光ファイバ終端機器用太陽光自立電源システムの開発

正 員 小 貫 天 (早稲田大学)

正 員 若 尾 真 治 (早稲田大学)

学生員 平 川 亮 一 (早稲田大学)

学生員 日 下 部 壮 俊 (早稲田大学)

Development of Photovoltaic System for Optical Network Unit

Takashi Onuki, Member, Shinji Wakao, Member

Ryoichi Hirakawa, Student Member, Taketoshi Kusakabe, Student Member (Waseda University)

In information lines, copper wire cables have been replaced by optical fiber cables that cannot supply power to the optical network unit (ONU). Thus, in the case of disasters, communication function paralyses may take place. Therefore, the reliability of power supply to the ONU has become important in recent years. With this background, we have developed a PV system for the ONU. In the process of development, we have proposed a novel estimation method for PV systems, that enables us to easily grasp the relationship between the instruments in the system from an overall view by regarding the instruments as the black boxes and paying attentions only to the energy flows. The proposed method is useful in determining the suitable parameter arrangement of the PV system. Utilizing the method, we developed 100W-order PV systems and carried out the experimental operation for one year. The experimental results showed enough system performances to meet not only the design requirement but also the spatial constraint.

キーワード：光ファイバ終端機器，太陽光発電システム，エネルギーフロー，システム評価，最適化設計

1. まえがき

情報化時代を迎え、情報通信網は光ファイバケーブルに置き換えられつつある。銅ケーブルに代わって光ファイバケーブルが使用されると、局から加入者の電話機へ給電ができなくなる。すなわち、情報端末機器への給電は各家庭が商用電源から行わなくてはならない。特に、阪神・淡路大震災等の広域災害が発生した場合に、商用系統が停電すると広い範囲にわたって通信機能が麻痺してしまう恐れがある。そこで近年、通信網の随所に配置される光ファイバ終端通信機器や通信端末装置等への電源供給系の信頼性が特に重要視されている。このような背景のもと、我々は上記の状況に対処し得る太陽電池を用いた極小規模の光ファイバ終端機器用自立電源システムを開発した。開発システムは平時は逆潮流を行わない系統連系型として働き、停電時には太陽電池と蓄電池による独立型システムとして最低2日間の電力供給を保証し、標準的な運転状態で3日以上動作を目標としている。このように系統連系型、独立型の両特徴を備え、期限付きの独立運転を目指していることから、本システムは「準自立型システム」と呼べるものである。今回、システムのコスト削減・大量普及を念頭に置き、構成機器は全て既製品を用いてシステムを構築した。

光ファイバ終端機器の中でも、例えば無線基地局を考えた場合、電話ボックス上や電柱上という限定された空間に

バックアップシステムを設置しなければならない。また、本システムは有事に独立型として3日間以上の動作目標を掲げていることから、限られた容量の中でいかにPV電力の有効利用を行うかが重要な課題となる。そこで我々は、いくつかの既製の構成機器からなる本システムの最適化、具体的にはシステムの高効率化に向けた検討を行った。

効果的な高効率化を行うためには、全体的な視野で細かくシステム内の挙動を把握できる評価法が必要である。しかし、従来の評価法は個々の構成機器に焦点を当てたものが多く、システム全体を横断的に評価することは難しい。そこで我々は、個々の機器に焦点を当てる既存の評価法に加え、システム全体をマクロな視点から横断的に見渡せ、任意のシステムパラメータの変化がその他の機器やシステム全体に与える影響を簡便にかつ定量的に評価可能な手法を考案した。本手法はシステムの各構成機器をブラックボックスとみなし、相互のエネルギーフローのみに着目してシステム全体を評価するものである。従来の評価法とともに用いることで、PV電力の有効利用とシステム効率の点から、さらなるシステムの最適化を進めることが可能である。

我々は、試作機の運転実験、システム内のエネルギーフロー解析を行い、その結果をもとに改良を加え、システムの構築を行った。その結果、設置場所の空間的制約を満足し、かつ初期のシステム動作目標を満たした2機の実用モデルを製作することができたので、本論文で報告する。

