

幅員と分離方法に着目した自転車の車道上走行空間の安全性に関する研究*

A Study of Traffic Safety for On-Street Bicycle Lanes in Terms of Width of Roads and Facilities of Boundary*

鈴木 美緒**・屋井 鉄雄***

By Mio SUZUKI**・Tetsuo YAI***

1. はじめに

自転車は手軽で便利な交通手段であるばかりでなく、近年、環境にやさしい交通手段として期待されている。しかし、我が国の都市部では自転車が日常的に歩道空間を走行するため、自転車と歩行者の錯綜事故の増加が問題視されており¹⁾、超高齢化社会を迎えるにあたり、より深刻な社会問題となることは想像に難くない。しかし我が国の車道整備の現状のままで自転車の車道走行を強要すると、自転車と自動車の交錯の問題が生じ、自転車にとって危険である。その一方で、交通量が多く歩行者と自転車の錯綜が深刻と思われる大都市部では、歩道や車道とは別の自転車専用道を設置する土地の余裕はなく、柵などを用いて幅員の狭い自転車レーンをつくっても柵への衝突などの危険性や利用者への圧迫感が生じることが予想される。そこで本研究では、欧米に倣い、日本の大都市部において自転車を車道上で走行させることによって歩行者の安全を確保することを前提とし、自転車の安全性と自動車の走行特性の観点からその可能性を検討することを目的とする。

2. 自転車走行空間の現況と既往研究

(1) 自転車走行空間の現況比較

我が国では、自転車の走行空間として、道路交通法に車道、自転車道、歩道の3つが挙げられており、その整備の基準は道路構造令によって「交通量が多いとき」とだけ定められているが、歩道上における自転車と歩行者の錯綜が問題となってきたことから、近年特に実際にこのような走行空間が整備されているのは、歩道幅員に余裕のある場所だけであり、都市部の鉄道駅周辺の自転車走行空間として整備事例を増やしているのが、歩道上に白線や着色で設けられた自転車レーンであるが、実

ような、歩行者との錯綜が懸念されるが土地の余裕のないような場所での設定は困難である。一方、海外の自転車走行空間は、日本のサイクリングロードに近い off-road path、車道の路肩部分を白線で仕切った bicycle lane、自転車優先で自動車と車道を共有する signed route の3つに大別される。整備される自転車通行帯の種類や幅員は、off-road path であれば歩行者や自転車の交通量、bicycle lane や signed route であれば車道の交通量や自動車速度、土地の斜度といった数値的な指標に基づいて定められているばかりではなく、一方通行路において自転車だけ双方向通行を認める等、交通の特性に応じた柔軟な方策によって整備している。また、同じ bicycle lane でもさまざまな分離方法がある。

(2) 自転車交通に関する既往研究と本研究の位置付け

我が国での自転車走行空間に関する研究は、歩道通行を前提にしたものと、自転車専用道を前提にしたものとに大別される。木戸らは、交通主体の分離はそれが歩道上であっても好ましい交通状況を生成するが、自転車の速度が上昇して衝突時の危険が高まったり、歩行者の侵入で意味をなさなくなったりすることを確認している³⁾。また、構造的に区画された自転車専用道では区画がない場合よりも自転車の逆走率が高いという結果も得ている⁴⁾。また、山中らは、自転車速度値を用いた自転車歩行者道のサービスレベルの評価方法を提案している⁵⁾。そして、小川らは、自転車利用者はまず歩道走行を前提として経路を設定することを確認している⁶⁾。このように、自転車歩行者道や歩道上の自転車レーン、構造的に分離された自転車専用道といった既存の自転車走行空間での現況分析は行なわれているが、自転車走行空間の整備方法の検討を目的とした研究はなされておらず、車道走行に関しても、ここ数年社会実験で取り上げられるようになっていく程度であり、白線から縁石やラバーポストによる分離まで、車道上と見做される自転車通行帯は研究対象とされていないのが現状である。

そこで本研究では、歩道上での自転車走行には限界があると考え、歩行者の安全が確保され、なおかつ自転車がその機能を活かせるのは車道であるという認識に基づき、車道上の自転車走行空間を創出する可能性を検討し

*キーワード：自転車交通、交通安全、自転車レーン、ドライビングシミュレータ、駅前道路

**学生員，工修，東京工業大学大学院総合理工学研究科
(神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 G3-14，
TEL&FAX 045-924-5675，mios@enveng.titech.ac.jp)

