

## 地殻変動・地震活動からみた北部フォッサマグナ地域の地体構造 Tectonic province of the northern Fossa Magna region based on the crustal movement and seismic activity

今井 雄輝<sup>1\*</sup>; 竹内 章<sup>2</sup>  
IMAI, Yuki<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 富山大学大学院理工学教育部, <sup>2</sup> 富山大学大学院理工学研究部

<sup>1</sup>Graduate school of Science and Engineering for Education, University of Toyama, <sup>2</sup>Graduate school of Science and Engineering for Research, University of Toyama

北部フォッサマグナ地域は、日本海東縁ひずみ集中帯（岡村, 2002）と新潟-神戸構造帯（Sagiya *et al.*, 2000）が重複した場所に位置し、過去に 1847 年善光寺地震（M7.4）や 2004 年新潟県中越地震（M6.8）などの地殻内地震が発生した地域である。地殻変動と地震活動が活発な本地域の現行テクトニクスを議論する上では、地殻の活動特性とその区域性を示す「地体構造」の理解が重要である。しかし、本地域の地体構造モデルは十分に明らかになっておらず、深さ方向も含めた 3 次元の詳細な地体構造を明らかにする必要がある。そこで本研究では、近年の地殻変動と地震活動に基づき、本地域の地体構造を明らかにすることを目的とする。

北部フォッサマグナ地域の地殻変動を明らかにするため、国土地理院 GEONET の GPS 観測データを GAMIT 10.4 を用いて解析し、2007 年 10 月から 2011 年 3 月までの約 3 年 6 ヶ月間の水平ひずみ分布を求めた。また、気象庁一元化震源データを使用し、深さ 40 km 以浅における東西方向の震源断面図を作成した。これらのデータから本地域の地体構造について議論する。

2011 年東北地方太平洋沖地震直前までの約 3 年 6 ヶ月間の水平ひずみ分布では、主に北西-南東方向の短縮ひずみが卓越し、新潟-神戸構造帯に対応すると考えられるひずみ集中域は、新潟平野から松本盆地にかけて連続する。このひずみ集中域の東縁は、新潟平野東縁部を北北東-南南西方向に走る新発田-小出構造線（山下, 1970）の位置におおよそ対応し、本構造線東側の越後山脈ではひずみ速度は小さい。竹内（1999）は活断層からみた地体構造区（活断層区）を示しているが、ひずみが大きな信越～新潟堆積盆は逆断層区に対応し、ひずみが小さな中央隆起帯は横ずれ断層区に対応している。また、東西方向の震源断面において地震発生層の深さ分布に注目すると、中央隆起帯や越後山脈が位置する横ずれ断層区では地震発生層下限の深度は 10 - 15 km と浅いが、逆断層区では深さ 20 - 30 km まで深くなっている。さらに地震発生層の上限深度にも変化が見られ、北部フォッサマグナの厚い堆積層に対応する P 波低速度領域内では地震発生数が少なく、地震発生層は低速度領域を避けるように下方へ落ち込む。

以上の結果より、堆積盆地と中央隆起帯の境界部において、ひずみ分布と地震発生層深度分布の明瞭な空間変化があることが明らかになった。地殻の活動特性が大きく変化している箇所では、異なる 2 つの構造区が隣接していることが考えられる。構造境界付近では 1847 年善光寺地震、2004 年新潟県中越地震、2011 年長野県北部地震などの地殻内地震が発生しているが、構造区境界では地殻物性が大きく変化することで応力集中が起きやすく、構造区内部で発生する地震よりも大きな地震が発生する可能性が考えられる。

今後は構造境界の深部延長に注目し、より詳細な地体構造の解明を目指す。さらに、地殻変動・地震活動の時間変化を見ることが、地体構造の挙動変化についても議論していきたい。

キーワード: 地体構造, 北部フォッサマグナ, 地殻変動, 地震活動, 地震発生層

Keywords: tectonic province, northern Fossa Magna, crustal movement, seismic activity, seismogenic layer

## 日本海地震・津波調査プロジェクト: 金沢-能登沖地殻構造探査の成果 Results of 2013 Off-Kanazawa and Noto peninsula survey for the integrated research project on seismic and tsunami hazard

