

トルコ共和国北アナトリア断層帯西部域での40年にわたる共同研究の概要

京都大学防災研究所

大志万 直人

Overview of Forty Years of Joint Research between Japan and Turkey in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone

Naoto Oshiman

The Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Abstract

In this report, the joint international research on the North Anatolian fault zone (NAFZ) is overviewed. The joint research between Japan and Turkey was initiated in 1980 and started in 1981. The target area is the western part of the NAFZ, where was pointed out as a seismic gap by Toksoz *et al.* (1979). In the 80s, we made the multidisciplinary research mainly along the Iznik-Mekece fault, which is one of branch faults in the western part of the NAFZ. And in the 90s, seismic observation network was extended towards the northern branch of NAFZ (the Izmit-Sapanca fault zone). In Aug., 1999, the Kocaeli earthquake occurred in the seismic gap pointed out by Toksoz *et al.* (1979). Before, during and after the earthquake, broad-band magneto-telluric survey was conducted. Since then, deep resistivity structure around the NAFZ has become a very important theme of the joint project.

1. はじめに

2019年度のCA研究集会は地震研究所の共同利用の制度を用いて開催された。この研究集会は「2019-W-07 代表：吉村令慧（京都大）「地球電磁気学研究における国際共同観測研究の現状と未来-普遍性と地域性の理解のために-」とのタイトルのもと、現在までに実施されてきた、さまざまな国際共同研究の取り組みに関して報告し、今後の国際共同研究の企画の際の参考にするとというものであった。この情報交換の趣旨に沿って、本報告では、これまでトルコ共和国との共同研究に携わった一人としてその概要を報告する。

2. 共同研究開始の経緯

トルコとの共同研究の開始は1981年にまでさかのぼるが、その準備期間を考えると実は、1980年が開始の年として位置付けられるかもしれない。当時のトルコ側の研究代表者はイスタンブール大学のイシカラ助教授（当時）（Isikara：正しくは「ウシュカラ」と発音すべきだが。イシカラ教授は85年ごろ以降、Bogazici[「ボアジチ」大学に移動。それ以降はボアジチ大学との共同研究として継続さ

れた)で、主要なトルコ側共同研究者として同じくイスタンブール大のKolcak (Kolcak) 助教授(当時)が参加されていた。私は当時東京工業大学の大学院博士課程の1年生であった。

イシカラ助教授は、東京工業大学の力武常次教授(1960年当時、東京大学地震研究所)が1960年前後にイスタンブール大学の客員教授として滞在されていた時の教え子であり、Kolcak助教授は若いころ日本の留学経験があり、2年間ほど建築研究所で学んでいるという、日本と関係の深い方々であった。

1980年の9月に開催されていたイスタンブールでの国際会議に力武教授が出席されていた際に、イシカラ助教授が地震予知に関する観測研究を、日本との共同研究としてやりたいと強く申し出たことから、東京工業大学の本蔵義守助教授(当時)を研究代表者として、40年にわたるトルコとの共同研究がスタートした。

研究対象地域は北アナトリア断層西部域であった。この地域は、Tokzos *et al.*(1979)が、アナトリア断層帯に沿って発生した大地震($M>5.9$)を解析し、1939年に北アナトリア断層の東部で発生したM7.9のエルズルム地震後、地震の発生が断層沿いに東進する活動とともに、M7クラスの地震が西進傾向を示し、その両端に当たる西部域と東部域に地震の空白域が二つ存在していることを指摘していたが、そのうちの西部域であった(図1に対象地域の活断層の分布状況を示す)。

現地での最初の調査観測は1981年7月24日~8月23日の37日間の期間であった。日本学術振興会の「国際共同研究」からのサポート(研究代表者:東京工業大学・本蔵義守助教授「当時」)を受けての調査実施であった。この観測期間の前に、トルコから、Kolcak助教授がまず日本を訪れて情報交換を行い、その後イシカラ助教授も日本を訪れ2カ月ほど滞在し情報交換・打ち合わせが行われている。

