

E12

エネルギー消費性能の評価の前提となる 気候条件の詳細化に向けた検討

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 建築研究本部
北方建築総合研究所・建築性能試験センター

鹿児島大学大学院 理工学研究科 二宮研究室

1.事業目的と概要

▶ 背景

現在、建築関連分野で一般的に利用される気象データは
概ね21kmごとに設置される気象庁の観測データに基づいている



建設地の気候条件を加味した省エネ技術等を
適切に評価するためには不十分

▶ 目的

建設地の気候条件を考慮した省エネ評価に用いる
設計用気象データおよびポテンシャルマップを検討・提案する。

気温、湿度、日射量、風向、風速、地盤地中熱を対象に
期間：10年程度、間隔：1kmメッシュ程度の時刻別データを整備する

※R1年度は気温、湿度、日射量について実施

1.事業目的と概要

▶ 事業のフロー

(イ)気候データの整理

R1

①既存データの整理

- ・既存データの調査
- ・欠測／異常値の補間



②設計用気候データの作成

- (温湿度、日射量) 結果を反映
- ・方法の検討
 - ・プログラムの構築及び検証
-
- (風向、風速)
- ・地形等を考慮した風向、風速の推定
 - ・プログラムの構築及び検証
- (地盤地中熱)
- ・積雪、蒸発を考慮した地中温度の推定

R2

(ロ)ポテンシャルマップの作成

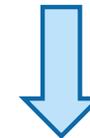
①作成すべきマップの検討

- ・省エネで考慮すべき気候条件の整理

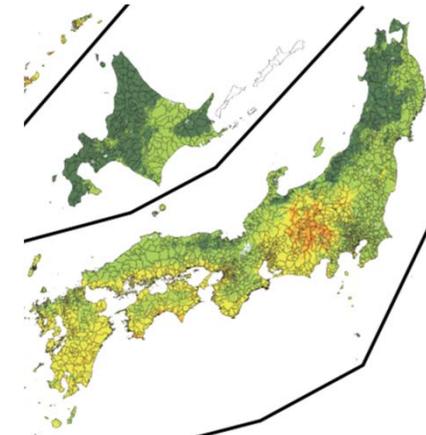


②プログラム開発

- ・プログラムの検討

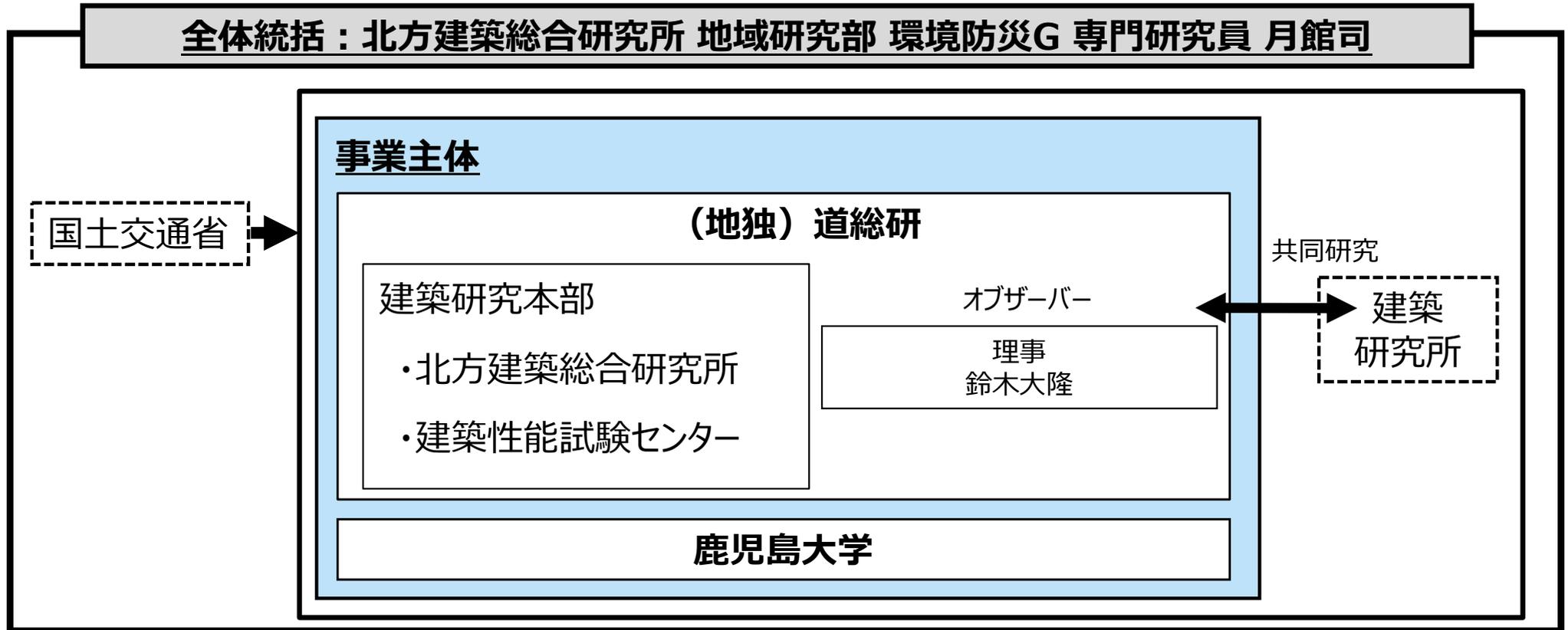


③ポテンシャルマップの作成



1.事業目的と概要

▶ 事業実施体制



調査内容と分担業務の内容	(地独) 北海道立総合研究機構 建築研究本部		鹿児島大学
	北方建築総合研究所	建築性能試験センター	
(イ) 気候データの整理	●		●
(ロ) ポテンシャルマップの作成	●	●	

2.既存データの整理

○全国の気象データを調査・整理

気象データセット (作成方法)	データの信頼性 ・精度	データの一般公開 (過去データの公開期間)	空間的間隔	時間的間隔	気象要素 (○：あり、△：条件付、×：なし)			
					外気温	湿度	日射量	風
気象庁による気象観測 (実測値)	測定機器補正や異常値の検定の実施があり、信頼性が高い	あり (昭和49年頃～)	約21km間隔	1分～10分	○	△ 一部地点	△ 一部地点	○
国土交通省による気象観測 (実測値)	測定機器補正や異常値の検定の有無は不明	リアルタイムデータのみ (直近約1時間分)	主要道路・河川 周辺のみ	1時間	○	△ 一部地点	×	○
環境省による気象観測 (実測値)	測定機器補正や異常値の検定の有無は不明	あり (平成21年～)	都市部に多い	1時間	○	○	×	○
農業関係・消防署など による気象観測 (実測値)	測定機器の較正・設置 状態が不明な地点が多い	一部地点で公開あり (観測地点により異なる)	不明	概ね1時間	観測地点により異なる			
メッシュ平年値 2000年版・2010年版 (推計値)	平均気温の RMSE=0.40°C	あり (30年平年値のみ)	1kmメッシュ	1か月	○	×	○	×
推計気象分布 (推計値)	平均気温の RMSE=1.19°C	リアルタイムデータのみ (直近約2日間分)	1kmメッシュ	1時間	○	×	×	×
数値予報モデル (MSM) (推計値)	平均気温のRMSE= 夏季約1.5°C 冬季約2.4°C	あり (平成18年3月～)	5kmメッシュ	1時間 (予報は3時間ごと)	○	○	△ H29年～	○
拡張アメダス気象データ (実測値、一部推計値)	気象庁による気象観測 データに基づく 一部補間値が含まれる	あり (昭和56年～)	約21km間隔	1時間	○	○	○	○
メッシュ農業気象 データシステム (推計値)	平均気温の RMSE=0.38°C	あり (要審査) (平成20年～)	1kmメッシュ	1日	○	○	○	△ 風速のみ

