

航続距離・充電時間を踏まえた 電気自動車の普及可能性分析

工藤 祐揮¹・本瀬 良子²・松橋 啓介³

¹正会員 産業技術総合研究所研究員 安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ
(〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)
E-mail:kudoh.yuki@aist.go.jp

²非会員 産業技術総合研究所テクニカルスタッフ 安全科学研究部門素材エネルギー研究グループ

³正会員 国立環境研究所主任研究員 社会環境システム研究領域交通・都市環境研究室
(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

本研究では、平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査データオーナーインタビューOD調査に基づき、現在の軽乗用車・乗用車需要の中で、航続距離性能・充電時間を踏まえた場合の電気自動車の普及可能性を分析した。トリップチェーン走行距離の解析から、それらの分布が対数正規分布に従うと仮定した場合、電気自動車の航続距離目標値は軽乗用車の場合は60km、乗用車の場合は100kmと推算された。またトリップチェーン走行距離がこの目標値以内であり、かつ家庭での普通充電（電源電圧100V/200V）でトリップチェーン停止時間内にフル充電できることが電気自動車代替への必要条件とすると、100V（14時間充電）の場合には軽乗用車需要の47%、乗用車需要の39%が、また200V（7時間充電）の場合には軽乗用車・乗用車需要全体の約80%が、電気自動車に代替可能であることが示唆された。

Key Words : census OD survey, electric vehicle, spread possibility, vehicle range, charging time

1. はじめに

運輸部門の省エネ・温暖化対策の推進および、運輸エネルギーの石油依存度を低下させるため、自動車では従来のエンジン駆動に代わりエンジンとモータのハイブリッド駆動を経て、モータ駆動へと変遷する「電動車両化」の兆しが見られる。わが国では1997年12月にハイブリッド車が乗用車市場に投入されて以来、ハイブリッド車の保有台数は着実に増え続けてきており、2009年3月末時点では約53万台を数えた。また2009年4月から実施されたいわゆるエコカー減税・エコカー補助金の効果も相まって、2009年度のハイブリッド車新車販売台数は45万台を超え、2010年3月末時点の保有台数は100万台弱に達しているものと予想される。現在のハイブリッド車はガソリンを燃料としているが、ハイブリッド車の二次電池を系統電力からも充電できるようにし、原油起源以外のエネルギーを輸送用エネルギーとして利用することにより自動車の石油依存度低下・温室効果ガス削減に資するプラグインハイブリッド車への期待も高まっており、2009年12月より法人向け販売が開始された。また1970年

代からその環境性能の高さが着目され、開発・市販化と大幅普及による運輸部門のエネルギー・環境問題改善の可能性が検討されてきた電気自動車は、主に電池価格の高さおよび電池性能に起因する航続距離の短さから、大幅普及には至らなかった。しかし、近年の電池性能の大幅向上と自動車以外の分野で実用化・量産化による価格低下が進んだことにより、特にリチウムイオン電池を搭載した電気自動車を見直す機運が高まっている。実際に、2009年7月からは法人向けに、また2010年4月からは個人向けに軽乗用車型電気自動車の市販化が開始され、さらに乗用車型電気自動車の市販化も2010年中に開始される予定である。しかし、電気自動車の価格は既存のエンジン・ハイブリッド車と比べて高い傾向にあり、また航続距離は市販中・市販化予定のものいずれとも160km程度と、エンジン自動車と比べると未だ短い傾向にある。さらに充電時間などの制約条件が存在するため、自動車需要のすべてを電気自動車に代替することは、難しいと考えられる。

現在の自動車需要の中で、走行距離や自動車使用時間などの自動車使用の実態を把握することは、電気自動

車・充電器性能に基づく電気自動車の普及可能性および普及策を自動車需要の側から検討するにあたって重要である。筆者らは既往研究¹⁾²⁾で、平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査データ³⁾を用いた乗用車・軽乗用車の1日平均走行距離の解析から、系統電力からの充電により走行可能な電気自動車・プラグインハイブリッド車の航続距離目標値に関する検討を加えてきた。本研究では電動車両の中でも特に電気自動車に焦点を当て、電気自動車の充電方法として、自動車を使用していない時間帯に家庭で行うコンセントからの普通充電を想定した場合に、現在の自動車需要の中で電気自動車に代替できる需要を把握するためにOD調査データをより精緻に解析し、電気自動車の航続距離・充電時間を踏まえた普及可能性を検討した。

