

地覆形状と車両挙動に関する研究

—— 剛性防護柵に関する共同研究報告書 ——

平成 6 年 5 月

建設省土木研究所
道路部交通安全研究室
日本道路公団
首都高速道路公団
阪神高速道路公団
本州四国連絡橋公団

Copyright ©1994 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, 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。

地覆形状と車両挙動に関する研究 — 剛性防護柵に関する共同研究報告書 —

建設省土木研究所

道 路 部	部 長	神崎 紘郎
	総合交通安全研究官	松村 哲男
	交通安全研究室 室 長	瀬尾 卓也
	研 究 員	安藤 和彦
	研 究 員 (前)	酒井 洋一 ^{*1}
	部外研究員	梶 聡
	部外研究員 (前)	矢村 昌之 ^{*2}

日本道路公団

技 術 部	部 長	畑濃 次人
	交通技術課 課 長	栗原 光二
	課長代理	大石 嗣雄
	課長代理 (前)	阿江 章 ^{*3}
		石橋 善明
		長浜 和実

首都高速道路公団

工 務 部	部 長	北川 久
	部 長	(前) 榎本 守 ^{*4}
	設計技術課 課 長	一樹 久允
	課 長 (前)	原 光夫 ^{*5}
	課長補佐	柄川 伸一
	課長補佐 (前)	吉川 博 ^{*6}
		斉藤 亮

保全施設部	保全技術課	課 長	甘利 憲一
		課長補佐	佐藤 栄作
		課長補佐(前)	堀米 憲治*7

阪神高速道路公団

計 画 部	部 長		小野 薫
	計画第二課	課 長	雲川 晃弘
		課長補佐	垣下 賢
		係 長	要 政博
工 務 部	設 計 課	課 長	橋本 良之
		課長補佐	中村 一平

本州四国連絡橋公団

企画開発部	部 長		霜島 稜一
	道 路 課	課 長	金沢 克義
		課 長(前)	阿部 和智*8
		課長代理	永田 孝夫
			向原 和明
		(前)	岡本 豊*9

要旨

道路の高架部、橋梁部や中央分離帯に設置されているコンクリート製の剛性防護柵については、現在まで防護柵の設計に関する明かな基準はなく、国内での経験や諸外国の事例等を基に設計、施工がなされてきた。しかし、近年の車両の大型化、高速化に伴い、剛性防護柵を設置することが必要となる箇所が増加することが予想され、剛性防護柵の効果的な設計、施工方法の確立が求められている。

本研究は、建設省及び道路4公団の剛性防護柵に関する共同研究の一環として、剛性防護柵の設計に関わっている地覆について、地覆の形状が車両の挙動に及ぼす影響を把握するために、実車を用いた走行実験により検討を行ったものである。

キーワード：剛性防護柵、地覆、車両挙動、走行実験

- *1 (現)建設省土木研究所企画部企画課建設専門官
- *3 (現)日本道路公団名古屋管理司技術部交通安全課課長
- *5 (現)(財)首都高速道路技術センター技術部長
- *7 (現)首都高速道路公団保全施設部保全企画課課長補佐
- *9 (現)本州四国連絡橋公団第一建設部土木工事事務所第二工事

- *2 (現)日機建設工業株式会社土木商品開発部
- *4 (現)首都高速道路公団神奈川建設局長
- *6 (現)首都高速道路公団工務部工務企画課課長補佐
- *8 (現)本州四国連絡橋公団第三建設部向島管理事務所長

まえがき

現在、道路に設けられる車両用防護柵は防護柵設置要綱に基づいて設計施工されているが、コンクリート製の剛性防護柵については明らかな基準がなく、諸外国の事例や国内での経験等に基づいて設置されているのが実状である。

剛性防護柵は、一般の防護柵に比べ、強度が高く車両衝突時の衝撃力が大きいという特徴を有しており、人家が連続する区間や鉄道・道路との立体交差部等の、車両の突破により重大な二次災害の起きる可能性のある区間、あるいは急カーブ等の道路線形の厳しい区間等で、高欄や分離帯用防護柵として設けられてきている。

これら剛性防護柵のうち橋梁・高架部等の高欄には、衝突荷重の床版への伝達を低減する、防護柵前面に設置することによって車両の接近を防ぐ等の目的で地覆が設けられるのが普通である。

地覆は、車両の乗り越えを防ぐ目的で、ある程度の車両誘導効果を期待して設置される場合もあるが、近年の車両の高速化やバネ性能の向上により、地覆を乗り越える車両が増えている。さらに、地覆が車両の運動方向を上方に変化させるため飛び上がり挙動を引き起こし、防護柵の上部に衝突する事故が発生している。

ここでは、今後の車両の大型化、高速化と、これらに伴う剛性防護柵の増加を想定し、防護柵の性能を最大限に発揮させる効果的な地覆形状を把握するため、建設省および道路4公団による平成4、5年度の剛性防護柵に関する共同研究の一環として、実車による走行実験を行ったので、その結果を報告するものである。

平成6年5月

交通安全研究室長

瀬尾 卓也

目 次

まえがき

第1章 研究概要	1
1.1 研究目的	1
1.2 研究方法	1
1.3 地覆の定義	3
第2章 研究の背景	5
2.1 地覆設置の現状	5
2.2 本研究の背景	6
2.3 過去の研究事例	6
第3章 車両走行実験	7
3.1 実験場所	7
3.2 実験条件	7
3.3 供試体	9
3.3.1 地覆	9
3.3.2 供試体設置状況	10
3.3.3 車両	11
3.4 運転者および運転条件	12
3.5 測定項目および内容	13
3.5.1 測定項目	13
3.5.2 測定方法	13
3.6 運転者へのヒヤリング	17
第4章 実験結果および考察	19
4.1 実験結果	19
4.1.1 車両軌跡	19
4.1.2 飛び上がり量	21
4.1.3 車両加速度	23
4.1.4 車両等の損傷状況	25
4.1.5 運転者の感想	26

4.2 考察	27
4.2.1 地覆形状と進入軌跡	27
4.2.2 各種条件と飛び上がり量	28
4.2.3 最大飛び上がり位置と最大飛び上がり量との関係	32
4.2.4 各種条件と発生加速度	33
4.2.5 飛び上がり軌跡	38
4.2.6 供試体と車両の損傷	40
4.2.7 誘導限界角度の算出	41
4.2.8 過去の実験事例との比較(小型車)	45
第5章 まとめ	47
5.1 実験結果のまとめ	47
5.2 新しい地覆形状の提案	48
あとがき	49

参考文献

付録

1. 国内における縁石乗り上げ実験結果概要
2. 米国における縁石乗り上げ実験結果概要
3. 進入軌跡
4. 飛び上がり軌跡
5. 加速度波形
6. アンケート調査表
7. 実験車諸元
8. DAVによる小型車誘導実験結果

第 1 章 研究概要

1. 1 研究目的

本研究は、車両の走行実験により地覆の高さ、形状が、車両乗り上げ時に与える影響を把握し、地覆の機能を確認するものである。特に、大型車両が衝突した場合の車両挙動を観測し、飛び上がり発生の有無やその高さを明らかにすることを主目的とする。

また、小型乗用車についても限定条件での実験を行い、過去の研究結果との比較から、車両性能の変化に伴う挙動の変化を把握する。

1. 2 研究方法

研究は、地覆の設置状況を把握し、調査対象とする代表的な地覆形状、寸法を把握するとともに、過去の研究事例等を参考に、それら代表的な地覆を用いて車両の走行実験を行い、車両の挙動を観測して地覆の機能を把握すること、さらに、実験結果を基に今後地覆を設置する場合の形状、寸法についての提案を行うこととした。

このとき、走行実験に用いる供試体としては、基本的に地覆と剛性防護柵が一体構造であることから、本来はこれらの構造を再現して実験を行うことが考えられるが、本研究の目的として、上述のように、地覆のみで車両の誘導が可能か、また地覆で誘導できない場合車両はどの程度飛び上がるのかについて、地覆の基本的な影響を把握することが主たるものであるため、車両飛び上がりを阻害し、また挙動観測の障害となる防護柵は設置せず、地覆部のみを用いて実験を行うものとした。

剛性防護柵の一般的な形状と、実験に用いた供試体形状を図-1-1に示す。

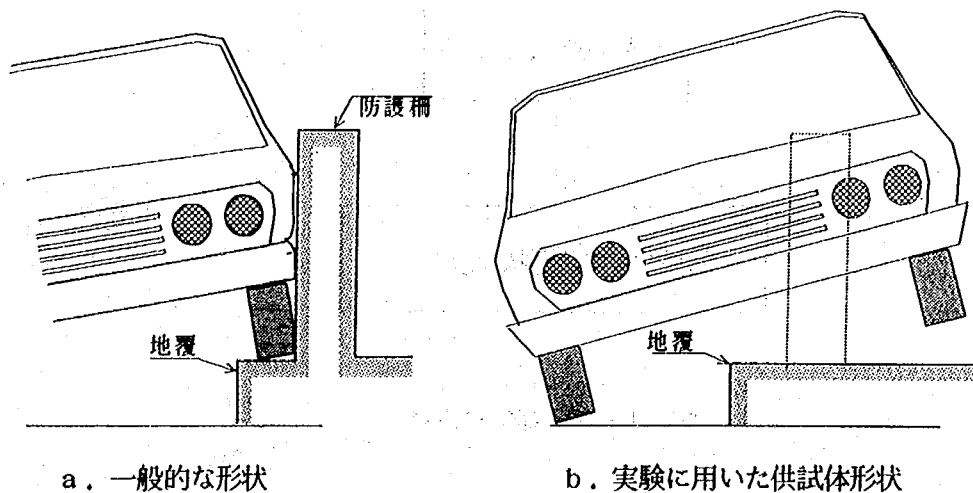


図-1-1 剛性防護柵の一般的な形状と実験用形状の比較

また、本研究の流れを図-1-2に示す。

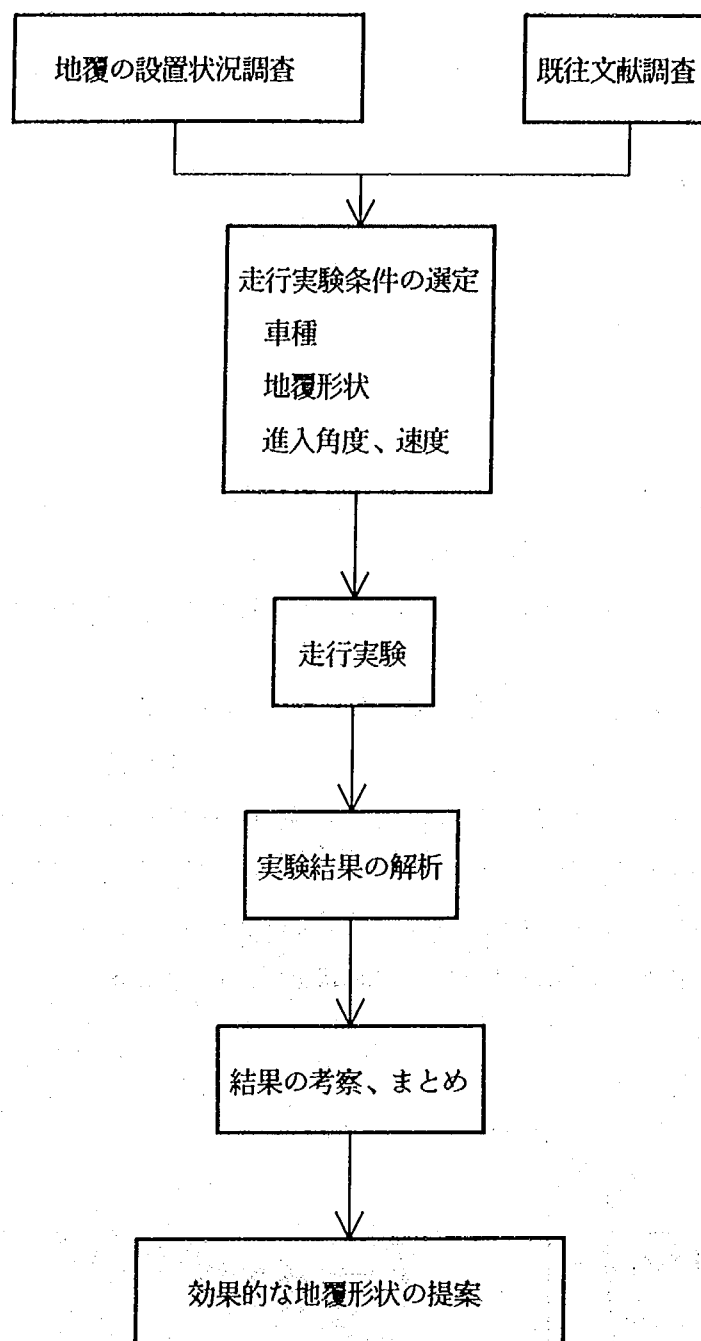


図-1-2 研究の流れ

1.3 地覆の定義

道路用語辞典¹⁾によれば、地覆は以下のように定義されている。

地覆： 歩行者および自動車の安全のため、橋の側端部に道路面より高く段差をつけた縁とりの部分

これに関し、道路橋示方書²⁾では「橋の幅員方向の両側には、地覆または縁石などを設けるものとする。」としており、自動車の視線誘導を行い橋面外や歩道部分への逸脱防止や高欄、防護柵への影響緩和、歩行者の安全性確保のために地覆、縁石の設置を定めている。

縁石は地覆に似た形状、機能を有する施設であり、以下のように定義されている¹⁾。

縁石： 舗装や路肩の縁線あるいは歩道や分離帯と車道との境界に設けられる施設で、一般には、側溝の一部をなす垂直あるいは傾斜した面を持ち、車道端を保護し、運転者に車道端を明示する目的をもって設置される施設

縁石に関しては、中央帯の場合側帯に接続して縁石線を設けることおよび、歩車道境界の物理的な分離方法として縁石を設けることが道路構造令の解説と運用³⁾に示されている。

地覆、縁石のいずれも、機能的には運転者の視線を誘導するとともに、車両の接近を防ぎ、車道外の構造物（路肩、高欄、歩道等）や人（歩行者等）を保護する目的を持っている。

本研究では、橋梁上の剛性防護柵に付属する施設として地覆を取り扱っているが、ここで得られた結果は路側や中央分離帯に設置する縁石についても適用でき、地覆を縁石と読み代えることができるものである。

第2章 研究の背景

2. 1 地覆設置の現状

現在設置されている地覆は、大きさや形状等様々なものを使用されているが、大きく分けて直壁タイプ、バリヤタイプ、マウンタブルタイプ、DAVタイプ、円形タイプ等に分類できる（図-2-1）。

これら地覆の形状等に係る基準としては、道路構造令³⁾では建築限界の高さを25cmとしており、道路橋示方書^{4) 5)}では、昭和48年以前には地覆の最低高さを10cm以上としていたが、その後地覆高さの規定は削除されている。

また、地覆の高さに関連するものとして、歩車道境界や路側に設置される縁石については、衝突車の乗員の安全性、歩行者等への不快感、車両のドアの開閉等を考慮して、歩車道境界で15～25cmの範囲が適当な高さとして示されている³⁾。

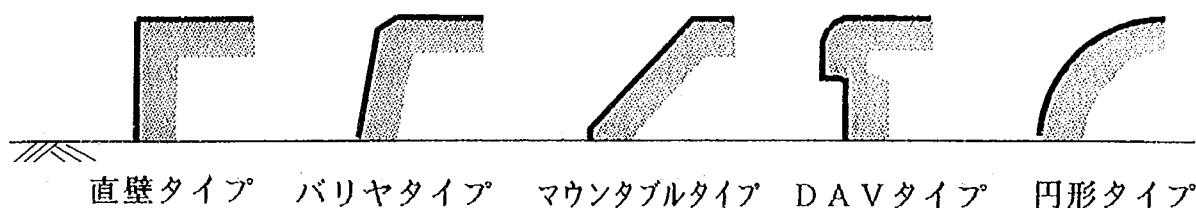


図-2-1 地覆の代表的な形状

これに関し、平成4年度に全国の国及び道路公団関連の道路管理機関を対象として、四角型（直壁タイプ、バリヤタイプ、DAVタイプ等）と三角型（すり付けタイプ、マウンタブルタイプ等）に分けて高欄地覆の大きさに関するアンケートを行った結果では、設置延長は約2,800kmあり、構造としては高さが12cm程度以下の四角型が全体の4割強、高さ25cm以上の四角型が4割弱を占めていることが分かった（図-2-2）。

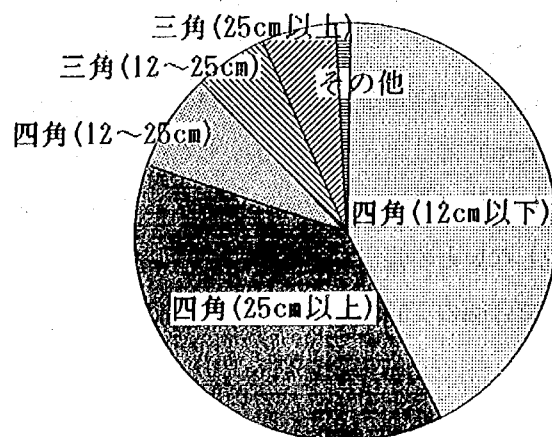


図-2-2 地覆の形状別設置状況

2. 2 本研究の背景

2. 1 で述べたとおり、地覆の高さとして、高いものでは道路構造令の建築限界高さ25cmで設置されているものが比較的多く、極力高さを確保して車両の誘導を図ろうとしているものと考えられる。地覆を高くすることは、車両の接近や乗り越しを防ぐためには効果的であるが、過去の研究結果では、地覆の高さ25cmは車両の乗り越しを防ぐために十分なものではなく、運転者に対する走行位置の目安、および接近に対する警告的な役割が主な機能となっている。

このように、現在設置されている地覆では車両の乗り上げを防ぐことは困難である。地覆に車両が乗り上げた場合、車両の運動を上方に変化させるため防護柵への車両衝突荷重が小さくなることや、乗員への衝撃力が緩和される等の利点を有しているものの、一方では車両の飛び上がりによる衝突位置の上方への移動がある。特に大型車両の場合、防護柵上部への衝突は、防護柵の破損や車両の挙動等への悪影響が危惧される。

これについては、2. 3 で述べる実験では小型車について検討が行われているが、大型車については地覆がどのような影響を与えるのか分かっていない。また、近年車両性能が向上しバネの性能も上がっていることから、小型車でも飛び上がり挙動が過去の調査時とは異なってきていることも考えられる。そこで、車両の現状等を踏まえ、大型車両を中心に地覆に乗り上げた場合の車両挙動を把握する必要があると生じている。

2. 3 過去の研究事例

地覆等の路側構造物の形状と車両挙動に関連する研究としては、国内では昭和44年に小型車を用いた縁石乗り越し実験が行われている⁶⁾。

この実験では、バリヤタイプ、マウンタブルタイプ、DAVタイプ、円形タイプ等の縁石を用い、高さ12~25cm、速度40および60km/h、角度15および25度で進入した場合の車両の軌跡を観測した。その結果によると、最も車両誘導効果のある形状はDAVタイプであるが、高さ25cmでは縁石のみによる車両の方向変換は期待できない、また、縁石高さが12cmであれば車両に飛び上がり現象は観測されないという結論になっている(付録-1参照)。

外国の例としては、米国でも縁石乗り越しと乗用車について実験調査が行われており、バリヤタイプの場合、高さ6インチ(約15cm)では進入角度10度で、高さ8インチ(約20cm)では進入角度15度で乗り上げるとされている⁷⁾(付録-2参照)。また、高さ6インチでは車両は容易に乗り越し、進入軌跡からほとんど逸脱しないとの報告もある⁸⁾。

これらについては、4章2節で今回の実験結果と比較を行っている。

第3章 車両走行実験

3.1 実験場所

実験は、建設省土木研究所構内の衝突実験施設において実験用地覆を設置して行った。

3.2 実験条件

(1) 実験車両及び重量

実験車両の設定は、現行の最大重量車両を用いること、空荷時の車両挙動の変化を把握すること、小型車の性能を把握すること等から以下の条件を設定した。

- ・大型貨物車（積載時：総重量20ton）
- ・大型貨物車（空荷時：総重量10ton）
- ・小型乗用車（総重量 1ton）

なお以下では、大型貨物車の積載時のものを20 t 車、空荷時のものを10 t 車、小型乗用車を小型車として表す。

(2) 進入速度

進入速度は、過去の実験との比較や地覆の誘導限界と考えられる速度として60km/hとした。

(3) 進入角度

進入角度は、実際に発生している衝突状況や過去の実験事例を参考に、15度、20度、25度の3種類を設定した。

(4) 地覆形状

地覆形状は、基本的な形状として直壁タイプ、車両挙動への影響が少ないと予想されるタイプとしてマウンタブルタイプ（斜度45度）、過去に最も誘導効果の高い形状と考えられてきたDAVタイプ、の3種類を代表形状として設定した。

なお、車両に対する地覆単独の影響をみるため、防護柵は設置しないものとした。

(5) 地覆高さ

建築限界の25cmを実験地覆の最高高さ、過去の実験で車両に対して影響の少ない高さとする12cmを参考に10cmを最低高さとし、中間に20cmの高さの計3種類を設定した。

(6) 実験条件の組み合わせ

設定した条件を組み合わせ、実験回数として22回の条件を選定した。

表-3-1 に実験の組み合わせと実験番号を示す。

表-3-1 実験条件の組み合わせ

速度 角度 形状			車両種別	大型貨物車				小型乗用車	
			重量	20t			10t	1t	
			高さ	10cm	20cm	25cm	25cm	20cm	25cm
60 km/h	15 度	マシナブル	1	2	3				
		DAV		8	9			19	20
		直壁	12	13					
	20 度	マシナブル	4	5	6			21	
		DAV		10	11			22	
		直壁	14	15	16	18			
	25 度	マシナブル	7						
		直壁	17						

注) 表内の数字は、実験番号を示す。斜線部は実験を行っていない。

3.3 供試体

3.3.1 地覆

供試体の形状は、現在設置されている代表的なものとして、マウンタブルタイプ（斜度45度）、DAVタイプ、直壁タイプの3形式とし、それぞれの高さを10cm、20cm、25cmとした。

ただしDAVタイプは、タイヤに食い込み誘導性を向上させると考えられる上部の車道側への飛び出し部が既に10cmあるので、10cm以内ではDAVの効果は高さ期待できないものと考え、DAVの高さ10cmは割愛した。

図-3-1に各タイプの断面を示す。

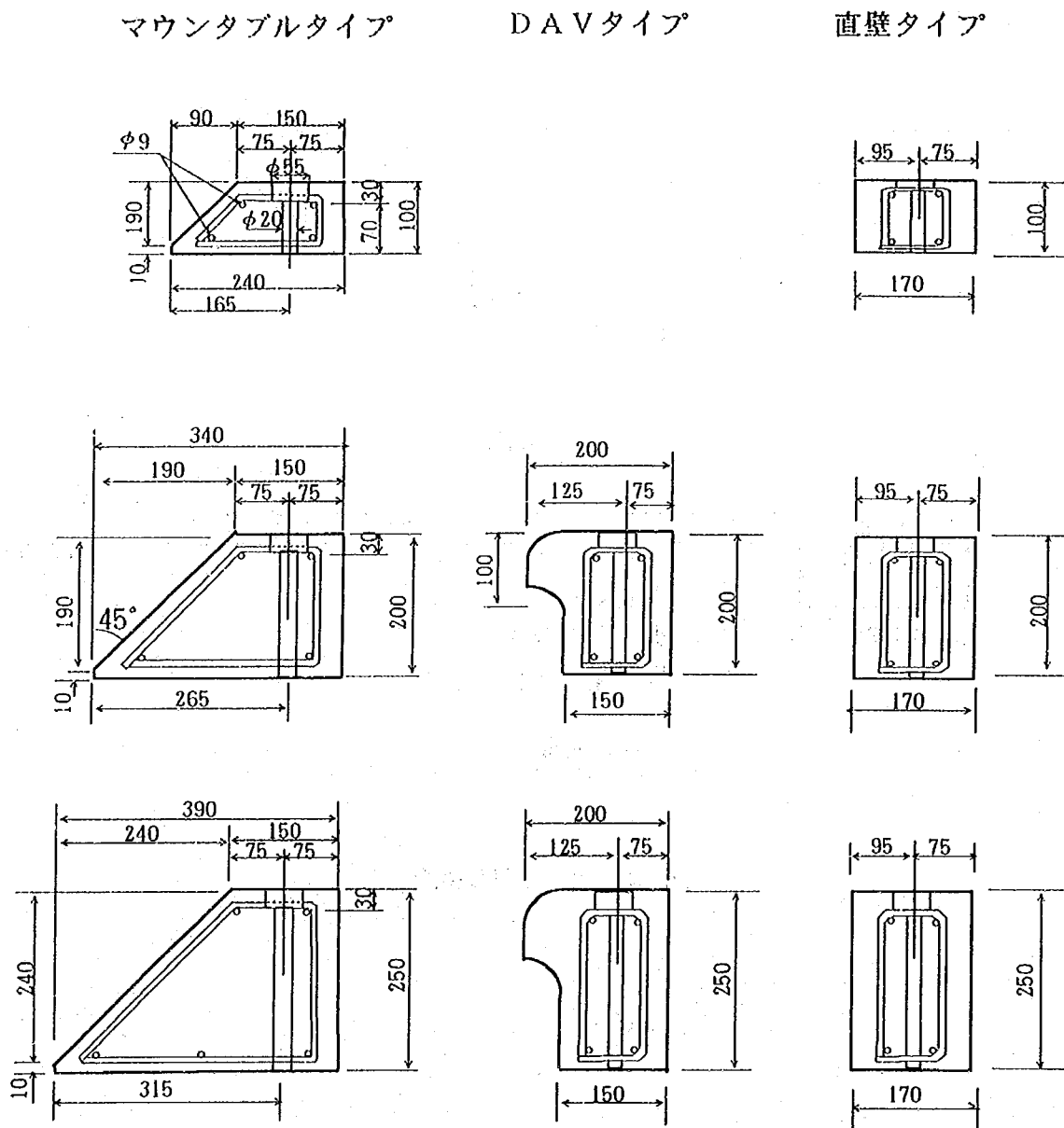


図-3-1 実験用地覆の形状、寸法（地覆1個の長さは60cm）

3.3.2 供試体設置状況

供試体の設置構造および断面を図-3-2に示す。

基礎部は、長さ30m、幅1m、深さ40cmのRC構造のものを設置し、供試体の取り替えを考慮し、基礎コンクリートにアンカー止めて反力用鉄骨をあて、その背面は地覆の高さに合わせて4mの幅の盛土を行った。

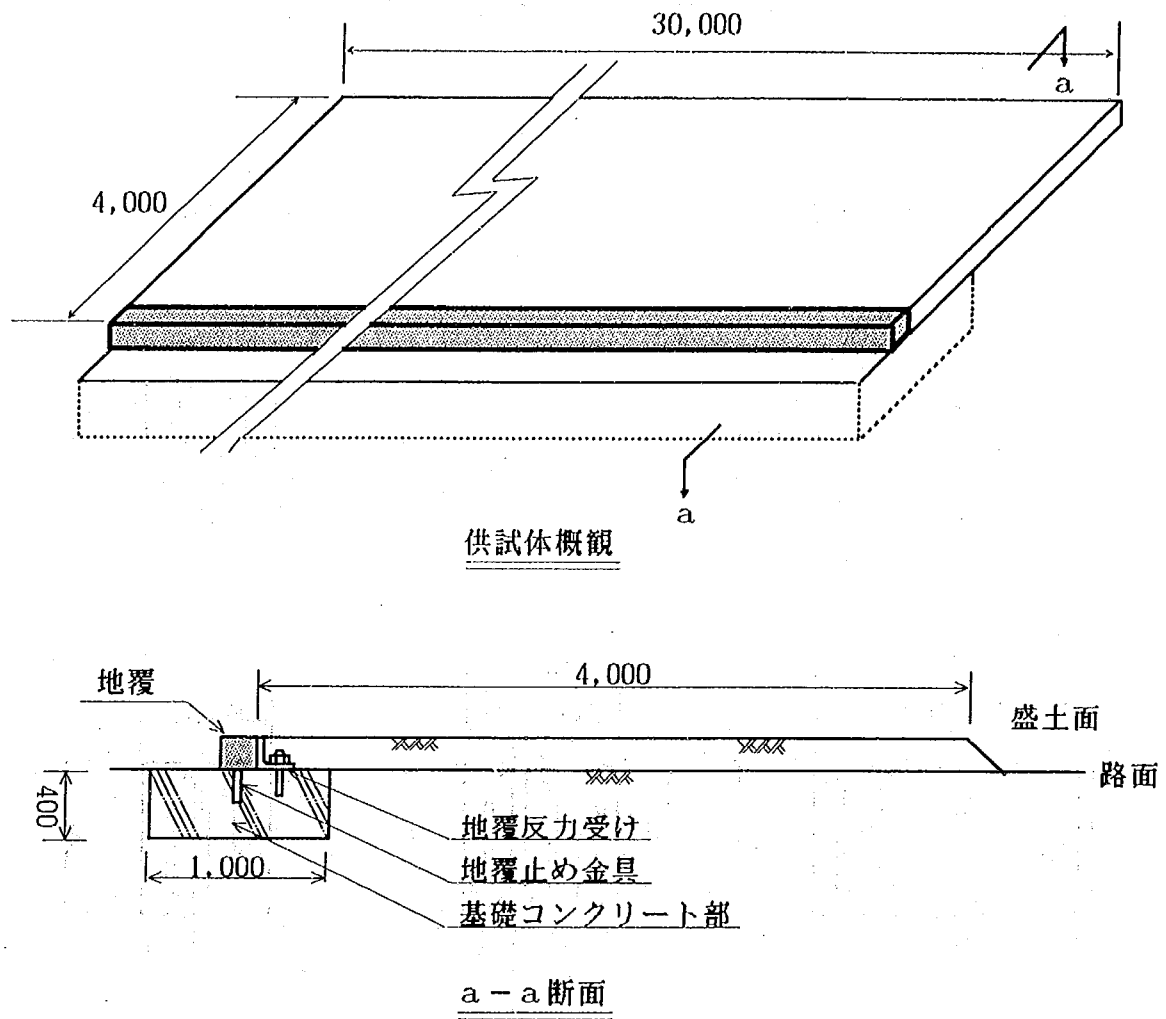


図-3-2 供試体構造

3.3.3 車両

実験に使用した車両は、表-3-2に示す5台である。

20t車と小型車で車両が2台あるのは、地覆の乗り上げ時にタイヤのバースト等が発生して走行ができなくなった場合に、実験行程の遅れを防ぐため車両を交換したものである。

実験に使用した車両は、廃車後整備をした車両であり、タイヤは車両購入時に取り付けてあった比較的摩耗した状態のタイヤである。実験によりタイヤがバーストした場合の交換用タイヤも中古タイヤを用いたが、これも同様の摩耗状態であった。

表-3-2 実験車両の寸法諸元 (単位: mm)

車 種 項 目		大型貨物車			小型乗用車	
		A	B	C	I	II
形 式		K-CD45u	K-Fu313S	KF 585	E-HN12	E-AT150
車 名		ニッサンデューセル	三 菱	日 野	ニッサンサニー	トヨタコナ
全 長		11,460	10,900	11,730	4,270	4,400
全 幅		2,430	2,420	2,430	1,660	1,630
全 高		2,650	2,600	2,660	1,380	1,350
前輪から重心 までの距離		4,620	4,350	4,880	1,000	1,095
軸 距		第1：5,750 第2：1,300	第1：5,300 第2：1,300	第1：5,620 第2：1,260	2,460	2,480
輪 距	前輪	2,030	1,985	2,020	1,450	1,380
	後輪	1,860	1,890	1,875	1,450	1,380
オ-ハ-ハック		1,260	1,300	1,380	870	860
タ イ ヤ 幅		270	250	284	160	150
タイヤ外径		1,020	1,070	1,030	600	560
ホイール径		508	508	508	330	330
車 両	前輪	5,100	4,870	4,300	620	614
重 量	後輪	14,900	15,130	5,800	480	486
(k g)	合計	20,000	20,000	10,100	1,100	1,100

3.4 運転者および運転条件

実験車両の運転は、職業運転手（スタントマン）が行った。

運転操作は、ハンドルを軽く握り、地覆に沿って誘導された場合は実験箇所が終わるまで、また地覆を乗り越えた場合は実験箇所を横断し終わるまでハンドルを切らないこととした。ブレーキについても同様に、実験箇所を通過し終わるまでかけないこととした。

アクセルは、地覆進入前の進入速度計測地点（テープスイッチ設置地点）で速度60km/hの定速走行になるよう加速し、速度計測地点通過後はアクセルペダルを踏まず慣性走行により地覆に進入し、車両停止までアクセル操作は行わないものとした。

3.5 測定項目および内容

3.5.1 測定項目

実験における測定項目は次のとおりである。

- 1) 車両の進入速度
- 2) 車両に発生した加速度
- 3) 車両挙動

進入角、離脱角、飛距離、飛び上がり軌跡、走行軌跡

- 4) 車両の損傷状況
- 5) 地覆の損傷状況

3.5.2 測定方法

(1) 進入速度

進入速度は、運転者が速度計により所定の速度(60 km/h)になるよう調整した。なお、供試体への進入直前の速度を、路面に設けたテープスイッチにより計測した。

(2) 車両挙動(走行痕計測)

・軌跡

車両進入路面および地覆・盛土部に、車輪の走行位置が分かるように、車両乗り上げのクロスポイントを中心にして地覆の長手直角方向へ2 m間隔でラインを引いた。

図-3-3にラインのマーキング状況を示す。

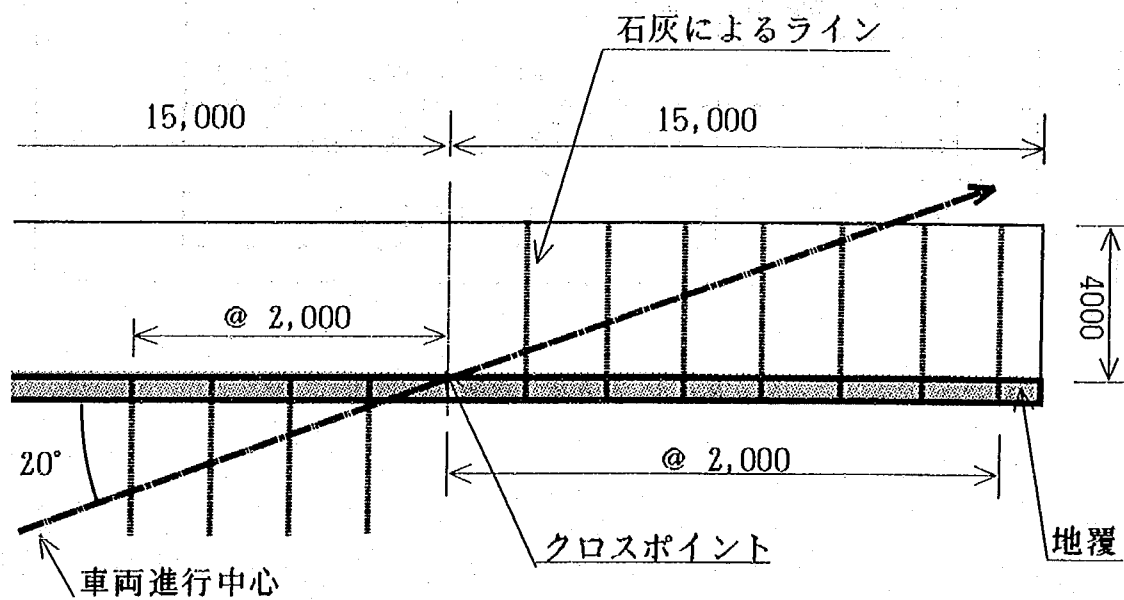
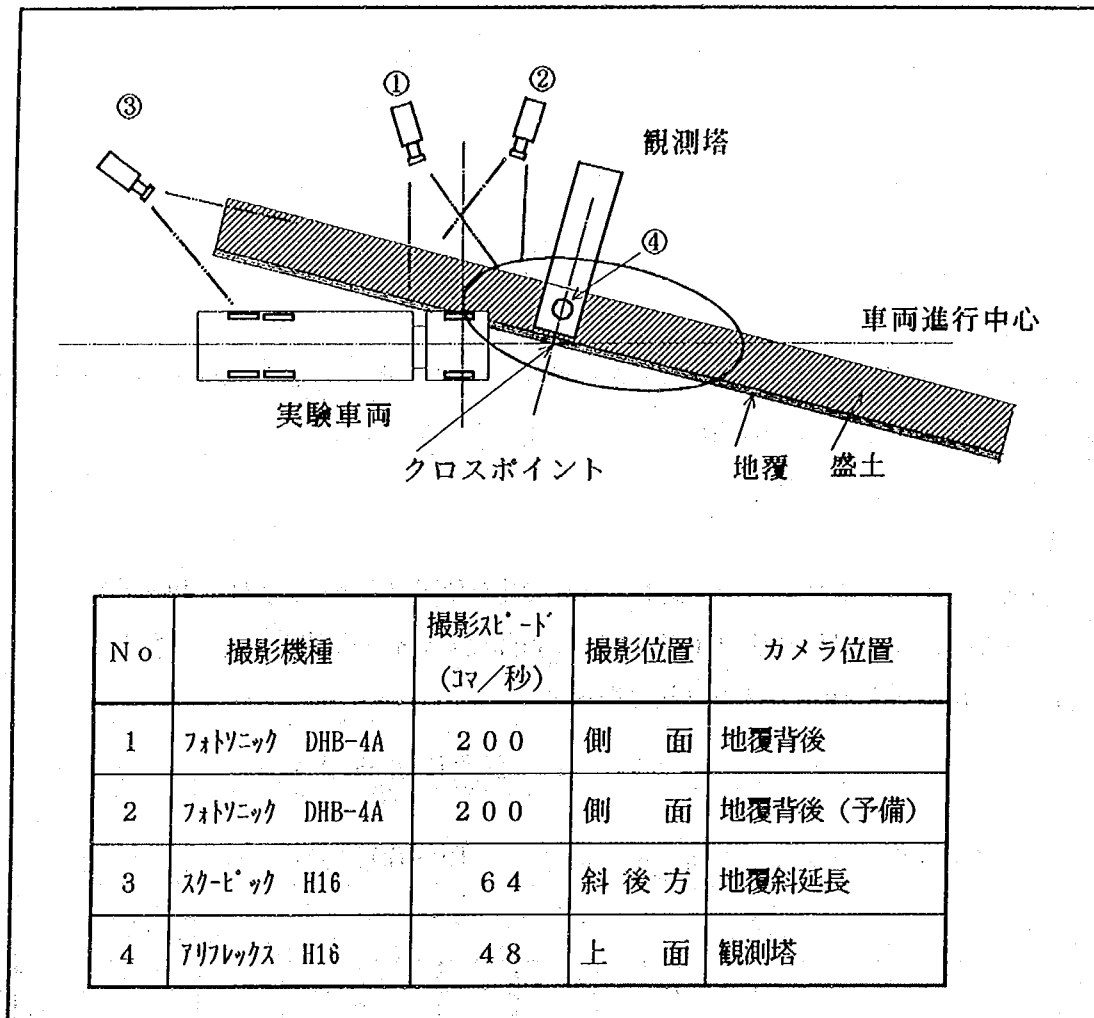


図-3-3 走行面マーキング状況(単位:mm)

・挙動観測（フィルム撮影）

車両の飛び上がり軌跡（高さ、飛び上がり角度）および車両の平面挙動（衝突後の進行方向）等は、撮影速度24コマ／秒～200コマ／秒の16mm撮影機により撮影し、モーション・アナライザーにかけて解析した。

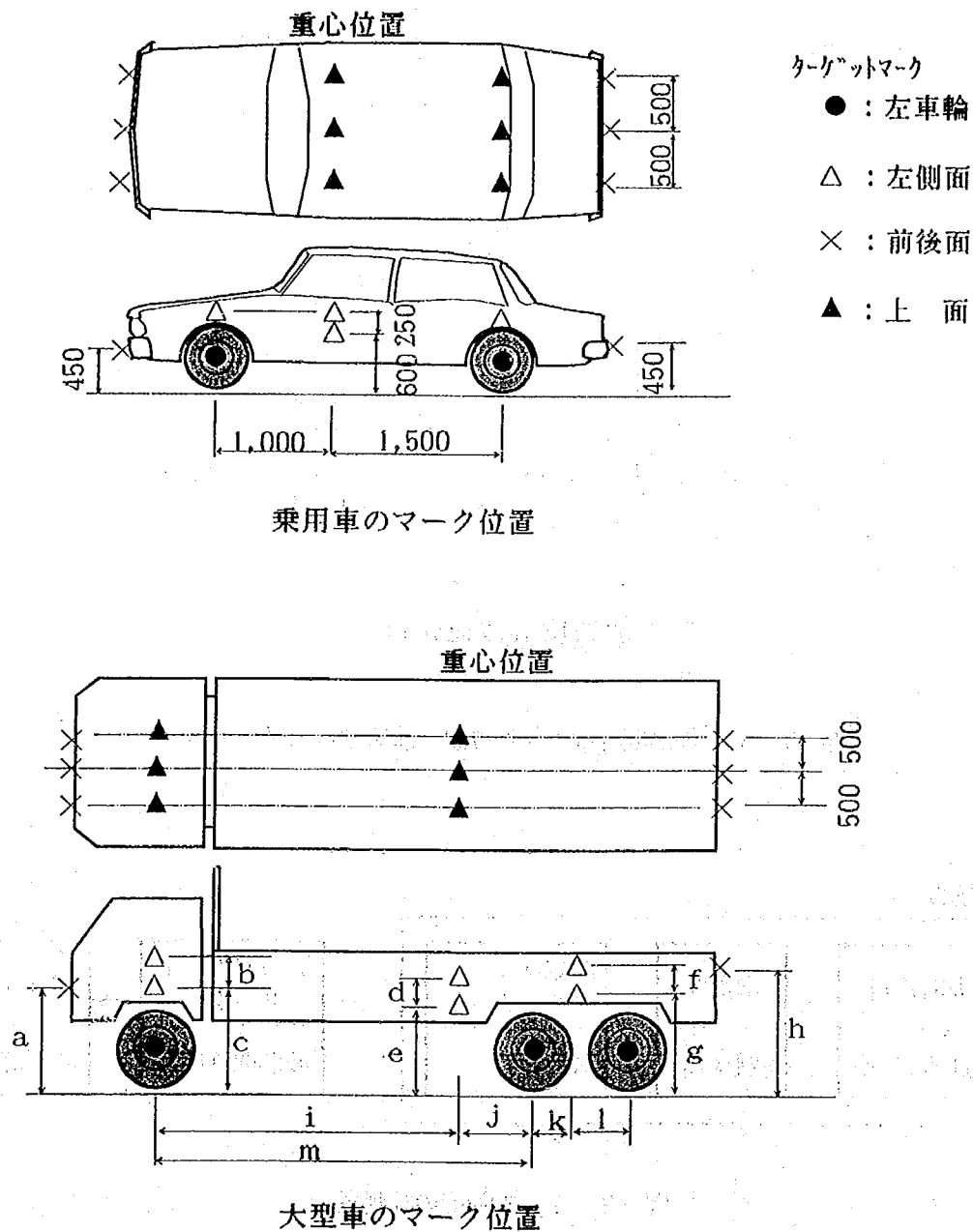
撮影機の機種と撮影位置を図－3－4に示す。



図－3－4 撮影機の機種と配置図

なお、車両の挙動撮影に際しては、小型乗用車および大型貨物車におおの車両の前後、側面（左側）、上面（運転席と重心位置）および左側前後輪中心にターゲット・マークを設置し、解析の観測点とした。

図-3-5にターゲット・マークの設定位置を示す。



大型車諸元 (単位: mm)

車種	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
A	1520	500	1360	300	1125	300	1245	1850	4620	1130	450	850	5750
B	1480	500	1340	300	1130	300	1270	1490	4350	950	450	850	5300
C	1580	300	1540	500	1520	500	1580	1770	4880	740	450	810	5620

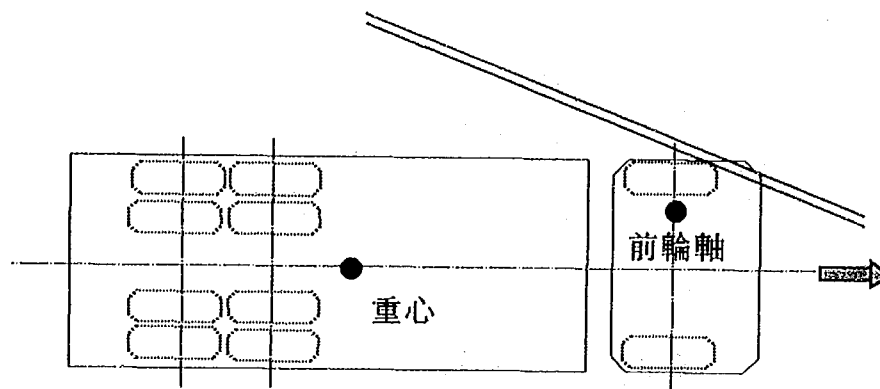
図-3-5 実験車両のターゲットマークの位置

(3) 車両の加速度

車両重心位置に X（車両の進行方向），Y（車両の進行直角方向），Z（車両の上下方向）方向の加速度計を取り付け、収録部を車両に搭載しラムカードで記録した。また、大型車については、前輪が地覆に衝突した時刻を明確にするため、前輪軸左側に Z 方向の加速度計を取り付け測定した。

加速度データのサンプリングタイムは5msecである。

図-3-6 に加速度計の設置位置を、図-3-7 に加速度の計測系を示す。



●：加速度計設置位置

図-3-6 加速度計取り付け位置（前輪軸は大型車のみ）

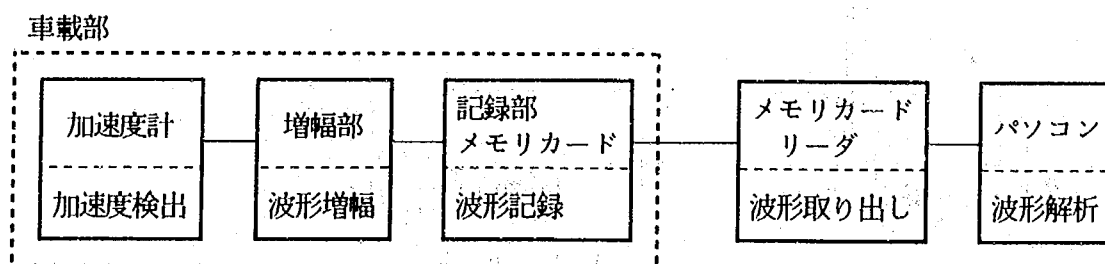


図-3-7 加速度の計測系

(4) 車両の損傷状況

ステアリングの変形、車輪のバースト等の足廻りを中心とした損傷状況のチェックを行った。

(5) 地覆の損傷状況

変位、破損状況、残留変位の範囲等を調査した。

3.6 運転者へのヒヤリング

各実験ケース終了毎に、実験ドライバーに地覆衝突時のショックの有無、ハンドルの取られの有無等について、所定の項目のヒヤリングを行った（付録-6 参照）。

ヒヤリング項目：・ショックの有無

- ・ハンドル取られの有無および方向（右、左）
- ・車体の飛び上がり、浮き上がり感
- ・車体後部の振られ、横揺れ
- ・車内天井への頭部衝突の有無
- ・実験ドライバー等のプロ以外の運転者が運転した場合の危険性
- ・ベルト非着用時の危険性
- ・その他（前後実験との比較等）

第4章 実験結果および考察

4.1 実験結果

4.1.1 車両軌跡

進入時と地覆乗り上げ後の車両の軌跡をみるため、地覆面を基準として図-4-1に示す進入角、離脱角、角度差の測定を行った。

観測データは、地面に設けたマーキング上の走行痕と、地覆上面から撮影したフィルム映像からの読み取りの2つの方法により求めた。

計測した車両の軌跡および車両、地覆の破損状況を表-4-1に示す。

進入角度、離脱角度および角度差の路面上に残されたマーキング痕とフィルム解析読み取り結果に開きがあるのは、実験時の進入角度調整区間が短く進入直前まで進行軌跡が不安定であったこと、マーキング痕がタイヤの移動軌跡を追っているのに対して、フィルム解析では車体上部の軌跡を追っており、車両の飛び上がり、車体のねじれあるいは車両の姿勢（車両中心軸の方向）と車体進行方向のズレ等が影響して観測角度に差が生じたものと思われる。

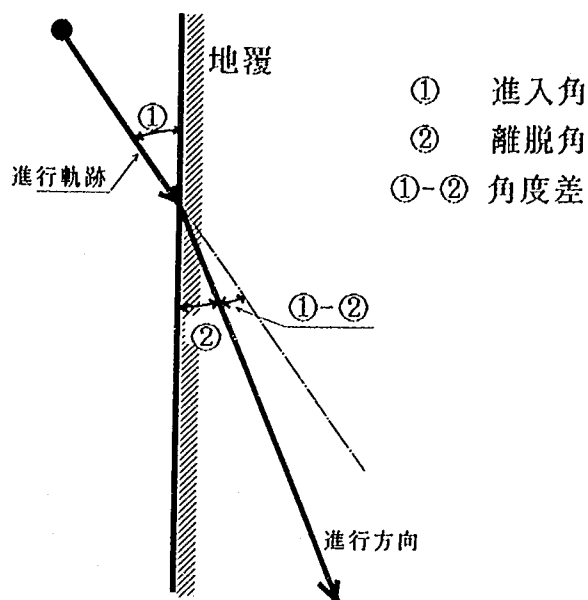


図-4-1 進行方向の角度の求め方

表について、今回の調査目的の一つである、地覆の車両誘導性を表からみると、車種（大型、小型）、地覆高さ（10, 20, 25cm）、地覆形状（直角型、DAV型、斜め45°型）、進入角度（15, 20, 25°）の別なく車両は地覆を乗り越えた。

また、マーキング痕とフィルム解析による観測角度に差はあるものの、進入角度と離脱角度に大きな差はなく、誘導に特に効果があると思われる地覆形状は認められなかった。

表-4-1 車両の軌跡、損傷状況

項 目					マーキング痕			フィルム映像		
実験 番号	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	進入角 ①	離脱角 ②	角度差 ①-②	進入角 ①	離脱角 ②	角度差 ①-②
1	大型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15	15° 10'	14° 20'	+ 50'	12° 46'	12° 37'	+ 09'
2			20		15° 50'	13° 30'	+2° 20'	12° 04'	13° 43'	-1° 39'
3			25		13° 10'	15° 20'	-2° 10'	14° 17'	13° 22'	+ 55'
4			10	20	19° 20'	18° 50'	+ 30'	18° 28'	18° 02'	+ 26'
5			20		21° 00'	18° 20'	+2° 40'	19° 37'	20° 14'	- 23'
6			25		20° 20'	19° 10'	+1° 10'	16° 44'	18° 07'	-1° 23'
7			10	25	25° 50'	24° 40'	+1° 10'	24° 46'	23° 35'	+1° 11'
8		D A V	20	15	14° 20'	11° 40'	+2° 40'	13° 49'	13° 10'	+ 39'
9			25		15° 00'	12° 40'	+2° 20'	17° 01'	12° 57'	+4° 04'
10			20	20	20° 10'	18° 40'	+1° 20'	19° 25'	18° 47'	+ 38'
11			25		20° 00'	14° 00'	+6° 00'	17° 48'	17° 49'	- 01'
12		直 壁	10	15	16° 10'	13° 40'	+2° 30'	11° 40'	14° 46'	-3° 06'
13			20		15° 50'	14° 10'	+1° 40'	14° 11'	13° 55'	+ 16'
14			10	20	20° 30'	20° 30'	+ 00'	19° 13'	19° 12'	+ 01'
15			20		19° 00'	17° 40'	+1° 20'	17° 54'	17° 50'	+ 04'
16			25		19° 30'	21° 20'	-1° 50'	19° 18'	16° 10'	+3° 08'
17			10	25	25° 00'	24° 40'	+ 20'	24° 33'	23° 37'	+ 56'
18			25	20	20° 00'	18° 00'	+2° 00'	18° 22'	16° 21'	+2° 01'
19	小型 車	D A V	20	15	15° 00'	13° 00'	+2° 00'	11° 38'	10° 51'	+ 47'
20			25		15° 00'	10° 10'	+4° 50'	12° 00'	14° 31'	-1° 29'
21		マウ ン タ ブ ル	20	20	21° 10'	21° 00'	+ 10'	18° 51'	21° 32'	-2° 41'
22		DAV	20		21° 20'	18° 10'	+3° 10'	16° 42'	14° 47'	+1° 55'

4. 1. 2 飛び上がり量

次に、車両の最大飛び上がり量および最大飛び上がり位置を表-4-2にまとめた。

表内の飛び上がり量は、路面を基準面として供試体進入前の位置から供試体進入後の車両飛び上がり量の差を求めたものである(図-4-2)。また進行方向の最大位置は、車両が地覆に進入開始した位置から進行方向に最大に飛び上がった位置までの距離を示し、直角方向の最大位置は、最大に飛び上がった位置の地覆端から直角方向の距離を示す(図-4-3)。

表によれば、20t車では、地覆乗り上げ後車両は上方に飛び上がっているが、飛び上がり量としては、供試体の高さ程度までは飛び上がっていない場合が多いことが分かる。これに対して小型車は、飛び上がり量が多くなっている。

最大飛び上がりの発生位置については、車輪の飛び上がりが1~2m位置で発生しているケースが多いのに対して、車体の飛び上がりでは、4~6m位置で発生しているケースが多い。

車種に関しては、車重が軽いほど飛び上がり量が多い傾向にあり、小型車の場合今回の実験ケースでは、車体で最大75cmの飛び上がり量を観測している。

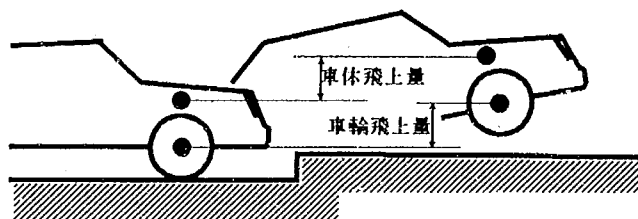


図-4-2 車体および車輪の飛び上がり量

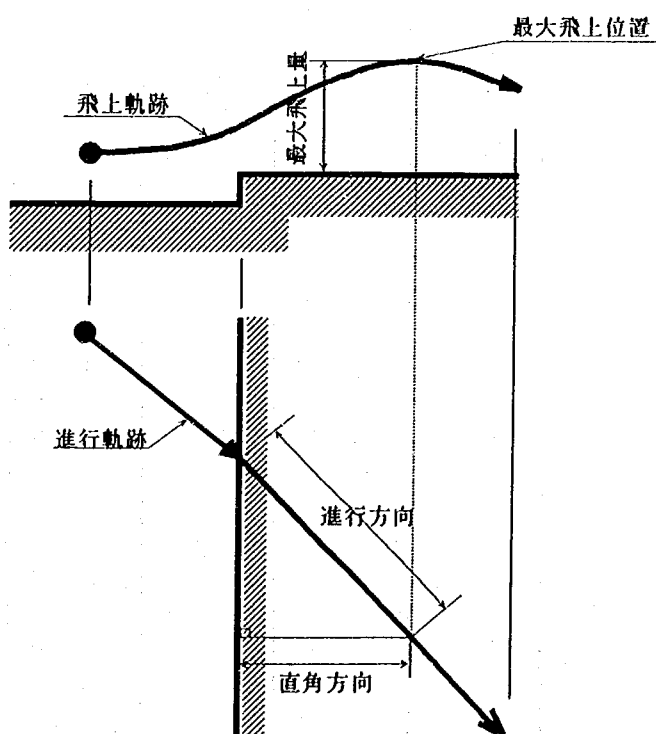


図-4-3 車体、車輪の軌跡と最大飛び上がり位置との関係

表-4-2 車両の最大飛び上がり量および飛び上がり位置

項 目					車 体			車 輪		
実験 番号	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	最大量 (cm)	最大位置 (m)		最大量 (cm)	最大位置 (m)	
						進行方向	直角方向		進行方向	直角方向
1	大型 車	マウン タブル	10	15	6.3	5.4	1.3	25.6	0.5	0.1
2			20		22.9	5.5	1.3	41.3	2.2	0.5
3			25		18.0	3.0	0.8	35.5	2.8	0.7
4			10	20	8.3	5.3	1.7	20.8	2.0	0.6
5			20		23.5	5.3	1.7	29.8	0.5	0.2
6			25		23.3	3.7	1.2	31.7	1.9	0.6
7			10	25	23.6	5.8	2.4	26.3	4.1	1.7
8		D A V	20	15	14.9	4.3	0.9	32.9	0.8	0.2
9			25		15.9	5.6	1.2	37.9	0.6	0.1
10			20	20	12.2	6.0	1.4	31.3	1.0	0.2
11			25		31.4	6.0	1.5	34.9	2.5	0.6
12		直 壁	10	15	4.2	3.8	0.9	19.3	0.9	0.2
13			20		13.1	4.0	1.0	33.4	1.7	0.4
14			10	20	8.6	3.8	1.3	13.5	0.9	0.3
15			20		15.1	4.9	1.5	24.2	1.3	0.4
16			25		11.2	2.2	0.8	23.8	2.0	0.7
17			10	25	19.9	4.2	1.8	10.3	0.5	0.2
18			25	20	45.2	3.6	1.1	45.9	2.7	0.8
19	小型 車	D A V	20	15	46.2	4.8	0.7	52.7	4.8	0.7
20			25		75.7	2.9	0.5	74.9	1.7	0.3
21		マウン タブル	20	20	45.2	5.1	1.8	37.6	1.9	0.7
22		DAV	20		34.4	4.9	1.5	45.5	2.2	0.7

4. 1. 3 車両加速度

表-4-3に、左前輪、左後輪乗り上げ時に車両重心位置に発生したX, Y, Z方向の加速度および、左前輪乗り上げ時に左前輪軸に発生したZ方向の加速度を示す。なお、X, Y, Zの向きおよび符号を図-4-4に示す。発生した加速度は、ケースによって正負が異なっているが、これは観測された加速度の原波形(5msec間隔でのサンプリング)が、衝撃波形として0軸を中心に正・負方向に大きく振動しているためである。

そこで、観測された値の絶対値に着目すると、大型車の場合前輪乗り上げ時より後輪乗り上げ時の加速度が大きくなっている。これは、前輪荷重より後輪荷重が大きい、後輪が2軸のダブルタイヤになっていること等の影響によるものと考えられる。一方小型車は、後輪より前輪衝突時の加速度が大きくなっているが、前輪衝突による速度低下や前輪重量が後輪重量より大きいことなどが主な要因と考えられる。

加速度の方向別変化では、大型車の場合Y方向加速度が大きい傾向にあるのに対して、小型車ではZ方向の加速度が大きい。また、左前輪軸のZ方向加速度と重心のZ方向加速度を比較すると、重心の加速度は前輪軸よりかなり小さくなっており、バネによる加速度値の低減が著しい。

地覆の高さ別では、いずれの地覆形状でも10cmでは発生加速度は小さい。これが高さ25cmになると加速度は大きくなり特に左後輪Y方向加速度で顕著である。

形状別では、45°の斜度をもったマウンタブルでは、高さ20cm程度までは発生加速度が小さいが、25cmになると加速度は大きくなり、DAV-高さ25cm-進入角度20°の衝突条件では直壁-高さ20cm-進入角度15°程度の加速度が発生している。DAVに左後輪が乗り上げた場合をみると、進入角度15°の加速度が進入角度20°より大きい。進入角度が小さい場合の、タイヤに対するDAVの効果と考えることもできる。

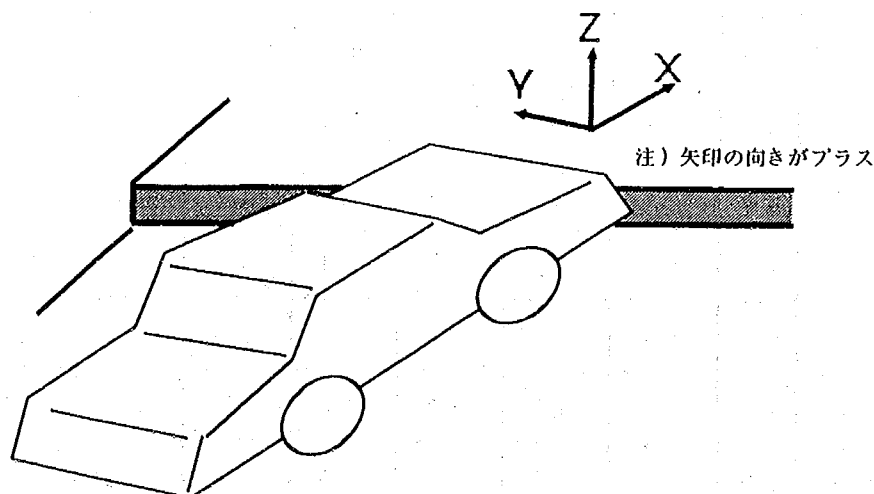


図-4-4 発生加速度の成分と符号

表-4-3 発生加速度(車両重心および左前輪軸)

項 目					車 両 重 心 (g)						車 軸
実験 番号	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	左前輪乗り上げ時			左後輪乗り上げ時			Z
					X	Y	Z	X	Y	Z	
1	大 型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15	-0.3	-0.5	-0.5	0.4	1.0	-0.9	10.0
2			20		0.6	1.2	2.0	1.0	-3.4	-2.5	-19.2
3			25		0.8	1.3	1.1	-1.7	-8.0	-3.7	14.9
4			10	20	0.3	-0.8	1.2	0.5	-1.2	1.4	—
5			20		-1.6	-1.3	1.1	-0.9	2.0	-1.6	-24.1
6			25		-1.7	5.0	-1.0	-1.8	8.3	-4.3	71.5
7			10	25	-0.6	0.6	0.4	0.4	-0.7	0.4	22.1
8		D A V	20	15	0.8	1.6	-1.1	2.3	9.0	2.7	-18.0
9			25		1.1	1.2	-1.6	0.8	20.5	-5.3	17.0
10			20	20	1.8	-2.9	-1.3	-1.8	-6.8	-5.6	-40.1
11			25		-1.6	-2.1	1.0	3.3	3.3	-3.3	28.3
12		直 壁	10	15	-0.4	0.4	-0.7	0.5	-0.7	0.6	10.1
13			20		-0.9	2.0	-0.8	1.7	-9.4	-4.5	-27.3
14			10	20	-0.4	-0.5	-0.3	0.5	0.7	-0.9	20.4
15			20		-1.1	2.2	4.9	-1.2	6.4	4.4	-29.3
16			25		0.8	-13.3	1.3	-4.1	35.4	-8.1	-17.3
17			10	25	0.5	0.4	0.4	10.6	-0.9	-1.3	15.4
18			25	20	3.5	-2.8	-2.9	2.6	7.3	-4.5	-41.7
19	小 型 車	D A V	20	15	5.2	3.7	-7.4	1.4	5.7	-4.8	—
20			25		4.6	3.7	-8.5	1.6	-4.0	-6.0	—
21		マ ウ ン タ ブ ル	20	20	-2.0	-2.5	-13.9	-2.8	1.2	7.2	—
22		DAV	20		6.8	8.6	-28.0	4.0	3.0	8.4	—

4. 1. 4 車両等の損傷状況

車両や地覆の損傷状況を表-4-4に示す。

車両や地覆の損傷状況は、形状別では直壁、DAVでは実験条件によって車両や地覆に損傷が発生しているが、形状ではマウンタブル、高さでは10cmの場合車両や地覆に損傷がみられない。

表-4-4 車両の軌跡、損傷状況

実験 番号	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	損 傷		
					前輪	後輪	地覆
1	大 型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15	なし	なし	なし
2			20		なし	なし	なし
3			25		なし	なし	なし
4			10	20	なし	なし	なし
5			20		なし	なし	なし
6			25		なし	なし	なし
7			10	25	なし	なし	なし
8		D A V	20	15	なし	なし	なし
9			25		傷	オイルめくれ	なし
10			20	20	なし	なし	なし
11			25		傷	オイル凹み	天端目地破損
12		直 壁	10	15	なし	なし	なし
13			20		バースト	傷	なし
14			10	20	なし	なし	なし
15			20		なし	バースト	1ブロック損傷
16			25		バースト	バースト	1ブロック損傷
17			10	25	なし	なし	なし
18			25	20	傷	傷	なし
19	小 型 車	D A V	20	15	なし	なし	なし
20			25		オイル変形	オイル変形	多少傷
21		マ ウ ン タ ブ ル	20	20	なし	なし	なし
22		DAV	20		バースト	なし	なし

4. 1. 5 運転者の感想

運転者が各ケース終了後、アンケートに答えた結果を表-4-5に示す。

これによれば、地覆高さが10cm程度で進入角度が20°程度までであれば、運転者に与える影響はほとんどないようである。一方地覆高さが20cm以上になると、地覆形状によらず運転者は危険を感じている。

表-4-5 運転者の感想

実験 番号	車 種	項 目			ショックの		ハンドル取られ		車体の		車体の		危険感	
		形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	有 無		有無と方向		飛上感		横振れ		有 無	
					有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
1	大 型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15		○		○		○		○		○
2			20		○		右		○		○		○	
3			25		○		左		○		○		○	
4			10	20		○		○		○		○		○
5			20		○			○	○		○		○	
6			25		○		左		○		○		○	
7			10	25		○		○	○			○		○
8		D A V	20	15	○		左		○		○		○	
9			25		○		左		○		○		○	
10			20	20	○		左		○		○		○	
11			25		○		左		○		○		○	
12		直 角	10	15	○			○	○			○		○
13			20		○		左		○		○		○	
14			10	20	○			○	○			○		○
15			20		○		左		○		○		○	
16			25		○		左		○		○		○	
17			10	25	○			○	○		○		○	
18			25	20	○		左		○		○		○	
19	小 型 車	D A V	20	15	○		左		○		○		○	
20			25		○		左		○		○		○	
21		マ ウ ン タ ブ ル	20	20	○		左		○		○		○	
22		DAV	20		○		左		○		○		○	

4.2 考察

4.2.1 地覆形状と進入軌跡

今回の実験では、地覆を乗り越えることなく誘導されるケースはなかった。

そこで、車両が地覆に乗り上げた際、どの程度車道側に押し戻され軌道修正することができるかを、進入後の軌跡から角度差（図-4-5）を求め、これにより車両挙動の比較を行った。

なお以下では、進入角度がより正確に分かるデータとして、地面上のマーキング痕による測定角度を用いる。

角度差を、地覆形状別に20t車、小型車についてみたものが図-4-6である。

20t車が 20° の角度で進入した場合、高さ20cmでは形状毎の差はあまりみられないが、高さが25cmになると、DAVが他の形状より車両を車道側に押し戻す機能が大きい傾向にある。20t車の高さ25cmほどではないが、小型車の20cmについても同様の傾向がみられる。また、直壁の場合のように地覆の影響で進入時よりも進入後の角度が大きくなる（さらに内側に入り込む）ケースも発生しているが、地覆衝突時のタイヤの回転や地覆反力が比較的大きかったため、車体に発生した回転モーメントが大きくなったことが考えられる。