2.既存データの整理

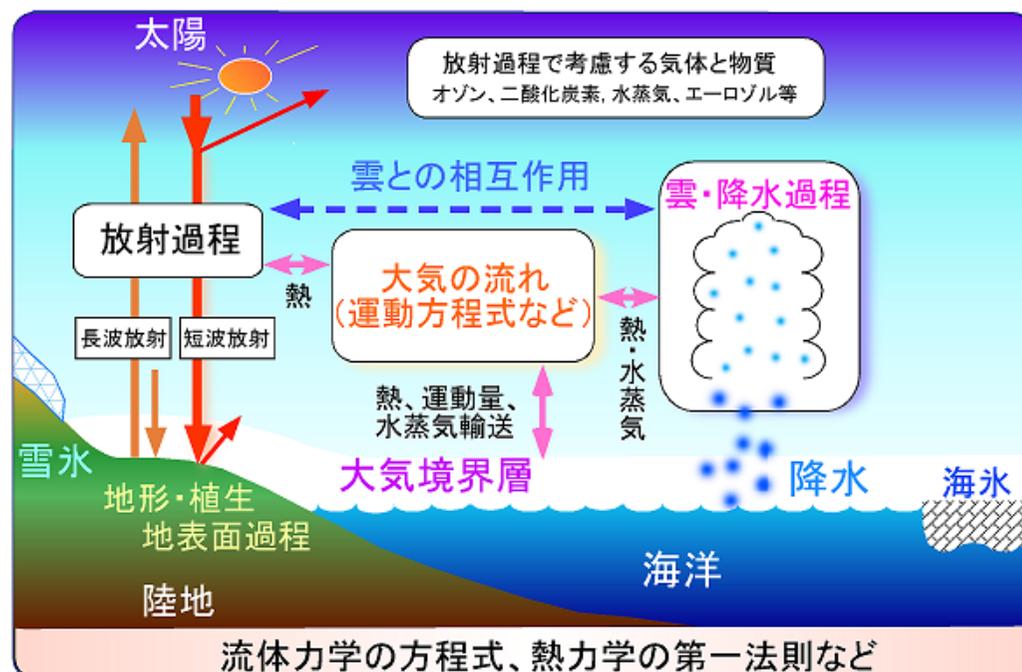
・数値予報モデル…いわゆる天気予報値

メソモデル (MSM) : 5kmメッシュ、1時間間隔で整備

対象の気象要素

※日射量は2017年12月5日から一般に提供開始

海面更正気圧、地上気圧、風ベクトル (U, V)、**気温**、**相対湿度**、降水量、
全雲量、上層雲量、中層雲量、下層雲量、**日射量**※



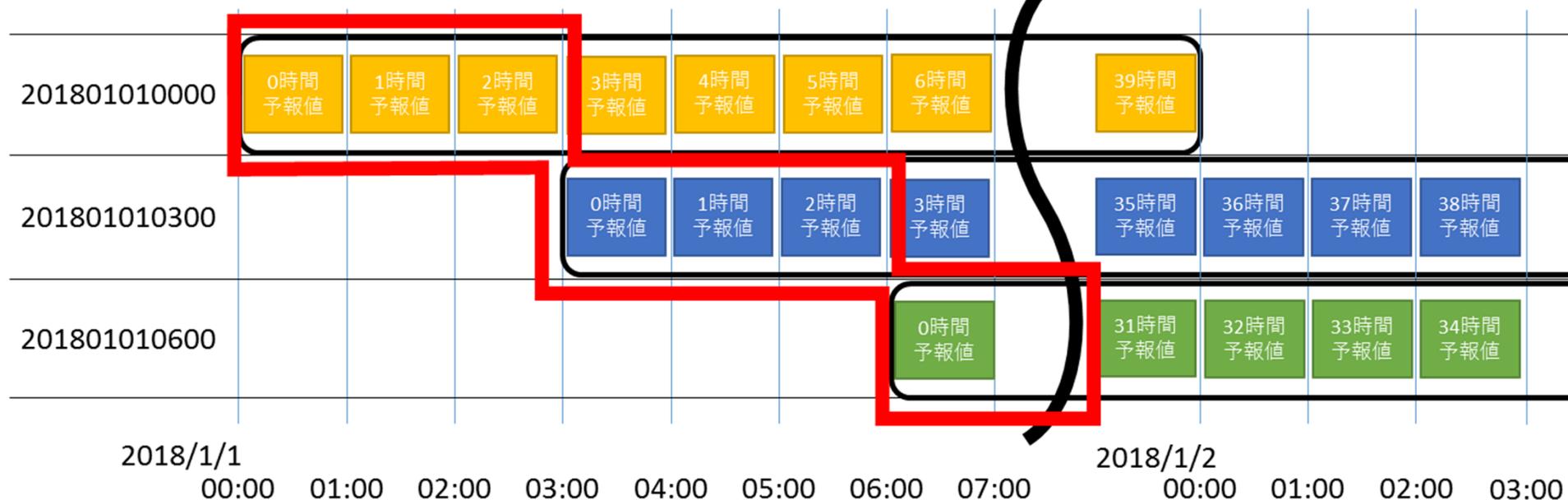
数値予報モデルにおいて考慮されている過程 (出典：気象庁HP)

MSMを基に1kmメッシュに空間補間する手法を検討

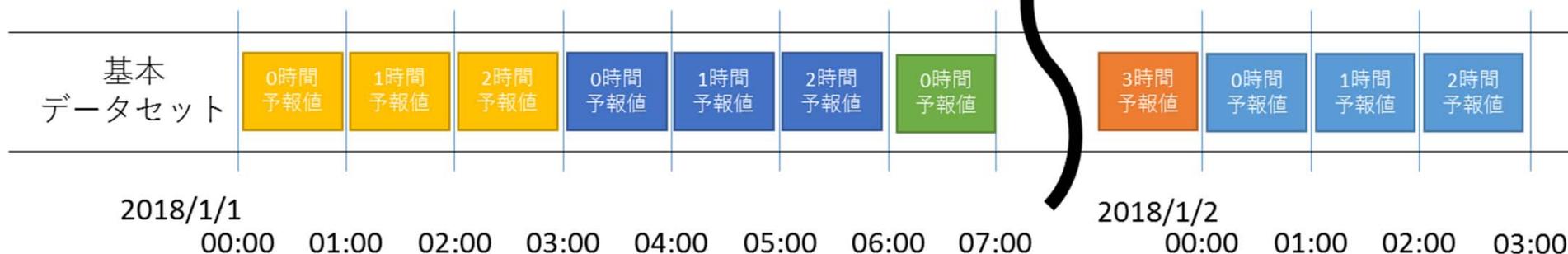
3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○MSMデータを接続して基本となるデータセットを作成 (気温・湿度)

MSMは3時間ごとに配信される



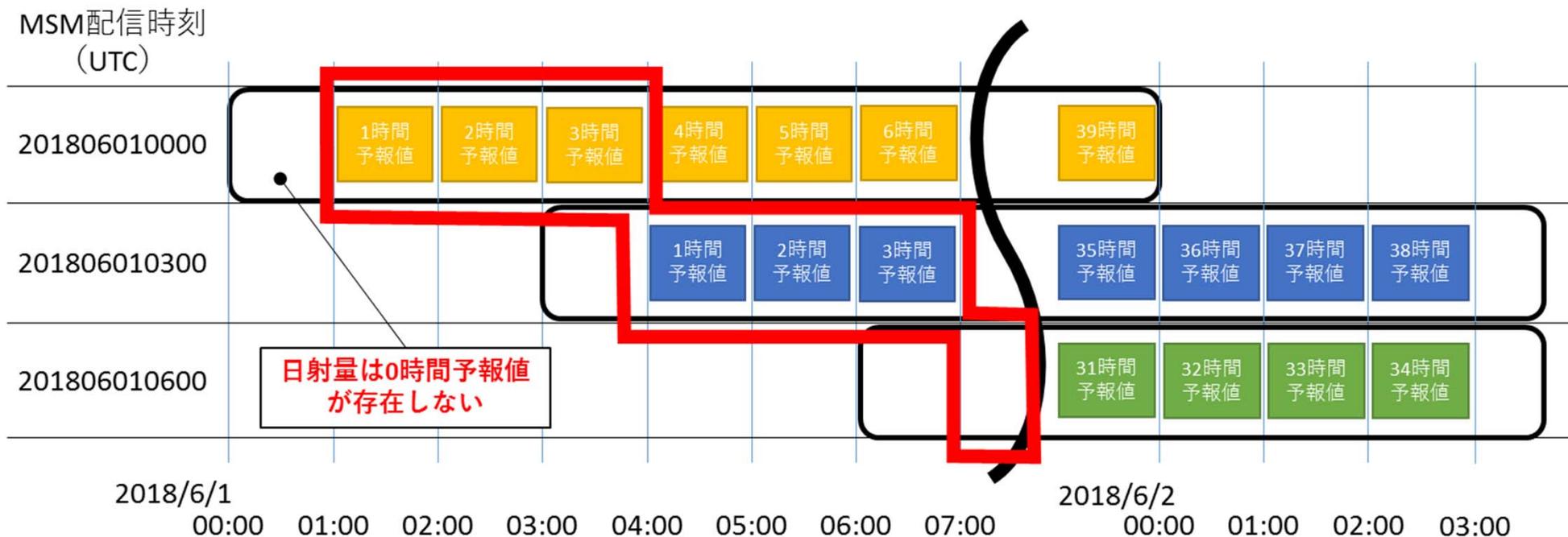
常に最新のデータとなるように接続



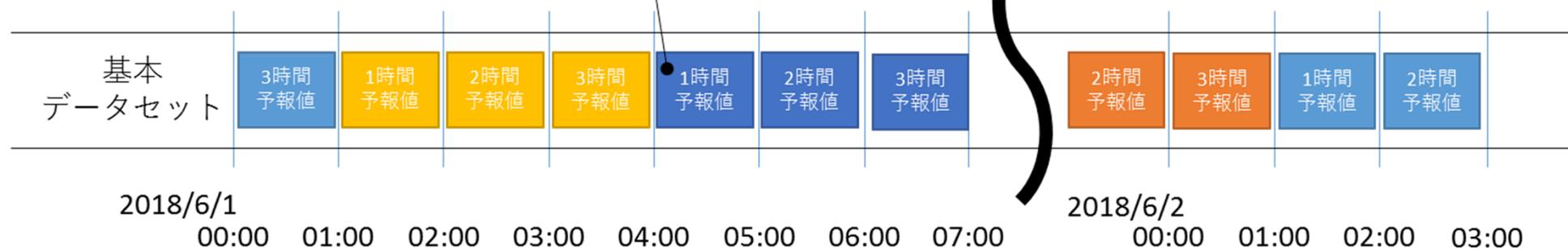
3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○MSMデータを接続して基本となるデータセットを作成 (日射量)

