

## 交通処理から見た 交差点への小型車専用立体交差導入の評価

福田 敦\*  
石坂哲宏\*\*\*

小田崇徳\*\*  
室井寿明\*\*\*\*

本稿は、交通を処理する上でボトルネックとなる場合が多い交差点の抜本的な改善策となり、近年、道路構造令の改正により導入することが可能となった小型車専用立体交差の導入可能性を検討することを目的とする。初めに、交差点での交通現象をどのように捉え評価してきたかを整理し小型車専用立体交差の評価方法を再検討した。これらを踏まえミクロ交通シミュレーションを用いて評価を行った結果、小型車専用立体交差の導入は混雑解消に大きな効果を発揮することが明らかになった。

### Evaluation of Exclusive Over/Under Pass for Small Vehicle considered by Traffic Control Methodology at an Intersection

Atsushi FUKUDA\*  
Tetsuhiro ISHIZAKA\*\*\*

Takanori ODA\*\*  
Toshiaki MUROI\*\*\*\*

Exclusive Over/Under Pass for Small Vehicle which has been able to introduce through revision of Road law, is expected to alleviate traffic congestion at many intersection. In this paper, the feasibility of these measures was analyzed using micro traffic simulation model. As results of simulation, it is concluded that Exclusive Over/Under Pass for Small Vehicle can alleviate traffic congestion at intersection.

#### 1. はじめに

交差点が道路網における交通容量上のボトルネックとなっていることは明らかであるが、交差を減少させる立体交差化には多くの用地や建設費用を必要とするため、これまであまり導入が進んでこなかった。これに対し、平成15年の道路構造令の改訂に伴って、費用や用地が少なくすむ小型自動車等のみ

を通行させる小型道路が定義されたことで、この小型道路を活用した小型車専用立体交差の建設が可能となり、その導入に期待が集まっている。しかし、その導入効果や実施可能性に関して、評価方法が十分に確立していないのが現状である。

本稿では、以下の点に着目し、その分析結果から小型車専用立体交差導入の実施可能性を検証する。

(1)これまで交通処理の視点から交差点がどのように

\* 日本大学理工学部社会交通工学科助教授  
Associate Professor, College of Science and  
Technology, Nihon University

\*\* 株式会社社会システム研究所研究員  
Researcher, Social System Research Institute Inc.

\*\*\* 日本大学大学院理工学研究科博士後期課程  
Doctoral Candidate Student, Graduate School of  
Science and Technology, Nihon University

\*\*\*\* 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程  
Master Student, Graduate School of Science and  
Technology, Nihon University  
原稿受理 2004年11月30日

取り扱われてきたかを整理し、立体交差化の必要性を示す。

- (2)交通工学における交差点容量を評価する既存の方法を整理し、小型車専用立体交差の評価方法を検討する。
- (3)小型車専用立体交差導入による効果分析を行う。
- (4)(3)の結果を踏まえ、具体的な選定方法および東京都心部を対象とした選定結果を示す。

## 2. 交差点における交通制御の取り組みの変遷

交差点は、道が交わる場所であり、当然、そこを行きかう人や車などは互いに交差するので、交通事故が発生する。そこで、交通事故が起きないように交通の安全を確保することが重要となり、交差点の設計や制御に目が向けられ、交差点をロータリー形状にしたり、さらには信号機を設置するなどの交通処理を行うようになった。ところが、モータリゼーションの進展で自動車交通が急速に増加すると交差点での交通渋滞が深刻になり、交通の安全に加えて、交通をできるだけ円滑に通過させることが重要となってきた。そこで、今までの道路構造、交通規制の改善に加え、信号制御の改善による適切な交通制御へ向けての取り組みがなされてきた。これらの取り組みは基本的に交通動線の交差数を少なくさせることを目的としているが、これにも限界があり、可能であればもう一つの方策と考えられる交差点の立体交差化を検討する必要がある。以下では、これまでの平面交差点における交通制御および交差点の立体交差化の考えに至るまでの変遷を整理し、小型車専用立体交差化の必要性を示す。

### 2-1 平面交差での取り組み<sup>1)</sup>

同一平面上で分離する平面交差点の場合、交通を制御する主な方法としては、一時停止制御、ロータリー制御、信号制御の三つの制御方式が取られてきた。

交差点での通行方法が法律により成文化されたのは昭和に入ってからで、一時停止制御、ロータリー制御方式など、交差点の形状や交通規制によって通行方法を明確にし、通行の安全と円滑化を確保してきた<sup>2)</sup>。ロータリー交差点が導入されたのは昭和9年の東京都の和田倉(わだくら)門交差点がはじめてである。このときは、車両同士が交差するのではなく、分流合流を繰り返して交差点を進むために、安全性の面で一時停止制御交差点より優れていることが導入の理由であった<sup>3)</sup>。それ以降、昭和16年までに都内で43箇所の交差点に導入されたが、交通量が増

