

太陽光発電を含めたエネルギーマネジメントにおけるメソアンサンプル予報の利用検討

大竹秀明^{1,5}、大関崇¹、高松尚宏¹、高根雄也²、森友輔³、若尾真治³、
本田有機⁴、計盛正博⁴、仲江川敏之⁵

産業技術総合研究所 1 再生可能エネルギー研究センター、2 環境創生研究部門、
3 早稲田大学、4 気象庁、5 気象研究所

研究背景・目的

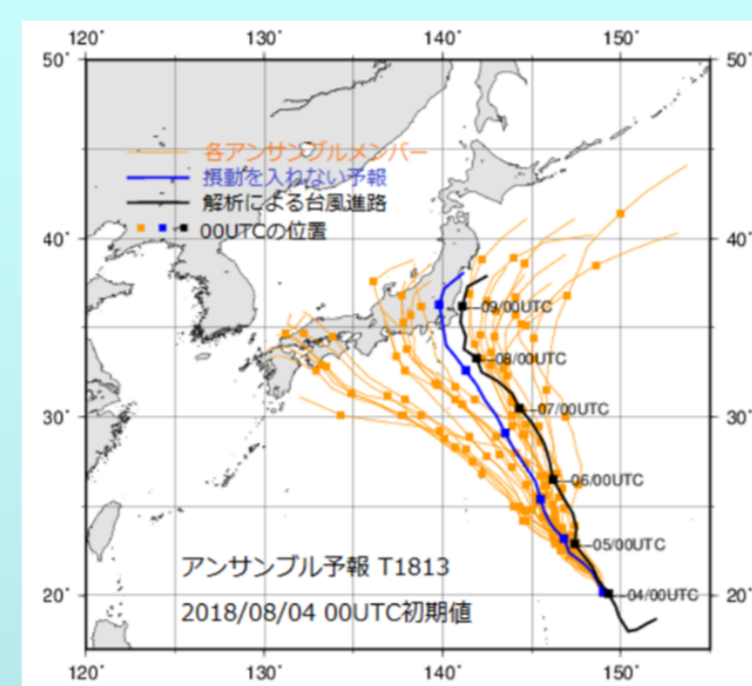
- 電力需給運用において出力予測の活用が進められている。
- エネルギー分野でのアンサンプル予報の活用検討 (例えば、野原ら, 2016(文献1)、大竹ら, 2020(文献2))
- 前日予測の出力予測誤差が大きい(予測の大外れ時) ⇒ 需給の対応にも課題
- 予測の信頼度情報、予測大外れの事前検知・回避も予測提供側に求められる。
- 気象庁: 2018年にスパコン更新。メソアンサンプル予報システム (MEPS) の現業化 (2019/6/27) (文献3) ⇒ 気象現象の発生を確率的に捉える
- MEPS: メソモデル (MSM) をベースに複数予測を実施。降水、気温などの分析は実施されている。
- 太陽光発電やエネルギーマネジメントに重要な日射量予測値についての分析やその応用利用研究についてはこれから

【目的】MEPSの予測誤差分析と天候を加味した事例調査を実施

メソアンサンプル予報

MEPSデータの予測精度の検証と予測技術の開発と応用利用の検討

産業技術総合研究所、気象庁予報部、気象研究所との共同研究
「研究課題: メソアンサンプル予報を用いた再生可能エネルギー出力予測に関する研究」において実施中



(台風進路のアンサンプル予報の例、2018年8月4日9時を初期値とした台風第13号の5日予報)

- 複数の初期値を変えた予測の実施
- 予測時間が進むと予測に“ばらつき”が生じる
- 様々なシナリオの検討

出典: 気象庁「アンサンプル予報」
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/wh/tep/1-3-8.html>

予測データ仕様

MEPSの仕様

| 表 3.3.1 現象化した MEPS の仕様 | | |
|------------------------|---------------------------|--|
| 運用開始日 | 2019年6月27日 | |
| 実行頻度 (初期時刻) | 1日4回 (00, 06, 12, 18 UTC) | |
| 予報期間 | 39時間 | |
| 数値予報モデル | 名称 | mesoscale |
| | 水平格子間隔・鉛直層数 | 5 km, 76層 |
| | メソ解析 | メソ解析 |
| 初期値 | 陸面 | 地中温度第1・2層は解析値、第3・4層は気候値 (数値予報モデルで用いる9層に内挿して利用)、土壌水分 (体積含水率) は解析値 |
| | 海面 | 北西太平洋高緯度海面水温解析値及び北半球海氷解析値 |
| 境界値 | 陸面 | 地中温度は熱伝導方程式、体積含水率は強制元法により予測 |
| | 海面 | 初期値に固定 |
| アンサンプル手法 | 初期振動 | SV 法 |
| | 境界振動 | なし |
| メンバー数 | 21 (コントロールラン1 + 振動ラン20) | |

