

東北地方太平洋沖地震に対する「ひずみ集中帯の地殻変動特性に関する研究」の対応

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）により、日本列島に最大 5.3m にも及ぶ大きな地殻変動が生じた。地震後も広域の地殻変動（余効変動）が継続して発生し、地震後 5 か月間で最大 70cm に達している。そのため、この地震が特別研究「ひずみ集中帯の地殻変動特性に関する研究」（研究期間：平成 22 年度～平成 26 年度）に与える影響を整理し、目的・目標を達成するための対応について検討した。

・東北地方太平洋沖地震の影響によるひずみ集中帯での地殻変動に関する現状

研究対象領域であるひずみ集中帯において、本研究で新潟県内に設置した 4 点の連続観測点では、地震時に 49-73cm、地震後 5 か月間で 19-23cm の東向きの変動があった。

新規提案時には、定常的な地殻変動として新潟県地方で年間 1cm 程度の東西方向の短縮変形を想定していたが、地震時及び地震後に東西伸張の地殻変動が継続していることから、定常的な短縮変形を研究期間内に観測することは難しい状況となっている。

・研究開発の目的・目標についての検討

本研究は、「ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生メカニズムの理解に資するため、ひずみ集中帯内部の詳細地殻変動分布の解明と地殻変動の特徴的パターンを生み出す地下の変形過程の解明を行う。ひずみ集中帯を横断する測線において詳細地殻変動分布を明らかにし、変形過程のモデル化を行う事によって、ひずみ集中帯における活断層の長期評価、内陸地震の長期予測の高度化に貢献する。」ことを目的・目標としている。地震の発生により、本研究で行う地殻変動観測から定常的な詳細地殻変動を得ること難しくなったが、代わりに遠方の断層運動により外力を受けている状態の地殻変動詳細分布が明らかになる。観測された地殻変動詳細分布を再現する変形過程のモデル化から、変形の不均質を作り出す地殻構造に関する新知見が得られることが期待される。このような新知見と地震以前の GEONET データの解析及びモデル化によって、研究開始当初に設定した活断層の長期評価、内陸地震の長期予測の高度化に貢献するという目標は達成可能であると考えられる。

