

II-19

積雲対流モデルを用いた短時間の可能最大降水量(PMP)推定の試み

京都大学大学院 学生員 矢島 啓 京都大学大学院 学生員 辻 基宏
 京都大学防災研究所 正 員 池淵周一 京都大学防災研究所 正 員 中北英一

1.はじめに 都市域の中小河川は流域面積が狭く、そのほとんどが舗装などの不透水性物で被われているため、流出時間が極めて短く、短時間の局所的な降雨に対しても洪水の危険性がある。しかし、今なおこのような降雨のメカニズムは十分には解明されておらず、河川の計画にはほとんど考慮されていない。そのため、本研究では、将来、河川計画において局所的豪雨が考慮できるように、可能最大降水量(Probable Maximum Precipitation)を1次元の積雲対流モデルを用いて推定することを試みる。

2.PMPの推定手法 PMPはもともと米国においてダムのスピルウェイなどの水理構造物の設計に用いられたものであり、「ある季節、地域に対して物理的に可能な、理論的に最大化された降水量」と定義されている[1]。このPMPの算出において重要な操作が湿度の最大化と呼ばれるもので、 $PMP = P \times W_{pmax} / W_{pstm}$ と表される。ここで、 P は既往最大降雨量、 W_{pmax} は既往最大可降水量、 W_{pstm} は既往最大降雨時の可降水量である。また、この式において可降水量のかわりに地表面における比湿を用いて算定することもある。PMPを求める時にこのように湿度に関する変数をパラメータとして用いることに異論はないが、これだけで雨量の最大化が行えるとは考えにくく、このパラメータに加え、大気的不安定度合をあらわすようなパラメータも導入する必要があると思われる。また、湿度に関するパラメータの比例定数にも問題がある。そこで、本研究では、1次元積雲対流モデルを用いて降雨の物理機構を考慮した形で、まず比湿をパラメータとして着目し、種々の大気条件を変化させたときの降雨量の変化からPMPの推定を行う。

3.1次元積雲モデルの概要 本研究で適用するモデルはFerrie and Houze[2]による暖かい雨の1次元積雲対流モデルである。このモデルはある一定の総観場において、初期条件として地表面付近でガストフロントを模擬した上昇気流を与え、半径1km高さ20km程度の円柱内に積雲を発生させるというものである。このモデルは半径1kmの底面積の円柱という空間スケールと1時間程度の時間スケールをもつため、局所的かつ短時間のPMPを推定するという本研究の目的に適しており、また、1次元計算であるため、さまざまな条件の基でシミュレーションを行うことができる。

4.積雲対流モデルにおける大気場の設定 大気プロファイルは、Weisman and Klemp[3]を参考にして温位と相対湿度の分布を与えることにより設定した。この設定に関しては1988年8月と9月に大阪で生じた雷雨性豪雨6降雨時の高層気象観測データ(潮岬)から決定した。ただし、温位の分布はどのケースでもほぼ同じであるのに対して、相対湿度の分布はかなりバラツキがあるため、単調に減少する分布(pattern A)と、実際に起こった特徴的な分布3パターン(下層だけが湿っている分布:pattern B、上層までかなり湿っている分布:pattern C、中層が乾燥してその上下では湿っている分布:pattern D)の計4パターンを設定した(図1参照)。また、地表面での湿度を変化させて新たな分布を設定する場合、pattern Aの時は式(2)に従い変化させるが、実績パターンの時にはプロファイル全体を地表面の湿度が変化した分だけ相対湿度分布全体を変化させた。次式に温位 θ および相対湿度 H のプロファイルの設定を示す。

$$\theta(z) = \begin{cases} \theta_{sur} & z \leq z_{mix} \\ \theta_{sur} + (\theta_{tr} - \theta_{mix})((z - z_{mix})/(z_{tr} - z_{mix}))^{4/5} & z_{mix} < z \leq z_{tr} \\ \theta_{tr}[\exp(g(z - z_{tr})/(C_p T_{tr}))] & z_{tr} < z \end{cases} \quad (1)$$

$$H(z) = \begin{cases} H(z) \ (q: \text{const}) & z \leq z_{mix} \\ H_{mix} + (H_{tr} - H_{sur})((z - z_{mix})/(z_{tr} - z_{mix}))^{4/5} & z_{mix} < z \leq z_{tr} \\ H_{tr} & z_{tr} < z \end{cases} \quad (2)$$

ここで、sur:地表面、mix:混合層、tr:圏界面、 q :比湿、 $\theta_{tr} = 345\text{k}$ 、 $z_{mix} = 1\text{km}$ 、 $z_{tr} = 14\text{km}$ 、 $T_{tr} = 208\text{k}$ 、 $H_{tr} = 10\%$ である。特に混合層内では、温位と比湿を一定とし、相対湿度は100%を上限値とした。また、気圧と高度との関係は静水圧近似で求めた。

