

IoTデバイス電源とした太陽電池の発電量予測モデルの開発 (1)

森田博之* 白石知久*

Development of a Model for Predicting the Amount of Electricity Generated by Solar Cells Using IoT Devices as Power Sources

MORITA Hiroyuki*, SHIRAISHI Tomohisa*

抄録

屋外用IoTデバイスの電源である太陽電池及びバッテリーのエネルギー管理を効果的・効率的に行うことを目的とした、太陽電池の発電量予測モデルを開発した。Webカメラによる空画像、太陽電池のI-V特性及び最大発電量、日射量、気圧を5分間隔で測定・保存したデータをもとに太陽電池の発電量予測モデルを作成した。発電量予測と結果の最大誤差は、晴れでは16%、晴れのち曇りでは22%、曇りでは30%となった。

キーワード：太陽電池、発電量予測、人工知能、IoTデバイス

1 はじめに

パソコンやスマートフォンだけでなく、家電や自動車、センサ等もネットワークに接続され、モノのインターネット (IoT=Internet of things) の市場は増加している。

しかし、IoTデバイスの導入にあたり、「導入コスト」、「通信」、「電源」、「人材」等が課題として挙げられ、特に商用電源から電源供給が困難な屋外でのIoTデバイスの導入はハードルが高いが、今後の需要は増大することが見込まれている。屋外でのIoTデバイスの電源として、バッテリー、または電池と太陽電池の組み合わせが非常に多い。太陽電池とバッテリーの組み合わせでは、天候変化により太陽電池の発電量が安定しないこと、及び夜間での太陽電池の発電量がほぼ0であることから、エネルギー管理はバッテリー容量に依存する傾向となっている。非日照日などのぐらいつながりによって、安定した電力供給可能なバッテリー容量の選定に際し大きく変わるた

め、必要とするバッテリー容量が大きくなり、その結果、サイズや重量が大きくなりがちになる。加えて、太陽光発電によるバッテリー容量回復は、考慮しにくく、優先度が低く見られている。

実際には、太陽光発電量の予測は、太陽光発電量の効率的なエネルギー利用には重要であるが、現状の大規模な太陽光発電所での運用では系統切り替えによる電力安定供給が主となっている。そのため、余剰電力となる太陽光発電の出力を抑制することで需要と供給のバランスをとっている²⁾⁻³⁾。太陽光発電を効果的に利用する方法として、EVの電池を用いたり⁴⁾、ヒートポンプによる蓄熱の研究⁵⁾等が行われたりしている。しかし、大規模太陽光発電所に対応可能なバッテリー等は非常に大きくなり、設置場所の確保や導入・運用コストの問題が発生する。また、小規模・コンパクトな太陽電池とバッテリーの組み合わせは多くあるが、実際には太陽電池の役割はバッテリー充電の補助的な役割であり、余剰電力を効率的に利用できていないと考えられる。

そこで、屋外に設置するIoTデバイスに注目し、

* 電気・電子技術・戦略プロジェクト担当

電源である太陽電池及びバッテリーのエネルギーマネージメントを効果的・効率的に行うことを目的とした、太陽電池発電の予測モデルを開発する。本研究では、バッテリー容量だけでなく太陽電池の予測した発電量を一時的にバッテリーと仮定することにより、エネルギーマネージメントができるよう、太陽電池発電量を予測するモデルを開発する。太陽電池の発電量予測をIoTデバイスで可能になるよう、ボードコンピュータでの稼働可能な学習モデルを開発する。

2 実験方法

2.1 測定データ自動取得プログラムの開発

太陽電池の電圧、電流や日射量計、気圧センサのデータを取得するためにデジタルマルチメータを用いて測定した。また、太陽電池の I-V 特性を得られるよう、トランジスタのベースに電圧を印加し発電時の電流を制御することにより、太陽電池の電圧及び電流値を測定し最大発電量を求めた。図 1 に示すように、デジタルマルチメータにより取得した太陽電池の電流、電圧、及び各センサの電圧値を自動制御プログラム LabVIEW で 5 分ごとに取得し、同時に Web カメラにて空画像を保存した。

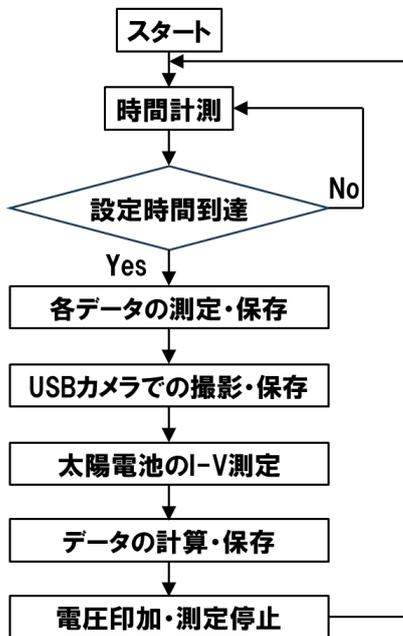


図 1 データ自動取得プログラムフローチャート

2.2 測定データを用いた太陽電池発電量予測方法の検討

太陽電池の発電量を測定するには、電圧及び電流を測定する必要がある。しかし、太陽電池に接続する負荷の大きさにより、計測する電圧・電流の値は大きく異なる。例えば、太陽電池の仕様が 6V、1A の場合、1Ω の抵抗を接続しても、最大 1A の電流が流れるが、電圧はオームの法則により抵抗には 1V 印加されるため、 $1V \times 1A = 1W$ となってしまう。100Ω の抵抗を接続した場合、最大 6V の電圧が印加されるが、電流値は 0.06A となり、 $6V \times 0.06A = 0.36W$ となる。このように太陽電池の発電量は負荷に依存してしまうため、最大発電量を計測するには様々な負荷をかけたときの I-V 特性を求める必要がある。そこで、太陽電池に接続したトランジスタのベースに DC 電源を用いて 0.4~1V の電圧を印加し、発電時に流れる電流を調節することによって I-V 特性を測定することで、太陽電池の最大発電量を求めた。

2.3 太陽電池の発電量予測モデルの開発

測定した太陽電池の最大発電量、その他センサデータを用いて予測モデルを開発した。図 2 に示すように、Web カメラで撮影した空画像を晴れ、曇り、雨と判定し、それぞれ 1、2、3 と数値に変換し、データと数値変換した天気予報に加えた測定データをデータセットとした太陽電池の発電量予測モデルを開発した。開発した予測モデルは、翌日の天気予報を入力することで翌日の発電量を予測するモデルとした。

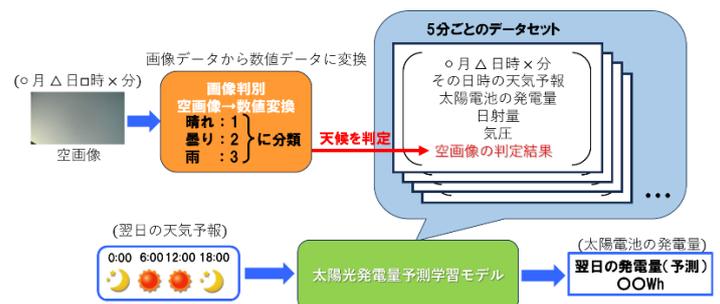


図 2 太陽電池発電量予測モデル概要

3 結果及び考察

3.1 測定データ自動取得プログラムの開発

LabVIEW2014 を用いて、測定データ自動取得プログラムを作成した (図 3)。プログラムを用いて、Web カメラによる空画像、太陽電池 (仕様 : 6V、1A) の I-V 特性及び最大発電量、日射量、気圧データを 5 分間隔で測定・保存した。

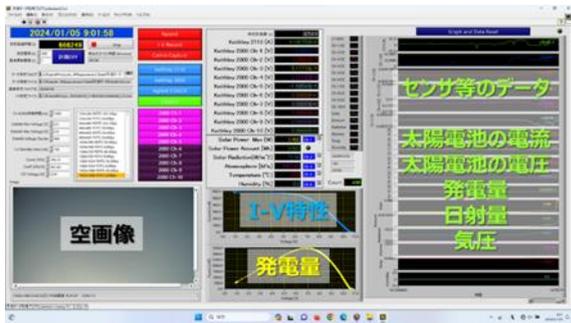


図 3 データ自動取得プログラム画面

3.2 太陽電池の発電量予測モデルの開発

3.2.1 空画像による天候判定モデル作成

空画像から天候を自動判別するため、Web カメラで撮影した空画像から、晴れ : 3,184 枚、曇り : 1,480 枚、雨 104 枚を使用し、TensorFlow による学習モデルを作成した。作成した学習モデルを用いて、実際の天候と空画像を比較して「晴れ」、「曇り」、「雨」に判定した結果を表 1 に示す。各天候画像の正答率は、晴れ画像が 79%、曇り画像が 100%、雨画像が 100% となり、良好な結果が得られた。また、図 4 に示すように、曇りと誤判定した晴れ画像は雲が多いが、曇りの定義である「雲の量が 9 割以上」を満たしていないことまでは判定できていなかったことが分かった。この判定については、発電量が低下するか否かを基準として、今後検討する必要があると考える。

