

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21240074

研究課題名(和文) 変動地形マッピングに基づく伏在活断層・活褶曲と地震発生様式の解明

研究課題名(英文) Fault activity and earthquake based on tectonic maps including subsurface structure and drilling data

研究代表者

今泉 俊文 (Imaizumi, Toshifumi)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50117694

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,800,000円、(間接経費) 10,740,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、活褶曲・伏在逆断層が広範に分布する東北日本南部を代表的なテストフィールドとして、高分解能の空中写真判読・地形地質調査にもとづき、震源断層における過去の地震の繰り返しによる長期的な地殻変動によって形成された変動地形の抽出を行った。

その結果、これまで不明の点が多かった日本海側の活断層の分布、その長さやずれの速度などが明らかになったほか、急速な沈降域での伏在断層や、海岸域の隆起や津波の発生源にもなり得る海陸境界付近下の伏在断層など、今後解明を急がれる課題も明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study we identified tectonic landforms in southern Northeastern Japan according to long-term permanent deformation associated with repeated earthquakes on intraplate seismogenic faults, based on high-resolution stereopair interpretations and field geology. Whereas rates of slip and distributions of active faults in this region are revealed, distribution of blind thrusts in rapidly subsiding basin and/or beneath coastal areas in the back arc remain fully unresolved and should be thoroughly sought in future researches.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：活断層 活褶曲 伏在断層 変動地形 ボーリング調査 DEMデータ

1. 研究開始当初の背景

2003年宮城県北部地震・2004年中越地震・2007年能登半島地震・2007年中越沖地震・2008年岩手宮城内陸地震は、いずれも伏在逆断層あるいは活褶曲を震源域とする地震であった。これらの伏在逆断層・活褶曲が発達する日本海東縁部から東北・中部日本にかけての地域は、中世以来M7以上の大地震が高頻度で発生してきた。この地域は、日本海拡大時の伸張テクトニクスの場合のもと、数kmを超える厚いリフト充填堆積物が形成され、その後の圧縮テクトニクスの下で強い短縮変形が生じた場所である。一方で、東北日本の海岸・内陸に発達する大規模な堆積平野の内部・縁辺には活褶曲地形がよく発達することは古くから知られており、過去に出版された活断層図に表現されてきた。このため、これらの変動地形と伏在逆断層の関係は古くから注目されてきたが、厚い堆積物に覆われる伏在逆断層と活褶曲地形の関係は未解明のままであった。また、2003年宮城県北部地震のように海岸平野・沿岸域に分布し、活断層の存在を認定する有力な手がかりである新期の低断層崖・撓曲崖が認められていなかったものもある。加えて、2008年岩手宮城内陸地震では、新旧の変位地形を含めて事前に活断層の存在が全く特定されていなかった。このように、近年の一連の伏在逆断層における地震は、伏在逆断層・活褶曲と震源断層の関係が未だに不明であること、その根本的な理解が喫緊の課題であることを示している。

一方で、最近10年あまりの間、活断層のイメージングを目的とする高精度地下構造探査や表層・地下地質データの集積が精力的に進められた。その結果、活断層の浅部～深部地下構造に関する情報がかなり増えてきた。その結果、北上低地西縁断層帯など主要な逆断層が、日本海拡大時に形成された正断層が現在の圧縮テクトニクス下で、反転して活動していることがわかってきた。このように、日本海東縁部から東北・中部日本の活褶曲・伏在逆断層が、過去の地殻改変過程とその際に形成された地質構造と密接に関連している可能性が明確になってきた。さらに、これまでの石油探査等のデータでは十分解読できなかったグリーンタフ以深の地殻構造の解明を目的とする探査も行われるようになり、その結果震源断層である伏在逆断層と活褶曲地形の形成を地質構造学的に結びつける環境が整いつつある。

また、03年宮城県北部地震震源域周辺や北海道北東部などの最近の研究により、必ずしも上記のような明確な局所変位地形はなくとも、完新世海成段丘や浜堤列平野の傾動といった海岸平野の異常地形を認定することによって、海岸平野から沿岸域に伏在する活断層の存在や、伏在断層の古地震イベントを推定することが可能であることがわかってきた。また、GPS(全地球測位システム)

