



乱流中の内部自由度のあるマイクロ粒子

雲粒子:

半径10 μmから数100 μmまでの微小水滴  
凝結・蒸発・衝突・併合・分裂により粒径が変化  
潜熱による浮力と粒子に働く抵抗を通して乱流場と結合

鎖状高分子

極めて多数のモノマーが鎖上に繋がった高分子  
熱平衡長が数 μm程度、流れ場により100 μm程度まで伸長  
流体抵抗と高分子内の弾性力を通して乱流場と結合

研究目的

雲粒子から雨粒子への連続的成長過程の解明

- 上昇気流と共に移動する系を導入(第2世代雲マイクロ物理シミュレータ)
- 水蒸気や温度の乱流混合と1億を超える雲粒子の雨粒子までの成長プロセスを物理の基本原則にのっとり丸ごとシミュレーション
- 雲粒子の凝結・衝突・併合・分裂による粒径分布の変化, 乱流による雲粒子の不均一な空間分布の形成, 乱流へのフィードバックを解析し雨粒形成までの全プロセスを長時間積分(約20分間)により解明
- 雲乱流中の速度, 温度, 水蒸気の異常揺らぎの統計法則, モーメントのスケールリング指数の普遍性の解明
- 乱流混合によるエアロゾル(雲粒子生成核)の空間分布の揺らぎや統計性の解明

鎖状高分子と乱流との相互作用の解明

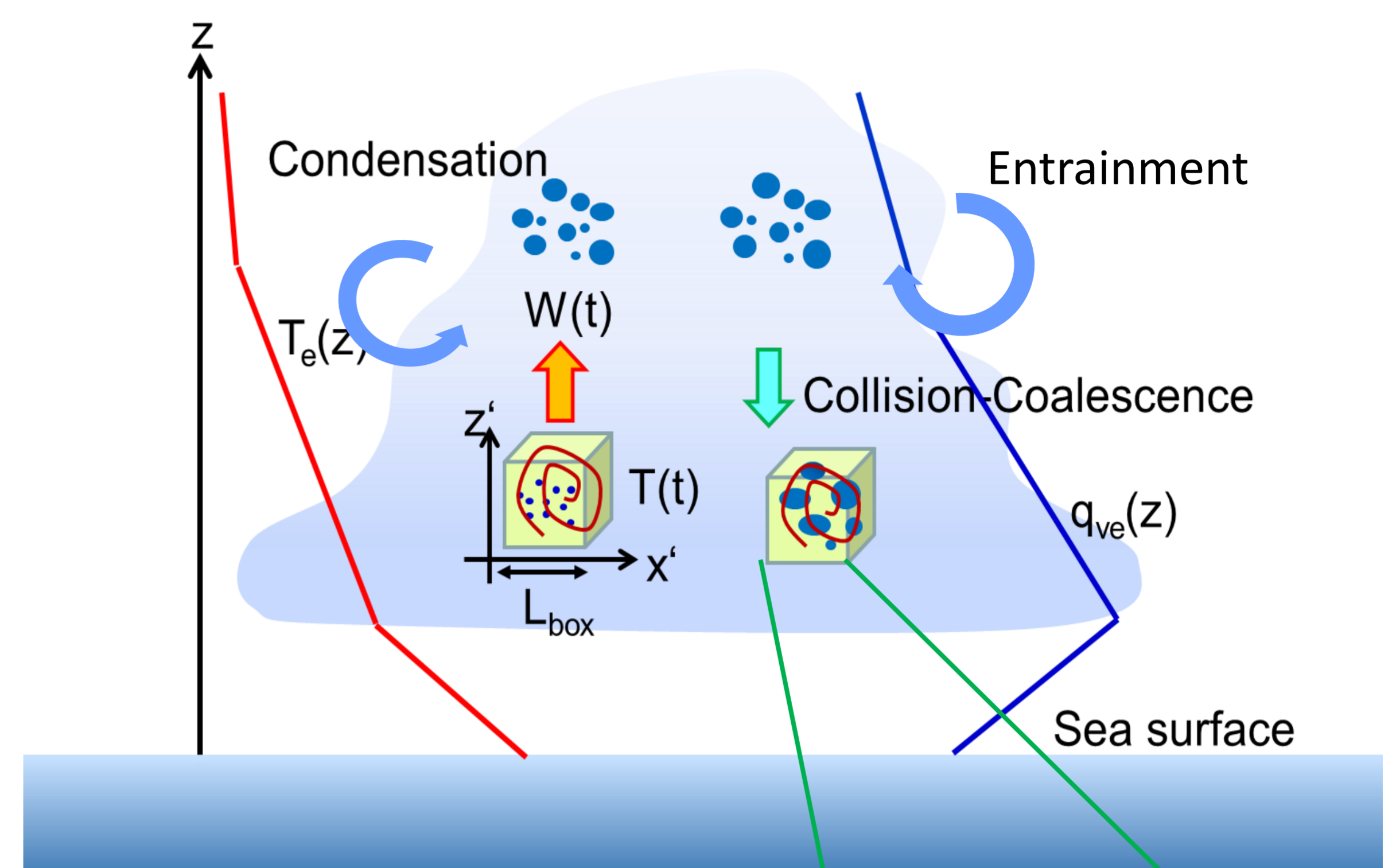
- 高分子モデルの高度化と並列計算の効率化
- 乱流抵抗低減のメカニズムの解明
- 超低レイノルズ数でも乱流となる弾性乱流現象を解明
- マイクロミキサーなどへの応用

2016年 研究計画

- 雲粒子から雨粒子形成までの連続的成長計算をより大規模かつ高レイノルズ数で行う
- 雲粒子衝突の統計解析(衝突係数, 相対速度, 動径分布関数)
- LBM(格子ボルツマン法)による雲粒子の衝突ダイアグラムの実装と各因子(レイノルズ数, ウェーバー数, オフセット等)の影響解析
- 高レイノルズ数での乱流スカラー(水蒸気, 温度など)の微小スケールでの揺らぎの統計法則の解明(スケールリング指数の(非)普遍性, 揺らぎの確率密度関数, シュミット数依存性)
- 鎖状高分子と乱流との相互作用の高速化, 大規模化
- マイクロミキサーへの応用

減衰乱流における渦度(左)とポリマーストレステンソルのトレース(右)  
 $R_\lambda=54, N_{grid}=128^3, N_{polymer} = 5.04 \times 10^8$  Watanabe (2016)

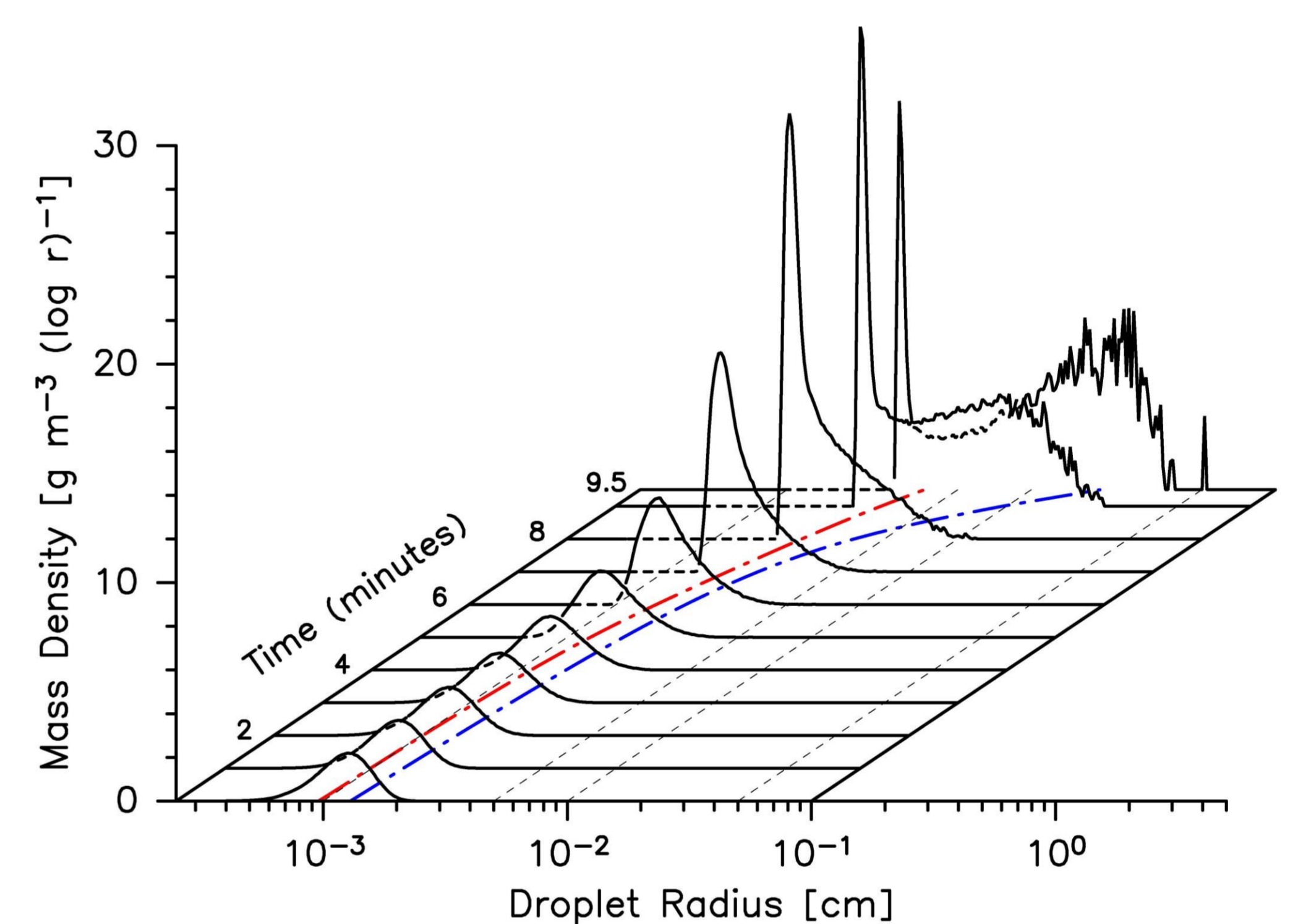
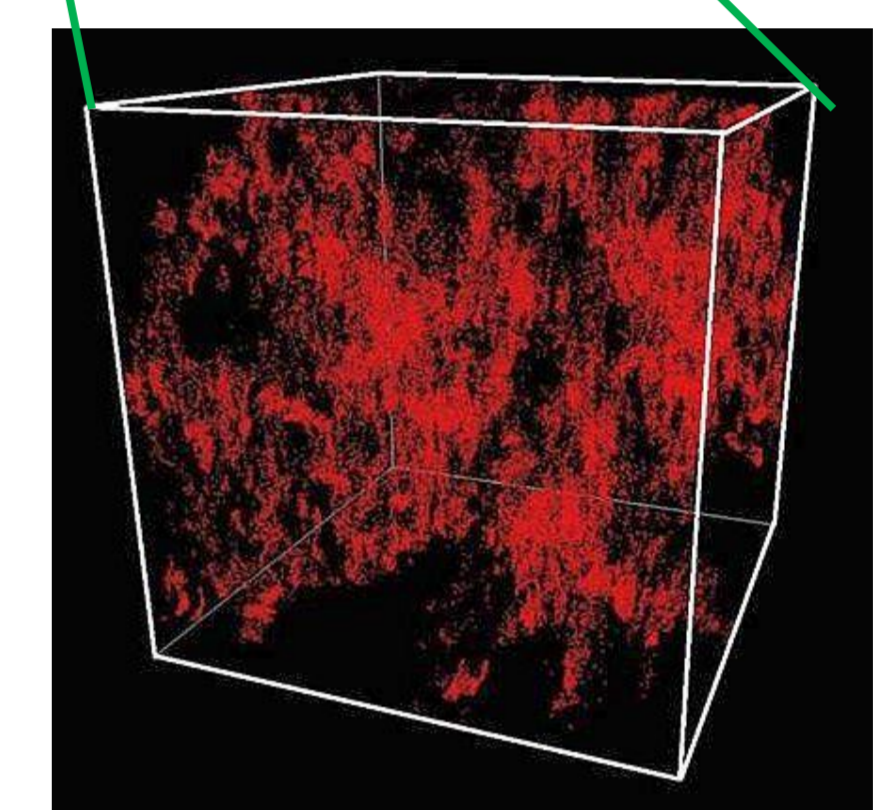
第2世代 雲マイクロ物理シミュレータ



