

TRMM/PR 観測情報を用いたグローバルな降雨-地形関係の解析

宇都宮大学工学部

(株) オリエンタルコンサルタンツ

○正会員 鈴木善晴

正会員 鎌田雅憲

栃木県庁

宇都宮大学工学部

正会員 河和雅之

正会員 長谷部正彦

1. 背景と目的

降雨-地形関係の解明は、天候の仕組みの解明や防災、水資源工学的観点から水文学上の重要課題の一つとされ、TRMM/PR 観測情報を用いた地球規模での降雨-地形関係の解析が行われている。鎌田ら¹⁾によれば、降雨の標高依存特性は南東アジアの様々な地域で成立するものの、その普遍性や各地域における降雨-地形関係のメカニズムについては現在のところ明らかではない。そこで本研究では、鎌田ら¹⁾と同様に TRMM/PR 観測情報を用いて南東アジアにおける降雨-地形関係の解析を行った。ただし本研究では、地表付近の降雨データを用い、「降雨分布の標高依存曲線」に着目することで、より詳細な降雨-地形関係について統計的な観点より検討を行った。

2. TRMM/PR 観測情報の概要

TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission) は、地球規模での降雨観測を目的に開発された降雨レーダ搭載の人工衛星である。TRMM は日変化の大きい熱帯域の降雨を観測対象とするため、同一点を様々な時間帯に観測することが可能な太陽非同期軌道で運用されている。観測頻度は高緯度で 1 日 1~2 回、赤道付近では 6~7 日に 1 回程度である。TRMM/PR(降雨レーダ) は、地表から高度 15km までの三次元降雨情報を得ることが可能で、水平空間分解能は約 4km、鉛直空間分解能は 250m である。地上レーダでは観測が困難となる山岳域においても、より地表面に近い高度での降雨観測が可能となる。本研究では 1998 年 1 月~2003 年 12 月の計 72ヶ月間の TRMM/PR2A25 プロダクトのデータを用いて解析を行う。

3. 降雨分布の標高依存直線と標高依存曲線

本研究では、はじめに、鈴木ら²⁾が着目する「降雨分布の標高依存直線」をベースに降雨-地形関係の解析を行う。標高依存直線とは、地形標高と積算降雨量の層別平均値の間に、明確な直線関係が成立するというもので、その成立条件として、領域平均降雨量が 50mm 程度以上としている。標高依存直線の一例を図-1(a) に示す。これは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)に月積算降雨量を取りプロットしたものである。RMSE は直線と層別平均値の偏差を示し、0.1 以下であれば標高依存直線が成立すると判断される。

一方、鈴木ら³⁾⁴⁾により、一山岳程度の空間スケ-

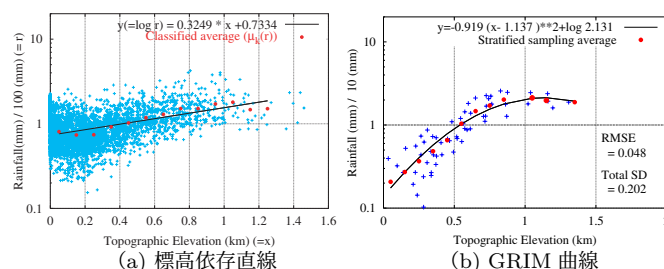


図-1 標高依存直線および GRIM 曲線の一例

ルに着目した場合の降雨-地形関係は、ガウス関数型の関数関係となることが明らかにされており、それは積雲の発達過程がガウス関数的な変化をすることに起因しているということが示されている。鈴木らは、この降雨-地形関係を「GRIM 曲線」と呼んでいるが、その一例を図-2(b) に示す。

さらに、ある期間内の平均的な降雨-地形関係は、時間的に変動する複数の GRIM 曲線の重ね合わせにより表現されることが明らかになっている。その重ね合わせが片対数グラフ上で二次曲線によりよく近似されることから、その曲線は標高依存曲線と呼ばれている。重ね合わせの対象となる GRIM 曲線の変動により降雨-地形関係すなわち標高依存曲線の形状が決定され、その変動が十分大きい場合に標高依存直線が成立することが明らかにされている。

4. 南東アジア地域における降雨-地形関係

本研究では、TRMM/PR2A25 プロダクトに含まれる NearSurfRain と呼ばれる地表付近の降雨データを用いることで、より正確な降雨-地形関係を捉え、解析を行う。また対象地域(北緯 40°~南緯 15°; 東経 60°~150°)の設定やメッシュの分割方法は鎌田ら¹⁾と同様とした。降雨データは、対象期間内の 6~9 月を夏期、及び 11~2 月を冬期として季節別に平均し、月平均降雨量としたものを用いた。

(1) 標高依存直線を用いて検討した降雨-地形関係

まず、対象領域内を 0.5° × 0.5° の正方形小領域に分割し、その各小領域において標高依存直線を作成し、RMSE 及び傾きについて解析していく。まず、RMSE の分布図を図-2 に示す。その際、標高依存直線の成立条件に満たない領域平均降雨量 50mm 以下の小領域を対象から除いた。図よりほとんどの地域において RMSE が 0.1 以下を示し、標高依存直線が成立している。そこで標高依存直線の傾きの分布図を図-3 に示し、季節による比較をすると、温暖湿潤

キーワード：TRMM/PR, 降雨-地形関係, 標高依存直線, 標高依存曲線

宇都宮大学工学部建設学科 (〒 321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 TEL:028-689-6214 FAX:028-689-6213)

