

# 豊田市GPS調査データによる プラグインハイブリッド車 の効率性に関する分析

久保 誠<sup>1</sup>・山本 俊行<sup>2</sup>・森川 高行<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名古屋大学 工学部社会環境工学科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)  
E-mail: kubo.makoto@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学教授 エコトピア科学研究所 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)  
E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 名古屋大学教授 環境学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)  
E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

近年、環境意識の浸透や石油高騰などによって電気自動車を始めとする次世代自動車への関心が高まっている。ハイブリッド車 (HV) や電気自動車 (EV) は既に市販されており、特にHVは広く普及している。本研究で主に扱うプラグインハイブリッド車 (PHV) は現在注目されている次世代自動車の一つで、EVとHVの両方の特性を併せ持っている。しかし現状では、PHVの経済性などの詳細が明らかにされていない。本研究では、豊田市におけるGPS調査のデータを用いて、既存の車両を次世代自動車に置き換えた場合、運用費や二酸化炭素排出量がどれだけ変化するかを調べた。その結果、PHV普及のために解決しなければならない課題を明らかにしている。

**Key Words** :electric vehicle, hybrid vehicle, plug-in hybrid vehicle, fuel efficiency, cost efficiency, GPS

## 1. 序論

CO<sub>2</sub> 排出量削減を始めとする環境意識の高まりや近年の石油価格の高騰から、次世代自動車への関心が高まっている。ハイブリッド車 (hybrid-vehicle, 以下 HV) や電気自動車 (electric-vehicle, 以下 EV) 等がそれにあたるが、特に HV に関しては現在広く普及している。これは利用するのに充電設備を整える必要がないことや、ガソリン車 (conventional-car, 以下 CV) との価格差が小さくなった事が原因として挙げられる。一方電気自動車に関しては数車種が市販されているものの、バッテリーに起因する高価な車体価格や航続距離 (一般的な車種で 100~200km) の問題から普及が進んでいない。ただし将来的に自動車の動力が石油から電力に切り替わるのは明白であり、電気を動力とした自動車の普及が急がれる。そういった問題の現実的な回答となるのが、本研究のメインテーマであるプラグインハイブリッド車 (plug-in-hybrid-vehicle, 以下 PHV) である。PHV は HV のように

内燃機関とモーター、バッテリーを搭載するが、そのバッテリーは HV のものよりも大容量で、さらに EV のように充電が可能である。よって、家庭用コンセントなどから充電を行うことで、ある程度の距離を電力のみで走行し、電力を使い切った後は HV として走行することが可能となる。比較的容量の大きいバッテリーを搭載することから、依然として価格面での問題は残るものの、航続距離は現在の HV 並みかそれ以上となるため普及へのハードルは EV よりも低くなっている。本研究では、豊田市エコドライブ調査のために収集された GPS データを用いて、既存車両を PHV などの次世代自動車に置き換えた時の運用費 (電気代+燃料代) や CO<sub>2</sub> 排出量を計算し、PHV の経済性や環境にもたらす影響について調べ、PHV 普及のために解決しなければならない課題を明らかにしている。

次頁表 1 には、PHV を取り扱っている既往の研究についてまとめている。

表 1 既往研究

著者・発表年	主な内容	走行パターン	GPS サンプル数	観測年 / 観測期間
Smith et al. (2011a, b)	PHV 導入による削減運用コストの算出	GPS 調査 (カナダ・ウィニペグ)	76	2010 年 12 ヶ月
加藤ら (2011)	PHV 導入による CO2 削減量の算出	GPS 調査 (日本・豊田市)	35	2011 年 5 ヶ月
Khan & Kockelman (2012)	EV, PHV の導入可能性の検討	GPS 調査 (アメリカ・シアトル)	445	2004 年 ~2006 年 18 ヶ月
Lin et al. (2012)	ガンマ分布を用いた PHV のエネルギー使用量予測			
堀・金田 (2009)	ロジスティック曲線による車両の需給シナリオ予測	日本のユーザーの平均的走行パターン	-	-

Smith et al. (2011) は 2010 年に収集されたカナダ・ウィニペグでの GPS 調査データを用いて、通勤者の GPS データから一車両の典型的なトリップパターンを生成することで PHV の運用コストを算出している。外気温や充電回数、PHV の電力走行距離を変化させて計算している点が特徴的である。加藤らは豊田市での GPS 調査データを用いて、PHV への置き換えによる CO<sub>2</sub> 削減量を算出している。対象車両を HV に絞り、PHV と HV の対比を行っているのが特徴である。Khan & Kockelman (2012) と Lin et al. (2012) は共に 2004 年から 2006 年にかけて収集されたアメリカ・シアトルでの GPS 調査データを用いている。Khan & Kockelman は市販されている PHV, EV への置き換えをシミュレートしていることや、どれだけの世帯において EV への置き換えが可能かを示している点が特徴的である。一方、Lin et al. (2012) は走行距離・パターンのシミュレーションにガンマ分布を用いることで、PHV のエネルギー使用量を正確に予測できることを示している。また堀・金田 (2009) は、一律の走行距離・パターンを想定して PHV の運用コストを計算し、バッテリー用電池の価格を変動させる等して次世代自動車の将来需給予測を行っている。

