

# 歩行者・自転車マイクロシミュレーションの現況再現性の検証に関する一考察\*

## Study on reproducibility status of validation of micro simulation for pedestrian and bicycle\*

竹之内篤\*<sup>2</sup>・河村成人\*<sup>3</sup>・大脇鉄也\*<sup>4</sup>・濱本敬治\*<sup>5</sup>・上坂克巳\*<sup>6</sup>

By Atushi TAKENOUCHI\*<sup>2</sup>・Shigeto KOUMURA\*<sup>3</sup>・Tetsuya OWAKI \*<sup>4</sup>・Keiji HAMAMOTO \*<sup>5</sup>・Katsumi UESAKA \*<sup>6</sup>

### 1. はじめに

自転車利用の促進と安全性向上のため、近年、歩行者自転車交通の分離必要性や、自転車利用者のサービス水準に関する検討が着目されている。これらを定量的に評価・分析する手法として、道路交通条件を自由に変更した試行が可能である交通マイクロシミュレーションは実務上有用なツールとして期待される。

なお、現況再現性の検証に関して、自動車のマイクロシミュレーションについては、交通工学研究会においてクリアリングハウスが運営されており、モデルの基本性能や実用性の検証について、多くの知見が蓄積されている。また、歩行者シミュレーションについて、群衆の避難行動等を扱う高密度状態の歩行者行動に関しては、これまでに多くの研究がなされているが、実務上、自歩道上で想定される交通密度において、自転車歩行者が混在する状況の交通行動に関しては、現況再現性を確認する手法は確立されていない状況と言える、

昨年度、Social Forceモデルに基いたシミュレーションソフト「VISSIM」を用い、歩行者のシステムを自転車にも拡張し、歩行者自転車交通の分離必要性について評価を行い一定の成果を得たが、現況再現性の確認については課題として残された<sup>1)</sup>。そこで今年度は、現況再現性の検証方法をテーマに取り組んだものである。

### 2. ミクロシミュレーション「VISSIM」の概要

独PTV社が開発した交通マイクロシミュレーションソフト「VISSIM」は、追従理論に基づいた自動車シミュレーションの他に、Social Forceモデルに基づく歩行者シミュレーションの利用が可能である。(図-1参照)。



図-1 VISSIMの出力画面例

VISSIMのベースとなっているSocial Forceモデルは、Helbingらが提案した群衆行動モデルであり、歩行者の個体を粒子に捉えたいわゆる「重力モデル」である。

当モデルを概説すると、ある個体のある時点における速度ベクトルに対する希望方向・希望速度との差分、及び近接する相手から受ける力により移動方向のベクトルを決定するものである(図-2参照)。

よって、相手の進む方向を予測するなどの先読み行動について当モデルでは対象としていない。

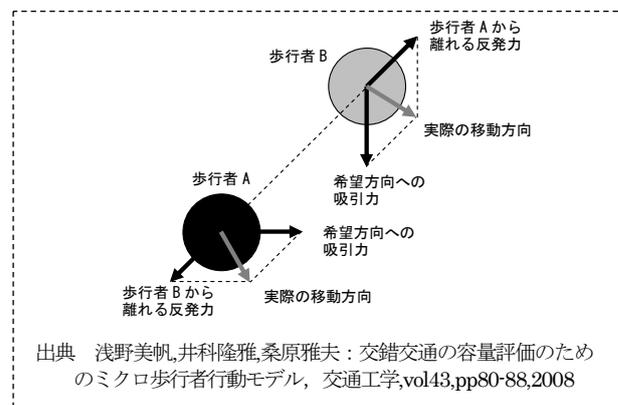


図-2 SFモデルによる回避行動

なお、VISSIMを用いることにより、すれ違い・追いつき時の側方余裕幅や、通過時間、希望速度からの遅れ時間を計測できるため、これらを評価指標として、歩行者自転車空間の安全性・快適性を定量的に評価することが可能となる。さらに入力条件として道路構造や交通状態条件を変化させた感度分析も容易に行うことができる。

また、出力結果の3Dアニメーション表現にも優れており、走行空間整備による事業効果を説明するためのツールとしても今後は期待される。

\*キーワード:歩行者・自転車交通計画、サービス水準、交通安全、交通弱者対策

\*2正員、工修、パシフィックコンサルタンツ株式会社  
(東京都新宿区西新宿2-7-1、TEL:03-3344-8406、

E-mail:atsushi.takenouchi@tk.pacific.co.jp)

