

TRMM/PR 観測情報による 熱帯・亜熱帯地域における降雨-地形関係の変動特性

宇都宮大学工学部 ○学生員 井上卓也
宇都宮大学工学部 正会員 鈴木善晴
宇都宮大学工学部 正会員 長谷部正彦

1. 背景と目的

降水現象に対する地形の影響を明らかにすることは、降雨情報の十分でない地域において、防災や水資源工学的な観点から水文学上の重要な課題となっている。本研究の対象領域である熱帯・亜熱帯地域を多く含む低緯度地域においては、TRMM 衛星が打ち上げられるまで降雨の観測データを得ることが困難な地域も多く、降雨の分布特性について十分な解析が行われていない。TRMM 衛星からの降雨情報を用いた解析として、河和ら¹⁾は、ガウス関数型の降雨-地形関係が南アジアの多くの地域で成立していることを明らかにしている。また、三田ら²⁾は、気候特性や季節特性などに着目した解析を行い、それらが降雨-地形関係に影響を及ぼすことを明らかにしている。しかし、詳細なメカニズムを解明するにはいたっていない。

そこで、本研究では、全球規模で降雨分布情報が得られる TRMM/PR 観測データを用いて、気候特性や地形条件、山岳スケール等が各気候区分の降雨-地形関係にどのような影響を及ぼすのかについて、統計的な観点より解析を行い、その普遍性やメカニズムについて検討を行った。

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等を目的に開発された降雨レーダー (PR) 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 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 4km、鉛直空間分解能は 250m である。地上レーダー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。

本研究では宇宙開発事業団より高次処理された 1998 年 1 月~2003 年 12 月 (計 72ヶ月) の TRMM/PR 2A25 プロダクト (Version 6) に含まれる Near-SurfRain という地表付近の降雨データを用いて解析を行う。

3. 降雨分布の標高依存曲線

降雨-地形関係の解析を進めるにあたり、一山岳程

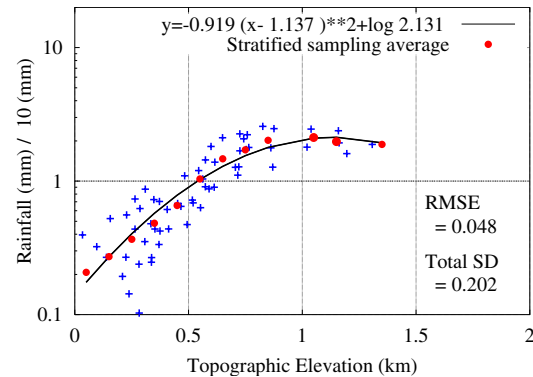


図-1 標高依存曲線の一例

度の空間スケールにおいて成立する「降雨分布の標高依存曲線」に着目する。図-1 に示すように、ある山岳を対象として、横軸に地形標高を領域の最高標高で正規化したもの、縦軸 (対数軸) に積算降雨量を領域平均降雨量で正規化したものをプロットし、降雨量の層別平均値を二次曲線で近似すると、降雨-地形関係が非常に精度よく近似されることが明らかとなっている。鎌田ら³⁾はこの積算降雨量と地形標高の二次の曲線関係を「降雨分布の標高依存曲線」と呼んでいる。同図に示した RMSE の値は二次曲線と層別平均値との誤差の大きさを表したもので、0.1 以下であれば標高依存曲線が成立していると判断される。標高依存曲線における積算降雨量の層別平均値 P_t と地形標高 z_t との関係は次式のような二次関数で表すことができる。

$$\log P_t = -\alpha(z_t - \beta)^2 + \log \gamma \quad (1)$$

ここで、本研究に用いるパラメーターについて説明する。 α は標高依存曲線の曲率を、 β は山岳スケール内の降雨量のピーク位置を、 γ は山岳スケール内のピーク雨量を表すパラメーターである。

本研究では、上式の P_t , γ を平均降雨量 P_a で除した値を P' , γ' とし、 z_t , α , β を領域内最高標高 Z_m を考慮して正規化した値を z'_t , α' , β' として用いる。

$$P' = \frac{P_t}{P_a}, z'_t = \frac{z_t}{Z_m}, \alpha' = \alpha Z_m^2, \beta' = \frac{\beta}{Z_m}, \gamma' = \frac{\gamma}{Z_m^2} \quad (2)$$

$$Z'_{0.1} = \beta' - \left(\frac{\log \gamma' + 1}{\alpha'} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Key Words: TRMM/PR, 降雨分布, 山岳スケール, 標高依存性

〒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

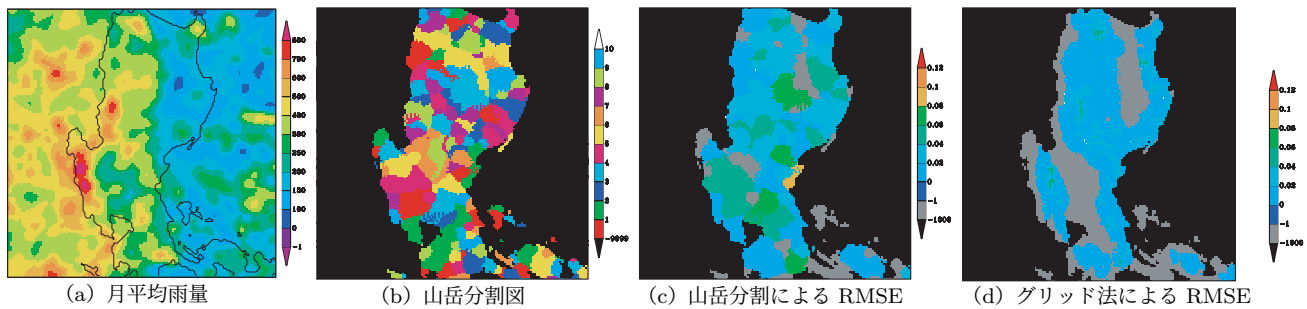


図-2 フィリピン北部の降雨分布，山岳分割図，領域分割方法の違いによる RMSE の比較

特に (3) 式で表される降雨の初期発生位置を表すパラメーター $Z_{0.1}$ に着目して，その変動特性について解析を行う。

4. 解析方法

対象領域は熱帯・亜熱帯の山岳地帯とし，次の4地域を選んだ．中米地域（北緯 40° ～南緯 15° ，西経 35° ～ 125° ），アフリカ地域（北緯 40° ～南緯 15° ，西経 40° ～東経 70° ），南アジア地域（北緯 40° ～南緯 15° ，東経 60° ～ 150° ）．また，期間を6月～9月を夏期，11月～2月を冬期として季節ごとに月平均降雨量の分布を求めることで，季節特性についても検討する。

標高依存曲線を作成する際に，小領域ごとに分割する必要があるが，本研究では2通りの方法を用いる．一つは，河和らが採用した「山岳分割法」で，領域の山岳分割を行って各山岳ごとに標高依存曲線を求める手法である．山岳分割とは，基本的に各山岳に一つの山頂が存在するように，次のアルゴリズムを用いて行う．領域端において影響半径を考慮できない部分は領域から除く．影響半径円内の最高標高地点 (A) を探索．A を中心とする影響半径円内の最高標高地点 (B) を探索． $A=B$ ならばその地点を山頂とする． $A \neq B$ ならば $A \rightarrow B$ として 戻る．同一の山頂を持つ地点同士を一山岳とみなす．このアルゴリズムを用い，影響半径を検討しながら小領域に分割する．二つ目は，三田らが採用した「グリッド法」で，領域内の一地点一地点を中心として任意に影響半径を設定し，その半径円内において標高依存曲線を求めるという方法である．ただし，影響半径円内の標高差や雨量が十分得られない場合は計算対象から除外している．本研究では，標高依存曲線の RMSE，パラメーター α' ， β' ， γ' ，そして $Z_{0.1}$ の値を比較することで，各地域の降雨-地形関係の変動特性について考察を行った。

5. 領域の分割方法の違いによる影響

図-2 にのせた，フィリピン北部（東経 118.5° ～ 123.5° ，北緯 13.5° ～ 18.5° ）の夏期の例より考察する．(a) 図より，この地域はモンスーンの影響が強いため，夏期には領域西側に降雨が集中していることがわかる．山岳分割法で領域を分割した図を (b) に示した．この図から，標高依存曲線が最もよく表現できるような一山岳程度の空間スケールごとに分割されているこ

とが分かる．

また，(c) には山岳分割法で作成した標高依存曲線の RMSE の分布図を，(d) にはグリッド法で作成した標高依存曲線の RMSE の分布図をしめした．どちらも領域内では RMSE の値が 0.1 以下におさまっており，標高依存曲線が成立していると言えるが，地形標高の高い地域において RMSE が大きくなる傾向がある．これは，標高の高い山岳では，風上斜面と風下斜面において降雨分布の地形効果が異なるものの，本研究ではこれを区分することなく解析を行っているためと考えられる．

(d) 図ではいくつかの地点で標高依存曲線が求められていないが，これは影響半径内で十分な標高差が得られない地点は除外している為である．(d) 図に比べ (c) 図で成立度が低下している部分が見受けられるのは，山岳分割の際に，グリッド法では除外した，標高差の十分ではない地点も含んでいることが影響していると考えられる．

6. 結論と今後の課題

本研究では，標高依存曲線のパラメーター α ， β ， γ の正規化を行ったうえで，降雨-地形関係がどのような要因により決定されるのかを明らかにするため，分割方法の違いによる標高依存曲線への影響を考慮しつつ，地形条件や季節変化，気候特性などに着目して解析を行った．その結果，いくつかの地域において降雨-地形関係の変動特性を確認することができた．今後の課題として，全球規模のより多くの地域において，標高依存曲線の成立度合を確認するとともに，同曲線を求める際の最適な空間スケールや山岳の斜面の向き，風向等を考慮した，さらに詳細な各パラメーターの変動特性等について検討していく．

参考文献

- 1) 河和雅之・鈴木善晴・長谷部正彦：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，土木学会関東支部第 32 回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM)，2005．
- 2) 三田康太・鈴木善晴・長谷部正彦：TRMM/PR データを用いた熱帯・亜熱帯における降雨-地形関係の解析，土木学会関東支部第 33 回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM)，2006．
- 3) 鎌田雅憲，鈴木善晴，長谷部正彦：空間的なスケール階層構造を考慮した降雨-地形関係の解析，土木学会関東支部第 30 回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM)，2003．