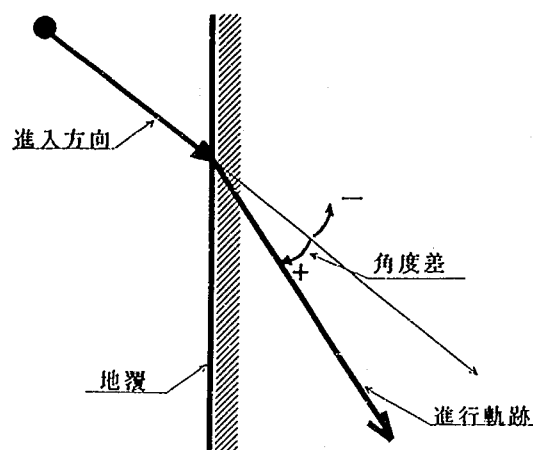


図-4-5 進入前後の車両軌跡と角度差

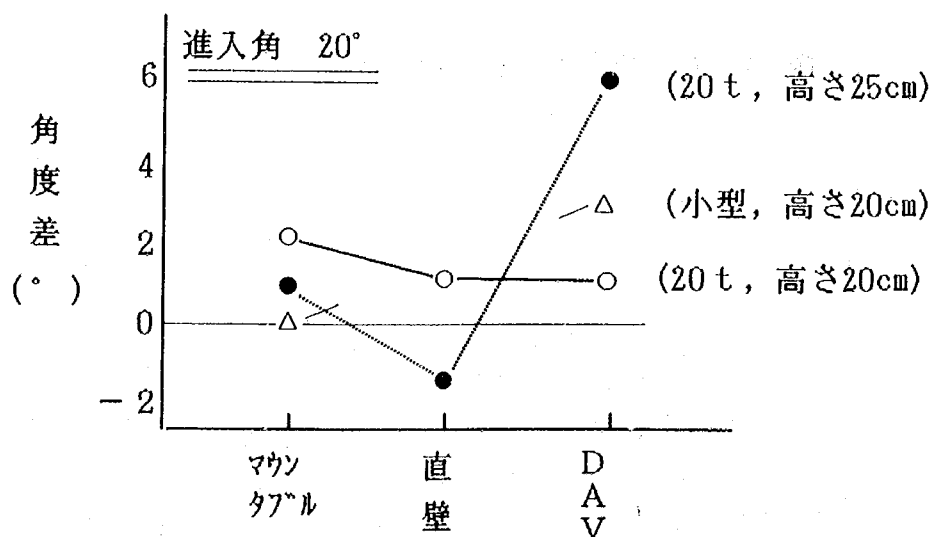


図-4-6 地覆形状別の角度差

4. 2. 2 各種条件と飛び上がり量

(1) 車種と飛び上がり量

大型車の20 t車と10 t車、大型車と小型車について車体の飛び上りを比較したものが、図-4-7である。

図をみれば分かるとおり、20 t車より10 t車、大型車より小型車の飛び上がり量が大きくなっており、重量の軽い車両が高く飛び上がる傾向にあることが分かる。

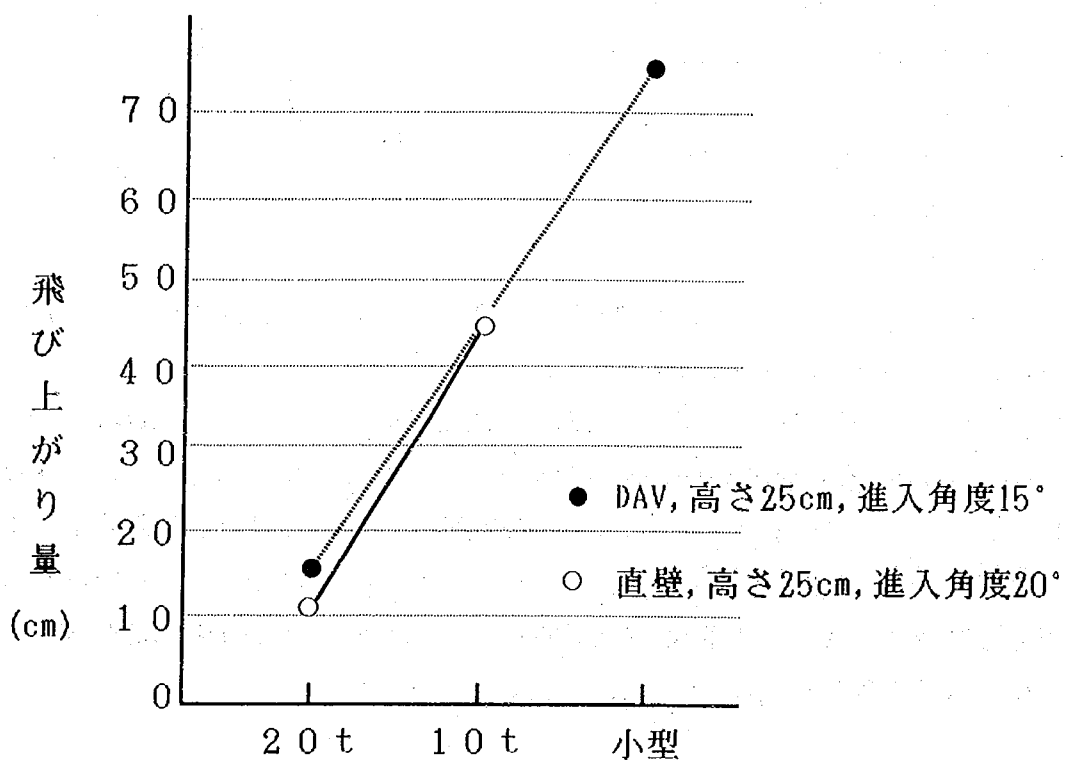


図-4-7 車種による飛び上がり量の比較

(2) 地覆形状および高さで飛び上がり量

20 t車について、地覆形状と飛び上がり量の関係を見たものが図-4-8である。

各形状別に飛び上がり挙動を比較すると、以下のような傾向がうかがえる。

- ・マウンタブル：高さ10cmは、20 t車の飛び上がりに大きく影響を与えない。

高さ20cmと高さ25cmは、車体飛び上がり量はほぼ同じであり、5cmの高さの違いにより車両の上下方向の挙動変化は小さいといえる。

- ・直壁：マウンタブルと同様に、高さ20cmでの飛び上がり量が最も多くなっているが、高さによる違いは、マウンタブルほど大きくない。

- ・D A V：高さ10cmでの実験を行っていないため、高さが低い場合の挙動は判明しないが、進入角度20°では高さ20cmと25cmで飛び上がり量に大きな差があり、地覆が高くなると飛び上がり量も増加している。

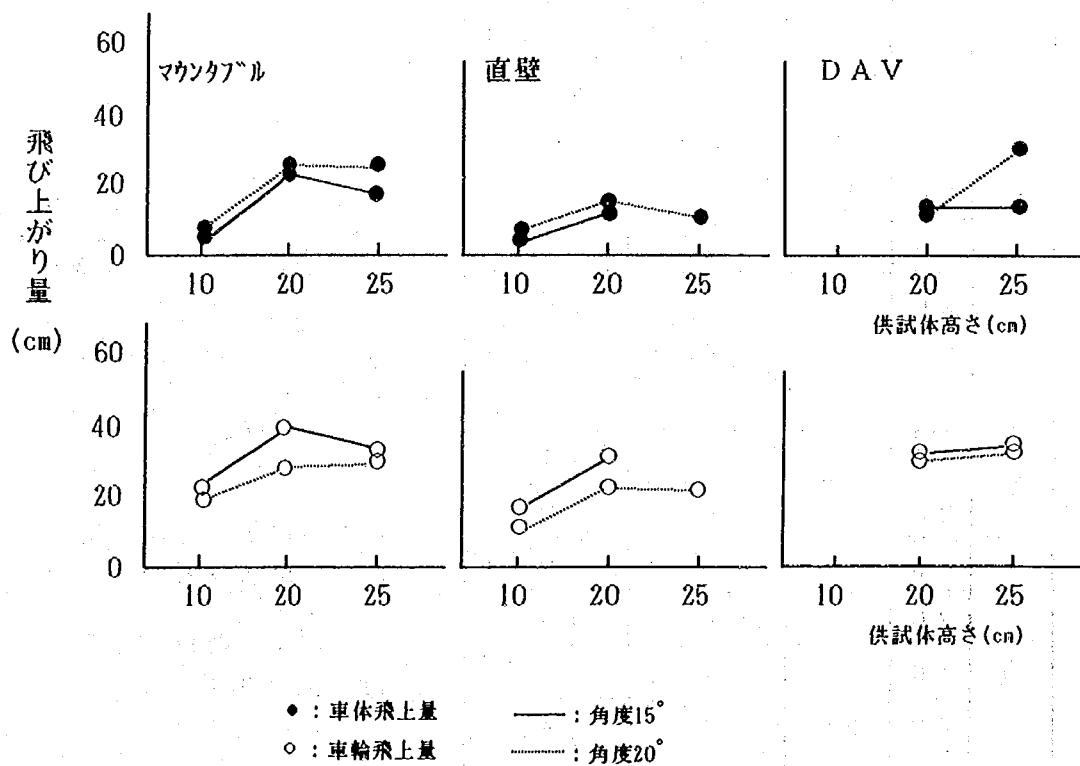


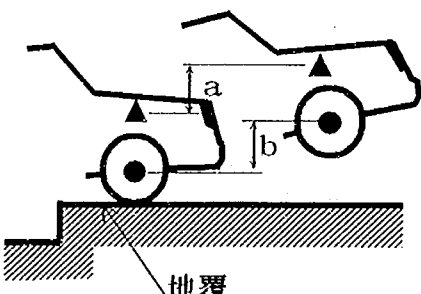
図-4-8 地覆形状と飛び上がり量との関係 (20 t車)

(3) 地覆上面からの飛び上がり量

地覆上を基準面として飛び上がり高さを求めたものが表-4-6である。

20 t 車の飛び上がり量は少なく、車輪は地覆より10cm前後飛び上がるものの、車体の飛び上がり量が地覆高さまで至らない場合が多いことから、車体重量を押し上げるタイヤの力が小さいため、車体の飛び上がり量が少なくなっていることが考えられる。これに対して空荷の10 t 車や軽量の小型車は車体と車輪の飛び上がり量が同程度であり、車輪の飛び上がりに車体の飛び上がりが追従していることが分かる。

表-4-6 地覆上面を基準とした車両の飛び上がり量

実験 番号	項 目				地覆上の飛上量 (cm)		地覆上の飛び上がり計測位置
	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	車 体	車 輪	
1	大型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15	-3.7	15.6	 地覆 a : 車体飛び上がり量 b : 車輪飛び上がり量 ▲ : 車体計測位置 ● : 車輪計測位置
2			20		2.9	21.3	
3			25		-7.0	10.5	
4			10	20	-1.7	10.8	
5			20		3.5	9.8	
6			25		-1.7	6.7	
7			10	25	13.6	16.3	
8		D A V	20	15	-5.1	12.9	
9			25		-9.1	12.9	
10			20	20	-7.8	11.3	
11			25		6.4	9.3	
12		直 角	10	15	-5.8	9.3	
13			20		-6.9	13.4	
14			10	20	-1.4	3.5	
15			20		-4.9	4.2	
16			25		-13.8	-1.2	
17			10	25	9.9	0.3	
18	大型 10t		25	20	25.2	20.9	
19	小型 車	D A V	20	15	26.2	32.7	
20			25		50.7	49.9	
21		マ ウ ン タ ブ ル	20	20	25.2	17.6	
22		DAV	20		14.4	25.5	

(4) 進入角度と飛び上がり量

20 t 車について、進入角度と飛び上がり量との関係をみたものが図-4-9である。

図をみると、マウンタブルおよび直壁では、車体の飛び上がりは進入角度が大きくなるほど多くなる傾向にあること、車輪では逆に進入角度が小さくなるほど飛び上がり量が多くなることが分かった。しかし DAV については、車輪の飛び上がりでみると進入角度の差による飛び上がり量の差はほとんどなく、車体の飛び上がりでは高さ25cm-進入角度20° で大きな飛び上がりが発生しており、マウンタブルや直壁と DAV とでは、車両挙動に対する影響の仕方が異なっている。

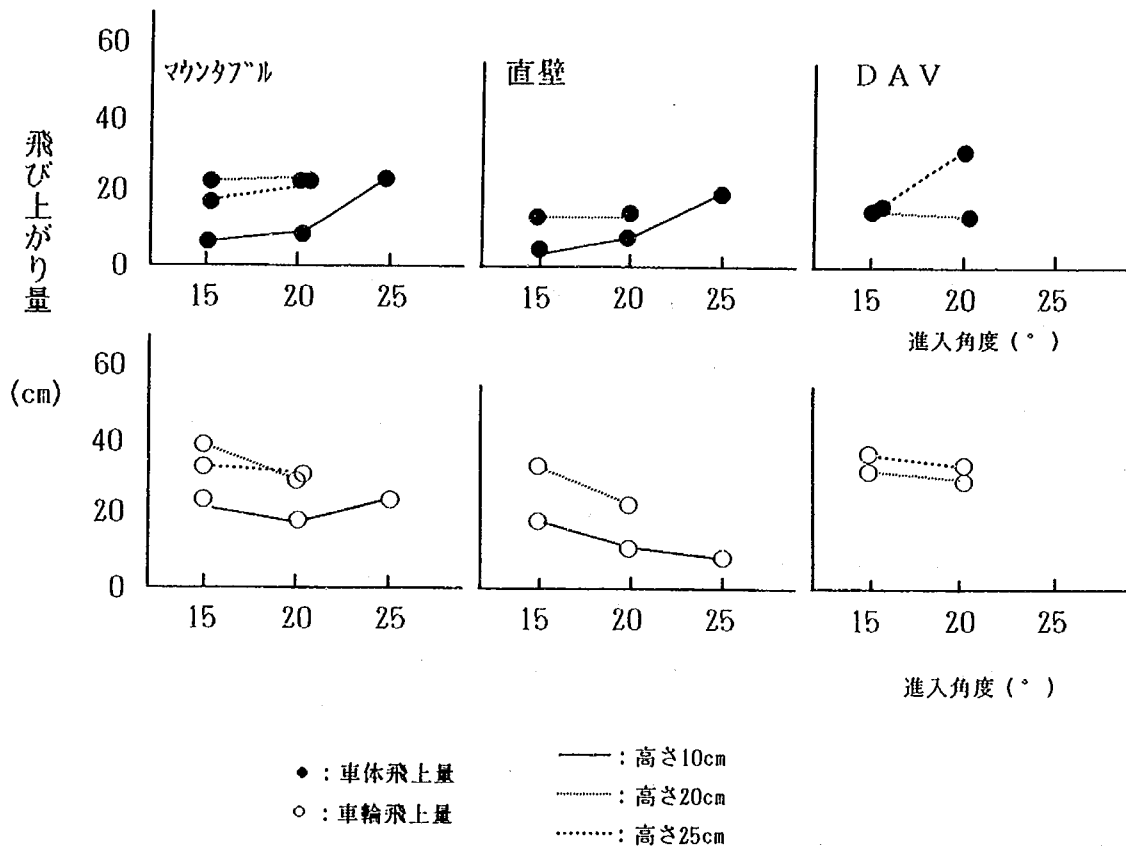


図-4-9 地覆形状別の進入角度と飛び上がり量との関係 (20 t 車)

4. 2. 3 最大飛び上がり量と最大飛び上がり位置との関係

図-4-10は20t車について、形状別に、タイヤ接触開始位置から車体が最も高く飛び上がった位置までの関係を、地覆直角方向について示したものである。

2点間を直線で結んでいるため実際の軌跡とは異なるが、地覆高さが高くなるほど飛び上がりが急になること、進入角度が大きくなるほど最大飛び上がり位置が遠くなること等が分かる。

図-4-11は、小型車、10t車について同様に示したものである。

DAV-高さ25cmを除いてどの条件でも飛び上がり量は40cm程度になっている。また、進入角度が小さい方が飛び上がりは急であり、進入角度が小さい方が早く最高点に達する傾向にあるといえる。

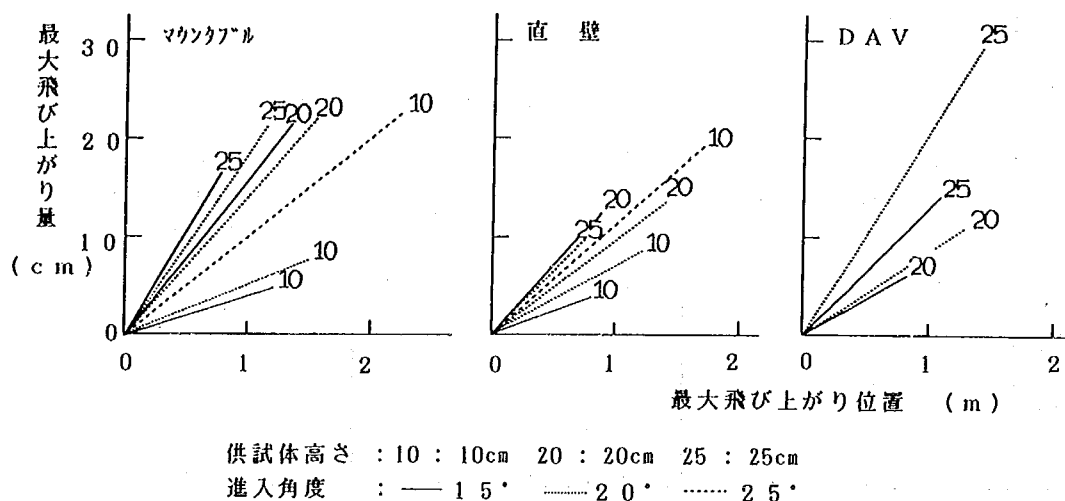


図-4-10 20t車の最大飛び上がり量と最大飛び上がり位置との関係

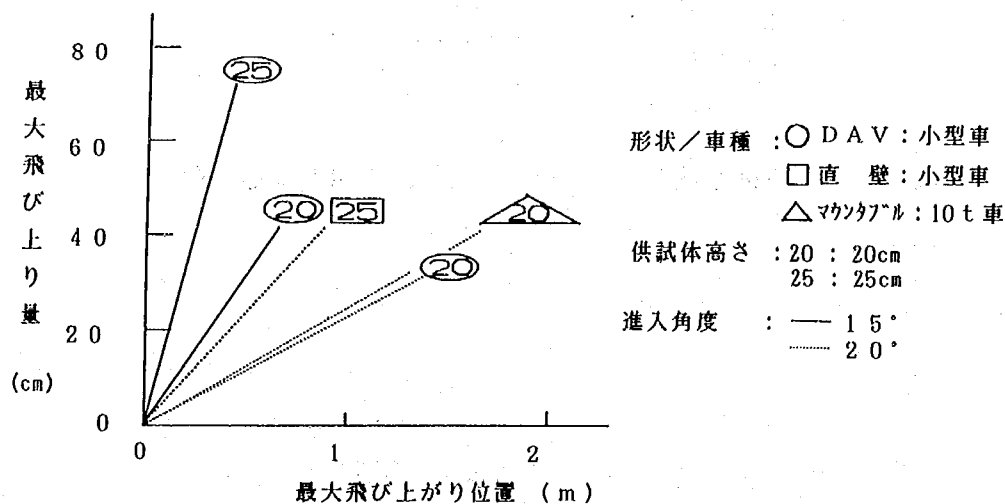


図-4-11 小型車、10t車の最大飛び上がり量と最大飛び上がり位置との関係

4. 2. 4 各種条件と発生加速度

(1) 発生加速度の運転者への影響評価

地覆衝突時の運転者に対する影響評価として、50msec移動平均加速度を求め表-4-7によって評価する方法を用いた⁹⁾。

50msec移動平均加速度は、次式により車両重心の進行方向(X)、直角方向(Y)およびx, yの合成方向の加速度波形を計算処理し、各方向における最大値(以下 α_{50} と表す)が表-4-7に示す許容値を越えないこととされている。

$$\alpha_{50} = \max \left[\int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right] / 0.05$$

ここで α_{50} : 50msec間の加速度の移動平均値の最大値 (g)

a : 発生加速度 (g)

t1 : 加速度作用中の任意の時点 (sec)

t2 : t1+0.05 (sec)

表-4-7 車両重心加速度による乗員への影響評価基準 (50msec移動平均値)

乗員の拘束 条件の区別	最大加・減速度 (g)			備 考
	進行方向 (X)	直角方向 (Y)	合 成	
無 拘 束	5	3	6	望ましい 範囲
2点式ベルト	10	5	12	
3点式ベルト	25	15	25	許容限界

加速度波形により、各実験ケースにおける50msec移動平均加速度を求めた結果(表-4-8)、表-4-7の許容限界を越えたものは2ケースであり、シートベルトをしないと危険と評価される加速度が発生したが、それ以外は限界を越えるものはなかった。

表-4-8 50msec移動平均加速度

項 目					車 両 重 心		
実験 番号	車 種	形 状	高さ (cm)	進入角 (°)	X (g)	Y (g)	合 成 (g)
1	大 型 車	マ ウ ン タ ブ ル	10	15	0.4	-0.3	0.4
2			20		0.3	0.4	0.8
3			25		-1.1	-3.5	3.5
4			10	20	0.3	0.3	0.4
5			20		0.5	-0.5	0.7
6			25		0.9	1.4	1.4
7			10	25	0.4	-0.4	0.4
8		D A V	20	15	0.6	2.3	2.4
9			25		1.0	-2.9	2.9
10			20	20	0.5	0.9	1.0
11			25		0.6	-2.3	2.3
12		直 角	10	15	0.3	-0.4	0.5
13			20		0.6	-3.0	3.0
14			10	20	0.4	-0.6	0.6
15			20		0.3	0.7	0.8
16			25		0.9	5.5	5.5
17			10	25	0.3	-0.5	0.5
18			25	20	1.5	-2.6	2.6
19	小 型 車	D A V	20	15	1.4	1.6	1.9
20			25		2.2	-2.1	2.3
21		マ ウ ン タ ブ ル	20	20	0.6	1.0	1.1
22		DAV	20		2.4	1.4	2.5

(2) 条件別の加速度の発生状況

加速度が大きく発生した実験条件を5位まで、左前後輪別、加速度方向別に示したものが表-4-9である。なお、ここでは加速度の絶対値に着目している。

加速度方向の別によらず、高さ10cmの地覆では5位以内に入るものはなかった。

車輪別として左前輪衝突時の加速度をみると、全体として小型車両の加速度が大きくなっている。これは、大型車では前輪衝突の衝撃力が車体重心に及ぼす影響が少ないのに対して、小型車では前輪衝突時にすでに車体重心に影響が及ぼされているためと考えられる。これに対して後輪衝突時は、加速度成分によって特徴が分かれ、X方向の場合進入角度が20°で加速度は大きくなっているものの、衝突条件による測定値の差は大きくないが、Y方向加速度では20t車の加速度が大きい傾向にある。またZ方向の重心加速度は、小型車の加速度が大きい傾向にある。

一般に衝撃度が最も高いと考えられる高さ25cm-進入角度20°の衝突条件では、Y方向加速度の増加が顕著であり、地覆面が垂直かそれに近い形状で高さが25cmになると、乗り上げ時の横揺れがかなり大きくなることが予想される。

車軸の加速度は、進入角度が20°で大きく出ており、進入する方向が加速度発生に影響を与えているものと考えられる。

表-4-9-1 発生加速度の大きな順と形状(方向別)

順位	X方向(重心位置)									
	左前輪					左後輪				
	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)
1	6.8	小型車	DAV	20	20	4.1	20t車	直壁	25	20
2	5.2	小型車	DAV	20	15	4.0	小型車	DAV	20	20
3	4.6	小型車	DAV	25	15	3.3	20t車	DAV	25	20
4	3.5	10t車	直壁	25	20	2.8	小型車	マウンテッド	20	20
5	2.0	小型車	マウンテッド	20	20	2.6	10t車	直壁	25	20

表-4-9-2 発生加速度の大きな順と形状(方向別)

Y方向(重心位置)

順位	左前輪					左後輪				
	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)
1	13.3	20t車	直壁	25	20	35.4	20t車	直壁	25	20
2	8.6	小型車	DAV	20	20	20.5	20t車	DAV	25	15
3	5.0	20t車	ワッフル	25	20	9.4	20t車	直壁	20	15
4	3.7	小型車	DAV	25	15	9.0	20t車	DAV	20	15
5	3.7	小型車	DAV	20	15	8.3	20t車	ワッフル	25	20

Z方向(重心位置)

順位	左前輪					左後輪				
	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)
1	28.0	小型車	DAV	20	20	8.4	小型車	DAV	20	20
2	13.9	小型車	ワッフル	20	20	8.1	20t車	直壁	25	20
3	8.5	小型車	DAV	25	15	7.2	小型車	ワッフル	20	20
4	7.4	小型車	DAV	20	15	6.0	小型車	DAV	25	15
5	4.9	20t車	直壁	20	20	5.6	20t車	DAV	20	20

Z方向(前輪車軸位置)

順位	左前輪				
	加速度(g)	車種	形状	高さ(cm)	進入角(°)
1	71.5	20t車	ワッフル	25	20
2	41.7		直壁	25	20
3	40.1		DAV	20	20
4	29.3		直壁	20	20
5	28.3		DAV	25	20

(3) 発生加速度と飛び上がり量との関係

Z方向の発生加速度と飛び上がり量の関係を見たものが図-4-12である。

図で用いられているZの加速度は、左前輪の衝突時から左後輪の衝突までの間に発生した正(上)方向のZ加速度の最大値を原波形から読み取り、最大飛び上がり量との関係を図示したものである。

図によれば、飛び上がり量と発生する加速度の大きさに正の相関関係があるように見受けられ、Z方向加速度が大きくなるほど、飛び上がり量が多くなる傾向にある。

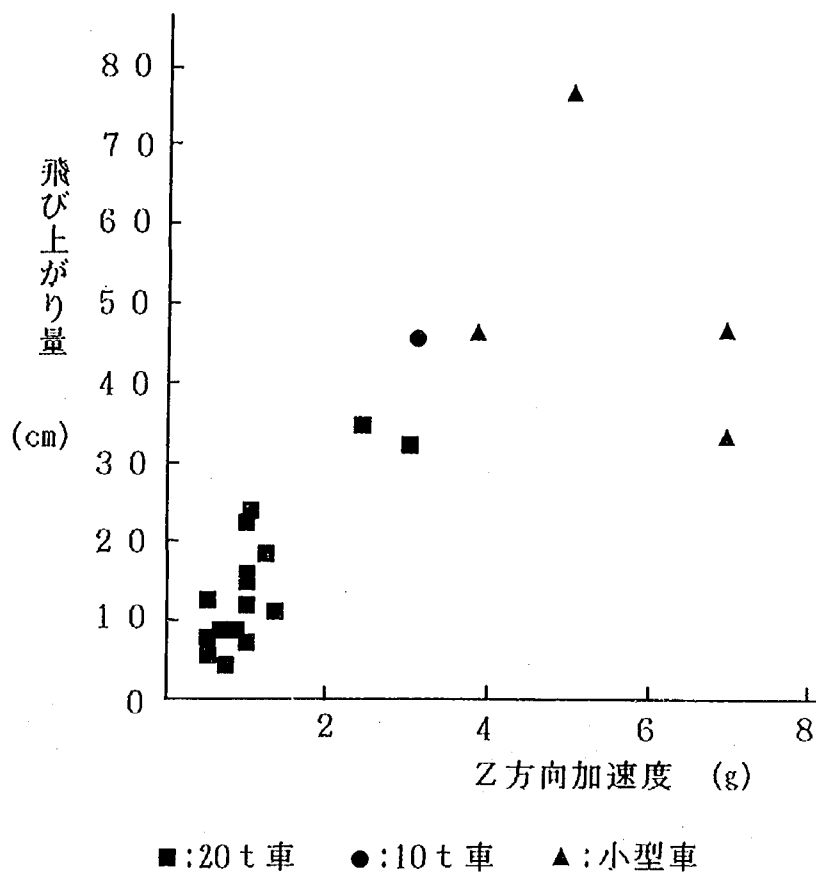


図-4-12 発生加速度と飛び上がり量との関係

4. 2. 5 飛び上がり軌跡

(1) 車種と車体飛び上がり軌跡

車種別の車体飛び上がり軌跡を、地覆25cmの場合について例示したものが、図4-13である。

なお図では、地覆進入前のバンパー高さの位置を起点として前輪上部車体の飛び上がり軌跡（図4-2参照）を示しているが、車両飛び上がり時は車体が前後に傾くため、実際のバンパー軌跡とは異なる。

この図によれば、車種別の飛び上がり軌跡に特徴がみられ、小型車は最も高くなる位置がかなり地覆前面に近いのに対して、大型車の飛び上がりは比較的地覆前面から遠い位置で高くなっている。また大型車では、10t車、20t車ともに飛び上がりの軌跡は近似しているが、10t車の飛び上がり量は20t車のものより高くなっている。

車両の飛び上りを考慮した防護柵位置や高さについては、図の飛び上がり軌跡からみて、防護柵位置が地覆前面から近い橋梁、高架部の地覆などについては小型車の飛び上がり、幅員の広い中央分離帯などで防護柵と地覆との距離が遠い場合については、大型車特に空荷状態の車両の飛び上りを想定すれば、安全性の高い構造を得ることができるものと考えられる。

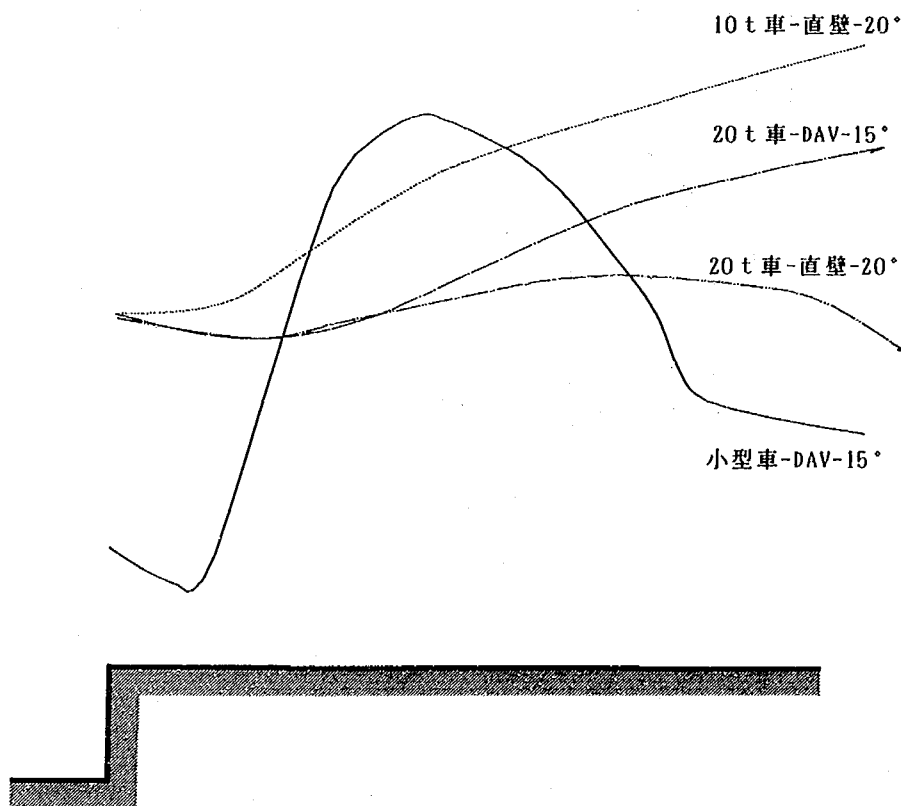


図-4-13 車種別の車体飛び上がり軌跡（地覆高さ25cm）

(2) 飛び上がり姿勢 (小型車)

図-4-14は、図-4-13で示された小型車の飛び上がり軌跡を詳細にみるため、車体前後の飛び上がり量から車体の傾きを求め、車体の姿勢とバンパー位置及び車体中心軌跡を示したものである。

この図より車体の姿勢は刻々と変化しているが、車体中心軌跡については急激に飛び上がる区間(図の飛上区間)、路面とはほぼ並行方向に移動する区間(図の並行区間)、落下する区間(図の落下区間)に分けることができるようである。

車体中心軌跡とバンパー位置を比較してみると、防護柵の位置が飛上区間および並行区間内であれば、バンパーは防護柵に対して押し上げる方向に衝突し、落下区間の60~100cm程度までの間にあればバンパーは下がっていくものの車体中心としては高い位置のまま並行に衝突し、それより後方に防護柵があれば押し下げる方向に衝突する位置関係となる。

このときのバンパーの挙動をみると、図の場合地覆前面から30~40cm離れた区間で飛上方向に、70~100cm離れた区間で落下方向に、高さが大きく変化する区間があることがわかる。

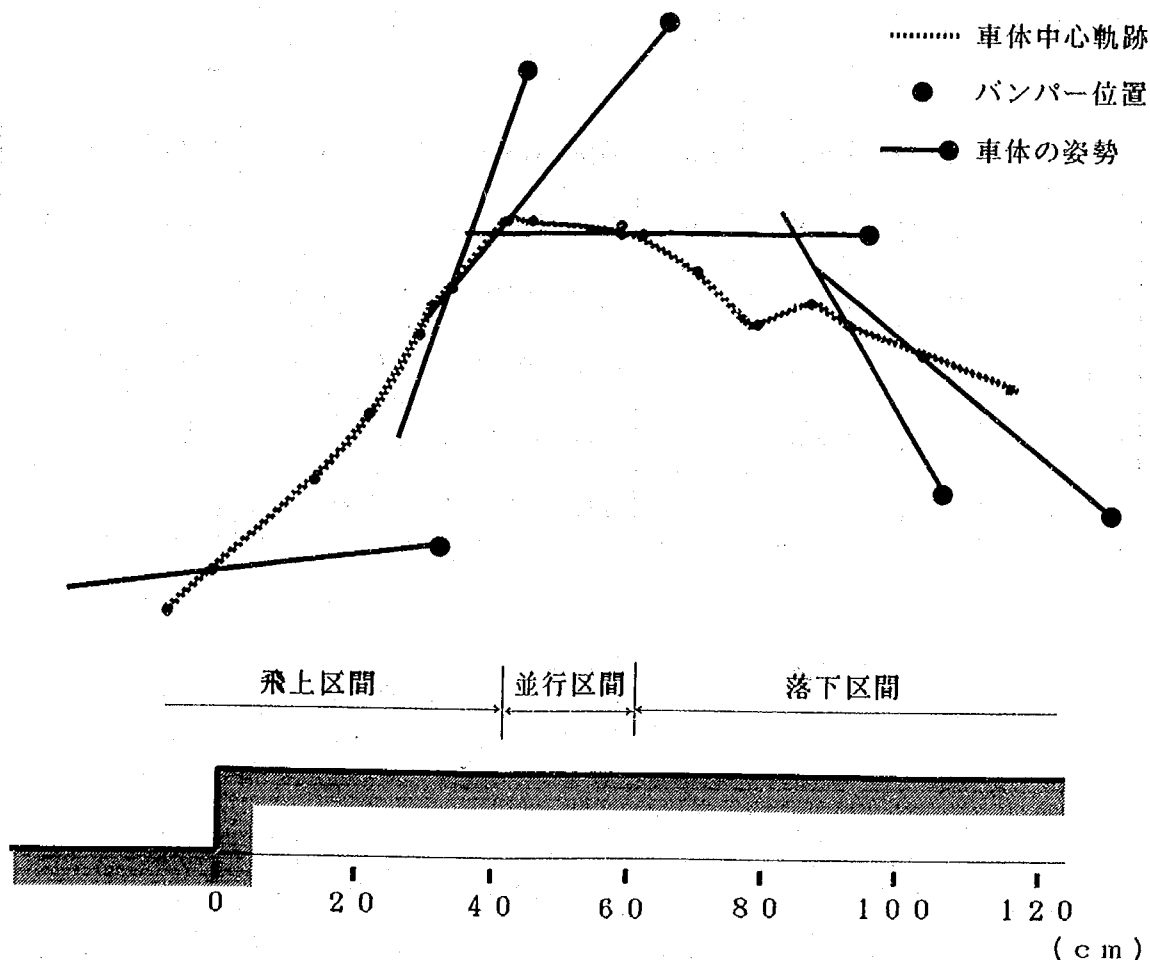


図-4-14 小型車の車体中心軌跡と姿勢

4. 2. 6 供試体と車両の損傷

実験で、車両タイヤ、ホイールが損傷したケースは表-4-10のとおりであった。

マウンタブルは、車種や地覆の高さにかかわらずタイヤが損傷するほどの影響を及ぼすケースはなかったが、直壁では、大型車の場合、高さ20cm以上になるとタイヤバースト、タイヤホイール損傷等が発生した。またDAVでは、高さ25cmになるとホイールが損傷しているがタイヤのバーストに至るものはなかった。

一方小型車では、DAVの場合高さ20cmでもタイヤはバーストしており、大型車の損傷傾向等からみて、直壁であればさらに大きな損傷が発生することが予想される。

地覆の破損については、直壁、DAVでは、高さ25cmで全てのケースで損傷等が発生した。

表-4-10 形状による車両、地覆の損傷状況

車 種	形 状	高 さ (cm)	進入角 (度)	損傷状況	
				車 両	地覆
20 t 車	直 壁	2 0	1 5	前輪バースト、後輪ホイール傷	なし
20 t 車	直 壁	2 0	2 0	左後輪バースト	なし
20 t 車	直 壁	2 5	2 0	前輪左右・後3輪バースト	1ブロック損傷
10 t 車	直 壁	2 5	2 0	左前・後輪ホイール傷	1ブロック損傷
20 t 車	DAV	2 5	1 5	前輪・後輪ホイール傷、変形	なし
20 t 車	DAV	2 5	2 0	前輪・後輪ホイール傷、変形	天端・目地破壊
小型車	DAV	2 0	2 0	前輪左右バースト、ホイール傷	なし
小型車	DAV	2 5	1 5	左前・後輪ホイール変形	多少傷

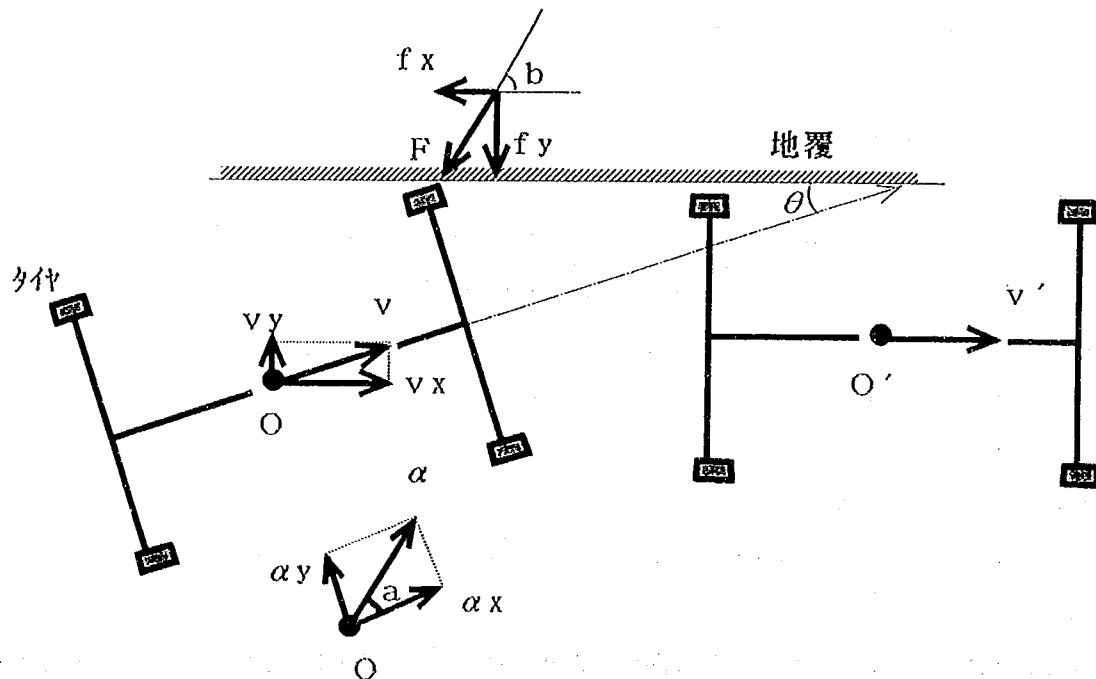
4.2.7 誘導限界角度の算出

車両が地覆に乗り上げる際の車輪挙動は、進入角度が小さく路側側に衝突する場合を考えると、まず左前輪が地覆に衝突し次に左後輪、右前輪、右後輪の順に地覆衝突を行う。

そのため、車両進入時から車両離脱時までの運動解析を行うためには、4輪がそれぞれ地覆衝突時に受ける力と作用時間を把握しなければならない。

しかし、車両が地覆によって誘導される場合は、主として左前輪の誘導を行うことによって車両全体の誘導が行われるものと考えられ、左前輪が誘導されるかそれとも乗り上げるかをみることで、ある程度地覆の誘導性を判断することができる。

車両誘導のための、左前輪衝突時の地覆と車両の運動量の関係をみたものが図-4-15である。



- | | |
|--|----------------|
| O : 衝突車両重心位置 | O' : 誘導後車両重心位置 |
| v : 衝突時進入速度 | v' : 誘導後車両速度 |
| v_x : vのx方向成分 | v_y : vのy方向成分 |
| α : 発生加速度 | |
| α_x : 発生加速度の車両進行方向成分 | |
| α_y : 発生加速度の進行直角方向成分 | |
| F : 地覆の反力 | |
| f_x : 地覆反力のx方向成分 (主として路面とタイヤの摩擦力) | |
| f_y : 地覆反力のy方向成分 (地覆壁面反力) | |
| θ : 地覆に対する車両の進入角度 | |
| a : 発生加速度と車両の初期進行方向との成す角度 | |
| b : 地覆壁面に対する反力の作用角度 ($b = a + \theta$) | |

図-4-15 地覆と車両との力積の関係 (第1輪衝突時)

図において、地覆反力 F が作用する時間を t 、車両の質量を m とすると、運動量保存の法則から

$$m \cdot v - m \cdot v' = F \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

が成り立つ。

また、各成分の力積の関係をみると

$$m \cdot v_x \geq f_x \cdot t \dots\dots\dots (2)$$

$$m \cdot v_y \geq f_y \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

となる。

ここで(2)式の f_x は主としてタイヤと路面との摩擦力に支配される力であり、一般に左項に比べ右項の値はかなり小さいものとなる。(3)式の f_y は、主として地覆面の反力であり、乗り越えを防ぎ車両を誘導するためには、(3)式の右項と左項は等しくならなければならない。

(3)式では、 $v_y = v \cdot \sin \theta$ 、 $f_y = F \cdot \sin b$ で表されるためこれらを(3)式に代入すれば、

$$m \cdot v \cdot \sin \theta = F \cdot \sin b \cdot t \dots\dots\dots (4)$$

となる。

実験により観測された加速度 α_x 、 α_y の合成値 α と質量の積が地覆反力に等しくなるとした場合、

$$F = m \cdot \alpha \dots\dots\dots (5)$$

であり、これを(1)式、(4)式に代入すれば

$$v - v' = \alpha \cdot t \dots\dots\dots (6)$$

$$v \cdot \sin \theta = \alpha \cdot \sin b \cdot t \dots\dots\dots (7)$$

となる。(7)式を進入角度 θ を求める式に変換すると

$$\theta = \sin^{-1} (\alpha \cdot \sin b \cdot t / v) \dots\dots\dots (8)$$

が得られる。

(8)式について、20 t 車で実験条件がDAV—高さ25cm—進入角度20°の実験No11の、左前輪加速速度の実測値を用い角度を計算してみる。

実験結果から $v = 16.7 \text{ km/h}$ 、 v' はほとんど速度の減速がなかったので2 km/h程度の減速として $v' = 58 \text{ km/h}$ とする。(6)式が成り立つ作用時間と加速度の関係を加速度波形より概算すると、 $\alpha_x = 10 \text{ m/sec}^2$ 、 $\alpha_y = 5 \text{ m/sec}^2$ 、 $t = 0.05 \text{ sec}$ となり、 $\alpha = 11.1 \text{ m/sec}^2$ 、 $a = 26.6^\circ$ 、 $b = 41.6^\circ$ が求められる。これにより、誘導可能な限界角度は $\theta = 1^\circ$ となる。

これから、速度60km/hで走行する大型車を考えた場合、地覆高さ25cmでは車両を誘導させることはほとんど困難であるといえよう。

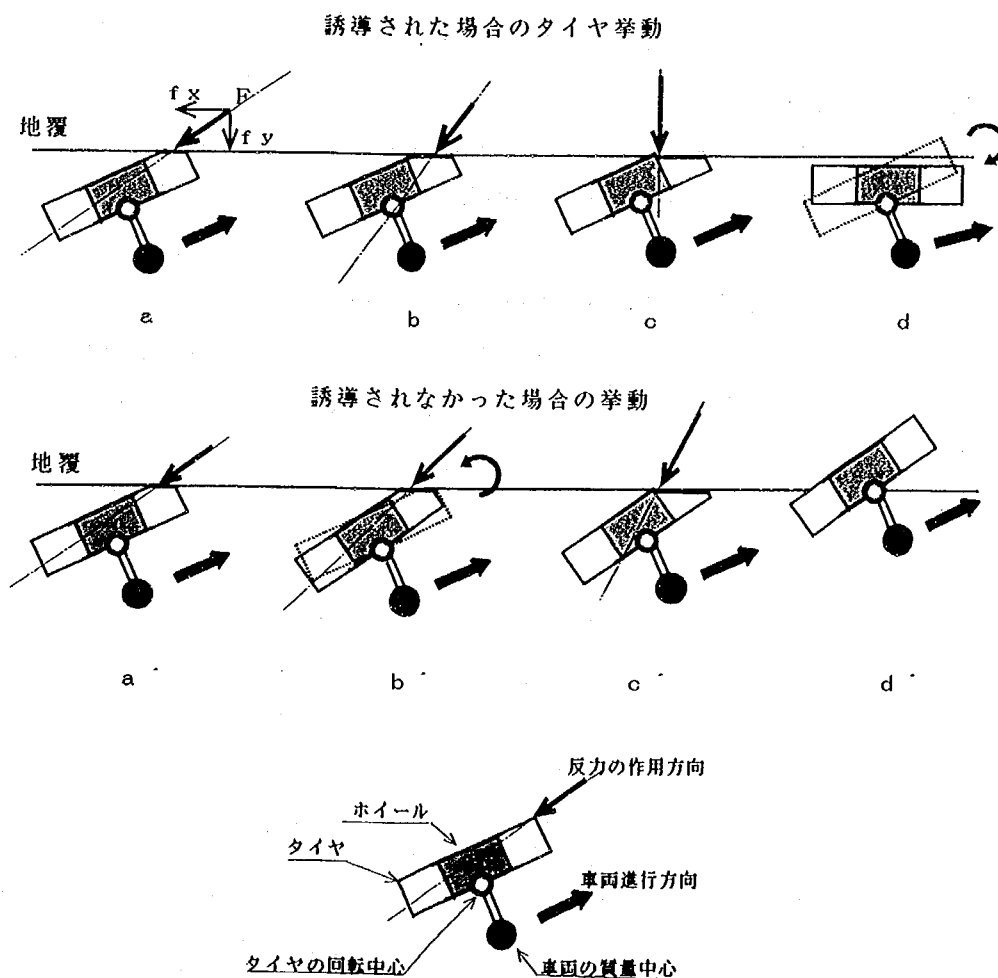
次に乗用車の場合について、本実験のNo20における実測値を用い、誘導を行える限界角度を計算してみる。今回の実験では離脱速度を求めているが、離脱状況等から $v' = 50 \text{ km/h}$ とすると、加速度波形から $\alpha_x = 40 \text{ m/sec}^2$ 、 $\alpha_y = 30 \text{ m/sec}^2$ 、作用時間 $t = 0.06 \text{ sec}$ が読み取れ、 $\alpha = 50.0 \text{ m/sec}^2$ となる。また加速度の作用角度は $a = 36.9^\circ$ 、 $b = 51.9^\circ$ となり、これらを計算すれば $\theta = 8^\circ$ を得る。これにより、小型車は大型車より誘導できる限界角度は大きいといえるが、それでも、かなり小さい進入角度でしか車両を誘導することは期待できない計算結果となる。

ところで、本実験と別に行われた剛性防護柵への衝突実験（付録－8：D A Vタイプ、高さ25cm、小型車、速度60km/h、進入角度15°）では、車両を地覆によって誘導することができている。そこで、この剛性防護柵への衝突実験（以下参考実験と表す。）で求められた加速度波形から、限界角度を求めてみると、 $v=16.7\text{m/sec}$ 、 $v'=11.1\text{m/sec}$ 、 $\alpha_x=25\text{m/sec}^2$ 、 $\alpha_y=35\text{m/sec}^2$ 、 $t=0.13\text{sec}$ となり、 $\alpha=43.0\text{m/sec}^2$ 、 $a=54.5^\circ$ 、 $b=69.5^\circ$ が求められる。これにより、誘導可能な限界角度として $\theta=18^\circ$ を得る。

同じ条件で行われた本実験のNo. 20と参考実験では、前者が地覆による車両の誘導が行えなかったのに対して後者は誘導することができ、計算により求められた誘導限界角度も、概算ではあるが 10° の開きがあった。

これは、参考実験では車輪を拘束した無人車を牽引して地覆に衝突させたのに対して、本実験では、運転者が運転操作により乗り上げを行ったため、タイヤのとられ等に差が生じたことが主な原因と考えられる。

参考実験と実験No. 20の左前輪の挙動を比較したものが図－4－16である。



図－4－16 タイヤの拘束状態による乗り上げ挙動の変化

図の a、b、c、d は、車両が誘導された参考実験での左前輪タイヤの衝突挙動を時系列に示したものであり、a'、b'、c'、d' は誘導されなかった実験No. 20での挙動を時系列に示している。

誘導された場合と誘導されなかった場合の、左前輪タイヤおよび車両の挙動を推定してみると、以下のとおりである。

・車両が誘導された場合（参考実験）

車両誘導の有無にかかわらず、衝突初期（a）に半時計廻りの回転モーメントが生じるが、参考実験ではタイヤが拘束されているため、前輪タイヤは半時計廻りに回転することなく直進する。このとき摩擦力 f_x の増加はほとんどないが地覆壁面反力 f_y が増大するので、地覆面直角方向に反力の作用角度は変化して（b、c）、大きな反力が生じるホイール衝突に至る（c）。このとき、反力の作用方向は、図のように左前輪タイヤの回転中心より右側に移るので、ホイール衝突時の大きな反力により時計廻りのモーメントが生じ、左前輪タイヤは地覆前面に沿って回転し（d）、これに伴って車両は地覆に沿って誘導される。

・車両が誘導されなかった場合（実験No. 20）

衝突初期（a'）の半時計廻りの回転モーメントにより前輪タイヤは左にとられ、地覆に乗り上げる角度が大きくなる（b'）。これに対して車両中心の進行方向は前輪タイヤの向きにすぐには追従しないので、左前輪タイヤと地覆壁面との間に横滑りが生じ、摩擦力 f_x が増大する。一方地覆壁面反力 f_y もタイヤの進入に従って大きくなるので、反力の合力 F の作用方向は、誘導した場合ほどの変化がなく（b'、c'）、時計廻りの回転モーメントが発生しない。

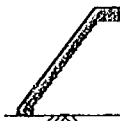
以上から、タイヤの拘束状態によって車両の地覆乗り上げ挙動が大きく変化することが考えられるが、これを実際の運転状態にあてはめると、運転者によるハンドルの保持状態や地覆乗り上げ時のハンドル操作などがタイヤおよび車両の挙動に大きく影響を与え、車両の誘導性を大きく左右することが考えられる。

4. 2. 8 過去の実験事例との比較 (小型車)

小型車について、過去に行った実験における地覆（縁石）形状と飛び上がりの関係を比較したものが表-4-11である。なお飛び上がり量は、これまでの実験結果に合わせて、地覆上面からの飛び上がり量を示している。

縁石の実験では、我が国の実験が1トン程度の車両を用いているのに対して、米国の実験では2トンクラスの車両が一般的に用いられており、車両挙動も車種や大きさによって多少異なるものと考えられるが、乗用車による実験と位置付けて比較してみると、今回の実験結果は飛び上がり量が比較的大きく、かつ飛び上がり位置は地覆に近い手前側で最大になっている。これを近年の車両性能の変化と断定することはできないが、過去には誘導できても今回の実験では誘導できなかった、DAV-高さ25cm-進入角度15°の場合のように、車輪のバネ性能の変化等から地覆に容易に乗り上げるケースが増えていることも考えられる。

表-4-11 今回の実験結果と過去の実験例との比較

地覆形状		進入条件			飛上量 (c m)	飛上位置 (c m)	備 考
供試体形状		高 さ (cm)	速 度 (km/h)	角 度 (deg.)			
D A V		20	60	15	26.2	70.0	本実験
		25	60	15	50.7	50.0	
		20	60	20	14.4	150.0	
		25	60	15	誘導		国内実験 参考資料 6)
				25	21.0	210.0	
マ ウ ン タ ブ ル		20	60	15	6.0	140.0	
				25	1.0	210.0	
		25	60	15	14.0	140.0	
				25	29.0	210.0	
		22.9 (9)	64.4 (40)	10	誘 導		米国実験 参考資料 7)
				25	41.1	164.6	
		15.2 (6)	64.4 (40)	10	14.0	100.6	
				25	27.6	274.3	

()は、inch, mph単位

第5章 まとめ

5.1 実験結果のまとめ

本実験結果から、今回行った速度60km/hでの走行実験をまとめると次のことがいえる。

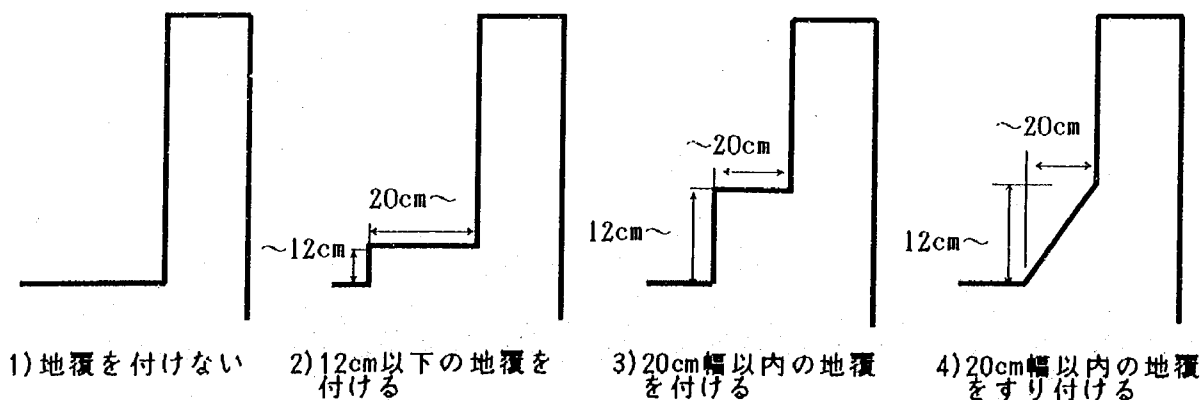
- ①地覆の高さは、12cm以下のものが最も多く、次いで25cm以上で設置されているものが多い。
- ②大型車の場合、供試体の形状にかかわらず、高さ25cmでは車両の誘導効果は期待できない。
- ③小型車の誘導限界角度は、最も誘導効果の高いとされるDAVで15°程度まで、マウンタブルや直壁ではそれ以下であり、衝突状況によっては数度の進入角度で地覆を乗り越えることがある。
- ③20t車の飛び上がり量は少ない。
- ④車両重量が軽いほど飛び上がり量は多くなる傾向にあり、小型車や大型車の空荷の場合、防護柵と地覆間の距離や防護柵の高さによっては、車両バンパー部が防護柵上端より高く飛び上がることもある。
- ⑤地覆の形状によって、車両の挙動、損傷は異なる。
 - ・マウンタブル：高さ20cmと25cmの飛び上がり量は変わらない。
乗り上げによる車両損傷は少ない。
 - ・直壁：飛び上がり量少ない。
高さ20cm以上になると大型車でも損傷する。
 - ・DAV：3供試体の中で、乗り上げ後車両を車道側に戻す効果は最もあるが、高さが高くなるほど飛び上がり量が多くなる。
高さ20cmで小型車、高さ25cmで大型車が損傷する。
- ⑥乗り上げによる乗員への衝撃は比較的小さいが、状況によってはシートベルトをしないと危険な場合もある。
- ⑦衝突時の車輪の方向によって車両の誘導性は変化するので、ハンドルの握り方や衝突後のハンドル操作等に誘導性が影響される場合がある。

5. 2 新しい地覆形状の提案

今回の実験結果から、地覆乗り越え時の大型貨物の積載車(20 t車)の飛び上がりはほとんどないが、建築限界の25cmまで地覆を高くしても車両の誘導効果は期待できないことが判明した。地覆は、小型車や空荷の貨物車等が衝突した場合に車両を飛び上がらせる性質があり、場合によっては防護柵の高さより上まで飛び上がらせる可能性がある。そのため、今後剛性防護柵を地覆に設置していく場合は、小型車の挙動に大きな影響を与えない高さに設けることが適当であると考えられる。これについては、過去の実験で高さ12cmの場合小型車でもほとんど飛び上がりはないことが分かっており、今回の実験でも高さ10cmの場合車両の挙動に与える影響は小さいものであったことから、地覆前面から比較的後ろに防護柵が設置される場合は、高さ12cm程度を車両に影響を与えない高さの目安とすることが考えられる。

ある程度の高さを確保する必要がある地覆の幅については、幅が広ければ衝突荷重の分担が十分行え床版への影響が小さくなるものの、車両の飛び上がり挙動が引き起こされる。一方幅が狭いと、車両の飛び上がり挙動を押さえられるが、車両が直接防護柵に接触、衝突する機会が多くなり、また床版への衝突荷重の増大が懸念される。そのため、車両の飛び上がり挙動が発生しない程度の地覆幅にすることが望ましい。これについて、地覆乗り上げ時の車両挙動からみると、タイヤが地覆に乗り上げた際バンパーは一度沈み込み、その後飛び上がる挙動を示すと報告されており⁷⁾、今回の実験でもその傾向がみられた(図-4-13、付録-4参照)。また、今回の実験で小型車のバンパー位置を示している図-4-14をみれば分かるように、バンパーの飛び上がりはある地点で急激に大きくなっており、図では地覆前面から30cm~40cm程度奥がその区間になっている。飛び上がり量は、速度や進入角度等の条件によって変化するものであり、バンパーの飛び上がりが急激に増大する区間もこれらの条件によって位置が前後するものと考えられるが、今回の実験における上述の30cmを目安とした場合、多少の安全性を見込み地覆幅20cmとすればバンパーはほとんど飛び上がりはなく、防護柵による車両誘導が円滑に行えるものと考えられる。

以上から、今後設置する地覆の形状の例を、車両の飛び上がり防止を基本として示すと以下のようなものが考えられる。



あ と が き

本研究により、全国的な地覆の設置状況および地覆の代表的な三つの形状（マウンタブル、直壁、D A V）の大型車乗り越え時の車両挙動を把握することができた。また、小型車等の場合、地覆乗り上げ時にかなり飛び上がる場合があることも確認できた。

今後は、本研究の成果を踏まえ、地覆や縁石の機能を十分保ちつつ、車両の安全性を確保できる形状について検討を行い、実際の道路に反映させることが望まれる。

参考文献

- 1) 「道路用語辞典」、日本道路協会、昭和60年1月
- 2) 「道路橋示方書・同解説」、日本道路協会、平成2年2月
- 3) 「道路構造令の解説と運用」、日本道路協会、昭和58年2月
- 4) 「鋼道路橋設計示方書解説」、日本道路協会、昭和39年6月
- 5) 「道路橋示方書・同解説」、日本道路協会、昭和48年2月
- 6) 「中央分離帯の構造に関する研究」、日本道路協会、昭和44年3月
- 7) 「Guide for Selecting, Locating, and Designing Traffic Barriers」, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1977
- 8) R. M. Olson, G. D. Weaver, H. E. Ross, Jr., and E. R. Post, 「Effect of Curb Geometry and Location on Vehicle Behavior」, National Cooperative Highway Research Program Report 150, 1974
- 9) 「Location, Selection, and Maintenance of Highway traffic Barriers」, National Cooperative Highway Research Program Report 118. Highway Research Board. 1971

付 録 資 料

付録 1) 国内における縁石乗り上げ実験結果概要
(参考文献 6)

付録 2) 米国における縁石乗り上げ実験結果抜粋
(参考文献 7)

付録 3) 進入軌跡

付録 4) 飛び上がり軌跡

付録 5) 加速度波形

付録 6) アンケート調査表

付録 7) 実験車諸元

付録 8) D A V による小型車誘導実験結果

付録 1) 国内における縁石乗り上げ実験結果概要
(参考文献 6)

中央分離帯の構造に関する研究

昭和44年3月

日本道路協会

1. 実験目的

高速道路のより安全な中央分離帯構造を決定するため、縁石の効果を実験的に調べ縁石の効果を把握するために行った。

2. 実験条件

実験は、土木研究所千葉支所構内の走行実験場の実験用縁石を設置し、その上を実験車両が走行するものとした。

- ① 実験車 : トヨペットクラウン 2台
- ② 衝突角度 : 15° 、 20°
- ③ 衝突速度 : 40km/h、60km/h
- ④ 運転者 : プロドライバー (スタントマン)
- ⑤ 運転条件 : 1) 規定の速度で、衝突角度を示す線に沿って走り縁石に衝突する。
2) ハンドルは軽く握り、衝突後少なくとも5m走るまではきらない。
3) ブレーキは、衝突後少なくとも5m走るまではかけない。
- ⑥ 供試体 : マウンタブル、DAVおよび円形形状について、高さを変えた12種類
(実験結果参照)

3. 実験結果

実験結果として、走行軌跡を表-1に、最大飛び上がり高さを図-1に、また車体の飛び上がり状況を図-2に示す。

4. まとめ

高さ12cm程度であれば、乗用車の場合飛び上がりは生じない。飛び上がり量は、縁石の前面形状による影響は少なく、高さによって飛び上がり量が増減する。方向変換については、高さ25cmでは高速道路用としてはほとんど効果はなく、低速度(40km/h)の場合でも車輪を破損するような形状でない限り、縁石のみによる方向変換は期待できない。

これらのことから、高速道路の中央分離帯用の縁石形状としては、飛び上がりが少なくガードレール等への影響が少ない高さ12cm、斜度 45° の縁石形状を選定する。

表-1 走行軌跡

線 石			衝突角度 15°		衝突角度 25°	
記号	高さ (cm)	線石前面 の傾斜角	衝突速度 40 km/h	衝突速度 60km/h	衝突速度 40km/h	衝突速度 60km/h
I-A	12	30°				
II-A	12	45°				
III-A	12	60°				
I-B	20	30°				
II-B	20	45°				
III-B	20	60°				
I-C	25	30°				
II-C	25	45°				
III-C	25	60°				
IV	25					
V	20					
VI	20					

※各欄の左下の数字は最大飛び上がり量、右下の数字は飛距離である。

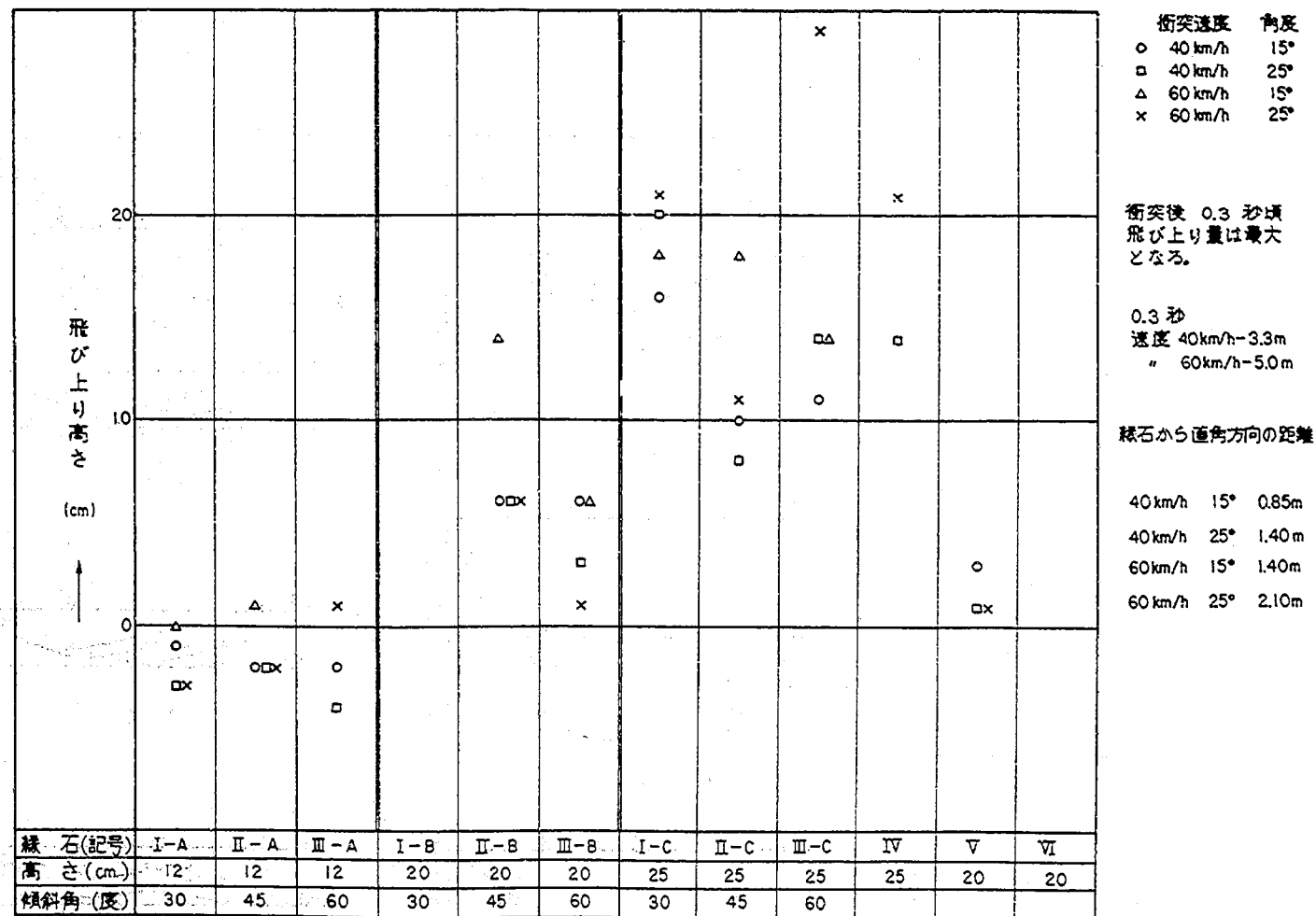
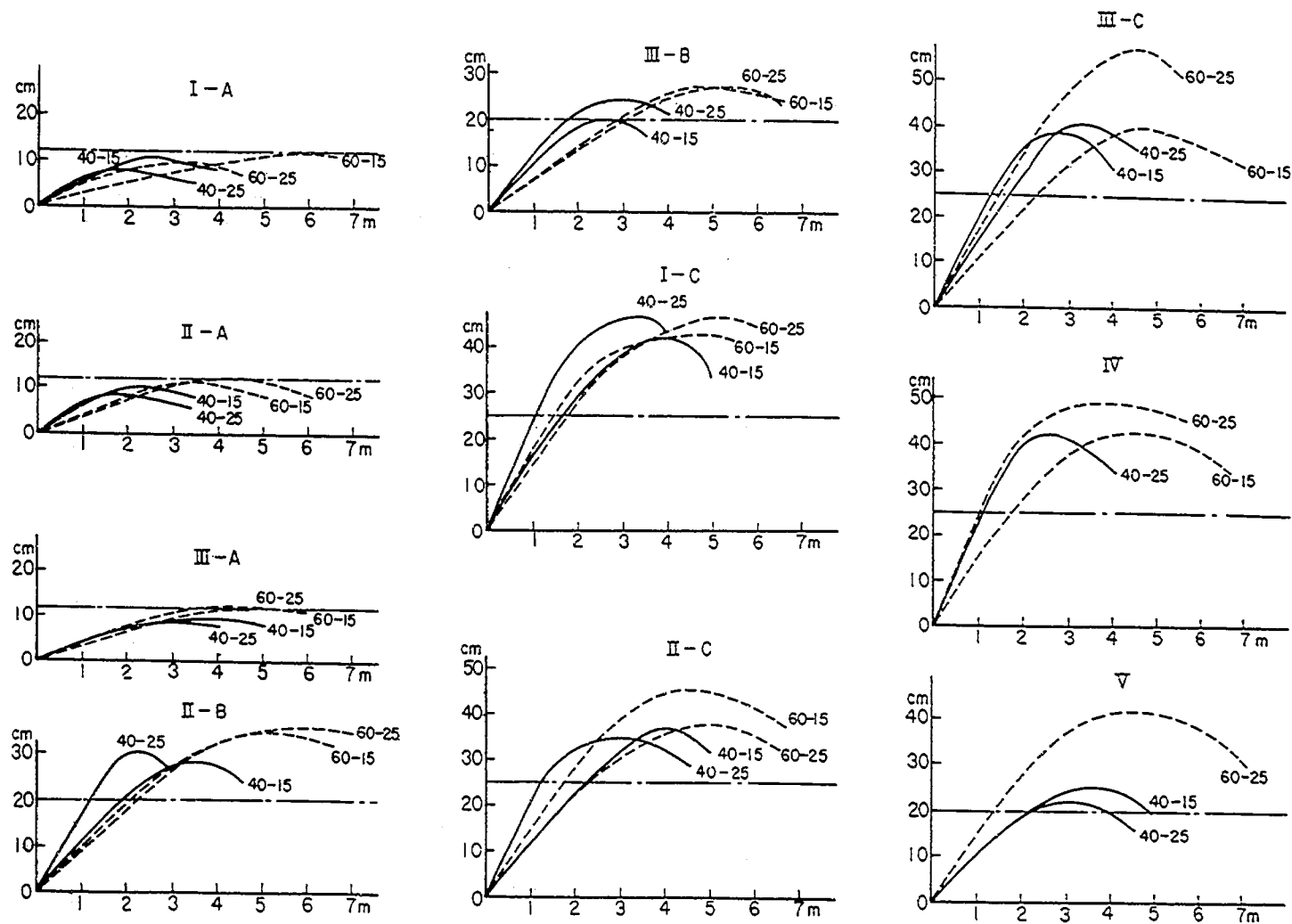


図-1 最大飛び上がり高さ



縦軸: 路面から測った飛び上り高さ
横軸: 進行距離
一点鎖線は線石の高さ

図-2 車体飛び上がり軌跡 (数字は衝突速度と衝突角度を示す)

付録 2) 米国における縁石乗り上げ実験結果抜粋
(参考文献 7)

Guide for Selecting, Locating, and Designing Traffic Barriers

1977

American Association of State Highway
and Transportation Officials

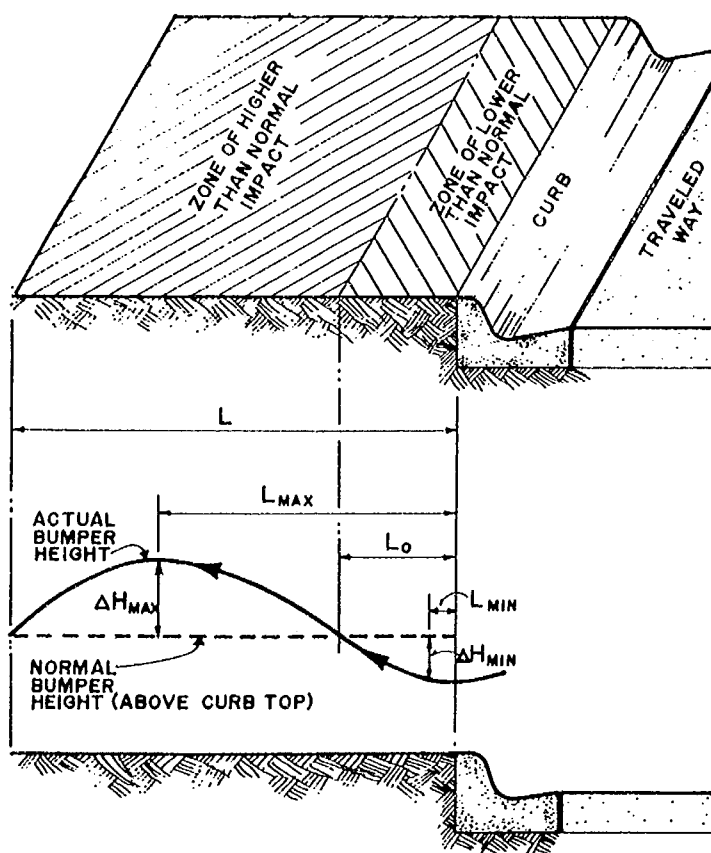
防護柵等の設計、設置計画について示している本文献では、その一部にCurbについて車両の飛び上がり挙動や誘導効果を示している。以下は、Curbに関する部分の抜粋である。

A curb is a common roadside appurtenance which can have significant effect on the trajectory of an errant vehicle. Since traffic barriers are sometimes placed in close proximity to a curb, it is important to know the curb's potential effect on the impact performance of the barrier.

