ISSN 1346-7328
国総研資料 第 667 号
平 成 24 年 3 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.667　　　　March 2012

小規模道路の平面線形及び縦断勾配の必要水準に関する基礎的検討

濱本 敬治、上坂 克巳、大脇 鉄也、木下 立也、小林 寛

Preliminary Study on the Minimum Required Standards of Horizontal Alignment and Longitudinal Grade of Small-Scale Roads

Keiji HAMAMOTO, Katsumi UESAKA, Tetsuya OWAKI, Tatsuya KINOSHITA, Hiroshi KOBAYASHI

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

国土技術政策総合研究所資料
第 667 号　2012 年 3 月

小規模道路の平面線形及び縦断勾配の必要水準に関する基礎的検討

濱本　敬治	*
上坂　克巳	**
大脇　鉄也	***
木下　立也	****
小林　　寛	*****

概要

本資料は、地域の実情に応じた道路設計に資するため、道路構造令の第３種第５級及び第４種第４級の小規模な道路の平面線形及び縦断勾配の最小限保持すべき水準の基礎的検討を行ったものである。

平面線形の必要水準を検討した徐行での走行実験の結果、自動車走行軌跡ソフトで求めた最小曲線半径（普通自動車は11.0m、小型自動車道等は6.4m）での走行は可能であり、曲線部での走行軌跡幅員の最大値から、普通自動車、小型自動車等共に1.0mの余裕幅があれば、走行できることがわかった。

縦断勾配の限界は、徐行を前提とすると、車両性能の物理的側面、実在する急勾配箇所での実態及び国内外の種々の基準値という様々な角度からの検討の結果、道路構造令の設計速度20km/h時の特例値である12%より大きくできる可能性があることが分かった。

ｷｰﾜｰﾄﾞ　:　道路構造基準、平面線形、縦断勾配

---

*	前　道路研究部道路研究室研究官
**	道路研究部道路研究室室長
***	前　道路研究部道路研究室主任研究官
****	前　道路研究部道路研究室交流研究員
*****	道路研究部道路研究室主任研究官

Technical Note of NILIM
No.667 March 2012

Preliminary Study on the Minimum Required Standards of Horizontal Alignment and Longitudinal Grade of Small-Scale Roads

Keiji HAMAMOTO	*
Katsumi UESAKA	**
Tetsuya OWAKI	***
Tatsuya KINOSHITA	****
Hiroshi KOBAYASHI	*****

Synopsis

This is a preliminary study of the minimum required standards of the horizontal alignment and longitudinal grade of small-scale roads classified as Category 3 Class 5 and Category 4 Class 4 of the Road Structure Ordinance so as to contribute to the betterment of road design that suits local circumstances.

An experiment with slow-moving cars was conducted to review the required standard of horizontal alignment. It was found that the minimum curve radius（11.0 m for an ordinary vehicle and 6.4 m for a small-sized vehicle）derived from vehicular running path software permitted the running of a slow-moving car and that both ordinary and small-sized motor vehicles can run when a margin of 1.0 m is provided according to the maximum value of the running path width at the curve.

The authors estimate that, assuming the vehicle runs at a slow speed, the upper limit of the longitudinal grade is about 16 to 18% in areas other than snowy cold regions based on reviews from various angles, including in terms of the physical aspects of vehicle performance, the data of actual conditions at existing steep slopes, and the various standards in Japan and foreign countries. As a result of this, it is now known that the possibility exists to have larger values than 12%, which is the exception value for［Road Structure Ordinance］design speeds of 20km/h.

Key Words : Road structure, Horizontal alignment, Vertical slope

*	Former Researcher,Traffic Engineering Division, Road Department
**	Head, Traffic Engineering Division, Road Department
***	Former Senior Researcher, Traffic Engineering Division, Road Department
****	Former Guest Research Engineer,Traffic Engineering Division, Road Department
*****	Senior Researcher, Traffic Engineering Division, Road Department

はじめに

本資料は、道路構造令の規定のうち、第３種第５級又は第４種第４級の小規模道路を対象に、平面線形及び縦断勾配の最小限保持すべき水準に関する基礎的検討を行ったものである。

小規模道路の平面線形に関しては、自動車の徐行を前提として、国土技術政策総合研究所の構内において 12 名の被験者による走行実験を行い、曲線半径と道路幅員の限界を検討した。今後は、実道等において、車両の追い越し、後進や、車両相互及び車両と歩行者等との離合を考慮した検討が必要である。

一方、小規模道路の縦断勾配に関しては、自動車の徐行を前提として、車両やタイヤ性能の物理的側面、実在する急勾配箇所での実態及び国内外の種々の基準値という様々な角度からその限界を検討し、それらの検討結果を比較整理した。今後は、特に安全上の観点から、更に検討を深める必要がある。

以上、本資料の成果については、自動車の徐行を前提として、限られた検討結果から得られたものであり、今後、特に安全上の観点から、実道における更なる検討を有するものである。

したがって、すぐにそのまま実道において適用できるものではない点に留意されたい。

平成 24 年　3 月

国土交通省国土技術政策総合研究所　道路研究室

室長　上坂 克巳
（前）研究官　濱本 敬治
（前）主任研究官　大脇 鉄也
（前）交流研究員　木下 立也
主任研究官　小林　寛

目　次

1. 要　旨

1.1　研究の背景と目的

道路構造令は、安全かつ円滑な道路交通を確保するための一般的技術基準として定められている政令である。一般的技術基準であるため、地域の状況を鑑みて運用されるべきであり、道路構造令自体にも柔軟に解釈ができる規定がある。しかし、近年、全国で統一して道路構造基準を定めていることが、画一的な道路整備やコストの増大を招いているとの指摘がある。一方、地域ニーズに応じて基準を緩和する場合、どこまで緩和していいのか独自の判断が難しいとの意見もある。

特に基準緩和のニーズが高い道路としては、ローカルな小規模道路が挙げられる。これらの道路は、道路構造令では第３種第５級（地方部）又は第４種第４級（都市部）に該当するものである。

このような背景の中、本研究では、道路構造令の第３種第５級及び第４種第４級の小規模な道路の平面線形及び縦断勾配の最小限保持すべき水準の基礎的検討を行った。

1.2　平面線形の必要水準に関する検討

道路構造令では、小規模道路の最小曲線半径は、設計速度が 20km/h の時に車種にかかわらず 15m と定められている。そこで、自動車の徐行を前提として、小規模道路の平面線形の限界について実験的検討を行った。

まず、道路構造令で示された設計車両の回転性能の限界を踏まえ、自動車の走行軌跡ソフトを用いて車両の旋回軌跡図を作成した。次に、この図をもとに国土技術政策総合研究所の構内に走行コースを設営し走行実験を行い、実際の走行に必要な側方余裕幅を検討した。

普通自動車（10t トラックに相当）と小型自動車等（大型乗用車に相当）を用いた平均走行速度3～4km/h 程度での走行実験の結果、走行軌跡ソフトで求めた最小曲線半径（普通自動車は 11.0m、小型自動車等は 6.4m）での走行は可能であり、曲線部での走行軌跡幅員の最大値から、普通自動車、小型自動車等共に 1.0m の余裕幅があれば、走行できることがわかった。ただし、この結果は、車両の追い越し、後進や、車両相互及び車両と歩行者等との離合は考慮していない点に留意する必要がある。

1.3　縦断勾配の限界に関する検討

道路構造令では、小規模道路の最大縦断勾配は、設計速度が 20km/h の場合の特例値として 12%と定められている。そこで、自動車の徐行を前提として、小規模道路の縦断勾配の限界について、車両性能の物理的側面、実在する急勾配箇所での実態及び国内外の種々の基準値という様々な角度から検討を行った。その結果は、表 1-1 のとおりである。

これらの結果から、徐行を前提とした場合は、縦断勾配の限界を道路構造令の特例値の 12%より大きくできる可能性がある。今後、特に安全上の観点から、縦断勾配の限界について更に検討を深める必要がある。

表 1-1　縦断勾配の限界の検討結果のまとめ

根　拠		縦断勾配の限界
道路構造令（第 1 種、第 2 種及び第 3 種の普通道路）特例値		12%
3.1.1　車両の登坂能力		32%
3.1.2　タイヤの滑り摩擦係数	乾燥時	63%
	湿潤時	44%
	積雪時	15%
3.1.3　ブレーキの制動力		57%
3.2　東京都に実在する急坂		25%
3.3.1　アメリカの基準（AASHTO）	20 マイル(32km/h)	16%
3.3.2　林道規定（平成 18 年度改正）	自動車道 3 級の特例値	18%
3.3.3　車両の積載状態での登坂能力（道路輸送車両の保安基準）		25%
3.3.3　サイドブレーキの能力（道路輸送車両の保安基準）		20%

2. 平面線形の必要水準に関する検討

道路構造令は、安全かつ円滑な道路交通を確保するための一般的技術基準として定められている政令である。一般的技術基準であるため、地域の状況を鑑みて運用されるべきであり、道路構造令自体にも柔軟に解釈ができる規定がある。しかし、近年、全国で統一して道路構造基準を定めていることが、画一的な道路整備やコストの増大を招いているとの指摘がある。一方、地域ニーズに応じて基準を緩和する場合、どこまで緩和していいのか独自の判断が難しいとの指摘もある。

特に基準緩和のニーズが高い道路としては、ローカルな小規模道路が挙げられる。これらの道路は、道路構造令では第３種第５級（地方部）又は第４種第４級（都市部）に該当（**写真 2-1**）するものである。

本章では、このような小規模道路を対象に、平面線形の最小限すべき水準について検討を行った。

検討にあたっては、交通量が非常に少ない場合を想定し、自動車は徐行することを前提とする。そこで、まず、**2.1** では、自動車走行軌跡ソフトを用いて最小曲線半径を求めるとともに、車両の旋回軌跡図を作成する。次に **2.2** では、旋回軌跡図をもとに設営したテストコースにおいて走行実験を行い、実際の走行に必要な余裕幅を明らかにする。さらに **2.3** では、関連する国内の平面線形と比較する。**2.4** では、自転車、歩行者等の通行安全性を踏まえた留意点を整理する。最後に **2.5** では、平面線形の必要水準に関する技術的知見をとりまとめる。

写真 2-1　小規模な道路のイメージ写真

2.1　最小曲線半径における走行軌跡の幾何学的検討

現在の道路構造令においては、曲線部の幾何構造を表す主な要素としては、設計速度に基づき、安定した快適な走行ができるように、最小曲線半径が規定されている。設計速度の最低ランクは時速 20km/h であり、このときの最小曲線半径（車道中心）は、車種にかかわらず 15m である。

一方、同じ道路構造令において、自動車の最小回転半径（前輪外側のタイヤ中心の軌跡が描く半径）は、設計の基礎とする普通自動車（10t トラックに相当）が 12m、小型自動車等（大型乗用車に相当）が 7m である。従って、徐行を前提にすれば、最小曲線半径はもっと小さくなり、また車種による差が出てくると考えられる。

そこで、今回は徐行を前提条件とし、普通自動車又は小型自動車等が最小回転半径で旋回するとした場合、すなわち前輪外側のタイヤ中心の描く軌跡の半径を、道路構造令で規定された設計車両の最小回転半径と一致させた場合の車体（長方形状）の旋回軌跡を求めた。そして、この最小回転半径を基に描かれた車体中心の軌跡を最小曲線半径と考えて、検討を進めることとした。

なお、旋回軌跡を求めるにあたっては、「旋回軌跡による偶角部の設計について」(土木研究所資料昭和 54 年 1 月)に基づく作図理論を用いて車体が通過する軌跡（**図 2-1**）を作図できるソフトウエアを使用した。

軌跡ソフトを用いた算定結果により、最小曲線半径は、小型自動車等は 6.4m、普通自動車は 11.0m とした。

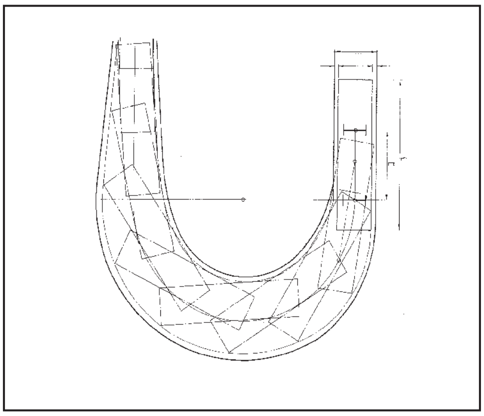


図 2-1　普通自動車（トラック）の旋回軌跡図

2.2　曲線部の余裕幅の走行実験による検討

2.2.1　検討の目的

曲線部の最小必要幅は、**図 2-1** で示したように、幾何学的には軌跡図を描いて設定することができる。しかし、実際に車両が通行するためには、理想的な軌跡図に対し、人間（ドライバー）が対応可能な範囲の余裕幅を持たせる必要がある。このため、国土技術政策総合研究所の構内（試験走路）で走行実験を行い、軌跡ソフトで描いた幅に加えて必要な余裕幅を求めることとした。試験走路の路面上に設置したコースで車両を走行させることによって、コースからのはみ出し具合等の計測を行ったものである。車両軌跡の両側に、この余裕幅を加えた平面線形が「通行することが可能な最小限の平面線形」ということになる。

2.2.2　実験の概要

国土技術政策総合研究所構内の試験走路において、直線ならびに最小曲線半径を与えた曲線部で構成されたＵ字型の試験コースを設営した。沿道条件として、細街路などで道路の両側に建物や塀が車道いっぱいに建っている場合とそうでない場合とを想定して、段ボールを使用して壁を設置した場合と設置しない場合の 2 ケースの設営を行った。その上で、10t トラック、大型乗用車を用いた走行実験を実施し、ビデオカメラ等により徐行走行時(10km/h 程度)のコースのはみ出し量を観測して、最小限必要となる余裕幅の検討を行った。本実験の概要は**表 2-1** に示す。

なお、実験内容については、**2.2.3** と **2.2.4** において詳細に述べる。

表 2-1　実験概要

実験日時	平成 21 年 12 月 8 日（火）、9 日（水）、10 日（木） 午前 8 時～午後 17 時 30 分　3 日間
実験場所	国土交通省　国土技術政策総合研究所（茨城県つくば市） 試験走路　南ループ内側スペース
実験コース	「旋回軌跡による偶角部の設計について」（土木研究所資料昭和 54 年 1 月）に基づく作図理論を用いて、下記の設計車両の走行軌跡を描画し、走行軌跡の外側線の半径（最小回転半径）が普通自動車では 12.0m、小型自動車等では 7.0m となる U 字型のコースを設定した。 ・コース①：普通自動車 （長さ=12.0m ，幅=2.5m ，軸距=6.5m ，最小回転半径 12.0m ，最小曲線半径 11.0m） ・コース②：小型自動車等 （長さ=6.0m，幅=2.0m，軸距=3.7m，最小回転半径 7.0m，最小曲線半径 6.4m） ※いずれも右カーブと、左カーブの２ケース（計４コース） ※いずれも実験コースに壁を設置した状態と、壁を設置しない状態（計１０タイプ）
実験車両	・10t トラック　 1 台（普通自動車に相当） ・大型乗用車　1 台（小型自動車等に相当）
実験運転者	・10t トラック運転者（プロドライバー　2 名） ・大型乗用車運転者　（年齢層の異なる一般ドライバー　10 名）
計測項目	・走行車両のコースからのはみ出し量 ・走行速度

2.2.3　設計車両に合わせた実験車両の選定と走行コースの設定

(1) 実験車両の選定

実験車両は 10t トラック 1 台と大型乗用車 1 台を使用する。車種は全長やホイールベース等の特に長いタイプとして、以下に示す車両を選定・抽出した（**表 2-2, 図 2-2**）。

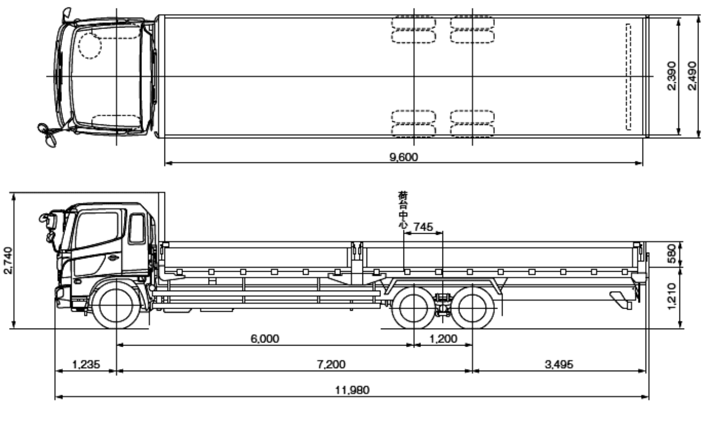
① 実験で走行する車両の種類は、道路構造令第 4 条「設計車両」における「普通自動車」と「小型自動車等」の諸元に近い寸法の車両を使用した。以下、前者に相当するのもとして「10t トラック」、後者に相当するものとして「大型乗用車」を用いた。

② 小型自動車等の実験は、乗用車新車販売台数のオートマチック車(AT 車)比率は 95.1%（平成 15 年　一般社団法人日本自動車販売協会連合会調べ）であることから AT 車で行った。

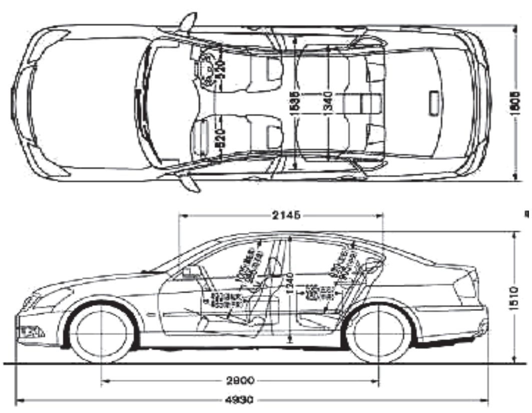
表 2-2　実験車両の車種

車両	メーカー	車種	車両の寸法
10t トラック	日野	レンジャー	・長さ＝11,980、幅＝2,490、軸距＝6,000 （設計車両の緒元） （長さ＝12,000、幅＝2,500、軸距＝6,500）
大型乗用車	日産	フーガ	・長さ＝4,930、幅＝1,805、軸距＝2,900 （設計車両の緒元） （長さ＝6,000、幅＝2,000、軸距＝3,700）

※大型乗用車のフーガ（日産）については、設計車両の緒元と実験車両の寸法に多少の差が出ているものの、使用可能な最大の車両が日産フーガであったため、日産フーガを使用することとした。



〔出典〕日野自動車株式会社 HP



〔出典〕日産自動車株式会社 HP

図 2-2　実験車両（上：日野レンジャー　下:日産フーガ）

(2) 走行コースの設定

走行コースは以下に示すとおり、10t トラック用と大型乗用車用、各々右カーブ用・左カーブ用の合計 4 コースを用意した。走行軌跡については、「旋回軌跡による偶角部の設計について」(土木研究所資料 昭和 54 年 1 月建設省土木研究所道路部道路研究室)に基づく作図理論を用いて作成した（図 2-3,2-4）。走行コースは、U字型のコースとし、10t トラック用左右カーブ、大型乗用車用左右カーブの計 4 本設置する。10t トラック用の直線部の幅については、設計車両に合わせて 2.5m とする。また、曲線部の幅の最大値は 5.2m となった。今回の実験は、「徐行において最小限必要な水準」を把握することを目的としており、横滑り摩擦係数や遠心力は考慮していないことから、片勾配は設けないこととする。

