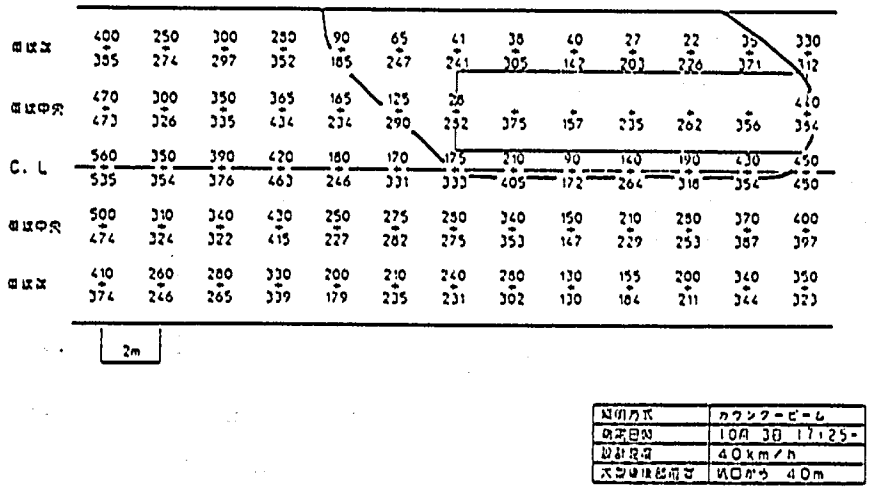
障害物の提示位置による測定結果と、１２名の被験者による視認性アンケートの結果を表－8.2～表－8.13に示す。また、車線の中央に置いたＮ５（反射率２０%）の観測評価結果を表－8.14に示す。



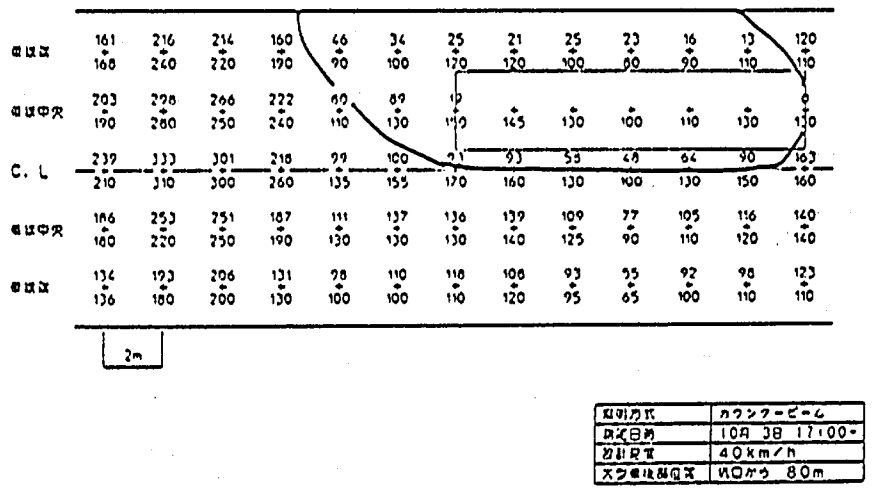
写真－８．１　カウンタービーム照明の状況



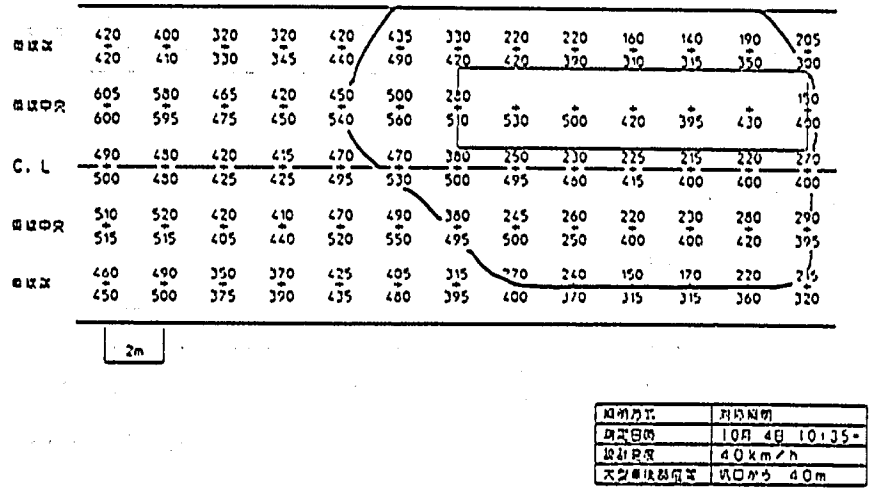
写真－８．２　対称照明の状況



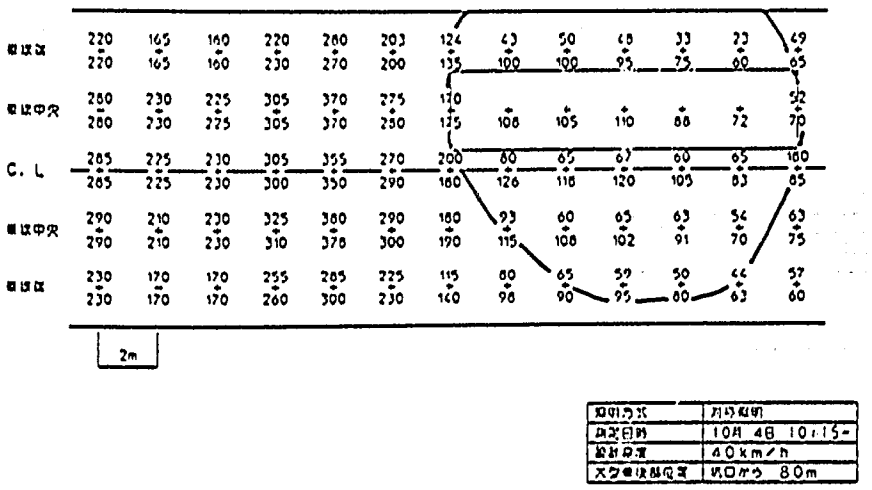
照明方式	カウンタービーム
測定日時	10月 3日 17:25~
設計速度	40km/h
スタート地点位置	入口から 40m



照明方式	カウンタービーム
測定日時	10月 3日 17:00~
設計速度	40km/h
スタート地点位置	入口から 80m



照明方式	対向照明
測定日時	10月 4日 10:35~
設計速度	40km/h
スタート地点位置	入口から 40m

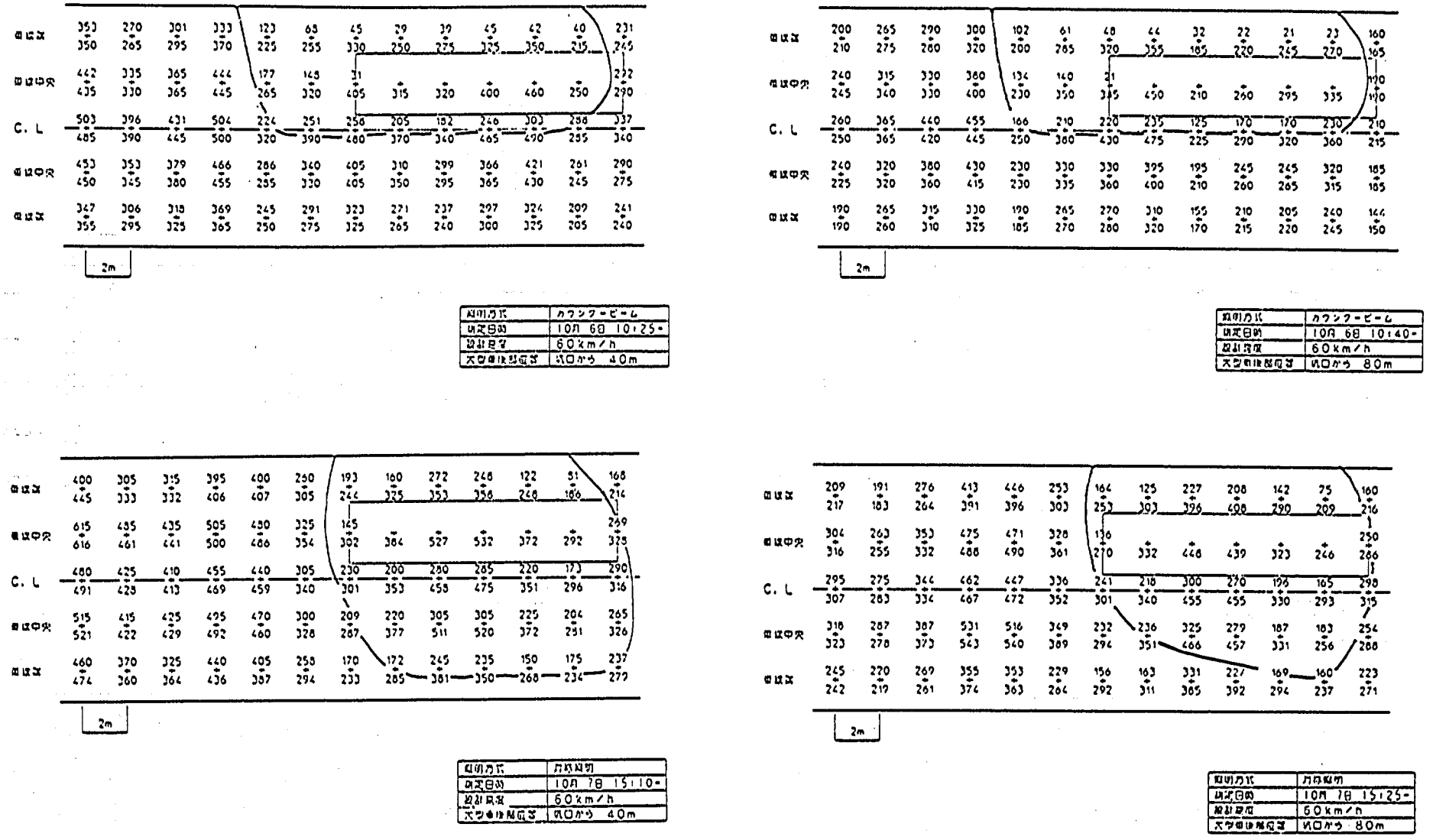


照明方式	対向照明
測定日時	10月 4日 10:15~
設計速度	40km/h
スタート地点位置	入口から 80m

図－8．2　大型車の車影のできかた　測定結果（設計速度　40km/h）

上段は大型車有りの照度(lx)を示す

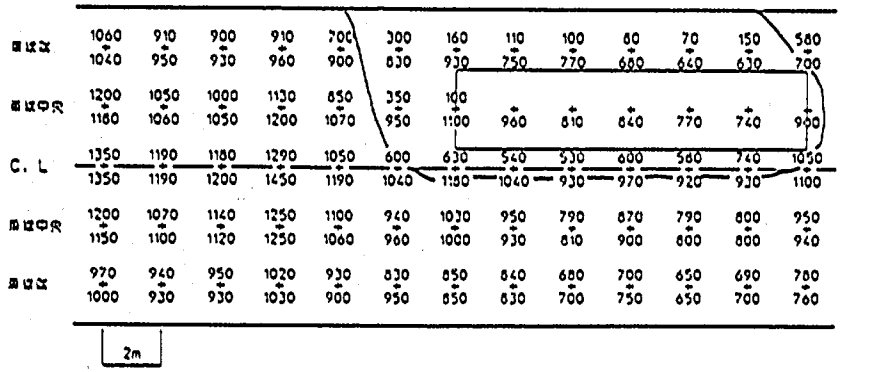
下段は大型車無しの照度(lx)を示す



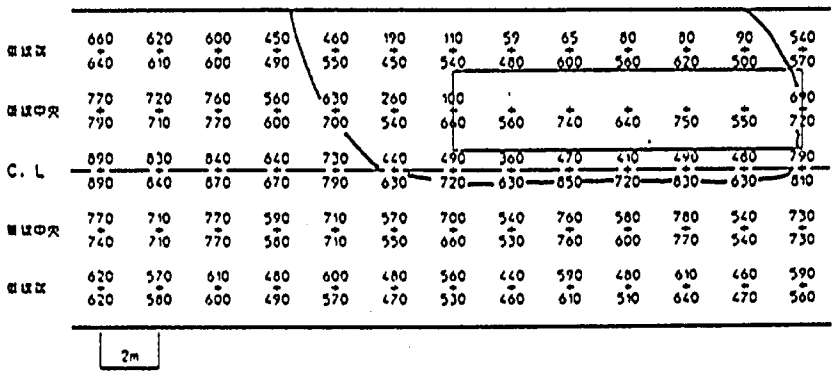
図－８．３　大型車の車影のできかた　測定結果（設計速度　６０km/h）

上段は大型車有りの照度(lx)を示す

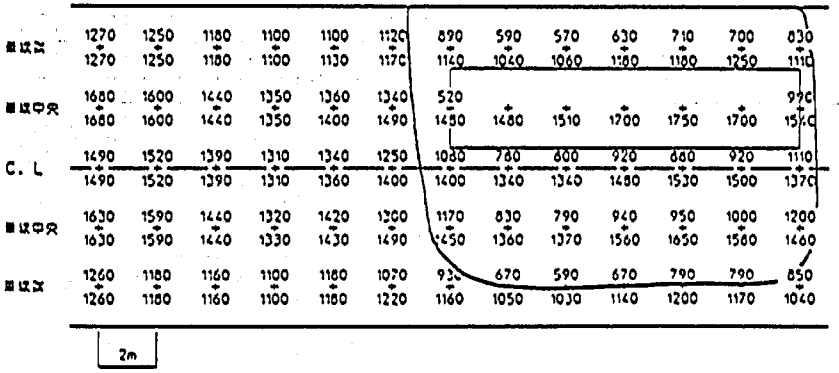
下段は大型車無しの照度(lx)を示す



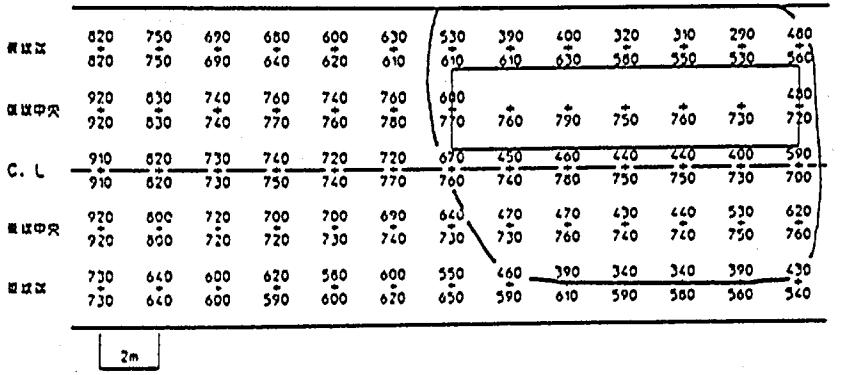
照明方式	カウンタービーム
測定日時	10月17日 19:20~
設計速度	80km/h
大型車混入位置	入口から 40m



