

経路選択および交通手段変更に伴う交通環境負荷の評価*

Evaluation of Transportation Environmental Load by changing Route Choice and Modal Split*

清水靖史**・森本章倫***・古池弘隆****

By Yasushi SHIMIZU**, Akinori MORIMOTO** and Hiroataka KOIKE ****

1. はじめに

近年、地球温暖化をはじめとする我々を取り巻く環境問題は深刻化し、その一因として自動車利用の増加が挙げられる。自動車は高い利便性を有し今に至るまで増加の一途をたどっている。自動車はバス、電車など公共交通と比較すると一人当たりのエネルギー消費量が高いため、自動車が移動手段の中心となることにより運輸部門のエネルギー消費量は年々増加傾向を示している。それに伴い環境問題の悪化、渋滞による経済損失は年間12兆円とも言われ¹⁾、自動車利用増加に起因する問題が数多く生じている。地方では公共交通ネットワーク形成が不十分であるため自動車依存が高くなり環境負荷削減が難しい状況となっている。1997年の京都議定書でも日本ではCO₂排出量を2012年までに1990年の6%減が義務付けられた。これらの問題を解決するために、自動車性能の向上や法的整備とともに、道路ネットワーク整備、公共交通へのシフトなどの対策を検討する必要がある。さらに、効果的な対策を講じるには広域的、狭域的な対策を合わせて計画的に行う必要がある。

これまで交通環境負荷に関して行われた研究では、都市レベルと地区レベルに分けてそれぞれ評価を行っている。都市圏を対象とした研究では^{2) 3)}環境負荷排出モデルを構築し、各種施策と環境負荷の関連をシミュレーションによる分析によって定量的に把握している。また、地区レベルにおける研究では交通施設整備の効果を分析し整備の有効性と交通量との関係を述べているものがある⁴⁾。しかし、狭域的なものは広域的な研究と比較すると数が少なく不明な点も多い。そこで本研究では、ミクロ交通流シミュレーションを用いて狭域的な視点から経路選択・交通手段変更に伴う環境負荷に与える影響を分析することを目的とする。

*キーワード：経路選択、交通手段選択、地域環境問題

**学 生 員 宇都宮大学大学院工学研究科建設学専攻

(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2

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 Ph.D 宇都宮大学工学部

2. 研究の概要

(1) 交通環境負荷に影響を与える交通要因

研究を行うにあたって自動車交通において燃料消費量が增大する要因についての整理を行う。燃料消費量が増加する要因には主に以下の3つの挙動が挙げられる。

- ① 停止時間の増加
- ② 走行速度の不安定性
- ③ 低速走行

①の場合は路上駐車や信号制御、駐車場の入出庫待ちなどによるアイドリングが原因となって変化する。②の場合は路上駐車や前方の車両の挙動(車線変更など)に起因する加減速が原因となる。③の場合は速度規制や交通量増大による低速走行などが原因となる。また車両挙動以外にも交通手段(自動車、バスなど)も環境負荷に影響を与える要因の1つである。図-1に交通環境負荷低減施策をまとめる。

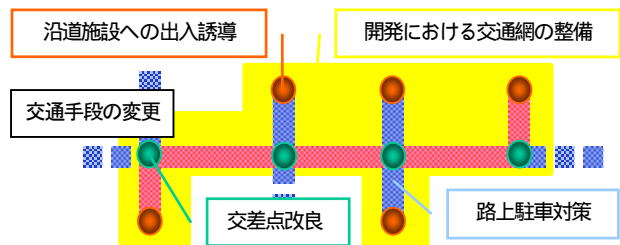


図-1 交通環境負荷の低減施策

(2) 交通流シミュレーション

推計にはミクロ交通流シミュレーションモデルの「NETSIM」を用いる。このモデルは道路形状、信号要素、交通量、走行特性等を入力することによって、追従理論により交通流の再現が可能である。出力データとして遅れ時間、総走行時間、平均速度、最大車列長、燃料消費量、ガス排出量等がある。

交通環境負荷の評価指標としてCO₂、CO、HCなどが挙げられるが、研究では燃料消費量と直接人体に影響を与える指標としてNO_xを用いる。燃料消費量はCO₂排出量と比例関係にあり、燃料消費量とNO_x排出量は低速走行時に大幅に増加する傾向がある。シミュレーションの再現性の確認は各交差点の流入及び流出交通量を用いた。