加すると、著しく処理能力が低下してしまうため、モータリゼーションの進展とともに殆んどが撤去されてしまった<sup>4)</sup>。

これに対し、ある程度の交通量が通過する交差点には、信号機を設置することで、交差点の進入路別に時間的通行権を与え、車の走行を分離する信号制御方式が取られてきた。信号設置の判断において、交通量が最も重要な要素ではあるが、その他のさまざまな要素も影響しあうため、交通量による信号設置基準は定められていない。これに関しては文献5)に整理されているので参照されたい。これにより、当然、交差点を通行できる時間の割合は制限されるが、方向の異なる交通が交差点で錯綜することはなくなり、通行上の安全が確保されるようになった。わが国における、信号による交差点制御は大正8年に「進スメ」「止トマレ」を進行方向に対して交互に表示させる信号機(信号標板)が、上野広小路交差点で試用されたのが初めてであり、同11年以降、本格的に普及していった。そして、昭和40年代に入ると、制御技術の向上もあり、大阪で同一路線の複数の交差点を協調して制御する線の制御が取り入れられ、昭和41年には東京銀座地区で30数箇所の交差点を広域に制御する面的な制御が開始された<sup>5)</sup>。

その後、交差点の信号制御は単独の交差点を対象とするだけでなく、広域のネットワークを対象に制御されるようになり、現在では、公共交通や緊急車両の優先通過が可能な信号交差点など、従来の安全・円滑の目的を超え、多様な役割を担う運用システムとして稼働している。

### 2-2 交差点の立体交差化での対応

交差点を立体化し、空間的に通行を分離する立体交差化は、交通需要が非常に大きく信号制御で時間的通行権を与える方法では処理できない場合に導入が検討されている。都内での立体交差は昭和8年に明治通りと目白通りが交差する箇所に設置されたのが初めてであり、昭和30年代後半から行われた道路整備にあわせて40箇所以上の交差点で立体化が進められた<sup>6)</sup>。

交差点の立体化は、道路構造令において、原則4車線以上の道路が交差する場合は交差点の立体化を図ることが成文化されている。しかしながら、東京23区内を例に挙げると、このような交差点のうち、立体交差化されている交差点の数は81箇所、全体のわずか0.86%にしか過ぎない。

それでは、立体交差化に対するニーズは低いのか

という、決してそのようなことはない。平成15年度から始めている「成果主義に基づく新たな道路行政マネジメント」の中で、交通渋滞の改善をアウトカム指標の一つとしている都道府県は、公開している30都道府県全てであり、そのうち26都県が交差点の改良を、10都県が立体交差化事業を挙げている。

このように、ニーズがありながら、交差点の立体交差化が進まない背景には、物理的な条件が厳しい点が挙げられる。すなわち、導入側の路線には、立体構造が導入できる十分な幅員と路線長が必要であり、幅員を拡張するためには、場合によっては新たな用地の取得が必要となる。

これに対し、渡辺らが既存の道路と比較して物理的に設計基準が緩和できる乗用車専用道路を提案し、具体的に東京都で導入した場合の効果について検討している<sup>7)</sup>。また、平成11年には(財)国土技術センターが小型車専用道路に流入できる設計車両や構造の検討、および四ツ木橋南交差点をケーススタディーとした小型車専用立体交差化による整備効果と費用に関して交通量分割配分手法を用いた検討を行っている<sup>8)</sup>。

平成15年7月には道路構造令が改定され、性能設計の考え方が導入されると同時に、小型自動車類(長さ6m、幅2m、高さ3.8m以下)のみの通行を許す「小型道路」が新たに位置づけられた<sup>9)</sup>。

小型道路による立体交差(以下、小型車専用立体交差とする)の場合、普通道路の立体交差と比べて、幅、高さなどの設計条件が大きく緩和でき、さらに設計自動車荷重<sup>9)</sup>を254kNから30kNへと非常に小さくすることが可能である。

これにより、先に述べた物理的な導入条件をクリアし、かつ建設費用の削減や、導入可能な交差点数の増大など、立体交差化の施策としての性能を高めることが可能である。特に建設費に関しては、国土交通省の試算<sup>10)</sup>でも、筆者らが独自に試算した結果<sup>11)</sup>でも、40%程度の削減が可能である。小型車専用立体交差導入で危惧されるのは、小型車以上の一般車両が走行してしまう可能性や緊急車両が走行できなくなることにある。この点に関しては、国土交通省を中心に慎重に検討されてきており、一般車両の進入抑制に関しては、分合流部を十分取るよう設計の具体的な基準が示されている。

### 3. 交差点の評価方法

これまで、小型車専用立体交差化を評価するため

の特別な方法は開発されていないが、一般の交差点を評価する方法としてさまざまなものが開発されており、小型車専用立体交差の評価において、これらの方法が適用可能であるかどうか検討する必要がある。

そこで本章では、まず、主な評価方法として利用されてきた平面交差点の評価方法と、広範囲なネットワーク上で交通量配分を行う評価方法における交差点の取り扱いや、分析項目について整理する。

#### 3-1 交通現象から見た交差点の評価<sup>1)</sup>

交通の処理能力である交通容量に関しては、1950年に米国で刊行されたHCM(Highway Capacity Manual)において初めて一般的な概念が示され、以後各国で交通容量を検討する上で重要な基準として利用されてきた。

