

8. マルチエージェントシミュレーションによる歩行者と自転車の挙動分析 Behavior Analysis of Pedestrians and Cyclists by Multi-Agent Simulation

東京大学工学部都市工学科 30116 杉谷 芳宏

In recent years, bicycle riding is promoted as an environment-friendly vehicle. In Tokyo, a measure is carried out that fix passing belt separation between pedestrians and cyclists on sidewalks. However, the comfort and the safety of them have not improved effectively. This paper analyzes the effect and problem of this passing belt separation by multi-agent simulation. For creating a multi-agent simulation, the data of the existing researches are used. As a research result, it turned out that the comfort and the safety of cyclists don't improve even if all the members kept passing belt separation.

1. 研究の背景と目的と研究手法

日本では元来、自転車は歩行者と同等に扱われてきたため、自転車と歩行者は同じ空間を走行することとなっていた。そのために、欧米諸国に比べて自転車道の総延長は短く自転車と歩行者が完全に分離された自転車道はわずかである。しかし、近年の交通渋滞問題や環境問題から、自転車利用の促進を目指す施策がおこなわれている。

その施策の中で、最も実例が多いのが『現在同じ空間である自転車と歩行者の通行帯を別々の空間へと明確に分離する』という整備である。これらは大きく、『カラー舗装による視覚的分離』と『植物帯による物理的(完全)分離』に分けられる。これらの整備をおこなうことで、通行帯は分離されることになるが、放置自転車といった障害物や通行空間の狭さなどの要因のため、通行帯はあまり守られておらず、快適性・安全性があまり向上していないのが実情である。

では、整備した通行帯を全員が守って利用すると、快適性・安全性の変化はどのなるのか。本研究では、ある歩行者自転車道の観測に基づいて、この分離の効果を分析できるマルチエージェントシミュレーションの構築と、それを用いて『カラー舗装による分離』、『植物帯による分離』をおこなった場合の評価をすることとする。また、シミュレーションは既存研究および歩道観測より得られたデータを利用して作成することとする。

2. 既存研究のレビュー

本研究ではシミュレーションの作成において既存研究を利用することとする。既存研究は大きく分けて『歩行者・自転車の占有領域についての研究』と『マルチエージェントシミュレーションについての研究』に分けられる。マルチエージェントシミュレーションとは、対象物の挙動をモデル化し、その集合体として交通現象を再現するミクロモデルのひとつである。占有領域についての研究から、表1のデータが得られている。

表1 各場合の自転車が前方に保つ距離(単位:m)

	追い越し	すれ違い
高速度走行	6.3	9.6
中速度走行	2.8	5.7
低速度走行	1.6	3.9

留守洋平(2003)

また、マルチエージェントシミュレーションについての研究では歩行者のモデル化、および歩行者が横断歩道を通行するシミュレーションがあり、本研究ではこのシミュレーションを、歩行者と自転車の両方が発生するように改良している。

3. 歩行者自転車道の観測・調査

本研究では、板橋区高島平の高島通りの歩道を観測した。この歩道は、まっすぐで幅が一定で障害物が存在しない歩道であり、大きな道路と公園に隣接しているため途中から発生する交通が存

在せず、歩行者と自転車が通行同じ空間を通行している歩行者自転車道である。観測日時は1月17日(月)の午前7時40分から9時であり、通勤時間帯であるためグループ行動はなかった。歩道橋の上からこの歩道の約80m区間を80分間観測した。計測したデータは、

- ・自転車・歩行者それぞれの通行量・通行方向
- ・速度平均・速度分散
- ・進入位置
- ・回避行動回数

である。

通行量は80分間で歩行者43人、自転車393台であった。10分間別の通行量は図1に示したとおりである。これをシミュレーションに利用する。

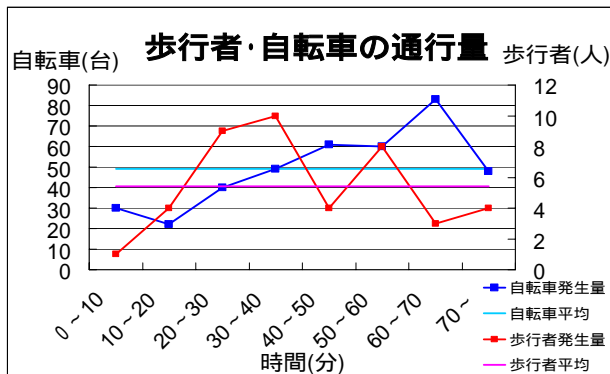


図1 歩行者・自転車の通行量

速度については80m区間での平均速度について計測した。その結果、表2に示すようになった。ただし歩行者はジョギングをしていた人の速度を除いたものである。これらの観測結果をシミュレーションで利用することとする。

表2 歩行者・自転車の速度データ

	速度平均(km/h)	速度分散
歩行者	4.43	0.67
自転車	14.00	7.01

進入位置については、歩道の右側から観測区間に進入したのか、左側から進入したのかについて調べたものである。その結果は図2に示すとおりである。歩行者・自転車の9割が左側通行をおこ

