

EV 走行実験によるインフラ整備適正評価 (第2報)

小柳 文子*¹

A Moderation Analysis on the Infrastructure by the Electric Vehicle Fleet Test (The Second Report)

Fumiko KOYANAGI*¹

ABSTRACT : The author has so far proposed several way of optimal arrangement of the charge equipment used as the key to Electric Vehicle (EV) spread. This report examined about the aptitude of the charge equipment installation situation by EV fleet test since last year. This paper has verified the suitability of the installation conditions for current charging facilitates through the fleet experiments (Tokyo and Kanagawa areas). This paper provides the second results report following the first report published as annual national conference of IEEJ.

Keywords : electric vehicle, fleet test, infrastructure, Facilitation Aptitude, moderation analysis

(Received September 20, 2012)

1. はじめに

一般消費者向けの電気自動車 (EV) が量産されるようになり、本格的なEV社会へ向けて動き出した。著者はEV普及の鍵となる充電設備の最適配置についてこれまで様々な提言を行ってきた^{[1]-[16]}。本報告では昨年度より開始したEV実車走行実験(東京, 神奈川地域)を通して、現在の充電設備設置状況の適性について検証を行っている。本報告では、全国大会^[17]に続く第2報としてその成果報告を行う。

2. インフラ整備の現状と問題点

EVユーザ並びに、EV購入を検討している一般消費者にとって、1 充電走行距離の伸長と補充充電設備の充足は最大関心事である。現在全国に 1000 箇所以上の急速充電設備と 2000 箇所を超える普通充電設備が設置されている^[18]。今後充電インフラの整備は、益々重要となってきた。ここでは、現在急速に普及しつつある充電インフラ整備の現状と問題点について述べる。

2. 1 プラグ標準化問題

現在充電プラグは、日本が標準化を押ししている CHAdeMO規格^[18](急速充電のみの規格)が採用されて、広く普及し始めている。ところが、本年2月に米国で開催された2012 HVT/EVSで、米独の自動車メーカー8社は、今後電気自動車の充電プラグの規格を急速充電と普通充電の一体型タイプ (SAE Combo plug) (写真1) とすることを表明したため^[19]、プラグの標準化は先行き不透明とになった。



写真1 様々な充電プラグ^{[20], [21]}

*¹ : 物質生命理工学科科助教(koyanagi@st.seikei.ac.jp)

日本規格のCHAdeMOは直流仕様に対し、Comboは交直両用の設計となっている。また、プラグの併用ができるため使い勝手や配線がシンプルになるなどのメリットがあるとされている。しかしながら、プラグが大型であると共にケーブルの荷重が増えるなどの問題があり、更に実際に市販された電気自動車の実績はない。プラグの形状の問題は、製品としての問題だけに留まらず、様々な情報通信システム及び産業にも影響を及ぼすため、問題は一層深刻である。今後もなお、メーカー、CHAdeMO協議会並びに政府による働き掛けが重要であり、今後の展開が大きな関心を呼んでいる。

2.2 設備仕様問題

標準化の問題を除いても、充電設備の仕様については、なお様々な問題がある。例えばこれまで先行投資された充電設備は、現行のEVに採用されているプラグ形状とは異なる。普通充電用コンセントは最も広く取り付けられているが、100V/200Vコンセントのいずれも旧タイプは引っ掛け式、そして現在は抜止ロック式となっており両者に互換性はない。



写真2 各所の急速充電設備操作面

急速充電設備についても様々なタイプがある(写真2)。多くは3相200Vの電源を利用し、出力は20~50kW程度で、全容量の80%をおよそ15分~30分で充電する。CHAdeMO協議会では、前節の問題も含め事業者、メーカー、ユーザーの協議の場として広く情報を提供すると共に、先導的役割を果たしている。急速充電設備の使い勝手は、EVユーザーにとって精神的負担になる可能性がある。特に無人の設備の多い急速充電は、操作性の良さ、表示画面の見易さ、引き回しコードの重量や長さ、付け位置などによって利用頻度にも影響を及ぼすと思われる。実際の場面で、著者もかなり操作に苦勞した充電ステーションは少なくない。小さなことであっても、一般消費者が敬遠するような要因を排除する努力が必要であろう。