2. 分析方法

本研究では、平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査データのオーナーインタビューOD調査のうち、自家用車類調査（自家用乗用車（個人使用車）流動実態調査および自家用乗用車（法人使用車）流動実態調査）の解析を行った。この調査は無作為に選ばれた自動車保有者へのアンケート調査に基づくものであり、平休日別に自動車ユーザの1日のトリップチェーン（総流動）が与えられている。解析結果の統計的信頼性を高めるため、自家用車類調査から以下に該当するトリップチェーンのデータを除外した。

- ・「運行・運休」が「運休」のデータ。
- ・トリップチェーンを構成するトリップの「1日の走行距離」「区間距離」「出発時刻」「到着時刻」が空白あるいは不明が含まれるデータ。
- ・トリップチェーンが複数のトリップから構成される場合、連続するトリップの「到着時刻」「出発時刻」から計算されるトリップ間停止時間が1440分（24時間）超のデータ（理由は付録に記した）。
- ・トリップチェーンを構成するトリップの「出発時刻」「到着時刻」から計算されるトリップチェーン所要時間および、トリップチェーンの「1日の走行距離」を用いて計算されるトリップチェーン平均旅行速度が、4[km/h]未満または100[km/h]超のデータ。
- ・トリップチェーン平均旅行速度を都道府県ごとに集計した場合に、Grubbs検定により統計的外れ値とみなされるデータ。

また本研究では、自動車を使用していない時間帯における電気自動車での普通充電の可能性を検討するため、以下に示す「トリップチェーン停止時間」を定義して計算を行った。OD調査ではある1日の流動を対象としているため、トリップチェーン間の停止時間は計算すること

はできない。そこで調査被験者は毎平日・休日に同じ流動を繰り返すことを想定し、トリップチェーンを構成する第1トリップの出発時刻(A)と最終トリップの到着時刻(B)からトリップチェーン停止時間を計算した。例えば(A)が10月19日10時5分、(B)が10月19日16時55分の場合、トリップチェーン停止時間は(A)+1日-(B)=1030分（17時間10分）と計算される。

3. 分析結果

(1) トリップチェーン走行距離

図-1、図-2に、軽乗用車・乗用車のトリップチェーン走行距離分布を平休日別に示す。短距離の自家用車類使用頻度が高く、いずれの分布も対数正規分布様であるため、図-1、図-2にはサンプル数(n)、平均(M)、標準偏差(SD)に加え、幾何平均(GM)、幾何標準偏差(GSD)も示した。両図から、軽乗用車よりも乗用車の方が、また平日よりも休日の方が、トリップチェーン走行距離が長い傾向が現れていることわかる。

