

EVの高速道路走行を支援するEV充電ナビシステムとその性能向上を目指したAIの活用

System to Support EV Drivers Travelling on Expressways and Its Technology Using AI to Predict Power Consumption of EVs

柴田 康弘

福島 亜梨花

加納 誠

■SHIBATA Yasuhiro

■FUKUSHIMA Arika

■KANO Makoto

東芝は、高速道路を走行するEV（電気自動車）を計画的に誘導することで電力需要を制御する高速道路EMS（Energy Management System）の有効性についてシミュレーションで確認した。引き続き、EVのドライバーを支援するための実用的な情報の提供を目指して開発を進めている。

今回、“電欠”を防止するとともに、充電のための待ち時間を低減するため、走行可能距離を予測して適切な充電場所を推奨する“EV充電ナビシステム”を開発し、プロトタイプを用いて様々な条件下でのフィールド検証を進めている。また、走行可能距離を予測するときに使用する消費電力量を、AI（人工知能）の転移学習で高精度に推定する技術を開発した。

Toshiba has conducted simulations and confirmed the effectiveness of its energy management system (EMS) for expressways, which can control the electric power demand of an entire expressway including that for electric vehicles (EVs) and charging stations by systematically guiding each EV that requires battery charging to the appropriate charging station. We have subsequently been aiming to provide practical information to support EV drivers travelling on an expressway.

As part of this approach, we have developed a system with a function to recommend appropriate charging stations to EV drivers based on each predicted travel distance so as to avoid battery power shortages and shorten waiting times for charging. We are now evaluating it through field tests using a prototype system under various driving conditions. We also developed a technology to predict the power consumption of EV batteries with high accuracy using transfer learning, an artificial intelligence (AI) technology.

1 まえがき

わが国の高速道路は、海外に比べて車線数が少なく、渋滞の発生頻度も高い。渋滞による経済損失は膨大で社会的問題と捉えられており、その対策として、今ある道路を賢く使って解決する検討が始まっている。

このような背景のなかで、東芝は、従来の渋滞の解決だけでなく、高速道路における多面的な問題を解決する手段として、エネルギー全体を包括管理する仕組みである。高速道路EMS（Energy Management System）の研究⁽¹⁾、⁽²⁾を行い、ITS（高度道路交通システム）関連の世界会議などで発表してきた⁽³⁾。高速道路EMSの概要を図1に示す。

これまでに、高速道路EMSでEV（電気自動車）を計画的に誘導することで、各サービスエリア及びパーキングエリア（以下、SA/PAと呼ぶ）の充電設備の稼働率を最適化して、充電の待ち時間の短縮や混雑の緩和を行うシステムをシミュレーションで検証し、その効果を確認した⁽³⁾。

実際にEVを誘導するためには、実測データに基づいてEVの走行ごとに消費電力量を精度良く推定したうえで、これを基に予測した走行可能距離などの情報提供を行う必要がある。

そこで、スマートフォンを通して推奨充電場所の情報提供を行い、個別のドライバーを支援する“EV充電ナビシステム”を開発し、そのプロトタイプを用いてフィールド試験を実施した。

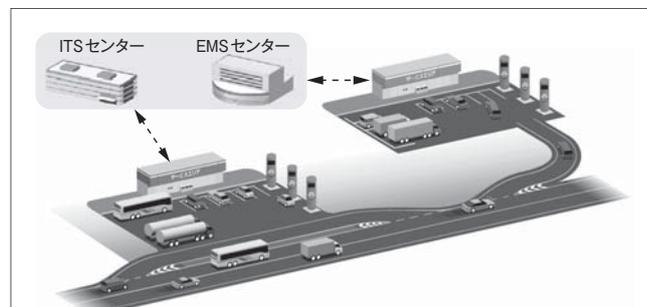


図1. 高速道路EMSの概要 — 交通情報を管理して情報提供を行うITSセンターと、EVの充電情報を管理して充電需要の平準化を図るEMSセンターから構成される。

Overview of EMS for expressways

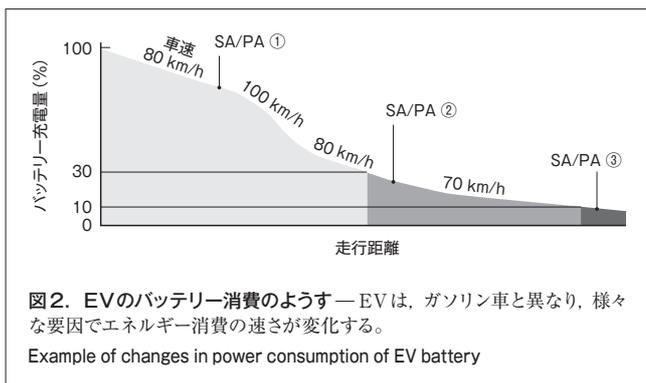
また、より精度の高い情報提供のために、AIを活用したEVの消費電力量推定技術を開発した。

ここでは、EV充電ナビシステムの機能構成とプロトタイプの検証結果、及びAIによる消費電力量推定の高精度化について述べる。

2 EV充電ナビシステムの目的

EV充電ナビシステム導入の目的は、主に次の二つである。

(1) ドライバーの高速道路での充電計画支援 現在の



EVは、走行可能距離が短く、消費電力量が道路の勾配やバッテリーの放電特性など様々な要因で変動する(図2)。ドライバーは、高速道路を利用する際、電欠にならずに走行するために、事前にどこで充電すべきかを検討する必要があります。EV充電ナビシステムは、高速道路での充電においてドライバーを支援し、事前検討の煩わしさを取り除くとともに、電欠に陥る不安を解消する。

(2) SA/PAの充電設備の利用平準化と配備計画支援

現在のEVは、充電時間が長いと、各充電設備の利用頻度に偏りが生じると充電サービスに大きな支障をきたす。充電に適切なSA/PA(推奨SA/PA)をドライバーに提示することで、SA/PAの充電需要の平準化を図り、充電待ち時間を削減する。また、高速道路事業者にEVの燃費(電費:電力量1kWh当たりの走行距離)特性を加味した充電需要の優先順位情報を提供することで、充電設備配備計画を支援する。

3 EV充電ナビシステムの機能構成

EV充電ナビシステムの機能構成を図3に示す。EV充電ナビシステムは通信機能、電費予測機能、及びEV走行管理機能から構成され、これらが連携して、各EVの走行可能距離の予測と推奨SA/PAの提示を行う。

3.1 通信機能

ドライバーのスマートフォンにインストールされたアプリケーションとEV走行管理機能との間の通信を行う機能である。通信機能を介して、ドライバーが初期設定として入力した、車種、バッテリー容量、目的地、及びバッテリー残量に加え、走行中にスマートフォンのGPS機能で取得した位置情報(緯度、経度)がEV走行管理機能に送信される。EV走行管理機能からは、EVの走行可能距離と次に充電すべき推奨SA/PAがスマートフォンに送信され、提示される。

3.2 電費予測機能

実際の高速道路で計測されたEVの充電情報や交通情報を基に、消費電力量モデルを構築し、電費予測情報を生成する

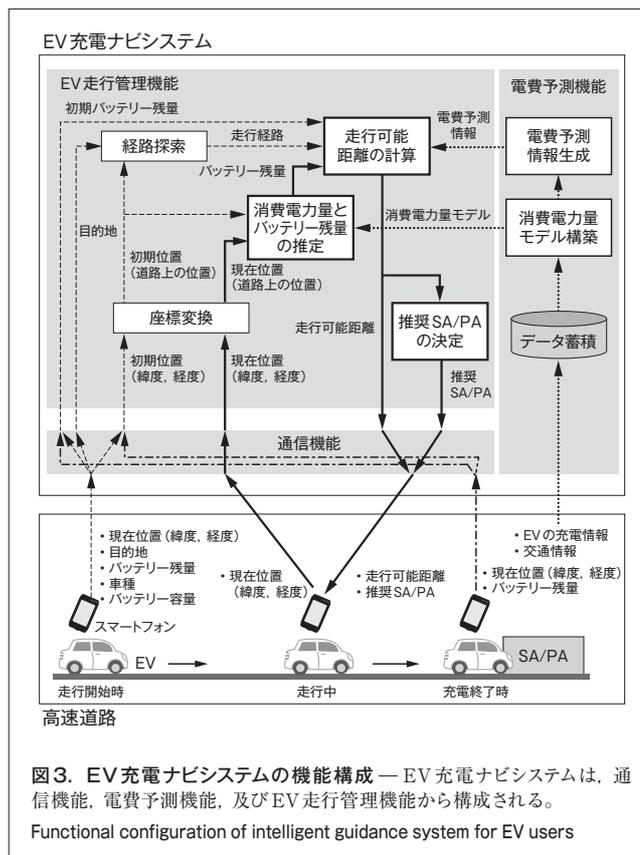


図3. EV充電ナビシステムの機能構成—EV充電ナビシステムは、通信機能、電費予測機能、及びEV走行管理機能から構成される。
Functional configuration of intelligent guidance system for EV users

機能である。

EVの充電情報や、渋滞などの交通情報、気象情報などを蓄積し、それらを基に、EVの走行条件から消費電力量を推定する消費電力量モデルを構築する。また、消費電力量モデルを用い、交通情報や気象情報から、将来の走行条件を予測し、電費予測情報を生成する。

電費予測情報は、高速道路の区間ごと、及び単位時間ごとに、その時刻にその区間をEVが走行した場合の電費を予測した情報である。

3.3 EV走行管理機能

EVの現在位置とバッテリー残量から、走行可能距離を予測し、目的地に到着するまでの推奨SA/PAを決定する機能である。

EV走行開始時に、ドライバーのスマートフォンから現在位置、目的地、及びバッテリー残量を受信すると、現在位置を初期位置、バッテリー残量を初期バッテリー残量として、初期位置の緯度と経度を道路上の位置に座標変換し、初期位置と目的地間の経路探索を行い、走行経路を決定する。

EVの走行中に、ドライバーのスマートフォンから現在位置の緯度と経度を受信すると、道路上の位置に座標変換し、初期位置から現在位置までの距離と平均速度を算出し、消費電力量モデルによって、その間の消費電力量を計算して、現在のバッテリー残量を推定する。そして、走行経路に沿って走行した場合の走行可能距離を、バッテリー残量と電費予測情報を

基に算出する。また、到達できるSA/PAのうち、充電待ち時間が短いSA/PAを推奨SA/PAに決定する。ここで決定された走行可能距離と推奨SA/PAは、通信機能によってドライバーのスマートフォンに送信され、提示される。

SA/PAで充電が行われ、充電終了時に、ドライバーのスマートフォンから充電後のバッテリー残量を受信すると、そのバッテリー残量を初期バッテリー残量、現在位置を初期位置に再設定し、走行再開時には新たに走行可能距離の予測と推奨SA/PAの決定が行われる。

4 EV充電ナビシステムのプロトタイプによるフィールド試験

EV充電ナビシステムのプロトタイプを製作し、フィールド試験として、高速道路上での動作確認を実施した(図4)。このフィールド試験では、複数台のEVに高速道路を実際に走行させ、助手席搭乗者がスマートフォンで必要な情報を入力してEV充電ナビシステムに送信し、動作を確認した。

この結果、EV充電ナビシステムはリアルタイムに消費電力量を推定して走行可能距離を予測し、推奨SA/PAを適切に提示できることを確認した。

5 AIを活用した消費電力量推定技術の開発

5.1 走行台数が少ないEVグループの課題

EV充電ナビシステムは、高速道路上での走行可能距離を予測し、その距離に応じて充電器を設置している最適な推奨SA/PAをドライバーに提示する。したがって、走行可能距離の予測誤差が大きいと電欠を招くおそれがある。走行可能距離を算出する際の基になる消費電力量の推定には、高い精度



が要求される。

EV充電ナビシステムは消費電力量を推定するとき、過去のEVの走行履歴データから消費電力量モデルを構築する。このため、消費電力量の推定を高精度化するためには、車種など特性の似たEVごとに走行履歴をグループ分けして、それぞれのEVのグループ(EVグループ)でモデルを構築する必要がある。

