

道路勾配を考慮した VSP モデルによる燃料消費量推計

日本大学 学生会員 ○峰岬 達也 日本大学 正会員 石坂 哲宏
日本大学 正会員 福田 敦

1. はじめに

近年、燃費向上への対応や車種ごとに燃料消費量が異なるという点を考慮して燃料消費量を的確に推計する方法が求められている。米国では車種毎に異なる燃費構造に対応させてエネルギー消費量(走行抵抗)を推計するため Vehicle Specific Power (以下, VSP)¹⁾を用いることが有効であると考えられている。福室ら²⁾は、燃料消費量測定装置を用いてコーストダウン試験からパラメータを算出した上で VSP の推計を行い、VSP と燃料消費量の関係性について明らかにしている。そのため、VSP は既存の推計方法よりも精緻にエネルギー消費量を推計できるが、VSP の式に含まれる勾配を組み込むことが課題であった。これは走行位置に即した精緻な勾配データを取得する方法がなかったため、既存研究ではやむを得ず勾配をゼロと仮定していた。

そこで、本研究では、国土地理院の数値標高モデルを道路勾配として組み込み精度向上に資するかどうかの検討を行うことまた、5m メッシュ、10m メッシュの2種類の数値標高モデルを適用して比較して有効な勾配情報の分解能を検討することを目的とする。

2. 既存文献の整理

大口ら³⁾は、実際の都市部の道路において走行試験を行い、その燃費データの実証分析とエンジン熱機関と車両運動の理論モデル解析を通して、交通混雑状況下における車両挙動と燃料消費量の関係について定式化を行っている。しかし、2002 年の研究結果であるため近年の燃費向上に対応する必要があるといえる。また、李ら⁴⁾は、道路縦断勾配が燃費に影響することを勾配のある最短経路と勾配の少ないエコルート⁵⁾を走行した際にエコルートを走行した平均燃料節約率 5% となることを証明し、勾配が燃費と関連があると示唆した。

3. 分析方法

3. 1 VSP の概要

VSP とは、車両速度、加速度、道路勾配などのデータ

を用いることで、自動車が行走する際に発生する走行抵抗を加味した走行時のエネルギー消費量を表した指標である。本研究では、米国の環境保護庁により定義された MOVES2014¹⁾に用いられている式(1)を用いて VSP の推定を行う。

$$VSP = \frac{A}{M} \cdot v + \frac{B}{M} \cdot v^2 + \frac{C}{M} \cdot v^3 + (a + g \cdot \sin \theta) \cdot v \quad (1)$$

ここで、VSP: 走行抵抗を考慮したエネルギー消費量(kW/t), A(kW・s/m), B(kW・s²/m²), C(kW・s³/m³): 走行抵抗に関するパラメータ, M: 車両重量(Metric ton), g: 重力加速度(m/s²), v: 車速(m/s), a: 加速度(m/s²), θ : 道路勾配(°)となる。走行抵抗に関するパラメータ A, B, C の算出方法は IM240&Evap Technical Guidance⁵⁾に詳細が記されている。

3. 2 勾配の適用方法

車両の OBD2 から 1 秒間隔で取得した実走行データは GPS データと紐づけされているため、地理情報システムソフトウェア「QGIS」を用いて、国土地理院から取得した数値標高モデルより標高と勾配を求めた上で実走行データに紐づけを行い、VSP モデルで VSP 算出を行う。ただし、数値標高モデルには橋やトンネルなど人工的な構造物が反映されていないため、一部データ修正を行っている。

3. 3 実験の概要

(1) コーストダウン試験

平坦路において 60mph から 40mph まで惰行走行により速度低下させるコーストダウン試験により、惰行走行時間を用いてパラメータ(A, B, C)を算出することで、自動車の転がり抵抗、回転抵抗、空気抵抗などの走行抵抗を推定した。

走行抵抗パラメータの平均値を示すと、タイヤの径が 16 インチであるため、 $A_{t16}PF=0.69$, $B_{t16}PF=0.43$, $C_{t16}PF=-0.12$, $A=0.2044kW \cdot s/m$, $B=0.0025kW \cdot s^2/m^2$, $C=-1.422 \times 10^{-5}kW \cdot s^3/m^3$ となった。

キーワード Vehicle Specific Power, 道路勾配, 燃料消費量推計

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部船橋校舎 7 号館 739C TEL. 047-469-5355 E-mail: cstt17018@g.nihon-u.ac.jp

(2) 実走行試験

2018年7月13日(金)～12月8日(土)にかけて排気量2000ccの実験車両を用いて、東京西部を中心とした関東圏で走行実験を行った。総走行時間は81.27時間、総走行距離は2735km、燃料消費量データ数は292554となった。

4. 結果

(1) 実走行試験の結果

実走行試験から得られたデータをVSPモデルに当てはめ、VSPと燃料消費量の関係を表したもので勾配未適用のものを図-1、数値標高モデル5mメッシュの勾配を適用したものを図-2、10mメッシュの勾配を適用したものを図-3に示す。