照明方式	カウンタービーム
測定日時	10月17日 19:00~
設計速度	80km/h
大型車混入位置	入口から120m



照明方式	対称照明
測定日時	10月19日 17:00~
設計速度	80km/h
大型車混入位置	入口から 40m



照明方式	対称照明
測定日時	10月19日 18:00~
設計速度	80km/h
大型車混入位置	入口から120m

図－８．４　大型車の車影のできかた　測定結果（設計速度　８０km/h）

上段は大型車有りの照度(lx)を示す

下段は大型車無しの照度(lx)を示す

被験者は各条件毎に１２名とし、被験者の属性は表－８．１に示す通りである。

表－８．１　被験者属性一覧表

氏名	年齢	性別	運転歴(年)	車の使用用途	良く運転する車種	視力			観測者番号						備考
						右	左	矯正	03日	05日	06日	07日	18日	19日	
E．A	22	男	3	通学	普通車	1.5	0.8	有り	1						
N．M	25	男	1	通学	普通車	0.7	1.2	有り	2						
I．M	27	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	3					11	
Y．T	24	男	5	通学	軽自動車	1.2	1.0	有り	4	1				1	
N．Y	21	男	3	通学	普通車	0.5	0.7	有り	5						
S．T	28	男	8	通勤	普通車	0.9	0.8	有り	6						
A．K	28	男	9	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し	7					6	
S．T	25	男	7	レジャー	普通車	1.5	1.5	有り	8	8			12	12	
K．N	22	男	3	通学	普通車	1.0	1.2	有り	9	5				9	
Y．H	35	男	15	通勤	普通車	0.7	1.2	有り	10						
K．M	28	男	2	レジャー	普通車	0.6	0.7	有り	11		7				
K．H	34	男	15	レジャー	普通車	1.2	0.7	有り	12						
M．T	26	男	7	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		4					
I．M	24	女	7	通学	普通車	0.7	1.2	有り		6				3	
S．W	24	女	5	買い物等	普通車	1.5	1.5	有り		7					
S．Y	59	男	30	レジャー	普通車	1.5	1.5	無し		3				8	
A．H	43	男	15	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し		2					
H．Y	43	女	13	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		9					
T．B	29	男	1	通勤	普通車	1.0	1.0	有り		10					
H．A	26	女	4	通勤	軽自動車	1.2	1.5	無し		12					
H．Y	22	男	3	レジャー	普通車	0.7	0.9	有り			10			5	
H．K	22	男	3	レジャー	普通車	1.2	1.0	有り			9	9	9		
O．Y	21	男	3	通学	普通車	0.6	0.7	無い			12			2	
M．S	25	男	6	レジャー	普通車	0.6	0.6	有り			11		2		
N．A	21	男	1	通学	普通車	0.7	0.9	有り			5	5			
N．R	21	女	2	通学	普通車	1.5	1.5	無し			6		3		
S．T	41	男	20	通勤	普通車	0.6	0.6	有り			8				
K．T	20	男	1	レジャー	普通車	1.2	1.0	無し			4	4			
H．Y	25	男	6	通勤	普通車	0.8	0.7	無し			3	3			
I．Y	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			1		1		
H．H	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し			2	2			
Y．T	23	男	3	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				1	5		
O．A	31	男	8	レジャー	普通車	1.0	1.0	無し				7			
W．Y	22	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し				6			
M．K	49	男	28	レジャー	普通車	0.6	0.7	無し				8			
M．S	22	男	2	レジャー	普通車	1.2	1.2	無し				10			
Y．H	25	男	6	レジャー	普通車	1.0	1.0	有り				12			
Y．K	31	男	10	レジャー	普通車	0.8	1.2	無し				11	8		
S．R	35	男	15	通勤	普通車	1.0	1.0	無し					4	4	
E．	22	男	1	レジャー	普通車	1.5	2.0	無し					11	7	
M．K	23	男	5	レジャー	軽自動車	0.7	0.9	有り					6		
H．A	22	男	3	通学	普通車	1.2	1.2	無し					7		
N．M	22	女	2	通学	軽自動車	0.6	1.2	無し					10		
T．M	24	男	4	通学	普通車	1.5	1.5	無し						10	
K．M	31	男	13	通勤	普通車	1.5	1.5	無し				大型			
M．H	30	男	12	通勤	普通車	1.0	1.5	有り	大型	大型	大型	大型	大型	大型	
O．M	55	男	36	通勤	普通車	1.5	1.5	有り	大型	11	大型	大型	大型	大型	
I．K	25	男	7	通勤	普通車	0.5	0.8	有り	大型	大型	大型		大型	大型	
I．Y	29	男	10	通勤	普通車	1.5	2.0	無し	大型	大型	大型	大型	大型	大型	

（1）カウンタービーム照明　　設計速度４０km/hの場合

実験日時　平成６年１０月３日（月曜日）　１５：３０～１５：５０　　天候：曇り

表－８．２　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（基点からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	190.0	15.0	15.0	24.0	17.0	12.0	17.0	0.11
８０	53.4	5.0	8.4	7.0	10.0	8.0	8.35	0.40

表－８．３　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（基点からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	４０	3	8	1			１．８	0.577	影の出る側に１２％を設置したため見えにくかった
	中央			2	10			２．８	0.389	
	右側			2	9	1		２．９	0.515	
	左側	２０		1	7	3	1	３．３	0.778	
	中央				2	6	4	４．２	0.718	
	右側				1	6	5	４．３	0.651	
８０	左側	４０	7	5				１．４	0.515	２０、３０％は車体の影との対比で見えている
	中央			7	5			２．４	0.515	
	右側			7	5			２．４	0.515	
	左側	２０		2	7	2	1	３．２	0.835	ヘッドライトにより逆シルエットに見える
	中央				3	9		３．８	0.452	
	右側				2	7	3	４．１	0.669	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２％
中央　２０％
右側　３０％

（2）カウンタービーム照明　　設計速度６０km/h（路面輝度は１／２低減）の場合

実験日時　平成６年１０月６日（木曜日）　１６：３０～１６：５０　　天候：曇り

表－８．４　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（坑口からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均 L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	65.8	6.83	37.0	3.1	3.9	3.3	20.6	0.67
８０	57.5	5.4	5.0	2.0	14.5	2.6	6.0	0.10

表－８．５　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（坑口からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	７５	12					１．０	0.0	
	中央		8	4				１．３	0.492	
	右側		5	1	2	3	1	２．５	1.508	
	左側	４０	3	6	2	1		２．１	0.900	
	中央		1	3	6	1	1	２．８	1.030	
	右側			2	4	4	2	３．５	1.000	
	左側	２０			3	3	6	４．３	0.866	
	中央				2	3	7	４．４	0.793	
	右側				1	2	9	４．７	0.651	
８０	左側	７５	11	1				１．１	0.289	
	中央		8	4				１．３	0.492	
	右側		5	4	1	2		２．０	1.128	
	左側	４０	6	4	2			１．７	0.778	
	中央		1	5	4	1	1	２．７	1.073	
	右側			3	4	3	2	３．３	1.073	
	左側	２０			5	2	5	４．０	0.953	
	中央				2	5	5	４．３	0.754	
	右側				1	3	8	４．６	0.669	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２％
中央　２０％
右側　３０％

（3）カウンタービーム照明　　設計速度８０km/hの場合

実験日時　平成６年１０月１８日（火曜日）　１５：００～１５：３０　　天候：晴

表－８．６　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（入口からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	389.0	36.7	81.8	13.1	97.3	19.8	53.0	0.31
１２０	143.0	12.9	56.3	9.2	48.9	8.8	30.8	0.58

表－８．７　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（入口からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	１１０	6	6				１．５	0.522	
	中央		3	8	1			１．８	0.577	
	右側		3	8	1			１．８	0.577	
	左側	４０		5	1	4	2	３．３	1.215	
	中央				6	3	3	３．８	0.866	
	右側				6	3	3	３．８	0.866	
	左側	２０			1	3	8	４．６	0.668	
	中央					3	9	４．８	0.452	
	右側					3	9	４．８	0.452	
２０	左側	１１０	9	3				１．３	0.452	
	中央			11	1			２．１	0.289	
	右側		5	7				１．６	0.515	
	左側	４０		2	7	2	1	３．２	0.835	
	中央			1	6	4	1	３．４	0.793	
	右側			1	5	2	4	３．８	1.055	
	左側	２０			1	4	7	４．５	0.674	
	中央				1	1	10	４．８	0.621	
	右側				1	2	9	４．７	0.651	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２％
中央　２０％
右側　３０％

（4）対称照明　　設計速度４０km/hの場合

実験日時　平成６年１０月５日（水曜日）　１２：００～１２：３０　　天候：曇り

表－８．８　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（坑口からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	327.0	26.3	23.0	3.8	39.0	5.3	17.8	−0.48
８０	185.0	14.0	5.7	3.5	23.0	3.1	8.8	−0.59

表－８．９　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（坑口からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	４０			5	5	2	３．８	0.754	大型車の右側に影は生じない 背景はコンクリート路面になっている
	中央				1	11		３．９	0.289	
	右側				6	5	1	３．６	0.668	
	左側	２０				2	10	４．８	0.389	２０％は車体の影が背景 １２％は白線が背景 ３０％はタイヤが背景
	中央				2	4	6	４．３	0.778	
	右側				3	1	8	４．４	0.900	
８０	左側	４０		2	5	4	1	３．３	0.888	
	中央			2	1	7	2	３．８	0.965	
	右側			1	4	6	1	３．６	0.793	
	左側	２０		1	1	4	6	４．３	0.965	
	中央			1		4	7	４．４	0.900	
	右側				1	3	8	４．６	0.669	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２％
中央　２０％
右側　３０％

（5）対称照明　　設計速度６０km/h（路面輝度は１／２低減）の場合

実験日時　平成６年１０月７日（金曜日）　１１：４０～１２：００　　天候：晴

表－８．１０　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（基点からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	725.0	61.0	25.9	9.2	59.9	9.7	26.2	－1.33
８０	303.0	22.4	2.20	14.2	33.4	13.9	20.9	－0.07

表－８．１１　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（基点からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	７５	3	9				１．８	0.452	
	中央			6	6			２．５	0.522	
	右側			3	5	4		３．１	0.793	
	左側	４０	1	5	6			２．４	0.668	
	中央			1	8	3		３．２	0.577	
	右側				4	5	3	３．９	0.793	
	左側	２０			3	3	6	４．３	0.866	
	中央				1	2	9	４．７	0.651	
	右側					1	11	４．９	0.289	
８０	左側	７５	4	8				１．７	0.492	器具が眩しく感ずる
	中央		1	5	6			２．４	0.669	左側壁から離れるほど白く
	右側			7	5			２．４	0.515	はっきり見えた
	左側	４０	1	7	3	1		２．３	0.778	
	中央			1	9	2		３．１	0.515	
	右側			1	6	5		３．３	0.651	
	左側	２０		2	3	4	3	３．７	1.073	
	中央				2	3	7	４．４	0.793	
	右側					3	9	４．８	0.452	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２％
中央　２０％
右側　３０％

（6）対称照明　　設計速度８０km/hの場合

実験日時　平成６年１０月１９日（水曜日）　１４：００～１４：３０　　天候：晴

表－８．１２　障害物の輝度・輝度対比の測定結果

障害物提示位置（穴口からの距離：m）	障害物の鉛直面照度 (lx)	障害物の輝度 L_o (cd/m²)	背景の輝度 (cd/m²) ①	②	③	④	平均L	輝度対比 $C=\frac{L-L_o}{L}$
４０	706.0	53.5	88.1	71.6	99.0	65.3	81.0	0.34
１２０	377.0	27.1	48.7	45.8	54.5	49.2	49.6	0.45

表－８．１３　視認性に関するアンケート結果

障害物提示位置（穴口からの距離：m）		観測距離 (m)	評価内容 1	2	3	4	5	平均値	標準偏差	被験者のコメント
４０	左側	１１０	1	8	3			２．２	0.577	１２%は壁面との対比で見える ２０%は車体の影との対比でで見える ３０%はタイヤとの対比で見える
	中央		2	7	3			２．１	0.669	
	右側		5	6	1			１．７	0.651	
	左側	４０			2	5	5	４．３	0.754	
	中央					7	5	４．４	0.515	
	右側				4	4	4	４．０	0.853	
	左側	２０				2	10	４．８	0.389	
	中央					2	10	４．８	0.389	
	右側					3	9	４．８	0.452	
２０	左側	１１０	2	9	1			１．９	0.515	
	中央		2	8	2			２．０	0.603	
	右側		6	4	2			１．７	0.778	
	左側	４０			3	6	3	４．０	0.739	
	中央				3	4	5	４．２	0.835	
	右側			1	4	4	3	３．８	0.965	
	左側	２０				2	10	４．８	0.389	
	中央					2	10	４．８	0.389	
	右側					2	10	４．８	0.389	

注）・評価内容　1　まったく見えない
2　かろうじて見えた
3　ふつうに見えた
4　よく見えた
5　非常によく見えた

・障害物提示位置
左側　１２%
中央　２０%
右側　３０%

表－８．１４　視認性アンケートの集計結果

	設計速度 (km/h)	障害物提示位置 (Oから:m)	障害物の輝度対比	観測距離 (m)	評価内容 平均値	評価内容 標準偏差	視認アンケートの状況
カウンタービーム照明	４０	４０	0.11	４０ ２０	２．８ ４．２	0.389 0.718	観測距離が短くなる程、評価の平均値が上がっている。これはヘッドライトの照射により障害物が発見しやすくなったものと考えられる。
		８０	0.40	４０ ２０	２．４ ３．８	0.515 0.452	
	６０	４０	0.67	７５ ４０ ２０	１．３ ２．８ ４．４	0.492 1.030 0.793	障害物の提示位置によらず、観測距離が短くなるにしたがって評価の平均値が上がっている。これは障害物を見込む角度の影響が大きいものと考えられる。
		８０	0.10	７５ ４０ ２０	１．３ ２．７ ４．３	0.492 1.073 0.754	
	８０	４０	0.31	１１０ ４０ ２０	１．８ ３．８ ４．８	0.577 0.866 0.452	観測距離が１１０mになると評価の平均値が悪くなっている。これは視角の影響が大きいものと考えられる。
		１２０	0.58	１１０ ４０ ２０	２．１ ３．４ ４．８	0.289 0.793 0.621	
対称照明	４０	４０	－0.48	４０ ２０	３．９ ４．３	0.289 0.778	提示位置、観測距離によらずカウンタービーム照明よりも評価の平均値が上がっている。これは、逆シルエットにはなるが、高い輝度対比が得られているためと考えられる。
		８０	－0.59	４０ ２０	３．８ ４．４	0.965 0.900	
	６０	４０	－1.33	７５ ４０ ２０	２．５ ３．２ ４．７	0.522 0.577 0.651	障害物の提示位置、観測距離によらずカウンタービーム照明よりも評価の平均値が上がっているが、観測距離が２０mになるとヘッドライトの効果により照明方式による評価の平均値の差は少ない。
		８０	－0.07	７５ ４０ ２０	２．４ ３．１ ４．４	0.669 0.515 0.793	
	８０	４０	0.34	１１０ ４０ ２０	２．１ ４．４ ４．８	0.669 0.515 0.389	障害物の提示位置、観測距離によらずカウンタービーム照明よりも評価の平均値が上がっている。対称照明の方が障害物の鉛直面照度、輝度とも高い値が得られているためと考えられる。
		１２０	0.45	１１０ ４０ ２０	２．０ ４．２ ４．８	0.603 0.835 0.389	

