

# 燃費推定モデルを用いた都市高速道路ネットワーク整備効果の試算

日産自動車(株) 社会・商品研究所 交通研究室 谷口 正明  
 東京都立大学 工学部 土木工学科 大口 敬

## 1. はじめに

近年特に慢性化している交通混雑は、時間的損失を生むだけでなく、排出ガス（大気環境）や燃料消費（エネルギー）の面でも大きな問題を惹き起こしている。従ってエネルギー効率や環境の視点からも交通環境の改善が重要な課題となっている。

本稿では、第一に、現実の交通流における走行実験により燃料消費率（燃費）を測定し、交通流状況と燃料消費構造の関係性を分析した。第二に、この分析を踏まえた燃費推定モデルを用いて、交通施設整備による交通流状況の改善効果、燃料消費量の削減効果を算定した。

## 2. 交通流状況と燃料消費量の関係<sup>1)</sup>

### 2-1. 観測と実験

図1に対象とした首都高速道路4号上り線の概要を示

▶表1 観測と実験の概要

対象路線	首都高速道路4号線 上り方向 10kp→0kp (永福料金所→三宅坂IC)
観測日	1993年 7月12日0:00→7月16日23:55
地点観測	(1カ所/1km)×10カ所 (観測項目:2車線合計5分間交通量 5分間平均速度)
走行実験	17回 (測定項目:1km区間毎旅行速度、 1km区間毎燃料消費量、etc.)

注) kp: キロポスト (道路距離を示す道標)  
 IC: インターチェンジ

す。対象路線では、主に三宅坂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が、平日の昼間に慢性的に発生している。表1に交通流データの観測と走行実験の概要を示す。地点観測は、10kmの観測区間を1km区間毎に分けて平日の5日間に24時間観測を行った。また地点観測と同時に速度、燃料消費量などを測定できる実験車(2,000ccオートマチック乗用車)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料消費量を測定した。

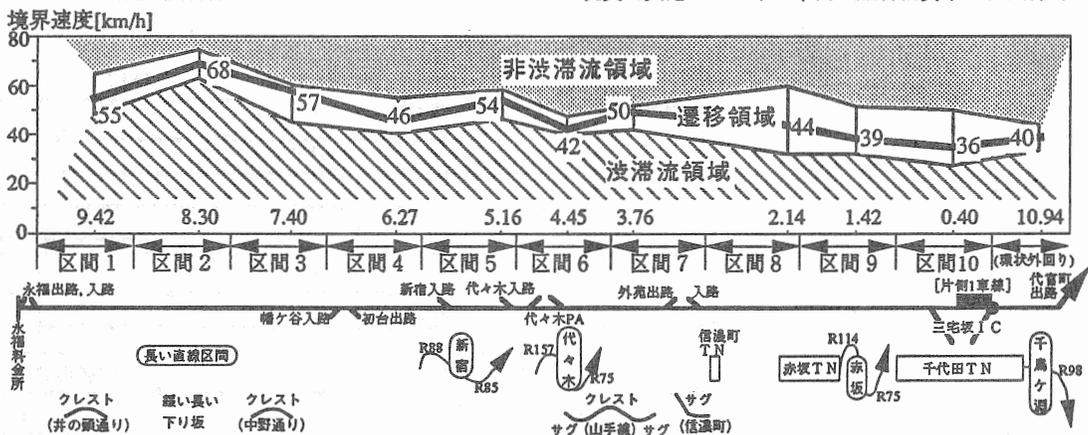
### 2-2. 交通流状況の分析

図2は、ある地点で収集された2車線合計5分間交通量(Q:1時間当たり流量換算値)と5分間平均速度(V)の関係性を示した例である。この図には、同じ交通量に対して速度の高いグループ(60~90km/h)と速度の低いグループ(0~40km/h)が見られ、これがいわゆる交通工学上の「非渋滞(渋滞していない流れ)」と「渋滞」の違いである。