現在と違って当時は、トルコ共和国に関する情報が日本では少なく、少なくとも私は、トルコに関する知識をほとんど持ち合わせていなかった。その意味でもKolcak助教授とイシカラ助教授は私のファーストコンタクトのトルコ人であったと言える。

1981年のトルコ共和国は、1980年9月の軍事クーデタ直後で、街の至る所に兵士(PM)がマシンガンを構えて警戒中で、初めての海外ということもあり非常に緊張しながら街中を歩いたことを思い出す。

3. トルコとの共同研究の概要

共同研究の内容は、81年のスタート時は主に地球電磁気学的な活断層調査が主なものであったが(Honkura *et al.*, 1985; Isikara *et al.*, 1985)、82年以降には日本側のメンバーによる地形学・地質学的活断層調査(例えば、Ikeda *et al.*, 1991)が、また、86年からは微小地震観測の実施(例えば、Iio *et al.*, 1991; Ito *et al.*, 2002)が追加されるというようにその内容は拡張されてきた。これら主要テーマの概要に関しては以下のようにまとめることができる。

- 1) 各種の手法による活断層調査
- 2) 地殻活動電磁気学的モニタリング(全磁力連続観測点の設置)
- 3) 微小地震観測(短期的な観測と観測網の設置)

- 4) 広帯域MT観測による断層周辺の比抵抗構造
- 5) INTERMAGNET 観測点の構築

このうち、1)から3)のスタート時期は、すでに上に述べたように必ずしも同時ではないが全期間を通じて実施されてきた項目と言える（80年代の活動の概要は、Honkura and Isikara (1991)を参照されたい）。そのうち3)に関しては、アナトリア断層帯に展開するための安価なプロトン磁力計の開発ということも含まれており、全磁力連続観測点として本格的に運用が始まったのは1987年以降である(Oshiman *et al.*, 1991)。

現在、すでに撤収された観測点もあるが、現在も約半数の観測点が継続され、そのうちの1点は、全磁力観測に加えて地磁気3成分観測を行うための観測所(IZN)として整備され、項目5)の構築へとつながっている(能勢, 2005)。そして、全磁力観測網での1988年~2010年の期間の全磁力値、および、IZNで観測された2005年~2010年の期間の3成分観測データを用い地磁気の太陰・太陽日変化の解析を行った Celik *et al.*(2012)のような成果もある。

一方、項目4)の広帯域MT観測による断層周辺の比抵抗構造に関する共同研究は、1999年8月17日に発生したKocaeli地震(M7.4)の発生の20日ほど前から実施していた観測(Honkura *et al.*, 2000; 本蔵, 2000; 大志万, 2000; 本蔵他, 2000を参照)が最初の広帯域MT観測となるが、99年以降の共同研究では、広帯域MT観測によるNAFZ西部地域周辺の深部比抵抗構造解明が、共同研究としての主要なテーマとなった(Oshiman *et al.*, 2002; Tank *et al.*, 2006; Tank *et al.*, 2005; Kaya *et al.*, 2013)。

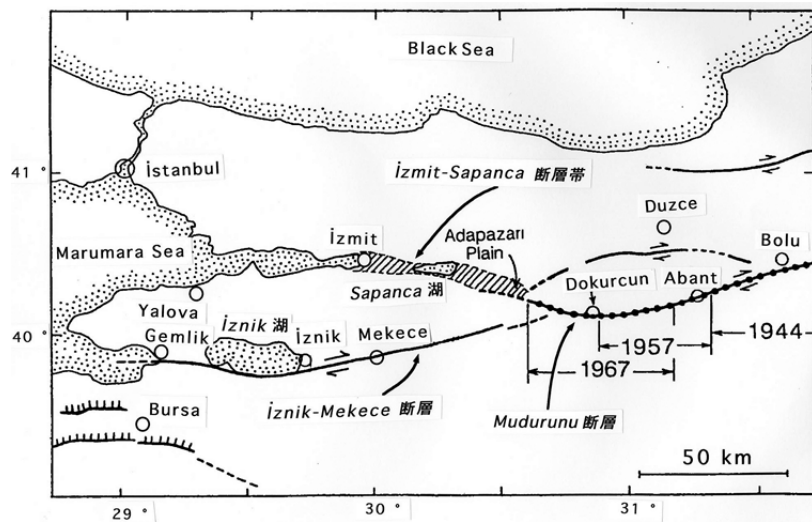


Fig.1: Active faults in the western part of the NAFZ (after Ikeda *et al.*, 1991).

