都市内高速道路におけるネットワーク整備効果

The Impact of Improvement of Urban Expressway Network

大口 敬* 谷口 正明** 森田 綽之***
By Takashi OGUCHI, Masaaki TANIGUCHI and Hirohisa MORITA

1．はじめに

近年，環境，エネルギー問題に対して社会的な関心が高まっているが，都市内の交通混雑による自動車の燃費の悪化は環境，エネルギーの点でも大きな損失である．従って交通状況を改善することにより，エネルギー消費や環境の面で大幅な改善便益が得られることが期待される．

本稿では，首都高速道路4号新宿線上り区間に着目し，題材としてレインボーブリッジを含む11号台場線の開通といった都市内高速道路ネットワークの整備，改善を取り上げ，事前／事後分析により当該区間への効果便益を推定試算している．

2．当該区間の交通状況と観測の概要

図-1に今回行った事前と事後の観測の間に新たに開通した路線を含め，首都圏の主な高速道路ネットワークの概要を示す．表-1と図-2の下側には4号線上り当該区間の概要を示す．この区間は三宅坂ICにおける都心環状線外回りへの合流を先頭とする渋滞と途中新宿～代々木付近を先頭とする渋滞が頻発している．表-2に今回観測，収集したデータを示す．車両感知器による2車線合計5分間交通量と5分間平均速度を1km区間毎に収集した．1993年7月に事前，1994年4月に事後の観測を行った．どちらも月曜から金曜日まで24時間観測を5日間行っている．また事前観測においては，感知器による観測と同時に速度，燃費などを測定できる実験車を用いて17回の走行実験を行い，さまざまな交通流状況下で燃費を測定した．

対象区間は中央道から都心環状線へ接続する路線であるが，図-1に示した新路線のうち特に11号台場線の開通による影響を大きく受けたようである．すなわち，箱崎－江戸橋を先頭とする都心環状線外回りの渋滞が大幅に緩和されたこと，4号線から都心環状線内回りよりも外回りに偏っていた交通がほぼ等分に分流するようになったこと，の2つの理由で都心環状線外回りへの合流を先頭とする4号線上りの渋滞が減少した．

3．燃費モデルと渋滞／非渋滞の判別閾値

交通工学上「渋滞」は，「交通容量上の隘路（ボトルネック）にその容量を超過した交通需要がその隘路の上流区間に滞留している状態」と定義される．従って，ある一定の速度以下が渋滞として定義されるのではなく，場所によって渋滞と非渋滞の境界速度は異なる．例として図-3に区間2と区間6における交通量(Q：5分間交通量の1時間換算値)と速度(V：5分間平均速度)の関係を示す．この図から判るように主に道路線形のために区間によりQ-V関係がかなり異なり，そのため境界速度も違ってくる．

渋滞中におけるドライバーの挙動は非渋滞の場合とは異なる[1)2)]．従ってこの運転特性の違いが燃料消費構造にも現れてくる[3)]．そこで本稿では，渋滞と非渋滞を区別する速度の閾値を各1km区間毎に算出した．これをもとに渋滞／非渋滞別々の燃費モデルを構築し，これを用いて各区間を各5分毎に通過する交通量全体の消費燃料を推定する．

渋滞／非渋滞の速度閾値は，交通量が最大となる付近でかつ出現頻度が最も低いという性質を利用して[4)]，事前／事後合計10日間分の交通量，速度データ

キーワード: 交通流、交通計画評価、交通量計測
* 正会員 博士(工学) 日産自動車(株) 交通研究所
** 正会員 工修 日産自動車(株) 交通研究所主任研究員
(〒104-23 東京都中央区銀座6-17-1
Tel. 03-5565-2133, Fax. 03-5565-2134)
*** 正会員 工博 首都高速道路公団 神奈川建設局次長
(〒231 神奈川県横浜市中区真砂町2-25
Tel. 045-662-1151, Fax. 045-664-4472)

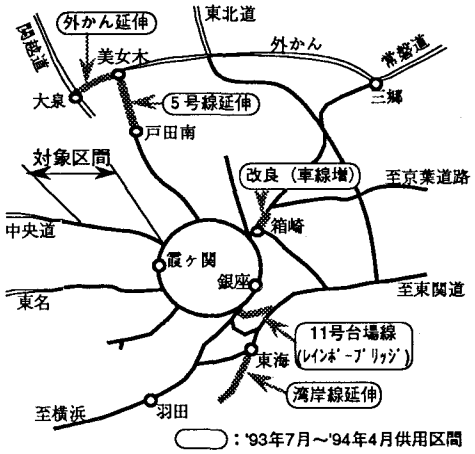

図-1　対象区間と東京圏都市内高速道路ネットワーク

表-1　対象区間

路線	首都高速道路４号線
区間	上り線：10kp → 0kp (永福料金所→三宅坂IC)
区間長	10km

表-2　交通観測

地点	1カ所/1km × 10カ所	
項目	2車線合計5分間交通量 5分間平均速度	
観測日	事前	事後
	1993年 7月12日0:00 ↓ 7月16日23:55	1994年 4月18日0:00 ↓ 4月22日23:55
備考	走行実験：17回 (速度、燃費測定)	

