

京都大学工学研究科
京都大学防災研究所

学生員 ○木島 梨沙子
正会員 中北 英一

1. はじめに

降雨の継続時間や空間的な広がり指標となる瞬時降雨量の時間相関、空間相関長さの把握は、流域における流出計算や河川計画等において重要である。日本では雨量計や地上レーダ等による観測が行われているが、世界全体では未だ観測情報が不足している地域が多く存在する。衛星による降雨観測は、これらの地域での降雨情報として有効である反面、連続的な情報が得られず、その降雨量の推定値には標本誤差が多く含まれている。

そこで中北・岡根ら(2006, 2007)により月降雨量の標本分散と観測頻度を関係から、降雨量の時間相関を考慮した月降雨量の分散値の補正手法が開発されている。本研究は、このモデルをベースに、低頻度の観測情報からモデルの降雨場確率パラメータである時間相関長さを精度よく推定するためにTRMMの観測間隔を生かした推定手法を提案し、熱帯降雨観測衛星(TRMM)のマイクロ波放射計(TMI)及び降水レーダー(PR)による観測情報を用いて、瞬時降雨量の時間相関長さの全球推定を行う。

2. モデル式

本研究では降雨場確率過程に基づくモデルにより、低頻度観測情報から得られる月降雨量の標本分散値を補正する。瞬時降雨量の二乗期待値、及びTRMMの軌道情報より、次式から月降雨量の分散期待値が得られる。

$$E[S_{n,m}^2] = \frac{\mu_{i2} T^2}{mn^2} \left\{ \sum_{j=1}^m \sum_{i_j=1}^n \sum_{k_j=1}^n e^{-\nu|(k_j-i_j)\Delta T|} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m \sum_{i_j=1}^n \sum_{k_l=1}^n e^{-\nu|(l-j)T+(k_l-i_j)\Delta T|} \right\} \quad (1)$$

(μ_{i2} :瞬時降雨強度の二乗期待値, T :ひと月の平均

時間, m :月数, n :ひと月の観測回数)

この式から月降雨量の標本分散の期待値はひと月の観測頻度、観測間隔 ΔT により変化することが判る。従ってTRMMの全ての観測時間情報を用いることで、各地点における標本分散の期待値が算出できる。

3. 新しい手法の提案

TRMMの観測時間の時系列 $\Delta(x)$ を入れるとモデル式は、

$$f(x)_{\Delta(x),n,m} = u_{i2} \left\{ \frac{1}{m} \frac{T^2}{n^2} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n e^{-\nu|(t_k-t_i)|} - \frac{1}{m^2} \frac{T^2}{n^2} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m \sum_{i_j=1}^n \sum_{k_l=1}^n e^{-\nu|(l-j)T+(t_{k_l}-t_{i_j})|} \right\} \quad (2)$$

と表わされる。この t_i にTRMMの軌道情報を用いる。

先ず2007年7月の軌道情報を用いてモデルの値を計算すると、 $\Delta(x)$ の違いによりモデルの値が変わることがわかった。モデルの結果からわかるように、それぞれの ΔT で値が変化するため、TRMMは全ての ΔT で異なる時系列では異なる期待値をとることが考えられる。モデル値は地点 x により異なるので、 x での標本分散とモデル式の期待値の差を最小二乗法より求める。すなわち、

$$s'^2 = \left\{ S_{n,m,\Delta(x)}^2 - f(x)_{\Delta(x),n,m} \right\}^2 = \left\{ S_{\Delta(x),n,m} - \frac{\mu_{i2} T^2}{mn^2} \left\{ \sum_{j=1}^m \sum_{i_j=1}^n \sum_{k_j=1}^n e^{-\nu|(k_j-i_j)\Delta T|} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m \sum_{i_j=1}^n \sum_{k_l=1}^n e^{-\nu|(l-j)T+(k_l-i_j)\Delta T|} \right\} \right\}^2 \quad (3)$$

において、左辺を最小にする ν をそれぞれの領域でもとめる。

このモデルでは全ての地点でそれぞれの標本分散からモデル（期待値）を，最小にする ν を求める．つまり，水平空間分解能についても，標本値の数の制約にとらわれず自由に設定できる．しかし，もともと TMI の空間分解能の問題もあり，推定精度に関わってくるので，そこで，いくつかの空間平均を試し，ノイズを除去するに十分大きくかつ地域差の分布が明らかになる空間分解能も考察する．

