

# 自転車シミュレータの再現性検証に向けた 混合交通下での走行挙動分析

宮之上 慶<sup>1</sup>・鈴木 美緒<sup>2</sup>・高川 剛<sup>3</sup>・屋井 鉄雄<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東京工業大学大学院 総合理工学研究科人間環境システム専攻  
(〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259)  
E-mail:miyanoue.k.aa@m.titech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京工業大学大学院助教 総合理工学研究科人間環境システム専攻  
(〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259)  
E-mail:mios@enveng.titech.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 シミュレーション・リサーチ・ラボ株式会社  
(〒107-0051 東京都港区元赤坂1-7-10)  
Email: tkgw@tlvroom.com

<sup>4</sup>正会員 東京工業大学大学院教授 総合理工学研究科人間環境システム専攻  
(〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259)  
E-mail:tyai@enveng.titech.ac.jp

自転車の車道走行が強化され、各地で走行空間の拡充が検討されて整備が進む中、自転車利用者にとって決して快適だとは言えない空間が存在している。この現状を受け、走行空間を設ける際に安全性や利便性に対して事前評価が重要であり、車道走行する自転車の数が少ない現在では顕在化していない事故のリスクや心理的状态を検証する必要があると考えられる。そのための一つのツールとして近年、自転車シミュレータ（以下、CS）が注目されている。そこで、CSを用いた分析の妥当性は重要な検討課題であり、対象とする交通場面や自転車運転制御の再現性に大きく依存する。本研究では、自転車走行環境及び、運転者の走行挙動を分析するためのCSの開発において重要な再現性検証課題について、主に運転感覚の点から検討し、混合交通下での実走実験も行った上で、CSにおける再現性検証項目について考察した。

**Key Words** : 自転車シミュレータ, 再現性検証, 混合交通, 走行挙動, 視線挙動

## 1. はじめに

自転車は、日常的な短距離の移動においてニーズが高い交通手段であり、近年では地球環境への負荷の軽減のために、都市内における自転車の利用が促進されることが期待される一方で、歩道通行に起因する事故が深刻化し、自転車が関連する交通事故の割合は増加傾向<sup>1)</sup>であることから、今後日常的な都市内交通手段として広く自転車の利用促進を図るために、自転車が快適かつ安全に走行できる空間の整備が必要である。

ガイドラインが作成されて以降、全国各地で自転車走行空間の整備が本格化する中、ガイドラインでは、自動車走行速度や交通量等の理由から、本来、構造的・空間的分離が必要な路線であっても、幅員の制約により整備困難な場合には、暫定的な形態として車道混在での整備を検討することとなっている。また、自転車専用レーンの整備が行われる場所でも、走行空間の結節点・端点では車道混在・歩車混在となり、さらに、単路部でも、路上駐車や自転車同士

の追い抜き・追い越しといった車道混在の状況は存在する。このように、整備がネットワーク規模で整備がされる中でも、歩行者・自転車・自動車相互の安全性の観点から依然として検討が必要な場面は存在する。このような現状を受け、自転車走行空間を設ける際には、空間としての効率性や、上記で述べたような個々の状況における安全性評価を事前に行うことが重要である。そのためには、車道走行する自転車の数や整備延長も少ない現在のわが国の状況では、個々の路線での交通の特徴も関係することから、実環境から走行空間の事前評価をすることは困難である。

そのための手段として、自転車シミュレータ（以下、CS）の有用性が期待されている。そこで、まず、自転車走行の安全性分析のために、シミュレータ上で表現されるべき自転車の挙動や走行感覚について、ある程度の再現性が必要となるが、その再現性について整理されたものが存在しない。

そこで、本研究では、自転車走行環境及び運転者

の走行挙動を分析するためのCSの開発において重要な検討課題である、シミュレータにおける走行挙動・走行感覚の再現性について、再現性とは何かを述べた上で、文献調査により我々の目的とするCSの再現性課題を整理し、また、我々が所持する現状のCSにおいて、上記の再現性課題を解決する上での技術的な制約条件を整理する。次に、自動車走行速度や交通量等の理由から、本来構造的・空間的分離が必要な路線であっても幅員の制約により整備困難であり、現在、車道混在となっている路線を対象に、実走実験を行い、上記で検討した再現性項目の重要性について検討した上で、混合交通下での自転車の走行挙動分析を行った。