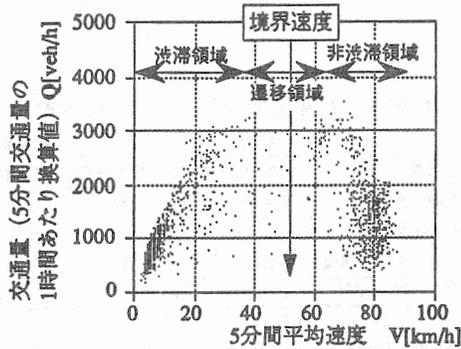
この渋滞と非渋滞の境界は、道路勾配などの道路形状、交通状況などの影響を受けるため場所により異なる。また本来は明確な境界速度が存在するわけではないが、ここでは交通流を渋滞、非渋滞に分類するため、各1km区間毎にその交通量、速度データを統計的に処理して境界速度を定めた<sup>2)</sup>。図1の上側にその結果を数値と実線で示す。例えば区間2は、直線で緩い下り坂であるために境界速度が68km/hと高い。一方区間6で境界速度が42km/hと低いのは、この付近が急カーブ区間であるためと考えられる。なお図1、2における遷移領域とは、渋滞と非渋滞を明確に判定できない領域である。

### 2-3. 渋滞/非渋滞区分による燃料消費構造の違い

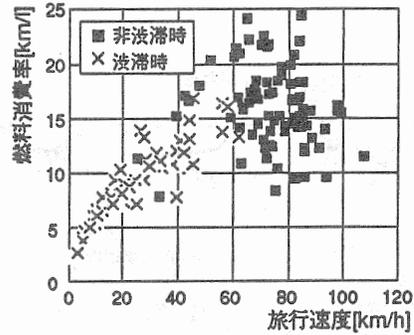
現実の交通流における車両の燃料消費率は、渋滞時と



▶図1 観測対象区間と渋滞/非渋滞境界速度



▶ 図2 交通量—速度関係図例



▶ 図3 旅行速度と燃料消費率の関係

非渋滞時で異なることが予想される。そこで渋滞、非渋滞別にして、走行実験車両が各1km区間を走行する際の旅行速度[km/h]と燃料消費率[km/l]との関係を調べた(図3参照)。

渋滞時には上に凸な曲線の相関が見られるが、非渋滞時には相関が見られない。そこで渋滞・非渋滞を分離して燃料消費量に影響する諸要因について多変量解析を行い、燃料消費構造の分析を行った。その結果燃料消費構造を良好に表現する以下のようなモデルが得られた。

[渋滞]  $FCa = 0.058 + 0.0002993 * T$   
( $R = 0.991, n=83$ )

[非渋滞]  $FCa = 0.044 + 0.141 * \alpha + 0.059 * \sigma$   
( $R = 0.801, n=87$ )

ここに、FCa [l/km]: 1km当たり燃料消費量  
(燃料消費率[km/l]の逆数)

T [sec/km]: 旅行時間

$\alpha$  [m/sec]: 加速度平均値

$\sigma$  [m/sec]: 加速度標準偏差

この式からわかるように、渋滞時には、1km当たり燃料消費量が旅行時間と線形関係にあるが、非渋滞時には、1km当たり燃料消費量は速度変動を意味する2つの変数(加速度の平均値と標準偏差)で表現され、旅行速度にはほとんど依存しない。

### 3. 交通施設整備による効果の試算<sup>3)</sup>

#### 3-1. 試算の対象

前述した1993年7月の観測時点以降に、東京都市圏の高速道路ではネットワーク整備が進められている。そこで9ヵ月後の1994年4月に同じ区間を対象として、表2に示すように同様の交通流観測を行った。図4にこの9ヵ

月間に新たに開通、改良した路線を含め、主な高速道路ネットワークの概要を示す。

首都高速道路公団の調査によれば、この対象区間においては11号台場線(レインボーブリッジを含む)の開通の影響が大きく、箱崎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、の主に2つの理由で対象区間の渋滞が緩和されている。

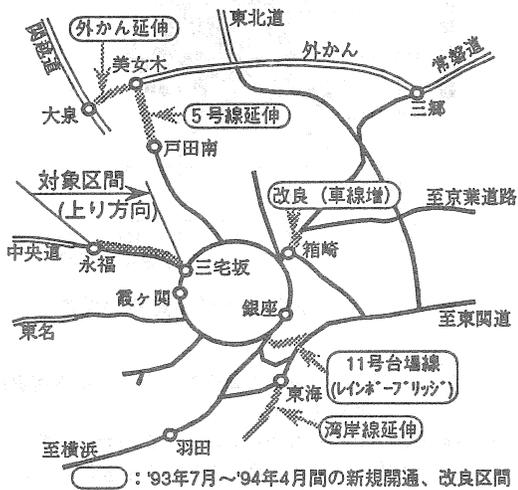
本節では、前節と同じ首都高速道路4号上り線を対象区間とし、高速道路ネットワーク整備の整備前・整備後それぞれにおいて交通量、旅行時間、燃料消費量などを試算し、前後の比較分析により整備効果を評価する。

