

5. むすび

本業務は、地震調査研究推進本部地震調査委員会が平成12年に公表した「宮城県沖地震の長期評価」を受け、発生が迫りつつある宮城県沖地震について、1) 長期評価の高度化、2) 連動型地震の実体解明、3) 仙台圏における宮城県沖地震による強震動の高精度予測、の3点を目標として実施された。

次の宮城県沖地震に関する長期評価の高度化のための戦略は、想定震源域周辺でのプレート間固着・すべりの現状把握と、アスペリティ位置の推定精度の向上にある。また、業務開始直前の2005（平成17）年8月16日に宮城県沖においてM7.2の地震が発生したため、宮城県沖地震の繰り返し履歴の中での、この地震の位置付けに関する評価が重要な課題となった。

2005年の地震については、その破壊域および余震域について、前回の1978年の地震および前々回の地震である1930年代に続発した地震との比較検討を行った。その結果、宮城県沖地震の想定震源域には、少なくとも3つのアスペリティがあり、1978年の地震時にはそれら全てが破壊したが、2005年の地震は一部の破壊にとどまっていること、2005年と同様な部分破壊による地震が1930年代の地震であったこと、等が明らかとなった。

プレート間固着・すべりの現状把握の高度化のために、陸上におけるリアルタイム連続地震・測地観測データを活用した、プレート間すべり準リアルタイム検知システムの開発を進めた。具体的には、相似地震活動度の時空間変化とGPSデータを用いた逆解析を併用することにより、宮城県沖とその周辺海域におけるプレート間すべり速度の時空間的な変動を監視するものである。こうした解析により、2005年の地震直後に発生した余効すべりの時間発展や、2008年頃の日本海溝近傍における非地震性すべりの南北方向の拡大の様子が捉えられた。それと同時に、想定震源域周辺における地震活動の詳細を把握することを目的として、長期繰り返し海底地震観測を実施した。本業務により蓄積されたデータを基にした解析により、プレート境界近傍で発生する地震活動度に着目すると、2005年の地震の破壊域周辺で余効すべり活動に対応するように余震活動が活発化する傾向が見られることが明らかにされた。一方、アスペリティ位置の推定精度向上については、1978年に大きな地震時すべりがあった領域を特徴付ける地下構造の特徴の抽出を進めた。海底地震観測により蓄積されたデータを活用した地震波トモグラフィ解析を行った結果、1978年の地震の破壊域の直上は、周囲に比べて高地震波速度であるという特徴が示された。

以上の成果をもとにした宮城県沖地震の想定震源域の現状については下記のようにまとめられる：

- 1) 1978年の地震は少なくとも3つのアスペリティを破壊した。
- 2) 2005年の地震は1978年のアスペリティのうち南部のアスペリティのみを破壊した。
- 3) 1936年の地震と2005年の地震はほぼ同じである。
- 4) 2005年の地震の余効すべりは、破壊を免れたアスペリティのひずみを解放してはいない。
- 5) 2005年の地震で破壊されたアスペリティにおける固着は、2007年初め頃までにはほぼ回復した。

宮城県沖地震の発生履歴からは、巨大な津波を伴う大きな地震（連動型地震）がまれに

発生することが知られている。しかし、連動型地震に該当しうるような大津波を伴った既知の地震は、869年貞観津波地震、1611年（慶長）および1793年（寛政）の地震だけで、こうした地震に関する記録は限られており、その実体はよくわかっていない。本業務では、巨大津波が襲来した際に陸上に残される津波堆積物に注目し、津波が遡上した時期と範囲の特定を図った。岩手県から福島県の太平洋沿岸部で行った地質調査の結果、貞観津波が到達した範囲の概略が明らかとなった。福島県浪江地区では新たに津波堆積物が検出されたが、岩手県陸前高田地区では津波堆積物が認められず、宮城県から福島県の沿岸がおおよそその貞観津波の到来範囲であると考えられる。さらに、貞観津波によって浸水した範囲を地質調査から明らかにし、これを説明しうる津波波源モデルを数値シミュレーションにより推定した。その結果、貞観津波は、断層の長さが200km、幅100km、すべり量7mのプレート境界型地震が励起した津波として説明可能であることがわかった。また、地質調査の結果、貞観津波のような巨大な津波が、過去4000年間に繰り返して発生していたことも明らかになった。貞観津波の前には280AD-560AD頃と700BC-460BC頃に巨大津波が襲来していたことが推定され、こうした巨大津波の再来間隔は、おおよそ450年～800年程度の幅を持っているようであることがわかった。一方、ここで新たに明らかとなった貞観津波の波源モデルの位置や空間的な広がり、連動型地震であったと評価されている1793年（寛政）の地震の推定震源域とは異なっており、連動して破壊するアスペリティの組み合わせの違いによる多様性があることが示唆される。

