

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01873

研究課題名(和文) 太陽光発電システム上の積雪動態の解明と予測への展開

研究課題名(英文) Elucidation of Snow Accumulation Dynamics on Photovoltaic Power Generation Systems and its Application to Prediction

研究代表者

大竹 秀明(Ohtake, Hideaki)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員

研究者番号：10727655

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：太陽光発電(PV)システム上の積雪の振る舞いの理解が進んでいないことが現状であり、発電特性に関わるPVシステム上の積雪、融解、落雪の一連の過程を解き明かすことを目指した。3冬季シーズンで48事例のPVシステム上の積雪事例が各種気象観測・カメラ観測でとらえられた。その結果、温度や積雪深、積雪安定度の状況毎により異なる落雪のパターンがあることが明らかになった。積雪を加味したモデリング技術の検討では別途積雪を考慮したモデルを組み合わせることで予測精度が向上することが確認された。予測のインパクト評価においてはPV発電の出力低下予測の精度向上による運用コストの削減効果が高くなることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PVシステム上の積雪動態のモニタリングから積雪の融解、落雪過程は雪崩現象にも類似していることが示唆された。本研究では、(1)積雪モニタリングと(2)積雪時発電予測、(3)予測インパクト評価の3つの点に注目した。気象学、雪氷・積雪物理学の知見を応用し、その動態の理解を深められた点は学術的意義が高い。PVシステム上の積雪挙動の実態がわかることで、積雪、融解、落雪過程のモデル化を進めることができ、PV発電出力予測へ展開も今後期待できる。将来、冬季の積雪時の発電予測誤差を低減することで、火力発電などから過剰なCO2排出を抑えることにも貢献できる点は社会的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：The behavior of snow accumulation on photovoltaic (PV) systems is currently poorly understood. This study aimed to elucidate the sequence of snow accumulation, melting, and shedding on PV systems as it relates to power generation characteristics. A total of 48 cases of snow accumulation on PV systems were observed during the three winter seasons by conducting various snow cover, meteorological, and camera observations. The results revealed that there are different snow melting, shedding patterns for different temperature, snow depth, and snow stability conditions. In the study of modeling techniques for PV power generation considering snow cover on day-ahead forecasts, it was confirmed that combining a model that separately considers snow cover improves the accuracy of forecasts. In the impact evaluation of the PV forecasting, it was confirmed that the reduction in operating costs due to the improved accuracy of the forecast of PV power output decline is highly effective.

研究分野：気象学

キーワード：太陽光発電システム 積雪モニタリング 積雪動態 発電予測 メガソーラーサイト 衛星画像 1日先予測 発電機起動停止計画問題

### 1. 研究開始当初の背景

太陽光発電 (PV) システムの出力予測技術は、従来の電力システムに PV システムを普及させる重要な役割がある。しかし、現段階では最新予測技術であっても予測精度が良い一貫した予測システムの構築は難しい。そこには気象予報の不確実性と PV システムの発電特性の両面が存在するためである。発電予測が大きく外れる事例の一つが積雪事例 (大竹, 2020, 日本太陽エネルギー学会誌 (文献 (1))) である。PV システム上の積雪の振る舞いの理解が進んでいないことが現状であり、発電特性に関わる PV システム上の積雪、融解、落雪の一連の過程を解き明かすことに着目する。また、PV システム上の積雪挙動の実態がわかることで、積雪、融解、落雪過程のモデル化を進めることができ、さらには発電出力予測へ展開も可能である。

