

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要要素としては、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）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、「旋回軌跡による隅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ェアを使用した。

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。

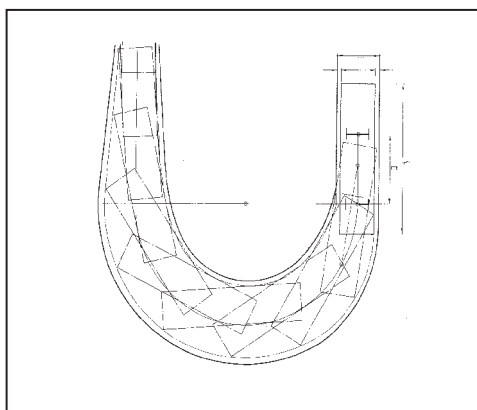


図 2-1 普通自動車（トラック）の旋回軌跡図

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な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	<p>「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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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） <p>※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）</p>
実験車両	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行車両のコースからのほみ出し量 ・ 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、前者に相当するものとして「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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

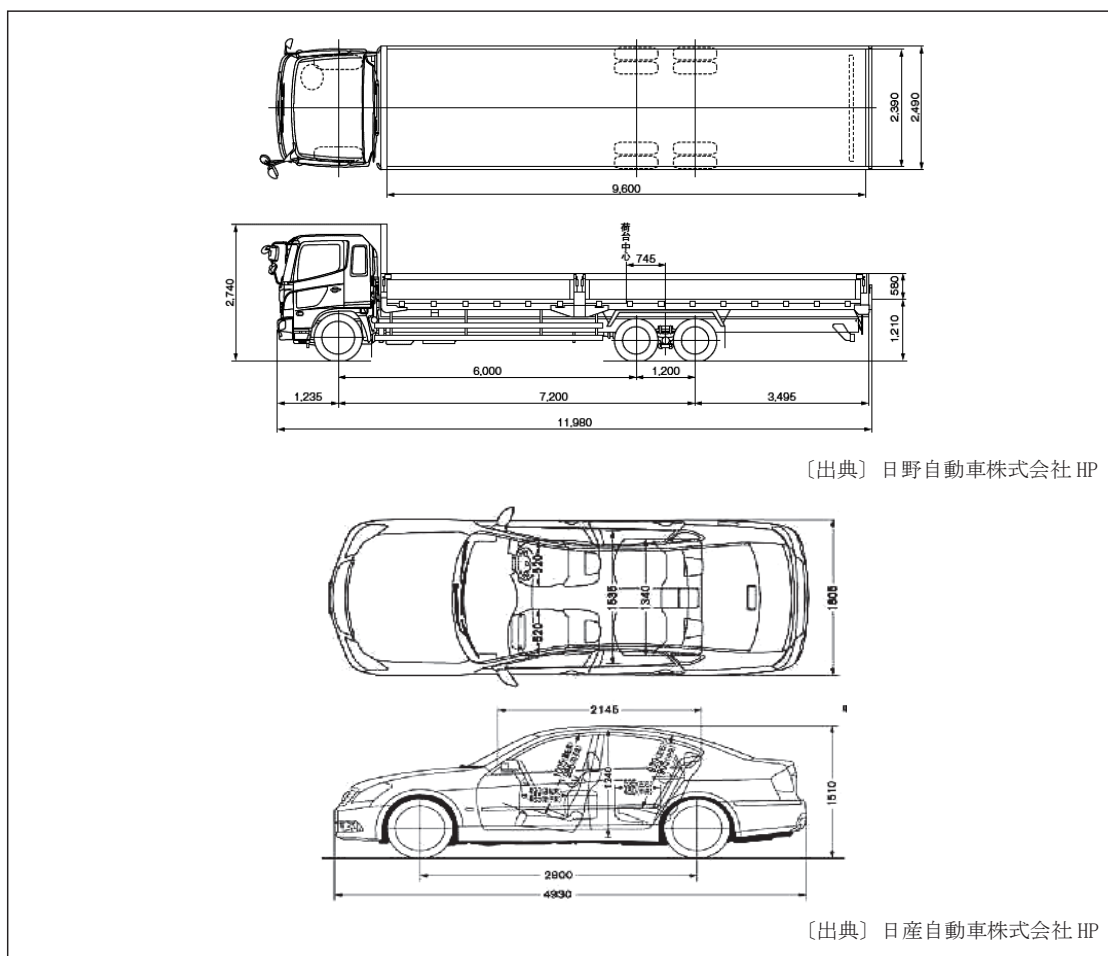


図 2-2 実験車両(上:日野レンジャー 下:日産フーガ)

