

GPS を用いた大阪湾における水蒸気分布の解析

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 ○土屋 宏太
神戸大学都市安全研究センター 正会員 大石 哲

1. 研究の背景と目的

近年では各地で異常気象が頻発するなど、私達は多くの自然災害と隣り合わせで生きており、土木工学と気象学の2つの視点から社会基盤や災害対策を捉える必要がある。そこで本研究では、今や日常生活に欠かせないGPSを応用することで、GPSの情報から大気の水蒸気量やその移動を算出・解析する手法を模索する。具体的には、大阪湾上にある大気中の水蒸気をGPSの電波の誤差を利用して測定し、水蒸気の流れを明らかにする。

2. GPS 気象学と可降水量

本研究では、GPSに生じる誤差を利用する。GPS衛星から発せられたマイクロ波は、受信機に到達するまでの過程において、大気屈折率や水蒸気等の影響により伝搬速度や経路が変化し、距離測定に影響を及ぼす。これを大気遅延と言ひ、この性質を利用して、大気中の水蒸気量を推定することができる。

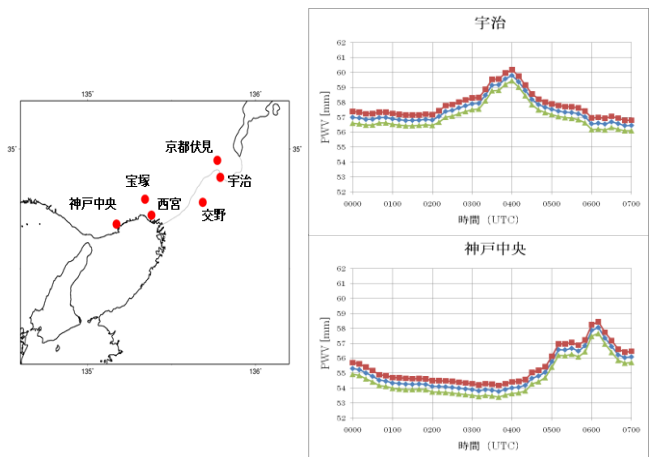
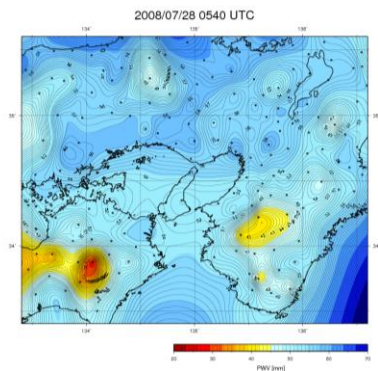
また、GPSから大気中の水蒸気量を解析・算出する時、その水蒸気量の指標の一つとして、可降水量(PWV: Precipital Water Vapor)を用いる。可降水量とは、地表のある単位面積の面を基点として地上からその上空の大気上端までを大きな鉛直の柱(大気柱)と考え、その大気柱の中に含まれる水蒸

気がすべて凝結して地上に落下(降水)した時の単位面積当たりの質量を高さ換算したものである。

3. GMT を使用した可降水量データの解析

本解析では、2008年7月28日に神戸市の都賀川で発生した水難事故時における可降水量の変化を解析した(図1)。可降水量を時系列解析した結果、事故当時は大阪湾周辺で常に可降水量55~58mm前後という比較的高い値を保っていた。つまり事故当時この地域では、ずっと空気が湿っており、天候が崩れやすくなっていたと考えられる。

またこの時、湿った空気の流れが兵庫県の北部と方から南下してきたものと琵琶湖から淀川方面へ南西に下ってきたものと、2方向から流入してきていたことが分かった。特に、琵琶湖方面から淀川沿いに南下してきたものは、大阪北部や西宮の周辺地域の13時過ぎからの可降水量上昇に直結しているように見えた。ここで、淀川沿いの6点で水蒸気量の変動を比較すると、北東にある基準点から可降水量が急激に変動して大きくなり、その変動のタイミングがだんだんと推移していった(図2)。この変動



キーワード GPS, 可降水量, 水蒸気変動, 都賀川水難事故, 残差
連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学 都市安全研究センター TEL:078-803-6338