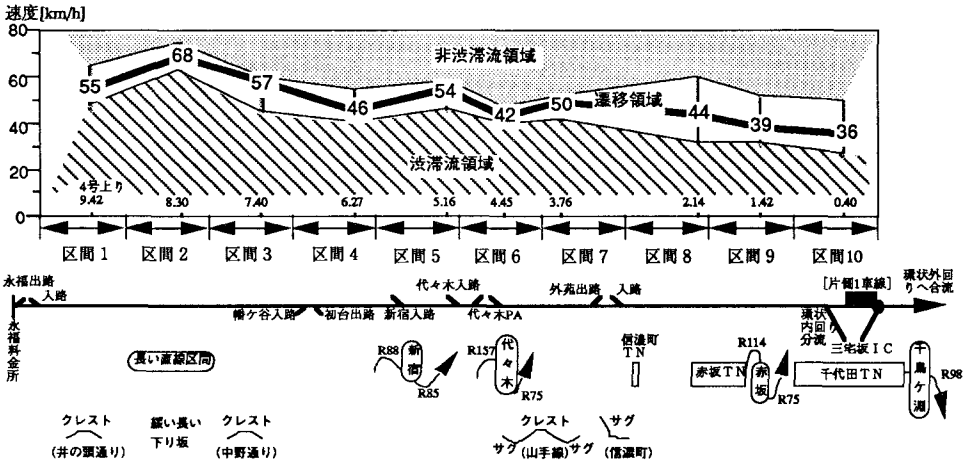

図-2　対象路線（４号上り）の概要と渋滞判別閾値

により統計的に算定した．図-2の上側に各区間毎に算定した閾値を，図-3にはその例を示す．なおこの算定には，主に夜間行われた工事などに起因する渋滞状況のデータは除いている．

実験車(2,000cc乗用車)で測定された燃費と走行速度，及び交通状態をもとに分析すると，渋滞時には，燃料消費量(F [l/km])が旅行時間(T [s/km])の線形モデルで与えられ，一方非渋滞時には，旅行時間に加えて加速度平均値(a [m/s^2])と加速度標準偏差(σ [m/s^2])という速度変動を意味する2変数を含む3変数による線形モデルで表現される[3]．表-3における他の6車種については，各車種の燃費特性[5]を用いて走行実験の走行パターンでシミュレーションを行い，同様のモデル化により燃費モデルを構築した．2,000cc乗用車についてもシミュレーションによって再度モデル化し，全7車種について得られたモデル式を表-3に示す．なお非渋滞時において旅行時間が有意な説明変数として採用されない車種も存在した．

車種構成比率は首都高速道路公団による起終点調査と資料[6]にもとづき表-3に示す各比率で事前／事後，各区間とも一定と仮定し，この7車種で全交通量を代表する．各区間の各5分間交通量をこの比率で7車種に分配し，各車種の燃費モデルを用いて総燃料消費量を求める．

4．事前／事後の比較

図-4は，事前／事後における各1km区間毎の5日間

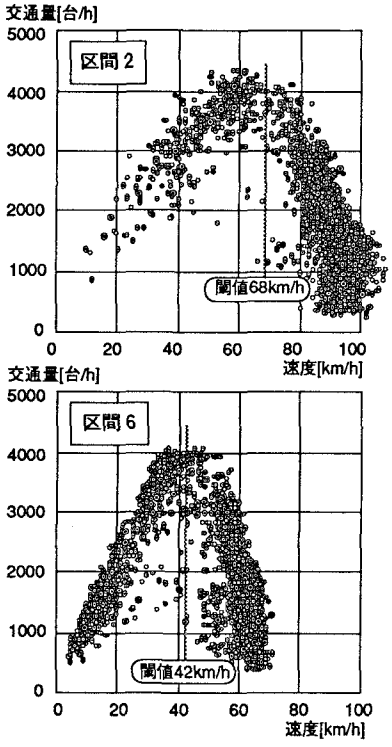

図-3　交通量(Q)と速度(V)の関係と閾値

総交通量（但し夜間工事の影響を除くため6:00～21:00の15時間集計）の変化を示したものである．また渋滞に巻き込まれた交通量を一緒に示す．総交通量は，いずれの区間においても事後の方が多くなっており，単純に全区間の台数を足したものを[台キロ]と考えると，132万台キロから174台キロへ32%増加している．これは主に昼間渋滞を起こすボトルネックの捌け台数が大幅に増えたためと思われる．渋滞巻き込まれ交通量は，区間1と区間9では僅かに事後が多くなっているが，他の区間では減少しており，全体の台キロでは17%の減少である．

