

都市内多車線道路における緩速車線を用いた交通運用策の提案と評価 Proposal and Evaluation Analysis of the Slow-Vehicle Lane for Multilane Road in Urban Area

吉岡 慶祐¹, 下川 澄雄², 森田 緯之³, 茂木 翔平⁴, 土屋 克貴⁵

Keisuke YOSHIOKA¹, Sumio SHIMOKAWA², Hirohisa MORITA³, Shohei MOGI⁴, and Katsuki TSUCHIYA⁵

わが国の道路は、旅行速度の観点において高い層と低い層に二極化されており、この間を埋める階層（中間速度層）の道路が十分ではない。これに対して、都市内における多くの多車線道路は、通行機能が期待されているにもかかわらず、高いサービス速度が実現できていない。本研究では、既存の道路空間内でサービス速度を向上させるため、緩速車線を用いた新たな交通運用策を提案し、交通円滑性、適用可能性の観点から評価を行った。

その結果、旅行速度の大幅な向上と総走行時間の低下、東京都 23 区内においては緩速車線の適用の可能性のある区間が環状 7 号線をはじめとして少なくないことを明らかにした。

Keywords: 中間速度層, 緩速車線, 通行機能, 交通円滑性

1. 背景と目的

効率的な道路交通を実現するためには、階層性を有する道路ネットワークの構築が不可欠である。しかし、わが国の道路は、高速道路のような旅行速度が高い層と旅行速度の低い一般道路に二極化されており、その間を埋める、いわゆる「中間速度層」が十分でないことが指摘されている¹⁾。

ここで、都市内の道路に着目すれば、通行機能が期待される多車線道路においても旅行速度が低い区間が多数存在しているが、その原因の多くは沿道出入りや信号交差点による遅れの影響によるものである。これらを抜本的に解決するには、バイパス整備や立体化などが考えられるが、都市内の限られた用地制約の中で実現することは困難な場合が多い。

そこで本研究では、既存の道路空間を活用した都市内多車線道路のサービス速度向上策の一環として、緩速車線を用いた新たな交通運用策を提案する。さらに、交通シミュレーションをもとに交通円滑性の観点から評価を行うとともに、東京都 23 区内における適用可能性について考察することを目的とする。

2. 新たな交通運用策としての緩速車線の提案

2.1 速度向上策にかかわる既往研究

本研究では、通行機能が期待される道路が、既存の道路空間を再編しながらその機能を十分実現できる交通運

用策を提案することを念頭に置いている。

下川ら¹⁾は、わが国では、高速道路と（低速の）一般道路の間を埋める 50~60km/h 程度の速度サービスを有する道路階層（中間速度層）が希薄であり、円滑で効率的な道路利用を実現するには、通行機能が期待される道路において、このような速度サービスを実現すべく効果的な交通運用策を講じていくべきであることを簡易なモデルによるシミュレーション結果により指摘している。

一方で、これに対する具体的な対策として、例えば、山川ら²⁾は、2+1 道路やラウンドアバウトなど旅行速度の向上を可能とする既存の対策例を体系的にレビューしている。また、野村ら³⁾は、中間速度層を旅行速度 50km/h としたうえで、これを実現するための信号交差点密度と青時間比との関係を示している。しかしながら、前者において示される対策を実施した場合に旅行速度がどの程度向上するのか十分な検証が行われていない。また、これらの対策を既存の制約された道路空間の中で実現することは困難な場合が多く、特に土地利用に制約がある都市部において実現は難しいと言わざるを得ない。一方、後者のように信号交差点間隔を疎とすることは旅行速度の向上には有効であると言える。しかし、これは新設道路であれば可能であろうが、既存の道路ネットワークにおいて信号交差点を除去するためには、副道の設置や一部交差点の立体化が必要となるなど新たな道路空間が求められ現実的ではない。

1 正会員, 修士 (工学), 日本大学理工学部

〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

e-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

Phone: 047-469-5503

2 正会員, 博士 (工学), 日本大学理工学部

3 正会員, 博士 (工学), 日本大学理工学部

4 学生会員, 学士 (工学) TOP, 日本大学大学院理工学研究科

5 正会員, 修士 (工学), (株) オリエンタルコンサルタンツ

このように、既往研究のレビューからは、わが国において通行機能が期待される道路が必要とされる中間速度層を、既存の道路空間の再編によって見出すことは極めて困難であると言える。