佐藤 比呂志<sup>1\*</sup>; 石山 達也<sup>1</sup>; 白石 和也<sup>2</sup>; 阿部 進<sup>1</sup>; 加藤 直子<sup>1</sup>; 岩崎 貴哉<sup>1</sup>  
SATO, Hiroshi<sup>1\*</sup>; ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1</sup>; SHIRAIISHI, Kazuya<sup>2</sup>; ABE, Susumu<sup>1</sup>; KATO, Naoko<sup>1</sup>; IWASAKI, Takaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup>(株) 地球科学総合研究所  
<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>JGI. Inc.

はじめに:

日本海沿岸地域での津波の波高予測・強震動予測を行うための「日本海地震津波調査プロジェクト」が、文部科学省によって開始された。このプロジェクトの一環として、2013 年度には上越?北陸沖での地殻構造調査を実施した(佐藤ほか, 本大会)。ここでは、2013 年に実施した能登半島西方沖から金沢沖での調査結果について、2007 年能登半島沖地震の震源域での反射法地震探査結果(佐藤ほか, 2007)も含めて報告する。

反射法地震探査:

2013 年 10 月に、ケーブル船と発震船からなる二船式で反射法地震探査データを取得した。本調査海域では、4 測線、測線長計 245km の区間についてデータを取得した。発震船のエアガン容量は 3020 cu.inch、ケーブル船は 2 km、156ch のケーブルを曳航し、480cu.inch のエアガンを交互発震させた。最大オフセット距離は 4 km とした。2007 年に能登半島沖地震の震源域で実施した反射法地震探査では、発震船で使用したエアガン容量は 1500 cu.inch である。

地質学的な解釈: 北陸地域は、東北日本と同様、日本海拡大期に伸張変形を受け、基本的にはこの時期に形成された正断層群によって構造規制を受けている。2007 年能登半島地震の震源断層を含め、活断層のほとんどは正断層に起源をもっている(佐藤ほか, 2007)。2007 年能登半島地震の傾斜は 60° であり、逆断層成分と横ずれ成分をもつすべりが発生した。能登半島以西では、東北日本では見られない特徴として、後期中新世の短縮変形がある。これは、南海トラフにおいて形成年代が新しい四国海盆の沈み込みが停滞したために背弧側に短縮変形が集中したことによる(eg. Kimura et al., 2005)。金沢沖の測線では、基礎試錐「金沢沖」との対比で明らかのように、褶曲した中新統を、変形を示さない鮮新統が不整合に覆っている。第四紀以降の再活動は選択的であり、鮮新統より上位の地層に成長層を形成させている。

キーワード: 日本海, 震源断層, 地殻構造, 反射法地震探査, 金沢沖, 能登沖

Keywords: Sea of Japan, source fault, crustal structure, seismic reflection profiling, Off-Kanazawa, Off-Noto Peninsula

## 日本海地震・津波調査プロジェクト: 上越沖地殻構造探査の成果 Results of 2013 Off-Joetsu survey for the research project on seismic and tsunami hazards around the Sea of Japan

加藤 直子<sup>1\*</sup>; 佐藤 比呂志<sup>1</sup>; 石山 達也<sup>1</sup>; 白石 和也<sup>2</sup>; 阿部 進<sup>2</sup>; 蔵下 英司<sup>1</sup>

KATO, Naoko<sup>1\*</sup>; SATO, Hiroshi<sup>1</sup>; ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1</sup>; SHIRAIISHI, Kazuya<sup>2</sup>; ABE, Susumu<sup>2</sup>; KURASHIMO, Eiji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 地球科学総合研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, <sup>2</sup> JGI. Inc.

