

GEONET 水蒸気情報の数値予報モデルへのデータ同化が測地観測精度に与えるインパクト

市川隆一¹、Thomas Hobiger²、小司禎教³、宮内 結花¹

¹ 情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター、² 情報通信研究機構、³ 気象研究所

1 はじめに

我々は、波線追跡法により数値予報データを用いて推定した視線方向の大気遅延を推定するツール“KARAT (KAshima RAytracing Tools)”を開発してきた。さらに、これにより推定した遅延量を直接 GNSS や VLBI のデータから除去する手法も確立させ、実際に測位精度が向上することを実証した [1]。この手法の一つの利点は、数値予報データそのものの予測精度が向上すれば、自ずと視線遅延量の推定精度が向上することにある。2009 年 10 月 27 日より、メソスケール*での気象予測の精度向上を図るために、気象庁は国土地理院 GPS 連続観測網“GEONET”から得られる GPS 水蒸気情報(可降水量データ)のデータ同化を開始した。数値予報モデルのデータ同化過程では、取り込まれる観測値の精度が向上することで、さらに大気状態の予測精度が向上する正のフィードバックが働くとされ、つまりは新たに生成されるデータを用いた視線遅延量推定の精度も向上することが期待出来る。これは、かつての日本型 GPS 気象学構想(図 1)で提唱された戦略そのものである。今回、まずは GPS 可降水量を気象予測に取り込むことが測位精度向上に寄与するか否かを検証するために、実際の集中豪雨の予測を試みた数値予報データを用いて解析した。本小論ではこの解析結果について報告する。

2 データと解析

天気予報の分野でのデータ同化が測位精度向上に寄与するか否かを評価するためには、GEONET/GPS 水蒸気情報を同化した場合、及び同化しない場合の双方の数値予報データを同期間について用意し、これらを比較することが一番の近道である。そこで我々は、気象研究所が 2008 年 8 月 5 日に東京雑司ヶ谷で発生した集中豪雨の事例を検証するために生成したメソスケール数値予報

データを用いた。気象研究所では、気象学的な観点から豪雨の予測精度を検証するために、GEONET/GPS 水蒸気情報をモデルに同化した場合としない場合の 2 通りの計算を実施している。このデータはそのまま KARAT で使用できるため、測地学的な観点からの評価・検証も容易に可能である。

具体的には、以下の手順で解析を進めた。まず、使用できる数値予報データの時間分解能は 3 時間で、これが 2008 年 8 月 3 日-6 日の 4 日間分ある。この期間の GEONET データのうち、KARAT 計算が可能な領域に含まれる約 1200 観測点の RINEX/GPS データについて、GEONET/GPS 水蒸気情報をデータ同化した場合としない場合の双方の数値予報データを用いて KARAT での補正を施した 2 通りの RINEX データを用意する。次に、これらの RINEX データの PPP[†]解析を行い、それぞれの結果の短期再現性を比較するという単純な方法で評価を行った。なお、ここでは図 2 に示すように、日本列島全体を、[1] 北海道域、[2] 東北域、[3] 関東・中部地域、[4] 西日本域、[5] 太平洋の離島地域の 5 地域に分けて比較を行った。これは、使用したデータの期間中、特に (3) と (4) の地域で集中豪雨が観測され、この現象が PPP 解析へ与える影響を調べるために地域分けをしたものである。また、ここでは精密暦を用い、300 秒ごとの PPP 解析を GPSTools Ver.0.64[3]を用いて実行した。なお、最低仰角を 5 度、10 度と変えた解析も行った。

3 結果

図 3 の 4 日間の短期再現性結果に示すように、まず、日本全土の GEONET 全点での結果で、GEONET/GPS 水蒸気情報のデータ同化がなされた場合の局位置 3 成分の RMS(root mean square) がデータ同化なしの場合に比べて水平、鉛直の双方で 10%ほど向上している(図

