

鳥取県環境学術研究等振興事業費補助金研究実績報告書（地域医振興部門）

研究期間（1年目/3年間）

研究者 又は 研究代表者	氏名	(ふりがな) しおざき いちろう 塩崎 一郎
	所属研究機関 部局・職	鳥取大学大学院工学研究科・准教授 電話番号：0857 - 31 - 5642 電子メール： <a href="mailto:shiozaki@cv.tottori-u.ac.jp">shiozaki@cv.tottori-u.ac.jp</a>
研究課題名	地球電磁気学的手法に基づく山陰海岸ジオパーク・ジオスポット「鹿野・吉岡断層」の地下構造研究-断層両端部の構造解明を通して地下の「やわらかい領域」の広がりを考える-	
研究結果	<p>[本年度の研究結果（研究方法、実験結果、分析結果等）について、当初の研究計画に沿って端的に記すこと。詳細なデータ等については、別に添付も可。]</p> <p>[非公開としたい部分は、罫線で囲うなどして明確にし、その理由を記すこと。]</p> <p>当初の研究計画書では次の3つの柱を記した。各項目について、研究結果を記す。</p> <p>(1) <u>電磁場ノイズレベル調査</u>：「研究計画」として、説明資料の図1で示される、やや広域の鹿野・吉岡断層東西延長両端地域の2016-17A測線～2016-17B測線で囲まれるエリア（稠密化2014測線および鳥取県中部の地震域を横切る300番測線を含む）を中心に人工電磁場発生源（例えば、高圧線や商用電源、電話線、電気鉄道からの漏洩電流等）に起因するノイズレベルを調査することとし、合計63地点においてノイズレベル調査を実施した。</p> <p>(2) <u>地下比抵抗構造調査</u>：「研究計画」として、上述のノイズレベル調査結果をふまえ、自然界に存在する周期10000秒までの広帯域の電磁場変動を観測するMT法調査を行うこととした。本事業計画実施中、本事業が3年間の内でカバーする予定であった地域で、10月21日鳥取県中部の地震（M6.6）が発生した。この地震発生を受け、研究測線の一部見直しに加え、新たに他の研究機関との連携による拡大した共同観測研究計画の実施の可否に関する鳥取県本事業担当部門の許可のもと、本研究計画を充実させるべく、新たに、京都大学防災研究所吉村准教授並びに鳥取県観光交流局安藤和也専門員と共同して、断層直下の下部地殻の不均質構造の実態の解明をめざし、中部の震源域を中心とするエリアにおいて震央を横切る複数の測線を設定して広帯域MT観測を実施した（図2）。<u>共同観測を含む観測点数の総数は16地点である</u>（震央域を横切る測線のうち、赤松ならびに古川沢観測点は京都大学防災研究所吉村令慧准教授が取得されたものであり、下神・久原・田代観測点は共同観測として選点・実施した観測点である）。</p> <p>(3) <u>地下比抵抗構造解析</u>：「研究計画」として、既存データとともに統合した構造解析を実施することとし、本研究により取得されたデータならびに上述の共同観測データを用いて、代表的なMT法探査曲線である見かけ比抵抗曲線を推定し、図3-1, 2, 3に示した。また、本事業によるデータならびに共同観測データおよび既存のデータを統合して、2016年10月21日鳥取県中部の地震（M6.6）震源域周辺の比抵抗データを面的に描いたものを図4（上図）に示す。さらに、インピーダンスの不変量を用いた予察的な1次元比抵抗構造解析を行い、得られた結果について、本震の発生震度あたりの特定の深度に関連する比抵抗平面図を描いた（図4（下図））。以上が本研究の結果である。</p>	

研究成果

[本年度の研究成果(知見・技術)について、具体的に記すこと。詳細なデータ等については、別に添付も可。] [非公開としたい部分は、罫線で囲うなどして明確にし、その理由を記すこと。]

上述の研究結果(3)を具体的に意味付けることで研究成果の概要を記すことにするが、その研究成果の概要を記す前に、本研究の背景について簡単に説明しておきたい。

山陰地方に、図5に示されるように線上配列する1943年鳥取地震、1983年鳥取県中部の地震、2000年鳥取県西部地震などの内陸大地震震源域の深部地殻に電気低比抵抗(電気が流れやすい)領域があることを既に筆者らの研究グループは明らかにしている(図6-1)。その領域を「やわらかい」と仮定すると、その上盤側の地殻にひずみが集中し、内陸地震を発生させる定性的なモデル(飯尾, 2009)となる。最近のGPS研究(西村2015, 参考資料1)により明らかにされた山陰【ひずみ集中帯】はこのことを支持する。

しかし、後述するように、2014年度に我々が得た新知見をふまえると話は単純ではないことが分かった。なぜなら、鹿野・吉岡断層西方延長部の2次元構造モデル(2014測線モデル, 図6-2)はその両側の既存測線で得られたモデルとは異なるから。ひずみをもたらす原因と考えられる「やわらかい」領域が鹿野・吉岡断層西方延長では、空間的に連続して線上配列をしていない可能性が出てきた。この研究成果は、災害の軽減に貢献するための、同地方における基盤的比抵抗構造研究の重要性を示している。1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層西方延長部の「やわらかい」領域が空間的にどのように連続的に分布するのか、否か、さらには、偶然にも2016年10月21日に発生した鳥取県中部の地震との関連を解明するための調査研究が必要であると考え、研究を進めている。山陰地方における基盤的比抵抗構造研究から、地震発生前に、低比抵抗領域をもたらすもの(地殻流体(水))の連続性(の規模)を詳細に明らかにすることができれば、災害の軽減に貢献する重要な指標の一つとして提示できる可能性が期待される。

さて、以降に具体的な研究成果を記す。本年度の観測測線を東から2016-1, 2, 3(図2)と命名した。2016-1測線は、1983年鳥取県中部の地震震源域や2015年秋以降の地震発生域を横切る測線である。2016-2測線は2016年10月21日鳥取県中部の地震震源域を横切る測線であり、2016-3測線は空間的な構造の連続性を追跡する意味で設定した。これらの測線ごとに、MT法の代表的な探査曲線である見かけ比抵抗曲線を推定した(図3-1, 2, 3)が、本研究では、概ね観測期間中、太陽活動が活発な時期に遭遇し地磁気擾乱現象を取得することができた。そのため、高周波帯から低周波帯にかけて幅広い周波数にわたり比較的良質のデータを取得することができた。このことが、第一の研究成果と考える。

2016年10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)の発生域の東方約10kmの地域では、2015年10月以降たびたび地震が発生している。さらにその東側は、1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層の西方延長域にあたる。このような地域の地震学的の活構造の特徴もあり、2013年度以前の地震・火山噴火予知研究計画事業はもとより、2014年度ならびに2016年度鳥取県環境学術研究振興事業により、2015年に発生した鳥取県中部の地震発生域周辺において、粗い観測点密度ではあるが広帯域MT観測データが既に取得されている地域である。本事業によるデータおよび共同観測データなどを統合して得られた、2016年10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)震源域周辺の比抵抗データ(周期1秒および10秒の周期帯に対して得られた見かけ比抵抗値平面図)ならびに、深度7kmおよび15kmに関する平面分布図(予察的1次元構造解析結果)は、深さ10km前後に低比抵抗領域の存在を示すエリアが、2015年の地震発生域~2016年の地震発生域に連続する形態をもって帯状に存在することを示唆する(図4)。すなわち、2014年測線モデル(図6-2)で不連続になったかにみえた山陰地方の日本海沿岸部にみられる帯状の地震活動帯に沿うように地殻深部の低比抵抗領域の帯が調和的に存在することがわかった。これが本年度の最大の研究成果である。

以上より、本年度は、鳥取地震(1943年, M7.2)地震断層である「鹿野・吉岡断層」の東西方向の延長部において「やわらかい」領域の空間的連続性を解明するために、やや広域の構造調査研究として、中部の震源域を中心とするエリアにおいて震央を横切る複数の測線を設定して広帯域MT観測を実施した(図1, 2)。その結果、予察的構造解析の結果ではあるが、山陰地方の日本海沿岸部にみられる帯状の地震活動帯に沿うように地殻深部の低比抵抗領域の帯が調和的に存在することが示唆された。(幕張メッセで5月下旬に開催されるJapan Geoscience Union-American Geophysical Union joint Meeting 2017へ、この研究成果を投稿した。その原稿要旨を添付する)