***正員，工博，東京工業大学大学院総合理工学研究科

た．特に近年の日本において整備事例が存在しない，一方通行で構造的区画のない“自転車レーン”の導入可能性を検討するため，今回は対象として中小鉄道駅につながる幹線街路の通勤時間帯を想定して，自転車利用者にはCGを用いたアンケート調査，自動車利用者にはドライビングシミュレータを用いた走行安全性実験を行なうことで，道路幅員と分離方法の影響を分析した．

3. 自転車利用者への自転車レーン選好度調査

大都市部で車道上に自転車レーンがある道路の事例はないため，自転車利用者に対して，自転車でレーンを走行する目線のCGを見せることで通行帯の選好度を調査した．

(1) 実験で用いる道路

本研究のCG・ドライビングシミュレータで表現した道路は，大井町駅前区役所通り（東京都品川区）をモデルとし，片側1車線，総幅員15.0mの補助幹線街路で，制限速度は40km/hとした．自転車レーン，車道，歩道の内訳は表-1に示す4種類であり，自転車レーンと車道を分離する方法については，表-2に示す3種類の方法を設定し(1,a),(1,b),(2,a),(2,b),(3,a),(3,b),(3,c),(4)の8種類を調査に用いた．

表-1 本実験で用いた道路幅員構成（片側：単位 [m]）

| | 自転車通行帯 | 車道 | 自転車と自動車の距離 | 歩道 |
|---|--------|-----|------------|-----|
| 1 | 1.0 | 4.0 | 2.5 | 2.5 |
| 2 | 1.5 | 3.5 | 2.5 | 2.5 |
| 3 | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 3.5 |
| 4 | なし | 4.0 | 2.0 | 3.5 |

(4)では，車道の路肩を自転車が走行する．（写真-1， ）
自転車と自動車の距離は，両方が通行帯の中央を走行するものとして計算．

表-2 本実験で用いた自転車通行帯・車道の分離方法

| | 分離方法 |
|---|--|
| a | レーンライティング；直径10cmの発光体を20cm間隔で設置．（写真-1， ） |
| b | ラバーポスト；高さ60cm，直径7cmのものを150cm間隔で設置．（写真-1， ） |
| c | 舗装；青色舗装（写真-1， ） |

(2) 実験方法

CGはプロジェクターで写し，作成された映像の特性上違和感なく見られるよう，視野角60°程度の位置に被験者を座らせ，2つの画像を比較させ，被験者に走行しやすいと思う方を選ばせた．欧米では，安全のために高齢者と子供は車道上の自転車レーンを通行しない事例があることから，この調査の対象は大学生54名（平均年齢23.1歳，男女比72:28）とした．



) レーンライティング

) ラバーポスト



) 青色舗装

) 自転車通行帯なし

写真-1 自転車通行帯と車道の分離方法

(3) 実験結果

幅員構成1-3，分離方法a,bの組み合わせについての調査結果を用いて，コンジョイント分析を行なった（表-3，的中率71.2%）．その結果，自転車レーンの幅員が広がるほど，ラバーポストよりレーンライティングが選択される傾向が表れている．自転車レーンが1.5mとられているときにはラバーポストを邪魔に感じる意識が他の要素と比較して強く働き，レーンライティングの方を選択する結果となり，自転車レーンの幅員が1.0mのときにはラバーポストの邪魔感の他に自動車に対する安心感が選択結果に影響をもたらすものと考えられる．

表-3 自転車レーンの選好に関する二項ロジットモデル（コンジョイント分析）

| | 係数 | t 値 |
|-------|---------|--------|
| Wb | 3.625 | 4.599 |
| Di | 1.575 | 3.876 |
| Wb×Bo | -0.3847 | -3.361 |

初期尤度=-262.1，対数尤度=-202.1

【パラメータ】 サンプル数=378，自由度調整済尤度比-0.22

Wb：自転車レーンの幅員，Di：自転車と自動車の距離，

Bo：ラバーポストダミー（ラバーポスト:1,レーンライティング:0）

4. 自動車利用者への走行安全性実験

ドライビングシミュレータを用い他走行実験を行ない，車道幅員と自転車レーンの存在が自動車のドライバーに及ぼす影響を調査した．

(1) ドライビングシミュレータの概要

ドライビングシミュレータでは，自転車通行帯を設けない練習区間約350m（左折を含む）の後に，実験対象となる自転車通行帯のある区間が約420mが続いている（図-3）．実験対象道路の幅員構成および自転車通行帯との分離方法は，CGと同じものを用いた．自転車レーン内を走行する自転車は，現況分析に基づき，蛇行幅・蛇行周期・速度が異なる4通りのsinカーブで用意

