

自転車利用者の心理を考慮した 空間制約下での自転車通行帯設計

長 拓馬¹・鳩山 紀一郎²

¹学生会員 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 (〒113-8654 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: cho-t@ip.civil.t.u-tokyo.ac.jp

²正会員 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 講師 (〒113-8654 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: kii@civil.t.u-tokyo.ac.jp

近年、自転車は車道走行を原則とするべきという流れが起りつつあるが、特に空間制約がある状況において、自転車の通行に適した設計がなされているとは必ずしも言えない。本研究では、空間制約のある道路において車道左端に自転車通行帯を設置することを想定し、その最適な幅員を模索するために、まずはヴァーチャル・リアリティ空間で安全に実験を行える自転車シミュレータを開発した。このシミュレータを用いて実験し、被験者に対するインタビュー調査やSD法による因子分析を行なうことで、自転車利用者が通行帯のある道路空間をどのような尺度で判断しているか、どのような幅が選好されるのか、といったことを明らかにした。

Key Words : bicycle lane, width, bicycle simulator, psychology, semantic differential method

1. はじめに

(1) 狭幅員道路での自転車走行空間の現状と課題

近年の自転車ブームにより、自転車の保有台数は増え続けており、国交省資料¹⁾によれば、2008年現在で69,100千台となっている。一方現在のところ、全国の道路総延長約120万kmのうち、歩行者と分離された自転車走行空間は0.25%に相当する3,000km程度、例外的に通行を許可された歩道である自転車歩行者道も7%弱に相当する80,600kmに留まっている。従って、ほとんどの道路において自転車の走行を明示された空間は存在せず、利用者は不便を強いられることも多い。

こういった状況を踏まえ、国土交通省道路局と警察庁交通局の共同による「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「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」では、自転車の車道通行の徹底と、そのための道路空間の再配分や道路拡幅による自転車道・自転車通行帯の積極的確保を謳っている。しかし、道路空間の再配分や道路拡幅が困難な道路については、車線内に路面表示やピクトグラムを施すという代替的な方法が採られる可能性が示唆されているものの、その具体的な設計にまでは踏み込まれておらず、今後の自転車走行空間を考える上で極めて重要な課題であると言える。

(2) 本研究の目的

本研究では、空間制約下の道路における自転車通行帯を車線内に設置することを前提にして、その具体的な設計について示唆を得ることを目的とする。設計にあたっては色・マークといった要素も考えられ、山中ら²⁾の研究ではこれらの要素も自転車利用者の挙動や意識に影響を与えるとされているが、今回は特に自転車通行帯の幅に着目し、利用者の心理から望ましい幅について模索していく。

さらに、そうした空間制約下の道路についての実験を、VR空間で安全に行えるような自転車シミュレータを開発することを目的とする。

2. 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

自転車通行帯や自動車との混合交通に関する既往研究は、数多くなされている。まず、現状の道路空間を再配分することに関して、大脇³⁾らは、自転車が走る環境が整備されているとはいいがたい日本において、自転車専用通行帯（自転車レーン）という選択肢を視野に、現状の道路空間をどういった整備形態で改善していくべきかを提案している。諸田ら⁴⁾は、海外の事例を参考にしな

がら、自転車車が車道を通行する上でとるべき断面構成を交通状態に応じて評価する手法と、自転車と自動車の物理的分離をすべき閾値についての検討を行なっている。また、自転車走行空間の評価に関しては、独自の取り組みにより自転車走行空間の設置が進んでいる金沢市において、自転車走行空間と自動車走行速度との関係を分析している杉本ら⁹⁾の研究がある。しかしこれらは空間に比較的余裕がある状況における実験や調査であり、今回対象とする制約のある道路空間についてそのまま当てはめることができる結果だとは考えにくい。

実際の交通における自転車と自動車の関係について、宮城ら⁹⁾は自転車を自動車が追い越すとき、自転車利用者の方がドライバーよりも側方余裕をとろうとする傾向があることを明らかにし、田宮ら⁷⁾は自転車の走行空間を車道の一部に設置した場合の実験を行い、自転車の走行挙動・危機感と走行空間条件との関係や、自転車を後方から追い越す自動車の通過速度との関係について分析している。これら二つはいずれも空間が制約されている状況に関する研究ではあるが、通行帯の幅に関する最適化を行ったものではない。

本研究は、空間制約下の道路空間について車線内に自転車通行帯を設置することを考えるとき、通行帯の幅を変えることで、実際の車道の幅は変わっていないにもかかわらず自転車利用者の心理に影響するという仮説のもと、自転車利用者にとって最適な幅を模索していくことを考えているという点で、既往研究とは異なっている。

3. 自転車シミュレータの開発

(1) 実道実験の検討

実道における実験では自転車利用者の意見を取り入れることが可能なものの、現実の空間では制御変数を一定にすることは難しく、また、特に今回のような空間制約下における交通を再現する際には、被験者に危険が及んでしまう可能性があるという問題もある。

