

格子ボルツマン法を用いた氷晶周りの流れ場とベンチレーション効果
の解析
Analysis of the flow field and ventilation effect of ice crystals
with the Lattice Boltzmann Method

1265062 並河立希
Tatsuki Namikawa

雲中に存在する粒子の成長は大きく分けて2種類存在する。1つは粒子の衝突によって、2つ以上の粒子が併合する衝突成長である。もう1つは周囲の環境が過飽和の時、粒子の表面に向かって水蒸気が移流拡散する昇華成長である。ベンチレーション効果とは、粒子が落下することで水蒸気密度の勾配が上流側において大きくなり昇華成長率が大きくなることであり、先行研究([1])ではその効果を流体の運動方程式に基づき評価した。しかし、氷粒子の形状は一般に複雑で氷粒子の融解が起こりうるため、混相流の計算が必要である。そこで本研究は混相流や境界の表現において利点のある格子ボルツマン法を用いて氷粒子まわりの流れ場とベンチレーション効果を評価することを最終目標としている。今回は3次元における流れ場を計算し、抗力係数やベンチレーション効果を検証する。

直方体領域の中に円柱を入れて実験を行う。ただし、この時、円柱が受ける流れ場の抗力と重力が釣り合っているとす。先行研究([2])を参考に領域の大きさや、円柱の直径、中心位置、レイノルズ数、また上流側の流速を設定する。また、上流側で流速を与え、終端速度に達するまで上流側の流速を徐々に大きくする。さらに円柱の近傍領域では境界から流体に及ぼす外力を流体の運動方程式から導くIBMという手法を用いた。これは複雑な境界や移動境界を表現することができる点が利点である([3])。

Re=20で0.004s経過した時の結果を示す。この時の領域の大きさはlattice unitで1002×502×502であり、解像度は20 μ mである。この時の抗力係数は1.2であり、先行研究[2]と比べて小さくなった。また、図1は正面から見た、円柱周りでの鉛直方向の流速分布を表している。円柱周りでの流速変化は先行研究[2]と比べて捉えられていない状況であることがわかり、これらの原因として円柱周りでの解像度が不足していることや領域の大きさが不十分であることが列挙される。また、ベンチレーション効果は0.005であり、先行研究[4]よりも小さくなった。これも上記と同様の理由が挙げられる。

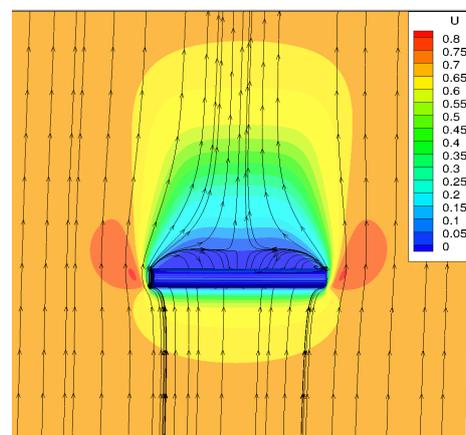


図1：鉛直方向の流速分布（正面）

文献

- 1)Cheng.et al 2014 : A Numerical Study on the Ventilation Coefficients of Falling Hail-stones : JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC RESEARCH
- 2)Hashino et al 2014: Numerical simulation of the flow fields around falling ice crystals with inclined orientation and the hydrodynamic torque : Atmospheric Research
- 3) Inamuro et al 2012: Lattice Boltzmann methods for moving boundary flows : Fluid Dynamic Research
- 4) WUSHENG JI AND PAO.K.WANG 1999: Ventilation Coefficient for Falling Ice Crystals in the Atmosphere at Low-Intermediate Reynolds number : JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCE