

令和元年5月28日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06725

研究課題名(和文) 衛星観測に基づく気象システム別降水鉛直構造の解明

研究課題名(英文) Investigating precipitation vertical profiles associated with various atmospheric conditions based on satellite observations

研究代表者

内海 信幸 (Utsumi, Nobuyuki)

東京大学・生産技術研究所・博士研究員

研究者番号：60594752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者がこれまで開発してきた気象システムの分類手法のアルゴリズムおよびデータ入出力モジュールの再構築を行い、様々な解像度の入力データに対応できる構造に改良を行った。また、衛星降水レーダー(TRMM/PR)による観測を用いて降水タイプおよび大気下層の相対湿度で分類した降水鉛直分布のデータベースを作成した。さらに、作成したデータベースを用いて、低軌道衛星による降水瞬時値情報から地上降水積算量を推定する手法の実証実験を行った。これにより、降水の鉛直情報を用いることで、瞬時値観測情報から地上の時間積算降水量を推定できる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

降水をもたらす様々な気象システムを客観的に分類する手法の改良を行った。

また、人工衛星に搭載された降水レーダーによる観測を用いて、様々な降水のタイプや大気状態に対応する降水の鉛直構造のデータベースを開発した。さらに作成したデータベースを用いて、人工衛星による瞬間的な観測情報から、地上降水量の時間積算値を推定する手法の実証実験を行った。これは、瞬時値しか観測できない低軌道衛星観測から、実用上重要な地上降水量の時間積算値を推定できる可能性を示したものである。

研究成果の概要(英文)：Weather system classification algorithm was restructured so that it works for various spatial/temporal resolutions. Also, the database of precipitation vertical profiles for various precipitation types and lower atmospheric conditions was developed based on satellite precipitation radar (TRMM/PR) observations. A new method to estimate the subhourly surface rain accumulation using instantaneous observation was proposed. A proof-of-concept study for this method was carried out based on the developed dataset and high-temporal resolution rain gauge observations. It was shown that time accumulation of surface rainfall on subhourly time scales can be estimated well by taking into account the vertical rain profile information.

研究分野：水文気象学

キーワード：降水 鉛直プロファイル 気象システム 衛星リモートセンシング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

様々な気象システム別の降水の鉛直構造は、降水現象を特徴づける基本的な情報である。また高頻度の全球降水量推定を可能にする人工衛星搭載マイクロ波放射計による降水量推定においても、降水鉛直構造の情報が重要な仮定条件として用いられている。従って、様々な気象システムに伴う降水の鉛直構造を正確に知ることは、降水現象の理解を進めるだけでなく、衛星降水観測の精度向上、そしてそれを用いた水・エネルギー循環の解明にとっても不可欠である。

2. 研究の目的

気象システム分類手法の高解像度化を行う。また衛星搭載レーダーによる降水三次元観測を用いて、様々な大気状態や降水タイプ別の降水鉛直構造の違いを明らかにする。また、衛星観測による降水量推定アルゴリズムへの応用も見据え、降水鉛直構造のデータベースを作成する。さらに、降水鉛直構造の情報を用いて、衛星リモートセンシングによる地上降水量推定の精度向上のための手法を提案する。

3. 研究の方法

研究代表者がこれまで開発してきた気象システムの分類手法は特定の解像度(1.0度)の格子点データを入力とするものであった。このため、解像度の異なるデータを入力するには解像度変換が必要であった。これを改良し、様々な解像度の入力データに対応できるよう、検出手法のアルゴリズムおよびデータ入出力モジュールの再構築を行った。

さらに、衛星降水レーダー(TRMM/PR)による降水の三次元観測を降水タイプと下層の大気状態別に分類し、データベースを作成した。

また、別途行った降水鉛直構造の解析により、地上から6km程度までの降水強度と地上の降水量の間に、時間差を伴う相関関係があることが分かっていた。これは、降水鉛直構造の瞬時値情報から地上降水量の時間積算量を推定できる可能性を示すものであった。そこで、以下のように三次元観測情報と高時間分解能の地上雨量計のマッチアップを行い、このアイデアの検証を行った。

