

燃料消費量推計のためのトリップ特性とショートトリップ特性の分析

A Study on trips and short trips characteristics for estimation of fuel consumption

田川敬介*, 小坂浩之**, 城田亮介***, 谷下雅義****, 鹿島茂*****

By Keisuke TAGAWA*, Hiroyuki KOSAKA**, Ryosuke SIROTA***, Masayoshi TANISHITA****, and Shigeru KASHIMA*****

1. はじめに

道路交通における自動車の燃料消費量は、二酸化炭素や窒素酸化物といった環境負荷量と正の相関関係にあることが知られている。そのため環境負荷量を推計する際に自動車の燃料消費量を推計することが重要である。本研究は、燃費計と車体の挙動を計測する装置を取り付けた車両で、2車線道路の2地点間を7日間、朝、昼、夕、夜の時間帯別に往復走行の実験をおこない、得られた燃料消費量と走行データからトリップ単位の平均値や変動係数の特性を示す。走行データは、トリップ単位に加えショートトリップ単位でも分析し両者の相違を検討する。次に、既存の燃料消費推計式に走行データを代入し、得られた推計値と本研究の測定値を比較することで、既存の燃料消費推計式の特性を検討する。

2. 実験の概要

(1) ショートトリップの定義

走行挙動特性を表現するためにショートトリップという分析単位を導入する。これは「一旦発進して走行した後次に停止して、その次に発進するまで」を1つのショートトリップを数えるものと定義されるものである。図1にショートトリップの構成要素を示す。

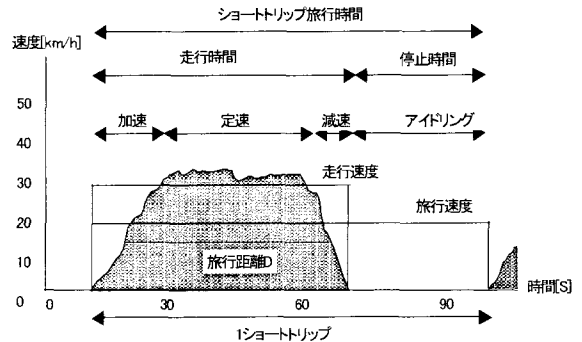


図-1 ショートトリップの構成要素

(2) 実験の条件

実験には、1,500ccのガソリン乗用車(AT)に簡易燃費計、セーフティレコーダー(慣性データ、GPSデータ、速度パルスデータにより移動体の挙動を記録する装置)を取り付けた車両を使用した。走行ルートは、中央大学春日校舎を終起点に目白通り、新青梅街道を通過し保谷で折り返して往復する約37kmである。走行方法は、他車の流れに沿って走行する平均テスト法を採用した。実験時間帯は、朝、夕のピーク交通、昼の業務交通、夜のオフピーク交通状況下である(朝)8:30、(昼)12:00、(夕)16:00、(夜)20:00の時間帯に固定した。本研究の分析では、パルスによる0.1秒周期の速度データと簡易燃費計による0.1L毎の燃料消費量データを使用している。実験の内容と得られたデータの概要を表1に示す。

Keywords : 燃費計、環境負荷量推計

*学生員、中央大学大学院理工学研究科

**学生員、修士(工学)、中央大学大学院理工学研究科

***正員、博士(工学)、中央大学理工学部助教授

****正員、工博、中央大学理工学部教授

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27、TEL03-3817-1817

FAX03-3817-1803

***非会員、修士(工学)、日本IBM

〒103-8510 東京都中央区日本橋箱崎町 19-21

TEL03-5644-2424

表-1 測定路線と分析データの概要

測定区間	トリップの種類	区間長(Km)	測定回数	ショートトリップ数
春日-保谷	往路	18.7	26	1058
保谷-春日	復路	18.7	26	1144

3. トリップ単位の分析

測定データ得られた 52 個のトリップデータを使用して、トリップ単位の各データの特性を検討する。トリップ単位の燃量消費効率、そのトリップの旅行速度を使用して推計する方法が提案されている。そこで、トリップ種別に燃料消費効率、旅行距離、旅行時間、旅行速度の平均値と変動係数を表-2 に示す。燃料消費効率の平均値は、往路トリップと復路トリップでそれぞれ 0.100L/Km と 0.098L/Km である。往路トリップに比べ復路トリップは 2% 程度燃料消費が効率的である。燃料消費効率の変動係数は、往路トリップと復路トリップでそれぞれ 9.9% と 8.8% であり、往路トリップに比べ復路トリップは燃料消費効率のばらつきが小さいことがわかる。また、旅行速度の平均値は、往路トリップと復路トリップでそれぞれ 17.1Km/h と 16.8Km/h であり、その変動係数は 17.7% と 20.7% である。