わが国でも1970年に改訂された道路構造令に、HCM1965(HCMの1965年改訂版)の内容と当時の研究成果が盛り込まれた。単路部での交通容量は、単位時間あたり(通常は1時間)に通過できる最大の車両台数によって示されるが、交差点部は二つ以上の交通流が交差し、各流入方向別に通行権を与えるため、単路部と比較して複雑となる。信号制御を実施する場合の評価方法は、交差点の処理能力を示す指標として飽和交通流率や交差点飽和度が用いられてきた。また、交差点の実際の交通状況を表す指標として、信号制御では信号待ちにより発生した遅れや信号待ち行列長などがよく知られている。

##### 1) 飽和交通流率

平面交差点流入部の停止線を通過できる最大の交通量を指し、単位は通常[台/有効青1時間/車線]である。わが国では、実測結果に基づき、直進車線での飽和交通流率の基本値を2000(pcu/有効青1時間/車線)<sup>12)</sup>としている。

##### 2) 正規化交通量と交差点飽和度

信号交差点における交差点の処理能力を検討するための状態量で、ある流入部*i*の設計交通量 $q_i$ を当該流入部の飽和交通流率 $S_i$ で正規化し、その交通量を正規化交通量 $q_i'$ という。また、信号のある現示*j*で捌くことのできる最大正規化交通量 $q_j = \max(q_i')$ を現示の飽和度といい、各現示の飽和度を足し合わせたものを交差点飽和度という。信号制御によって渋滞することなく処理できる交差点飽和度 $Q_c$ の目安は、0.8~0.9以下とされている。

##### 3) 平均遅れ

信号交差点の遅れとは、停止や加減速なく交差点通過に要した時間と信号制御を行った場合の交差点

通過に要した時間の差、もしくは車両が赤信号などの要因で停止した時間の差で表されることが多く、両者には強い相関関係がある。1箇所の信号交差点における1台の平均遅れ  $d$  を求めるモデルは数多くあり、代表的なものとして式(1)で示すWebsterの式がある。Webster式による平均遅れ  $d_w$  は各流入部別飽和交通流率、交通量および信号サイクル長や青時間を用いて算出される。

$$d_w = \frac{\alpha(1-x)^2}{\lambda(1-x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0.65 \left( \frac{C}{q^2} \right)^{1/3} x^{(2+5)} \dots(1)$$

ここで、

$C$  : サイクル長 (秒)

$g$  : 有効青時間 (秒)

    : スプリット (秒もしくは%)

$q$  : 流入交通量 (台/秒)

$S$  : 飽和交通流率 (台/秒)

$x$  :  $q/S = (q/S)(g/C)$

(正規化交通量・スプリット比)

#### 4) その他の交差点の評価方法

交差点の評価は、主に以上のような方法を用いて行っているが、この他の混雑の度合いを表す指標としては、信号待ち行列や信号待ち回数、交差点通過に要する停止・発進回数および通過帯などがある。それぞれの指標は文献1)などに詳しいので、そちらを参照されたい。

### 3-2 交通量配分における交差点の考慮

広域の道路ネットワークを対象とした交通量推計においても交差点による影響は無視できない。

この点に関して、交通需要推計に用いられる交通量配分手法では、ネットワーク上のある一定の道路区間ごとに、どのくらい交通を通過させ得るかをリンクパフォーマンス関数(一般化費用)として表すので、その区間に存在する交差点での影響は、路上駐車の影響など、その他の要因とともに、推定されるリンクパフォーマンス関数のパラメータとして考慮されてきたと考えられる。

しかし、これでは交差点の制御方式の改善などの効果を評価できないため、近年では、交通需要推計に用いられる交通量配分手法の中で交差点の影響を明示的に考慮する方法が研究されている<sup>13)</sup>。例えば、交通量配分方法としてこれまで広く使われてきた分割配分法において、リンクパフォーマンス( $Q/V$  関数に信号の遅れを組み込んで、交差点での遅

れや、右折車と対向直進車との関係など表現するモデルがいくつか提案されている<sup>14)</sup>。あるいは、利用者均衡配分法でも、リンクパフォーマンス関数にWebster関数を用いることで信号交差点の遅れ時間を考慮するモデルが提案されており、さらに過飽和状態の継続時間を考慮できるようにAkcelik関数を用いるモデル<sup>15)</sup>や、リンクパフォーマンス(BPR)関数に信号交差点密度と信号の遅れを考慮した場合のパラメータ推計<sup>16)</sup>、リンクパフォーマンス関数に渋滞による待ち時間を明示的に内生化したモデル<sup>17)</sup>なども提案されている。これらのモデルの主な目的は、広域の道路ネットワークレベルで、より精緻に交通需要を推計することにあるが、これらのモデルを利用することで、交差点の影響やそれに対する改善策の効果を、ある程度評価することが可能であると考えられる。

## 4. 小型車専用立体交差化の効果分析

### 4-1 立体交差導入の評価方法の検討

通常立体交差導入によって期待できる効果は一般的に、立体交差架設方向の交通と横断方向の交通が空間的に分離されることにより、立体交差架設方向で見ると交差点通過に要する時間が大幅に短縮される点、平面交差点での交通処理に関しては立体交差部を通過する交通量分の負荷が軽減されることが挙げられる<sup>7)</sup>。

