

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^{1*}, 津田 敏隆¹, 佐藤 一敏², Realini Eugenio¹, 大井川 正憲¹
Yuya Iwaki^{1*}, Toshitaka Tsuda¹, Kazutoshi Sato², Eugenio Realini¹, Masanori Oigawa¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 京都大学学際融合教育研究推進センター極端気象適応社会教育ユニット

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ²Center for the Promotion of Interdisciplinary Education and Research, Kyoto University

突発的かつ局所的な集中豪雨が近年増加傾向にある。雲の発生から数十分程度で数 km の狭い範囲に強い雨をもたらすこのような大気現象に対し、現業の気象予報システムでは前兆として起こる数 km スケールの急激な水蒸気量変動を捉えることが難しく、予測が困難である。

水蒸気量観測には、GPS の衛星測位電波に生じる大気による伝搬遅延から天頂方向の大気中の水蒸気積算量 (PWV: Precipitable Water Vapor, 可降水量) 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を持つ。しかし局所的な水蒸気量変動を GPS 可降水量の観測によって捉えるには日本全国に約 20km 間隔で設置されている定常 GPS 観測網 (GEONET) では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、独自の GPS 観測網を構築した。観測網で推定された可降水量の精度検証実験を 2011 年 7、8 月および 2012 年 7 月にラジオゾンデ、マイクロ波放射計等との比較によって行った。GPS 可降水量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 2.0 mm 程度であった。

この独自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として天頂方向の大気遅延 (ZTD: Zenith Total Delay) を GPS 解析ソフト RTNet により計算し、気象計のデータから可降水量を推定、空間内挿、可視化するためのツールを構築した。

このシステムを実用化するために稠密な観測網を構築する際には 2 周波 GPS 受信機ではなく 1 周波 GPS 受信機を設置することによってコストを大幅に削減できる。しかし 1 周波解析では電離層における電波伝搬遅延を単独で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。RTNet には観測点間の電離層遅延の差から空間的な勾配を 1 次もしくは 2 次式で推定する電離層補正モデルが実装されている。独自観測網を用いた数 km スケールの電離層補正モデルを生成し、2 周波での解析結果とモデルを適用した 1 周波解析の結果を比較することで精度検証を行った。2012 年 2 月 22 日から 28 日までのデータの解析より、各 GPS 衛星について遅延勾配を推定するモデル (衛星依存モデル) での ZTD 誤差は RMS で 17mm 以下となった。PWV に変換すると 3mm 程度になるため集中豪雨監視システムに用いるにはより高精度な電離層補正手法が必要であると考えられる。この RMS の 1 次勾配モデルと 2 次勾配モデル間の差は 0.05mm 程度であり有意な差は見られなかった。

また、ZTD 誤差の長期的なトレンドを 2012 年 2 月 22 日から約 200 日間のデータにより解析した。PDOP の変化トレンドと同様の傾向を持つことからこの誤差が衛星配置の影響を受けていることが示唆された。

キーワード: 極端気象, GPS 気象学, 可降水量, 稠密 GPS 観測網, 電離層遅延

Keywords: Extreme weather, GPS meteorology, Precipitable Water Vapor, Dense GPS network, Ionosphere-induced delay