

1999 年 6 月広島災害をもたらした大気場の解析

財団法人リバーフロント整備センター 正会員 ○後藤勝洋 広島大学大学院 正会員 渡邊明英

1. 序論

1999 年 6 月の広島災害について様々な研究が行われており，地形性収束による降雨の増大が顕著であったと推定されているが¹⁾，この災害事例を気象学的に検討した研究は少ない．本研究では，1999 年 6 月広島災害時の GPV データに基づいた数値解析を行い，豪雨をもたらした地形と風速場の関係を検討することを目的としている．

2. GPV データの概要 (1999 年の RSM モデル)

GPV データは気象庁の数値予報モデルの計算結果であり、1 日 2 回（9 時・21 時）の気象観測値を元に、地上約 22km×22km、高層約 44km×44km の水平分解能で算出されている（地上 1 時間間隔、上層 3 時間間隔で配信）。気象要素は気圧・高度・水平風速・鉛直圧力速度・気温・相対湿度・降水量などであり、地表面・950hPa・925hPa・850hPa・700hPa・500hPa の 6 つの高度において解析値がある²⁾。GPV データから広域的な 3 次元気象場を得られるが、その時空間解像度は粗く、データを配信している領域が 500hPa 面までと限られているため、解析モデルの適用に制約を受ける。

3. 解析方法

表 1 に基礎方程式³⁾を示す。鉛直方向を圧力 σ 座標系に展開することで、山地部における複雑な境界形状を取り込んでいる。本モデルでは GPV データで与えられた 500hPa 面までを対象とし、境界上面の流出入として GPV から求めた鉛直 σ 速度 $\dot{\sigma}_f$ の内挿値を与えている。連続式から地上気圧 P_s と鉛直 σ 速度 $\dot{\sigma}$ を求めている。ここで、内挿で与える境界上面の流出入と計算から求まる側面流出入のバランスをとるために、式に気圧変動量を緩和する項 α を導入している。緩和分は境界上面の流出入 $\dot{\sigma}_f$ に補正を加えることで収支は保存される。運動方程式から水平速度 $V(u,v)$ をこれらの条件下で算出した。気温 T は温位 θ を一定として気圧 P のみに依存させて与え、状態方程式から密度 ρ を、 σ 面のジオポテンシャル高度 ϕ は静水圧式を地表面から積分して決めている。

対象領域を図 1 に示す。対象期間は 6 月 29 日 9 時から 15 時までとし、格子サイズは高層 GPV データの 4 倍の空間解像度である 22km×22km に設定している。地表面標高は標高データの格子内平均により与えている。計算結果の精度に関して、検証するデータが GPV しかないこと、GPV がそのスケールで比較の実現象を表していると考えられることから、15 時の計算結果と GPV を比較して、計算自体が適切に行われているかを判断している。

4. 解析結果

計算結果として、図2に各時間の海面補正気圧分布、図3に各時間の最下層(標高約250m)における風速場を示す。図2では相対的に気圧の低い領域が時間とともに広がりながら北東へ移動している。15時には1000hPaの等圧線に示される低気圧の中心が日本海岸線(点線部)に沿って著しく発達している。図3では渦状の流れ(点線部)が低気圧の移動に伴い北東へ伸びている。また、九州・四国山脈を回り込む流れが見られ、風速場が地形の影響を受けているのが確認できる。

図 4 に 15 時の GPV 海面補正気圧分布を示す。GPV と計算結果を比較すると、低気圧のおおよその形状は一致している。計算結果の方が 1000hPa の等圧線が表す低気圧の発達領域が大きい、日本海岸線に沿う形状は同様である。図 5 に最下層の高度に合わせて補間した 15 時の GPV 風速場を示す。GPV と計算結果を比較すると、渦状の流

表 1 基礎方程式

- ・ σ 定義式

$$\sigma = \frac{P - P_l}{\pi} \quad (\pi = P_S - P_l)$$
- ・ $w = \frac{dP}{dt} = \pi \dot{\sigma} + \sigma \left(\frac{\partial \pi}{\partial t} + V \cdot \nabla \pi \right)$
- ・ 連続式

$$\frac{\partial P_S}{\partial t} = \frac{- \int \nabla_{\sigma} \cdot (\pi V) d\sigma + \pi \dot{\sigma}_l}{1 + \alpha \left| \int \nabla_{\sigma} \cdot (\pi V) d\sigma \right|}$$
- ・ $\dot{\sigma}_l = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\partial P_S}{\partial t} + \int \nabla_{\sigma} \cdot (\pi V) d\sigma \right]$
- ・ $\sigma \frac{\partial P_S}{\partial t} + \pi \dot{\sigma} = - \int \nabla_{\sigma} \cdot (\pi V) d\sigma + \pi \dot{\sigma}_l$
- ・ 運動方程式