\*3正員、工修、パシフィックコンサルタンツ株式会社

\*4正員、国土技術政策総合研究所道路研究室主任研究官

\*5正員、国土技術政策総合研究所道路研究室研究官

\*6正員、工博、国土技術政策総合研究所道路研究室室長

### 3. 前年度の取り組みと課題

前年度の取り組みとして、VISSIMの歩行者マイクロシミュレーションに対して、演算パラメータの調整を行うことにより、演算対象を自転車にも拡張した。

このシステムを活用することにより、自歩道上の歩行者・自転車交通を対象に、追い越し・すれ違い時の接近距離をもとに通行者の不快な錯綜頻度を算出し、これを指標として、歩行者・自転車交通の分離必要性を評価する手法の検討を行っている<sup>1)</sup>。

前年度の課題として、自転車用演算パラメータの調整において、VISSIMの出力アニメーションの動きを見ながら、自転車が自然な動きを見せるようにパラメータ調整を行うに留まったため、いわゆる現況再現についての検証が行われていないこと。また十分にパラメータの調整が図られなかったため、演算上、衝突寸前で回避を行う様な不自然な行動をとる自転車挙動が一部で発生したことが挙げられた(図-4参照)。

### 4. 本研究における検討の流れ

本研究における検討フローを図-3に示す。

本研究では、第1ステップとして自転車演算パラメータの基本値を設定し、第2ステップとして、現地ビデオ観測の結果を基に現況再現性の検証を行った。

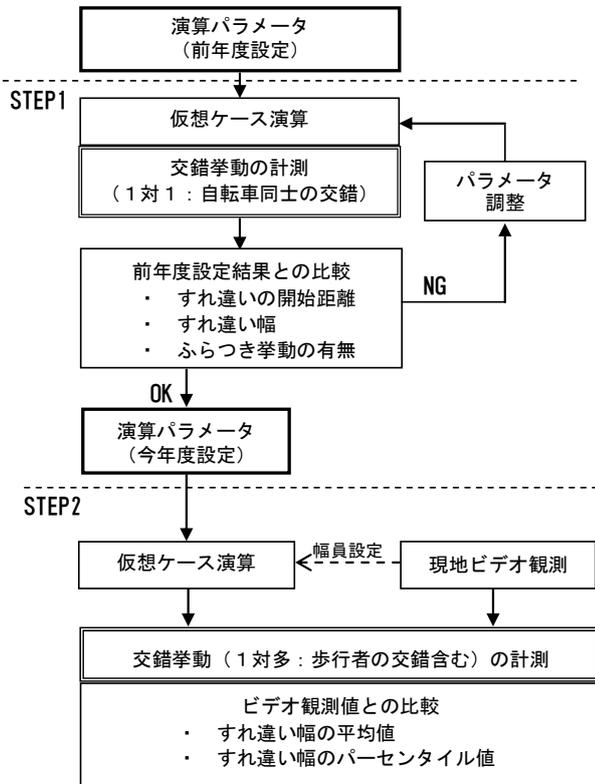


図-3 本研究の検討の流れ

### 5. 自転車用演算パラメータの改良 (STEP1)

検討の第1ステップとして、仮想の単路部において、自転車同士(1対1)のすれちがいを発生させるシミュ

レーションを行い、演算結果より得られる走行軌跡をもとに、すれ違いの開始距離や、すれ違い幅、すれ違い後のふらつき挙動の有無について計測した。

これに対してシステムの演算パラメータ15項目のうち、2者間に働く力の強さや範囲、目的ルートに戻ろうとする力の強さ、歩行者・自転車の占有空間の大きさ、前方と後方からの力の受け方の違いなど、すれ違いの挙動に影響を与えると考えられるパラメータ項目について調整し、前年度設定よりも自転車の挙動がスムーズになるよう、延べ30ケースについて試行を行い、ここでの最終的なパラメータ設定を自転車用演算パラメータの基本設定とした。

