

令和 6 年 5 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05026

研究課題名（和文）静止気象衛星高頻度観測と地上レーダ観測の複合利用による降雨事前予測手法の開発

研究課題名（英文）Development of a rainfall prediction method by combined use of geostationary satellite and ground-based radar observations

研究代表者

濱田 篤（Hamada, Atsushi）

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授

研究者番号：30550008

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：静止気象衛星「ひまわり8号」による高頻度観測を活用して、積乱雲の発達過程の統計的特徴をもとに地上の降雨開始を予測する手法の研究を行った。気象レーダ観測を用いて各地点の地上降雨開始時刻を定義し、降雨開始前の輝度温度時間変化との関係を調べた結果、輝度温度は降雨開始の15分程度前から低下しており、積乱雲の発達を適切に捉えていることが分かった。最新の静止気象衛星高頻度観測によって、降雨開始を気象レーダより15分以上早く予測できる可能性が示された。降雨強度と降雨開始以前の輝度温度変化率との関係について調べた結果、降雨開始の約20分前から、降雨開始時の降雨強度が強いほど輝度温度低下率が大きいことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強い降雨は積乱雲からもたらされる周知の事実をもとに、雲の発達を適切に捉えることで降雨開始を予測しようとした着眼点、および最新の静止気象衛星観測を用いればその予測が可能であることを示した点において、学術的意義が大きい。予測手法の開発および実装には至らなかったものの、降雨レーダよりも早く降雨開始を国民に伝えられる可能性は示されており、一定の社会的意義もあると考える。

研究成果の概要（英文）：Utilizing so-called "rapid-scan" measurements by the geostationary satellite Himawari-8, we studied a method for predicting the rainfall onset based on the statistical characteristics of the development of cumulonimbus clouds. After being defined the onset time of rainfall at each location using meteorological radar measurements, we examined the relationship between the temporal variation of brightness temperature before the rainfall onset, and found that the brightness temperature decreased about 15 minutes before the rainfall onset. The results demonstrate that rapid-scan measurements from geostationary satellite can predict the rainfall onset more than 15 minutes earlier than meteorological radar measurements. The relationship between rainfall intensity and the decrease rate of brightness temperature before the rainfall onset was examined, and it was found that the stronger the rainfall intensity at the rainfall onset, the greater the decrease rate of brightness temperature.

研究分野：衛星気象学

キーワード：極端降雨 降雨予測 静止気象衛星 高頻度観測

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

降雨は我々人類に恵みの水をもたらす一方で、ときに人命やインフラを脅かす。地球温暖化にともなう気候変動により、激しい雨の頻度は増加すると予測されている。このような雨の降り方の変化に社会が適応していくためには、豪雨の事前予測が喫緊の課題である。

「豪雨」のメカニズムは時間・空間スケールの違いによって異なる。本研究が対象とするのはいわゆる「ゲリラ豪雨」などとも呼ばれる、突発的な豪雨である。激しい雨は発達した積乱雲からもたらされる。積乱雲の発達にともなって雲粒が上昇流で上空に運ばれながら成長し、雨粒や雪片などの降水粒子となる。上空の降水粒子が落下して地上に到達するまでの時間は10～15分である。現在整備が進んでいる最新鋭の気象レーダ観測を活用して、「ファーストエコー」と呼ばれる上空の降水粒子形成域を検出し、ごく短時間の降雨予測を行えると期待されている。しかし、依然として降水発生前の積乱雲は観測できない。雲を観測するレーダも存在するが、全国的に配備する計画はない。

静止気象衛星「ひまわり」は、これまで30分～1時間に1回の頻度でしか観測を行っていなかった。しかし、2015年7月に運用を開始した現行機「ひまわり8号」は、日本周辺域を2分30秒に1回というごく短時間間隔で現業観測を行えるようになった。「ラピッドスキャン」と呼ばれるこのような観測は、これまでは広域雲量のモニタリング程度にしか利用されてこなかった静止気象衛星に、短時間で発生・発達する積乱雲を降水の有無を問わず継続監視できる能力を付与した。この最新技術を活用して、積乱雲の発生・発達を降水発生前に検知できれば、気象レーダよりも早く地上降水の開始を予測できると期待される。

