

複数予報機関のアンサンブル予測を利用した 日本における日射量予測大外しの予見可能性

宇野史睦^{1,4}, 大竹秀明^{1,4}, 松枝未遠^{2,3}, 山田芳則⁴

1, 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター システムチーム

2, 筑波大学 計算科学研究センター

3, University of Oxford, Department of Physics

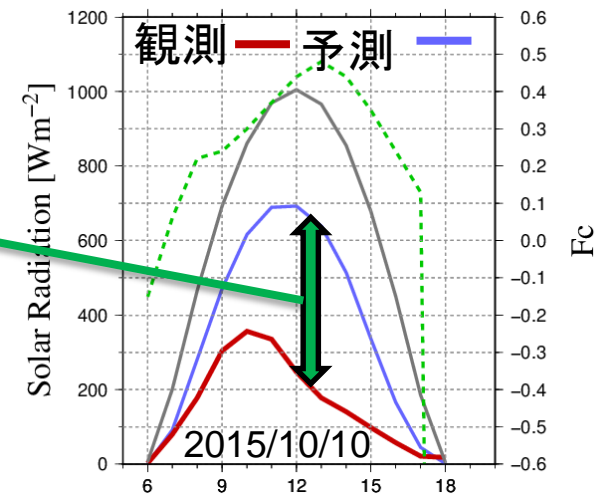
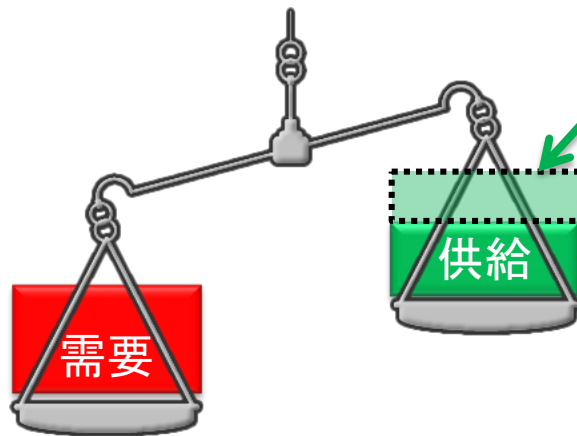
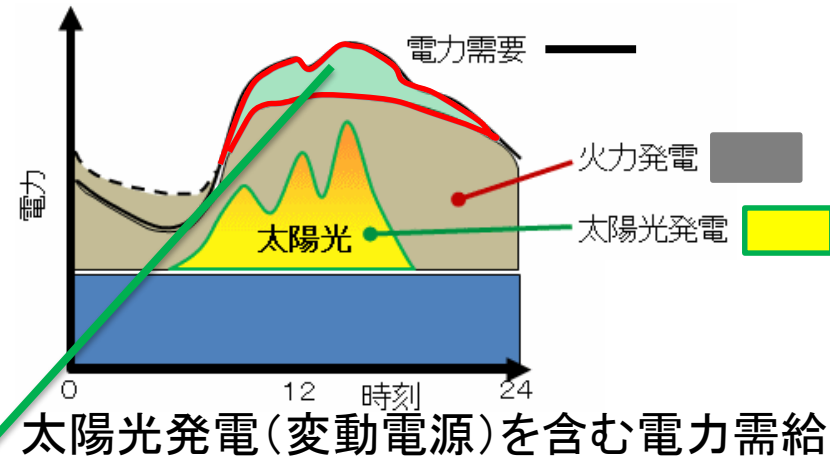
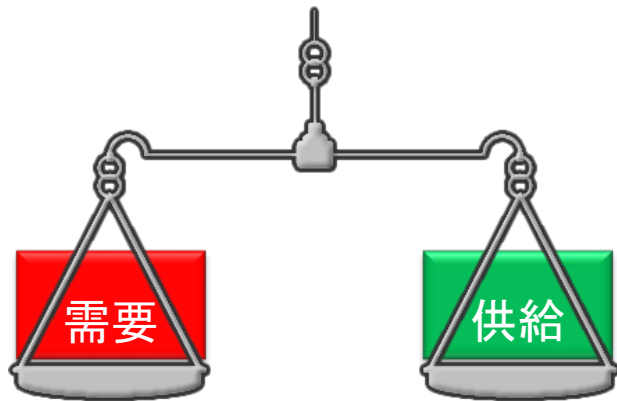
4, 気象庁 気象研究所 予報研究部

謝辞: 本研究はJST/CREST [JPMJCR15K1]によって実施された.

Uno, F., et al., 2017. A diagnostic for advance detection of forecast busts of regional surface solar radiation using multi-center grand ensemble forecasts, Solar Energy, submitted.