*水平方向で 20-2000km のスケールの現象、局所的な集中豪雨から前線の通過程度の規模までを含む

[†]Precise Point Positioning

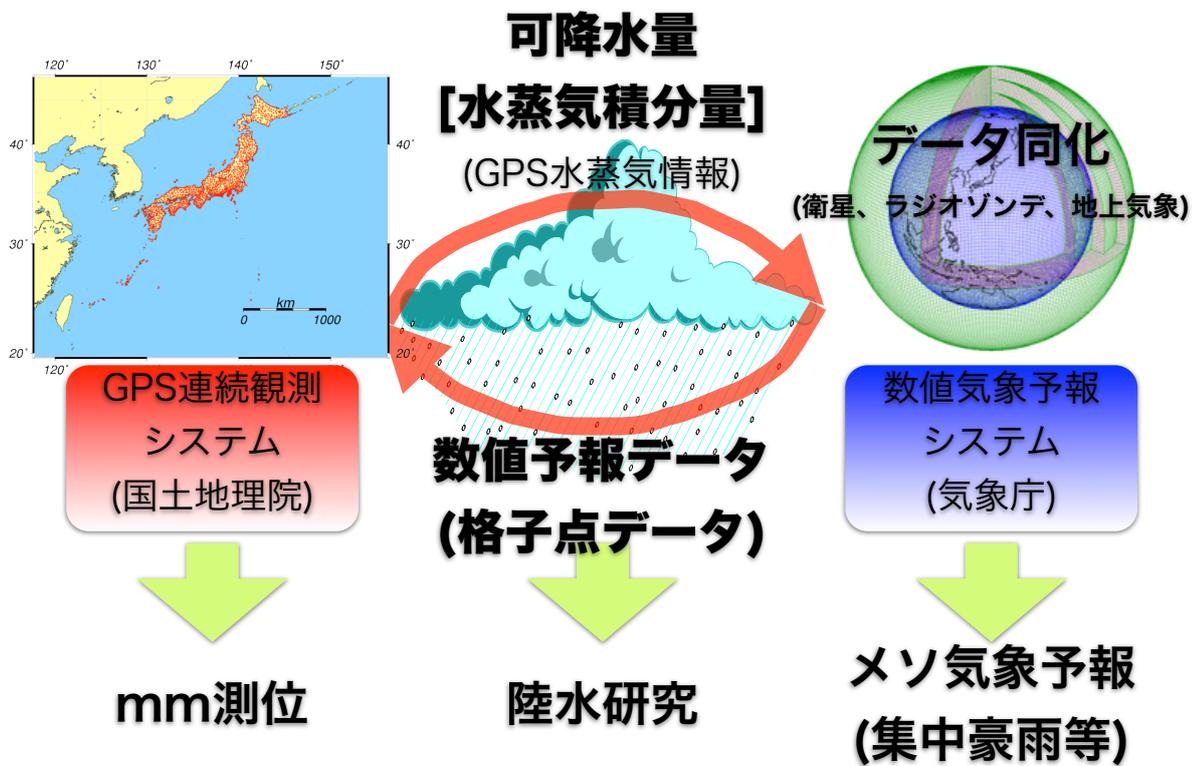


図 1: 日本型 GPS 気象学の戦略 (文献 [2] の図 B-30 に加筆修正)