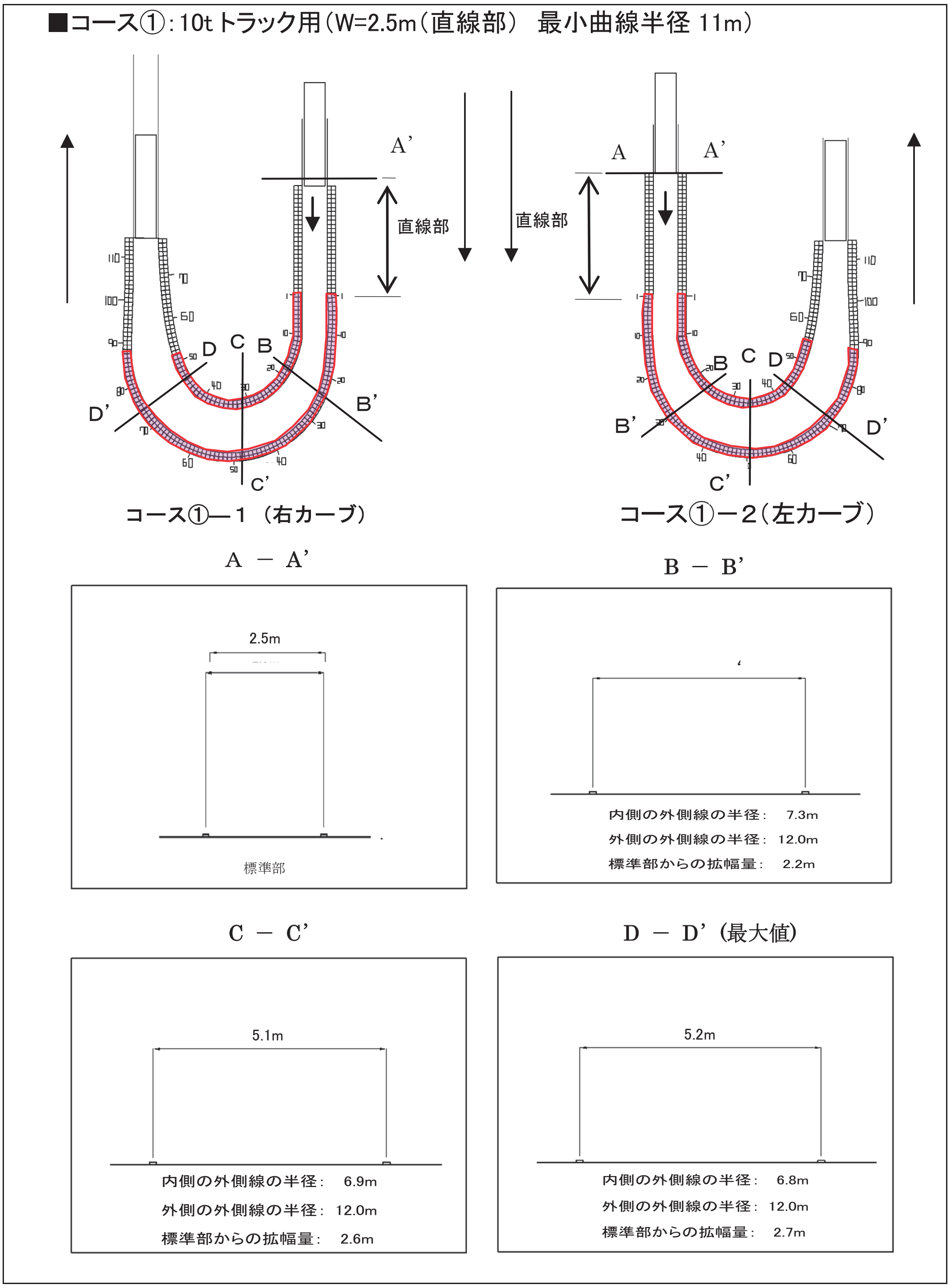


図 2-3 走行コース（10t トラック）

大型乗用車用の直線部の幅については、10t トラック用と同様に設計車両に合わせて2.0mとする。また、曲線部の幅の最大値は3.0m となった。

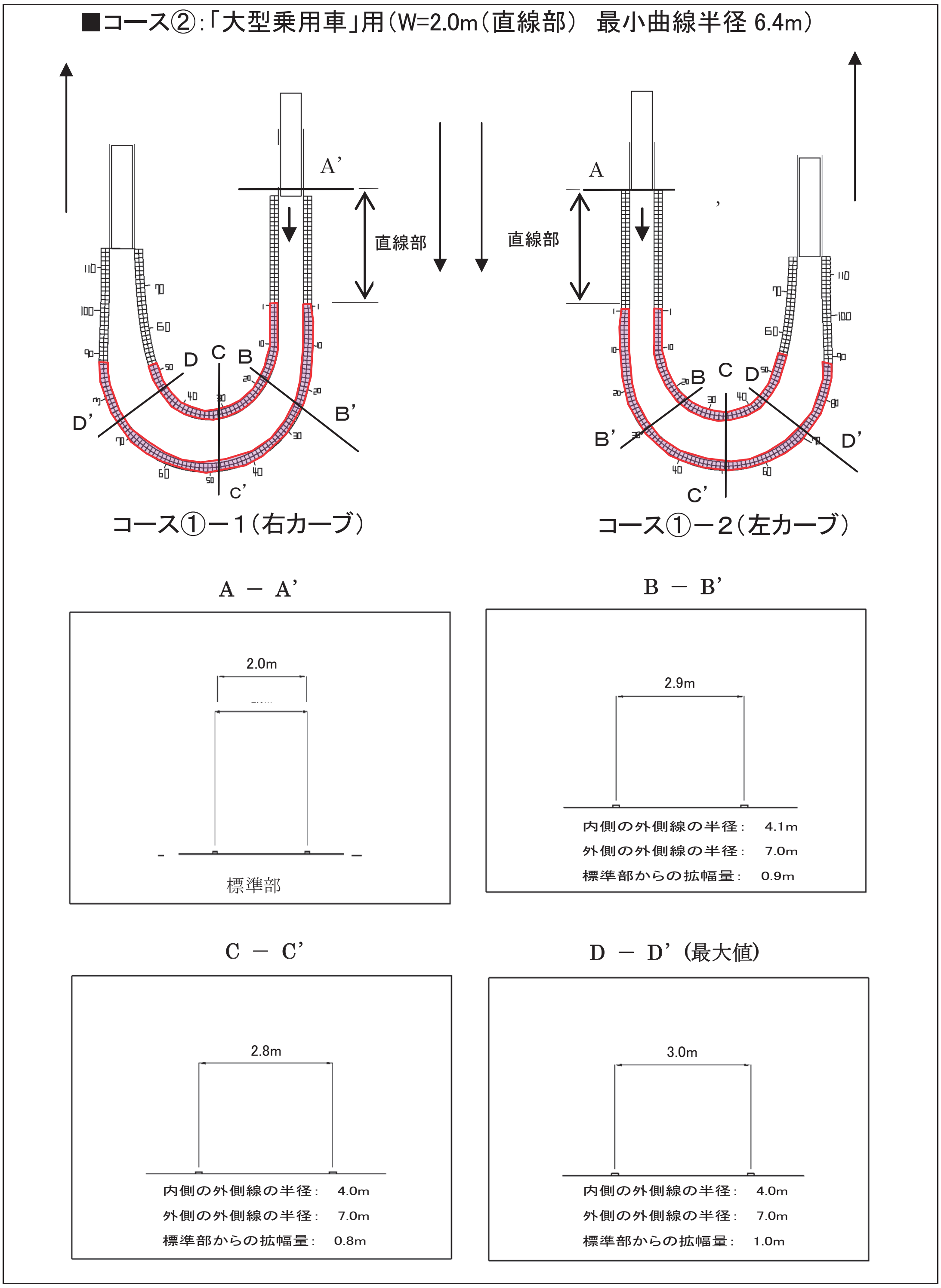


図 2-4 走行コース（大型乗用車）

国土技術政策総合研究所内の試験走路の南ループ内側スペースに走行コースを設置した(図 2-5)。

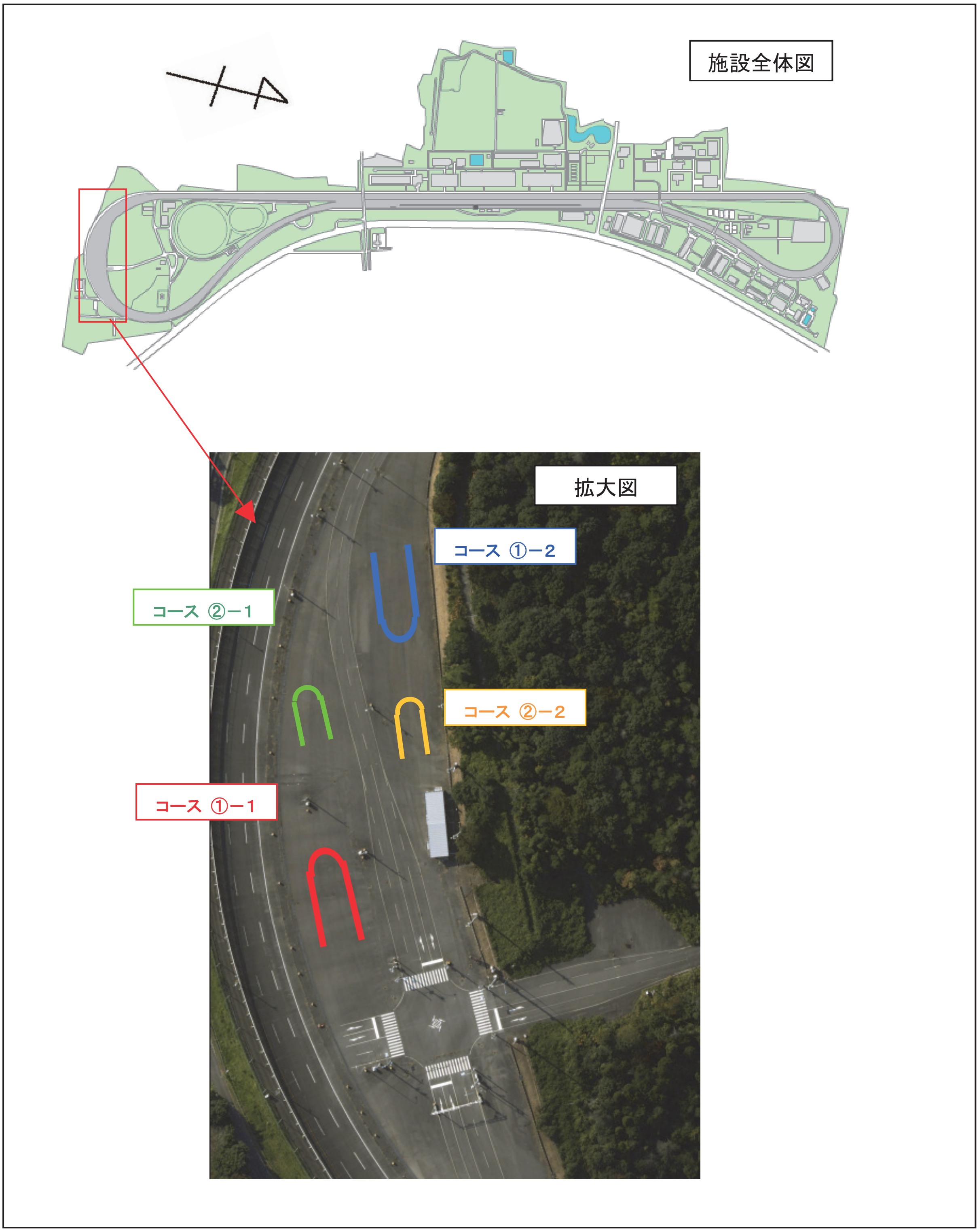


図 2-5　走行コース設営箇所

2.2.4　実験内容

(1)　壁の設置方法

細街路などで道路の両側に建物や塀が車道いっぱいに建っている場面を想定し、走行コースの曲線部においては、両側に壁を設置することとした。壁の設置位置は、概ね曲線部になるよう壁を設置した。走行コースは、右カーブ、左カーブの２パターンで両側に壁を設置した場合と設置しない場合での各２ケース、加えて、片側だけに建物や塀、法面等がある場合において、両側に壁がある場合と比べ、どのようにはみ出し量が変化するのかを把握するため、大型乗用車については、外側のみ壁を設置するケースも実施した。

壁は、段ボールを積み上げたもので作成し、風や車両との接触で簡単に倒れないような工夫を施すとともに、運転者や車両にダメージがないよう配慮した。壁の高さは、運転者に圧迫感を与えるよう概ね目線の高さに合わせて、10t トラックの場合 1.5m、大型乗用車の場合 1.0m とした。

壁の設置位置

段ボールを積み上げ、以下図 2-6 のとおり壁を設置する。赤色は段ボールを示す。

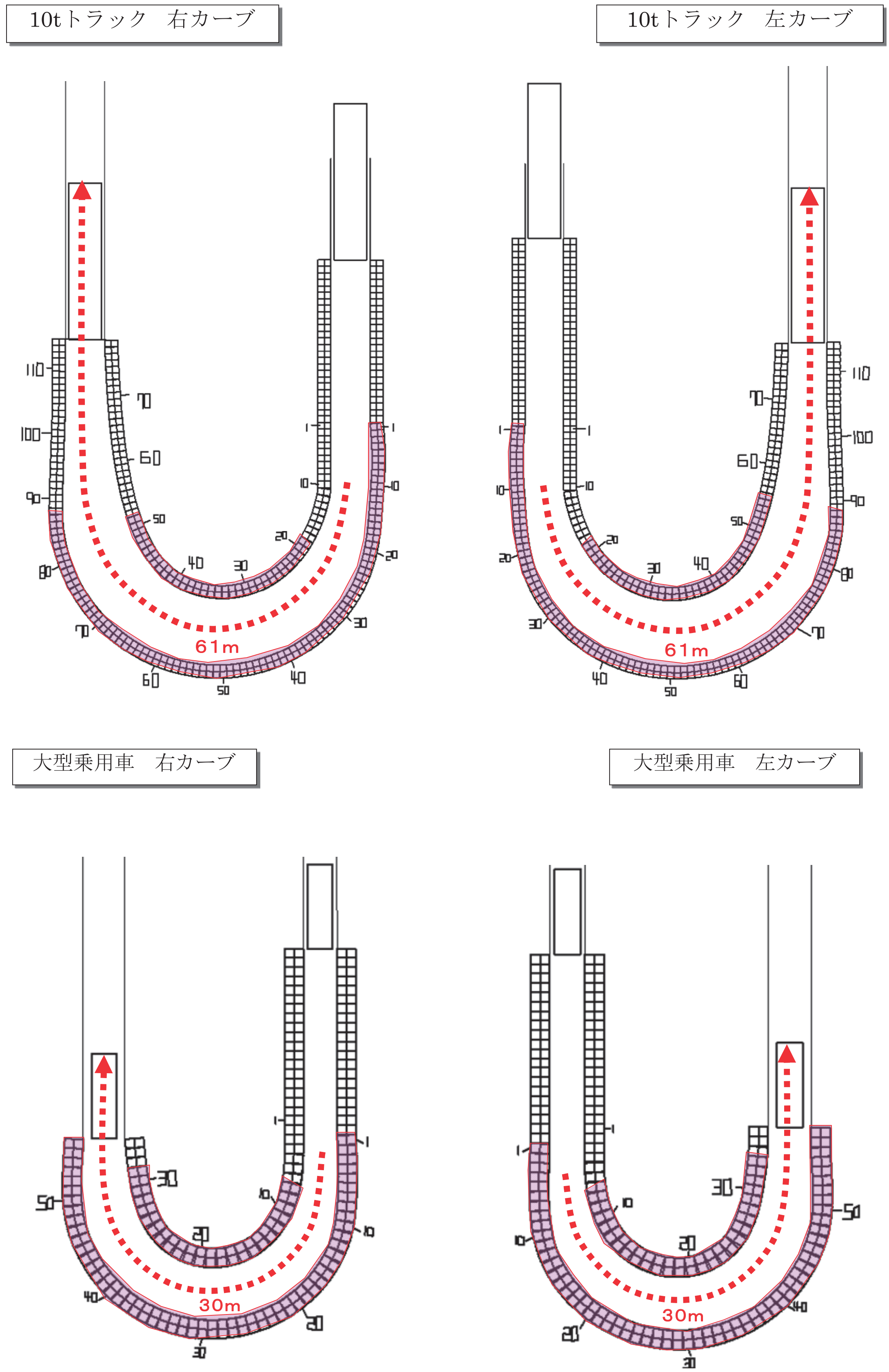
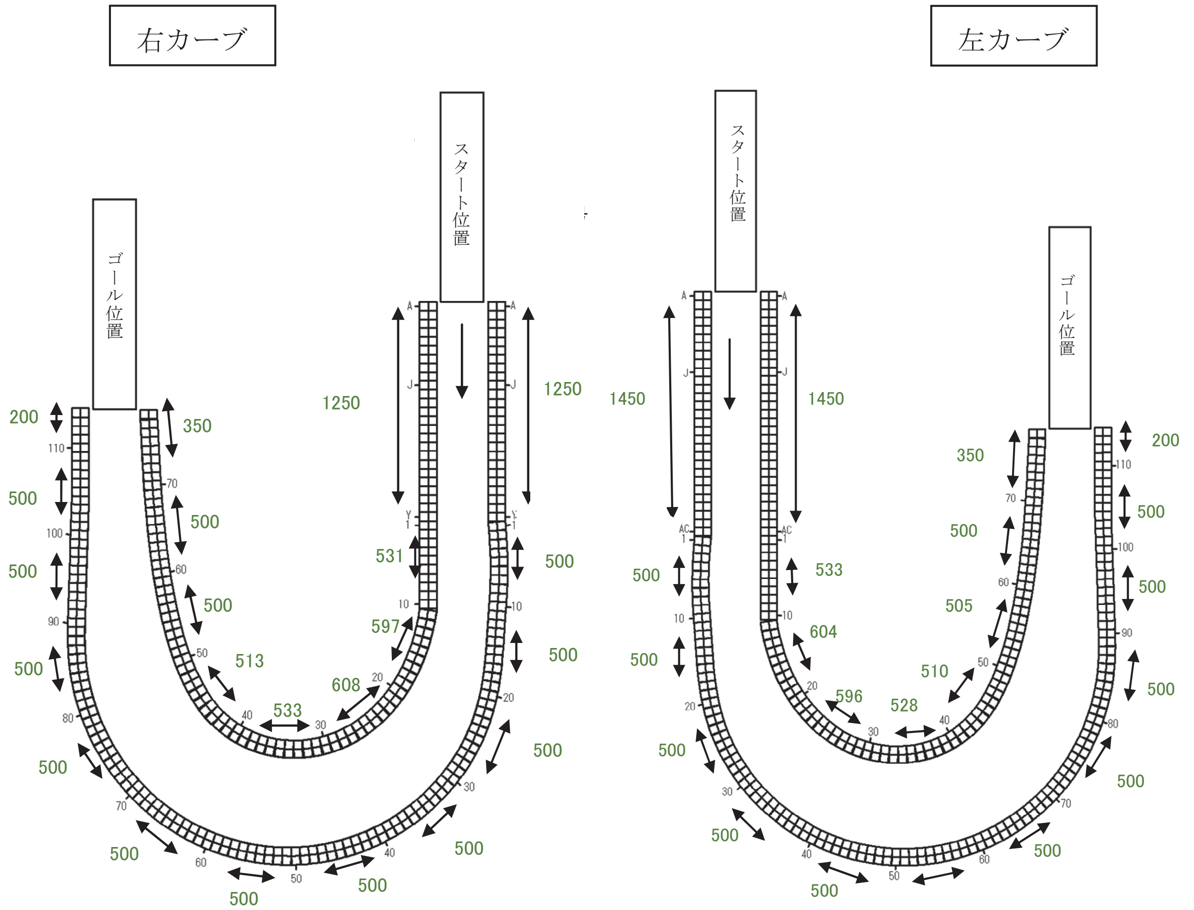


図 2-6　壁の設置位置

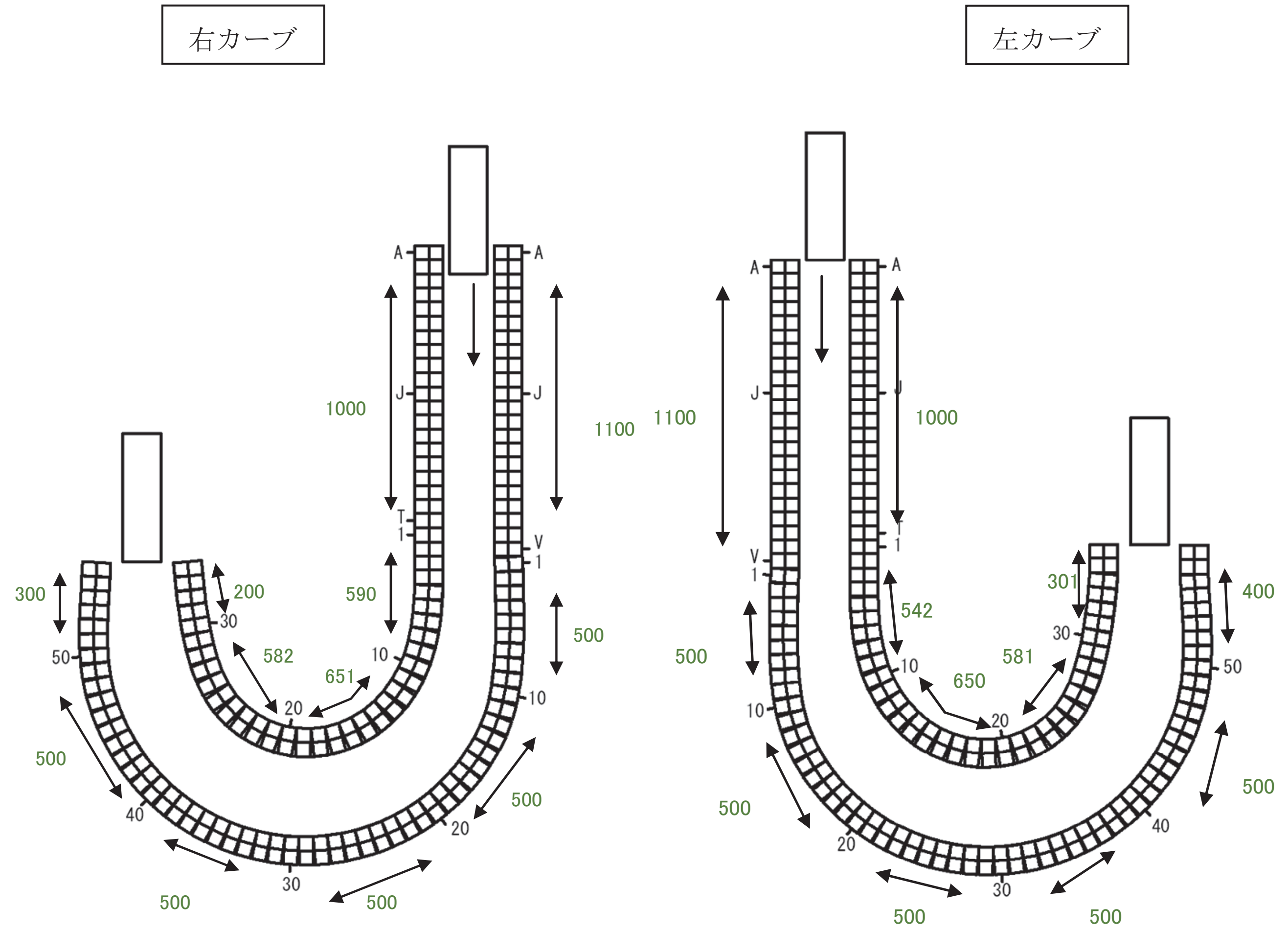
コースの距離及び段ボール番号

コースの距離及び段ボール番号を以下に示す（図 2-7, 図 2-8）。



緑数字：距離（cm）
黒数字：段ボール番号
巻末のグラフ横軸の数字と上図の黒数字は一致している

図 2-7　10t トラックのコースの距離及び段ボール番号



緑数字：距離（cm）
黒数字：段ボール番号
巻末のグラフ横軸の数字と上図の黒数字は一致している

図 2-8　大型乗用車のコースの距離及び段ボール番号

(2) 実験の条件

走行実験（1 日目：平成 21 年 12 月 8 日）の実験の条件は、以下のとおりである（表 2-3, 図 2-9）。

表 2-3　走行実験（1 日目）の諸条件

被験者	① ②（10t トラックの運転者）
実験ケース	ケース A：コース両側に壁を設置 （壁は、曲線部の外側及びコース幅員 4m 以上となる箇所の内側に設置）
	ケース B：壁がない状態

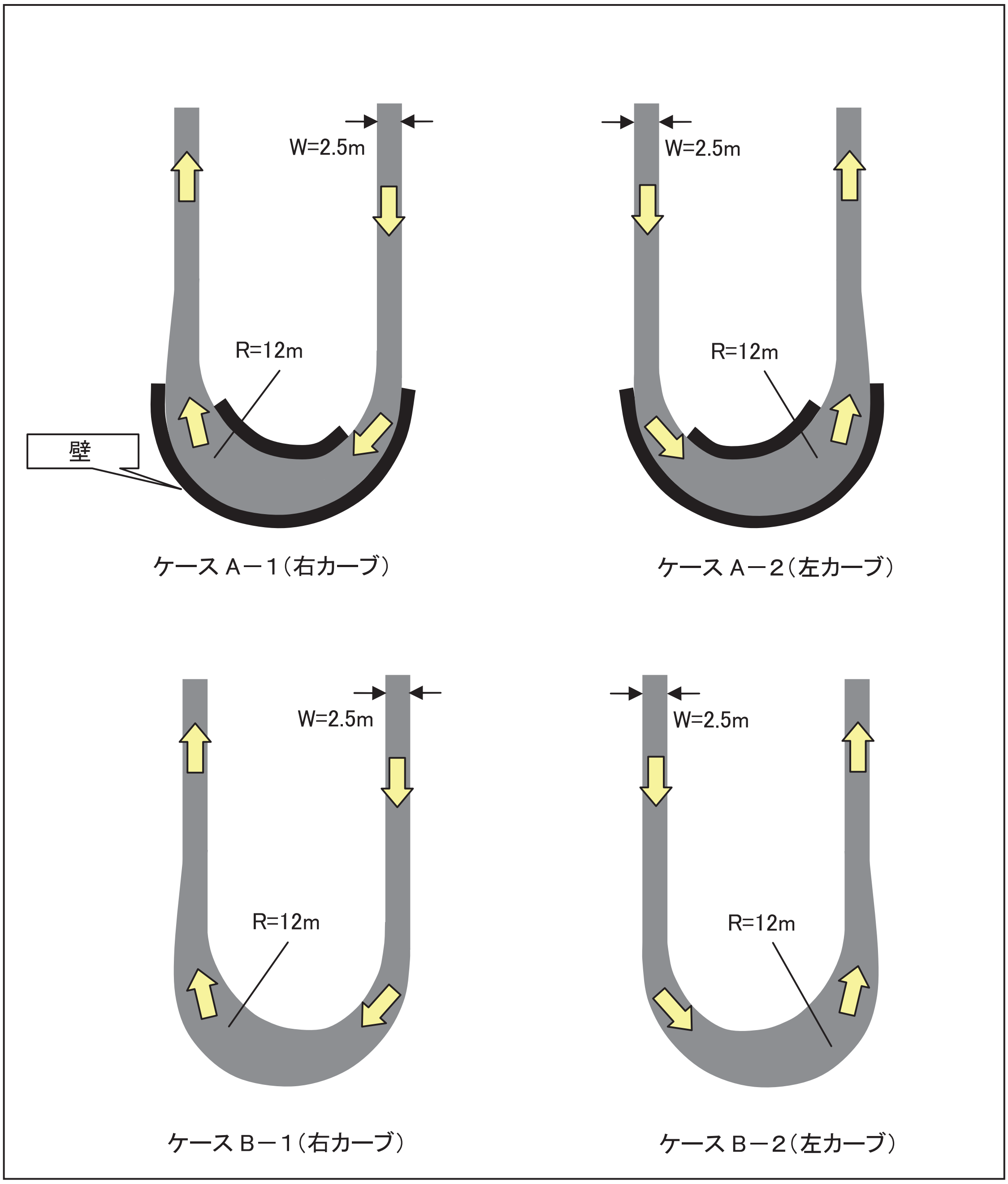


図 2-9　1 日目実験ケース

走行実験（2 日目：平成 21 年 12 月 9 日, 3 日目：平成 21 年 12 月 10 日）の実験の条件は、以下のとおりである（表 2-4, 図 2-10）。

表 2-4　走行実験（２日目、３日目）の諸条件

被験者	③④⑤⑥⑦（大型乗用車の運転者） ⑧⑨⑩⑪⑫
実験ケース	ケース A：コース両側に壁を設置 （コース幅員 2.5m 以上となる箇所に壁を設置） ケース A’：コース外側にのみに壁を設置 ケース B：壁がない状態