研究背景：需給制御のための日射量予測

電力の安定運用・経済性の観点などから気象・日射量予測は不可欠

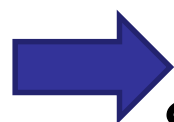


予測大外し時の需給バランス概念図

日射量予測大外し事例

研究背景：単一の気象予測情報を利用した日射予測

□ 日本における日射量予測のほとんどは、気象庁の予測を入力値として利用



気象庁が大きく予測を外すと、
どんな手法を使っても大きな誤差が生じる。

解決策1

単一の予測だけでなく複数の独立した予測を利用する。
⇒ 複数の予測機関の予測を併用する。

日射量予測コンペティション結果(加藤2015)

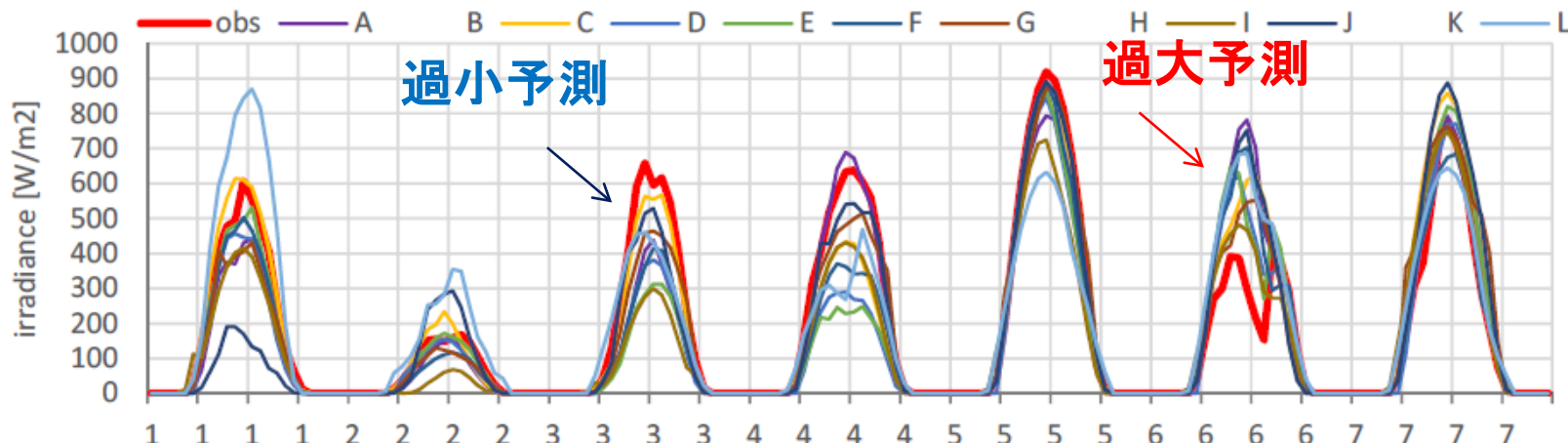


図1 中部地域の空間平均日射強度の実測値および予測値の例(2012年5月1日~7日, 手法B, H, Kを除く)

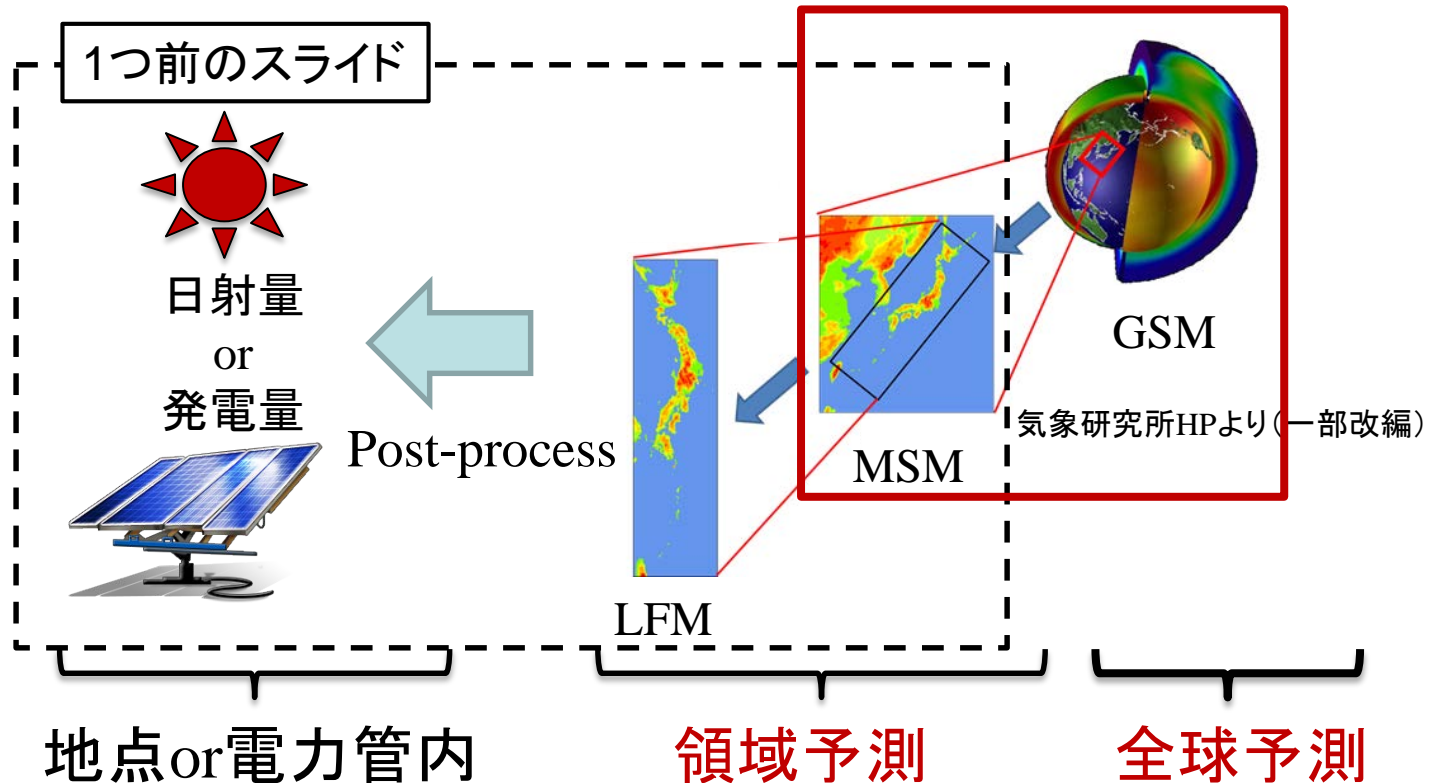
研究背景：予測誤差の伝搬

領域予測 (MSM) の初期値/境界値(全球予測:GSM) が、大きな誤差を持っている場合、その誤差がその後の予測プロセスまで影響する。

解決策2

予測の信頼性(不確実性)を全球予測から評価する。

⇒ アンサンブル予測のばらつき(スプレッド)を使用 (後述)