トリップチェーン走行距離分布特性をより詳細に把握するため、自家用車類の使用の本拠と、個人・法人使用

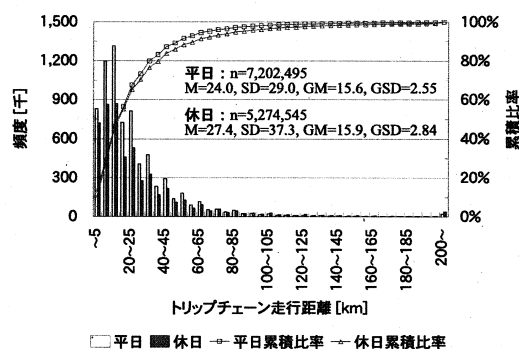


図-1 軽乗用車のトリップチェーン走行距離分布

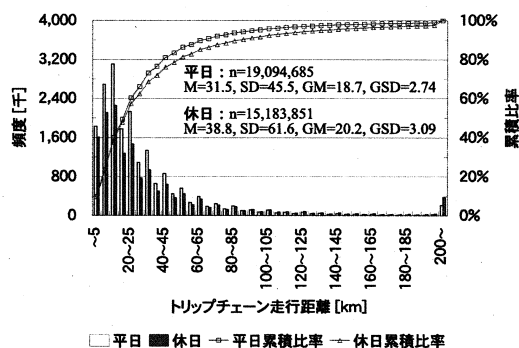


図-2 乗用車のトリップチェーン走行距離分布

表-1 集計区分によるトリップチェーン走行距離記述統計と1シグマ範囲

車種	平休日	使用形態	使用の本拠	n	M [km]	SD [km]	GM [km]	GSD [km]	1シグマ範囲 [km]
軽乗用車	平日	個人	都市	1,847,034	21.9	28.4	14.3	2.5	6-36
			地方	5,015,729	24.1	28.2	15.8	2.5	6-40
		法人	都市	119,100	32.5	39.7	20.1	2.7	7-55
			地方	220,632	33.5	39.6	19.8	2.9	7-58
	休日	個人	都市	1,460,610	24.1	34.1	14.3	2.7	5-39
			地方	3,698,524	28.6	38.4	16.6	2.9	6-48
		法人	都市	43,389	29.4	34.2	17.3	2.9	6-50
			地方	72,022	30.0	39.5	16.3	3.2	5-52
乗用車	平日	個人	都市	6,515,248	27.4	39.8	16.7	2.7	6-45
			地方	10,739,548	30.2	41.1	18.8	2.6	7-50
		法人	都市	797,910	48.8	64.6	26.9	3.1	9-83
			地方	1,041,979	57.9	80.5	29.3	3.4	9-99
	休日	個人	都市	5,801,097	34.4	57.2	18.1	3.0	6-54
			地方	8,664,235	41.0	63.4	21.5	3.1	7-67
		法人	都市	300,380	43.8	65.1	22.5	3.2	7-73
			地方	418,139	48.9	76.5	23.8	3.4	7-80

による記述統計の違いを表-1に示した。ここで、使用の本拠の「都市」は東京都市圏⁴⁾、中京都市圏⁵⁾、京阪神都市圏⁶⁾それぞれで実施された第4回パーソントリップ調査の調査対象区域に含まれる市区町村とし、「地方」はその他としている。またそれぞれの分布が表-1に示した記述統計の対数正規分布に従うと仮定した場合の、トリップチェーンの1シグマ範囲（分布全体の68%が存在する範囲）も表-1に示した。使用地域・用途により分布が異なるために1シグマ範囲上限値は異なるが、電気自動車の航続距離目標値を60km（軽乗用車）、100km（乗用車）とし、自動車非使用時に電気自動車の電池をフル充電できれば、現在の軽乗用車・乗用車需要全体の約84%がトリップチェーン途中で充電することなく電気自動車に代替できる可能性があることが示唆される。

表-2 トリップ運行目的分類

本研究の分類	OD調査の分類
出勤	出勤
私用	家事・買い物、食事・社交・娯楽（日常生活圏内）、観光・行楽・レジャー（日常生活圏外）、観光（名所・旧跡、催し物等を見る）、保養（温泉、家族・知人との交流等）、スポーツ、体験型レジャー（遊園地・ドライブ・釣り写真等）、その他、その他私用（通院、習い事など）、送迎
業務	荷物／貨物の運搬を伴わない業務、荷物／貨物の運搬を伴う業務、貨物は積んだが降ろさなかった、貨物を降ろした、貨物を降ろした際に他の付帯業務を行った
帰社	帰社
帰宅	帰宅
その他	登校、不明