(2) VR空間の採用

これらの問題点を解決する方策として、本研究ではヴァーチャル・リアリティ (VR) 空間での実験を採用した。VR 空間では様々な自転車通行帯を設置することができ、かつ各種制御変数を自由に設定・固定することも容易である。さらに、実際の道路を利用しないので、安全性も確保されている。また、実道で行うよりも簡単に実験を実施できるため、多くの被験者を集めやすいという利点

もある。

(3) 既存の自転車シミュレータのレビュー

VR 空間での実験には前述のような利点がある一方で、被験者がリアリティを感じられるように工夫する必要がある。そこで、シミュレータが備えるべき機能を抽出するために、既往研究で製作された自転車シミュレータをレビューしてみると、上北ら⁸⁾はエアロバイクと3次元ディスプレイを、Honda⁹⁾の製品は小型の自転車と4枚の2次元ディスプレイを、高橋¹⁰⁾は一般的なシティサイクルと2次元ディスプレイを、それぞれ利用している。これらはいずれも、適切な負荷の下でのペダル操作やブレーキ操作が画面上の動きに対応しており、環境音や車の走行音といった音声やギアの動きも反映されているものもある。したがって、映像・音声の提供、適切な負荷の下でのペダル操作やブレーキ操作は、自転車シミュレータが少なくとも備えるべき機能であると言える。ただし、ハンドル操作については、上北らのシミュレータでは手許のスイッチで行うことになっており、Honda の製品はハンドルの動きが反映されるものの動きに不自然さがあり、高橋のシミュレータでは調整に難航しているなど、技術的に難があり搭載が必須の機能とまでは言えない。よって、ハンドル操作機能については搭載せず、実験は直線道路で行うこととした。

(4) 自転車シミュレータの仕様

以上を踏まえて自転車シミュレータを開発した。機構は下の図のようになっている。

自転車は一般的なシティサイクルを利用し、それをサイクリストレーナーで固定する。サイクリストレーナーは後輪に適切な負荷をかけられる固定台方式のMINOURA社製V-270を採用した。

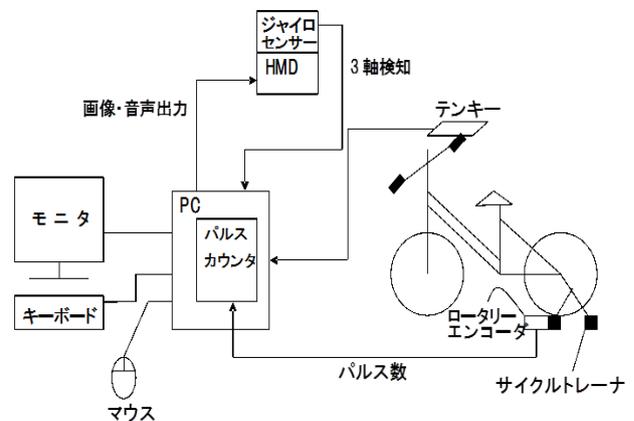


図-1 自転車シミュレータ機構図



図-2 自転車シミュレータ

ペダルとブレーキの操作が映像に反映される仕組みについては、後輪の回転数を抽出しシミュレータ画面に反映できれば良い。こうした回転数を計測する器械としては、ロータリーエンコーダが一般的に知られている。今回は、軸が一回転する毎に出力される一定の数のパルス信号を計測するインクリメンタル型である、ネミコン社製 OEZ-01-2M(100パルス/回転)を採用した。

また、ロータリーエンコーダから出力されたパルス信号を計測しコンピュータに取り込むために、パルスカウンタを利用する。今回の実験では出力されたパルスを読み取る機能さえ備えていれば十分なので、高価な製品を利用しなくてよい。したがって、インタフェース社製 PCI-6204 を採用した。

映像の提示に関しては、鳩山ら¹¹⁾の歩行者シミュレータの研究を参考に、3D 画像を表示できるヘッドマウントディスプレイ (HMD) とジャイロセンサーを組み合わせることで、頭の動きに合わせて切れ目のない映像を表示できるようにした。製品はそれぞれ Virtual Research Systems 社製 V8 と InterSense 社製 Inertia Cube3 を利用した。

さらに、被験者が自ら走行開始位置を決定できるよう、ハンドルにテンキーを設置した。

(5) 開発した自転車シミュレータの特徴

本研究で開発した自転車シミュレータは、既存のシミュレータと比較して以下の様な特徴を備えている。

- ・頭の動きに合わせた 3D 映像の提供が可能。特に、自動車に抜かれる際に自転車利用者が後方を確認する動作の再現が可能になった。
- ・サイクリストレーナーからの取り外しが容易なため様々な自転車を利用可能
- ・実験装置の分解・組立が容易なため持ち運び可能
- ・省スペース



図-3 HMD に表示される画像

(6) 自転車走行空間の作成

本実験の VR 空間は、銀座の街並みが基になっている。ただし、狭い幅の道路における問題を直線平坦路という単純な状況に限定して扱うため、車線の幅は道路構造令における市町村道の平地部を想定し、その中でも最も狭いものである第三種第四級の 2.75m とした。

