

太陽光発電システムの 発電量予測技術の研究

太陽光発電工学研究センター

システムチーム

大関 崇

はじめに

- PVの大量導入時においては、電力系統全系で、需要とPV発電電力量が同じオーダーになる。
- 需給バランスの調整のため前日に電源のプランニング。
- 需要予測とあわせて、PVの発電量を予測することが重要となる。

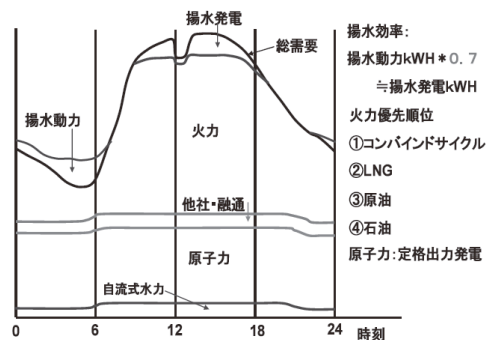
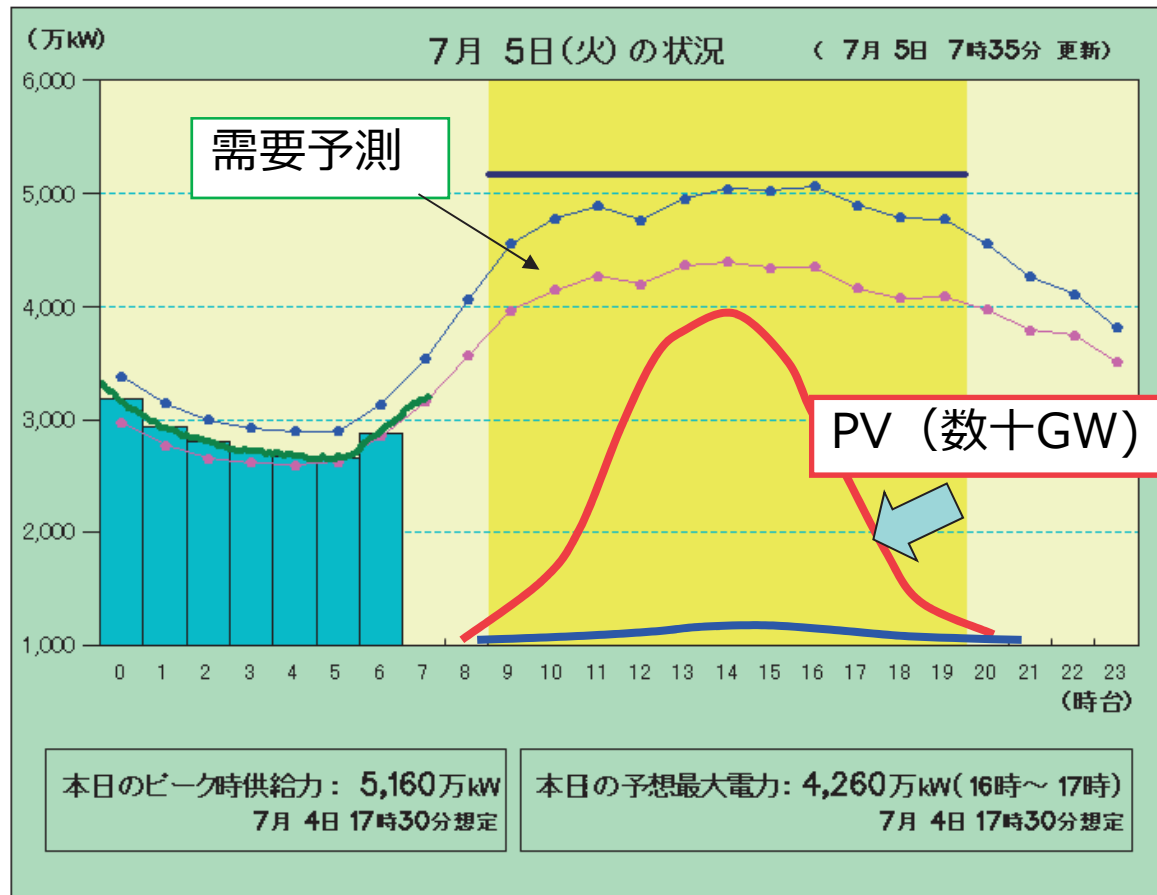


図 需給曲線と発電スケジュール例
 (出典：テプコシステムズ)



電気予報； (出典：東京電力)

どのような予測が必要か？

短周期変動
予測しても対応が困難な領域
(ならし効果 + 調整発電機)

日負荷変動
予測とあわせて対応

前日、30～1時間ごとの予測

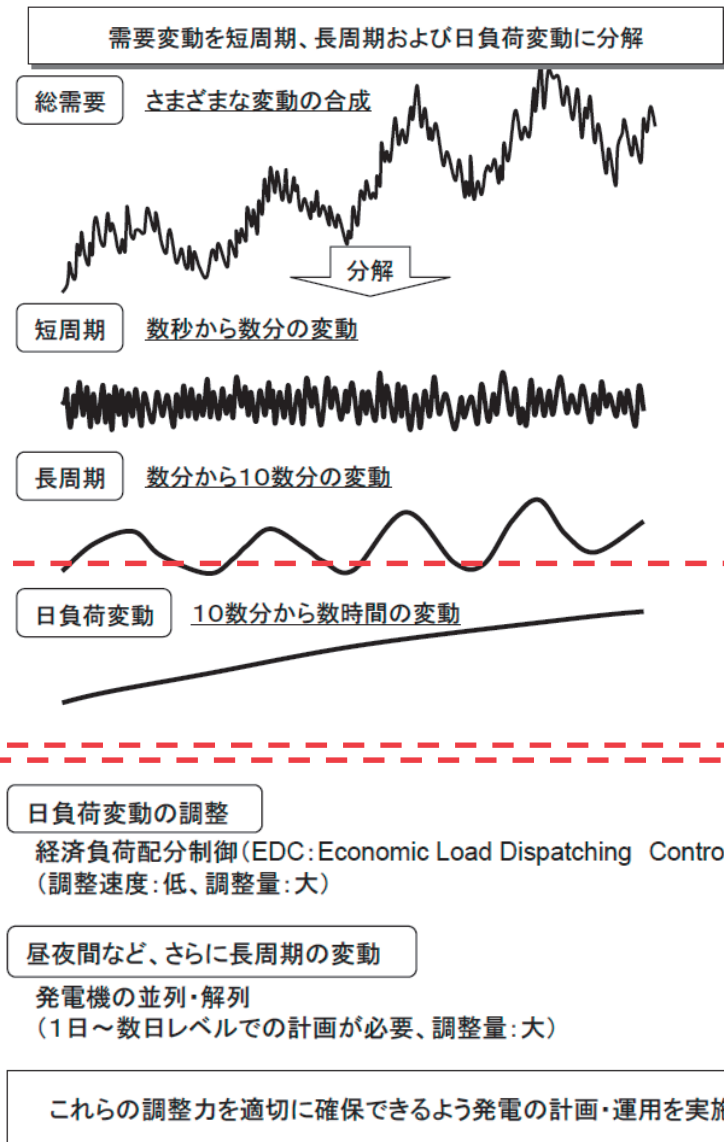


図 負荷変動成分と供給 (出典: ESCJ)

どのような予測が必要か？ Cont.

