

# 自転車通行環境を考慮した 道路空間再構築の効果と影響に関する研究

齊藤 大将<sup>1</sup>・屋井 鉄雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>非会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: saito.h.am@m.titech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京工業大学教授 環境・社会理工学院 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: tyai@enveng.titech.ac.jp

ポストコロナの新しい生活様式を見据え、自転車利用者の増加への対応として、今後自転車が安全で快適に走行できる自転車通行空間の整備を推進する必要がある。しかし道路空間の中でも、都心と郊外を結ぶ都市幹線国道（直轄）では自動車交通流の円滑性を第一とした運用がされてきたため、従来の整備された道路構造では、歩行者や自転車など多様なニーズへの十分な対応は困難である。本研究では、都市幹線国道において道路空間再構築により車道部を1車線削減し、自転車通行空間を整備した際に、自動車交通流がどのように変化し、どのような効果と影響を生じるのかについて観測調査と交通マイクロシミュレーションによって検証を行った。分析結果から車線を削減しても、交差点部の処理を適切に行えた場合、交通流への影響を最小限に抑えられるため、道路空間再構築が実現可能であることが示唆された。

**Key Words :** *bicycle traffic, road space reallocation, bicycle facilities, traffic micro simulation*

## 1. 本研究の背景と目的

昨今のコロナ禍による働き方改革や公共交通を利用する機会の減少等に伴い、移動の在り方は日々多様化している。ポストコロナの新しい生活様式を見据えた場合、自転車は新たな交通手段として有効的であり、今後もさらなる普及が予想される。また我が国では20世紀後半の自動車交通の普及に伴う環境問題、健康問題、歩行者・自転車等の安全性問題の解決に向けて自転車道、自転車専用通行帯、自転車ナビライン等の整備による自転車通行環境の改善に注力している<sup>1)</sup>。

一方、自転車利用増加への対応として、自転車通行空間の整備をすることが欠かせないが、東京23区内の都市幹線国道（直轄）のこれまでの整備状況を見ると、約10年間で17kmの整備に留まっており<sup>2)</sup>、自転車通行空間の整備が進んでいないのが現状である。

その背景として車道の一部削減し、自転車通行空間へと転換するべきといった考え方が十分浸透していないことが言える。道路空間の中でも都心と郊外を結ぶ都市幹線国道では、自動車を主とした活用がされてきたが、今後は歩行者・自転車等の多様な利用者と共存できる空間運用へと転換する必要がある。

欧米での動向に着目すると、1980年代後半から2000年

代にかけて自動車交通の渋滞を原因とする環境悪化や都市衰退が課題とされてきた。そこで自動車中心の道路空間から歩行者や自転車等の多様な利用者が共存できる空間への転換を目指し、様々な取り組みが行われ、道路空間再構築による渋滞発生への懸念を払拭してきた。

イギリス・ロンドンでは、コロナ禍以前から計画に基づき、自転車利用を推進し、市内全域に自転車専用道として「サイクル・スーパーハイウェイ」を整備してきた。コロナ禍以降では、Hyde Park付近の自動車交通量が9万台/日の道路において片側3車線化され、ポップアップ自転車レーン（自動車レーンを一時的に自転車用に変えたもの）やバスレーン等に再配分された<sup>3)</sup>。

フランス・パリでは、自動車交通量が15万台/日の市街地と郊外を結ぶシャルルドゴール通りにて道路空間再構築を行い、2車線削減し、人の空間を拡張している<sup>4)</sup>。またコロナ禍に伴って、パリの中心部を東西に横断するリヴォリ通りでは、一般車両用の中央の1車線を自転車レーンに転換することで自転車通行者が1日当たり4500人から9400人に増加している<sup>5)</sup>。

アメリカ・ロサンゼルス市の幹線道路で平均日交通量が約5万台のVenice Boulevard Great Streetでは、6車線から4車線に削減され、Protected bicycle lanes（保護された自転車レーン）等に再配分された。再整備によるピーク時の旅行

時間の変化は1分以内に収まっており、交通流への悪影響も生じていないことが確認されている<sup>9)</sup>。

本研究では、都市幹線国道を対象に、道路空間再構築による車線削減を適用した場合の効果と影響検証を観測調査と交通マイクロシミュレーションによって行う。そして自転車通行環境を考慮した新たな道路空間のデザインや運用方法について提案し、今後の東京23区内における都市幹線国道の自転車通行空間の整備計画の早期実現の一助となることを目指す。

## 2. 既往研究と本研究の位置づけ

道路空間再構築の効果評価に関する研究として、木下ら<sup>7)</sup>は都心部の幹線道路を対象に交通マイクロシミュレーションによって自転車通行空間を確保した仮想的な再構築道路空間の効果評価を示している。結果、都市内の標準構造である幅員40mの6車線道路の場合、交差点部の処理を工夫することで車線を減じ、路上駐車や自転車通行空間等に再配分が可能であるとしている。

尹ら<sup>8)</sup>は静岡県沼津市JR沼津駅エリアを対象に、交通量推計モデルを用いて道路空間再構築を実施した時の道路交通への影響についてマクロ的評価を行い、自動車交通の需要転換が適切に図られた場合、交通影響は生じないことを明らかにしている。

森口<sup>9)</sup>は大阪府梅田～難波間南北に結ぶ約4kmの幹線道路である御堂筋において、交通マイクロシミュレーションを用いて歩行者空間の再整備の可能性について検証している。歩行者・自転車空間が拡大した場合、サービス水準が高くなり、さらに自転車専用空間があるとより高水準になるという結論を導いている。

濱本ら<sup>10)</sup>は自動車交通が多く、かつ交差点の処理能力が厳しい制約された都心部の幹線道路の特定区間（幅員40m、距離2.2km）を対象とした道路空間再構築の効果検証を交通マイクロシミュレーションによって行っている。この研究では、歩行者・自転車・自動車3車の所要時間と歩道部内の不快な交錯回数を評価指標として安全性・快適性を定量的に評価し、設計上のコントロール条件が明らかになるとともに、自動車交通のサービス水準を維持しつつ、歩道部内の円滑性や通行環境の改善が図られるとしている。

日野<sup>11)</sup>はわが国と欧州での道路空間再構築の動向とその違いを概観し、海外事例を交えながら近年の道路空間再構築の必要性と考え方をレビューし、今後の道路空間の在り方について提言している。

交通マイクロシミュレーションを用いた自動車・自転車・歩行者や道路空間に係る研究は数多く存在する。例えば加藤ら<sup>12)</sup>は茨城県つくば市の幹線道路である東大通