表-2 トリップ単位の燃料消費効率、旅行距離、旅行時間、旅行速度の平均値 (Avg) と変動係数 (CV)

トリップ	燃料消費効率 (L/Km)		旅行距離 (Km)		旅行時間 (hour)		旅行速度 (Km/h)	
	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV
往路	0.100	9.9%	17.7	1.9%	1.06	17.9%	17.1	17.7%
復路	0.098	8.8%	17.7	1.9%	1.10	21.5%	16.8	20.7%
全体	0.099	9.4%	17.7	1.5%	1.08	19.7%	17.0	19.1%

次に、トリップの旅行時間を走行モードの時間比率から検討する。トリップ単位の走行モード時間比率の平均値と変動係数を表-3 に示す。往路トリップと復路トリップにおいて、アイドリング時間比率の平均値がそれぞれ 0.35、0.39 であり、復路トリップが 0.04 大きくなる。加速、定速、減速の時間比率の平均値は、往路トリップと復路トリップで 0.02 の相違であり大きな差は存在しない。また、本研究の定速の定義は、0.1 秒ごとの時系列データにおいて、0.1 秒後に車の速度が変化していないときとしているため、定速の時間比率が小さい。加速と減速の走行モードの変動係数は、復路トリップと往路トリップで 2.0% に満たない相違である。定速を除いたすべての走行モードにおいて、変動係数が 7.0%～14.0% の範囲であることがわかる。

表-3 トリップ単位の走行モード時間比率の平均値 (Avg) と変動係数 (CV)

トリップ	アイドリング比率		加速比率		定速比率		減速比率	
	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV
往路	0.35	12.5%	0.28	10.7%	0.04	15.9%	0.33	7.0%
復路	0.39	13.4%	0.26	12.2%	0.04	18.2%	0.31	7.5%
全体	0.37	14.0%	0.27	11.9%	0.04	17.5%	0.32	7.6%

4. ショートトリップ単位の分析

(1) ショートトリップの各構成要素特性

測定で得られた 2202 個のショートトリップデータを使用して、ショートトリップの各構成要素について、平均値と変動係数を算出し特性を検討する。トリップ種別にショートトリップ数とショートトリップ旅行時間の平均値と変動係数を示す。ショートトリップ数は、往路トリップと復路トリップにおいてそれぞれ 40.7、44.0 であり、変動係数から復路トリップのショートトリップ数が安定している。ショートトリップ旅行時間は、往路トリップと復路トリップが共に 80 秒程度であり、変動係数に大きな差がないことがわかる。

表-4 トリップ別のショートトリップ数とショートトリップ旅行時間の平均値 (Avg) と変動係数 (CV)

トリップ	ショートトリップ数		ショートトリップ旅行時間	
	Avg	CV	Avg (s)	CV
往路	40.7	33.6%	81.7	55.9%
復路	44.0	21.4%	79.8	52.7%
全体	42.3	28.0%	80.7	54.3%

次に、ショートトリップ旅行時間の構成要素の平均値と変動係数を表-5 に示す。往路トリップと復路トリップにおいて、アイドリング時間比率の平均値がそれぞれ 0.43、0.38 であり、往路トリップが 0.05 大きい。これはトリップ単位の分析と逆の傾向である。また、トリップ別の分析と同様に、加速、定速、減速の時間比率の平均値は、往路トリップと復路トリップで大きな差は存在しない。各走行モード別の変動係数については、時間比率の小さい定速モードを除くと、加速が最も大きく 11.0% 程度の差である。定速を除いたすべての走行モードの変動係数は、定

速モードを除くと 37%～58%程度の範囲である。トリップ単位の分析に比べ、変動係数が 4 倍程度大きいことがわかる。

表-5 ショートトリップの走行モード時間比率の平均値 (Avg) と変動係数 (CV)