８．２．１　走行実験時の野外輝度および水平面・鉛直面照度

走行実験時の野外の輝度および水平面・鉛直面照度をバックデータとして測定した。測定結果を表－８．１５、図－８．５に示す。

（１）野外輝度

１）照明レベル４０km/h相当の場合

実験時の野外輝度は、カウンタービーム照明実験時で１，５００～１，４００cd/㎡、対称照明実験時で１２００～１４００cd/㎡であり、照明方式実験時の輝度差はほとんど同じであった。

２）照明レベル６０km/h相当（低減係数１／２）の場合

実験時の野外輝度は、カウンタービーム照明実験時で２００cd/㎡、対称照明実験時で３，８００～４，２００cd/㎡であり、カウンタービーム照明実験時の野外輝度が極めて低い条件となった。

３）照明レベル８０km/h相当の場合

実験時の野外輝度は、カウンタービーム照明実験時で２，７００～３，２００cd/㎡、対称照明実験時で１，３００～１，４００cd/㎡となり、対称照明実験時での測定が有利な（視認しやすい）条件であった。

（２）水平面・鉛直面照度

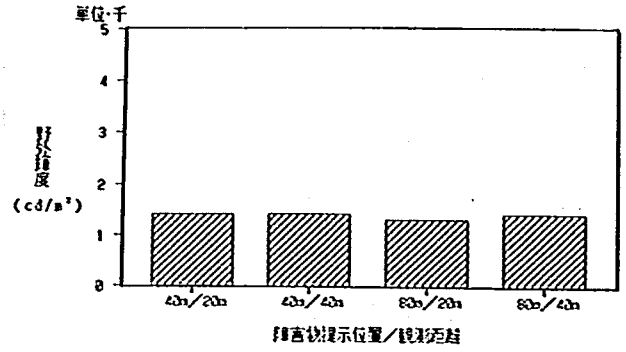
坑口手前１１２．３m地点、東側車線路肩付近において、水平面照度は地上高さ１．４m、鉛直面照度はトンネル坑口と反対側に受光部を向け高さ１．１mに受光部を設置し、測定した。鉛直面照度の測定結果は、トンネル坑口での鉛直面照度とほぼ等しいものと考えられる。

表－８．１５　走行実験時の野外輝度及び水平面・鉛直面照度測定結果

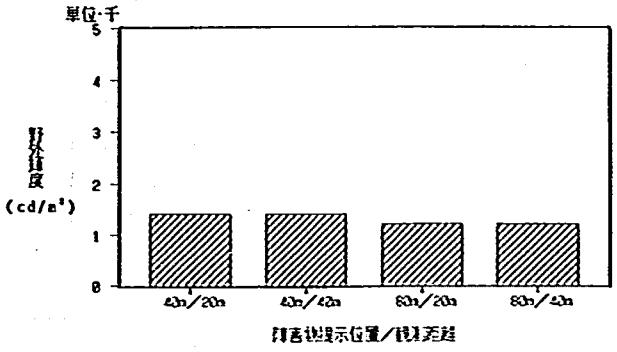
実験日	照明方式	照明レベル	坑口からの距離	観測距離	時　間	野外の輝度 (cd/m²)	k値	水平面照度 (lx)	鉛直面照度 (lx)	備　考
10/3	CBL	40km/h相当	40m	20m	15:29	1400	0.028	12000	6000	
				40m	15:27	1400	0.028	13000	7000	
			80m	20m	15:34	1300	0.030	12000	5000	
				40m	15:32	1400	0.028	12000	6000	
10/5	SYM	40km/h相当	40m	20m	12:05	1400	0.028	11000	7000	
				40m	12:03	1400	0.028	11000	7000	
			80m	20m	12:10	1200	0.032	9000	7000	
				40m	12:08	1200	0.032	9000	7000	
10/6	CBL	60km/h相当 低減係数 1/2	40m	20m	16:49	200	0.171	6000	1000	
				40m	16:39	200	0.171	7000	2000	
				75m	16:29	200	0.171	7000	2000	
			80m	20m	17:07	200	0.171	6000	1000	
				40m	16:55	200	0.171	6000	1000	
				75m	16:50	200	0.171	6000	1000	
10/7	SYM	60km/h相当 低減係数 1/2	40m	20m	11:41	4200	0.008	78000	34000	
				40m	11:40	4200	0.008	78000	34000	
				75m	11:38	4200	0.008	78000	34000	
			80m	20m	12:10	3800	0.009	61000	26000	*
				40m	12:08	3800	0.009	61000	26000	*
				75m	12:07	4200	0.008	72000	31000	*
10/18	CBL	80km/h相当	40m	20m	15:03	3100	0.009	37000	29000	
				40m	15:02	3200	0.009	38000	30000	
				110m	15:01	3200	0.009	38000	30000	
			120m	20m	15:25	2700	0.011	29000	23000	
				40m	15:24	2700	0.011	29000	23000	
				110m	15:23	2700	0.011	29000	23000	
10/19	SYM	80km/h相当	40m	20m	13:52	1400	0.021	9000	4400	
				40m	13:51	1400	0.021	9000	4400	
				110m	13:50	1400	0.021	9000	4400	
			120m	20m	14:09	1400	0.021	9000	3900	
				40m	14:08	1400	0.021	9000	3900	
				110m	14:07	1300	0.022	9000	3500	

(注)　＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい。

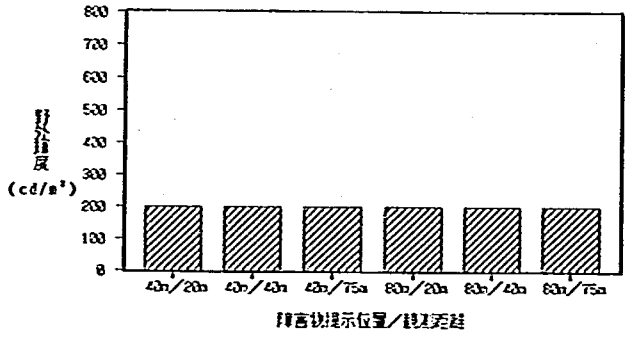
k値は、設計時の境界部の輝度と野外の輝度の比を示す。但し、野外の輝度は設計速度に応じた視距により補正した値を使用（40km/h：0.75、60km/h：0.85、80km/h：1.0）



カウンターピーム照明　照明レベル：４０km/h相当

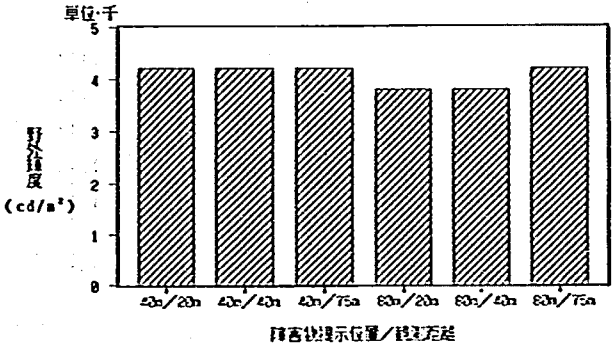


対称照明　照明レベル：４０km/h相当



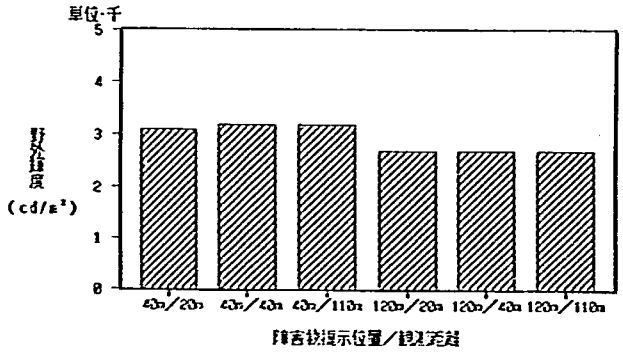
カウンターピーム照明　照明レベル：６０km/h相当

低減係数１／２

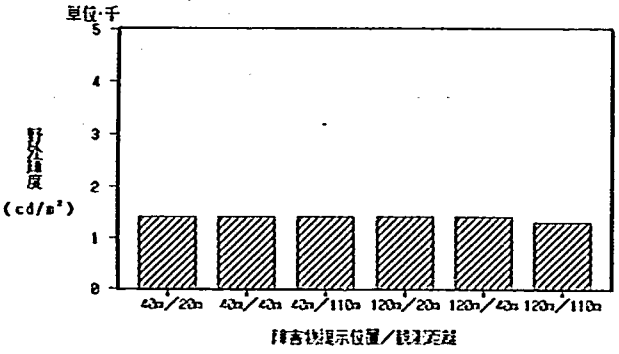


対称照明　照明レベル：６０km/h相当

低減係数１／２



カウンターピーム照明　照明レベル：８０km/h相当



対称照明　照明レベル：８０km/h相当

図－８．５　大型車の遮光の影響実験時の野外輝度

8．2．2　被験者による見え方の評価

大型車の後方3mの位置に、反射率の異なる3つの障害物（12%、20%、30%）を提示した時の障害物の視認性を、以下に示す項目について被験者に回答してもらった。評価は一番良い状態で視認できた結果を5として評点に換算し、照明方式別の評価を行った。

まったく見えない・・・・・・・・・評点　1
かろうじて見えた・・・・・・・・・評点　2
ふつうに見えた・・・・・・・・・・評点　3
よく見えた・・・・・・・・・・・・評点　4
非常によく見えた・・・・・・・・・評点　5

結果は、表－8．14に示した。また照明レベルごとの障害物提示位置と評点（平均値）との関係を図－8．6～図8．8に示した。

（1）照明レベル40km/h相当の場合

カウンタービーム照明実験時と対称照明実験時の野外条件（輝度、照度）は、ほぼ同じ程度であった。

図－8．6は、障害物の反射率毎に観測距離別、照明方式別、障害物の提示位置と評点（平均値）との関係を示したものである。

・観測距離20mではカウンタービーム照明は障害物の反射率は小さくなるに従って、評価は低くなっているが、ふつうに見える程度である。対称照明は障害物の反射率とはほとんど関係なく、評点4以上よく見えたとなっている。一方、観測距離40mでは観測距離20mに比較して全体的に評点が約1程度低下している。なお、障害物の提示位置による影響はほとんどないと考えられる。

・照明方式別に見ると、多少カウンタービーム照明実験時の評価が対称照明実験時の評価より低くなっている。

（2）照明レベル60km/h相当（低減係数1／2）の場合

カウンタービーム照明実験時と対称照明実験時の野外条件（輝度、照度）を比較すると、カウンタービーム照明実験時の野外輝度（200cd/m²）が障害物を観測する上で有利な条件であった。

図－8．7は、障害物の反射率毎に観測距離別、照明方式別、障害物の提示位置と評点（平均値）との関係を示したものである。

・観測距離20mではカウンタービーム照明と対称照明の評点はほぼ同程度となっているが、多少対称照明の評価が大きい。観測距離40mでは障害物の反射率が小さくなるに従って評価が低くなっており、さらに観測距離が75mになると、全体的に評価は低下する結果となった。

・照明方式別に見ると、全体的にカウンタービーム照明実験時の評価が対称照明実験時の評価より低いことがわかる。

・障害物の提示位置による評点の影響はほとんどないと考えられる。

（3）照明レベル８０km/h相当の場合

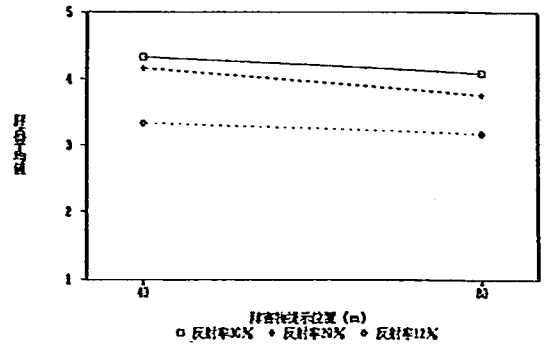
カウンタービーム照明実験時と対称照明実験時の野外条件（輝度、照度）を比較すると、カウンタービーム照明実験時の野外条件は対称照明実験時よりも観測条件は悪かった。

図－８．８は、障害物の反射率、照明方式とは関係なくほぼ非常によく見えた（評点４．６５～４．８３）となっている。観測距離４０mでは障害物の反射率はそれほど影響ないが、カウンタービーム照明実験時の評価が対称照明実験時の評価より若干ではあるが低い。観測距離１１０mでは障害物の反射率、照明方式とはほとんど関係なく評価は低下し、かろうじて見えた（評点２）となっていた。

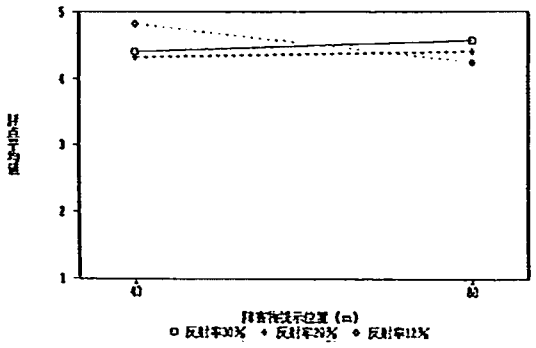
・照明方式別による違いは、観測距離４０mで多少見られるが、ほとんど同等と見ても問題はないと考えられる。