図1：トルコ北アナトリア断層帯西部域における活断層分布。数字は過去の地震発生年と地震断層の範囲を示している (Ikeda *et al.*, 1991)に地名等を日本語で加筆)。1999年のコジャエリ地震は図のIzmit-Sapanca断層帯を地震断層とする地震である。

ユネスコが地震予知研究のためのテストフィールドとして指定したこともあり、1980年代は、図1

に示される NAFZ 西部域では、Mudurunu 断層と表記されている 1967 年 Mudurunu 地震を引き起こした活断層をカバーする地域では、西ドイツの研究グループがトルコ・アンカラの地震研究所との共同研究を実施しており、また、Izmit-Sapanca 断層帯と表記されている断層帯を含む地域（北アナトリア断層帯西部域の北側の分岐断層帯の地域）では、英国の地質調査所がボアジチ大学カンディリ観測所と微小地震観測網による共同研究を行っていた。そのため 1986 年からの日本とボアジチ大学カンディリ観測所との共同研究の対象地域は、主に、Iznik-Mekece 断層と記された、アナトリア断層帯の南側の分岐断層の周辺地帯となった。これはトルコ側の対象地域がオーバーラップしないようにという希望からであった。しかし、英国は 90 年代に入ってからプロジェクト経費の関係から撤退した。そこで日本チームが微小地震観測網をより北側に広げ、1999 年の地震発生前には図 2 の黒三角と黒四角で示すような観測点分布の観測網となっていた。

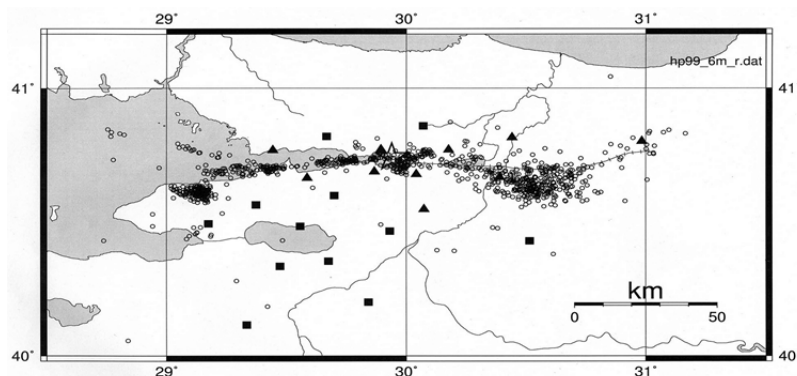


Fig.2: Epicentral distribution of the main shock (a star) and aftershocks (circles) of the 1999 Kocaeli Earthquake (M7.1). Black triangles and squares indicate seismic stations. (after Ito *et al.*, 2002)

図 2 : 1999 年コジャエリ地震の震央 (星印) と余震活動の震央分布。黒三角と黒四角は地震観測点を示す (Ito *et al.*, 2002)。

共同研究の経費のサポートは、1981 年～2000 年の期間は日本学術振興会の国際共同研究、科研費の海外学術調査 (いずれも研究代表者は本蔵義守・東工大教授) とボアジチ大学の経費で、コジャエリ地震直後には、一部振興調整費からのサポートが得られた。2001 年以降は、主に小川康雄・東工大教授が研究代表者の科研費 (海外学術調査) によるサポートである。

また、項目 5) に関しては家森俊彦・京大教授が研究代表者の科研費とボアジチ大学に経費によっている。

この間の観測機材の輸送においてはトルコ航空の多大な支援を受けた。ここに特に記しておきたい。それから、JICA の研修制度、文部科学省の国費留学生、日本学術振興会の「論文博士号取得希望者に対する支援事業 (論博プログラム)」などの制度による、若い人材の受け入れも行われてきた。