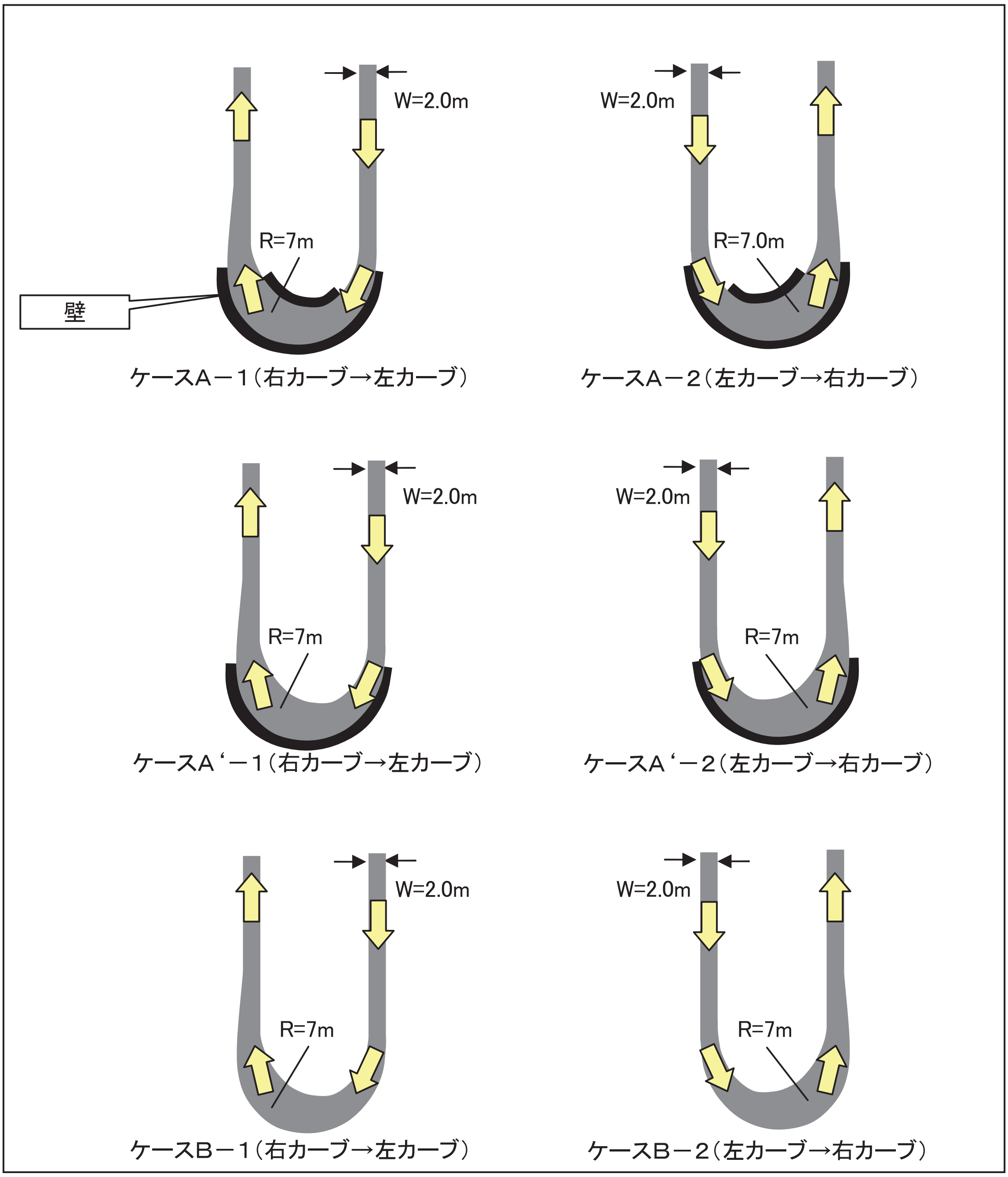


図 2-10　2 日目、3 日目の実験ケース

実験状況を以下に示す（写真 2-2～2-7）。

写真 2-2 実験コース全景

写真 2-3 実験コース①－１(両側壁あり:10t ﾄﾗｯｸ)

写真 2-4 実験コース①－１(壁なし:10t ﾄﾗｯｸ)

写真 2-5 実験コース②－１(両側壁あり:大型乗用車)

写真 2-6 実験コース②－１(壁なし:大型乗用車)

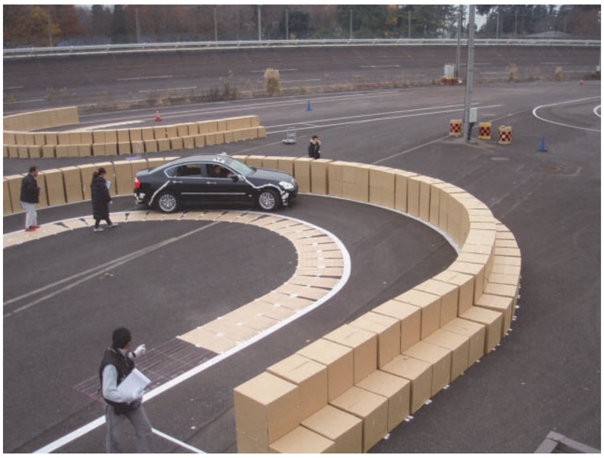


写真 2-7 実験コース②－１(片側壁あり:大型乗用車)

(3) 実験の被験者

実験の被験者は以下のとおりである（表 2-5）。

1）10t トラックの被験者

① 被験者の属性については、トラックは一般の人が運転する機会は少ないことが想定されることから、プロドライバーを選定した。

② 被験者の人数については、プロドライバーであるため、運動能力の個人差は小さいと考え、条件を変更し、どれだけのはみ出し量があるのかを計測することが有効と考え、2 名とした。

2）大型乗用車の被験者

① 被験者の属性については、運転に慣れている人、慣れていない人に偏らず、運転能力にばらつきがでるように年齢、運転歴（免許取得年数）、運転頻度（毎日、週 1～2 回、月数回、年数回）を考慮して、初心者、一般者、高齢者を選定した。

② 被験者の人数については、プロドライバーではないため、運転能力の個人差が大きいと考え、10 名とした。その上で、運転能力の劣る人を基準に、曲線部の余裕幅を検討することとした。

表 2-5 募集した被験者の属性

10tトラックの被験者

被験者番号	年齢	運転免許取得時期	運転歴	普段運転している車種	運転頻度	備考
1	49	30	27	乗用車	毎日	運送業
2	31	12	12	乗用車	毎日	運送業

大型乗用車の被験者

被験者番号	年齢	性別	運転免許取得時期	運転歴	普段運転している車種	運転頻度
1	68	男性	55	55	乗用車	週数回
2	69	男性	42	42	乗用車	毎日
3	68	女性	30	30	軽乗用車	毎日
4	39	男性	17	17	不明	週数回
5	30	男性	6	6	不明	週数回
6	31	男性	12	12	不明	月数回
7	68	男性	50	50	乗用車	週数回
8	39	女性	19	19	軽乗用車	毎日
9	25	男性	3	3	不明	年数回
10	52	男性	30	30	乗用車	毎日

(4) 走行方法

① 実験にあたり、被験者には、以下の指示を行った。

・徐行で走行すること。

・なるべくコースからはみ出さないようにすること。

② 走行回数は、10t トラック、大型乗用車共に壁の位置のコース外側（両側の壁ともコースを広げる方向）へのセットバックを 0cm、25cm、50cm の 3 通りとしてコース幅員を変化させ、左右のカーブ毎に 1 人あたり各 1 回の走行を行った。また、壁なしについては、壁ありと回数を合わせるため左右のカーブ毎に 1 人あたり各 3 回の走行とした。

(5) 計測方法

ア）はみ出し量は、走行コースからのはみ出し量として、次の二つの方法で計測した。

はみ出し量の計測にあたっては、表 2-6 の(1)(2)に示すように、車両の四隅はカメラで計測し、カーブの内側における車両の中央部は目視により計測し、はみ出し量の大きい値を採用した。

イ）走行速度は、スタートの位置からゴールの位置までの平均速度を計測した。

計測方法については、表 2-6 に詳細に示す。

表 2-6 車両の走行コースからのはみ出し量と走行速度の計測方法

方 法		内 容
はみ出し量	(1) カメラでの読み取り計測	① 車両の四隅にレーザーポインターと CCD カメラを設置し、走行コースの両側の路面に走行位置を示す 10cm 四方の目盛のマーキングを行った。 ② CCD カメラの映像から、路面のマーキング上で、レーザーポインターが示す点を読み取り、はみ出し量を算出した。（写真 2-8, 写真 2-9）
	(2) 目視計測	・カーブの内側における車両の中央部のはみ出し量は、四隅に設置したカメラでは計測ができないため、目視により計測した。（写真 2-9）
速度	(3) 速度計測	・走行コースのスタートの位置からゴールの位置までの走行時間をストップウォッチで計測し、平均走行速度を算出した。（写真 2-9）

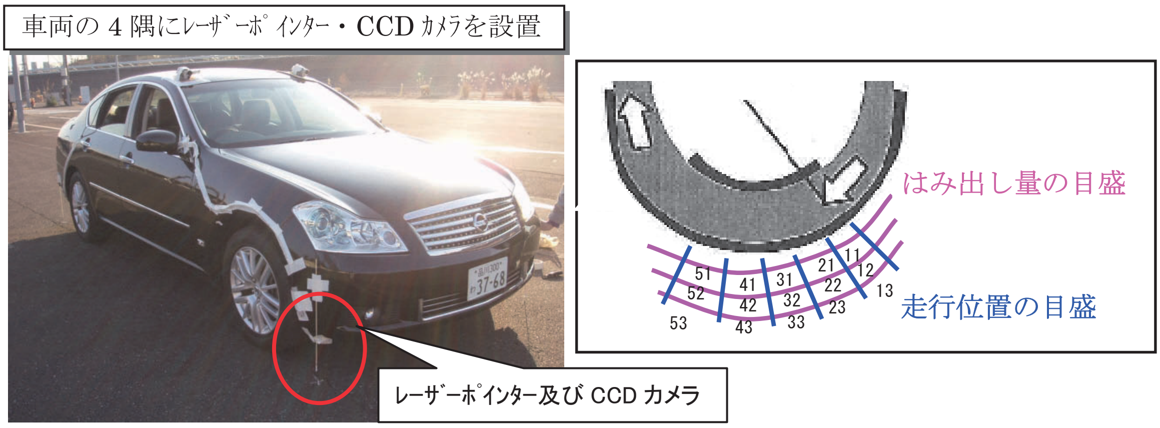


写真 2-8　計測概要

写真 2-9　計測状況

(6) 実験結果

1）10t トラックの計測結果

被験者①②の順番に壁ありと壁なしの状態について走行を行った。以下に 10t トラックの計測結果を示す（太枠は、各ケースのはみ出し量の最大値をさす。）（表 2-7）。

走行速度については、すべて 4.2km/h 以下であり、平均速度は 3.1km/h であった。壁ありセットバック 0cm の速度が比較的低い値となっているのは、壁に接触した際に、車両が止まった状態となったためである。

表 2-7　10t トラックの実験ケースおよび各ケースのはみ出し量と速度（平成 21 年 12 月 8 日）

10t トラック

ケース	カーブ	被験者	壁の有無とセットバック量				はみ出し量（cm）		速度（km/h）
			内側		外側		内側（目視）	外側（カメラ）	カーブ部入口から停車まで
			壁	セットバック量（cm）	壁	セットバック量（cm）			
1	右	①	あり	0	あり	0	30	30	0.7
2	右	②	あり	0	あり	0	20	20	1.2
3	右	①	あり	25	あり	25	10	20	2.4
4	右	②	あり	25	あり	25	10	40	2.5
5	右	①	あり	50	あり	50	10	10	4.1
6	右	②	あり	50	あり	50	10	20	4.1
7	右	①	なし	–	なし	–	0	30	4.1
8	右	②	なし	–	なし	–	0	40	3.4
9	右	①	なし	–	なし	–	0	30	4.2
10	右	②	なし	–	なし	–	10	40	2.9
11	右	①	なし	–	なし	–	10	20	2.9
12	右	②	なし	–	なし	–	10	40	3.2
13	左	①	あり	0	あり	0	50	20	1.2
14	左	②	あり	0	あり	0	40	30	1.0
15	左	①	あり	25	あり	25	80	20	2.4
16	左	②	あり	25	あり	25	10	20	2.7
17	左	①	あり	50	あり	50	20	20	4.0
18	左	②	あり	50	あり	50	0	30	3.9
19	左	①	なし	–	なし	–	10	40	4.1
20	左	②	なし	–	なし	–	10	30	3.9
21	左	①	なし	–	なし	–	10	20	3.9
22	左	②	なし	–	なし	–	10	20	3.6
23	左	①	なし	–	なし	–	10	30	3.7
24	左	②	なし	–	なし	–	10	20	3.7
								10t トラックの平均速度	3.1

太枠は、各ケースのはみ出し量の最大値を指す。

2）10t トラックの通行に必要な拡幅量

10t トラックの場合、計測結果（内側:目視、外側：カメラ）から必要拡幅量は**表 2-8** の通りとなった。なお、壁に接触した場合はオレンジ色で示している。

必要拡幅量については、「道路構造令の解説と運用」3-6-2 曲線部の拡幅量において、拡幅量の考え方が 1 車線当たり 25cm 単位で規定されていることから､片側あたり 25cm 単位とし、今回の実験では、左右どちらにもはみ出ることを考慮し、両側を合わせて 50cm 単位で算出することとした。

両側壁ありの場合の最大のはみ出し量は、セットバック量が 25cm の場合の内側で 80cm、外側で 20cm の合計 100cm であったことから、必要拡幅量は 100cm とする。なお、両側壁ありセットバック 50cm の時には壁に接触することなく走行が可能であったことから、両側 50cm を最小限必要な拡幅量と考えて差し支えないと思われる。

両側壁なしの場合は、はみ出し量が 50cm 以内で走行が可能であったことから、必要拡幅量は 50cm とする。

従って、以下の結果を取りまとめると、普通自動車（10t トラック）の必要拡幅量は**表 2-9** のとおりとなる。

表 2-8 10t トラックの必要拡幅量（ケースごと）

カーブ	ケース	壁の有無とセットバック量				最大はみ出し量（cm）			必要拡幅量（内外計）（cm）
		内側		外側					
		壁	セットバック量（cm）	壁	セットバック量（cm）	内側（目視）	外側（カメラ）	計	
右	1	あり	0	あり	0	30	30	60	100
	4		25		25	10	40	50	
	6		50		50	10	20	30	
	10,12	なし	―	なし	―	10	40	50	50
左	13	あり	0	あり	0	50	20	70	100
	15		25		25	80	20	100	
	17		50		50	20	20	40	
	19	なし	―	なし	―	10	40	50	50

※最大値を記録した被験者の値（内壁・外壁の値は同じ被験者）
壁に接触している場合
※「必要拡幅量（内外計）」は、軌跡ソフトから求めた普通自動車の最小曲線半径 11.0m、走行コースの最大幅員 5.2m に対しての拡幅量を示す。

表 2-9 普通自動車（10t トラック）の必要拡幅量

車両	壁		必要拡幅量(内外計)（m）
	内側	外側	
普通自動車	あり		1.0
	なし		0.5

※「必要拡幅量（内外計）」は、軌跡ソフトから求めた普通自動車の最小曲線半径 11.0m、走行コースの最大幅員 5.2m に対しての拡幅量を示す。

3) 大型乗用車の計測結果

被験者①～⑤、⑥～⑩の順番に２日に分けて調査を行い、両側壁あり、壁なし、片側壁ありの状態で走行を行った。なお、大型乗用車の片側壁ありの１日目の走行については、３回行う予定であったが、夕暮れにより、走行が不可能であったため、２回の走行とした。以下に大型乗用車の計測結果を示す（太枠は、各ケースのはみ出し量の最大値をさす。）（表 2-10,2-11）。

走行速度については、すべて 6.7km/h 以下であり、平均速度は 3.8km/h であった。壁なしの速度から比べて壁ありの速度の方が比較的低い値となっているのは、壁に接触した際に、車両が止まった状態となったためである。

表 2-10　大型乗用車の実験ケースおよび各ケースのはみ出し量と速度（平成 21 年 12 月 9 日）

大型乗用車（1日目）

ケース	カーブ	被験者	壁の有無とセットバック量				はみ出し量（cm）		速度(km/h)
			内側		外側		内側	外側	カーブ部入口から停車まで
			壁	セットバック量（cm）	壁	セットバック量（cm）	（目視）	（カメラ）	
1	右	①	あり	0	あり	0	10	20	1.7
2	右	②					30	0	3.1
3	右	③					20	10	0.8
4	右	④					10	20	2.4
5	右	⑤					20	10	2.6
6	右	①		25		25	0	0	4.1
7	右	②					0	10	3.8
8	右	③					0	10	1.6
9	右	④					0	20	4.5
10	右	⑤					0	10	4.9
11	右	①		50		50	0	10	5.3
12	右	②					0	0	4.5
13	右	③					0	20	2.9
14	右	④					0	20	5.5
15	右	⑤					0	10	6.1
16	右	①	なし	－	なし	－	0	20	6.3
17	右	②					0	10	5.6
18	右	③					0	40	3.7
19	右	④					10	30	5.5
20	右	⑤					0	0	5.5
21	右	①					10	20	4.6
22	右	②					30	10	4.7
23	右	③					0	10	3.2
24	右	④					0	20	4.6
25	右	⑤					0	20	6.0
26	右	①					20	30	4.7
27	右	②					40	0	5.0
28	右	③					20	30	2.9
29	右	④					10	20	4.6
30	右	⑤					70	20	5.2
31	右	①	なし	－	あり	0	70	0	4.1
32	右	②					80	0	3.8
33	右	③					50	0	1.1
34	右	④					10	10	4.2
35	右	⑤					50	10	5.1
36	右	①					30	0	2.0
37	右	②					40	0	3.5
38	右	③					30	10	1.0
39	右	④					10	10	3.9
40	右	⑤					60	0	4.1
41	左	①	あり	0	あり	0	20	20	2.5
42	左	②					40	20	3.1
43	左	③					30	0	3.1
44	左	④					20	0	3.6
45	左	⑤					10	0	2.2
46	左	①		25		25	0	20	3.1
47	左	②					0	10	5.3
48	左	③					0	0	1.5
49	左	④					0	0	4.8
50	左	⑤					0	10	5.0
51	左	①		50		50	0	20	4.6
52	左	②					0	10	4.2
53	左	③					0	10	2.4
54	左	④					0	0	5.3
55	左	⑤					0	0	6.0
56	左	①	なし	－	なし	－	10	60	5.7
57	左	②					10	60	5.2
58	左	③					10	30	2.2
59	左	④					10	20	4.3
60	左	⑤					10	20	5.6
61	左	①					20	20	4.3
62	左	②					10	10	3.9
63	左	③					10	30	2.4
64	左	④					0	40	4.4
65	左	⑤					40	0	5.4
66	左	①					10	10	3.8
67	左	②					50	0	4.0
68	左	③					20	30	2.6
69	左	④					0	30	4.4
70	左	⑤					0	0	4.9
71	左	①	なし	－	あり	0	20	0	1.3
72	左	②					80	10	3.4
73	左	③					40	0	1.1
74	左	④					0	0	4.0
75	左	⑤					90	0	4.3
76	左	①					20	0	2.2
77	左	②					70	0	2.7
78	左	③					40	0	1.0
79	左	④					0	0	3.7
80	左	⑤					70	0	4.1

太枠は、各ケースのはみ出し量の最大値を指す。

表 2-11　大型乗用車の実験ケースおよび各ケースのはみ出し量と速度（平成 21 年 12 月 10 日）

大型乗用車（2日目）

ケース	カーブ	被験者	壁の有無とセットバック量 内側 壁	内側 セットバック量（cm）	外側 壁	外側 セットバック量（cm）	はみ出し量（cm） 内側（目視）	外側（カメラ）	速度(km/h) カーブ部入口から停車まで
1	右	⑥					10	30	4.8
2	右	⑦					20	10	2.3
3	右	⑧		0		0	20	10	2.1
4	右	⑨					10	20	2.7
5	右	⑩					20	10	5.3
6	右	⑥					0	20	4.5
7	右	⑦					10	20	3.9
8	右	⑧	あり	25	あり	25	10	10	4.0
9	右	⑨					10	20	4.1
10	右	⑩					20	10	5.0
11	右	⑥					0	30	5.3
12	右	⑦					10	20	5.2
13	右	⑧		50		50	10	20	5.3
14	右	⑨					10	20	4.9
15	右	⑩					30	0	6.7
16	右	⑥					10	10	4.9
17	右	⑦					40	0	3.6
18	右	⑧					20	0	3.4
19	右	⑨					30	10	3.4
20	右	⑩					40	0	4.2
21	右	⑥					20	10	4.7
22	右	⑦					30	0	3.3
23	右	⑧	なし	－	あり	0	40	0	3.4
24	右	⑨					30	0	3.8
25	右	⑩					50	0	3.5
26	右	⑥					30	10	4.2
27	右	⑦					40	0	3.7
28	右	⑧					30	0	3.2
29	右	⑨					20	10	3.4
30	右	⑩					30	10	3.2
31	右	⑥					0	30	4.3
32	右	⑦					0	40	3.8
33	右	⑧					0	30	3.5
34	右	⑨					30	10	3.6
35	右	⑩					0	20	5.2
36	右	⑥					0	30	4.3
37	右	⑦					0	20	3.4
38	右	⑧	なし	－	なし	－	0	20	3.4
39	右	⑨					10	20	3.0
40	右	⑩					10	20	5.7
41	右	⑥					0	20	3.6
42	右	⑦					0	20	3.5
43	右	⑧					10	20	3.2
44	右	⑨					0	20	3.1
45	右	⑩					10	30	5.2
46	左	⑥					0	0	3.5
47	左	⑦					10	0	2.4
48	左	⑧		0		0	10	10	2.6
49	左	⑨					10	0	2.5
50	左	⑩					0	10	3.9
51	左	⑥					0	10	4.0
52	左	⑦					10	0	3.4
53	左	⑧	あり	25	あり	25	20	0	3.8
54	左	⑨					0	20	3.9
55	左	⑩					10	20	4.2
56	左	⑥					0	10	3.9
57	左	⑦					10	0	3.6
58	左	⑧		50		50	30	0	4.1
59	左	⑨					0	10	3.6
60	左	⑩					10	20	3.9
61	左	⑥					20	0	4.1
62	左	⑦					50	0	2.8
63	左	⑧					40	0	3.1
64	左	⑨					20	0	3.0
65	左	⑩					10	10	3.4
66	左	⑥					20	0	3.0
67	左	⑦					30	0	3.2
68	左	⑧	なし	－	あり	0	50	0	3.5
69	左	⑨					10	10	3.0
70	左	⑩					10	0	3.3
71	左	⑥					20	0	3.2
72	左	⑦					30	0	2.8
73	左	⑧					30	0	2.9
74	左	⑨					10	0	3.1
75	左	⑩					10	0	3.4
76	左	⑥					10	10	4.3
77	左	⑦					30	0	3.6
78	左	⑧					30	10	3.2
79	左	⑨					0	20	3.1
80	左	⑩					0	30	3.3
81	左	⑥					20	30	3.9
82	左	⑦					30	0	3.0
83	左	⑧	なし	－	なし	－	30	0	3.2
84	左	⑨					10	0	3.5
85	左	⑩					0	30	3.2
86	左	⑥					10	20	4.3
87	左	⑦					30	10	2.9
88	左	⑧					10	40	2.9
89	左	⑨					10	0	3.1
90	左	⑩					0	40	3.5
								大型乗用車の平均速度	3.8

太枠は、各ケースのはみ出し量の最大値を指す。

4) 大型乗用車の通行に必要な拡幅量

大型乗用車の場合、計測結果（内側:目視、外側：カメラ）から必要拡幅量は表 2-12 のとおりとなった。なお、壁に接触した場合はオレンジ色で示している。

必要拡幅量については、10t トラックと同様に「道路構造令の解説と運用」3-6-2　曲線部の拡幅量において、拡幅量の考え方が 1 車線当たり 25cm 単位で規定されていることから、片側あたり 25cm 単位とし、今回の実験では、左右どちらにもはみ出ることを考慮し、両側を合わせて 50cm 単位で算出することとした。

両側壁ありの場合の最大のはみ出し量は、セットバック量が 0cm の場合の内側で 40cm、外側で 20cm の合計 60cm であったことから、必要拡幅量は 100cm とする。

両側壁なしの場合の最大のはみ出し量は、右カーブ内側の 70cm、外側で 20cm の合計 90cm であったことから、必要拡幅量は 100cm とする。

片側壁ありの場合の最大のはみ出し量は、左カーブ内側の 90cm、外側で 0cm の合計 90cm であったことから、必要拡幅量は 100cm とする。

従って、以下の結果を取りまとめると、小型自動車等（大型乗用車）の必要拡幅量は表 2-13 のとおりとなる。

5) ガードレール等の視線誘導の有効性

必要拡幅量の表 2-13 では、両側のはみ出し量を合わせて 100cm であったものの、両側 50cm ずつ均等に拡幅量を抑えたい場合について、下記に示す。

壁ありケースでのはみ出し量の最大が内側で 40cm であった。一方、両側壁なし、片側壁ありの場合はみ出し量は、片側で 60cm や 90cm になった場合があった。

従って、両側に建物等の視線誘導に役立つものがある場合は、走行軌跡図で描かれた幅員から両側 50cm ずつ拡幅すればよいことが分かった。一方、道路沿道に建物等がない場合に、両側 50cm ずつ均等に拡幅量を抑えたい場合は、両側にガードレールやラバーポール等、視線誘導の役割を果たすものの設置が必要と考える。

表 2-12　大型乗用車の必要拡幅量（ケースごと）

カーブ	ケース	壁の有無とセットバック量				最大はみ出し量（cm）			必要拡幅量（内外計）（cm）
		内側		外側					
		壁	セットバック量（cm）	壁	セットバック量（cm）	内側（目視）	外側（カメラ）	計	
右	2-1	あり	0	あり	0	10	30	40	50
	2-7,9		25		25	10	20	30	
	2-11		50		50	0	30	30	
	1-30	なし	―	なし	―	70	20	90	100
	1-32	なし	―	あり	0	80	0	80	100
左	1-42	あり	0	あり	0	40	20	60	100
	2-55		25		25	10	20	30	
	2-58		50		50	30	0	30	
	1-56,57	なし	―	なし	―	10	60	70	100
	1-75	なし	―	あり	0	90	0	90	100

※最大値を記録した被験者の値(内壁・外壁の値は同じ被験者)

壁に接触している場合

※「必要拡幅量（内外計）」は、軌跡ソフトから求めた小型自動車等の最小曲線半径 6.4m、走行コースの最大幅員 3.0m に対しての拡幅量を示す。

表 2-13　小型自動車等（大型乗用車）の必要拡幅量

車両	壁		必要拡幅量(内外計)（m）
	内側	外側	
小型自動車等	あり		1.0
	なし		1.0
	なし	あり	1.0

※「必要拡幅量（内外計）」は、軌跡ソフトから求めた小型自動車等の最小曲線半径 6.4m、走行コースの最大幅員 3.0m に対しての拡幅量を示す。

2.3 関連する国内外の平面線形との比較

(1) 諸外国との比較

諸外国での平面線形に関する基準を参考にするため文献調査を行った。諸外国の最小曲線半径の規定においては、米国では 20 マイル（32km/h）で 35m、欧州では 40km/h で 40m の基準が定められており、日本のような低速での規定値は定められていない（表 2-14）。

表 2-14 日本と諸外国との最小曲線半径の比較

単位:m

設計速度（km/h）	日本	アメリカ	ドイツ	フランス	オーストリア	イタリア
20	15					
30	30					
32		35				
40	60		40		45	40
48		83				
50	100		80		80	
60	150		135		125	120
64		155				
70			200		180	
80	280	259	280	240	250	260
90			380			
96		411				
100	460		500	425	450	400
112		635				
120	710		800	665	700	650
140					1,000	1,000

日本：道路構造令、アメリカ：AASHTO、ドイル:RAS-L、フランス：ICTAAL
オーストリア：RVS、イタリア：CNR

(2) 林道規定との比較

道路法上の道路よりも規格が低い国内における道路の基準として、林道規定の平面線形に関する基準との比較を行った。

林道規定では、曲線半径の特例値において、自動車道２級の設計速度 20km/h で 12m、自動車道３級の設計速度 20km/h で 6m と設定されており、今回の軌跡ソフトから算出された最小曲線半径普通自動車 11.0m、小型自動車等 6.4m とほぼ同等の値であることがわかった（表 2-15）。

表 2-15　道路構造令と林道規定との基準の比較

道路の区分

道路構造令(H15.7.24)

道路の区分

第 3 種の道路

道路の種類	道路の存する地域の地形	計画交通量(台/日)				
		20,000以上	4,000以上 20,000未満	1,500以上 4,000未満	500以上 1,500未満	500未満
都道府県道	平地部	第2級		第3級		
	山地部	第3級		第4級		
市町村道	平地部	第2級		第3級	第4級	第5級
	山地部	第3級		第4級		第5級

第 4 種の道路

道路の種類	計画交通量(台/日)			
	10,000以上	4,000以上 10,000未満	500以上 4,000未満	500未満
市町村道	第1級	第2級	第3級	第4級

林道規定(H18 年度改正.)

林道の種類及び区分

林道の種類	自動車道の区分	
自動車道	自動車道1級	国道、都道府県道と連絡する幹線
	自動車道2級	自動車道1級及び自動車道3級以外のもの
	自動車道3級	小利用区域にかかる支線及び分線等
軽車道		全幅員1.8m以上3.0m未満のもので軽自動車の通行できるもの
単線軌道		地表近くの空中に架設する軌条(複数の軌条を有するものを含む)及び軌条上を走行する車両並びにこれに必要な施設

設計速度(km/h)

道路構造令(H15.7.24)

区分		規定値	特例値
第3種	第1級	80	60
	第2級	60	50又は40
	第3級	60,50又は40	30
	第4級	50,40又は30	20
	第5級	40,30又は20	
第4種	第1級	60	50又は40
	第2級	60,50又は40	30
	第3級	50,40又は30	20
	第4級	40,30又は20	

林道規定(H18 年度改正.)

区分		規定値	特例値
1 級	2車線のもの	40又は30	20
	1車線のもの	40,30又は20	−
2 級		30又は20	−
3 級		20	−

林道の利用形態がもっぱら森林施業の実施である場合は、上表規定値の値を下表の値とする。

区分		設計速度
1 級	2車線のもの	−
	1車線のもの	30又は20
2 級		20
3 級		20

曲線半径(m)

道路構造令(H15.7.24)

設計速度(km/h)	規定値	特例値
40	60	50
30	30	
20	15	

林道規定(H18 年度改正.)

区分 / 設計速度	曲線半径							
	1級				2級		3級	
	2車線のもの		1車線のもの					
	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値
40	60	50	60	40	−	−	−	−
30	30	25	30	20	30	20	−	−
20	20	−	15	−	15	12	15	6

曲線部の片勾配(%)

道路構造令(H15.7.24)

区分	道路の存する地域		最大片勾配
第1種、第2種及び第3種	積雪寒冷地域	積雪寒冷の度が甚だしい地域	6
		その他の地域	8
	その他の地域		10
第4種	その他の地域		6

林道規定(H18 年度改正.)

(1) 片勾配は次式によって算出した値を参考に８%以下で設けるものとする。

$$i = \frac{V^2}{127R} - f$$

i：片勾配の値（%／100）
V：設計速度（km／h）
R：曲線半径（m）
f：横滑り摩擦係数（0.15~0.30）

(2) 片勾配の算定に当たっては，次の事項に留意する。

① 砂利道の片勾配の値は，施工後の経年変化によって片勾配の値も変わりやすいことから，設計速度又は曲線半径別の細分は避けることが望ましい。

② １車線林道の場合は，曲線半径50mで片勾配を打ち切ることとしても差し支えない。

③ 積雪寒冷の著しい地域において，その間交通のある路線にあっては，６%を片勾配の限度とし，路面の凍結状況等を踏まえ，必要に応じて走行速度の制限，交通安全施設等を設置することが望ましい。

2.4　自転車、歩行者等の通行安全性を踏まえた留意点

2.3 までの検討により、自動車が徐行することを前提に最小曲線半径と実際の走行に必要な曲線部の幅員を整理した。しかし、自動車同士の追い越し、離合や、自動車以外の交通モードの混在は考慮していない。

従って、ここでは、特に自転車、歩行者等に着目して通行安全性を踏まえた留意点を整理した。

現実の道路には自動車のほか歩行者や自転車等の通行も同時にあるため、歩行者等の通行が想定される道路においてはこれらとの離合が可能となるような幅員を確保する必要がある。徐行する自動車を歩行者等が静止状態で待避する場合を想定し、その幅員は**表 2-16** に示す静止状態の幅の最大より 80cm とする（両杖使用者の幅はこれを超えるものの、身体の向きを変えれば離合は可能である）。

表 2-16　道路利用者の基本的な寸法（幅）

	通行時の幅	静止状態の幅
人（成人男子、荷物等なし）	70～75cm	45cm
自転車	100cm	60cm
車いす	100cm	70cm
杖使用者（2 本）	120cm	90cm
自操用ハンドル型電動車いす（シニアカー）	100cm	70cm
盲導犬	150cm	80cm
歩行器	80cm	70cm

〔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

しかし、地形の状況等により歩行者等との離合のための幅員を確保できない場合も想定される。そのような場合でも、曲線部に互いが視認できる場所等に適宜待避空間を設置し、少なくとも自動車・歩行者・自転車が離合できず立ち往生してしまう事態を避けることが必要である。

この待避空間の幅は前述のとおり 80cm 以上、長さは上表に示すデバイスのうち最も長い自転車（普通自転車の規格で 1.9m）が待避できるよう 2m 以上となる。また、待避空間への進入や退出が平易に行えるようテーパとなる空間を確保する必要がある（**図 2-11**）。

あわせて、歩行者等による待避空間への出入りの判断に必要な視距が確保できない場合は反射鏡を設置することが求められる。

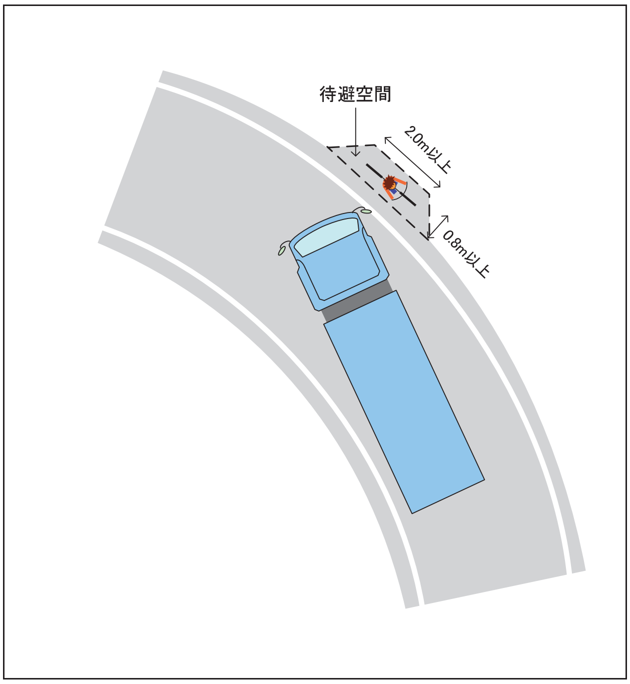


図 2-11　　待避空間の構造

2.5 平面線形の必要水準に関する検討のまとめ

2.5.1 平面線形の必要水準の整理

小規模な道路の平面線形に関して、自動車が徐行することを前提に通行可能性と安全性の面から最小限保持すべきと考えられる水準を整理した結果は以下の通りである。

(1) 最小曲線半径

道路の最小曲線半径については、道路構造令で示された設計車両の回転性能の限界を踏まえ、走行軌跡ソフトを用いて分析した結果、以下の通りとなった。

・普通自動車（長さ=12.0m,幅=2.5m,軸距=6.5m,最小回転半径 12.0m）が通行する場合

→ 曲線半径を 11.0m

・小型自動車等（長さ=6.0m,幅=2.0m,軸距=3.7m,最小回転半径 7.0m）のみが通行する場合

→ 曲線半径を 6.4m

(2) 曲線部の拡幅

普通自動車と小型自動車等の平均走行速度 3～4km/h 程度での走行は可能であり、拡幅量は以下のとおりであった。

・普通自動車が通行する場合

走行コースにおけるもっとも幅員の大きな箇所は 5.2m であったことから、両側 50cm ずつ拡幅すると最大となる幅員は 6.2m となる。

なお、「道路構造令の解説と運用」によると第３種第５級及び第４種第４級の普通道路（車道 4m）における曲線部の拡幅は、曲線半径が 15m の場合 2.25m であり、車道幅員は 6.25m と今回の実験結果とほぼ同様である。

今回の走行実験の曲線半径 11.0m は道路構造令に定める最小曲線半径 15m より小さく、内輪差は大きくなるものの、道路構造令の定める最小曲線半径 15m の場合の幅員と同等の幅員でよいと考えられる。

・小型自動車等のみが通行する場合

走行コースにおけるもっとも幅員の大きな箇所は 3.0m であったことから、両側 50cm ずつ拡幅すると最大となる幅員は 4.0m となる。また、「道路構造令の解説と運用」によると第３種第５級及び第４種第４級の小型道路（車道 4m）における曲線部の拡幅は曲線半径が 15m の場合 0.75m であり、車道幅員は 4.75m となることから、小型自動車等が通行するために最小限必要な曲線部の総幅員は、0.75m（4.75m－4.0m）縮小することができると考えられる。

(3) 関連する国内外の平面線形との比較

・諸外国との比較

諸外国の最小曲線半径の規定においては、米国では 20 マイル(32km/h)で 30m、欧州では 40km/h で 40m の基準が定められており、日本のような低速での規定値は定められていない。

・林道規定との比較

林道規定では、曲線半径の特例値において、自動車道２級の設計速度 20km/h で 12m、自動車道３級の設計速度 20km/h で 6m と設定されており、今回の軌跡ソフトから算出された最小曲線半径、普通自動車 11.0m、小型自動車等 6.4m とほぼ同等の値であることがわかった。

(4) 自転車、歩行者等の通行安全性を踏まえた留意点

自転車、歩行者等の通行が想定される道路においては、これらと離合するための幅員として 80cm 以上確保する必要がある。これが確保できない場合においては、適宜待避空間（幅 80cm×長さ 2m 以上）を確保するほか、待避空間への出入りの判断に必要な視距が確保できない場合は反射鏡を設置することが求められる。

2.5.2 その他の留意事項

・今回の検討では、車両の追い越し、離合、後進は考慮していない。

・小型自動車等（大型乗用車）による実験では、両側に壁があった方が、片側に壁がある場合や壁がない場合よりもはみ出し量が少ない傾向が見られたことから、道路沿道に建物等がない区間に最小限必要な幅員で道路を整備する際には、両側にガードレールやラバーポール等、視線誘導の役割を果たすものの設置が有効であると考えられる。

2.5.3 平面線形の必要水準のまとめ

徐行での走行実験の結果、軌跡ソフトで求めた最小曲線半径（普通自動車は 11.0m、小型自動車等は 6.4m）での走行は可能であった。また、軌跡ソフトで求められた曲線部での幅員の最大値から、普通自動車、小型自動車等共に 1.0m の余裕幅があれば、走行できることがわかった。

平均走行速度 3～4km/h 程度での走行実験の結果のまとめを表 2-17 に示す。この数値は、普通自動車ではプロドライバー2 名、小型自動車等では運転経験や年齢の異なる一般ドライバー10 名の被験者全員が走行可能であった結果を整理したものである。ただし、これらには、車両の追い越し、後進や、車両相互及び車両と歩行者等との離合は考慮していない点に留意する必要がある。

表 2-17 平面線形の必要水準のまとめ

設計車両	軌跡ｿﾌﾄから求めた最小曲線半径	軌跡ｿﾌﾄから求めた走行ｺｰｽ最大幅員	必要拡幅量	車道幅員
普通自動車	11.0m	5.2m	1.0m	6.2m
小型自動車等	6.4m	3.0m	1.0m	4.0m

※車両の追い越し、後進や、車両相互及び車両と歩行者等との離合は考慮していない。

3. 縦断勾配の限界に関する検討

本章では、小規模な道路において自動車が徐行することを前提に、通行可能性と安全性の面から縦断勾配の限界について検討する。現在の道路構造令では、縦断勾配の基準は設計速度に応じて定められている。設計速度の最低ランクは 20km/h であり、その時の最大縦断勾配は、特例値で 12%と定められている。したがって、徐行を前提にすれば、最大縦断勾配はもっと大きくすることができると考えられる。

以下、**3.1** では、登坂能力、タイヤの滑り摩擦係数及びブレーキの制動力という観点から、縦断勾配の物理的限界について検討する。次に、**3.2** では実在する急勾配箇所を対象に、ヒアリング調査及び現地調査を通じた交通の実態及び安全性の検討を行う。さらに、**3.3** では、縦断勾配に関する国内外の基準値について整理する。最後に **3.4** で検討結果のまとめを行い、縦断勾配の限界について考察する。

3.1　縦断勾配の物理的限界の検討

3.1 では縦断勾配の物理的限界について検討する。まず、**3.1.1** では、自動車諸元表（公益社団法人自動車技術会）から自動車のエンジン性能を求め、徐行時における車両の最大登坂能力を明らかにする。次に **3.1.2** と **3.1.3** では、タイヤの滑り摩擦係数及びブレーキの制動力からから見た縦断勾配の限界について検討する。

なお、今回の検討では、徐行速度を 10km/h として検討を行うため、勾配の長さの制約である制限長は規定しない。その理由は以下のとおりである。

道路構造令では、制限長は登坂時における速度低下が一定の水準になる状況をもとに算出されている。しかし、本検討では徐行で走行することを前提とするため、坂路での走行速度は低下しない状況を考える。このことから、制限長については規定しないこととする。

3.1.1　車両の登坂能力から見た縦断勾配の限界

車両の登坂能力から、上り勾配における縦断勾配の限界値を把握するため、現在、国内において最も多く走行している車種を選定して登坂能力を調査した。しかし、実際に走行している車両の数を特定することは極めて困難であるため、現在走行している車両の平均車齢だけ遡った年の新車販売台数が多い車種を選定することとした。

(1) 現在走行している車両の平均車齢

現在、国内で走行している車両の平均車齢を、財団法人自動車検査登録情報協会の統計資料（**表 3-1**）から調査した。その結果、平成 21 年 3 月末時点で乗用車の平均車齢は 7.48 年、貨物車の平均車齢は 9.16 年であった。

表 3-1　車種別の平均車齢の推移（軽自動車を除く）

単位:年(各年3月末現在)

年＼車種	乗用車			貨物車			乗合車		
	乗用車計	普通車	小型車	貨物車計	普通車	小型車	乗合車計	普通車	小型車
昭和50年（1975年）	3.30	3.70	3.29	3.59	3.48	3.56	4.70	5.49	4.01
昭和51年（1976年）	3.50	3.60	3.50	3.78	3.79	3.74	4.97	5.70	4.30
昭和52年（1977年）	3.79	3.67	3.79	3.97	4.07	3.91	5.13	5.82	4.53
昭和53年（1978年）	4.03	3.75	4.03	4.13	4.28	4.07	5.27	5.95	4.68
昭和54年（1979年）	4.18	3.80	4.18	4.24	4.37	4.18	5.34	5.98	4.80
昭和55年（1980年）	4.25	3.75	4.26	4.28	4.39	4.24	5.43	6.07	4.89
昭和56年（1981年）	4.33	4.00	4.34	4.36	4.53	4.30	5.55	6.18	5.01
昭和57年（1982年）	4.42	4.21	4.43	4.53	4.76	4.47	5.67	6.29	5.12
昭和58年（1983年）	4.48	4.58	4.47	4.71	4.96	4.65	5.82	6.43	5.28
昭和59年（1984年）	4.52	4.74	4.51	4.90	5.18	4.82	6.00	6.60	5.47
昭和60年（1985年）	4.57	4.93	4.56	5.06	5.37	4.98	6.14	6.73	5.61
昭和61年（1986年）	4.63	5.17	4.62	5.20	5.56	5.10	6.24	6.78	5.76
昭和62年（1987年）	4.71	5.43	4.69	5.35	5.76	5.24	6.34	6.84	5.90
昭和63年（1988年）	4.74	5.30	4.72	5.40	5.80	5.29	6.42	6.88	6.00
平成元年（1989年）	4.75	5.21	4.73	5.32	5.61	5.23	6.37	6.83	5.97
平成2年（1990年）	4.64	4.40	4.65	5.29	5.52	5.21	6.43	6.89	6.01
平成3年（1991年）	4.54	3.67	4.60	5.25	5.41	5.19	6.45	6.95	6.00
平成4年（1992年）	4.53	3.14	4.65	5.24	5.39	5.19	6.47	6.98	6.02
平成5年（1993年）	4.58	2.93	4.79	5.37	5.56	5.30	6.60	7.09	6.16
平成6年（1994年）	4.75	2.94	5.05	5.59	5.83	5.50	6.78	7.25	6.36
平成7年（1995年）	4.88	3.07	5.27	5.76	5.99	5.67	6.94	7.39	6.54
平成8年（1996年）	5.04	3.28	5.51	5.90	6.16	5.80	7.11	7.55	6.72
平成9年（1997年）	5.14	3.53	5.66	6.03	6.33	5.89	7.29	7.75	6.88
平成10年（1998年）	5.33	3.90	5.87	6.29	6.64	6.13	7.53	7.99	7.13
平成11年（1999年）	5.60	4.37	6.11	6.71	7.16	6.51	7.93	8.34	7.57
平成12年（2000年）	5.84	4.82	6.31	7.14	7.73	6.84	8.28	8.69	7.93
平成13年（2001年）	6.04	5.22	6.45	7.48	8.15	7.15	8.64	9.04	8.27
平成14年（2002年）	6.23	5.63	6.56	7.77	8.41	7.46	8.97	9.36	8.63
平成15年（2003年）	6.39	6.03	6.59	8.10	8.70	7.77	9.24	9.57	8.95
平成16年（2004年）	6.58	6.38	6.70	8.17	8.75	7.87	9.33	9.70	9.00
平成17年（2005年）	6.77	6.66	6.83	8.36	8.94	8.06	9.53	9.87	9.22
平成18年（2006年）	6.90	6.89	6.90	8.50	9.10	8.18	9.61	9.90	9.35
平成19年（2007年）	7.09	7.14	7.06	8.68	9.31	8.33	9.80	10.07	9.57
平成20年（2008年）	7.23	7.26	7.20	8.98	9.60	8.62	10.02	10.23	9.83
平成21年（2009年）	7.48	7.49	7.47	9.16	9.81	8.78	10.26	10.04	10.13

※平均車齢とは、国内でナンバープレートを付けている自動車が初度登録されてからの経過年数の平均で、人間の平均年齢に相当する。

〔出典〕財団法人自動車検査登録情報協会資料による

(2) 登坂能力の検討対象車種の選定

前項で調査した平均車齢だけ遡った年の新車販売台数を調査し、販売台数の多かった上位５車種のうち、登坂能力が低い車両（「車両総重量／最高出力」が最も大きい車種）を選定し、登坂能力の検討対象車種とした。選定の手順は以下のとおりである。

まず、乗用車については、平均車齢は平成 21 年時点で 7.48 年であるため、平成 14 年における新車販売台数の上位５車種について調査を行った（表 3-2）。

また、貨物車については、「道路構造令の解説と運用」の縦断勾配の項において、普通トラック（14t）の満載時を普通トラックの参考車両として掲載していることから、14t 相当(13t～17t)の車両を中心に調査を行った。貨物車の平均車齢は、9.16 年であり、平成 12 年で調査を行うべきところ、販売台数の統計データが平成 16 年以前は不明のため、平成 16 年時点での販売台数をもとに調査を行った（表 3-3)。

販売台数上位５車種のうち、最も登坂能力が低い車種は乗用車ではトヨタのヴィッツ、貨物車（14ｔ相当）では日野自動車の車両（プロフィア）であるため、これらの車両を登坂能力の検討対象車種として選定した。

