

## 非常災害時等における宅内自立動作時のHEMS制御技術

小坂忠義<sup>†1,a)</sup> 渡辺雅浩<sup>†2,b)</sup> 松田勝弘<sup>†3,c)</sup> 浅利真宏<sup>†4,d)</sup> 勝木 伸夜<sup>†5,e)</sup>

**概要:**大震災等により電力供給が途絶えた場合にも、家庭での生活維持に必要な電力を長期間安定して確保するためのHEMS制御技術を検討した。停電時に太陽光発電PCSを自立運転させて家庭内の電力をまかなう為には、家庭内負荷をPCS出力以下に制御する必要がある。そこで、本稿では、家庭内機器の優先順位をあらかじめHEMSに設定し、日射量の変化などによってPCS出力が低下する場合には、優先順位の低い機器の負荷を減らすシステムを提案する。また、本システムを実現する為、市販されている数種類のPCSについて、日射量や負荷が変動した場合の自立運転時の直流電圧、直流電流、コンデンサ電圧などの挙動を調査した結果を示し、PCSの動作状態の推移から過負荷状態の兆候を検出して家庭内機器を制御する新たな手法を示す。

**キーワード:**HEMS, PCS, 自立運転, 太陽光発電, 蓄電池

## HEMS Control Technology for Self-power Operating House in Disaster

TADAYOSHI KOSAKA<sup>†1,a)</sup> MASAHIRO WATANABE<sup>†2,b)</sup>  
KATSUHIRO MATSUDA<sup>†3,c)</sup> MASAHIRO ASARI<sup>†4,d)</sup> SHINYA KATSUKI<sup>†5,e)</sup>

**Abstract:** We developed the HEMS control technology to maintain daily life in house, even when the power black-out occurs by a disaster like a heavy earthquake. In order to use self-operating solar power in long time, the demand in house could be controlled lower than the supply. In this work, we proposed the HEMS that could reduce the power of the lower priority appliances when a power supply from a solar power generator reduced by a natural solar radiation decrease. The priorities of the appliances should be set preliminarily. We researched the DC-voltage, the DC-current, and the capacitor voltage of the five commercially available PCSs, when the solar radiation changed in the self-operating mode. Finally, we developed the method for controlling the demand in house based on the prediction of the power supply that is estimated from the parameters in the PCS.

**Keywords:** HEMS, PCS, Self-operating, Solar Power Generation, Battery

### 1. はじめに

東日本大震災により、電気・ガス・水道等のライフラインが長期間途絶え、多くの家庭で生活維持が困難になった。震災後の在宅被災者の状況と対応行動を調査した研究[1]によれば、電力の途絶率が震災直後は約75%であり、10%を切るまでに7日間を要した。

現在市販されている住宅向け太陽光発電用パワーコンディショナー（PCS）の殆どは、系統電力の停電時に自立運転に切り替えて運転できる機能があり、本体に設置された非常用コンセントから電力を得ることができる。しかし、

PCSにコンセントを接続できる機器しか使用できず、また、1,500 W という上限電力が設定されているため、利用できる機器に制限がある。仮にPCSの上限電力が無い場合でも、雲の動きなどの自然変動によって電力供給が上下し、電力需要も常に変動するので、受給バランスを管理する為の仕組みが必要となる。

一方で、家電機器を制御して節電を行ったり、電力使用量を計測して表示するホーム・エネルギー・マネジメント・システム（HEMS）が各社より提案されている[2][3]。

そこで本研究では、平常時には電力使用量の確認や節電を行い、電力供給が途絶えた場合には太陽光発電装置や蓄電池などの自立動作によって生活維持に必要な電力を長時間確保するHEMS制御技術の開発・実用化を検討した。

### 2. 先行研究

停電時に分散電源と蓄電池を有効利用するため、選択負荷遮断機能を持った需給管理システムがシミュレータ上で検討されている[4]。複数の負荷に優先順位を定め、日射量による太陽光発電電力の変動や、蓄電池の残容量を基に、需給状態をモニタし、供給不足の場合には優先順位の低い負荷から電力を遮断するシステムである。日射量の予測は

†1 (株)日立製作所 横浜研究所  
Hitachi Ltd. Yokohama Research Laboratory

†2 (株)日立製作所 日立研究所  
Hitachi Ltd. Hitachi Research Laboratory

†3 東北電力株式会社 研究開発本部  
Tohoku Electric Power Co., Inc. Research & Development Center

†4 一般財団法人電力中央研究所 システム技術研究所  
Central Research Institute of Electric Power Industry

†5 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 EMSソリューション部  
Hitachi Consumer Electronics Co., Ltd. EMS Business Dept.

a) tadayoshi.kosaka.vf@hitachi.com  
b) masahiro.watanabe.ma@hitachi.com

c) kmatsuda@rdc-tohoku.jp

d) asari@criepi.denken.or.jp

e) shinya.katsuki.ke@hitachi.com

日射量計を用い、日射量と最大発電可能電力の近似式から、その時点での太陽光発電出力を求めている。

また、発電用の太陽電池とは別にモニタ用太陽電池を設置し、モニタ用太陽電池の開放電圧から最大発電可能電力を求め、供給不足の場合に消費電力の大きい負荷から順にブレーカを遮断するシステムが提案されている[5]。