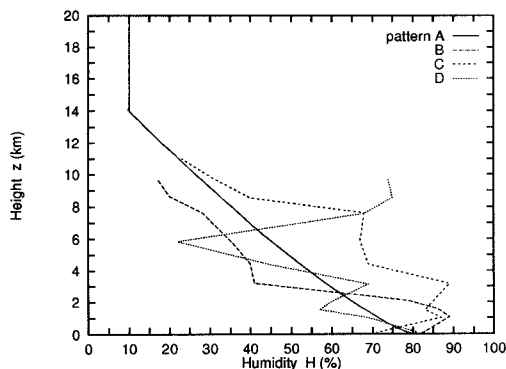


図 1: 過去の豪雨時の相対湿度分布と設定相対湿度分布

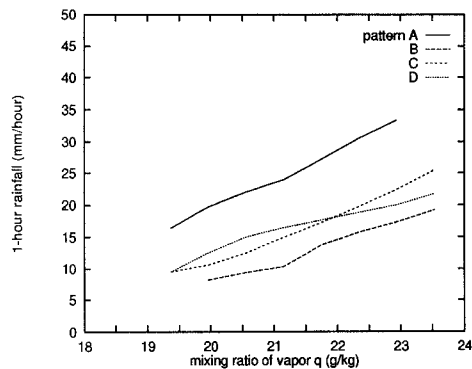


図 2: シミュレーション結果による比湿と降雨量の関係

5. シミュレーション結果およびPMP推定

1988年9月3日18時に大阪で31mm/hrの雷雨性降雨を生じた時の気圧1002.4hPa、気温31.7℃を基本とし湿度を60%から80%まで変化させ、その時の降雨量の変化を検討した。降雨が生じたのは湿度66%以上(比湿19.4g/kg)のときであり、比湿と60分降雨量の関係を図示すれば図2ようになる。この図2において湿度分布パターンの異なる4本の直線の傾きはおよそ3.5~4.5であり、この傾きが最大降雨量をもたらすような降雨システムにおいても同じであると仮定する。そして、大阪を基準とし、過去30年における最大降雨量63mm/hr(1990年9月24日、比湿16.3g/kg)と最大比湿22.2g/kg(1978年8月2日)をもとに、PMPの推定を行うと、従来手法(比湿の比で最大化)によるPMPは86mmであり、数値シミュレーションからの傾き(4.0を仮定)を持つ直線をあてはめ求めると87mmとなり、両者の違いはほとんど見られなかった(図3参照)。

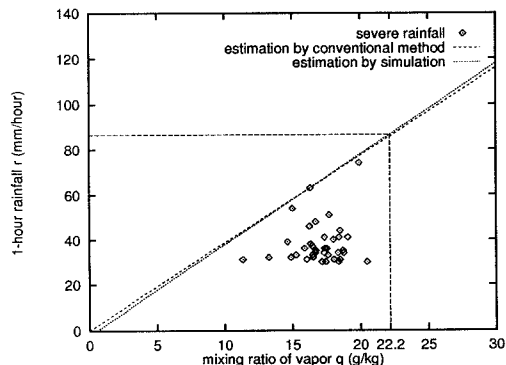


図 3: 大阪周辺における過去の豪雨時の比湿と1時間雨量

6. おわりに 積雲対流モデルを用いて、比湿をパラメータとして降雨量の変化を算定した結果、今回の検討範囲では、モデルを用いた降雨量の最大化と従来からの湿度をパラメータとして求める最大化手法とはあまり差がないことが明らかとなり、比湿(可降水量)をパラメータとする従来のPMP推定の妥当性が確認できた。しかし、鉛直方向の湿度分布の違いによる降雨量の変化は顕著であり、これは一つには大気中に含まれる水蒸気量の違いであるが、もう一つは大気不安定度の違いが大きいと考えられる。そこで、今後は不安定度をパラメータを組みこんだ最大可能降水量の推定について検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Hansen, E.M. et al. (1982): Application of probable maximum precipitation estimates - United States east of 105th meridian, Hydrometeorology, **52**. [2] Ferrier, B.S., Houze, R.A. Jr. (1989): One-dimensional time-dependent modeling of GATE cumulonimbus convection, J. Atmos. Sci., **46**, pp.330-352. [3] Weisman, M.L., J.B. Klemp: The Dependence of numerically simulated convective storms on vertical wind shear and buoyancy (1982): Mon. Wea. Rev., **110**, pp.504-520.