3. 経路選択による交通影響分析

(1) 対象地区概要と分析パターン

分析対象には宇都宮市において交通量の多い国道 123 線と国道 4 号線が交差する平松交差点、市道 25 号線、新しく開通した今泉川田線を含む約 1.2 キロ四方とした。また、時間帯は通勤・通学である 7:00~8:30 を対象とし、交通量は開通前後の交通量調査結果を用いた。交通量に変化を与える要因として経路選択による誘発交通の発生を考える。現況再現は交通量調査結果との比較により確認した。その結果、開通前 $R^2=0.993$ 開通後 $R^2=0.995$ となり交通流を再現できていると考えられる。

分析は開通前後の 2 パターン、ネットワーク完成後において交通量を開通前から開通後へと段階的に増加させた仮想交通量による場合の計 7 パターンを実施した。



図-2 対象地域

(2) 開通前後の比較

開通前後を比較すると、ネットワーク全体で交通量が 11.2% 増加したことがわかる(表-1 参照)。これは開通により利便性が高まったことによる誘発交通の発生が原因であると考えられる。路線別に見ると、国道 123 号線、国道 4 号線、今泉川田線において交通量は増加し、市道 25 号線では減少した。

渋滞長を比較すると交通量が増加した国道 4 号線、今泉川田線で渋滞長が増加したところが見られるが、その他の路線では減少している地点も多く見られた(図-3 参照)。渋滞の発生原因には交通量が多いのに加えて、歩行者、自転車交通量が多い事が要因として挙げられる。

環境負荷について開通前後を比較した結果を図-4, 5 に示す。これを見ると燃料消費量は全体で約 8% (230 0) 増加、 NO_x 排出量は全体で 2% (3.7 g) 増加した。燃料消費量、 NO_x 排出量増加は開通後に総交通量が増加したことが最も影響を与えた原因であると考えられる。

表-1 交通量の変化

路線名	開通前 (台)	開通後 (台)	増加数 (台)	増加率 (%)
国道 123 号線	2994	3095	101	3.4
国道 4 号線	2146	2517	371	17.3
25 号線	1025	813	-212	-20.7
今泉川田線	1231	1796	565	45.9
全体	7396	8221	825	11.2

(3) 交通量を変化させた場合

開通後の交通量増加が環境負荷に影響を与えていると考えられるので、開通後の交通量を変化させることで交通量と環境負荷の関係を分析した。その結果、開通後に交通量が増加しなかった場合には燃料消費量は約 13% (355 0) の減少(図-4 参照)、 NO_x 排出量は 5.7% (10.5 g) 減少した(図-5 参照)。このことから開通後における誘発交通の発生により環境負荷が増加したことがわかる。また、交通量の増加が開通前と比較して約 7.2% (500 台) 程度までならばネットワーク整備による経路選択は環境負荷削減効果があると考えられる。

