

土木研究所資料

織込み区間の必要長に関する調査

平成6年9月

建設省土木研究所
道路部道路研究室

Copyright © (1994) 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 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。

織込み区間の必要長に関する調査

道路研究室 中村 亮
村西 正実
岩田 明*

* 現 中部地方建設局沼津工事事務所

要 旨

本調査は、織込み区間を設計する際の基礎資料とするために、既存のシミュレーションプログラムの改良を行い、織込みパターン別に、交通量や織込み比率等の条件を変えてシミュレーションを行うことにより、サービスレベルを考慮した織込み区間の必要長を算出したものである。

キーワード：道路，織込み区間，インターチェンジ，ジャンクション

はじめに

織込み現象は、インターチェンジとジャンクションが接近している箇所等において発生し、本線及びランプの交通容量に大きな影響を与える。しかしながら、わが国においては織込み現象に関する実測例が乏しく、研究も十分に行われていないため、織込み区間の設計にあたっては1965年度版のHighway Capacity Manual (HCM) による基準を準用しているのが実状である。

高規格幹線道路網が全国に延伸するに伴いインターチェンジやジャンクションが建設される箇所は増大し、織込みに関する課題は重要な検討事項となっており、また、我が国の道路交通状況にみあった織込み区間の設計が求められている。

このため、本調査は、織込み区間を設計する際の基礎資料とするために、既存のシミュレーションプログラムの改良を行い、織り込みパターン別に、交通量や織込み比率等の条件を変えて、シミュレーションを行うことにより、サービスレベルを考慮した織込み区間の必要長を算出したものである。

目 次

はじめに

第1章 調査概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査にあたっての基本方針	1
1.3 調査内容	2
第2章 シミュレーションプログラムの改良	4
2.1 想定挙動の整理	4
2.2 モデル改良の基本的な考え方	5
2.3 パラメータの検討	7
第3章 シミュレーションによる評価手法の検討	11
3.1 評価指標の検討	11
3.2 感度分析の実施	14
3.3 サービス水準の検討	27
第4章 織込み区間の必要区間長の検討	30
4.1 演算条件の検討	30
4.2 演算結果の整理	38
4.3 織込み区間長の検討	44
第5章 まとめと今後の課題	49
付属資料-1 既存プログラムの概要	51
// -2 パラメータの考え方	68

第 1 章 調査概要

1. 1 調査目的

本調査は、織込み区間を設計する際の基礎資料とするために、既存のシミュレーションプログラムの改良を行い、織り込みパターン別に、交通量や織込み比率等の条件を変えて、シミュレーションを行うことにより、サービスレベルを考慮した織込み区間の必要長を算出したものである。

1. 2 調査にあたっての基本方針

本調査において対象とする織込み区間は、自動車専用道路における織込み区間とする。すなわち、第 1 種あるいは第 2 種の道路で、設計速度は 60～120km/時とする。

また、織込みの形態は、1985年版 HCM では織込みのために必要な車線変更の回数により図-1. 1 のように分類されている。本調査においては同図で示した形態の中で、現在および今後採用される可能性のある○印の形態を検討の対象とした。

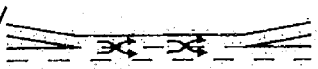
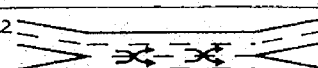
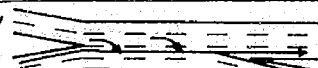
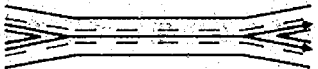
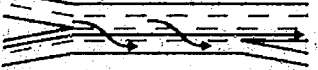
タイプ	概 念 図	
タイプ A	A-1  片側織込み (ランプ織込み)	○
	A-2  クラウン線を有する大織込み	○
タイプ B	B-1  車線分岐を有する大織込み	○
	B-2  直進車線を有する大織込み	
	B-3  車線分岐、直進車線を有する大織込み	
タイプ C	C-1  車線分岐、直進車線を有しない大織込み	
	C-2  全織込み	

図-1. 1 織込みの形態

1. 3 調査内容

(1) シミュレーションプログラムの改良

既存のシミュレーションプログラムは、図-1. 1で示した織込み形態のうちAタイプの形態における交通現象を再現する構造となっている。本検討においては、Bタイプ(B-1)の織込み形態における交通現象を再現できるようプログラムを改良した。なお、既存プログラムの概要を、付属資料-1に付す。

(2) シミュレーションによる評価手法の検討

(1)で改良したシミュレーションプログラムに、織込み区間の各種状態量を出力する機能を加え、区間長の長短による交通現象をシミュレーションで評価できる手法を検討した。

検討の手順は以下のとおりである。

1) 評価指標の検討

タイプBの織込み区間において、区間長の長短による織込み区間の交通現象の変化を定量的に把握できるシミュレーション評価指標(速度、織込み完了率等)を検討した。

2) 道路・交通条件の設定

シミュレーション評価指標の感度を分析するための適切な道路条件(車線数、区間長等)および交通条件(交通量、織込み比率等)を設定した。

3) 感度分析の実施

2)で設定した条件でシミュレーションを実施し、各種評価指標を出力し、区間長の長短による感度を調べた。

4) サービス水準の検討

織込み区間のサービス水準と評価指標の関係を検討した。

(3) 織込み区間の必要区間長の検討

改良したシミュレーションプログラムを用いて、織込みパターン別に織込み区間の必要区間長を算出した。ここで、織込みパターンのうちタイプAの片側織込み(タイプA-1)については、平成2年度に(社)交通工学研究会の「織込み区間の設計に関する調査研究」でシミュレーションを用いた検討がなされている。したがって、本検討では、基本方針で述べた検討対象に該当する以下の織込みパターンについて必要区間長の検討を行った。

・A-2; クラウン線を有する大織込み

・B-1; 車線分岐を有する大織込み

検討の手順は以下のとおりである。

1) 演算条件の設定

織込み区間長の基準化を図るために必要となる以下の演算条件を検討した。

- ・道路条件；車線数、区間長
- ・交通条件；交通量、織込み比率、初期速度、希望速度

2) シミュレーションの実施

1) で検討した演算条件に関するシミュレーションの入力データを作成し、演算を実行した。

3) 演算結果の集計・整理

シミュレーションによる評価指標を演算条件別に集計し、区間長の長短による影響を整理した。

4) 織込み区間長の検討

評価指標の基準値（閾値）をもとに、サービス水準に応じた必要区間長を織込みパターン別に算出した。

2. 2 モデル改良の基本的な考え方

Aタイプの織込み区間の交通現象を再現するモデルを基本として、B-1タイプの織込み形態で生起する挙動を再現するには、従来のモデル構造に前項で整理した想定挙動を再現するロジックを加える必要がある。

モデル改良にあたっての基本的な考え方を整理すると以下のとおりである。

(1) 道路モデルの設定

B-1タイプの織込み形態を表現する道路モデルを図-2.2のように設定する。

クラウンラインは、分流ノーズをはさむ車線間の区画線で設定する。すなわち、図-2.2では車線⑥と車線⑦の間の区画線を仮想クラウンラインとし、同図中の斜線部分を右側本線の領域、白ぬきの部分を左側本線（あるいはランプ側）の領域と考える。

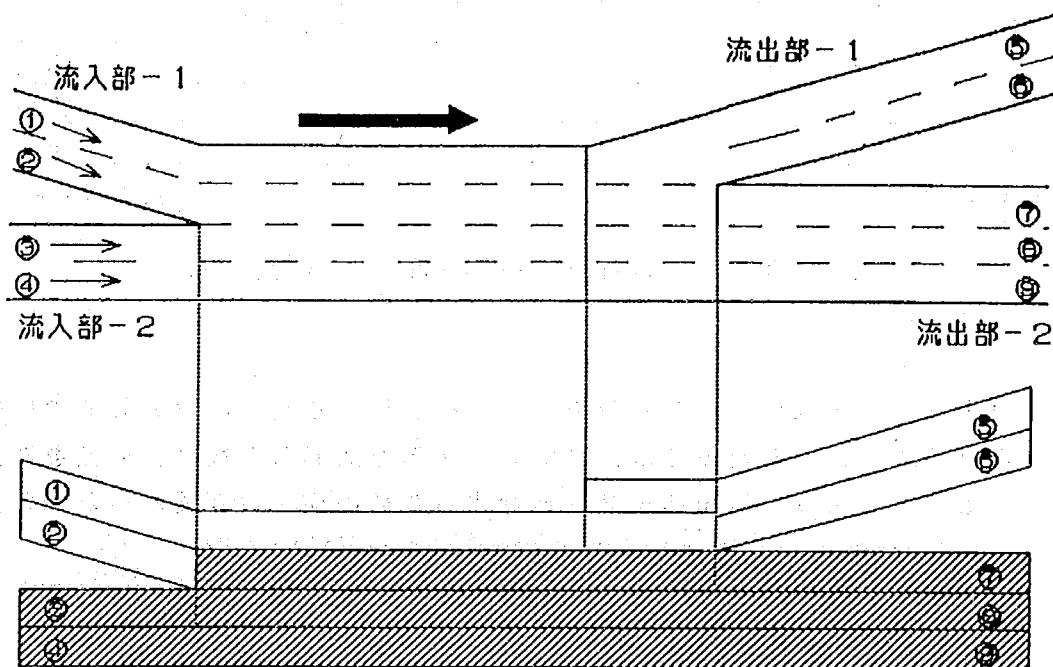


図-2.2

(注) 図中の斜線部分は右側本線
道路モデル

(2) 想定挙動の再現方法

表-2. 1で整理した挙動のうち、B-1タイプの織込みで新たに生起する走行パターンの再現方法を以下に示す。

1) 車線② → 車線⑤、⑥

この走行パターンは流入部-1から流出部-1へ進行する非織込み車としての属性が車発生時に付与される。改良にあたっては、合流ゾーンを通過した後に、属性を織込み車に切り替えることにより、流入部-2からの織込み車と同じ性格付けを行う。

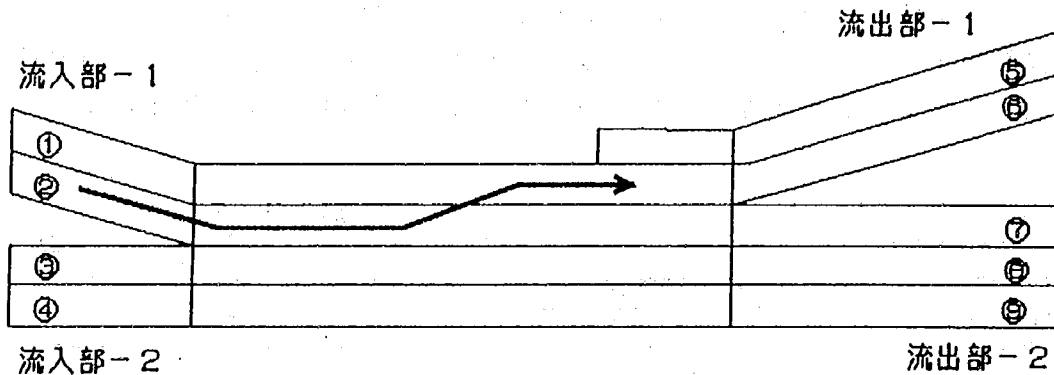


図-2. 3 走行パターン (② → ⑤、⑥)

2) 車線② → 車線⑦

この走行パターンは流入部-1から流出部-2へ進行する織込み車としての属性が車発生時に付与される。改良にあたっては、合流ゾーンを通過した後に、属性を織込み完了車に切り替えることにより、流出部-2へ進行するための織込みが終わった車と同じ性格付けを行う。

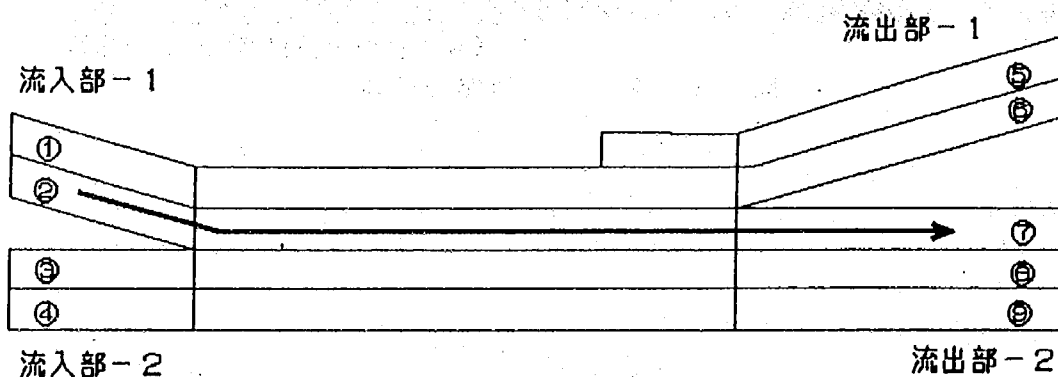


図-2. 4 走行パターン (② → ⑦)

3) 車線③または④ → 車線⑤、⑥

この走行パターンは流入部-2から流出部-1へ進行する織込み車としての属性が車発生時に付与される。従来のロジックでは、織込み車はクラウンラインをまたぐまで車線変更を続けようとするので、このパターンは従来のロジックで再現されることとなり、新た

な改良は必要ない。

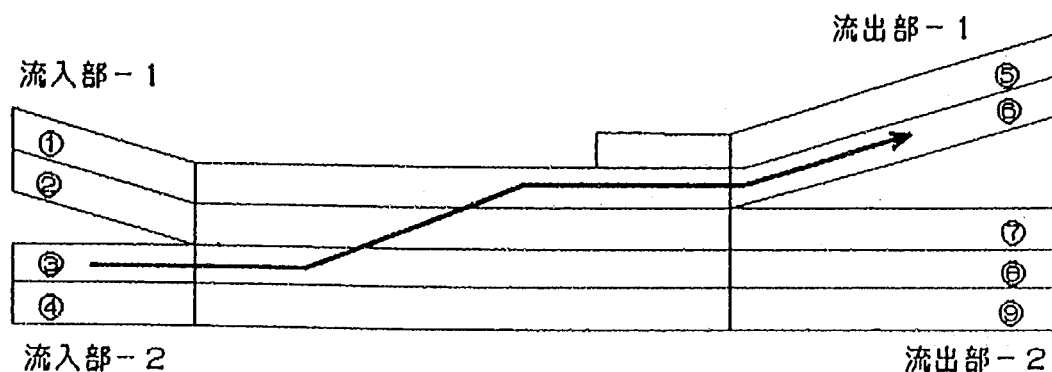


図-2.5 走行パターン (③ → ⑤、⑥)

2.3 パラメータの見直し

シミュレーションパラメータのうち、車両の走行挙動に係わる内部パラメータは表-2.2のとおりである。

表-2.2 シミュレーションの内部パラメータ一覧

分 類		パラメータ
内部パラメータ	(1) 車の発生に関するもの	①車の発生間隔
	(2) 走行性能に関するもの	①駆動力 (トン当たり場力) ②走行抵抗 ③加速度 ④減速度
	(3) 一般走行に関するもの	①追従判定基準 ②車線変更判断基準
	(4) 織込みにに関するもの	①織込みを行うために必要な速度 ②織込み判断開始位置 (関数) ③織込み時の車線変更判断基準 (ギャップ、ラグ) ④織込み位置によるギャップ、ラグの補正值 ⑤織込みパターン別によるギャップ、ラグの補正值 ⑥織込み時の車線変更時間
	(5) 織込み手前の車線変更に関するもの	①織込み車が内側車線へ移行する位置 (関数) ②非織込み車が低速車を追越した後、復帰する時の判定速度
	(6) 避走に関するもの	①避走条件 ・織込み車との距離 ・織込み車との速度差

これらのパラメータのうち、A-1タイプの織込みからB-1タイプの織込みの走行挙動を再現するにあたって、適用性のチェックが必要となる内部パラメータは以下のものである。

(1) 織込みに関するもの

(2) 織込み手前の車線変更に関するもの

(3) 避走に関するもの

以下にこれらのパラメータの適用性を検討する。なお、全体のパラメータの考え方については、付属資料-2に示した。

(1) 織込みに関するもの

B-1タイプの織込み形態における織込み挙動は、図-2.6に示すように流出方向が最終的に決定する分岐点の延長上にあるクラウンラインをまたぐ車線変更と定義づけることができる。

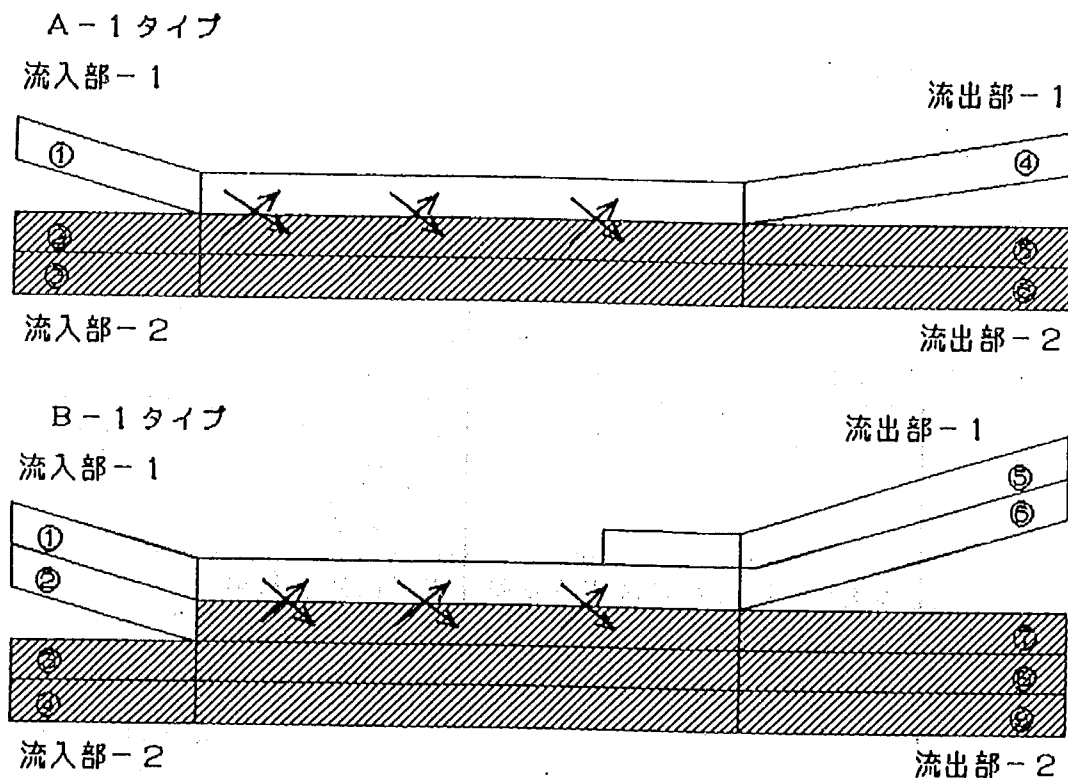


図-2.6 織込み挙動

図-2.6において、A-1タイプとB-1タイプの織込み挙動は、分岐点までに車線変更をしなければ目的とする方向に進入できないという視点でみると、運転者の意識は共通することとなる。したがって、織込みの判断に係わる以下のパラメータはA-1タイプと同様の設定とする。

- 1) 織込みを行うために必要な速度
- 2) 織込み判断開始位置 (関数)
- 3) 織込み時の車線変更判断基準 (ギャップ、ラグ)
- 4) 織込み位置によるギャップ、ラグの補正值

5) 織込みパターン別によるギャップ、ラグの補正值

6) 織込み時の車線変更時間

なお、6)の織込み時の車線変更時間は、A-1タイプでは本線→ランプ3.9秒、ランプ→本線2.2秒と本線→ランプのほうが大きい。これは左側への車線変更のほうが後方車両の視認性が悪いため慎重になることによるものと考えられる。B-1タイプにおいてもこの関係は同様なので車線変更時間についてもA-1タイプの同じ値とする。

(2) 織込み手前の車線変更に関するもの

織込み区間の手前の単路部において、織込み車は図-2.7に示すようにあらかじめ内側（クラウンライン側）の車線へ移行する。

図-2.7において、右側本線については、従来のランプ織込みと同様の状況と考えられるので、パラメータである「織込み車が内側車線へ移行する位置」（図-2.6, 2.7）はA-1タイプと同じ設定とする。

一方、ランプ側あるいは左側本線は、基本的には右側本線と同様に、織込み車は出来るだけ早めに追越車線へ移行しようとするので右側本線と同じロジックを採用する。このとき、パラメータとなる「織込み車が内側車線へ移行する位置」はA-1タイプの設定時と同様に検証を通じて設定することが望ましいが、実測データがないため、今回は右側本線で設定した値を逆方向に適用する。

なお、非織込み車が低速車を追い越した後、復帰するときの判定速度もA-1タイプと同じ値70km/hを設定する。

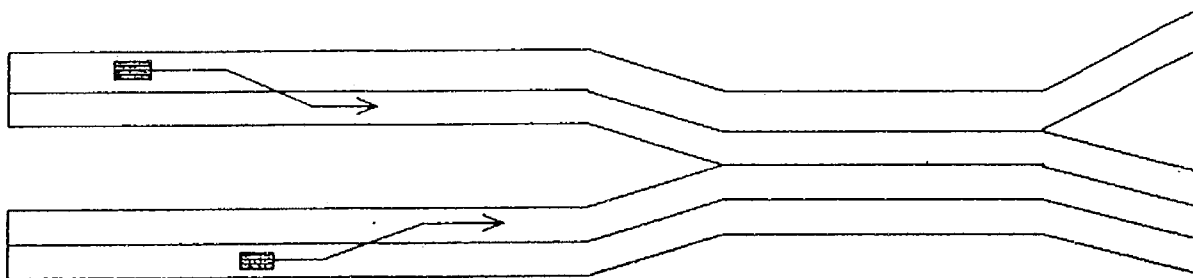


図-2.7 織込み手前区間での織込み車の車線変更

(3) 避走に関するもの

B-1タイプの織込み形態における避走挙動は図-2.8に示すような状況となる。すなわち、織込み区間の車線②を走行している非織込み車あるいは織込みを完了した車が車線①から織込みしようとする車を避けるために、車線③へ車線変更する状況である。この避走挙動は、A-1タイプでの避走と全く同様の状況となるので、以下のパラメータはA-1タイプと同様の設定とする。

1) 避走車と織込み車の距離

2) 避走車と織込み車の速度差

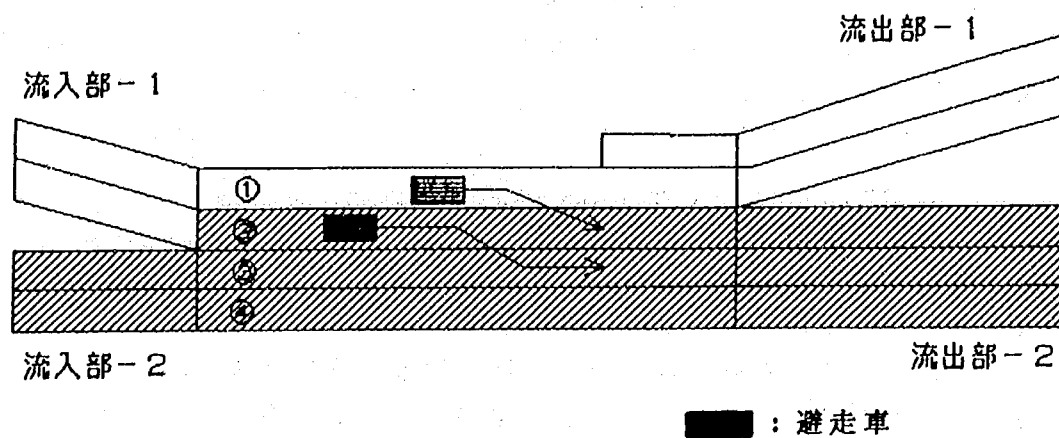


図-2.8 避走挙動

第3章 シミュレーションによる評価手法の検討

3.1 評価指標の検討

織込み区間長を評価するためには、区間長の長短による織込み区間の交通現象の変化を定量的に把握する必要がある。平成元年度に日本道路公団が（社）交通工学研究会に委託して実施された「織込み区間の設計に関する研究」においては、ランプ織込みの形態を対象に、区間長の変化による交通現象の評価を行うため、以下の評価指標を設定し、それぞれの感度を分析している。

- (1) 旅行時間
- (2) 遅れ時間
- (3) 織込み区間の速度低下
- (4) 区間内織込み完了率
- (5) 急な減速を伴わない織込みの比率
- (6) 位置別織込み完了率
- (7) 織込み区間長の利用比率

上記の指標に関する評価の考え方および定義は表-3.1に示すとおりである。本調査においても、B-1タイプの織込み形態を対象にこれら評価指標の感度を分析し、適切な評価指標の絞り込みを行う。

表-3. 1 評価指標の考え方と定義

評価指標	評価の考え方	定義 [単位]	備考
① 平均旅行速度	織り込み区間の速度サービスを評価する。	$\frac{(\text{区間長})}{(\text{平均旅行時間})} \quad [\text{km}/\text{時} \cdot \text{台}]$	走行パターン別 (本線NW車, 本線W車, ランプNW車, ランプW車) (注)
② 平均遅れ時間	希望速度で走行した場合に対する遅れを評価する。	$\frac{(\text{総旅行時間}) - (\text{希望速度で走行した時の総旅行時間})}{(\text{交通量}) \cdot (\text{区間長})} \quad [\text{秒}/\text{km}]$	走行パターン別 (本線NW車, 本線W車, ランプNW車, ランプW車) (注)
③ 織り込み区間の速度低下	織り込みの影響による速度サービスの低下を評価する。	$(\text{織り込み手前区間開始地点の速度}) - (\text{織り込み頻度が最も高い区間の速度}) \quad [\text{km}/\text{時}]$	
④ 区間内織り込み完了率	正規の区間中で織り込みを行った車の割合により円滑性を評価する。ここで正規の区間とは、合流のゼブラノーズから分岐点 (ハードノーズ) の一定距離手前までの区間とする。	$\frac{(\text{正規の区間内の織り込み交通量})}{(\text{全織り込み交通量})} \quad [\%]$	分岐点手前の一定距離は、設計速度で標準的な車線変更を行うために要する距離をとる (設計速度80km/時, 車線変更時間3.5秒で約80m)。
⑤ 急な減速を伴わない織り込みの比率	スムーズな速度調整で織り込みを行った車の割合により快適性を評価する。	$\frac{(\text{織り込み時の速度差が5km/時以下の織り込みの回数})}{(\text{全織り込み交通量})} \quad [\%]$	速度差 = $V_0 - V_1$ または $V_2 - V_1$ ここに、 V_0 : 織り込み車の速度 V_1 : 相手側車線前車の速度 V_2 : 相手側車線後車の速度 なお、5km/時の速度差は順応時間3秒として0.5m/sec ² (エンジンブレーキ程度) の減速度に相当。
⑥ 位置別織り込み完了率 (利用効率)	織り込み区間全体の〇〇%の位置で、どのくらいの織り込みが終わっているかにより、区間長利用の効率性を評価する。	$\frac{(\text{全区間の〇〇%地点における織り込み終了車})}{(\text{全織り込み交通量})} \quad [\%]$	図-3.1の模式図参照
⑦ 織り込み区間長の利用比率	織り込み車の〇〇%が織り込み区間のどの程度まで用いて織り込みを完了しているかにより、区間長の充足度を評価する。	$\frac{(\text{織り込み車の〇〇%が織り込みを完了する位置})}{(\text{区間長})}$	

(注) NW車, W車はそれぞれ非織り込み車 (Non Weaving 車両), 織り込み車 (Weaving 車両) を表わす。

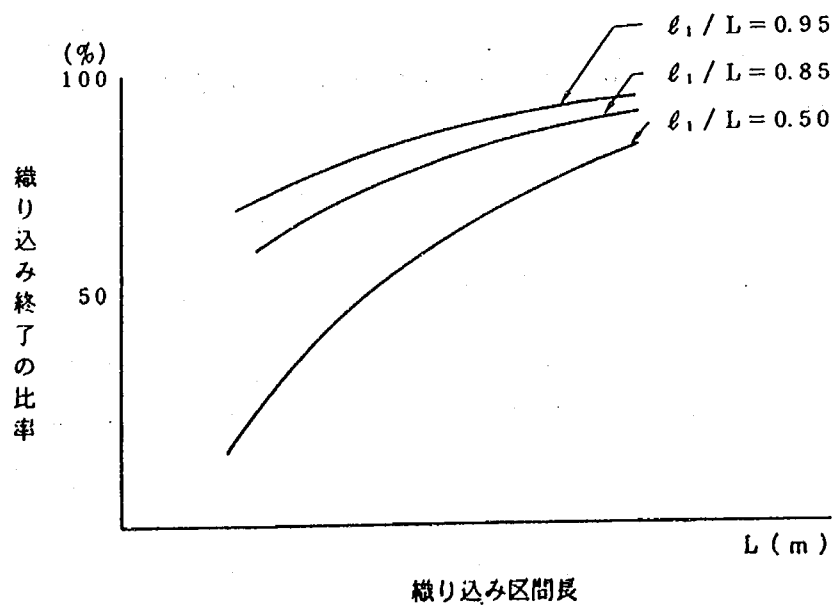
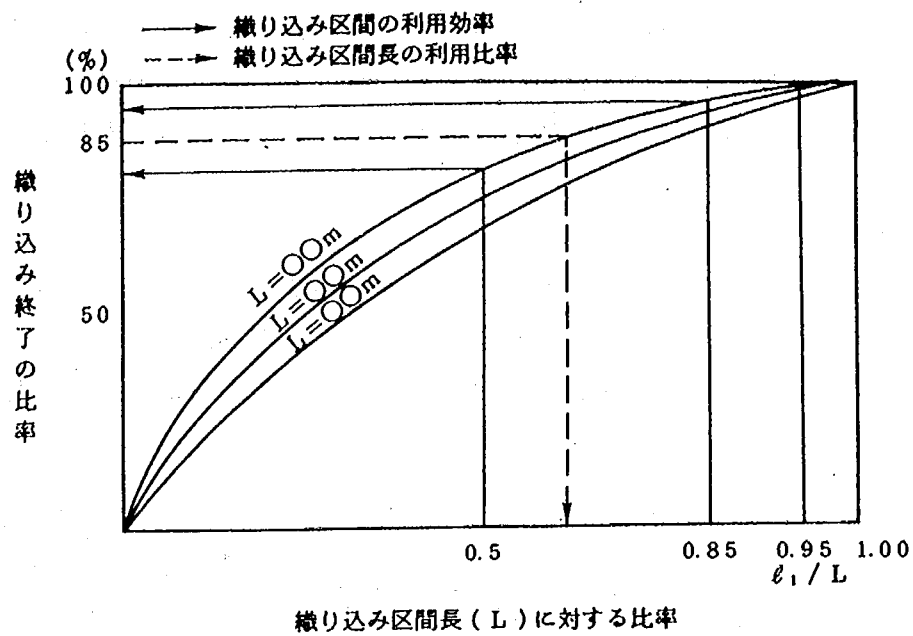