・障害物の提示位置による影響は先の照明レベル４０km/h相当、６０km/h（低減係数１／２）相当とほとんど同じ傾向にある。

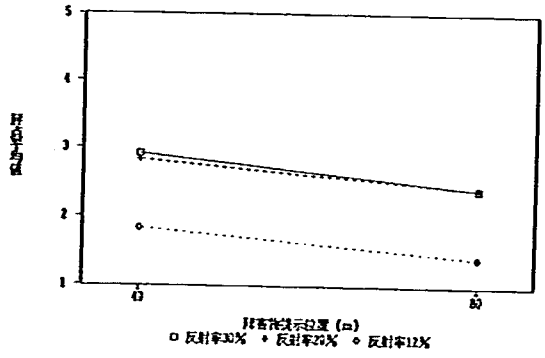
以上の結果、大型車の遮光による視認性評価では、各照明レベル（４０km/h相当、６０km/h（低減係数１／２）、８０km/h相当）ともに、観測距離が長くなるほど視認性が低下することが分かった。照明方式では、対称照明がカウンタービーム照明に比べて視認性の評価が若干高いことがわかった。また、障害物の位置、観測距離が同条件の場合（例えば、大型車の位置が８０m、観測距離が４０m）の４０km/h、６０km/hでは、照明レベルの高い６０km/hの方が評価が高いことがわかった。



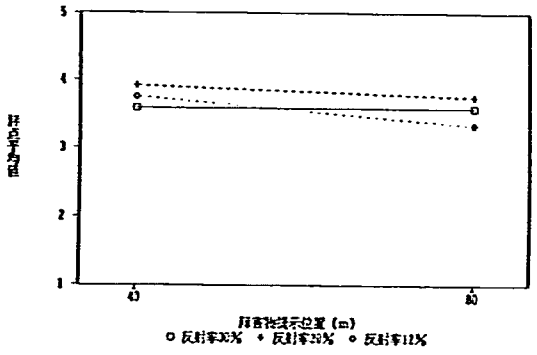
カウンタービーム照明　観測距離：２０m



対称照明　観測距離：２０m



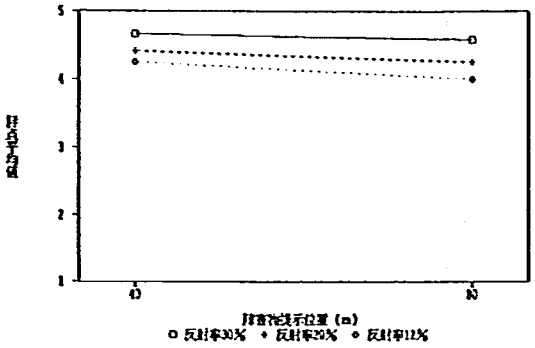
カウンタービーム照明　観測距離：４０m



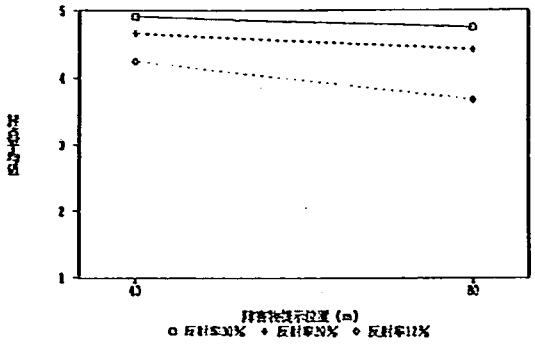
対称照明　観測距離：４０m

図－８．６　大型車の遮光の影響アンケート結果（評点平均値）

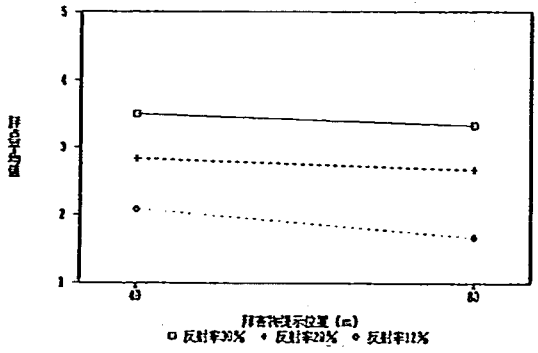
（照明レベル：４０km/h相当）



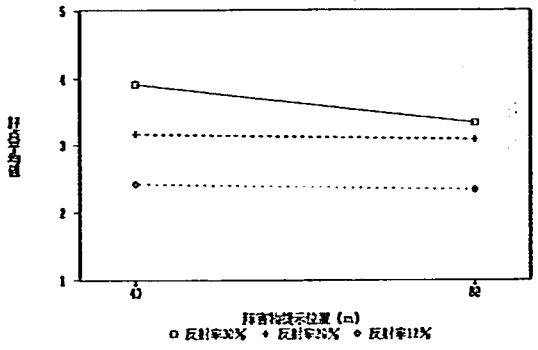
カウンターヒ゛ーム照明　観測距離：２０m



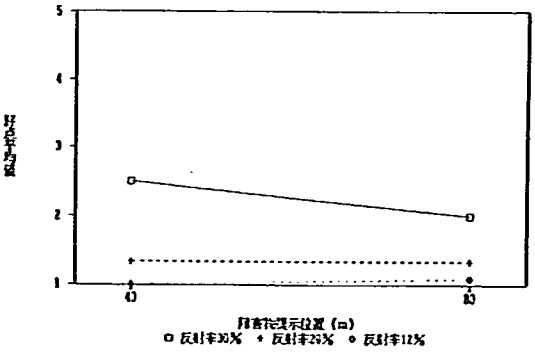
対称照明　観測距離：２０m



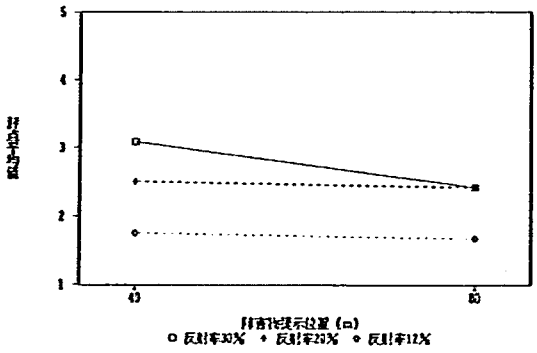
カウンターヒ゛ーム照明　観測距離：４０m



対称照明　観測距離：４０m



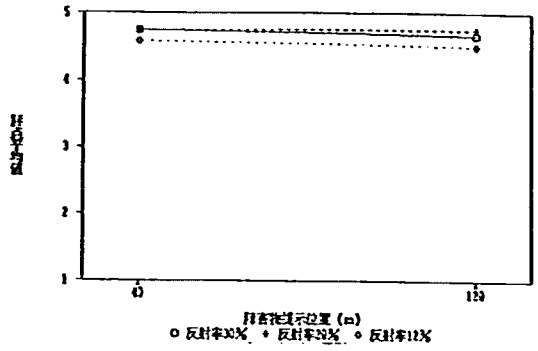
カウンターヒ゛ーム照明　観測距離：７５m



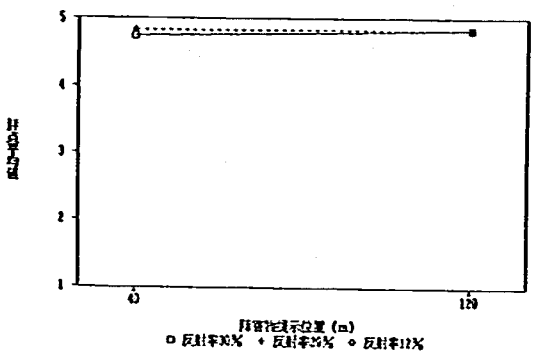
対称照明　観測距離：７５m

図－８．７　大型車の遮光の影響アンケート結果（評点平均値）

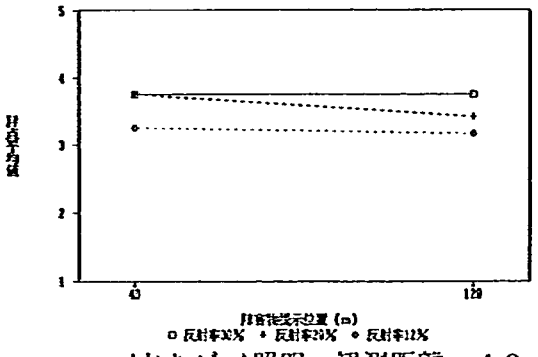
（照明レベル：６０km/h相当　低減係数１／２）



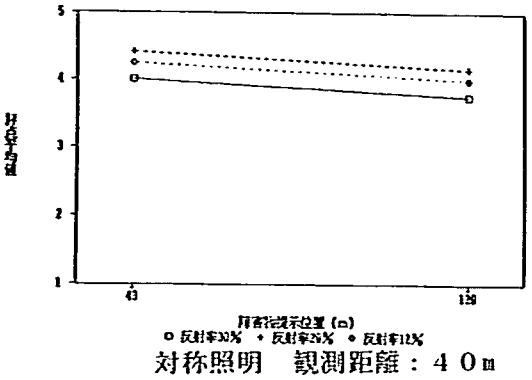
カウンタービーム照明　観測距離：２０m



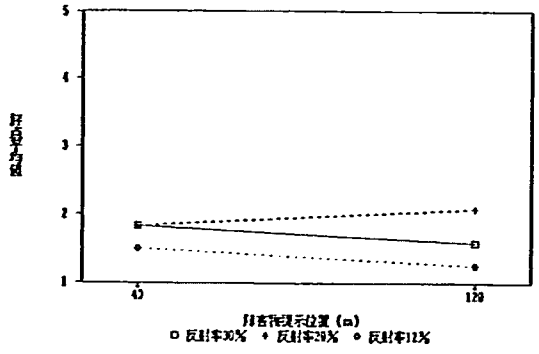
対称照明　観測距離：２０m



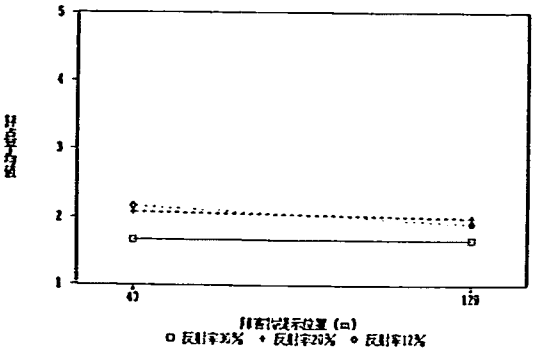
カウンタービーム照明　観測距離：４０m



対称照明　観測距離：４０m



カウンタービーム照明　観測距離：１１０m



対称照明　観測距離：１１０m

図－８．８　大型車の遮光の影響アンケート結果（評点平均値）

（照明レベル：８０km/h相当）

８．３　まとめ

先行する大型車の影に障害物があった場合、障害物の存在が視認しにくいのではないかと懸念されるため、確認実験を行ない次の事が明らかになった。

大型車周辺の水平面照度測定と目視による影の出来具合を観測することにより、影の生じ方に大きな違いがあることを確認した。

対称照明では車体の真横に影が生じたが、カウンタービーム照明では車の後方３m程度までに影が生じていた。これは照明器具の取付位置と大型車の位置関係によるもので、対称照明では大型車の左肩部分の照明器具により車体の影を生じるため、車体真横の反対車線路面に影が投影される。一方、カウンタービーム照明は走行車線と対向車線の中央に照明器具があるため、大型車の後方路面に影を投影していた。さらに、大型車の後方に位置する照明器具からの直射光が、路面に投影される影をさらに薄いものにしているため、この程度の影しか生じないことが確認できた。

今回の視認性に関するアンケートは、大型車の後方３mに障害物を設置し、その見え方を評価したため、カウンタービーム照明では障害物を車体後方に生じる影と車体下の影を背景に観測することになった。そのため、アンケートの集計結果からは、カウンタービーム照明のほうが評価内容の平均値は対称照明より低くなっており、障害物を視認しにくくなることがうかがえる。

しかし、観測距離が２０mになるとヘッドライトにより障害物とその周辺路面を直接照射するため、照明方式による評価の平均値の差は少なくなってきている。

これらの確認実験から、カウンタービーム照明によって生じる車影による影響は、大きいものではなかった。

9．路面光学特性実態調査

9．1　調査方法

既に供用されているトンネルの一部に、カウンタービーム照明施設を仮設して、その部分に設置されている対称照明施設と比較して、路面照度、路面輝度、路面上の鉛直面照度、路面の表面粗さ、すべり摩擦抵抗を測定した。また、これらの関係からその部分の各種路面の平均照度換算係数、コントラスト係数を計算した。また、これらの関係からその部分の各種路面の平均照度換算係数、コントラスト係数を計算した。

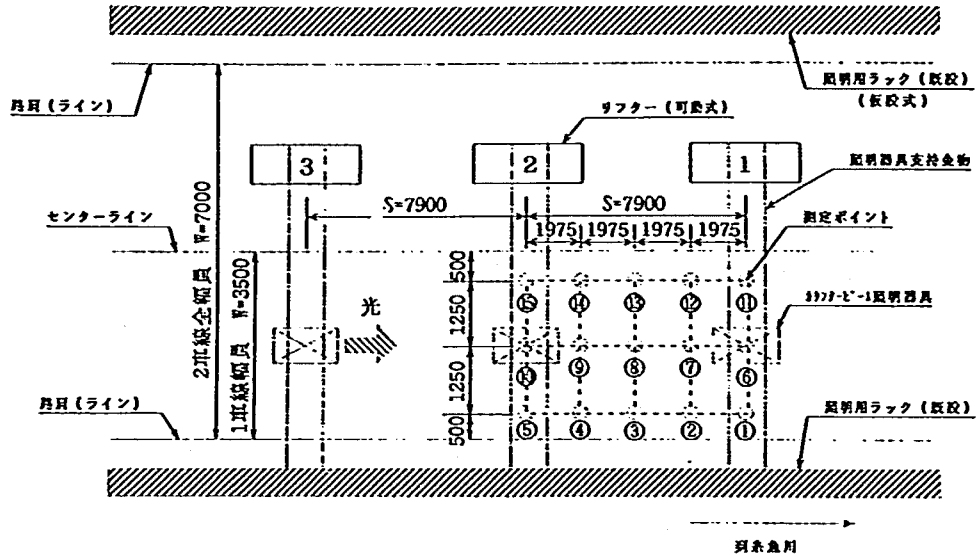
これらの調査を行ったトンネル名、路面の種類などは表－9．1のとおりである。

表－9．1　調査トンネル名とその供用開始年月、交通量、路面の種類、調査日

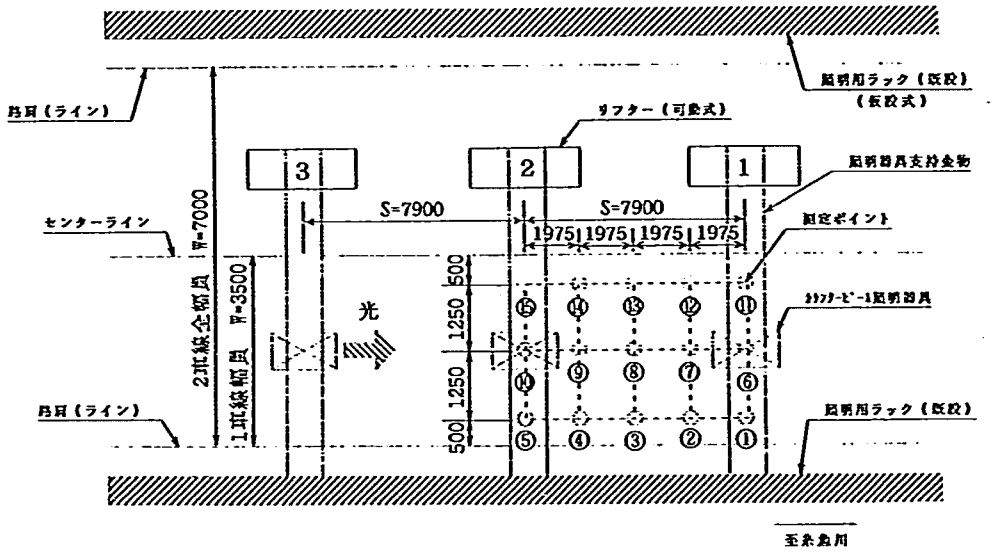
トンネル名	供用開始年月	交通量（台／日）	路面の種類	調査日
Aトンネル	昭和63年 7月	－	コンクリート舗装（粗面仕上げ）	H. 6. 9. 6
Bトンネル（区間 1）		8,758	コンクリート舗装（グルービング）	H. 6. 9. 7
Bトンネル（区間 2）			アスファルト舗装（密粒度、細粒度）	H. 6. 9. 7
Cトンネル		8,686	半たわみ性舗装	H. 6. 9. 6
Dトンネル	平成 2年 3月	10,978	半たわみ性舗装	H. 6. 11. 17