### 2. 研究の目的

PV システム上の積雪モニタリングを積雪、融解、落雪の一環したプロセスを理解することを目的とする。地球物理学的手法 (放射計測を含む気象観測、積雪物理計測) 及び、高解像度衛星、地上設置型全天カメラの併用による積雪変遷を高時間分解能で取得し、発電出力との特徴量分析に用いる点は新しい。積雪変質過程を考慮した積雪の開始、融解、落雪のタイミングを含めた積雪動態のモデル化と予測不確実性の分析を行う。予測の不確実性の情報に関しては、メソアンサンブル予報 (MEPS) の活用についても検討を行い、アンサンブル予報の効果的な活用方法についても調べる。予測情報のみならず、その情報が実際に電力需給に与える予測のインパクトにも注目し、発電予測を活用した電力市場取引や電力経済の分野から予測のインパクト評価を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、気象・雪氷学分野の視点からの (1) 積雪モニタリングと (2) 積雪時発電予測、及び電力市場分野の (3) 予測インパクト評価の 3 つのサブ課題によって構成し、課題解決を図る。

#### (1) 積雪モニタリング

PV システム上の積雪モニタリングは工学的なアプローチ (PV システムの熱収支、表面熱分布 (ホットスポット) の観察等) はこれまで先行研究で実施されているが、PV 上の積雪内部の物理的性質 (長・短波放射、熱収支、積雪粒径等) を考慮したモニタリングは行われていない。図 1 に構築したモニタリング設備の外観を示す。RICOH THETA 360°カメラ、可視画像、赤外画像を同時に取得し、PV システム上の積雪モニタリングに特化した観測システムの構築を行った。また、地上設置型全天カメラ、気象衛星データ等の多様な監視装置によりデータ取得し、マクロからグローバルへ多様なスケールで観測データを融合する点に注目した。

#### (2) 積雪時発電予測

降雪時に PV システムの上に積雪があると、晴れの予測であっても積雪が日射を遮断してしまう。そのため、実際には PV の発電量の低下を引き起こし、融雪や落雪により PV の出力が急に高くなる。PV システム上の短波放射への影響が大きい積雪物理状態 (雪面熱収支、積雪粒径、エアロゾルなどの積雪不純物などの影響を考慮) の内部変化・時間変化について積雪変質モデル (SMAP) (文献 (2, 3)) を用いて調べる。「理論に基づく数値予測」と AI 技術による「データ

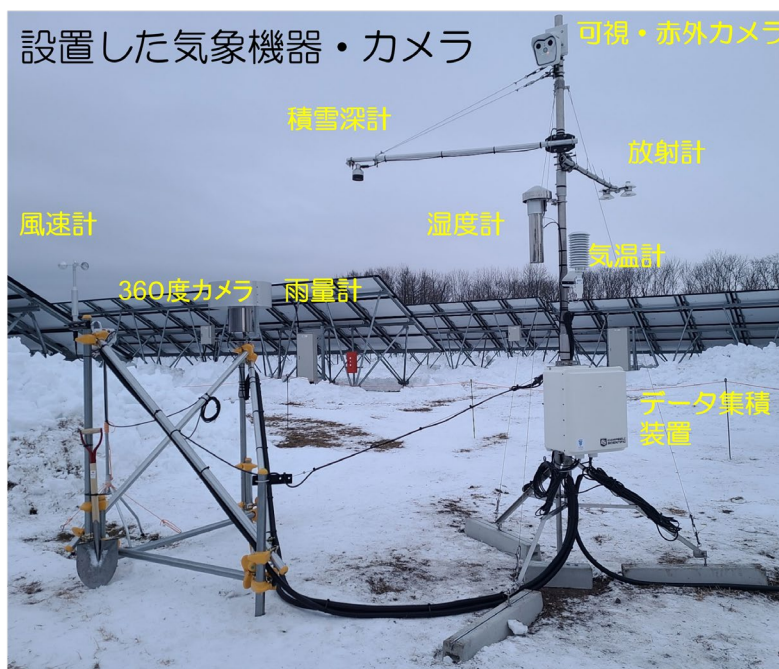


図 1 設置した気象観測装置、可視・赤外カメラ、360°カメラの設置状況



図2 360°カメラで得られたPVシステム

に根差した経験的予測」の融合により、理論による限界を超え予測精度の向上も目指す。MEPSの予測に基づき、予測の信頼度情報の効果的な活用も検討する。

### (3) 予測インパクト評価

積雪変質過程が地域間・地域内電力流通設備と電力需給制御・市場・経済に及ぼす影響は研究されていない。電力系統は、全国に接続されているため、発電予測誤差が及ぼす影響は、不経済な発電所運用や停電リスク増大という形で全国に波及する。実際に電力需給や電力市場取引のシミュレーション実験で発電予測情報のインパクト評価を行う。予測の信頼度情報がどのようなシーンで活用できるかを電力システムの経済学の観点から分析する。これは電力市場取引のリスクマネジメントに貢献する新しい取り組みである。

