

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2013

課題番号：23760267

研究課題名（和文） スマートグリッドのための太陽光発電設備運用手法

研究課題名（英文） Optimal Operation Technique of Photovoltaic System for Smart Grid

研究代表者

與那 篤史（YONA ATSUSHI）

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：40505939

研究成果の概要（和文）：本研究では気象庁等が配信する年間の気象値について解析し、日射量以外の気象予報値から近似・分類手法を用いて日射量予測値を定量化し、太陽光発電設備の先進的発電電力予測モデルを構築した。また、太陽光発電設備と蓄電設備が併設された電力システムの最適運用手法を開発した。提案した太陽光発電電力予測手法及び運用計画の有効性は太陽光発電設備の発電電力変動の抑制に貢献できること、蓄電池容量を十分に有効利用した運用計画が達成されることをシミュレーション結果より確認した。

研究成果の概要（英文）：This research analyzed yearly weather data such like weather reported data of Japan Meteorological Agency. After quantifying solar radiation prediction using approximation/classification technique from weather reported data except for solar radiation data, and then an advanced power output forecasting model for photovoltaic system was constructed. Additionally, this research developed an optimal operation technique of electric power system including photovoltaic system and battery system. Proposed techniques will contribute to reduce power output fluctuation of the photovoltaic system and also achieve an optimal operation with effective usage of the battery capacity, the validity of proposed techniques were confirmed by simulation results.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：太陽光発電電力予測、日射量予測、最適運用計画、予測誤差、ファジー推論、ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

太陽光発電設備は石油の代替エネルギー源であり、地球温暖化対策といった観点から各国で導入が進められている。しかしながら、太陽光発電設備が集中的に配電系統に連系された場合、当該電力系統の電圧変動や周波数変動等の問題が無視できないレベルに顕在化し、導入の制約条件となる可能性がある。

したがって、太陽光発電設備の運用においては、電力系統へ生じる影響を低減する必要がある。解決策の一つとしてニューラルネットワークならびに樹木モデル等の近似・分類手法を用いた太陽光発電設備の発電電力予測が挙げられる。太陽光発電設備の発電電力が予測可能となれば、当該電力系統の経済的かつ安定性を有した運用が図れると共に、蓄電設備等の高価な付加設備の有効活用が可能

である。国内・国外における太陽光発電設備の発電電力予測手法については日射量予測に基づいた手法が一般的である。日射量予測については統計的に得られた気象データに基づいて日射量予測モデルを構築する手法が一般的であり、気象庁等がそれらの業務を展開している。しかしながら、気象庁等が配信する日射量予測データは3時間～24時間平均値といった長い時間幅であり、1～10段階の大まかな日射レベルを日射量予測データとして配信している。そのため、既存の電力系統において有用と考えられる太陽光発電設備の数分先～数時間先発電電力予測の需要を満たすことが困難な状況である。太陽光発電設備と蓄電設備が併設された電力系統を効率的に運用し、蓄電設備等の高価な付加設備の利用を低減するためには、より精度の高い太陽光発電設備の発電電力予測手法と当該蓄電設備の最適運用手法が今後は必要になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では既存の電力系統において有用と考えられる太陽光発電設備の発電電力予測について、近似・分類手法を用いた先進的な太陽光発電設備の発電電力予測手法を開発する。また、太陽光発電電力予測モデルの誤差特性を定量的に扱い、高価な蓄電設備の利用を低減することを目的に太陽光発電設備と蓄電設備が併設された電力系統の最適運用手法を開発する。

3. 研究の方法

研究の方法は主に以下の二項目である。

(1) 太陽光発電電力予測モデル

近似・分類手法を用いた気象予報値と日射量予測に基づく翌日24時間先の太陽光発電電力予測モデルを開発した。図1にそのモデルの概要を示す。近似・分類手法にはファジー理論とニューラルネットワークを用い、日射量以外の気象予報値から日射量予測値を定量化した。年間の日射量予測誤差を解析し、予測誤差の補正と太陽光発電電力特性によって高精度の太陽光発電電力予測値を得るモデルを開発した。

(2) 太陽光発電設備の最適運用手法

日本における太陽光発電事業者を想定し、太陽光発電設備と蓄電設備の合成出力電力による電力系統連系点への売電利益の最大化を目的関数とし、現状の日本における風力発電連系制約と同様の制約条件を設定した。図2に対象とした太陽光発電システムを示す。ここで、合成出力電力とは蓄電設備と太陽光