解析対象は2005年~2014年の北半球暖候期(4月~10月)とした。降水三次元観測情報はTRMM/PR 2A25プロダクト、降水タイプ分類にはTRMM/PR 2A23プロダクトを用いた。また、地上雨量計観測には1分間隔の高時間分解能観測が得られるTRMM and GPM Ground Validation Archive (<https://gpm-gv.gsfc.nasa.gov/Gauge/>)を用いた。

衛星観測フットプリント内の降水不均一性の影響を軽減するため、TRMM/PRの各フットプリントの中心から5km以内に雨量計観測が3つ以上存在するケースのみを用いた。また、各地点で衛星通過時を含む45分間以内(前15分、後30分)に降水レーダーによる鉛直観測または地上雨量計のどちらか1つ以上で降水が観測されたケースのみを対象とした。最終的に、北米および太平洋上のKwajalein環礁における404地点、9356ケースが解析対象となった。

降水粒子の蒸発や移流などの影響が十分に小さければ、降水粒子の落下時間を考慮することで、上空の降水強度の鉛直分布から地上降水量の時間変動が推定できるはずである(図1)この仮説の下で、衛星観測によって観測された降水強度の鉛直平均値と、雨量計による地上降水時間平均値の比較を行い、降水鉛直構造の瞬時値情報から地上降水量の時間平均値を推定するアイデアの検証を行った。

4. 研究成果

作製したデータベースを用いた降水鉛直分布の例を図2に示す。降水タイプの分類を行わない場合の降水強度は、地上から3.5km程度まではおよそ2mm/h程度であり、より上空では強度が急速に小さくなる。また、降水強度の標準偏差の鉛直分布からは、下層での降水強度の変動が大きいことがわかる。

次に、降水の鉛直平均値と地上降水強度の時間平均値の関係を調べた。図3(上段)は地上から様々な高度まで平均した降水強度と、衛星通過時から様々な時間長で平均した地上降水強度の相関係数を示している。地上降水強度の1分間平均値は、地上から2kmまでの鉛直平均降水強度と最も高い相関がみられた。平均時間15分程度までは、平均する時間スケールが長くなるにつれて、それと最も高い相関を示す平均高度(最適平均高度)は高くなる傾向がみられた。平均する時間スケールが15分を超えると、最適平均高度は5.5km程度にとどまり、それ以上の

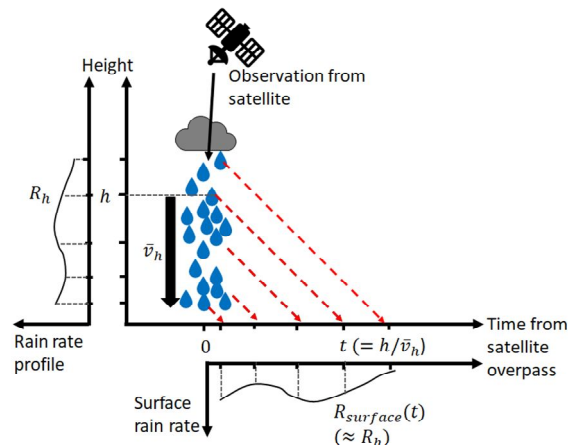


図1 上空の降水強度と地上降水強度の関係

上昇は見られなかった。

同様に、降水強度鉛直平均値と地上降水強度の時間平均値について、Bias ratio および平均二乗誤差を図3（中段、下段）に示す。Bias ratio で評価した場合は、地上から 2.5 - 3.0km 程度まで平均した鉛直平均降水強度が、30 分平均の地上降水強度と最も整合性が高い。一方、平均二乗誤差で評価した場合は、地上から 8.0 - 8.5km 程度まで平均した場合に 30 分平均の地上降水量と最も整合性が高かった。評価尺度によって最適平均高度が異なるが、いずれの場合も、瞬間的な地上降水強度より、瞬間的な降水強度の鉛直平均値を用いる方が、30 分平均の地上降水強度を良く表現することがわかった。

