

XRAIN 雨量の精度検証と地域特性評価

土居胡春

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近年増加する豪雨災害への対応には、高精度な降雨観測に基づく防災情報の高度化が不可欠である。本研究では四国地方を対象に、XRAIN 雨量と地上雨量を比較し、2021 年から 2023 年の 3 年間について XRAIN 雨量の精度検証を行うとともに、地域特性および降水形態別の精度傾向を解析した。その結果、レーダからの距離が遠く標高差の大きい観測点ほど、絶対誤差および相対誤差が増大する傾向が確認された。積乱雲に伴う対流性降雨時には過大評価と相関係数の低下が顕著であり、一方、乱層雲による層状性降雨時には標高差の大きい地点で負の相関を示す観測点が増加した。これらの要因として、雨粒の移流や蒸発、レーダ下方降水の未検知、山岳遮蔽等の影響が示唆される。

Key Words: レーダ雨量, 地上雨量, 雲タイプ, 降水形態

1. はじめに

国土交通省は、近年局地的に発生する集中豪雨への対策を目的として、降雨観測体制の高度化を進めている。その 1 つとして XRAIN (eXtended RAdar Information Network) がある。XRAIN は、日本各地に設置されたレーダ雨量計による観測データを配信するシステムである。レーダ雨量計は、アンテナから照射された電波が雨粒に反射し、戻ってきた電波の強さから降雨強度を推定する¹⁾。XRAIN は、2010 年の運用開始以降 15 年が経過し、降雨状況の把握や危険度情報の提供、防災活動の支援など、多様な用途で活用されている²⁾。一方でレーダ雨量は、地形条件の影響や強雨時の降雨減衰(電波の吸収・散乱)を受けやすく、精度には地域差が生じると指摘されている。鈴木らの先行研究³⁾では、関東甲信越地方および東北地方を対象に、レーダ雨量の精度検証が行われた。レーダ雨量と地上雨量の 1 時間雨量および 24 時間雨量をそれぞれ比較し、相関係数には地域的な偏りが見られ、山間部で負の相関が認められた。精度が低下する地域は、気象レーダ雨量計からの距離が大きい地点や、両者の間に山地が存在する地点であ

ることが示されている。さらに、気象レーダは上空約 2000m 付近の雨粒を観測しているため、落下過程において風の影響を受け、実際の降雨位置と観測位置がずれる可能性があることが指摘されている⁴⁾。特に対流性の強い降雨時には、この影響が顕著に出現するとされている。

四国地方は中央部に四国山地を有し、山地の占める割合が高い地形的特徴がある。また、台風の通り道となることが多く、激しい積乱雲による降雨や、海洋からの湿った空気が山地に衝突することで地形性降雨が発生しやすい。こうした地形条件や降雨特性の複雑さは XRAIN の観測精度に影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。しかし、四国地方を対象とした体系的な精度検証は十分に行われていない。そこで本研究では、四国地方の地上雨量観測値と XRAIN 雨量観測値を比較し、XRAIN の精度検証を行うとともに、地域特性や降水の種類による精度の違いを明らかにすることを目的とする。

2. 手法

(1) 対象期間と対象地域

対象期間は 2021 年から 2023 年の 3 年間とする。対象地域は、四国地方のアメダス観測点とし、計 45 地点におけるデータを用いて検証を行う。四国地方のレーダ雨量計は、愛媛県の明神山レーダ雨量計と、徳島県の高城山レーダ雨量計の 2 基である。図-1 に、使用した気象庁のアメダス観測点と、レーダ雨量計の位置を示す。

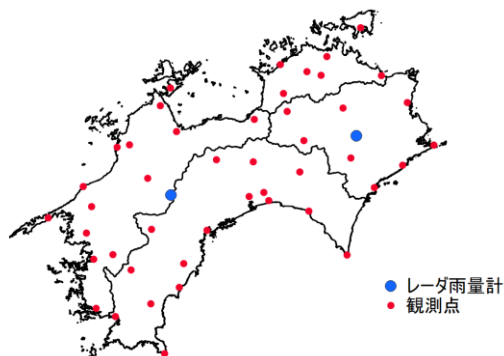


図-1 対象地域

(2) 使用データ

地上雨量データは、気象庁のアメダス観測点における 10 分間隔の観測データの 1 時間積算雨量を使用する⁵⁾。XRAIN 雨量データは、国土交通省が運用する気象レーダで観測された 250m メッシュの 1 時間積算雨量を使用する。また、降水形態の違いが精度に与える影響を検討するために、JAXA ひまわりモニタで提供されている雲タイプ情報を用いる。雲タイプは、気象衛星ひまわりの観測データから作成された空間解像度 5km の 10 分間ごとの雲タイプ分類マップである⁶⁾。本研究では、対流性降雨をもたらす積乱雲と、層状性降雨をもたらす乱層雲の 2 種類を対象とする。そして、雲タイプ分類マップを参照し、降雨が観測された時刻の雲が、積乱雲か乱層雲かを判別する。

