敷地内実験を通じた自転車道の幾何構造に関する検討

木村　泰[1]・本田　肇[1]・沖本　洋人[1]・高宮　進[1]

[1]正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路空間高度化研究室

（〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地）

E-mail: kimura-y92tc@nilim.go.jp，honda-h2sb@nilim.go.jp

okimoto-h924a@nilim.go.jp，takamiya-s92tc@nilim.go.jp

自転車道を区画する際に設ける分離工作物の種類や高さの違いによっては、自転車利用者には幅員が狭く感じられたり、走行しにくさを感じる場合がある。また、交差点部やバス停部等において、自転車道を屈曲（シフト）させる必要がある場合、屈曲部の線形によっては自転車の走行位置が不安定になり、自転車の安全・快適な通行を阻害する恐れがある。

本研究では、自転車道における自転車が安全・快適に通行する上で望ましい幾何構造の条件について検討を行った。具体的には、分離工作物の種類や高さと幅員の関係、屈曲部の線形と幅員の関係について、双方向通行を想定した複数の自転車道を仮設し、走行実験を行い、自転車利用者の意識や自転車の走行特性を調査した。その結果、分離工作物として柵を設ける場合は幅員を2.25m～2.5m程度確保することが望ましく、屈曲部を設ける際のシフト比は1:4以上ゆるくすることが望ましいとの結論が得られた。

Key Words : *bicycle path, design, width, separation structure, experiment*

1. はじめに

自転車は環境負荷の低い交通手段であり、健康志向の高まりなどを背景として利用ニーズが高まってきている。一方、全交通事故に占める自転車関連事故の割合は増加傾向にあるといった課題もあり、安全で快適な自転車通行空間の整備が望まれている。

平成20年1月には、国土交通省と警察庁により、全国98箇所に自転車通行環境整備モデル地区が指定され、また、地方公共団体では自転車ネットワーク計画の策定が進んでおり、これまで各地で様々な形態の自転車通行空間が整備されてきている。しかしながら、自転車が安全で快適に通行できるために必要な自転車通行空間の幾何構造については、これまでに必ずしも十分な検討がされているとは言えず、既整備の一部自転車通行空間では、幅員が狭い、走行しづらいといった意見[1)]があるなど、課題も顕在化してきている。

例えば、自転車通行空間の整備形態の1つである自転車道の幅員は、道路構造令（最終改正：平成23年12月26日政令第424号）により2.0m以上とされており、上記モデル地区で整備された自転車道においては、その約半数の路線が幅員として2.0mを採用している。しかし、たとえ幅員を2.0m確保したとしても、自転車道を区画するために柵等の高さのある分離工作物を設ける場合、縁石等の低い分離工作物を設ける場合に比べ、自転車利用者に与える圧迫感や走行しにくさ、さらにはすれ違いや追い越し時などにおける分離工作物や他の自転車との接触の危険性が増すものと考えられる。

また、交差点部やバス停部等において、自転車道を屈曲（シフト）させる必要がある場合、シフトの線形（シフト量やシフト比（ここでは、「シフト量とシフト区間長の比（シフト量：シフト区間長）」と定義する（後述の図8参照））））によっては、自転車の走行位置が不安定になることなどにより、自転車単独の事故もしくは自転車同士の錯綜や事故が懸念される。既往の走行実験[2)]では、自転車通行空間の屈曲部のシフト比を1:2以上ゆるくすれば、一定の走行安全性を確保できるとされた。そこでこの結果を踏まえて、実道において、幅員3m、屈曲部のシフト比概ね1:2の双方向通行の自転車道を仮設して、一般の自転車利用者の走行状況を観測調査したところ、屈曲部において対向する自転車同士の危険と考えられる挙動（例えば、急ブレーキや急ハンドル）が目

立って見られた[3]。これは、既往の走行実験では双方向通行の状況を考慮しておらず、実道における仮設自転車道では、屈曲部において対向車線側にはみ出すことで生じたものと考えられ、双方向通行の場合、特にシフト比をゆるやかにする必要があると考えられた。

そこで本研究では、自転車道の分離工作物の種類や高さと幅員の関係、自転車道の屈曲部の線形と幅員の関係について、双方向通行を想定した複数の自転車道を仮設し、走行実験を実施し、アンケート調査やビデオ観測を行った。この結果を分析・整理し、自転車利用者の意識や自転車の走行特性を考慮した望ましいと考えられる自転車道の幾何構造について検討を行った。

2. 分離工作物の種類や高さの違いと幅員

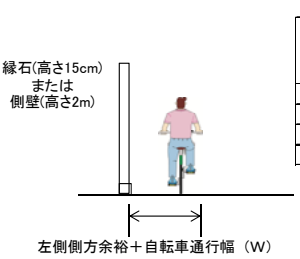
(1) 分離工作物の高さと幅員の違いによる圧迫感に関する既往の研究

分離工作物の高さの違いと圧迫感に関する既往の研究[4]では、自転車レーンもしくは路肩における車道端の工作物として、縁石（高さ15cm）や側壁（高さ2.0m）に対する側方余裕と圧迫感の関係について走行実験により検討している（図-1）。これによると、幅員1.0m（左側側方余裕0.25m＋自転車通行幅0.75m）の場合に比べて、幅員1.25m（左側側方余裕0.5m＋自転車通行幅0.75m）の場合、側壁であっても0.25m程度の余裕幅の増加により、圧迫感が緩和され、縁石の場合の評価値に近づくことが確認されている。