## 2. 日常的な自転車運転とCS挙動の再現レベル

日常的な自転車利用環境の中での自転車走行挙動の取得を目的とした我々の開発するCSの再現性項目を整理するために、まず、自転車運転(Cycling)とは何かについて考えていきたい。

### 2.1 一種の運動学習

初めて自転車に乗った時に、バランスを取りながら安定した自転車走行が出来るようになるまでに長時間を要した。自転車の乗り方を理解する行為は、一種の運動課題であり、これは、例えば「 $1 + 1 = 2$ 」という数式を理解することとは全く異なる学習過程である。つまり、Cyclingとは、自転車の乗り方を理解するという運動課題であり、①全般的な自転車の乗車方法を頭で学習する、②身体を用いて自転車や自身の動きを制御する、という、二段構えの過程である。この二つの過程の中で、我々は、交通場面の中での自転車の乗り方を理解している。

#### ①学習過程

自転車の乗り方を学習する際に、バランスを取りながら自転車を進めようとすることは、自転車と運転者の運動や周辺環境との相互関係を理解するためのプロセスであり、理解には長時間を要する。言い換えれば、外部世界の仕組みを脳の内部で模倣・シミュレーション可能にするためのモデルを築くプロセスであり、このモデルは内部モデル<sup>2)</sup>と呼ばれている。このモデルを築いた後に、我々は、次に何が起こるのかについて予測が可能となる。

#### ②制御過程

自転車の運動や周辺環境との相互関係を頭の中で理解するだけでは、安定したCyclingとはならない。一度頭で理解した後、つまり、自転車運転の内部モデルを構築した後に、適切なバランスを取ったり、軌跡を辿ったりするために、その内部モデルを使ってモデルを強化し、短時間かつ少しの努力で反射的に反応できるようにする。この状態は、自動化(Automatism)<sup>3)</sup>と呼ばれている。

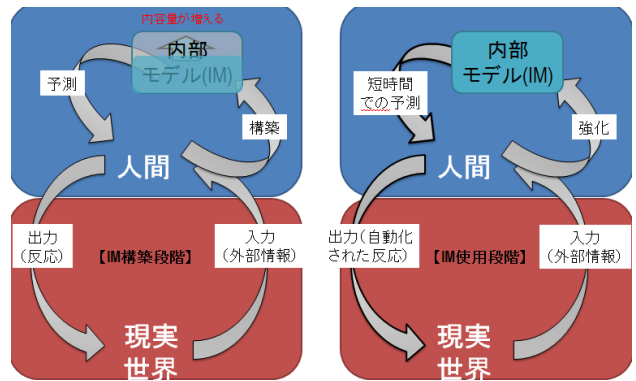


図1. 運動学習過程の概念図

### 2.2 一種の意思決定プロセスが存在する課題

我々のCSは、自転車運転の安全性向上や自転車構造の強靱性向上を解析するためではなく、ある道路空間における他交通主体との相互関係を、特に安全性の観点から分析するために開発されている。それには、他主体との相互関係を認識し、その関係の中から次に何が起こるのかを予測、その認識や予測を基にどう次に行動しなければならないのかを決定し、最後にその決定を基に行動(運転)する必要がある。つまり、日常的な自転車運転とは、自転車操作や他主体との相互関係がある中での意思決定過程、と位置づけられる。戦争や経営分野で用いられている戦略モデルを参考に、日常的な自転車運転がどのような戦略のもと、行われているのかを図式化すると、図2のように示すことができる。そこで、我々が再現性を考える上で注目すべき、意思決定プロセスは戦術(tactics)に相当すると言える。