これに対し、平成6年11月に旧建設省が地域高規格道路の整備にあたり構造要件を定めた通達⁴⁾の中で、既成市街地の地域高規格道路の整備においては、副道によりアクセス制限を行う構造を可能としているが、副道の設置が著しく困難な場合においては、計画交通量によって算出される車線数に緩速車線を上下1車線以上ずつ付加した構造を採用することを可能としている（図1参照）。ここで、緩速車線とは、沿道出入り交通の通過のため、本線車道と接して設けられる車線で、本線交通とは区画線、柵等によって明確に区分されているものと定義されているが、これまでわが国においてこれが適用された事例は存在しない。

しかし、ここで注目したいのは、緩速車線の定義である。わが国では、人口の減少にともない交通量そのものが減少傾向を示している。また、これに加え、特に都市内では環状道路など道路ネットワークの体系的な整備により交通の分散がなされ交通負荷量が減少することが予想される。つまり、今後当初予定していた計画交通量を大きく下回り、多車線道路にあっては交通容量との対比の中で必要車線数に余裕が生まれる可能性がある。このような場合にあっては、既存の道路空間の中で緩速車線を有する道路構造を実質的に実現することができそうである。さらに、これに加えて、主要な交差点が適度に立体化されていれば、信号交差点密度を減らし旅行速度を向上させることが可能であり、本研究で目標とする、通行機能が期待される道路において既存の道路空間を再編しながらその機能を十分実現するための一つの方法となり得るものと考えられる。ちなみに、これまでの既往研究レビューの中では、欧州において緩速車線を用いた交通運用策はみられず、これに関わるガイドライン等も確認できていない。

2.2 本研究で提案する緩速車線を用いた交通運用策

本研究で提案する緩速車線は、2.1で述べた旧建設省による通達で示されているように車線を増やすのではなく、既存の道路空間を再編する中で設ける車線であり、そのイメージを図2に示す。立体交差点を有する6車線以上の道路において、信号交差点を除去し開口部を閉鎖した状態で、第1車線を接続道路とのアクセスのために用いる緩速車線として運用し、右折方向へ出入りする際は、先の立体交差点でUターンをして反対車線から左折によりアクセスするものである。これにより区間内の信号交差点が不要となり、直進および左折のみの運用が可能となるため、信号交差点による遅れの解消と旅行速度

の向上が期待される。

ここで、上記で述べた交通運用策は、立体交差点を有する多車線道路であれば構造的に適用が可能であるが、4車線道路の場合は、緩速車線を除いた走行車線が1車線となることから、走行速度を低下させ、緩速車線と走行車線との棲み分けができなくなってしまう可能性がある。また、多車線道路においては種々のイベントにともなう交通変動に対して通行機能を確実に確保する必要がある。これらのことから、緩速車線の適用は、立体交差点を有する6車線以上の道路を想定している。さらに、緩速車線の効果が十分に発揮されるのは、現状で高い速度サービスが実現できておらず、総じて交通量が少なく、特に第1車線が有効に利用されていないケースである。また、Uターンが可能な立体交差点間の距離が長いと、右折によりアクセスする際の迂回が大きくなり、かえって効果が発揮できない可能性がある。以上を踏まえ、本研究で考える緩速車線を用いた交通運用策は、以下の条件にあてはまる区間での適用が望ましいと考えられる。

- ① 6車線以上の多車線道路であり、主要な交差点が立体化されていること。
- ② 高い速度サービスを実現できていないこと。
- ③ 交通量が比較的少なく、第1車線の利用率も少ないこと。
- ④ 立体交差点の間隔が適度に短く、接続する道路の交通量も少ないこと。

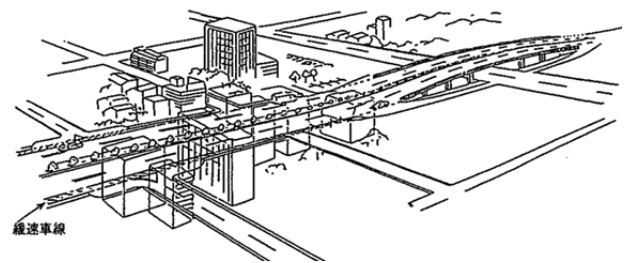


図1 地域高規格道路の構造タイプ⁴⁾
(緩速車線を設けたもの)