Figure F-14 illustrates the parameters of interest. There are two areas of concern, namely, the "zone of lower than normal impact" and the "zone of higher than normal impact". The problems associated with each zone have been discussed previously.

Figure F-15 shows the eight curb configurations for which there is trajectory data. With the exception of the "13inch(0.33m) type X" curb, all of these curbs are presented in "A Policy on Geometric Design of Rural Highways", AASHTO, 1965, page 228. The type X curb is an experimental curb, whose shape matches that of the lower part of the MB5 concrete median barrier.

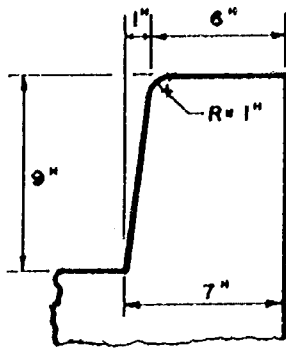
Data for these curbs are summarized in Table F-9 through F-16. Note that in some cases, data for both full size and compact cars were available.



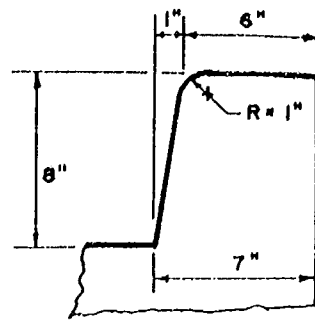
ΔH_{MIN} = MAXIMUM HEIGHT BUMPER BELOW NORMAL HEIGHT

ΔH_{MAX} = MAXIMUM HEIGHT BUMPER ABOVE NORMAL HEIGHT

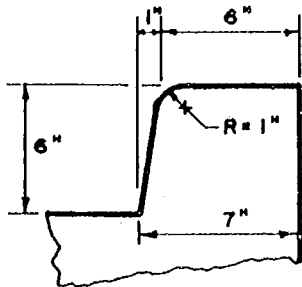
Fig. F-14. Design Parameters for Vehicle Encroachments on Curbs.



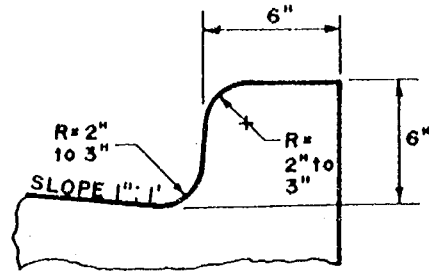
9" TYPE A



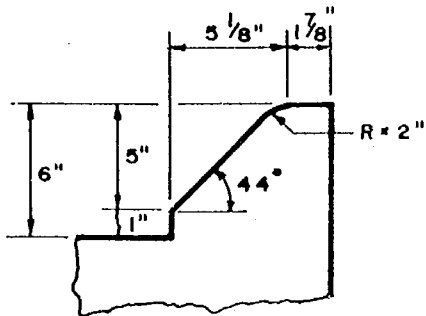
8" TYPE A



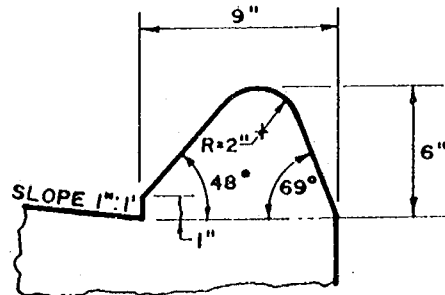
6" TYPE A



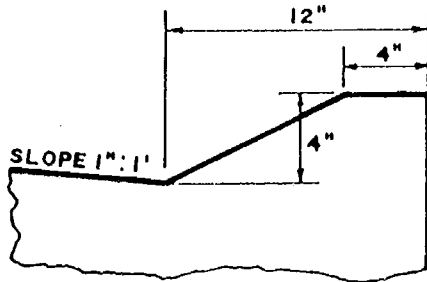
6" TYPE C



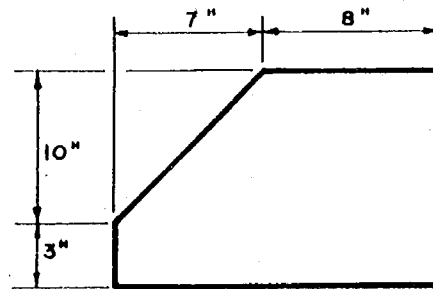
6" TYPE E



6" TYPE G



4" TYPE H



13" TYPE X

1 in. = 0.0254 m

Fig. F-15. Curb Geometry.

Table F-9. Bumper Trajectory Data—9-Inch Type A Curb

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
<u>FULL SIZE CAR</u>							
		VEHICLE REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB					
40	10	9.0	1.1	2.1	16.2	5.4	8.8
40	25	8.5	1.1	1.5	27.6	3.1	3.6
60	10	9.0	1.8	3.8	23.5	9.8	>16.0
60	25						
<u>COMPACT CAR</u>							
		UNAVAILABLE					
40	10	9.1	1.6	2.5	16.7	6.2	12
40	25	UNAVAILABLE					
60	10	8.8	1.7	2.8	47	16.9	>25
60	25						

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-10. Bumper Trajectory Data—8-Inch Type A Curb—Full Size Car

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
40	10	VEHICLE REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB					
40	15	9.0	1.0	1.7	8.0	2.5	3.3
60	10	VEHICLE REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB					
60	15	9.0	1.0	2.4	25.0	6.6	9.5

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-11. Bumper Trajectory Data—6-Inch Type A Curb

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
<u>FULL SIZE CAR</u>							
40	10	6.0	1.0	1.9	5.5	3.3	5.1
40	25	6.0	1.7	4.2	7.0	9.0	14.8
60	10	6.2	1.2	2.5	7.5	4.4	5.7
60	25	6.0	2.0	5.3	7.5	11.0	17.7
<u>COMPACT CAR</u>							
40	10	6.1	1.0	1.4	8.6	2.1	2.9
40	25	6.0	1.9	3.3	8.2	6.7	11.4
60	10	6.2	1.2	1.8	10.0	3.6	5.2
60	25	6.3	2.2	4.2	9.5	9.6	15.2

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-12. Bumper Trajectory Data—6-Inch Type C Curb—Full Size Car

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
45	12.5	CAR REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB					
45	20.0	6.2	1.3	3.3	9.3	8.0	11.3
60	12.5	7.5	1.4	3.3	10.3	7.0	9.6
60	20.0	7.9	1.3	4.6	11.3	10.0	15.6

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-13. Bumper Trajectory Data—6-Inch Type E Curb—Full Size Car

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
45	12.5	7.0	1.0	3.3	6.3	5.0	7.5
45	20.0	6.2	2.3	4.3	8.3	8.0	10.9
60	12.5	5.9	1.8	2.9	8.3	6.0	9.3
60	20.0	7.0	1.9	3.8	14.3	10.0	15.8

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-14. Bumper Trajectory Data—6-Inch Type G Curb

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC)(a)						
<u>FULL SIZE CAR</u>							
40	10	6.3	1.0	1.9	5.8	3.3	5.1
40	25	6.0	1.7	4.2	5.8	9.0	14.7
60	10	6.1	1.2	2.6	5.2	5.2	7.1
60	25	6.0	2.1	5.5	7.3	11.0	>17.0
<u>COMPACT CAR</u>							
40	10	6.0	0.9	1.4	7.3	2.3	4.2
40	25	6.1	1.6	3.0	7.7	5.9	11.5
60	10	6.2	1.0	1.8	8.5	3.6	5.8
60	25	6.1	2.1	3.9	9.5	9.9	15.5

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-15. Bumper Trajectory Data—4-Inch Type H Curb—Full Size Car

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEC) ^(a)						
45	12.5	5.5	1.0	5.0	2.0	7	9.5
45	20.0	6.5	0	6.4	3.3	10	13.8
60	12.5	6.5	1.6	5.8	3.3	8	12.3
60	20.0	6.3	1.6	6.8	3.3	10	16.3

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

Table F-16. Bumper Trajectory Data—13-Inch Type X Curb—Full Size Car

ENCROACHMENT CONDITIONS		$\Delta H_{min}^{(b)}$ (IN.)	$L_{min}^{(b)}$ (FT.)	$L_o^{(b)}$ (FT.)	$\Delta H_{max}^{(b)}$ (IN.)	$L_{max}^{(b)}$ (FT.)	$L^{(b)}$ (FT.)
SPEED(MPH)	ANGLE(DEG) ^(a)						
45	12.5	CAR REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB				5	7.9
45	20	6.3	1.4	2.0	36.3		
60	12.5	CAR REDIRECTED UPON IMPACT WITH CURB				8	>14
60	20	6.0	1.3	2.5	46.3		

^a ANGLE BETWEEN VEHICLE HEADING AND TANGENT TO TRAVELED WAY.

^b SEE FIGURE F-14

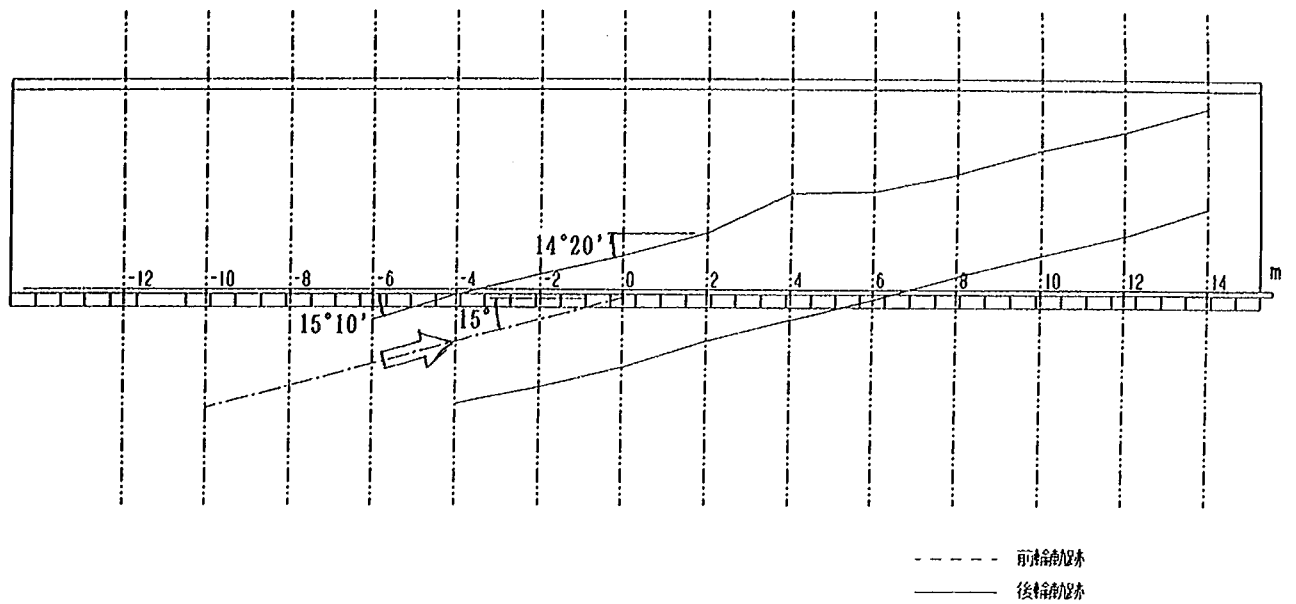
1 ft. = 0.3048 m

1 in. = 0.0254 m

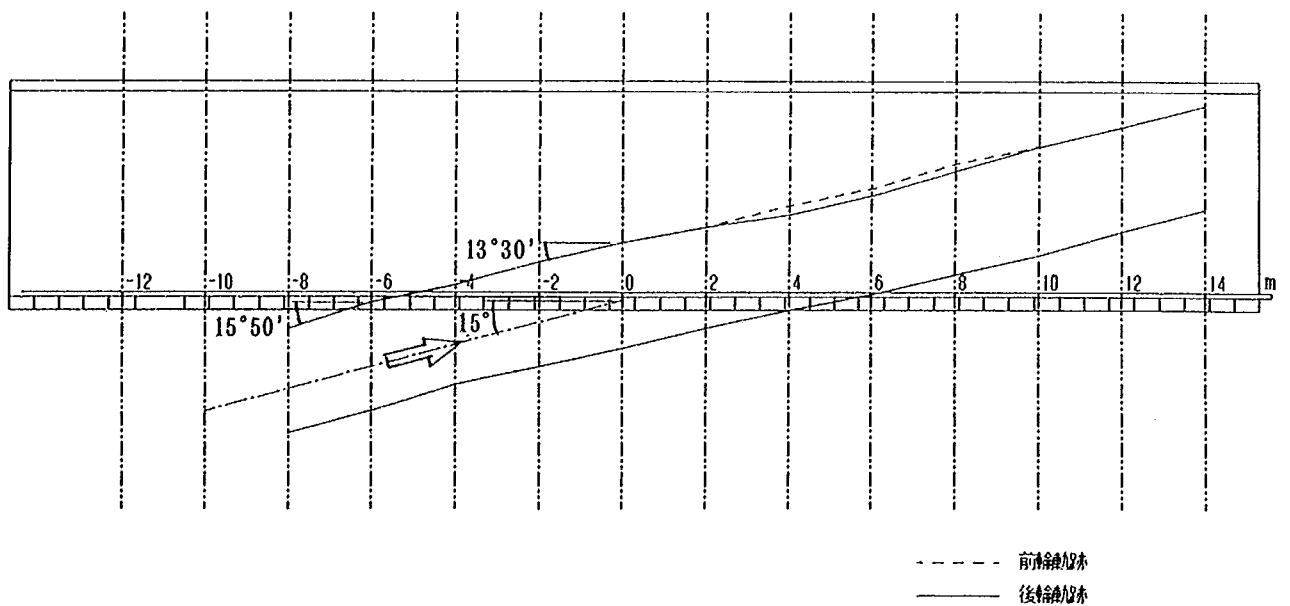
付録 3) 進入軌跡

車両のわだち

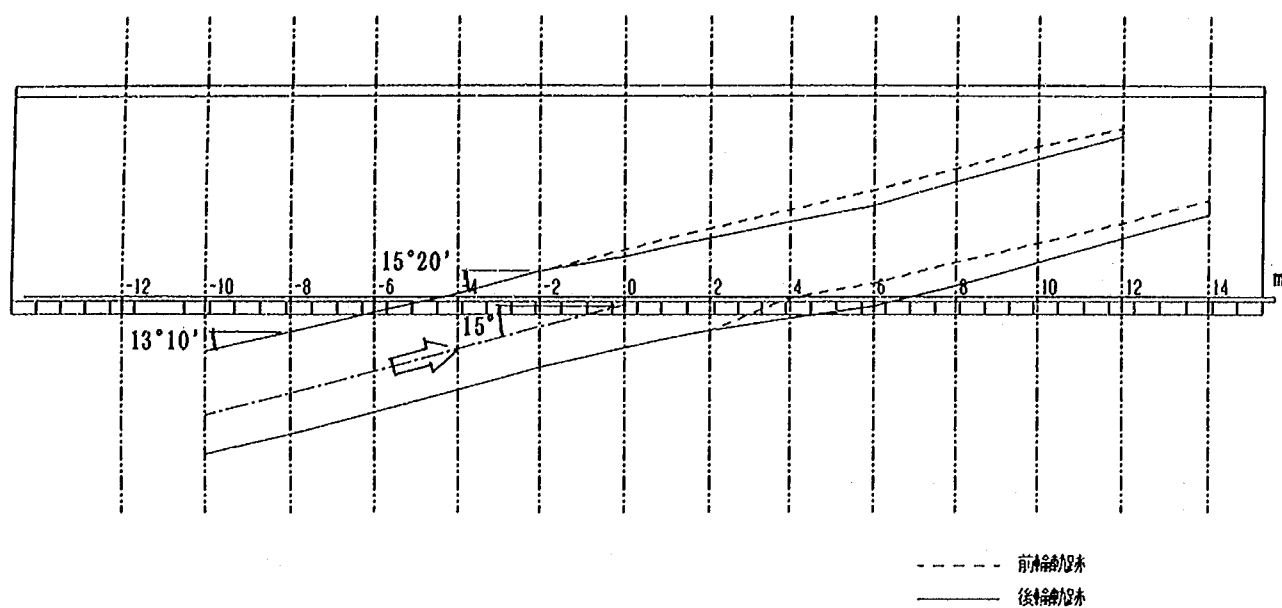
実験番号No.1 形状：マウンテン 車種：大型 高さ：10cm 進入角：15度



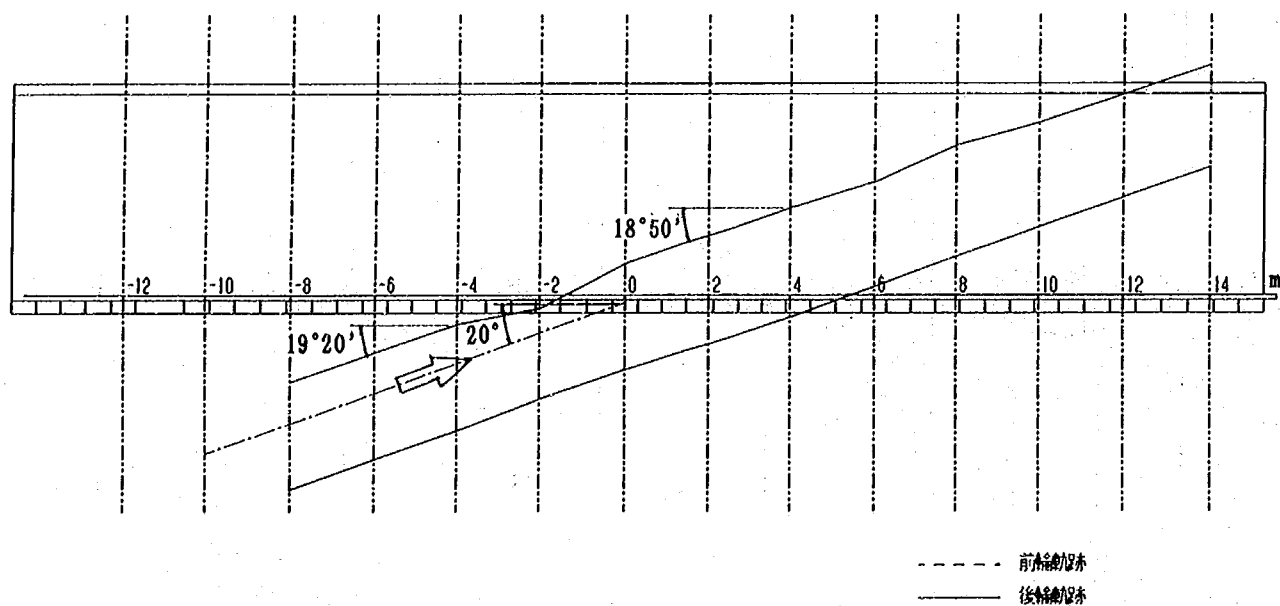
実験番号No.2 形状：マウンテン 車種：大型 高さ：20cm 進入角：15度



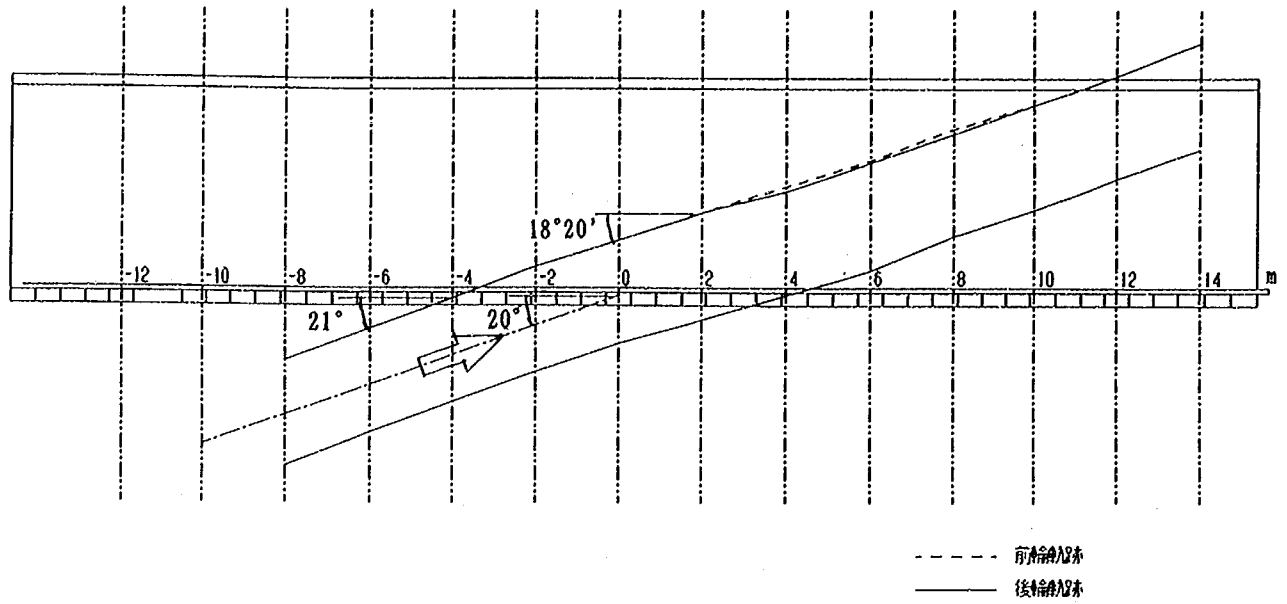
実験番号No.3 形状: マンダリン 車種: 大型 高さ: 25cm 進入角: 15度



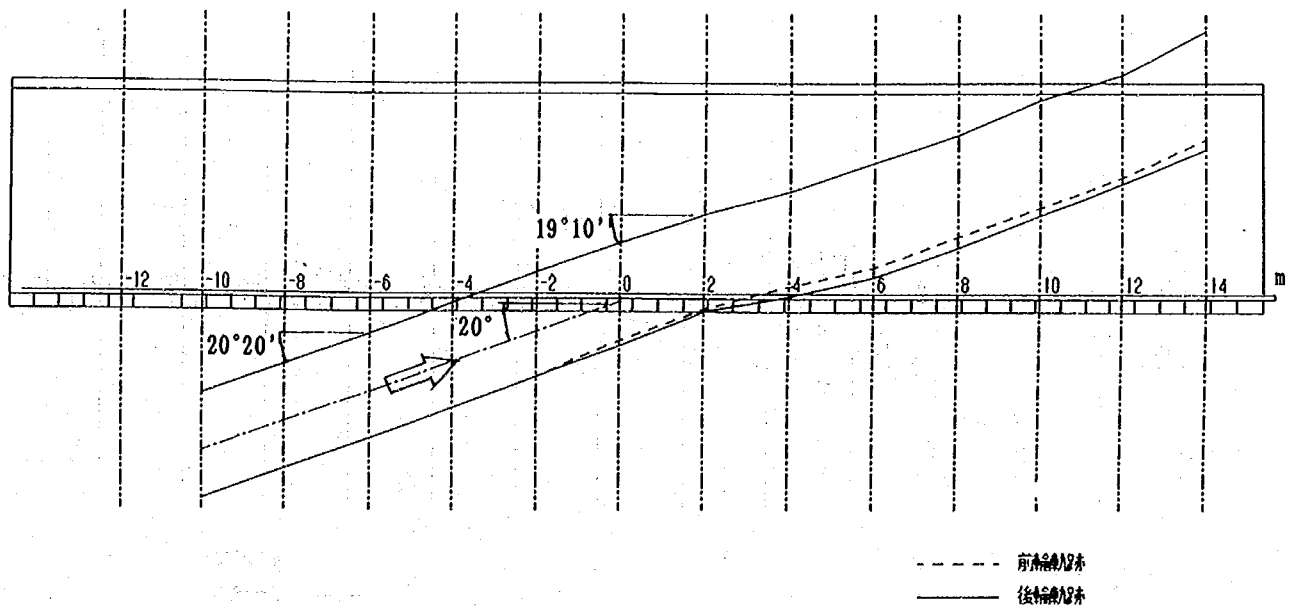
実験番号No.4 形状: マンダリン 車種: 大型 高さ: 10cm 進入角: 20度



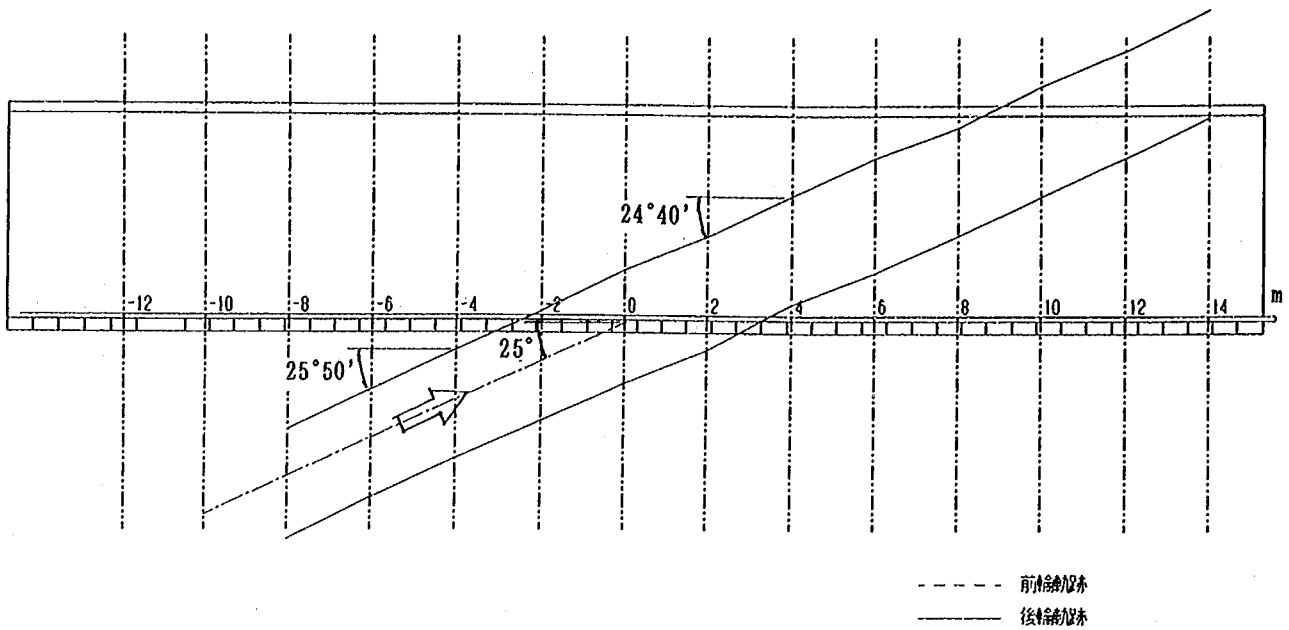
実験番号No.5 形状: カンパル 車種: 大型 高さ: 20cm 進入角: 20度



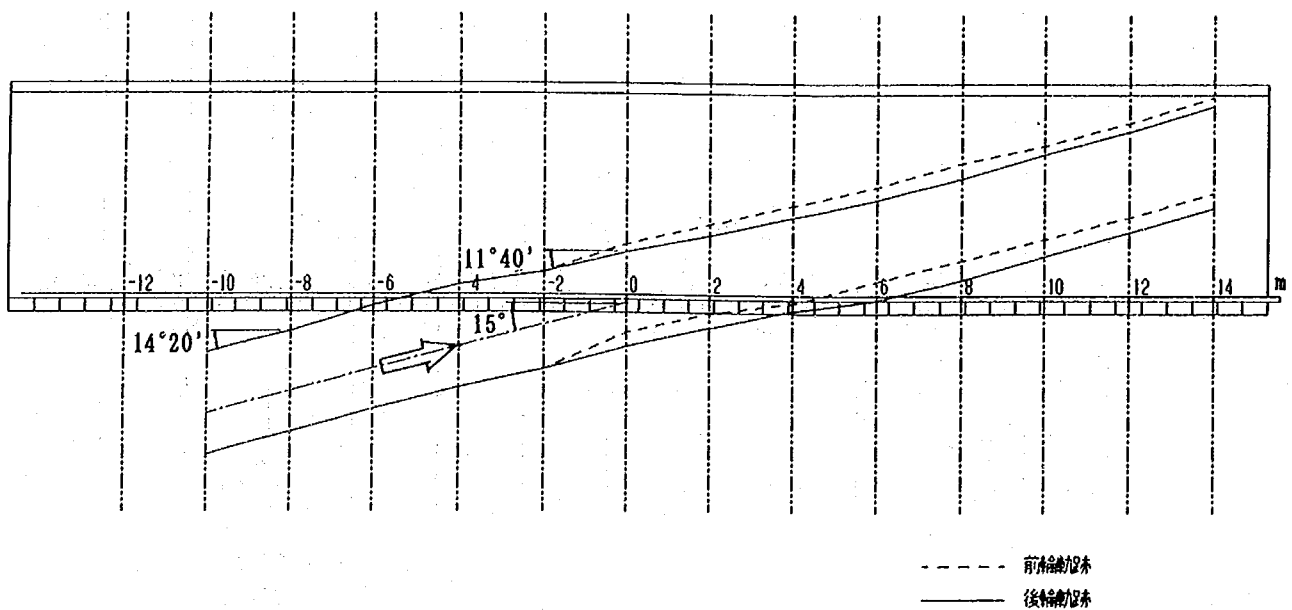
実験番号No.6 形状: カンパル 車種: 大型 高さ: 25cm 進入角: 20度



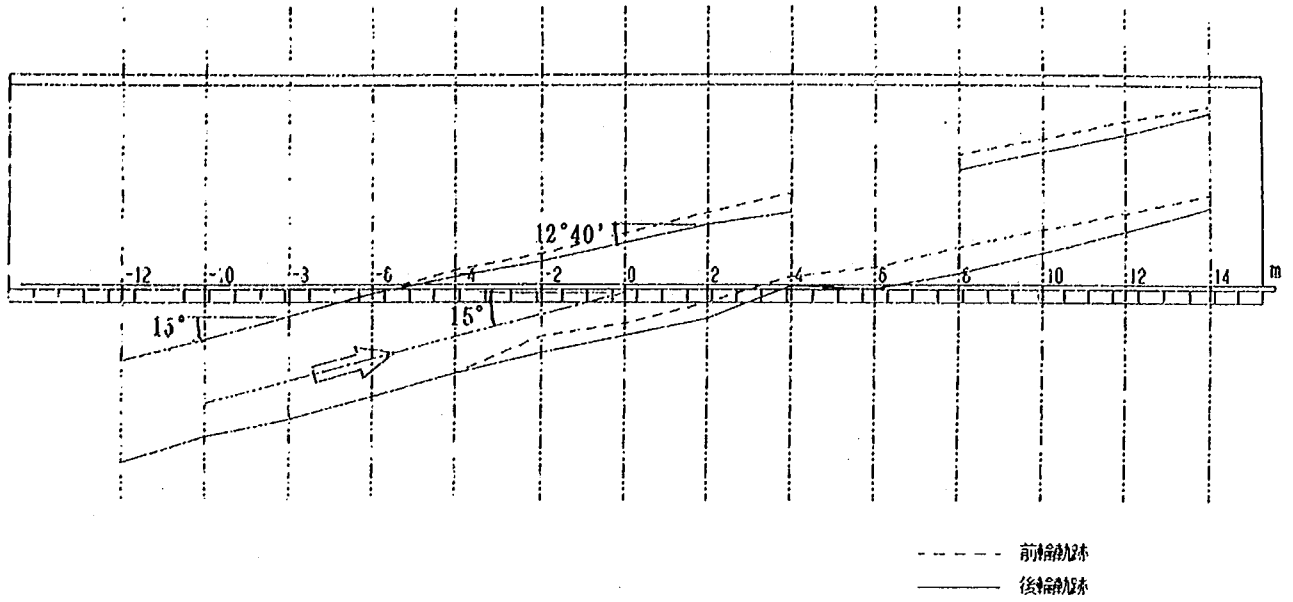
実験番号No.7 形状: マンダリン 車種: 大型 高さ: 10cm 進入角: 25度



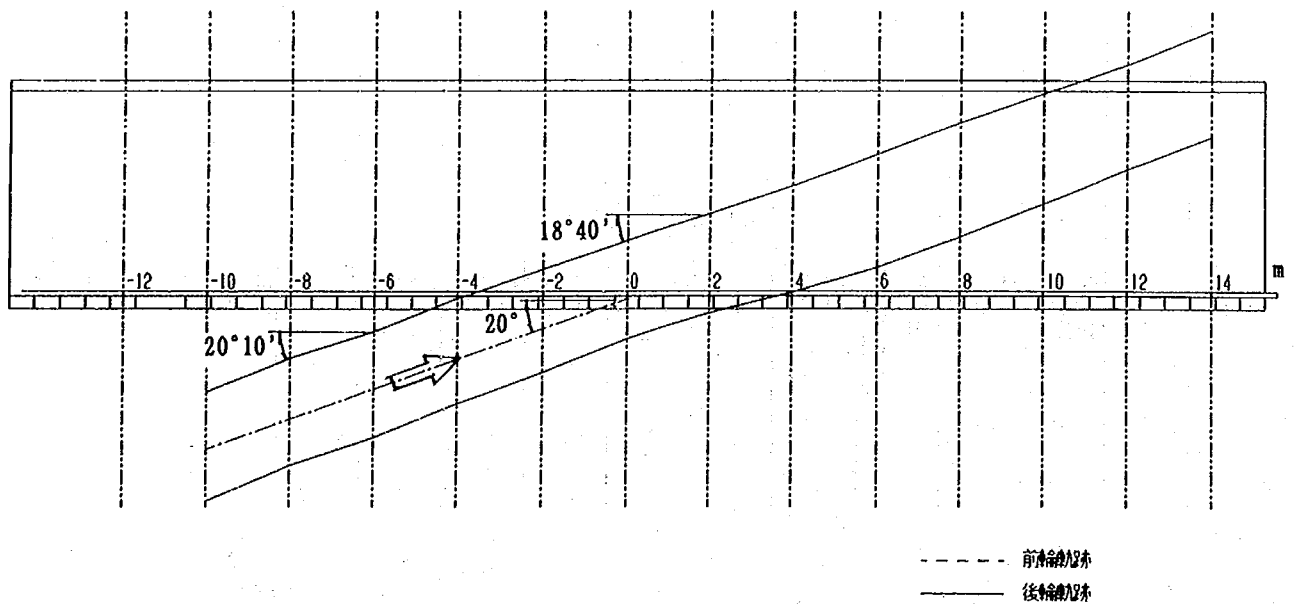
実験番号No.8 形状: DAV 車種: 大型 高さ: 20cm 進入角: 15度



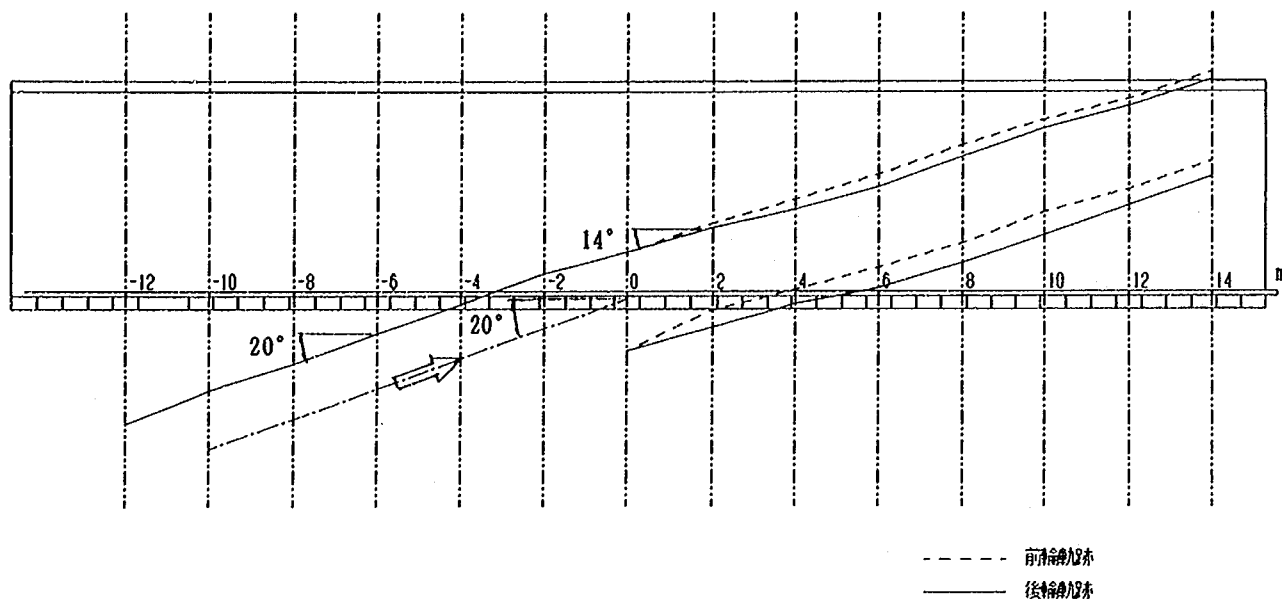
実験番号No.9 形状: DAV 車種: 大型 高さ: 25cm 進入角: 15度



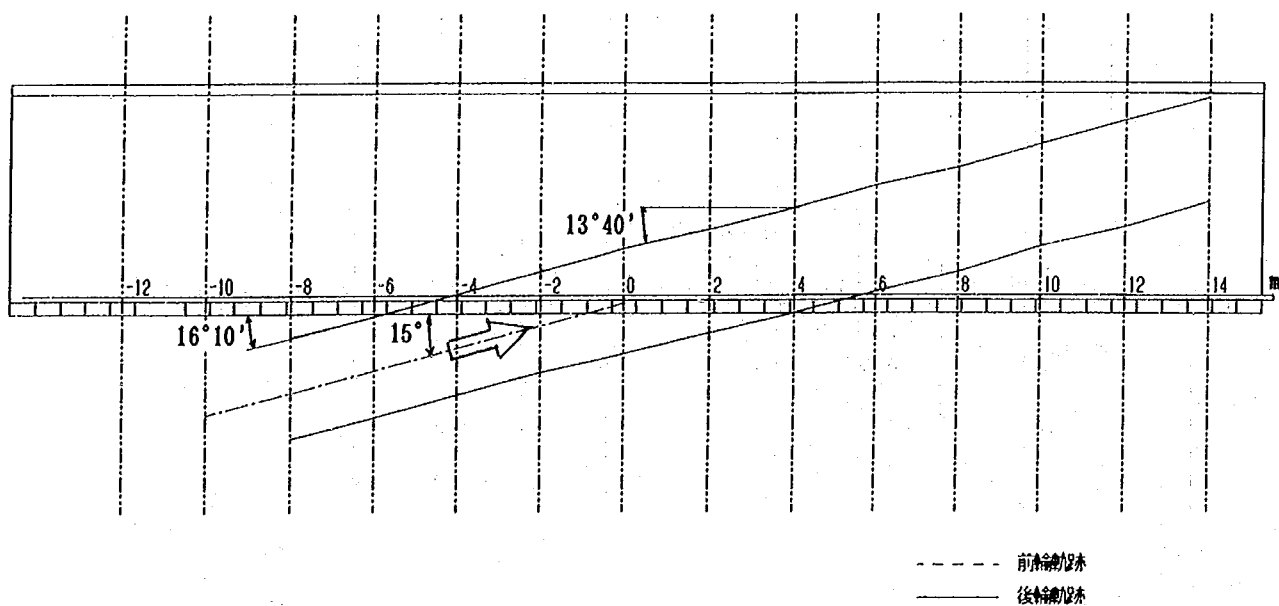
実験番号No.10 形状: DAV 車種: 大型 高さ: 20cm 進入角: 20度



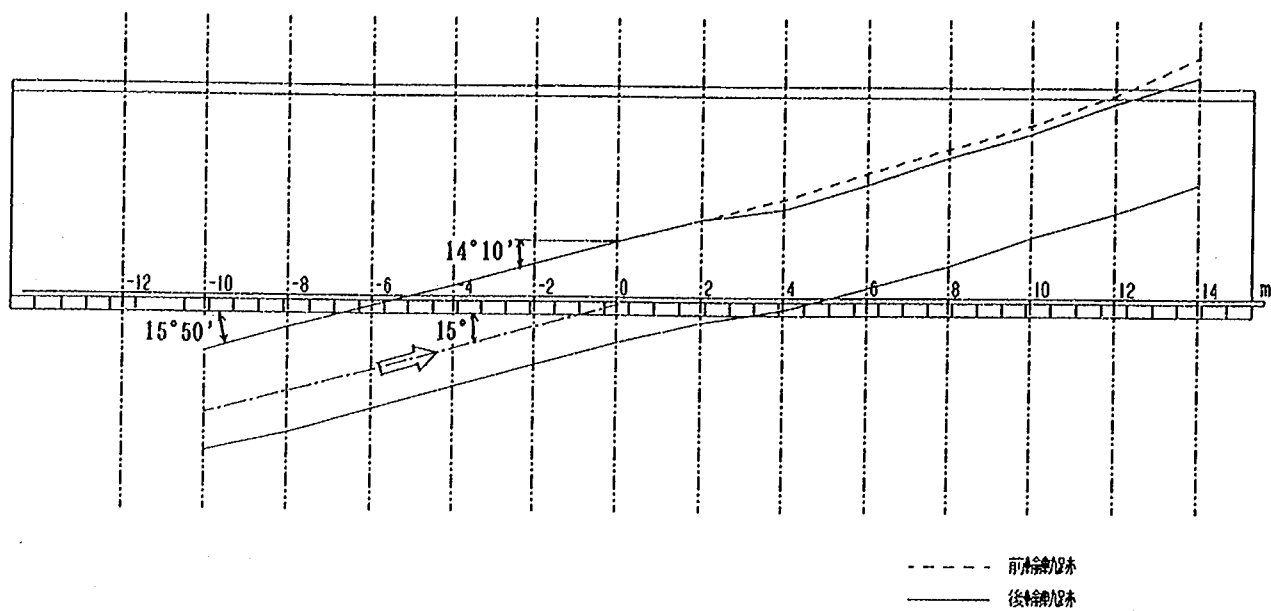
実験番号No.11 形状:DAV 車種:大型 高さ:25cm 進入角:20度



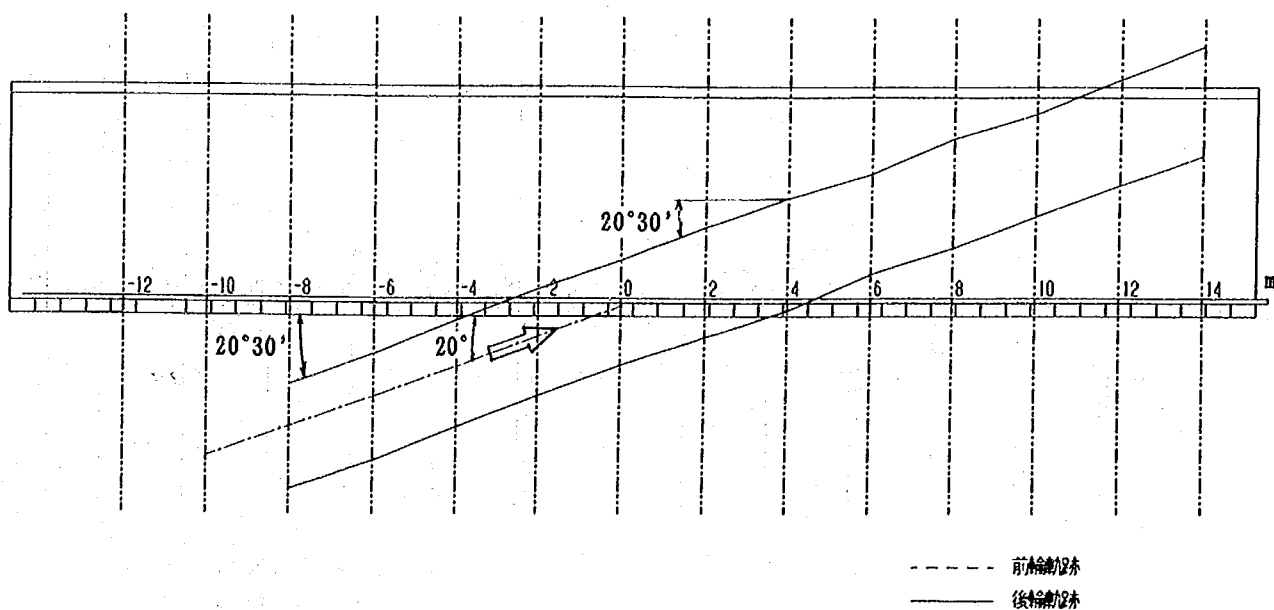
実験番号No.12 形状:直角 車種:大型 高さ:10cm 進入角:15度



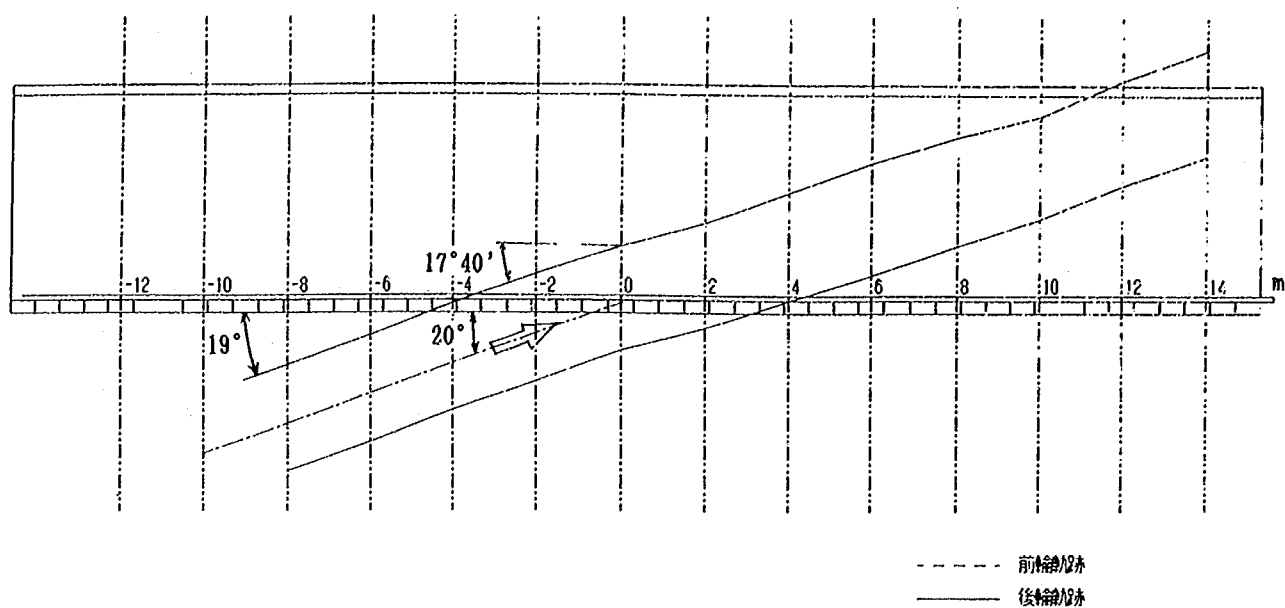
実験番号No.13 形状:直角 車種:大型 高さ:20cm 進入角:15度



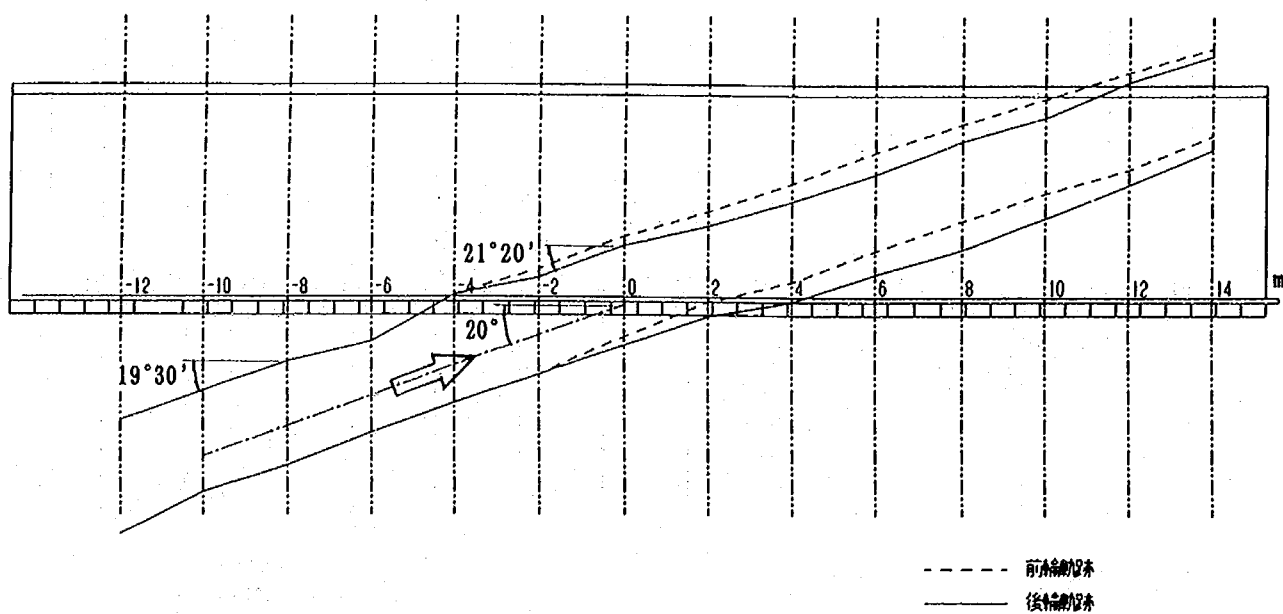
実験番号No.14 形状:直角 車種:大型 高さ:10cm 進入角:20度



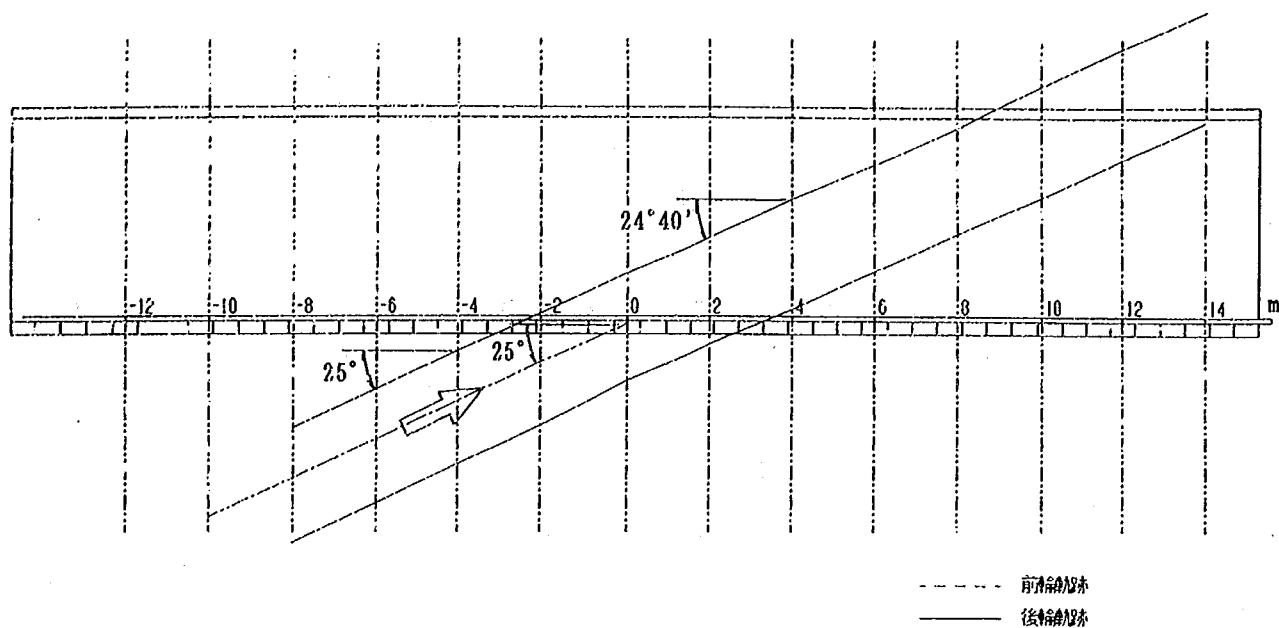
実験番号No.15 形状：直角 車種：大型 高さ：20cm 進入角：20度



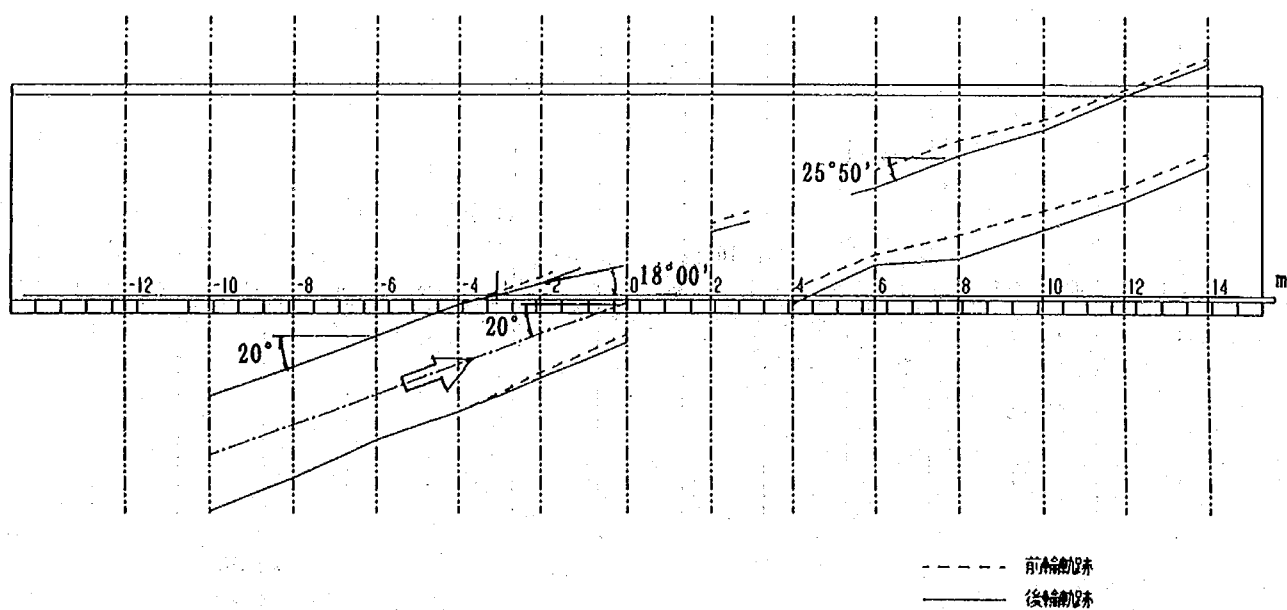
実験番号No.16 形状：直角 車種：大型 高さ：25cm 進入角：20度



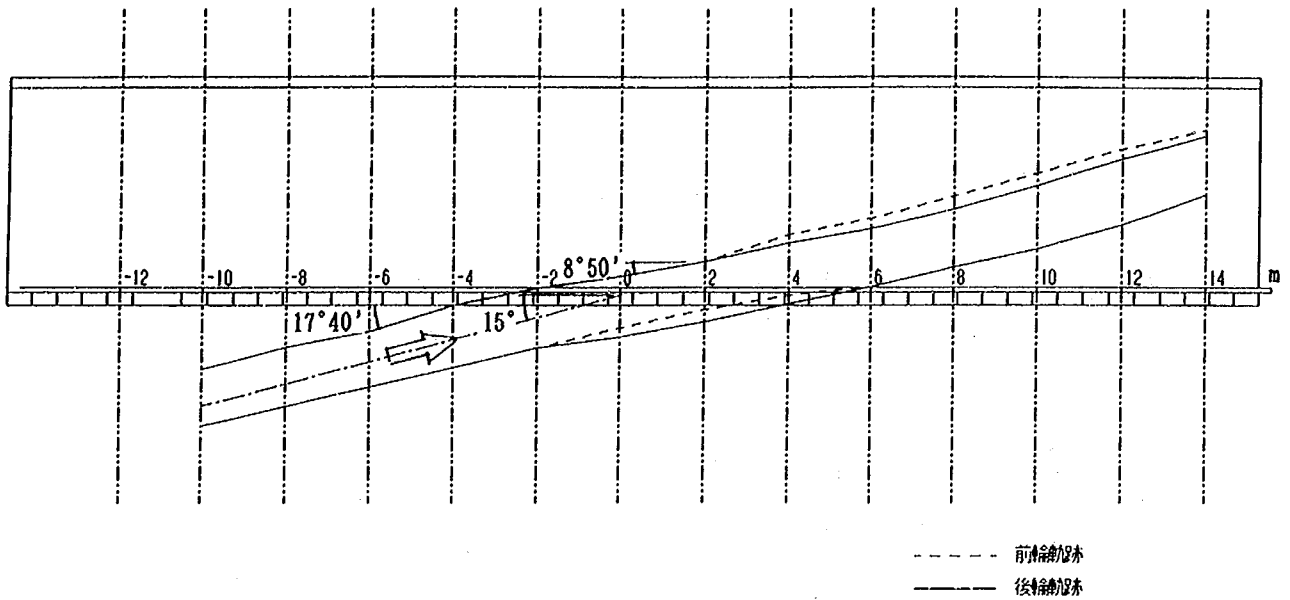
実験番号No.17 形状:直角 車種:大型 高さ:10cm 進入角:25度



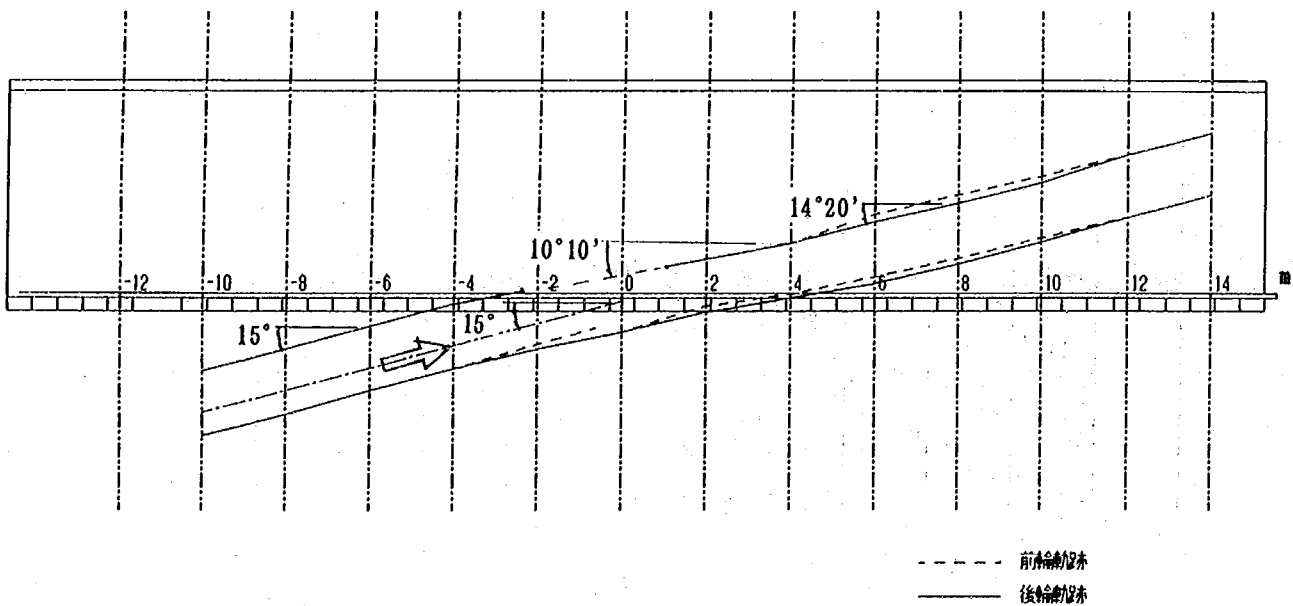
実験番号No.18 形状:直角 車種:大型 高さ:25cm 進入角:20度



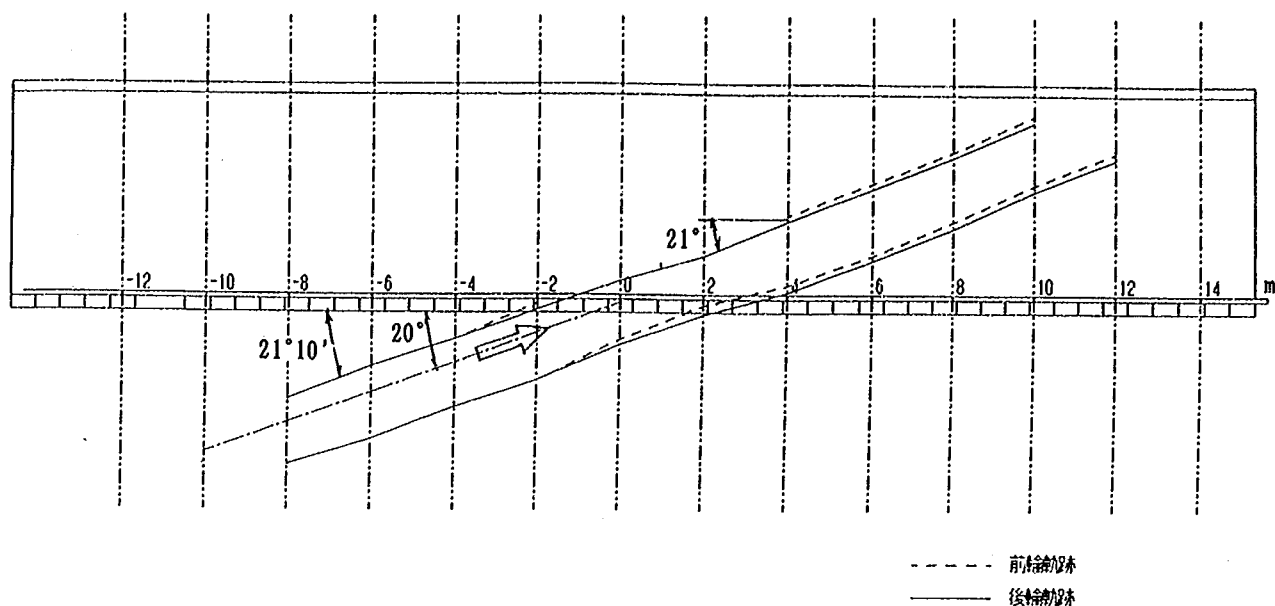
実験番号No.19 形状: DAV 車種: 小型 高さ: 20cm 進入角: 15度



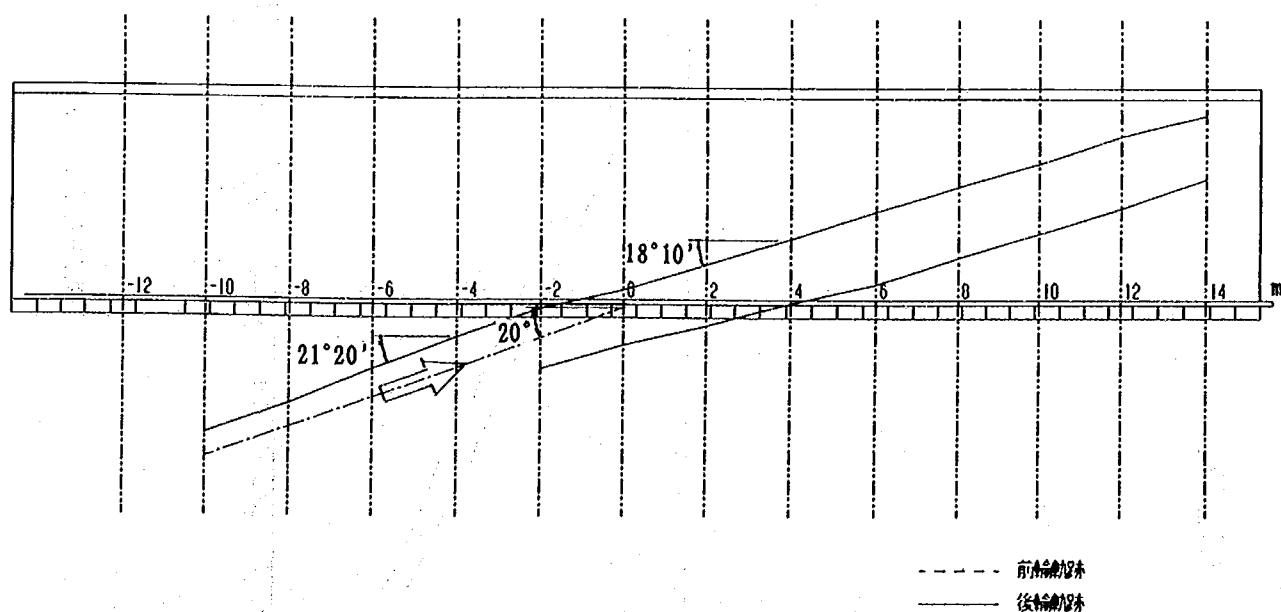
実験番号No.20 形状: DAV 車種: 小型 高さ: 25cm 進入角: 15度



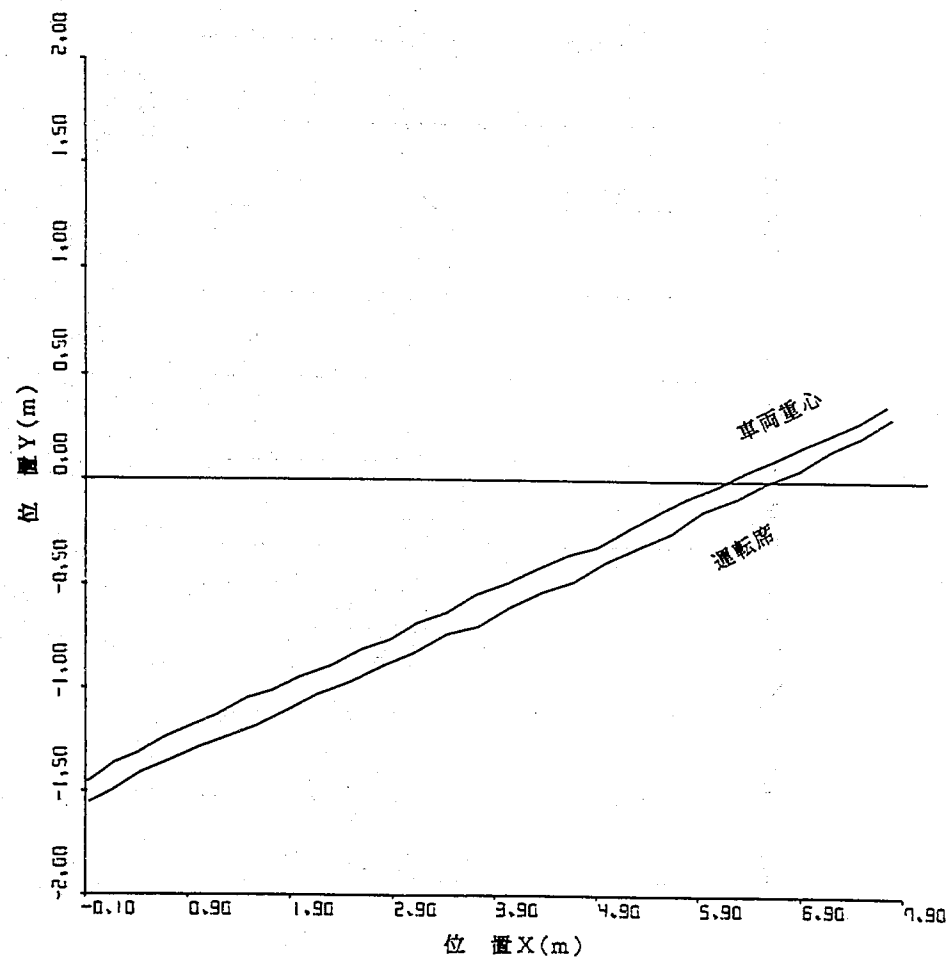
実験番号No.21 形状: マンダリン 車種: 小型 高さ: 20cm 進入角: 20度



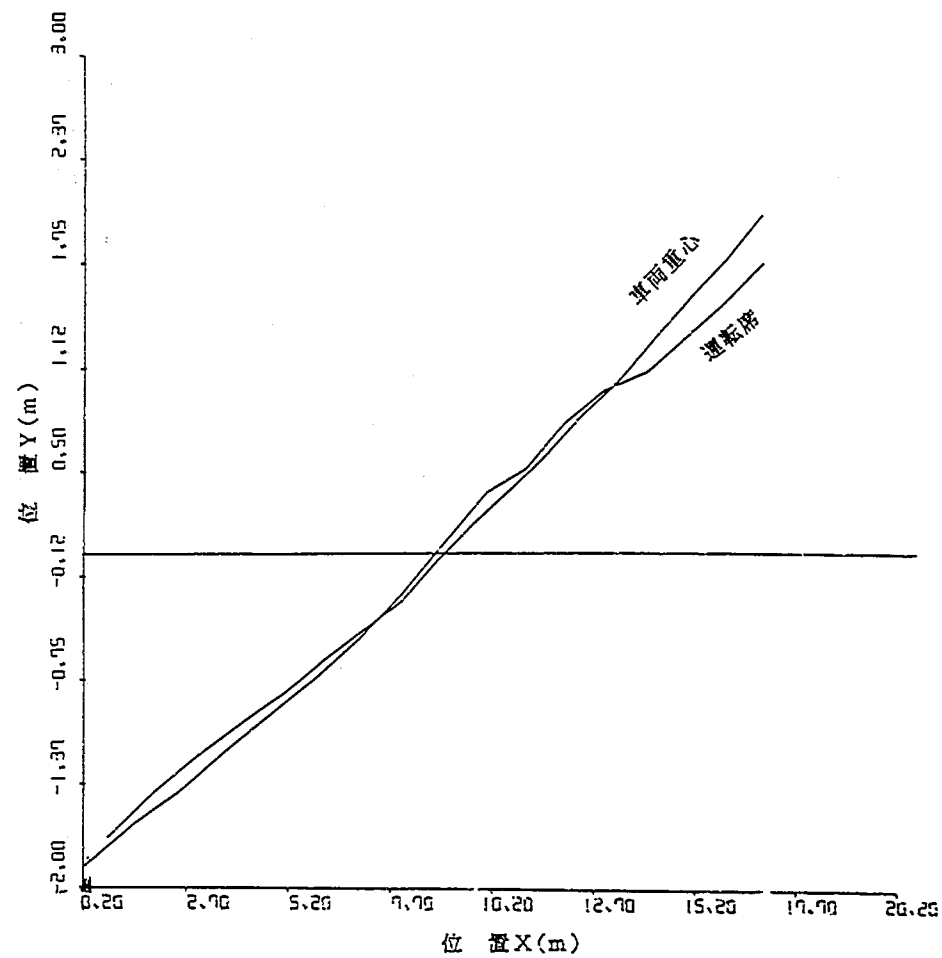
実験番号No.22 形状: DAV 車種: 小型 高さ: 20cm 進入角: 20度



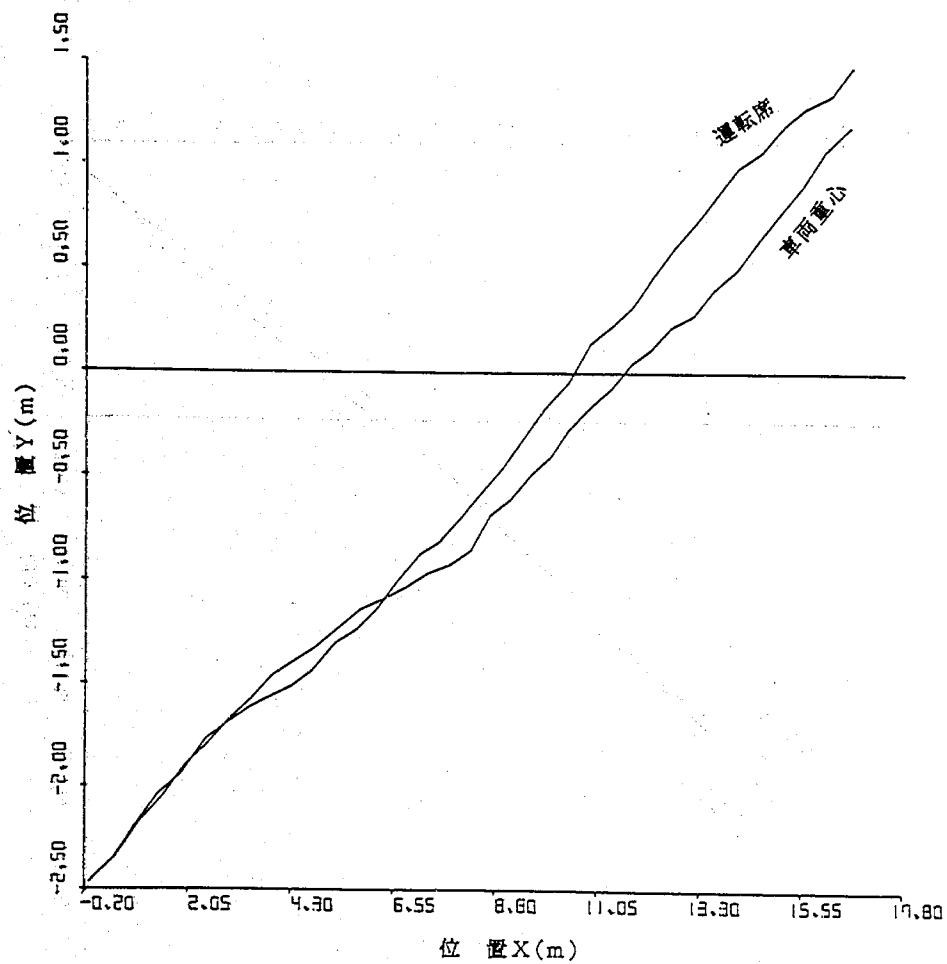
高速写真



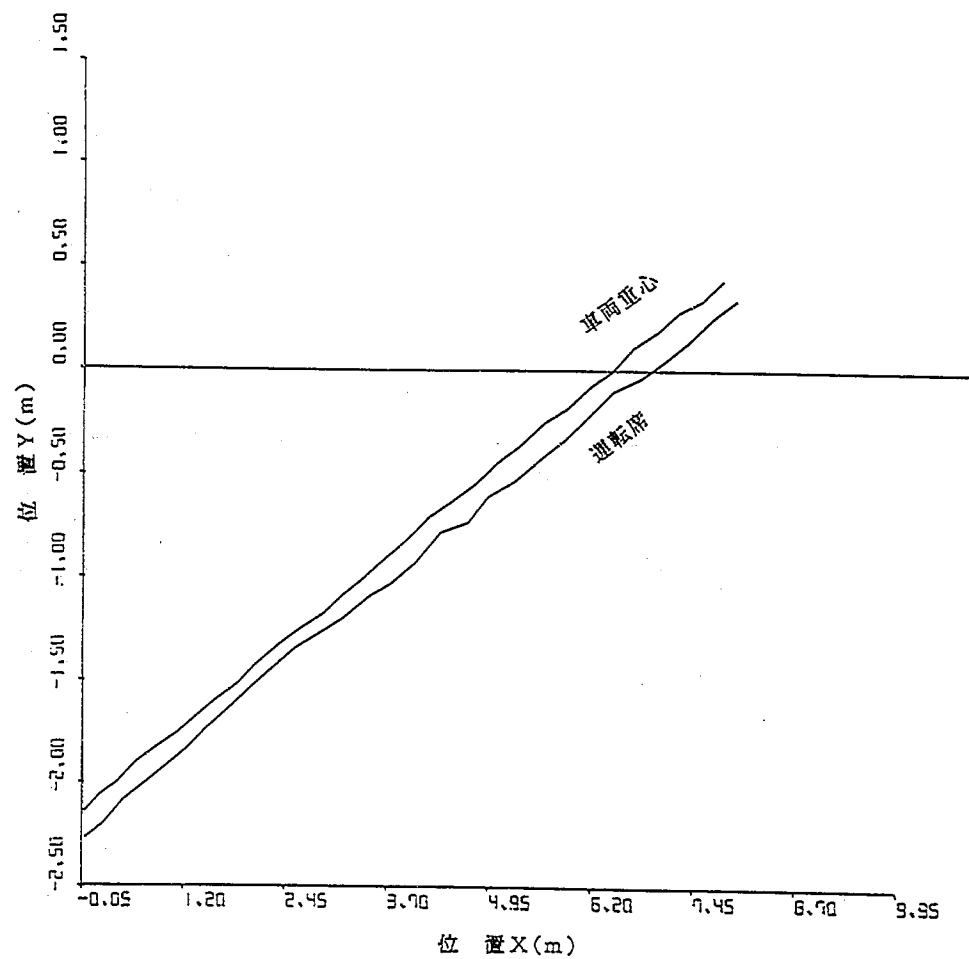
位置X—位置Y No.1



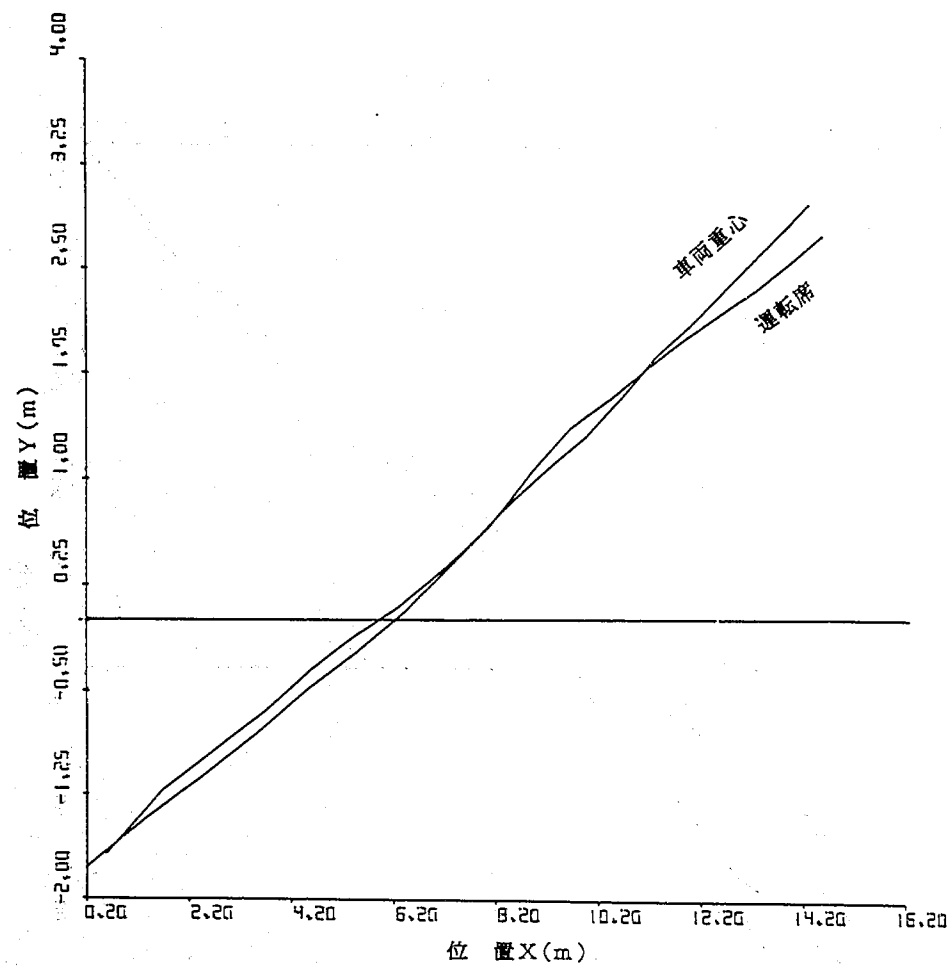
位置X—位置Y No.2



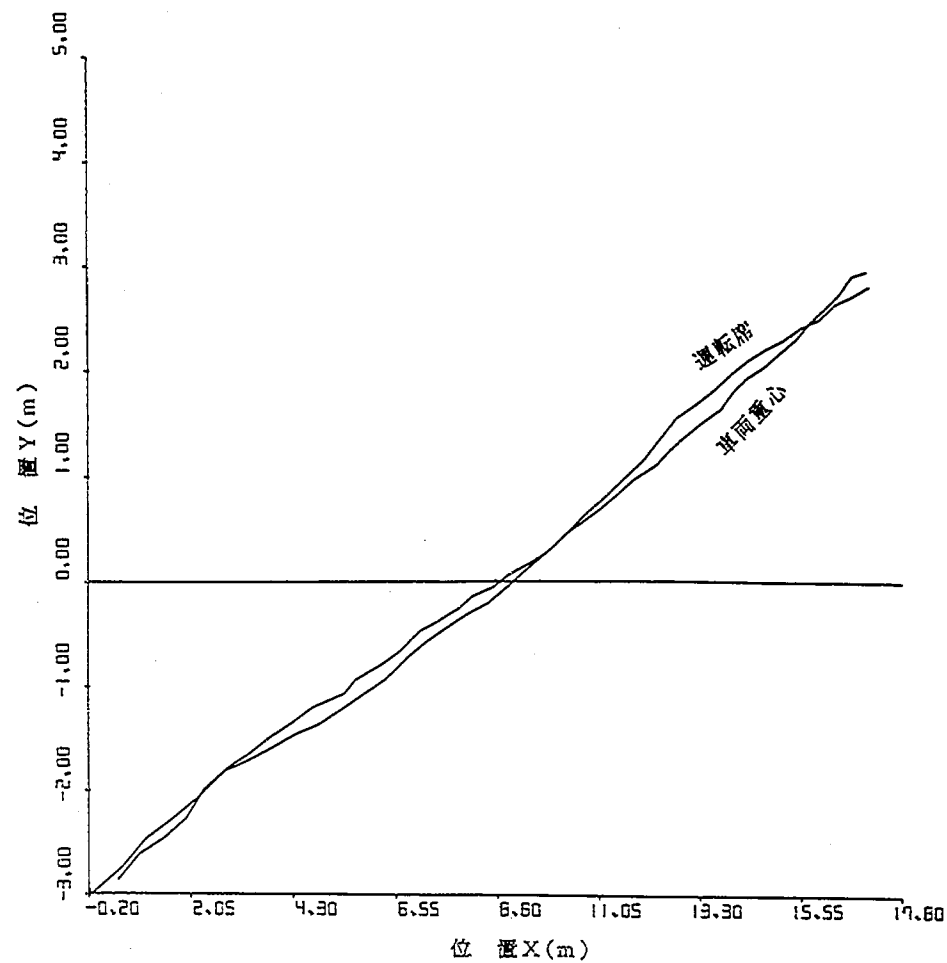
位置X—位置Y No.3



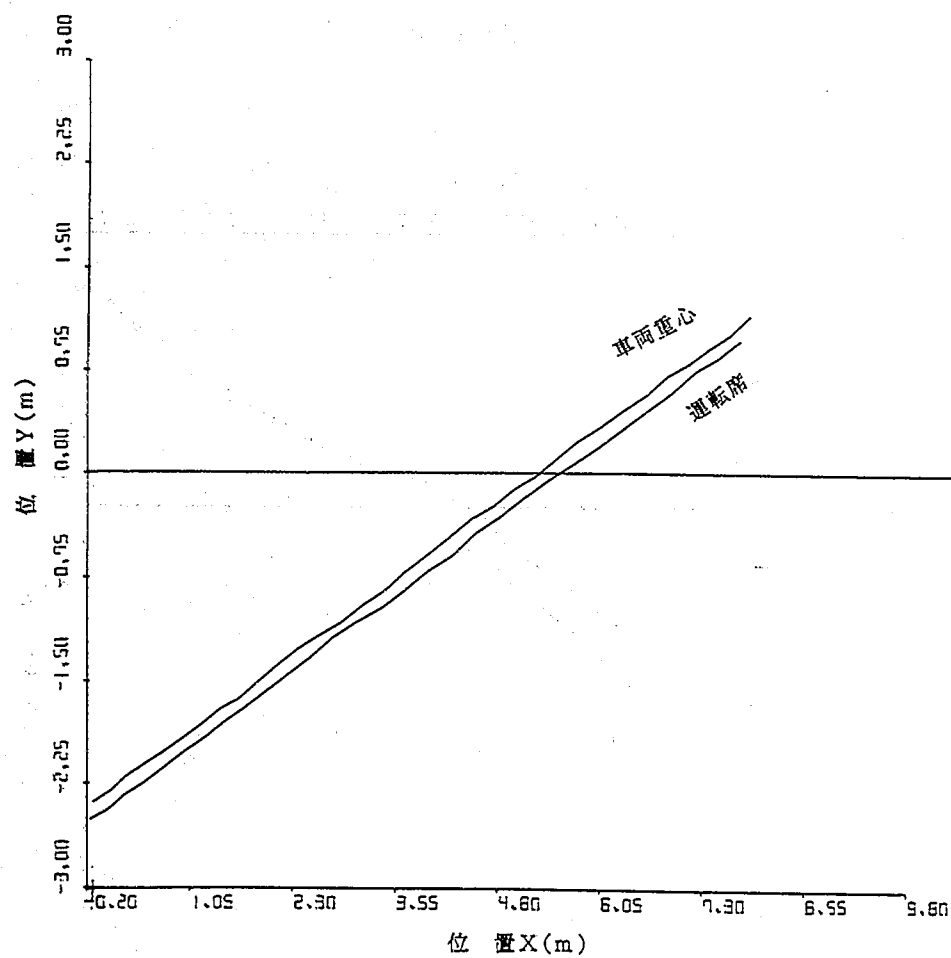
位置X—位置Y No.4



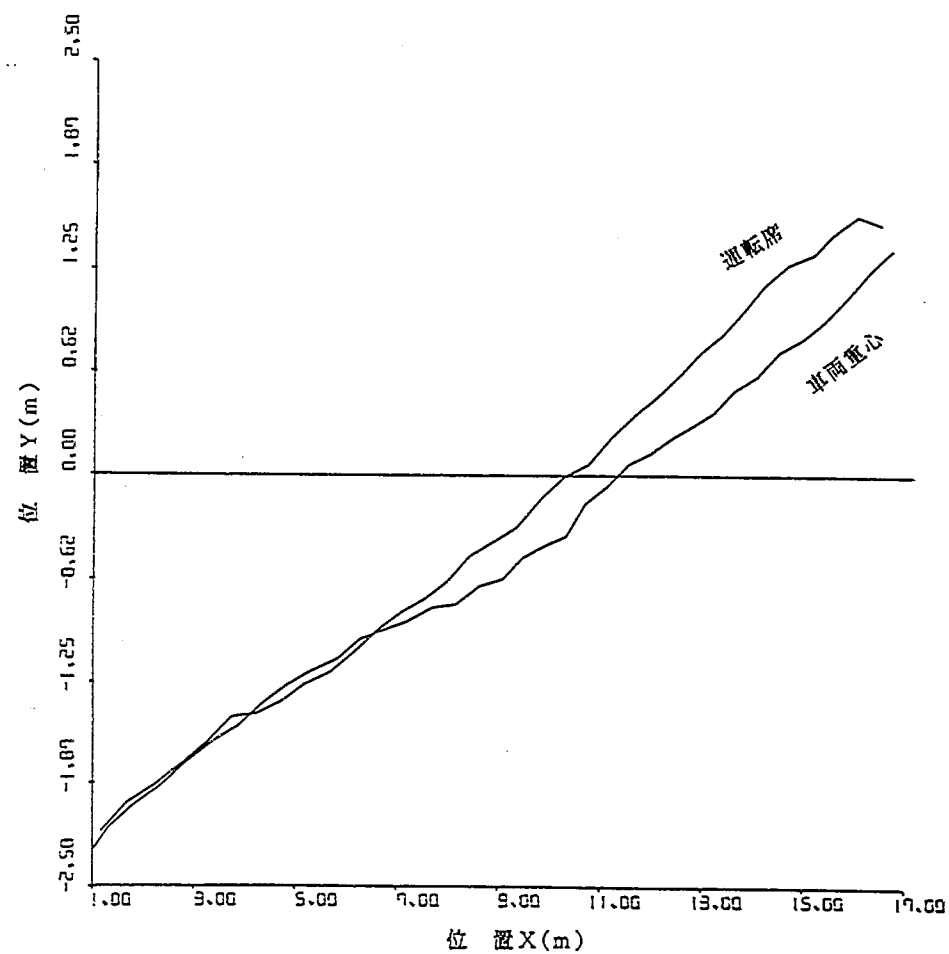
位置X—位置Y No.5



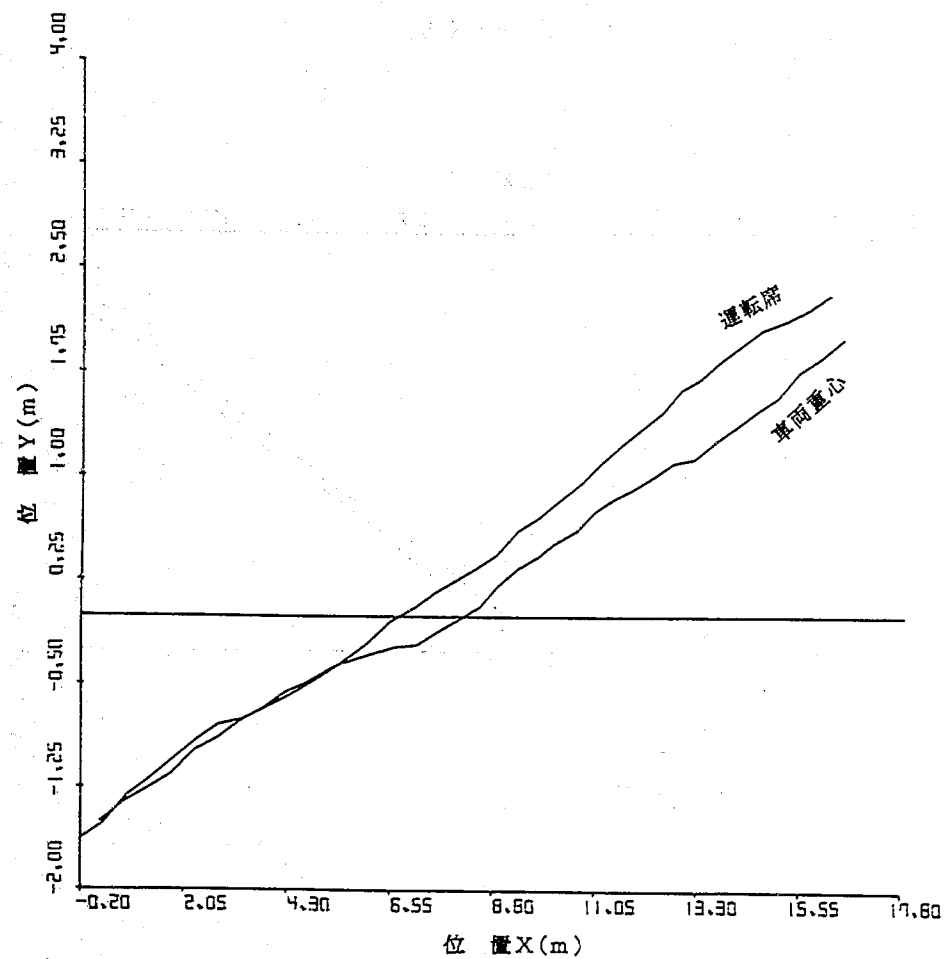
位置X—位置Y No.6



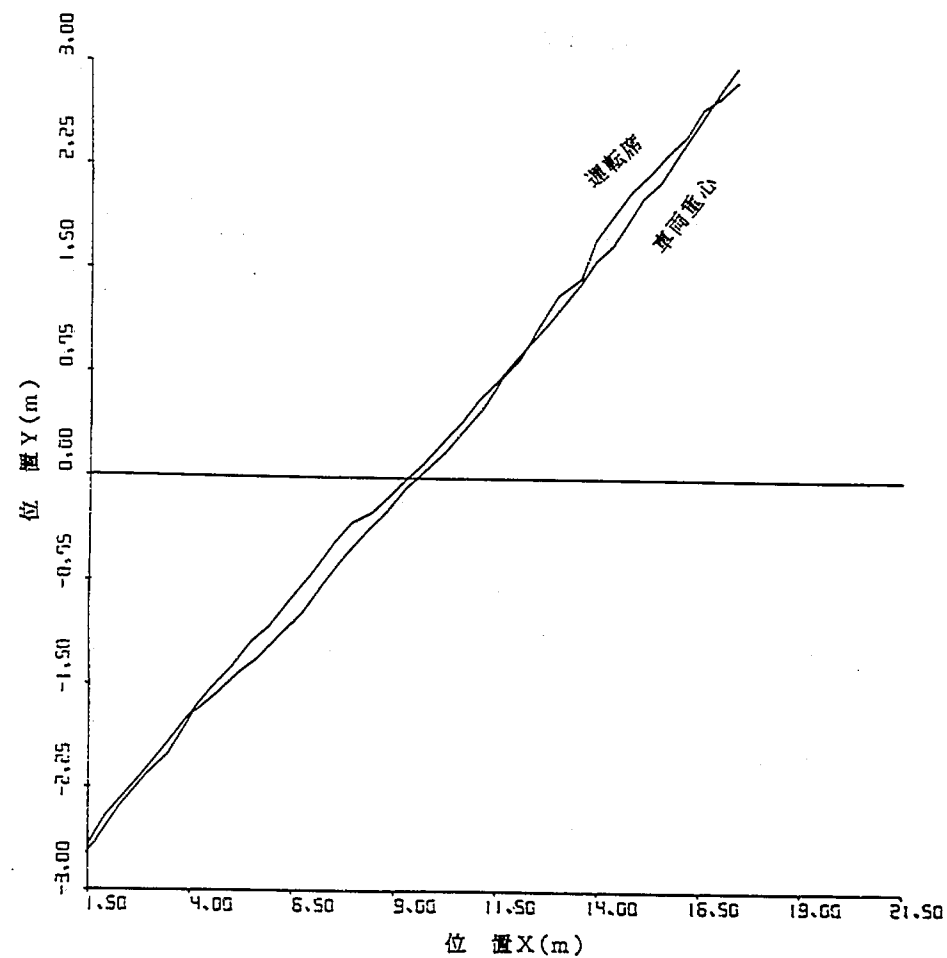
位置X—位置Y No.7



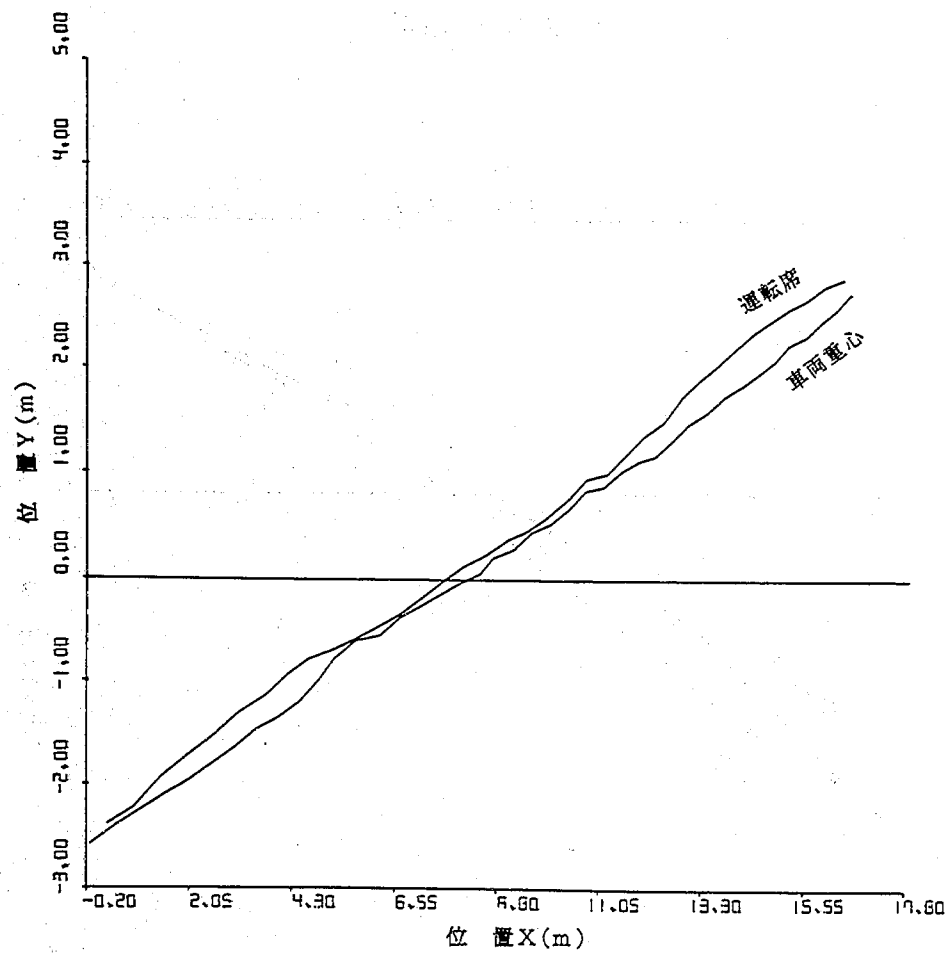
位置X—位置Y No.8



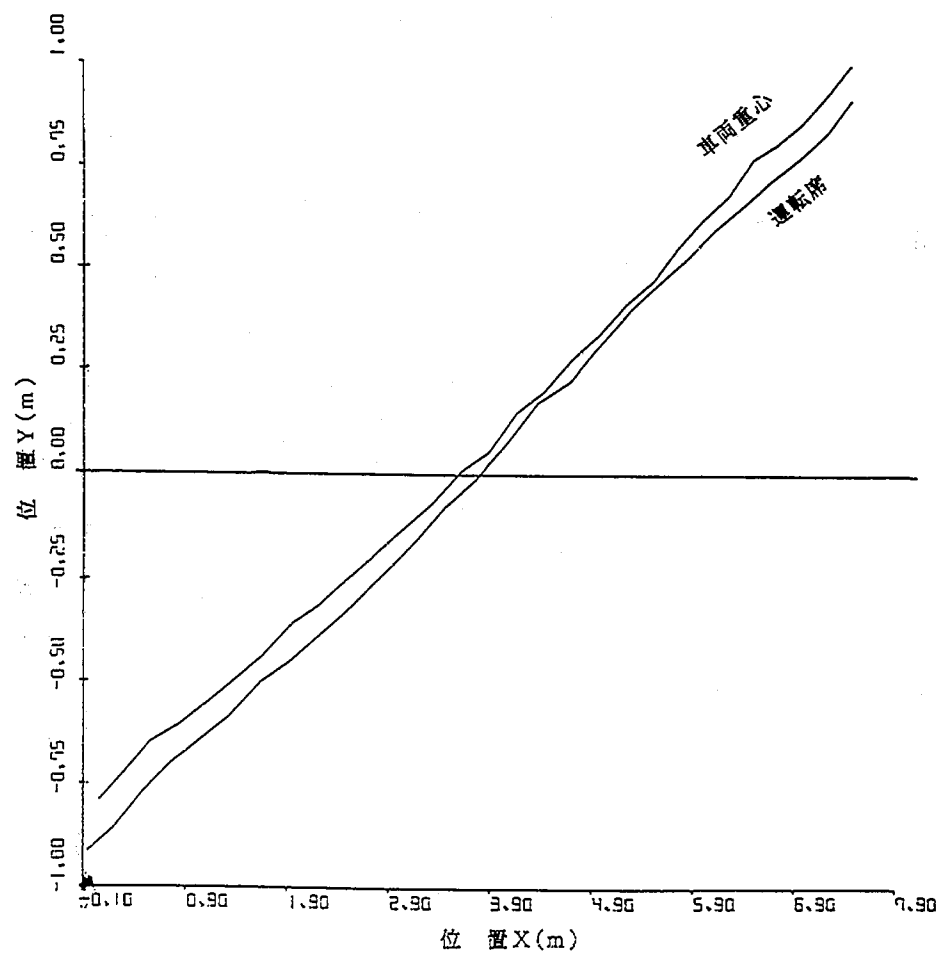
位置X—位置Y No.9



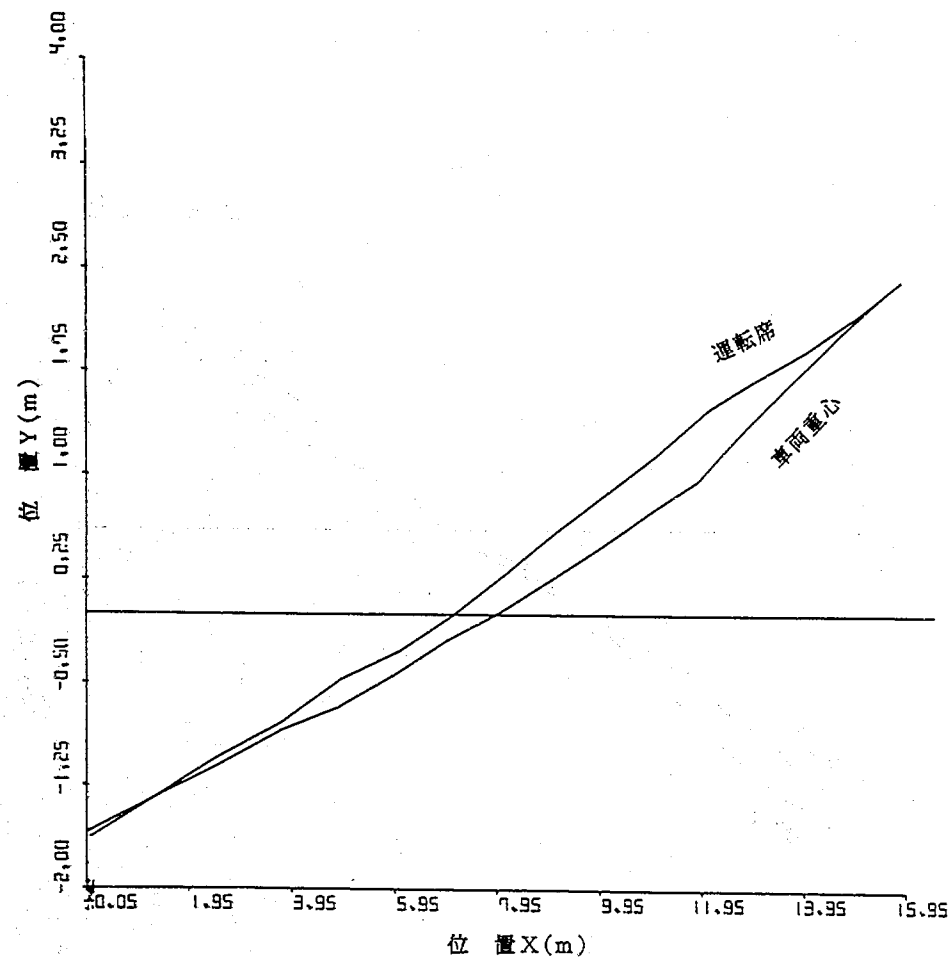
位置X—位置Y No.10



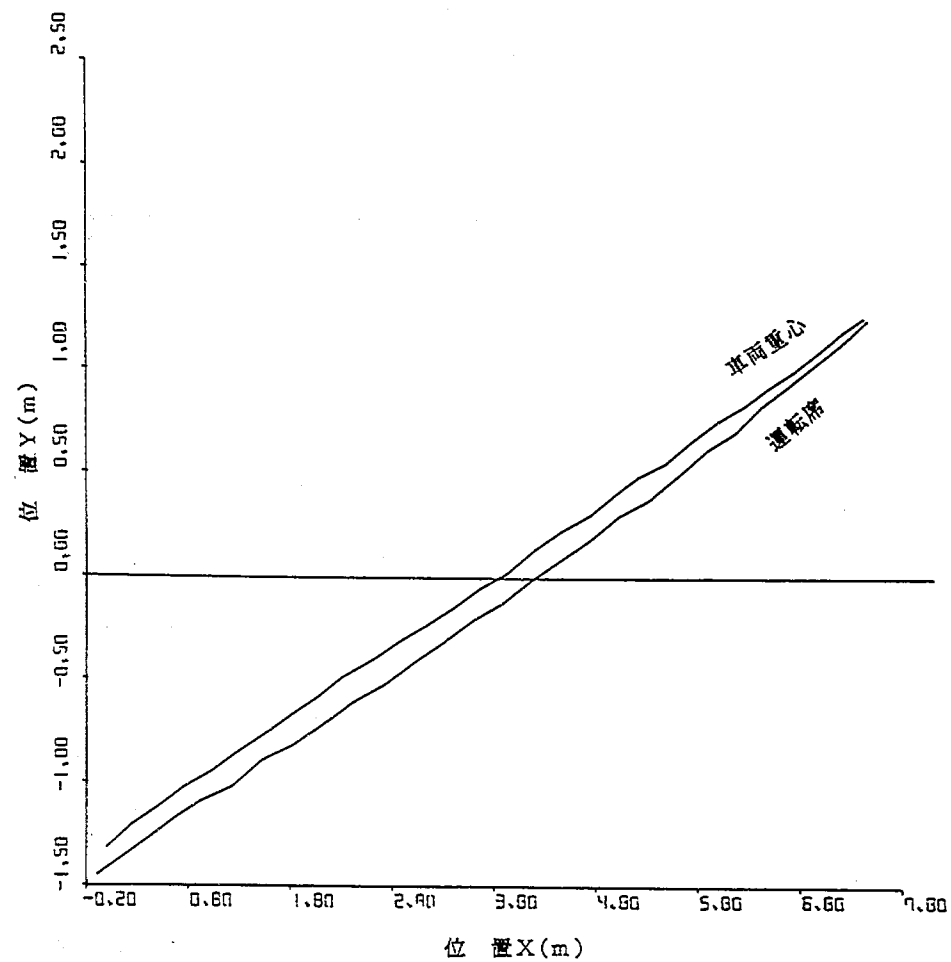
位置X—位置Y No.11



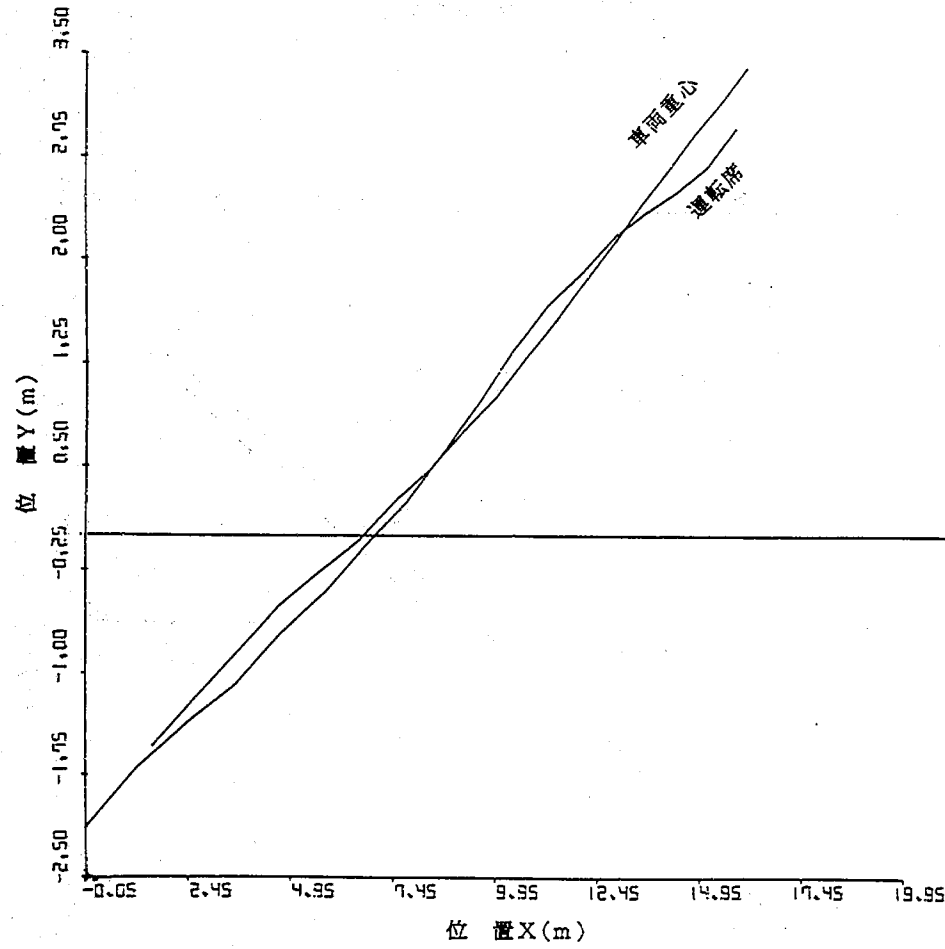
位置X—位置Y No.12



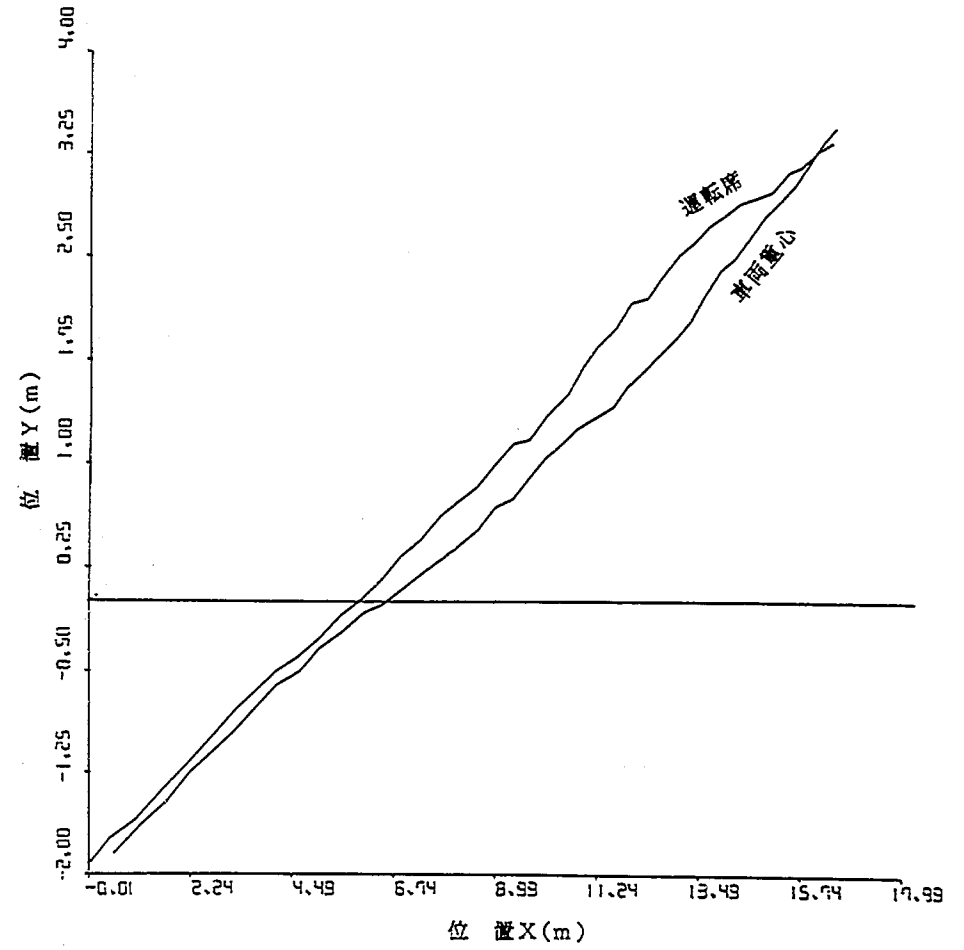
位置X—位置Y No.13



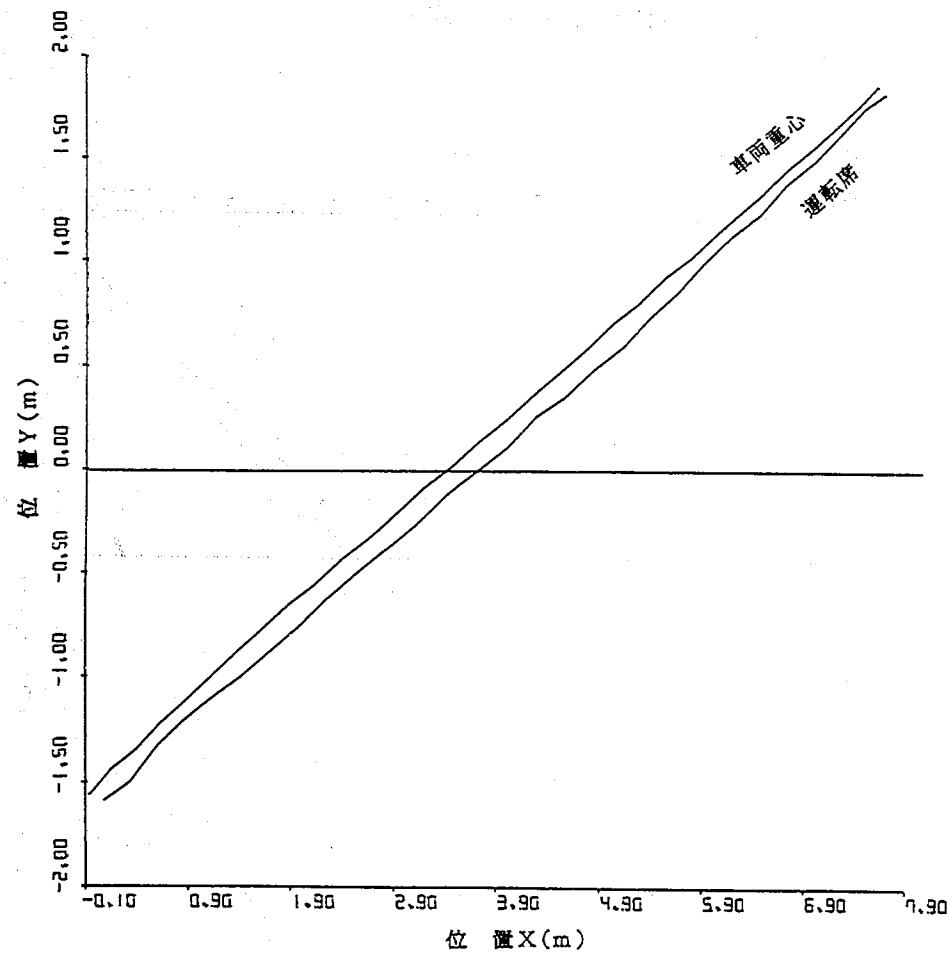
位置X—位置Y No.14



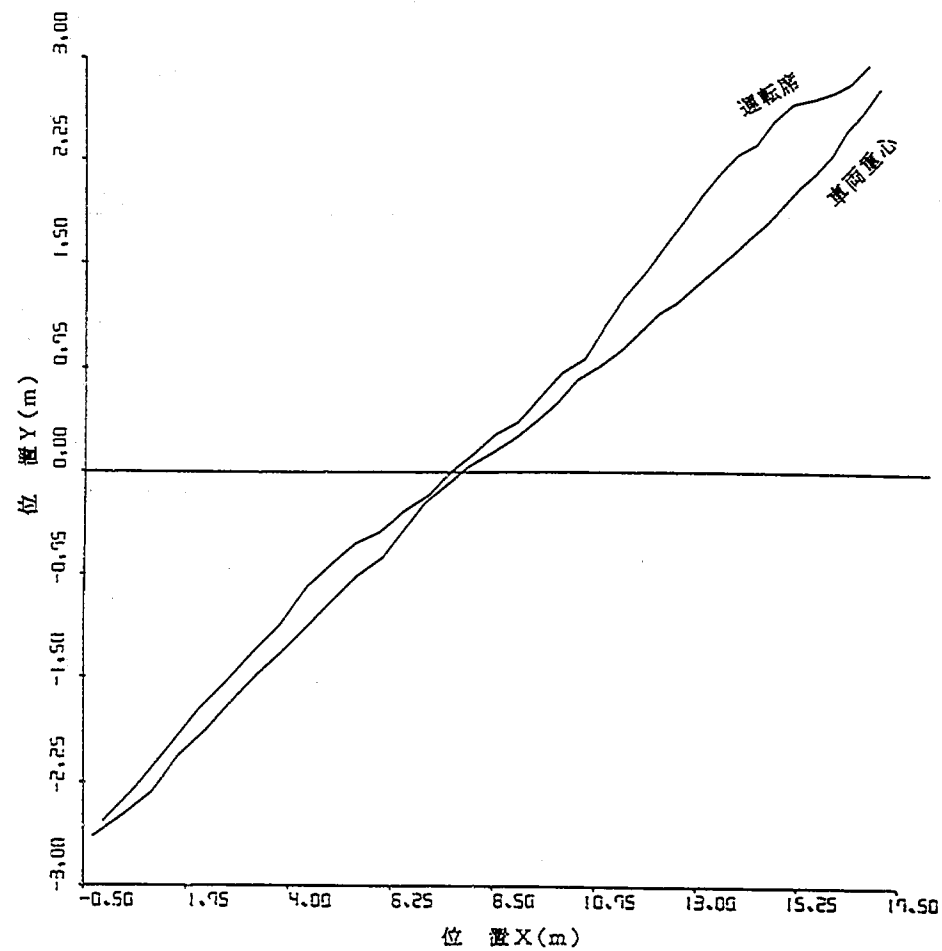
位置X—位置Y No.15



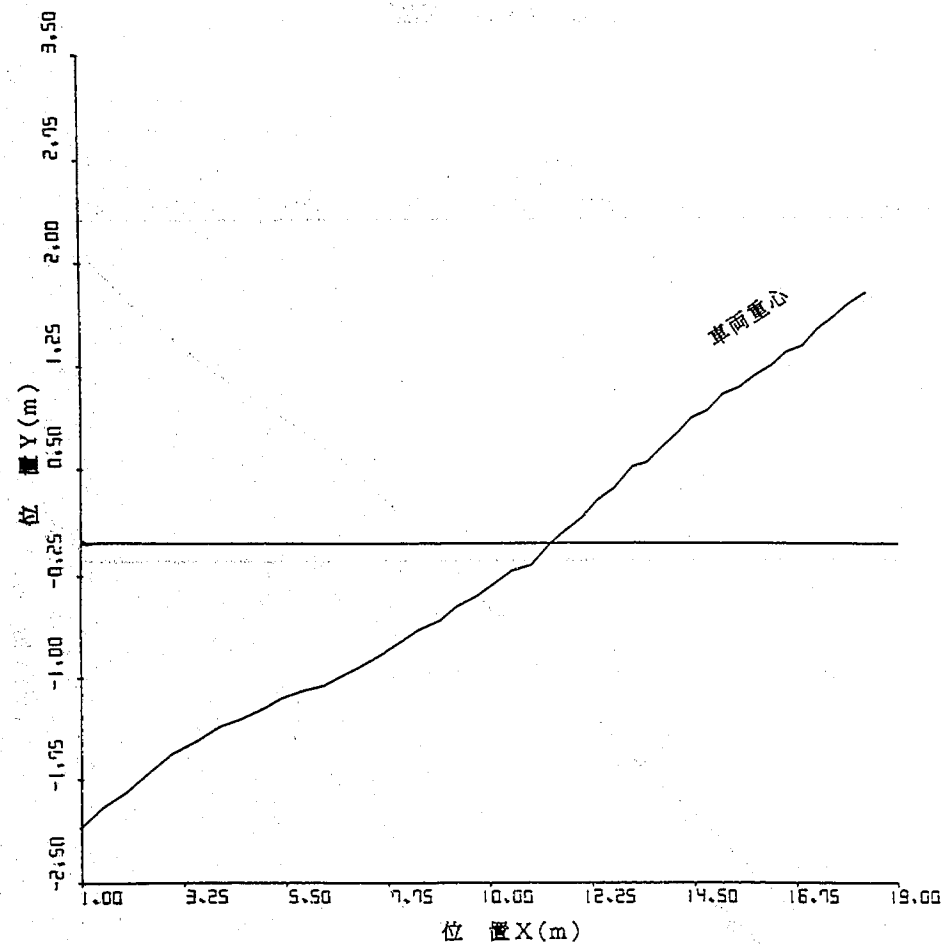
位置X—位置Y No.16



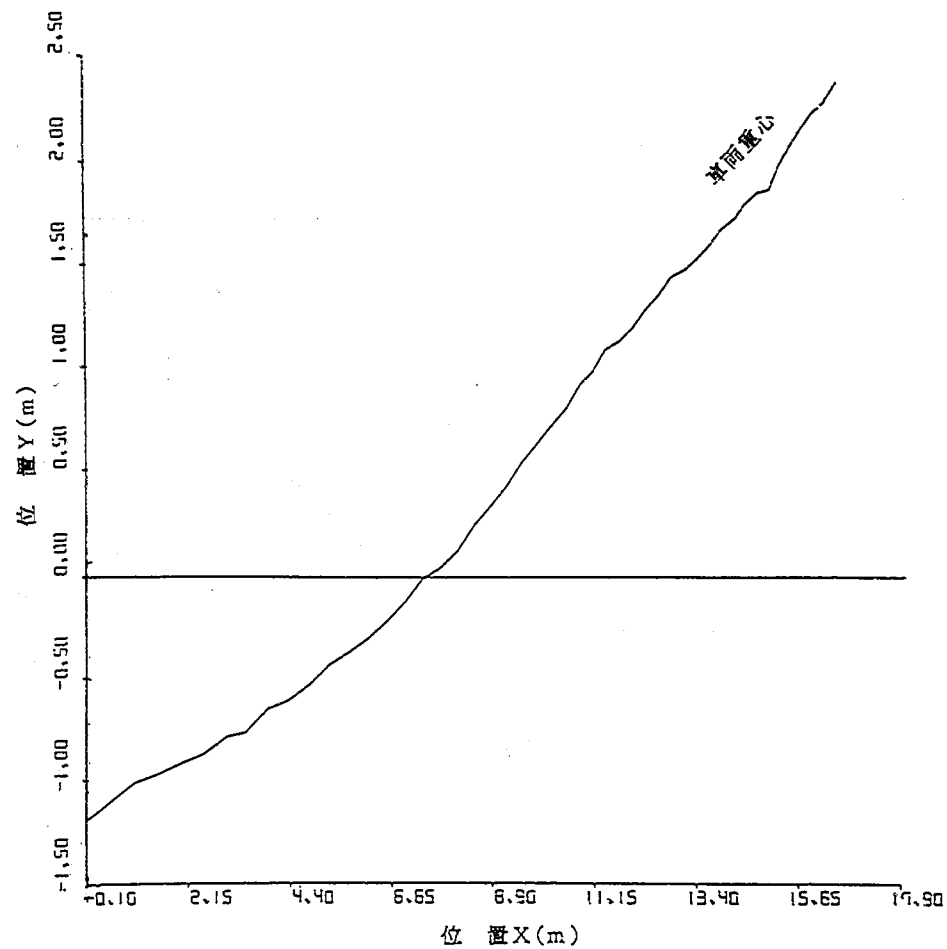
位置X—位置Y No.17



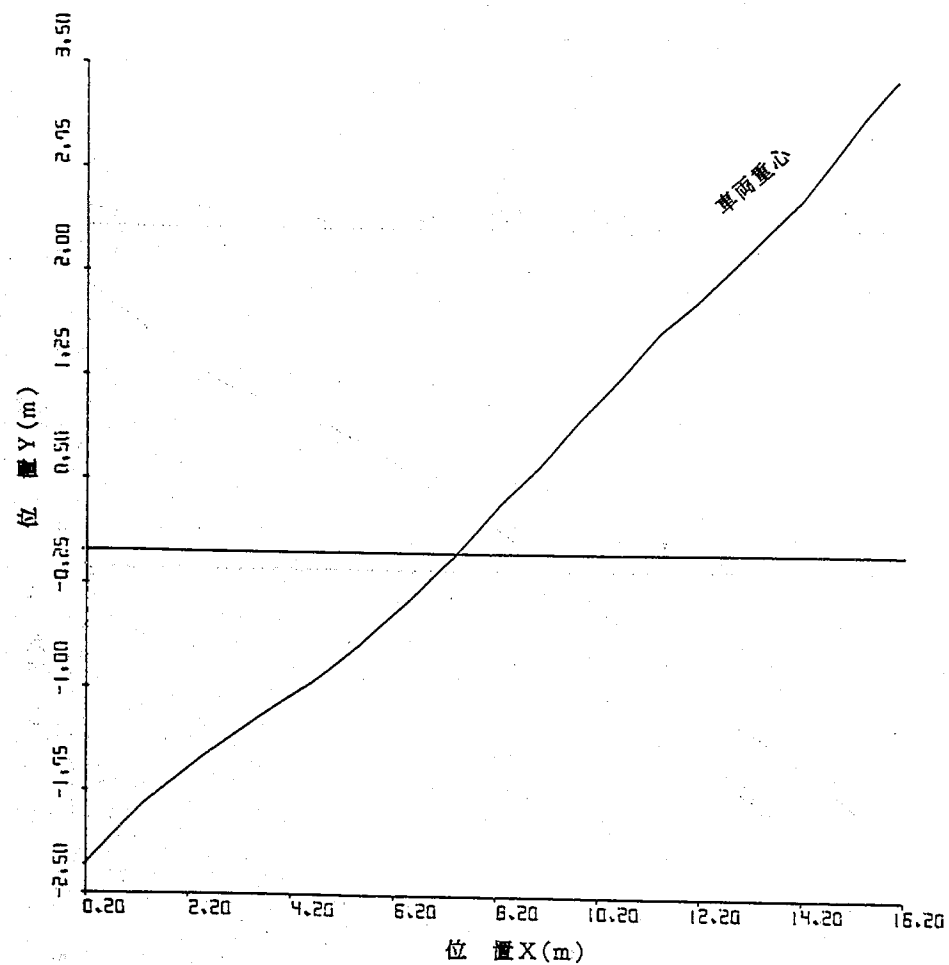
位置X—位置Y No.18



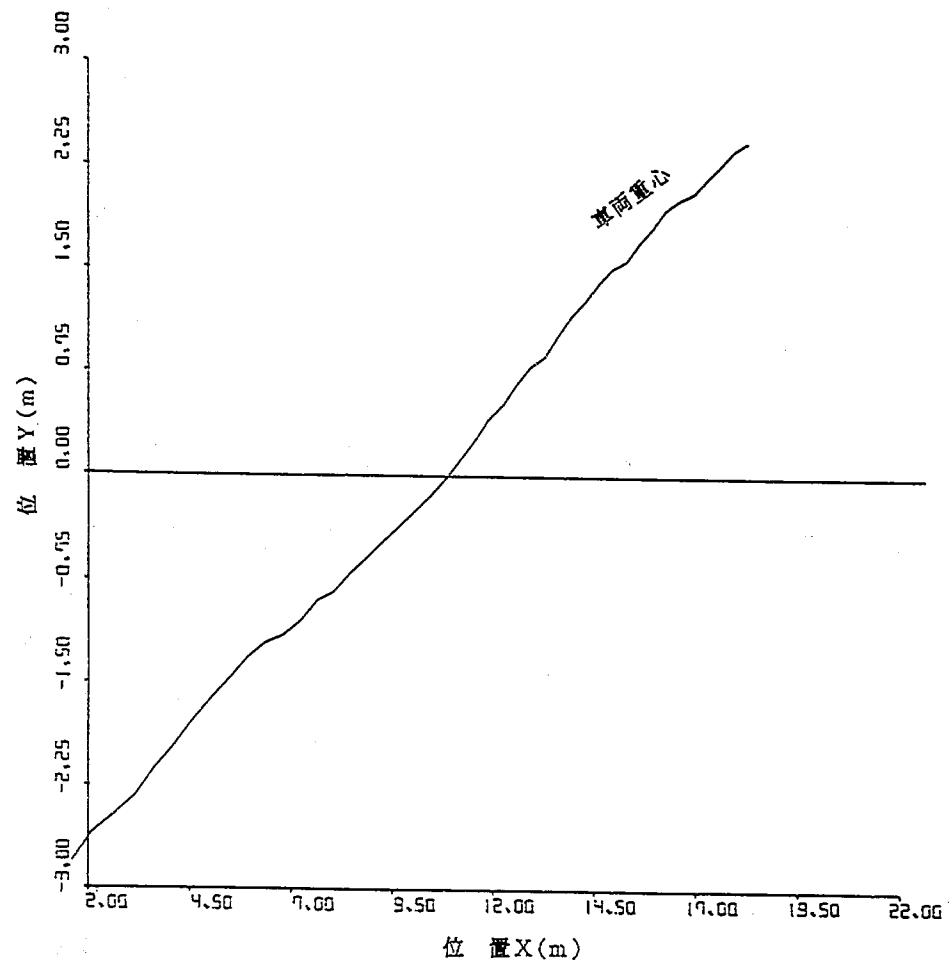
位置X—位置Y No.19



位置X—位置Y No.20



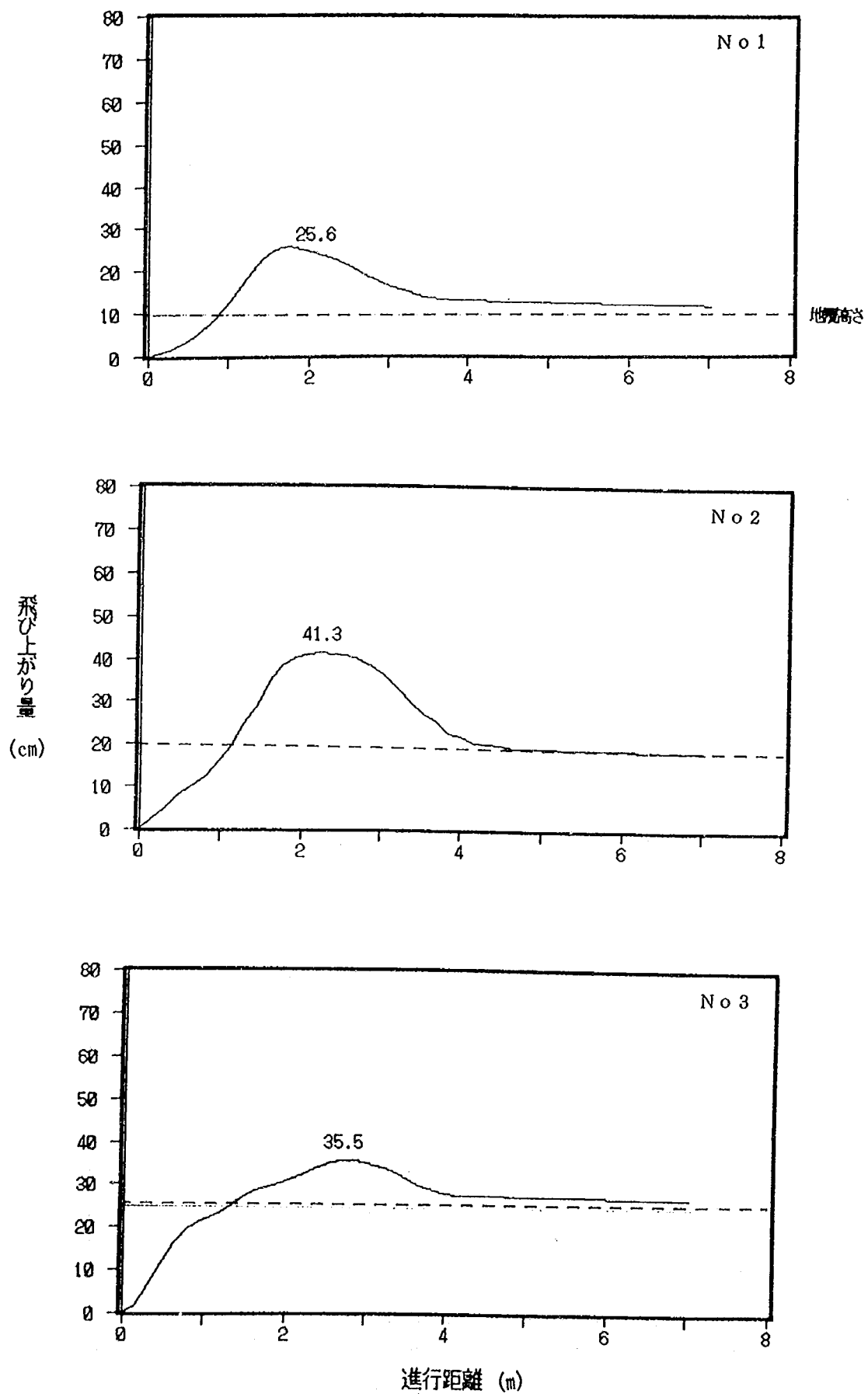
位置X—位置Y No.21

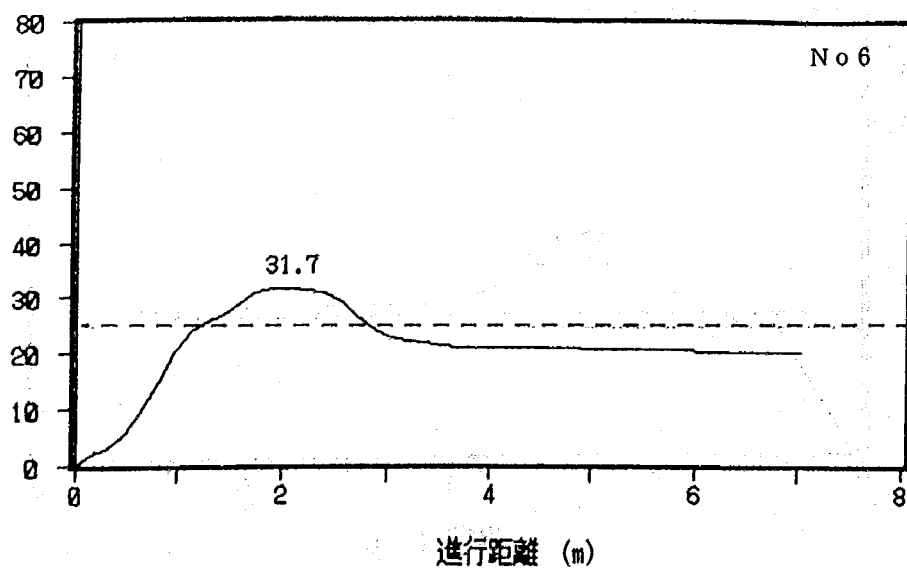
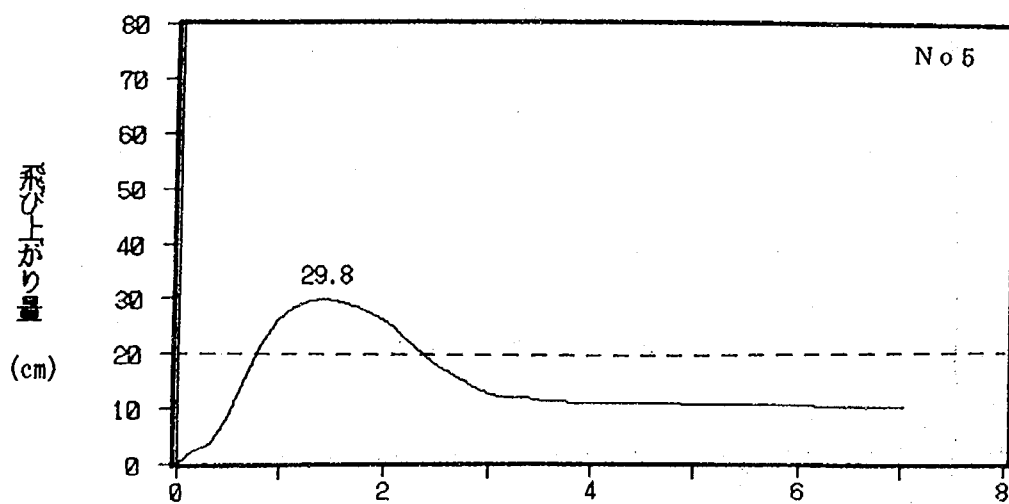
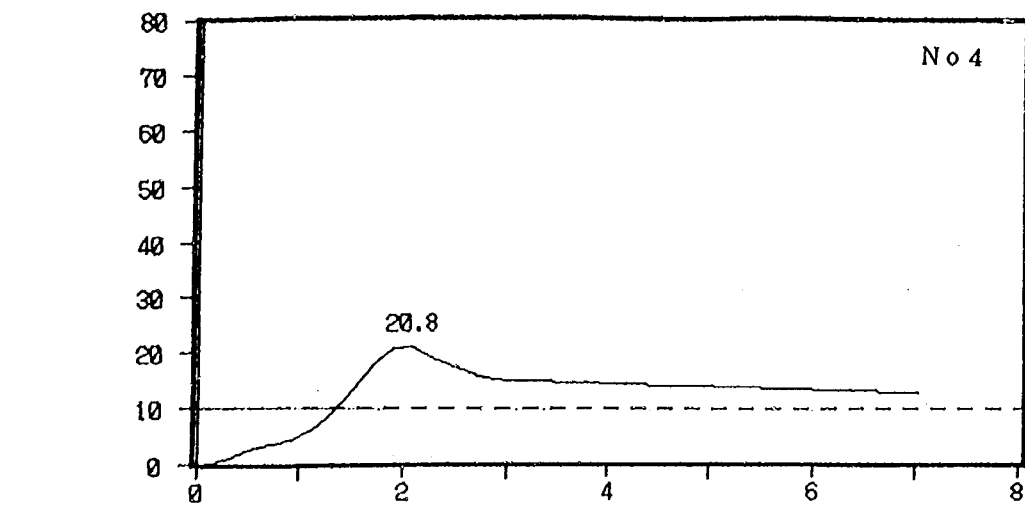


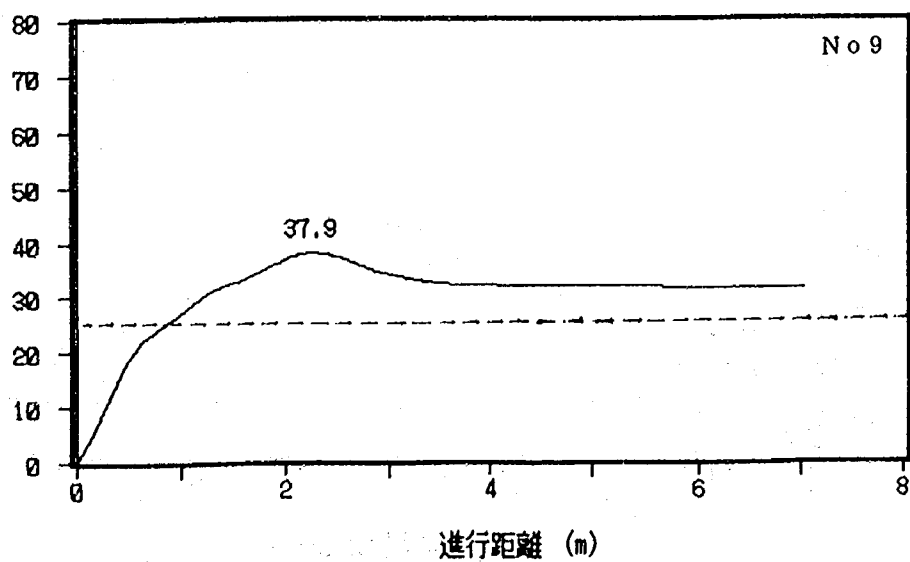
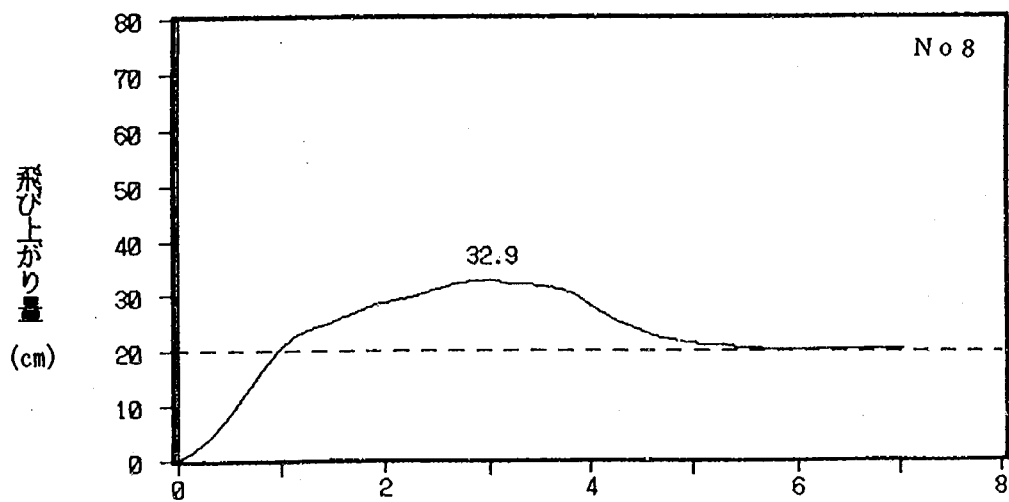
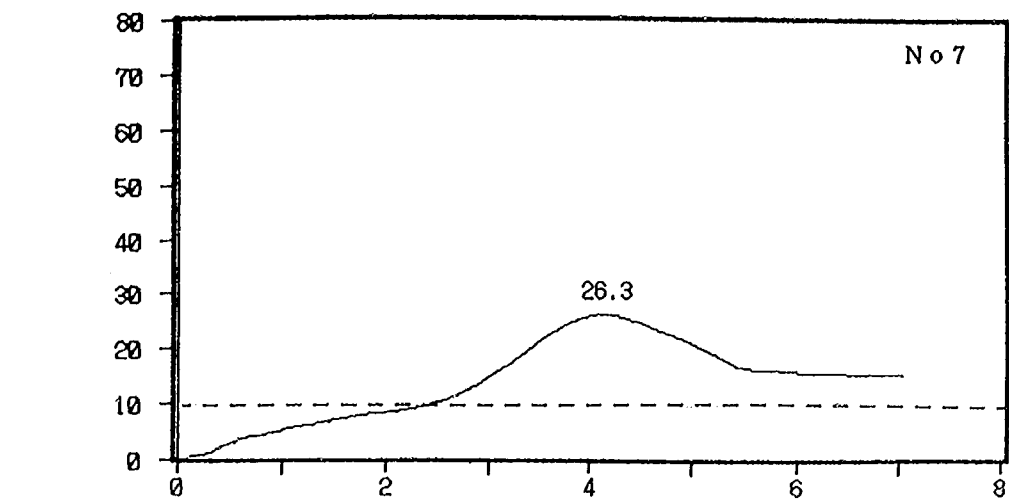
位置X—位置Y No.22

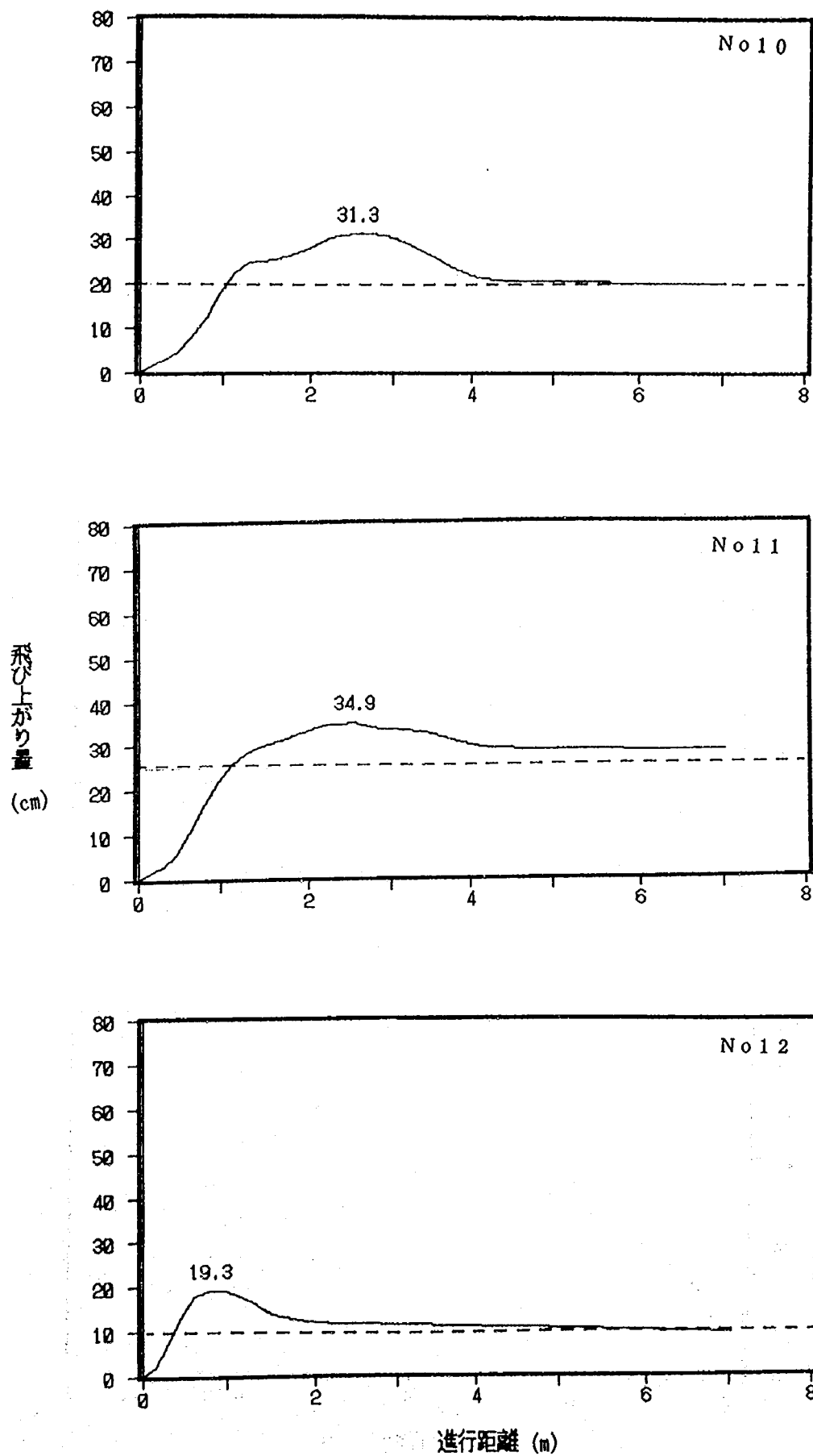
付録 4) 飛び上がり軌跡

車輪飛び上がり軌跡 (進行方向)

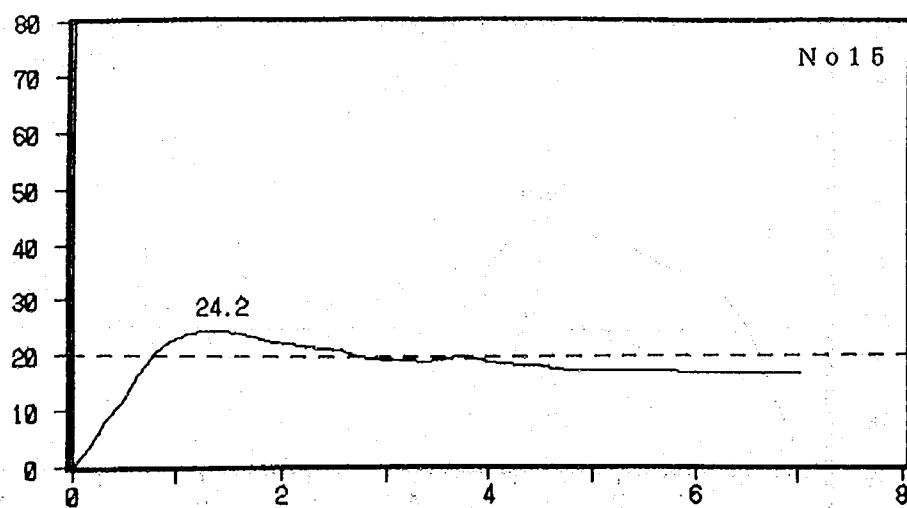
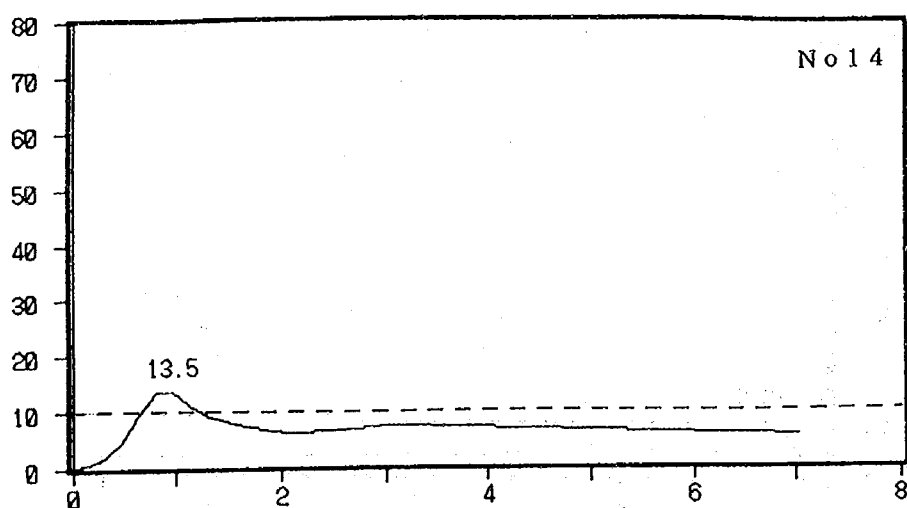
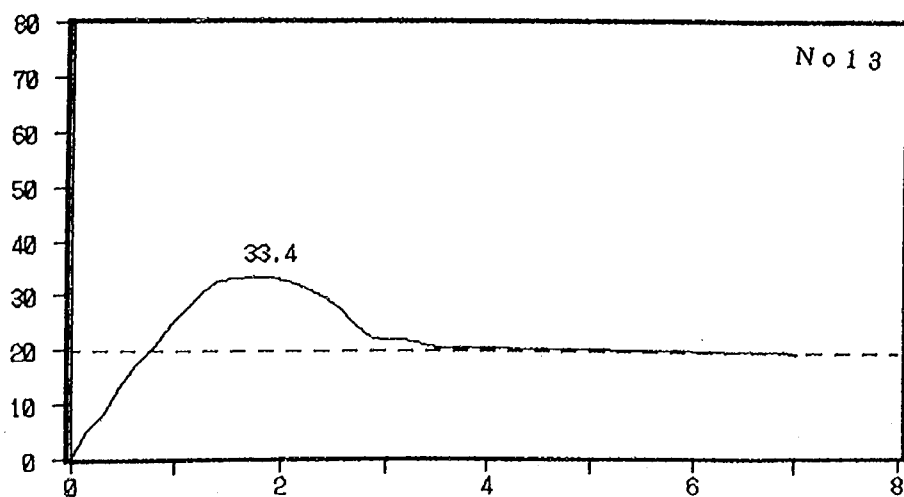




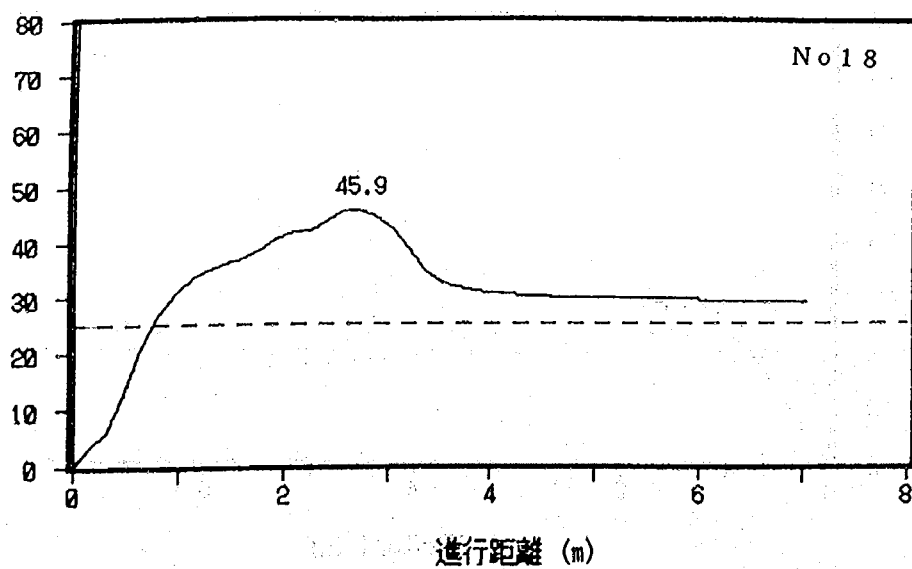
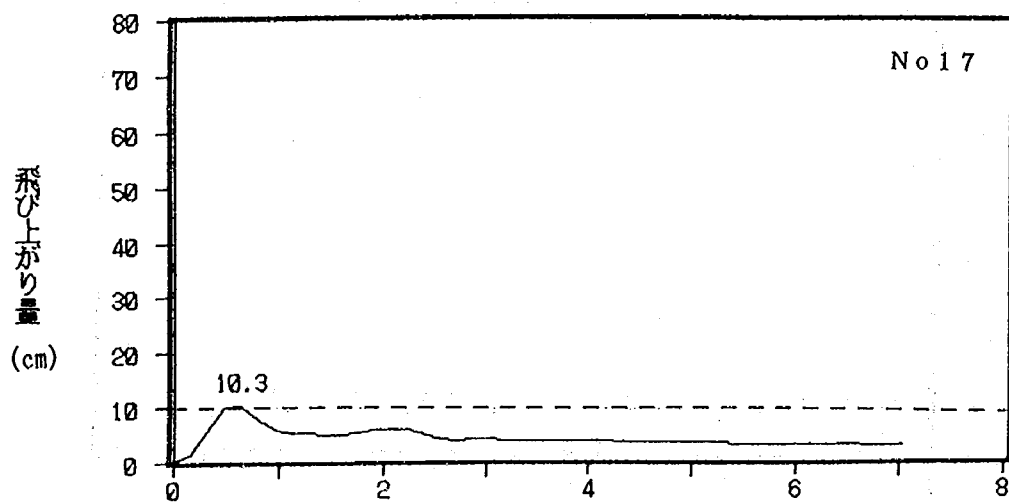
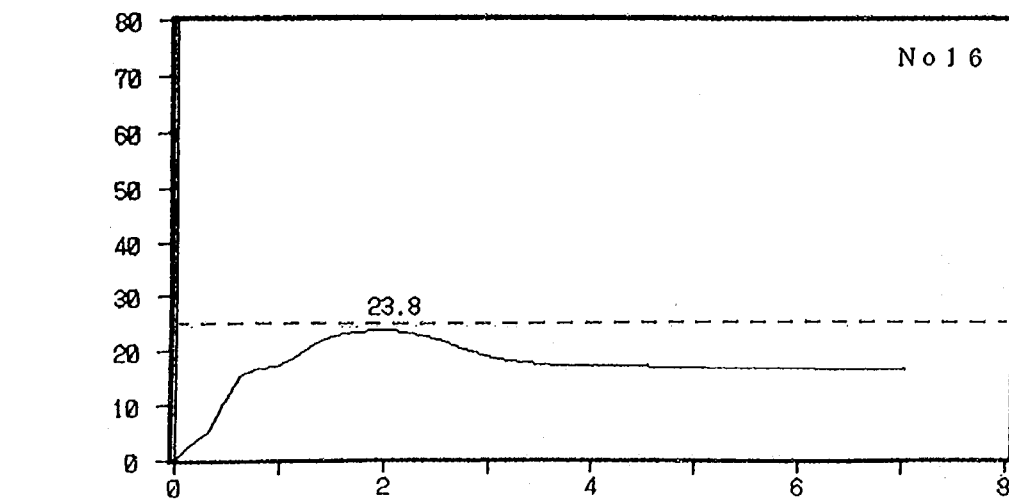


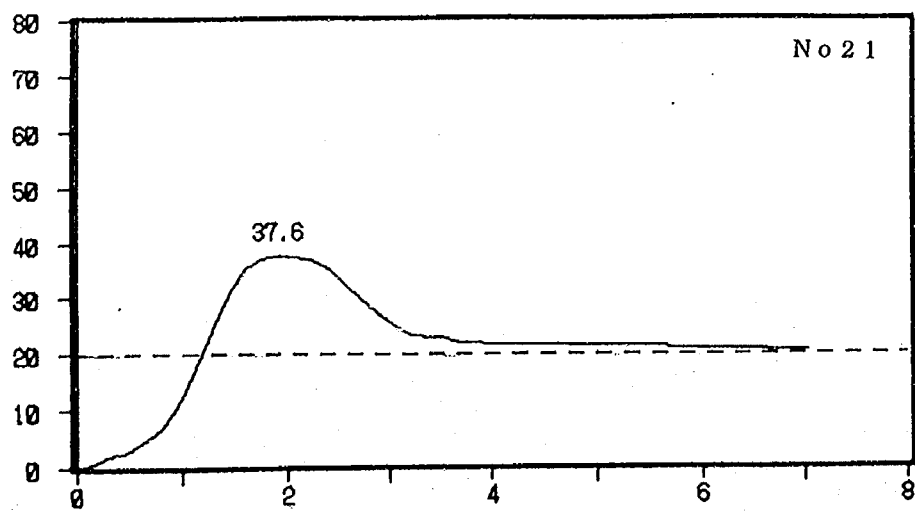
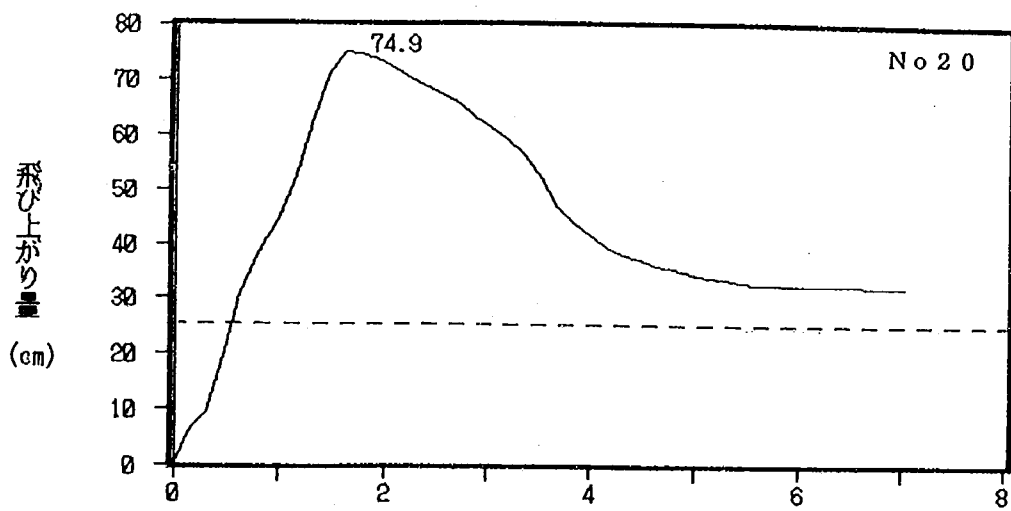
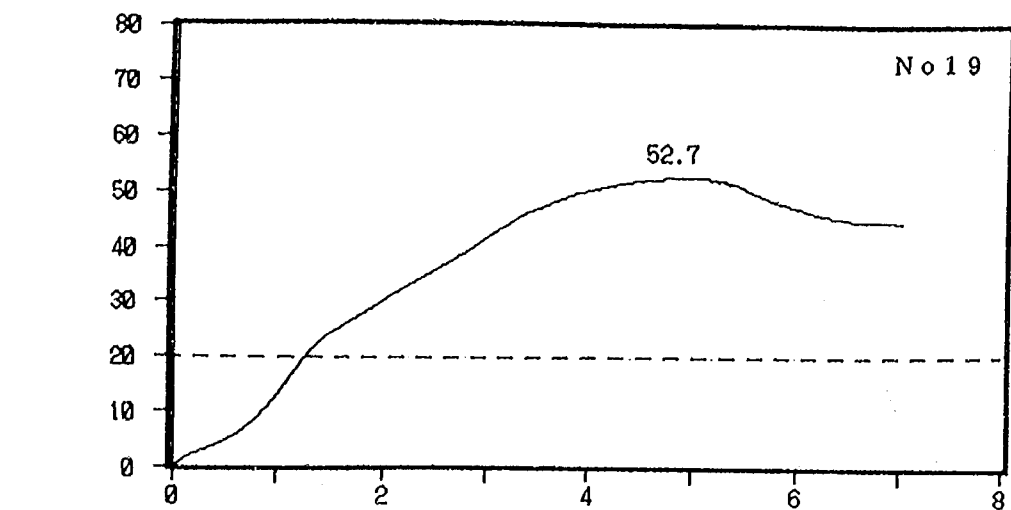


飛び上がり量
(cm)

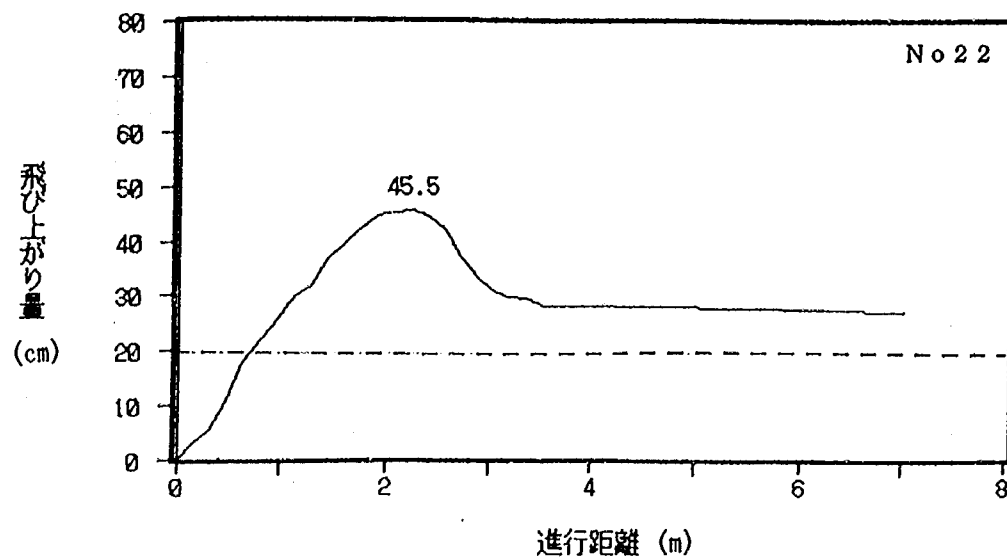


進行距離 (m)

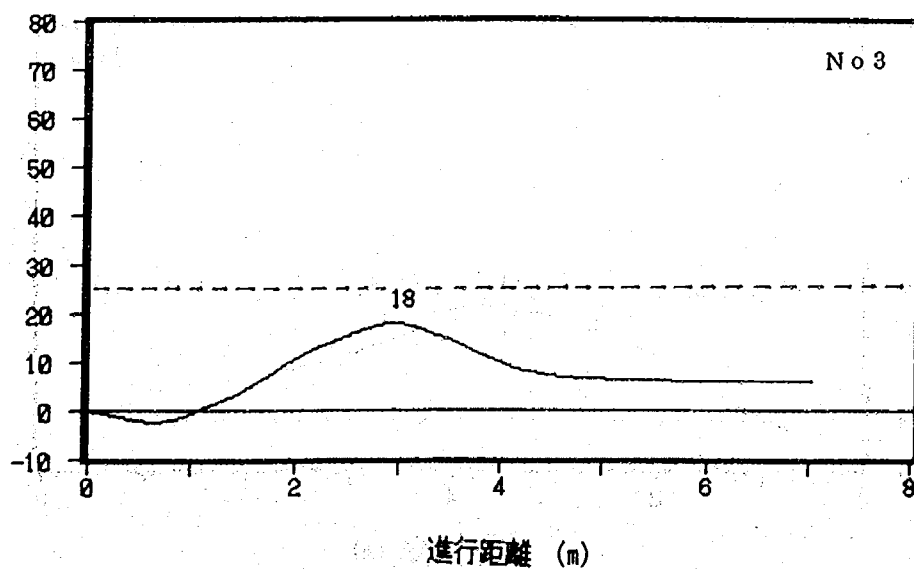
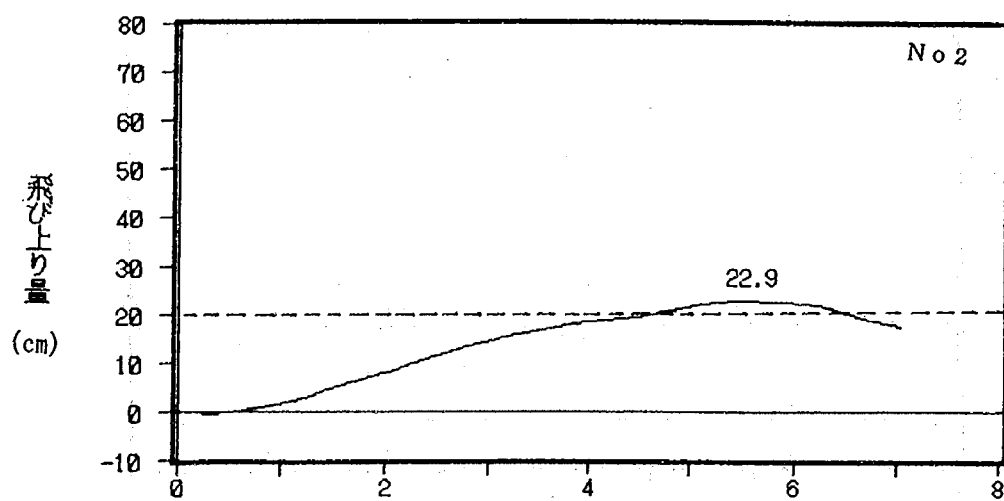
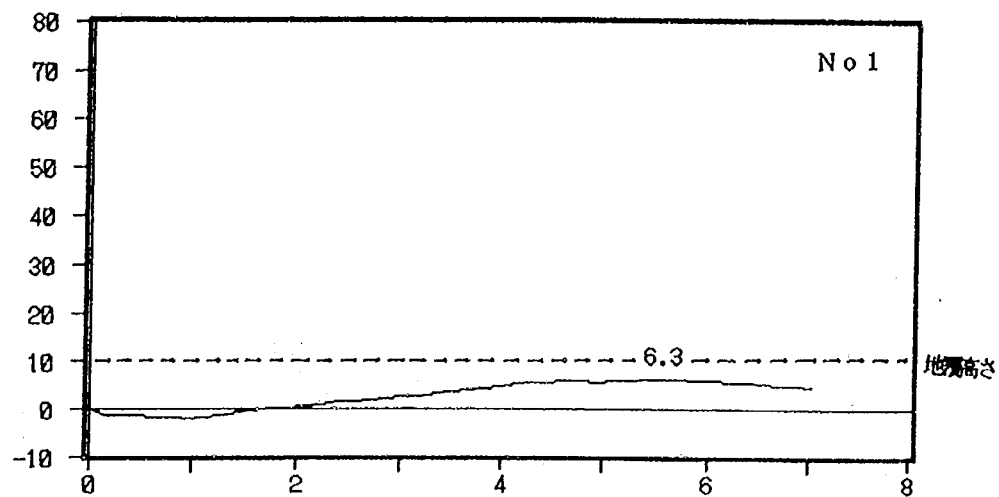


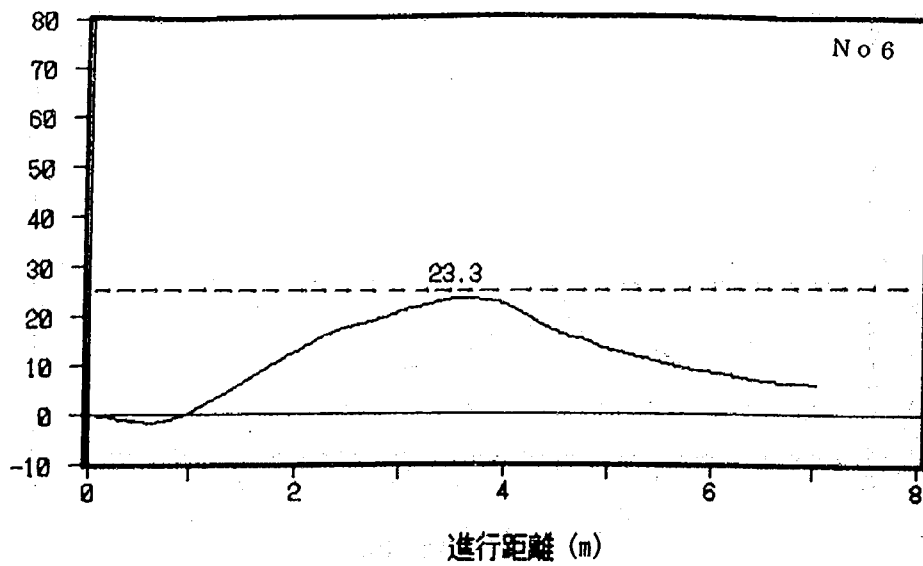
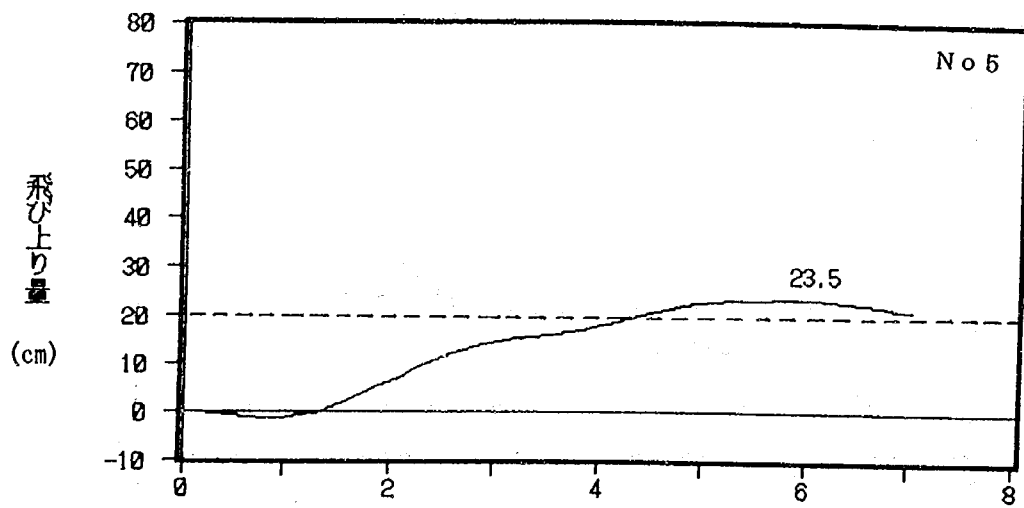
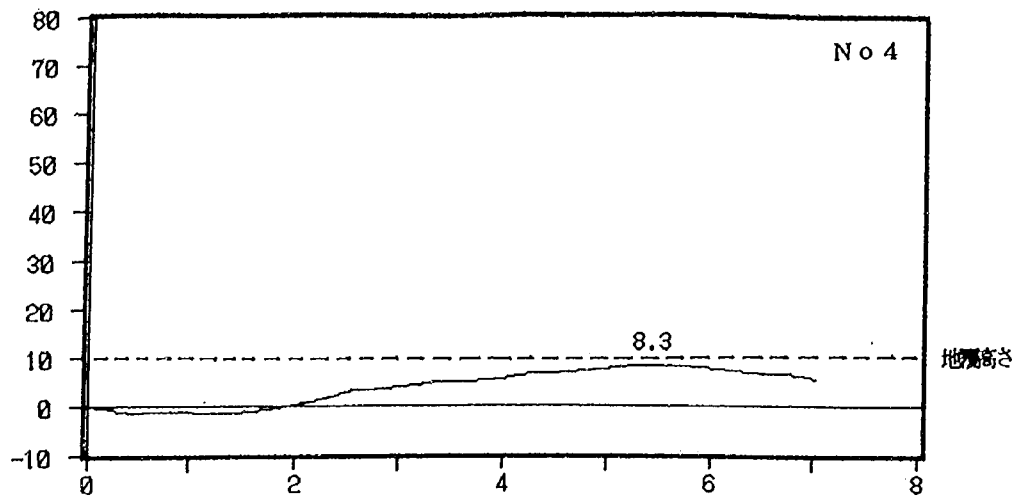


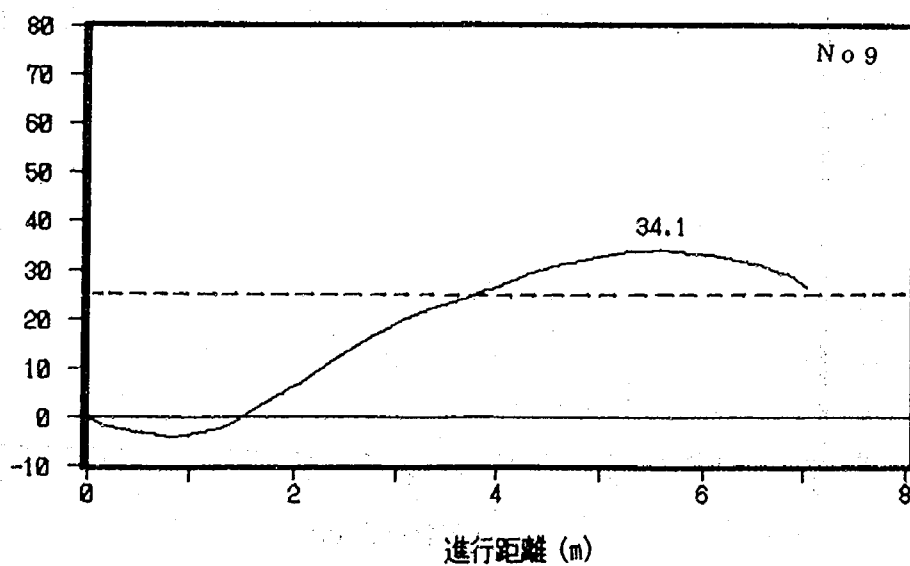
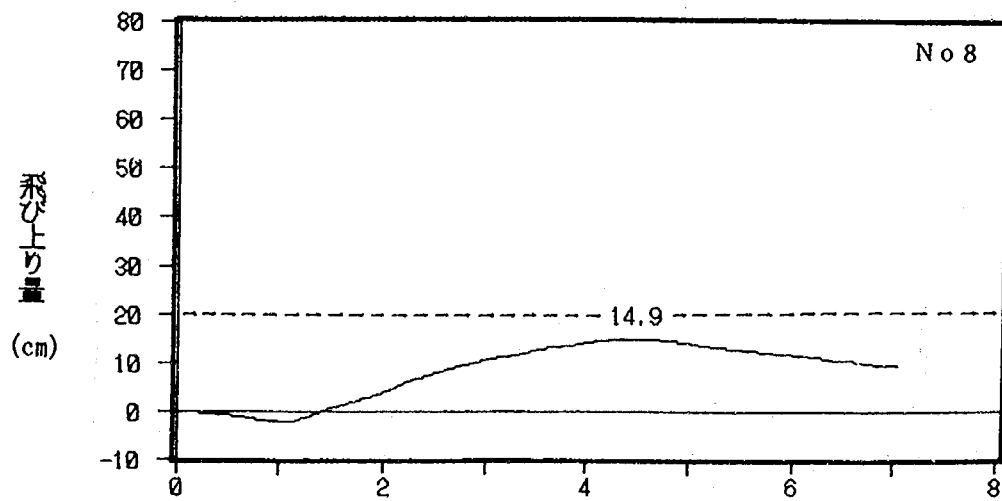
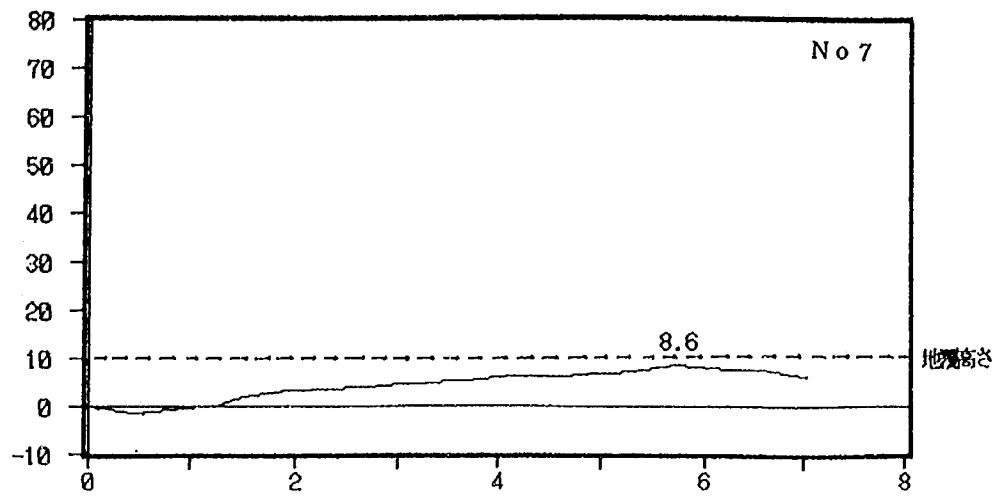
進行距離 (m)

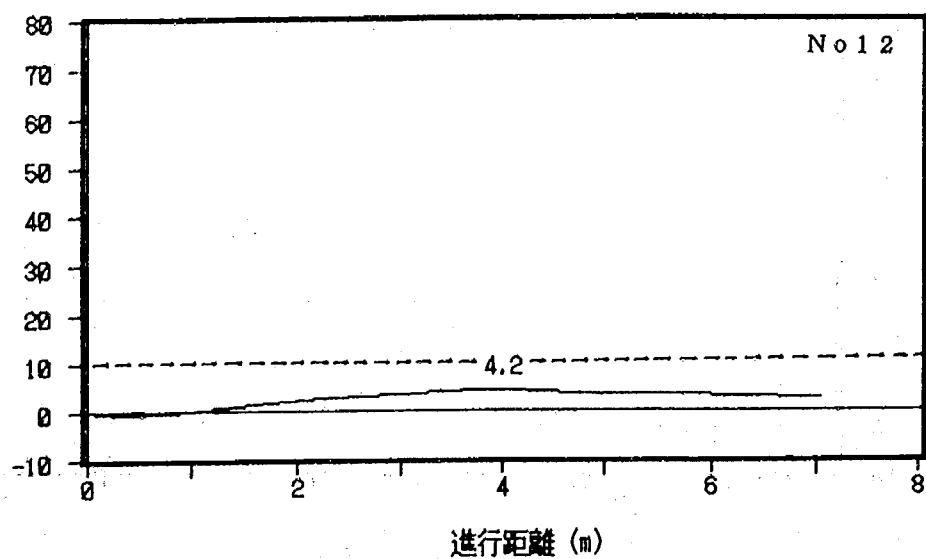
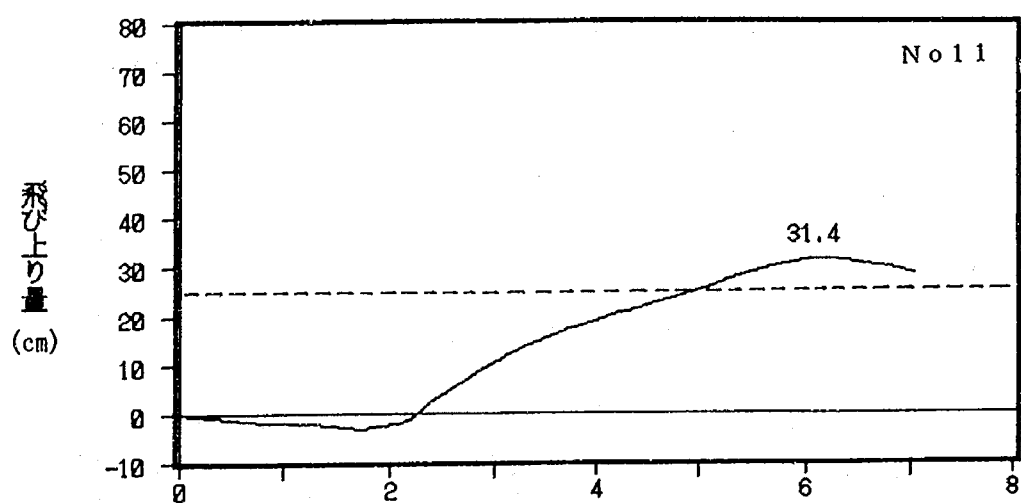
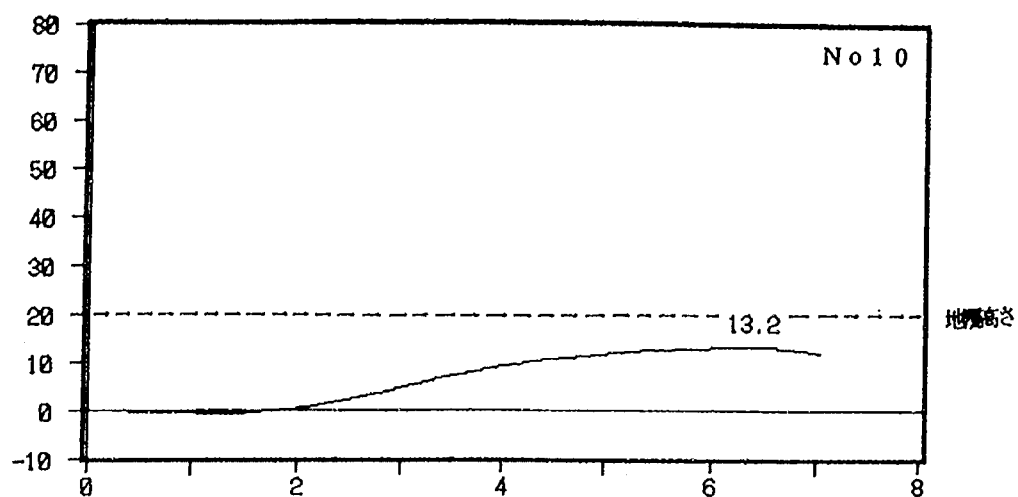


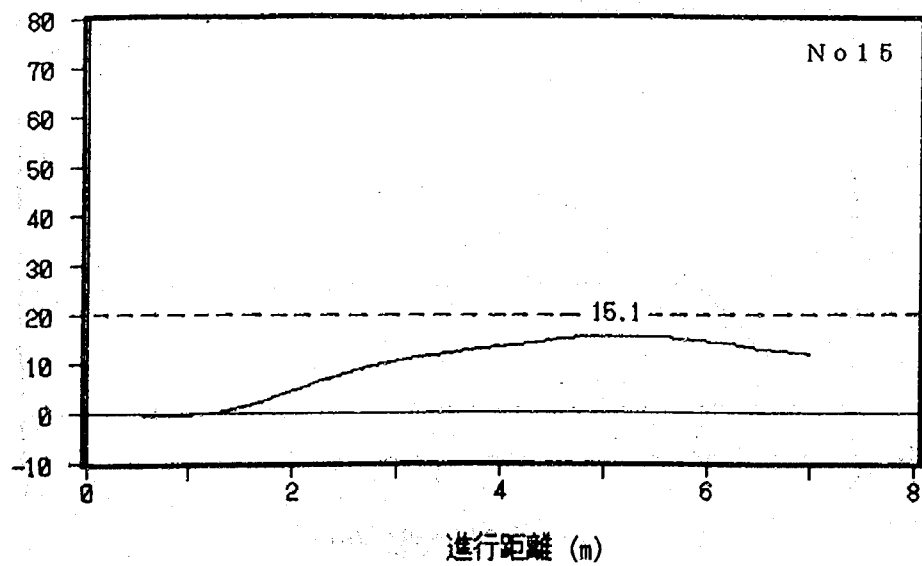
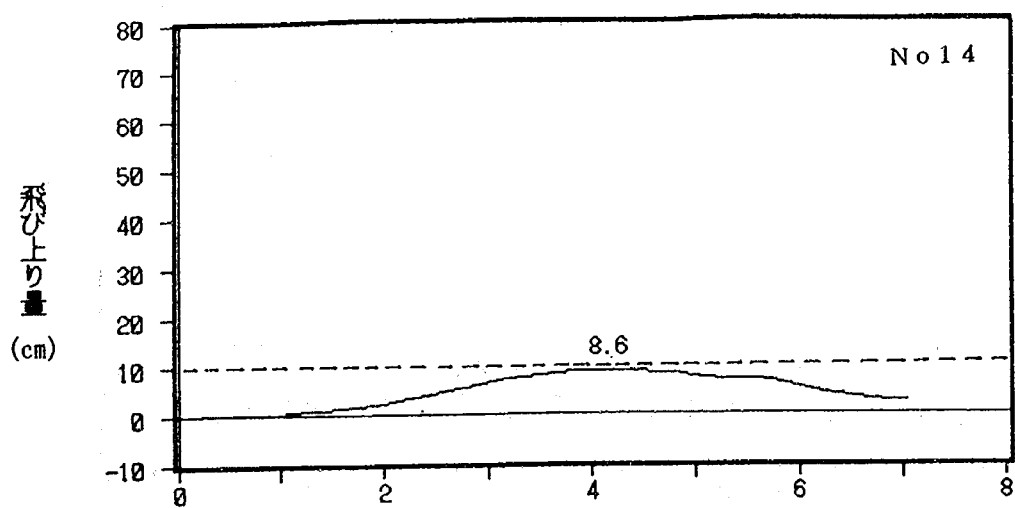
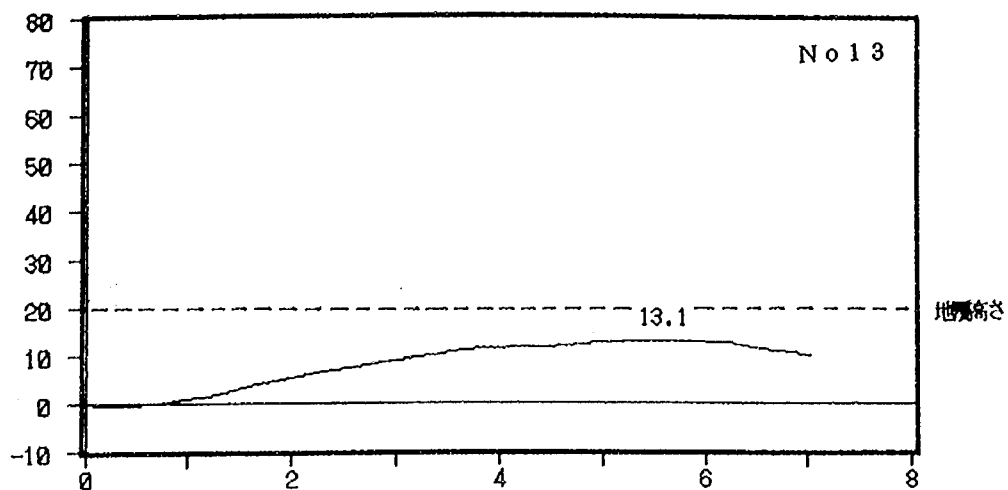
車体飛び上がり軌跡（進行方向）

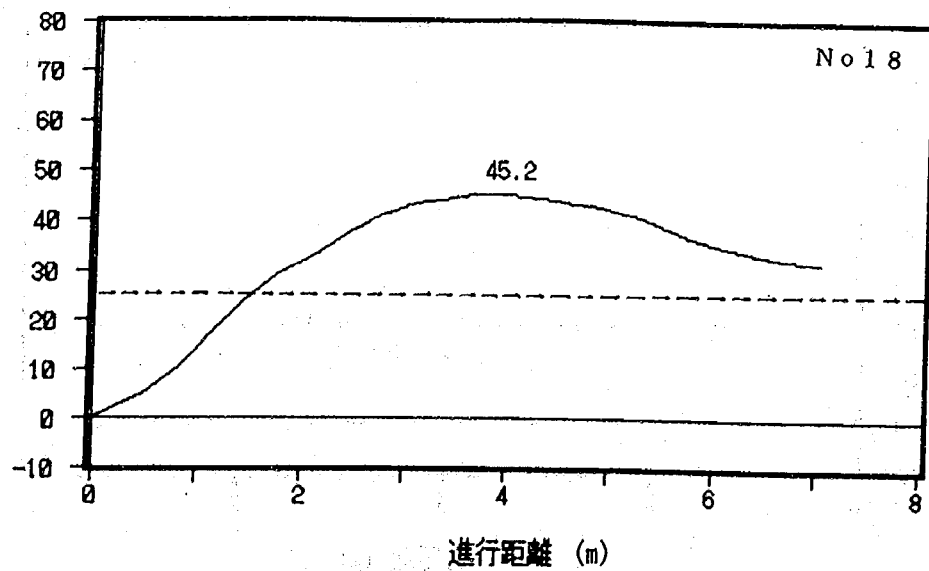
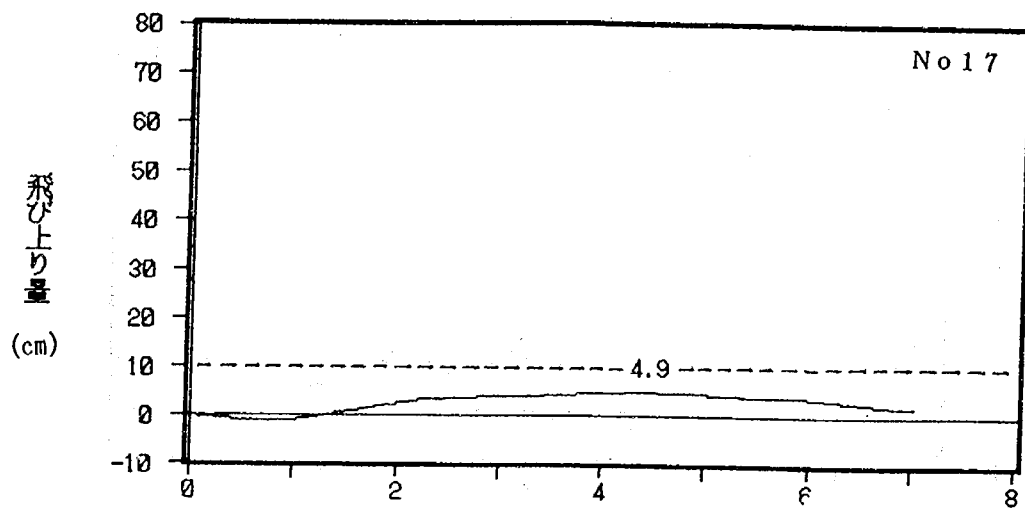
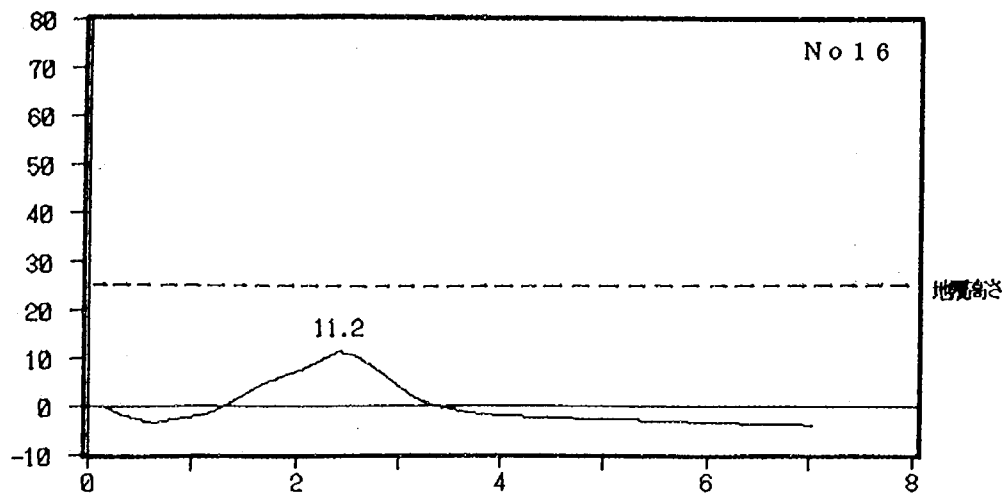


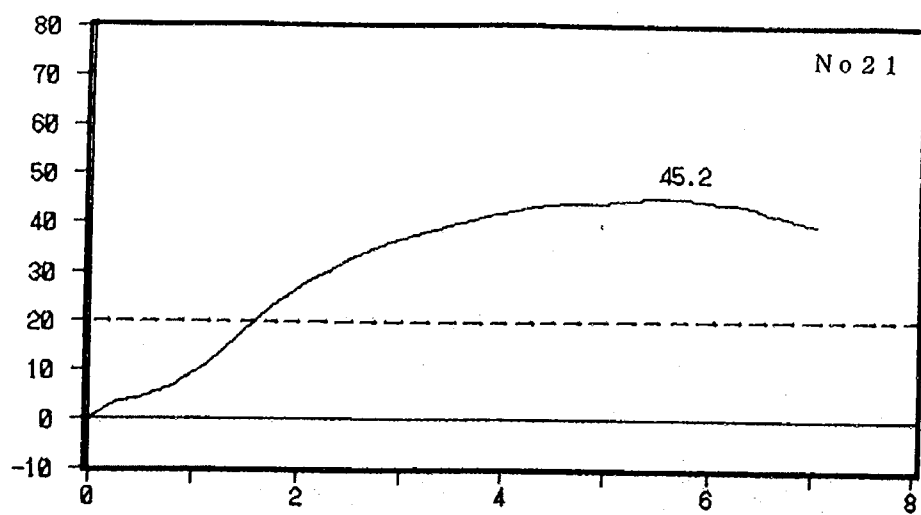
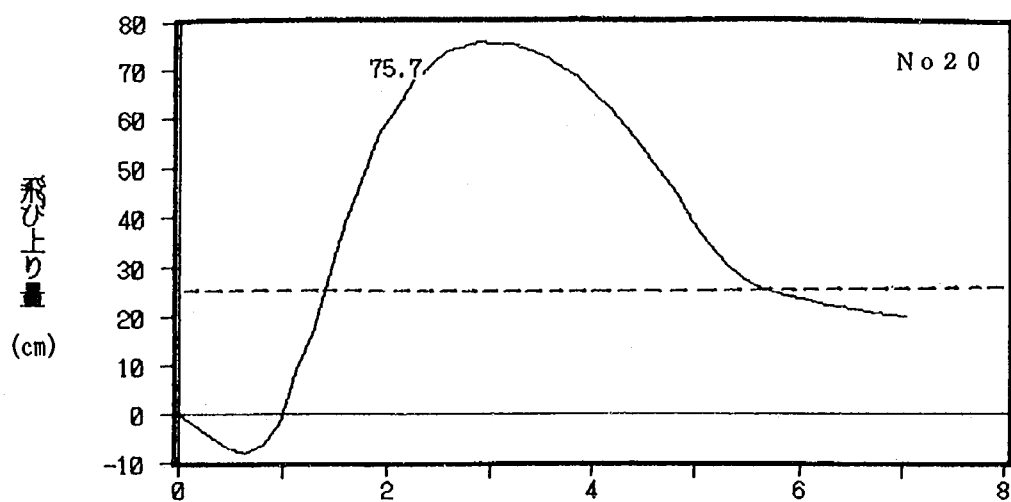
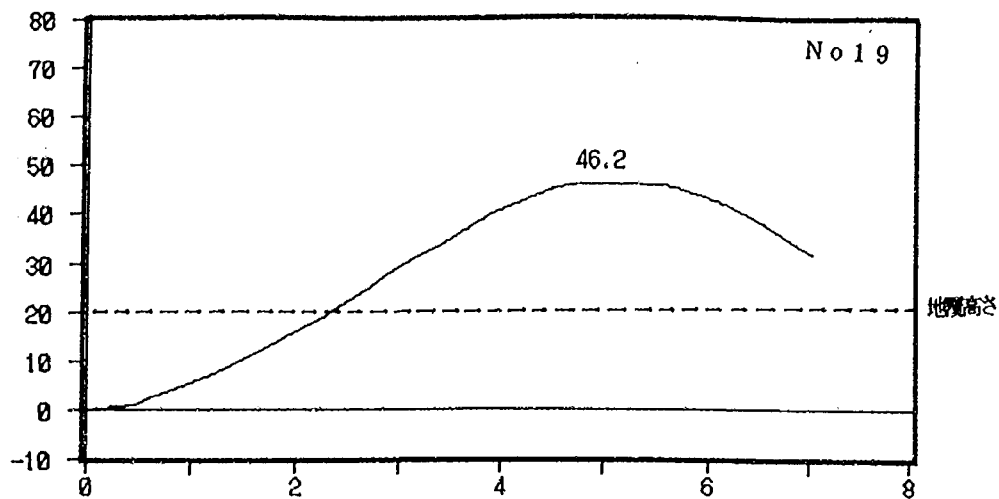