また，PR についても推定精度は劣ることが予想されるものの， $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 領域での推定を試みた．

4. 結果

TMI 及び PR による観測情報を用いたモデルの適用結果として，アジアモンスーン域での推定結果を示す．対象期間は南西モンスーンの卓越する 6 月から 10 月である．用いた月数は 30 ヶ月である．ここに結果の一部として東経 120 度から東経 150 度における TMI より推定された瞬時降雨量の時間相関長さ及び月降雨量の母標準偏差を図 1 に示す．

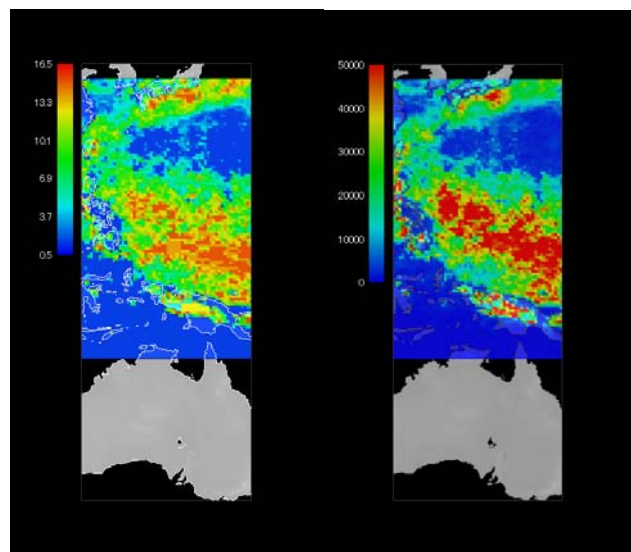


図 1 TMI による時間相関長さ[時間](左)及び月降雨量の母標準偏差[mm] (右)

このように赤道付近の海域で，この季節に卓越する積雲の影響による降雨，また日本の沿岸に梅雨前線の影響による長時間降り続く降雨の特徴をよく表した時間相関長さの分布がでている．

5. 結論

本研究では，既往研究による月降雨量の分散を補正する時間相関モデルを用い，全球規模の推定を行

った結果その推定手法での推定精度の限界を明らかにした．そして衛星の観測時間間隔を考慮することでモデルによる精度が飛躍的に向上し，全ての地域での推定結果の精度向上が見られた．本研究で新たに開発した推定手法を用いてアジアモンスーン域において TMI 情報から降雨場確率パラメータである瞬時降雨量の時間相関長さ、月降雨量の母分散を推定した結果，降雨の分布をうまく捉えた時間相関長さの分布を出すことに成功した．PR も同様に，観測頻度の限界から推定できる範囲の限界は明らかになったものの，精度の向上が見られた．これは次世代衛星 GPM（全球降水観測計画）での観測頻度に対する有効な指標になると考えられる．さらに，新しい手法による推定時の領域の取り方によって，推定結果の時間相関長さがどのように変化するかを考察し，これまでの推定手法よりはるかに空間分解能が高くなったことが確認できた．最後には，この新しい推定方法を応用し空間相関モデルを導入した理論式を展開することで，領域の空間特性の把握と，瞬時降雨量の空間相関長さの推定可能性を述べる．

今後，モデルにおける改善とさらなる発展に関しては，空間相関モデルによる領域空間特性の理解と空間相関長さの同定が行われる．また，モデルの更なる精度向上と新たに推定できる降雨場確率パラメータの拡大の可能性を目指し，モデルに無降雨期間を考慮すること，また TRMM の観測によって現在詳細に解明されつつあるモンスーンにおいて重要な要素である日周変化のモデルへの取りこむことによって，低緯度地域での精度の向上が望まれる．また，異なる季節による全球分布の変化や，他の時間スケール（月単位など）での結果も今後期待できる．

参考文献

中北英一，岡根俊介：人工衛星による低頻度観測情報から直接算定される地点月降雨量分散値の補正手法，土木学会水工学論文集，第 50 巻，CD-ROM，6pp.，2006.

Nakakita, E., S. Okane, L. Konoshima: Method of Correcting Variance of Point Monthly Rainfall Directly Estimated Using Low Frequent Observations From Space, *Advances in Geosciences* 2006, vol.6, pp.35-45, 2007.