<p style="text-align: center;">次年度研究 計画</p>	<p>[次年度の研究計画について簡潔に記すこと]</p> <p>鳥取県における既存の広帯域MT法観測は、主に、内陸地震震源域（活断層域も含む）や第四紀火山地域等の活構造地域を対象とした研究計画に基づくものであった。今回の2016年鳥取県中部の地震はそのような場所に該当しないところで発生した。もし、事前にこの地震発生源場所に関する知見を得ていたのであれば、例えば、本研究で示された地殻内の低比抵抗領域の存在のような指標として、少なからず災害の軽減に貢献するための情報提供の可能性があったといえるかもしれない。ただし、場所の可能性に言及できたとしても「いつ」という情報については、現段階では、この研究のから提示することはできないまでも、という条件はつくであろうが。</p> <p>このような観点から、<u>山陰海岸ジオパーク・ジオスポットである「鹿野・吉岡断層」延長両端部に関する地下構造を提出することを通して、鳥取地震（1943年、M7.2）を内含する山陰地方東部の地震発生物理モデルの構築に資する基礎データを提出することで地域の防災・減災に貢献するためには、その低比抵抗領域の空間的連続性を東側と西側において、より詳細に追跡することが必要不可欠と考える。</u></p> <p>従って、2017年度の研究計画として以下の4項目を挙げる。</p> <p>(1)本年度得られたデータと既存のデータを統合した精度の高い比抵抗構造解析を行う。</p> <p>(2)2016年度の当初計画に立ち返り、2016-17A測線～2016-17B測線で囲まれるエリア（稠密化2014測線および鳥取県中部の地震域を横切る300番測線を含む）のうち、本年度未測定であった2016-17A測線～2014測線で囲まれるエリア（図1）を中心とした広帯域MT観測を実施する。（2018年度は2018測線～2016-2017B測線で囲まれるエリアにおいて広帯域MT観測を実施する）</p> <p>(3)以上(1)(2)の研究計画を遂行することにより、まずは、山陰地方の（人類にとっても同じことがいえるが）未解決課題である<u>内陸地震が起きる・起こらない地域の地下構造の特徴が比抵抗構造の差異として抽出できるものと期待される。</u>我が国の全く新しい活断層の長期評価では、これまでの活断層評価では地表に現れている部分のみとした対象を地下の延長部も推定して評価することとしており（参考資料2）、本研究が目指す内容はその方向を先取りした形で実現できる可能性を示す。</p> <p>すなわち、<u>鹿野・吉岡断層の現在の姿を理解することを通して県民の地域地震災害の軽減に貢献できる基礎資料となるとともに、この取り組みは「地域の持続的な発展と地質遺産の保護の両立」の概念のもと研究・教育・防災等に関するジオパーク活動の土台を作る知見に資するものと期待される。</u></p> <p>(4)共同研究者の飯尾氏が現在、断層に働く力や断層の強度の大きさを解明するために、鳥取・島根県境地域で山陰地方の地震帯の満点計画を実施している。同研究と連携することにより、上述の「いつ」という情報について繋がる研究として、ある断層においてどの程度地震が差し迫っているか、どうかを、より直接的に評価するための、<u>鳥取の定量的内陸地震発生過程モデルの構築に重要な制約条件を与えるデータに資するものと期待される。</u></p> <p>これは、人類にとって未解決の挑戦すべき第一級の研究テーマといえる。鳥取地震を含む横ずれ型の内陸地震発生の物理モデルの解明のための基礎的データを提出することにより中長期的な地震防災・減災に貢献するための礎とする。</p> <p>※ 最後に調査手法について簡単に述べる。ここでは電気の流れやすさを調査する方法としてMT法を用いる。MT法は地表で外部起源の地磁気変動とそれにより誘導された地電流を測定し、その両者間の振幅と位相差をもとに地下比抵抗構造を推定する手法である（その概略については添付した参考資料3を添付した）。</p>	
	<p>報告責任者</p>	<p>所属・職氏名</p> <p>鳥取大学 研究推進部 研究推進課 研究助成係 高田 志保</p> <p>電話番号 0857-31-5494</p> <p>電子メール ken-jyosei@ml.adm.tottori-u.ac.jp</p>

- 注1) 表題には、環境部門、地域部門、北東アジア学術交流部門のいずれかを記載すること。
- 2) 「研究期間（ 年目/ 年間）」及び「次年度研究計画」は、環境部門のみ記載すること。
- 3) 研究者の知的財産権などに関する内容等で、非公開としたい部分は、罫線で囲うなど明確にし、その理由を記すこと。
- 4) 研究実績のサマリーを併せて提出すること。

地球電磁気学的手法に基づく山陰海岸ジオパーク・  
ジオスポット「鹿野・吉岡断層」の地下構造研究  
-断層両端部の構造解明を通して地下の「やわらかい領域」の広がりを考える-

鳥取大学大学院工学研究科・准教授・塩崎一郎

要旨

本研究は鳥取地震(1943年, M7.2)地震断層である「鹿野・吉岡断層」(この「鹿野・吉岡断層」は山陰海岸ジオパーク・ジオスポットである)周辺域において地下比抵抗構造調査研究を実施し, やや広域の観点からみた「鹿野・吉岡断層」の電磁気学的にみた地下構造の特徴を抽出することを目的とする. このような調査研究を通して, 新知見・山陰「ひずみ集中帯」や2015年10月以降に発生した鳥取県中部を震源域との関連を考察するとともに, 山陰海岸ジオパーク活動の更なる磨き上げに貢献するとともに安全・安心な県土づくりに向けて地域における地震防災や災害軽減に繋げる.

これまでに京都大学防災研究所並びに鳥取大学大学院工学研究科を中心とする研究グループは, 山陰地方や四国地方外帯において電気比抵抗構造と地震活動の間に密接な関連がみられることを示してきた. 例えば, 山陰地方東部では, 鳥取地震(1943年, M=7.2)の地震断層である吉岡・鹿野断層をはじめとして, 顕著な地震の震源域およびそれらを含み日本海沿岸部に沿う帯状の地震活動域を横切る測線でMT調査を実施し, ほぼ東西方向に伸びる地震活動帯に沿って, 高比抵抗領域である地震発生層の下, 地殻深部に低比抵抗領域の存在を明らかにした.

しかしながら, 先述の山陰地方の電気比抵抗研究グループが提唱してきたモデルと調和しない研究成果(例えば, 塩崎他(2015))も示され, 1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層西方延長部の低比抵抗領域が空間的にどのように連続するのかを解明するための調査研究の重要性が示された. 内陸地震が地震活動帯直下の不均質構造に起因する局所的な応力集中により発生する(飯尾, 2009)ならば, この不均質構造について今後はさらなる面的な構造データの充実を図ることが必要である.

このような研究背景のもと本研究は実施されたが, 偶然にも, 2016年10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)が発生した. この地震の発生域の東方約10kmの地域では, 2015年10月以降たびたび地震が発生している上, さらにその東側は1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層の西方延長域にあたる. これを受け, 断層直下の下部地殻の不均質構造の実態の解明をめざし, 中部の震源域を中心とするエリアにおいて震央を横切る複数の測線を設定して, 自然界に存在する微弱な電磁場変動を信号とする広帯域MT観測を計16地点で実施した. 既存のMTデータを統合して, 予察的に行ったdeterminant impedanceをもとにしたポストイックインバージョン1次元解析の結果から, 2015年の地震発生域より2016年の地震発生域にかけて深さ10km前後に低比抵抗領域が連続して帯状に存在することを示した.

## 中国・四国地方の基盤的比抵抗構造調査（2016年度）

### A research report on the fundamental investigations of an electrical resistivity structure beneath Chugoku and Shikoku regions, southwestern Japan(2016)

\*塩崎 一郎<sup>1</sup>、宇都 智史<sup>1</sup>、山本 真二<sup>2</sup>、池添 保雄<sup>2</sup>、畑岡 寛<sup>2</sup>、野口 竜也<sup>1</sup>、川口 智<sup>1</sup>、福本 悠也<sup>2</sup>、吉村 令慧<sup>3</sup>、村上 英記<sup>4</sup>、大志万 直人<sup>3</sup>、飯尾 能久<sup>3</sup>

\*Ichiro Shiozaki<sup>1</sup>, Tomofumi Uto<sup>1</sup>, Shinji Yamamoto<sup>2</sup>, Yasuo Ikezoe<sup>2</sup>, Hiroshi Hataoka<sup>2</sup>, Tatsuya Noguchi<sup>1</sup>, Satoru Kawaguchi<sup>1</sup>, Yuya Fukumoto<sup>2</sup>, Ryohei Yoshimura<sup>3</sup>, Hideki Murakami<sup>4</sup>, Naoto Oshiman<sup>3</sup>, Yoshihisa Iio<sup>3</sup>

1. 鳥取大学大学院工学研究科、2. 鳥取大学工学部、3. 京都大学防災研究所、4. 高知大学教育研究部

1. Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Faculty of Engineering, Tottori University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Research and Education Faculty, Kochi University

本研究では、地震・火山噴火による災害の軽減に貢献するために、中国・四国地方において基盤的な比抵抗構造調査を行い、地殻・マントル上部の空間・構造的不均質性を明らかにすることを目的とする。山陰地域では、歪み集中帯外における地震発生と比較的長い期間に噴火記録のない火山と地殻流体との関連を解明すること、内陸地震発生域と内陸地震空白域および深部低周波地震域の構造的不均質性、また、四国地方では、地殻地震および深部低周波地震の発生様式と構造的域性について、沈み込む海洋プレートから供給が想定される流体と関連づけることが重要である。ここでは、2016年度に取得されたデータを取り入れた中国・四国地方における基盤的比抵抗構造研究の概要を報告する。

これまでに京都大学防災研究所並びに鳥取大学大学院工学研究科を中心とする研究グループは、山陰地方や四国地方外帯において電気比抵抗構造と地震活動の間に密接な関連がみられることを示してきた。(1)例えば、山陰地方東部では、鳥取地震(1943年, M=7.2)の地震断層である吉岡・鹿野断層をはじめとして、顕著な地震の震源域およびそれらを含み日本海沿岸部に沿う帯状の地震活動域を横切る測線でMT調査を実施し、ほぼ東西方向に伸びる地震活動帯に沿って、高比抵抗領域である地震発生層の下、地殻深部に低比抵抗領域の存在を明らかにした。

これと調和的な研究成果が測地学研究から示された。国土地理院GPS電子基準点データ解析により、鳥取・島根北部が南部に対して相対的に東に5mm/年で変位しており、歪みが集中しつつあることが判明し、この「ひずみ集中帯」と1943年鳥取地震、1983年鳥取県中部の地震、2000年鳥取県西部地震との関連が示唆された(西村(2015))。