## 4. 研究成果

### (1) 積雪モニタリング

#### ① カメラ観測とその動態

RICOH THETA 360°カメラを使ったPVシステム積雪動態モニタリング装置を開発した(図1)。北海道池田町のワインの里池田ソーラー発電所(以下、池田サイト)にて、2021-2023年度の3シーズンにわたって1分インターバルの広視野・高頻度観測データ及び10分間隔の可視・赤外面像データを取得した。得られたデータから合計48ケースの積雪イベントを検出し、PVシステム上の積雪がどのように融雪・滑雪してPVシステム上がクリアになるか、明瞭な記録をすることに成功した。

(参考 ほくでんエコエナジー社ワインの里池田ソーラー発電所の外観は以下のURLを参考 [https://www.hepco.co.jp/energy/recyclable\\_energy/solar\\_power/megasolar.htm](https://www.hepco.co.jp/energy/recyclable_energy/solar_power/megasolar.htm))

図2は360°カメラがとらえる視野であり、池田サイトの端から端までモニタリングが可能である。積雪の深さや気温によって積雪がmelting, sheddingなど最近の研究でも報告される(Yassine et al. 2022(文献(4))融解・落雪タイプに大まかに大別されることが確認され、また風速が強い場合にはPVシステム上での積雪が不均一になる事例も確認された。

本研究報告では不均一に分布するPVシステム上の積雪を例に示す。図3は風速が強い場合(2024年3月13日の事例)の可視カメラでとらえたPVシステム上での積雪の分布の様子である。0時には降雪により一面積雪が観測されている(図3上)。夜間であっても街灯や周囲の積雪の光の反射により可視画像でも積雪の様子が確認される(図3中・下)。

図4は同じ風速が強い場合のPVシステム上の積雪事例(2024年3月12日から13日の事例)における降水量(青色)と積雪深(紫色)の時系列変化を示す。深夜に降雪による積雪の増加が確認できる。図5は同日の同じ事例(2024年3月12日から13日の事例)における気圧変化(青色)と最大風速(赤色)及び平均風速(薄赤色)の時系列変化を示す。低気圧の接近にともない気圧が徐々に低下しており、深夜から翌日13日にかけて風速が強まり、最大風速は10m/sにも達していることがわかる。その結果、強い風速によりPVシステムの周辺には複雑な気流が生ま

Mar 13, 2024

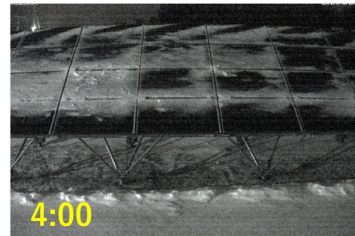
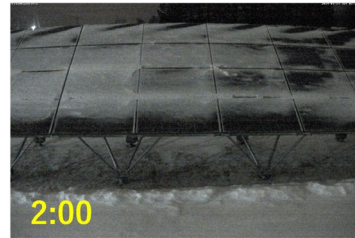
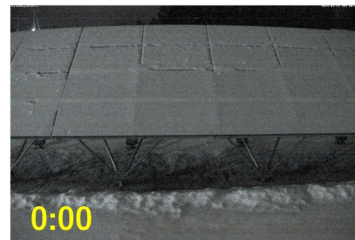


図3 風速が強い場合のPVシステム上の積雪事例(2024年3月13日の事例)