りにおいて、マイクロレベルでの実際の交通状況を再現した上でのエコドライブによるCO<sub>2</sub>削減効果の定量的評価、CO<sub>2</sub>削減要因の裏付けとしての空間的な削減効果の確認、大型貨物車混入による影響評価を実施している。また寺田ら<sup>13)</sup>は交通マイクロシミュレーションを用いて信号無停止支援システム適用時の交通流を現況再現し、CO<sub>2</sub>排出量について分析を行っている。

自転車通行空間における走行環境の改善に向けた研究は多数存在し、例えば鈴木ら<sup>14)</sup>は都市部の中小鉄道駅周辺道路でCGを用いたアンケート調査とDSを用いた走行実験を行うことで車道上の自転車レーン設置の可能性を自転車利用者と自動車利用者両方の立場から考察している。

山中ら<sup>15)</sup>は東京都内の街路において走行時のビデオクリップを視聴するアンケートを用いて自転車の車道走行における安全感の影響要因を調査し、レーン設置かつ通行帯幅確保が寄与すると明らかにしている。

出口ら<sup>16)</sup>は愛知県豊田市で数多く整備されている車道混在型道路を対象に、自転車利用者の車道利用に影響を与える要因をビデオ観測より分析している。

これまで述べてきたように、現在、世界中の多くの都市で道路空間を自動車中心から人間中心の空間へと再構築し、多様な利用者が共存できる空間にしていく取り組みが進められている。

わが国でも、都市部や中心市街地を対象に自動車中心とした道路空間の運用から歩行者や自転車等も安全で快適に利用できる空間の実現に向けた道路空間再構築に関する研究や自転車通行空間を整備するにあたってどのように取り組むべきかといった点に着目した様々な先行研究がいくつか存在する。

一方で、都心と郊外を結ぶ都市幹線国道（直轄）を対象に定量的根拠に基づく自転車通行環境を考慮した道路空間再構築に向けた研究は見当たらない。これまで都市幹線国道では自動車中心とした活用が必要であるという考えが根付いていることから研究対象として扱われてこなかった。それは整備事例がないことも一因であるが、都市幹線国道にて自動車中心とした活用から人間中心とした活用へと転換するべきといった社会的価値の創出に向けた議論が行われていないことも要因であると考えられる。

そこで本研究では、都市幹線国道（直轄）において自転車通行環境の改善に向けた道路空間再構築を行うという新たな視点に立ち、観測調査と交通マイクロシミュレーションによって道路空間再構築による効果や影響を検証を行い、車道部の車線を削減してでも、自転車通行空間へと再配分することが必要であるといった新たな社会的価値の創出を目指す。

### 3. 研究対象道路の現況の考察

#### (1) 対象道路の選定

本研究では、都市幹線国道の例として国道1号線（第二京浜）の環状八号線～環状七号線区間（総距離3.7km、信号交差点17箇所あり）を対象とすることにした。選定理由として、対象道路は自転車活用推進計画にも位置付けられている国道であり<sup>2)</sup>、今後自転車通行空間の整備形態が検討されると予想されるためである。また対象道路では自動車交通量だけでなく自転車・歩行者交通量も多いにも関わらず、滞留環境が充実していないことが挙げられる。図-1の道路ネットワーク全体で見た時に、広域でみると都心に向かう他の幹線道路があるが、周辺道路でみると代替道路が存在しないため、車線削減の影響を当該道路が受け止めることを前提に、当該道路の現況交通の分析を検討することにした。

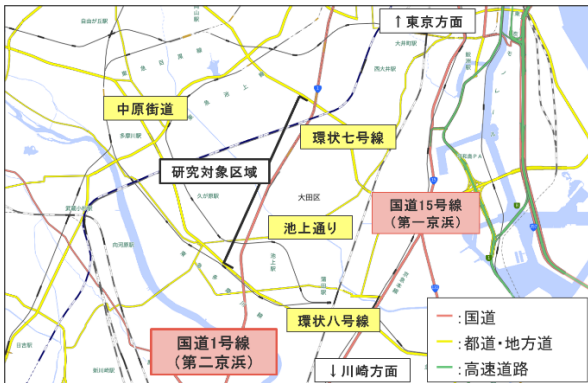


図-1 研究対象道路付近の道路ネットワーク

#### (2) 道路構造に関する現況整理と考察

国道1号線の対象区間における標準的な断面図を図-2に示す。対象道路は両側6車線構造の幹線道路であり、歩道部と車道部ともに道路幅員が狭いことが特徴として挙げられる。歩道幅員は約1.6mと極めて狭いため、歩行者と自転車の歩道部における共存は難しい状況である。

また法定速度は60km/hを採用しており、わが国が定める自転車通行空間は整備されていないが、警視庁による自転車ナビマークが設置されている。

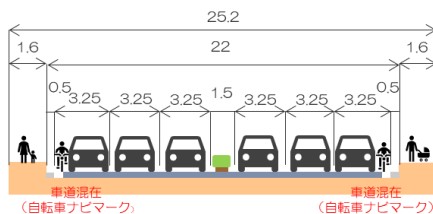


図-2 対象道路の単路部における断面図

表-1 自動車交通量（双方向）（台）

	12時間交通量	24時間交通量
自動車	30981	43201

平成27年度道路交通センサス<sup>1)</sup>より対象道路における自動車交通量は表-1の通りである。2016年改訂版の自転車ガイドライン<sup>2)</sup>によれば、法定速度が50km/h以上の道路の場合、自転車道を完全形態とするべきとしている。対象道路が所在する大田区<sup>18)</sup>においても、規制速度が60km/h以上の道路の場合、12時間自動車交通量が2800台以上であれば自動車と自転車の構造的分離（自転車道）が必要であるとしている。そのため本来であればガイドラインに従うと、自転車通行空間の整備形態として自転車道が選定されるべきであるにも関わらず、規定を満たしていないのが現状である。

道路構造の制約がある中で、自転車通行空間を確保するためには車道部を1車線削減する方法が考えられるが、道路構造令<sup>20)</sup>では計画交通量が28800～43200台/日の道路において交差点が多い場合は6車線、交差点が少ない場合は4車線と定めている。交差点の多寡次第で交通流に影響するため、車線削減が可能か否か決まる。