しかし、いずれの研究も、運用コストの削減量や CO<sub>2</sub> 排出の削減量の算出にとどまり、各世帯における最適な車両選択には言及していない。そこで本研究では豊田市エコドライブ調査における GPS データを用いて、対象とする車両全てについての運用コストと CO<sub>2</sub> 排出の削減量を算出することで、それぞれの世帯の各 PHV 導入による効果を明らかにすることを目的とした。また、補助金を変化させることで各世帯の車両購入パターンを変化させ、補助金額による最適車両選択の変化も予測している。

## 2. データ概要

本章では、分析に用いるデータの概要を示す。

### (1) 豊田市エコドライブ調査

豊田市エコドライブ調査は、実験車両に GPS 端末を取り付けて追跡し、種々のデータを収集したものである。本研究では 157 車両を対象に、2011 年 4 月～9 月の 6 ヶ月間のデータを用いた。図 1 にはドライバーの性別と年齢層、図 2 には HV 車・非 HV 車の台数を示した。

### (2) 実際の車両データ

本研究でバッテリー容量の異なる PHV を仮定するにあたり、トヨタ自動車より市販されているプリウス PHV をベースとした。また、PHV と EV の対比をするため、プリウス PHV と重量の近い EV の代表として、日産自動車のリーフを選んだ。表 2 に、各車両の主要諸元を示す。なお、これ以降「燃費」または「電費」という値については、すべて JC08 モード燃費を用いている。これは従来利用されていた 10・15 モード燃費よりも実際の燃費に近くなるように、測定方法が見直されたものである。

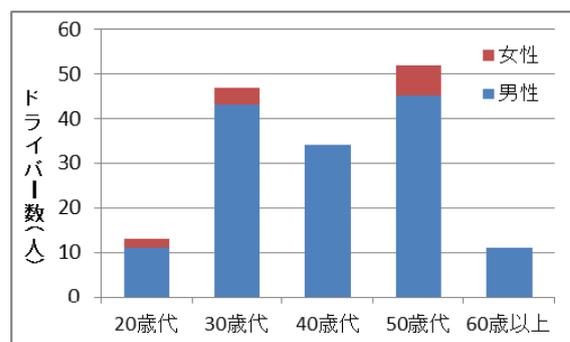


図 1 ドライバーの性別と年齢層

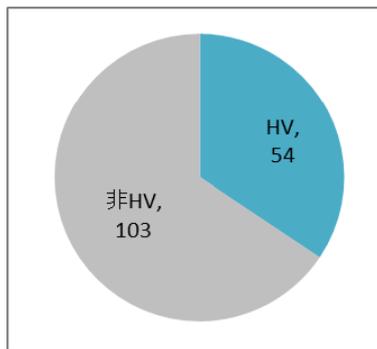


図2 HVと非HVの台数

表2 車両諸元

	プリウスPHV	リーフ
重量 (kg)	1410	1520
バッテリー容量 (kWh)	4.4	24
モーター航続距離 (km)	26.4	200
モーター電費 (km/kWh)	8.74	8.33
HV 走行燃費 (km/L)	31.6	-

### 3. 計算手法

本章では、車両の運用費やCO<sub>2</sub>排出量の計算に用いた数値データや、計算手法について説明する。本研究ではバッテリー容量に伴って重量の異なるPHV車両を複数仮定するが、ここでは重量変化に伴う車両性能の変化と、走行1kmあたりの費用やCO<sub>2</sub>排出量を主に扱う。

#### (1) 使用するデータ

以下の表3.1に、計算の前提となる各種のデータをまとめている。

表3 各種データ

ガソリン価格 (円)	電気料金 (円)	
	昼間	夜間
138	17.05	9.33

CO <sub>2</sub> 排出量	
内燃機関 (kg/L)	モーター (kg/kWh)
2.30	0.39

ガソリン価格は2011年11月における愛知県のレギュラ

ーガソリンの平均価格を用いた。電気料金はいずれも中部電力の電力プランにおける料金で、昼間料金は従量電灯B、夜間料金は低圧深夜電力Bを想定している。CO<sub>2</sub>排出量は、環境省発表資料である「世帯からの二酸化炭素排出量算定用排出係数一覧」(2005)より引用した。

#### (2) 車両重量による燃費および電費の変化

燃費、電費のいずれも、プリウスPHVの2グレード間の差異を利用して変化量を仮定している。

##### a) HV走行燃費の変化

プリウスPHVのグレードS(1470kg)とグレードG(1590kg)のHV走行燃費は、それぞれ31.6km/L、30.8km/Lである。よって、車両重量が100kg変化する時、HV走行燃費は0.67km/Lだけ変化するとした。

##### b) モーター走行電費の変化

プリウスPHVのグレードS(1470kg)とグレードG(1590kg)のモーター走行電費は、それぞれ8.74km/kWh、8.08km/kWhである。よって、車両重量が100kg変化する時、モーター走行電費は0.55km/kWhだけ変化するとした。

#### (3) 航続距離とバッテリー容量の決定

前節3.2より、電費および燃費は車重によって変化するため、それを考慮してPHVの航続距離とバッテリー容量を決定する。本研究では、仮定するPHVはすべてプリウスPHVのグレードSを基準にしている。この車両は2章の表2.2のようなスペックを持ち、80kgのバッテリーを搭載している。

そこで、搭載するバッテリー容量をC(kWh)とし、以下の式(3.3.a)でモーター走行電費を求める。(単位はkm/kWh)

$$8.74 + \frac{80 \left(1 - \frac{C}{4.4}\right)}{100} \times 0.55 \quad (3.3.a)$$

また、モーター走行による航続距離をD(km)とおけば、以下の式(3.3.b)が成立する。

$$D = C \left\{ 8.74 + \frac{80 \left(1 - \frac{C}{4.4}\right)}{100} \times 0.55 \right\} \quad (3.3.b)$$

式(3.3.c)を整理すると以下の式(3.3.c)のようなCについての2次方程式が成立する。

$$0.1C^2 - 9.18C + D = 0 \quad (3.3.c)$$

式(3.3.c)によって決定されたバッテリー容量と、式(3.3.d)より、HV走行時の燃費を決定する。

$$31.6 + \frac{80 \left(1 - \frac{C}{4.4}\right)}{120} \times 0.8 \quad (3.3.d)$$

以下表4に、設定したモーター航続距離とバッテリー容量、それをもとに上式から算出した電費と燃費をまとめたものを示す。リーフ（EV）の項は対比のために追加した。なお、これ以降モーター航続距離がx kmのPHVをPHVxと表記する。

表4 モーター航続距離その他

モーター航続距離	バッテリー容量 (kWh)	燃費 (km/L)	電費 (km/kWh)
10km	1.60	31.94	9.02
20km	3.28	31.74	8.85
30km	5.07	31.52	8.67
40km	6.98	31.29	8.48
50km	9.06	31.04	8.27
リーフ (EV)	24	-	8.33

表5 1kmあたりの運用費とCO<sub>2</sub>排出量

車種	1kmあたりの運用費 (円)			1kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量 (g)	
	モーター走行 (昼間電力)	モーター走行 (夜間電力)	内燃機関走行 /HV 走行	モーター走行	内燃機関走行 /HV 走行
CV	-	-	9.20	-	153.33
HV	-	-	4.60	-	76.67
PHV10	1.89	1.03	4.32	43.24	72.01
PHV20	1.93	1.05	4.35	44.06	72.47
PHV30	1.97	1.08	4.38	44.97	72.97
PHV40	2.01	1.10	4.41	45.98	73.51
PHV50	2.06	1.13	4.45	47.13	74.11
EV	2.05	1.12	-	46.82	-

#### 4. 計算結果と考察

本章では3章で示した手法によって計算した結果を示し、それについての考察を行う。エコドライブ調査の基礎集計結果と各PHVへの置き換えで電化できる走行距離を示した後、実験車両を各PHV・HVに置き換えた時の経済性やCO<sub>2</sub>排出量について示す。また、充電は一日一回、夜間に行うものとする。ただし、後述の通りEVには航続距離の問題があるため、置き換え先としては考慮していない。

##### (1) 基礎集計

ここでは、豊田市エコドライブデータの基礎集計結果を示す。図3では一日の移動距離の割合を示す。横軸のDは移動距離 (distance) を表している。一日に長距離を移動することは少なく、50km以内の移動が9割近くを占めている。図4には、車両の利用率の分布を示す。これはユーザーが車両を利用した日の割合を表していて、仮に毎

##### (4) 走行1kmあたりの費用とCO<sub>2</sub>排出量

前節で計算した結果をもとに、走行1kmあたりにかかる費用と、排出するCO<sub>2</sub>について、表5にまとめた。なお各種PHV、EVの他、従来のCV (15km/L) やHV (30km/L) についても追加している。CVの場合はHV走行ではなく、純粋な内燃機関走行における値である。