2. 開発システムの基本設計概念

想定される負荷は、光ネットワーク終端に数多く分散配備される Optical Network Unit (ONU) 装置、Cable TV (CATV) 中継装置、無線通信基地局装置等の小型の屋外通信装置で、それ自体 100[W]以下の電源容量しか要しないものである。このため、余剰電力は売電せずに蓄電池に蓄える一方、電力不足時には商用系統から補充を受ける簡易で経済的な構成とした。また、これまで地震等の広域災害による停電はおよそ 2 日～3 日程度で復旧していることから、最低 2 日、標準状態では 3 日間以上の電力供給を確保するシステムを念頭に開発を始めた。システムの運転指針として、通常の系統連系時は可能なかぎり PV 電力を有効活用し、商用電力を極力使わない経済的なシステムの製作を目指した。

基本設計においては、システムのコスト削減・大量普及を念頭に置き、システム構成機器は全て既製品を用いており、その容量選定には汎用的な設計手法を用いた⁽¹⁾⁽²⁾。具体的な構成部品は、多結晶シリコン太陽電池とシール型鉛蓄電池、チャージコントローラ、直流電源、補充電力制御装置であり、今回は負荷装置に代表的な光ファイバ終端機器である PHS 基地局 (12[V], 12.5[W]) を選んだ。太陽電池パネル容量は、1 日あたりの負荷電力量 $12.5[\text{W}] \times 24[\text{h}] = 300[\text{Wh}]$ に対して、1 日あたりの平均日照時間を 3[h] として 100[W] という容量を概算し、その値に最も近いパネル容量 108.2[W] を採用した。蓄電池容量は、充電率 50[%] で 2 日間分の負荷電力量を賄えるものを選定した。必要な蓄電池容量は $300[\text{Wh/日}] \times 2 \text{ 日} \div 50[\%] = 1200[\text{Wh}]$ となることから、12[V], 100[Ah] のシール型鉛蓄電池を選定した。満充電状態で 15[V] であり、充電率 50[%] の状態を実験で確認したところ、蓄電池電圧は 12[V] であった。蓄電池電圧に応じてスイッチとしての役割を果たすチャージコントローラは、シール型鉛蓄電池 (12[V]) 用に開発された既製品を用いており、PV アレイをシステムから切り離す過充電点は蓄電池満充電電圧である 15[V]、再接続するリセット点は 13.5[V] である。直流電源は 15[V], 6[A]max の設定となっており、蓄電池電圧に応じてスイッチとしての役割を果たす補充電力制御装置は、最低 2 日間の独立運転保証の設計概念より、蓄電池残存電力量が負荷電力量 2 日分を下回らないよう、蓄電池電圧が 12[V] (充電率 50[%]) になると系統電力の供給を開始する設定とした。また、系統電力の供給を停止する設定に関しては、蓄電池電圧が満充電電圧である 15[V] と 2 日間の独立運転保証電圧である 12[V] の間で任意に選ぶことができる (以下、系統電力供給停止電圧値)。いかなる蓄電池電圧で系統電力供給を停止するかに関しては、その設定値を低くすれば PV 利用率を高く維持できる。一方、長期の独立運転を実現するためには、ある程度の蓄電池残存容量が維持可能となるように高めの設定にしなければならない。したがって、上記の系統補充装置の系統電力供給停止電圧の値を適切に選ばなければならない。

以上のような設計指針のもと、図 1 に示すシステムを試

作し、本システムを対象にエネルギーフロー解析を用いて最適な系統電力供給停止電圧値を検討し、動作目標を満たす条件下でシステムの高効率化を目指した。図中の矢印は、実験データ収集の測定点を示している。

3. エネルギーフロー分類によるシステム評価法

一般的に PV システムの評価は、個々の機器に焦点をあて理論的な評価式を用いて局所的な視点から評価することが多い (例えば、太陽エネルギーの利用率や PV セルの発電効率など)。したがって、従来の評価法はシステム構成が変化した場合や機器のパラメータが変化した際、その他の機器やシステム全体が受ける影響まで評価することは難しい。つまり、様々な機器からなるシステム全体を視野に入れた定量的な評価は困難である。

本論文での開発システムでは、スペースの制約やそれに伴う太陽エネルギーの有効利用に対する厳しい要求がある。そのため、本システムの開発には従来の評価法では把握が難しいより細かなシステム挙動の解析・考察が必要となった。そこで、個々の機器に焦点を当てる既存の評価法を補完し、システム全体をマクロな視点から横断的に見渡すことが可能な評価法であるエネルギーフロー分類による評価法を考案した。本手法はシステムの各構成機器をブラックボックスとみなし、相互のエネルギーフローのみに注目してシステム全体を評価するものである。システム内のエネルギーフローに着目することにより、構成要素のパラメータを変化させた場合、他の機器やシステム全体が受ける影響を定量的、かつ簡便に評価することができる。

