

Blue Earth

172

海と地球の情報誌

ISSN 1346-0811
2023年3月発行
(通巻172号)



Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

特集

関東地震から100年

関東を襲う大地震 津波に備える



2023 年
関東大震災 100 年

関東地震から100年

1923（大正12）年9月1日に相模トラフで発生した関東地震から100年がたつ。大正時代に首都圏を襲ったマグニチュード（M）7.9の巨大地震による関東大震災は、死者・行方不明者10万5000人以上と、日本の自然災害史上、最多の犠牲者を出した。首都圏を襲う次の大地震はいつ起きるのか。政府の地震調査研究推進本部（地震本部）は、今後30年以内に相模トラフ沿いでプレートの沈み込みに伴うM7クラスの地震が起きる確率を70%程度と予測している。関東を襲う大地震・津波についての理解と備えはどこまで進んでいるのか。

関東を襲う 大地震・津波に 備える

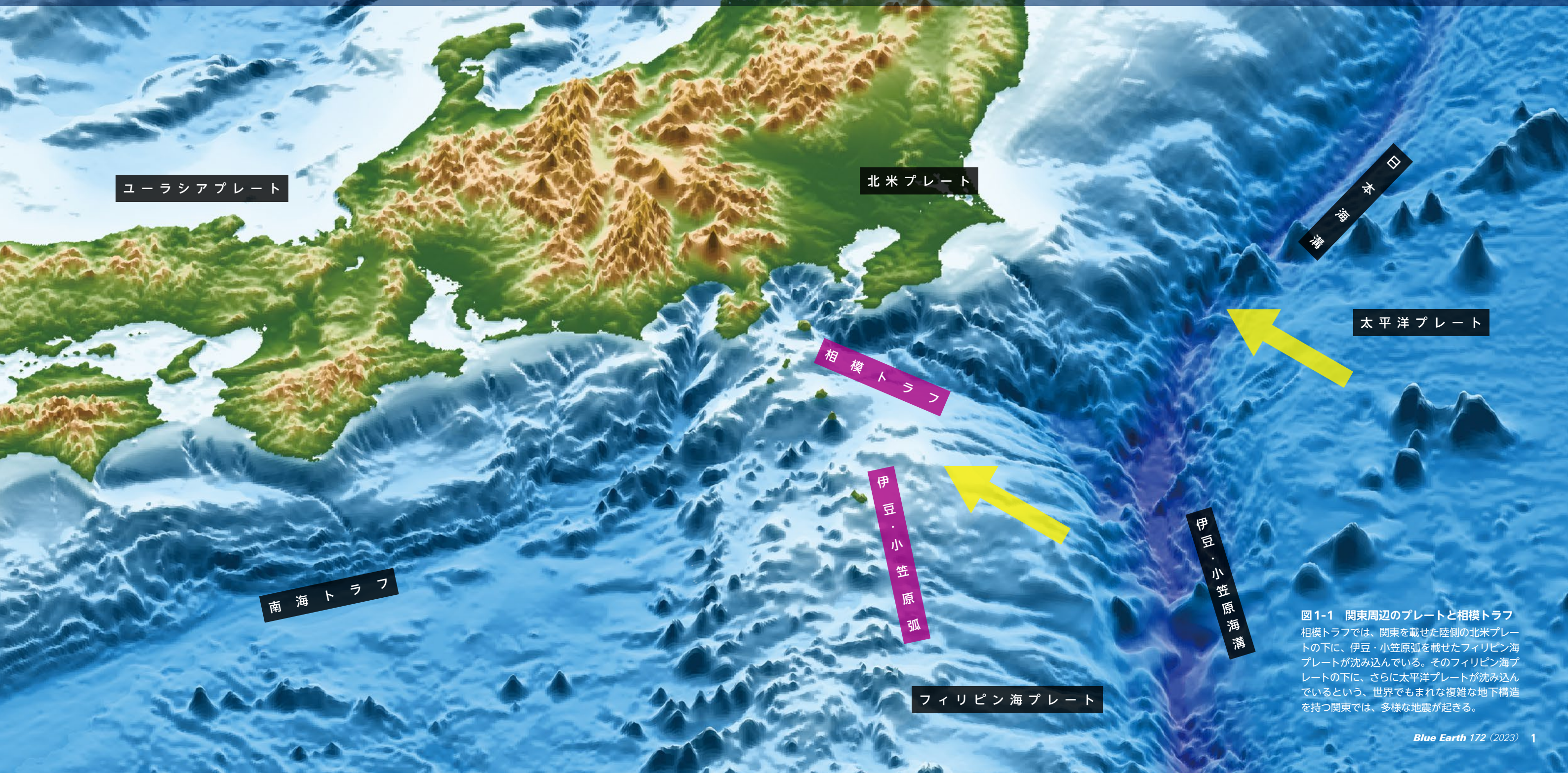


図1-1 関東周辺のプレートと相模トラフ
相模トラフでは、関東を載せた陸側の北米プレートの下に、伊豆・小笠原弧を載せたフィリピン海プレートが沈み込んでいる。そのフィリピン海プレートの下に、さらに太平洋プレートが沈み込んでいるという、世界でもまれな複雑な地下構造を持つ関東では、多様な地震が起きる。

関東ではM8～M7クラスの地震が繰り返し起きてきた

取材協力

堀 高峰

JAMSTEC 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
センター長

相模トラフでは、フィリピン海プレートが関東を載せた北米プレートの下に沈み込んでいる（図1-1・図2-1）。プレート境界が固着している領域では沈み込みに伴い北米プレートが引きずり込まれ、ひずみがたまっていく。大正の関東地震は、そのひずみに耐え切れなくなった北米プレートが跳ね上がるような形で、プレート境界の断層がすべることで起きた。地震に伴い海底が隆起して海水が持ち上げられ津波も発生した（図2-2）。

このような仕組みで起きる地震を「海溝型地震」と呼ぶ。大正の関東地震が日本の自然災害史上で最多の犠牲者を出した原因は、130km × 70km という地震ですべった震源断層の広い範囲が都市直下だったために大規模な火災による被害が発生したことにあるが、揺れや津波による被害も大きかった。神奈川県の小田原から千葉県房総半島まで、深さ10～20km付近のほぼ水平に近いプレート境界断層がすべったため、地上の広い範囲が震度

