

交通量の違いによる自転車追い越し挙動の変化に着目した車道混在型道路の検討ードライビングシミュレータを用いた室内実験ー

福岡大学工学部社会デザイン工学科 辰巳 浩, 吉城 秀治, 堤 香代子, 木佐貫 潤也, 水尻 翼

1. はじめに

2012年の国土交通省、警察庁による「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」の制定を受け、自転車走行環境の整備が各地で進められつつある。その整備形態としては「自転車道」「自転車専用通行帯」「車道混在」が示されているが、我が国では狭隘な道路も多いこともあり、車道混在としての整備延長が最も長くなっている(2017年3月31日時点)¹⁾。

この車道混在は、自転車と自動車を車道で混在通行させる整備形態であるため、安全性や円滑性については特に留意する必要がある。先述のガイドラインでも自動車の速度が低く交通量が少ない道路においては混在通行とするものとしており、「自動車の速度が40km/h以下でかつ自動車交通量が4,000台/日以下の道路」といった目安も示されている。その一方、「参考となる目安を示したものであるが、分離の必要性については、各地域において交通状況等に応じて検討することができる」ともされているなど、車道混在が望ましい道路の特徴については検討の余地が残されている。安全で円滑な走行環境下で自転車と自動車を混在通行させていくためにも、車道上における自動車や自転車の走行挙動等に着目した研究が必要とされている状況にある。

そのような中で、筆者らは²⁾はドライビングシミュレータを用いた実験により、自転車走行が交通量の違い(なし、1,000台/h、2,000台/h、渋滞)で自動車走行速度に及ぼす影響等を明らかにしている。しかし、交通状況の違いを踏まえて整備形態の提案にまで至っていない。そこで、自転車と自動車が車道で混在通行する「車道混在」における、自転車を追い越す自動車の挙動に着目した。交通状況として対向車線上の交通量を変化させ、道路の横断面が異なる走行環境をドライバーに走行させることで、どのような道路でどの程度までの交通量であれば車道混在が望ましいものとされるかについて明らかにすることを目的とする。

なお、この望ましさの評価には様々な評価指標が考えられるが、本研究では主に「円滑性」に関する指標から評価していくこととする。まず道路タイプ別や交通量別の円滑性に関わるドライバーの運転挙動や意識を把握する。その後、円滑性に関わる総合指標を作成し、道路タイプ別や交通量別に集計、検定を行い、望ましい「車道混在」を提案する。

3. 道路タイプ別交通量別のドライバーの走行挙動と意識

道路タイプ別や交通量別の円滑性に関わるドライバーの運転挙動や意識を把握するため、ドライバーの運転挙動として「減速率」「回避幅」「自転車の追い越しに要した総走行時間」、ドライバーの意識としては「追い越しにくさ」に着目する。

3.1 追い越しに関わるドライバーの走行挙動

道路タイプ別に、自転車までの距離と自動車の速度の平均値および標準偏差を算出した結果を図5に示す(実験では100mの等間隔で自転車を配置しているため、横軸には自転車までの距離と自転車を追い越してからの距離を併記している)。また、自動車の最高および最低速度とその時の自転車までの距離を表2に示す。

道路タイプⅠでは自転車までの距離が54mの地点で追い越してからの再加速を終え、最高速度に達していることがみとれる。また、速度が最小になっている地点は12mの地点であり、その標準偏差も大きくなっている。自転車を追い越すために減速するドライバーが多いため速度が低下しているとともに、反対に減速することなく追い越すドライバーも存在することから、標準偏差が大きくなっているものと考えられる。一方、道路タイプⅡやⅢではそのような特徴はほとんどみられず、基本的に円滑に自転車を追い越すことができているものと考えられる。以下では、このデータを用いつつ交通量の水準を加味することで、道路タイプ、交通量の違いが追い越し挙動に及ぼす影響を詳細に把握していく。

(1) 減速率

ドライバーが自転車を追い越す際にどの程度減速しているのかを明らかにするために、式(1)に基づき各ドライバーの減速率を算出した。減速率を算出するための各道路タイプの基準地点は道路タイプによって異なっており、図5に示したように平均値が最も高く多くのドライバーが最高速度に達した地点と、反対に最も減速した地点を基準としている。