出典: 気象庁 (2020)、数値予報課報告「メソスケール気象予測の現状と展望」
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/nwpreport/66/No66_all.pdf

結果: 予測誤差と区間滞在率

予測誤差

アンサンプル平均での評価

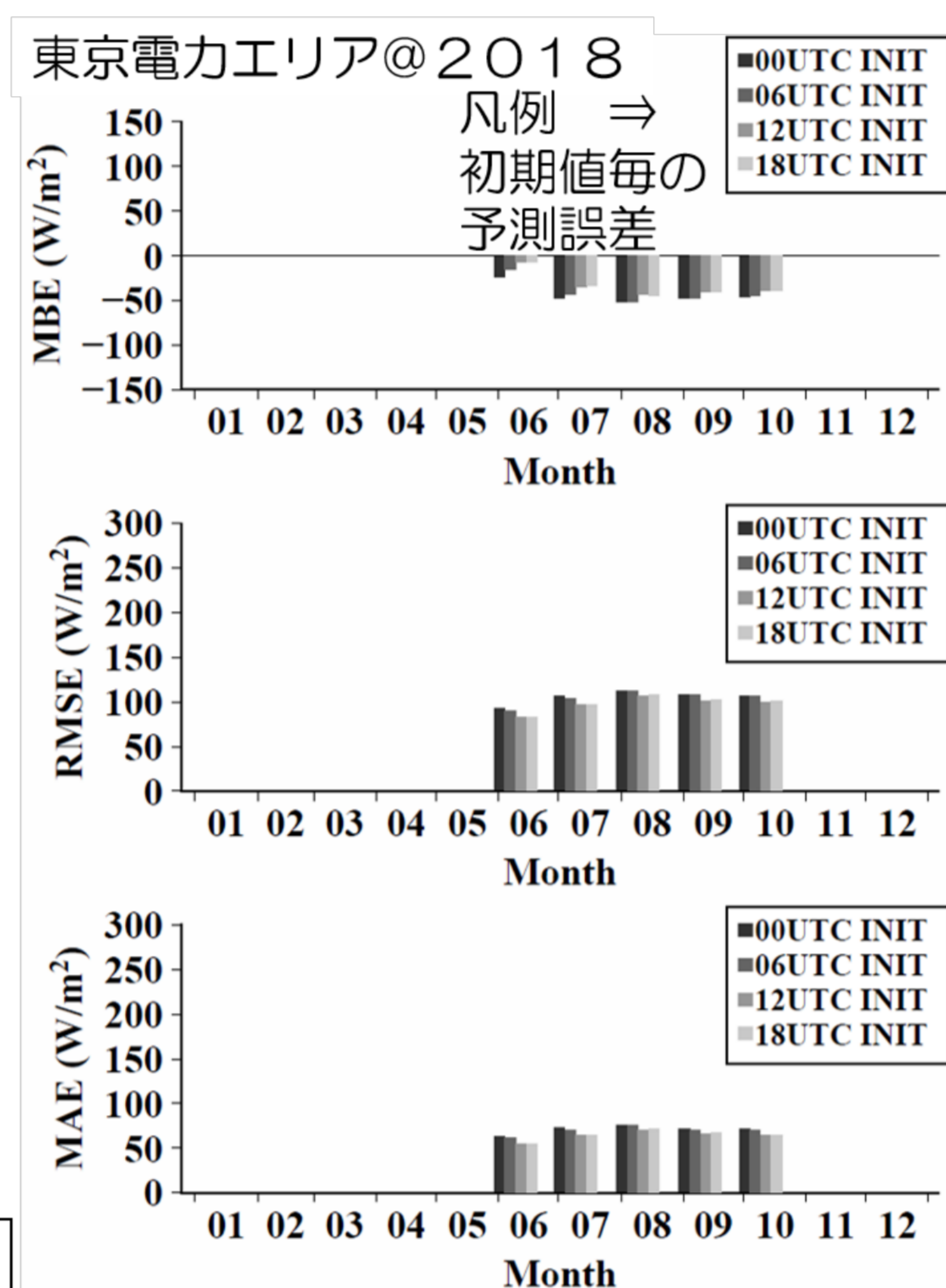
- 2018年6月から10月 (6月、10月は、6/5-30、10/1-5の期間のみで評価)
- 日本時間5時~20時の夜間を除く時間を対象
- 00、06、12、18UTCの初期値毎評価
- 予測値は東電エリアのアンサンプル平均値、実測値は気象官署6地点の平均値

