

自転車歩行者道におけるすれ違い・追い越し行動 に対する通行ルールの導入効果に関する分析

小川 圭一¹・西村 卓也²

¹正会員 立命館大学教授 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)
E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

²正会員 株式会社日建技術コンサルタント (〒542-0012 大阪府大阪市中央区谷町 6-4-3)

自転車歩行者道において、自転車は「中央から車道寄りの部分を徐行する」こととされているが、すれ違い・追い越し行動に対する明確な通行ルールは定められておらず、双方向通行で速度が異なる歩行者・自転車が混在する空間において錯綜現象が増加する原因となっていると考えられる。本研究では、エージェントシミュレーションを用いて自転車歩行者道における歩行者・自転車の挙動を再現し、すれ違い・追い越しにともなう回避行動を錯綜現象と捉え、すれ違い・追い越し行動に対する通行ルールを定めること、歩行者・自転車が通行ルールを遵守することによる錯綜現象の減少効果の分析をおこなう。

Key Words: bicycle, sidewalks allowing bicycle use, passing behavior, overtaking behavior

1. はじめに

近年、自転車の車道左側通行の促進や、車道上の自転車通行空間の整備が進められている。2016年に国土交通省道路局、警察庁交通局から発出された「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン(改定版)」においては、自転車ネットワーク路線における整備形態は自転車道、車道上の自転車専用通行帯、車道混在のいずれかとされており、暫定形態も含めて自転車歩行者道の活用はなされないことになっている¹⁾。

一方、自転車ネットワーク路線以外の道路においては、既存の自転車歩行者道(自転車通行可の歩道)が多く存在している。また、自動車の交通量や速度が大きい幹線道路など、自転車が自動車と混在して通行することが困難な道路も多く存在する。このため、自転車歩行者道のように歩行者・自転車が混在して通行する道路空間は、今後もある程度は存続するものと考えられる。

このような自転車歩行者道において、自転車は「中央から車道寄りの部分を徐行する」こととされているが、すれ違い・追い越し行動に対する明確な通行ルールは定められていない。このため、対向方向からの歩行者・自転車とすれ違う場合の回避方向や回避後の行動、同一方向の歩行者・自転車を追い越す場合の回避方向や回避後

の行動が一定ではない。このことは、双方向通行で速度が異なる歩行者・自転車が混在する空間において錯綜現象が増加する原因となっていると考えられる。このような自転車歩行者道におけるすれ違い・追い越し行動に対する適切な通行ルールを設定することにより、現状よりも錯綜現象を減少させることが可能であると考えられる。

筆者らはこれまで、自転車歩行者道における歩行者・自転車の錯綜現象の分析や、通行空間の分離方法と歩行者・自転車の通行位置との関連分析などをおこなってきた^{2,4)}。本研究ではこれらをもとに、エージェントシミュレーションを用いて自転車歩行者道における歩行者・自転車の挙動を再現し、すれ違い・追い越しにともなう回避行動を錯綜現象と捉え、すれ違い・追い越し行動に対する通行ルールを定めること、歩行者・自転車が通行ルールを遵守することによる錯綜現象の減少効果の分析をおこなうことを目的とする。

2. エージェントシミュレーションの概要

本研究では、エージェントシミュレーションソフト artisoc 3.0(株式会社構造計画研究所)を用いて、自転車歩行者道における歩行者・自転車のすれ違い・追い越

し行動の再現をおこなう。

自転車歩行者道の幅員は 3m, 4m, 6m の 3 種類とし、このうち幅員 6m のものについては歩行者・自転車の通行空間を構造的に分離したものと、分離していないものの 2 種類を設定する。また、シミュレーション上で再現する自転車歩行者道の長さは 100m とするが、端部から流出した歩行者・自転車は反対側の端部からそのまま流入することとしているため、実態としては無限大の延長をもつ自転車歩行者道の中から長さ 100m の区間を切り取って再現していることに相当する。

簡略化のため、長さ 100m の自転車歩行者道の空間を、1m×1m の大きさの格子状のセルに区分し、歩行者・自転車はこのセルを進行方向に向かって順次移動することにより通行するものとする。また、シミュレーションの時間間隔は 1 秒ごととする。したがって、歩行者・自転車の速度分布は 1m/s (3.6km/h) ごとに離散化された状態になっている。また横断方向の通行位置も 1m ごとに離散化されたものとなっており、歩行者・自転車は、幅員 3m の場合には 3 人 (3 台) まで、幅員 4m の場合には 4 人 (4 台) まで、幅員 6m の場合には 6 人 (6 台) まで並列に通行することができる。