一定の広いエリアでの予測が重要

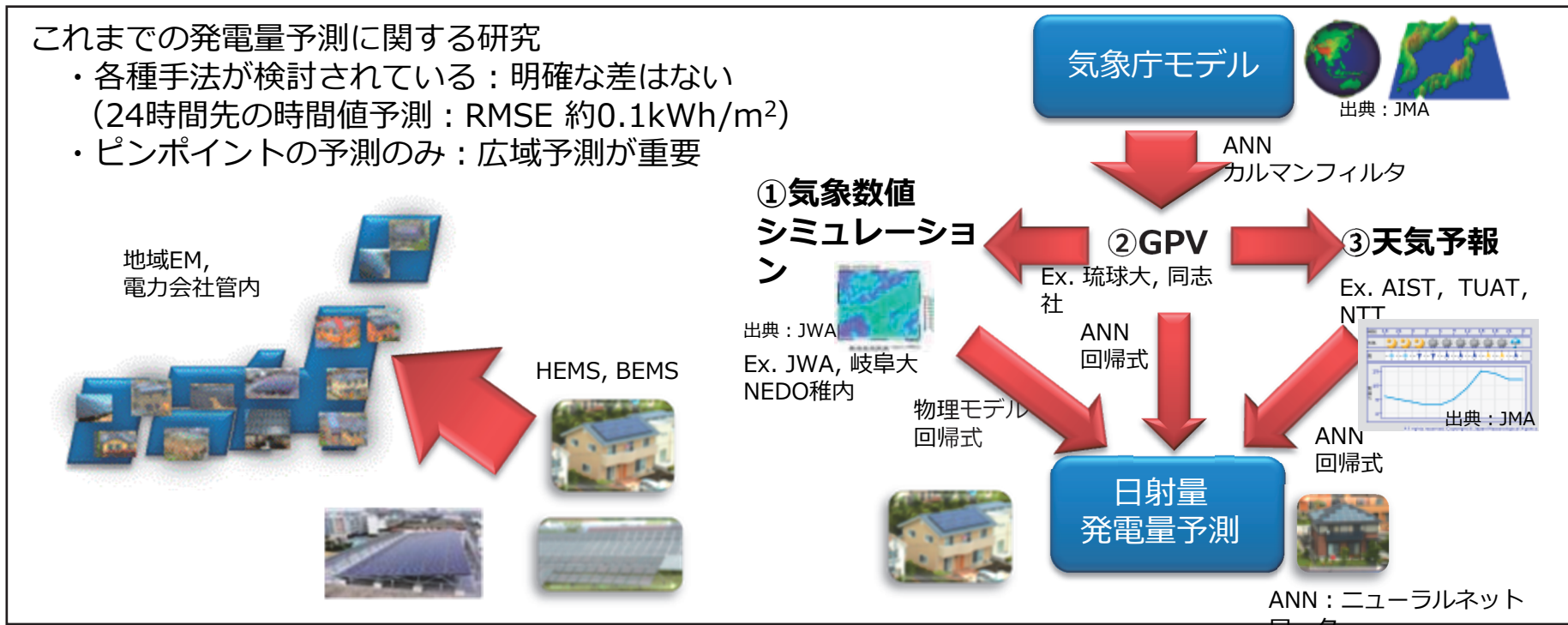
- 日本全国、
- 50Hz/60Hz
- 電力管区
- コミュニティ

**エリア内に導入された
全PVの合計発電量の予測**



研究の目的

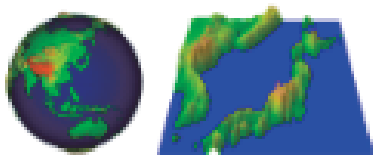
予測誤差範囲が分かれば適切な対策を検討可能（予測には一定の限界がある）
広域エリアでの予測限界の把握は重要（現状/将来技術）



出典：天気予報：中川（1998），工藤（2007），嶋田（2007），村田（2006），内田（2010）、大関（2010）
 GPV：與那（2008），片岡（2009），産総研（2006），山岸（2010），JOAO（2010予定）
 数値気象シミュレーション：山口（2009），橋本（2009），小池（2010），Remund（2008），Lorenz（2008）
 地点データ利用：若尾（2009），宮本（2009），飯嶋（2009）
 画像処理：山本（1999），高橋（2003），小倉（2009）

発電量予測の流れ.

翌日予測には、**気象数値シミュレーションが必須**
 (当日補正ならその他手法がある)



出典：JMA

気象パラメータ(雲量等)
 気象数値シミュレーション

物理モデルによる予測



モデル

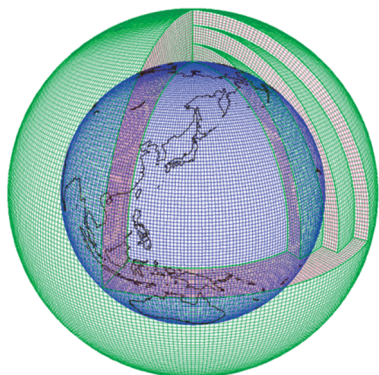
工学モデルによる
 予測/変換
 (ガイダンス技術)



発電量 (日射量)

気象庁で現業運用されている主要な数値予報モデル

全球モデル

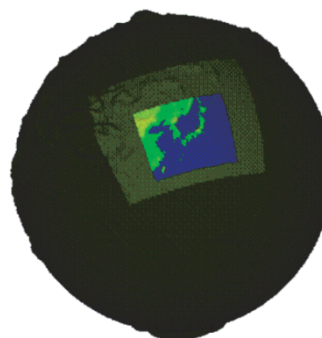


地球全体 解像度20km
 水平1920x960格子
 鉛直60層
1日4回
3.5日予報
 (3,9,15時初期値)
 9日予報
 (21時初期値)

全球モデル

地球全体の大気が予測の対象

メソモデル (MSM)



日本周辺 水平解像度5km
 水平721x577格子
 鉛直50層
1日8回
15時間予報
 (初期時刻：3,9,15,21時)
33時間予報
 (初期時刻：0,6,12,18時)

