

II-35

降雨分布に及ぼす地形効果のシミュレーション

東京大学大学院	学生員	○沖	大幹
芝浦工業大学	正員		高橋 裕
東京大学工学部	正員		小池 俊雄

1. はじめに

空間的・時間的に精度の高い降雨予測技術の会得は今後の水文学に期待される重要な課題のひとつだと考えられる。そこでまず降雨分布の可視化ともいべき作業を行い、水文学で扱うスケールの降雨分布に対しては地形効果と気象擾乱の相乗作用が重要らしいことが確認された。そこで現実的な地形を取り込んで二次元プリミティブモデルを用いて数値実験を行った。

2. 地形と降雨分布

従来から九州については気象原因と降雨分布との間に相関があるとされているので、九州を事例として1982年の豪雨について地形と時間降雨とを対応させて表示してみた。雨のデータは気象庁のアメダスデータの雨ファイルを、地形データは国土地理院の国土数値情報・標高データを用いた。同年台風11号と13号による豪雨の代表的と思われる分布を図-1、

図-2に示す。11号は九州の遥か西の海上石垣島付近を北上して黄海へと抜け、13号は都井岬に上陸して日本海へと九州東部を縦断した。経路が大きく異なるにも拘らず強雨域は南部から東部に偏っていて、台風による湿った南東風の地形性強制上昇による降雨であることが予想される。次に梅雨前線による豪雨例として7月の長崎豪雨時の分布を図-3に示す。強雨域は北西部にあることがわかるが地形との関係は

あまり明白ではない。図-4はその4時間後のやや集中度が弱まった様子である。この図で中央山地よりもその周囲の海岸線沿いのほうが降雨が激しいことは目をひく。強雨域の偏りは他数例についても同じような傾向が認められ、九州の豪雨は梅雨前線時には北～西部に台風時は南～東部に降るという従来言われていることはほぼ妥当だと思われる。また時間降雨分布を見るかぎりでは、降雨予測に当たっては降雨の原因である気象擾乱の変化から追求せねば強雨域の消長や地形による変形などをうまく表現しきれないと思われた。

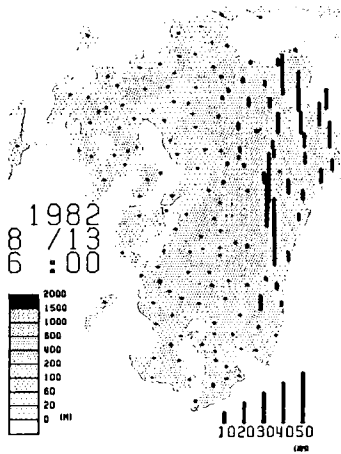


図-1

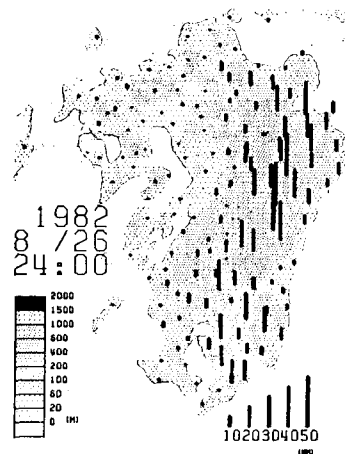


図-2

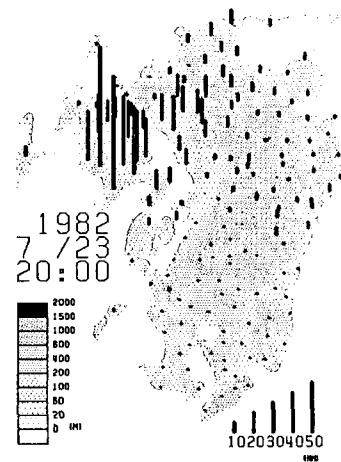


図-3

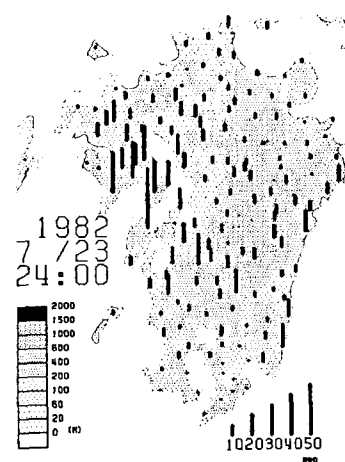


図-4

3. 数値モデルによるシミュレーション

σ座標系のプリミティブ方程式を用いて鉛直二次元の数値モデルを作成して実地形データに対して適用した。モデルの概要は表-1の通りである。なお、モデルでの変数配置を図-5に、支配方程式系を下に示す。地形データは前出の標高データから東経131度線に沿った3次メッシュ内平均値を用いた。図-6はx軸方向のみに風速を与えた場合の二時間後の様子である。これに対して図-7は波長300kmの擾乱をx軸方向の気圧面に与えそれに釣り合った地衡風（y軸方向）のみを与えた場合の二時間後の様子である。どちらも初期状態で大気は安定した状態にしたが、図-7に見るようにメソ擾乱の影響で地形性上昇が激しく乱れている様子がわかる。特に330km地点上空の著しい上昇流は豪雨の発生を想起させるものである。