しかしながら、先述の山陰地方の電気比抵抗研究グループが提唱してきたモデルと調和しない研究成果(例えば、塩崎他(2015))も示され、1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層西方延長部の低比抵抗領域が空間的にどのように連続するのかを解明するための調査研究の重要性が示された。内陸地震が地震活動帯直下の不均質構造に起因する局所的な応力集中により発生する(飯尾, 2009)ならば、この不均質構造について今後はさらなる面的な構造データの充実を図ることが必要である。

このような背景のもと、2016年10月21日鳥取県中部の地震(M6.6)が発生した。この地震の発生域の東方約10kmの地域では、2015年10月以降たびたび地震が発生している上、さらにその東側は1943年鳥取地震の地震断層である鹿野・吉岡断層の西方延長域にあたる。これを受け、断層直下の下部地殻の不均質構造の実態の解明をめざし、中部の震源域を中心とするエリアにおいて震央を横切る複数の測線を設定して、自然界に存在する微弱な電磁場変動を信号とする広帯域MT観測を計16地点で実施した。既存のMTデータを統合して、determinant impedanceをもとにしたボスティックインバージョン次元解析の結果から、2015年の地震発生域から2016年の地震発生域にかけて深さ10km前後に低比抵抗領域が連続して帯状に存在することが示された。

(2) 一方、四国地方においては、主に外帯での調査結果から上部地殻内に顕著な低比抵抗領域が存在

し、それと中央部・西部では無地震域との明瞭な関連が示唆されている。

本年度は、四国地方中央部周辺の未測定地域において広帯域MT法観測を計8地点で実施した。いずれの地域も近隣にJR予讃線や土佐電気鉄道が稼働している。その軌道からの漏洩電流の混入により影響を受け、周期10秒以上の長周期帯にかけて連続したデータを得られた地点が半数程度にとどまった。ただし、南部地域では、これまでの観測で指摘された見かけ比抵抗値が周期数10秒から100秒あたりで最小値を示すという特徴が、共通してみられることが確認された。

既存のMTデータを統合して、試みに、四国中西部地域を地質構造と調和的なN75E走向の2次元構造をもつと仮定してOgawa and Uchida(1996)のコードを用いて構造解析を行った。その結果得られた予察的な比抵抗モデルから、上部地殻深度では中央構造線北側で見られる北傾斜の震源分布と調和する北傾斜の比抵抗構造が描かれる等、興味深い特徴が示された。

謝辞：鳥取県中部の地震域並びに四国地方の観測では文部科学省による災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の、また、鳥取県中部の地震域周辺のデータ取得には2016年度鳥取県環境学術研究等振興事業の支援を受けた。本研究の観測では京都大学防災研究所の共同研究機器を使用した。参照磁場記録は日鉄鉦コンサルタント株式会社の無償提供データである。京都大学大学院理学研究科比嘉哲也ならびに鳥取大学大学院工学研究科山本健直、福成将之、鳥取大学工学部吉田祐成、岡部史弥の各氏には観測をサポート頂いた。ここに謝意を表す。

キーワード：2016年10月21日鳥取県中部の地震、四国地方、電気比抵抗、基盤的構造調査

Keywords: Earthquake in the Central Tottori Prefecture on October 21, 2016, Shikoku region, electrical resistivity, fundamental investigation

# A research report on the fundamental investigations of an electrical resistivity structure beneath Chugoku and Shikoku regions, southwestern Japan(2016)

\*Ichiro Shiozaki<sup>1</sup>, Tomofumi Uto<sup>1</sup>, Shinji Yamamoto<sup>2</sup>, Yasuo Ikezoe<sup>2</sup>, Hiroshi Hataoka<sup>2</sup>, Tatsuya Noguchi<sup>1</sup>, Satoru Kawaguchi<sup>1</sup>, Yuya Fukumoto<sup>2</sup>, Ryohei Yoshimura<sup>3</sup>, Hideki Murakami<sup>4</sup>, Naoto Oshiman<sup>3</sup>, Yoshihisa Iio<sup>3</sup>

1. Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Faculty of Engineering, Tottori University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Research and Education Faculty, Kochi University

In order to contribute to a reduction in damage caused by earthquakes and volcanic eruptions, heterogeneities of crustal and upper mantle structure should be clarified based on fundamental investigations of electrical resistivity structure in Chugoku and Shikoku regions, southwestern Japan arc. In this presentation, a research report on fundamental surveys for the following two topics, using data acquired in 2016 incorporated in the existing data, will be shown.

(1) Our research group has shown that there is a clear relationship between resistivity and seismicity in the Sanin and Shikoku regions. In the eastern part of San-in region, it was found that a conductive area exists in the deep crust part under the seismic region, which is a resistive area, along with the seismic activity area stretching nearly in the east and west direction. Harmonious research results has been shown from geodetic GNSS(GPS) data analysis by Nishimura (2015) who implies that relationship between strain concentration zone in Sanin region and the occurrence of the 1943 Tottori earthquake, the 1983 Tottori Chubu earthquake, and the 2000 western Tottori earthquake. Assuming that inland earthquakes occur because of local stress concentration caused by heterogeneity beneath a seismic activity band (Iio, 2009), the heterogeneity in this area should be clarified hereafter.

In this background, a Magnitude (M) 6.6 Earthquake in the Central Tottori Prefecture on October 21, 2016 occurred. Before this earthquake, there were earthquakes frequently occurred since October 2015 in the area about 10 km east of the area where the 2016 earthquake occurred, and the east side is the western extension of the Kano and Yoshioka faults, the 1943 Tottori earthquake fault. In order to elucidate the heterogeneous structure of the lower crust beneath the seismic region, we set up several survey lines across the central focal region of the Chubu region to carry out wideband MT observation. According to the result of one-dimensional analysis of Bostic inversion based on determinant impedance by integrating existing MT data, it was shown that the low resistivity region exists continuously in the form of a band around the depth of 10 km in the region.

(2) In the Shikoku region, in order to elucidate the regional characteristics of the large scale resistivity structure, fundamental wideband MT observations have been conducted at 8 sites in the observations gap area around the central part of Shikoku region.

By integrating the existing MT data, we tried model analysis using the program code of Ogawa and Uchida (1996) assuming that the midwestern part of Shikoku region has a two-dimensional structure of N75E strike direction harmonious with the geological structure. The preliminary resistivity model shows interesting features; the north-dip resistivity structure matching with the hypocentral distribution found at the upper crustal depth in the northern part of the Median Tectonic Line, etc.

Acknowledgments: This study was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan, under its Observation and Research Program for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, and also supported by 2016 Tottori Prefecture Environmental academic research promotion project. We would like to express sincere gratitude for the Nittetsu Mining

Consultants Co. Ltd. kindly let us use their continuous geomagnetic records as remote references. We used joint research equipment of Kyoto University Disaster Prevention Research Institute for observation of this research. Reference magnetic field record is free data Last of all, we would like to express our thanks to T.Higa of Kyoto University and T.Yamamoto, M.Fukunari, Y.Yoshida and F.Okabe of Tottori University for their help during data acquisition.

Keywords: Earthquake in the Central Tottori Prefecture on October 21, 2016, Shikoku region, electrical resistivity, fundamental investigation

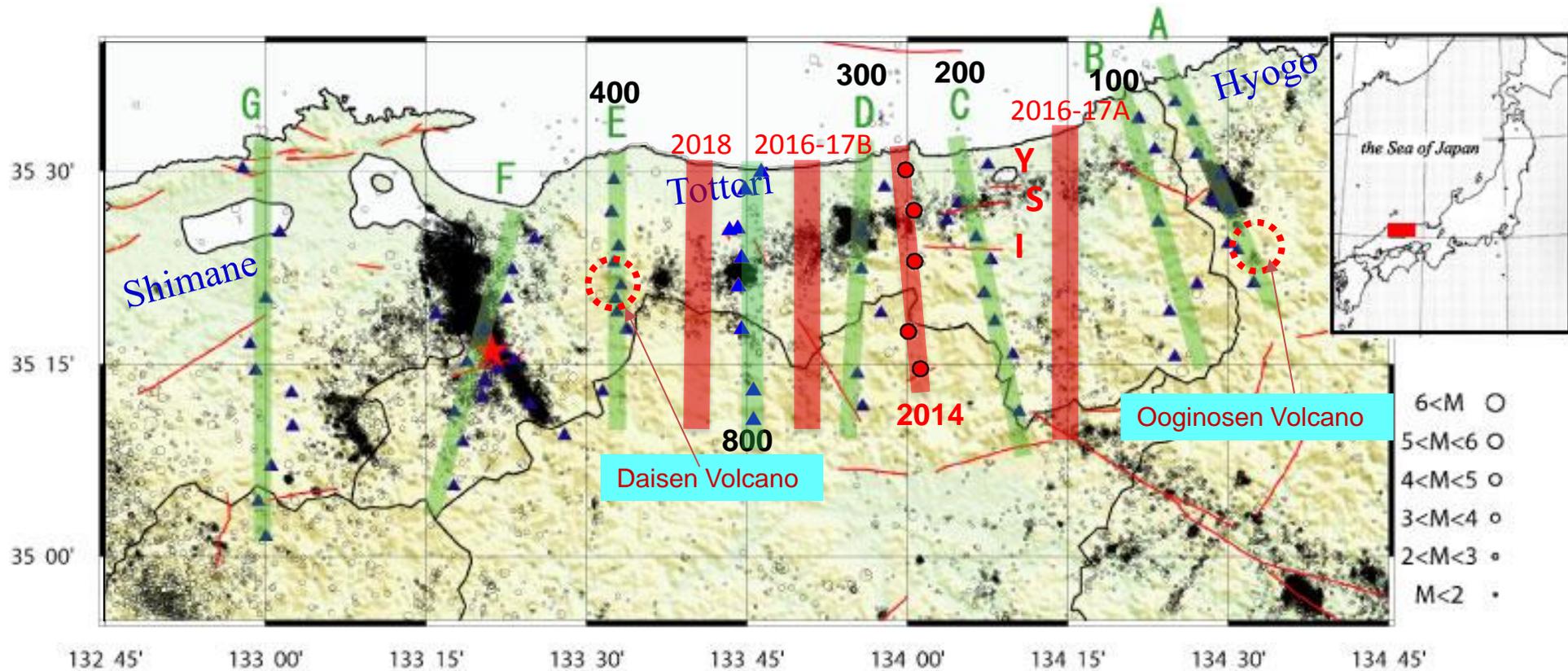


図1. 2013年度以前に取得された山陰地方の既存の比抵抗研究測線A, B(100), C(200), D(300), 800, E(400), F, Gと2014年度鳥取県環境学術研究振興事業研究測線2014を震央分布に重ねて描写したもの。