日欠かさず車両を利用したならば100%となる。

また図5では実験対象車両を全て単一のPHVに置き換えた時に、電力で置き換えることのできる走行距離 (電化走行距離) を示す。PHV10で全行程の四分の一程度を電力で走行していて、PHV30から電力で走行する距離の方が長くなるのがわかる。図6はGPS調査期間 (半年間) にユーザーが何度200km以上走行したかを示したグラフである。200kmというのは一般的なEVが一度の充電で走ることのできる距離 (航続距離) を想定したもので、ここから車両の置き換え先としてEVを考慮することが妥当かどうかを検討した。一年間の移動回数が単純にこの倍であれば、一年間で200km以上の移動を少なくとも2回行うユーザーが半分以上存在することになる。半年間で移動が0回だったユーザーも、一年を通して200km以上の移動を行わないとは限らず、一年間で200km以上の移動を行うユーザーが55%を超える可能性もある。そこで本研究では、車両の置き換え先として航続距離の心配がないHVとEV、CVのみを考慮している。

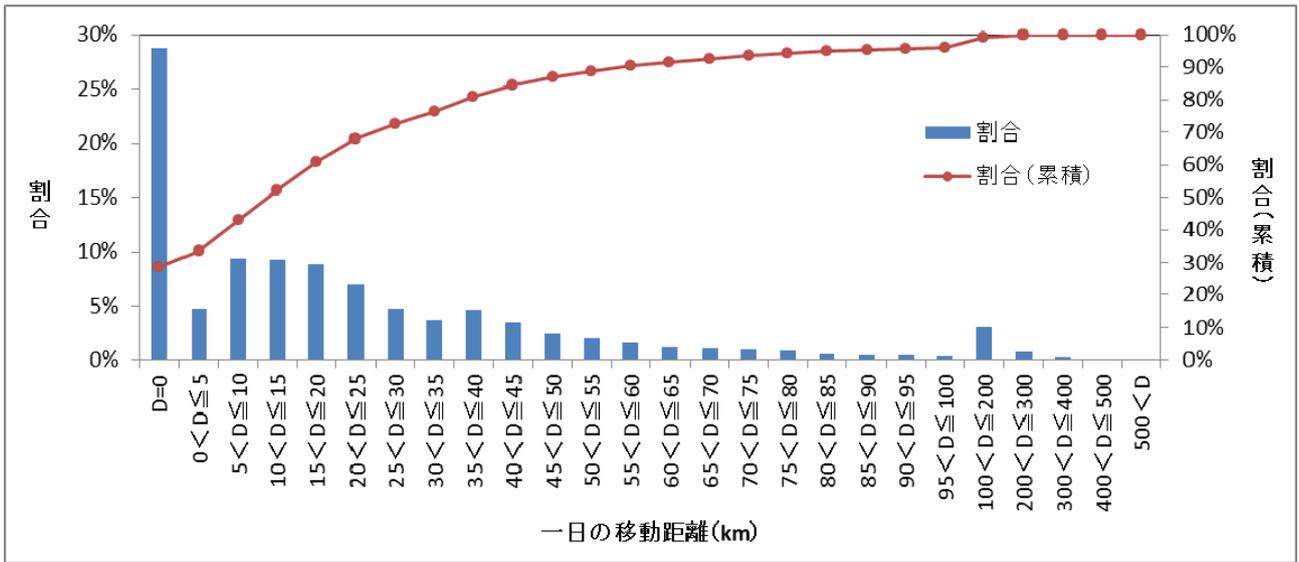


図3 一日の移動距離の割合

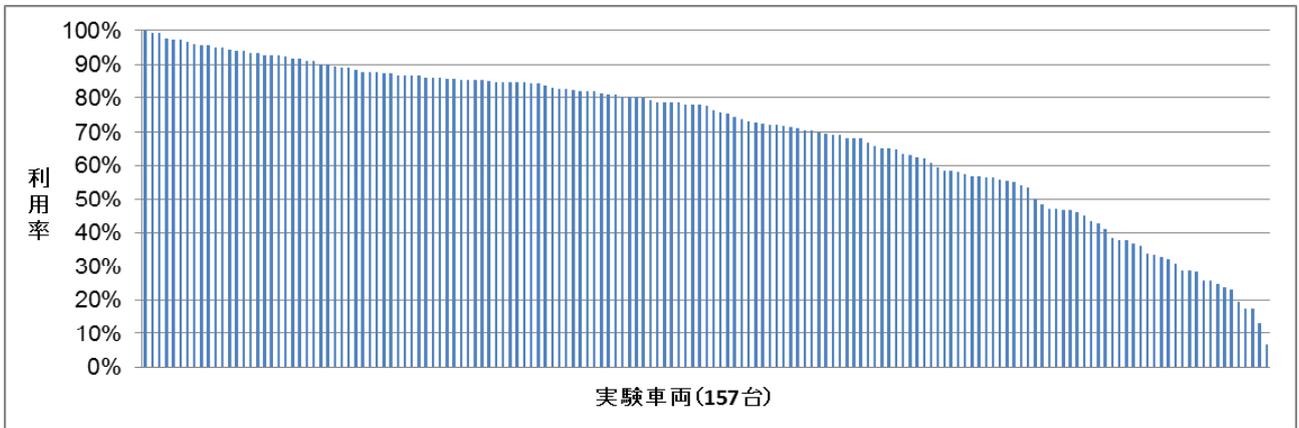


図4 車両利用率の分布

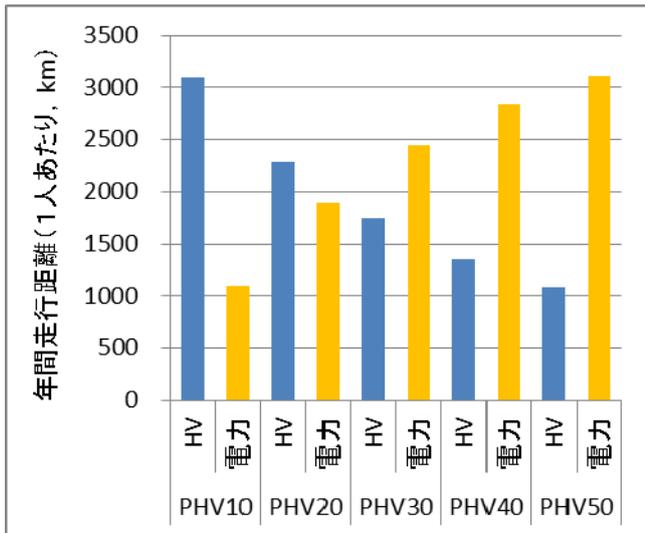


図5 電化走行距離

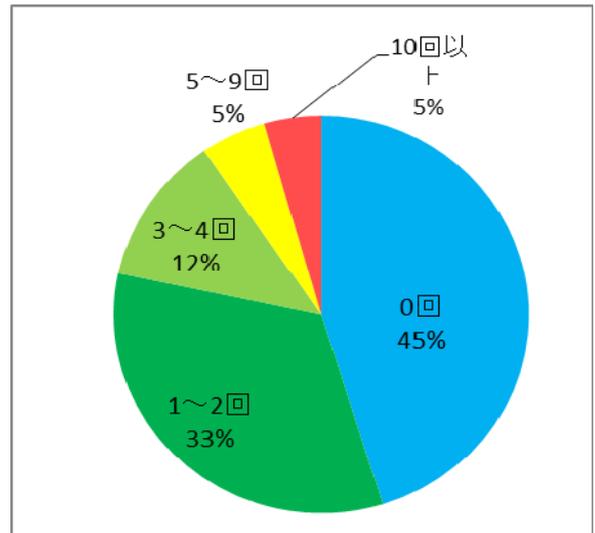


図6 200km走行の回数

