

第II部門 短時間降雨の可能最大降水量(PMP)推定に関する基礎的研究

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 中北英一 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 序論 都市域の中小河川は、流域面積が狭いため局地的な集中豪雨に対して氾濫する可能性が極めて高い。そこで本研究では、局地的な集中豪雨に対応した短時間でかつ狭い領域における降雨に注目し、まずその可能最大降水量(Probable Maximum Precipitation、PMP)について従来の推定手法に検討を加える。さらに、これまでPMPを推定する際に考慮されていなかった降水機構をPMP推定に導入するため、降水機構を表現する降水モデルを用いた数値シミュレーションを通してPMPを推定する際に重要な要因を検討する。

2 従来のPMP推定手法 PMPの定義は、米国において、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されている。PMP推定において基本的、かつ重要な概念となるのが「湿度の最大化」である。この概念は、水蒸気含有量(可降水量)が増加すれば降雨量も増加するという仮定のもとに、既往の豪雨も仮に気柱がさらに多量の水蒸気を含んでいれば、より大きな降雨量をもたらすとする考え方であり、PMPは(1)式のように算定される。

$$\text{PMP} = P \times \frac{W_{\text{pmax}}}{W_{\text{pstm}}} \quad (1)$$

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。

一方、建設省土木研究所で行われているPMPの研究では、(1)式での可降水量の代わりに、地表での比湿を用いてPMPが算定される。しかし、パラメータに可降水量を用いる場合と比湿を用いる場合とでは、PMPは温度条件により最大約10%の差があることを確認した。このようなことが生じる原因として、従来の推定手法では、降雨機構を考慮していなかったということが挙げられる。従ってPMPを推定するには降雨機構を導入する必要がある。そこで、本研究では局所的な対流性降雨に着目し、そのような降雨のPMPを推定する際に、何が重要な要因となるのかを検討した。

3 降水モデルの概要 本研究で適用するモデルは、FerrierとHouze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付近でガストフロントを模擬した上昇気流を与え、半径1 km、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。

このモデルを適用した理由であるが、このモデルは半径約1 kmの底面積の円柱という空間スケールと、約1時間という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、しかも1次元であるので2次元、3次元のモデルより計算上扱いやすく、様々な条件の下でシミュレーションできるからである。

4 PMP推定へのアプローチ まずFerrierらが用いた初期条件を用いてモデルの再現を行い、その結果を図1に示す。図1は鉛直風速の図であるが、こ

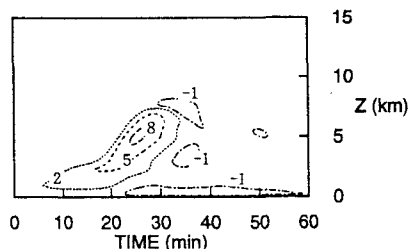


図1:再現結果の鉛直風速(m/s)

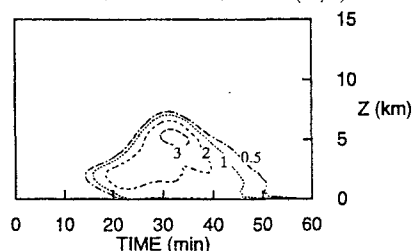


図2:再現結果の雨水の混合比(g/kg)

の図より雲の発達状況が分かる。すなわち、上昇気流が強いときは雲は発達過程にあり、下降気流が現れるときは雲が衰退していることを示している。さらに、その衰退の原因としては図2からわかるように

雨滴の生成、落下によって下降流が生じている。このように、このモデルは実現象の特徴を十分表現できているため、次にPMP推定へのアプローチとして、何がPMPにとって重要な要因であるかを検討する。すなわち、どのような要因によって降雨量が増加するのかを検討する。その検討方法として、モデル再現時の大気プロファイルをもとに各種の条件を変化させ、シミュレーションを行う。ここでは、次の2例についてシミュレーションを行う。

シミュレーション1： 相当温位プロファイルモデル再現時と等しくし、温度、湿度を変化させた大気プロファイルを用いる

条件1 W_p 比-2.2%、 q 比-0.9%、 T 比+0.5℃

条件2 W_p 比+2.1%、 q 比+0.9%、 T 比-0.5℃

条件3 W_p 比+4.3%、 q 比+1.8%、 T 比-1.0℃

ただし、 W_p は可降水量、 q は地上比湿、 T は温度を表し、 W_p 比、 q 比、 T 比はモデル再現時との比である。またモデル再現時の可降水量は57.9mm、地上比湿は18g/kgである。

シミュレーション2： 初期条件で与える強制上昇気流を変化させる

条件1 最大値を1.0m/secにする

条件2 最大値を1.5m/secにする

条件3 最大値を2.5m/secにする

条件4 最大値を3.0m/secにする

ただし上昇気流は高度0.4kmで最大となるように与え、モデル再現時には最大値2.0m/secとした。これらのシミュレーションによって得られた最大降雨強度及び降雨量の結果は、表1、表2に示す。

シミュレーション1の結果から、大気的不安定度を表すパラメータの相当温位が一定であっても可降水量が大きいほど降雨量が大きくなるのがわかる。しかも、可降水量の変化分に比例して降雨量も変化している。次にシミュレーション2の結果から、初期条件として与える上昇気流が強いほど降雨量も大きくなるが、シミュレーション1の時に比べ影響の程度が小さいことがわかる。すなわち本検討の条件では

可降水量が数%変動するだけで、降水量には非常に大きな影響を与えることがわかる。

表1:シミュレーション1の結果

	最大降雨強度 (mm/hr)	降雨量 (mm)
条件1	0	0
条件2	104	43.0
条件3	162	65.0
再現時	47	19.0

表2:シミュレーション2の結果

	最大降雨強度 (mm/hr)	降雨量 (mm)
条件1	20	5.4
条件2	37	14.3
条件3	57	22.0
条件4	70	24.6
再現時	47	19.0

5 結論 本研究で得られた成果は以下のとおりである。

1. 従来のPMP推定法において、用いるパラメータにより最大10%程度の差が生じる可能性があることを明らかにするとともに、今後はPMPの推定に降雨機構を考慮してPMPを推定することが必要であることを示した。
2. 大気的不安定度を表す相当温位を同じにしても、可降水量が大きい方が降雨量が大きくなる。従って、PMPの推定に可降水量をパラメータとすることは妥当であることを確認した。ただし、数値的な妥当性に関する検討は今後の課題である。
3. 対流性の降雨に関して、上昇気流がトリガーとなる場合、その強さとともに降雨強度・量が増加するが、可降水量による影響よりは小さいことを確認した。

[参考文献]

- Hansen, E.M. et al (1982): Application of Probable Maximum Precipitation Estimates - United States East of 105th Meridian, *Hydrometeorol. Re.*, **52**.
- Ferrier, B.S., Houze, R.A. jr. (1989): One-dimensional time-dependent modeling of GATE cumulonimbus convection, *J. Atmos. Sci.*, **46**, pp.330-352.