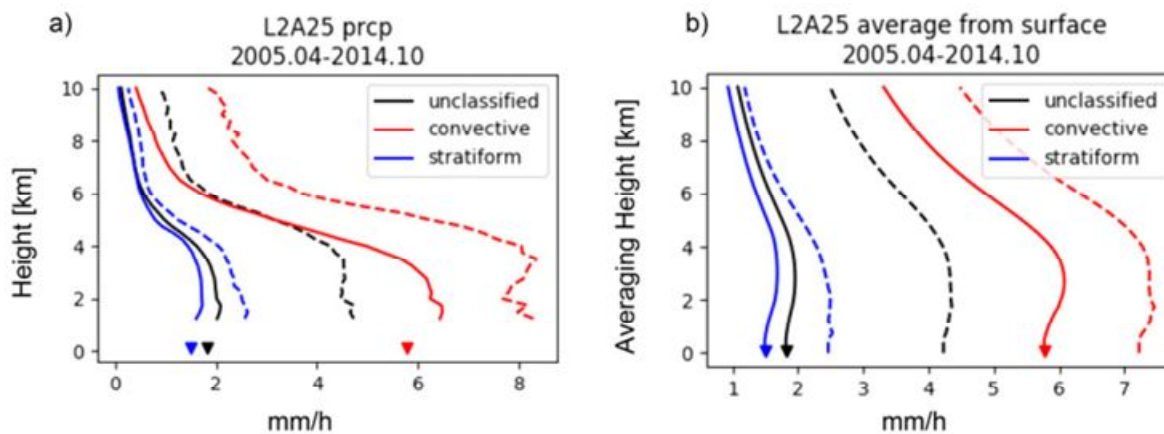


図2 a)降水強度鉛直プロファイル b)降水強度の標準偏差鉛直プロファイル

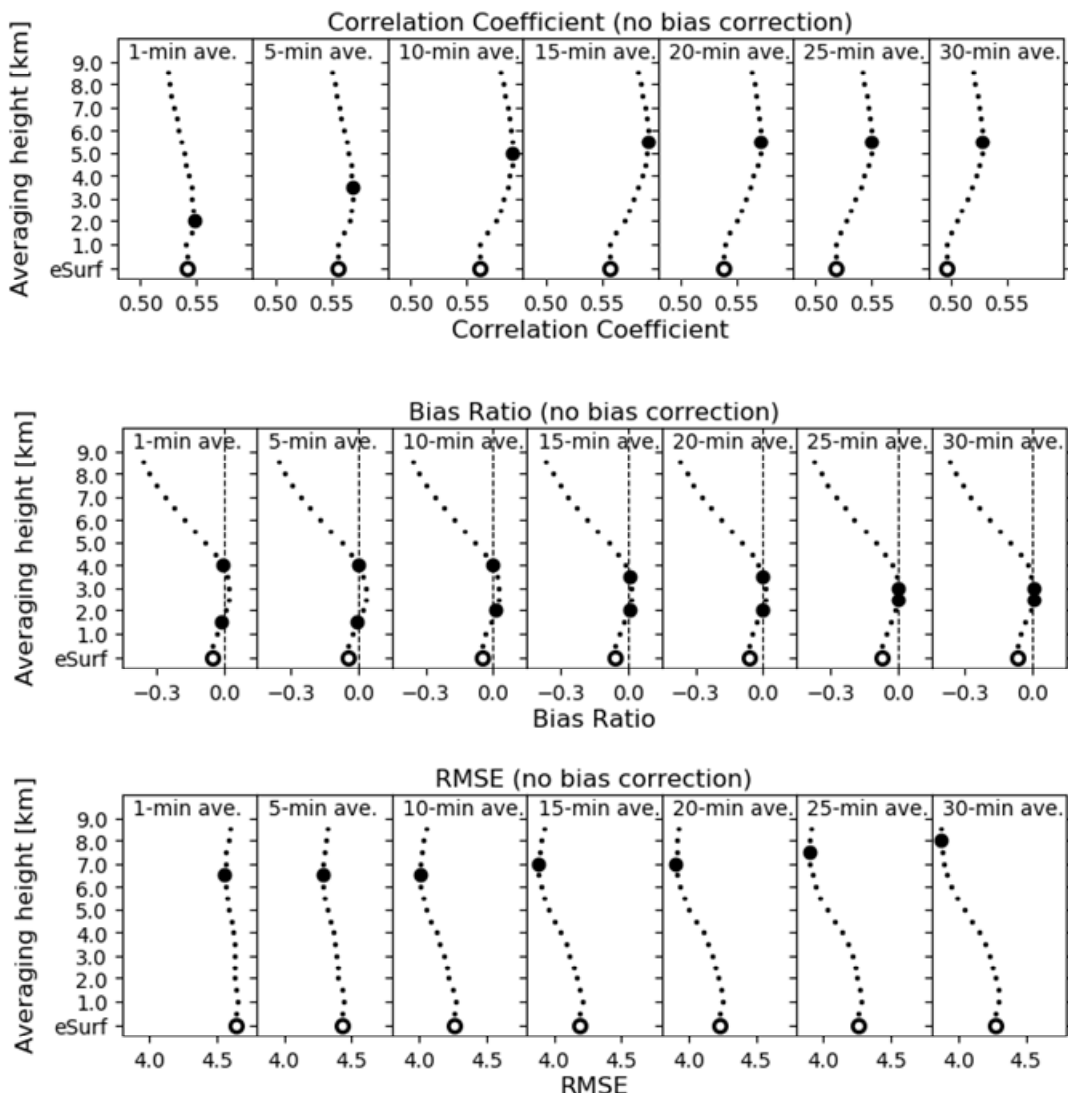


図3 降水鉛直平均値と地上降水量時間平均値の関係（上段）相関係数、（中段）Bias ratio、（下段）平均二乗誤差（RMSE）

衛星通過時の地上降水強度瞬間値と、鉛直平均した降水強度それぞれについて、30分平均地上降水強度との整合性を調べた。ここでは例として地上から4.5kmまでの鉛直平均を用いた。また、比較は様々な降水強度、降水タイプ(層状性・対流性)、大気状態(下層の相対湿度)について行った。この結果、ほぼすべての条件で、瞬間的な地上降水強度と比較して、鉛直平均した瞬間降水強度の方が、30分平均の地上降水強度を良く表現していることが示された。

本研究の結果は、降水の鉛直構造の情報を考慮することで、低軌道衛星による観測のような瞬間的な観測情報から、実用上有用な時間平均降水量を精度よく推定できる可能性を示している。

これは以下の2点において重要である。まず、本研究で示された鉛直平均手法は、今後実施される可能性がある衛星コンステレーションによる降水レーダー観測に直接応用することができる。また、マイクロ波放射計による降水推定も、降水の鉛直構造を推定できる可能性があるため、マイクロ波放射計による降水鉛直構造の推定が十分な精度で行えれば、運用数の多い衛星搭載マイクロ波放射計観測にも、本手法を適用できる。これは全球降水モニタリングの高精度化につながるものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Utsumi, N., H. Kim, F. J. Turk, and Ziad. S. Haddad (2019), Improving Satellite-Based Subhourly Surface Rain Estimates Using Vertical Rain Profile Information. *J. Hydrometeorol.*, 20, 1015-1026, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0225.1>.

Utsumi, N. and H. Kim (2018), Warm Season Satellite Precipitation Biases for Different Cloud Types Over Western North Pacific, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 15(6), 808-812, doi:10.1109/LGRS.2018.2815590.