立体交差化による平面交差点部の交通状況の把握や、効果の推計については、これまで述べてきた方

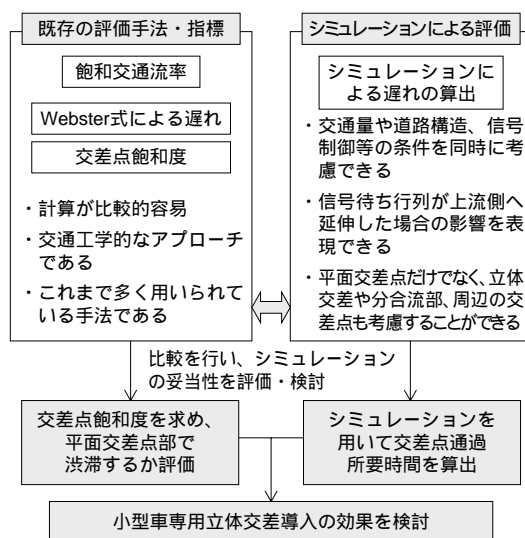


Fig. 1 立体交差導入の評価

法を用いることである程度可能だが、例えば、立体交差導入によって交差点の通過時間がどれくらい短縮されるかを求めるためには、信号交差点の遅れを表すWebsterの式を適用しても、立体交差分離部まで渋滞が延伸した場合、立体交差の流入部を閉塞させる現象が捉えられないため効果推計が不可能となる。また、交差点評価方法は一つの独立した交差点しか評価対象にできず、例えば短い区間に複数の交差点が存在する場合などに関しては、十分な導入の検討を行うことができないと考えられる。

さらに、立体交差部が小型道路である場合は、大型車の交通量が平面交差点へ大きく影響する点で、平面交差点部での大型車混入率を明示的に考慮する必要がある。

一方、交差点を考慮した交通量配分手法では、リンクの表現により交差点間の影響を考慮することが可能だが、交通の扱いが平均的な交通流で表現されており、車両一台一台が形成する車両挙動の違いを捉えることが不可能なことから、流入するタイミングの影響や、スピルバック現象（車両群の渋滞長が上流側へ延びる現象）を明示的に取り扱えないという課題がある。したがって、立体交差導入による評価を行うためには、既存の交差点評価方法や交通量配分による方法だけでは、平面交差点部、立体交差部、分・合流部および周辺の交差点などで発生する交通現象が相互に大きく影響しあうことを考慮することが困難である。

本稿では、以上のような各種条件が同時に考慮でき、これにより、立体交差導入前後で交差点通過に要する旅行時間の変化や、交差点間で相互に影響を及ぼす状況を定量的に検討することが可能な動的なミクロ交通シミュレーションソフトを適用することが有効であると考えた。

ミクロ交通シミュレーションソフトは、近年のコンピュータ技術が急速に発達するに伴い、膨大な計算量を必要とする解析が容易となってきており、現在では、信号制御パラメータの詳細な設定や、渋滞待ち行列、先詰まりを起こす場合などを考慮しながら、変動する交通量や所要時間を1秒間隔で出力できるほどとなっている。

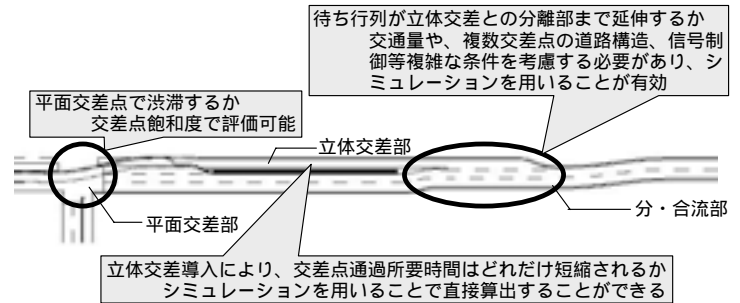


Fig. 2 立体交差導入による交通現象の複雑化

そこで、本稿では立体交差導入の評価方法として、Fig.1に示すように従来の評価方法とシミュレーションによる評価を併用する。まず、渋滞が発生している実際の平面交差点を対象として、既存の評価方法であるWebster式によって得られる信号遅れとシミュレーションによって得られる信号遅れがほぼ同じであることを示す。そして、立体交差化としたときに、平面交差点に流入する交通量を完全に捌くことができるか判断するため、既存の評価指標である交差点飽和度を算出する。次に、立体交差導入によって交差点通過所要時間がどれだけ短縮されるかを求める。立体交差導入時の交差点通過所要時間は一般的に短縮されると考えられるが、Fig.2に示すように平面交差点部の信号待ち行列が立体交差部との分離部まで延伸すると、立体交差部を通行しようとする車両に影響を与えることが考えられるため、交通量や道路構造などの複雑な条件を考慮できるシミュレーションを用いて交差点通過所要時間を算出し、小型車専用立体交差導入の効果を分析する。

#### 4-2 小型車専用立体交差導入の効果

本稿では、千葉県のある交差点をケーススタディとして、小型車専用立体交差を導入した場合の効果を検討した。Fig.3およびTable 1、Table 2に、交差点の道路構成と交通状況を示す。ここで、立体交差架設方向はFig.3の - とした。本稿で用いるミクロ交通シミュレーションソフトは、上述した各種条件が考慮できるParamicsとした。Paramicsのシミュレーション画面をFig.4に示す。