(2) 1年間で削減できる運用費とCO<sub>2</sub>

ここでは、1年間に削減できる運用費やCO<sub>2</sub>に着目し、実験車両をPHV・HVに置換した時の経済性やCO<sub>2</sub>排出量について示す。表6に、全ての実験車両を同一PHVに置換した場合に削減できる運用費と削減できるCO<sub>2</sub>排出量の平均値を示す。これらは年間、一車両あたりの値である。また、すでにHVに乗っているユーザーを置き換えの対象から除いた場合のものを表7に示す。

表6より、PHVについてはバッテリーを多く積むほど運用費が削減できることがわかる。これは費用の小さい電力走行距離の割合が増すためである。一方で削減できるCO<sub>2</sub>排出量に関しては、PHV間での差があまり存在しないものの、削減できる費用と同じくバッテリーを多く積む方が有利になっている。最もCO<sub>2</sub>削減量が大きいPHV50で2272kg、逆に最も小さいPHV10で2179kgである。

また当然ではあるが、表7より、すでにHVに乗っているユーザーを置き換え対象から除けば、一車両あたりの費用削減・CO<sub>2</sub>削減効果は大きくなることわかる。置き換える対象からHVをはずすと、削減できる運用費の年間平均は1万円強、削減できるCO<sub>2</sub>排出量の年間平均は500kg程度増加する。ただし、バッテリーを多く積むほど年間で削減できる運用費が大きくなることや、CO<sub>2</sub>排出量に関してPHV間での差があまり存在しないという傾向は、全車両を置き換え対象とした時と変わらないことがわかる。