図 - 3. 1 利用効率と利用比率の概念

3. 2 感度分析の実施

評価指標が、交通条件や区間長の変化に対して、どの程度の感度があるか、また区間長を評価するための代表指標としていずれの評価指標が適切であるかを把握するため、シミュレーションによる感度分析を行った。感度分析の方法およびその結果を以下に述べる。

(1) 感度分析の方法

感度分析は、図-3. 2に示すB-1タイプの織込み形態を対象とし、本線交通量の変化およびそれに伴う織込み交通量の変化に対する各評価指標の感度を分析した。表-3. 2は本線交通量の変化に対する交通条件を整理したものである。なお、織込み区間長は、400m, 600m, 800m, 1000mの4ケースを考えた。

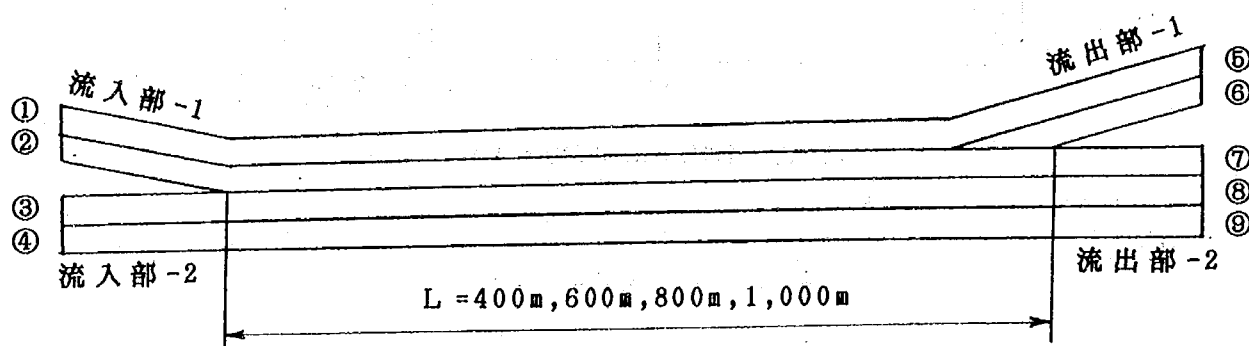


図-3. 2 対象とする織込み形態 (B-1タイプ)

表－３．２ 交通条件

項目		ケース 1	ケース 2	ケース 3
交通量 [台／時]	本線	2,000	2,500	3,000
	ランプ	1,000		
	合計	3,000	3,500	4,000
大型車 混入率 [%]	本線	30		
	ランプ	30		
	合計	30		
織込み 比率 (下段は 織込み車台 数) [台／時]	本線	0.30		
		(600)	(750)	(900)
	ランプ	0.70		
		(700)		
	合計	0.43	0.41	0.40
		(1,300)	(1,450)	(1,600)

(2) 感度分析

1) 平均旅行速度

図-3.3は、交通量の変化による平均旅行速度の変動傾向を示したものである。同図より以下のことがわかる。

- ・交通量の増加に従い、平均旅行速度は各走行パターンとも低下する。また、その度合は、交通量500台/時の変化に対し、0.5~1km/時程度である。
- ・区間長の増加に従い、平均旅行速度はランプ非織込み車を除く全ての走行パターンについて速くなる傾向が見られる。
- ・ランプ非織込み車の旅行速度が区間長の増加に従い、低くなったのは、織込みの影響ではなく、織込み区間のうちのランプ側の1車線区間の延長比率が、区間長の増加に従い大きくなったためと考えられる。すなわち、逆に言えば終端で2車線になり、速度が回復する区間の延長比率が小さくなったことが、平均速度の計算上影響したものと考えられる。

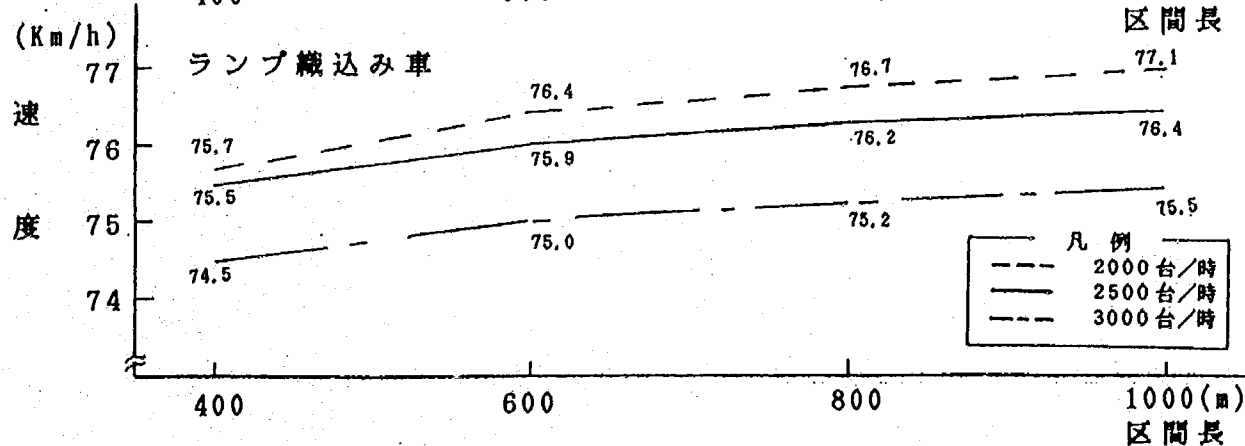
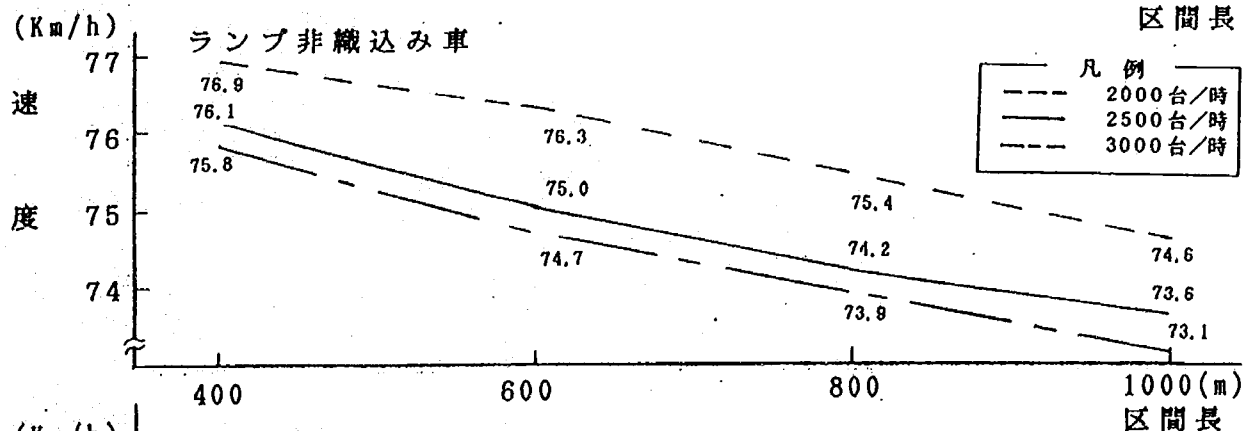
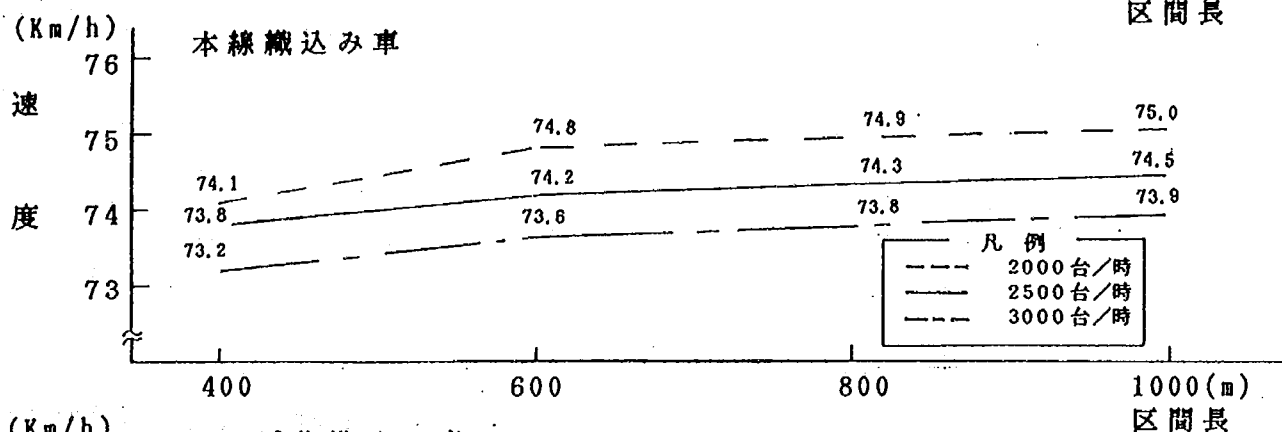
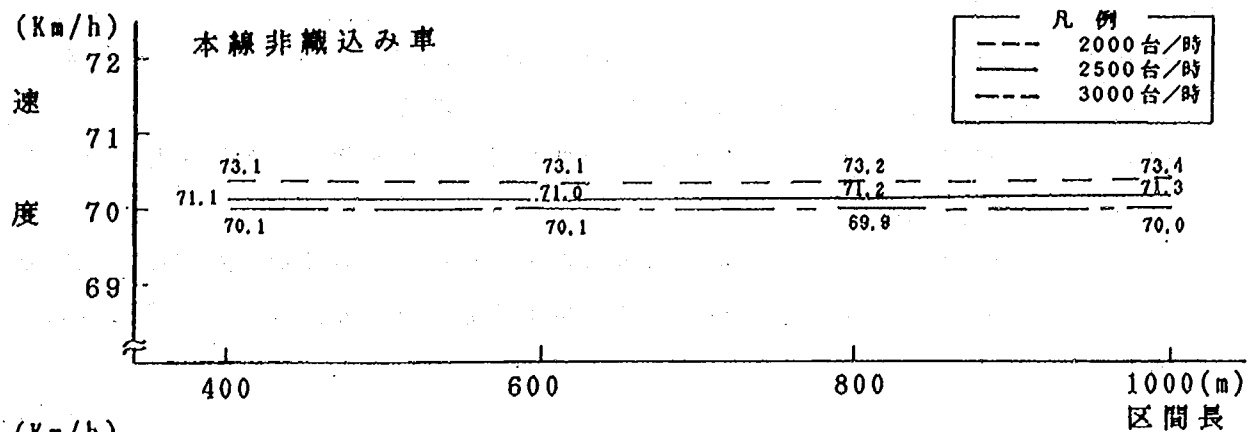


図 - 3. 3 平均旅行速度

2) 平均遅れ時間

図-3, 4は、交通量の変化による1km・台当りの平均遅れ時間の変動傾向を示したものである。同図より以下のことがいえる。

- ・交通量の増加に従い、1kmあたりの平均遅れ時間は各走行パターンとも小さくなる。これは、平均旅行速度が低下することによるものである。
- ・区間長の増加に従い、平均遅れ時間はランプ非織込み車を除く全ての走行パターンについて小さくなる。
- ・ランプ非織込み車の平均遅れ時間が区間長の増加に従い大きくなったのは、旅行速度の項で説明したようにランプ側の1車線区間の延長比率が影響したものと考えられる。

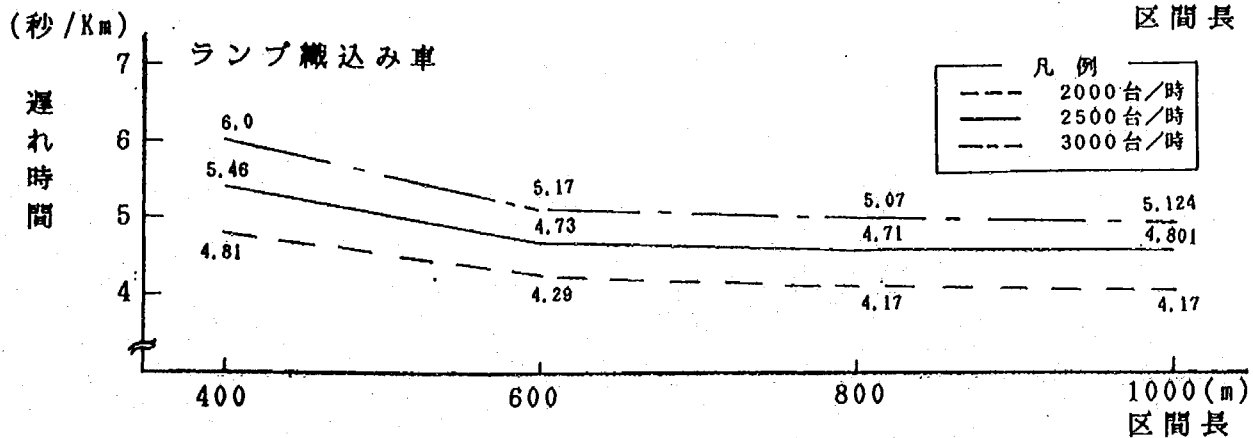
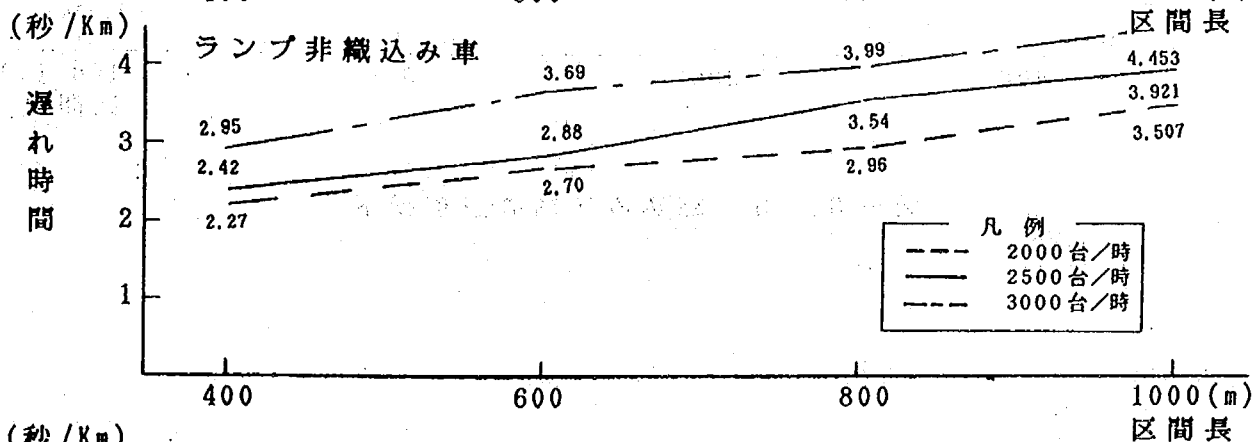
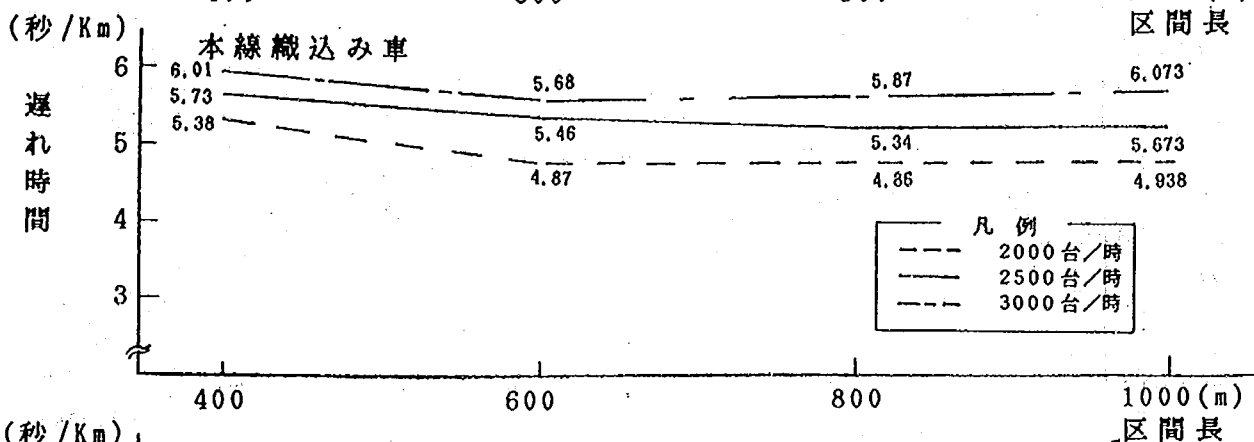
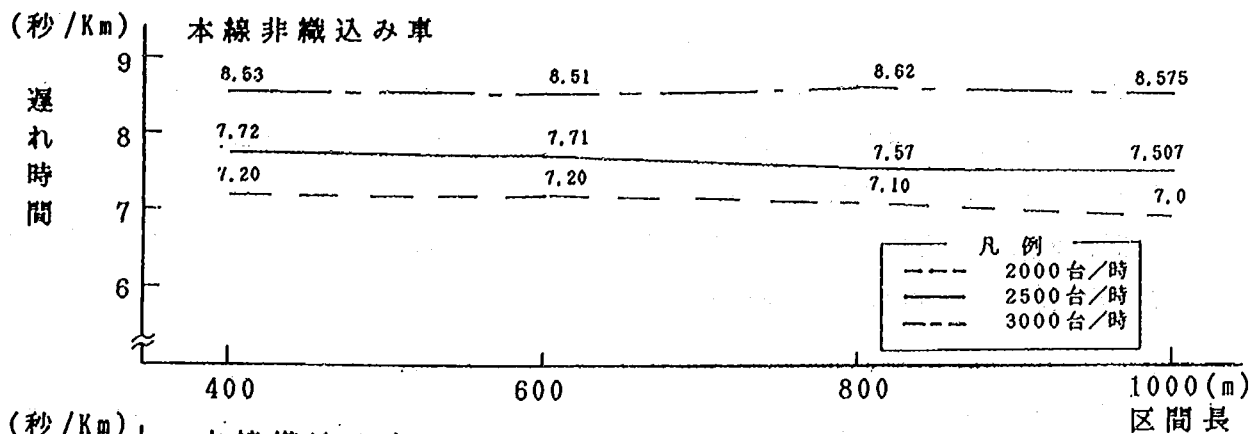


図-3. 4 平均遅れ時間

3) 織込み区間の速度低下

図-3.5は、交通量の変化による織込み区間の速度低下の変動傾向を示したものである。ここで速度低下量は、織込みの影響が最も顕著にあらわれるランプ追越車線を対象とした。同図より以下のことがわかる。

- ・交通量の増加に従い、速度低下は小さくなる。これは、織込み手前の単路部においてすでに速度が低下しているためである。また、その度合は交通量500台/時の変化に対し、1~3km/時程度である。
- ・区間長の増加に従い、速度低下は小さくなる傾向が見られるが、絶対量としては区間長400mと1000mで3km/時程度の差である。

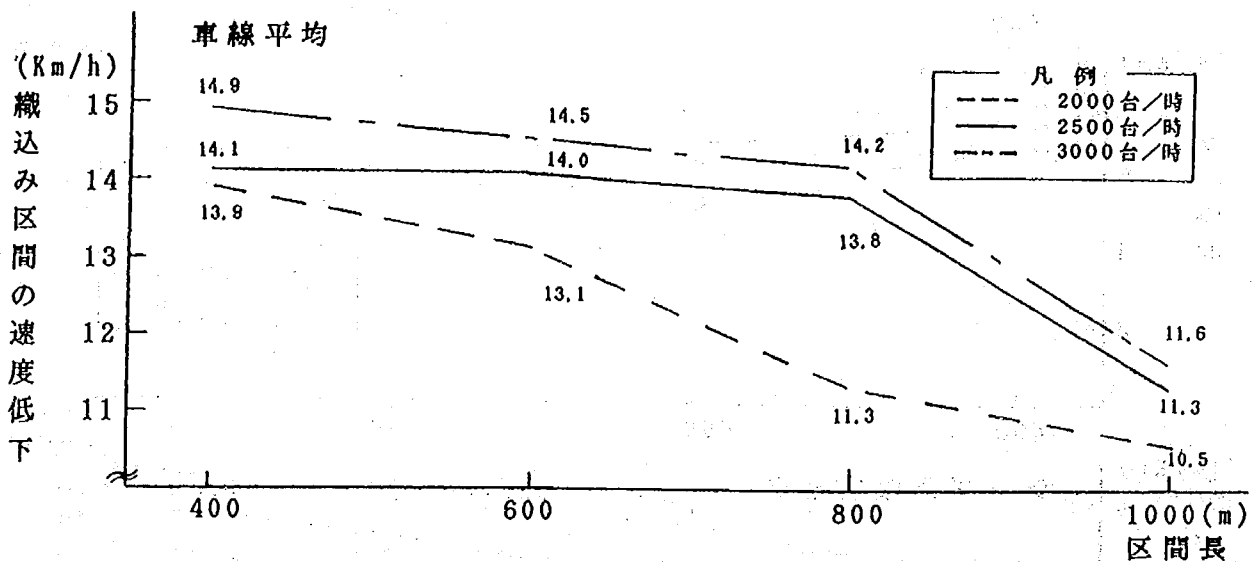


図-3.5 織込み区間の速度低下

4) 区間内織込み完了率

図-3.6は交通量の変化による区間内織込み完了率の変動傾向を示したものである。同図より以下のことがわかる。

- ・交通量の増加に従い、区間内織込み完了率は小さくなる。これは、織込み位置が下流側にずれることによるものである。また、その度合は、交通量500台/時の変化で2~3%程度である。
- ・区間長が200m増加するに従い、区間内織込み完了率は3~5%程度高くなり、区間長を長くすることによる感度があらわれる。

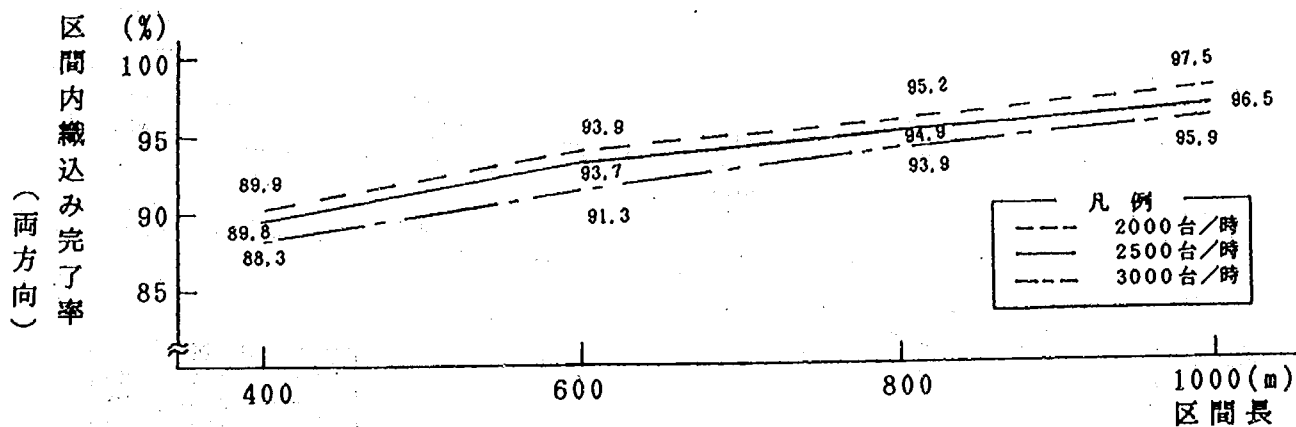


図-3.6 区間内織込み完了率

5) 急な減速を伴わない織込みの比率

図-3. 7は、交通量の変化による急な減速を伴わない織込み比率の変動傾向を示したものである。同図より以下のことがわかる。

- ・交通量の増加に従い、急な減速を伴わないスムーズな織込みの比率は小さくなり円滑性が低下する。これは、織込み交通の増加により急な割り込みが多くなることによるものと考えられる。
- ・区間長の増加に従い、急な減速を伴わない織込みの比率は高くなり、円滑性が向上する。

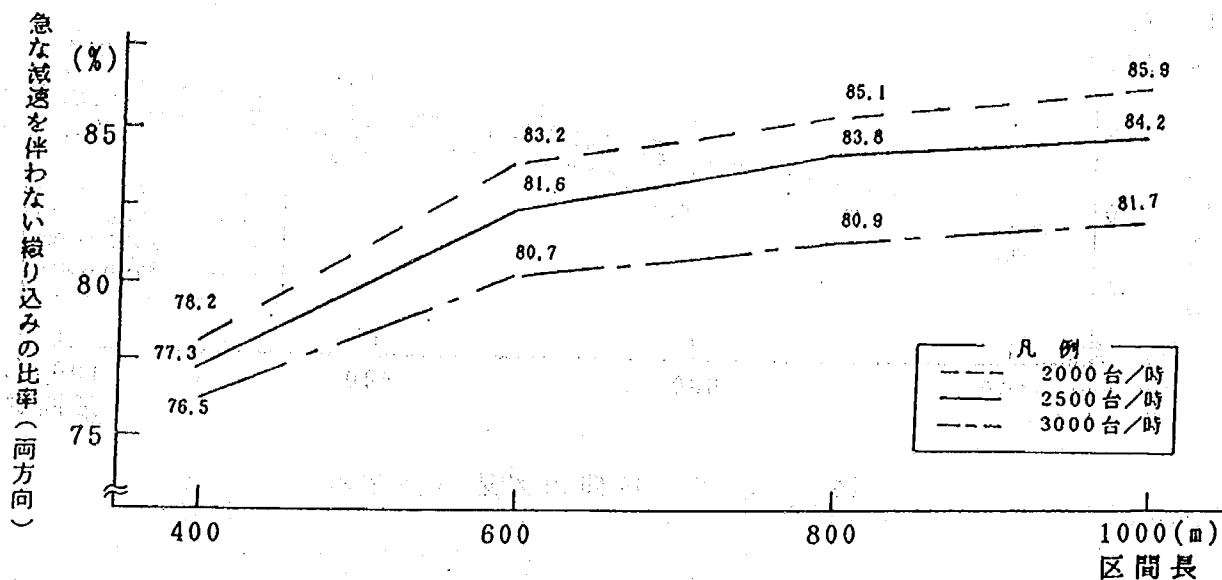


図-3. 7 急な減速を伴わない織込みの比率

6) 位置別織込み完了率

図-3.9は、交通量の変化による利用効率の変動傾向を示したものである。ここで、利用効率を計算する上で採用した地点は、試行的に全区間長の50%、85%および95%の3地点をとった。同図より以下のことがいえる。

- ・交通量の増加に従い、位置別織込み完了率、すなわち区間長の一定比率の地点で織込みを終了する車の割合は低下する。これは、織込み位置が下流側へずれることによるものである。
- ・区間長の増加に従い、位置別織込み完了率は高くなる。これは、区間長が増加すれば、合流ノーズから絶対距離(1)が長くなるので、織込みを終了する車が増えるためである。