この道路空間のうち実験で用いる側の車線に、水色の領域で表現された自転車通行帯が導入される。幅は実験者の操作により 0cm~155cm まで 5cm 単位で変化させることが可能である。また、自転車の走行開始位置は、車線左端から任意の位置を被験者自身が選べるようになっている。

(7) 自動車の導入

空間制約下の道路での自動車交通を再現するため、上図のような自動車(SUV, スポーツカー, トラック等)を導入した。なお、車種については実在の自動車を基にはしているものの、完全に再現したものではない。

(8) 音声の導入

VR空間の現実感を向上させるために環境音と、追い抜きの自動車の走行音を導入した。追い抜きの自動車の音に関しては、左右の耳に聞こえる音量を調整することで立体感を出し、かつ被験者に近づくにつれて音量が上がり、抜き去った後には徐々に音量が下がるようになっている。

(9) その他仕様

実験では被験者はスタート地点から 100m 進んだ段階で被験者の $100+100 \times r$ (r : 乱数, $0 \leq r \leq 1$) 後方に車両が現れ、その後一定速度で被験者を追い抜く、という仕組みになっている。このとき、自動車は被験者の走行位置から一定の側方余裕を保ったまま走行を続ける。

表-1 実験ケース一覧

ケース名	幅	速度	側方余裕	交通量
0	0	40	100	少
1	30	25	75	少
2	30	40	100	多
3	60	25	100	多
4	60	40	75	少
5	90	25	100	少
6	90	40	75	多
7	120	25	75	多
8	120	40	100	少

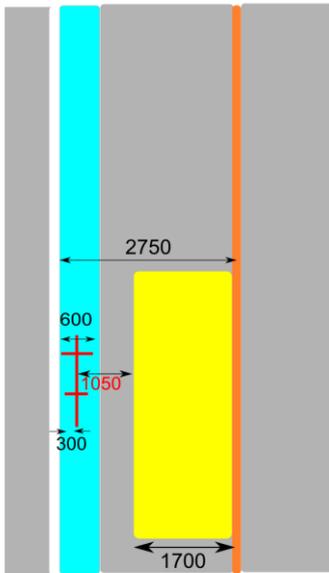


図4 自動車が自転車を追い抜く瞬間

水色：自転車通行帯 赤：自転車 黄色：自動車
白線：車道左端 橙線：センターライン

追い抜きの自動車は実験者が指定した特定の車種1台のみであり、対向車はランダムに選ばれた10~40台が一定の枠の中を走行するように設定できる。

被験者を抜き去った自動車がVR空間の一定の位置に達した段階でシミュレーションは終了となり、再スタートするよう画面に指示が表示される。

4. 実験の計画

(1) 制御変数の設定

a) 自転車通行帯の幅

道路交通法施行規則第九条の二において普通自転車の幅は60cm以内と定義されていることを参考にして、ちょうど自転車の幅が収まる60cmをひとつの基準とした。今回の対象とする自転車通行帯そのものではないものの、現実にそれに類するものが設置されている例である旧白山通りの自転車レーンの幅(90cm)を根拠に、90cmを用意した。また、自転車通行帯の設置されていないケースである幅0cmも設定値として採用した。さらに狭いケースと広いケースとして、それぞれ30cm, 120cmを採用することにした。

b) 追い抜きの自動車の速度

第三種第四級においては通常、制限速度が40km/h程度となっていることが多いため、制限速度ギリギリで自

転車を追い抜くケースとして40km/h, 慎重に追い抜くケースとして25km/hの2種類を設定した。

c) 追い抜きの自動車の側方余裕

道路運送車両法では、幅員1.7m以下の自動車を小型自動車としており、今回の実験では小型自動車が自転車を追い抜くことを想定して側方余裕の設定を行う。以下の図は、自転車が車道左端を走っているときの小型自動車との位置関係であり、自転車の中心との側方余裕を100cm取ると自動車は中央線ギリギリを走ることとなる。また、ドライバーが中央線寄りを走行すること嫌い、自転車との距離を詰めることを選択したとしても、その下限値はそう小さくないと考えられる。したがって側方余裕を狭めた場合の値は75cmとした。

d) 対向車の交通量

比較的まばらな印象を受ける場合として10台を基準(少)に、混雑している印象を受ける場合である30台(多)を、それぞれ選定した。

(2) 実験パターンの作成・割付け

以上の制御変数同士には交互作用はないと考え、実験計画法の直交表を用い、実験ケースを集約した。その際、走行目安幅0cmの場合は特殊ケースと位置づけて被験者全員に実施することにして、残りのケースを集約することで以下の合計9通りを得た。

表-2 実験種別一覧

実験種別	実験ケースの順番
種別ア	0→1→3→6→8
種別イ	0→2→4→5→7
種別ウ	0→1→4→5→8
種別エ	0→2→3→6→7
種別オ	8→6→3→1→0 (種別アの逆順)
種別カ	7→5→4→2→0 (種別イの逆順)
種別キ	8→5→4→1→0 (種別ウの逆順)
種別ク	7→6→3→2→0 (種別エの逆順)