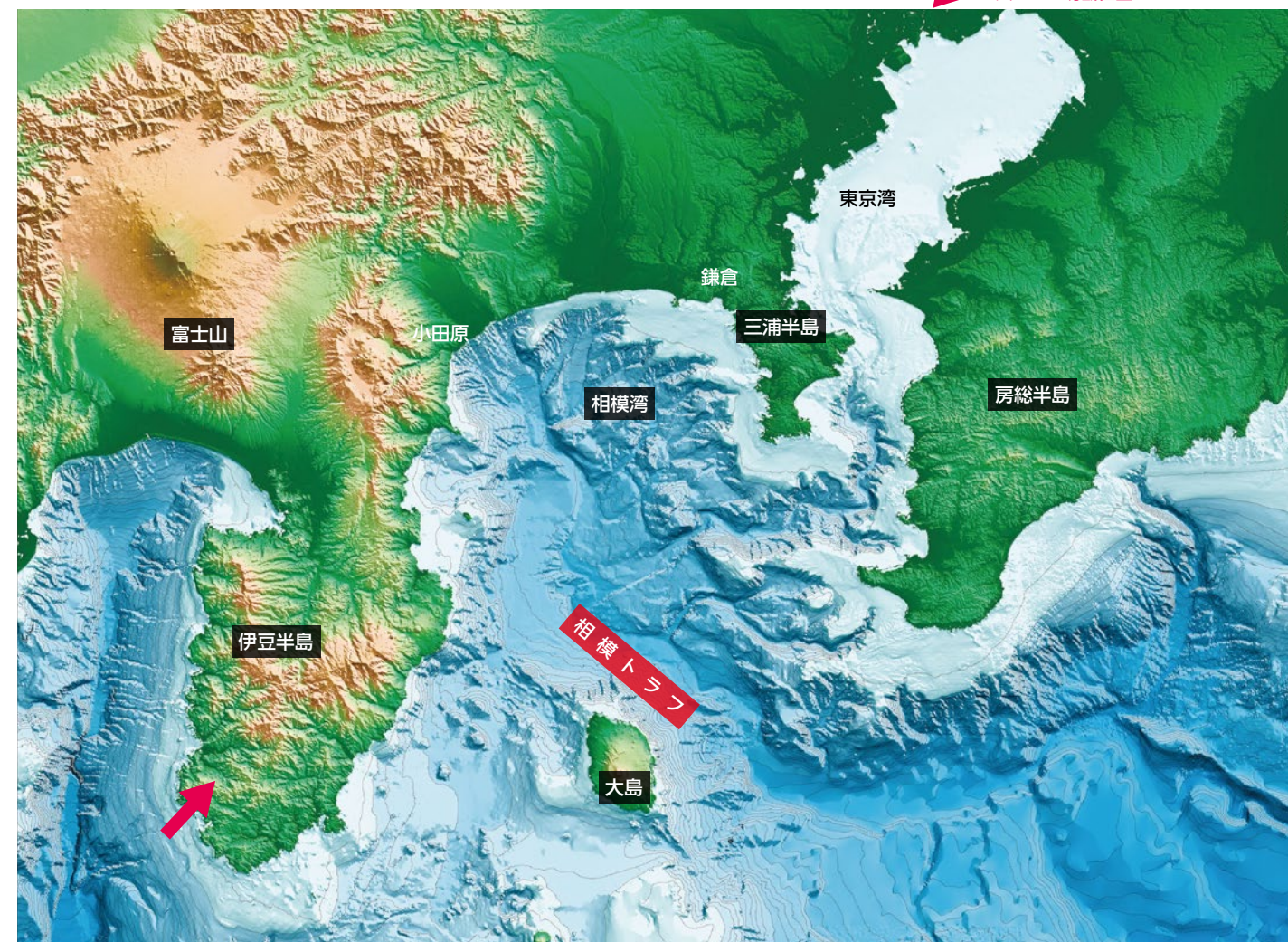
7という最大震度の揺れに襲われた（図2-3）。ちなみに1995年に起きた兵庫県南部地震（M7.3）では、50km × 15kmの垂直の断層が動いたため、震度7の地域は限られていた。

相模トラフ沿いでは大正のようなM8クラスの海溝型地震が繰り返し起きてきた。大正の前は、その220年前の1703年に元禄地震が起きている。ここでは、相模トラフで起きるM8クラスの海溝型地震を「関東地震」と総称して、1923年の地震は大正関東地震、1703年の地震は元禄関東地震と呼ぶことにする。

元禄関東地震では、大正関東地震ではあまりすべらなかった房総半島南端から南東の沖合にかけても大きくすべり、大正よりも地震の規模が大きかったと推定されている。

関東ではM7クラスの地震も繰り返し起きてきた。関東の地下は、フィリピン海プレートの下に、さらに太平洋プレートが沈み込む複雑な構造になっている。それにより、相模トラフで起きる海溝型地震だけでなく、それぞれのプレート内部や、フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界でも地震が起きる（図2-4）。

図2-1 相模トラフ



断面模式図（図2-4）の
大まかな切断位置

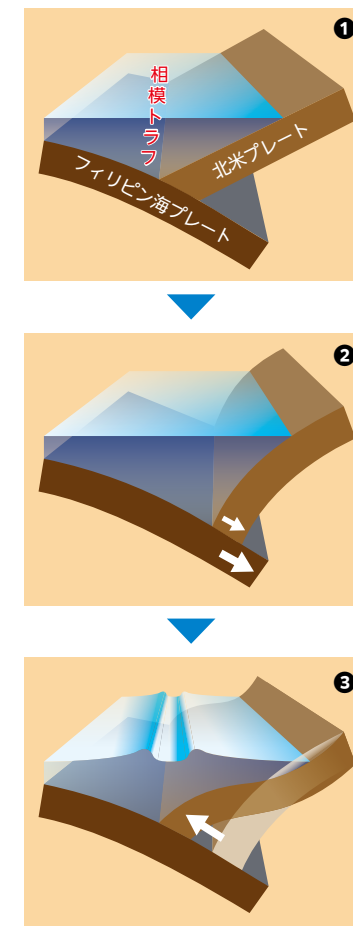


図2-2 関東地震（海溝型地震）の概念図

- ①相模トラフでは、フィリピン海プレートが年間数cmの速度で北米プレートの下に沈み込んでいる。
- ②プレート境界が固着している領域では、沈み込みに伴い北米プレートが引きずり込まれてひずみが蓄積する。
- ③ひずみに耐え切れなくなった北米プレートが跳ね上がるようにしてプレート境界がすべって巨大地震が発生。それに伴い海底が隆起して海水が持ち上げられ、津波が発生する。

図2-4 関東の地下構造と地震が起きる場所（A～E）
図2-1に矢印で示した切断位置の断面模式図

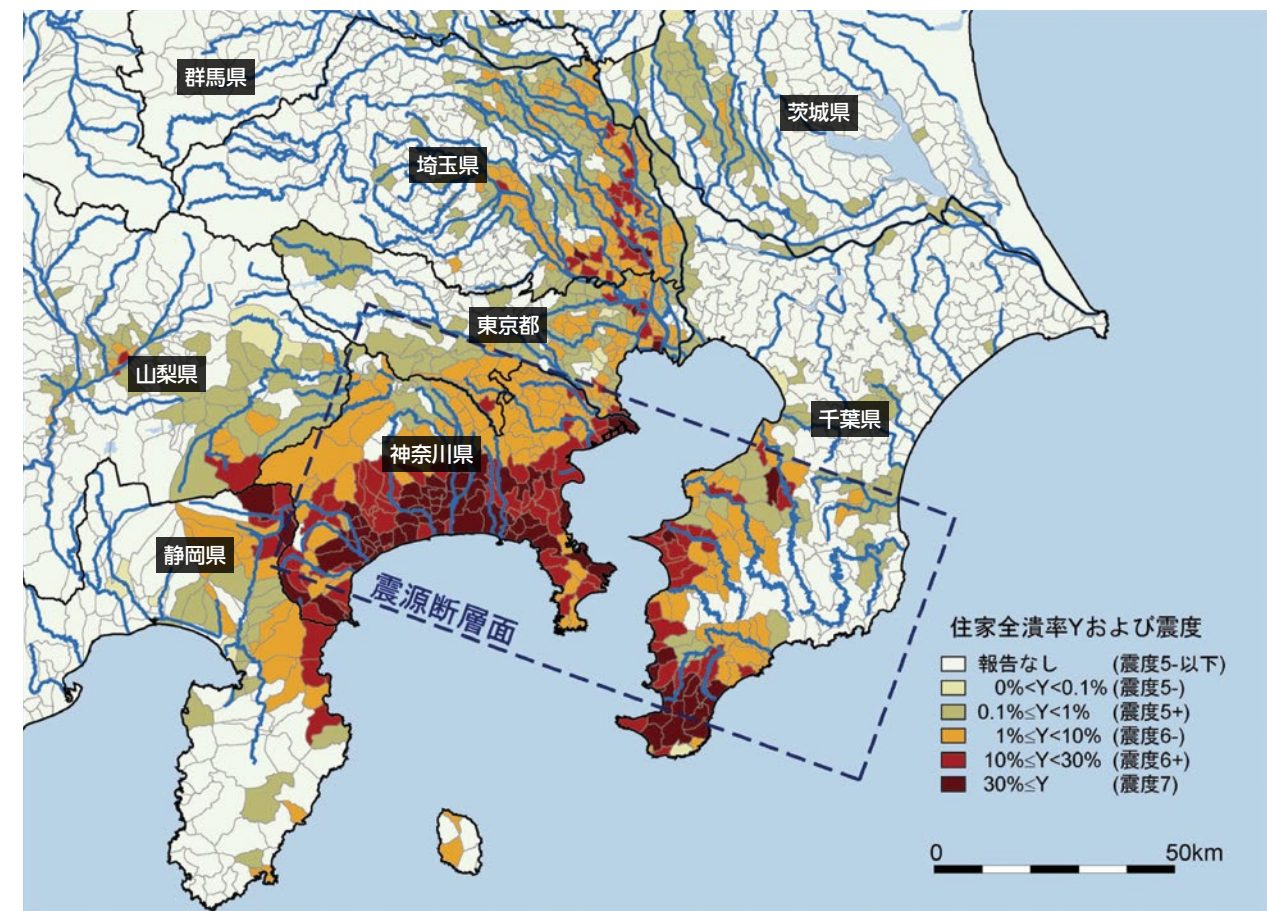
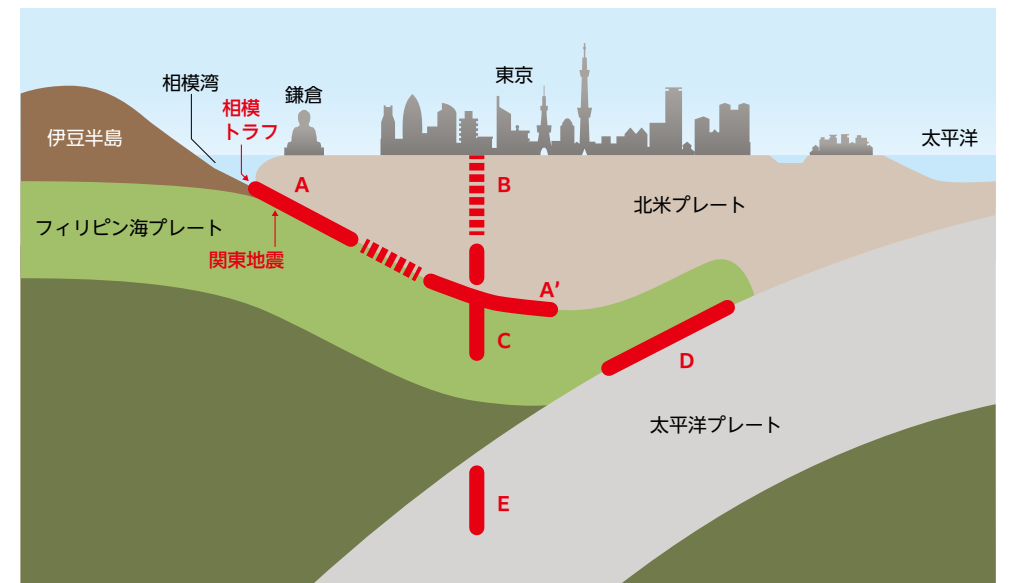


