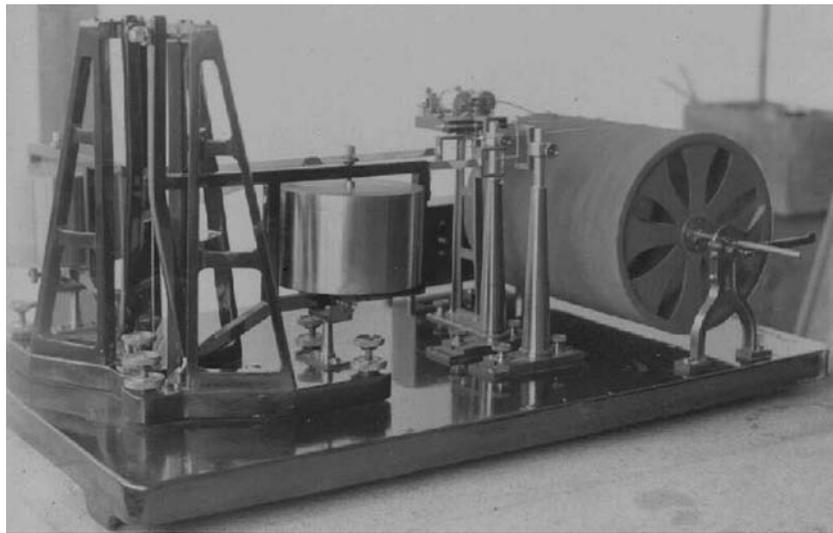


- ・ 1923年関東地震当時の地震観測
- ・ アスペリティって何？
- 地震研究の新たなキーワード —

- ・ 活断層お国巡り 第3回 台湾西部の地質構造
- 鏡に映せばそれは南海トラフ —



関東地震とその余震の観測に用いられた松本測候所の中央気象台式簡単微動計。倍率20倍、固有周期10秒の地震計で、制振装置はなかった。記録用の木製のドラムが右側に、2成分の水平動振り子が中央部と左側に写っている。ドラムの長ささと直径は約30cmと24cm、紙送りは1.5～2.5cm/分であった。ドラムに巻いた記録用紙を一日一回交換した。松本測候所所蔵ガラス乾板より

2002年6月～2002年7月のおもな地震活動

2002年6月～2002年7月に震度4以上が観測された地震は4回でした。図の範囲の中でマグニチュード(M)3.0以上の地震は、995回発生し、このうちM5.0以上の地震は11回でした。

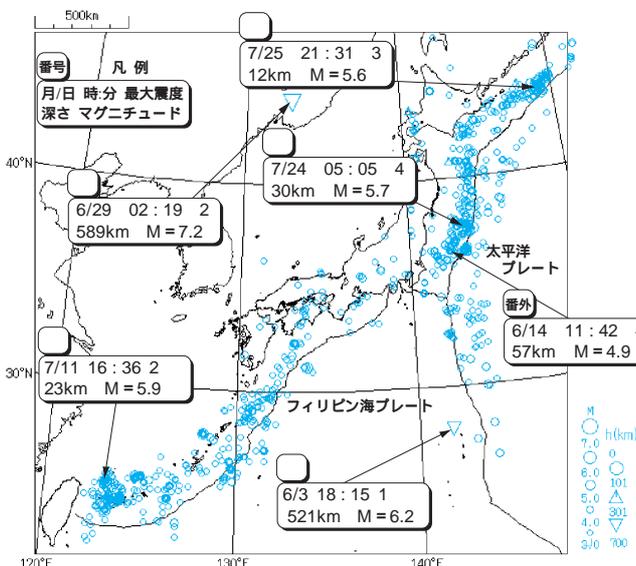
鳥島近海(深発地震)

小笠原諸島の父島と神奈川県横浜市で震度1を観測しました。

ウラジオストク付近(深発地震)

北海道、東北地方及び関東・中部・北陸地方の一部で震度

2002年6月1日～2002年7月31日 M 3.0 地震数=995



1～2を観測しました。この地震では、北海道から中部地方の太平洋側を中心として南北に伸びた震度分布である異常震域現象がみられました。

台湾付近

沖縄県与那国島で震度2を観測したほか、西表島、波照間島、竹宮島、石垣島及び黒島で震度1を観測しました。

福島県沖

福島県玉川村で震度4を観測したほか、関東地方及び東北地方と中部地方の一部で震度1～3を観測しました。

北海道東方沖

北海道別海町で震度3を観測したほか、北海道内の一部で震度1～2を観測しました。この地震は、「平成6年(1994年)北海道東方沖地震」(M8.2)の余震域内で発生しました。

番外 茨城県南部

茨城県の水戸市、笠間市、土浦市、栃木県の小山市、真岡市、埼玉県の久喜市、千葉県成田市等で震度4を観測したほか、関東地方及び東北地方と中部地方の一部で震度1～3を観測しました。この地震により、茨城県内で負傷者1名(軽傷)、ブロック塀破損4箇所等の被害が発生しました(7月29日現在、総務省消防庁調べ)。