このような仮想的な自転車歩行者道に、後述の観測調査によって得られた速度分布と、横断方向の通行位置の初期値をもった歩行者・自転車を通行させる。

対向方向から他の歩行者・自転車が接近した場合にはいずれかが横断方向に回避してすれ違うことにより、正面衝突を避けることになる。また、前方に同一方向で速度の小さい他の歩行者・自転車が存在する場合には横断方向に回避して追い越しことにより、追突を避けることになる。この場合の回避方向や、回避してすれ違い・追い越しをおこなった後で元の通行位置に戻るか否かについても、後述の観測調査の結果を用いて設定をする。これにより、現状の自転車歩行者道におけるすれ違い・追い越し行動の再現をおこなう。また、回避方向に対して通行ルールを定めた場合についてもシミュレーションをおこない、錯綜現象の発生回数の比較をおこなう。

本研究ではこのように、すれ違い・追い越しにともなう横断方向への回避行動を錯綜現象とみなすこととする。すれ違い・追い越し行動に対する適切な通行ルールを設定し、歩行者・自転車がそれを遵守することにより、自動車交通のように進行方向や速度に応じた横断方向の通行位置の棲み分けができれば、すれ違い・追い越しにともなう回避行動の発生回数が減少するものと考えられる。そこで本研究では、通行ルールの導入効果を回避行動の発生回数の変化によって評価することとする。

3. 観測調査の概要

シミュレーションの設定においては、歩行者・自転車の各々について、以下の項目のデータが必要となる。

- ・速度分布
- ・横断方向の通行位置の分布
- ・すれ違い時の回避方向 (左側・右側または民地側・車道側)
- ・すれ違い時の回避距離
- ・すれ違い時の回避後に元の通行位置に戻るか否か
- ・追い越し時の回避方向 (左側・右側または民地側・車道側)
- ・追い越し時の回避距離
- ・追い越し時の回避後に元の通行位置に戻るか否か

これらのデータを得るため、滋賀県草津市内の自転車歩行者道において、2016 年 9 月～10 月に観測調査をおこなった。観測箇所はいずれも草津市内の鉄道駅と学校・大学・商業施設などを結ぶ経路上にあり、時間帯によって大量の歩行者・自転車が通行する箇所である。

調査結果のうち、本研究で重要となるすれ違い・追い越し行動に関するものを以下に示す。

- ① 歩行者同士のすれ違い
 - ・回避方向 (左側・右側) : 左側 54%, 右側 46%
 - ・回避方向 (民地側・車道側) : 民地側 19%, 車道側 81%
 - ・回避距離 : 1.5m 未満 : 46%, 1.5m 以上 : 54%
 - ・回避後に元の通行位置に戻るか否か : 戻る : 16%, 戻らない : 84%
- ② 自転車同士のすれ違い
 - ・回避方向 (左側・右側) : 左側 60%, 右側 40%
 - ・回避方向 (民地側・車道側) : 民地側 52%, 車道側 48%
 - ・回避距離 : 1.5m 未満 : 39%, 1.5m 以上 : 61%
 - ・回避後に元の通行位置に戻るか否か : 戻る : 23%, 戻らない : 77%
- ③ 歩行者・自転車のすれ違い
 - ・回避方向 (左側・右側) : 左側 50%, 右側 50%
 - ・回避方向 (民地側・車道側) : 民地側 19%, 車道側 81%
 - ・回避距離 : 1.5m 未満 : 78%, 1.5m 以上 : 22%
 - ・回避後に元の通行位置に戻るか否か : 戻る : 17%, 戻らない : 83%
- ④ 歩行者同士の追い越し
 - ・回避方向 (左側・右側) : 左側 31%, 右側 69%
 - ・回避方向 (民地側・車道側) : 民地側 8%, 車道側 92%
 - ・回避距離 : 1.5m 未満 : 38%, 1.5m 以上 : 62%
 - ・回避後に元の通行位置に戻るか否か : 戻る : 24%,

戻らない：76%

⑤ 自転車同士の追い越し

- ・回避方向（左側・右側）：左側 13%，右側 87%
- ・回避方向（民地側・車道側）：民地側 25%，車道側 75%
- ・回避距離：1.5m 未満：37%，1.5m 以上：63%
- ・回避後に元の通行位置に戻るか否か：戻る：13%，戻らない：87%

⑥ 歩行者・自転車の追い越し

- ・回避方向（左側・右側）：左側 50%，右側 50%
- ・回避方向（民地側・車道側）：民地側 21%，車道側 79%
- ・回避距離：1.5m 未満：59%，1.5m 以上：41%
- ・回避後に元の通行位置に戻るか否か：戻る：8%，戻らない：92%

なお、回避方向については回避した歩行者・自転車の進行方向に対して左側・右側という分類と、道路全体の横断面構成に対して民地側・車道側という分類との2種類が想定され、後述の回避方向に対する通行ルールにもかわるため、同一のデータに対して2種類の分類方法を用いている。