$$MBE = \frac{1}{N} \sum (FCST - OBS)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (FCST - OBS)^2}$$

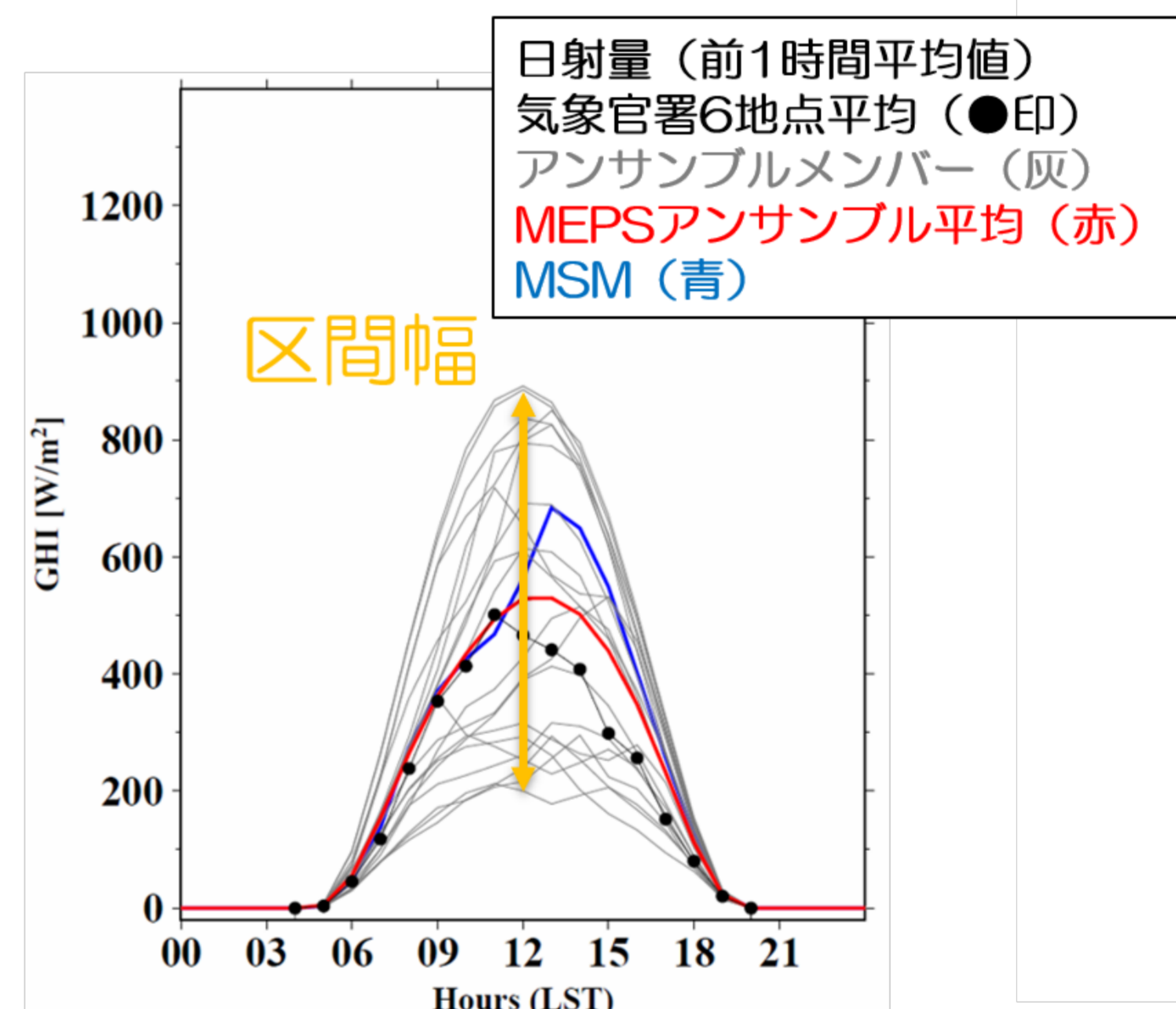
$$MAE = \frac{1}{N} \sum |FCST - OBS|$$

- MBEは過小気味で (大竹ら2018、電学論B) (文献4) と類似
- MSMの傾向と同様



滞在率 (coverage rate)