世界の地震

M7.0以上あるいは死者50人以上の被害を伴った地震は以下のとおりです(発生日は日本時間、Mは米国地質調査所によるものです)。

・ 6月22日 11時58分

イラン西部 (M6.4 死者227名以上、負傷者1,600名以上)

(気象庁、文責：福満修一郎)

図の見方は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。

1923年関東地震当時の地震観測

大地震の震源過程の研究は、地震の発生や強震動の定量的な評価などの観点から重要であり、その波形解析においては、波形を収録した地震計や観測装置の特性などの知識が欠かせません。今回は、9月1日の防災の日にちなんで、1923年関東地震がその当時どのように観測されていたかご紹介しましょう。

当時の地震計はすべて機械式で、今日のようなエレクトロニクスを駆使した仕組みではありませんでした。記録は、円筒形のドラム（一定の早さで回転）にすすでいぶした紙を巻き、針でひっかいた軌跡をニスで定着させるすすがき方式が一般的でした。また、地震波の到達時刻を測定するために、当時としては高精度の振り子時計や遠洋航海などで天測に用いられたゼンマイ式のクロノメーター（経線儀）が使われていました。しかしながら、振り子時計は地震の揺れが大きい場合にしばしば止まってしまうし、高精度のクロノメーターを用いても各観測点の刻時を正確に合わせることは困難でした。このため、関東地震の数年前から、無線の時報を受信して観測点の時計を校正する作業が各地の測候所や气象台で行われるようになりました。当時の地震観測では、人手に頼る作業が多く、少なからぬ労力を必要としたことがうかがえます。

それでは、どのくらいの観測点で地震観測が行われていたのでしょうか？当時地震観測を行っていた測候所や气象台は、国内と台湾や朝鮮半島などをあわせると80カ所あまり、大学では東京、京都、東北の各帝国大学の3カ所でした。それに対し外国の観測点の数は約90カ所でした。つまり、世界にある地震観測所の約半数が日本と周辺に在り、当時すでに日本は地震観測大国だったことがわかります。関東地震は、これらの観測所に設置された複数の種類の地震計で記録されました。当時の主力であった簡単微動計が約45カ所、明治時代の主力地震計の普通（グレー・ミルン・ユーイング）地震計が約40カ所、長周期の大森式地震計が30カ所、今村式強震計や大森式強震計などの強震計が17カ所などと推定されています。簡単微動計は、水平振り子を2つ組み合わせた、倍率が50倍前後の水平動2成分の地震計です（上下動成分なし）。機械的な構造が簡単で製作が容易だったためか、当時の主力の高感度地震計として使われました。表紙の写真は、松本測候所で関東地震を記録した中央气象台式簡単微動計です。普通（グレー・ミルン・ユーイング）地震計は、地震による揺れを感知してから記録がスタートする方式のため、最大動は記録できますが、初動であるP波の記録がとれないため、関東地震の後には次

第に廃止されていきました。

関東地震の震源域に近かった、沼津、横浜、横須賀、布良（館山）、東京、熊谷などの観測点での揺れは、ひじょうに大きかったようです（図1）。特に、この図に白丸で示した観測点では、地震による被害のため観測を中止せざるを得ませんでした。例えば、横浜測候所は震災により焼失してしまいました。また、横須賀の海軍の観測施設では、地震計室が倒壊してしまいました。布良測候所では、地震計が本震の強い震動で故障して余震の観測ができませんでした。この他、東京では中央气象台と本郷の東京帝国大学地震学教室に地震計が設置されていましたが、当時最新式のウィーヘルト地震計は床に固定されていなかったため転倒するなど、複数の地震計が故障しました。しかし、色々な地震計で観測を行っていたために、なんとか観測を続けることができました。こうしてみると、震源に近い観測点は沼津や東京を除くと、ほぼ全滅に近かったことがわかります。また、この他の観測点についても、

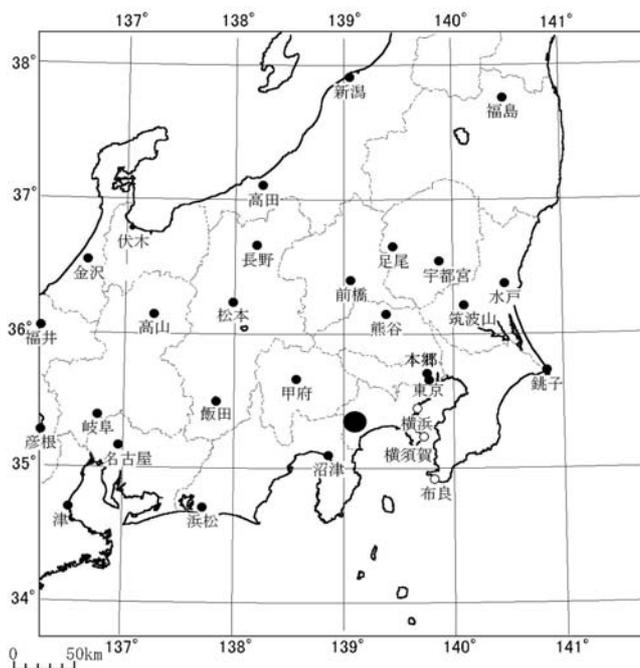


図1 1923年関東地震の震央（大きい黒丸）と当時の観測点（黒丸、白丸）の分布。関東地震では相模湾を中心に強い揺れが観測されたが、地震の始まりを示す震源は、神奈川県西部の20 kmから30 kmの深さの場所に推定されている。白丸は地震による被害を受けて観測を中止した観測点。この他、東京や熊谷では地震計が故障し、多くの観測点で倍率の高い地震計の記録が振り切れ、記録用の描針が脱落した。