本研究では、これらの先行研究を踏まえて、生活維持に必要な電力を長時間確保する自立システムを作製する為の機能要件と制御方法を検討した。

### 3. 電力自立システムの制御方法の検討

本稿では、電力システムの停電時においてもコンセントの付け替え作業などを行わずに普段の生活がそのまま維持できるように、家庭用分電盤から電力を供給する方法を検討した。全体構成を図1に示す。平常時、PV (Photo Voltaic = 太陽電池) からの直流出力はPCSで交流に変換され、分電盤で宅内の電力線に接続される。停電時はPCSの非常コンセントから出力される交流電力が自立切替器に接続される。自立切替器はPCSの非常コンセントから出力と電力システムからの出力を切り換える装置で、HEMSコントローラからの信号で制御される。自立切替器内には変圧器が設けられており、非常コンセントの100Vを200Vに電圧変換する機能を有する。分電盤に入った電力は、100Vもしくは200Vの家電に接続される。分電盤には電力を測定する機能と、HEMSコントローラからの制御信号を受けて各家電に接続される個別ブレーカの開閉を制御する事ができる。各家電はHEMSコントローラからの制御を受けて動作モードを変更する機能を持つ。蓄電池はHEMSコントローラに蓄電残量の情報を送り、HEMSコントローラからの制御信号に応じて蓄電・放電・停止の状態を切り換える。蓄電池の市販価格は高いので、蓄電池のある場合と無い場合の両方を想定する。

#### (1) 連系・自立のシームレス切り換え

停電時に自立運転に切り換えるのに時間がかかると、多くの機器が動作を停止したり、動作状態が変化する。インバータ蛍光灯、冷蔵庫、エアコンについて電圧低下率と低下時間による動作継続性を調査している過去の研究[6]では、電圧低下率が60%を超えると3サイクル(約50ms)で動作停止が観測されている。

本研究では、より多くの家電の特性を把握する為、液晶TVやエアコンなど11種類の家電機器について、0.1秒から10秒までの電源切断による動作の影響を調査した。結果を表1に示す。0.1秒の電源切断でも、エアコンなど11種類中4種類の機器が何らかの動作変化を示した。0.2秒以上では6種類の機器に影響が現れた。従って、停電時における連系運転から自立運転への切り換え時間は、少な

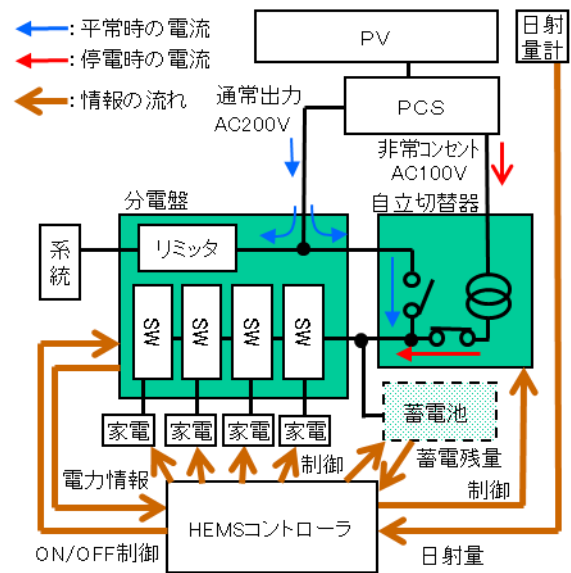


図1 電力自立システムの構成

Figure 1 Schematic diagram of isolated operation system

表1 電源切断時間による運転継続性

Table 1 Sustainability against momentary stop.

機器	電源切断時間(s)による運転継続性 (○:継続, △:状態変化, ×:停止)						備考
	0.1	0.2	0.5	1	5	10	
液晶TV	△	△	△	△	△	△	△: 9秒後に復帰
LEDスタンド	×	×	×	×	×	×	消灯後待機状態
扇風機	○	○	○	○	○	○	
PC(UPS付)	○	○	○	○	○	○	
エアコン	△	△	×	×	×	×	△: 送風
冷蔵庫	○	×	×	×	×	×	コンプレッサ停止
DVDプレーヤ	×	×	×	×	×	×	待機状態
蛍光灯	○	△	△	○	○	○	△: 調光モード変更
携帯電話充電器	○	○	○	○	○	○	
白熱灯	○	○	○	○	○	○	
炊飯器	○	○	○	○	○	○	

表2 PV-PCSの自立-連系切り換え時間

Table 2 Shift time between self-operating and grid-connected mode in PV-PCS.

