

NTT

京都大学防災研究所 正員

○

辻 基宏

京都大学防災研究所 正員

大石 哲

中北 英一

京都大学防災研究所 正員

池淵 周一

1 はじめに 従来、都市における水害の原因は台風と低気圧に伴う豪雨によるものが大半を占めていたが、近年それらは相対的に減少し雷雨性の集中豪雨によるものが目立ってきている。したがって、狭域かつ短時間の集中的な豪雨を重視する必要性が生じてきた。

そのような背景から、本研究では、狭域・短時間の豪雨から都市を守る治水計画を行う際に、導入の必要性があると考えられる狭域・短時間のPMP推定を行う。そこで、その推定手法において数値気象モデルを導入することにより、PMPに物理的な意味を与え、その信頼性を高めることを本研究の目的とする。

2 狭域・短時間のPMP推定手法

2.1 数値気象モデルの概要 ここで用いる数値モデルはFerrierら[1]によって開発された1次元積雲対流モデルである。このモデルは半径約1km、高さ20kmの円柱を計算領域として積雲を1次元(高さ方向のみ)で表現するモデルである。雲物理過程についてはRutledgeら[2]のcold rainを用いている。

1次元モデルは多くのシミュレーションができるなどの様々な利点があるが、実際に大きな豪雨をもたらす積乱雲は水蒸気の供給地点と降雨地点が異なり、水蒸気を降雨に変換する効率が高くなるような、2次元、あるいは3次元構造を持つ。

そこで本研究では1次元モデルを用いて、仮想的ではあるが2次元の豪雨構造を表現できるように、一連の積雲の成長プロセスを雨滴生成プロセスと降雨プロセスに分割する。雨滴生成プロセスとは、大気中の水蒸気を雨滴(氷も含む)に変換するプロセスである。このプロセスにより大気中に含まれる雨滴の総量が得られる。また降雨プロセスとは、上空に蓄積された雨滴を落下させるプロセスである。

2.2 狭域・短時間のPMP推定手法 本研究で開発した狭域・短時間PMP推定手法を説明する前に、本研究における狭域とは数km²、短時間とは10～15分

であると定義しておく。本研究で開発した狭域・短時間PMP推定手法は図1のように5つのstepに従って計算される。

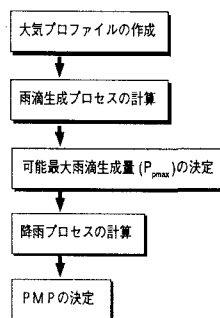


図1: 狭域・短時間PMP推定のフローチャート

大気プロファイルの作成 実際の豪雨時の大気プロファイル(潮岬、米子、輪島の高層気象観測データ、'93.6-9)から下層に混合層を設けるなどして、モデルのインプットとなる多くの不安定な大気プロファイルを作成する。この多くのプロファイルにより積雲発生内部要因と雨滴生成量(P_p)の関係を見出すことができる。

雨滴生成プロセスの計算 作成された様々な大気プロファイルを初期条件として1次元積雲対流モデルを用いた計算を行い、雨滴生成量(P_p)を算定する。積雲発生の外部要因としては大気プロファイルの他にガストフロント等を模擬した強制上昇流を与える。

可能最大雨滴生成量(P_{pmax})の決定 計算の初期条件中の気象要素 $X_i(i=1,2,...)$ (例えば、地表の混合比など)と雨滴生成量(P_p)の関係をプロットし、散布図を描く。それぞれの X に対する散布図において上限値をカバーするように包絡線を描き、その関数を f_i とする。包絡線は X 以外の要因が降水効率を最大化するような場合の集合という意味になる。 X ごとに可能最大雨滴生成量($P_{pmax}(X)$)を決定すれば、可能最大雨滴生成量(P_{pmax})はそれらの中の最大値をとることにより決定される。式で示すと次のようになる。