なっていた。シミュレーションではこの観測結果と同じ確率分布で歩行者・自転車を発生させることにする。

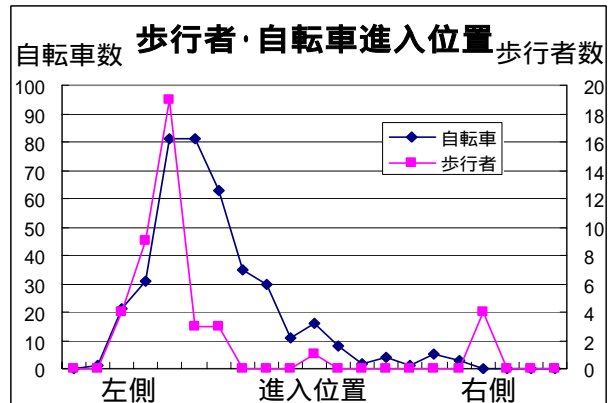
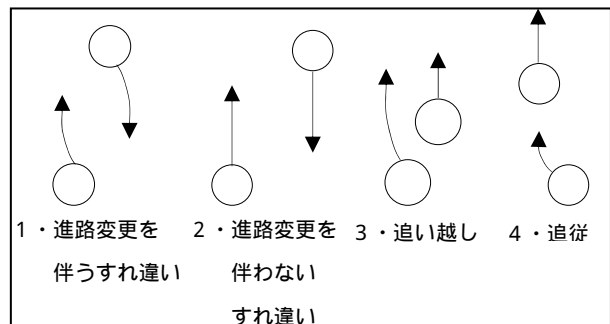


図2 歩行者・自転車の進入位置

回避行動の回数については、表3に示すようになった。回避行動の種類は図3のようにわけることとした。

図3 回避行動の種類

表3 回避行動の回数



	進路変更を伴うすれ違い	進路変更を伴わないすれ違い	追い越し	追従
歩行者と歩行者	8	34	0	0
歩行者と自転車	39	104	71	2
自転車と自転車	253	454	34	55

シミュレーションではこの回避行動の回数を集計・比較することで、歩行者・自転車の安全性・快適性の評価とすることにする。

4. シミュレーションの作成

シミュレーション作成にあたっては、既存研究と観測結果のほかに『歩行者・自転車のモデル化』

と『認知空間』、および『自由走行時の特徴』を利用する。

歩行者・自転車のモデル化は、図4のようにした。

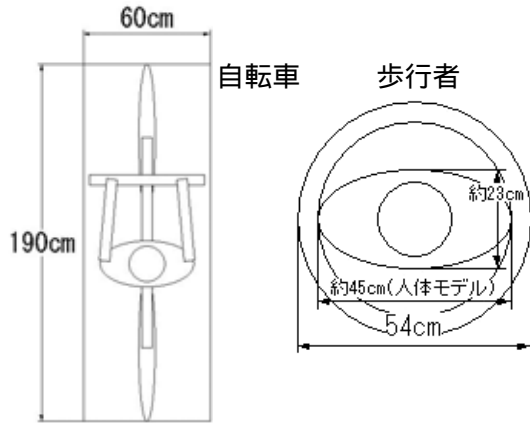


図4 モデル化

認知空間とは、『認識する可能性がある範囲』のことで、表4のように設定した。

表4 情報空間

自身	相手	情報認知空間距離
歩行者	歩行者	4m
	自転車	8m
自転車	歩行者	15m
	自転車	25m

自由歩行・走行時、とくに追い越した後などは、歩行者・自転車はもともと通行していた横方向位置まで戻ることが観測からわかった。つまり、図5のように行動するのである。

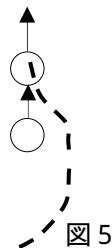


図5

これらの定義をすべて利用して、シミュレーションを作成した。図6は画像としてのアウトプット例である。

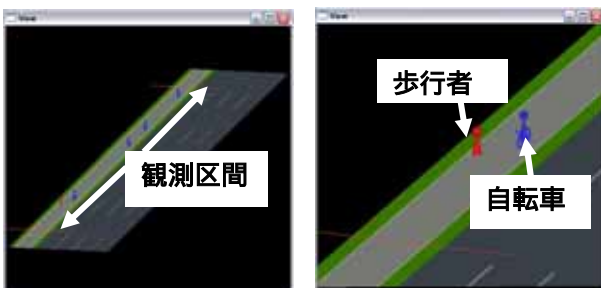


図6 シミュレーションのアウトプット画面例

このときの自転車と自転車の回避行動回数の集計は表5のようになり、現実をある程度再現できているといえる。その他の条件も再現できていた。

表5 回避行動回数の集計

回避相手	自転車と自転車			
	進路変更を伴うすれ違い	進路変更を伴わないすれ違い	追い越し	追従
シミュレーション	216	516	35	72
観測合計	253	454	34	55