した(表-4)。これらは自転車通行帯内の中央を軸として、通行帯内をはみ出ずに走行する。なお、ドライビングシミュレータは MOVIC-T4[®](写真-2)を用いた。

表-4 ドライビングシミュレータでの自転車走行特性

| 自転車 No | 周期 [m] | 時速 [km/h] | 蛇行幅 [cm] |
|--------|--------|-----------|----------|
| type 1 | 4 | 12 | 6 |
| type 2 | 7 | 10 | 16 |
| type 3 | 8 | 7 | 3 |

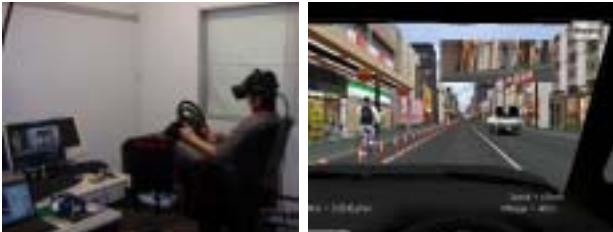
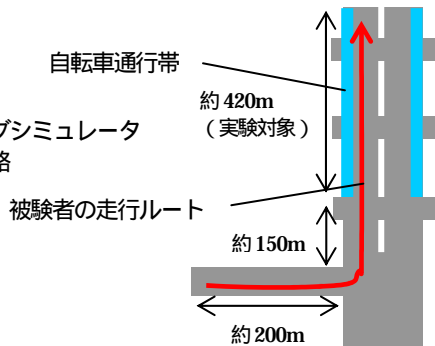


写真-2 MOVIC-T4 の外観と走行画面

(2) 実験方法

被験者には、法定速度 40km/h の道路であることを説明した上で自由な速度で走行させ、走行速度、走行位置を記録した。同時に、その道路の走りやすさなどの印象を 5 段階尺度で評価させ、ヒング調査も行なった。なお、途中で対向車や自転車に衝突した場合にも走行を続けさせた。この実験の対象は高齢者 20 名(平均年齢 66.7 歳, 男女比 85:15)と大学生 14 名(平均年齢 23.64 歳, 男女比 50:50)である。

図-3
ドライビングシミュレータ
での走行経路



(3) 結果

道路ごとの自転車追い越し時・対向車すれ違い時の瞬間走行位置分布を図-4、瞬間走行速度分布を図-5に示す。実験は被験者ひとりあたり 4 回試行し、そのうち対向車や自転車との衝突のないもののみを分析に用いた。有効サンプル数は表-5に示すとおりで、高齢者の有効サンプル数が道路によっては非常に少なく、一般的とは言い難い結果であることを先に断っておく。

a) 車道幅員が同じときの分離方法の影響

まず、被験者は属性に依らず終始センターライン側に寄って走行する傾向が見られた。学生は、幅員 4.0m の自転車追い越し時の走行位置に、3.5m の追い越し・すれ違い時両方の速度に分離方法による差が生じた。また、追い越し・すれ違いいずれでも 4.0m ではレーンライテ

ィング、3.5-3.0m ではラバーポストによる分離の方で被験者間の位置・速度のばらつきが大きい結果となった。高齢者は、道路幅員に依らず分離方法によって走行位置に差が生じたが、走行速度に差があったのは車道幅員 3.0m レーンライティング分離の自転車追い越し時で、ラバーポストより速度が速く、これは自転車に気を取られてアクセルを踏み続けたためとヒアリング調査により確認された。サンプル数が少ない中で今回得られた結果からは、幅員が広くなると、分離方法が速度低下に影響を及ぼす可能性があり、その傾向はラバーポストによる分離の際に顕著になると言える。

b) 分離方法が同じ時の車道幅員の影響

全体的な傾向として、レーンライティングによる分離の場合には、高齢者は幅員が狭い方、学生は幅員が広い方が比較的自転車通行帯寄りに走行する傾向にあり、いずれの場合も走行車線の中心より対向車寄りを走行していることがわかった。また、学生・高齢者いずれも、車道幅員が狭くなるほど速度が低下し、ラバーポストによる分離の時にその傾向が強いことがわかった。ただし、高齢者の場合は前に述べたようにレーンライティング分離の時に速度が上昇する傾向にあった。