#### (3) 信号交差点に関する現況整理と考察

対象道路内には図-3のように17箇所の信号交差点が存在する。各信号交差点の属性は、図-4で示すように大きく3つのいずれかにあてはまることが分かった。

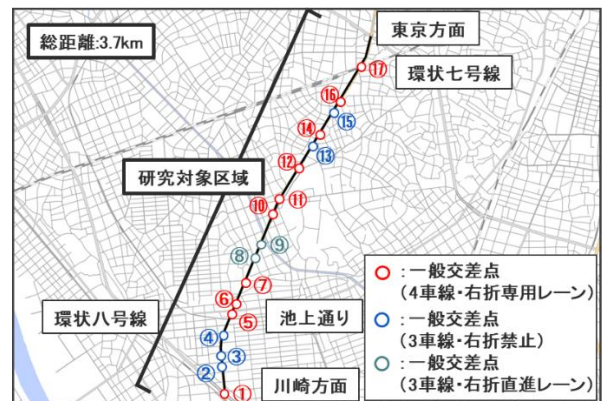


図-3 対象道路内における信号交差点の位置

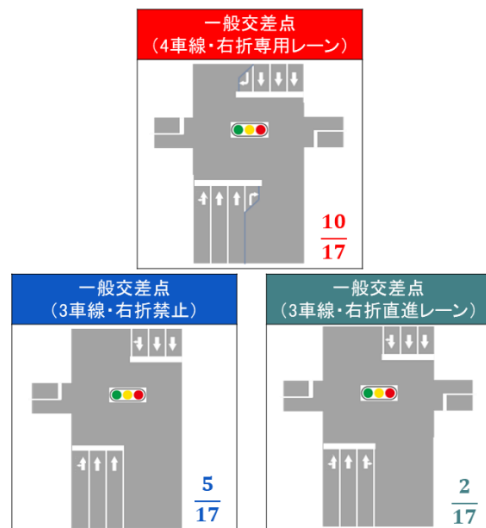


図-4 信号交差点の属性

17交差点のうち、10箇所では片側4車線・右折専用レーン構造となっている。5箇所では片側3車線で右折禁止となっており、残り2箇所では右折直進レーンが設置されている。なお本研究では無信号交差点については、交通流への影響は限りなく小さいことから、考慮に入れないことにする。

交差点間の16区間のうち、14区間では間隔距離が100m以上あり、平均信号交差点密度は4.59箇所/kmとなっている。道路構造令<sup>19)</sup>では、信号交差点密度が概ね2~3箇所/km以上であれば交差点が多いと記載されているが、定性的な記載しかなく、科学的根拠に基づいているか不明である。参考までに柿元ら<sup>20)</sup>の研究では、信号交差点密度が7箇所/km以上から旅行速度が横ばいになると示している。そのため7箇所/km以上で交差点が多いと解釈することができ、柿元らの論文を参考にした場合、交差点は多くないと判断できる。

しかし交差点の影響については検証する必要があるため、本研究にて交通マイクロシミュレーションを用いて対象道路の現況再現を行い、交通流への影響を考慮した上で道路空間再構築が可能であるか検証する。

#### 4. 現地観測による車線削減の可能性検証

##### (1) 第1レーン利用状況調査

わが国ではある一定の交通量に対して車線削減が可能であるかといった目安や明確な規定が存在しない。それに対して、欧米では道路空間再構築の事例が数多く存在することから、欧米の車線削減の規定を研究対象道路と照らし合わせながら車線削減の可能性について考察することにした。道路空間再構築の実現可能性は、第1レーン（歩道部寄りの車線）の利用状況に大きく依存する。そこで現地観測より通勤・通学時間帯（朝7時~8時）の上り方面（東京方面）における自動車・自転車の利用状況を調査し、結果を表-2に示す。

結果として、2箇所の観測地点ともに第1レーン走行中の自動車交通量は約200台前後であった。また10/21（木）の馬込坂下交差点を除き、前方に停車車両は確認されなかったため、停車車両の影響はないことが断定できる。

上記の結果をアメリカ・サンフランシスコ市の規定を例にとり、考察を行う。理由として、諸外国の中でもアメリカは従来、現在のわが国と同じように自動車中心とした道路空間の活用がされてきた。しかし近年、環境問題や交通事故問題の改善に向けて自動車から自転車利用への転換を促す交通政策を推進していることから社会的背景が近いと考えた。

サンフランシスコ市では600台/レーン・ピーク時以下であれば多車線道路の自動車レーンを自転車レーン化する

表-2 第1レーン走行中の自動車・自転車交通量（上り）

観測日	西馬込駅前交差点		馬込坂下交差点	
	自動車交通量	自転車交通量	自動車交通量	自転車交通量
5/24（月）	231	181	-	-
10/18（月）	241	160	257	166
10/21（木）	224	93	169	118

る規定を定めたとされる<sup>20)</sup>。サンフランシスコ市の規定と比較した場合、対象道路における自動車交通量は600台/時以下であるため、1車線削減し、道路空間再構築による自転車レーンの整備が可能であると考えられる。自転車交通が多いことから自動車が第1レーンを避けている可能性があるが、実態に即して考えるなら、自転車利用が高い水準にあることから速やかな再配分が望まれるとすることができる。

##### (2) 停車車両の有無による影響検証

停車車両存在時は、片側3車線のうち1車線が機能しなくなり、実質的に2車線状態となる。そこでピーク時の観測映像より特定の区間で、第3レーン走行中の自動車のラップタイムを計測し、断面速度や旅行時間を算出することで、停車車両有無による自動車交通流の影響について調査した。停車車両が存在時（2車線）と存在しない時（3車線）別にそれぞれ50サンプルで平均をとり、グラフ化したものを図-5と図-6に示す。3車線時と2車線時に対してt検定を行ったところ、断面速度と旅行速度ともに5%有意で差は見られなかった。以上より、駐車車両の存在による自動車交通流への影響は小さいことが明らかになった。一台の駐停車による削減と車線が一つ減る場合では影響が同じとは言えないが、それでもこの区間では大きな影響がないことが予想される。

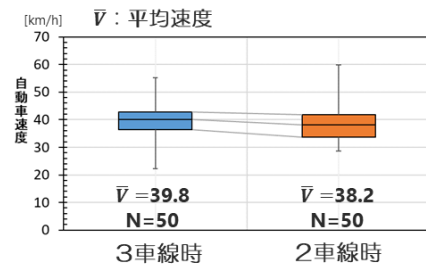


図-5 第3レーン走行時の自動車断面速度

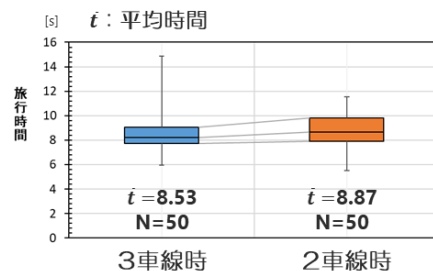


図-6 第3レーン走行時の自動車旅行時間

## 5. 交通マイクロシミュレーションによる道路空間再構築の可能性検証

4. において特定の区間にて現地観測によって、単路部における第一レーン利用状況や旅行時間・断面速度を算出することで車線削減の可能性を考察した。ところが道路空間再構築による交差点部の影響や対象道路全体における交通流への影響や効果については実際のところ分からないため、交通マイクロシミュレーションVISSIMを用いて分析した。

