

(株)豊田中央研究所 正員 〇辻 紘良

(株)豊田中央研究所 鈴木雅博

トヨタ自動車工業(株) 嶋 純彦

1. まえがき

都市内の省燃費交通流制御を実現するには、車の外部で測定可能な交通諸変量から燃料消費量(燃費%)と精度よく推定する手法を確立することが先決となる。従来、研究により、時速40 $\frac{\text{mile}}{\text{h}}$ 以下の交通状況下では、燃費は概略、平均速度の逆数、つまり単位距離当りの旅行時間に比例することが知られているが本論文では、燃費計測定データの変数解析を行うことにより従来の結果を確認するとともに、旅行時間に関与する諸要因を説明変数とする燃費推定モデルの精度比較を行った結果について報告する。

2. 方法

交通状況が多様に変化する特定区間を対象に燃費と交通諸量の収集実験を行い、得られたデータについて多変量解析を行った。まず、エンジン/燃料消費に関与する走行要因の中から20要因を選択し、相関分析により燃費を説明する主要因を抽出した。次に、主要因である“旅行時間”を構成する要素を説明変数とし、燃費も推定する複数重回帰モデルを作成し推定精度を比較した。また旅行時間に相関の高いとみられる交通諸量を説明変数とする重回帰モデルを作成し、モデルの精度比較を行った。

3. 実験

名古屋市内へ向う主要道の中から通勤時の渋滞が著しいR41号を選んだ。計測車がくり返しこの区間を走行することにより延べ80Kmの燃費、速度データを収集した。同時に3種の調査を行い交通諸量を収集した。一方、オンラインシステムにより感知器データと信号秒時の収集を行った。以下にその概略を示す。

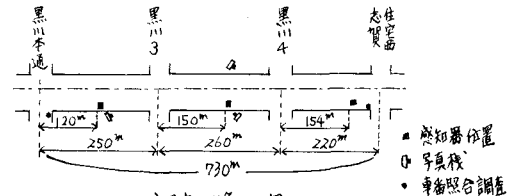


図1. 調査対象区間

調査日時：1980年7月31日(木)(晴-時曇, max 31.1℃), 8月1日(金)(曇, max 27.9℃), AM 7:00~12:00。

場所：名古屋市内、国道41号南行き、志賀住宅西→黒川本通りの間、730m(図1)。

- ①車番照合法による旅行時間調査(日本統乗用車のみサンプリング、抽出率約20%)、2地点。
- ②車内観測による旅行時間構成要素、信号待ち回数、および行列長の調査、車両6台(但し、構成要素は自由走行区間、行列内走行区間、交差英渡り区間の各走行時間、信号待ちは行列末尾に車両停止後のサイクル数、行列長は信号交差英から車両停止位置までの距離、路側に表示した距離票をもとに1m単位まで目測)。
- ③写真撮影による存在台数調査(2.5分間隔)、3地点。
- ④感知器データの収集(15分間の交通量、占有率、速度。但し5分周期)、信号秒時の収集、3地点。
- ⑤カセットロガーによる車両走行諸量の測定(エンジン回転数、吸入負圧、燃費、速度。燃費は小型容積式センサー、速度はリード式スイッチセンサーによる)、1秒毎にログ、車両1台(乗員3名)。

4. データ処理

区間長の影響を調べるため、1信号区間を1単位とする短区間(平均240m)と3信号区間を1単位とする長区間(730m)の2種類を設けた。燃費に対応づけるデータは収集条件により、一つは燃費1データに対し計測データを1つ対応させるもの(レベル1)、一つは燃費1データに対し15分の平均データを対応させるもの(レベル2)の2種類を設けた。レベル2は、燃費計測車の区間進入時刻が15分周期の中央値に最も近い周期

のデータを対応させた。

5. 対象区間の交通状況

交通量は平均 200 台/分あり飽和交通量に近い。行列内走行時間の割合が約 70% を占め、渋滞の著しいことを示す。旅行時間が大になると占有率、行列長が大になる傾向が認められるが、交通量は逆に減少するところがある。

6. 解析結果

エンジン/燃費を特徴づける走行要因を 20 要因選定、燃費と要因の単相関分析を行った。表 1 に燃費と相関の高い要因と高い順に示す。なお、

表 1 燃費と相関の高い要因

要因	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
単相関係数	0.97	0.96	0.96	0.93	0.93	0.89	-0.77	-0.77	0.75	-0.74
	エンジン回転数 (回/km)	平均旅行時間 (sec/km)	停止時間 (sec/km)	加速減速和 (Σa ² /D)	加速和 (Σa ² /D)	停止回数 (回/km)	速度偏差 (付注 1)	平均速度 (km/h)	停止時間率 (付注 2)	速度 2 乗和 (Σv ² /D)

データの分 (v: 平均時刻の速度, a: 平均時刻の加速度, D: マイクロチップの距離, T: マイクロチップの時間.)