また、各制御変数の値の偏りなくすべてを体験してもらえらるるに、作成した実験ケースを選び抜き、それらを組み合わせたものを「実験種別」とした。

順序バイアスの影響を考慮し、徐々に走行目安の幅が広がっていくパターンである種別ア～エと、徐々に走行目安の幅が狭まっていくパターンである種別オ～クを用意した。これら8つの実験種別が非高齢者の中で必ず整数巡るように注意しながら実験を進めた。

(3) 心理計測指標の設定

本研究は、自転車利用者の心理に基づいて、車線内に設置された自転車通行帯の望ましい幅を模索していくことを目的としている。心理の計測指標には、意味差分法（以下SD法）による分析を用いることとし、表に示す20組の形容詞対を図のように7段階で示した評定尺度を用意した。なお、これらの形容詞対は、SD法を用いた過去の研究¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾から今回の実験にふさわしいものを引用しつつ、「区切られた—区切られていない」「走りやすい—走りにくい」の二つを独自に付け加えて作成してある。被験者には、走行してもらった道路空間に対する印象を直感的に回答してもらった。尺度の中心を0とし、左端を-3、右端を+3として数値化し因子分析を行うことで、被験者の道路空間に対する評価軸を抽出できる。

5. 実験の実施

(1) 被験者

東京大学の学生を中心に非高齢者 32 名（うち女性 5 名）、60 歳以上の高齢者 5 名（うち女性 5 名）の計 37 名を被験者として選定した。

(2) 実験の手順

a) 実験趣旨説明

今回の実験の趣旨を説明する。その際、マニュアルに記されたセリフをそのまま言うことにより、被験者にバイアスが生じないように注意する。

b) シミュレータ操作法の説明

自転車シミュレータでは、一度設定した位置をまっすぐ進み続けるということ、ジャイロセンサーを搭載しており周囲を見回せるということ、といった基本的な仕様を説明する。そのうえで、シミュレータの操作に関する一連の流れを説明する。

なお、走行開始位置の設定はハンドルに取り付けられたテンキーから行うことが可能だが、高齢者などテンキーになじみがない被験者に対しては、実験者が対話しながらキーボードで設定することとした。

表-3 SD法に用いた形容詞対20組

	尺度	
1	無防備な	守られた
2	開放感のある	圧迫感のある
3	広々とした	窮屈な
4	平凡な	独特な
5	貧弱な	頑丈な
6	目立たない	目立っている
7	良い	悪い
8	落ち着かない	落ち着いている
9	分かりやすい	分かりにくい
10	危険な	安全な
11	不快な	快適な
12	ゆったりした	緊張した
13	区切られた	区切られていない
14	明快な	あいまいな
15	調和のない	調和のとれた
16	親しみやすい	親しみにくい
17	安らぎのある	安らぎのない
18	嫌いな	好きな
19	ふさわしい	ふさわしくない
20	走りやすい	走りにくい