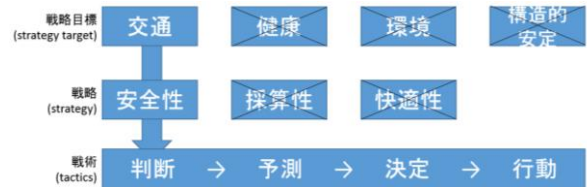


図2. 戦略モデルに準じた自転車運転の概念図

### 2.3 一種の同期的マルチタスクな課題

日常的な交通場面は複雑であり、その複雑な状況の中で、我々は同時に多くのことに注意を払い、同時に複数のタスクをこなしていく必要がある。しかし、これらを全て処理可能かと言えば、我々には同時に処理できる情報処理量に限界があることが知られている。また、同時に処理するタスク間の関係性は競合的であり、これらの人間の特性から、①安全な自転車運転に対して適切なタスク量配分があること、②情報量が多すぎる場面(複雑な交通場面)では情報超過になり得ることが言え、適切なタスク量配分ができず、情報量が多すぎる場面で我々は人的ミスを引き起こすと考えられる。このミスは、自転車を操作する行為だけでなく、周辺環境の認知にも及ぶ。つまり、日常的な自転車運転はマルチタスクな活動であり、かつ複雑な状況下でのタスク量やその配分に大きく影響されるものであるということが出来る。

## 2.4 結論

上記で述べた観点から自転車運転について整理すると、以下のようにまとめられる。CSで日常的な自転車運転挙動を被験者から取得するために必要なCSの再現性には、これら5つのごく自然な人間の特徴に基づいて考える必要があると言える。安全性分析には、運転時の車体制御（操作）と状況把握（認知・判断）との間の情報処理バランスに着目し、自転車運転がマルチタスクで意思決定プロセスが必要なものであることを理解する必要がある。つまり、シミュレータ上での各タスクの情報処理量や配分に配慮しなければ、意思決定プロセスに影響し、最終的には運転挙動にまで影響が出てしまうということである。そこで、我々の目的に適ったCSは、シミュレータ上の自転車制御において、適切な、すなわち、実際の自転車制御より簡単でもなく、難しくもない、全く同じレベルの難しさを探し求めることで達成されるものであるとすることができる。ここで、シミュレータ上の自転車制御の難易度を可制御性(controllability)と呼び、次章以降で、シミュレータの可制御性について述べ、我々が検討すべきシミュレータの再現性について考察する。

- 我々は、既に自転車運転における内部モデルを個々の経験や技術レベルに応じたものとして所持している。
- 我々は、常に学習し、内部モデルや脳内に蓄積されたデータベースは新しい状況に適應するために刻々と変化している。
- 我々は、意思決定プロセスを経て行動している。
- 我々は、情報処理に対して一定の許容量があり、それゆえに、複雑な状況下では複数のタスクを同時に処理しなければならない
- 我々は、許容量を超える情報処理量や、競合的なタスク処理における不均衡さによって人為的ミスを引き起こしている。

## 3. シミュレータの可制御性の検討

### 3.1 人間とシミュレータ

人間に対するシミュレータの可制御性について考えると、“人間”と“シミュレータ”を一つのシステムとして扱う必要がある。そこで、シミュレータをコントロールするために、二つの方向性があると考えられる。

- ①人間をシミュレータに合わせる
- ②シミュレータを人間に合わせる

①に関しては、人間をシミュレータが制御できるようになるまで鍛えることを意味している。つまり、最初は全ての自転車運転者がシミュレータに適應できるというわけではない。我々のシミュレータは、一般的な自転車運転者の日常的な運転挙動を取得するためのものであり、シミュレータ上で普段通り運転できるように訓練した運転者のみを対象にしているわけではない。さらに、シミュレータ上で訓練す

るといふ、普段とは違った状況・感覚の中で自転車を運転することで、運転者自身の持つ内部モデルに変化が生じていることは言うまでもない。これらの理由から、①の人間をシミュレータに合わせるという方向性は、我々のCSが求めるべき本筋とは言えない。

一方で、②は、人間が普段自転車を運転している感覚のままシミュレータ上でも自転車を制御できるように、すなわち、内部モデルも意思決定プロセスにも変化がない状態で運転できるように、シミュレータを調整することを意味する。よって、運転者の自然な運転挙動を取得するためには、②の「シミュレータ」を人間に合わせるという方向性のみが合致すると考えられる。