機械式の強震計の倍率が1倍から3倍くらいであるため、振り切れない記録を残しているのは、岐阜や高田測候所など震源から離れた観測点に限られます。図2は、府立大阪測候所の大森式強震計（1倍）の記録です。大阪においても、主要動の振幅は5cmを上回っており、もう少しで振り切れてしまうほど揺れが大きかったことが分かります。

それでは、すすがきの記録はどのように活用されてきたのでしょうか。大地震は発生頻度が少ないために、たとえ古くて精度の低い記録であっても研究上貴重な役割を持っています。地震学の発展過程では、新たな学説が登場するたびに、古い記録にその学説が当てはめられ、検証され、新しい解釈や知見が付け加えられてきました。例えば、地震が断層運動そのものであるという考え方が定着したのは、1960年代になってからです。それまで地震の発生機構には諸説ありましたが、断層運動として見ると、関東地震は典型的な逆断層地震であることが分かりました。さらに、プレートテクトニクス説は、1960年代の後半から1970年代のはじめに、研究者の間で受け入れられるようになりました。プレートの運動と関東地震の関係は、フィリピン海プレートが相模トラフ周辺で、陸側地殻の下に沈

み込むプロセスとして説明できるようになりました。また最近では、電子計算機の発達により、地震の揺れを電子計算機の上で再現する（シミュレーション）技術が発展し、関東地震の記録に基づいて震源断層のすべり過程を詳しく解析したり、より空間分解能の高い震度分布を再現したりする研究も進んでいます。

このように、研究や解析方法が進歩するにつれて、関東地震の古い記録が改めて脚光を浴びる機会は今後も繰り返し訪れると思いますが、戦災で焼失したり、建物の移転や建て直しの際に処分されたりして、今日残されている関東地震の記録の数は少なくなっています。もし当時の地震計の記録がすべて残っていれば、関東地震の震源過程や余震分布についてもっと詳しい様子が分かったに違いありません。当時の観測に携わった人たちは、後世の人間が電子計算機や高度な解析技術を駆使して記録を利用することなど想像出来なかったはずですが、関東地震の発生間隔は200年以上と考えられています。200年に一度しか観測する機会がないだけに、たとえ精度が低くても観測記録は地震学の貴重な財産といえるでしょう。

（気象研究所 浜田信生）

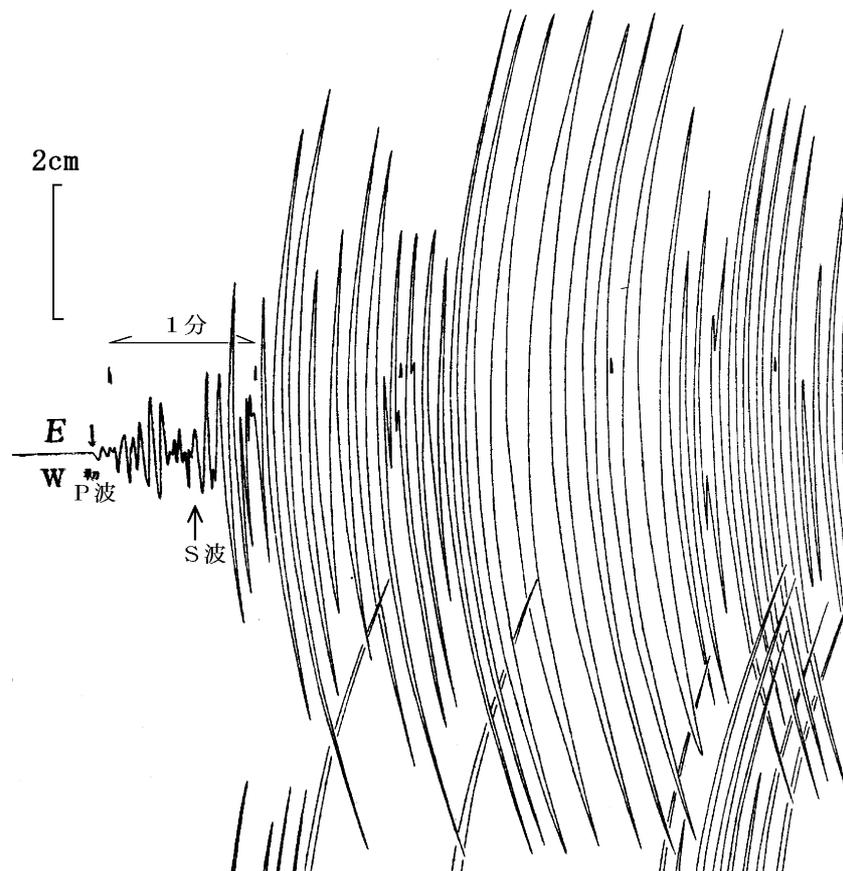


図2 府立大阪測候所の大森式強震計（1倍）の記録。東西方向の揺れの成分を示す。

アスペリティって何？ — 地震研究の新たなキーワード —

震源断層とアスペリティ

地震は地下の岩盤が急激にずれることによって生じます。地震の発生源となる岩盤のずれのことを震源断層と呼びます。M（マグニチュード）8級の巨大地震ともなると、震源断層の長さは100 kmに及びます。この場合、ずれの量は平均で3～4 mですが、決して断層面全体にわたって一様ではなく、大きくずれるところもあればほとんどずれないところもあります。大きくずれるところを「アスペリティ」と呼びます。アスペリティとは、もともとは「突起」を表す言葉ですが、ここでは「通常は強く固着していて、あるとき急激にずれて地震波を出すところ」という意味で用います。

地震時の強い揺れ（強震動）の分布は断層面上のアスペリティの位置に左右されます。また、比較的小さい地震しか起こらない地域があるかと思えば、大きい地震も小さい地震も起こるところもあるといった、発生パターンの地域性も、根底にはアスペリティの空間分布が関係していると思われる。アスペリティは、いわば地震に関係した多くの現象を理解するための鍵と言えます。

アスペリティは場所を変えない

アスペリティの位置と大きさは地震波の分析によって推定することができます。図1に東北沖でのアスペリティ分布を示します。灰～黒色で塗りつぶした部分がアスペリティ、星印はそれぞれの震源（ずれ破壊の開始点）です。三陸沖から青森県沖にかけて大きなアスペリティが2つあります。1968年5月16日の十勝沖地震（M7.9）ではこの2つのアスペリティが連動して大きな地震となりました。一方、1931年3月9日と1994年12月28日の地震では、南側のアスペリティが単独で動きました。結果的に、地震の規模はやや小さめ（M7.5級）となりました。

宮城県沖でも約30年ごとにM7.5級の地震が起きていますが、それらは2、3のアスペリティが単独ないし連動して起っていると考えられています。ブロック塀の倒壊により多くの死傷者を出した1978年6月12日の宮城県沖地震（M7.4）では、北側の2つのアスペリティが動きました。それ以来24年経っていますので、今後10年ぐらいの間には次の大地震が発生するのではないかと考えられています。その場合、1936年の金華山沖地震のアスペリティ（南側）が動く可能性もあります。

アスペリティとその周辺

日本海溝のようなプレート境界では、長い期間の間にはどの場所もだいたい同じ量だけずれると考えられます。しかるに、アスペリティは地震の時だけ大きくずれることから、アスペリティ周辺では、地震時以外のときに「地震波を出さないようなゆっくりした断層の動き」があるに違いありません。

最近、そのような非地震性の断層運動が観測で捉えられるようになりました。兵庫県南部地震以降に、国土地理院によって整備された、高密度GPS観測によるものです。非地震性の断層運動には、ときどきズルッとすべる動き（間欠的すべり）と、常にヌルヌルとすべる動き（連続的すべり）があります（図2）。これまで、三陸沖、豊後水道、房総沖、さらには、浜名湖周辺で、間欠的断層すべりが観測されています。

非地震性すべりは、すべらない領域（固着域）を浮き彫りにしますので、大地震の記録がないところでもアスペリティの存在を確認することができます。

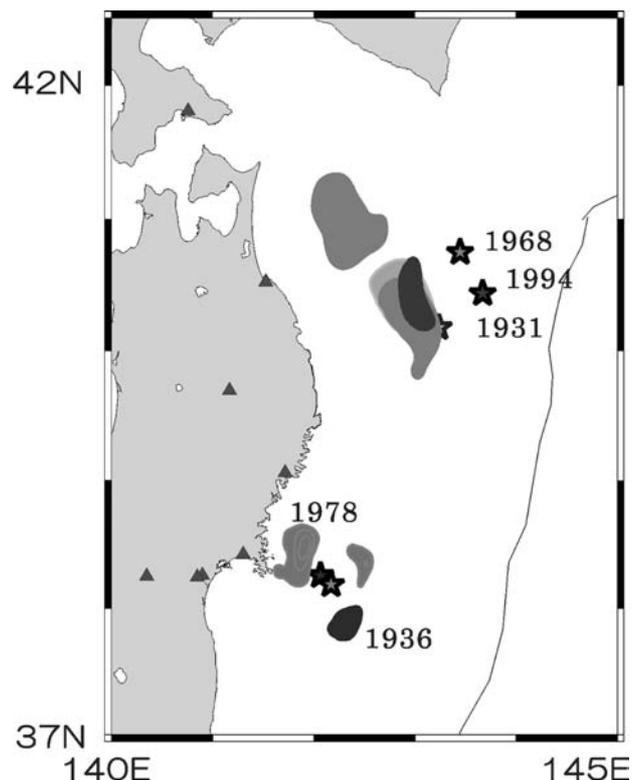


図1 日本海溝沿いの大地震のアスペリティ。灰～黒色領域がアスペリティ、星印は震源。

アスペリティの根源

このように、大地震の発生以外にはぴったりと固着して、エネルギーを溜め込む役目を果たすアスペリティは、一体、どのようにしてできるのでしょうか。これについてはまだ想像の域をでませんが、1つの可能性として、沈み込む海洋プレートの表面（海底）の凹凸があげられます。海底には海山や地溝帯などさまざまな起伏があります。これが陸のプレートの下に沈みこむとき、凸部は強い接触部となり、アスペリティになることが考えられます。