(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。

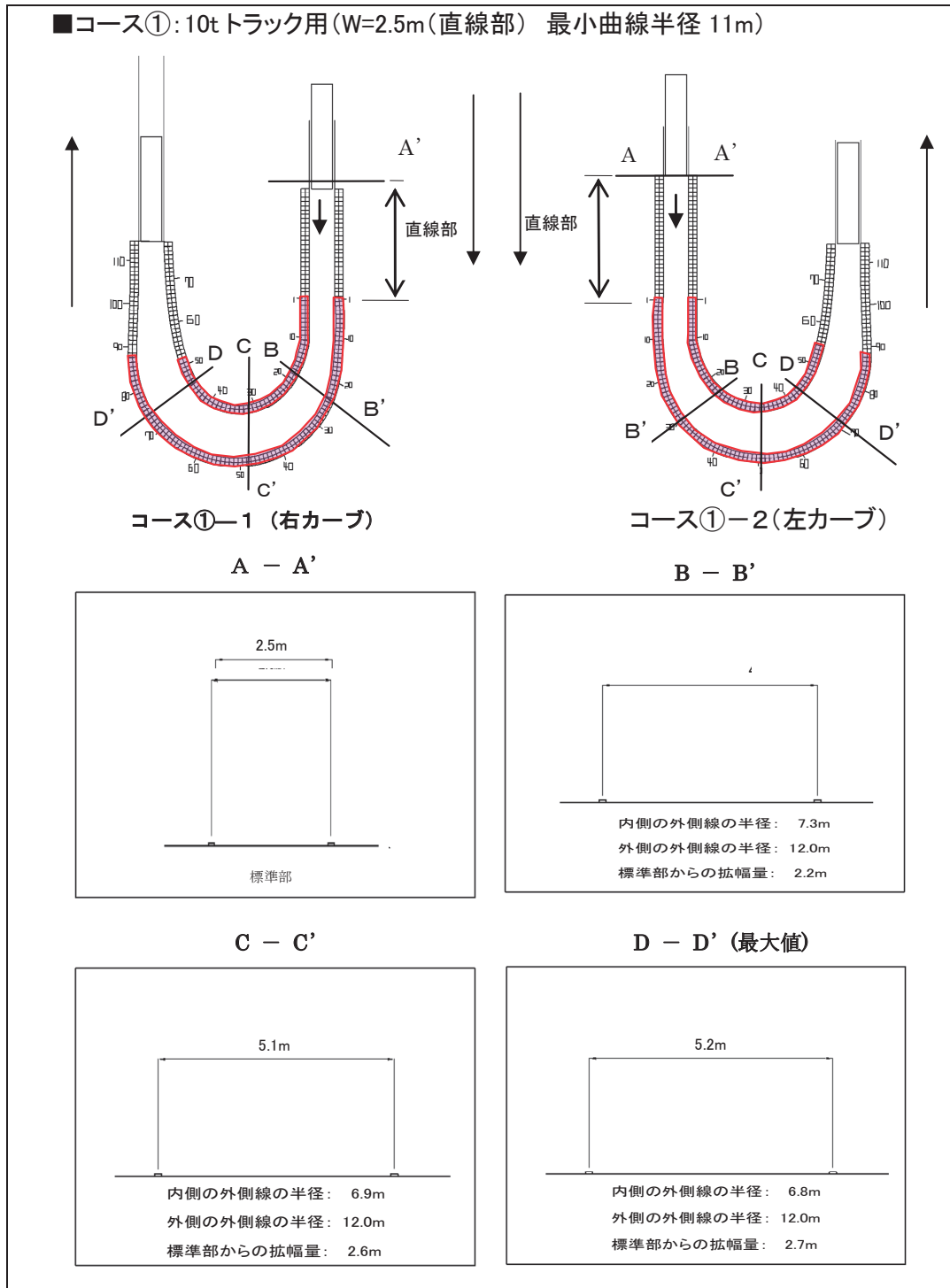


図 2-3 走行コース (10tトラック)

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。

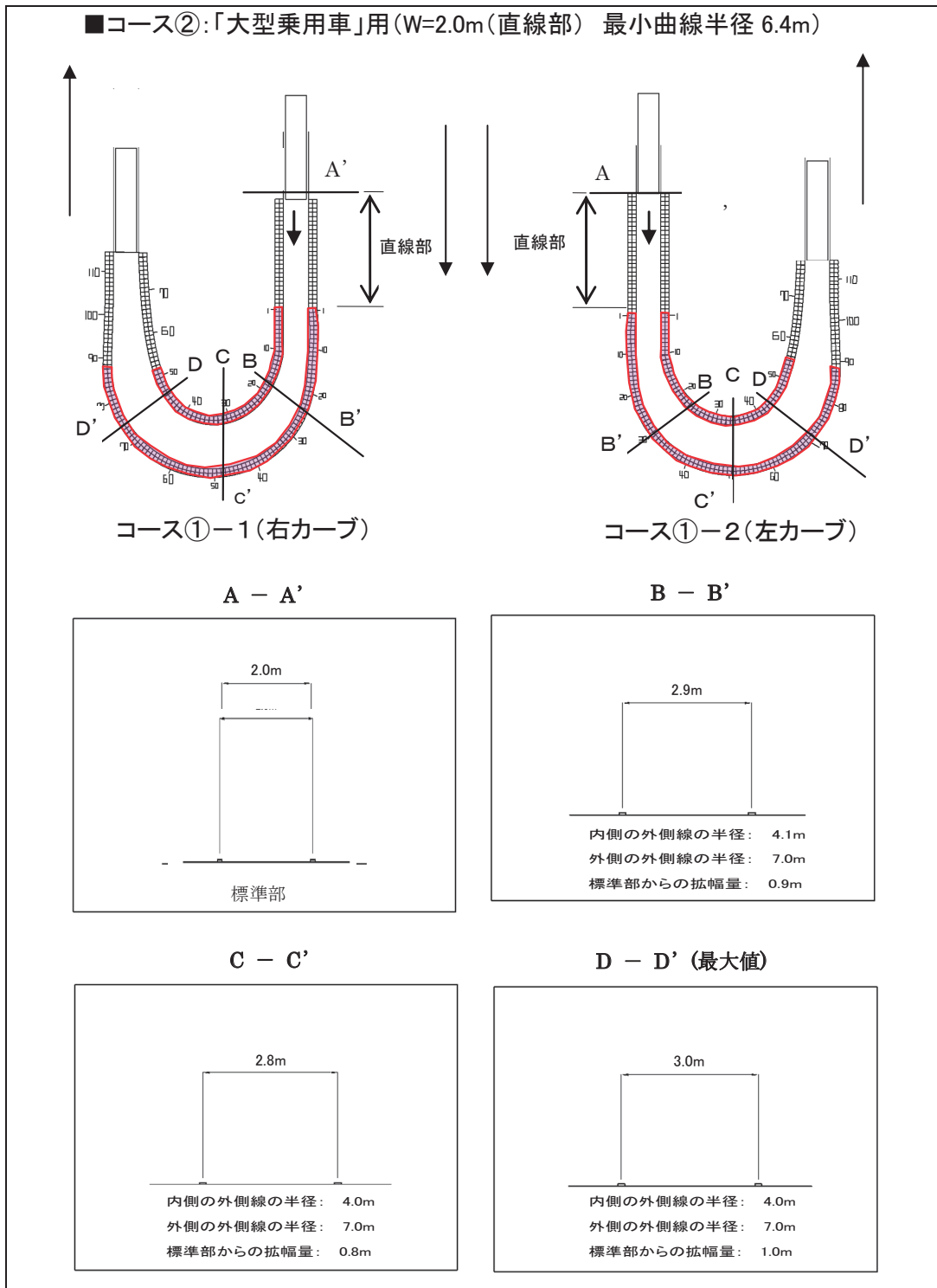


図 2-4 走行コース (大型乗用車)

