

DEMによる内部構造を持つ 複雑多相系の粒子モデル

DEMコンソーシアム

責任者

阪口 秀

海洋科学技術センター(JAMSTEC)
固体地球統合フロンティアシステム(IFREE)
及び
東京大学地震研究所(ERI)

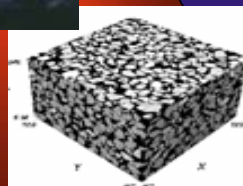
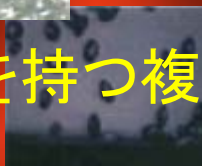
DEM コンソーシアムの構成

その1: 実験、理論、シミュレーションの相互補完体制

新しい理論



内部構造を持つ複雑多相系



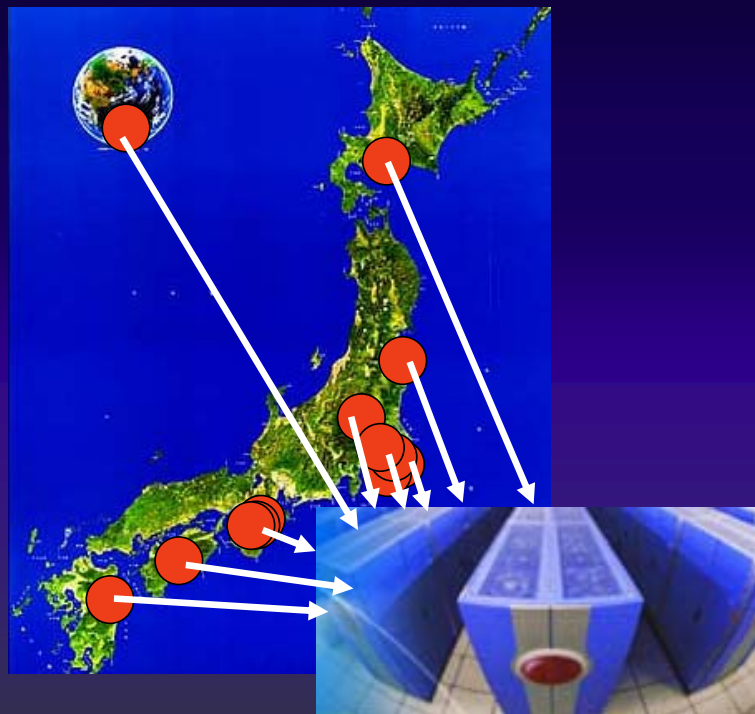
DEM = すべての物質を
Discrete Element (離散要素)
の運動と相互作用で表現する

シミュレーション

実験および観測

DEM コンソーシアムの構成

その2: 大学、国公立研究所、民間企業のバランスと協力



地球シミュレーターの共同利用プロジェクトを通して、分野、所属などにとらわれず全国及び米国の研究者・技術者・大学院生が相互協力と情報交換をしながら問題に取り組んでいる。

DEM コンソーシアムの構成

その3: 5つのサブテーマと5つの研究チーム

- 血流問題研究チーム
- 液状化問題研究チーム
- 粒子系の複雑挙動とその物理に関する研究チーム
- 熱、化学反応、混相体、相転移を伴う粒子系に関する研究チーム
- コロイド及びナノ粒子の自己組織化に関する研究チーム

DEM コンソーシアムの目指すもの

その1: 総論

複雑多相系について、ESを用いた大規模シミュレーションから得られる情報とともに、観測および実験事実と踏まえて、その基礎物理、メカニズムの解明と理論の構築、そして現象の予測を目指す。

DEM コンソーシアムの目指すもの

その2: 各論

- 1) DEMに関する理論の整備、計算技術を確立し、複雑多相系の理論構築、応用に貢献する。
- 2) 複雑多相系を粒子モデルで表現する際、いかに小規模で少ない計算結果から必要な情報を得るか、その効率化を図る（とくに非線形で非平衡な現象の場合）。
 - 単に計算を大規模化、高速化するだけでは限度がある。
計算結果の解釈(ポストプロセッシング)の効率化、高速化が重要である。

