

(1) 実施機関名：

秋田大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

東北日本弧の詳細な地殻比抵抗構造の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

エ．地震活動と火山活動の相互作用

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

地殻内では応力の蓄積だけではなく、流体（水）の存在が岩石破壊や断層運動を引き起こす上で大きな役割を演じていると考えられる。地上から観測できる物理パラメータの中で最も敏感に地殻内流体を検知できるのが比抵抗であることから、秋田大学では、広域の地殻構造と地殻流体の分布を探るために広帯域電磁探査法（MT 法）を用いて深部比抵抗構造探査を行う。

新たな地震及び火山噴火予知のための研究観測計画でも引き続き秋田大学は東北地方の研究観測を担当する。これまでに秋田大学が観測を行った地域は秋田県中央部と東北脊梁山脈の一部に限られているが、東北地域のより広範囲にわたる深部比抵抗構造を解明することが 5 か年の研究計画の目標である。これまでと同等の方法で地下比抵抗構造の解明を目指す、新しい視点やより効果的な方法を模索しながら研究観測を遂行することを計画している。また、東北地方の一部地域ではこれまでに東北大学、東京工業大学、産業総合研究所、防災科学技術研究所が取得した比抵抗構造解明のための既存データが存在し、これらのデータも統合して精密モデルを構築することも考えている。

新たな地震・火山噴火予知計画とは別に、地震調査研究推進本部の主導による日本海東縁のひずみ集中帯の研究観測も東京大学地震研究所を中心に遂行されている。この計画に基づき、鳥海火山を東西に横切る秋田・山形県境付近の深部比抵抗の観測が平成 20 年度に着手された。この観測研究は平成 21 年度以降も山形県周辺で実施され、秋田大学はこの計画にも積極的に参加する予定である。山形のひずみ集中帯のデータは秋田のデータと統合して深部地殻構造の解析を行うことが可能である。

観測機材は国立極地研究所より借用している 2 台の Phoenix 社の MTU-5 を中心に使用する。観測期間は毎年 5 月から 11 月までとし、機材の電源となるバッテリーを多く使用して一つの観測点について

10 日間程度連続観測を行う。また、状況に応じて他の研究機関より観測機材を複数台借用して効率的に観測を行う予定である。

また、秋田大学の学部生や大学院生にもできるだけ観測に参加してもらい、深部比抵抗構造観測機材の設置方法や観測するための基礎技術を身につけ、データ処理により構造解析もできる人材を育てる努力を行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要 :

秋田県内でまだ観測していない地域から観測を始め、東北地方全体の地下比抵抗構造をある程度の解像度で明らかにすることが 5 か年計画の最終的な目標である。

平成 21 年度は、秋田県にかほ市の海岸から、秋田県横手市の東北脊梁山脈の麓までの東西測線上 (ほぼ北緯 39 度 15 分上) で観測を行う。この測線はひずみ集中帯比抵抗構造解明計画に基づく鳥海火山を横切る測線と、秋田大学がこれまでに観測してきた測点の間を埋めるような東西方向の測線にあたる。

平成 22 年度は、平成 21 年度に引き続いて秋田県南部を中心に観測を行い、前年から取得したデータの解析を平行して行う。また、平成 20 年岩手・宮城内陸地震震源域の比抵抗構造探査を行ったが、小規模の追加観測を行い、震源域周辺の比抵抗構造を更に精密化する。

平成 23 年度は、これまでに取得した秋田県中南部のデータを用いて、精密な 3 次元モデル構築を目指した解析を行う。平成 20 年度までは 2 次元モデルを並べて擬似 3 次元モデルとしたが、このモデルを精密化し、真の 3 次元モデルの構築を目指す。必要であれば秋田県中部及び北部で追加観測を行う。

平成 24 年度は、岩手県、宮城県、山形県等で行われた他の研究機関による深部比抵抗探査の結果と、秋田県のデータで得られた結果を集中的に吟味する。これは、周辺地域で得られた深部比抵抗構造の特徴が、秋田県内で得られた構造と連続的に続いているかどうかをチェックするためである。特に、微小地震の発生地域に着目した比抵抗構造の特徴、及び活火山との関連性に着目した特徴を抽出することに主眼を置く。平成 24 年度も必要であれば追加観測を行う。