研究目的

解決策1

解決策2

複数予報機関のアンサンブル予測* (グランドアンサンブル)



を利用した発電予測の高度化

*TIGGE (The International Grand Global Ensemble)

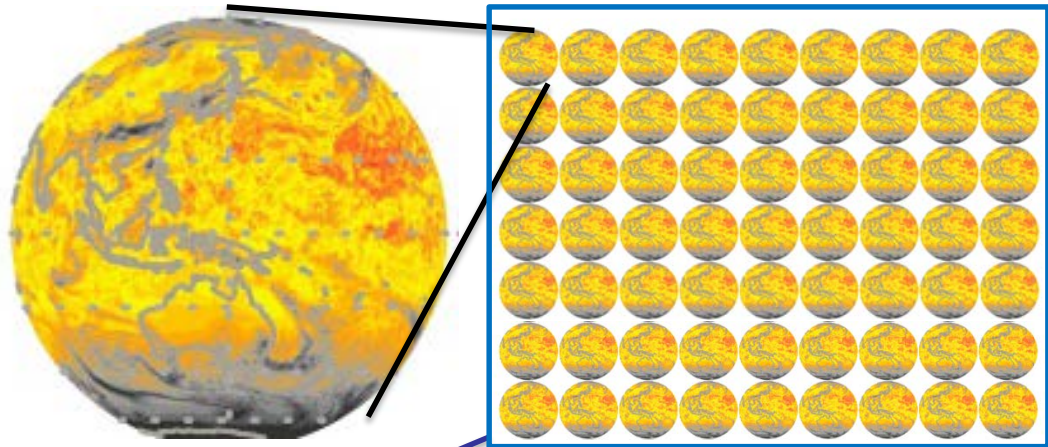
本日の話題

全球アンサンブル予測のばらつき(スプレッド)の情報を利用した
領域予測(MSM)の大外しの予見可能性

手法: アンサンブル予測とは?

アンサンブル予測

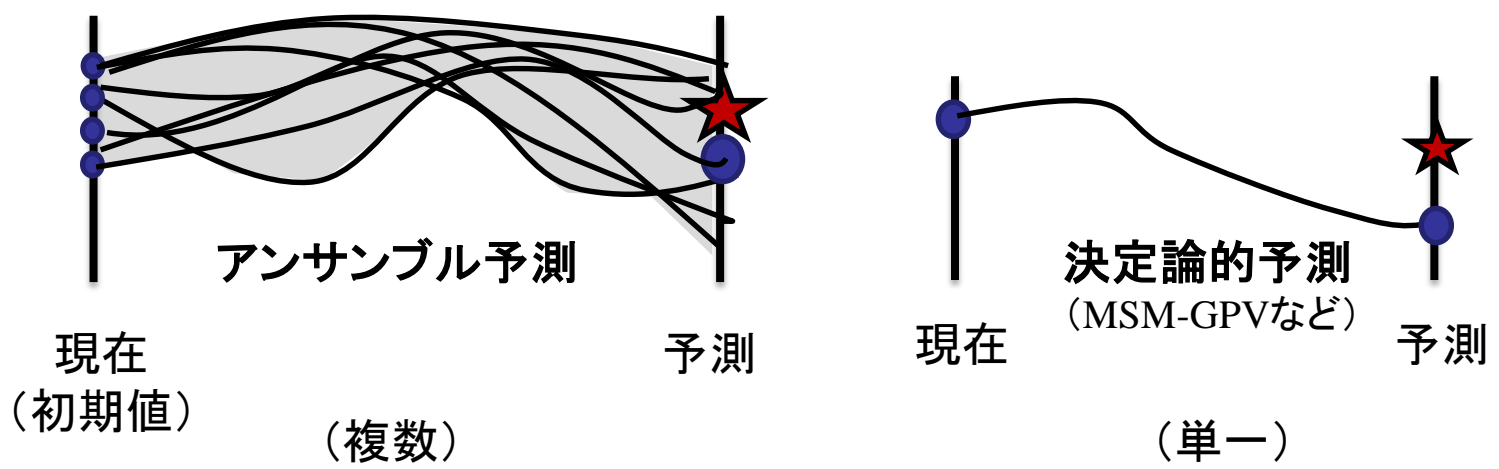
予測の初期値を少し変えた条件で大量に予測を実施することで、気象モデルの**不確実性を低減**させる。
 アンサンブルのばらつき(スプレッド)は予測の**不確実性を示す**。



利点

- 予測値のスプレッドが大きい⇒**外しやすい**
- 複数の予測値の平均値は単一(右下)よりも高精度になる。(左下)