図3は茨城県沖の鹿島灘で、鹿島海山列の1つがまさに沈み込みかけている場所を示します。この付近のプレート境界では、M7級の地震がおよそ20年に1度の割合で起こります。ちょうど海山の拡がり（約20km）がこの地域のアスペリティの大きさと一致するなど、上の考えと調和的です。

内陸の活断層とアスペリティ

陸上でも、同様のことが観察されています。中でも有名なのは、全長1,200 kmに及ぶ米国カリフォルニア州のサンアンドレアス断層です。ここでは、クリープと呼ばれる常時すべり領域と大地震を引き起こす領域が区分されていることが知られています。

兵庫県南部地震のような、プレート内部の活断層地震については、必ずしもよくわかっていません。大きい断層では、いくつかのセグメント（小断層）に区分けされ、地震は個々のセグメント単位か、あるいは、複数のセグメントが同時に連動するといった形で起こることが知られています。これがアスペリティに対応するのかも知れませんが、セグメントの周辺に非地震すべり域があるという報告はありません。断層の深部延長がそのようになっているという仮説もありますが、まだ検証はされていません。

アスペリティ研究の近未来

アスペリティの分布が明らかになれば、将来の大地震での揺れ分布をかなり良い精度で計算することができます。また、アスペリティとその周辺に的を絞って、地震活動や地殻変動を監視することにより、地震発生の予測に新たな光が見えてくるかも知れません。また、アスペリティ近傍の地震計からのシグナルを使えば、主要動到達前の警報（ナウキャスト地震情報）も、より早い段階で発信することができ、災害軽減に役立つようになると期待されます。

（東京大学地震研究所 菊地正幸）

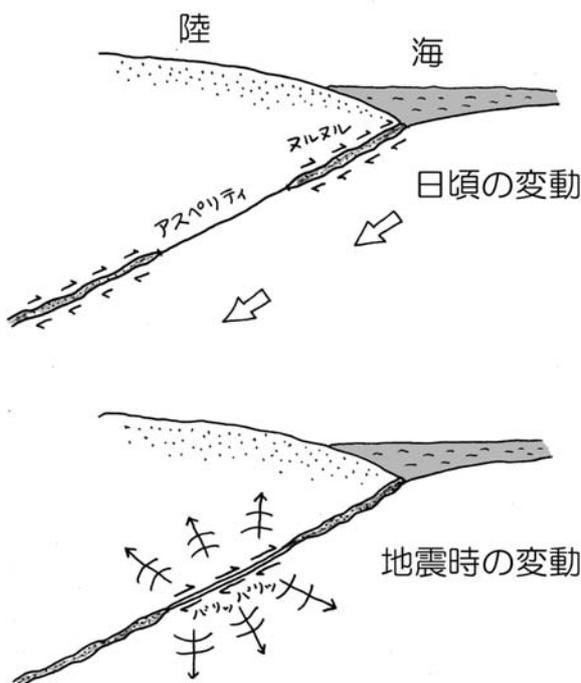


図2 アスペリティとその周辺の断層運動。

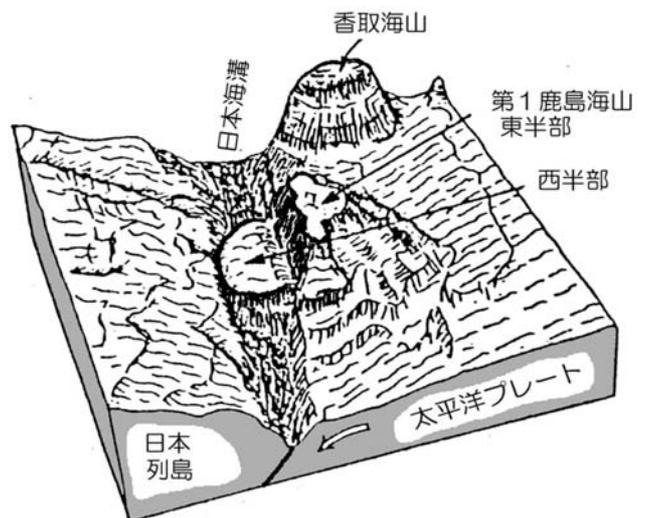


図3 茨城県沖の海山の沈み込み現場。海上保安庁による。

台湾西部の地質構造 鏡に映せばそれは南海トラフ

地形や地質構造の中には、鏡像といって、ちょうど右手と左手の関係を示すものがあります。ここでは、大地震の震源域の地質構造にも、鏡像関係といえるような例があることを紹介します。取り上げる地域は、日本の南海トラフ沿いと3年前に集集地震が発生した台湾西部です。