#### 3-2. 計算上の仮定

交通流の車種構成をガソリンエンジン乗用車3車種(1300、1800、2000cc)、ディーゼルエンジン貨物車4車種(2、4、10トン、10トンターボ)の計7車種で代表させることとし、各車種の燃費特性<sup>4)</sup>にもとづく第2節と同様の渋滞/非渋滞別の燃費推定モデルを用いて燃料消費量を計算する。車種構成比率については、資料5)などにもとづき、整備前・整備後、各区間とも一定の比率に仮定

▶ 表2 分析データ

観測項目	2車線合計5分間交通量 5分間平均速度	
	整備前	整備後
観測日	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



▶ 図4 分析対象区間と東京都市圏高速道路ネットワーク

する。各車種の燃料消費量を熱量換算して各区間の各5分間交通量毎に合計し、6:00~21:00までの15時間で5日間分を総燃料消費量として集計する。

### 3-3. 整備効果の評価

#### 3-3-1. 対象区間全体における評価

対象区間全体についての試算結果を表3にまとめる。整備前後で比較すると、総交通量は整備前よりも整備後の方が32%増加し、総燃料消費量も11%ほど増加している。走行一台当たりの平均では、旅行時間が約半分になり、燃料消費量で19%の改善が見られる。さらに総旅行時間が24%短縮し、また渋滞に巻き込まれた交通量が17%減少していることから、総交通量の増加にもかかわらずネットワーク整備により対象区間の交通流が改善されていることがわかる。

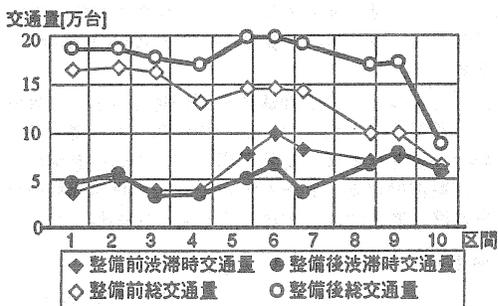
また渋滞に巻き込まれた車両に着目すると、一台当たり旅行時間で37%の短縮、燃料消費量は16%の削減となり、同じ渋滞状態であっても、整備後には渋滞の程度が軽減されていることがわかる。

#### 3-3-2. 区間毎の交通量変動

図5には、各1km区間毎に分けて整備前・整備後の総交通量および渋滞巻き込まれ交通量を示す。総交通量では全区間で事後の方が増加している。特に区間5~9にかけて顕著である。一方渋滞時の交通量は区間1~2と区間9で僅かに増加しているが、他の区間、特に区間5~7で大幅に減少している。従って、渋滞が緩和されて交通が円滑になった区間において特に交通量の増大が見られることがわかる。

▶ 表3 対象区間全体の整備前後比較

	整備前	整備後	変化率
総交通量	132万台キロ	174万台キロ	32%増加
総燃料消費量	14.9億kcal	16.5億kcal	11%増加
総旅行時間	5.43万hr	4.14万hr	24%短縮
一台 当り	燃料消費量 1.22億kcal	0.99億kcal	19%減少
	旅行時間 30分29秒	16分22秒	46%短縮
うち 渋滞時	総交通量 63万台キロ	52万台キロ	17%減少
	総燃料消費量 9.1億kcal	6.3億kcal	31%減少
	総旅行時間 4.48万hr	2.38万hr	47%短縮
一台 当り	燃料消費量 1.41億kcal	1.18億kcal	16%減少
	旅行時間 40分38秒	25分53秒	37%短縮