● 予測値 ★ 真値



データ: 複数予報機関の全球アンサンブル予測

- 世界10の予報機関**全球アンサンブル**予測データのアーカイブ
- 最長で2005～現在 2~3日遅れで配信 (商用利用不可)

商用利用可能な予報機関はECMWF(有償), NCEP(無償)。

- 本研究は、日射量を公開している4つの機関を利用(赤枠)



*TIGGE (The International Grand Global Ensemble)

前日の日射量予測の大外しの例 2015/10/10 前日予測

大外し原因

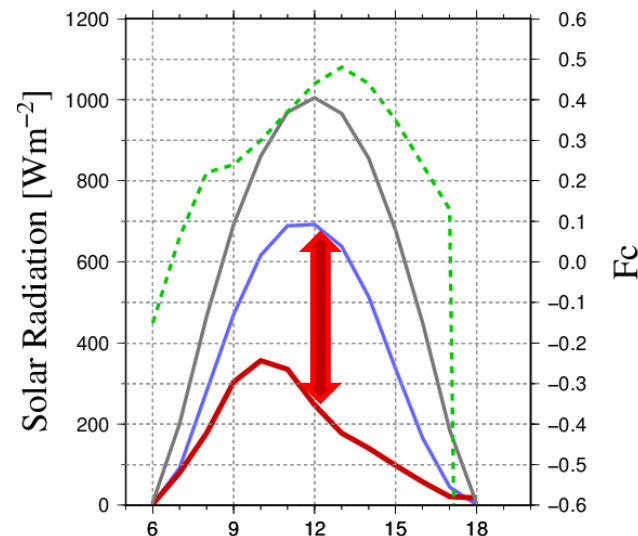
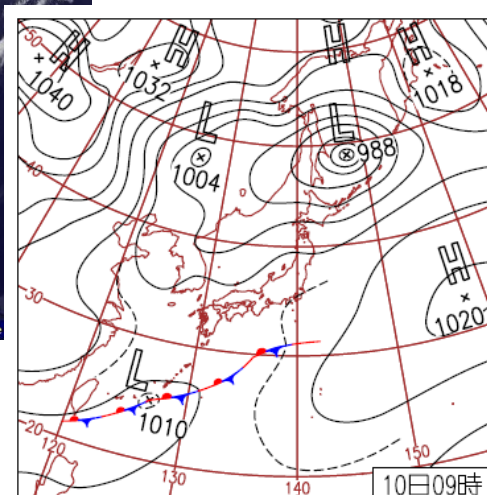
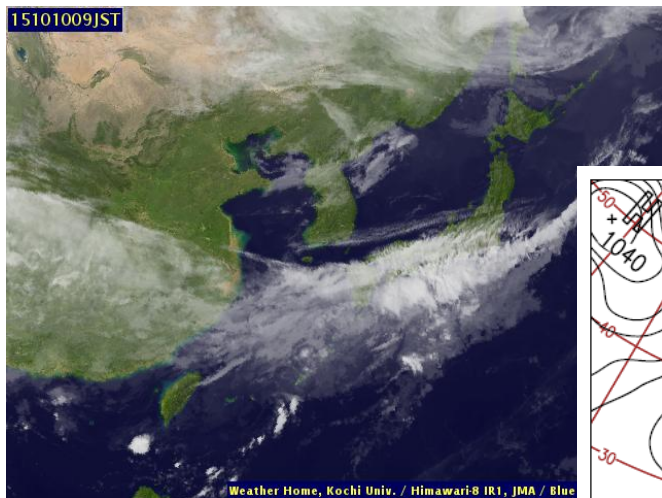
関東南岸の前線と北の低気圧由来の雲域が予測では北上するタイミングが遅く、大外しに

解析方法

複数予報機関で雲域の北上のタイミングはどうなっているか??

複数予報機関のアンサンブル予測の雲域北上のタイミングが**ばらばら**の場合

⇒日本の領域予測も外す可能性が高い!



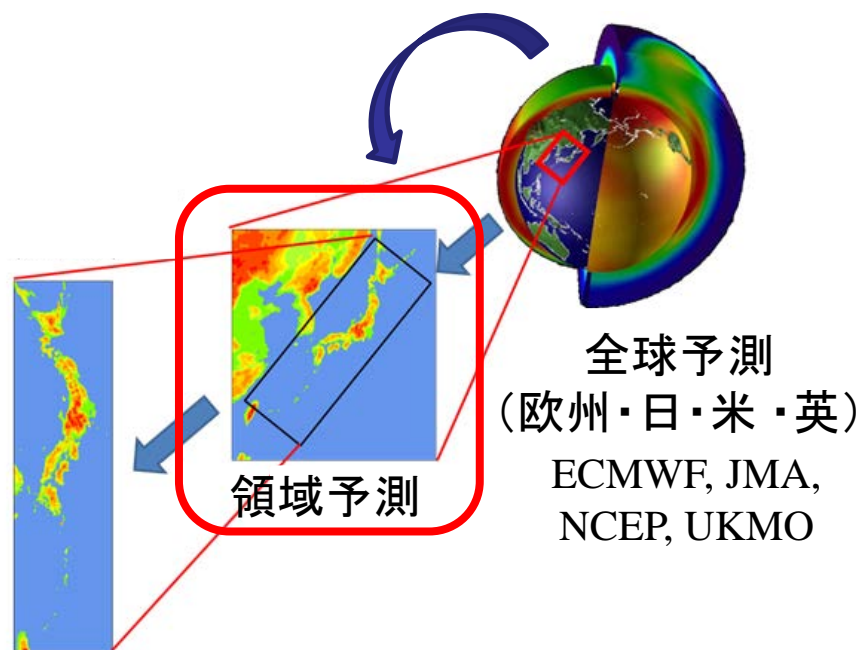
観測 — 大気外日射量 —
 予測 — 誤差係数 (Fc) - - -

全球グランドアンサンブルの情報利用方法

領域予測(MSM)が予測を大外しする可能性(シグナル)評価のため
4つの予報機関の全球グランドアンサンブルの情報を利用

誤差が全球予測から領域予測に伝搬
⇒全球予測に領域予測が外すシグナルがあるはず。

⇒ばらつきを指標化



気象研究所HPより(一部改編)