5. 歩道条件変更時のシミュレーション

作成したシミュレーションで、現状の歩道・カラー舗装分離、植樹帯分離、全員左側通行の4つの場合について、観測データの平均発生量で10分間のシミュレーションをおこない、回避行動回数を集計した。ただし、カラー舗装分離、植樹帯分離の場合は理想的な条件として、全員が通行帯を守った場合をシミュレーションした。全員が左側通行という極端な場合を考える理由は、現状では何も指導がないにもかかわらず、9割の人が左側通行をおこなっており、なんらかの指導や表示で残り1割の人が左側通行を行うようになることは十分に考えられるパターンだからである。表6は歩行者と自転車、表7は自転車と自転車についての回避行動回数の集計である。青字(太字体)は改善、赤字(斜字体)は悪化したものである。

表6 歩行者と自転車の回避行動回数

回避行動の種類	進路変更を伴うすれ違い	進路変更を伴わないすれ違い	追い越し	追従
現状	4	11	5	2
カラー舗装	10	8	7	0
植樹帯	0	0	0	0
左側通行	3	14	7	3

表7 自転車と自転車の回避行動回数

回避行動の種類	進路変更を伴うすれ違い	進路変更を伴わないすれ違い	追い越し	追従
現状	27	46	3	5
カラー舗装	47	26	2	6
植樹帯	32	22	1	8
左側通行	15	54	4	4

カラー舗装による分離をおこなった場合、一時的に通行帯をはみ出して走行できるため自転車同士の追い越しが比較的スムーズであり、また歩行者と通行帯が異なるために歩行者の追い越しもスムーズである。しかし、通行帯の分離線付近を通行している歩行者・

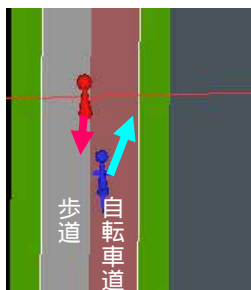


図7 すれ違い

自転車は図7のようにすれ違い時に進路変更を伴う必要があり、結果として現状よりも進路変更を伴うすれ違いが増加してしまった。また、通行帯の幅員が狭いために自転車同士の回避行動回数は現状よりも悪化してしまった。

植樹帯による分離をおこなった場合、歩行者と自転車は完全に分離されるためお互いを意識する必要がなく、したがって回避行動をおこなうこともない。しかし、図8のように自転車通行帯が狭くなることで自転車同士の追い越しが困難になり、結果として速い

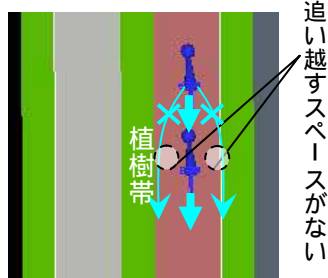


図8 追い越し

自転車が遅い自転車に追従しなければならないという現象が多く見られた。そのために平均速度が最も遅くなった。また、他の自転車同士の回避行動回数も現状よりも悪化した。

全員が左側通行を守った場合、自転車通行帯の幅員が減らないため、進路変更を伴うすれ違いが減少し、また自転車の追い越しもスムーズにおこなうことができる。しかし、歩行者と自転車が同じ空間を通行するため、歩行者の危険性があまり減らないが、対向してくる自転車と回避を伴う回数は減るために、視野情報から得られる不安感は減少する。

これらの結果から、現在おこなわれている歩道の整備は、整備後の理想の利用状態になったとしても、回避行動の回数から判断する自転車の快適性の向上にはつながらず、むしろ一部悪化する

ことがわかった。ただし、整備をすることによって歩行者の安全性は確保されることもわかった。また、全員が左側通行をおこなうことで、歩行者の危険性は大きく改善されることはないが、ハード面の整備なしで自転車の快適性は現在よりも向上すると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では歩道上での歩行者と自転車の挙動を分析するマルチエージェントシミュレーションを作成した。ある地区にそれを適用した分析からは、通行帯分離の整備をおこない、全員が通行帯を遵守したとしても自転車の快適性・安全性は向上しないことがわかった。これらをふまえると、通行帯分離道の整備については、その歩道の通行実態や幅員といった各条件にあわせて適切な方法を選択することが重要であること、および左側通行を守るといったハード面以外の方法をおこなうことでも、自転車道の快適性は向上しうることが明らかになった。

今後の課題としては他の歩道条件を再現可能にすることや、雨の日などをシミュレーション可能にするという点がある。また、本研究では快適性・安全性の評価を回避行動回数でおこなったが、他の方法も考えられる。また、個人によって快適性・安全性の感じ方が違うので、個人の感じ方を調査する必要もある。さらに、自動車を組み込むことで住宅街路を表現することもできると思われる。

主な参考文献

留守洋平(2003) 歩道における自転車の挙動と占有領域に関する研究, 東京大学工学部都市工学科, 卒業論文

本研究では、東京大学大学院新領域創成科学研究科の吉村研究室で開発されているシミュレーションを元に研究をすすめた。末筆ながら吉村教授および指導をいただいた修士課程の藤井秀樹さんに謝意を示したいと思う。