### 3.2 シミュレータを人間に合わせる

“人間”と“シミュレータ”を一つのシステムとして考え、人間が外部情報を得てから状況を認識し、これから起こることを予測し、予測に基づいて行動を起こすまでの過程を表した概念図を図3に示す。ここで、確かめなければならない可制御性は、具体的にどの部分の情報なのか。まず、我々のCS開発目的にもあるように、自然な運転挙動を取得することが目的なので、図3の中では、 $D$  (人間→RM) =  $D'$  (人間→BM) という関係性である必要がある。そのためには、行動に至る意思決定プロセスや内部モデルが現実と仮想現実との間で同じである必要があるため、必然的に  $C$  (IM→人間) =  $C'$  (IM→人間)、 $B$  (人間→IM) =  $B'$  (人間→IM) ということになる。そこで、現実と仮想現実から人間が得る外部情報の関係性について考えると、この2つは絶対に一致しない。 $(A \neq A')$  なぜなら、仮想現実の環境を完全に現実のものと同しく表現する技術が存在しないからである。よって、我々はシミュレータの可制御性を検討するに当たり、 $A \neq A' \rightarrow B = B'$  にする(現実と仮想現実で得ることができる外部情報は異なるが、その外部情報を使ってある状況を人間が各々の世界で同じように認識する) 仕組みが必要であると考察できる。

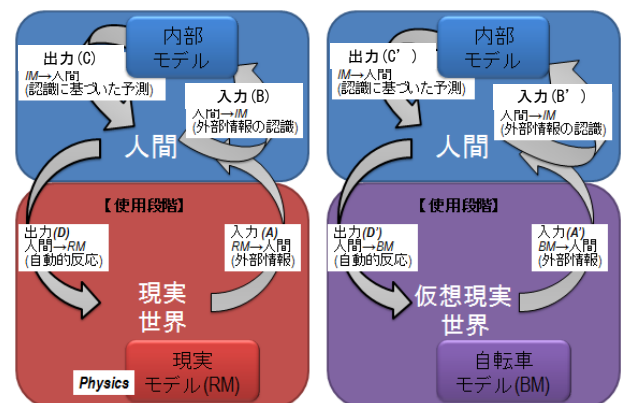


図3. 現実世界と仮想現実世界における外部情報の認識から行動までの過程を表した概念図

### 3.3 結論

自然な運転者の挙動を得るには、我々は運転者に現実と同じ運転感覚を経験させるために、シミュレータ（自転車制御モデル&仮想現実空間）を人間に合わせて調整しなければならないと言える。その調整のために、シミュレータ上で現実と全く同じ情報を運転者に与えることはできないことを考慮に入れた上で、以下の2つの方向性がシミュレータの再現性確保において重要だと結論付けることができる。

①状況を認識するのに我々は外部情報を全て利用しているのか

( $A \neq A'$ でもBとB'との関係性に影響を与えない)

②現実とは異なる外部情報を仮想空間上で与えることで、本来、外部情報の認識の差が生じてしまう場合でも、意思決定プロセスに問題が生じないような補完的な外部情報を別途与えることが可能か

( $A \neq A'$ でも $B=B'$ となるようなA'が存在する)

次章では、実際にどのような外部情報を自転車運転中に得ているのかについて考察を行う。

## 4. CSの再現性検証項目の整理

### 4.1 シミュレータ酔いと外部情報

シミュレータの再現性を考慮する上で重要な要素として位置づけられるものの一つにシミュレータ酔い<sup>3)</sup>の存在がある。シミュレータ酔い<sup>3)</sup>は、広義には動揺病とも呼ばれ、一般には乗り物酔いと呼ばれている。生じる環境要因を指して、船酔い、車酔い、VE酔い、宇宙酔いなどと呼ばれることもあり、シミュレータ酔いは動揺病の一種として扱われている。

