

超水滴法による雲形成と降水現象の数値シミュレーション

Super Droplet Method for the Numerical Modeling of Clouds and Precipitations

○島 伸一郎, 独立行政法人海洋研究開発機構, 地球シミュレータセンター,
236-0001 横浜市金沢区昭和町 3173-25, E-mail: s.shima@jamstec.go.jp

荒木 文明, 地球シミュレータセンター, E-mail: arakif@jamstec.go.jp

川原 慎太郎, 地球シミュレータセンター, E-mail: kawahara@jamstec.go.jp

草野 完也, 地球シミュレータセンター, E-mail: kusano@jamstec.go.jp

Shin-ichiro Shima, The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,
3173-25, Showa-machi, Kanazawa-ku, Yokohama, 236-0001, JAPAN

Fumiaki Araki, The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Shintaro Kawahara, The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Kusano Kanya, The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We develop a novel cloud microphysics model, called Super Droplet Model (SDM), which enables accurate calculation for the motion, growth by condensation and evaporation, and coalescence of all the droplets in a cloud with reasonable cost in computation. We couple SDM and a non-hydrostatic cloud dynamics model and demonstrate a regional simulation of cloud formation and precipitation.

1. はじめに

雲形成や降雨, 降雪, 落雷現象を支配する物理法則は, 2つの部分に大別できる。1つは大気の流れを扱う雲力学過程であり, もう1つは雲や雨の構成要素である水滴の移動や状態変化を扱う雲微物理過程である。2つは相互に影響を及ぼし合い, 典型的なマルチスケール・マルチフィジクス系を成す。

流体力学により記述される雲力学過程に比べ, 雲微物理過程の精密な数値シミュレーションは計算コストが膨大にかかるため実現が難しく, その扱いは気象学・気候学における近年の重要な研究課題の1つとなっている。我々は, 超水滴と呼ぶ新しい計算概念を導入する事により, 比較的現実的な計算コストで精密な雲微物理過程の数値シミュレーションを可能とする, 新しい雲微物理モデルを開発した。

2. 超水滴法の概要

超水滴法では雲粒や雨粒をあくまで粒子として取り扱う。

大きさ, 凝結核の量や種類, 電荷, 速度, 温度, と言った物理量を水滴の属性と呼ぼう。この時, 同じ属性を持つ複数の水滴を1つの超水滴とみなす。それぞれの超水滴が, 幾つの水滴を表現しているかと言う事を多重度 m で表現する。各々の超水滴は実際的水滴と同様に, 風や重力に従って自由に空間内を動きまわる。空間は適当な大きさの格子に区切られており, 超水滴がある時刻にある格子内にあるならば, その超水滴と同じ属性を持つ m 個の実水滴が一様ランダムに格子内に存在するとみなす。この対応を模式的に図1に表わした。

格子内で実水滴は確率的に衝突併合を起こすと仮定し, 超水滴同士の衝突併合をモンテカルロ的に扱う。超水滴同士の衝突併合は次の様に解釈する。今 m_j 個と $m_k (> m_j)$ 個の多重度を持つ超水滴が衝突併合する状況を考える。この時, 多重度 $m_k - m_j$ と多重度 m_j を持つ超水滴が生成されると解釈する。この様子を模式的に図2に表わした。

超水滴の概念は, 噴霧燃焼の数値計算で使われる液滴パーセル⁽¹⁾と, 本質的に同一の物である。ただし, そのモンテカルロ法の詳細には差異がある。

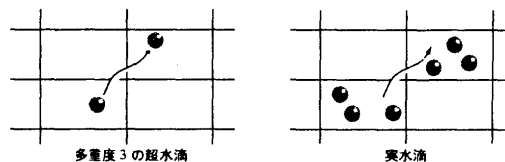


Fig. 1 超水滴と実水滴の関係を表わした模式図

3. 超水滴法の検証

幾種類かの衝突併合カーネルに対して, 超水滴法が分布を再現する事を確認する。また, 超水滴法と, 従来の雲微物理モデルであるビン法⁽²⁾との精度・数値計算コストの点で比較を行う。超水滴法は, 扱う属性が多い程, つまりより精密な計算に対して利点が大きくなる事が見積もれる。さらに, 超水滴法と適当な非静力学モデルを連結し, 領域的な雲の形成・降水現象のテスト計算を行った結果や, その様々な可視化も紹介する。

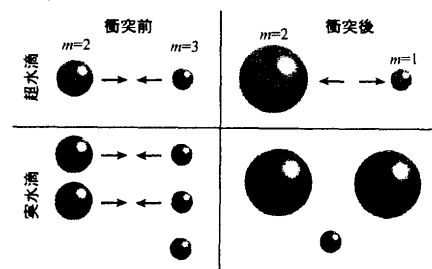


Fig. 2 超水滴の衝突併合と実水滴の衝突併合の対応を表わした模式図

4. 結論

今後, モデルを拡張して扱う属性の種類を増やして行く必要があるが, 超水滴法により, 雲の形成や降雨, 降雪, 落雷現象を従来に無い精密さで再現し予測する事が可能になると期待される。その結果, 天気予報の精度向上, 気象災害対策, 人工降雨の最適化, 地球温暖化予測の精度向上, 等に貢献できるであろう。

参考文献

- (1) D. P. Schmidt and C. J. Rutland, J. Comput. Phys., **164**, 62-80 (2000).
- (2) A. Bott, J. Atmos. Sci., **55**, 2284 (1998).