その結果、前年度設定よりも事前にスムーズに回避行動をとるように交通挙動が改善された(図-5参照)。

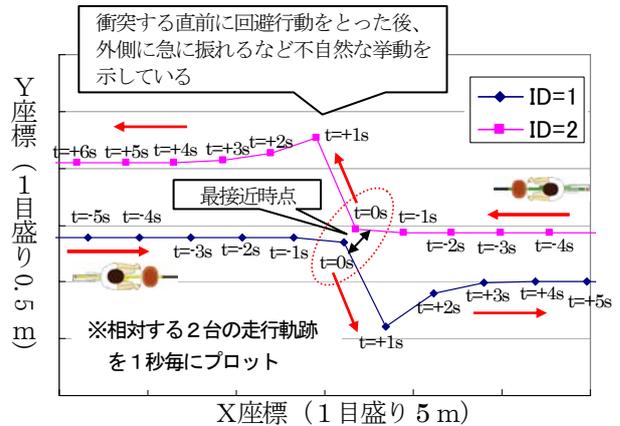
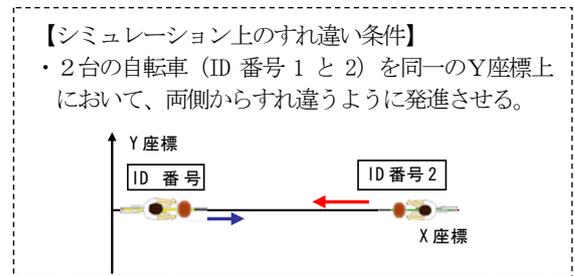


図-4 前年度のパラメータ設定による自転車同士の回避行動軌跡の例

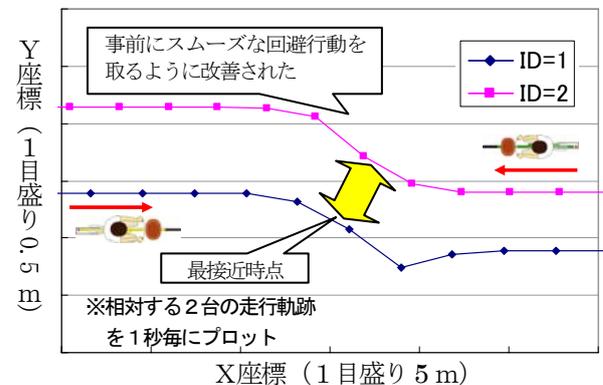


図-5 今年度のパラメータ設定による自転車同士の回避行動軌跡の例

## 6. 現況再現性の検証 (STEP2)

前章で設定した自転車用演算パラメータの現況再現性を検証するために、自歩道上の歩行者・自転車交通をビデオ観測し、歩行者・自転車のすれ違い・追い越し幅を指標として、同一の幅員の単路部におけるマイクロシミュレーションの演算結果との比較を行った。なお、旅行速度については、自動車と比べて利用者属性による個体間差が大きいと考えられ、比較指標には採用しなかった。

### (1) 現地ビデオ観測

#### a) 現地ビデオ観測の概要

表-1 現地ビデオ観測の概要

○観測場所		北海道札幌市中央区 国道36号(南4東1交差点~豊平橋) 北側 自歩道区間(有効幅員4.5m)		
○観測日時		平成21年9月29日(火) ピーク時 7:00~9:00 オフピーク時 13:00~15:00		
○観測方法		沿道店舗2階にビデオを設置し撮影		
○観測交通量		台(人)		
		南4東1 交差点方面	豊平橋方面	合計
ピーク (AM7~9時)	自転車	408	47	455
	歩行者	212	104	316
オフピーク (PM1~3時)	自転車	172	113	285
	歩行者	156	124	280

#### b) 現況再現評価指標の計測

ここでは、ビデオモニターに目盛りを重ね、自転車対歩行者、自転車同士、歩行者同士の組み合わせについて、すれ違い・追い越し時の側方余裕幅を目視により10cm単位で計測した(写真-1、図-7参照)。

さらに、交錯した瞬間の観測区間(20m)に存在する自転車・歩行者の台(人)数を計測し、空間交通密度を算出した。なお、ここでの空間交通密度は、自転車、歩行者ともに等しく1台(人)とカウントしている。

