

車道走行する自転車が自動車の走行挙動に及ぼす影響

—複数路線による比較検討を通じて—

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, 半田 隆太, 松本 太朗

1. はじめに

2012年に国土交通省、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」¹⁾の制定および2013年12月の道路交通法の改正により、自転車走行環境は車道を基本として整備が行われている。中でも「自転車専用通行帯(自転車レーン)」や「車道混在」といった整備形態では自転車と自動車を隔てる物理的な分離は存在しないこともあり、これまで以上に両交通の安全性や円滑性に留意することが必要となってくる。通常、自転車と自動車の混在通行の場合、自動車走行速度の増加に伴い自転車利用者の安全感が低下することが考えられ、自転車と自動車が混在する空間においては、ときに安全と円滑はトレードオフの関係にある。自転車走行環境の整備においては、これらが両立し得るような交通環境の実現が求められる。そこで、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、車道上における自動車や自転車の走行挙動等に着目し、筆者らは^{2,3)}計測場所の制約が少なく、様々な路線での計測が可能な手法として、自転車の前後にビデオカメラを装着し、その横を追い越す自動車の走行速度を計測する手法を提案している。そして、先行研究⁴⁾では3路線のみでの調査に留まっており、詳細な道路構成別での追い越し挙動の違いについては明らかにできていない。

本研究では、先行研究で開発された自転車を用い、道路構成を9路線に増やし、自動車の走行速度や走行位置等の走行挙動に車道上を走行する自転車が及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。そしてその上で、様々な道路構成下で計測したデータを用いて、安全かつ円滑な自転車走行環境の整備に向けて、各道路を安全面と円滑面の両面からの評価を試みた。

3. 自動車走行速度および離隔距離への影響

3.1 自転車の有無による自動車走行速度

自転車を追い越すことによる自動車走行挙動への影響の有無を明らかにするため、自転車追い越し中の自動車走行速度、車道走行する自転車が存在しない際の自動車走行速度(このうち対向車無し)の速度は以下では自由走行速度と称する)の平均値を対向車の有無別に比較した。その結果を表2に示す。また、自転車の有無および対向車の有無の2要因による二元配置分散分析を行った結果も併記している。

往復1車線道路の原799号線、高取飯倉線、七隈梅林線は対向車の有無による影響が統計的に有意に示され、対向車の存在によって自動車は速度を低下させる傾向にあるといえる。これは中央線がない往復1車線道路であるためと考えられる。一方、自転車の影響については、高取飯倉線のみが統計的な有意差が示され、高取飯倉線と同様に路肩内を走行していた七隈梅林線とは異なる結果となった。この要因として、高取飯倉線の路肩幅員が0.65mに対し、七隈梅林線は路肩幅員が1.20mと広いため、自転車の影響が少なかったためと考えられる。また、原799号線に関しては自転車が存在しないときから自動車の走行速度は高くはなく、もともと自動車は自転車を追い越す上で問題のない程度の速度であったことで自転車の有無に速度は左右されず、統計的な有意差が示されなかったものと考えられる。

片側1車線の道路の樋井川松原線、荒江七隈線は対向車の有無による影響が統計的に有意に示されており、片側1車線道路ではあるものの他の片側1車線道路と比して道路幅員が狭いためと考えられる。また、この2路線は概ね車道幅員が同じではあるが、樋井川松原線は自転車の有無による影響が統計的に示されていない。樋井川松原線には車道外側線がなく、車道外側線がないことで自動車利用者の受ける印象が異なり、運転に影響している可能性が考えられる。

残りの片側1車線道路の野多目片江線、杵岐団地線では自転車の有無による影響がみられる。表2より、自転車の存在によって野多目片江線では速度が低下する傾向にあり、杵岐団地線ではむしろ自転車が走行している状態のときのほうが自動車走行速度は高い結果となった。野多目片江線は比較的道路幅員が確保されている路線ではあるが、中央線をはみ出した追い越し挙動が禁止されるため、自転車の存在が自動車走行速度を低下させたと考えられる。一方、杵岐団地線では車線幅員が3.50m確保されており、自転車を追い越すことに何ら支障がない環境のため、むしろ早く追い越そうと速度が高くなったものと考えられる。自転車走行空間が整備されている下山門706号線、下山門598号線は自転車、対向車の有無による影響はみられない。車線幅員も3m以上確保されており、路肩や自転車専用通行帯の幅員も1.5m以上確保されているため、相互に大きな影響を及ぼし合うことなく走行しているものと考えられる。

