

CS-17

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 -タイ国-

鹿島建設(株)

正会員 小林 広道*

東京大学 生産技術研究所

正会員 仲江川 敏之† 沖 大幹 虫明 功臣

東京大学 地震研究所

非会員 加藤 照之‡ 瀧口 博士

1. はじめに

土木工学分野における GPS 利用の主目的は測量であるが、GPS 観測データは非常に多くの分野に多大なインパクトを与えており、大陸の変位測定や電離層活動測定等にも用いられている。特に、気象学の分野では可降水量（単位気柱に含まれる水蒸気が全部凝結したと仮定したときの水の量）を GPS データから推定する手法が急速に広まりつつあり、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。豪雨前には急激な可降水量の増大が見られるとの報告もあり、GPS 可降水量による豪雨の短時間予測などにも期待されている。アメリカや日本など、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する。

2. GPS 観測と可降水量推定の原理

GPS 観測 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) の集中観測年である 1998 年度にタイ国内で実施した（図 1）。観測地点は 6 地点（プーケット: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、これらの地点では、ゾンデによる高層気象観測が GAME-T プロジェクト下で 6 回/日あるいは 4 回/日で強化観測が実施された（表 1）。GPS 可降水量とゾンデ可降水量の比較はその期間のデータを用いて行った。

GAME-T Sonde&GPS Stations

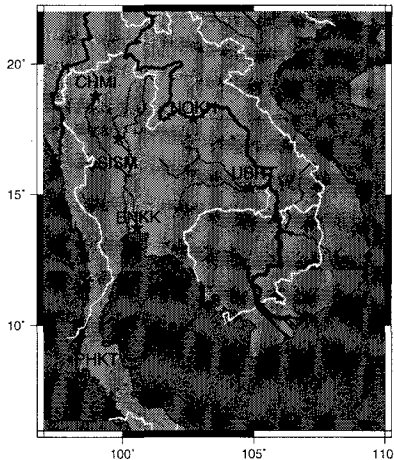


図 1 タイ国内 GPS 設置地点.

Sonde-GPS (ALL DATA : 1998)

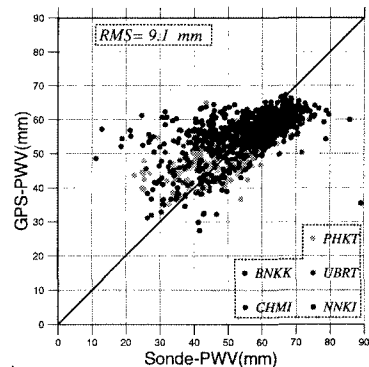


図 2 GPS 可降水量とゾンデ可降水量の比較.

可降水量の推定 衛星から送信されたマイクロ波は、地表面付近で電離層や対流圏を通過するが、この時にマイクロ波の伝搬速度や経路が変化するため、GPS による位置同定に誤差をもたらす。この誤差を大気遅延量と呼ぶ。電離層による遅延量は周波数依存性により二周波を使えばほぼ消去できると考えられるが、対流圏の遅延量は残ったままである。対流圏の遅延量は乾燥大気遅延量と湿潤大気遅延量とに分けることができ、後者は対流圏遅延量から、地上気圧により求まる

* 〒 106-8558 港区赤坂 6-5-10 TEL 03-5561-2111 FAX 03-5561-2154

† 〒 106-8558 港区六本木 4-22-1 TEL 03-3402-6231 FAX 03-3402-2597

‡ 〒 13-0032 文京区弥生 1-1 TEL 03-5802-8644 FAX 03-5689-7234

キーワード：GPS、可降水量、ゾンデ、品質管理、大気遅延量

乾燥大気遅延量を引いた残差として定義される。この湿潤大気遅延量と地上気温から可降水量が算定される。

解析に当っては精密単独測位法を用いている NASA/JPL が開発した GIPSY を使用した。これにより、GPS 観測地点の座標位置の他に、対流圏遅延量が同時に求まり、それと地上観測気圧と気温から可降水量が求まる。GPS 可降水量の精度を評価するために、高層気象観測ゾンデ生データから可降水量を算定した。この時、ゾンデが対流圏を通過する時間を考えて、GPS 可降水量については正時前からの 30 分間平均値で比較する。

3. 解析結果と比較

GPS 可降水量とゾンデ可降水量を比較したものが、図 2 である。全体的には 45° の直線上に載っているが、大きく直線から離れた点も見られる。全体の自乗誤差平均についても 9.1mm と日本での 4mm 程度に比べ非常に大きく、可降水量の 20% 程度にまで達しており、GPS 可降水量の推定精度は悪い。この理由を明らかにするために、ゾンデデータの温湿度プロファイルを調べると、不合理なものが多数見つかった。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° 以上のもの、雲の中を通過したもの、明らかな異常プロファイルのどれか一つにでも当てはまる場合、その観測データを GPS 可降水量と比較する場合に取り除く品質管理を行った。すると、全観測データ 987 のうち、半数以上のデータがチェック項目に当てはまり、最終的に比較されるデータは 448 となった (表 1)。

この品質管理後のゾンデ可降水量と GPS 可降水量を比較したのが、図 3 である。この品質管理の結果、ゾンデが低く可降水量を見積もっていた部分は殆んど無くなっているのが顕著である。全体の自乗誤差平均は 9.1mm から 5.8mm までに低減しており、品質管理前に比べ非常に良く改善されている。しかし、日本で行われた解析結果に比べて、まだ 1~2mm 程度自乗誤差平均が大きく、幾つかの改善の余地が考えられる。また、可降水量が 60mm 以上のところで GPS 可降水量が頭打ちになるという日本の観測でも見られる現象 θ が、図 3 でも見られることから、可降水量が大きい場合の GPS 可降水量推定アルゴリズムの改良も必要である。

表 1 1998 年 GAME-T ゾンデ観測データの品質管理.

観測地点	データ数			
	期間	総数	不適	使用可能
Bangkok	4/15-6/15	184	98	86
	8/15-9/12	72	28	44
Chiangmai	5/13-6/13	117	77	40
	8/15-9/15	126	81	45
Nongkhai	5/16-6/15	110	57	53
	8/15-9/15	127	74	53
Phuket	4/15-5/13	101	34	67
Ubon Ratchthani	4/15-6/12	150	100	50
GRAND TOTAL		987	539	448

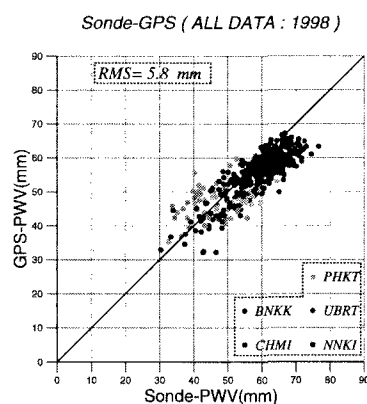


図 3 GPS 可降水量と品質管理後のゾンデ可降水量の比較.

4. 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、世界中で行われていない熱帯地域で行った。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 以下で一致することが分かった。しかし、中緯度帯での結果では 4mm 程度以下の誤差に収まっており、今回検討を行わなかった GPS データの品質管理と GPS 可降水量推定アルゴリズムに 2mm の誤差の違いの原因があるものと考えられる。従って、今後 GPS データ解析に関する検討を行う必要があろう。

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.