注 1）交通量は供用開始後平成５年度までの年度別日平均交通量の平均値である。
2）半たわみ性舗装は何れも空隙率約２４％のものである。

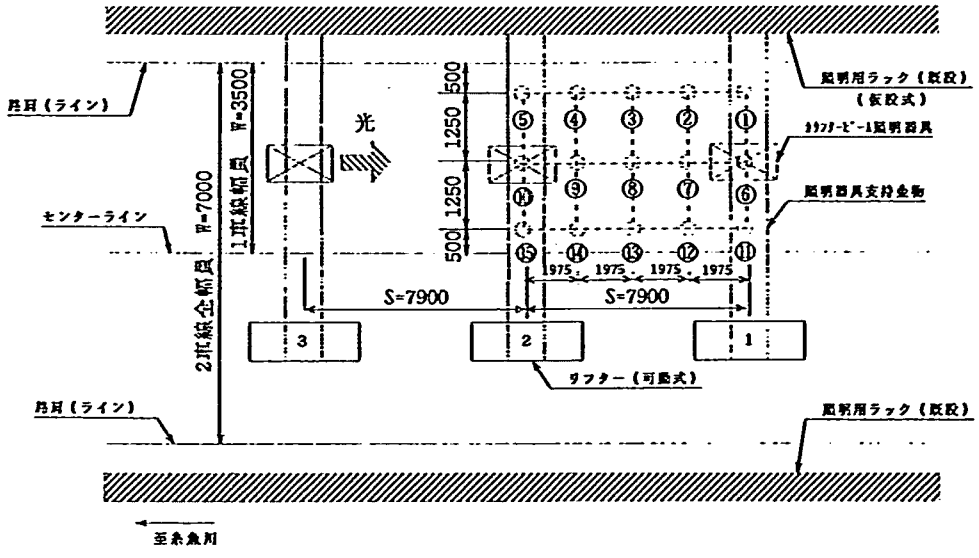
図－9．1～図－9．8に照明器具の取付け状況と照度および輝度の測定方法を示す。



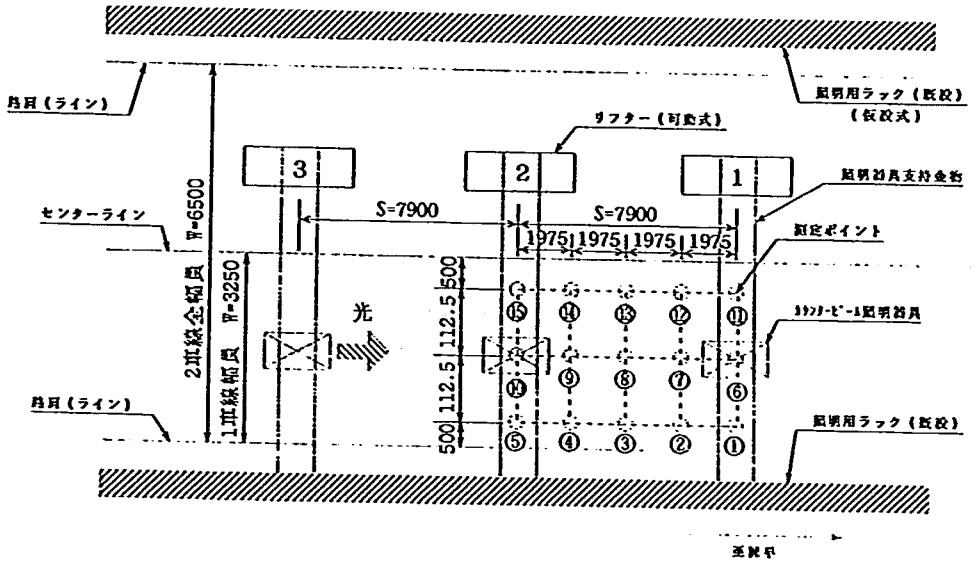
図－９．１　　測定点（Ａトンネル）



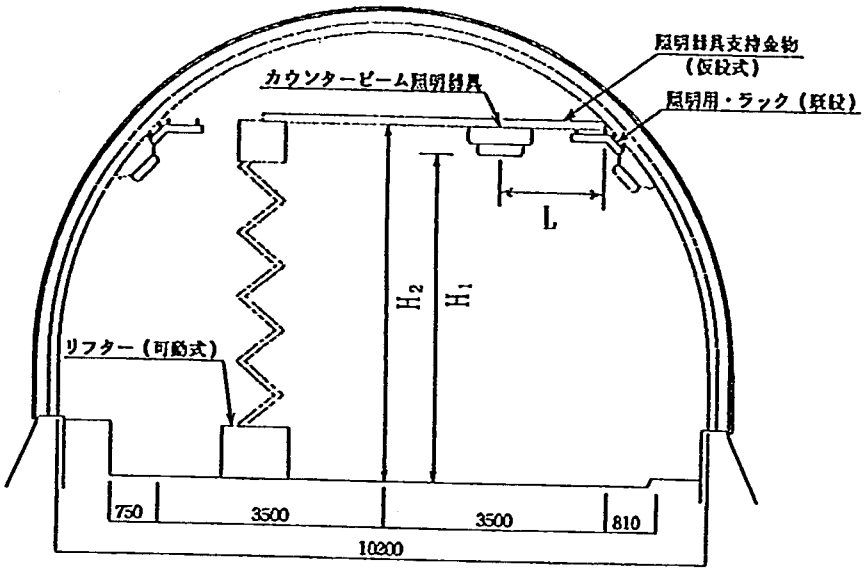
図－９．２　測定点（Ｂトンネル）



図－９．３　測定点（Ｃトンネル）

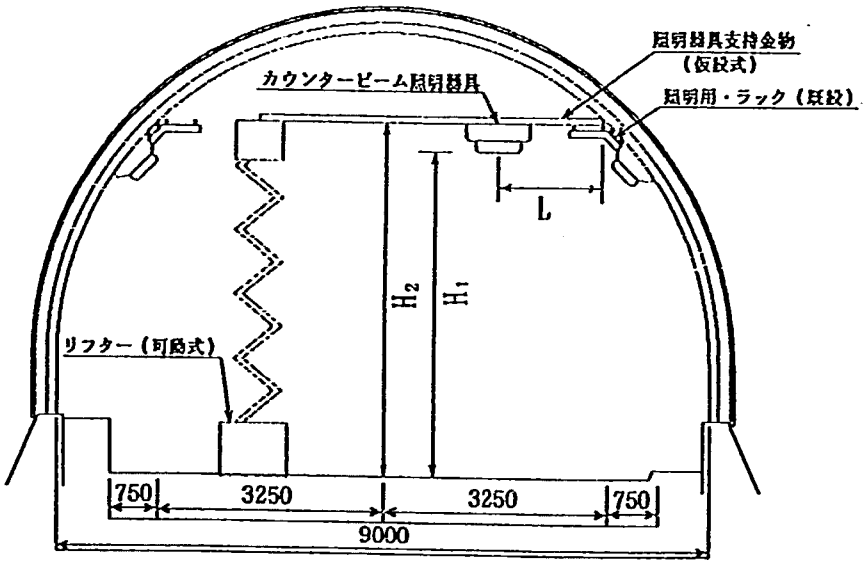


図－９．４　測定点（Ｄトンネル）



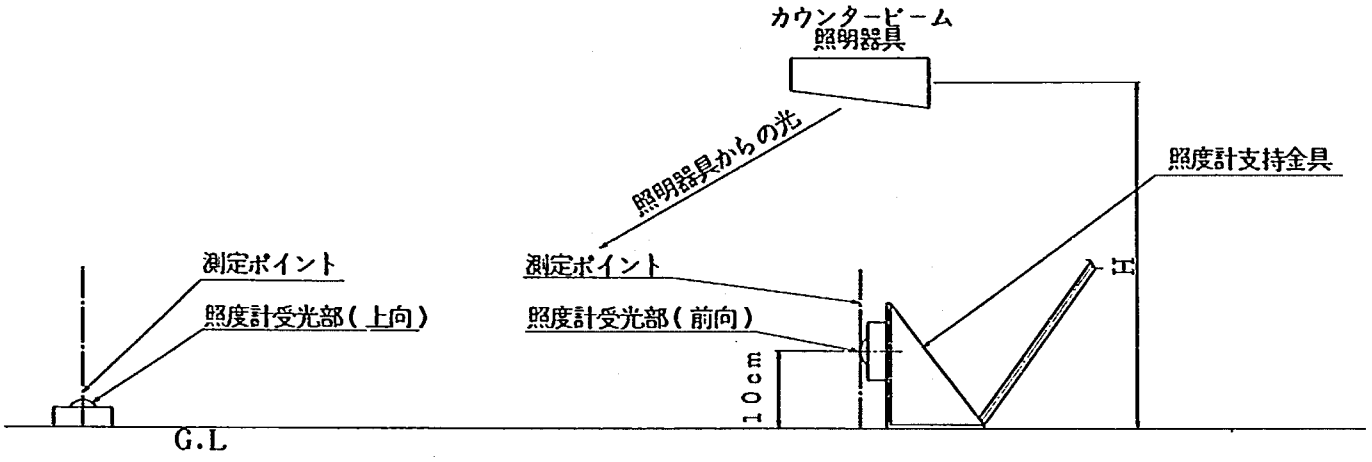
L ≒1.8m
H₁≒4.9m
H₂≒5.3m

図－９．５　照明器具設置位置（Ａ～Ｃトンネル）

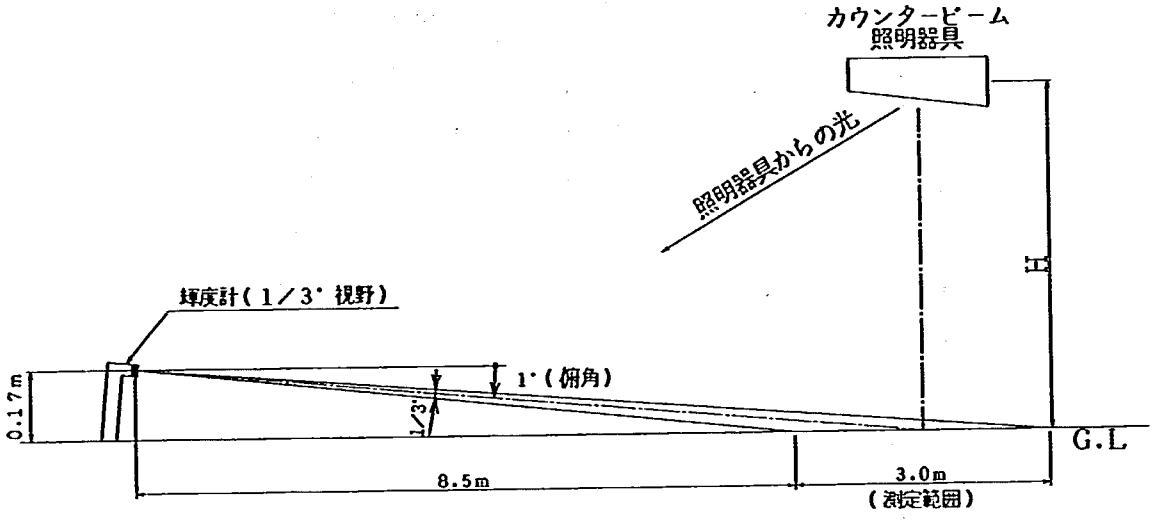


L ≒2.0m
H₁≒4.6m
H₂≒5.1m

図－９．６　照明器具設置位置（Ｄトンネル）



図－９．７　水平面照度及び鉛直面照度測定概要



図－９．８　路面輝度測定概要

9．2　調査結果

測定の結果を表－9．2～表－9．4に示す。

表－9．2　カウンタービーム照明施設の光学測定結果

トンネル名	路面の種類	平均路面照度 (lx)	平均路面輝度 (cd/m²)	鉛直面照度の平均値 (lx)
Aトンネル	コンクリート舗装 (粗面仕上げ)	198	25.1	16.5
Bトンネル (区間 1)	コンクリート舗装 (グルービング)	179	22.1	17.9
Bトンネル (区間 2)	アスファルト舗装 (密粒度、細粒度)	197	22.5	14.0
Cトンネル	半たわみ性舗装	208	26.6	24.8
Dトンネル	半たわみ性舗装	290	38.0	30.8

表－9．3　対称照明施設の光学測定結果

トンネル名	路面の種類	平均路面照度 (lx)	平均路面輝度 (cd/m²)	鉛直面照度の平均値 (lx)
Aトンネル	コンクリート舗装 (粗面仕上げ)	53.1	2.7	23.8
Bトンネル (区間 1)	コンクリート舗装 (グルービング)	50.7	2.9	21.0
Bトンネル (区間 2)	アスファルト舗装 (密粒度、細粒度)	54.2	2.2	21.5
Cトンネル	半たわみ性舗装	80.0	4.5	36.8
Dトンネル	半たわみ性舗装	49.2	1.7	22.7

表－９．４　路面の粗さ、滑り摩擦抵抗測定結果

トンネル名	路面の種類	路面の平均きめ深さ（単位 mm）		すべり摩擦抵抗
		土研式あらさ計	ミニテクスチャメータ	(BPN)
Aトンネル	コンクリート舗装（粗面仕上げ）	0.628	0.257	86.01
Bトンネル（区間 1）	コンクリート舗装（グルービング）	0.862	0.350	83.57
Bトンネル（区間 2）	アスファルト舗装（密粒度、細粒度）	0.479	0.557	88.34
Cトンネル	半たわみ性舗装	1.226	0.437	74.17
Dトンネル	半たわみ性舗装	1.180	0.597	80.55

