

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

Energy Management System for Expressways Aiming at Integration of Traffic and Energy Management

中村 順一 愛須 英之 鈴木 裕之

■ NAKAMURA Junichi ■ AISU Hideyuki ■ SUZUKI Hiroyuki

高速道路を電気自動車 (EV) で安心して走行するには、充電設備の拡充が必須である。EVの普及拡大と、サービスエリア/パーキングエリア (SA/PA) での省エネや、再生可能エネルギーの活用、電力消費のピークシフトなどを考慮すると、EVの走行行動も考慮に入れたエネルギー管理が必要になる。

このような包括的なエネルギー管理を行うために、東芝は、利用可能な情報を用いてEVの走行行動と再生可能エネルギーを含めたSA/PAの電力需給を予測する機能と、これらを有機的に結び付け、充電に最適なSA/PAをEVに推奨する機能を持つ高速道路向けEMS (Energy Management System) の実現に向けた研究開発を進めている。

In order to realize comfortable expressway travel for electric vehicle (EV) drivers, infrastructure that provides a sufficient number of EV charging stations is required along expressways. It is necessary to establish comprehensive energy management taking into consideration energy conservation at service areas and parking areas (SAs/PAs), the utilization of renewable energy, and the shift of peak electricity demand to prevent power grid failure, as well as the dissemination of EVs.

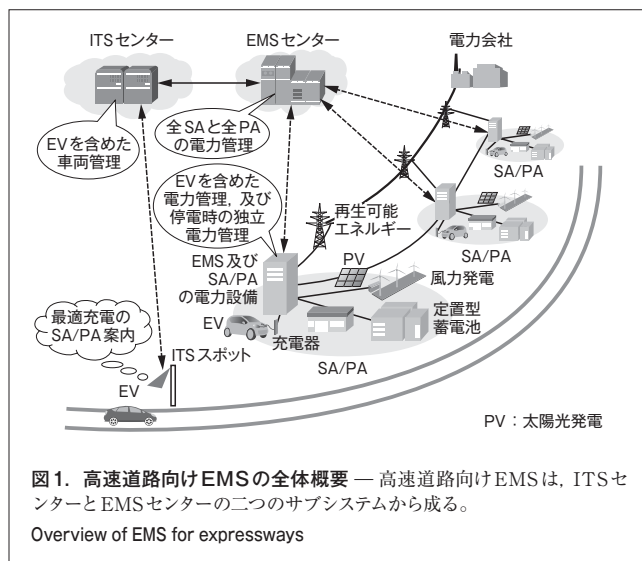
Toshiba has been engaged in research and development aimed at realizing an energy management system (EMS) for expressways that has two functional modules: a functional module that predicts the driving behavior of running EVs using obtainable information and the electric power supply and demand situation of SAs/PAs including renewable energy, and a functional module that recommends the optimal SA/PA for charging of EVs.

1 まえがき

EVの普及に伴い、市街地での充電設備は、徐々に増える方向である。同様に、高速道路でも電欠を心配することなくEVで走行するには、SA/PAの充電設備の拡充が必要である。

しかし、これまでのガソリン車の給油と異なり、EVの充電にはある程度の時間を要する。また充電場所や充電タイミングが集中すると、混雑を助長する。一方、電力需給の観点では、電力供給が間に合わない場所にEVが集中して混雑し、再生可能エネルギー発電などで電力供給が過多の場所で閑散となる場合も想定される。これでは電力を全体として効率よく使用していることにはならない。したがって、効率の良い運用を行うには、各SA/PAの再生可能エネルギーなどを含めた電力需給の状況に応じて、EVを適切なSA/PAに誘導して電力利用の分散化を図る、電力設備側と連携した総合的な電力の計画管理が必要である。またドライバーの視点からは、混雑の少ない充電設備を利用できることから、必要なときに充電することが可能になり、電欠への不安も解消できると考えられる。

高速道路向けEMSは、高速道路全体のSA/PAの電力需給とEVの充電需要を一つの電力システムと捉え、全体として効率化を図るものである。東芝は、このシステムは非常に規模が大きいため、エネルギー管理と、交通状況及びEV誘導

