

#### 4. 全体成果概要

平成 20 年度から継続して、最新のデータを用いた相似地震モニタリングを実施し、2008 年以降の宮城県～茨城県の海溝近傍での準静的すべりが、すべり量が次第に小さくなりながらも 2009 年に至っても継続していたことが分かった。平成 21 年度はこのすべりの詳細を調査し、GPS 解析との比較も行った。

2005 年 8 月 16 日の宮城県沖の地震の余効変動について、海上保安庁海洋情報部の海底地殻変動観測点において得られた水平変位データを含めた解析を再度行い、余効すべりの時空間発展を推定した。海底地殻変動観測点における変位が定常状態と思われるレートに落ち着いた 2007 年 1 月下旬以降、2005 年の地震震央周辺でのすべりがほとんど見られなくなっており、この領域でのプレート間カップリングが回復していることが示唆される結果を得た。

東北日本広域のプレート間カップリングの時空間変化を把握するため、GPS 観測から得られた地表変位を基に、プレート間でのバックスリップ（すべり欠損）の分布を推定するための手法を改良した。また、毎週新しく得られたデータに対してこの手法を自動的に適用する準リアルタイムモニタリングのための解析ルーチンを開発し、過去の GEONET データに適用した。2008 年 5 月の茨城県沖の地震の後では宮城県沖から茨城県沖にかけての沖側の広い領域でバックスリップが弱くなっていることなど、相似地震解析から得られたプレート間すべり分布の時空間変化とほぼ整合的な結果を得ることができた。

2005 年の宮城県沖地震の余震活動を解析し、震源域における応力場についての考察を行った。本震破壊域東端付近の余震クラスターについて詳細な解析を行い、多くの地震は本震の地震時すべりによる応力変化によって引き起こされていることを明らかにした。

宮城県沖地震の想定震源域においてアスペリティ周辺における地震活動が示す空間的な特徴を把握するためには、同一の観測配置による観測を長期間継続し、データの蓄積を図ると共に地震活動の時間変化を検出する必要がある。このため、長期観測型の海底地震計を用いて、想定震源域における繰り返し観測を実施してきた。平成 21 年度は、前年度から継続して観測を行ってきた長期観測型海底地震計の回収作業を計画通りに実施し、宮城県沖における長期地震観測を終了した。回収された長期観測型海底地震計は、東京大学地震研究所でデータ回収作業及び海底地震計データの一次処理を行った。その後、平成 14 年度以降の同領域の長期観測型海底地震計及び短期観測型海底地震計の統合データ解析をおこない、長期にわたる宮城県沖の精密な地震活動度を求めた。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度が高く、さらに、沈み込む海洋プレート内でも地震が多く発生していることと解釈される。

平成 21 年度の「連動型」宮城県沖地震の発生履歴を解明するための地質調査は、特に岩手県陸前高田市と福島県常磐海岸地域において実施した。陸前高田平野では、平成 18、19、20 年度に、慶長津波（西暦 1611 年）及び貞観津波（西暦 869 年）などの津波堆積物を検出するためにジオスライサー調査を実施しているが、それによって採取された深度約 3m までの地層を再検討し、そのうち貞観津波に関わると推定される試料を採取しその年代測定を行った。その結果、平成 18 年度、19 年度及び 20 年度の成果と同様に、貞観津波は

古河沼形成の前であり、貞観津波堆積物は少なくとも陸前高田平野（陸上部）では認められないことが確かめられた。福島県常磐海岸では、松川浦地区で簡易ジオスライサーによって調査を行った。その結果、松川浦地区では十和田 a 火山灰（To-a）層の存在が確かめられた。十和田 a 火山灰の直下のイベント堆積物は、これまで報告されていた貞観津波による堆積物と考えられるが、十和田 a 火山灰の上位にも津波堆積物が確認された。さらに、過去約 5 千年前以降少なくとも 6 枚のイベント堆積物を検出した。また、浪江地区では平成 20 年度に採取したジオスライサーのコアを詳細に観察した。その結果、平成 19 年度と同様に約 4 千年前以降にこの貞観津波堆積物とみられる堆積物を含め 5 枚のイベント堆積物が確認された。さらに、いわき地区では、平成 19 年度及び平成 20 年度に採取した地層の年代測定を行い、約 1000 年前以降、少なくとも数枚のイベント堆積物が確認された。その後、追加で測定した年代測定の結果、貞観津波堆積物を特定するには至らなかったが、約 1000 年前以降に度々津波が来襲している可能性が高いことがわかった。松川浦地区や浪江地区との対比については、今後さらに検討を必要である。本業務の結果、仙台平野から少なくとも常磐海岸北部地域では、貞観津波堆積物の上位に新たなイベント堆積物が確認され、また貞観津波堆積物の下にも約 1800 年前（不確か）、約 2600 年前、約 3300 年前、約 3800 年前の 4 枚のイベント堆積物が共通して確認された。