図-5は，各1km区間毎の燃料消費の例としてガソリン車（乗用車3種類の合計）による燃料消費量と総旅行時間を，同じく渋滞時と全体とに分けて示したものである．ガソリン消費量は，区間全体で少し増加（10%）しているが，交通量の30%増に比して少ない．渋滞時の消費量は区間1，2を除いて減少しており全区間では32%と大幅に減少している．一方総旅行時間で見ると，渋滞時，全体ともに事前と比較して大幅に短縮されている．全区間合わせた総旅行

表-3　各車種構成比率、及び燃費推定モデル

	車種	比率	燃費推定モデル	R
乗用車	1,300cc (MT)	26.4 %	渋：F = 0.0440 + 0.5062*T 非：F = 0.0418 + 0.0708*a + 0.0261*σ	0.995 0.890
乗用車	1,800cc (AT)	17.5 %	渋：F = 0.0575 + 0.572*T 非：F = 0.0445 + 0.1139*a + 0.0515*σ	0.992 0.965
乗用車	2,000cc (AT)	26.8 %	渋：F = 0.0618 + 1.1088*T 非：F = 0.0439 + 0.0584*a + 0.0221*σ + 1.139*T	0.998 0.936
貨物車	2トン	10.4 %	渋：F = 0.0640 + 1.058*T 非：F = 0.0701 + 0.1326*a + 0.0488*σ	0.995 0.887
貨物車	4トン	11.8 %	渋：F = 0.1961 + 1.926*T 非：F = 0.1561 + 0.2541*a + 0.0861*σ	0.988 0.800
貨物車	10トン (ｹｰｷﾞ)	3.6 %	渋：F = 0.2805 + 2.762*T 非：F = 0.1472 + 0.4741*a + 0.2153*σ + 2.357*T	0.899 0.956
貨物車	10トン (ﾉｰﾏﾙ)	3.5 %	渋：F = 0.3467 + 4.987*T 非：F = 0.1545 + 0.4452*a + 0.1747*σ + 6.787*T	0.946 0.944

a [m/s2]　：加速度平均値(試算には全体平均値 -0.0006を用いる)
σ [m/s2]　：加速度標準偏差(試算には全体平均値0.3795を用いる)
T [h/km]　：旅行時間(試算には5分間平均速度の逆数を用いる)
F [l/km]　：燃料消費量(燃費)

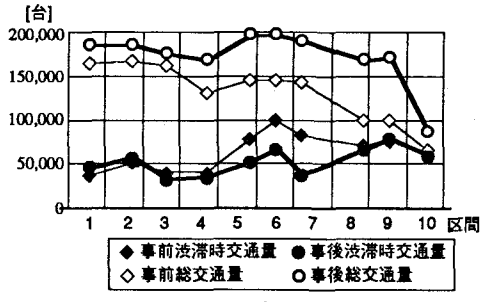

図-4　各区間の5日間総交通量の事前事後比較

時間全体で24%の減，渋滞巻き込まれ交通の総旅行時間では実に47%の減少であり，渋滞時の旅行時間が著しく改善されていることが判る．

図-6には，各区間におけるガソリン車1台当たりの平均燃料消費量と全車種平均旅行速度を示す．非渋滞時には，各区間で事前／事後ともに燃料消費量は約0.06ﾘｯﾄﾙ/km（燃費にして約16km/l），旅行時間は45～60秒/km（速度にして80～60km/h）で変わらない．一方渋滞時には，大幅に旅行時間が短縮されている．渋滞時には，事前でこの10km区間に約40分(15km/h)かかっていたものが，事後では約25分(24km/h)となり36%の時間短縮である．