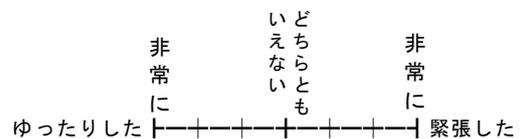


図-5 SD法の7段階尺度の例

c) 予備試行

シミュレータの操作や VR 空間に慣れてもらうために、測定開始前に予備試行を行う。このときの走行目安の幅は、実験ケースには存在しない 45cm とした。

d) 本試行

実験ケースが 1 つ終わる毎に SD 法アンケートに記入してもらい、その都度実験者が回収した。

e) インタビュー

5回の測定がすべて終わった後でインタビューを行った。内容は、以下の通りである。

- ・5回のうち最も望ましいと思ったものとその理由
- ・最も望ましくないと思ったものとその理由
- ・シミュレータの現実感の程度

(3) 高齢者について

今回の実験には5人の高齢者に参加協力をいただいたが、そのうち2人はシミュレータ自体に酔ってしまったため実験の継続が困難と判断し、インタビューのみ実施した。

(4) 実験の結果

a) 自転車シミュレータの現実感

まず、自転車シミュレータで扱った VR 空間に対して被験者はどのような評価をしたのかを以下に示す。

「非常に現実感があった」「かなり現実感があった」

自転車シミュレータの現実感

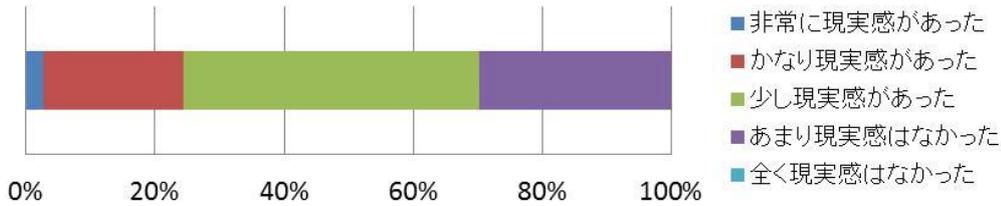


図-6 自転車シミュレータの現実感

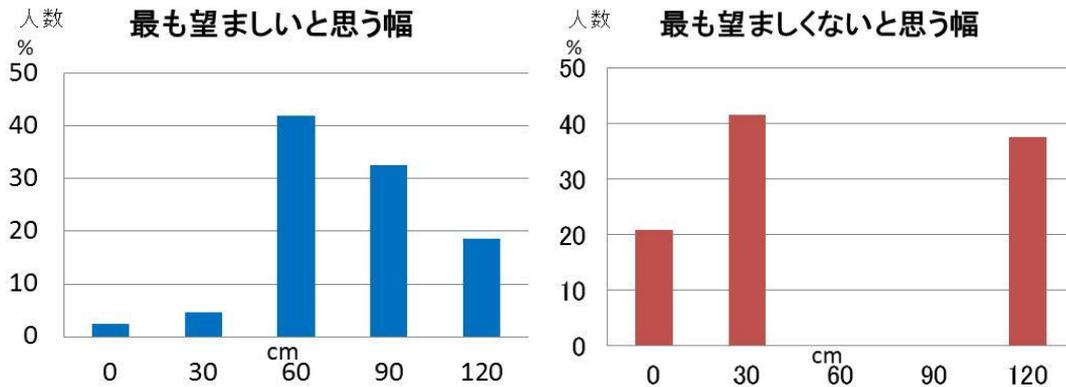


図-7 自転車通行帯の幅の望ましさ

「少し現実感があった」と答えた被験者は合計7割程度で、「全く現実感はなかった」と答えた被験者はいなかった。したがって、被験者は概ね現実感を感じていたと言える。

b) 最も望ましいと思う幅と最も望ましくないと思う幅

被験者が体験した5つの幅のうち、最も望ましいと思う幅と最も望ましくないと思う幅について集計したものが以下のグラフである。図からは60cm～90cm程度を望ましいとする人が多いことが、図からは狭すぎる(30cm)通行帯は何もない場合(0cm)よりも望ましくないとされていることがわかる。また、これら二つのグラフから広すぎる通行帯(120cm)については賛否両論となることがわかる。よって、設計を誤らなければ、少なくとも通行帯の設置自体は有効であると考えられる。

c) 道路空間の評価軸抽出

次に、SD法の尺度である20対の形容詞対を用いて、自転車利用者が自転車走行目安の設置された道路空間をどのような意識構造で捉えているかを明らかにするために、因子分析を行った。

まず、各因子名称の意味上のよし悪しを揃えるためにもとの形容詞対の一部を逆転した。そのうえで斜交回転(プロマックス)で因子分析を行った結果、各因子が相関を持つことが判明した。よって今回は直交回転(バリマックス)による因子分析は不適当と判断し、斜交回転で以降の分析を進めていくことにした。

その後クロンバッハの α 係数を調べ、今回の実験の尺

度としては不適切な形容詞対「平凡な—独特な」を除外したうえで二度目の因子分析を行った。その結果として出力されたパターン行列を以下の表に示す。ただし、絶対値が0.5以上のセルには黄色を、絶対値が0.4以上0.5未満のセルには黄緑色を塗ってある。以下、因子の解釈を行う。

まず第1因子は、「調和のない—調和のとれた」「親しみにくい—親しみやすい」「ふさわしくない—ふさわしい」「嫌いな—好きな」「落ち着かない—落ち着いた」といった、自転車走行目安に対してバランスや親しみに関する尺度が大きな値を示していることが分かる。したがって、これを「親近性因子」と命名した。

次に第2因子は、「窮屈な—広々とした」「圧迫感のある—解放感のある」「緊張した—ゆったりした」といった、自転車走行目安から受ける制約感や緊張感に関する尺度が大きな値を示していることが分かる。今回開発したシミュレータにはハンドル操作機能がないものの、これら制約感、走行している際のハンドル操作の自在性に基づいていると考えるのが自然であるため、この因子を「自在性」と命名した。

第3因子は、「無防備な—守られた」「危険な—安全な」「貧弱な—頑丈な」「安らぎのある—安らぎのない」といった、走行時の安心感につながる尺度が大きな値を示していることが分かる。したがって、これを「安心感因子」と命名した。

最後に第4因子は、「あいまいな—明快な」「区切ら

れていない—区切られた」「分かりにくい—分かりやすい」「目立たない—目立つ」といった、走行目安の判別しやすさに関係する尺度が高い値を示していることが分かる。したがって、これを「判別容易性因子」と命名した。

以上まとめると、自転車利用者は親近性・自在性・安心感・判別容易性の4つの評定次元で自転車走行目安を判断していると考えられる。

以降、主観評価の分析には因子得点を用いる。

d) 因子得点の年齢差と性差

算出された因子得点に、年齢差や性差が生じているかどうかを確認する。

まず、年齢差について高齢者と非高齢者で等分散を仮

定し、因子得点について検定を行ったところ、有意な差はなかった。

次に性差についても同様に、男性と女性で等分散を仮定し、因子得点について検定を行ったところ、有意な差はなかった。

よって以降の分析では年齢・性別を区別なく扱ってよいと考えられる。

e) 通行帯の幅と因子得点との関係

まず、自転車走行目安の幅ごとの平均値をグラフにしたものを示す。すなわち、0cmはケース0、30cmはケース1と2、60cmはケース3と4、90cmはケース5と6、120cmはケース7と8の因子得点を、それぞれ平均している。

