

II-34 地形性降雨の数値シミュレーション

北海道大学工学部 学生員 ○渡部 元

北海道大学工学部 正会員 山田 正

I. はじめに

本研究は主に地形性降雨を中心とした降雨の発達過程と各気象パラメーターの働きを解析し、地上降雨強度分布を予測したものである。降雨の解析過程に於いては、Kessler¹⁾のパラメタリゼーションを用いている。

II. 降雨の物理的機構

降雨は空気中の水蒸気が凝結したものと考えられるのだが、実際には飽和水蒸気のもとで、必ず雨が降ると言うわけではなく、水分子の凝縮、捕捉など複雑なメカニズムが介在している。ここではそれらのうち次の4つの機構を考慮した現象を扱う。

III. 基礎式

大気中に存在する水粒子を、雲水量 M (周りの空気と相対的に降下する水粒子)と雨水量 m (周りの空気と相対的に降下しない水粒子)の2つに区別する。(註: 常に $M \geq 0$, m は負に成り得る。ただし飽和時に $m = 0$)

本研究で用いた基礎式は、雲水量 M と雨水量 m に於ける連続の式である。この式をLax-Wendroff法により数値解析した。(式-1)

ここで、 (x) は海岸線から山岳に向かう水平座標、 (z) は海水面から上空への鉛直座標、 (t) は経過時間、 (u) は大気の水水平風速、 (V) は水粒子の降下速度、 (w) は大気の上昇風速(地形効果による強制上昇流)、 (AC) は雲粒の雨粒への転換(オートコンバージョン)、 (CC) は雨粒による雲粒の捕捉、 (EP) は雨粒の蒸散、 (CV) は(仮想的な意味での)凝結を表す。(式-2)

III. 結果・考察

計算結果の一例を示す。当該計算条件として、上層から降水粒子の供給はなく、風上側からは常に一定に飽和水蒸気が供給されるとする。風下側はその一つ風上の格子における値と同じ値を持つものとする。風は水平方向で海から山の方に、時間、高さに関係なく一定の風速で流れているとする。

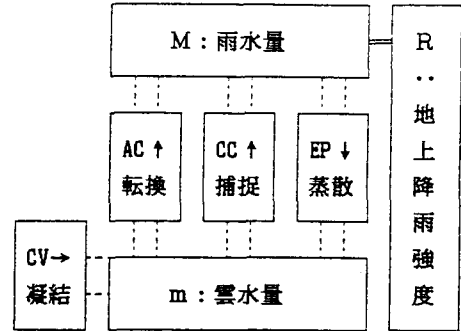


図-1 降雨機構の説明図

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -u \frac{\partial M}{\partial x} - (w+V) \frac{\partial M}{\partial z} + AC + CC - EP$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -u \frac{\partial m}{\partial x} - w \frac{\partial m}{\partial z} - AC - CC + EP + CV$$