### (1) 交通マイクロシミュレーションを用いた分析体系

本研究における分析体系を図-7に示す。まず道路の外形や交通量、信号パラメータ等のデータを取得し、入力データとする。さらに車両の希望速度など運転挙動に関するパラメータ設定を行うことで対象道路における交通流の現況を再現した。

### (2) 道路空間再構築後の基本構造の立案

対象道路区間では3種類の幾何構造の異なる交差点が存在するため、道路空間の制約条件や問題点を考慮し、本研究で提案する道路空間再構築の案を図-8に示す。

単路部では1車線削減し、ポストコーン設置による自転車通行空間を整備することを基本とした。構造分離が図れるポストコーン設置型の自転車通行空間は国内の導入事例はまだ少なく、幅員に関する規定も定められていないため、自転車専用通行帯と同程度の幅員1.5mとした。単路部における第1レーンの基本とする道路幅員は3.25mであるため、自転車通行空間を整備したとしても余剰空

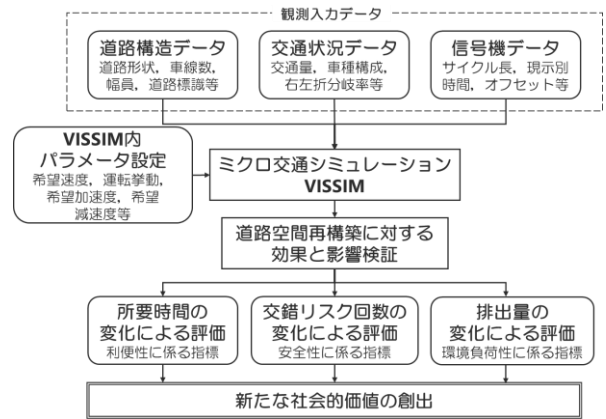


図-7 本研究における分析体系の枠組み

間が発生する。そのため路上駐車のための停車帯や歩道の拡幅、あるいは車道の幅員に割り当てるなどの案が考えられるが、シミュレーションでは、単路部に関しては第1レーンを削減し、自転車通行空間に割り当てた簡易的な状況を想定して検証を行うこととした。

交差点部では、案①『交差点混在型』と案②『交差点分離型』の2種類を提案し、現況との比較を行った。案①では第1レーンを左折直進レーンから左折専用レーンに転換し、自転車ナビマークを設置による自転車通行空間を明示した車道混在型とした。案②では車道幅員を1車線ごとに縮小し、歩道側にポストコーン設置による自転車専用空間を確保することで交差点部でも自動車と分離化する。また案②でも案①と同様に左折専用レーンを設置した。

