

バス輸送システムの改善による環境負荷低減の分析*

Analysis of Environmental Load Reduction by Modification of Bus Transportation System*

繁野祐治**・森本章倫***・古池弘隆****

By Yuji SHIGENO**, Akinori MORIMOTO *** and Hirotaka KOIKE ****

1. はじめに

(1) 背景・目的

近年の急激なモータリゼーションの進展に伴い、地球環境問題は年々深刻さを増している。その中で、運輸部門の CO₂ 排出量は国内総排出量の約 2 割を占めており、2003 年度 CO₂ 排出量は運輸部門でみると前年度比で 0.8%減少している。しかし、2002 年度までに基準年（1990 年度）より 20.4%増加しており、2010 年度の目標値（1990 年比 15.0%増加）を達成するには更なる対策が必要であることが伺える¹⁾。特に乗用車については、CO₂ 排出量の少ない低公害車の開発などが進み環境性能は向上しているものの、実走行燃費は都市部の渋滞等のために試験値よりも下方で推移しており、自動車技術の革新のみにより環境改善へ対応することは困難であり、目標達成には自動車交通量の削減が望まれる。

現在、国土交通省では『環境的に持続可能な交通モデル事業』として交通による環境負荷を低減するための事業を提案している。その中では、公共交通機関の利用促進や自動車交通量の円滑化として道路整備や交通規制、LRT の整備等と共にバスの活性化が挙げられている。

バスは交通流の影響を受けやすいため、ダイヤの乱れが生じやすく利用率の低迷が続いている。しかし、輸送能力は乗用車より優れ、乗車人員の増加は自動車交通量を減少させ環境負荷低減効果を持つと考えられる。さらにバス路線網は鉄道より細かく、より目的地の近くまで行くことができる公共交通機関である。つまり、自動車から公共交通機関に乗り換える場合、もっとも重要な公共交通機関はバスであると言える。そこで本研究では、自動車の代替交通手段となり得る公共交通機関のバスについて走行環境改善等による環境負荷低減効果を CO₂ 排出量と比例関係にある燃料消費量に着目し、マイクロ交通流シミュレータを用いて把握することを目的とする。

*キーワード：交通流、公共交通運用

**学生員、宇都宮大学大学院工学研究科建設学専攻
(栃木県宇都宮市陽東 7 丁目 1 番 2 号

TEL 028-689-6224、FAX 028-689-6224)

***正会員、工博 宇都宮大学工学部

****フェロー、PhD 宇都宮大学工学部

(2) 研究の位置付け

環境負荷低減を目的とした施策は数多く存在するが、その目的を大きく分類すれば交通流の円滑化と自動車交通量の削減に分けられる。

交通流の円滑化については、その施策をマイクロ交通流シミュレータにより分析するものが多い。地区レベルの道路環境整備効果の研究²⁾では、整備対象地区では交通流が円滑になり環境負荷低減が実現されたが、整備対象地区の周辺では渋滞の増加等により環境負荷が増大する箇所が見られ、対象地区だけでなく広域な評価が必要としている。また村上³⁾は、バスの分担率が変化した場合のリンク交通量の変化を推計している。さらに、バス停での乗降人数とバス停車時間の関係をバス停での現地調査によって明らかにしている。佐野ら⁴⁾は、バス専用レーン等のバス優先施策の実施による所要時間の短縮効果について分析している。

自動車交通量の削減の施策は様々だが、公共交通機関へのモーダルシフトが一般的である。公共交通機関の中のバスに着目すると、バス利用率が低迷しているために利便性を向上させ利用者の増加を図るものが多く行われている。バスの利便性の低下要因を探るために、バスが抱える問題を技術的、制度的な面から分類し整理している⁵⁾。中村ら⁶⁾は交通流にバス優先施策を導入した場合の評価方法について提案し、施策の導入意図別に評価の考え方を整理している。また各施策の導入可能性について技術的、制度的な問題点の整理も行っている。さらに、新たなバスシステムとして RTS や BRT などの海外導入事例の整理等もなされている⁷⁾。近年注目され始めている施策にカーシェアリングがある。これは 1 台の自動車を複数人で共有するシステムで、欧米諸国で盛んに実施されており、利用者の CO₂ 排出量削減効果は約 50%という調査結果⁸⁾もあるが、日本への導入には法整備やシステムの周知等問題が多く残っている⁹⁾。