日射量は前1時間の積算値のため、0時間予報値が存在しない



1時間～3時間予報値を接続



3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○基本データセットと実測データを比較

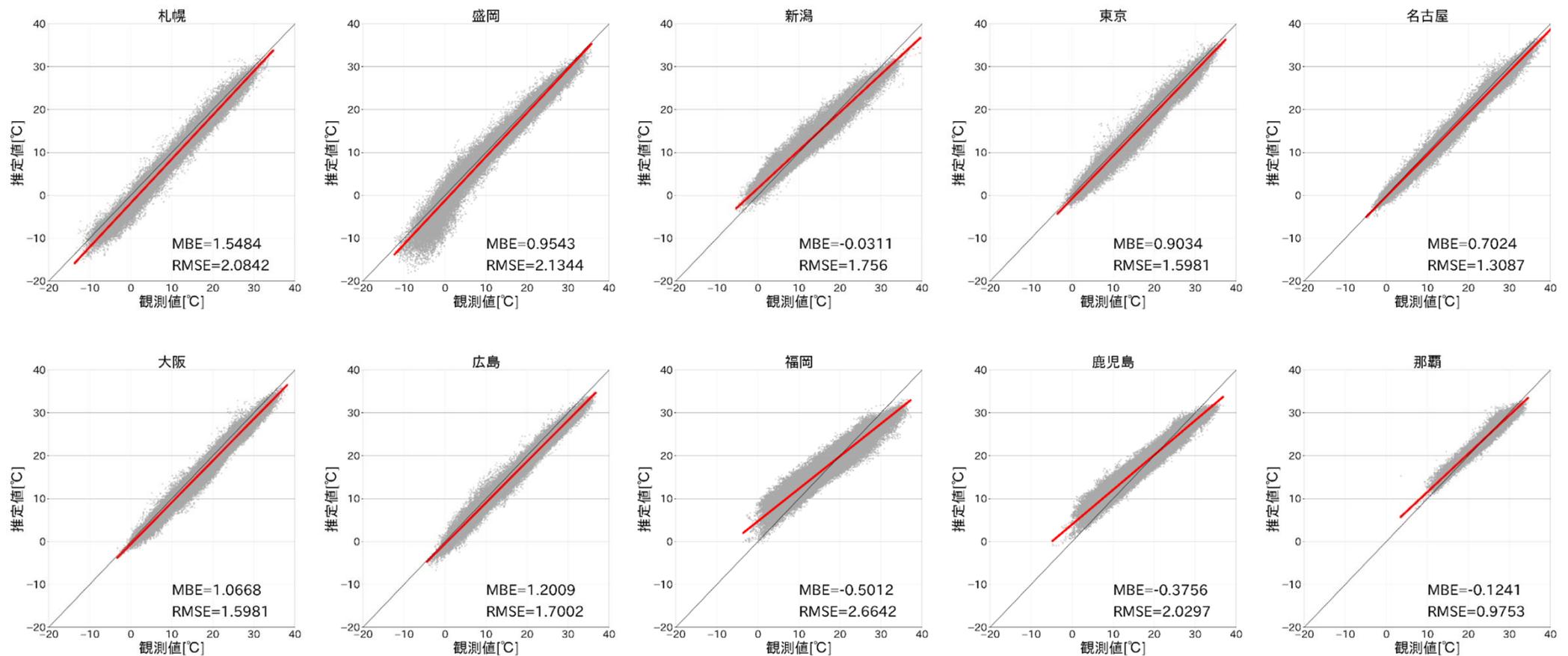
比較対象とした気象官署

気象官署名	緯度, 経度[°]	
	気象観測地点	最寄りの格子点
札幌	43.060 , 141.328	43.05 , 141.3125
盛岡	39.698 , 141.165	39.70 , 141.1875
新潟	37.893 , 139.018 (2012年6月28日から)	37.90 , 139.0000
	37.913 , 139.049 (2012年6月27日まで)	37.90 , 139.0625
東京	35.692 , 139.750 (2014年12月3日から)	35.70 , 139.7500
	35.690 , 139.760 (2014年12月2日まで)	(移転後も変わらず)
名古屋	35.167 , 136.965	35.15 , 136.9375
大阪	34.682 , 135.518	34.70 , 135.5000
広島	34.398 , 132.462	34.40 , 132.4375
福岡	33.582 , 130.375	33.60 , 130.3750
鹿児島	31.555 , 130.547	31.55 , 130.5625
那覇	26.207 , 127.687	26.20 , 127.6875

3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○基本データセットと実測データを比較

外気温の比較結果 (2009/1/1 1:00~2019/1/1 0時)

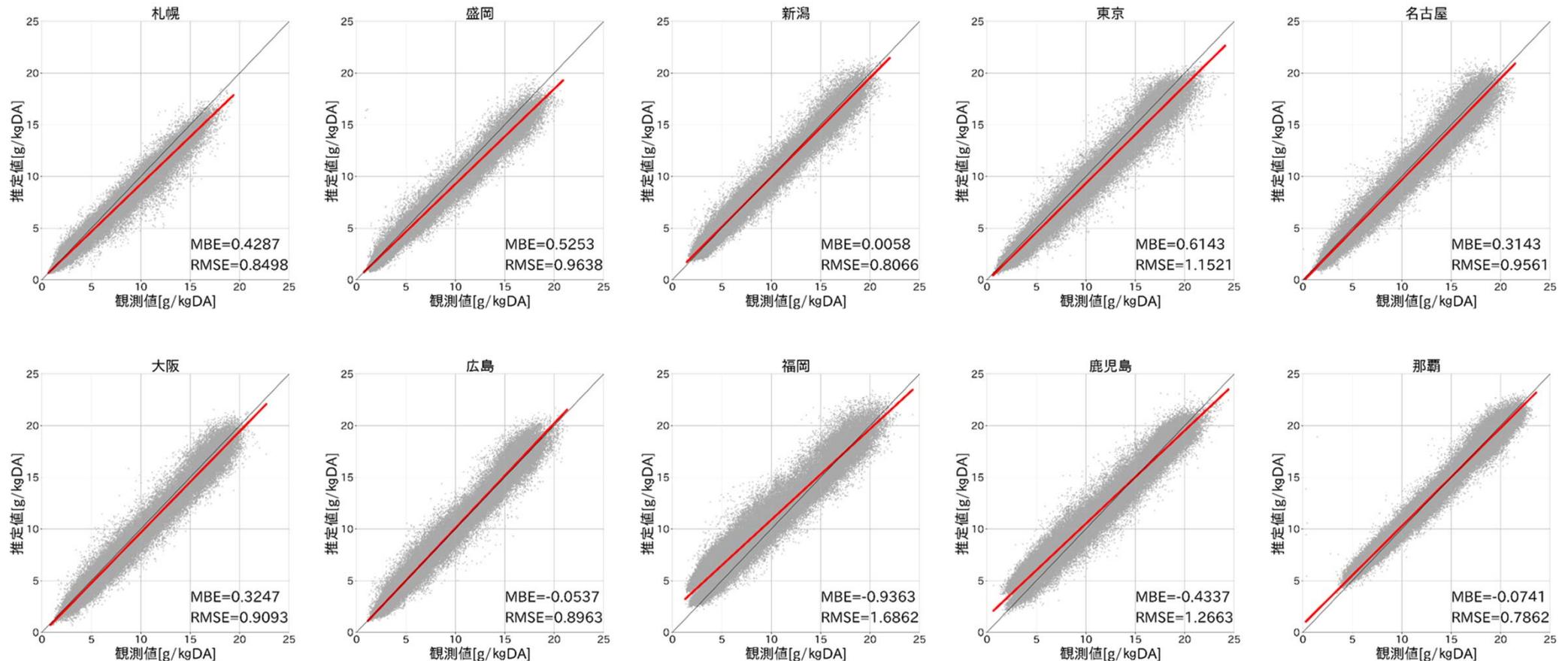


最寄りのMSMとの単純比較でRMSEが2.0°C程度

3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○基本データセットと実測データを比較

絶対湿度の比較結果 (2009/1/1 1:00~2019/1/1 0時)

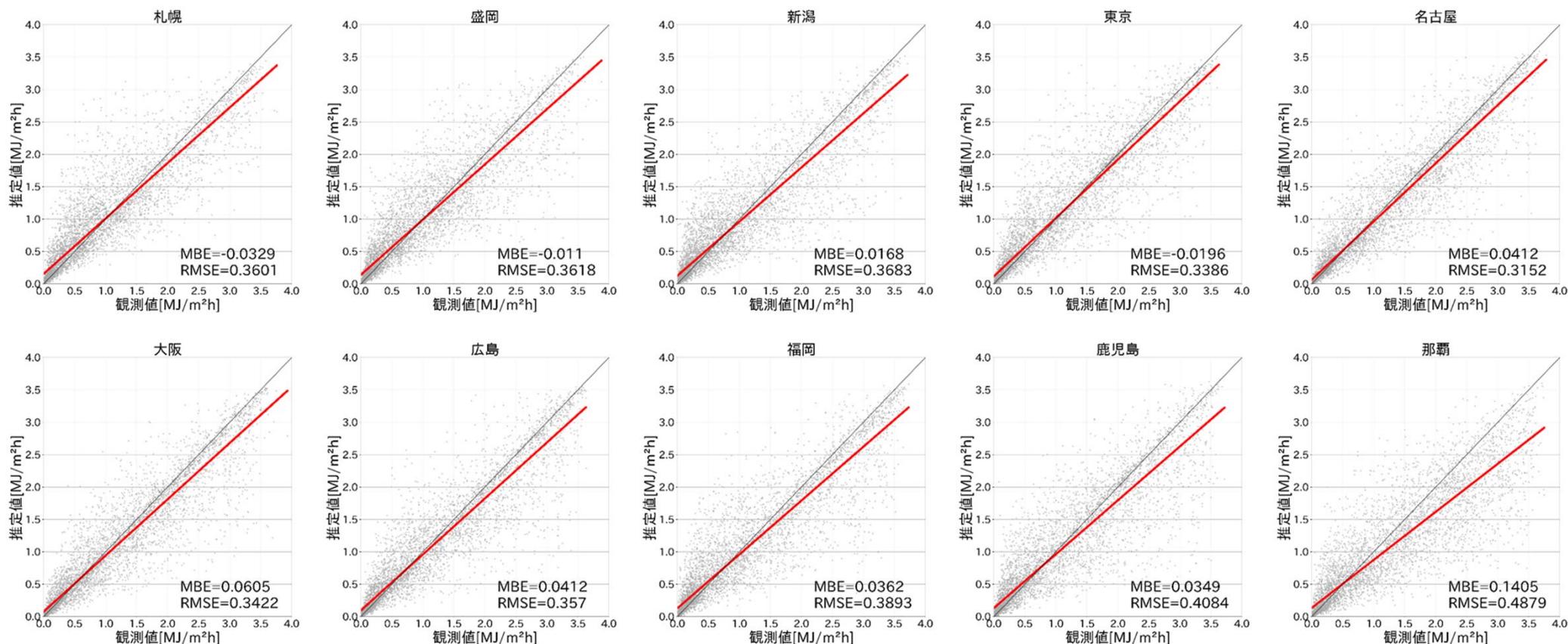


最寄りのMSMとの単純比較でRMSEが1.0g/kg DA程度

3.MSMに基づく気象データセットの作成 (設計用気候データの作成1)

○基本データセットと実測データを比較

日射量の比較結果 (2017/12/5 9:00~2019/1/1 0時)

