

## II-31 四十四田流域での風と雨の数値計算

東北大学大学院 学生員○張 旭紅

東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

### 1. 目的

レーダーで測られた高空の雨量分布を地表面の雨量分布に換算するには、雨が高空から風によって移流し、雲と相互作用して局地降雨を形成しながら地表面に辿りつく過程を計算しなくてはならない。本研究ではその第一歩として、地表風観測データを用いて風速の空間分布を計算する。

### 2. MASCONモデル

MASCON法は、運動の方程式を直接解くかわりに、その解である観測値等を内挿して得られる3次元格子点の風速( $U^0, V^0, W^0$ )を、質量保存則を束縛条件とする変分解析により修正し、質量保存を満たす3次元の風速( $U, V, W$ )を求める方法である。

#### 2. 1 格子点における初期値内挿法

初期内挿風場( $U^0, V^0, W^0$ )の推定は次の考え方に基いて行う。

大気は接地層、上部境界層(EKMAN層)、自由大気の3層に分けら

れるものとしてモデル化する(図-1)。接地層内の風速は対数法則に従い変化するが、風向は変わらない。自由大気では傾度風バランスが成立している。エクマン層内では、風速分布はベキ法則に従い、風向は接地層上端と自由大気との間で直線的に変化すると仮定する。エクマン層上端の高度は計算対象時刻の仙台での3000mを使う。( $U^0, V^0, W^0$ )の具体的な与え方は次の通りである。

1) 水平風速 $U^0, V^0$ : 各水平格子点のEKMAN層下端の風速は地表観測点の水平風速から内挿し、EKMAN層上端の風速は気圧分布に基づく傾度風を計算して与える。それらから、EKMAN層内風速分布のベキ指数を求めて各格子点の水平風速を計算する。

2) 鉛直風速 $W^0$ : 底面の風速は風向が境界に沿うという境界条件から、各水平格子点の地上の第一番目の格子点での鉛直風速を  $W^0 = i \sqrt{U^{02} + V^{02}}$  ( $i$ : 斜面勾配) として与える。それ以外の点では $W^0 = 0$ とする。

#### 2. 2 質量保存則(MASCON)による風場の修正

風の観測地点の多くは平地に位置している、これらの地点での観測値から内挿して求めた風の場合は現実の地形の効果をほとんど受けていないため、当然誤差を含んだものとなっている。この誤差の修正は質量保存則を満たし、しかも次式が最小になるように行うものとする。

$$E(\lambda, U, V, W) = \int_V [\alpha_1^2 (U - U^0)^2 + \alpha_1^2 (V - V^0)^2 + \alpha_2^2 (W - W^0)^2 + \lambda (\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z})] dx dy dz \quad \dots (1)$$

式(1)を最小にする解をもつオイラーラグランジュ方程式は(2)である。

$$U = U^0 + \frac{1}{2\alpha_1^2} \frac{\partial \lambda}{\partial x} \quad V = V^0 + \frac{1}{2\alpha_1^2} \frac{\partial \lambda}{\partial y} \quad W = W^0 + \frac{1}{2\alpha_2^2} \frac{\partial \lambda}{\partial z} \quad \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad \dots (2)$$

さらに(2)式から(3)式を導き出せる。

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + (\frac{\alpha_1}{\alpha_2})^2 \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} = -2\alpha_1^2 (\frac{\partial U^0}{\partial x} + \frac{\partial V^0}{\partial y} + \frac{\partial W^0}{\partial z}) \quad \dots (3)$$

境界条件は底面では法線方向の流速がないことを考えて  $\partial \lambda / \partial n = 0$  , 他の境界では  $\lambda = 0$  とする。(3)を解いて(2)に代入すれば真値の流速( $U, V, W$ )が求められる。(3)は  $\alpha_1, \alpha_2$  の各自の値に関係なく、その比  $\alpha = \alpha_1 / \alpha_2$  だけに依存している。もともと、鉛直風速と水平風速のオーダーが異なっているために、汎関数Eを構成するとき、水平修正成分と鉛直修正成分とのEへの寄与のオーダーが等しくなるように掛けた重みが  $\alpha_1, \alpha_2$  である。その定義は(4)式である。

$$\alpha_1^2 = \frac{1}{2} \sigma_1^{-2} \quad \dots (4)$$

ただし、 $\sigma_1$  は計算された風場( $U, V, W$ )と観測された風場( $U_0, V_0, W_0$ )の標準偏差である。それ故、定義に

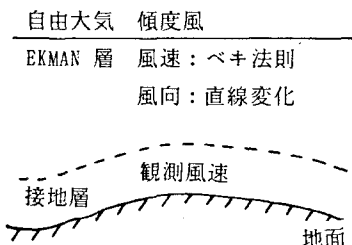


図-1 大気のモデル化

従えば $\alpha_1/\alpha_2=\sigma_2/\sigma_1$ となる。しかし、観測値 $(U_o, V_o, W_o)$ の個数は全格子点に比べて極めて少ないのが実情である。ここでは初期内挿風場 $(U^0, V^0, W^0)$ を $(U_o, V_o, W_o)$ の代わりに使用して(4)の $\sigma_i$ を求める。