そしてシミュレーション結果の評価指標として、対象区間を通過するまでの所要時間・旅行時間の変化や交錯リスク回数の変化、排出量の変化による評価を行い、各

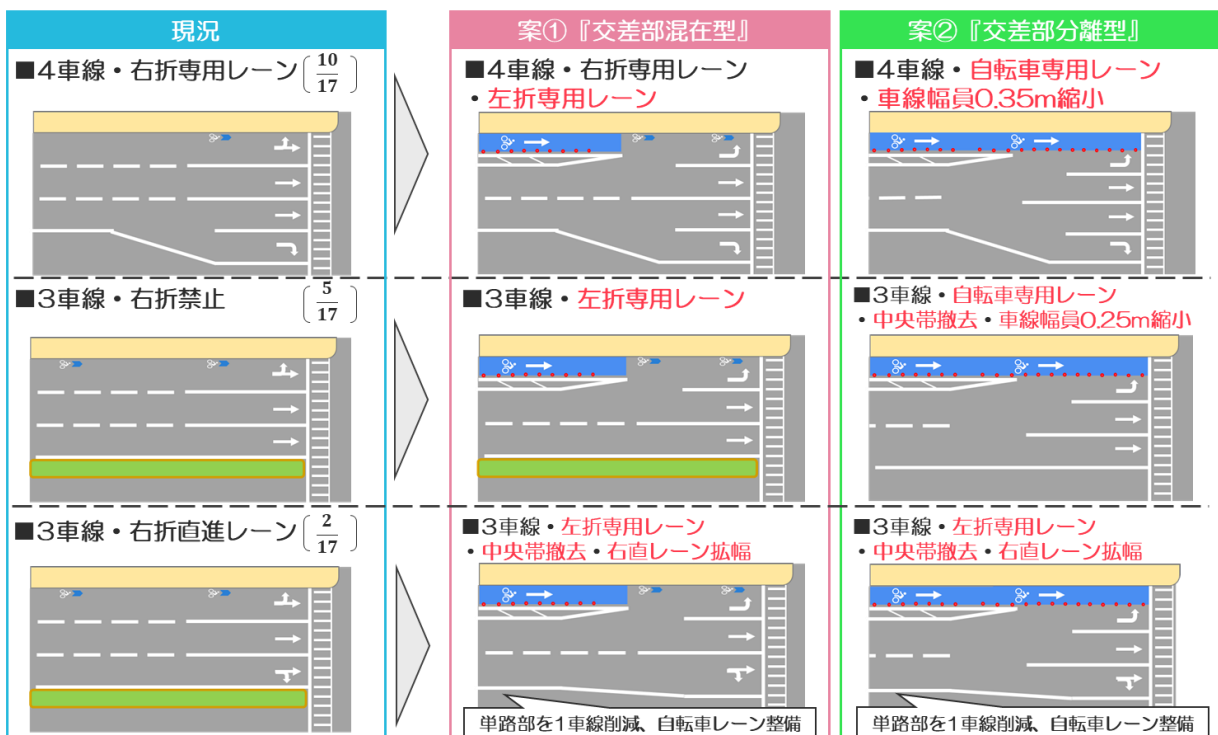


図-8 本研究における道路空間再構築の設計パターンの平面図

整備ケースの利便性・安全性・環境負荷性について分析した。

**(3) 車両挙動に関するパラメータ調整**

VISSIM で組み込まれている車両挙動モデルは目的に合わせて数値やパラメータ設定の変更が可能である。デフォルト設定でシミュレーションを回したところ、ドライバーによる極端な車線変更が多く見られ、アグレッシブな挙動となっている。そこで評価に先立って、現況の車両挙動との整合性を極力持たせるため、車両挙動に関するパラメータの調整を行った。走行挙動モデルは一般道路の走行に適したモデルとされている Wiedemann74 を使用した。なおパラメータの調整にあたって、現地調査による映像データより特定区間における車線変更回数を計測し、シミュレーション上でも同じ区間で現況と近い値になるようにした。キャリブレーションでは最小車間距離（車線変更後に確保したい車間距離、デフォルト値は 0.50m）、安全距離係数（車線変更時に減少する安全な車間距離の割合設定、デフォルト値は 0.6、車線変更中の安全距離は次式で計算する、車線変更中の安全車間距離＝元の安全車間距離×安全距離係数）のパラメータをデフォルト値から値の変更を繰り返し、キャリブレーション後のパラメータ値は、最小車間距離：5.0、安全距離係数：1.0 とした。観測映像より確認された車線変更回数は時間当たり 83 回であったが、デフォルト設定では同区間の車線変更回数が 130 回になっていた。それをキャリブレーション後は 96 回まで減らすことができ、現況値と概ね近い値にすることができたと考えている。

**(4) 交通条件の設定による交通流の現況再現**

現況の交通条件と近くなるよう、対象道路の道路網、車両の走行速度や発生交通量、右左折分岐率、信号現示の情報、道路幅員などを再現し、シミュレーション上の設定と現実との乖離をできる限り少なくした。現況再現のシミュレーション条件は表-3の通りである。本研究では最も混雑が想定され、自動車・自転車交通量が多い通勤・通学時間帯（7:00～8:00）で道路空間再構築が実現可能であるかどうかの検証を行うため、上り（東京）方面を調査の対象とする。必要なデータの収集に関しては、警視庁データ<sup>2)</sup>や実地観測によって取得した。

自動車交通量について、警視庁データ（調査日：令和元年 11 月）より研究対象道路区域内の流入交通量と流出交通量が把握可能なため、途中の交差点における発生交通量と交差点方向比率に関しては、取得した流出交通量と近い値になるように交差点の属性別に数値設定を行った。自転車交通量についても、自動車交通量の条件設定と同様な作業を行った。

表-3 現況再現シミュレーション条件

計測時間	通勤・通学時間帯（7:00～8:00）			
		流入交通量	流出交通量	大型車混入率
交通量	自動車	1398	1630	5.15%
	自転車	175	103	-
交差点方向比率	一般交差点における従道路からの自動車発生交通量は100台/時として設定 各交差点での歩行者交通量は200人/時とする			
信号現示	140秒/1サイクルあたり2~4現示 本線における直進方向の青時間比：46%～63%			
走行速度	自動車：規制速度60km/hを中心とした正規分布 自転車：20km/hを中心とした正規分布			

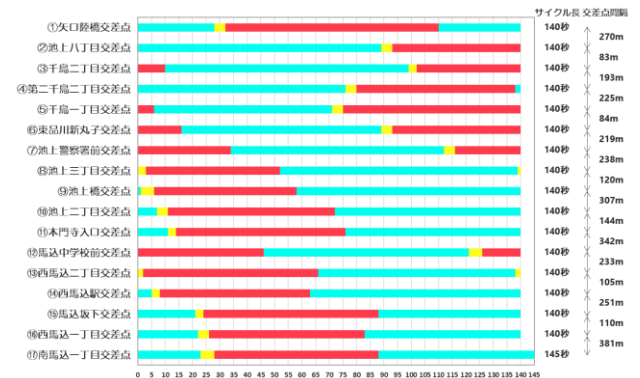


図-9 主方向信号1サイクルのパラメータ表

信号制御方式の設定について、日時や交通状況によって制御方式が変動するため、完全なる再現は難しいことが想定される。そのため今回は 2021 年 10 月 18 日（月）の 7:00～8:00 において観測した信号データを採用することにした。なお同時間帯の 2021 年 10 月 21 日（木）にも実地観測を行ったところ、同日と同じ制御方式が採用されていたことが確認済みである。対象道路の本線における信号制御は図-9の通りであり、基本的に系統信号による制御方式が採用されていることが確認できた。

自動車の希望速度について、対象道路の規制速度が 60km/h であり、かつ一般的に自由速度の分布は正規分布になるという 2つの前提をもとに、60km/h を中心とした正規分布になると仮定した。また自転車の希望速度も、市街地を走る自転車の平均速度は 18～25km/h が一般的<sup>2)</sup>とされていることから、20km/h を中心とした正規分布と仮定した。車両の希望加速度、減速度についてはデフォルト値を用いることとする。

シミュレーション時間は 1 回につき 3600 秒とし、各ケースについて乱数系列を変えながら 5 回試行し、その平均値や分散で比較した。なおシミュレーションの性質

表-4 各ケースにおける状況設定

シナリオパターン設定	
ケース1	現況 (3車線時)
ケース2	案①『交差点混在型』
ケース3	案②『交差点分離型』
ケース4	案①『交差点混在型』 + 交通需要転換
ケース5	案②『交差点分離型』 + 交通需要転換

上、一つの車線にて自動車と自転車が並走するような挙動を表現することが困難であった。今回あくまで現況再現では3車線機能している状態での自動車交通流を評価し、道路空間再構築実施時との比較をしたいため、現況ではシミュレーション内で自転車を反映させていない。

(5) シナリオ設定

シミュレーションにおけるシナリオ設定を、表4に示す。基本的には対象道路において現況と道路空間再構築が実施されたパターンである案①『交差点混在型』と案②『交差点分離型』についての比較を行う。さらに道路空間再構築後に、将来的に対象道路内の自動車交通の一部が自転車に転換すると仮定し、交通需要転換が図られたケースも設定する。「コロナ前後の企業による自転車通勤に対する機運の変化」に関するアンケート結果<sup>24</sup>では、コロナ前は自転車通勤を認めている企業は19.2%であったが、コロナ以降では認める企業が51.3%となっており、今後も自転車通勤を促進する企業が増えることが見込まれる。対象道路でも自転車通行環境整備が行われると、自動車交通量の一部が自転車へ転換することが期待できる。仮に通勤する自動車利用者が5日に1回、自転車通勤に転換した場合、通勤利用の自動車の20%の削減が可能になる。朝のピーク時間帯の同区間の乗用車はほぼ通勤利用と考えられることから、本研究では道路空間再構築を実施することにより、対象道路内の普通自動車の発生交通量が20%減少し、それがそのまま自転車に転換するケースを1つの目標として設定し、影響を分析することにした。これは普通自動車の台数として280台が減少し、その分の自転車が増加した場合に相当する。

