# 気象庁メソ数値予報モデルに基づく局所最適化マッピング関数の評価

Evaluation of locally optimized mapping function based on JMA mesoscale model

石本 正芳、宗包 浩志
Masayoshi Ishimoto, Hiroshi Munekane

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

## 1. はじめに

GPSの解析において、数値予報モデルに基づいて構築されたVienna Mapping Function 1 (VMF1)を用いることにより、鉛直座標時系列の見かけ上の年周変化が軽減できることがわかっている(Munekane et al.,2008)。しかし、VMF1に用いられる数値予報モデルより、さらに高分解能な気象庁メソ数値予報モデルに基づいて構築したマッピング関数(局所最適化マッピング関数)による結果と比較すると、両者にはほとんど差が見られていない。このことは、用いた気象庁数値予報モデルの水蒸気分布に十分な精度がないためと考えられる(宗包、測地学会第112回講演会)。

その後、気象庁メソ数値予報モデルは、2009年４月にシステムが更新され、空間分解能がそれまでの10kmから5kmに細分化された。さらに、2009年10月には、GEONETから得られるGPS可降水量が同化され、予報精度が改善されている。そこで、本研究では、気象庁メソ数値予報モデルの更新前後で局所最適化マッピング関数を構築し、鉛直座標時系列の再現性に変化があるのか評価を行った。

## 2. 気象庁メソ数値予報モデル（MSM）の更新

### (1) MSMとその更新について

■ MSMについて
- 気象庁が予報業務のために定常運用している数値予報モデルのうち、最も分解能が高いモデル
- MSMは、大きく初期値（客観解析値）を作成するシステムと予測計算を行うシステムに分かれる。本研究では、初期値解析のシステムにより作成される初期値データを用いた。なお、データは気象庁より提供を受けているものを使用した。

■ MSMの更新

2009年4月
- 初期値解析のシステム更新（非静力学モデルの適用）
- 空間分解能が、10kmから5kmに細分化
- 新たな観測データの同化

2009年10月
- GEONETの観測点データから得られるGPS可降水量の同化

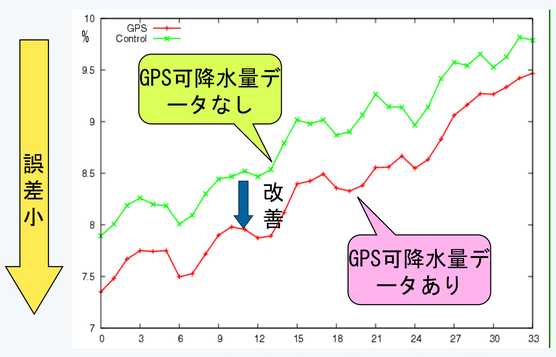



図１．地上相対湿度の予報誤差
(2009年10月27日記者発表資料)

### (2) MSMとGEONETの天頂大気遅延量の比較

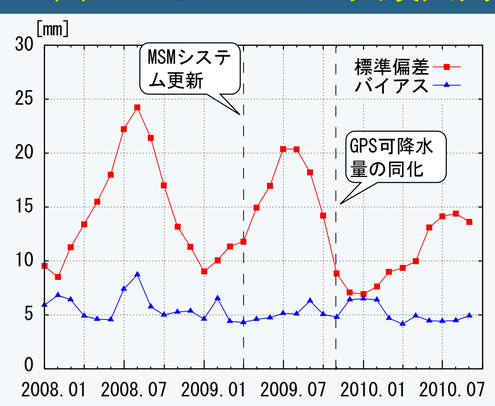
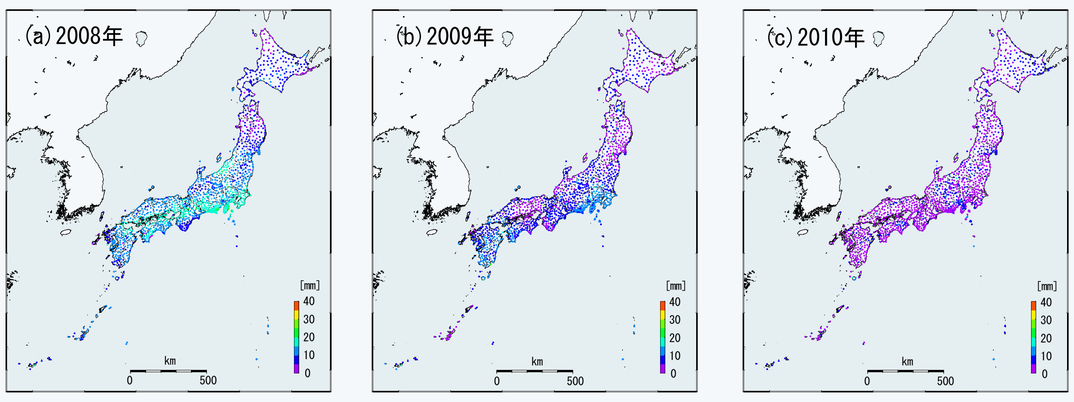