以上の既存研究において交通流の円滑化は自動車交通の円滑化を目的に、自動車交通量の削減についてはバス利便性の向上等に関するものが多い。しかし、バスの走行環境改善やバスへのモーダルシフトが交通流の円滑化にどのような影響を与え、どの程度の環境負荷低減効果をもたらすのかについては不明な点が多い。本研究は、

バスの局地的な輸送システムの改善による環境負荷低減効果についてマイクロ交通流シミュレータを用いて推計することに特色がある。なお、本研究で扱うバス輸送システムの改善施策は交通流の円滑化を目的とする走行環境改善施策と、モーダルシフトを促すバス利用促進施策により構成される。

2. 分析の概要

(1) 分析シナリオの設定

はじめに、交通流にバスが混入することによる環境負荷への影響を交差点部において①阻害要因なし、②バス停設置の2パターンについて仮想ネットワークを用いて推計する。次に、バスの走行環境改善施策として①路上駐車車両の排除、②バス専用レーン設置、バス利用促進施策の実施効果として③バスへのモーダルシフトが実現した場合の環境負荷低減効果について推計する。分析の概要を図-1に示す。さらに近年のバス路線削減の現状を踏まえ、バス運行台数の減少が環境負荷に与える影響についても同様の仮想ネットワークを用いて推計する。その後、推計結果を参考に実在するネットワークを用いて施策実施効果を推計する。なお、どのシミュレーションパターンにおいても、推計時間は1時間とした。

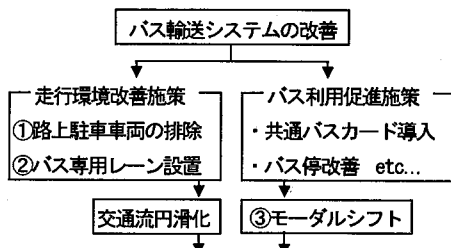


図-1 分析内容の枠組み

(2) 使用シミュレーションモデルについて

バス混入による環境負荷への影響を検証するため、米国運輸省高速道路局のモデル「TSIS (Ver.5.1)」の構成要素である「NETSIM」を利用する。NETSIMにおいて車両は追従理論により計算され、周囲の様々な影響を受けて移動する。そのため、より現実の交通流に近いシミュレーションが可能なマイクロ交通流シミュレータである。バスの再現に用いられるパラメータとしては①路線、②バス停（位置、滞留時間）、③運行時間帯、④バス車頭間隔の4つがある。

環境負荷低減効果の指標とした燃料消費量のNETSIMによる算出方法は、1秒毎に各車両の車種と速度変化から加速度を決定し、速度と加速度の関係から1秒間の燃料消費量を求めている。したがって、停車中のバスの発車を待つための減速や停車、追い越しのため

の加速等の影響を反映した推計結果を得ることができる。

(3) 仮想ネットワークの設定

図-2に示した片側2車線の仮想ネットワークを用いて交通流にバスが混入した場合についてシミュレーションを実施した。

対象とする道路区分はバスの走行がもっとも多いと考えられる都市部の道路とするため第4種第1級とし、道路構造令にしたがって道路構造を設定した。リンク長を各リンク250m、自由走行速度は60km/hとした。大型車混入率を10%に設定し、各リンクの流入交通量は200台/hずつ交通容量を超えるまで変化させた。交差点での分岐率については各流入リンクとも直進車を60%、右折車を20%、左折車を20%と設定した。信号はサイクル長を120秒として、流入交通量800台/hを基準に最適化しスプリット0.367とし、流入交通量の変化に関わらず一定とした。仮想ネットワークには右折レーンを各リンクの交差点流入部に設置した。その際の右折レーン長も流入交通量800台/hの場合の交通量を基準として算定した。バスについては、バス混入率がリンク流入交通量に対して1%になるように車頭間隔を設定し、バスが走行するリンク1とリンク2の大型車混入率は9%とし、各リンクの大型車混入率が一定となるように設定した。バス走行ルートは直進ルート（図-2参照）のみを設定した。バス停はリンク1とリンク2の停止線から手前5m位置に設置する場合を考え、バス停車時間は乗降人数が5人と10人の場合を考え算出した。例えば流入交通量が1000台/hの場合、バスが走行するリンク1とリンク2では90台が大型車でバスが10台となる。

