

# マイクロシミュレーションを用いた道路空間再構築の効果評価\*

Effect evaluation of road space restructuring that uses micro simulation \*

木下立也\*\*・濱本敬治\*\*\*・大脇鉄也\*\*\*\*・上坂克巳\*\*\*\*\*

By Tatsuya KINOSHITA\*\*・Keiji HAMAMOTO\*\*\*・Tetsuya OWAKI\*\*\*\*・Katsumi UESAKA\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年、手軽で便利で早いなどの理由によって、自転車利用の機運が高まっている。これまでの都市内の道路整備の大部分は、車道が自動車走行や停車等のための空間、歩道部が歩行者と自転車の混合交通状態で通行する我が国特有の自転車歩行者道（以下、「自歩道」という。）として画一的に進められてきた。自歩道は、自転車が自動車との接触を気にせず安心して通行できる。しかし、歩行者が自転車との接触に曝される危険が存在し、自歩道内の交通安全性の低下が問題視されている。

道路交通法によれば、自転車は原則車道を通行することを平成19年に再確認した上で、例外として歩道を通行できる要件を明確化する改正がなされた。

今後、自転車を都市内の自動車の代替手段として高い速度で利用する環境を提供すると同時に、歩道部内の歩行環境の改善を図るためには、歩行者と自転車の通行空間を分離して行くことが必要であり、車道に安全かつ円滑な自転車走行空間の確保が求められているところである。しかし、既存道路で拡幅等により新たな空間を見いだすことは、家屋及び重厚な建物等が張り付いた沿道の実態を考慮すれば、事実上不可能である。また、都市内の道路では、路上駐車をできる構造となっている場合が多い。都市内の駐車需要を勘案することが必要ではあるものの、自転車走行空間と競合する問題が発生し同時に解決する必要がある。

一方、都市内の交通実態を概観すれば、交差点部等のボトルネック区間で慢性的な渋滞が発生する一方、その

\*キーワード：歩行者、自転車、路上駐車、サービス水準  
交通マイクロシミュレーション、空間再構築

\*\*非会員、工修、国土技術政策総合研究所道路研究室  
(茨城県つくば市旭1番地、  
TEL029-864-3651、FAX029-864-3784)

\*\*\*正員、国土技術政策総合研究所道路研究室 研究官  
(同上)

\*\*\*\*正員、国土技術政策総合研究所道路研究室 主任研究官  
(同上)

\*\*\*\*\*正員、工博、国土技術政策総合研究所道路研究室 室長  
(同上)

前後の単路部区間では、交通容量に余裕が出ている場合がある。

そこで、交通の障害とならない単路部に路上駐車及び緑の空間を設置するなど、適正利用に向けた取り組みを行うと同時に、歩行者と自転車を分離し路上駐車を考慮した自転車走行空間の確保を行う既存道路空間を再構築する設計が重要である。

しかし、再構築する設計が自動車交通に影響を与えず、道路機能の向上に効果はあるのか、適切なかを評価する指標がないことに加え、結果も示されていない。また、再構築される道路は、歩行者、自転車、自動車のサービス水準が従前に比べ良くなったのかどうかも含めて評価ができなかった。

以上のことから、本報告は、都市内における道路について、自転車走行空間等を確保した仮想的な再構築パターンを設計検討し、その再構築設計パターンに対して交通マイクロシミュレーションソフトを用いた交通流動推計を行い、予め定義した評価指標をもとに道路空間を再構築する効果評価を示すことを目的とする。

## 2. 仮想的な再構築パターンの設計検討

### (1) 道路の種類の選定

道路といっても、高速自動車国道にみられる自動車専用道路から生活に密着した地先道路やモール及び自転車専用道、自転車・歩行者専用道等自動車の走行禁止とする道路まで、交通機能と連絡機能に応じて階層がある。本報告では、歩行者・自転車を扱うので、その交通が多い都市内の幹線道路（自動車交通が中心となる国レベルを連結する道路を除く。）を対象とした(表-1)。