c) 自転車通行帯を設置することの影響

3.0m の車道の横に自転車通行帯がある場合と、分離のない 4.0m 車道での走行を比較すると、走行位置に関しては、高齢者・学生ともにほぼ影響を及ぼさず、学生の対向車すれ違い時に、ラバーポストによる分離の方が分離帯のない場合より対向車側に寄って走行する傾向が見られた。走行速度については、分離方法がラバーポストの場合だけ他と比較して走行速度が下がることがわかり、狭い車道に物理的な境界のない自転車通行帯を設けることは、走行速度の面で負の影響を及ぼさない可能性が示唆された。また、実験時に行なった 5 段階評価アンケート(表-4)より、幅員 3.0m では高齢者はレーンライティングの場合で走りやすくなったと感じ(有意確率 10%)、学生も走りづらく感じる結果にはなっていない。

表-4 走りやすさの評価の平均(標準偏差)

評価: 5=非常に走りやすい...1=非常に走りづらい

| | 高齢者 | | 学生 | |
|------------|-------|-------------|-------|-------------|
| | サンプル数 | 標準化係数 | サンプル数 | 標準化係数 |
| 1.0(4.0)-L | 7 | 3.73 (.991) | 7 | 3.43 (.756) |
| 1.0(4.0)-P | 7 | 3.38 (1.26) | 7 | 3.71 (.825) |
| 1.5(3.5)-L | 5 | 3.06 (1.18) | 7 | 3.21 (1.05) |
| 1.5(3.5)-P | 5 | 3.59 (1.23) | 7 | 3.00 (1.04) |
| 1.0(3.0)-L | 6 | 2.94 (1.03) | 7 | 2.00 (.961) |
| 1.0(3.0)-P | 4 | 2.22 (1.26) | 7 | 1.86 (.770) |
| 1.0(3.0)-B | 6 | 3.06 (1.20) | 6 | 2.57 (1.22) |
| 4.0-N | 7 | 2.31 (1.14) | 7 | 2.00 (.877) |

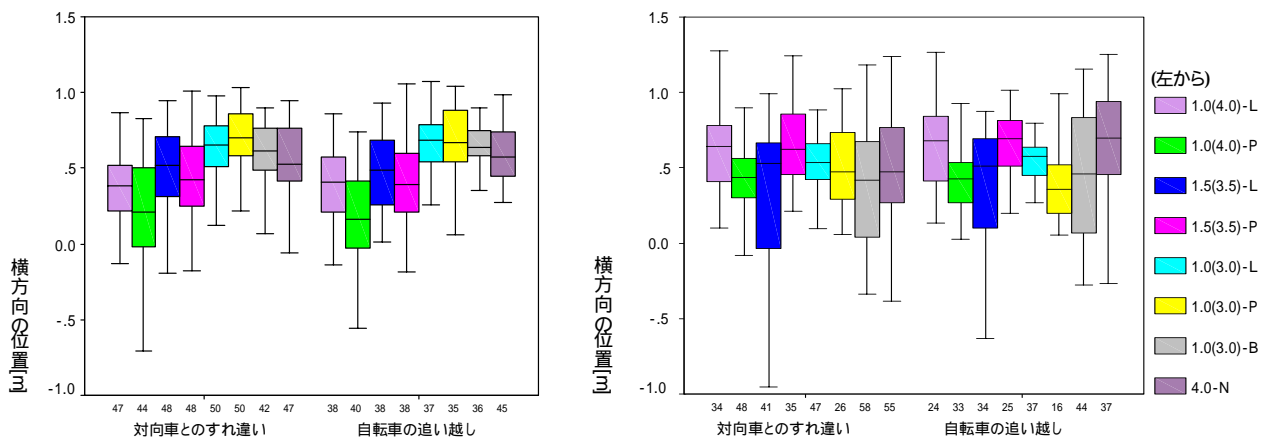


図 - 4 自転車追い越し・対向車すれ違いの瞬間の横方向走行位置分布 (左; 学生, 右; 高齢者) 位置は, 原点を走行車道の中央とし, 正方向がセンターライン(対向車線)方向, 負方向が自転車レーン方向を示す。