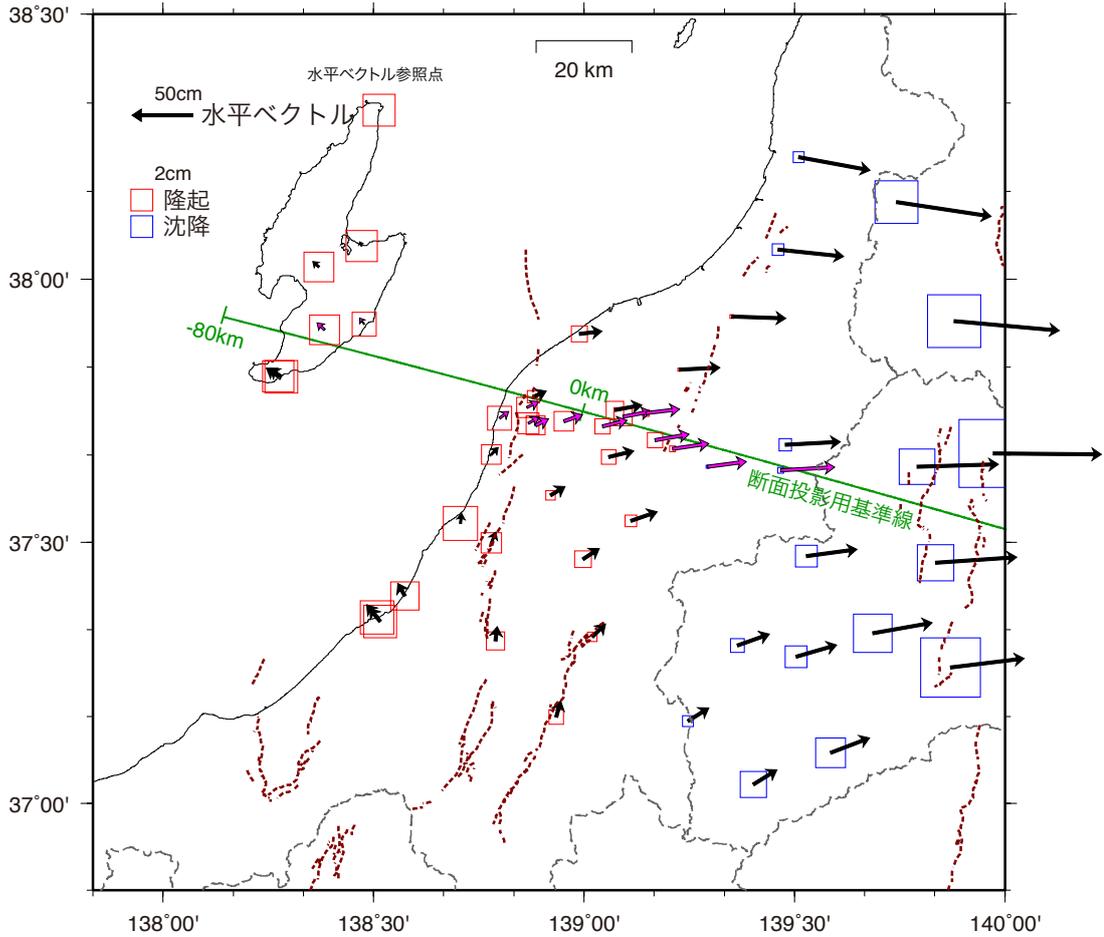
・研究開発の方法についての検討

本研究では、地殻変動の稠密観測とモデリングという 2 つの方法により、地殻の変形過程を解明し、内陸地震の発生メカニズムに関する知見を得ることとしている。稠密観測に関しては、当初想定していた短縮変形とは異なるものの、伸張が卓越する大きな地殻変動が観測されており、稠密観測によりその詳細分布を明らかにすることができる。目的・目標についての検討で述べたように、遠方の断層運動によってひずみ集中帯とその周辺の地殻構造の不均質性を反映した地殻変動の不均一が生じることが期

待され、GEONET の観測からも不均質性を示唆する地殻変動分布が得られている。よって、地震時の地殻変動分布を再現するようなモデリングを本研究に追加することにより、地殻の弾性・塑性パラメータの空間分布に関する知見が得られることが期待できる。また、当初予定していた定常的な地殻変動場における地殻変動メカニズムのモデル化も引き続き行う。再現する地殻変動データは、地震前の GEONET データや SAR 干渉解析のデータを用いることとなり、データ量が当初の想定よりは小さくなるが、地震時のモデリング結果を用いることによりモデルの制約条件が増えることとなるため、一定の成果を挙げることができると考えられる。