2. 研究の目的

降雨をもたらす前の積乱雲の発生・発達過程を追うことで、降雨の開始時刻と強さが予測できると期待される。そこで本研究では、最新の静止気象衛星「ひまわり8号」によって近年可能になった高頻度観測(ラピッドスキャン)を活用して積乱雲の発生・発達過程を統計的に記述する。その知見をもとに、その後に地上に降雨がもたらされるまでの時間、および降雨の強さを予測する経験的手法を開発し、社会の豪雨への適応に資することを目的とした研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 地上に降雨が観測されたとき、そこに至るまでの積乱雲の発生・発達過程を統計的に記述する。降雨の強さや空間的な広がりなどの降雨特性の違いによる、積乱雲の発達過程の違いを明らかにする。

(2) 前項の結果にもとづいて、「ひまわり8号」高頻度観測から得られた積乱雲の発達過程を入力として、地上降雨発生までの時間、および予測される降雨の強さを出力とする、経験的モデルを構築する。

4. 研究成果

ひまわり8号バンド13(10.3 μm)輝度温度およびレーダ降雨強度を用いて、ある地点における「降雨開始時刻」を次のように定義した：

(1) 当該時刻の1時間30分前から10分前までに降雨がない

(2) 当該時刻の10分後も降雨が継続している

(3) 当該時刻において、注目点の輝度温度が周り4点よりも低い(極小点になっている)

(4) 1時間30分前までの輝度温度の最高値が270 K以上である

図1は2018年8月27日05:00～05:50 UTCに抽出された全ての降雨開始事例(234事例)について、降雨開始時刻をゼロとして輝度温度の時系列を重ねて示したものである。降雨開始より前に輝度温度

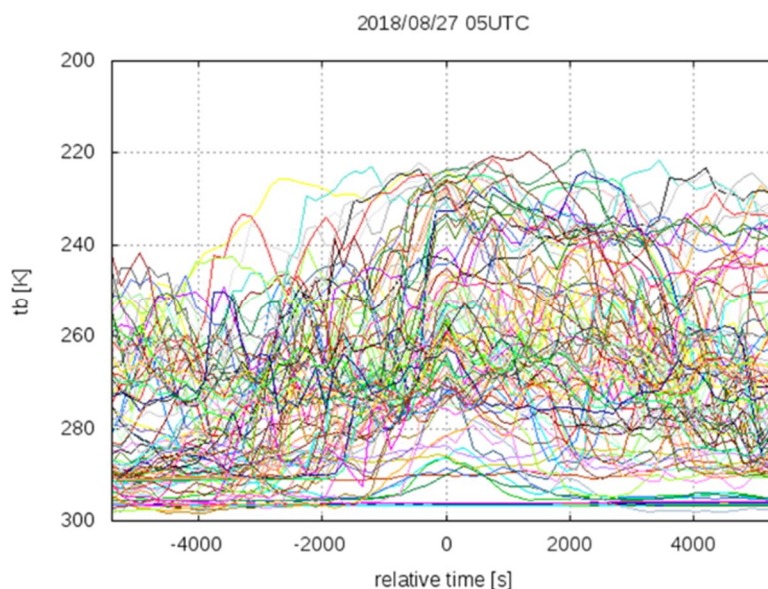


図1：2018年8月27日05:00～05:50UTCにおける降雨開始事例(234事例)について、降雨開始前後での輝度温度の時系列。横軸は降雨開始時刻をゼロとした相対時刻(単位:秒)、緯度30°N以上の事例のみ示している。

が下がり始めているという特徴はどの事例にも共通して見られた。どの時刻においても輝度温度は事例間で大きく異なるが、輝度温度の時間変化は次の4通りの傾向を示している。

- パターン1：降雨開始の30分以内に輝度温度が下がり始めるもの
- パターン2：降雨開始の30分以上前に大きく輝度温度が下がっているもの
- パターン3：降雨開始の30分以内に輝度温度が下がり始めるが、変化が小さいもの
- パターン4：輝度温度が降雨開始前後を通して高く、かつほぼ変化しないもの

この傾向を元に、全事例を主観的に分類した結果、各パターンに分類された事例数はパターン1が106事例、パターン2が51事例、パターン3が7事例、パターン4が34事例であった。どのパターンにも分類できない事例は36事例であった。