図2. MSMから計算した天頂遅延量とF3解析で推定された天頂遅延量の比較（全観測点の差および標準偏差の月平均）

MSMとGEONETの差の月平均値は、MSMのシステム更新による違いは明確ではないが、標準偏差では、MSMシステムの更新、GPS可降水量の同化により、GEONETとの整合性がよくなっていることがわかる。



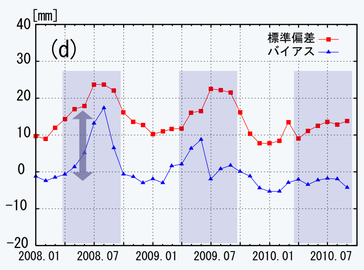




図3. MSMとGEONETの差の月平均値の最大値から最小値を引いた値を観測点毎に計算し、プロットしたもの（各年4月から9月のデータから計算）

MSMとGEONETの差についても、観測点（特に、中緯度域）によっては、バイアスの季節的な変化が小さくなっており、整合性がよくなっていることがわかる。

## 3. 局所最適化マッピング関数（JMF）の構築手法

■ 用いる数値気象モデル以外は、VMF1と同じ手法により構築
- VMF1： ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）が定常運用している全球モデル
- JMF ： MSM

■ 観測点上空の遅延量をレイトレーシングにより計算。計算する仰角、方位角は以下のとおり。
- 仰角：90°、80°、70°、60°、50°、40°、30°、20°、15°、10°、7°、5°、3°（13方向）
- 方位角：45°毎に8方向

■ 時間間隔は、6時間毎（00、06、12、18UT）

■ マッピング関数（式１）の係数ｂ、ｃは、VMF1と同じ値を使用

■ マッピング関数（式１）の係数ａ（hydrostatic および wet part の2種類）を遅延量から決定

$$mf_{h,w}(e)=\frac{1+\dfrac{a}{1+\dfrac{b}{1+c}}}{\sin(e)+\dfrac{a}{\sin(e)+\dfrac{b}{\sin(e)+c}}}$$

式１．マッピング関数
(h:hydrostatic、w:wet、e:仰角)

## 4. GPS解析

■ 解析期間：MSMの更新前後の2008年1月～2010年9月

■ 解析点数：電子基準点120点（図4）

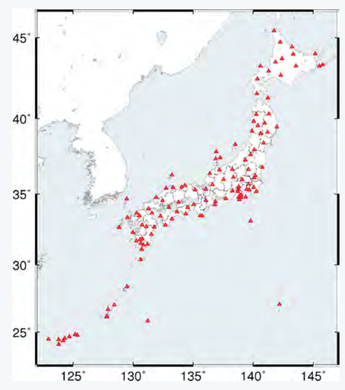
■ 解析ソフトウェア：GIPSY-OASYS II (ver.5.0)によるPPP解析

■ 最低仰角：10°及び5°

■ マッピング関数をJMFとVMF1を用いた2ケースについて解析

■ マッピング関数および静水圧遅延量のa prioriが異なる以外は同条件で解析（表1）

図4. 観測点配置 ▶



| | JMF | VMF1 |
|---|---|---|
| マッピング関数 | JMF | Gridded VMF1 |
| 静水圧遅延量(a priori) | MSM | Gridded ECMWF |