シミュレータ酔いの発生要因として、視覚、深部知覚、内耳前庭からの情報は、通常では平衡を保つために円滑に処理されているが、長時間の不規則な刺激により中枢での情報処理に混乱が生じ、酔いが発生するという説（感覚性入力<sup>4)</sup>の矛盾説<sup>4)</sup>）が現在最も有力視されている説である。

シミュレータにおける再現性を考える上で、シミュレータ酔いに関して考慮することは前提条件ともいえる。また、視覚・前庭・体性感覚が関与していると言われていることから、我々が普段生活している上でも、これらの3つの感覚から主に外部情報を得ているものと考えられる。そこで、次節では、自転車運転中に取得が想定される外部情報について、視覚・前庭・体性感覚の3つの感覚の観点から整理を行っていく。

### 4.2 自転車運転中に取得している外部情報

視覚・前庭・体性感覚という人間の3つの感覚に基づいて、自転車走行中に取得が想定される外部情報を表1に示す。

表1. 自転車走行中に取得していると想定される外部情報

|         | 視覚                                 | 前庭         | 体性感覚                                   |
|---------|------------------------------------|------------|--|
| 速度      | ・オプティカルフロー<br>(加速・定速)              | ・加速<br>・減速 | ・風圧<br>・ペダル圧力                          |
| 傾き      | ・視野の傾き<br>・自動的ハンドル角による左右振れ         |            | ・身体バランス(サドルの反力)<br>・自動的ハンドル力<br>・ペダル圧力 |
| ステアリング  | ・手動的ハンドル角による左右振れ<br>・オプティカルフロー(回転) | 回転速度       | ・ハンドル力<br>・遠心力<br>・ペダル圧力               |
| ブレーキ    | ・オプティカルフロー<br>(ブレーキ・減速)            | ・減速        | ブレーキ力                                  |
| 慣性力(段差) | ・段差・勾配の存在の認識<br>・その大きさの認識          |            | ペダル・サドル・ハンドルでの振動                       |
| 慣性力(勾配) |                                    |            | ・ハンドル力<br>・ペダル力<br>・ブレーキ力<br>・サドル圧力    |

## 5. 本研究で用いているCSの概要

CSの概略図を図3に、システム構成を図4に示す。自転車のふらつきや傾きを表現しながら、ヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）の使用によって視界制限を軽減し、2D画面を用いないコンパクトな作りとなっている点が特徴である。また、運転者自身の自転車を使用可能であり、様々な形状の自転車を常用している日本人にとって、走行感覚の向上につながっている。

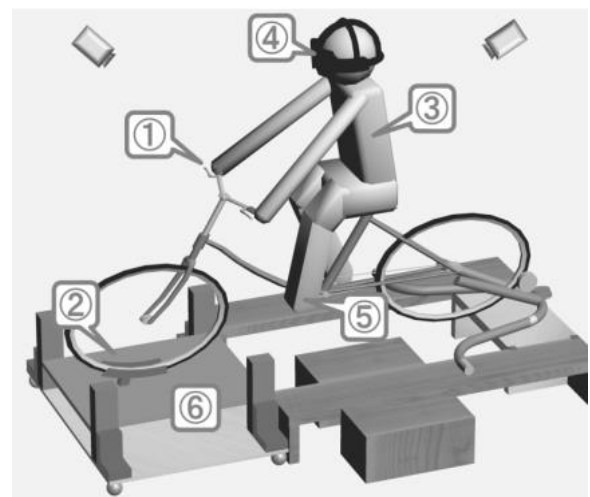


図3. CSの概略図

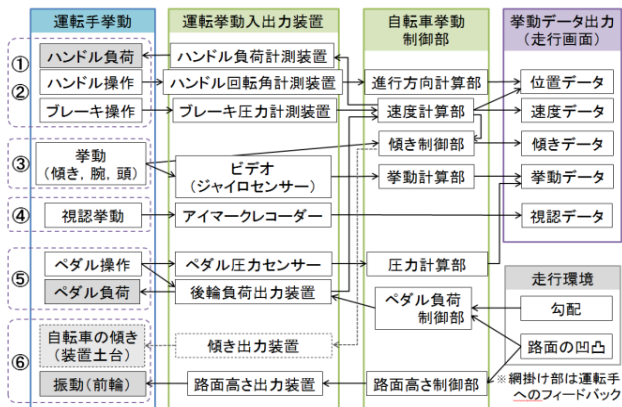


図4. CSのシステム構成

4章で考察した、視覚・前庭・体性感覚に関して、自転車運転のシーン別（発進・加速・定速・空走・再漕ぎ出し・カーブ・蛇行・制動・停止・その他道路条件）に再現性項目を視覚・前庭・体性感覚に関する再現性検討項目を、我々のCSの現状とそれに関する課題も併せて表2に整理した。特に、遠心力感やステアリング感が大きな課題である。

