

(株)豊田中央研究所 正会員 辻 弘良
 (株)豊田中央研究所 鈴木 勝博
 トヨタ自動車工業(株) 嶋 純彦

1. はじめに

都市内の省燃費交通制御を実現するには、計測可能な諸交通情報から、自動車の走行燃費を精度よく推定することが必要とされる。これまでの諸研究により、走行燃費を説明する主たる要因として旅行時間($t_{\text{km}} = 1/\text{速度}$)および加減速に関する停止発進回数等が抽出されている。発表者等も同様、旅行時間が走行燃費を説明する主要因であって、車両力学系から理論的にも裏付けられることも明らかにしている。

一方、高橋、辻等により、車両感知器情報を用いて街路区間の旅行時間が、信号パラメータをモデルに含む形で推定可能であることを示されている。

ここでは、このモデルを用いて車両感知器情報から旅行時間を推定し、さらに旅行時間から走行燃費を推定するという2段階の手順による走行燃費の推定を試みている。

2. 燃費の推定モデル

車両感知器による交通量および時間占有率が与えられたとき、信号パラメータを含む形で街路区間の旅行時間は次により求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{旅行時間}(t) = & \text{自由走行時間}(t_1) + \text{行列による} \\ & \text{信号待ち時間}(t_2) + \text{行列内進行時間}(t_3) \\ & + \text{信号平均待ち時間}(t_4) \quad \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} t_1 = & \text{自由走行区間} / \text{自由走行速度} \\ t_2 = & [\text{仮想行列長} / \text{青信号1回ご捌ける行列長}] \\ & \times \text{赤信号時間}, \quad [] \dots \text{ガウス記号} \\ t_3 = & (\text{仮想行列長} / \text{平均車長}) \times \text{車頭間隔時間} \\ t_4 = & \text{赤信号時間} / 2 \end{aligned}$$

仮想行列長は複数の信号区間を仮想的に1信号区間であるとみなし、最下流の信号に行列が貯留するものとして推計するもので、まず感知器情報から存在台数を求め、次に経験則から行列長を推計する方法がとられる。

$$\text{存在台数} = \sum_i \frac{(\text{区間長})_i \times (\text{占有率})_i}{\text{有効感知長}}$$

$$\text{仮想行列長} = \text{平均車長} \times (\text{存在台数})^2 / (\text{存在台数})_{\text{max}}, \quad (i=1, 2, \dots, N, \text{感知器数})$$

走行燃費(ϕ)は、街路区間の旅行時間(t h/km)とよい線形関係にあるので、旅行時間(t)を変数とする1次の線形回帰式を用いて推定できる。

$$\phi = \alpha_0 + \alpha_1 t \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで α_0 , α_1 は実燃費データにより推計される回帰定数で、 $\alpha_0 = \text{cc/km}$, $\alpha_1 = \text{cc/h} \cdot \text{km}$ の単位を持つ。

上記の(1)と(2)を用いて、車両感知器情報より街路区間の走行燃費を推定することができる。

3. データ収集実験

都市内の代表的な道路区間において走行燃費および車両感知器情報の収集実験を行った。街路区間は図1に示す名古屋市内の幹線道路を選定した。2車線道路であって、平日は通勤時に市内流入方向に渋滞が発生する。3信号区間より成り、各区間に1車両感知器がある。一方、ラセットロガーを積載した小型乗用車を用いて対象区間を繰返し走行することにより、速度と燃費を収集した(1秒毎、AM:7時~12時、速 ≈ 80 km)。同時に交通管制セクタにおいて感知器情報と信号秒時を記録した(5分毎、但し15分交通量、15分占有率)。

