

# パーソナルスペースを用いた高齢者の自転車挙動に関する研究

濱田 貴啓<sup>1</sup>・大枝 良直<sup>2</sup>・角 知憲<sup>3</sup>・新谷 英朗<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 九州大学 工学府都市環境システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:hamada@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 九州大学 工学府准教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:oeda@doc.civil.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 九州大学 工学府教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:sumi@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 広島市役所 (〒730-8586 広島市中区国泰寺一丁目6-34)

E-mail:shintani@doc.kyushu-u.ac.jp

近年、自転車と歩行者の事故が増加しており、特に、高齢者の割合は非常に高くなっている。しかし、自転車通行に関する整備が進んでおらず、歩道が危険にさらされている現状は改善されていない。そこで、高齢者の自転車通行による事故の危険性を考慮した歩道整備および自転車道設計を行うため、公共空間における自転車の基本的な行動を、パーソナルスペースの概念を用いてモデル化する。加えて、本研究で得られたモデルを用いて、いくつかの道路設計製作をシミュレーションし、高齢者と 20 代の違いを比較した。

**Key Words :** *bicycle, personal space, bicycle track, pedestrian, the elderly*

## 1. はじめに

1978 年の道路交通法が改正されてから自転車の「歩道通行可」となって以来、自転車利用者の死亡者数が減じたが、歩道では歩行者が自転車の危険にさらされている。しかし現在は、歩道の自転車通行に関する整備は不十分で、その状況は改善されていない。原因として、現状の道路構造に自転車道等を入れる余裕がないこと以外にも、歩道における自転車交通の影響、および改善策の効果を把握できていないことが挙げられる。

現在まで、交通を再現する様々なモデルが提案されている。山中 (1999) <sup>1)</sup> はリスクパーセプションモデルを用いて混合交通状態をマクロな視点で表現している。また、半田 (2000) <sup>2)</sup> は歩行者換算存在密度・自転車混入率・方向率と主体の速度・挙動回数との関係を分析している。しかしこれらのモデルは、物理的な構造物を作って自転車・歩行者混合流を抑制する上で考慮されるべき個々の接触を考慮せず、個人の特性などが考慮されていない。一方、劉 (2006) <sup>3)</sup> はパーソナルスペースで表現した歩行者交通モデルを提案している。パーソナルスペースとは公共空間における歩行者・自転車乗用者が自分の周囲に他者との存在をどこまで許容するかとい

う概念である。このモデルはパーソナルスペースを測定でき、実験により現実の人の回避行動特性を組み込むことができる。これを応用した若年層の自転車のパーソナルスペースの研究は新谷 (2008) <sup>4)</sup> によって行われているが、高齢者に関しては行われていない。

本研究は、パーソナルスペースを用いた高齢者の自転車交通の挙動モデルの作成を試みるものである。また、自転車道設計を行うための足掛かりとして、いくつかの道路設計政策の効果が高齢者と若者で相違があるかをシミュレーションによって調べることを目的とする。

## 2. 歩行・走行行動の基本構成

### (1) パーソナルスペースの構成と行動の記述

本研究では自転車・歩行者行動モデルは人のまわりにパーソナルスペース (以下 P S) と呼ばれる目に見えない空間を想定する。本研究で用いる P S は、前方が長く、横、背後が短いという卵形で、すべての交通主体の周りに図 - 1 のような長軸長  $a$ 、短軸長  $b$  の卵型の空間 (P S) が存在すると仮定し、次のような行動を仮定する。

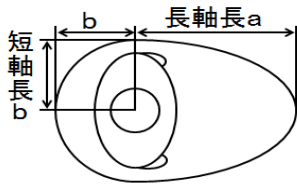


図-1 パーソナルスペース

それぞれPSを持つ2つの交通主体（歩行者・自転車）が接近し、互いのPSが接触しようとするれば、2つのいずれか、もしくは両者が、経路を変えてPSを維持する。また、密度が大きくなって、どう経路を選択しても初期のPSが維持できなくなる場合交通主体はPSを短縮して、同時に速度を減少させる。PSが交通主体の寸法ぎりぎりまで短縮した場合には、速度はゼロとなって停止するとしたものである。図-2に交通主体の行動のフローチャートを示す。

