

令和元年6月20日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06210

研究課題名(和文)電気自動車の充電行動：需要予測と可制御性に関する研究

研究課題名(英文)Charging Behavior of Electric Vehicles: Demand Forecasting and Controllability

研究代表者

小田 拓也(Oda, Takuya)

東京工業大学・科学技術創成研究院・特任教授

研究者番号：20505929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：国内のCO2排出の約1割を乗用車が占める。EVは低炭素化に有益だが、充電が欠かせない。EVの普及と再生可能エネルギーの変動調整に活用する事を想定して、EVの充電行動と可制御性を明らかにした。

1)充電器の利用履歴を用いて充電実態を把握した。2)EVユーザに対するアンケートを実施した。3)1と2の結果を用いて充電判断をif-thenモデルで示すシミュレータを構築して解析すると共に、4)充電要否判断を外生的に変化させた場合の充電行動の変化を明らかにした。5)これらの結果はEVの走行ログとも整合が取れた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

EVの蓄電能力を、電力システムの需給調整に活用することが期待されている。EVの低炭素化のポテンシャルを最大限に発揮させるため、EVユーザの充電判断をif-thenモデルによって構造的に示すと共に、想定したモデルから得られる充電需要が実際の充電ログやアンケート結果に整合することを確認した。その上で、蓄電池容量が増大した場合のEVの充電需要の可制御範囲を求めることによって、走行需要を阻害しない範囲のEVの需給調整能力を解析的に明らかにした。これにより、EVの付加価値を向上させてEVの普及に寄与するだけでなく、再生可能エネルギーの変動吸収源としてEVを活用する場合の変動吸収能力を示した。

研究成果の概要(英文)：About 10% of the domestic CO2 emissions are from passenger cars. EV is useful for low carbonization, but requires charging. The charging behavior and controllability of the EV was analyzed, for the spread of the EV and the adjustment of the fluctuation of renewable energy.

1) The charging actual behavior was grasped using the use history of the chargers. 2) Questionnaire for EV users was conducted. 3) The simulator with an if-then model for the charge judgment was built using the results of 1) and 2). 4) The simulator expected that the change of charging behavior when the charging judgment was transitioned exogenously. 5) The simulator results were consistent with the big data of EV driving records.

研究分野：エネルギーシステム

キーワード：電気自動車 充電行動 履歴データ アンケート 行動変容

1. 研究開始当初の背景

運輸部門は国内の二酸化炭素排出の約 17% を排出しており、そのうち乗用車が約半数を占める。乗用車の二酸化炭素排出削減のためには、燃費の向上だけでなく、非化石燃料の積極的利用が不可欠である。一方、電力系統では、再生可能エネルギーの出力変動の緩和のため、電力需給の調整機能の拡大が必要とされる。2000 年代半ばから、電気自動車 (EV) を電力需給調整に用いる Vehicle to Grid (V2G) が提案され、V2G の効果を定量的に示す研究が成されている。もちろん EV の普及のため、電欠回避のための急速充電器の配置問題に関する研究にも多くの先行研究がある。しかしこれらの研究の多くで、EV の行動は外生的に与えられてきた。普及途上にある EV の充電行動に関する実態の把握が進んでいない事に一因がある。EV の普及や V2G の実現などを推し進めるに際し、急速充電器の利用実態の把握、将来の充電需要予測、普通充電と急速充電の行動判断基準の把握、充電に関する行動変容の可制御性の把握、などが急務であった。

2. 研究の目的

電気自動車は運輸部門の低炭素化に有益だが、充電が必須となる。先行研究には電欠回避のための急速充電器の最適配置に関する事例が多い。しかし充電所の混雑が生じると、総移動時間の最小化も重要になる。充電所と充電時刻に関する可制御性を解明することで、混雑を回避すると共に充電所の利用率を高めることが、社会コスト最小化や電気自動車の普及に必要である。また可制御性を明らかにすることで、電気自動車から系統電力に、電力需給に併せた充放電を行うことも可能になる。即ち、電気自動車の低炭素化ポテンシャルを最大限に発揮させるため、充電行動の解明と行動変容の可制御性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実際の充電器の利用履歴を用いて EV の充電行動を大局的に把握した。並行して、EV ユーザに対するアンケートを実施した。利用履歴とアンケート結果を用いて EV の充電行動をモデル化してシミュレータを構築し、充電インフラや蓄電池容量が充電行動に与える影響を定量的に解析した。さらにシミュレータを用いて、EV の充電要否判断を外生的に変化させうる場合の充電電力量の変化量を示した。尚、最終年度には、実際の EV のプローブデータを利用することが可能となった。この実データを用いて、シミュレータが妥当な精度を有することを確認した。

4. 研究成果

国内の交通センサスの対象道路を対象として、これらの道路に配置される急速充電所の一日当たりの急速充電器 (QC) の利用回数を求めた。この結果に対して、別途、待ち時間解析から得られた利用回数毎に求めた充電器の必要台数を重ね合わせることで、国内の充電所が備えるべき QC の器数を EV の普及規模に応じて例示した。高速道路や DID 地区などでは、混雑回避のため複数台の QC が必要になることを示した。

急速充電所の観点から、利用履歴 (日本ユニシス株式会社提供) を用いて充電時間分布と到着間隔を抽出し、この結果を基にして両数値を分布関数で示し得た。得られた分布を用いて待ち行列問題として解き (図 1)、充電需要と混雑の関係を定量的に示した。

