

4. 付 録

4.1 試験走路での走行実験の結果

「2. 平面線形の必要水準に関する検討」において、国土技術政策総合研究所の構内（試験走路）で行った走行実験における計測結果の詳細について、以下に示す。

4.1.1 はみ出し量の計測結果のまとめと考察

(1) 計測結果の概要

10tトラック及び大型乗用車での計測結果の概要を以下に示す（表 4-1, 表 4-2）。

表 4-1 10tトラックの計測結果

対象ケース	読み取り結果
全般	<ul style="list-style-type: none"> 壁がある場合よりも、壁がない場合の方がはみ出し箇所が多く、はみ出し量も大きい。
壁がある場合	<ul style="list-style-type: none"> セットバック 0cm の時、内側では、車体側部が壁に接触し、大きく壁が移動している。 右カーブ左カーブで壁の移動やはみ出しでの大きな違いは見られないが、セットバック 50cm 時のみ、左カーブの方が外側へのはみ出し量が多い。
壁がない場合	<ul style="list-style-type: none"> 右カーブ左カーブとも、内側へのはみ出しはほとんど見られない。 運転席から外側が遠くなる右カーブの方が、左カーブよりやや外側のはみ出し量が多い。

表 4-2 大型乗用車の計測結果

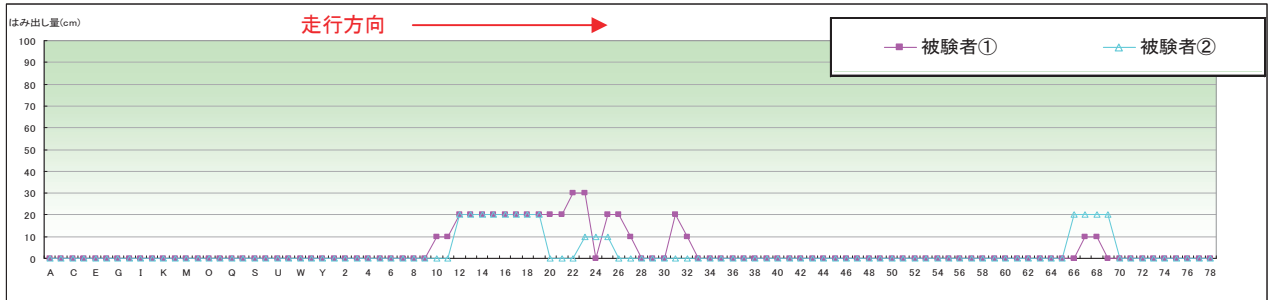
対象ケース	読み取り結果
全般	<ul style="list-style-type: none"> 両側に壁がある場合よりも、片側に壁がある場合や壁がない場合の方がはみ出し箇所が多く、はみ出し量が多い。
両側に壁がある場合	<ul style="list-style-type: none"> セットバック量にかかわらず、左カーブの外側のはみ出し量が少ない傾向にある。 右カーブ左カーブとも、外側と比較し内側の方がはみ出し箇所が多く、はみ出し量も大きい傾向にある。 セットバックが 25cm 以上になると、壁への接触はなくなっている。
壁がない場合	<ul style="list-style-type: none"> はみ出し量が両側壁ありと比較して大きな値となっている。 右カーブ左カーブ、内側、外側共にはみ出し量が多い傾向にある。
外側のみ壁がある場合	<ul style="list-style-type: none"> 外側の壁にはほとんどぶつからないが、内側へのはみ出し量は両側壁ありと比較して大きな値となっている。 壁なしと比較して内側へのはみ出し箇所は多く、はみ出し量も大きい傾向がある。

(2) 考察

- いずれのケースも、軌跡の作図ソフトにより求めた最小曲線半径での走行は可能であった。これにより、設定した最小曲線半径の値は妥当であると考ええる。
- 10tトラックの運転手は車体前端部を映すミラーによって内側のラインをトレースすることを意識して運転しており、カーブの左右の違いによる差はあまり見られない。
- 大型乗用車では、両側に壁がある方が視線誘導的な役割を果たし、はみ出し量が少なかった。一方、大型乗用車で外側のみ壁がある場合は、壁にぶつからないことに集中し、両側壁があるときよりも内側のはみ出し量が多い。
- 大型乗用車の運転手は、車両感覚を頼りに運転することから、運転席から遠い方向ほどはみ出しが多く、量も大きい傾向がある。
- ドライバーの意見から、10tトラックは内輪差による内側側面の接触、大型乗用車は車両前端部（左右のバンパーの角）に注意を払って運転しているようである。

4.1.2 個別の計測結果

① 10tトラック右カーブ内側壁あり（セットバック量0）外側壁あり（セットバック量0）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

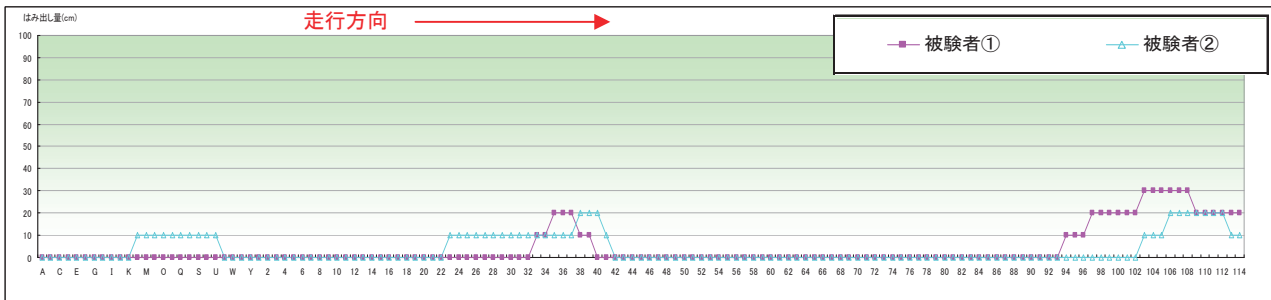
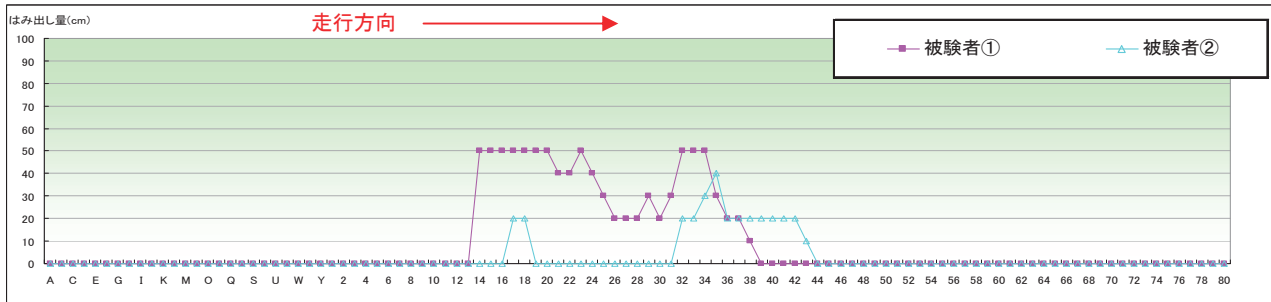


図 4-1 右カーブ 内側壁あり（セットバック量0） 外側壁あり（セットバック量0）

② 10tトラック左カーブ内側壁あり（セットバック量0）外側壁あり（セットバック量0）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

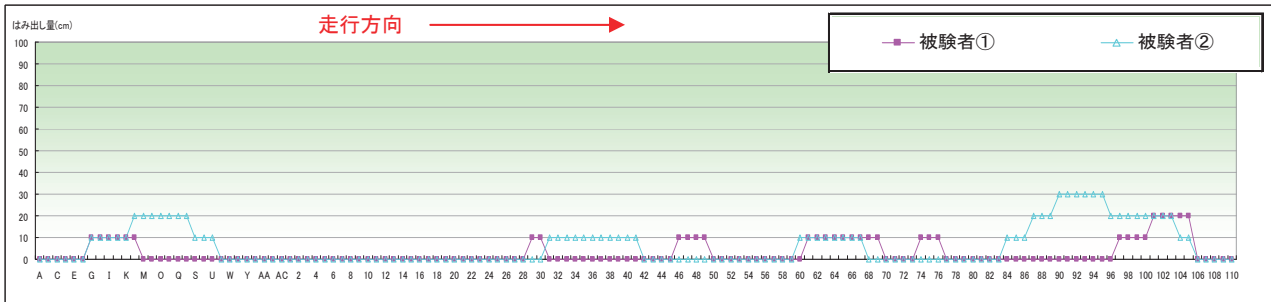
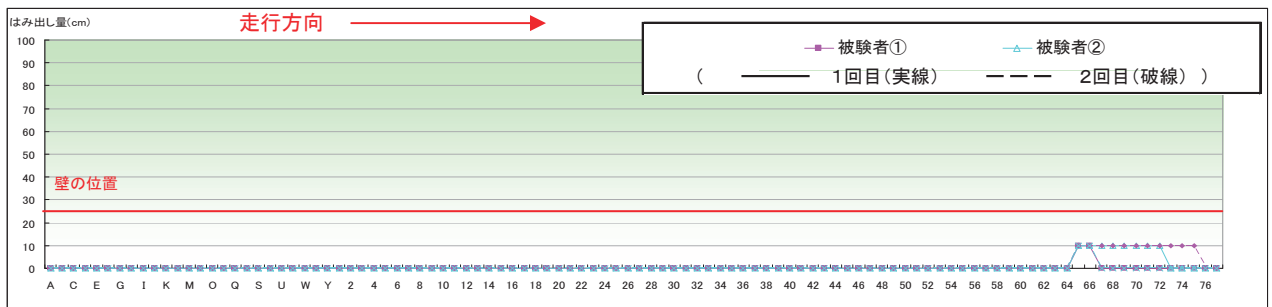