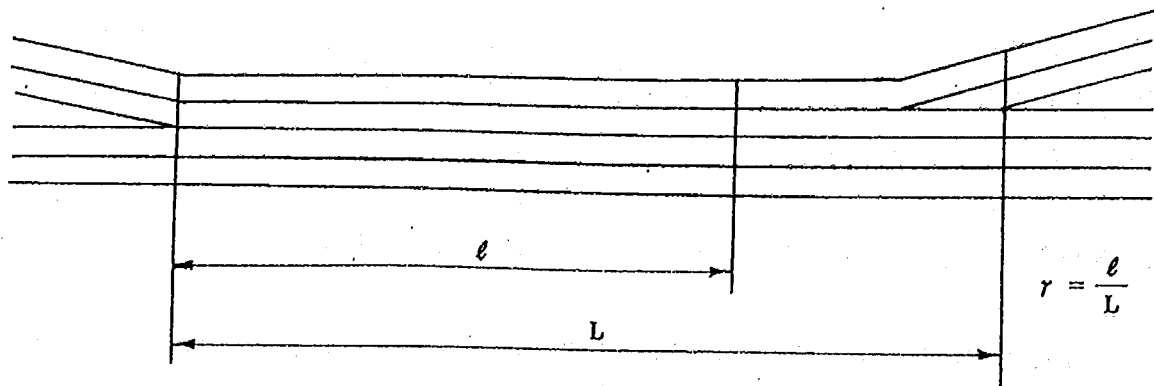


図-3.8 区間長比率 ($r = l / L$) の概念

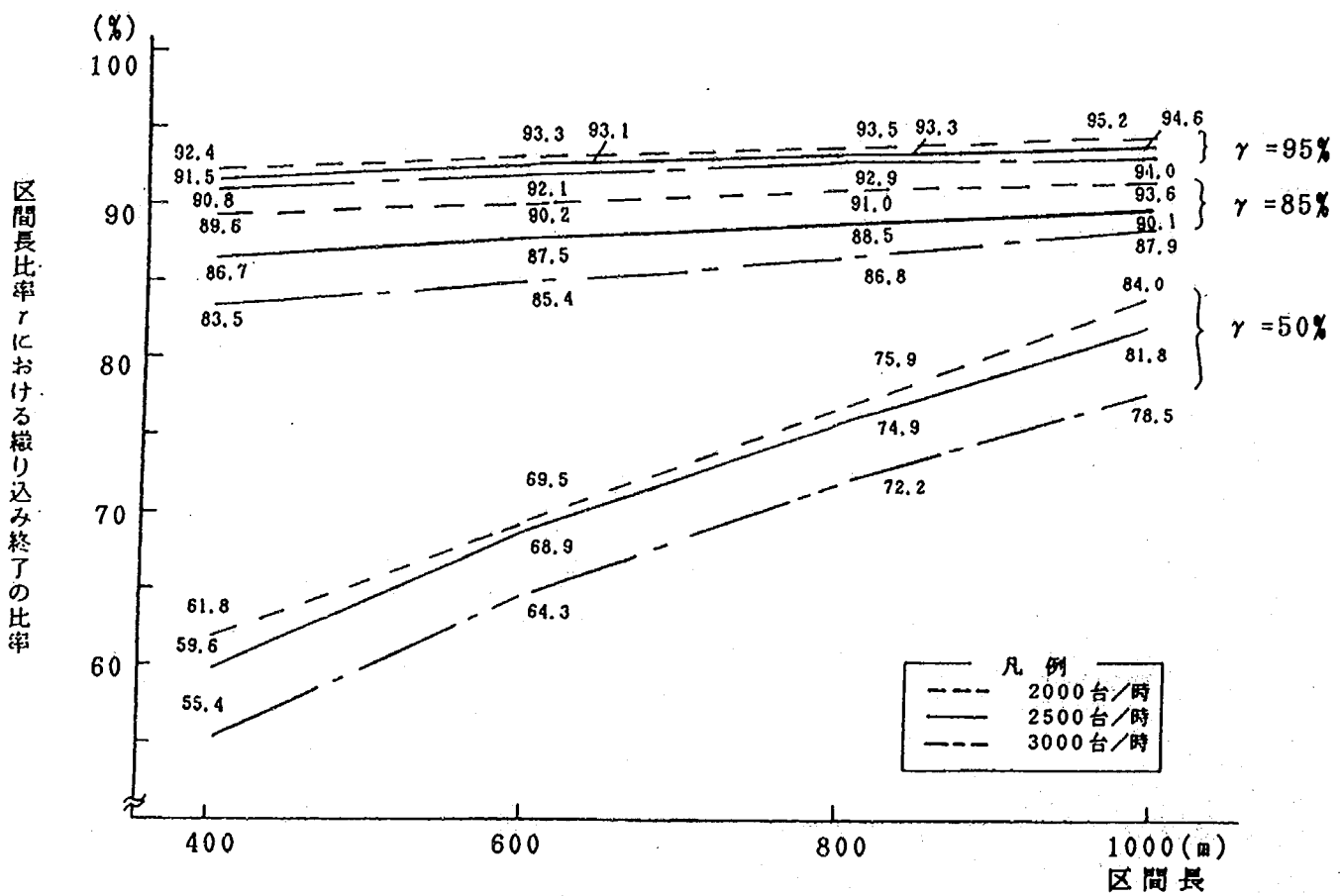


図-3.9 位置別織込み完了率

7) 織込み区間長の利用比率

図-3. 10は交通量の変化による利用比率の変動傾向を示したものである。ここで、利用比率を計算する上で必要となる織込み完了車の比率は確率的に概ね有意と判断できる85%を採用した。同図より以下のことがわかる。

- ・交通量の増加に従い、織込み位置の区間長に対する比率は高くなる。これは、織込み位置が下流側にずれることによるものである。
- ・織込み位置の区間長に対する比率は、交通量レベルによって極値となる区間長が変わり、交通量が多いほど極値となる区間長が長くなる傾向が見られる。すなわち、交通量が多いほど織込み全延長に対する85パーセンタイル織込み位置が長くなり、区間長の利用効率が高くなる。

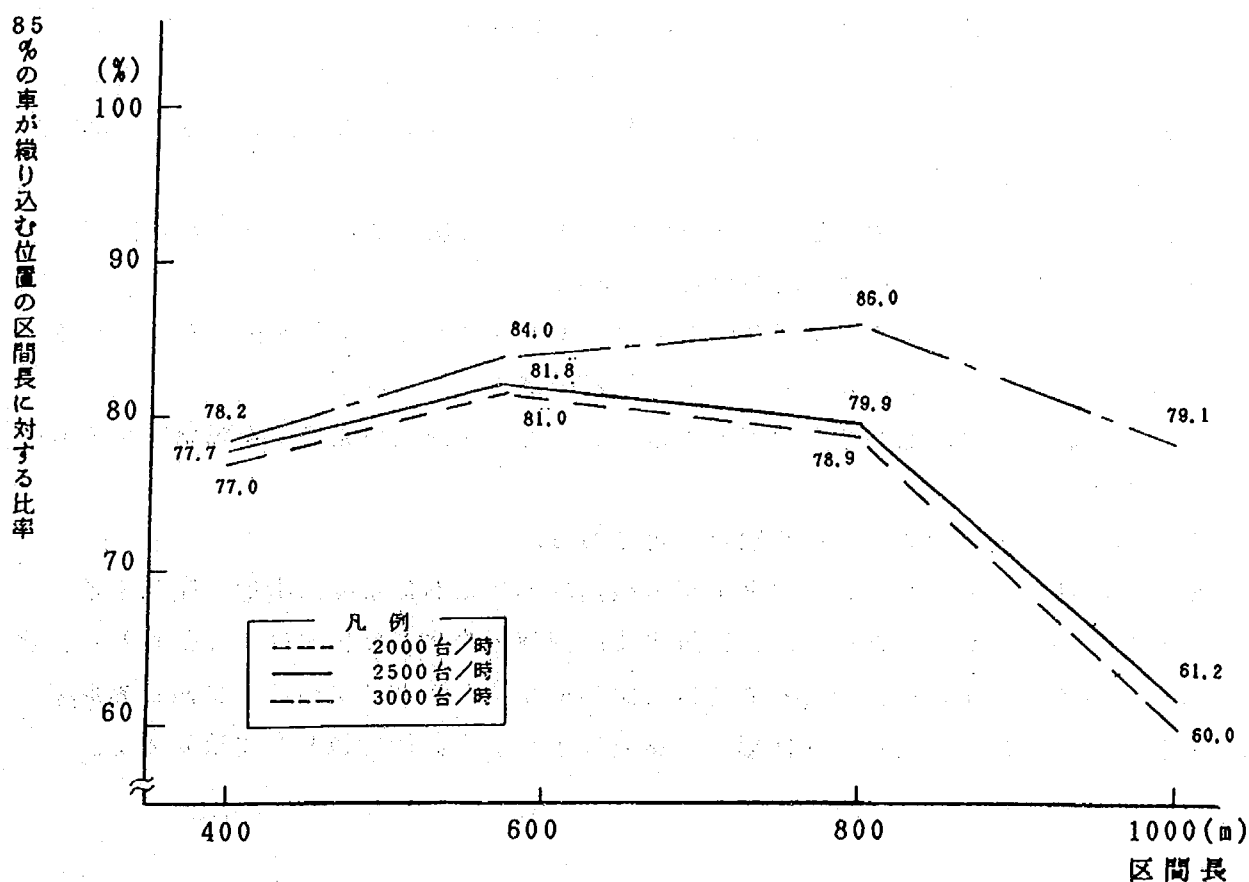


図-3. 10 織込み区間長の利用比率

(3) 評価指標の検討

評価指標の感度分析を通じ、B-1タイプの織込み形態における織込み区間長を評価する指標について明らかになった事柄を整理すると以下のとおりである。

- ①各評価指標はともに、交通量の変化に対する感度は高い。
- ②速度に関する評価指標である「平均旅行速度」、「平均遅れ時間」、「織込み区間の速度低下」は、区間長に対する感度があまり敏感でない。
- ③速度のように絶対量を扱う評価指標より、比率のように相対量を扱う評価指標の方が区間長に対する感度が高く、区間長を評価する上で適している。

このように、速度に関する評価指標は区間長を評価する上での感度があまりない。これは、ランプ織込みの形態においてもあらわれた傾向であり、シミュレーションでは主として自由流における挙動の再現を基本としているため、区間長が短いときに生ずる急な織込みやそれに伴う微少な速度変化に対し、後続車が敏感に反応する構造にはなっていないことによるものと考えられる。

一方、基準化を図る上で望ましい評価指標の要件として次のことがあげられる。

- ①状態量としてわかりやすく説明が容易である。
- ②交通量、織込み比率等の交通条件の変化による評価値の変化が明確にあらわれる。
- ③区間長を変えることによる評価値の変化が明確にあらわれる。
- ④区間の利用効率的なものを評価するのではなく、区間長の充足度を評価できるものである。
- ⑤評価基準の設定およびその説明が容易である。
- ⑥既に標準化が図られているAタイプの織込み形態における評価指標と類似する。

以上のことから、交通条件や区間長に対する評価値の変化が比較的によくあらわれ、比率を扱っていることから統計量として閾値を定めやすく、Aタイプのランプ織込み形態でも評価指標として適用している「区間内織込み完了率」を評価指標として決定する。

3. 3 サービス水準の検討

区間内織込みとは、正規の織込み区間内で標準的な車線変更時間で織込みを行った車を意味し、この全織込み交通量に対する比率は終端まで追い込まれて緊張を強いられることなく円滑に織込み挙動がとれる確率と考えることができる。

評価にあたっては、交通のサービスに応じた基準値を定めることとなるが、平成2年度に日本道路公団が（社）交通工学研究会に委託して実施された「織込み区間の設計に関する研究」においては、ランプ織込みを対象にして織込み区間の実際の交通現象と、その時の交通条件におけるシミュレーションによる区間内織込み完了率との対比を分析し、以下のように設定している。

すなわち、区間内織込み完了率の下限値は、交通流が不安定な領域に近づき、分岐地点で無理な織込みがみられるようになる70%とした。また、段階評価として、快適性の向上度に応じ、計画上の目標として次の3段階に分けた。

- (1) 評価Ⅰ：区間内織込み完了率が90%以上
- (2) 評価Ⅱ：区間内織込み完了率が90～80%
- (3) 評価Ⅲ：区間内織込み完了率が80～70%

上記の評価水準に対応する交通現象を過去の解析結果を用い設定すると、表-3.3のとおりであった。また、図-3.11はⅠ、Ⅱ、Ⅲの各評価に対応する走行状態を例示したものである。

本調査で検討の対象としているA-2の織込み形態（クラウン線を有する大織込み）、およびB-1の織込み形態（車線分岐を有する大織込み）においても、A-1のランプの織込みの場合と同様に実際の交通現象と区間内織込み完了率との関係を実証的に検討し、サービス水準を設定すべきところである。しかしながら、現時点で厳密にこれらの形態に合致する織込み形態はわが国にはなく、当然、織込み区間の交通現象の実測例はない。ただし、上で述べた区間内織込み完了率の考え方はランプ織込みと共通しており、分岐点までに織込みを完了しようとする挙動に着目すれば同等すると判断される。したがって、本調査で検討対象とする2つの大織込みのサービス水準およびそれに対応する交通流の状態は過去の研究と同様に表-3.3のとおりとし、サービス水準の実証的検討については今後の課題とする。

(ランプ織り; A-1タイプ)

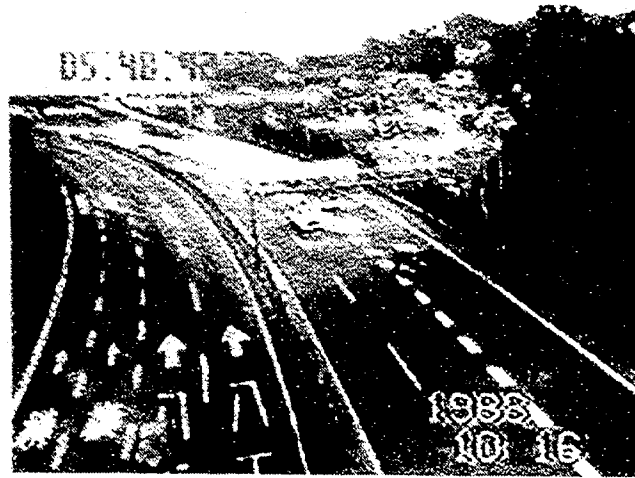
表-3. 3 評価水準に対応した交通現象

評価水準	シミュレーション評価 (区間内織込み完了率)	(注) 交通量	本線の交通状態量				交通流の状態
			平均旅行速度		交通密度		
			走行車線	追越車線	走行車線	追越車線	
I	90～100%	1900台／時以下	90km／時以上	95km／時以上	8台／km・車線以下	6台／km・車線以下	自由交通状態に近く、交通流での織込みの影響はほとんどなく安定している。織込み車はほんの少し速度調整するだけで円滑な織込みが行える。
II	80～90%	1900～2300台／時	90～80km／時	95～85km／時	8～12台／km・車線	6～10台／km・車線	交通流は依然として安定しているが、円滑な織込みをするためには、本線走行車と織込み車はともに速度調整する必要がある。織込みの影響を受ける本線の走行速度はサービスレベルIに比べ10km／時程度低下する。
III	70～80%	2300～3000台／時	80～70km／時	85～75km／時	12～16台／km・車線	10～14台／km・車線	交通流はほぼ安定しているが、わずかなきかけがあると不安定な状態に陥りやすい。流入交通量が多く車群化が進行すると、できるだけ早目に織込もうとして合流のゼブラ区間でも織込みが発生するようになる。また、速度調整がうまくいかなかった織込み車が、分流ノーズ付近でようやく織込みする状況もみられるようになる。このとき、織込みの影響を受ける本線の走行速度はレベルIに比べ20km／時程度低下する。

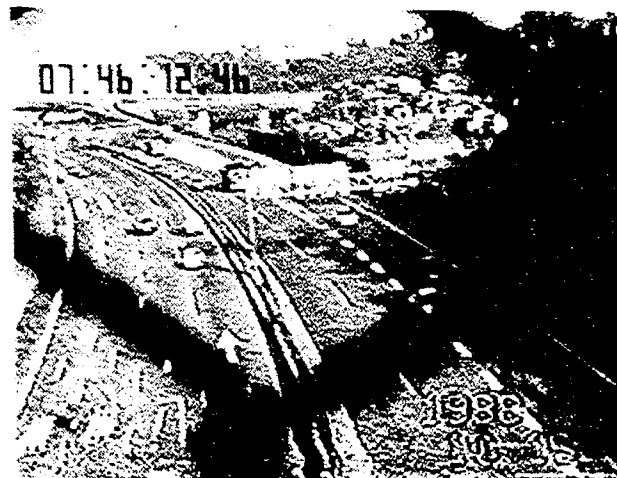
(注) 総交通量 (本線+ランプ)

出典: 「織込み区間の設計に関する研究」平成3年2月

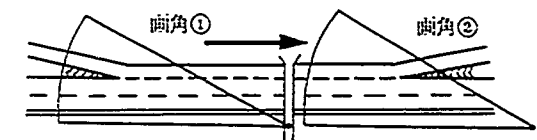
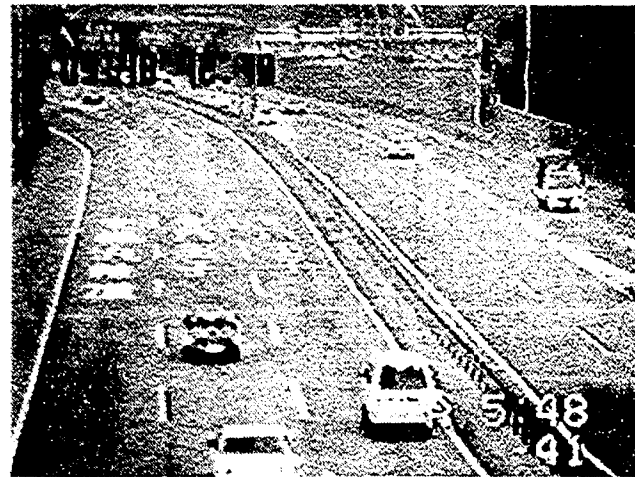
サービスレベルⅠ



サービスレベルⅡ



サービスレベルⅢ



(注) 対象方向は画面奥から手前方向の交通流

図-3. 1.1 評価Ⅰ, Ⅱ, Ⅲにおける走行状況

第4章 織込み区間の必要長の検討

本章においては、本調査で対象とするA-2の織込み形態（クラウン線を有する大織込み）およびB-1の織込み形態（車線分岐を有する大織込み）を対象に、今後想定される道路条件、および交通条件を設定してシミュレーションを実施し、サービスレベルに応じた必要区間長を検討する。

4.1 演算条件の検討

(1) 道路条件

1) 車線数

大織込みにおける織込み区間手前（合流部）の車線数は、本線とおしの合流を想定し、我国の自動車専用道路の本線車線数として一般的な2車線を、右側（優先側）本線および左側（非優先側）本線の車線数として設定する。

また、織込み後（分流後）の車線数は本調査で対象としている、A-2の大織込みおよびB-1の大織込みの形態から設定する。すなわち、A-2の大織込みについては、その定義から必然的に分岐後の車線数は左右それぞれ2車線となる。一方、B-1の大織込みは、右側の本線の車線数はその定義から必然的に3車線となるが、左側の本線の車線数は1車線と2車線の2とおりが考えられる。ただし、今回の演算においては、分岐後も本線となる場合も考えるため、左側の車線数は2車線とする。

図-4.1は、シミュレーション演算の対象とする織込み形態および車線数を整理したものである。

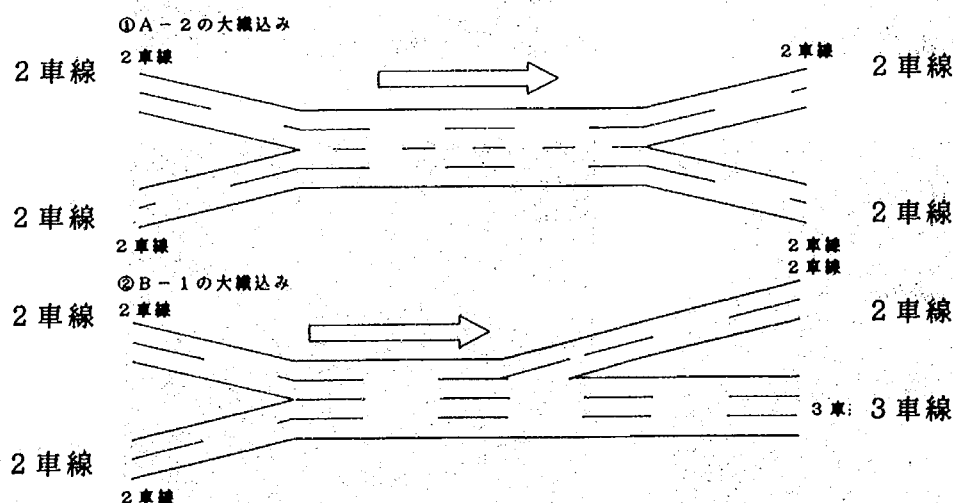


図-4.1 織込み形態と車線数の演算条件

2) 織込み区間長

表-4. 1 は、織込み区間の実態に関する既存の資料より、織込み区間の長さ等についてとりまとめたものである。

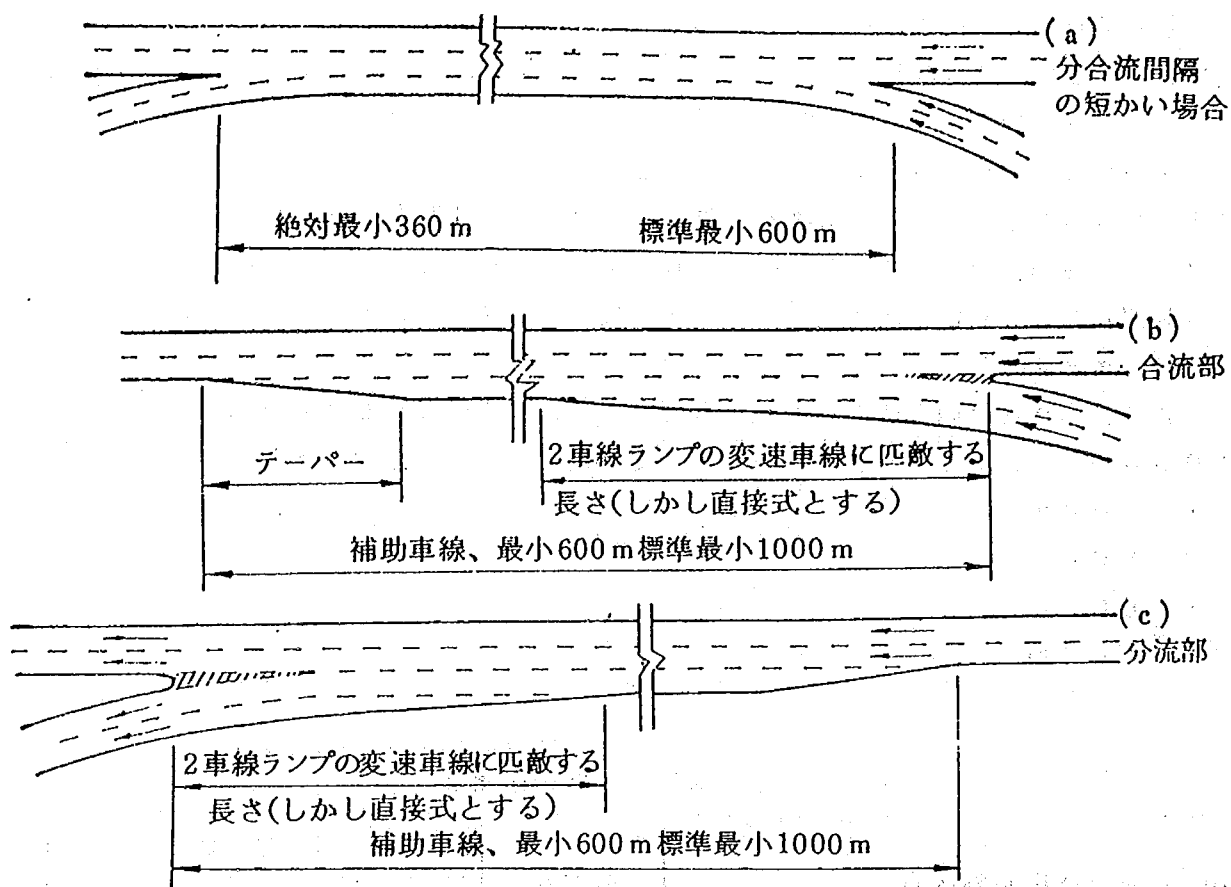
また、日本道路公団設計要領（第四集）によると、分合流部に設置する補助車線が連続として運用される場合のノーズ間距離は、図-4. 2 に示すとおり、絶対最小長が 360 m、標準最小長が 600 m となっている。さらに、補助車線を連結すべき最小ノーズ間距離は 1200 m とされていることより、最小織込み区間長は既存事例での最短区間長の 329 m、絶対最小長の 360 m を参考に 400 m と設定し、最大織込み区間長は既存資料の最長区間長の 860 m、補助車線を連結する最小ノーズ間距離の 1200 m など参考に 1000 m と設定した。

以上より、本検討での織込み区間長の計算条件は、最小区間長を 400 m、最長区間長を 1000 m とし、その間を 200 m ピッチで分割し、以下のとおりとした。

- ・ 400 m
- ・ 600 m
- ・ 800 m
- ・ 1000 m

表-4. 1 織込み区間の区間長

織込み区間	区間長	車線数		
		合流部	織込み区間	分流部
首都高三ッ沢線：保土ヶ谷ON～三ッ沢JCT	329 m	1	3	1
		2		2
東関東自動車道：宮野木JCT～千葉北IC	680 m	1	4	1
		3		3
首都高湾岸線：葛西IC～葛西OFF	567 m	2	4	1
		3		3
首都高湾岸線：葛西ON～葛西IC	464 m	1	4	2
		3		3
横浜横須賀道路：新保土ヶ谷IC～狩場OFF	735 m	1	3	1
		2		2
首都高中環外回：小菅IC～堀切IC	860 m	2	4	2
		1		2
首都高都環外回：霞が関JCT°～三宅坂IC	410 m	2	2	1
		1		2
首都高都環外回：谷町IC～霞が関JCT°	527 m	2	2	2
		2		1
首都高6号線：江戸橋IC～箱崎IC	840 m	2	4	2
		2		2



出典：日本道路公団設計要領(第4集)

図-4.2 補助車線の長さ

(2) 交通条件

1) 交通量

演算対象とする交通量は、平成4年度に実施した地建に対するアンケート結果より設定することを考えたが、同調査で回答があった織込み形態はほとんどがA-1タイプのランプ織込み形態であったため、演算条件の設定にあたっては、第1種道路における設計交通容量を目安にすることとした。具体的には、第1種道路における実現最大交通量を可能交通容量とし、計画水準1の低減率（地方部0.75）を用いて設計交通容量を求め、交通量の上限を設定した。

表-4. 2は、東名高速道路において平成2年4月から9月までのトラカンデータで観測された時間交通量の最大値を示したものである。同表より、片側2車線区間の実績最大交通量の平均値は、3,342台/時であり設計交通容量は2,507台/時となる。このことから、本線交通量の演算条件の上限値は2,500台/時とし、さらに容量の半分にいたるまで段階的に、2,000台/時、1,500台/時のケースを設定した。

表-4. 2 東名高速道路の実績最大交通量

区間名	上							下						
	トンネル による 修正係	大車率 換入率 (%)	縦断勾配 (%)	大車率 当量	大車率 による 修正率	可能交通容量 の計算値 (台/時)	実績最大 交通量 (台/時)	トンネル による 修正係	大車率 換入率 (%)	縦断勾配 (%)	大車率 当量	大車率 による 修正率	可能交通容量 の計算値 (台/時)	実績最大 交通量 (台/時)
東京～														
東名川崎	1.0	24.2	4.0	2.4	0.75	4930	4672	1	15.8	5	2.9	0.77	5070	4680
東名川崎～														
横浜	1.0	5.5	3.0	1.8	0.96	6322	4934	1	9.7	3	1.8	0.93	6125	5280
横浜～														
厚木	1.0	5.1	2.4	1.8	0.96	6341	5476	1	9.8	2.4	1.8	0.93	6120	5742
厚木～														
厚木中井	1.0	6.7	1.4	1.8	0.95	4176	3631	1	14.1	3.2	1.8	0.9	3954	3661
厚木中井～														
大井松田	1.0	5.6	4.8	2.5	0.92	4042	3659	1	5.6	3.4	1.8	0.96	4205	3322
大井松田～														
御殿場	0.9	7.1	6.5	1.8	0.95	3747	3073	0.9	25.9	1.7	1.7	0.85	3352	2807
御殿場～														
沼津	1.0	13.7	2.6	1.8	0.96	3985	3426	1	11	0.6	1.8	0.92	4044	2956
沼津～														
沼津	1.0	15.8	1.3	1.8	0.89	3906	3172	1	30.5	0.8	1.7	0.82	3626	2979
沼津～														
富士	1.0	12.7	2.7	1.8	0.91	3994	2733	1	37.2	2.3	1.7	0.79	3491	3084
富士～														
清水	0.9	5.9	2.0	1.8	0.95	3782	2820	0.9	15.4	2.8	1.8	0.89	3526	3039
清水～														
静岡	1.0	6.9	1.4	1.8	0.95	4176	2949	1	30.4	2.3	1.7	0.82	3626	3084
静岡～														
焼津	0.9	17.6	2.8	1.8	0.86	3471	2984	0.9	6.1	1.8	1.8	0.95	3776	3111
焼津～														
宮田	1.0	29.3	2.6	1.7	0.82	3651	3000	1	5.8	1.6	1.8	0.95	4176	3202
宮田～														
菊川	1.0	6.7	4.0	2.5	0.93	3998	3163	1	8.2	3.2	1.8	0.94	4126	3124
菊川～														
袋井	1.0	4.5	2.6	1.8	0.97	4247	3285	1	4	1.8	1.8	0.97	4266	3061
袋井～														
浜松	1.0	9.4	2.8	1.8	0.97	4283	3238	1	23.4	3	1.7	0.86	3806	3109
浜松～														
浜松西	1.0	9.6	6.4	1.8	0.94	4297	2901	1	6.3	2.8	1.8	0.95	4199	2921
浜松西～														
三ヶ日	1.0	3.4	3.0	1.8	0.97	4283	2901	1	2.9	2.4	1.8	0.98	4206	3145

