



安芸灘断層群の長期評価に関する 地元説明会の開催

地震調査研究推進本部地震調査委員会では、安芸灘断層群について、平成8、11年度に海上保安庁によって行われた調査をはじめ、これまで行われた調査研究成果を取りまとめて新たに評価を行い、その結果を6月22日に公表しました（評価の詳細は6、7ページを参照）。

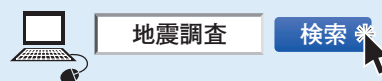


地元説明会の様子

これを受け、7月2日に広島市消防局、7月3日に山口県岩国総合庁舎でそれぞれ地元説明会を開催し、発生する地震の規模、確率、地震が発生した場合強い揺れに見舞われる地域など、評価の概要について説明を行いました。

今回の地元説明会には、国の地方行政機関、断層帯周辺の地方公共団体の防災関係者等を中心に、広島市では約70名、岩国市では約50名の参加がありました。当日は、文部科学省、気象庁、国土地理院の担当者より、評価の内容や断層群周辺での地震活動および地殻変動に関する詳細な説明が行われるとともに、断層

帯の位置・形状を認定した根拠や津波発生の可能性などについて出席者による質疑と応答が行われました。特に、今回評価された断層のうち、広島湾一岩国沖断層帯については、過去の活動履歴や将来の地震発生の可能性が明らかになっていないことから、今回の評価を踏まえた地震防災対策の有り方について質疑があり、地震の発生を直前に予知するのは困難であることから、耐震診断や耐震補強など適切な対策を事前に実施することの必要性が説明されました。



本部のしごと

第9回

活断層評価分科会

活断層の調査結果を基に、位置・形状や活動履歴等、その断層の特性や将来の地震発生確率、規模の長期評価を行っています

活断層評価分科会は、地震調査委員会長期評価部会で審議される活断層評価に関する審議を行う場として、平成17年1月に設置されました。本分科会は、それまで主要な活断層の審議を行ってきた活断層地域分科会（北日本、中日本、西日本）の後を継ぎ、活断層の評価を行っています。委員は地震学、地質学、地形学などの分野の専門家で構成されており、分科会の開催は50回に達しています。

主な審議内容は、文部科学省が委託して実施した追加・補完調査などの結果に基づいた、断層帯の位置・形状の認定や活動履歴の推定、将来の地震発生確率の算出などです。また、これまでに評価を公表した主要活断層帯についても、新たに重要な知見が得られた場合には、再評価を行っています。なお、評価にあたっては、従来の評価手法を踏襲し

つつ、必要に応じて活断層評価手法等検討分科会で検討されている新たな評価手法も取り入れて審議を行っています。

活断層評価分科会では、平成17年の設置から現在までに、新たに調査対象として追加された主要活断層帯のうち、10の断層帯について評価を公表しました。これで全国にある110の主要活断層帯のうち、108の活断層帯について評価を終えたことになります。また、既に公表された活断層帯の中には、補完調査によって新たな知見が得られたことにより、長期評価の一部改訂を行ったものも複数あります。今後も引き続き、追加・補完調査の結果が報告された活断層帯から順次評価を行うと共に、新たな評価手法の検討がまとも次第、新手法を用いて、これまで評価を行った断層帯についての再評価も行っていく予定です。

地震本部ニュース 平成21年10月号

編集・発行
地震調査研究推進本部事務局
（文部科学省研究開発局地震・防災研究課）
東京都千代田区霞が関3-2-2 TEL 03-5253-4111（代表）

本誌は資源保護のため再生紙を使用しています。
*本誌を無断で転載することを禁じます。
*本誌で掲載した論文等で、意見にわたる部分は、筆者の個人的意見であることをお断りします。

ご意見・ご要望はこちら
news@jishin.go.jp

本誌についてのご意見、ご要望、質問などありましたら、電子メールで地震調査研究推進本部事務局までお寄せ下さい。

地震調査研究推進本部の公表した資料の詳細は
同本部のホームページ[<http://www.jishin.go.jp/>]で見ることができます。

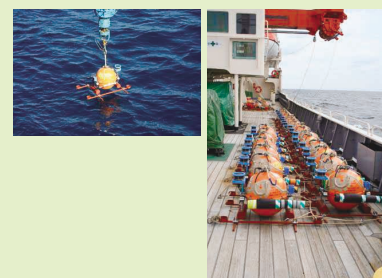


The Headquarters for Earthquake Research
Promotion News

地震本部 ニュース

「地震調査研究推進本部（本部長：文部科学大臣）」（地震本部）は、政府の特別の機関で、我が国の地震調査研究を一元的に推進しています。

10
2009



東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究における長期地震観測作業
左図：海底設置するため、海上に吊り上げられた長期観測型海底地震計
右図：船上に並ぶ多数の長期観測型海底地震計は順番に予定観測地点に海中投入され、1年間の長期地震観測が始まる（国立大学東京大学地震研究所 提供）

地震調査委員会 [第201回]

定例会（平成21年9月10日）

2009年8月の地震活動の評価

2

地震調査委員会

活断層の長期評価

神縄・国府津—松田断層帯の長期評価の一部改訂

4

地震調査委員会

活断層の長期評価

安芸灘断層群の長期評価

6

東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究〈1〉

紀伊半島沖と、根室沖から房総沖にかけてのより正確な地震活動の把握

長期観測型海底地震計を設置して多点・高密度な観測を長期に実施

国立大学法人東京大学地震研究所 金沢 敏彦

8

地震調査研究を加速させる革新的技術〈5〉

地震波干渉法

雑音を信号に変える技術

国立大学法人京都大学大学院工学研究科 松岡 俊文

10

会議レポート

安芸灘断層群の長期評価に関する
地元説明会の開催

12

本部のしごと

第9回

活断層評価分科会

活断層の調査結果を基に、位置・形状や活動履歴等、その断層の特性や将来の地震発生確率、規模の長期評価を行っています



1 主な地震活動

- 8月11日に駿河湾でマグニチュード (M) 6.5の地震が発生した。この地震により、静岡県で最大震度 6 弱を観測し、死者 1 名、負傷者約320名などの被害を生じた。また、駿河湾から東海地方の太平洋沿岸にかけて津波を観測した。
- 8月13日に八丈島東方沖でM6.6の地震が発生し、東京都 (八丈島) で最大震度 5 弱を観測した。
- 石垣島近海で 8月17日にM6.7、M6.6の地震が発生するなど、まとまった地震活動があった。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

目立った活動はなかった。

東北地方

- 8月24日に青森県西方沖の深さ約170kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は太平洋プレートの沈み込む方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。

関東・中部地方

- (8月11日駿河湾の地震及びその余震活動等については、別項を参照)
- 8月9日に東海道南方沖の深さ約330kmでM6.8の深発地震が発生した。この地震の発震機構は太平洋プレートの沈み込む方向に圧力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。
- 8月13日に八丈島東方沖でM6.6の地震が発生した。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震と考えられる。
- 8月11日駿河湾の地震活動の他には、東海地方のGPS観測結果等には特段の変化は見られない。

