

地形特性および気候特性を考慮したグローバルな 降雨-地形関係の解析

宇都宮大学大学院工学研究科 ○ 学生員 鎌田 雅憲
宇都宮大学工学部 正会員 長谷部 正彦
宇都宮大学工学部 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

近年，地球温暖化やエルニーニョ現象などの地球規模の異常気象が続いているが，このような地球規模の気候変動の原因を知るためには，熱帯域の降雨を計測することが重要であると考えられている．しかし，世界各地に目を移せば観測設備の整っていない地域や，観測されていない地域も多く，解析は不十分であるといえる．このような背景をもとに，TRMM が日米共同プロジェクトとして打ち上げられた．TRMM は降雨レーダ (PR) を備えており，降雨観測の十分でない地域においても降雨分布情報を得ることが可能である．本研究では，TRMM/PR 観測情報を用いることにより，地球規模の降雨分布の解析を行う．そして，気候特性や地形条件，また山岳の空間スケール等により，降雨-地形関係がどのように変化するかについて統計的な観点より解析を試みる．

2. TRMM/PR 観測情報の概要

TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) は，熱帯域の降雨観測を目的として開発されたものであり，世界で初めての人工衛星搭載用の降雨レーダ (PR: Precipitation Rader) を搭載している．また，TRMM の軌道は，熱帯を高頻度で観測し，衛星の観測対象である直下点の観測時刻を変化させるという目的から，太陽非同期の円軌道で，軌道傾斜角は 35° となっている．TRMM/PR 観測情報は水平方向に約 4km，高度方向に約 250m の分解能を備えており，高緯度帯ほど観測頻度が高く日本の場合，同一地点で 1 日に約 2 回の観測がある．本研究では 1997 年 12 月から 2001 年 7 月の 44 ヶ月間の観測データを用いて解析を行う．

解析を行うにあたり，対象領域を東西方向，南北方向に 2 分 (約 3.7km) 間隔で 2700×1650 個の正方形セルに分割する．そして次に，全解析対象領域を 15×15 セル分 ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$) の正方形小領域に分割し，各小領域に対して標高依存直線を求め，その成立度合について解析を行う

3. 降雨分布の標高依存直線

降雨-地形関係について，地上レーダによる観測情報を用いた以下のような研究が進んでいる．まず一例として，深山レーダ観測領域を対象に 1989 年 9 月について，横軸に地形標高，縦軸 (対数軸) にひと月の積分降雨量を取り，両者の関係をプロットしたものが図-1 である．同図を見ると，プロット全体は，降

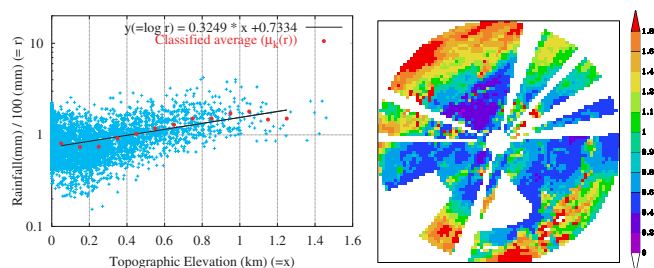


図-1 降雨分布の標高依存直線の一例と降雨分布

雨量分布が大きくばらついているものの，降雨量が地形標高とともに増加する傾向が見て取れる．次に，各標高区分内における積分降雨量の層別平均値をプロットすると，標高の一次式で表現できる．この直線関係を「降雨分布の標高依存直線」と呼んでおり，領域平均降雨量が 50mm 程度となる時間スケール以上で成立するとされている．また，標高依存直線の成立度合を評価する指標として RMSE (Root Mean Square Error) と SD (Standard Deviation) があるが，RMSE は直線からの層別平均値のばらつき度合であり，本研究では，その値が 0.1 以下の時に標高依存直線が成立していると判断している．また，SD は層別平均値からの各プロットのばらつき度合を示している．従来の研究では，解析地域や空間スケールが限定されるなど，限られた条件下で行われてきたが本研究では，対象領域を北緯 35° ～ 南緯 15° ，東経 60° ～ 90° のアジア南東部とし，様々な気候特性や山岳スケールに対して降雨の標高依存特性がどのように変化するかについて解析を行う．