技術の向上はcmオーダーの精度の高度決定を可能にしており、これらを利用して変位基準の測定による正確な旧汀線高度・隆起量・変形量の測定が可能である。さらに、精力的に海岸段丘地形の調査がなされた70年代から30年余が経過した昨今、石油資源探査や活断層の地下構造探査等を目的とした沿岸～陸上部にかけての高精度地下構造や表層・地下地質データの集積は目覚ましいものがある。これらの有用なデータを利用すれば海岸平野の変動地形と伏在活断層・既存の地質構造の関係やそのテクトニックな意義を明確にすることが出来ると期待される。このように、近年のデータの整備状況・技術革新を援用して、未解明である海陸境界部を含む堆積平野縁辺部の伏在逆断層・活褶曲の変動地形を発見・再検討することにより、その位置・分布・変位速度などの地震発生ポテンシャルと震源断層像を正確に推定することが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、活褶曲・伏在逆断層が広範囲に分布する東北日本中・南部を代表的なテストフィールドとして、高分解能の空中写真判読・地形地質調査にもとづき、震源断層における過去の地震の繰り返しによる長期的な地殻変動によって形成された変動地形の抽出を行った。また、活褶曲・伏在逆断層を横断する河川系について火山灰編年学的手法に基づいて段丘面層序を確立するとともに、ボーリング調査を併用して長期間の上下地殻変動速度と活褶曲・伏在逆断層による短波長の上下変位速度を精度良く推定することを試みた。具体的には、主に新潟地域をテストフィールドとした。新潟地域では、新発田小出線の西側に新生代の堆積物が厚く分布し、これらが参加する北北東ないしは南北走向の軸跡をもつ褶曲構造が発達している。この構造的高所は、東頸城丘陵・西頸城丘陵・関田山地・櫛形山地・笹神丘陵・東山丘陵・魚沼丘陵といった地形的な高まりをなす。これらの地形・地質の境界部にあたる場所では、活断層・活褶曲が数多く分布していることが近年明らかになってきた。しかし、その変位速度や地下構造との関係を検討する資料は多くないのが現状であった。そこで、まず新潟地域の活構造を再検討するために、空中写真を用いた写真判読を行い、変位地形の分布や位置を再検討した。その結果に基づき、いくつかの代表的な地点でボーリング調査を行い、変位基準の分布を明らかにして、活断層・活褶曲における上下平均変位速度を明らかにした。浅層反射法地震探査や深部構造探査の結果をあわせて、活構造の構造的な意味について考察し、ひいては震源断層の活動度を明らかにするための資料を整備するべく努めた。

3. 研究の方法

(1) 1940年代米軍撮影・60および70年代

国土地理院撮影の縮尺4万分の1および1万分の1航空写真をもちいて、主に東北日本背弧域に発達する堆積平野・盆地縁辺および内部に分布する活褶曲・逆断層を抽出した。同時に活褶曲により変形する段丘面や、褶曲帯を横断しその成長を記録していると考えられる河川系について段丘面のマッピングを行った。(2)新潟平野・会津盆地などの活断層・活褶曲において浅層反射法地震探査を実施し、地下構造を明らかにした。(3)東北日本南部の堆積平野の複数の地点で層序ボーリングを掘削し、堆積平野の中部更新世以降の層序を明らかにするとともに、活断層・活褶曲の変形速度を推定した。

4. 研究成果

新潟平野では従来、長岡平野西縁断層帯として一括して取り扱われてきたがその実態は必ずしも明瞭ではなかった。以下に示す2例によって、活動性評価に重要な地下構造や変位量・速度の情報になった。