(2) 実験概要

分離工作物の種類や高さの違いによる自転車利用者へ与える圧迫感や自転車道の走行性等を確認するため、分離工作物及び幅員の異なる直線の自転車道（延長各50m）を国土技術政策総合研究所構内に設置し、自転車走行実験を行った。ここでは、被験者61人（65歳以上の高齢者15人を含む）に対向自転車とのすれ違い走行や先行自転車を追い越す走行をしてもらった。実験中は、アンケート調査を実施し、ビデオ撮影により走行状況を記録した。仮設自転車道のイメージを図-2に示す。なお、被験者は普段から自転車を利用する方を対象とし、実験で使用する自転車については、一般にシティサイクル（シティ車）もしくは軽快車と呼ばれるタイプを用いた。

仮設自転車道の幅員は1.5m、2.0m、2.5mの3ケースとし、分離工作物の種類と高さは、縁石15cm、縁石5cm（歩道側のみ）、柵60cm、柵80cmの4つについて、表-1に示す14ケースの組合せで走行してもらい、合計42ケースについて検証した。縁石はメタルフォーム（鋼製型枠）、柵はスチールパイプを組立てたもので代用した



N=10

W	圧迫感に対する評価値（平均値）	
	縁石（高さ15cm）の場合	側壁（高さ2m）の場合
0.75m	3.1	ー
1.0m	3.2	2.8
1.25m	3.9	3.7
1.5m	4.4	4.3

５段階評価の圧迫感に関するアンケート調査
１圧迫感あり
２やや圧迫感あり
３どちらでもない
４やや開放感あり
５開放感あり

図-1 分離工作物の高さと側方余裕の違いと圧迫感

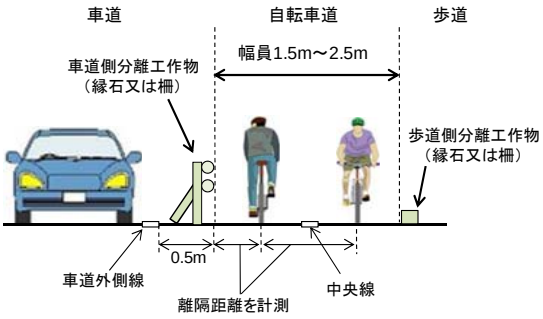
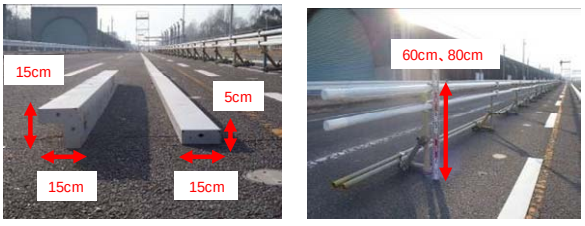


図-2 実験走路イメージ（すれ違い走行の場合）

表-1 分離工作物の組合せ（14ケース）

走行方法	走行位置	車道側分離工作物	歩道側分離工作物
すれ違い	車道側	縁石（15cm）	縁石（5cm）
		柵（60cm）	
		柵（80cm）	
	歩道側	縁石（15cm）	縁石（5cm）
			縁石（15cm）
			柵（60cm）
			柵（80cm）
追い越し	車道側	縁石（15cm）	縁石（5cm）
		柵（60cm）	
		柵（80cm）	
	歩道側	縁石（15cm）	縁石（5cm）
			縁石（15cm）
			柵（60cm）
			柵（80cm）



（ⅰ）縁石　　（ⅱ）柵

縁石5cm・・・・自転車のペダルのあたらない高さ（歩道側のみ）。
縁石15cm・・・自転車のペダルがあたる高さ。ハンドルはあたらない高さ。
柵60cm・・・・・自転車のペダルがあたる高さ。ハンドルはあたらない高さ。
柵80cm・・・・・自転車のペダルがあたる高さ。ハンドルがあたる高さ。

図-3 使用した分離工作物

図-4 実験状況（すれ違い走行、幅員2.0m、車道側：柵60cm、歩道側：縁石5cm、評価対象分離工作物：車道側）

（図-3）。なお、本実験の仮設自転車道の幅員は有効幅員として確保している。また、すれ違い走行での対向自転車は2台、追い越し走行での先行自転車は1台であり、それぞれスタッフが概ね一定の速度で走行するものとした。加えて、車道には自動車1台を時速約55km/hで走行させた（図-4）。

(3)　実験結果

(a)分離工作物との離隔距離

分離工作物の種類や高さの違いによる、被験者の走行位置等への影響について確認するため、撮影したビデオ画像から被験者と分離工作物との離隔距離や、走行速度等を計測・整理した。自転車の走行位置は自転車の前輪または後輪と路面との接地点とし、走行位置のデータ取得間隔は0.5秒とした（図-5）。また、整理に用いたデータの取得範囲は、すれ違い走行の場合、2台の対向自転車のうち、前方自転車とのすれ違い開始1秒前から、後方自転車とのすれ違い終了時までの区間とし、追い越し走行の場合、先行自転車追い越しのために被験者が進行方向を右側に取った時から追い越し後に被験者が進行方向を左側に取った後1秒後までの区間としている。

各ケースにおける被験者の分離工作物との平均離隔距離について、すれ違い走行の場合を図-6、追い越し走行の場合を図-7に示す。なお、離隔距離を計測する対象の分離工作物は、すれ違い走行の場合、進行方向に対して左側（車道側を走行した場合は車道側）の分離工作物、追い越し走行の場合、進行方向に対して右側（先行自転車を右側から追い越すため）の分離工作物である。