表 1 TensorFlow による空画像の天候判定結果

天候	晴れ判定	曇り判定	雨判定	正答率
晴れ画像 (80 枚)	63	17	0	79%
曇り画像 (80 枚)	0	80	0	100%
雨画像 (20 枚)	0	0	20	100%

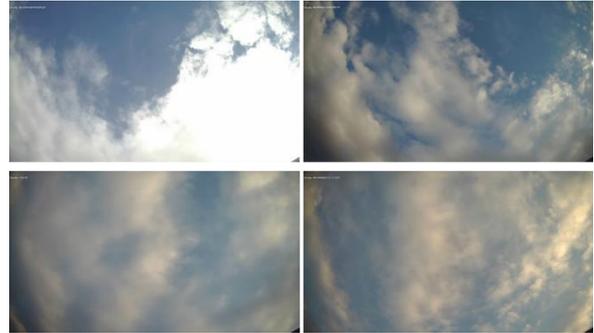


図 4 晴れを曇り判定とした画像 (抜粋)

3.2.2 発電量予測モデル開発

時刻、天気予報、測定データ自動取得プログラムで得られたデータ及び天候判定モデルから得られた結果をデータセット (計 4,032 セット) として、太陽電池発電量予測モデルを開発した。学習モデルは、学習関数をバイズ正則化、隠れ層を 40 とした。

開発した学習モデルを用いて、2024 年 1 月の「晴れ」、「晴れのち曇り」、「曇り」の天気予報を入力データとして発電量を予測し、実際の発電量と比較したものをそれぞれ図 5~7 に示す。なお、学習モデルを用いて天気予報を入力したときの太陽電池の発電量予測値を破線で示す。2024 年 1 月は降雨が少なかったため、雨天時がデータ不足により、雨天の発電量予測が計算できなかった。