近畿・中国・四国地方

目立った活動はなかった。

九州・沖縄地方

- 8月5日に日向灘の深さ約35kmでM5.0の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ型で、フィリピン海プレート内部で発生した地震である。
- 8月3日に熊本県天草・芦北地方の深さ約10kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は北北西-南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 8月5日に宮古島近海でM6.5の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震と考えられる。
- 8月17日09時05分に石垣島近海でM6.7の地震が発生した。また同日19時10分にM6.6の地震が発生した。これらの地震の発震機構は南北方向に張力軸を持つ横ずれ型であった。これらの地震発生後、活発な余震活動が見られたが、現在では収まりつつある。

補足

- 9月3日に薩摩半島西方沖の深さ約170kmでM6.0の地震が発生した。この地震の発震機構はフィリピン海プレートの沈み込む方向に張力軸を持つ型で、フィリピン海プレート内部で発生した地震である。
- 9月4日に千葉県北西部の深さ約65kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した地震である。
- 9月8日に日高支庁東部の深さ約50kmでM4.8の地震が発生した。

2009年8月11日駿河湾の地震活動の評価

- 8月11日05時07分頃に駿河湾の深さ約25kmでマグニチュード (M) 6.5の地震が発生した。この地震により静岡県で最大震度 6 弱を観測し、被害を伴った。また、御前崎市で0.4mなど、駿河湾から東海地方の太平洋沿岸にかけて津波を観測した (第200回地震調査委員会評価文「2009年8月11日駿河湾の地震活動の評価」参照)。
- 地震活動は本震-余震型で推移しており、徐々に減衰してきている。余震は北西-南東方向に約20kmにわたり分布し、本震は余震分布の南東側に位置している。また、余震は北西側では北東傾斜、南東側では南傾斜に分布している。これまでの最大の余震は13日18時11分頃に発生したM4.5の地震である。
- 本震の発震機構は、圧力軸が北北東-南南西方向の、横ずれ成

分をもつ逆断層型であった。震源の深さ、発震機構及び余震分布からみて、今回の地震はフィリピン海プレート内部で発生した地震である。

- GPS観測及び水準測量の結果によると、今回の地震に伴い、焼津A観測点(静岡県)が約1cm西に移動するなど駿河湾周辺で小さな地殻変動が観測されている。GPSで観測された地殻変動からは、震源断層は北西側、南東側のいずれも横ずれ成分をもつ逆断層であったと推定され、発震機構や余震分布と調和的である。
- 今回の地震は、想定東海地震の想定震源域の近くで発生しているが、フィリピン海プレート内で発生した地震であり、想定東海地震とは異なるメカニズムで発生した地震である。なお、気象庁によると、想定東海地震に直ちに結びつくような地殻変動は認められていない。

(下線部は第200回地震調査委員会評価文から追加・修正された部分)

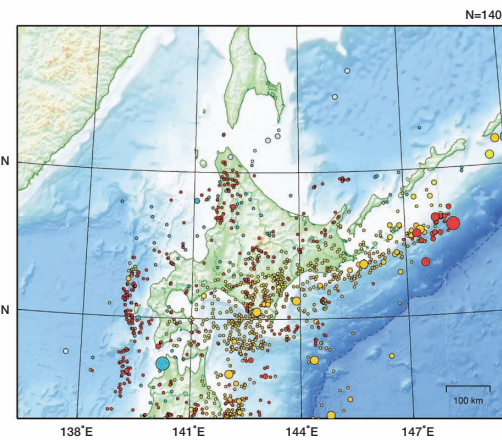
各地方別の地震活動図は気象庁・文部科学省提出資料を基に作成。また各地方の図に記載されたN=は図中の地震の総数を表す。

注：この図の詳細は地震調査研究推進本部ホームページの毎月の地震活動に関する評価に掲載。地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOPO30、及び米国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用。

深さによる震源のマーク	Mによるマークの大きさ
● 30km 未満	○ M7.0以上
● 30km 以上 80km 未満	○ M6.0から6.9まで
● 80km 以上 150km 未満	○ M5.0から5.9まで
● 150km 以上 300km 未満	○ M4.0から4.9まで
● 300km 以上 700km 未満	○ M3.0から3.9まで
	○ M3.0未満とMが決まらなかった地震

各図の縮尺は異なる。そのため、凡例のMによるマークの大きさは目安で、図中のMのマークの大きさと同じではない。

1 北海道地方

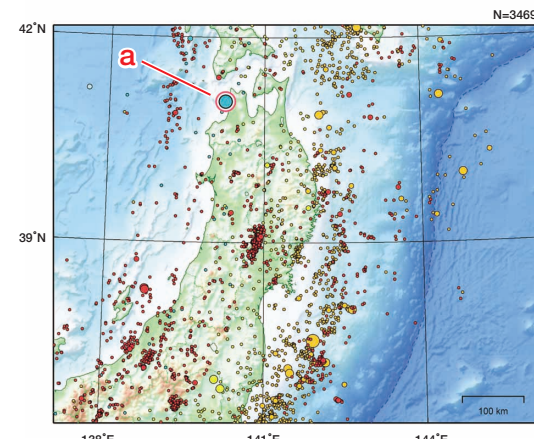


特に目立った活動はなかった。

(上記期間外)

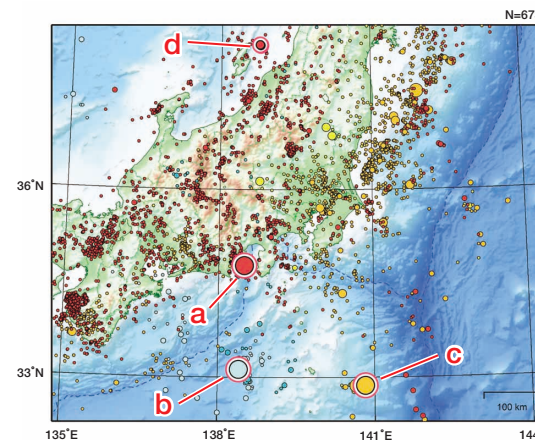
- 9月8日に日高支庁東部でM4.8の地震 (最大震度 4) が発生した。

2 東北地方



- a) 8月24日に青森県西方沖でM5.4の地震 (最大震度 3) が発生した。

3 関東・中部地方

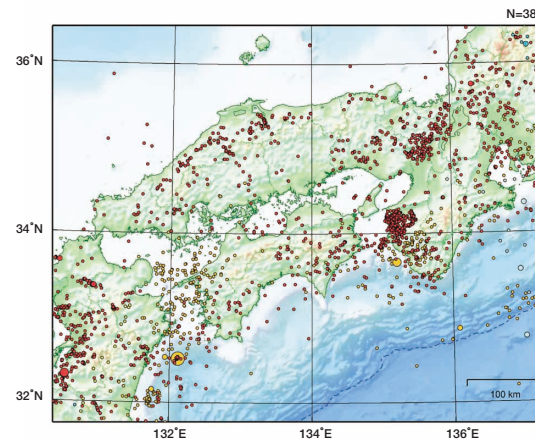


- a) 8月11日に駿河湾でM6.5の地震 (最大震度 6 弱) が発生した。
- b) 8月9日に東海道南方沖でM6.8の地震 (最大震度 4) が発生した。
- c) 8月13日に八丈島東方沖でM6.6の地震 (最大震度 5 弱) が発生した。
- d) 8月2日に新潟県下越沖でM4.9とM4.8の地震 (共に最大震度3) が発生した。