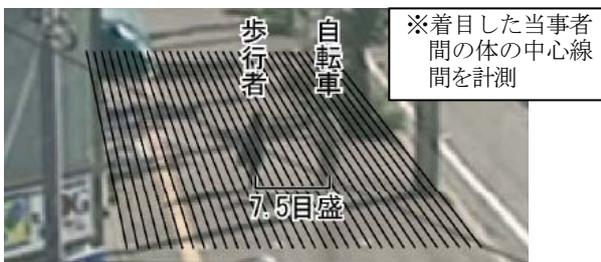


写真-1 指標計測イメージ

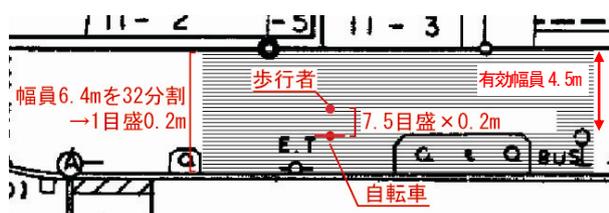


図-7 観測区間の平面図

#### c) 計測結果

ビデオ観測区間20mの空間交通密度(100m<sup>2</sup>当たり)とすれ違い・追い越し時の側方余裕幅との関係性を整理した結果を図-8に示す。

なお、この結果は自転車対歩行者、自転車同士、歩行者同士の全ての組み合わせを含めたものである。

結果をみると、観測区間に当事者以外存在しない状況(=2.22台(人)/100m<sup>2</sup>)での側方余裕幅の平均値は1.46m(標本数=165)となっており、交通密度が高くなるに従い平均値は小さくなる傾向が見られる。

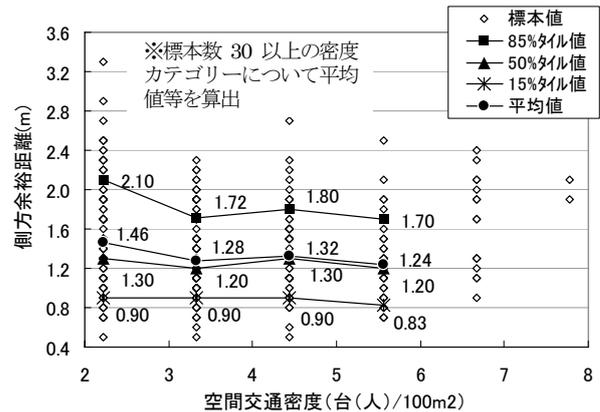


図-8 空間交通密度と側方余裕幅(観測値)

### (2) ミクロシミュレーションによる現況再現

#### a) シミュレーション条件

ビデオ観測結果と比較するためのマイクロシミュレーション条件を表-2、3に示す。

表-2 シミュレーション条件

通行空間	延長	200m
	幅員	4.5m(ビデオ観測区間に合わせた)
シミュレーション対象時間	2時間のシミュレーションを10回実施、延べ20時間分を計測	
交通量	表-4に従う ※多様な交通密度を出現させるため、発生交通量、歩行者自転車比率を10分毎に変化させた	
速度	歩行者:平均4.0km/h(2.6~5.4km/h) 自転車:平均10.0km/h(9.0~11.0km/h)	
重方向率	歩行者、自転車ともに50%とした	

表-3 時間帯別発生交通量

時間帯	自転車 (台/10分)	歩行者 (人/10分)	合計 (人/10分)
0:00 ~ 0:10	2.5	7.5	10.0
0:10 ~ 0:20	3.3	6.7	10.0
0:20 ~ 0:30	5.0	5.0	10.0
0:30 ~ 0:40	5.0	15.0	20.0
0:40 ~ 0:50	6.7	13.3	20.0
0:50 ~ 1:00	10.0	10.0	20.0
1:00 ~ 1:10	7.5	22.5	30.0
1:10 ~ 1:20	10.0	20.0	30.0
1:20 ~ 1:30	15.0	15.0	30.0
1:30 ~ 1:40	10.0	30.0	40.0
1:40 ~ 1:50	13.3	26.7	40.0
1:50 ~ 2:00	20.0	20.0	40.0

b) すれ違い・追い越しデータの抽出

VISSIMはデータ出力の単位時間が1秒であるため、すれ違い・追い越しの瞬間のデータを取得することはできない。そこで、進行方向軸の距離差が0.50m以下となる場合は「2個体がすれ違った、あるいは追い越した」と判断し、その際の2個体の中心間距離を側方余裕距離と定義し抽出した。

c) シミュレーション結果

ビデオ観測結果と同様に、空間交通密度が高くなるに従い平均側方余裕幅は小さくなる傾向が見られる。

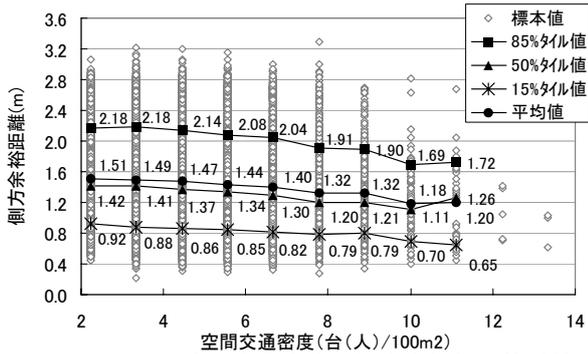


図-9 空間交通密度と側方余裕幅 (推計値)