表-1 わが国の道路の機能階層区分

交通機能	自動車専用	一般道			自動車禁止
		地方	都市幹線	都市街路	
連絡機能	1種	3種 1~4級	4種 1~3級	3種5級 4種4級	自転車歩行者道
国レベル	高速自動車国道 一般国道				
地域間	県道				
都市圏	市町村道				
街区					

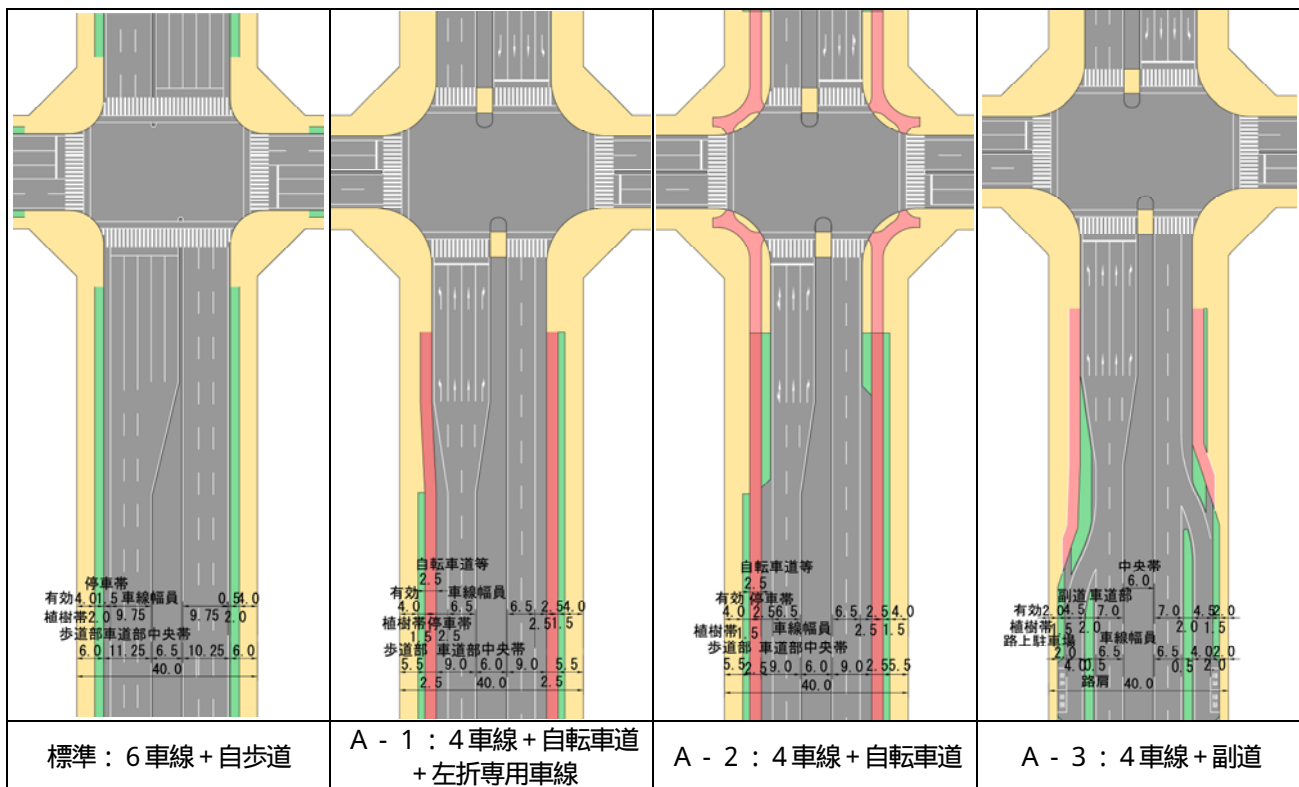


図-1 ケースA再構築パターン例（凡例：歩道、自転車道、植樹、車道、自転車通行位置明示）

### （2）標準的な道路の設定

制約の多い都市部の再構築パターンのベースとなる標準ケースの道路は、東京都内の道路を仮想設定し、道路幅員と車線数により以下の表-2に示すA～Dの4ケースを対象とした。