(上記期間外)

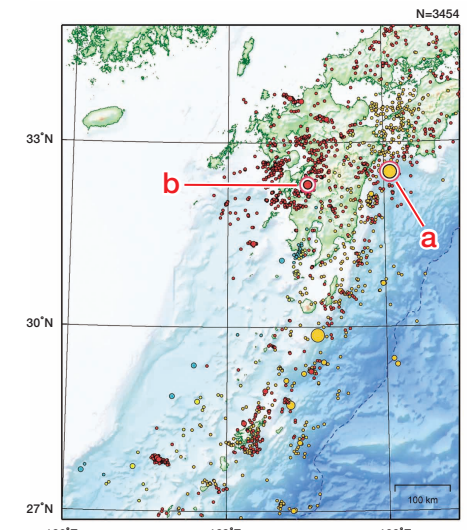
- 9月4日に千葉県北西部でM4.5の地震 (最大震度 3) が発生した。

4 近畿・中国・四国地方



特に目立った活動はなかった。

5 九州地方

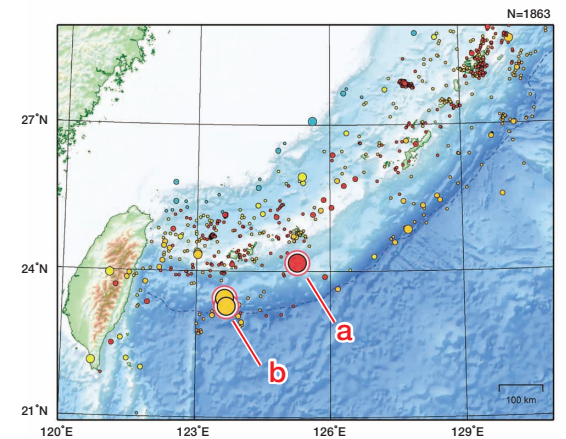


- a) 8月5日に日向灘でM5.0の地震 (最大震度 4) が発生した。
- b) 8月3日に熊本県天草・芦北地方でM4.7の地震 (最大震度 4) が発生した。

(上記期間外)

- 9月3日に薩摩半島西方沖でM6.0の地震 (最大震度 4) が発生した。

6 沖縄地方



- a) 8月5日に宮古島近海でM6.5の地震 (最大震度 4) が発生した。
- b) 8月17日に石垣島近海でM6.7とM6.6の地震 (最大震度 3、最大震度 2) が発生した。



point

今後30年以内に地震が発生する可能性： **高いグループ**

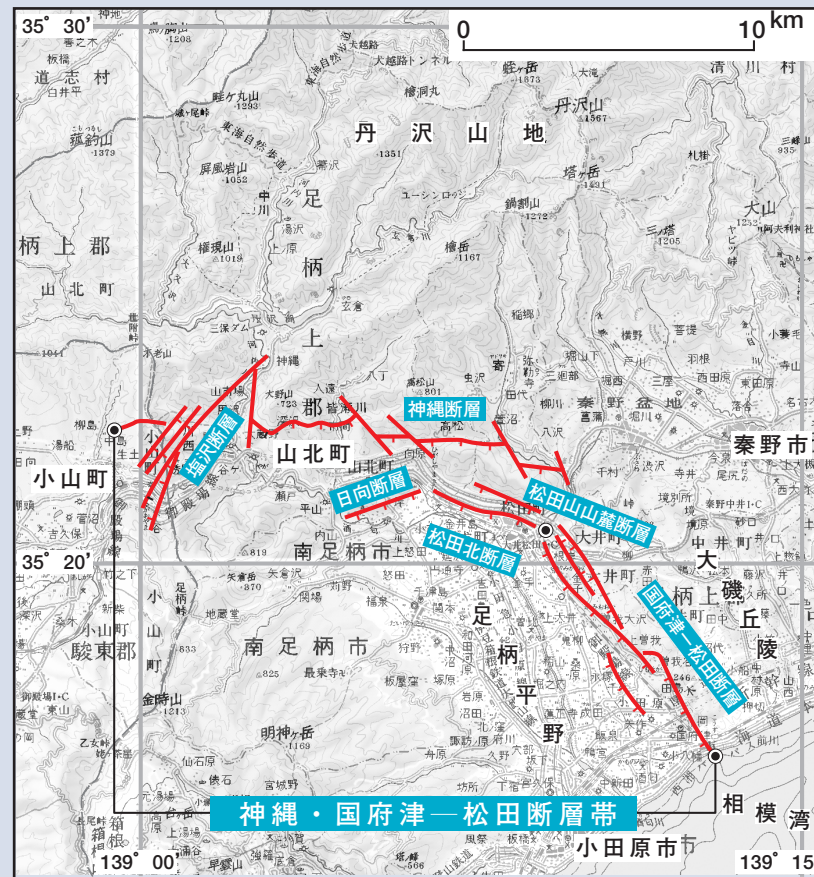


図 神縄・国府津—松田断層帯の位置図
●は断層帯の端点及び屈曲点
(基図は国土院発行数値地図 200000「東京」「横須賀」「甲府」「静岡」を使用)

地震調査研究推進本部地震調査委員会は、「神縄・国府津—松田断層帯の長期評価の一部改訂」をとりまとめ、平成21年6月22日に公表しました。ここではその概要を紹介します。

なお、神縄・国府津—松田断層帯の評価は、平成9年8月6日に公表し、その後に得られた知見に基づき、平成17年3月9日に一部改訂版としてとりまとめましたが、今回、最近の調査結果により、活動履歴などに関する新たな知見が得られたことから、これを基に評価の見直しを再度行い、一部改訂版としてとりまとめたものです。

位置及び形態

神縄・国府津—松田断層帯は、静岡県駿東郡小山町から、神奈川県足柄上郡山北町、松田町、大井町を経て、小田原市に至る断層帯です。長さは約25 kmもしくはそれ以上で、屈曲点を境に北西側では東西方向に、南東側では北西—南東方向に延びています。本断層帯は、断層の北—北東側が南—南西側に対して相対的に隆起する逆断層です。

過去の活動

神縄・国府津—松田断層帯の過去の活動は次のようであった可能性があります。

- 最新の活動
12世紀以後、14世紀前半以前
(西暦1350年以前)
- 平均活動間隔
約8百—1千3百年
- 1回のすれの量
3 m程度 (上下成分)

断層帯の将来の活動

神縄・国府津—松田断層帯では、全体が1つの区間として活動する場合、マグニチュード7.5程度の地震が発生する可能性があります。また、その際には断層近傍の地表面では、北—北東側が南—南西側に対して相対的に3 m程度高まる段差や撓みが生じると推定されます。

本断層帯の最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は表に示すとおりです。本評価で得られた地震発生率の長期確率には幅があ