表2. 現状のCSにおける再現性検討項目と現状・課題

|           | 再現性項目               | 現状・課題   |
|-----------|---------------------|---|
| 発進        | 漕ぎ始めのふらつき感          | 自転車前後輪とも支えられているので実際よりも少ししか傾かず、ステアリングでバランスを取る必要もない   |
|           | 自転車を安定させる           |   |
| 加速        | 加速感                 | 制限視野内での Optical flow とペダル反力のみが頼りである   |
| 定速        | 定速感                 |   |
| 空走        | 空走感                 | Optical flow のみ。路面抵抗は実際と違うため、少し実際よりも早く止まってしまうが、HMDを被っているため、再漕ぎ出しのペダル負荷さえ調整できれば、実際に車輪が止まってしまうかしまわらないかという問題は関係がなくなる |
| 再漕        | 再漕ぎ出し時のペダリング感       |   |
| カーブ<br>蛇行 | 曲る方向へ体重移動時の自転車の傾き感  | 後輪支持部によってある程度傾くようにはなっているが、実際と傾き方や傾く角度は異なる   |
|           | 自転車傾き後の自然なステアリング感   | 実際に走行しているわけではないので、傾いた後の重量効果・ジャイロ効果・キャンバースラスト効果→セルフアライニングトルク・トレイル効果は厳密にはステアリングに表現されない                              |
|           | 意図的なステアリング感         | ステアリングが軽い（ステアリング反力機構が無い）  |
|           | 遠心力感                | 遠心力発生装置は無い  |
| 制動<br>停止  | ブレーキのかかり具合          | 前後輪ブレーキモデルの調整   |
|           | 前のめり感（前後輪ブレーキによる違い） | アクチュエータ機構の調整  |
|           | 自分の思った速度まで下げられるかどうか | 前後輪ブレーキモデル（ブレーキレベル）の調整  |
| 道路条件      | 段差・勾配の存在認識          | VR映像の調整   |
|           | 段差を越えるときの振動感        | アクチュエータ機構の調整  |
|           | 勾配時の慣性力感とペダル負荷との関係  | ロードジェネレータの回転抵抗調整限界  |

## 6. 再現性項目検討のための実走実験

### 6.1 実走実験の概要

シミュレータの再現性項目として重要かつ優先的に検討する必要があるものを、ある車道混在道路を観測対象（町田街道・都道141号線，町谷原交差点～金森交差点）に、速度計・3軸角速度センサ（ハンドル回転・頭部回転）・ビデオカメラ付PC（後景撮影）・ボイスレコーダ（交通音）アイマークレコーダ（視線・注視観測，前景撮影）を取り付けたプローブバイクを用いて実走実験を行った。

被験者は20代の眼鏡を着用していない男子学生5名である。アイマークレコーダはnac社製EMR-9のキャップタイプのものを使用した。実走中、路面の凹凸による振動や風により帽子がずれる影響が懸念される場合にのみ、帽子に顎ひもを取付け、帽子をより固定した。

### 6.2 実験手順と注意事項

実験手順と注意事項は以下のとおりである。

#### ① アイマークレコーダのキャリブレーション

屋外でキャリブレーションを行う際に、日光の光量やキャリブレーションに適した平面を確保することが困難なため、屋内でキャリブレーションを行った後、実験観測場所までアイマークレコーダ用のキャップを固定して移動した。