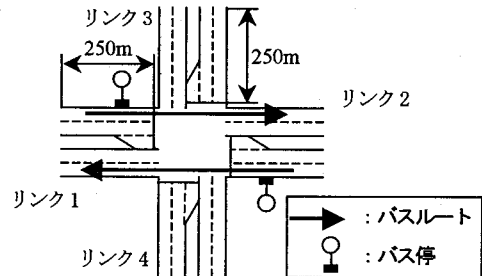


図-2 仮想ネットワーク

(4) シミュレーション結果

リンク上にバス停が設置された場合、バス混入によ

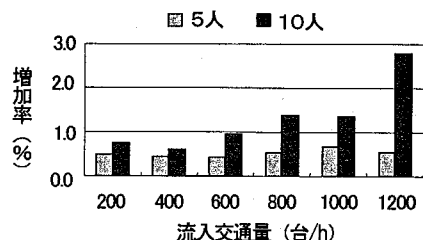


図-3 バス停設置による燃料消費量増加率

る交通流への影響が見られた（図-3 参照）。しかし、バス停が設置されても交通量が少なく停車中のバスを避けるための車線変更を容易にできる場合には、後続車両は停車せずにバスを避けて走行でき、バスから受ける影響は燃料消費量の増加率が1%以下と非常に小さい。またバス停での停車時間が長い程、後続車両へ長時間影響を与え続けるため交通流に与える影響は大きくなることが分かる。流入交通量が1200台/hで乗降人数が10人の場合において、燃料消費量の増加率が高い。これは、バスが混入していない場合の交通流に比べ、渋滞長が増加したためである。

3. バス輸送システム改善による環境負荷への影響

バス輸送システム改善施策として、①路上駐車車両の排除、②バス専用レーン設置、③バスへのモーダルシフトが起きた場合について環境負荷低減効果を推計する。また、近年のバス事業の不振を踏まえバス運行台数の減少による環境負荷への影響についても推計する。シミュレーションには図-2に示す仮想ネットワークを用いる。

(1) 路上駐車車両の排除

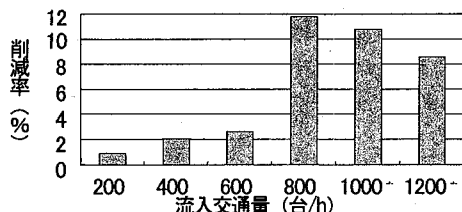
a) 分析方法

バス走行ルート上に存在する路上駐車車両を排除した場合についてシミュレーションを実施した。路上駐車車両は停止線から手前5mの位置に設置し、駐車時間は60分とした。路上駐車車両はリンク1にのみ設置した。

路上駐車と交通容量の調査結果¹⁰⁾より、駐車車両がある場所の有効幅員が4.5m以下なら運用車線数は実質1車線となる。本研究の道路条件では車両幅と路肩幅員を道路構造例に従い設定し、有効幅員を算出すると4.5mとなるため、第1車線残存幅員は0mとした。

b) シミュレーション結果

バス走行ルート上に存在する路上駐車車両を排除することにより燃料消費量を削減できることが確認できた（図-4 参照）。また、交通量の増加とともに燃料消費量削減率が高まっている。これは、交通量の増加とともに路上駐車車両を避けるための車線変更が困難になることによる停車時間の増加量が減少したためであると考えられる。流入交通量が800台/h以降では流入交通量の