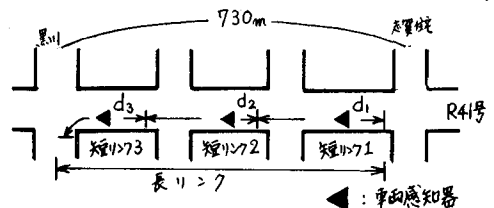


図1. 対象区間

4. 解析

燃費推定の精度を調べるとともに、燃費推定に適する区間長および感知

は3感知器の組合せについて比較した。また感知器情報から直接燃費を推定する方法と当モデルとの精度の比較を行っている。

5. 結果

燃費と旅行時間の間には高い相関のあることが確かめられ(図2)、(2)式による推定が可能であることがわかる。(2)式の定数はこうがり抵抗による基本的な燃料消費を与えており、第2項は遅れに伴うアイドルフロー消費を主に与えている。

(1)式による旅行時間推定はリンク長によって精度が異なる。長リンクの方がよい精度を与え、渋滞による変化へも追従する(表1、図3)。短リンクの誤差が大きいのは信号周期によるバラツキをモデルが吸収できないことによる。このときの(2)式による燃費は旅行時間の推定精度に比例するのである(表1、図3、4)。旅行時間に比べ燃費の推定誤差が小さくなるが、この理由は(2)の線形回帰式を用いることによる。

感知器を単独使用するために比べ、複数使用により精度が向上する(図5)。リンクの下流に位置する感知器の組合せがよいが、これは下流に行列長が貯留している、行列の状態を感知器が反映しているためと考ええる。

感知器による速度または交通量から直接燃費を求めた結果と比較して、当モデルによる推定は必ずしもよくないが、これは2段階推定のため誤差が重なったことによる。

以上より、長リンクについては比較的精度よく燃費を推定できたと考える。当モデルは信号パラメータを含むモデルであるため信号制御に使用できること、また精度改善の可能性のあることから直接推定に比べメリットがある。

謝辞: 感知器データ収集にさいしご支援を受け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。

参考文献

- 1) M.F. CHANG et al. "Gasoline Consumption in Urban Traffic" TRR 549 ('76)
- 2) 松本, 辻 他 "街路交通における自動車燃料消費要因の研究" 科警研報告交通編 Vol.23, No.1 ('82)
- 3) 高橋, 辻, 川島 "市街路旅行時間の構造と推定方法

についての研究」土木学会, 第36回年次講演会

表1. 長リ>7, 短リ>7の比較

	短リ>7			長リ>7
	リ>2.1	リ>2.2	リ>2.3	
旅行時間	20.9	47.0	20.3	12.1
燃費	16.1	32.8	12.4	11.6

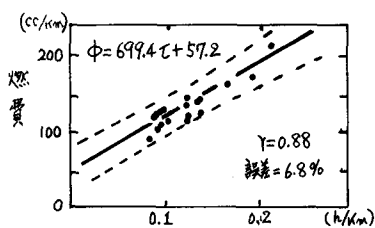


図2. 燃費と旅行時間

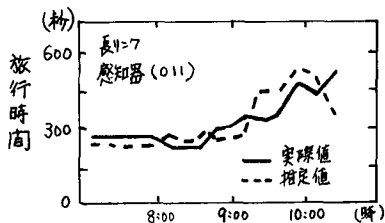


図3. 推定旅行時間の時系列

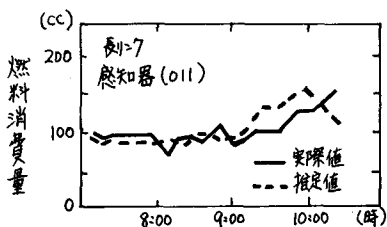


図4. 推定燃料消費量の時系列

図5. 感知器の組合せによる比較

感知器	誤差	旅行時間の推定誤差(%)	燃費の推定誤差(%)
(100)への推定		41.2	27.8
(010) "		42.7	25.7
(001) "		22.5	14.4
(110) "		20.9	13.2
(101) "		34.7	19.2
(011) "		12.1	11.6
(111) "		22.4	13.0

(注) (d, d2, d3)

$d_i = \begin{cases} 1 & \text{感知器を使用} \\ 0 & \text{感知器を使用せず} \end{cases}$