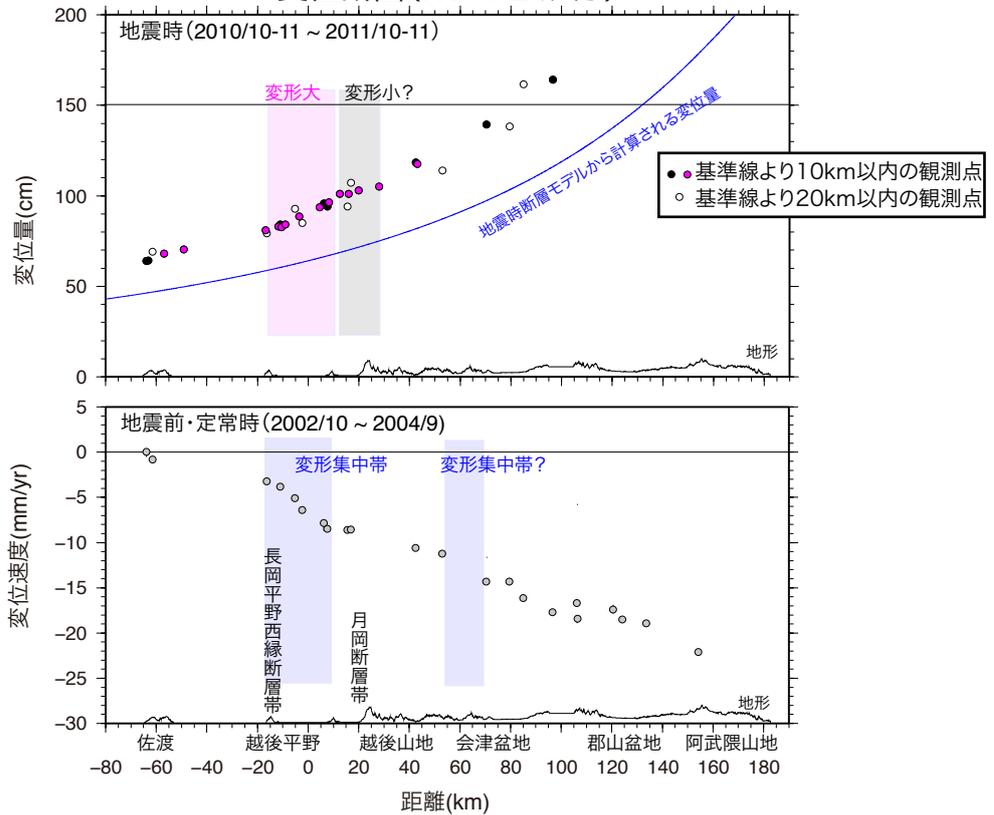
以上の検討の結果、東北地方太平洋沖地震の発生に伴って、観測される地殻変動が当初の想定とは異なることとなったが、研究開発の方法のモデリング部分を的確に追加修正することで、当初の研究開発の目的・目標を達成できると考えられる。研究開発の方法の一部変更について、上記のとおり報告する。

ひずみ集中帯の地殻変動分布(2010/10-11~2011/10-11)
変位ベクトル図



紫色のシンボルは、本特別研究で設置した観測点を表す。

変位断面(N105°E 成分)



ひずみ集中帯の地殻変動特性に関する研究

(H22-H26年度)

研究の背景と目標

現状の問題点

- ・内陸地震の発生メカニズムには多くの謎が存在。
 - ・なぜ特定の場所に発生する？
 - ・内陸地震発生のも動力は？
 - ・海溝型地震との関係は？活動期、静穏期は存在する？
 - ・GEONETによって見出された測地的ひずみ集中帯との関係は？
- ・内陸地震の長期予測は統計学的手法に頼っている。
 - ・過去の活動履歴と最新活動時期の地質学的調査に基づく。
 - ・現状的手法では予測精度の向上は見込めない？

