

エラーモニタリングを用いた物理的地形性降雨算定手法の提案

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○吉開 朋弘
 京都大学防災研究所 正会員 中北 英一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 キム スンミン

1. 研究の目的

山岳域が多く存在する我が国では、地形の影響を受け、同じ地域に数時間にわたって強い雨域が停滞するという降雨現象が起こりやすい。こうした地形性降雨を数時間前から定量的に予測することができれば、山岳域における水害や土砂災害の軽減につながるであろう。本研究は、移流モデルを用いたレーダー短時間降雨予測手法(運動学的手法)に、水蒸気収支や雲水量の変化などを考慮した地形性降雨の算定手法(物理学的手法)と、予測誤差のアンサンブル手法(確率的予測手法)の2つを結合することで、台風などの地形性降雨が発生しやすい事例における、山岳域での短時間降雨予測精度の向上を目指すものである。本研究の対象事例を2004年台風6号事例とする。

具体的な予測手順は、まず物理プロセスを考慮した移流モデルに、予測誤差フィールドを用いた予測手法を導入し、バイアス補正による決定論的予測を行う。次に予測誤差の性質を分析することでその発生原因を推定し、地形性降雨の影響による誤差を抽出する。さらにこれを利用して地形性降雨算定モデルのパラメータ補正を行うことで、物理プロセスに基づいた地形性降雨予測の精度向上を図るというものである。

2. 地形性降雨算定モデルを用いた降雨予測手法

ここでは中北ら¹⁾による、立平モデルと呼ばれる地形性降雨算定モデルを用いた降雨予測手法を紹介する。この手法は気塊が山の斜面に沿って上昇することで生じた水蒸気凝結量(雲水量) $L[g/m^3]$ の時間変化を、

$$\frac{dL}{dt} = -cL - a(L - L_c) + WG - WL \frac{\partial \ln P}{\partial z} \quad (1)$$

と表現している。ここで c は上空からの降雨が雲粒を捕捉する割合、 a は雲粒自身による降水への成長、 L_c は降水へと転換する限界の雲水量 $[g/m^3]$ 、 W は斜面による気塊の上昇速度 $[m/s]$ 、 G は気塊が単位距離上昇する間の水蒸気凝結による L の増加量を示している。

この式の右辺最終項を無視して解析的に積分し、落下した雲水量から地形性降雨を算定する。

実際の予測計算では(1)式の理論を用いて、レーダー情報を地形性降雨と非地形性降雨とに分離し、非地形性降雨のみを移流させ、その値から求めた地形性降雨を合成して予測降雨を算出している(図1)。

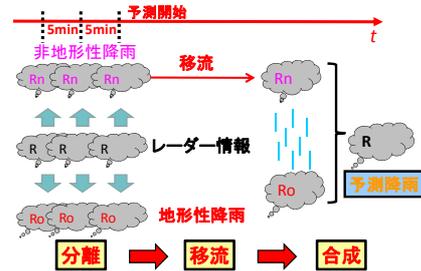


図1. 地形性降雨算定モデルを用いた予測の手順

この手法を用いて2004年台風6号事例について初期時刻11:00からの1時間先予測を行った。その結果を図2に示す。図より、主に紀伊半島南部の強雨域を予測できていないことがわかる。

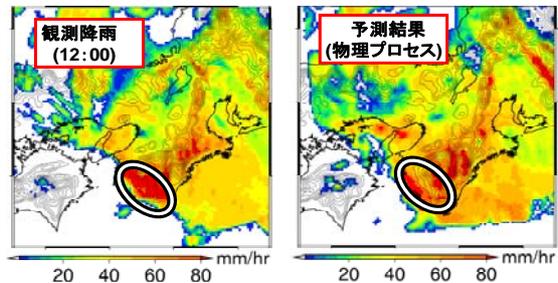


図2. 2004年台風6号事例に地形性降雨算定手法を使用した結果(初期時刻11:00, 1時間先予測)

3. エラーフィールドを用いた予測手法

ここでは、Kim et al.²⁾ の、予測誤差フィールドを用いた予測手法について述べる。まず移流モデルによる予測降雨とその時刻の観測降雨の差を取り、予測誤差(エラー)の空間分布(フィールド)を求める。それを初期時刻までいくつも求めることにより、エラーの平均値や標準偏差、共分散等のエラーの性質の空間分布を求める。そのエラーの性質が時間的継続性を持つと仮定し、予測先の時刻で起こりうるエラーを先に予測し、

キーワード レーダー、降雨予測、地形性降雨、アンサンブル予測、予測誤差

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 気象水象災害研究部門 水文気象災害研究分野 TEL.0774-38-4264

