

固体地球シミュレーター計画の概要

Overview of Solid Earth Simulator Project

松浦 充宏 [1], 石田 瑞穂 [2], 平原 和朗 [3], 矢川 元基 [4]

Mitsuhiro Matsu'ura [1], Mizuho Ishida [2], Kazuro Hirahara [3], Genki Yagawa [4]

[1] 東大・理・地球惑星物理, [2] 防災科研, [3] 名大・理・地球惑星, [4] 東大・工・システム量子

[1] Dept. of Earth & Planetary Physics, Univ. of Tokyo, [2] NIED, [3] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ., [4] Quantum Engineering and Systems Sci., Tokyo Univ

大規模複雑系としての固体地球に於ける様々な変動現象の統一的理解と定量的予測を目指す固体地球シミュレーター計画が、科学技術振興調整費により平成10年度からスタートした。このプロジェクトでは、固体地球システムの変動現象をその時間・空間スケールの違いにより、マントル対流とその地表への現れであるプレート運動、プレート間相互作用が引き起こす日本列島域の地殻変形と大地震の発生、複雑な断層系での地震破壊過程と不均質媒質中の地震波動伝播に分け、それぞれの変動現象についての数値シミュレーションモデルを地球科学分野の研究者と計算科学分野の研究者が協力して開発する。

固体地球に於ける様々な時間・空間スケールの変動現象の統一的理解と定量的予測を目指す固体地球シミュレーター計画が、科学技術振興調整費により平成10年度からスタートした。固体地球の変動は、本質的には、コアに蓄えられている地球形成時に獲得した熱エネルギーと地球内部の放射性元素の崩壊に伴って発生する熱エネルギーの地表への流れによって支配されている。地球内部の熱的非平衡状態の結果として生ずる重力的不安定は、マントルやコア内部に対流運動を引き起こす。マントルの対流運動は、海嶺でのマントル物質の化学的分化過程を経て地球表面を覆う新たなプレートを造り出し、それらを水平方向に駆動する。固体地球表層部で生起する地震・火山活動や造山運動等の地殻活動現象の殆どは、相対運動するプレート同士の相互作用の結果として理解される。このように種々の要因が複雑に絡み合った固体地球システムの変動現象を定量的に予測するには、大容量情報通信網及び高速並列計算機を基盤として、膨大な観測データと複雑な理論モデル計算の併合を可能とする大規模並列シミュレーション技術の開発が不可欠である。本プロジェクトでは、固体地球システムの変動現象をその時間的・空間的スケールの違いにより、コア・マントルの対流運動とその地表への現れであるプレート運動、プレート間の相互作用によって引き起こされる日本列島域の地殻変形と大地震の発生、及び複雑な断層系での地震発生過程と不均質媒質中の地震波動伝播に分け、それぞれの現象を記述する物理モデルを構築すると共に、その物理モデルに基づく並列シミュレーション・ソフトウェアを地球科学分野と計算科学分野の研究者が協力して開発する。以下に、固体地球シミュレーター計画を構成する四つのコア・プログラムの概要を示す。

(1) 地殻・マントル・コアのダイナミクスのシミュレーション・モデル開発：表層地殻の運動とマントル及びコアの熱対流運動の相互作用を、地殻-マントル境界領域及びマントル-コア境界領域に於ける熱力学的な結合過程としてモデル化し、固体地球システムの変動予測のための並列シミュレーション・ソフトウェアを開発する。また、全地球規模の地震観測データや電磁気変動データから地球内部構造を推定するトモグラフィー手法の高度化を行い、観測データとモデル計算を併合した大規模並列シミュレーションによる固体地球変動の予測研究を行う。

(2) 日本列島域の地殻活動のシミュレーション・モデル開発：プレートの相対運動に伴う日本列島域の長期的な地殻変形過程及びプレート境界でのカップリングによる応力の蓄積から準静的な破壊核の形成を経て動的破壊に至る大地震の発生過程の定量的な予測を目標とし、地殻・マントルの弾性-粘弾性構造、プレート境界や活断層の3次元形状、断層構成則の環境依存性等を考慮した日本列島域のモデル化を行い、それに基づく並列シミュレーション・プログラムを開発する。また、広域GPS観測網や地震観測網からの膨大な地殻活動データを解析・同化する手法を開発し、モデル計算と観測データを統合した大規模シミュレーションによる日本列島域の地殻活動予測研究を行う。

(3) 3次元不均質場での地震発生過程と波動伝播のシミュレーション・モデル開発：プレート境界及び内陸活断層を含む不均質媒質中での、複数の断層の準静的・動的相互作用を考慮した地震発生過程のシミュレーション・モデルの開発を行う。次に、屈曲や飛びのある断層系での複雑な破壊過程に伴う地震波発生シミュレーション手法及び3次元不均質媒質中の地震波動伝播のシミュレーション手法を開発し、最終的には両手法を統合して、複雑な断層の動的破壊に伴い放射される地震波動が複雑な構造の地殻表層部を伝播することで生じる強震動の現実的予測を目的とした、高分解能・大規模並列シミュレーション・プログラムの開発を行う。

(4) 大規模シミュレーション用並列ソフトウェア開発：固体地球変動予測のための大規模シミュレーションに於いては、その扱う時空間の大規模性及び物理・化学過程の複雑性のため、現状のス・パ・コンピュ・タ環境や数値計算手法では充分に対応できない。このため、大規模・複雑な計算を高速処理する並列処理環境として、計

算メッシュの最適化，汎用の標準的並列計算手法（例えば，並列有限要素法の高度化）の開発，また大規模行列解法等の高速安定並列数値計算法，大規模プログラムの統合化技術及び実時間の並列可視化等の計算科学手法の開発を行いつつ，上記の3プログラムの大規模シミュレーションに最適な並列ソフトウェアを開発する．