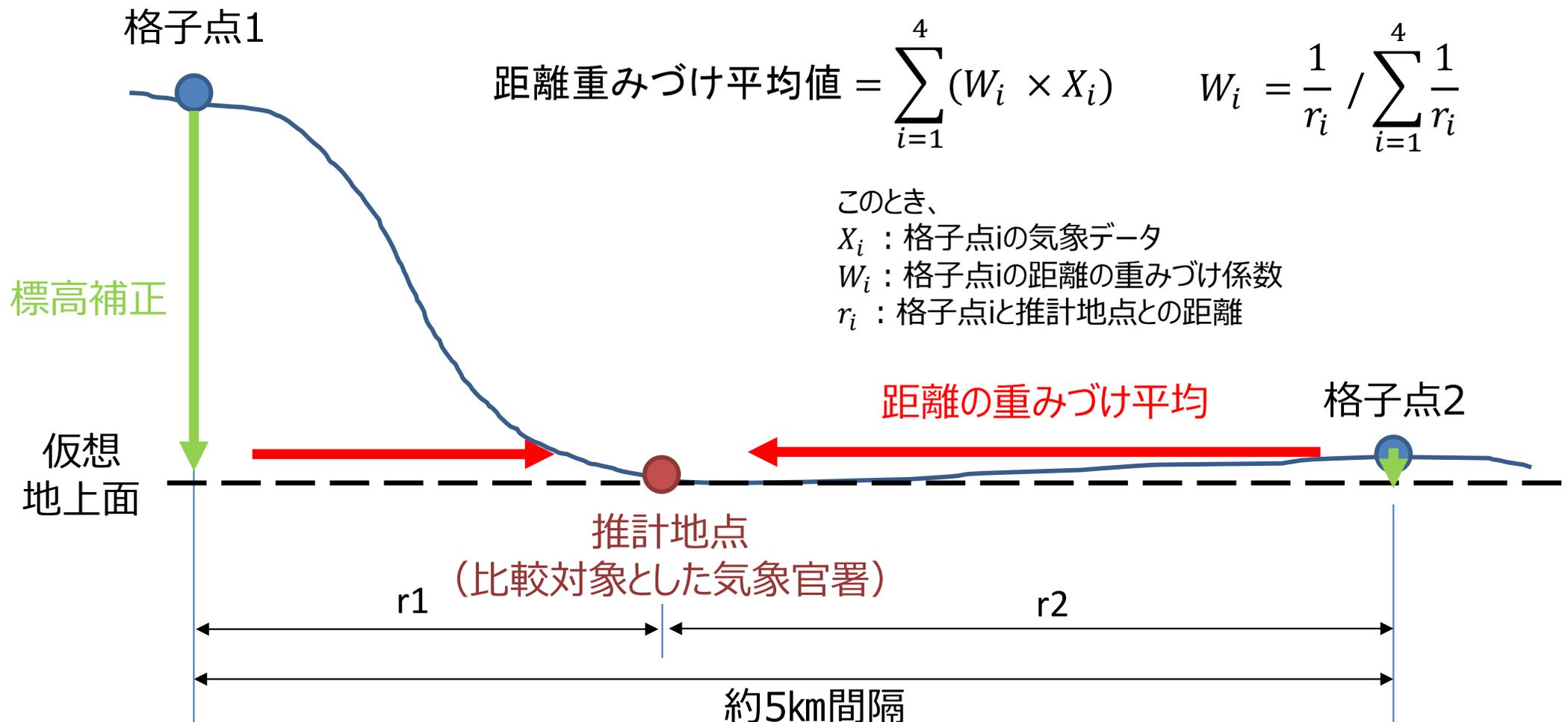


最寄りのMSMとの単純比較でRMSEが0.4MJ/m²h程度

4.MSMに基づく空間手法の検討（設計用気候データの作成2）

○MSMを基に1kmメッシュに空間補間する手法を検討（気温・湿度）

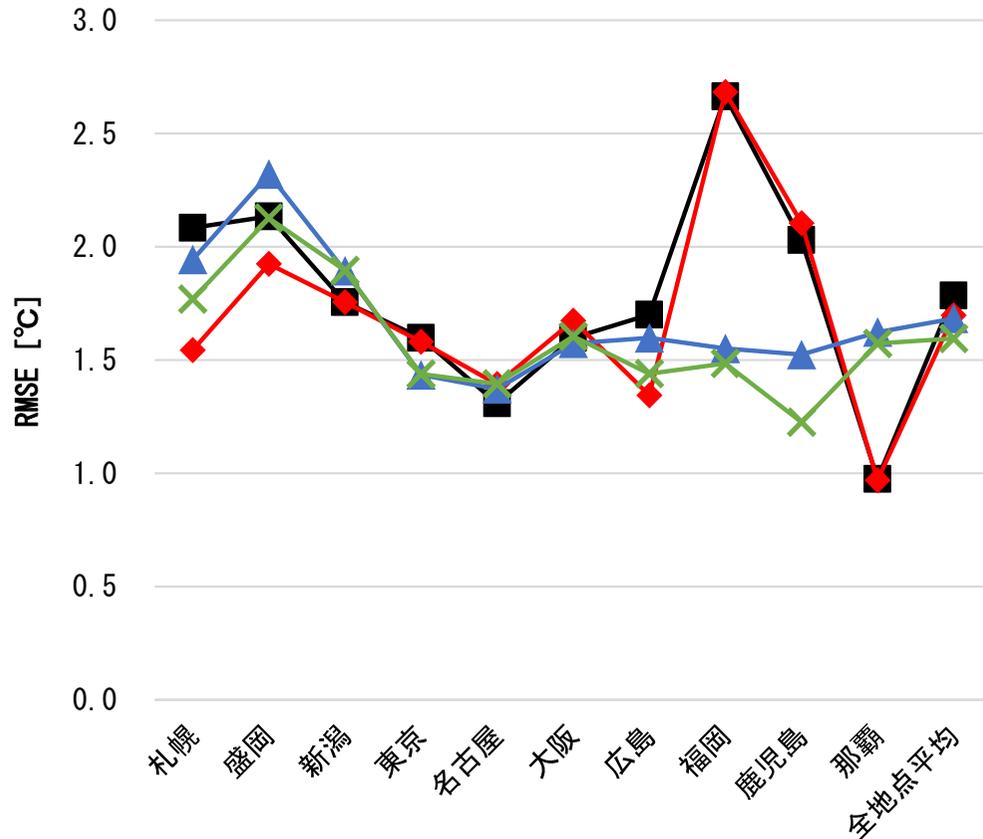
- ・**気温**：周囲4か所の格MSMデータを標高補正や距離の重みづけ平均
- ・**絶対湿度**：標高補正後の飽和水蒸気量を限度とする（標高補正）
絶対湿度を距離で重みづけ平均（距離の重みづけ平均）



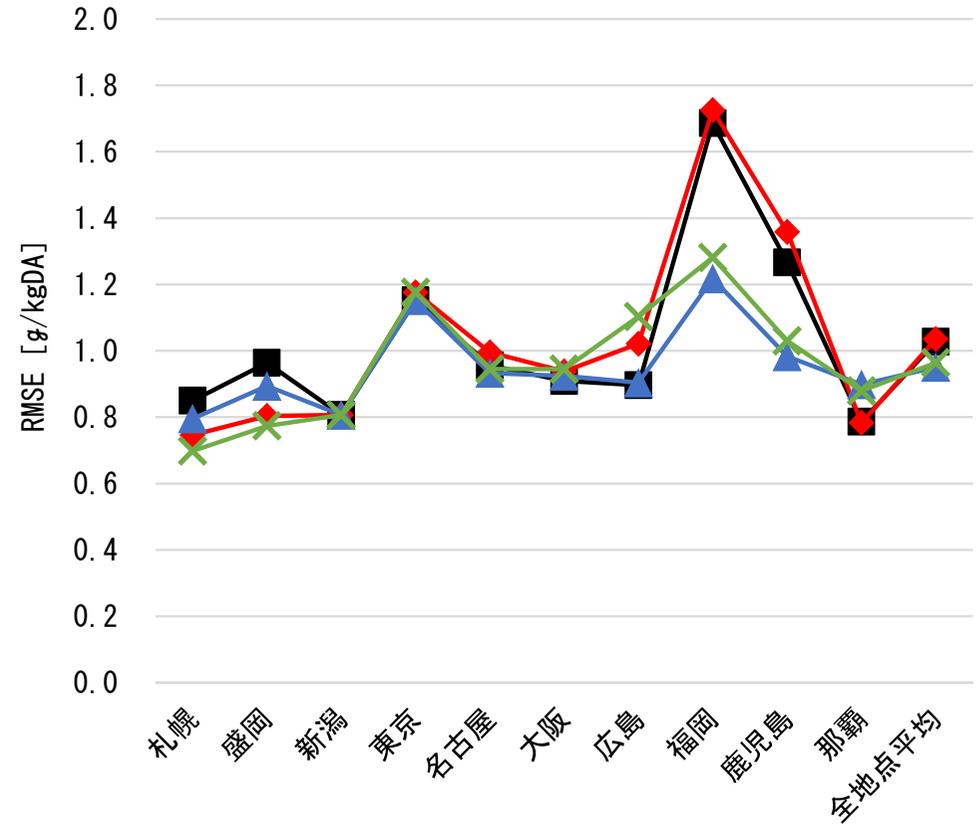
4.MSMに基づく空間手法の検討 (設計用気候データの作成2)

○気象官署の観測値と推定精度 (RMSE) の関係 (気温・湿度)

・気温



・絶対湿度



- RMSE (最寄りのMSMデータ)
- ◆ RMSE (標高補正 (1次) した最寄りのMSMデータ)
- ▲ RMSE (MSMデータを距離の重みづけ平均)
- ✕ RMSE (標高補正 (1次) MSMデータを距離の重みづけ平均)

- RMSE (最寄りのMSMデータ)
- ◆ RMSE (標高補正 (1次) した最寄りのMSMデータ)
- ▲ RMSE (MSMデータを距離の重みづけ平均)
- ✕ RMSE (標高補正 (1次) MSMデータを距離の重みづけ平均)

気温、絶対湿度 ⇒ 標高補正+距離重みづけ平均の精度が高い

4.MSMに基づく空間手法の検討（設計用気候データの作成2）

○平成29年12月5日以前の日射量を推計する（日射量）

- MSMの雲量（上層雲量、中層雲量、下層雲量）、
気温、湿度等から日射量を推計する重回帰式を提案

$$J_h/J_{0h} = a \times C_L + b \times C_M + c \times C_H + d \times m_{AM} + e \times T + f \times \varphi_R + g$$

このとき、

J_h ：水平面全天日射量 [MJ/m²h]、 J_{0h} ：大気外水平面日射量[MJ/m²h]^{注)}
 C_L ：下層雲量[-]、 C_M ：中層雲量[-]、 C_H ：上層雲量[-]、 m_{AM} ：エアマス[-]^{注)}
 T ：外気温度[°C]、 φ_R ：相対湿度[%]、 a, b, c, d, e, f, g ：係数[-]

注) 大気外水平面日射量、エアマスは計算値

- 重回帰分析の対象とした気象官署

旭川、札幌、青森、秋田、盛岡、福島、長野、新潟、福井、館野、東京、静岡、
名古屋、彦根、奈良、大阪、松江、広島、下関、高知、福岡、熊本、宮崎、鹿児
島、那覇、南大東島、宮古島、石垣島