図2に、各パターンに分類された事例について、各時刻における輝度温度の平均値と標準誤差を示した。4つのパターンへの分類は主観的に行ったが、パターンごとの標準誤差をみるとそれぞれのパターンで輝度温度の挙動に統計的に有意な違いが見られる。各パターンの典型的な事例について、降雨や輝度温度の時空間分布を調べた結果、パターン1は他のパターンに比べて陸地における降雨開始事例が多く認められた。パターン3とパターン4では降雨が1カ所に集中して分布する傾向が見られた。パターン2では、多くの事例において降雨開始は別の場所から移動してきた降雨域によってもたらされていた。4つのパターンのうち、孤立して発達する雲を捉えている可能性の高いパターン1は、平均して降雨開始30分前に輝度温度が下がり始めていた。この結果は、ひまわり8号を用いた降雨開始予測が、最良で30分程度のリードタイムを持つ可能性を示唆している。

また、降雨強度別に降雨開始時の降雨強度とそれ以前の輝度温度と輝度温度変化率の関係を見ると、降雨強度が5 mm/h以上の雨は降雨開始20分前から輝度温度変化率が負に大きくなっている。これは降雨強度5 mm/h以上の雨の雲の発達が強まっていることを示す。時間の経過とともに降雨強度5 mm/h以上の雨の輝度温度が低く、かつ輝度温度変化率が負の方向に向かって伸びている。降雨開始7.5分前になると輝度温度変化率が0 K/(2.5min)を境に降雨強度別に異なった発達具合を見せ、この傾向は降雨開始時まで続いていた。以上から降雨開始時の降雨強度と、降雨開始前の輝度温度変化率に相関があることが示された。

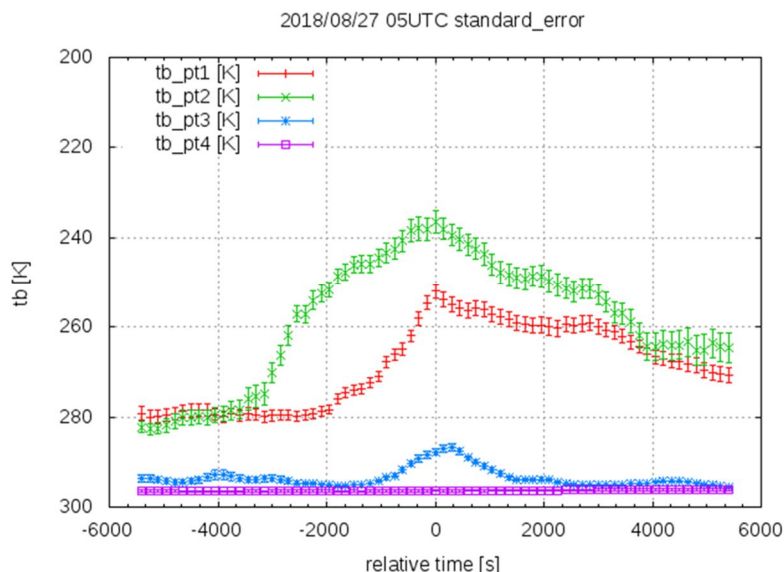


図2：各パターンの輝度温度の平均値と標準偏差。横軸は降雨開始時刻をゼロとした相対時間（秒）。赤、緑、青、紫線はそれぞれパターン1, 2, 3, 4の結果を表している。マーカーは各時刻における各パターンの輝度温度の標準誤差を示す。

