

日本における GPS 気象学のシナリオ

Scenario of GPS Meteorology Project of Japan

辻 宏道[1], 内藤 勲夫[2], 中村 一[3]

Hiromichi Tsuji[1], Isao Naito[2], Hajime Nakamura[3]

[1] 国土地理院, [2] 国立天文台・地球回転研究系, [3] 気象研・予報

[1] GSI, [2] Div. of Earth Rotation, National Astronomical Observatory, [3] MRI

GPS 気象学は、GPS 観測網のデータから水蒸気の時空間分布を求め、数値予報等への応用を図る学際領域で、欧米でも精力的に研究されている。日本では、国土地理院が全国に約 1,000 点からなる GPS 観測網 (GEONET) を整備したことを機に、気象庁等の関係機関が参加して 1996 年より 5 年間の総合研究を実施した。約 10 億円の科学技術振興調整費と 21 を超える研究機関の学際協力により、水蒸気に関する第一級の科学的知見が得られ、数値予報への応用技術開発も進んだ。本研究では、GPS を数値予報に使うだけでなく、数値予報データを GPS に還元して測位精度を向上させ、最終的には数値予報と GPS 解析システムのリアルタイムな結合も夢見ていた。

地震国日本では、1990 年代半ばから地殻変動監視のため GEONET 等の GPS 観測網が整備され、地震長期予測に不可欠なセンサーとなった。しかし、観測点座標の時系列には数 cm に達する季節的なトレンドや異常データが上下成分等に散見される。GPS では、衛星を出たマイクロ波が受信機に到達するまでの時間を測定し、衛星位置を基準に観測点位置を求める。電波が対流圏を通過する際に伝搬速度が変化するので、その影響を取り除く必要があるが、水蒸気の時空間的な偏在によりアприオリな補正は難しく、マッピング関数を与えて天頂方向の遅延量も座標と一緒に解く。現実の大気とマッピング関数の矛盾は、座標に系統誤差を押し付ける。状況証拠から時系列の異常の大半は水蒸気に由来すると思われる。もし数値予報の洗練されたモデルやデータで水蒸気ノイズが除ければ、mm 精度の測位も夢ではない...

一方、気象学では、水蒸気はメソ/ローカル (数 km ~ 1000km) 領域の降雨・集中豪雨の予測に重要なシグナルである。気象庁のラジオゾンデ観測は全国 18 か所で 1 日 2 回と時空間分解能が不十分で、水蒸気ラジオメーターは時間分解能は高いが雨の日に使えない。もし AMeDAS とほぼ同じ密度を持つ GEONET が可降水量 (鉛直積算水蒸気量) センサーとして使えれば集中豪雨の予報等に役立つ...

以上の思惑から、日本における GPS 気象学は、GEONET からの可降水量データの算出と数値予報への応用、気象学的知見を用いた GPS 測位精度の向上という二兎を追った。が狭義の GPS 気象学だが、当時欧米にの視点はなく、関係者は日本型 GPS 気象学だと自負した。

5 年間の研究で、は予定通り順調に進み、GEONET から求めた可降水量はラジオゾンデの精度に匹敵すること (大谷ら) GEONET の可降水量は 3 時間・水平 25km の分解能で、台風・前線や局地循環・雷雨等の 100 ~ 1000km スケールの気象現象を捉えること (岩淵ら、岩崎ら) がわかった。GPS 可降水量をメソ領域数値予報モデルにデータ同化する実験を行い、降水予測に役立つ場合を見出した (小泉ら)。多数の衛星視線方向の遅延量から水蒸気の 3 次元構造を推定する水蒸気トモグラフィ法も試みた (瀬古ら)。

一方、についても技術的蓄積が進んだ。対流圏遅延と相関を持つ誤差要因を洗い出し、アンテナ位相パターンや海洋潮汐加重変形のモデルを解析に組み込んだ (畑中ら)。仰角だけでなく方位角依存性も入れたマッピング関数で大気遅延の勾配が推定できるようソフトウェアを改良し (日置ら) 実際に遅延勾配の推定で測位精度が向上することを確認した (宮崎ら、岩淵ら)。積雲対流等による水蒸気の微細変動 (~ 20km) が GPS に及ぼす影響をみるため、数 km の空間分解能を持つ稠密 GPS 観測を実施した (小司ら)。数値予報を GPS に利用するのはこれからだが、最近米国で数値予報の格子データからマッピング関数を与えた研究があり、注目される。

意外な発見は、低軌道衛星 (LEO) に搭載された GPS 受信機による大気掩蔽法からもたらされた。GPS 衛星が LEO から見て地球の反対側にあるときに電波が大気中をほぼ水平に通過する際の遅延から、大気の屈折率の鉛直分布を高い分解能で推定できる。米国の GPS/MET 実験のデータより中層大気温度変動 (重力波活動) の全球分布を推定し、中層大気研究への有効性を示した (青山ら)。この宇宙型 GPS 気象学に対し、当初の GPS 利用は地上型 GPS 気象学と呼ばれる。

今後、地上型 GPS 気象学については、解析精度向上、衛星視線方向遅延量の利用技術開発、リアルタイム解析の実用化を進め、数値予報でのデータ同化を実現するとともに、マッピング関数の改良により GPS 精度の向上を図る。新領域である宇宙型 GPS 気象学については、将来打ち上げられる LEO による掩蔽観測のリアルタイム解析と全球数値予報へのデータ同化が興味深い。現在、LEO による重力ミッションや衛星アルティメトリと併せ、全球気温、雪氷、地下水、海面高等の測定技術を開発し、地球環境変動の監視に利用する研究を計画している。