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)。

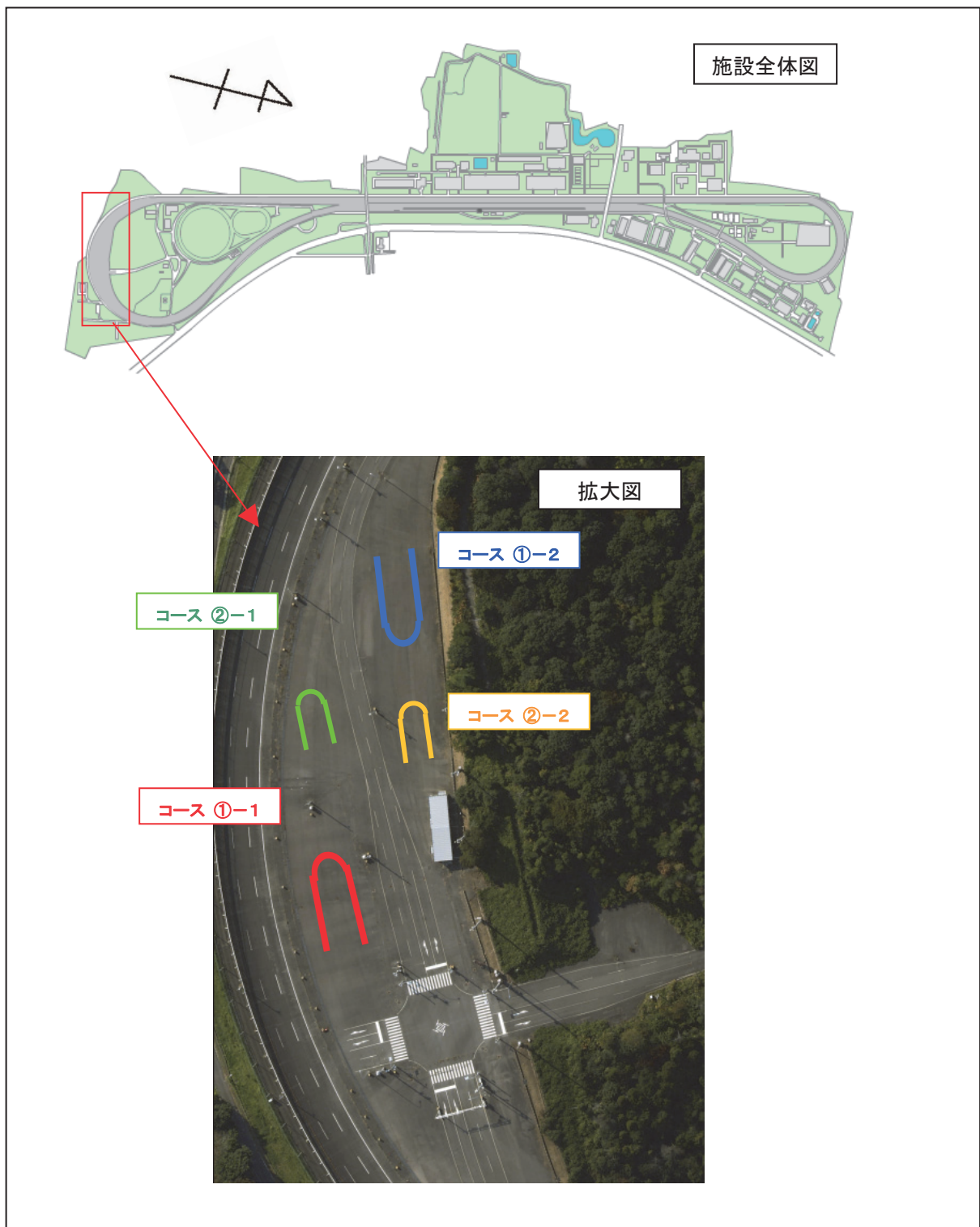


図 2-5 走行コース設置箇所

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