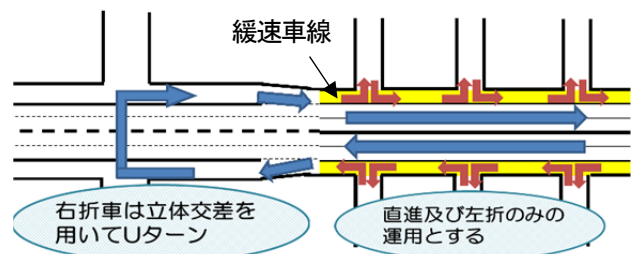


図2 本研究で提案する緩速車線のイメージ

3. 緩速車線による交通円滑性の評価

3.1 シミュレーションによる評価方法

本研究では、狭域な範囲において、緩速車線を用いた交通運用策に関する交通円滑性の評価を行うため、車線

別の利用特性や交差点部での遅れの評価に有効と考えられるミクロ交通シミュレータ（Vissim）を用いることとした。2.2 で示した緩速車線を用いた交通運用策においては、第1車線は交差点や沿道施設へのアクセス専用の車線となり、それ以外の通過交通は第2車線または第3車線を走行するような交通運用となる。これを再現するため、対象区間の利用形態別に、以下のとおり車線選択が行われるような通行方法をシミュレーション上で設定した。

- ① 対象区間の通過交通は緩速車線を利用しない。
 - ② 本線から従道路へ左折する場合は、目的の交差点と一つ前の交差点との間で緩速車線に車線変更する。
 - ③ 従道路から本線へ合流する場合は、合流する交差点からその次の交差点との間で適当なギャップを見つけて、緩速車線から第2車線へ車線変更する。
 - ④ 本線から従道路に右折したい車両は、先の立体交差点でUターンし反対車線から左折する。
 - ⑤ 従道路から本線へ右折したい車両は、本線に進入後、先の立体交差点でUターンして反対車線へ合流する。
- なお、緩速車線のサービス速度は、路線バスや自転車と同様の走行空間を利用することや本線との速度差を踏まえて、本研究では30~40km/hを想定するものとした。また、運転者の追従挙動や車線変更等の運転挙動モデルは、都市内道路での一般的な挙動モデルとして、Vissim内で設定されているデフォルトのものを使用している。

3.2 環状7号線におけるケーススタディ

(1) 対象区間の概要

本研究では、図3に示す環状7号線高円寺陸橋～方南陸橋間1.6kmの区間をケーススタディとして、緩速車線の適用による交通円滑性の評価を行った。環状7号線は通行機能が期待される6車線道路でありながら、対象区間には出入りの少ない信号交差点が5箇所存在し、表1に示すように平均旅行速度は約30km/h程度と低いサービス状況となっている。一方、中央環状線の開通等の影響により交通量は減少傾向にあり、車線数に対して交通量に余裕が発生しているものと想定され、さらに第1車線の利用率も低い状況である。以上のことから本対象区間は、2.2で示した①~④の緩速車線を用いた交通運用策の適用が考えられる区間に合致するものと考えられる。

さらに、対象区間内には既存の立体横断施設が3箇所存在しており、信号交差点が除去された場合においても、多少の迂回が発生するケースは考えられるものの、横断歩行者・自転車の利便性を著しく損なうものではないと考えられる。

(2) シミュレーション用データセット

交通シミュレータに入力するデータセットとして、OD交通量・信号交差点パラメータを現地観測から取得した。

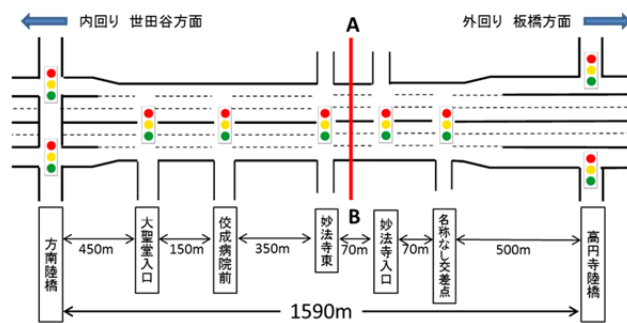


図3 対象区間の道路概況

表1 対象区間における交通状況

	内回り	外回り
非混雑時旅行速度 ^{※1}	31.2km/h	28.8km/h
ピーク時間交通量 ^{※2}	1,852 台/h	1,924 台/h
第1車線利用率 ^{※2}	24%	21%