*: 渋滞により車両が流入し切れなかったケース

図-4 路上駐車車両を排除した場合の燃料消費量削減率

増加とともに燃料消費量削減率が低下しているが、これは渋滞長がリンク流入部まで伸びてしまい車両が流入しきれなかったためである。

(2) バス専用レーン設置

a) 分析方法

バス走行リンクの第1車線をバス専用レーンとした場合についてシミュレーションを実施した。左折車のバス専用レーンへの進入は右折専用レーン開始位置と同じく停止線から85mとした。バス停は停止線から手前5mに設置し乗降人数を10人とした。なお、バス専用レーン設置に伴うバス利便性の向上の結果として予測されるモーダルシフトについては考慮していない。

b) シミュレーション結果

第1車線をバス専用レーンとすることで、流入交通量800台/hまでは燃料消費量を削減できることが確認できた（図-5参照）。バス専用レーンを設置することでバス停での停車による後続車両への影響が左折車に限られ、バスが発車するまで停車したり停車中のバスを避けるために車線変更のタイミングを待ったりといった燃料消費量を増大させる挙動をとる車両が大幅に減ったためと考えられる。また、一般車両による左折時の減速の影響を後続車に与えなくなり交通流が円滑になり削減効果が得られたと考えられる。しかし、この削減効果は交通量の増加に伴って低下する。交通量が増加すると左折車両の台数も増加し、停車中のバスから影響を受ける車両台数が増加する。また、停車中のバスを避けるための車線変更が他の車線の交通量増加に伴って困難となり、停車時間が増加する。さらに、バス専用レーン設置は交通容量を低下させるため、渋滞が発生していなかった交通流にも渋滞が発生させてしまう可能性がある。図-6では、流入交通量1200台/hにおいて渋滞長を増加させており、燃料消費量を大きく増加させている。

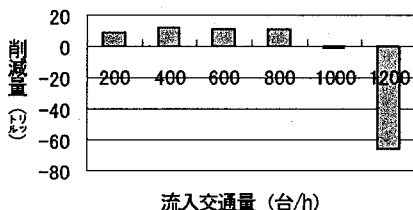


図-5 バス専用レーン設置時の燃料消費量削減効果

c) 車線増設とバス専用レーン設置の効果

バス専用レーンの設置には交通容量の低下というマイナス面が存在するため、モーダルシフトが起きないと環境負荷低減に大きな効果は期待できない。そこで、交通容量を増加させる施策として新たに1車線増設した場合と組合せて環境負荷低減効果を推計する。なお、車線増設前後で既存道路の構造に変化はなく、増設した車線の

構造は既存の車線と同様とした。図-6にシミュレーション結果を示す。

流入交通量 1000 台/h までは、流入交通量の増加と共に緩やかに燃料消費量削減量が増加した。これは交通量の増加に伴って、バスがバス停で停車することによる後続車両への影響の排除効果が高まるためである。緩やかな増加傾向を示すのは、バス停設置による燃料消費量増加率が流入交通量 1000 台/h までは 1%前後で小さいためであると考えられる(図-3 参照)。流入交通量 1200 台/h ではバス停設置による交通流への影響が大きかったため交通流の円滑化効果が高まり、燃料消費量削減効果も高まったと考えられる。単体でバス専用レーンを設置した場合には燃料消費量が増加した流入交通量 1000 台/h を超えても燃料消費量は削減されている。これは交通容量が増大したことでバス専用レーンを設置しても渋滞せず、バス専用レーン設置効果が十分に得られたためであると考えられる。

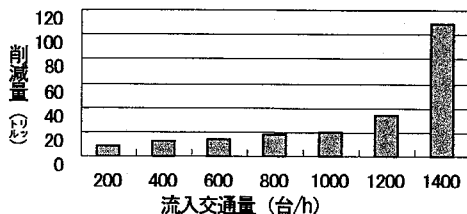


図-6 車線増設とバス専用レーン設置による燃料消費量削減効果

このシミュレーション結果はバス専用レーン設置効果と車線増設による交通容量の増加効果によって得られたものである。前者については前節で述べたので、ここでは交通容量の増加効果について考察する。

図-7にバス専用レーンを設置せずに1車線増設した場合の燃料消費量削減量を示す。車線増設により交通容量が増大し、車線増設前は渋滞が生じていた流入交通量 1400台/hの場合も渋滞を緩和させ大きな燃料消費量削減効果を持つといえる。また、交通密度が低下するので車両相互の影響が小さくなり、無駄な加速減速が減少し燃料消費量の削減につながるが、燃料消費量削減効果は交通量が少ない場合は小さい。これは、混雑していない場合では車両相互の影響も小さく、車線を増設しても変化がほとんど無いためである。よって、混雑している交通流に大きな影響を持つと考えられる。

