

11 - 1 陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化 1. プロジェクト総論

Slip and flow process in and below the seismogenic region, 1. An outline of the project

京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1 . はじめに

陸域の大地震の決定論的な発生予測に道を開くため、現在のところまだよくわかっていない、陸域の大地震の発生場と発生過程を物理・化学・物質科学的に解明することを通じてモデル化することが本研究の最終的な目標である。本稿では、プロジェクト総論として、研究の背景と概要を紹介する。

2 . 陸域の大地震の発生過程に関するこれまでのモデル

陸域の大地震の発生過程に関して、アメリカ合衆国中部のNMSZ(New Madrid Seismic Zone)の研究等により、いくつかのモデルが提唱されている(第1図)。既存のモデルは、Regional Stress Model¹⁾²⁾とLocal Stress Model³⁾⁴⁾に大きく分けられる。Regional Stress Modelは、プレート相対運動に起因する比較的一様な応力場の下、上部地殻の弱面で大地震が発生すると考える。一方、Local Stress Modelは、下部地殻や最上部マントルにおける「不均質」により、上部地殻に局所的な応力集中が発生することが、陸域の大地震の発生原因であると考え、「不均質」の候補としては、限られた狭い地域における下部地殻の強度の低下や、最上部マントルによる地殻下部へのドラッグ力の不均質などが推定されている。これらの「不均質」により、下部地殻では変形が狭い地域に集中するが、その変形様式が、断層帯に集中するか、狭い地域全体に分布するかにより、さらにモデルが細分化される。

3 . これまでのモデルの相違点

これまでの色々なモデルにおける本質的な相違点の一つは、陸域の大地震の発生過程において下部地殻が重要な役割を果たしているかどうかという点である。言い換えると、下部地殻が、上部地殻に比べて無視できない程度の強度を持つかどうかという問題である。Regional Stress Modelでは、下部地殻は強度が弱く、無視されている。もう一つの相違点は、変形が断層帯に局所化するか(localize)、そうでないか(distributed shear)である。

4 . 陸域の大地震の発生過程に関する仮説

近年日本で得られた高精度の観測データ、例えば、野島断層近傍で得られた温度分布や震源分布や、中部・近畿地方で得られた応力測定データは、下部地殻も無視できない程度の強度を持ち、変形は断層帯に局所化することを示唆している⁵⁾。また、断層帯を研究する地質学者の多くは、下部地殻においても変形が断層帯に局所化することは自明であると考えている。

下部地殻は、延性領域と考えられるので、そこでの変形は、基本的には、定常的なゆっくりしたすべりである。もし、そのすべり速度が地震発生前に加速するならば、すべり速度の変化に起因する現象を検知することにより、地震の発生予測が可能となると期待される。これまでに日本列島で

発生した大地震の発生前に、下部延長ですべりが加速した可能性が指摘されている⁶⁾⁷⁾。下部地殻において、定常的なすべりが地震発生前に加速するというモデルが、現時点でもっとも確からしいと考えられる⁸⁾。

そこで、本研究では、陸域の大地震の発生過程に関して以下の作業仮説に基づいて研究を進めている(第2図)。

- i) 全体的に流動しているように見なされていた下部地殻内に断層の延長部が存在する。
- ii) 断層の延長部におけるゆっくりしたすべりが、上部地殻の非弾性的に変形しない部分に応力を蓄積する。
- iii) 下部地殻内の断層の延長部のゆっくりしたすべりは、地震発生に向かって加速する。
- iv) 上部地殻の応力が増大し、震源核形成が始まりついには地震発生に至る。

5. 研究の構成

上記の作業仮説を検証するために、フィールドにおけるデータ収集と解析・室内実験・計算機シミュレーションを有機的に組み合わせ、以下に挙げる、より具体的な個々の問題についての答えを得ることを課題とした。

- (1) 下部地殻において変形は局所化しているか？
- (2) 下部地殻において変形の局所化する原因は何か？
- (3) 断層の下部地殻への延長部の幾何学はどうなっているか？
- (4) 断層の下部地殻への延長部のすべりによりどのように内陸の断層への応力蓄積が行われるか？
- (5) 断層の下部地殻への延長部のすべりが大地震発生前に加速するか？

データ収集においては、地震観測、GPS、電気伝導度構造探、地質学的調査という多様な手法を用い、内陸において平均変位速度が最大級の活断層である糸魚川静岡線および震源核形成が始まっていると考えられる長町-利府断層をフィールドとした。地球物理学・地質学という異なったバックグラウンドを持つ研究者が、同一の課題の解明のために様々な視点からの研究を有機的に行っていることが、本研究の実施体制の特長である。また、世界最高レベルの高温・高圧実験装置や、世界最高の精度を持つ高サンプリング地震観測システムを開発するなど、新たな技術開発にも成功した(第3図)。

6. これまでに得られた成果の概要

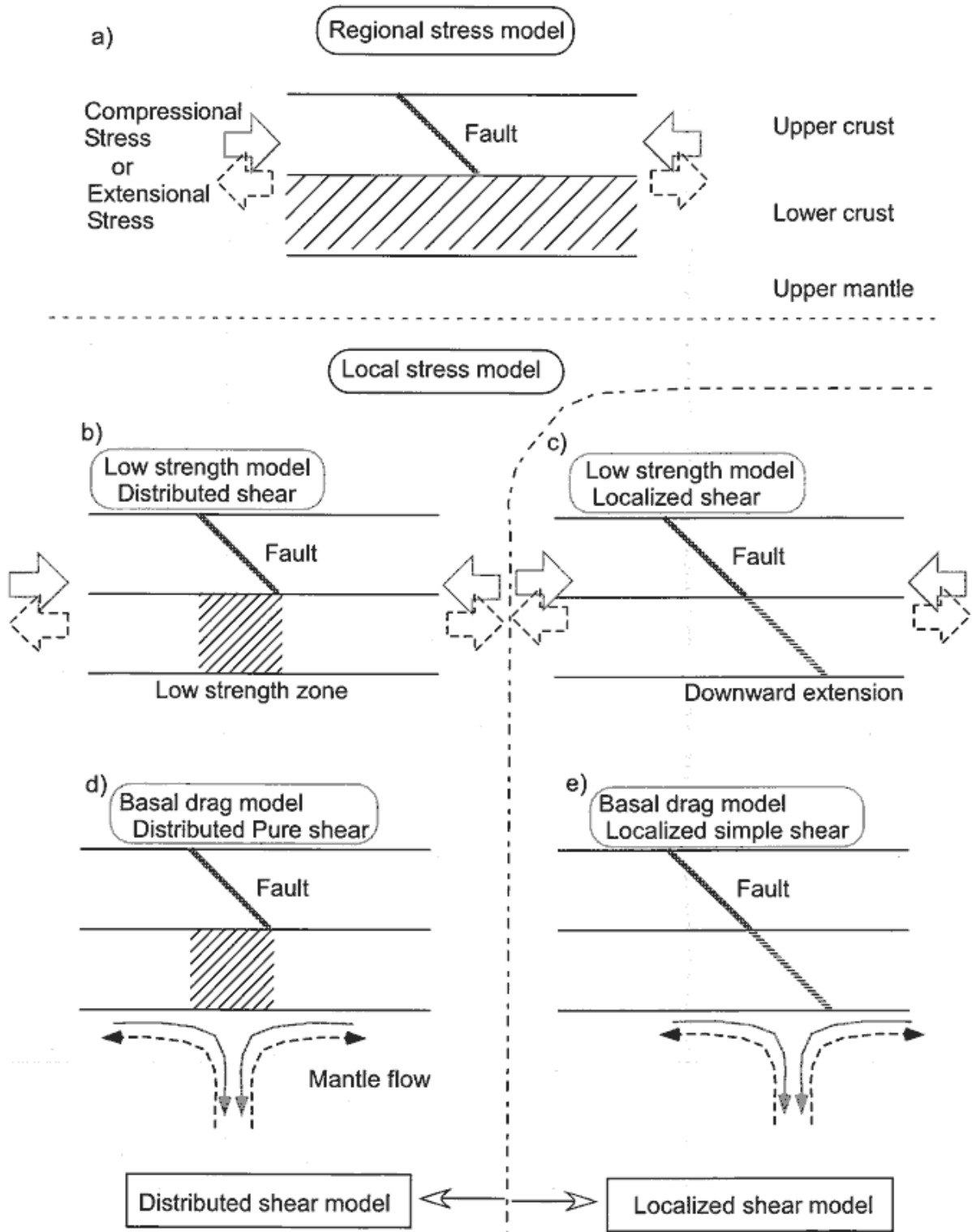
これまでの調査・研究により、作業仮説を裏付ける結果が得られている。

地質学的調査等により、下部地殻において変形は局所化していることが確認された。その原因は、下部地殻において水が局在化すること、あるいは、断層岩の粒径が小さいことなどの可能性が指摘された。長町-利府断層における探査により、地震発生域の断層の延長部を見いだした。ただし、それは緩傾斜であり、調査領域内では、下部地殻深部へ伸びているかどうかは確認できなかった。GPSによって断層深部のすべりによって説明可能な地殻変動速度パターンが観測され、それによって地震発生域に応力が蓄積されることが推定された。地質学的調査によって、下部地殻の微小な断層のすべりが加速した証拠が発見された。数値シミュレーションにより、脆性-延性遷移領域付近で、断層のすべりの加速が再現された。ただし、地震時にすべらない領域で加速すべりを起こすためには、断層の摩擦構成則を工夫する必要があることが分かった。

(飯尾 能久)