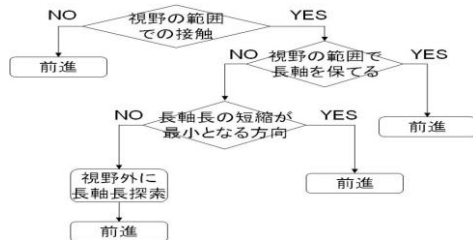


図-2 交通主体のフローチャート

(2) パーソナルスペースの測定

今回行った実験では 高齢者の男女 10 人に自転車に乗ってもらい下に記す条件下でビデオカメラを用い、実験場横の建物の 4 階の高さから撮影し、表-1に示したパターンで、前方距離、側方距離（図-3参照）を1パターン1人5回、計50回測定した。

表-1 測定のパターン

測定対象	回避対象	方法	測定内容
自転車	自転車	すれ違い	前方距離・側方距離
		追い越し	前方距離・側方距離
		停止	前方距離・自転車速度
	歩行者	すれ違い	前方距離・側方距離
		追い越し	前方距離・側方距離
		停止	前方距離・自転車速度
障害物	すれ違い	前方距離・側方距離	
	停止	前方距離・自転車速度	

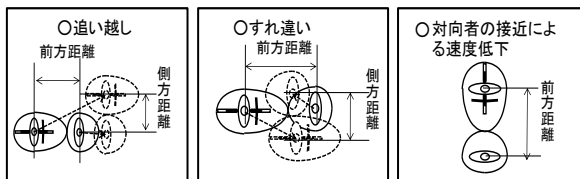


図-3 実験の様子

3. 測定結果

測定実験の結果より自転車のパーソナルスペースのデータが次の表-2のように得られた。

表-2 高齢者の自転車の長軸長と短軸長

対象	方向	長軸(m)	短軸(m)
対自転車	すれ違い	3.81	0.55
	追い越し	2.75	0.70
対歩行者	すれ違い	3.60	0.92
	追い越し	3.44	0.84
対障害物	回避	3.69	0.83

また、自転車の自転車への接近による速度低下は、次の図-4に示すようなグラフで表される結果となった。また、障害物・歩行者の場合も同様の結果となった。

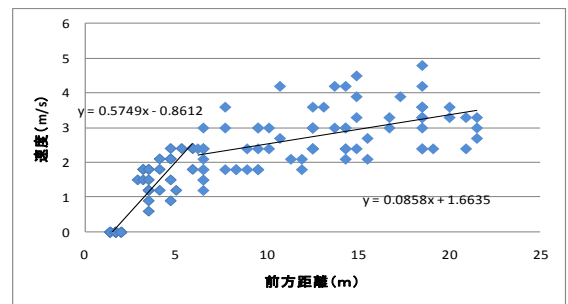


図-4 高齢者の自転車対自転車  
前方距離と自転車速度の関係

新谷 (2008)<sup>4)</sup> によって計測された20代のパーソナルスペースのデータを次の表-3、図-5に示す。

表-3 20代の自転車の長軸長と短軸長

対象	方向	長軸(m)	短軸(m)
対自転車	すれ違い	6.09	0.60
	追い越し	3.16	0.59
対歩行者	すれ違い	5.70	0.98
	追い越し	4.65	0.77
対障害物	回避	5.98	0.83

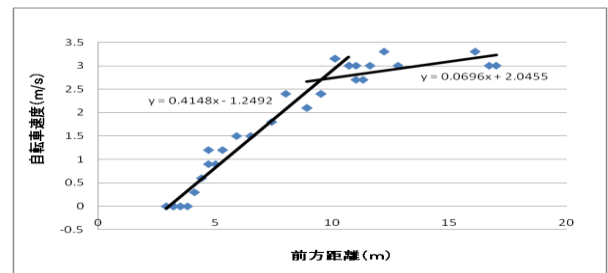


図-5 20代の自転車対自転車  
前方距離と自転車速度の関係

高齢者と 20 代のデータで検定を行ったところ、長軸長は有為な差が見られたが、短軸長には有為な差が見られなかった。

#### 4. 自転車・歩行者混合交通モデル

##### (1) シミュレーションによる既存研究との比較

清田 (2006)<sup>5)</sup> は長さ 5m×幅 3.5mの歩行空間における歩行者数と混入している自転車の速度の関係を測定している。新谷 (2008)<sup>4)</sup> は清田 (2006)<sup>5)</sup> の測定条件を同じくし自転車と歩行者をランダムに走らせシミュレーションを行い比較した。その結果を図-7に示す。新谷 (2008)<sup>4)</sup> の結果は清田 (2006)<sup>5)</sup> の測定に比べて、速度が遅い領域に偏っているが、ある程度の再現性が得られている。