メンバーの最大、最小値の間 (区間幅) に実測値が含まれているかどうか?

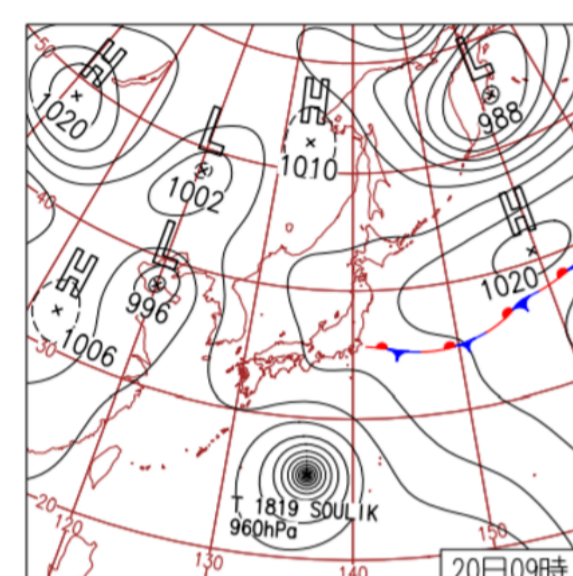


| Year | Month | Initial time | Coverage rate (%) |
|------|-------|--------------|-------------------|
| 2018 | June | 00UTC | 69.2 |
| | | 06UTC | 67.8 |
| | | 12UTC | 65.1 |
| | July | 00UTC | 59.9 |
| | | 06UTC | 56.8 |
| | | 12UTC | 52.1 |
| | Aug | 00UTC | 49.5 |
| | | 06UTC | 49.7 |
| | | 12UTC | 49.1 |
| | Sep | 00UTC | 47.9 |
| | | 06UTC | 50.0 |
| | | 12UTC | 51.5 |
| Oct | 00UTC | 52.7 | |
| | 06UTC | 53.0 | |
| | 12UTC | 53.2 | |

- 滞在率: 概ね49-69%前後⇒滞在率が低めであり、機械学習などを用いた補正も検討。
- 初期値が更新されるほど、各月で滞在率が低下 (直近ほどばらつき: 小)。

事例分析

地上天気図



個別事例分析

2018/8/20 (事例: 台風接近日)

台風が日本列島の南に位置し、北上中の事例。関東の東沖には、停滞前線も確認されている。

引用: 気象庁 | 日々の天気図
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/tyoh/o/hibiten/index.html>

気象衛星ひまわり (雲画像)

