

バラつきがある。これは、地震前(測地成果 2000)の座標値の精度に起因するものであろう。また、震源域近傍の地殻変動が大きかった場所でのデータの合い具合は、GPS(図-2, 3)、水準測量(図-4)、干渉 SAR(図-5)とも悪い部分がある。これは、一様なすべりを仮定した矩形断層モデルを用いた事によるもので、実際は複雑な断層形状やすべりの不均一があると考えられる。干渉 SAR データの残差図(図-5c)を見ると、北緯 38°25′, 東経 141°16′周辺に大きな残差が見られている。水準測量のデータ(図-4)を見ても、この領域にある水準点「交 2」周辺で計算値の沈降量が観測された沈降量よりも小さくなっている。これらのことから、領域 1 が、より南まで延びていた方が、この場所でのデータを上手く説明できるかもしれない。断層付近の残差をより小さくするためには、今後断層面上でのすべりの不均一を考慮したモデルが必要となるだろう。

4. 議論

前節で推定した断層モデルの特徴としてもっとも興味深いのは、2つの矩形断層(領域)の走向が約 50 度も異なる点であろう。2つの領域ですべり角は 15 度しか違わないので、地表に投影したすべり方向(図-3)が大きく異なることになる。これは、震源域での応力場に大きな不均質があったためであろう。震源域での臨時観測点を用いた余震の精密震源決定結果(Okada et al., 2003)によると、余震域の南部と北部では方向の違う面上に余震が並んでいる。本震の震源は、北東-南西方向の配列を示す余震域の南部に位置しており、余震域の北部では、南北に余震が配列する。本震のメカニズム解は、P 波初動から決めた解と CMT 解(長周期の地震波形の解析から推定されたもの)では大きく異なっている(Okada et al., 2003)。領域 1 と 2 の走向は、それぞれ CMT 解と P 波初動解にほぼ等しい。これらのことから、この地震の断層運動は領域 2 から始まり、それが領域 1 へと伝搬し大きなモーメントを解放したと推察できる。

領域 1 の走向は 181 度で、地震発生当初に起震断層と考えられた旭山撓曲の走向とほぼ等しい。しかし領域 1 を地表面へと延長すると、旭山撓曲から東へ約 3 km の位置となる。断層モデルから計算した上下変動が隆起から沈降へと急変する位置や、水準測量結果(図-4)における隆起から沈降への遷移域(960549 と交 2 の間)も、旭山撓曲よりも東に位置する。これらのことから、宮城県北部の地震(M6.4)は、旭山撓曲を形成した活断層とは直接関係しないと考えられるし、この地震と同じような地震が繰り返し発生しても、地形として撓曲が形成される位置は、旭山撓曲よりも東に位置することになる。一方で、領域 2 の近辺には、第四紀の活断層は存在しない(活断層研究会, 1991)。ただし、領域 2 の延長線上には長町-利府線断層帯があり、両者の走向はほぼ等しいことに注目すべきであろう(図-1, 2)。今回の地震の震源域

は、旭山撓曲を形成した活断層に代表される南北走向の活断層と長町-利府断層に代表される北東-南西走向の活断層がつながっている場所なのかもしれない。

宮城県の GPS 連続観測データの研究(西村・他, 2004)によると、長町-利府断層の西側には、歪速度が周辺より大きい「歪集中帯」が存在しているが、今回の地震の震源域周辺では、西北西-東南東方向に 2×10^{-7} /年程度の短縮の歪速度が観測されており、全国的に見ると大きいものの、震源域周辺が周囲と比べて顕著に大きいわけではない。GPS の時系列データや水準測量のデータを見る限り、地震前に顕著な変動は見られていない。少なくとも 2-3mm 以上の前兆的な地殻変動はなかったと判断できる。

本研究で求めた断層モデルと震源分布を比較すると、整合しない点がある。まず第一に、断層面の地表への投影位置(図-3)が本震の震央から外れている点が挙げられる。これは、震源付近でのすべり量が小さかったためだと考えることができよう。次に、深さの問題がある。余震の発生深度は、3-12km である(Okada et al., 2003)が、本研究の断層モデルの深さは 1-7km である。これは、地震時のすべりが比較的浅い場所で発生したのに対し、余震がその深部延長上で発生しているためと考えられる。さらに、本研究で地殻変動の理論値を計算する際には、半無限弾性体を仮定しているが、実際は地表付近の堆積層では、弾性定数が小さいはずなので、その分の誤差があると考えられる。Savage(1998)は、地表付近に弾性定数が小さい層があると、半無限弾性体を仮定した求めた断層の深さが実際よりも浅くなってしまふことを指摘しており、この地震の事例にも当てはまる可能性が高い。以上のことから、すべり分布の不均一や、深さ方向に弾性定数が変化するような媒質を考慮したモデリングを今後行っていく予定である。

5. まとめ

宮城県北部の地震(M6.4)に関する地殻変動データの解析を行った。干渉 SAR、GPS の連続観測と機動観測、水準測量によって多くの地殻変動データが得られており、この地震では走向がそれぞれ約 180 度と約 230 度の 2 つの逆断層が動いたことがわかった。2 つの断層ですべり方向が大きく異なるので、震源域では応力場がかなり不均質だったと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、研究管理課、機動観測課、測地 2 課、測地 3 課、衛星測地課、東北地方測量部の諸氏には大変お世話になりました。図中に示した震源データは、気象庁と文科省が共同で処理し、気象庁から配信されているものを用いました。RADARSAT の SAR データは、カナダリモートセンシングセンターで受信されたものです。