新谷 (2008)<sup>4)</sup> のモデルをベースに高齢者のデータを用いて同様に長さ 5m×幅 3.5mの歩道を設定し、図-6に示す初期速度を与えながら区間内の歩行者数と自転車速度を 0.5 秒間隔で測定した。同じ自転車をダブルカウントしないため、測定値から自転車が 1 台かつ歩行者数が最大となる観測値を 5 秒以上の間隔をあけて抽出した。結果は図-7 の高齢者の示す線で示される。清田 (2006)<sup>5)</sup> の結果よりは全体に速度が遅くなっている。

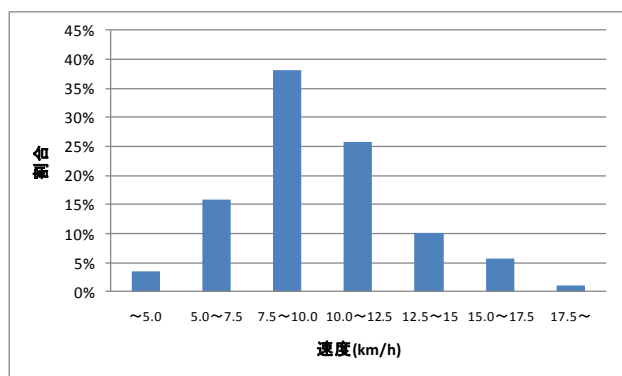


図-6 高齢者の自転車の速度の頻度分布

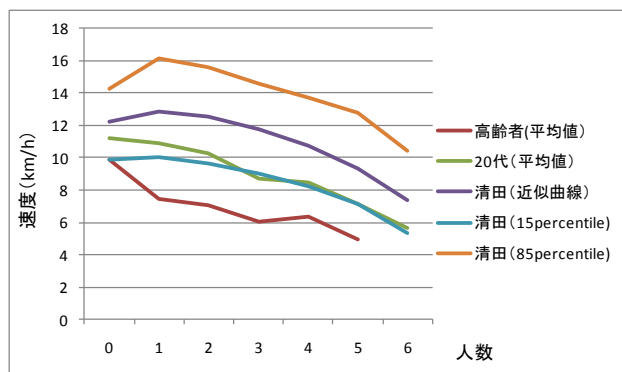


図-7 歩行者と速度の関係

##### (2) 幅員を変化させたシミュレーション

今回作成したモデルを用いて、(1) でシミュレーションした歩道幅員を変化させて自転車・歩行者混合交通を再現するシミュレーションを行った。歩道内の長さ 5 mの区間における歩行者が 3 人存在するときの自転車の平均速度を得た (表-4)。

表-4 幅員の変化による平均速度の違い

	高齢者(km/h)	20代(km/h)
幅 3.0m	8.19	9.29
幅 3.5m	8.48	9.88
幅 4.0m	8.48	10.0
自由走行時	9.53	11.0

これより高齢者・20代ともに幅員が拡大するにつれて自転車速度が増加していく様子が表れた。しかし、高齢者・20代のどちらの場合でも、自由走行時の平均速度よりは遅くなっているため、さらに幅員を拡大すると自由走行時の速度に近づくことが予想される。以上により歩行者・自転車お互いの干渉が少なくなり、交通が改善されることが定量的に表わせた。

##### (3) コーンを設置した場合のシミュレーション

(1) の条件に加えて延長5mの両端の中央部にコーンを設置して交通流を分流したシミュレーションを行った。コーンの大きさは50×50と30×30の2パターンでシミュレーションを行った。図-10, 11, 12, 13はシミュレーションの結果である。なおここで行った20代の場合のシミュレーションは新谷 (2008)<sup>4)</sup> の研究で用いられたデータを引用した。