れ、PV システムの上部、中部、下部において雪の積もり方も異なる様子が確認される (図 3 の 2 時から 4 時の可視画像を参照)。

落雪には外気温も重要だが、特に PV システムの裏面温度との関係が重要であることも示唆された。このように PV システム上での積雪“動態”の分類が可能となり、今後雪氷モデルを用いた現地の気象条件や PV システムの温度など物理状態の解析と比較することで、PV システム上の積雪に関する詳細理解を深め、将来の発電量予測に活かした解析も有用である。

## ② 積雪安定度

PV システム上の積雪が形成された時に、それが現在落下しやすい状況なのかどうかを気象庁解析積雪深・降雪量予測を行うために開発した大気-積雪結合システム LFM-SMAP を用いてシミュレートした。その結果、2021-2022 年冬季に池田サイトにおいて発生した PV システム上の積雪流下事例の特徴として、前 6 時間降雪量 0.3mm 以上であることと、積雪安定度 NSI < 15 以下であることが見いだされた。ただし、安定度が高くても (NSI ≒ 100)、表層 10 cm 体積含水率が 1%を超えた場合に流下が起きている事例が 1 つあり、流下の形態が複数存在する可能性が考えられた。本解析で得られた特徴を一般化するためには、更に事例を増やす必要があると考えられる。

## ③ 太陽光発電施設への積雪評価

衛星画像からは PV 施設を含む様々な建造物やその変化を検知することができる (参考 URL <https://www.digiarc.aist.go.jp/team/gsvrt/information/20230908-SATCHAN/>)。その際「超解像」を行うことで抽出精度が向上することが知られている。超解像度を行う深層学習モデルに建造物の変化を検知するモデルを結合することで、検知精度の向上がより見込めることを確認した。また、北海道全域など広域にわたって降雪が生じた場合、衛星画像を使うことで域全体として PV 施設が何%積雪に覆われたか観測に基づく実態調査ができ、系統全体として積雪時の発電量変化の説明となりうる (URL <https://gsrt.digiarc.aist.go.jp/landbrowser/>)。このようなアイデアに基づき、積雪前後の衛星画像を使って PV 施設への積雪評価を行うため、AI を用いた画像処理技術の開発を行った。ただし、積雪判定には精度の改善余地があり、研究開発の課題も確認できた。

## (2) 積雪時発電予測

### ① アンサンブル予報の活用

MEPS の高度利用に関わる研究を実施し、特に積雪予測のための大気側入力となる MEPS の高度化

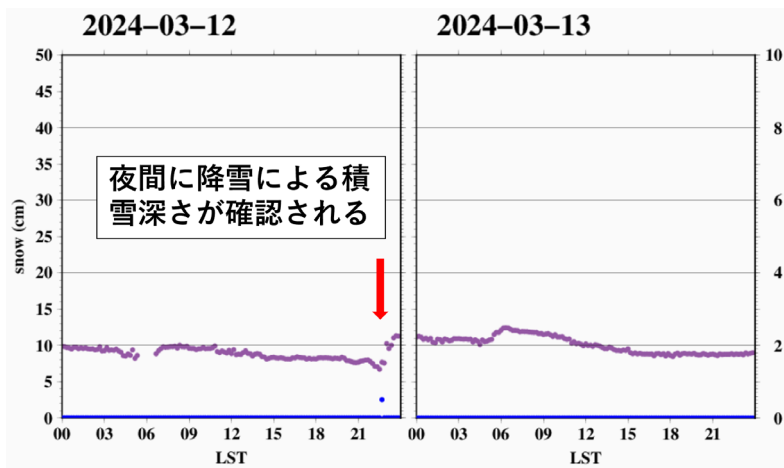


図 4 風速が強い場合の PV システム上の積雪事例 (2024 年 3 月 12 日から 13 日の事例) における降水量 (青色) と積雪深 (紫色) の時系列変化。