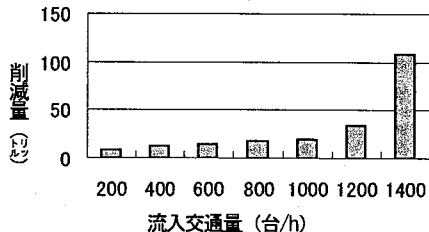


図-7 1車線増設(3車線化)のみの燃料消費量削減効果

このように、バス専用レーン設置効果と交通容量増加効果は交通量により変化することが分かる。したがって、交通量が少ない流入交通量800台/h程度までは2つの効果の合計が削減効果として得られ、さらに交通量が多くなるとバス専用レーン設置による効果より車線増加の効果が強くなり削減効果として得られると考えられる。

(3) バスへのモーダルシフト

a) 分析方法

バス利用促進施策が実施され自動車利用者の 5%がバスへ乗り換えたとして仮定し、モーダルシフト前後の交通流についてシミュレーションを実施した。なお、利用者の増加に伴うバス運行台数の増加やバス停での停車時間の増加は考慮していない。つまり、自動車台数が 5%減少した場合を想定している。

b) シミュレーション結果

自動車利用者の 5%がバスへ乗り換え、自動車走行台数が減少することで燃料消費量の削減が確認できた(図-8 参照)。また、その削減効果は流入交通量 190 台/h 以外の場合において期待削減率を上回っている。ここで期待削減率とは、自動車利用者の 5%がバスへ乗り換える前の交通流における乗用車 1 台あたりの燃料消費量から算出したもので、車両減少分のみの削減効果を示している。期待削減率を上回る削減効果が得られたのは、5%の乗用車台数が減少したことで交通密度が低下し、車両相互の影響が緩和されたためであると考えられる。流入交通量 1330 台/h では削減効果が高まっている。この交通流ではバスへモーダルシフトが起こる前の交通流において渋滞が発生していたが、車両台数が減少したことで渋滞長が減少したため、大きな効果が得られたと考えられる。流入交通量 190 台/h において削減率は期待削減率を下回った。これは、乗用車が減少したことによって大型車が自由に加速できるようになったことで加速時間が増加し、燃料消費量が増加したためであると考えられる。

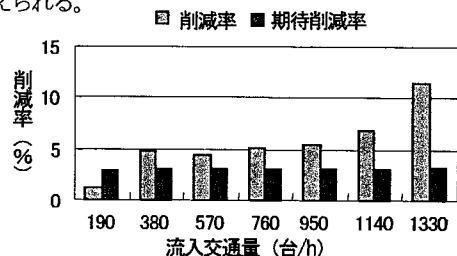


図-8 自動車利用者の5%がモーダルシフトした場合の燃料消費量削減率

(4) バス運行台数の減少

a) 分析方法

近年、バス利用率が低迷しバス路線の削減が進みバス運行台数は減少している。しかし、バス運行台数の減少

はバス利用者に交通手段を変更させ自動車交通量の増加を招き交通流を混雑させてしまう恐れがある。そこで、バス利用者がバス運行台数の減少により自動車に乗り換えた場合についてシミュレーションを実施し、燃料消費量増加効果を推計する。

ここではこれまでのシミュレーションとは異なり、バスの運行台数は交通量に関わらず1路線あたり10台/h、往復で20台/hとし一定とした。また、乗り換えた人は乗用車に乗るものとし大型車台数が変化しないようにした。バス路線削減後のバス運行台数は2台/h減少させて8台/h、往復16台/hとした。また、乗用車台数の増加分は平成15年度の自動車統計年報より算出した平均乗車人員より算出し、1路線あたり30台/hとした。

b) シミュレーション結果

バス運行台数が減少することにより燃料消費量の増加が確認できた(図-9 参照)。またその増加率は期待増加率を上回っている。これは、車両台数の増加により交通密度が高まり車両相互の影響が強くなったためだと考えられる。ここで期待増加率とは、バス運行台数が減少する前の車両1台あたりの燃料消費量から算出したもので、乗用車台数増加分のみの燃料消費量増加率を示す。燃料消費量増加率が流入交通量の増加と共に低下している。これは、増加する乗用車台数が一定のため、交通量の少ない場合は乗用車台数の増加による影響が大きく、交通量の多い場合では小さくなるためである。流入交通量1000台/h以上の場合では渋滞が発生し、交通量の増加により渋滞長が増加するため増加率が高まっていると考えられる。

