

平成 22 年 6 月 2 日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19253002  
 研究課題名（和文）北アナトリア断層西部地震空白域における比抵抗不均質構造と断層活動に関する研究  
 研究課題名（英文）Resistivity structures and fault activities of the seismic gap at the western part of the North Anatolian Fault  
 研究代表者  
 小川 康雄（OGAWA YASUO）  
 東京工業大学・火山流体研究センター・教授  
 研究者番号：10334525

研究成果の概要（和文）：マルマラ海南東岸の陸上の広帯域電磁気データ（35 観測点）の 3 次元解析を行い、1999 年の Izmit 地震の余震分布が低比抵抗異常を避けるように存在することを示した。これは流体の存在が地殻を脆性的にして地震を発生させにくくしていると解釈される。またマルマラ海において 14 観測点で海底電磁気データを取得した。2 次元・3 次元比抵抗構造モデリングによって、北アナトリア断層のアスペリティーに関連した不均質構造が明らかにされつつある。

研究成果の概要（英文）：We have analyzed 35 wide-band magnetotelluric data at Armutlu peninsula, where we had aftershock activity of 1999 Izmit earthquake, and found the earthquakes distribute outside of the crustal conductors. We also obtained 14 ocean-bottom magnetotelluric data in the Marmara Sea in the period range of 100-10,000 seconds. After preliminary 2d, 3d modeling, inhomogeneous resistivity structures are being revealed in relation to asperities.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	15,500,000	4,650,000	20,150,000
2008年度	13,500,000	4,050,000	17,550,000
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
年度			
年度			
総計	33,500,000	10,050,000	43,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 自然災害科学

キーワード：北アナトリア断層、電磁気観測

## 1. 研究開始当初の背景

総延長1200kmにわたる北アナトリア断層は、20世紀には活動的な断層セグメントが西方に移動しながら地震を断続的に発生させており、最近では1999年にイズミット地震、デ

ュズジェ地震を発生させた。次の地震は、イズミット地震の震源域の西部延長にあたるイスタンブール沖のマルマラ海域に想定されており、断層の構造を解明することが重要である。

## 2. 研究の目的

これまでの研究から、1999年イズミット地震の破壊開始点近傍は高比抵抗域の境界部に位置していること、余震活動が高比抵抗域に局在化し、低比抵抗域では余震活動が低いことがわかってきた。これらのことは、高比抵抗域が断層固着域としてのアスペリティーに対応していることを示しているようにみえる。

一方、次に大地震が発生すると予想されている北アナトリア断層西部においては、断層が海域にあることからそのセグメント構造が必ずしも明らかになっていない。そこで本研究では、マルマラ海において電磁探査を行い、アスペリティーを高比抵抗異常として特定することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) Armutlu 半島の3次元解析

まずマルマラ海南東部の Armutlu 半島の陸上の広帯域電磁気データ (35 観測点) を用いて3次元比抵抗構造逆解析をおこなった。これまでこのデータを使って局所的な2次元解析しか行われていなかったのが、これによって、海域のデータとの併合解析の下地ができた。さらにこれまでデータの取得されていないマルマラ海南岸および西部のマルマラ島周辺で広帯域 MT 観測を実施した。

### (2) マルマラ海における海底電磁気観測

海域では、本研究費にて海底電磁気観測装置 (Kasaya & Goto, 2009) 2 台を購入し、これに海洋研究開発機構の現有の4台と合わせて、観測を実施した (第1図)。観測装置の磁場のセンサーは、3成分フラックス磁力計であり、電場のセンサーは差し渡し4mのアームの端に銀-塩化銀電極を装着したものである。機器の設置は、図2のように機材を船からアームで吊り下げて行う。設置後の機器の傾きをモニターするために、磁力計と同じ筐体に傾斜計が装着されている。機器の回収のためには、電蝕によって錘を切り離すのだが、電蝕開始の信号は船上から音響にて与える。錘を切り離すと4mのアームがたたまれる構造になっているので、回収は小型船でも可能である (図3)。また、実際の観測では、漁業活動によって機器の姿勢が大きく影響される事態が発生し、設置した17観測点のうち3観測点では十分なデータを回収することができなかった。

## 4. 研究成果

### (1) Armutlu 半島の3次元解析

1999年の Izmit 地震によってマルマラ海東部の Armutlu 半島に誘発された余震と比抵抗構造の関連を検討した。35 観測点の広帯域 MT データを用いて3次元比抵抗モデル解析を行い、余震が低比抵抗異常を避けるように分布していることを見出した。

### (2) マルマラ海における海底電磁気観測

マルマラ海における北アナトリア断層のアスペリティーを探るために、3ヵ年間で14観測点において海底電磁気観測データを取得した。機材は海洋研究開発機構および東工大の所有する海底電磁気観測装置 (Kasaya & Goto, 2009) で、サンプリング周波数8Hzにてそれぞれ約3週間の観測を行った。17観測点を3測線に配置した (第1図)。東西の2測線はそれぞれのセグメントの中央部を横断するもので、その間にセグメント境界を横断する測線を設定した。

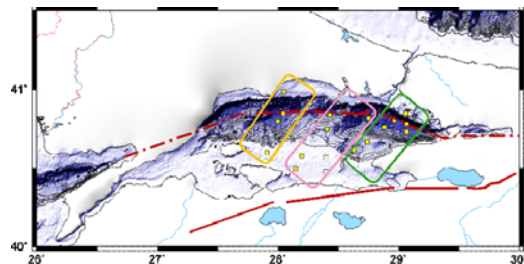


図1 マルマラ海の実地電磁気観測点



図2 海底電磁気観測装置の設置風景

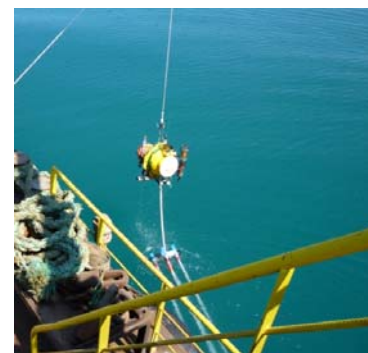


図3 海底電磁気観測装置の回収風景

ほとんどの観測点で、周期 100 秒から 10,000 秒において良好なデータが取得された (図 4)。データ解析に先立って海底地形のある 2 次元および 3 次元構造に対する順モデリングを行ない、電場が海底地形に沿う場合には海底地形が大きく影響することを確認した。この影響は、特に短周期側で強い。実際に図 4 の観測例でも、300 秒より短周期側では、海底地形による異常な位相が xy モード (赤丸) で観測されている。

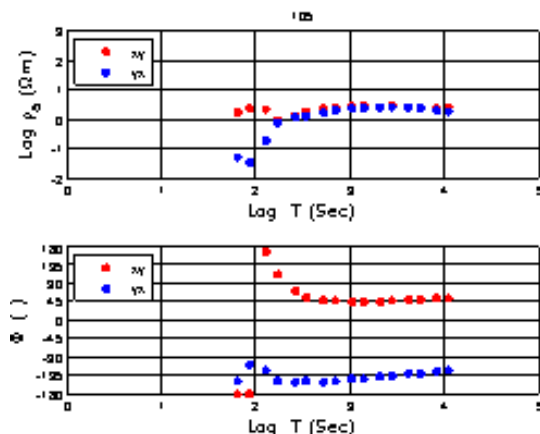


図 4 探査曲線の例。上が見かけ比抵抗、下がインピーダンスの位相である。

また 2 次元構造については、海底地形を考慮した逆モデリングコードを作成した。プレリミナリーな 2 次元逆解析の結果、マルマラ海の南東部の下部地殻あるいは上部マントルに低比抵抗異常が存在することが明らかにされつつある。今後さらに解析を進めて、マルマラ海の 3 次元不均質構造を解明してゆく必要がある。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

① T. Kasaya, T. Goto, A small ocean bottom electromagnetometer and ocean bottom electrometer system with an arm-folding mechanism (Technical Report), Exploration Geophysics, 40, 1, 41-48, 2009 査読有り

② T. Kasaya, T. Goto, K. Baba, M. Kinoshita, Y. Hamano, Y. Fukao, Recent progress of the Electro-Magnetic survey to investigate Earth's interior, JAMSTEC Report R&D, Special Issue, 103-110, 2009 査読有り

③ 笠谷貴史, 海底電位磁力系, 物理探査学会, 物理探査ニュース, 3, 8-9, 2009. 査読無し

[学会発表] (計 16 件)

① T. Kaya, Y. Ogawa, T. Kasaya, S. B. Tank, M. K. Tunçer, N. Oshiman, Y. Honkura, M. Matsushima, 2D Ocean Bottom Magnetotelluric modeling beneath the Marmara Sea, Turkey, 20th induction workshop, 2010 年 9 月, Giza, Egypt

② T. Kaya, Y. Ogawa, T. Kasaya, B. Tank, M. K. Tuncer, N. Oshiman, Y. Honkura, M. Matsushima, Preliminary Results from the 2D Ocean Bottom Magnetotelluric modeling beneath the Marmara Sea, Turkey, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2010 年 5 月 26 日, 幕張

③ S. B. Tank, Y. Ogawa, Y. Honkura, M. K. Tuncer, N. Oshiman, M. Matsushima, T. Kaya, E. Tolak, Role of crustal conductors at fault dynamics. A Case study: Armutlu Peninsula, Turkey, CA 研究会, 2010 年 2 月 16 日, 東京大学地震研究所

④ T. Kaya, Y. Ogawa, T. Kasaya, S. B. Tank, M. K. Tuncer, N. Oshiman, Y. Honkura, M. Matsushima, Modeling ocean bottom MT data at Marmara Sea, Turkey, CA 研究会, 2010 年 2 月 16 日, 東京大学地震研究所

⑤ S. B. Tank, Y. Ogawa, Y. Honkura, M. K. Tuncer, I. I. Rokityansky, Three-dimensional Electrical Resistivity Imaging of Duzce Fault, Turkey by Magnetotellurics, AGU fall meeting, 2009 年 12 月 16 日, San Francisco.

⑥ Kasaya, T., T. Goto, K. Baba, M. Kinoshita, Y. Hamano and Y. Fukao, Recent progress of the Electro-Magnetic survey using ocean bottom electro magnetometer, The 13th International Symposium on Recent Advances in Exploration Geophysics (RAEG 2009), 2009 年 10 月 16 日, 京都大学

⑦ タンク プレント, 小川 康雄, 本蔵 義守, Tuncer M. Kemal, Three-dimensional MT Imaging of Armutlu Peninsula, Turkey, 地球電磁気地球惑星圏学会, 2009 年 9 月 27 日, 金沢大学

⑧ S. Bulent Tank, Y. Ogawa, Y. Honkura, M. K. Tuncer, T. Kaya, Imaging the electrical resistivity structure at the vicinity of Duzce earthquake, Turkey, 11th IAGA General assembly, 2009 年 8 月 25 日, Sopron,

Hungary

⑨ タンクブレント, 小川康雄, 本蔵義守, M.K. Tuncer, 大志万直人, 松島政貴, K.Tulay, トラクエリフ, Imaging the electrical resistivity structure at the vicinity of Duzce earthquake epicenter, Turkey 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2009 年 5 月 17 日, 幕張

⑩ S.B.Tank, Y. Ogawa, Y.Honkura, N.Oshiman, M.K.Tuncer, M.Matsushima, E..Tolak, T.Kaya, I.Rokityansk, Imaging the electrical resistivity structure of Duzce Fault, Turkey, CA 研究会, 2009 年 2 月 17 日, 京都大学防災研究所, 宇治

⑪ Ogawa, Y., T. Kasaya, S.B. Tank, M.K. Tuncer, Y. Honkura, T. Kaya, E. Tolak, N. Oshiman, M. Matsushima, and S. Nagaoka, Ocean Bottom Magnetotelluric Measurements for Imaging of the North Anatolian Fault Zone at the Marmara Sea, Turkey, 19th Electromagnetic Induction Workshop, 2008 年 10 月 28 日, Beijing, China

⑫ Tank, S.B., Y. Honkura, Y. Ogawa, M. Matsushima, N. Oshiman, M.K. Tuncer, E.Tolak, Imaging Deep Electrical Resistivity Structure at the Eastern Part of the Aegean Region by Magnetotellurics Method, 19th Electromagnetic Induction Workshop, 2008 年 10 月 24 日, Beijing, China

⑬ S. Kaya, S.B Tank, Y. Honkura, Y. Ogawa, T. Kasaya, M. Matsushima, M.K. Tuncer, E.Tolak, Imaging of South Marmara Region in Turkey by Magnetotellurics,, 19th Electromagnetic Induction Workshop, 2008 年 10 月 24 日, Beijing, China

⑭ トラク エリフ, 大志万直人, タンクブレント, Tuncer M. Kemal, セリク センギス, 本蔵義守, 小川康雄, 松島政貴, 吉村 令慧, Investigation of the western part of the North Anatolian Fault Zone by Magnetotelluric Method、地球電磁気・地球惑星圏学会, 2008 年 10 月 10 日, 仙台

⑮ Ogawa, Y., T. Kasaya, Y. Honkura, N. Oshiman, M. Matsushima, S. Nagaoka, S. Bulent Tank, M.K.Tuncer, "e-AIMS" (Electromagnetic Asperity Imaging at Marmara Sea), 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008 年 5 月 29 日, 幕張

⑯ トラク エリフ, 大志万直人, タンクブ

レント, Tuncer M.Kemal, セリク センギス, 本蔵義守, 小川康雄, 松島政貴, Electromagnetic images in the western part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 2007 年 9 月 30 日, 名古屋大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

小川 康雄 (OGAWA YASUO)  
東京工業大学・火山流体研究センター・教授  
研究者番号: 1 0 3 3 4 5 2 5

##### (2) 研究分担者

本蔵 義守 (HONKURA YOSHIMORI)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号: 0 0 1 1 4 6 3 7

大志万 直人 (OSHIMAN NAOTO)  
京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号: 7 0 1 8 5 2 5 5

伊東 明彦 (ITO AKIHIKO)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号: 7 0 1 3 4 2 5 2

松島 政貴 (MATSUSHIMA MASAKI)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号: 2 0 2 4 2 2 6 6

笠谷 貴史 (KASAYA TAKAFUMI)  
海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・研究員  
研究者番号: 9 0 3 7 3 4 5 6

##### (3) 連携研究者

なし