りますが、その最大値をとると、本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになります。

参考 神縄・国府津—松田断層帯の地震による予測震度分布 地震調査研究推進本部 事務局

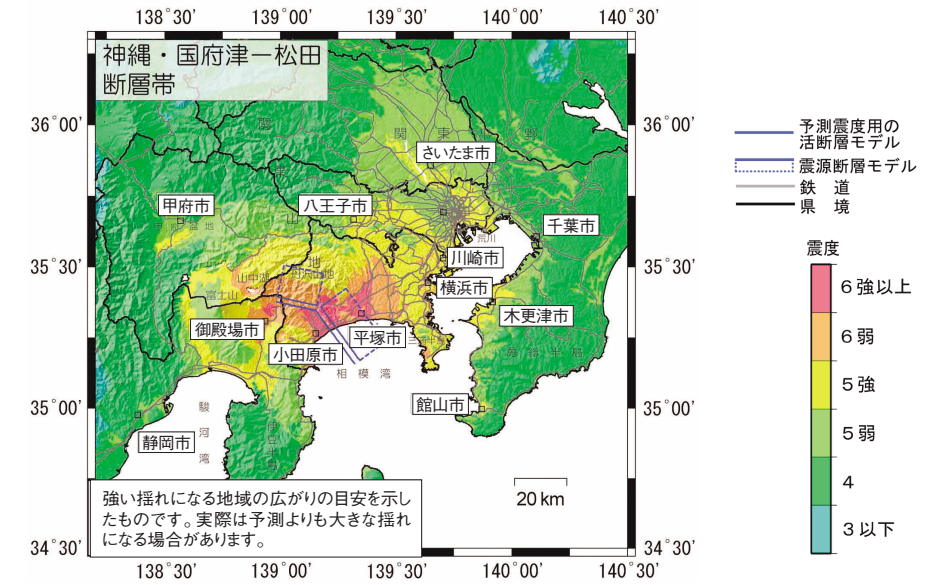
この度公表した本断層帯の長期評価は、将来発生する地震の規模や可能性について述べています。この評価への理解を深めると共に、地震に対するイメージを持って頂くことを目的に、想定されている地震が発生した場合、どの程度の揺れに見舞われる可能性があるのかについて、計算を行いました。長期評価結果と併せて、防災対策の一助として頂ければ幸いです。

なお、個別地域の被害想定や防災対策の検討を行う場合は、より詳細な地震動評価を別途行う必要があります。

【解説】

図は、断層が相模湾に延びている場合に、このような地震が発生した際に予想される、震度分布を示しています。

神縄・国府津—松田断層帯が活動した



強い揺れになる地域の広がりを目安を示したものです。実際は予測よりも大きな揺れになる場合があります。

表 将来の地震発生確率 (評価時点は2009年1月1日)

項目	神縄・国府津—松田断層帯
地震後経過率	0.5 - 1.1
今後30年以内の発生確率	0.2% - 16%
今後50年以内の発生確率	0.4% - 30%
今後100年以内の発生確率	1% - 50%
今後300年以内の発生確率	10% - 90%
集積確率	0.3% - 70%



point

安芸灘断層群主部

今後30年以内に地震が発生する可能性： **高いグループ**

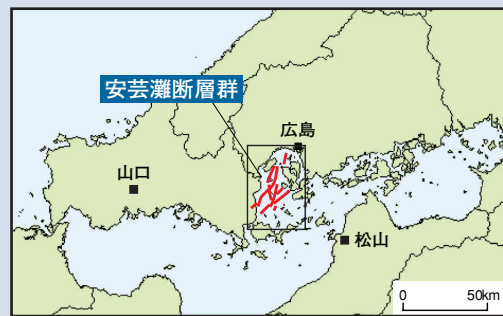
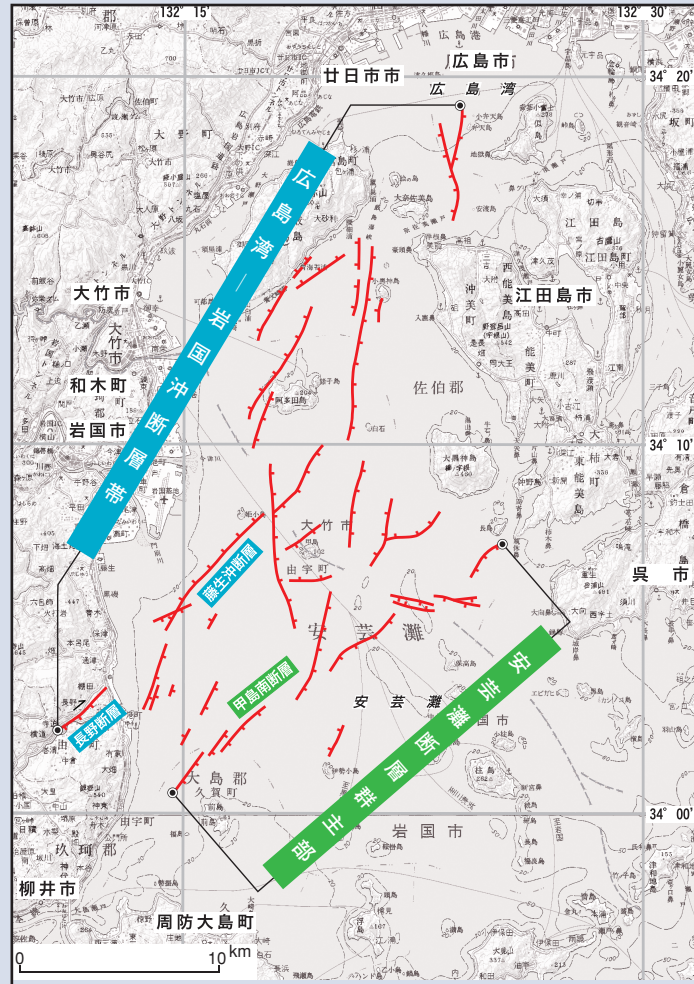


図 安芸灘断層群の位置図

●は断層帯の北端と南端
(基図は国土地理院発行の数値地図200000「広島」「松山」を使用)

地震調査研究推進本部地震調査委員会は、「安芸灘断層群の長期評価」をとりまとめ、平成21年6月22日に公表しました。ここではその概要を紹介いたします。

位置及び形態

安芸灘断層群は、広島県広島市、廿日市市沖の広島湾から、江田島市、大竹市、山口県玖珂郡和木町及び岩国市が面する安芸灘西部に分布する断層帯(群)です。安芸灘断層群は、概ね北東-南西から南北方向に並走する多数の断層から構成され、分布する断層の位置及び形態から、安芸灘断層群主部及び広島湾-岩国沖断層帯の2つに区別されます。

安芸灘断層群主部は、広島県江田島市沖から山口県岩国市沖に分布する断層帯です。長さは約21kmで、概ね北東-南西方向に延びています。安芸灘断層群主部は右横ずれを主体とし、北西側隆起の成分を伴う断層です。

広島湾-岩国沖断層帯は、広島県広島市沖から山口県岩国市の陸域にかけて分布する断層帯です。長さは約37kmで、概ね北北東-南南西方向に延びています。広島湾-岩国沖断層帯は右横ずれを主体とし、上下成分のずれを伴う断層です。

過去の活動

安芸灘断層群の活動は次のようであった可能性があります。

(1) 安芸灘断層群主部

- 最新の活動
約5千6百年前以後、約3千6百年前以前
- 平均活動間隔
2千3百-6千4百年程度
- 1回のずれの量
1-2m程度(上下成分)
2m程度(右横ずれ成分)

(2) 広島湾-岩国沖断層帯

- 最新の活動 不明
- 平均活動間隔 不明
- 1回のずれの量
3m程度(右横ずれ成分)