注) ※はQV図の形が完成しておらず、実績最大時間交通量に達していない恐れのあるもの。

出典: 「東名高速道路便覧」平成4年1月

2) 織込み比率

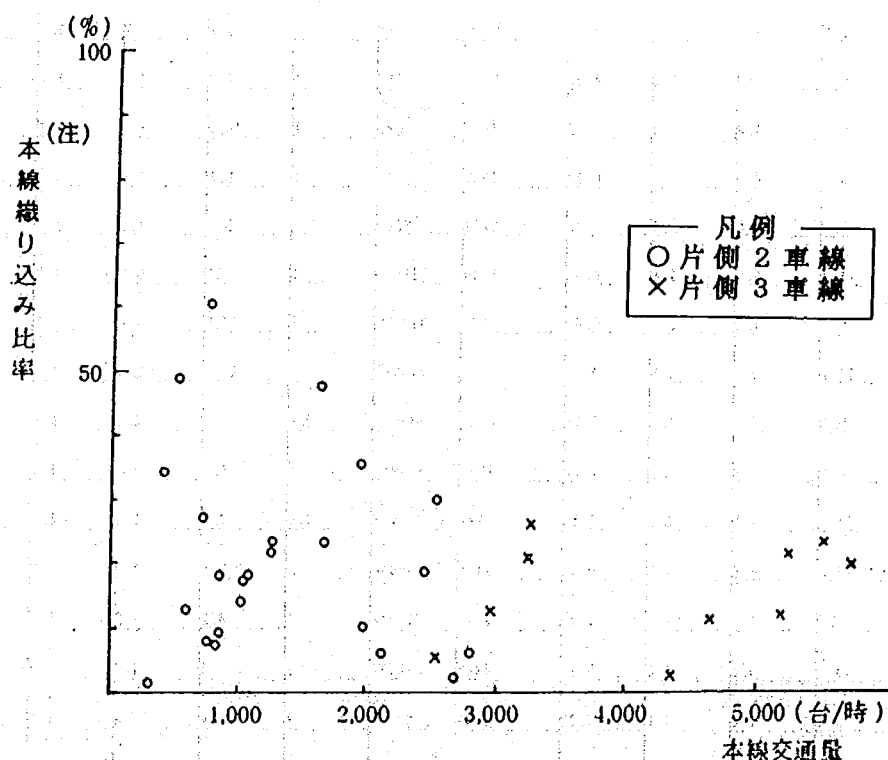
織込み比率の設定にあたっては、平成2年度に（社）交通工学研究会で実施された「織込み区間の設計に関する研究」の中で調査された計画織込み区間における本線織込み比率を参考に本線交通の最大織込み比率を設定することとした。

図-4.3は、同研究で調査された本線交通量と本線織込み比率の関係を示したものである。対象とした織込み区間はインターチェンジ間が近接するランプ織込みの形態であり、今回の演算対象とする大織込みの形態と厳密には一致しないが、上限値である50%は、本線とおしの織込みの限界としても概ね妥当なものと考えられる。

一方、ランプ側となる左側本線の織込み比率は、A-2タイプの大織込みでは、織込み区間前後の車線数が左側、右側とも同じであることを考えると、右側本線と同様の値を想定することが妥当と考えられる。また、B-1タイプの大織込みでは、織込み区間下流の本線（右側）の車線数が3車線となることを考えると、容量的には大きくなるため、右側本線より高い織込み比率を想定することが妥当と考えられる。

以上のことから、織込み比率の条件は、A-2タイプの大織込みについては右側および左側ともに50%を上限とし、中間値として段階的に30%と10%のケースを設定した。

またB-1タイプの大織込みについては右側はA-2タイプと同じ50%を上限とし、左側については70%を上限とし、中間値として段階的に50%と30%のケースを設定した。



(注) 本線織込み比率 …… 本線から織込み区間へ流入する交通量のうち織込み車の比率

図-4.3 交通量と織込み比率（本線）

3) 希望速度・初期速度

希望速度は、左右両本線とも設計速度100km/hにおける車線別、車種別の速度分布を設定する。この値は、『織込み区間の設計に関する調査研究』（平成2年3月：社団法人 交通工学研究会）において検討した結果を用いる。表-4.3は同研究で本線の希望速度として設定した値を示したものである。

また、本検討の対象である織込み区間は本線同士の大織込みであることから、速度設定は右側本線と左側本線で同等であると考えた。

表-4.3 希望速度

		平均値	標準偏差	下限値 ^{注1}	上限値 ^{注1}
走行車線 ^{注2}	大型車	76	7	50	130
	小型車	81	8	55	140
追越車線	大型車	96	9	50	130
	小型車	97	10	55	140

注1：下限値と上限値は実測値の分布範囲をもとに設定した

注2：出典『登坂車線に関する調査研究報告書』（昭和55年1月）

(3) 演算ケースの設定

シミュレーションの演算ケースは、(1) および (2) で設定した各種条件の組み合わせとなり、表-4.4に示すとおりとなるが、すべての組み合わせでシミュレーションを実行すると膨大なケース数になる。そこで、交通条件的に境界になる組み合わせを優先するとともに、交通量や織込み比率の変化による傾向が極力把握できるケースに絞り込むこととした。

具体的には、ランプ側の織込み比率のうち、境界の状態にはないと考えられる0.10および0.30のケース(B-1では0.30、0.50のケース)は、本線交通量が、2,000台/時かつ本線側織込み比率が0.30の場合に限り演算することにし、その他の交通条件ではランプ側織込み比率は0.50(B-1は0.70)のみ計算することとした。

以上のことより交通条件のケースは、表-4.4の○印で示した66ケースとなる。なお、最終的には各交通条件のケースに区間長の4ケースが組み合わせられて264ケースの演算を実施した。

表-4. 4 演算ケース

(A-2タイプの大織込み)

本線交通量 ラフ・交通量 本線織込み比率 ラフ・織込み比率		1,500台/時			2,000台/時			2,500台/時		
		0.10	0.30	0.50	0.10	0.30	0.50	0.10	0.30	0.50
1500台/時	0.1	1	2	3	10	(11)	12	19	20	21
	0.3	4	5	6	13	(14)	15	22	23	24
	0.5	(7)	(8)	(9)	(16)	(17)	(18)	(25)	(26)	(27)
2000台/時	0.1	28	29	30	37	(38)	39	46	47	48
	0.3	31	32	33	40	(41)	42	49	50	51
	0.5	(34)	(35)	(36)	(43)	(44)	(45)	(52)	(53)	(54)
2500台/時	0.1	55	56	57	64	(65)	66	73	74	75
	0.3	58	59	60	67	(68)	69	76	77	78
	0.5	(61)	(62)	(63)	(70)	(71)	(72)	(79)	(80)	(81)

(B-1タイプの大織込み)

本線交通量 ラフ・交通量 本線織込み比率 ラフ・織込み比率		1,500台/時			2,000台/時			2,500台/時		
		0.10	0.30	0.50	0.10	0.30	0.50	0.10	0.30	0.50
1500台/時	0.3	1	2	3	10	(11)	12	19	20	21
	0.5	4	5	6	13	(14)	15	22	23	24
	(0.7)	(7)	(8)	(9)	(16)	(17)	(18)	(25)	(26)	(27)
2000台/時	0.3	28	29	30	37	(38)	39	46	47	48
	0.5	31	32	33	40	(41)	42	49	50	51
	(0.7)	(34)	(35)	(36)	(43)	(44)	(45)	(52)	(53)	(54)
2500台/時	0.3	55	56	57	64	(65)	66	73	74	75
	0.5	58	59	60	67	(68)	69	76	77	78
	(0.7)	(61)	(62)	(63)	(70)	(71)	(72)	(79)	(80)	(81)

4. 2 演算結果の整理

(1) A-2タイプの大織込み

図-4. 4は、前節で設定したA-2タイプの大織込みの演算ケースのうちランプ側織込み比率が0.50の場合の区間内織込み完了率を本線及びランプの交通量別に整理したものである。また、図-4. 5はランプ側織込み比率を変化させた場合の区間内織込み完了率を示したものである。これらの図より区間内織込み完了率の変動傾向について明らかになった事柄を整理すると以下のとおりである。

1) 本線およびランプの交通量別の評価

- ・本線交通量およびランプ交通量が多くなるに従い、区間内織込み完了率は小さくなり、サービスレベルは低下する。
- ・交通量の各組み合わせで、本線の織込み比率が高くなるに従い、区間内織込み比率は小さくなりサービスレベルは低下する。
- ・区間長の変化による区間内織込み完了率の変動は、本線とランプの交通量が大きくなるに従い、顕著になる。

2) ランプ側織込み比率の影響

- ・本線側の交通量および織込み比率を固定した場合、ランプの交通量が多くなるに従い、また、ランプの織込み比率が高くなるに従い、区間内織込み完了率は小さくなりサービスレベルが低下する。

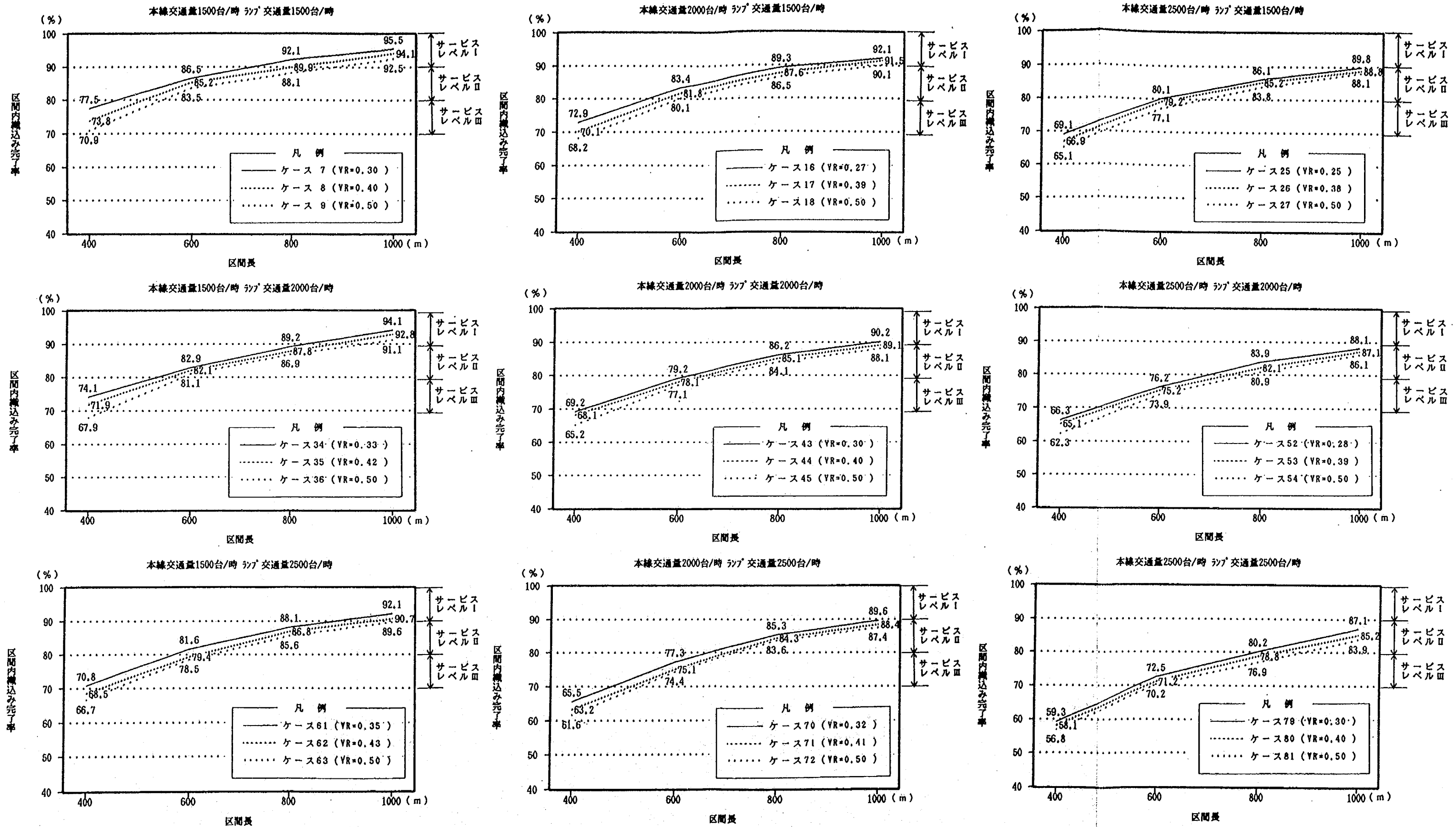


図-4.4 区間内織込み完了率 (ランプ織込み比率を固定)

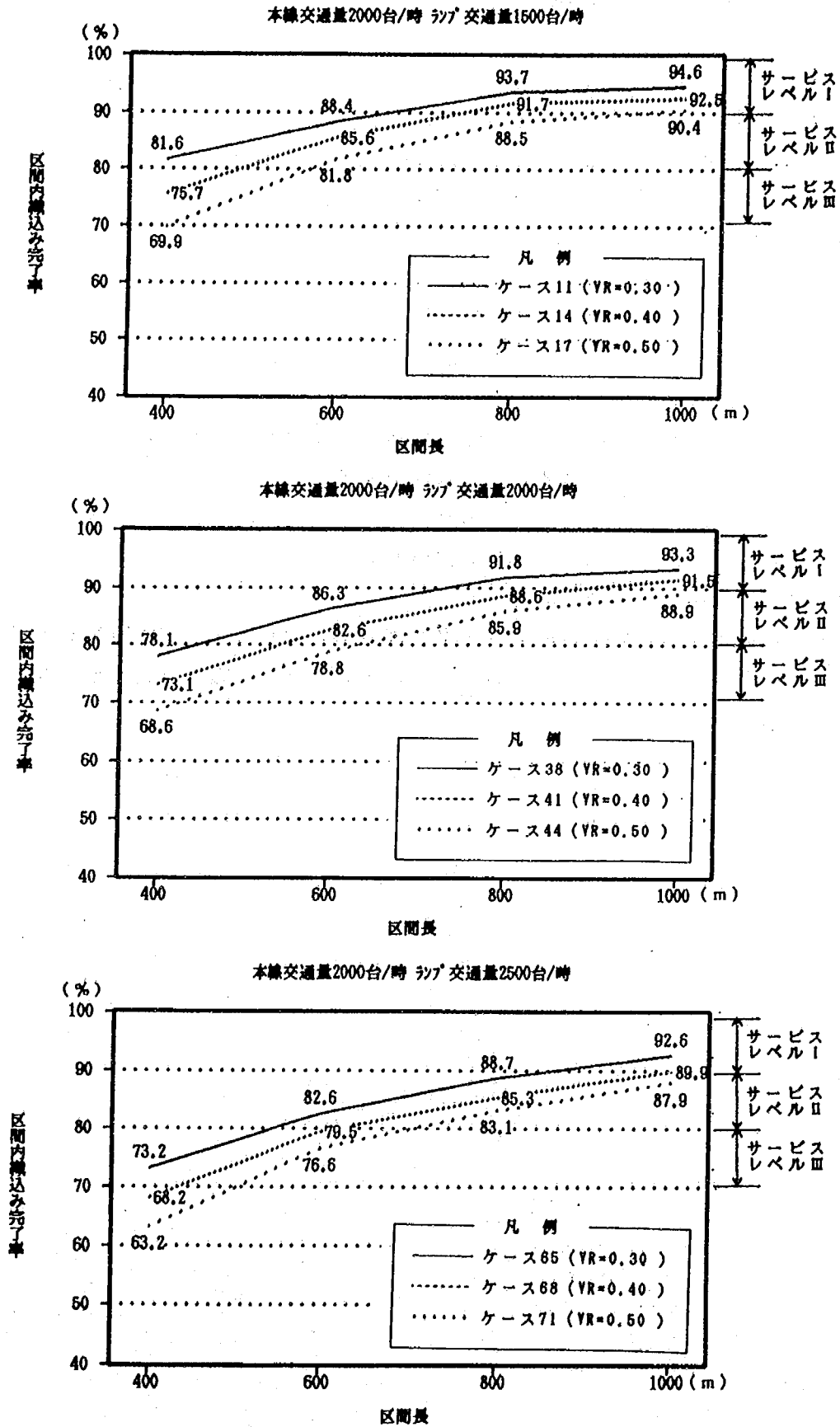


図-4. 5 区間内織込み完了率 (ランプ織込み比率を変化)

(2) B-1タイプの大織込み

図-4.6は、前節で設定したB-1タイプの大織込みの演算ケースのうちランプ側織込み比率が0.70の場合の区間内織込み完了率を本線及びランプの交通量別に整理したものである。また、図-4.7はランプ側織込み比率を変化させた場合の区間内織込み完了率を示したものである。これらの図より区間内織込み完了率の変動傾向について明らかになった事柄を整理すると以下のとおりである。

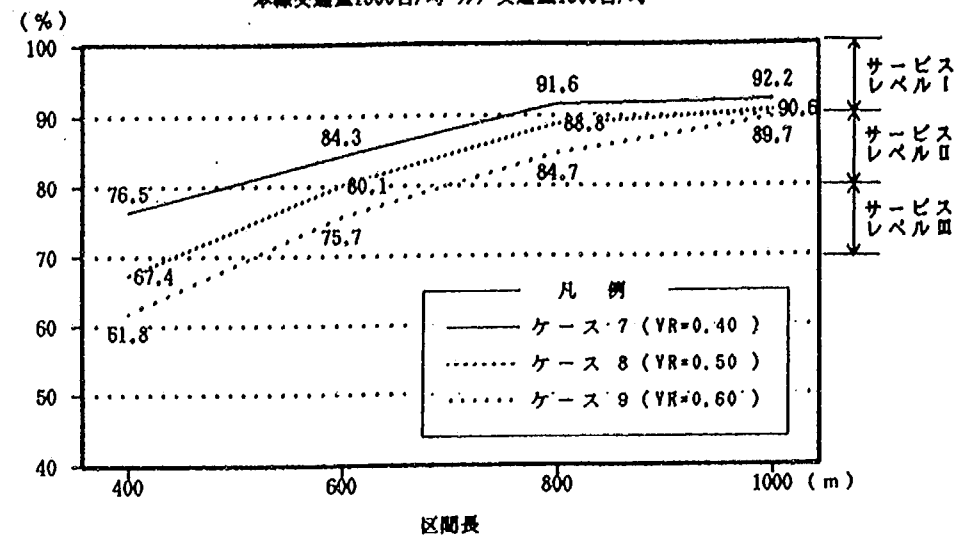
1) 本線およびランプの交通量別の評価

- ・ 本線交通量およびランプ交通量が多くなるに従い、区間内織込み完了率は小さくなりサービスレベルは低下する。
- ・ 交通量の各組み合わせで、本線の織込み比率が高くなるに従い、区間内織込み完了率は小さくなりサービスレベルは低下する。
- ・ 区間長の変化による区間内織込み完了率の変動は、本線とランプの交通量、および本線織込み比率が大きくなるに従い顕著になる。

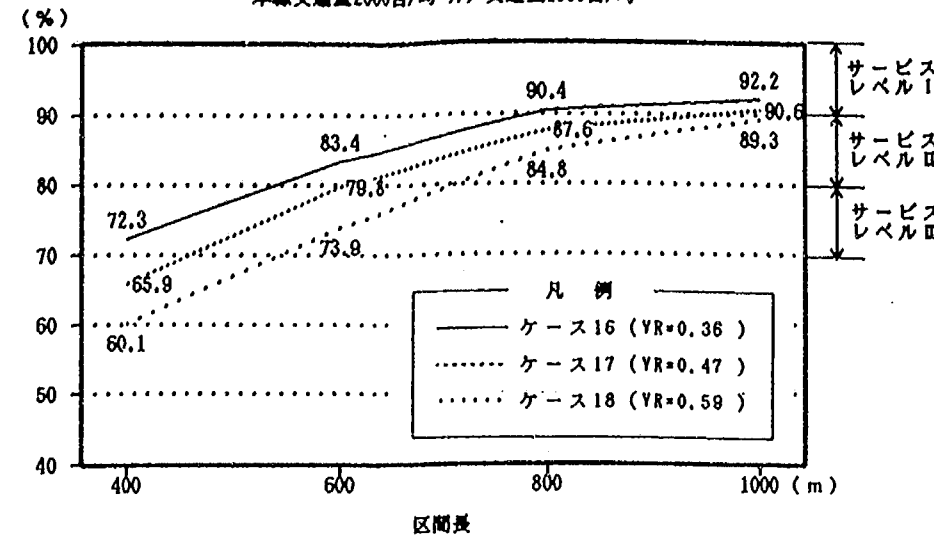
2) ランプ側織込み比率の影響

- ・ 本線側の交通量および織込み比率を固定した場合、ランプ交通量が多くなるに従い、またランプの織込み比率が高くなるに従い、区間内織込み完了率は小さくなりサービスレベルは低下する。

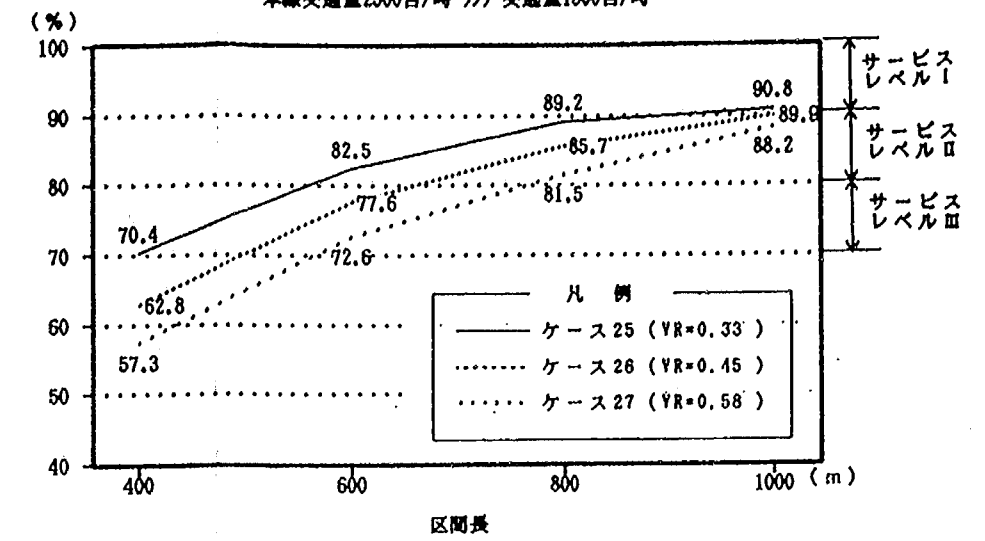
本線交通量1500台/時 ランプ交通量1500台/時



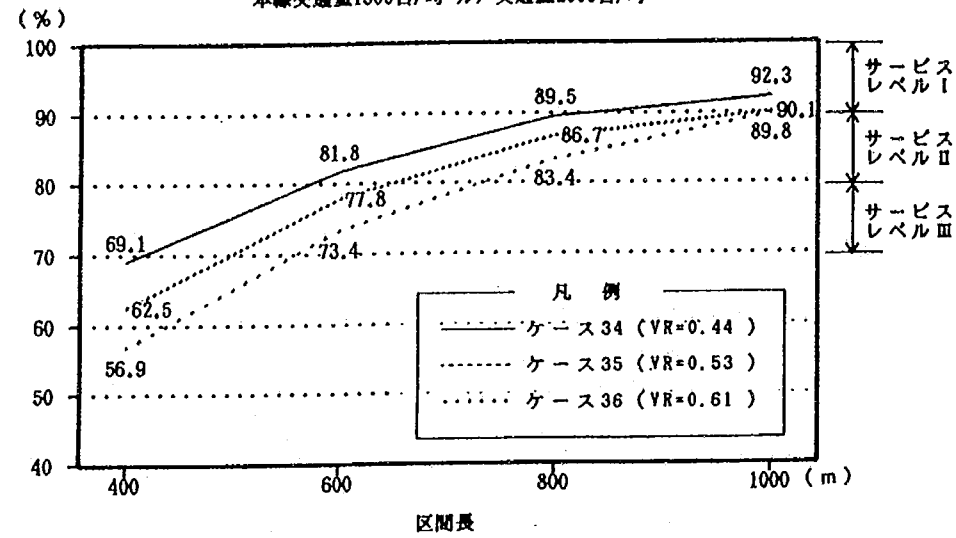
本線交通量2000台/時 ランプ交通量1500台/時



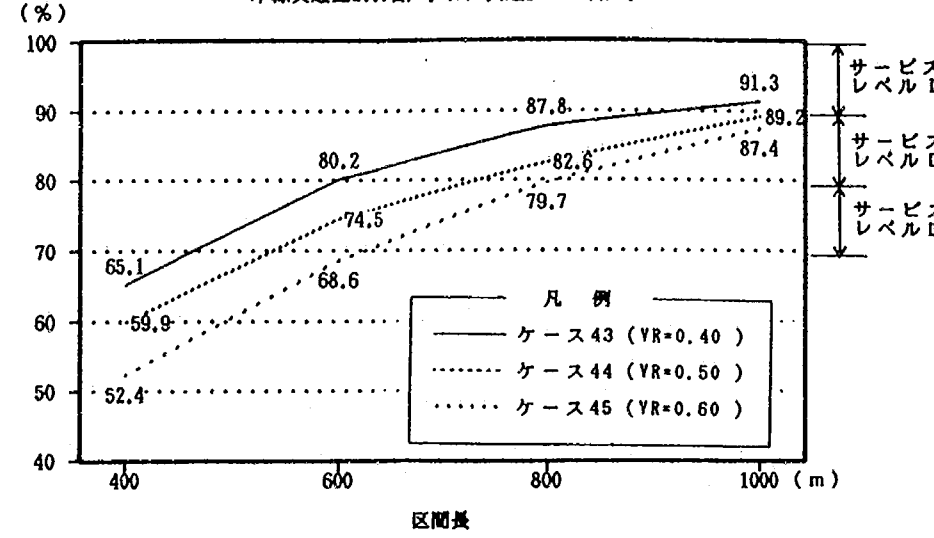
本線交通量2500台/時 ランプ交通量1500台/時



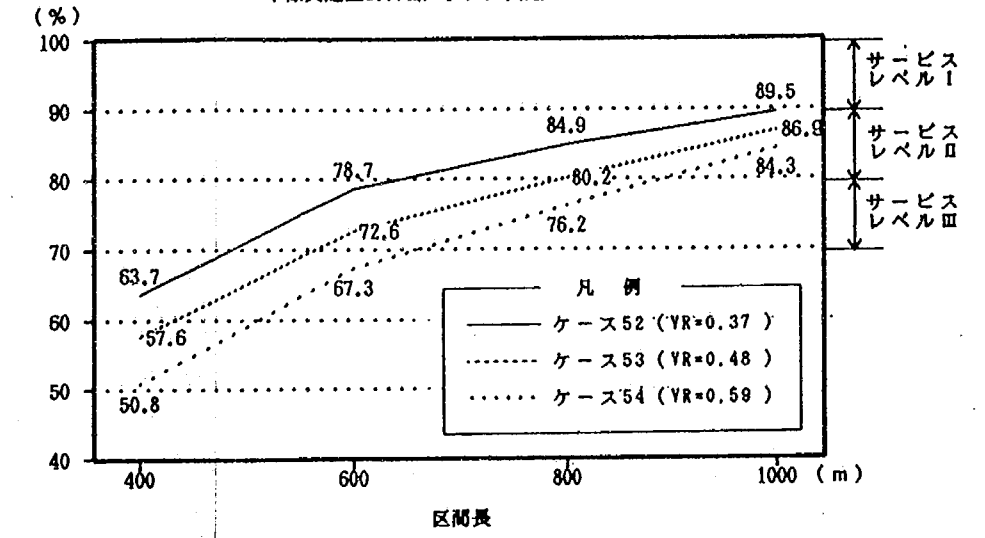
本線交通量1500台/時 ランプ交通量2000台/時



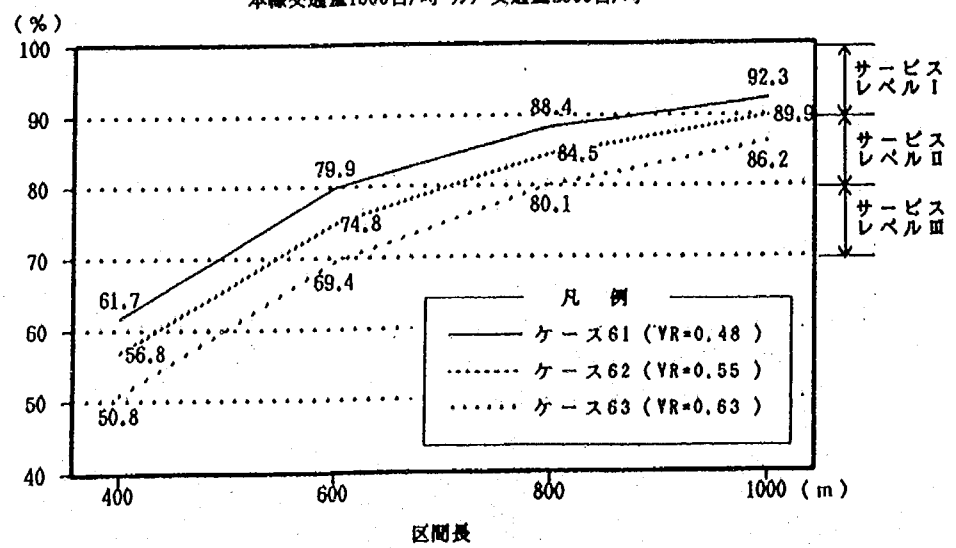
本線交通量2000台/時 ランプ交通量2000台/時



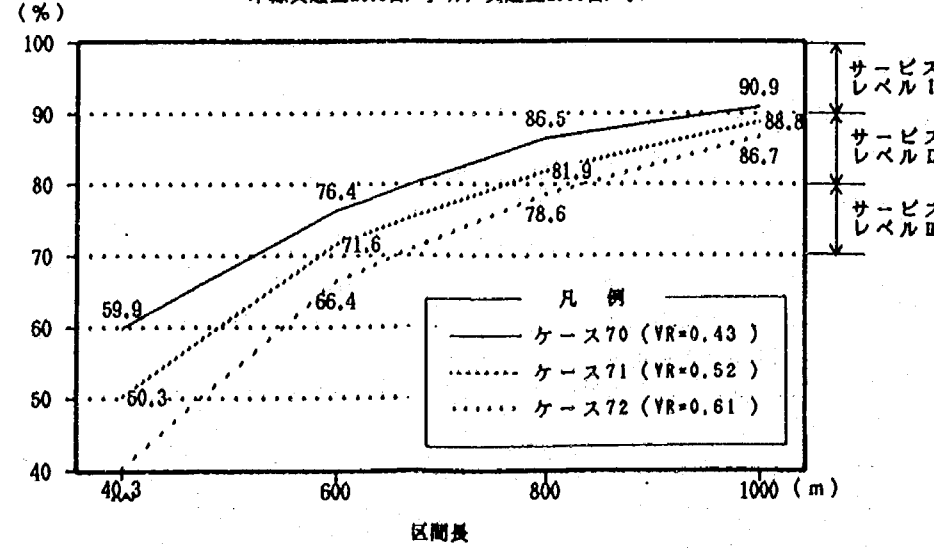
本線交通量2500台/時 ランプ交通量2000台/時



本線交通量1500台/時 ランプ交通量2500台/時



本線交通量2000台/時 ランプ交通量2500台/時



本線交通量2500台/時 ランプ交通量2500台/時

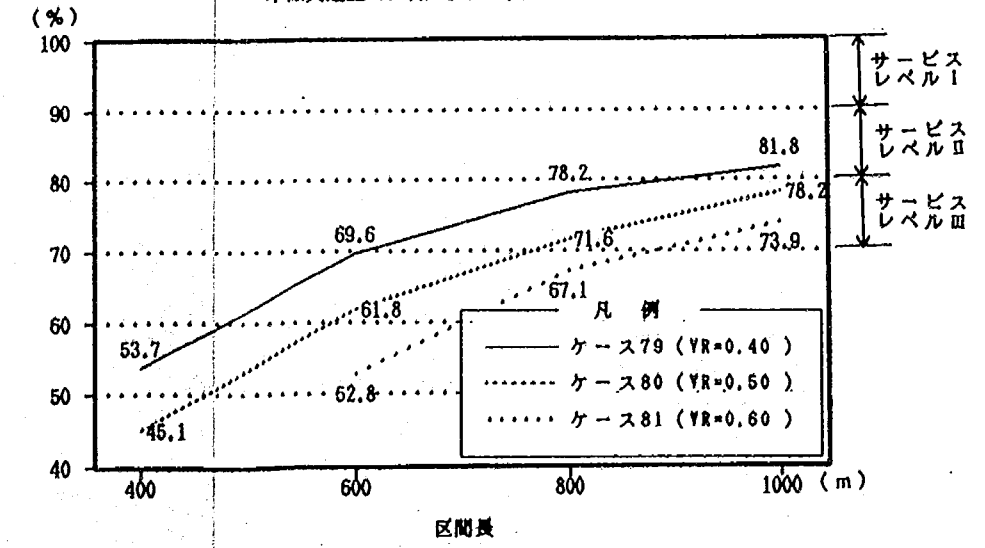


図-4. 6 区間内織込み完了率 (ランプ織込み比率を固定)

