

タイ国における GPS 大気遅延量に基づく可降水量推定精度に関する基礎的研究

気象研究所 仲江川 敏之
鹿島建設 (株) 小林 広道
東京大学 地震研究所 加藤 照之
京都大学大学院 理学研究科 瀧口 博士
東京大学 生産技術研究所 沖 大幹 虫明 功臣

1. はじめに

GPS は元来測量、測地目的に計画されたが、現在ではそれに留まらず、地球物理学分野の様々な用途に用いられている。とりわけ、GPS データから大気中の水蒸気量を推定することは日本国内では研究レベルではほぼ成功し、リアルタイムでの可降水量推定と大気 4 次元同化システムへの取り込みが行われようとしている。このような研究は中緯度地帯では行われているが、熱帯での観測並びに可降水量推定は行われていない。そこで、本研究ではタイ国で GPS 観測を実施し、GPS による熱帯域可降水量推定の精度について検討を行い、最後にその結果を用いて、可降水量のモンスーンオンセット期と最盛期の比較を行う。

2. GPS 観測と可降水量推定法

GPS 観測 全球スケールでの熱水循環システムを解明するための Global Energy and Water cycle EXperiments (GEWEX) の傘下に位置し、アジアモンスーンのシステムを解明するために行われている観測実験、GEWEX Asian Monsoon Experiment (GAME) in Tropics (GAME-T) の一部として可降水量推定のための GPS 観測をタイ国内 6 地点 (ブーケット:PHKT, バンコク:BNKK, ウボンラチャタニ:UBRT, シサムロン:SISM, ノンカイ:NOKH, チェンマイ:CHMI) で 1998 年 4 月から開始し、定常観測を 2000 年 3 月まで継続する計画である。地点選定に当たっては、ゾンデデータによる可降水量と GPS データによる可降水量を比較するために、GAME-T プロジェクトによるゾンデ強化観測地点と同一地点を選んだ。GPS 観測システムは、GPS 受信器 (Trimble 4000ssi) とアンテナ、データアーカイブ用 PC からなり、30 秒間隔でデータを受信機で記録し、一日一回自動データダウンロードプログラムで、PC にデータをアーカイブする。

可降水量の推定 位置同定にとってノイズである対流圏の気圧変化と水蒸気変動は、各々、乾燥大気遅延量と湿潤大気遅延量と呼ばれ、両者の和が位置同定の際に推定される全大気 (対流圏) 遅延量となる。前者は地上気圧から計算できるので、全大気遅延量から乾燥大気遅延量を引くことで、湿潤大気遅延量が求まる。そして、地上気温から経験的に関係付けられた加重平均気温 (大気の水蒸気分布で重み付けされた気温) で湿潤大気遅延量を割れば求まる。

対流圏遅延量の算定に当たっては、精密単独測位法を用いている NASA/JPL が開発した GIPSY で、気圧と地上気温については、GAME-T ゾンデ観測班が観測したものとタイ気象局から提供されたものを用いた。

3. 解析結果と比較

ゾンデによる湿湿度プロファイルから計算した可降水量と GPS から推定された可降水量を比較したものが、図 1 である。全体的には 45° の直線上に載っているが、自乗誤差平均が 9.1mm と日本での 4mm 程度という結果に比べ二倍以上の誤差で、相対誤差も 20% 程度にまで達しており、両者は一致していない。

そこで、地上観測値とゾンデ最下層値との差が湿度で 5% あるいは温度で 5°C 以上の場合は比較対象外とする簡単な品質管理を導入して、再度ゾンデ可降水量と GPS 可降水量を比較したところ、自乗平均誤差は 5.8mm と小さくなった (図 2)。この品質管理後で、顕著なのはゾンデが低く可降水量を見積もっていた部分が殆んど無くなっている点である。これは時系列で見ると 13 時 (LST:06Z) に可降水量の急減に相当することが多かったが、この原因については、現在更なる検討を行っているところである (図 4)。