表－９．２及び表－９．３の結果から、各トンネルの路面の種類別に平均照度換算係数やコントラスト係数を計算した結果を表－９．５に示す。

表－９．５　各種路面の光学特性まとめ

トンネル名	路面の種類	経過年数（年）	平均照度換算係数 (lx／cd/ m²)		コントラスト係数 (cd/m²／lx)	
			カウンタービーム照明	対称照明	カウンタービーム照明	対称照明
Aトンネル	コンクリート舗装（粗面仕上げ）	6	7.9	19.7	1.5	0.11
Bトンネル（区間 1）	コンクリート舗装（グルービング）	6	8.1	17.5	1.2	0.14
Bトンネル（区間 2）	アスファルト舗装（密粒度、細粒度）	6	8.8	24.6	1.6	0.10
Cトンネル	半たわみ性舗装	6	7.8	17.8	1.1	0.12
Dトンネル	半たわみ性舗装	5	7.6	28.9	1.2	0.07

9．2．1　平均照度換算係数

今回の平均照度換算係数の測定結果を最近行われた同様な測定の結果と比較して、路面の種類やその経年変化などに注目して整理すると、表－9．6に示すとおりとなる。

表－9．6　各種路面の平均照度換算係数　(単位　lx/cd/m²)

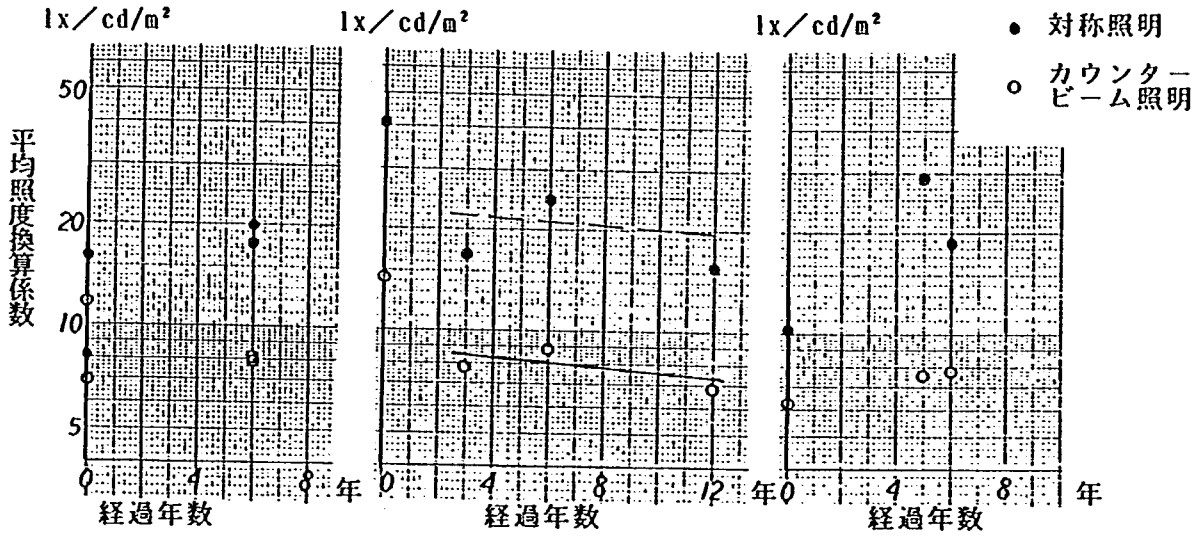
照明方式			カウンタービーム照明		対称照明	備考
路面の種類		経過年数	車線中央	路肩近傍	路肩取付	
コンクリート	粗面仕上げ	0	11.6	12.6	15.9	土研実大
	転圧	0	6.9		8.1	新与那
	粗面仕上げ	6	7.9		19.7	Aトンネル
	グルービング	6	8.1		17.5	Bトンネル
アスファルト	密粒度、細粒度	0	14.3	10.5	41.4	サンプル
	同上表面研磨		9.9		17.6	サンプル
	密粒度、細粒度	3	7.8		16.9	16号柏市
	同上	6	8.8		24.6	Bトンネル
	同上	12	6.8		15.5	14号亀戸
半たわみ性		0	6.2	6.4	10.4	サンプル
		5	7.6		28.9	Dトンネル
		6	7.8		17.8	Cトンネル

注）備考に示す土研実大は実大トンネル実験施設の路面、新与那は新与那トンネルでの供用前の測定値、サンプルとは、土木研究所で測定用に作製した路面、その他は測定を行ったトンネル名及びカットサンプルを採取した道路とその地点名である。

各路面の平均照度換算係数の値は、それぞれの路面の供用後の経過年数に関係があるものと考えられるので、それを明らかにするために図－9．9にその関係を図示した。

なお、表面研磨したアスファルト路面は、それに相当する経過年数が不明のため、この図には示していない。

また、カウンタービーム照明の路肩近傍取付けの値については、各路面ともそれぞれの中央取付けの値と比べて大きな値となっており、その程度は最大でも＋１０％以内となっていることがわかる。



(a) コンクリート舗装　(b) アスファルト舗装　(c) 半たわみ性舗装

図－９．９　各種路面の平均照度換算係数の経年変化

この図を見れば、カウンタービーム照明の場合は、各路面とも経過年数０年（供用開始時）の平均照度換算係数の値と比べて経過年数３年以降の値が比較的安定していることがわかる。したがって、各路面について経過年数３年以降の平均照度換算係数の値のみの平均値を求めると表－９．７左欄に示すとおりとなる。表に示すカウンタービーム照明の平均照度換算係数の値は、路面の種類による違いが小さいことがわかる。これらの値は、路面の種類にかかわらずカウンタービーム照明に特有なものと考えられるので、カウンタービーム照明の場合の平均照度換算係数は、これらの路面についてはその種類に関係なく決めることができると考えられる。

表－９．７　各種路面経過年数３年以降の平均照度換算係数平均値（単位lx/cd/㎡）

照明方式 / 路面の種類	カウンタービーム照明	対称照明
	車線中央取付	路肩取付
コンクリート舗装 粗面仕上げ及びグルービング	8.0	18.6
アスファルト舗装 密粒度・細粒度	7.8	19.0
半たわみ性舗装	7.7	23.4

なお、ＣＩＥ（国際照明委員会）及びＰＩＡＲＣ（常設国際道路会議協会）の共同報告書（Road Surfacees and Lighting 1984)に示されているＣ１（コンクリート路面に相当すると考えられる）およびＣ２（アスファルト路面に相当すると考えられる）の２種類の標準路面反射特性を利用して、照明器具から路面への直射光束だけについて計算した結果も表－９.９に示すとおりとなっており、上述の事項を裏付けるものである。

すなわち、カウンタービーム照明の平均照度換算係数は概ね８～９ lx/cd/㎡ とするのが妥当であると考えられる。なお、この値は、供用開始後３年以上経過した路面について適用できるものであり、供用開始時には、異なった値を示すことがあることを注意しなければならない。

また、対称照明の場合については、カウンタービーム照明の場合と同様な考え方で、経過年数３年以降の平均照度換算係数の平均値を求めると表-９.７右欄に示すとおりとなる。これについては、他機関による最近の測定例として、例えば（財）高速道路調査会による表－９.８に示すような測定結果もあるので、これらも参照しなければならない。

表－９.８　（財）高速道路調査会による対称照明の平均照度換算係数測定結果

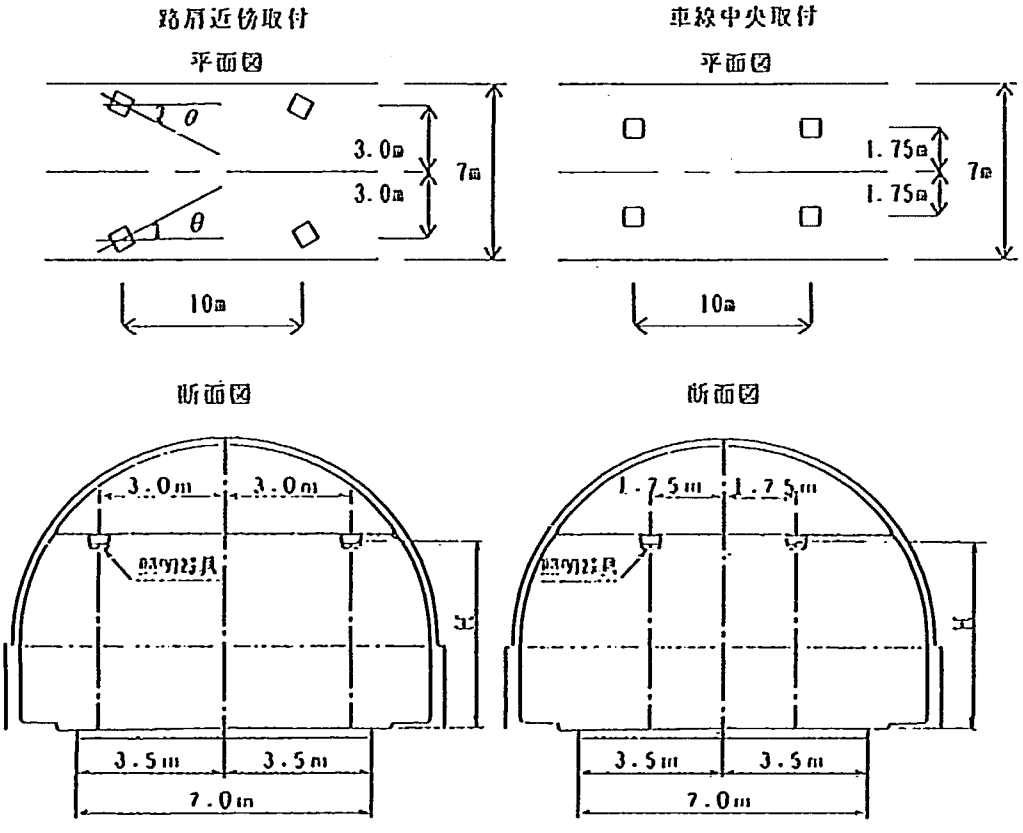
路面の種類	経過年数（年）	平均照度換算係数（lx/cd/㎡）	測定場所
コンクリート	1	9.0	鞍掛トンネル下り線
	1	10.0	小木津トンネル下り線
	13	17.0	和布利トンネル下り線
	23	17.0	梶原第１トンネル上り線
	23	20.0	天王山トンネル下り線
アスファルト	17	29.0	都夫良野トンネル下り線
	18	27.0	小仏トンネル上り線
	28	28.0	関門トンネル下り線
	28	29.0	奥田トンネル上り線

注）この資料は、（財）高速道路調査会：トンネル視環境に関する調査研究（その２）報告書　昭和６２年３月によるものである。

表－９．９　標準路面反射特性により計算した平均照度換算係数

取付位置	水平角θ（度）	平均照度（lx）	路面	平均輝度（cd/m²）	換算係数（lx/cd/m²）
中央	0	143	C１	17.25	8.29
			C２	19.35	7.39
路肩近傍	0	125	C１	14.66	8.53
			C２	16.45	7.60
	2.5	129	C１	14.95	8.63
			C２	16.65	7.75
	5	132	C１	15.23	8.67
			C２	16.84	7.84
	7.5	135	C１	15.44	8.74
			C２	17.05	7.92
	10	139	C１	15.76	8.82
			C２	17.25	8.06

条件　：　光源ＮＨ１８０Ｗ（１９０００ｌｍ）
保守率　　Ｍ＝１．０
取付け高さ　　Ｈ＝５．２ｍ
取付けピッチ　　Ｓ＝１０．０ｍ



9.2.2 コントラスト係数

今回のコントラスト係数の測定結果を最近行われた同様な測定の結果と比較して、路面の種類やその経年変化などに注目して整理すると、表－9.10に示すとおりとなる。

表－9.10 各種路面のコントラスト係数 (単位 cd/㎡/lx)

路面の種類		照明方式	カウンタービーム照明		対称照明	備考
		経過年数	車線中央	路肩近傍	側壁取付	
コンクリート	粗面仕上げ	0	0.42	0.35	0.13	土研実大
	同上	6	1.52		0.12	Aトンネル
	グルービング	6	1.27		0.14	Bトンネル
アスファルト	密粒度細粒度	0	0.54		0.06	サンプル
	同上表面研磨		0.73	0.59	0.13	サンプル
	密粒度細粒度	6	1.61		0.10	Bトンネル
半たわみ性		0	0.87	0.72	0.19	サンプル
		5	1.38		0.08	Cトンネル
		6	1.07		0.12	Dトンネル

注）備考に示す土研実大は実大トンネル実験施設の路面、新与那は新与那トンネルでの供用前の測定値、サンプルとは、土木研究所で測定用に作製した路面、その他は測定を行ったトンネル名及びカットサンプルを採取した道路とその地点名である。

表－9.10からコントラスト係数について、対称照明の場合は各路面毎にややまとまった値となるが、カウンタービーム照明の場合には、半たわみ性舗装を除いてまとまった値にはならないことである。

なお、A、B、C、Dの各トンネルの測定は、カウンタービーム照明の場合にはその方式の照明器具のみを点灯して行ったものであり、それ以外では入口部のカウンタービーム照明と対称照明を同時に点灯して行ったものであり、その影響があるものと思われる。

ＣＩＥの定義では、コントラスト係数が対称照明の場合０.２以下、カウンタービーム照明の場合０.６以上となっているが、わが国の実情では、対称照明の場合はこれを満足するが、カウンタービーム照明の場合は路面の種類によってはこの定義を満足できない場合があるように思われる。

9.3 まとめ

既に供用されている4トンネルにおいて、その路面の光学測定を調査し、最近測定した同様な資料とともに分析した結果、カウンタービーム照明および対称照明についての各種路面の平均照度換算係数とコントラスト係数について次のような結果が得られた。

（1）平均照度換算係数

コンクリート舗装、アスファルト舗装、半たわみ舗装の各種路面の平均照度換算係数は、カウンタービーム照明の場合は、路面の種類にかかわらず8～9lx／cd/㎡程度の値となり、対称照明の場合は、18～45lx/cd/㎡となることがわかった。

（2）コントラスト係数

コンクリート舗装、アスファルト舗装、半たわみ舗装の各種路面のコントラスト係数は、カウンタービーム照明の場合は、0.35～1.61cd/㎡/lxとなり、路面の種類によってはCIEの定義0.6以上を満足できない場合があることがわかり、対称照明の場合は、0.06～0.19cd/㎡/lxとなり、CIEの定義0.2以下が満足できることがわかった。