表6 削減できる運用費とCO<sub>2</sub> (全車両を置換)

置換先の車種	削減できる運用費(円)		削減できるCO <sub>2</sub> (kg)
	昼間電力	夜間電力	
HV	30799		2068
PHV10	39131	41186	2179
PHV20	43044	46677	2223
PHV30	45578	50303	2250
PHV40	47281	52880	2266
PHV50	48203	54450	2272

表7 削減できる運用費とCO<sub>2</sub> (HVを除いて置換)

置換先の車種	削減できる運用費(円)		削減できるCO <sub>2</sub> (kg)
	昼間電力	夜間電力	
HV	43216		2530
PHV10	51075	53058	2634
PHV20	54643	58066	2674
PHV30	56859	61243	2697
PHV40	58317	63462	2711
PHV50	59083	64787	2716

5. 最適車種への置き換え

4章2節では、各種PHVがどれだけ運用費やCO<sub>2</sub>排出量を減らせるか計算した結果、PHVのバッテリーが大きい程それぞれの効果は高いことがわかった。よって同じ価格でPHV10～PHV50が用意され、かつHVとPHVの価格差が十分小さければ、消費者は皆PHV50を選択すべきである。しかし実際にはバッテリー容量の大きなPHVは価格も高くなると考えられ、またHVとPHVの価格差も現状ではかなり大きい。そこで本章では、車体の購入価格やバッテリー容量による価格差まで考慮し、HV、さらには一部でCVも含め、10年間保有した時の総額を考慮した最適車両について考える。

(1) PHVの現状

現在、HVとPHVの価格差が最も分かりやすいのはトヨタ自動車販売している「プリウス」(HV)と、「プリウスPHV」である。2012年1月現在、プリウス(グレードS)の価格は232万円、プリウスPHVの価格は320万円で、ここから政府が交付している次世代自動車普及補助金の45万円を差し引けば、その差額は43万円となる。そして実験車両を全てプリウスに置き換えた時と、プリウスPHVに置き換えた時の年間差額は、夜間電気料金の下で一人当たり約18500(円)である。プリウスとプリウスPHVの差額を取り戻すには、平均で23年以上も保有する必要がある。最も早く差額が取り戻せる人でも12年以上保有する必要がある。Khan & Kockelman (2012)の研究においても、PHVのユーザーが同クラスの車種との差額を取り戻すには長期の車両保有が必要であるとしている(一日で平均30マイル走行する人だと、シボレー・ボルトとクルーズの間で11年間、日産・リーフとヴェアサの間で10年間の保有が必要としている)。PHVの導入はCO<sub>2</sub>の削減には一定の効果があるものの、個人にはそのメリットが無く、PHVに乗り換える要因にはなりにくい。そこで次節以降では、補助金額を現状から変動させた上で最適車両などの再検討を行う。

(2) 用いる仮定

現在、東京都ではEV・PHVの購入者に対して自動車税を5年間免除している。また愛知県も、2012～2013年度の購入者に対して同様の政策をとる方針を固めた(2012年1月現在)。プリウスPHVや今回仮定する各PHVの自動車税は年額39500円、5年間の免税額は約20万円となるため、実質的に補助金が20万円増加したこととなる。そこで、補助金を20万円、25万円、30万円増やした場合の3通りを仮定して、最適車両の検討と、CO<sub>2</sub>削減量の算出を行う。

また、バッテリー容量の変化による車体価格の変動も

考慮する。現在EV・PHVに搭載されるバッテリーのほとんどがリチウムイオン電池を採用している。電池は生産技術向上による価格の変動が激しいが、本研究では1kWhあたり3万円として計算した。これはLG化学社（韓国）が2011年2月に明かした量産価格で、車載用リチウムイオンバッテリーとして現状では国内外を含めて最安値である。これを参考に、バッテリー容量によるPHV車体価格の変動は1kWhあたり3万円とした

なおCVについては、燃費を15km/Lとし、HVよりもさらに価格が30万円安いものを仮定した。これは、トヨタ自動車販売しているカローラフィールダー（排気量1.8L、202万5千円）を参考に決定した。

### (3) 10年間保有時の最適車両タイプ（全車両を置換）

新車購入後、10年間その車両を保有するとして、初期投資やPHV間の価格差まで含めた最適車両タイプの検討を行った。なお前提として車両は現在保有しているものから必ず置き換えるとし、HVか各PHVのうち最も経済的な車両を選ぶものとする。表8は補助金を追加しない場合と、20万円、25万円、30万円追加した時に、乗り換え先として各車両を選択するユーザーの割合である。