(1)角田-弥彦断層の活構造・変位速度と地下構造

東頸城丘陵縁辺に分布する長岡平野西縁断層帯は、日本海東縁部から東北日本背弧域に分布する地質学・測地学的な高速変形帯を構成する主要な陸域活構造である。全長80km強にわたる長岡平野西縁断層帯の北部を構成する角田-弥彦断層では、最近の活動性の指標となる後期更新世-完新世における上下平均変位速度や浅層地下地質構造などの基本的情報はよくわかっていなかった。そこで、角田-弥彦断層において群列ボーリング調査を行い、堆積物の詳細な層相記載を行った。また、年代試料を抽出して加速器質量分析計(AMS)による放射性炭素同位体年代測定を実施し、堆積物の形成年代を推定した。これらの結果に基づき、ボーリングコア間の地層の対比を行った。

角田-弥彦断層については、西傾斜の逆断層が角田山・弥彦山東麓部に伏在することが指摘されてきた。空中写真判読をおこなうと、角田山東麓部基部には、東に急傾斜し沖積低地面下に没する浜堤列や山地側に傾動する更新世段丘面などの新期の変位地形が断続的に分布している(図1)。一方、越後平野の地下にはMIS7の海成層が深度190-270m付近に確認されており、角田-弥彦断層による東

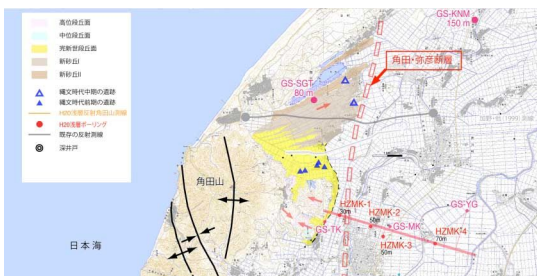


図1 角田-弥彦断層周辺の変位地形

落ちの断層変位が進行してきたことを示唆する。越後平野北西部は顕著な沈降域であり、平野下には厚さ150mを超える沖積層が伏在している。一方、既存研究では2本のボーリングを掘削し、沖積層に東落ち変位の可能性を指摘している。加えて、錯渦コア(掘削深度150m)における完新統の層序・年代・堆積環境の解析結果などを考慮して、新潟市西蒲区錯渦から同竹野町までの区間で4本のオールコアボーリングを掘削した。採取されたコアについては、地層の岩相・堆積構造を詳細に記載したほか、ボーリングコアの堆積物に含まれる植物片を採取・洗浄し、放射性炭素同位体年代測定を行った(図2)。

いずれのコアも多くの炭質物を含む砂・泥で構成され、層相・粒度・構成物の特徴・貝化石・生痕化石などより、これらは下位より塩性湿地・ラグーン・(塩性)湿地・氾濫原・チャネル堆積物が累重したものと解釈される。一方、得られた14C年代値は、コアの地層がいずれも過去約1万年間の海面上昇期に形成された完新統であることを示している。また、HZMK-4には十和田中礫(ちゅうぜり)テフラ(To-Cu;約6000年前)が含まれており、その層位・堆積年代とも整合的である。加えて、既存のコアの年代値とも整合的である。

14C年代値とあわせてコア間の地層を対比すると、上中部完新統はHZMK-2から4の間でほぼ水平に分布するのに対して、HZMK-2と1の間で急激にその分布深度を西に上げることが分かる。GS-TKコアの結果

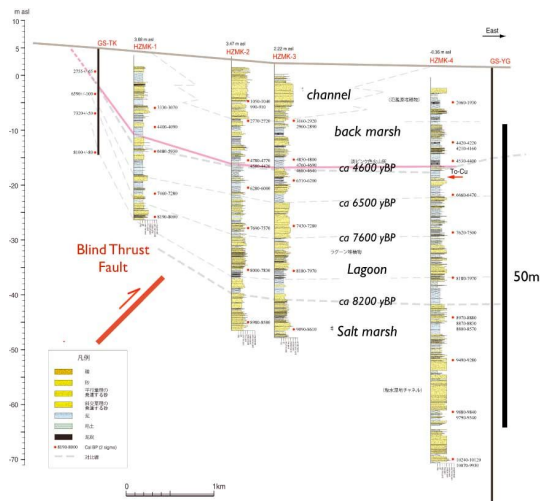


図2 角田-弥彦断層における群列ボーリングによる完新統の地質断面

を考慮すると、沼沢湖テフラの降下時期にあたる約5000年前と約8000年前の層準にはそれぞれ約15mおよび20m程度の累積的な上下落差が認められる。これらの層準の堆積環境はラグーン・塩性湿地であり初生的な勾配は非常に小さく、いずれもHZMK-2と1の間で急激に分布深度を西に上げること、両層準の上下落差量には累積性が認められることから、この上下落差は伏在する角田-弥彦