4. Chiang Mai における可降水量の変動特性

GPS 可降水量とゾンデ可降水量の、チェンマイにおける時系列変化を示したのが、図 3 と図 4 である。図 3 はモンスーンオンセット期 (5 月 13 日 ~ 6 月 13 日)、図 4 はモンスーン最盛期 (8 月 15 日 ~ 9 月 15 日) の時系列を示したものである。ゾンデ可降水量については、品質管理前の時系列を示してある。

まず、両可降水量を比較すると、ゾンデ可降水量のほうが変動が大きく、それは最盛期の方に特に顕著である。また、オンセット期は GPS 可降水量の方が低いというバイアスが見られるが、逆に最盛期では GPS 可降水量の方が高いとい

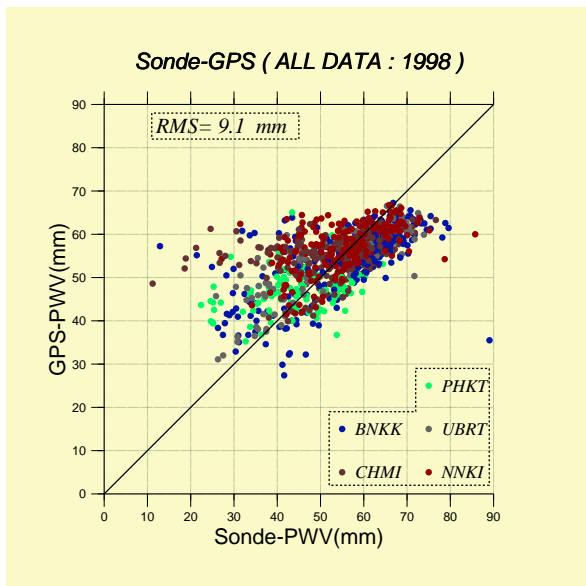


図 1 GPS 可降水量とゾンデ可降水量の比較. 品質管理前.

うバイアスが見られる。

5月16～19日にかけて、20mm程度の可降水量増加が見られるが、これはゾンデの風向からもモンスーンオンセットがこの時期であることが示唆されるので、1998年のチェンマイにおけるモンスーンオンセットは5月16～19日と言える。しかし、オンセット後高い可降水量が維持される訳ではなく、50～60mm程度の範囲で変動するだけである。

モンスーンのオンセット期と最盛期を比較しても可降水量には大きな違いは見られなく、南西モンスーン期間中、50～60mm程度を維持している。考えられる一つの理由は、降水量の少ないオンセット期(5月:160mm)は可降水量の雲水への凝結が少ないが、最盛期(9月:230mm)には凝結が多いため可降水量の値に大きな差がないと考えられる。

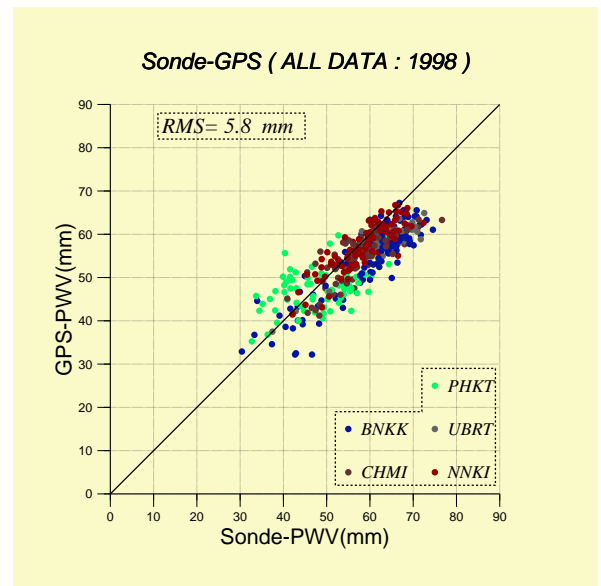


図 2 GPS 可降水量とゾンデ可降水量の比較. 品質管理後.