〔式-1〕

$$AC = k_1 \langle m - \alpha \rangle$$

$$CC = k_2 E N_0^{1/8} \langle m \rangle M^{7/8} \exp(kz/2)$$

$$EP = k_3 N_0^{7/20} \langle -m \rangle M^{13/20}$$

$$CV = 4 W_m (z/H) (1 - z/H) (k_4 + k_5 z)$$

《ただし $\langle \rangle$ は内部が負なら0を、それ以外は絶対値を返す演算子。

$k_1 \sim k_5$ は定数、 α は転換の臨界値、

N_0 はマーシャル・パルマー²⁾分布の係数

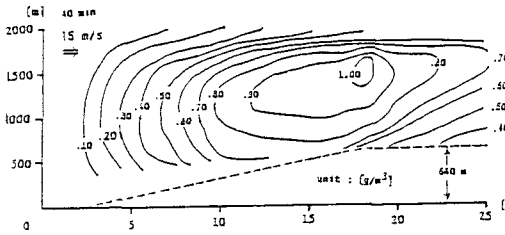
W_m は最大上昇速度、 H は最大高度、

E は捕捉率、 m, M, z は前述の通り》

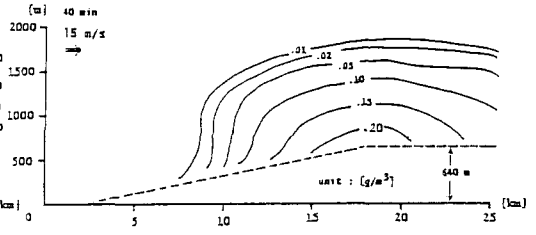
〔式-2〕

以上の条件のもとに地上降雨強度に対する山の斜面勾配、風速などの影響を検討してみると、

- 1) 降雨強度と水平風速は、やや上に凸の線形に近い関係がある。
- 2) 水平風速が大きいくほど早く定常状態に至る。
- 3) 海岸からある地点(ここでは0~約12km地点)迄は水平風速の降雨強度への影響は少ない。ことなどが判った。これらのことは実際の降雨においても認められる現象である。



〔図-2 雪水量分布〕



〔図-3 雨水量分布〕

また定常状態に達するのに30~40分を要すること、一様上昇斜面の場合の降雨強度に対する寄与をみると、総ての高度に於て凝結(CV)項が大きく、上空では転換(AC)が、地上近くでは捕捉(CC)が卓越し、蒸散(EP)は殆ど影響を与えないことを付記しておく。

ここでは一様上昇斜面の場合を示したが、地形を2つ山に変えた場合には、1つめの山における降雨強度のピークと2つめのそれとの比はおおよそ4:3であった。また、1つめの山におけるそれと違い、2つめの降雨分布のピークの位置は時間的に移動した。しかしその降雨強度自体は殆ど変化しなかった。定常時における雨水量(M)分布形は双方に余り違いを見なかった。

IV. おわりに

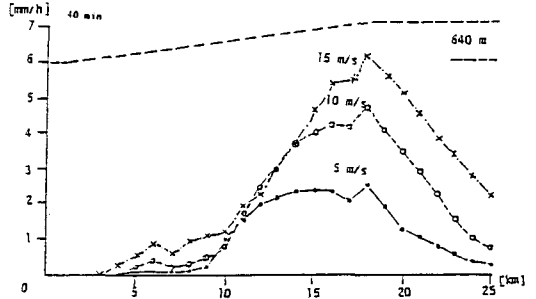
現在いろいろな条件下(ex.風速の変動、対流性降雨を与えるなど)で実験を行っているが、今後は以上の結果を基に、境界条件・初期条件の再検討および、実測値との比較検討を進めると共に、更に様々な情報(例えばレーダーエコーなど)の予測、あるいは逆に入力データとして外挿していく方法、更には地形的収束を考慮するための3Dモデルへの展開を考えている。

〔謝辞〕

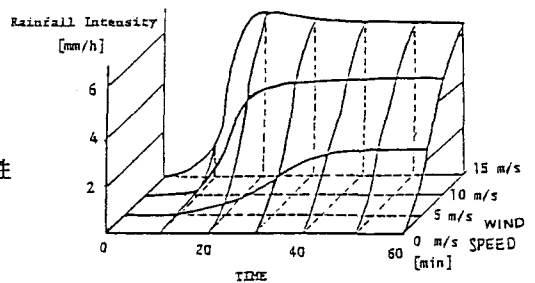
文献収集に際しての札幌管区気象台文書関係各位の御厚意と、北海道大学理学部地球物理学科の播磨屋敏生先生の多大なる御助言に感謝の意を表する。

〔参考文献〕

- 1) Kessler, E. III, 1969: Models of microphysical parameters and processes.
<Meteorological Monographs, #10, pp26-31>



〔図-4 地上降雨強度分布〕



〔図-5 時間-風速-降雨強度分布〕

以上の図は、特に断わらない限り、地形は一様斜面(640m/16km)、風は高さに対して一様(水平風速 15m/sec)、全域無降雨飽和と大気を初期条件に、 $dx=1km, dz=100m, dt=20sec$ で、40分経過後におけるものである。
(但し、下線部は代表値を示す)

- 2) Marshall, J.S. & W. McK. Palmer, 1948:
The distribution of raindrops with size.
<J. Meteor. #5, pp165-166>
- 3) 今野 好文・菊池 勝弘 ほか, 1981:
北海道オロフレ山系南東斜面の降雨特性 (I)
『北海道大学地球物理学研究報告』