表-2 都市内の標準ケースの道路

ケース	道路概要
A	戦後復興期に比較的ゆとりをもって整備された道路幅員約40mの6車線
B	交差点間隔が比較的長く、自動車交通量が多い道路幅員約25mの4車線
C	交差点間隔が短く、歩行者自転車交通量の多い道路幅員約25mの4車線
D	歩行者自転車交通量が多い道路幅員約15mの2車線

### （3）道路空間再構築設計の検討

図-1は、標準ケースの道路に対して自転車走行空間と路上駐車場等の機能を設けた再構築パターンの設計を示している。ここでは数種の再構築パターンのうち、ケースAを例示する。標準パターンは、仮想設定した道路にならい、6車線+自歩道としている。国道4号秋葉原～上野間で自動車の通過時間走行調査を行ったところ、第1走行車線利用率は時間帯に関係なく1%程度となり、他の車線と比較して極端に低く、走行空間としての機能をほとんど果たしていないことがわかった。そこで再構築では、単路部の車線を減じることを基本に、次のパターンを考えた<sup>1),2)</sup>。

A-1は単路部が路上駐停車のための停車帯と自転車と歩行者を分離した自転車道に割り当て、交差点構造は停車帯も自転車道もやめて自転車歩行者道とし、車道に

左折専用車線を設置するパターン。

A-2は単路部がA-1と同等であるものの、交差点構造が自転車の走行位置を明示した自転車歩行者道に拡幅しかわりに車道に左折専用車線を設置しないパターン。

A-3は単路部での沿道アクセス向上を図るため、路上駐車場を確保した副道を設置し、交差点構造はA-1と同様とするパターン。なお、歩道の有効幅員も減じることとなっている。

## 3. 再構築評価指標の設定

### （1）評価の前提条件

本報告は、自動車交通の処理能力向上等を行うものでないため、用いる自動車交通量に関する処理能力が少なくとも現状より下回らないことを条件とした。その前提指標は、再構築パターンで流れる交通量と標準パターンで流れる交通量の比率であらわず捌け交通量比とする。また、自動車の速度は規制速度を評価の前提条件とする。

### （2）評価指標の定義

#### a) 遅れ時間

遅れ時間の定義は、歩行者・自転車・自動車1人及び1台当たりに対して、区間内における所要時間とマイクロシミュレーションに設定した希望速度で走行（通行）したときの所要時間の差分である。なお、歩行者・自転車通行は、交差点部を除く単路部区間のみとした。また、自転車道以外の自転車の遅れ時間は、歩道部に残る自転車のみ対象とした。

#### b) 不快な交錯回数

不快な交錯回数は、大脇らの研究<sup>3)</sup>で定義されている

歩道部内を対象とした指標である。本報告では、歩行者、自転車が交差点を除く単路部区間内における一定距離内ですれ違い・追い越した回数とし、その距離は、歩行者、自転車とも既往研究<sup>3)4)</sup>を参考に一律1.25mとした。

#### 4. ミクロシミュレーションの実施

本報告では、仮想した再構築パターンの交通推計を行い、定義した指標を算出するために、道路空間別に交通及び実態行動に近い状況を再現する方法として、PTV社(独)のミクロシミュレーターVISSIMを用い、自動車の追従理論と歩行者のSocial Forceモデルを組み合わせたミクロシミュレーションを行った。

##### (1) ミクロシミュレーションのモデル化

VISSIMの追従理論は、Wiedemannら<sup>5)</sup>、SFモデルは、Helbingら<sup>6)</sup>によって開発された基本型をほぼそのまま用いている。従って、本来自転車は考慮されておらず、次のような制約がある。