今回はシステム内の各エネルギーフローを、図 2 のように分類した。とりわけ、エネルギーフロー 1 (以下、EF1) は PV アレイから直接負荷に供給される電力であり、蓄電池での充放電損失を伴わない。このことは、PV 電力に占める EF1 の割合の増加が、そのまま PV 利用率の実質的な向上を意味する。システムの最適化設計をする際、EF1 はシステム内の太陽エネルギーの有効利用を示す重要な指標を与えるものであり、このような情報の解析を行えることも本評価法の利点である。

図 1 準自立型 PV システム (標準型システム)
Fig.1. Quasi-stand-alone PV system (Standard system)

4. 準自立型システムの解析及び改良

<4・1> 標準型システムの実験結果と考察 図1に示すシステムを試作し、エネルギーフロー解析によりシステムの高効率化を行う。まずはじめに、補充電力制御装置の系統電力供給停止電圧値は、蓄電池許容電圧の上限値15[V]と下限値12[V]の間をとり、13.5[V]として運転実験を行った。このシステムを標準型システムと呼び、その実験結果(図3)を指標とし、システムに改良を加えていく。20日間にわたる実験において、PV利用率は平均71.8[%]、系統補充率は平均47.6[%]であった。PV利用率は理想PV電力量(理論式により日射量から求まるPV電力量)のうち実際に供給された(チャージコントローラによりカットされなかった)PV電力量の割合を表し、系統補充率は負荷電力量のうち系統電力量の占める割合を示している。これらの測定結果を先に述べた各エネルギーフローに分類し(図2)、さらに細かいシステム内の挙動を解析した。ある1日のエネルギーフロー分類を図4に、これらを20日間にわたり合計したものを図5に示す。ここでCut-Off PV電力量は、チャージコントローラによりシステムに供給されなかったPV電力量を表している。

図3より、PV利用率に関してはやや低く、系統補充率に関しては高い値を示す日が目についた。その原因を探るため、標準型システムでのエネルギーフローの挙動を考察した。一般に、蓄電池を備える系統連系型システムでは、系統電力をスイッチで制御することで蓄電池の過充電や過放電を防止するとともに、系統電力の使用を極力抑え、かつ、PV電力を最大限に利用できるようにシステム構成が望ましい。しかし、標準型システムのように系統電力が供給され、EF4として夜間等で蓄電池が満充電近くになるまで充電されると、系統補充率が増加する。その結果、PV電力に余裕があってもこれがEF2として利用されずチャージコントローラにより切り捨てられCut-Off PV電力量が増加するため、PV利用率は低下してしまう問題が生じた。そこで、エネルギーフロー解析を用いて、補充電力制御装置の系統電力供給停止電圧値を現状の13.5[V]からどこまで下げることができるかを検討することで、3日間の独立運転目標を視野に入れつつ、PV利用率、系統補充率の改善を目指すこととした。

まず、災害時に3日間動作するという目標を達成するためには、ある程度の蓄電池残存容量を維持する必要がある。蓄電池充電電力量であるEF2+EF4が放電電力量であるEF5を上回っていれば、蓄電池には2日間の保証電力量に加えて、目標である3日間の動作を実現するに足る電力量を蓄えていることが多いと考えられる。図5より、EF2+EF4>EF5であることが分かる。このことより、標準型システムは目標である3日間の独立運転を十分に実現可能なシステムであるといえる。次に、PV利用率、系統補充率の向上についてであるが、標準型システムのEF4の量を絞ればその向上を期待できる。具体的には、補充電力制御装置の系統電力供給停止電圧値を、標準型システムで仮に設定した

13.5[V]よりも下げることで実現できる。しかし、上述の3日間の独立運転目標のため、蓄電池充電電力量と放電電力量のバランスをとり、ある程度の蓄電池残存容量を維持する必要がある。そこで、系統電力供給停止電圧値をどこまで下げられるかという考察が必要である。先にも述べた通り、蓄電池充放電電力量はEF2+EF4とEF5であり、前者が後者を上回っている。また、EF4≒C.PV(Cut-Off PV電力量)であることが分かる。つまり、EF4を削減する代わりに、切り捨てられているC.PVをシステムに供給することで、十分な蓄電池充電電力量を維持することができると考えられる。したがって、今回はEF4≒C.PVであることから、EF4の流れを止めて代わりにC.PVを活かすことで、3日間の独立運転目標が満たされる範囲でPV利用率の向上と系統補充率の低減が実現可能と判断した。