また、追い越しに関しては追い越す側の歩行者・自転車が回避することになるが、すれ違いに関してはいずれの歩行者・自転車が回避するかを設定する必要がある。観測調査の結果、歩行者同士、自転車同士のすれ違いの場合にはいずれの歩行者・自転車が回避するかはほぼ同一の割合であった。また、歩行者と自転車のすれ違いではすべて自転車の側が回避していたため、必ず自転車が回避するという設定とした。

4. 想定する通行ルール

シミュレーションにおいては、歩行者・自転車がすれ違い・追い越しをおこなう場合の回避行動について、以下の3種類の設定をおこなう。

- ・現状：観測調査の結果にもとづき、回避方向の確率を設定する。
観測調査によって得られた回避方向の確率をそのまま利用するものであり、現状の歩行者・自転車の回避行動にもとづく錯綜現象の発生回数を計測するものである。
- ・通行ルール①：歩行者が回避する場合には必ず民地側へ、自転車が回避する場合には必ず車道側へ回避する。
現状での通行ルールが、自転車は「中央から車道寄りの部分を徐行する」とされていること、また既存の自転車歩行者道における自転車の通行部分

の指定が自転車歩行者道の中でも車道寄りの部分になされていることから、回避行動をおこなう際に歩行者を民地寄り、自転車を車道寄りに誘導することによってその後の両者の錯綜現象を減少させようとするものである。

- ・通行ルール②：歩行者・自転車とも、すれ違う場合には必ず左側へ、追い越す場合には必ず右側へ回避する。

歩行者・自転車のいずれも進行方向に対して左側に誘導し、かつ相対的に速度の大きい自転車を中央寄りに誘導することによって、自動車交通のように進行方向や速度に応じた横断方向の通行位置の棲み分けを図り、その後の両者の錯綜現象を減少させようとするものである。

通行ルール①、通行ルール②はいずれも歩行者・自転車の回避方向を規定するものであり、歩行者・自転車が通行ルールを遵守して回避行動をおこなうことによって、進行方向や速度に応じた横断方向の通行位置の棲み分けを促すことができるものと考えられる。

5. シミュレーションの結果と考察

前章に示した各々の通行ルールについて、歩行者・自転車の通行方向と交通密度を変化させてシミュレーションの試行をおこない、錯綜現象の発生回数の比較をおこなう。シミュレーションの試行時間は1時間とする。また、乱数により与える初期状態や回避行動に関する確率現象に対するばらつきを考慮するため、同一の通行方向、交通密度の設定に対してそれぞれ10回の試行をおこない、その平均値をとることとする。

歩行者・自転車の交通密度は0.02~0.04人/m²、0.02~0.04台/m²の範囲とし、進行方向は一方方向と双方方向の2種類とする。現状では自転車歩行者道における自転車の通行方向は双方方向であるが、通勤・通学などに利用される道路においては時間帯によって一方方向の交通量が卓越する場合があること、また近年、自転車道や自転車歩行者道においても自転車の一方方向通行が検討されており、自転車の一方通行規制も存在することから、本研究では同一の条件の自転車歩行者道に対して一方方向と双方方向の両者を検討することとする。

これらの算定結果を表-1に示す。また、現状に対する通行ルール①、通行ルール②の場合の錯綜現象の発生回数の変化率を算定したものを表-2に示す。この値が1未満であれば錯綜現象が減少したことになり、通行ルールの導入効果があると考えられる。表中の網掛け部分は、各々の設定条件において、現状、通行ルール①、通行ルール②の中でもっとも錯綜現象の発生回数が小さいもの

を示している。

これをみると、通行ルール①、通行ルール②ともに、全体としては現状よりもやや錯綜現象が減少しているものの、それほど大きな違いはないことがわかる。また中には、現状よりも錯綜現象が増加している場合も見受けられる。通行ルール①、通行ルール②の間にも明確な大小関係は見受けられないが、同一の幅員、通行方向の設定においては交通密度が小さい場合には通行ルール②が、交通密度が大きい場合には通行ルール①が相対的に錯綜現象の発生回数が小さめになる傾向が見受けられる。

現状に比較してそれほど大きな違いがなかったことに関しては、第 3 章の観測調査の結果にみられるように、現状でも回避方向にかなりの偏りがあり、歩行者・自転車は周辺の交通状況に応じて回避後に通行しやすい方向に回避しているため、現状でもある程度の整流化がなされているためではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究では、エージェントシミュレーションを用いて自転車歩行者道における歩行者・自転車の挙動を再現し、すれ違い・追い越し行動に対する通行ルールを定めること、歩行者・自転車が通行ルールを遵守することによる錯綜現象の減少効果の分析をおこなった。

