学位論文題名

A STUDY OF THE SOURCE MECHANISM OF
EARTHQUAKES IN THE SUBDUCTED PACIFIC
PLATE BENEATH HOKKAIDO, JAPAN

(北海道下の沈み込み帯における地震の発生メカニズムの研究)

学位論文内容の要旨

千島弧と北部本州弧の二つの島弧の間にある北海道は、地震活動が高く世界で最も複雑な沈み込み帯の一つである。地震活動には海溝付近で起こるプレート間地震活動、内陸部での地殻内地震活動、それに沈み込むプレート内での深発地震活動がある。北海道は他の島弧に較べてやや深発地震活動がきわめて高く、また地形が南北に長く深発地震活動の観測、研究に適している。北海道の下に沈み込む太平洋プレートに発達する深発地震面内での地震活動がどのような発生様式なのか、例えば東北日本下の二重深発地震面と比較してどのような違いがあるのかは興味深い問題である。

本研究では、北海道内にある北海道大学理学部地震予知センターが管理する地震観測点、気象庁が管理する観測点それに臨時観測点のデータを使い震源再決定を行い、メカニズム解をきめた。主に1985年から1990年まで、それに1993年の1月から6月までに発生した地震の資料を使った。震源を決めるにあたり次の基準を設けた。内陸部での浅い地震については観測された観測点数が4以上であること。深さが50 kmから90 kmでは9点以上、更に深い場合は10点以上であるデータについて震源を決めた。メカニズム解はP波初動の押し引きが15点以上あるものを決定する対照とした。そして北海道の、主に東部のやや深発地震（深さが200 kmよりも浅い地震）の地震活動とメカニズム解を調査してその特徴を明らかにした。1993年1月15日に発生した釧路沖地震（深さ107 km, マグニチュード7.8）はこのような問題に対してタイムリーなデータを提供した。

本論文は3章から構成されている。

第1章は1993年釧路沖地震の余震の空間分布とメカニズム解に関する研究について述べた。再決定されたやや深発地震と約400個の余震の震源分布は、二重深発地震面の下面から上面に向かって、水平に破壊が進行したが、上面に達せずに破壊が止まったことを示した。メカニズム解はプレートの傾斜方向に張力が働く正断層形（ダウンディップエクステンション、DDE）を示した。余震については60個のメカニズム解を決めることができた。個々のメカニズム解は一見して本震のメカニズム解とほとんど同じものから全く異なるものまでさまざまである。そこでメカニズム解を傾いたプレート面に投影して、プレート面上に沿った最大水平圧縮力と最小水平圧縮力を推定した。この方法では、本震や最大余震を含む62%の余震の最小水平圧縮力はプレートの最大傾斜方向とほぼ一致し、最大水平圧縮力はこれと直交した。しかし38%の余震では二つの圧縮力の方向がランダムになるのではなく、ちょうど逆転する関係にあった。マグニチュード3以上の全余震の総エネルギーに対する割合では42%が本震と調和的で、2.5%が逆転の関係、残りの33%のメカニズム解は不明であった。

第2章では北海道に起こったマグニチュード6以上のやや深発地震について研究した結果を述べた。1981年以来5回のやや深発地震が起こった。これらは日高山脈から東の地域の深さ90-130kmに発生した。これらのメカニズム解はすべてDDE形であった。余震配列が判ったのはこの中の3個で、これらは釧路沖地震と同じように下面から水平に破壊が始まる特徴を持っていた。このような地震の発生様式は他の島弧には見られない性質である。これらの地震はまた時間的に西から東へ移動する傾向が見られ、釧路沖地震のあとには、プレート内地震である1994年10月4日北海道東方沖地震（マグニチュード8.1）が起こった。

第3章は北海道東部に発生したやや深発地震の二重構造とメカニズム解の関係を調査研究した結果を述べた。この地域では新しく278個の解が得られた。またジボンスキーらによって決められたセントロイドモーメントテンソル解のリストからこの地域の解も詳しく調査した。得られたメカニズム解には一見するとばらばらで系統的ではないように見える。しかし第1章で示したようにここでもメカニズム解を傾いたプレート面に投影することでより客観的にメカニズム解を分類することができた。下面で発生した地震ではだいた

いDDEタイプが大勢を占めているが、すべてきれいに最小水平圧縮力がプレートの沈み込む方向にそろわけてではなく、ゆらぎがある。十勝地方の地震では、プレートに沿った最大圧縮力が西へ偏る傾向が強い。一方上面では、最大水平圧縮力や最小水平圧縮力の方向が一定にならず散乱している。プレートの最大傾斜方向に圧縮力が働くダウンディップコンプレッション(DDC)とDDEタイプが混在していて、東北地方のようにDDCタイプだけではなかった。

従来、北海道では、渡島半島東部から十勝にかけて二重深発地震面とメカニズム解の関係が研究されていたが、本論文は質量共に優っており、北海道東部でもこれらの関係が明らかとなった。特に大破壊は下面から始まり上面に向かって水平に発達することが明らかとなった。東北地方はじめ他の島弧でのやや深発地震がどのような破壊方向を持つのか、上面と下面ではどのように異なるのか、が今後の問題となろう。