断層の活動によって形成された可能性が高い。約 5000 年前の層準の上下落差量とその形成年代から、角田-弥彦断層の平均上下変位速度は、約 3 mm/yr と推定される。ただし、完新統下部の圧密効果 (1 mm/yr) を考慮すると、約 2 mm/yr となります。また、浅層および深部反射法地震探査の結果を考慮すると、このような完新統の変形構造は、西に中角度で傾斜する伏在断層の先端部で生じていることが分かる。また、この反射断面では、陸域にも関わらず角田-弥彦断層の上盤側で断層関連褶曲の成長を示す growth strata が認められる。この構造は断層の活動史を示すものであると同時に、この地域の沈降速度が非常に早いことを示唆している点で非常に興味深い。

2) 鳥越断層の活構造・変位速度と地下構造

鳥越断層は与板背斜東翼部基部に位置する西傾斜の逆断層で、断層近傍では鮮新・更新統の魚沼層群が急傾斜ないしは逆転する構造が観察されるほか、断層先端部の地表部では後期更新世の河成段丘面の背斜変形や低断層崖地形が分布している。一方、周辺には関原断層・関原背斜などの活断層・活褶曲が複雑に雁行配列している。また、深部構造探査では、鳥越断層の下盤側に複数の伏在背斜が存在し、growth strata の発達から伏在活褶曲であることが推定される。そこで、雁行する活断層・活褶曲と変動地形の変位速度の推定を主な目的として、空中写真判読と若干の地形地質調査による再検討を行うとともに、鳥越断層崖の東側を流下する黒川の沖積低地面にて群列ボーリング調査を実施した。また、AMS による放射性炭素同位体年代測定を実施し、堆積物の形成年代を推定した。これらの結果に基づき、ボーリングコア間の地層の対比を行った。空中写真判読や国土地理院発行の 2m DEM (数値標高モデル) などの変動地形を検討した結果、黒川の右岸に広がる沖積低地面が緩やかに西側に傾く地形が確認された (図 3)。すなわち、黒川の