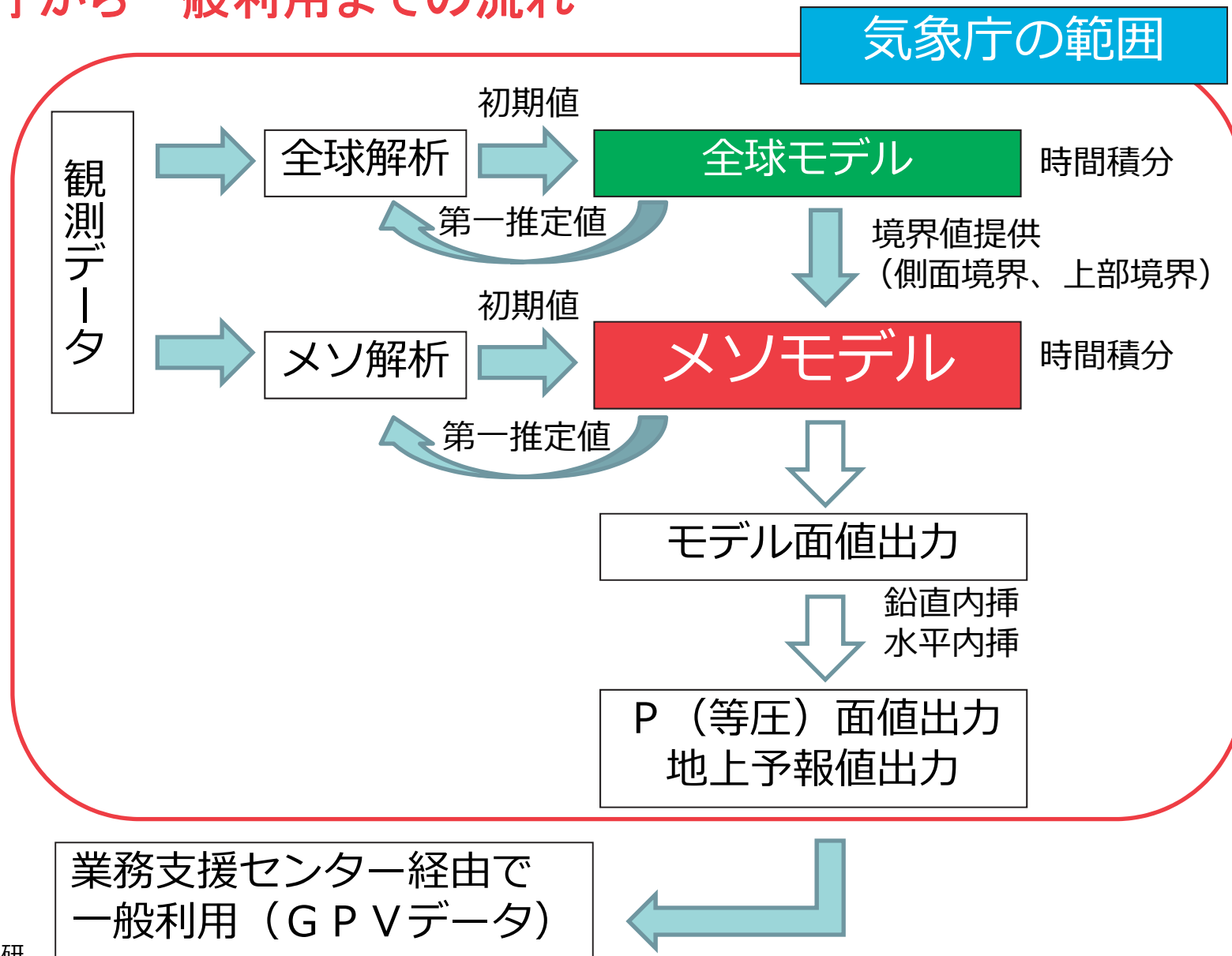
JMA-NHM (気象庁非静力学モデル) の現業版

領域モデル

(MSMも領域モデルの一種)

地球上の一部領域内の大気が予測の対象。
 領域の側面境界での境界値が必要。
 領域モデルとしては、気象庁で開発されたJMA-NHM、アメリカで開発されたWRF、MM5などがある。多少の違いはあるが、これらのモデルは基本的には同じような手法によって大気中の種々のプロセスがモデル化されている。

気象庁から一般利用までの流れ

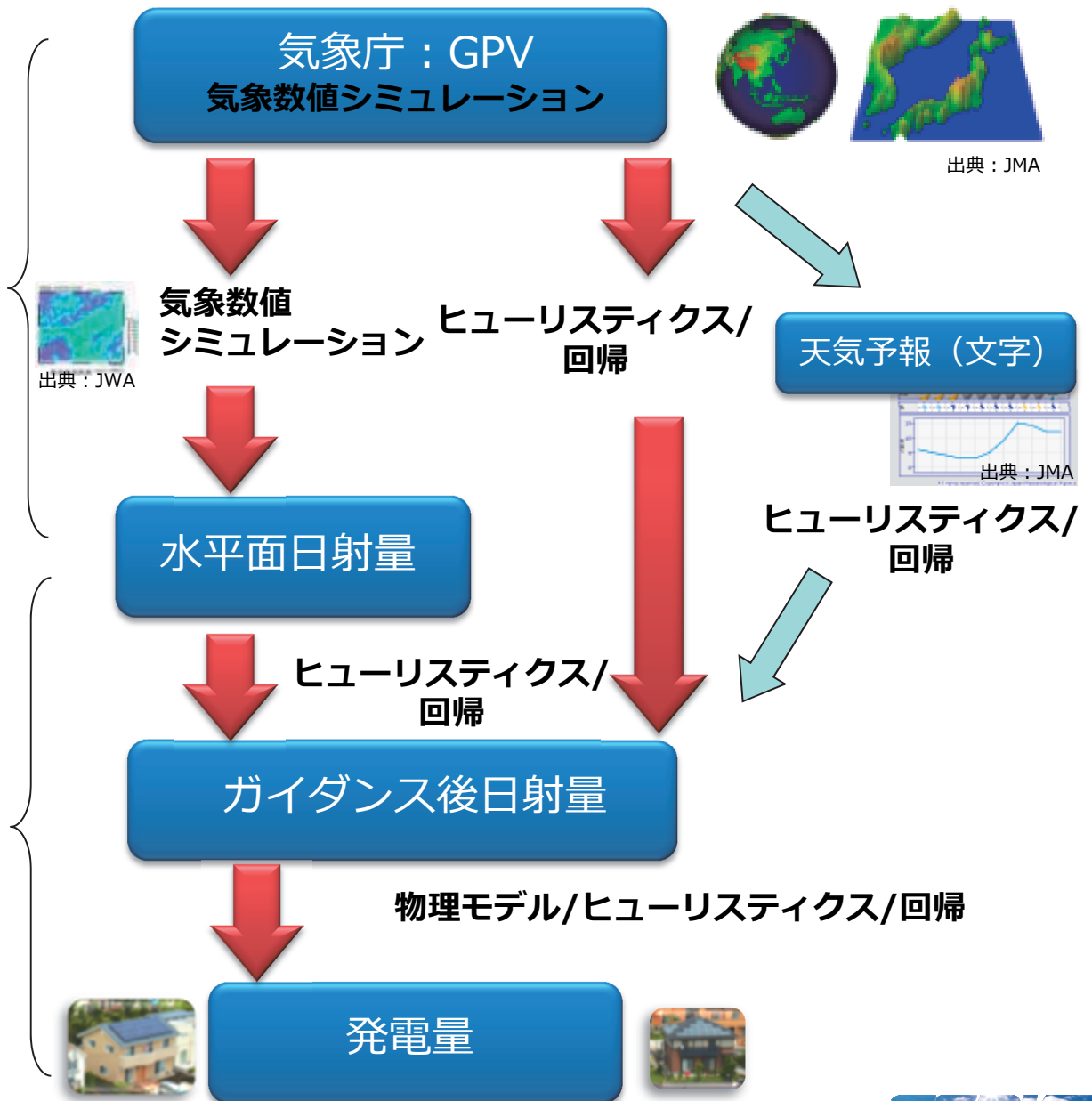


参考：気象研

発電量予測の流れ.

物理モデルによる
予測

工学モデルによる
予測/変換
(ガイダンス技術)



NEDO太陽光発電システム次世代高性能技術の開発 発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発 (平成22年度～平成24年度 + 平成25年度～平成26年度)

I) 発電量評価技術の開発

①太陽電池性能評価・校正技術(産総研)

②発電量推定と予測技術

(産総研、気象協会、岐阜、東大、気象庁気象研)

II) 信頼性評価技術と長寿命化技術の開発

①モジュール・機器耐久性評価技術(産総研、PVTEC)

②システム点検技術(産総研、PVTEC)

③リユースモジュール健全性試験技術(PVTEC)

III) 次世代太陽光発電システムに向けた基盤技術開発の調査(PVTEC)

NEDO:発電量予測技術

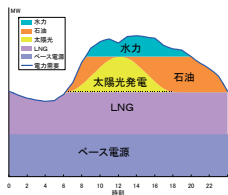
PVのスムーズな
大量導入が可能



予測応用

(v)分散・広域発電量 応用評価技術 東京大

- ・ 予測利用によるPVの価値向上技術の調査
- ・ 予測仕様の調査
- ・ 広域データ取得方法の検討



発電量予測



(iv)分散・広域発電量推定技術 AIST

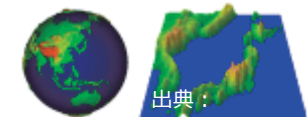
- ・ PV発電特性分析
- ・ PV発電量変換
- ・ 不特定多数分散推定
- ・ 広域ならし効果評価

NEDO FTデータ利用
1分値～1時間値
(約1000件)



