

2017年度秋季大会専門分科会 「再生可能エネルギーなどの気象観測・予測情報の 気象ビジネスへの利活用」報告*

宇野史睦^{*1}・大竹秀明^{*2}・吉田健二^{*3}
宇田川佑介^{*4}・島田照久^{*5}

1. はじめに

気象観測・予測データは、防災・農業・雪氷などの周辺研究分野で古くから利用されている。これらに加えて、近年では太陽光・風力発電などの再生可能エネルギー分野や流通・保険などにおいても、その利活用が進んでいる。しかし、これらの気象情報が気象ビジネスとしてどのように活用され、またどのような課題や学術分野への要望があるのかといった議論は、近年日本気象学会ではほとんど行われていない。

ここ数年、再生可能エネルギーを中心とした話題がスペシャル・セッション（大竹ほか 2016, 2017）や公開気象講演会（教育と普及委員会・メソ気象研究連絡会 2014）にて議論されてはいるものの、学術分野

に属する講演者がほとんどであり、民間企業の研究者や技術者と議論する機会は乏しかった。そこで、日本気象学会2017年度秋季大会（北海道大学）にて、近年活発に研究が推進されている再生可能エネルギーを中心的なテーマとしながらも、気象情報を活用した気象ビジネスについて、情報交換、議論するための本専門分科会を企画した。気象観測や気象予測技術に関する研究開発を行っている会員にとっても、気象情報がどのように活用されているかを知る良い機会であり、興味を持って参加してもらえたのであれば幸甚である。当日は100人ほどの人で会場が埋まり（第1図）、議論も活発に行われ盛況な会となった。（宇野史睦）

2. 気象ビジネスにおける気象データ活用の現状

日本国内における気象ビジネスの変遷は登内・牛山（2007）や気象業務支援センター（2015）が詳しい。

* A report of the special session “Utilization of meteorological observation and prediction data for meteorological business and service on renewable energy and service applications fields”.

*1 (連絡責任著者) Fumichika UNO, 産業技術総合研究所太陽光発電研究センター,
uno.fumichika@aist.go.jp

*2 Hideaki OHTAKE, 産業技術総合研究所太陽光発電研究センター.

*3 Kenji YOSHIDA, 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社.

*4 Yusuke UDAGAWA, 株式会社構造計画研究所・東京大学生産技術研究所.

*5 Teruhisa SHIMADA, 弘前大学大学院理工学研究科.



第1図 会場の様子（著者（宇田川）撮影）。

気象ビジネスは古くは1940年代後半の「天気解説」から始まり、1952年の気象業務法の制定と翌年のテレビ放送開始による天気予報番組など、日々の天気に関する情報提供・発信が主であった。1960年代には交通や電力需要予測、船舶のための航行情報などの応用分野への気象情報の展開がなされた。1990年代には1993年の「気象業務法の改正」や「インターネットの普及」に伴い、市場が拡大した。気象業務許可業者を対象とした経済規模は、1996年には民間気象ビジネスの売り上げが321億を超えた。しかし、1996年以降総売上は停滞し、2005年頃から予報業務許可事業者数（気象）も頭打ちになっている。

このような背景もあり、近年の1つの大きな活動として、2017年3月に気象庁によって気象ビジネス推進コンソーシアムが立ち上げられたのだろう。このコンソーシアムは国土交通省の生産性革命プロジェクト20のうちの1つであり、「IoT・AI技術等を駆使し、気象データを高度利用する「気象ビジネス」を推進するため、様々な分野の産学官が連携して気象データのさらなる利活用を促進することで、社会経済活動の生産性を向上させることを目的」としている（気象庁2017a）。主な活動の1つとして気象サービスと産業界とのマッチングがあり、また気象観測・予報データの公開やその利用促進、過去データのデジタル化とアーカイブなども実施される。関連して、気象庁からは新たに地表面日射量の予報値が2017年12月5日より公開された（気象庁2017b）。