平成 25 年度は、5 か年計画のまとめに重点を置く。平成 24 年度に引き続き、必要な追加観測を行う。秋田大学の深部比抵抗観測と、これまで他機関が行った東北地方の比抵抗構造観測の結果を統合して吟味し、東北地方の比抵抗構造の特徴を総括する。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要 :

平成 21 年度より秋田県南部地域において、また、東北地方太平洋沖地震後には秋田県北部の誘発地震域において深部比抵抗構造探査を実施した。東西方向に約 60km の測線を設け、1 本の測線について平均 15 地点でデータを取得した。用いた探査法は MT 法 (Magneto-Tellurics) と呼ばれる方法で、磁気圏をソースとする自然の電磁場変動が地面に誘導電流を流す現象を利用して地下比抵抗構造を求める手法である。この方法は、深部構造をさぐる上で、現在実用化されている数少ない有効な手段の一つである。秋田県では、地下 10 数キロ付近に微小地震の震源が集中している。比抵抗構造と震源分布との関連を中心に調べた。5 か年計画の研究期間中に明らかになったこと、および成果を 5 か年の当初の到達目標に沿って、(1) 探査技術、(2) 解析技術、(3) 秋田県南部地域の比抵抗構造、(4) 人材育成の 4 つの項目に分けて述べる。最終年度の平成 25 年度の成果に関しては、(2) 解析技術、(3) 比抵抗構造の項の記述に組み入れた。

(1) 探査技術：使用機材に関しては、この 5 か年の当初から、カナダ・フェニックス社の MT 探査装置 (MTU-5) を中心に用いた。この機材により、数百 Hz から 0.001Hz 程度の周波数帯の磁場、電場をインダクションコイルによって安定して取得できた。1 地点での観測につき、これまでは 1 日、もしくは 2 日間の磁場、電場の時系列を取得して解析するのが主流であった。しかし、1 地点につき、1~2 週間時系列データを取り続けることで、データの質を大きく向上できることを 5 年間の研究計画で明らかにした。

(2) 解析技術：現在、深部比抵抗の解析の 3 次元逆解析による地下構造が報告されてはいるが、計算処

理時間がかかることや、常に安定した解を得ることが難しいことなどの理由から、本研究では、複数の測線での2次元解析を工夫して、3次元的な比抵抗の地下イメージを得ることとした。

MT法においては、地面に流れる電流（電場）は、それに直交する磁場変動によって誘導されると考える。そのため、2次元解析では、南北磁場と東西電場、あるいは、東西磁場と南北電場といった電磁場のペアを用いて解析を行う。この2組の電磁場を同時に用いて処理を行うと地下構造がうまく得られない場合がある。このような時に時系列データを注意深く取舍選択することで、安定した2次元構造を得ることができることを示した。

2次元逆解析によって比抵抗構造を求める上でもう一つの問題は、地下比抵抗の構造ブロックの違いによって、得られる比抵抗構造に差が生じることである。様々な形の構造ブロックを検討して、ブロックの形は正方形に近い矩形として設定するのが、良い結果を与えることを明らかにした。また、地下構造ブロックの大きさは、使用周波数の表皮深度に比例したブロックサイズを採用して、深部ほど大きくすることが構造解析には望ましいことを示した。

(3) 比抵抗構造：5か年計画の成果として、秋田県南部地域の比抵抗構造を測線位置（図1）とともに示した（図3）。5か年間に新たに観測した測線はLine 10（平成22年）、Line 11（平成23年）であるが、既に観測したデータの吟味、解析の見直しも行ったため、以前に観測した測線（Line A～D）とその比抵抗構造も示した。

秋田県南部地域では微小地震の震源は、深さ10～20km付近に集中するが、その分布域は、秋田・岩手県境を中心とする奥羽山脈周辺、日本海沿岸地域、さらにこの2つの地震集中域に挟まれた中央部の3つに分けることができる（図2）。奥羽山脈の西麓には活断層である横手盆地東縁断層系が存在する。中央部の地震集中域や日本海沿岸の地震集中域の地表には、それぞれ、滝ノ沢断層や由利衝上断層などの断層系が存在する。