(3) 研究の流れ

a) XRAIN の精度評価指標算出

地上雨量と XRAIN 雨量を用いて精度評価指標を算出する。地上雨量と XRAIN 雨量は、それぞれ 1 時間雨量と 3 年間の月別 1 時間平均雨量を用い、地上雨量を真値として評価を行う。精度評価指標には、RMSE(二乗平均平方根誤差)、RMSPE(平均二乗パー

セント誤差の平方根)、相関係数を用いる。これらにより、誤差の絶対量・相対量と降雨変動の一致度を評価する⁷⁾。

b) 雲タイプ別による XRAIN の精度評価指標算出

XRAIN の精度と降水形態の関係を検討するために、積乱雲および乱層雲の雲タイプ別に精度検証を行う。2 つの雲タイプに該当する時刻の雨量をそれぞれ抽出し、地上雨量と XRAIN 雨量の比較による精度評価指標を算出する。雲タイプは、1 時間雨量と対応させるため、1 時間内において最も多く出現した雲タイプを該当時間の代表値として採用した。

c) XRAIN の地域特性評価

明神山および高城山レーダ雨量計から各観測点までの距離と標高差を算出し、レーダ雨量計との位置関係から地域特性を評価する。そして、3 年間の月平均地上雨量と XRAIN 雨量の観測値データから算出した精度評価指標との関係を整理した。標高差は、レーダ雨量計と観測点間の標高差に起因して、雨粒の蒸発や風による降雨位置のずれが生じ、誤差が増大する可能性を考慮して用いた⁸⁾。

3. 結果、考察

(1) XRAIN の精度評価

3 年間月平均の精度評価指標を算出した(表-2)。RMSE は 1 時間平均雨量が多い月ほど増大する傾向が確認され、特に夏季において RMSE が大きく、明瞭な季節性が認められた。地上雨量と XRAIN 雨量の相関係数においても全月で正の値を示し、特に夏季に強い相関が確認された。次に、7 月および 11 月の各観測点における RMSE の空間分布を図-2 に示す。図-2 では、2 基のレーダ雨量計を中心に 10km 間隔の同心円を重ね、RMSE を色別に表示した。その結果、レーダ雨量計からの距離が 30~40km を超えると RMSE が 2.0 mmを上回る観測点が増加した。また、図-3 に示すように、レーダからの距離を横軸、標高差を縦軸として各観測点の RMSPE をプロットした結果、標高差が大きい観測点ほど、RMSPE が増大する傾向が見られた。

これらの結果から、先行研究で指摘されている精

度低下の要因であるレーダ雨量計からの距離が、四国地方においても精度に影響を及ぼしていると考えられる。しかし、相関係数が正の値を示したのは、夏季の強い降雨がレーダの電波を強く反射し、距離に伴う降雨減衰の影響を受けつつも、地上雨量の変動と強く対応しているためと考えられる。すなわち、XRAIN の絶対的な 1 時間平均雨量には誤差が生じているものの、時間的変化は地上観測結果とよく一致しているといえる。

表-2 3年間の月別1時間平均雨量と精度評価指標

	地上雨量(mm)	XRAIN(mm)	RMSE(mm)	RMSPE(%)	相関係数
1月	1.41	1.63	1.30	106.2	0.53
2月	1.41	1.39	1.09	97.9	0.49
3月	2.13	2.30	2.24	141.0	0.67
4月	2.61	2.84	1.91	120.7	0.77
5月	2.41	2.61	2.20	143.0	0.75
6月	2.60	3.02	2.78	212.2	0.77
7月	3.45	3.93	2.70	149.1	0.89
8月	4.10	3.86	3.25	152.1	0.86
9月	3.25	3.38	3.40	150.2	0.84
10月	1.52	1.50	1.43	122.4	0.69
11月	1.86	2.17	2.32	165.0	0.70
12月	1.17	1.88	1.89	184.8	0.53

