

## 雲粒の衝突成長に対する乱流の効果

## The turbulence effect on collision growth of cloud droplets

- 大西 頌, 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター(ESC),  
横浜市金沢区昭和町 3173-25, E-mail: onishi.ryo@jamstec.go.jp  
高木 一, 京大院(現 (株)神戸製鋼所),京都市左京区吉田本町  
高橋桂子, ESC, 横浜市金沢区昭和町 3173-25, E-mail: takahasi@jamstec.go.jp  
小森 悟, 京大工,京都市左京区吉田本町, E-mail: komori@mech.kyoto-u.ac.jp

Ryo Onishi, Earth Simulator Center, 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku Yokohama 236-0001  
Hitoshi Takagi, Kyoto University (now in Kobe Steel, Ltd.)  
Keiko Takahashi, Earth Simulator Center, 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku Yokohama 236-0001  
Satoru Komori, Kyoto University, Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501

There is a growing consensus that the collision growth rate of cloud droplets can be increased by turbulence. We have performed numerical simulations of convective clouds to investigate the turbulence effects on cloud droplet collisions. We used the collision kernel model which we had developed to predict the collision frequency in cloud turbulence. Preliminary results of our simulations have shown that the particle collision growth is dramatically promoted by turbulence in orographic convective clouds. They have also shown that the total amount of rainfall over a mountain is significantly increased.

## 1. 緒言

気相乱流中で液滴粒子が互いに衝突するという現象は、工学流れだけでなく環境流れの中でも広く見られる。最新の研究によれば、雲粒の衝突頻度が乱流によって増大させられることが明らかになっている<sup>(1)(2)</sup>。Lynn et al.<sup>(2)</sup>はPenn State-NCAR Mesoscale Model (MMS)を用いてフロリダで発生したスコールラインを計算し、雲粒の衝突成長に及ぼす乱流効果を調べた。その結果、乱流効果を考慮すると降雨の発生時期や発達をよりよく予測できることを明らかにした。彼らの研究は、実地形上で発達するメソスケール雲における乱流効果を調べた初めての研究である。しかしながら、彼らは水平格子間隔3kmという大気乱流を解像するには不十分な解像度の計算格子を用いており、乱流効果が正しく捕らえられていない可能性がある。また、彼らは数個の観測点における平均降雨強度について考察しただけである。つまり、粗い計算格子を用いたために乱流効果が正しく考慮されていない可能性があり、また、大雑把な議論しか行われていないために乱流効果が十分には明らかにされていない。

このような状況を考慮し、本研究では、メソスケール対流雲における乱流の効果を詳細に調べることを目的とした。

## 2. 雲粒の衝突成長に及ぼす乱流の効果

雲粒成長を陽に計算する手法として、雲粒を大きさごとにいくつかのビンに分けて計算するというビン法がある。そのビン法によって雲粒成長を計算する場合、衝突による雲粒の数密度関数  $n(r, x, t)$  の時間変化量は次式から求められる。

$$\left(\frac{\partial n_f(r, x, t)}{\partial t}\right)_{\text{col}} = \frac{1}{2} \int_0^r K_c(r, r') n_f(r') n_f(r) dr' - \int_0^{\infty} K_c(r, r') n_f(r) n_f(r') dr$$

ここで、 $r'' = (r^3 + r'^3)^{1/3}$  である。また、 $K_c(r, r')$  は衝突頻度因子と呼ばれ、半径  $r_1$  を持った粒子と半径  $r_2$  を持った粒子の衝突割合を表す。代表的な衝突頻度因子モデルとして、Hydrodynamic Kernelモデルがある。しかし、このモデルは気相乱流の効果を考慮できない。それに対して、我々のグループは乱流の影響までを正確に考慮できる衝突頻度因子モデルを開発した。本研究では、その開発した衝突頻度因子モデルを用いて、大気乱流が雲粒の衝突成長にどのような影響を与えるのかを調べた。

## 3. メソスケール対流雲に対する数値計算法

本研究では、メソスケールの山岳降雨現象をシミュレーション対象とした。力学過程の計算には雲解像計算手法 CReSS の力学モデルを用い、雲物理過程の計算には前節で概説した独自開発モデルを用いた。また、計算は地球シミュレータ上で実行された。

図1に計算領域の概略を示す。40km×10km×15kmの計算領域中に200×50×75個の計算格子を配した。水平方向には格子間隔200mの等間隔格子を用い、鉛直方向には地表付近で密となる不等間隔格子を用いた。計算領域中央部には高さ1km、半値幅2kmのベル型の山を配置し、湿潤飽和大気を一樣流速15m/sで流入させた。側面には周期境界条件、出口境界に放射境界条件をそれぞれ用いた。

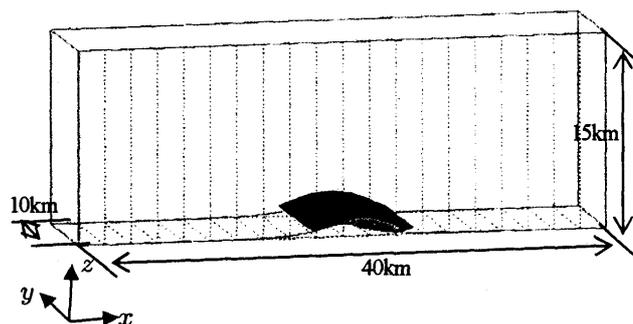


Fig. 1 Computational domain for orographic precipitations.

## 4. 結言

ビン法を用いた高解像度メソスケールモデルを開発し、それを用いて山岳降雨現象に及ぼす大気乱流の影響を調べた。その結果、大気乱流によって雲粒の衝突成長が促進され、降雨量が増大されることが明らかになった。

## 参考文献

- (1) 大西, 高橋, 小森, "乱流中での粒子の衝突成長に対する Large-Eddy Simulation," 機論 B(印刷中).  
(2) 坪木, 榊原, "CReSS ユーザーズガイド 第2版" (2001).