2.3 課金問題

カーメーカーや事業者、あるいは自治体にとって最も悩ましいのが、課金問題である。EVユーザーの多くが自宅での充電を常としており、航続距離の伸張のため、また安心感のために補充充電を行う。EVユーザーがどの程度外部のインフラを使うことになるのか、またどの程度の料金設定ならば受け入れられるのかは、事業化を検討する事業者のみならずユーザーにも重大な関心事である。



写真3 急速充電 (左: 足柄PA, 右: 三鷹)

現在、急速充電設備を含めた補充充電設備の多くは、各企業や行政サービスとして無料提供されており、設備費用等の回収手段がないことが課題となっている。従って最近では、1回の急速充電を¥1,000や¥500程度の課金を課す事業者も現れている。こういったことから、EV利用者も互いのコミュニティーやロコミなどを利用し、情報の共有化を図るなど利便性や経済性を求める姿が見られる^[22]。また緊急度の高い高速パーキングエリアでの急速充電設備(例えば写真3)では、既に充電渋滞が見られるなど利用頻度にも差が見られる。利用希望の多い場所には課金をしても、むしろ重点的に配置するなど、今後の設置方法にも更に検討が必要であろう。

2.4 その他の問題

一方、震災以来EV充電については昼間及び電力負荷逼迫時期を避けた時間帯を推奨するなど、混乱が続く可能性がある。とりわけ季時別料金制度や、時間帯別料金制度など、電力料金の徴収方法も今後見直しが進む中、果たして深夜電力料金割引が引き続き存続するかどうかについても不透明である。ピークシフトに対するインセンティブの考え方はなお重要であるが、むしろEVユーザーには地域(Vehicle to Grid V2G)や家庭(Vehicle to Home V2H)におけるエネルギー平準化装置として、今後貢献して貰う貴重な存在として評価されるべきである。従って、普及のための更なる支援策が必要と思われる。

3. EV走行実験

既に述べたように、昨年12月より著者自身によるEVの実機走行実験を実施している。著者の在籍する成蹊大学近辺（東京都武蔵野市）を起点とし、主に東京と隣接近隣県を中心に移動を繰り返している。車両そのものは著者の個人所有するものなので、EV運用モデルとしてはごく一般の週末ドライバと考えて差し支えない。充電は主に夜間の200V普通充電で行い、土日を中心に様々な地域への移動を繰り返している。

詳細については以下3.2節以降に述べるが、本実験を通して一人のEVユーザとして、オーナーに提供される様々な情報を得ることができる。これらの情報のもたらす価値は高く、今後の設備設置のあり方に重要な示唆が得られている。

3.1 車両の仕様と走行条件

走行実験に用いている車両は日産のLEAFである。車両の仕様は表1に示す通りである。本車両の1充電航続距離は公称200kmであるが、満充電状態であってもイ

表1 走行試験車両の仕様

走行試験車両仕様	
乗車定員	5人
モータ	永久磁石同期電動機
最高出力	80kW
最大トルク	280N・m (28.6kgf・m)
駆動方式	FF
車体	4,445(L)×1,770(D)×2,700(H)mm
車両重量	1,520kg
電費	124Wh/km (JC08モード)
電池容量	24kWh (電池総電力量)

ンジケータに200kmが表示されることはまずない。それと共に、充電をするタイミングも0kmということはある得ない。多くのユーザがEV利用時には、残量30kmを切ると不安に陥ると指摘している^[23]。公称200kmの航続距離であっても、現実的に移動に利用できる距離は実容量の80%と考えるのが自然であろう。

本試験は冬季からスタートしたため、航続距離が外気温に大きく依存する。実際、実験開始当初はバッテリー消費が熱源の影響を強く受けている。このことから、一定条件の元での走行とするため次のように規定した。

- ① エコモード走行 (減速による回生あり)
- ② 室内温度20℃設定
- ③ 乗車人数2名
- ④ 急加速、急減速の回避
- ⑤ 法定速度での走行
- ⑥ 回生ブレーキの多用
- ⑦ 情報機器の操作を必要最小限度