<4・2> 改良型システムの実験結果と考察 上記の考察を受け、負荷が所要電圧12[V]、電力12.5[W]であることから、補充電力制御装置の系統電力供給停止電圧値を極力12[V]まで下げ、直流電源の出力設定を負荷所要電流値まで絞ることで、EF4の無い、つまり系統から蓄電池への補充のない回路構成を考案した(図6:以下、改良型システム)。この構成では、日射が少ない時でも系統電力は負荷のみに供給され、蓄電池への充電は昼間のEF2のみで賄われることとなる。上記の改良型システムを用いて17日間のテスト実験を行った。図7は実験結果を示しており、PV利用率は平均78.9[%]、系統補充率は平均7.1[%]と改良時の予想どおりPV利用率の向上と系統補充率の低減を達成している。図8に分類したエネルギーフローの17日間の合計を示す。図8よりEF2>EF5であることが分かる。このことは、充電されている電力量が放電された電力量よりも大きいことから、蓄電池は常にある程度の残存容量を保持していることを示している。つまり、改良型システムでは3日間の独立運転目標が満たされる範囲でPV利用率の向上と系統補充率の低減を実現している。

さらに、図8よりC.PV>0、CS>0であり、このことは蓄電池電圧が、満充電電圧15[V]、および2日間の独立運転保証電圧である12[V]になっていたことを示しているが、C.PV、CSいずれの量も極少量である。すなわち、改良型システムでは、蓄電池残存容量が推移可能な範囲(充電率100[%]~50[%])の上限あるいは下限に至るケースが少ないことを示している。

テスト実験の結果を受けて、改良型システムを用いて本格的な運用実験を行った(97年4月~98年3月)。1年を通じた実験を行うことで、季節の変動にも対応できるシステムの完成を目指した。月単位で実験を行い、月の初めの20日間を系統連系型、残りの10日間は災害を模擬してシステムを系統から切り離し、その独立運転可能期間などについても評価を行った。図9、図10は、年間運転実験における一例として97年7月の実験結果である。図10の蓄電池残存容量は蓄電池充放電電流を積算して計算したものである。7月1日に系統連系型として運転を開始し、20日に系統の

切り離しを行っている。その結果、独立型としてシステムダウンすることなく月末までの11日間動作し続けた。図9より5日～7日と22日付近では蓄電池が過充電状態となりチャージコントローラが多く動作し、PV利用率が低下した様子が分かる。10日～14日付近は天候が悪かったため蓄電池残存容量が低下し、系統補充が増加している(図10)。

このようにして改良型システムを1年間にわたり実験した結果を図11に示す。PV利用率は平均81.6[%]、系統補充率は平均20.1[%]と十分な値が得られた。また、独立運転期間に関しては、最短の場合で4日間であり、今回の年間運転実験では目標の3日間以上の独立運転は達成できている。以上より、エネルギーフローの解析に基づくシステム改良の妥当性が示された。

<4・3> 標準型システムと改良型システムのエネルギーフローによる比較評価 標準型システムとして運転した96年9月の20日間と、改良型システムとして運転した97年7月の20日間の合計日射量は、ほぼ同量であった(共に系統連系型として動作)。そこで、エネルギーフローの分類による評価法により、改良前後のシステムの挙動変化を比較検討する。表1、図12にそれぞれのシステムでの各エネルギーフローの総量を示す。

はじめに、PV電力量について検討する。表1より標準型システムに比べて改良型システムではPV電力量(EF1+EF2)は978.6[Wh]多く、Cut-Off PV電力量は1486.2[Wh]減少している。このことより、改良型システムでは、チャージコントローラの動作が少ない、つまり蓄電池の過充電状態が少なくPV電力が効果的に蓄えられることが分かり、これはPV利用率が高いことを示している。

次に、PVアレイから直接負荷へ供給されるエネルギーフロー、即ちEF1について考察する。EF1は蓄電池を経由しないので蓄電池での充放電損失を含まない。つまりEF1の値が大きいシステムでは太陽エネルギーを有効利用しているといえる。改良型システムでは標準型システムに比べてEF1が327.4[Wh]増加している。このように、EF1はPV利用率と並んでシステム内での太陽エネルギーの有効利用を示す指標を与えるものであり、エネルギーフローの中でも重要な意味を持つものである。