一方、海外の学会に目を移し、気象ビジネスに関するテーマに注目すると、例えばAMS2017のプログラムのセッション・講演数を見ると、Renewable energyのキーワードで63件、Businessで84件の講演があった。また、EMS2017では、Applications of Meteorologyというセッションが開催され、その中のサブセッションとして、再生可能エネルギー、農業気象、生気象などが活発に議論されている（セッションに割り当てられた時間は2017年の大会ではそれぞれ、1日半、1日、1日であった）。このようなセッションは毎年のように開催されている。また、これらの会議では講演者も研究機関や大学だけでなく民間企業の講演も多くみられることも特徴である。具体的な講演や議論の内容については、大竹ほか（2017）で報告されているため、そちらも参照して頂ければと思う。（宇野史睦）

3. 太陽光発電

はじめに、太陽光発電に関する9件の講演が行われた。前半4件は近年注目されている静止気象衛星ひまわり8号からの日射プロダクト（AMATERASSデータ）（太陽放射コンソーシアム2014）、後半5件は日射分析、アンサンブル予報の活用、太陽光発電の発電電力量（以下、発電量）推定データとエネルギーマネジメントシステム（EMS）分野への応用、金融機関向けの日射量の長期変動解析に関する話題が紹介された。本節では各講演とその議論について報告する。

中島（東海大）は地球科学データのEMS分野への応用研究について報告した。今や地球科学データは電力需要家データとの統合分析や住宅の太陽電池の出力診断などにも応用され、気象情報は防災分野のみならず、EMS分野への応用範囲が広がっていることが述べられた。AMATERASSデータについては、国内利用者は着々と伸びており、年間2千万ダウンロードという大量のデータ利用ニーズの実績が紹介された。

Damiani（千葉大）は、AMATERASSデータの地上日射量推定値の誤差分析について、主に千葉大学のSKYNET観測データとの比較を行った。地上観測値との比較ではAMATERASSデータの正バイアスが報告され、その正バイアスの地域的特性は、エアロゾルの光学的厚さと関係し、特に西日本の福江島サイトの方ではややばらつきが大きいことが質疑の中で説明された。

樋口（千葉大）はAMATERASSデータとその基礎技術、アルゴリズムを海外の気象衛星に活用することによる海外展開について報告した。質疑の中では、AMATERASSデータについては国内の利用希望者のみならず海外からの利用リクエストもあり、海外のモニタリング・予測事業者の参入も今後見込まれることから、例えば太陽放射コンソーシアムの英語サイトの充実などのリクエストがなされた。日本から海外への技術の展開と、海外からアジア・日本への技術、サービスの流れが生まれる潮流になりつつある。

大竹（産総研）は、JST CREST事業の中で進めているAMATERASSデータと太陽光発電システムの導入量データを組み合わせた九州電力エリアにおける電力系統全系の太陽光発電の出力推定の試みを報告した。AMATERASSデータを活用することで、電力事業者（系統運用者）が必要とするプロダクトの試作を行っている。九州電力が公表している太陽光発電電力量推定値に比べてやや正バイアスの傾向もみられた。こ

れには Damiani 氏が示したように AMATERASS データの推定アルゴリズムにエアロゾルの効果がまだ十分に考慮されていない点も推定値が正バイアスを持つ一因ではないかとコメントがなされた。

招待講演として、松原（産総研）は世界の太陽電池の開発の最新状況と太陽電池の大量導入が進む中で、将来の太陽光発電の TW（テラワット）社会（Haegel *et al.* 2017）に向けた展望について紹介した。また近年、多接合（タンデム）太陽電池の開発が進んでおり、この太陽電池は太陽放射の吸収域が異なる材料を組み合わせることで高い変換効率を得る。そのため、より精度の高い太陽放射スペクトルの観測・予測データが重要であることが指摘された。