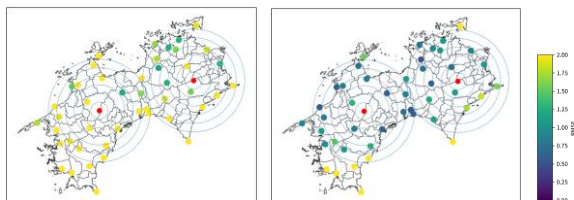


図-2 7月(左)と11月(右)のRMSEマップ

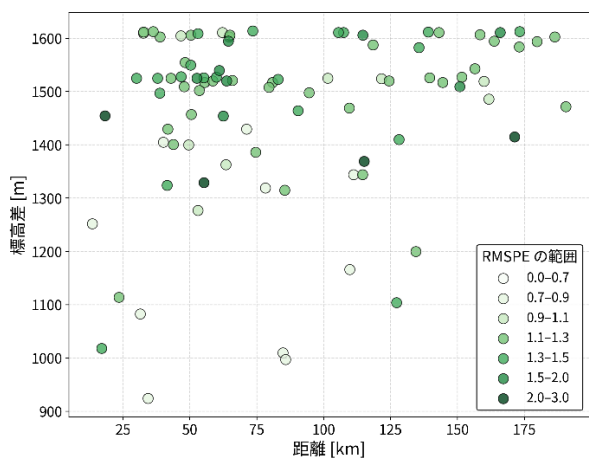


図-3 各観測点のRMSPEの散布図

(2) 雲タイプ別による XRAIN 精度評価

a) 雲タイプ間における精度傾向比較

3年間の地上雨量と XRAIN 雨量の月平均値を雲タイプ別に比較した図-4より、積乱雲に伴う対流性降雨時には、XRAIN 雨量が地上雨量を上回る傾向が確認された。一方、乱層雲に伴う層状性降雨時には、XRAIN 雨量が地上雨量を下回る傾向が確認された。XRAIN の精度と降水形態の関係について、対流性降雨時には1時間平均雨量の増加に伴い、RMSEが増大し、夏季に最大となった。また、RMSPEは夏季から冬季にかけて150~200%を超える高い値を示し、相関係数は多くの月で0.7を上回る強い正の相関が確認された。一方、層状性降雨時には1時間平均雨量とRMSEの明確な関係は認められず、RMSPEは70~100%程度に収まり、相関係数は月ごとの変動が大きく、対流性降雨時と比較して不安定な傾向を示した。

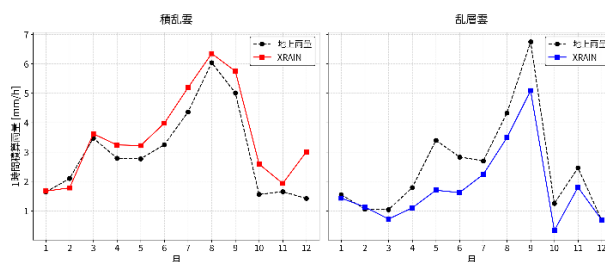


図-4 雲タイプ別の地上雨量と XRAIN 雨量

b) 対流性降雨時の XRAIN 精度の地域特性

レーダ雨量計から各観測点までの距離および標高差に対する、対流性降雨時の相関係数分布を図-5に示す。図-5より、レーダ雨量計と観測点の標高差が大きいほど、地上雨量と XRAIN 雨量の相関が弱い観測点が多く確認された。

対流性降雨時には、標高差が大きい場合、雨粒が地上に至るまでの落下距離が長くなり、その過程で雨粒の蒸発や風による移流の影響を受けやすくなる。その結果、地上で観測される降雨が減少するとともに、XRAIN 雨量と地上雨量の空間分布にずれが生じ、XRAIN 雨量の過大評価や相関係数の低下を招いた可能性がある。

