

# 太陽光発電システム発電特性の統合評価ソフトウェア (PVI) の住宅用システムによる検証

ピメンテル・パウロ・セルジオ\* , 松川 洋 , 大関 崇 , 黒川 浩助  
(東京農工大学)

Verification of the Photovoltaic System Integrated Evaluation Software (PVI) for Residential Systems Generating Characteristics

Paulo Sergio Pimentel, Hiroshi Matsukawa, Takashi Oozeki, Kosuke Kurokawa  
(Tokyo University of Agriculture and Technology)

## 1. 背景・目的

太陽光発電 (PV) システムの積極的な普及に伴い、今後パソコンによる PV システムの設計手法も普及していくと思われる。PV システムのサイジング設計においては、従来から簡便な方法としてパラメータ分析法が利用されてきた。しかし、建材一体型モジュールの登場とそれに伴うデザインの多様化、設置場所の様々な制約条件などのために、日影の問題や複数の方位角と傾斜角を持つシステムが増えてきた。そのため、計算途上にあらわれるパラメータについて、より詳細な数値が必要となっており、PV システム統合評価技術の研究開発が必要であると考えられている。

そういった PV システム設計の複雑化へのニーズにこたえるために、本研究では本研究室での様々な研究成果を活用した「太陽光発電システム発電特性の統合評価ソフトウェア」(PVI) を構築することが目的であり、本報告では PVI の住宅用システムによる予測結果の検証を報告する。

## 2. PVI ソフトウェアの構成

PVI は PV システムの予備設計時に使われる「基本設計ツール」及び詳細な解析が必要になったときのための 3 つの「オプション・ツール」で構成される。

### 2.1. 基本設計ツール

#### 2.1.1. 概念

基本設計ツールは、少ない入力データ (太陽電池の設置場所、アレイ定格、傾斜角、方位角、インバータ定格等) からパラメータ分析法<sup>[1]</sup>を基に、発電電力量の算出や PV システムで発生する損失が得られ、一般のユーザーにも簡単に操作できるツールである。各設計パラメータについては、オプション・ツールを活用し詳細な数値を取り込むことによって、より正確な解析も実現できる。気象データとして国内用の METPV、海外用の Meteororm が利用でき、さらにユーザーデータの取り込みも可能である。

基本設計ツールを使った中国のサイトにおける年間発電電力量解析結果の一例を図 1 に示す。

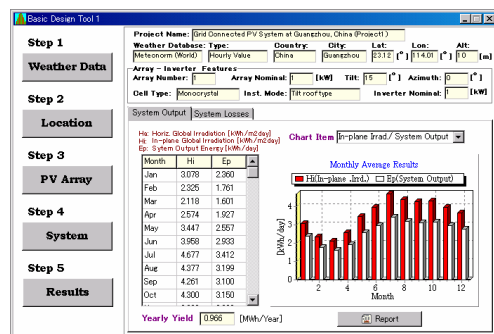
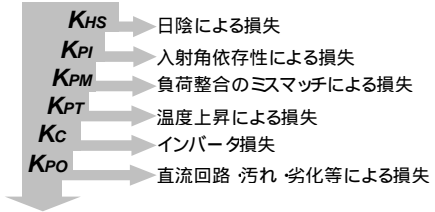


図 1. 基本設計ツールにおける年間発電電力量の解析結果の一例  
Fig.1. An Example of the Basic Design Tool Analysis Results for the Yearly PV System Yield

#### 2.2.2. パラメータ分析法について<sup>[1]</sup>

PVI の主な設計手法として、パラメータ分析法を使用している。アレイの受光するエネルギーは光発電素子によって電気エネルギーに変換され、負荷に供給されるが、その過程で種々の効率や出力の低減要因が存在する。これらの主なものを図 2 に示す。これらを設計パラメータとして定義し、システム出力係数 K は式(1)に示すように個々の設計パラメータの積で表す。負荷に供給できるエネルギー量 Ep は式(2)より推定できる。

#### アレイ面日射量 (HA)



#### システム発電電力量 (EP)

図 2. 系統連系型 PV システムのエネルギーフロー  
Fig.2. Energy Flow of a Grid-Connected PV System

$$K = K_{PO} \cdot K_{HS} \cdot K_{PI} \cdot K_{PM} \cdot K_{PT} \cdot K_C \quad (1)$$

$$E_p = A \cdot H_A \cdot PS \cdot K \quad [\text{kWh/期間}] \quad (2)$$

ここで、

K: システム出力係数;  $K_{PO}$ : 直流回路・汚れ・劣化等補正係数

$K_{HS}$ : 日陰補正係数;  $K_{PI}$ : 入射角依存性補正係数

$K_{PM}$ : アレイ負荷整合補正係数;  $K_{PT}$ : 温度補正係数

$K_C$ : インバータ補正係数;  $E_p$ : システム発電電力量 [kWh/期間]

A : アレイ面積 [m<sup>2</sup>] ; H<sub>A</sub> : アレイ傾斜面日射量 [kWh/m<sup>2</sup>期間]  
 PS : 標準状態における太陽電池アレイ変換効率

## 2.2. オプション・ツール

### 2.2.1. 概念

PVI のオプション・ツールとして、本研究室で開発された「魚眼カメラによる日陰解析ツール」<sup>[2]</sup>、「アレイ・シミュレーション・ツール」<sup>[3]</sup>、「SV 法のデータベース」<sup>[4]</sup>がある。これらのオプション・ツールを使うことにより、複雑な発電特性をもつ PV システムについてより正確で詳細な発電特性のシミュレーションを確立する。