図 4-2 左カーブ 内側壁あり（セットバック量0） 外側壁あり（セットバック量0）

- ・左右とも外側と比べて内側の壁が大きく移動している（図 4-1, 図 4-2）。
- ・内輪差により車体の側面が壁に接触しているようである（図 4-1, 図 4-2）。

- ③ 10tトラック右カーブ内側壁あり（セットバック量25）外側壁あり（セットバック量25）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

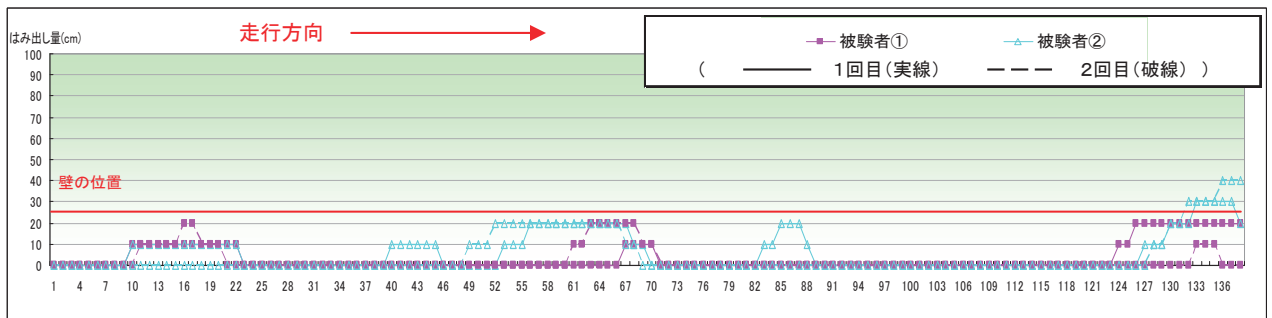
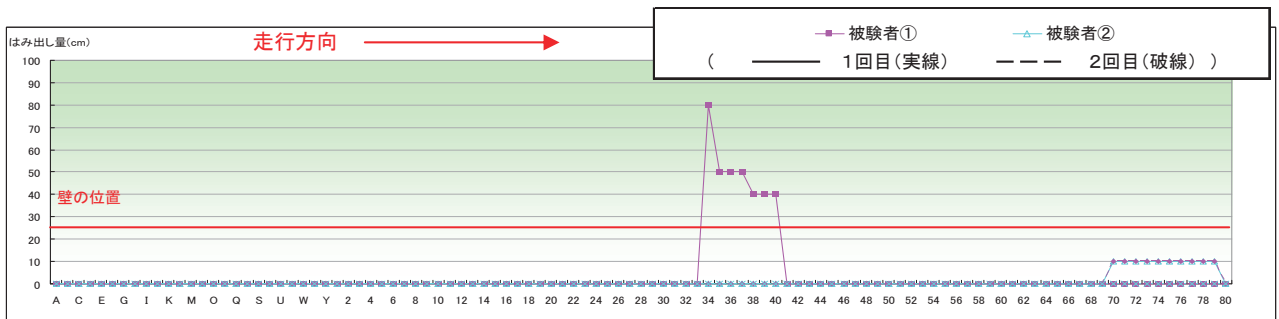


図 4-3 右カーブ 内側壁あり（セットバック量25） 外側壁あり（セットバック量25）

- ④ 10tトラック左カーブ内側壁あり（セットバック量25）外側壁あり（セットバック量25）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

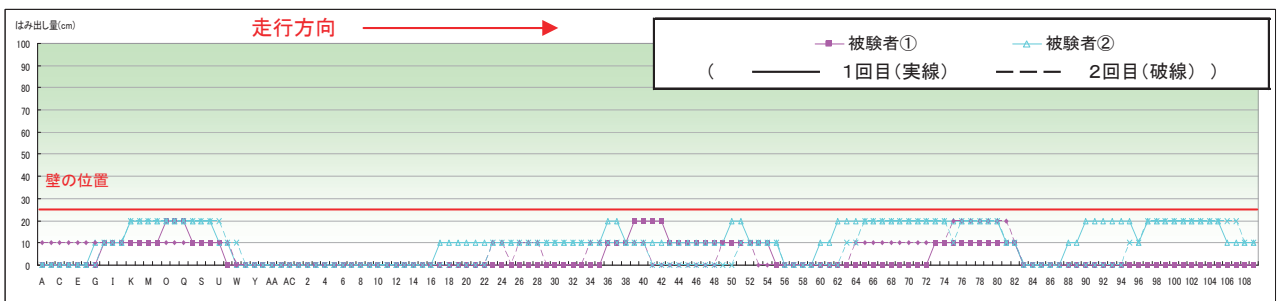
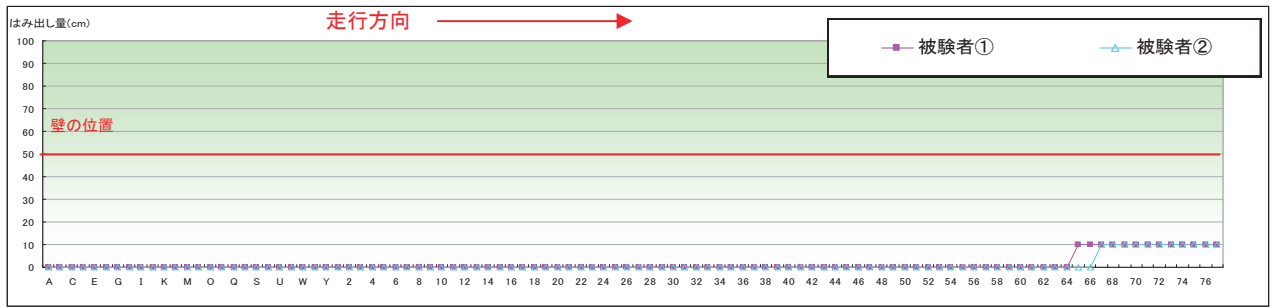


図 4-4 左カーブ 内側壁あり（セットバック量25） 外側壁あり（セットバック量25）

- ・壁が25cmセットバックすることで、外側、内側共に一部を除いて、壁の移動はほぼなくなっている（図4-3、図4-4）。

⑤ 10tトラック右カーブ内側壁あり（セットバック量50）外側壁あり（セットバック量50）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

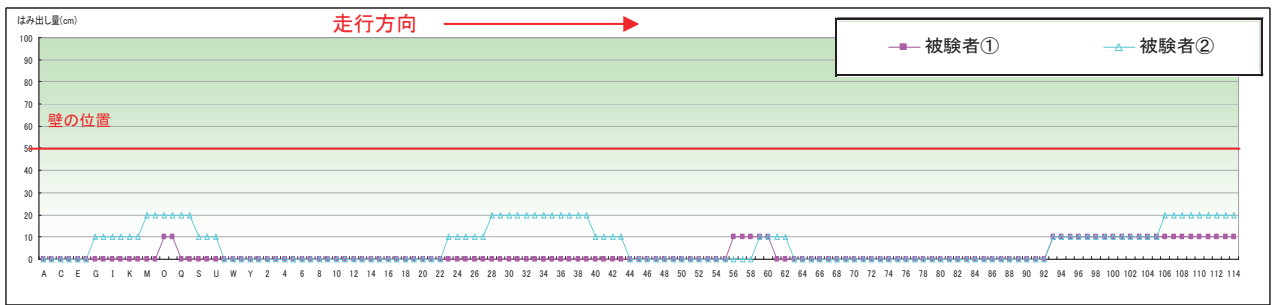
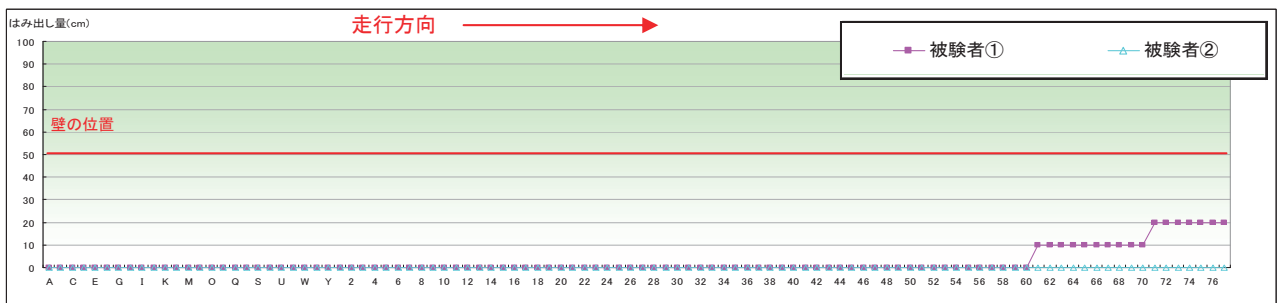