(2) トリップチェーン運行目的

OD調査では、トリップチェーンを構成するそれぞれのトリップ運行目的が与えられている。本研究ではトリップ運行目的を表-2の通りに整理し、トリップチェーンを構成する第1トリップ・最終トリップの組み合わせに基づいて、運行目的別トリップチェーンの傾向を概観した。その結果を図-3に示す。図-3の凡例に示したトリップチェーン運行目的以外の組み合わせ以外は、すべて「その他」に含めていることに留意されたい。車種・平休日によって若干の傾向の差が見られるが、自宅を発着地とするトリップチェーン（図-3の「出勤-帰宅」と「私用-帰宅」）の頻度が最も高く、その割合は全体の82.3%（乗用車平日）～88.7%（軽乗用車休日）を占めている。

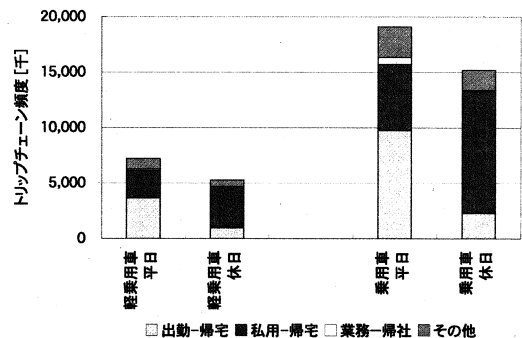
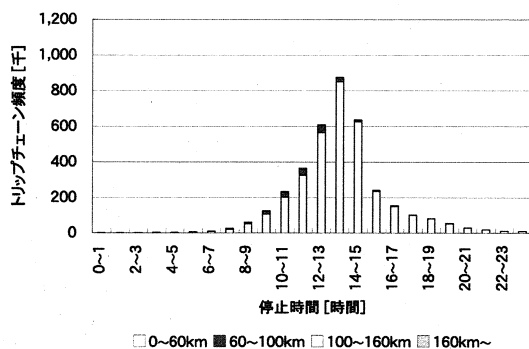
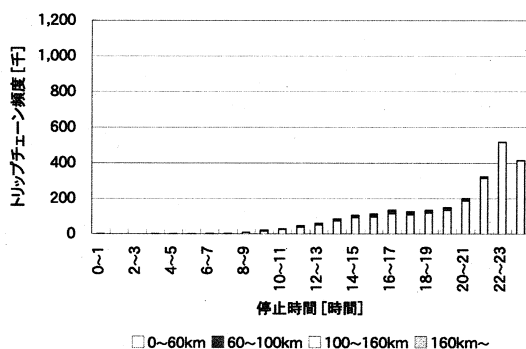


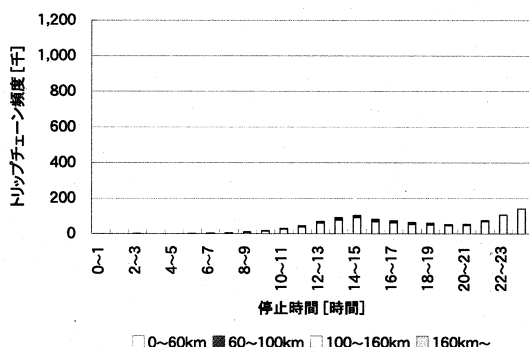
図-3 トリップチェーン運行目的別頻度



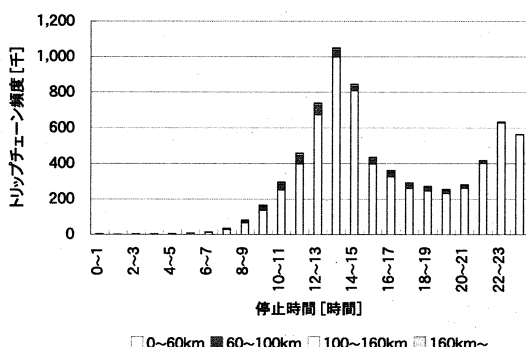
(A) 出勤-帰宅



(B) 私用-帰宅



(C) 業務-帰社/その他



(D) 全体

図-4 平日軽乗用車のトリップチェーン停止時間と走行距離

表-3 電気自動車に代替可能なトリップチェーン数

停止時間	運行目的	軽乗用車平日	軽乗用車休日	乗用車平日	乗用車休日
(全トリップチェーン数)		7,202,495	5,274,545	19,094,685	15,183,851
(トリップチェーン走行距離)		60km 以下		100km 以下	
14 時間 以上	出勤-帰宅	18.1%	8.3%	12.2%	8.7%
	私用-帰宅	29.0%	58.6%	26.7%	61.2%
	出勤・私用-帰宅合計	47.1%	66.9%	38.9%	67.0%
7 時間 以上	出勤-帰宅	47.5%	17.0%	49.2%	14.3%
	私用-帰宅	31.9%	62.4%	29.8%	65.8%
	出勤・私用-帰宅合計	79.4%	79.3%	79.0%	80.1%