最後に、系統電力量(EF3+EF4)について考察する。標準型システムではEF4が存在していたが、改良型システムでは太陽エネルギーの有効利用を狙ってEF4が存在しないよう設計を行った。そのため、系統電力量はEF4相当分の約2000[Wh]減少したが、図12からも分かるように、代わりにEF3が極端に増加することは無く、両システムでの値はほぼ同量であった。負荷電力量は両システムともに同じであることから、標準型システムではCut-Off PV電力として捨てられていたPV電力が、改良型システムでは効果的に負荷に供給されたことを示している。つまり、このことから改良型システムではシステムの設計目標を損なうことなく、太陽エネルギーの有効利用を達成しているといえる。

以上より、エネルギーフローの分類による評価法は、PV

図2 エネルギーフローの分類
 Fig.2. Classification of energy flows

図3 標準型システムでのPV利用率と系統補充率(96年9月)
 Fig.3. PV share and CS share in standard system (9/96)

図4 ある1日の標準型システムでのエネルギーフロー分類
 Fig.4. Classification of energy flows in standard system for one day

図5 標準型システムでの20日間のエネルギーフロー(96年9月)
 Fig.5. Classified total power for 20 days in standard system (9/96)

図6 準自立型 PV システム(改良型システム)
Fig.6. Quasi-stand-alone PV system (Revised system)

図7 改良型システムでの PV 利用率と系統補充率(97年3月)
Fig.7. PV share and CS share in revised system (3/97)

図8 改良型システムでの17日間のエネルギーフロー(97年3月)
Fig.8. Classified total power for 17 days in revised system (3/97)

図9 改良型システムでの PV 利用率と系統補充率(97年7月)
Fig.9. PV share and CS share in Revised system (7/97)

図10 蓄電池電圧と蓄電池残存容量(97年7月)
Fig.10. Battery voltage and residual capacity (7/97)

図11 PV 利用率と系統補充率(97年4月~98年3月)
Fig.11. PV share and CS share in revised system (4/97~3/98)

表1 標準型, 改良型システムのエネルギーフロー比較
Table 1. Classified total power in standard and revised systems

	標準型システム	改良型システム
日射量	76.4[kWh/m ²]	72.6[kWh/m ²]
EF1	2408.7[Wh]	2736.1[Wh]
EF2	2783.3[Wh]	3434.5[Wh]
EF3	693.6[Wh]	867.8[Wh]
EF4	2304.4[Wh]	0.0[Wh]
EF5	4376.4[Wh]	3054.0[Wh]
PV電力量(EF1+EF2)	5192.0[Wh]	6170.6[Wh]
系統電力量(EF3+EF4)	2998.0[Wh]	867.8[Wh]
Cut-Off PV電力量	2428.5[Wh]	942.3[Wh]

図12 標準型, 改良型システムのエネルギーフロー比較
Fig.12. Classified total power in standard and revised systems

システムの特性の単独評価だけでなく、複数のシステムの比較評価でも有効であることが分かった。本評価法を、PV利用率などの個々の構成要素に焦点を当てた従来の評価法と併用することで、システム設計を簡便に効率よく進めることが可能である。

5. 実用モデルの設計と製作

年間運用実験をうけて、改良型システムは当初の設計目標を達成する実用可能なシステムであることが確かめられた。そこで、空間的制約を受ける実際の条件下を想定し、下記の2種類の実用モデルを製作した(図13～図17)。

<5・1> 柱上設置型 PHS 事業社のうちの1社ではPHS基地局の80[%]が電柱上に設置されていることから、当該の製品モデルの設置場所としてNTT柱の上部を選定し、実用モデルを設計した。蓄電池の収納ボックスは保守の観点より地上からの操作が可能である位置が好ましいと考え、地上付近に設置した。

<5・2> 公衆電話ボックス設置型 PHS 基地局は上記の柱上設置以外では公衆電話ボックス上部に設置されている場合が多く、設置条件の点からも適切と考え、公衆電話ボックス設置型の設計を行った。回転式取り付け架台は360度回転できる構造とし、設置されている公衆電話ボックスの位置に関係なく、太陽電池を南向きにすることが可能である。また、蓄電池ボックスは電話ボックス内の簡易腰掛けの下に設置する方式とした。前面には開閉用扉(鍵付)、

図13 実用モデル外観

(公衆電話ボックス設置型システムと柱上設置型システム)
Fig.13. Field trial PV systems (PV systems on the rooftop of telephone box and on the top of telegraph pole)

図14 柱上設置型 PV システム(その1)

