

研究課題名

乱流混合と内部自由度のあるマイクロ粒子巨大集団との相互作用



乱流中の内部自由度のあるマイクロ粒子

雲粒子 : とエアロゾル

エアロゾル(半径 $1 \mu\text{m}$ 以下)から雲粒子が生成され数 $100 \mu\text{m}$ まで成長
凝結・蒸発・衝突・併合・分裂により粒径が変化し
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 $100 \mu\text{m}$ 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

雲粒子は如何にして雨粒子になるか？

- 上昇気流と共に移動する系の導入(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・輸送と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
- 雲粒子の生成・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, 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

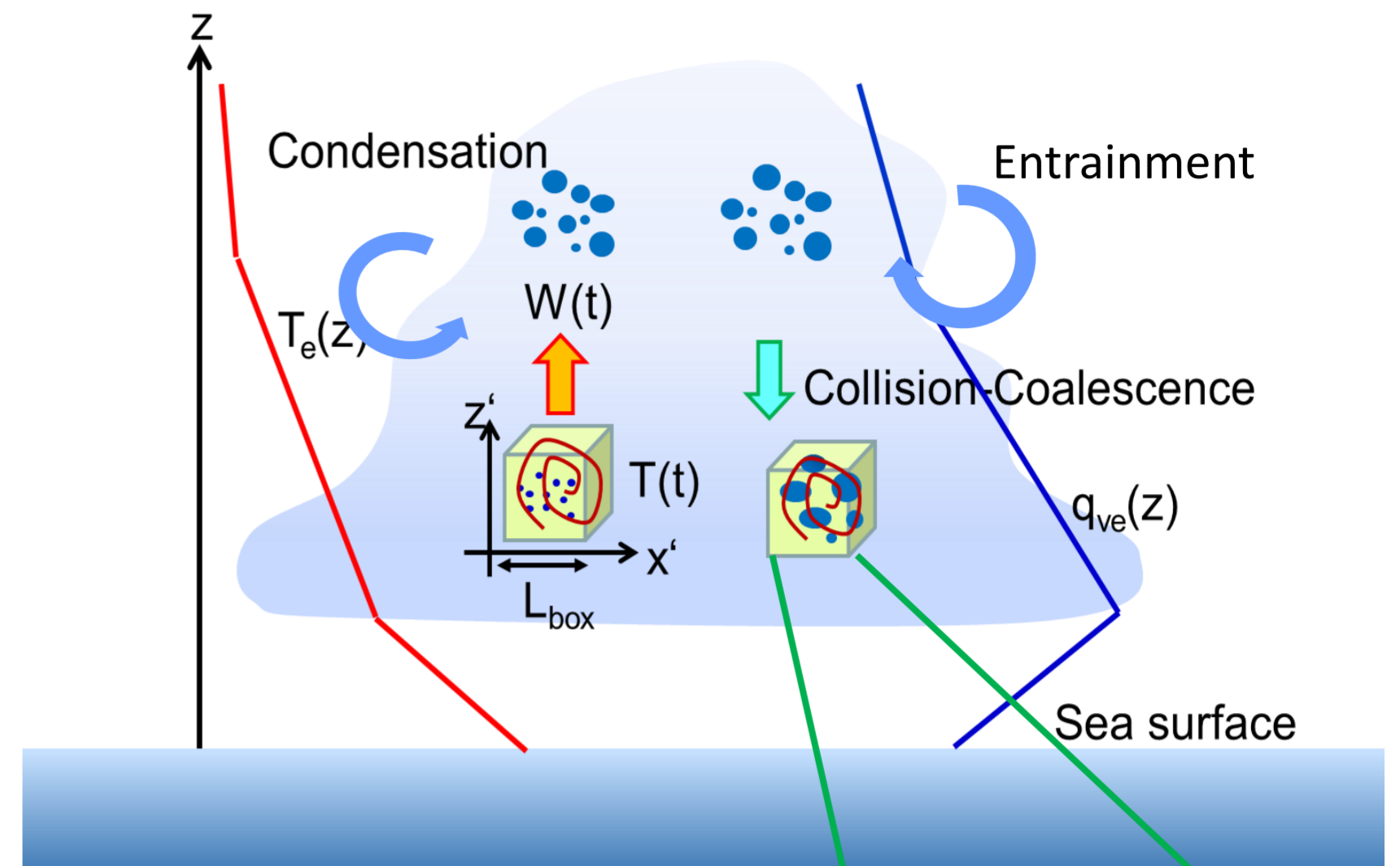
鎖状高分子と乱流との相互作用の解明

- 離散高分子モデルと流れ場の相互作用計算の効率化
- 乱流抵抗低減メカニズムの解明
- 低レイノルズ数で発生する弾性乱流の基本性質の解明

2017年 研究計画

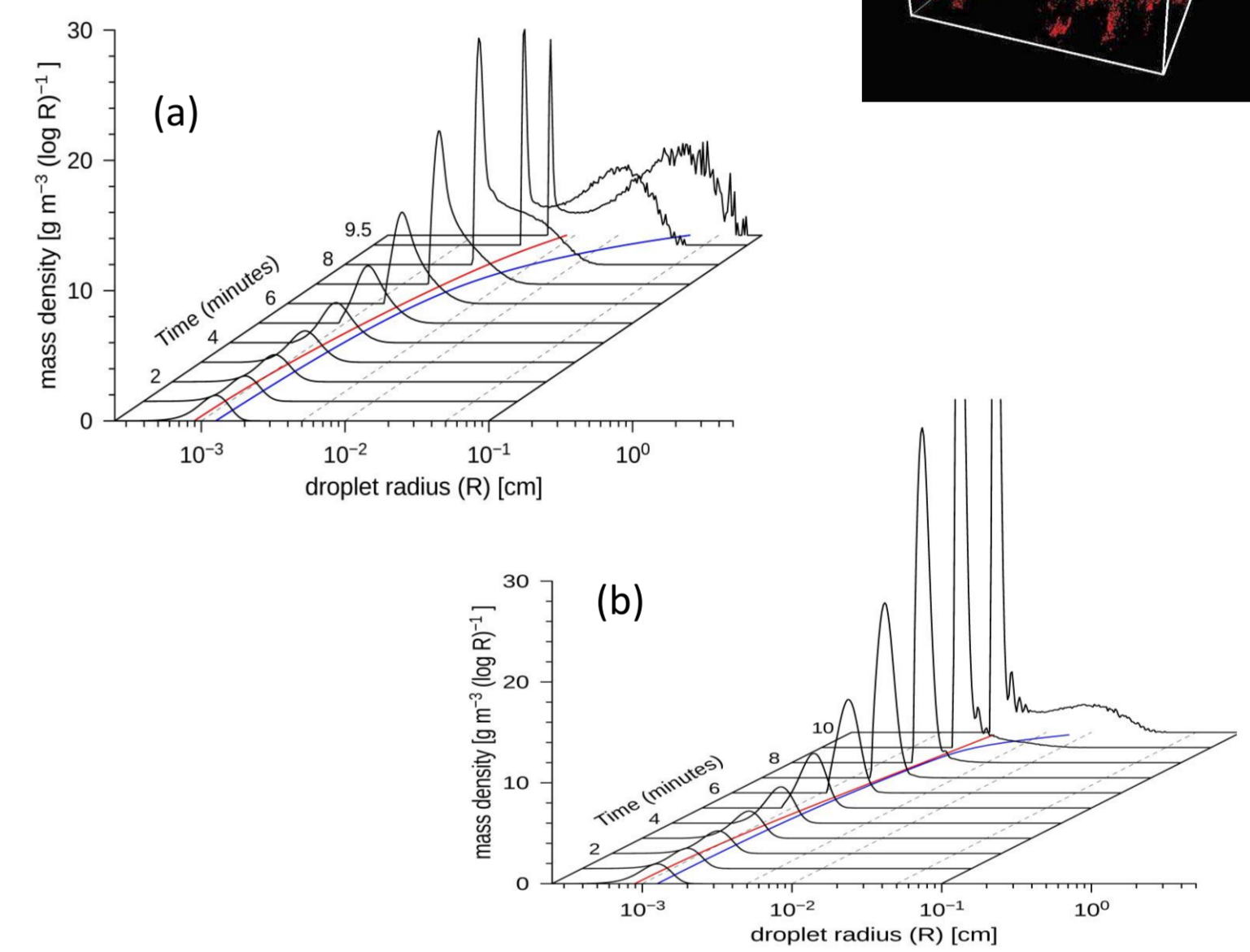
- エアロゾルからの雲粒子生成、雨粒子形成までの連続的成長計算をより大規模かつ高レイノルズ数で行う
- 雲粒子衝突の統計解析(衝突係数, 相対速度, 動径分布関数)
- 高レイノルズ数での乱流スカラー(水蒸気, 温度など)の微小スケールでの揺らぎの統計法則の解明(スケール指数の(非)普遍性, 揺らぎの確率密度関数, シュミット数依存性)
- Volume Penalization法を用いて, 単純流れ場中の非球形粒子が流体から受ける力やトルクを計算するためのコードを作成する
- 乱流スペクトルの遠散逸領域における高分子の影響を解析し, 弾性乱流で観測されるスペクトルとの関連性を明らかにする
- 種々の粒径比やウェーバー数, レイノルズ数に対する雲粒子の衝突併合解析とその結果をもとにした衝突ダイアグラムの作成

第2世代 雲マイクロ物理シミュレータ

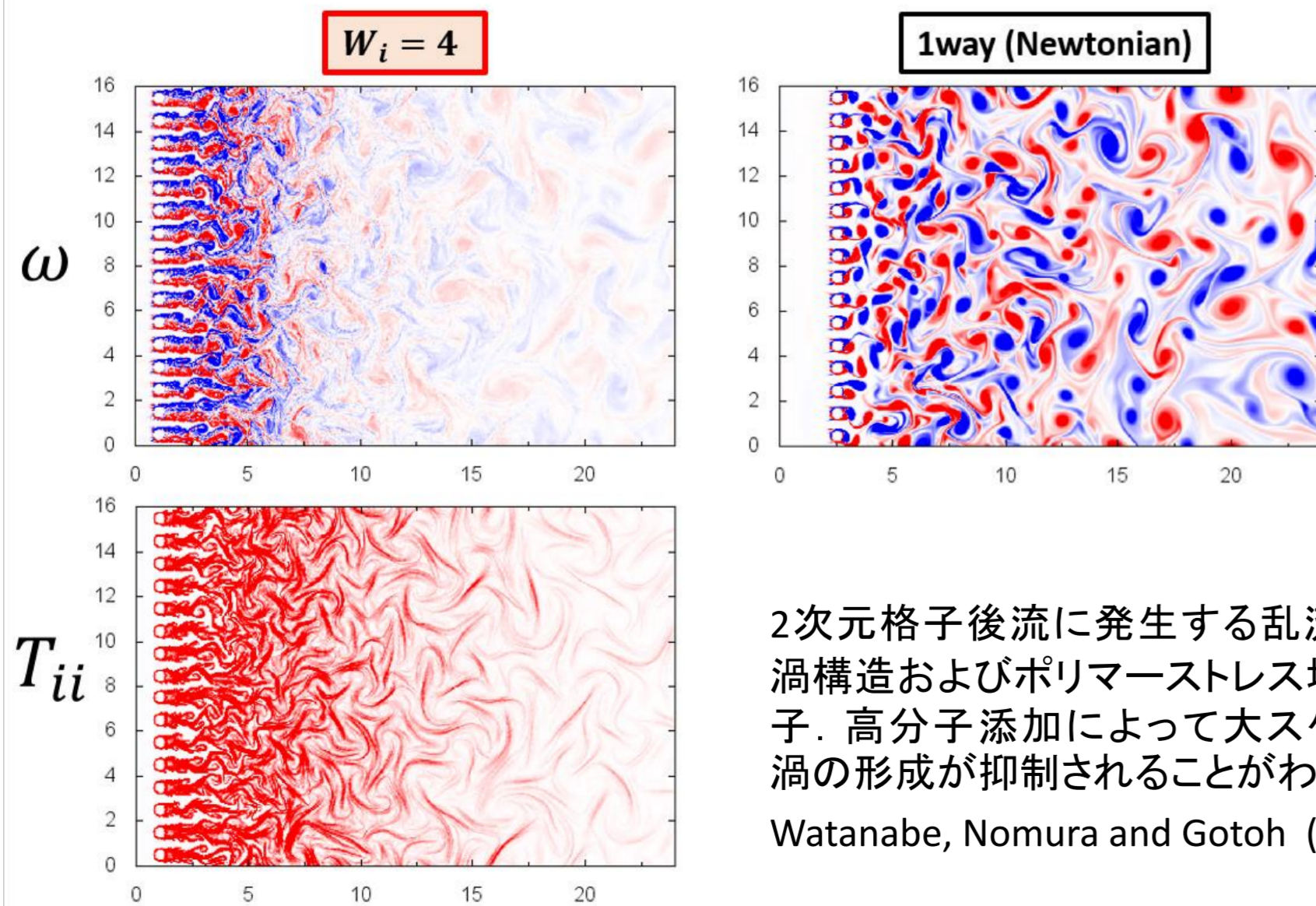


熱帯海洋性積雲中を上昇気流により移動する系内の組粒子の成長を丸ごとシミュレーション

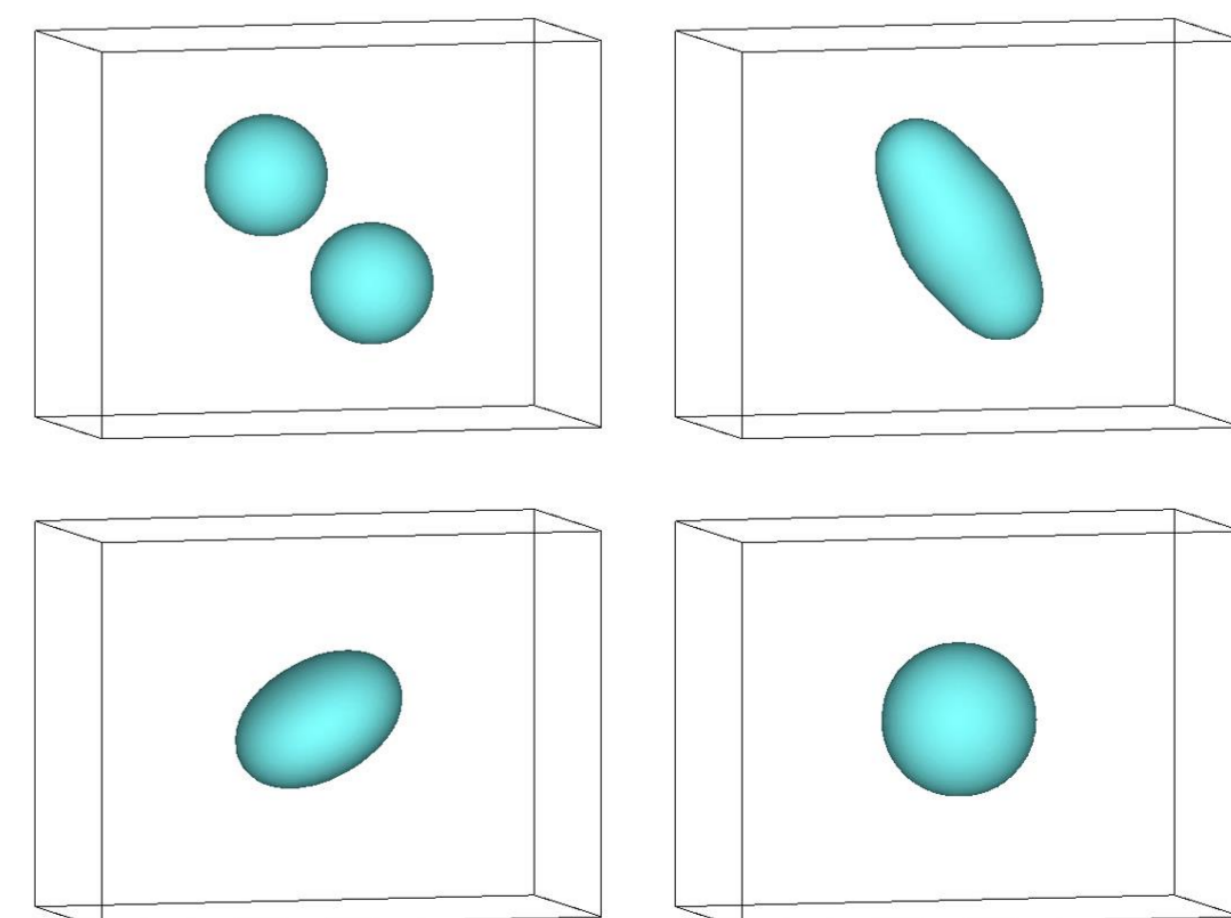
Gotoh, Suehiro and Saito (2016)



雲粒子の質量分布関数の時間発展 (a)乱流運動エネルギー散逸率 $\epsilon=79[\text{cm}^2/\text{s}^3]$, $R_t=102$ (b) $\epsilon=81[\text{cm}^2/\text{s}^3]$, $R_t=104$, 流体力学的相互作用を部分的に導入. 赤: 平均半径の時間変化, 青: 質量の重みづけをした平均半径の時間変化 Saito and Gotoh (2017)



2次元格子後流に発生する乱流中の渦構造およびポリマーストレス場の様子. 高分子添加によって大スケール渦の形成が抑制されることがわかる
Watanabe, Nomura and Gotoh (2017)



二相系格子ボルツマン法による雲粒子を想定した微小水滴の衝突シミュレーション; Yoshino, Sawada and Suzuki (2016)