(3) トリップチェーン停止時間と走行距離

図-4に、平日軽乗用車のトリップチェーン停止時間と走行距離の関係を示した。トリップチェーン運行目的別にその特徴を捉えると、「出勤-帰宅」(図-4 (A))はほぼ正規分布様になっているのに対し、「私用-帰宅」(図-4 (B))、「業務-帰社/その他」(図-4 (C))はトリップチェーン停止時間が長い傾向にあることが確認できる。紙面の関係上、休日軽乗用車・平日乗用車・休日乗用車の分布の掲載は割愛したが、平日と休日では「出勤-帰宅」と「私用-帰宅」の頻度が大きく異なるものの、図-4と同様の分布形を示していること、また軽乗用車と乗用車とではほぼ同じ傾向が現れていることをここに付

記する。

図-4に基づき、電気自動車の航続距離性能・充電時間を踏まえた場合に、現在の自動車需要の中で電気自動車に代替可能なトリップチェーン数の検討を行った。ここでは電池をフル充電できた場合の電気自動車への代替可能性を検討するため、(1)で導出した軽乗用車・乗用車の電気自動車航続距離の目標値および、現在市販中・市販予定の電気自動車の普通充電時間は100Vで14時間、200Vで7時間であることを踏まえ、車種・平休日別のトリップチェーン全体に占める、走行距離が60km以下(軽乗用車)・100km以下(乗用車)で、かつ停止時間が14時間以上・7時間以上のトリップチェーンの割合を

算出して表-3に示した。なお、ここでは家庭での普通充電を想定し、図-3、図-4に示したトリップチェーン運行目的のうち、自宅を発着地とする「出勤・帰宅」および「私用・帰宅」だけを分析対象とした。

(1)で示したように、トリップチェーン走行距離に対数正規分布を仮定すると、電気自動車の航続距離目標値を60km(軽乗用車)、100km(乗用車)とすれば、現在の自動車需要全体の約84%が電気自動車に代替できるとの示唆が得られた。しかし、自動車を使用していない時間帯における家庭での電気自動車への充電を踏まえると代替可能なトリップチェーンは少なくなり、一般的な家庭用電源電圧である100V(フル充電時間14時間)を想定した場合には軽乗用車全体の47.1%(平日)、乗用車全体の38.9%(平日)であると試算された。一方で、オール電化住宅や、家庭で電気自動車の充電を行うことを視野に入れて販売が開始されたいわゆる「電気自動車対応住宅」では、200V電源電圧が中心となっている。これらの住宅が普及し、電気自動車の電池フル充電時間が7時間に短縮できた場合には、電気自動車に代替可能なトリップチェーンは軽乗用車・乗用車需要の約80%と、大幅に増加することが期待できる。

4. おわりに

本研究では、平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査データオーナーインタビューOD調査に基づき、現在の軽乗用車・乗用車需要の中で、航続距離性能・充電時間を踏まえた場合の電気自動車の普及可能性を分析した。トリップチェーン走行距離の解析から、それらの分布が対数正規分布に従うと仮定した場合、電気自動車の航続距離目標値は軽乗用車の場合は60km、乗用車の場合は100kmと推算された。またトリップチェーン走行距離がこの目標値以内であり、かつ家庭での普通充電(電源電圧100V/200V)でトリップチェーン停止時間内にフル充電できることが電気自動車代替への必要条件とすると、100V(14時間充電)の場合には軽乗用車需要の47%、乗用車需要の39%が、また200V(7時間充電)の場合には軽乗用車・乗用車需要全体の約80%が、電気自動車に代替可能であることが示唆された。