また、1998 年までには、ボアジチ大学カンディリ観測所は、我々が調査活動の拠点としていたイズニック (Iznik) に宿泊設備を備えた観測所 (写真 1) を完成させ、1999 年夏の観測調査ではこの施設を初めて利用することができ、それ以降も、この施設が調査観測活動の拠点となってきた。現地

時間の午前 3 時過ぎに発生したコジャエリ地震の際には、この観測所に宿泊中であった。



Photo 1: Iznik Observatory, Kandilli Observatory, Bogazic University.

写真 1 : 1999 年当時のボアジチ大学カンディリ観測所のイズニック観測施設

4. 海外での観測・調査の実施に関して考慮すべきこと

特に国立大学の法人化以降、海外調査に関しての危機対応マニュアルなどが整備され、学生用に野外調査に関する注意事項を記した冊子が整備されてきていることや海外出張時の緊急連絡網などの管理が行われているため、十分な危機管理ができる（もしくは、しなければならない）状況ではあると思うが、この節では、40 年間の海外調査・観測で、実際に体験したことを踏まえ、事前に十分考慮しなければならないことを簡単に記しておきたい。

トルコでの経験から、一般論として、事前に以下の 6 点に関しては検討しておくべきかと考える。

- ① 国内のようにどの地域でも自由に調査できるとは限らない。
- ② それぞれの国の事情で、日本国内では何でもないものが機密情報である場合もある。
- ③ 研究のための資料であっても、簡単に国外に持ち出せない場合がある。
- ④ 病気への対応（免疫の無い病気がありうる）
- ⑤ 通信手段の確保
- ⑥ 実施そのものが国際情勢に左右される場合がある。

事項①に関しては、トルコの 80 年代の場合、80 年のクーデタ後ということもあり軍事施設周辺は調査が難しかったことは当然として、トルコにある文化的遺跡の保護の観点から、届の無い調査は禁止されていたようで、特に外国人が行う調査に関しては事前申請と許可が必須であった。

ただし、我々はトルコ側の研究者と行動を共にして調査を行うため、先方の大学側で、こういった事前申請等はカバーしてもらっていたが、86 年頃までは調査許可証のような書類のコピーを携帯する必要があった。その後は、調査地域の関係機関に事前にトルコ側で交渉を行ってもらうのみで、特に、許可証の携帯というようなことはなくなった。

事項②に関して、トルコの例で言うと、多分、地政学的理由からだと思うが、2万5千分の一の地形図の購入が不可能で、国の大きな機関で所有しているものを借り出して使用するという事しかできない。しかも、必要な地域の地形図がすでに貸し出されている場合や、すべての地域をカバーした地形図セットをその機関が所有しているわけでもない場合もある。81年の調査に先立って、かろうじて入手できた地図は、ドイツでも販売されていた20万分の一の地形図やアメリカの戦略空軍の作成した50万分の一の地図のみであった。

そして、トルコ国内で販売されている地図と言えばロードマップのみであったが、地図と呼べるようなものではなく、町や大きな村の位置が記載され、その間を結ぶ道路が描かれているだけであった。旅行の際にはそれなりに役には立つが、プロファイルに沿った観測点探しなどには到底活用できないようなものであった。したがって、90年代以降ハンディGPSが利用できるようになり、自分の位置を正確に確定することは可能になっても、特に森林地帯のような地域では、希望の地点に至る経路を探すのに非常にこずった。こういった状況は2000年代にはいっても基本的には変わらないが、スマートフォンによるグーグルマップなどを活用できる地域も出てきたことで、現地での測点探しが多少は楽になってきている。

事項③に関しては、我々の共同研究の遂行上は大きな問題は生じなかったが、例えば小包郵便で物品をトルコ国外に送ろうとすると、小包取り扱い専門郵便局に行き、そこで担当官の立会いの下に封をして発送を依頼することが必要であり、逆に、外国から小包が届いても、その郵便局に取りに行かなければならなかった。