解析対象領域

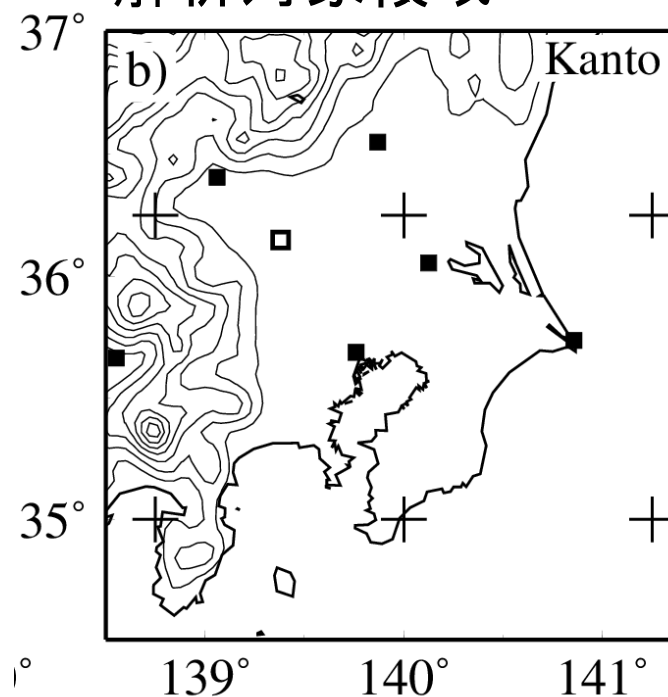


Fig. 解析大量領域。
+はTIGGEによる予報値の中心座標、
■は日射量観測値点、
□は熊谷気象台(臨時観測)

全球予測 対数グランドアンサンブルスプレッド [LNES_g]

複数の予報機関アンサンブル予測の標準偏差(対数化)



$$LNES_g = \ln \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{NES_k}{\overline{NES_{m,k}}} \right)$$

$N = 4$ (予報機関), $M =$ 月

$\overline{NES_{m,k}}$: 各予測機関毎の規格化アンサンブルスプレッド

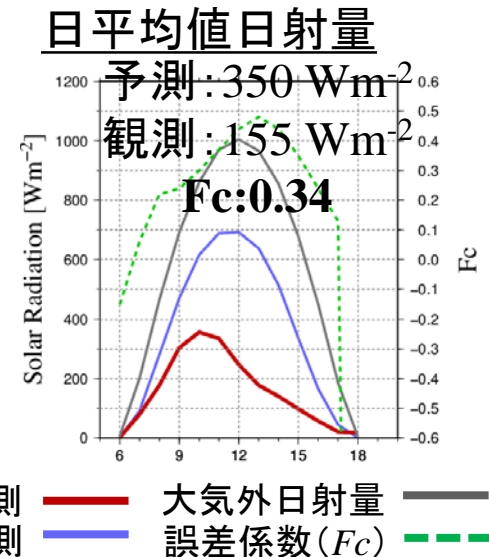
LNES_gとFcに関係があれば、
アンサンブル予測情報から予測を外すシグナルを取得できる

領域予測 予測誤差係数(Fc)

$$Fc = \frac{I_f - I_o}{ext},$$

I_f : MSM予測値
 I_o : 地上観測値(7点平均)
 ext : 大気外日射量

※本研究では日平均値でFcを評価

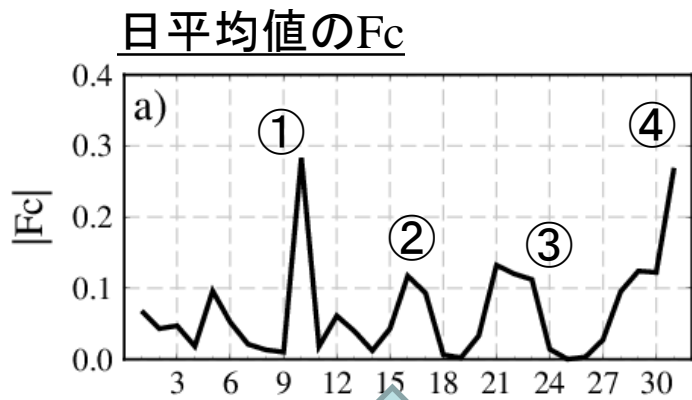


結果: MSM日射量大外し(上)と日射量LNES(下)