プロフィールのうち自転車の利用頻度と利用距離につ

表4 因子分析(プロマックス法)のパターン行列

尺度	因子			
	1. 親近性	2. 自在性	3. 安心感	4. 判別容易性
調和のない — 調和のとれた	.933	-.199	-.124	-.081
親しみにくい — 親しみやすい	.869	.186	-.164	.006
ふさわしくない — ふさわしい	.557	.069	.207	.095
嫌いな — 好きな	.519	.081	.399	-.033
落ち着かない — 落ち着いた	.448	.098	.222	.160
窮屈な — 広々とした	-.168	1.127	-.074	-.055
圧迫感のある — 解放感のある	.039	.939	-.125	-.021
緊張した — ゆったりした	.170	.547	.165	.064
無防備な — 守られた	-.406	.020	1.007	.190
危険な — 安全な	-.005	-.009	.975	-.027
貧弱な — 頑丈な	.143	-.203	.747	-.057
安らぎのある — 安らぎのない	.253	.267	.437	-.020
不快な — 快適な	.295	.375	.422	-.125
走りにくい — 走りやすい	.240	.247	.417	.071
悪い — 良い	.218	.264	.405	.134
あいまいな — 明快な	.262	-.114	-.097	.829
区切られていない — 区切られた	-.051	-.319	.293	.733
分かりにくい — 分かりやすい	.167	.160	-.136	.696
目立たない — 目立つ	-.397	.393	-.031	.626

因子抽出法: 主因子法

回転法: Kaiser の正規化を伴うプロマックス法

a. 6 回の反復で回転が収束しました。

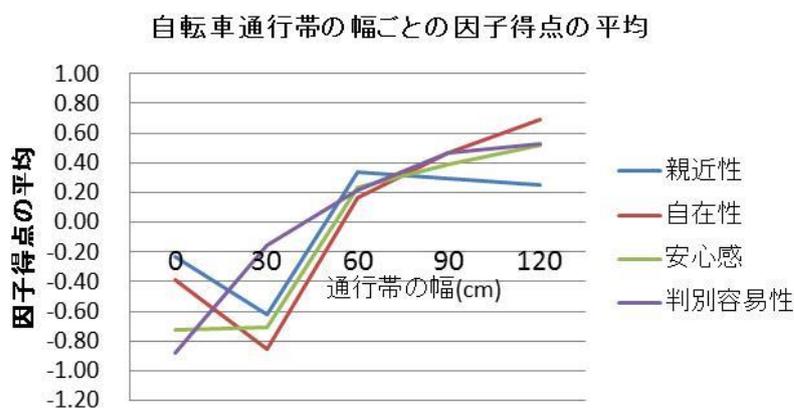


図-8 自転車通行帯の幅ごとの因子得点の平均

いての質問項目を利用し、被験者をヘビーユーザーとライトユーザーに二分する。具体的には、「ほぼ毎日」かつ「2km以上」利用している被験者をヘビーユーザー、それ以外をライトユーザーと定義し、それらのグループごとに自転車通行帯の幅についてグラフを描き、以下に示す。

ヘビーユーザー、ライトユーザーともに通行帯の幅とともに判別容易性因子は増加していく。これは、幅が広がるにつれて通行帯はより目立つようになることを示しているといえる。

また、それ以外の因子については、30cmで一度極小値をとっており、最も望ましくない幅として30cmを選んだ人が多かったことと整合する。好まれない原因としては、狭い走行目安からはみ出まいとハンドル操作に注意せざるを得なくなる（＝自在性の極端な低下）こと、またそういった空間に対して親しみを覚えられないこと（＝親近性の低下）が挙げられる。実際、インタビューでも「狭すぎて、歩道に乗り上げて転びそう」「狭いとその狭い中をまっすぐ進まなければならない強制感がある」といった証言が得られており、整合的である。

60cmより大きい領域については、ライトユーザーは各因子で増加を続けているのに対し、ヘビーユーザーは横ばいまたは減少に転じる因子も出てきている。この傾向の差が、広い幅の通行帯に対して賛否両論になっていることと関係していると考えられる。

