

国土地理院 GPS/SINEX データに基づく鉛直測位誤差の評価

岩淵哲也 (総合研究大学院大学) ・ 内藤勲夫(国立天文台水沢)

1. はじめに

地殻変動の検出を目的とした GPS 測位における誤差要因として考えられる大気遅延は、静水圧遅延と湿潤遅延に分けられ、後者の時間および空間変動による影響が大きな問題となっている。そこで、今後期待される高精度鉛直測位システムの構築に向け、日本における水蒸気の動態を調査し、その問題点を考察する目的で、国土地理院 GPS 解析データを用い天頂方向の大気遅延量の可視化を行った。さらに、夏季の日本域における可降水量の日変化の時空間パターンを調査するため、日変化のコンポジットおよび主成分解析を試みた。

2. SINEX ファイル

SINEX(Software-Independent Exchange Format) ファイルは、異なる GPS 解析ソフトウェアによる解析結果を共通のフォーマットで出力したものである。このファイルは、座標値、共分散行列、観測機器に関する情報、物理パラメータなど測地学的パラメータなどが記述されている。

国土地理院では、1996年5月から全国約610点のGPS観測点のBernese GPSソフトウェアによる基線解析結果をSINEXファイルとして出力している。その中には、3時間おきに推定された各観測点における天頂方向の大気遅延量の情報が、SINEXファイルのオプションとして含まれている。Bernese GPSソフトウェアでは、一般に、標準大気モデル(地上において、気圧1013.25 hPa、気温18°C、相対湿度50%)とSaastamoinenモデルによって、観測点の高度のみに依存する天頂方向の大気遅延量を初期値として計算する。3時間おきに推定されるのは、その初期値からの残差である。国土地理院SINEXファイルにはこの残差の値が含まれている。

3. 天頂遅延量の可視化 -列島スケールの変動とローカルな変動-

図1に1996年8月29日から9月4日における札幌・筑波・鹿児島における天頂方向の大気遅延量の変動を示す。9月1日(DOY 245)から2日(DOY 246)にかけて前線が日本列島を南北に通過

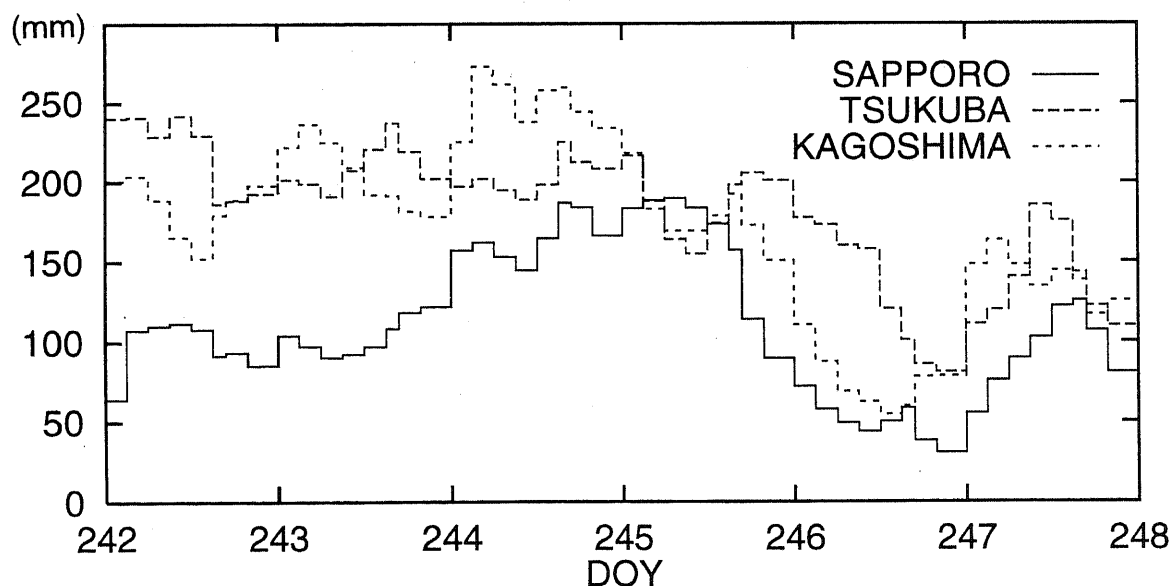


図1 1996年8月29日から9月4日の札幌、筑波、鹿児島における3時間ごとに推定された大気遅延量の変動(天頂方向)。DOY (Day Of Year)242は8月29日を示し、時間はUTで表される。値は、大気遅延の一次補正值からの残差である。1日毎のセッションの終わりに、大気遅延量が過小評価されるEnd Effectの影響も見られる。

した。前線通過に伴い、天頂方向の大気遅延量が約 150mm 減少していることが分かる。図 2 にその日 0 時(UT)の天気図を示す。前線付近では、図 1 の期間の気圧変化は 4hPa 未満であると考えられ、これは 8mm 未満の天頂方向の大気遅延量に相当し、GPS 鉛直測位の誤差範囲内である。よって、この期間の大気遅延量は、一次近似で水蒸気に起因するものと考えられる。よって、前述した 150mm の天頂方向の大気遅延量の減少は約 23mm の可降水量の減少に相当すると考えられる。図 3 は 9 月 1 日 9-12 時(JST)から、21-24 時までの 6 時間ごとに間引いて描かれた天頂方向の大気遅延量の変化である。なお、8 月 30 日から 9 月 2 日までの 4 日間の平均値が各観測点毎に差し引かれている。東北地方から関東にかけ、前線通過によるものと考えられる共通の変動が見られ、地形に依存すると考えられる局地的な変化も見られる。

このような水蒸気に起因する湿潤遅延は、地殻変動を高時間分解能で監視する目的において大きな誤差要因となると考えられる。一方、国土地理院が行っている数日スケールの地殻変動をモニターする目的では湿潤遅延に加え、シノプティックスケールの気圧変動による静水圧遅延の変動が大きいときも座標解の推定に与える影響が大きいことが確認された。また、GPS 観測点が設置されている地理的条件に依存すると思われるローカルな変動も多く見られている。

4. 可降水量の日変化 -主成分解析による時空間変動パターンの調査-

図 4 は 1996 年 8 月 1 日から 31 日までの 3 時間毎のデータから作成した大気遅延量の日変化のコンポジット図である。観測点ごとに、この期間の平均値が差し引かれているため、異なる GPS 受信機の特徴、観測点が位置する場所の地形的影響、数日で変化する静水圧遅延のバイアスはほぼ取り除かれていると考えられる。15-30mm (2-5mm)の大気遅延(可降水量)の変動が、山岳域を中心に各地

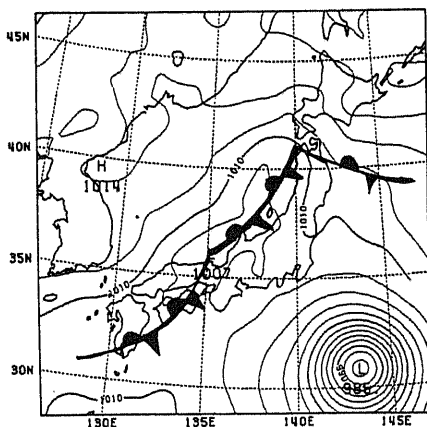


図 2 1996 年 9 月 1 日 9 時(JST)の天気図。この日は全国的に曇りか雨の天気であった。秋雨前線が津軽半島から日本海を経て西日本に伸びている。日雨量は秋田県の岩見三内で 117mm。