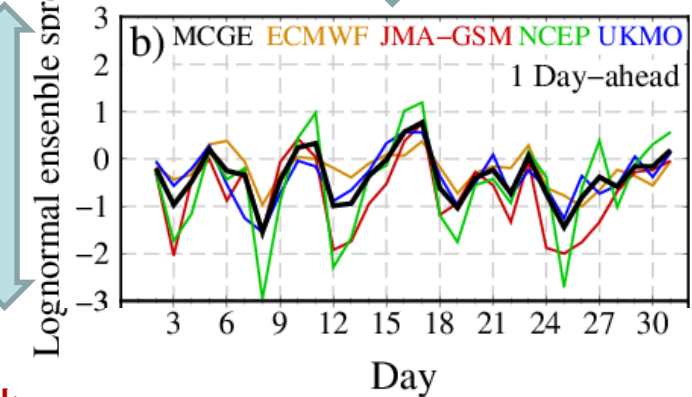
対数グラントアンサンブルスプレッド(LNES_g)と予測誤差係数(Fc)は正相関

アンサンブルのばらつき

大
↑
Lognormal ensemble spread
↓
小

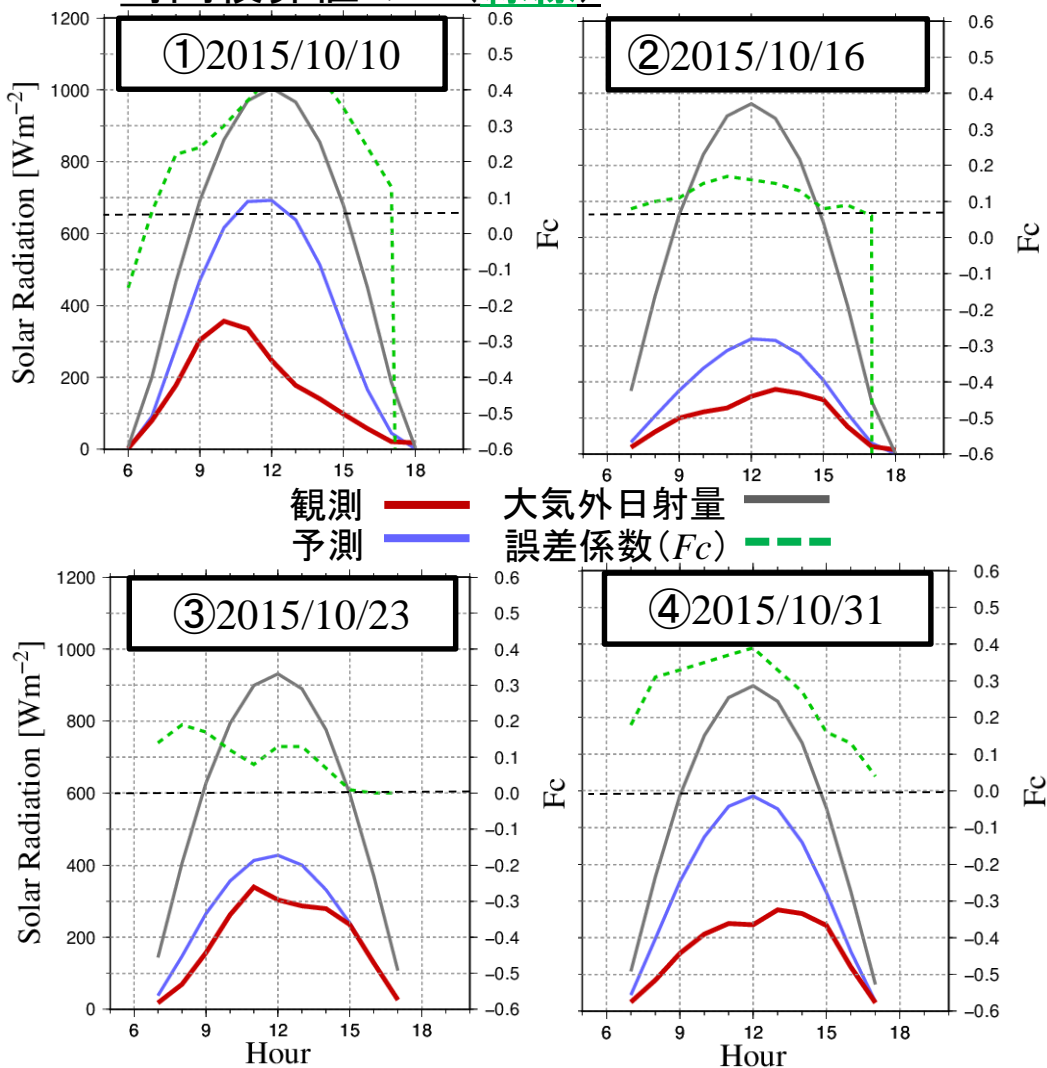


R=0.68



時間積算値のFc(緑線)

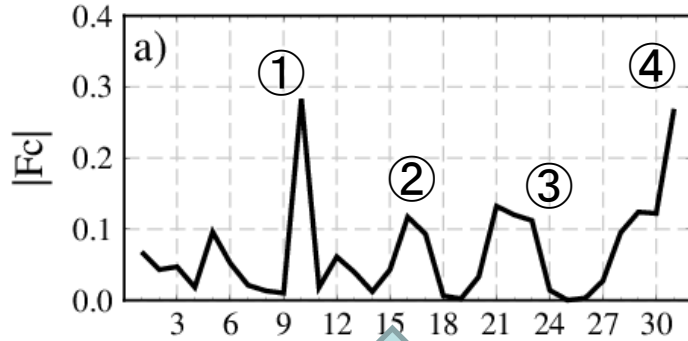
前日予測



結果: MSM日射量大外し(上)と日射量LNES(下)