方程式	プリミティブ方程式
鉛直座標	σ座標系
モデル上端気圧	100mb
鉛直層数	20層
水平方向	y軸方向の変数値一定
水平間隔	10km
空間差分	中央差分
時間差分	松野スキーム
積分時間間隔	10秒
物理過程	なし、乾燥モデル
境界条件	中央差分を満たすように外挿

表-1

4. 今後の課題

数値モデルの精緻化を図ることもひとつの方向である。しかし水文学で問題となる規模の気象現象は未だよくわかっていない部分が多く、それらの現象を把握し定式化することも重要であろう。そしてまた、小規模の気象擾乱を把握する技術はそのまま超微細格子モデルの初期値を与える技術となろう。

☆支配方程式系

$$\frac{\partial \pi u}{\partial t} + \frac{\partial \pi u u}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - f \pi v + \pi \frac{\partial \phi}{\partial x} + \sigma \alpha \pi - \frac{\partial \pi}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial \pi v}{\partial t} + \frac{\partial \pi u v}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + f \pi u = 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} + \frac{\partial \pi u}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \sigma} = 0$$

$$\delta \phi = -\pi \frac{RT}{p} \delta \sigma = -RT \delta (\ln p)$$

$$\frac{\partial \pi C_p T}{\partial t} + \frac{\partial \pi u C_p T}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \frac{\partial C_p T}{\partial \sigma} = \pi \omega \alpha$$

$$\pi \delta = - \int_{\sigma}^{\sigma_0} \frac{\partial \pi u}{\partial x} d\sigma - \sigma \frac{\partial \pi}{\partial t}$$

☆変数

σはある点における気圧をpとして

$$\sigma = \frac{(p - p_t)}{\pi}$$

$$\pi = p_s - p_t \quad (\text{Pa})$$

$$p_s: \text{地上気圧} \quad (\text{Pa})$$

$$p_t: \text{モデル上端気圧} \quad (\text{Pa})$$

定義より $0 \leq \sigma \leq 1$ であり $\sigma = 0$ がモデルの上端 $\sigma = 1$ が地表面である。

$$u: x \text{ 方向速度} \quad (\text{m/s})$$

$$v: y \text{ 方向の速度} \quad (\text{m/s})$$

$$T: \text{気温} \quad (\text{K})$$

$$\phi: \text{ジオポテンシャル} \quad (\text{m}^2/\text{s}^2)$$

$$\delta: \text{鉛直の速度} \quad (\text{s}^{-1})$$

$\delta < 0$ は上昇流, $\delta > 0$ は下降流を表す。

α: 比容

$$\alpha \equiv \frac{RT}{p} = \frac{1}{\rho} \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

$$\omega: \text{鉛直p速度} \quad (\text{Pa/s})$$

$$\omega \equiv \pi \delta + \sigma \left[\frac{\partial \pi}{\partial t} + u \frac{\partial \pi}{\partial x} \right]$$

☆定数

- ・ f: コリオリパラメーター
- ・ g: 重力加速度
- ・ R: 気体定数
- ・ C_p: 定圧モル比熱

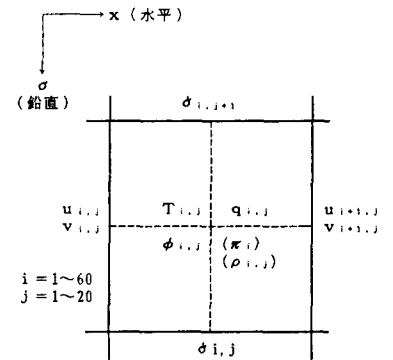


図-5

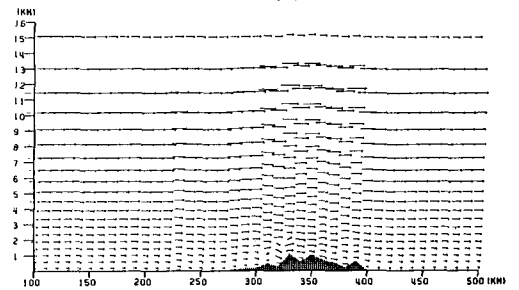


図-6

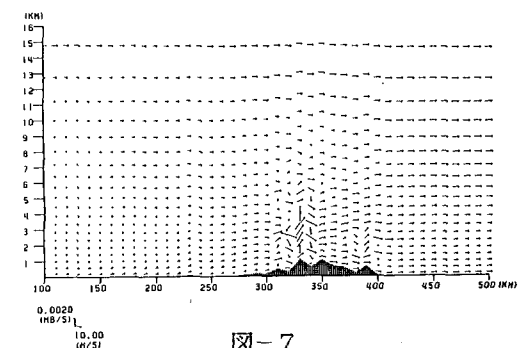


図-7