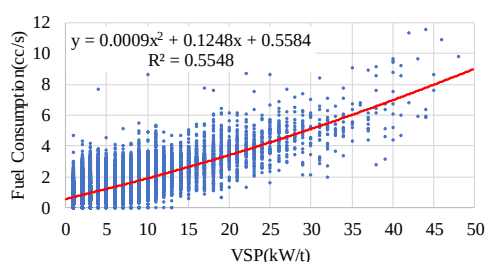


図-1 VSPと燃料消費量の関係(勾配未適用)

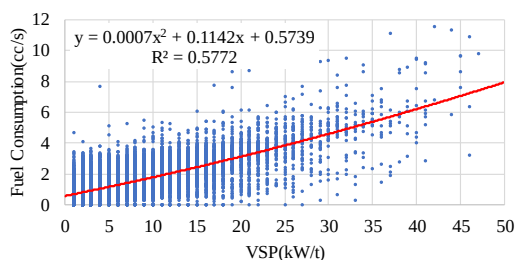


図-2 VSPと燃料消費量の関係
(5mメッシュの勾配を適用)

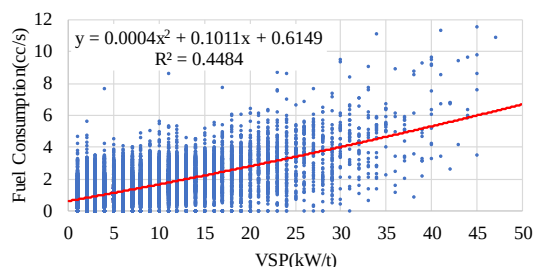


図-3 VSPと燃料消費量の関係
(10mメッシュの勾配を適用)

研究上の仮説としては、勾配を考慮することでVSPの値がより精緻になり、燃料消費量の推定への説明力が向上すると考えていた。図-1と図-2, 3を比較すると勾配を適用した場合の決定係数は若干減少しており、説明力の向上には寄与しないことが分かった。この原因としては、式1の第4項に関しては、パラメータ

が付加されておらず、第1項から3項までの定量的な関係が規定されていないためと考えられる。そのため勾配によりVSPが予想以上に大きくなり、横軸方向に誤差が増加したことが原因であると考えられる。

また、図-2と図-3を相関係数で比較すると5mメッシュ勾配適用時では10mメッシュ勾配適用時や勾配未適用よりも相関係数が高くなっており、より現実的な走行を表現できているのではないかと考える。

(2) 回帰式から予測した結果

2018年1月14日(月)に27km走行したデータに各回帰式を当てはめた結果を図-4に示す。

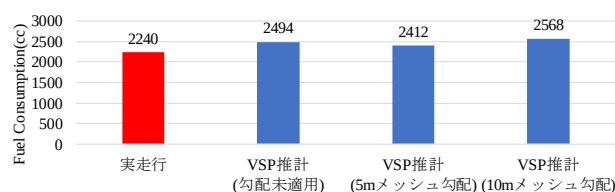


図-4 各回帰式から推計した燃料消費量

推計結果は実走行と比較すると勾配を適用していないものは11.3%増、5mメッシュ勾配を適用したものは7.3%増、10mメッシュ勾配を適用したものは14.7%増となり、いずれも実走行より燃料消費量が多くなった。

各回帰式3種類の中では、5mメッシュ勾配を適用した推計の精度が最も高くなるという結果となった。

5. おわりに

本研究では、VSPモデルに道路勾配を適用し、VSPと燃料消費量と勾配の関係について傾向を確認した。その結果、勾配を適用した上で回帰式を決定するためには、勾配へ新たな変数を加えるか、式を複数用意する必要があると考える。

最終的には、速度、加速度、勾配が決まれば、車種の違いのパラメータを入れ替えるだけで、燃料消費量を推計できるようにすることを目指している。

参考文献

- 1) U.S. Environmental Protection Agency : Population and Activity of On-road Vehicles in MOVES2014: Draft Report, EPA-420-D-15-001, 2015.
- 2) 福室恵子, 石坂哲宏, 福田敦: コーストダウン試験により推計したVSPと燃料消費量の関係性に関する分析, 交通工学論文集 2(2), pp.A_199-A_204, 2016.
- 3) 大口敬, 片倉正彦, 谷口正明: 都市部道路交通における自動車の二酸化炭素排出量推定モデル, 土木学会論文集, No. 695, Vol. 4-54, pp. 125-136, 2001.
- 4) 李 勇鶴・佐藤俊明・岡部篤行: 道路縦断勾配の影響を考慮したエコルートによる自動車の燃料消費量削減に関する研究, GISA学術研究発表大会 講演論文集, 4E-1, 2010.
- 5) U.S. Environmental Protection Agency : IM240&Evap Technical Guidance, EPA420-R-98-010, 1998.