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \cdot \nabla_{\sigma} V + \sigma \frac{\partial V}{\partial \sigma}$$

$$= - \nabla_{\sigma} \phi - \nabla_{\sigma} p - f k \times V + \omega^2 V$$

f : コリオリパラメーター

k : 鉛直方向の単位ベクトル
- ・ 温位定義式

$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{C_p}}$$
- ・ $P_0 = 1000 [hPa]$: 標準気圧
- ・ $R = 287 [J / K / kg]$: 気体定数
- ・ $C_p = 1004 [J / K / kg]$: 定圧比熱
- ・ 状態方程式

$$P = \rho RT$$
- ・ 静水圧式

$$\delta \phi = -RT \delta \ln P$$
- ・ $\phi = gz$: ジオポテンシャル高度

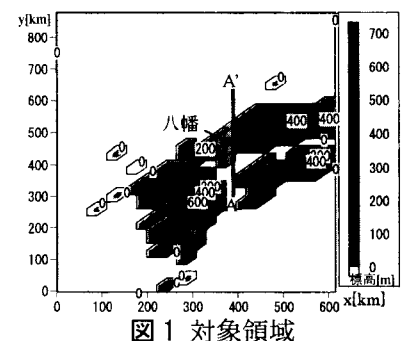


図 1 対象領域

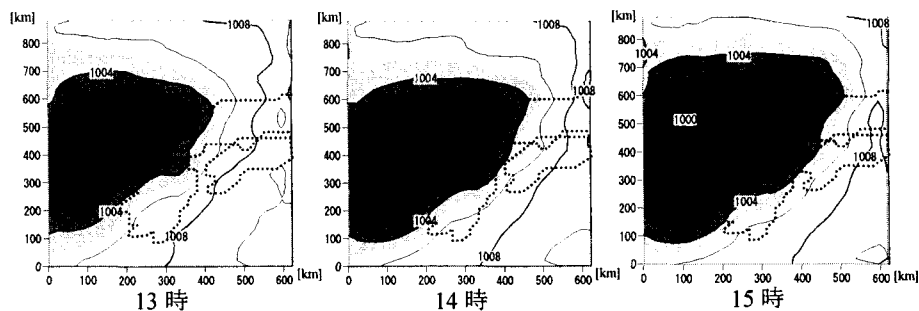


図2 各時間の海面補正気圧計算結果[hPa]

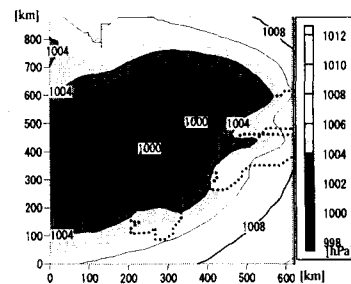


図4 15時のGPV海面補正気圧[hPa]

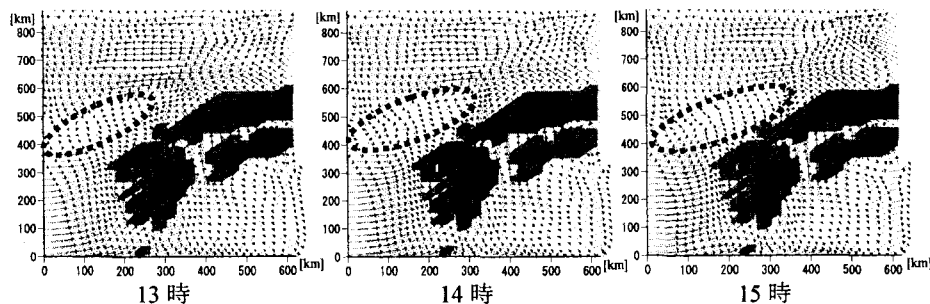


図3 最下層における各時間の風速場計算結果[km/hr]