南海トラフ沿い地域の地質構造

南海トラフの陸側地域は、室戸岬などの岬から沖に延びる南北の隆起帯とこれに付随する逆断層によって、図1のA、B、C、Dなどの領域に分けられます。これらの領域は、地震動、津波、地殻変動などの解析結果から、1944年東南海地震、1946年南海地震などの巨大地震の震源域に対応していると考えられます。

これらの各領域（セグメント）は、東端が北に屈曲した逆断層と隆起帯、それらの北側の沈降盆地（前弧海盆）からなる共通の構造をもっています。

集集地震を起こした活断層と台湾西部の地質構造

1999年9月21日に発生した集集地震では、南北80kmにわたって地表に断層が現れました。この断層は車籠埔断層と呼ばれる活断層（図2）が数百年以上の沈黙を破って再び活動したために現れたものです。

台湾の西部には図2に示すように、活断層がたくさん分布しています。図3は台中付近の東西断面図です。東に傾斜した逆断層によって、屋根瓦を重ねたような構造（覆瓦構造）が形成されています。この構造は、南シナ海や中国大陸のをせたプレートが、西から台湾の下にもぐり込んでいることを示唆しています。

台中付近の地質構造の特徴

図3と図4に示した台中付近の地質構造を詳しくみると、次のような特徴が認められます。

まず、西側の彰化断層の東側には、背斜構造が発達する台地が南北に延びています。その東側には、地層が厚く堆積した沈降盆地（台中盆地）があり、車籠埔断層と接しています。車籠埔断層の東側は隆起が進んで山地となっていますが、かつての沈降盆地が南北に延びる向斜構造として、双冬断層の西側にみられます。双冬断層の東側には、やはり向斜構造として、もっと古い沈降盆地がその名残りをとどめています。

このように、台中付近では西から逆断層、隆起帯、向斜構造（沈降盆地）からなる構造セットが存在し、東のものほど形成時期が古くなっています。

もう1つの重要な特徴は、これらの隆起帯と沈降盆地は、その西側の逆断層の東方への屈曲や枝分かれによって、南北性の構造を切られていることです。彰化断層の北部からは、1935年新竹・台中地震の際に活動した屯子脚断層が東北東に分枝しています。この分枝断層は大肚台地の南北性の構造を斜めに切っています。車籠埔断層の北端は、屯子脚断層の東方で東へ大きく屈曲しており、南北に延びる向斜構造を切っています。さらに双冬断層も、屯子脚断層の東方で東へ屈曲しています。

