

## 6. むすび

本年度は、以下の成果を得た。

### (1) 短期海底地震観測および陸上地震・測地観測によるプレート間すべりに関する研究

平成 20 年度は、GPS 並びに相似地震データからのプレート間すべりの準リアルタイムモニタリングを実現するための手法の改良やデータ処理に取り組んだ。GPS データからプレート境界におけるすべりを推定するための時間依存逆解析手法の改良、並びに 2008 年岩手・宮城内陸地震の影響を取り除くための余効変動のモデル化を行なうとともに、相似地震モニタリングを継続し、宮城県沖周辺における準静的すべりの時空間発展を得た。

時間依存逆解析手法の改良を行ない、準静的すべりの時定数が大きく時間変化するような場合にも対応できるようになった。数値計算テストの結果、GPS データに基づくプレート間すべりの準リアルタイムモデリングのために基本的には有用であることが示されたが、遺伝的アルゴリズムを支配するパラメーターの設定法など、課題も残されている。一貫性を持った手法として確立し、実データへの適用を行なうのが次の課題の第一であり、さらに今後得られるデータに対して自動的に解析を行なうシステムを構築するのが第二の課題となる。

2008 年岩手・宮城内陸地震の余効変動を解析した結果、本震断層面上の余効すべり以外にも、隣接した活断層である出店断層の浅部において、準静的すべりが生じていたことが明らかになった。これらの本震後の準静的すべりは本震後一月程度でほぼ終息していると思われる、この影響を取り除いた GPS 連続観測データから、長期的なトレンドを最推定し、プレート境界での固着・すべり分布を求めることが次の課題となる。

相似地震モニタリングにより、宮城県沖に隣接した領域において、2008 年に発生した M7 クラスのプレート境界地震に関連した準静的すべりの加速を検出した。今後は、このようなすべりの進展のモニタとともに、宮城県沖等のアスペリティに及ぼす影響の推定が重要となる。相似地震から推定された準静的すべりと、ひずみ計のデータとの比較では、ひずみ計データの有用性が示された。今後は GPS を含めこのような比較事例を増やすことが必要となる。

地震活動及び応力場の推定により、2005 年宮城県沖地震の本震破壊域東端ではプレート境界面外において応力擾乱に起因するような余震活動を見出した。また、プレート境界を境にして上盤側と下盤側で応力場が大きく異なる可能性が高いことから、少なくとも解析した期間内ではプレート間の固着が弱い可能性が示された。今後は、応力場の空間変化のより詳細なモニタとともに、時間変化のモニタが宮城県沖地震の発生機構の理解及び評価に重要となる。また、地震活動・応力場を GPS・相似地震から推定されるプレート間すべりと比較することが必要となる。

### (2) 長期海底地震観測によるプレート間すべりに関する研究

平成 20 年度は、長期観測型海底地震計 4 台の新規整備および海底地震計データの 1 次処理装置の追加整備を計画通りに実施した。さらには、計 11 台の長期観測型海底地震計の整備および再組み立てを実施した。これら計 15 台の長期観測型海底地震計は、国立大

学法人東北大学に協力して、15観測点に設置された。また、平成20年度に回収された計10台の海底地震計データの一次処理を行った。

これまでに行われた構造探査実験の結果と、海底地震計による地震活動分布の比較を行った。その結果、宮城県沖地震の想定震源域周辺では、プレート境界付近における地震活動が高く、さらに、沈み込む海洋プレート内で多く発生していることと解釈される。今後は、蓄積される海底地震データを用いて、決定精度がよい震源分布を求め、構造とのより詳細な比較を行う必要がある。

### (3) 津波堆積物調査にもとづく地震発生履歴に関する研究

平成20年度は、仙台平野南部において過去約1000年における地殻変動を明らかにするため、GPR探査と掘削調査を行った。その結果、AD1450-1650の少し前に約50cmの相対的海面低下が生じ、その後海面が徐々に上昇していることが明らかになった。これは地震性の隆起とその後の地震間の沈降を示している可能性がある。しかし現在のところ1測線でしか観察されておらず、広域での同時性や地域間での変位量の違いなどを評価する必要がある。今後は周辺地域で同様の手法を用い、同じ現象を検出しなければならない。また、陸側にも測線を設定し、より古い時代での海面低下の痕跡を検出することも必要である。