機種	連系→自立 切り換え時間 (s)	自立→連系 切り換え時間 (s)	切り換え手段
A	6.1	23.7	手動
B	20.2	26.2	手動
C	4.7	20.2	自動
D	8.3	20.5	手動
E	35.4	200.0	手動

くとも0.1秒よりも短い時間でないと家電機器に影響を及ぼす事が分かった。

次に、市販されている5種類の太陽光発電用PCSについて、連系運転から自立運転、自立運転からの連系運転の切り換え時間を測定した。結果を表2に示す。電力システムの停電時に相当する連系→自立の切り換え時間は4.7~35.4秒必要であった。また5機種中4機種は切り換えを手動で行う必要があるため、操作の為の時間が追加が必要となる。

以上の結果より、連系運転から自立運転の切り換え時間は、少なくとも0.1秒よりも短い時間でないと家電機器に影響を及ぼすのに対し、市販されている太陽光発電用PCSの切り換え時間は数秒以上必要なため、そのままでは対応が困難であることが分かった。シームレスな切り換えを実現するには図1に示したように蓄電池を用いるか、PCSを改造して切り換え時間を高速化する必要がある。

## (2) 蓄電池が無い場合の家電制御

蓄電池が無い場合には、PVは電力需要に応じて発電し、宅内の電力需要が電力供給の上限である最大発電可能電力を超えそうな場合にはHEMSコントローラは家電機器の動作モードを変更したり、動作のON/OFFを制御する事で、需要を抑制する方法が考えられる。図2に宅内需給ギャップに応じた断続的な家電の制御方法を示し、表3に図中のA-Gの期間における家電機器の動作状態を示す。ここでは簡易的に家電が3種類で、動作状態もOn/OFFしかない場合を例に説明する。

HEMSコントローラの記憶装置には、あらかじめ各家電機器の優先順位が設定されている。太陽が昇り始めの期間Aでは、HEMSコントローラは太陽光発電装置の最大発電可能電力を基に優先順位の最も高い家電Aを動作させるのに十分な電力供給がある場合に動作信号を出す。このとき、時間と共に最大発電可能電力は上昇するが、PCSは電力需要に応じて発電を行う。期間Bでは、HEMSコントローラは最大発電可能電力と電力需要の差分である需給ギャップを基に家電Bの動作可否を判定してから家電Bを動作させる。期間Cにおいては、同様に判定後家電Cを動作させる。期間Dでは気象の変動により太陽光発電装置の最大発電可能電力が減少し、家電Cを動作させる電力供給が無くなりそうだとHEMSコントローラが判断して停止させる。期間Eでは、さらに最大発電可能電力が減少するので、家電Bを停止させる。期間Fで気象条件が改善すると、HEMSコントローラが家電Bを動作させるのに十分な電力供給があると判断して家電Bを再度動作させる。期間Gでは太陽が傾き再び日射が減少する為、家電Bを停止し、さらに日射が減少した場合には家電Aも停止する。

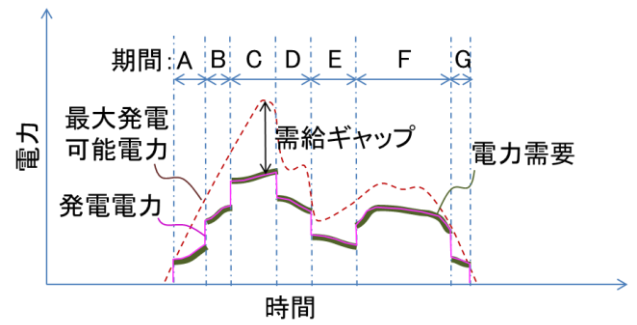


図2 宅内需給ギャップに応じた断続的な家電の制御方法  
 Figure 2 Periodic control method of home appliances depending on supply-demand gap in house.

表3 家電機器の期間帯別の動作状態

Table 3 States of home appliances in each period.

優先順位	機器	期間帯別の動作状態						
		A	B	C	D	E	F	G
1	家電A	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
2	家電B	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF
3	家電C	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

## (3) 蓄電池がある場合の充放電制御

充電と放電を瞬時に切り換えられ、充電電力と放電電力を自由に調整する機能を有する蓄電池がある場合、PVは常に最大電力で発電し、過不足を蓄電池の充放電で賄う方法が考えられる。図3に宅内の発電電力と電力需要の時間変化に応じた連続的な蓄電池の充電・放電制御方法を示す。

深夜から朝にかけては蓄電池からの放電で電力需要を満たす。その後太陽が昇り、太陽電池による電力供給量が電力需要を上回ったら蓄電池への充電に切り換える。天候の変化により日射量が低下し、再び供給が需要を下回れば、蓄電池からの放電に切り換える。放電電力、充電電力は需給ギャップに応じて蓄電池が連続的に変化させる。

蓄電池が充電と放電を瞬時に切り換えられない場合には、切り換えの瞬間に電力が停止するので、表1に示したように家電機器のいくつかは動作が停止したりモードが変更したりすると予測される。従って、放電の充電の切り換え時間は少なくとも0.1秒よりも短い必要がある。

この制御方法を用いる場合のHEMSコントローラの役割は、蓄電残量を管理して、残量が無くならないように需要を計画的に制御する事である。

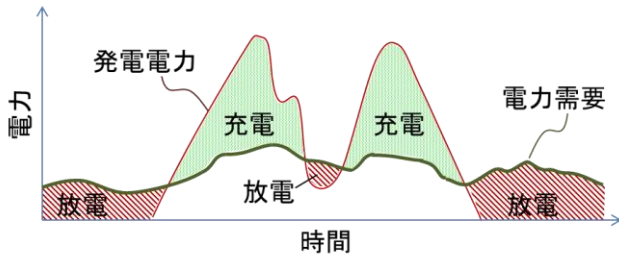


図3 宅内の発電電力と電力需要の時間変化に応じた連続的な蓄電池の充電・放電制御方法

Figure 3 Continuous control method of charging and discharging battery depending on power supply and demand in house.