以上より、本研究では道路空間再構築を実施することにより、対象道路内の自動車の発生交通量が20%減少し、自転車に転換することを想定して検証を行う。

(6) 道路空間再構築の効果と影響検証

a) 所要時間の変化

まず交通の移動の質への影響を測る評価指標として、道路空間再構築を実施した場合の対象道路内を通過するまでの所要時間の変化と現況に対する各再構築案の所要時間の変化率について、図-10に示す。

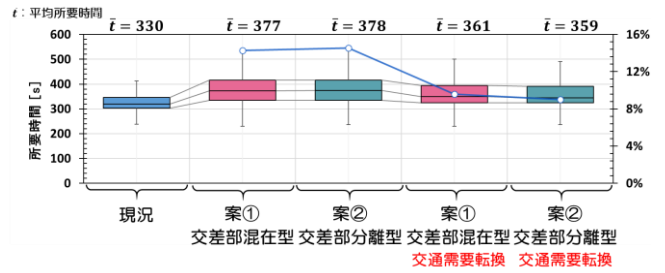


図-10 対象道路区間内の所要時間と変化率

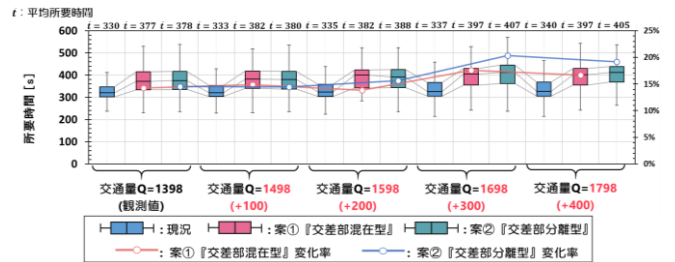


図-11 自動車交通量の増加に伴う所要時間の変化



図-12 自転車交通量の増加に伴う所要時間の変化

その結果、自動車交通量が1398台(観測値)の時、道路空間再構築を実施すると対象道路区間全体で所要時間が5分30秒から6分17秒に増加した。一方、自動車交通需要が転換し、自転車利用が図られた場合では、所要時間の差は約30秒まで緩和された。

続いて1時間あたりの自動車の発生交通量を観測値から100, 200, 300, 400台増加させた場合(自転車交通量は観測値のまま)の感度分析を行った。結果として、観測値から200台までの増加では、現況と比べた所要時間の変化率は観測値の時と同程度であった。しかし自動車交通量が観測値から300台以上増えると現況との所要時間の変化は約60秒まで差が広がった。

次に1時間あたりの自転車交通量を観測値から100, 200, 300, 400台増加させた場合(自動車交通量は観測値のまま)の感度分析を行ったところ、自転車交通量が増加しても所要時間の変化はほとんど生じなかった。これは交差点部に新たに左折専用レーンを設置することで、自動車の交通流の処理が適切に行われ、自動車交通量が増加しても直進自動車への影響がほとんど生じていないと考えられる。また案①『交差点混在型』と案②『交差

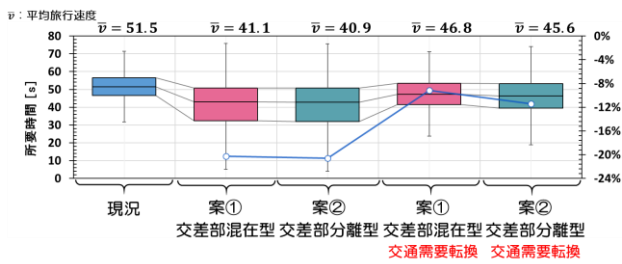


図-13 交差点流出部における旅行速度の変化

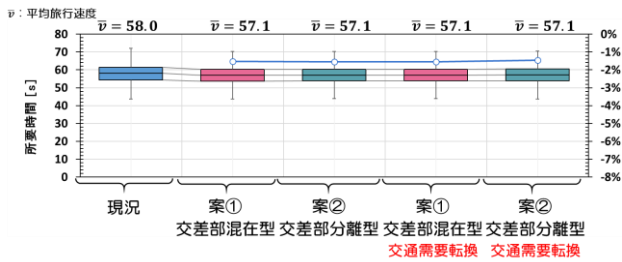


図-14 単路部における旅行速度の変化

部分離型』で自動車交通量の増減による大きな差は発生しなかった。これは交差部の構造の違いによる影響が小さいと言える。

所要時間の観点からは、道路空間再構築を実施した場合においても、現況と比べて激しい交通渋滞が発生する可能性は低いと評価できる。

### b) 旅行速度の変化

対象道路区間内の交差点流出部と単路部における自動車の旅行速度を計測し、旅行速度による移動の質に係る評価を行う。交差点流出部に関しては結果を図-13、単路部に関しては結果を図-14に示す。

交差点流出部では、道路空間再構築を実施することで旅行速度が約 10km/h 低下する結果となった。案①『交差点混在型』と案②『交差部分離型』で比較すると、旅行速度に差は見られなかった。

一方で、単路部では道路構造に関係なく、旅行速度の差が大きく見られなかった。このことから単路部に関しては車線削減による自動車交通の利便性に係るサービス水準は低下しないことがわかる。

### c) 交錯リスク回数の変化

道路空間の安全性能を評価する最も一般的な方法は、交通事故件数等の事故として顕在化した危険事象の発生回数や割合で評価することである。しかし、信頼性の高い安全性の評価に係るモデルを構築するためには数多くの事故件数かつ長期間での事故データが必要となる。また本研究は、都市幹線国道における道路空間再構築の実現可能性に関する検証であるが、過去の導入事例は未だ少なく、かつ車線削減による事故に関するデータはほとんど蓄積されていない。

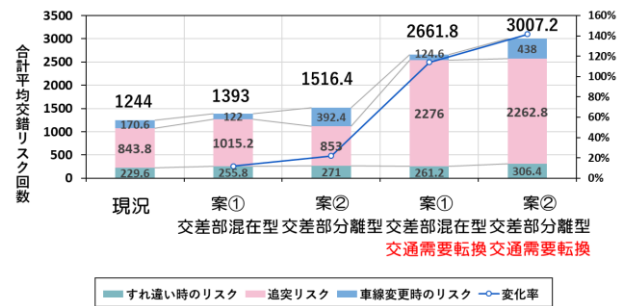


図-15 平均交錯リスク回数の推移

そこで本研究では、顕在化した事故自体を予測するのではなく、事故に繋がりにくい潜在的なリスクの発生頻度を代理指標として予測して安全性を評価する手法である SSAM<sup>29)</sup> (安全性代理指標モデル: Surrogate Safety Assessment Model) を用いた。SSAM を用いた安全性評価はアメリカやヨーロッパなどで一般的に行われている手法であり、国内でも導入事例の少ないラウンドアバウトの安全性能を評価する際<sup>29)</sup>に用いられているため、本シミュレーションへの適用にも有効な手段であると考えられる。