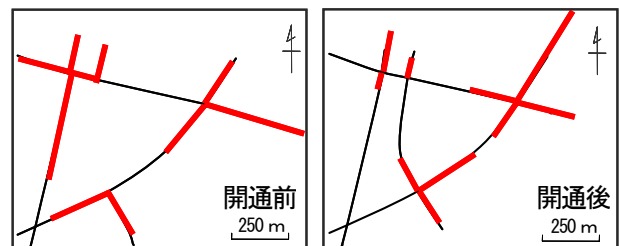


図-3 渋滞長の変化

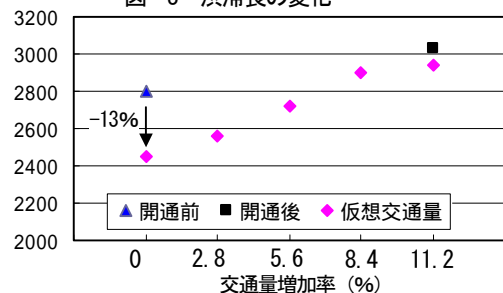


図-4 交通量変化と燃料消費量の関係

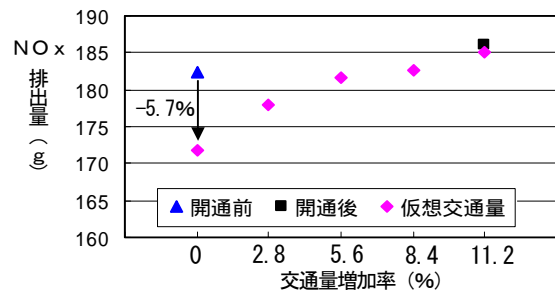


図-5 交通量変化と NO_x 排出量の関係

(4) 渋滞による経済損失

シミュレーションにおいてネットワーク上を理想的な状態で走行できた時と実際の走行時間の差を遅れ時間とし、時間価値を乗じることによって経済損失を求める。

$$\text{遅れ時間 (時間)} \times \text{時間価値 (円/台・時)}$$

$$= \text{経済損失 (円)} \dots \text{(式-1)}$$

時間価値の値は 3770 (円/台・時)⁵⁾ を用いた。対象としたピーク時(7 時~8 時 30 分)の経済損失は、開通前において約 125 万円、開通後は約 128 万円という結果であった。これは開通後の方が流入する総交通量が増加しているためである。そこで 1 台あたりの渋滞による損失金額を求めると、開通前 383 円、開通後 372 円となり 11 円 (約 2.9%) の経済効果がみられた。

(5) 整備効果

開通の整備効果を求めるためにすべての自動車がネットワーク上を走行した時間を求め、さらに時間価値を乗じ経済的な価値に換算する。

$$\text{総トリップ時間 (時間)} \times \text{時間価値 (円/台・時)} \\ = \text{経済価値 (円)} \dots (式-2)$$

式-2 で求めた値を開通前後で比較する事で整備効果を総時間価値で判断することができる。時間価値の値は渋滞損失と同じく 3770(円/台・時)⁵⁾ を用いた。開通前において約 283 万円、開通後は約 306 万円という結果であった。つまり、開通によって総交通量が増加してしまっただけで、23 万円増となった。なお、1 台あたりの走行時間に要する経済価値を求めると、開通前 169 円、開通後 156 円となり 1 台あたりで考えると 13 円(7.7%)の整備効果が推計された。

4. 交通手段変更による交通影響分析

(1) 対象地区概要

JR 宇都宮駅東口地区において大規模開発が計画されている。開発面積は 7.3ha にわたり、各種施設整備、道路整備が行われ宇都宮市の新たな都市拠点となることが期待される。さらに、自動車利用率が高い宇都宮市において渋滞などの交通問題の解決、都市活性化のために LRT 導入計画があることから、ここでは自動車から LRT への交通手段変更と環境負荷の関係を分析する。

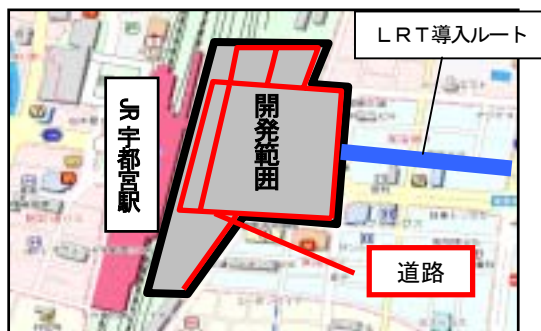


図-6 対象地域

(2) 将来交通量の算出と分析パターン

分析を実施する為に平成 4 年 PT 調査を元に平成 32 年における宇都宮駅将来交通量の算定を行う。

- ① 自動車の走行台キロの伸び率から平成 32 年における発生集中交通量を求め、駅東口地区整備による開発交通量を大規模開発マニュアルから算出し、将来 OD を作成。
- ② JR 宇都宮駅乗客数(将来)を駅端末における交通機関別分担率および平均乗車人数を用いて駅端末交通量を算出。
- ③ ①と②を加えることで将来交通量を算出し、平成 11 年度道路交通センサスより周辺道路におけるピーク(8%)から将来交通量を求める。

