

京都大学大学院 学生員 ○扇田尚紀
 京都大学防災研究所 正員 大石哲
 京都大学防災研究所 フェロー 池淵周一
 京都大学防災研究所 正員 中北英一

1 はじめに

近年、GPS観測網の充実に伴い測地誤差の主要因である水蒸気の動態を観測・解明しようとするGPS気象学が発達してきている。そこで、本研究では、ゾンデ観測とGPS大気遅延量の関係について、境界層部分の鉛直風速とフラックスデータを用いて定式化を試み、境界層部分の影響を除去した水蒸気変動をとらえる。その知見を用いて、GPSを用いた降雨予測の可能性について考察する。

2 GPSとゾンデの比較の指標

GPSのデータから得られる情報は観測地点の位置情報と大気遅延量である。そこで本研究では、大気遅延量から可降水量を求め、ラジオゾンデとの比較を行う。ここで、可降水量とは単位面積あたりの鉛直気柱に含まれる水蒸気量を水量に換算した量である。

2.1 GPS可降水量

GPSからの可降水量の計算は次の3段階に分けて行う。まず、GPSからの天頂大気遅延量(ZTD)を求める。本研究では、天頂大気遅延量を解析ソフトGAMITを用いて導出している。次に、天頂大気遅延量(ZTD)から天頂静水圧遅延量(ZHD)を差し引いて天頂湿潤遅延量(ZWD)を求める。すなわち、

$$ZTD = ZHD + ZWD \quad (1)$$

である。観測点の楕円体高及び気圧データから天頂静水圧遅延量を計算し、これを天頂大気遅延量から差し引き天頂湿潤遅延量を求める。最後に、天頂湿潤遅延量(ZWD)に係数をかけて可降水量(PWV)を求める。大気の重み付き平均気温を地上気温から推定して、天頂湿潤遅延量から可降水量に変換する係数を計算して可降水量を計算する。

2.2 ゾンデ可降水量

気温と湿度のプロファイルは湿潤断熱過程を仮定することにより得られているため、比湿のプロファ

イルも得られている。したがって、可降水量PWVは式(2)を用いて得られる。

$$PWV = -\frac{1}{g} \int_{p_0}^0 q dp \quad (2)$$

ここで、g:重力加速度、 p_0 :地表面における気圧、q:比湿(比湿は近似的に混合比と等しいと考えてよい)である。

2.3 境界層部分の鉛直風速とフラックス

ドップラーソーダーの鉛直風速は50秒毎に得られる。そこで、本研究では境界層の鉛直風速を次の3つの方法を用いて加工している。1つは50秒毎に存在する鉛直風速の30分平均を取る方法。2つ目は鉛直風速の30分間の分散を取る方法。この鉛直風速の30分間の分散は境界層の乱れを表している。3つ目は鉛直風速のフーリエ係数を取る方法である。フーリエ係数は境界層を支配している鉛直風速の周期を表している。また、顕熱・潜熱フラックスは、ボーエン比熱収支法により導出できる。

3 '98琵琶湖プロジェクトの観測概要

本研究では、'98琵琶湖プロジェクトの観測データを用いている。'98琵琶湖プロジェクトは、7月26日～30日に琵琶湖域北東部で行なわれた。滋賀県びわ湖スポーツの森においては、ラジオゾンデによる気温・湿度・気圧の鉛直プロファイルを3時間毎、セオドライドによる風向・風速観測を1時間毎に観測した。滋賀県木ノ本町伊香高校千田農場跡ではラジオゾンデによる気温・湿度・気圧の鉛直プロファイルを3時間毎、セオドライドによる風向・風速観測を1時間毎に観測し、GPSによる大気遅延量観測を30秒の時間間隔で行った。また、ドップラーソーダーによる3次元風速の鉛直プロファイルと地上での気温・湿度・気圧、風向・風速を約1分の時間間隔で観測した。滋賀県高月町水田ではフラックス観測装置による顕熱・潜熱等のフラックス観測を行った。

4 観測結果と考察

琵琶湖は東西約40kmの盆地であるため、比較的風の弱い晴天日には熱的局地循環が発達すると考えられる。実際、図1から28日に熱的局地循環が発達しておらず29日は発達していることが分かる。また、同じことはフラックスの変動からもいえた。