図 4-5 右カーブ 内側壁あり（セットバック量50） 外側壁あり（セットバック量50）

⑥ 10tトラック左カーブ内側壁あり（セットバック量50）外側壁あり（セットバック量50）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

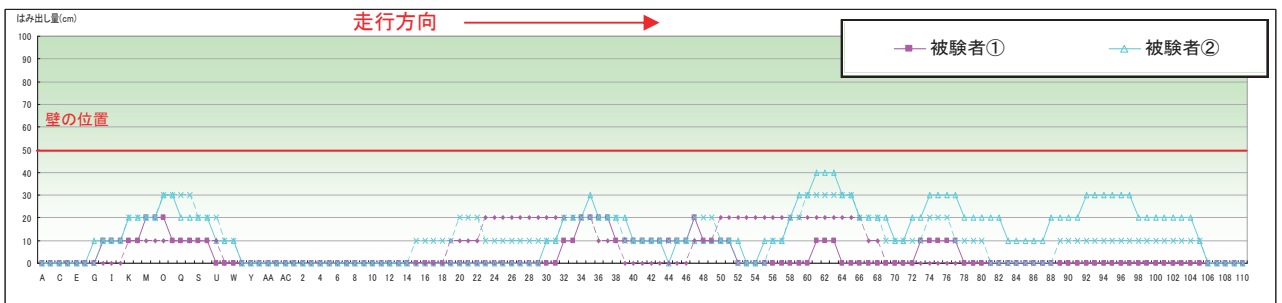
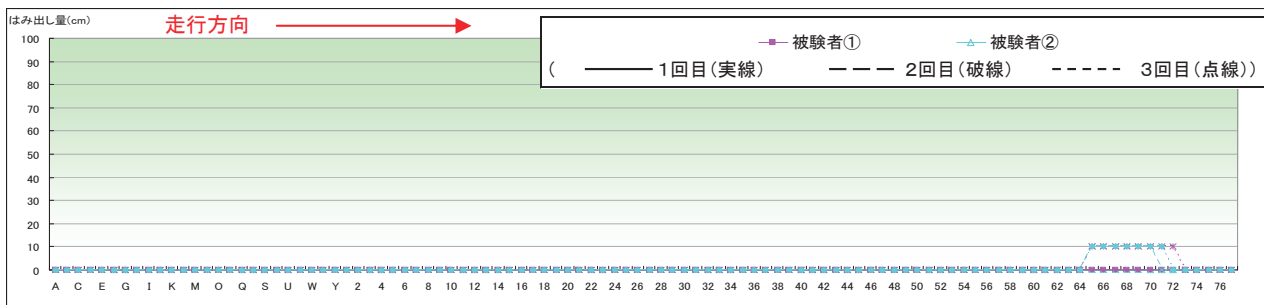


図 4-6 左カーブ 内側壁あり（セットバック量50） 外側壁あり（セットバック量50）

・壁が50cmセットバックすることで、外側、内側共に壁の移動はなくなっている（図4-5、図4-6）。

⑦ 10tトラック右カーブ内側壁なし、外側壁なしの場合

<内側> (目視による計測結果)



<外側> (レーザーポインターによる計測結果)

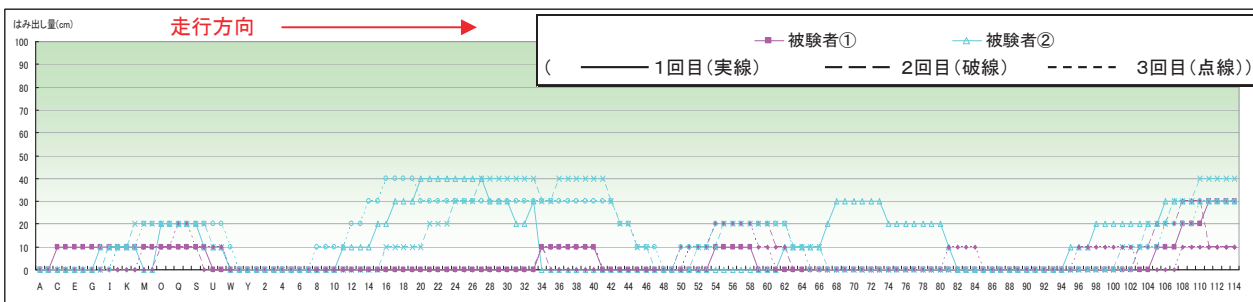
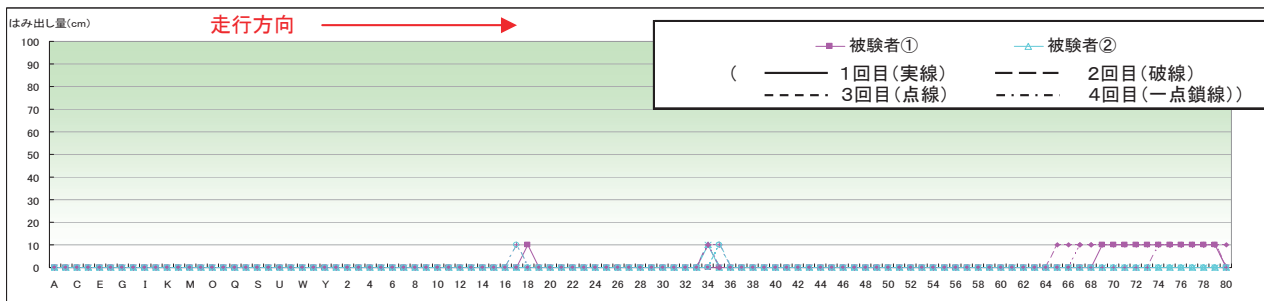


図 4-7 右カーブ 内側壁なし 外側壁なし

⑧ 10tトラック左カーブ内側壁なし、外側壁なしの場合

<内側> (目視による計測結果)



<外側> (レーザーポインターによる計測結果)

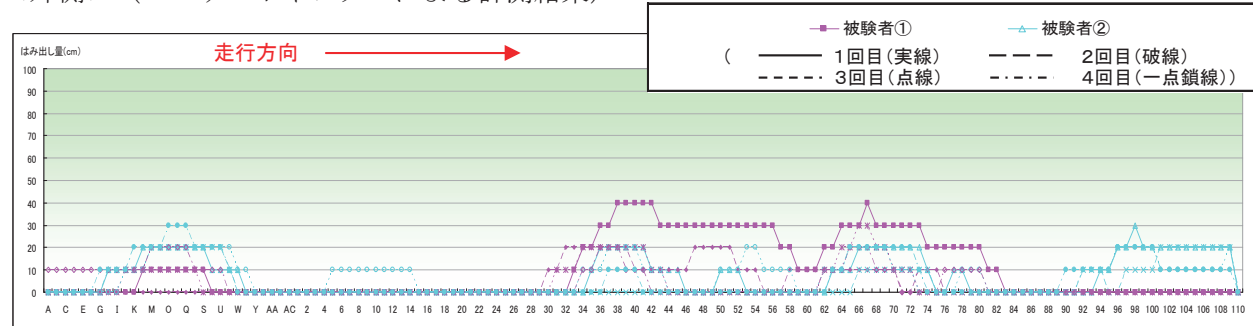
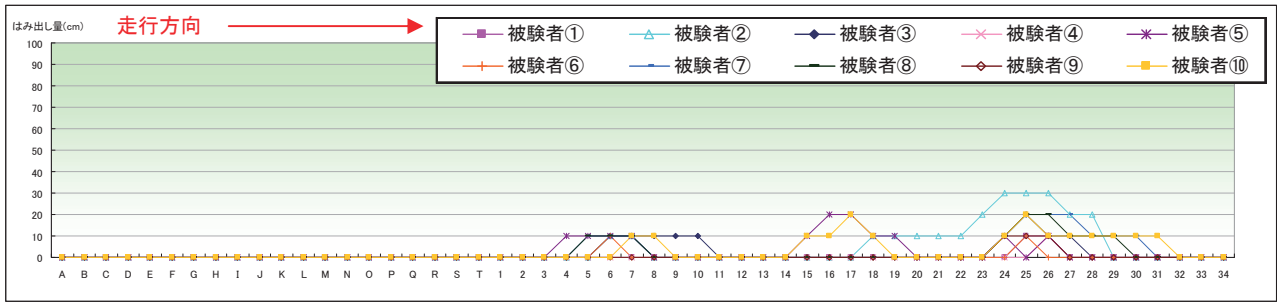


図 4-8 左カーブ 内側壁なし 外側壁なし

- ・ 左右カーブ共に外側へのはみ出しが顕著に表れている (図 4-7, 図 4-8)。
- ・ 日常の運転において、内輪差を意識して運転していることが伺える (図 4-7, 図 4-8)。

⑨ 大型乗用車右カーブ内側壁あり（セットバック量0）外側壁あり（セットバック量0）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

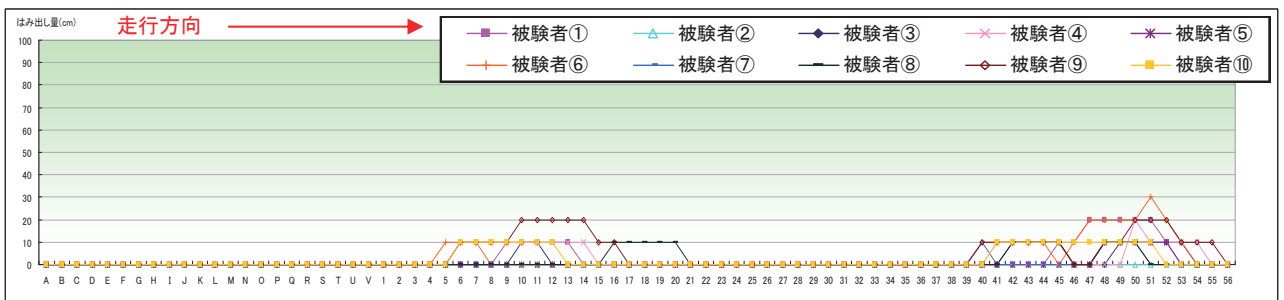
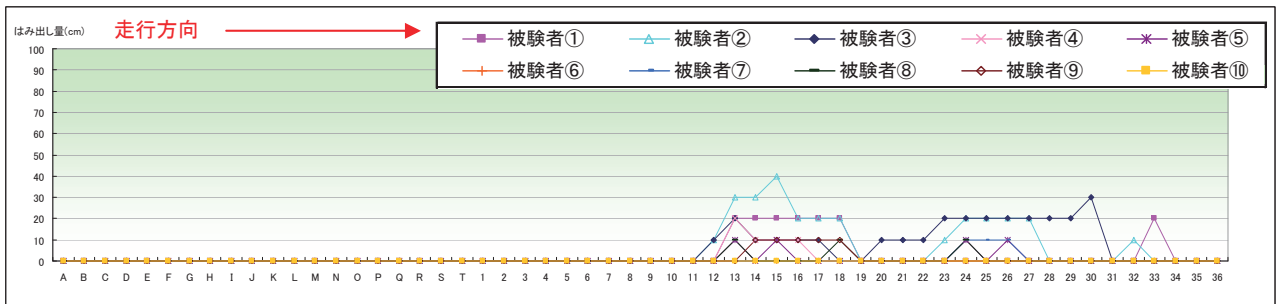


図 4-9 右カーブ 内側壁あり（セットバック量0） 外側壁あり（セットバック量0）

⑩ 大型乗用車左カーブ内側壁あり（セットバック量0）外側壁あり（セットバック量0）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

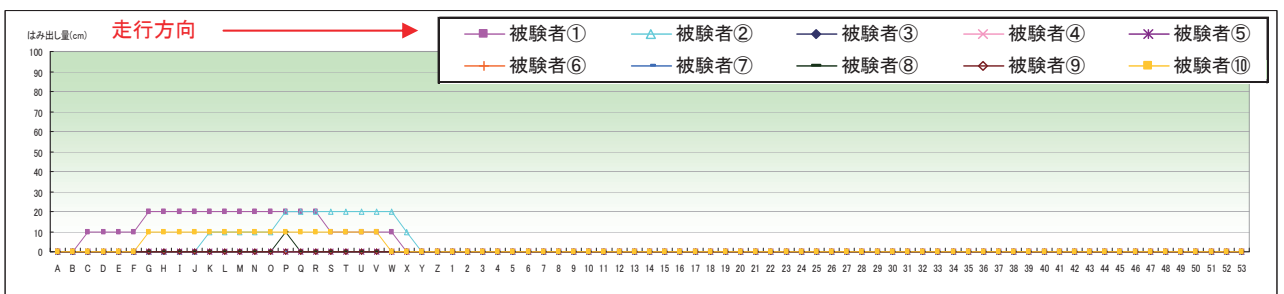
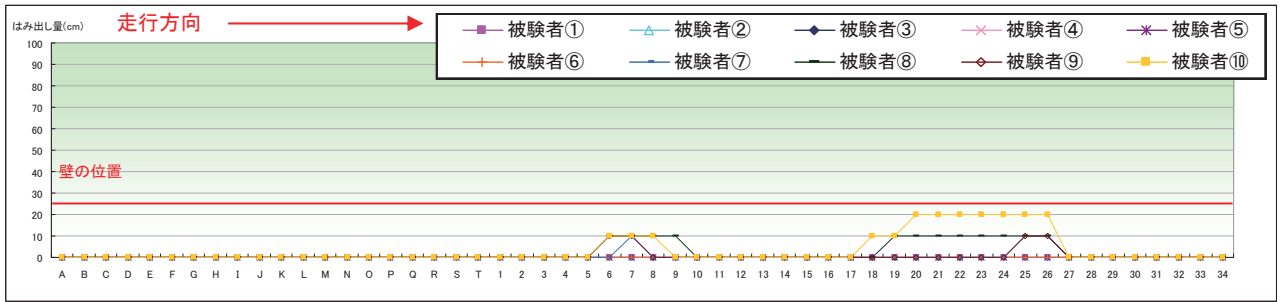


図 4-10 左カーブ 内側壁あり（セットバック量0） 外側壁あり（セットバック量0）

- 左右カーブ共に外側から比べて、内側の壁の移動が多くなっている。内輪差により車体の側面が壁に接触しているようである（図 4-9, 図 4-10）。
- 右カーブの場合、運転席から遠い外側の壁の移動箇所が左カーブよりも多くなっている（図 4-9）。

⑪ 大型乗用車右カーブ内側壁あり（セットバック量25）外側壁あり（セットバック量25）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

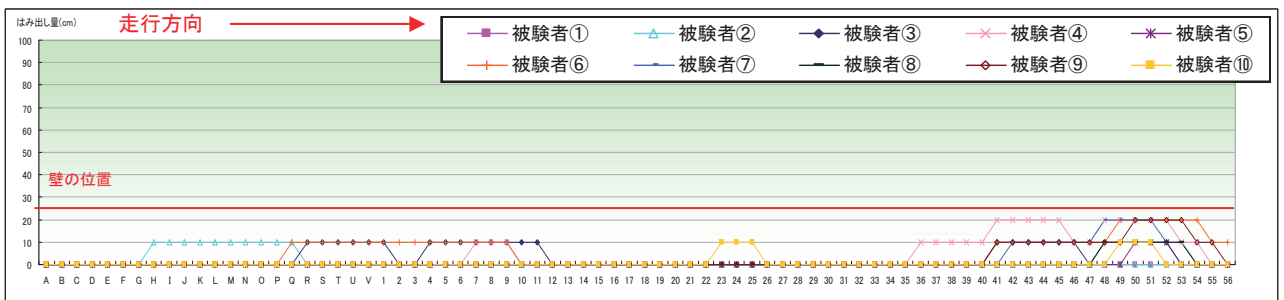
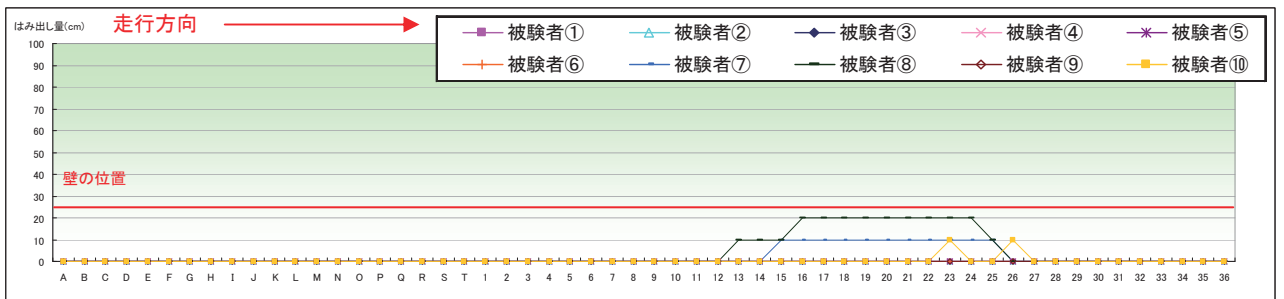


図 4-11 右カーブ 内側壁あり（セットバック量25） 外側壁あり（セットバック量25）

⑫ 大型乗用車左カーブ内側壁あり（セットバック量25）外側壁あり（セットバック量25）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

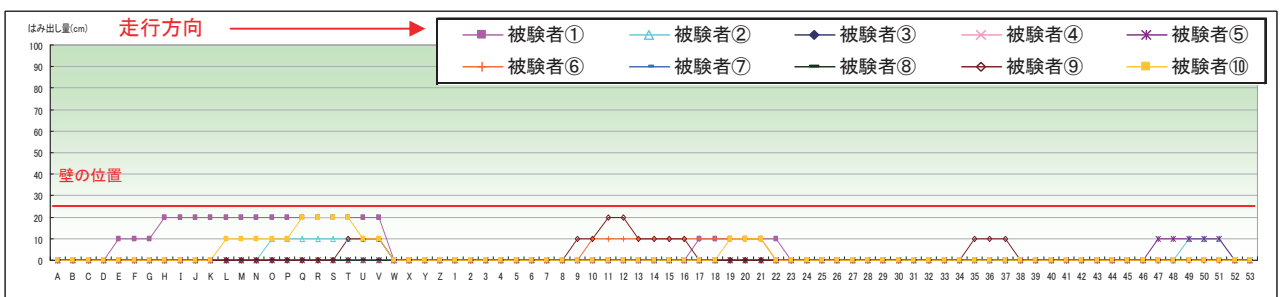
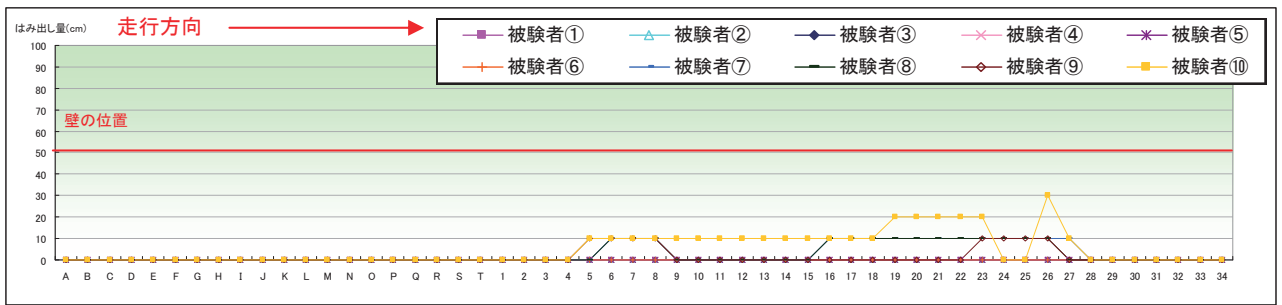


図 4-12 左カーブ 内側壁あり（セットバック量25） 外側壁あり（セットバック量25）

・壁が25cmセットバックすることで、外側、内側共に壁の移動はなくなっている（図4-11、図4-12）。

⑬ 大型乗用車右カーブ内側壁あり（セットバック量 50）外側壁あり（セットバック量 50）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

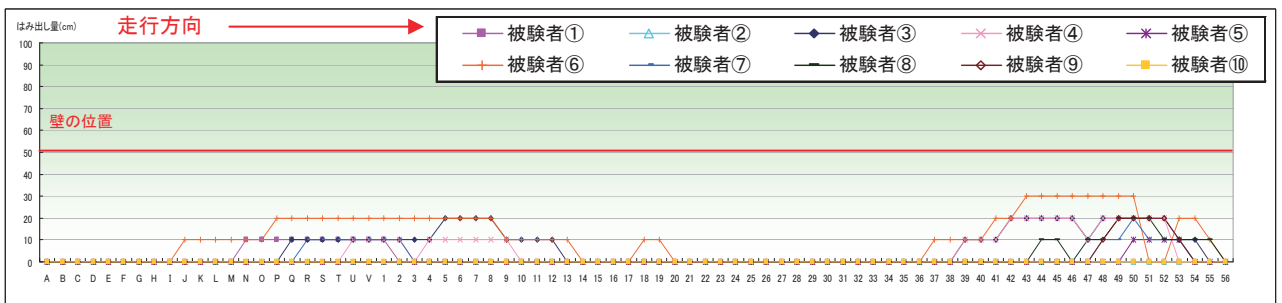
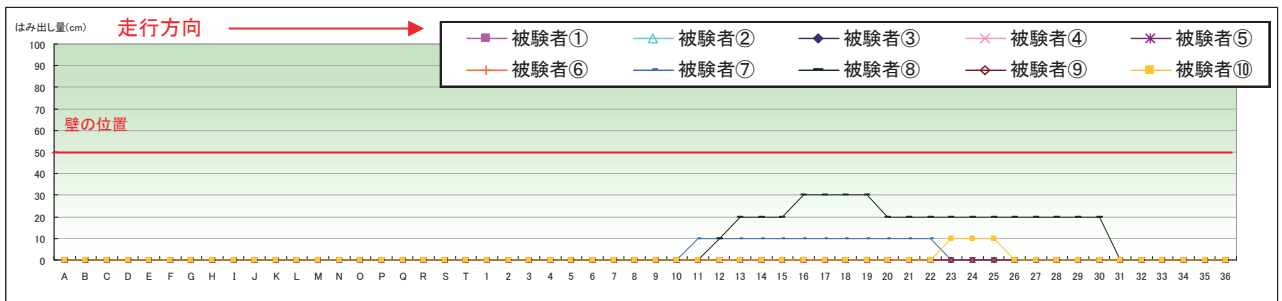


図 4-13 右カーブ 内側壁あり（セットバック量 50） 外側壁あり（セットバック量 50）

⑭ 大型乗用車左カーブ内側壁あり（セットバック量 50）外側壁あり（セットバック量 50）の場合
 <内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

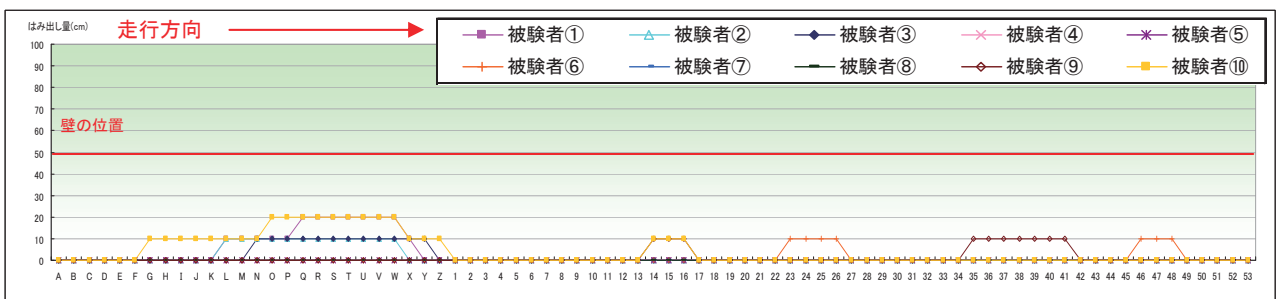
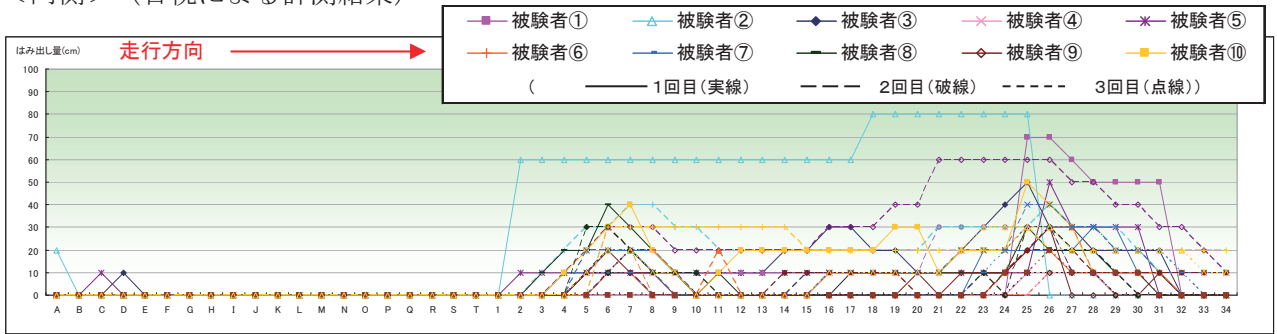