台湾西部の5つの領域—大地震の震源域？

台湾の地質構造図や活断層図をみると、台湾西部の南北性の構造を切る、東西～東北東方向の顕著な構造が4地域で認められます（図2）。その1つは上述した

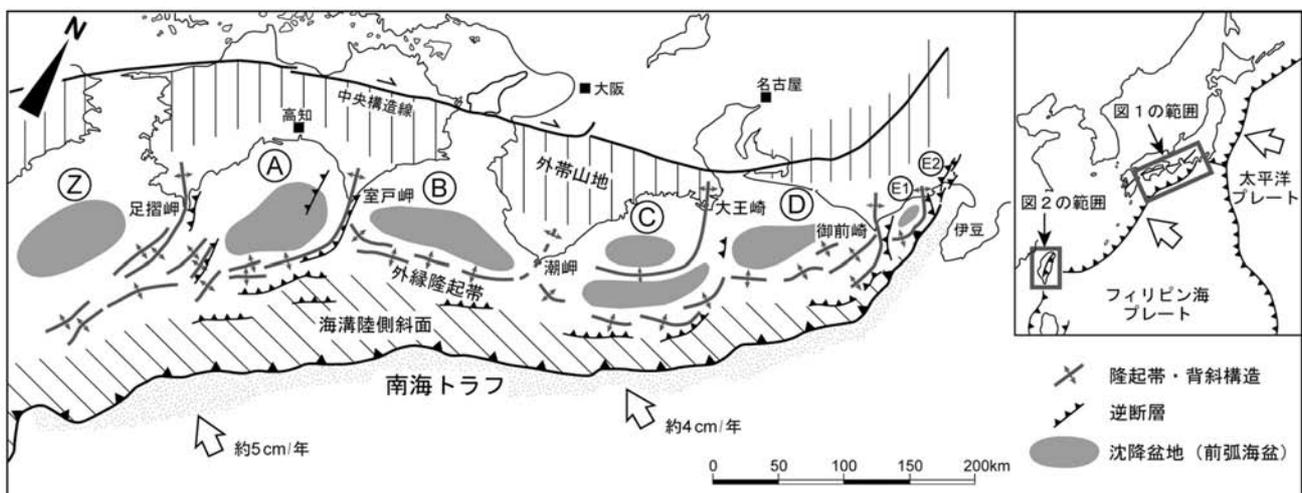


図1 南海トラフ陸側地域の地質構造。

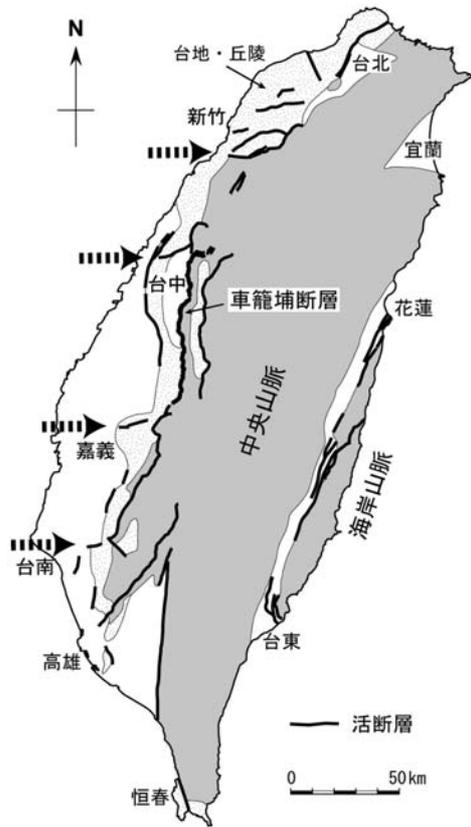


図2 台湾の活断層分布。台湾中央地質調査所による。東西性の地質構造の分布域を破線の矢印で示す。

台中北方です。このほかに、北部の新竹付近と南部の嘉義付近および台南付近に認められます。

台湾西部はこれらの東西～東北東方向の構造を境として、長さ60～80kmの5つの領域（セグメント）に分けられます。このうち、北から3番目の領域を震源域として集集地震が発生しました。このことから、台湾西部の他の4つの領域も、集集地震とほぼ同じ規模の地震を起こす能力があるのでは？と思われます。

南海トラフ沿いと台湾西部の地質構造の鏡像性

図5は、南海トラフ沿いと台湾西部の単位領域（セグメント）を模式化して、向かい合わせに並べたものです。これから、両者の地質構造が鏡像の関係にあることが納得いただけると思います。両者が鏡像関係にあるのは、南海トラフでは右斜めの沈み込みが起きているのに対して、台湾西部では左斜めの沈み込みが起きているためと考えられます。

世界中の沈み込み帯で、南海トラフ沿いや台湾西部と同様の構造が見られます。今後、このような地質構造の特徴から、沈み込み帯で発生する地震の震源域や震源過程に迫る研究を進めていきたいと考えています。

(産業技術総合研究所活断層研究センター 杉山雄一)

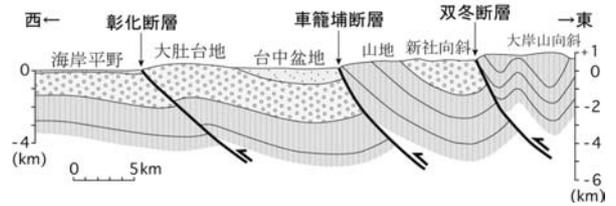


図3 台中付近の模式東西断面図。

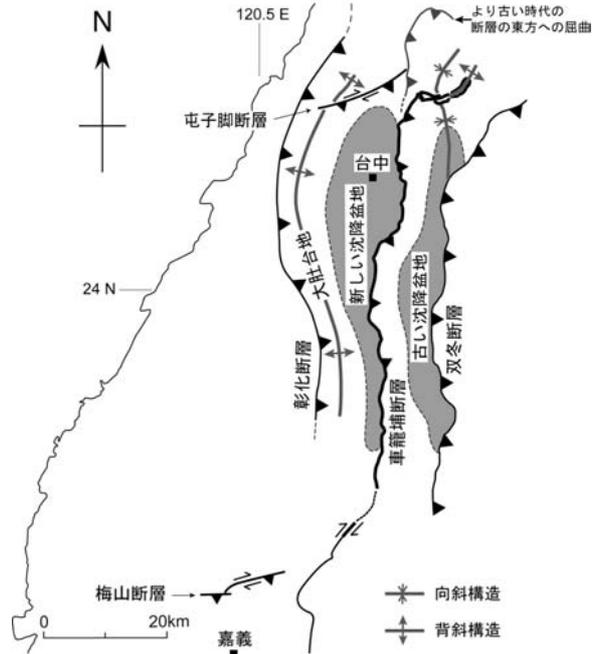


図4 台中付近の地質構造。

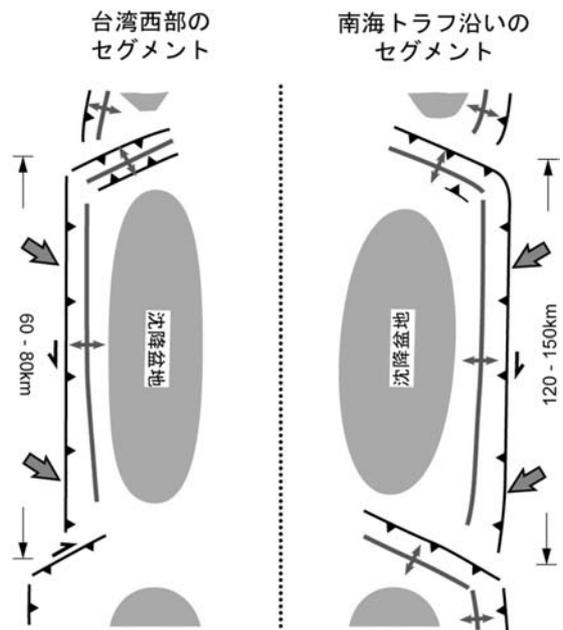


図5 南海トラフ沿いと台湾西部の地質構造の比較。

第12回記者懇談会が開かれる

2002年5月30日午後6時から、地球惑星科学関連学会合同大会会場の国立オリンピック記念青少年総合センターにおいて、第12回記者懇談会が開催されました。参加者は27名（マスコミ関係者は11名）でした。