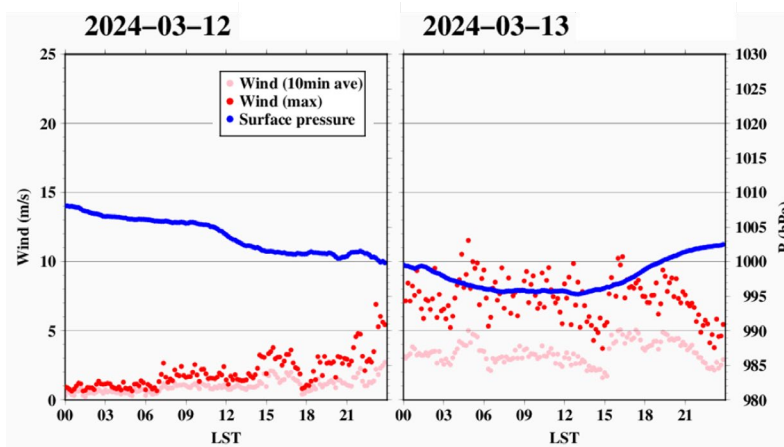


図 5 風速が強い場合の PV システム上の積雪事例 (2024 年 3 月 12 日から 13 日の事例) における気圧変化 (青色) と最大風速 (赤色) 及び平均風速 (薄赤色) の時系列変化。

を行った。また、メソスケールの気象予測の不確実性を考慮して決定論的予測を改善するために、数値予報モデルのアンサンブル予報結果に時間相関を考慮したクラスタリングを行い、最適予測シナリオを構築する手法を開発した（文献（5,6））。

## ② 機械学習による積雪考慮モデル

積雪起因による前日 PV 発電予測の誤差に着目し、その誤差を緩和する手法を検討した。積雪について前日の時点で得られる情報を複数用いて PV 発電の出力を予測してから、積雪の影響を因るため専用モデルを使う手法を組み合わせることで、予測誤差に一番効果があることがわかった。具体的に、検証データで提案したモデルでは従来の予測モデルより 2 乗平均平方根誤差 (Root Mean Squared Error:RMSE) が 16%、平均絶対値誤差 (Mean Absolute Error:MAE) は 22% まで減少を確認した。他のデータとエリアで得られた改善率の検証より一層の誤差の低減に繋がるモデルの高度化が今後の課題である。

### (3) 予測のインパクト評価

時変平均回帰過程モデルにより、電力需給シナリオを大量に発生させ、発電機起動停止計画を解くというモンテカルロ・シミュレーションを開発、実行した。PV や風力発電が大量導入された将来について、積雪による PV の出力予測誤差が電力需給に及ぼす影響について分析を行った。シミュレーションの結果では、蓄電池の大量導入よりも太陽光出力低下予測の精度向上による運用コストの削減効果が高かったことがわかった（文献（7））。