4. アジア南東部における降雨-地形関係

まず，解析するにあたり，降雨分布の積算方法を

- 対象期間内の全 44 ヶ月間積算
- 対象期間内の 6 月～9 月 (夏期) の 14 ヶ月間積算
- 対象期間内の 11 月～2 月 (冬期) の 15 ヶ月間積算

の 3 種類用意した．そして，各積算期間の違いによる積算降雨量の差を無くすために，それぞれを積算期間で除して月積算降雨量とし，以後の考察を行っていく．上記方法で算出した夏期と冬期の積算降雨量の空間分布，標高依存直線の傾き，RMSE，SD を図-2 ～ 図-3 に示した．まず，図-2，図-3 に示す降雨分布図について着目すると，季節の違いにより降雨分布の様子が大きく異なることが見て取れる．そこで，

Key Words: TRMM/PR, 降雨-地形関係, 地球規模, 山岳スケール

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6214 Fax.028-689-6213

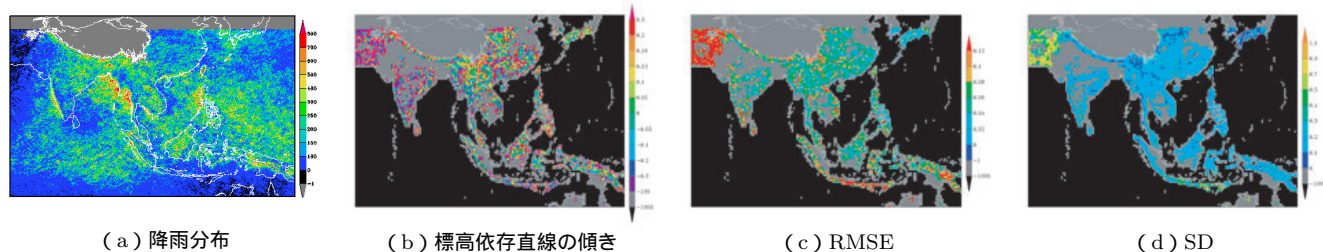


図-2 6～9月の積算分布における降雨-地形関係

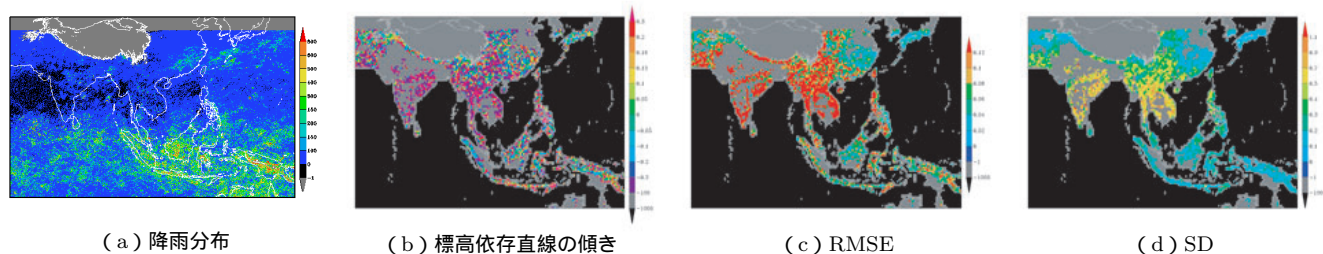


図-3 11～2月の積算分布における降雨-地形関係

季節別に積算した図-2の RMSE, SD の値と図-3の RMSE, SD の値を比較するとマレーシアなどの熱帯雨林気候の地域ではあまり変化がないのに対し、インドやタイの一部など雨季と乾季のあるサバナ気候の地域では季節により RMSE と SD の値が大きく変化した。標高依存直線の成立度は積算降雨量の大小に依存するが、熱帯雨林気候の地域では一年を通して雨が多いために季節による RMSE, SD の変化が少なく、サバナ気候の地域では雨期と乾期が存在するために季節による RMSE, SD の変化が大きくなったと考えられる。