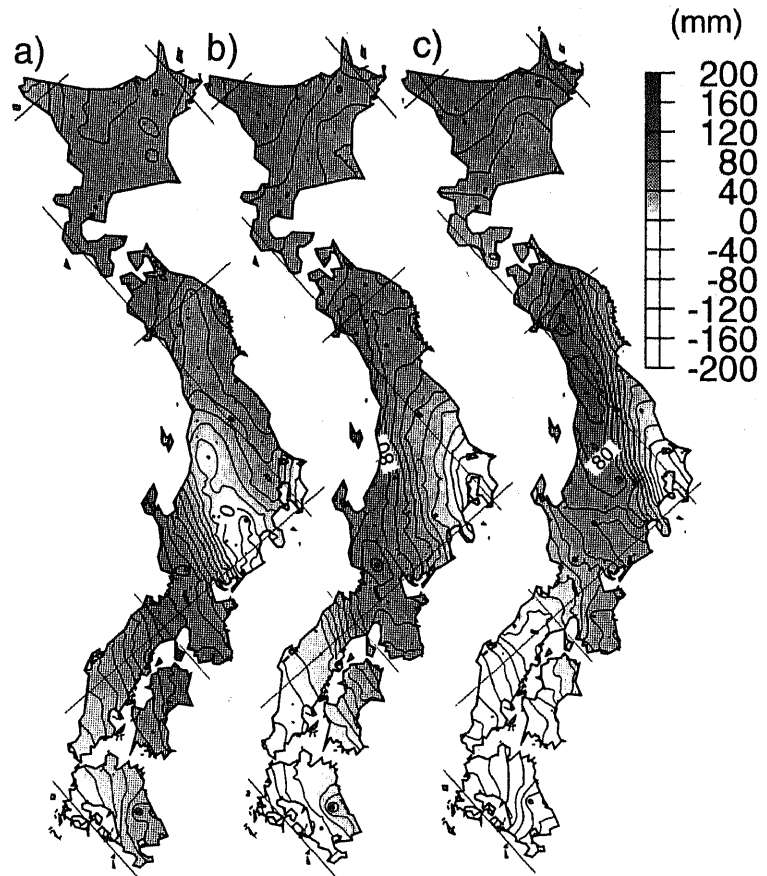


図 3 (a)9 月 1 日 9-12 時, (b)15-18 時, (c)21-24 時(JST)の日本列島上空の大気遅延量。8 月 30 日から 9 月 2 日までの 4 日間の平均値が各観測点毎に差し引かれている。

