

EV エネルギー消費ログ DB における 気象状況に基づく EV 空調消費電力量の推定と検証

讃井 峻†

萩本 真太郎†

富井 尚志‡

†横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻

‡横浜国立大学大学院環境情報研究院

1 はじめに

近年、温室効果ガスの排出量増加による地球温暖化、化石燃料の枯渇といった問題が発生し、省エネへの要求が高まっている。現在日本におけるエネルギー消費量のおよそ4分の1が運輸部門から、またそのおよそ9割が道路交通分野からであることから、道路交通分野からの省エネが必要とされている [1]。省エネを実現する媒体として電気自動車 (EV) が挙げられる。EV はガソリン車 (GV) やハイブリッド車 (HV) に比べ、燃料コスト、二酸化炭素排出量が大幅に削減される。しかし、現在 EV は GV や HV に比べ十分に普及しているとはいえない。その理由として、EV に乗り換えた時の消費エネルギーがわからないことが挙げられる。

これを解決する手段として、普段の運転状況のデータログを収集し、このログデータを基にして EV に置き換えた場合の細かいエネルギー消費状況を推定することを我々は考えた。その方法として自動車に搭載した簡易なセンサから得た走行ログを蓄積するデータベースを構築し、EV のエネルギー消費モデルを基に走行エネルギーを推定した [2]。しかし、EV は走行以外に消費するエネルギーが存在する。特にエアコンの消費電力量は気象条件による影響が大きく無視できない。本研究では、エアコンの消費電力量を走行ログと気象データをマッシュアップして推定する。エアコンの消費電力は高消費電力と低消費電力の2つの状態がある。この2状態を実際の EV を用いて推定し、検証を行った。

2 研究背景

EV に搭載されたバッテリーに充電した電力を電力網 (Grid:V2G) や家 (Home:V2H)、ビル (Building:V2B) に提供する V2X という技術が注目されている。

V2X の実現のためにはバッテリーの余剰電力を事前に把握しておく必要がある。そこで Zhang ら [3] は残余走行距離推定を計算資源を節約して達成する手法を提案した。Martinez ら [4] は人工ニューラルネットワークを用いて EV の消費エネルギー推定モデルを構築した。

更に EV と V2X は現時点において十分に普及しているとはいえない。その理由として、自動車の利用状況は個々に異なり、また EV 固有のエネルギー消費特性があるため、自分のライフスタイルに EV が合うかどうかを事前に知るのが難しいことが挙げられる。特にエアコンの消費電力量は気象状況によって変化し、無視できない [5]。また冬期には動力用の電気エネルギーを熱に変換するヒータによって車内を暖める。このため、動力以外に消費される電力が大きい。したがって個々の状況に依存したエアコンによる消費エネルギーを事前に推定する必要がある。

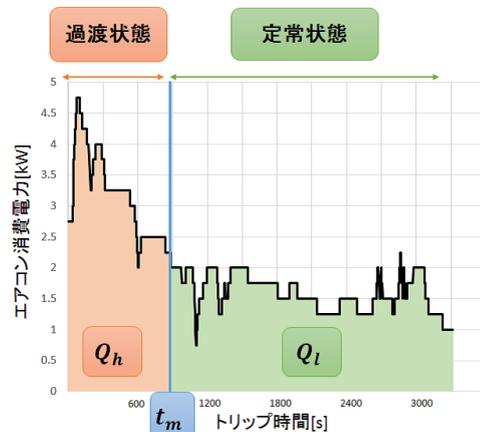


図 1: 実測されたエアコン消費電力

3 EV の消費エネルギーの推定

本章では EV の消費電力量推定方法について述べる。

3.1 走行で消費するエネルギーの推定

我々は EV の消費エネルギーを運動方程式や変換効率などを考慮した EV モデルを構築して推定を行ってきた。推定した消費エネルギーはデータベースに蓄積される。推定式の詳細は文献 [2] に示す。自動車の走行時には、速度や大気の状態による空気抵抗、路面やタイヤの状況による転がり抵抗、斜面の上り下りによる登坂抵抗、加速による加速抵抗の4種類の抵抗がかかる。それらの総和につり合うようにモーターが駆動力を出している。これに加え、電気エネルギーから運動エネルギーに変化する際の変換ロス、ブレーキを踏んだ際に発生する回生エネルギーを考慮して推定を行った。

3.2 電装品で消費するエネルギーの推定

電装品はヘッドライトやワイパーの ON/OFF を気象データから判別し、その他の電装品の影響も考慮したうえで、ある一定の電力がトリップを通じて消費されると仮定し、推定を行った。

3.3 エアコンで消費するエネルギーの推定

EV のエアコンの消費電力は冷房・暖房ともに気温の影響を受ける [6]。我々は実車 (日産 LEAF 2010 年式) を用いて長期に渡り収集した計測データを教師データとし、機械学習によって推定モデルを作成することにした。エアコンによる消費電力の実測方法として、実車のカーナビ画面に表示されるエアコンの瞬間消費電力計のメータを記録した。これを時間軸上にプロットしたものを図 1 に示す。図 1 からわかる通り、目標温度まで高出力の過渡状態と定常状態に分かれる。そこでここでは過渡状態を高消費電力モード、定常状態を低消費電力モードと定義する。また2つの状態の切り替わる時間をモード切り替わり時間 t_m と定義する。本研究ではあるトリップに対し、高消費電力モードで消費された電力量 Q_h [kWh] と低消費電力モードで消費された電力量 Q_l [kWh] の和であるエアコン総消費電力量をニューラルネットワークを用いて推定する。入力に用いるデータは運転開始時の気温 T_{start} [°C]・湿度 H_{start} [%]、運

Estimation and Verification of Air Conditioning Energy Consumption in Electric Vehicles based on Weather Condition of the Database of EV Energy Consumption Log

†Ryo Sanui, Shintaro Hagimoto ‡Takashi Tomii

†Department of Information Media and Environment Sciences, Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

‡Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

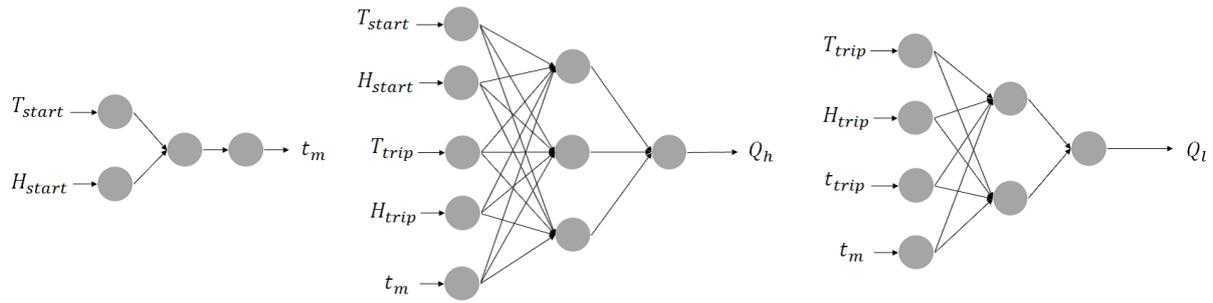


図2: 構築した推定モデル

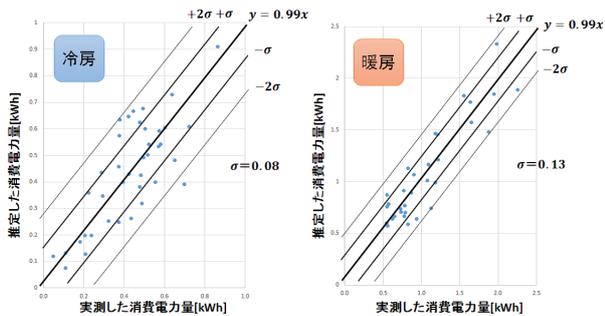


図3: 推定した消費電力量と実測した消費電力量の比較
 転時の平均気温 T_{trip} [°C]・平均湿度 H_{trip} [%], 運転時間 t_{trip} [s] とする. 構築した推定モデルを図2に示す. t_m は T_{start} , H_{start} を用いて推定を行う. Q_h [kWh] は T_{start} , H_{start} , T_{trip} , H_{trip} , t_m を用いて推定を行う. Q_l [kWh] は T_{trip} , H_{trip} , t_{trip} , t_m を用いて推定を行う.

4 実車を用いた精度評価実験

3.3節で述べたエアコンの消費電力量の推定精度とトリップでの全消費電力量の推定精度を検証するために実際にEVを用いて実験を行った.