現在は、国際宅急便などの利用ができるようになってきているので、状況は改善していると思われるが、いずれにせよ、荷物の出し入れには時間がかかることがあることを認識しておく必要がある。

事項④に関しては、調査期間が一カ月以上にも及ぶ場合、十分考慮すべき事項である。トルコの場合、どうしても活動しやすい夏季に調査観測の期間を設定することになるが(9月から翌年の4月ごろまでは雨季にあたり、雨が多くなり、フィールドの土が非常にぬかるむため調査活動に支障が出てしまう)、夏場は非常に乾燥していて暑いので、フィールドにいると非常にのどが渇く。このため、どうしても、水分の補給が頻繁に必要となる。

80年代前半のころは、水などは村々で調達していた。店がありミネラルウォーターが手に入ればよいが、村共同の水汲場などの水でのどの渇きをいやすということを行っていた。その場合、単に、生水を飲んで腹を壊すだけではなく、体力が落ちている場合にはA型肝炎などに感染する可能性がある。

実際にA型肝炎の感染者が出てしまったことがあり、80年代後半からは大量のミネラルウォーターを車に積み込んで調査に出かけるようになった。これは、ペットボトルに入ったものが増え、それまでガラス瓶に入っていたものに比べ持ち運びに便利になったこともある。山の中の湧き水であるから大丈夫と考えるのは間違いで、トルコでは山地でも階段状に平らな地形があり、湧き水のさらに上にも村があり、家畜を飼っている場合が多く、水が汚染されている場合がありうる。

さらに、病気といえば、狂犬病には十分気を付ける必要がある。発病すれば100%死亡する病気で、犬だけでなく、哺乳動物にかまれると感染する可能性がある。事前に予防注射を受けておくほうがよいが、そうでなく咬まれた場合には、すぐに病院に行き第1回目の予防注射を受け、約1月あけて2回目の予防注射を受ける必要がある。その間に、発病しなければ大丈夫であろうという恐ろしい病気

である。

トルコでは義務付けられているにもかかわらず犬に予防注射を打っている飼い主は少ないと思われる。一度、飼い犬にかまれた人があわてて病院に行き、注射を打ってもらったという例に遭遇したことがある。2回目の注射は1回目から1月ほどあける必要があるため、それまでに帰国することになった場合は日本で2回目を受けることになるが、その際に1回目にどのような注射を打ってもらっているかが分かるように、アンプルの入っていた箱などを持ち帰る必要がある。

最近では、滞在中に、鳥インフルエンザ（トルコ国内での発症はなかったが世界中のニュースで報道されていた）、蚊による西ナイル熱、さらには、真ダニによるクリミア・コンゴ出血熱の発生に関して、毎日、新聞やテレビのニュースでその発症状況が報道されていた年もあった。

事項⑤に関しては、81年当時から現在の状況を考えると大きな変化があった。現在は、日本で使用している携帯、スマートフォンをそのままトルコでも使用でき、時間のずれをほとんど感じることなく通話できる。また、インターネットにより、トルコ国内のほぼどこにいてもメールのやり取りも行える。

80年代の通信手段としては国際電話が利用できたが、申し込んでしばらく待たなければ、つないでもらえなかったし、観測地域にいる場合には電報電話局に行き、ジエトン（硬貨ではなく電話用の特別のコインのようなもの。金属コイン状のテレフォンカードか）をあらかじめ多量に購入し、国際電話を申し込む必要があった。

それ以外の通信手段としては、大学のような機関で持っていた **TELEX** という通信手段があった。これは、所属機関に、通信文書の形式で申し込んで打ってもらう必要があった。いわばそれぞれの機関が直接打てる電報のような通信手段である。

したがって、滞在期間は、ほぼ日本の状況から切り離されたような状態になる。そういう意味では、海外にいても、常に日本からのメールに振り回される現在よりも、調査活動に専念できる良い状況だったかもしれない。しかしながら、特に最近では、現地で購入できる通信用 **Sim** を活用し、常時インターネット回線に接続できるようにすることが欠かせない状況である。