DEM コンソーシアムとしての活動

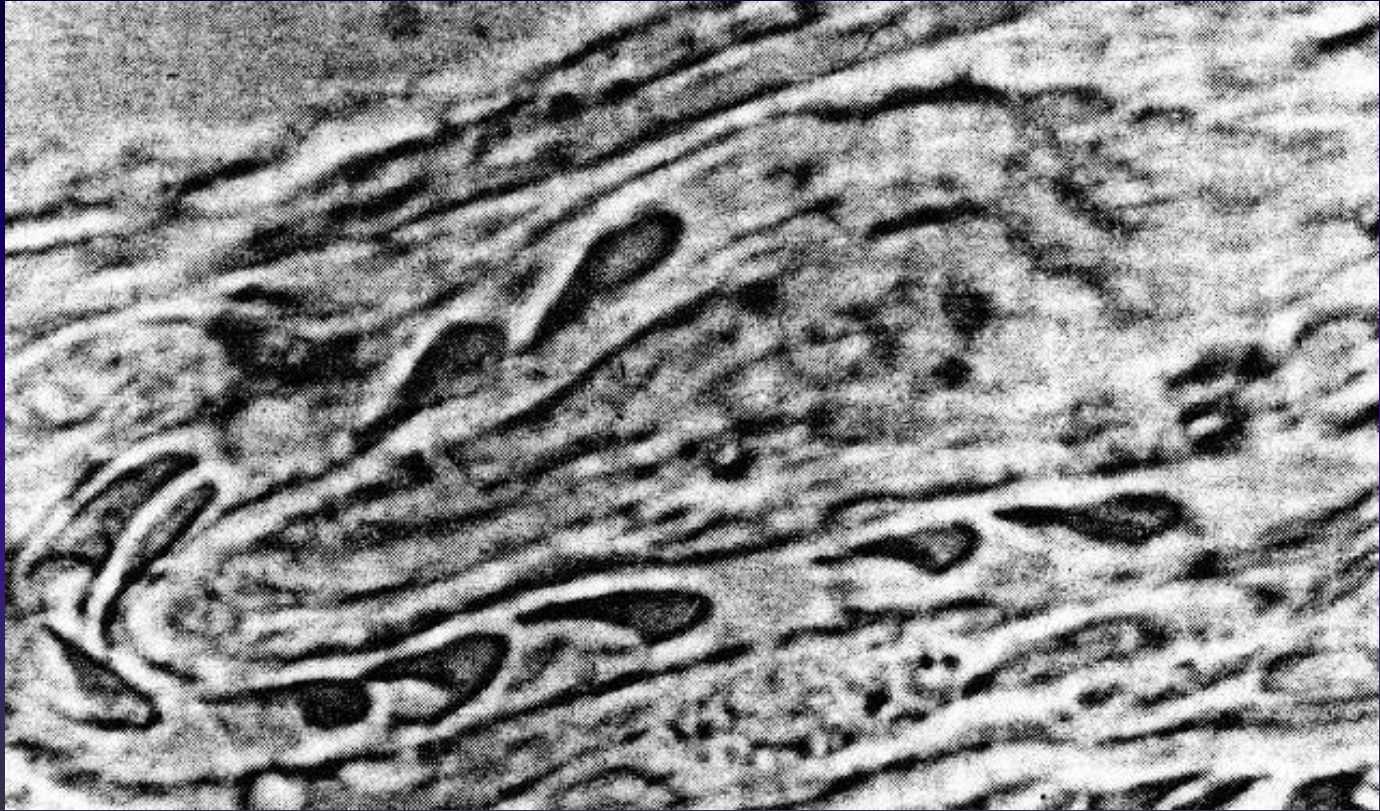
- 平成15年4月:第1回 セミナー (ESセンター)
- 平成15年6月:第2回 ミニワークショップ (ESセンター)
- 平成15年8月:第3回 ワークショップ (ESセンター)
- 平成15年12月:第4回 研究会 (東大工学部)
- 計算工学会誌コラムにて活動の紹介
- 粉体工学会誌に紹介予定