図 4-14 左カーブ 内側壁あり（セットバック量 50） 外側壁あり（セットバック量 50）

・壁が 50cm セットバックすることで、外側、内側共に壁の移動はなくなっている（図 4-13、図 4-14）。

⑮ 大型乗用車右カーブ内側壁なし、外側壁あり（セットバック量0）の場合

<内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

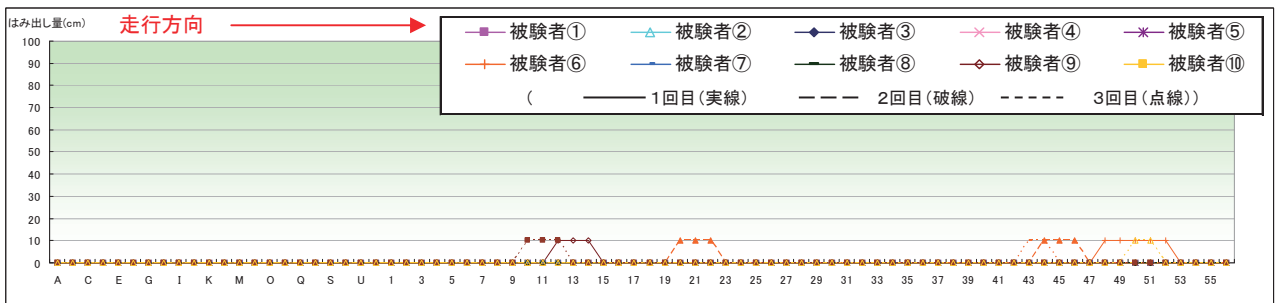
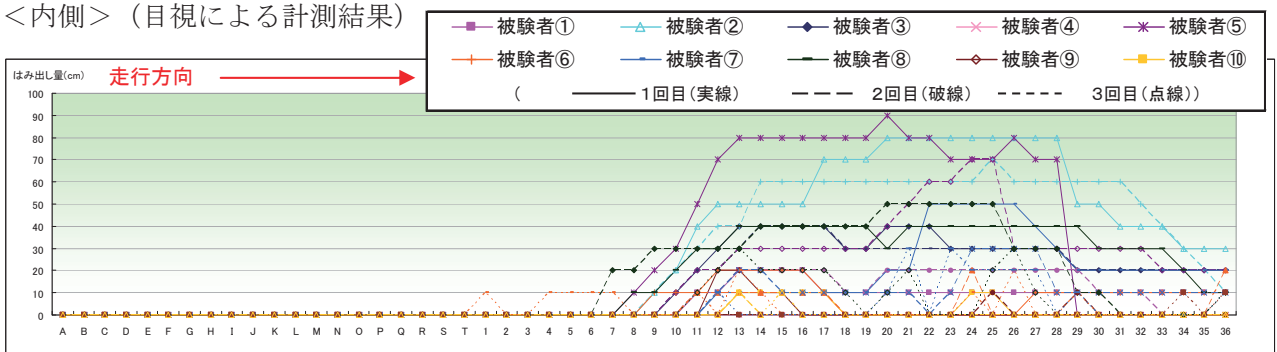


図 4-15 右カーブ 内側壁なし 外側壁あり（セットバック量0）

⑯ 大型乗用車左カーブ内側壁なし、外側壁あり（セットバック量0）の場合

<内側>（目視による計測結果）



<外側>（レーザーポインターによる計測結果）

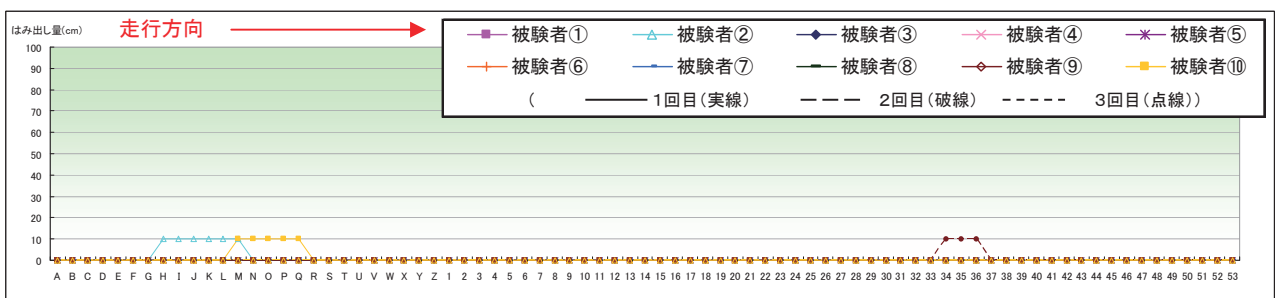
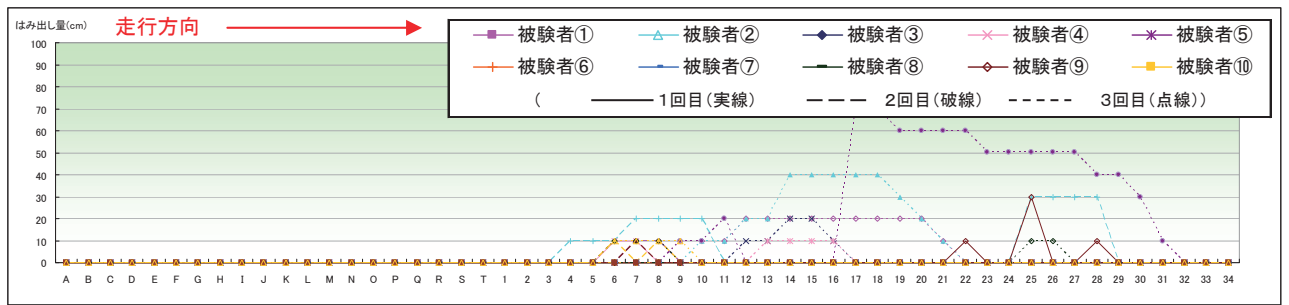


図 4-16 左カーブ 内側壁なし 外側壁あり（セットバック量0）

- ・外側の壁にはほとんどぶつかっていないものの、内側へのはみ出し量は大きな値となっている（図 4-15, 図 4-16）。
- ・運転席から遠い右カーブ時の外側の壁への接触が、左カーブ時よりやや多くなっている（図 4-15, 図 4-16）。

⑰ 大型乗用車右カーブ内側壁なし、外側壁なしの場合

<内側> (目視による計測結果)



<外側> (レーザーポインターによる計測結果)

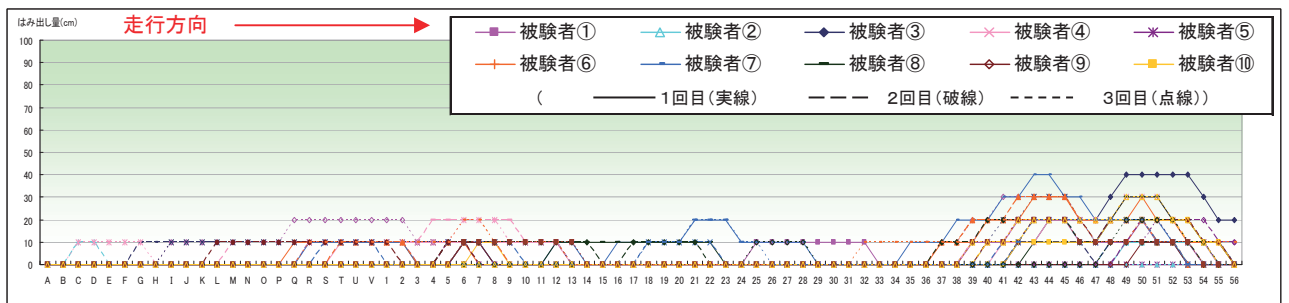
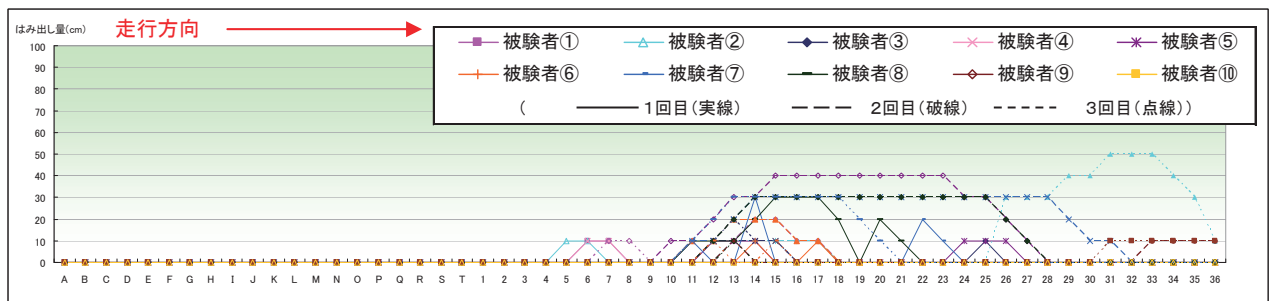


図 4-17 右カーブ 内側壁なし 外側壁なし

⑱ 大型乗用車左カーブ内側壁なし、外側壁なしの場合

<内側> (目視による計測結果)



<外側> (レーザーポインターによる計測結果)