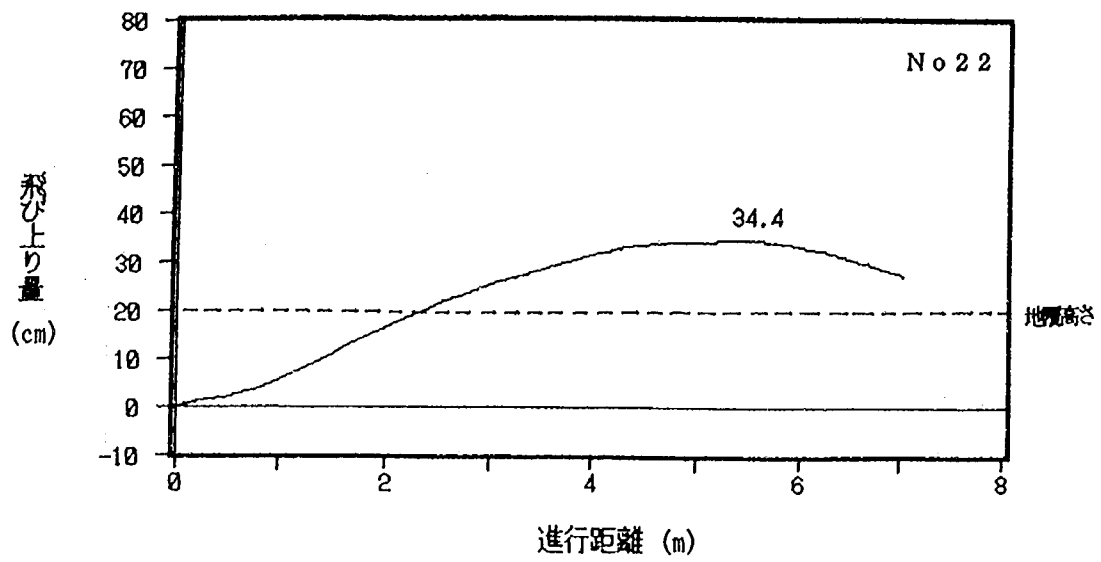




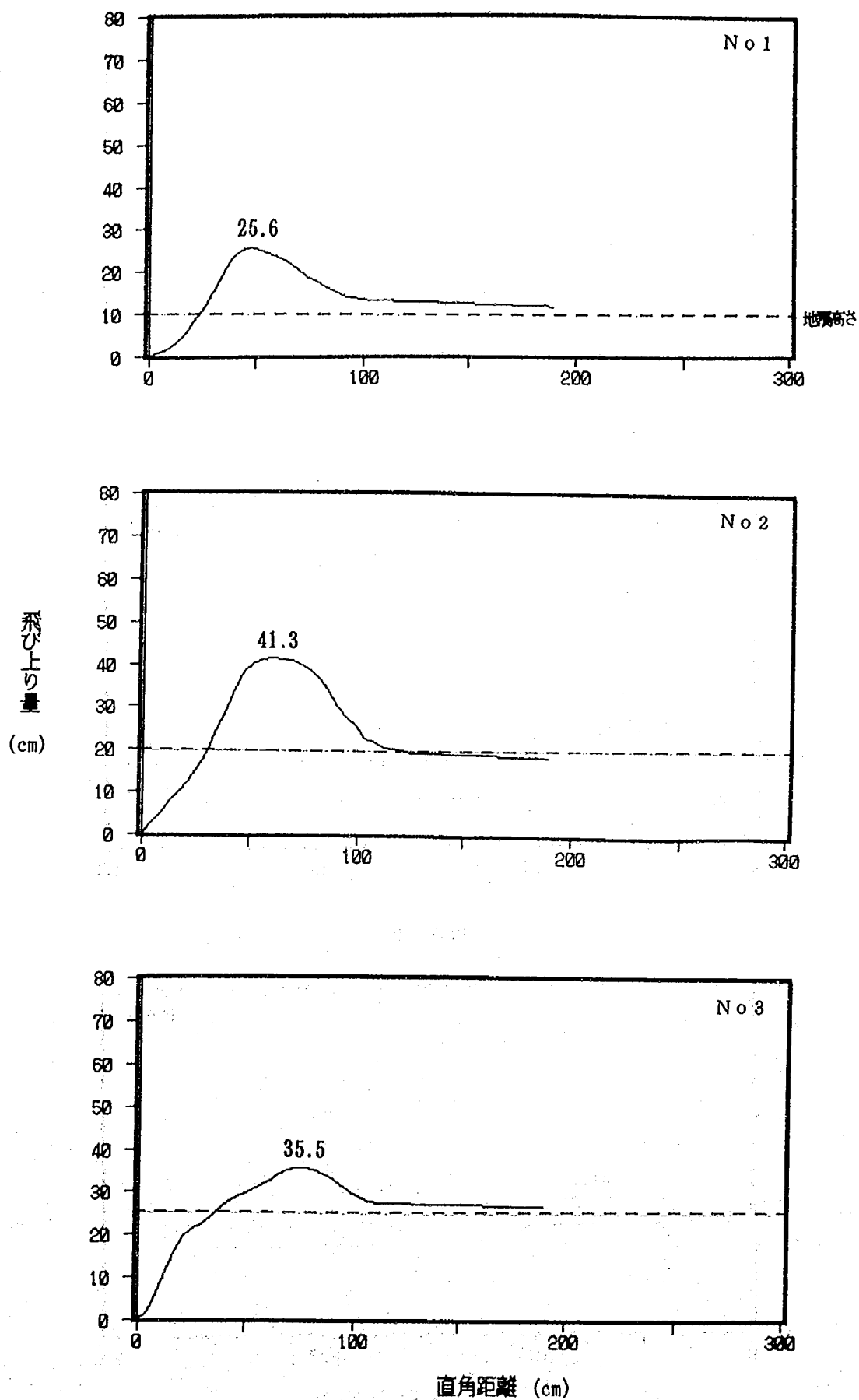


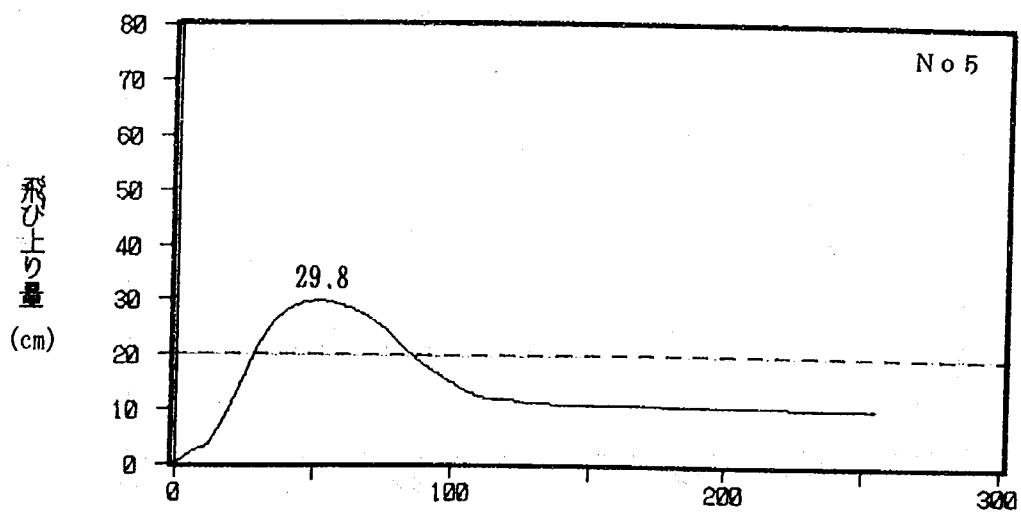
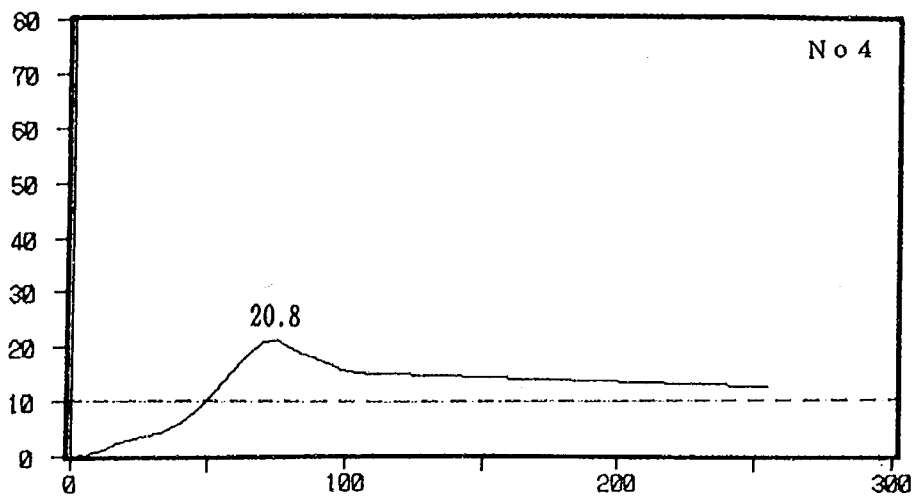


進行距離 (m)

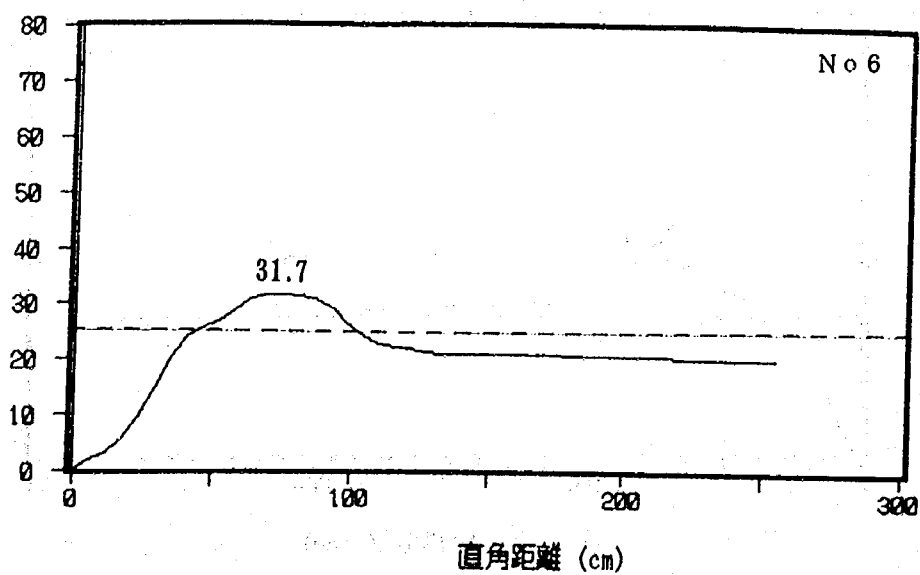


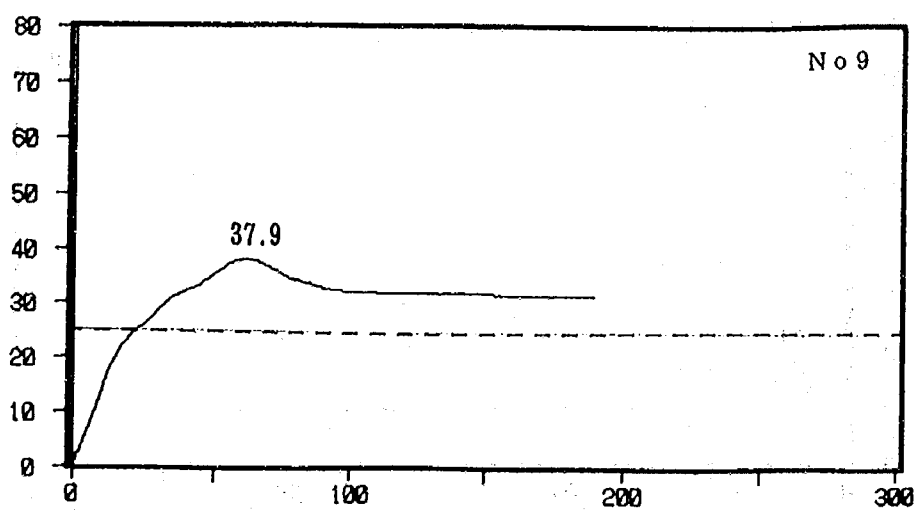
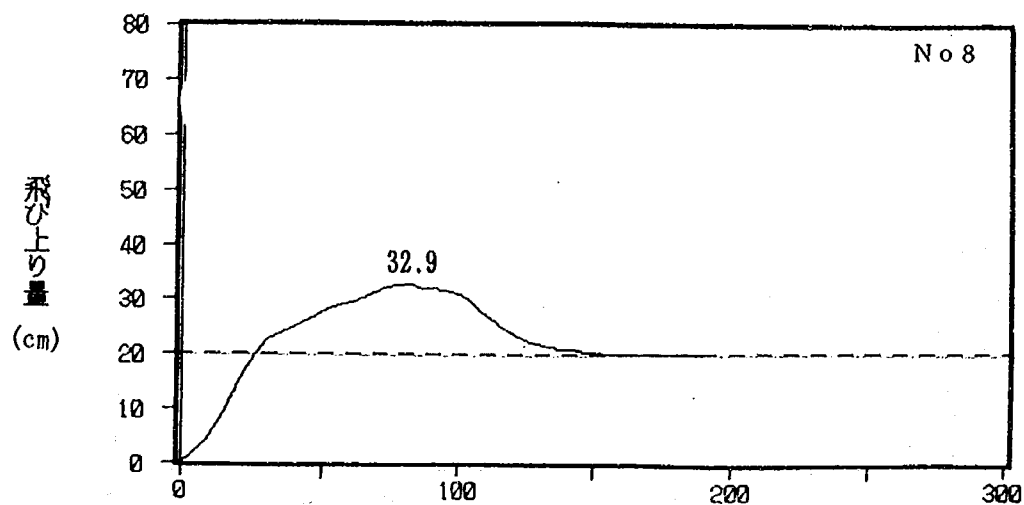
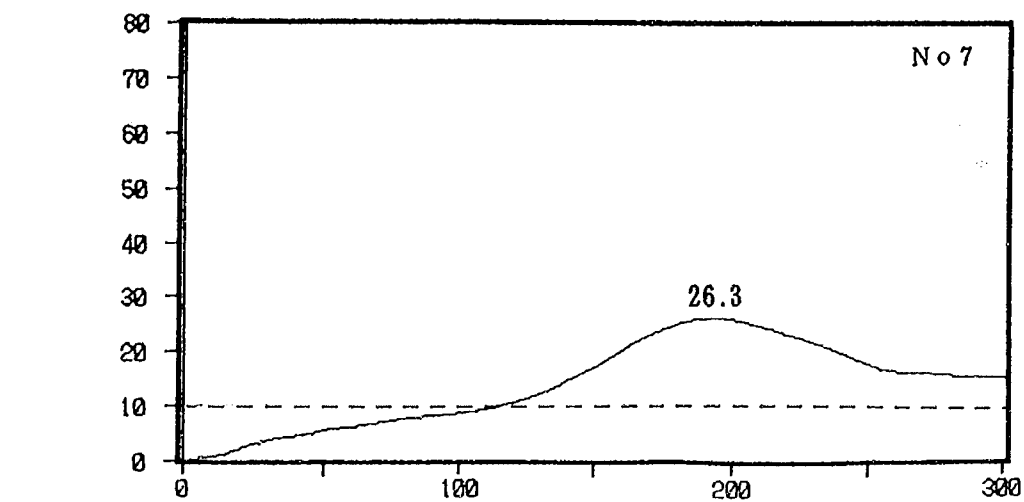
車輪飛び上がり軌跡 (直角方向)



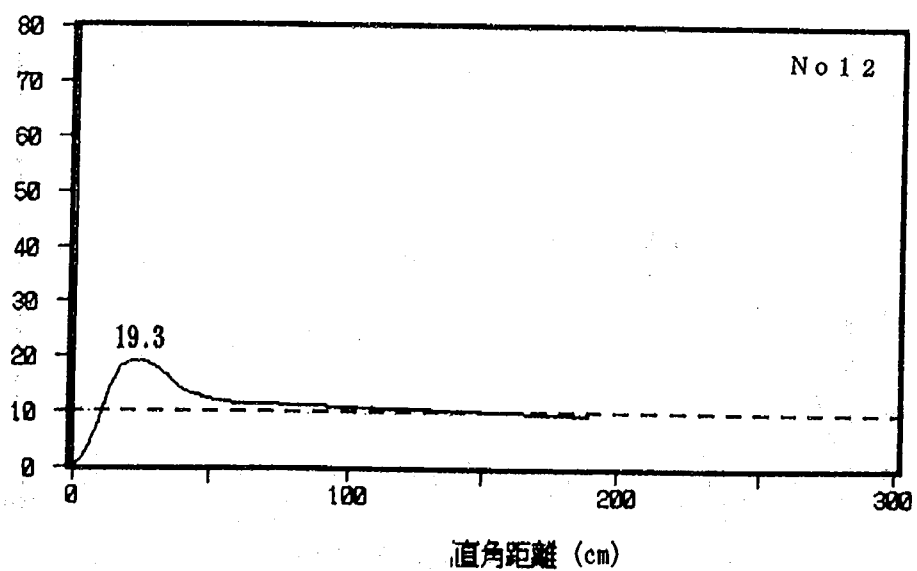
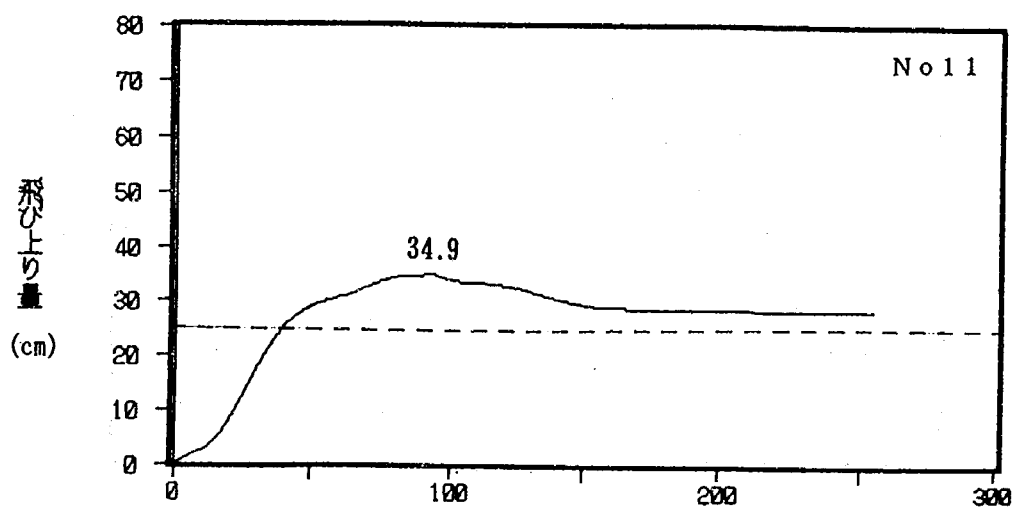
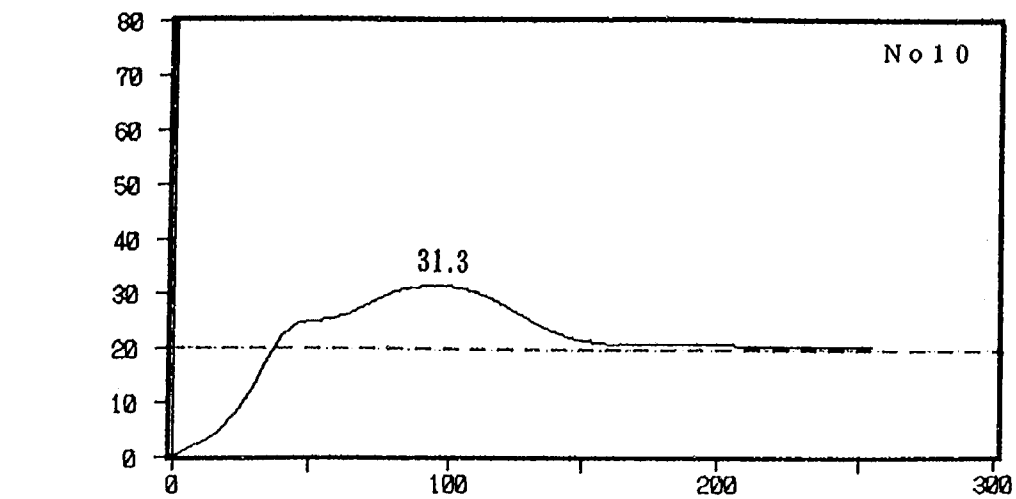


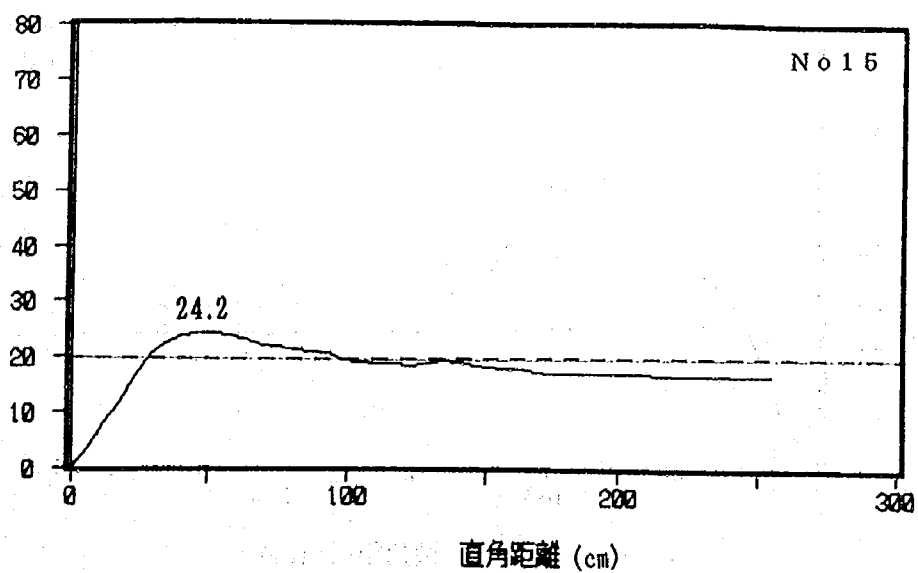
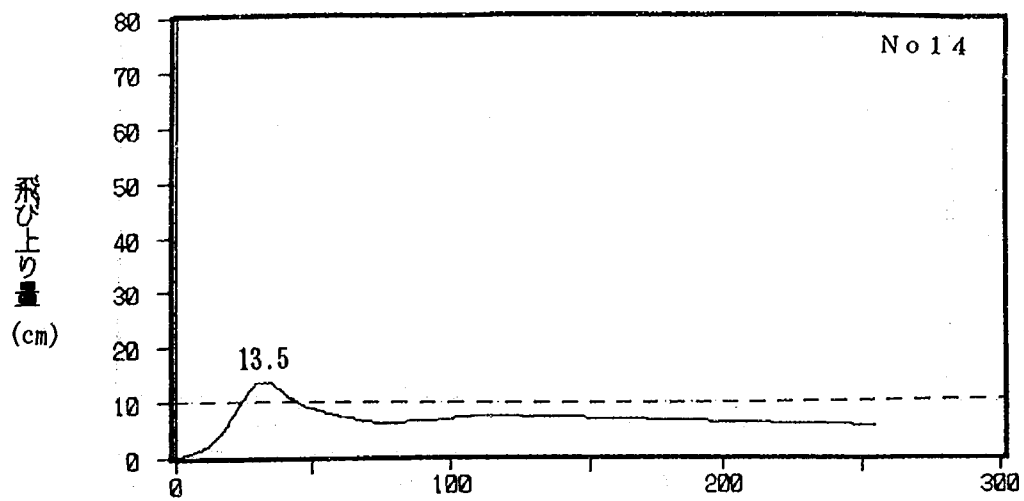
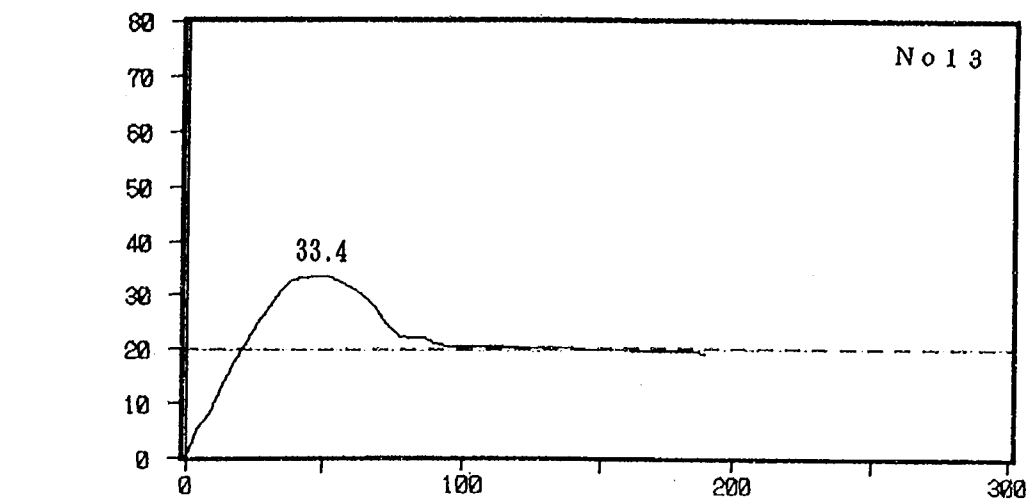
No-6

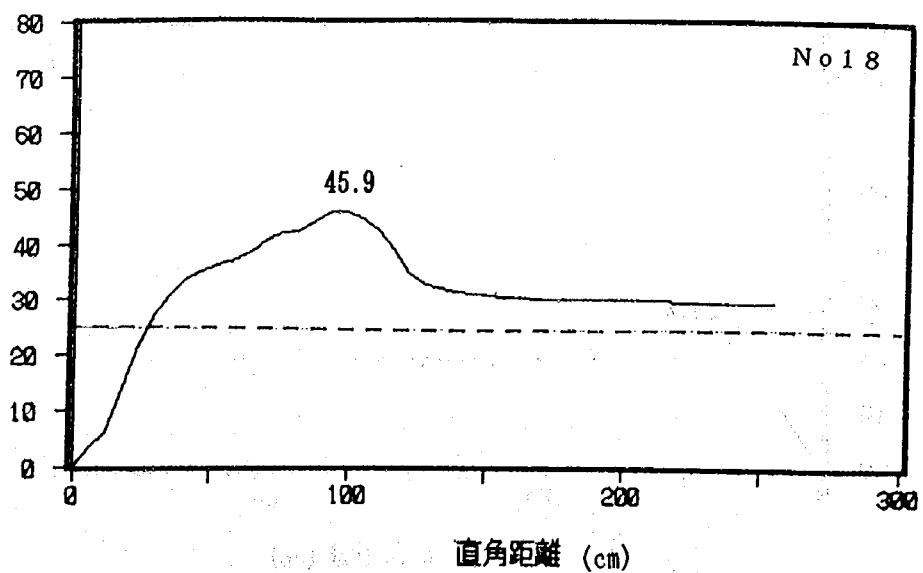
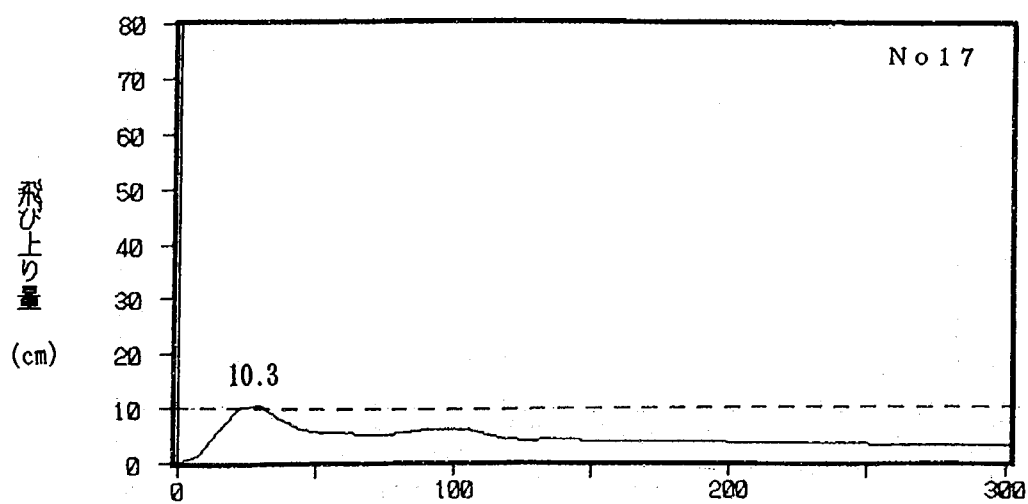
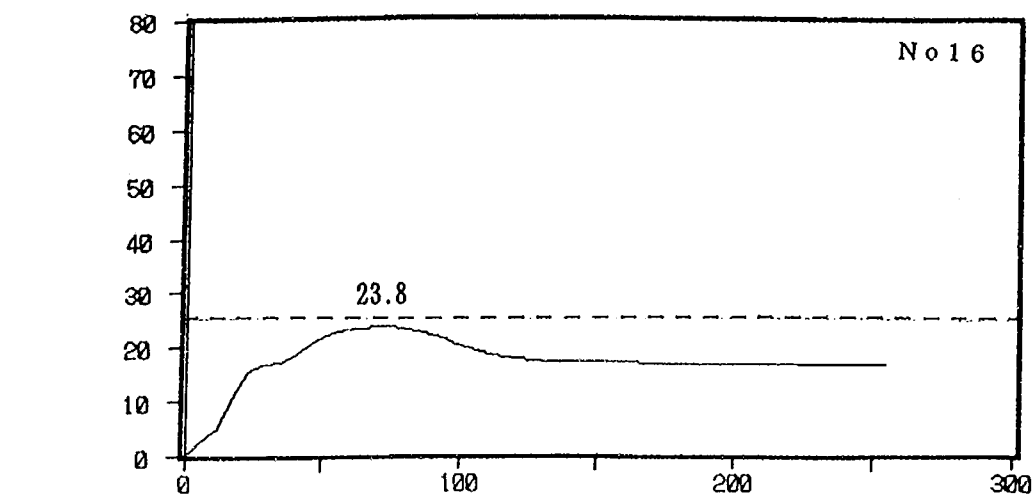


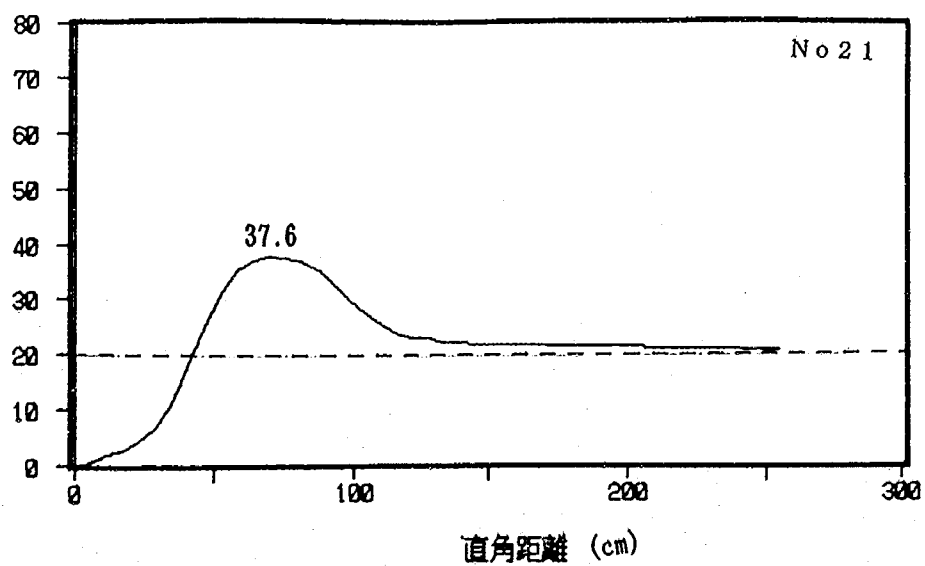
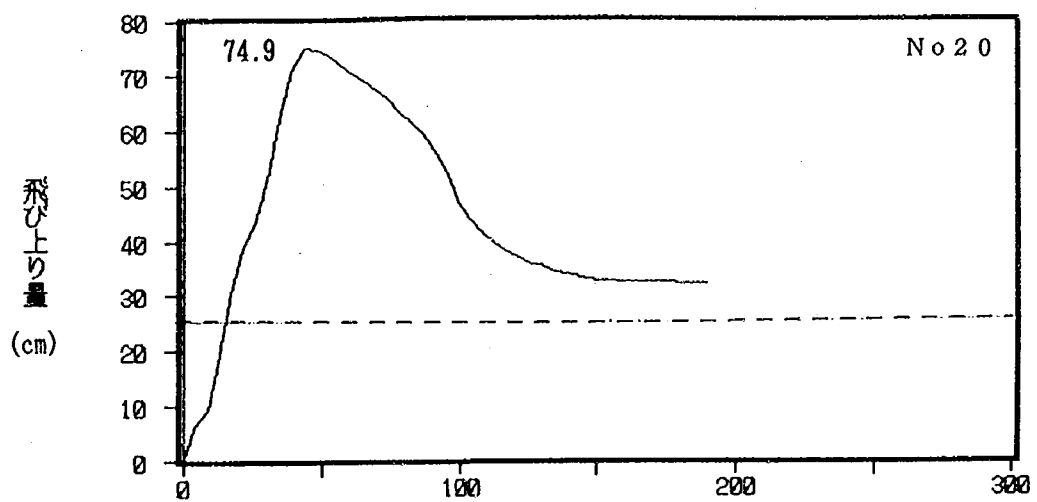
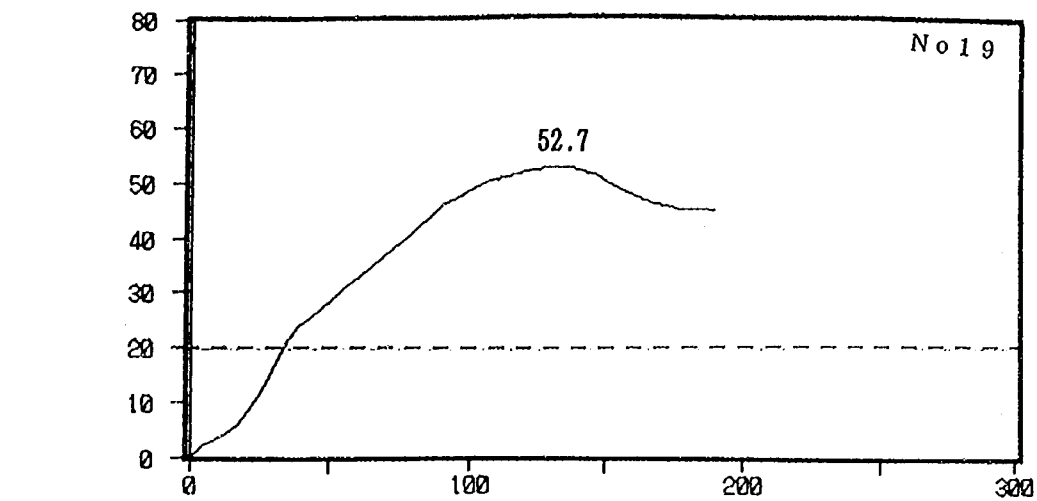


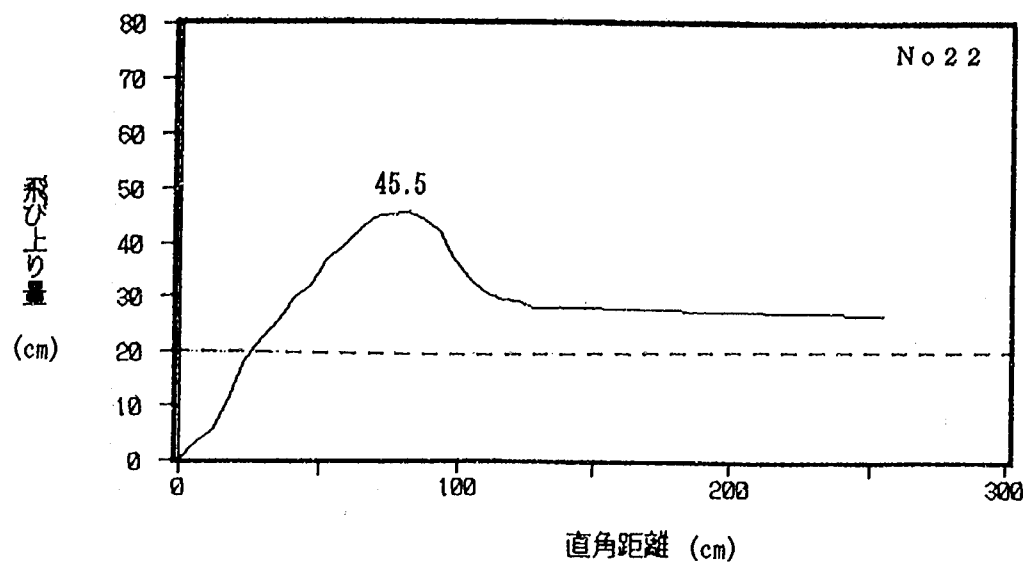
直角距離 (cm)



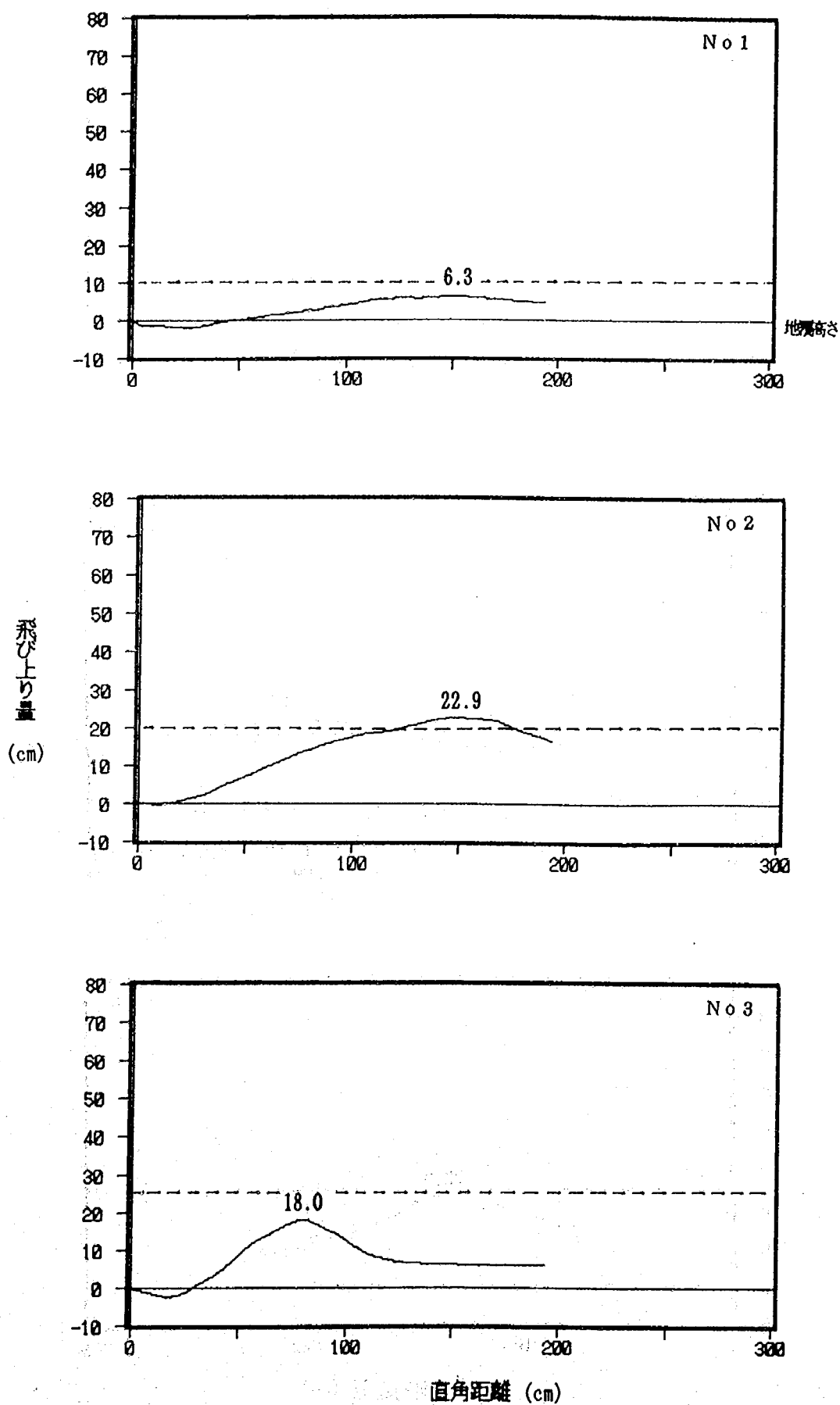


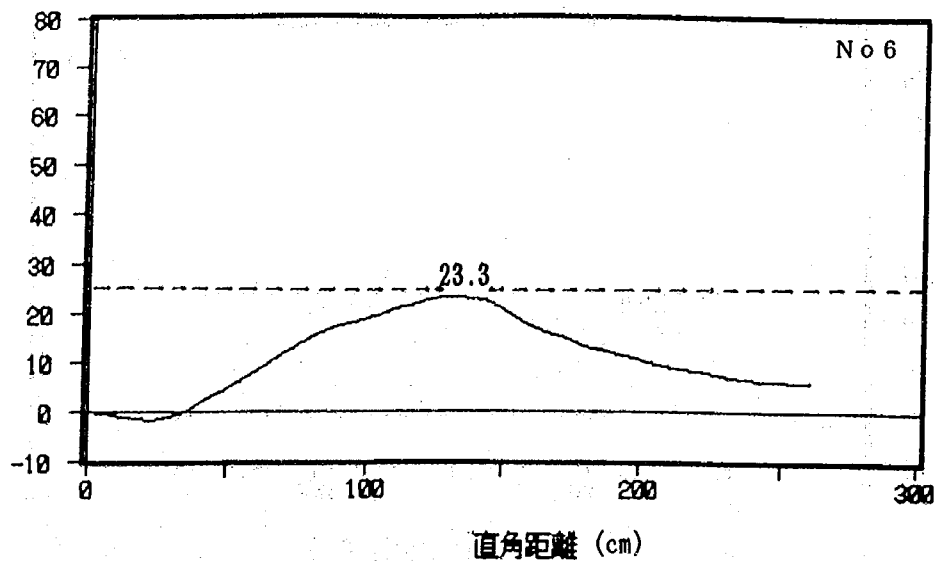
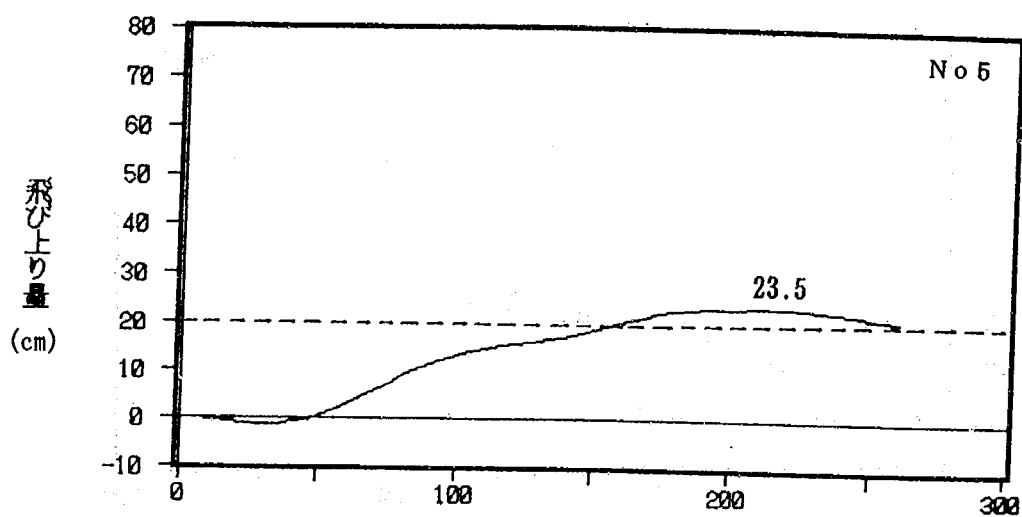
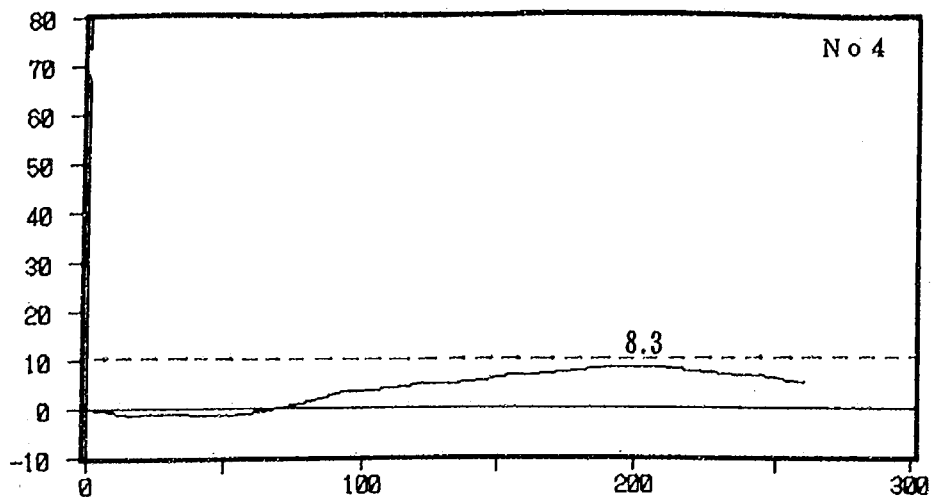


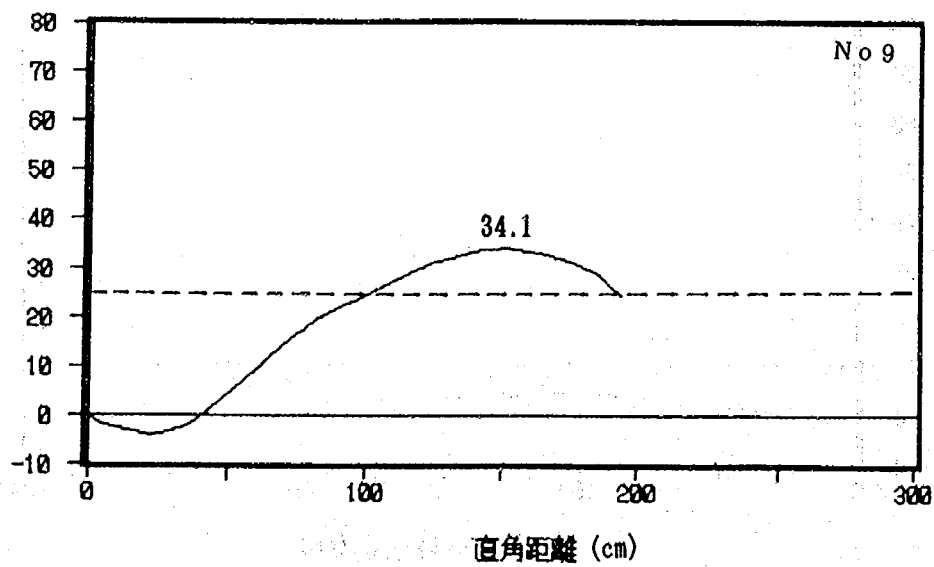
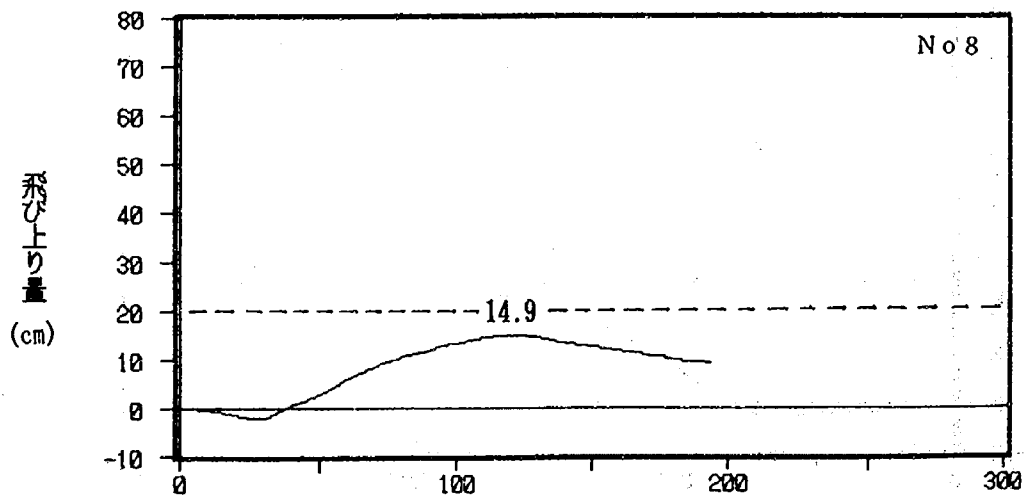
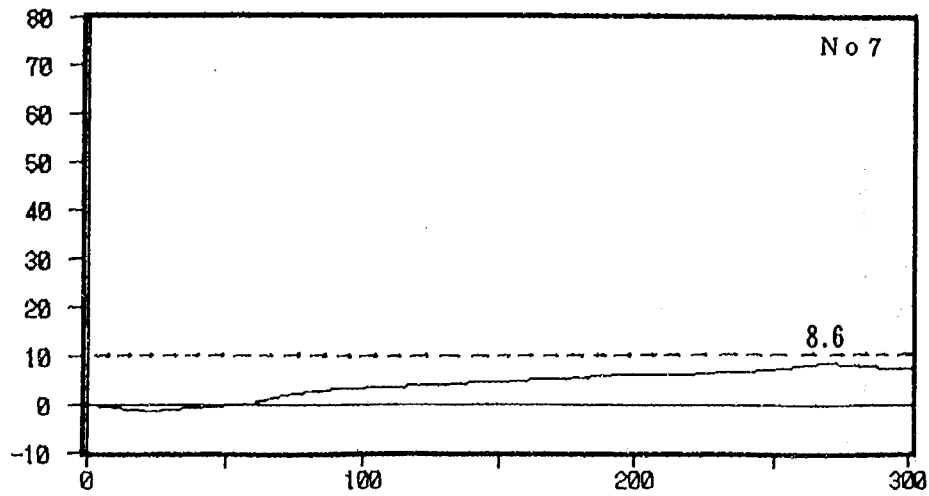


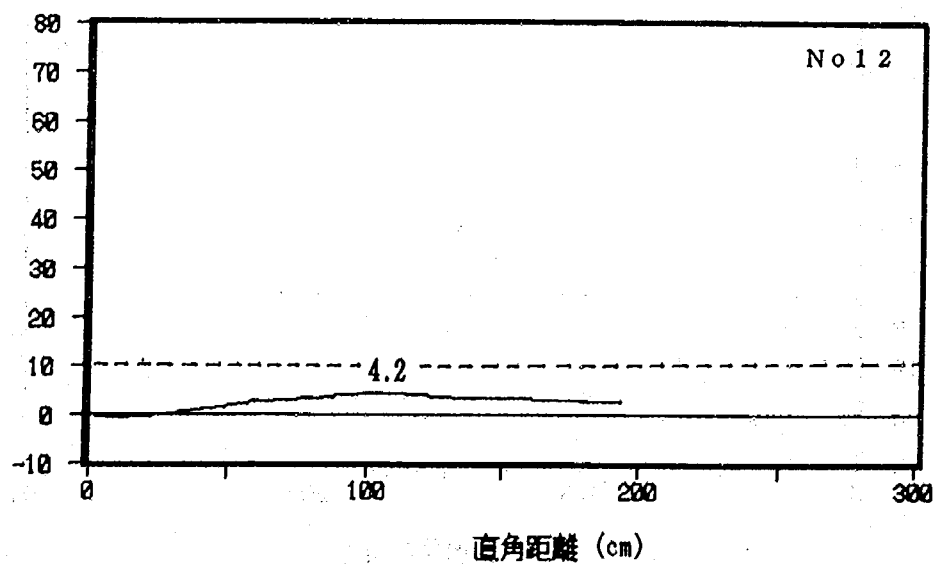
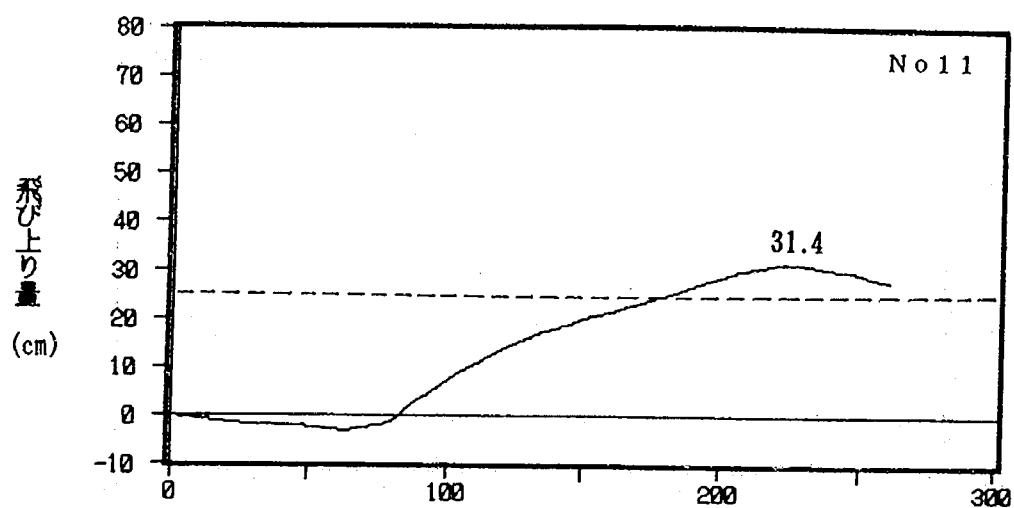
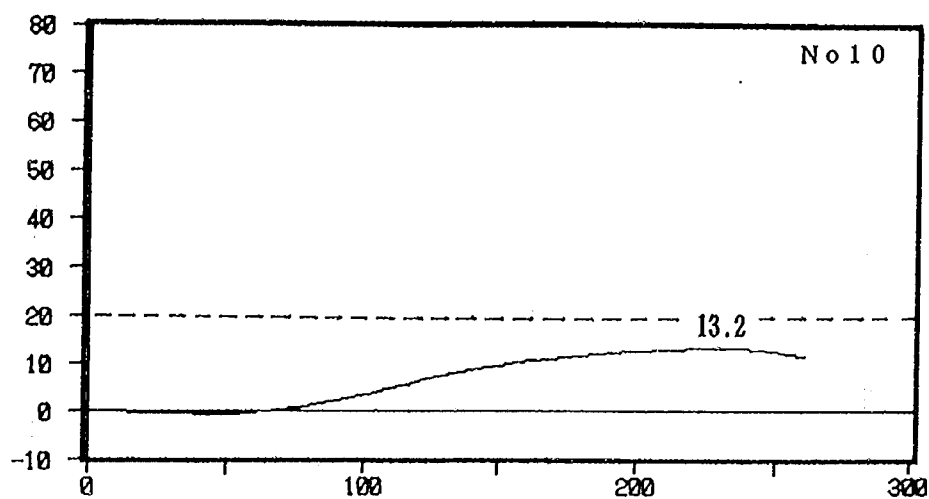


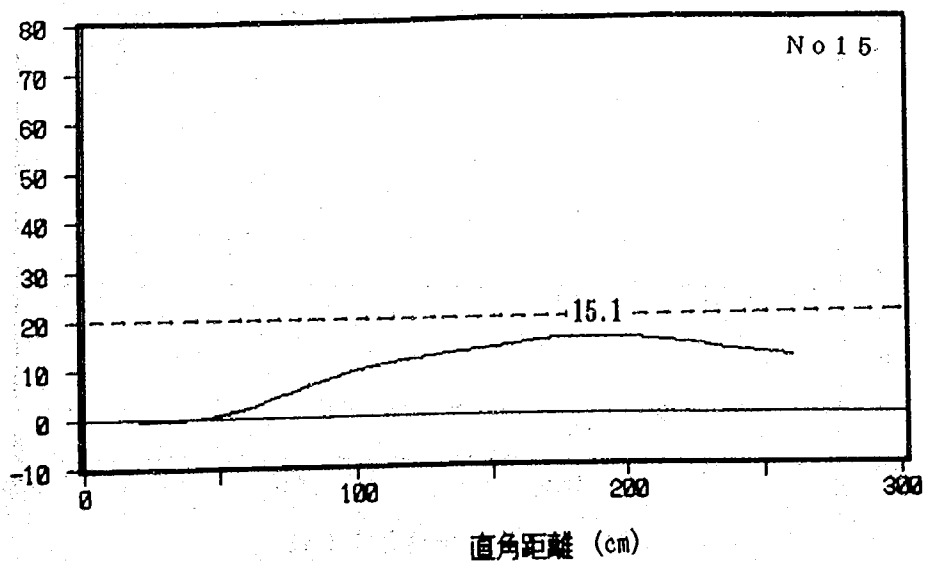
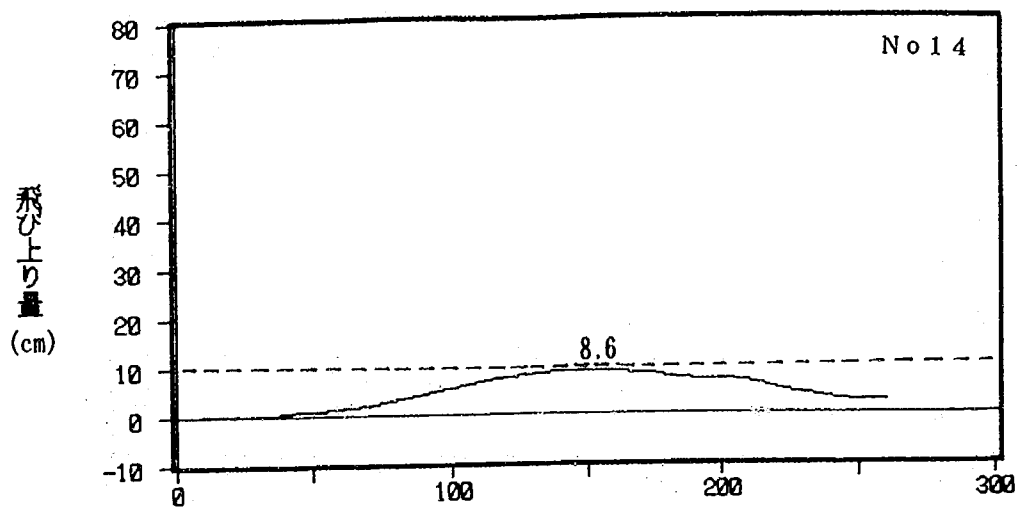
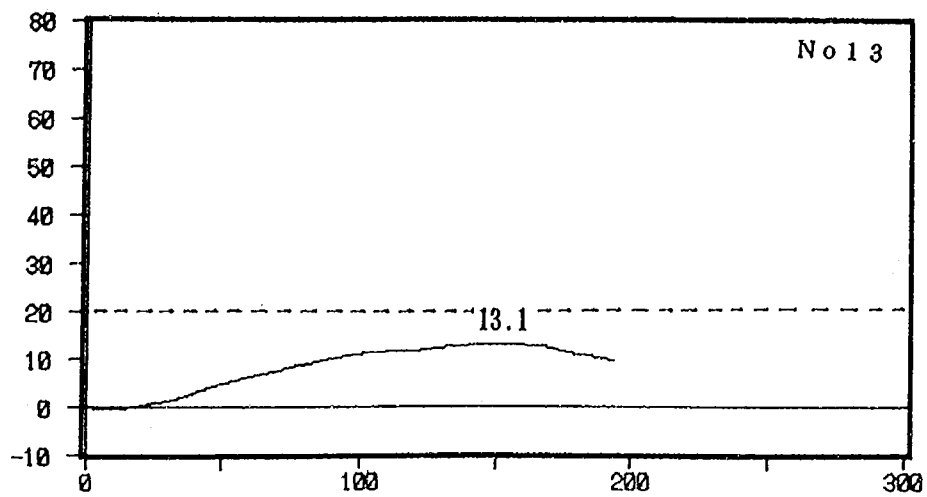
車体飛び上がり軌跡（直角方向）

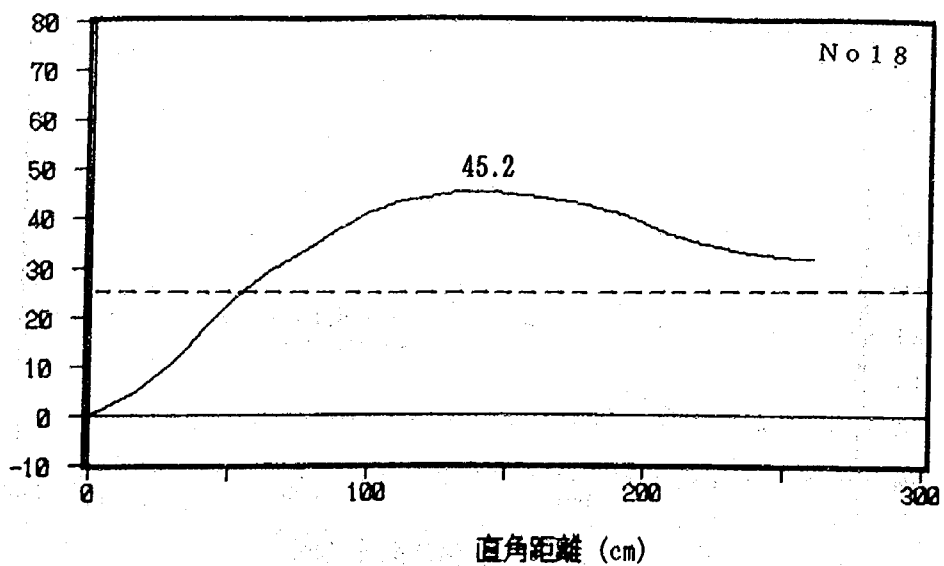
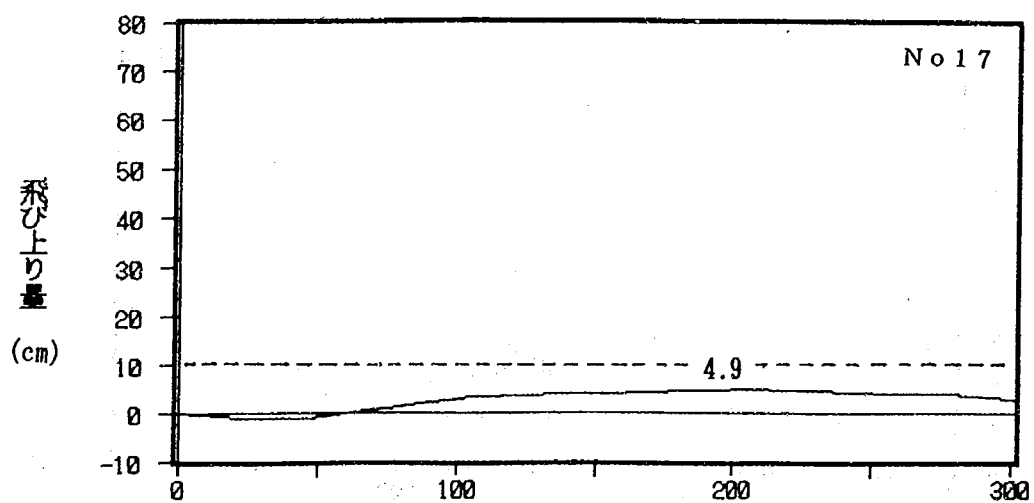
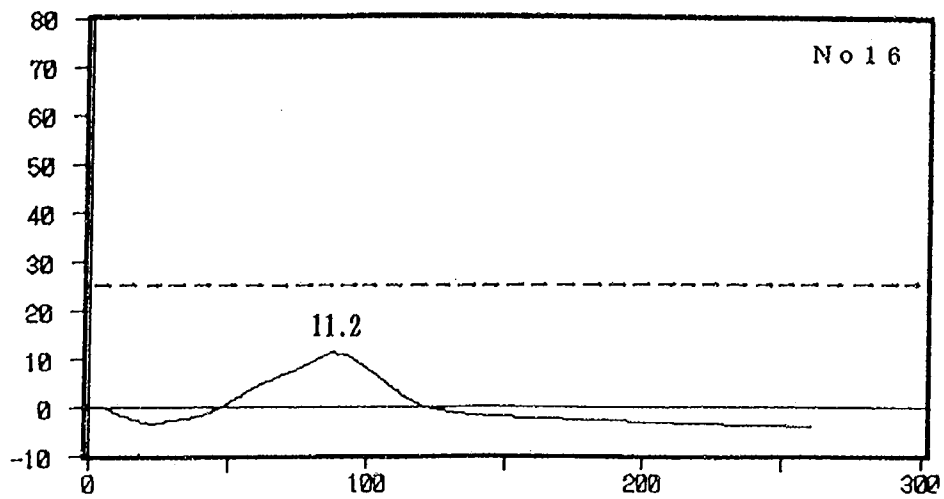