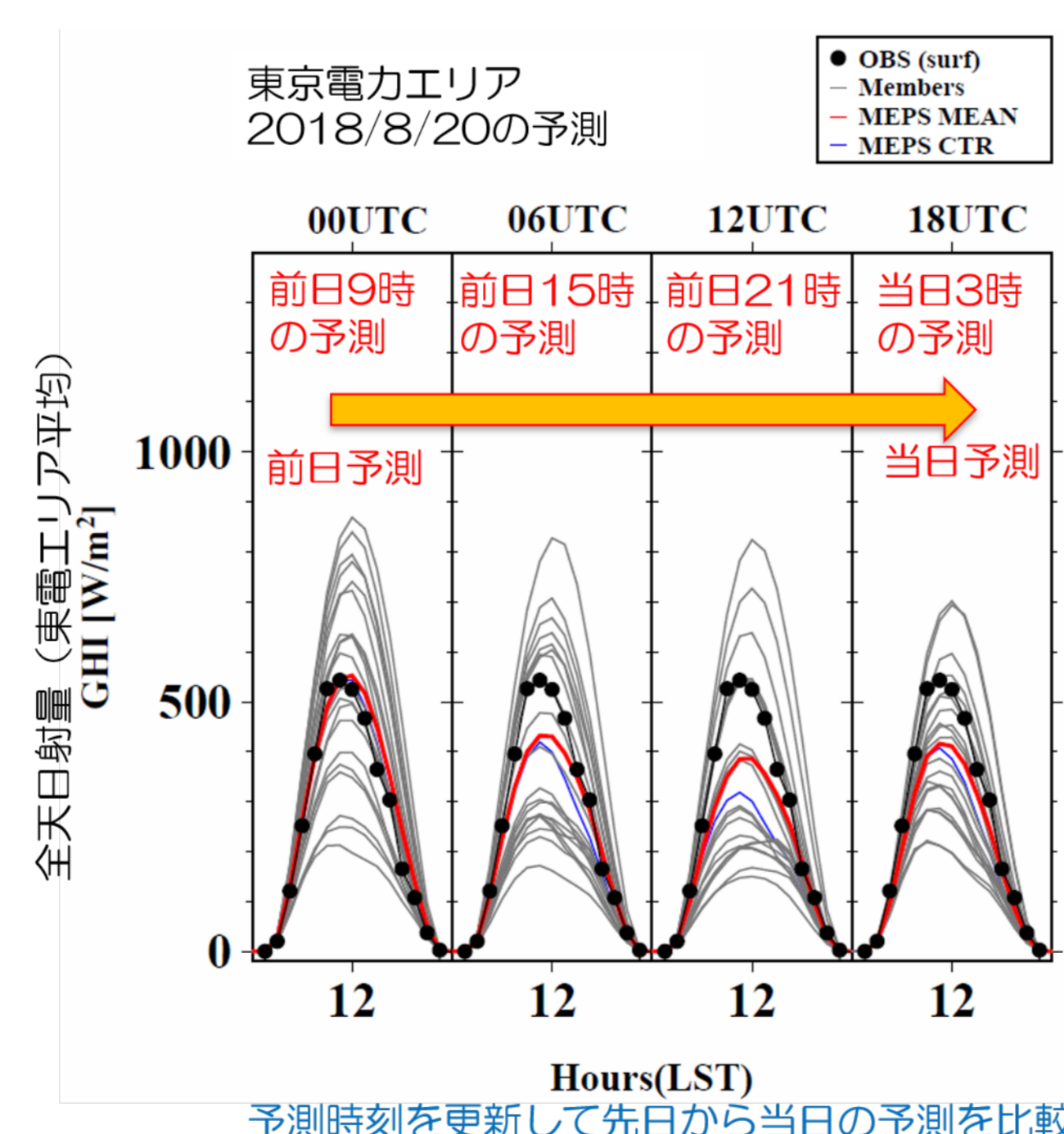


- 台風が日本列島に接近
- 東京電力エリアではその縁辺の雲域が太平洋側から覆っている事例

引用: JST CREST HARPS OASIS
<http://psel01.ee.kagu.tus.ac.jp/harps/oasis/>

日射量 (前1時間平均値): 気象官署6地点平均 (●印)、アンサンプルメンバー (灰細線) 初期値、2018.8.19 (00, 06, 12, 18UTC)、MEPSアンサンプル平均 (赤)、MSM (青)

- 前日予測に多様性があり、滞在率は100%の事例
- 当日予測はばらつきが小さい (初期振動が成長中のため)