気象パラメータ予測

日射量予測



(i)気象パラメータ予測技術 気象研

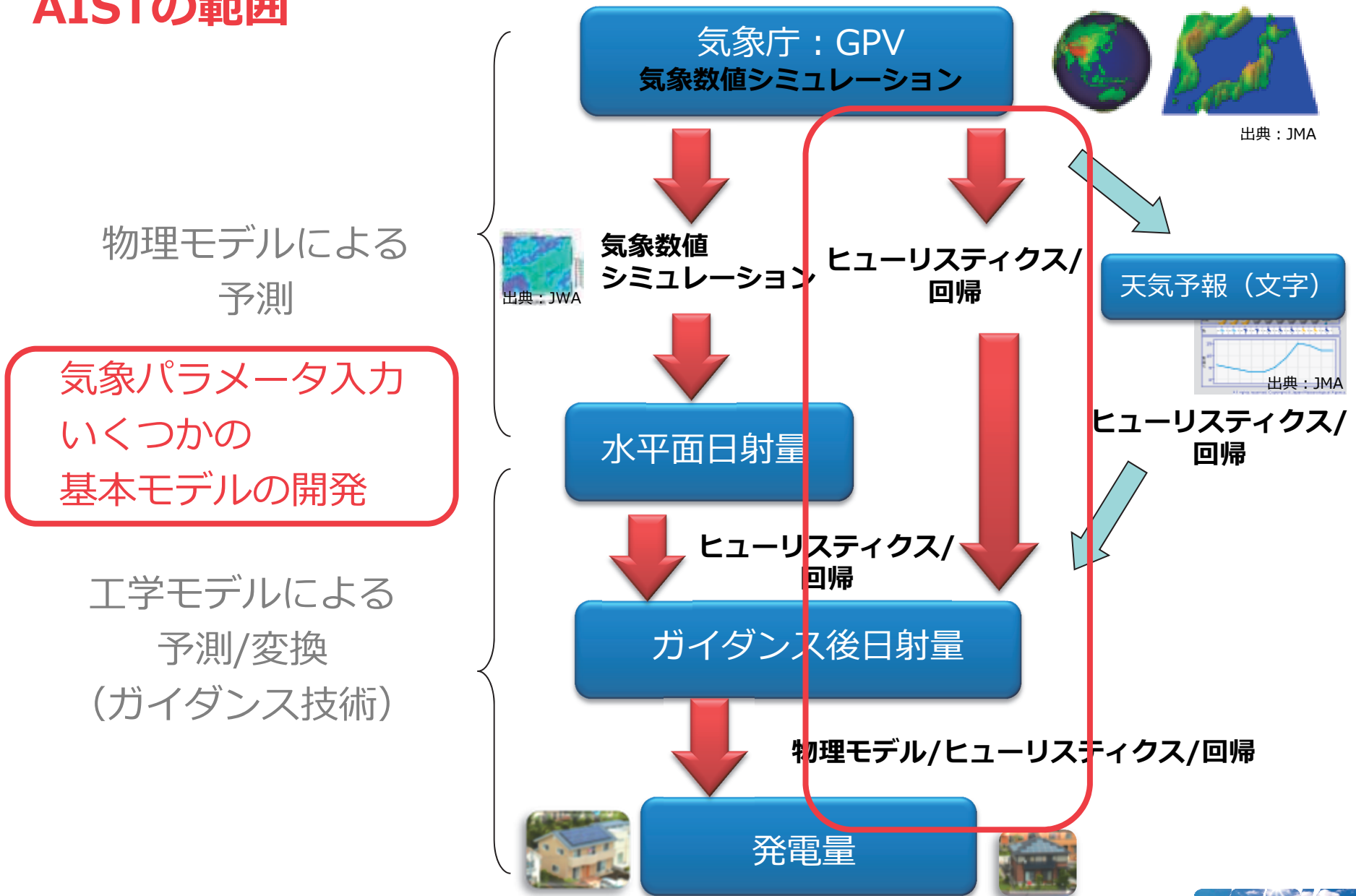
- ・ 発電量/日射量予測に必要な根幹データ改良

(ii)分散日射量予測技術

(iii)広域日射量予測技術 JWA/岐阜大

- ・ 気象数値シミュレーションを用いた日射量予測
- ・ 局所最適化
- ・ 広域最適化

AISTの範囲



利用する入力データ (GPV-MSM)

GPVとは、Grid point Valueの略

- ・GSM(全球)
- ・RSM(領域)
- ・MSM(メソ)

気象業務支援センター

- ・有料

アーカイブ

- ・筑波大
- ・京都大
- ・東大 など

◇データの概要◇

内容	要素は下記を参照してください。
初期値	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC(1日8回)
予報時間	15時間予報(00, 06, 12, 18, UTC)、33時間予報(03, 09, 15, 21UTC) 地上は1時間間隔、気圧面は3時間間隔
データ形式	国際気象通報式FM92 GRIB 二進形式格子点資料気象通報式(第2版)※略称:GRIB2
配信領域	北緯22.4度~47.6度、東経120度~150度(※下図参照)
格子系	等緯度等経度 地上:0.05度×0.0625度(格子数505×481) 気圧面:0.1度×0.125度(格子数253×241)
サイズ	15時間予報:約114MB/回×4回、33時間予報:237MB/回×4回=1404MB/日
技術資料	配信資料に関する技術情報第205号 国際気象通報式・別冊

◇地上物理量

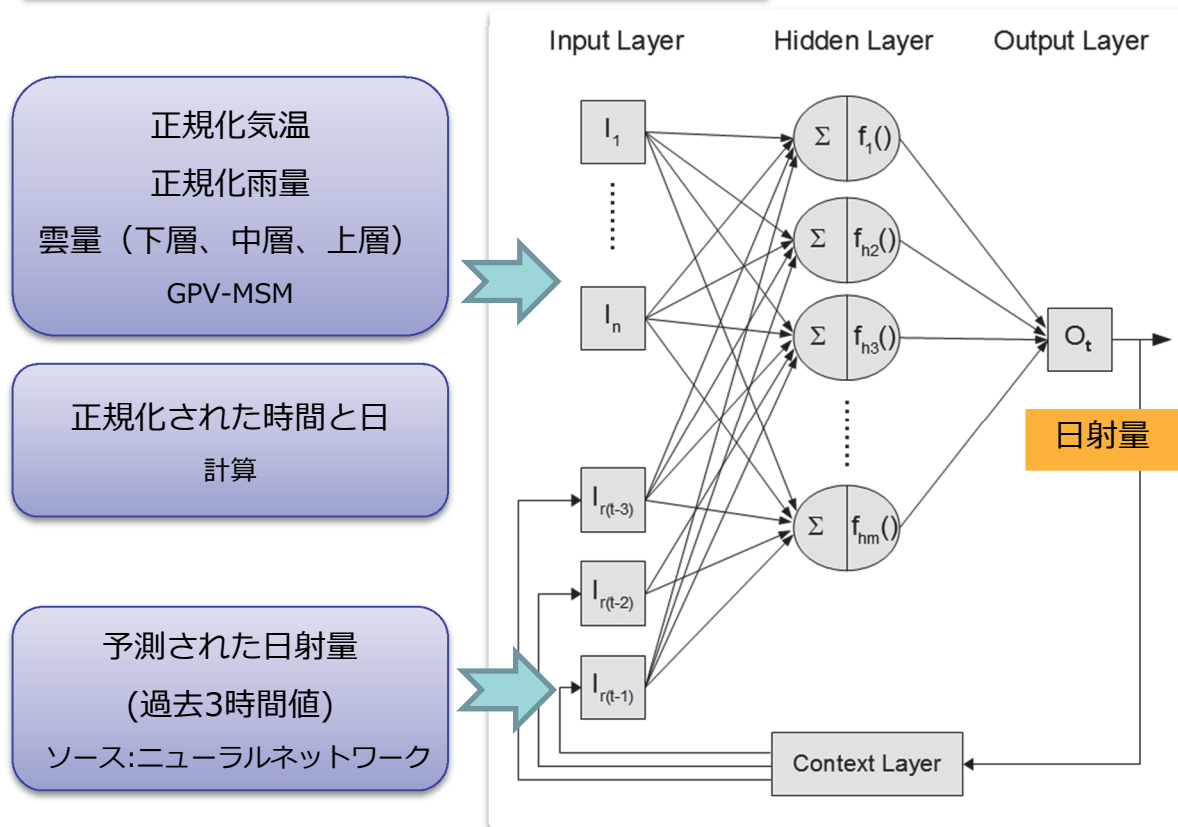
	海面更正気圧	地上気圧	風	気温	相対湿度	時間降水量	雲量
地上	○	○	②	○	○	○	④