宇田川（構造計画研究所/東大生産研）は電力の需給運用モデルに日射予測、太陽光発電予測の出力予測値を適用し、火力発電機の運用へ予測値が与えるインパクト評価の結果を報告した。質疑の中では、海外と国内の予測を活用した電力の需給運用の違いについて問われ、海外では予測を活用した運用が進みつつあるが、日本はまだ研究段階である状況も説明された。

宇野（産総研）は、海外の複数の気象予報機関から提供されるアンサンブル予報の重み付き平均（グランドアンサンブル）の情報を活用して、日射量予測の大外れの事前検出について検討した結果を報告した。質疑の中では、グランドアンサンブルのスプレッドの利用だけでなく、アンサンブル平均の利用可能性に関する議論があった。また単一の予報機関によるアンサンブルでも同程度の大外れの検出力があるケースがあり、その要因についての議論も行われた。

野原（電中研）は、太陽光発電出力のベースとなる日射量予測の空間代表性に関して地上、衛星データを活用した分析を報告した。太陽光発電の大量導入の時代になっている中で、日射量の分析に加えて、太陽光発電導入量を含めた空間分析の必要性など、実運用を意識した質疑・意見がフロアから寄せられた。

最後に菊池（E&ES）は、過去20年における日本国内の日射量の長期変動について新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の提供する METPV-11 および気象庁メッシュ気候値を用いて解析した結果を報告した。この解析は、太陽光発電事業の健全性や資金を融資する金融業界向けに調査・分析（デューデリジェンス）したものであり、気象データの金融分野への利活用の具体例が示された。日本国内における日射量変動は近年若干の増加傾向になることを示し、フロ

アからはその傾向は全球的な日射量の長期変動である Global dimming/brightening (Wild 2009) が見えているのだろうという指摘があった。（大竹秀明）

4. 風力発電

風力発電は、NEDO の風力発電予測事業（事業名：電力系統出力変動対応技術研究開発事業；参画機関：東京大学、早稲田大学、電力中央研究所、エネルギー総合工学研究所、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社（CTC）、筑波大学、日本大学、日本気象協会等）（NEDO 2015）の関連発表2件と、合成開口レーダーなどの衛星観測と気象モデルを用いた陸奥湾の風況と地形性強風に関する発表が行われた。

吉田（CTC）は、風力発電出力推定値への気象庁局地モデルの適用可能性について報告した。東北電力管内の風力発電出力を対象とした推定値は、実際の出力変動を良く捉えており、その相関係数は0.94と非常に高いことを報告した。今後、自然変動電源（風力・太陽光などの気象場によって発電出力が変動する電源）の出力抑制の取り組みが進んだ場合、発電出力抑制量を把握するために本検討のような発電量を推定する技術が重要になると思われる。

永野（日本大学）は、NEDO 事業で開発中のランプ予測技術による、東北電力管内の風力発電出力ランプ現象の確率予測について報告した。西高東低の冬型の気圧配置のケースでは精度よく予測できるが、移動性高気圧に覆われるケースは発生確率を過小評価するなど、気象場の違いにより予測精度が異なることが報告された。発電出力が短時間で大きく変動するランプ現象を予測し易い、もしくは予測しづらい気象場があるということは、ランプ予測の際に気象場を考慮することにより発電量の予測精度向上が見込まれる事を示唆する。

島田（弘前大学）は、合成開口レーダーなどの観測データと WRF を用いた陸奥湾の風況と地形性強風について報告した。夏季に陸奥湾で東寄りの地形性強風の卓越した時の実例を示し、その発生要因などを議論した。今後の洋上風力発電の導入やそのための海域選定が進む場合に、洋上風況のさらなる分析が求められると思われる。現在の風況の理解は、風力発電の導入可能性の検討に主眼が置かれているが、「風力発電の出力は自然変動するため、その変動を平滑化するような導入地域の選定・最適化という、電力需給の観点からも検討が必要ではないか」という趣旨のコメントが

あり、将来的にはそのような観点も必要と思われる。
(吉田健二, 島田照久)