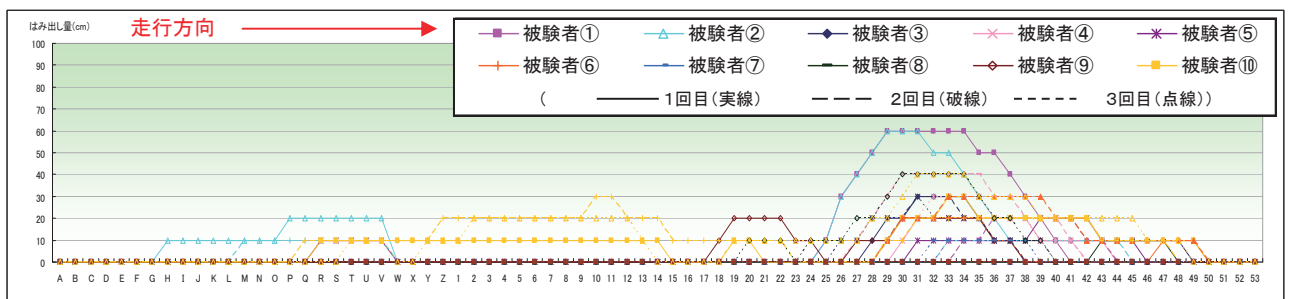


図 4-18 左カーブ 内側壁なし 外側壁なし

- ・ はみ出し量は両側壁ありと比較して大きな値となっている (図 4-17, 図 4-18)。
- ・ 壁が視線誘導的な役割を果たしていたと考えられる。

4.2 走行性能曲線図

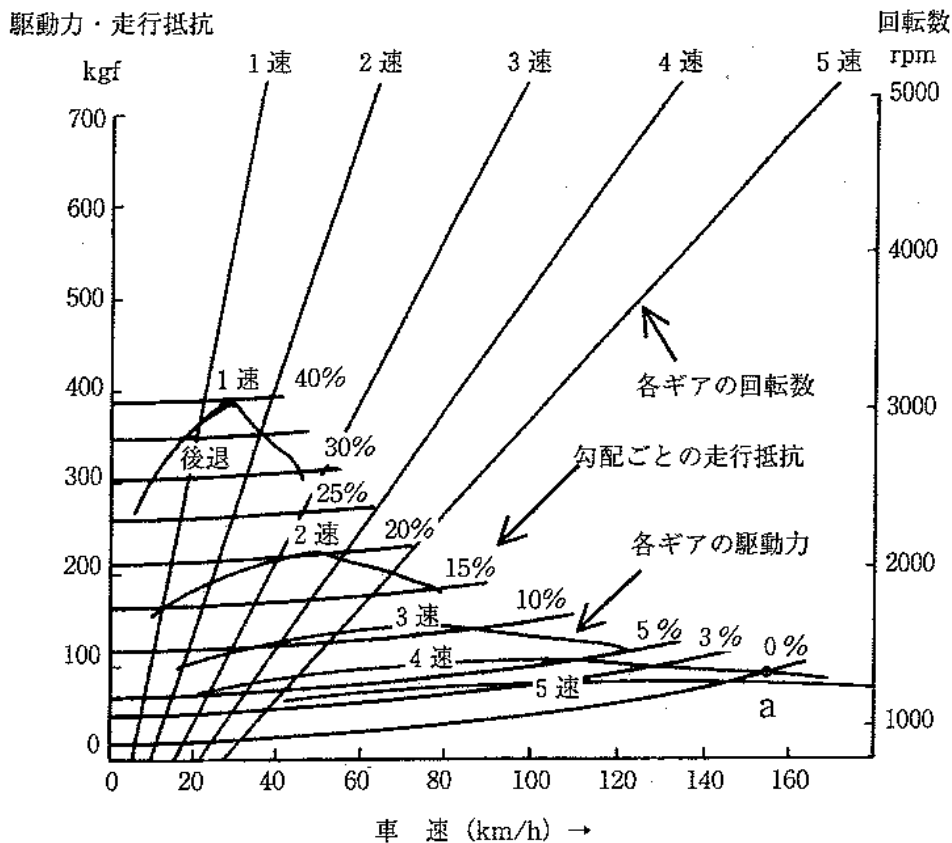
「3. 縦断勾配の限界に関する検討」における図 3-1、図 3-2 の走行性能曲線図に読み方を下記に示す。

図 4-19 は、ある車両の走行性能曲線図の例である。上の凸な曲線は各ギアにおけるアクセル全開時の最大駆動力（最大駆動力曲線）を表し、曲線の描画範囲はエンジン回転の限界範囲である。この範囲でエンジン回転数と速度は比例する（各ギアにおける速度とエンジン回転数（右側縦軸）の関係は右上がりの直線で図示）。

各曲線の極大値は、エンジンが最大駆動力と発するエンジン回転数（速度）の時に発生し、この時の駆動力を車両重量で割ったものがそのギアにおける最大加速度である。一方下に凸で右上がりの曲線は、上り坂勾配値ごとの走行抵抗を表し、速度が高くなるなど、上り勾配が大きくなるほど走行抵抗が大きくなることを示す。

あるギアの最大駆動力曲線と走行抵抗曲線が交わりを持つ上り勾配は、そのギアで登坂可能である。走行抵抗曲線と最大駆動力曲線の交点では、この時の速度一定でその勾配を登り続けることができる。

ある車両の最高速度は、勾配ゼロの走行抵抗曲線と TOP ギアの最大駆動力曲線が交わる点（図の点 a）の速度である。



〔出典〕 中島泰夫・村中重夫編著：自動車用ガソリンエンジン、山海堂、1994

図 4-19 走行性能曲線図の例

4.3 歩行補助器具及び自転車等の登坂能力を考慮した縦断勾配の限界

ここでは、歩行補助器具を用いた歩行者及び自転車等の通行可能性の観点から、縦断勾配の限界について検討する。

図 4-20 は、道路交通法第 38 条による歩行者等の定義を示したものであり、歩行者等は歩行者及び自転車に分類される。通常の歩行者は、自動車の通行が可能な程度の縦断勾配が移動の可否を左右することは想定されない。一方、車いす等の歩行補助機具の使用者は、縦断勾配が移動の可否に対して大きな影響を与えると考えられる。

そこで、ここでは、これら歩行補助器具の使用者のほか、自転車及び将来的な移動手段として想定される電動バイク等の中速モードを検討の対象（図 4-20 参照）として、これらの登坂能力やこれらに対する利用者の評価から、縦断勾配の限界を検討する。

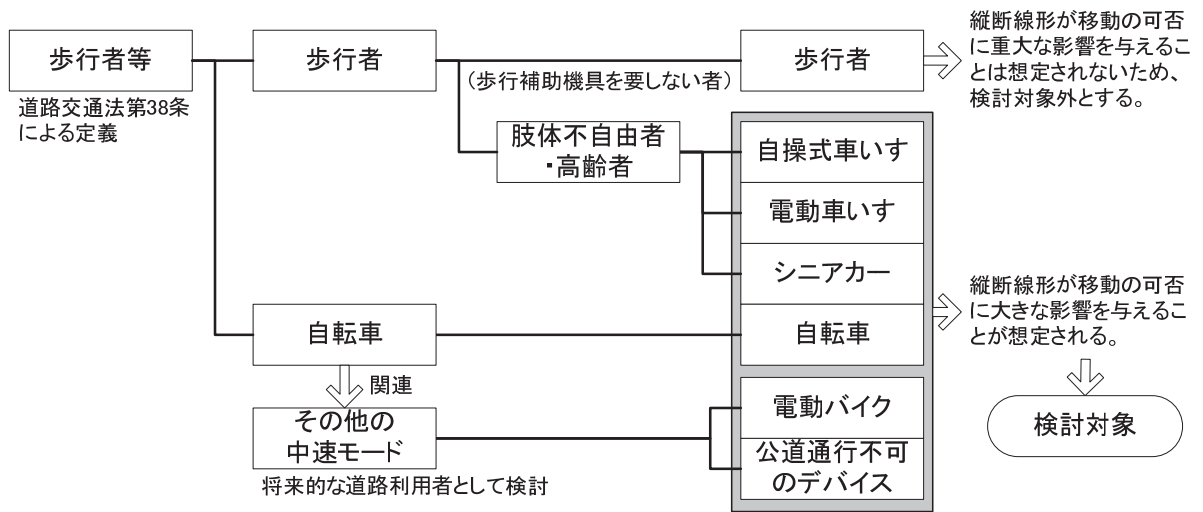


図 4-20 歩行者等の分類と本検討の対象

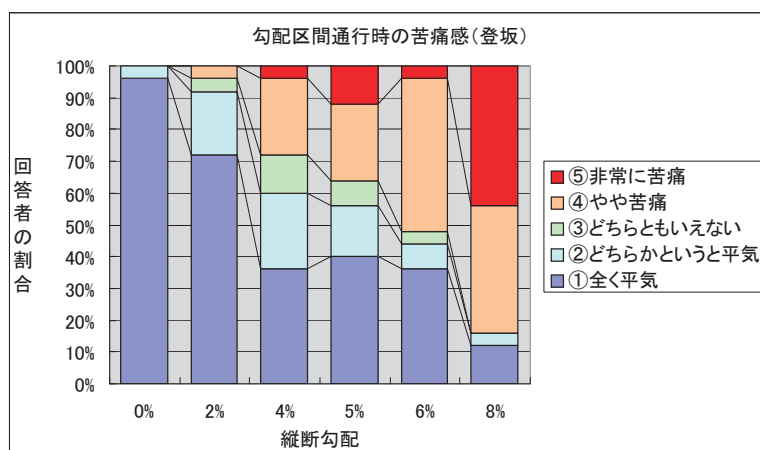
4.3.1 各種の歩行補助器具及び自転車等の登坂能力等

(1) 自操式車いす

「道路の移動円滑化整備ガイドライン」の策定に向けて平成14年に行われた車いす使用者の勾配部の通行に関する実証実験では、車いす使用者25名に延長約30m、縦断勾配2、4、5、6、8%の5種類の試験走路において、通行時及び停止時の危機感及び身体的苦痛感並びに移動経路としての評価のためのヒアリングが実施されている。その結果、ほぼ全ての被験者が8%までの勾配を通行できるものの、身体的苦痛感や移動経路としての評価は6%から8%にかけて大きく悪化することがわかっている（図4-21、図4-22）。