▶ 図5 各区間の5日間総交通量の整備前後比較

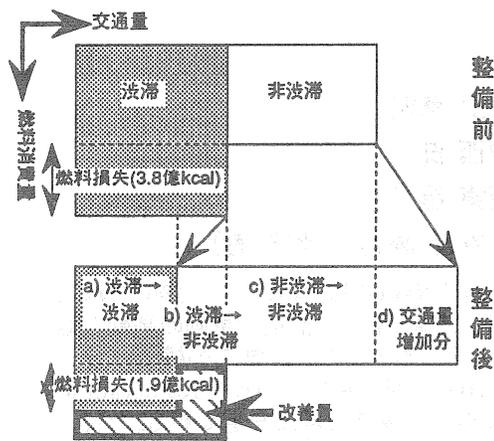
#### 3-3-3. 渋滞による燃料損失の分析

非渋滞時の燃料消費量と比べると、渋滞の発生により燃料損失(エネルギー損失)が生じる。ここでは整備前後のこの燃料損失の変化について分析する。

対象区間全体では、整備前より整備後に総交通量が増加し、渋滞巻き込まれ交通量が減少している。従って図6に示すように、整備前後共に渋滞状態の交通量(a)、渋滞から非渋滞へ改善される交通量(b)、どちらも非渋滞の交通量(c)、純粹に増加した交通量(d)に分類できる。この場合、b)の分類については燃料損失が無くなり、a)の分類については同じ渋滞であっても速度が向上し、結果として燃費効率が良くなり損失は削減される。この2種類の損失改善の和として全体の渋滞による燃料損失の改善量が求まる。対象区間全体の燃料損失は整備前で3.8億kcal、整備後で1.9億kcalとなり、その改善量は1.9億kcalと試算された。

#### 3-3-4. 区間毎の燃料損失の改善

各1km区間毎に燃料損失量を整備前後で算定し、分類a)と分類b)、及び非渋滞から渋滞へ悪化する交通量が存在する場合にはこの分類による悪化分について、それぞ



▶ 図6 燃料損失の考え方とその改善量

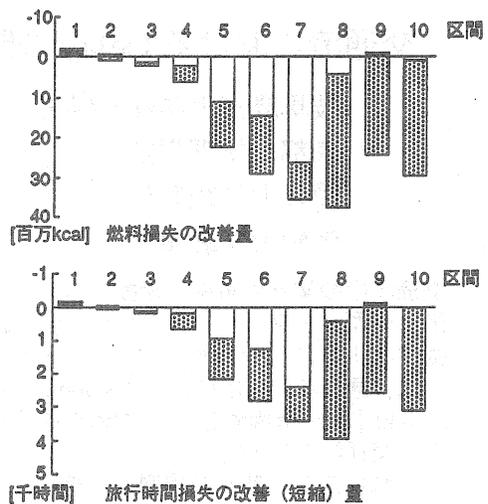
れの燃料損失の改善（悪化）量を求めた（図7）。また同図には、渋滞により生じる旅行時間損失の改善（短縮）量についても示す。

燃料損失、旅行時間損失共に区間1では僅かな悪化が見られるが、他の区間、特に区間5～10では大きな改善が見られる。図7を図5と対比してみると、区間8～10では渋滞時交通量はほとんど変化していないが、渋滞の程度が軽減されたことにより燃料損失、旅行時間損失が大きく削減されていることがわかる。一方区間5～7では、渋滞が減ったことによる燃料、旅行時間の削減効果が大きな割合を占めている。

#### 4. まとめ

本稿では、まず首都高速道路における測定結果をもとに、現実の交通流における燃料消費構造を分析した。これによれば、渋滞時の燃費は旅行速度で決まるが、非渋滞時には旅行速度による違いは少なく速度変動に大きく依存することがわかった。

次に高速道路ネットワーク整備状況の異なる2時点で、対象とした10kmの区間における総燃料消費量を試算し、ネットワーク整備による効果を算出した。総交通量、総燃料消費量共に増加するが、一台当たりの効率にすると改善されている。また、渋滞発生による燃料損失、旅行時間損失をネットワーク整備前後で算出してその改善量を計算すると、整備前での渋滞状態が整備後では解消することによる効果と、同じ渋滞状態でも燃費効率が向上することによる効果の2種類の効果が現れることがわかった。



整備前→整備後	
■	渋滞 → 渋滞 による改善量
□	渋滞 → 非渋滞 による改善量
■	非渋滞 → 渋滞 による悪化量

▶ 図7 各区間における燃料損失と旅行時間損失の改善量

本研究は、首都高速道路公団神奈川建設局次長の森田緯之氏との共同研究による内容を含んでいる。この場を借りて同氏に深謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 大口敬, 谷口正明, 佐藤康治, 森田緯之: 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1994年秋季学術講演会前刷集944, 1994年10月.
- 2) 赤羽弘和, 越正毅: 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, 1987年9月.
- 3) 大口敬, 谷口正明, 森田緯之: 都市内高速道路におけるネットワーク整備効果, 第17回土木計画学研究・講演集, 1994年1月.
- 4) 片山硬, 鮎澤正: 交通流と燃料消費率に関する調査研究; その2・実交通流における燃料消費量の予測, 自動車研究, 第15巻第3号, 1993年3月.
- 5) (財)自動車検査登録協会の: 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年.