

ソーラー充電システム ～プリウスは ついに太陽光を 走るエネルギーに～

Solar Charging System for Prius PHV

中堂 敬司、三好 達也

Takashi NAKADO, Tatsuya MIYOSHI

Solar panels for vehicles can't generate as much power for driving because of size limitation. Therefore, Toyota has developed a solar charging system for Prius PHV that can use solar energy for driving. This system can efficiently charge the traction battery with the low power generated by the solar panel. The power generated can charge the traction battery while the vehicle is parked.

Keywords: solar photovoltaics (PV), PV for vehicle, solar charged vehicle, battery charging.

1 はじめに

燃費向上や排出ガス低減は自動車産業にとって大きな使命である。加えて、各国の燃費や排出ガスに関する規制は年々厳しくなっており、低燃費・低排出ガスに貢献する自然エネルギーとして、太陽電池の活用が期待されている。

車両において太陽電池を搭載可能な場所を考えた時、最も制約無く搭載可能な場所はルーフ(Fig.1)となるが、その面積は高々1~2m²程度である。例えば、今回新型プリウス PHV に搭載した太陽電池の定格発電電力は約 180W あり発電効率として良いものではあるが、対してプリウス PHV のシステム最大出力は 90kW であるため、電力の需給バランスとしては全く釣り合わない。よって、動力源として使用される車載太陽電池はレース用のソーラーカーなどごく一部の専用用途に限られ、量産車への適用は夢のまた夢だった。

2 車載ソーラーと電動車両との親和性

近年、PHV や EV 等の電動車両の普及により、車両駆動用のエネルギー源として大容量の蓄電池を備えた車両が登場している。電力としての需給バランスが釣り合わないとはいえ、エネルギーとしては、日本国内では一日当たり 3.5kWh/m²程度が太陽から地表に降り注いでいる。新型プリウス PHV は電気エネルギーを駆動エネルギーに変換する場合に 10.54km/kWh という電費で、68.2km の航続距離を 8.8kWh の駆動用電池で達成しているため、この 3.5kWh/m² という太陽エネルギーを効率よく電気エネルギーに変換し貯蔵ができれば駆動用の動力源とできる非常に大きなポテンシャルが存在する。電動車両の登場により、太陽電池のよ

うな小さい電力でも大容量の蓄電池を活用して朝から夕まで、車両駐車中の長い時間をかけて充電することで小さい電力に長い時間を掛け、大きな電力量を得て蓄積する事が可能となったことで、太陽光を走行用のエネルギーとして利用できる環境が整った。

3 プリウス PHV ソーラー充電システム

今回、新型プリウス PHV にソーラー充電システムをオプションとして搭載し、量産車として、世界で初めて太陽光を走るエネルギーへ変えるシステムを実現した。



Fig.1 Solar roof.

このシステムは、車両の状態にあわせ大きく 2 種類の動作をとる。車両のパワースイッチが押され起動状態にある場合には補機バッテリー系統へ給電し、車両を起動しておくために必要な電子部品やライト・ナビ・オーディオ等の電装品の消費電力を補い、車両が起動状態ではない駐車中には、新型プリウス PHV の 8.8kWh(EV 走行距離に換算すると 68.2km 相当)の大容量の駆動用電池に対し、車載ソーラールーフにより発電した電力を用いた充電を可能とするシステムである(Fig.2)。

駐車中の充電性能として、名古屋における平均年の日射環境下で一日当たり最大 6.1km, 平均 2.9km の充電を可能とする。

また、電池への充電を可能とするシステムであるため、駆動用途だけでなくフレキシブルにエネルギーを使用することができ、車載の AC100V コンセントへの給電機能など車両が本来可能とする様々な電源利用の用途に活用できるものとなった(Fig.3)。

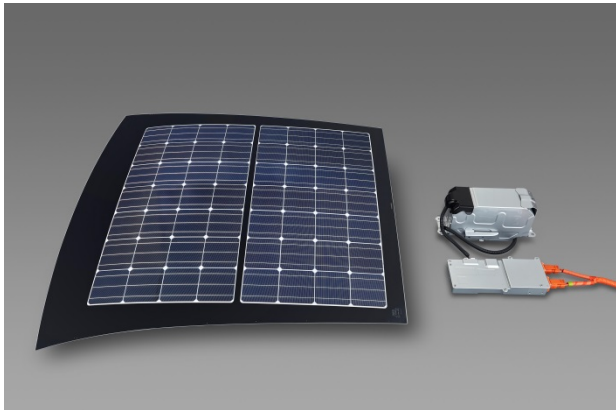


Fig. 2 Solar charge system.



Fig. 3 Vehicle power connector (AC100V outlet).

4 性能向上の課題と工夫

このシステムは前述の通り車両の駆動用電池に充電するものだが、一般的に電池の充電の際には電池の温度や電圧・電流などの状態を取得・演算し電池の充電状態を監視し管理するための BMS(Battery Management System)が必要であり、新型プリウス PHV の駆動用電池にとっては電池 ECU や HV-ECU と呼称する車載コンピュータ類、また電力系統の遮断のためのリレー等がその役割を担っている。それらの起動及び付随する各種機器の起動にかかる消費電力が存在し、この消費電力は太陽光発電電力に対し無視できないほ

ど大きいため、ソーラー充電システムの効率を著しく悪化させてしまう課題が存在する。

太陽光発電での発電電力は時刻や天候や季節、そして外的要因による日影などの影響により容易に変動するため、発電電力が低下するシーンではシステム効率が低下するばかりか、駆動用電池充電のための消費電力を発電電力が下回ってしまい、充電電力として取り出せない場合もありうる(Fig.4)。

システム効率を向上させる、つまり BMS 及び周辺機器により消費されるエネルギーを抑制するためには、消費電力を抑制するか、消費電力の発生する時間を短くするか等の2つの手段がある。今回は、車両の駆動用電池として用いられる高電圧のリチウムイオン電池用の大規模な BMS の起動が不要で済む一時蓄電用の小型の電池を用意し、消費電力の発生する時間を短くする手段を取った。

つまり、始めは Fig. 5-1 のように BMS を起動せずに一時蓄電用の小型の電池を効率よく充電し、ある一定以上充電された後に Fig.5-2 のように BMS を起動させ一時蓄電用の小型の電池から放電し、BMS の消費電力

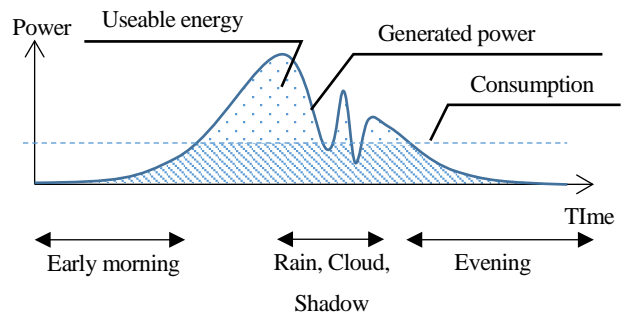


Fig. 4 Decrease of efficiency by consumption.

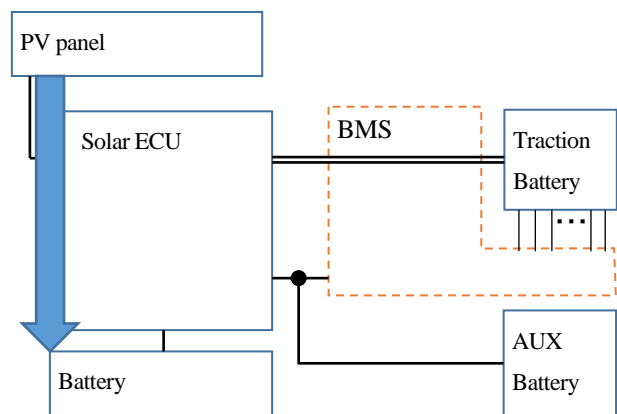


Fig. 5-1 Power path when temporary charging.

