

論文審査の結果の要旨

氏名 仲谷 幸浩

本論文は、2011年東北地方太平洋沖地震（以下2011年東北地震）前後に太平洋沖で展開された稠密海底地震観測網のデータから、同海域で発生した地震の震源位置と規模（マグニチュード）の詳細なカタログを作成し、その詳細な震源分布や規模別頻度分布の統計的解析から、東北地震前後の地震活動の時空間変化の特徴を明らかにしたものである。

本論文は、7章から構成されている。第1章は緒言であり、既往研究を紹介しつつ、2011年東北地震の概要、その破壊プロセス、前震・余震活動の推移と特徴が簡潔に記述されている。第2章は、本論文で用いている海底地震データの説明である。東北地震前後の稠密海底地震観測について述べられている。この観測網は、地震前には49点、地震後には56-74点の海底地震計から構成されている。尚、第3章以降では、陸側の検知能力を確保するために、陸上高感度地震観測点を20-28点追加して解析を行っている。

第3章では、本論文の大きな柱である地震事象検知と震源決定法について述べられている。東北地震のような超巨大地震においては、余震が頻発し同一時間帯に複数の地震からの波が到達するために、従来のようなマニュアルによる地震事象の検出が困難である。この困難を解決すべく、本論文では、各観測点における地震波形振幅の短時間平均と長時間平均の比を用いて‘異常な事象’を検出し、その事象について、プレート境界に設定したgrid（仮想震源）に対する各観測点の波形間のsemblance値計算から震源位置を推定する方法を提案した。また、気象庁マグニチュードをreferenceとするマグニチュード(M)推定法（補正法）を確立した。

第4章は、第3章の手法を適用した東北地震前後の地震活動の詳細についての記述である。まず、既往地震リスト等との比較による検知能力のチェックを行い、本研究で作成した地震カタログの検知能力及び震源精度について定量的検討をして、本章以降の研究を進めるに問題のないことを検証した。更に、地震活動と東北地震の破壊域との対応関係を詳細な形で明らかにした。即ち、東北地震以前においては、北緯39度付近で活動が大きく変わり、北側の低活動域が少なくとも地震前の数年間継続したことを示した。一方、地震後の活動では、地震時に大きく滑った領域に顕著な低活動域、その周辺域に高活動域が見られる。この傾向は、少なくとも地震発生後3ヶ月程度は継続したものと見られる。また、高地震活動域は、本震とともにM7クラスの余震の影響を受けていることが判明した。更に、余震活動に伴う地震モーメントの積算解放量の分布は、本震時の滑り量分布と逆相関であった。

第5章では、本論文で得られた地震のマグニチュード頻度分布を元に、対象領域の地震活動の特性について議論を行った。本論文の地震で求めたカタログに Gutenberg-Richter

の法則(GR 則)をあてはめ、 b 値と completeness magnitude (M_c)を求めた。推定された M_c 値は、既往地震カタログと比較して 1 以上小さく、本研究の地震カタログの検知能力の高さを示している。また、 M_c 値を変化させると b 値も変化してしまうことから、対象領域の地震活動が単純な GR 則には従っていないことを明らかにした。更に、対象領域を 7 つに分割し、そのそれぞれについて地震の規模別頻度分布を正確に記述するために、最尤法を用いて頻度分布と地震検知率を規定するパラメータの同時決定を行った。この方法では、地震の対数頻度とマグニチュードの間で最も直線関係のよい部分の傾きを統計的に推定するもので、その値(新たな b 値)は、従来の b 値に比べて統計的に信頼性が高い。この推定の結果として、 $M > 4$ の地震については、単純な GR 則からのずれが明瞭な形で明らかになった。

第 6 章は、Discussion であり、特に第 5 章で推定された新たな b 値の時空間変化と東北地震の破壊過程との関係について述べられている。東北地震以前の活動に対応する b 値は、0.83-1.16 で顕著な地域差が見られないのに対し、地震後のそれは大きな地域性を示す。東北地震の震源近傍では、地震前後でその値が 1.16 から 0.64 に減少し、地震後の分布は GR 則から大きく外れる。この領域は、地震時に高周波の破壊を起こした場所であり、この破壊に伴う応力変化とプレート境界の摩擦状態の変化がこの現象の原因であると考えられる。また、破壊域周辺でも地震後に b 値の減少が見られ、これは破壊に伴って偏差応力が増大したものとの解釈を示した。

第 7 章は結論であり、本論文で開発した手法と得られた知見が簡潔に述べられている。

以上述べたように、本論文は、世界でも例を見ない稠密海底地震観測から、独自の新たな地震活動解析手法を用いて東北沿岸域から海溝付近までの詳細且つ信頼性の高い地震リストを作成し、東北地震前後の地震活動の時空間変化の詳細を明らかにした点で高く評価できる。

尚、本論文は望月公廣・篠原雅尚・塩原肇・山田知朗・日野亮太・村井芳夫・伊藤喜宏・佐藤利典・小平秀一・植平賢司・八木原寛・対馬弘晃との共同研究であるが、その全体にわたって論文提出者の寄与が十分である。

よって、博士(理学)の学位を授与できると認める。