内陸地震

例：岩手・宮城内陸地震
新潟県中越地震
兵庫県南部地震

- ・低頻度(1千～万年に1回)、規模中(M7程度)
- ・局所的ではあるが極めて強い強震動、都市直下で発生する場合は壊滅的被害を生じる可能性があり、防災上重要

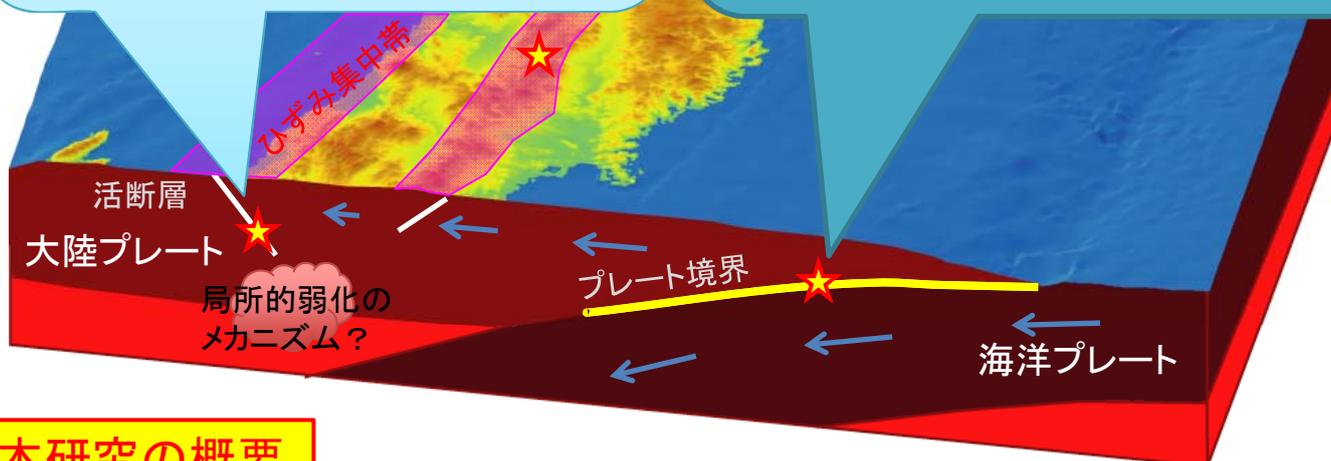
発生メカニズム不明??

海溝型地震

例：東北地方太平洋沖地震
南海地震、東南海地震

- ・高頻度(数十～数百年に1回)、規模大(最大M9)
- ・広域での強震動、沿岸域での津波などにより広域災害を引き起こすため防災上重要

プレート間の相対運動が原因



本研究の概要

地殻変動の詳細分布の観測とモデル化から、なぜひずみ集中帯が形成され、活断層へ応力が集中して内陸地震が発生するのかを解明する。

内陸地震発生メカニズムの理解

研究効果

内陸地震の長期評価の高度化へ

- ・ 政府の防災対策の向上
- ・ 科学的知見の向上

新規研究課題提案書

1. 研究課題名：ひずみ集中帯の地殻変動特性に関する研究
2. 研究制度名
・特別研究
3. 研究期間：平成22年 4月 ～ 平成27年 3月 （5年間）
4. 課題分類
(4)地球と国土を科学的に把握するための研究

5. 研究開発の背景・必要性

我が国は世界的に見ても地震の多発地域に位置しており、被害地震も数多く発生している。特に、内陸直下型地震と呼ばれる陸域の浅部で発生する地震は、震源域近傍で大きな被害を伴うことが特徴であるが、その発生メカニズムは十分理解されていない。

一方、国土地理院のGPS連続観測網(GEONET)により、日本列島の地殻変動場が明らかになってきたが、日本列島の変形は一様ではなく、特に変形速度の大きい「ひずみ集中帯」とよばれる領域があることがわかってきた。特に、新潟から神戸に至る帯状の領域は、新潟-神戸ひずみ集中帯と呼ばれ、GEONET及び明治以来の測地測量による変形速度が大きいことに加えて、2004年新潟県中越地震、2007年新潟県中越沖地震等の内陸地震の多発地域となっている。よって、内陸地震の発生メカニズムを理解し、将来の発生予測につなげていくためには、まず、ひずみ集中帯において重点的な観測研究を行っていく必要がある。

しかし、既存の観測網は、断層への応力蓄積過程を解明するために必要なひずみ集中帯内部の地殻変動分布を解明するには空間密度が不足している。そのため、稠密な地殻変動観測と観測データに基づく変形機構の解明が待たれている状況にある。

6. 研究開発の目的・目標

ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生メカニズムの理解に資するため、ひずみ集中帯内部の詳細地殻変動分布の解明と地殻変動の特徴的パターンを生み出す地下の変形過程の解明を行う。ひずみ集中帯を横断する測線において詳細地殻変動分布を明らかにし、変形過程のモデル化を行う事によって、ひずみ集中帯における活断層の長期評価、内陸地震の長期予測の高度化に貢献する。

7. 研究開発の内容

新潟-神戸ひずみ集中帯の新潟県及びその周辺において、稠密地殻変動観測を行い、ひずみ集中帯内部の詳細な地殻変動分布を得る。得られた地殻変動分布と活断層・活褶曲との対応関係を考察し、数値シミュレーションを用いた地殻の弾性パラメータの不均質に起因する地表変形パターンの考察や断層深部すべりによる地殻変動の再現を行うことにより、地殻の変形過程を解明し、内陸地震の発生メカニズムに関する知見を得る。

8. 研究開発の方法、実施体制

本研究の内容は、詳細地殻変動分布の解明と変形過程のモデリングの2つに大別される。

(1) 稠密地殻変動観測による詳細地殻変動の解明

a. GPS 繰り返し観測

ひずみ集中帯の新潟県中部地方を対象に、ひずみ集中帯を横切る直線上に、最短で数 km 間隔の GPS 繰り返し観測点を 15 点程度設置し、年 1 回の繰り返し観測を行う。1 回の観測期間を 2 週間以上と長めにとり、GPS アンテナ設置の再現性を確保して、水平方向だけでなく上下方向の微小な地殻変動把握に対応した繰り返し観測を実施する。繰り返し観測点のデータは周囲の電子基準点データとあわせて解析し、三次元的に詳細な地殻変動を明らかにする。

b. SAR 干渉解析

ひずみ集中帯の新潟県を対象として、ALOS PALSAR データの干渉処理による地殻変動の面的分布を解明する。独立な干渉ペアを出来るだけ多く作成して平均をとることによる S/N 比の改善などにより、非地震時の数 mm/年オーダーの地殻変動を捉えることを目指す。

c. 精密水準測量

ひずみ集中帯の新潟県を対象に、活断層や褶曲帯横切る既存の水準路線において、精密水準測量を実施する。なお、褶曲構造などから示唆される既存の水準点間隔（約 2 km）より短波長の変形パターンを捉えるため、約 500m 間隔に固定鈎を設置し、固定鈎での変動を捉えることを目指す。

(2) 地殻変形過程のモデリング

観測された地殻変動分布を、既存の活断層、活褶曲分布と比較し、地形・地質学的時間スケールの変形と測地学的時間スケールの変形運動の対応関係を考察する。また、成層構造弾性体を仮定した地下の深部断層すべりに関するモデル化、三次元不均質構造を取り入れた有限要素法による地殻変動の再現シミュレーションから、地殻の弾性・塑性パラメータの空間分布に関する考察を行う。

実施体制は、(1) 詳細地殻変動分布の解明においては、地殻変動研究室長が総括し、地殻変動研究室の主任研究官及び研究官 4 名が参加する。また、観測作業の直営及び外注による実施に関しては、研究管理課、測地部の支援を得る。(2) 地殻変形過程のモデリングにおいては、主任研究官 1 名と研究官 1 名が協力して行う。

9. 研究開発の種類

地殻変動稠密観測については、(4) 観測・調査。変形過程のモデリングについては、(1) 基礎研究。

10. 現在までの開発段階

(1) 研究段階

11. 想定される成果と活用方針

稠密地殻変動観測の結果、観測を実施した領域において最大 1-2 mm/年の精度で三次元的な地殻変動分布が得られることが想定される。地殻変動分布から、ひずみ集中帯内部においても活断層や活褶曲の近傍に顕著なひずみ集中がみられる場合、塑性変形もしくは断層の非地震性クリープによる変形が卓越することにより弾性ひずみの蓄積速度は小さいと考えられ、内陸地震の発生頻度もそれほど高くないことが示唆される。一方、比較的均等にひずみが分布している場合は、地殻浅部において大地震の発生に向けたひずみの蓄積が進行していることになる。このように、本研究観測結果は、研究対象地域の地震長期予測の高度化へと活用される。