秋田県南部中部地殻（深さ5～20km）の比抵抗構造の特徴は、海岸部から奥羽山脈側に向かって、10～20kmごとに低比抵抗と高比抵抗のブロックがほぼ交互に現れることである。さらに、大局的に見れば、比抵抗の急変部に上記3地域の地震集中帯が存在しているように見える。この比抵抗境界に震源が集中するという特徴は、1990年代の初め頃から指摘されていたが、秋田県南部でもこの傾向が追認されることとなった。また、秋田県南部の沿岸部の地表直下では低比抵抗、横手盆地付近の地表直下で高比抵抗となる特徴も認められる。これら地殻中の比抵抗構造は、一般に地表地質と比べるのは難しい。比抵抗構造は、地質構造もある程度反映していると考えられるが、地殻中の温度、粘性、流体の存在など、他の要素をより色濃く示しているものと考えられる。東北大学による秋田県を含む東北地域の詳細な地震波速度構造では、高比抵抗領域と高速度域、低比抵抗領域と低速度域という対応が認められる。

(4) 人材育成：地震予知の基礎研究に観点を置いた比抵抗構造探査に秋田大学の学生にも積極的に参加してもらった。5か年のうち、秋田大学では、卒業論文2本、修士論文1本がこのテーマに沿ってまとめられた。その他、地球物理学の周辺分野を研究テーマにしている10人以上の学生が構造探査に参加した。ほとんどの学生の卒業後の進路は地下構造を計測により探る物理探査の会社や地質調査に関連する会社であり、人材育成の成果も着実に現れている。

(8) 平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
澤田源一郎，2013．秋田県地域の最適2次元MT比抵抗モデルの確立および比抵抗構造と地震活動の関係，秋田大学大学院工学資源学研究科地球資源学専攻博士前期課程修了論文．

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

西谷忠師、筒井智樹、坂中伸也、網田和宏（秋田大学工学資源学部）

他機関との共同研究の有無：有

北大（茂木・橋本）、東北大（市来）、東大（上嶋・小河・小山・長谷）、東京工大（小川・神田）、大阪市大（山口）、京大（大志万・吉村・山崎）、鳥取大（塩崎）、高知大（村上）、九大（相澤）