Utsumi, N., H. Kim, S. Kanae, and T. Oki (2017), Relative contributions of weather systems to mean and extreme global precipitation, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 152-167, doi:10.1002/2016JD025222.

〔学会発表〕(計4件)

Utsumi, N., H. Kim, F. J. Turk, and Z. S. Haddad, Improving satellite-based sub-hourly surface rain estimates using vertical rain profile information, in AGU Fall meeting, 10-14 December, 2018, Washington, D.C., USA. (Poster)

Utsumi, N., H. Kim, F. J. Turk, and Z. S. Haddad, Improving satellite-based sub-hourly surface rain estimates using vertical rain profile information, in 9TH Workshop of International Precipitation Working Group, 5-9 November 2018, Seoul, South Korea.

Utsumi, N., and F. J. Turk, A self-consistent ensemble approach to propagate detection, estimation, and evolution uncertainties through Global Precipitation Measurement surface precipitation mapping. in SPIE Asia-Pacific Remote Sensing, 26 September, 2018, Honolulu, Hawaii, USA, No. 10782-26.

Utsumi, N. and H. Kim, Systematic Differences in Satellite Precipitation Products Associated with Cloud Types over Western North Pacific, in AGU Fall meeting, 11 -15 December, 2017, New Orleans, USA.

6. 研究組織

(1)研究分担者 なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : Hyungjun Kim