4.1 エアコンの消費電力量の推定精度の検証

3.3節で述べたモデルに基づいて冷房(39件), 暖房(32件)について2つのモードの消費電力量データセットを作成した. 作成したデータセットに対し, 10分割交差検定を行い消費電力量の推定を行った. 推定したエアコンの消費電力量と実測したエアコンの消費電力量の比較を冷房暖房それぞれについて行った. 結果を図3に示す. 縦軸は推定したエアコンの消費電力量, 横軸は実測したエアコンの消費電力量を示す. 冷房において推定量と計測量の差の標準偏差 σ が 0.08 [kWh], 暖房において推定量と計測量の差の標準偏差 σ が 0.13 [kWh] となった. 実験データのトリップ時間に依存するが, 今回の結果では冷房については $2\sigma = 0.16$ [kWh], 暖房については $2\sigma = 0.26$ [kWh] であり誤差 $\pm 2\sigma$ 程度の精度で推定できたことが示された.

4.2 EVの消費エネルギーの推定精度の評価

2013年11月11日~12月20日の期間で被験者1名, 被験車両1台(日産LEAF)によるトリップ52件を取得した. 実験の結果を図4に示す. 図4において, 縦軸は構築したモデルによる推定消費電力量, 横軸はEVにおいて取得された内部データから得られた消費電力量を示す. 棒グラフの緑の部分が走行による推定消費電力量, 橙の部分が電装品, 青の部分がエアコンの推定消費電力量を示す. これらの影響を考慮した結果, 推定消費電力量 y と内部データから得られた消費電力量 x の間には, $y = 0.99x$ の相関が得られた. また, およそ 10 [kWh] 程度の領域における推定消費電力量と内部データの差の標準偏差 σ が 0.75 [kWh] となった. この結果, $\pm 2\sigma$ の範囲の推定誤差は 14% 程度であること

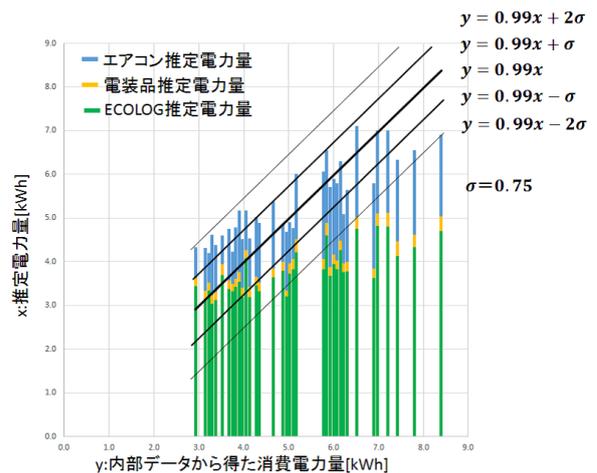


図4: 推定電力量と内部データの比較

が示された. すなわち, トリップでの全消費電力量が $\pm 14\%$ 程度の精度で推定できることが示された.

5 まとめ

本稿ではEVの走行エネルギー消費量に加えて, 電装品やエアコンの消費電力量を推定した. エアコンの消費電力量については実データを教師データとし, 機械学習を用いて推定を行い精度を評価した. 推定した消費電力量と実測した消費電力量を比較し, およそ妥当な相関を得た. 今後は入力データとなる気象データを増やして精度の検証を行っていく.

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁エネルギー白書 2013, <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013/>
- [2] T. Tomii, S. Hagimoto, N. Fueda, T. Deguchi, M. Idenawa, T. Hayashi “Long-Term Experiment of the ECOLOG Database Capability of Estimating V2X Effect Replacing with EVs”, 20th ITS World Congress, Tokyo, 2013.
- [3] Y. Zhang, W. Wang, Y. Kobayashi, K. Shirai, “Remaining Driving Range Estimation of Electric Vehicle”, 3rd IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC2012), pp.1-7, 2012.
- [4] M. Martinez, A. Gardel, A.M. Wefky, F. Espinosa, J.L. Lazaro, I. Bravo, P. Revenga, “Electric Vehicle Consumption Estimation based on Heuristics and MLP Artificial Neural Network”, European Electric Vehicle Congress (EEVC), pp.1-7, 2012.
- [5] M. Ito, T. Shimoda, K. Maema, “Prediction Method of Cruising Range using Probe Data for Electric Vehicle”, 20th ITS World Congress, Tokyo, 2013.
- [6] 電気自動車ハンドブック編集委員会 編, “電気自動車ハンドブック”, 丸善出版, 2001.