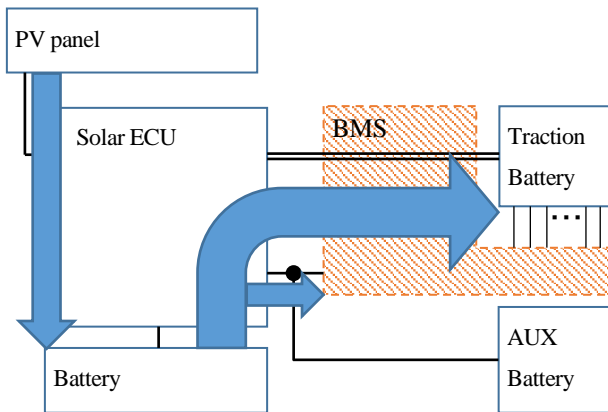


Fig. 5-2 Power path when traction battery charging.

を給電しつつ、駆動用電池を充電する動作を行う。この工夫した動作を” Pump Charging ”と呼称している。BMS が電力を消費しない一時蓄電期間と、BMS に電力を消費させつつ駆動用電池を充電する期間を Fig. 6 のように繰り返す結果として BMS が電力を消費している時間が短くなり、発生する電力としては変化が無くてもシステム効率を向上させることが可能となる。

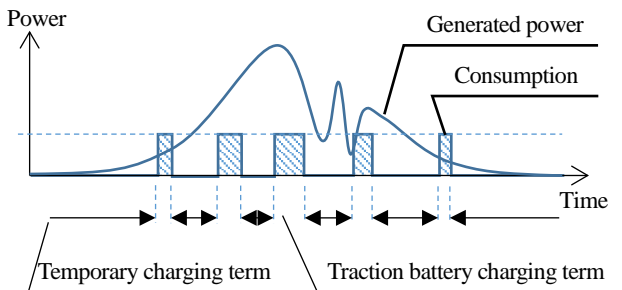


Fig. 6 “Pump Charging”.

5 実現手段

“Pump Charging”手法を用いたソーラー充電システムの実現のために、専用の一時的蓄電用電池と ECU(Electric Control Unit)を設ける。Fig. 7 のように、一時的蓄電用電池はセンターコンソール内に、ECU はリアシート下にそれぞれ収められる。

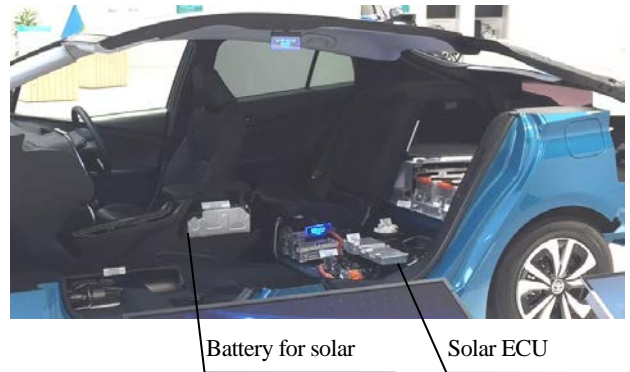


Fig. 7 Installation of solar charging system.

ECU には、一時蓄電用電池の充電と太陽電池の発電制御(MPPT)のための DCDC コンバータ①と、一時蓄電用電池を放電し駆動用電池を充電するための DCDC コンバータ②と、BMS が補機バッテリー系統から消費する電力を供給するための DCDC コンバータ③の 3 つの DCDC コンバータが必要となる。さらにソーラー充電システム用の一時蓄電用電池の BMS を組み合わせ、太陽電池と一時蓄電用電池とも組み合わせ、Fig. 8 のようにシステムを構成した。これらは、駆動用電池や BMS としての電池 ECU・HV-ECU・リレーのような車両側の電池システム・充電システムには極力手を加えず、あくまでも既存の充電システムにソーラー充電システムを add-on できるように工夫した構成となっている。これら三つの DCDC コンバータとソーラー用 BMS 及び付随回路は一体化し、ソーラー ECU と呼称する Fig. 9 の一つの筐体内に収めている。

6 充電性能

新型プリウス PHV のソーラー充電システムでは、Fig. 10 のような季節による変動や日々の天候による変動を考慮したモデルを用いて、名古屋において一日当たり駐車中充電量として、最大 6.1km 平均 2.9km の充電性能を有する。環境への貢献や先進性のみならず、