◇気圧面物理量

気圧面	高度	風	気温	上昇流	相対湿度
1000	○	②	○	○	○
975	○	②	○	○	○
950	○	②	○	○	○
925	○	②	○	○	○
900	○	②	○	○	○
850	○	②	○	○	○
800	○	②	○	○	○
700	○	②	○	○	○
600	○	②	○	○	○
500	○	②	○	○	○
400	○	②	○	○	○
300	○	②	○	○	○
250	○	②	○	○	
200	○	②	○	○	
150	○	②	○	○	
100	○	②	○	○	

モデル1 (ニューラルネットワーク)

ニューラルネットワークの設定



収束アルゴリズム

- 誤差逆伝播

活性化関数

- $0.52 * \tanh(X) - 0.51$

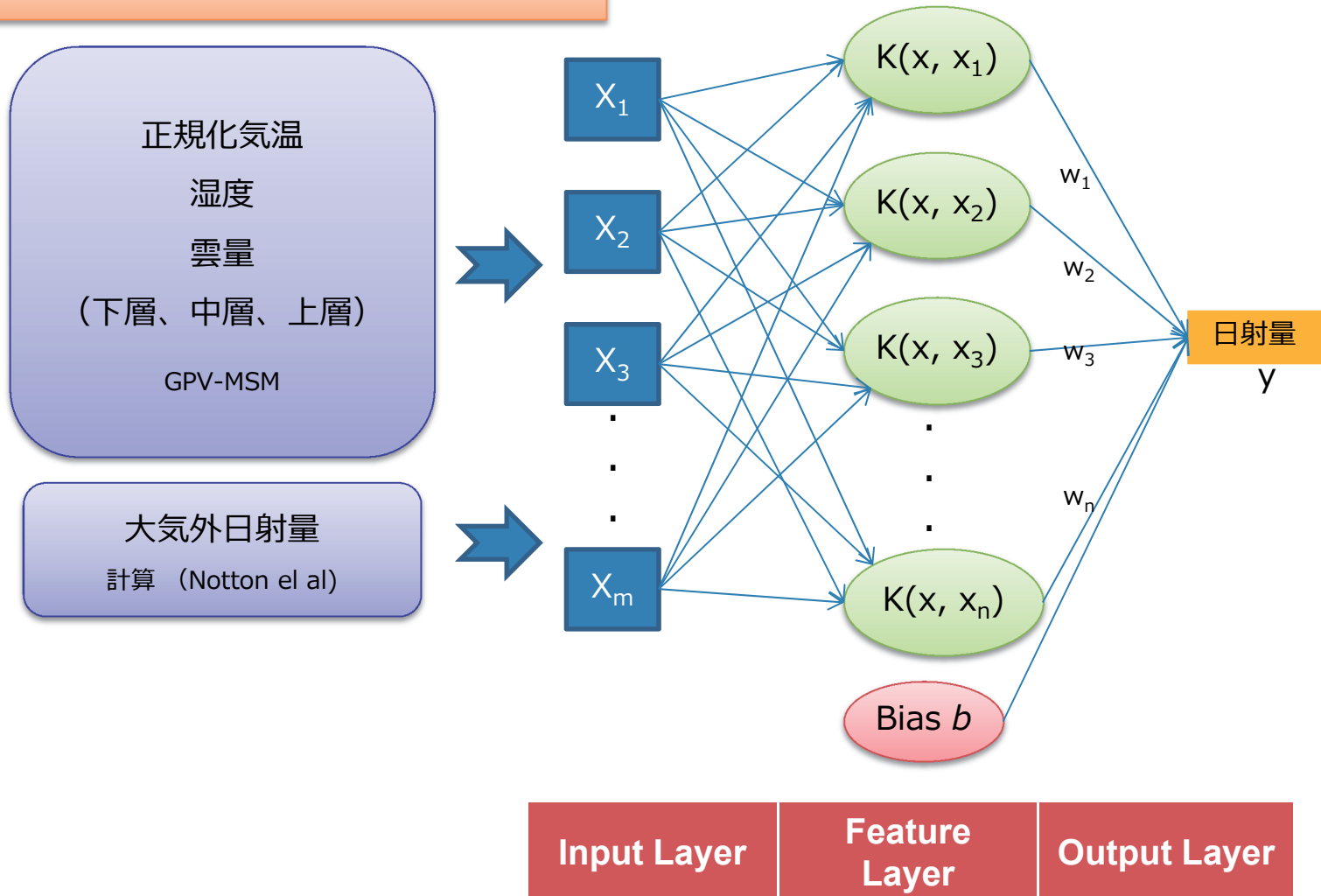
他の設定パラメーター

- 学習係数 : 0.3
- 慣性項 : 0.2
- 訓練 : 2000 epochs

Neurons on Input Layer	Neurons on Hidden Layer	Neurons on Output Layer
9 neurons (with bias)	5 neurons	1 neuron

モデル2 (サポートベクタマシン)

サポートベクターマシンの設定



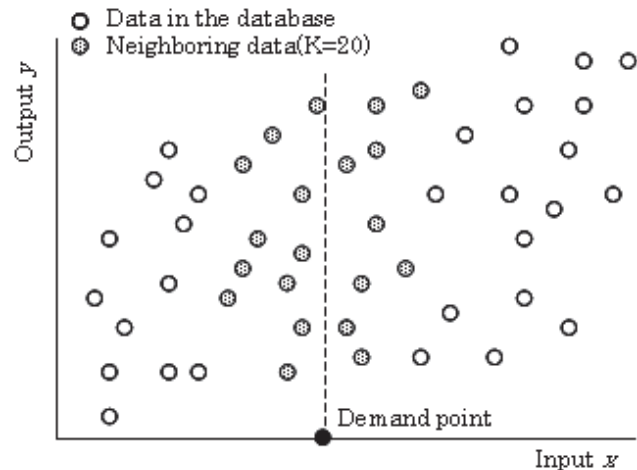
モデル3 (Just in Time)

$$d(q, j) = \sqrt{(x^q - x^j)^T (x^q - x^j)}$$

式で示されるユークリッド距離に基づいて、要求点と入力ベクトルデータの類似度を評価する。

x^q : 要求点 (ベクトル) 、 x^j : 履歴データにおける j 番目の入力データ (ベクトル) を表す。

K-NNは要求点と履歴データの距離を計算し、距離 d の小さいほうから順に K 個の履歴データを近傍とする方法



Component	Weight	Component	Weight
Day length	0	humidity	0.03
Sun altitude	0.19	Lower cloudiness	0.03
Atmosphere	0.02	Middle cloudiness	0.05
Temperature	0.03	Upper cloudiness	0.03
Wind (east-west)	0.02	Rain fall	0
Wind(south-north)	0		

図1 K-NNの概念(1入力の場合)