図2-3 大正関東地震における震源断層面と震度分布の推定 出典：地震調査研究推進本部、武村（2003）

関東で次に起きる大地震とは？

取材協力

堀 高峰

JAMSTEC 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
センター長

■大地震を起こす活断層

関東で大地震が起きる確率はどのくらいあるのか。まず、浅い地殻内の地震（図2-4 B）の原因となる活断層について見てみよう。政府の地震本部は、M6.8以上の地震を引き起こす可能性のある活断層の長期評価を発表している。そこでは、今後30年以内の地震発生確率が3%以上を「S」、0.1~3%未満を「A」とランク分けしている。

関東とその周辺地域では、三浦半島断層群、塩沢断層帯、富士川河口断層帯および糸魚川-静岡構造線断層帯が、Sランクと評価された（図3-1）。

Sランクでも3%以上という確率は、とても低いように思える。しかし油断は禁物だ。1995年の兵庫県南部地震（M7.3）の発生直前の確率は0.02~8%、2016年の熊本地震（M7.3）はほぼ0~0.9%だった。活断層で起きる地

震は、発生間隔が数千年程度と長いため、30年という短期間の地震発生確率は小さな値となるのだ。

■M7クラスの地震が今後30年以内に約70%の確率で発生

次に、プレートの沈み込みに伴う地震について見てみよう。地震本部は、相模トラフ沿いで次に発生するM7程度（M6.7~M7.3）の地震の発生確率を70%程度と発表している。これは、元禄関東地震から大正関東地震までの220年間にM7程度の地震が8回起きていることから平均の発生間隔を27.5年とし、そこから今後30年以内の発生確率を算出したものだ。

次のM7クラスの地震が関東のどこで起きるのかを予測することは困難だ。そのため、図3-2の太い赤線で囲まれた関東の広い領域のどこかで発生するものとしている。

元禄関東地震から大正関東地震までの220年間を見ると、後半に地震活動が活発化している（図3-3）。特に1894~95年に3回、1921~22年に2回と、短期間に

M7クラスの地震が頻発している。

大正の関東地震から100年がたつ。地震本部は、今後、次の関東地震の発生に向けて、地震活動が活発になる可能性がある、と警告している。

■次のM8クラスの関東地震

関東地震は最大でどれくらいの規模になり得るのか。地震本部は、地形や歴史記録、過去の地震活動などから、震源域となり得る領域を評価し、最大クラスの地震規模を

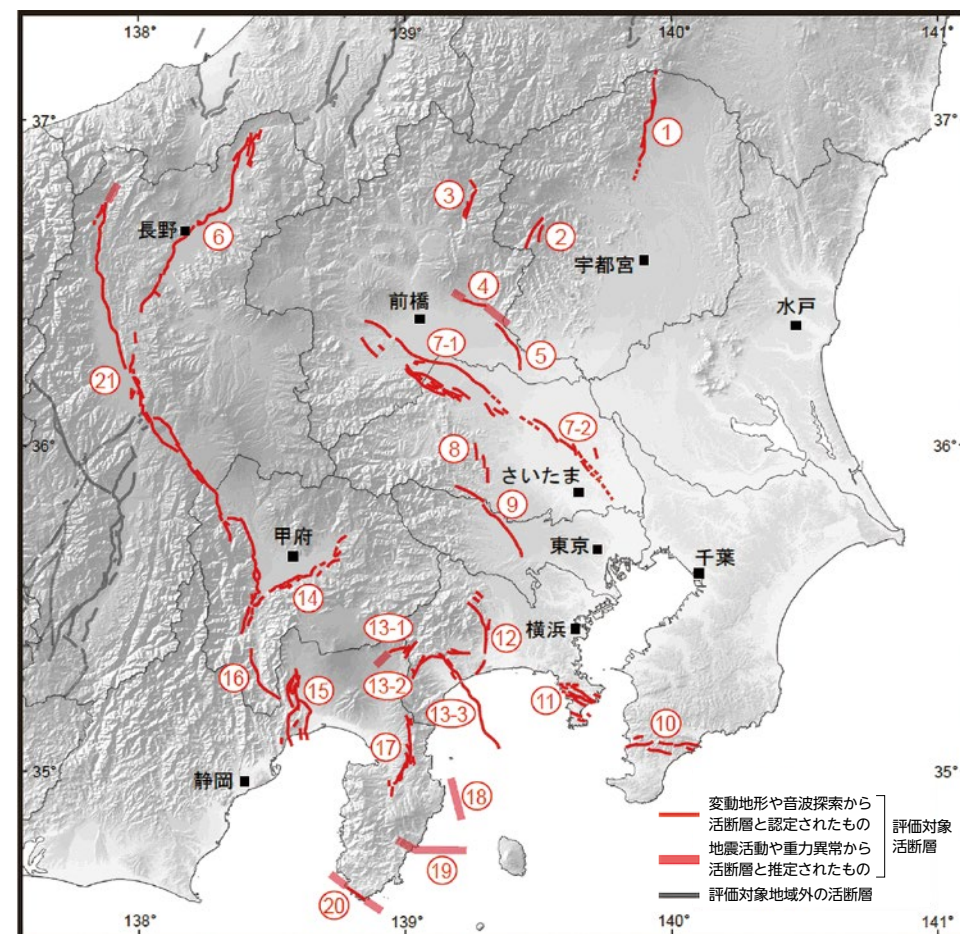
M8.6と推定している（図3-4）。

その震源域には、房総半島南東沖も含まれている（図3-4の黄色線で囲まれた領域）。そこは元禄関東地震ではすべったと考えられるが、大正関東地震ではすべっていないため、ひずみが蓄積されている可能性がある。しかし、過去に地震がこの領域だけ単独で発生した痕跡が見つかっていないため、地震本部ではこの領域で地震が発生する可能性を評価できないとしている。