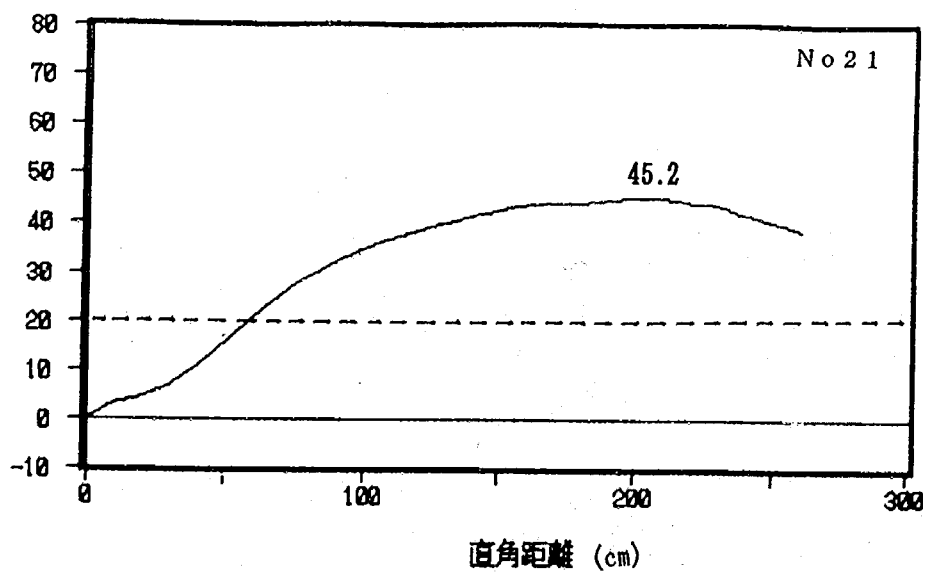
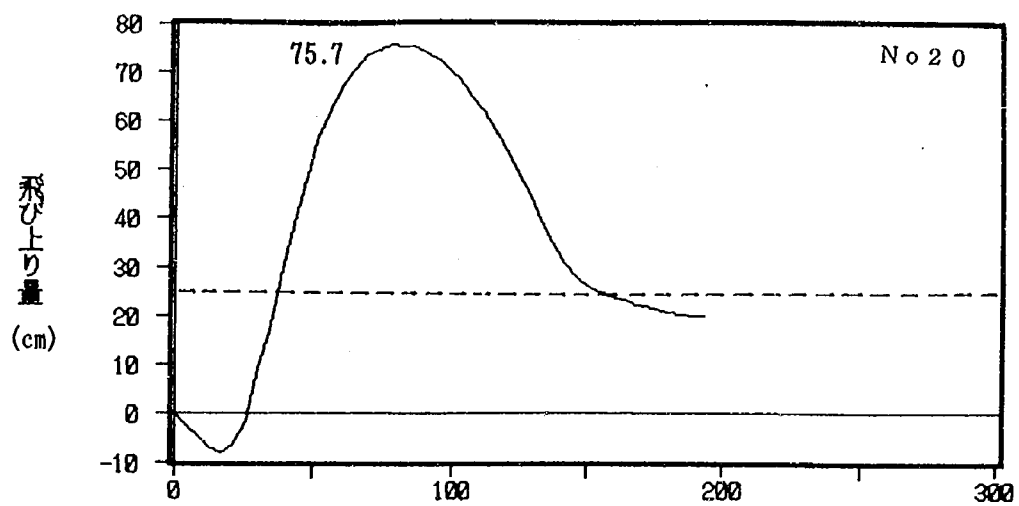
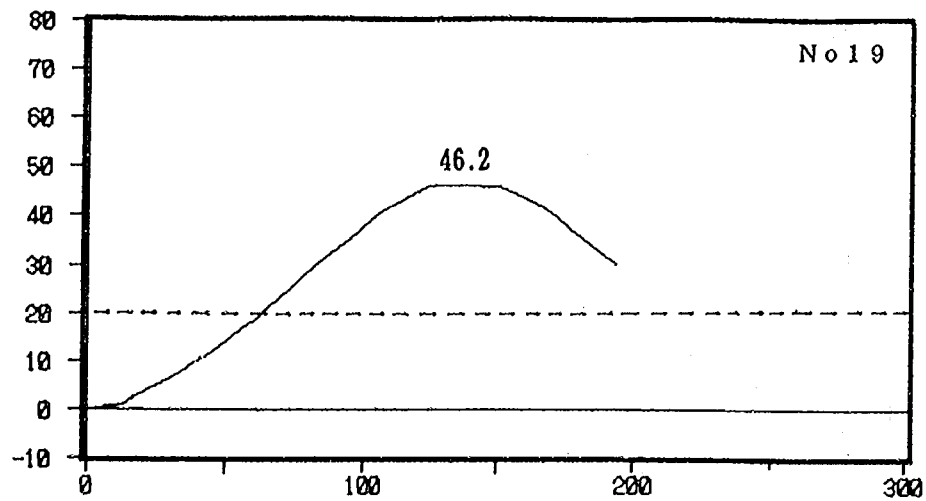


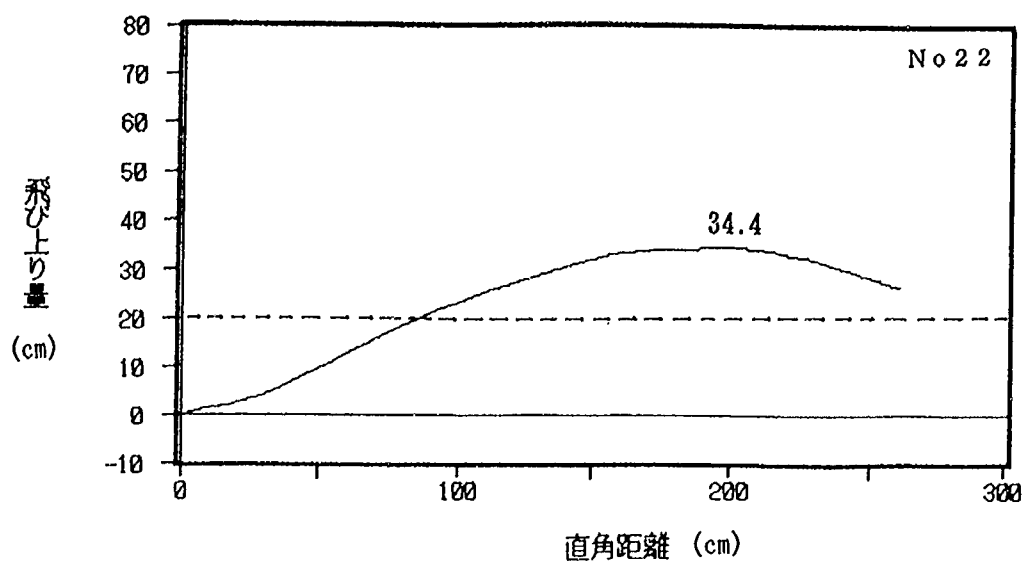






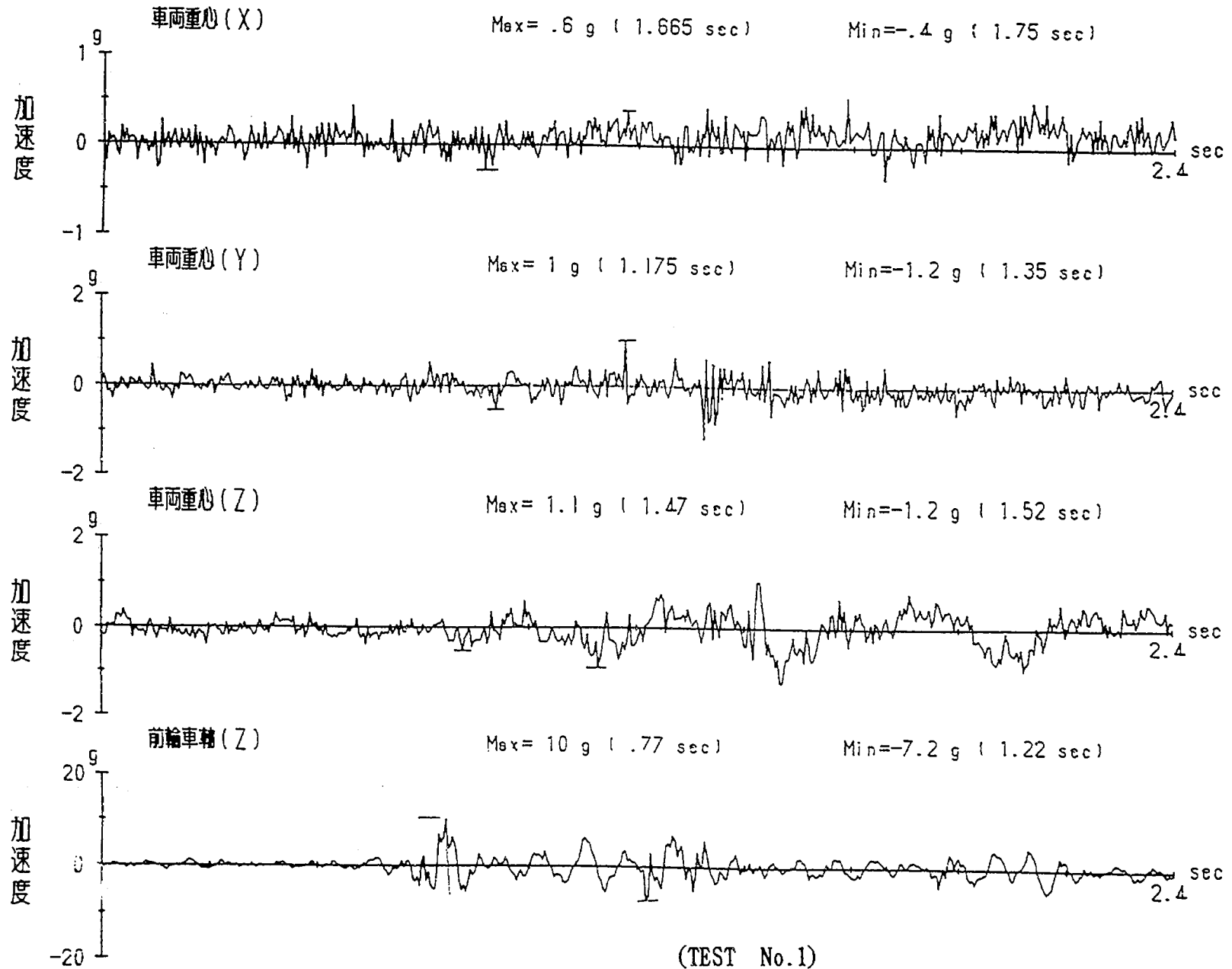


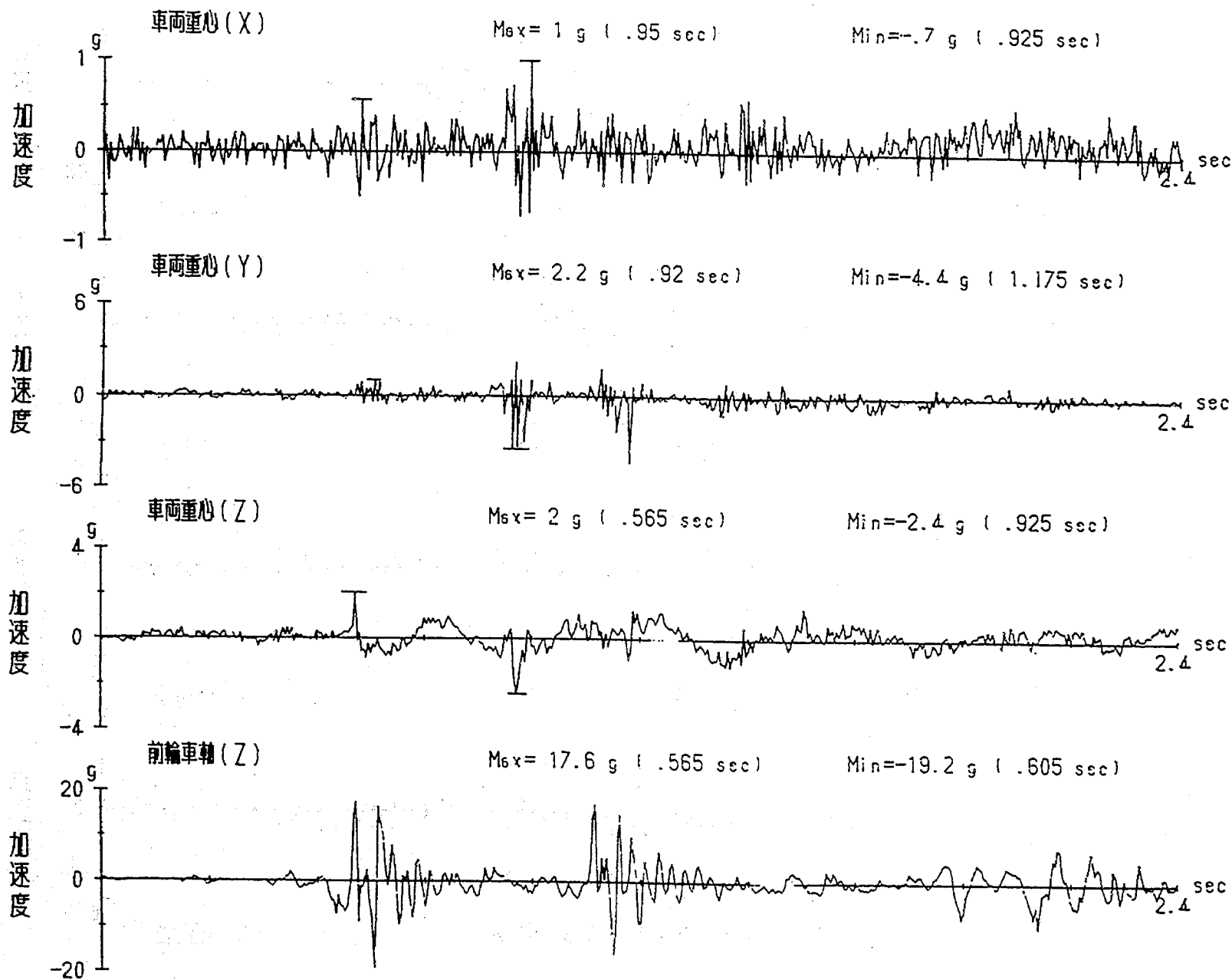




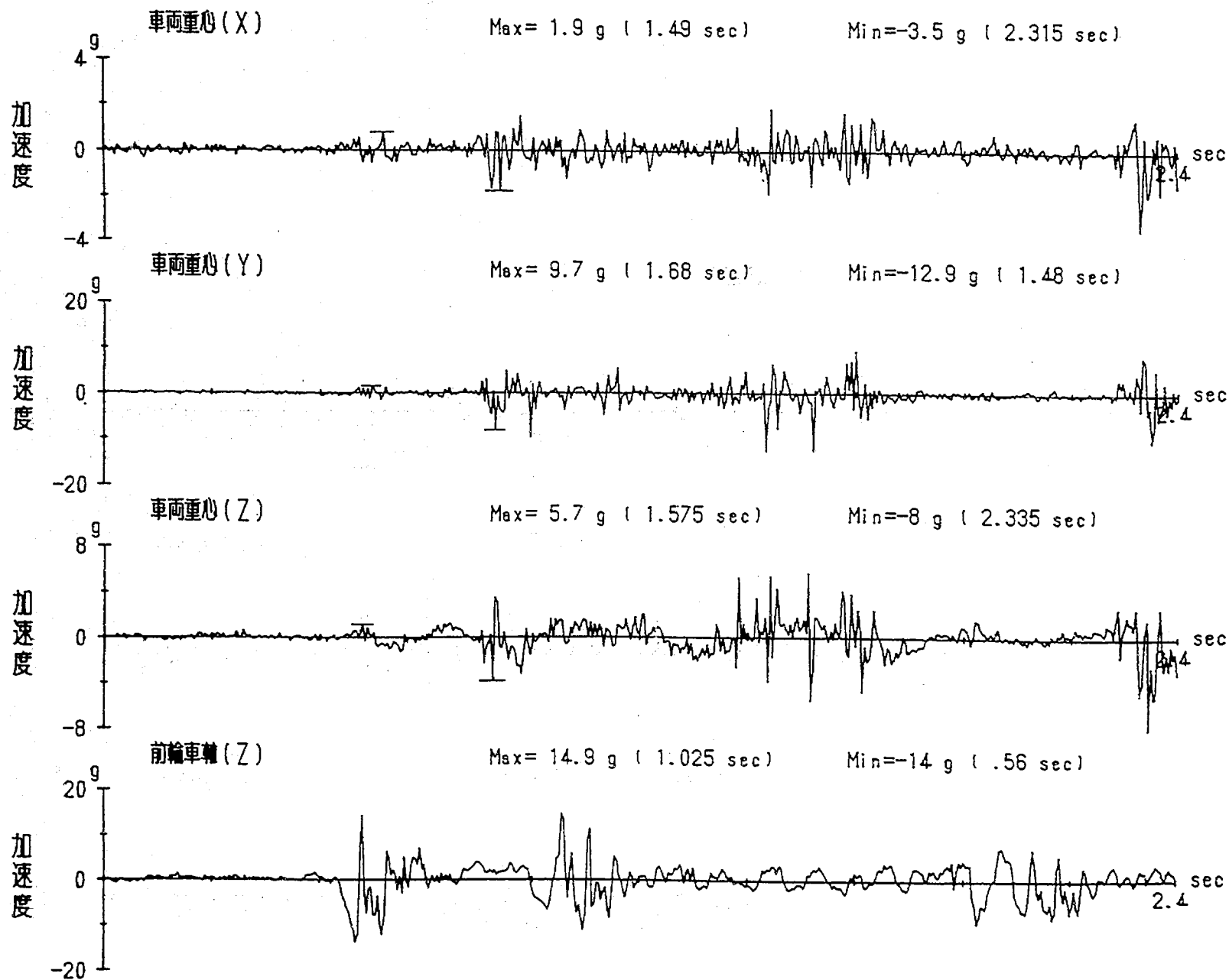
付録 5) 加速度波形

車両重心の加速度波形

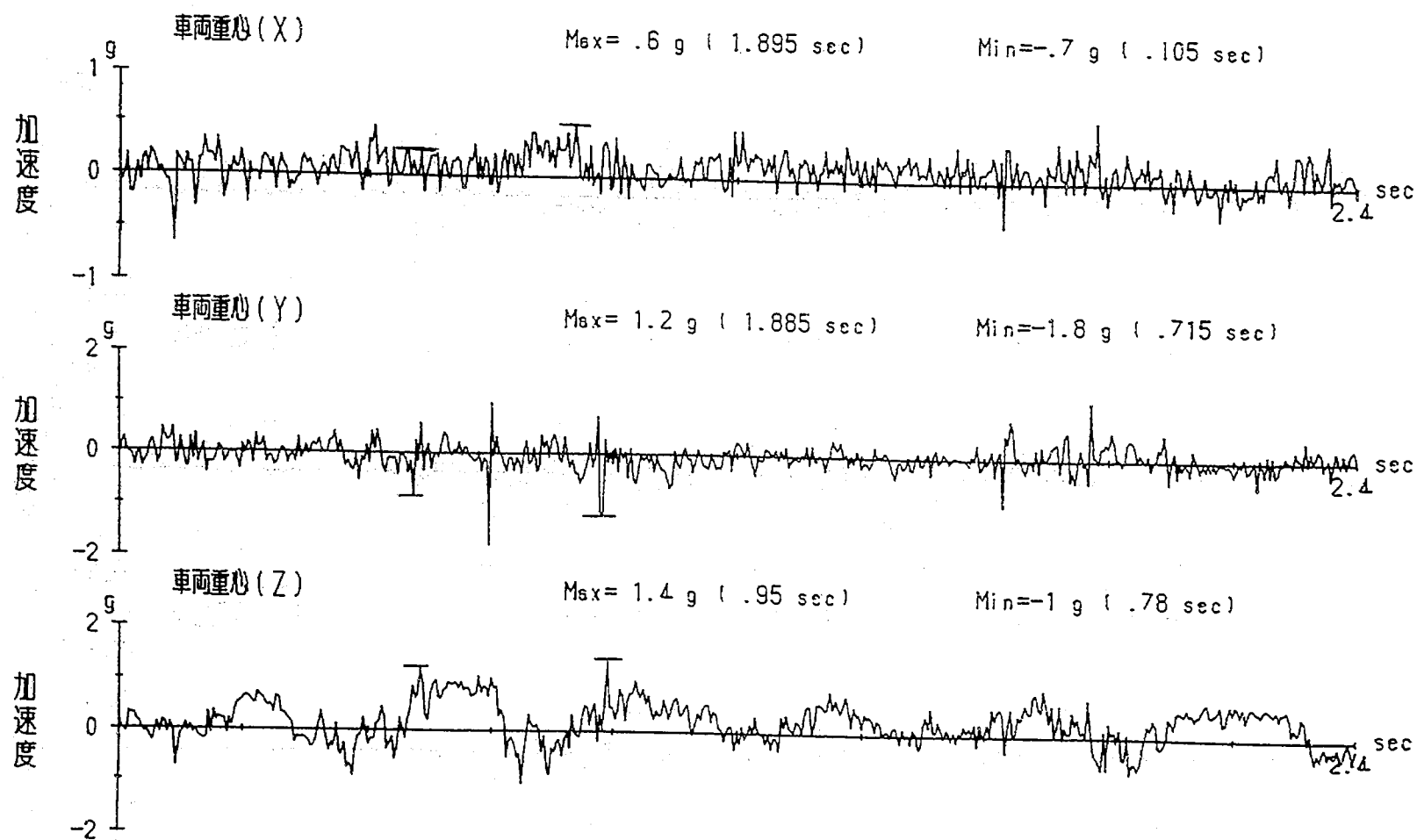




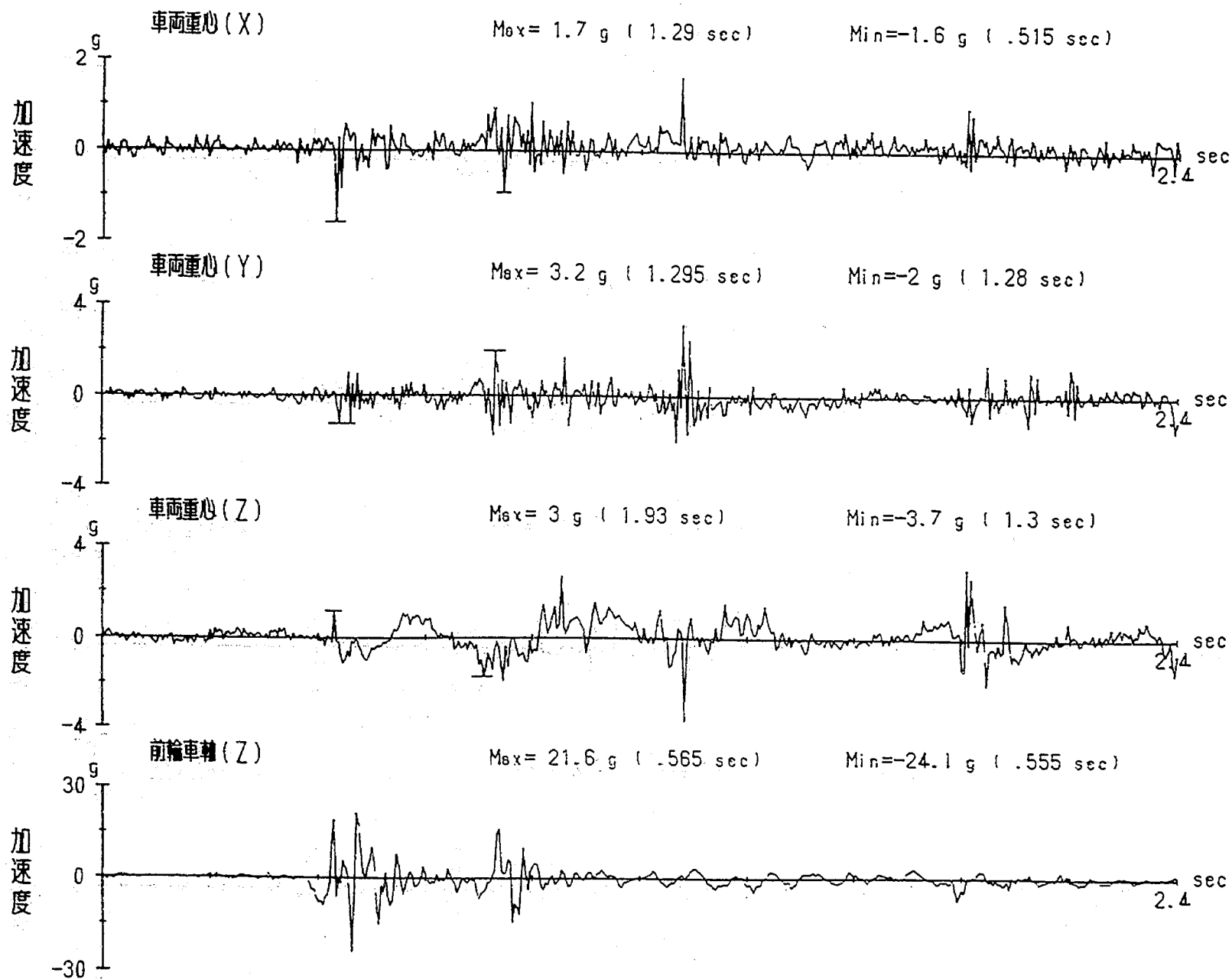
(TEST No.2)



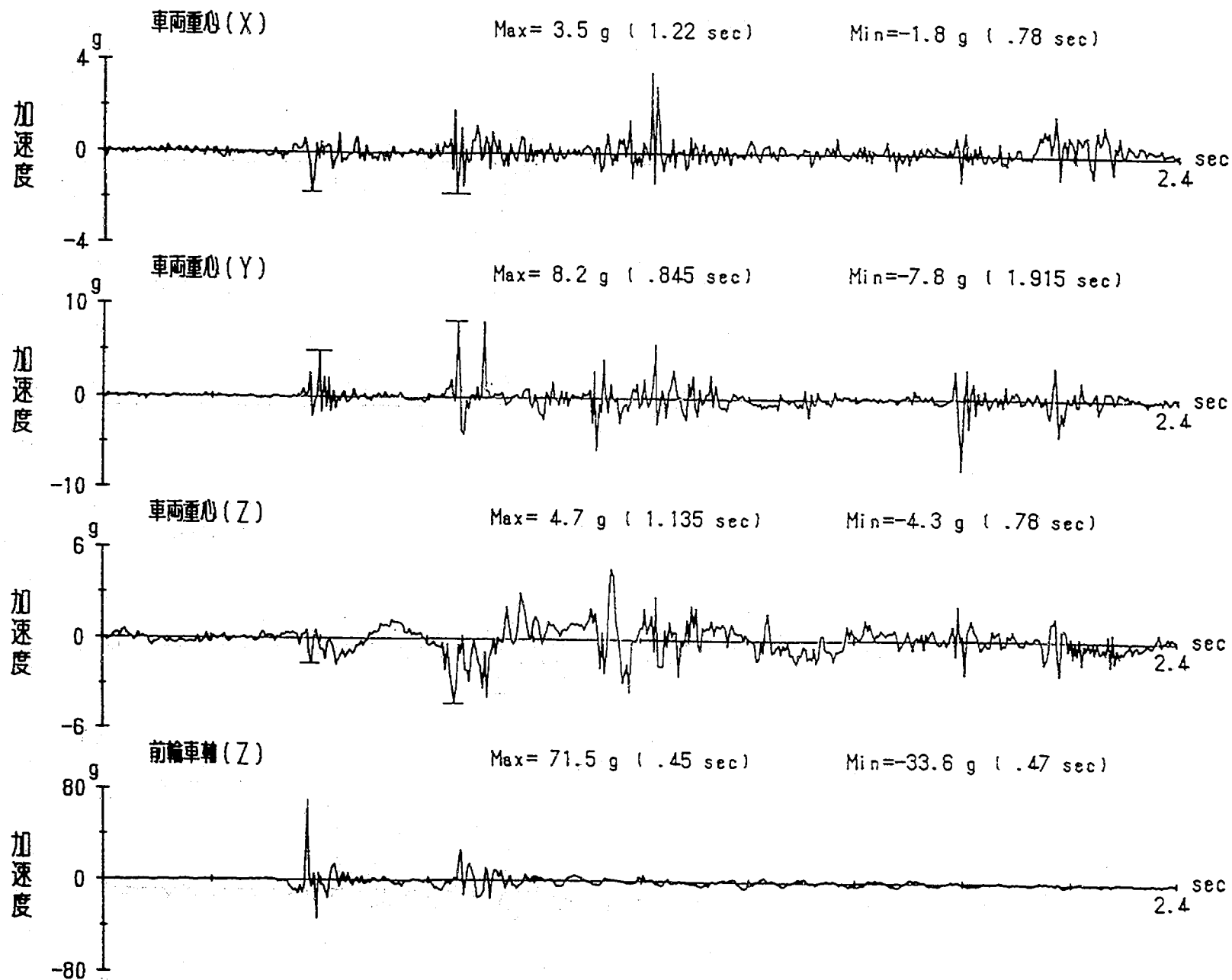
(TEST No.3)



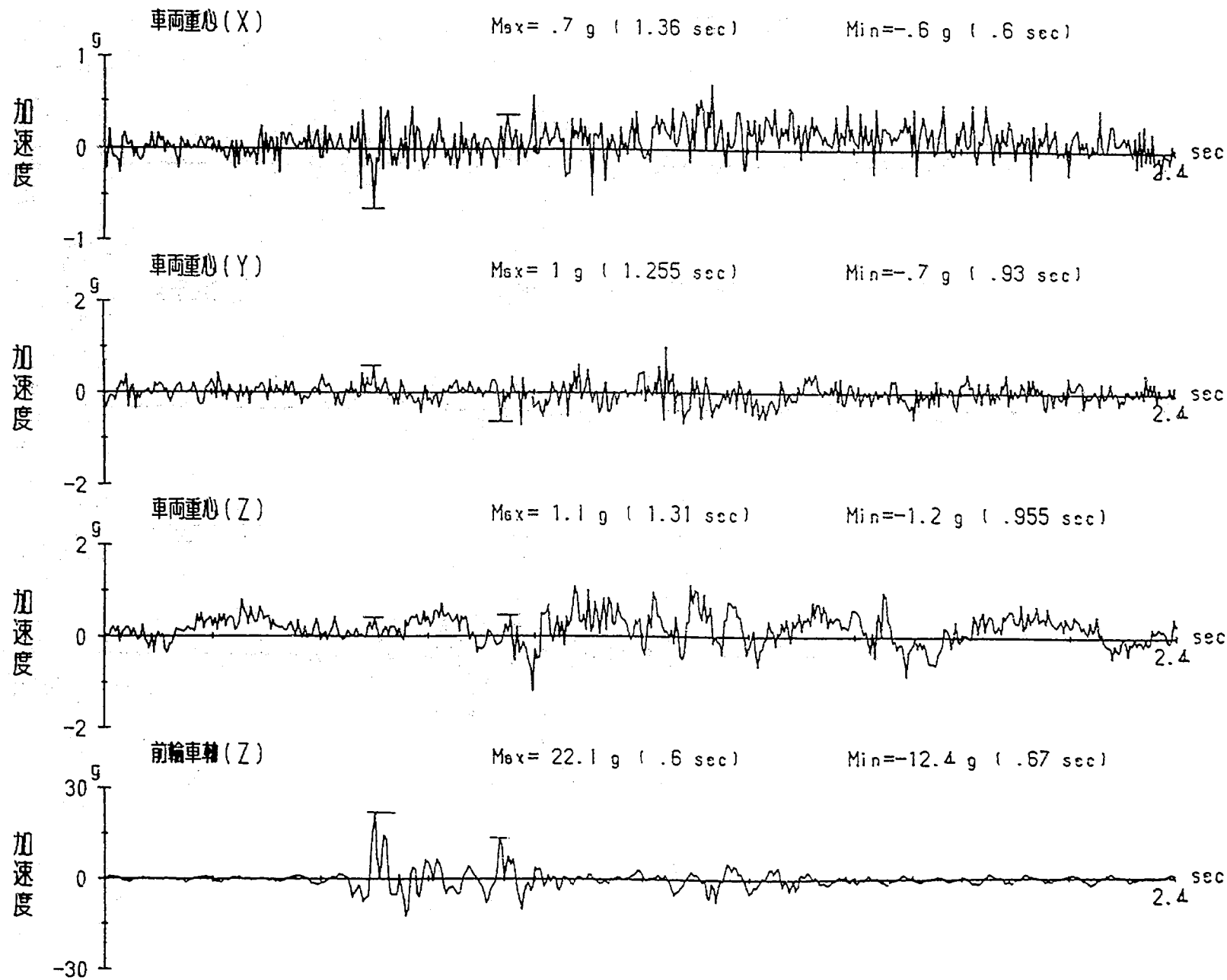
(TEST No.4)



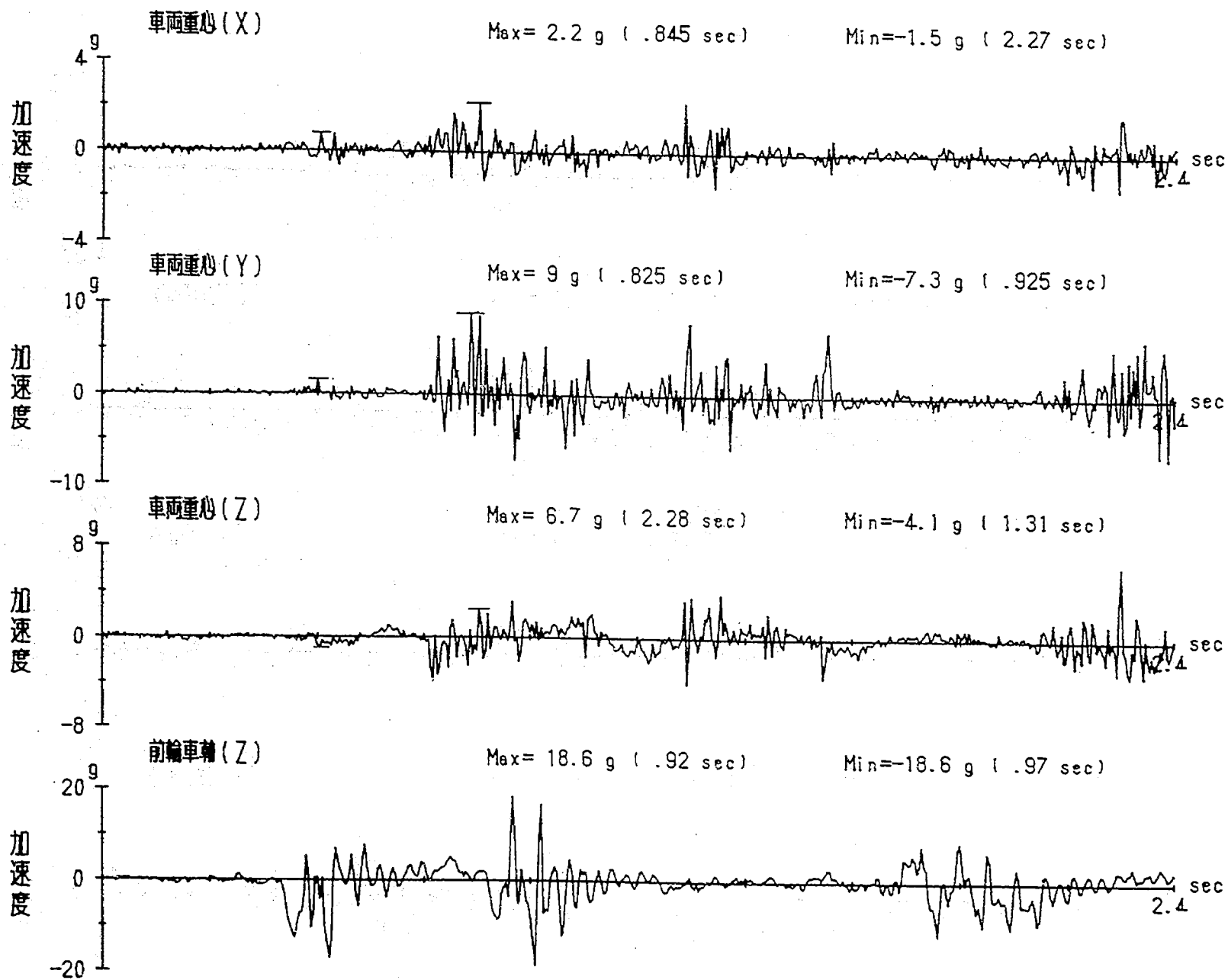
(TEST No.5)



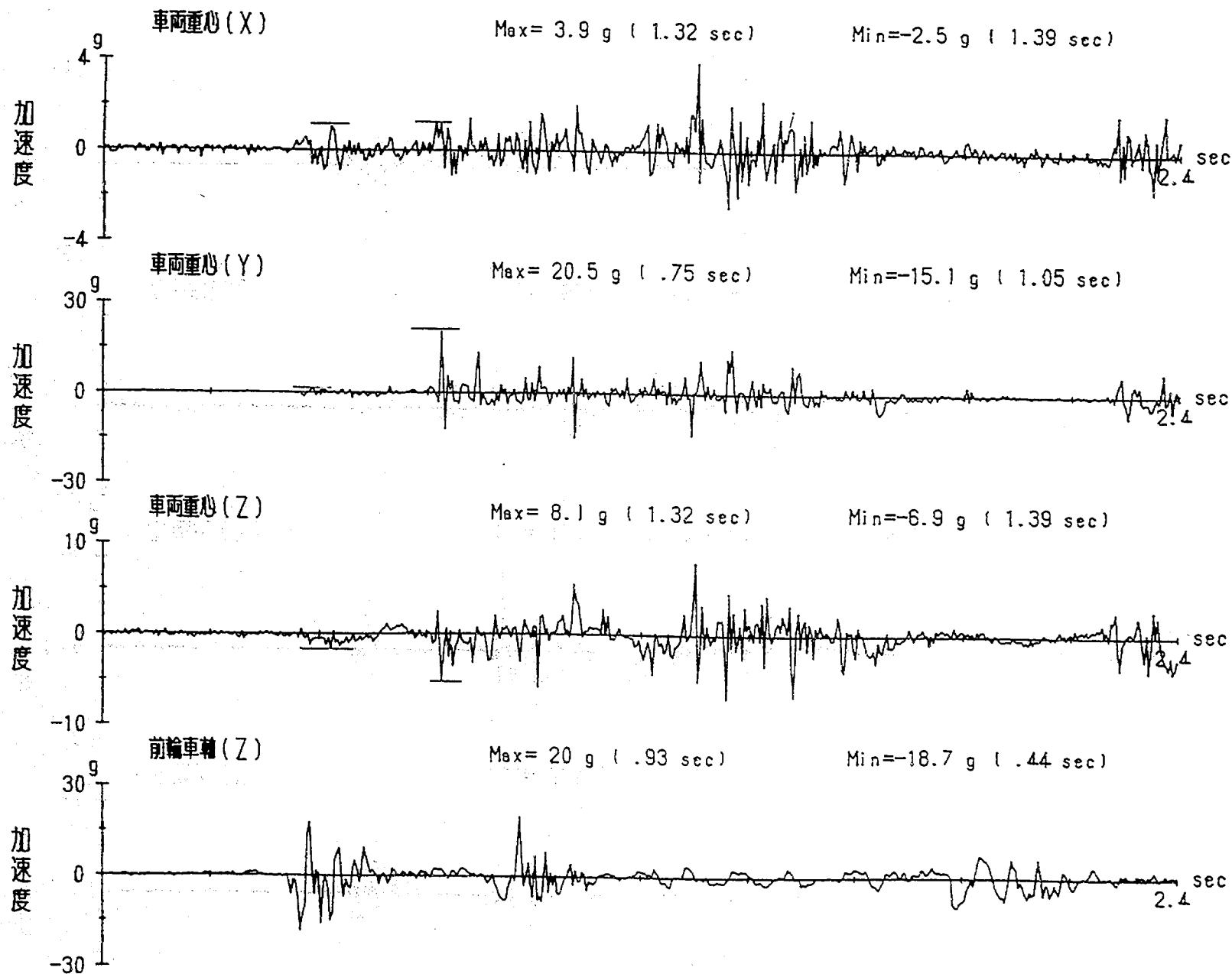
(TEST No.6)



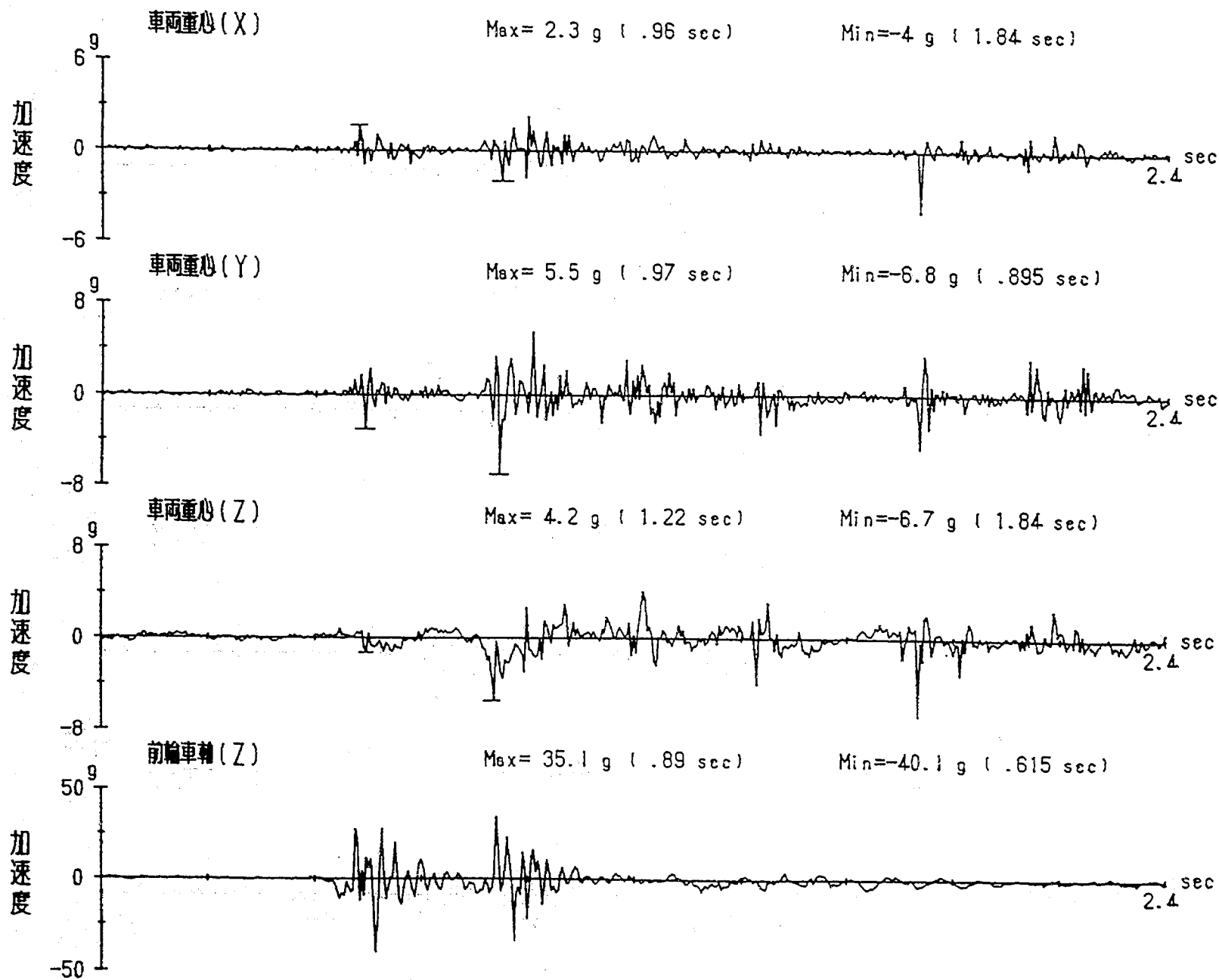
(TEST No.7)



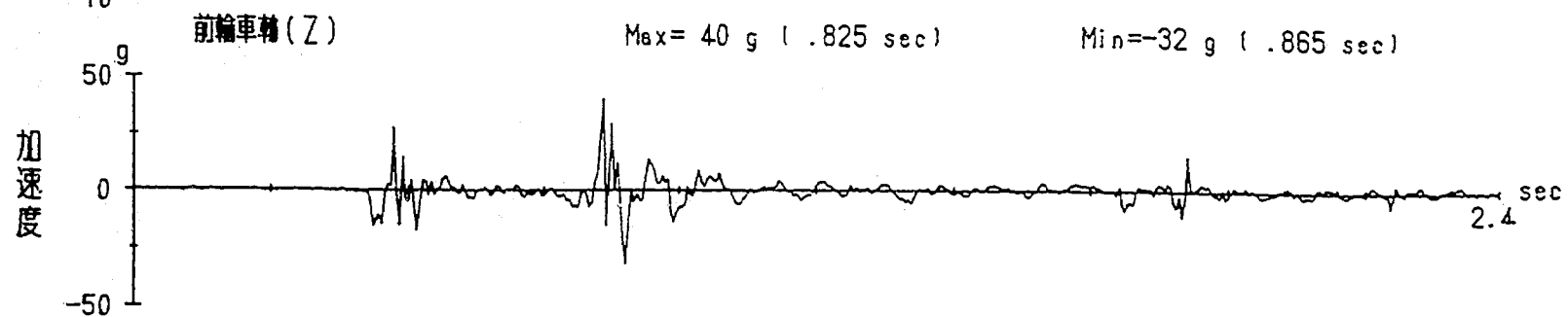
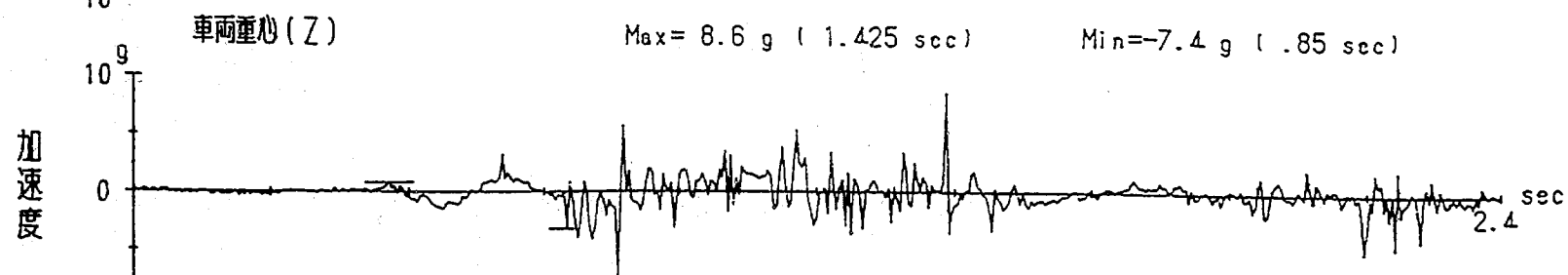
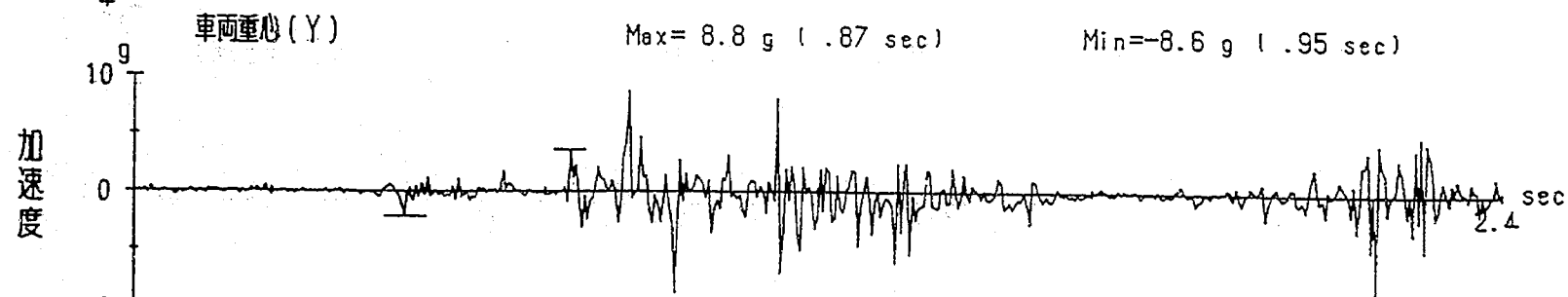
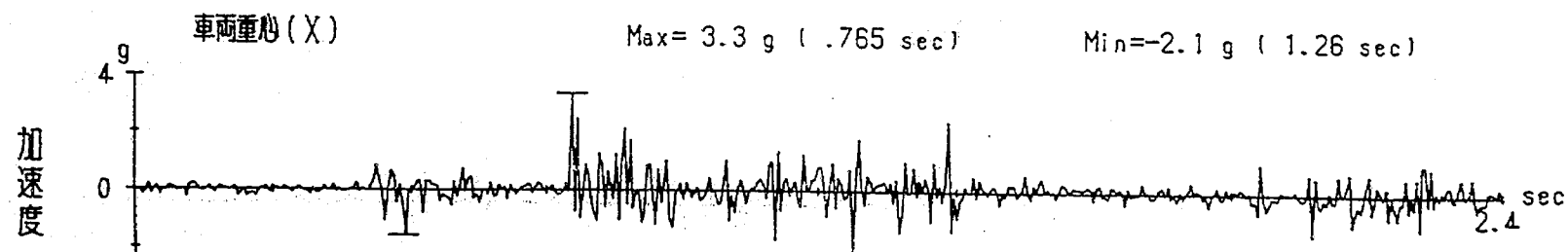
(TEST No.8)



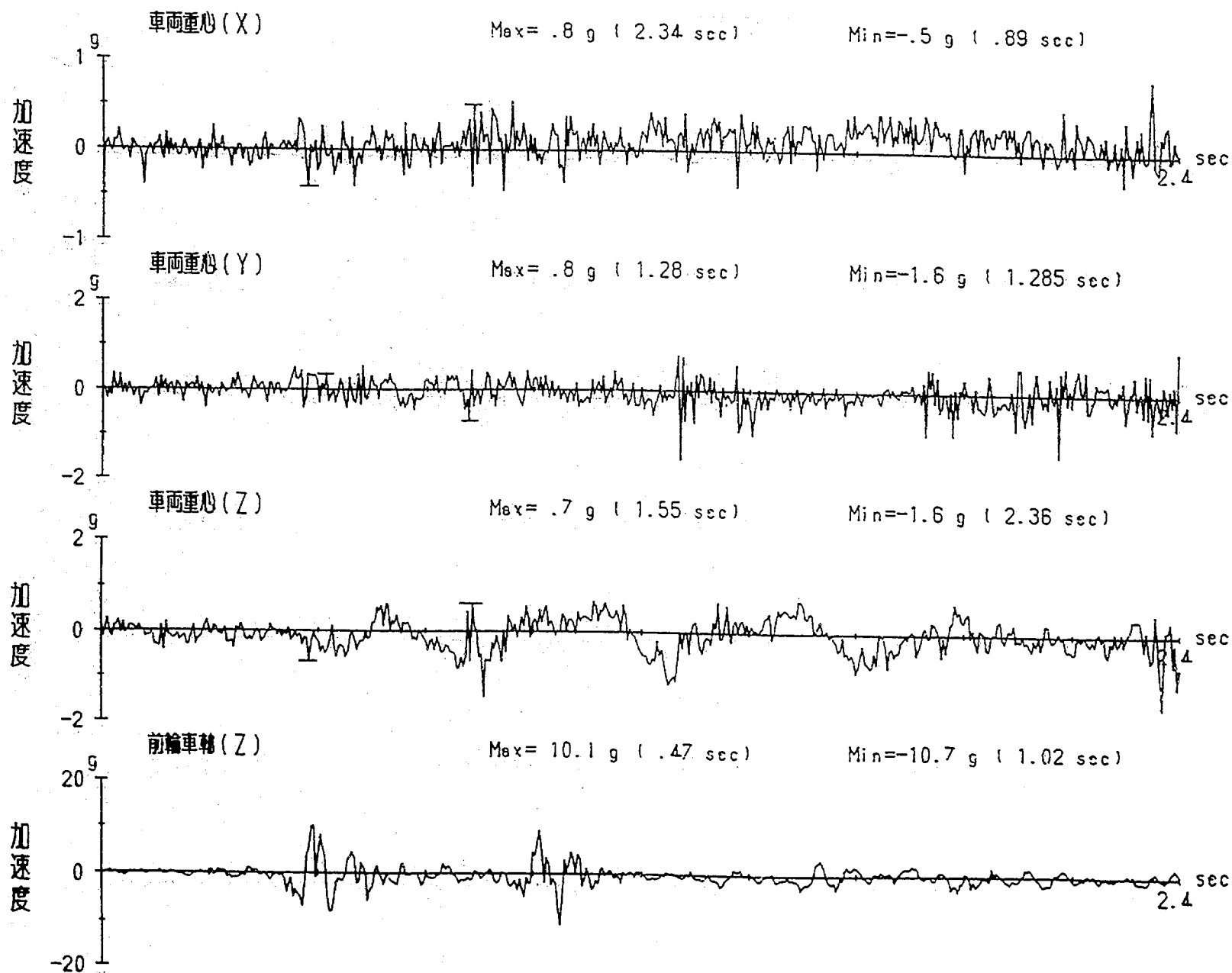
(TEST No.9)



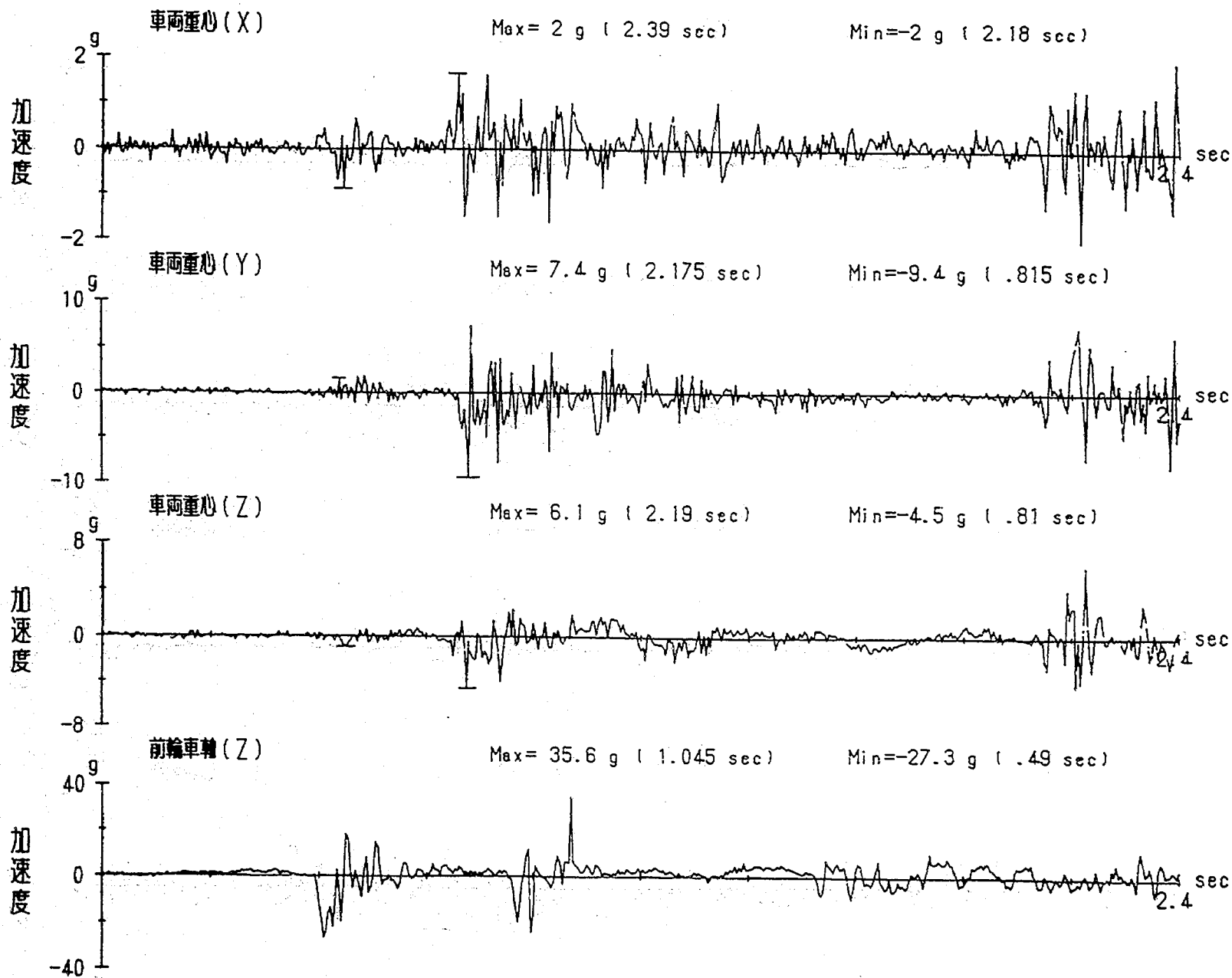
(TEST No.10)



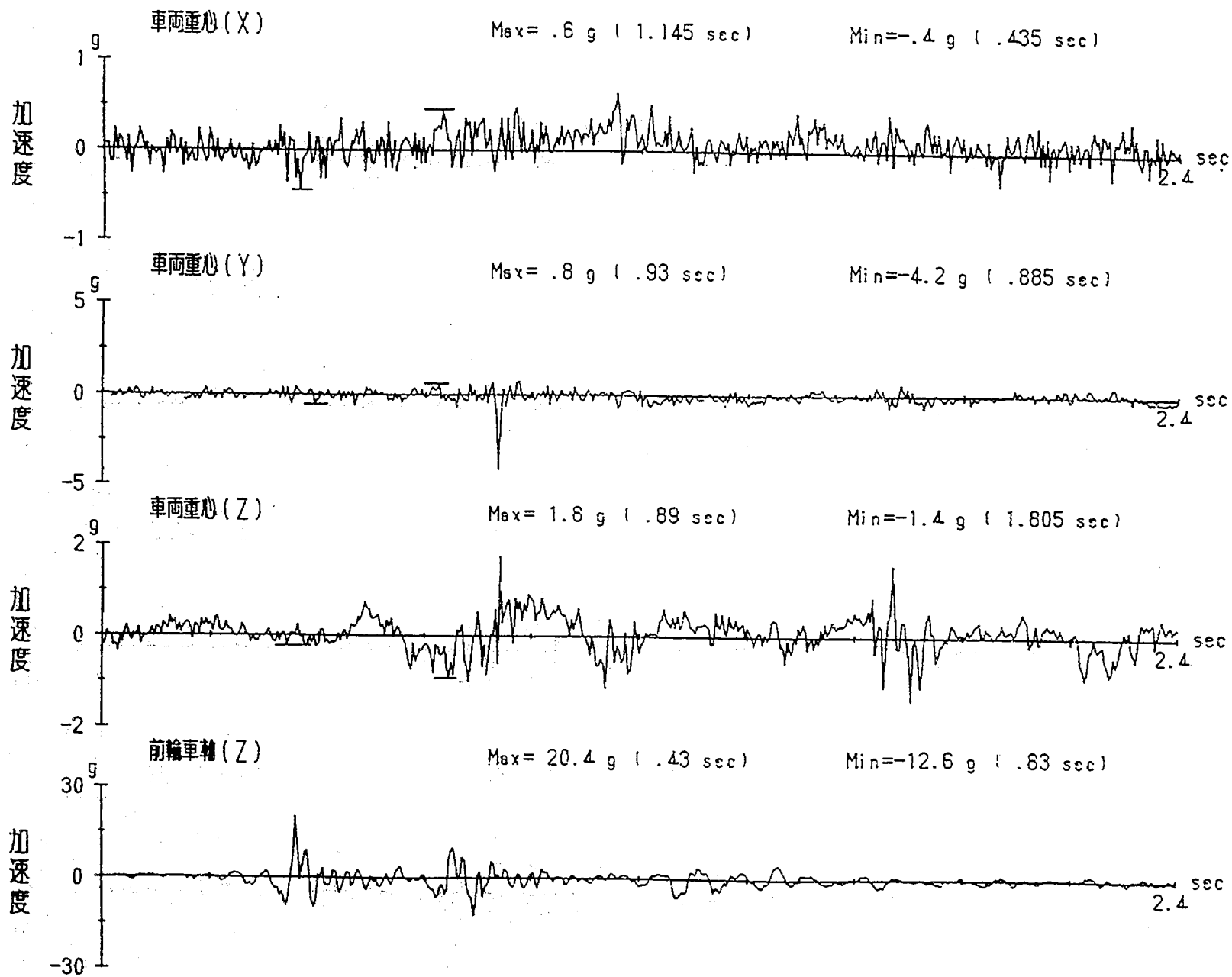
(TEST No.11)



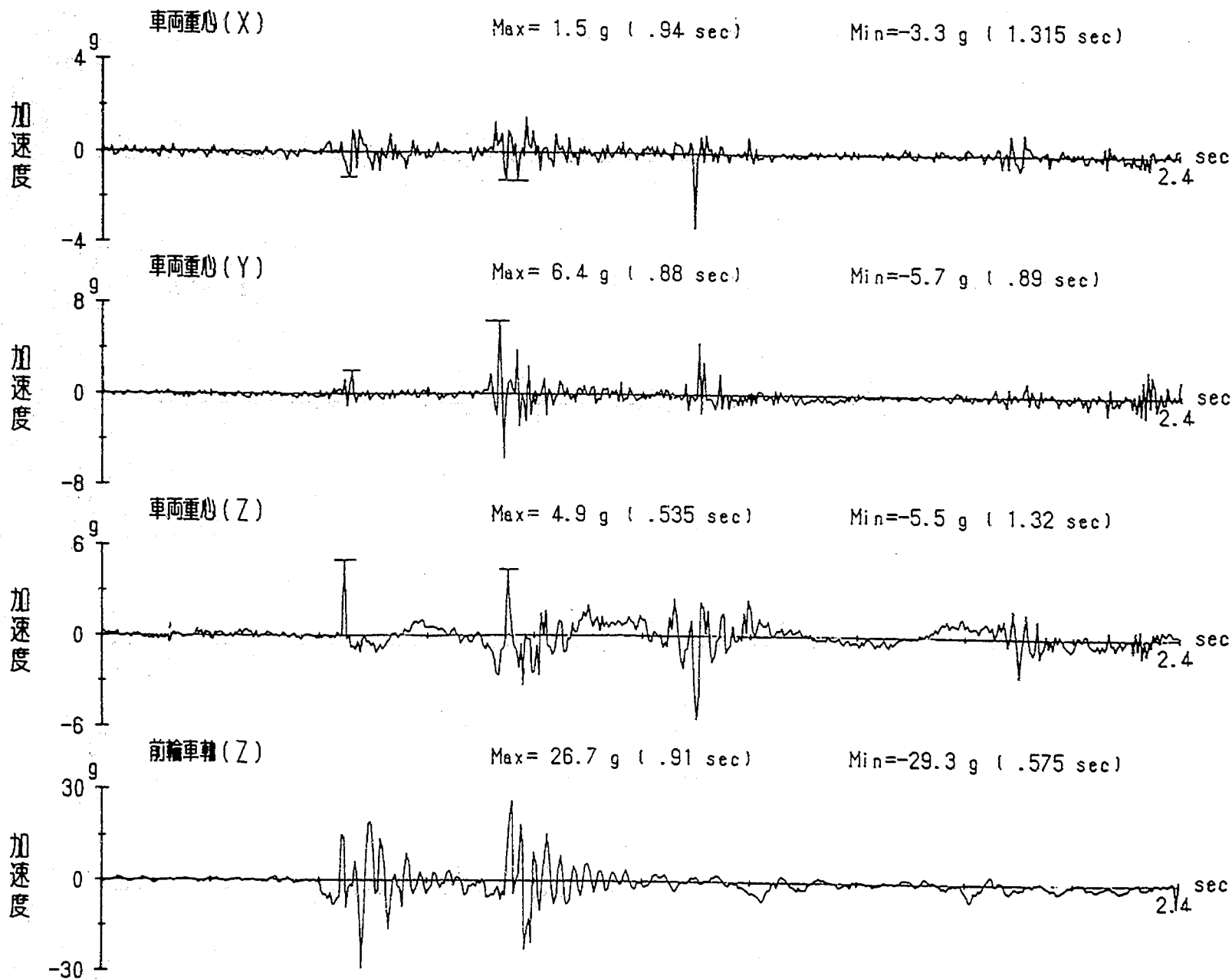
(TEST No.12)



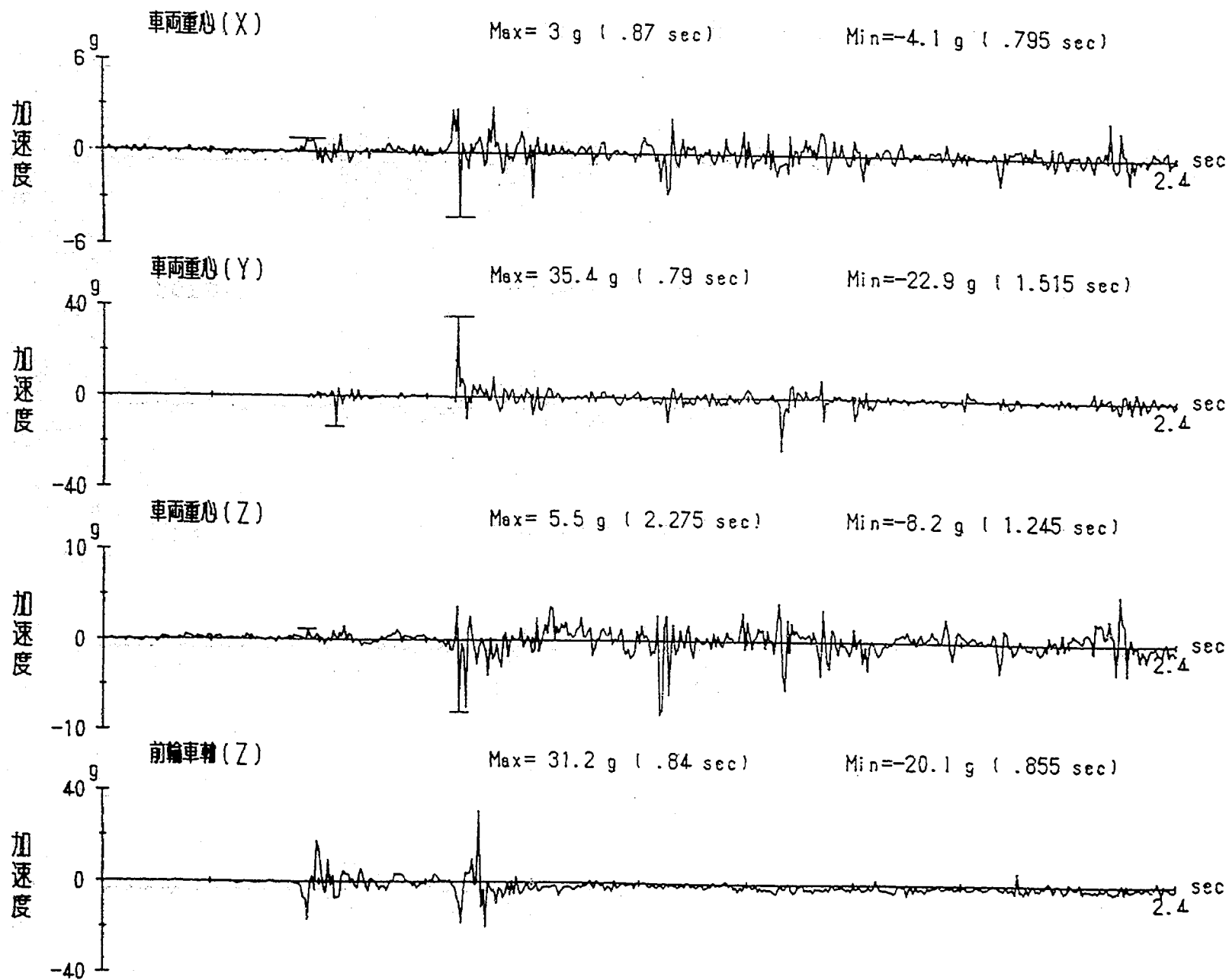
(TEST No.13)