80年代後半からは家庭用 **FAX** が安く販売されるようになり、かつ、国際電話の回線数も増え国際電話を申し込むというような手順はなくなり、ダイヤルで直接電話することが可能になり図を含む文書も容易に送信・受信ができるようになった。

事項⑥に関してはトルコの周辺国での国際情勢にかかわるものであり、特段の記述は不用であろうが、平和な状況が担保されないと国際共同研究の実施額可能であることは言うまでもないことである。

5. まとめ

以上、トルコとの共同研究がスタートした時の経緯と調査・観測を通して体験した教訓に関して、簡単に述べてきたが、本報告の最後に、調査・研究の成果に関しての論文、解説・エッセイを参考文献リストとして、また、プロジェクトの報告書のリストを、それぞれ年代順にあげておく。ただし、このリストは完全なものではないことも留意されたい。また、図1に示す共同研究の対象地域に直接関係しない成果であっても、トルコからの留学生が執筆した主な論文も、併せてリストアップしてある。

参考文献

- Toksoz, M. N., A. F. Shakal and A. J. Michael, Space-time migration of earthquakes along the north Anatolian fault zone and seismic gaps, *Pageoph.*, **117**, 1258-1270, 1979.
- Honkura, Y., A. M. Isikara, D. Kolcak, N. Orbay, S. Sipahioglu, N. Ohshiman, and H. Tanaka, Magnetic anomalies and low ground resistivity as possible indicators of active fault location: preliminary results of electric and magnetic observations from the western part of the North Anatolian Fault Zone, *J. Geomag. Geoelectr.*, **37**, 169-187, 1985.
- Isikara, A. M., Y. Honkura, N. Watanabe, N. Orbay, D. Kolcak, N. Ohshiman, O. Gundogdu, and H. Tanaka, Magnetic anomalies in the western part of the North Anatolian Fault Zone and their implications for active fault structure, *J. Geomag. Geoelectr.*, **37**, 541-560, 1985.
- 大志万直人、オスマンのトルコ滞在記、日本大学文理学部「学叢」、第49号、99-114、1991.
- Iio, Y., C. Gurbuz, K. Nishigami, A. Pinar, N. Aybey, S. B. Ucer, Y. Honkura, and A. M. Isikara, Microseismic activity around the western extension of the 1967 Mudurnu earthquake fault, *Tectonophysics*, **193**, 327-334, 1991.
- Ikeda, Y., Y. Suzuki, E. Herece, F. Saroglu, A. M. Isikara, and Y. Honkura, Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian fault zone in the Mudurnu Valley, western Turkey, *Tectonophysics*, **193**, 335-345, 1991. Honkura, Y. and A. M. Isikara, Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, **193**, 347-357, 1991.
- Oshiman, N., M. K. Tuncer, Y. Honkura, S. Baris, O. Yazici, and A. M. Isikara, A strategy of tectonomagnetic observation for monitoring possible precursors to earthquakes in the western part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics*, **193**, 359-368, 1991.
- Tuncer, M. K., Y. Honkura, N. Oshiman, Y. Ikeda, and A. M. Isikara, Magnetic anomalies related to active folds in the North Anatolian Fault Zone, *J. Geomag. Geoelectr.*, **43**, 813-823, 1991.
- Tuncer, M. K., N. Oshiman, S. Baris, Z. Kamaci, M. A. Kaya, A. M. Isikara, and Y. Honkura, Further evidence for anomalous magnetic structure along the active fault in western Turkey, *J. Geomag. Geoelectr.*, **43**, 937-950, 1991.
- Pinar, A., M. Kikuchi, and Y. Honkura, Rupture process of the 1992 Erzincan earthquake and its implication for seismotectonics in eastern Turkey, *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 1971-1974, 1994.
- Pinar, A., Y. Honkura, and M. Kikuchi, A Rupture model for the 1967 Mudurmu Valley, Turkey earthquake and its implication for seismotectonics in the western part of the North Anatolian Fault Zone, *Geophys. Res. Lett.*, **23**, 29-32, 1996.
- 伊東明彦、1999年8月17日のトルコ・コジャエリ地震、日本地震学会ニューズレター、**11**, No.4, 3-5, 1999.
- 池田安隆、1999年8月17日のトルコ西部コジャエリ地震に伴う地表地震断層、日本地震学会ニューズレター、**11**, No.4, 5-7, 1999.
- 本蔵義守、トルコ地震について、地震ジャーナル、第**29**号、エッセイ、2000.