### 2.2.2. SV 法データベースの活用

本研究室では、既存の PV システムの計測データを用いた簡易的な損失分離可能な評価方法の一つとして Sophisticated Verification (SV) 法を開発してきた<sup>[4]</sup>。

日本品質保証機構 (JQA) により、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) フィールドテスト (FT) 事業 (公共用) の計測データが纏められている。1995 年 1 月から 1999 年 12 月までの 421 サイトの計測データを SV 法により解析した結果を図 3 に示す。こういった日本各地の結果をまとめたものが PVI の SV 法データベースとなっており、新しい PV システムの設計に回帰することにより PVI のさらなる予測精度が期待できる。

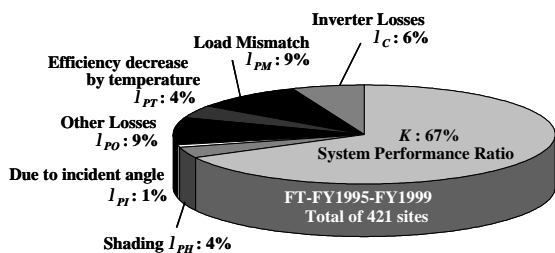


図 3. SV 法による FT データの評価結果  
 Fig.3. Evaluation Result of FT data by the SV Method

## 3. PVI の住宅用システムによる予測結果の検証

### 3.1. 実測データの概要

PVI による予測結果を検証するために、JQA による住宅用太陽光発電システムの運転データ収集・評価プロジェクト<sup>[5]</sup>の実測データを使用した。計測プロジェクトの 100 箇所の中から日本全国 22 サイトの観測データを抽出し実証を行った。観測データは 2000 年 4 月～2001 年 3 月の期間で、一分間隔の水平面日射量、傾斜面日射量、外気温度、モジュール温度、アレイ出力電力量、システム出力電力量を用いた。

### 3.2. PVI の傾斜面日射量推定モデルの評価

PVI の基本設計ツールでは傾斜面日射量の推定モデルとして一様分布 (Isotropic)、Hay、Perez モデルを使用できる。傾斜面日射量推定モデルの評価指標として、RMSE (Root Mean Square Error) を用いた。表 1 に全サイトにおいて各モデルの平均的な RMSE 結果を示した。図 4 には、PVI

のデフォルトモデルである Perez モデルの ST062 サイトにおける一年間の傾斜面日射量の時積算値 (実測値と推定値) の分布図を示した。

表 1. 各モデルにおける平均値の RMSE [kWh/m<sup>2</sup>/日]  
 Table 1. Average RMSE for each Model [kWh/m<sup>2</sup>/day]

	Isotropic	Hay	Perez
RMSE [kWh/m <sup>2</sup> 日]	0.197	0.183	0.162

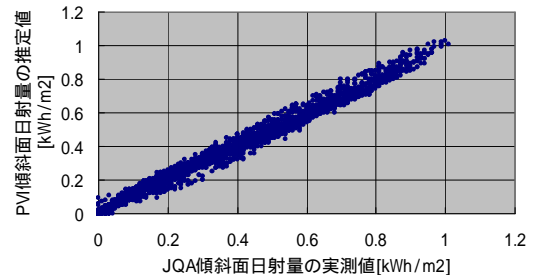


図 4. Perez モデルにおける実測値と実測値の相関 (時積算値)  
 Fig.4. Correlation between actual and estimated values for Perez Model (Hourly Integrated Value)

### 3.3. 年間発電電力量の予測誤差

PVI における年間発電電力量の予測誤差の指標として、誤差率を用いた。表 2 には、各モデルと傾斜面日射量を使用した場合の全サイトによる予測結果を示した。

表 2. PVI における年間発電電力量の推定誤差率  
 Table 2. PVI Yearly Yield Prediction Error Rate

	Isotropic	Hay	Perez	傾斜面日射量使用
推定誤差率*	0.082	0.081	0.077	0.066

\* 推定誤差率 = | (実測値 - 推定値) / 実測値 |

## 4. まとめ

本報告で紹介した PVI ソフトウェアの検証を行った結果、日本全国のサイトにおいて Perez モデルは良好な傾斜面日射量推定値を与えることが明らかになり、年間発電電力量に関しても平均的な結果として Perez モデルを使った場合 7.7%、傾斜面日射量を使った場合 6.6% の誤差率で予測できることを確認した。

今後、図 3 に示すような SV 法から求まる統計的な損失補正係数を PVI の基本設計ツールの設計パラメータとして組み込み、発電電力量のさらなる予測精度向上を目指す。

### 文 献

- [1] 黒川・若松 : 「太陽光発電システム設計ガイドブック」、オーム社 (1994)
- [2] 登守利征他 : 「都市環境における太陽光発電システムの日陰評価法」、平成 13 年度日本太陽エネルギー学会/日本風力エネルギー協会合同発表会
- [3] 松川洋他 : 「アレイシミュレーション手法に関する検討、平成 11 年度日本太陽エネルギー学会・風力エネルギー協会合同発表会
- [4] 大関崇・黒川浩助他 : 「電圧上昇抑制運転状態の実例と SV 法解析結果との比較検討」、平成 14 年度電気学会全国大会
- [5] 財団法人日本品質保証機構 : 「太陽光発電システム評価技術の研究開発」、平成 10 年度新エネルギー産業技術総合開発機構委託業務成果報告書