

( 1 ) 実施機関名：

東京大学地震研究所

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

大地震サイクルと地震活動の関連を説明する物理メカニズムの提案

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

イ. 先行現象の発生機構の解明

( 4 ) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

( 1 ) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ア. 日本列島域

イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

ウ. 東海・東南海・南海地域

( 2 ) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

( 2-1 ) 地震発生予測システム

ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

ア. 観測データによる先行現象の評価

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究では、地震活動が大地震のサイクルとの関連をもつためのシナリオをいくつか想定し、物理的なモデルを通してそこから期待される地震活動パターンを提案することで、観測データでのシナリオの検証ポイントをつくることを目標とする。本研究での入力側に想定される大地震サイクル起源のシナリオは、大きくわけて (a) 局所的な滑りもしくは広域的ローディング速度のゆらぎによる応力レベルの変化、(b) 中小の地震の相互作用によって、応力場が均質化し破壊が停止しにくい場が形成する、という本質的にことなるものが考えられ、それぞれの事態の進行に係る物理的メカニズムの理解を進める必要がある。一方で、出力側である地震活動、すなわち中小の地震の発生頻度が、応力等の地殻の物理状態をどう反映するかについてもメカニズムはよくわかっておらず、この面でも根本的な理解を進める必要がある。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要 :

平成 21 年度は、地殻活動のデータセットの信頼性を検討し、過去に先行変化として報告された観測事例やモデル、実験との整合性をどのように評価できるかを検討する。また、地震活動と地殻応力場の関係について、既存の理論の問題点を整理して、地震活動を物理的に理解するための理論的、概念的枠組みについての検討を始める。

平成 22 年度は、具体的な地殻活動の先行変化のパターンについて、定性的な物理モデルをつくり、データでの検証ができる可能性のあるポイントを検討する。

平成 23 年度は、モデルを定量的なものに発展させる。

平成 24 年度は、具体的な事例についてのデータとモデルの定量的比較を行う。

平成 25 年度は、解析例を増やしつつ、成果をとりまとめる。

( 7 ) 平成 22 年度成果の概要 :

平成 22 年度は、前年度に検討した地震活動と地震サイクルを物理的に関連づける可能性のある 2 つのシナリオについて具体的なモデルをつくりその振舞いを調べた。1 つは、いわゆるプレスリップモデルであり、単一の断層の準静的な滑りを、摩擦則に基づいて予測するものである。われわれは、室内実験のより厳密な解析によって、摩擦則について従来しられていた欠陥をすべて解決した修正版を提案しているので、これを用いてプレスリップモデルをつくりなおした。バネブロックモデルによる地震サイクルの数値計算から、修正された摩擦則では、従来の摩擦則によるものよりも、サイクル後半の固着状態の減少の程度がかなり大きくなることがわかった。(図 1)。さらに、この低下はサイクルの後半 1/3 にわたって、著しい加速をともなって進行するので、なんらかの方法で固着度をモニターできれば、地震サイクルにおけるステージを、かなりの確信をもって判別できることが期待される。修正された摩擦則における、このような強度低下の顕著化は、当初応力弱化項の導入によりのものだと考えていたが、各項の時間変化を詳細に検討した結果、むしろ、修正摩擦則では滑りに対しての固着状態の弱化率が従来の摩擦則で想定していたより甚しく大きいことが原因であることがわかった。さらに、プレスリップに限らず、準静的滑りの振舞いの違いは、応力変化の地震発生時刻への非線形な影響にも影響を及ぼすはずであるので、その原理に基づいた Dieterich の地震活動度の定量的物理モデルを、修正された摩擦則を用いて作りなおし、発生頻度の解析的な表現が得ることができた。修正摩擦則での複数の修正点の影響がキャンセルしあって、結果的には、応力変化による地震活動の変化は、従来の摩擦則を用いた場合とほぼ同じであることが明らかになった。余震活動等の観測を実験室でえられた摩擦則のパラメタ値で説明することは難しいことが従来から指摘されていたが、当初の直感的な見通しとは違って、修正版の摩擦則を用いてもこの問題は解決されないことが明らかになったわけである。

地震活動と地震サイクルを物理的に関連づける可能性のあるもうひとつの、まったく違ったシナリオである。多数の大小地震の応力相互作用に関しては、離散要素法による大規模計算によって、付加体に生じる大小多数の断層運動の数値シミュレーションを行い、応力場の時空間発展を広いスケールレンジにわたって観察した。その結果、次のことが示唆された。1) ある局所的な差応力の増加に伴う断層運動があると、断層運動周辺の差応力は確実に減少するが、その断層を含むより広い領域での差応力の変化量を見る場合、この限りではない。つまり、広い領域で見ると全体に平均して増加する場合と減少する場合がある。当然、局所的な応力減少が広域な応力増加となることが、より大規模な断層運動につながる。2) このことを局所的な観測量の時系列だけから推定することは不可能である。3) また地震計による観測量は断層運動と応力減少の観測にはなるが、増加の観測にはなっていない。4) したがって、応力増加を観測する手法を確立し、これを多数の観測点で地震計とセットで配置して記録することができれば、短期間(数年数十年)の情報しかない状況でも、物理的に大規模地震の予測につながるはずである。

(6) に一致した。

( 8 ) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

堀高峰・阪口秀, 大きな破壊への準備過程：数値実験にもとづく考察, 2010, 日本地震学会 2010 年度秋季大会, B32\_09.