- 大志万直人, トルコ・イズミット地震, 地震ジャーナル, 第 29 号, 1-10, 2000.
- 本蔵義守, 伊東明彦, 大志万直人, 観測網のなかでおこった地震, 科学, 70, 109-112, 2000.
- Honkura, Y., A. M. Isikara, N. Oshiman, A. Ito, B. Ucer, S. Baris, M. Tuncer, M. Matsushima, R. Pektas, C. Celik, B. Tank, F. Takahashi, M. Nakanishi, R. Yoshimura, Y. Ikeda, and T. Komut: Preliminary results of multidisciplinary observations before, during and after the Kocaeli (Izmit) earthquake in the western part of the North Anatolian Fault Zone, *Earth Planets Space*, 52, 293-298, 2000.
- Pinar, A., Y. Honkura and K. Kuge, Seismic activity triggered by the 1999 Izmit earthquake and its implications for the assessment of future seismic risk, *Geophys. J. Int.*, 146, F1-F7, 2001.
- Oshiman, N., Y. Honkura, M. Matsushima, S. Baris, C. Celik, M. K. Tuncer, and A. M. Isikara, Deep resistivity structure around the fault associated with the 1999 Kocaeli earthquake, Turkey, *In Seismotectonics at the Convergent Plate Boundary (Eds. Y. Fujinawa and A. Yoshida)*, Terra Science Publishing Company, Tokyo, 293-303, 2002.
- Ito, A., B. Ucer, S. Baris, A. Nakamura, Y. Honkura, T. Kono, S. Hori, A. Hasegawa, R. Pektas, and A. M. Isikara, Aftershock activity of the 1999 Izmit, Turkey, earthquake revealed from microearthquake observations, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 92, 418-427, 2002.
- Baris, S., A. Ito, S. Ucer, Y. Honkura, N. Kafadar, R. Pektas, T. Komut, and A. M. Isikara, Microearthquake activity before the Izmit earthquake in the eastern Marmara region, Turkey (1 January 1993 - 17 August 1999), Turkey, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 92, 394-405, 2002.
- Matsushima, M., Y. Honkura, N. Oshiman, S. Baris, M. K. Tuncer, S. B. Tank, C. Cerik, F. Takahashi, M. Nakanishi, R. Yoshimura, R. Pektas, T. Komut, E. Tolak, A. Ito, Y. Iio, and A. M. Isikara, Seimoelectromagnetic effect associated with the Izmit earthquake and its aftershocks, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 92, 350-360, 2002.
- Iio, Y., S. Horiuchi, S. Baris, C. Celik, J. Kyomen, B. Ucer, Y. Honkura, and A. M. Isikara, Aftershock distribution in the eastern part of the aftershock region of the 1999 Izmit, Turkey, earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 92, 411-417, 2002.
- Tadokoro, K., M. Ando, S. Baris, K. Nishigami, M. Nakamura, S. B. Ucer, A. Ito, Y. Honkura, and A. M. Isikara, Monitoring of fault healing after the 1999 Kocaeli, Turkey, earthquake, *J. Seismology*, 6, 411-417, 2002.
- Honkura, Y., M. Matsushima, N. Oshiman, M. K. Tuncer, S. Baris, A. Ito, and Y. Iio, Small electric and magnetic signals observed before the arrival of seismic wave, *Earth Planets Space*, 54, e9-e12, 2002.
- Pinar, A., K. Kuge, and Y. Honkura, Moment tensor inversion of recent small to moderate sized earthquakes: implications for seismic hazard through tectonics acting beneath the Marmara Sea, northwestern Turkey, *Geophys. J. Int.*, 153, 133-145, 2003.
- Tank, S. B., Y. Honkura, Y. Ogawa, N. Oshiman, M. K. Tuncer, C. Celik, E. Tolak, and A. M. Isikara, Resistivity structure in the western part of the fault rupture zone associated with the 1999 Izmit earthquake and its seismogenic implication, *Earth Planets Space*, 55, 437-442, 2003.
- 能勢正仁、トルコ・イニクリ観測所磁力計設置報告、京都大学地磁気世界資料解析センターNEWS、

93, 2-4, 2005.