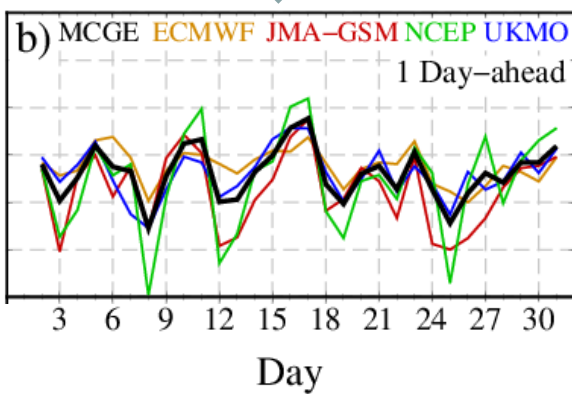
前日予測

日平均値のFc

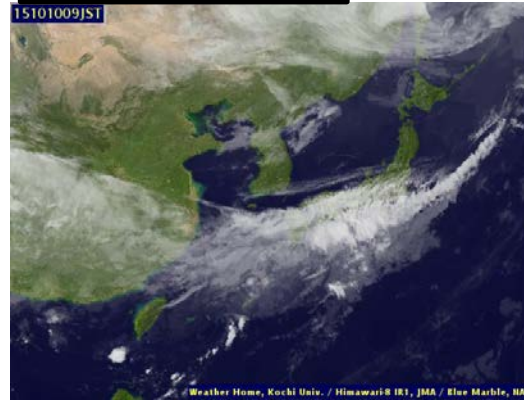


$R=0.68$

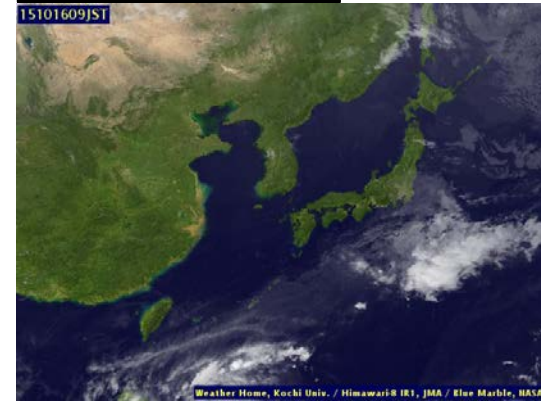
アンサンブルのばらつき
大
↑
Lognormal ensemble spread
↓
小