日本海沿岸地域での津波の波高予測・強震動予測を行うために文部科学省の「日本海地震津波調査プロジェクト」が、2013年度より開始された。このプロジェクトの一環として、2013年度には上越-北陸沖での地殻構造調査を実施した(佐藤ほか, 本大会)。上越沖の測線は、2010年と2011年にひずみ集中帯の重点的調査の一環として実施した構造探査測線の海域延長に相当する。ここでは、両者の調査結果を総合した反射法地震探査断面を提示し、中-上越地域の地殻構造について報告する。

2013年9-10月に、ケーブル船と発震船からなる二船式で反射法地震探査データを取得した。ここで扱う測線は、ひずみ集中帯地殻構造探査「2010年東山-三島測線」の海域延長で、佐渡島南方の米山-小木隆起帯を横断し富山トラフにいたる55kmの区間(H2)、「2011年六日町-直江津測線」の海域延長で、直江津沖から能登半島東方沖に至る135kmの区間(H1)、直江津沖から富山湾の七尾沖にいたる115kmの測線(T2)の東部区間から構成される。発震船のエアガン容量は3020 cu.inch、ケーブル船は2 km、156chのケーブルを曳航し、480cu.inchのエアガンを発震船のエアガンと交互に発震させた。二船間の最大オフセット距離はH1・H2では8km、T2では6 kmとした。「2010年東山-三島測線」と「2011年六日町-直江津測線」の高エネルギー発震点上の計20点で、海上発震をオフラインレコーダーで受振し、スーパーギャザーを構築した。また、深部構造のイメージングのためにT2測線沿いの海岸20点にオフラインレコーダーを設置し、エアガン発震を受振した。ひずみ集中帯での測線については、海底着底ケーブルを使用して探査した海陸統合断面であるため、二船式海上反射断面と接合し、ほぼ連続的な統合断面を作成した。

調査地域の地殻構造は、トモグラフィーや制御震源による調査から、大陸性地殻からなる佐渡島や能登半島に対して、富山トラフ・佐渡海盆から新潟堆積盆地の西部は、海洋性地殻に近い組成を有すると考えられている。こうした地殻構造の差異は、その変形様式に現れており、H1の能登半島東方では、日本海形成期初期の正断層群が高い密度で分布する。これに対して、中絶リフトである海洋地殻的な富山トラフ・佐渡海盆内では断層関連褶曲が形成されているが、垂直変位量は少ない。この大陸地殻と海洋性地殻境界部には、リフト軸部の外側方向に傾斜した逆断層が形成されている。小木海脚は両端を逆断層で限られたポップアップ構造を示し、東縁の断層は堆積層の下部に伏在して、くさび状の断層を伴う。リフト東部の東山-三島測線では、thin-skinned型の複雑な短縮変形を示している。基本的な地質構造は、中越沖地震を発生させた東傾斜の逆断層による短縮変形が発達する。

## 日本海地震・津波調査プロジェクト: 富山トラフ横断海陸統合探査測線 Onshore offshore, deep seismic survey across the Toyama trough

石山 達也<sup>1\*</sup>; 加藤 直子<sup>1</sup>; 佐藤 比呂志<sup>1</sup>; 白石 和也<sup>2</sup>; 阿部 進<sup>2</sup>; 武田 哲也<sup>3</sup>; 蔵下 英司<sup>1</sup>  
ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1\*</sup>; KATO, Naoko<sup>1</sup>; SATO, Hiroshi<sup>1</sup>; SHIRAISHI, Kazuya<sup>2</sup>; ABE, Susumu<sup>2</sup>; TAKEDA, Tetsuya<sup>3</sup>; KURASHIMO, Eiji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 地球科学総合研究所研究開発部, <sup>3</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>R&D Department, JGI, Inc, <sup>3</sup>NIED

はじめに: 日本海沿岸地域での津波の波高予測・強震動予測を行うために、文部科学省の「日本海地震津波調査プロジェクト」が開始された。このプロジェクトの一環として、2013年度には上越?北陸沖での地殻構造調査を実施した(佐藤ほか, 本大会)。富山県宇奈月から北方に富山トラフを横断し、能登半島東方沖に至る測線において、海陸統合深部地殻構造探査測線を実施した。ここでは、富山湾や能登半島北方の二船式反射法地震探査の成果も合わせて紹介する。