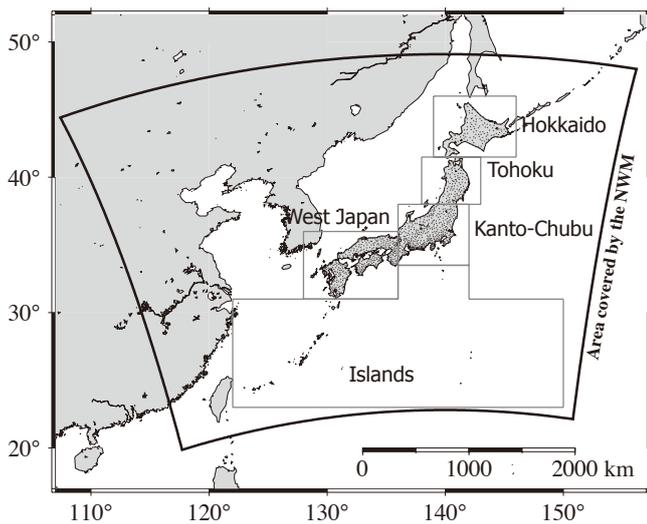


図 2: 本研究で解析対象とした領域と GEONET 観測点分布

中で KARAT(MRI+GPS/PWV)、及び KARAT(MRI で示したプロット) との比較) ことが明らかである。この傾向は、地域を細分化した他の結果でもほぼ同様であるが、唯一、西太平洋上の離島域においては水平成分で逆の傾向が見て取れる。そもそも離島域には GEONET 点の数が少なく、かつ観測点間の距離が外の地域に比べて長いため、データの空間分解能が低下する。これが、GEONET/GPS 水蒸気情報がデータ同化に与える寄与が認められない原因と思われる。

参考までに、気象庁の客観解析データ (MANAL) を用いて KARAT 補正を行った結果 (KARAT で使用可能な 2 つのモデル、Thayer モデルと Eikonal 方程式 [1] の各々で処理)、マッピング関数 VMF1[4] と大気勾配推定を組み合わせた場合、及び勾配なしの場合についても示した。特に北海道地域でデータ同化ありの場合が鉛直成分での再現性が最も良く、データ同化なしに比べても 10% ほど最も優れる。一方で、集中豪雨が起きていた関東以西の地域でもデータ同化の効果は認められるが、いずれの地域でも、VMF1 と大気勾配推定を組み合わせた解析が最も良い結果となった。現時点では、数