また地震本部は、今後30年以内に相模トラフ沿いでM8クラス（M7.9~M8.6）の地震が発生する確率はほぼ0~6%と発表している。

それでは、次の関東地震は、いつ、どのような規模になるのだろうか？

図3-1 関東とその周辺地域でM8.6以上の地震を起こし得る活断層



出典：地震調査研究推進本部「活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」

1. 関谷断層
2. 内ノ籠断層
3. 片品川左岸断層
4. 大久保断層
5. 太田断層
6. 長野盆地西縁断層帯
- 7-1. 深谷断層帯
- 7-2. 綾瀬川断層
8. 越生断層
9. 立川断層帯
10. 鴨川低地断層帯
11. 三浦半島断層群
12. 伊勢原断層
- 13-1. 塩沢断層帯
- 13-2. 平山-松田北断層帯
- 13-3. 国府津-松田断層帯
14. 菅根丘陵断層帯
15. 富士川河口断層帯
16. 身延断層
17. 北伊豆断層帯
18. 伊東沖断層
19. 稲取断層帯
20. 石廊崎断層
21. 糸魚川-静岡構造線断層帯

Sランク

今後30年以内の
地震発生確率3%以上

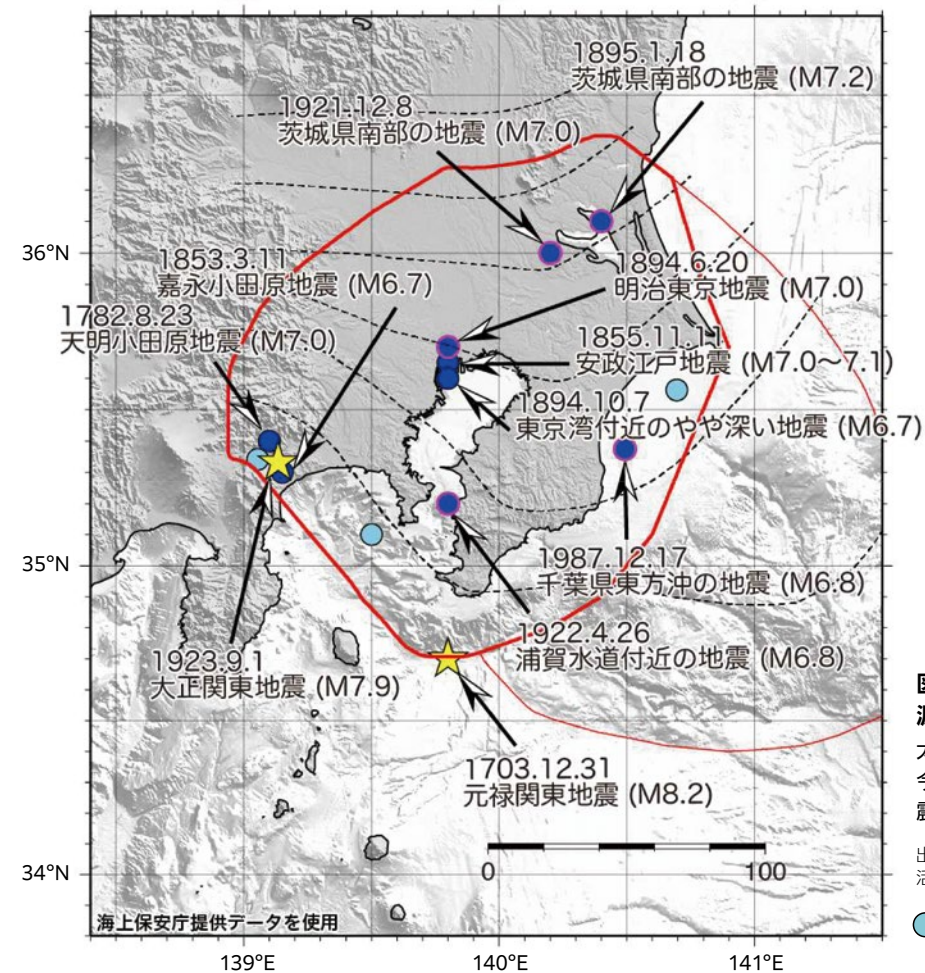


図3-2 関東で起きたM7~M8クラスの震源分布

太い赤線で囲まれた関東の広い領域のどこかで、今後30年以内に70%程度の確率でM7クラスの地震が発生すると予測されている。

出典：地震調査研究推進本部「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）」

● 大正関東地震（1923）の余震

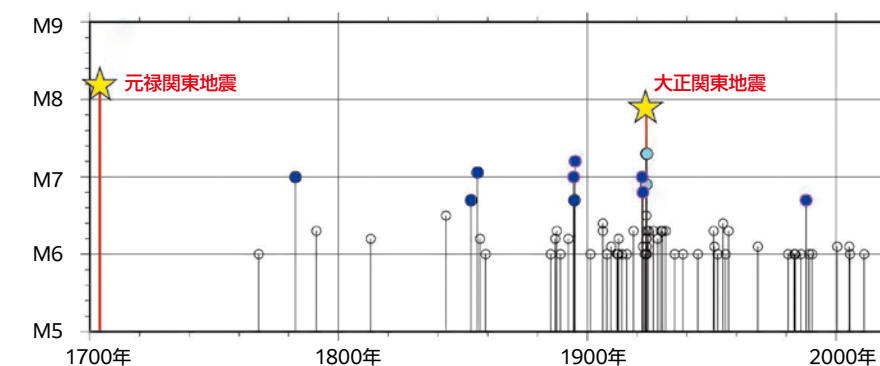


図3-3 元禄関東地震以降の地震履歴

出典：地震調査研究推進本部「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）」

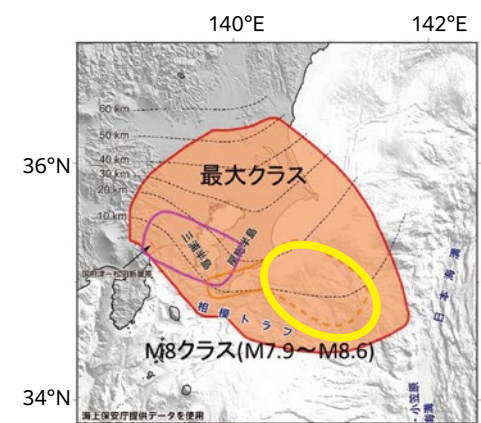


図3-4 関東地震で想定される最大震源域

出典：地震調査研究推進本部「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）」

海岸段丘や津波の痕跡から関東地震の発生間隔を探る

取材協力

宍倉正展

産業技術総合研究所 地質調査総合センター
連携推進室 国内連携グループ長

大正関東地震では、神奈川県の大磯海岸や三浦半島、千葉県房総半島南端の地盤が隆起した。地震による地盤隆起の痕跡として知られているのが、海岸段丘と呼ばれる階段状の地形だ。房総半島南端部にある見物海岸には、大正関東地震で約1.5m、元禄関東地震で3m以上隆起した段丘がある（図4-1）。房総半島南端にはさらに標高約30mに及ぶ海岸段丘があり、4回の大きな隆起の間に数段の小さな隆起が見られる。このような海岸段丘の年代分析から、房総半島南端に比較的小さな隆起をもたらす大正型は平均約400年間隔、大きな隆起をもたらす元禄型は2000～2700年間隔で繰り返し発生してきたと考えられるようになった。

「私が関東地震の痕跡を探り始めた20年ほど前まで、関東地震は大正型と元禄型で説明できると考えられていました。しかしその後の研究により、関東地震は2つのタイプだけでは説明ができない多様性があることが分かってきました」と宍倉さんは語る。

元禄の前の関東地震は？

明確に記録が残されている関東地震は、1923年の大正と1703年の元禄だけであり、その発生間隔は220年だ。では、元禄の前の関東地震はいつだったのか。それを知ることが次の関東地震の発生時期を予測する上でも重要だ。

「1293年の永仁年間に鎌倉で強い揺れや津波の被害があった記録が文献に残されています。その年代に津波が陸に押し寄せた地層（津波堆積物）が三浦半島で見られることが10年ほど前に報告されました。また、その年代に隆起したと推定される段丘が房総半島にあることも分かってきました。永仁に関東地震が起きたのではないかと考えられるようになりました」

