

気象衛星ひまわりデータを用いた 可降水量推定に関する研究

奥村 竣¹⁾・白水 元²⁾・武田 嵩生³⁾・朝位 孝二⁴⁾
^{1),3)}山口大学工学部社会建設工学科, ²⁾東海大学建築都市学部
⁴⁾山口大学大学院創成科学研究科

1. 本研究の背景と目的

近年, 集中豪雨や台風によって, 計画規模を超える洪水が頻発し, 全国各地で氾濫による被害を受けている. 特に, 強い雨や長時間にわたる雨をもたらす局地的集中豪雨や線状降水帯が発生した場合, 河川や排水路の急激な水位の上昇により河川の氾濫や排水機能の停止, 水の逆流などの人命の安全を脅かす水害に発展する. そのため, 強い雨や長時間にわたる雨の発生を高い精度で予測することは, 水害から人命を守る上で重要である. 特に水蒸気は豪雨と密接な関係があり, 水蒸気の挙動を把握することは重要である. 神田ら¹⁾は局地的集中豪雨が発生する2〜3時間前に可降水量が急増することを指摘した. 可降水量の観測にはラジオゾンデやGNSSなどがある. ラジオゾンデ観測は精度が高いものの, 1日2回(JST09時・21時)と回数が限られ, また観測場所も限定されている. GNSSは全国1,300地点に及んでいるが観測は陸域のみに限定される. これらのことから既存の可降水量の観測および推定手法では, 広域・高頻度・高分解能の3点を満たす水蒸気観測及び推定手段は確立されていない. そこで, 本研究では, 広大な観測域と高頻度の観測回数を有する気象衛星ひまわり8号及び9号の観測した放射輝度を変換した輝度温度を用いて可降水量を推定することを目的とする.

2. 本研究の手法

2.1 本研究の手順

本研究の手順を図1に示す. 大きく分けた場合, ①検証条件の作成, ②検証モデルの構築, ③評価の3つの手順となる. ①検証条件の作成では, DIAS, 国土地理院, 気象庁から使用するデータを取得し, 輝度温度とGNSS可降水量のデータセットを作成した. これらの取得したデータの期間は2018〜2024年, 6月1日〜9月30日であり, 使用時刻は, JST(日本標準時)で0900〜1700時の1時間ごととした. 取得したデータの詳細は図1に, 電子基準点の位置は, 図2に赤丸で示す. ②検証モデルの構築ではMATLSB内に実装されているニューラルネットワークパターン認証アプリの内, ニューラルネットワークフィッティングを用いた.

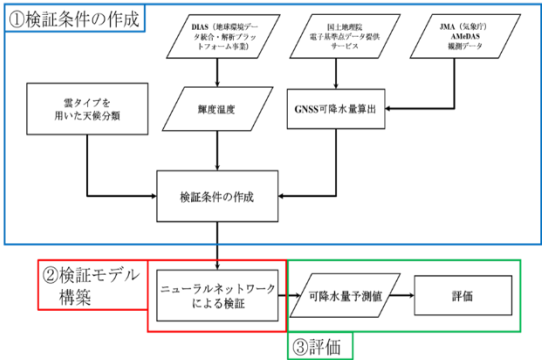


図1 本研究の手順

表1 使用データの仕様

電子基準点	FUKUOKA, KAGOSHIMA1A, KAGOSHIMA3, KUMAMOTO		
使用データ提供先	気象庁	国土地理院	DIAS
データ期間	2018〜2024年, 6月1日〜9月30日		
使用時刻	0900〜1700(JST), 1時間ごと		
使用要素	現地気圧(hPa) 気温(℃)	天頂遅延量 推定値(m)	輝度温度(K) band04〜16

2.2 気象衛星ひまわりの輝度温度取得位置

本研究では、DIAS から取得した気象衛星ひまわりの輝度温度データは、0.02 度間隔の格子点ごとに NetCDF ファイルへ格納されており、表 2 に示すように電子基準点と格子点の緯度経度を決め、格子点の緯度経度位置の輝度温度データを使用した。

表 2 輝度温度の取得位置と電子基準点位置

電子基準点名	電子基準点位置	格子点位置	電子基準点位置	格子点位置
	緯度	緯度	経度	経度
FUKUOKA	33.68	33.58	130.3	130.4
KAGOSHIMA1A	31.52	31.52	130.64	130.52
KAGOSHIMA3	31.51	31.52	130.51	130.52
KUMAMOTO	32.84	32.82	130.77	130.7