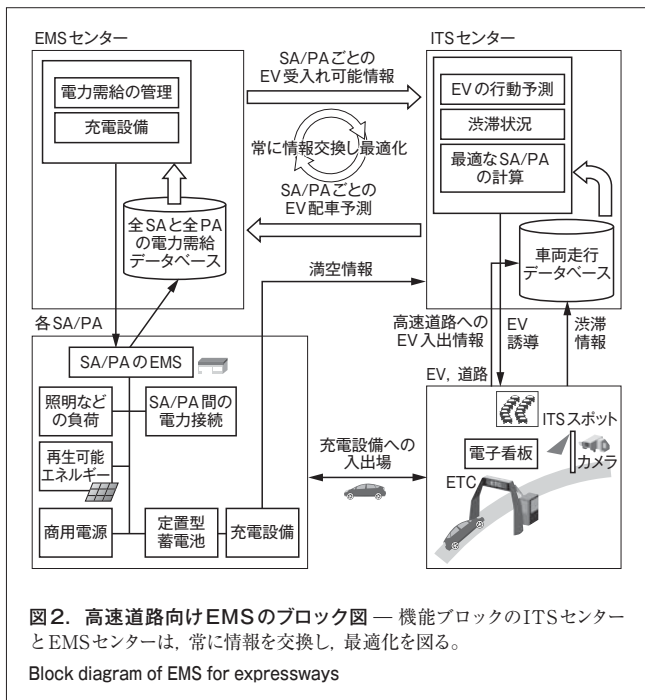


制御を想定した検証用シミュレータを構築した。ここでは、そのシミュレータで検証できる計画機能について述べる。

2 高速道路向けEMSの概要

2.1 システム全体構成

EVの行動とSA/PAの電力需給を包括的に管理運営するために、高速道路向けEMSは、概念的に大きく二つのサブシ



システムから構成される(図1)。一つは、ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) スポット⁽¹⁾などを用いてEVを含めた車両の行動把握及び管理を行うITSセンターであり、もう一つは、SA/PAの充電設備を中心とした高速道路の電力設備群を管理するEMSセンターである。

高速道路向けEMSの機能ブロック図を図2に示す。

ITSセンターは、EVの行動予測や、EV以外の車両も含めた交通状況などを管理し、EVに対して推奨するSA/PAの情報を提供してEVを誘導する機能を持つ。EMSセンターは、再生可能エネルギーを含めた利用可能な電力量と予測される充電需要を考慮して、道路の電力設備群を総合的に運用するための計画を作成し管理する機能を持つ。

これら二つのセンターは、時々刻々と変わるEVの行動(走行挙動)と電力需給を管理し、各SA/PAの充電設備で受入れ可能なEV台数、及び充電が予想されるEV台数の情報を常にやり取りしながら、高速道路全体として最適化を図っていく。

2.2 システムの前提条件

高速道路向けEMSは、広範囲にわたって、段階的にシステムが拡大していくと考えられる。しかし、インフラシステム側が利用可能なEV情報の精度という観点からは、現在も含めて以下の三つの段階があると考えられる。

- (1) 第1段階(現在の状況) SoC (State of Charge: 電池残量) 情報を個別取得せず、何の管理もされていない状態、すなわち効率的な電力管理はできない状態
- (2) 第2段階 個別のSoC情報は把握できないが、高速道路上のEV走行情報や料金所の通過情報などを使ってEV台数などのマクロ的な把握はでき、また、電子看板や

ITSスポットを通じて、ブロードキャスト的にEVのドライバーに情報提供ができる状態

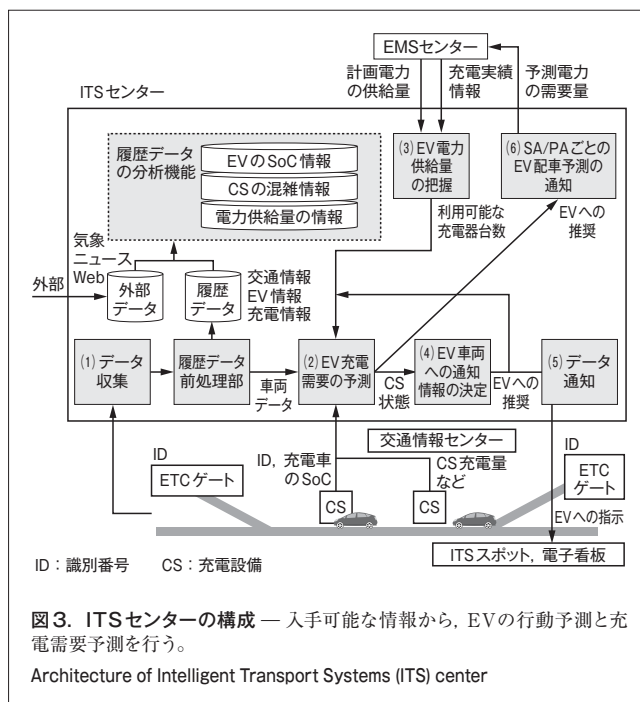
- (3) 第3段階 個別EVの正確なSoC情報が取得でき、ITSスポットやスマートフォンなどを通じて、個別のEVのドライバーに情報提供ができる状態

