

氏 名	ウエディアント クンチョロ Wedyanto Kuntjoro
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 1362 号
学位授与の日付	平成 11 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	New Approaches of Tropospheric Delay Determination Using GPS Observation (GPS 観測による対流圏遅延決定の新しい試み)

論文調査委員 (主 査) 教 授 竹 本 修 三 教 授 古 澤 保 助教授 福 田 洋 一

論 文 内 容 の 要 旨

GPS による測位精度, なかでも上下方向の精度を向上させるには, 大気中で生じるマイクロ波の伝播遅延をできるだけ詳しくモデル化してこれを補正することが必要である。本論文では対流圏における伝播遅延, とくに水蒸気によって生ずる遅延すなわち湿潤遅延を補正するための2つの新しい方法を提案し, その適用成果を示している。

まず, 第2章で高度差が1200 mに達する弥生-野辺山基線の測定結果について, 標準的な大気構造を仮定して遅延補正をした場合, 気象庁によって観測された地表気象データを使用した場合, および同じく気象庁によるラジオゾンデから得られたデータを使用した場合を比較している。その結果, 上下成分に見られる顕著な年周変化が15.5 cm から7.0 cm さらには6.7 cm にまで減少できることを示し, 大気遅延の正確な決定とその補正がGPS測位の精度, とくにその上下成分の向上に大きく関っていることを示している。第3章においては, 近接した2台のGPSの受信機の対と, それらから高さ・水平距離とも離れた点に設置した1台の受信機(これを申請者はInitial Stationと呼んでいる)の計3台の受信機によって細長い三角形の基線を構成し, これによって天頂付近で角距離の小さい2機のGPS衛星を選んでそれらの信号を観測して, 大気遅延を決定する方法を提案している。申請者はこれをSingle-Nearby difference (SND) による方法と名づけている。

つぎに前述の弥生-野辺山基線において, 弥生に約3 m 離して別の受信機を設置し, 野辺山の受信機をInitial Stationとして, 第一に, 大気中の狭い電波伝播経路に限定して遅延量を決定しようとする提案方法の仮定条件が成立していることを示し, これによって提案したSNDによる大気遅延の決定がこれまでの方法に比べて優れており信頼性が高い事を実証するとともに, 実際に弥生における大気遅延を決定している。さらに1995年に滋賀県信楽町の京都大学超高層電波研究センター信楽MU観測所を中心として申請者自らも参加して行われたGPS集中観測のデータ, ならびにインドネシアのジャワ島西部に位置するGuntur火山と周辺のGPS観測網におけるデータを解析して, Initial Stationに関する検討を行った。信楽の解析結果からは, 少なくとも距離は5 km, 高度差は200 mを必要とするとの結論を導いている。また, 7組の観測点对をとって, これから1 mの高度増加が0.06 mmの湿潤遅延の減少をもたらすとの関係を導いている。Guntur火山における結果からは, 大きい高度差が高精度をもたらすことを確かめている。

第4章においては申請者によってDouble-Nearby Difference (DND) と名づけられた方法が示されている。これは2組の受信機の対を十分な距離あるいは高度差をとって配置して観測する方法で, いわばSNDの変形であり, それぞれの場所について, 上空の大気遅延を決定できる。申請者はこの方法を用いて, 上記の信楽集中観測における17台の受信機を組み合わせ, それぞれの場所での湿潤遅延を決定している。西ジャワにおいては, 約130 km離れたITBとBAKOSURTANALにそれぞれ2台の受信機を配置して湿潤遅延観測を実施し, 約600 mの高度差に対する湿潤遅延量の差を約2 cmと求めている。

最後に, 信楽における観測では, 北側には6地点, 南側には7地点にGPS受信機が最大300 mの間隔で道路に沿って配置されていたが, 申請者はこれら隣接する受信機を「Nearby」とみなして, DND法によって, 中間的な位置にあるMUレー