- Tank, S. B., Y. Honkura, Y. Ogawa, M. Matsushima, N. Oshiman, M. K. Tuncer, C. Celik, E. Tolak, and A. M. Isikara, Magnetotelluric imaging of the fault rupture area of the 1999 Izmit (Turkey) earthquake, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **150**, 213-225, 2005.
- Baris, S., J. Nakajima, A. Hasegawa, Y. Honkura, A. Ito and S. B. Ucer, Three-dimensional structure of Vp, Vs and Vp/Vs in the upper crust of the Marmara region, NW Turkey, *Earth Planets Space*, **57**, 1019-1038, 2005.
- Pinar, A., Y. Honkura, K. Kuge, M. Matsushima, N. Sezgin, M. Yilmazer, and Z. Ogutcu, Source Mechanism of the November 15, 2000 Lake Van Earthquake (Mw=5.6) in Eastern Turkey and Its Seismotectonic Implications, *Geophys. J. Int.*, **170**, 749-763, 2007.
- Pinar A., S. B. Ucer, Y. Honkura, A. Ito, S. Baris, D. Kalafat, M. Matsushima, N. Sezgin, and S. Horiuchi, Spatial variation of stress field along the fault rupture zone of the 1999 Izmit earthquake, *Earth Planets Space*, **62**, 237-256, 2010.
- Cengiz Celik, Mustafa Kemal Tuncer, Elif Tolak-Ciftci, Metin Zobu, Naoto Oshiman and S. Bulent Tank, Solar and lunar geomagnetic variations in the northwestern part of Turkey, *Geophys. J. Int.*, **189**, Issue 1, 391-399, doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05382.x, 2012.
- Honkura, Y., N. Oshiman, M. Matsushima, S. Baris M. Kemal Tuncer, S.,B. Tank, C. Celik and E. Tolak Ciftci, Rapid changes in the electrical state of the 1999 Izmit earthquake rupture zone, *Nature Communications*, **4**, Article number:2116, doi:10.1038/ncomms3116, 2013.
- Kaya, T., T. Kasaya, S. B. Tank, Y. Ogawa, M. K. Tuncer, N. Oshiman, Y. Honkura and M. Matsushima, Electrical characterization of the North Anatolian Fault Zone underneath the Marmara Sea, Turkey by ocean bottom magnetotellurics, *Geophys. J. Int.*, **193**, (2): 664-677, doi:10.1093/gji/ggt025, 2013.
- 本蔵義守, 1999年イズミット地震(トルコ)に先立つ電気比抵抗変化, 地震ジャーナル, 第**57**号, 35-40, 2014.

報告書等

- Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone, edited by A. M. Isikara and Y. Honkura, Tokyo Tech., pp.139, June 1986.
- Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone, edited by Y. Honkura and A. M. Isikara, Tokyo Tech., pp.120, March 1988.
- Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone (2), edited by Y. Honkura and A. M. Isikara, Tokyo Tech., pp.162, July 1989.
- Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone (3), edited by Y. Honkura and A. M. Isikara, Tokyo Tech., pp.146, March 1990.
- Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone (4), edited by A. M. Isikara and Y. Honkura, Bogazic Univ., pp.113, January 1992.
- Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone (5), edited

by A. M. Isikara and Y. Honkura, Bogazic Univ., pp.76, April 1994.

1999 年トルコ北西部の地震に関する緊急研究, 平成 11 年度振興調整費成果報告書、科学技術庁研究開発局、pp. 97, December 2000.