道路タイプ別交通量別に減速率を算出した結果を図6に示す。道路タイプⅠでは交通量が増えるにつれて減速率が高くなっており、交通量1,000/hの時には約20%と大きく減速している。一方、道路タイプⅡ、Ⅲでは交通量による違いは大きくはみられないが、標準偏差に着目すると道路タイプⅡのほうがⅢよりも大きくなっている。道路タイプⅢに比べると、加速や減速して自転車を追い越しているドライバーが多いためと考えられる。

(2) 回避幅

自転車を追い越す際に、どの程度回避行動を取ったかを明らかにする。式(2)に示すように、自転車との距離が0m地点での自動車と自転車の幅から、各道路タイプで平均走行速度が最も高かった地点における自動車と自転車の走行ライン(車道端部から0.50mの位置)の幅を引いたものを、本項での回避幅としている。

道路タイプ別交通量別に回避幅を算出した結果を図7に示す。道路タイプの違いによる影響が大きく、路肩幅員が0.75mあり、自転車はそれの中を通行している道路タイプⅢでは、ドライバーはほとんどハンドルを切っていない。交通量による影響もみられず、道路タイプⅢはどの交通量でも円滑に自転車の追い越しができていているといえる。一方、路肩がない道路タイプⅠでは、1m程度の回避行動を取っている。同じく交通量による変動はみられず、この横断面ではどの交通量であってもドライバーは回避行動を取る必要性が生じているといえる。

(3) 自転車の追い越しに要した総走行時間

自転車の追い越しに要した総走行時間を把握するため、その時間を式(3)の方法で算出した。道路タイプ別交通量別に総走行時間を算出した結果を図8に示す。減速率と同様の傾向がみられており、道路タイプⅠでは交通量が増えるにつれて追い越しに要した時間が増えている。道路タイプⅡとⅢでは交通量による違いはみられていない。

$$a = \{ (v_{min} - v_{max}) / v_{max} \} \times 100\% \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここで、 a : 減速率(%)

v_{max} : 各道路タイプで平均走行速度が最大であった地点での各ドライバーの速度 (km/h)

v_{min} : 各道路タイプで平均走行速度が最小であった地点での各ドライバーの速度 (km/h)

$$B = B_0 - B_{vmax} \quad \cdots \text{式(2)}$$

ここで、 B : 回避幅 (m)

B_0 : 自転車までの距離0m地点での幅 (m)

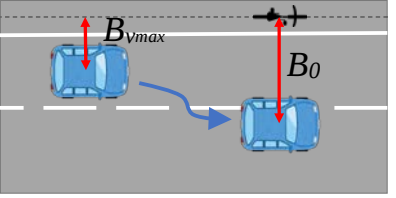
B_{vmax} : 各道路タイプの最大速度の地点での自動車と自転車の走行ラインの幅 (m)

$$T = T_5 - T_1 \quad \cdots \text{式(3)}$$

ここで、 T : 自転車の追い越しに要した総走行時間 (s)

T_1 : 1台目の自転車までの距離が0mになった時間 (s)

T_5 : 5台目の自転車までの距離が0mになった時間 (s)



2. 実験概要

本研究は様々な水準の交通量のもと自転車を追い越す自動車の挙動を捉えるため、福岡市内の荒江七隈線(片側1車線、車線幅員2.75m、路肩幅員0.60m)の一部区間をベース(図1)に、十分な直線区間を有する仮想の自動車走行環境を構築した。道路の作成およびドライビングシミュレータにはFORUM8社製のUC-win/Road ver.13を用いた。

検討する道路の横断面を図2に示す。どの道路も片側1車線の道路で進行方向の左側には歩道、右側には路側帯を有する道路としている。なお、道路タイプにより異なる車線幅員と路肩幅員を設定しているが、この調整は歩道の幅を増減することで再現しており、道路幅員はすべて同一としている。交通量は片側一車線の道路であることを考慮し、250台/h、500台/h、750台/h、1,000台/hの4水準とした。そして、これらを組み合わせ、計12パターンの走行環境を構築している(表1)。様々なパターンの追い越し挙動に関するデータを確保するため、被験者の車と同方向に15km/hで進む自転車を車道端部から0.50mの位置に配置し、計5台を100m間隔で走行させた(図3)。対向車については各パターンにおいて先述の4水準に設定した交通量を発生させ、40km/hで走行させた。規制速度は実際の荒江七隈線と同様に30km/hとした。