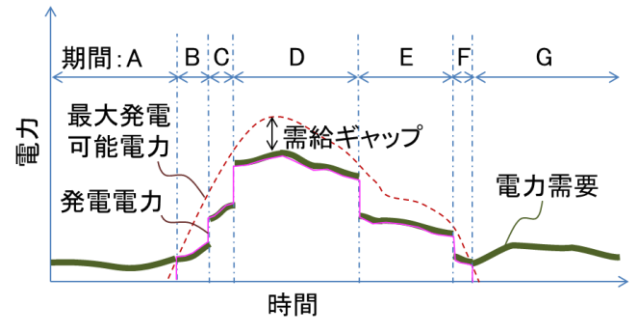


図4 宅内需給ギャップに応じた断続的な蓄電池、家電、太陽光発電の制御方法

Figure 4 Periodic control method of home appliances, battery, and PV depending on supply-demand gap in house.

**(4) 蓄電池の充放電電力切り換えが瞬時にできない場合の制御**

蓄電池が充電と放電を瞬時に切り換えられない場合には、表1に示したように切り換える瞬間に家電機器のいくつかは動作が停止したりモードが変更したりすると予測されるので、図3の制御方法を用いる事ができず、図2に示した宅内需給ギャップに応じた断続的な蓄電池の充電・放電制御方法を用いて、太陽光発電による電力のみで動作を続ける必要がある。

**(5) 蓄電池の充放電電力を調整できない場合の制御**

市販されている蓄電池の中には充電電力もしくは放電電力が調整できない場合もある。この場合には、図3に示した動作をさせようとした場合、切り換える瞬間に需給バランスが崩れてシステムがダウンする危険性がある。たとえば蓄電池を放電状態から充電状態に切り換える場合、蓄電池の放電による電力供給が減ると同時に充電による電力需要が増える事になり、需給バランスが崩れて太陽光発電のPCSが停止する危険性がある。

このため、HEMSコントローラが最大発電可能電力と電力需要の差分である需給ギャップを把握し、蓄電池の動作状態を制御する方法が考えられる。図4に宅内需給ギャップに応じた断続的な蓄電池、家電、太陽光発電の制御方法を示し、表4に図中のA-Gの期間における各機器の動作状態を示す。ここでは簡易的に家電が3種類で、動作状態がON/OFFしかない場合を例に説明する。

HEMSコントローラの記憶装置には、あらかじめ各家電機器の優先順位が設定されている。深夜から太陽が昇り始める期間Aでは、蓄電池が放電状態にあり、優先順位の高い家電A、家電Bが動作状態、優先順位の低い家電Cが停止状態にある。太陽が昇ると同時に蓄電池の放電を停止すると太陽光発電による最大発電可能電力が電力需要より小さく太陽光発電用PCSが過負荷になる可能性がある為、ここでは太陽光発電を停止したまま蓄電池からの放電を続ける。期間Bになり、最大発電可能電力が電力需要より大

表4 機器の期間帯別の動作状態

Table 4 States of home devices in each period.

優先順位	機器	それぞれの期間における動作状態						
		A	B	C	D	E	F	G
1	家電A	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
2	家電B	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
3	家電C	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
-	蓄電池	放電	停止	停止	充電	停止	停止	放電
-	太陽光発電	停止	発電	発電	発電	発電	発電	停止

きくなったことをHEMSコントローラが判断すると、蓄電池の放電を停止すると同時に太陽光発電装置の出力をONにする。このとき、時間とともに最大発電可能電力は上昇するが、PCSは電力需要に応じて発電を行う。期間Cでは、最大発電可能電力がさらに大きくなり、需給ギャップが家電Cを動作させるのに十分大きいとHEMSコントローラが判断すると家電Cを動作させる。期間Dにおいては、HEMSコントローラは、需給ギャップが蓄電池の充電電力(固定値)を超えたと判断して、蓄電池を充電させる。期間Eでは気象の変動により太陽光発電装置の最大発電可能電力が減少し、蓄電池を充電させる電力供給が無くなりそうだとHEMSコントローラが判断し、蓄電池の充電を停止させる。期間Fでは、さらに最大発電可能電力が減少するので、家電Cを停止させる。期間Gでは日射が減少して最大発電可能電力が電力需要より小さくなるとHEMSコントローラが判断して、太陽光発電装置を停止して蓄電池を放電させる。