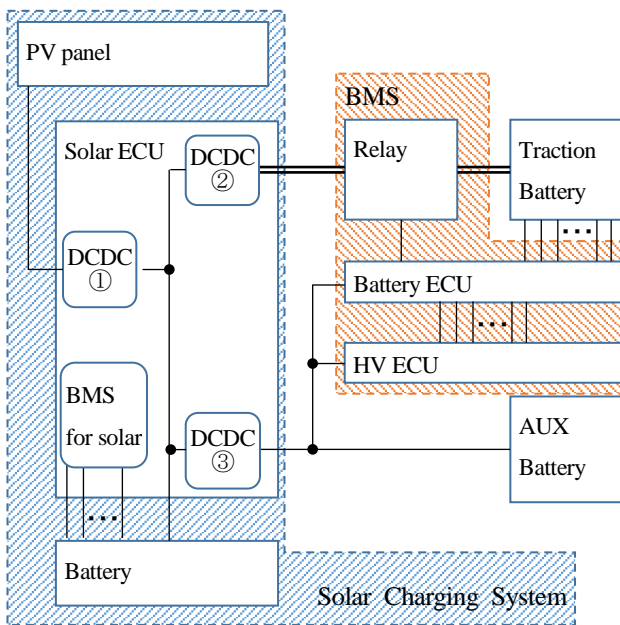


Fig. 8 Solar charge system structure.

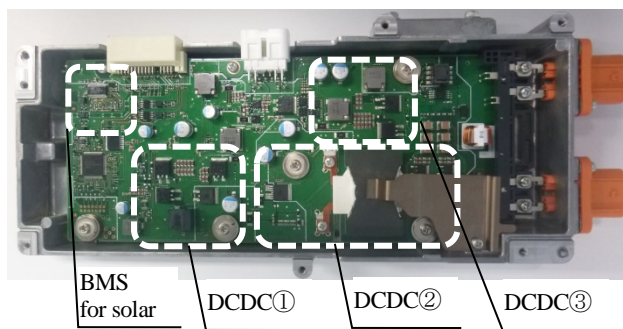


Fig. 9 Solar ECU.

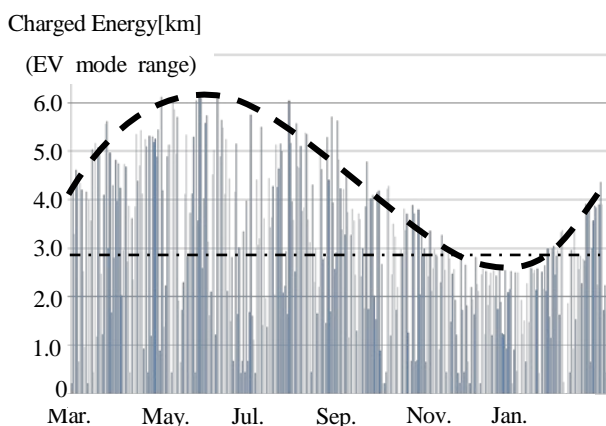


Fig. 10 Annual charged energy.

例えば平日に日光の当たる屋外に駐車されているお客様の車両がその期間中にソーラー充電され、週末の移動にご利用いただくような利便性にもつながるものである。

また、日本国内の各地点においては Table 1 の通り推定している。

Table 1 EV range estimated from solar charged energy.

city	[km/day]	
	Max	Ave.
Sapporo	6.2	2.4
Sendai	5.7	2.4
Tokyo	5.3	2.4
Nagoya	6.1	2.9
Kanazawa	5.3	2.4
Osaka	5.3	2.6
Hiroshima	5.9	2.9
Takamatsu	5.7	2.9
Fukuoka	5.8	2.7
Naha	5.5	3.1

7 まとめ

太陽電池の小さい発電電力を効率的に蓄電する工夫により、量産車世界初のソーラー充電システムを開発し世に送り出す事ができた。

自動車は今まで燃料の供給やプラグイン充電などのインフラとの接続を前提に運用されているが、太陽光を走るエネルギーに変えるソーラー充電システムにより、量産自動車の100年以上の歴史の中で初めてエネルギー供給インフラから解放され、1台の車両のみでエネルギー供給から走行までの1サイクルが完結する自立した運用が可能となる大きな第一歩を踏み出すことができた。