発電設備の出力電力の和を指している。太陽光発電設備側の最大発電電力は連系箇所の変換器容量および電力変換効率を考慮した制約条件の範囲内で動作を抑制し、太陽光発電電力予測値から算出した蓄電設備の充放電指令値に従って合成出力電力を平滑化する運用手法を開発した。合成出力電力と蓄電設備の初期エネルギー残存量(充電量)を決定する最適化手法には、遺伝的アルゴリズムを採用した。

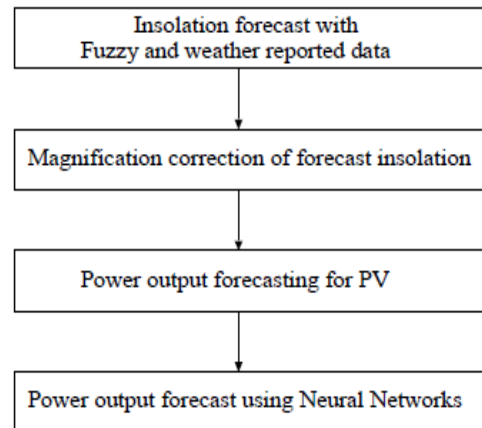


図1 太陽光発電電力予測手法 ([雑誌論文] (1) 参照)

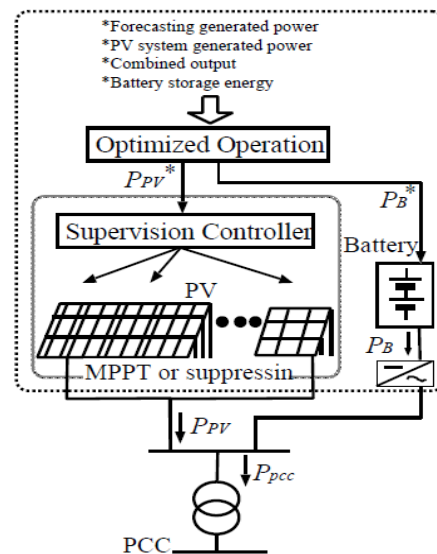


図2 太陽光発電システム ([雑誌論文] (2) 参照)

4. 研究成果

研究成果は主に以下の二項目である。

(1) 太陽光発電電力予測モデル

湿度と雲量の気象予報値をファジー理論に適用することで日射量予測値が得られることを確認した。また、図3に示すように年間の日射量予測誤差を解析し、予測誤差を低減する日射量予測補正係数を得た。得られた補正係数とニューラルネットワークを適用す

ることで翌日 24 時間先の太陽光発電電力予測の精度向上が可能であることを確認した。図 4 に太陽光発電電力の例を示し、図 5 に従来手法（持続予測手法）による翌日 24 時間毎における太陽光発電電力予測誤差の絶対値、図 6 に提案手法に予測結果を示す。提案手法により、太陽光発電電力予測誤差が低減されていることが確認できる。

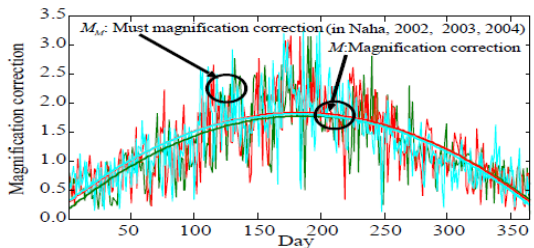


図 3 日射量予測補正係数 ([雑誌論文] (1) 参照)

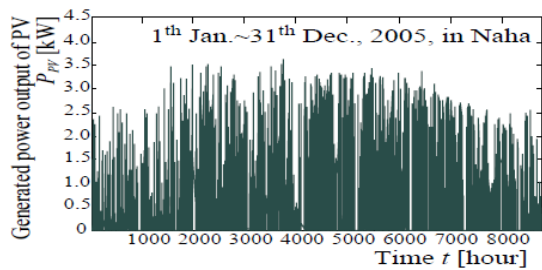


図 4 太陽光発電電力 ([雑誌論文] (1) 参照)

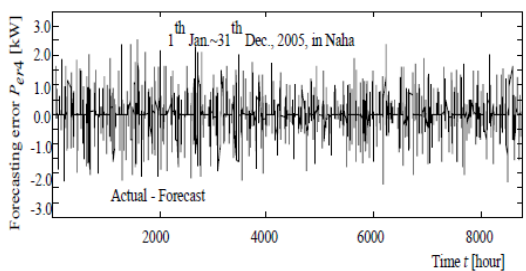


図 5 従来手法による太陽光発電電力予測 ([雑誌論文] (1) 参照)