- システム内部では、車道部を通行する自転車を「遅い自動車」、歩道部を通行する自転車を「早い歩行者」として取り扱っており、自転車独自の特性等は検証できていない。
- 歩道部における「早い」の上限速度が10km/h程度までしか設定できない。
- 前方空間の混雑状況等に応じた予測行動ができないため、道路状況に応じて車道部通行や歩道部通行を自由に選択する行動は表現できないことに加え、歩道部内では密度が高いと不自然な軌跡を描くことがある。
- 交差点部における歩行者自転車の滞留挙動は理論的に不確定であり設定できない。

シミュレーションの自動車及び歩行者のパラメータは、VISSIMの標準設定をそのまま用いた。自転車パラメータは標準が提供されていないため、現地でのビデオ挙動観測による調査分析を行った。歩道部の自転車が歩行者とすれ違い・追い越す際の接近距離、再構築パターンシミュレーションで必要となる車道部の自転車は、路上駐車を追い越す際に右を走行する自動車と左の路上駐車との接近距離やその速度分布をパラメータとして与えた。その他、アニメーション機能での動きを見ながら、急制動や急回避等の行動が発生せず、自転車が自然な動きを見せるように独自にパラメータの調整を行った。

##### (2) ミクロシミュレーションの現況再現条件

現況再現のシミュレーション条件は、表-3及び表-4に示す通りである。車道部の再現性に用いた主な現況データは、国道4号秋葉原～上野間約1.6kmにおいて観測した自動車のピーク時発生交通量とその通過所要時間とし

表-3 車道部現況再現シミュレーション条件

空間	延長	国道4号秋葉原～上野間上り約1.6km			
	構造	片側3車線+自歩道			
走行速度	規制速度50km/h				
信号現示	138秒 / 1サイクルの3現示～4現示 青時間比47%～64%				
計測時間	9:00～10:00				
交通量			15分交通量		大型車混入率
			小型車	大型車	
	9:00～9:15	266	62	328	18.9%
	9:15～9:30	261	80	341	23.5%
	9:30～9:45	229	81	310	26.1%
9:45～10:00	230	91	321	28.3%	
合計	986	314	1,300		
路上駐車	8台/時、平均停車時間300秒として設定				
他	自転車の走行は考慮しない				

表-4 歩道部現況再現シミュレーション条件

延長幅員	延長200m、幅員4.5mの自歩道モデル
計測時間	延べ20時間(2時間×10回)
空間密度(人/100m <sup>2</sup> )	多様な空間密度を作り出すため10分毎に発生交通量、自転車、歩行者比率を変化 2.22、3.33、4.44、5.56、6.67、7.78、8.89、10.00、11.11
重方向率	歩行者、自転車ともに50%

た。また、歩道部の再現性に用いた主な現況データは、札幌市で行われた社会実験における延長20m、幅員4.5mの自歩道内ビデオ観測調査による空間密度と接近距離の解析結果とした。

##### (3) ミクロシミュレーションの現況再現の確認

本ミクロシミュレーターの適用が妥当であるのかを確認するために、現況データを用いて再現を行った。

###### a) 車道部の現況再現

図-2に現地観測値とシミュレーションによる推計値を示す。その結果、発生交通量は15分毎でほぼ整合が図られている。また、通過所要時間については、傾向が再現できていることを確認した。