わ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。

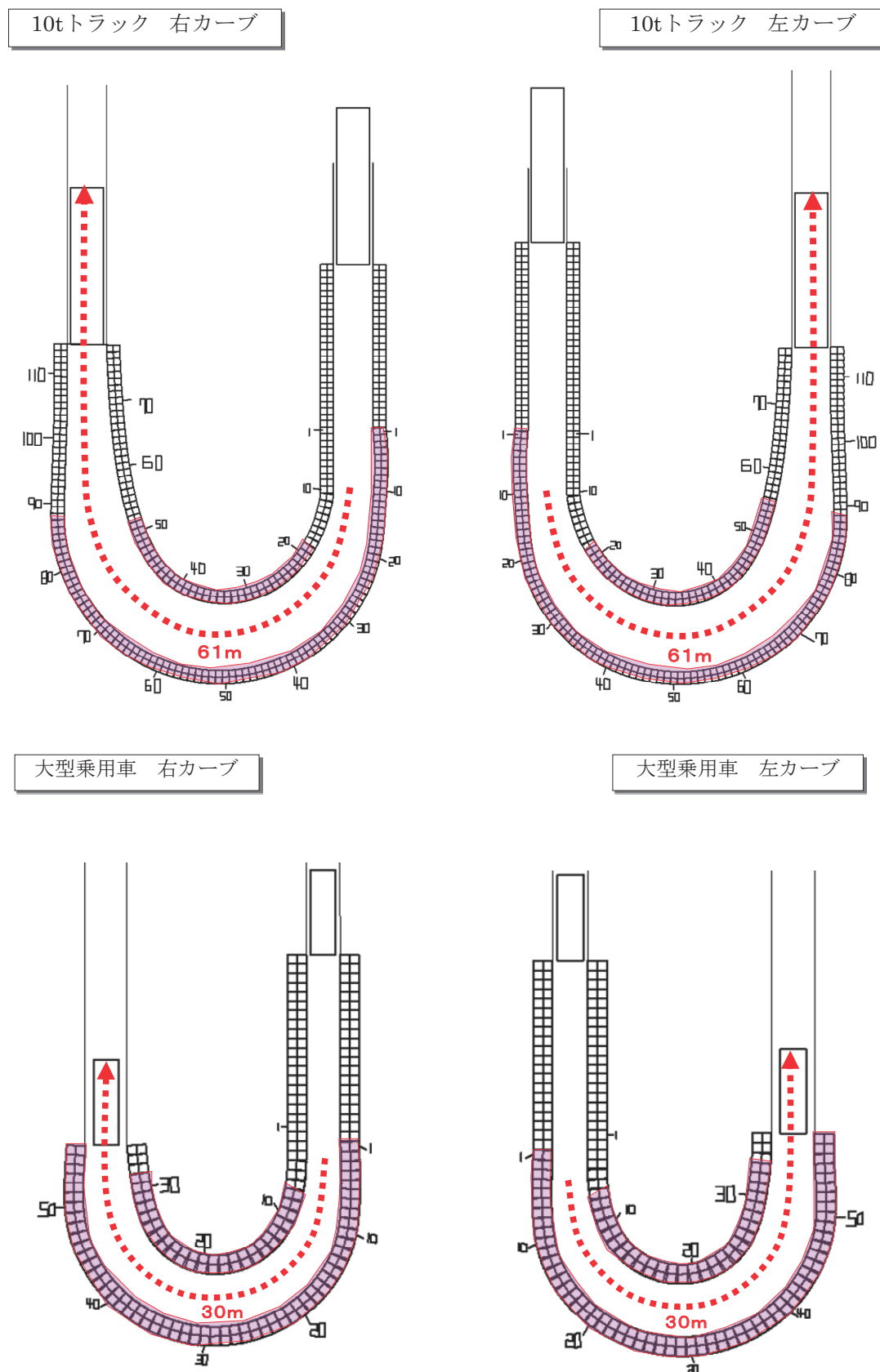
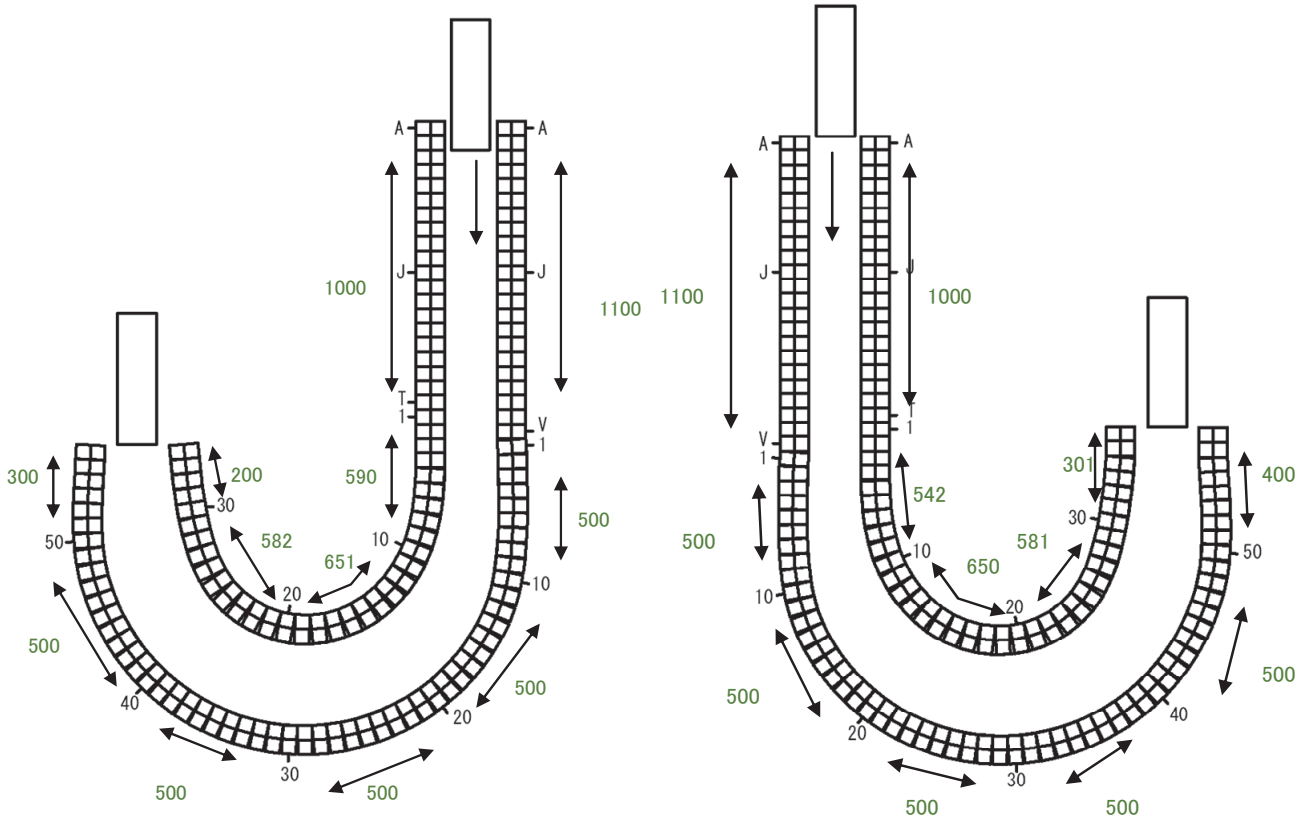