ダサイトの受信機対と組み合わせて、これら北側および南側測線に沿う湿潤遅延のプロファイルとその時間的な変化を求めている。このような小規模かつ稠密な湿潤遅延の観測は初めての試みであったが、申請者は求められた遅延量の時間的な傾向に地形的影響が見られる事を指摘している。最後に、ITBとBAKOSURTANALにおいて観測された湿潤遅延から共通した急激な変動を見出すとともに、衛星による雲画像との比較を行なって、上空における雲の存在が湿潤遅延の増加と関連している可能性を指摘している。

論文審査の結果の要旨

大気中の水蒸気によるGPS電波の伝播遅延は、水蒸気が水平方向に一樣な成層分布をしているとの仮定のもとで、天頂方向と斜方向の関係を与える「マッピング関数」を用いて決定されてきている。周知の通り、大気中での水蒸気の分布は一般的に不均一であり、このために方位による遅延量の差は大きいときには数cmに達する。申請者の提案する新しい方法では、従来の方法のようにある観測点の上空における水蒸気分布が水平方向に一樣であるとの仮定をせず、角距離の小さい2機のGPS衛星を見る狭い範囲内においてのみ湿潤遅延が等しくなるとする、限定した範囲内だけでの、水蒸気分布の一樣性を仮定している。これによって問題の多いマッピング関数を用いる必要もなく、ここに提案された方法の優れた点がある。現実には角距離は30度程度であるが、全天で水蒸気分布が均一と仮定する場合に比べて条件が成立している可能性は、はるかに大きく、したがって得られる湿潤遅延の信頼性も従来の方法に比べて高い。

SNDおよびDNDの両方法によって決定された信楽および西ジャワITB-BAKOSURTANAL基線における結果は、高度差に伴う湿潤遅延の差、湿潤遅延変化の傾向と地形の関連、および急激な湿潤遅延の移動を示しており、境界層における水蒸気分布に関する今後の研究の先鞭ともいえるべき成果であると評価できる。1995年11月15日10時45分から12時30分までの信楽における解析結果に見出された湿潤遅延変化の傾向の場所的な差異、ITB-BAKOSURTANAL基線における1998年4月25日から30日までの湿潤遅延と上空の雲量との関連については、誤差の問題など検討すべき点は残されているが、注目すべき成果であるといえる。

信楽の解析結果について求められた高度差と湿潤遅延との関係は気象庁の客観解析値から推定される値とほぼ等しい。約5kmの小規模な信楽観測網におけるこの結果は、受信機の対の間隔が長い、Initial stationが必ずしも理想的に配置されていない、などの点を考慮すれば、申請者の提案した新しい方法の正当性と解析結果の信頼性を示しているものと考えられる。他方、ジャワ島西部のITB-BAKOSURTANAL基線について得られた値は、信楽の値に比べて約2分の1であり、非常に興味深い。単に解析を行なった期間の特殊な状況であるのか、我が国とは異なる気候条件下での地域的特性によるものか、今後解明されるべき課題である。

ところで、本申請論文において湿潤遅延は、水蒸気を含まない大気部分に起因する遅延（いわゆる静水圧遅延）については標準的な大気モデルを仮定して推定し、これを全遅延量から差し引くことによって求められている。静水圧遅延は地表気圧値から1-2mmの誤差で計算でき、また、本論文の中では基線両端における相対値に関する議論がなされているため、信楽およびGuntur火山地域の解析結果ではこのための影響は無視できるものと考えられる。これに対して、弥生-野辺山およびITB-BAKOSURTANALの湿潤遅延にはモデルを仮定したための静水圧遅延推定誤差は必ずしも無視できないと考えられる。また、長時間にわたり水蒸気遅延を求める場合には2機のGPS衛星の組み合わせを変更する必要があるが生じるが、この場合に生ずると予想されるオフセット誤差の問題も残っている。GPS受信機に気圧計を併設して静水圧遅延を正確に決定すること、衛星軌道および時計誤差推定の一層の高精度化などが必要であり、これらは今後の課題である。これらを改善することによって、申請者の提案している新方法は、大気遅延の精密な推定と測位精度の向上にさらに大きく貢献するものと考えられる。

このような観点から、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成11年3月1日、主論文および参考論文に示されている研究業績のほか、関連する分野について試問を行った結果、合格と認めた。