表2 自転車、対向車の有無別による自動車速度の比較

	路線 原799号線 車線内 (n=92, 9, 85, 23)	高取飯倉線 路肩内 (n=57, 43, 37, 63)	七隈梅林線 路肩内 (n=59, 47, 50, 52)	樋井川松原線 車線内 (n=51, 58, 48, 55)	荒江七隈線 路肩内 (n=94, 49, 33, 82)	荒江七隈線 車線内 (n=94, 49, 54, 51)
速度, 車両	35.9, 33.5 37.0, 31.6	41.1, 38.9 36.1, 33.7	41.4, 39.2 40.6, 36.9	39.8, 38.2 43.3, 37.5	43.9, 42.8 44.3, 37.7	43.9, 42.8 40.5, 37.3
自動車走行速度 (km/h)						
自転車の有無	0.806	0.000**	0.222	0.107	0.006**	0.000**
対向車の有無	0.004**	0.019**	0.003**	0.000**	0.000**	0.012*
自転車の有無× 対向車の有無	0.278	0.913	0.431	0.012**	0.001**	0.228

	路線 野多目片江線 路肩内 (n=33, 72, 11, 72)	下山門706号線 路肩内 (n=75, 29, 49, 24)	杵岐団地線 路肩内 (n=77, 22, 73, 32)	杵岐団地線 車線内 (n=42, 49, 33, 30)	下山門598号線 歩道寄り (n=42, 49, 43, 41)	下山門598号線 中央 (n=42, 49, 49, 38)
速度, 車両	48.0, 47.2 40.5, 41.3	44.6, 41.8 41.8, 42.7	44.9, 42.5 46.8, 45.7	44.9, 42.5 50.1, 47.1	48.4, 48.0 47.7, 46.4	48.4, 48.0 48.3, 49.8
自動車走行速度 (km/h)						
自転車の有無	0.000**	0.359	0.026*	0.001**	0.363	0.497
対向車の有無	0.999	0.331	0.143	0.063	0.507	0.650
自転車の有無× 対向車の有無	0.440	0.062	0.559	0.828	0.754	0.418