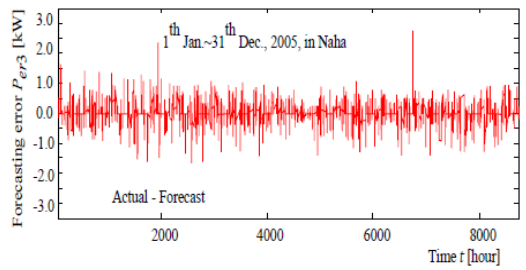


図 6 提案手法による太陽光発電電力予測 ([雑誌論文] (1) 参照)

(2) 太陽光発電設備の最適運用手法

蓄電池併設型太陽光発電システム (図 2) の最適運用計画について、図 7 及び図 8 に遺伝的アルゴリズムによる最適化シミュレーション結果を示す。各図の上側は蓄電設備を用いない場合、下側は蓄電設備を用いた場合を示している。また、ケース 1 は許容される発

電電力変動を緩和した場合、ケース 2 は許容される発電電力変動を厳しく制限した場合を示している。これらの結果より、提案手法により太陽光発電設備の発電電力変動を抑制し、完全予測に近い売電利益が得られることを確認した。ただし、太陽光発電電力予測誤差の影響を低減するためには、ケース 2 のように発電電力変動を厳しく制限する必要が生じることを確認した。また、蓄電池容量を十分に有効利用した運用計画が達成されていることを確認した。本手法はこれからシステムに導入する太陽光発電設備、さらに既存の太陽光発電設備に対しても、最適な運用計画を立案することが可能と推察される。

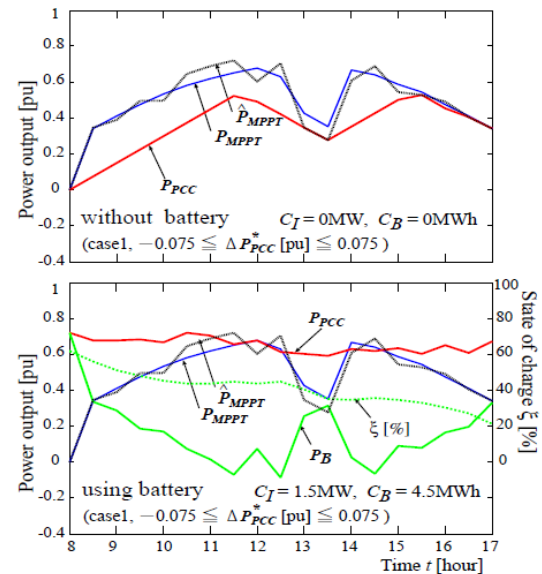


図 7 最適運用シミュレーションケース 1 ([雑誌論文] (2) 参照)

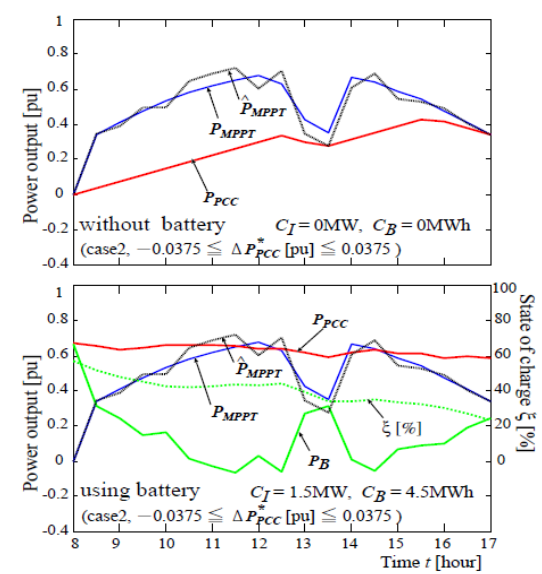


図 8 最適運用シミュレーションケース 2 ([雑誌論文] (2) 参照)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

(1) 與那篤史、他3名、Determination Method of Insolation Prediction With Fuzzy and Applying Neural Network for Long-Term Ahead PV Power Output Correction、IEEE Transactions on Sustainable Energy、査読有、4巻、2013、pp. 527 - 533、DOI : 10.1109/TSTE.2013.2246591

(2) 與那篤史、他3名、長時間先日射量予測による大規模太陽光発電設備の最適運用計画、電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)、査読有、131巻、2011、pp. 1665-1671、DOI : 10.1541/ieejieiss.131.1665

〔学会発表〕(計2件)

① 與那篤史、Operational Planning Strategy Applying Demand Response to Large PV/Battery System、The International Conference on Renewable Energy Research and Applications、2012年11月11日～2012年11月14日、長崎

② 與那篤史、予測誤差を考慮したメガソーラーシステムの最適設備容量、平成23年電気学会電力・エネルギー部門大会、2011年8月31日、福井大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

6. 研究組織

(1) 研究代表者

與那 篤史 (YONA ATSUSHI)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：40505939