表1. 使用したマッピング関数及び静水圧遅延量のアプリオリ

## 5. 解析結果

### (1) 鉛直成分の再現性

図5

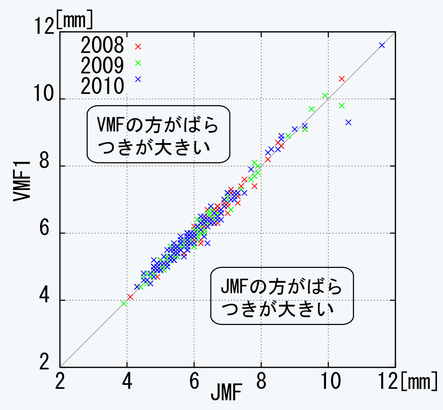



図6

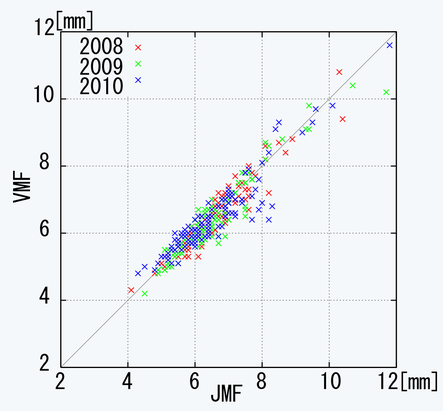



表2

| | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|
| JMF | 6.9 | 6.6 | 6.8 |
| VMF1 | 6.9 | 6.6 | 6.8 |

単位:mm

表3

| | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|
| JMF | 7.3 | 7.1 | 7.4 |
| VMF1 | 7.2 | 7.0 | 7.3 |

単位:mm

図5、図6は、JMFとVMF1の解析結果について各観測点で、年毎（4月から9月）に鉛直成分の標準偏差を計算し、横軸をJMF、縦軸をVMF1としてプロットしたもの。表２、表3は、全観測点で平均した値。図5、表2は最低仰角10°、図6、表3は最低仰角5°の結果。最低仰角10°では、JMFとVMF1の差はほとんどなく、MSMのシステム更新の違いも見られない。一方、最低仰角5°では、VMF1よりJMFの方が再現性が悪い。最低仰角10°の場合と同じく、MSMのシステム更新の違いは見られない。