5. 災害リスク・観測技術

中村¹¹ (土木研究所) は、筑後川水系花月川の2017年7月における出水を対象として、気象庁降水短時間予報 GPV を用いた洪水予測の検討結果を報告した。洪水予測のための降雨流出氾濫モデルを開発しており、このモデルは降雨量を入力データとして河道流量から洪水氾濫までを流域スケールで一体的に解析可能である。降水短時間予報 GPV を用いて河川水位予測を行った結果、2, 3時間先までの水位は予測可能だが、3時間先からはどの時刻でも水位が過小予測となっていた。この予測誤差は降雨域の発達や停滞等の予測外れによるもので、降水短時間予報 GPV の3時間先以降の精度向上が気象学への要望として述べられた。河川水位予測は近隣住民への避難勧告発令や避難のためのリードタイム確保に用いられる。従って、本要望は、何時間先の予報技術の向上が今後必要かを示す、予測技術開発への要求仕様といえる。

阿部¹² (三井共同建設コンサルタント) は、千種川を対象として降雨分布とその移動が中山間地河川の河川流量に及ぼす影響分析結果を報告した。降雨流出氾濫モデルを活用し、実績の降雨分布から東西南北それぞれに雨域を移動させた場合の河川流量への影響が報告された。降雨分布の東西南北それぞれの方向に対する誤差の影響は、河川流域の形状により大きく変わるため、洪水予測においては、流域スケールでの予測精度向上、特に雨域の移動の予測精度向上が望まれることが述べられた。

久松 (インターリスク総研) は、日本全国を対象とした確率論的洪水モデルの開発について報告した。本モデルを用いたシミュレーションにより、将来に発生可能性のある災害に起因する損害が推定可能となる。本モデルは複数のモジュールから構成され、そのうち、ハザードモジュールでは、降雨量の再解析データに基づき作成された確率論的な降雨カタログが用いられており、再解析データは ERA-Interim である点が興味深かった。筆者の再解析データの利用方法は分析

が主であるため、再解析データの利用可能性を感じた。50年分の再解析データを1万年分のデータへ変換する際に、統計的手法を活用してリスクの含有が可能かどうかについて議論がなされた。

最後に、小林 (日本気象協会) は、今後さらにドローンが普及してきた際の気象ビジネスへの展開について報告した。例えば、気象観測で用いられているラジオゾンデは使い捨てだが、ドローンを活用することで再利用できる高層観測機器となる可能性がある。現状では、ラジオゾンデほどの高層は観測できないようだが、ドローンは、高層の風に流されずにより正確な鉛直プロファイルを測定できるメリットもあり、今後のさらなる技術革新が待たれる。(宇田川佑介)

6. まとめ

本専門分科会は、近年日本気象学会ではほとんど行われてこなかった気象ビジネスに関する専門分科会を開催した。再生可能エネルギーの話題を中心としながらも、防災や新技術を用いた観測手法など多様なテーマでの講演が行われ、学术界だけでなく産業界からの講演も複数あった。

松原氏の招待講演では、日本気象学会では普段話を聞くことが無い太陽電池のデバイスの専門家の視点から気象観測・予測の重要性についての議論があった。中村氏、阿部氏からは、建設コンサルタント業界での気象観測・予測情報の利活用方法や気象学への要望、菊池氏からは気象観測データの金融分野への利活用方法、久松氏からは保険業界での再解析データの利活用方法を直接伺えた点は、気象学のビジネス分野への発展可能性、発展のために必要な技術仕様を確認するという点で意義深い。また、小林氏からは、ドローンの運航管理のための気象情報提供サービスなど、少し前までは想像もされなかったような気象ビジネスの大きな広がりが示された。

このように気象データの利活用や要望などについて情報交換できたことは、気象分野はもちろんのこと、気象ビジネスや応用気象分野の相互の発展に資する機会であり、また活発に議論頂いた参加者にとっても有益な機会となったのであれば幸いである。