## 4. 実験と評価

### 4.1 需要変動時における自立運転PCSの動作

これまでの検討で、宅内システム全体を長期間にわたって自立動作させるためには、太陽光発電用PCSが電力需要に合わせて自立運転する際の最大発電可能電力の把握が必要であることが分かった。しかし、市販されている太陽光発電用PCSには最大発電可能電力を測定したり、通知する機能がない。過去の研究[4][5]では、HEMSコントローラに設置された日射量計やモニタ用太陽光パネルによって最大発電可能電力を予測する手法が示されているが、位置の違いなどにより、実際の太陽光パネルの状態を必ずしも反映しないケースが考えられる。ここでは、太陽光発電用PCSの状態から、自立運転時の需給ひっ迫の兆候や最大発電可能電力そのものを予測する事ができないか、5機種の太陽光発電PCSの自立動作を調査した。

太陽光発電用PCS（機種A）の非常用自立運転コンセントに負荷を接続した場合の直流電圧-直流電流の時間変動を図5に示す。各データは20ms毎に計測した。

当初550Wの負荷を接続し、10秒後に負荷を追加して650Wとした所、実験時の気象状況における出力限界に近い値だったらしく、実験開始から29秒で過負荷となり、出力が停止した。横軸直流電圧、縦軸直流電力のグラフ上の動作点の推移を図6に示す。インバータ回路の損失があるので、直流電力は負荷550Wの場合は約600W、負荷650Wの場合は600Wの電力で動作していた。出力停止する直前、太陽光発電PCSは最適動作点を探索する為、動作電圧を約20Vまで低下させてから220Vまで上昇させるという動作を行った。この時得られたグラフは太陽光パネルの動作特性そのものを表すと考えられ、異なるPCSでも同じ日射量同士の比較ではほぼ同じ軌跡を描いた。太陽光発電PCSが最大発電可能電力より低い電力で発電する場合は、グラフより、動作点はピーク電圧を挟んで高い電圧範囲と低い電圧範囲の2つが考えられるが、今回調査した5機種のPCSは全て高い電圧範囲で動作させていた。高い電圧範囲では、同じ電力を得るのに電流が小さく、配線での発熱を抑制できるためと考えられる。

出力停止の瞬間の直流電圧、内部コンデンサ電圧、交流出力電圧の時間推移を図7に示す。直流電圧、コンデンサ電圧がほぼ同じタイミングで電圧低下した後、交流出力電圧が低下する事が分かる。

直流電圧、コンデンサ電圧の変化をトリガとして需要負荷を制御しようとした場合に利用できる時間的な余裕を検討した。それぞれの閾値を、コンデンサ電圧が10%低下する時間、あるいは直流電圧がピーク電力位置に相当する170Vまで低下する時間と想定した場合、交流出力電圧が電気事業法で定められた家庭用電源の下限電圧である95Vを下回るまでにはそれぞれ0.3秒、0.2秒であった。

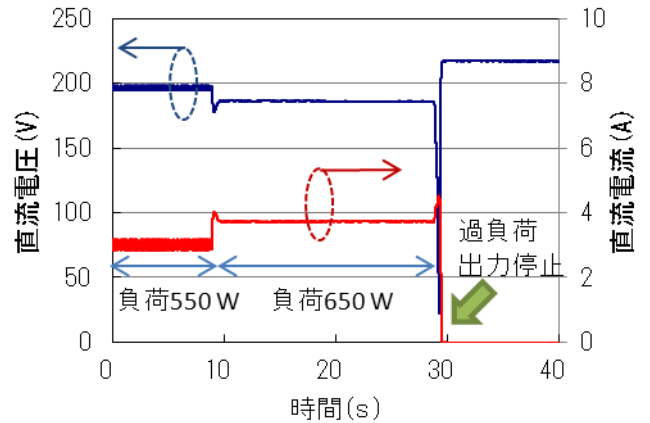


図5 自立運転中の直流電圧と直流電流の時間変動  
 Figure 5 DC-voltage and DC-current of PV at isolated operation.

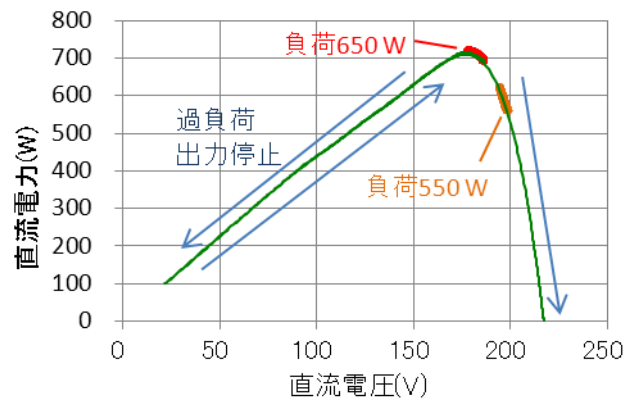


図6 自立運転中の動作点の移動  
 Figure 6 Moving of isolated operating point of PV.