### (2) 天頂大気遅延量の比較

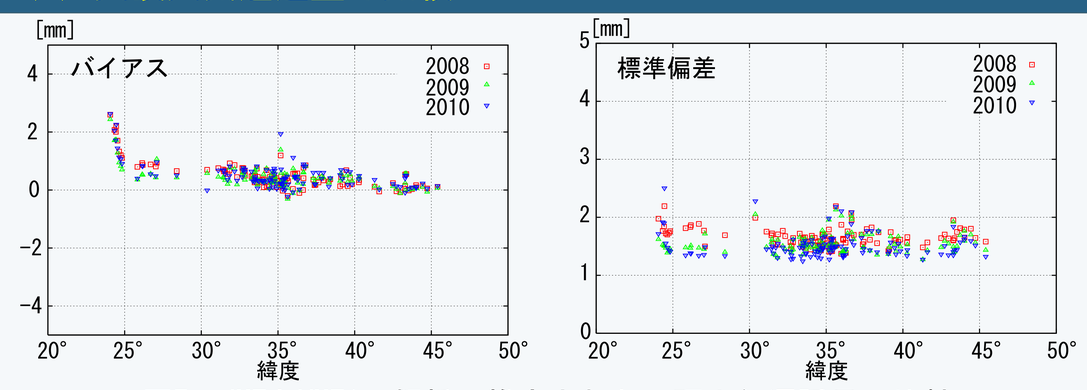



図7. JMFとVMF1の解析で推定された天頂大気遅延量の比較

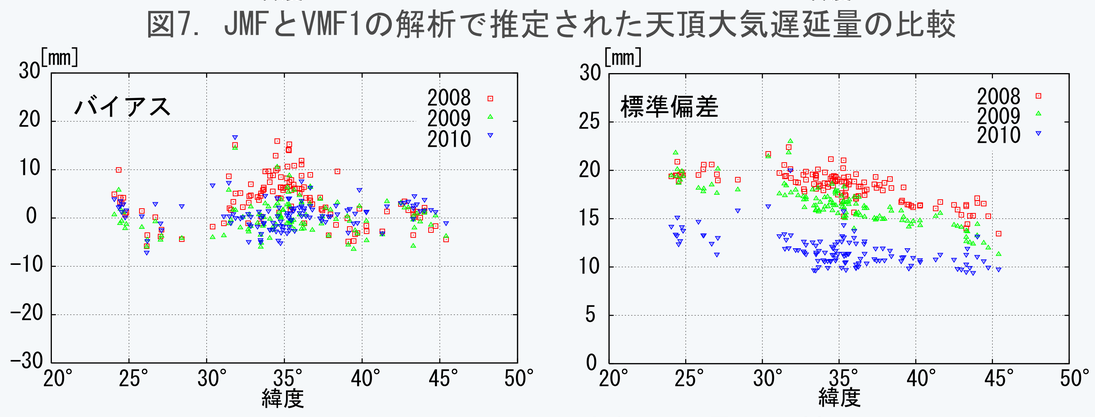



図8. JMFとMSMの天頂大気遅延量の比較

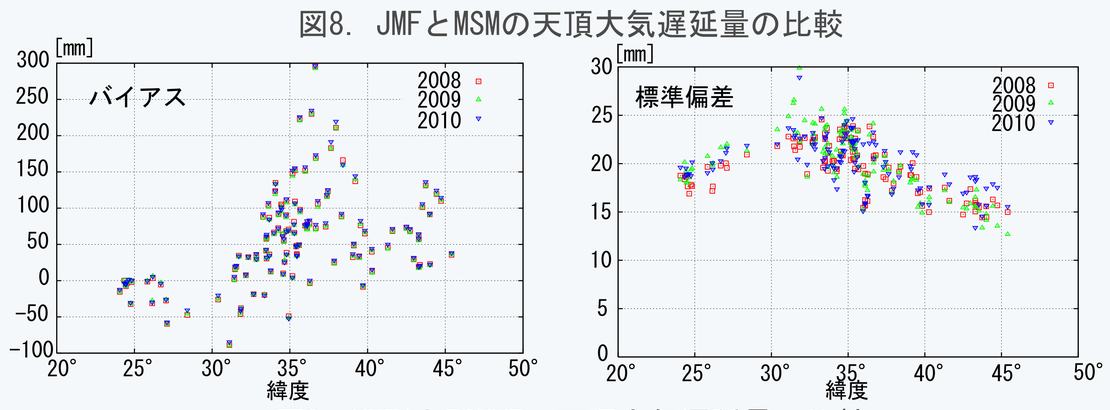



図9. VMF1とECMWFの天頂大気遅延量の比較

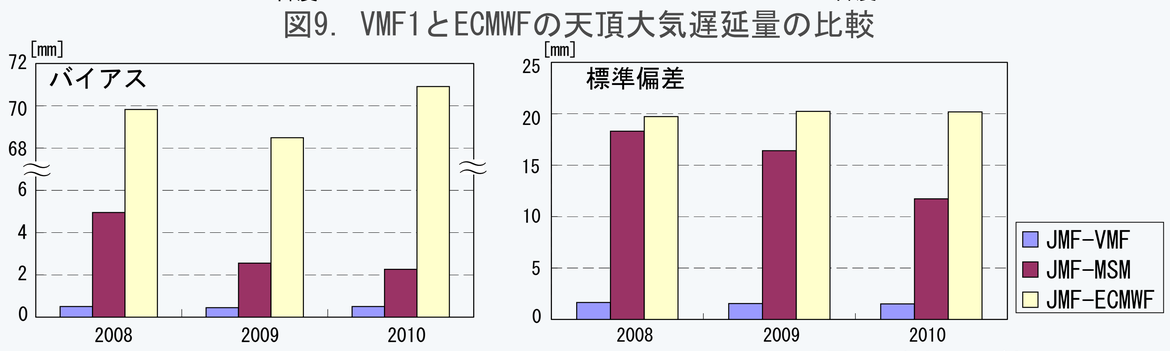



図10. JMF-VMF1, JMF-MSM, VMF1-ECMWFの天頂遅延量の差および標準偏差の全点の平均

図7より、JMFとVMF1を用いた解析結果による天頂遅延量の差は非常に小さく、MSMの更新による違いは見られない。しかし、標準偏差は2008年より2009年、2010年の方がわずかに小さくなる傾向が見られる。図8では、図２、図３で示した傾向が見られ、MSMの更新による違いが顕著に見られる。図9は、VMF1とECMWFの天頂遅延量を比較したものである。図10は、図7から図9で示した各観測点の値を平均したものである。この図から、GPSで推定される天頂大気遅延量の値に対し、数値気象モデルの値はバイアス、ばらつきが非常に大きい。一方、数値気象モデル同士では、ECMWFよりもMSMの方がGPSとの整合性がよいことがわかる。

## 4. まとめ

- 気象庁メソ数値予報モデルが2009年に更新されたことに伴い、GPS解析から推定される大気遅延量との整合性が向上していることを確認した。
- 気象庁メソ数値予報モデルの更新前後のデータに基づきマッピング関数（JMF）を構築し、GPS解析における鉛直成分の再現性を評価した。
- その結果、鉛直座標値の再現性には、気象庁メソ数値予報モデルの更新による改善は見られなかった。
- さらに、最低仰角を5°としてGPS解析を行った結果、同じく数値予報モデルに基づいて構築されたVMF1より再現性が悪くなることがわかった。