## 謝辞

観測では北海道電力株式会社総合研究所、ほくでんエコエナジー株式会社にご協力頂いた。本サイトの敷地を管理する北海道池田町役場にも観測の許可を頂いた。

## 参考文献

- (1) 大竹秀明, 日本太陽エネルギー学会誌, 特集 I I 太陽光発電システムの大量導入と太陽光発電量予測技術の課題 総合討論 「太陽光発電予測に関するディスカッション」, Vol. 46, No. 1, pp. 57-62. (2020 年 1 月)
- (2) Niwano, M., T. Aoki, A. Hashimoto, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Fujita, A. Tsushima, Y. Iizuka, R. Shimada, and M. Hori, 2018: NHM-SMAP: spatially and temporally high-resolution nonhydrostatic atmospheric model coupled with detailed snow process model for Greenland Ice Sheet, *The Cryosphere*, 12, 635-655, <https://doi.org/10.5194/tc-12-635-2018>. Open Access .
- (3) 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 山口悟, 谷川朋範, 保坂征宏, 2017: 2015-2016 冬期の新潟県アメダスへの積雪変質モデル SMAP の適用, *雪氷*, 79(6), 525-538.
- (4) Yassine et al. “Understanding mechanisms of snow removal from photovoltaic modules”, *Solar Energy*, 231(2):175-184 (2022).
- (5) Ono, K. “Obtaining mesoscale singular vectors reflecting synoptic - scale uncertainty by projection in phase space”, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 149(751) 657-676 (2023).
- (6) Ono, K.” Clustering Technique Suitable for Eulerian Framework to Generate Multiple Scenarios from Ensemble Forecasts” *Weather and Forecasting* 38 833-847 (2023).
- (7) Komuro, T, N. Yamaguchi, Y, Manabe, H. Ohtake, “Evaluation of PV Output Prediction Errors Due to Snow Coverage on Unit Commitment Using a Time-Varying Mean Reversion Model” . 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia) Paper ID: 77 Dec., 2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kosuke Ono	4. 巻 149
2. 論文標題 Obtaining mesoscale singular vectors reflecting synoptic scale uncertainty by projection in phase space	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Societ	6. 最初と最後の頁 657-676
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/qj.4433	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kosuke Ono	4. 巻 38
2. 論文標題 Clustering Technique Suitable for Eulerian Framework to Generate Multiple Scenarios from Ensemble Forecasts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Weather and Forecasting	6. 最初と最後の頁 833-847
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/WAF-D-22-0137.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大竹秀明, 高松 尚宏, 大関 崇	4. 巻 142
2. 論文標題 太陽光発電出力予測技術に関するレビュー	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 533-541
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejpes.142.533	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大竹秀明	4. 巻 42
2. 論文標題 発電量予測・需要予測の最前線	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気設備学会誌	6. 最初と最後の頁 651-654
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14936/ieiej.42.651	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N.U. Salu, S. Oke, H. Ohtake	4. 巻 214
2. 論文標題 Impact of overloading of photovoltaic arrays on the evaluation of photovoltaic power generation forecasts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electric Power Systems Research	6. 最初と最後の頁 108930
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsr.2022.108930	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masashi Niwano, Masami Suya, Koichi Nagaya, Satoru Yamaguchi, Sumito Matoba, Ikuo Harada, Nozomu Ohkawara	4. 巻 18
2. 論文標題 Estimation of seasonal snow mass balance all over Japan using a high-resolution atmosphere-snow model chain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 193-198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2022-031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Ohtake, H, T. Oozeki
2. 発表標題 Snow sliding dynamics on photovoltaic systems and challenges to PV forecast
3. 学会等名 Grand Renewable Energy 2022 (GRE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohtake, H, T. Oozeki, M. Imai, M. Niwano, K. Ono
2. 発表標題 Monitoring of snowfall and snow cover at photovoltaic plant in eastern Hokkaido, Japan.
3. 学会等名 The 33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohtake, H
2. 発表標題 PV Power Forecasting and its Uncertainty
3. 学会等名 The 33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹秀明,大関崇
2. 発表標題 冬季の太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹秀明,大関崇, 今井 正亮,庭野 匡思, 小野 耕介
2. 発表標題 太陽光発電システム上の積雪の動態 -2022年2月20日の多雪事例-
3. 学会等名 令和4年電気学会電力・エネルギー部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹秀明,,大関崇, 中島虹, 高松尚宏, 仲江川敏之
2. 発表標題 メソアンサンプル予報による日射量予測 北海道エリアの事例
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 小室拓翔, 山口順之, 真鍋勇介, 大竹秀明
2. 発表標題 積雪によるPV出力予測誤差が電力需給運用に及ぼす影響に関する基礎検討
3. 学会等名 電力技術・電力系統技術合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小室拓翔, 山口順之, 真鍋勇介, 大竹秀明
2. 発表標題 風力発電出力変動を考慮した積雪によるPV出力予測誤差の電力需給運用への影響評価
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 X. Fu, T. Kouyama, H. Yang, I. Yoshikawa, R. Nakamura
2. 発表標題 Toward Faster and Accurate Post-Disaster Damage Assessment: Development of End-to-End Building Damage Detection Framework with Super-Resolution Architecture
3. 学会等名 IEEE IGARSS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹秀明
2. 発表標題 冬季太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大竹秀明, 大関崇
2. 発表標題 太陽光発電システム上の積雪動態モニタリングと予測への展開
3. 学会等名 電気学会研究会資料 (令和 3年電気学会 新エネルギー・環境研究会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田拓也, 山口順之
2. 発表標題 積雪による発電出力低下予測がエネルギーミックスに与える影響
3. 学会等名 電気学会研究会資料 (電力技術/電力系統技術合同研究会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大竹秀明
2. 発表標題 冬季太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング
3. 学会等名 令和3年度 第17回ヤマセ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹秀明, 大関崇
2. 発表標題 冬季の太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 ( JpGU2022 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuto Komuro, Nobuyuki Yamaguchi, Yusuke Manabe, Hideaki Ohtake
2. 発表標題 Evaluation of PV Output Prediction Errors Due to Snow Coverage on Unit Commitment Using a Time-Varying Mean Reversion Model
3. 学会等名 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia) Paper ID: 77 Dec., 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 大竹秀明、野原大輔、中島孝	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本気象学会	5. 総ページ数 208
3. 書名 再生可能エネルギーの気象学	

