

京都大学大学院 学生員 ○岡根 俊介

京都大学大学院 正会員 中北 英一

京都大学防災研究所 フェロー 池淵 周一

1. はじめに TRMM 衛星という低頻度観測情報から算定されるあらゆる降雨場確率パラメータ(月積算降雨量の分散, 時間相関係数, 空間相関係数等)の補正方法が開発されれば, TRMM 観測情報から算出される確率パラメータの精度が向上し, あらゆる指標の精度向上に繋がると考えられることから, 本研究では, 既往研究で中北ら<sup>1)</sup>により定性的に補正の可能性が示された月積算降雨量の分散に焦点をあて, 観測頻度に応じて算定される分散の確率モデルを開発し, 推定値の定量的な補正方法を提案する。

2. TRMM と月積算降雨量の分散の補正の可能性 TRMM(熱帯降雨観測衛星)は熱帯地域の降雨量の気候値を求めることを第一の目的としているため, 他の多くの地球観測衛星とは異なり, 軌道傾斜角 35 度で熱帯域を中心に観測し, 5 度×5 度の領域の 1 ヶ月毎の総降雨量を測定することに重きを置いている。また降雨レーダを搭載しており, 降雨の三次元構造を解明することができる。また, 低緯度(20 度以下)では, ひと月の観測回数は 30 回前後, 高緯度(33 度以上)でも, 60 回前後と非常に時間間欠的な観測である。ここで, ほぼ連続観測(5 分毎)とみなせる深山レーダーから算定される月積算降雨量の分散とサンプル数(ひと月の観測頻度)の関係を示したのが図 1 である<sup>1)</sup>。中心極限定理により, 少ないサンプル数から計算した分散は大きな値を示している。TRMM の観測頻度がひと月に 30~60 回前後であることを考えると, 非常に大きな値を算出してしまふことがわかる。また, 図 1 より月積算降雨量の分散とサンプル数の間には何らかの関係がありサンプル数を多くしていくとある一定の値に収束してすることがわかる。よって, 月積算降雨量の分散とサンプル数の関係を表す関係式を開発すれば, TRMM 観測情報から算定される降雨場確率パラメータのおおよその補正が可能であることがわかる。

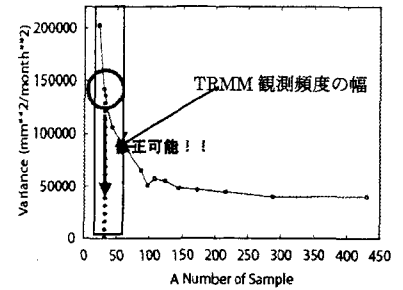


図 1 月積算降雨量の分散とサンプル数の関係

3. 月積算降雨量の分散とサンプル数の関係 瞬時の地点降雨強度を確率変量とみなし, 時間相関を組み込むことにより, 標本値として算定される月平均降雨量の分散期待値とサンプル数の関係を導出した。

$$E[\sigma_{n,m}^2] = \frac{\mu_{i2}}{T^2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n e^{-\nu|(k-i)\Delta T|} \Delta T \Delta T - \frac{\mu_{i2}}{m^2 T^2} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n e^{-\nu|(l-j)T + (k-i_j)\Delta T|} \Delta T \Delta T$$

$$\left[ \begin{array}{l} n: \text{ひと月のサンプル数} \quad x: \text{ある地点} \quad m: \text{データ長(月数)} \quad \mu_{i2}: \text{瞬時降雨量の二乗期待値} \\ T: \text{ひと月の期間の長さ} \quad \Delta T: \frac{T}{n} \quad E[\sigma_{n,m}^2]: \text{月平均降雨量の分散期待値} \quad i, j: \text{j月の観測i番目} \end{array} \right]$$

このモデル式はひと月のサンプル数  $n$ , 月数  $m$  に依存する。また, パラメータとして時間相関に関する  $\nu$  がある。

4. モデル式の検証 検証に際しては, 深山レーダ情報から得られたデータを時間間隔が等間隔になるように間引いてサンプル数を決定し, そのサンプル数から求まる分散を標本値とした。深山観測データとしては降雨期 34 ヶ月分 (1988~1994 年の 6~10 月 (1991 年 8 月は除く))