SSAM では TTC (Time to Collision) や PET (Post Encroaching Time) 等の指標が一定値を下回ると交錯リスクが高いと見なされる。

交錯リスクの定義として車両同士の交錯角度を考慮し、3種類に分類される。衝突角度  $\theta$  が 30 度を下回る場合、追突リスク (Rear end) と見なされる。衝突角度が 30 度以上かつ 85 度以下の時は車線変更時のリスク (Lane Change) となり、衝突角度が 85 度を上回る時はすれ違い時のリスク (Crossing) と判断される。1 時間あたりの平均交錯リスク回数を算出し、交錯リスク回数の推移と交錯リスクの種類別の結果を図-15 に示す。本研究では  $TTC < 1.5$ ,  $PET < 5$  の時、交錯リスクが高いと判断することにした。

自動車交通量が観測値の時では、合計交錯リスク回数で見ると、3 車線から 2 車線に車線削減することで交錯リスクが現況と比べて案①では約 10%、案②では約 21% 増加傾向となった。

交錯パターン別で見ると、すれ違い時の交錯リスク回数は案②が最も多くなる結果となった。すれ違い時の交錯リスクが生じるケースとして、本線交通流の右折する車両と対向車の直進同士の交錯リスクが対象として挙げられる。案②が最も増えた要因として、道路制約の都合上、対象道路区間内における交差点の右折直進レーンや右折専用レーンの道路幅員を縮小したことが考えられる。

追突リスクについて、案①が最も多く、案②は現況と比べて大きな差は生じなかった。案①では交差点部の第 1 レーンが自転車と自動車の混在状態であることから、現況と比べて大きく増加したと言える。

車線変更時の交錯リスクに関して、単路部での車線変

更時はもちろん、交差点部での本線からの左折車両と自転車との交錯リスクが対象となる。車線変更時の交錯リスク回数は案①では現況と比べて改善傾向になるが、案②では大幅に増加傾向にある。これは案②では、交差点部でも自転車専用レーンを設けていることから左折する自動車と直進する自転車との交錯ケースが増えたことが原因として挙げられる。一方で、案①では交差点部を混在型にすることで追突リスクは増えたが、左折車両と直進する自転車との交錯は改善された。そのため左折時の交錯リスクと追突リスクのトレードオフ関係だと言える。

交通需要需要転換が行われた場合、自転車交通量の増加によって急激に追突リスクが悪化する結果となった。これは自転車同士の交錯リスクが増加したことも考えられるが、自転車交通量の増加によって交差点部での左折処理が機能しなくなり、本線の自動車が左折しづらくなったことが原因として挙げられる。しかし、ソフト面での安全対策（注意喚起等）を実施すれば交錯リスクを低減することは十分可能であると考えられる。

また TTC を 1.2, 1.0 に変更しても同じ傾向が確認された。

#### d) 排出量の変化

VISSIM より出力される単位時間ごとの速度・加速度・勾配・車両総重量を説明変数とした排出量推計モデル<sup>2)</sup>を用いてCO<sub>2</sub>排出量を推計した。特に、対象道路区間の中でも最も混雑が想定される 2 つの交差点（3 車線・右折直進レーン構造）手前の区間に着目して、道路構造の違いによるCO<sub>2</sub>排出量の差を検証した。結果は図-16 の通りである。定義したエリア区間内を通過する車両台数で除することで一台あたりの排出量を推計している。

道路空間再構築によって自動車の走行速度が低下することでCO<sub>2</sub>排出量が多くなっている。自動車交通量が観測値時において、案①では概ね 4%ほど増加し、案②では概ね 8%ほど多くなっており、案②の方が案①より排出量が多いことが分かる。案①では交差点部が自転車と混在型であることから、第 1 レーンでは自動車と自転車が交互に走るため、巻き込まないと同時に左折が可能である。それに対して案②では交差点部でも自転車と自動

車の分離がされており、直進する自転車が通るところを自動車は超えなければならないため、左折する自動車の渋滞が排出量増加に起因していることが考えられる。また分離型では交差点部の道路幅員が縮小されることで車両の速度低下が影響し、排出が増えている可能性がある。

## 6. まとめと考察

本研究では、これまで自動車中心とした活用がされてきた都市幹線国道（直轄）にて観測調査と交通マイクロシミュレーションにより、道路空間再構築の実現可能性について検討し、道路空間再構築の是非を明らかにした。

利便性に係る評価結果として、車線削減による対象道路全体の所要時間の変化は約 30～50 秒増加した程度であり、交通流への影響は小さいことが明らかになった。交差点流出部では 10km/h 程度の速度サービスが低下したが、単路部では旅行速度の変化が見られなかった。このことから本研究で対象とした片側 3 車線の都市内幹線道路の単路部では、交通量が 4 万台を超えることから道路構造令上は 3 車線が必要と考えられるものの、1 車線削減しても自動車交通流への影響はほぼ生じないことを明らかにできた。この結論は、現に車道上の自転車交通量も多く、自動車が第 1 レーンを十分利用していない現状に照らしても納得できる結果であると考えられる。

安全性に係る評価結果として、交錯事故の潜在的なリスクを代理指標として予測する交錯リスク回数で評価したところ、現況と比べて道路空間再構築を実施した場合、交錯リスクが約 10%増加傾向にあることが明らかになった。また案①『交差点部混在型』と案②『交差点部分離型』の幾何構造の違いに伴って、増加する交錯リスクが異なり、左折時の交錯リスク（車線変更時）と追突リスクはトレードオフの関係にあることが示唆された。

環境負荷性に係る評価結果として、CO<sub>2</sub>排出量について車線を削減しても環境面への急激な悪影響は生じないことが示された。

今後の道路空間の在り方について、社会情勢の変化に伴って自動車中心から人中心へのニーズが高まることが想定されるため、自動車の時間短縮を主目的とした道路空間の運用から転換する必要がある。また昨今の電気自動車やハイブリット車の台頭によって自動車交通の低炭素化が実現可能となったことから、従来の交通渋滞による外部不経済に対する懸念が次第に払拭されることが見込まれる。さらに今後は従来の費用便益の枠組みを超えて金銭では評価されてこなかった歩行者や自転車の安全性や快適性について議論していくことが重要であると考えられる。