永仁から元禄までの間隔は410年になる。「永仁と元禄の間の1495年の明応年間にも関東地震があったのではないか」という説が最近、注目されています。1498年に南海トラフで巨大地震が起きたことが知られています。その3年前に相模トラフで関東地震が起きたという説です。その年代の津波堆積物が伊豆半島で確認されたという報告がありますが、三浦半島や房総半島では津波や地盤隆起の明確な痕跡はまだ見つかっていません」

もし1495年に関東地震が起きていたならば、最近の関東地震は、永仁・明応・元禄・大正と、約200年間隔で発生してきたことになる。

元禄型の発生間隔の謎と“第三の関東地震”

「元禄型の発生間隔にも大きな謎があります」と宍倉さんは指摘する。「2000～2700年間という長期にわたり陸側プレートが引きずり込まれてひずみを蓄積し、その大きなひずみを解消する元禄型は、1回の地震で数十mは隆起しないとつじつまが合いません。しかし2000～2700年間というひずみの蓄積期間のわりには、房総半島南端で見られる元禄型1回当たりの隆起量は最大でも5～6mです」

大正関東地震では、房総東海岸（外房）の九十九里浜にはそれほど大きな津波は来なかったのに対して、元禄関東地震では大きな津波に襲われた記録が残されている。産業技術総合研究所の行谷佑一 主任研究員らは2011年、相模トラフに3つに区分される断層を想定して、津波のシミュレーションを行った。すると、房総半島南端の断層が大きくすべり、さらに外房沖の断層も大きくすべらないと、元禄で九十九里浜を襲った巨大津波を再現できないという結果になった（図4-2）。

「私は10年ほど前、房総半島南端で見られる隆起量のつじつまが合わないのは、外房沖の断層が大きくすべって外房だけを隆起させる“未知の関東地震”が発生してきたからだ、という仮説を立てました。外房と房総西海岸（内房）を別のタイミングで隆起させる震源の異なる地震が2000～2700年よりも短い間隔で繰り返し起きてきたため、ひずみはそれほど蓄積せずに解消されてきた。そのため、房総半島南端の地震1回当たりの隆起量は5～6mで済んでいるのだと考えたのです」

宍倉さんらは、その仮説を検証するため、房総の海岸段丘の詳しい調査を進めた。すると仮説に反して、内房と外房は同じタイミングで隆起していること、その隆起をもたらした元禄型の発生間隔は1200～2400年とばらつきが大きいことが分かった（図4-3）。

「過去数千年間、フィリピン海プレートは年間数cmという一定の速度で沈み込みを続けてきたと考えられます。それに伴うひずみを解消する元禄型の発生間隔がなぜ大きくばらつくのかは謎です。また、隆起量のつじつまが合わ

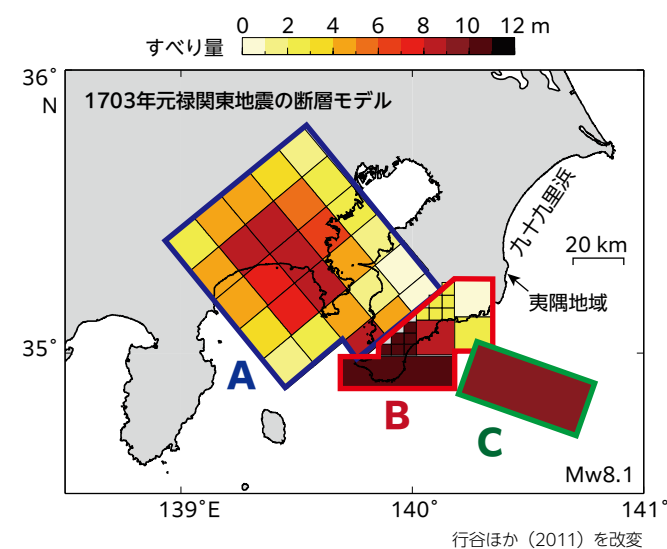


図4-2 元禄関東地震の断層すべりシミュレーション
房総半島南端の断層Bに加えて、外房沖の断層Cも大きくすべらないと、元禄に九十九里浜を襲った巨大津波を説明できないという結果になった。

ない謎も残ったままです。房総半島の下には、海山のような地形が沈み込んでいるという地下構造探査の研究報告があります。沈み込むフィリピン海プレート上面の形状が地震の発生間隔にばらつきをもたらしている可能性はあるかもしれません」

房総半島東部の夷隅地域では逆に隆起量が大き過ぎることも分かってきた。「夷隅地域は大正と元禄の関東地震でも20cm程度しか隆起していません。ところが過去6000年間では10mも隆起しています。大正型と元禄型の積み重ねではこの大きな隆起量は説明できないのです。夷隅地域を大きく隆起させるような“第三の関東地震”が発生してきたのかもしれない」

図4-1 房総半島南端部、見物海岸の海岸段丘（千葉県館山市）

撮影：宍倉正展／産総研・地質調査総合センター



図4-3 房総半島南端部、洲崎周辺の海岸段丘（千葉県館山市）

撮影：宍倉正展／産総研・地質調査総合センター



地殻変動データから見えてきた3つの主破壊域と関東地震の多様性

取材協力

野田朱美

気象庁気象研究所 地震津波研究部 研究官

■大正と元禄ではすべった断層の場所が異なる

海溝型地震で地下のプレート境界がすべることにより、陸上では地盤の隆起や沈降、水平方向に位置が変化したりする地殻変動が起きる。陸の地殻変動データを解析すると、大正（1923年）と元禄（1703年）の関東地震でプレート境界断層のどの領域がどれだけすべったのか、すべり量の分布を調べることができる（図5-1）。

大正関東地震に関して、野田さんらは、明治期と大正期の測量データの比較により求められた地震前後の垂直方向と水平方向の地表変位を解析し、断層のすべり量分布を導き出した。すると伊豆半島の付け根と三浦半島直下でプレート境界断層が約8mすべったことが分かった。地震波の観測データから、すべりが始まった断層破壊の開始点（震源）は伊豆半島の付け根だと推定されている。

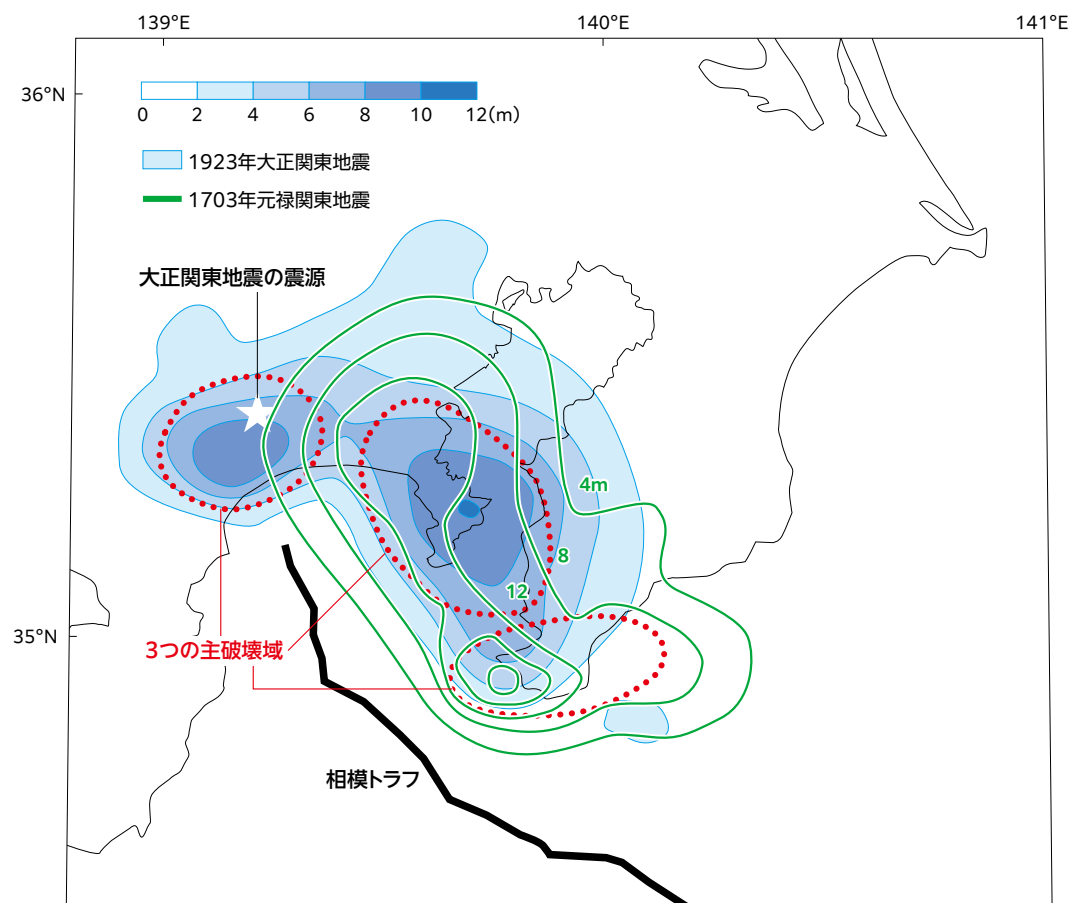
測量データのない元禄関東地震については、千葉大学の佐藤典興教授らの研究グループが、地震で海岸が隆起した海岸段丘の分析からすべり量分布を推定した。それに