トリップ	74t リング		加速		定速		減速	
	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV
往路	0.43	54.9%	0.24	50.8%	0.04	90.5%	0.29	41.6%
復路	0.38	57.2%	0.27	39.9%	0.04	74.0%	0.32	36.2%
全体	0.42	55.9%	0.25	47.8%	0.04	86.1%	0.03	40.1%

次に、ショートトリップ走行速度の平均値と変動係数を表-6 に示す。往路トリップと復路トリップのショートトリップ走行速度の平均値は、それぞれ 24.2、26.0Km/h であり、往路トリップの方が 1.8Km/h 小さい。トリップ別の分析において差は小さいが、往路トリップの旅行速度が復路トリップの旅行速度に比べ大きくなる傾向と逆である。また、往路トリップと復路トリップのショートトリップ走行速度の変動係数は、共に 40%程度の大きさであり、大きな相違は存在しない。

表-6 ショートトリップの走行速度の平均値 (Avg) と変動係数 (CV)

トリップ	ショートトリップ走行速度	
	Avg (km/h)	CV
往路	24.2	42.7%
復路	26.0	38.7%
全体	25.2	40.4%

(2) 時間帯がショートトリップに与える影響

本研究の測定データにおいて、朝、昼、夕、夜の時間帯の走行状況が、各ショートトリップに与える影響を分析する。ここでの分析は、ショートトリップの走行速度について検討する。往路トリップと復路トリップの時間帯別ショートトリップ走行速度の平均値と変動係数をそれぞれ図-1 と図-2 に示す。往路トリップでは、ショートトリップ走行速度の平均値が、夕方において最も低下し 21.3Km/h になっている。ショートトリップ走行速度が最も大きい朝もしくは夜の走行速度 27.4Km/h と比べて 6.1Km/h の低下である。また、ショートトリップ走行速度の変動係数は、時間帯別に 31.1%から 46.4%の幅が存在している。復路トリップでは、ショートトリップ走行速

度の平均値が、朝において最も低下し 22.5Km/h になっている。ショートトリップ走行速度が最も大きい夜の走行速度 31.8Km/h に比べて、9.3Km/h 低下している。また、ショートトリップ走行速度の変動係数は、時間帯別に 27.8%から 46.2%の幅が存在している。本研究の測定データにおいて、往路トリップと復路トリップの燃料消費効率特性をショートトリップの走行速度のみで考察すると、交通混雑が生じている往路トリップ時間帯夕方と復路トリップ時間帯朝のショートトリップ走行速度の平均値、変動係数に大きな相違が存在しないため、表 2 に示した両トリップの燃料消費効率に大きな差がなかったと考えられる。

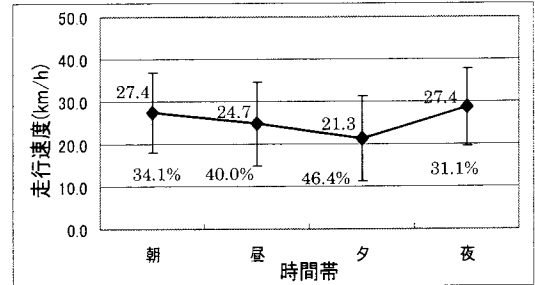


図-1 往路トリップの時間帯別ショートトリップ走行速度の平均値と変動係数

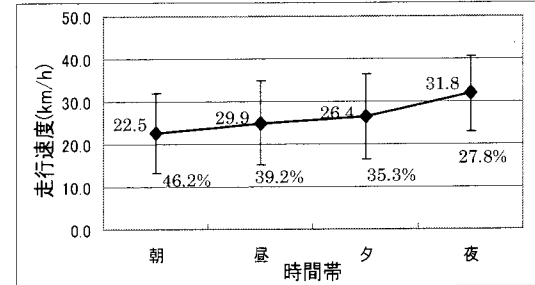


図-2 復路トリップの時間帯別ショートトリップ走行速度の平均値と変動係数

5. 既存の燃料消費量推計式の比較

本研究の測定データを利用して、既存の燃料消費効率推定式の特性を検討する。既存の燃料消費効率推定式は、一般によくおこなわれるトリップ旅行速度を説明変数にした式¹⁾、トリップ旅行速度に車両の重量を加えた式²⁾、ショートトリップ単位で燃料消費量を推計する式³⁾を使用する。以下に燃料消費