1節で述べたように、現状では実験対象者の中に費用面からPHVを選ぶ人はほとんど存在しない。補助金を20万円追加する事で、PHVを選ぶ人の割合が4割程度となるが、これは東京都や愛知県の免税政策に近い額である。HVとPHVの差額が20万円程度になれば、PHVが价格的に優位に立つ可能性が充分にあることがわかる。

なお、ここでは車両の置き換え先としてHVとPHVのみ対象としているが、それらより価格の小さなCV（15km/L）も含めた場合の最適車両タイプについて、表9で検討している。置き換え先にCVを加えると、現状でも4割程度のユーザーが経済性の面からCVを選ぶことがわかる。この傾向は補助金を増やしていても変わらず、一定数の（移動距離の少ない）ユーザーにとってはHV・PHVといった「初期投資が大きく運用費が小さい」車両は費用面で不利になることがわかる。

表8 最適車両タイプ

	補助金額			
	補助無	20万円	25万円	30万円
PHV10	0	0	10.8	36.9
PHV20	0	14.6	22.3	24.2
PHV30	0	11.5	12.1	12.1
PHV40	0.6	10.8	12.1	12.1
PHV50	0	3.2	3.2	3.2
HV	99.4	59.9	39.5	11.5

(単位は%)

表9 最適車両タイプ（置換先にCVを追加）

	補助金額			
	補助無	20万円	25万円	30万円
PHV10	0	0	5.7	17.8
PHV20	0	14.6	21.0	22.9
PHV30	0	11.5	12.1	12.1
PHV40	0.6	10.8	12.1	12.1
PHV50	0	3.2	3.2	3.2
HV	58.6	19.1	5.7	0
CV	40.8	40.8	40.1	31.8

(単位は%)

### (4) 10年間保有時の最適車両タイプ（CVのみ置換）

10年間の保有などの前提は前節と同じだが、既にHVに乗っているユーザーを置き換えの対象から外した時の結果を表10に示す。また、置き換え先にCVを加えた時の結果を表11に示す。

表10より、現在CVに乗っているユーザーの多くはPHVよりもHVの方が費用面で有利になる場合が多いことがわかる。20万円の補助金を出しても、PHVを選ぶユーザーの割合は4分の1を下回る。

表11より、CVユーザーの多くが乗り換え先でもCVを選ぶことがわかる。補助金を追加するにつれてHVを選ぶユーザーが減り、PHVを選ぶユーザーが増える事から、比較的長距離を走るユーザーが、補助金により価格差の小さくなったPHVを選択すると考えられる。

そして補助金額を30万円追加した場合はHVを選ぶユーザーがいなくなる。この傾向は表9でも見られるが、置換先にCVを選ぶユーザーの割合は表11の方が高い。これは、既にHVに乗っているユーザーの多くが長距離を走ることが原因だと考えられる。

全体を通して、PHVの中でも比較的小さなバッテリーを搭載するPHV10とPHV20が有利になるユーザーが多い。充電切れの心配がないPHVにとって、高価なバッテリーをむやみに大容量化することは避けた方が良いということである。

表10 最適車両タイプ（除HV）

	補助金額			
	補助無	20万円	25万円	30万円
PHV10	0	0	8.9	28.7
PHV20	0	10.8	14.0	15.3
PHV30	0	5.7	6.4	6.4
PHV40	0	5.1	6.4	6.4
PHV50	0	1.3	1.3	1.3
HV	100	77.1	63.1	42.0

(単位は%)

表11 最適車両タイプ (除HV・置換先にCVを追加)

	補助金額			
	補助無	20万円	25万円	30万円
PHV10	0	0	6.7	20.0
PHV20	0	16.2	19.0	21.0
PHV30	0	8.6	9.5	9.5
PHV40	0	7.6	9.5	9.5
PHV50	0	1.9	1.9	1.9
HV	52.4	18.1	5.7	0
CV	47.6	47.6	47.6	38.1

(単位は%)

(5) 車両置換時のCO<sub>2</sub>排出削減量

本節では、各ユーザーの車両を最適な車種に置き換えた時のCO<sub>2</sub>排出の削減量について述べる。以下の表12は、全車両を最適な（10年間で最も費用の小さい）車両に置き換えた時の、年間一人あたりのCO<sub>2</sub>削減量（kg）を示している。表13では置き換える対象からHVユーザーを除き、同様にCO<sub>2</sub>削減量を示している。それぞれの表から、置換先の車両にCVを加えた場合はCO<sub>2</sub>削減量がやや劣る事がわかる。置換元の車両をCVのみに絞った表13では、表12に比べてCO<sub>2</sub>削減量の平均が跳ね上がっているが、対象が全車両の約3分の2（103/157）であり、総合計を比較した場合は全車両を置き換えた時の方がCO<sub>2</sub>削減量は大きい。例えば、補助金を20万円追加し、置換先の車両を「HV・PHV」のみとした場合、全車両を置き換えた場合は年間で342.4トンのCO<sub>2</sub>を削減できるのに対し、CVのみを置き換えた場合の削減量は294.1トンにとどまる。