計算結果からネットワークにおける予測流入交通量は 1300 (台/ピーク 1 時間) となった。分析はピーク 1 時間とし、交通量は算出された LRT 導入ルートからの流入交通量 700 台を基に変化させた。各交通量において自動車から LRT への転換率を 0, 5, 10, 15% と変化させシミュレーションを実施した。また、LRT への転換を交通量の減少によって分析したが、LRT 導入により車線数が減ると考えられるため、片側 3 車線から片側 2 車線に減少した場合についても分析を行った。

(3) シミュレーション結果

各シミュレーションにおいて、燃料消費量、NO_x 排出量は交通量の増加と共に増加し、図-7 からわかるように片側 3 車線のときは交通量が約 50% 増(1050 台/時)までは燃料消費量と転換率はほぼ比例関係にあるが、交通量が 60% 増加(1120 台)を超えると渋滞が発生し燃料消費量は急激に増大することがわかる。しかし、転換率 10% とした場合には渋滞は解消し、燃料消費量の大幅な減少が確認できる。

LRT の整備により片側 2 車線に減少した場合も交通量と燃料消費量は同様な関係を示すが、車線減少により交通容量が減少することから交通量が 40% 増加(980 台)すると渋滞が発生し、燃料消費量は大幅に増加する。また交通量が 40% 増加以上になると片側 3 車線と比較して燃料消費量が増加していることがわかる。いずれの場合も渋滞による燃料消費増加が大きく、自動車からの転換により渋滞が解消した場合には手段変更による環境負荷削減効果は大きくなる。

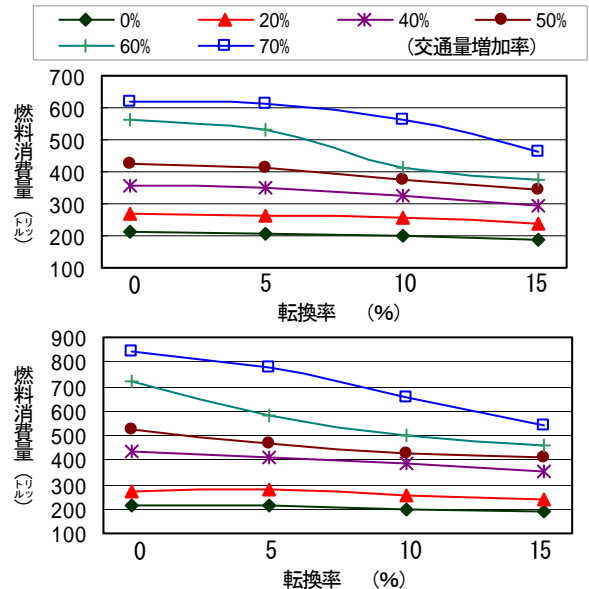


図-7 転換率と燃料消費量の関係
(上) 片側 3 車線 (下) 片側 2 車線

5. 整備効果の概念

(1) ネットワーク整備による整備効果

道路のある断面を単位時間に通過する車両の数について考えた場合、交通量を q 、密度を k とすると図-8 のよ

うに k_0 (臨界点)で交通量が最大となる 2 価関数になる。この関係を燃料消費量と交通量の関係に適用すると、燃料消費量と交通量の関係は図-9、10 のようになる。

ネットワークの整備効果に与える要因としては経路変更や誘発交通による交通量の変化が考えられる。渋滞の発生している地域においては、運転者は迂回行動をとるが、整備によって交通容量が拡大されると交通量が増大してしまう。現況の交通容量に余裕のある場合においては旅行速度が上昇し、整備による燃料消費削減効果がみられる。しかしながら、すでに交通量が飽和している場合には増加交通により、地域内の総交通量が増加し燃料消費量にあまり変化が見られないか、逆に増加してしまうこともある。

本研究で分析した今泉川田線の場合において考えてみると図-9 の【1】の部分のように道路整備を実施したことで対象エリアの交通容量は拡大した。燃料消費量を比較した結果、地区内への総流入交通量が同程度であれば新規道路開通により約 13%の環境負荷削減効果があると推定される。しかし、現実には開通後に広域交通流の経路選択の変化によって総流入交通量が増加し、結果として対象地区内の環境負荷は8%増加してしまった。