すれ違い走行、追い越し走行ともに、幅員1.5mから幅員2.5mへ幅員が広くなるのに従い、離隔距離は広くなっている。また、追い越し走行の場合、すれ違い走行に比べ0.1m程度ではあるが離隔距離は狭くなる傾向が見られた。しかし、各幅員ごとの結果を見た場合、分離工作物との離隔距離は分離工作物の種類や高さによらず概ね一定となる結果となった（ただし、すれ違い走行の幅員2.0mで柵80cmの場合のみ離隔距離はやや狭い）。これは、対向又は先行自転車の影響が分離工作物の種類や高さの影響よりも卓越していたものと考えられる。

また、分離工作物との離隔距離について被験者間のばらつきの程度を確認するため、箱髭図による整理を行った。すれ違い走行時における車道側分離工作物の場合について図-8に示す。これを見ても、上記の通り幅員が広くなれば離隔距離は広くなっているものの、分離工作物の種類や高さの違いによる離隔距離への影響は確認できなかった。

なお、すれ違い走行の際、走行途中に足をついた被験者は延べ7人おり、幅員1.5mの場合に6人、幅員2.5mの場合に1人であった。追い越し走行の際、被験者が追い抜

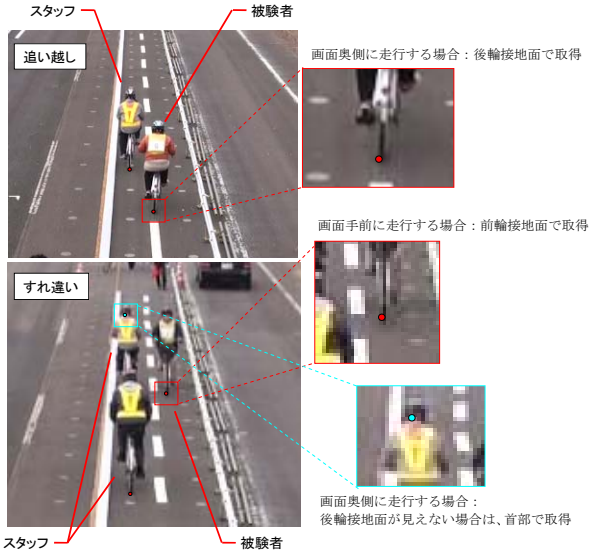


図-5　自転車走行位置の計測方法

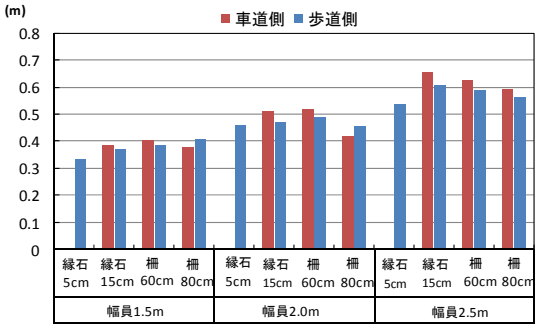


図-6　分離工作物との平均離隔距離（すれ違い走行）

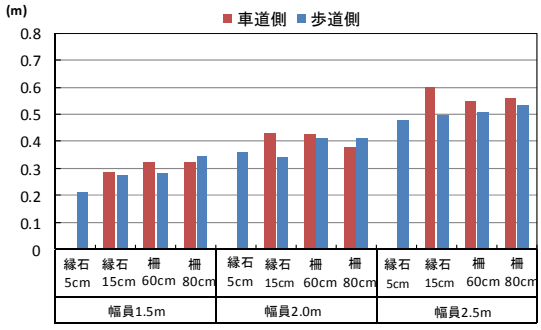


図-7　分離工作物との平均離隔距離（追い越し走行）

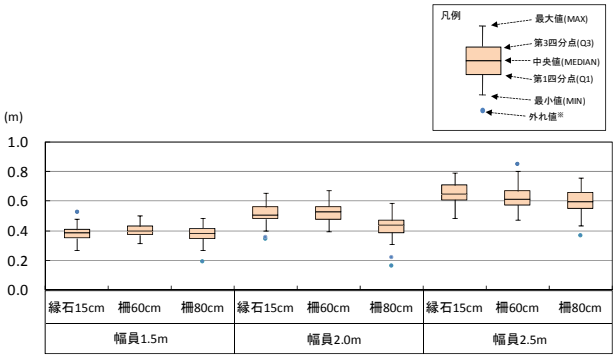


図-8　車道側分離工作物との離隔距離（すれ違い走行時）

くことに不安を感じ、実験区間内で追い越せなかった被験者は延べ20人おり、幅員1.5mの場合に18人、幅員2.0mと2.5mの場合にそれぞれ1人である。これらの被験者については、通常の走行が行えなかったことから集計対象から除いている。なお、これら通常の走行が行えなかったケースは、幅員1.5mの場合がほとんどであることから、幅員1.5mですれ違い及び追い越し走行することの厳しさを表していると考えられる。

また、被験者には日常走行する速さで走行するよう指示していたが、各ケースの平均走行速度については表-2に示す通り、幅員が広くなればやや平均走行速度は上がるものの、概ね12～13km/h程度であった。既往の研究[5]では公道の自転車道において計測した自転車の走行速度は14.5km/h程度であったことと比較しても、本実験での自転車の走行速度は遅めの速度となっている（既往の研究で利用している自転車も本実験と同様に軽快車）。そのため、走行速度の違いによる分離工作物や対向又は先行自転車の圧迫感等への影響を考慮し、走行速度が13km/h未満となる被験者を除き、同様に離隔距離を整理した（図-9～11）。この場合でも概ね同様の結果となっており、今回の実験では、走行速度の違いによる自転車の走行位置等への影響は確認できなかった。

なお、走行速度が13km/h未満の被験者を除いた場合の各ケースの平均走行速度及びサンプル数は表-3、表-4に示す通りであり、平均走行速度は概ね14km/h台となっており、既往の研究[5]と同程度であった。