以上の前提のもと、ドライビングシミュレータで12パターンの走行環境を、運転免許を所有している学生31人(男性25名、女性6名)が運転した。各パターンの運転順はランダムであり、被験者の運転する自動車走行速度、自転車までの距離、対向車までの距離等に関するログデータをおよそ0.1秒毎に収集し、追い越し挙動に関するデータを得た。

なお、実験前にはドライビングシミュレータの運転感覚を被験者に確認させるために仮の道路空間で走行の練習をしてもらい、その後実験を始めた。また、各パターンの運転終了後には、追い越しにくさの5段階評価のアンケートを行った。実験の様子を図4に示す。

表2 自動車最高・最低速度と自転車までの距離

道路タイプ	自動車	自動車の走行速度(km/h)		自転車までの距離(m)	
	最大速度	最小速度	最高速度時	最低速度時	
Ⅰ	43.5	37.2	54	12	
Ⅱ	43.3	41.1	43	8	
Ⅲ	43.9	43.6	35	14	

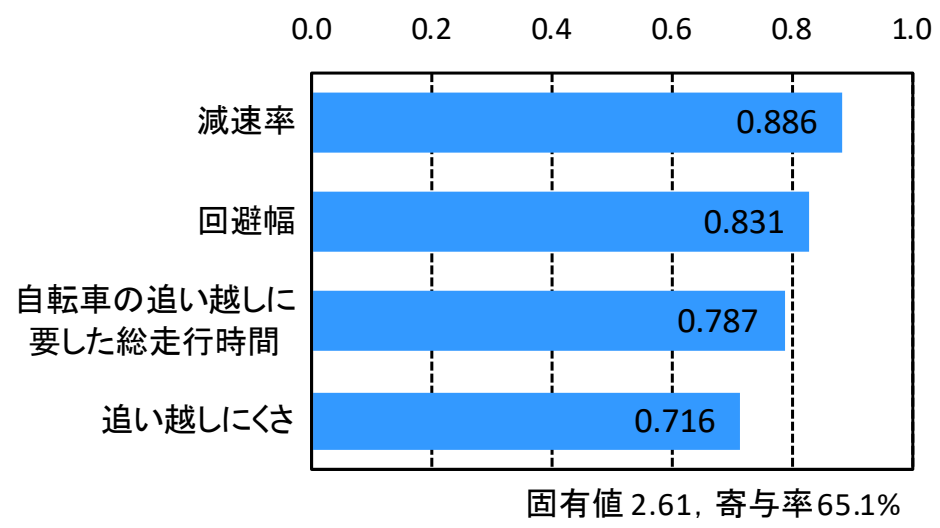


図10 主成分負荷量(第一主成分)

表3 道路タイプ別の主成分得点の平均値と検定結果

道路タイプ		250台/h	500台/h	750台/h	1,000台/h
Ⅰ	主成分得点	0.803	1.381	1.821	2.424
	P値	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
Ⅱ	主成分得点	-0.525	-0.519	-0.381	-0.358
	P値	0.230	0.220	0.062	0.049*
Ⅲ	主成分得点	-1.279	-1.088	-1.089	-1.074
	P値	-	1.000	1.000	1.000

**有意水準1%、*5%

3.2 追い越しにくさに対するドライバーの意識

各パターンの運転終了後に行ったかなり追い越しにくい(5)からかなり追い越しやすい(1)の5段階評価のアンケートから、道路タイプ別交通量別に評価の平均値を算出した結果を図9に示す。ドライバーの意識面では、どの道路タイプも交通量の増加に伴い、追い越しにくいとの意識になる傾向にある。道路タイプⅠはその傾向が特に顕著であり、1,000台/hにおいてはほとんどのドライバーがかなり追い越しにくいと回答していた。一方で道路タイプⅢは交通量が多くなっても追い越しやすいとの回答割合が多くなっている。

4. 車道混在としての整備が望ましい交通量の検討

円滑性に関わる総合指標を抽出するために、「減速率」「回避幅」「自転車の追い越しに要した総走行時間」「追い越しにくさ」のデータを用いて主成分分析を行った。主成分分析により得られた第一主成分を図10に示す。第一主成分はどの項目も正の値になっており、また、どの項目も値が高いほど望ましくない指標であることから、この第一主成分は「総合的な不円滑性」を表す指標と判断した。すなわち、この主成分得点が低いほど円滑性の高い道路であると考えることができる。