12. 研究に協力が見込まれる機関名

地震調査研究推進本部（文部科学省地震・防災研究課）、防災科学技術研究所、名古屋大学環境学研究科、東京大学地震研究所

13. 関係部局等との調整

測地観測センター、測地部宇宙測地課、測地部機動観測課、地理地殻活動研究センター宇宙測地研究室

14. 備考

特になし。

15. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室
茨城県つくば市北郷1番

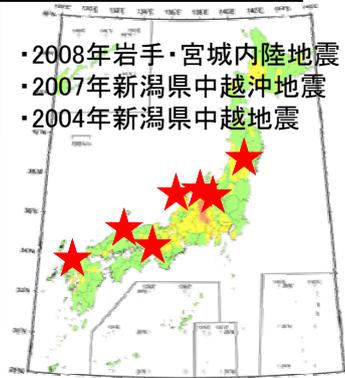
TEL：029-864-1111(内 8242)

FAX：029-864-2655

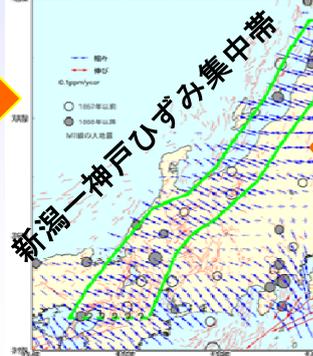
ひずみ集中帯の地殻変動特性に関する研究

続発する内陸地震

- ・2008年岩手・宮城内陸地震
- ・2007年新潟県中越沖地震
- ・2004年新潟県中越地震



ひずみ集中帯の発見



国土地理院の 測量・地殻変動観測 GEONET(GPS連続観測)



明治以来の測地測量



関連性が指摘

測量によるひずみ集中帯の 詳細地殻変動の解明

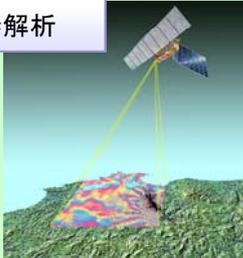
観測

地殻変形過程のモデリング

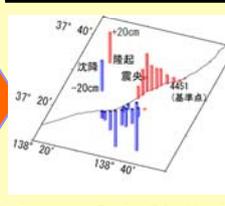
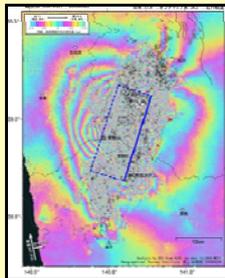
GPS観測



SAR干渉解析

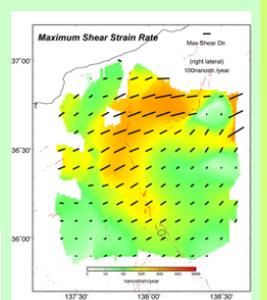
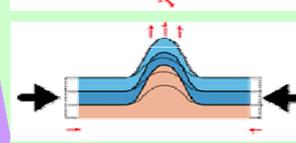
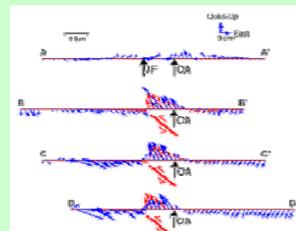


高精度水準測量

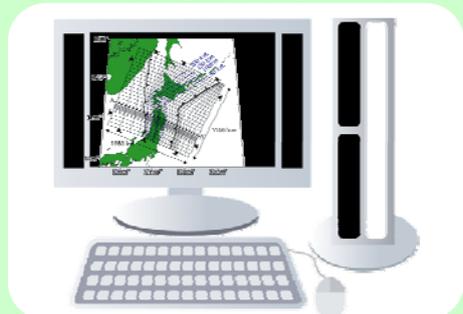


詳細地殻変動分布

モデリング



地殻変動分布のモデル化



数値シミュレーション

研究効果

内陸地震の発生過程の解明・地震長期予測の高度化

地域防災対策の策定・減災に貢献