断層帯(群)の将来の活動

(1) 安芸灘断層群主部

全体が1つの区間として活動する場合、マグニチュード(M)7.0程度の地震が発生する可能性があり、その際、断層近傍の海底面では、2m程度の右横ずれと断層の北西側が南東側に対して相対的に高まる段差が生じる可能性があります。安芸灘断層群主部の最新

活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は表に示すとおりです。本評価で得られた地震発生率の長期確率には幅がありますが、その最大値をとると、安芸灘断層群主部は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになります。

(2) 広島湾-岩国沖断層帯

全体が1つの区間として活動する場合、M7.4程度の地震が発生する可能性があり、その際、断層近傍の地表面、海底面では上下成分のずれを伴った3

表 将来の地震発生確率 (評価時点は2009年1月1日)

項目	安芸灘断層群主部
地震後経過率	0.6 - 2.4
今後30年以内の発生確率	0.1% - 10%
今後50年以内の発生確率	0.2% - 20%
今後100年以内の発生確率	0.4% - 30%
今後300年以内の発生確率	1% - 60%
集積確率	1% - 90%より大

m程度の右横ずれが生じる可能性があります。ただし、広島湾-岩国沖断層帯の最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は不明です。

参考 安芸灘断層群の地震による予測震度分布図 地震調査研究推進本部 事務局

この度公表した本断層帯の長期評価は、将来発生する地震の規模や可能性について述べています。この評価への理解を深めると共に、地震に対するイメージを持って頂くことを目的に、想定されている地震が発生した場合、どの程度の揺れに見舞われる可能性があるのかについて、計算を行いました。長期評価の結果と併せて、防災対策の一助として頂ければ幸いです。なお、個別地域の被害想定や防災対策の検討を行う場合は、より詳細な地震動評価を別途行う必要があります。

震度6弱(橙色)の揺れは、岩国市・柳井市・周防大島町・広島県江田島市・呉市の一部に、震度5強(黄色)の揺れは、呉市・広島市から山口県東部にかけの範囲や愛媛県松山市の一部に及びます。安芸灘沿岸の広い範囲や周南市・東広島市・三原市・今治市の一部は震度5弱(黄緑色)の揺れに見舞われます。

広島湾-岩国沖断層帯の活動に関しては、広島市から岩国市までの沿岸部や、岩国内陸部・柳井市・周防大島町・江田島市の一部に震度6強以上の揺れが予

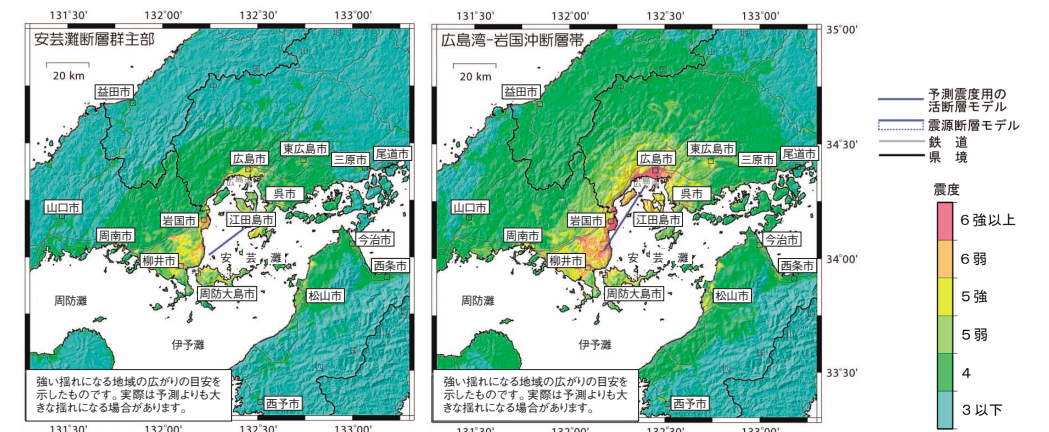
測されています。震度6弱から5強の揺れは、呉市・広島市から山口県東部にかけの範囲や東広島市・松山市の一部にまで及びます。広島県西部から山口県東部の広い範囲や、山口市・島根県益田市・広島県尾道市・愛媛県西条市・西予市の一部は震度5弱の揺れに見舞われます。

なお、実際の揺れは、予測されたものよりも1~2ランク程度大きくなる場合があります。特に活断層の近傍などの震度6弱の場所においても、震度6強以上の揺れになることがあります。

[解説]

2枚の図はこのような地震が発生した場合に予測される震度分布を示しています。

安芸灘断層群主部が活動した場合は、岩国市南部の一部で震度6強以上(赤色)の大変強い揺れが予測されています。



(注:震源断層モデルは、活断層モデルの直下、紙面に対して垂直に設定されています)

紀伊半島沖と、根室沖から房総沖にかけてのより正確な地震活動の把握

長期観測型海底地震計を設置して多点・高密度な観測を長期に実施

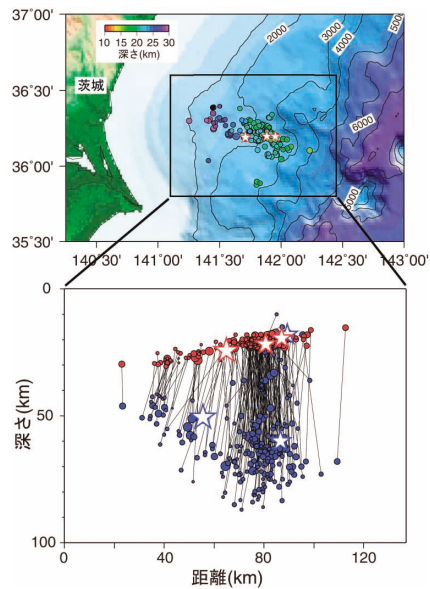


図1 2008年茨城県沖の地震M7.0の地震活動

上図:海底観測による震央分布(震源の深さをカラー表示)。下図:海底観測による震源(赤○印)と陸域観測による震源(青○印)を東西方向の深さ断面と比較しました。実線は両震源の対応関係を示しています。海底観測による震源分布からは、2008年茨城県沖の地震M7.0がプレート境界で発生した地震であることが分かります。



金沢 敏彦 (かなざわ・としひこ) 氏
 国立大学法人東京大学地震研究所教授。地震地殻変動観測センター長併任。1971年東京大学理学部地球物理学科卒。同大学院理学系研究科地球物理学博士課程単位取得退学。理学博士。東京大学理学部助手、理学部助教授を経て、1995年より現職。

はじめに

文部科学省では、地震(津波)発生可能性の長期評価、強震動(揺れ)や津波の予測を高精度で行うことを目的として、プレートの形状・動きや強震動・津波発生領域を詳細に推定するため、文部科学省委託研究プロジェクト「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」(平成15年度～平成20年度)を実施しました。その調査研究の一つとして、延べ296台の海底地震計を使った長期間の海底地震観測を行いました。東南海・南海地震の想定震源域境界域と、海溝型地震が発生する千島海溝・日本海溝沿いにおける正確な震源分布を求め、地殻活動の現状把握の高度化を図ることが目標です。正確な震源分布からより詳細なプレート境界の位置と形状を把握すること、プレートカップリングの不均衡と応力場を推定することも、北海道大学、東北大学、九州大学と協力して実施したこの観測研究の目的です。