強震動予測の高精度化は、予測計算に用いる震源モデルと地下構造モデルの双方をさらに高精度化することにより実現した。震源モデルに関して、過去に発生した宮城県沖地震の運動学的震源モデルを求め、それに基づいて動学的震源モデルを構築し、長周期地震動及び広帯域地震動の予測に適切な震源モデルを提案した。また、より現実的な震源モデル構築に向けて並列化された動的破壊シミュレーションコードの開発を行った。地下構造モデルについては、既存の物理探査・地質調査の結果と本業務で進められている地震観測データの解析結果とを統合したモデルを基に、予測対象領域内の各地点における地震観測波形記録を説明できるようなチューニングを行った。

高精度化された震源モデル及び地下構造モデルを用いて、地震被害に直結する周期帯域を含む広い周期帯域で、仙台圏及び周辺地域における高精度な強震動予測を実施した。得られた強震動分布は、地震基盤の深い領域では長周期成分の振幅が大きく、浅部堆積層の厚い領域では短周期成分の振幅が大きくなっている。1978年の地震を模した震源モデルを用いて予測した震度分布は、1978年宮城県沖地震におけるアンケート震度の分布を再現するものとなっており、地震被害に関連した広い周期帯域において、より高精度な強震動分布を予測しうることが確認された。

以上のように、本業務を実施することにより、当初設定した1)宮城県沖地震に関する長期評価の高度化、2)連動型地震の実体解明、3)仙台圏における宮城県沖地震による強震動の高精度予測、の3つの目標に対して一定の成果を上げることができた。しかしながら、いずれの設定目標についても完全な理解に至ったわけではなく、次に挙げるような課題が残されており、将来の調査研究での解明が強く望まれる。

1978年地震のアスペリティの北側部分が未破壊で固着したままの状態であることは明ら

かになったが、このアスペリティの破壊がいつ・どのように破壊するかは現時点では不明である。したがって、次の宮城県沖地震の発生時期と規模を正確に予測するためには、継続してプレート間すべりの時空間変化に注目していく必要がある。

地質調査からは、貞観津波以外にもいくつかの大津波を伴うイベントが地質時代にあったことが明らかとなっているが、年代の決定精度が十分でなく、連動型地震の信頼性の高い発生履歴は十分に解明されていない。さらに、沿岸域での地質調査は、津波堆積物の検出だけではなく、過去の地殻上下変動に関する情報も含んでいる。本業務においても、貞観津波とそのひとつ前の巨大津波が襲来した時期に、調査地周辺が沈水したことが推定された。こうした地震前後の沈水現象は、地震時の地殻変動が原因である可能性があり、過去の地震の規模や震源域を推定するための重要な情報をもつ。過去に発生した巨大津波を伴う地震に関する地質学的研究を推進することにより、連動型巨大地震の発生履歴の解明にとどまらず、連動型地震の破壊様式の多様性に関する理解が進むことが期待される。

地震からの被害を軽減するための対策は、例えば建造物の耐震化や実効的緊急対策の検討等に見られるように年々進んできてはいるものの、様々な観点からの詳細な検討が必要である。なかでも、震源域の近傍及び周辺地域での強震動の影響評価をさらに高精度化することは重要な課題である。そのためには、震源過程のインバージョン手法の高度化と地下構造3次元モデルの高度化が必要であり、また、詳細な構造モデルを使った予測計算を実現するための数値解析手法の高度化が望まれる。