SoC情報の標準化動向や法整備などを考えると、第3段階が本格的に実施できるまでには、少し時間が掛かると考えられる。そこで今回は、第2段階のマクロ的なEV情報把握を前提条件として、検証用システムを構築した。第3段階のSoC情報が得られるようになると、このシステムの計画精度を更に上げることができる。

2.3 サブシステムの概要

2.3.1 ITSセンター ITSセンターの構成を図3に示す。

- (1) EVからのデータ収集と行動予測 ETC(自動料金収受システム)やITSスポットからの交通情報と、EMSセンターからの充電実績情報からEVの行動情報を収集し、EVの行動予測を行う。その際、これら交通情報及び充電情報と、外部からの気象情報など多種多様なデータを基に、EVのSoC情報や、充電設備の混雑情報、電力供給量の情報などを抽出し、以降の機能に活用する。
- (2) EV車両の充電需要の予測 (1)で得られたEVの行動予測に基づいて、ある区間ごとにEVの存在予測を行い、EVがSA/PAに到着した際の必要充電量を推定し、SA/PAにおける今後の充電需要を予測する。
- (3) EV用電力供給量の把握 EMSセンターから、SA/PAへの電力供給量の計画値を入手する。
- (4) EV車両への通知情報の決定 (2)で推定した充電需



要と、(3)で取得した電力供給量、及びSA/PAにおける充電設備の満空・混雑情報を基に、走行地域ごとにEVの充電に最適なSA/PAを決定する。

- (5) EVへのデータ通知 (4)で決定したSA/PAでの充電関連情報や走行地域ごとにEVへの推奨情報を、ITSスポットや電子看板など、ITSセンターが利用可能な情報提供手段を用いて通知する。
- (6) SA/PAごとのEV配車予測の通知 (5)で行ったデータ通知による効果を考慮して、(2)で予測した充電需要予測結果を補正し、SA/PAごとのEV配車予測情報をEMSセンターに通知する。

交通状況及びEV通行量は絶えず変化しているため、(1)~(6)を間断なく行わなければならない。すなわち、変化していく交通状況やEV情報を逐次取り込みながら、EMSセンターと密接に情報をやり取りし、常に最新の情報提供と充電に最適なSA/PAへの誘導を行う。また、(4)においては、電力需給も踏まえた充電に最適なSA/PAをどう決定するかが課題である。