4.MSMに基づく空間手法の検討（設計用気候データの作成2）

○平成29年12月5日以前の日射量を推計する（日射量）

・重回帰分析の対象領域を分割

島嶼部（特に低緯度地域）では、その他の地域とは雲の生じ方が異なると仮定

低緯度の島嶼部等地域	那覇、南大東島、宮古島、石垣島
その他の地域	旭川、札幌、青森、秋田、盛岡、福島、長野、新潟、福井、館野、東京、静岡、名古屋、彦根、奈良、大阪、松江、広島、下関、高知、福岡、熊本、宮崎、鹿児島

・重回帰分析の場合分けの条件

エアマスのクラスによる場合分け

クラス	エアマス (m_{AM}) の値
AM1	$0 \leq m_{AM} < 1.5$
AM2	$1.5 \leq m_{AM} < 2.0$
AM3	$2.0 \leq m_{AM}$

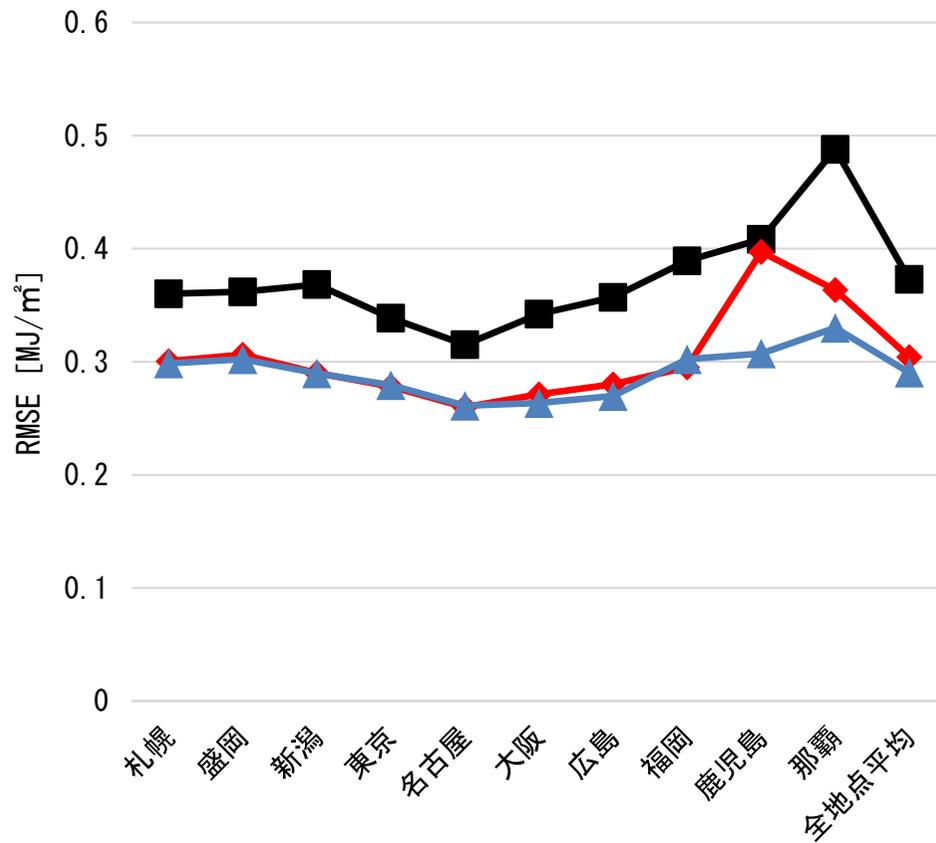
全雲量のクラスによる場合分け

島嶼部等	クラス	全雲量 (C_{ALL}) の値
	CC1	$0 \leq C_{ALL} < 0.2$
	CC2	$0.2 \leq C_{ALL} < 5.0$
	CC3	$5.0 \leq C_{ALL} < 9.8$
	CC4	$9.8 \leq C_{ALL}$
その他	クラス	全雲量 (C_{ALL}) の値
	CC1	$0 \leq C_{ALL} < 0.2$
	CC2	$0.2 \leq C_{ALL} < 9.8$
	CC3	$9.8 \leq C_{ALL}$

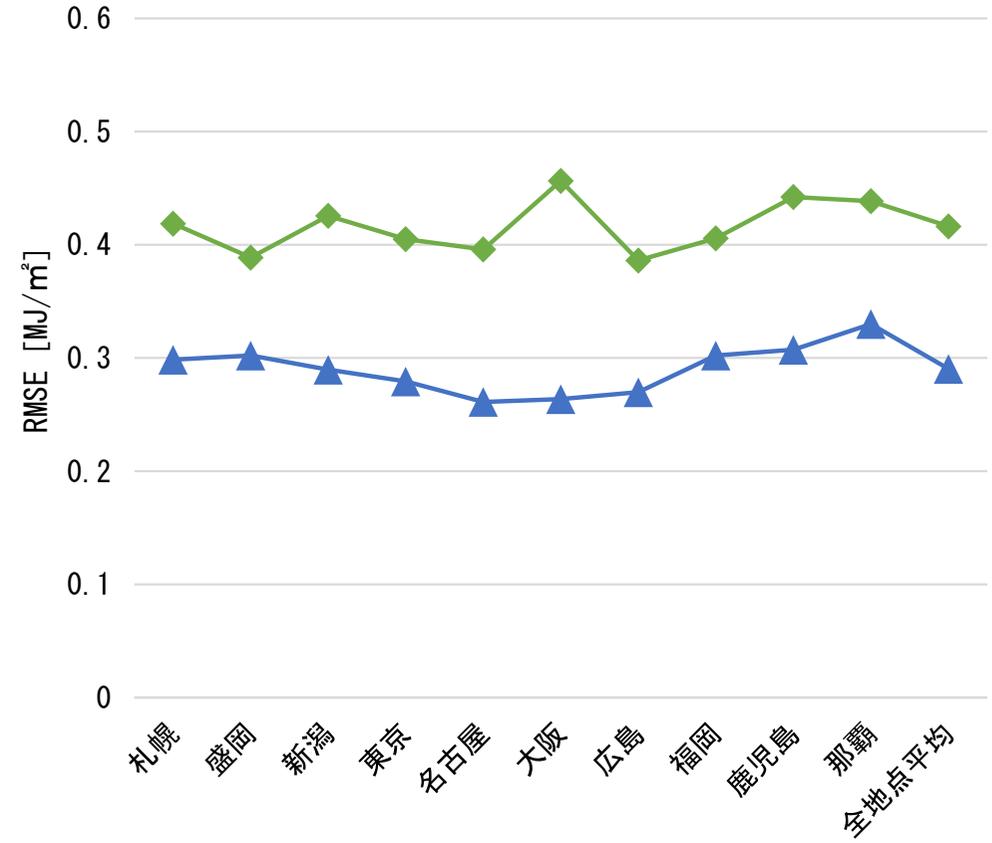
4.MSMに基づく空間手法の検討 (設計用気候データの作成2)

○気象官署の観測値と推定精度 (RMSE) の関係 (日射量)

・日射量 (データの存在する約1年間)



・日射量 (データの無い9年間を含む10年間)



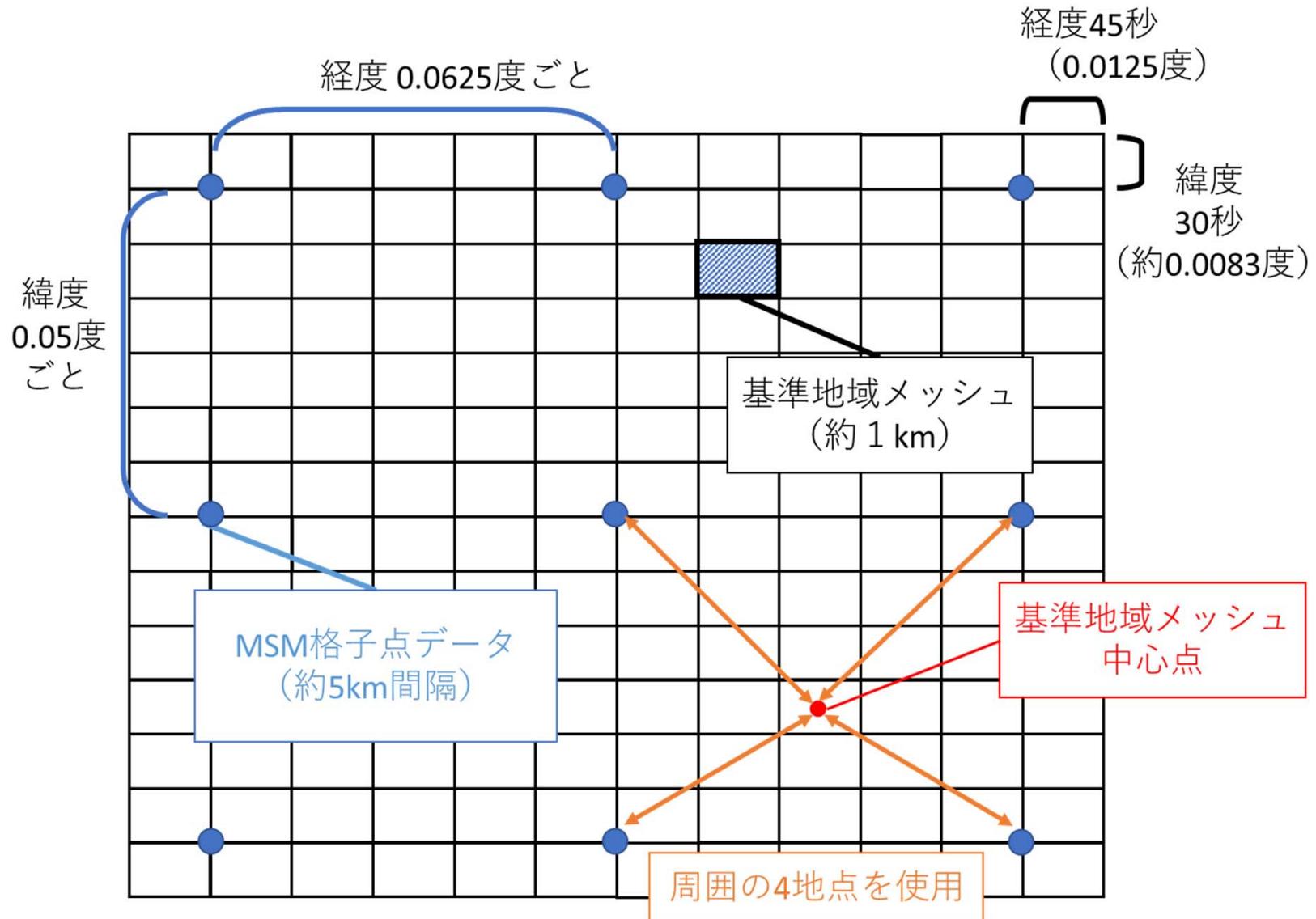
■ RMSE (最寄りのMSMデータ)
 ◆ RMSE (日本全域を対象とした重回帰分析)
 ▲ RMSE (対象とする領域を分割した重回帰分析)