ESを中心とするコンソーシアムとしての役割(研究開発・啓発・教育)は、当初の予定通り十分に果たしている。

主たる研究成果

サブテーマ	研究成果	備考
血流と血栓形成シミュレーション	血液プラズマ流れにおける赤血球の変形パターンが数値シミュレーションで得られた。	小規模計算
地盤の液状化シミュレーション	Spring8 を用いた砂粒子3次元可視化実験の確立と測定。大規模振動台を用いた液状化による物体浮上実験とそのDEM解析	Spring8 振動台 小規模計算
粒子系の複雑挙動とその物理	イジングモデルによる磁性特性のシミュレーション,非平衡仕事法の相図	ESIによる大規模計算
熱、化学反応、混相体、相転移を伴う粒子系のシミュレーション	燃焼、固液転移のDEMシミュレーション	
コロイド・ナノ粒子の自己組織化	薄膜ナノ粒子の自己組織化シミュレーション	

毛細血管の中を動く赤血球

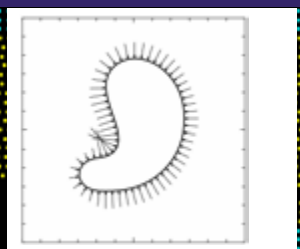
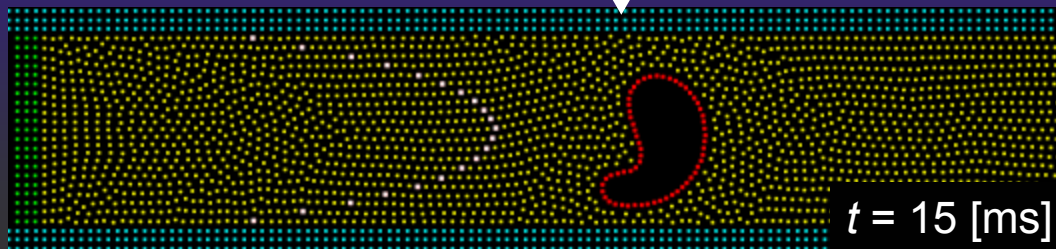
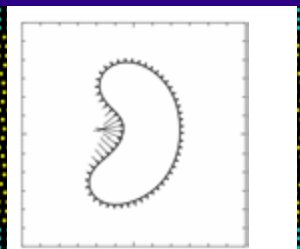
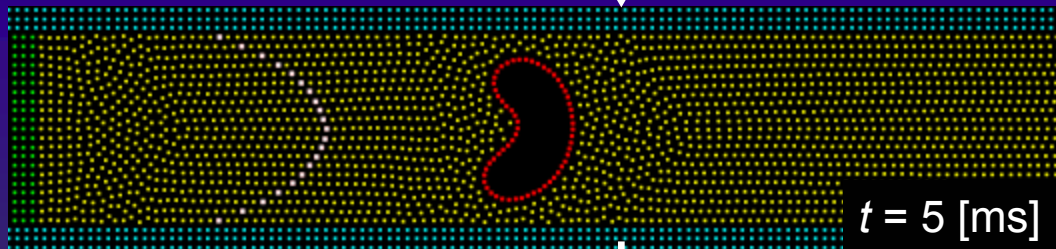
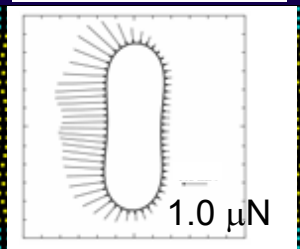
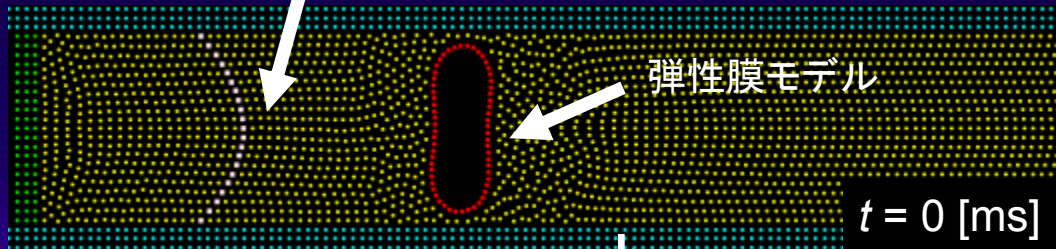