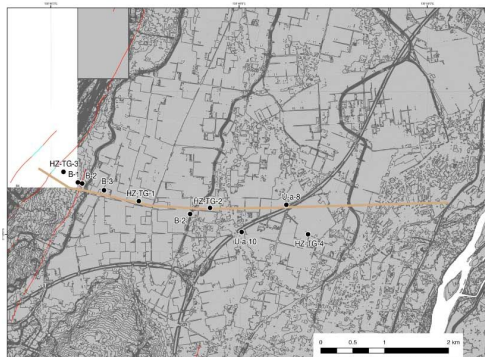


図 3 2mDEM による鳥越断層周辺の変位地形

現在の流路よりも数 100m 東側を頂部とし、西緩・東急の非対称な紡錘状の地形的高まりが沖積低地面上に発達している。この高まり

は北北東-南南西方向に延び、頂部と東翼部基部の高度差は約 5m である。このような地形は黒川・信濃川および支流が形成する沖積扇状地面や自然堤防としては不自然である。既存ボーリング資料を見ると沖積低地面は地表下に分布する厚さ 1m 強の砂層を除けば、厚さ 3m ほどのシルト層からなっている。このことは、背斜状の地形的高まりが河道周辺の自然堤防やポイントバーではなく、基本的にはほぼ水平な沖積低地であったことを裏付けている。黒川に沿って見られる高まりの頂部は、関原背斜の背斜軸跡の北東延長に、また東翼部基部の向斜軸の位置もほぼ一致する。これらのことから、沖積低地面の背斜状地形は基本的には北にプランジする関原背斜の活動による変形であると理解される。このような検討を踏まえて、長岡市鳥越の 4 箇所において、オールコアボーリングを掘削し、地層の岩相・堆積構造を詳細に記載した (図 4)。さらに、AMS による放射性炭素同位体年代測定を行った。HZ-TG-3 のチャンネル堆積物は、HZ-TG-1、2 およびいくつかの既存ボーリングの最下部に存在するチャンネル堆積物と対比されるほか、チャンネル堆積物直上の氾濫原堆積物から得られた植物片の年代値から判断して、約 8,000 年前と約 4,000 年前の層準がそれぞれ対比される。また、B-2 と HZ-TG2 の間に分布するチャンネル堆積物より上位の氾濫原堆積物は砂層が卓越する下部とシルト・粘土が卓越する上部に細分され、両者の境界の年代は約 6,000 年前と推定される。B-2 および B-3 間のチャンネル堆積物上面に認められる東落ちの上下落差は、鳥越断層の前面に分布する低位段丘面東端の撓曲崖地形直下に位置しており、変位地形との位置関係から推定して、宮本町地区の掘削調査で認められた 6,000-7,000 年前の砂礫層

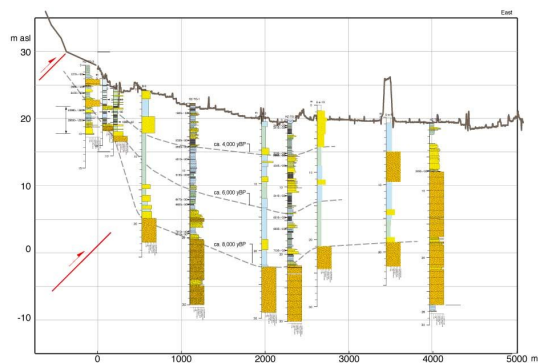


図 4 鳥越断層におけるボーリング断面図。

上面の東落ちの上下落差に対応すると考えられる。同様に約 4,000 年前および 6,000 年前の層準にも同様の東落ちの上下落差が認められる。このような異なる層準での東落ち上下落差は、上位の地層ほどその量が小さくなっており、累積的に形成されたと考えられる。HZ-TG3 と B-3 の間でのチャンネル堆積物上面の上下落差は約 21m となり、これをチャンネル堆積物上面の推定年代約 8,000 年で除

すると、上下平均変位速度は約 2.5 mm/yr と推定される。また、沖積低地面の非対称な背斜変形に対応するチャンネル堆積物上面の上下変位量は、B-3 と B-2 ないしは HZ-TG2 の間で約 8m となり、上下平均変位速度は約 1mm/yr と推定される。

ここで明らかになった変位地形や完新統の地質構造と、浅層反射法地震探査の結果と合わせて検討すると、鳥越断層の低断層崖・撓曲崖の前縁に分布し、早い上下変位速度が観察される撓曲崖ないしは撓曲変形の構造は、鳥越断層そのものの分岐断層ではなく、鳥越断層の下盤側に沈下する関原背斜の頂部に発達する、デタッチメント褶曲から派生した、いわゆる根なしの断層のように見える。このように、雁行する活褶曲が発達する地域では、変動地形と褶曲構造の関係は必ずしも単純ではなく、変動地形と伏在スラストの構造的な関係は非常に複雑であり、浅部～深部構造断面の比較検討がその理解に重要である。

新潟地域の活構造の分布や変位速度の分布を図 5 にまとめた。角田・弥彦断層が海域にまで延びる活断層であること、高田平野東縁や国中平野の活断層の長さが倍近くにな

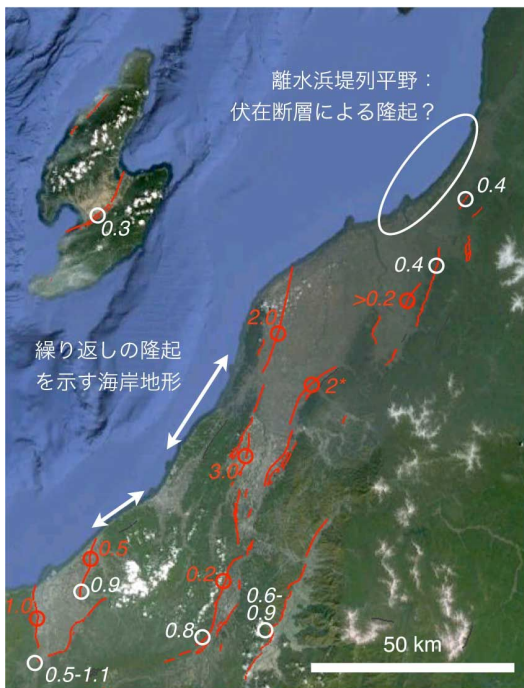


図 5 新潟平野・高田平野周辺の活構造の変位速度(赤数字)。白数字は既存研究による。

ることなどが明らかになった。また、角田・弥彦断層や高田平野西縁断層が非常にずれ速度の早い活断層であることなど、これまで不明の点が多かった新潟地域の活断層のずれの速度が明らかになった。一方で、多くの課題があることも明らかになってきた。必ずしも全ての伏在断層について地表表現が認

められるわけではなく、伏在断層の活動度については、今後の検討が必要である。特に、越後平野東縁の活断層については、東傾斜のスラストに関連する最近の地表変形・ずれの速度に不明な点が未だ多い。また、上記のように、急速に沈降する新潟平野では、中規模の伏在断層は平野下に埋没し、その活動の痕跡が見つけにくくなっている可能性もある。このようなものについて、活断層・活褶曲の分布・ずれや成長速度を推定することは今後の重要な課題である。また、下越地方に離水浜堤列平野の直下には伏在断層がある。また、中越沖地震の震源域直上には岩石海岸の離水地形が分布し、海岸域の相対的な地盤上昇の繰り返しを示している。こういった離水海岸地形と海陸境界部の伏在断層の活動の繰り返しについても今後の課題であると言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 31 件)

小坂英輝・楮原京子・今泉俊文・三輪敦志・阿部恒平, 2013, 北上山地西縁断層帯・上平断層群南端部付近の断層変位地形と断層露頭, 地理学評論, 86, 493-504, 査読有.

宮内崇裕, 海岸部を襲う直下型地震: 懸念される海底活断層と地震性地殻変動 科学, 52, 651-661, 2012, 査読無.

Okada, S. and Ikeda, Y., Quantifying crustal extension and shortening in the back arc region of Northeast Japan, J. Geophys. Res., 117, 1-28, 2012, 査読有. 楮原京子・小坂英輝・三輪敦志・今泉俊文・徳田豊, 北上低地西縁断層帯・南昌山断層群の変動地形と地下構造, 地学雑誌, 120, 910-925, 2011, 査読有.

堤 浩之・杉戸信彦・越谷 信・石山達也・今泉俊文・丸島直史・廣内大助, 岩手県奥州市・一関市に出現した 2008 年岩手・宮城内陸地震の地震断層, 地学雑誌, 119, 826-840, 2010, 査読有.

Kagohara K., Ishiyama T., Imaizumi T., Miyauchi T., Sato H., Matsuta N., Miwa A. and Ikawa T., Surface geometry and structural evolution of the eastern margin fault zone of the Yokote basin based on seismic reflection data, northeast Japan, Tectonophysics, 470, 319-329, 2009, 査読有.

[学会発表](計 59 件)

鈴木毅彦・笠原天生・八木浩司・今泉俊文・吉田明弘, 東北日本弧, 山形盆地北部村山市浮沼における盆地地下堆積物とそれに含まれるテフラ, 2014 年 5 月 1 日, 日本地球惑星連合 2014 年大会, 横浜.

今泉俊文・岡田真介・楳原京子・八木浩司・越後智雄・松原由和・三輪敦志・阿部恒平・小坂英輝・山形盆地西縁断層帯(村山地区)の変動地形と地下構造, 2014年3月28日, 日本地理学会春季学術大会, 国土館大学, 東京.

今泉俊文, 活断層研究と評価の現状と課題, 日本地質学会第120年学術大会公開シンポジウム, 2013年9月15日, 仙台. 鈴木毅彦・斎藤はるか・今泉俊文, 福島県会津坂下町周辺の第四紀地下地質と会津盆地西縁断層帯の活動, 2013年5月22日, 日本地球惑星連合2013年大会, 幕張. 鈴木毅彦・斎藤はるか・今泉俊文, 会津盆地西部における第四紀後期テフラと会津盆地西縁断層帯の活動, 日本地理学会, 2013年3月30日, 立正大学.

今泉俊文・横山隆三・宮内崇裕・楳原京子・白澤道生, DEMデータから作成した立体地形解析図の地形・地質判読への利用(招待), 2012年5月23日, 日本地球惑星連合2012年大会, 幕張.

廣内大助・石山達也・鈴木毅彦・今泉俊文・佐藤善輝・丸山陽央・細矢卓志, ボーリング調査による高田平野東縁断層帯の上下平均変位速度, 2012年5月23日, 日本地球惑星連合2012年大会, 幕張.

佐藤比呂志・石山達也・今泉俊文・加藤直子・武田哲也・越谷信・堤浩之・豊島剛志・工藤健・山北聡, 東北地方の震源断層モデル, 2012年5月22日, 日本地球惑星連合2012年大会, 幕張.

石山達也・廣内大助・堤浩之・鈴木毅彦・丸島直史・越後智雄・今泉俊文・佐藤比呂志・加藤直子, 東北日本南部の活構造, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月27日, 幕張.

堤浩之・石山達也・鈴木毅彦・廣内大助・今泉俊文・鎌滝孝信・阿部恒平, 断層変位地形とボーリングコアの解析に基づく越後平野南東縁の活構造, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月27日, 幕張.

石山達也・加藤直子・佐藤比呂志・森健彦・加藤一・戸田茂・今泉俊文・小池太郎・石川達也・中西裕・北村重浩・中山貴隆・丸島直史, 高精度反射法地震探査による会津盆地西縁断層帯の浅部地下構造, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月26日, 幕張.

廣内大助・石山達也・鈴木毅彦・今泉俊文・阿部恒平・鎌滝孝信, 群列ボーリング調査による高田平野西縁断層帯の上下変位速度, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月27日, 幕張.

今泉俊文・三輪敦志・楳原京子・小坂英輝・石山達也, 奥羽脊梁山地東麓の変動地形とセグメント区分, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月26日, 幕張.

石山達也・佐藤比呂志・今泉俊文・鈴木毅彦・戸田茂・越後智雄・小池太郎・鎌滝孝信, 角田山東縁断層における高精度浅層反射法地震探査と群列ボーリング調査, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月19日, 幕張.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今泉 俊文 (IMAIZUMI, Toshifumi)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 50117694

(2) 研究分担者

鈴木 毅彦 (SUZUKI, Takehiko)
首都大学・東京都市環境科学研究所・教授
研究者番号: 60240941

石山 達也 (ISHIYAMA, Tatsuya)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号: 90356452

池田 安隆 (IKEDA, Yasutaka)
東京大学・大学院理学系研究科・准教授
研究者番号: 70134442

穴倉 正展 (SHISHIKURA, Masanobu)
産業技術総合研究所・活断層・地震研究センター・主任研究員
研究者番号: 00357188

越後 智雄 (ECHIGO, Tomoo)
地域地盤環境研究所・地球科学研究部門・チームリーダー
研究者番号: 60450904

宮内 崇裕 (MIYAUCHI, Takahiro)
千葉大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 00212241

八木 浩司 (YAGI, Koji)
山形大学・地域教育文化学部・教授
研究者番号: 40292403

東郷 正美 (TOGO, Masami)
法政大学・社会学部・教授
研究者番号: 70061231

廣内 大助 (HIROUCHI, Daisuke)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号: 50424916

(3) 連携研究者

堤 浩之 (TSUTSUMI, Hiroyuki)
京都大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 60284428