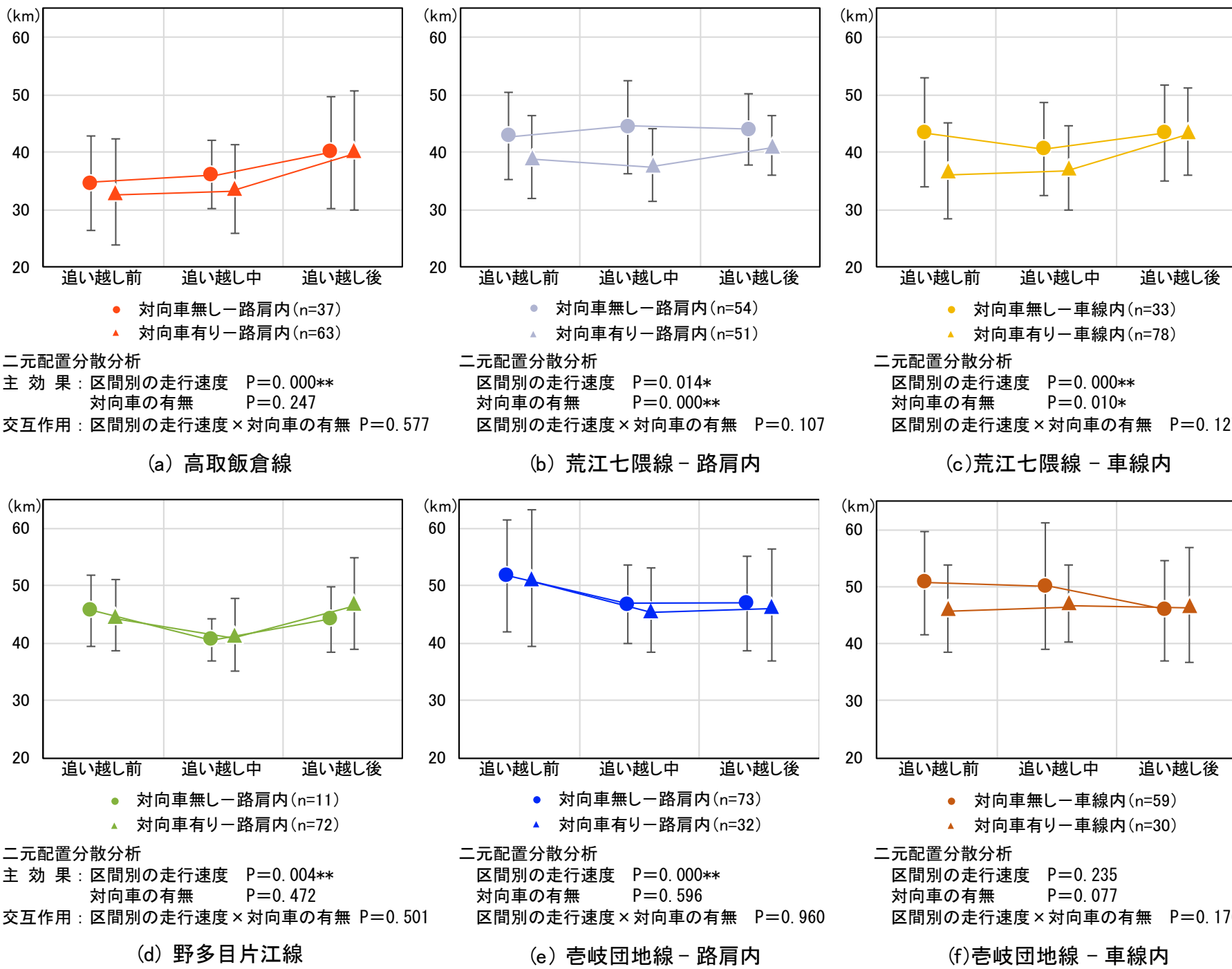


図2 自転車追い越し時の自動車速度の変化に関する比較

2. 実験概要

2.1 自動車走行速度の計測手法

自転車が自動車の走行挙動に及ぼす影響を明らかにするためには、①自転車が存在しないときの自動車走行速度、②自転車を追い越しているときの自動車走行速度、③自転車と自動車の離隔距離、④計測自転車の走行速度、⑤対向車の定義等が必要となる。先行研究⁴⁾と同様な計測方法を用いた。

2.2 計測対象路線について

計測対象路線は、自転車を追い越すのに十分な直線区間を有し、縦断勾配の変化が小さい平坦な道路(縦断勾配=1%以下)から選定した。先行研究で計測済みの荒江七隈線、七隈梅林線、下山門598号線に加え、2019年7月~12月にかけて原799号線、高取飯倉線、樋井川松原線、野多目片江線、下山門706号線、杵岐団地線の計9路線を計測した。計測対象路線の概要、自転車の走行位置を表1、図1に示す。なお、総実験時間は240時間、総走行距離は約450km(福岡大学~神戸市の距離に相当)、追い越し前,中,後の速度と離隔距離が全て有効サンプルは1,072台である。原799号線、高取飯倉線、七隈梅林線は中央線がない往復1車線の道路で、原799号線は矢羽根が整備されている。

樋井川松原線、荒江七隈線、野多目片江線、下山門706号線、杵岐団地線、下山門598号線は中央線がある片側1車線の道路である。野多目片江線は中央線が黄色実線、下山門706号線と下山門598号線は自転車走行空間が整備、下山門706号線は矢羽根、下山門598号線は自転車レーンが整備されている。

3.2 自転車追い越し

表2で、自転車の有無で自動車走行速度に統計的な差があった路線について、対向車の有無別に追い越し前, 追い越し区間, 追い越し後の自動車走行速度を算出した。また、追い越し区間別の走行速度、対向車の有無の2要因の分散分析も行い、その結果も併せて図2に示す。

