

高精度走行軌跡データを用いた電気自動車の電費に関する基礎的研究

株式会社パスコ 正会員 ○飯塚 恒太
 日本大学 正会員 佐田 達典
 日本大学 正会員 石坂 哲宏
 日本大学 学生会員 千葉 史隆

1. はじめに

電気自動車が単位電気消費量あたりに走行できる距離を示す電費はエネルギー効率を示す重要な指標であるが、ガソリン自動車の燃料消費量推計式のようには十分に明らかになっていない。電気自動車の電費はガソリン自動車の燃費と同様に速度が大きく影響していると考えられるが、走行路の勾配の変化量も影響していると考えられる。そこで、ある地域に必要な充電インフラ数を検討するとき、走行路の勾配の変化量も考慮し、その設置間隔を検討することが合理的である。走行路の勾配の変化量を考慮するために、走行軌跡データ取得する必要があるがハンディタイプのGPS受信機では測位誤差が、数メートルに及ぶため正確な軌跡データを得ることは困難である。

そこで本研究では、高精度位置情報を取得可能なGPS/IMUシステムを用いて高精度な走行軌跡データを取得し走行路の勾配の変化量に応じた電気自動車の電費特性を明らかにする。

2. 既存研究と本研究の関係

兵藤ら¹⁾は電気自動車の電費の推計式を求めるために、三菱自動車 i-MiEV を分析対象として、RTK-GPS等で走行軌跡データを取得した。理論式と観測結果を比較した結果、式(1)に示す電気消費量推計式で十分な精度の電費を推計できることを示した。

本研究では、上記の既存研究で示された式(1)を用いて、式(1)の右辺に含まれる、加速抵抗(第1項)、空気抵抗(第2項)、勾配抵抗(第3項)、転がり抵抗(第4項)の4項のうち、第3項の勾配抵抗に注目し、高精度位置情報を取得可能なGPS/IMUシステムで走行路の勾配の変化量を取得することでより精緻な勾配の変化による電費特性を明らかにする。

$$E_s = M \cdot v \cdot \alpha + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot v^3 + M \cdot g \cdot \Delta h + \tau \cdot M \cdot g \cdot v \quad (1)$$

E_s : 電気消費量(W) g : 重力加速度(m/s^2)
 M : 質量(kg) v : 速度(m/s)
 ρ : 空気密度(kg/m^3) α : 加速度(m/s^2)
 C_D : 空気抵抗係数 Δh : 1秒間の標高差(m/s)
 A : 車体投影面(m^2) τ : 転がり抵抗係数

3. 実験機器の概要

本研究ではGPS/IMUシステムとしてApplanix社製のPOS/LVを用いて実験を行った。

POS/LVは表-1に示すようにGPS、IMU(慣性航法装置)、DMI(距離測定機器)、PCS(PoSコンピュータシステム)から構成され最大200Hzで3次元位置データを取得可能であり、GPS測位が不能な場合には測位誤差は10cm以内である。

表-1 POS/LVシステムの構成

GPS受信機	走行位置20mmの精度で測位することができる。
IMU	ロール角、ピッチ角、ヘディング角を計測する高精度3軸ジャイロセンサで、GPSの情報を補正する。
DMI	右後輪に装着されているロータリーエンコーダで、距離を測定しGPS情報の補正を行う。
PCS	各センサからのデータを統合するコンピュータである。

4. POS/LVによる電気消費量推計の基礎的実験

(1) 目的

本実験の目的は、起終点が同じ、3つのルートの走行軌跡データを取得し、走行路の勾配の変化量が電費にどの様に影響するのかを明らかにすることである。

(2) 実験概要

実験は2010年10月16日に、日本大学船橋キャンパスを出発し、新京成電鉄前原駅を通り日本大学船橋キャンパスに戻る3つのルートを走行した。なお、走行軌跡データは20Hzで取得した。

(3) 解析方法

電気消費量推計式に用いる値を算出するために、各ルートにおいて20Hzで取得した走行軌跡データを1Hzに平均化処理を行い、速度(m/s)、加速度(m/s^2)、1秒間の標高差(m/s)を算出し、式(1)に代入し、電費

キーワード 電気自動車, GPS, 充電インフラ, 電費, 勾配

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 空間情報研究室 TEL 047-469-8147

を算出する．そして，勾配を 0.1%ごとにデータを集計し勾配ごとの電費を算出し，勾配と電費とで回帰分析を行った．

回帰分析は以下に示す条件を設定し行った．

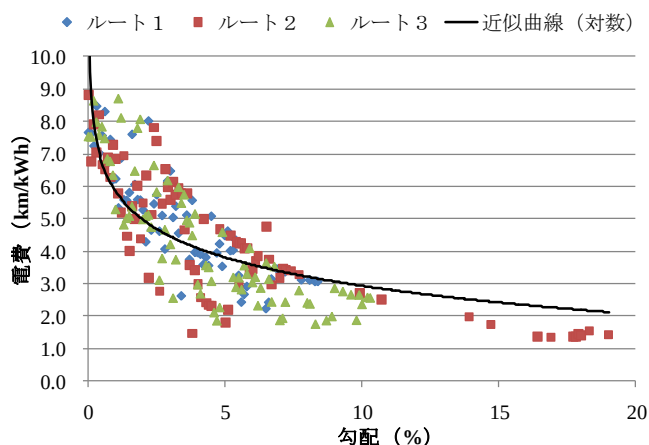
- ・バッテリー切れに対して安全側の値を得るために減速時や下り勾配は値をゼロとし，回生ブレーキによる電費の向上を考慮に入れないものとする．
- ・速度(km/h)がゼロかつ移動距離が 10cm 以内のものは停止していると判断し，処理対象から除く．

(4) 解析結果

全ルートで得られた勾配と電費の関係を図－1 にプロットし，回帰分析を行った．

回帰曲線として対数曲線を用いた場合，相関係数が 0.798 の式(2)が得られた．式(2)の E_s は電費(km/kWh)， $x(\%)$ は勾配である．

$$E_s = -1.263 \log(x) + 5.8351 \quad (2)$$



図－1 勾配と電費の関係

5. 勾配別電費の指標化

(1) 指標作成方法

道路構造令の解説²⁾と運用で縦断勾配の最大値が 12%であるため，指標の作成には式(2)に 0%から 12%勾配までの値を代入し，各勾配の電費を推計する．本研究で得た式(2)は対数をとるため，0%勾配を 0.01%勾配として電費を算出する．また，兵藤ら¹⁾の既存研究より電気自動車のバッテリー容量を 16kWh と仮定し，航続距離を算出する．

(2) 勾配別電費指標

表－2 に勾配別に電費と航続距離を表した勾配別電費指標を示す．図－2 に式(2)を用いた路面高の変化による電費推移の計算例を示す．

表－2 から電費は，0%勾配では 8.4km/kWh，5%勾配では 5.0km/kWh と約 2 倍の差が見られ，勾配が

上がるにつれ電費が低下することが示された．

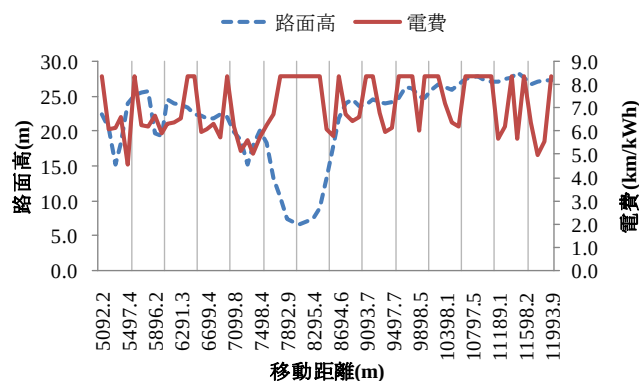
図－2 の A 地点を見ると，路面高が高くなるにつれて電費が低下していることがわかる．また，路面高の変化に対応して，細かい路面高の変化でも電費が変動することがわかる．

図－2 の電費を表す曲線で 8.4km/kWh で平坦になっている箇所がいくつか見られるが，解析を行う条件で下り勾配の場合の値をゼロと設定したためである．

表－2 勾配別電費指標

	勾配(%)						
	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
電費(km/kWh)	8.4	5.8	5.5	5.2	5.1	5.0	4.9
航続距離(km)	133.8	93.4	87.3	83.7	81.2	79.2	77.6

	勾配(%)						
	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	-
電費(km/kWh)	4.8	4.7	4.6	4.6	4.5	4.5	-
航続距離(km)	76.3	75.1	74.1	73.2	72.3	71.6	-



図－2 勾配別電費の推移例

6. おわりに

本研究では走行路の勾配の変化量に応じた電気自動車の電費特性を明らかにした．高精度な走行軌跡データを用いて勾配と電費の関係性を明らかにし，勾配別に電費の指標化を行った．

今後は，実際に電気自動車で行き電費のデータを取得し，推計した値の精度を検証することや，勾配と速度の変化による電費の推移についても検討する必要がある．

謝辞：計測実験にあたり，ご協力をいただいた株式会社ニコン・トリンプルの金綱淳次氏，塩田哲司氏に御礼申し上げます．

参考文献

- 1) 兵藤哲郎，渡部大輔，橋本太夢，澤木健一郎：電気自動車の電気消費量推計式の検討，第 30 回交通工学研究会発表論文集，pp. 153-156, 2010
- 2) (社) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用