血球シミュレーターを創る！

-Moving Particle Semi-Implicit (MPS) Method

弾性膜モデル

Fluid force on
RBC
membrane



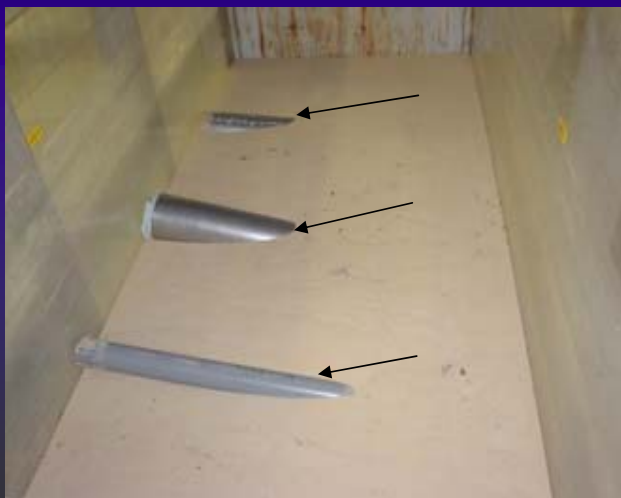
典型的な液状化現象



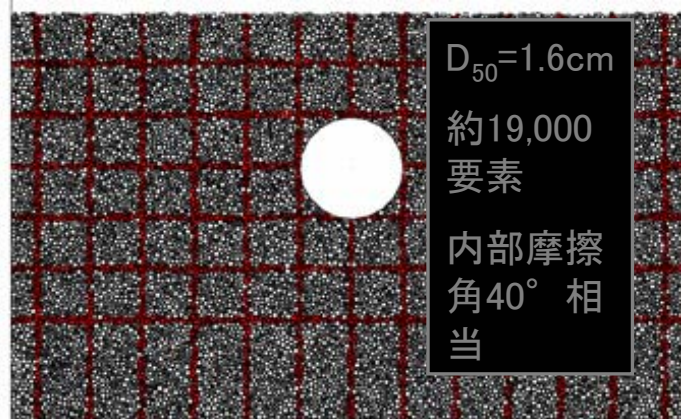
浮上したマンホール, 2003/9/26 (十勝沖地震)



大規模振動台実験



大規模振動台実験によって浮上したパイプ



DEMによる液状化シミュレーション

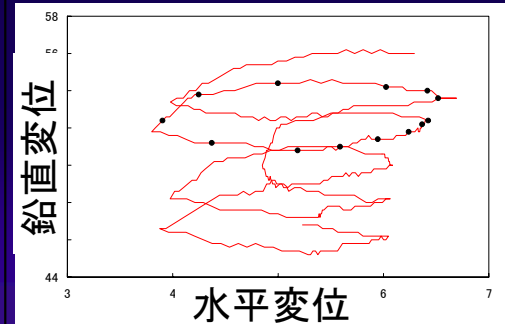
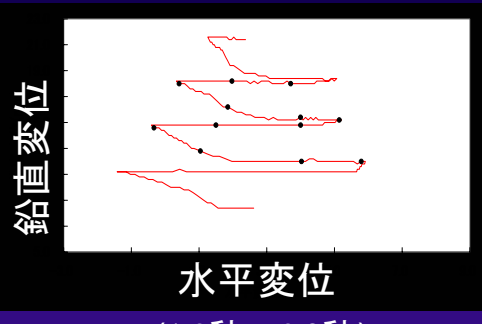
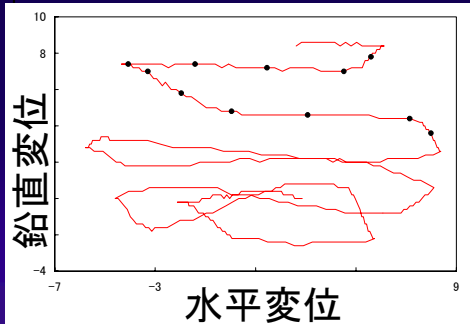
管の軌跡