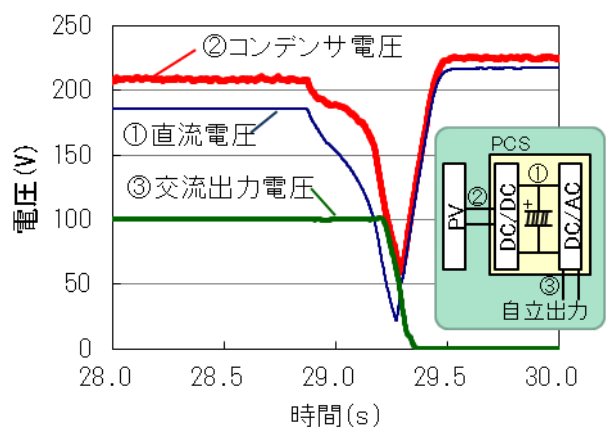


図7 出力停止の瞬間の各電圧の時間変動  
 Figure 7 Various voltage change at the time of power down.

4.2 日射量変動時における自立運転 PCS の動作

日射量が急激に低下する状況における自立運転 PCS (機種 B) の直流電圧, コンデンサ電圧, 交流電圧の変化を図 8 に示し, 図 9 に動作点の動きを示す. 雲の移動によって太陽光発電パネルと平行に設置した傾斜面日射量計の測定値は 14 秒間に 70%以上低下した状況で, 直流電圧は電力負荷に応じた発電量を保つため, 動作点を電圧の低い方向に移動させた. その後, 最大発電可能電力が目標電力を下回った為, 太陽光発電 PCS は最適動作点を探索する為, 動作電圧を約 10 V まで低下させてから 200 V まで上昇させるという動作を行った.

コンデンサ電圧が 10 % 低下する時間, および直流電圧がピーク電力位置に相当する 170 V まで低下する時間と, 交流出力電圧が 95 V を下回るまでの時間差はそれぞれ 1.0 秒, 0.7 秒であった.

同様に 5 機種分の時間差を測定した結果を表 4 にまとめた. 機種 A は負荷変動による動作と日射量の変動による動作がほぼ同じであった. 機種 C, 機種 D ではコンデンサ電圧の変化がある場合と無い場合が観測された. 機種 E はコンデンサ電圧の低下が観測されたが, 交流出力の低下とほぼ同時だった.

以上より, 直流電圧の変化をトリガとして需要負荷を制御しようとした場合には 0.3 秒以内に負荷を制御する必要があることが分かった. また, コンデンサ電圧は, PCS 停止直前に電圧変動が見られるケースと見られないケースがあるため, 負荷制御のトリガには不向きであることが分かった.

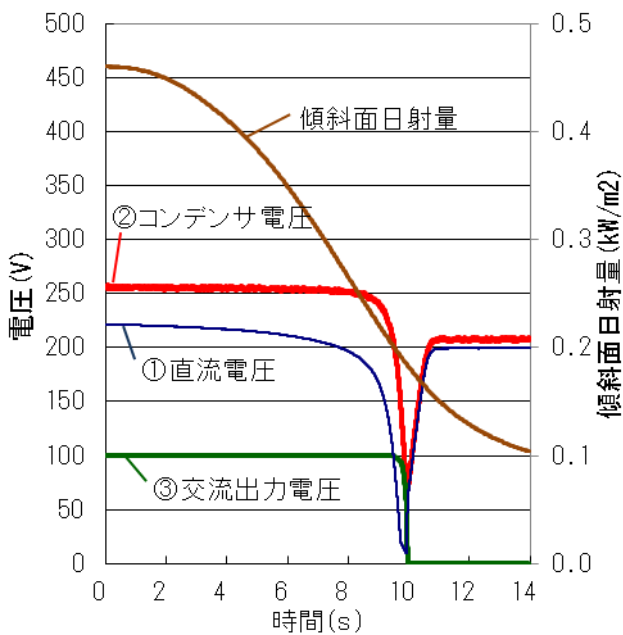


図 8 日射量変動時における各電圧の時間変動  
 Figure 8 Various voltage change at rapid sun-light down.

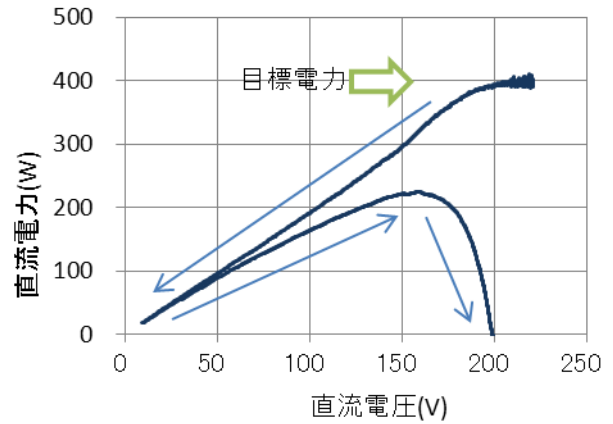


図 9 日射量変動時における動作点の動き

Figure 9 Moving of isolated operating point of PV at rapid sun-light down.

表 5 直流電圧及びコンデンサ電圧の低下と交流出力低下の時間差

Table 5 Time intervals between DC-voltage or charged voltage down and AC-voltage down.