図 2-6 壁の設置位置

右カーブ

左カーブ



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

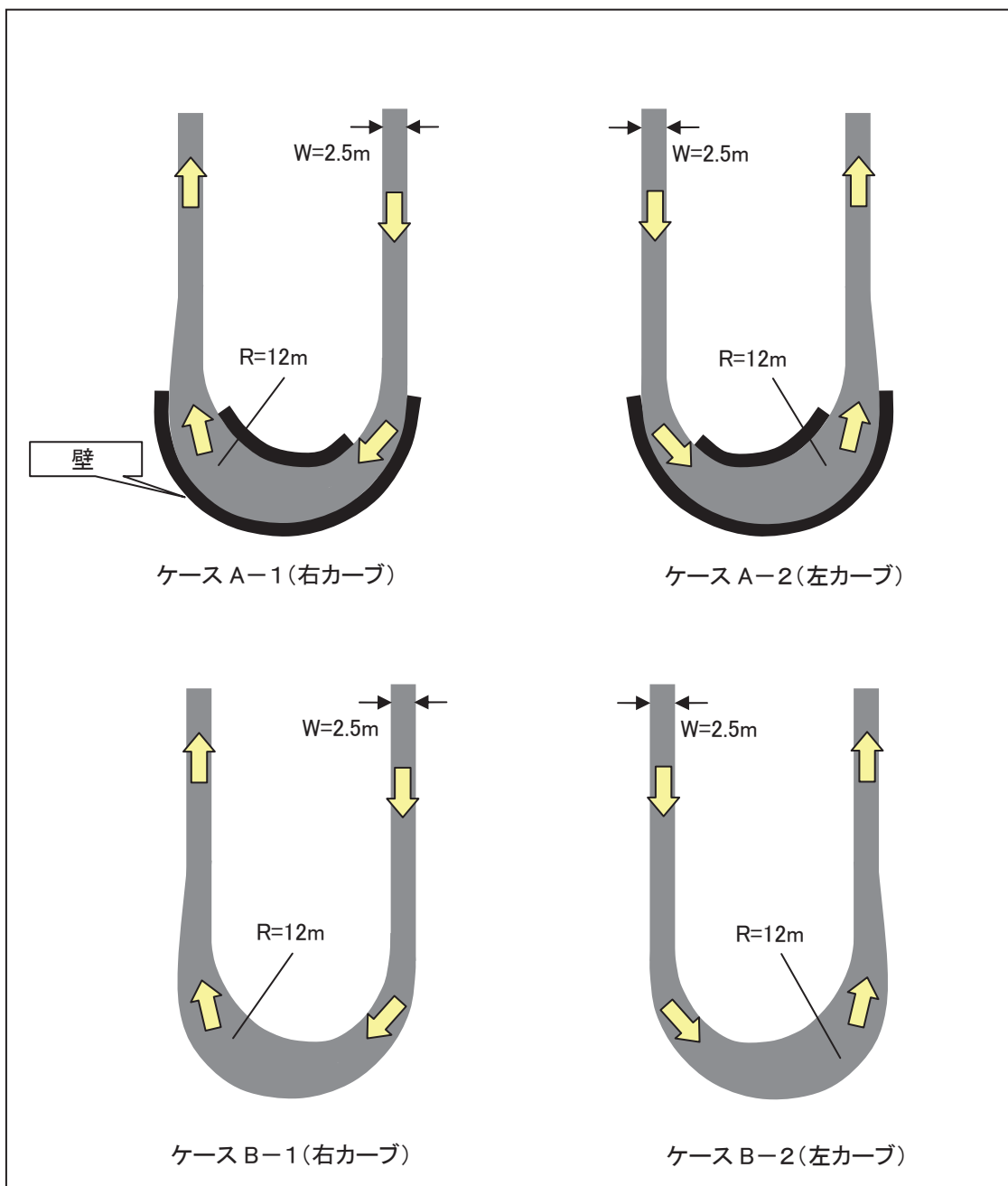


図 2-9 1日目実験ケース

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	③ ④ ⑤ ⑥ ⑦（大型乗用車の運転者） ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫
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