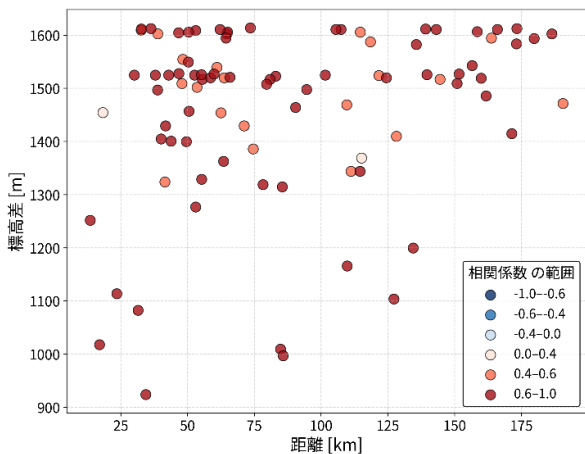


図-5 地上雨量と XRAIN 雨量の相関係数の散布図(積乱雲)

c) 層状性降雨時の XRAIN 精度の地域特性

レーダ雨量計から各観測点までの距離および標高差に対する、層状性降雨時の相関係数分布を図-6に示す。図-6より、レーダ雨量計と観測点の標高差が大きくなるにつれて、地上雨量と XRAIN 雨量の相関係数が負に近い値を示す観測点が増加した。

これは、層状性降雨が山地付近の低高度で発達しやすい特性から、標高差の大きい地点では、レーダ下方の降水の未検知やレーダの山岳遮蔽の影響が生じるためと考えられる。一方、RMSPE が積乱雲時より小さいことから、乱層雲による降雨は広範囲で安定しており、XRAIN 雨量観測値は、地上雨量観測値から大きく乖離せず、相対誤差が小さくなっていると考えられる。

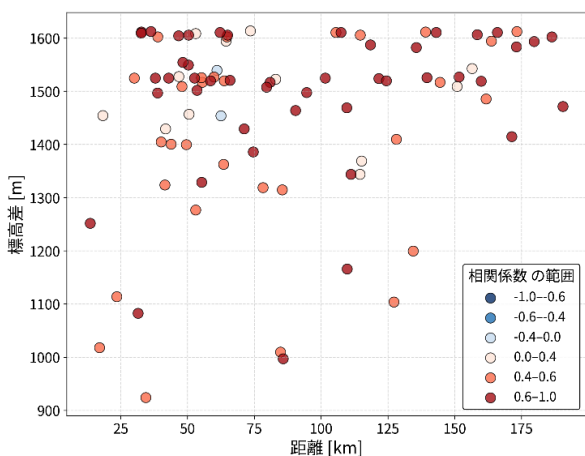


図-6 地上雨量と XRAIN 雨量の相関係数の散布図(乱層雲)

4. まとめ

本研究では、四国地方のアメダス観測点における地上雨量と XRAIN 雨量を比較し、XRAIN の精度検証を行った。その結果、対流性降雨時は、雨粒の落下過程における風による移流や蒸発の影響により、標高差の大きい観測点において、地上雨量と XRAIN 雨量の相関係数の低下や、XRAIN 雨量の過大評価が生じていることが明らかとなった。一方、層状性降雨時は、低高度の雲が山岳遮蔽の影響を受け、標高差が大きい地点で負の相関が見られたものの、降雨が空間的に安定しているため、相対誤差は小さいことが分かった。また、地域特性の解析から、RMSE はレーダ雨量計から遠い観測点や夏季の強雨時に増大する一方、RMSPE は標高差に強く依存することが示された。

謝辞: 利用した XRAIN データは、国土交通省より提供されたものである。

参考文献

- 1) 九蘭俊一：集中豪雨等への対策 (XRAIN) について、電気設備学会誌, 第 34 巻 03 号特集 6, pp024-027, 2014.
- 2) 国土交通省：XRAIN 配信エリア拡大
<https://www.mlit.go.jp/common/001010010.pdf>
- 3) 鈴木博人・中北英一・高橋日出男：1km メッシュ解析雨量の精度検証—関東甲信越地方と東北地方における解析—, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 73 巻 4 号, pp. I_13-I_18, 2017.
- 4) 一般財団法人 河川情報センター：レーダ雨量計の観測特性, https://www.river.or.jp/post_23.html
- 5) 気象庁：過去の気象データ検索
https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php?prec_no=40&block_no=47646
- 6) JAXA：ひまわりモニターユーザーガイド
https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/userguide_j.html
- 7) 荒木智三、越田智喜、滝口大樹、吉田一全、三浦裕司：XRAIN を用いた流出予測精度向上に係る手法の研究, 河川技術論文集, 第 20 巻, pp367-372, 2014.
- 8) 前坂 剛：平成 30 年 7 月豪雨における国土交通省 XRAIN による積算雨量, 防災科学技術研究所主要災害調査, 第 53 号, pp49-58, 2020.