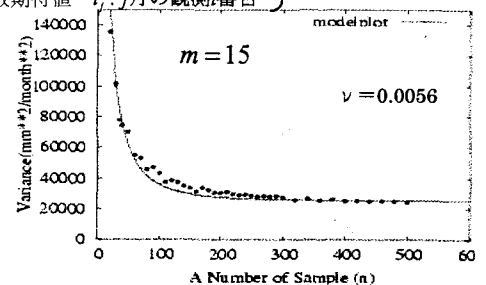


図 2 深山観測情報標本値とモデル値の比較

を用いた。また、モデル式は月数  $m$  にも依存していることから月数を変化させることによる検証も行う。図 2 が標本値(点)とモデル値(実線)の比較である。ここで、モデル式のパラメータに関しては、標本値とモデル値ができるだけ適合するように試行錯誤し決定したものであり、月数  $m$  により  $\nu$  の値は違う。モデル式はかなり標本値を説明づけており、このモデル式の有用性が大いことがわかる。

**5. モデルパラメータの同定方法** モデル式はサンプル数  $n$  と月数  $m$  に依存しているので、すべての  $n, m$  を通し深山観測情報から得られた標本値としての分散値とモデル式から得られた分散値の差の二乗和が最小となるものを最適な  $\nu$  とする方法(グローバル推定)をとった。また、TRMM はすでに 6 年間以上のデータを蓄積しているので年内の月毎に別々に分散の標本値を求める場合でも月数は 6 ヶ月以上を用いることができることから月数 2~5 を除外した。図 3 がグローバル推定した結果である。標本値とモデル値の収束先はほぼ同じであり、モデルパラメータの同定方法として有用な方法を提案できた。

**6. TRMM 観測頻度を想定した場合のモデル式の検証** TRMM 観測頻度、高緯度地域(33~35 度:ひと月の観測回数 60 回)と低・中緯度地域(33 度以下:ひと月の観測回数 40 回)を想定しモデル式の検証を行った。検証に際し、TRMM 観測情報は等時間間隔で得られると仮定した。モデルパラメータの同定方法は TRMM の最大観測回数(60,40 回)からサンプリング(等時間間隔)することができるサンプル数を用いてグローバル推定をした。また、標本値とモデル値の対数値をとり、最小二乗和をとった。また、ここでは TRMM の実際のデータを用いることはせず、深山観測情報の観測回数を操作することにより TRMM の観測情報とした。図 4 が高緯度地域を想定した検証結果である。また、サンプル数が少ない範囲で月数が少ない範囲では、標本値のばらつきが非常に大きかった月数 9 以下を除外した結果、さらに収束値として近い値を示した。同様に図 5 は低・中緯度地域を想定した検証結果である。高緯度地域とほぼ同様の精度でモデル値の収束値は標本値の収束値に近づいた。

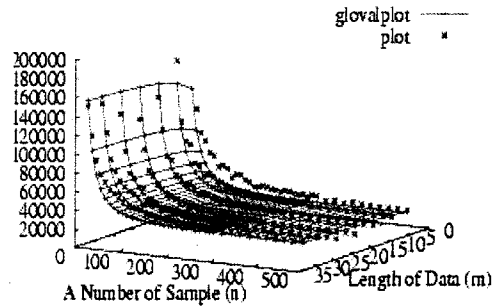


図 3 グローバル推定と標本値との比較

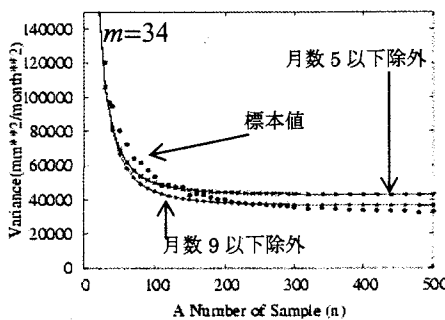


図 4 高緯度地域(最大観測回数 60 回)

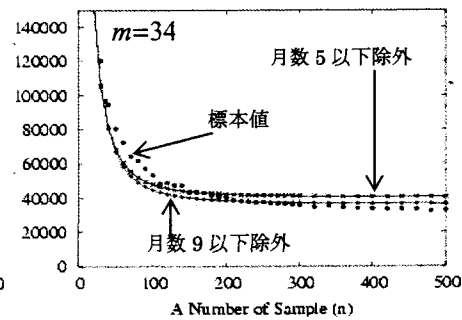


図 5 低・中緯度地域(最大観測回数 40 回)

**7. 結論** 瞬時の地点降雨強度を確率変量とみなして誘導したモデル式は、月積算降雨量の分散標本値とサンプル数ならびにデータ長(月数)の関係をうまく表現した。また、そのモデル式のパラメータ推定方法を開発することにより、衛星観測という低頻度観測情報から算定される確率パラメータの補正方法として、実用性の高い手法を提案できた。

1) 中北・沖村・鈴木・池淵(2002): 京都大学防災研究所年報, 第 45 号 B2, pp.687-703.