図-7に示すように事前の渋滞巻き込まれ交通量が事後の渋滞巻き込まれ交通量よりも多いとき，事前，事後ともに渋滞中の交通量（a)），渋滞から非

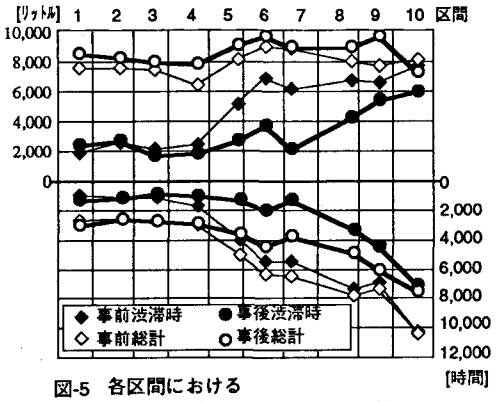

図-5 各区間における
5日間総燃料消費量（ガソリン車）と
総旅行時間の事前事後比較

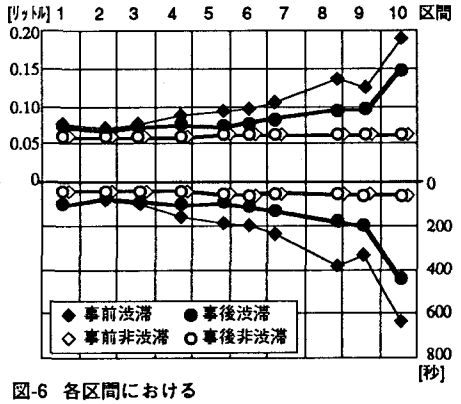

図-6 各区間における
一台当たり平均燃料消費量（ガソリン車）と
一台当たり平均旅行時間の事前事後比較

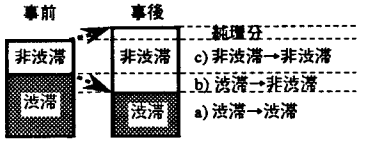

図-7 交通量の変化の考え方

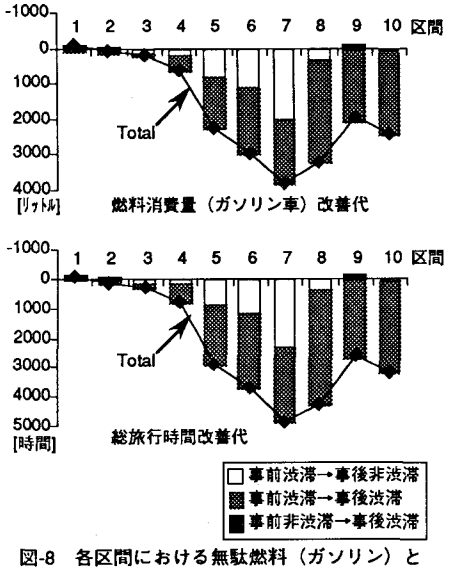

図-8 各区間における無駄燃料（ガソリン）と
無駄旅行時間の改善代

渋滞へ改善される交通量（b)），どちらも非渋滞の交通量（c)）に分類される．この場合，a)とb)の交通量については一台当たり燃料消費量と旅行時間が変化する．事前より事後の渋滞交通量が多い場合には，逆に非渋滞から渋滞へ悪化する交通量が生ずる．これらの一台当たり変化分に各分類交通量を掛けて合計をとったものは，渋滞による無駄分の改善代と考えることができる．図-8にこれを示す．

燃料消費量，旅行時間ともに区間1では僅かな悪化が見られるが他の区間では改善されており，特に区間5～10では大幅に改善している．また区間9，10では渋滞交通量はあまり変わらないが渋滞中の燃費と旅行時間が大きく改善され，一方区間5～7では逆に渋滞が減ったことによる改善代が大きい．

5．まとめ

11号線の開通などによるネットワーク整備の効果が4号線上りに大きく現れていることを確認し，その便益を試算した．直接整備された路線に接続されていない路線においても，燃費，無駄時間ともに相当大きな改善効果があることが明らかとなった．

参考文献

1) 越正毅他：渋滞時の交通流現象に関する研究，土木学会論文報告集，No.306, pp.59-79, 1981.
2) 越正毅：高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，No.371/Ⅳ-5, pp.1-7, 1986.
3) 大口敬他：渋滞／非渋滞区分に基づく燃料消費構造分析, 自動車技術会秋季学術講演会前刷集, 1994.
4) 赤羽弘和他：渋滞検出閾値のオンライン設定法,土木学会第42回年次学術講演会概要集, pp.70-71, 1987.
5) 片山硬他：交通流と燃料消費率に関する研究－その2・実交通流における燃料消費量の予測，自動車研究，Vol.15, No.3, pp.97-102, 1993.
6) (財)自動車検査登録協力会：排気量別，積載量別自動車保有車両数, 運輸省地域交通局監修，1990.