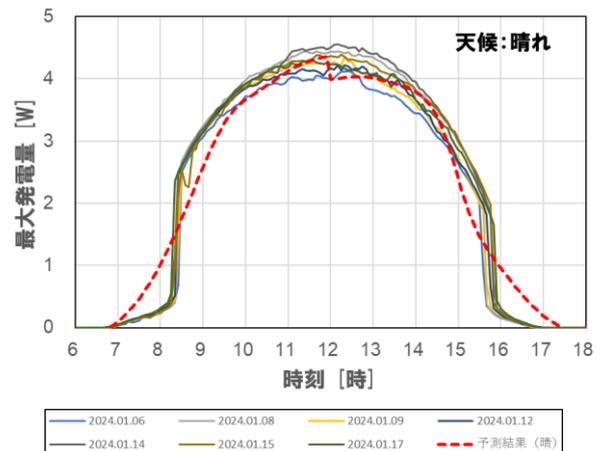


図 5 「晴れ」の発電量の実測・予測比較結果

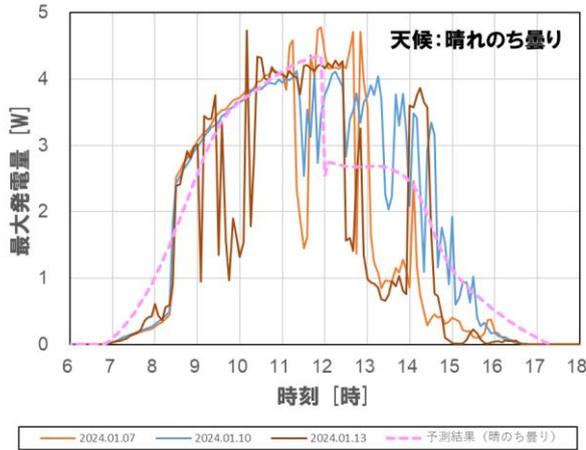


図6 「晴れのち曇り」の発電量の実測・予測比較結果

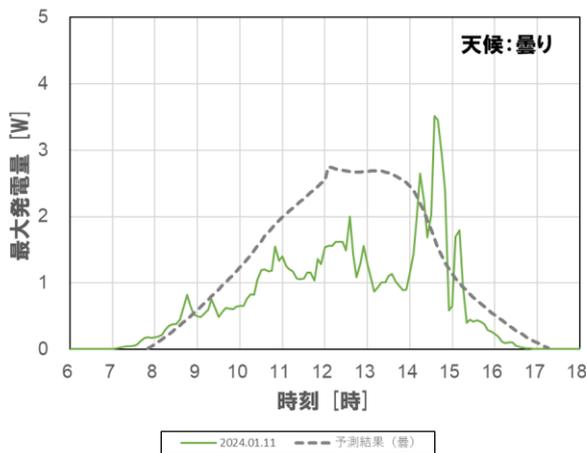


図7 「曇り」の発電量の実測・予測比較結果

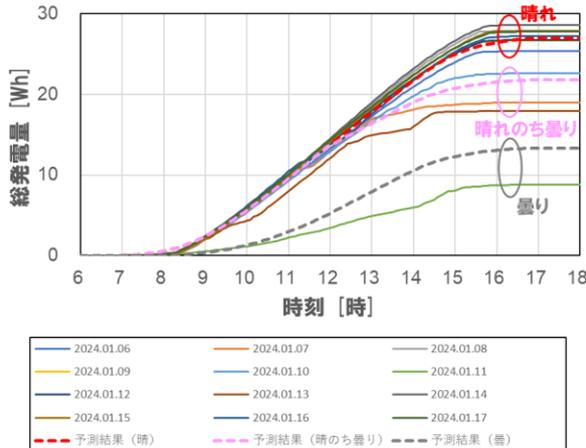


図8 太陽電池の総発電量の実測・予測比較結果

晴天時は太陽電池の発電量の増減は小さく、曇天時は発電量が大きく変化した(図6)。これは、雲の厚みにより日射量の低減率がばらついたことにより、太陽電池の発電量が大きく変化したと考

えられる。このように、曇りによる発電量の増減を予測モデルに反映するには、より多くのデータを取得し、学習モデルのパラメータを調整することを検討する必要がある、今後の検討課題である。

図5~7の発電量を1日の総発電量に変換したときのグラフを図8に示す。この結果から、発電量予測と測定結果における最大誤差は、晴れでは16%、晴れのち曇りでは22%、曇りでは30%となった。

本研究報告では、冬季の1月分の太陽電池発電量の予測モデルを開発したが、今後、春季、夏季、秋季による太陽光の変化や天候に対する発電量の変化を比較検討し、予測モデルに反映する。

4 まとめ

以上の結果をまとめると、次のとおりである。

- (1) LabVIEW2014を用いて、測定データ自動取得プログラムを作成し、5分ごとに太陽電池の最大発電量及び空画像、日射量、気圧のデータを取得した。
- (2) 空画像をTensorFlowにて「晴れ」、「曇り」、「雨」に分類する学習モデルを作成し、各天候画像の正答率はそれぞれ79%、100%、100%であった。
- (3) 空画像から分類した天候と測定データを用いて、太陽電池の発電量予測モデルを開発した。発電量予測と測定結果の最大誤差は、晴れでは16%、晴れのち曇りでは22%、曇りでは30%となった(2024年1月)。

今後、1年の太陽電池の最大発電量及び空画像、日射量、気圧のデータを取得し、春季、夏季、秋季による太陽光の変化や天候に対する発電量の変化を比較検討し、予測モデルに反映する。

また、IoTデバイスに搭載し稼働できるだけのコンパクトかつ簡易な発電量予測モデルの開発を進めていく。

参考文献

- 1) 矢野 祐二, 岩本 久, 「IoT ハードウェアの変遷・歴史とIoTシステムが有する課題」,

システム／制御／情報, 67 巻 7 号 p. 257-262 (2023)

- 2) 牧田 大河, 加藤 丈佳, 鈴置 保雄, 「系統全体の電力余剰時における太陽光発電の出力抑制制御に関する実験的検討」, 電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), 132 巻 9 号 p. 812-819 (2012)
- 3) 次世代送配電ネットワーク研究会: 低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～, pp.25-34 (2010-4)
- 4) 西大條 利宜, 鈴木 道哉, 森野 仁夫, 岡 建雄, 竹林 芳久, 「地方都市における一戸建住宅の太陽光発電余剰電力の電気自動車バッテリーによる吸収に関する調査研究」, 日本建築学会環境系論文集, 80 巻 708 号 p. 149-158 (2015)
- 5) 大嶺 英太郎, 八太 啓行, 浅利 真宏, 上野 剛, 小林 広武, 「ヒートポンプ式給湯機と電力貯蔵装置を用いた太陽光発電余剰電力利用のための需要地系統運用手法」, 電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), 133 巻 7 号 p. 631-641 (2013)