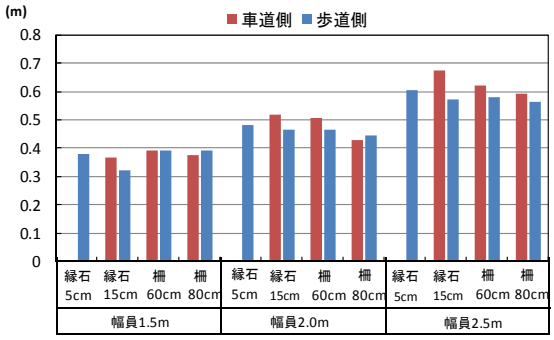


図-9　分離工作物との平均離隔距離（すれ違い走行）
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

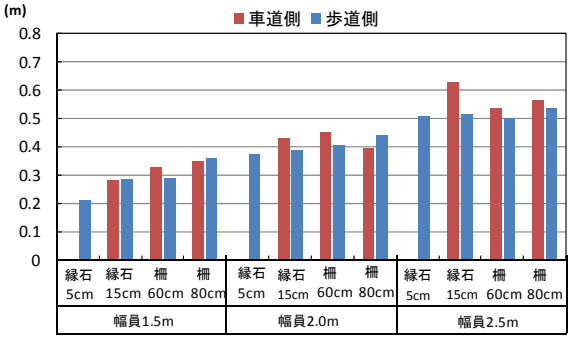


図-10　分離工作物との平均離隔距離（追い越し走行）
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

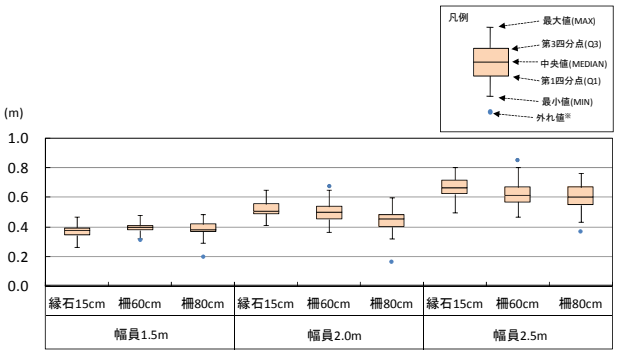


図-11　車道側分離工作物との離隔距離（すれ違い走行）
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

表-2　被験者の平均走行速度（km/h）

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			13.3	13.1	13.1	12.1	11.9	11.9
幅員2.0m			12.9	13.0	13.0	12.7	12.1	12.6
幅員2.5m			13.2	13.5	13.5	13.0	12.4	13.0

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	13.3	12.2	12.7	11.6	13.6	12.3	12.2	12.0
幅員2.0m	13.5	12.7	12.6	12.5	13.6	12.8	13.2	12.9
幅員2.5m	13.2	12.6	12.8	12.7	13.9	13.5	13.2	12.8

表-3　被験者の平均走行速度（km/h）
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			14.3	13.9	14.1	14.2	13.6	14.0
幅員2.0m			13.8	14.1	14.1	14.5	14.0	14.1
幅員2.5m			14.2	14.5	14.7	14.6	13.7	14.2

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	14.3	14.3	14.0	14.2	14.6	14.5	13.7	14.0
幅員2.0m	14.4	14.5	13.7	14.5	14.8	14.5	14.3	14.3
幅員2.5m	14.1	14.5	14.0	14.1	14.4	14.5	13.3	14.2

表-4　サンプル数
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			26	8	25	16	12	18
幅員2.0m			22	16	25	21	13	22
幅員2.5m			26	18	28	23	17	29

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	35	19	22	17	30	18	19	17
幅員2.0m	38	23	25	22	32	22	32	29
幅員2.5m	35	23	25	25	40	33	31	27

(b) アンケート調査結果

アンケート調査は、各ケースの走行毎に被験者にそれぞれの分離工作物に対する印象や走行のしやすさ等を回答してもらった。分離工作物に対する圧迫感を感じた割合を表-5に、自転車道を走行しにくいと感じた割合を表-6に示す。なお、分離工作物に対する圧迫感については、すれ違い走行の場合には、進行方向に対して左側の分離工作物（車道側を走行している場合は車道側）を評価対象とし、追い越し走行の場合には、進行方向に対して右側の分離工作物（先行自転車の追い越し時は右側から追い越すため）を評価対象とした。

【幅員1.5m】他の幅員に比べいずれの分離工作物でも圧迫感を感じている人の割合は高かった。ただし、柵80cmの場合に7割の人が圧迫感を感じているのに対し、縁石15cmの場合は約5割程度とやや下がる結果となった（歩道側の縁石5cmの場合は2～3割程度）。また、走行しにくいと感じる人は概ね4割以上となった。

【幅員2.0m】柵の場合は圧迫感を感じている人の割合は2～3割程度、縁石の場合は1割程度以下となった。また、走行しにくいと感じる人の割合も同様に縁石の場合、概ね1割未満となった。

【幅員2.5m】圧迫感を感じている人の割合はいずれも概ね1割未満となった。また、走行しにくいと感じる人の割合も概ね1割程度までとなっている。

また、各ケースの自転車の平均走行速度は(a)で示した通り遅かったことから、被験者の走行速度が遅いことによるアンケート調査結果への影響（被験者の自転車走行速度が遅ければそれだけ余裕を持って走行できるため、走行速度の違いから分離工作物等からの圧迫感等へ影響すると考えられ、評価が甘くなる場合等が想定される）を考慮し、(a)と同様に走行速度が13km/h未満となる被験者を除いて、圧迫感や走行しにくさに関する同様の集計を行った（表-7、表-8）。その場合のサンプル数については表-4に示した通りである。