初期

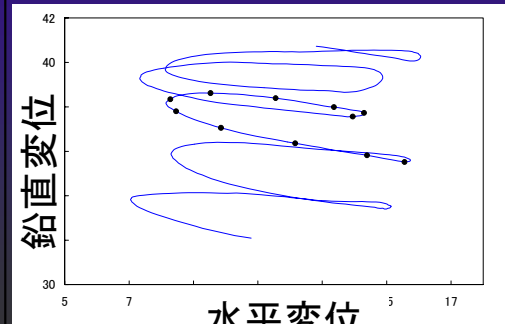
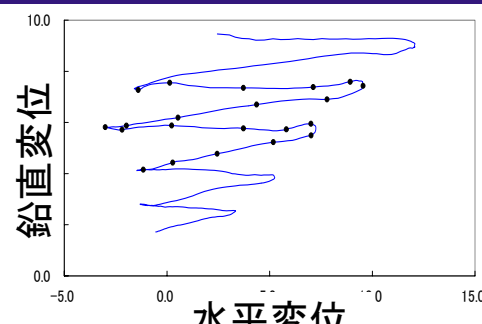
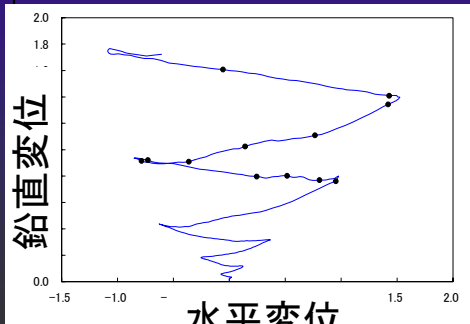
過渡期

定常期

実験



シミュレーション



世界最速のコンピュータによるシミュレーションを 世界最大の実験施設を用いた実験と比較する！

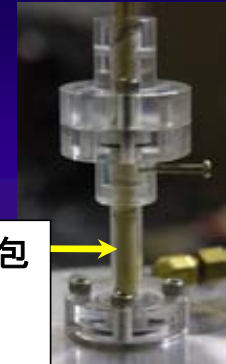
Spring-8:

第3世代で世界最大の
放射光施設



豊浦標準砂(平均粒径:0.167mm)

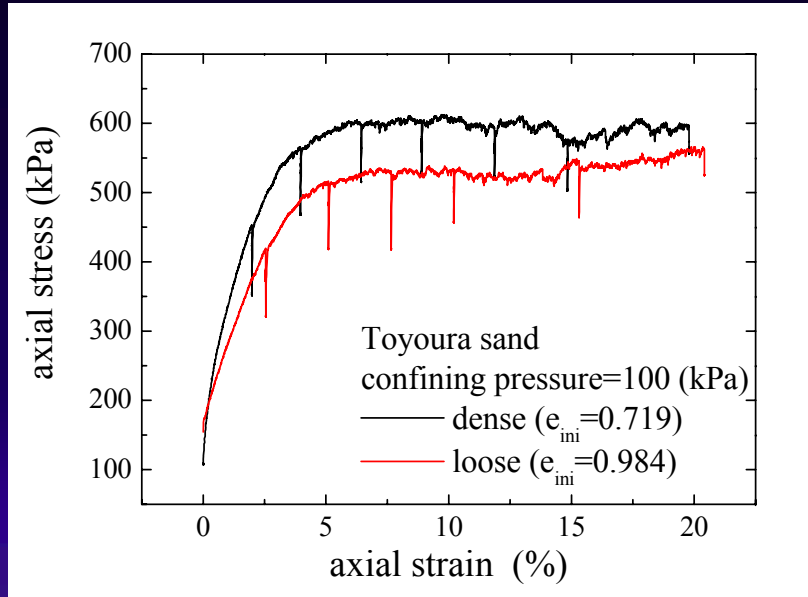
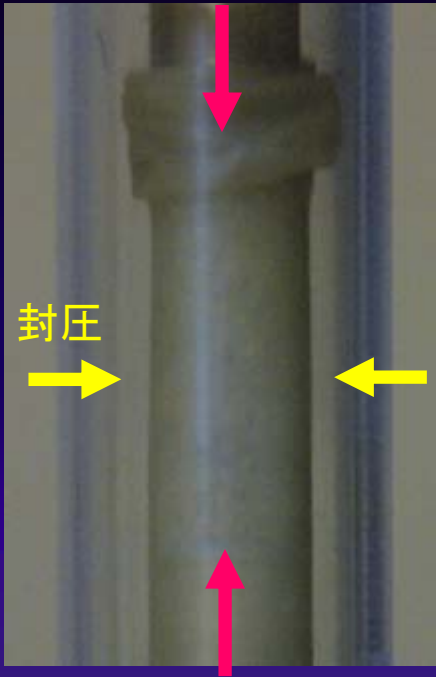
試験体直径
4.3mm:
高さ約10mm