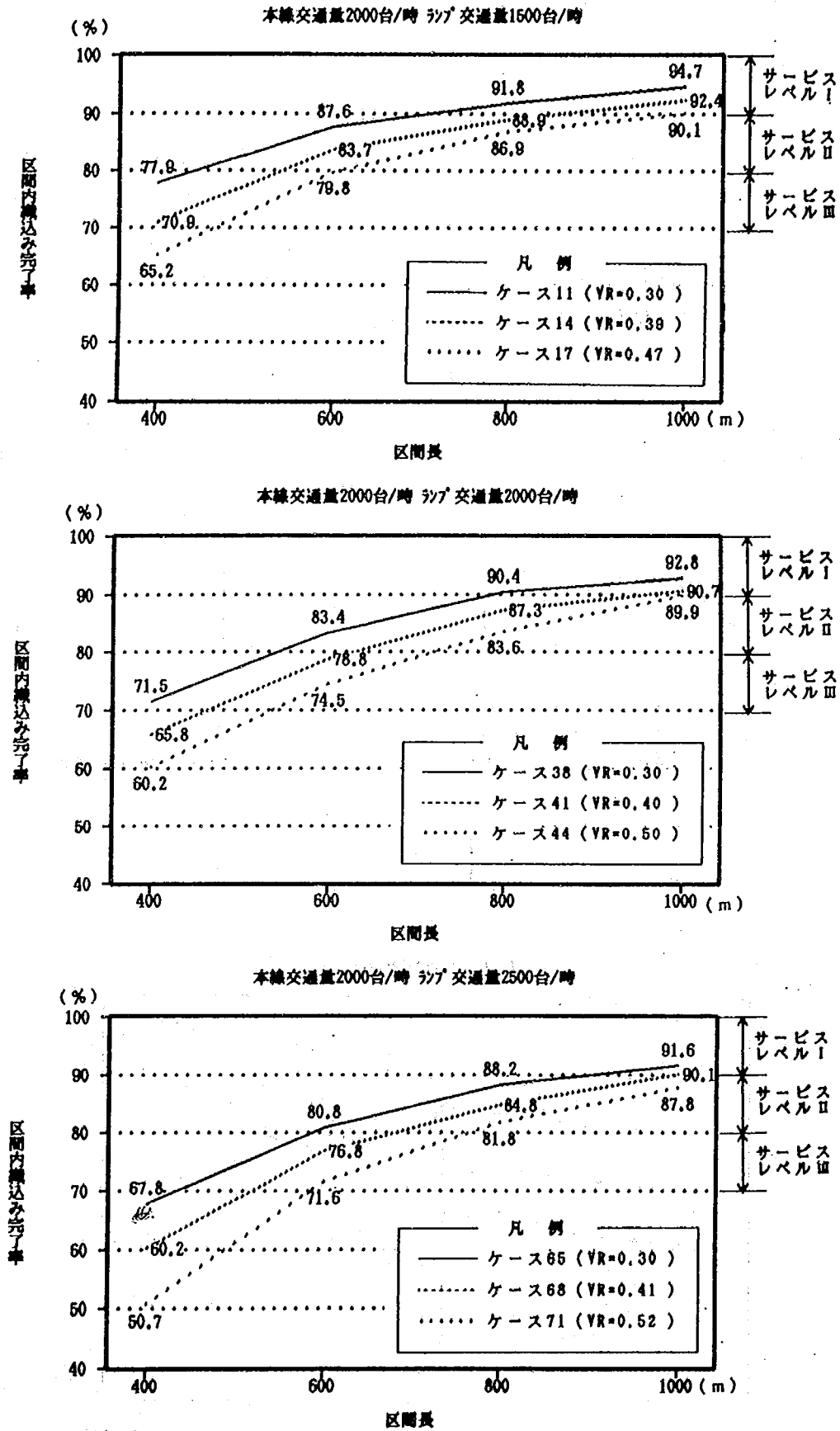


図-4. 7 区間内繰込み完了率 (ランプ繰込み比率を変化)

4.3 織込み区間長の検討

(1) 検討方法

サービスレベルに応じた必要区間長は、図-4.8の模式図に示すように、区間長と区間内織込み完了率の関係から各サービスレベルの下限値に相当する区間内織込み完了率を満足するときの織込み区間長を求め、本線交通量別に織込み比率（VR）と、この織込み区間長との関係をプロットすることにより、サービスレベル別の必要区間長が得られる。

ここで、織込み区間長を本線交通量別に表したのは、織込み区間の交通状態の変化が主として本線交通量レベルに依存するためである。

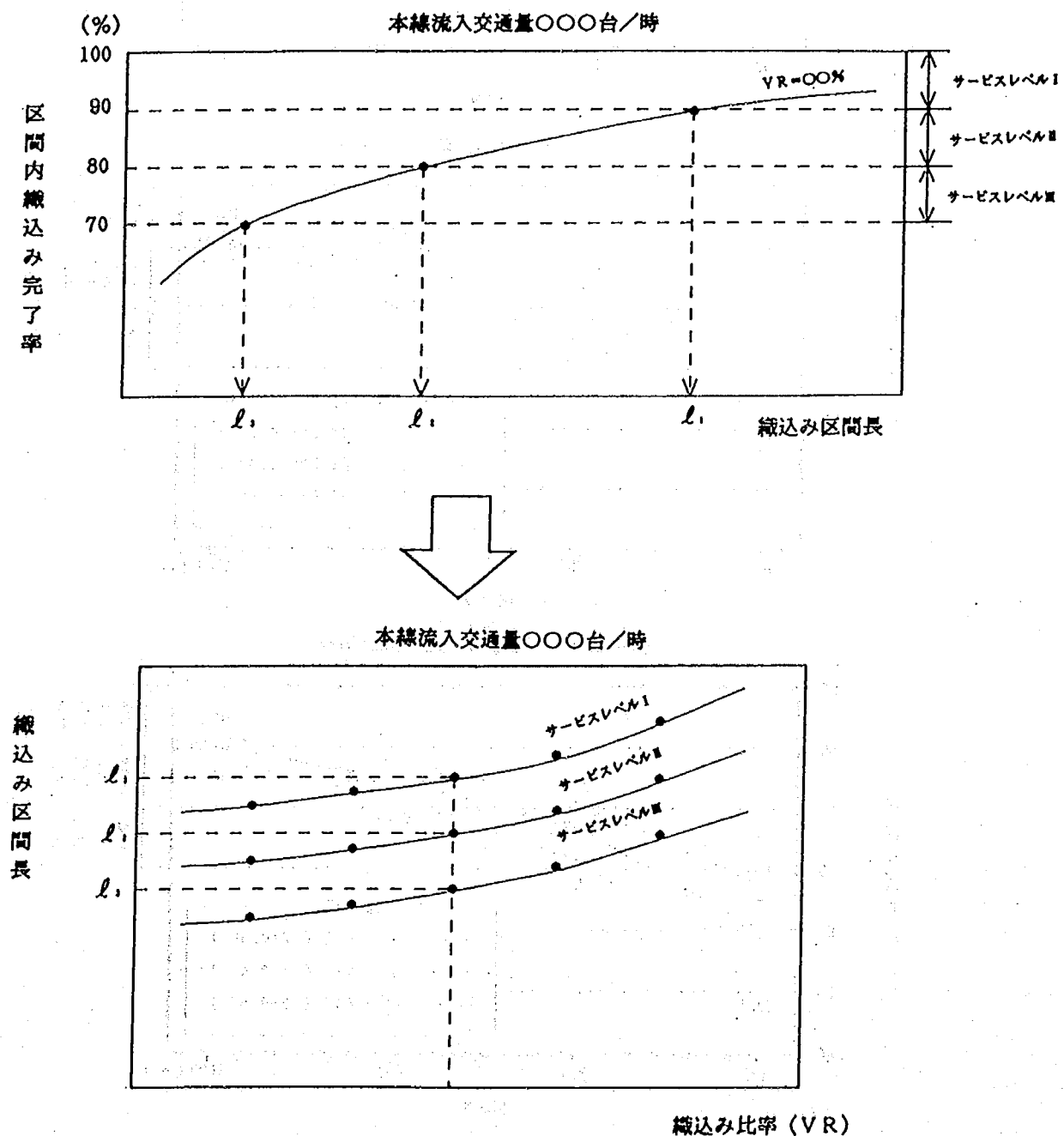


図-4.8 必要区間長の算出手順

(2) 検討結果

図-4.9および図-4.10は、それぞれA-2タイプおよびB-1タイプの大織込みにおける、サービスレベルに応じた必要区間長を整理したものである。また、図-4.11は参考のため、平成2年度に日本道路公団が実施した「織込み区間の設計に関する研究」で、A-1のランプ織込みを対象とした場合の必要区間長を示したものである。

これらの図より以下のことがいえる。

- ・A-2およびB-1の大織込み形態において、サービスレベルIを確保するための織込み区間長は最低でも600m必要である（図-4.9、図-4.10参照）。
- ・Aタイプの織込み形態において、織込み比率（VR）が0.5のときの必要区間長を整理すると、表-4.5のとおりであり、同じサービスレベルを確保するためには、ランプ織込みに比べ、大織込みでは約2倍程延長を長くすることが必要となる

表-4.5 必要区間長（VR=0.5）

本線流入 交通量	サービス レベル	A-1タイプ	A-2タイプ
1500台/時	I	350m	900m
	II	—	600m
	III	—	450m
2000台/時	I	450m	950m
	II	—	700m
	III	—	500m
2500台/時	I	550m	1000m
	II	350m	750m
	III	—	550m

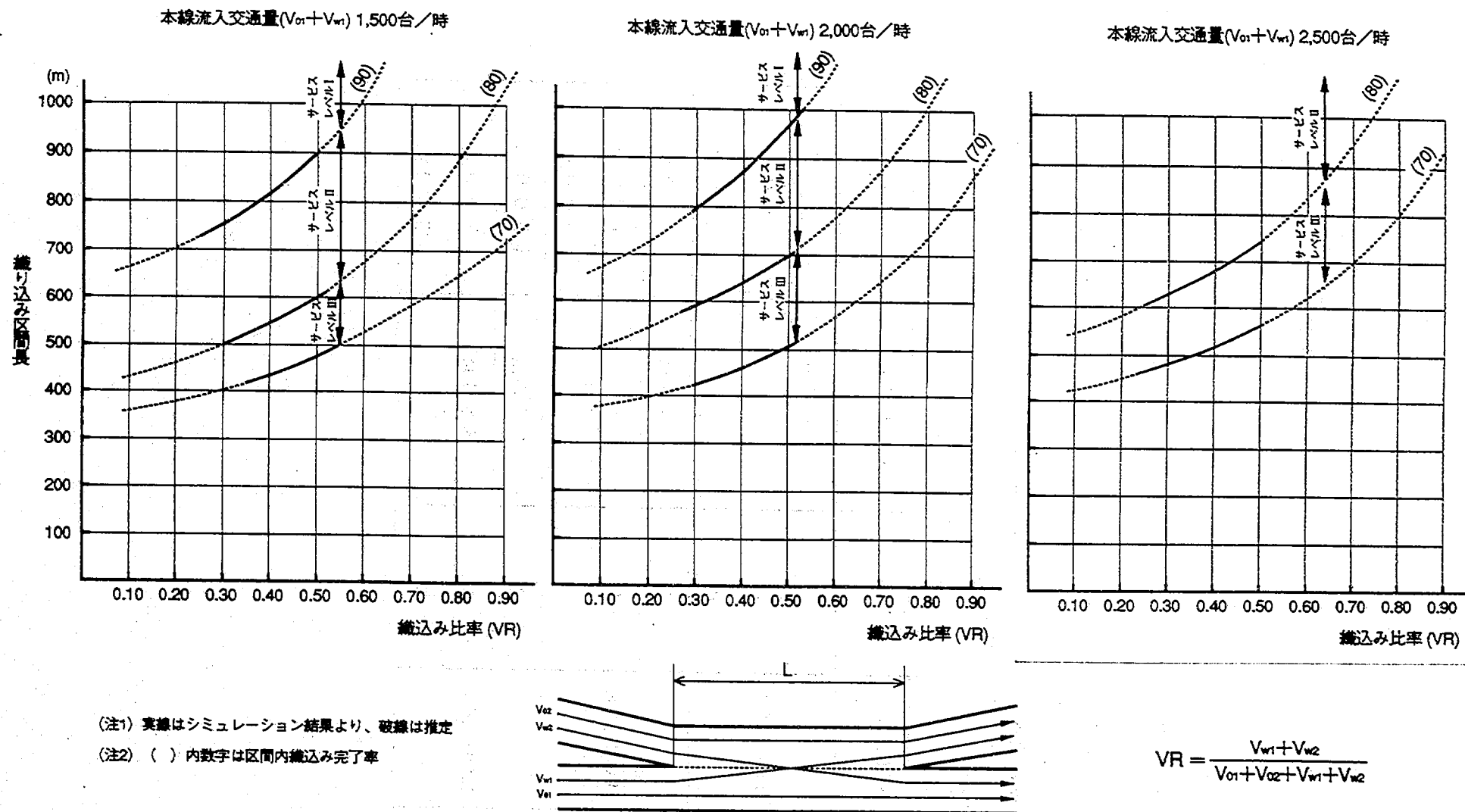
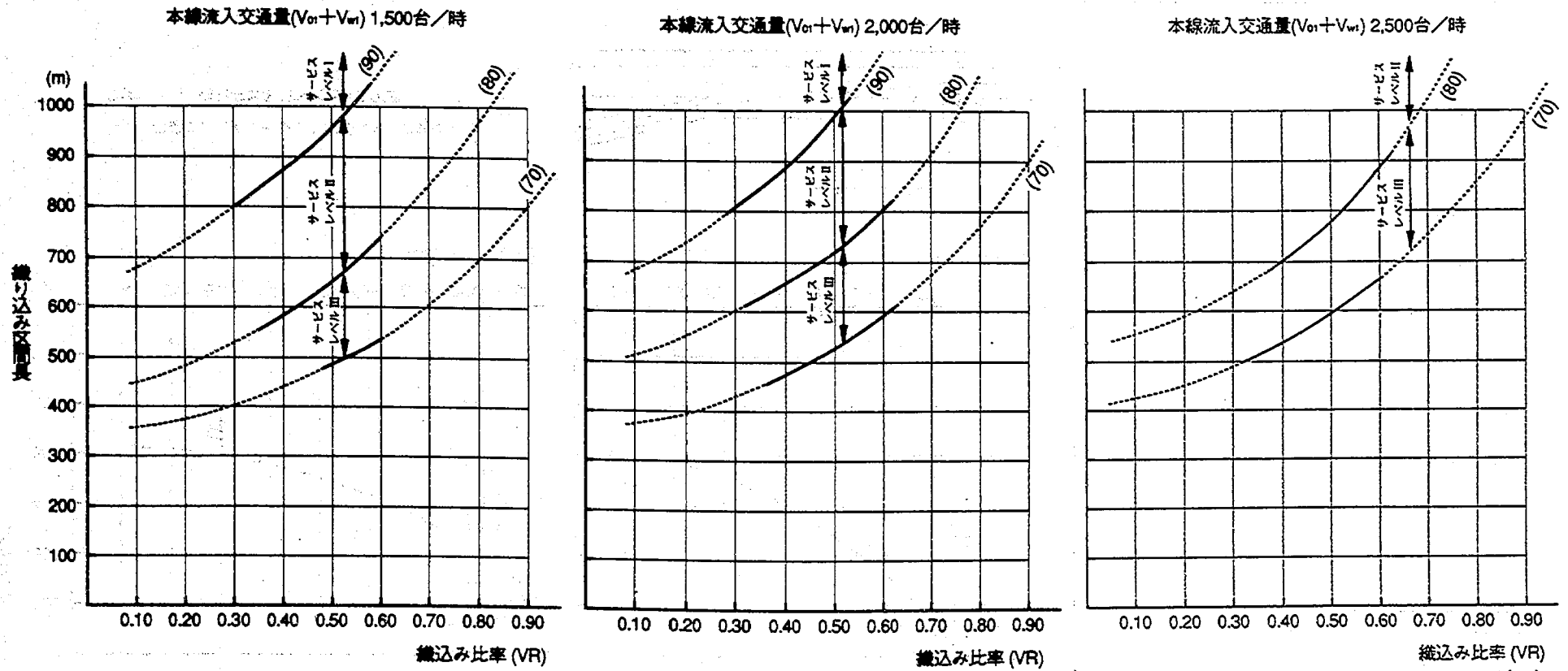
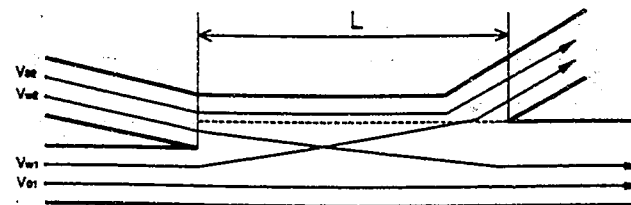


図-4.9 縦込み区間長の基本図 (A-2 タイプ)



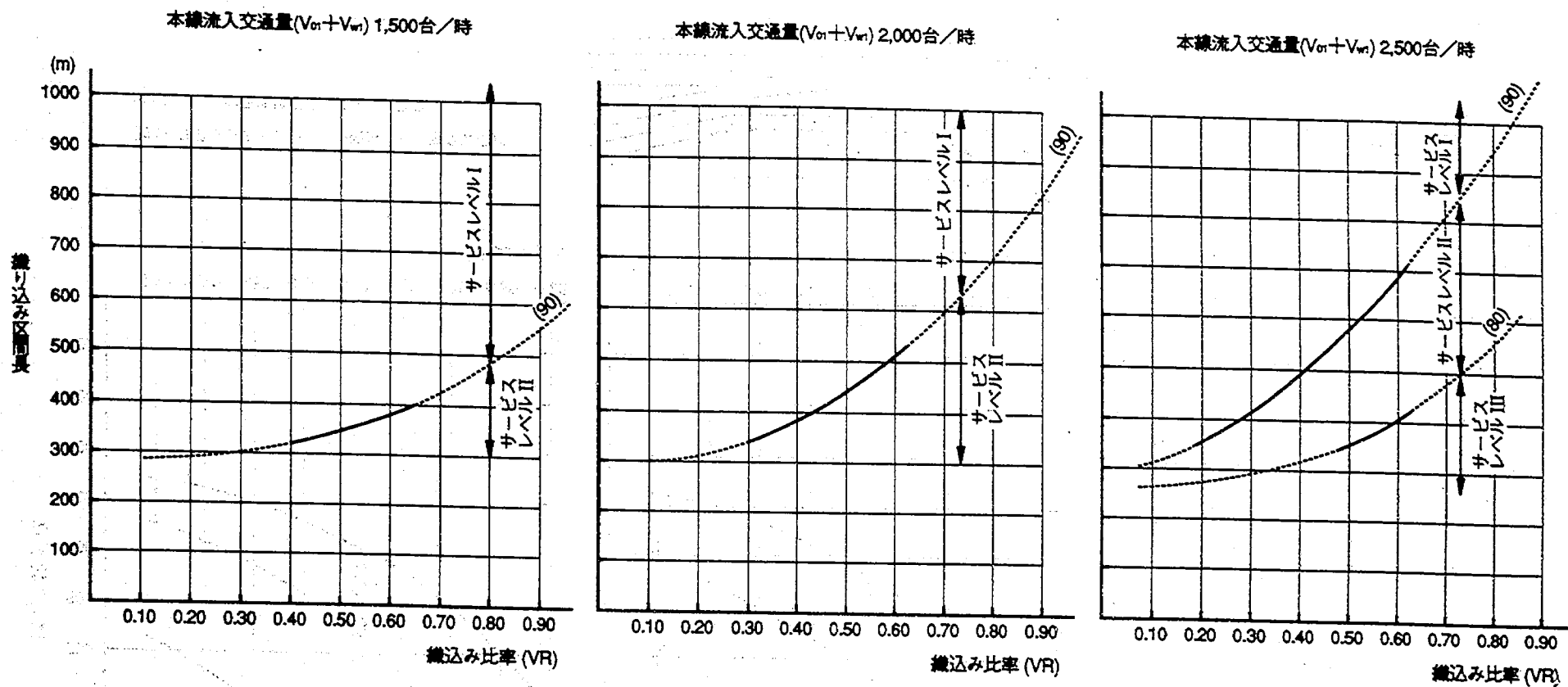
(注1) 実線はシミュレーション結果より、破線は推定

(注2) () 内数字は区間内 weaving 完了率



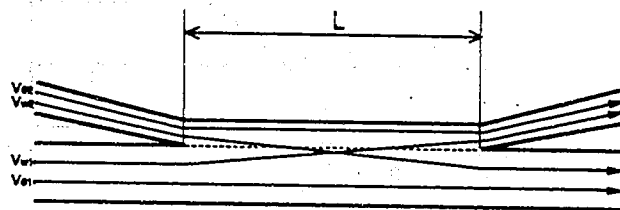
$$VR = \frac{V_{w1} + V_{w2}}{V_{01} + V_{02} + V_{w1} + V_{w2}}$$

図-4.10 weaving 区間長の基本図 (B-1タイプ)



(注1) 実線はシュミレーション結果より、破線は推定

(注2) () 内数字は区間内縦込み完了率



$$VR = \frac{V_{w1} + V_{w2}}{V_{01} + V_{02} + V_{w1} + V_{w2}}$$

図-4.11 縦込み区間長の基本図 (A-1タイプ)

第5章 まとめと今後の課題

本調査においては、過去に開発されたクラウン線を有する織込み形態における織込み現象を再現する既存のシミュレーションプログラムに改良を加え、図-5.1に示すBタイプの織込み形態における織込み現象を再現するプログラムを開発した。また、開発したシミュレーションプログラムを用いて、大織込み(A-2およびB-1)の織込み形態において必要となる織込み区間長について検討を行った。

検討の結果、交通量および織込み比率(VR)に応じた必要区間長をサービスレベル毎に設定することができた。

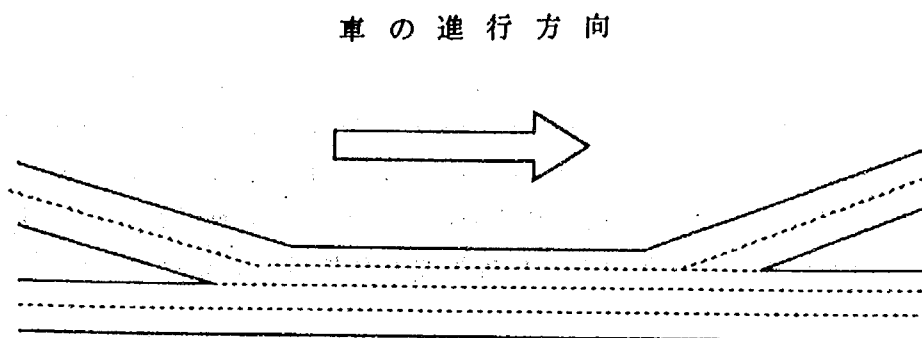


図-5.1 Bタイプ(B-1)の織込み形態

本調査を実施する過程で明らかになった今後の課題を整理すると以下のとおりである。

(1) シミュレーションプログラムについて

本調査では、Bタイプの大織込み形態で想定される交通現象を設定し、それらの再現方法およびパラメータを検討した。しかしながら、再現現象の妥当性については検証すべき実測データがないため、定性的な範囲での検討にとどまった。

したがって、今度新たにこのような形態の織込み区間が構築された場合は、方向別交通量、織込み位置、速度等に関するデータの蓄積を図り、定量的な検証を実施し、シミュレーションプログラムの適用性を確認することが必要と考えられる。

(2) サービスレベルの実証的検討について

本調査では、シミュレーションにより、織込み区間長を評価する指標として、区間内織込み完了率(分岐点の手前一定距離(テーパー相当)までに織込みが出来た車の、全織込み車に対する割合)を用いた。

この指標は、従来の研究(「織込み区間の設計に関する調査研究」日本道路公団、平成3年)で提案されたものである。また、サービスレベルは、ランプ織込みを対象にして織込み区間の実際の交通現象(交通量、速度、密度など)と、そのときの交通条件で実施したシミュレーションで求めた区間内織込み完了率との関係を分析して3段階にレベル設定

されたものである。

しかし、今回対象とした大織込みについては、実際の交通現象の測定がなされていないため、サービスレベルに応じた織込み区間の交通状況は実証的に確認されたものではない。

したがって、シミュレーションプログラムの再現性と同様に、新たにこのような織込み区間が構築された場合は、交通条件に応じた織込み区間の交通流の状態を調査し、区間内織込み完了率との関係を分析することにより、サービスレベルを実証的に検討することが必要と考えられる。

(参考文献)

- 1) (社) 交通工学研究会：合流部の設計に関する調査（その3），昭和63年2月
- 2) (社) 交通工学研究会：織込み区間の設計に関する調査研究，平成元年3月
- 3) (社) 交通工学研究会：織込み区間の設計に関する調査研究，平成2年3月
- 4) (社) 交通工学研究会：織込み区間の設計に関する調査研究，平成3年2月
- 5) 日本道路公団東京第一管理局：東名高速道路単路部交通容量分析（その2），昭和62年3月
- 6) 日本道路公団東京第一管理局：東名高速道路便覧，平成4年1月
- 7) (社) 交通工学研究会：登坂車線に関する調査研究，昭和55年1月