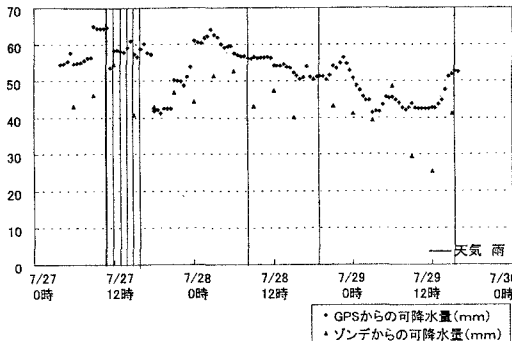
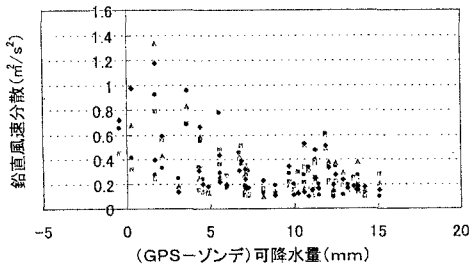


図1:GPSとゾンデの可降水量の時系列グラフ

次に、可降水量と鉛直風速の分散の関係について考察する。28日と29日の鉛直風速の分散とGPSとゾンデの可降水量の差は図2になる。GPSとゾンデの可降水量の差はGPS可降水量の精度を表している。

7月28日



7月29日

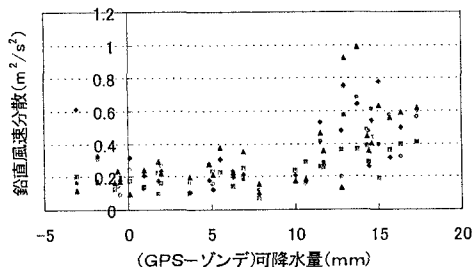


図2:鉛直風速の分散とGPSとゾンデの可降水量の差

すなわち、28日(熱的局地循環が発達していない日)は境界層が乱れていると可降水量が精度よく算出される。逆に29日(熱的局地循環が発達していると日)は境界層が乱れていない時に可降水量が精度よく算出される。

GPSとゾンデの可降水量の差を鉛直風速あるいはフラックス等のパラメータを用いて定式化を行うならば、2種の式に場合分けをしなければならない。すなわち、熱的局地循環が発達している日とそうでない日である。この根拠となるのが、上記の熱的局地循環が発達している日とそうでない日の、GPSとゾンデの可降水量の変動成分の変動傾向である。今回収集したデータは2日間だけのデータであり、どのパラメータを用いてもGPSとゾンデの可降水量の差を定量的に表現するにはばらつきが大きい。したがって、本研究ではさらに多くのデータを解析することにより定式化の可能性は十分にある。

また、図1から、GPSの可降水量の変動傾向から2時間から7時間の精度で降雨時期の予測をすることは可能である。この降雨期間中にはそれぞれ1mm~2mm程度の降雨があった。今回の観測は停滞した梅雨前線によって、空中の水蒸気量が多い状態におけるきわめて弱い降雨という、予測には困難な状況であったが、可降水量の増加と降雨の生起の間に関係があることが分かった。

5 結論

熱的局地循環の生起下における降雨の予測にあたっては、定量的な可降水量の値はラジオゾンデから得られる可降水量と比較して、差が大きくなることが予想されるが、その場合にも可降水量の増加傾向はラジオゾンデと比較して遜色ない。また、最低でも2時間程度の時間間隔を持たざるを得ないラジオゾンデと違って物理的には連続観測を行っているGPSでは、変動傾向をラジオゾンデよりも早く得ることが可能である。したがって、GPS可降水量をリアルタイムに近い速度で得ることが可能になれば、降雨時期の予測にきわめて有意義となるといえよう。すなわち、局地の短時間降雨予測にあたってはGPSの変動傾向に注目することが重要であるといえる。

参考文献

- 1) 日本気象学会(1998): 気象研究ノート第192号
GPS気象学
- 2) Kimura and Kuwagata(1995): Horizontal Heat Fluxes over Complex Terrain Computed Using a Simple Mixed-Layer Model and a Numerical Model, JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY