

Title	Shared Autonomous Electric Vehicles: potential for Power Grid integration(Abstract_要旨)
Author(s)	Iacobucci, Riccardo
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2018-09-25
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k21385
Right	許諾条件により本文は2019-03-31に公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Riccardo Iacobucci
論文題目	Shared Autonomous Electric Vehicles: Potential for Power Grid Integration (共有型自動運転電気自動車と電力系統の統合システム評価)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>オンデマンド型の自動運転電気自動車 (Shared autonomous electric vehicles, SAEVs) は近い将来, 経済的にも実用化されることが予想されている. このSAEVの普及は自動車をサービス化するとともに, 輸送の電化を促進し, 充電用の電力も大規模に制御可能となることが予想されている. そして, SAEVのバッテリーは, その充放電に際して自家用の電気自動車のバッテリーとは異なった利用形態となりうる. SAEVの運用に関する研究は存在するが, 電力系統との統合利用に関わる研究は存在しない.</p> <p>本論文は, SAEVの電力系統との統合利用手法について検討することを目的としている. 具体的には, SAEVシステム研究の着眼点について述べた後, 本研究で開発した, 3つのSAEVシステム評価モデル (①: 動的電気料金システム下におけるSAEVの挙動とデマンドレスポンス評価, ②: SAEVバッテリーの充放電挙動の再生可能エネルギーを含むバーチャルパワープラント及びマイクログリッドへの影響評価, ③: SAEV再配置の最適化を考慮したSAEVの挙動と充電デマンドレスポンス評価) について, 新規に構築したモデルの構造と平成20年東京都市圏パーソントリップ調査に係る個別の調査票情報 (国土交通省) を用いてシミュレーションを実施することにより, 将来の交通システムで想定される大きな変革について定量的に分析・評価した結果をまとめたものである.</p> <p>まず第1章において, SAEVの運用, 充放電に関わる特徴を整理した後, 第2章では, 動的電気料金システム下におけるSAEVの挙動と電力系統に対するバッテリー運用の評価について検討した結果について述べている. 具体的には, 東京都市圏におけるパーソントリップ情報の起終点情報を用いて, SAEVの呼出しに対する応答と動的電気料金システム下でのバッテリー充電挙動を評価するモデルを, ヒューリスティック手法を用いて新規に構築し, そのシミュレーションを通して, 本研究での条件下ではあるが1台のSAEVが7—10台の自家用乗用車を削減する効果のあること, 及びそのシステム用バッテリーとしての充放電能力がSAEVのピーク需要時のサービスをも低下させることなく電力系統の安定運用に大きく貢献できることなどを定量的に示している.</p> <p>次に第3章では, SAEVと再生可能エネルギー電力が導入された電力系統との相互影響関係に着目し, SAEVバッテリーの充放電挙動が, 再生可能エネルギーを含むバーチャルパワープラント (VPP) 及びマイクログリッドへ及ぼす影響を定量的に評価している. 本研究におけるVPPとマイクログリッドでは, 大規模電力系統との接</p>			

続の有無がその本質的な相違点となっているが、その双方において、SAEV導入と再生可能エネルギー導入との間に費用削減のシナジー効果のあることを示し、再生可能エネルギーの導入を大きく促進する効果があることが示されている。

そして第4章では、過去には検討されることのなかったSAEV群の充放電計画問題と再配置計画問題との統合問題について効率的な近似解法を提示している。問題の規模に対して指数関数的に大規模化する問題ではあるが、本研究では、2つの問題の時間スケールの相違点に着目し、2階層の混合整数計画問題として解く新規な手法を提案し、その手法の有効性を実データに基づくシミュレーションにより確認すると共に、利用者の待ち時間を犠牲にすることなく大幅に総費用を削減できることを示している。さらにシミュレーション結果から、輸送サービスの価値が電力サービスの価値より高く評価されていることが、SAEVのバッテリーを系統運用のために利用することの障壁となっていることも指摘している。

最後に第5章は結論であり、本研究で得られた結論と今後の課題について整理している。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、近年注目され始めているオンデマンド型の自動運転電気自動車 (Shared Autonomous Electric Vehicles, 以下 SAEV) を対象として、将来における SAEV の普及が自動車保有台数に及ぼす影響及び SAEV 配置計画手法やバッテリー充電計画手法が SAEV サービスと再生可能エネルギーを含む電力系統の運用へ及ぼす影響評価のためのシミュレーションモデルを構築し、平成 20 年東京都市圏パーソントリップ調査に係る個別の調査票情報 (国土交通省) を用いてシミュレーションを実施することにより、将来の交通システムで想定される大きな変革について定量的に分析・評価した結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. まず東京都市圏におけるパーソントリップ情報の起終点情報を用いて、SAEV の呼出しに対する応答と動的電気料金システム下でのバッテリー充放電挙動を評価するモデルを、ヒューリスティック手法を用いて新規に構築し、そのシミュレーションを通して、本研究での条件下ではあるが 1 台の SAEV が 7—10 台の自家用乗用車を削減する効果のあること、及びその系統用バッテリーとしての充放電能力が SAEV のサービスを低下させることなく電力系統の安定運用に大きく貢献できることなどを定量的に示した。
2. 再生可能エネルギー電源を含む、大規模電力系統と接続したバーチャルパワープラント及び電力系統から独立したマイクログリッドにおける SAEV バッテリー運用の最適化モデルを新規に構築し、その双方のケースにおいて SAEV 導入と再生可能エネルギー導入との間に費用削減のシナジー効果のあることを示し、SAEV の導入が再生可能エネルギーの導入を大きく促進する効果があることを示した。
3. SAEV 群の充放電計画問題と再配置計画問題との統合問題を、その時間スケールの相違に着目することにより 2 階層の混合整数計画問題として解く新規な手法を提案し、その手法の有効性を実データに基づくシミュレーションにより確認した。さらにそのシミュレーション結果から、輸送サービスの価値が電力サービスの価値より高く評価されていることが、SAEV のバッテリーを電力系統運用のために利用することの障壁となっていることを指摘した。

以上、本論文は、近い将来に大規模な普及が期待されている SAEV の特性と再生可能エネルギーを含む電力系統との相互影響を定量的に評価するモデルを新規に構築し、実統計データを用いたシミュレーションを通して SAEV の多様な価値を評価した研究であり、学術上、實際上、資するところが少なくない。

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認めらる。また、平成 30 年 8 月 23 日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表する。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降