往復1車線道路の幅員が狭い高取飯倉線は、この路線の自由走行速度41.1km/hと比して追い越し前や追い越し中の速度が低く、追い越し後でも約40km/hである。幅員が狭い道路のため自転車を追い越す前からすでに減速し、追い越しが終わった区間でようやく速度を回復させていることがみてとれる。車線幅員が最も広い(3.5m)杵岐団地線は、自転車走行が路肩内では対向車の有無によらず追い越し前の速度が最も高く、車線が広いことで加速して追い越ししていることがとれる。また、自転車走行が車道上では追い越し中の走行速度も高く、対向車が接近していても自由走行速度程度で大きな速度変化がないまま走行していることがみてとれる。車線が広い場合は、対向車の接近していても等速のまま自転車を追い抜いていく自動車が多いものといえる。

3.3 自転車追い越し時の離隔距離

安全性を考える上では、自動車が自転車とどれくらいの幅をとって追い越しているか(以下、離隔距離)も重要である。そこで、自転車追い越し時の自転車と自動車の離隔距離を路線および走行位置別、対向車の有無別に比較した。独立性の検定の上、残差分析を行った結果も併せて図3に示す。相対的に道路幅員が広い道路ほど離隔距離1.5m以下の割合は少なく、2.0m以上の割合が増加している。そして、対向車の有無別では、往復1車線道路の3路線では両割合に差はみられない。道路幅員が狭いこともあり、自動車は対向車の有無によらず同程度の間隔で自転車を追い越しているといえる。

4. 安全・円滑、まとめ

自転車の有無が自動車走行速度に影響を及ぼさない路線、自転車を等速で追い越しその後加速する自動車が多い路線、追い越し中のみ減速する自動車が多い路線など、円滑な追い越しに関わる状況は路線によって様々である。また、対向車の状況によっては離隔距離も1.5m未満といった比較的近い間隔での追い越しが発生するなど、安全面についても留意すべき路線も多くみられた。安全かつ円滑な自転車走行環境の整備に向けて、各路線を安全面と円滑面の両面から評価していく。

「安全」については、自転車利用者が自動車に追い越される際の心理的評価値を用いることとし、山中ら⁵⁾によって開発された「安全感」を指標とした。山中らによる安全感評価指標(Vi)については表3に記載の項目によって構成された式(1)により定量化した。この式に基づき、自動車が計測自転車を追い抜いた際の安全感評価指標を全台数分算出した。

$$V_i = -1.306 \times \text{普通車離隔距離(m)} - 0.791 \times \text{大型車離隔距離(m)} + 0.028 \times \text{普通車自動車速度(km/h)} + 0.048 \times \text{大型車自動車速度(km/h)} - 2.105 \times \text{路肩部幅員(m)} - 0.555 \times \text{区分明示ダミー(0,1)} \quad (1)$$

ここで、Vi: 追い越しイベントiの安全感評価指標値

「円滑」については、自転車を追い越す自動車に大きな減速や加速が生じないことが円滑な交通環境の実現の上で重要と考えられる。そこで、追い越しに伴う加減速度を算出し円滑性の指標とした。追い越し前の速度および追い越し区間の速度に基づいて加減速度(Gi)を、以下の式(2)により算出した。

$$G_i = (V_i - V_0) / t / g \quad (2)$$

ここで、Gi: 追い越しイベントiの加減速度 V0: 追い越し前の自動車走行速度(m/s) Vi: 追い越し区間の自動車走行速度(m/s)
t: 自転車を追い越す後方20m(追い越し前の区間の中間地点)から自転車の真横に到達するまでの時間(s) g: 重力加速度(m/s²)