結果として、全体としては現状よりもやや錯綜現象が減少しているものの、通行ルールを導入してもそれほど大きな違いはないことがわかった。また交通密度の大小によって錯綜現象の減少に寄与する通行ルールが異なる傾向が見受けられた。しかしながら、これにはより多様な条件設定を用いたシミュレーションによる検証が必要であると考えられる。

今後の課題としては、上述のようにより多様な条件設定を用いたシミュレーションを試行し、本研究の結果の検証をおこなうことが挙げられる。また本研究では自転車歩行者道の空間を 1m×1m の大きさの格子状のセルに区分し、歩行者・自転車の挙動を離散的なものとして扱っているが、この設定が結果に影響を及ぼしている可能性もあるため、より現実の歩行者・自転車の挙動を再現できるエージェントシミュレーションを構築することも必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局、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（改定版），2016.
- 2) 小川圭一、柴野裕貴：自転車歩行者道における歩行者・自転車の錯綜現象のシミュレーション分析，土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，第IV部門，IV-102，2014.

表-1 錯綜現象の発生回数

幅員 (m)	分離	通行方向	歩行者密度 (人/m ²)	自転車密度 (台/m ²)	錯綜現象の発生回数		
					現状	通行ルール①	通行ルール②
3	なし	一方向	0.02	0.02	858	711	928
3	なし	一方向	0.03	0.03	3129	3035	3073
3	なし	一方向	0.04	0.04	6881	6230	6600
3	なし	双方向	0.02	0.02	1585	1594	1550
3	なし	双方向	0.03	0.03	4344	4334	4161
3	なし	双方向	0.04	0.04	8411	8113	8166
4	なし	一方向	0.02	0.02	968	1259	747
4	なし	一方向	0.03	0.03	4374	3547	3759
4	なし	一方向	0.04	0.04	9267	8781	9057
4	なし	双方向	0.02	0.02	1797	1934	1566
4	なし	双方向	0.03	0.03	5702	5310	5661
4	なし	双方向	0.04	0.04	12084	10771	11743
6	なし	一方向	0.02	0.02	1350	1369	1518
6	なし	一方向	0.03	0.03	6617	5972	8431
6	なし	一方向	0.04	0.04	14249	12076	13349
6	なし	双方向	0.02	0.02	2636	2325	2376
6	なし	双方向	0.03	0.03	8904	8040	8893
6	なし	双方向	0.04	0.04	18360	15345	16622
6	あり	一方向	0.02	0.02	821	921	689
6	あり	一方向	0.03	0.03	3377	3409	3356
6	あり	一方向	0.04	0.04	8071	7280	8151
6	あり	双方向	0.02	0.02	1649	1950	1468
6	あり	双方向	0.03	0.03	6924	6318	6532
6	あり	双方向	0.04	0.04	14137	11592	13933

表-2 錯綜現象の発生回数の変化率

幅員 (m)	分離	通行方向	歩行者密度 (人/m ²)	自転車密度 (台/m ²)	錯綜現象の発生回数の変化率	
					通行ルール①	通行ルール②
3	なし	一方向	0.02	0.02	0.83	1.08
3	なし	一方向	0.03	0.03	0.97	0.98
3	なし	一方向	0.04	0.04	0.91	0.96
3	なし	双方向	0.02	0.02	1.01	0.98
3	なし	双方向	0.03	0.03	1.00	0.96
3	なし	双方向	0.04	0.04	0.96	0.97
4	なし	一方向	0.02	0.02	1.30	0.77
4	なし	一方向	0.03	0.03	0.81	0.86
4	なし	一方向	0.04	0.04	0.95	0.98
4	なし	双方向	0.02	0.02	1.08	0.87
4	なし	双方向	0.03	0.03	0.93	0.99
4	なし	双方向	0.04	0.04	0.89	0.97
6	なし	一方向	0.02	0.02	1.01	1.12
6	なし	一方向	0.03	0.03	0.90	1.27
6	なし	一方向	0.04	0.04	0.85	0.94
6	なし	双方向	0.02	0.02	0.88	0.90
6	なし	双方向	0.03	0.03	0.90	1.00
6	なし	双方向	0.04	0.04	0.84	0.91
6	あり	一方向	0.02	0.02	1.12	0.84
6	あり	一方向	0.03	0.03	1.01	0.99
6	あり	一方向	0.04	0.04	0.90	1.01
6	あり	双方向	0.02	0.02	1.18	0.89
6	あり	双方向	0.03	0.03	0.91	0.94
6	あり	双方向	0.04	0.04	0.82	0.99

- 3) 西村卓也、小川圭一：自転車歩行者道における交通量を考慮した錯綜現象の分析，平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，第IV部門，IV-21，2015.
- 4) 小川圭一：自転車通行可の歩道上における自転車・歩行者の通行位置に関する分析，第 31 回交通工学研究会論文集，CD-ROM，pp.405-408，2011.

(2017. 4. 28 受付)