効率 F を推計するための3つの式を示す。

既存の燃料消費効率の推計式 1¹⁾

$$F=7.4602*10^{-2}-6.4054*10^{-4}+5.3482*10^{-6}V^2+1.057/V$$

既存の燃料消費効率の推計式 2²⁾

$$F=2381/\{(0.7792V-22.05)+(2212/V+76.89)W\}$$

既存の燃料消費効率の推計式 3³⁾

$$F=0.028+0.3T(idle)+0.3T(run)+0.056A$$

推計式 1、2 の V はトリップ旅行速度[km/h]、 W は車両重量[Ton]である。また、推計式 3 はショートトリップごとの単位距離当り燃料消費量 F [L/Km] を推計する式である。ここで、 $T(idle)$:1 回のショートトリップの停止時間をショートトリップ旅行時間で除したものの[s/m]、 $T(run)$:走行速度の単位距離当り走行時間の逆数[s/m]、 A :単位距離当り加速エネルギー当量である。

本研究の測定実験で得られた燃料消費効率（実測値）と走行データから求めたトリップ旅行速度、ショートトリップに関する値を推計式に代入して算出した燃料消費効率（推計値）を比較する。車両独自の値である車重を 1.07Ton、アイドリング時燃料消費量である $T(idle)$ のパラメータは、測定データから 0.8[cc/s]とした。往路トリップと復路トリップにおける燃料消費効率の実績値と推計値の比較を、それぞれの図-3、図-4 に示す。また、実測値と推計値の乖離の比率について、平均値と変動係数を推計式別に表-6 に示す。図-3 と図-4 から往路トリップと復路トリップ共に、連量消費効率の推計値と実績値の乖離は、推計値が大きくなる傾向が存在する。表-6 から、実測値と推計値の乖離の平均値から、推計式 1 の推計値が実測値に比べて、往路トリップと復路トリップ共に 30%程度大きくなる傾向がある。推計式 1 における乖離は、その変動係数が他の推計式の乖離の変動係数と比べて小さいため、大きなばらつきがなく強い傾向である。推計式 2 は、実績値に対して推計値が小さくなる傾向があるが、-10%程度の範囲で推計できることがわかる。推計式 2 は、復路トリップにおいて、推計値が測定値に対して 20%程度大きくなっている。本研究の測定データにおいては、推計

式 2 の燃料消費効率推計式が有効であると考えられる。本研究の限定された測定データであるが、3つの既存燃料効率推計式の特性を定量的に示すことができた。

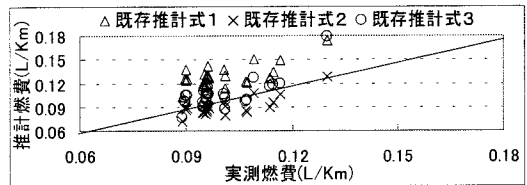


図-3 各推計式の推計値と実測値の比較(往路トリップ)

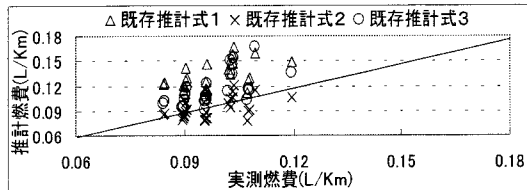


図-4 各推計式の推計値と実測値の比較(復路トリップ)

表-6 各推計式の(推計式-測定値)/測定値の平均値と変動係数

トリップ	推計式 1		推計式 2		推計式 3	
	Avg	CV	Avg	CV	Avg	CV
往路	29.2%	36.9%	-9.1%	87.4%	5.8%	200.8%
復路	34.2%	41.6%	-5.3%	205.6%	18.4%	85.2%
全体	31.7%	40.2%	-7.2%	133.8%	12.1%	124.6%

6. おわりに

本研究は、走行実験から得られたデータを使用し、トリップ単位とショートトリップ単位で分析することの相違によって、走行速度や走行モード時間比率等の走行パターンを示す指標の平均値や変動係数に与える影響を示した。また、既存の燃料消費推計式の特性を示した。今後は、本研究で示した特性を考慮した燃料消費推計式を作成する予定である。

【参考文献】

- 1) 東京都環境保全局：自動車燃料消費量等算出調査報告書
- 2) 細井：CO₂ 排出係数の推定、日本自動車研究所
- 3) 大口：道路交通における燃料消費量(CO₂ 排出量)の推定とその削減量評価手法の考察、日交研シリーズ A-286, pp.13-24