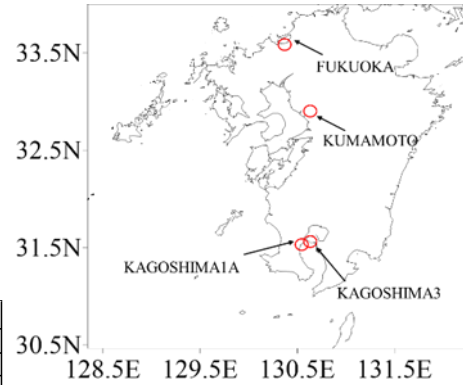


図 2 電子基準点の位置

2.3 天候の分類

本研究では、すべての天候において可降水量を推定するためにデータ期間の内、晴天時と晴天時以外の天候を分類し、それぞれの天候において可降水量の推定を行う。上層雲があると、雲頂高度が高く、輝度温度が低く観測され、また、雲が薄い場合、雲頂高度が高いが、雲が薄く、電磁波が雲を透過し、輝度温度が高く観測される。このことから、図 3 に示すような ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) に基づいた雲のタイプ分類を用いて、晴天時と晴天時以外の天候を分類した。これにより、本研究で使用する各地点のデータの総数が表 3 のようになった。

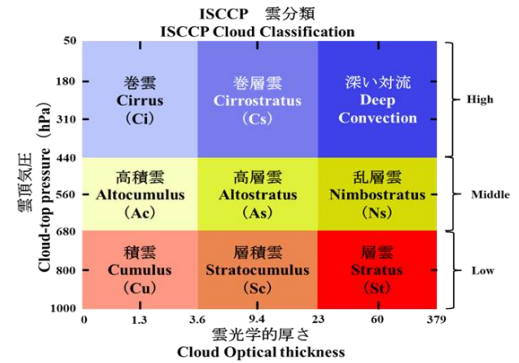


図 3 雲光学的厚さと雲タイプ²⁾

表 3 晴天時と晴天時以外のデータ数

電子基準点名	JST0900, 1700			JST0900~1700		
	晴天	晴天以外	全天候	晴天	晴天以外	全天候
FUKUOKA	319	1368	1687	1560	6126	7686
KAGOSHIMA1A	477	1216	1693	2014	5682	7686
KAGOSHIMA3	477	1216	1693	2014	5682	7686
KUMAMOTO	393	1295	1688	1769	5918	7687

2.4 検証条件

次に、検証を行う条件を決める。本研究では、説明変数を輝度温度、目的変数を可降水量とし、各バンドの想定される用途例など、種々の検討の結果、Case1~18 の合計 18 個の Case 別に検証を行った。また、この Case は、JST0900, 1700 の 2 つの時刻の検証条件とし、JST0900~1700 の全時刻では、赤枠で囲った Case4 と Case18 を検証条件とした。この検証条件を一覧としたものを表 4 に示す。

表 4 検証条件一覧

Case番号	検証条件
Case1	band08
Case2	band09
Case3	band10
Case4	band08~10, 計3バンド
Case5	band13
Case6	band16
Case7	band08~10, band16, 計4バンド
Case8	band08~10, band13, band16, 計5バンド
Case9	band14
Case10	band15
Case11	band08~10, band13とband15の温度差, 計4バンド
Case12	band08~10, band14とband15の温度差, 計4バンド
Case13	band08~10, band13, band15, 計5バンド
Case14	band07~10, band13とband15の温度差, 計5バンド
Case15	band07~10, band13とband14の温度差, 計5バンド
Case16	band08~10, band13~16, 計7バンド
Case17	band07~16, 計10バンド
Case18	band04~16, 計13バンド

3. 検証結果

表 4 で示した検証条件の Case ごとに本研究では、MATLAB でニューラルネットワークを実行し、検証結果を得た。抜粋して、Case4 と Case18 の予測した地点の内、最も精度が高く予測できた学習、全天候、晴天、晴天以外の 4 つの散布図にまとめ、図 4～図 7 に示した。横軸を可降水量予測値、縦軸は GNSS 可降水量の計算値とした。加えて、RMSE、決定係数、相関係数の 3 つの誤差指標を表 6～表 9 に示した。本検証では、学習モデルの学習データの期間は 2018 年～2023 年、6 月 1 日～9 月 30 日、JST0900、1700 及び 2018 年～2023 年、6 月 1 日～9 月 30 日、JST0900～1700 とした。これには、電子基準点 FUKUOKA、KUMAMOTO、KAGOSHIMA1A、KAGOSHIMA3 における晴天時、曇天・降雨時のすべての天候のデータを用いた。検証データの期間は、2024 年 6 月 1 日～9 月 30 日、JST0900、1700 及び 2024 年 6 月 1 日～9 月 30 日、JST0900～1700 とした。地点別の検証データ数を表 5 に示す。