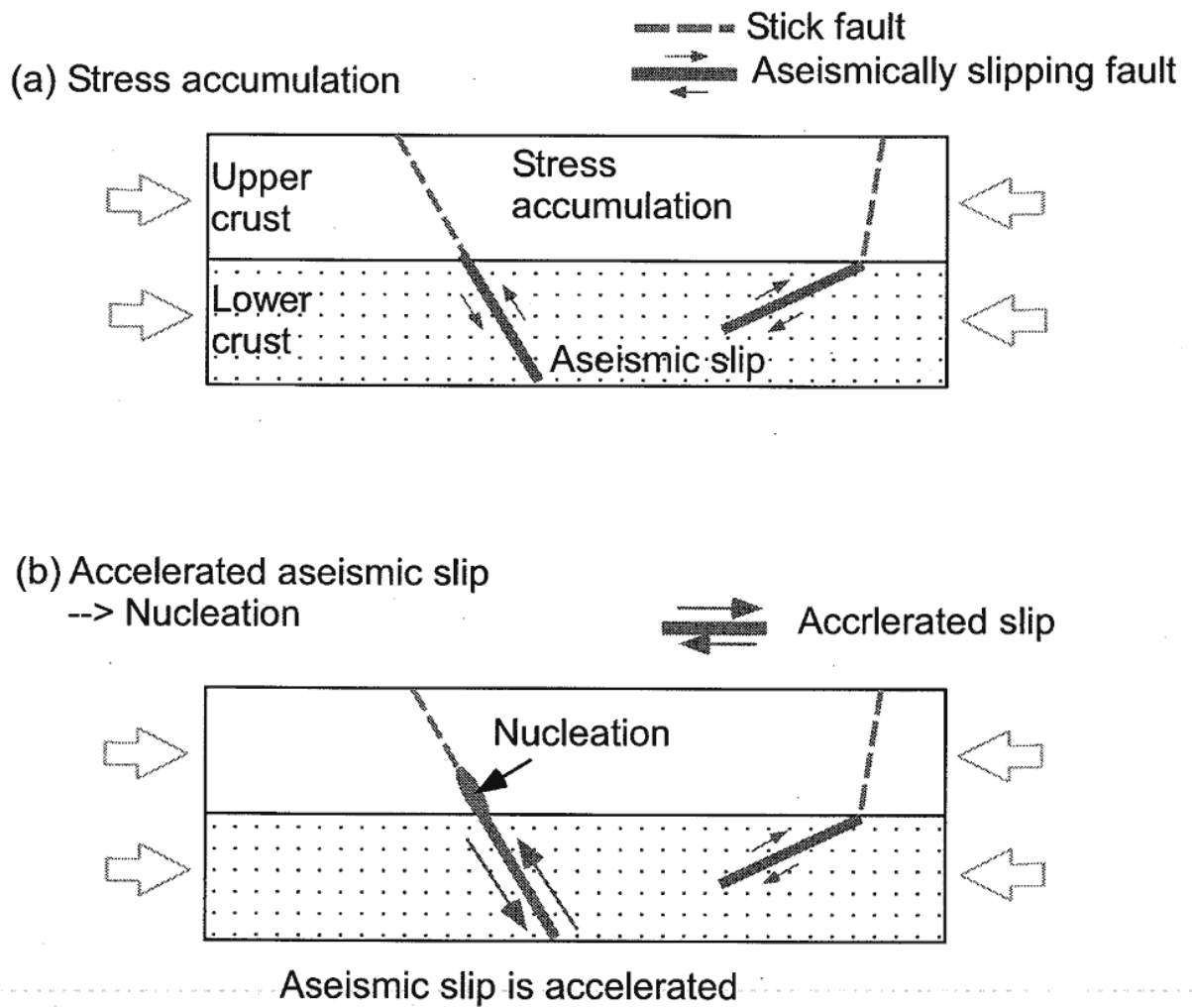
参 考 文 献

- 1) Hinze, W. J., L. W. Braile, G. R. Keller, and E. G. Lidiak, Models for mid-continent tectonism: An update, *Rev. Geophys.*, 26, 699-717, 1988.
- 2) Zoback, M.L., Stress field constraints on intraplate seismicity in eastern North America, *J.Geophys.Res.*, 97, 11,761-11,782, 1992.
- 3) Liu, L., and M. D. Zoback, Lithospheric strength and intraplate seismicity in the New Madrid seismic zone, *Tectonics*, 16, 585-595, 1997.
- 4) Stuart, W.D., T.G. Hildenbrand, R.W. Simpson, Stressing of the New Madrid seismic zone by a lower crust detachment fault, *J.Geophys.Res.*, 102, 27,623-27,633, 1997.
- 5) Iio, Y., and Y. Kobayashi, A physical understanding of large intraplate earthquakes, *Earth Planets Space*, 54, 1001-1004, 2002.
- 6) 多田 堯, 日本海中部地震と地殻変動, 月刊地球, 6, 18-21, 1984.
- 7) 多田 堯, 1982年浦河沖地震断層モデルとその地学的意義, 地震2, 40, 27-37, 1987.
- 8) Iio, Y., Y. Kobayashi and T. Tada, Large earthquakes initiate by the acceleration of slips on the downward extensions of seismogenic faults, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 202, 337-343, 2002.



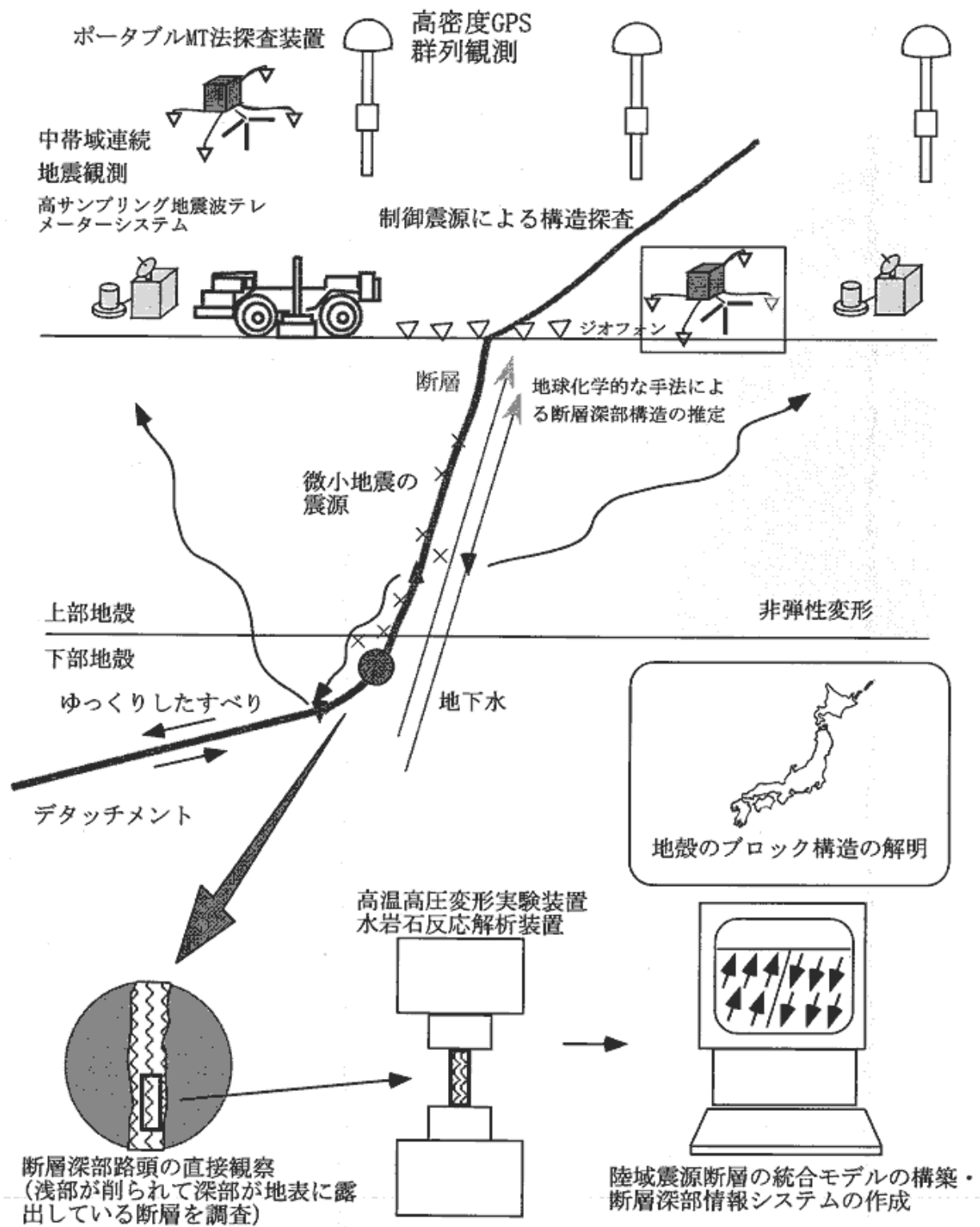
第 1 図 陸域の大地震の発生過程に関するモデル。

Fig.1 Schematic drawings showing several models for the generating process of intraplate earthquakes.



第2図 陸域の大地震の発生過程に関する作業仮説.

Fig.2 Schematic drawings showing a hypothesis for the generating process of intraplate earthquakes.



第3図 研究の構成.

Fig.3 Schematic drawings showing contents of the study about the slip and flow process in and below the seismogenic region.