貞観津波を含んだ過去の巨大津波の再来間隔を精度良く知るために、宮城県仙台市若林区と亘理郡山元町において大型ジオスライサー試料の採取を行った。得られた試料中から津波堆積物を認定し、その津波堆積物の上下の層準から得られた大型植物化石と炭素片の放射性炭素年代測定を行った。その結果、仙台市における津波堆積物の年代は 500AD-920AD（貞観津波）、280AD-560AD、700BC-460BC、1200BC-940BC、1430BC-1090BC、1680BC-1350BC、1810BC-1560BC と推定された。また、山元町における津波堆積物の年代は、630BC-140BC と推定された。また、南相馬市小高区では、約 2500 年～400 年前の堆積物試料を対象に、珪藻化石による古環境変遷の復元を行った。その結果、貞観津波とそのひとつ前の巨大津波に伴い、海岸が沈水していることが推定された。

貞観津波をシミュレーションで再現するため、石巻平野、仙台平野、福島県南相馬市小高地区及び同浪江町請戸地区における津波堆積物の分布域と、プレート間地震の 6 種類の断層モデルにより計算された浸水域とを比較した。このうち、断層の長さが 200 km、幅が 100 km、及びすべり量が 7 m 以上の断層モデルによる浸水域は、いずれの地域でもおおむね津波堆積物の分布域を再現することができた。一方、断層の長さが 100 km、幅が 100 km、及びすべり量が 10 m の断層モデルは、津波堆積物の分布域まで浸水することが概ね再現されたが、波源の位置によっては浸水域が過小評価となる地域もあった。

強震動予測を高精度に行うためには、震源モデル・速度構造モデルの高度化が必要である。まず、宮城県沖地震の震源断層の深さについて、震源域における太平洋プレートの 3 つの既往モデルを比較した結果、特に宮城県沖地震震源域においておよそ 5-10km 程度深さに差異がみられたが、本業務ではそのうち、長周期地震動及び短周期地震動をより励起する深さが最も浅いものを採用した。次に、震源の動的パラメタをモデル化するために、1978 年宮城県沖地震及び 2005 年宮城県沖地震について、運動学的震源モデルのすべり量と破壊伝播速度を再現するように動力的震源モデルを構築した。震源断層全体で見ても、繰り返し破壊したアスペリティで見ても、応力降下量は 2 つの地震でほぼ同程度の値であるが、

破壊エネルギーは地震モーメントの大きかった 1978 年の地震の方が 2-5 倍大きな値である。将来の宮城県沖地震による強震動予測に採用する震源モデルは、この結果に基づいて 1978 年宮城県沖地震と同等のものと設定している。動学的モデルは本研究で開発した有限要素法のシミュレーションコードは、任意形状の非平面逆断層に対応できるように拡張されており、従来より詳細な震源過程の研究に役立つものである。強震動予測に大きな影響を及ぼす地下構造モデルに関しては、まずはじめに、物理探査データ、ボーリングデータ、地質断面等を基に補間により 0 次地下構造モデルを作成し、観測記録の R/V スペクトル比を用いて観測点直下の一次元構造、また、重力ブーゲ異常あるいは P 波及び S 波の走時等を用いて伝播経路や観測点間の領域の構造を修正し、さらに、中規模地震の観測波形の再現計算により高精度な 1 次地下構造モデルを構築した。本研究では地下構造モデルの構築・修正の標準的手法も高度化することができた。得られた震源モデル及び 1 次地下構造モデルを用いて、仙台圏及び周辺地域において、地震被害に直結する周期帯域を含む広い周期帯域での強震動予測をおこなった。強震動分布を支配する要因である震源断層の位置及び深さ、震源過程、地下構造等のそれぞれについて、詳細なモデルを構築することができたことにより、高精度な結果が得られた。