実際、車室内において多くの情報機器によるデータ取得が可能であるが、情報の取り出しは車外のパソコン操作によるものとし、航続距離に影響を与えないようにした。

3.2 走行状況

著者の大学近辺を起点として一日に移動できる範囲(色々な用事を済ませつつ)としての一般的な例は、図1のようなものである。都内を走行する場合、図1に示すように、標高差は殆ど無い。しかしながら、立体交差や自然の坂道を利用した加減速により、回生エネルギーを予想以上に利用できることがある。他方、渋滞に巻き込まれることも多く、総じて電費は都心走行をする限り7km/kWh(メーカー想定燃費)を超えることは難しい。

ところで、満充電状態で実質的な移動距離を見ると、図2に示したように、武蔵野市からおおよそ伊豆近辺は走行が可能のように見える。そこで、長距離走行を伊豆



図1. 1日走行範囲例

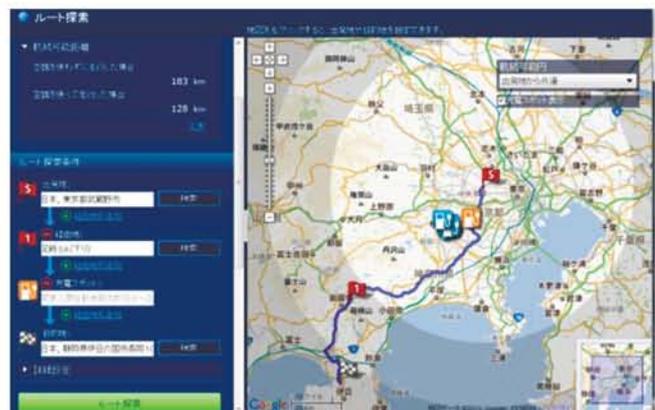


図2. 満充電走行距離範囲および伊豆試験走行経路



図3 成蹊大学—伊豆長岡走行実験ルート

長岡まで実施することとし、そのルートを探ったのが図2、及び図3である。大学が休みとなる3月に、東名高速から、伊豆長岡に実際に走行実験を行なった。図3に見るように、東名高速では御殿場の足柄SAが最も標高が高く、440mとなる。足柄PAには急速充電なしに一気に登り着くことができたが、到着時点で既に航続距離20kmを切っていた。仮にこの時点で充電ができない場合や、渋滞に巻き込まれてその前で航続可能距離を超えてしまった場合は、電欠の可能性もありかなり厳しい状況になると考えられる。

一方、新東名高速では各PAに急速充電設備が設置され、東名を走行するよりは充電の利用可能箇所が広がり不安が解消されている。しかしながら先の状況より、足柄PAにはEVユーザにとって重要地点であるため、充電渋滞も起きるとのユーザの指摘もある。急速充電の潜在需要も多いことを考えれば足柄PAへの急速充電設備の重点的な設置が望まれる。

筆者の場合、足柄PAで30分の急速充電を行なっても実際は80%の容量を満たすことは出来なかった。しかしながら、充電を待つ他のEVユーザもいた関係から、更なる充電をせずに伊豆長岡に向けて走行実験を敢行するこ

とになった。幸い、最も標高の高い所から伊豆長岡までは殆ど下降のみであったため、事実上常に補充電を行いながら走行することとなった。従って伊豆長岡の平地に到着した時点では、逆に208kmと言うこれまで見たことのない航続距離の残量を経験することになった。

この経験から、最も標高の高い地点に（この場合足柄PA）到着することが出来た場合、そこで満充電状態にしてしまっはせっかくの再生できるエネルギーを全く無駄に破棄してしまう可能性がある。そういったことから、走行計画を立てる際には標高データは極めて重要なファクターであることが認められる。本実験を通して、現在の充電設備の適正を調査すると、必ずしも一定距離ごとに充電設備を設置する必要はない。むしろ標高データによる加速度データが、エネルギー消費に強く影響を及ぼすと考えられるので、設備設置の分析に重要な要因となる。

ここで指摘しておきたいのは、EVユーザは常に新ルートを走行する場合は、予めの運転計画は必須であるということである。これらの情報分析は、EVユーザのコミュニティサイトに共有されており、様々な意見が寄せられている。これらを数値化していくことが今後も重要な作業ではないかと考える。