この場合、各ケース全体として圧迫感や走行しにくさはやや下がると見られるものの、傾向としてはほぼ変わらず、幅員1.5mの場合には、歩道側で縁石5cmの場合を除き、いずれの分離工作物でも圧迫感や走行しにくさを感じており、幅員2.0mの場合、柵の場合は圧迫感や走行しにくさを感じている人の割合は2～3割程度あるのに比べ、縁石の場合は1割程度以下、幅員2.5mの場合、圧迫感や走行しにくさを感じている人の割合は1割程度以下となっていた。

表-5　分離工作物に圧迫感を感じた割合

■圧迫感を感じた割合＝（やや圧迫感があった＋とても圧迫感があった）　N=55～61

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			51.7%	47.5%	30.0%	55.7%	71.9%	73.8%
幅員2.0m			8.8%	13.1%	15.8%	26.2%	27.3%	18.0%
幅員2.5m			1.7%	6.7%	1.7%	3.3%	12.5%	11.5%

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	28.6%	23.0%	46.4%	44.3%	62.3%	68.9%	67.2%	70.5%
幅員2.0m	3.4%	1.6%	8.6%	11.5%	23.0%	27.9%	26.8%	29.5%
幅員2.5m	0.0%	0.0%	5.4%	4.9%	3.4%	3.3%	10.3%	19.7%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

表-6　走行しにくいと感じた割合

■走行しにくいと感じた割合＝（やや走行しにくい＋とても走行しにくい）　N=55～61

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			65.6%	57.4%	52.5%	60.7%	68.9%	62.3%
幅員2.0m			4.9%	14.8%	19.7%	27.9%	26.2%	18.0%
幅員2.5m			9.8%	8.2%	4.9%	14.8%	6.6%	11.5%

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	44.3%	39.3%	52.5%	45.9%	63.9%	60.7%	60.7%	62.3%
幅員2.0m	9.8%	1.6%	8.2%	9.8%	19.7%	29.5%	19.7%	24.6%
幅員2.5m	6.6%	3.3%	11.5%	8.2%	6.6%	4.9%	11.5%	9.8%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

表-7　分離工作物に圧迫感を感じた割合
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

■圧迫感を感じた割合＝（やや圧迫感があった＋とても圧迫感があった）

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			53.8%	75.0%	56.0%	37.5%	58.3%	50.0%
幅員2.0m			13.6%	0.0%	8.0%	23.8%	15.4%	18.2%
幅員2.5m			3.8%	5.6%	0.0%	0.0%	17.6%	6.9%

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	20.0%	0.0%	40.9%	35.3%	66.7%	50.0%	57.9%	47.1%
幅員2.0m	2.6%	0.0%	8.0%	9.1%	28.1%	31.8%	18.8%	20.7%
幅員2.5m	0.0%	0.0%	4.0%	4.0%	5.0%	0.0%	9.7%	7.4%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

表-8　走行しにくいと感じた割合
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

■走行しにくいと感じた割合＝（やや走行しにくい＋とても走行しにくい）

分離工作物	車道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m			65.4%	87.5%	52.0%	56.3%	41.7%	44.4%
幅員2.0m			4.5%	0.0%	20.0%	28.6%	7.7%	9.1%
幅員2.5m			11.5%	5.6%	3.6%	8.7%	11.8%	10.3%

分離工作物	歩道側							
	縁石5cm		縁石15cm		柵60cm		柵80cm	
走行方法	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い	追い越し	すれ違い
幅員1.5m	40.0%	10.5%	45.5%	52.9%	70.0%	61.1%	52.6%	47.1%
幅員2.0m	15.8%	0.0%	8.0%	9.1%	21.9%	27.3%	12.5%	17.2%
幅員2.5m	0.0%	0.0%	12.0%	4.0%	7.5%	3.0%	3.2%	3.7%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

3. 線形（シフト量、シフト比）と幅員の関係

(1) 実験概要

自転車道の屈曲部の線形（シフト量、シフト比）の違いによる自転車利用者の屈曲部における減速行動等を確認するため、屈曲部の線形（シフト量、シフト比）及び幅員の異なる仮設の自転車道を国土技術政策総合研究所構内に設置し、被験者52人（65歳以上の高齢者18人を含む）に屈曲部において対向自転車とのすれ違い走行をしてもらい、アンケート調査を実施し、ビデオ撮影により走行状況を記録した。仮設自転車道のイメージを図-12に示す。

仮設自転車道の幅員は、1.5m、2.0m、2.5mの3ケースとし、シフト比は1:2、1:3、1:4、1:5の4ケース、シフト量は2m、4mの2ケースの合計24ケースについて検証した。各シフト比におけるシフト量・シフト区間長を表-9に示す。なお、仮設自転車道の分離工作物には、車道側分離工作物として縁石15cm、歩道側分離工作物として縁石5cmを用いた。また、本実験の仮設自転車道の幅員は、屈曲部においても有効幅員として確保している。そのため、2箇所ある折れ点においてそれぞれ有効幅員を確保するための必要幅L_2を設けている（図-12）。

対向自転車は1台であり、スタッフが運転し、概ね15km/h程度で走行することとした。また、被験者のタイミングをみてスタートし、概ね屈曲部ですれ違うようにコントロールしている。なお、シフト区間長が長いケースの場合は、2箇所ある折れ点のうちいずれかですれ違うようにした（図-13）