最後に本専門分科会の総合討論の時間を利用して、佐藤 (気象庁) より気象ビジネス推進コンソーシアムの活動内容、気象データの産業分野における利用事例などを紹介頂いた。例えば、船舶の運航管理、タクシーの需要予測、電力の需要・発電予測や小売分野

¹¹ 予稿集では阿部氏が講演者の予定であったが、中村氏に変更された。

¹² 予稿集では中村氏が講演者の予定であったが、阿部氏に変更された。

におけるマーケティング・需要予測などが挙げられ、気象観測や数値予報を基にした気象ビジネスが実際に社会実装されてきていることが示された。

研究開発と社会実装の間には、「魔の川」や「死の谷」と言われる大きな隔りがある。しかし、近年の気象分野では温暖化の適応策などの研究が数多く行われており、再生可能エネルギーや防災分野も含め、他の学術分野や行政・民間との交流が増えている。このように学際研究の発展、産学官連携が進む土壌ができつつある。

日本気象学会は基礎研究から応用研究まで1つの学会で幅広い議論が行われる場である。本分科会が気象学術界と産業界との橋渡しになり、その結果、共同研究・開発、社会実装に向けて両者の歩み寄りが進めば幸甚である。
(宇野史睦・宇田川佑介)

略語一覧

AMS2017: American Meteorological Society Annual Meeting 2017 2017年アメリカ気象学会年次大会
 CREST: Core Research for Evolutional Science and Technology 戦略的創造研究推進事業
 CTC: ITOCHU Techno-Solutions Corporation 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
 EMS: Energy Management System エネルギーマネジメントシステム
 EMS2017: European Meteorological Society Annual Meeting 2017 2017年ヨーロッパ気象学会年次大会
 E&ES: イー・アンド・イーソリューションズ株式会社
 JST: The Japan Science and Technology Agency 国立研究開発法人科学技術振興機構
 METPV-11: 年間時別日射量データベース
 NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization 新エネルギー・産業技術総合開発機構

WRF: Weather Research and Forecasting Model

参考文献

- Haegel, N. M. *et al.*, 2017: Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges. *Science*, **356**, 141-143.
- 気象庁, 2017a: 気象ビジネス推進コンソーシアム. <https://www.wxbc.jp/> (2017.12.25閲覧).
- 気象庁, 2017b: 日射量予測データの提供を開始します. 平成29年報道発表資料, http://www.jma.go.jp/jma/press/1712/05a/20171205_nissha.html (2017.12.10閲覧).
- 気象業務支援センター, 2015: 民間気象業務の発展と民間気象業務支援センターによる情報提供業務の動向について. *測候時報*, **82**, 81-114.
- 教育と普及委員会, メソ気象研究連絡会, 2014: 2013年度公開気象講演会「将来の再生可能エネルギーと気象」実施報告. *天気*, **61**, 285-257.
- NEDO, 2015: 電力系統出力変動対応技術研究開発事業. http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100069.html (2017.11.28閲覧).
- 大竹秀明, 宇野史睦, 嶋田 進, 宇田川佑介, 中島 孝, 2016: 2015年度秋季大会スペシャル・セッション「気象予測・観測技術の再生可能エネルギー分野への応用」報告. *天気*, **63**, 255-259.
- 大竹秀明, 宇野史睦, 嶋田 進, 宇田川佑介, 中島 孝, 2017: 2016年度秋季大会スペシャル・セッション「気象予測・観測技術の再生可能エネルギー分野への応用」報告. *天気*, **64**, 383-388.
- 太陽放射コンソーシアム, 2014: 太陽放射コンソーシアム. <http://www.amaterass.org/> (2017.12.12閲覧).
- 登内道彦, 牛山素行, 2007: 気象ビジネス II 応用気象と気象災害. *天気*, **54**, 123-128.
- Wild, M., 2009: Global dimming and brightening: A review. *J. Geophys. Res.*, **114**, D00D16, doi:10.1029/2008JD011470.