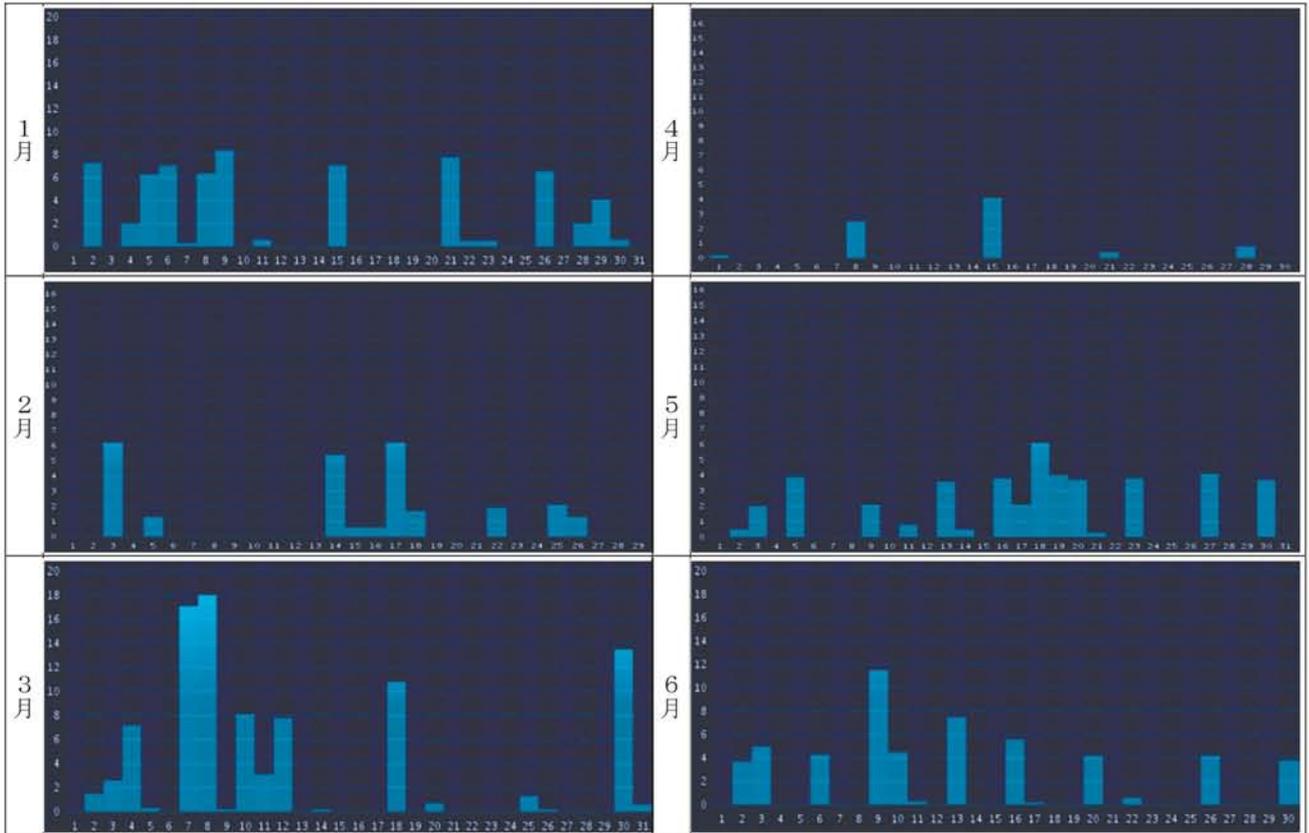


図4. 2012年1月から6月までの走行実験結果

文献^{[25]-[27]}の指摘に見るように、一般的に充電インフラの設置には以下の様な議論は考慮されるべきである。

- (1) ショッピングセンターや駐車場に多数設置する必要があるものの、現実的には、補充電量は僅かなものである可能性が高い。
- (2) EVの充電インフラ設備は必須ではあるが、一様に設置する必要はない。
- (3) 急速充電が必須ではあるが、常用するケースはほぼない。
- (4) 設置には重点的な必須箇所があると考えられる。
- (5) EVは長距離走行のみの利用で購入されることはまずあり得ない。
- (6) EVドライブは、経験により走行方法を耐えず学習し、不安は経験により解消されていく。