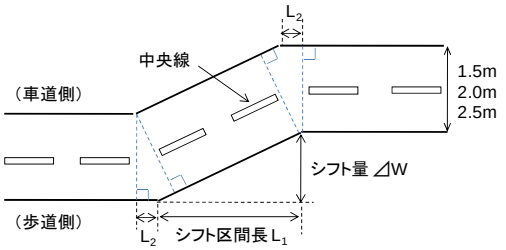


図-12 実験走路イメージ

表-9 各シフト比におけるシフト量⊿W・シフト区間長L_1

シフト比（⊿W:L_1）	シフト量（⊿W）	シフト区間長（L_1）
1:2	2.0m	4.0m
	4.0m	8.0m
1:3	2.0m	6.0m
	4.0m	12.0m
1:4	2.0m	8.0m
	4.0m	16.0m
1:5	2.0m	10.0m
	4.0m	20.0m

図-13 実験状況（幅員2.0m、シフト量2.0m、シフト比1:4）

(2) 実験結果

(a)屈曲部における減速行動

屈曲部におけるシフト量やシフト比と幅員の違いによる、被験者の走行速度への影響（対向自転車とのすれ違い時における減速行動等）を確認するため、撮影したビデオ画像から被験者の走行速度等を計測・整理した。自転車の走行位置の計測方法は、2. の実験と同様である。ただし、走行位置のデータ取得間隔は、屈曲部における詳細な挙動を考慮して0.33（1/3）秒とし、整理に用いたデータの取得範囲は、すれ違いを行った屈曲部の前後それぞれ約4mの区間とした。

屈曲部における対向自転車とのすれ違い時の被験者の減速行動を確認するために、被験者毎の平均走行速度と対向自転車との最接近時における走行速度の差分を整理した。シフト量2.0mの場合の整理結果を図-14に示す。なお、被験者の平均走行速度は、表-10に示す通り12～13km/h程度であった。

シフト比が1:2の場合、対向自転車との最接近時にやや速度を落として走行していることがわかる（平均走行

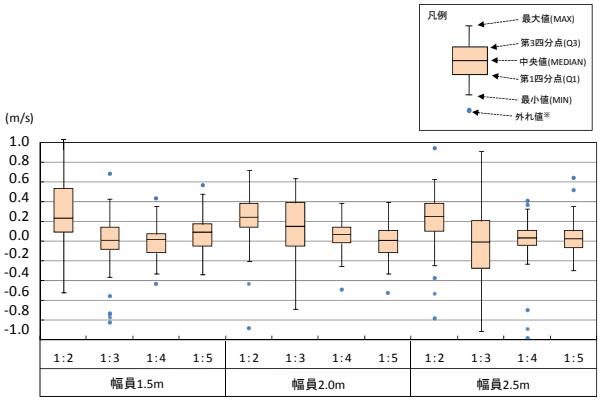


図-14 シフト量2.0mの場合における被験者の平均走行速度と対向自転車との最接近時における走行速度の差分

表-10 被験者の平均走行速度（km/h）

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1対2	1対3	1対4	1対5	1対2	1対3	1対4	1対5
幅員1.5m	11.2	12.5	11.7	11.7	11.1	11.7	11.8	12.6
幅員2.0m	12.4	12.6	12.4	12.5	12.2	12.4	12.6	12.4
幅員2.5m	13.6	13.2	12.7	13.2	12.9	12.2	13.3	13.5

速度の方が高いため、差分はプラス値）。また、シフト比が1:2や1:3の場合、シフト比が1:4や1:5の場合に比べて差分のばらつきが大きい傾向があることもわかる。なお、平均走行速度より最接近時の走行速度の方が高い場合（差分がマイナス値）については、予め速度を落としてすれ違ったのではなく、対向自転車とのすれ違い時に被験者が危ないと判断し減速を開始した場合があると考えられる。なお、すれ違い時に足をつくなどして、通常の走行が行えなかった被験者は延べ12人おり、すべて幅員1.5mのケースであった（うち、シフト比1:2の場合に7人）。これらの被験者については、集計対象から除いている。

加えて、2.の実験と同様、被験者の走行速度の違いによる影響を確認するため、走行速度が13km/h未満の被験者を除いて集計を行った結果が図-15である。結果としては、走行速度が13km/h未満の被験者を除いた場合でも、ほぼ同程度の結果となっており、走行速度の違いによる屈曲部におけるすれ違い時の減速等への影響については明確に確認できなかった。なお、この際の各ケースの平均走行速度及びサンプル数は表-11、表-12に示すとおりである。

(b) アンケート調査結果

アンケート調査は、各ケースの走行毎に行い、各ケースの屈曲部に対する印象や走行のしやすさ等を確認した。屈曲部について走行しにくいと感じた割合を表13に、屈曲部の角度について急に感じた割合を表14に示す。

【幅員1.5m】シフト比が1:4や1:5の場合や、シフト量が大きい4.0mのケースでも、走行しにくいと感じる人が6割以上となった。

【幅員2.0m】シフト比が1:4までゆるくなれば、走行しにくいと感じる人は3割未満となった。

【幅員2.5m】シフト比が1:3までゆるくなれば、走行しにくいと感じる人の割合は1割程度以下、1:2の場合でもシフト量が4.0mの場合であれば、走行しにくいと感じる人の割合は1割程度となった。

なお、屈曲部の角度を急と感じた割合についても、走行のしやすさに対する評価と同程度を示す結果となっている。

また、走行速度の違いによるアンケート調査結果への影響を考慮して、走行速度が13km/h未満の被験者を除いて集計した結果を表-15、表-16に示す（サンプル数は表-12に示す通り）。この場合、多少ケースによってばらつきはあるものの、走行しにくさや屈曲部の角度を急に感じた割合は全体としてやや下がっている。ただし、傾向としてはほぼ変わらず、幅員1.5mの場合では、いずれのケースでも走行しにくさを感じており、幅員2.0mの場合、シフト比が1:4までゆるくなれば、走行しにくいと感じる人は2割程度以下、幅員2.5mの場合、シフト比が1:3までゆるくなれば、走行しにくいと感じる人の割合は1割程度以下となった。