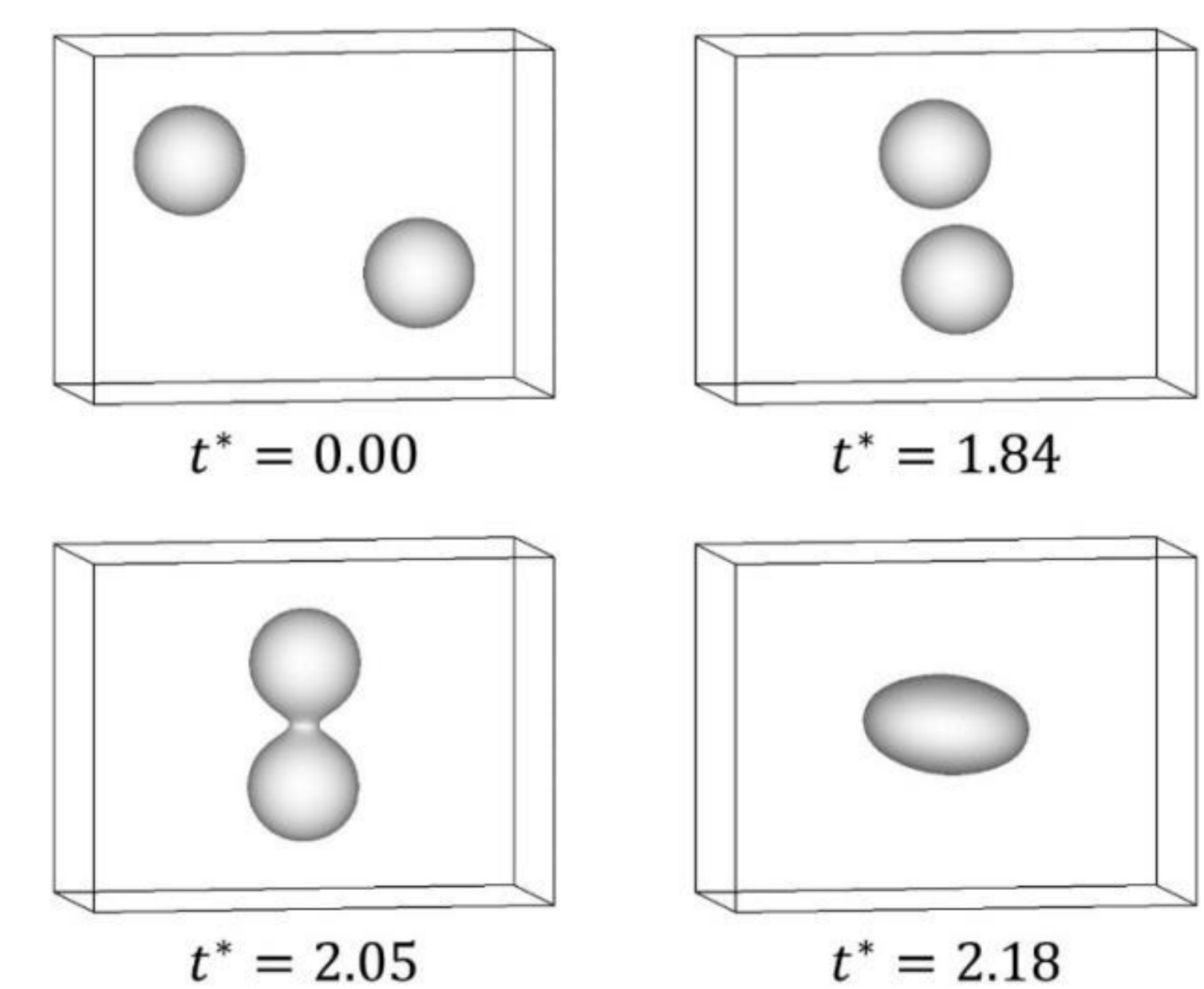
熱帯海洋性積雲中を上昇気流により移動する系内の組粒子の成長を丸ごとシミュレーション

Gotoh, Suehiro and Saito, NJP (2016)

乱流による雲粒子の分散  
 $R_\lambda=252, N=1024^3,$   
 $N_p=2^{27}, 2\Delta x=\eta=1mm$



第2世代 雲マイクロ物理シミュレータによる世界初の雲粒子から雨粒子までの連続成長計算による雲粒子スペクトルの時間発展 Saito and Gotoh (2016)



LBMによる密度比800での空気中における微小水滴の衝突・併合過程のシミュレーション Yoshino (2016)