混雑緩和と電力供給改善の二つの指標の両立は、EMSセンターとの密接な連携によって実現される。

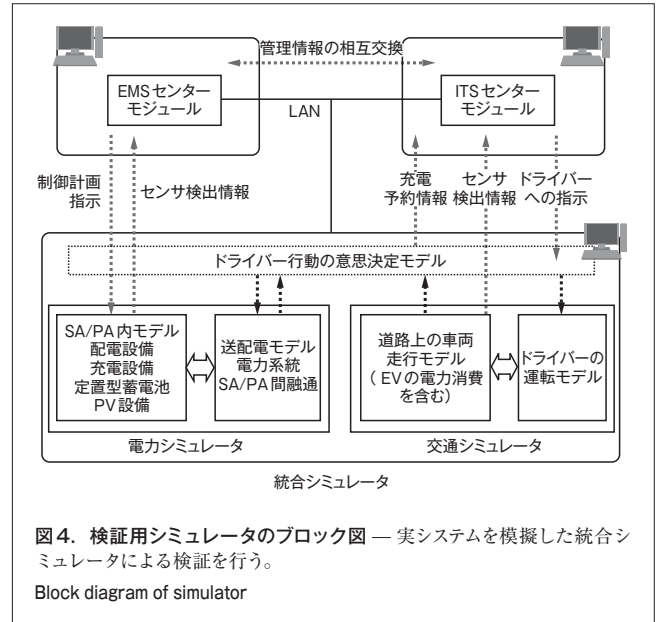
2.3.2 EMSセンター EMSセンターは、以下に述べる機能を備えている。

- (1) SA/PAの需給設備の監視 SA/PAの各種充電設備や、大容量定置型蓄電池³⁾、太陽光発電(PV)設備、ガスタービン発電など、道路付属の電力設備の需給情報を収集する。
- (2) 電力設備の運用計画と制御 収集した情報を基に電力設備の供給電力量と充電設備を含めた電力需要を予測し、リアルタイムに運用計画を作成し指示を行う。また、道路設備側のPV設備の運用やSA/PA間で電力融通を行う場合には、その計画及び制御も行う。
- (3) 電力需給予測 季節や、長期的な気象予報などを基に、PV設備の発電量やSA/PAの電力需要予測を行う。また、精度が高い定置型蓄電池の利用計画を作成するため、EV群への情報提供による充電電力需要の変動を予測して受入れ可能情報を生成し、ITSセンターに情報提供する。
- (4) 災害時の縮退運転と防災拠点化 災害時のSA/PAの防災拠点としての活用を想定し、SA/PAは商用電源なしでも電力を確保できるように、優先度をつけて電力制御を行う。

ITSセンターの場合と同様に、(1)~(3)は間断なく稼働させ、計画と再計画を繰り返しながら常に最適値へ近づける。

3 高速道路向けEMS検証用シミュレータ

開発した検証用シミュレータは、ITSセンターとEMSセン



ターを模擬する各モジュール、EVの走行行動を模擬する交通シミュレータ、及び電力設備の挙動を模擬する電力シミュレータから構成される(図4)。

検証用シミュレータの概要を以下に述べる。

- (1) 交通シミュレータ 車両が道路を走行する場面を模擬するだけでなく、EV走行時の電力消費のシミュレーション機能を持っている。このシミュレータの内部では、EVが想定された経路と交通状況の下で、どのように走行して電力を消費していくか、また充電する際のSoCはどれくらいかを模擬する。そしてそれらのセンサ検出情報を、ITSセンターモジュールに通知する。
- (2) 電力シミュレータ 充電設備や、定置型蓄電池、PV設備などをはじめとする道路付属の電力設備の稼働状況を模擬する。道路設備側でのPV設備や、複数SA/PA間での電力融通など、様々な電力設備の運用形態が想定されるため、電力送配電設備の一部も簡易的に模擬できる拡張性の高い構造とした。
- (3) ドライバーの行動意思決定モデル 検証シナリオの拡充のため、各種サービスを受けるEVドライバーの、SA/PAへの入出場、充放電の開始と中止、充放電の予約や、取消、変更といった行動を総合的に模擬するモジュールを独立して用意した。

4 今後取り組む技術的ポイント

4.1 履歴データを用いた推定アルゴリズム

燃費(電費)特性の異なる新しいEV車種の登場や、道路舗装の変更、新しい経路の発生など、今までに定義していない状況が発生することが考えられるため、随時、各種履歴デー

タからルールの見直しや推定をしたり、利用可能な入力データから有効な情報を得たりするための仕組みを盛り込む。

4.2 不確実で大規模なシステムを対象とした計画作成技術

現在、図5に示す大規模ビルの充電設備などを対象として、EV群、電力設備、及び定置型蓄電池を全て連携して高速に充放電計画を作成する方法や、充電が必要と予想されるEVを考慮し公平な充電電力の配分を実現する技術³⁾を検討している。