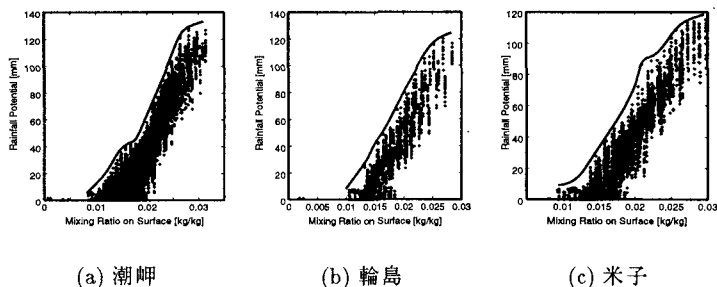


図 2: 地表の混合比 (q_v) と雨滴生成量 P_p の関係

$$P_{pmax} = \max(P_{pmax}(X_1), P_{pmax}(X_2), \dots) \quad (1)$$

降雨プロセスの計算 10～15分の雨量を計算するために、モデル領域内に雨滴生成プロセスにおいて生成された可能最大雨滴生成量 (P_{pmax}) を流入させ、それを落下させる。さらにここでは、流入→落下という一連のプロセスが定常状態であると仮定し、その定常状態において得られた10分雨量を取り出す。

PMPの決定 雨滴生成量 (P_p) と降雨プロセスによって計算された降雨量 (P) との関係プロットし散布図を描き、その最大値をカバーするように包絡線を描く。包絡線を表す関数を $g(P_p)$ とすれば、 g が最大値を持つような上に凸な関数であるような場合は、その最大値を与える P_p を P_{p0} としたとき、PMP は次式のように決定される。

$$PMP = \begin{cases} g(P_{p0}) & P_p \geq P_{p0} \\ g(P_{pmax}) & P_p < P_{p0} \end{cases} \quad (2)$$

雨滴生成量に関する散布図と包絡線 気象要素は気象官署で測定可能な地表の混合比を選択し、これを横軸に、雨滴生成量を縦軸にとり、潮岬、輪島、米子における計算結果をまとめたものが図 2 である。

地上降雨量に関する散布図と包絡線 降雨プロセスの計算を行い、横軸に雨滴生成量 (P_p)、縦軸に10分地上雨量 (R_{10}) をとり、計算結果をまとめたものが図 3 である。ただし、潮岬における計算のみを行った。

3 都市域における狭域・短時間のPMP推定 近畿地方の各気象官署における1961年1月から1996年11月までのデータを入手したが、各気象官署における地表の混合比の最大値は、いずれも0.021～0.023というものであった。そのデータと図 2、図 3、式

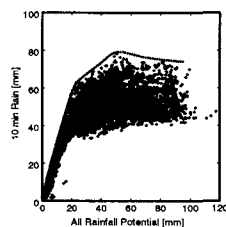


図 3: 全雨滴生成量 (P_p) と10分地上雨量 (R_{10}) の関係

(2) を用いることにより、近畿地方の都市域における10分間のPMPは80 mmという結果になった。

4 おわりに 本研究では都市において危険度の大きな狭域・短時間の豪雨を対象に、そのPMPを推定することを目的として研究を進めてきた。そして、従来の推定手法において取り入れられていなかった降水メカニズムを推定手法に導入し、その具体的な方法について述べた。さらに本研究で新たに開発した推定手法を用いて近畿地方の都市域における10分のPMPが80 mmという結果を得た。

参考文献

- [1] Ferrier, B.S., Houze, R.A., Jr.: One-Dimensional Time-Dependent Modeling of GATE Cumulonimbus Convection, *J. Atmos. Sci.*, **46**, pp.330-352, 1989
- [2] Rutledge, S.A., P.V. Hobbs, The Mesoscale and Microscale Structure and Organization of Clouds and Precipitation in Midlatitude Cyclones. XII: A Diagnostic Modeling Study of Precipitation Development in Narrow Cold-Frontal Rainbands *J. Atmos. Sci.*, **41**, pp.2949-2972, 1984.