※1 : H22 道路交通センサスによる
 ※2 : 山口ら⁵⁾の調査結果による (図-3 A-B 断面)

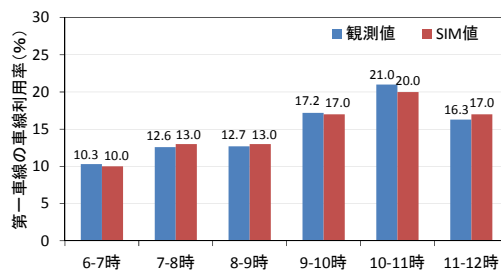


図4 車線利用率（内回り）の現況再現性

ここでOD交通量については、交通量調査・ナンバープレート調査からマッチング処理を行って推定することとした。ただし、調査の負担を軽減するために調査は主要な断面および交差点のみとし、細街路交差点への出入り台数をカウントし、足し合わせたうえで全体の交通量の大小関係が整合するように調整を行い、区間全体のOD表を1時間単位ごとに作成した。

なお、シミュレーションの実行時間は6時~12時の6時間、試行回数は5回とし、シミュレーションの各種結果は5回の平均を取ったものとしている。また、本研究では自動車利用者に対する円滑性の観点を主眼としたため、歩行者・自転車や路線バスについては評価を行っていない。

(3) 現況再現性の確認

(2)で示したデータセットをもとにシミュレーションを実行するにあたり、各信号交差点の飽和交通流率、主要断面の交通量および車線利用率、旅行速度について現況再現性の確認を行った。ここで、車線利用率、旅行速度に着目したのは、本研究では車線利用の偏り、とりわけ第1車線の運用に着目しており、これによる速度向上を期待しているためである。図4は、図3に示すA-B断面における第1車線の利用率（内回り）について現況再

現性を確認した結果である。時間帯によってOD特性が異なるが、各時間帯とも観測値に対して±1%程度であり、ほぼ現況を再現しているといえる。

また、図5は高円寺陸橋～方南陸橋間の旅行速度の観測値とシミュレーション結果を、速度帯別の車両割合として比較したものである。35～40km/hの速度帯において6%程度の差はみられるものの概ね現況値を再現していると判断される。なお、各信号交差点の飽和交通流率（表2）や主要断面の交通量についても、現地観測の結果と同等の値となっていることを確認した。

3.3 交通円滑性の評価結果（基本ケース）

(1) 本線旅行速度

図6は、緩速車線を適用し、対象区間内の信号交差点をすべて除去した際の本線旅行速度の変化を示したものである。緩速車線の導入により、内回り・外回りともに区間内の旅行速度が50km/h以上に向上する結果となった。これは、区間内の信号を除去したことにより、信号交差点における遅れが発生しないためである。

(2) 総走行時間

図7は、緩速車線導入後も区間内のOD交通量が変化しないと仮定した場合の、区間内を走行する全車両の総走行時間を比較したものである。その結果、区間全体で総走行時間が約30%減少する結果となった。また、走行形態別に比較すると、本線を直進のみで通過する車両や、区間内で左折方向の出入りをとまなう車両については、約40%の減少となった。一方、区間内で右折方向に出入りをとまなう車両については、右折方向のアクセスが不可となり、区間両端の立体交差点まで迂回する必要があることから、総走行時間は約70%の増加となった。しかし、本対象区間のようにOD交通量の大半が通過交通を占める場合においては、右折をとまなう交通の総走行時間の増分に対して、直進交通の減少分が極めて大きいため、全体として総走行時間の短縮が期待される。

(3) 二酸化炭素排出量

緩速車線の導入により旅行速度が向上することで、CO₂などの排出ガスの減少も期待できる。図8は、大城ら⁶⁾のCO₂排出原単位を用いて、緩速車線導入前後での区間内の年間のCO₂排出量を比較したものである。ここでは、(2)に示した6時間のシミュレーション結果を基に、各OD別の平均旅行速度から1台あたりのCO₂排出量を算出し、H22年度道路交通センサスの平休別の日交通量に単純に拡大し年間換算している。その結果、約10%の減少となり、環境面においても効果が期待できることが確認された。

