

## 1 2 - 1 第 185 回地震予知連絡会重点検討課題 「内陸地震準備過程のモニタリング」概要

### Summary of an intensive discussion subject for monitoring of stress accumulation processes of intraplate earthquakes

桑原保人（産業技術総合研究所）

Yasuto Kuwahara (Geological Survey of Japan, AIST)

#### 1. はじめに

現在の建議に基づく地震予知研究の目標は、大地震発生に至る準備過程を理解し、これをシミュレーションによって再現していく延長上で大地震を予測することである。内陸地震の準備過程については、これまで地震学・電磁気学的観測による地殻・マンツルの不均質構造と、測地学的観測によるひずみ集中の空間分布に関する知見が蓄積され、地殻・マンツルの不均一な変形によって特定の断層へ応力が蓄積されていく機構の理解が進んできた。これらを踏まえ第4回目の重点検討課題では、内陸地震のモニタリング高度化の今後の方向性を得ることを目的として、内陸地震の準備過程の定性的なモデル化さらにはその定量化に有効な観測・モニタリング研究および理論的研究についてレビューすることとした。

本重点検討課題で設定した具体的な検討課題としては、1) 測地学的観測によるひずみ集中の空間分布の特徴と上部・下部地殻、最上部マンツルの不均質性と物性に関わる観測研究、2) 特定のひずみ集中帯や活断層への応力集中過程の解明のための観測研究、3) 上記を総合したモデル化の研究、の3つのテーマについてレビューを行い、今後の方向性を検討することとした。なお、ひずみ集中帯や活断層の成因を考える上で、地質学的にみた超長期の塑性ひずみの時空間分布に着目することも重要であるが、時間の制約もあり、今回は割愛することとした。

#### 2. 議論の概要

今回は、まず防災科学技術研究所から基盤的な高感度地震観測網による10～20km程度の分解能のスケールで見た活断層周辺の地震学的構造、東京工業大学から比抵抗構造の特徴、国土地理院からGPS等に基づく活断層やひずみ集中帯に関係する変形と最上部マンツル以浅の物性に関する研究がレビューされた。続いて、東京大学地震研究所から個別の断層として跡津川断層の総合研究、名古屋大学、京都大学、東北大学の各機関からそれぞれ、中部、西南、東北日本でのひずみ集中域・活断層での観測研究について紹介された。最後に、建築研究所の芝崎さんから内陸地震発生過程のモデル化についての研究がレビューされた。詳しくはそれぞれの報告を参照するとして、概要は以下のとおりである。

##### 2-1. 防災科学技術研究所

全国を対象としたトモグラフィー解析と活断層との空間的な関係について、西南日本では断層近傍では深くなるにつれて、周囲と比較し低速度になる傾向があり、東北日本ではその逆の傾向があることが報告された。東北日本については、現在の逆断層の活動をインバージョンテクニクスの枠組みの中でとらえ、逆断層の下盤側が高速度になることで、ある程度理解可能である等の議論があった。また、微小地震の高精度震源・メカニズム解と高分解能トモグラフィーから明らかになってき

た断層セグメント構造について報告があった。

## 2-2. 東京工業大学

これまで同大学で行ってきた活断層深部の比抵抗構造の研究についてレビューが行われた。国内では、東北脊梁、宮城県北部、長町利府断層、糸魚川—静岡構造線（以下、糸静線とする）、2007年能登半島地震、2008年岩手宮城内陸地震震源域、跡津川断層での観測結果、国外ではニュージーランドのアルパイン断層周辺の結果が紹介され、脆性領域である地震発生層の下方に非常に顕著な低比抵抗異常が存在しているという共通の特徴が見いだされることが示された。またアルパイン断層周辺の各断層帯では、断層の成熟度と比抵抗構造の間の特徴的な関係も示された。これらの結果について、断層と低比抵抗異常との詳しい位置関係について議論があり、比抵抗構造だけでは断層ジオメトリーの分解能での議論が難しいとの指摘があった。