１０．まとめと今後の課題

本報告書は、平成６年度に実施した設計速度４０km/h、６０km/h、８０km/hの各照明レベル（６０km/hの路面輝度は１／２低減）（いずれも設定野外輝度は４，０００cd/㎡を想定）の場合におけるカウンタービーム照明の適用性について照明特性の把握を行うとともに、障害物および先行車の視認実験、カウンタービーム照明の合理的な設計を行うため、各種の路面における平均照度換算係数、コントラスト係数などの光学特性の調査を供用中の４トンネルの現場で実施した結果について取りまとめたものである。ここでは、各項目についてのまとめと今後の課題について示す。

（１）照明特性の把握

１）コントラスト係数および平均照度換算係数

各設計速度におけるコントラスト係数は、カウンタービーム照明で約０．３８～０．４、対称照明で０．１１～０．１３であった。コントラスト係数による照明方式の定義（ＣＩＥ）はカウンタービーム照明で０．６以上、対称照明で０．２以下であり、カウンタービーム照明はこの定義を満足しない結果となった。これは、基本照明が対称照明によって点灯して鉛直面照度が増加したことに加えて、実大トンネル実験施設のコンクリート路面が粗面仕上げであり路面の磨耗がほとんどないため、照明器具から照射された光が路面に反射して鉛直面照度が増加したこととが考えられる。実供用路面での調査からは、実大トンネル実験施設と同様のコンクリート舗装の粗面仕上げ（供用後６年経過）で約１．５のコントラスト係数が得られており、路面の磨耗状態によって変化することが明らかとなった。また、コンクリート舗装のグルービングあり、アスファルト舗装、半たわみ性舗装の他舗装で５～６年経過した路面でも約１．１以上のコントラスト係数が得られることが分かった。今後は、実供用中路面の調査を十分に実施して路面の種類・状態による反射特性を把握する必要がある。

また、アスファルトの実供用の路面サンプル（寸法約２５cm×４０cm）板による平均照度換算係数の測定結果は、供用後の経年変化により平均照度換算係数が供用時の値から減少傾向にあることが分かった。

２）照明器具からのグレア

照明器具からのグレアは、視機能低下グレア（相対閾値増加 Threshold Increment:ＴＩ）を測定した。その結果、各設計速度とも対称照明に比べてカウンタービーム照明のＴＩ値が高くなった。すなわち、相対的に眩しい結果となった。遮光角度とＴＩ値の関係は、遮光角度が大きくなるほどＴＩ値が増加し、遮光角度が２０度のＴＩ値は３０度のＴＩ値の約８割程度となった。現在、国際的な規格（ＣＩＥ、ＣＥＮ)で推奨しているＴＩ値の規定値は、高さ１．５m、遮光角度２０° の条件で計算された値がそれぞれ１５％未満、３０％未満としている。今回、測定を行った乗用車の運転者の眼の位置での遮光角度（３０度）、高さ（１．２m）でのＴＩ値の結果を遮光角度によるTI値の増減を考慮すると、ＣＥＮの規格（ＴＩ値の規定３０％未満）はいずれの条件下でも満足するが、設計速度４０km/h、６０km/h（路面

輝度は１／２低減）の場合の基本照明とのすり合わせ部付近の一部の区間でＣＩＥの１５％を超えることが分かった。今後、計算点あるいは測定点の高さ、遮光角度による影響の検討が必要と考えられる。

３）障害物と背景（路面）との輝度対比

夜間時の人工照明のみの場合の輝度対比は、各設計速度のいずれの照明方式でも坑口で正の輝度対比（障害物がシルエットで見える状態）で約１程度と高くトンネル内の奥に行くにしたがって下がる。その変化の割合はカウンタービーム照明で小さく、対称照明で大きいことが分かった。

昼間の自然光の射し込みがある場合は、一般に、トンネル内の障害物と背景路面との輝度対比は、障害物の存在する位置により異なり、その変化はトンネル坑口周辺の負の輝度対比（障害物が逆シルエットで見える状態）からトンネル内の奥へ行くにしたがって正の輝度対比（障害物がシルエットで見える状態）となる。測定結果からカウンタービーム照明は対称照明に比べて負の輝度対比から正の輝度対比へ移行する場合の変化が大きく、トンネル坑口周辺を除いたトンネル内での輝度対比が大きいことが分かった。なお、自然光の射し込みによる輝度対比への影響の程度は、照明レベルが高い場合は小さく、照明レベルの低い設計速度４０㎞/h時の場合に大きいことが分かった。この影響によって、反射率が高く比較的明るい障害物の坑口付近の輝度対比は、対称照明がカウンタービーム照明に比べて大きくなる場合があることが分かった。また、障害物の反射率の違いによる輝度対比の変化は、対称照明で大きく、カウンタービーム照明で小さいことが分かった。

以上のことから、カウンタービーム照明は、設計速度が低く障害物の反射率の高い場合などの一部の条件を除き、障害物の反射率の大きさにあまり影響されず対称照明に比べて高い輝度対比となることが分かった。

（２）障害物の視認性（静止実験）

障害物の輝度対比と見え方の評価は、設計速度４０㎞/h時の対称照明を除いて高い相関を示すことが分かった。全体的な傾向は、カウンタービーム照明は対称照明に比較して障害物の視認性に対する評価が高い結果となった。

（３）障害物の視認性（走行実験）

走行実験時の障害物の輝度対比と得られた視認距離の相関から、同一の野外の条件下に相当する輝度対比を用いて視認距離を推定した。その結果、全体的な傾向は対称照明に比べてカウンタービーム照明下の視認距離が長く、障害物の視認性が優れていることが明らかとなった。ただし、設計速度４０㎞/hで障害物の反射率が高い場合などの一部の条件で対称照明のほうが視認性が優れていることが分かった。

アンケートからは、カウンタービーム照明の照明器具からの眩しさが対称照明に比べて評価が若干劣る結果となったが、他の項目のトンネル坑口の見え方、進入の難易、進入後の視環境ともにカウンタービーム照明が高い評価であった。

（４）先行車の視認性（静止実験）

反射率約２０％の乗用車相当の大きさの視標を用いた場合の輝度対比の測定、ブライトネスの計算、明るさ評価、見え方評価の視認性実験から以下のことが分かった。

先行車相当の視標の見え方は輝度対比よりもブライトネス、明るさ評価との相関が高い。これは、先行車など比較的対象物が大きい場合は、輝度対比だけではなく、視標物の明るさも重要な要因となることが考えられる。見え方の評価でも、照明特性上から坑口方向の鉛直面照度が低くならない対称照明がカウンタービーム照明に比べてが良い結果となった。ただし、これまでに実施した実際の先行車を用いたアンケート結果からは、対称照明とカウンタービーム照明がほぼ同様な評価結果であり、顕著な差が認められていない。今後、これらの関連とともに、実際の先行車を用いたときと同様な評価方法等により実用上の先行車の視認性について確認することが必要である。

（５）先行車の視認性（走行実験）

実際の自動車（大型バス、乗用車）を用いた先行車の見え方評価から以下のことが分かった。先行車の見え方は、両照明方式ともに先行車がトンネルに進入した直後が他の位置に比べて評価が低く、見えにくくなることが分かった。また、本実験条件のような照明レベルのもとでの先行車の種類・先行車との距離（最大８０m）などの走行状態では、顕著な差は認められなかった。今後、静止実験結果との関連性を確認する必要がある。

（６）大型車の遮光の影響

大型車によって照明器具からの光が遮光される影響を調査した。その結果、照明方式によって大型車の影の生じ方に大きな違いがあることが分かった。すなわち、対称照明では車両の横の部分に、カウンタービーム照明では車両後方の３m程度までに影が生じる。この時の影は、いずれも路面輝度を低下させることとなるが、実走行上特に問題となることはないと判断できる。これは、６０km/hで走行した場合、約０．１８秒で３mを走り抜ける計算になり、後続の車両に与える影響はほとんど考えられないこと、仮に車間距離が短い場合は後続車の前照灯により路面が照らされ路面輝度が上がることなどが挙げられる。逆に十分な車間距離を保っていれば仮に先行車からの落下物等があった場合でも安全に停止または避けるだけの余裕があることによる。

（７）路面の光学特性実態調査

供用中の路面での調査結果から、アスファルト舗装、コンクリート舗装、半たわみ性舗装の平均照度換算係数は現在のところ８～９ lx/cd/m²程度が妥当であると考えられた。ただし、同一路面での調査結果ではないこと、路面調査のデータが少ないため、今後、調査データを補足して精度の向上を図るとともに、同一路面での継続的な測定を行って確認する必要がある。

（８）今後の課題

今後の課題として以下が考えられる。

・カウンタービーム照明器具の照明効率の向上と小型化
・合理的な設計方法の確率を図るための設計方法の開発、自然光の射し込みなどを考慮した所要輝度の設定方法の確率
・測定高さ、遮光角度の違いによるTI値の変化
・路面の種類・状態による平均照度換算係数、コントラスト係数などの反射特性の把握
・実用上の先行車の見え方の評価と結果の関連性の明確化
・煤煙中の視認性の把握
・カウンタービーム照明設置後の効果の確認

【参考文献】

1）建設省土木研究所ほか、「トンネル内の新照明方式に関する共同研究報告書」－カウンタービーム照明に関する研究報告書－、土木研究所共同研究報告書第173号、平成9年3月
2）CIE, Publication NO. 26/2"GUIDE FOR THE LIGHTING OF ROAD TUNNELS AND UNDERPASS", 1988
3）CEN/TC169/WG6, Standard for the lighting of road traffic tunnels. February. 1944
4）建設省土木研究所ほか、「トンネル内の新照明方式に関する共同研究報告書」－カウンタービーム照明に関する研究（その2）報告書－、土木研究所共同研究報告書第174号、平成9年3月
5）Inohara M., Narisada K., Takeuchi T., Yoshimura Y. :Scaling of brightness an object seen in complex luminance feelds, Proceeding of CIE 20th Session, (1983)E33/1

おわりに

本研究は、現行の照明方式である対称照明とカウンタービーム照明の両照明条件下において、平成６年度に実施した設計速度４０km/h、６０km/h、８０km/h時の各照明レベル（６０km/hの路面輝度は１／２低減）における障害物の視認性、走行時の安全性等についての検討を行うとともに、供用中のトンネルでの平均照度換算係数、コントラスト係数の調査を行ったものである。

今後は、カウンタービーム照明の合理的な設計を行うため、舗装路面の種類による照明効率について体系的な調査・検討を行うとともに、実供用トンネルでの効果の確認を行うことが重要である。

最後に、本報告書が今後のカウンタービーム照明の研究の参考となれば幸いである。

付録　実験期間中の野外輝度および野外水平面照度・鉛直面照度

実験を行った時間帯の野外輝度および野外での水平面・鉛直面照度をバックデータとして測定した。測定条件は以下のとおりである。

（1）野外輝度：坑口手前１０５m、地上高さ１．５m 、東側車線内（中央線より３．３５m） の位置に輝度計を設置し、トンネル坑口中央を中心とする直径２０度の円形視野の平均輝度を測定した。坑口手前からの距離を１５０mとしなかったのは、坑口手前１００m付近の上方に存在する高架道路が視野内に入るのを避けるためである。

（2）水平面照度・鉛直面照度：坑口手前１１１．３m地点、東側車線（中央線より２．９５m）の位置において、水平面照度は地上高さ１．３m、鉛直面照度はトンネル坑口と反対側に受光部を向け地上高さ１．１mに受光部を設置し測定した。鉛直面照度の測定結果は、トンネル坑口での鉛直面照度と等しいものと考えられる。

測定結果は、以下のとおりである。

１０月３日	カウンタービーム照明　設計速度４０km/h	：表－１
１０月５日	対称照明　設計速度４０km/h	：表－２
１０月６日	カウンタービーム照明　設計速度６０km/h	：表－３
１０月７日	対称照明　設計速度６０km/h	：表－４
１０月１８日	カウンタービーム照明　設計速度８０km/h	：表－５
１０月１９日	対称照明　設計速度８０km/h	：表－６

表－1　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その1）

測定日：１９９４年１０月３日

照明条件：カウンタービーム照明　４０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	4400	75000	71000	
	5	4700	80000	74000	
	10	4800	82000	76000	
	15	5000	70000	60000	**
	20	4500	60000	55000	**
	25	3700	70000	75000	**
	30	5100	82000	70000	**
	35	3700	35000	25000	**
	40	3000	35000	26000	*
	45	2700	29000	20000	*
	50	2500	23000	15000	
	55	3200	30000	40000	*
10	0	2700	33000	21000	*
	5	3100	40000	26000	*
	10	4200	86000	70000	*
	15	3800	74000	60000	*
	20	2800	20000	15000	
	25	2900	16000	10000	
	30	2900	20000	11000	
	35	3200	26000	14000	
	40	3200	24000	13000	
	45	3200	27000	17000	
	50	3400	30000	18000	
	55	5500	88000	70000	
11	0	5100	88000	70000	*
	5	4500	70000	65000	*
	10	2700	32000	23000	
	15	2000	22000	16000	
	20	2200	20000	12000	
	25	2700	26000	17000	
	30	2500	20000	14000	
	35	2400	25000	17000	
	40	3000	40000	27000	
	45	2300	29000	19000	
	50	3800	79000	60000	*
	55	3500	79000	60000	*
12	0	2800	38000	27000	*
	5	4100	80000	64000	*
	10	4500	90000	72000	*
	15	3800	77000	60000	*
	20	2500	30000	22000	
	25	2600	28000	19000	
	30	3000	29000	19000	
	35	3000	32000	22000	*
	40	3200	39000	26000	*
	45	4000	38000	25000	*
	50	3000	29000	20000	
	55	2800	21000	14000	

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－1　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その2）

測定日：１９９４年１０月３日

照明条件：カウンタービーム照明　４０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	3500	40000	33000	*
	5	4500	72000	55000	*
	10	3400	37000	30000	*
	15	5000	79000	61000	*
	20	3700	64000	53000	*
	25	3300	28000	22000	
	30	3200	28000	22000	
	35	3400	33000	25000	
	40	3300	42000	30000	*
	45	3700	46000	34000	*
	50	4100	62000	44000	
	55	2900	28000	20000	
14	0	2500	23000	13000	
	5	2600	22000	13000	
	10	3000	28000	18000	
	15	3300	44000	29000	
	20	2800	31000	20000	
	25	2700	32000	20000	
	30	2300	25000	15000	
	35	2400	26000	17000	
	40	2500	32000	23000	
	45	2500	24000	16000	
	50	2200	25000	17000	
	55	2500	27000	18000	
15	0	2300	23000	15000	
	5	1800	16000	9000	
	10	1700	16000	9000	
	15	1600	15000	8000	
	20	1500	14000	7000	
	25	1400	13000	7000	
	30	1400	12000	6000	
	35	1300	12000	5000	
	40	1200	12000	5000	
	45	1100	12000	5000	
	50	1200	12000	5000	
	55	1100	12000	5000	
16	0	900	10000	4000	
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				