表 3-2　乗用車の上位５車種（平成 14 年実績）

	車種	02 販売台数	最高出力（kW(PS)/r.p.m.）	車両総重量（kg)	車両総重量/最高出力
1	フィット	250,790	73 [100] /6,000	990	13.56
2	カローラ	226,222	81 [110] /6,000	1,415	17.47
3	マーチ	139,332	66[90]/5,600	950	14.39
4	イスト	103,579	80[109]/6,000	1,150	14.38
5	ヴィッツ	100,801	52[71]/6,000	1,030	19.81

表 3-3　貨物車の上位５車種（平成 16 年実績）

	車種	04 販売台数	最高出力（kW(PS)）	積載量(kg)	車両総重量（kg)	車両総重量/最高出力
1	日野	8,087	235	14,700	24,290	103.36
2	三菱ふそう	7,124	279	13,900	24,950	89.43
3	日産ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	6,157	302	13,900	24,825	82.20
4	いすゞ	5,820	279	16,300	24,850	89.07
5	輸入車	308	－	－	－	－

※車両総重量：車両重量+（乗車定員×55 キロ）+最大積載量+オプションパーツ（スペアタイヤ、工具、ジャッキ含む）（参考）車両重量：車本体+燃料満タン+オイル規定量+冷却水規定量

(3) 対象車両の登坂能力の検討

(2)で選定した乗用車であるトヨタのヴィッツ、貨物車である日野自動車の車両（プロフィア）について、走行性能曲線図から、登坂能力を調査した。今回の検討においては、徐行の速度を 10km/h としていることから、車速 10km/h 時における登坂能力を把握する。

1) 小型自動車等の登坂応力

図 3-1 は、平成 11 年 1 月に発売された初代ヴィッツの走行性能曲線図*である。

図によると、車速 10km/h 時においては、第 1 速ギアで約 32%の勾配の登坂が可能である。

＊: 平成 11 年 4 月以降、走行性能曲線図は国交省への届出義務がなくなったため、それ以降のモデルについては、メーカーでは走行性能曲線図を作成していない。

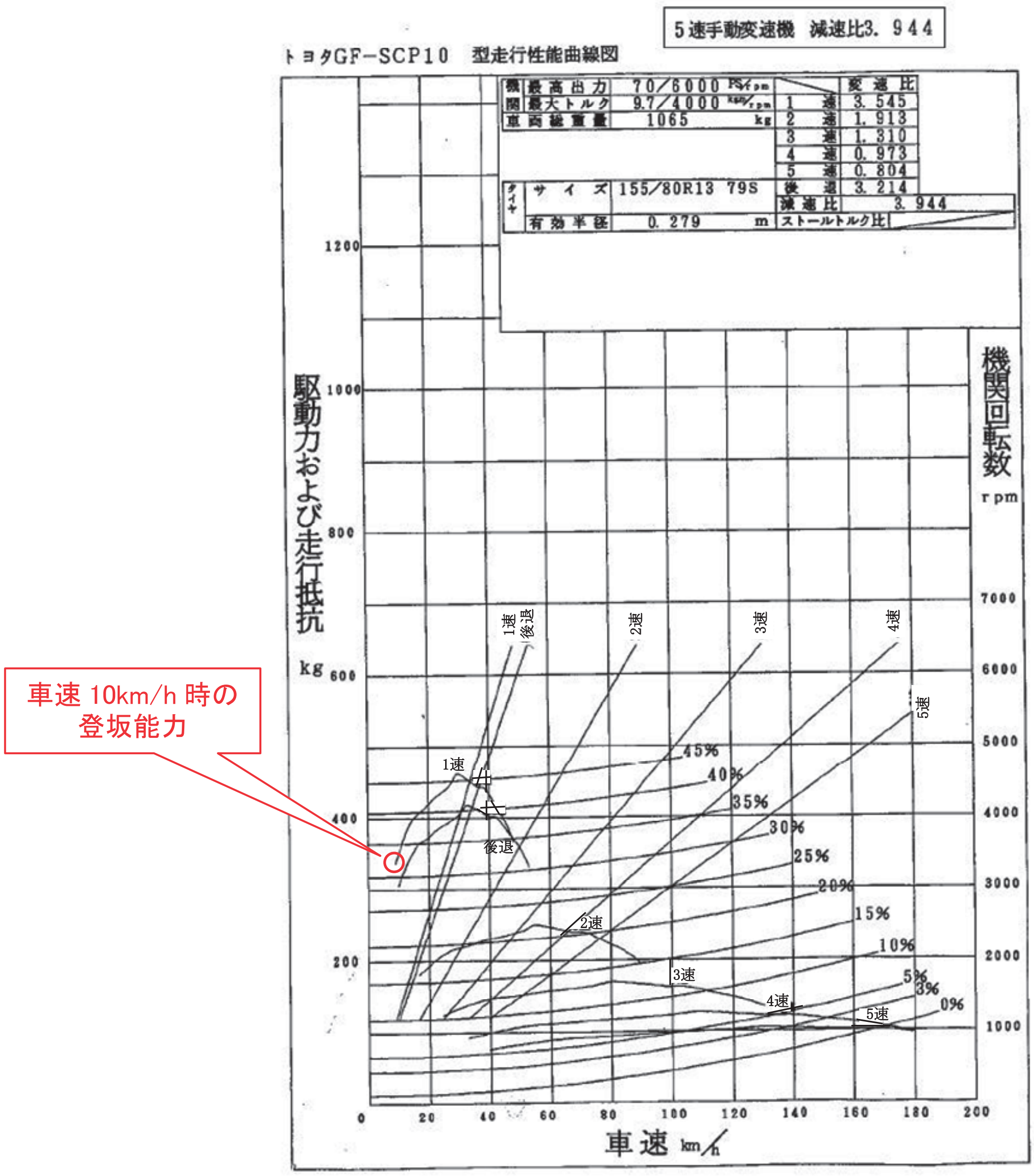


図 3-1　トヨタヴィッツ（初代：平成 11 年 1 月発売）の走行性能曲線図

2）普通自動車の登坂能力

図 3-2 は、日野プロフィアの車両の走行性能曲線図である。小型自動車同様、平成 11 年 4 月以降走行性能曲線図は公表されていないため、平成 11 年当時の車両を参考とした。

図によると、車速 10km/h の時、第 1 速ギアで約 32%の勾配の登坂が可能である。

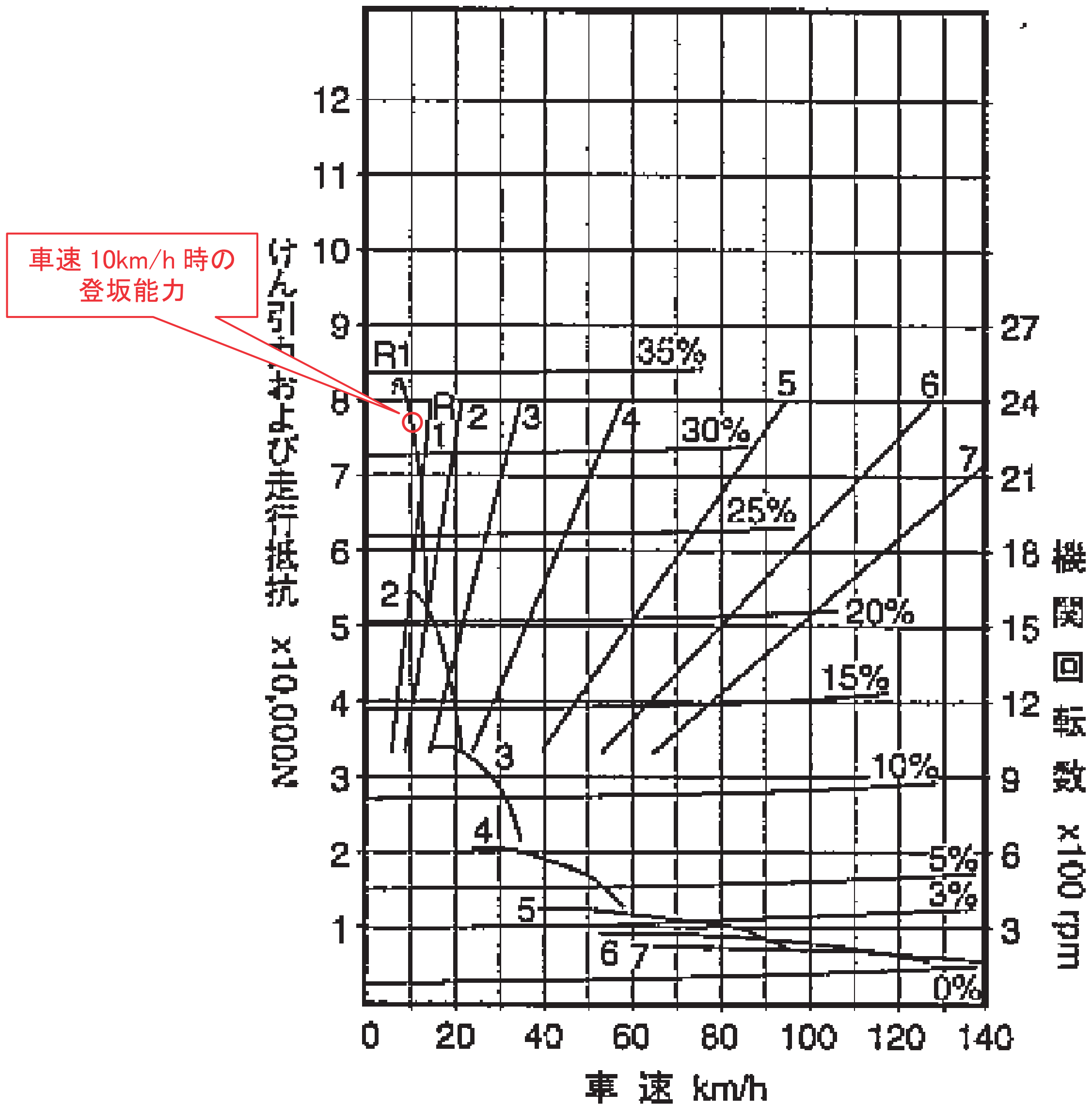


図 3-2　日野プロフィアの走行性能曲線図

3）徐行時に小型自動車等と普通自動車が登坂できる縦断勾配

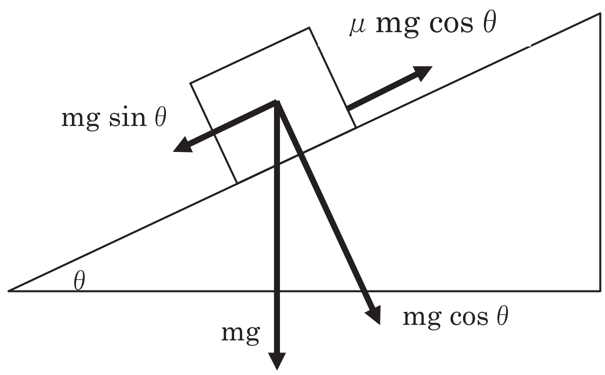
調査対象車両の走行性能曲線図から、徐行時（10km/h）における最大登坂能力は乗用車（小型自動車等）、トラック（普通自動車）とも 32%であった。

したがって、車両の登坂能力から見た上り勾配における縦断勾配の限界は 32%と考えられる。

3.1.2　タイヤの滑り摩擦係数から見た縦断勾配の限界

3.1.1 では、車両の登坂能力から、上り勾配における縦断勾配の限界を検討した。**3.1.2** では、タイヤの滑り摩擦係数から、上り勾配としての縦断勾配の限界値を検討する。

一般に、質量mの物体が斜面において動いている状態で加減速できる（タイヤがスリップしない）限界値（θ）は、以下のように表される（**図 3-3**)。



$$mg\sin\theta \leqq \mu\, mg\cos\theta$$

図 3-3　斜面と摩擦係数の関係

ここで、今回得られた小規模な道路における最小限必要な縦断勾配として得られた 32%(17.74°）を代入する。

摩擦係数の値は、道路構造令の解説と運用に記述されているタイヤと路面との縦すべり摩擦係数を用いることとし、乾燥時 0.63、湿潤時 0.44、積雪時 0.15 とする。

なお、乾燥時及び湿潤時の値は、設計速度が最も低い道路に採用されている値とする。

また、積雪時の縦すべり摩擦係数は、スノータイヤ、チェーンなどを装着している場合である。

（乾燥時）$mg\sin 17.74° = 0.305mg \leqq 0.63mg\cos 17.74° = 0.63mg \times 0.952 = 0.600mg$

（湿潤時）$mg\sin 17.74° = 0.305mg \leqq 0.44mg\cos 17.74° = 0.44mg \times 0.952 = 0.419mg$

（積雪時）$mg\sin 17.74° = 0.305mg \geqq 0.15mg\cos 17.74° = 0.15mg \times 0.952 = 0.143mg$

したがって、乾燥時と湿潤時においては、**3.1.1** で求めた車両の登坂能力から見た縦断勾配の限界である 32%の勾配でも、車両は滑り落ちることなく通行することができる。

一方、積雪時においては、車両は斜面を滑り落ちてしまうので、積雪寒冷地では 32%の勾配を採用することはできない。

なお、各路面状態で車両が滑り落ちない限界値は、

（乾燥時）$mg\sin\theta = 0.63mg\cos\theta$　　$\theta = 32.21° = 63\%$

（湿潤時）$mg\sin\theta = 0.44mg\cos\theta$　　$\theta = 23.75° = 44\%$

（積雪時）$mg\sin\theta = 0.15mg\cos\theta$　　$\theta = 8.53° = 15\%$

となる。

$mg\sin\theta = \mu\, mg\cos\theta$

$\therefore \sin\theta = \mu\cos\theta$

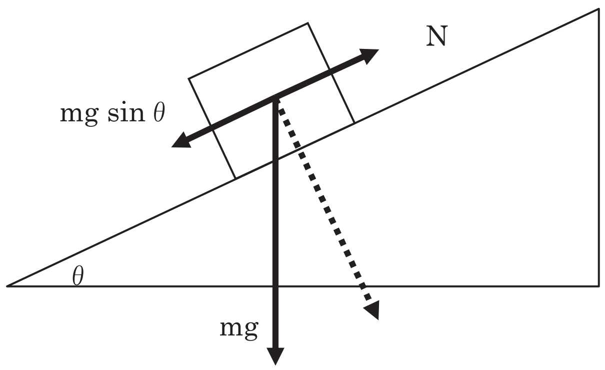
$\therefore \theta = \tan^{-1}\mu$

$(\because \tan\theta = \sin\theta / \cos\theta)$

3.1.3　ブレーキの制動力から見た縦断勾配の限界

3.1.1、**3.1.2** では、車両の登坂能力及びタイヤの滑り摩擦係数から、上り勾配における縦断勾配の限界を検討した。**3.1.3** では、ブレーキの制動力から、下り勾配における縦断勾配の限界値を検討する。

質量mの物体が斜面において停止できる制動力Nと限界値（θ）は、以下のように表される（**図 3-4**）。



$$mg\sin\theta \leqq N$$

図 3-4　斜面と制動力の関係

「道路運送車両の保安基準」第 12 条、「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示」第 171 条で規定されている制動力の検査基準では、ブレーキテスタで測定した制動力の基準として、制動力の総和を検査時車両状態における自動車重量で除した値が 4.9N/kg 以上としている。

ここで、最小の制動力を持つクルマとして 4.9N/kg と定義する。

制動力（N）＝4.9N/kg×自動車重量 kg

$$mg\sin\theta \leqq F = 4.9\text{N/kg}\times m$$

$$\therefore\ \sin\theta \leqq \frac{4.9}{g} = \frac{4.9}{9.8} = 0.5$$

$$\therefore \theta = 30^\circ = 57\%$$

したがって、**3.1.1** と **3.1.2** の検討結果から乾燥時及び湿潤時において、上り勾配における縦断勾配の限界として整理された 32%の勾配は、下り勾配とした場合に自動車が制動できる勾配であることが確認できた。

3.2　実在する急勾配箇所を対象とした交通の実態及び安全性の検討

3.1 では、縦断勾配の物理的限界について机上での検討を行い、32%という値を得た。しかし、この検討では、ドライバーを含む道路利用者の安全性に関する検討が十分に行われていない。**3.2** では、道路構造令に規定された縦断勾配の最大値である 12%を超えた実際の急勾配箇所（以下「急坂」という。）を対象に、ヒアリング調査及び現地調査を通じた交通の実態及び安全性の検討を行う。対象は都市部とし、具体的には東京都を対象に調査を行った。

3.2.1　ヒアリング調査

(1) 縦断勾配の独自規定及び急坂の管理基準に関するヒアリング

まず、一般論として、急坂に対する縦断勾配の限界値の独自規定の有無、及び急坂に関する管理基準に関して東京都庁に対しヒアリングを行った。ヒアリング項目は以下の通りである。

①東京都独自の縦断勾配の規定があるのかどうか。

②「急坂」に配慮した管理基準等があるのかどうか。勾配に応じた基準等があるのかどうか。

（ある場合、以下の項目について教えて頂きたい。）

・規制速度
・舗装材の材質
・車両通行を可能とする場合と歩道（斜路付き階段等）とする場合の限界勾配値
・滑り止めや手すりの設置
・警戒標識等の設置
・通行規制状況（雨天時、積雪時等）
・代表的な箇所（路線名、所在地、通称名、種級区分等）
・その他

③交通事故の実態

・縦断勾配が原因で発生した事故の有無

④今後の整備方針、維持管理方針

・通過車両の通行制限や一方通行　等

⑤その他

・市区町村道の現況
・市区町村への指導等の有無
・市区町村道の代表的な箇所（１つか２つほど）

ヒアリングの結果、都や市区町村で独自の基準を設定している事例はないことが判明した。そこで、東京で最も勾配が大きい急坂を管理する区の窓口を紹介いただき、急坂を管理する道路管理者に対し、ヒアリングを行うこととした。

(2) 急坂の具体箇所を対象とした道路管理面での運用実態等のヒアリング

上記を受けて、紹介いただいた急坂の概要を**図 3-5** に示す。

ここでは、この急坂を管理する区の道路管理者に対し、道路管理面においての運用実態や維持管理の考え方について、ヒアリングを実施した。ヒアリング項目とヒアリング結果は**表 3-4** のとおりである。

交通事故は、年 1 回程度、坂を下りきったところで交通事故が発生しているものの、重大事故は発生していない。通行止めに関しては、危機管理マニュアルにしたがい、5cm の積雪が予報された時に所轄の警察と協議を始め、降り始めを想定して、道路管理者がバリケードを立て通行止めを行うということである。

		路線延長（m）	幅員（m）	構造＊	工事履歴	規制関係	縦断勾配
①	特別区道	278	6.8～7.4	Co55（一部 As）	S50 年度（一部）	相互通行	25%
②	特別区道	159	3.5～4.0	Co55（一部 As）	S52 年度以前	相互通行	20%
③	特別区道	343	4.0～5.2	Co55（一部 As）	S52 年度以前	一方通行	19%

＊　Co55 ＝ 舗装用コンクリート 250 ＋ セメント処理混合物 150 ＋ 粒度調整砕石 150

図 3-5　急坂の概要

表 3-4　急坂に関するヒアリング項目と回答

ヒアリング項目	回　答
・規制速度（例：警察との協議内容、道路の構造や交通量等、協議の対象になるもの　等）	・警察が決定する。
・舗装材の材質（縦断勾配が何%を超えたらコンクリート舗装にするのか　等）	・施工当時なぜコンクリート舗装にしたのかは不明。 　今後、維持修繕を行う際には、コンクリートにこだわらず、コストや施工性、安全性（滑りにくさ）、地域の事情（通行止めができない）等を勘案し、コンクリート、改質アスファルト、密粒ギャップ型アスコン等、複数の素材を検討する。
・車両通行を可能とする場合と歩道（斜路付き階段等）とする場合の限界勾配値（縦断勾配が何%までであれば車両通行を許可するのか　等）	・実態として、すでに車両通行を許可しているところでは通行止めは困難（生活道路となっていることから、地域住民の理解がまず得られない）。 ・重大事故が発生し、住民側から通行止めの要望等がない限りあり得ない（このような状況もまずあり得ない）。
・滑り止めや手すりの設置（縦断勾配が何%を超えたら滑り止めや手すりを設置するのか　等）	・高齢者等の利用者から要望があった場合、設置の必要性を検討する。
・警戒標識等の設置（縦断勾配が何%を超えたら警戒標識を設置するのか　等）	・交通事故が発生したため、警察から警戒標識設置の指示をされた（年 1 回程度、坂を下りきったところで交通事故が発生している）。
・通行規制状況（危機管理マニュアルにおける雨天時、積雪時の具体的な対策　等）	・危機管理マニュアルにおいては、5cm の積雪が予報された時、所轄の警察と協議を始める。降り始めを想定しながら、道路管理者がバリケードを立て、通行止めする。 ・通行規制区間はマニュアルに定められている（急坂、長い橋梁等）

3.2.2　現地調査

図 3-5 に示された急坂において最も勾配の大きい**図 3-5**①の 25%勾配の急坂において、安全性等の確認のため現地調査を行った。**写真 3-1** に急坂の状況を示す。勾配が 25%であることを示す警戒標識が設置されている。坂を上る場合は、自転車を押して通行することになる。

(1) 現地調査の方法

・日　時：平成 22 年 2 月 10 日（水）13:00～16:00

・場　所：東京都内

・観測内容：

　① 4 名の運転者が実際に車両を運転し、運転感覚や視界等についての留意点等を整理

　② 走行中の車両の運転席から、運転者目線でのビデオ撮影を実施

・使用車両：トヨタ・パッソ（996cc　71ps　9.6kg・m　13kg/ps）

写真 3-1　対象とした急坂の状況

(2) 運転席からの視点による観測の状況

写真 3-2 に運転席から見た急坂の状況を示す。黄色の点線は、10km/h での徐行時に必要な視距を10m とした場合に、どの程度見通しがあるのかを把握するために 10m 先を明示したものである。なお、道路構造令では、20km/h で 20m、30km/h で 30m、40km/h で 40m の視距を確保することとされている。

写真 3-2 運転席からみた急坂の状況

(3) 調査結果

1）急坂における運転感覚や視界

急坂を実走行した4名の運転者が感じた運転感覚や視界は、以下のとおりである。

①上り坂走行

- アクセルを踏み込む必要があることは当然だが、頑張って踏み込まなければ上れないという感覚はない。ただし、坂の途中でキックダウン（オートマチックトランスミッションを搭載した自動車でアクセルペダルを大きくあるいは急激に踏み込んだ場合に、より低速なギアに切り替わる機構を言う。）はする。
- むしろ傾斜が急なので、車が後進するのではないかという危惧の方が強かった。何度か通過しているうちに、特に違和感は無くなった。
- 上り坂での注意点は、頂上付近での前方視界が悪いので、徐行しないと危険である。しかし、対向車は視界が利かないにもかかわらず速度を緩めず、中央線からはみ出して走行する車がほとんどで怖かった。下り坂の交通量が上り坂と比較して圧倒的に多く、普段通行している車は車両が上ってくることをあまり想定していないように感じられた。

②下り坂走行

- アクセルを踏む必要はない。ブレーキをかけ続けていればいつでも止まれるが、ブレーキを掛けないとスピードは出る。一般車両は40km/h程度で走行していた。
- 坂を下りきったところがＴ字路になっており、そこから車や自転車が飛び出してくると危険だが、観測中にはそこから出てくる車等はいなかった。
- 下り坂にさしかかるときは路面及び対向車が直前まで見えないので、十分速度を落とさないと危険である。
- 坂の下に十分長い平坦部があったので、下りでスピードを出しても怖くは感じないが、歩行者や自転車の通行も多いことから、「常に人や自転車が飛び出してくるかもしれない」という認識が必要である。

③坂道発進

- 坂の途中からの発進は、多少後ろに下がる感じはあるものの、オートマチック車であれば不安はない。
- ギアがニュートラルでも、サイドブレーキのみで停止していられた。

④その他

- 自転車は坂を上れないので、坂の下で自転車を降りていた。観測中に特段危険を感じる場面はなかったが、路肩、歩道も狭く、歩行者、自転車が車道にはみ出すことが危惧された。
- 自転車は下り坂でかなりの速度で走行していた。自転車を降りて坂を下っている人は見なかった。
- 人力車（豆腐屋）が坂を下っていたが、スピードが制御できていない感じだった。あの状態で転倒すれば、大怪我は免れない。