機種	変動要因	直流電圧低下(閾値 170 V)と交流出力低下(閾値 95 V)の時間差 (s)	コンデンサ電圧低下(閾値 10%)と交流出力低下(閾値 95 V)の時間差 (s)
A	負荷	0.3	0.2
A	日射	0.3	0.2
B	日射	1.0	0.7
C	日射	0.6	-
D	日射	0.4	-
E	日射	0.5	0 (ほぼ同時)

4.3 自立運転時の最大発電可能電力の予測方法の提案

様々な日射量における太陽光パネルの動作曲線を図 10 に示す. 日射量に応じて直流電力が大きくなる方向へ曲線が変化する. 最大発電可能電力は日射量と相関性が高く, 日射が大きいほど最大発電可能電力も大きい. 傾斜面日射量と最大発電可能電力の関係を示した図 11 から, 両者が略比例関係にあることが分かる.

ここで, 図 10 において, 最大発電可能電力を示す直流電圧より低い電圧範囲の動作曲線に着目すると, この電圧範囲の電力も日射量と相関性が高いことが分かる. そこで, 直流電圧 100 V および 150 V における直流電力と最大発電可能電力の関係を図 12 に示す. これらの値も最大発電可能電力と略比例関係にあることが分かる.

図 13 に示したように太陽光発電用 PCS を自立運転させる際には, 今回調査した 5 機種 PCS は全て最大発電可能電力を示す電圧よりも高い電圧で動作点を定めていた. 動

作点を最大発電可能電力を示す電圧よりも低い電圧に設定すれば、直流電圧と直流電流を測定して、図 12 のグラフを参照する事で、日射量計を用いることなく最大発電可能電力を求めることができると考えられる。

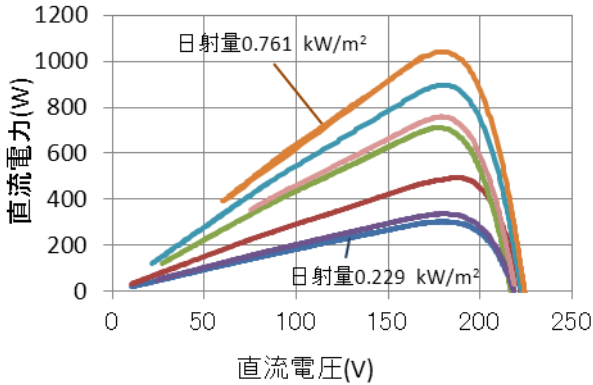


図 10 様々な日射量における太陽光パネルの動作曲線  
 Figure 10 PV operating curve at various sun-light.

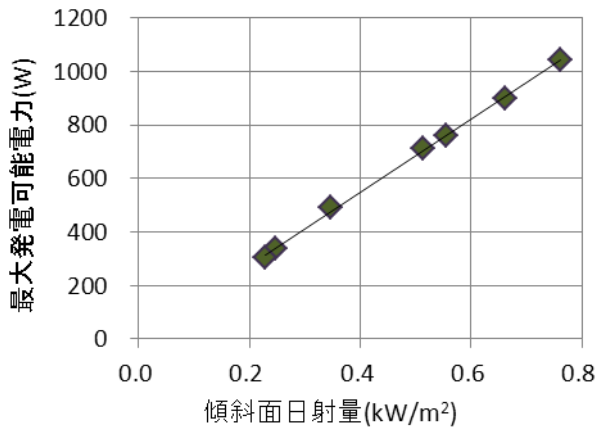


図 11 最大発電可能電力の傾斜面日射量依存性  
 Figure 11 Maximum output power depending on sun-light.

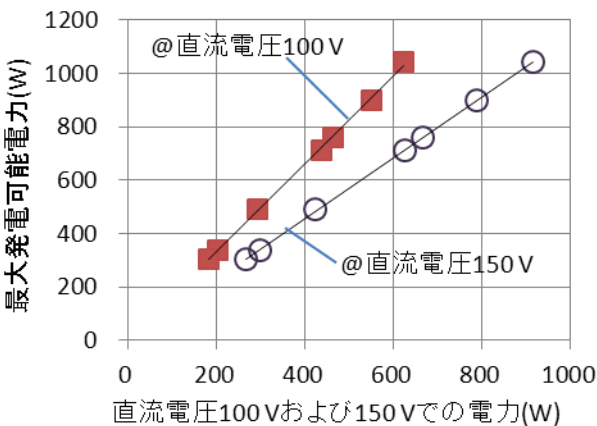


図 12 直流電圧 100 V および 150 V における直流電力と最大発電可能電力の関係  
 Figure 12 Maximum output power depending on powers at 100 V and 150 V.

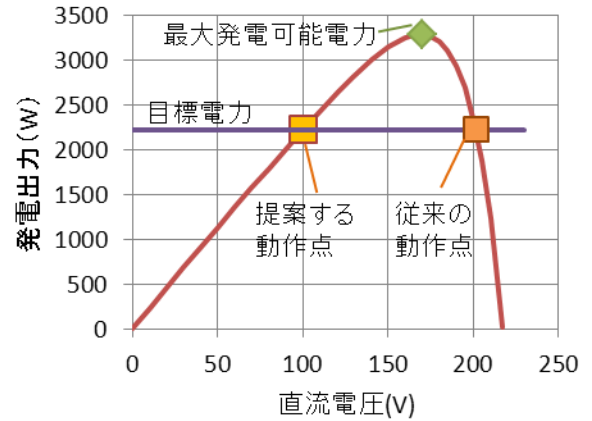


図 13 自立運転 PCS における新たな動作点の提案  
 Figure 13 Proposal of new isolated operating point.