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：工学資源学部地球資源学科

電話：018-889-2381

e-mail：nisitani@ipc.akita-u.ac.jp

URL：http://dips11.akita-u.ac.jp/

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西谷忠師

所属：秋田大学工学資源学部地球資源学科

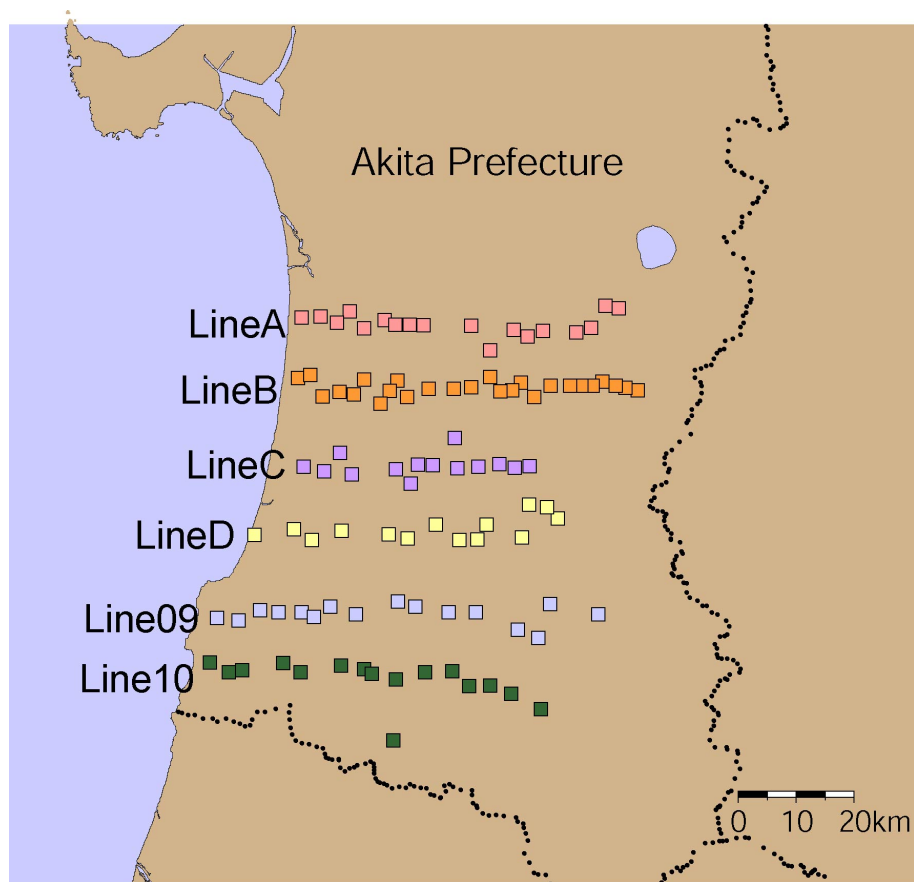


図1 秋田県南部域での MT 探査の測線と観測点