既存プログラムの概要

1. モデルの基本的な考え方
2. 交通現象の再現方法

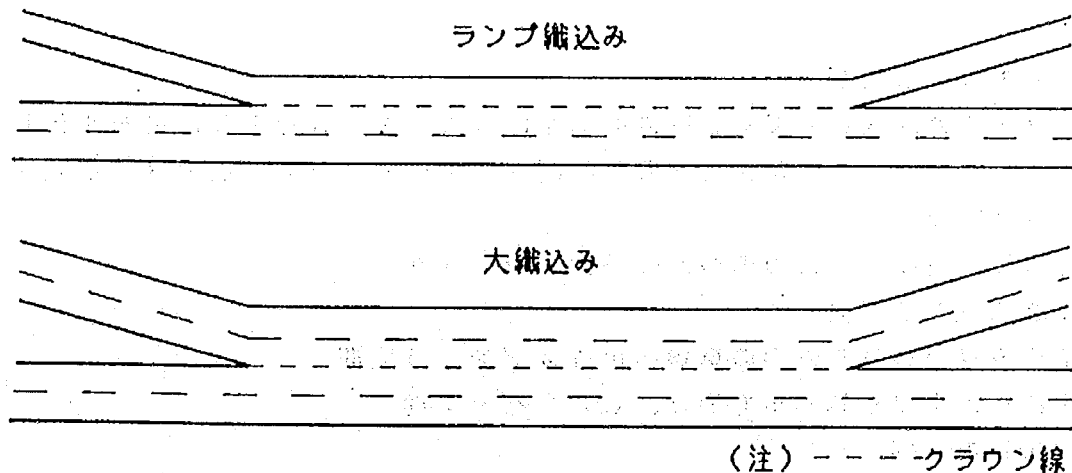
付属資料－１ 既存プログラムの概要

既存プログラムは、「織込み区間の設計に関する調査研究」（昭和６２年度～平成２年度，〔社〕交通工学会）において、開発されたものであり、以下、その概要を述べる。

１ モデルの基本的な考え方

（１）基本方針

- １）モデルは、個々の車の挙動を再現するマイクロモデルを採用し、ビデオディックスキャニング方式により短い時間単位でシミュレーションを実行する。
- ２）モデルは、付図－１．１に示すランプ織込みおよび、大織込みの織込み形態、すなわち、クラウン線を有する織込み形態において考えられる交通現象を再現できる構造である。



付図－１．１ 適用できる織込み形態

（２）再現挙動

織込み区間においてみられる車の挙動は以下のように分類できる。

１）非織込み車

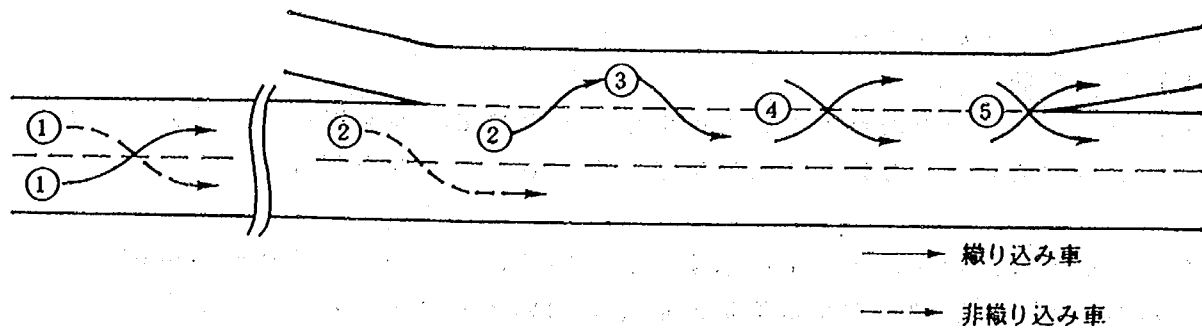
- ① 織込み区間の手前であらかじめ追越車線へ避走する挙動
- ② 織込み区間で、織込み車の車線変更を避けるために避走する挙動

２）織込み車

- ① 織込み区間への接近に従い走行車線へ移行する挙動
- ② 右側車線（本線）から左側車線（付加車線）への織込み挙動
- ③ 左側車線（付加車線）から右側車線（本線）への織込み挙動
- ④ 織込み車相互の織込み挙動

⑤ 分流ノーズ手前の割り込み

付図－１．２は上記の車の挙動を模式的に示したものである。本モデルでは、これらの挙動が再現できる。



付図－１．２ 織込み区間における走行挙動

(3) モデルの基本構造

織込み区間の形状を表現する道路モデルは付図－１．３のようにモデル化している。道路モデルでは車の挙動が異なる道路区間を明確にするため、次の区間を設定している。

1) 単路区間

- ・ 追越し、追従等通常の単路部の挙動を示す区間

2) 織込み手前区間

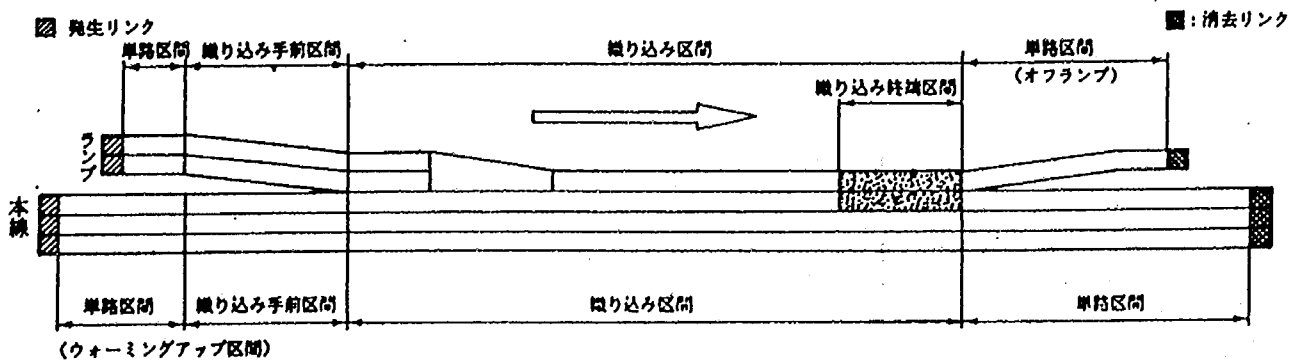
- ・ 織込み車が織込み方向の車線へ車線変更を行う区間
- ・ 非織込み車が織込み車を避け、避走を行う区間

3) 織込み区間

- ・ 織込み車が織込み方向の車線へ車線変更を行う区間
- ・ 非織込み車が織込み車を避け、避走を行う区間
- ・ 織込み車が織込みのための車線変更を行う区間

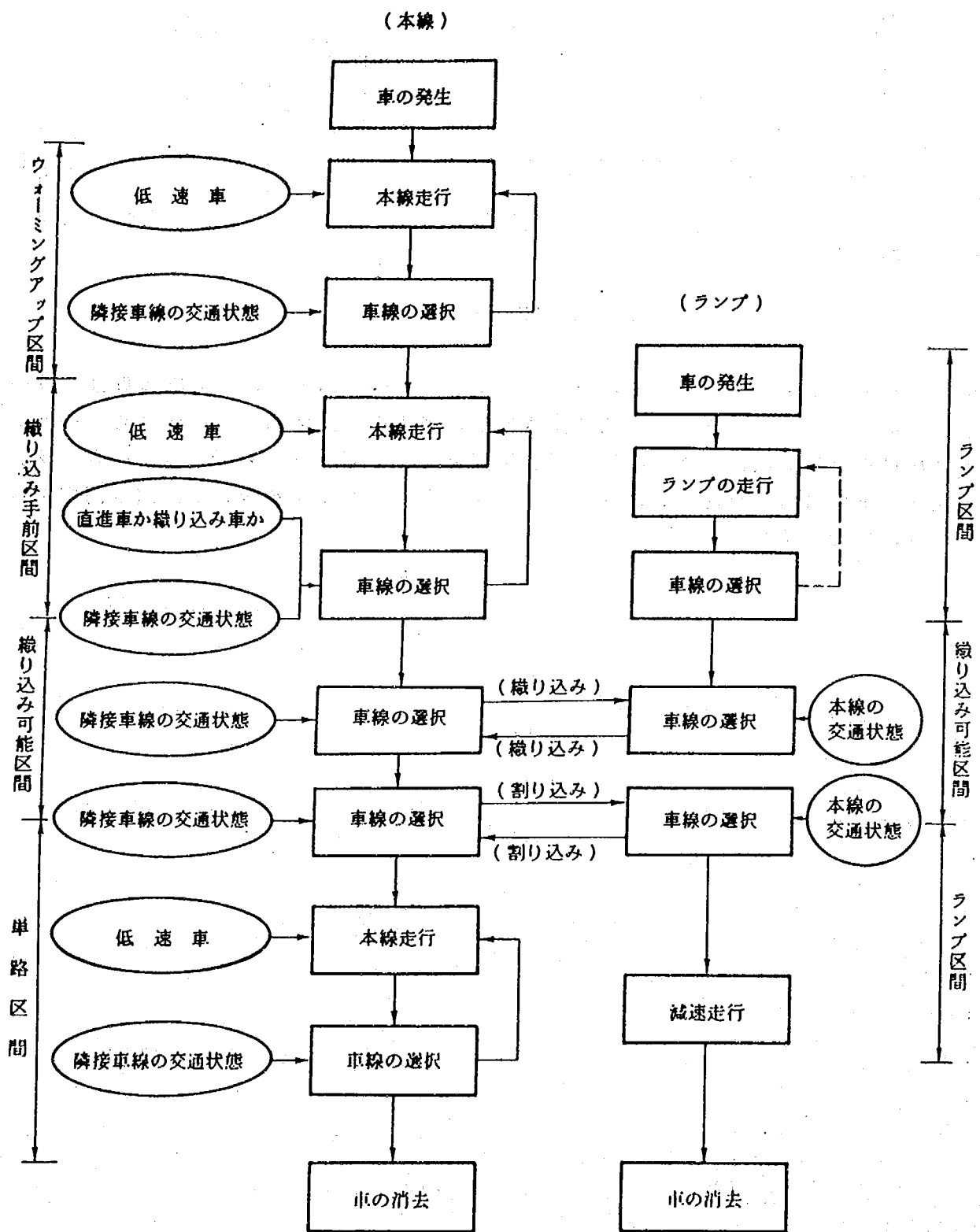
4) 織込み終端区間

- ・ 織込み区間の挙動に加え、織込みを完了していない車が、織込み機会を見計らいながらも分流点を意識して減速する区間



付図－１．３ 道路モデル

また、付図－１．４は、本モデルの構造を示したものである。本線の直進車は一般の単路区間の走行と同様であるが、本線の織込み車は織込み手前区間であらかじめギャップを選択しながら走行車線に寄り、織込み可能区間でランプ側に車線変更する。一方、ランプ側の織込み車は織込み可能区間に進入すると本線上のギャップを選択し、速度調整を行いながら本線に織り込む。



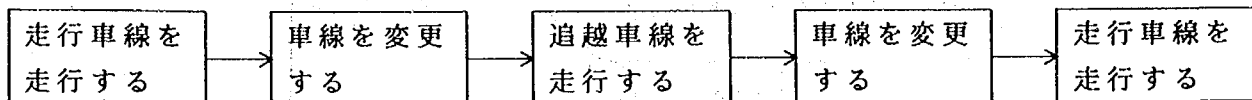
付図 - 1. 4 モデルの構造

2 交通現象の再現方法

(1) 単路部の挙動

単路部における走行挙動の再現方法は以下のとおりである。

- 1) ある時間間隔ごとの通過台数の分布は、車の流れが自由走行の場合、ポアソン分布で近似することが可能である。したがって、本モデルでは車発生リンクよりポアソン分布に従い、車線別に車をスタディエリア内に発生させる。
- 2) 車発生リンクより発生した車は、前車との車頭間隔あるいは縦断勾配の影響等を受け車線変更、減速走行等の走行挙動を起こし、スタディエリアを走行する。
- 3) 縦断勾配の影響は、車の駆動力と走行抵抗の差である余裕駆動力により車を加速、減速させ表現する。
- 4) 追従挙動の表現は、前車との車頭時間を介して表現するものとする。すなわち、前車の影響を受け始めた時点で減速走行に入り、前車との車頭時間が、車発生時に各車に分布を持たせて付与した追従車頭時間になった時点で追従走行（等速）に入る。
- 5) 前方の低速車を追越す追越現象は、付図－1．5に示す手順により行う。



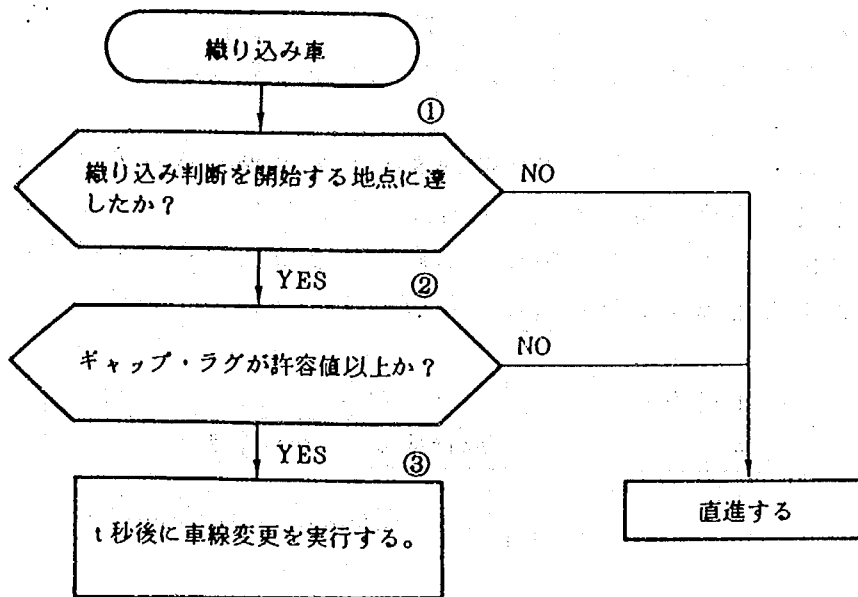
付図－1．5 追越現象

- 6) 追越の判断は、追従車の希望する速度が前車の速度に比べある程度高く、また隣接する車線の前方、後方に一定値以上の間隔がある場合、車線変更を可能とする。ただし、車線変更を行う他車に追従して車線変更を行う場合には（追従追越）、後方の条件のみを考慮する。

(2) 織込み挙動

1) 車線変更の判断

織込み区間に進入した織込み車は、相手側車線にいる前後の車との相対速度差、相対位置をもとに車線変更の判断を行う。付図-1. 6は本モデルで採用した織込み判断の手順を示したものである。同図における各ステップの内容を詳述すると次のとおりである。

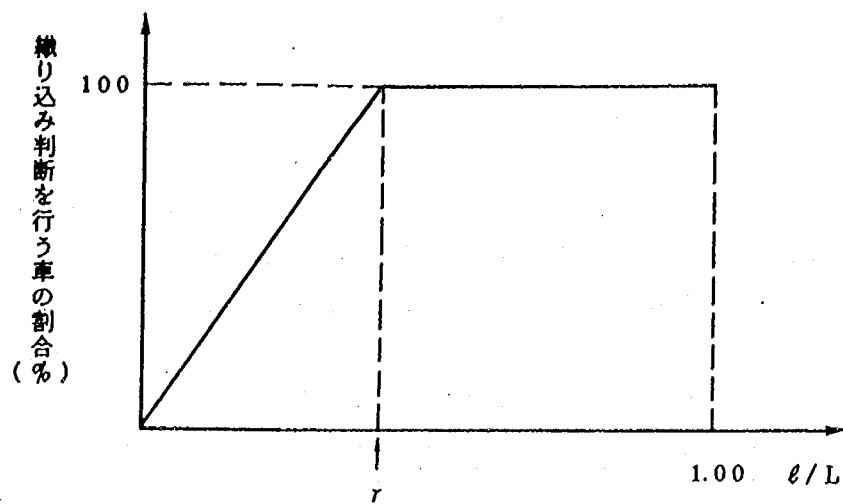


付図-1. 6 織込み判断の手順

① 織込み判断の開始地点

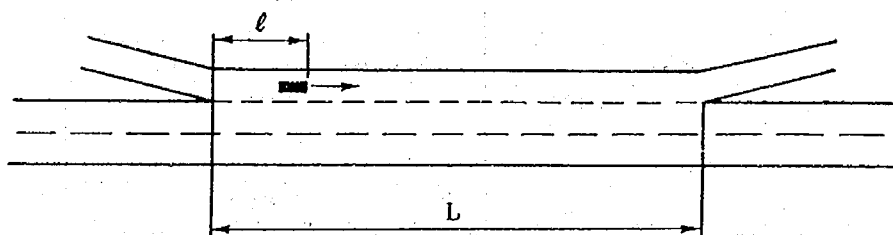
実現象では一般的にランプ側から進入した車の方が早く織り込む傾向がみられる。これは、織り込もうとする相手側車線の速度が相対的に速ければ早く織込み、速度を上げようとし、遅ければ現在いる車線をできるだけ長く走ってから織込みを行おうとすることによるものと考えられる。

本モデルでは、この特性を反映するため、付図-1. 7に示すように織込み判断を開始する車の割合が合流ノーズからの距離が長くなるに従い増加する関数形を設定し、100%の車が織込みの判断をする位置(γ)を付図-1. 8に示すように隣接車線同志の速度差(ΔV)の関数で与えることとした。このように確率的な処理により織込み判断を開始する位置を定めることとした。

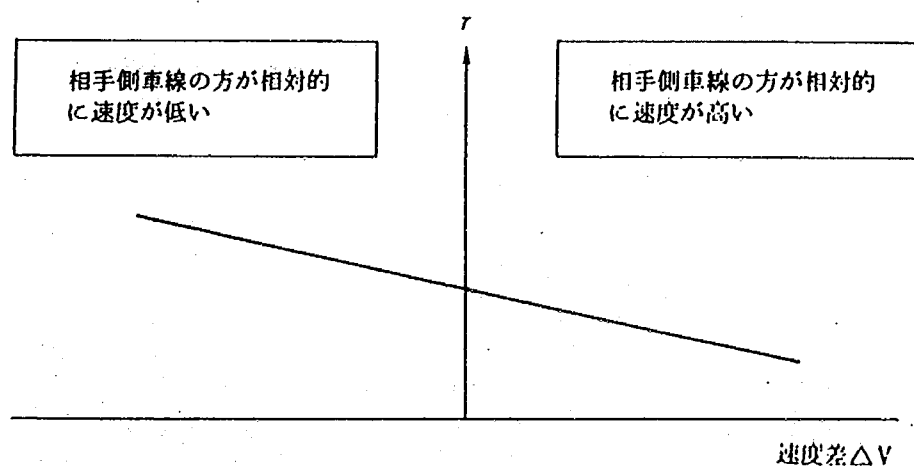


l : 合流ノーズ端からの距離

L : 織り込み区間長



付図－１．７ 織込み判断を行う車の割合



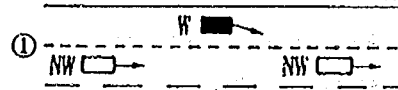
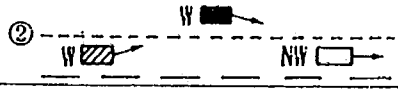
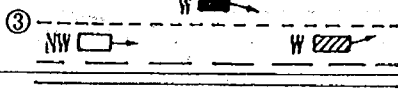
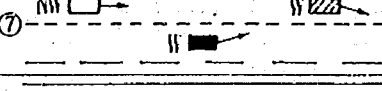
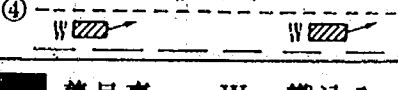
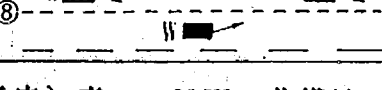
付図－１．８ 100%の車が織込み判断する位置 (r)

② ギャップ・ラグの判定

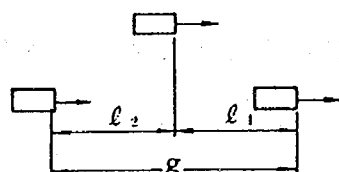
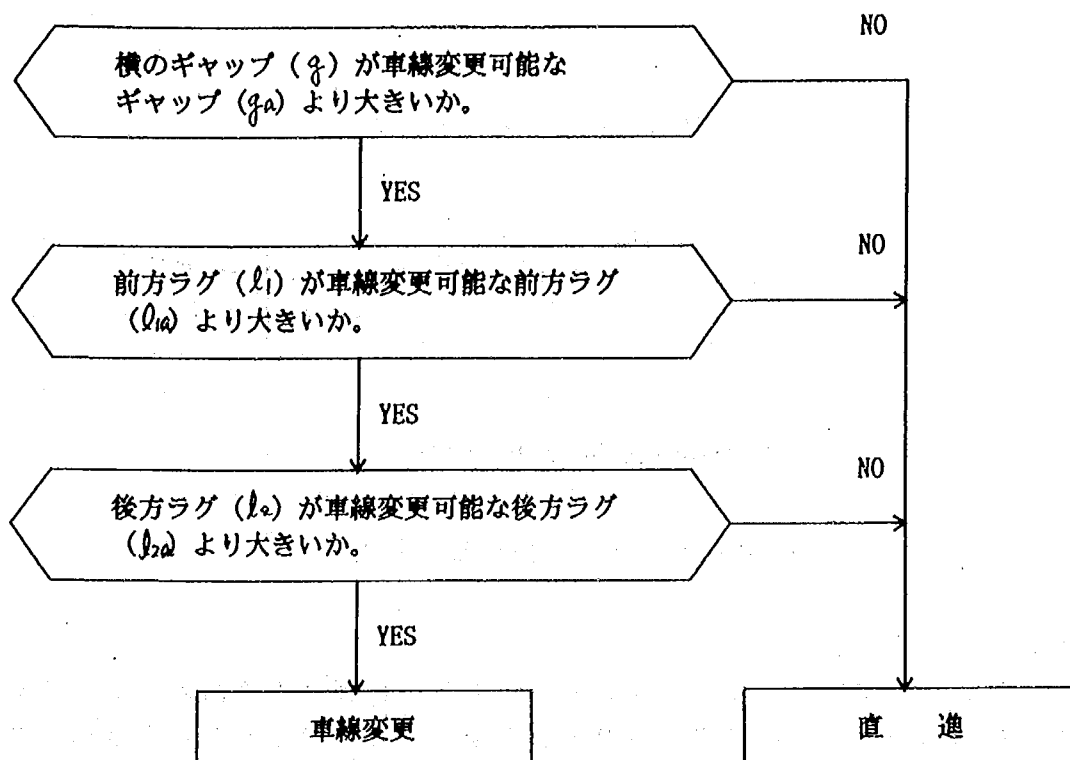
織込み区間においては、織込みの方向および隣接車線を走行している前方および後方の車の属性（織込み車か非織込み車か）により、織込み挙動のパターンが付表－2. 1 のように分類できる。

織込み時における車線変更の判断は、付図－1. 9 に示すように、隣接車線を走行する車のギャップおよび前方と後方のラグが一定値以上の場合に車線変更を可能とした。ただし、車線変更するときのギャップ・ラグの判定基準は、実態調査によれば、付表－1. 1 で示した織込み方向および前・後方車の属性により差がみられる。したがって、ギャップ・ラグの判定基準は、実態調査結果をふまえパターン別に設定した。

付表－1. 1 織込み挙動のパターン

左側車線 → 右側車線	右側車線 → 左側車線
① 	⑤ 
② 	⑥ 
③ 	⑦ 
④ 	⑧ 

■ 着目車、 W : 織込み（予定）車、 NW : 非織込み車



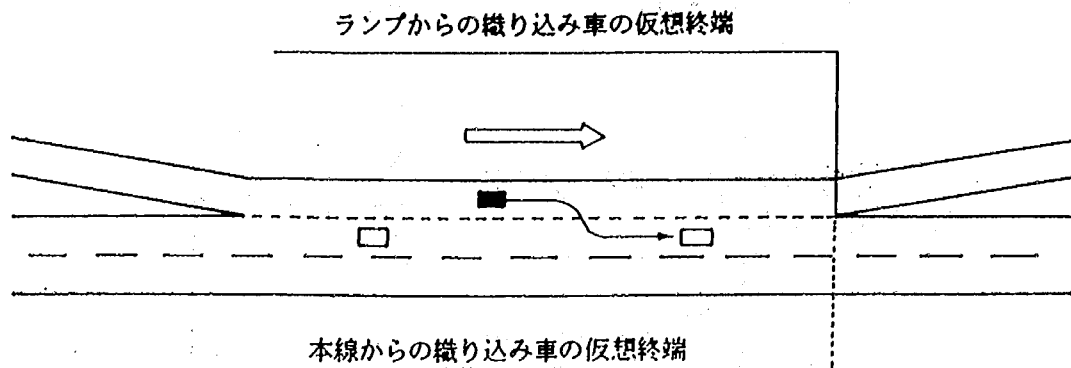
付図－１．９ 車線変更の判断手順

③ 織込み車の横移動時間

織込み挙動の合流挙動と異なる特色として、車線変更の軌跡が比較的緩やかなことがある。これは、合流部においては車線変更が１方向であるため相手側車線の車の動きのみを注意すればいいのに対して、織込み区間においては車線変更が２方向になるため、相手側車線のみならず自車線の車の動きとも調整を図る必要があることによるものと考えられる。したがって、織込みモデルではこの点を考慮し、織込み車が車線変更を可能と判断したも秒後に車線変更を完了することとした。また、織込み車が車線変更を完了するまでは、その後方車（隣接車線）は織込み車の後方ラグ以内に接近することのないように、必要により減速させることとした。

④ 分流ノーズに達したときの処理

織込み車が分流部に達した場合は、付図－１．１０に示すように分流ノーズの断面を終端部と仮想し、強制的に車線変更することとした。



付図－１．１０ 仮想終端の概念

２）織込み区間の速度調整

織込み区間について織込み車と非織込み車、あるいは織込み車同志が並走する場合、お互いの車は織込みするためのギャップ・ラグをできるだけ早くとるように速度調整を行うものと考えられる。このため、モデルでは付表－１．２の○印で示す加減速の挙動を取り入れた。

なお、織込み区間の終端が迫っても織込みを完了していない車は、終端の一定区間で減速挙動を行うこととした。

付表 - 1. 2 加減速の挙動

走行状況		挙動	モデルで再現する挙動	備考
I		① A車が加速して後方ラグをとる。	○	
		② B車が減速して進路を譲る。	○	
II		③ A車が加速して後方ラグをとる。	○	
		④ B車が減速して前方ラグをとる。	○	
III		⑤ A車が加速して進路を譲る。	○	
		⑥ B車が減速して前方ラグをとる。	○	
IV		⑦ A車が加速して後方ラグをとる。	○	視認性を考慮すると左側車線の加減速が優先する。また、前方ラグの方が確認しやすい。
		⑧ A車が減速して前方ラグをとる。	×	
		⑨ B車が加速して後方ラグをとる。	×	
		⑩ B車が減速して前方ラグをとる。	○	
V		⑪ A車が加速して後方ラグをとる。	×	行動を起こす織り込み車の加減速が優先する。また、前方ラグの方が確認しやすい。
		⑫ A車が減速して前方ラグをとる。	○	
		⑬ B車が加速して進路を譲る。	○	
		⑭ B車が減速して進路を譲る。	×	
VI		⑮ A車が加速して進路を譲る。	○	行動を起こす織り込み車の加減速が優先する。また、前方ラグの方が確認しやすい。
		⑯ A車が減速して進路を譲る。	×	
		⑰ B車が加速して後方ラグをとる。	×	
		⑱ B車が減速して前方ラグをとる。	○	

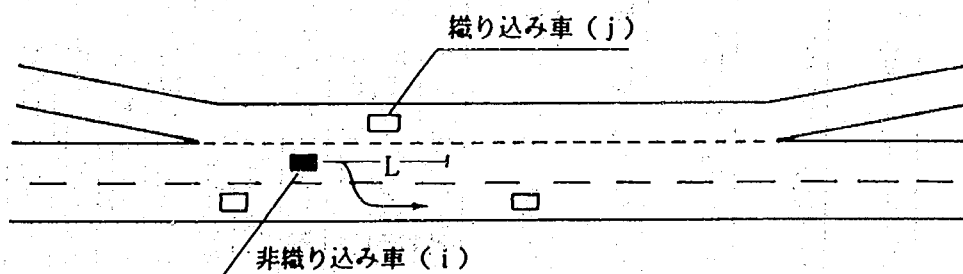
(注) 走行状況において、W：織り込み車、N：非織り込み車を示す。IV、V、VIは、A車とB車の速度が均衡しているとき。(速度差±3km程度)

(3) 避走挙動

織込み区間およびその手前における避走には、織込み区間の存在を意識して織込み車の有無にかかわらず避走するものと、前方を併進する織込み車の影響を避けようとして避走するものがある。織込み区間の存在を意識して織込み車の有無にかかわらず行う避走(i)は、合流部の警戒標識やインターチェンジの案内標識等により慣習的に行うものであり、織込み車を視認できる位置では大半がこの避走を完了しているものと考えられる。一方、前方を併進する織込み車の影響を避けようとして行う避走(ii)は織込み車の影響を直接受けることをドライバーが予期して行うものであり、織り込み車の存在を直接視認できる区間において発生する。