Fig.14. PV system on the top of telegraph pole (part 1)

図15. PV system on the top of telegraph pole (part 2)

図16 公衆電話ボックス設置型 PV システム(その1)

Fig.16. PV system on the rooftop of telephone box (part 1)

図17 公衆電話ボックス設置型 PV システム(その2)

Fig.17. PV system on the rooftop of telephone box (part 2)

電話ボックス裏面には熱放出用ベンチレーションが設けられている。また、現地組立および撤去作業を容易にするために、全て六角ボルトの使用で組立が行えるよう設計されている。

6. まとめ

我々は、通常は系統連系型システム、災害による停電の際は独立型システムとして動作する光ファイバ終端機器用太陽光自立電源システムの開発を行った。平常時と災害時の2つの異なる形態を持ち、期限付きの独立運転を目指していることから、本システムは「準自立型システム」と呼べるものである。システムのコスト削減・大量普及を目して構成機器は全て既製品を用いることとし、また、光ファイバ終端機器に対するバックアップという特殊な用途のため、電話ボックス上や電柱上という限定された空間への設置を提案し、限られた容量におけるシステムの高効率化への検討を行った。具体的には、停電後に標準的な日射状態で3日間以上の独立運転を目標とし、この設計目標の条件下で太陽エネルギーを極力有効利用するシステムの構築を目指した。このようなシステムの最適化にあたり、より詳細にシステム挙動を解析・考察する必要があるため、従来のPV利用率などの個々のシステム構成機器に焦点を当てた評価とは異なる、システム全体を見渡せる効果的な評価法を提案した。提案手法は、個々の機器をブラックボックスと見なし相互のエネルギーフローのみに着目することで、機器パラメータの変更がシステム全体に与える挙動変化を簡便かつ定量的に評価できるものである。また本手法は、太陽エネルギーの有効利用を示すPVアレイから直接負荷に供給される電力等の情報も解析できる利点を有する。本論文では、試作機の運転実験および提案したエネルギーフロー分類による評価法を用いることで、上記の設計目標や設置スペースの制約を克服した実用に耐えうるシステムの製作に成功し、その妥当性と有効性を示した。

今後は、本システムに採用されている過充電点・過放電点の2点間の単純な蓄電池充放電制御法ではなく、時々刻々変化する日照状態や蓄電池の充電状態に即応したきめ細かな制御方式や、過去の履歴、周辺地域の日照状況、今後の日照予想などの情報を取り込んだインテリジェント制御方式のシステムを開発し、システムのさらなる小容量化に取り組んでいく予定である。

本研究は、早稲田大学理工学総合研究センター・プロジェクト研究「太陽光自立電源普及システム共同開発プロジェクト」および文部省「学術フロンティア推進事業」の一環として行われ、様々なご助言、ご助力をいただいた福富秀雄客員教授、石田晶客員教授をはじめ関係者各位に謝意を表する。

(平成11年07月21日受付、平成11年11月01日再受付)

文 献

- (1) 太陽光発電技術研究組合監修、黒川浩助・若松誠司 共編：「太陽光発電システム設計ガイドブック」、オーム社、平成6年
- (2) 太陽光発電懇話会編：「太陽光発電システムの設計と施行」、オーム社、平成8年

小 貫 天

(正員)昭和4年7月31日生。26年3月、早稲田大学第一理工学部電気工学科卒。29年4月、早稲田大学理工学部にて奉職、43年4月同大学教授。工学博士。昭和39・40年度電気学会本部・東京支部評議員。62年電気学会論文賞受賞。平成6年度電気学会業績賞受賞。IEEE Fellow。

若 尾 真 治

(正員)昭和40年7月7日生。平成5年3月、早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。平成10年4月、同大学理工学部電気電子情報工学科助教授、現在に至る。博士(工学)。IEEE、日本計算工学会、日本太陽エネルギー学会などの会員。

平 川 亮 一

(学生員)昭和50年12月21日生。平成10年3月、早稲田大学理工学部電気工学科卒。平成12年3月、早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了、在学中は主に太陽光発電システムの設計に関する研究に従事。同年4月より東日本電信電話(株)に勤務、現在に至る。

日 下 部 壮 俊

(学生員)(学生員)昭和51年3月27日生。平成10年3月、早稲田大学理工学部電気電子情報工学科卒業。同年4月、同大学大学院理工学研究科修士課程入学。主に太陽光発電システムのシミュレータ構築に関する研究に従事、現在に至る。