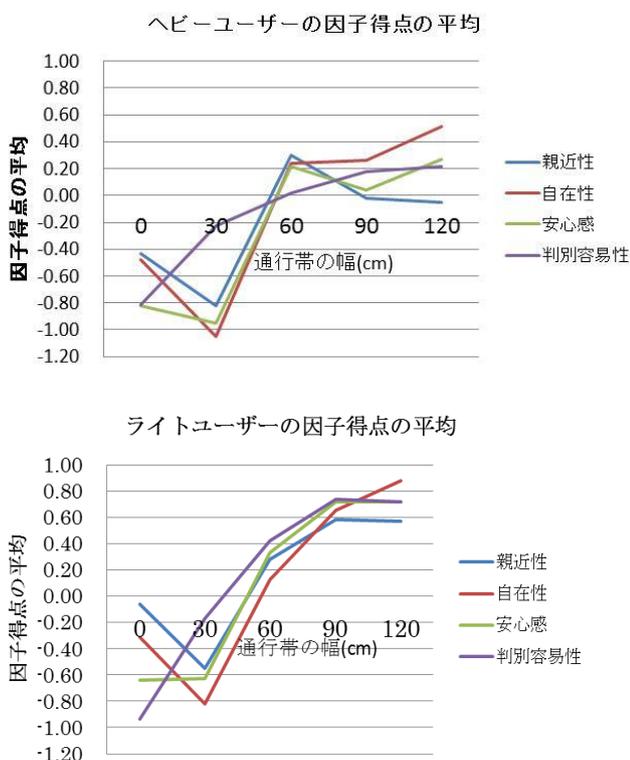


図9 ヘビーユーザーとライトユーザーの因子得点の平均

インタビューで得られたコメントを参照すると、広い幅に肯定的な意見には「少し操作がぶれても安全な気がする」「自転車用の領域さえ走っていれば車が避けてくれそう」、否定的な意見には「幅を広げすぎると車が通行帯を認めてくれなくなりそう」「通行帯を広げて車道が狭くなると、車が通行帯に入ってきてしまう」といったものがあった。

つまりハンドル操作に自信がない人は操作のぶれを許容できる広い幅を好む一方、自信のある人はむしろ車が通行帯に侵入し通行空間が区分されている感覚が弱まることに危機感を覚える傾向があると言える。なお、前者はライトユーザー、後者はヘビーユーザーに概ね対応していた。

f) その他の制御変数と因子得点との関係

対向車の交通量・追い抜きの自転車の速度・側方余裕について、因子得点の平均との関係を見る。

まず対向車の交通量については、判別容易性因子が他

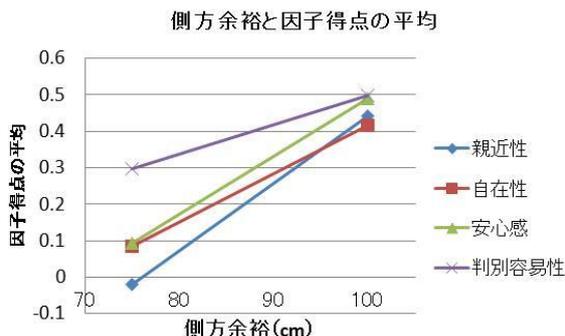
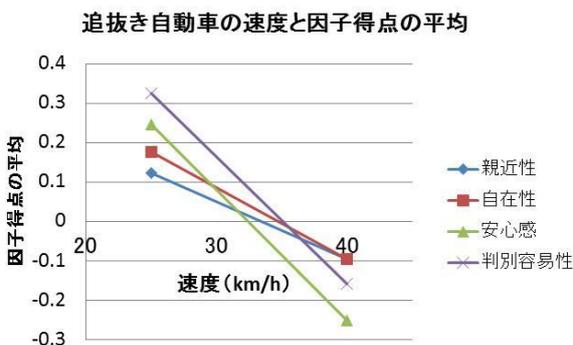
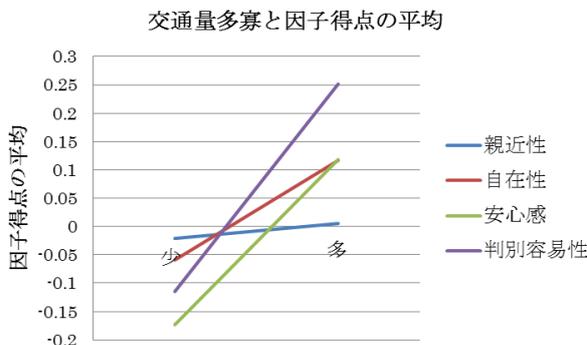


図-10 各制御変数と因子得点平均

の因子に比べて変化が大きい。このようになった理由としては、対向車の交通量が増えるに従って追い抜きの自動車が反対車線にはみ出ることが出来ないことを自転車利用者が認識し、自分の走るべき場所としての自転車走行目安を強く意識するようになった、といったことが考えられる。

自動車の速度については、おおよその傾向として、速度が上がると因子得点は下がるという関係があると言える。田宮ら⁷⁾の実道実験では、自転車の通行空間が0.75mであるとき、自動車の速度が上がるにつれて自転車利用者の危険感も上昇していくという結果が出ており、自転車の右側方間隔が0.75mであるときには自動車の速度上昇とともに自転車の通行安全性が低くなるとしている。因子得点の推移も同じ傾向を示しており、妥当と言える。

自動車との側方余裕については、やはり田宮らの実道実験から、側方余裕が増加するに従って自転車利用者の安全性は向上していく。したがって、今回の自転車シミュレータによる実験結果は妥当であると言える。