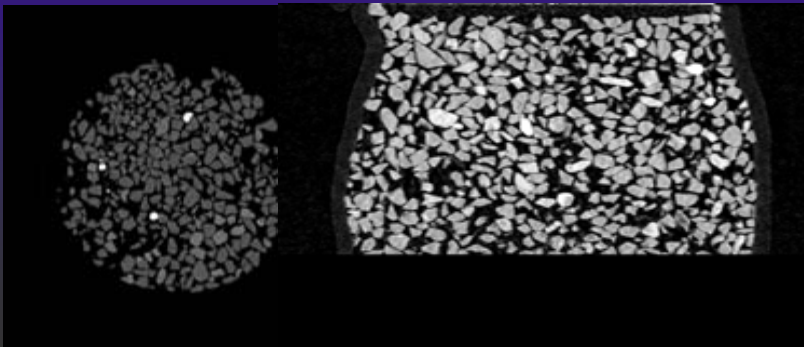
ゴム膜で包
んだ円柱
試験体

種々の標準砂の粒子形状及び配列の可視化
豊浦砂及びSLB砂のマイクロ三軸圧縮試験

軸方向に圧縮

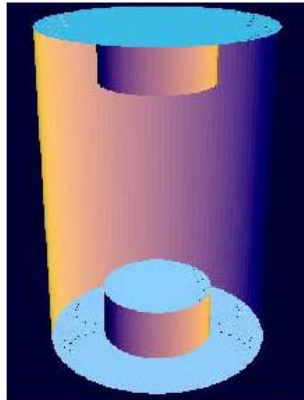


応力-ひずみ曲線

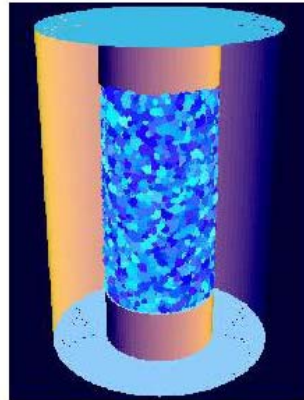


粒子運動情報の定量化が必要
イメージベースDEMとの比較
(10万粒子:ESを使うと十分に
比較できる量である!!!)

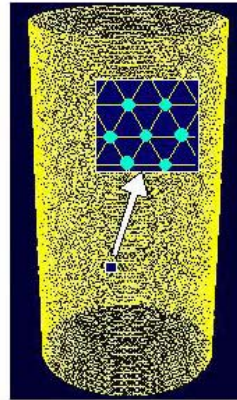
DEMによるバーチャル三軸圧縮試験



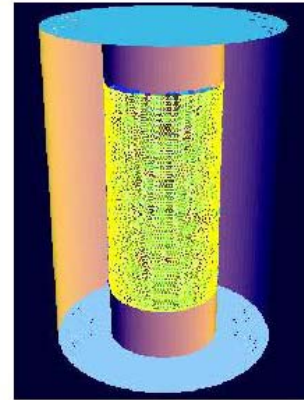
(a)



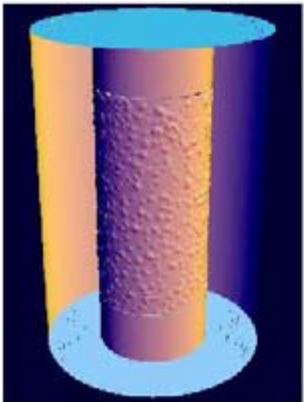
(b)



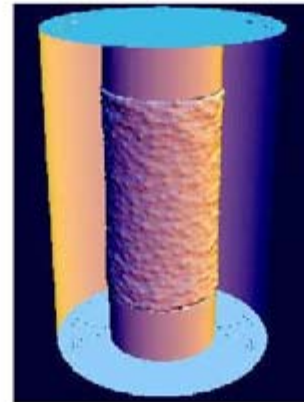
(c)



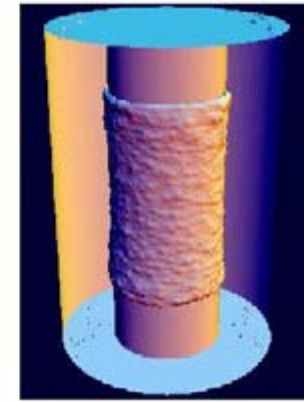
(d)



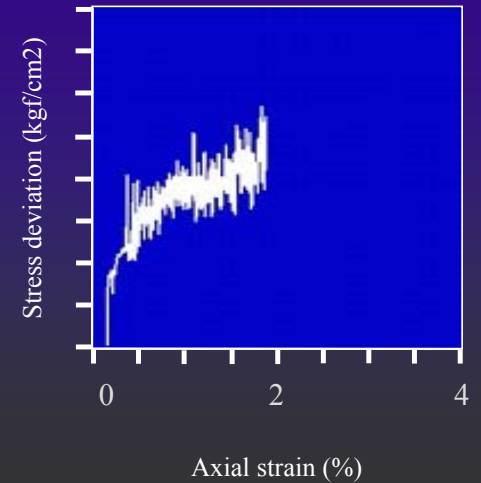
(a)



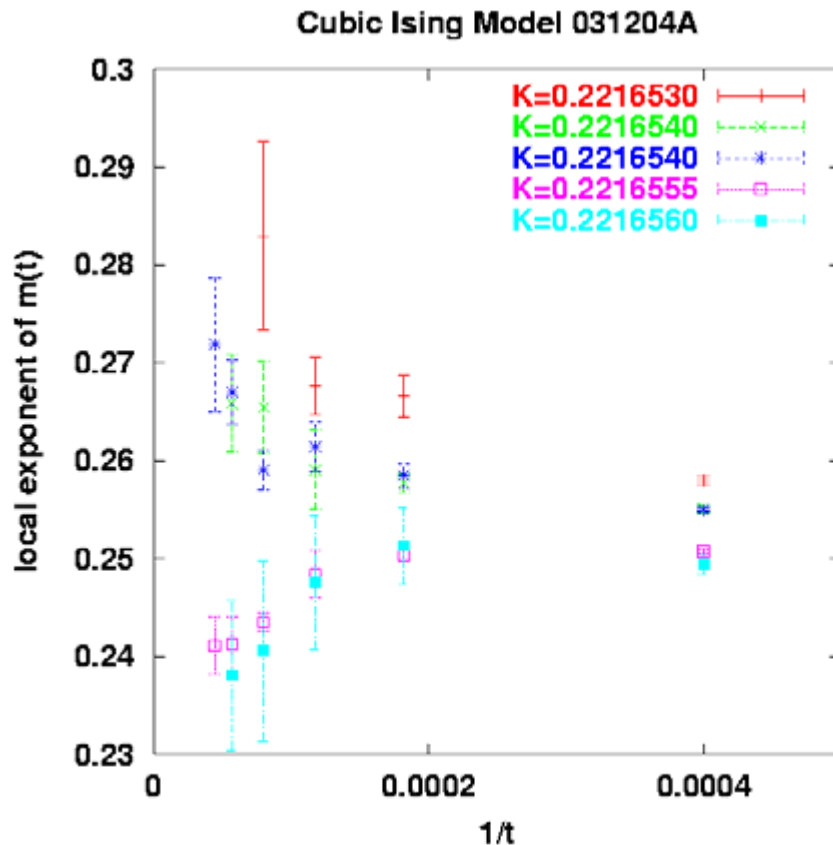
(b)



(c)



イジングモデルによる転移点の非平衡緩和解析



ESを利用して、
831x831x832 25000step
10000sample 程度
2600ノード時間積程度
2.1x10¹⁷update 程度

常磁性と強磁性の転移点
従来の評価
 $K_c=0.2216545$

N.Ito, Physica A 192 (1993) 604,
196 (1993) 591
N.Ito et al., J. Phys. Soc. Jpn.
69 (2000) 1931.

今回の研究で従来の
約2倍の精度が得られた。

精度の5乗の計算が必要
であることが分かった。

ESを利用したレナード・ジョーンズ系のDEMによる非平衡仕事法のパラメトリックスタディ