図-9 バス運行台数の減少による燃料消費量増加率

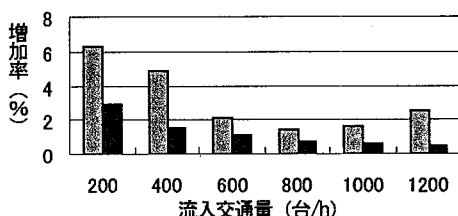


図-9 バス運行台数の減少による燃料消費量増加率

4. バス輸送システムの改善施策の実施効果推定

(1) 対象地域について

これまでの仮想ネットワークでの分析結果を踏まえ、図-10に示す片側3車線の实在ネットワークに実交通流を再現したシミュレーションを実施した。対象とする道



図-10 対象ネットワーク周辺地図

路は JR 宇都宮駅から西へ延びる片側3車線の道路で、ピーク時の交通量は約1100台/hである。駅前道路ということもありバスの運行が激しく、慢性的に違法な路上駐車が存在し第1車線の交通量を著しく減少させている。シミュレーション上での実交通流の再現性は車線ごとの交通量で評価し、相関係数は0.989を得たためシミュレーション上に実交通流を再現できたといえる。

(2) バス輸送システムの改善施策の設定

対象区間は路上駐車が多く第1車線の利用率を低下させているため、①路上駐車車両を排除する。バス運行台数が多いので②バス専用レーンを設置し、自動車への影響を軽減する。バス利用促進施策を実施して、③バスへのモーダルシフトを促す。以上、3つの施策を単体で実施した場合と組合せて実施した場合の実施効果を推計する。バスへのモーダルシフトによる自動車台数の削減量は仮想ネットワークの場合と同様に5%とした。

(3) シミュレーション結果

各施策の実施による環境負荷低減効果が確認できた(表-1 参照)。施策を単体で用いる場合最も効果的なのは路上駐車車両の排除、組合せて実施する場合には全部の施策を組合せた場合であった。しかしモーダルシフトを組合せると、全部の場合と同程度の効果が得られた。これは、施策の実施により交通流の円滑化とともにバスの利便性が向上し乗用車からの乗り換えが起こることが想定され、交通密度が低下し交通流の更なる円滑化が図られ、より大きな環境負荷低減効果が得られることを示していると考えられる。

表-1 各施策の燃料消費量削減効果の推定結果

施策 (単体)	削減効果 (%)	施策 (組合せ)	削減効果 (%)
路駐排除	10.76	路駐排除+バスレーン	6.02
バスレーン	3.98	路駐排除+モーダルシフト	12.89
モーダルシフト	6.80	バスレーン+モーダルシフト	12.08
		全部	13.41

対象区間の流入交通量は約1100台/hで、バス専用レーンを設置した場合の燃料消費量削減効果は約4%である。対して流入交通量が1100台/hの仮想ネットワーク上での削減効果は図-6に示した推計結果より約4%と推定でき、仮想ネットワークを用いた施策実施効果の推定の有効性が伺える。