#### ② 実験開始

速度計・3軸ジャイロセンサ・後景撮影用のビデオカメラ・ボイスレコーダ・アイマークレコーダのスイッチを入れ、走行開始した。

#### ③ 実験中

普段通りの走行を被験者に指示し、被験者や周辺の交通に影響が出ないように、大きく距離を取って被験者を追従した。観測区間（約1.5km）を被験者は全員、2～3往復している。

## 6.3 実験結果

### 6.3.1 走行速度（走行時）

2～3往復分の走行時（停止時は省く）の被験者5人分の平均速度を表に表す。走行時の平均速度は22～26km/hであり、被験者全員の平均は23.5km/hであった。

表2. 走行時の平均走行速度

| 単位:<br>km/h | 1st<br>(往) | 2nd<br>(往) | 3rd<br>(往) | 1st<br>(復) | 2nd<br>(復) | 3rd<br>(復) | 平均<br>速度 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 被験者<br>I    | 21.1       | 20.6       | 24.9       | 22.5       | 21.5       | 21.3       | 22.0     |
| 被験者<br>M    | 22.7       | 24.5       | /          | 21.8       | 22.8       | /          | 22.9     |
| 被験者<br>S    | 24.2       | 24.5       | 27.6       | 24.5       | 27.2       | 28.2       | 26.0     |
| 被験者<br>N    | 21.4       | 21.9       | 22.8       | 20.8       | 20.9       | 23.5       | 21.9     |
| 被験者<br>K    | 23.8       | 28.2       | 22.2       | 24.8       | 25.3       | 24.7       | 24.8     |
| 平均速度(全体)    |            |            |            |            |            |            | 23.5     |

### 6.3.2 視線方向割合

図5に被験者3人（N・K・M）の視線方向割合を示す。路面や縁石を見る割合がNとKに関してMよりも高くなっているのは、路肩走行をNとKがする時間が長かったため、路面凹凸や縁石の存在をより意識したためである。車道左端を走行していたMは、路面に意識が行かない分、前方や先行車信号に対して、より意識がいくようになっていいることがわかる。

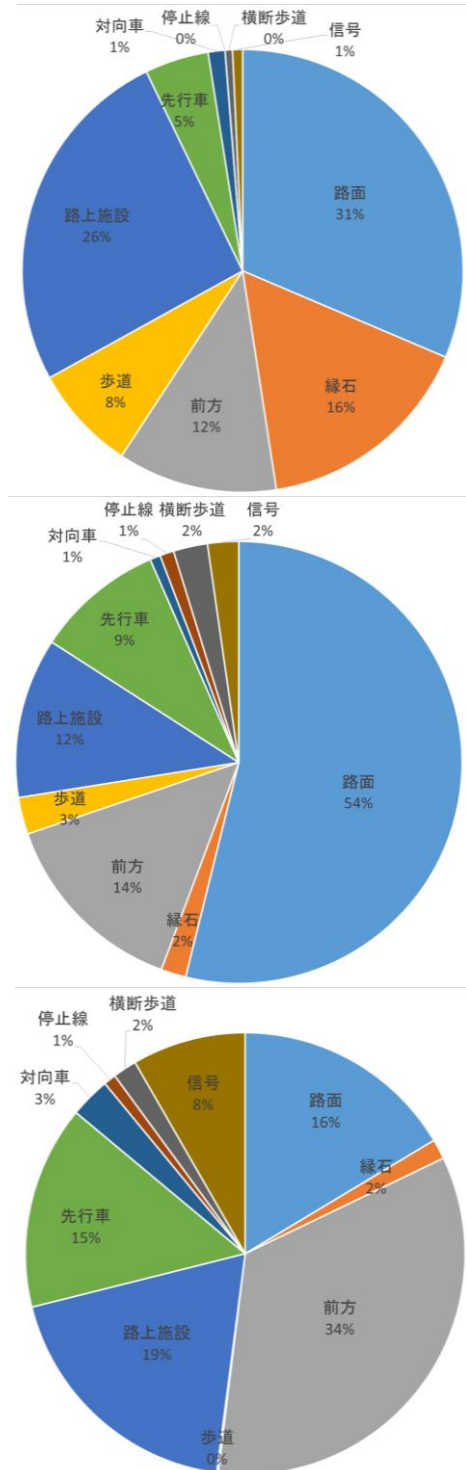


図5. 視線方向時間割合  
(上：被験者N 中：被験者K 下：被験者M)