#### 4.4 最大発電可能電力の情報を用いた電力自立システム

以上の研究結果より、図 14 に示す最大発電可能電力を利用した電力自立システムを考案した。自立動作時の太陽光発電 PCS は宅内電力需要に応じた目標電力を出力する際に図 13 に示したように最大発電可能電力を示す電圧より低い直流電圧範囲に動作点を設定する。動作中、直流電圧、直流電流を測定し、図 12 のグラフを用いて最大発電可能電力を求め、HEMS コントローラに通知する。HEMS コントローラは需給バランスを把握して、図 3 あるいは図 4 に示した方法で家電機器や蓄電池を制御する。当システムを用いる事で、日射量変化があった場合にも、宅内機器を停止させることなく長時間に渡って電力を利用する事ができる。当システムは外付けの日射量計やモニタ用太陽光パネルを用いず、発電する太陽光パネルを使って直接最大発電可能電力を計測するので従来よりも高い予測精度が期待される。

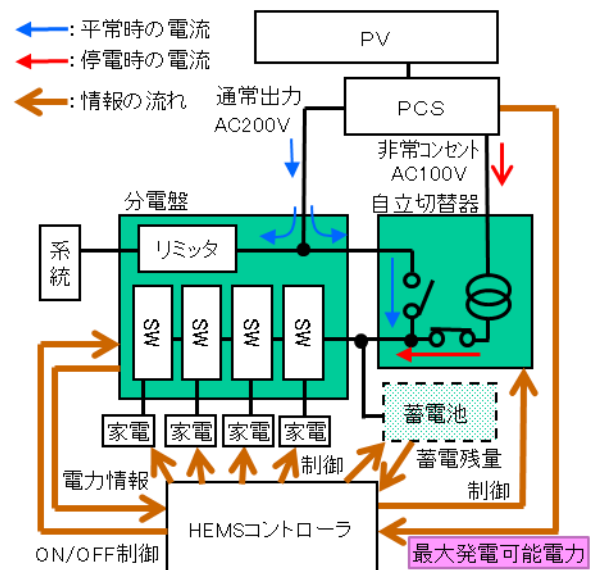


図 14 最大発電可能電力を利用した自立システムの構成  
 Figure 14 Schematic diagram of isolated operation system with maximum output power information.

## 5. おわりに

本研究では、太陽光発電装置や蓄電池などの自立動作によって生活維持に必要な電力を長時間確保するHEMS制御技術を開発するため、連系運転から自立運転へのシームレスな切り換えの為に要件検討と、需要機器である家電や蓄電池の制御手法の検討を行った。

制御手法は①蓄電池の無い場合、②蓄電池のある場合、③蓄電池はあるが切り換えが瞬時にできない場合、④蓄電池はあるが充放電電力を調整できない場合の4つのケースに分けて検討した。特に①③④のケースにおいて、あらかじめHEMSコントローラに設定した優先順位に基づいて機器の需要負荷を調整する手法を検討し、太陽光発電装置が自立運転をする際の最大発電可能電力の把握が制御上重要な情報であることを示した。

また、太陽光発電PCSの自立動作の解析を行い、日射量計やモニタ用太陽光パネルを用いることなく、発電用太陽光パネルの特性から最大発電可能電力を算出する方法を考案した。

当研究で提案するシステムを用いる事で、日射量変化があった場合にも、宅内機器を停止させることなく長時間に渡って電力を利用する事ができると考えられる。

今後は、より多くの太陽光パネルの特性を用いて当研究による最大発電可能電力の算出方法の精度を検証し、さらなる改善を検討する。また、自立運転時にHEMSコントローラによって家電や蓄電池を制御する試作システムを作成し、長時間自立運転を続ける為の新たな課題の抽出を行う。

## 参考文献

- 1) 朝野賢司, 齋藤晋, 杉山大志, 「東日本大震災・被災地におけるエネルギー利用実態調査」, 電力中央研究所報告 Y11027, 2012年3月
- 2) 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社ニュースリリース「HEMSを活用した生活支援サービス事業に参入」, 2012年3月(<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2012/03/0323.html>)
- 3) 九代紀之, 伊藤善朗「大船スマートハウスの概要と構成技術」, 三菱電機技報 Vol.86, No.2, 2012
- 4) 浅利真宏「低圧系統需給インターフェイスの開発」, 電力中央研究所報告 R05029, 2006年12月
- 5) 安部裕司, 田中邦穂, 前川正弘「太陽光発電装置」, 公開特許公報, 特開平9-149554, 1997年6月公開
- 6) 田端康人「単体機器(家電機器)の負荷特性の調査」, 中部電力技術開発ニュース Vol.87, P11-12, 2000年11月