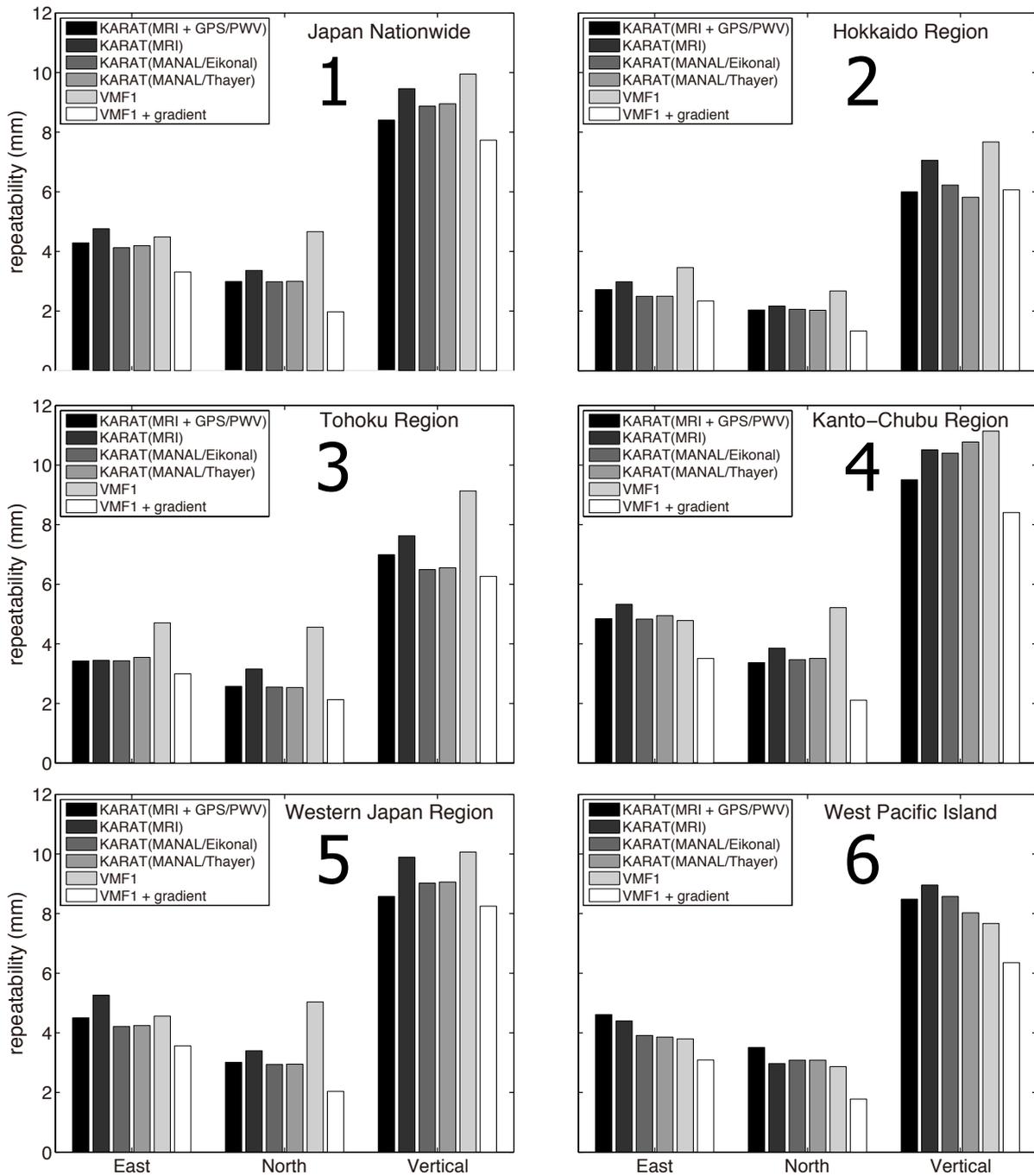


図 3: 図 2 中で示した領域、(1) 日本全土、(2) 北海道、(3) 東北地方、(4) 関東・中部地方、(5) 西日本域、及び (6) 西太平洋上の離島にそれぞれ位置する GEONET 観測点を用いて解析した結果。図中凡例で KARAT(MRI+GPS/PWV) と KARAT(MRI) は、それぞれ GEONET 水蒸気情報を数値予報でモデルにデータ同化した場合としない場合を示す。なお、ここでは、GPS 観測での最低仰角を 5 度とした場合のデータを用いている。

値予報データの時間分解能が 3 時間であり、300 秒ごとの PPP 解析で議論する限り、集中豪雨のような条件下

では VMF1(勾配有り)の方が遅延量の短周期成分を効果的に推定出来ることを示唆しているのかもしれない。

4 まとめ

数値予報モデルへの GEONET/GPS 水蒸気情報のデータ同化が測地解析に与えるインパクトを PPP 解析結果の短期再現性で評価したところ、データ同化なしの場合に比べて約 10%の向上が見られた。一方で、全国レベルでは VMF1 マッピング関数に勾配マッピング関数を組み合わせた解析での短期再現性が最も良く、データ同化有りの場合に対してさらに約 10%の向上が認められた。現在、データ同化有りとなしの場合で、水蒸気変動の予測に大きな差のある地域について詳細に評価し、また解析の時間間隔を再考するなどの調査を進めている。本講演ではこれらの結果についても報告する。

謝辞

GEONET データと MANAL データの利用について、国土地理院と気象庁にそれぞれ深く感謝する。

参考文献

- [1] Hobiger et al., Fast and accurate ray-tracing algorithms for real-time space geodetic applications using numerical weather models, *J. Geophys. Res.*, 113(D203027):1.14, 2008.
- [2] 科学技術庁 (当時)、GPS 気象学による水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する調査-最終報告書-、**平成 8 年度科学技術振興調整費**、1997.
- [3] Takasu and Kasai, Evaluation of GPS Precise Point Positioning (PPP) Accuracy, *IEICE Technical Report*, 105(208), 40-45, 2005.
- [4] Boehm and Schuh, Vienna Mapping Functions in VLBI analyses, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L01603, doi:10.1029/2003GL018984, 2004.