反射法地震探査: 富山県宇奈月からほぼ北方 15km 区間に、受振点間隔 50m、陸上探査測線を設定し、海域には 3km にわたって海底着底ケーブルを設置し、150m 間隔での大型バイブレータ 4 台の発震と、エアガン発震を受振した。この北方では能登半島東方沖に至る 85km 区間に渡って、ケーブル船と発震船からなる二船式で反射法地震探査データを取得した。発震船のエアガン容量は 3020 cu.inch、ケーブル船は 2 km、156ch のケーブルを曳航し、480cu.inch のエアガンを発震船のエアガンと交互に発震させた。二船間の最大オフセット距離は海陸統合測線 (T1) では 12 km、富山湾を東西に横切る測線 (T2) では 6 km、能登半島北方海域では 4 km とした。

地質学的な解釈: 富山トラフは、標高 3000m 級の飛騨山地と能登半島の間位置する水深約 1000m の舟状海盆である。これに対応して、富山トラフは構造的な低所に、その両側の飛騨山地北西縁および能登半島は構造的な高所をなしている。すなわち、海陸統合測線の屈折トモグラフィーの解析結果では、P 波速度 5km/sec 層が海面下 5km に位置し、飛騨山脈と合わせた高度差は 8km に及ぶ。陸上のトラフ充填堆積物は一様な北傾斜の構造を示し、この北傾斜の構造は沿岸から 5km まで及ぶ大規模なものである。黒部川扇状地の頂部下 4km 付近では、速度構造の逆転がみられ、南傾斜の断層の存在が推定される。沿岸から 5km 北方の地下 7km にはほぼ水平な深部反射が存在する一方、陸域では北傾斜の反射面が卓越することからも、南傾斜の大規模な断層の存在が示唆される。この断層は堆積層中に伏在し、浅部まで断ち切るような断層にはなっていない。富山トラフの北縁の能登半島との境界部には堆積層に明瞭な変位を与える北傾斜の逆断層が存在する。このようなトラフ両縁がトラフの外側に傾斜した逆断層によって特徴づけられる構造は、佐渡から越後山地に至る中絶トラフの短縮変形構造とよく似ている。この他、富山湾内の断面では七尾沖の北北東走向の地表まで変形を及ぼす断層の存在が明らかになった。能登半島東方から北方沖にかけては日本海形成期のハーフグラベン再活動が顕著である。



## 琉球弧下レシーバー関数による構造解析 Structure analysis of the Ryukyu arc by the receiver function

新城 安尚<sup>1\*</sup>; 中村 衛<sup>1</sup>  
ARASHIRO, Yasuhisa<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Mamoru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Ryukyu University

琉球弧は、南東側にフィリピン海プレートがユーラシアプレートに沈み込む境界である琉球海溝、北西側に伸張場で形成された構造的な背弧海盆として考えられている南海トラフ (Letouzey and Kimura, 1986) を持つ九州南方から台湾東方に至る島弧である。この琉球弧における主要な火山活動はトカラ列島に代表される火山フロント上の活動の他に、背弧海盆である沖縄トラフの形成に伴った活動が想定されている (Kimura, 1985)。また、沖縄トラフの火成活動に関する調査から、沖縄トラフ下において、地殻の伸張だけでなく、性質の異なるマントルの上昇流入が起きていると提唱されている (Shinjo *et al.*, 1999)。

琉球弧におけるレシーバー関数を用いた解析 (McCormack *et al.*, 2013) では、F-net 観測点直下のスラブ内異方性構造が明らかにされている。しかし沈み込み方向にスラブ内構造およびウェッジマントル構造がどのように変化するか、不明であった。そこで F-net 広帯域地震計記録に加えて気象庁の短周期地震計記録も合わせて使い、海溝に直交するレシーバー関数解析断面を作成することで、沈み込み方向にスラブの角度がどのように変化するか明らかにした。

レシーバー関数解析では、中部琉球弧に設置された NIED F-NET の広帯域地震計 3 点、および気象庁の短周期地震計 8 点を使用した。解析期間は 2002 年から 2013 年である。解析には M6.0 以上の遠地地震 113 イベントを使用した。

レシーバー関数解析において、本島直下約 40km の深さにイメージングされた速度不連続面は同じ断面で取った気象庁地震源とおおよそ一致した。これは沈み込んだプレート境界を見たものとして考えられる。

キーワード: レシーバー関数, 琉球弧, マントルウェッジ

Keywords: receiver function, Ryukyu arc, mantle wedge