- ・各測線内の青三角印は観測地点を表し、赤色で記された記号Y,S,Iはそれぞれ、吉岡、鹿野、岩坪断層の位置を示す。なお、後に図6で示されるようにこの地域では僅か100年の間にM7クラスの内陸大地震が数個も発生し、かつ地震活動がほぼ1直線上に線上配列している。
- ・本研究で新規MT法観測調査対象とした測線は赤色のハッチで記した2016-17Aならびに2016-17B, そして精査対象とした2014の3測線である。

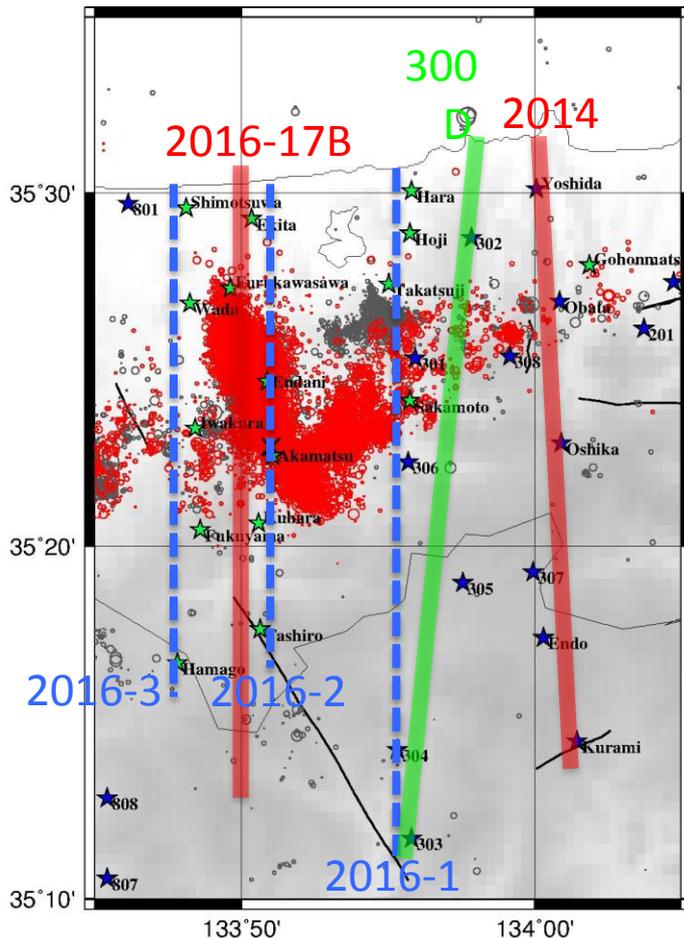
図2. 2016年度鳥取県環境学術研究振興事業により取得された鳥取県中部の地震域周辺の広帯域MT観測地点分布図と測線名称(黄緑色★印, 計16地点)

なお, 京都大学防災研究所吉村令慧准教授が取得された赤松ならびに古川沢観測点の観測点及び選点された下神・久原・田代観測点も併記した。また, 既存の測点(紺色★印)も重ねて描いた。

JMA震源データの期間については, 2000/1/1 0:00~2016/10/20 までを灰色○印で, 2000/10/21~2016/12/31までを赤色○印で示し, 本震の位置を×印で示した(赤松観測点がほぼ震央位置でとなる)。

次に示唆されるように, **低比抵抗領域**をもたらすもの(地殻流体(水))が地震発生に関して重要な役割を果たすことが示唆される → 地震発生前に, この低比抵抗領域の連続性(の規模)を明らかにすることが, 災害の軽減に貢献するための第一歩に繋がる。

そのためには地震震源域調査にとらわれない設計思想のもと**基盤的比抵抗構造調査が必要である。**



circle\_gray: JMA data hypocenters in 2000/01/01-2016/10/20  
 circle\_red: JMA data hypocenters in 2016/10/21-2016/12/31  
 cross\_black: 2016/10/21 M6.6 epicenter  
 star\_light\_green: MT sites in 2016 star\_black: MT sites before 2015

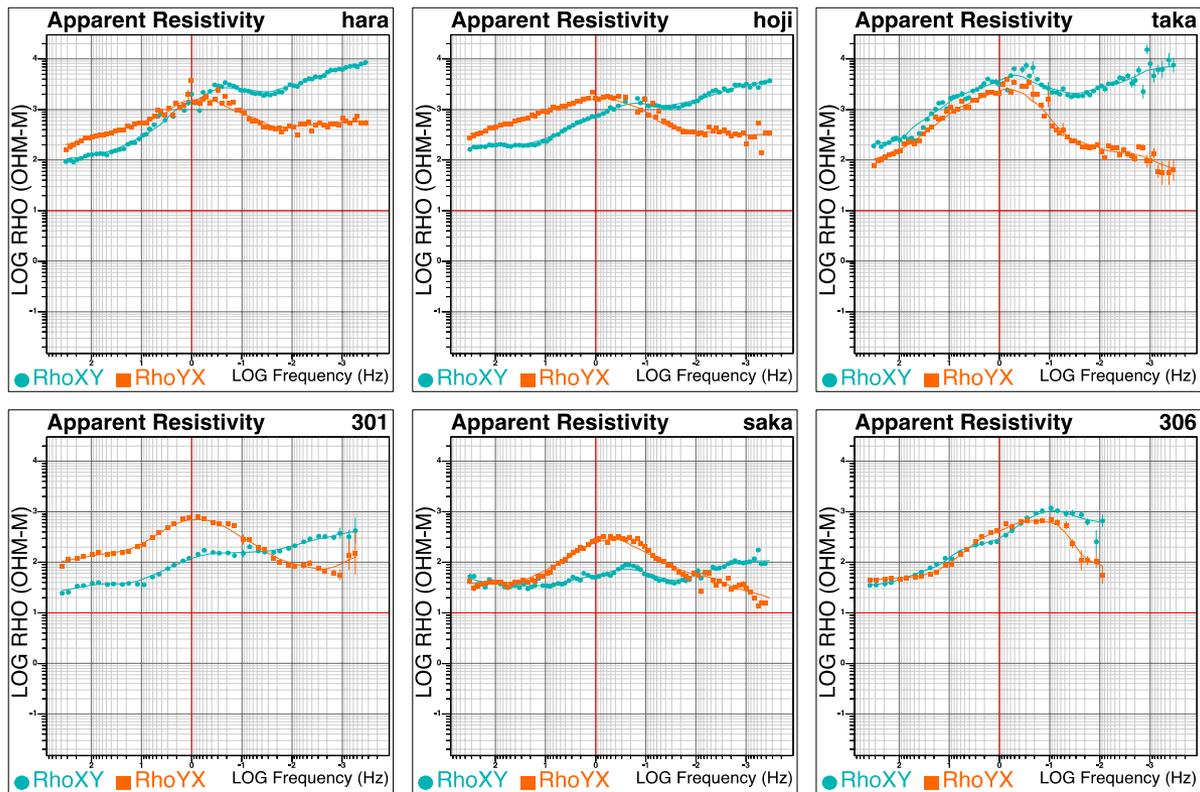


図3-1. 2016-1測線における見かけ比抵抗探査曲線

南北方向の電場と東西方向の磁場変動から推定された見かけ比抵抗を青丸で示し、東西方向の電場と南北方向の磁場変動の組み合わせで推定されたそれを朱四角で示す。縦軸は見かけ比抵抗( $\Omega m$ )、横軸は周波数(Hz)を表し、いずれも対数目盛りで表現されている。本研究では、概ね観測期間中、太陽活動が活発な時期に遭遇し、地磁気擾乱現象を取得することができたため、高周波帯から低周波帯にかけて幅広い周波数にわたり、比較的良質のデータを取得することができた。

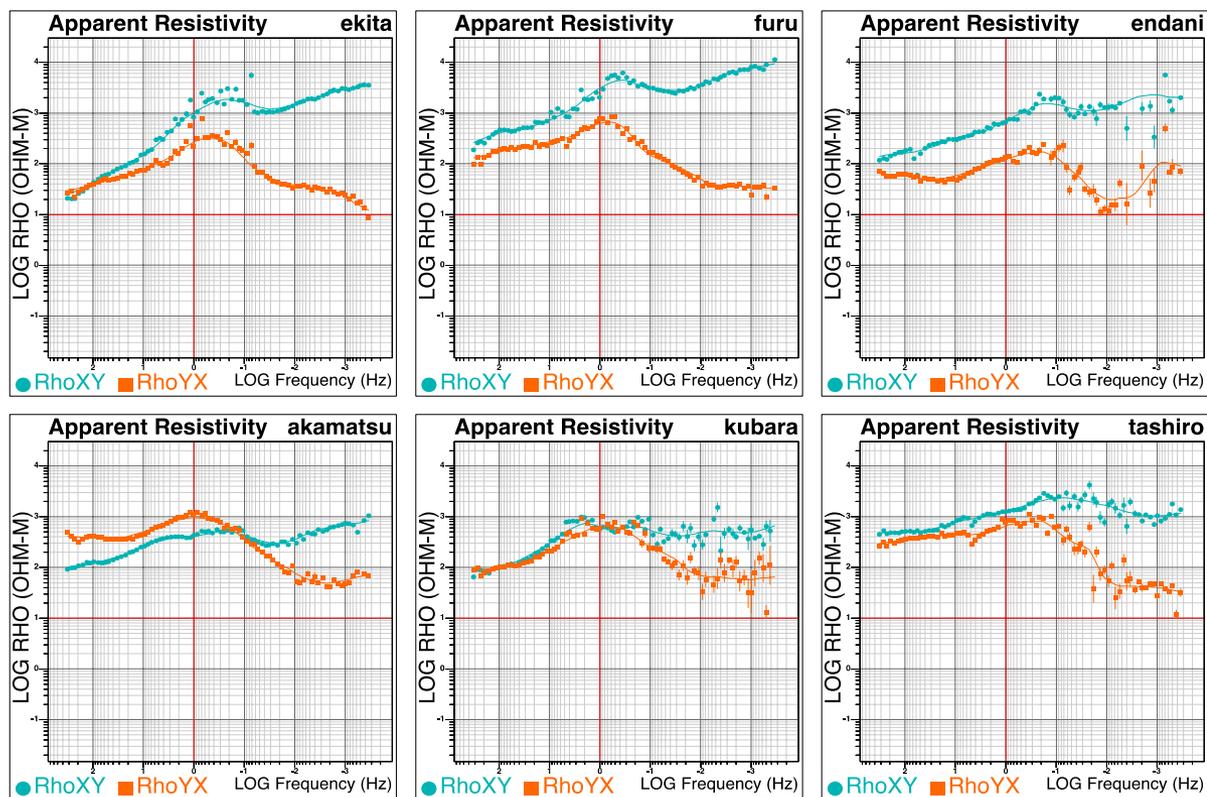


図3-2. 2016-2測線における見かけ比抵抗探査曲線

南北方向の電場と東西方向の磁場変動から推定された見かけ比抵抗を青丸で示し，東西方向の電場と南北方向の磁場変動の組み合わせで推定されたそれを朱四角で示す．縦軸は見かけ比抵抗( $\Omega m$ )，横軸は周波数(Hz)を表し，いずれも対数目盛りで表現されている．

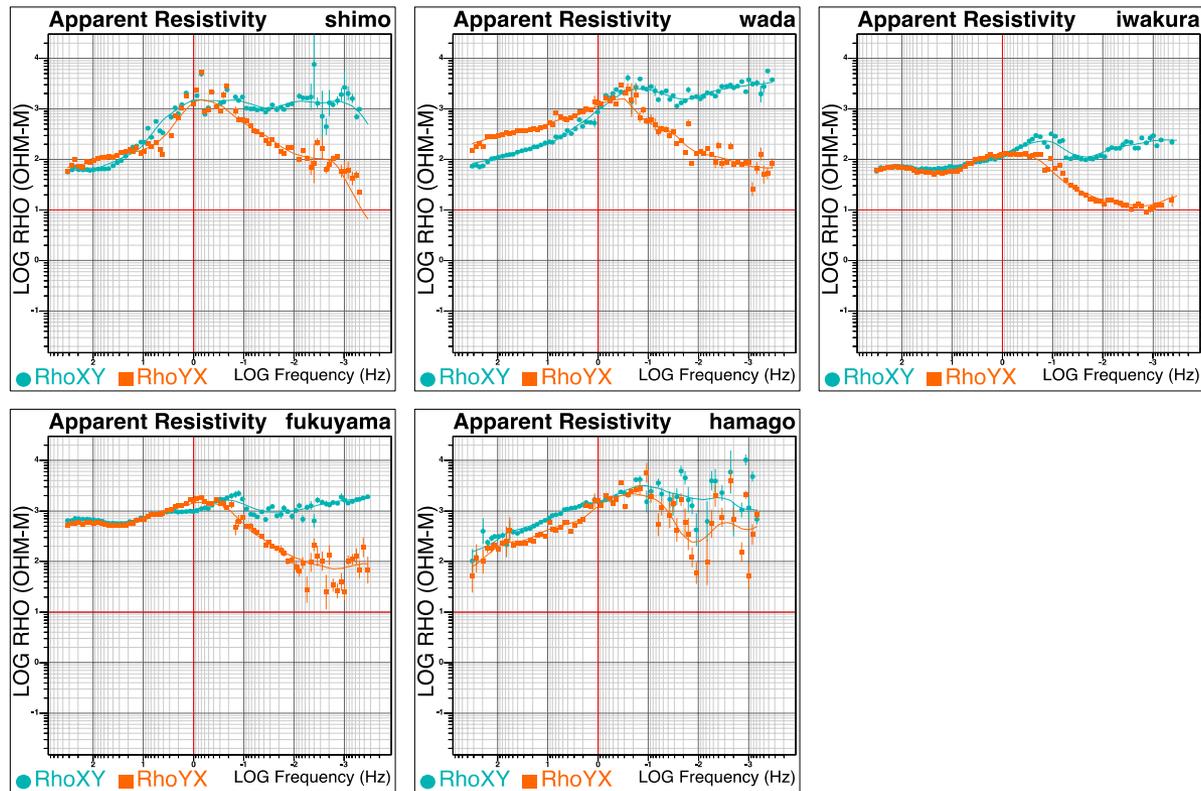


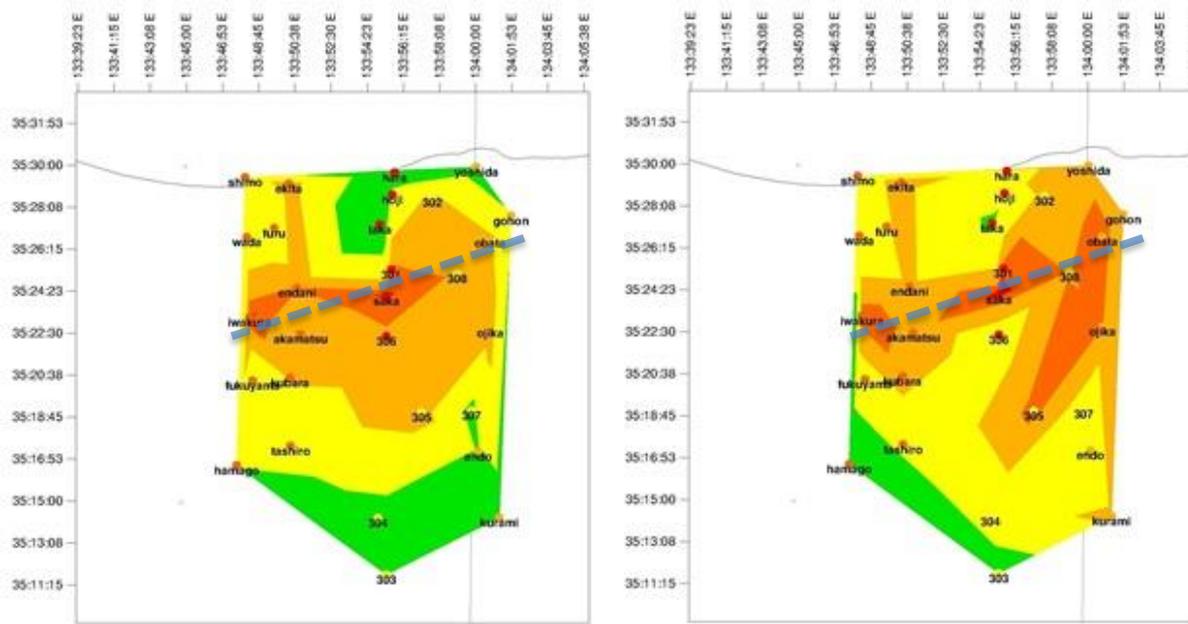
図3-3. 2016-3測線における見かけ比抵抗探査曲線

南北方向の電場と東西方向の磁場変動から推定された見かけ比抵抗を青丸で示し，東西方向の電場と南北方向の磁場変動の組み合わせで推定されたそれを朱四角で示す。縦軸は見かけ比抵抗( $\Omega m$ )，横軸は周波数(Hz)を表し，いずれも対数目盛りで表現されている。

図4. 2016年鳥取県中部の地震震源域周辺の比抵抗データを用いた見かけ比抵抗値の平面分布図(上)と1次元構造モデル(下)

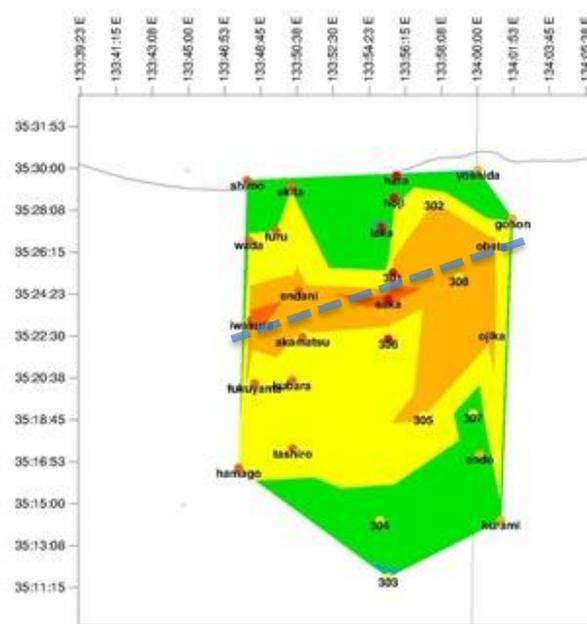
ここでは、得られたデータから推定されるimpedanceの不変量と呼ばれるものを用いて、周期1秒(左上)および周期10秒(右上)の見かけ比抵抗値の分布図とポストティック・インバージョン解析という手法から導かれた1次元構造モデルをもとにした異なる深度の比抵抗構造の空間分布図, 7km(左下)および15km(右下)を示す。

いずれの図面においてもこのエリアの帯状の地震活動と調和的な存在として地殻深部の低比抵抗領域の存在(図では薄青色の破線で示される)が描かれた。

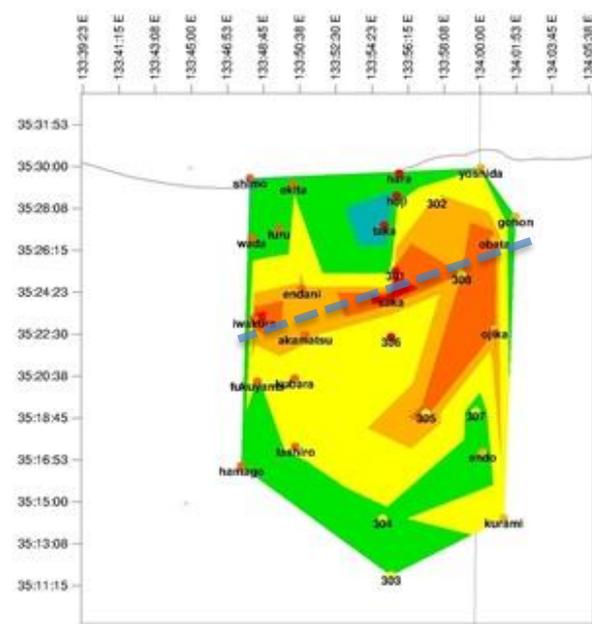


KILOMETERS  
0 5 10 15  
RhoDET AT 1 Hz

KILOMETERS  
0 5 10 15  
RhoDET AT 0.1 Hz

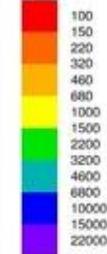


KILOMETERS  
0 5 10 15  
BostDet 7km



KILOMETERS  
0 5 10 15  
BostDet 15km

(OHM-M)



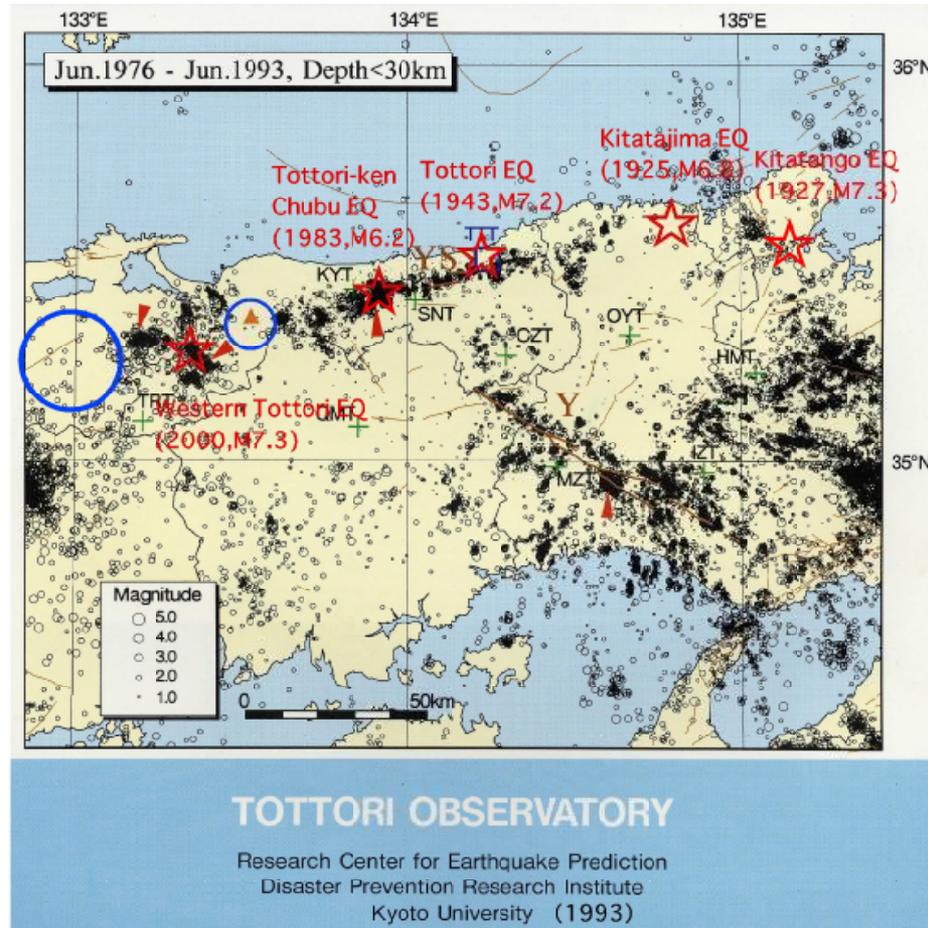
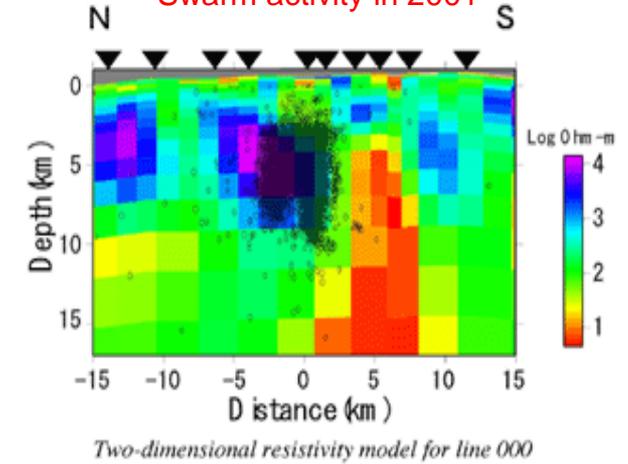


図5. 山陰地方東部の地震活動 最近約100年間にM7級の内陸地震が海岸線に沿うように山陰地方東部を中心に頻発している. 浜田地震(M7.1, 1872), 但馬地震(M6.8, 1925), 北丹後地震(M7.3, 1927), 鳥取地震(M7.2, 1943), 鳥取県中部地震(M6.2, 1983), 鳥取県西部地震(M7.3, 2000)などがそれにあたる. 今回の2016年10月21日鳥取県中部の地震もこの線上配列をなす地震活動の帯の中に入ることが指摘されている

図6-1. 2013年度以前に取得された山陰地方の既存の比抵抗研究測線A, C(200), D(300)で得られた比抵抗構造:  
 内陸大地震や地震活動が活発な場所の深部地殻には電気低比抵抗(電気が流れやすい, 図では赤く示されている)領域があることを筆者らの研究グループは明らかにしてきた。