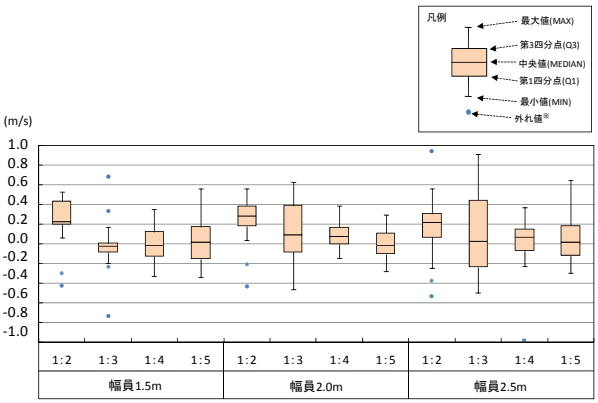


図-15 シフト量2.0mの場合における被験者の平均走行速度と対向自転車との最接近時における走行速度の差分（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

表-11 被験者の平均走行速度（km/h）
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1対2	1対3	1対4	1対5	1対2	1対3	1対4	1対5
幅員1.5m	14.2	14.7	14.2	14.6	13.8	14.2	14.1	15.2
幅員2.0m	14.5	14.8	14.5	14.6	14.7	14.5	14.4	14.7
幅員2.5m	14.7	14.7	14.8	14.7	14.7	14.4	14.7	15.3

表-12 サンプル数
（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1:2	1:3	1:4	1:5	1:2	1:3	1:4	1:5
幅員1.5m	10	17	14	13	12	13	15	19
幅員2.0m	19	18	19	19	15	19	22	19
幅員2.5m	33	25	23	27	23	17	29	27

表-13 屈曲部を走行しにくいと感じた割合

■走行しにくいと感じた割合＝（かなり走行しにくい＋やや走行しにくい） N=52

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1対2	1対3	1対4	1対5	1対2	1対3	1対4	1対5
幅員1.5m	96.1%	82.7%	76.9%	76.9%	78.8%	75.0%	77.0%	63.5%
幅員2.0m	59.6%	32.7%	21.1%	13.4%	42.3%	30.7%	17.3%	26.9%
幅員2.5m	32.7%	13.4%	11.5%	5.7%	13.4%	17.3%	9.6%	7.7%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

表-14 屈曲部の角度を急と感じた割合

■急と感じた割合＝（やや急だった＋とても急だった） N=52

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1対2	1対3	1対4	1対5	1対2	1対3	1対4	1対5
幅員1.5m	88.5%	69.2%	55.8%	53.8%	84.6%	67.3%	57.7%	50.0%
幅員2.0m	63.5%	30.8%	19.2%	13.5%	59.6%	28.8%	13.5%	23.1%
幅員2.5m	42.3%	15.4%	7.7%	1.9%	25.0%	21.2%	3.8%	3.8%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

(3) 各種基準等からみたシフトについて

自転車の快適な走行を考慮して、自転車道の屈曲部に曲線形を設ける場合、自転車道等の設置基準解説[6]では、屈曲部における曲線半径を10m以上と規定している。これを基にして、静岡県自転車道等設計仕様書[7]においては、S字曲線型のシフトとして、曲線半径R及びシフト量⊿Wから必要なシフト区間長Lを計算している（図-16）。

ここで、静岡県自転車道等設計仕様書では、屈曲部においてゼブラや縁石等を設置する場合に、自転車の占有幅を侵さないよう考慮して、線形の変曲点から必要な離隔L2を確保することとしている。これについては、本実験において仮設した自転車道における、屈曲部において有効幅員を確保するための必要幅L_2（図-12参照）に相当するものと考えれば、必要なシフト区間長はL1と考えることもできる。シフト区間長をL1としてシフト比を計算すると、幅員2.0mの場合で、シフト量2.0mの場合1:3.6、シフト量4.0mの場合1:2.5となる。

また、道路構造令の解説と運用における自動車の本線シフト区間長は、設計速度とシフト量で決定され、都市部では式(1)に示す計算式により求めることができる[8]。

$$l = \frac{V \times \Delta W}{3} \qquad (1)$$

ここで、　l：本線のシフト区間長

V：設計速度（km/h）

ΔW：横方向のシフト量（m）

これに自転車の設計速度を15km/hとして適用する場合、シフト量2.0mの場合、シフト区間長は10mとなりシフト比は1:5である。また、シフト量4.0mの場合、シフト区間長は15mとなりシフト比としては1:3.75である。ただし、道路構造令の解説と運用では、上記計算式とは別途、シフト区間長の最小値を定めており、設計速度20km/h以上しか定められていないものの、これよりもゆるやかに設定する必要があると考えられる（表-17）。

表-15　屈曲部を走行しにくいと感じた割合

（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

■走行しにくい割合＝（やや走行しにくい＋かなり走行しにくい）

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1:2	1:3	1:4	1:5	1:2	1:3	1:4	1:5
幅員1.5m	90.0%	64.7%	64.3%	53.8%	75.0%	61.5%	66.7%	68.4%
幅員2.0m	47.7%	16.7%	21.1%	5.3%	33.3%	15.8%	4.5%	21.1%
幅員2.5m	27.3%	8.0%	13.0%	7.4%	17.4%	11.8%	6.9%	3.7%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