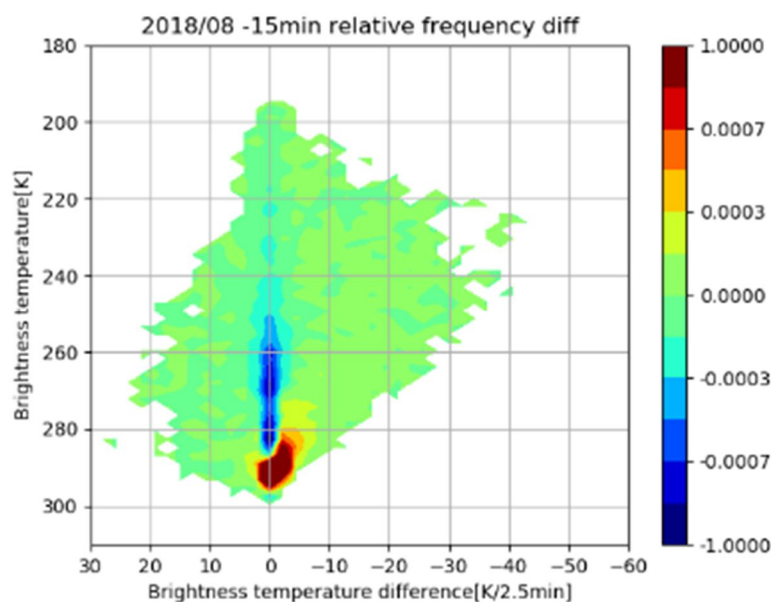


図3：降雨開始前15分における、輝度温度と輝度温度変化率についての2次元相対頻度分布。降雨開始時の降雨強度が5 mm/h以上であった事例と0.5 mm/h以上5 mm/h未満であった事例についての差を示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Fukuda Kohei, Yasunaga Kazuaki, Oyama Ryo, Wada Akiyoshi, Hamada Atsushi, Fudeyasu Hironori	4. 巻 16
2. 論文標題 The Diurnal Cycle of Clouds in Tropical Cyclones over the Western North Pacific Basin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 109 ~ 114
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2020-019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Ikeda, H., S. Shige, K. Aonashi, H. Hirose, A. Hamada, N. J. Trilaksono, R. Yanti, D. S. Medyani, and P. Y. Kombara
2. 発表標題 Characteristics of hail-producing convection in Bandung basin, Indonesia as derived from Himawari-8 high resolution data and X-band radar data
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 19th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井 貴, 濱田 篤, 安永 数明
2. 発表標題 富山県における解析雨量を用いた気象擾乱別の極値統計
3. 学会等名 2022年度日本気象学会中部支部研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 草野 優一郎, 濱田 篤, 安永 数明
2. 発表標題 北西太平洋の熱帯低気圧が大気の水の形成に及ぼす遠隔影響(2)
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻 泰成, 安永 数明, 濱田 篤
2. 発表標題 日本海海上における冬季雷発生時の降水粒子特性
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tsuji, T., K. Yasunaga, and A. Hamada
2. 発表標題 Drop-size-distribution (DSD) statistics in the warm season over the Sea of Japan.
3. 学会等名 2021 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 草野 優一郎, 濱田 篤, 安永 数明
2. 発表標題 北西太平洋の熱帯低気圧が大気の川の形成に及ぼす影響
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻 泰成, 安永 数明, 濱田 篤
2. 発表標題 "warm rain"と"cold rain" ~ 降水粒子特性の違い ~
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神谷 圭, 安永 数明, 濱田 篤
2. 発表標題 熱帯海洋上の対流活動における大気成層とエアロゾルの影響
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱田 篤, 染谷 由樹, 安永 数明
2. 発表標題 静止衛星高頻度観測を用いた降雨開始予測に関する統計的解析
3. 学会等名 第23回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱田 篤
2. 発表標題 富山の気候変動
3. 学会等名 令和元年度シンポジウム「地球を観る、災害を観る」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ono, Y., and A. Hamada
2. 発表標題 Analysis of dynamical structure of a downburst-producing cumulonimbus cloud system using multi-parameter phased array weather radar
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野 有紀, 濱田 篤
2. 発表標題 単一レーダー高頻度観測に基づくオプティカルフロー法による3次元風速場の推定
3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所令和5年度研究集会「衛星による高精度降水推定技術の開発とその利用の研究企画のための集会」と「衛星データシミュレータの開発および応用研究に関わる研究集会」
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野 有紀, 濱田 篤, 安永 数明
2. 発表標題 単一レーダー高頻度観測に基づく3次元変分法による3次元風速場推定
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野 有紀, 濱田 篤, 安永 数明, 田口 文明
2. 発表標題 オプティカルフロー法による降水エコーの3次元トラッキング
3. 学会等名 第9回メソ気象セミナー
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------