$\alpha$  を仮定して、それに対応する風場 $(U, V, W)$ を求め、(4)に代入し、 $\sigma_2/\sigma_1$ を計算する。 $\alpha=\sigma_2/\sigma_1$ となるまで繰り返し計算した。これを満足する $\alpha$ の値は0.45であった。

3. 主な結果

対象地域は範囲は四十四田ダム流域(70 km×40km)である。地域の西には標高約2000 mの岩手山が存在する。1989年8月28日3時台風17号によって約24m/sの南東風(自由大気中)が吹いた時を対象として計算した。

図-2は $\alpha=0.45$ の時の水平風速分布(標高900m)を示す。図の左下部分の風向は上空の南東風とほぼ90度の差があり、風が高さ方向に大きき及び方向が大きき変化していることを伺わせる。これを雨の移流に考慮する必要があることが明確に示された。

それと対応する鉛直断面内の風速分布を図-3に示す。山の影響を受けて、3000mの上空まで鉛直風速が生じている。風速の鉛直分布の一例を岩手山東側斜面山腹A点(図-2参照)について図-4に示す。高度1000mの地点であり、地表面上1000m以上にわたり0.5m/s以上の上昇気流が生じている。これは局地降雨の原因になると思われる。

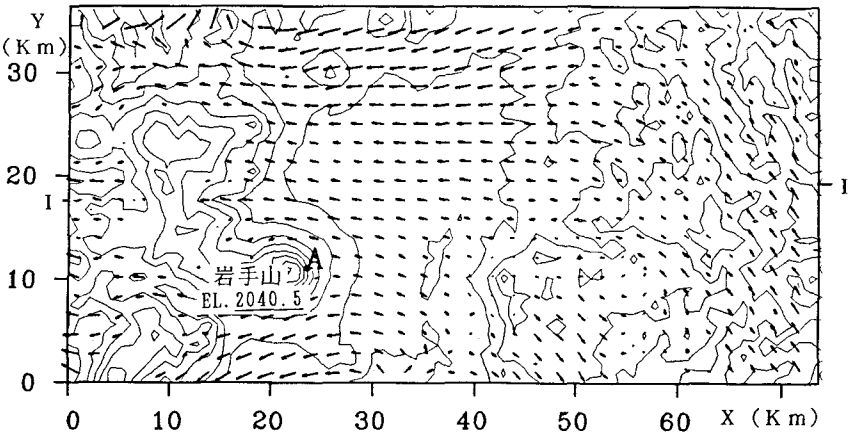


図-2 水平風速分布(標高900m)

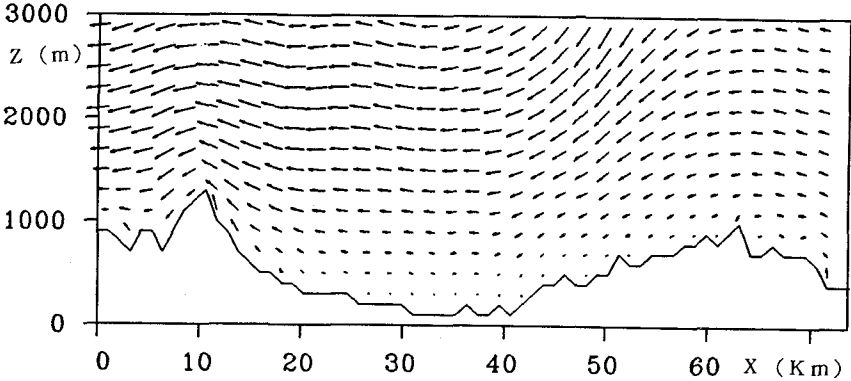


図-3 鉛直断面(I-I)の風速分布

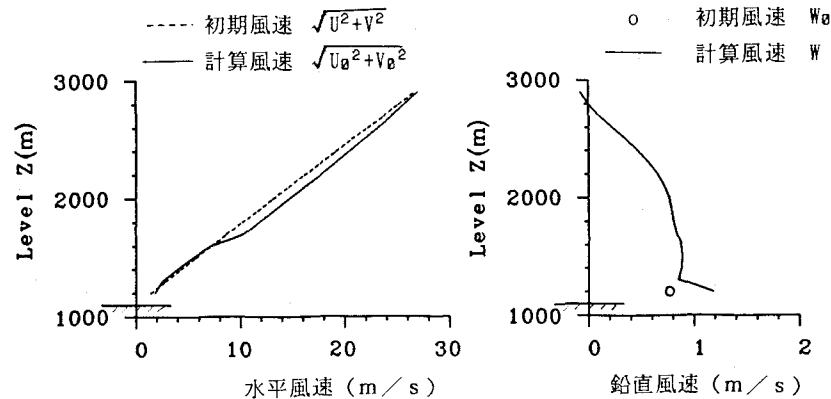


図-4 A点の水平風速と鉛直風速