道路タイプ別交通量別に主成分得点の平均値を算出した結果を表3に示す。なお、本研究の目的は「どのような道路でどの程度までの交通量であれば車道混在が望ましいものとされるかを明らかにすること」であり、そのためには望ましいと判断し得る基準が必要となる。そこで、挙動面でも意識面でも混在通行に問題が生じていなかったパターン(道路タイプⅢー交通量250台/h)の主成分得点を、「問題のない混在通行が実現できている望ましい状態」として基準とした。そして、この主成分得点と比べて統計的な有意差が生じるパターンを、車道混在が望ましくないものとして判断することにした。検定には一元配置分散分析を用い、道路タイプⅢー交通量250台/hからみた多重比較の検定結果を、表3に追記している。

その結果、道路タイプⅠでは、どの交通量でも有意差がみられる



図1 モデルとした荒江七隈線

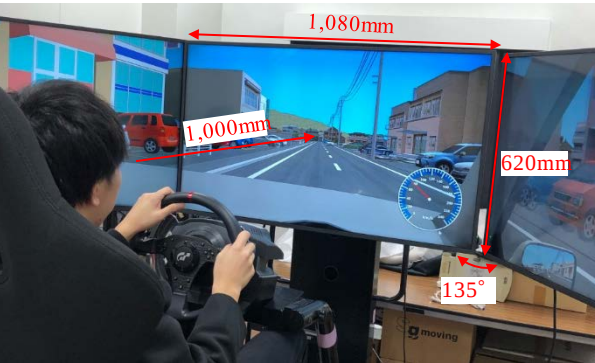


図4 実験の様子

表1 実験パターン一覧

タイプ	交通量(台/h)	道路タイプ
1	250	Ⅰ
2	250	Ⅱ
3	250	Ⅲ
4	500	Ⅰ
5	500	Ⅱ
6	500	Ⅲ
7	750	Ⅰ
8	750	Ⅱ
9	750	Ⅲ
10	1,000	Ⅰ
11	1,000	Ⅱ
12	1,000	Ⅲ