このように北海道の、深さおよそ80~200kmで起こるやや深発地震を発生させる応力状態と大地震の破壊過程を解きあかした。これは地震学のみならずプレートの沈み込みのダイナミクスに新たな展開を与えるものであろう。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 岡 田 廣
副 査 教 授 西 田 泰 典
副 査 助 教 授 森 谷 武 男
副 査 助 教 授 笹 谷 努

A STUDY OF THE SOURCE MECHANISM OF EARTHQUAKES IN THE SUBDUCTED PACIFIC PLATE BENEATH HOKKAIDO, JAPAN

(北海道下の沈み込み帯における地震の発生メカニズムの研究)

北海道の下に沈み込む太平洋プレートに発達する深発地震面内での地震はどのような発生様式か、それは東北日本下の二重深発地震面と比べた場合、どのような違いがあるか、は単に地震学的な問題だけではなく、広くプレートの衝突・沈み込みというダイナミクスの問題を解く鍵となっている。

本研究は、地震観測網が次第に整備拡大された1985年からの北海道内にある北海道大学理学部地震予知センターの地震観測点、気象庁の観測点、それに臨時観測点のデータを使って、震源再決定とメカニズム解の決定を行って沈み込んだ太平洋プレート内部の応力状態を解明した。本研究の特徴は、観測網の充実により従来では得られなかったマグニチュードの小さい地震に対してもメカニズム解が得られるようになり、大きい地震では精度が向上したことである。さらにこの研究が始められた翌年、1993年1月15日に釧路沖地震(深さ107 km, マグニチュード7.8)が発生し、本研究の問題に対して重要なデータを提供した。そのため千島弧の南西端の北海道の東部での深さが約60 kmから200 kmの範囲に焦点があてられることになった。本論文は3章から構成されている。

第1章は1993年釧路沖地震の余震の空間分布とメカニズム解に関する研究である。再決定されたやや深発地震と約400個の余震の震源分布は、二重深発地震面の下面から上面に向かって、水平に破壊が進行したが、上面に達せずに破壊が止まったことを示した。メカニズム解はプレートの傾斜方向に張力が働く正断層形(ダウンディップエクステンション、DDE)を示した。余震については60個のメカニズム解を決めることができた。個々のメカニズム解は一見して本震のメカニズム解とほとんど同じものから全く異なるものまでさまざまであった。そこでメカニズム解を傾いたプレート面に投影して、プレート面上に沿った最大水平圧縮力と最小水平圧縮力を推定した。この方法によれば、本震や最大余震を含む62%の余震の最小水平圧縮力はプレートの最大傾斜方向とほぼ一致し、最大水平圧縮力はこれと直交する。しかし38%の余震では二つの圧縮力の方向がランダムになるのではなく、ちょうど逆転する関係になる。マグニチュード3以上の全余震の総エネルギーに対する割合では42%が本震と調和的で、25%が逆転の関係、残りの33%のメカニズム解は不明である。

このような余震のメカニズム解、特にやや深発地震のそれが系統的に研究された例はほとんどなかった。

第2章では北海道に起こったマグニチュード6以上のやや深発地震についての研究である。1981年以来5回のやや深発地震が起こった。これらは日高山脈から東の地域で、深さ90-130 kmに発生した。これらのメカニズム解はすべてDDE形である。余震の空間分布から断層面が判ったのはこの中の3個で、これらは釧路沖地震と同じように下面から水平に破壊が始まる特徴を持っている。これらの地震はまた時間的に西から東へ移動する傾向が見られ、釧路沖地震のあとにはプレート内地震である1994年10月4日北海道東方沖地震（マグニチュード8.1）が起こった。

北海道では他の島弧に較べて、90-130 kmの深さに発生する大地震の活動がきわめて高く、それらの断層運動が水平になっていることは、海溝軸が外洋側へマイグレーションする太平洋スラブのリトログレイド運動の存在と調和的であることを示した。

第3章は北海道東部に発生したやや深発地震のメカニズム解の調査研究した結果である。最近の地震観測データは北海道の東部にも二重深発地震面が発達していることが本研究で明かとなった。メカニズム解は、この地域では250個が得られた。ここでもメカニズム解を傾いたプレート面に投影することで、より客観的にメカニズム解を分類することができた。下面で発生した地震ではだいたいDDEタイプが大勢を占めているが、すべてきれいに最小水平圧縮力がプレートの沈み込む方向にそろうわけではなく、ゆらぎがある。十勝地方の地震は西へ偏る傾向が強い。一方上面では、最大水平圧縮力や最小水平圧縮力の方向が一定にならず散乱している。プレートの最大傾斜方向に圧縮力が働くダウンディップコンプレッション（DDC）とDDEタイプが混在していて、東北地方のようにDDCタイプだけではなかった。このように同じ二重深発地震面であっても地域により応力状態が異なることが示された。

このように申請者は北海道のやや深発地震活動についてすぐれた新しい知見を得た。審査員一同は、申請者が博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。