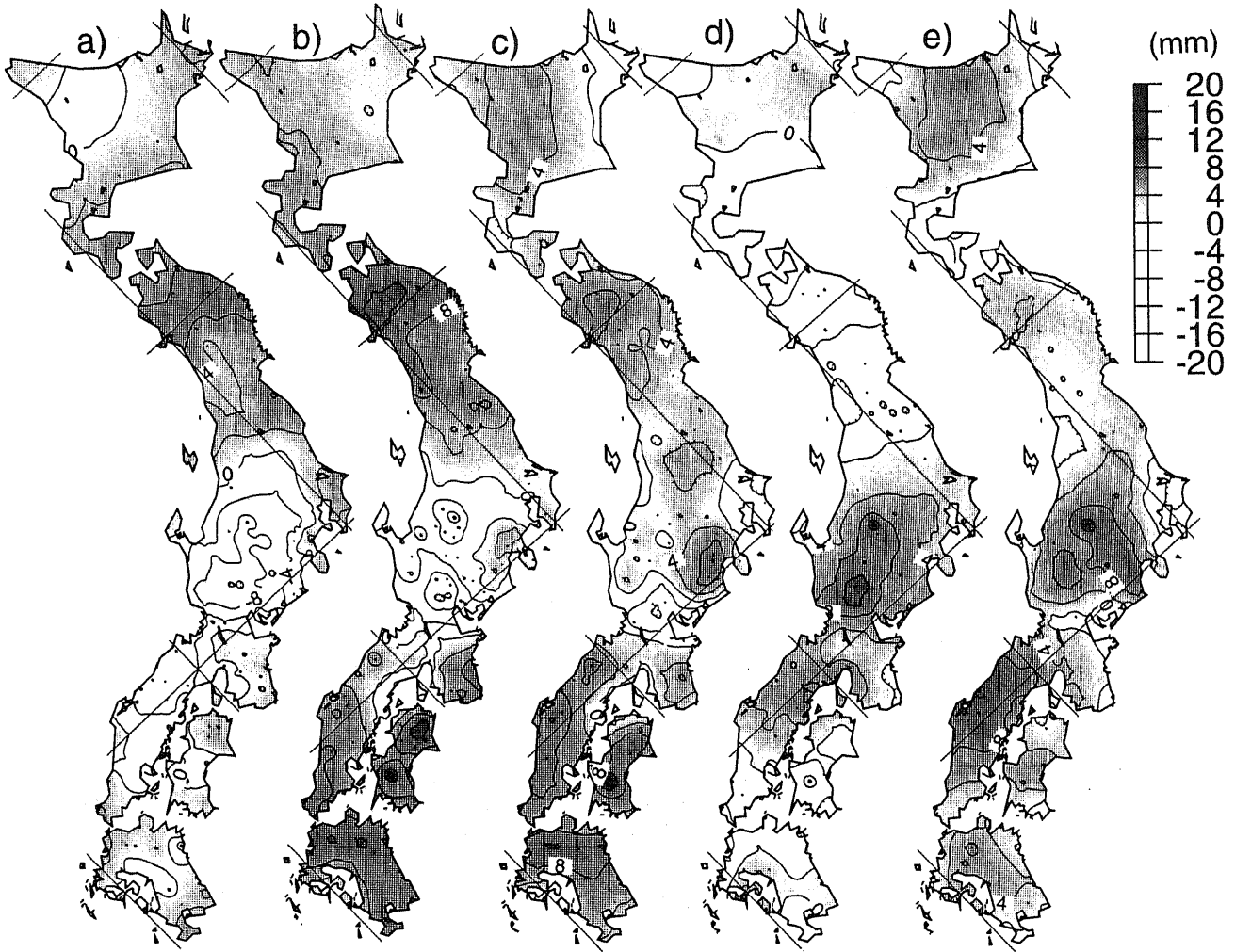


図4 1996年8月1日から8月31日までの3時間毎の日本列島上空の大気遅延量。(a)9-12時から(e)21-24時(JST)までのみ示す。

に存在することが明らかになった。また、中部地方では位相の遅れが見られた。このような時空間変動パターンと水蒸気のスケールハイトを考慮すると、水蒸気トモグラフィでは 10-20km 程度の空間分解能が必要となると考えられる。図5は大気遅延量の日変化のコンボジットのデータを主成分解析して得られた第1主成分のパターン(75%の情報量を説明する)である。日出とともに可降水量が急激に増加し、日没から夜半過ぎにかけ最小になる傾向が日本各地(特に山岳地域)で見られた。この傾向は本要旨集にある木村氏の局地循環モデルの結果と調和的である。

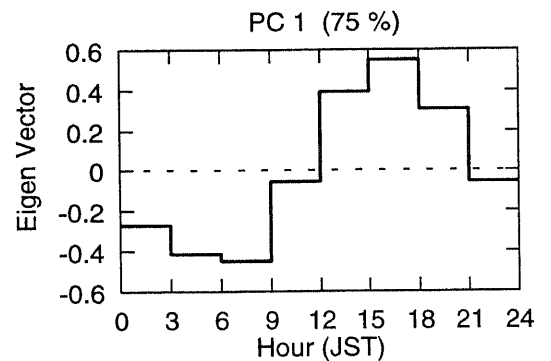


図5 大気遅延量の日変化の主成分解析で得られた第1モードの固有ベクトル。

5. 今後の課題

大気遅延量データを気象学的に利用するためには、静水圧遅延と湿潤遅延を分離する必要がある。これは気象庁日本域モデルを用いれば可能となる。但し Bernese GPS Software の解析結果を利用する場合、End Effect が存在することを留意する必要がある。今後、日本における GPS の鉛直方向の測位精度向上に向け、主成分解析による1日から数年の大気遅延量の時空間変動、各観測点の座標三成分の時空間変動パターンを調査することでその変動特性を理解し、GPS の鉛直測位精度の向上に関する研究に取り組む予定である。