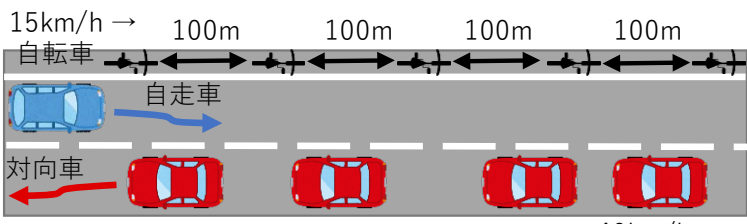


図3 走行環境の概要

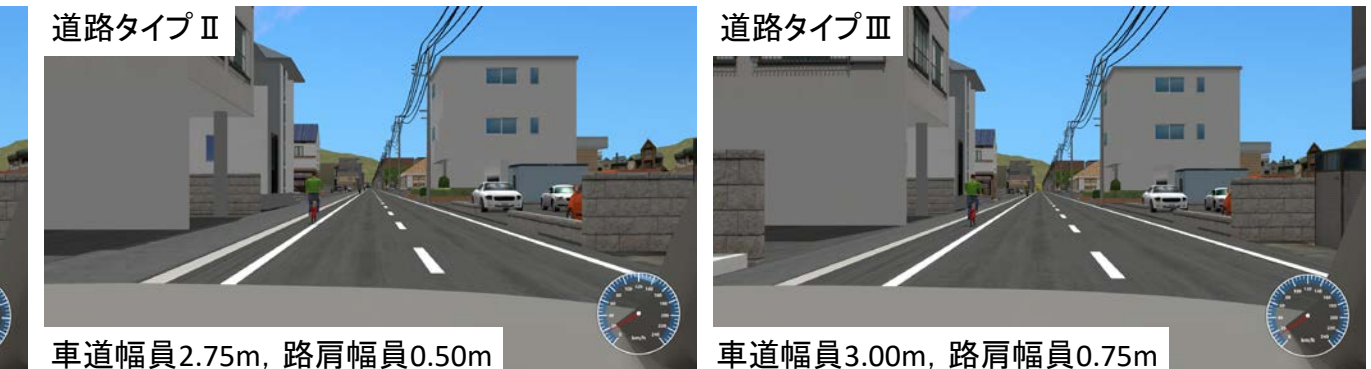


図2 作成した道路タイプⅠ、Ⅱ、Ⅲ

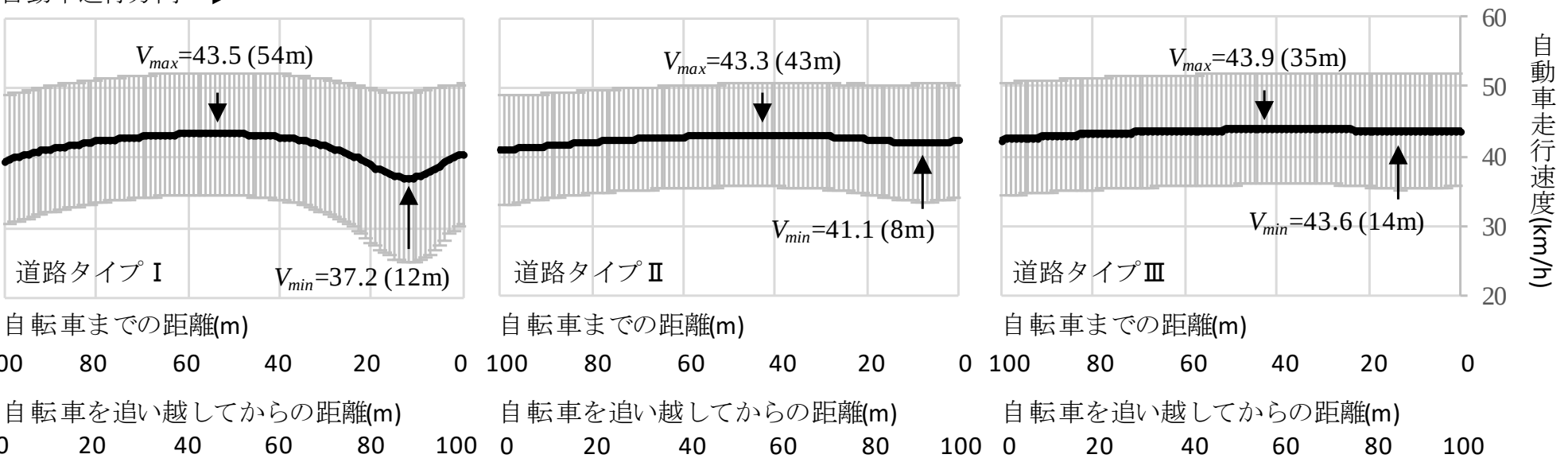


図5 道路タイプ別の自転車までの距離と走行速度の関係

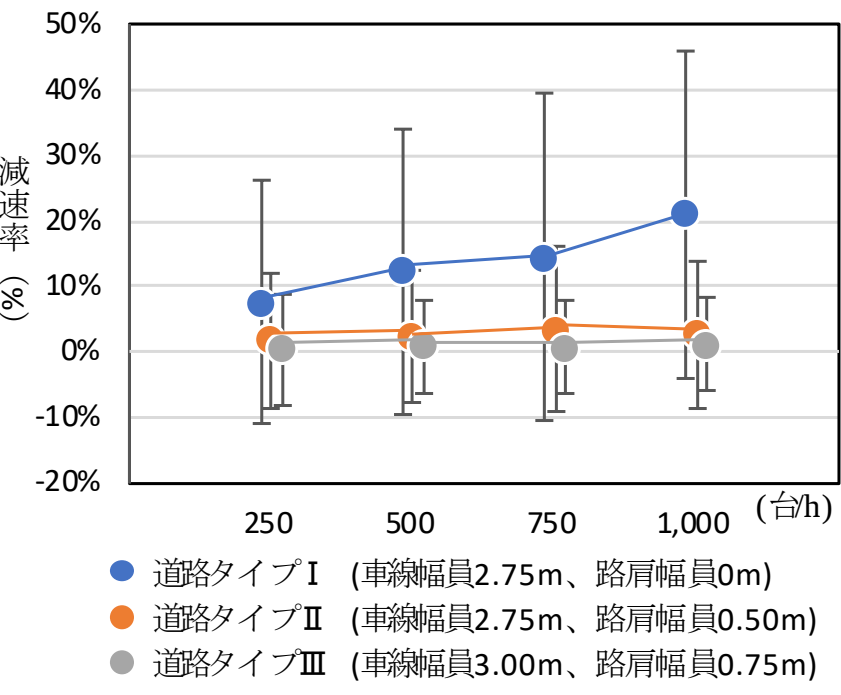


図6 減速率

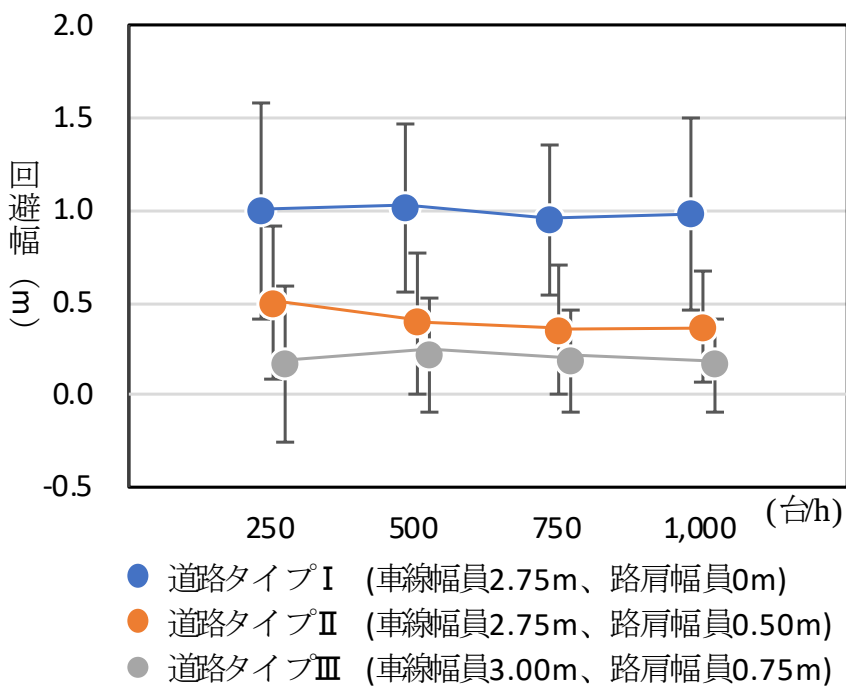


図7 回避幅

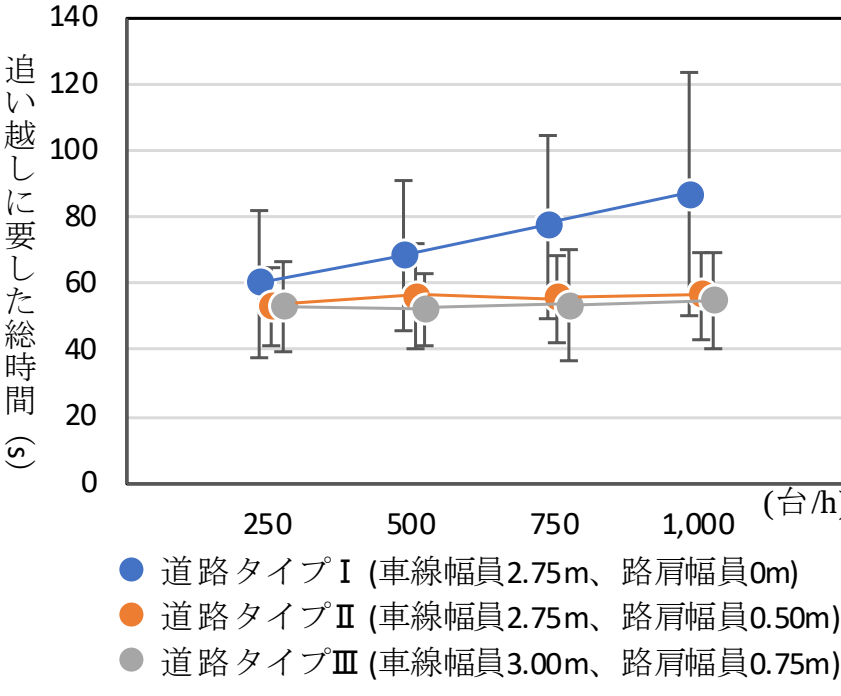


図8 自転車の追い越しに要した総時間

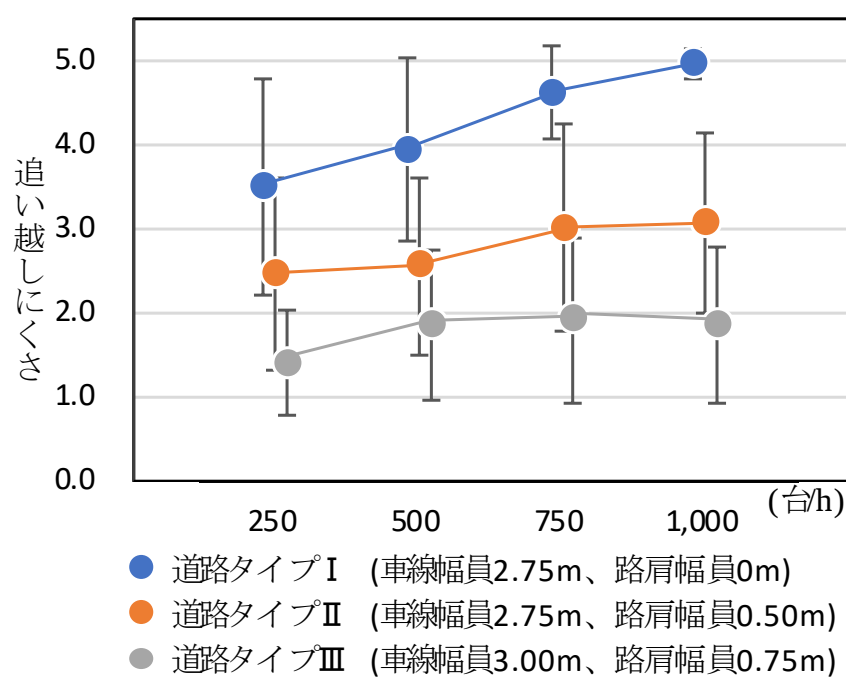


図9 追い越しにくさに対する意識