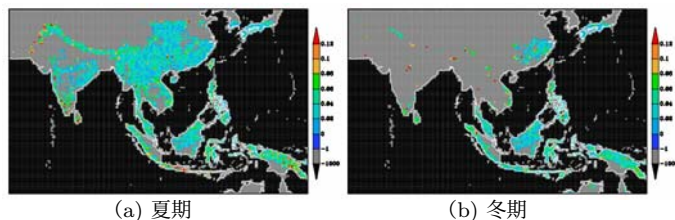


図-2 季節による標高依存直線の RMSE の比較

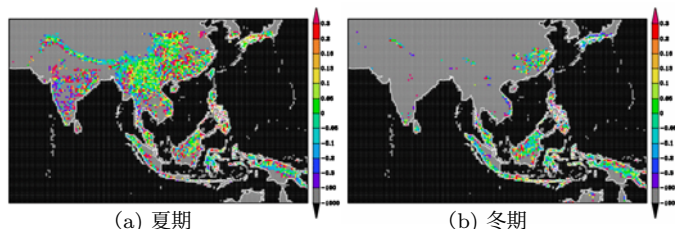


図-3 季節による標高依存直線の傾きの比較

気候，特に日本において夏期は正，冬期は負の値を示している．これは降雨タイプの変化による影響と考えられる．夏期に発生する対流性の雲による降雨は地形がトリガーとなって発生するケースが多く，地形との相関がよくなる傾向があるため傾きが正となり，冬期に多く発生する層状性の雲による降雨は，標高が低い位置での降雨頻度が高いため傾きが負となったと考えられる．層状性降雨では地上レーダ解析（近畿地方）においても負となるケースが報告されている．

ここで，RMSEが0.1以上を示す標高依存直線が成立していない地域について考えるにあたり，任意に分割された小領域に含まれる地形スケールが一山岳に近い場合，そこでの降雨-地形関係は標高依存曲線の形で示されている事が考えられる．その場合，RMSEは直線よりも曲線で近似したほうが小さな値を得られるはずである．そこで，小領域における降雨-地形関係について近似曲線による RMSE を算出し，標高依存直線で算出された RMSE と比較すると，図-4 のように夏期も冬期も近似曲線で示した方が明らかに小さい．このことから，分割された小領域での降雨-地形関係は標高依存曲線で示した方が精度がよくなることが確認された．

(2) 標高依存曲線を用いて検討した降雨-地形関係

標高依存曲線について考える際，任意に分割された領域ではなく，一山岳程度の空間スケールにおいて降雨-地形関係を表現した方がより明確な特徴が得られることが考えられる．そこで本研究では，領域を山岳分割し，各山岳について標高依存曲線を求めた．山岳分割方法としては，まずある地点について影響半径円内の最高標高地点 (A) を探索し，次に (A) を中心とする影響半径円内の最高標高地点 (B) を探索する．(A)=(B) であればその地点を山頂とし，異なればそれをさらに繰り返す．このような方法を領域全体でとり，同一の山頂をもつ地点同士を一山岳とみなした．ここではより微視的な地形を捉えた，影

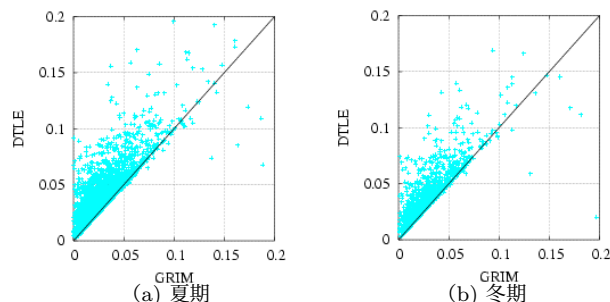


図-4 近似直線で示したときと近似曲線で示したときの RMSE の比較（縦軸が近似直線，横軸が近似曲線）

表-1 気候特性による標高依存曲線の曲率の平均値の比較

	日本	フィリピン
夏期	0.4515	0.6048
冬期	-0.2461	0.5960

響半径 10km で分割された各山岳の降雨-地形関係について解析していく．その際，標高依存曲線の曲率を指標として用いる．

ここで，気候特性による比較をするため，温暖湿润気候を代表して日本西部（東経 132 °～137 °，北緯 32 °～37 °），ならびに熱帯雨林気候を代表してフィリピン北部（東経 118.5 °～123.5 °，北緯 13.5 °～18.5 °）を抽出し，各領域における曲率の平均値を季節別に比較した結果を表-1 に示す．すると，日本の冬期において負（下に凸）の値が得られた．これは，標高依存直線の傾きが負となることと同様に，層状性降雨は標高が低い位置での降雨頻度が高いことから，このような結果となったと考えられる．

5. 結論と今後の課題

本研究では，地表付近の降雨データを用いることにより，より正確な降雨-地形関係を発現させ，そのうえで南東アジア地域における降雨-地形関係について検証し，気候条件や季節条件による降雨-地形関係の変動特性を明らかにした．今後の課題として，他の気候特性をもつ領域について検討を行うとともに，山岳の空間スケール等，様々な条件による降雨-地形関係の変動特性について検討する予定である．

参考文献

- 1) 鎌田雅憲，鈴木善晴，長谷部正彦：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，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，2004.
- 2) 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.
- 3) 鈴木善晴，宮田昇平，中北英一，池淵周一：山岳域における降雨-地形関係のメカニズムに関する数値実験的研究，水工学論文集，第 48 巻，pp.289-294，2004.
- 4) 鈴木善晴，鎌田雅憲，宮田昇平，中北英一，長谷部正彦，池淵周一：降雨-地形関係の時間空間変動特性を考慮した山岳域における降雨分布特性の解析，水工学論文集，第 49 巻，pp.265-270，2005.