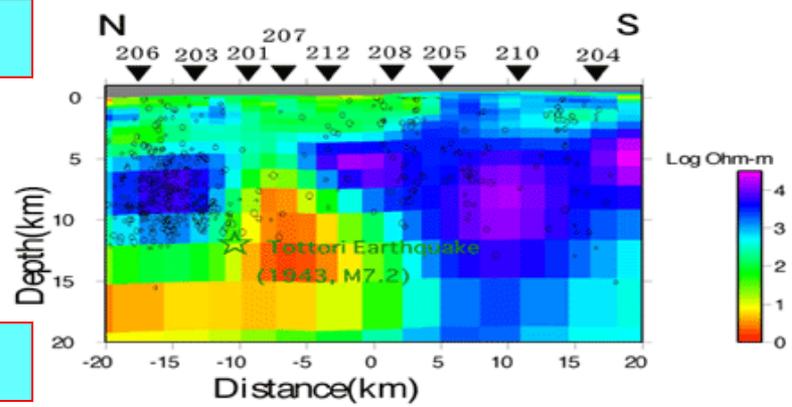
Line A

Swarm activity in 2001



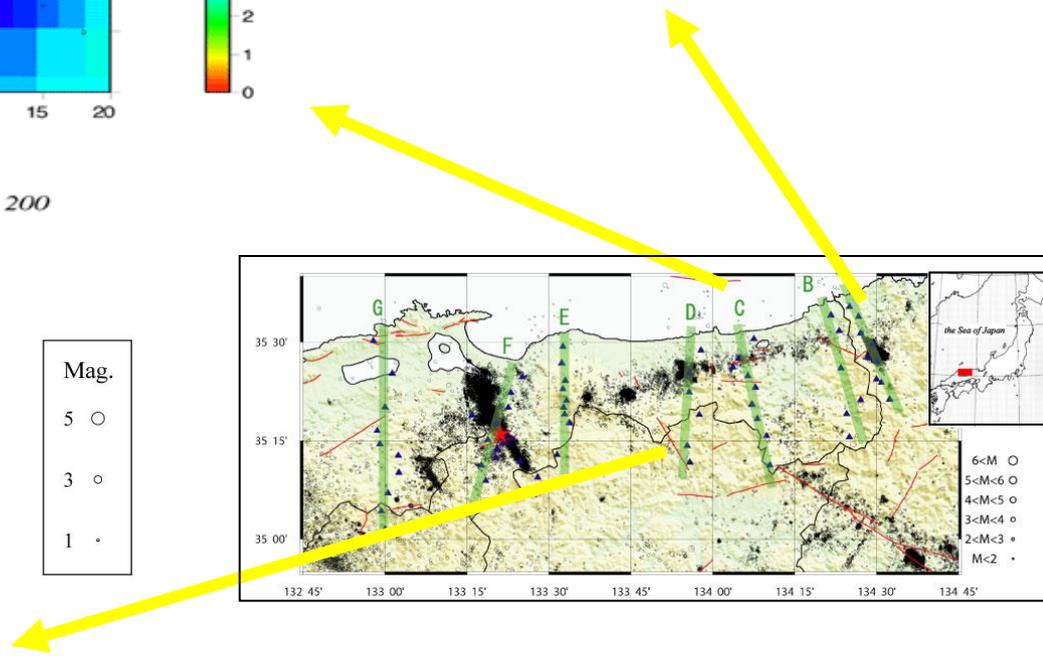
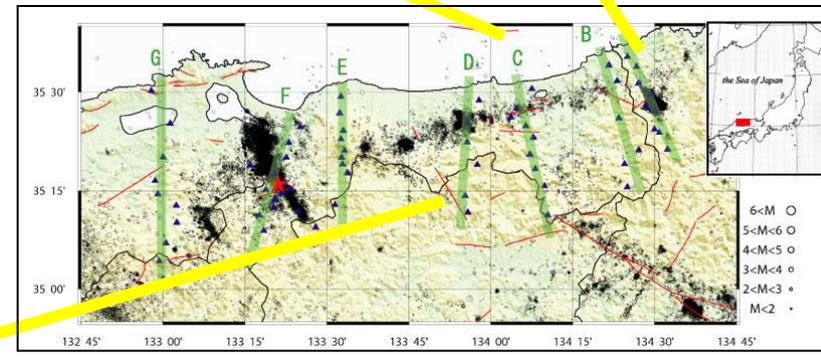
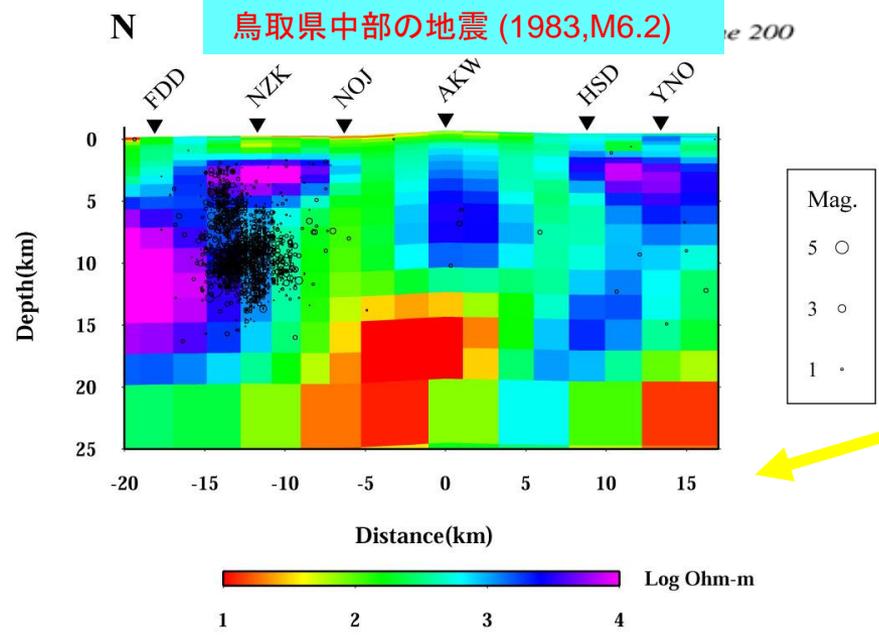
鳥取地震 (1943, M7.2)

Line C



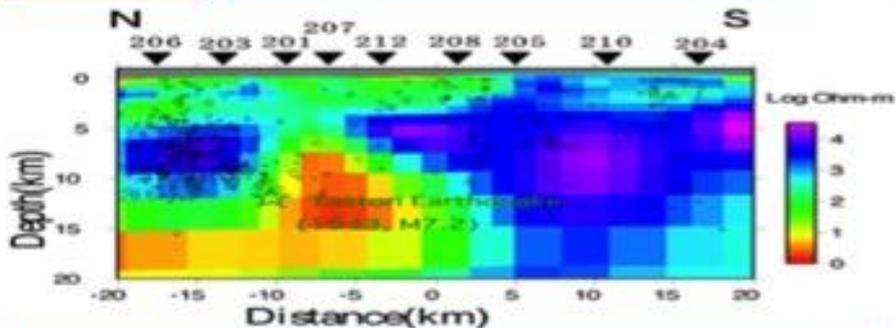
Line D

鳥取県中部の地震 (1983, M6.2)



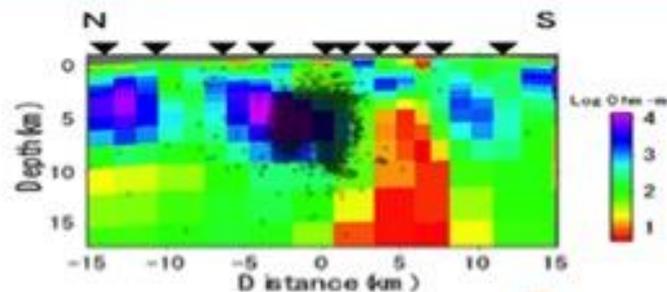
Line C

鳥取地震(1943, M7.2)



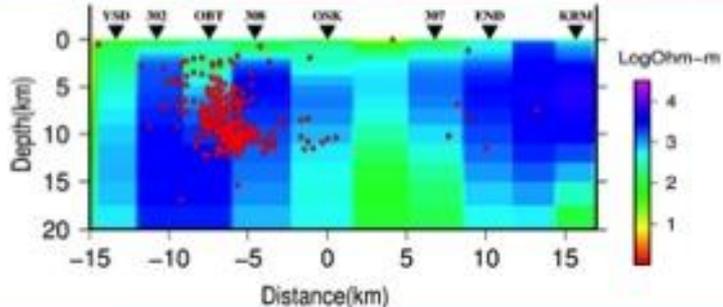
Line A

兵庫県北部の群発地震(2001)



2014年測線

吉岡・鹿野断層の西方延長域



Line D

鳥取県中部の地震(1983, M6.2)

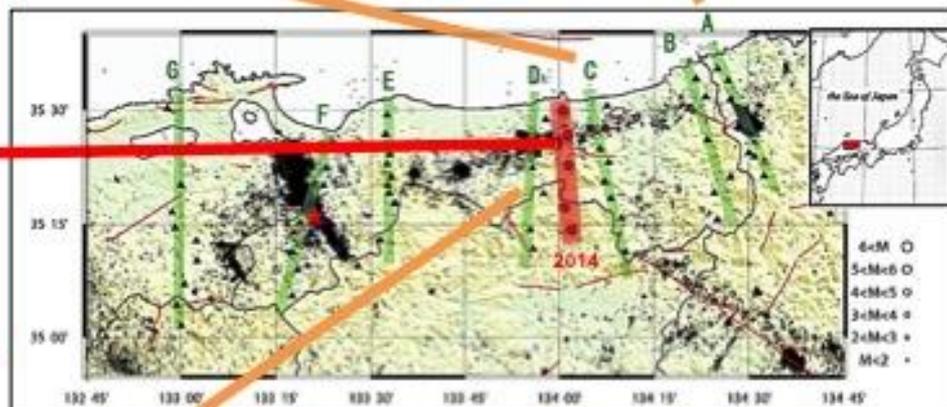
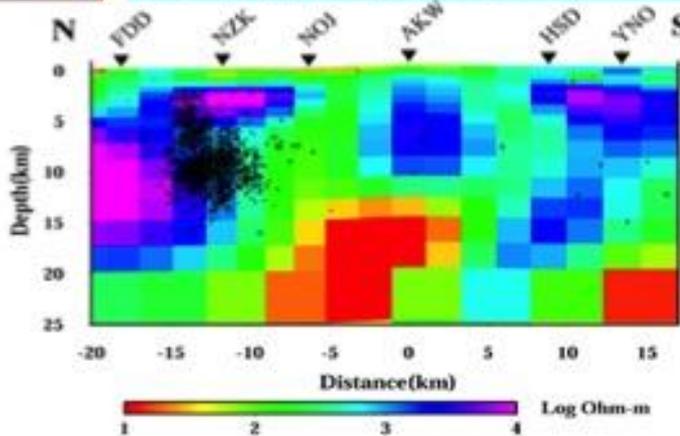


図6-2. 2014年度鳥取県環境学術研究振興事業研究測線2014(鹿野・吉岡断層西方延長域測線)で得られた比抵抗構造断面図(左側中央図)寒色系は高比抵抗, 暖色系は低比抵抗を示す。  
 本研究より鹿野・吉岡断層西方延長地域において得られた比抵抗構造と既存の1943年鳥取地震の地震断層鹿野・吉岡断層及び1983年鳥取県中部の地震震源域を横切る測線で得られた比抵抗構造断面図(左上図及び左下図)とを比較すると, 大局的な比抵抗構造は似ているものの, 比抵抗コントラストが弱いことが示された。これに関連して, **地震学研究よりひずみをもたらす原因と考えられる「やわらかい」領域に対応する可能性が高い低比抵抗領域がこの場所では空間的に連続して線上配列をしていない可能性が示された。**