本研究では電気自動車の充電シーンを家庭での普通充電を想定したが、3.(2)に示したように、全体需要に占める割合は少ないながらも事業所での営業用車の充電や、街中のガソリンスタンドや店舗・商業施設、時間貸駐車場などでの急速充電設備の設置が進めば、より電気自動車に代替可能なトリップチェーンが増えることが予想される。また本研究では100Vで14時間、200Vで7時間のフル充電を想定したが、フル充電までの所要時間はトリップチェーン終了後の電池充電深度に依存し、また例えば

80%充電など、フル充電しなくともある一定の距離なら電気自動車で走行することは可能である。

電気自動車用電池の充電深度と充電時間の関係は、線形でないことが知られている。筆者らは今後、この特性や家庭での電源電圧の契約・電力使用状況、充電時間中の時間帯別電力CO2排出原単位の違いなども含め、自動車需要・家庭での電力需要を踏まえたより詳細な電気自動車の普及可能性分析と、それに伴うCO2削減効果に関する研究を進める予定である。

付録 トリップ間停止時間について

平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査概要⁷⁾では、「調査対象となるトリップは、平日・休日ともに、調査日の午前3時から翌日の午前3時の間に移動していたトリップとそのトリップに関連する全行程(トリップが午前3時をはさむ場合はその一連のトリップを全て対象とする)を調査対象とする」とされている。トリップ間停止時間が1440分(24時間)を上回る場合、上記の条件に該当しないと考え、分析対象データから除外した。

謝辞：本研究は、環境省地球環境研究総合推進費E-0904「低炭素車両導入によるCO2削減効果」の支援により実施された。

参考文献

- 1) 工藤祐揮, 松橋啓介, 小林伸治, 森口祐一: 地域による自動車使用の違いを考慮した乗用車・軽乗用車の走行距離の算出, 第27回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文要旨集, pp.355-358, 2008.
- 2) Kudoh, Y. and Motose, R.: Analysis of Vehicle Range for Practical Plug-in Electric Vehicles in Japan, Proceedings of The International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies 2010, CD-ROM, 2010.
- 3) 国土交通省道路局: 平成17年度道路交通センサス-自動車起終点調査-, 2007.
- 4) 東京都市圏交通計画協議会: <http://www.tokyo-pt.jp/pd/h15.html> (アクセス日 2010.8.27).
- 5) 中京都市圏総合都市交通計画協議会: <http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/chukyo-pt/persontrip/02.html> (アクセス日 2010.8.27).
- 6) 京阪神都市圏交通計画協議会: http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/pt/pt_h12/index.html (アクセス日 2010.8.27).
- 7) 国土交通省道路局: 平成17年度全国道路街路交通情勢調査(道路交通センサス)実施要項(原案)自動車起終点調査(調査編)概要版, <http://www.mlit.go.jp/road/ir-ir-council/sensas/5th/s2.pdf> (アクセス日 2010.9.6)

ANALYSIS UPON SPREAD POSSIBILITY OF BATTERY ELECTRIC VEHICLES CONSIDERING VEHICLE RANGE AND CHARGING TIME

Yuki KUDOH, Ryoko MOTOSE and Keisuke MATSUHASHI

Spread possibility of electric vehicles within the current way of vehicle use was evaluated through the analysis of H17 Road Traffic Census OD Survey. Assuming the log-normal distributions for trip chain length, it was indicated that the target vehicle range for electric vehicles would be 60km and 100km for Kei passenger vehicles and passenger vehicles, respectively. If the requirements for introducing electric vehicles are set with both the conditions that trip chain distances are below the above targets and that vehicles can be charged with electricity by the household charger systems of 100V/200V power source, it was estimated that 47% of the Kei passenger trip chains and 39% of passenger trips chains can be substituted with electric vehicles under 100V power source, while about 80% of the current trip chains can be substituted for electric vehicles under 200V power source.