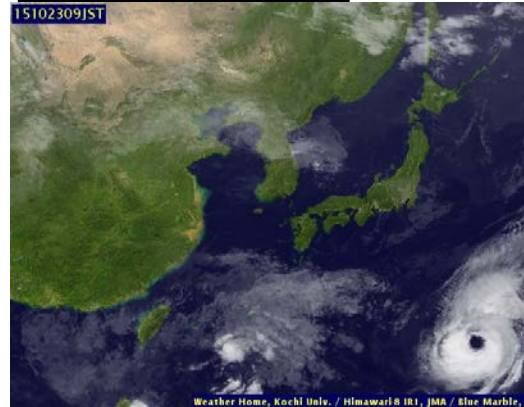
①2015/10/10



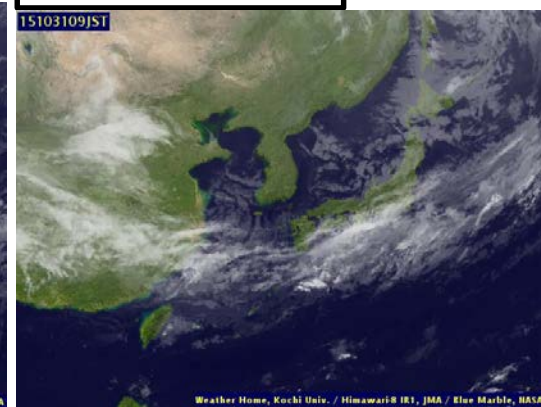
②2015/10/16



③2015/10/23



④2015/10/31



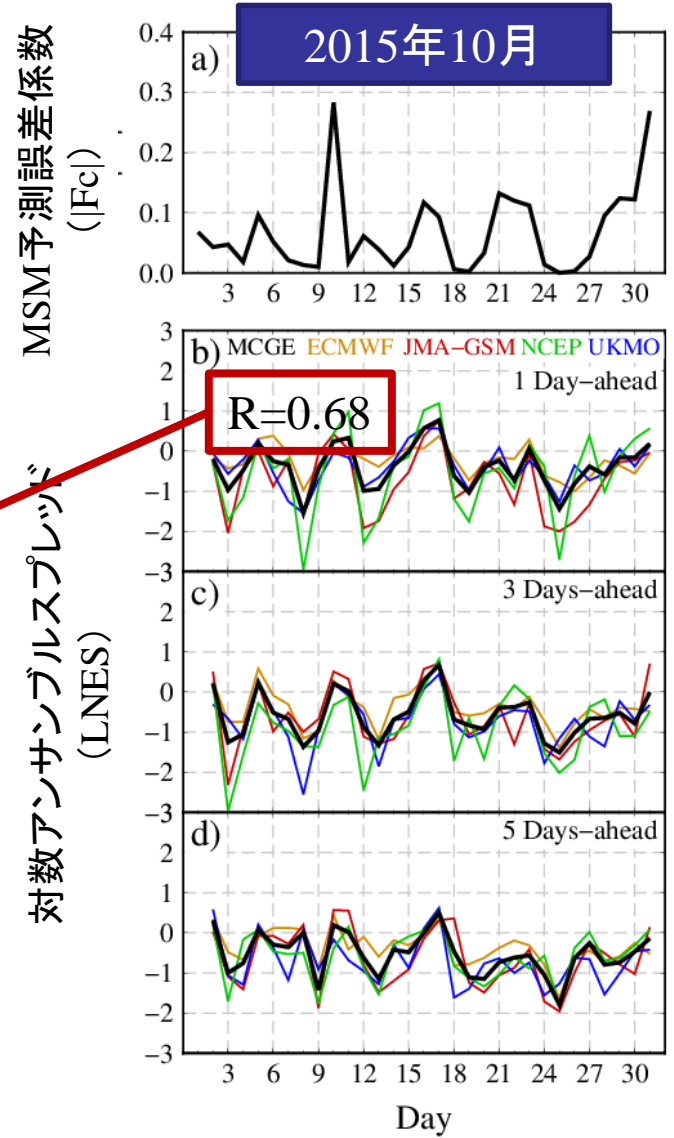
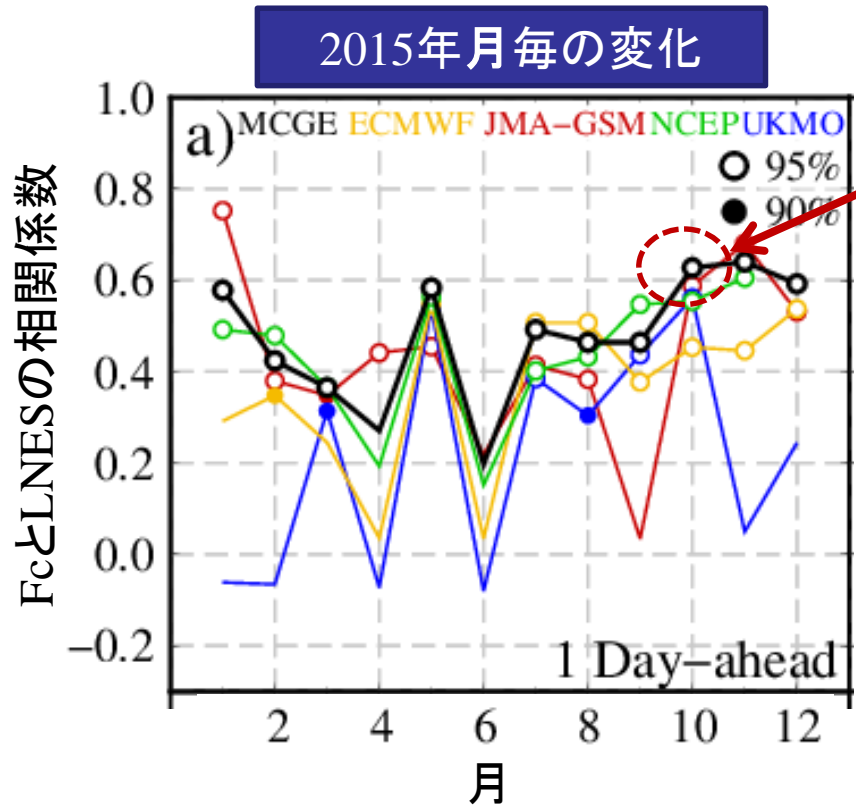
結果：全球グランドアンサンブルスプレッド (LNES_g) と 領域モデルの予測誤差係数 (Fc) の相関

- 領域予測 (MSM) の誤差係数 (Fc) と LNES_g の相関は 0.68 (10月)
- 冬季で高く 95% で有意な相関がある月は、前日予測: 10か月、6日先予測: 7カ月あった。

アンサンブル予測からの
予報大外しの予見可能性

高

低



結果: アンサンブルスプレッドを利用した予測大外しの予見

特に相関係数が高い5カ月で、大外しの予見可能性を評価した。 **前日予測**

- 3回/年の大外しの予見は可能 (右表)
- 中規模の大外しの予見には改良が必要(左表)
- 大外ししない日は90%以上で予見可能であった。

一年で36回の大外し

領域予測の実際の大外し
(1時間平均 $F_c > 0.15$)

日平均 $LNE_{g, > 0.15}$ (大外し指標)		大外し	大外し 無し
	大外し	15 (的中)	8 (空振り)
	大外し 無し	21 (見逃し)	110

一年で3回の大外し

領域予測の実際の大外し
(1時間平均 $F_c > 0.3$)

日平均 $LNE_{g, > 0.15}$ (大外し指標)		大外し	大外し 無し
	大外し	3 (的中)	21 (空振り)
	大外し 無し	0 (見逃し)	130

1日に1時間以上大外しがある日数を評価

まとめ

- 2015年における極端な大外しは対数グランドアンサンブルスプレッド ($LNES_g$)によって5日前からその傾向は捉えられていた。
- $LNES_g$ と領域予測(MSM)の予測誤差(F_c)には特に冬季で良い相関がみられた。
(前日予測95%有意:10カ月)
- 大外しの的中率は極端な(3回/年)事例は100%であったが、誤差 F_c の閾値を下げると、的中率は大きく下がる。

全球モデルのアンサンブルスプレッドは、事前に領域予測の不確実性を示す指標として利用可能である。

実際の運用には、この情報の活用方法など検討すべき課題は残っている。

※複数予報機関のアンサンブル予測併用による予測誤差の改善 ← ポスター発表

ご清聴ありがとうございました