## 2-3. 国土地理院

GEONETによる日本列島スケールでのひずみ速度分布の紹介と、活断層周辺での詳細な地殻変動について、中央構造線、跡津川断層、糸静線、長町—利府線断層帯でのGPSの稠密観測結果の報告があった。活断層周辺については、非地震時のひずみ速度の集中域が明らかになっている事例と、特に糸静線についての詳しい紹介と観測結果の解釈が紹介された。糸静線については、構造探査の結果の地質学的な解釈とGPSによる観測結果の解釈に矛盾があることがコメントされた。また、国内外での地震発生後の余効変動の観測から、下部地殻、上部マントルの物性についての研究例が紹介された。

## 2-4. 東京大学地震研究所

跡津川断層について、全国の大学や関係機関との共同研究の成果の紹介があった。本断層含む周辺地域の下部地殻まで含めた領域を対象に、自然地震観測・比抵抗構造探査・制御震源探査・GPS観測を実施し、それらの結果を統一的に説明できる地震発生 of 定性的なシナリオが示された。

## 2-5. 名古屋大学

主に跡津川断層におけるGPSの観測から、断層の周辺でのひずみの集中の様子と観測結果の解釈の紹介があった。断層の走行方向に異なるひずみ集中の実態が明らかにされ、それぞれの場所で断層深部延長の定常すべりが推定されるとされた。また、断層の両端では弾性的な応力蓄積がなされていない可能性が示された。

## 2-6. 京都大学防災研究所

西南日本のひずみ集中域での地下構造・断層強度の観測と応力集中機構のモデル化について報告があった。まず、近畿地方全域で見たひずみ集中の空間分布と時間変動、地震活動との間に相関関係があることが紹介された。次に、山陰地方で下部地殻に低比抵抗領域が見られること、微小地震から決めた地殻応力場に地域的な特徴が見られることが報告され、これらの観測結果を説明可能な地殻活動のモデル化の例が紹介された。また、野島断層で行われてきた注水実験やボアホールひずみ観測の結果から、地震後10年間で強度回復があったことが推定されるとの報告があった。

## 2-7. 東北大学

東北日本での地形、地震・火山分布、地下の地震学的構造、電磁気学的構造、測地学的観測結果を総合し、活断層の長期的な形成モデルが示された。これに対して、過去の伸張場であったころの断層活動の弱面を使った断層形成の観点も入れたモデルも必要であるとの議論があった。また、近年のいくつかの大地震の震源域と地震波速度構造の比較結果が示され、それぞれに共通して、破壊開始点の直下に低速度領域が存在する事が指摘された。さらに、庄内平野東縁断層帯周辺の地震波速度構造で、この地域の地表での活断層帯からモホ面深度まで比較的高角で連続する低速度帯の存在が示され、これの解釈について議論があった。

## 2-8. 内陸地震発生過程のモデル化の枠組み – 東北地方脊梁山地周辺を中心に –

建築研究所の芝崎文一郎氏に、内陸地震の発生過程の定量的なモデル化の現状についてレビューして頂いた。内陸地震のモデル化の枠組みの一つとして、プレート運動に起因する外力の問題、島弧の不均質なレオロジー構造を原因とする不均一な内部変形の問題、レオロジー構造の推定の問題が示され、東北日本脊梁山脈周辺の変形・断層形成過程のモデル化、中越地域における変形のモデル化、兵庫県南部地震震源域のレオロジー構造の推定についてレビューされた。これに対して、モデル化にあたってはいくつかの視点があり、地質学的な時間スケールで明らかになっている断層系の発達・再活動過程や変形速度の空間分布、地震発生サイクル・大変形のモデル化にも取り組んでいく必要性が指摘された。

## 3. まとめ

最近の10年程度の内陸での地球物理学的な観測によって、分解能数 km という、断層スケールよりもさらに高分解能の地殻・上部マントル構造とひずみの集中域の空間分布が明らかになってきた。これによって、内陸地震発生域の下方に低地震波速度・低比抵抗領域が存在し、非地震時でも活断層近傍でひずみが集中しているという事実が、多くの観測例として示された。また、それらの結果や地質物質科学に基づいた、内陸での変形・断層形成過程のモデル化の現状がレビューされた。今後、地震の発生や活断層の評価という現実的な問題にアプローチしていくためには、地質学的な時間スケールでの変形・断層形成過程の成果も取り入れたモデル化や、モデルの定量化の為に、断層深部の不均質をより高分解能で見ることが可能な観測が必要であると考えられる。