単地点における予測誤差

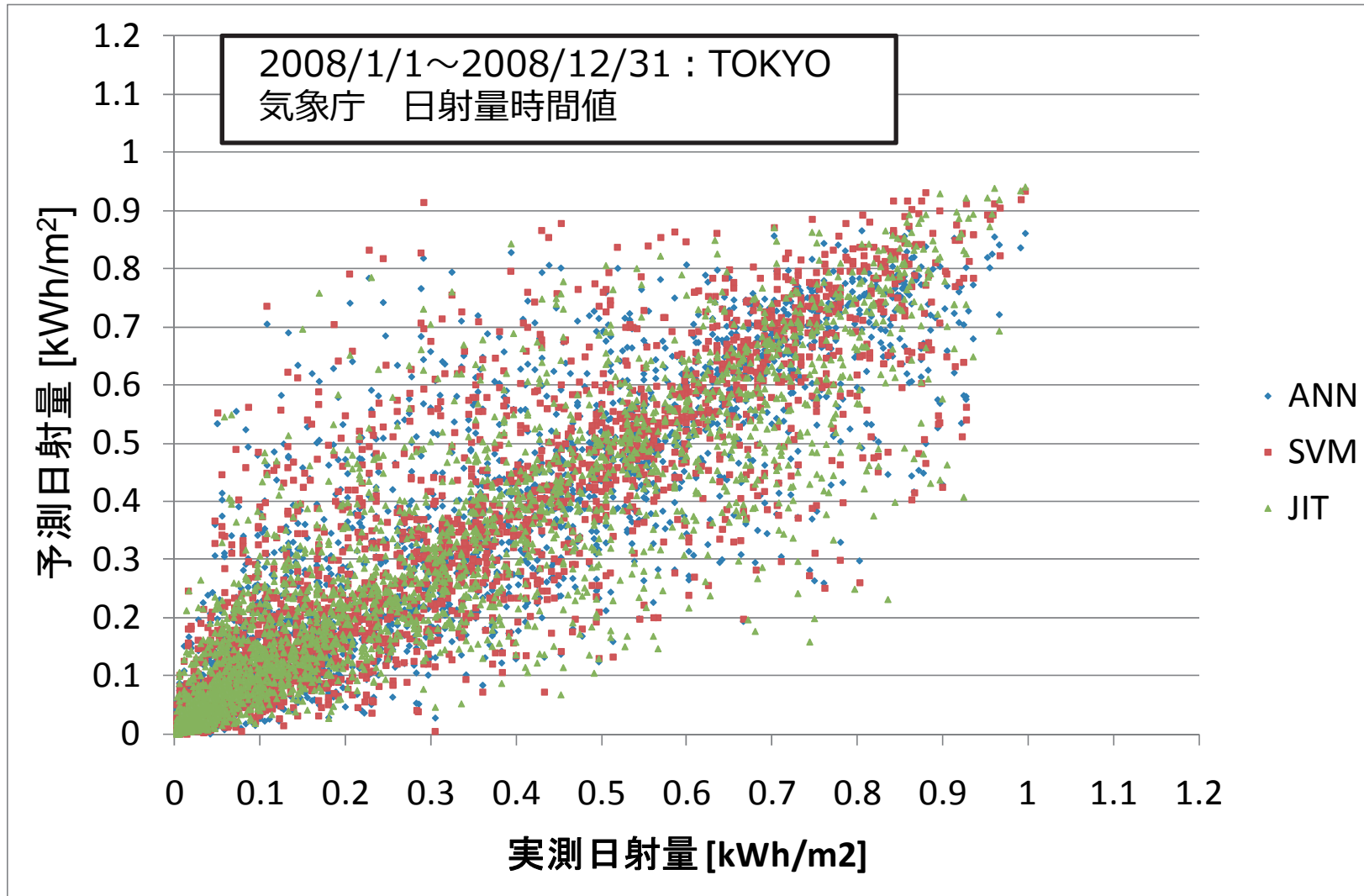
気象庁地上気象官署のデータ

- ・ 約60箇所
- ・ 水平面日射量

予測データ

- ・ 前日予測（日本時間初期値18時）, 1時間値
（入力：GPV-MSM）

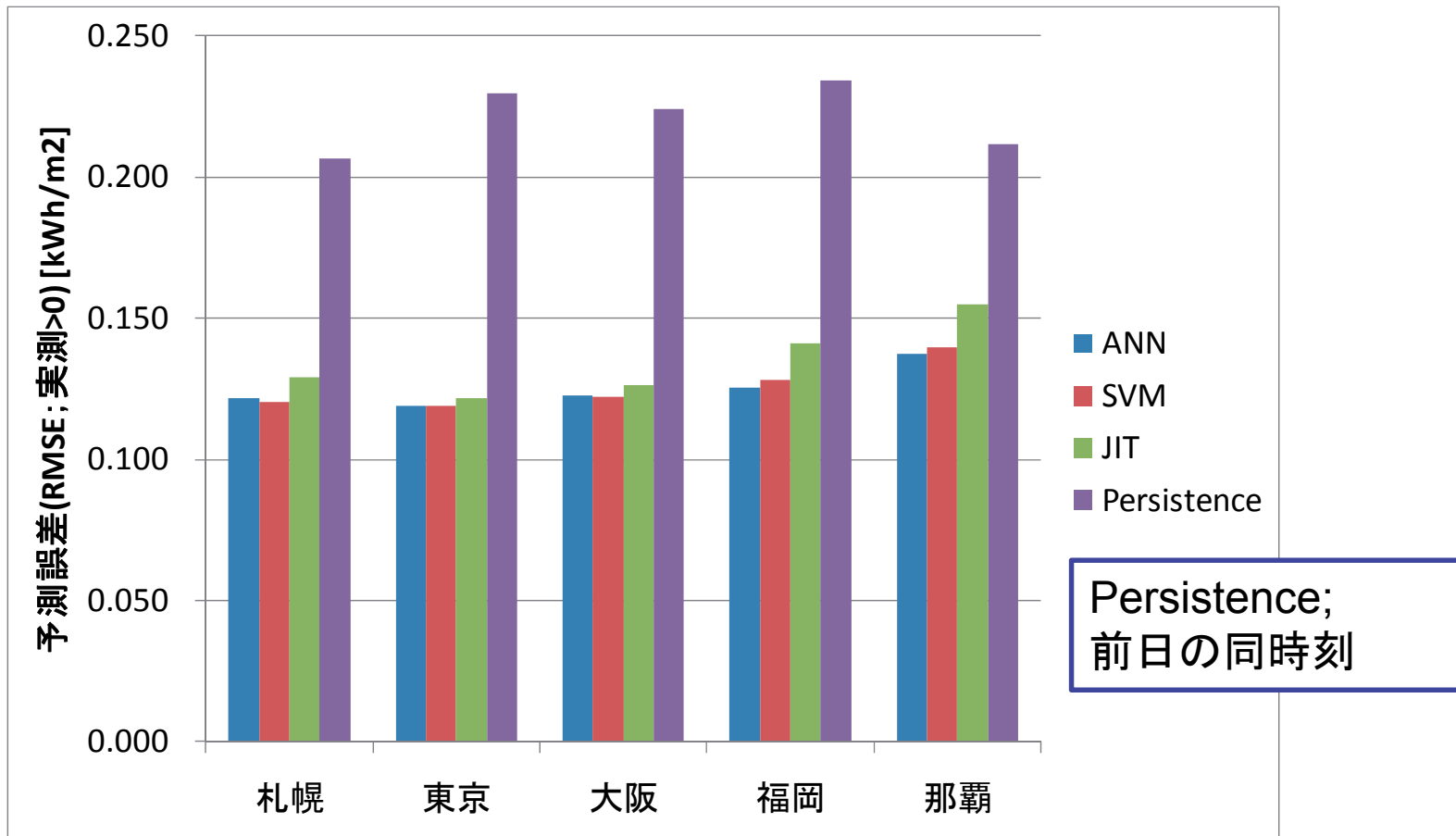
予測誤差比較(相関図)



予測誤差比較 (Root mean square error)