相馬市、南相馬市、富岡町では過去の地殻変動を記録している堆積物を探すため、連続柱状堆積物を採取・観察した。その結果、幾つかの津波堆積物の上下の地層において、急激に層相が変化しているのを確認することができた。それらの層準は、当時の海水準が相対的に変化したことを示唆しており、津波や地震に伴った地殻変動を復元できる可能性がある。今後は、それらの堆積物を対象とし、古環境変動・古海水準変動の復元を行う必要がある。

### (4) 地質調査・津波シミュレーションに基づく地震発生履歴に関する研究

歴史記録では、西暦869年貞観津波は常磐地域から三陸海岸地域までの広い範囲に及んでいるが、牡鹿半島以北にはこの津波堆積物は到達していないことが明らかになった。そこで、引き続き21年度においては、常磐海岸地域を中心に貞観津波の分布範囲と、それ以前の津波イベントの発生時期の地域対比を充実させ、それらの時空間を明らかにすることが必要である。この時空間に基づいて、「いわゆる連動型」地震タイプの存在やそれらの発生間隔などが明らかにされる。このために、常磐海岸地域を重点的に、特に松川浦・浪江地区・いわき地区のような堆積物の保存の良い場所を特定して調査を行う必要がある。また、これまで得られた各地点の成果を総合して、三陸ー常磐海岸地域のイベント堆積物の時空を明らかにする必要がある。

### (5) 仙台圏における高精度強震動予測に関する研究

平成20年度は強震動評価の高精度化に向けて、以下の研究・開発を行った。まず、宮城県沖地震震源域における太平洋プレートの構造モデルについて、3つの既往のモデルを比較した。3つのプレートモデルは特に宮城県沖地震震源域において深さに差異がみられ、5-10km程度のずれが見られる。昨年度本サブテーマで推定した1978年と2005年の宮城

県沖地震の震源モデルの位置は、最も浅い馬場・他（2006）<sup>2)</sup>のモデルとほぼ一致していた。また、1978年宮城県沖地震について、昨年度推定した運動学的震源モデルをもとに動力的震源モデルを構築した。動力的モデルは、運動学的モデルのすべり量と破壊伝播速度を再現するように構築した。得られた1978年の動力的震源モデルと、昨年度構築した2005年の動力的震源モデルを比較した。ストレスドロップについては、2つの地震でほぼ同程度の値を示したが、破壊エネルギーに関しては地震モーメントの大きかった1978年の地震の方が2-5倍大きな値を示した。また、2つの地震で繰り返し破壊したアスペリティのみに注目した場合でも、同様の特徴が見られた。有限要素法を用いた動力的破壊のシミュレーションコードに関しては、地表の影響も考慮した逆断層運動のシミュレーションが可能になり、さらに非平面断層に対応可能な任意形状要素への拡張を行った。強震動予測に必要な、宮城県域の速度構造モデルに関しては、昨年度構築したモデルの高精度化を行った。まず、新たに宮城県の震度計データについてR/Vスペクトル比のフォワードモデリングによる1次元構造の推定を行うことにより、より高密度に精度のよい1次元構造モデルを得ることができた。さらにそれらを補間して0.5次モデルを得た後、中規模地震の観測走時・観測波形、および重力データを用いることにより、高精度化を行い、1次モデルを構築した。用いた中規模地震の観測波形の再現状況から、おおむね周期3秒以上の周期帯について適用可能であることを確認した。

高精度な強震動予測に向けて今後の課題としては、震源域周辺の速度構造モデル、特にプレート境界面位置についてさらに検討を進める必要がある。また、本年度構築した2つの宮城県沖地震の動力的震源モデルでは、既往の内陸地震について得られているモデルと特に破壊エネルギーの値について、大きな違いがみられている。この原因を明らかにすることは、宮城県沖地震の様な海溝型プレート間地震による強震動評価を行う上で、震源モデル構築の際に重要な情報をもたらすだろう。有限要素を用いた動力的破壊シミュレーションコードについては、宮城県沖地震などの自然地震についての数値シミュレーションが現実的な時間・計算機環境で実現可能になるよう、コードの並列化などを行う必要がある。本年度までに構築した速度構造モデルについては、中規模地震による地震波形の数値シミュレーションによりおおむね周期3秒以上の周期帯については適用可能であることを確認した。宮城県沖地震による強震動評価を行う際には、この点に十分注意するとともに、より広帯域での予測に向けた研究が必要である。