次に、中国や日本などの温帯の地域で季節間の RMSE, SD を比較すると熱帯雨林気候の地域と同様大きな変化は見られないが、標高依存直線の傾きが変化していることが分かる。このように、気候特性、季節の違いにより降雨分布特性は大きく異なるので、標高依存直線について考える際には各気候特性ごと、各季節ごとに解析を行うことが妥当であると判断される。そこで、温帯の地域について詳しく検証するために、上海南部の小領域について夏期と冬期の標高依存直線の違いを見る。

図-4を見ると、夏期の RMSE の値は 0.0287、冬期の RMSE の値は 0.0554 であり、夏期、冬期ともに標高依存直線は成立していることが分かる。しかし、標高依存直線の傾きに注目すると、夏期では傾きが正の値を示し、冬期では傾きがゼロに近い値を示している。これは、温帯の地域では季節により降雨タイプが変化するため、標高依存直線の傾きが季節により変化したと推測される。また、夏期と比較して冬期の方が RMSE の値が高く、標高依存直線の成立度合が悪いが、これは夏期の降雨タイプである対流性の降雨では、地形が降雨発生の起因となり、降雨分布と地形標高の相関が良くなるが、冬期の降雨タイプでは主に層状性の降雨であるため、降雨が地形の影響を受けにくいと考えられる。

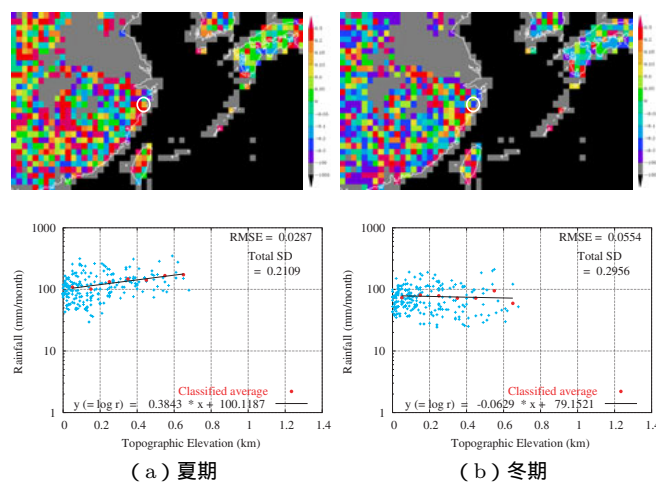


図-4 上海南部小領域における標高依存直線

5. 結論と今後の課題

気候特性、地形特性、また季節の違いに注目して標高依存直線の成立度合や傾きがどのように変化するかを検証した。以上の解析により、熱帯雨林気候の地域では季節の変化による標高依存直線の成立度合の変化が小さく、逆にサバナ気候の地域では成立度合の変化が大きい傾向が見られた。また、温帯の地域では季節の変化による標高依存直線の成立度合の変化は小さいものの、傾きが変化する傾向が見られた。今後の課題として、三次元の降雨観測情報を用いて、降雨タイプの違いが降雨-地形関係にどのような変化を与えるかを明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木善晴, 中北英一, 池淵周一: 標高依存直線に基づいた降雨分布の地形特性の解明, 水工学論文集, 第 45 巻, pp.301-306, 2001.
- 2) 沖村俊郎: 降雨の標高依存特性を考慮した TRMM/PR 長期観測情報の有効利用, 平成 13 年度京都大学大学院修士論文.