堀高峰・阪口秀, 付加体発達過程で作られ出される応力場で自発的に形成されるデコルマ断層, 2010, 地球惑星科学連合 2010 年度連合大会, SCG087-02.

藤田哲史・亀伸樹・中谷正生, 2010, Seismic cycle simulation by modified RSF law added stress dependent term, 2010, 地球惑星科学連合大会.

藤田哲史・亀伸樹・中谷正生, 2010, 修正された RSF 則による余震発生レートのモデリング, 2010, 日本地震学会秋季大会.

( 9 ) 平成 23 年度実施計画の概要：

平成 23 年度は, 修正摩擦則を用いた準静的な滑りの数値モデルをバネブロックモデルから, より現実の状況に近い連続体中での震源核形成モデルに拡張し, 今年度の結果と比較する. また断層の相互作用については, 大きな破壊の前に起きる現象が地球科学的な観測でどのようにとらえられるかを数値実験にもとづいて検討する. そのために, 様々な規模の破壊が生じる数値実験の中での, 小さな破壊の時空間分布や弾性波の伝播の仕方を解析する.

( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所 中谷正生・加藤尚之・加藤照之・加藤愛太郎  
他機関との共同研究の有無：有  
海洋研究開発機構 堀高峰・阪口秀

( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所  
電話：03-5841-5763  
e-mail：nakatani@eri.u-tokyo.ac.jp  
URL：

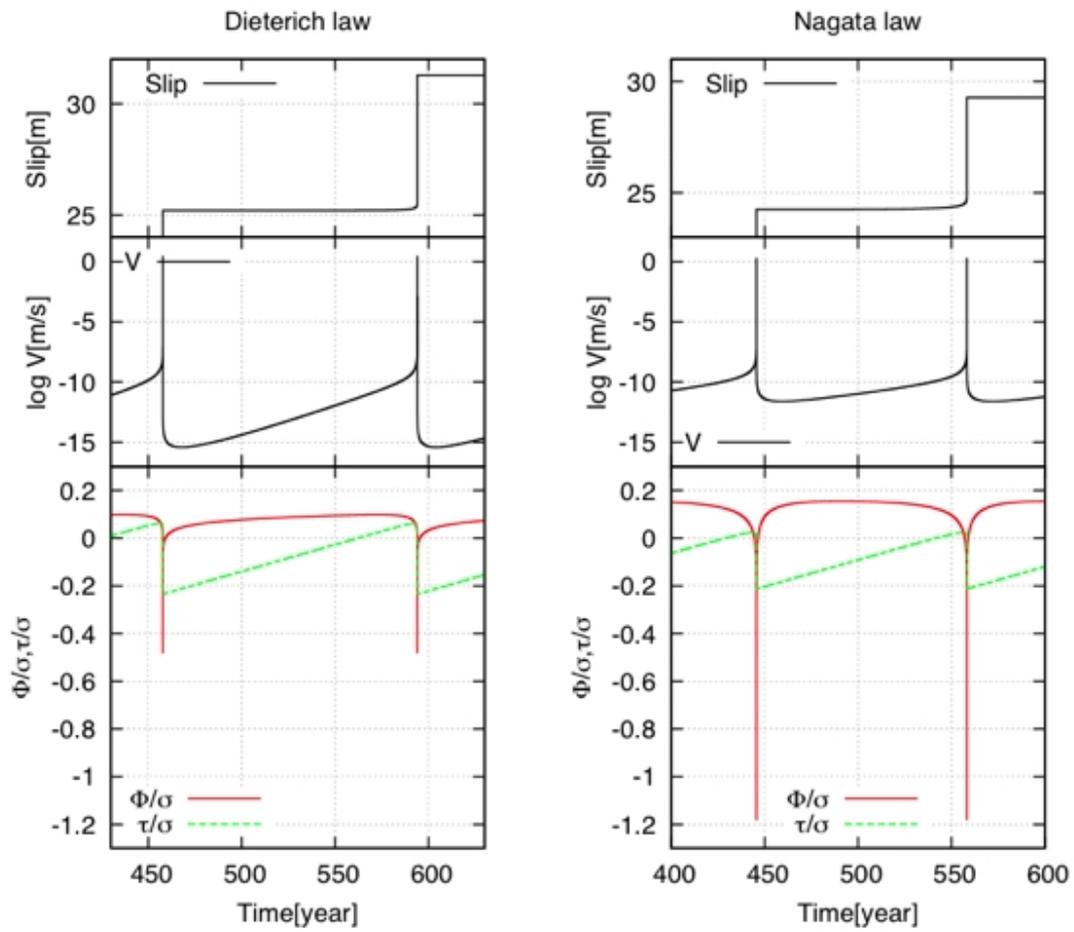


図 1

バネブロックモデルによる地震サイクルの数値計算結果。左列が従来の摩擦則右列が修正版摩擦則も用いたものである。プレスリップ自体(上/中段)や、それによる応力の変化(下段赤実戦)はいずれにしても小さく観測できるような違いは必ずしも期待できないが、修正版摩擦則によれば、プレスリップにともなう強度(固着度, 下段緑破線)低下は甚しく、サイクルの後半 1/3 程度の比較的長期にわたって加速しつつ進行する。