「若いもんには負けられん」。江府町宮市の住民で組織するボランティアグループ「トンカチ屋さん」(14人、末次寛三男会長)の平均年齢は70歳以

# け合う

(江府町)

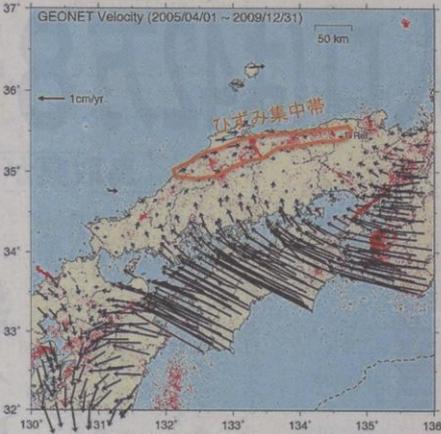
受託作業のほか、医大の学生との交流も師を招いての健康講座一盛んで、昨年は一掃にや料理講習、消火訓練、田植えや稲刈りに汗を流した。祭りのみこを見、大工の技術を持つ物する高齢者のため、重機を操る。最に、広場にはベンチを、高齢の80歳の女性に慰

# 福広く

できることで協力しながら、活動は今年14年目を迎えた。河上英明幹事長(72)は「一年を取って社会に参加できることが生きがいになっている。作

11月に鳥取市扇町のれあい会館であった高校生第1回手話パフォーマンス甲子園」の模範ターネット配信さ観客の感動を呼んだ高校生による手話表したダンス、劇、朗

手話言語条例を鳥取から手話が持つ可能性を発信。予選抜いた全国の高支援学校20校の生た。ダンス、劇、



山陰の「ひずみ集中帯」の位置 (西村卓也准教授提供)



西村卓也准教授

京大防災研究所地震学知研究センターの西村卓也准教授による全国のGPSの観測データを基にした調査で、山陰地方の地下にひずみがたまって活断層に地震が起りやすい「ひずみ集中帯」があることが分かった。これまで活断層が少なく考えられてきた山陰地方だが、大地震を起す活断層が隠れている可能性があるという。同センターは昨年12月から鳥取県を中心に独自のGPS観測点を設けており、1年間で詳しく調べ。

## 大地震起こす断層存在か

京大准教授調査で判明

地域の内部部では見られず、鳥取県から島根県東部の海岸線から内陸部に入った位置にひずみ集中帯が存在するといっ。1995年の阪神淡路大震災、2004年の新潟中越地震、08年の岩手宮城内陸地震はひずみ集中帯で起きてい。ひずみができるのは、日本列島が乗っている陸のプレートの下に太平洋側の海のプレートがもぐり込んでいるとされ、太平洋側では西にずれる動きが観測されている。今回見つかったひずみは太平洋側と離れた所で東にずれており、西村准教授は「地下に伏在する断層があつて、ゆっくりずれているため」と仮説を立て、未知の活断層が存在する可能性を指摘している。

# 山陰に「ひずみ集中帯」

## 参考資料1.

新知見・山陰「ひずみ集中帯」(2015年1月15日NHKニュース全国版, 日本海新聞2月4日版を参考資料1として添付)

京大防災研西村氏による国土地理院GPS電子基準点データ解析により、鳥取・島根北部が南部に対して相対的に東に5mm/年で変位しており、歪みが集中しつつあることが判明した。1995年阪神淡路大震災や2004年新潟中越地震などが、測地学的にはこの「ひずみ集中帯」内で発生したと考えられており、先述の1943年鳥取地震や2000年鳥取県西部地震との関連が示唆された。



同センターは昨年12月、独自に鳥取県内11カ所、岡山県内2カ所にGPS観測点を設置し、1年間でひずみ集中帯の変動を詳細に調べ、活断層の存在の確認などに努める。西村准教授は「鳥取は重要」と話している。防災意識を高めること、

## 「感動」ネット配信

実行員会事務局が出演チームの演技と開会式、表彰式の様子を区切って整理した28本を、動画サイト「YouTube」の手話パフォーマンス甲子園チャンネルで公開した。

# 「中国地域の活断層の長期評価」(第一版)のポイント (概要1)

地震調査研究推進本部 事務局

## 1. 活断層の長期評価

地震調査研究推進本部の下に設置されている地震調査委員会は、防災対策の基礎となる情報を提供するため、地震の規模、発生間隔等の長期予測(長期評価)を実施しています。

従来、陸域の主要な活断層帯(M7以上の地震を想定)を対象として個別に評価を行ってききましたが、M7未満の地震でも被害が生じること、地域によって活断層の特性に共通性があること等から、評価対象を広げ、**地域単位で活断層を評価する「地域評価」**を行うこととしています。

九州地域(平成25年)、関東地域(平成27年)の地域評価に引き続き、このたび、**中国地域**を対象として地域評価を実施しました。

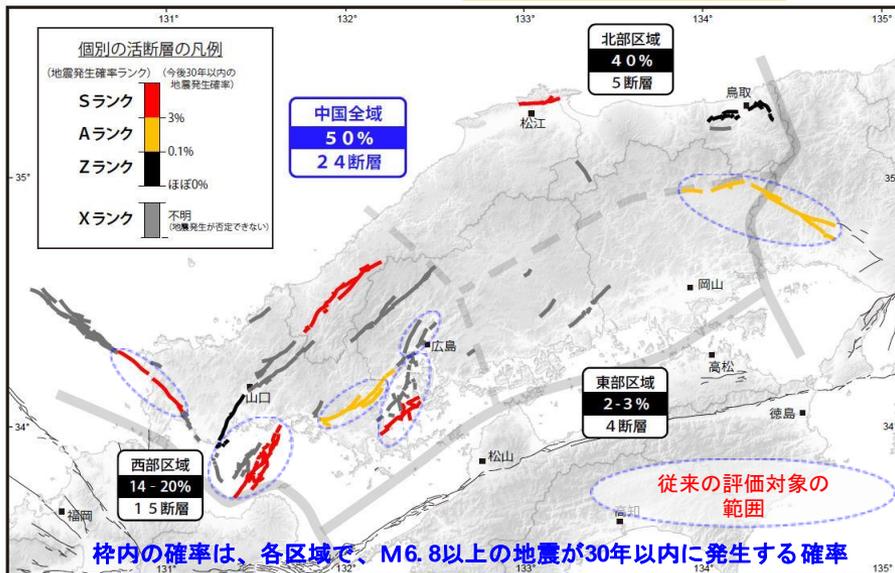
## 2. これまでの活断層の評価と地域評価の主な違い

		従来の活断層評価	新たな地域評価
対象 活断層	規模	M7.0以上	M6.8以上
	場所	陸域のみ	陸域・沿岸海域
	範囲	地表に現れている部分のみ	地下の延長部も推定して評価
評価方法		個別に活断層を評価	・個別に活断層を評価 ・地域単位で活断層を評価

個々の活断層の評価だけではなく、**地域内で発生する活断層による地震の傾向が見えるようにする。**

## 3. 評価対象とした活断層

24活断層



※黒細線は評価対象外の活断層

## 4. 活断層で発生する地震の規模・確率

区域	M6.8以上の地震が30年以内に発生する確率※		活断層	区域内の最大の地震の規模(マグニチュード)
	各区域	中国全域		
北部	40%	50%	鹿野一吉岡断層 ほか4断層	M7.2程度
東部	2-3%		山崎断層帯 ほか3断層	M7.7程度
西部	14-20%		菊川断層帯 ほか14断層	M7.8-8.2程度 もしくはそれ以上

※ これらの確率は、区域内の最大規模の地震が発生する確率を表すものではない

【用語説明】 □□

□比抵抗は、物質に固有な電流の流れにくさを表す物理量でその単位は[Ωm]である。また比抵抗の逆数を電気伝導度と呼び単位は[S/m]である。比抵抗は、物質の違いだけでなく、温度でも変化する。また、比抵抗は、岩石中の間隙水、メルト、低比抵抗間隙充填物（粘度鉱物や炭素皮膜など）の量やその結合のしかたに鋭敏で桁で変化する物理量である（渡辺, 2009）。そのため、比抵抗探査は地震学的な情報とは独立に地殻内の間隙水の存在を推定する有力な手法と考えられている（上嶋, 2009）。 □

□地表で外部起源の地磁気変動とそれにより誘導された地電流を測定し、その両者間の振幅と位相差をもとに地下比抵抗構造を推定する手法を MT 法(Magneto-telluric 法) という。実際には、地表において電場(E)と磁場(H)を観測し、それらの比であるインピーダンス  $Z \propto (E/H)$  を求めて比抵抗の情報を得る。比抵抗  $\rho$  の一様大地では、比抵抗とインピーダンスの関係は次式で与えられる； □

$$r = |Z|^2 / \omega \mu \quad \square$$

ここで、 $\omega$  は電磁波の角周波数、 $\mu$  は大地の透磁率を表す。 □

地球外部起源の電磁波は、導体である大地に侵入するとそのエネルギーが伝導電流として消費されるので深さと伴に減衰する。比抵抗  $\rho$  の一様大地において電磁波の振幅が地表の  $1/e$  に減衰する深さ  $d$  を表皮深度（スキンドープス）と呼び、ある周波数の電磁波がどの深さまでの情報を持っているのかの指標となる。 □

$$d = \sqrt{2r / \omega \mu} = 503 \sqrt{r / f} \quad \square$$

□このため、地下の比抵抗構造が均一であれば、短周期より超周期の電磁場変動の方が、また、特定の周期に着目した場合、電磁場変動は、地下の比抵抗が高いほどより深部の比抵抗構造に関する情報をもつ。 □