2) ビデオ撮影による視界の確認

図 3-6 に、運転者席において運転者の目線の高さで固定したビデオカメラを用いて行った撮影結果の一例を、模式図とともに示す。平坦部と急坂の間の縦断曲線半径が小さいため、十分な視界の確保ができない場合があった。①平坦部から下りの急坂にかかる場合や、②上りの急坂から平坦部にかかる場合である。

なお、車種によっては、ボンネットによって死角が大きくなり、視距の確保が一層困難になる場合もあると考えられる。

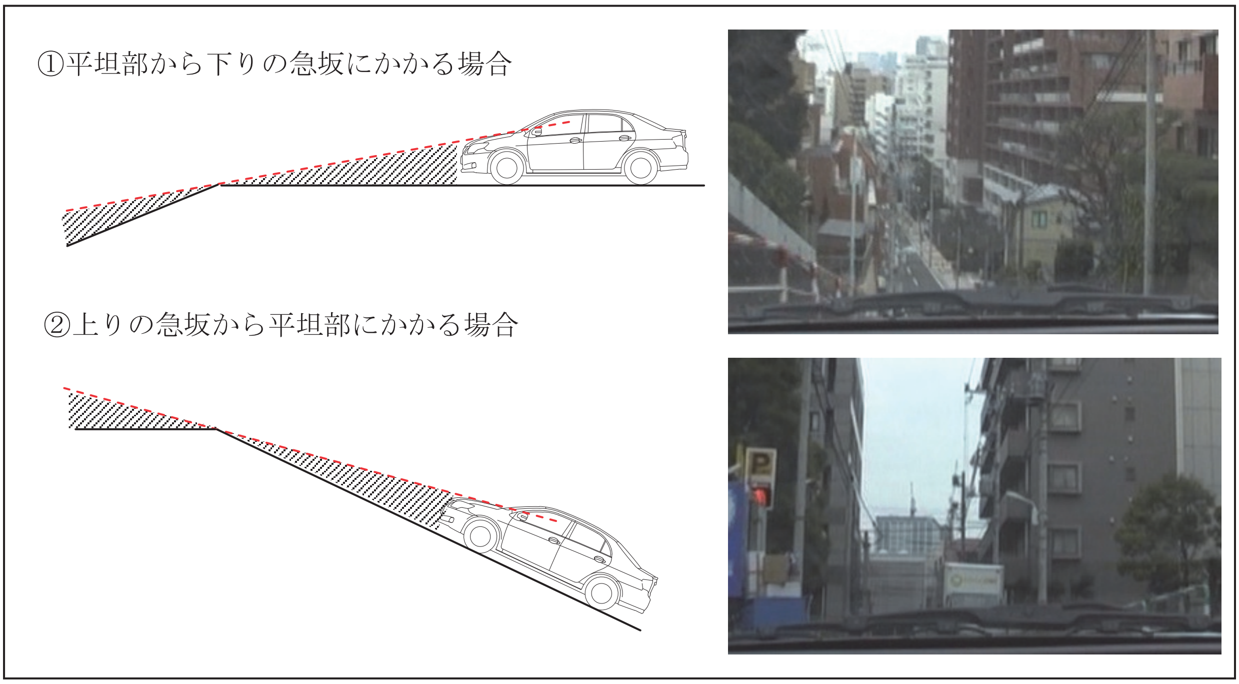


図 3-6　ビデオ撮影による視界の状況

(4) まとめ

実在する 25%の勾配の急坂を対象に、ヒアリング調査及び現地調査により、交通の実態及び安全性の検討を行った。その結果を整理すると、以下のとおりである。

① 交通事故は、坂の下端部で年 1 回程度、発生しているものの、重大事故は発生していない。

② 交通規制に関しては、5cm の降雪時には道路管理者が警察と協議の上、通行止めが行われている。また、25%の勾配を示し注意喚起を行う警戒標識が設置されている。

③ 車両の走行、制動及び発進に関しては、特に問題はみられない。

④ 平坦部から下りの急坂にかかる場合や、上りの急坂から平坦部にかかる場合に、視界が十分に確保されず、危険を感じることがある。

なお、今回の現地調査では、小型自動車を用いた検討しか行っておらず、普通自動車を用いた検討は行っていない点に注意が必要である。

3.3　国内外における種々の縦断勾配の基準値との比較

3.3.1　諸外国の基準との比較

諸外国での縦断勾配に関する基準を参考にするため文献調査を行い、**表 3-5** に整理した。諸外国の最急縦断勾配の規定については、米国では設計速度が 20 マイル（32km/h）の補助幹線道路（地方部）の山岳部で 16%、欧州では 40km/h で 9%の基準が定められている。

一方、日本のような低速（20km/h）での規定値は定められていないかった。

表 3-5　日本と諸外国との縦断勾配に関する基準の比較

単位:%

設計速度(km/h)	日本	アメリカ									ドイツ	フランス	オーストリア
		幹線道路			補助幹線道路(都市部)			補助幹線道路(地方部)					
		平坦	起伏	山岳	平坦	起伏	山岳	平坦	起伏	山岳			
20	9(12)												
30	8(11)												
32					9	12	14	8	11	16			
40	7(10)										8		9
48					9	11	12	7	10	14			
50	6(9)										8		8
60	5(8)										8		7
64					9	10	10	7	9	12			
70											7		6
80	4(7)	4	5	7	7	8	10	6	8	10	6	6	5
90											5		
96		3	4	6	6	7	9						
100	3(6)										4.5	5	3
112		3	4	5	5	6	7						
120	2(5)										4	4	3
140													3

（　）は特例値

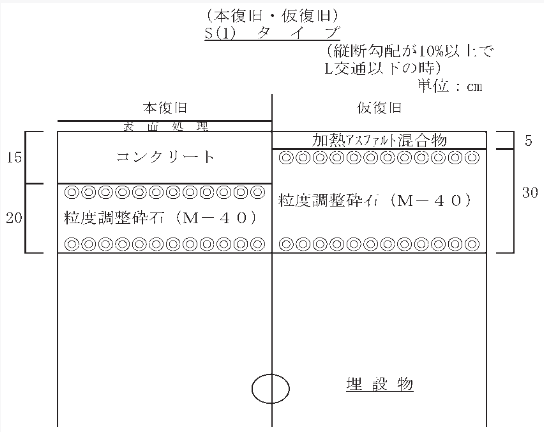
日本：道路構造令、アメリカ：AASHTO、ドイツ：RAS-L、フランス：ICTAAL、オーストリア：RVS、イタリア：CNR

3.3.2 道路構造令以外の国内における縦断勾配に関連した基準の整理

表 3-6 及び**表 3-7** に、道路構造令以外の国内における道路の縦断勾配に関連する基準の整理を行った。横浜市の占用工事の復旧工事の基準、旧建設省の工事用道路の基準、農林水産省の林道規定及び東京都の道路工事設計基準である。

縦断勾配の最大値は、工事用道路等であっても 15%程度までであり、林道における自動車道３級・設計速度 20km/h の特例値で 14%、設置延長 100m として、設計速度 20km/h の特例値で 18%がもっとも大きな縦断勾配であった。

表 3-6　最急縦断勾配と舗装の種類等の適用基準の整理（１）

		横浜市	建設省
基準名		横浜市道路掘削跡復旧工事標準仕様書	土木工事　仮設計画ガイドブック（Ⅱ）　工事用道路 （国土交通省九州地方整備局設計要領も引用）
発行		昭和58年４月１日制定 平成21年４月１日改正	平成９年　９月30日
適用範囲		横浜市が管理する道路において、占用者が道路の占用に関する工事（以下「工事」という。）を行う際に守らなければならない一般的事項を示すことにより、安全かつ円滑に施工させることを目的	建設区域内において建設資材・建材・機械及び人員等に運搬・輸送を目的として用いられる道路に適用
適用条件	範囲	本復旧及び仮復旧	工事完了後に撤去される短期の工事現場内の工事用道路
	勾配	１０％以上	１０％～１５％以下
	舗装	舗装設計交通区分Ｌ交通以下の道路 本復旧：Co舗装 仮復旧：As舗装	砕石舗装。ただし、勾配を最急の１５％程度とする場合は路面の安定及び洗掘等の維持管理を考慮し、仮設舗装を行うこと等の検討が必要
適用基準抜粋			（下記）

3)　縦断勾配

一般に縦断勾配は、工事用道路の設計速度に応じて定めるものであるが、現場条件を考慮の上、15％程度以下とすることが望ましい。

【解説】

道路は、常に同一の走行状態が得られるように設計することが望ましいが、工事用道路は、その目的を達すれば不要となる場合が多く、厳密に一般道に適用される縦断勾配に適合させる必要はない。

このため、道路構造令や林道規程をそのまま適用することはできないが、これらの考え方を参考として、通行車輌の登坂能力を考慮し、走行の安全性を充分検討したうえで、適切な縦断勾配を設定することが望ましい。

縦断勾配の検討時の留意事項は次のとおりである。

- 縦断勾配は、坂路の前後における縦断線形や平面線形に左右されるので考慮を要する。
- 登り方向に対しては、工事用車輌が主に空車時あるいは積載時であるかを考慮する。例えば、空車時が多い場合には勾配を大きく、積載時が多い場合には勾配を小さくすることが望ましい。
- 勾配を最急の15％程度とする場合には、路面の安定及び洗掘等の維持管理を考慮し、仮設舗装を行うこと等の検討が必要である。
- 路面排水は、横断勾配を付けて処理するのが一般的であるが、降雨強度、縁石の有無、排水設備の規模等により路面排水が十分行われないことがある。このようなことから、0.3～0.5％程度の縦断勾配を設けることがある。

工事用道路の幅員、最急縦断勾配、路盤工に対する規定値の参考例を表－6.2.2に示す。

表－6.2.2　工事用道路の幅員、最急縦断勾配、路盤工に対する規定値（参考）

項　目	規　定　値
1．全　幅	3.5m　～　5.0m
2．全幅（2車線）	8.0m
3．有効幅員（砂利敷幅）	3.0m　～　4.0m
4．有効幅員（2車線）	7.0m
5．最急縦断勾配	10%　～　15%　以下
6．歩道幅員	0.75m
7．砕　石	W＝3.0m～4.0m，t＝30cm

—7—

表 3-7　最急縦断勾配と舗装の種類等の適用基準の整理（２）

基準名		農林水産省 林道規定	東京都 道路工事設計基準
発行			平成20年４月
適用範囲		林道規定ー解説と運用により、林道の利用形態により舗装路面、設置延長とその適用勾配を規定	舗装編において、As舗装とCo舗装の標準的な適用場所の整理
適用条件	範囲	もっぱら森林施業の用に供する道路	都道全般
	勾配	1.1級林道　V=40km/h　標準値７%以下、特例値10%以下 2.1,2,3級林道　V=30km/h　標準値９%以下、特例値12%以下 3.1,2,3級林道　V=20km/h　標準値９%以下、特例値12～14%以下 4.設置延長100mとして、V=20km/hにおいて、16～18%以下まで適用可	道路構造令の規定値通り
	舗装	砂利舗装、AsまたはCo舗装	As:都道全般 Co:交差点部、踏切および駐停車場内

適用基準抜粋

農林水産省　林道規定

林道規定(H18 年度改正.)

林道の種類及び区分

林道の種類	自動車道の区分	
自動車道	自動車道1級	国道、都道府県道と連絡する幹線
	自動車道2級	自動車道1級及び自動車道3級以外のもの
	自動車道3級	小利用区域にかかる支線及び分線等
軽車道		全幅員1.8m以上3.0m未満のもので軽自動車の通行できるもの
単線軌道		地表近くの空中に架設する軌条(複数の軌条を有するものを含む)及び軌条上を走行する車両並びにこれに必要な施設

林道規定(H18 年度改正.)

区分		規定値	特例値
1級	2車線のもの	40又は30	20
	1車線のもの	40,30又は20	―
2級		30又は20	―
3級		20	―

林道の利用形態がもっぱら森林施業の実施である場合は、上表規定値の値を下表の値とする。

区分		設計速度
1級	2車線のもの	―
	1車線のもの	30又は20
2級		20
3級		20

林道規定(H18 年度改正.)

区分／設計速度	縦断勾配							
	1級				2級		3級	
	2車線のもの		1車線のもの					
	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値
40	7	10	7	10	―	―	―	―
30	9	12	9	12	9	12	―	―
20	9	12	9	14	9	(16) 14	9	(18) 14

林道の利用形態がもっぱら森林施業の実施である場合は、上表規定値の値を下表の値とする。

区分／設計速度	縦断勾配			
	1級		2級	3級
	2車線のもの	1車線のもの		
40	―	―	―	―
30	―	9	―	―
20	―	舗装の場合 12 未舗装の場合 9	舗装の場合 12 未舗装の場合 9	7

東京都　道路工事設計基準

【運用細則】

(1) 縦断勾配は、林地へのアクセスの確保、土工量及び構造物等の縮減等を勘案し、地形に順応した波形勾配の採用に積極的に努めるものとする。なお、縦断勾配変移点間の距離は、20mまたは縦断曲線長を最小とする。

(2) 第 20 条第 1 項ただし書きの値（以下例外値という）は、地形、森林施業の作業性、周辺環境への影響、コストなどを総合的に勘案して、区間、勾配ともに必要最小限の範囲に限定して適用するものとする。

(3) 例外値を適用する場合の交通安全施設等は、下表を参考に当該箇所の縦断勾配、地形、交通状況等から想定される危険度に応じて適切な施設を設置するものとする。

施設	具体的な内容
①登降坂時の運転注意を喚起する標識施設	急勾配であることを表示し､運行速度の抑制等を喚起する標識類
②登降坂時のすべり止め施設	①クラッシャラン等の良質な材料による路盤工 ②セメント安定処理工 ③石灰安定処理工 ④舗装 ⑤舗装におけるすべり止め溝 ⑥すべり止め用砂等
③すべりを生じた場合の逸脱防止施設	防護柵
④急な登降坂路下部における緩勾配区間の設置	

(4) 砂利道の林道において例外値を適用する場合は、路面侵食等のおそれが高くなることから、必要に応じ、路面侵食を防止できる構造とする等の措置を講ずるものとする。

(5) 曲線部において例外値を適用する場合は、車道内側線の縦断勾配が車道の中心より急勾配になることから、曲線半径の小さな曲線部における急勾配の適用を避けること。

(6) 第 20 条第 2 項表中における舗装等とは、第 22 条第 1 項及び林道技術基準第 9 章に規定するアスファルトコンクリート舗装及びセメントコンクリート舗装並びに第 22 条第 2 項及び林道技術基準第 3 章第 1 節路盤工に規定されるコンクリート路面工、セメント安定処理工（ソイルセメントを含む）及び石灰安定処理工をいうものとする。

3.3.3　道路運送車両の保安基準の整理

道路運送車両の保安基準では、下記に示すように、車両の積載状態での登坂能力及びサイドブレーキの制動力を定めている。

① 「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示　別添10(トラック及びバスの制動装置の技術基準)」においては、車両の積載状態での登坂能力を25%としている。

② 車両の保安基準においては、「20%の登り又は下り斜面において、積載状態の試験自動車を停止状態に維持できること」と定められている。(道路運送車両の保安基準の細目を定める告示　別添12(乗用車の制動装置の技術基準))

3.4　縦断勾配の限界に関する検討結果のまとめと考察

道路構造令では、最大縦断勾配は、設計速度 20km/h の時の特例値として 12％と定められている。本章では、自動車が徐行することを前提に、様々な角度から縦断勾配の限界の検討を行った。その結果は、**表 3-8** のとおりである。

これらの結果から、徐行を前提とした場合は、縦断勾配の限界を道路構造令の特例値の 12％より大きくできる可能性がある。今後、特に安全上の観点から、縦断勾配の限界について更に検討を深める必要がある。

なお、東京都に 25％の勾配を有する急坂も実在している。ここでは、重大な交通事故は発生していないものの、坂の下端部で年 1 回程度の事故は発生している。また、平坦部から下りの急坂にかかる場合や、上りの急坂から平坦部にかかる場合に、視界が十分に確保されず、危険を感じる場合も生じている。25％の勾配の安全性については、その延長及び縦断曲線半径並びに沿道状況も考慮した慎重な検討が必要と考える。

また、今回の検討では、車いす等の歩行補助機器や自転車等の利用者の観点からの縦断勾配の限界（**4.3** 参照）は考慮していない。

表 3-8　縦断勾配の限界の検討結果のまとめ　　（表 1-1 再掲）

根　拠		縦断勾配の限界
道路構造令（第 1 種、第 2 種及び第 3 種の普通道路）特例値		12％
3.1.1　車両の登坂能力		32％
3.1.2　タイヤの滑り摩擦係数	乾燥時	63％
	湿潤時	44％
	積雪時	15％
3.1.3　ブレーキの制動力		57％
3.2　東京都に実在する急坂		25％
3.3.1　アメリカの基準（AASHTO）	20 マイル(32km/h)	16％
3.3.2　林道規定（平成 18 年度改正）	自動車道 3 級の特例値	18％
3.3.3　車両の積載状態での登坂能力（道路輸送車両の保安基準）		25％
3.3.3　サイドブレーキの能力（道路輸送車両の保安基準）		20％

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	・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	・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	・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大きい。

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	・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、はみ出し量が大きい。
両側に 壁がある場合	・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	・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大きい傾向にある。
外側のみ 壁がある場合	・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、大型乗用車での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大きい。

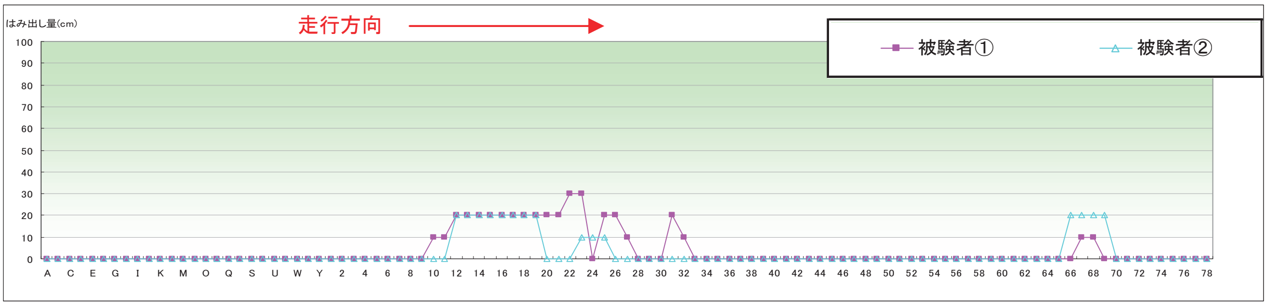
・大型乗用車の運転手は、車両感覚を頼りに運転することから、運転席から遠い方向ほどはみ出しが多く、量も大きい傾向がある。

・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）

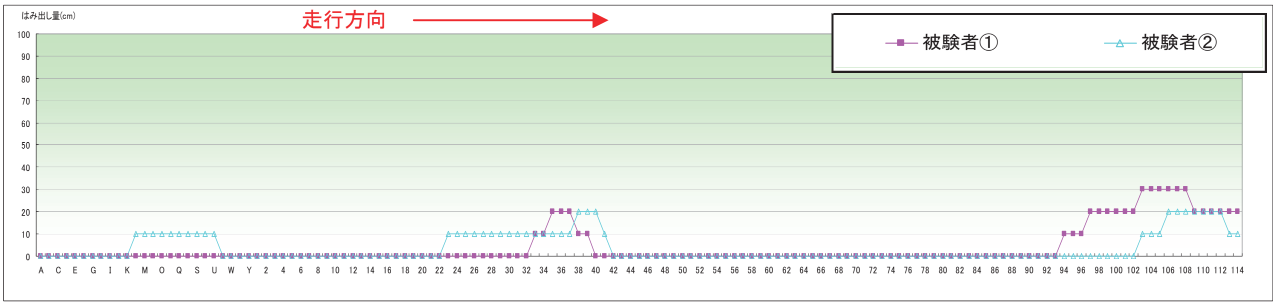
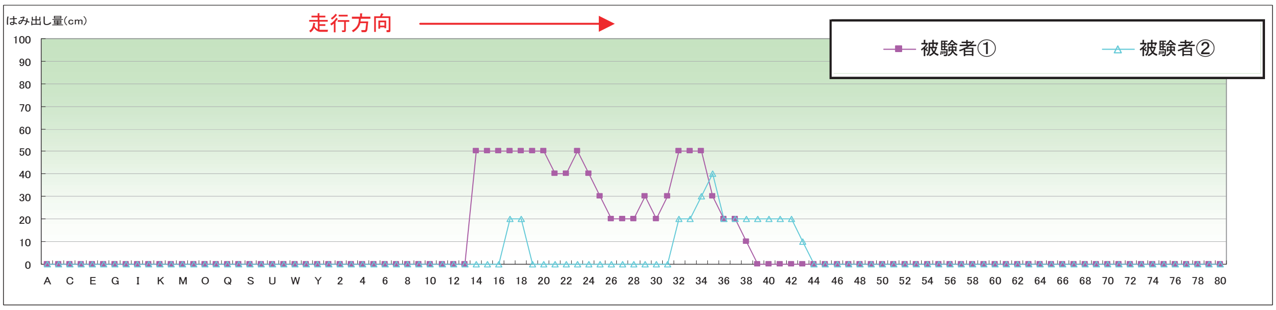


図 4-1　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 0）　外側壁あり（セットバック量 0）

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）

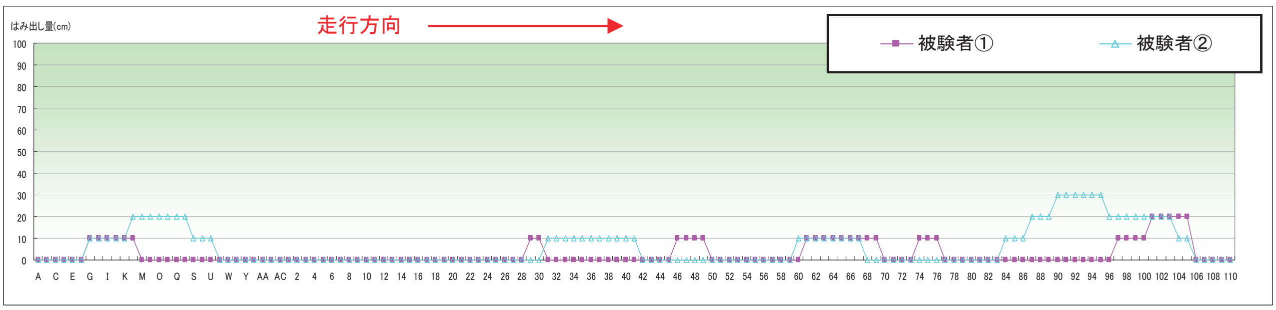


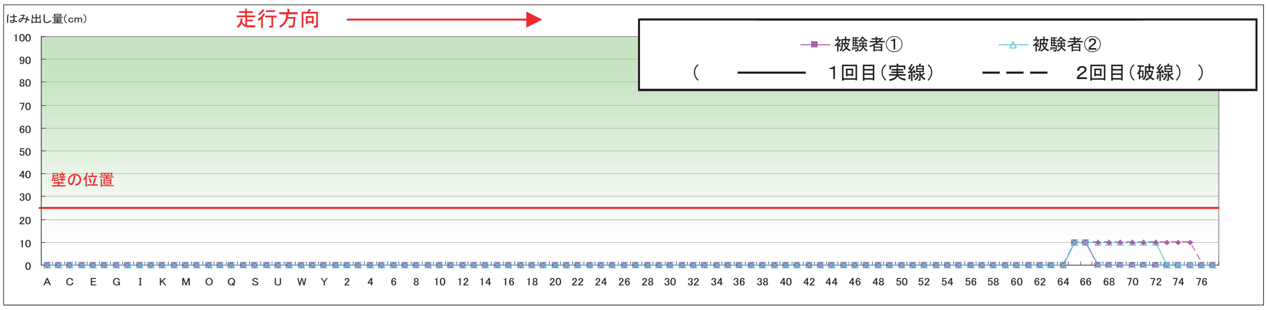
図 4-2　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 0）　外側壁あり（セットバック量 0）