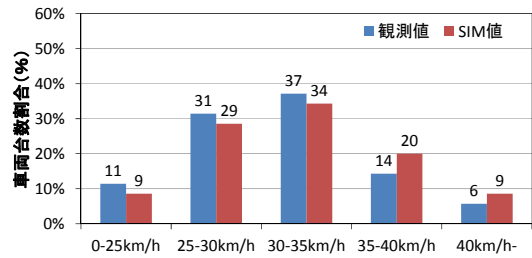


図5 旅行速度（内回り）の現況再現性

表2 飽和交通流率の現況再現性（大聖堂交差点）

	内回り	外回り
観測値	1,813pcu/h	1,822pcu/h
SIM値	1,817pcu/h	1,834pcu/h

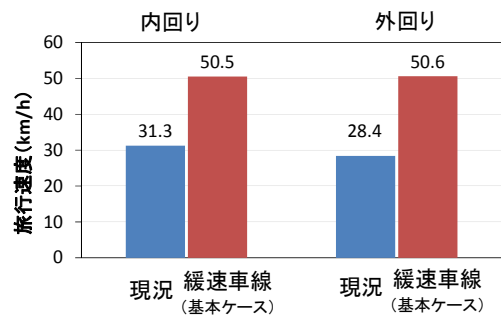


図6 本線旅行速度の変化

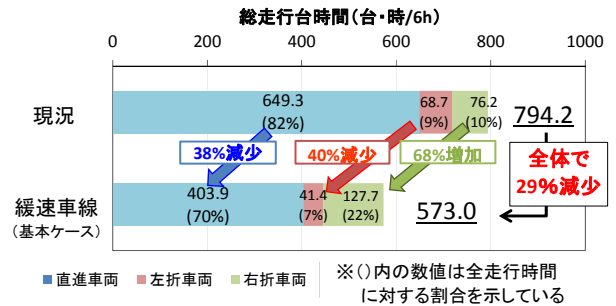


図7 総走行時間の変化

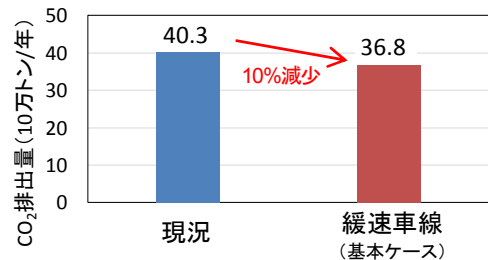


図8 二酸化炭素排出量の変化

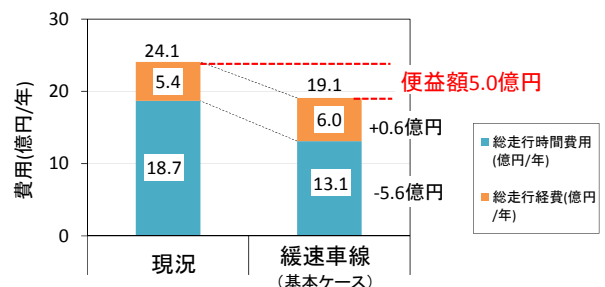


図9 緩速車線導入による便益額

(4) 緩速車線がもたらす便益額

図9は、緩速車線導入による走行時間短縮便益と走行経費減少便益を示したものである。算出に当たっては、費用便益分析マニュアル⁷⁾に従うこととし、走行費用・走行経費の原単位は、大型車・小型車の2車種別とした。また、ここでも同様に(2)のシミュレーション結果から1台あたりの平均の所要時間短縮分を算出し、H22年度道路交通センサスの平休別の日交通量に単純に拡大し、年間の便益額を算出することとした。

その結果、(2)で示したように総走行時間が減少することで、年間5.6億円/年の走行時間短縮による便益が得られる結果となった。一方、走行経費については、右折をとまなう交通は走行距離が増加するため、0.6億円/年の増加となった。しかし、走行時間短縮による便益が大きく、全体では5.0億円/年の便益が得られる結果となった。

なお、ここでは金額換算していないが、信号交差点が除去されることで、交差点部での追突事故や右折対直進事故の減少が期待できるほか、信号機の設置費用や維持管理費用も削減できることも補足しておく。