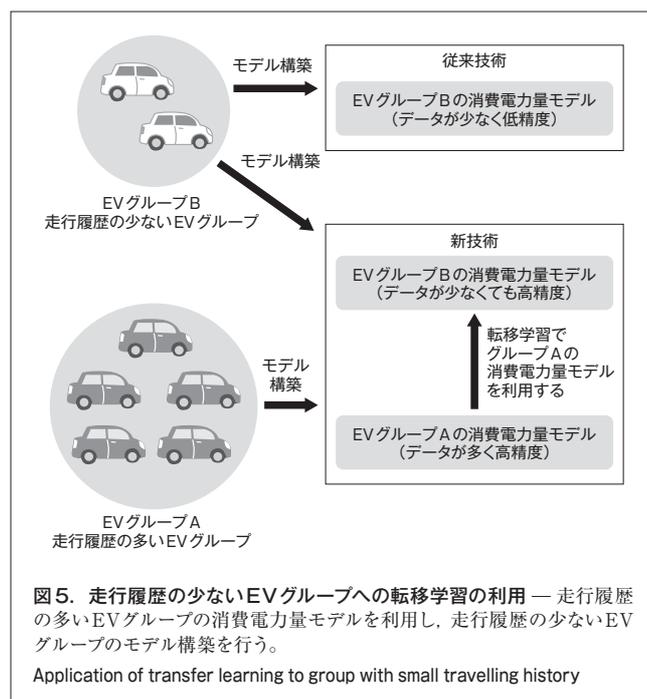
しかし、走行台数自体が少ない、すなわち、走行履歴の少ないEVグループでは推定精度が低くなる傾向があった。そこで、AIの一つである転移学習を用い、走行台数が少ないEVグループでも、消費電力量を高精度に推定する技術を開発した。

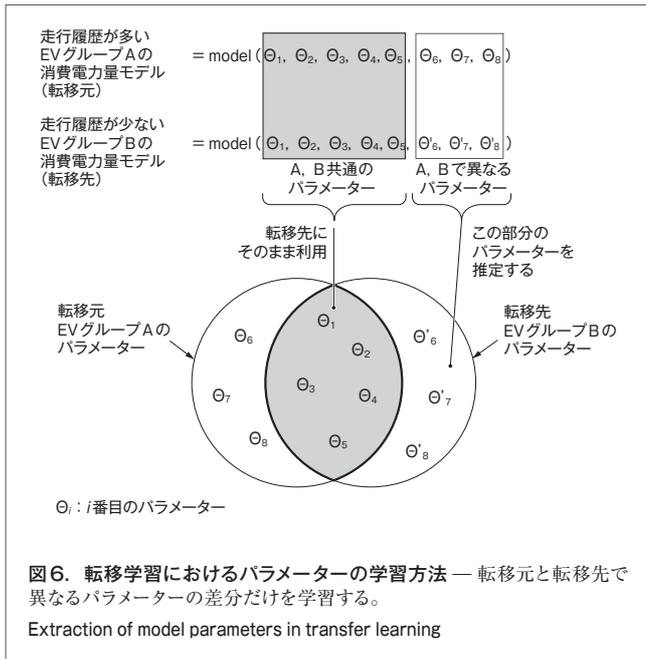
5.2 転移学習を利用した消費電力量の推定

転移学習は、ある問題のモデルを構築するときに、類似した問題のデータやモデルを再利用する技術である⁽⁴⁾。

EVの消費電力量を推定する問題では、走行履歴の多いEVグループと走行履歴の少ないEVグループは、ともにEVであるから、類似した性質を持つと考えられる。そこで、走行履歴の多いEVグループのモデル構築を類似した問題(転移元)と捉え、走行履歴の少ないEVグループのモデル構築(転移先)に利用する。転移先のモデル構築をする際に、転移元の高精度な消費電力量モデルが持つパラメーターの一部を利用して、転移先の消費電力量モデルによる消費電力量の推定精度を高める(図5)。

EVどうしてはモーターやバッテリーの原理はほぼ同じであり、化学的特性や物理的特性は類似していると考えられる。そこで、この推定技術では、転移先と転移元が類似していることを、転移先の消費電力量モデルを構成するパラメーターと転移元の消費電力量モデルが持つパラメーターのいくつかが共