（注）＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－２　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その１）

測定日：１９９４年１０月５日

照明条件：対称照明　４０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	3100	33000	30000	
	5	2800	29000	26000	
	10	2600	26000	23000	
	15	2800	35000	30000	
	20	3400	46000	45000	*
	25	3800	65000	52000	*
	30	2800	26000	25000	
	35	2600	21000	18000	
	40	2600	23000	17000	
	45	2000	16000	13000	
	50	1700	14000	11000	
	55	1500	12000	11000	
10	0	1400	14000	12000	
	5	1600	13000	12000	
	10	1700	13000	12000	
	15	1800	17000	14000	
	20	2000	18000	14000	
	25	1800	14000	12000	
	30	1900	18000	16000	
	35	1600	12000	10000	
	40	1700	13000	11000	
	45	2600	25000	18000	
	50	2500	23000	16000	
	55	2000	14000	10000	
11	0	1400	8000	6000	
	5	1000	8000	6000	
	10	1200	10000	7000	
	15	1100	10000	8000	
	20	1000	9000	7000	
	25	1000	9000	6000	
	30	900	7000	6000	
	35	1000	8000	6000	
	40	1200	9000	6000	
	45	1400	9000	6000	
	50	1600	11000	8000	
	55	1800	14000	10000	
12	0	1700	14000	9000	
	5	1400	11000	7000	
	10	1200	9000	7000	
	15	1300	11000	9000	
	20	1200	10000	9000	
	25	1200	12000	12000	
	30	1400	15000	12000	
	35	1300	15000	14000	
	40	1300	16000	14000	
	45	1400	18000	16000	
	50	1400	14000	12000	
	55	1700	13000	13000	

（注）＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－２　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その２）

測定日：１９９４年１０月５日

照明条件：対称照明　４０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	2500	18000	14000	
	5	2400	14000	10000	
	10	2100	10000	8000	
	15	1800	10000	8000	
	20	1600	11000	8000	
	25	1800	12000	9000	
	30	1600	13000	9000	
	35	1400	11000	8000	
	40	1300	12000	8000	
	45	1500	10000	8000	
	50	1700	9000	6000	
	55	1700	8000	7000	
14	0	1700	14000	12000	
	5	1400	12000	9000	
	10	900	9000	7000	
	15	600	7000	5000	
	20	1100	9000	6000	
	25	1400	10000	7000	
	30	1300	10000	7000	
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				
15	0				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				
16	0				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－３　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その１）

測定日：１９９４年１０月６日

照明方式：カウンタービーム照明　６０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	1800	17000	10000	
	5	2100	21000	14000	
	10	2000	22000	13000	
	15	1700	19000	10000	
	20	2000	20000	13000	
	25	2100	23000	16000	
	30	2000	21000	14000	
	35	2200	23000	15000	
	40	2300	22000	14000	
	45	1600	18000	13000	
	50	1500	21000	15000	
	55	1300	17000	10000	
10	0	1500	17000	9000	
	5	1500	17000	10000	
	10	1600	20000	13000	
	15	2100	24000	15000	
	20	2400	25000	16000	
	25	2700	26000	17000	
	30	3200	35000	25000	
	35	2800	30000	20000	
	40	2500	26000	17000	
	45	2500	23000	13000	
	50	2400	24000	15000	
	55	2500	23000	13000	
11	0	2100	21000	12000	
	5	1800	18000	10000	
	10	2000	18000	11000	
	15	2200	20000	11000	
	20	2200	20000	11000	
	25	2200	20000	10000	
	30	2000	19000	10000	
	35	2200	20000	11000	
	40	2300	23000	15000	
	45	2500	26000	17000	
	50	2500	25000	17000	
	55	2300	22000	14000	
12	0	2000	19000	10000	
	5	2300	23000	15000	
	10	2300	25000	16000	
	15	2100	23000	15000	
	20	2200	23000	14000	
	25	2000	21000	12000	
	30	2300	24000	15000	
	35	2800	29000	20000	
	40	3400	40000	30000	
	45	2700	28000	21000	
	50	2500	30000	21000	
	55	2100	25000	16000	

（注）＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊ 印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－３　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その２）

測定日：１９９４年１０月６日

照明方式：カウンタービーム照明　６０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	2200	23000	15000	
	5	2100	23000	15000	
	10	2100	23000	14000	
	15	2700	33000	23000	
	20	2300	27000	18000	*
	25	2800	32000	23000	*
	30	2200	28000	18000	*
	35	2500	29000	21000	*
	40	2800	35000	25000	*
	45	3100	39000	29000	*
	50	1700	21000	13000	*
	55	2200	24000	15000	
14	0	2800	35000	25000	
	5	3000	40000	30000	*
	10	1900	23000	16000	*
	15	1600	19000	12000	
	20	1500	17000	10000	
	25	2000	23000	15000	
	30	2400	31000	22000	*
	35	2300	30000	19000	*
	40	1800	20000	13000	*
	45	1200	15000	8000	
	50	1400	16000	9000	
	55	1200	13000	7000	
15	0	1300	13000	6000	
	5	1300	14000	7000	
	10	1200	14000	7000	
	15	1000	13000	6000	
	20	1000	13000	5000	
	25	1000	12000	5000	
	30	800	11000	4000	
	35	900	11000	5000	
	40	1300	15000	7000	
	45	1000	12000	5000	
	50	700	10000	4000	
	55	600	9000	3000	
16	0	600	9000	3000	
	5	500	9000	3000	
	10	500	9000	3000	
	15	500	9000	3000	
	20	400	8000	2000	
	25	300	7000	2000	
	30	200	7000	2000	
	35	200	7000	2000	
	40	200	7000	2000	
	45	200	6000	2000	
	50	200	6000	1000	
	55	200	6000	1000	

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－4　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その1）

測定日：１９９４年１０月７日
照明方式：対称照明　６０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	3400	62000	30000	
	5	3400	58000	29000	
	10	3300	61000	30000	
	15	3500	62000	30000	
	20	3600	63000	31000	
	25	3600	65000	32000	
	30	3700	66000	32000	
	35	3700	66000	32000	
	40	3700	66000	32000	
	45	3700	67000	32000	
	50	3800	68000	33000	
	55	3900	70000	33000	
10	0	3900	71000	34000	
	5	3900	72000	34000	
	10	3900	73000	35000	
	15	4000	74000	35000	
	20	4000	74000	35000	
	25	4000	75000	35000	
	30	4000	76000	35000	
	35	4000	75000	35000	
	40	4000	76000	35000	
	45	3200	45000	20000	*
	50	3300	50000	22000	*
	55	3900	70000	31000	*
11	0	4000	75000	33000	
	5	4200	78000	35000	
	10	2800	35000	15000	*
	15	4000	76000	33000	*
	20	4100	76000	34000	
	25	4100	74000	33000	*
	30	4200	78000	34000	
	35	4200	78000	34000	
	40	4200	78000	34000	
	45	4300	77000	34000	
	50	3700	45000	19000	*
	55	4000	66000	29000	
12	0	3000	36000	16000	*
	5	4200	72000	31000	*
	10	3800	61000	26000	*
	15	3500	57000	25000	*
	20	---	70000	30000	
	25	---	43000	18000	*
	30	---	33000	13000	
	35	---	34000	13000	
	40	---	32000	12000	
	45	---	68000	28000	*
	50	---	72000	29000	*
	55	---	63000	26000	*

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい
＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－４　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その２）

測定日：１９９４年１０月７日

照明方式：対称照明　６０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	---	65000	27000	
	5	4000	58000	24000	
	10	4200	66000	27000	
	15	4200	65000	27000	
	20	4000	60000	25000	
	25	4000	60000	24000	
	30	4100	64000	26000	
	35	3700	55000	23000	
	40	3600	56000	23000	
	45	3600	56000	23000	
	50	3800	56000	23000	
	55	3500	44000	18000	
14	0	3000	30000	12000	
	5	3600	46000	19000	*
	10	3600	50000	20000	
	15	3700	50000	20000	
	20	3600	50000	19000	
	25	3500	47000	18000	
	30	3300	42000	17000	
	35	3200	43000	17000	
	40	3200	43000	17000	
	45	3100	39000	15000	
	50	3000	38000	14000	
	55	2800	36000	13000	
15	0	2900	34000	13000	
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				
16	0				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－5　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その1）

測定日：１９９４年１０月１８日

照明方式：カウンタービーム照明　８０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	4300	71000	73000	
	5	4300	72000	74000	
	10	4700	74000	74000	
	15	4400	74000	75000	
	20	4300	76000	76000	
	25	4600	77000	76000	
	30	4600	78000	78000	
	35	4600	78000	79000	
	40	4600	79000	78000	
	45	4700	80000	79000	
	50	4800	75000	82000	
	55	4800	82000	82000	
10	0	4900	83000	83000	
	5	4800	84000	82000	
	10	5100	88000	85000	
	15	5200	83000	80000	
	20	3800	60000	25000	*
	25	4900	82000	79000	
	30	4400	76000	72000	*
	35	5100	80000	80000	*
	40	5000	84000	79000	
	45	4900	86000	80000	
	50	5200	90000	84000	
	55	5200	86000	78000	
11	0	4900	86000	80000	*
	5	5000	86000	80000	
	10	5100	86000	80000	
	15	5100	85000	79000	
	20	5100	84000	78000	
	25	5000	84000	77000	
	30	5100	84000	78000	
	35	5200	84000	77000	
	40	5100	81000	74000	
	45	5200	83000	76000	
	50	5200	84000	76000	
	55	5400	85000	77000	
12	0	5300	82000	74000	
	5	5300	84000	75000	
	10	5000	85000	75000	
	15	5200	84000	74000	
	20	5100	82000	73000	
	25	5200	83000	73000	
	30	5100	83000	72000	
	35	4700	82000	70000	
	40	4900	81000	70000	
	45	4700	78000	67000	
	50	4900	78000	69000	
	55	4500	81000	70000	

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－５　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その２）

測定日：１９９４年１０月１８日

照明方式：カウンタービーム照明　８０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	3100	30000	23000	*
	5	2800	28000	21000	
	10	2700	26000	19000	
	15	2600	25000	17000	
	20	2600	23000	16000	
	25	2600	23000	17000	
	30	2500	24000	17000	
	35	3400	50000	42000	*
	40	4200	65000	56000	
	45	4200	63000	54000	
	50	4100	61000	52000	
	55	4100	58000	48000	
14	0	4200	60000	50000	
	5	4000	58000	48000	
	10	4200	57000	48000	
	15	4100	56000	46000	
	20	4000	50000	43000	
	25	3900	50000	41000	
	30	3700	46000	38000	
	35	3600	43000	34000	
	40	3700	44000	35000	
	45	3400	42000	34000	
	50	3500	42000	33000	
	55	3400	40000	32000	
15	0	3200	38000	30000	
	5	3100	37000	29000	
	10	3100	36000	27000	
	15	3000	33000	26000	
	20	2800	31000	23000	
	25	2700	29000	23000	
	30	2600	27000	19000	
	35	2400	26000	17000	
	40	2300	25000	17000	
	45	2100	23000	15000	
	50	2000	22000	13000	
	55	1800	20000	12000	
16	0	1500	18000	9000	
	5	1400	17000	8000	
	10	1200	16000	7000	
	15	1100	15000	6000	
	20	800	9000	4500	
	25	700	9000	3300	
	30	600	8000	2200	
	35	450	7500	1800	
	40	340	7000	1300	
	45	230	6700	900	
	50	150	6400	600	
	55	90	6200	400	

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－6　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その1）

測定日：１９９４年１０月１９日

照明方式：対称照明　８０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
9	0	3500	54000	66000	
	5	3700	57000	70000	
	10	3800	58000	71000	
	15	3500	50000	60000	**
	20	4000	64000	78000	**
	25	4100	65000	80000	**
	30	3700	55000	70000	**
	35	4400	60000	70000	**
	40	4000	50000	55000	**
	45	4800	72000	83000	**
	50	4900	71000	81000	*
	55	4900	70000	79000	
10	0	5000	73000	81000	
	5	3200	26000	24000	*
	10	3000	28000	26000	*
	15	4200	65000	65000	*
	20	5200	78000	84000	
	25	5400	77000	84000	
	30	5400	79000	86000	
	35	5300	80000	86000	
	40	3300	24000	22000	*
	45	2900	22000	20000	*
	50	2900	21000	17000	*
	55	2900	22000	21000	*
11	0	3500	36000	35000	*
	5	5100	72000	75000	*
	10	3200	30000	25000	*
	15	5000	60000	70000	**
	20	4500	60000	60000	**
	25	4900	78000	78000	*
	30	5000	76000	78000	
	35	4500	75000	70000	*
	40	2500	15000	10000	
	45	1900	17000	10000	
	50	1500	12000	6000	
	55	1200	11000	5000	
12	0	1100	13000	6000	
	5	1200	13000	7000	
	10	1400	12000	7500	
	15	1800	18000	12000	
	20	2000	20000	14000	
	25	2400	25000	20000	
	30	2400	26000	21000	*
	35	2400	26000	21000	*
	40	3000	40000	40000	*
	45	1800	17000	15000	
	50	1900	20000	14000	
	55	1900	20000	14000	

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい

表－6　野外輝度、野外の水平面照度・鉛直面照度（その2）

測定日：１９９４年１０月１９日

照明方式：対称照明　８０ｋｍ／ｈ

時刻		野外輝度 [cd/m²]	水平面照度 [lx]	鉛直面照度 [lx]	備考
13	0	1800	18000	13000	
	5	1900	17000	11000	
	10	1900	15000	10000	
	15	2000	15000	10000	
	20	2200	16000	10000	
	25	2100	14000	8000	
	30	2000	12000	6000	
	35	1800	12000	6000	
	40	1700	11000	5900	
	45	1500	10000	4200	
	50	1400	9000	4400	
	55	1500	10000	5400	
14	0	1400	11000	5200	
	5	1300	9000	3500	
	10	1400	9000	3900	
	15	1600	11000	5000	
	20	1600	12000	5700	
	25	1400	12000	6200	
	30	1400	14000	6800	
	35	1300	14000	8100	
	40	1300	13000	7400	
	45	1200	11000	7000	
	50	1200	14000	8300	*
	55	1300	14000	9300	
15	0	1300	13000	8400	
	5	1200	15000	8800	
	10	1000	13000	7800	
	15	1000	14000	6100	
	20	900	10000	5300	
	25	800	10000	4900	
	30	800	10000	4500	
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				
16	0				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	45				
	50				
	55				

（注）＊印：雲の動きにより測定値の変動が大きい

＊＊印：雲の動きにより測定値の変動が非常に大きい