・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）

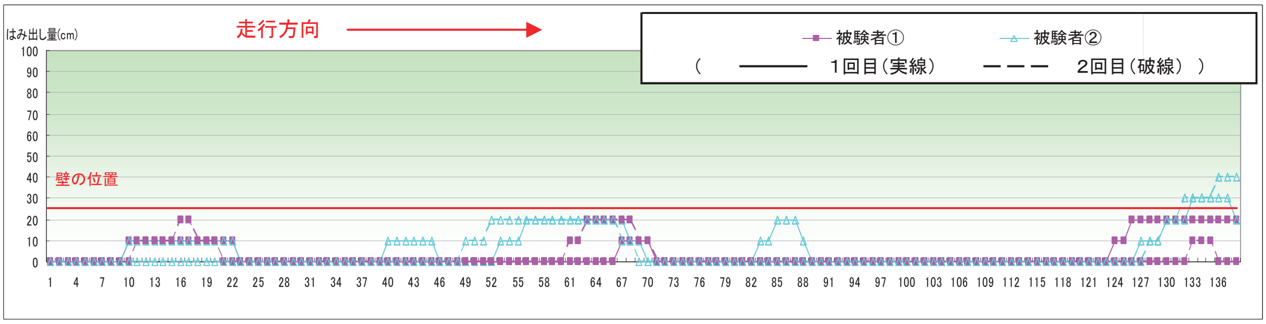
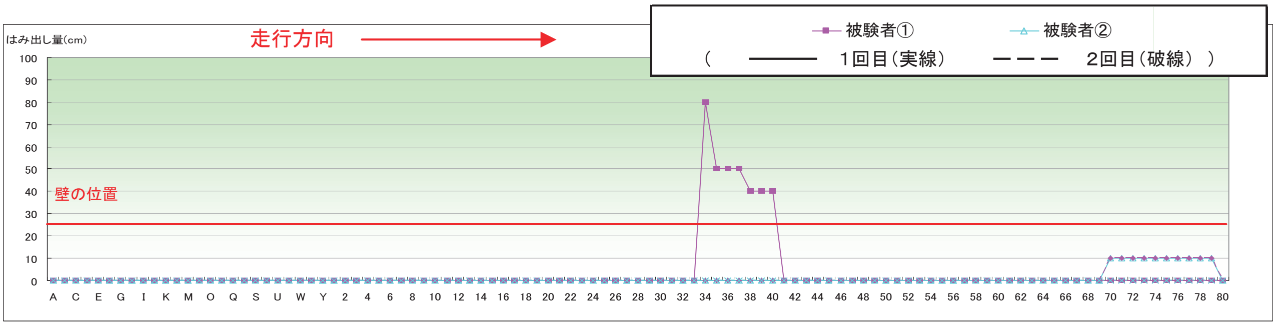


図 4-3　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 25）　外側壁あり（セットバック量 25）

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）

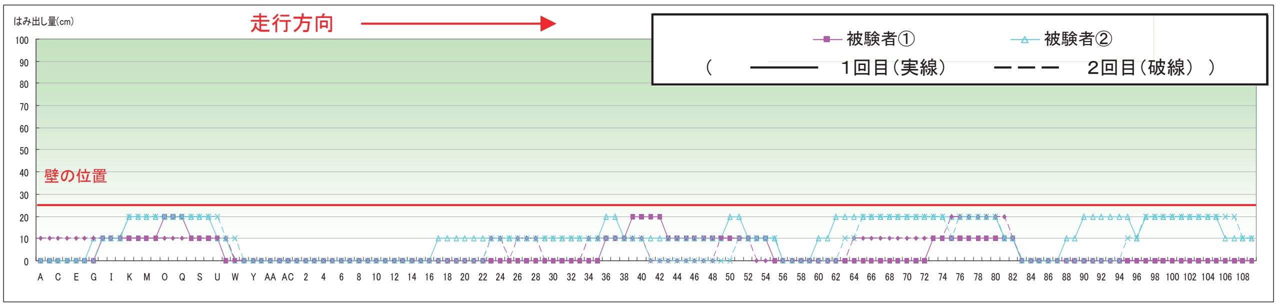
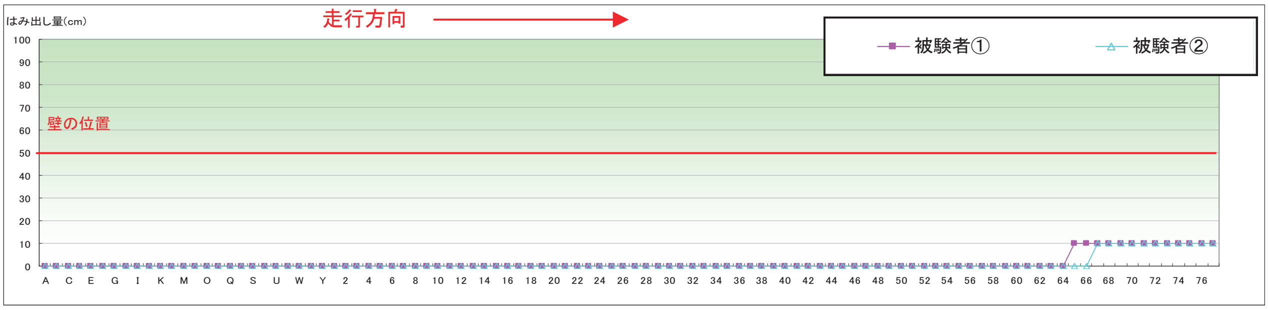


図 4-4　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 25）　外側壁あり（セットバック量 25）

・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）

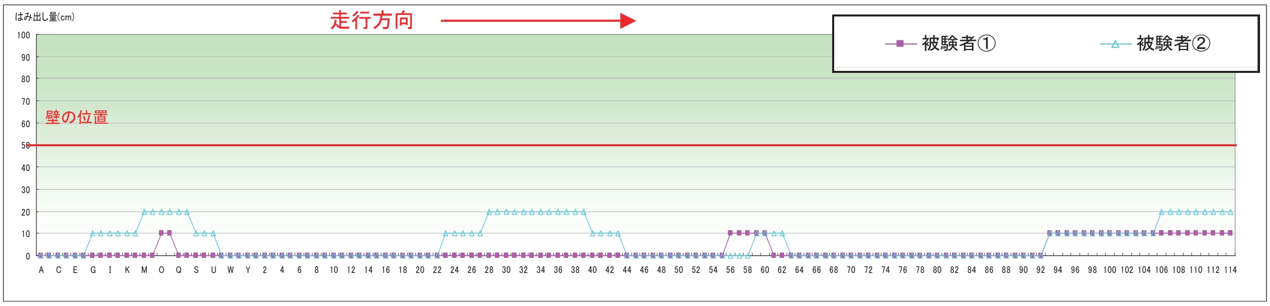
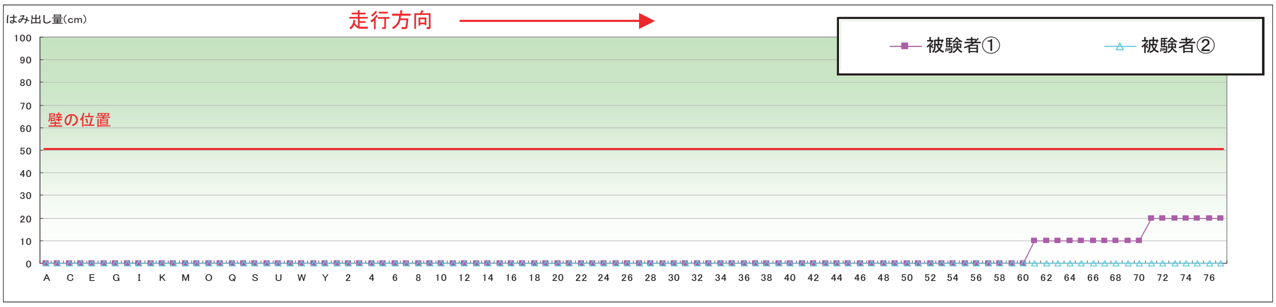


図 4-5　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 50）　外側壁あり（セットバック量 50）

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）

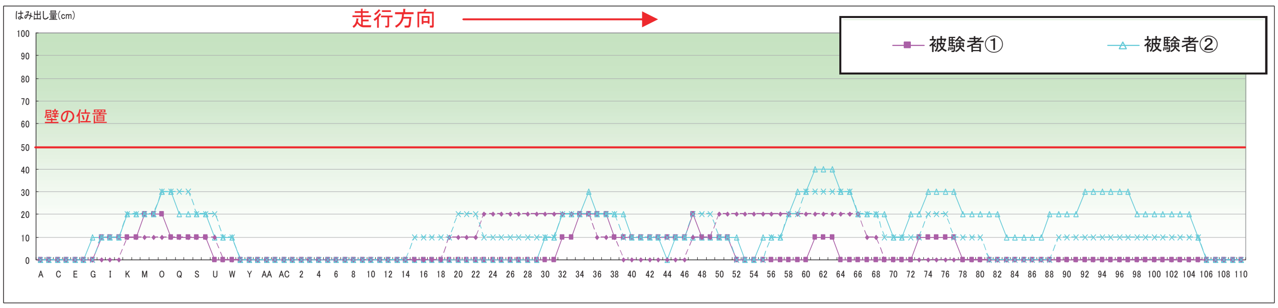
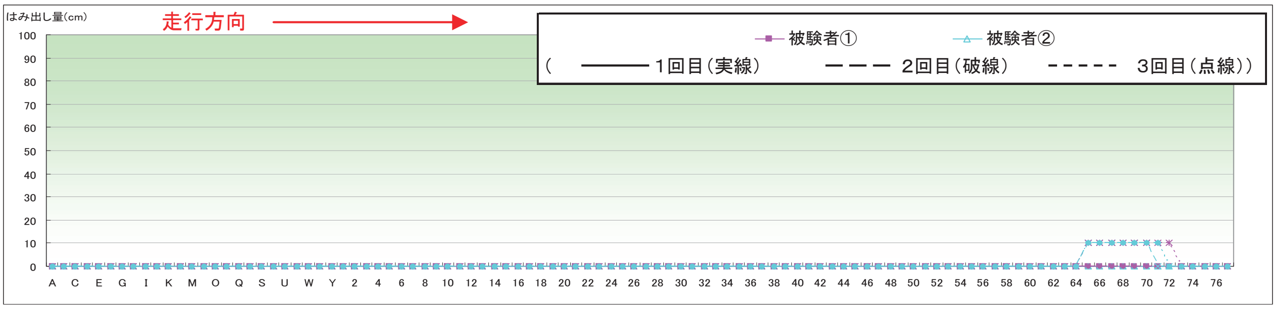


図 4-6　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 50）　外側壁あり（セットバック量 50）

・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）

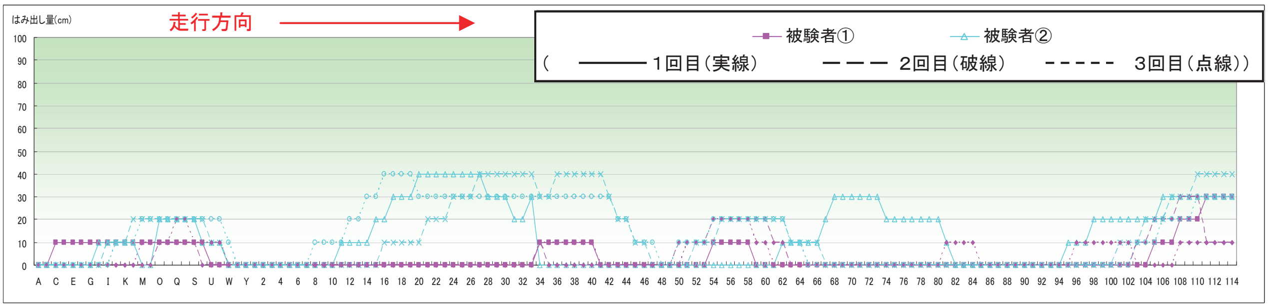
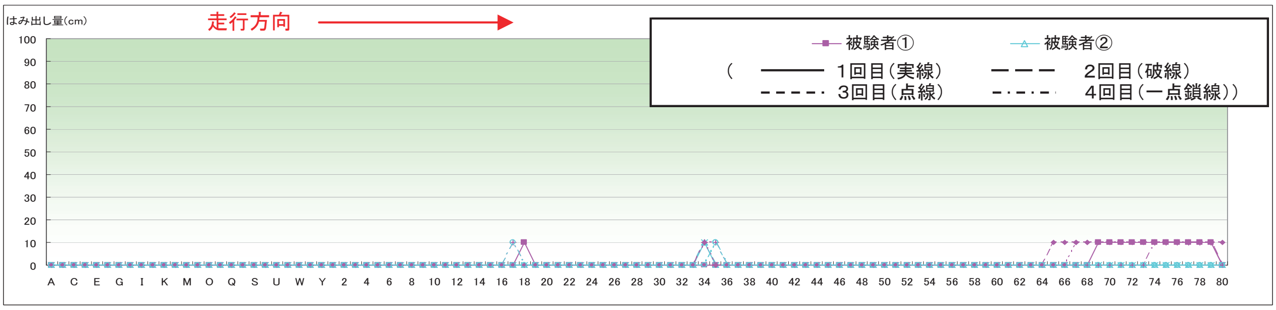


図 4-7　右カーブ　内側壁なし　外側壁なし

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）

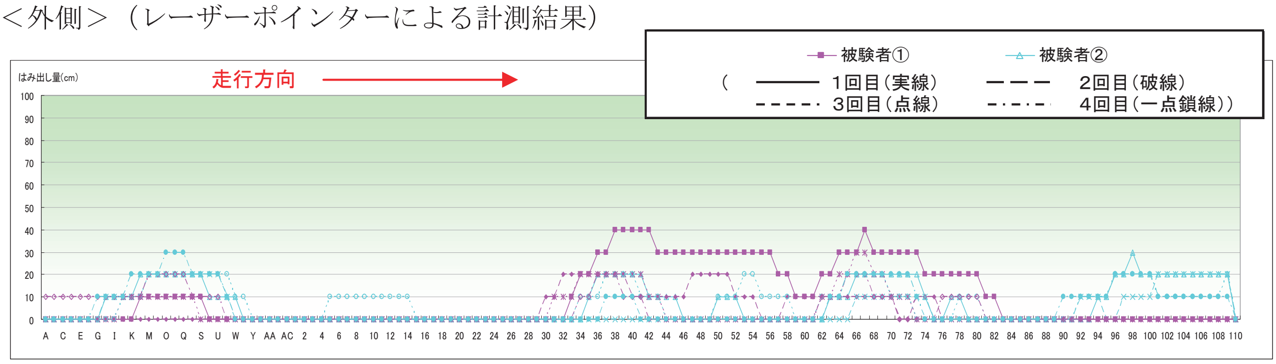


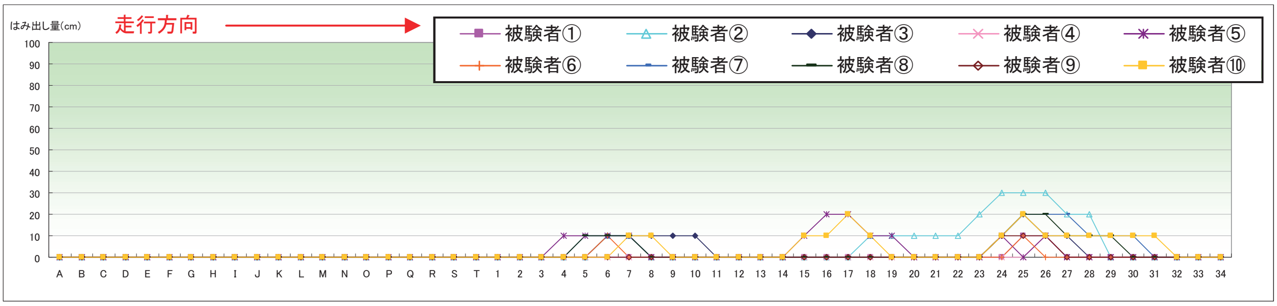
図 4-8　左カーブ　内側壁なし　外側壁なし

・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）

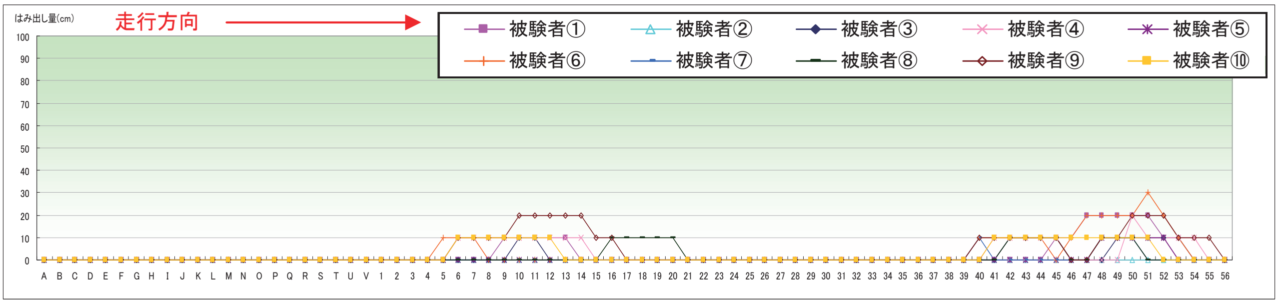
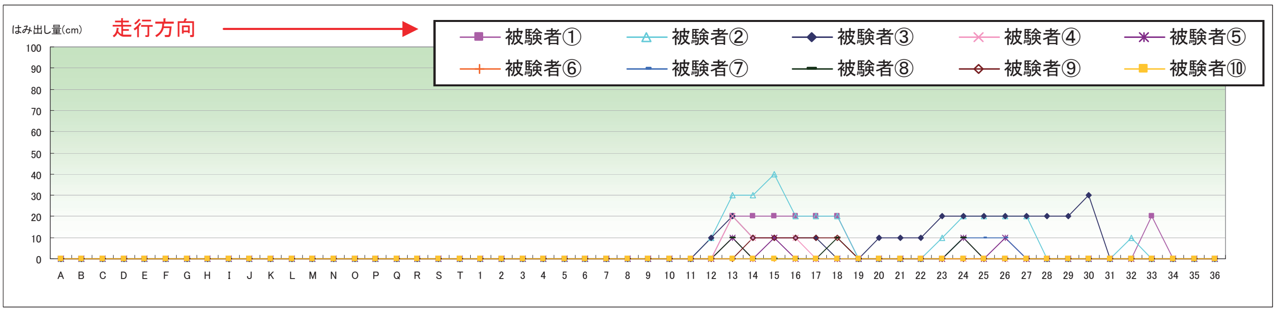


図 4-9　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 0）　外側壁あり（セットバック量 0）

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）

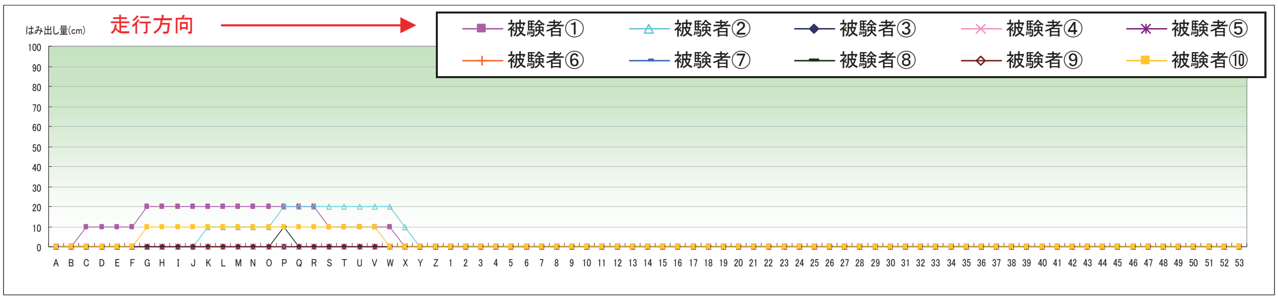


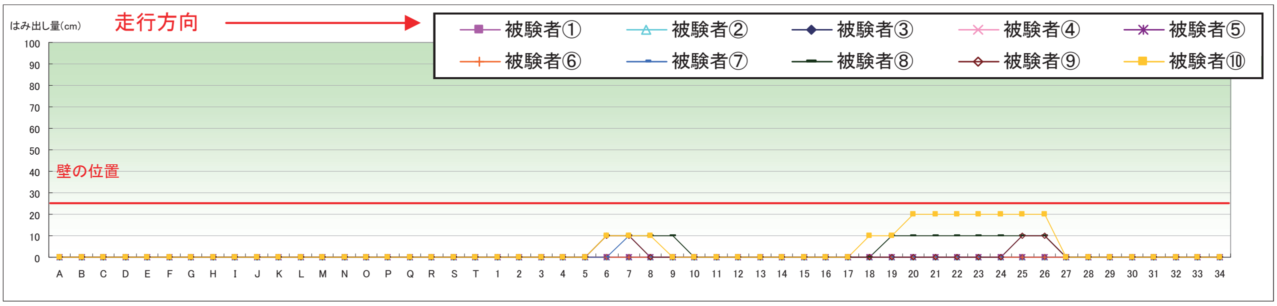
図 4-10　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 0）　外側壁あり（セットバック量 0）

・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）

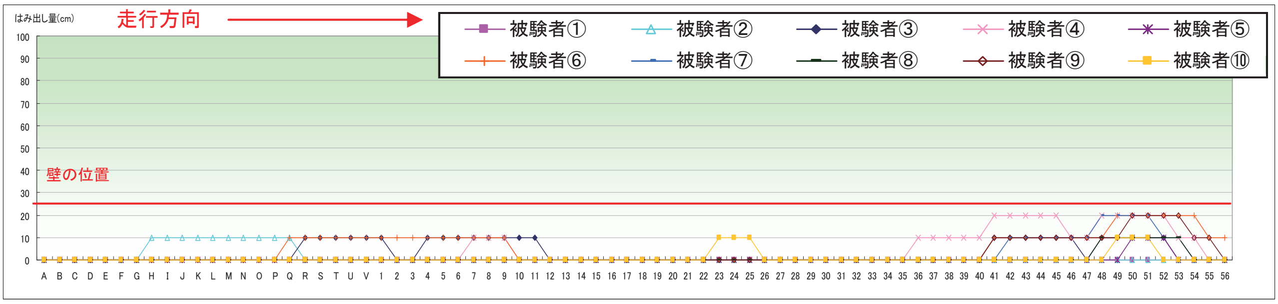
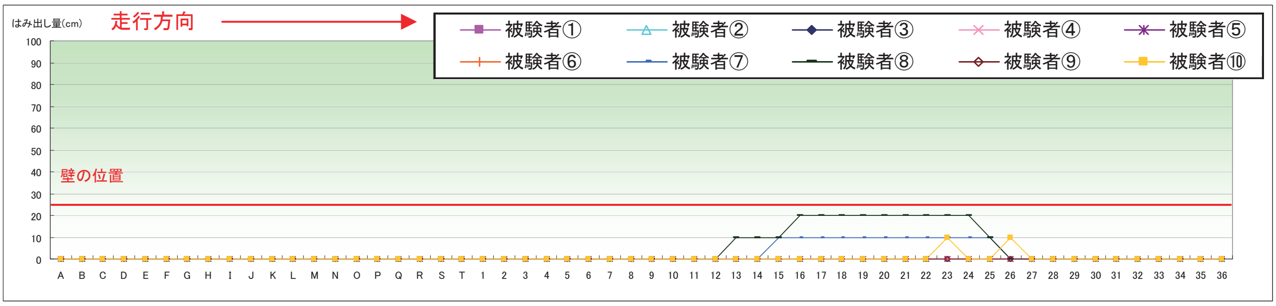


図 4-11　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 25）　外側壁あり（セットバック量 25）