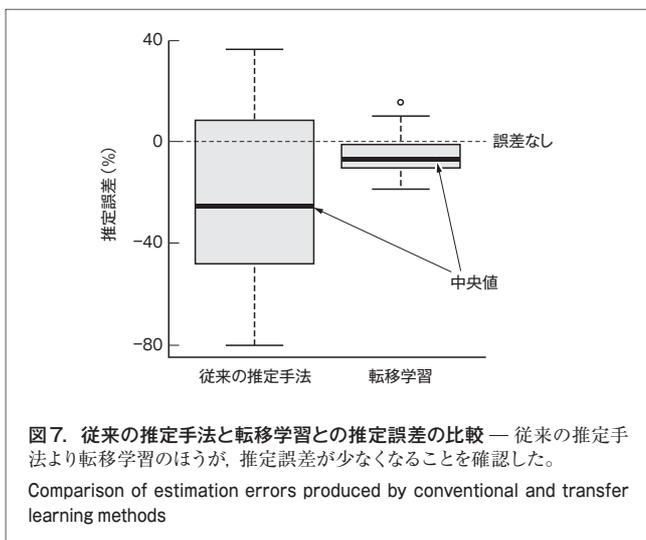




通していることに置き換える。また、転移先と転移元で異なると考えられる両者の差分のパラメーターだけを、転移先の少ない走行履歴のデータから学習する。差分のパラメーターだけを学習することで、転移先のデータから推定するパラメーターの個数を削減する効果がある(図6)。

5.3 少数の走行履歴データによる検証

転移学習を搭載したEV充電ナビシステムを用いて、ある特性を持つEVグループの、ある路線での少数の走行履歴データから推定した消費電力量モデルを構築した。これを、別の路線の走行履歴データで評価した結果、従来の推定手法と比較して、平均推定誤差が約23%減少し、この推定技術の有意性が確認できた(図7)。



6 あとがき

今回、EV充電ナビシステムのプロトタイプを開発し、実際に高速道路でのフィールド試験を行って、基本機能を確認した。また、AIを活用した消費電力量推定技術を開発し、走行履歴情報の少ないEVグループに対しても、EV充電ナビシステムにおいて精度の高いモデル構築を可能にした。

今後、様々なEVの車種について様々な条件下で検証し、開発にフィードバックすることで、更なる消費電力量推定の精度向上を図っていく。また、これまで研究開発を行ってきた高速道路EMSのシミュレーション技術⁽²⁾と連結させることで、更に信頼性の高い誘導情報を提供できるよう開発を進めていく。

また、この技術は、汎用性が高いので、EV以外の推定問題でも情報の少ないグループのモデル構築などに適用できる。

今後、EV以外の一般車両や、自動運転車両などにもドライバー支援を拡大するとともに、エネルギー問題だけでなく、様々な高速道路の課題を改善し、高速道路を賢く使用できるプラットフォームの一端としてこの技術を役立てていく。

謝辞

執筆に際し、多大なるご支援をいただいた一般財団法人道路新産業開発機構の関係各位に深く感謝いたします。

文献

- (1) 中村順一 他. 道路交通とエネルギーの統合管理を目指す高速道路向けEMS. 東芝レビュー. 67, 12, 2012, p.11-14.
- (2) 中村順一 他. EVの充電需要と電力の需給を計画的に管理する高速道路EMS. 東芝レビュー. 69, 9, 2014, p.43-46.
- (3) Sakakibara, S. et al. "EV charge scheduling for highway EMS". Proceedings of the 22nd ITS World Congress. Bordeaux, France, 2015-10, ERTICO-ITS Europe. 2015, ITS-1504.
- (4) 神島 敏弘. 転移学習. 人工知能学会誌. 25, 4, 2010, p.572-580.



柴田 康弘 SHIBATA Yasuhiro

インフラシステムソリューション社 社会システム事業部 道路ソリューション技術部参事。ITS分野の新規事業創出及びエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
 Social Systems Div.



福島 亜梨花 FUKUSHIMA Arika

技術統括部 研究開発センター システム技術ラボラトリー。機械学習や、統計、AI技術などを用いた研究・開発に従事。
 System Engineering Lab.



加納 誠 KANO Makoto

東芝ソリューション(株) ICTインフラサービスセンター インフラソフトウェアサービス設計部主務。データ分析、及びモデリング・シミュレーション技術の研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
 Toshiba Solutions Corp.