移流モデルによる予測結果へ加えることで予測精度の向上を図る。図3に示すように、本研究では初期時刻の1時間前から5分間隔で遡り、それぞれ1時間先を予測した11枚の予測降雨と観測降雨との差を取ることでエラーフィールドを作成し、上記のエラーの性質を求め、その中のエラーアンサンブル平均フィールドの値を初期時刻からの予測降雨に加えることで、バイアス補正による決定論的予測を行った。図4に、先程と同じ事例にこの予測手法を適用することで得られたエラー標準偏差フィールドと、エラーアンサンブル平均フィールドを示す。図4の右図を見ると、図2で予測できていなかった紀伊半島南西部が過小評価傾向にあることが読み取れる。また図5に、図4のエラー平均値を用いてエラーアンサンブル予測を行った予測結果を示す。これより図2では予測できなかった紀伊半島南西部の強雨域を予測できていることが見て取れる。

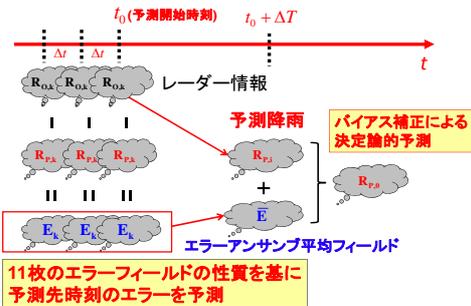


図3. エラーフィールドを用いた予測手法の手順

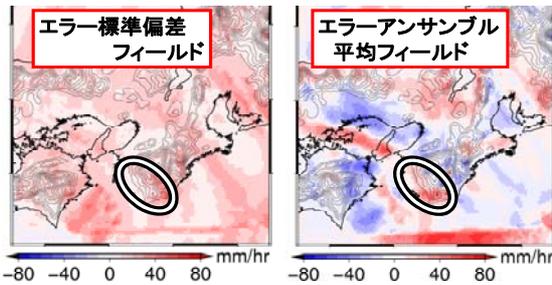


図4. 台風6号事例予測によって得られたエラー標準偏差フィールドとエラーアンサンブル平均フィールド

4. 結果の検証とエラーモニタリング手法の提案

エラーアンサンブル予測手法には、エラーフィールドを見ることでエラーの発生原因を推定することができるというもう1つの大きな特徴がある。例えば図4の紀伊半島南西部に着目すると、過小評価傾向であり、標準偏差の値は小さい。つまりこの地域では常に過小評価となっていることがわかる。これは山岳域斜面で強雨域が停滞することが特徴の地形性降雨によるエラーであると推定できる。このように、エラーフィールドを用いてエラーの原因を推定し、物理プロセスに基

づく予測にフィードバックする手法を本研究ではエラーモニタリング手法と呼ぶ。バイアス補正に頼ることなく、物理プロセスを正確に再現できるモデルの構築へ向けて、この手法は大いに役立つことが期待される。

今回は(1)式の立平モデル中の上昇風速 W 値にエラーアンサンブル平均値を倍率として与え修正することで、物理モデルによる予測精度向上を図った。代入方法は、現在の立平モデルでは考慮されていない対流性の降雨を再現するために、上昇速度が $10\sim 20[m/s]$ となるようにエラー平均値に応じて重みづけを行った。このパラメータ更新手法と、地形性降雨考慮なし、考慮ありの3手法の結果、またそれぞれにアンサンブル予測を適用した、全部で6ケースの予測結果に対して、紀伊半島南西部におけるCSI(Critical Success Index)を用いて精度評価を行った(図6)。この結果から、アンサンブル予測手法を用いることで大きく精度が向上し、パラメータ更新手法を用いることでも若干の精度向上が見られた。発表時には対象事例やエラー平均値の W 値への代入方法を変更した結果も示す予定である。

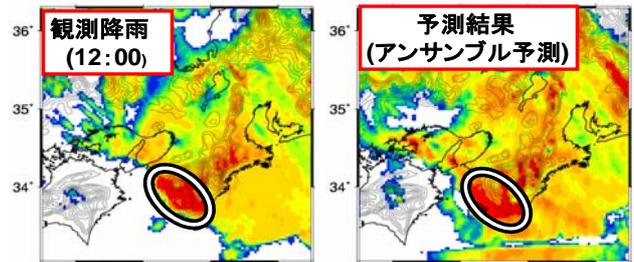


図5. 台風6号事例にエラーアンサンブル予測を適用した予測結果と観測降雨(初期時刻11:00,1時間先予測)

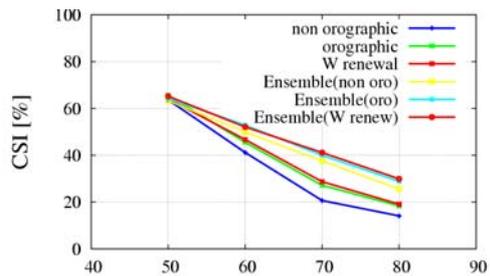


図6. CSIを用いた紀伊半島南西部における強雨域の予測精度評価図(横軸は降雨強度の閾値)

参考文献

- 1) 中北・寺園(2009): 地形性降雨を考慮した移流モデルによる短時間降雨予測手法の精度向上に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第52号, pp.527-537.
- 2) Kim,S., Y.Tachikawa, T. Sayama, and K. Takara (2009): Ensemble flood forecasting with stochastic radar image extrapolation and a distributed hydrologic model, Hydrolol. Process.,23, pp.597-611.