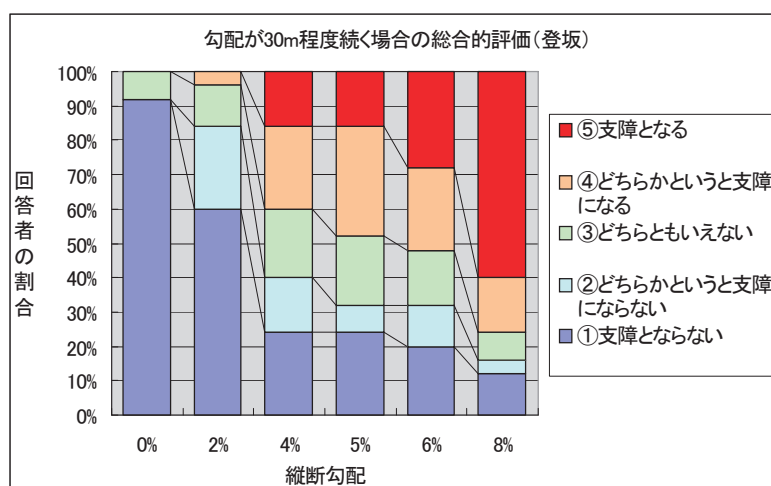
他の研究事例では、自操式車いすの自力登坂の限界は8.5%（約5°）、自力降坂の限界は9.0%とされている（横山哲、清水浩志朗、木村一裕；”縦断勾配が車いす走行に与える影響に関する研究”、土木学会論文集、No.611、IV-42、pp.21~32、1999.1）。

これらをもとに、自操式車いすの登坂能力は、概ね8.5%（約5°）が限界であると考えられる。



〔出典〕財団法人国土技術研究センター：改訂版道路の移動等円滑化整備ガイドライン、2008

図 4-21 車いす使用者による縦断勾配通行時の苦痛感評価



〔出典〕財団法人国土技術研究センター：改訂版道路の移動等円滑化整備ガイドライン、2008

図 4-22 車いす使用者による縦断勾配の評価

(2) 電動車いす

電動車いす安全普及協会（以下「電安協」という。）の会員企業が販売する電動式車いすの実用（安定）登坂角度は表 4-3 のとおりである。その値は機種によって異なり、6°（10.5%）～8°（14.1%）が中心であり、6輪など特殊な製品で10°（17.6%）である。

表 4-3 電動車いすの実用登坂角度

メーカー名	製品（シリーズ）名	実用登坂角度	備考
アイシン精機株式会社	タオライトII	6°（10.5%）	
株式会社今仙技術研究所	EMC220/230、700/710、810s、900/910	8°（14.1%）	
	EMC600/610	7°（12.3%）	座面昇降機能付
	EMC130	10°（17.6%）	前輪パワステ
	デイリーパル	6°（10.5%）	電動化ユニット
株式会社カワムラサイクル	KE15 シリーズ、EMC シリーズ	8°（14.1%）	
	JWX-1 シリーズ	6°（10.5%）	電動化ユニット
スズキ株式会社	MC-2000/3000	8°（14.1%）	
	AC-20/22	6°（10.5%）	電動化ユニット
日進医療器株式会社	NEO-P2	10°（17.6%）	6輪
プライド・モビリティ社（米国）	クオンタムシリーズ	10°（17.6%）	6輪
ヤマハ発動機株式会社	JW アクティブ、タウニージョイ	6°（10.5%）	

(3) シニアカー

シニアカーの実用登坂角度について、前述の電安協会員企業が販売する製品を調査したところ、いずれの製品も10°（17.6%）としている。シニアカーは（電動）車いすと異なり車体重量は100kgを超え、介助者が押して登坂することは不可能である。坂道の途中で停止してしまった場合の対応は困難であることから、この水準を超える坂でのシニアカーの通行は非常に危険である。

(4) 自転車

自転車の登坂能力は、その車両自体より運転者の体力に依存する部分が多いことから、車両のカタログ等に記載はない。国内7つのステージで競う自転車レース“ツアー・オブ・ジャパン”における最大勾配が富士山ステージにおけるふじあざみライン（静岡県道150号足柄停車場富士公園線）の22%であることから、これを参考とするならば22%程度が訓練された運転者による登坂能力の最大限界値となるものと考えられる。

ただし、登坂能力の限界を超えた場合は押して歩けば通過可能であるため、登坂能力を超える坂道が移動の不可能につながるものではない。

(5) 電動バイク

電動バイクは、原動機付き自転車の規格の車体に蓄電池のモーターを設置したものであり、これまでにベンチャー企業を中心に開発・販売され、走行経費の安さや静粛性より注目されている。ホンダが平成 23 年までの参入意向を示すなど、大手メーカーにも販売に向けた動きがある。

主要な電動バイクの登坂能力は表 4-4 のとおりである。法規制により、モーター出力は定格 600W 以下と原動機付き自転車の半分以下に制約されているため、原動機付き自転車に比較して登坂能力が大きく劣っている。

表 4-4 電動バイクの登坂能力

メーカー名	製品名	登坂能力	備考
イーモobil	カルマート	11° (19.4%)	
オーシャンエナジーテクニカ	メロススリー	12° (21.3%)	

(6) 公道通行不可のデバイス

近年開発・販売され、現行の道路交通法において公道上での通行ができない中速デバイスの登坂能力は、表 4-5 のとおりである。直立して乗車する 2 輪のデバイスでは、概ね 20° (36.4%) の急勾配を登坂することも可能である。その他のデバイスについては、登坂能力に関する情報はない。

表 4-5 公道通行不可のデバイスの登坂能力

製品名	登坂能力	備考
Segway	(カタログに記載なし)	20° (36.4%) 程度は登坂できるとの利用者報告あり
Winglet (トヨタ)	最大登坂能力 20° (36.4%)	

4.3.2 歩行補助器具及び自転車等に関する縦断勾配の基準値

(1) バリアフリーのための基準値

我が国では、移動等円滑化のために必要な道路の構造に関する基準として、縦断勾配を5%以下（やむを得ない場合は8%以下）と定めている。海外基準においては、米国とフランスでは、我が国と同様に5%を基準として定めている。一方、ドイツでは立体横断施設のスロープに対する特例値として12%という基準値が定められている（表4-6）。

表 4-6 諸外国における縦断勾配の基準値

国名／基準名	適用対象	勾配の基準値	備考
米国 ADA Accessibility Guideline	公共交通拠点・駐車場等と施設間の経路等、施設利用に必要な経路が満たすべき基準	1/20(5%)を超えない	高さ 76cm 以下の部分的なスロープでは 1/12 以下
フランス Guide General de la Voirie Urbaine	都市内道路・広場に対する推奨基準	5%を超えない	4%を超える場合、10m毎に水平部を確保
ドイツ RAS-E	立体横断施設に対する基準	8%を超えない 12%が限界	

(2) 自転車に関する基準値

自転車の通行空間における縦断勾配の基準は、我が国では「自転車道等の設計基準解説」（昭和49年 日本道路協会）において原則として5%と定めている。また制限長は5%の場合の場合100m、4%の場合200m、3%の場合500mとしている。

ただし、これは自転車として望ましい走行性能（平均的なスピードでの巡航）を確保できる基準として定められたものであり、自転車自体の登坂能力の限界をもとに設定されたものではない。

海外に眼を転ずると、米国の自転車走行空間整備のガイドライン「Guide for the development of bicycle facilities」では、自転車歩行者専用道の縦断勾配は5%を超えることは望ましくないとしている。これ以上の勾配を設ける場合の制限長は表4-7に示すとおりとしている。

表 4-7 米国基準での勾配の制限長

勾配	延長の上限
5～6%	240m
7%	120m
8%	90m
9%	60m
10%	30m
11～%	15m

〔出典〕 AASHTO(1999) : Guide for the development of bicycle facilities

他国の設計ガイドをみると、オランダは7%（風の影響のない区間では8%）と定められている。このほか英国、フランス、ドイツでは上限値の定めはなく、またフランスでは6%、ドイツでは3%を超える区間について、登坂側車線の幅員を加算するなど設計上の配慮が必要であるとしている。