

Ⅱ - 14

容易に入手可能な気象要素のみを用いた物理的手法による短時間降雨予測

東京大学大学院 学生員 ○白川直樹
建設省東北地建 大城秀彰
東京大学工学部 正 員 玉井信行

1. 序

中小規模の都市河川の洪水対策では、数十分から数時間という近い未来の状況を予測することが必要となる。予測する対象は、降雨量の変動であり、河川への流出量である。このうち、降雨量については、レーダによって得られたデータを用いた予測に関する研究が数多くなされている。レーダはたいへん強力かつ便利な道具であり、これを正しく利用することによって降雨予測の精度が向上することは間違いない。しかし、本研究では、レーダのデータを用いない短時間降雨予測を試みる。使用する気象データは、地上の気温、露点温度、気圧の3つのみである。この降雨予測モデルは、Georgakakos と Bras が1984年に発表したもので、鉛直方向の水分移動に着目してこれを定式化したものである。水平方向の移動は考えていない。

2. モデルの構成

地表の空気塊が上昇気流によって持ち上げられると、温度および気圧が低下していく。この過程は断熱過程とみなすことができる。この空気塊がある高度まで達すると、空気塊中の水蒸気が凝結を開始し、凝結した水分の一部は脱落する。脱落する水分はエネルギーを伴っているため、すでにこの過程は断熱過程ではない。凝結生成物がすべて即時に脱落する場合は偽断熱過程とよばれ、現実の大気で起こっているのは断熱過程と偽断熱過程の中間の過程である。ここでは断熱過程によって凝結が始まる高度を雲底とし、その後の過程を偽断熱過程とみなし、さらに上昇して凝結が止まる高度を雲頂とする。

対象地点の上空の雲柱を考え、その中に含まれる水分量を $X(t)$ とすると、次の式が成り立つ。

$$\frac{dX(t)}{dt} = I(t) - O_t(t) - O_b(t)$$

ここに、

$I(t)$: 凝結した水分量

$O_t(t)$: 雲頂から吹き飛ばされた水分量

$O_b(t)$: 雲底から脱落した水分量

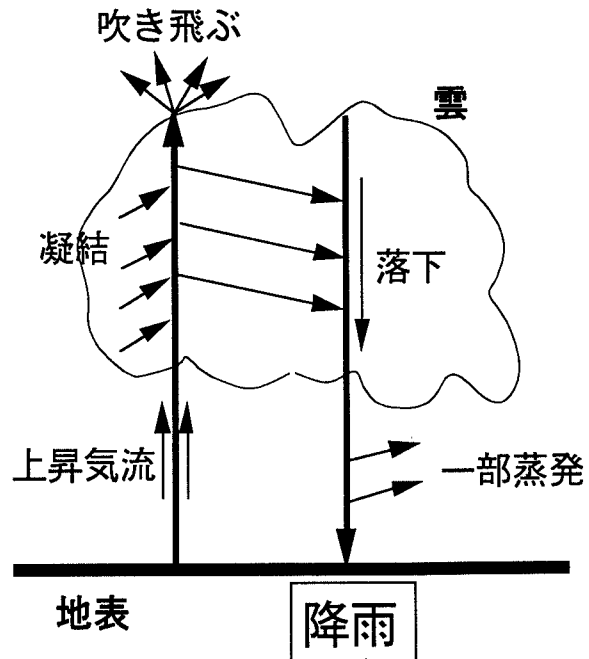


図1. モデルの概念図

これらの水分量すべてを X で表現することができれば、この式は X に関する常微分方程式となる。そして、雲底から脱落した水分のうち一部は落下中にふたたび蒸発し、残った部分が地表まで到達して降雨量となる。各水分量を求める過程で必要となる値のうち、雲底の気温および気圧は、断熱変化をすることからポアソンの式を用いて算出できる。雲頂の値は、雲中での平均上昇気流速度と雲頂気圧の関係式から求めることになるが、このとき上昇気流速度の大きさに影響を与えるパラメータとして ε_1 という定数を決める必要がある。また、雲中の水滴の粒径分布については、

$$n(D) = N_0 \exp(-cD)$$

という形を仮定した。この中の、平均粒径の逆数 c は $\frac{1}{c} = \varepsilon_4 * v^k$ (v は上昇気流速度)と書けるのだが、いまは c は v によらないとし、 $k=0$ とおく。するとパラメータ ε_4 は、平均粒径そのものとなる。これら2つのパラメータは、対象地点により、また降雨の成因により異なった定数値となるので、キャリブレーションが必要となる。他にもいくつかのパラメータがあるが、それらは場所などの影響をあまり受けないので、ここではGeorgakakosとBrasの定めた値をそのまま使うことにした。

3. 実際の降雨への適用例

このモデルにより、横浜の短時間降雨予測をした。気温、露点温度および気圧は横浜気象台での10分ごとの観測データを用い、20分ごとの降雨量を予測した。その一例を図2に示す。これは1994年の9月13日から17日にかけての降雨である。パラメータについては多くの値を試してみたが、ここに示した図は、 $(\varepsilon_1, \varepsilon_4) = (0.005, 2.0 * 10^{-5})$ のケースである。

降雨の開始および終息は、ほぼ現実の状況に近い挙動を示しているが、観測値からはいくらか遅れている。そして、ピークなどの雨量の大幅な変化には対応しきれていない。また、後半部分の少雨期間には、実際には雨の降っていない時間にも降雨を予測してしまっている。

まだまだ改善の余地の多いモデルではあるが、地上の気温、露点温度、気圧という、誰でも容易に測定可能な気象要素だけを用いた簡単な計算で、この程度の降雨予測が可能である。

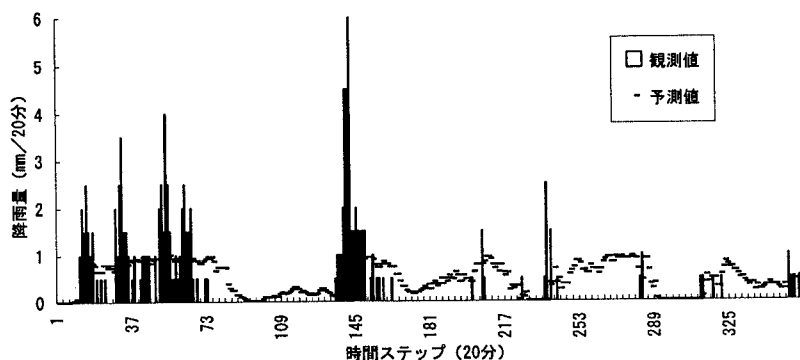


図2. 横浜における1994年9月13日から17日の降雨の予測結果

$$(\varepsilon_1, \varepsilon_4) = (0.005, 2.0 * 10^{-5})$$

参考文献) Georgakakos, K.P and R.L.Bras : Water Resour.Res., Vol.20, No.11, 1984

Li Qihang : 水文・水資源学会 1991 年研究発表会要旨集