より正確な地震活動を把握すること

茨城県の100km沖合付近で2008年5月8日にM7.0のプレート境界地震が発生しました。東京大学地震研究所が震源域に設置していた長期観測型海底地震計(OBS)が、この地震の前震・本震・余震の一連の活動を観測しました。この海底地震観測から決定した震源(OBS震源)と陸域観測による震源を比較すると(図1)、深さで20～50km、震央位置でほぼ10km程度ずれています。プレート境界に沿って分布するOBS震源は、この茨城県沖の地震がプレート境界で発生した地震であることの証拠ですが、陸域観測による震源分布はそうではありません。沿岸から離れた海域の地震活動に対して

は、陸域観測の解像度が低いことを、茨城県沖の地震は示しています。

海域地震観測にブレイクスルー

より正確に地震活動を把握するという目的には、長期の海底地震観測が重要です。短期間の観測では地震データの蓄積が不足です。本プロジェクトでは、東京大学地震研究所が開発した長期観測型海底地震計(図2)を使用して、1年毎に同じ観測場所で海底地震計を入れ替えるという初めての大規模な繰り返し観測を行いました。この手法によって、海陸一体となった定常的な地震観測網を機動的に構築することが初めてできるようになり、紀伊半島沖では5年間の長期観測を実現しました。

紀伊半島沖の地震活動

南海トラフの地震活動は定期的にはきわめて低く、データの蓄積には長期の観測が必要となります。このため、最多で30観測点規模になる観測を平成15年度から5年間繰り返して実施し、正確な震源分布を求めました。この結果、紀伊半島沖の地震活動の詳細が明らかになってきました。プレート境界に地震活動はほとんどみられませんでした。プレートカップリングが強いた

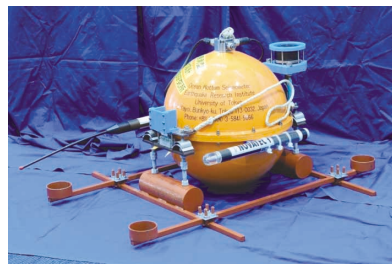


図2 観測に使用した長期観測型海底地震計
 東京大学地震研究所で開発した自己浮上式の海底地震計。1年間の連続観測が可能です。横120cm×縦100cm×高さ55cm、空中重量120kg。

めと推定されます。沈み込むフィリピン海プレートの地殻内と上部マントル内に主に地震活動が分布しています。このプレート内の地震活動の分布はプレートの沈み込み方向で空間的に変化するだけでなく、直交方向にも変化しており、極めて複雑な分布です(図3)。

また、この地震活動は室戸沖から潮岬沖の間の限られた領域に観られるだけで、潮岬沖より東南海側と室戸沖より南海側では地震活動は極めて低調です。このようなプレート内の地震活動の3次元な分布変化は、この海域でのプレートの凹形状とプレートカップリングの不均衡を反映していると考えられます。このような地震活動の特性が明らかとなった紀伊半島沖は1946年南海地震の時に大きなすべりを起こした場所です。南海地震の発生予測上、より詳細にモニタリングしていくことが必要です。

根室沖から房総沖にかけての地震活動

根室沖から房総沖にかけて、最多で50観測点規模の観測を1年毎に場所を移動して実施し、延べ189台の海底地震計を使用して千島海溝・日本海溝沿いのより正確な地震活動の把握を進めました(図4)。根室沖から三陸沖北部にかけての地震活動の分布から、大地震のアスペリティ(固着域)では地震活動が低いことが分かりました。また、千島海溝と日本海溝が会合するえりも沖では、太平洋プレートの沈み込み角度が、これまで考えられていた角度よりもはるかに小さいことが明らかになりました(図5)。三陸沖北部で発生した1968年十勝沖地震などの大地震のアスペリティの場所と拡がりにはプレート境界の形状の変化と対応していることも分かりました。

おわりに

プレート境界の位置と形状、構造の不均衡と大地震のアスペリティとの対応、プレート内部の地震活動の詳細など、地震発生予測モデル及び強震動・津波予測モデルの高度化に重要な成果が得られました。

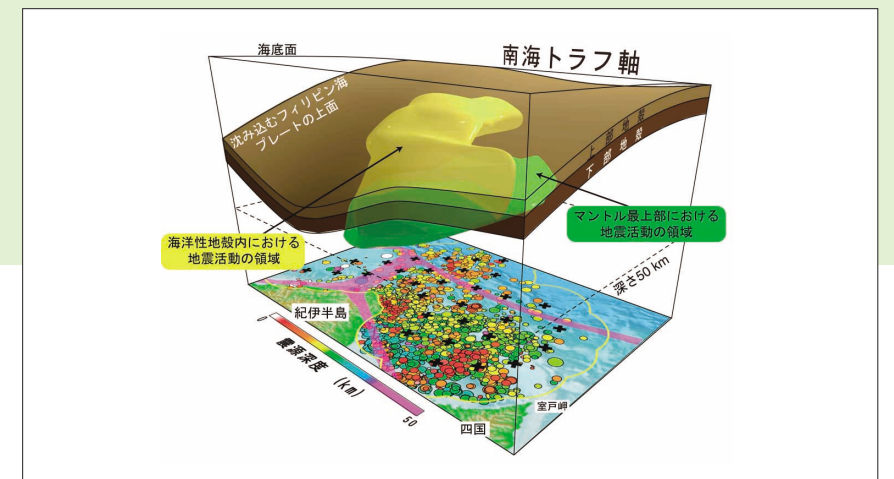


図3 紀伊半島沖のより正確な地震活動の把握
 (上図)沈み込むフィリピン海プレート内の地震活動だけを抽出して3次元分布として表示しました。潮岬沖では地震活動が南海トラフ軸まで帯状にプレートの地殻内に分布(黄色)し、紀伊水道から室戸沖にかけては地震活動がプレートの上部マントル内に分布(緑色)します。(下図)海底観測から求めた高精度な震源分布(深さはカラー表示)、長期観測型海底地震計による観測点位置(×印)、高精度震源の決定可能範囲(黄線)、東南海・南海地震の想定震源域(ピンク帯)。

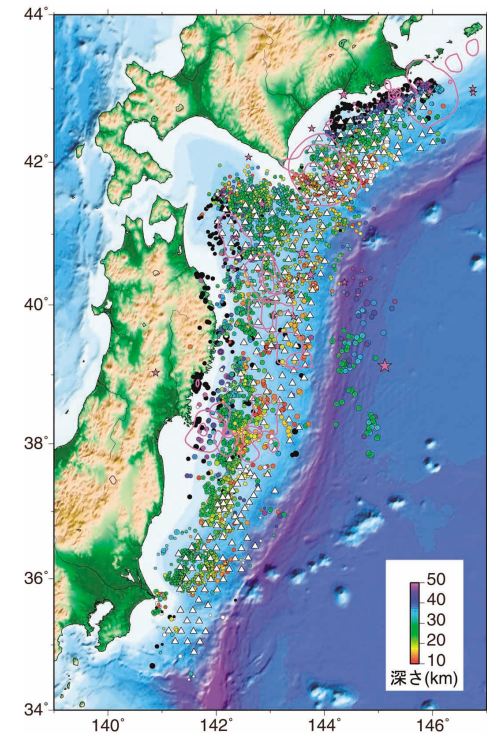


図4 千島海溝・日本海溝沿いの高精度な震源分布
 海底観測から求めた根室沖から房総沖にかけての高精度な震源(○印、震源の深さをカラー表示)と、本プロジェクトで海底設置した延べ189台の長期観測型海底地震計による観測点位置(白△印)。精度の高い震源が求められている2003年十勝沖地震の余震観測、福島沖の臨時観測の結果も加えて表示しています。