6. まとめと今後の課題・展望

(1) まとめ

本研究における成果は以下の通りである。

- 1) 制御変数の扱いや安全上の理由から、現実空間での実験が難しい空間制約下の道路について実験を行えるよう、自転車シミュレータを開発した。
- 2) シミュレータでは概ね現実感のある実験環境を提供できた。
- 3) 20組の形容詞対を利用したSD法による因子分析の結果、親近性、自在性、安心感、判別容易性という4つの因子が抽出された。
- 4) 各因子の因子得点には年齢や性別による差が見られなかった。
- 3) 最も望ましい自転車通行帯の幅としては60cmが最も多く選ばれ、次点は90cmだった。
- 4) 最も望ましくない自転車通行帯の幅は30cmで、これは主に自在性の大幅な低下が原因と考えられる。
- 5) ライトユーザーとヘビーユーザーでは、幅60cmより広い幅で因子得点に差がある。
- 6) 幅120cmに対しては賛否両論があったが、自転車の操作に対する自信とそれゆえの道路空間への認識の違いが反映されていると考えられる。
- 7) 対向車交通量の多寡・追抜き自動車の速度・自動車との側方余裕と因子得点との関係は、概ね妥当だった。

(2) 今後の課題

今回の実験では合計37名の方に被験者として協力していただいた。これにより、自転車通行帯に関する大まか

な傾向はつかむことができたと思われるが、具体的な設計へと踏み込むにはさらに多くのサンプルが必要である。

また安全上可能であれば、自転車シミュレータの現実との整合性を対照実験から確認するのが望ましい。

シミュレータの改善も必要である。特に被験者からの指摘が多かった、「歩行者の追加」「ガードレールの追加」「追い抜き自動車の数を増やす」「対向車の音声を流す」といった点については、早急に対応すべきだろう。

(3) 今後の自転車走行空間整備について

今後自転車走行空間が本格的に整備されることで、人々が自転車をより利用するようになるとすれば、操作に習熟した人が徐々に増えていくことになる。今回の実験では、操作に習熟した人はあまり広い幅を好まないということが示唆されたので、今後車道内に自転車通行帯を整備する場合には、人々が自転車に習熟していくことを考慮し、あまり広くなりすぎないように設計をするべきであると思われる。

ただし、本格的に車線内の自転車通行帯を設計するには、自動車側から見た自転車通行帯についても検証する必要があるのは間違いないだろう。

謝辞：本研究を進めるにあたって、東洋大学の高橋良至准教授には大変参考になる助言を頂いた。また、VR画像を制作して下さった旭エレクトロニクス様、ロータリーエンコーダのホルダーを急ピッチで製作して下さった大古精機様にも大変お世話になった。そして被験者として実験に協力いただいた皆様に、感謝の意を表したい。

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：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－，<http://www.mlit.go.jp/common/000207441.pdf>，アクセス日時 2013年5月1日 13:10
- 2) 山中英生，肌野一則，半田佳孝：利用者の挙動と安全感から見た自転車歩行者道におけるレーン表示の効果，土木計画学研究・論文集 Vol.19 no.4 pp613-618，2002
- 3) 大脇鉄矢，濱本敬治，木下立也，上坂克己：交通状況に応じた整備すべき自転車通行空間の選択に関する一提案，第41回土木計画学研究発表会，2010
- 4) 諸田恵士，大脇鉄也，上坂克己：自転車道及び自転車レーンの適用範囲に関する一考察，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，39巻 ppROMBUNNO378，2009
- 5) 杉本敦，鈴木邦夫：利用者評価からみた自転車走行空間の幅員と自動車走行速度の関係に関する考察，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，45巻，ppROMBUNNO307，2012
- 6) 宮城祐貴，山中英生，山川仁，田宮佳代子：自転車

- 利用者の危機感に着目した自転車レーンの設計基準分析, 土木計画学研究・講演集 No.22(2), 1999
- 7) 田宮佳代子, 山中英生, 山川仁, 濱田俊一: 車道端走行を想定した自転車通行空間の幅員に関する実験, 土木計画学研究・講演集 No.23(2) 2000
 - 8) 上北一博, 橋本好幸: エアロバイク型仮想空間移動シミュレータの作製とその操作性の評価, 神戸市立工業高等専門学校研究紀要, 48号, pp63-68, 2010
 - 9) 本田技研工業株式会社: Honda 自転車シミュレーター, <http://www.honda.co.jp/simulator/bicycle/>, アクセス日時 2013年5月1日 13:00
 - 10) 高橋良至: 補助事業概要の広報資料, 東洋大学ライフデザイン学部, 2011年
 - 11) 家田 仁, 鳩山紀一郎: 横断歩行者の視点からみた高齢化社会に向けた信号交差点の設計・制御法に関する基礎実験, 交通工学, Vol. 37, No. 6, pp. 51-60, 2002
 - 12) 木下知威, 山口 満: 色彩による景観の知覚特性に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, E-1, pp. 999-1000, 2001.
 - 13) 大西竜平, 瀬尾文彰, 高木清江: 環境のイメージ計画支援ツールの作成, 日本建築学会学術講演梗概集, E-1, pp. 973-974, 2001.
 - 14) 鳩山紀一郎, 板橋慎寛: 二段階横断方式の適用に向けた歩行者心理を重視した中央帯の設計手法, 土木学会論文集 D, Vol63, No.2, pp223~232,2007
- (?)

Bicycle Lane Designing within a Spatial Constraint Considering Rider's Psychology

Takuma CHO, Kiichiro HATOYAMA