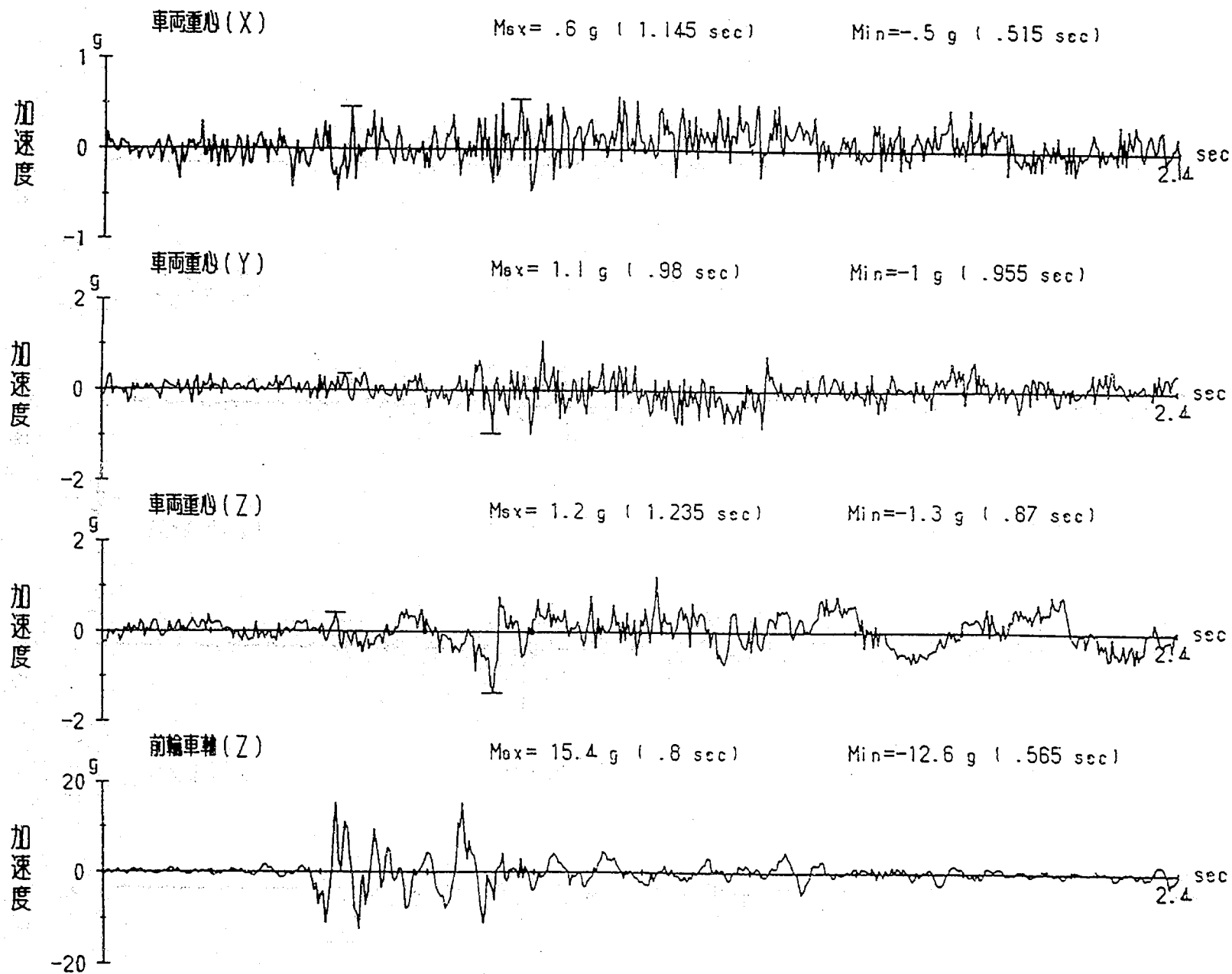
(TEST No.14)



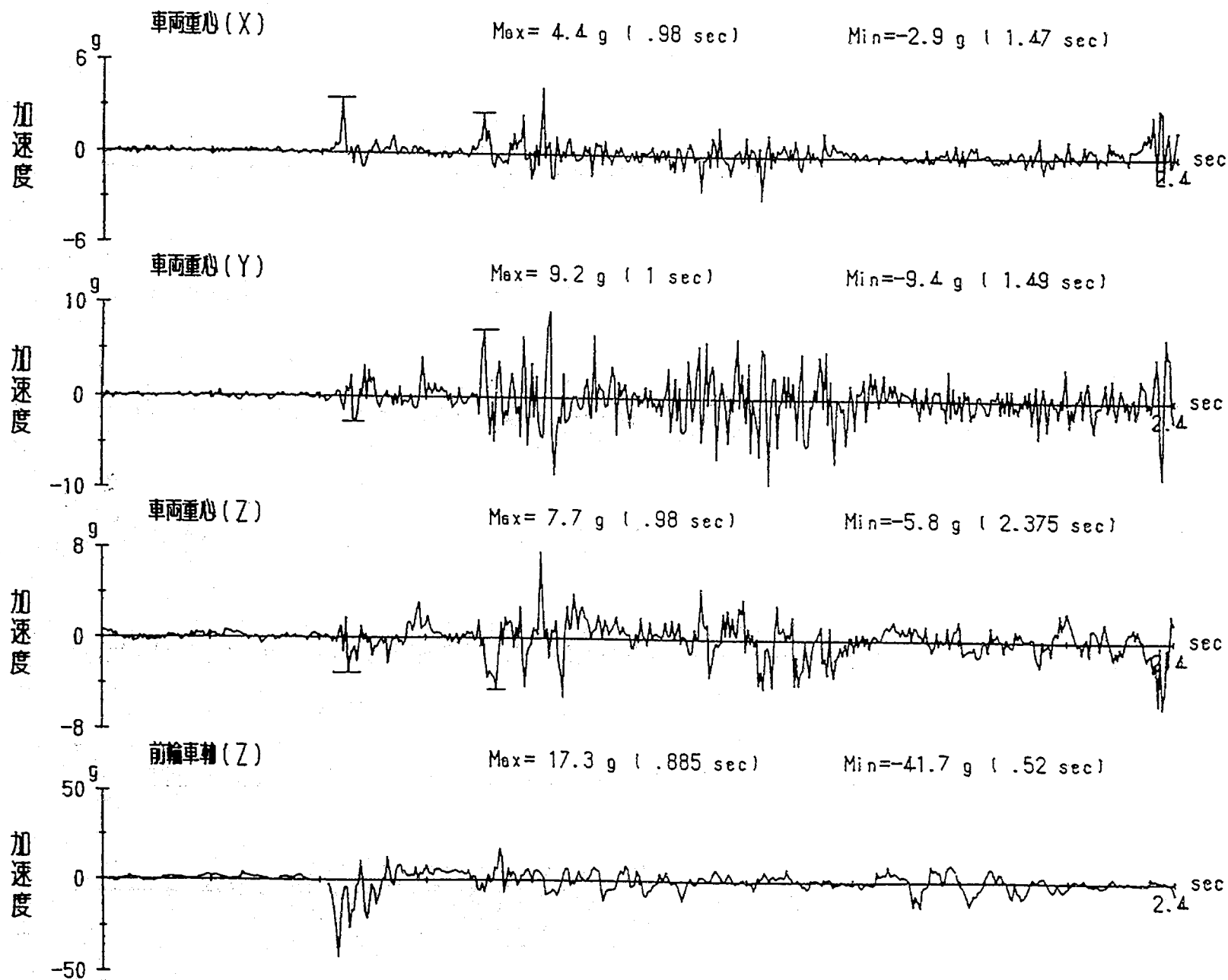
(TEST No.15)



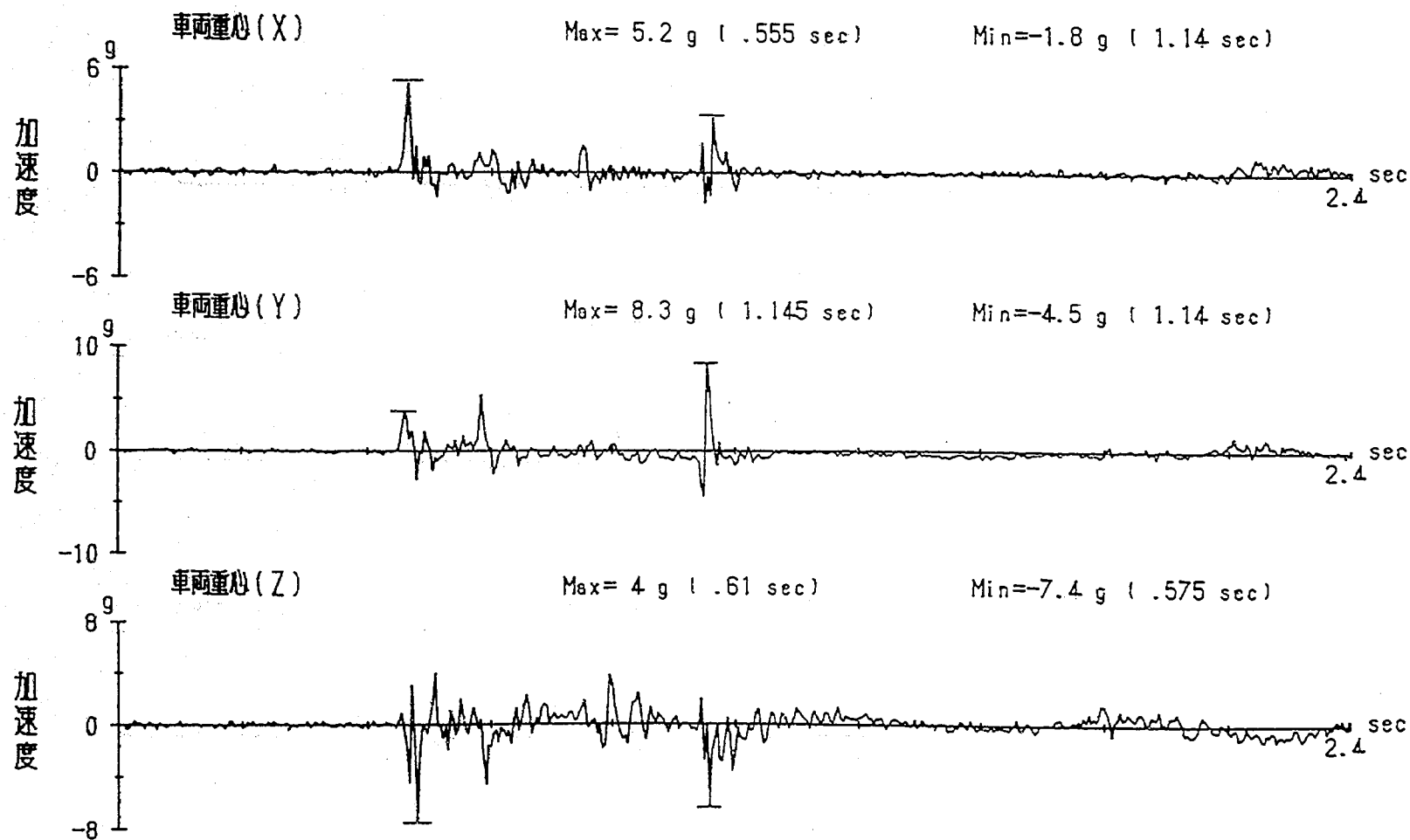
(TEST No.16)



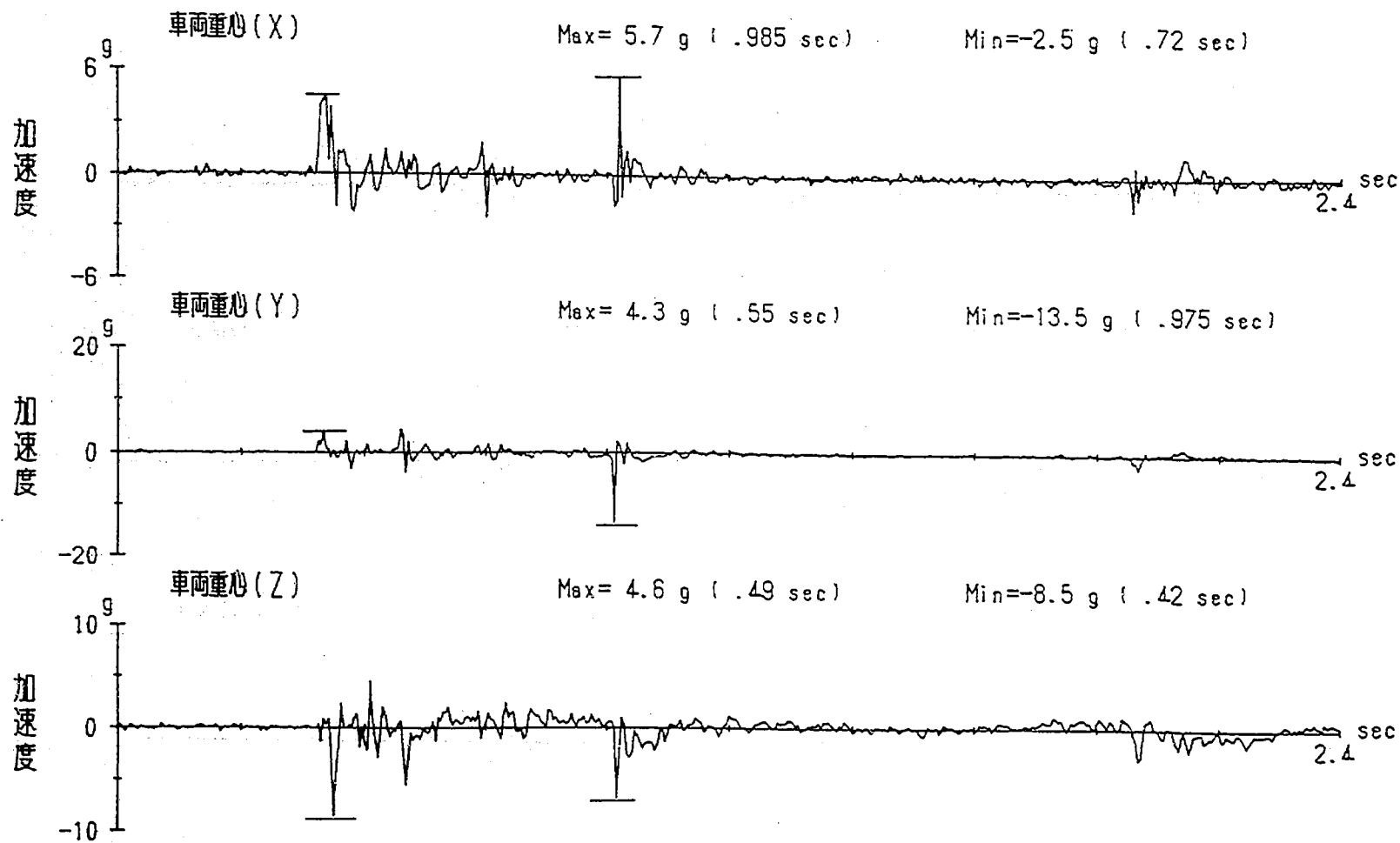
(TEST No.17)



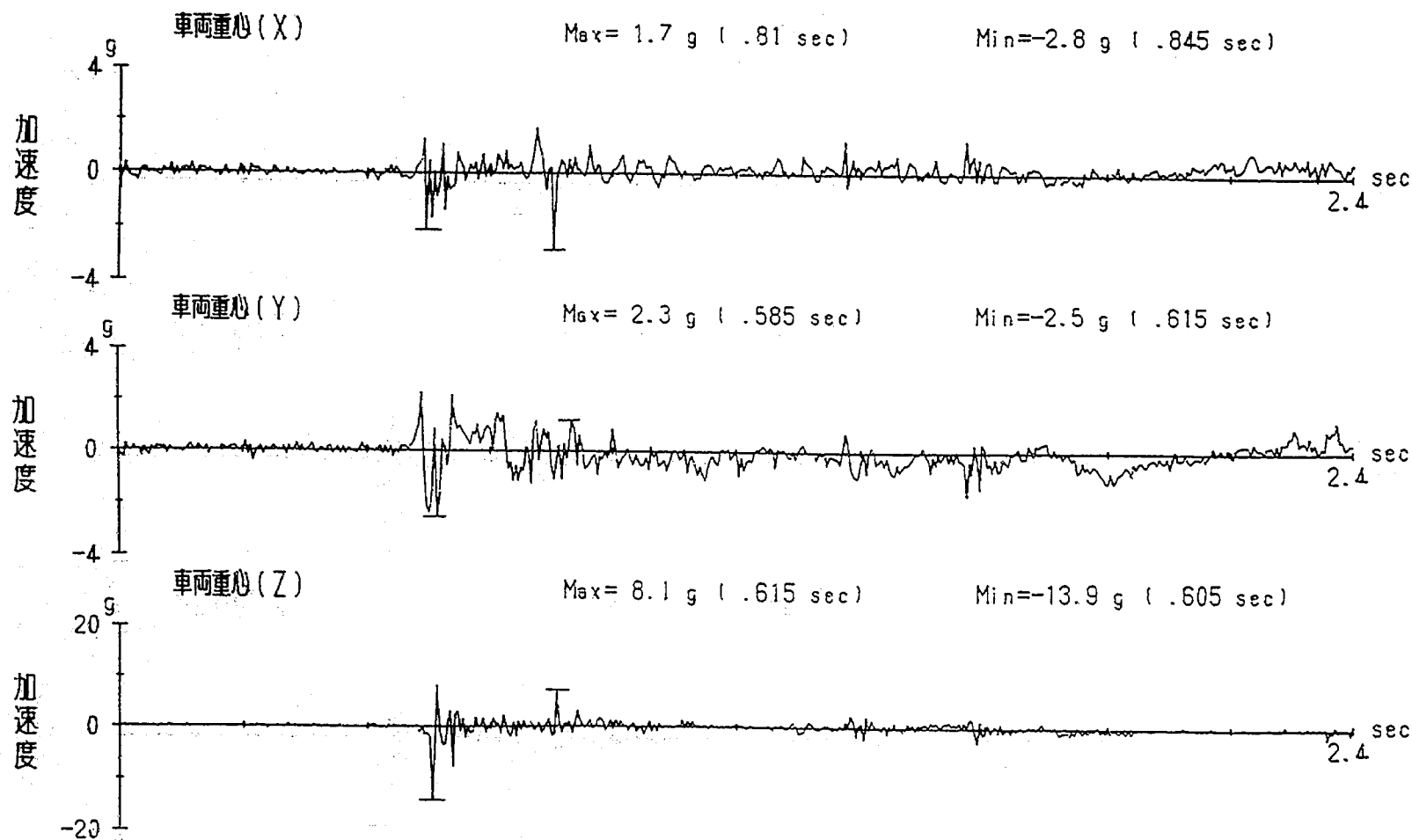
(TEST No.18)



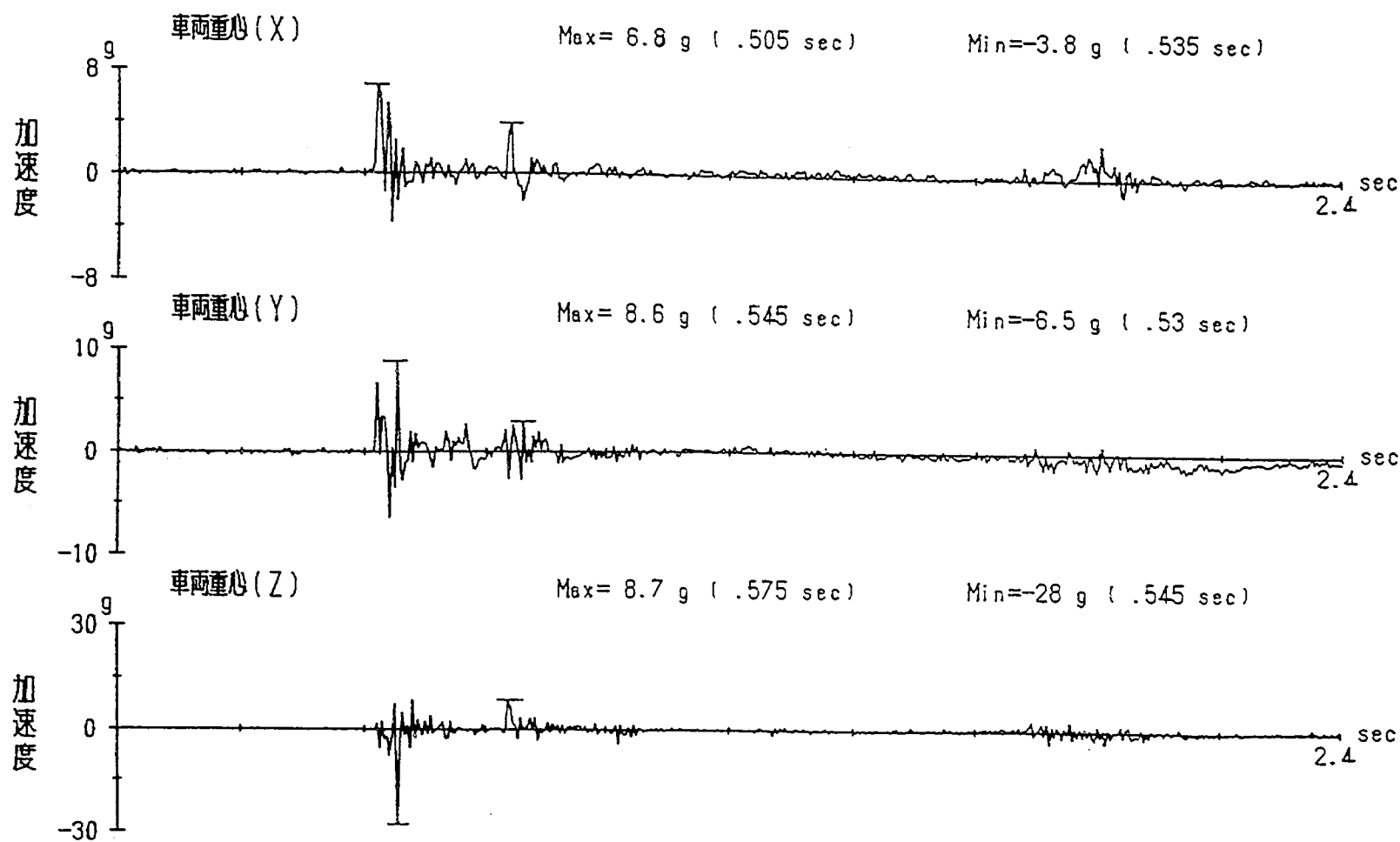
(TEST No.19)



(TEST No.20)



(TEST No.21)



(TEST No.22)

付録6) アンケート調査表

ドライバーのアンケート調査表

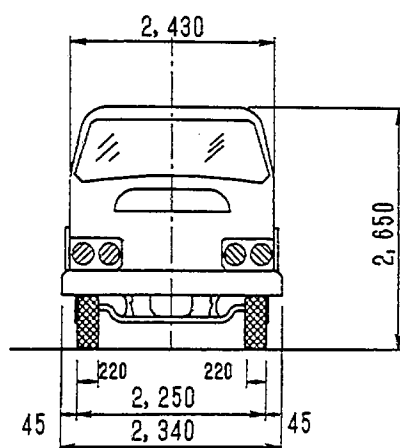
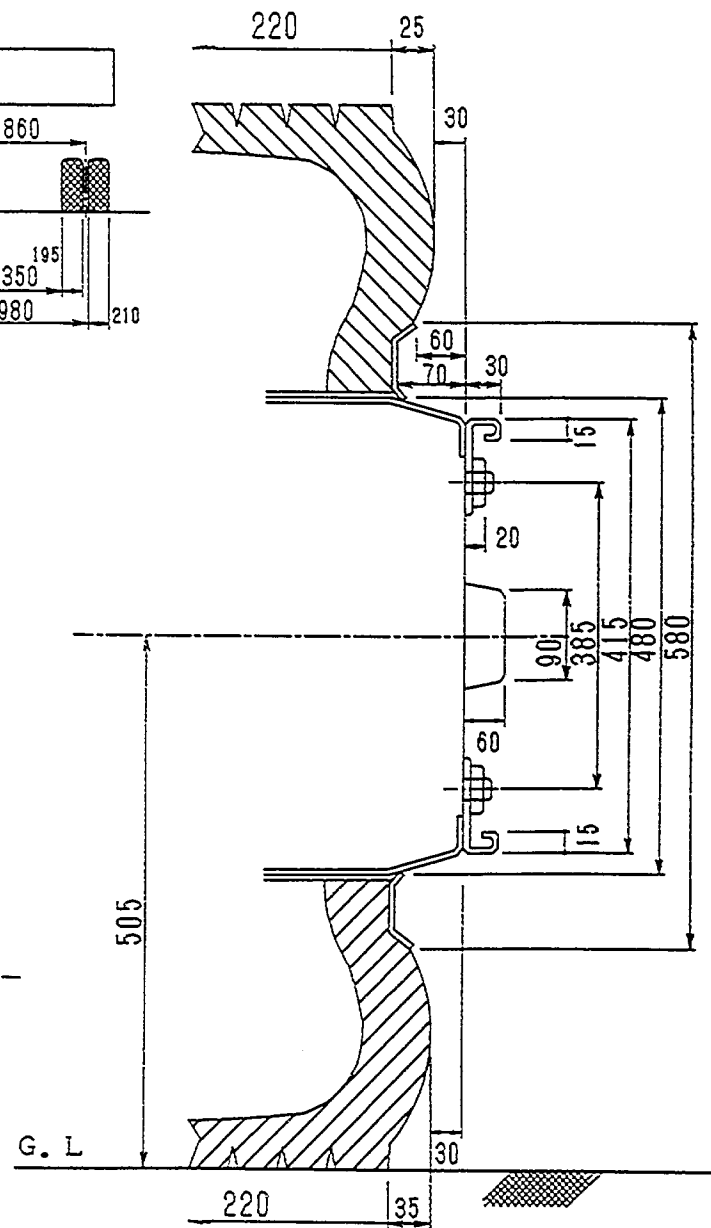
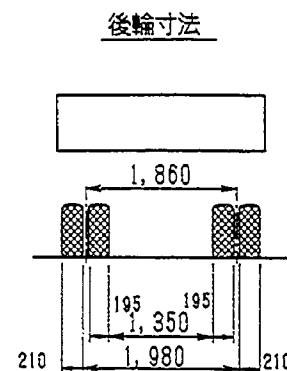
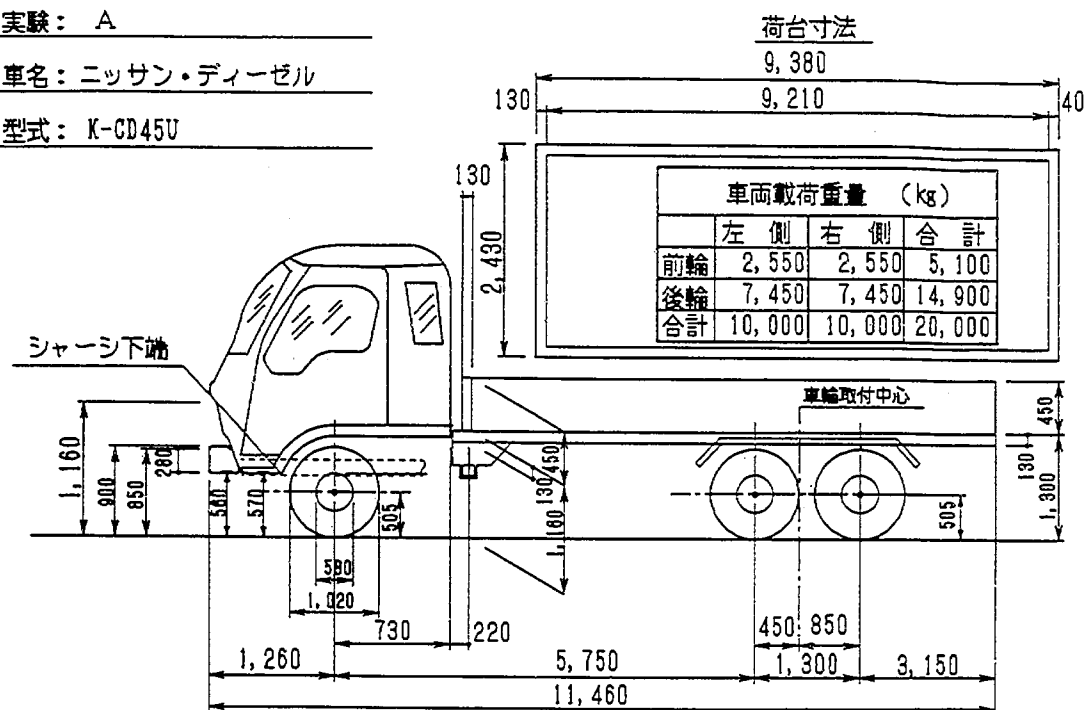
実験 番号	形 状	車 種	縁 石 高 さ (cm)	進 入 角 度 (°)	衝 突 速 度 (km/h)	実 験 日	衝 突 時 の 感 想														そ の 他
							ショックの 有無		ハンドルの 取られ		飛び上り 感、車体の 浮き上り		車体後部 の振られ、 横揺れ		頭が車内 天井につ いた		素人では 危険		ヘルメット 無し では危険		
							有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し	思う	思わ ない	思う	思わ ない	
1	マウンダブル	大型20t	10	15	57.4	1/26		○		○		○		○		○		○			
2	マウンダブル	大型20t	20	15	57.3	2/3	○		○右		○		○			○	○		○		
3	マウンダブル	大型20t	25	15	64.5	2/16	○		○左		○		○			○	○		○		高さは変わっても、体を感じるショックは変わらなかった。
4	マウンダブル	大型20t	10	20	57.3	1/25		○		○		○			○		○		○		
5	マウンダブル	大型20t	20	20	57.4	2/3	○			○	○		○			○	○		○		
6	マウンダブル	大型20t	25	20	61.8	2/16	○		○左		○		○			○	○		○		
7	マウンダブル	大型20t	10	25	57.0	1/26		○		○			○			○		○		○	実験1、4、7の中で、一番ショックを感じた。
8	DAV	大型20t	20	15	61.2	2/12	○		○左		○		○			○	○		○		直角に比べショックはなかった。
9	DAV	大型20t	25	15	62.0	2/18	○		○左		○		○			○	○		○		
10	DAV	大型20t	20	20	63.8	2/12	○		○左		○		○			○	○		○		
11	DAV	大型20t	25	20	61.6	2/18	○		○左		○		○			○	○		○		進入角15°と比べ、かなり体を横に振られた。
12	直 角	大型20t	10	15	57.4	1/30	○			○	○			○		○		○		○	
13	直 角	大型20t	20	15	62.7	2/8	○		○左		○		○			○	○		○		進入角20°より、大きくハンドルが取られた。
14	直 角	大型20t	10	20	57.0	1/30	○			○	○			○		○		○		○	マウンダブル型と比較し、下から突くようなショックを感じた。
15	直 角	大型20t	20	20	56.8	2/8	○		○左		○		○			○	○		○		体の横揺れが、実験2よりも大きかった。
16	直 角	大型20t	25	20	59.8	2/23	○		○左		○		○			○	○		○		タイヤのバーストにより、ホイルが縁石を超えるたびに突き上がるショックがあった。
17	直 角	大型20t	10	25	57.0	1/30	○			○	○		○			○	○		○		他の角度よりも、体が横に振られた。
18	直 角	大型10t(空荷)	25	20	63.2	2/23	○		○左		○		○			○	○		○		車体が浮いた感じはあるが、体のダメージは少なかった。
19	DAV	小型 1t	20	15	63.0	2/12	○		○左		○		○			○	○		○		大型に比べショックはかなり大きく、体は横に振れた。
20	DAV	小型 1t	25	15	63.0	2/18	○		○左		○		○			○	○		○		
21	マウンダブル	小型 1t	20	20	62.2	2/3	○		○		○		○			○	○		○		トラックと比べ、ハンドルの取られ、車体の横揺れを感じた。
22	DAV	小型 1t	20	20	62.5	2/12	○		○左		○		○			○	○		○		15°のケースに比べて、横揺れは勿論、突き上げるようなショックを感じた。

付録 7) 実験車諸元

実験: A

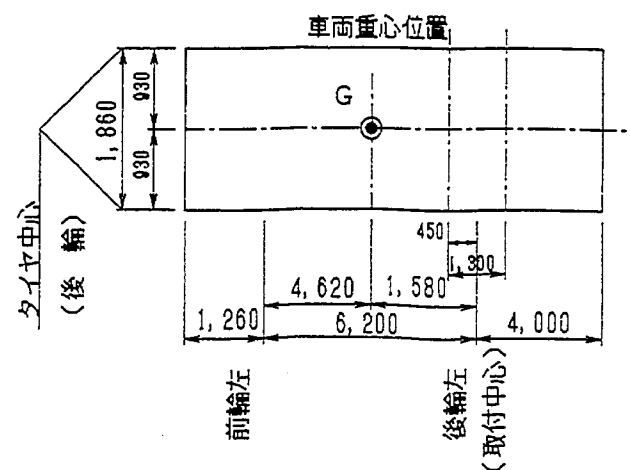
車名: ニッサン・ディーゼル

型式: K-CD45U



タイヤ・サイズ

前輪	10-20-14PR
後輪	10-20-14PR

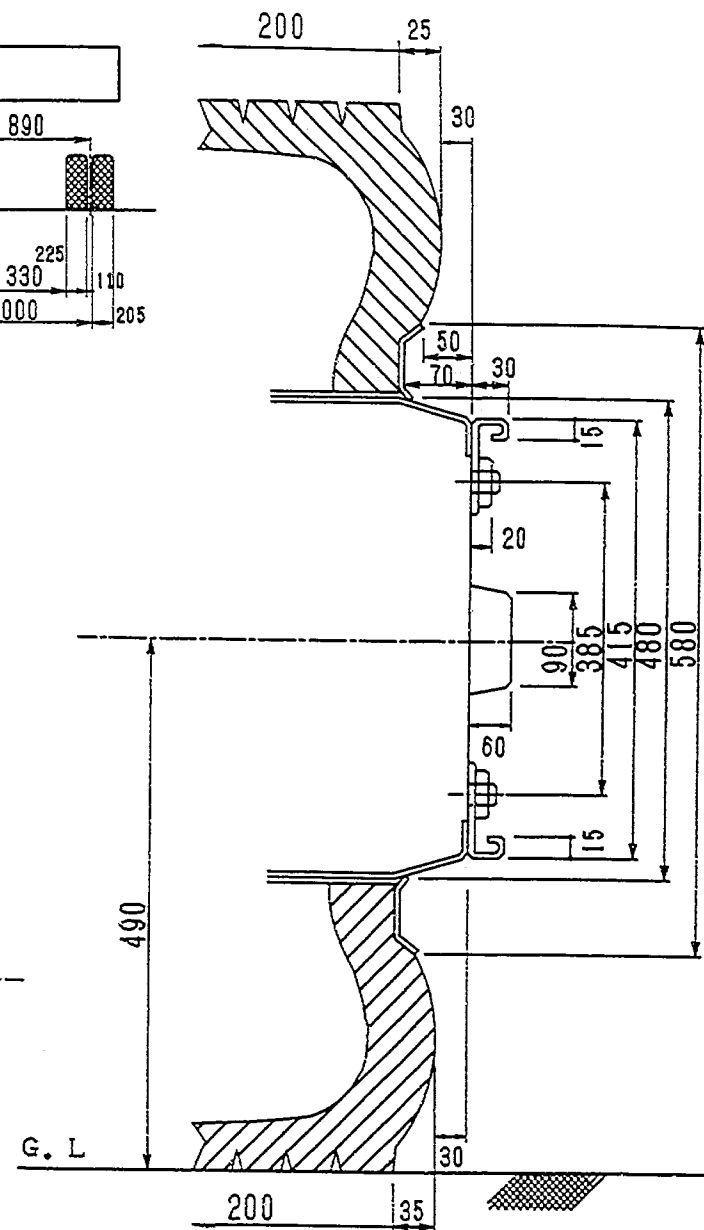
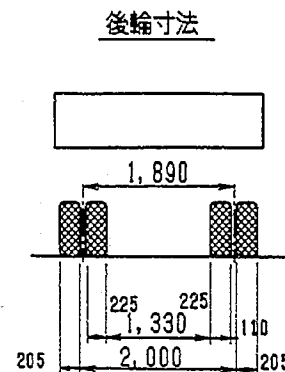
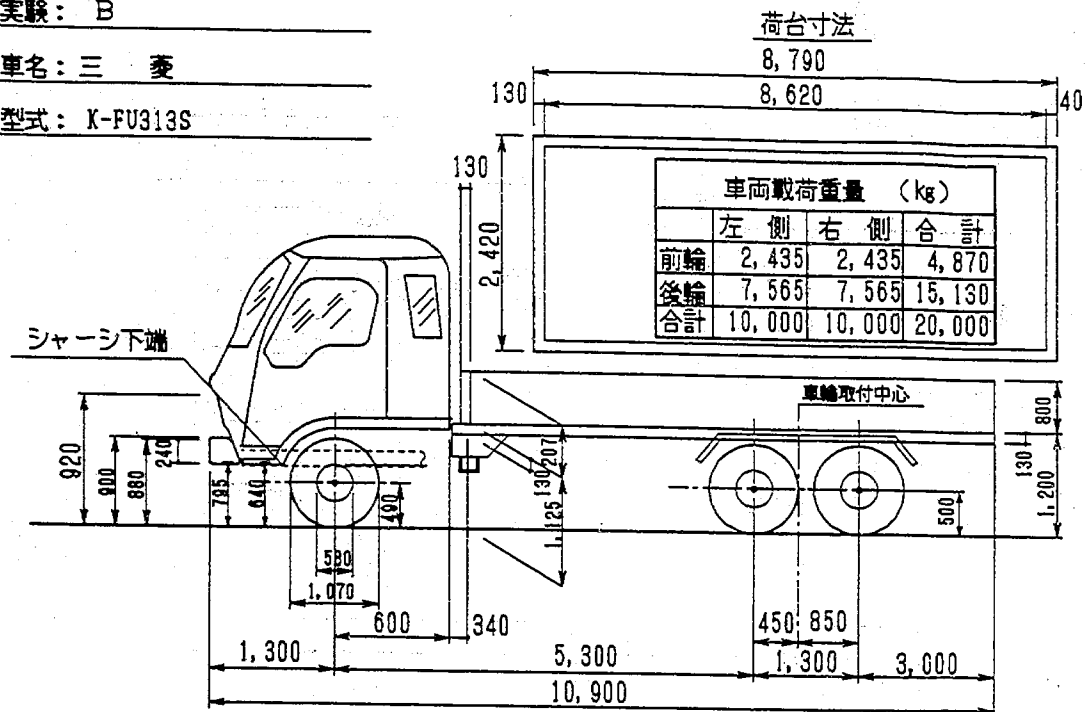


実験車の寸法

実験： B

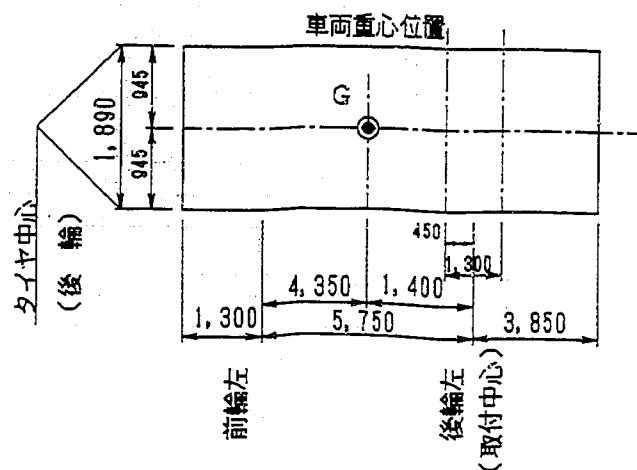
車名： 三 菱

型式： K-FU313S



タイヤ・サイズ

前輪	10-20-14PR
後輪	10-20-14PR



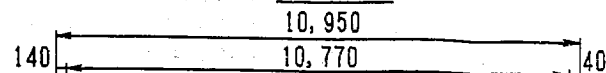
実験車の寸法

実験: C

車名: 日 野

型式: KF-585

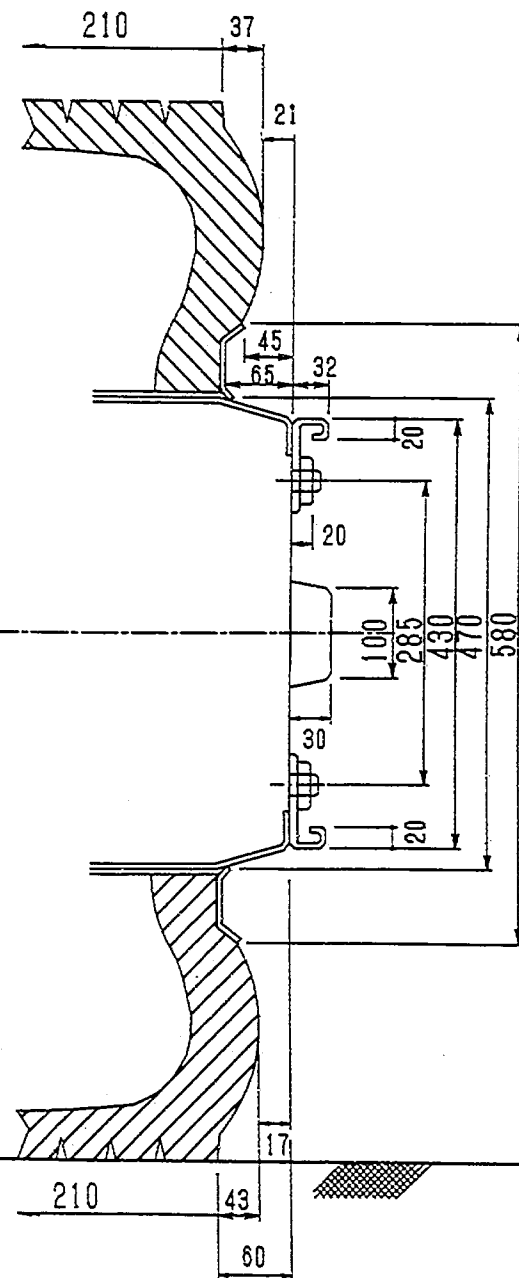
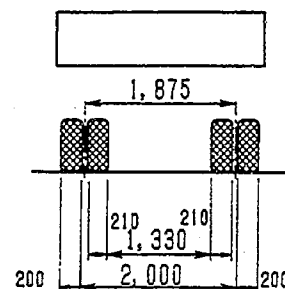
荷台寸法



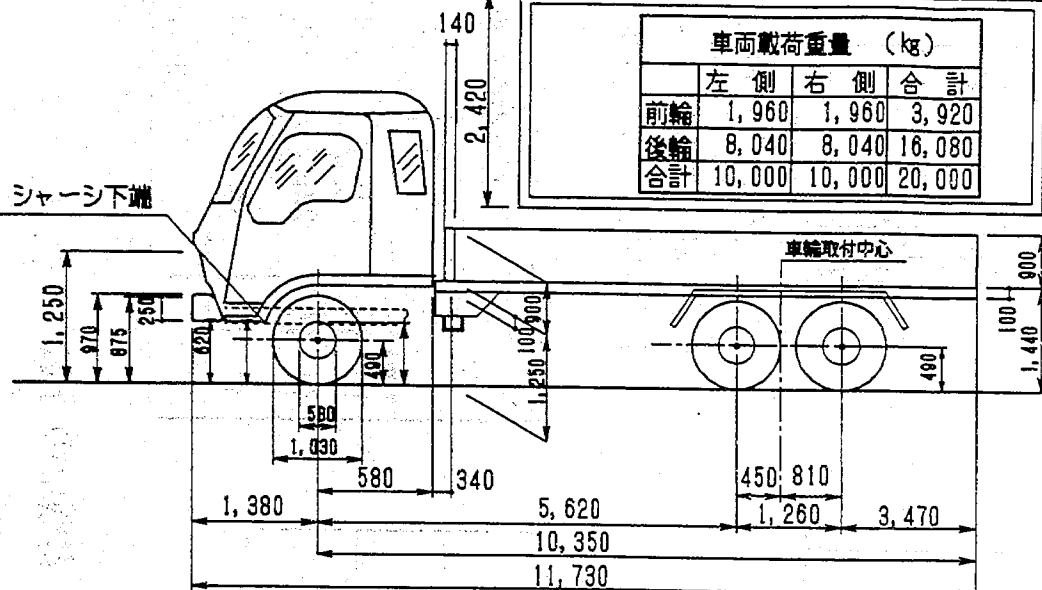
車両載荷重量 (kg)

	左側	右側	合計
前輪	1,960	1,960	3,920
後輪	8,040	8,040	16,080
合計	10,000	10,000	20,000

後輪寸法



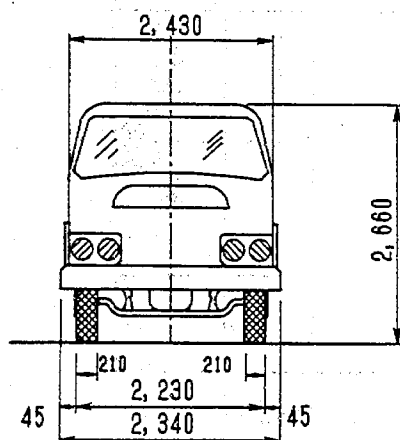
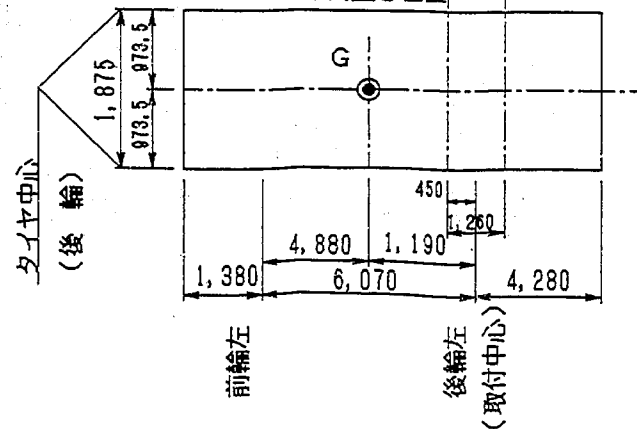
シャーシ下端



タイヤ・サイズ

前輪	10-20-14PR
後輪	10-20-14PR

車両重心位置

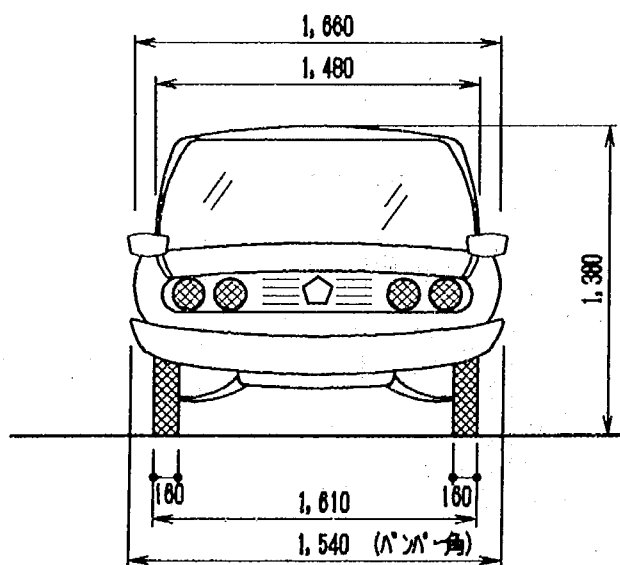
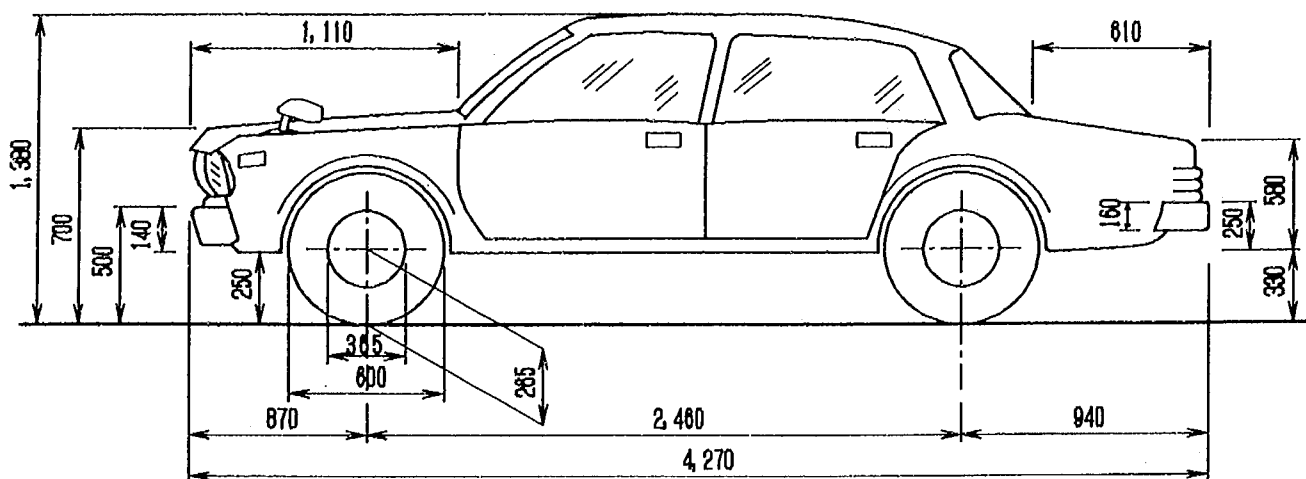


実験車の寸法

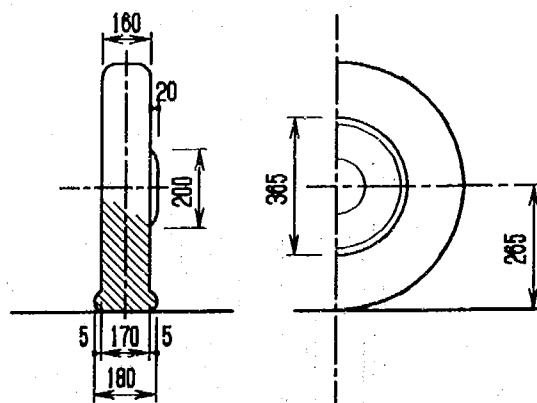
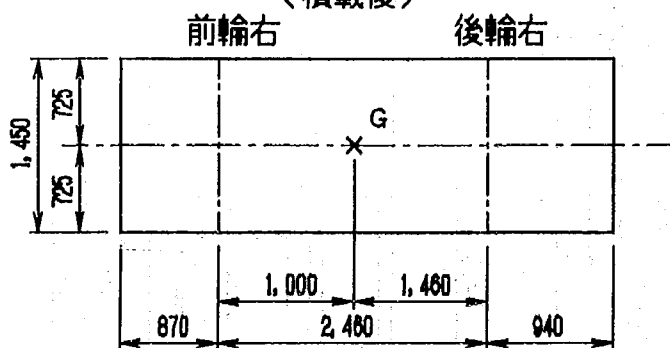
車 名: ニッサン

形 式: E-HN12 (1,480CC)

実験番号: I



車両重心位置
(積載後)



タイヤサイズ

前 輪	185/170 R(3.85s)
後 輪	185/170 R(3.85s)

	車両積載荷重量 (kg)		
	左	右	合 計
前 輪	310	310	620
後 輪	240	240	480
合 計	550	550	1,100
	1,100 ≒ 1.0t		

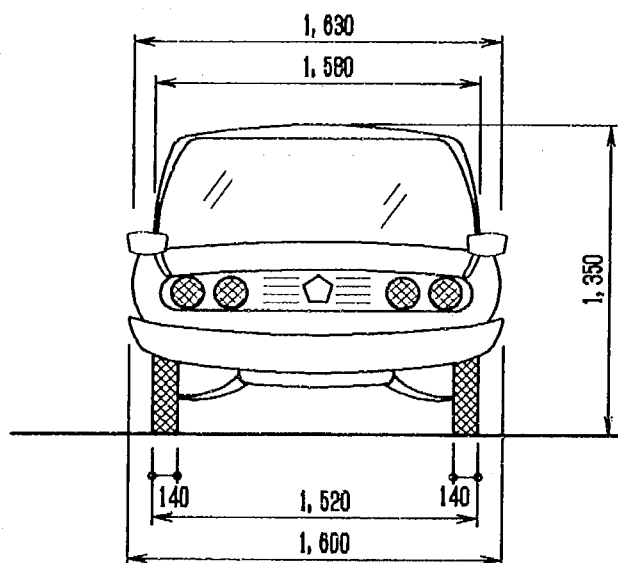
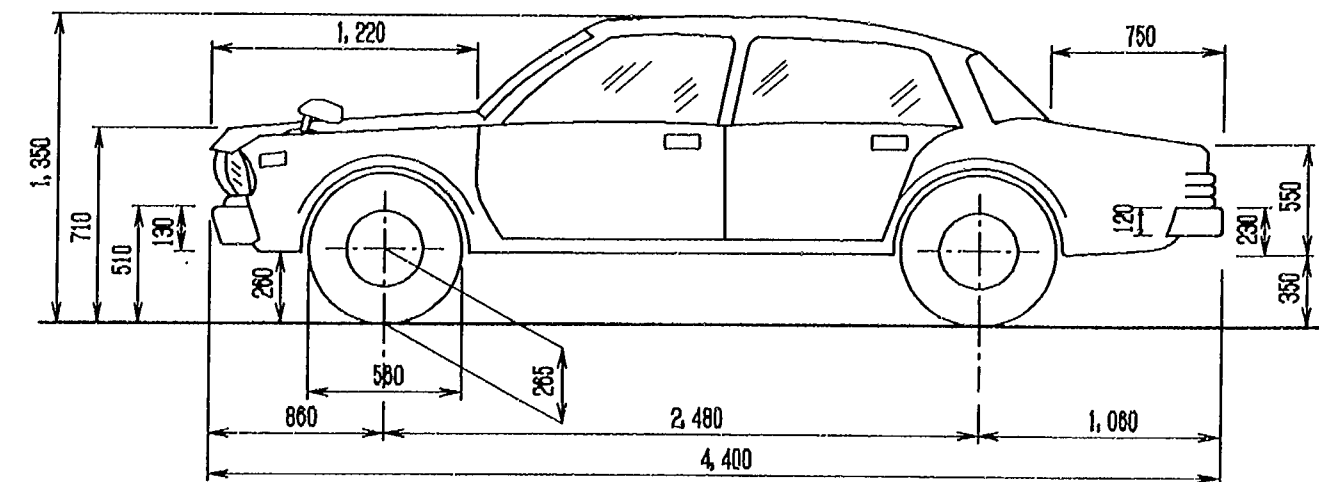
実験車の寸法

実験車の寸法

車 名: トヨタ コロナ

形 式: E-AT150 (1,450CC)

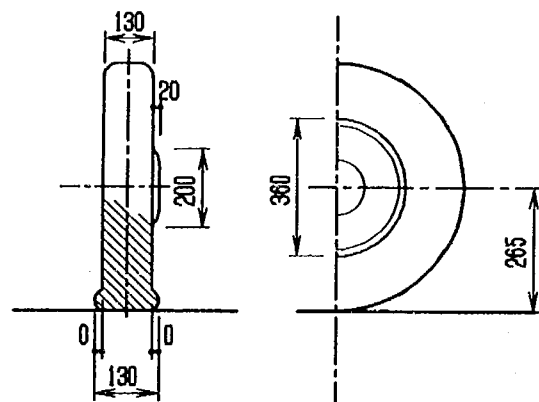
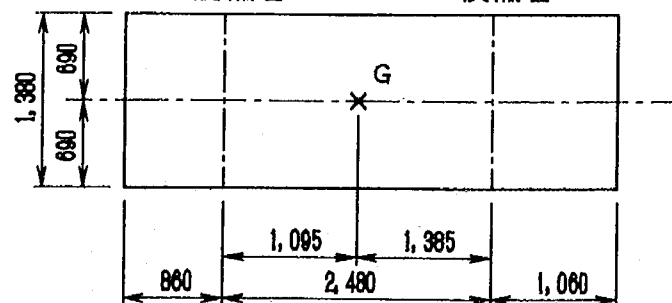
実験番号: II



車両重心位置
(積載後)

前輪右

後輪右



タイヤサイズ

前 輪	165/70SR 13
後 輪	165/70SR 13

	車両積載荷重量 (kg)		
	左	右	合 計
前 輪	307	307	614
後 輪	243	243	486
合 計	550	550	1,100
	1,100 ÷ 1.0t		

実験車の寸法

付録 8) D A V による小型車誘導実験結果

剛性防護柵に関する検討（その２）

平成6年2月

首都高速道路公団

1. 実験目的

既設剛性防護柵の地覆による車両の飛び上がり現象を実車実験により計測し、車両挙動を解明するとともに対策を検討する。

2. 実験条件

実験は、土木研究所の衝突実験場に実験用剛性防護柵を設置し、それに小型車両を衝突させて衝突挙動を計測するものとした。

① 実験車：トヨタセリカ

② 衝突角度：15°

③ 衝突速度：60km/h

④ 供試体構造：首都高速道路公団「鉄筋コンクリート構造物標準図集、昭和42年2月刊」に基づき製作した。断面は図-1に示すとおりである。

⑤ 実験方法：土木研究所の衝突実験施設は、実験車加速装置として電動モーター及びドラムと牽引ロープから構成される施設であり、実験車を、牽引金具をとおして牽引ロープに接続させ、ロープを電動モーターによってドラムに巻き上げて加速させた後、供試体直前でロープから切り放させて、慣性力によって供試体に衝突させた。

実験車は、実験場の実験スペースの制約からハンドルを綱によって半固定し、衝突後の進路の制御を行った。車両挙動の計測は、路上に残された走行痕および高速度カメラによる写真撮影から求めた。また、車両重心位置の進行方向、進行直角方向の加速度を計測した。

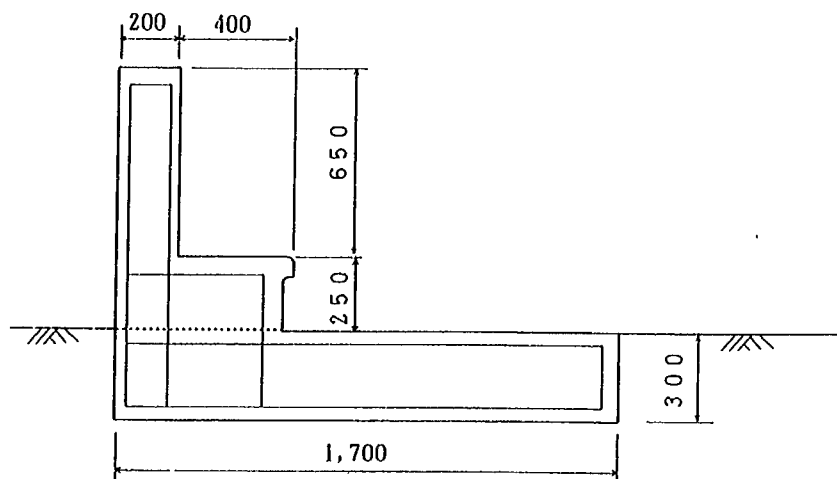


図-1 供試体断面図

3. 実験結果

実験結果を表-1に、走行軌跡を図-2、加速度波形を図-3に示す。

表-1 実験結果一覧

衝突条件		重量: 1.1 t 速度: 60km/h 角度: 15度	
実験結果	実	離脱速度: 39.1km/h	防護柵接触長: 13,330mm
	重心加速度 最大値	X方向: 6.45g Y方向: 8.11g Z方向: 8.47g	
	車輪飛上量	前輪: 15.2cm 後輪: 0 cm	
	車両挙動	車両は壁面に接触することなく地覆のみで誘導された。	

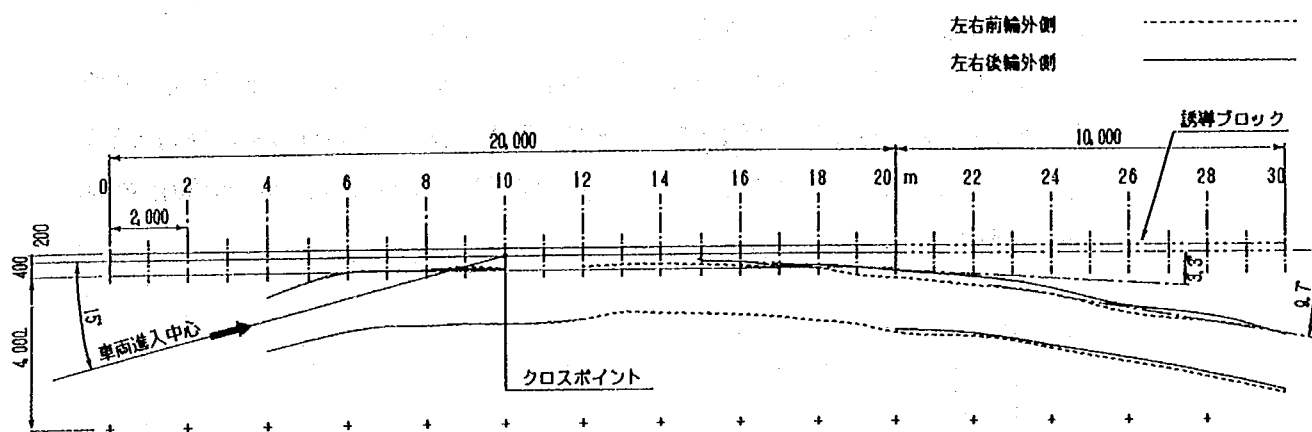


図-2 走行軌跡

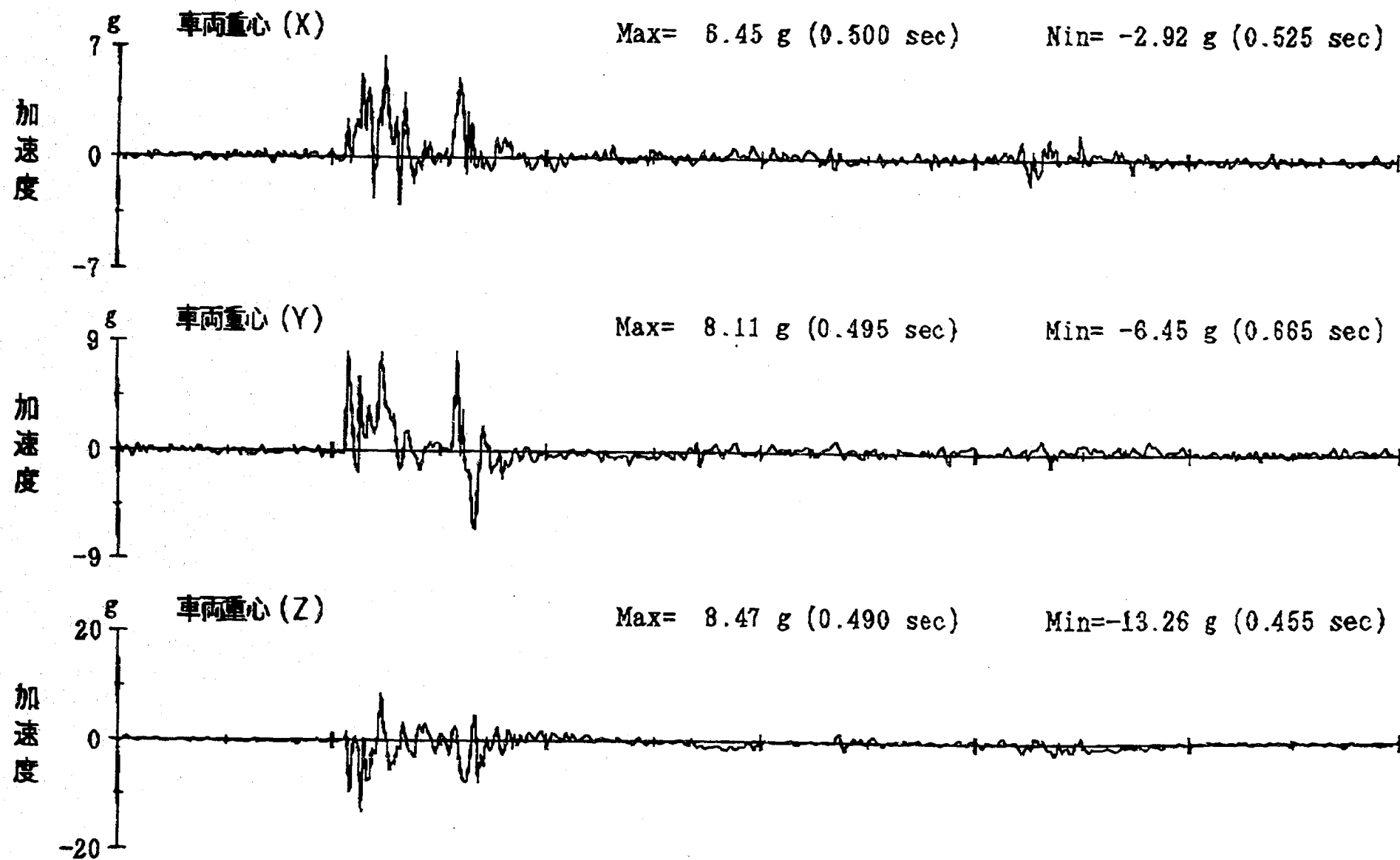


图 - 3 加速度波形

地覆形状と車両挙動に
関する研究

—剛性防護柵に関する共同研究
報告書—

土木研究所共同研究報告書103号
平成6年5月(1994)

建設省土木研究所
日本道路公団
首都高速道路公団
阪神高速道路公団
本州四国連絡橋公団

要 旨

道路の高架部、橋梁部や中央分離帯に設置されているコンクリート製の剛性防護柵については、現在まで防護柵の設計に関する明かな基準はなく、国内での経験や諸外国の事例等を基に設計、施工がなされてきた。しかし、近年の車両の大型化、高速化に伴い、剛性防護柵を設置することが必要となる箇所が増加することが予想され、剛性防護柵の効果的な設計、施工方法の確立が求められている。本研究は、建設省及び道路4公団の剛性防護柵に関する共同研究の一環として、剛性防護柵の設計に関わっている地覆について、地覆の形状が車両の挙動に及ぼす影響を把握するために、実車を用いた走行実験により検討を行ったものである。

キーワード：剛性防護、地覆、車両挙動、走行実験

郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

交通安全研究室 御中

No. 1

No. 1

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所共同研究報告書第103号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

共同研究報告書第103号