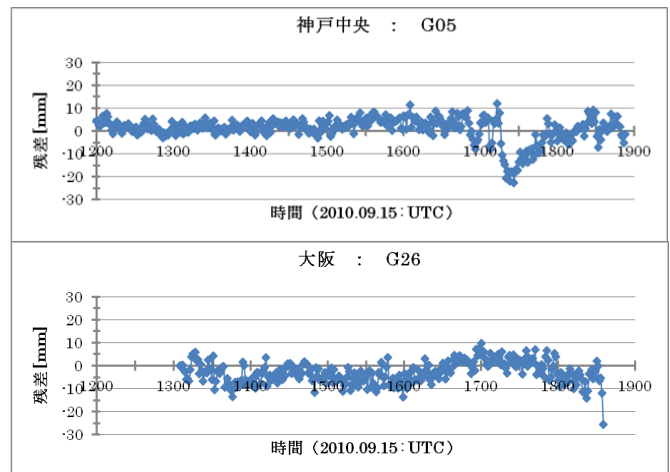
は誤差範囲を超える変動であり、北東から順番に可降水量が高くなっていったことを表しており、水蒸気を多く含む湿った大気が淀川沿いに北東から南西へ南下していることが分かった。おそらくこの水蒸気の流れが、突発的かつ局所的な集中豪雨を引き起こした原因の一つであったと考えられる。

4. 視線方向の残差を利用した解析

研究では新たに、残差を利用した解析を試みる。GPS 大気遅延量の残差 (Residual) とは、観測される視線方向大気遅延量から理論的に算出された天頂大気遅延量を引いた差であり、様々な要因が原因で混じるノイズとその方向の持つ水蒸気情報が混合した値と言える。そこで、ある GPS 受信機に対して、衛星からの観測における残差の変動を調べた時、残差の変動が統計的に有意に大きくなればその時の電波の経路上の大気はノイズレベル以上に水蒸気が増えたことになる。有意な変動と衛星からの電波の方位角を照合することにより、受信機から衛星の方位角方向の大気中の水蒸気量が増えたと言える。

この解析では、2010年9月15日12:00~24:00 (UTC) のデータを用いて、大阪湾周辺における3つの受信点での残差の変動を見た。この時の実際の気象状況は、日本時間で16日4時(15日19:00UTC)に強い雨が降り、その前の時間帯で弱い雨が降っていた。各地点の残差の変動を見ると、19:00 (UTC) に近づくにつれ、変動幅が大きくなるものがあり、特に神戸中央や大阪地点では有意に変化した(図3)。これは大気中の水蒸気量が有意に多くなっているためだと考えられる。また、大阪のグラフ等では雨の降っていない時間帯でも、変動幅が10mm以上の大きな変動があり、その時の気象状況がたとえ晴れていたとしても、大気中の水蒸気の濃さが変動する時に残差の変動も大きくなるのだろうと考えられる。これにより、残差を解析することによって今現在の時間帯から天気が崩れるかどうか判別でき、気象予測に役立ちそうである。

また、19:00 (UTC) に強い雨が降り、その前の時間帯では弱い雨が降り始めていたので、15:00 (UTC) を基準として、これより前の時間帯を「晴



れの時間帯」、後の時間帯を「雨の時間帯」と分けてみると、晴れの時間帯は残差の変動が少なく、雨の時間帯のそれの方が大きくなる傾向にあると予想できる。多くの場合では予想通り、晴れの時間帯での残差の変動の標準偏差より、雨の時間帯でのそれの方が大きくなっていった。さらに、この時の各衛星の方向と合わせて考えると、大阪湾上で水蒸気量が多くなっていたことが分かった。

今回の解析では GPS 大気遅延量の残差と方位角を照合することで水蒸気の増加の量的・空間的範囲がある程度推測できた。しかし、残差を大きなものは全て水蒸気によって発生するものであると仮定しており、水蒸気以外にも様々な要因が考えられる。地点毎の定常的な変化や晴天時・雨天時のそれぞれの残差の変動の違いを見つける必要がある。残差については今後も課題として詳しく調べていく。

参考文献

- 1) 辻宏道: GPS の原理, 気象研究ノート「GPS 気象学」(内藤勲夫編), No.192, pp.1-13, 1988.
- 2) 大谷竜, 内藤勲夫: GPS 可降水量の物理と評価, 気象研究ノート「GPS 気象学」(内藤勲夫編), No.192, pp.15-33, 1998.
- 3) Elgerd, G., J. L. Davis, T. A. Herring and I. I. Shapiro, Geodesy by radio interferometry: Water vapor radiometry for estimation of the wet delay, J.Geophys.Res., Vol.96, pp.6541-6555, 1991.