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）

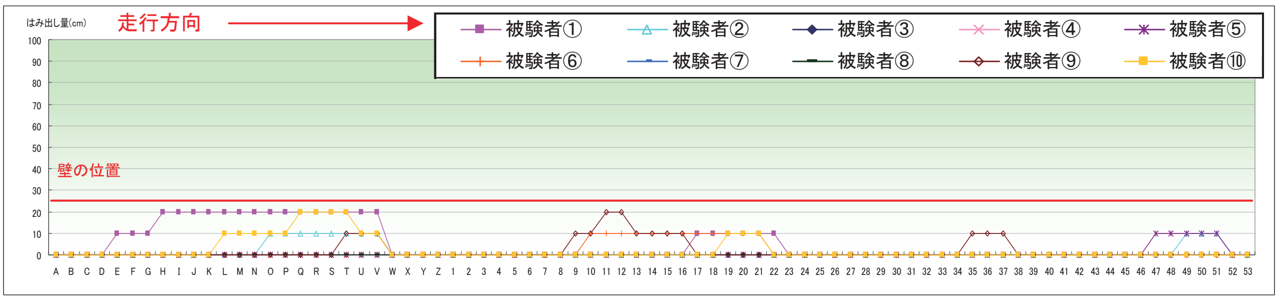
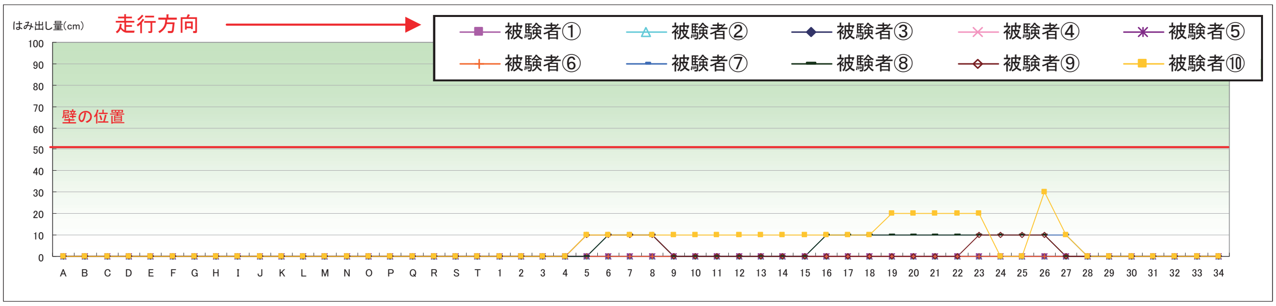


図 4-12　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 25）　外側壁あり（セットバック量 25）

・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）

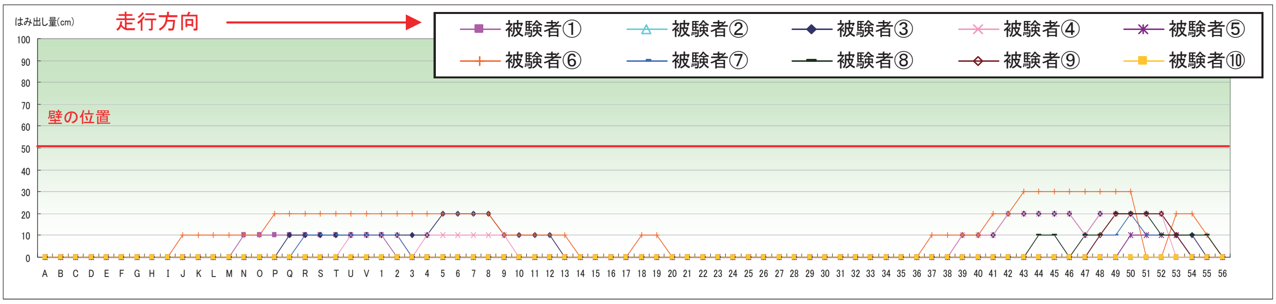
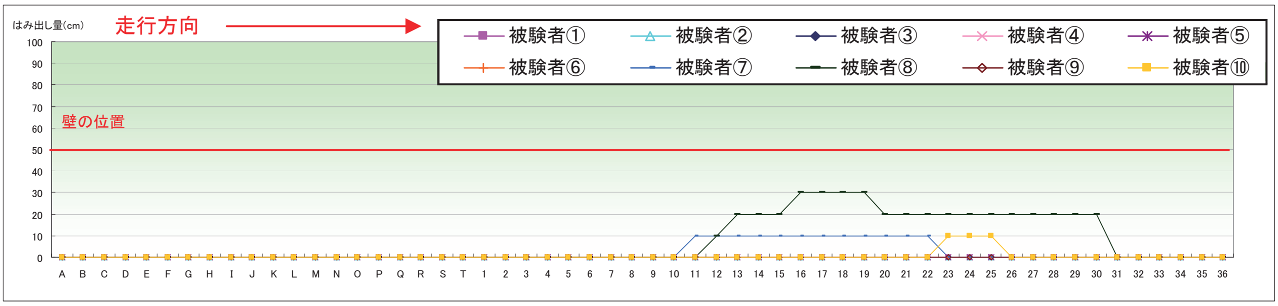


図 4-13　右カーブ　内側壁あり（セットバック量 50）　外側壁あり（セットバック量 50）

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）

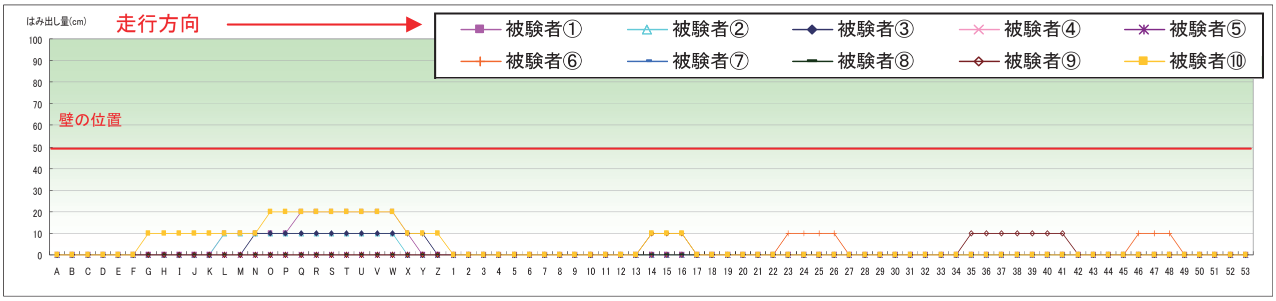
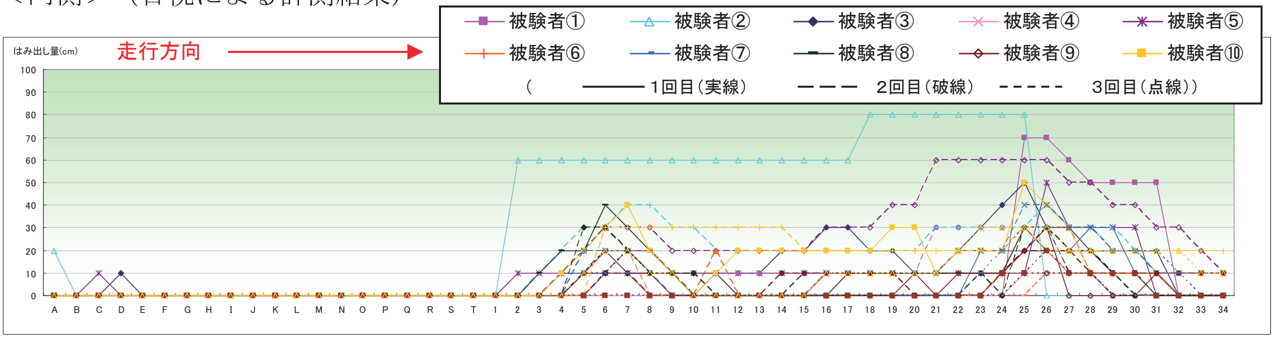


図 4-14　左カーブ　内側壁あり（セットバック量 50）　外側壁あり（セットバック量 50）

・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）

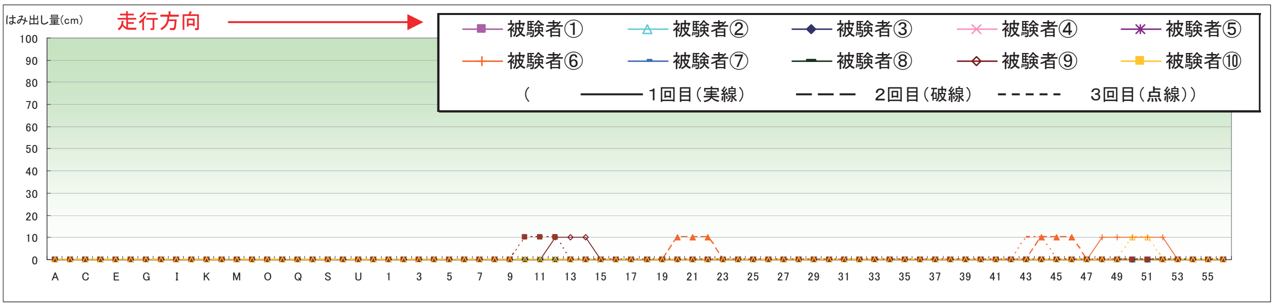
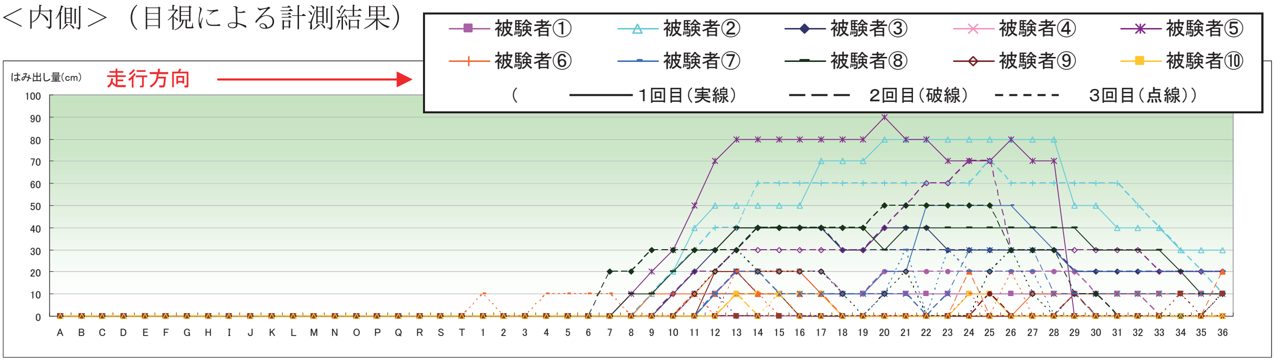


図 4-15　右カーブ　内側壁なし　外側壁あり（セットバック量 0）

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）

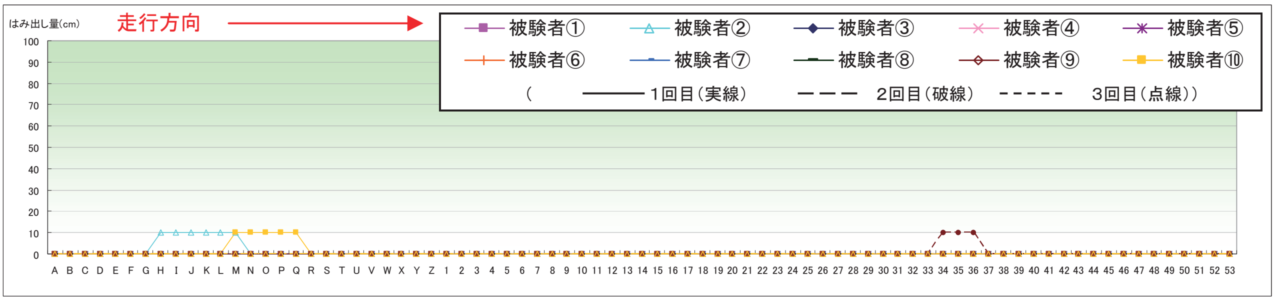


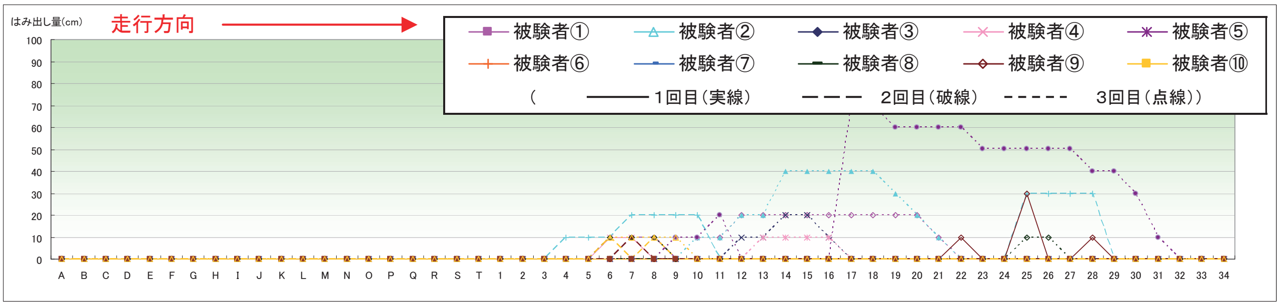
図 4-16　左カーブ　内側壁なし　外側壁あり（セットバック量 0）

・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）

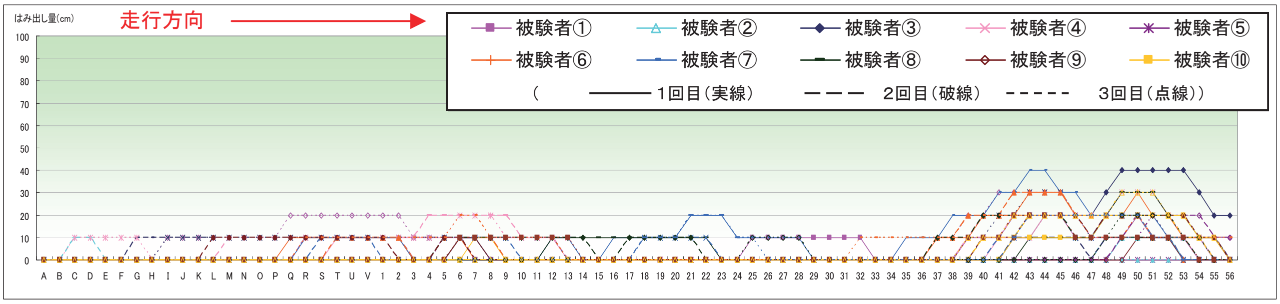
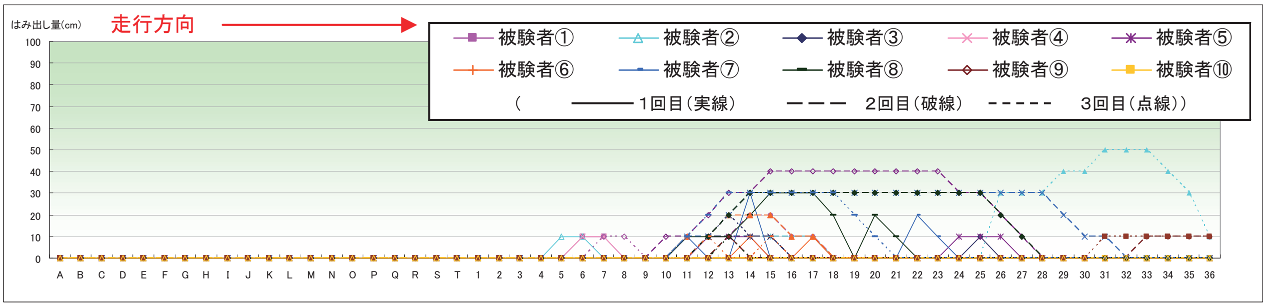


図 4-17　右カーブ　内側壁なし　外側壁なし

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）

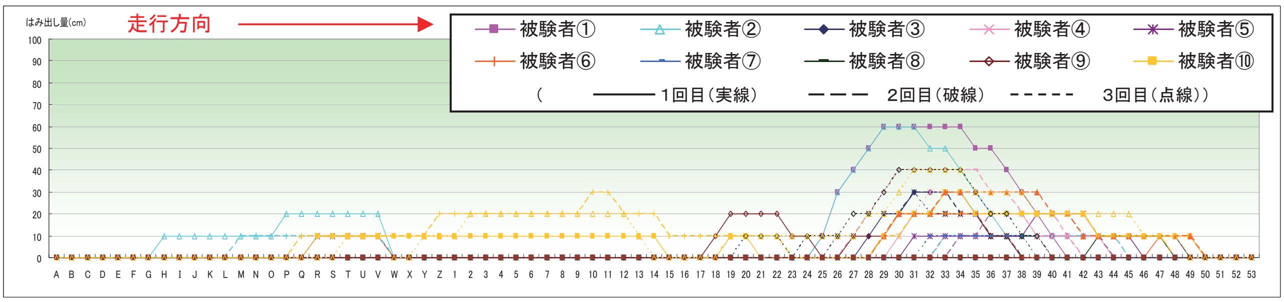


図 4-18　左カーブ　内側壁なし　外側壁なし

・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

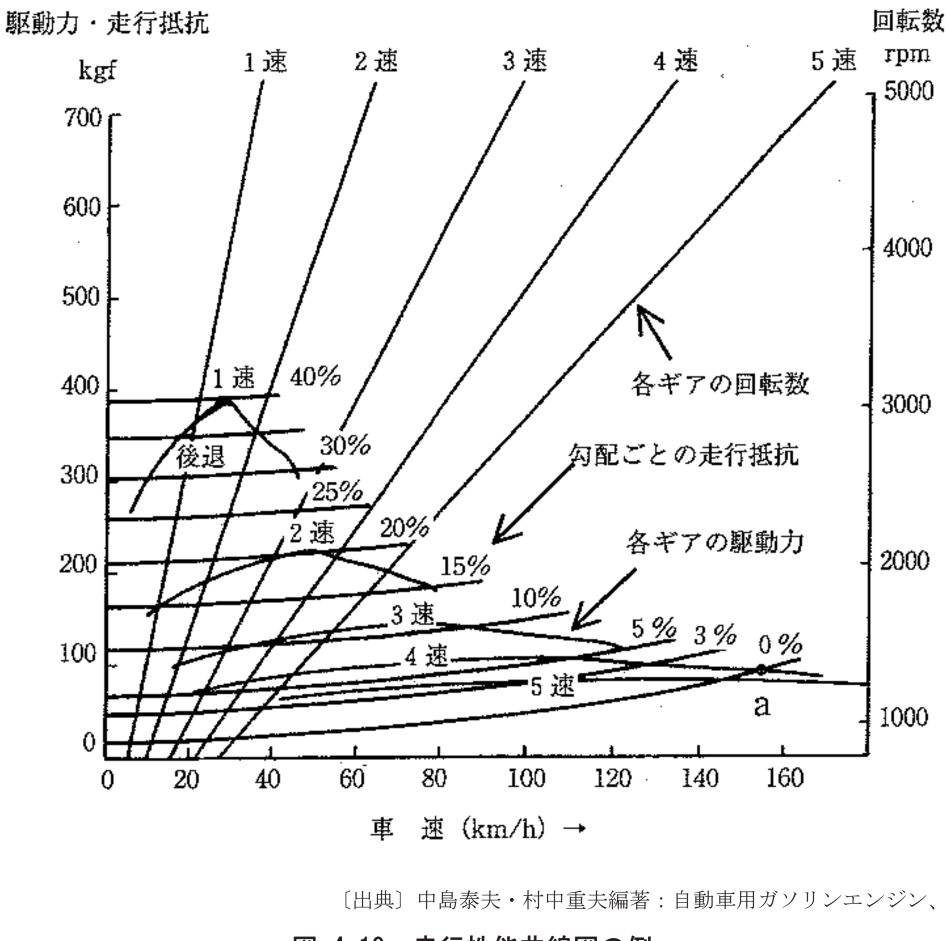
「**3.縦断勾配の限界に関する検討**」における**図 3-1**、**図 3-2** の走行性能曲線図に読み方を下記に示す。

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。

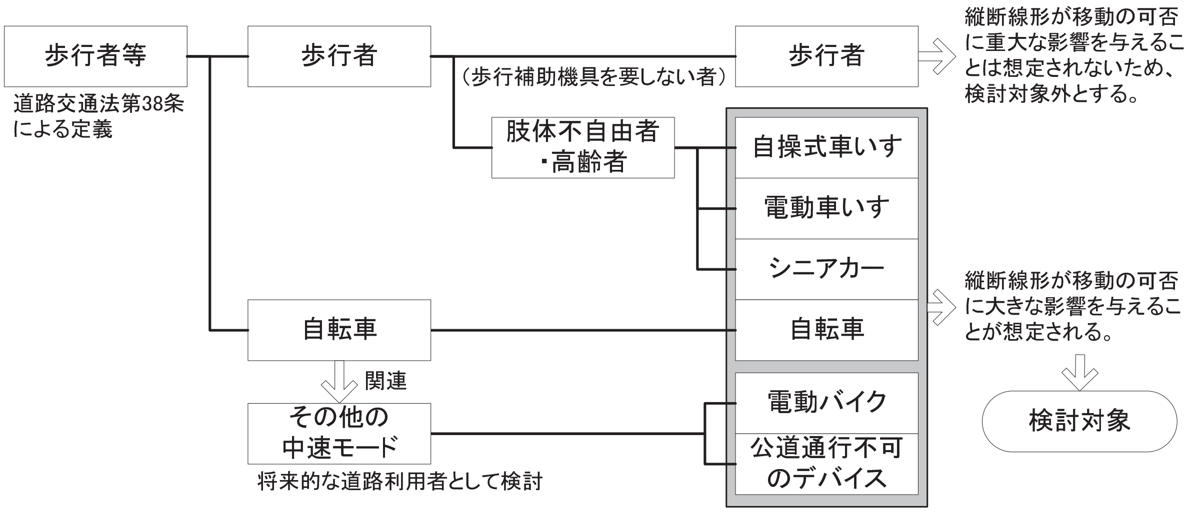


図 4-20　歩行者等の分類と本検討の対象

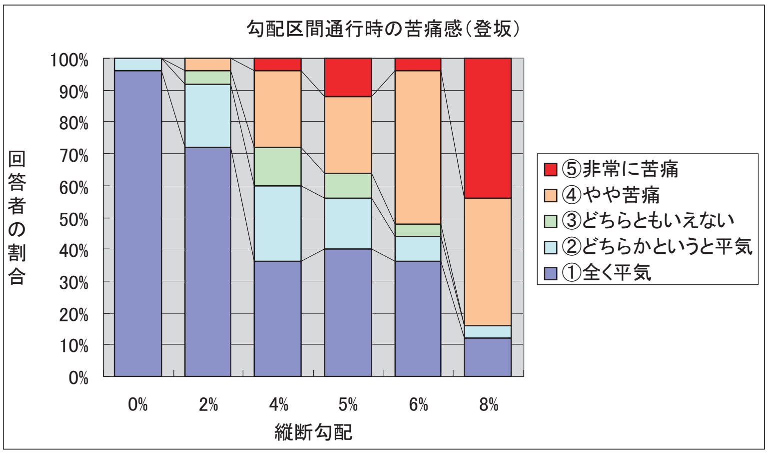
4.3.1　各種の歩行補助器具及び自転車等の登坂能力等

(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)。

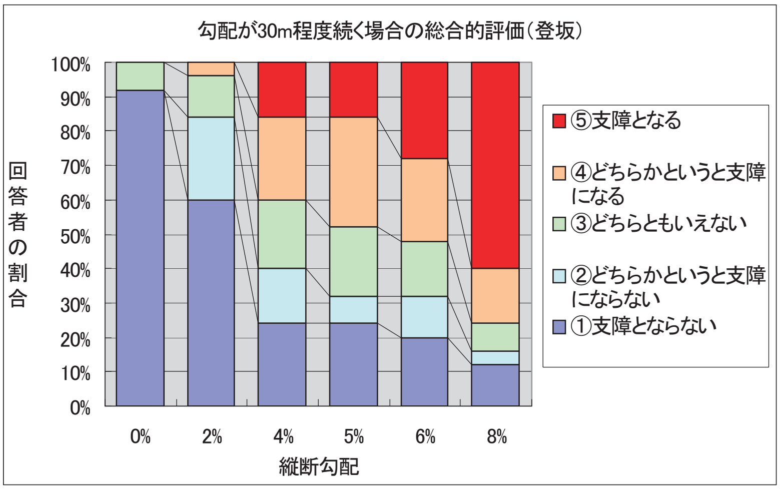
他の研究事例では、自操式車いすの自力登坂の限界は 8.5%（約 5°）、自力降坂の限界は 9.0%とされている（横山哲、清水浩志朗、木村一裕；”縦断勾配が車いす走行に与える影響に関する研究”、土木学会論文集、No.611、Ⅳ-42、pp.21～32、1999.1)。

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・モビリティー社（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大きいことから、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

メーカ名	製品名	登坂能力	備考
イーモービル	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。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of ＮＩＬＩＭ
Ｎｏ．667　　　　　　March 2012

編集･発行　© 国土技術政策総合研究所

本資料の転載･複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭１番地
企画部研究評価･推進課　TEL 029-864-2675