まず、既存の評価方法とシミュレーションによる評価の整合性を検証するために、現況の交差点で現在の交通量を基準(100%)とし、総交通量の割合を変化させたときの、既存の交差点評価指標である、平面交差点部の交差点飽和度とWebster式による平均遅れ $d_w$ 、構築したシミュレーションモデルを用いた場合の平均遅れ $d_s$ をそれぞれ算出し、同様の

Table 1 交通量・渋滞長

| 流入方向        |            |    |     |    |      |     |    |    |     |    |     |    |    |
|-------------|------------|----|-----|----|------|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|
| 進行方向        |            | 左折 | 直進  | 右折 | 左折   | 直進  | 右折 | 左折 | 直進  | 右折 | 左折  | 直進 | 右折 |
| 7:00 - 7:15 | 交通量(台/15分) | 30 | 367 | 13 | 55   | 364 | 19 | 19 | 59  | 41 | 8   | 49 | 37 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 1800 |     |    | 0  |     |    | 150 |    |    |
| 7:15 - 7:30 | 交通量(台/15分) | 28 | 380 | 21 | 53   | 383 | 13 | 7  | 63  | 34 | 2   | 63 | 40 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 1650 |     |    | 0  |     |    | 220 |    |    |
| 7:30 - 7:45 | 交通量(台/15分) | 24 | 345 | 24 | 68   | 385 | 17 | 9  | 64  | 28 | 2   | 70 | 31 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 2650 |     |    | 0  |     |    | 190 |    |    |
| 7:45 - 8:00 | 交通量(台/15分) | 39 | 316 | 21 | 74   | 376 | 15 | 9  | 64  | 28 | 5   | 63 | 31 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 3100 |     |    | 0  |     |    | 240 |    |    |
| 8:00 - 8:15 | 交通量(台/15分) | 35 | 299 | 25 | 49   | 284 | 14 | 7  | 79  | 30 | 5   | 69 | 48 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 2700 |     |    | 0  |     |    | 120 |    |    |
| 8:15 - 8:30 | 交通量(台/15分) | 31 | 291 | 20 | 55   | 273 | 19 | 4  | 69  | 34 | 6   | 70 | 46 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 3000 |     |    | 0  |     |    | 150 |    |    |
| 8:30 - 8:45 | 交通量(台/15分) | 33 | 292 | 21 | 49   | 190 | 25 | 15 | 57  | 28 | 10  | 61 | 55 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 2650 |     |    | 0  |     |    | 0   |    |    |
| 8:45 - 9:00 | 交通量(台/15分) | 38 | 282 | 11 | 49   | 229 | 30 | 24 | 130 | 64 | 10  | 65 | 37 |
|             | 最大渋滞長(m)   | 0  |     |    | 2850 |     |    | 0  |     |    | 0   |    |    |

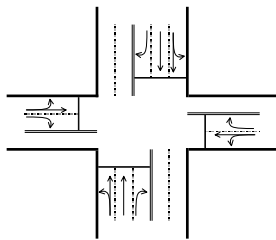


Fig. 3 交差点の概略図

Table 2 信号制御データ

| 現示       | 1   | 2 | 3  | 4  |
|----------|-----|---|----|----|
| 進行方向     |     |   |    |    |
| 青時間(秒)   | 85  | 8 | 40 | 10 |
| 黄色時間(秒)  | 3   | 3 | 3  | 3  |
| サイクル長(秒) | 160 |   |    |    |

結果が得られるかどうか検討する。その結果を Table 3に示す。

総交通量の割合が90%までは、Webster式で求めた平均遅れと、シミュレーションによって求めた平均遅れの差がほとんどない結果となったが、交通量の割合が95%以上の場合では、交差点飽和度が高いにもかかわらずWebster式による平均遅れが少なくなる結果となった。Webster式は、飽和交通流率を超える流入交通量があった場合の平均遅れの算出には対応していないので、交差点飽和度が高い場合に適用するのは妥当ではない。これに対しシミュレーションを用いて平均遅れを求めると、総交通量の割合の増加に伴って交差点飽和度が高くなり渋滞が発生し、平均遅れも急激に増加する傾向が見られ、渋滞による遅れを考慮した結果が得られたと考えられる。

次に、この交差点に小型車専用立体交差導入を想定し、総交通量の割合と大型車混入率を変化させたときの、平面交差点部の交差点飽和度と、シミュレーションモデルを用いて式(2)より立体交差導入による交差点通過に要する時間の短縮効果を算出した。また、比較のために従来の立体交差導入を想定