本モデルにおいて、(i)の避走は織込み手前区間で再現することとした。したがって、この避走は次項4)で述べることとし、ここでは(ii)の避走挙動の再現方法について述べる。避走(ii)の再現にあたって、避走の判断は合流部モデルと同様に以下の条件のときに非織込み車が避走を行うものとした。

- 1) クラウン線をはさみ非織込み車(i)の前方一定距離(L)以内に織込みをしようとする車(j)が存在する。
- 2) 非織込み車(i)と織込み車(j)の速度差が一定値以下である。
- 3) 避走しようとする車線に、車線変更が可能な前方ラグおよび後方ラグがある。



付図-1. 11 車線変更を伴う避走

(4) 織込み手前区間の車線選択挙動

1) 挙動再現の考え方

織込み区間の起点、すなわち合流ノーズ部の断面では本線の織込み車は走行車線に大部分が移行しており、非織込み車は避走(1)により内側車線に多く移行している。このことを再現するため、本モデルでは以下のように考えた。

- ① 織込みの影響のない単路部では、織込み車と非織込み車は、お互い区別なく希望する車線を走行する。したがって、車発生時では各車線の織込み車混入率は同じ値とする。
- ② 織込みの影響は、出口の案内標識が初めて設置される位置からあらわれるものとする。すなわち、分流ノーズ手前2km地点を織込み手前区間の起点と考える。
- ③ 織込み車のうち追越車線を走っている車は、織込み手前区間で追越車線から走行車線へ次第に移行する
- ④ 非織込み車のうち追越車線を走っている車は、織込み手前区間である条件を満足した場合に走行車線から追越車線へ移行する。

上記のうち③および④の再現方法を概説すると以下のとおりである。

2) 織込み車の車線変更

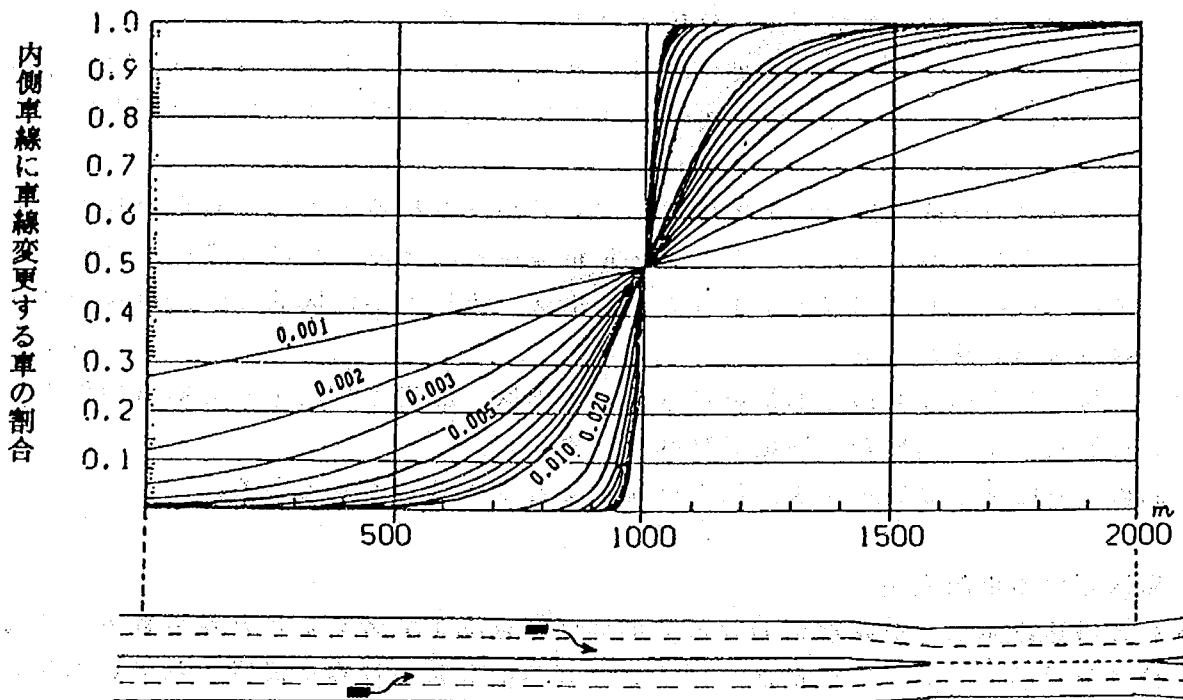
本線の織込み車は、分流部における分流車に置き換えて考えることができる。すなわち、分流部手前において分流車は、分流ノーズ手前2km地点に設置されている出口案内標識を過ぎた頃から次第に走行車線に移行する傾向がある。

本モデルでは、織込み車が分流車と同じ挙動を示すものと考え、内側車線への移行を開始する位置を付図-1、12に示すような関数形($K=0.01$)で与え、確率的な処理により、車線変更の判断を開始する位置を付与することとした。

LOGISTIC CURVE

$$Y = 1 / [1 + \exp\{-K(X - 1000)\}]$$

$$[K = 0.001 \sim 0.100]$$

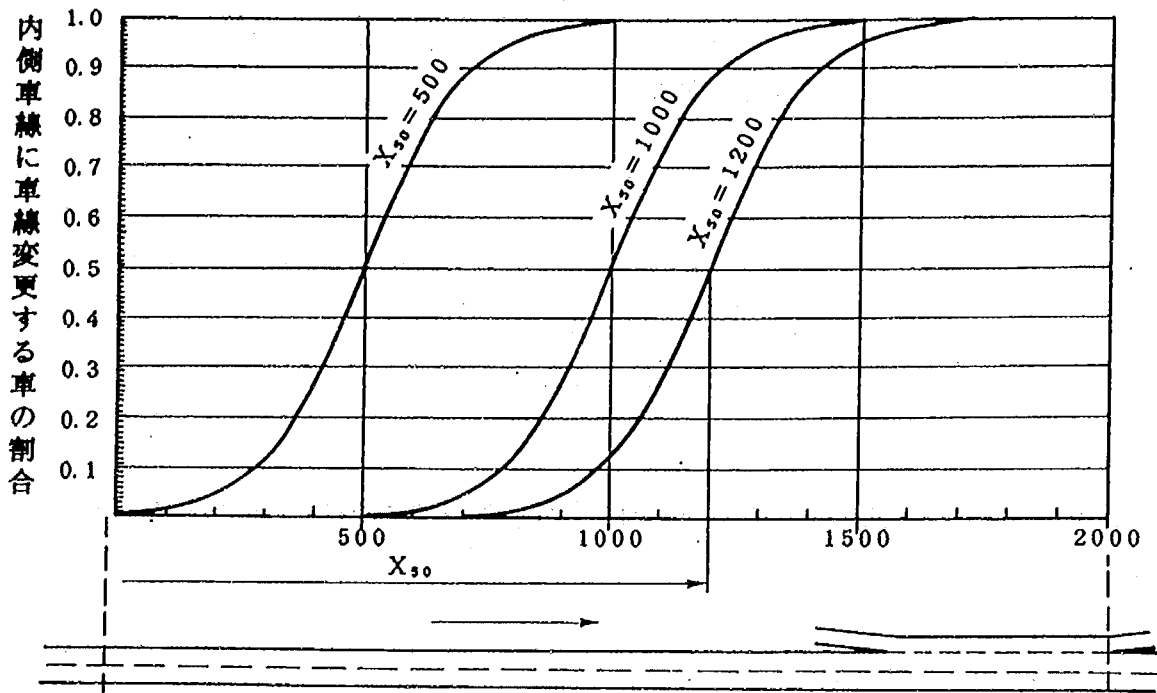


付図-1. 12 内側車線に車線変更する位置の分布関数

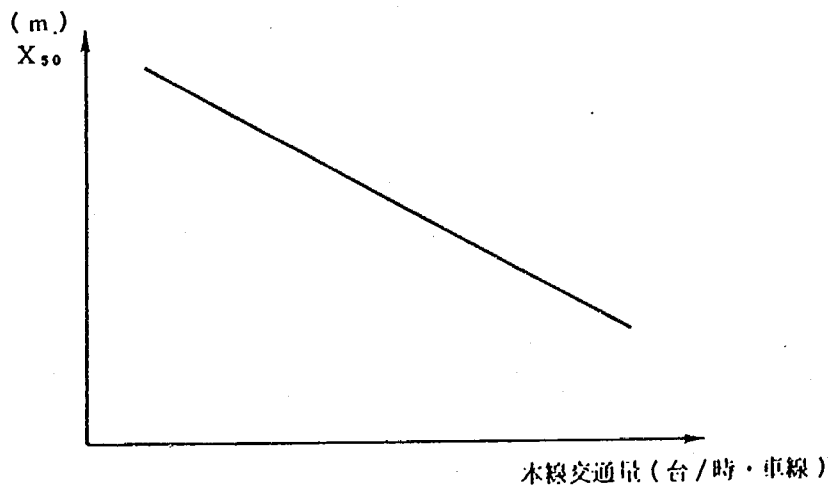
ただし、この関数形を一律に設定すると交通量の増加に従い織込み車が内側車線に残り走行車線の交通量が少なくなる。これを改善するため、この関数形を次式に示すように、交通量が多くなるに従い上流側にシフトすることを考えた。具体的には、付図-1. 13に示すように織込み手前区間起点から車線変更確率が50%になる地点までの距離 (x_{50}) を、付図-1. 14に示すように本線1車線あたりの交通量に従い変化させることとした。

$$Y = 1 / [1 + \exp\{-K[X - x_{50}]\}]$$

$$(K = 0.010)$$



付図－１．１３ 走行車線に車線変更する位置の想定

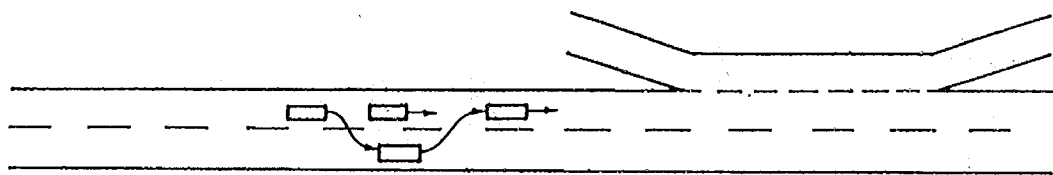


付図－１．１４ 交通量とシフト量 (x_{50})

3) 非織込み車の車線変更 (④の再現方法)

走行車線を走行している非織込み車が追越車線に避走する挙動は、織込み手前の区間で広範囲に生起する。この現象的は次のように説明できる。すなわち、織込み区間に近づくと織込み車が走行車線に移行するため同車線の密度が高くなり、非織込み車がより自由度の高い車線へ移行する。すなわち追越しに似た状況と考えられる。

そこで本モデルでは、織込み手前区間で走行車線を走行する非織込み車は、追従状態になると追越車線に移行することとした。ただし、希望速度の比較的低い非織込み車は、低速車を追越した後、再び走行車線に復帰することとした。



付図－１．１５ 織込み手前区間における非織込み車の車線変更

パラメータの考え方

1. パラメータの概要
2. 内部パラメータ
3. 外部パラメータ

付属資料－２ パラメータの考え方

１ パラメータの概要

織込み現象再現モデルにおいて用いる演算パラメータは、主として走行挙動に関する内部パラメータと、主として演算条件の設定に関する外部パラメータに大別される。付表－２．１は本モデルに必要な内部パラメータと外部パラメータを整理したものである。

付表－２．１（１） 演算パラメータ（内部パラメータ）

種 類	パラメータの内容	
内部 パラメータ	(１) 車の発生に関するもの	① 車の発生間隔
	(２) 走行性能に関するもの	① 駆動力（トン当たり馬力） ② 走行抵抗 ③ 加速度 ・普通加速度 ・合流加速度 ④ 減速度 ・普通減速度 ・合流減速度
	(３) 一般走行に関するもの	① 追従判定基準 ② 追越しおよび復帰時の車線変更判断基準 ・可能速度差 ・前方、後方ラグ
	(４) 織込みに関するもの	① 織込みを行うために必要な速度 ② 織込み判断開始位置 ③ 織込み時の車線変更判断基準 ・本線ギャップ ・前方、後方ラグ ④ 織込み位置によるギャップ・ラグの補正值 ⑤ 織込みパターン別によるギャップ・ラグの補正值 ・車種別 ・織込み方向別 ・織込み車、非織込み車別 ⑥ 織込み時の車線変更時間
	(５) 織込み手前の車線変更に関するもの	① 織込み車が走行車線へ移行する位置 ② 非織込み車が低速車を追い越した後復帰するときの判定速度
	(６) 避走に関するもの	① 避走の条件 ・織込み車との距離 ・織込み車との速度差

付表－２．１（２） 演算パラメータ（外部パラメータ）

種類	パラメータの内容	
外部 パラメータ	(１) 道路条件に関するもの	① 織込み可能区間長 ② 織込み手前区間長 ③ 避走区間長 ④ 織込み終端区間長 ⑤ 縦断勾配 ⑥ 設計速度
	(２) 交通条件に関するもの	① 交通量 ② 大型車混入率 ③ 車線利用率 ④ 織込み車混入率 ⑤ 希望速度 ⑥ 初期速度

2 内部パラメータ

(1) 車の発生に関するもの

1) 車の発生間隔

車をスタディー・エリアに発生させる間隔は、自由走行できる道路上の車頭時間の分布に従い決定するものとするが、その分布はポアソン分布に等しいものといわれている。したがって、モデルにおいては自由走行時における車頭時間を負の指数分布と仮定し、次式により設定した。

$$\text{ここに、 } t = t_0 - (\bar{t} - t_0) \log R$$

t ; 車頭時間

t_0 ; 限界車頭時間 (秒)

$\bar{t}$; 平均車頭時間

R ; 一様乱数

(2) 走行性能に関するもの

1) 駆動力

駆動力は、自動車エンジンにより出力する進行方向で作用する力であり、一般に自動車総重量あたりの駆動力、すなわちトン当たり駆動力で表される。トン当たり駆動力は、エンジントルク、タイヤ半径、伝達装置の減速比等により定まり、「道路構造令の解説と運用」(日本道路協会)をもとに次のように設定した。

$$t = \frac{270}{V_m} \cdot h \cdot \eta \left\{ 1.2 - 1.3 \left(\frac{V}{V_m} - 0.6 \right)^2 \right\} \quad (\text{kg} / \text{ton}) \quad \text{--- (式 2. 1)}$$

ここに、 t ; 駆動力

h ; トン当たり馬力 (PS / ton)

V_m ; 最大回転時速度 (km / 時)

η ; 効率

V ; 走行速度 (km / 時)

上式において、 V_m 、 η は標準的と思われる積載量10tクラスのトラックの満載時を想定し、付表-2. 2のとおり設定した。すなわち、駆動力は使用するギヤによって走行速度の増加に伴い段階的に低下するものとした。

付表-2. 2 V_m (km / 時)、 η

	LOW		2nd		3rd		4th		5th		TOP	
	V_{m1}	η_1	V_{m2}	η_2	V_{m3}	η_3	V_{m4}	η_4	V_{m5}	η_5	V_{m6}	η_6
大型車	12	0.91	20	0.91	35	0.91	52	0.91	77	0.93	112	0.91

(注) 自動車メーカーによる調べ

したがって、モデルにおいては付表-2.2の値を式-2.1に代入することにより、トン当たり駆動力を V_i と h の関数として付表-2.3のとおり設定した。なお、トン当たり馬力 h は、東名高速道路における調査結果をもとに、付表-2.4のとおり設定した（「東海自動車道（大井松田～御殿場）改築に伴う交通工学上の検討調査」昭和60年3月）。調査における大型車のトン当たりの馬力の平均値は19.8（PS/ton）であった。

付表-2.3 トン当たり駆動力

	V_i の適用範囲 (km/時)	t (kg/t)
LOW	0~12	$t = (24.7 - 0.185(V_i - 7.2)^2)h$
2nd	12~20	$t = (14.8 - 0.0401(V_i - 12.0)^2)h$
3rd	20~35	$t = (8.45 - 0.00747(V_i - 21.0)^2)h$
4th	35~52	$t = (5.69 - 0.00228(V_i - 31.2)^2)h$
5th	52~77	$t = (3.92 - 0.000716(V_i - 46.2)^2)h$
TOP	77~112	$t = (2.64 - 0.000228(V_i - 67.2)^2)h$

付表-2.4 トン当たり馬力の分布

(単位: PS/ton)

	大型車	小型車
平均値	19.8	100.0
標準偏差	6.2	0.0
最大値	51.4	100.0
最小値	5.9	100.0

2) 走行抵抗

走行抵抗には、空気抵抗、路面とのころがり摩擦抵抗などがある。走行抵抗 γ は、「道路構造令の概説と運用」をもとに次のように設定した。

$$\gamma = 10 + 10i + 0.0016V^2 \quad \text{-----} \quad (\text{式 2. 2})$$

i ; 縦断勾配 (%)

V ; 走行速度 (km/時)

3) 加速度

普通加速度とは、自由走行状態の車で可能速度に達するまで加速する場合に用いる加速度であり、合流加速度とは織込み車が前方の本線ギャップに車線変更しようとして加速する場合に用いる加速度である。

これらの加速度の値は、自動車メーカーによる最近の国産車の加減速性能の調査をもとに、付表-2. 5のように設定した。

付表-2. 5 加速度の設定値

区 分	設 定 値	備 考
普通加速度	$1.17 - 0.03V$ (m/sec ²)	追越加速度の60%程度
合流加速度	$1.60 - 0.03V$ (m/sec ²)	追越加速度の80%程度

(注) V ; 現在の瞬間速度

4) 減速度

普通減速車とは自由走行状態の車が追従走行に移行しようとして減速する場合に用いる減速度であり、合流減速度とは織込み車が後方の本線ギャップに車線変更しようとして減速する場合に用いる減速度である。

これらの減速度の値は、加速度と同様に自動車メーカーによる最近の国産車の加減速性能の調査をもとに、付表-2. 6のように設定した。

付表-2. 6 減速度の設定値

区 分	設 定 値	備 考
普通減速度	0.5 (m/sec ²)	エンジンプレーキ程度
合流減速度	1.8 (m/sec ²)	フットブレーキをゆっくりかけた程度

(3) 一般走行に関するもの

1) 追従判定基準

追従判定基準とは、自由走行から追従走行に移行する場合の判定に用いるパラメータである。自由走行から追従走行への移行は、前車との車頭時間が5秒になった時点で減速走行に入り、前車との車頭時間が追従車頭時間となった時点で追従走行（等速走行）を行うものとした。ここで、追従車頭時間は、東名および東北道の車頭時間分布をもとに付表-2.7のように設定した。

付表-2.7 追従車頭時間の設定値

平均値	2.0秒
標準偏差	0.7秒
最小値	0.6秒
最大値	4.0秒

2) 車線変更判断基準

前方の低速車を追い越す際の車線変更可否の判断は、次の3つの判断基準を用いて行う。

(i) 追越時の前方・後方ラグ

追越時の前方・後方ラグとは、走行車線から追越車線に車線変更しようとする際の本線の前車、後車と自車との車頭間隔をいう。ここでは、首都高速道路における合流現象より求めた結果をもとに、前方ラグを0.5秒、後方ラグを後車との速度差が10km/時以下の場合2.0秒、後車との速度差が10km/時以上の場合3.0秒とした。

(ii) 復帰時の前方・後方ラグ

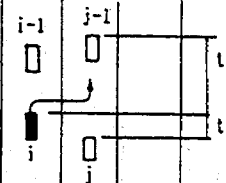
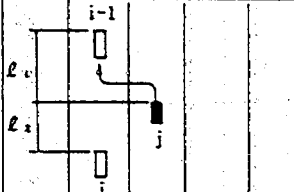
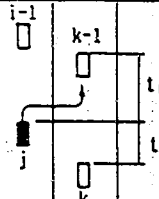
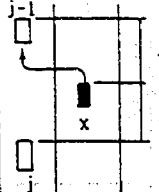
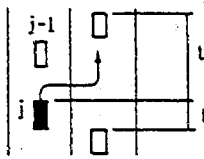
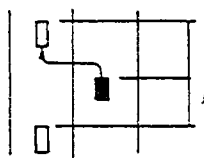
復帰時の前方・後方ラグとは、追越しを完了して走行車線に車線変更しようとする際の走行車線上の前車、後車と自車との車頭間隔をいう。ここでは、復帰時の前方ラグを200m、復帰時の後方ラグを追越時の後方ラグと同様に後車との速度差が10km/時以下の場合2.0秒、後車との速度差が10km/時以上の場合3.0とした。

(iii) 追越しをするときの速度差

前方の低速車を追い越す場合の自車との速度差は、復帰時の前方・後方ラグと同様に登坂車線設置効果算出モデルの感度分析を通じて得られた15km/時を用いるものとし、15km/時以上の可能速度差がある場合、追越しを行うものとした。

以上(i)～(iii)の判断基準は本線4車区間のものであるが、本線6車区間についても基本的には同様の考え方にに基づき感度分析を通じて設定した。表-2.8は、本線6車区間および4車区間の車線変更判断基準を整理したものである。

付表 - 2. 8 車線変更判定基準

	車線変更の方向	車線変更の条件	前方の条件	後方の条件
本線 6車区間	第1車線 ↓ 第2車線	 追従走行状態にあり、前車 (i-1) の速度と自車 (i) の可能速度との差が15km/h以上のとき。	$t_1 \geq 0.5$ 秒	・後車 (j) との速度差が10km/h未満のとき $t_2 \geq 2$ 秒 ・後車 (j) との速度差が10km/h以上のとき $t_2 \geq 3$ 秒
	第2車線 ↓ 第1車線	 自由走行状態にあり、可能速度が100km/h以下のとき。	$l_1 \geq 200$ m	同 上
	第2車線 ↓ 第3車線	 追従走行状態にあり、前車 (j-1) の速度と自車 (j) の可能速度との差が15km/hであり、自車の可能速度が110km/h以上のとき。	$t_1 \geq 0.5$ 秒	同 上
	第3車線 ↓ 第2車線	 自由走行状態にあり、可能速度が120km/h以下のとき。	$l_1 \geq 200$ m	同 上
本線 4車区間	走行車線 ↓ 追越車線	 追従走行状態にあり、前車 (j-1) の速度と自車 (j) の可能速度との差が15km/h以上のとき。	$t_1 \geq 0.5$ 秒	同 上
	追越車線 ↓ 走行車線	 自由走行状態のとき。	$l_1 \geq 200$ m	同 上

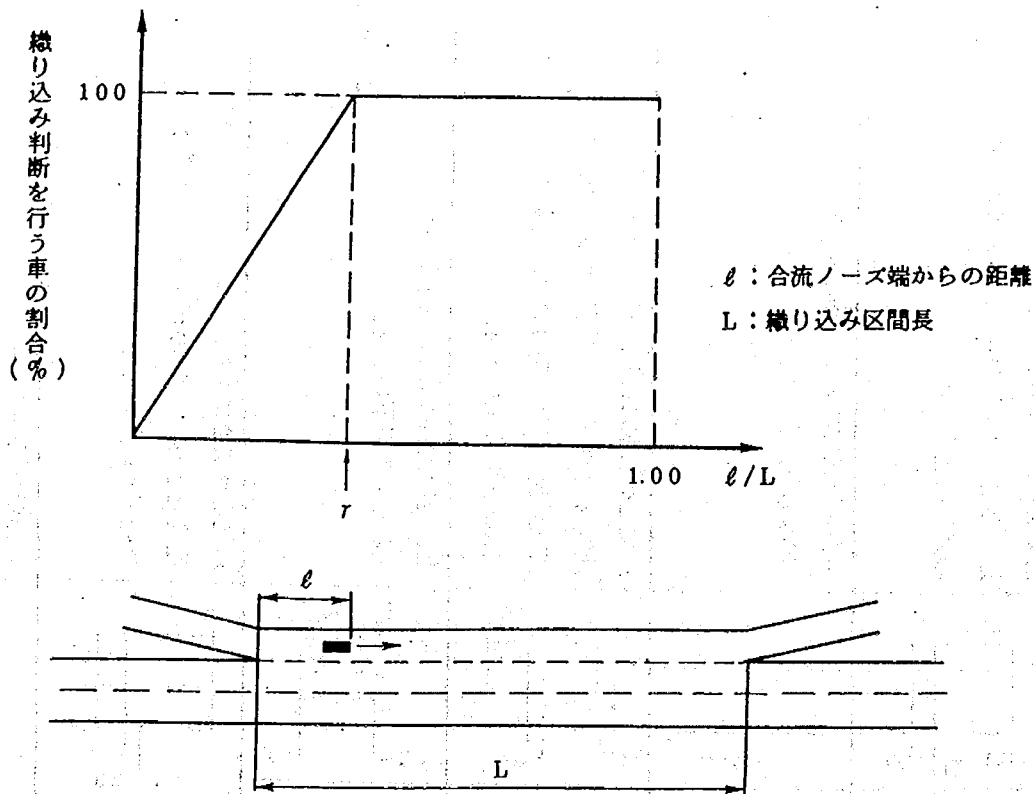
(4) 織込みに関するもの

1) 織込みを行うために必要な速度

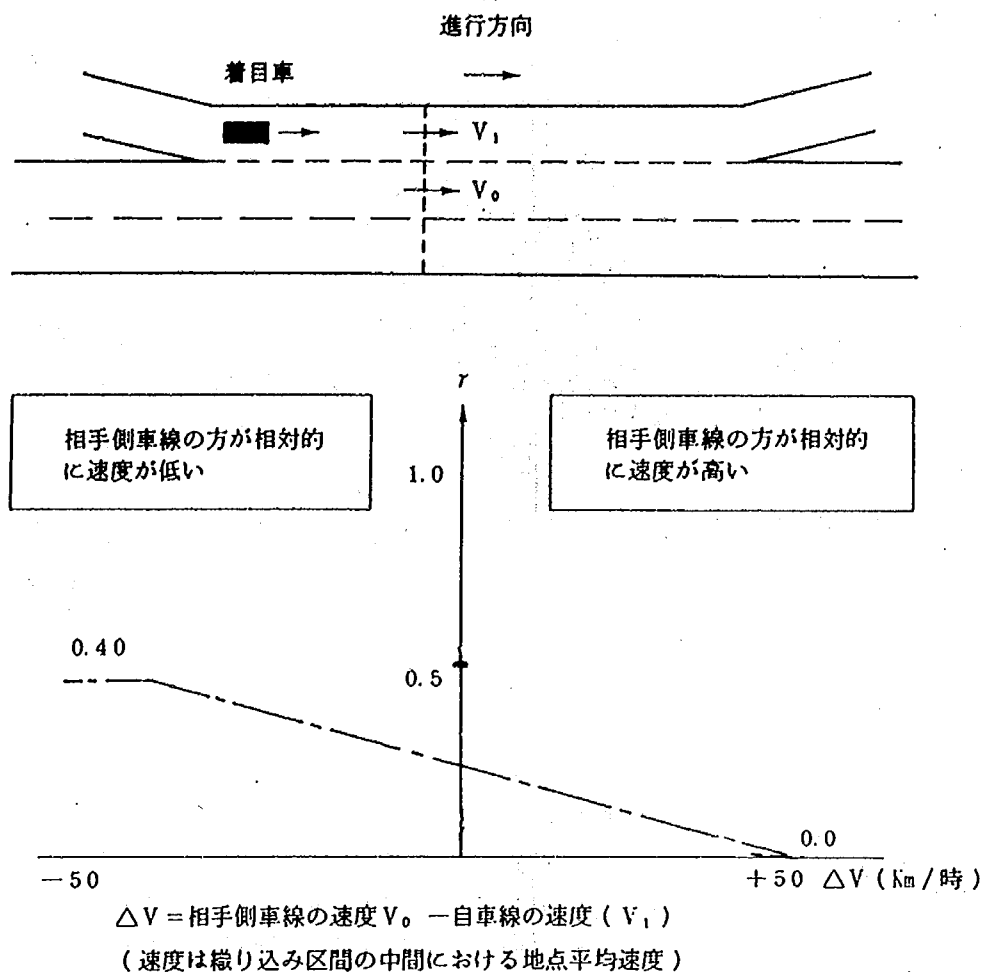
織込みを行うために必要な速度とは、ランプ側から織込み区間に進入した車が織込み判断を開始する時点で必要な速度をいう。この値は宇都宮 I C および東名川崎 I C で調べた合流速度分布から設定した 50 km/h を採用する。

2) 織込み判断開始位置

織込み判断開始位置は、隣合う車線間の速度差によって、織込み判断を開始する位置が変わることを制御するパラメータである。このパラメータは観測で得られるデータから直接的に求めることが困難なので、感度分析を通じ設定した。付図-2.1 は設定した織込み判断開始位置の関数型を示したものであり、付図-2.2 は速度差と 100% の車が織込み判断をする位置の関係を示したものである。