Line10: 平成 22 年度測定 , Line11: 平成 23 年度測定

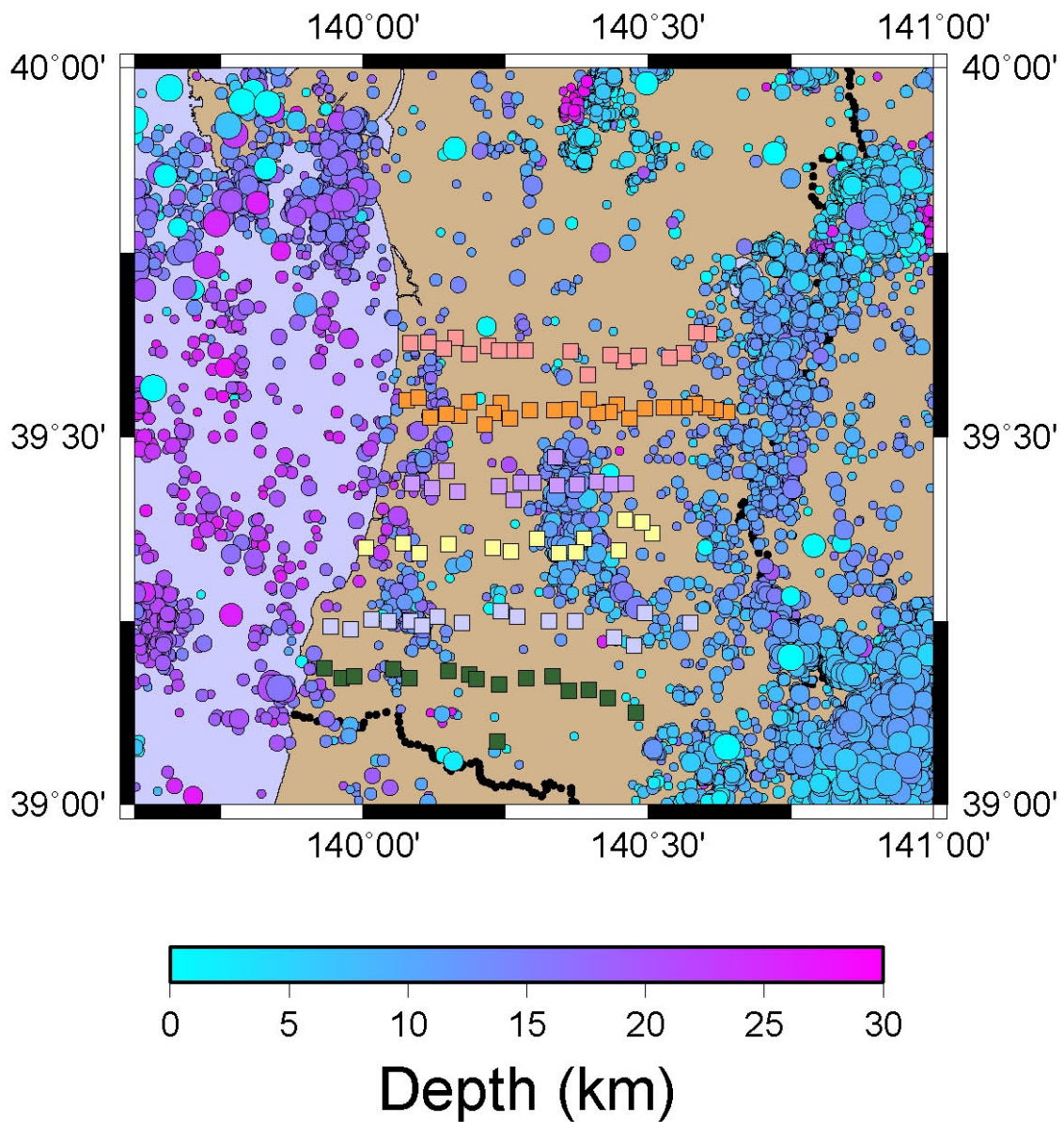


図2 秋田県南部の地震活動

気象庁地震年報の1923-2010年の震源データ使用(丸印)。地震のマグニチュードを丸印の大きさ、深さを色の違いで示した。比抵抗観測点(四角印)は図1と同じ。

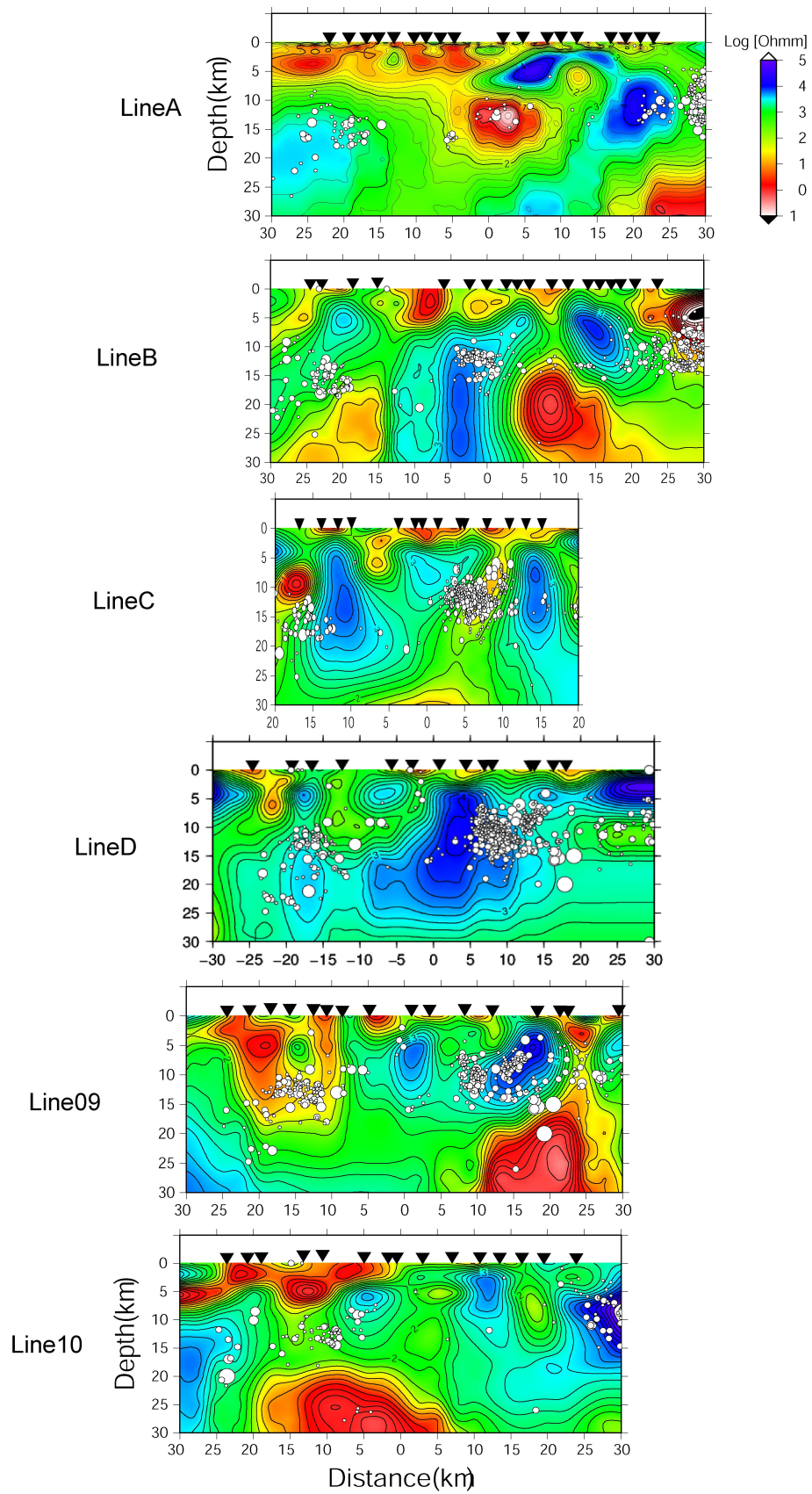


図3 2次元比抵抗構造と震源

TMモードとTEモードを用いた2次元比抵抗構造。震源は気象庁の地震年報による。