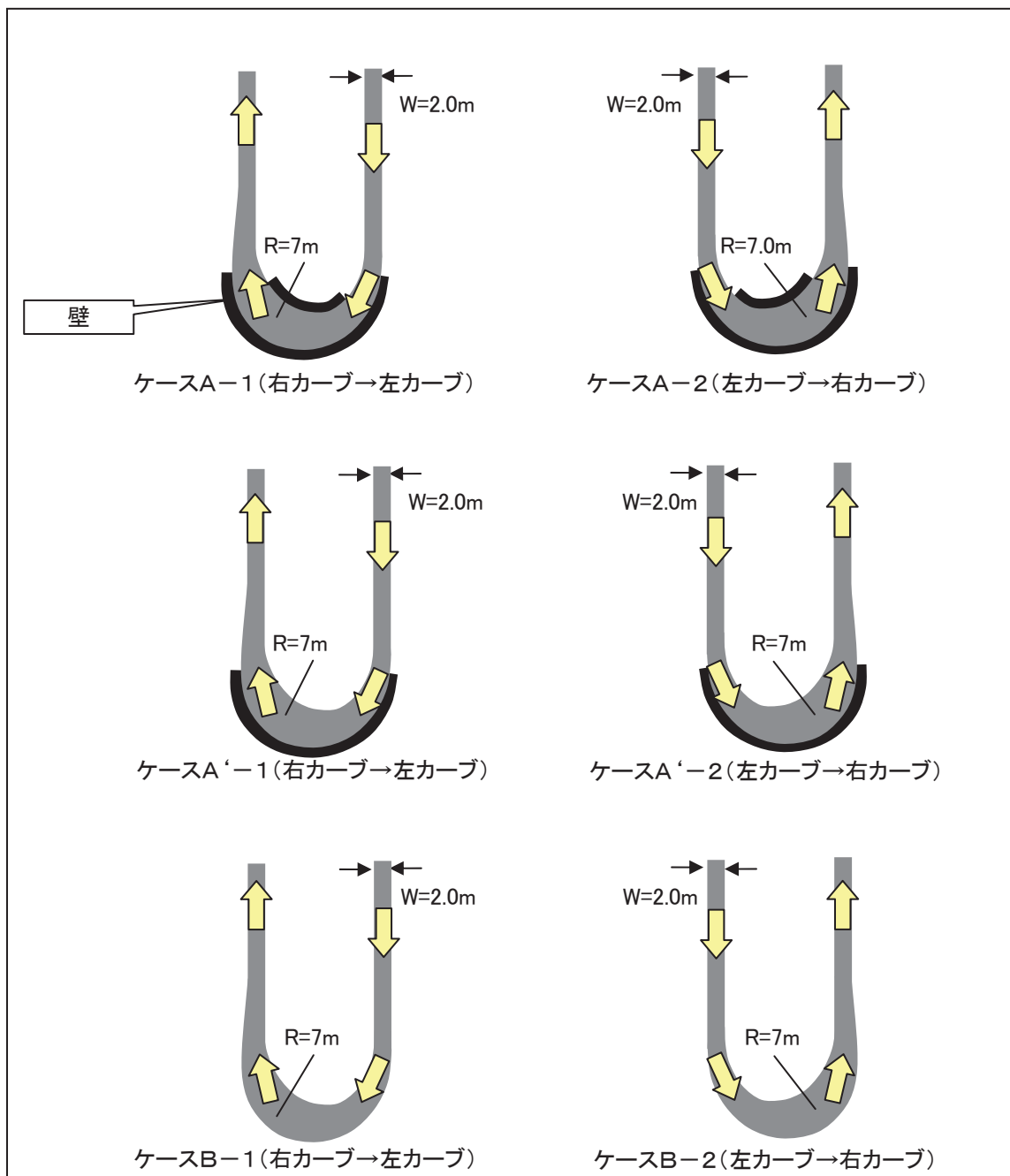


図 2-10 2日目、3日目の実験ケース

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

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

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)

車両の4隅にレーザーポインター・CCDカメラを設置



レーザーポインター及び CCD カメラ

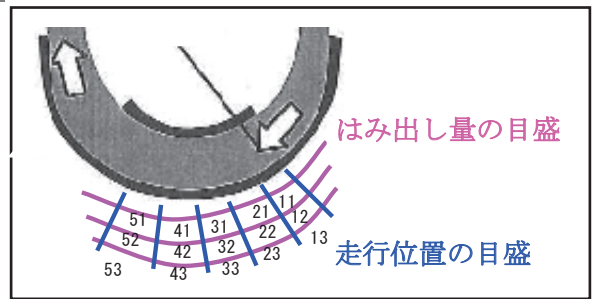


写真 2-8 計測概要



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					20	20	1.2
3	右	①					10	20	2.4
4	右	②		10		40	2.5		
5	右	①		10		10	4.1		
6	右	②		10		20	4.1		
7	右	①	なし	-	なし	-	0	30	4.1
8	右	②					0	40	3.4
9	右	①					0	30	4.2
10	右	②					10	40	2.9
11	右	①					10	20	2.9
12	右	②					10	40	3.2
13	左	①	あり	0	あり	0	50	20	1.2
14	左	②					40	30	1.0
15	左	①					80	20	2.4
16	左	②		10		20	2.7		
17	左	①		20		20	4.0		
18	左	②		0		30	3.9		
19	左	①	なし	-	なし	-	10	40	4.1
20	左	②					10	30	3.9
21	左	①					10	20	3.9
22	左	②					10	20	3.6
23	左	①					10	30	3.7
24	左	②					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		内側 (目視)	外側 (カメラ)	計	
		壁	セットバック量 (cm)	壁	セットバック量 (cm)				
右	1		0		0	30	30	60	100
	4	あり	25	あり	25	10	40	50	
	6		50		50	10	20	30	
	10,12	なし	—	なし	—	10	40	50	50
左	13		0		0	50	20	70	100
	15	あり	25	あり	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)	カーブ部入口から停車まで
			壁	内側 セットバック量 (cm)	壁	外側 セットバック量 (cm)	内側 (目視)	外側 (カメラ)		
1	右	①					10	20	1.7	
2	右	②					30	0	3.1	
3	右	③		0		0	20	10	0.8	
4	右	④					10	20	2.4	
5	右	⑤					20	10	2.6	
6	右	①					0	0	4.1	
7	右	②					0	10	3.8	
8	右	③	あり	25	あり	25	0	10	1.6	
9	右	④					0	20	4.5	
10	右	⑤					0	10	4.9	
11	右	①					0	10	5.3	
12	右	②					0	0	4.5	
13	右	③		50		50	0	20	2.9	
14	右	④					0	20	5.5	
15	右	⑤					0	10	6.1	
16	右	①					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	なし	-	なし	-	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					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	なし	-	あり	0	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					20	20	2.5	
42	左	②					40	20	3.1	
43	左	③		0		0	30	0	3.1	
44	左	④					20	0	3.6	
45	左	⑤					10	0	2.2	
46	左	①					0	20	3.1	
47	左	②					0	10	5.3	
48	左	③	あり	25	あり	25	0	0	1.5	
49	左	④					0	0	4.8	
50	左	⑤					0	10	5.0	
51	左	①					0	20	4.6	
52	左	②					0	10	4.2	
53	左	③		50		50	0	10	2.4	
54	左	④					0	0	5.3	
55	左	⑤					0	0	6.0	
56	左	①					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	なし	-	なし	-	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					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	なし	-	あり	0	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				はみ出し量 (cm)		速度(km/h) カーブ部入口から停車まで
			内側		外側		内側 (目視)	外側 (カメラ)	
			壁	セットバック量 (cm)	壁	セットバック量 (cm)			
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	あり	25	あり	25	10	20	3.9
8	右	⑧					10	10	4.0
9	右	⑨					10	20	4.1
10	右	⑩					20	10	5.0
11	右	⑥	50	50	50	0	30	5.3	
12	右	⑦				10	20	5.2	
13	右	⑧				10	20	5.3	
14	右	⑨				10	20	4.9	
15	右	⑩				30	0	6.7	
16	右	⑥	なし	-	あり	0	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					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	なし	-	なし	-	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					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	あり	0	あり	0	0	0	3.5
47	左	⑦					10	0	2.4
48	左	⑧					10	10	2.6
49	左	⑨					10	0	2.5
50	左	⑩					0	10	3.9
51	左	⑥		25	あり	25	0	10	4.0
52	左	⑦					10	0	3.4
53	左	⑧					20	0	3.8
54	左	⑨					0	20	3.9
55	左	⑩					10	20	4.2
56	左	⑥		50	50	50	0	10	3.9
57	左	⑦					10	0	3.6
58	左	⑧					30	0	4.1
59	左	⑨					0	10	3.6
60	左	⑩					10	20	3.9
61	左	⑥	なし	-	あり	0	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					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	なし	-	なし	-	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					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。