付図-2.1 織り込み判断を行う車の割合

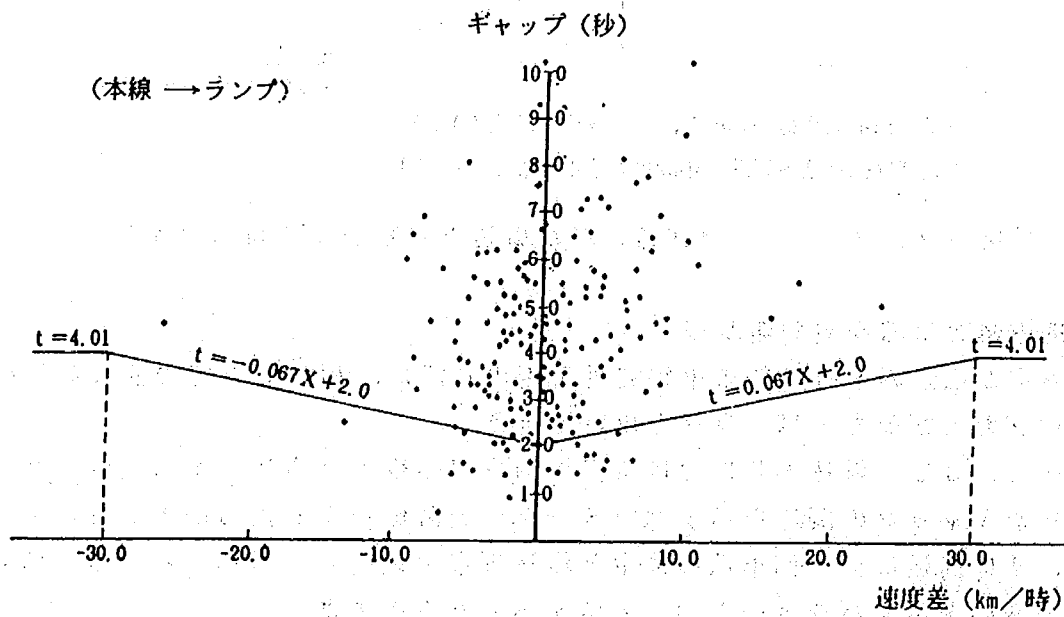
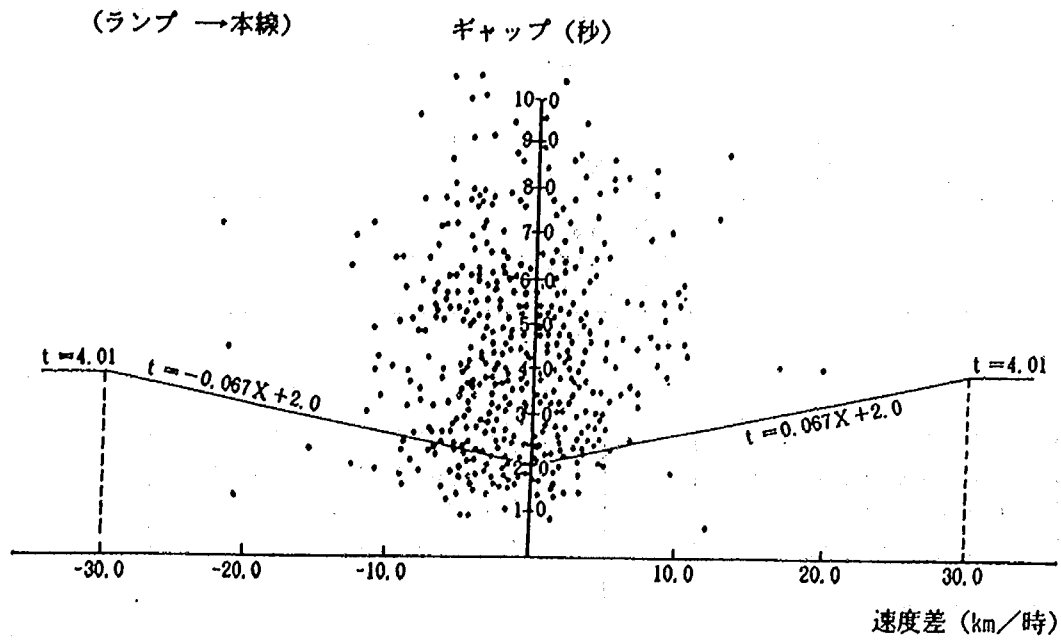


付図-2.2 100%の車が織込み判断をする位置 (γ)

3) 織込み時の車線変更判断基準

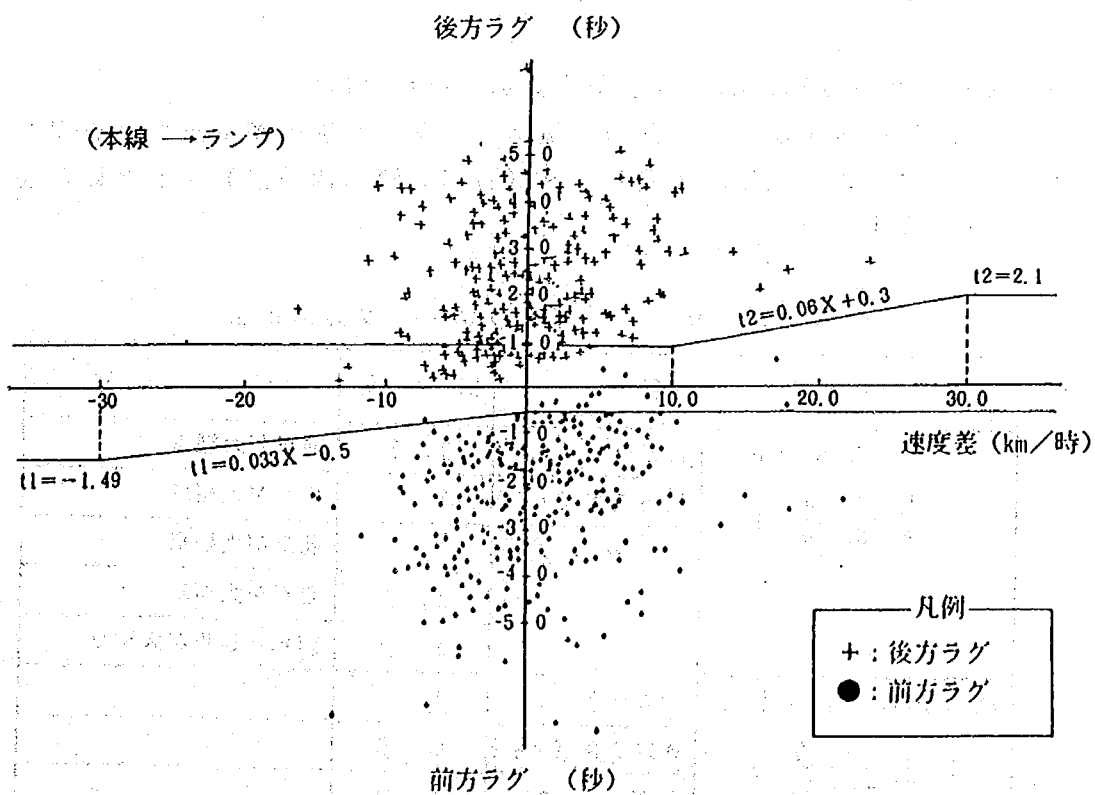
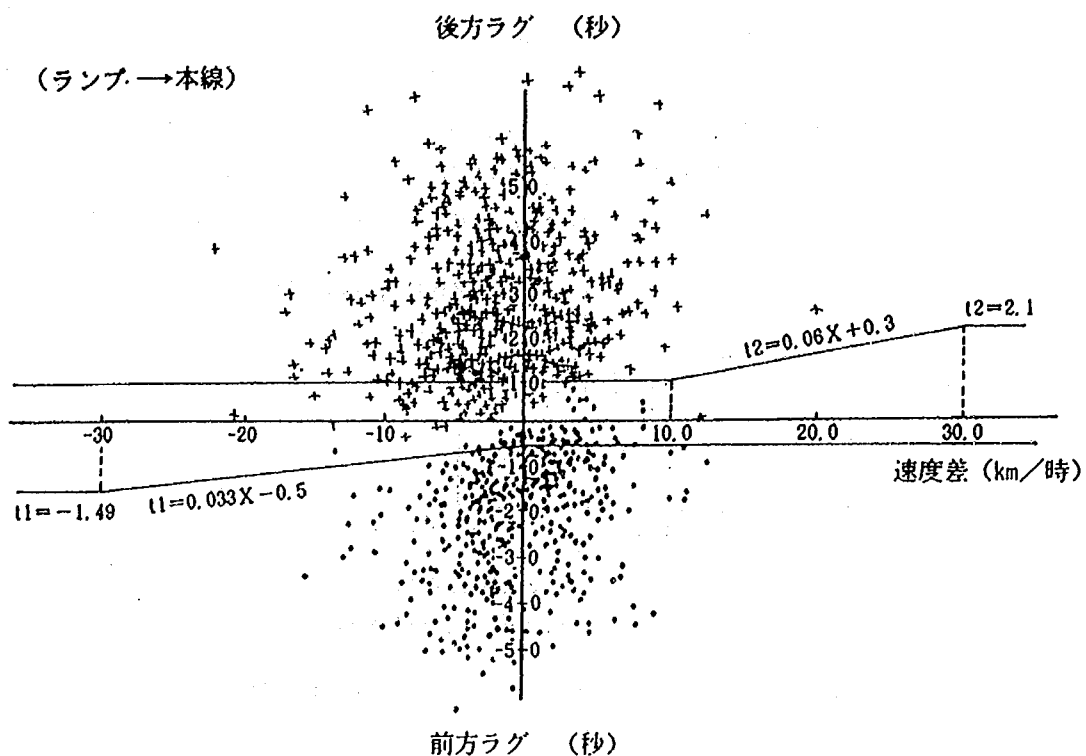
織込み車が織込みを行う際の車線変更可否の判断は、相手側車線の前方車と後方車のギャップおよび前方・後方ラグを用いて行う。

付図-2.3は、織込み時における相手側車線の後車と織込み車の速度差と、織込みを行ったギャップの関係を示すパラメータの設置値を示したものである。また、付図-2.4は同様に相手側車線の後車と織込み車の速度差と織込みを行った前方・後方ラグの関係を示すパラメータの設置値を示したものである。



(注) 速度差 = 非織込み車速度 - 織込み車速度
データは、首都高速道路葛西地点の実測値

付図 - 2. 3 織込み時のギャップ

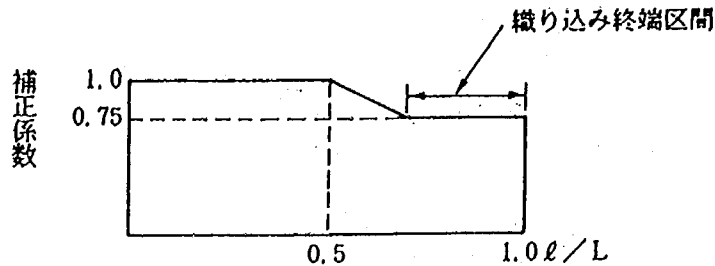


(注) 速度差 = 非織込み車速度 - 織込み車速度
 データは、首都高速道路葛西地点の実測値
 織込み時の前方ラグ・後方ラグ

付図 - 2. 4

4) 織込み位置によるギャップ・ラグの補正係数

織込み位置によるギャップ・ラグの補正係数とは、織込み位置が区間終端に近づくに従い織込みが可能と判断されるギャップおよび前方・後方ラグが小さくなると考えられるため、これを補正するために用いる補正係数である。付図-2.5は、設定した織込み位置によるギャップ、ラグの補正係数の関数形を示したものである。



(注) ℓ : 織り込み可能区間起点からの距離
 L : 織り込み可能区間長

付図-2.5 ギャップ・ラグの補正係数

5) 織込みパターン別ギャップ・ラグの補正係数

織込み時のギャップ・ラグは、織込み位置のみならず次の要素によっても異なる。

- (i) 織込み車およびその前方車の車種
- (ii) 織込み方向
- (iii) 前方車と後方車が織込み車か非織込み車かの違い

したがって、これらを補正するために織込みパターン別のギャップ・ラグの補正係数を考えた。この補正係数は、実測データ（首都高速葛西地点）をもとに付表-2.9に示すように設定した。

付表-2.9 ギャップ・ラグの補正值

項	目	補 正 値	備 考
車種による補正 [大 型 車 小 型 車]	前方ラグ (r_1)	1.3	前車が大型車
	後方ラグ (r_2)	1.1	自車が大型車
	ギャップ	1.1	前車が大型車
		1.1	自車が大型車
		1.2	前車と自車が大型車
織り込み方向の補正 [右 → 左 左 → 右]	前方ラグ (r_1)	1.3	
	後方ラグ (r_2)	0.8	
	ギャップ	1.0	
織り込み車による補正 [織 り 込 み 車 非 織 り 込 み 車]	前方ラグ (r_1)	0.9	前車が織り込み車
	後方ラグ (r_2)	0.7	後車が織り込み車
	ギャップ	1.0	前車が織り込み車
		0.8	後車が織り込み車
		0.8	前車と後車が織り込み車

6) 織込み時の車線変更時間

織込み時の車線変更時間は、織込み車の車線変更時の横移動時間を考慮するために用いるパラメータである。

車線変更に要する時間 t は、実態調査の実測結果をふまえランプから本線、本線からランプの別に付表-2. 10に示す平均値と偏差を与え、分布形で設定した。

付表-2. 10 車線変更時間

	ランプ→本線	本線→ランプ
平均値	2.2秒	3.9秒
標準偏差	0.7秒	1.2秒
最大値	5.5秒	7.0秒
最小値	0.5秒	1.5秒

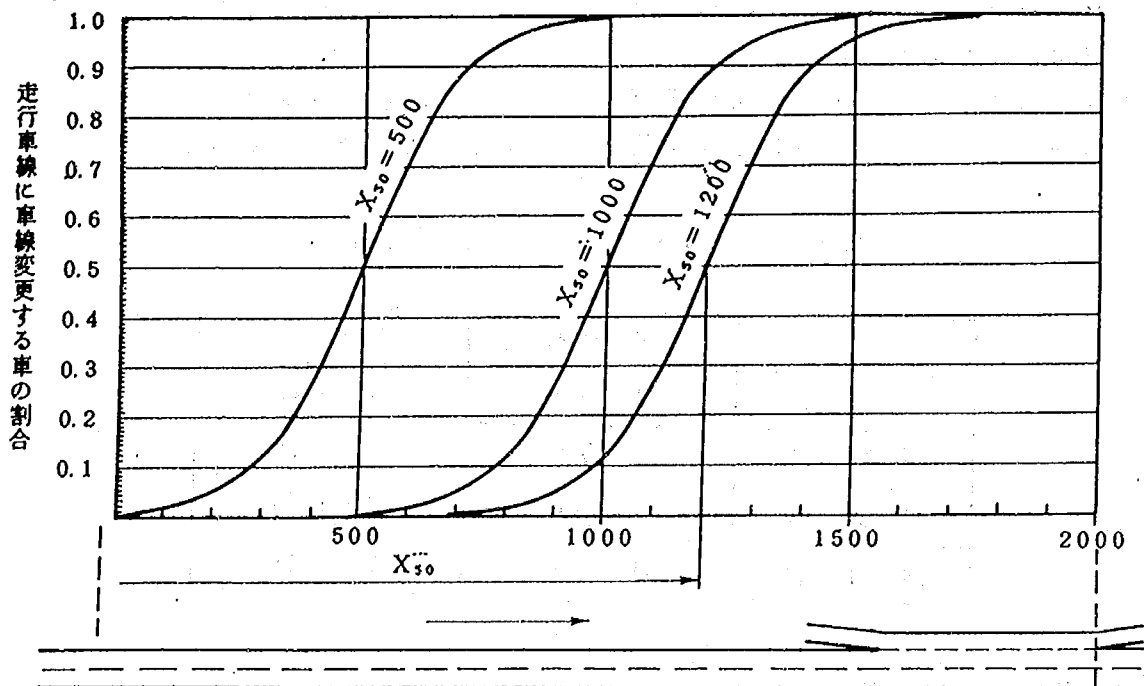
(5) 織込み手前の車線変更に関するもの

1) 織込み車が外側車線へ移行する位置

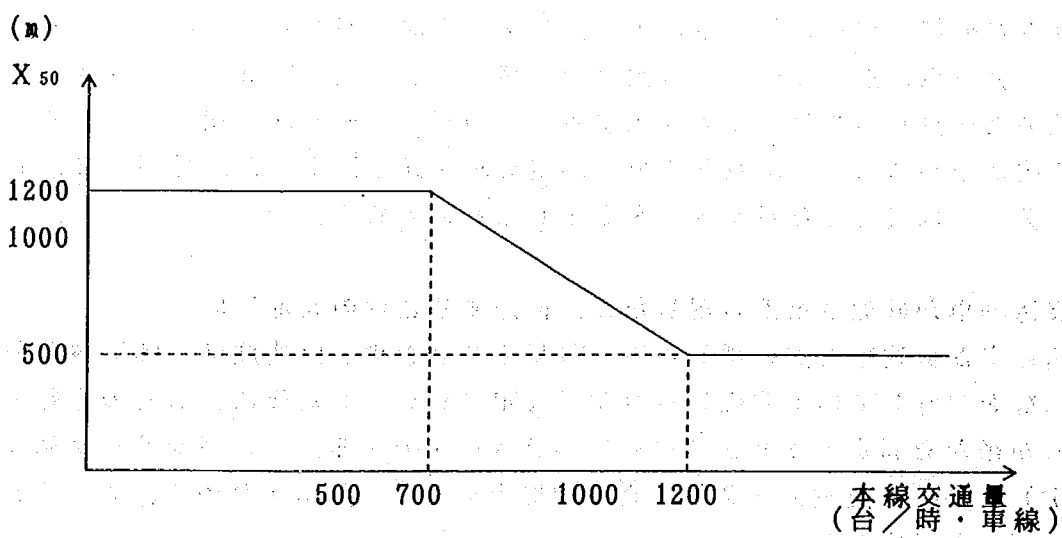
織込み車が外側車線へ移行する位置は、織込み手前区間で内側車線に残っている織込み車が、分岐点に近づくに従い外側車線へ移行する位置を制御するパラメータであり、本線の交通量レベルによって変化する。このパラメータは観測で得られるデータから直接的に求めることが困難なので、感度分析を通じ設定した。付図-2. 6および付図-2. 7は設定したパラメータを示したものである。

2) 非織込み車が低速車を追い越した後、復帰するときの判定速度

非織込み車が低速車を追い越した後、復帰するときの判定速度は、織込み手前区間で走行車線を走行している非織込み車が低速車を追い越した後に、もとの走行車線に復帰するか否かを判定するときに用いるパラメータである。このパラメータについても上記1)と同様に観測データから直接的に求めることが困難なので、感度分析を通じ70km/時と設定した。



付図－２．６ 走行車線に車線変更する位置の想定



付図－２．７ 交通量とシフト量 (X_{50})

(6) 避走に関するもの

1) 避走条件

本線走行車が、織込み車を直接視認して避走する場合の避走条件は付表－2. 11のとおりである。

付表－2. 11 避走条件

項 目	内 容
避 走 す る 範 囲	織り込み手前の避走区間および織り込み可能区間
避走車と織り込み車の距離	(i) 織り込み手前の避走区間 織り込み車の存在のみで距離は考慮しない。 (ii) 織り込み可能区間 100m以下
避走車と織り込み車の速度差	(i) 織り込み手前の避走区間 織り込み車の存在のみで速度差は考慮しない (ii) 織り込み可能区間 40km/時以下

3 外部パラメータ

(1) 道路条件に関するもの

1) 織込み可能区間長

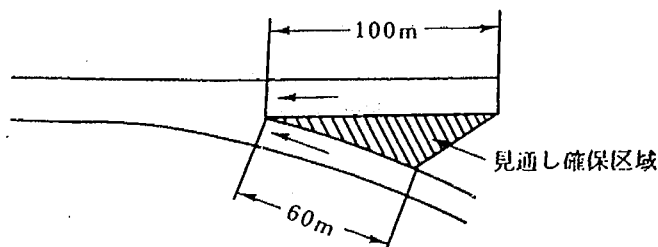
織込み可能区間長は、織込みのための車線変更を行う区間として設定する。具体的には、合流側のゼブラノーズと分流側の物理ノーズ（構造物ノーズ）の間隔とする。分流側で物理ノーズまでとしたのは、終端部での割り込みを再現することを前提としたことによるものである。

2) 織込み手前区間長

織込み手前区間長は、織込み区間の上流で追越車線を走行している織込み車が走行車線へ移行を開始する地点から、織込み区間起点までの区間として設定する。織込み手前区間の起点は、出口の案内標識が初めて設置される位置とし、分流ノーズ（物理ノーズ）手前 2 km 地点とする。

3) 避走区間

避走区間は織込み手前区間のうち、非織込み車が織込み車を視認できる範囲とし、付図－2. 8 に示すように合流部手前の見通し確保区域 100m とする。



付図－2. 8 流入ランプターミナルにおける見通し

4) 織込み終端区間長

織込み終端区間長は、合流部のテーパ長に相当する長さとする。すなわち、車が横方向に無理なく移行するには横方向 1 m 当たり 1 秒を要することから、次式により算出する。

$$L = \frac{V_0}{3.6} \cdot t$$

ここに、 L ; 終端区間長 [m]

V_0 ; 平均走行速度 [km/時]

t ; 走行時間 [秒]

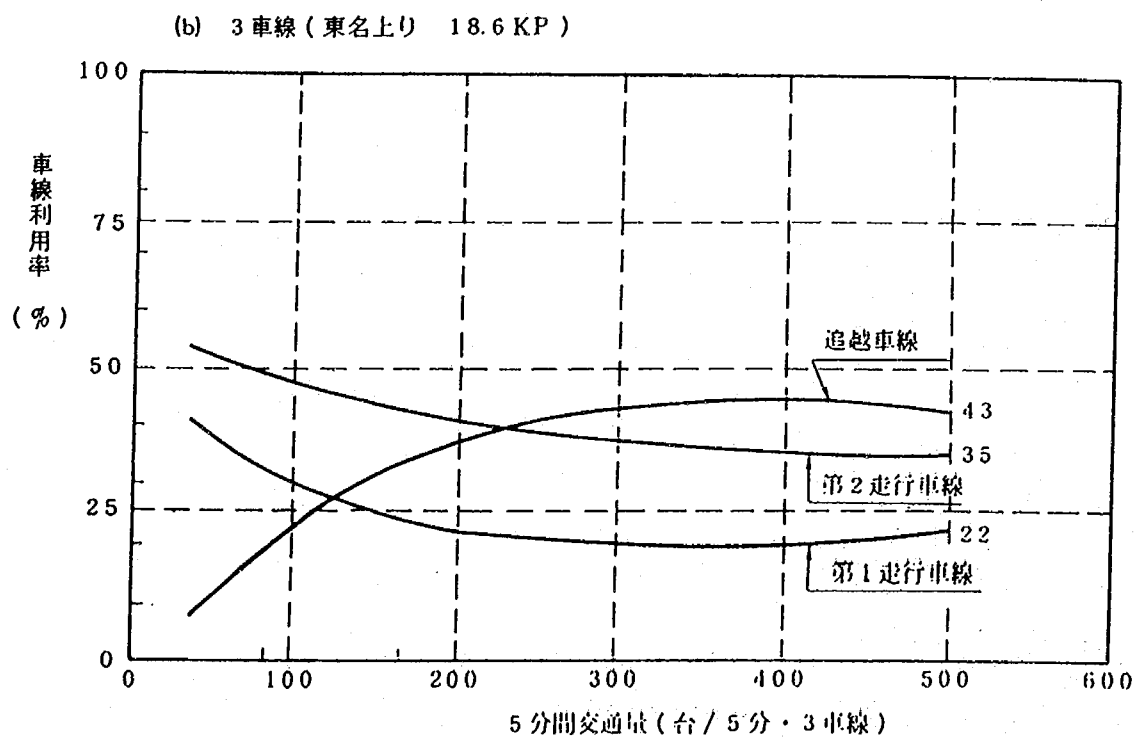
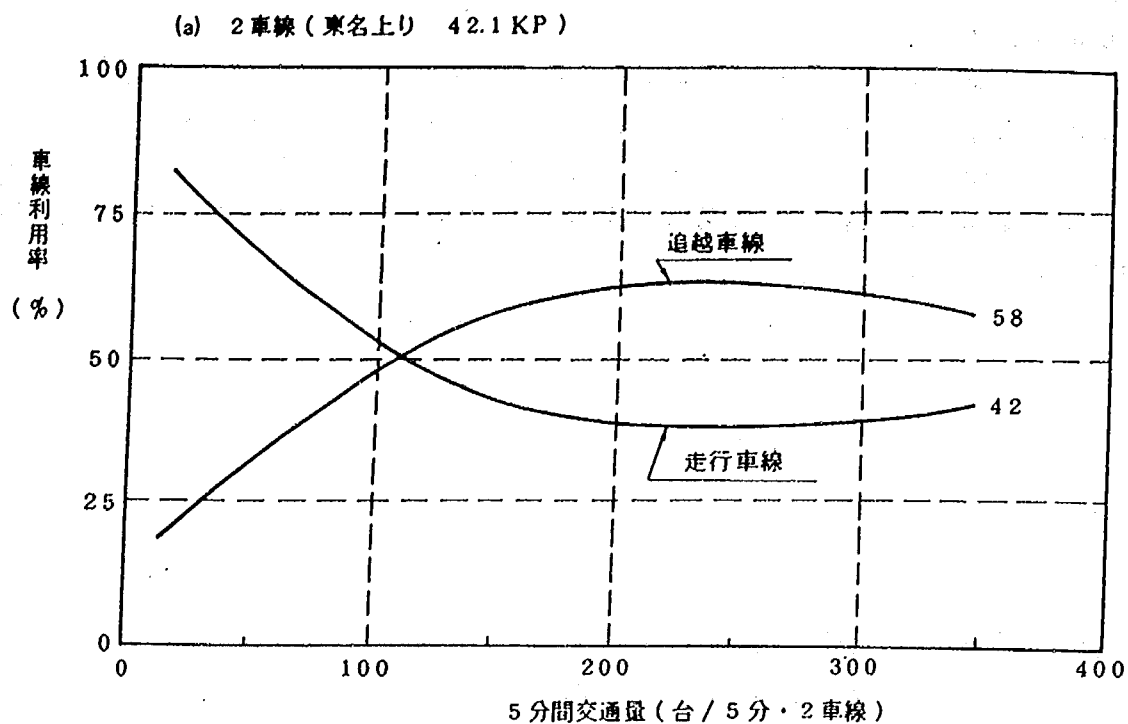
上式において、 V_0 を設計速度、 t を車線幅員 3.5m を走行するための時間と考えたと、設計速度 80m/時で 77.7m、同 100km/時で 97.2m となる。

(2) 交通条件に関するもの

1) 車線利用率

車線利用率は、車発生において各車線で発生する車の比率を初期条件として与えるものであり、分合流の影響のない単路部における平均的な分布を用いる。

車線利用率は、一般に交通量が多くなるに従い追越車線の比率が高くなる。本モデルにおいて交通量と車線利用率の関係は東名高速道路等の実測データをふまえ、付図－2.9のように設定した。



付図-2. 9

交通量と車線利用率の関係

(出典) 日本道路公団東京第一管理局

「東名高速道路単路部交通容量分析

(その2)」昭和62年3月

2) 希望速度

一般に希望速度は正規分布に従うものといわれ、本モデルでは各車線ごとに希望速度の分布を平均値と標準偏差で設定し、車発生時に乱数を発生させることにより各車両に希望速度を与えている。

希望速度の値は、4車線区間については東名高速、東北道等の既存調査結果をもとに、6車線区間は東名高速道厚木～横浜IC間の車両感知器データをもとに付表－2. 12のように設定した。

付表－2. 12 希望速度

(単位: km/時)

			平均値	標準偏差	下限値	上限値
本線4車区間	走行車線	大型車	76	7	50	130
		小型車	81	8	55	140
	追越車線	大型車	96	9	50	130
		小型車	97	10	55	140
本線6車区間	第1車線	大型車	71	11	50	120
		小型車	82	13	55	130
	第2車線	大型車	84	11	55	130
		小型車	97	12	60	140
	第3車線	大型車	94	12	70	130
		小型車	109	14	75	140

3) 初期速度

初期速度とはランプ側の速度の初期値をいい、ランプ側の車はこの初期速度から普通加速度で希望速度まで加速していく。

本モデルにおいては、宇都宮ICのノーズ部速度の実測値をもとに、2車線ランプは柏ICのノーズ部速度の実測値をもとに付表－2. 13のように設定した。

付表 - 2. 1 3 初期速度

(単位: km/時)

		車 種	平 均 値	標準偏差	下 限 値	上 限 値
1 車線ランプ		大型車	60	9	35	85
		小型車	65	10	40	90
2 車線ランプ	走行	大型車	55	6	30	80
	車線	小型車	60	7	35	85
	追越	大型車	60	6	35	85
	車線	小型車	65	7	40	90

(注) 下限値と上限値は実測値の分布範囲をもとに設定した。

(参考) 「合流部の設計に関する調査研究(その3)報告書」

昭和63年2月

織込み区間の必要長に関する
調査

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8
土木研究所資料 第3302号
平成6年9月(1994年)
道路研究室 中村 亮
村西 正美
岩田 明

要旨

本調査は、織込み区間を設計する際の基礎資料とするために、既存のシミュレーションプログラムの改良を行い、織込みパターン別に、交通量や織込み比率等の条件を変えてシミュレーションを行うことにより、サービスレベルを考慮した織込み区間の必要長を算出したものである。

キーワード：道路，織込み区間，インターチェンジ，ジャンクション

郵便はがき

郵便切手
は
い
は
つ
て
下
さ

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

道路研究室 行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3302号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印