3.4 信号交差点を残した場合の評価（ケース①・②）

緩速車線を導入した際、右折を要するODは迂回により所要時間が増加する。また、区間を横断しようとする歩行者・自転車に対しては、立体横断施設があったとしても、それらの横断に支障を来すことも懸念される。そのため、緩速車線の導入により全ての信号を除去する場合（基本ケース）に加えて、区間内に信号交差点を残す場合も想定される。本ケーススタディの対象区間においては、高校の出入口となる大聖堂入口交差点と、病院の出入口となる佼成病院前交差点が存在し、この2交差点が隣接していることから、これらの交差点については信号交差点のまま存置させるケースを考えた。

図10、図11のケース①は、この2つの信号交差点を存置し、サイクル長を適正化したケースの旅行速度と総走行時間を示している。旅行速度は信号を全て除去した場合と比べて低いが、現況よりも10km/h程度の向上は見込まれる結果となった。また、右折を要するODの総走行時間については、現況とほぼ変わらない結果となった。一部の信号交差点を残すことで、本線の速度サービスが50km/hまで確保されることは難しいが、現状に対して一定の効果が発揮される結果となった。

一方、図10、図11のケース②は、全ての信号交差点を除去する（基本ケース）ものの、佼成病院前交差点で救急車両が出入のための信号（ここでは、仮に1時間に2回、青30秒と設定）を設けた場合の旅行速度と総走行時間を示している。この場合、全ての信号を除去した場合と同程度の時間短縮効果が期待される結果となった。本線の通行機能を重視しつつ、緊急車両のアクセスを確

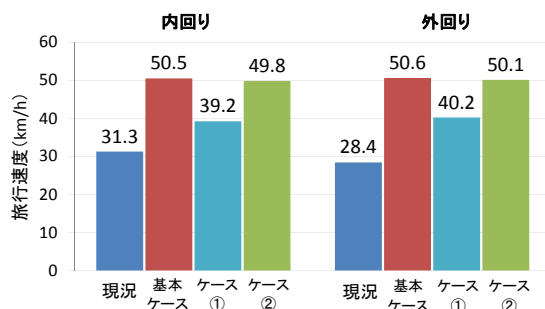


図10 信号交差点を存置した場合の旅行速度の変化

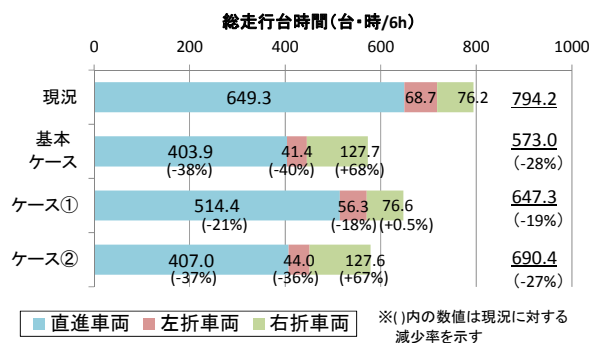


図11 信号交差点を存置させた場合の走行時間の変化

保する必要がある場合には、このような対応も有効であるものと考えられる。

4. 東京都23区において緩速車線の適用が可能な区間

ここでは、緩速車線の適用可能な区間がどの程度存在するかを明らかにするため、東京都23区内を対象としてこれら区間の抽出を行った。具体的には、まず平成22年度道路交通センサスを用い、東京都23区内の6車線以上の区間303.7kmのうち、両端部に立体交差点を有する区間を1区間として抽出した。その結果、環状7号線、環状8号線を中心に29区間63.6km存在することが明らかとなった。

2.2で述べたように、緩速車線の導入には立体交差点間の距離が長すぎると、主道路から従道路へ右折する車両や従道路から主道路へ右折する車両は立体交差点部でのUターンをとまなうことから、本線の信号交差点はなくなるが走行距離が長くなり、現況よりも走行時間が増加する可能性がある。そこで、従道路から本線へ右折する際の走行時間と立体交差点間の距離の関係について考える。図12は算出する際に想定した区間を示している。ここで、緩速車線を用いた走行経路をケースA、現況の走行経路をケースBとし、立体交差点間の距離をLkmとする。ケースAは一旦左折したのちにUターンを行うので走行距離は3L/2km、ケースBは従道路から信号交差点を介して右折するので走行距離はL/2kmとなる。なお、ケースBで発生する平均信号待ち時間は50秒（3箇所合計）とした。