表-16　屈曲部の角度を急と感じた割合

（走行速度13km/h未満の被験者を除いた場合）

■急と感じた割合＝（やや急だった＋とても急だった）

シフト量	⊿W=2.0m				⊿W=4.0m			
シフト比	1:2	1:3	1:4	1:5	1:2	1:3	1:4	1:5
幅員1.5m	90.0%	47.1%	35.7%	38.5%	83.3%	61.5%	26.7%	52.6%
幅員2.0m	63.2%	16.7%	15.8%	5.3%	66.7%	26.3%	4.5%	21.1%
幅員2.5m	39.4%	16.0%	8.7%	3.7%	30.4%	11.8%	3.4%	0.0%

50%以上　30%以上　10%以上　10%未満

$$L = 2\sqrt{R^2 - (R - \frac{\Delta W}{2})^2}$$

$$R_{out} = R + \frac{W}{2}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{L}{R_{out} - \Delta W}$$

$$\beta = \cos^{-1}\frac{R_{out}}{\sqrt{(R_{out} - \Delta W)^2 + L^2}}$$

$$\theta = \alpha - \beta$$

$$L_1 = \frac{\Delta W}{\tan\theta}$$

$$L_2 = L - L_1$$

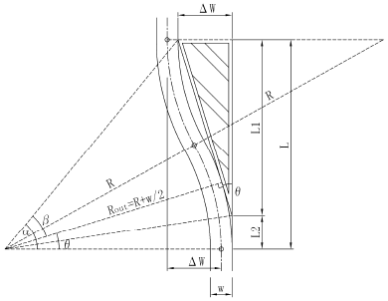


図-16　S字曲線型のシフトの考え方の例

表-17　自動車の本線シフト区間長（都市部の場合）

設計速度V (km/h)	計算値(m)	最小値(m)
80	—	—
60	$\frac{V \times \Delta W}{3}$	40
50		35
40		30
30		25
20		20

4. 結論

(1) 分離工作物の種類や高さの違いと幅員

幅員1.5mの場合、分離工作物の種類や高さに関わらず、分離工作物に対する圧迫感や、走行しづらさを感じていることから、自転車道の幅員として採用することはできる限り避けるべきと考えられる。採用する場合としては、例えば、道路付属物等の設置個所などやむを得ない場所において局所的に採用することが考えられる。

幅員2.0mで柵を設置する場合、縁石に比べ、狭く走行しにくいと感じる人の割合が高くなるため、走行しにくさを緩和するため、片側あたり0.25m程度（両側の場合、0.5m程度）拡幅する方が望ましいと考えられる。

幅員2.5mの場合、分離工作物によらず、狭さや走行しにくさを感じる人の割合が１割未満となるため、柵の設置に伴う拡幅は不要であると考えられる。

なお、安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会の提言（平成24年4月）[8]においては、自転車と自動車を物理的に分離する場合は、互いを認識できるよう、分離工作物として縁石を設置することを基本とし、柵等の分離工作物はできる限り設置しないこととされている。そのため、分離工作物として柵を設置する場合には、その必要性等を十分に検討する必要がある。

また、自転車道の幅員設定に関して、自転車通行環境整備モデル地区等で整備された事例においては、自転車

交通量が歩行者交通量より多いにも関わらず、歩道幅員を自転車道幅員よりも広く設定している事例が散見される。これにより自転車交通量に見合った幅員が確保されず、走行の快適性の低下を招く場合があるため、安易に自転車道の幅員として2.0mを採用することには注意が必要である。従って、歩道の最低幅員を確保した上で、自転車、歩行者交通量を勘案し、歩道との幅員バランスにも配慮して幅員を設定することが望ましいと考えられる。

(2) 線形（シフト量、シフト比）と幅員

幅員1.5mの場合は、シフト比1:4や1:5などや、シフト量（シフト区間長）が大きい場合でも走行しにくく感じられたことから、屈曲部を設ける場合には、屈曲部の幅員として1.5mを採用することはできる限り避けることが望ましいと考えられる。

幅員2.0mの場合、シフト比を1:4までゆるくすれば走行しにくいと感じる人が一定程度低減することから、自転車道の設計基準を用いたシフト比も考慮し、屈曲部を設ける場合はシフト比を1:4以上ゆるくすることが望ましいと考えられる。

幅員2.5mの場合、屈曲部を設ける場合はシフト比を1:3以上とすることが望ましいと考えられる。

ただし、上記のシフト比については、本実験結果等から、自転車道の設計速度が15km/h程度までの場合に有効と考えられる。そのため、道路状況や自転車の通行状況も勘案し、自転車の走行速度はより速い場合もあることから、自動車の本線シフト等の考え方を準用し、シフト比をさらにゆるやかにするか、屈曲部において幅員を拡幅することも考えられる。

参考文献

1) 安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会：第 1 回安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会　配布資料，2011.11
2) 小金，金子，蓑島：自転車の走行特性に関する実験的調査，第 28 回日本道路会議論文集，論文番号 20063，2009.
3) 木村，本田，伊藤，金子：交差点部における自転車走行特性に関する一考察，第 43 回土木計画学研究・講演集，No.384，2011
4) 建設省土木研究所，徳島大学，東京都立大学：混合交通下における自転車及び自動車・歩行者の適正空間配分に関する共同研究報告書，2002.12
5) 山本，大脇，上坂：自転車の走行空間等の違いによる旅行速度の差異に関する分析，第 43 回土木計画学研究・講演集，No.375，2011
6) (社)日本道路協会：自転車道等の設計基準解説，pp.40-41，1974
7) 静岡県道路交通環境安全推進連絡会議：静岡県自転車道等設計仕様書，pp.27-28，2012.3
8) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，pp.464-465，2004.2
9) 安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会：みんなにやさしい自転車環境－安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言－，pp.12-13，2012.4