将来的に道路空間再構築を本格的に実施するとすると、

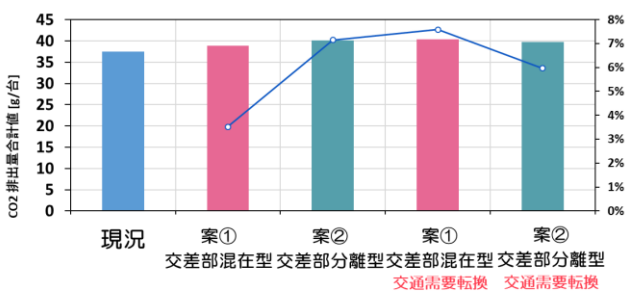


図-16 自動車1台あたりの平均CO<sub>2</sub>排出量

まずは最初の整備段階として案①『交差部混在型』による早期整備を目指し、将来的には案②『交差部分離型』による整備を検討するといった方向性が最適だと言える。

今後の課題としては、実際の交通流では停車車両や公共バスが存在するが、本シミュレーションでは車線削減によって残った空間の停車空間への転換については表現できていないため、停車帯の位置に関する検証も行う必要がある。また本研究ではシミュレーションを行うにあたって、交通量や希望速度のばらつき等について独自の仮説に基づいて設定を行っているため、明確に現況再現できているとは言い難い。実際の交通流や走行状況を観測等に基づいてより高度な車両挙動の分析結果を踏まえた確認が必要である。

謝辞：国土交通省 関東地方整備局 東京国道事務所様には、関連資料のご提供や共同会議でのアドバイスを賜りました。この場をお借りして御礼申し上げます。

#### 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，平成 28 年 7 月
- 2) 国土交通省 東京国道事務所：東京 23 区内における直轄国道の自転車通行空間の 6 整備計画，令和 3 年 2 月
- 3) Transport for London：Park Lane walking and cycling changes，<https://haveyoursay.tfl.gov.uk/park-lane>
- 4) 株式会社地域・交通計画研究所：パリにおける人重視の道路空間再編等の動向，2017 年 9 月
- 5) 一般財団法人 自治体国際化協会 パリ事務所：フランス自転車新時代の幕開け～コロナ禍における自転車利用促進政策～，<https://www.clairparis.org/ja/clair-paris-blog-jp/blog-2020-jp/1417-2020-07-21-08-41-39>
- 6) LADOT：Venice Boulevard Great Street One Year Post Project Evaluation，2018.
- 7) 木下立也，濱本敬治，大脇鉄也，上坂克己：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，土木計画学研究・講演集，Vol.41，2010.
- 8) 尹鍾進，井上恵介，江守昌弘，郡佑毅：道路空間再構築が道路交通へ及ぼす影響に関する考察—沼津市を対象として—，土木学会論文集，Vol.68 No.5，2017.
- 9) 森口一輝：御堂筋における自転車・歩行者シミュレーションを用いた歩行者空間再編について，近畿地方整備局研究発表会 論文集 新技術・新工法部門，No.13，2012.
- 10) 濱本敬治，木下立也，大脇鉄也，上坂克己：交通マイクロシミュレーターを活用した道路空間再構築設計のケーススタディ，土木計画学研究・講演集，Vol.43，2011.
- 11) 日野泰雄：ヨーロッパの事例からみた道路空間再配分の必要性と課題，交通科学，Vol.49 No.2 26~29，2018.
- 12) 加藤秀樹，鈴木勉，佐藤祥路，安藤良輔，近藤美則：交通マイクロシミュレーターを用いたエコドライブによる CO2 削減効果分析，第 31 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，Vol.37 No.1，2015.
- 13) 寺田惇郎，辻大樹，渡邊雅弘，屋井鉄雄：交通シミュレーションを用いた信号無停止支援システムの有効性分析，土木計画学研究・講演集，2009.
- 14) 鈴木美緒，屋井鉄雄：大都市部における自転車の車道上走行空間の安全性に関する研究，日本都市計画学会 都市計画論文集，No.41-3，2006.
- 15) 山中英生，原澤拓也，西本拓弥：サイクリストによる多様な車道内自転車通行空間の安全感評価，交通工学論文集，第 3 巻，第 4 号，2017.
- 16) 出口智也，嶋田喜昭，三村泰広，坪井志朗，菅野甲明：車道混在型自転車通行空間の利用に及ぼす要因分析，日本都市計画学会中部支部研究発表会論文集，No.31，2020.
- 17) 国土交通省：平成 27 年度道路交通センサス
- 18) 東京都大田区：平成 28 年度大田区自転車ネットワーク整備実施計画
- 19) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，平成 27 年 6 月
- 20) 柿元祐史，中村英樹：信号交差点密度を考慮した Q-V 関係式が道路事業便益推定に与える影響，交通工学論文集，第 6 巻，第 2 号，2020.
- 21) 屋井鉄雄，鈴木美緒：米国における自転車政策の展開とわが国での計画制度の方向性に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.67，No.5，2011.
- 22) 警視庁：主要交差点交通量集計表，令和元年 11 月 12 日
- 23) 通勤サイクリングラボ：自転車通勤でどれだけの時間がかかる！？自転車の種類と平均時速から通勤にかかる時間を計算，Vol.89
- 24) ワークス HI 調査レポート：第三回 大手法人の新型コロナウイルス対策状況の調査報告，2020.
- 25) US Department of Transportation Federal Highway Administration：FHWA Final Report - Surrogate Safety Assessment Model and Validation-，2008.
- 26) 吉岡慶祐，中村英樹，下川澄雄，森田緯之：ラウンドアバウトの幾何構造の安全性能評価のためのリスク指標モデリング，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.75，No.3，2019.
- 27) 馬場剛，毛利雄一，及川潤，福井哲央，高砂子浩司：走行特性を考慮した自動車排出係数の検討（その 2），IBS Annual Report 研究活動報告，2007.

(2022.3.6 受付)

## ASSESSING THE EFFECT OF ROAD SPACE REALLOCATION CONSIDERING THE ENVIRONMENT OF BICYCLE FACILITIES

Hiromasa SAITO and Tetsuo YAI

Bicycles are widely used in Japan by people of all age groups in daily usage. Responding to the COVID-19 pandemic, bicycle will play a central role in commuting and traveling instead of using trains and other public transportation. However, the safety of bicycle facilities in Japan are still far behind comparing to the countries developed in Europe and America. The reason for this is that, a car traffic priority is still common in Japanese road planning.

In this study, in order to examine the possibility of road space reallocation in Japan, we analyze the effect of three to two-lane road space reallocation considering the environment of bicycle facilities. The result shows the reallocation of road space has little negative influence on the traffic flow by estimating travel time, travel speed, conflict frequency and carbon dioxide emission.