

国土地理院全国GPS観測網データによる大気トモグラフィーに向けて

GPS atmospheric tomography based on GSI nation-wide GPS data

平原 和朗 [1]

Kazuro Hirahara [1]

[1] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

国土地理院全国GPS観測網から得られるデータから、日本列島全域にわたり高度数10 km程度までの大気構造を推定する、GPS大気トモグラフィーに向けて、LEO/GPS掩蔽法による初期値解析とパス解析を行った。1997年2月14日のデータの10パスについてrefractivityの高度分布を調べたところ、パスにより高度10-20kmでは5-10%程度のrefractivityの違いが見られたので、高度30km程度まではrefractivityの3次元変化を追跡できる可能性がある。また、実際の観測点-GPS衛星配置に対応するパスを図示してみたところ、高度30kmまでのパスの交差状態は良好で、この高さまでは幾何学的には十分な分解能を持つことが分かった。

はじめに

GPSから求められる水蒸気情報を数値モデルに精度よく取り入れるには、水蒸気だけでなく乾燥大気構造を明らかにする必要がある。このため、国土地理院が定常的に運用するGPS観測網から得られるデータをもとに、トモグラフィー解析を応用して、日本列島全域にわたり高度数10 km程度までの大気構造を推定する、GPS大気トモグラフィーに向けてそのLEO/GPS掩蔽法による初期値解析と分解能を調べたので報告する。

既に、ローカルな直交座標系におけるGPSローカル水蒸気トモグラフィー解析プログラムは作成してあるが、これを拡張して、球座標系における全国GPS大気トモグラフィー解析プログラムを作成する必要がある。現在、WGS84座標系における緯度・経度・楕円体高によるブロック構造での波線追跡プログラムの開発を完了した（直線波線であるため、非常に高速に計算できる）。

国土地理院全国GPS観測網の平均距離は20km程度なので、全日本の上空高度90kmまでの空間を $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 10\text{km}$ のセル分割し、セル内のrefractivity $(n-1) \times 10^6$ を推定することになる。 $20^\circ \times 20^\circ \times 90\text{km}$ の空間だと、セルは $100 \times 100 \times 9$ 個となり、観測点直上の水蒸気遅延は別に推定するとさらに観測点数900が未知数に加わり、未知数は数万のオーダーになる。現在は、WGS84座標系での波線追跡プログラムと行列解法によるトモグラフィープログラムはほぼ完成しているが、未知数が多くなり実際の計算では不安定となっている。従って、ローカルトモグラフィーで用いている行列インバージョンに代わり、逐次解法であるCGタイプの解法を取る必要があり、地震波トモグラフィーで用いられているLSQR法に現在改良中であるので、本研究ではまず初期値解析と分解能を調べた。

初期値成層構造

大気遅延のほとんどの水平不均質は、水蒸気からきていて観測点直上の水蒸気遅延によるrefractivity項の水平不均質性が卓越し、地上型GPSデータだけでは垂直分解能は期待できない。従って、日本列島周辺において、低軌道衛星（LEO）データから得られた大気構造データができるだけある期間を選び、LEOからのGPS掩蔽法により生成された成層構造refractivityを初期値として採用して、それからの水平方向へのずれをトモグラフィーにより求めることになる。20km間隔の国土地理院GPS観測網の波線の交わりは、数10kmの高度で一番良くなり、波線の交差による幾何学的な分解能は最も良くなると期待され、シグナルの弱さをある程度補える可能性がある。

水蒸気の少ない冬季を対象に、日本周辺でLEOデータの多い日を調べたところ、1997年2月14日、16日に10, 5個のLEOデータがあり、最初に調べるターゲットとした。しかしながら、今後はラジオゾンデデータや気象庁数値予報データも初期値データとして使用する方向の検討も必要である。

大気トモグラフィーの分解能

2月14日のデータの10パスについてrefractivityの高度分布を調べたところ、パスにより高度10 - 20 kmでは5 - 10%程度のrefractivityの違いが見られたので、高度30 km程度まではrefractivityの3次元変化を追跡できる可能性があることが分かった。また、実際の観測点 - GPS衛星配置に対応する高度30 kmまでのパスを図示してみたところ、パスの交差状態は良好で、この高さまでは幾何学的には十分なレゾリューションを持つ可能性があることが分かった。

謝辞：LEOデータは京大超高層研究センターの津田・西田さんから提供していただいた。また、残差データは、測量協会により作成された。