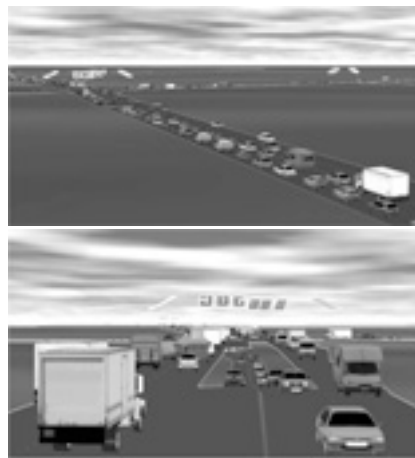


Fig. 4 Paramicsのシミュレーション画面

Table 3 既存方法とシミュレーション結果の比較

| 総交通量の割合(%) | 交差点飽和度 | Webster $dw$ [s] | シミュレーション $ds$ [s] | $dw - ds$ [s] |
|------------|--------|------------------|-------------------|---------------|
| 70         | 0.64   | 34.4             | 35.5              | -1.1          |
| 75         | 0.68   | 36.0             | 36.4              | -0.4          |
| 80         | 0.73   | 38.3             | 39.4              | -1.1          |
| 85         | 0.77   | 42.4             | 42.9              | -0.5          |
| 90         | 0.82   | 57.6             | 54.7              | 2.9           |
| 95         | 0.86   | 33.1*            | 70.0              | -36.9*        |
| 100(現況)    | 0.91   | 13.3*            | 81.4              | -78.1*        |

注) \*は正規化交通量・スプリット比が1を超えたパターン。

した場合についても同様の検討を行った。その結果をTable 4とFig.5にそれぞれ示す。

$$I_{vt} = \frac{D_{vt} - T_{vt}}{D_{vt}} \times 100(\%) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、

$I_{vt}$  : 立体交差化により交差点通過の所要時間が短縮できる割合 (%)

$D_{vt}$  : 現況の交差点における交差点通過に要する平均所要時間(秒)

$T_{vt}$  : 立体交差を導入したときに交差点通過に要する平均所要時間(秒)

従来の立体交差導入では、総交通量の割合や大型車混入率が高くて、所要時間削減効果はほとんど減少せず、ほぼ一定の効果を得られた。これに対し、小型車専用立体交差導入の場合は現況の交通量で、かつ大型車混入率が低い場合は、従来の立体交差とほぼ同様の効果を得られたが、大型車混入率が高くなるにつれて所要時間削減効果が減少し、特に大型車混入率が30%を超えると小型車専用立体交差導

入による所要時間の削減効果は10%以下となった。しかしながら、この点に関しては右折車線長を長くするなど平面交差部の幾何構造の変更で処理することが可能であると考ええる。特に、小型車専用立体交差は従来の立体交差に比べて立体交差の橋脚などの構造をコンパクトに建設することができるため、平面交差部の幾何構造の変更は比較的容易である。また、大型車混入率が低い場合でも、総交通量の割合を高くすると、交差点飽和度はそれほど高くないにもかかわらず、同じ交通条件で従来の立体交差導入時と比較すると、所要時間削減効果はかなり減少する結果となった。例えば、総交通量の割合が125%で大型車混入率が5%のとき、小型車専用立体交差導入時の平面交差部の交差点飽和度は0.62で、所要時間削減効果は27.5%、従来の立体交差導入時のそれらは0.56、52.0%であった。これは、小型車専用立体交差導入時、平面交差点部の交通処理能力は十分であるが、待ち行列が本線まで延伸して車線を塞ぐために、立体交差部を通行しようとする車両を妨げたことなどが考えられる。

したがって、立体交差導入の検討では、既存の交差点評価方法だけでなく、待ち行列が上流側の車線

Table 4 平面交差点部の交差点飽和度

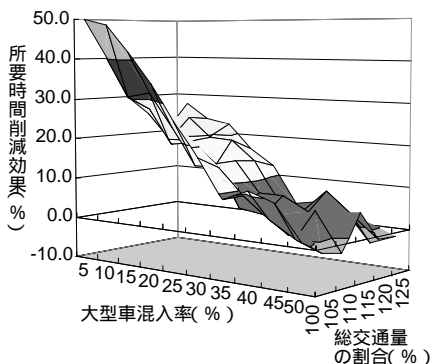
(a) 小型車専用立体交差導入時

|            |    | 総交通量の割合 (%) |      |      |      |      |      |
|------------|----|-------------|------|------|------|------|------|
|            |    | 100         | 105  | 110  | 115  | 120  | 125  |
| 大型車混入率 (%) | 5  | 0.50        | 0.52 | 0.55 | 0.57 | 0.59 | 0.62 |
|            | 10 | 0.54        | 0.57 | 0.60 | 0.62 | 0.65 | 0.68 |
|            | 15 | 0.59        | 0.62 | 0.65 | 0.68 | 0.71 | 0.73 |
|            | 20 | 0.63        | 0.66 | 0.70 | 0.73 | 0.76 | 0.79 |
|            | 25 | 0.68        | 0.71 | 0.74 | 0.78 | 0.81 | 0.84 |
|            | 30 | 0.72        | 0.75 | 0.79 | 0.83 | 0.86 | 0.90 |
|            | 35 | 0.76        | 0.80 | 0.83 | 0.87 | 0.91 | 0.94 |
|            | 40 | 0.80        | 0.84 | 0.88 | 0.92 | 0.96 | 1.00 |
|            | 45 | 0.84        | 0.88 | 0.92 | 0.97 | 1.01 | 1.05 |
|            | 50 | 0.89        | 0.93 | 0.97 | 1.02 | 1.06 | 1.10 |