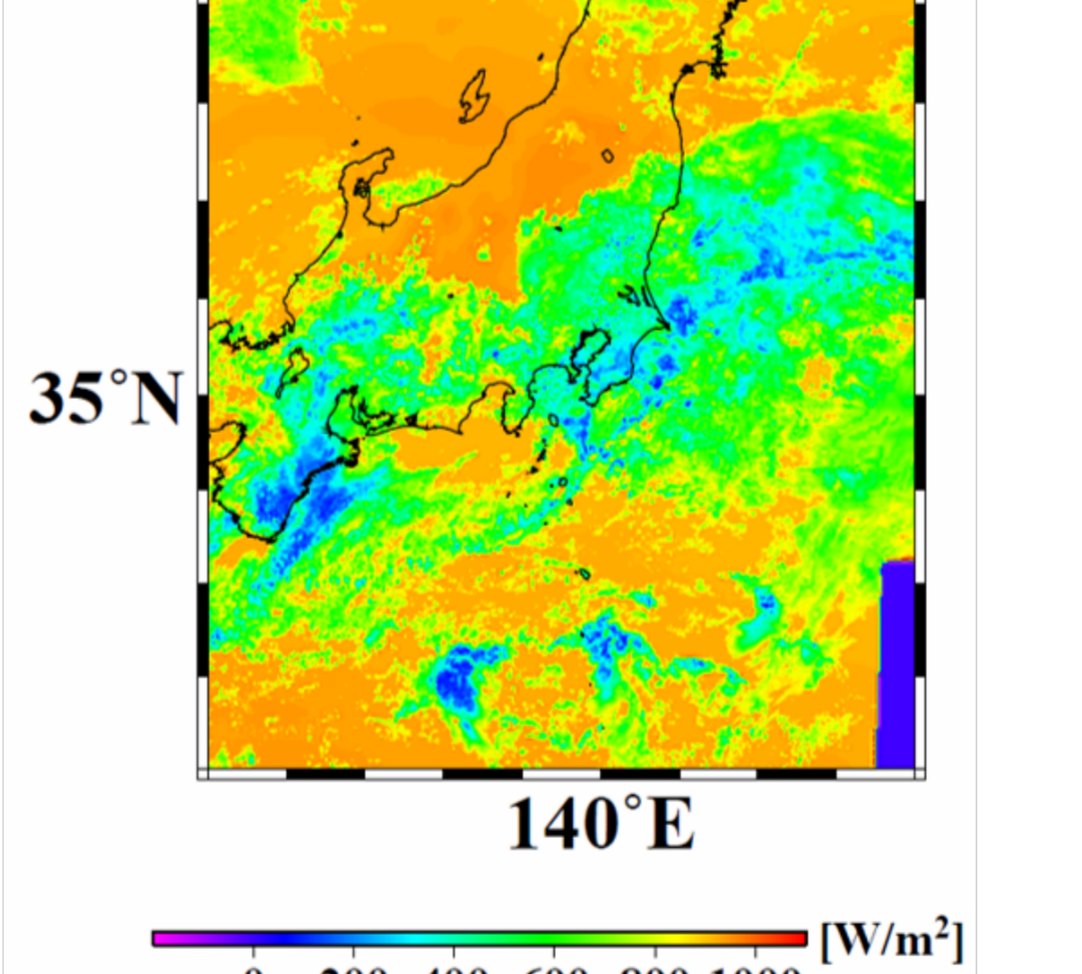


日射量予測 (マップ)