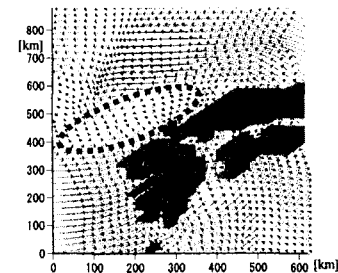


図5 15時のGPV風速場[km/hr]

れ(点線部)の位置や九州東岸に沿う流れは良く一致している。全体的な風向は概ね一致しているが、計算結果の方が低気圧へ向かう風速が強く、九州・四国山脈にぶつかる流れへの影響が顕著に見られる。このことから、計算結果が気圧勾配力や標高勾配力を大きく算出していると推定される。それは本モデルとGPVで与えている地形条件が異なることも影響している。計算結果とGPV大気場では局所的に違いはあるものの、おおまかな気圧配置や全体的な風速場の流れは概ね一致しており、計算が適切に行われたと判断できる。

図6に豪雨発生箇所である八幡を縦断的に通るAA'ライン(図1に表示)上の鉛直yz断面における各時間の風速場と計算に用いた標高分布を示す。図から、地表面付近の風速場が山地斜面に沿って上昇しており、15時にはその上空で上昇風の顕著な増加が見られる。これは八幡において豪雨が集中した14時から15時の時間帯に一致している。上昇風が時間とともに発達する領域は破線内の山地部とその付近に限られていることから、上昇風の発生が地形に大きく関係していると判断できる。ここで、図3の風速場を見ると、低気圧の移動に伴う風向の変化により、九州東岸の豊後水道から八幡に強風域が入り込んでいるのが確認できる。従って、八幡上空の上昇風の発生は、この強風域が山地に当たって収束したことによると考えられる。

5. 結論

1999年6月広島災害を対象としてGPVデータに基づいた数値解析を行い、低気圧及び風速場における渦状流れの移動を追跡することができた。広島災害発生箇所である八幡上空において、豪雨が発生した時間帯に上昇風の卓越を確認することができ、それは低気圧の接近に伴う強風域の流入と地形によるものと推定された。

参考文献

- 1) 青山芳彦：レーダ雨量データを用いた広島県の豪雨と土砂災害の解析，広島大学修士論文，2001
- 2) 足立文玄：GPVデータを用いた豪雨災害時の3次元大気場の解析，広島大学修士論文，2002
- 3) 気象研究所：気象研究所技術報告第13号 気象研究所大気大循環モデル-I (MRI・GCM-I) 予報研究部，1984

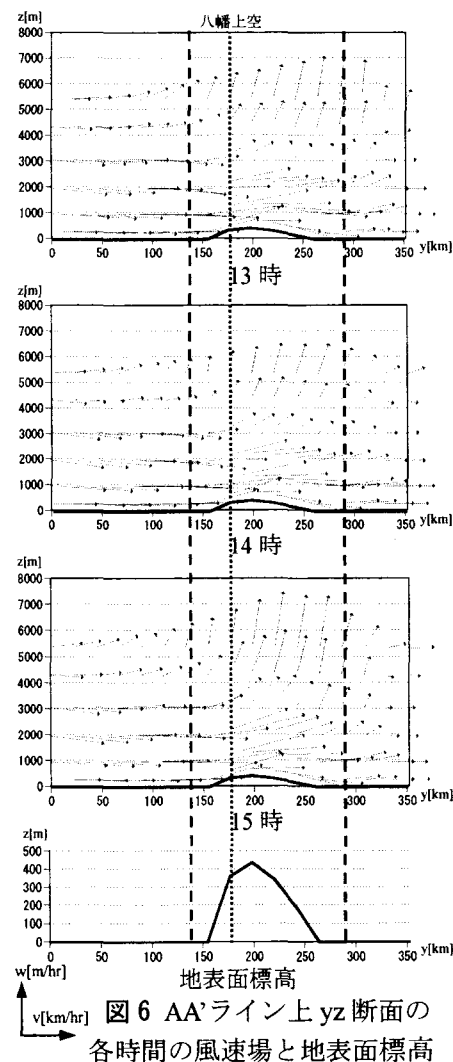


図6 AA'ライン上yz断面の各時間の風速場と地表面標高