高速道路向けEMSでは、これらの技術をベースとして、更

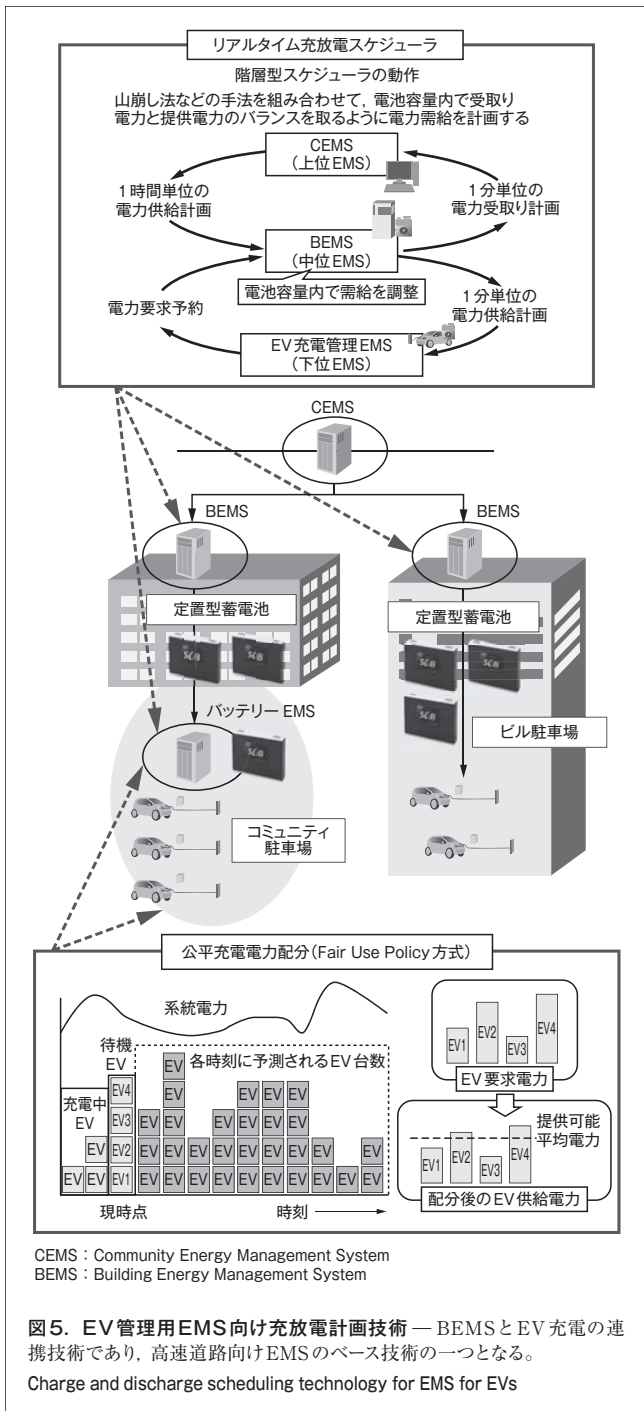


図5. EV管理用EMS向け充放電計画技術 — BEMSとEV充電の連携技術であり、高速道路向けEMSのベース技術の一つとなる。
Charge and discharge scheduling technology for EMS for EVs

に大規模なEV群を含め高速に計画を作成するスケラビリティを実現する。また、EVとの通信タイミングや取得情報が制限されるなかで、ドライバーの行動や、再生可能エネルギー発電設備の発電量などの不確実さにも対応できる強固なスケジューリング技術も実現していく。

5 あとがき

2012年7月に閣議決定された「日本再生戦略」では、省電力化がますます重要な施策となってきている。一方で、EV充電設備の強化や、次世代自動車の普及拡大、電力システムの見直しなどが計画されており、今後、省電力、新しい電力システム、及びEVの三つは、ますます密接な関係を持つと予想される。特に高速道路では、移動する電力負荷ともいえるEVの行動は、SA/PAにおける電力バランスに大きく影響を与えると考えられ、効率的な制御が必要になる。

今後、開発した高速道路向けEMS検証用シミュレータを用いて様々な検証を行い、実システムへの展開を図っていく。

謝辞

この原稿の執筆にあたり、多くのご支援をいただいた(財)道路新産業開発機構の関係各位に感謝の意を表します。

文献

- (1) 柴田康弘 他. ITSスポットサービスの実用化. 東芝レビュー. 66, 2, 2011, p.25 - 28.
- (2) 遠藤 保 他. EVユーザーと電力需要家双方にメリットを生み出す蓄電型充電システム. 東芝レビュー. 66, 2, 2011, p.21 - 24.
- (3) Paul, T. K. et al. "Management of Quick Charging of Electric Vehicles Using Power from Grid and Storage Batteries". 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC). Greenville, SC, USA, 2012-03, IEEE, 2012, p.1 - 8.



中村 順一 NAKAMURA Junichi

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部 社会ソリューション技術部参事。ETCシステム及びITSシステムの開発に従事。電気学会会員。
Automation Products & Facility Solution Div.



愛須 英之 AISU Hideyuki

研究開発センター システム技術ラボラトリー主任研究員。最適化技術や人工知能技術のスマートコミュニティへの応用研究に従事。電気学会、計測自動制御学会、日本知能情報ファジィ学会会員。
System Engineering Lab.



鈴木 裕之 SUZUKI Hiroyuki

東芝ソリューション(株) IT技術研究所 研究開発部 アドバンストソリューションズリサーチラボラトリー研究主務。
スマートコミュニティ ソリューションの研究・開発に従事。
Toshiba Solutions Corp.