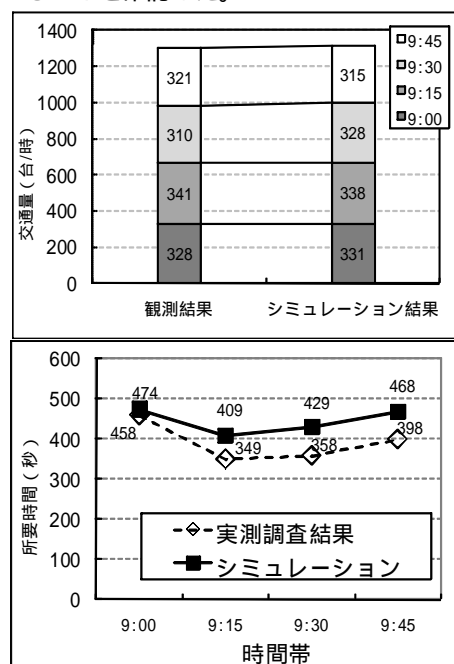


図-2 車道部の現況再現



b) 歩道部の現況再現

図-3に現地観測とシミュレーション推計の平均値を示す。なお、シミュレーション推計値は、同一空間密度で30サンプル以上計測されている場合を算出している。その結果、整合性がうまく再現できていないものの、大幅な乖離は発生していないことを確認した。今回は、回帰分析など再現性の検証を行っておらず、現地観測データも不足しており、今後、データの蓄積や相関分析を含めて、パラメーターの調整等を図ることが必要である。

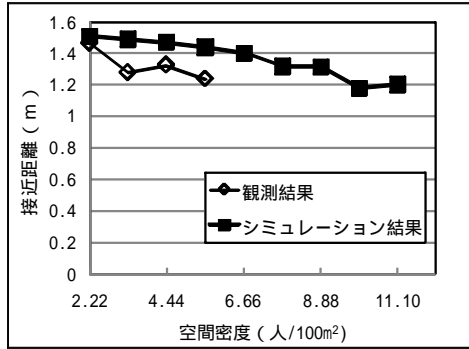


図-3 歩道部の現況再現

表-5 再構築パターンシミュレーション条件

車道部	延長	交差点3箇所を含む約600~800m	
	速度	自動車：H17道路交通センサス 自転車：現地ビデオ調査に基づく速度分布	
	信号制御	120秒/1サイクルの4現示(右折専用現示) 青時間比58%、オフセット考慮なし	
	交通量	H17道路交通センサスの4車種(乗用車、大型車、バス、自転車)	
	交差点方向比率	平面交差点の計画と設計 基礎編で示されている標準的な十字交差点の直進70%、右折及び左折とも15%比率を使用	
歩道部	路上駐車	2台~8台/時、平均停車時間300秒として設定	
	速度	歩行者	早い歩行者と遅い歩行者を1:1割合 早い(男性等)：平均4.7km/h(3.5~5.8km/h) 遅い(幼児等)：平均3.5km/h(2.6~4.3km/h)
		自転車	平均10.0km/h(9.0~10.5km/h)
	交通量	H17道路交通センサス 自転車について、自転車道以外の逆方向走行は、歩道とする。	
重方向率	歩行者、自転車ともに50%		
他	自転車交通量	自転車道設置パターン以外の自転車の車道部・歩道部通行は、1:1と仮定	
	計測時間	ピーク1時間	

5. 再構築設計シミュレーションとその効果評価

(1) 再構築設計シミュレーション条件

再構築設計シミュレーションは、一般的な交通条件下の道路を試行する上で、表-5に示す条件に基づき行った。なお、自動車の速度、自動車・自転車交通量は、主に仮想した東京都内の道路のH17道路交通センサスを用いた。

(2) 指標を用いた効果評価

表-6に、このシミュレーションにより推計された前提指標と効果評価結果をケース別再構築パターン別に示す。6車線のうち、上下1車線を減じて空間創出を図るパターンA-1~A-3は、捌け交通量比が標準に比べ1割程度落ちているものの、自動車の遅れ時間は減少している。想定した交通量では、交差点部の処理を工夫するこ