割合を変えても相関係数及び順位にあまり差異は認められない。エンジン特性を示す要因 (エンジン回転数) を除くと走行を特徴づける主な要因は加速減速に関する要因と停止に関する要因である。ところで燃費と相関の高い要因は互いの相関が高く、上位 5 要因では 0.86~0.99 の範囲にある。要因間の独立性が低いことから、ここでは車の外部で計測可能な要因である旅行時間と停止回数を代表要因として取上げた。

旅行時間を構成要素に細分し、構成要素を説明変数とする重回帰モデルを作成し、分析を行った結果を表 2 に示す。構成要素に細分すると、細分しない総所要時間と比べて回帰精度 (重相関係数) が異なる。旅行時間に停止発生回数も要因に加えても殆ど変わらず、総所要時間が最も良い説明変数であることがわかる。精度はデータレベル 1 かつ長区間の場合がよい。レベル 1 が良いのは、レベル 1 が燃費と同時刻のデータであるのに対し、レベル 2 が 15 分の平均値であることによる。長区間が良いのは、3 信号区間を通過することによって、交通量等を表わす説明要因のばらつきが減少し安定したためと推定される。

表 2 旅行時間要素を説明変数とした重回帰係数

説明変数	データレベル	レベル 2					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
総所要時間 (h/km)		○	○		○	○	
自由走行時間 (h)				○			○
行列内走行時間 (h)				○			○
交差点渡り時間 (h)				○			○
停止発生回数 (回/km)		○	○	○	○	○	○
重相関係数	短区間	0.92 (9.7)	0.92 (9.7)	0.73 (17.2)	0.77 (15.6)	0.78 (15.4)	0.71 (17.8)
	長区間	0.96 (5.4)	0.96 (5.4)	0.80 (11.5)	0.91 (7.6)	0.91 (7.6)	0.87 (9.5)

○: モデルに用いた説明変数

() 内はモデルの推定誤差 (%)

旅行時間の逆数をとった速度を説明変数とするモデルでは、旅行時間に比べて若干精度が低い。この理由は、燃費と旅行時間が線形関係にあれば、速度は燃費と双曲型の関係にあり、速度の高次項が意味を失ってくるためと推定される。

旅行時間に相関の高いとみられる交通諸量を説明変数とする重回帰モデルにより分析した結果を表 3 に示す。短区間に比べ長区間の精度はよいが、重相関係数は 0.48~0.67 の範囲にあって精度は高くない。信号待ち回数の説明力は高いが、待ち回数の値は高々 3 の整数であってあまりよい変数とはいえない。

これらのことから、交通諸量をそのまま用いるだけでは十分な精度を得られず、交通諸量を加えて得られる「旅行時間」等による燃費推定の検討が必要であると考える。この点について現在検討を進めている。

<おわりに> 本研究を進めるに当たり、情報収集の奥に「支援」頂きました愛知県警交通管理課の間瀬研究官に感謝の意を表します。

2) L.E. Evans, R. Herman and T. Lam : Transpn. Scie. Vol.10, No.2, May (1976), p.205~215

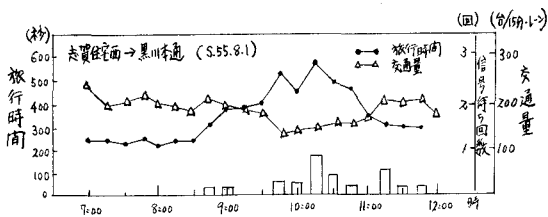


図 2. 交通状況

表 3. 交通流要因を説明変数とした重回帰係数

説明変数	データレベル	レベル 2					
		(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
交通量* (台/分・L→)		○	○				
(交通量)* *		○					
占有率* (%)			○				
速度* (km/h)				○	○	○	○
存在数 (台/km・L→)					○		
待ち行列長の距離比率 (%)			○				○
信号待ち回数 (回/km)			○			○	
重相関係数	短区間	0.57 (22.5)	0.67 (18.6)	0.46 (21.8)	0.46 (21.8)	0.67 (18.6)	0.53 (21.4)
	長区間	0.53 (22.3)	0.65 (18.9)	0.48 (21.6)	0.48 (21.6)	0.67 (18.6)	0.52 (21.6)

*: 長区間については、中央区間のデータで代表されたことを示す。