(3) ビデオ観測値との比較検証

交通密度別の平均側方余裕幅について観測値と比較すると、推計値の方が約5~20cm上回る結果となった(図-10参照)。

さらに、交通密度別の累積度数分布図(図-11参照)をみると、観測区間に当事者以外存在しない状況(=2.22台(人)/100m<sup>2</sup>)では、観測値とSIM値は非常に近似した分布型となった。また、他の交通密度状況においても、側方余裕幅が狭い範囲において近似した分布型を示しており、これは、前年度の推計で一部見られた、衝突する直前に最小幅で回避するなどの不自然な挙動が解消されたことによるものと考えられる。

一方で、演算パラメータの改善具合を評価するために、前年度設定したパラメータにより同様の演算をした結果と比較すると、今年度設定による推計値の方がビデオ観測値に近づいていることが確認された。

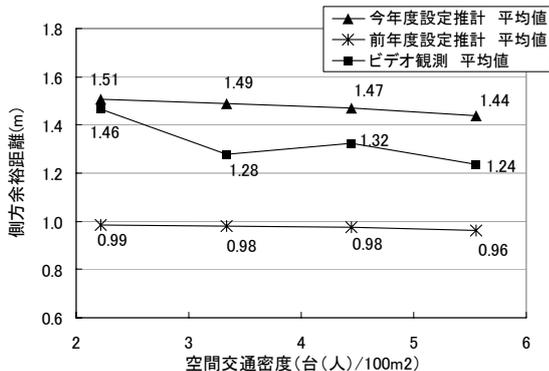


図-10 空間交通密度と平均側方余裕幅 (観測値と推計値との比較)

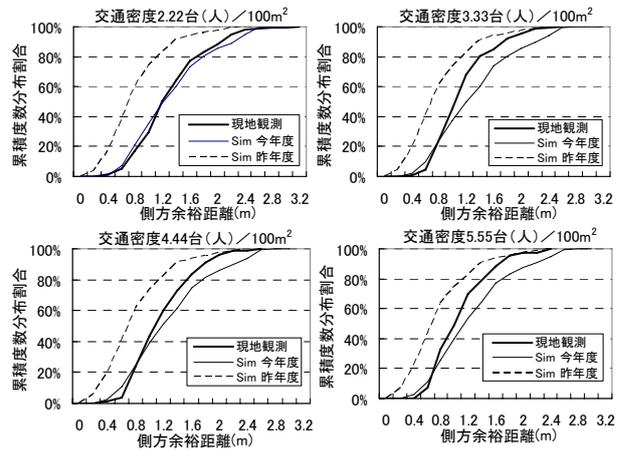


図-11 側方余裕幅の累積度数分布 (観測値と推計値との比較)

7. まとめと今後の課題

本研究では、歩行者・自転車マイクロシミュレーションに関して、前年度設定した演算パラメータに対する改良を行い、より自然な交通挙動を再現できるようにしたほか、すれ違い時の側方余裕幅を評価指標として現況再現性を検証する手法を提案し、実際に自歩道上での交通挙動に対してビデオ観測を行い、システムが一定の現況再現性を有していることを確認した。

ただし、今回設定した演算パラメータは、あくまでも基本値であり、実務上の検討に用いるためには個別の道路交通環境に応じ、パラメータを微調整することが望まれ、今後は実用性に関する検証例を増やして知見を蓄える必要がある。

また、現況再現性を検証する指標として、観測映像から目視により側方余裕幅を計測したが、計測に係る労力が大きいこと、計測者固有の誤差が含まれる恐れがあることが課題に挙げられ、画像解析ソフト等を用いて指標を効率的かつ正確に計測する手法の確立が求められる。

参考文献

- 1) 諸田・大脇・上坂：シミュレーションを活用した歩行者自転車混合交通の分離必要度の評価，土木計画学研究論文集，No. 39, 2009.
- 2) 山中英夫：第82回交通工学講習会（大阪）資料
- 3) Dirk Helbing and P'eter Molnar：Social force model for pedestrian dynamics, 1995
- 4) Tobias Kretz, Stefan Hengst, Peter Vortisch：Pedestrian Flow at Bottlenecks - Validation and Calibration of Vissim's Social Force Model of Pedestrian Traffic and its Empirical Foundations, 2008
- 5) 浅野美帆, 井科隆雅, 桑原雅夫：交錯交通の容量評価のためのマイクロ歩行者行動モデル，交通工学，vol143, pp80-88, 2008