以上のことを考えれば、必ずしも多数の充電設備が早急に必要という論議にはならない。適正な時期と適正な場所を分析し、無駄のないようにインフラ整備をすることが重要である。なおその他、新しい技術としてのV2GやV2Hの議論もあるが、別の機会に議論をするものとしたい。

3. 3 電費と走行距離

これまで行なった走行実験から得られた電費と走行距離について示したのが、表2である。ほぼ6ヶ月の走行記録となるが、その詳細が図4に示したとおりである。表記実験期間での平均電費(6/30段階)では、外気温が最も低かった2月には(5℃を下回ると)大幅に航続距離が低下した。また走行距離も週末を利用できない日などがあり、伸びないために4.5km/kWhと最低値を示した。一方エアコンを使用しない時期には、当然安定して良好な電費を示す運転結果となった。なお表2には、いわゆる同時期に最高値を出したEVユーザによるチャンピオンデータも参考まで記載した。

表2. EV走行電費とチャンピオンデータの比較

月	電 費 (km/kWh)	チャンピオンデータ (km/kWh)
12	5.3	14.3
1	5.1	14.3
2	4.5	14.3
3	7.0	15.5
4	8.3	22.1
5	8.8	19.2
6	8.2	19.3

この実験期間での総走行距離は 6 月末現在で 2,101.4km であり、走行時間は 114.2 時間となっている。電費が 8.2km/kWh と 5 月を下回ったのは、走行以外に雨天時のワイパーの利用などによる電費の悪化と、都心への長距離を繰り返した時期なので、渋滞による電費の悪化も考えられる。

図 4 の縦軸は電費(km/kWh)を示しているが、グラフの範囲が同一でないため、グラフの最高値の高さを対応させている。グラフ上の絶対的な高さが、電費の大きさを示していると読み替える必要がある。伊豆長岡走行実験での電費は、往路が 8.3km/kWh に対して復路では 8.1km/kWh となった。走行距離は復路 (146.4km) が往路 (142.6km) に対して長く、往路がより効果的に下降による回生エネルギーを利用できたと考えられる。なお引き続き走行実験を行っており、今度は夏季の走行をどのように行うことが出来るのか、大変興味を持っている。

4. まとめ

EVの走行実験を通して様々な知見とデータを得ることが出来た。充電設備のインフラ整備はEV普及に重要な要素であるが、無計画に均一に設置することは無謀である。急速充電のような高価な装置は、EV利用頻度や、標高データによる加速度情報なども参考に、最重要地点を決定すべきである。

EVの量産車が販売されて既に 1 年を経過していることから、今後は統計的にも安定したデータの蓄積が見込まれる。EVユーザも季節変動によるエネルギー消費傾向がおおよそ把握できてくるものと考えられる。EVユーザの意見なども交換しながら、EVのエネルギー消費傾向と充電タイミングについて更に分析を行い、そういった積み重ねが、現状の充電設備の適正の検証をより確かなものにすると考えられる。