表 8 より、RMSE は、全天候で 10.9 (mm)、晴天時で 7.39 (mm)、晴天時以外で 11.9 (mm) となった。決定係数は、全天候で 0.348、晴天時で 0.611、晴天時以外で、0.243 となった。相関係数は、全天候で 0.619、晴天時で 0.797、晴天時以外で 0.537 となった。RMSE、決定係数の値からモデルの予測精度に関して一定の精度があるとわかった。また、相関係数の値も全天候、晴天時、晴天時以外のいずれの天候においても 0.5 以上であり、実測値の変動傾向を一定程度予測することができた。

表 5 地点別の検証データ

電子基準点名	JST0900, 1700			JST0900～1700		
	晴天	晴天以外	全天候	晴天	晴天以外	全天候
FUKUOKA	65	179	244	301	797	1098
KAGOSHIMA1A	88	156	244	398	700	1098
KAGOSHIMA3	88	156	244	398	700	1098
KUMAMOTO	85	159	244	414	684	1098

表 6 Case4 (JST0900, 1700) の検証結果 (FUKUOKA)

Case4 FUKUOKA	学習	全天候	晴天	晴天以外
RMSE	10.8	12.0	9.76	12.8
決定係数	0.233	0.205	0.320	0.133
相関係数	0.483	0.462	0.584	0.376

表 7 Case4 (JST0900～1700) の検証結果 (FUKUOKA)

Case4 FUKUOKA	学習	全天候	晴天	晴天以外
RMSE	10.8	12.2	10.0	12.9
決定係数	0.215	0.209	0.325	0.118
相関係数	0.464	0.461	0.581	0.348

表 8 Case18 (JST0900, 1700) の検証結果 (FUKUOKA)

Case18 FUKUOKA	学習	全天候	晴天	晴天以外
RMSE	8.95	10.9	7.39	11.9
決定係数	0.472	0.348	0.611	0.243
相関係数	0.687	0.619	0.797	0.537

表 9 Case18 (JST0900～1700) の検証結果 (FUKUOKA)

Case18 FUKUOKA	学習	全天候	晴天	晴天以外
RMSE	9.02	10.8	9.24	11.4
決定係数	0.454	0.373	0.425	0.313
相関係数	0.674	0.625	0.660	0.598

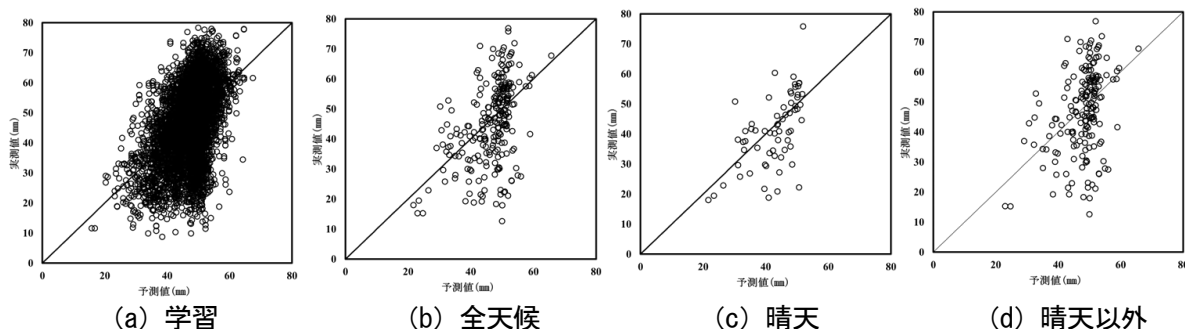


図 4 Case4 (JST0900, 1700) の検証結果 (FUKUOKA)

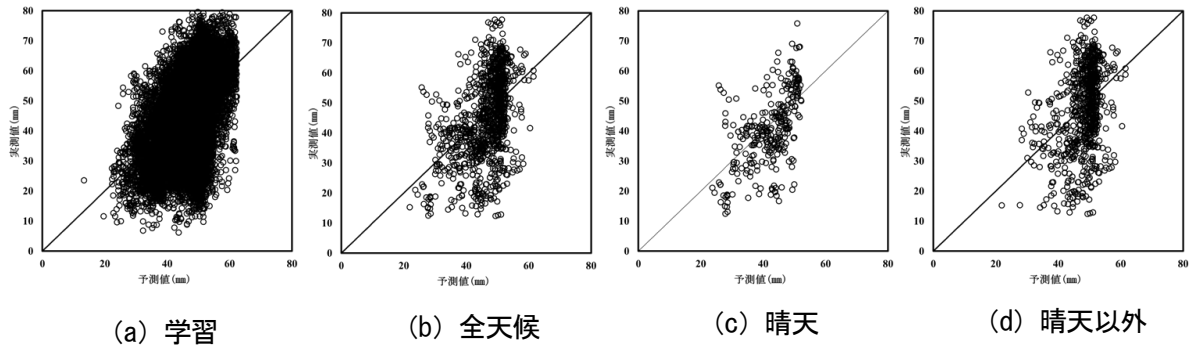


図5 Case4 (JST0900~1700) の検証結果 (FUKUOKA)

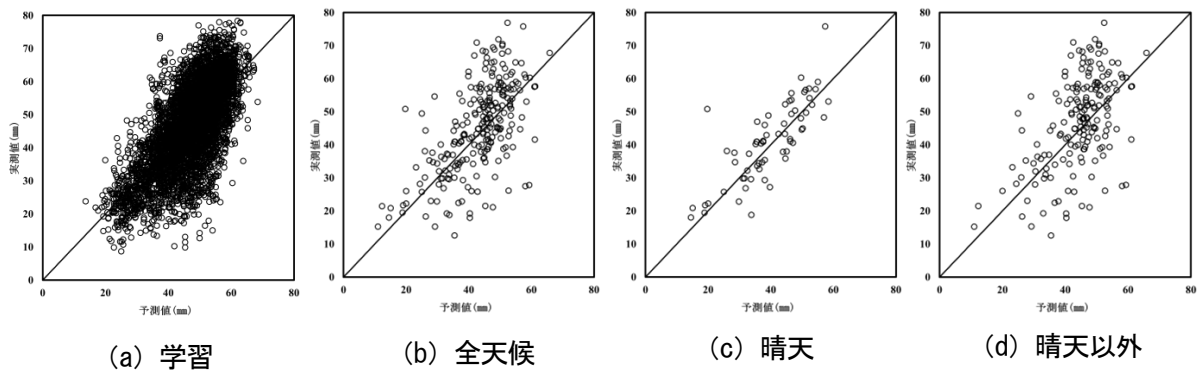


図6 Case16 (JST0900, 1700) の検証結果 (FUKUOKA)

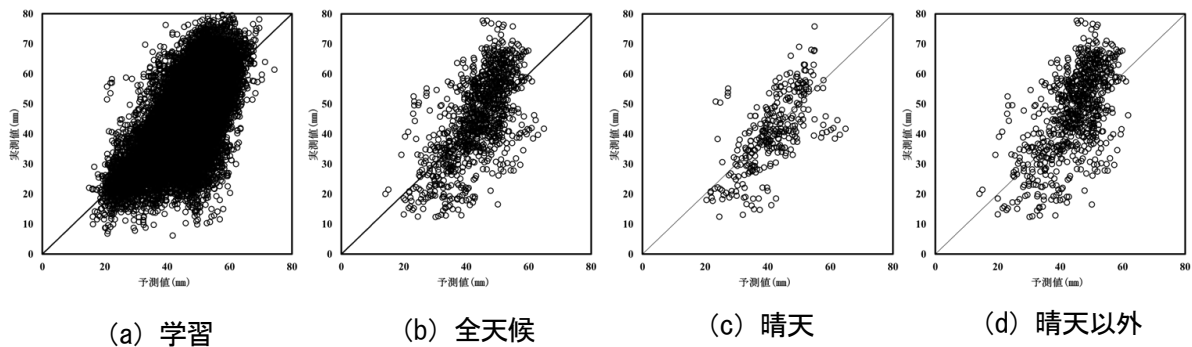


図7 Case16 (JST0900~1700) の検証結果 (FUKUOKA)

4. 結論

本研究では、気象衛星ひまわりの赤外バンドの輝度温度から可降水量を推定させるニューラルネットワークの構築を試みた。その結果、赤外バンドを用いることで可降水量の推定の可能性を示すことができた。しかし、本研究の目的であった広域、高頻度、高分解能を有した可降水量の推定の実現には至らなかった。RMSE の値は、10 (mm) 程度であり、改善の余地があることから、今後はランダムフォレストなどの他の回帰モデルも使用し、推定モデルの改善を行う必要がある。

参考文献

- 1) 神田学, 石田知礼, 鹿島正彦, 大石哲: 首都圏における局地的対流性豪雨と GPS 可降水量の時空間変動—1997 年 8 月 23 日の集中豪雨の事例解析—, 日本気象学会論文集, 第 47 号, pp.7-15, 2000.
- 2) 「JAXA ひまわりモニタ」(宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)

https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index_j.html