▲ RMSE (対象とする領域を分割した重回帰分析)
 ◆ RMSE (10年間推計値)

日射量 ⇒ **低緯度の島嶼部等地域を分けた重回帰分析の精度が高い**

5. MSMに基づく気象データセットの構築 (設計用気候データの作成3)

○基準地域メッシュ (3次メッシュ) 単位で気象データを計算

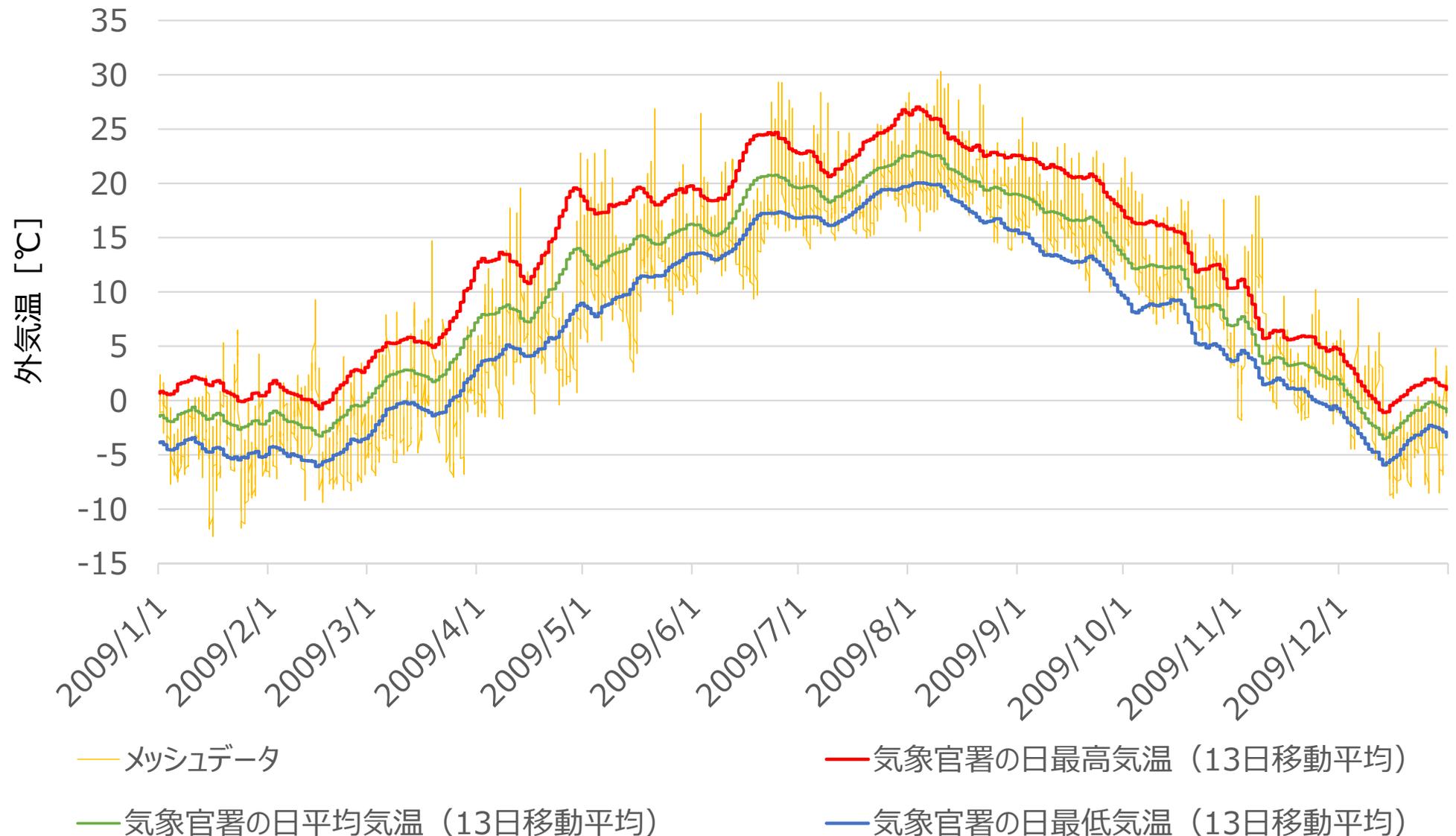


補間計算に使用するMSM格子点データと基準地域メッシュの関係

5.MSMに基づく気象データセットの構築 (設計用気候データの作成3)

○基準地域メッシュ (3次メッシュ) 単位で気象データを計算

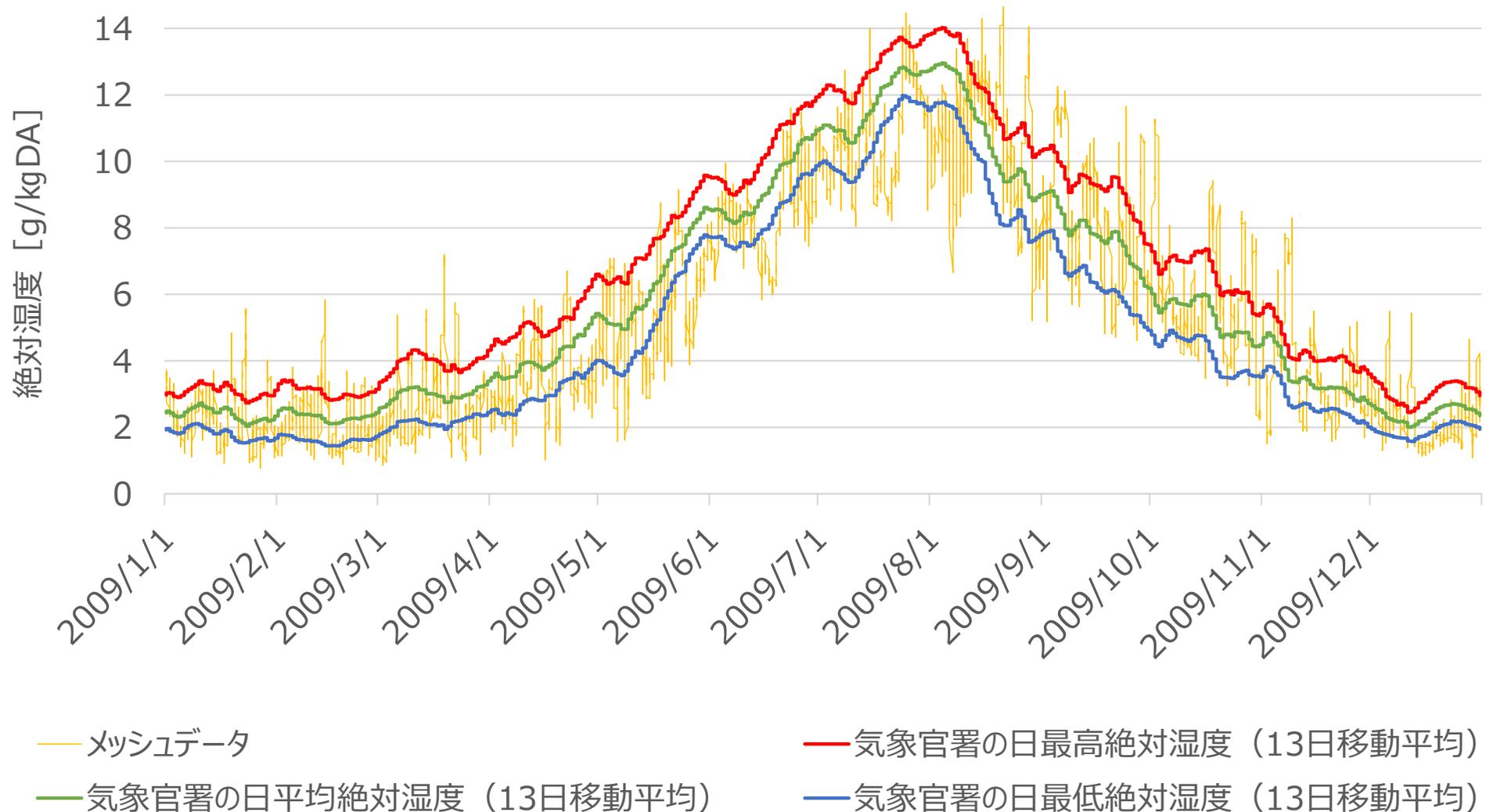
- ・気象官署 (札幌) の観測値と気象官署が含まれるメッシュの推計値の例 (外気温度)



5.MSMに基づく気象データセットの構築 (設計用気候データの作成3)