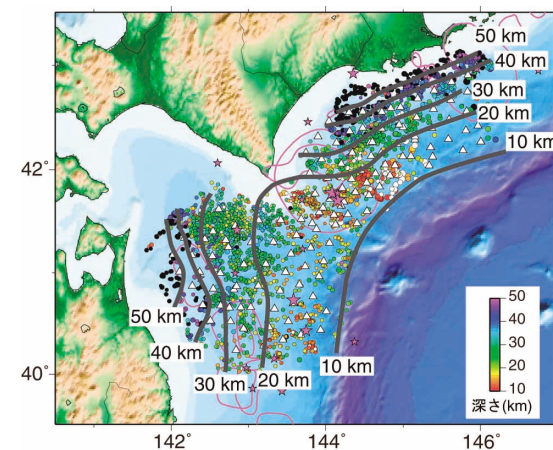


図5 根室沖から三陸沖北部にかけてのプレート境界面の位置・形状
 海底観測による高精度な震源分布と速度構造からプレート境界の位置・形状を求め、等深度線で表示しています。太平洋プレートの海溝からの沈み込み角度がえりも沖で非常に小さくなっていることが新たに分かりました。

抜けるような晴天の下でも、あるいはあいにくの曇り空の下でも、地上は太陽から降り注ぐ光で満ちあふれており、我々の目にはこの散乱光を通して地上にある全てのものを見ることができます。我々が地上のありとあらゆるものを見ることができるよう、我々にとって地下にある全てのものを可視化できる方法はないのでしょうか。

実は色々な原因で、地下はいつも波で満ちあふれていると言っても過言ではありません。この常時観測される波を上手に利用出来ないのでしょうか。もしもこれが可能になれば、24時間地下を監視することが可能になるはず。実は、この答えは物理探査工学の世界で現在注目を浴びている地震波干渉法 (Seismic Interferometry) と呼ばれる技術の中にあるのです。

地震波干渉法 雑音を信号に変える技術

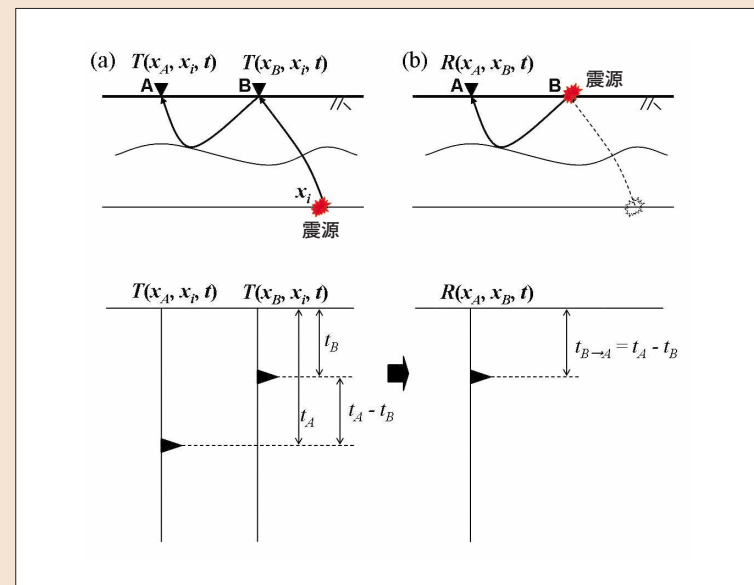


図1 地震波干渉法概念図
図(a)の様地下に震源があると、作り出された波動は地表まで伝播し、そこでほぼ全反射して地下に帰って行く。この波動は地下の境界面で反射して再び地表まで戻ってくると考えられる。この波動を地表のAとBで観測し、その観測記録の相互相関操作を行うと、あたかもBで人工震源によって作られた波動が地下を伝播してA点に達した波動を作り出すことが出来る。この考えを拡張すると、人工震源を使わなくても反射法地震探査が可能となる。



松岡 俊文 (まつおか・としふみ) 氏
国立大学法人京都大学大学院工学研究科教授。石油資源開発(株)研究員、京都大学助教授を経て平成13年11月から現職。主として石油・天然ガス資源の探査や開発に必要な地下探査法に関する研究に従事。最近温暖化ガスである二酸化炭素の地中貯留の際の地下モニタリングの研究に興味を持っている。
<http://www.ce.t.kyoto-u.ac.jp/ja/information/laboratory/geological>

反射法地震探査と 地下の可視化

物理探査工学と呼ばれる学問分野は、地下を可視化したいという要求に応えるために発展してきた分野です。地下を見るために必要となる地震の波を人工的に作り出し、その応答を観測して地下を可視化しようというのが、地震探査法です。特に地表で作った地震波が地下の境界で反射して来るのを観測し、地下構造を可視化する反射法地震探査技術は大変強力な手法で、現在では石油をはじめとする各種資源の探査から、土木分野の調査、さらに地震防災の為に活断層調査において、大変広く利用されています。しかしながらこの反射法地震探査は人工的に地震波を作り出す必要があるため、常時利用することは望めません。

地震波干渉法

ここで紹介する地震波干渉法のヒントとなったのは部屋の中に差し込む太陽からの光です。人間は太陽からの光の散乱や、反射のおかげで部屋の内の物体を見ることができます。同様に音波も光と同じ波なので、それならばこの部屋の内の色々な音 (人のおしゃべりの声、歩く音や、机を叩く音など) を天井中に配置した受信器で受信すれば、部屋の形や、部屋内にある家具の位置などを「聞く」ことができるのではないのでしょうか。さらにこの考えを拡張して、地中を伝わっている微動 (雑音) を地表で観測することで地下構造を「聞く」ことができるのではないのでしょうか。このように考えたスタンフォード大学のクレアボー (Claerbout) 教授は地下の微動 (雑音) を用いる地下探査法を “acoustic daylight imaging” と名付けました。

1968年にクレアボー教授は水平成層構造において、地中にある震源で作られた波動を地表で観測した透過波記録に対して、自己相関を計算すると反射法地震探査で観測される反射波記録を合成できることを示しました。その後この研究の成果は一時忘れ去られていましたが、2002年の米国物理探査学会の会議で、クレアボー教授はこの結果がエネルギー保存の原理と相反定理から簡単に導けることを示し、多次元媒体での反射波記録は、異なる受信点で観測された透過波記録の相互相関から合成できると推測しました。そしてデルフト工科大学のウッペナー (Wapenaar) 教授によってこの推