(b) 従来の立体交差導入時

|            |    | 総交通量の割合 (%) |      |      |      |      |      |
|------------|----|-------------|------|------|------|------|------|
|            |    | 100         | 105  | 110  | 115  | 120  | 125  |
| 大型車混入率 (%) | 5  | 0.45        | 0.47 | 0.49 | 0.52 | 0.54 | 0.56 |
|            | 10 | 0.46        | 0.48 | 0.50 | 0.53 | 0.55 | 0.57 |
|            | 15 | 0.47        | 0.49 | 0.51 | 0.54 | 0.56 | 0.58 |
|            | 20 | 0.47        | 0.50 | 0.52 | 0.54 | 0.57 | 0.59 |
|            | 25 | 0.48        | 0.51 | 0.53 | 0.55 | 0.58 | 0.60 |
|            | 30 | 0.49        | 0.51 | 0.54 | 0.56 | 0.59 | 0.61 |
|            | 35 | 0.50        | 0.52 | 0.55 | 0.57 | 0.60 | 0.62 |
|            | 40 | 0.51        | 0.53 | 0.55 | 0.58 | 0.61 | 0.63 |
|            | 45 | 0.51        | 0.54 | 0.56 | 0.59 | 0.62 | 0.64 |
|            | 50 | 0.52        | 0.55 | 0.57 | 0.60 | 0.63 | 0.65 |

(a) 小型車専用立体交差導入時



(b) 従来の立体交差導入時

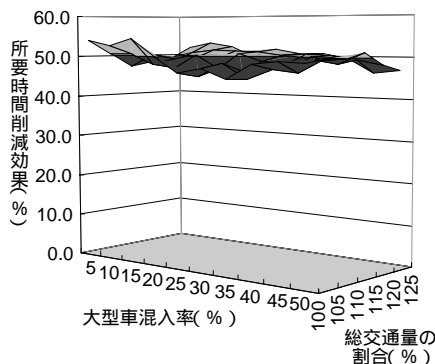


Fig. 5 交差点通過に要する時間の短縮効果

に影響を与える場合などを同時に考慮できる手法を用いることが必要であるといえる。

### 5 . 東京都区内への導入可能性の検討

前述の結果から、東京都区内で小型車専用立体交差の導入効果が高いと考えられる箇所、および導入が可能な箇所を検討する。小型車専用立体交差の導入可能箇所の選定は、道路幅員および車線数の道路構造に関するデータを制約条件とし、構造物が物理的に導入できる箇所の抽出を行い、導入効果が高いと見込まれる地点から優先的に選定されるべきであるため、当該地点がボトルネックの交差点となっているか旅行速度データから抽出を行って把握することとした。また、前章のシミュレーション結果より、交通量が極端に変化しない場合、大型車混入率が導入効果に大きな影響を与えることが明らかになったため、大型車混入率も制約条件として選定を行った。

#### 5 - 1 ボトルネック交差点の抽出

現在、旅行速度データに関する情報源としては、道路交通センサスの旅行時間調査のデータ、もしくは、各都道府県警察が所有する車両感知器の速度データが挙げられる。しかしながら、道路交通センサスにおける旅行時間調査の調査回数はDID以外で一路線当り1回、DID内でも3回と少なく、必ずしも十分な精度のデータが得られているとは言えない。また、車両感知器により推計された旅行時間データも、設置されていない区間は旅行時間が得られないなど、必ずしも、全ての区間を網羅しているわけではない。

そこで、本稿では東京でタクシーを用いて行われたプローブカー実験で得られた詳細な車両軌跡情報を利用して、立体化が可能な交差点の抽出を試みた。使用したデータは国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路研究室が平成13年1月1日から平成13年12月31日まで集計した1年間分のプローブカーデータを借用し、選定に用いることとした。プローブカーデータは旅行時間データの精度と抽出範囲の問題に関して十分対応可能であり、より信頼性の高い導入箇所の選定を行うことが可能となった。

抽出方法は交差点を挟む流入リンクと流出リンクの速度差を基準に行った。具体的には、式(3)を定義して、その指標値が0.5以上でボトルネックとなっている可能性があるとし、ある区間の中で指標値が最小となる交差点の探索を行い、当該交差点をボトルネック交差点とした。

$$BI_a = MIN_a \left( \frac{V_i - V_a}{V_i} \right) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、

$BI_a$ : リンク (上流リンク) におけるボトルネック交差点抽出のための指標

$MIN_{ALLink}(\cdot)$ : 全ての下流リンクのうち最小値を求める関数

$V_{lower}$ : 下流リンク速度 (km/h)

$V_a$ : リンク  $a$  (上流リンク) の速度 (km/h)

抽出した結果をFig.6に示す。なお、 $BI_a$ が大きいリンクほど高く表示している。GISで東京都区内を含む2次メッシュ上の幹線道路における、ボトルネックと考えられるリンク数は約898箇所へのぼり、クリティカルな交差点が多く存在していることが確認できた。特に、導入効果の高い箇所は東京駅周辺に密集しており、453リンクを確認している。