文 献

- [1] 小柳文子, 瓜生芳久:「電気自動車による消費電力のモデル化と電力需要に与える影響」, 電学論 B, 117 巻, 1 号, pp.41-46, 1997
- [2] F. Koyanagi and Y. Uriu : "A Strategy of Load Leveling by Charging and Discharging Time Control of Electric Vehicles", IEEE PES Summer Meeting, Vol.9, pp.40-45, Berlin, Germany, July, 1997
- [3] F. Koyanagi, Y. Uriu : "A Strategy of Load Leveling by Charging and Discharging Time Control of Electric Vehicles", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.13, No.3, pp.1179-1184, August, 1999
- [4] 小柳, 瓜生: "重み付きボロノイによる電気自動車用充電設備の適正配置の検討", 電気学会論文誌, Vol.119-B, No.12, pp.1412-1419, 1999
- [5] F. Koyanagi, et. al. : "Monte Carlo Simulations for EV Demand Impact on Distribution System", Proc. of IEEE PES Summer Meeting, Vol. 1, pp.1031-1036, Edmonton, Canada, July, 1999
- [6] F. Koyanagi, et. al. : "Optimal Allocation of the Infrastructure for Electric Vehicles", Proc. EVS-17, CD-ROM, pp.1-10, Montreal, Canada, 2000.
- [7] 小柳, 瓜生, 横山:「電気自動車のためのインフラストラクチャ最適配置」, H12 年度 JEVA 電気自動車フォーラム, pp.158-167, 12, 2000
- [8] F. Koyanagi, Y. Uriu and R. Yokoyama : "Possibility of Fuel Cell Fast Charger and Its Arrangement Problem for the Infrastructure of Electric Vehicle", Proc. of 2001 IEEE Porto Power Tech Conf., Vol.4, DRS2-195, pp.1-6, Porto, Portugal, Sep., 2001
- [9] 清水, 小柳, 他:「都市内を走るクリーンエネルギー自動車モデルとした燃料スタック最適配置問題」, 第 20 回エネルギーシステム・経済環境コンファレンス講演論文集, No.24-3, pp.435-438, 2004.1
- [10] F. Koyanagi, et. al. : "A New Configuration Approach for Refueling Stations of CEV", Proc. of EVS 21, No.1C, pp.1-12, Windsor, UK, April, 2005
- [11] F. Koyanagi, et. al. : "Decision of the CEV Infrastructure Priority Order Using Genetic Algorithm", Proc. of IEEE VCCP, No.SNO-166, pp.1-6, Monte Carlo, Monaco, Sep., 2006
- [12] F. Koyanagi and R. Yokoyama : "A Priority Order Solution of EV Recharger Installation by Domain Division Approach", Proc. of UPEC 2010, pp.1-8, H1-9, No.364, Wales, UK, Sep., 2010
- [13] 小柳文子:「水素燃料も含めたエコステーションの最適配置」, モータ技術シンポジウム講演資料, No.C5-3, pp.1-23, 4, 2006
- [14] 小柳文子・相田雄大, 近匡:「GA/SA 混合型アルゴリズムを用いた CEV 専用インフラストラクチャ最適配置」, 第 26 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, NO.4-1, 6, 2007
- [15] 小柳文子:「適切な補充充電設備配置のための優先順位決定方策」, 電気学会産業応用部門大会, DR2-4, No.2-31, pp.365-368, 2009
- [16] 小柳文子, 岩田景新, 近匡:「領域分けによる武蔵野市補充充電設備の優先順位決定」, 成蹊大学理工学研究報告, Vol.46, No.1, pp.35-40, 2009
- [17] 小柳・上野:「EV 走行実験によるインフラ整備適正評価(第 1 報)」, H24 年電気学会全国大会, 610-B1, 4-241, 3, 2012
- [18] CHAdeMO 協議会: URL: <http://www.chademo.com/jp/>
- [19] 桃田健史:「SAE, EV 用急速充電器のコンボコネクタ方式の詳細を公開」, 日経ビジネス, 2 月 28 日, 2012
- [20] J. Motava: "One Size Fits All: A Combo Plug That Can Handle Fast Charging", PluginCars, August 23, 2011,
- [21] 高砂製作所 HP, 「急速充電器」 URL: http://www.takasago-ss.co.jp/products/power_electronics/sp/tqvc/index.html?gclid=CKHhwZSnhLECFQ4rpAodnlUwCg, Sep.18, 2012
- [22] coco 充電: <https://cocoju.jp/>
- [23] 姉川尚史:「電気自動車のための充電インフラ」, エネルギー・資源, Vol. 29, No.4, pp.24-28, 2008
- [24] 東京電力: "業務用電気自動車と急速充電器の開発", http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu06_j/images/061120a.pdf
- [25] ルートラボ URL: <http://latlonglab.yahoo.co.jp/route/watch?id=e902f52f586871d8140582f811b404f6>
- [26] 石亀, 松田:「充電インフラの適正配置に関する検討」, オペレーションズ・リサーチ, Vol.7, pp.22-28, 2011
- [27] J. Berst: "6 truths about EVs that turn out to be false [utilities take note)", SMARTGRIDNEWS.COM, Oct. 18, 2011
- [28] 新谷孝之:「インターネットリサーチブログ」, 「電気自動車の未来を見極めよう」 URL: <http://www.itrco.jp/wordpress/?cat=7>, .6.25.2010, H24 電気学会全国大会, 610-B1, 4-241, 広島工業大学 3, 2012