以上の条件において、ケースAとケースBの走行時間が等しくなる立体交差点間の距離Lを示したものが図13であり、これ以下の距離であれば、緩速車線導入後のほうが走行時間が短くなる。表1に示すように対象区間の旅行速度は25~30km/h程度であることを加味すると、立体交差点間の距離Lは最大で1.5~2.0km程度となる。

以上の結果を踏まえ、立体交差点間の距離Lを2.0kmとして緩速車線の適用可能区間を抽出し、その結果を図14に示した。これによると、東京都23区内には、19区間25.4kmが該当区間として挙げられる結果となった。なお、これらの区間における交通量は3.2の環状7号線のケーススタディのようにそれほど多くなく、旅行速度もそれほど高くない。

5. まとめ

本研究では、通行機能が期待され、適度に立体交差点が存在する都市内多車線道路において、サービス速度向上策として緩速車線を提案した。さらに交通シミュレーションを用いたケーススタディにより、交通円滑性の観点から評価を行った。その結果、信号交差点を除去し緩速車線を適用した場合、旅行速度が50km/h程度に向上し、全体の総走行時間も約3割減少するなど、本来期待される通行機能が確保されることが確認できた。また、信号交差点を一部存置させ緩速車線を適用した場合でも10km/h程度の旅行速度の向上が期待される結果を得られた。一方、このように緩速車線による効果が期待される区間は東京都23区だけでも19区間25.4km程度みられ、都市内において一定程度存在することが確認された。なお、このような緩速車線は、都市内に限るものではなく、地方部のバイパスなどにおいても適用可能な区間は少なからず存在することは想像に値しない。

今後の課題としては、緩速車線の適用可能な交通条件を交通シミュレーションを用いた感度分析などにより明らかにし、一般化を図ることが必要である。さらに、歩行者・自転車を含めた円滑性の評価、緩速車線において共存することになる自転車との錯綜、路線バスを含めた周辺交通への影響など、実現に向けたより詳細な検討を進めたい。

参考文献

- 1) 下川澄雄, 森田緯之, 土屋克貴: 道路ネットワークにおける中間速度層の意義と適用範囲, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, pp.1_613-I_622, 2015.
- 2) 山川英一, 内海泰輔, 泉典宏, 野見山尚志, 若林糾: 道路階層別の走行性能を実現するための道路構造条件と道路階層区分相互の接続方法, 土木計画学研究・論文集, Vol.51, CD-ROM, 2015.6
- 3) 野村昭博, 下川澄雄, 森田緯之: 地方部の道路におい

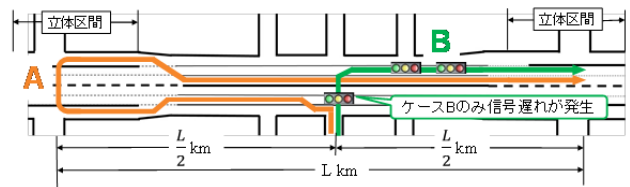


図12 従道路から右折する際の所要時間の比較

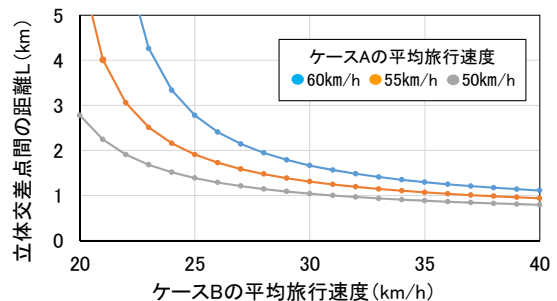


図13 各ケースの平均旅行速度と立体交差点間の距離



図14 東京都23区における緩速車線候補区間の抽出

て中間速度層を実現するための道路構造の提案, 土木計画学研究・論文集, Vol.51, CD-ROM, 2015.6

- 4) 道路広報センター: 地域高規格道路-平成13年度版-, pp.40-45
- 5) 山口敬輔, 下川澄雄, 森田緯之: 通行機能が期待される一般道路6車線区間における車線利用に関する分析, 第42回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 2015.3
- 6) 大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文: 自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術資料, Vol.43, No.11, pp.50-55, 2001.11
- 7) 費用便益分析マニュアル: 国土交通省道路局都市・地域整備局, 2008.11