利用履歴を用いて、EV による QC の充電電力量は、道路種別と混雑状況の違いによって異なる傾向を示すことを明らかにした (図 2)。具体的には、EV の普及台数が少ない時点の充電電力量 (kWh/charge) は一般道路と高速道路ではほぼ一致するが、EV の普及台数が増して QC が混雑すると、高速道路では充電電力量が増加し、一般道路では充電電力量

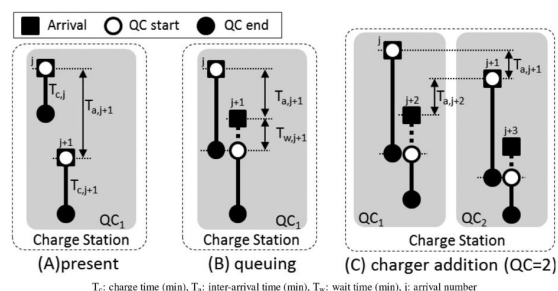


図 1 急速充電サービスモデル

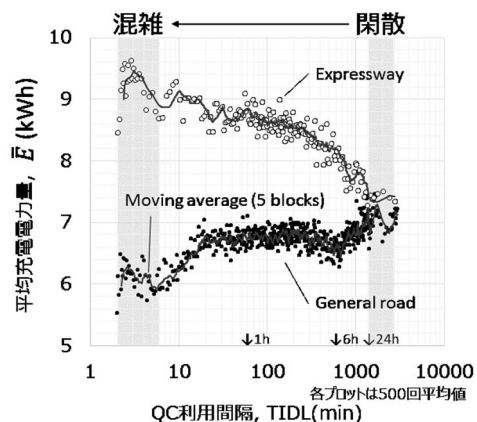


図 2 混雑と充電電力量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Takuya Oda, Muhammad Aziz, Takashi Mitani, Yoko Watanabe, Takao Kashiwagi. Congestion mitigation on quick charging for electric vehicles based on waiting time and cost benefit analyses: A Japanese case study, Sustainable Cities and Society, Elsevier, vol. 36, pp. 99-106, Jan. 2018. (査読有)

Muhammad Aziz, Takuya Oda. Simultaneous quick-charging system for electric vehicle, Energy Procedia, Elsevier, Vol. 142, pp. 1811-1816, Dec. 2017. (査読有)

小田拓也, 前川隆文, 渡辺陽子, Muhammad Aziz, 柏木孝夫. 急速充電所の混雑が電気自動車の充電電力量に与えた影響, エネルギー資源学会誌, Vol. 38, pp. 19-27, Nov. 2017. (査読有)

Takuya Oda, Muhammad Aziz, Takashi Mitani, Yoko Watanabe, Takao Kashiwagi. Actual congestion and effect of charger addition in the quick charger station: Case study based on the records of expressway, Electrical Engineering in Japan, Wiley, Vol. 192, No. 2, pp. 11-18, Jan. 2017. (査読有)

小田拓也, Muhammad Aziz, 三谷崇, 渡辺陽子, 柏木孝夫. 電気自動車用急速充電所の拠点と充電器の数 ~ 交通需要の粗密を考慮した道路種別の検討 ~ , エネルギー・資源学会論文誌, エネルギー・資源学会, Vol. 37, No. 6, pp. 7-12, Nov. 2016. (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

村井謙介, 増山雅彦, 池添圭吾, 前川隆文, 渡辺陽子, 小田拓也, 実測データに基づくEVユーザ充電行動解析(2) -急速充電器利用実態の分析-, 平成31年電気学会全国大会, 2019

小田拓也, 前川隆文, 渡辺陽子, EVを用いたデマンドレスポンスのための充電制御可能量の推定手法, 自動車技術会2019年春季大会, 2019

小田拓也, 前川隆文, 渡辺陽子, 村井謙介, 鈴木健太, 池添圭吾, 実測データに基づくEVユーザ充電行動解析(1) - 急速充電器の利用回数推定モデル -, 平成31年電気学会全国大会, 2019

小田拓也, 前川隆文, 渡辺陽子, ムハンマッド アズイッズ, 柏木孝夫. 電気自動車の充電要否判断に関するアンケート調査結果, 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, Jan. 2018.

前川隆文, 小田拓也, 渡辺陽子, ムハンマッド アズイッズ, 柏木孝夫. 急速充電所に於ける電気自動車の充電行動 - 急速充電器の密度と充電電力量の関係について -, 平成29年電力・エネルギー部門大会, Sep. 2017.

Muhammad Aziz, Takuya Oda. Simultaneous quick-charging system for electric vehicle, 9th International Conference on Applied Energy, ICAE 2017, Aug. 2017.

小田拓也, 前川隆文, 渡辺陽子, ムハンマッド アズイッズ, 柏木孝夫. 急速充電所に於ける電気自動車の充電行動 - 経年変化と混雑が充電電力量に与える影響 -, 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, pp. 427-432, Feb. 2017.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者 なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 前川 隆文

ローマ字氏名: Maekawa Takafumi

研究協力者氏名: 渡辺 陽子

ローマ字氏名: Watanabe Yoko

研究協力者氏名: ムハンマッド アズイッズ

ローマ字氏名: Muhammad Aziz

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。