5. 環境負荷低減メカニズム

これまでの推計結果より得られたバス輸送システムの改善施策の環境負荷低減メカニズムを図-11に示す。各施策は交通流に対し様々な影響を与え環境負荷を低減さ

せるが、その影響の大きさは交通量に依存する。しかし、交通量によっては実施することで環境負荷を増大させてしまう施策も存在するため注意が必要である。

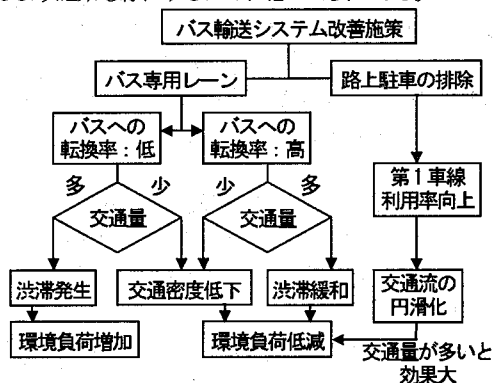


図-11 環境負荷低減メカニズム

6. おわりに

本研究ではバス混入による影響はバス停での停車により発生することが分かった。また、バス輸送システムの改善施策の実施効果は交通量や交通容量によって変化すること、さらに施策によっては環境負荷を増大させてしまうことも分かった。したがって、バス輸送システムの改善施策の選定には対象地域の交通環境をよく考慮する必要がある。また、仮想ネットワークにおける施策実施効果の推定の有効性が伺えたが、更なるケーススタディの実施による検証が必要であると考えられる。

今後は、シミュレーション内で用いた車両の加速度等のパラメータがデフォルト値であるため日本の車両特

性との整合性について検討する必要がある。また、交通流が円滑になったことにより発生する誘発交通量についても検討する必要がある。

謝辞

最後に、本研究は現代文化研究所の受託研究として実施しました。本研究を進めるにあたりご支援ご助力をいただきました交通エコロジー・モビリティ財団の方々、また貴重なデータを提供してくださいました栃木県警察本部交通部交通規制課の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 地球温暖化対策推進本部 HP: <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/>
- 2) (株)現代文化研究所: 交通環境負荷の小さい都市を実現するための地区レベルの具体策調査 報告書, 2004
- 3) 村上篤史, 森本章倫, 古池弘隆: 地区内交通におけるバスと容積率の関係に関する研究, 土木学会関東支部技術発表会講演概要集28巻, pp.608-609, 2001
- 4) 佐野可寸志, 松本昌二, 野沢徹, 尾羽根孝: 交通シミュレーションモデルを用いたバス優先政策の評価, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.933-939, 2000
- 5) (財)道路経済研究所: バス交通に関する研究, 道経研シリーズA-75, 1999
- 6) 中村文彦: バス優先方策を取り入れたバス輸送システムの評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.14 (1), pp.353-358, 1991
- 7) 望月真一・青木英明: 「路面走行タイプの新交通システムの導入 RTS (Rapid Transit System) /BRT (Bus Rapid Transit) /RTT (Rubber Tired Trolleys)」, 交通工学vol.39, No.1, pp.35-43, 2004
- 8) moresプロジェクト: 「Environmental assessment Report WP6」, 2005
- 9) CEV Sharing Corporation HP: <http://www.cev-sharing.com/>
- 10) 濱田俊一: 路上駐車が交通容量に及ぼす影響, 交通工学vol.23, No.3, pp.71-79, 1988

バス輸送システムの改善による交通環境改善の分析*

繁野祐治**・森本章倫***・古池弘隆****

京都議定書により定められたCO2排出量削減目標達成のためには、自動車技術の革新のみではなく自動車交通量の削減が必要である。そこで本研究では自動車の代替交通手段となり得るバスに着目し、局地的にバスの走行環境を改善することによる交通環境負荷改善効果をミクロ交通流シミュレータを用いて推計する。推計結果より、バスが交通流に与える影響はバス停で停車することによって生じることが分かった。バスの走行環境改善施策として路上駐車車両の排除やバスレーンの導入等について環境負荷改善効果が認められた。さらに、自動車からバスへの乗り換えを組合せることで、より大きな削減効果が得られた。

Analysis of Environmental Load Reduction by Modification of Bus Transportation System*

By Yuji SHIGENO**, Akinori MORIMOTO *** and Hirotaka KOIKE ****

In order to achieve the target of carbon dioxide emission reduction stipulated in the Kyoto Accord, it is necessary to reduce the number of moving vehicles in addition to the innovation of automotive technology. Therefore, the purpose of this research is to focus attention on bus transport that can substitute automobiles, and to estimate the decreasing effect of environmental load by improving the local bus running conditions using a microscopic traffic flow simulator. The result of the estimation revealed that the effect a bus set on the traffic flow is generated when a bus stops at a bus stop. Measures to improve bus running environment, such as the removal of parked vehicles and provision of exclusive bus lanes, proved effective to decrease environmental load. Additionally, these measures have a bigger effect if they are combined with the modal shift from cars to buses.