なお、解釈を容易にするために加減速度は絶対値とした。その上で、横軸に安全感評価指標、縦軸に加減速度の絶対値をとり、計測路線別、自転車の走行位置別、対向車の有無別の点(重心)をプロットした結果を図4に示す。安全感評価指標はViの値によって安全感ランクが設定されており、ランクの閾値に基づいて安全感の領域を区分している。縦軸の加減速度は最も高い路線で0.10程度であった。一般的にゆるやかなブレーキをかけた際の減速度が0.1G以上であることから⁶⁾、図からは今回対象とした路線では、自転車の追い越しに際して概ね円滑性に関わる大きな問題はみられなかったといえる。一方、安全感評価指標値は路線による違いが確認できており、下山門598号線の安全感が最も高く、下山門706号線、杵岐団地線、七隈梅林線、原799号線、荒江七隈線、高取飯倉線、野多目片江線、樋井川松原線の順となっている。下山門598号線が最も安全感が高い結果となった要因として、自転車専用レーンの設置が考えられ、樋井川松原線では車道外側線もなく、自動車走行速度も比較的高いことから、安全感評価指標が低い結果にもと考えられる。

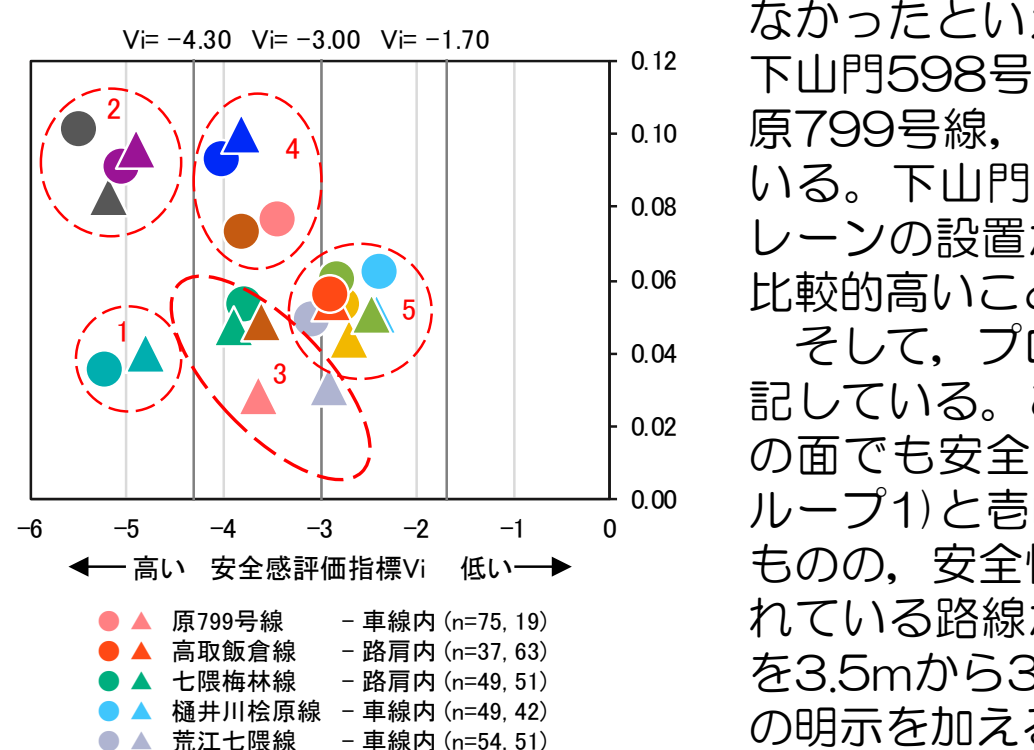


図4 安全性と円滑性の関係

参考文献

- 国土交通省、警視庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン、2016.
- 辰巳、吉城ら：車道走行する自転車が自動車の走行速度に及ぼす影響に関する研究、第37回交通工学研究発表会論文集、pp.297-302、2017.
- 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、交通工学論文集(特集号)、Vol.5、No.2、pp.A.64-A.72、2019.
- 松本、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—複数路線による比較検討を通じて—、第39回交通工学研究発表会論文集、pp.49-56、2019.
- 山中英生、亀井雄史：フロー・バイシクルを用いた車道走行自転車の安全感評価モデルの開発、土木学会論文誌D3(土木計画学)、Vol.71、No.5(土木計画学研究・論文集第32号)、1.623-1.628、2015.
- 中村博之：自動車整備士のための自動車工学と計算問題の解説(下巻)、交文社、pp.246-247、1979.