2018年8月20日12時

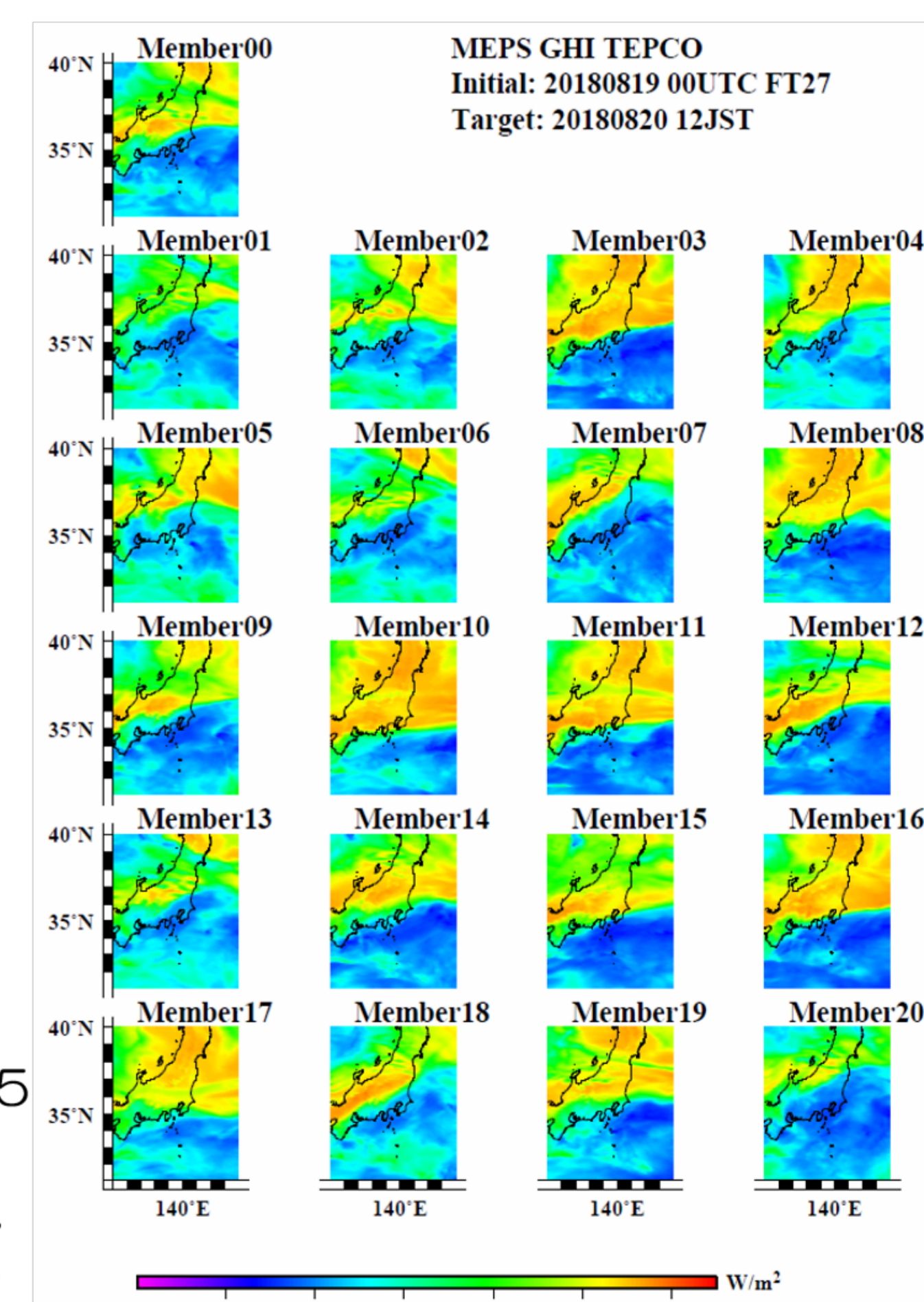
AMATERASS 20180820 12JST GHI

衛星推定日射量



太陽光放射コンソーシアム (文献5、AMATERASSデータを利用)

- MEPSでは関東地方の日射量予測 (雲域の広がり方) に多様性あり



まとめ

| | |
|-----------|---|
| 事例分析 | 多様性 (ばらつき) があるMEPSメンバーがあると良い。必ずしも、いつも多様性がある予測となっていない。 |
| 予測誤差 | 過小予測の傾向 (MSMの予測に類似) ⇒ 予報モデルがMSMと同一であることに起因。 |
| 信頼度情報 | 滞在率は電力エリア毎にみると5割から7割程度であり、機械学習などを用いた信頼度情報の修正も必要 |
| MEPSの初期条件 | 日射予測用に考慮していない点もある (気象庁の初期条件、境界条件のそもそもの与え方)。 |

今後の課題

| | |
|--------|---|
| 事例分析 | 予測情報に多様性 (ばらつき) がある場合はどのような事例か? MEPSが有効に動く事象にはどのようなものがあるのか? |
| 予測誤差調査 | 日射量以外の予測パラメータ (気温、気圧、風速、高度別雲量 (上層、中層、下層) など) と予測誤差の調査 |
| 信頼度情報 | 高松ら (産総研・FREIA)、森ら (早稲田大) (同ボスター有り、ボスター番号21, 22) による機械学習、JITモデリングを用いた信頼度情報の再構築も検討 |
| データ | 通年での評価 (気象庁に追加データを依頼中) |

参考文献

- 野原ら、再生可能エネルギー発電出力予測のためのメソアンサンプル予報、第9回気象庁数値モデル研究会・第45回メソ気象研究会・第2回観測システム・予測可能性研究連絡会、(2016).
http://pf.kishou.go.jp/Presen2016/7_nohara.pdf
- 大竹ら:メソアンサンプル予報による日射量予測の初期解析、電気学会 令和2年電力・エネルギー部門大会 (2020年9月9日, オンライン)
- 気象庁予報部、第66号 (令和元年度) メソスケール気象予測の現状と展望 (数値予報課報告・別冊) (2019)
- 大竹ら、電気学会論文誌B, Vol. 138, No. 11, 881-892 (2018).
- 特定非営利活動法人 太陽放射コンソーシアム <http://www.amaterass.org/>