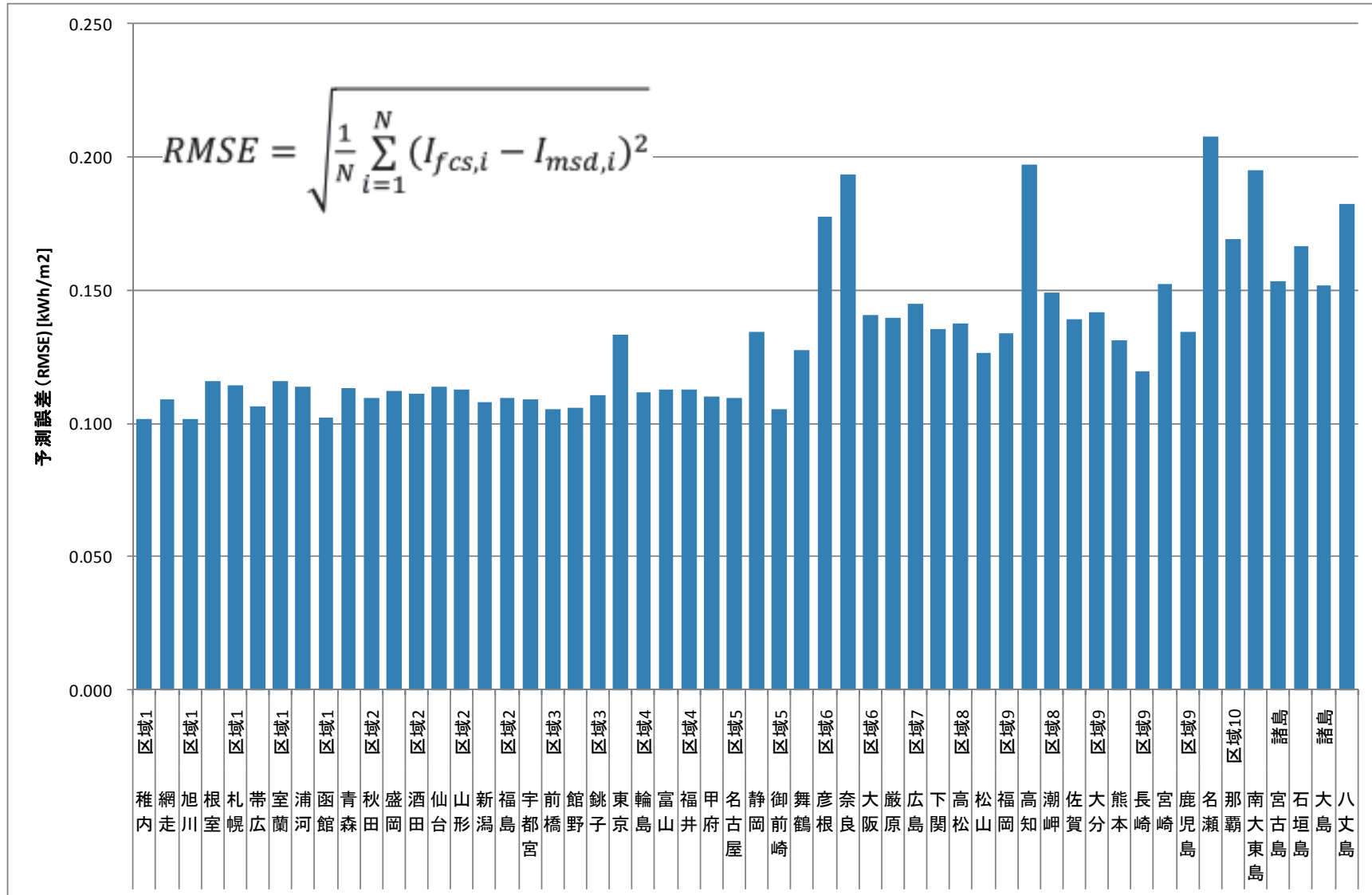
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (mv_i - pv_i)^2 [kWh/m^2]} \quad (m_{vi} > 0)$$

2008/1/1~2008/12/31 : TOKYO
気象庁 日射量時間値

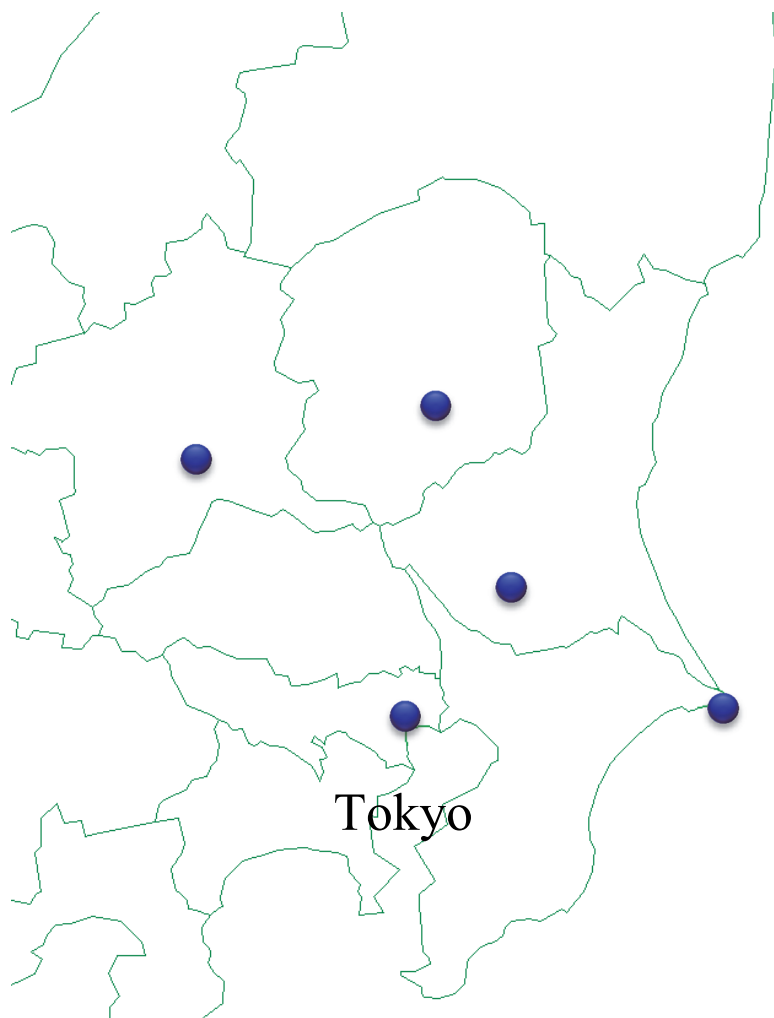


Persistence;
前日の同時刻

予測誤差比較 (地域差 : Root mean square error)