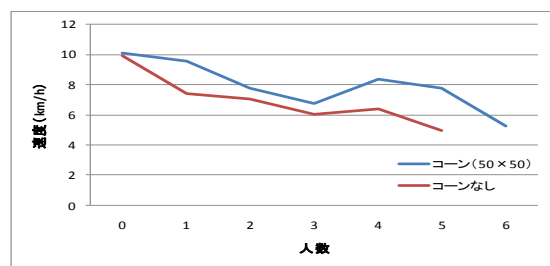


図-8 コーン (50×50) 高齢者

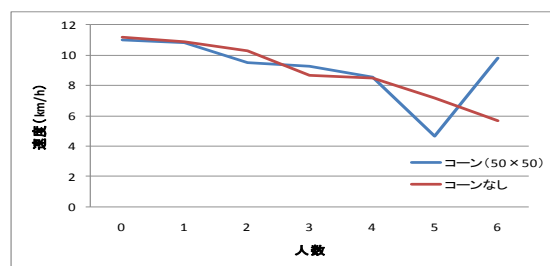


図-9 コーン (50×50) 20代

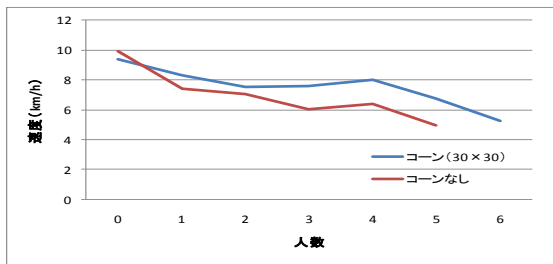


図 - 10 コーン (30×30) 高齢者

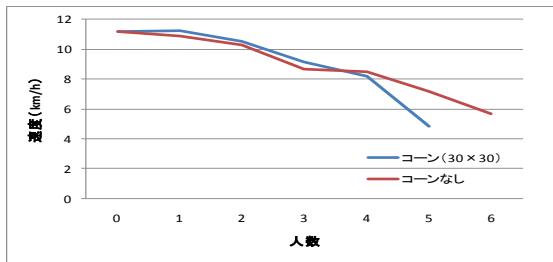


図 - 11 コーン (30×30) 20代

図-8, 9, 10, 11 よりコーンの設置によって交通流が分流したため、歩行者数が増加した時の速度低下が小さくなっており、スムーズな交通が行われていると思われる。だが、これは高齢者のみに限ったことで、20代にはあまり効果は表れていない。またコーンの大きさは50×50の方が30×30よりも自転車速度は速くなっている。高齢者の方が20代よりもコーンの影響は大きいと分かる。

## 5. おわりに

本研究では、高齢者の自転車挙動をパーソナルスペースを用いてモデル化するために高齢者に対して測定を行った。その結果、高齢者のパーソナルスペースの長軸長が20代と比べるとかなり狭いことが分かった。しかし、短軸長は有為な差は見られなかった。また、

接近して停止を行う実験により、高齢者は20代と比べて、急に減速を行うことも測定により分かった。測定によって求められたモデルから、様々な道路の条件でシミュレーションを行った。幅員を広げることによって、接触の少ない自転車交通が行われ、高齢者・20代ともに幅員の拡大が速度の向上に効果があることが分かった。さらに、コーンの設置は高齢者の場合に、効果がありそうだということが分かった。今後は高齢者のモデルの再現性の確認をし、様々な歩道条件でシミュレーションを行い群衆流動について詳しく解析する。

**謝辞：**本研究は平成21年度財団法人三井住友海上福祉財団の研究助成を得て実施したことを記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 山中英生：リスク・パーセプション予測モデルを用いた自転車・歩行者混合交通の評価，第19回交通工学研究発表会論文報告書，1999
- 2) 半田佳孝：自歩道等における自転車・歩行者混在交通の挙動分析，第20回交通工学研究発表会論文報告書，2000
- 3) 劉建宏：パーソナルスペースの概念を用いた公共空間における歩行者の群衆流動に関する研究，九州大学博士学位論文，2007
- 4) 新谷英朗：パーソナルスペースを用いた自転車・歩行者混合交通モデルに関する研究，西部支部発表概要，2008
- 5) 清田勝：歩行者と自転車の共用空間における歩行者の危険度評価，交通工学 vol41 No.12006,2006  
(2011.?? 受付)

## THE STUDY OF BEHAVIOR IN THE ELDERLY BICYCLE WITH CONCEPT OF PERSONAL SPACE

Takahiro HAMADA, Yoshinao OEDA, Tomonori SUMI and Hideaki SHINTANI

This study analyzes the behavior of bicycles in the elderly with personal space. Personal space is territory around person that they feel discomfort and risk of accidents. Personal space of bicycle and pedestrian is egg-shaped and long forward. I gained long axis and minor axis of elderly personal space from experimental results. Minor axis of personal space in elderly is similar to that in twenties but long axis of personal space in elderly is statistically different from that in twenties. In addition, expanding the width of the road, the less contact with pedestrians, bicycles can be suppressed slow down. More , it was found that installation of the cone is also effective for the elderly. This study could well represent the difference between elderly and young people.