表-6 道路空間再構築効果評価結果

ケース	パターン	再構築した車線数 (単路部)	交通量 (台/時)	前提指標 捌け交通量比	定量的効果評価指標				
					遅れ時間 (秒/100m台・人)			交錯回数 (回/100m台・人)	
					自動車	自転車	歩行者	自転車	歩行者
A 40m 6車線	標準	6車線	1,083	1.00	29.6	11.2	9.7	7.0	6.8
	A-1 自転車道 交差点左折車線	4車線	996	0.92	10.0	2.3	9.5	0.6	5.8
	A-2 自転車道	4車線	993	0.92	17.1	2.0	9.6	0.2	4.8
	A-3 副道 交差点左折車線	4車線+両側副道	990	0.91	11.5	7.2	13.5	6.0	15.1
B 25m 4車線	標準	4車線	642	1.00	26.6	2.7	2.8	2.3	3.4
	B-1 自転車 レーン	4車線+ 両側自転車レーン	680	1.06	17.5	0.9	1.3	0.4	1.8
C 25m 4車線	標準	4車線	1,275	1.00	22.3	15.3	12.7	11.5	12.1
	C-1 自転車 レーン	2車線+ 両側自転車レーン	902	0.71	14.1	4.4	8.7	2.1	5.3
	C-2 副道	2車線+両側副道	412	0.32	36.4	9.1	13.5	5.4	15.2
D 15m 2車線	標準	2車線	487	1.00	14.1	8.0	6.8	7.4	10.1
	D-1 自転車 レーン	2車線+ 両側自転車レーン	506	1.04	11.6	3.8	4.4	2.4	5.8

とにより自動車交通へ与える影響を抑えつつ、単路部の車線を減じ、路上駐車及び自転車通行空間を確保する再構築が可能であることがわかった。加えて、車線を減じず路上駐車場や自転車走行空間を確保するパターンB-1及びD-1は、遅れ時間及び不快な交錯回数が標準より優位である結果が得られており、自動車交通、自転車及び歩行者通行の円滑性に効果がある妥当な結果が得られた。また、4車線のうち上下1車線を減じるパターンCは、遅れ時間及び不快な交錯回数が標準より改善しているパターンが一部みられるものの、捌け交通量比にみられる交通需要が処理できない結果となっており、自動車交通に見合わない再構築パターンであることがわかった。

歩道部について、車線と同時に歩道の有効幅員を減じ、副道を設置するパターンA-3及びC-2は、不快な交錯回数が標準案に比べ悪化しており、幅員と歩行者・自転車交通量によっては、分離することが必ずしも歩行者の快適性の改善につながらないことがわかった。

## 6. まとめと今後の課題

本報告では、対象道路の選定し、仮想的な道路空間再構築設計を検討後、評価指標の設定、その指標を用いた効果評価を交通マイクロシミュレーターで推計した。

その結果、道路の使い方をよく観察し使われ方に応じた再構築設計は、自動車の交通を現状より低下させることなく車線を減じることにも可能となる場合があり、その空間を歩行者、自転車、路上駐車等の空間に充てることで、道路の機能向上につながる場合もあることがわかった。この結果は、歩行者、自転車が通行する一般的な交通条件下の道路を再構築する場合の効果評価を示したものであり、今後、マイクロシミュレーションの再現性の実証や整合性を検証していくことが必要である。

## 7. おわりに

本報告の実施に際しては、パシフィックコンサルタンツ株式会社社会政策本部道路計画部の皆様に、マイクロシミュレーションについてのレクチャーをはじめノウハウの提供をいただいた。多くの方々の協力に紙面を借りて感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用, 2004
- 2) 国土交通省道路局、警視庁交通局他：自転車走行空間の設計のポイント, 2009
- 3) 大脇・諸田・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・講演集, No.39, 2009.

- 4) 高岸節夫：すれちがい、追い越しからみた2方向2車線自転車道の通行帯幅員に関する一実験的考察, 交通工学Vol.12, No.6, 1977.
- 5) Wiedemann, R: (1974). Simulation des Straßenverkehrsflusses. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, Heft 8.
- 6) Dirk Helbing and Peter Molnar : Social force model for pedestrian dynamics, The American Physical Society, pp4282-4286, 1995