ことから、交通量に関わらず車道混在として自転車走行環境を整備することは望ましくないといえる。道路タイプⅡでは、交通量が1,000台/hでのみ統計的な有意差がみられており、750台/hまでの交通量であれば、車道混在としての通行形態は望ましいといえる。道路タイプⅢでは、交通量に関係なく車道混在であっても問題がないことが示されている。

5. おわりに

自転車と自動車が車道で混在通行する「車道混在」における自転車を追い越す自動車の挙動に着目し、どのような道路でどの程度までの交通量であれば車道混在が望ましいものとされるかを明らかにした。その結果、路肩のない車線幅員が2.75mの道路(道路タイプⅠ)では、どのような交通量であっても車道混在としての通行形態は望ましくなく、路肩幅員が0.5m確保されている場合(道路タイプⅡ)では、750台/hまでの交通量であれば車道混在の整備は望ましいものといえ、車線幅員が3.00mありかつ路肩幅員も0.75m確保されている道路(道路タイプⅢ)では、1,000台/hのような極めて往来の激しい交通量であっても車道混在通行とすることはなんら問題がないとの結果が得られた。そしてこれらの結果は、自転車ネットワーク路線や整備形態の選定のプロセスにおいて、どの道路を車道混在の整備区間として位置づけることが望ましいかについて、明確な一基準を示す知見となるものと考えられる。

今後の課題は、本研究で着目してきた指標はドライバーの走行挙動や意識に基づくものであり、指標も減速率など円滑性に関わるもので検討したものである。一方の自転車利用者にも着目し、安全に関する視点からも議論が必要で、今後の課題としたい。

参考文献

- 国土交通省：自転車の活用の推進に関する現状の取り組みについて, <https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle-up/01pdf/05.pdf>(最終閲覧2020年4月)
- 水尻、辰巳ら：車道走行する自転車が自動車の走行挙動に及ぼす影響に関する研究、交通工學論文集(特集号)、Vol.5、No.2、pp.A_64-A_72、2019。