表12 CO<sub>2</sub>削減量年間平均

	置換先の車両	
	CV・HV・PHV	HV・PHV
補助無	1812.0	2068.9
+20万円	2050.7	2180.8
+25万円	2076.4	2210.4
+30万円	2127.6	2232.7

(単位はkg)

表13 CO<sub>2</sub>削減量年間平均 (除HV)

	置換先の車両	
	CV・HV・PHV	HV・PHV
補助無	2620.2	2795.7
+20万円	2753.9	2855.2
+25万円	2767.5	2875.3
+30万円	2806.4	2892.2

(単位はkg)

6. 結論

(1) 研究成果

a)PHVの実際の経済性を示した。

PHVはHVよりも優れた経済性を持っているというのは必ずしも正しい認識とは言えず、ユーザーの利用実態に合わせた車種選択を行う必要がある。

b)次世代自動車普及がもたらす環境への効果を示した。

現有車両を次世代自動車に置き換えることによるCO<sub>2</sub>削減効果を算出した。しかしHVとPHV、またPHVのバッテリー容量の違いによるCO<sub>2</sub>削減量の違いはさほど大きくないことが明らかとなった。

c)PHVの現状と課題を示した。

東京都と愛知県を除いて、現状、PHVを選ぶことで費用面から有利になるユーザーは非常に限定的と考えられる。HVとPHVの価格差が20万円程度になれば、PHVを選ぶユーザーが3~4割程度存在すると考えられる。

(2) 今後の課題

本研究ではPHV車両の仮定にあたり、重量によるバッテリー電費の変化を、市販されているプリウスPHVの性能を参考に決定したが、車両重量と車載バッテリーの効率に関する一般的な基準があれば、より正確な仮定ができるはずである。また電気料金については昼間・夜間の両方、5章では夜間料金を前提に計算を行ったが、現状夜間料金を利用するためには昼間料金が割高になるプランに加入する必要がある。本研究では昼間料金の割り増し分を考慮していないため、実際にはもう少しPHVが不利となる。PHV等の次世代自動車普及のためには、安価で簡易に夜間電力を利用するための仕組みが必要である。

謝辞：本研究に用いたデータは、(一社)交通工学研究会における「CO<sub>2</sub>排出量の可視化技術の開発」によるものである。本研究を行うにあたり、三輪富生准教授、佐藤仁美助教には貴重な助言を頂きました。深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 堀雅夫・金田武司(2009)：HEV, EV 導入によるエネルギー需給変化と CO<sub>2</sub> 削減の効果, 自動車技術会論文集, No.4, pp.1101-1106.
- 2) Smith, R., Shahidinejad, S., Blair, D. and Bibeau, E.L. (2011a) : Characterization of urban commuter driving profiles to optimize battery size in light-duty plug-in electric vehicles, Transportation Research Part D, Vol. 16, pp.218-224.
- 3) Smith, R., Morison, M., Capelle, D., Christie, C. and Blair, D. (2011b) : GPS-based optimization of plug-in hybrid electric vehicles' power demands in a cold weather city,

Transportation Research Part D, Vol. 16, pp.614-618/

- 4) 加藤ら (2011) : Potential of Plug-in Hybrid Vehicle to Reduce CO<sub>2</sub> Emission Estimated from Probe Car Data in Japan, Toyota Transportation Research Institute.
- 5) Khan, M. and Kockelman, K.M. (2012) : Predicting the market potential of plug-in electric vehicles using multiday GPS data, Presented at TRB 2012 Annual meeting
- 6) Lin, Z., Dong, J., Liu, C. and Greene, D. (2012) : PHEV energy use estimation: validating the gamma distribution for representing the random daily driving distance, Presented at TRB 2012 Annual meeting, Washington DC.

## Analysis on efficiency of plug-in hybrid vehicle

### using GPS survey data at Toyota City

Makoto KUBO, Toshiyuki YAMAMOTO and Takayuki MORIKAWA

In Japan, a lot of people get interested in next-generation vehicles because of penetration of environmental awareness and rising oil prices. Hybrid vehicle (HV) and electric vehicle (EV) are already popular especially the former. Plug-in hybrid vehicle (PHV), the main target of this study is a combination of HV and EV and attracting attentions. However the economy and other benefits of PHV are not well known yet. In this study, reductions in operating costs and CO<sub>2</sub> emissions were investigated by using GPS survey data at Toyota City. As a result, this study revealed the obstacles for spread of PHV.