### 6.3.3 視線移動回数と時間

表3に平均視点滞留時間と、表4に平均視点滞留回数を示す。路面や路上施設、前方における滞留時間が比較的長く、対向車や停止線、横断歩道など、一瞬で判断できるものに関しては比較的短くなっている。

表3. 平均視点滞留時間(s)

| 平均視点滞留時間(s) | 路面   | 縁石   | 前方   | 歩道   | 路上施設 | 先行車  | 対向車  | 停止線  | 横断歩道 | 信号   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 被験者 N       | 0.51 | 0.15 | 0.27 | 0.16 | 0.30 | 0.42 | 0.13 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| 被験者 K       | 0.43 | 0.30 | 0.37 | 0.45 | 0.47 | 0.21 | 0.25 | 0.00 | 0.34 | 0.28 |
| 被験者 M       | 0.47 | 0.44 | 0.68 | 0.05 | 0.49 | 0.44 | 0.23 | 0.27 | 0.19 | 0.54 |

表4. 平均視点滞留回数(回)

| 平均視点滞留回数(回) | 路面  | 縁石  | 前方  | 歩道 | 路上施設 | 先行車 | 対向車 | 停止線 | 横断歩道 | 信号 |
|-------------|-----|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|------|----|
| 被験者 N       | 209 | 24  | 104 | 20 | 77   | 60  | 12  | 21  | 40   | 37 |
| 被験者 K       | 139 | 103 | 60  | 42 | 106  | 42  | 9   | 0   | 3    | 5  |
| 被験者 M       | 63  | 6   | 90  | 4  | 69   | 61  | 20  | 6   | 17   | 28 |

### 6.3.4 その他

その他、観測された走行挙動を列挙する。

#### ①視覚

- 後方確認時、中心視で後方車を捉えきることなく、確認を終了していることがある。
- 音のする方向へ視線も頭も向く。
- 複雑な交通状況の場合、瞬きの回数が増え、サカード現象（今回は、使用したアイマークレコーダの性能範囲）も頻繁に起こる。
- 中心視でいくつかの交通状況を複数認識している場面がある
- 注視対象の重要度や視界に入ってくる速度によって、視線移動とそれに伴う頭回転の挙動が異なる

#### ②聴覚

- 音のする方向へ頭も視線も向く。
- 後方車が近づく音により、走行位置の変化やハンドル回転、頭の回転が連動していることがある。

## 7. 結論

CSを開発する上で、重要な検討課題である運転挙動と運転感覚に関する再現性の方向性を論じ、また、再現性検討項目を考慮する際に自転車走行中に取得が想定される外部情報について検討し、シミュレータ酔いを参考に、視覚・前庭・体性感覚の情報に基づいて整理を行った。さらに、実走実験を行うことで、視覚・前庭・体性感覚が重要であるということ以外にも、音の情報等が重要であることが示唆された。また、再現性項目の検討をしながら、視線挙動や注視点割合や走行速度といった、車道混在道路での基礎的な走行挙動分析を行った。今後の予定としては、実走実験で観測された項目の再現性に関する重要度について更なる考察を深めていくつもりである。

#### 参考文献

- 1) 国交省道路局，警察庁交通局，安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，2012
- 2) Madhusudhan Venkadesan, Dynamic Dexterous Manipulation: Benefits of the edge of instability in exploring complex dynamical behavior, A dissertation presented to the faculty of the graduate school of Cornell university in Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of doctor of philosophy, Jan. 2007
- 3) 高桑義直、栗屋伊智郎、後藤真弘、久保壮、岡田卓三、岡田幸一郎、シミュレータ酔いの低減を目指したドライビングシミュレータの開発、三菱重工技報 Vol.46 No.3、pp.38-42、2009
- 4) 藤田信哉，動揺病の発症因子に関する臨床的研究-アンケート調査による発症因子の統計的検討-，No43，pp.378-388,1992