#### 5 - 2 大型車混入率の考慮

前章のシミュレーション結果から、大型車混入率が高いほど小型車専用立体交差導入の効果が減少する傾向が得られたため、道路交通センサスによる大型車混入率を用いて、式(4)で示すとおりボトルネック指標に重み付けする形で考慮した。

$$I_a = BI_a \cdot \frac{MaxLRate - LRate_a}{MaxLRate} \dots\dots\dots(4)$$

ここで、

$I_a$ : 導入可能性を示す指標

$BI_a$ : ボトルネックを表わす指標

$MaxLRate$ : 最大大型車混入率 (%)

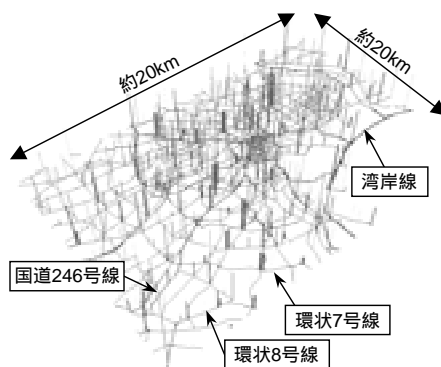


Fig. 6 ボトルネックと考えられる交差点



$Lrate_a$  : リンクの大型車混入率(%)

なお、この指標の値は0から1の実数を取り、この指標が高いほど、ボトルネックとなっている交差点で、かつ大型車混入率の低い交差点であることを表している。その結果、主に都心から放射状に伸びる道路において導入可能性が高い地点が多いことがわかった。

### 5-3 道路幅員による導入可能箇所の絞込み

構造物が物理的に導入できる空間的な制約条件として道路幅員および車線数を用いて、導入可能箇所の抽出を行った。具体的には道路交通センサスに記載されている車線数と幅員を用いて、2車線では16.5m、3車線では22.5m、4車線では28.5m以上の幅員を持つ道路に絞込みを行った。

このように交通特性および道路構造の制約を考慮して抽出した結果、東京都区内に導入が必要で、かつ可能な交差点を選定することが可能となった。

## 6. おわりに

本稿では交通工学の分野において、交差点がどのように考えられ、評価されてきたかを踏まえて、交差点での混雑を改善させる方策の一つとして小型車専用立体交差を提案し、その評価方法として交通シミュレーションを用いる方法を検討した。その結果、小型車専用立体交差を導入することで、条件によっては交差点における混雑を大きく解消できることを明らかにした。また、交通シミュレーションを利用することで、交差点におけるさまざまな政策を考慮できることも確認した。さらに、交通シミュレーションから得られた結果が、従来から用いられてきた個々の交差点の交通現象を表す評価方法や指標と十分整合したことから、交通シミュレーションによる推計が十分信頼のおけるものであることも確認した。

交差点における交通現象は複雑であると同時に、広域の道路ネットワークに対しても大きな影響をもつので、今回提案した小型車専用立体交差をはじめとする施策の評価に、シミュレーションを活用することが望ましいと考えられる。

なお、本稿の一部は、(財)国土技術研究センターの委託研究(新道路研究会)ならびに(株)日本鉄鋼連盟の委託研究を受けて実施した研究成果によっている。関係各位に謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 交通工学研究会『改訂 平面交差の計画と設計』2002年
- 2) 道路交通問題研究会『道路交通政策史概観 論述編』pp 52-53、2002年
- 3) 道路交通問題研究会『道路交通政策史概観 資料編』pp 330-337、2002年
- 4) 山田晴利「我が国におけるロータリーの盛衰」『土木学会第46回年次学術講演会講演集』pp. 508-509、1991年
- 5) 交通工学研究会『交通信号の手引き』pp. 1-6、1994年
- 6) 土木学会『日本の近代土木遺産 - 現存する重要な土木構造物2000選 -』2001年
- 7) 渡辺具能、高橋千代丸「都市交通問題を解決する乗用車専用道路」『土木学会誌』82巻6号pp. 6-9、1997年
- 8) (財)国土開発技術研究センター『小型車(乗用車)専用道路導入検討業務報告書』1999年
- 9) (社)日本道路協会『道路構造令の解説と運用』2004年
- 10) 建設省土木研究所『小型車専用道路の橋梁構造に関する調査報告書』1998年
- 11) (株)日本鉄鋼連盟『乗用車専用立体交差パンフレット』2004年
- 12) 交通工学研究会『平面交差の計画と設計 基礎編』pp 65-66、1974年
- 13) 土木学会『交通ネットワークの均衡分析 最新の理論と解法』pp 57-58、1998年
- 14) 高山純一ほか「信号交差点を組み込んだ時間交通量配分法の改良について」『土木計画学研究・講演集vol.16(1)2』pp 981-986、1993年
- 15) Claudio Meneguzzer: An Equilibrium Route Choice Model with Explicit Treatment of the Effect of Intersections, Transportation Research B, Vol. 29B, No. 5, pp 329-356, 1995
- 16) 吉田禎雄、原田昇「均衡配分用BPR式パラメータの推計」『土木学会論文集No. 695』pp 91-102、2001年
- 17) 赤松隆「交通流の予測・誘導・制御と動的なネットワーク配分理論」『土木学会研究・論文集』No. 13、1996年