壁ありケースでは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		内側 (目視)	外側 (カメラ)	計	
		壁	セットバック量 (cm)	壁	セットバック量(cm)				
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、ドイツ：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

		道路構造令 (H15.7.24)					林道規定 (H18 年度改正.)		
道路の区分	道路の区分 第3種の道路							林道の種類及び区分	
	道路の種類	道路の存する地域の地形	計画交通量(台/日)					林道の種類	
			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	自動車道の区分	
	都道府県道	平地部	第2級		第3級			自動車道1級	国道、都道府県道と連絡する幹線
		山地部	第3級		第4級			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
市町村道	平地部	第2級		第3級	第4級	第5級	自動車道3級	小利用区域にかかる支線及び分線等	
	山地部	第3級		第4級		第5級	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	
第4種の道路							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	
	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				

		道路構造令 (H15.7.24)				林道規定 (H18 年度改正.)					
設計速度 (km/h)	区分		規定値	特例値		区分		規定値	特例値		
	第3種	第1級	80	60		1級	2車線のもの	40又は30	20		
		第2級	60	50又は40			1車線のもの	40,30又は20	-		
		第3級	60,50又は40	30		2級		30又は20	-		
		第4級	50,40又は30	20		3級		20	-		
		第5級	40,30又は20			林道の利用形態がもた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。					
	第4種	第1級	60	50又は40		区分		設計速度			
		第2級	60,50又は40	30		1級	2車線のもの	-			
		第3級	50,40又は30	20			1車線のもの	30又は20			
		第4級	40,30又は20			2級		20			
						3級		20			

		道路構造令 (H15.7.24)			林道規定 (H18 年度改正.)								
曲線半径 (m)	設計速度 (km/h)	規定値	特例値		区分	曲線半径							
	40	60	50			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
30	30			40	60	50	60	40	-	-	-	-	
20	15			30	30	25	30	20	30	20	-	-	
					20	20	-	15	-	15	12	15	6

		道路構造令 (H15.7.24)			林道規定 (H18 年度改正.)							
曲線部の片勾配 (%)	区分	道路の存する地域		最大片勾配	(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。							
	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	$i = \frac{V^2}{127R} - f$ 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)							
			その他の地域	8								
		その他の地域	10									
第4種	その他の地域		6	(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構にあっては、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。

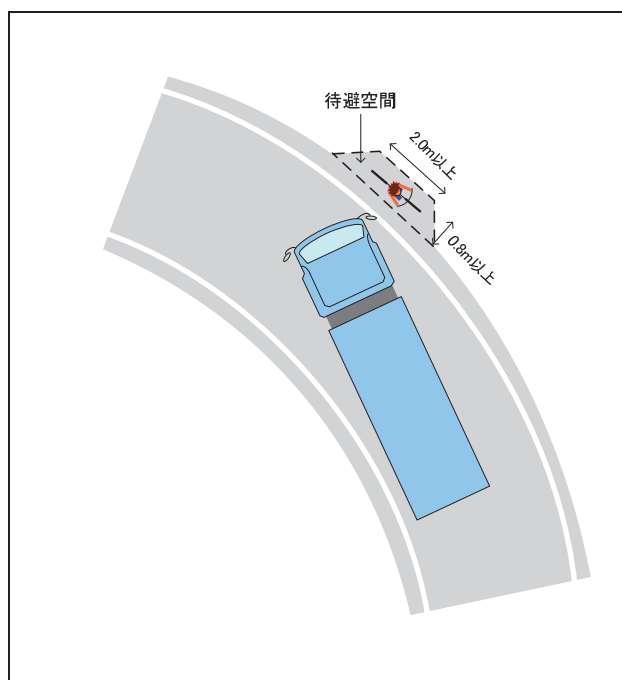


図 2-11 待避空間の構造

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。