○基準地域メッシュ (3次メッシュ) 単位で気象データを計算

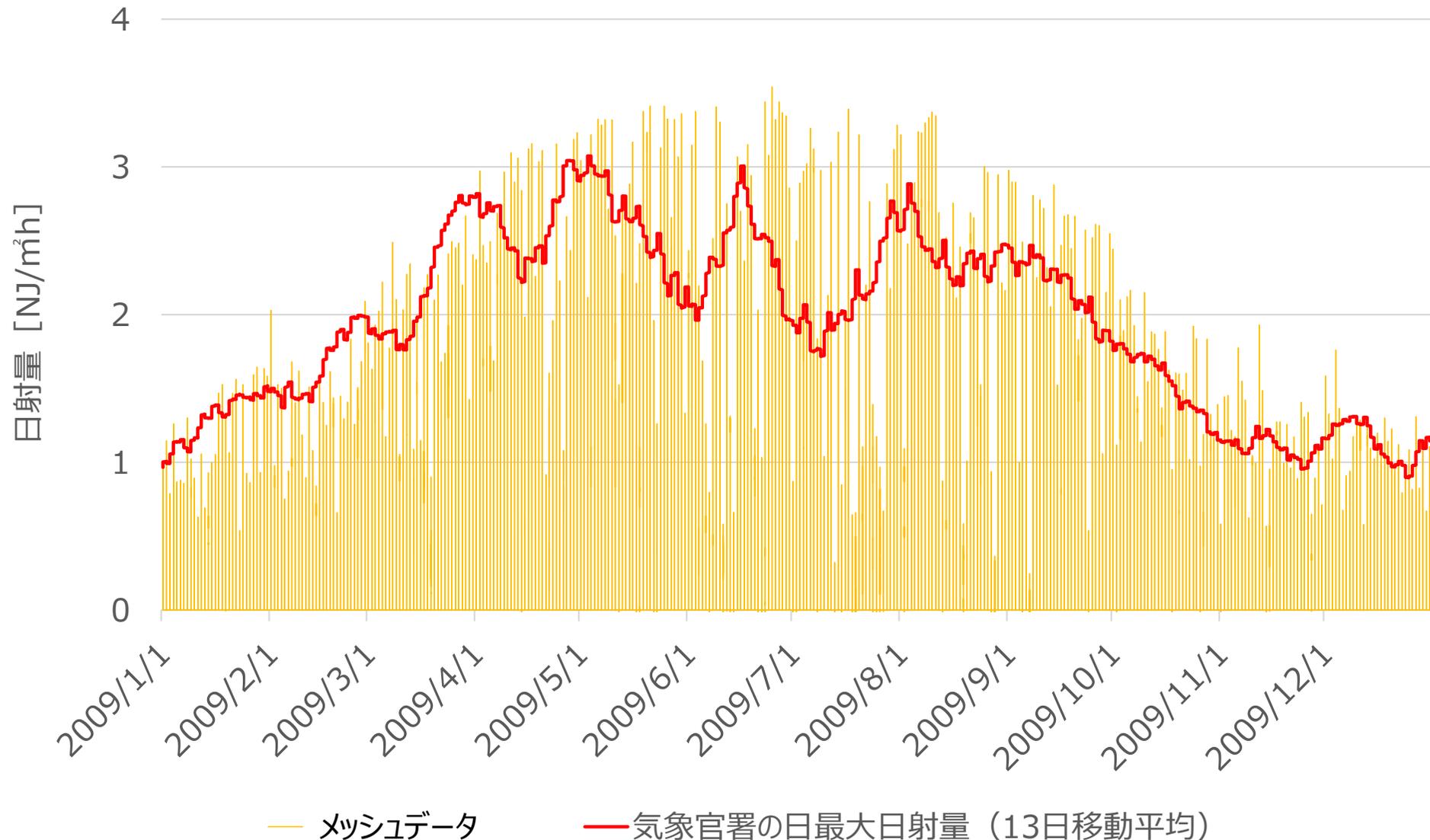
- ・気象官署 (札幌) の観測値と気象官署が含まれるメッシュの推計値の例 (絶対湿度)



5.MSMに基づく気象データセットの構築 (設計用気候データの作成3)

○基準地域メッシュ (3次メッシュ) 単位で気象データを計算

- ・気象官署 (札幌) の観測値と気象官署が含まれるメッシュの推計値の例 (日射量)



5.MSMに基づく気象データセットの構築 (設計用気候データの作成3)

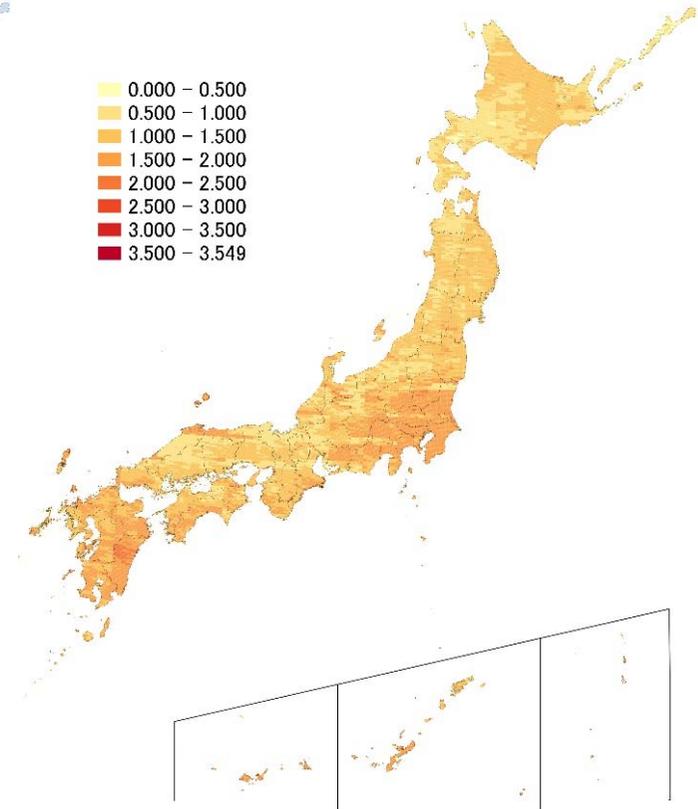
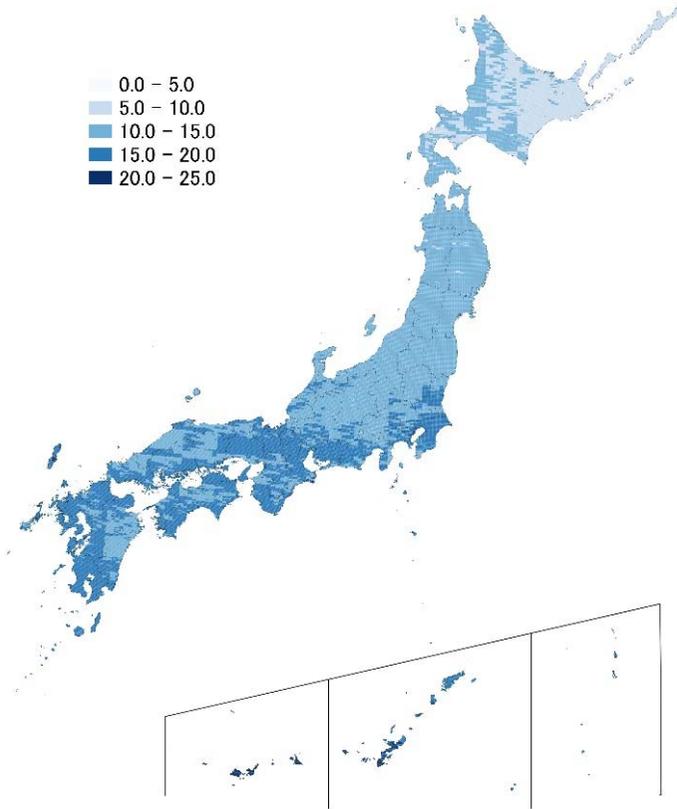
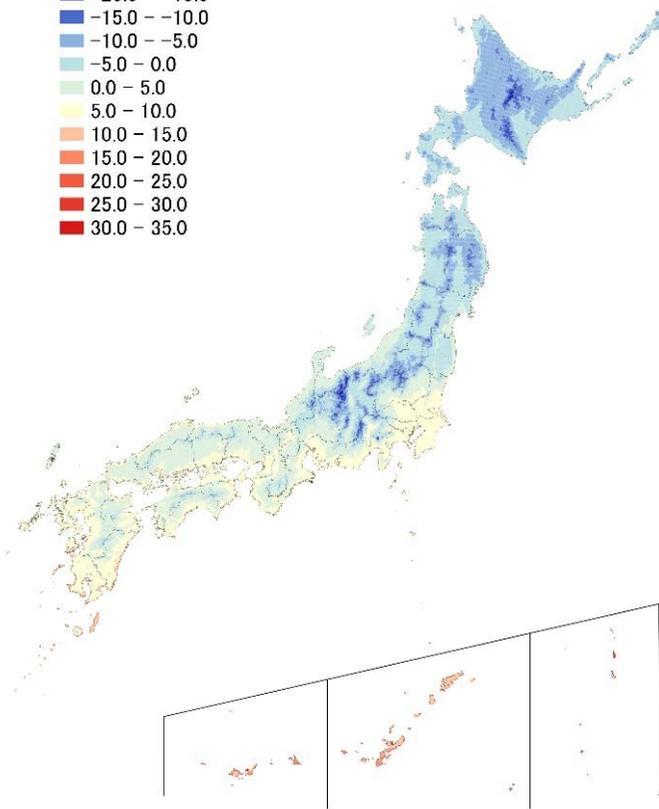
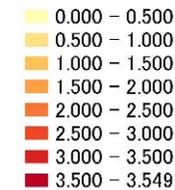
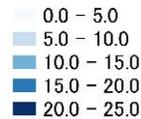
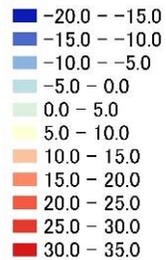
○基準地域メッシュ (3次メッシュ) 単位で気象データを計算

・推計値の例 (2009/12/21 12:00のメッシュデータ)

外気温度[°C]

絶対湿度[g/kgDA]

日射量[MJ/m²h]



絶対湿度・日射量：補間計算手法に依存するデータの境界線

メッシュデータの空間的細かさ (解像度) の向上が課題

6. 設計用気象データセットの構築 (設計用気候データの作成4)

○外気温、絶対湿度、日射量のみから作成可能な日別平年値を作成

・気象庁の方法に基づいて算出

1/1～12/31について統計期間の日別平均値を算出

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

このとき、日別平年値

\bar{X} : 日別平均値、 $X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} + X_n$: 各年の値

日別平均値に9日間移動平均を3回繰り返す処理 (KZフィルタ) を行う

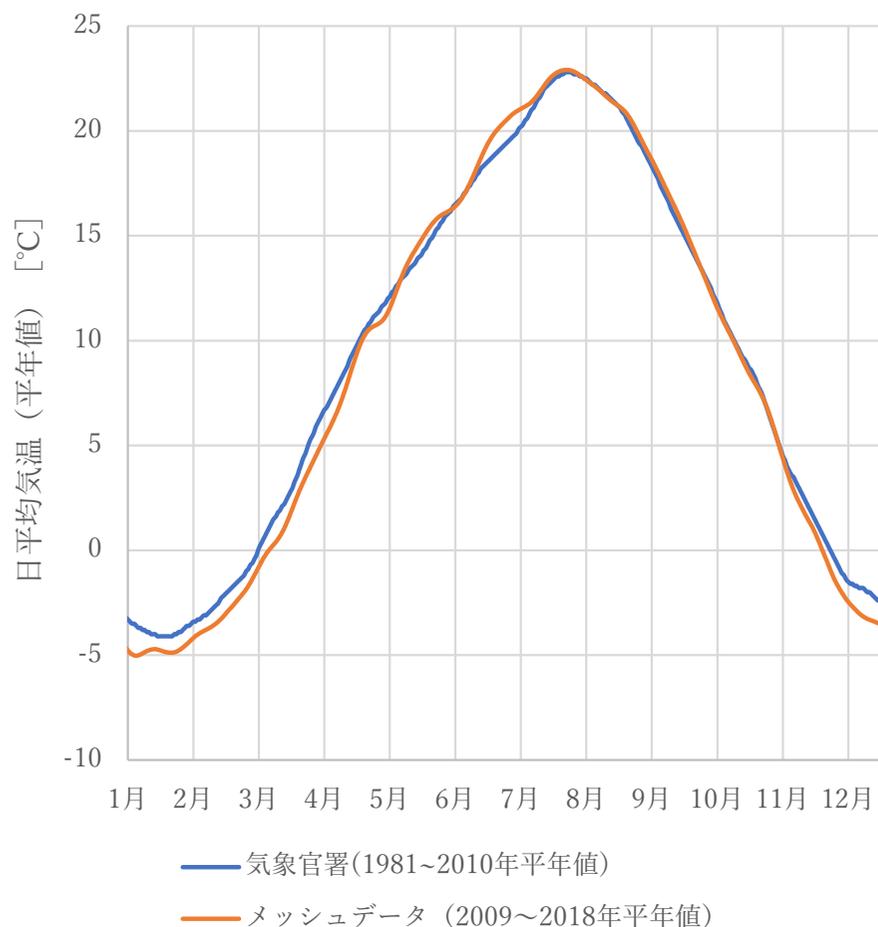
日別平年値

6.設計用気象データセットの構築 (設計用気候データの作成4)

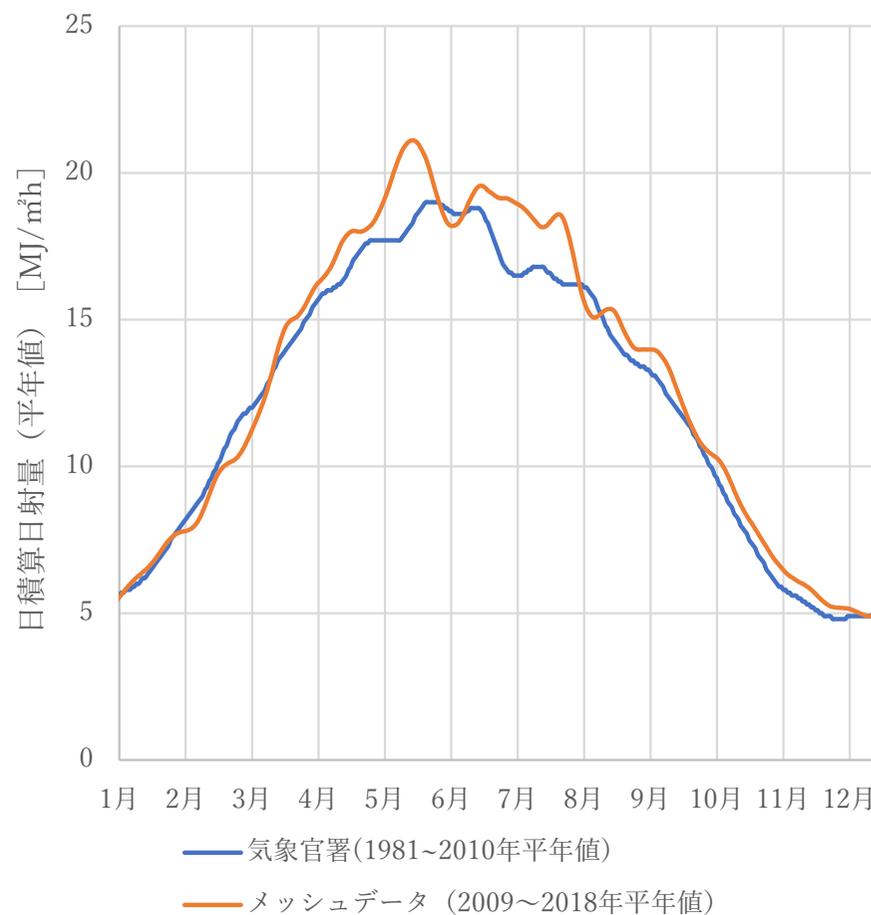
○外気温、絶対湿度、日射量のみから作成可能な日別平年値を作成

・気象官署と気象官署が含まれるメッシュの平年値の例 (札幌)

外気温度



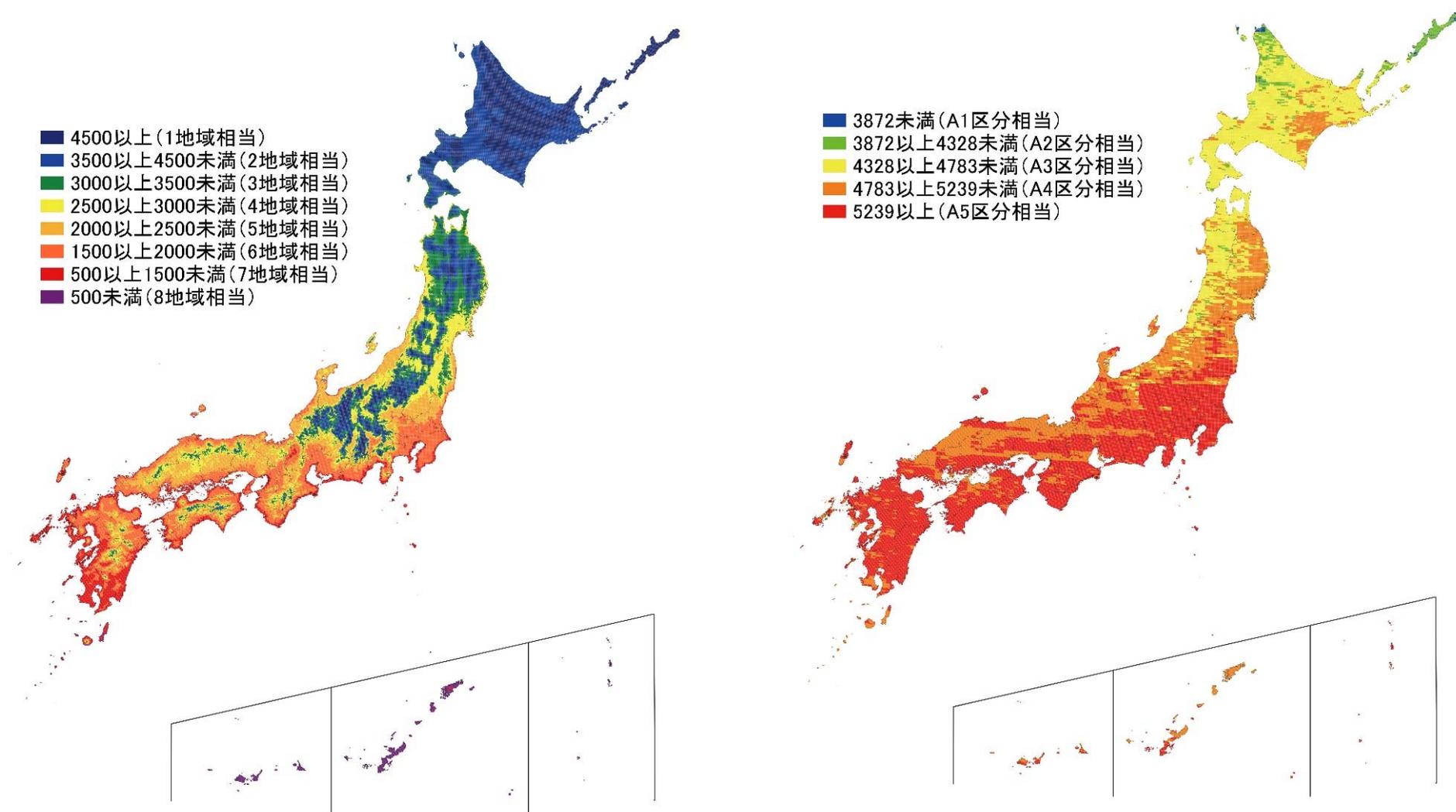
日射量



7. ポテンシャルマップの作成

○外気温、絶対湿度、日射量のみから作成可能な指標を試作

- ・暖房度日D18-18[℃・日]に基づく区分
- ・年間合計全天日射量[MJ/m²・年]に基づく区分



※現行の建築物省エネ法における地域の区分とは異なる

8.まとめ

▶ R1年度の成果①

- ・MSMを接続した基本となるデータセット（2009～2018年の時別値、5kmメッシュ）

対象の気象要素

※日射量は2017年12月5日から

海面更正気圧、地上気圧、風ベクトル（U ,V）、気温、相対湿度、降水量、
全雲量、上層雲量、中層雲量、下層雲量、日射量※

- ・MSMに基づく気象データセット（2009～2018年の時別値、1kmメッシュ）

対象の気象要素

気温、絶対湿度、日射量

- ・設計用気象データセット（2009～2018年の統計値、1kmメッシュ）

対象の気象要素

日平均気温、日平均絶対湿度、日積算日射量の10年平年値

8.まとめ

▶ R1年度の成果②

・ポテンシャルマップ

対象の気象要素

暖房度日D18-18に基づく区分、年間合計全天日射量に基づく区分

▶ R1年度の課題

絶対湿度、日射量に補間計算に依存すると考えられる
データの境界線が見られた



メッシュデータの空間的細かさ（解像度）の向上手法を次年度検討

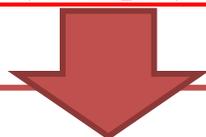
8.まとめ

▶ R2年度の実施内容

- ・MSMに基づく気象データセット（2009～2018年の時別値、1kmメッシュ）
 - 気温 ⇒ 作成済
 - 絶対湿度、日射量 ⇒ **解像度向上のための追加検討**
 - 風向、風速、地盤地中熱 ⇒ 新たに作成



- ・10年平年値、**設計用気象データ**（1kmメッシュ）の作成



例えば…

- 空調設計用気象データ ⇒ **過酷気象**
- 標準年気象データ ⇒ **単純平均ではなく、使用目的に応じて作成**

- ・ポテンシャルマップ

再生可能エネルギーの賦存量マップ、省エネに資する気候区分図など