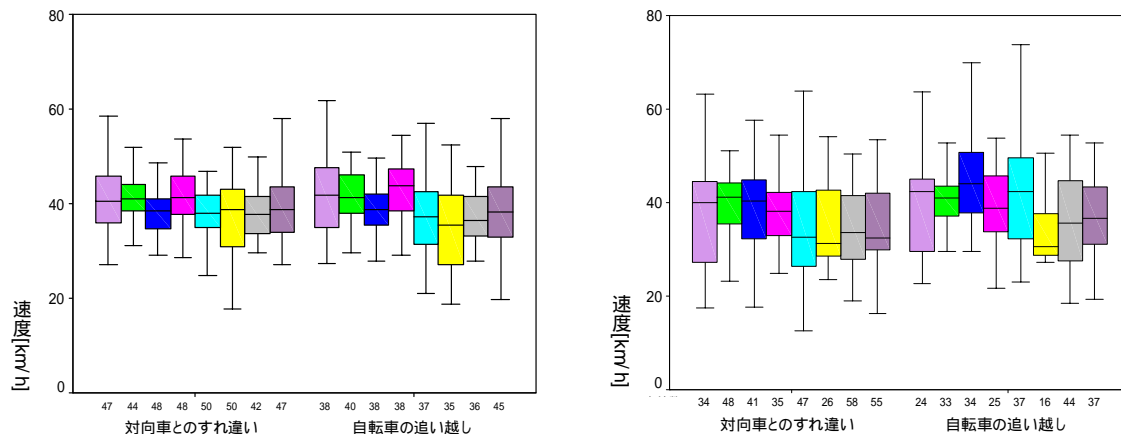


図 - 5 自転車追い越し・対向車すれ違いの瞬間の走行速度分布 (左; 学生, 右; 高齢者)

図の見方: 75パーセンタイル値と25パーセンタイル値から箱ができており, 箱から伸びるひげの端が最大値と最小値を表す. 箱を横切る線は中央値を表す.

横軸下部の数字は, 各道路でのすれ違い・追い越しの総数を表す.

凡例: 1.0(4.0)-L ... 自転車レーンの幅員 1.0m, 車道幅員 4.0m, 分離方法レーンライティング

分離方法の表記: L レーンライティング, P ラバーポスト, B 青色舗装 (N 分離なし)

その一方, ラバーポストによる分離を行なうと走行特性だけでなく感覚的にも走りづらくなっていることが見て取れる。

5. おわりに

自転車利用者へのアンケート調査と自動車利用者への走行安全性実験を行ない, 車道上の自転車通行帯の境界について考察し, 幅員の広くない大都市部に自転車を走行させることを考えるなら, 車道上にレーンライティングのような物理的な境界のない分離方法のレーンを設ける方が自転車利用者と自動車利用者の双方にとって有効である可能性が見出せ, 今回の走行実験での大まかな走行特性の違いから, 車道幅員 3.5-4.0m の間を閾値としてその傾向が見られ始めることが予測される結果となった。

今後の課題としては, 実走実験を行ない再現性を検証すること, 自転車同士の追い越し・駐車車両を考慮すること, 交差点の処理や通行方向の問題などのルールも合わせて検討することなどが挙げられる。

謝辞

本研究は財団法人国土技術研究センターの新道路研究会の研究成果のひとつである。関係する全ての方々に, この場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局: 21世紀の自転車利用環境の実現を目指して, 2002.
- 2) 例えば小柳他: 自転車の歩道通行に関する走行実態, 第20回交通工学研究発表会論文報告集, pp.149-152, 2000.
- 3) 小柳他: 自転車の専用車線通行に関する研究 - 狭幅員の歩道に関連して -, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.13-16, 2001.
- 4) 木戸伴雄: 自転車の走行実態と交通ルール, 予防時報 219, pp.34-39, 2004.
- 5) 例えば, 山中他: 自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準, 土木計画学研究・論文集 vol.18 no.3, pp.471-476, 2001.
- 6) 小川他: 歩道設置道路における自転車の歩道選択行動に関する研究, 第31回土木計画学研究発表会・講演集, 2005 (CD-ROM).
- 7) 平田他: ドライビングシミュレーションシステムMovic-T4の開発とパフォーマンス評価, 第24回交通工学研究発表会論文報告集, pp.17-20, 2004.