1. 著者名 大竹秀明	4. 発行年 2022年
2. 出版社 株式会社 養賢堂	5. 総ページ数 7
3. 書名 機械の研究 連載講座：新しいエネルギー基本計画と近年の台風災害の考察（7）「将来気候変動下の台風への影響」	

1. 著者名 大竹秀明	4. 発行年 2022年
2. 出版社 株式会社 養賢堂	5. 総ページ数 7
3. 書名 機械の研究 連載講座：新しいエネルギー基本計画と近年の台風災害の考察（2）「太陽光発電の導入状況と気象予報」	

1. 著者名 高松尚宏, 大竹秀明, 大関崇	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エネルギー・資源学会	5. 総ページ数 6
3. 書名 エネルギー・資源学会誌「エネルギー・資源」、太陽光発電の発電予測の最近動向	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>太陽光システムチーム  <a href="https://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/PVSAT.html">https://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/PVSAT.html</a>          北海道における太陽光発電システム上の積雪モニタリング(AIST太陽光発電研究成果報告2022)  <a href="https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/results/2022/poster/P41-Ohtake.pdf">https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/results/2022/poster/P41-Ohtake.pdf</a>          冬季の太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング(日本地球惑星科学連合 2022, MZZ48-P08, 2022年5月31日)  <a href="https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2022/subject/MZZ48-P08/detail?lang=ja">https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2022/subject/MZZ48-P08/detail?lang=ja</a>          冬季太陽光発電出力予測の課題と積雪モニタリング(第17回ヤマセ研究会 2022/3/1)</p> <p>産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 太陽光システムチーム  <a href="https://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/PVSAT.html">https://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/PVSAT.html</a>          東京理科大学 山口研究室ホームページ  <a href="https://www.yamaguchilab.info/">https://www.yamaguchilab.info/</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	GaridaSilvaFonsecaJuniorJoao (Gari da Silva Fonseca Junior Joao) (00716582)	東京大学・生産技術研究所・特任准教授  (12601)	
研究分担者	庭野 匡思 (Niwano Masashi) (10515026)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官  (82109)	
研究分担者	神山 徹 (Kouyama Toru) (40645876)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究チーム長  (82626)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山口 順之 (Yamaguchi Nobuyuki) (50371224)	東京理科大学・工学部電気工学科・教授  (32660)	
研究分担者	今井 正亮 (Imai Masataka) (70830389)	東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・特任助教  (12601)	
研究分担者	小野 耕介 (Ono Kosuke) (70845677)	気象庁気象研究所・台風・災害気象研究部・主任研究官  (82109)	
研究分担者	大関 崇 (Oozeki Takashi) (90425736)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・研究チーム長  (82626)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関