測が立証され、3次元の弾性体 (例えば、地盤など) に拡張されました。これによって地下に日常的に存在している波を利用した地下探査が急に現実的なものになりました。

この理論を反射法地震探査への適用を念頭において簡単に言ってしまうと、「地中にある様々な振動を地表で観測し、その記録の相互相関を取ることで地表に人工震源を設置した場合の反射波記録 (反射法地震探査で得られる記録) を合成できる」というものです。これは地中に満ちている波動 (雑音) (都市部であれば地下鉄などの交通機関や、人間活動が作り出す振動、火山地域であれば火山性の微動、波浪による振動、また地震の場合は、本震や余震など) を観測し、それを基に地下構造を抽出する技術と言えます。雑音を信号に変えるマジックは、相互相関と呼ばれる数学的な演算にありました (図1)。この技術が画期的で革新的な点は、地下探査のために人工的な震源を必要としないという点です (図2)。このように人工震源を必要としない地下探査法が本当に実現できれば、地下の常時監視も可能になるのではないかと、その後多くの研究者が具体的な適用例の研究を始めました。これら理論と適用例に関しては米国物理探査学会が昨年論文集を刊行しています。

地震波干渉の 今後の利用と展望

地震波干渉法の最大の特徴はなんとと言ってもPassive (受動的) な観測手法であることです。これは人工震源などを利用するActive (能動的) な観測手法と違って、欠点も有りますが、多くの利点を秘めています。

まず観測が手軽であることが挙げられます。近年環境保全や安全性の観点から、ダイナマイトなどの人工震源の利用は困難になりつつあります。この様な問題への対策には大変強力な手法です。例えば最近では抗井間での音響トモグラフィ*に活用されています (図3)。この技術は将来は二酸化炭素の地中貯留や、使用済核燃料の地層処分候補地調査の際には有力な地下探査手法になると考えられています。しかしながらこのトモグラフィ手法の最大の問題点は、人工震源を坑井内に設置する必要がある事です。ダイナマイトなどを震源として利用すると、その坑井は二度と利用できなくなる為に、色々な人工震源が開発されてきましたが、作り出される弾性波のエネルギーが小

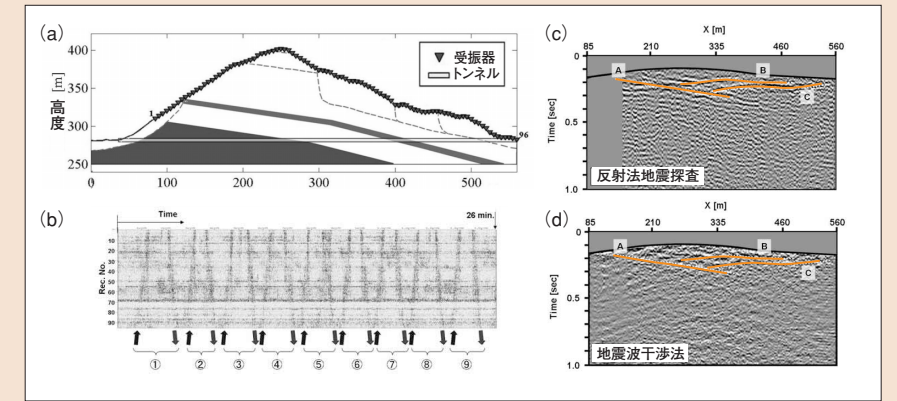


図2 トンネルがある丘陵地での地震波干渉法の適用例
(a) : 地表に受振器を96個設置した後、トンネル内に4トントラックを走行させ、トラックの走行によって生じる振動を利用して地震波干渉法を行った。(b) : トラックがトンネル内を9往復した時の走行によって生じた振動を、地表で26分間連続観測した。記録の番号は受振器の場所の番号に対応しており、トラックがトンネルを走行しているのが良く分かる。(c) : ダイナマイト震源を利用した通常の反射法断面図。反射境界面が幾つか認識できる。(d) : トラックの振動記録に対して、地震波干渉法を適用して得られた地下の反射断面図。反射境界は認識されるが、観測時間が短くエネルギーが充分でないため、深部まではイメージングされていない。

さく、伝播距離が短いという欠点がいちもありました。このような場合に地震波干渉法を適用すると、二つの坑井内に受振器のみを設置して波動を観測すれば、一方の坑井に震源を置いて、他方の坑井に受振器を置いた場合の波動が推定できて、抗井間音響トモグラフィが実現出来ます。

さらに重要と思われるのは、自然地震や余震、火山性微動を利用出来る点です。これらの自然が作り出す弾性波エネルギーは人工震源よりもずっと大きいため、地震波干渉法による反射法地震探査を行うと、人工震源では可視化することが困難であった、深さ数km程度より深部の地下構造の決定において威力を発揮できると考えられる点です。例えば、地表の活断層から地下深部の震源断層までを一体的に捉えるためには、人工震源のみによる探査では不十分ですので、自然地震を用いた地震波干渉法を併用することに期待

が寄せられています。無論地震波干渉法では、地下の時間的変化のための監視 (モニタリング) は最も得意とするところです。これまで10年、50年という長期的な地下の時間的変化を見ようとするときには、どうしても震源の問題を解決する必要があった訳ですが、地震国である日本では地震波干渉法を適用することで、人工震源に関する心配が無用となるはず。地震波干渉法はまだ開発されて日が浅い技術体系です。今後ますます適用の範囲が広がっていくことと考えられます。特に我が国の様に、地震災害の多い国土であれば、この手法を防災の為に利用する範囲は非常に広いと思われる。それには今後も事例を積み上げて行く地道な研究と技術開発がまだまだ必要であると考えられます。

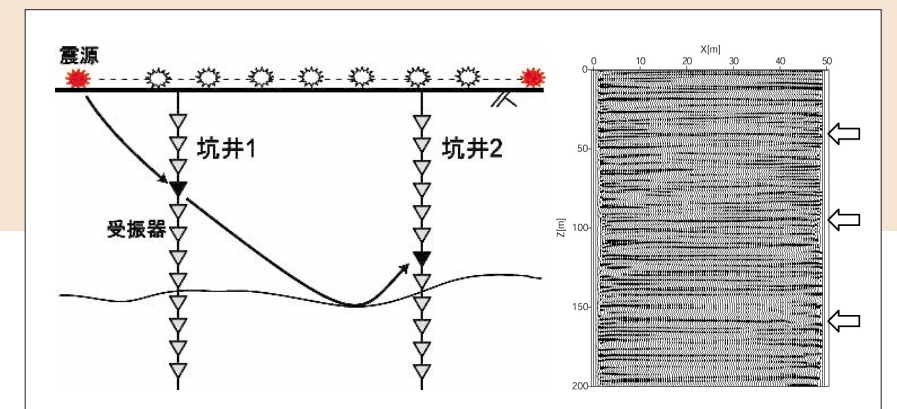


図3 抗井間音響トモグラフィへの適用概念図と適用結果
地震波干渉法の考えは色々な場面に応用できる。抗井間音響トモグラフィへの適用概念図と適用結果を示す。深度200mまでの地下構造が明確にイメージングされている。この手法は特別な坑井内の震源を必要としないので、今後広い応用が期待できる。

*音響トモグラフィ: 医療分野で用いられているX線CTスキャンと同じ原理を利用して地下を可視化する技術。坑井の中に弾性波を作り出す人工震源を設置して、もう一つの別の坑井内に受振器を設置して観測された波動から、地下構造を可視化する技術。