予測誤差低減効果（広域エリアによる誤差のならし効果）



利用データ

GPV-M S M, A N N 利用

エリア

北海道 : 9地点

関東 : 5地点

関西 : 5地点

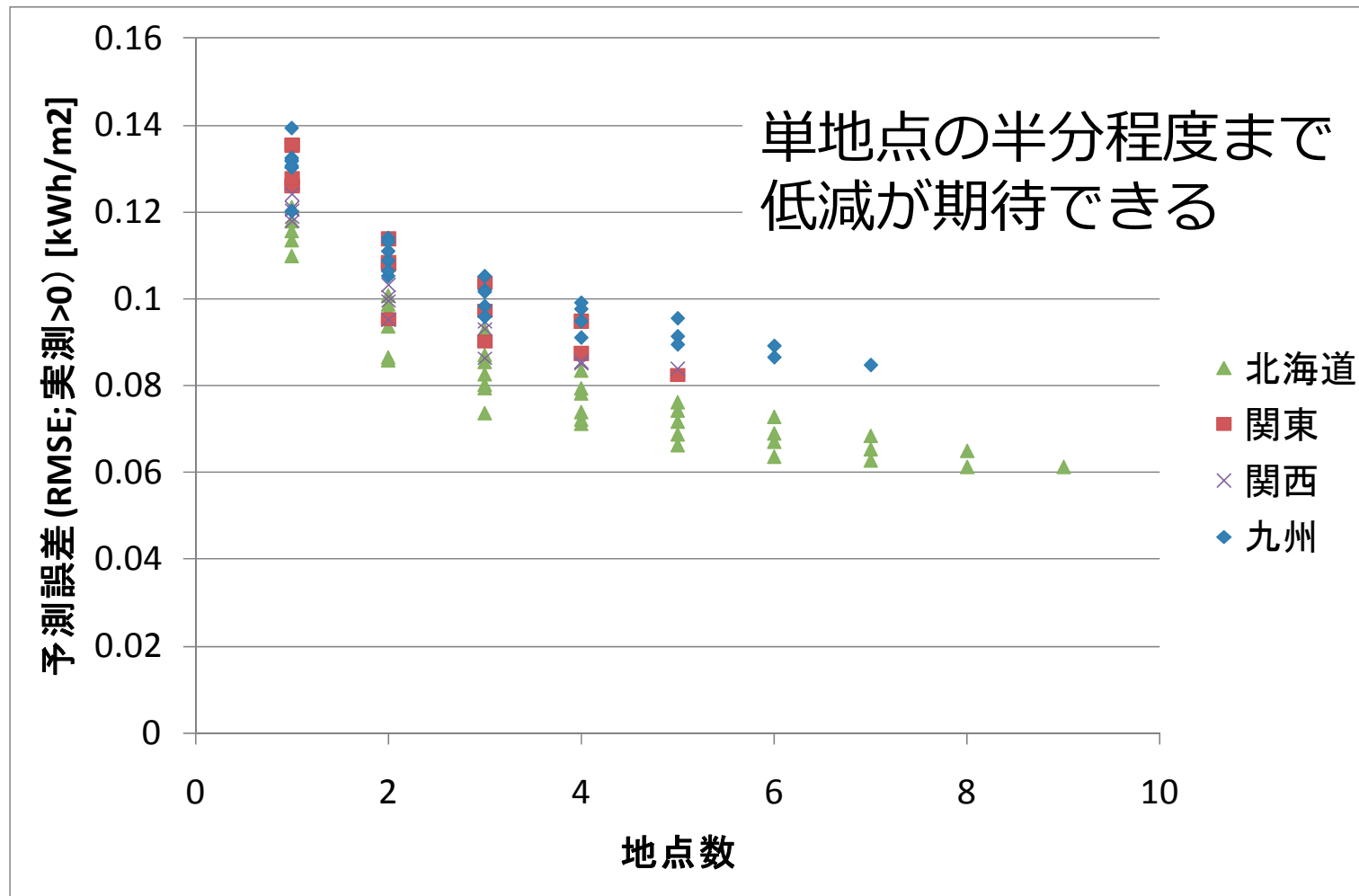
九州 : 7地点

2 4 時間先(日本時間初期値18時), 1 時間値

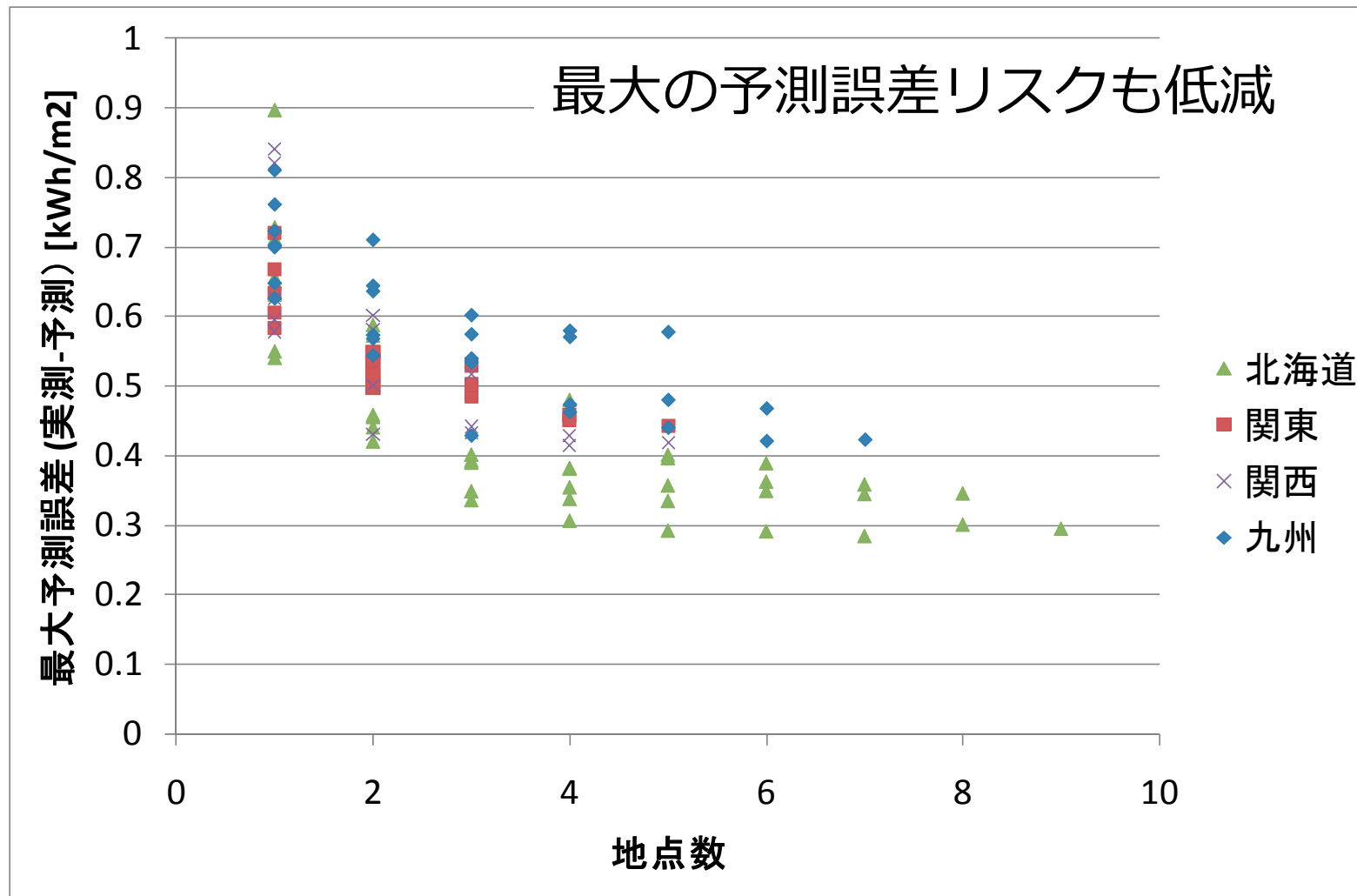
アンサンブル平均 (合計)

予測誤差 : 実測(合計) - 予測(合計)

地点数と予測誤差 (RMSE)



地点数と予測誤差 (MAX)



まとめ

- 太陽光発電の広域での発電量予測技術の開発。
- AISTでは、物理モデルから出力される、気象パラメータや日射量をもとに発電量を求める技術の開発。
- 現状は、GPVから日射量のモデル開発、比較検討。
- Up scalingの基礎検討。
- 直接/間接予測の比較。

今後の予定

- 気象数値シミュレーション日射量から日射量、発電量へ。
- 予測の外れる要因分析；入力 or モデル？天候別、地域別。
- サンプルング手法による広域予測技術の開発(Up scaling)。
- 回帰モデルとの比較。
- 入力のGPVの精度検証。
- 入力データ拡大による影響。

関連発表（ポスター）

Fonseca Junior Joao

サポートベクターマシンを用いた太陽光発電システムの発電量予測技術の開発

大竹 秀明

太陽光発電量予測に向けた気象庁モデルにおける短波放射量予測の検証

大関 崇

太陽光発電システムの発電量予測技術の研究

謝辞

本研究の一部は、NEDO「発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発」の一環で行った。

関係者各位に感謝する。