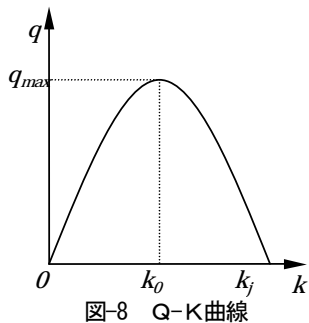


図-8 Q-K曲線

(2) 交通手段変更による効果
新規にLRTの導入やバス専用レーンの設置などにより自動車からの交通手段変更を考えた場合、整備により車線数が減り交通容量も減少する。そのため自動車交通量が減少しなければ環境負荷はかえって増大してしまう。つまり、環境負荷削減には交通容量減少による増加分より手段変更等による削減分の方が大きくなければ効果はない。

JR宇都宮駅東口のケーススタディではLRT導入により片側3車線から片側2車線になった場合を分析した。その結果、交通容量が減少したために交通量が一定量を越えると燃料消費量は増加した。図-10のように交通量が20%増(840台)までならば車線減少の影響はないが、40%増(980台)になるとその差は顕著になり、70%増(1190台)になると燃料消費量は2310の増加となる。その場合環境負荷削減効果を得るには約11.8%(140台)以上の転換率が必要である。

図-9, 10 からわかるようにグラフ頂点付近では整備による影響が大きいことがわかる。このことから、交通量の変化が環境負荷に対して大きな影響を与え、整備によ

り環境負荷削減効果を得るためには経路選択、手段変更共に整備前後の交通量の変化を十分に考えることが重要である。

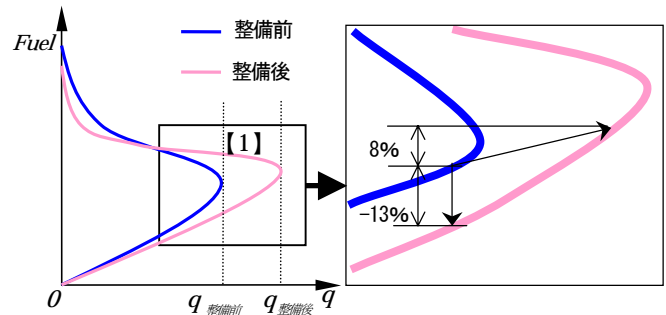


図-9 経路選択による整備前後のQ-F曲線

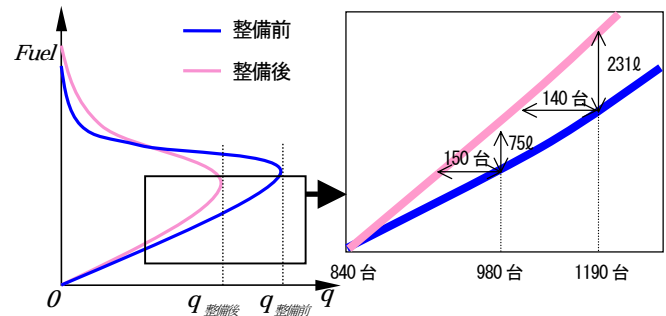


図-10 交通手段変更による整備前後のQ-F曲線

6. おわりに

本研究では地区レベルにおける経路選択と交通手段変更について分析を行った。その結果、経路選択と手段変更は環境負荷削減に効果があると考えられるが、交通量の変化が環境負荷には大きな影響を与えることがわかった。ただし、広域交通流の変化による影響は対象エリア以外にも現れるためCO₂などの広域な環境指標を調査するにはより広域での分析が必要である。

また、環境負荷の少ない都市の形成には新規道路の整備、環境負荷の少ない電車・バスなど公共交通への転換政策を含めて総合的な交通施策を実施することが重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省HP、<http://www.mlit.go.jp/>
- 2) 森本章倫、古池弘隆：都市構造からみた輸送エネルギー削減施策の効果推計に関する研究、第33回日本都市計画学会学術研究論文集、pp181-186、1998
- 3) 桐山孝晴、片岡孝博、権藤公貴：「環境負荷の少ない都市・国土構造に関する研究～都市・国土構造とCO₂排出量の関係について～」、国土交通省国土交通政策研究所、2002
- 4) (株)現代文化研究所：「交通環境負荷の少ない都市を実現するため地区レベルの具体策調査」報告書、2004
- 5) 国土交通省 費用分析における原単位の改定案について、2003