

## 稠密 GPS 受信ネットワークによる集中豪雨監視システムに関する基礎研究 Basic research of now-casting system for severe storms by using a dense GPS network

岩城 悠也<sup>1\*</sup>, 津田 敏隆<sup>1</sup>, 佐藤 一敏<sup>1</sup>, Realini Eugenio<sup>1</sup>, 大井川 正憲<sup>1</sup>

IWAKI, Yuya<sup>1\*</sup>, TSUDA, Toshitaka<sup>1</sup>, SATO, Kazutoshi<sup>1</sup>, REALINI, Eugenio<sup>1</sup>, OHIGAWA, Masanori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生存圏研究所

<sup>1</sup> Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

近年、突発的かつ局所的な集中豪雨が増加傾向にある。このような集中豪雨には雲の発生から 30 分程度で、数 km の狭い範囲で強い雨が降るといった特徴があるが、前兆現象として観測されている水蒸気量の変動が数 km の狭い範囲で急激に起こるため現在運用されている気象予報システムでは予測が困難である。水蒸気量推定には、GPS の衛星測位電波に生じる大気による伝搬遅延から大気中の水蒸気積算量(可降水量=単位面積当たりの大気の柱に含まれる水蒸気の総量)を推定する手法がある(GPS 気象学)。天候に依存せず、高い時間分解能を持つという利点があるが、局所的な集中豪雨の前兆を GPS 気象学手法によって捉えるには、日本全国に設置されている定常 GPS 観測網:GEONET では設置間隔が約 20 km であるため水平分解能が不十分である。そこで、数 km 間隔の稠密な GPS 受信機網を新設することで 1-2 km の水平分解能、2-3 分の時間分解能、そして 1 mm 程度の可降水量分解能を持つリアルタイムの集中豪雨監視システムの構築を提案する。

我々はこの実験用に独自 GPS 観測網を構築するために京都大学宇治キャンパス周辺に 1~2 km 間隔で 2 周波 GPS 受信機と気象計を設置した。観測網で推定された可降水量の精度を検証する実験を 2011 年 7、8 月にラジオゾンデ、ライダー、マイクロ波放射計との比較によって行った。可降水量を比較した際、GPS はラジオゾンデ及びマイクロ波放射計と調和的な変動を捉え、差は RMS で 3.0 mm 程度であった。ライダーと GPS の可降水量差はライダーによる観測可能高度の限界によって RMS で 4.0 mm 程度となった。各観測点が推定した可降水量を 2 次元に可視化することで、観測された値の空間変動が時間連続的に起こることが確認された。よって、観測点ごとの値の差異はノイズによるものではなく、実際に各座標での可降水量のばらつきを推定できていると考えられる。

この観測網を用いた水蒸気量変動監視システムの基本的な構成要素;可降水量を推定、空間内挿、可視化するためのツールを構築した。準リアルタイムで取得したデータを可視化できる。システムをリアルタイムで運用する際に必要になる、衛星軌道予報暦の精度が大気による遅延長推定にもたらす影響を衛星軌道暦の最終値と比較することで検証した。観測点ごとに推定した大気遅延長同士の相関を計算したところ、予報暦と最終暦ではほぼ同等の結果となった。観測点間の遅延長推定に対して衛星軌道情報の精度は独立であることが確認されたため、相対測位によって予報暦の影響を軽減できると考えられる。

実際に集中豪雨監視システムとして稠密 GPS 受信ネットワークを設置する際には、例として大阪市に 1 km 間隔の GPS 受信機網を設置する場合、200 台以上の受信機が必要となるため廉価な 1 周波 GPS 受信機を用いることが望ましい。しかしながら、1 周波 GPS 受信機では電離層における電波の遅延を補正することができない。電離層遅延は一般には 2 周波受信機による周波数の線形結合によって補正されるため、1 周波受信機網の周囲にある 2 周波受信機によって電離層遅延を推定し、内挿するための補正モデルを生成、適用する必要がある。独自観測網を用いた数 km スケールのモデルを生成し、精度検証を行った。電離層における全電子数(TEC)の変動が激しい時間帯においてモデルを適用し、1 周波解析と 2 周波解析とで大気による遅延長を比較したところ RMS で 4.5 mm 程度となった。可降水量に変換すると 0.7 mm 程度になるため、電離層が荒れている状態でも目標とする 1 mm の可降水量分解能を実現できる可能性があると考えられる。また、GEONET を用いた 20 km スケールの内挿モデルでも独自観測点によるモデルを適用した場合とほぼ同等の結果が得られた。

このモデルは電離層を高度 350 km における球殻と仮定して生成されており、この高度における日没・日昇時間前後での大気遅延長の変化を 1 周波解析にモデルを適用した場合と 2 周波解析とで解析した。日没あるいは日昇時刻の約 30 分前から 30 分後にかけて大きく変動することが確認されたため、電離層が太陽光を受けてから、あるいは電離層に太陽光が当たらなくなってから実際に電離層遅延長の変動が大きくなるまでの時間差が約 1 時間程度生じると考えられる。

キーワード: 極端気象, GPS 気象学, 可降水量, 集中豪雨, 早期監視, 電離層擾乱

Keywords: Extreme weather, GPS meteorology, Precipitable Water Vapor, Severe storms, Now-casting, Ionospheric disturbance