最初に、学会から、当日の（社）日本地震学会代議員会で選出された大竹会長と理事諸氏、あわせて今後の事業計画が紹介されました。続いて、今年11月11日～13日にパシフィコ横浜で開催される地震学会秋季大会や同時に企画されている一般公開セミナー（詳しくは、本頁右側）の説明、来年6～7月に札幌で開かれるIUGG（国際地球物理学測地学連合）総会や関東震災80年に関連して来年9月に国立科学博物館で開催予定の地震展など大きなイベントの紹介がありました。

その後、メディアの地震解説などにも最近よく登場する「アスペリティ」について、東京大学地震研究所の菊地正幸教授から、記者向けの簡単なレクチャーがありました（本紙4～5頁に関連記事）。地震波の解析やGPSを使いゆっくりとした地殻変動を捉えることによって、大きな地震動をおこすアスペリティを事前に特定して地震防災に生かすことが将来可能になるかもしれないという話題は、出席者の強い関心を呼び、活発な質疑・議論につながりました。

最後に行われた総合的な質疑応答の中では、地震学会として地震防災に関連して社会や行政に意見を出していくことは考えないのか、という質問が出ました。学会側からは、学会として社会的な発言をしていくには会員間のコンセンサスが必要であり慎重にならざるを得ないが、今後そのような社会的寄与が求められることは課題として考えていく、などの答えがあり、さらに、各会員は政府や自治体の各種委員会に参加する中で現在でも専門家としての知見を行政に反映させていることが説明されました。地震の専門家集団としての学会に対して地震防災の面での期待や要望が強いということを再認識した懇談会でした。

（日本地震学会広報委員長 末次大輔）

市民向けのセミナーのお知らせ

「地震マップの市民防災への活用」

～横浜市から発信するこれからの地震防災（仮題）～
秋季大会を前に横浜市のみなとみらい21地区で標記のセミナーが文部科学省などの主催で開催されず。セミナーへの参加料は無料です。参加を希望される方は下記の要領に従ってお申し込みください。

【開催日時】

平成14年11月10日(日) 13時～17時

【会場】

横浜市みなとみらい21地区 パシフィコ横浜5階小ホール（交通：JR桜木町駅より徒歩13分）

【プログラム】

講演（演題は仮題です、当日変更される場合があります）：菊地正幸（東京大学地震研究所）「地震の起こるメカニズムと横浜市に影響を及ぼす地震」、翠川三郎（東京工業大学理工学研究科）「国や横浜市が作成する地震マップについて」、阿部進（横浜市総務局危機管理対策室）「横浜市の防災対策」
パネルディスカッション「地震マップの市民防災への活用」：コーディネーター 中川和之（時事通信社）パネリスト 齋藤正徳（横浜市立大学総合理工学研究科）、武村雅之（鹿島建設小堀研究室）、廣井脩（東京大学社会情報研究所）講演者の方々 他

【参加方法】

氏名、勤務先、住所、電話、FAX番号を明記のうえ、ハガキ、FAX、またはEメールにて下記までお申し込みください。折り返し参加票を発送します。受付は先着400名になり次第締め切ります。

【申込先】

横浜市総務局危機管理対策室情報・技術課

〒231-0017 横浜市中区港町1-1（TEL045-671-3454）

FAX：045-641-1677

Eメール：bousai2@city.yokohama.jp

（日本地震学会 大会・企画委員会）

広報紙「なみふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なみふる」は、隔月発行（年間6号）しております。「なみふる」の購読をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、年間購読料（日本地震学会会員：800円、非会員1200円、いずれも送料込）を郵便振替で振替口座00120-0-11918「日本地震学会」にお振り込みください（通信欄に「広報紙希望」とご記入ください）。なお、「なみふる」は日本地震学会ホームページ（<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/>）でもご覧になれば、pdfファイル版を無料でダウンロードして印刷することもできます。

日本地震学会広報紙「なみふる」 第33号 2002年9月1日発行 定価150円（郵送料別）

発行者 （社）日本地震学会/東京都文京区本郷6-26-12 東京RSビル8F（〒113-0033）

電話 03-5803-9570 FAX 03-5803-9577（執務日：月～金）

編集者 広報委員会/

末次大輔（委員長）、吉本和生（編集長）、五十嵐俊博、石井透、加藤護、桑原央治、小泉尚嗣、武村雅之、東田進也、中川和之、中村浩二、山田知朗

E-mail zisin-koho@ml.asahi-net.or.jp

印刷 創文印刷工業（株）

本紙に掲載された記事等の著作権は日本地震学会に帰属します。