図 3 Precipitable Water Vapor (ChiangMai : 1998 5/13-6/13)

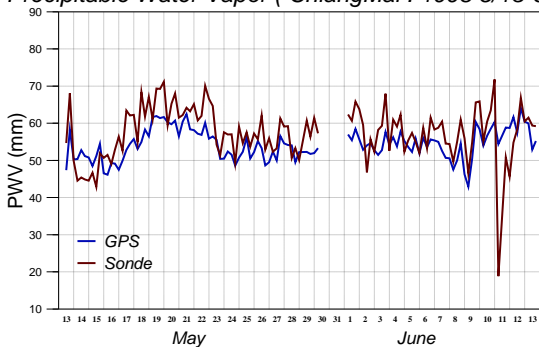


図 3 1998年4月15日～5月13日 Chiang Mai 可降水量.

図 4 Precipitable Water Vapor (ChiangMai : 1998 8/15-9/15)

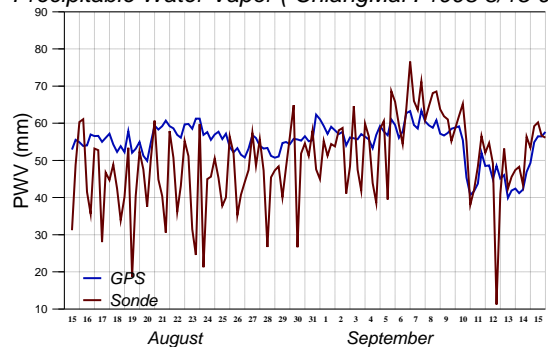


図 4 1998年8月15日～9月15日 Chiang Mai 可降水量.

5. まとめ

本研究では GPS 観測データを用いた可降水量算定を、タイ国で観測されたデータで実施した。これは、世界的に見ても、熱帯地方で行った最初の解析と位置付けられる。その結果、品質管理を行ったゾンデ可降水量と GPS 可降水量は自乗誤差平均が 6mm 以下で一致し、相対誤差で見れば、ほぼ日本での誤差と同程度で、十分に熱帯地域でも、GPS データによる可降水量算定が可能であることが示された。また、GPS 可降水量をモンスーンのオンセット期と最盛期と比較したところ、可降水量にはあまり変化が無いことが観測により示された。

参考文献

中村一(編). GPS 気象学. 気象研究ノート, No. 192. 日本気象学会, 1998.

小林広道. Gps 大気遅延情報に基づく可降水量の推定と熱帯域への応用. Master's thesis, 東京大学大学院, 1993.

熱帯地域での GPS 大気遅延量に基づく可降水量推定精度の検討

Evaluation of the precipitable water vapor retrieved from GPS data
in Tropics

GPS データから可降水量を推定する手法は、1日2回しかないルーチンの高層気象観測に比べて、極めて時間分解能の高い観測が可能である。中緯度帯では GPS を用いて可降水量算定の精度について議論されてきているが、対流圏の厚い熱帯地域では未だ行われていない。そこで、本研究では熱帯地域での可降水量推定の可能性を検討するために、タイ国で実施した GPS 観測と高層気象観測から得られる可降水量を比較した。その結果、ゾンデ観測値の品質管理後では、GPS 可降水量とゾンデ可降水量の自乗誤差平均は 5.8mm 程度となり、熱帯域での可降水量推定が十分に行えることが示された。

This research investigates a possibility of a retrieval of the precipitable water vapor in a zenith atmospheric column using GPS data especially in Tropics. This methodology is verified in the middle latitude but one cannot find any reasearch for Tropics. GPS observations were conducted in Thailand under the GAME-T project and enhanced upper layer observation using sonde were done simultaneously. After quality checking, we compare the GPS precipitable water vapor with the sonde precipitable water vapor and tolerable agreement is found between them.