よると、最大のすべり量は房総半島南端の20mで、三浦半島でも12mという大きなすべり量が推定された。

「注目点は、大正と元禄ではすべった断層の場所が違うことです」と野田さんは指摘する。「従来は、大正ですべった伊豆半島付け根と三浦半島の断層に、元禄では房総半島南端の断層のすべりが加わり地震規模が大きくなった、という理解が一般的でした。しかし、海岸段丘の分析によると、伊豆半島付け根の断層は、元禄では大きくすべっていないと考えられます。大正では伊豆半島付け根と三浦半島、元禄では三浦半島と房総半島南端の断層がすべったのです。つまり伊豆半島付け根がすべったのは大正だけ、房総半島南端がすべったのは元禄だけです」

現在では、GPSなどを利用して陸の地殻変動は時々刻々、高精度で観測されている。野田さんらは、その地殻変動データを解析することで、大正と元禄の地震ですべった領域が現在、固着していることを明らかにした（図5-2）。その領域ではフィリピン海プレートの沈み込みに伴い陸側プレートが引きずられるため、ひずみがたまっており、いずれプレート境界の断層が破壊されて次の海溝型地震が発生すると考えられる。

図5-1 大正と元禄の関東地震でのプレート境界のすべり量分布と3つの主破壊域
出典：Toshinori Sato, Harutaka Higuchi, Takahiro Miyauchi, Kaori Endo, Noriko Tsumura, Tanio Ito, Akemi Noda, Mitsuhiro Matsu'ura
EARTH PLANETS AND SPACE, 68, Feb, 2016



■3つの主破壊域が“未知の関東地震”を引き起こす？

佐藤教授や野田さんらは、大正と元禄の関東地震の分析や最近の地殻変動データから、相模トラフのプレート境界断層は主に3つの破壊域に分かれていることを、2016年発表の論文で指摘した（図5-1）。その後、野田さんらは2022年、GPSによる地殻変動データから、プレート境界をすべらそうとする力（せん断応力の増加速度）を直接導き出す「力学的カップリング推定手法」を開発し、関東地方のデータを解析した。その結果、3つの主破壊域に対応する場所で断層をすべらそうとする力が蓄積していることが分かった。「この蓄積した力が主破壊域で地震を引き起こす原動力だと考えられます。そうすると、3つに分かれた主破壊域は、それぞれが単独ですべったり、さまざまな組み合わせで連動してすべったりする可能性があります。大正型でも元禄型でもない“未知の関東地震”が発生し得るのです。そのため、関東地震の震源域や発生間隔は一定ではなく、多様性やばらつきがある可能性もあります」

それでは、どのような関東地震が起き得るのか。「現時点で蓄積している断層を動かそうとする力により、もし3つの主破壊域が同時に動いた場合を推定したところ、M8程度の巨大地震が発生する可能性があることが分かりました」

大正では房総半島南端の主破壊域はほとんどすべっていないので、元禄から現在まで320年分のひずみが蓄積されているはずだ。「海岸段丘などの分析から、房総半島南端もすべる元禄型の関東地震の発生間隔は2000年ほどといわれてきました。しかし主破壊域が3つに分かれていることを考えると、房総半島南端が単独ですべる関東地震などが、もっと短い間隔で発生してきた可能性もあると、私は考えています。大正型の発生間隔は200～400年といわれ、次の関東地震は100年以上先だと予想されています。しかし、房総半島南端の主破壊域のひずみの蓄積を考えると、近い将来に関東地震が発生する可能性も考慮して、防災・減災に取り組むべきです」

野田さんは、「次に起きる関東地震は3つの主破壊域が同時に動く、あるいは房総半島南端が単独で動く、と予測しているわけではありません」と断る。「私たちが推定したのは断層をすべらそうとする力です。その力だけでは次の関東地震の震源域や発生時期を予測することはできません」

断層を動かそうとする力が、断層の強度を上回ったときに、断層がすべって地震が起きる。「その断層の強度が分からないので、関東地震の理解や予測は難しいのです。また、私たちは陸の地殻変動データだけから破壊域を推定しています。破壊域がさらに外房沖へ拡大しているかどうかを確かめるには、海域での観測が必要です」

地殻変動のデータ(1年当たりの位置変化)
1996～2000年のGPS観測による。矢印は基準点（黒丸印）に対する相対変位速度を表す

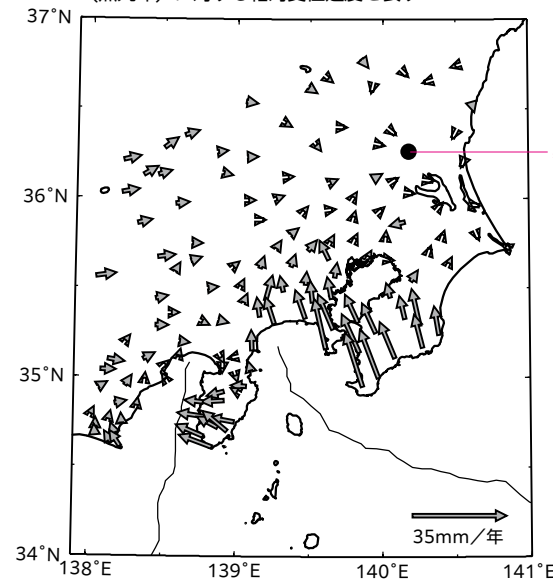
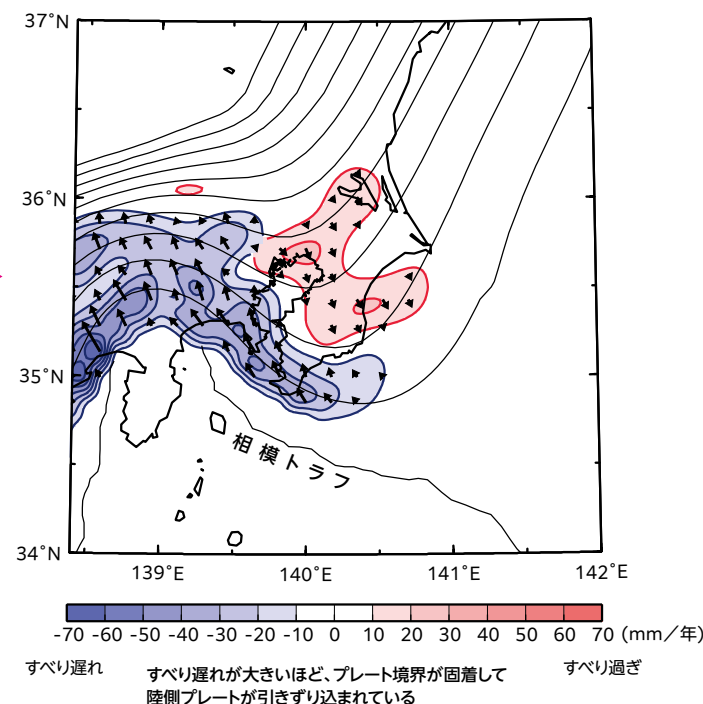


図5-2 1996～2000年の地殻変動データ（左図）から推定されたプレート境界の固着域（右図の青い領域）

出典：Akemi Noda, Chihiro Hashimoto, Yukitoshi Fukahata, Mitsuhiro Matsu'ura
GEOPHYSICAL JOURNAL INTERNATIONAL, 193(1), 61-77, Apr, 2013

フィリピン海プレート上面における地震間のすべり遅れ速度分布



海底での自然地震観測で房総沖のプレート境界を3次元で描き出した

取材協力

伊藤亜妃

JAMSTEC 海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター
副主任研究員

■房総沖のプレート境界は3～6km浅かった

関東で起きる地震を理解するには、フィリピン海プレートがどのように沈み込んでいるのかを知る必要がある。そのような地下構造を知る主要な手法は地震波の分析だ。陸域の地下構造は日本各地に高密度で配置されている地震計のデータを使って描き出すことができる。しかし、陸で観測した地震波のデータから、海域の地下構造を正確に描き出すことは難しい。

これまでJAMSTECを含む各研究機関が、房総沖で船を走らせ、えい航したエアガンで人工地震波を発生させ、海底下を通して海底に戻ってきた波を観測することで海底下の地下構造を調査してきた。「しかしその方法では、船を走らせた測線に沿った地下構造の断面しか分かりません。私たちは房総沖の海底を覆うように面的に地震計を配

置して、2012年3月から1年間、自然に起きた地震（自然地震）を観測しました。房総沖でこのような観測は初めてです」（図6-1）

伊藤さんらは多数の海底地震計で捉えた自然地震のデータに基づき、房総沖に沈み込んだフィリピン海プレート上面の深さ、つまりプレート境界の深さを3次元で描き出した（図6-2）。「この研究で分かった最も重要な点は、房総沖のプレート境界が従来の推定よりも3～6km浅かったことです」

プレート境界がすべる地震により海底が隆起すると、海水が持ち上げられて津波が起きる。プレート境界が浅ければ、地震により海底が大きく隆起して津波が高くなる恐れがある。元禄関東地震では房総の九十九里浜が大きな津波に襲われた。それは房総沖のプレート境界が浅いことと関係があるのかもしれない。

■房総スロースリップイベントと地下構造

房総沖では、プレート境界が10～20日かけて非常に

ゆっくりとすべる「房総スロースリップイベント」が2～7年の発生間隔で観測されている。2011年の東北地方太平洋沖地震では、地震発生前に震源域でのスロースリップが観測された。地震研究では今、スロースリップと巨大地震の関係が大きく注目されている。

「私たちが実施した海底地震計による1年間の観測では、房総スロースリップが繰り返し起きる領域で、プレート境界が速くすべる普通の海溝型地震を見つけれられていません。陸側プレートとフィリピン海プレートの境界面において、地震を起こす領域とスロースリップを起こす領域は、はっきり分かれているようです」

房総スロースリップの領域では、将来にわたり海溝型地震は起きないのか。「スロースリップだけでは、この領域に蓄積されているひずみを解消し切れません。海溝型地震が今後も起きる可能性がないわけではありません」

そもそも房総沖で、なぜスロースリップが起きるのか。

「私たちが描き出したフィリピン海プレート上面の等高線（図6-2）を見ると、スロースリップで大きくすべる場所の東端付近で大きく蛇行して、海山のような形状があるように見えます」

房総沖の南北方向の断面構造（図6-3）を見ると、プレート境界の沈み込み深度の浅いところに関東地震の震源域があり、それより深いところにスロースリップのすべりが大きい場所、さらに深いところにすべりの小さい場所がある。「私たちが描き出した地下構造を断面で見ると、小さくすべる場所の北端は、陸側プレートが地殻からマントルに変わるところに対応しているようです」

関東地震と房総スロースリップの関係などを理解するには、プレート境界の深さや形状などに加えて、温度や摩擦特性などの物性を詳しく調べる必要がある。「房総沖のプレート境界の物性と地震波のデータに基づく地下構造を対応づけることが今後の課題の一つです」

図6-1 JAMSTECの海洋地球研究船「みらい」による房総沖での海底地震計の投入作業（2012年3月）

撮影：伊藤亜妃/JAMSTEC

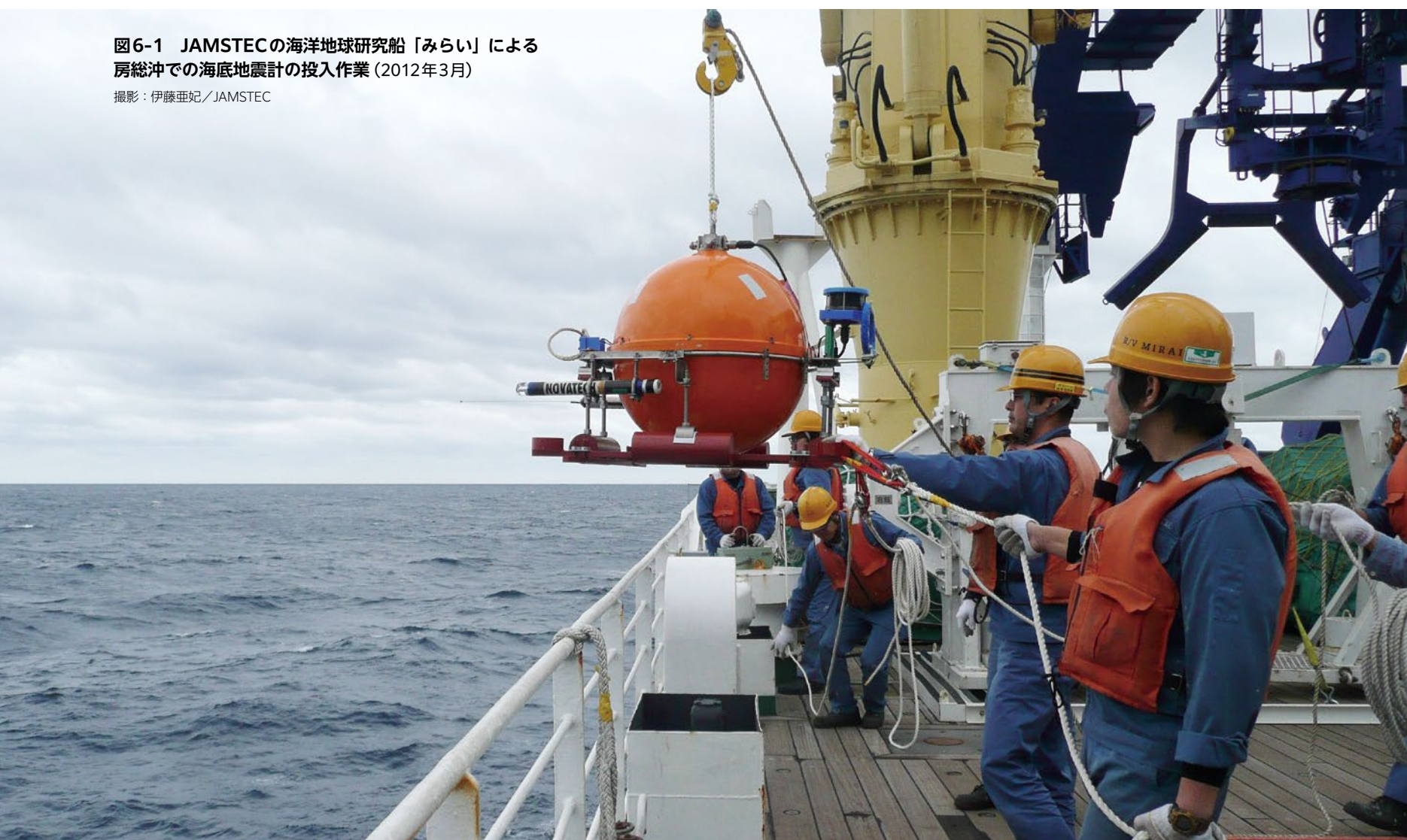
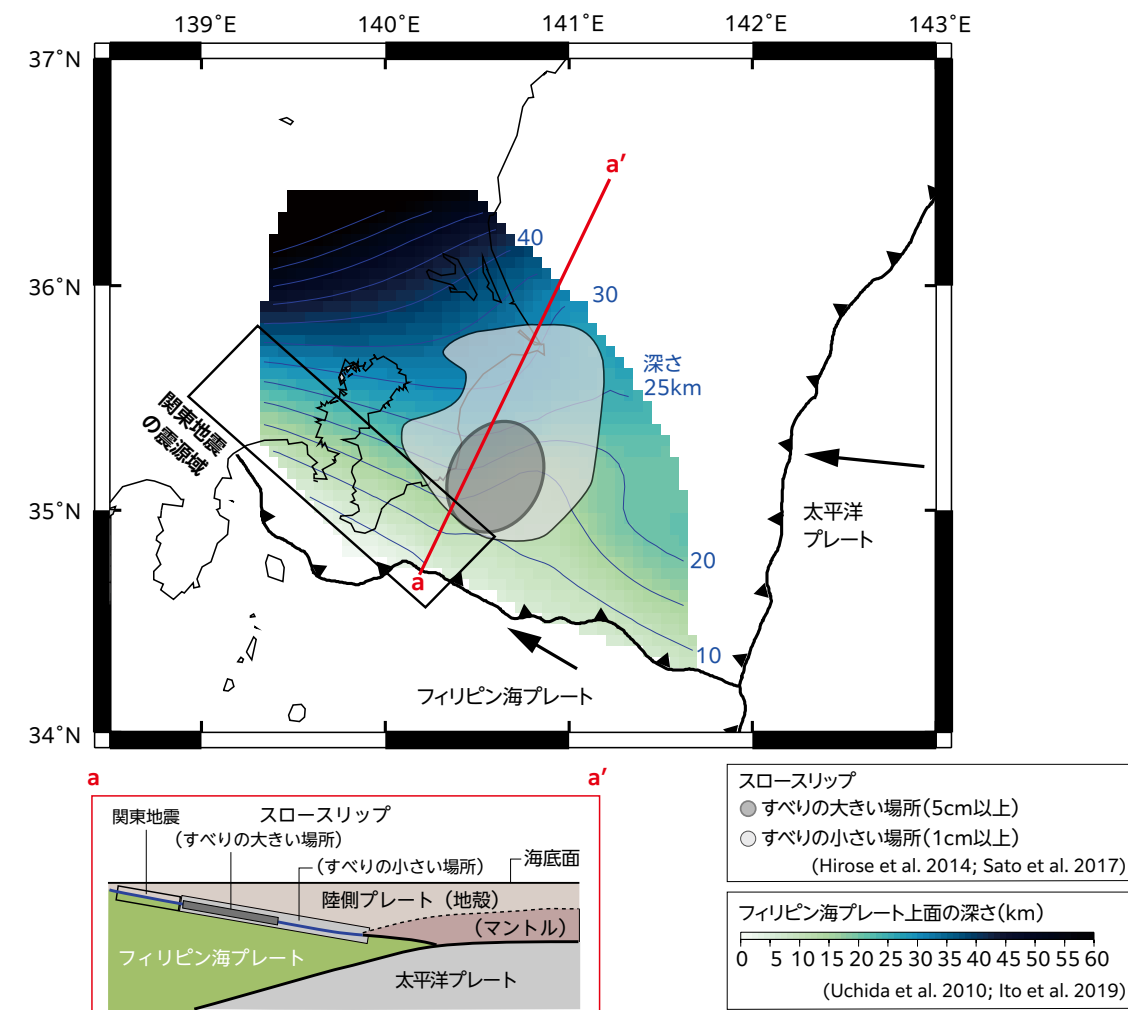


図6-2 房総沖での自然地震観測により描き出したフィリピン海プレート上面の深度分布



伊豆・小笠原弧の衝突が関東で多様な地震を引き起こす

取材協力

山本由弦

神戸大学大学院理学研究科 惑星学専攻 教授
JAMSTEC 付加価値情報創生部門 招聘上席研究員

■ 関東で島弧に別な島弧が衝突

「関東地震が起きる相模トラフと、南海トラフや日本海溝の大きな違いは、伊豆・小笠原の島弧（伊豆・小笠原弧）が衝突していることです」と山本さんは指摘する（図7-1）。

伊豆・小笠原海溝で太平洋プレートが沈み込み、そこに含まれていた水が絞り出されてマントルの岩石に加わることで融点が下がりマグマができる。そのマグマが上昇して海溝と平行に並んだ火山島の列、島弧ができる。それが伊豆・小笠原諸島だ。そもそも日本列島もプレートの沈み込みによってできた島弧だ。「関東は、島弧に別な島弧が衝突しているという世界的にもまれな地質構造をしているのです」

プレート運動とともに伊豆・小笠原弧は移動を続けてきた。いつごろ関東の近くに位置するようになったのかについては、500万年前あるいは1300万年前と研究者の間で現在も議論が続いている。「関東の地層には少なくとも1300万年前の伊豆・小笠原弧からの噴火物が大量に見られます。おそらくそのころから伊豆・小笠原弧が関東付近に位置し、島弧の岩石が沈み込んで深さ数十kmの地震発生帯のプレート境界に到達していると考えられます。関東地震を引き起こす相模トラフのプレート境界は、南海トラフや日本海溝にはほとんど見られない伊豆・小笠原弧の岩

石で構成されているのです」

かつて伊豆半島は太平洋に浮かぶ伊豆・小笠原弧の島の一つだったが、フィリピン海プレートに乗って北上し陸側プレートと衝突して半島となった。陸側プレートとフィリピン海プレートの境界が伊豆半島で大きく北側へ蛇行しているのはそのためだ（図7-1）。その衝突が、伊豆半島西側の東海地震と東側の関東地震の起き方に、大きな影響を与えていると考えられる。大正の関東地震は伊豆半島東側の付け根で断層の破壊が始まった。

■ 世界で最も若い付加体と石堂断層

「関東の地質構造のもう一つの大きな特徴は、三浦半島や房総半島などで、世界で最も年代が若い付加体が見られることです。年代の若い付加体の岩石は軟らかく、水分を大量に含んでいます」

海洋プレートが沈み込むとき、上層の物質が陸側に付け加わる。それが付加体だ。「私たちは、房総半島南部にある露頭で大きな断層を発見しました。それは年代の異なる付加体の境界にできたもので、石堂断層と名付けました」（図7-2）

石堂断層の真下には、北米プレートとフィリピン海プレートのプレート境界があり、元禄関東地震ではそこが大きくすべり、大正関東地震では最大震度の余震を起こしたと推定される（図7-1）。石堂断層はそのプレート境界から枝分かれした分岐断層だ。「石堂断層を分析すると、過去に何度も断層がすべり、その摩擦熱で岩石が溶けた痕跡（シュードタキライト）がありました」

石堂断層は房総沖まで延びている。海域の断層がすべり、それにより海底が隆起すると海水が持ち上げられて津波が起きる。「問題は断層の角度です。深い角度の断層が

大きくすべるほど海底が隆起して巨大津波を引き起こす恐れがあります。私たちが断層を発見した露頭（図7-2）での角度は、約25度です。しかし、房総沖に延びる断層の角度がどのように変化しているのかよく分かっていません。石堂断層に限らず、地震を引き起こす断層の角度がどのように分布しているかはよく分かっていないため、関東地震などの津波シミュレーションでは、断層の角度を適当に設定するしかありません」

山本さんら神戸大学・JAMSTEC・東京大学地震研究所などの共同研究グループは現在、房総半島南部の複数の地点で石堂断層の調査を進めている。「地震研究所の研究者と連携してミューオンという素粒子を観測することで、1カ所で50～100mにわたる断層の角度を描き出そうとしています。将来は、JAMSTECと連携して海域に延びた断層調査も進めていきたいと思います」

撮影：山本由弦／神戸大学

図7-2 山本さんらが房総半島南部の露頭で発見した石堂断層

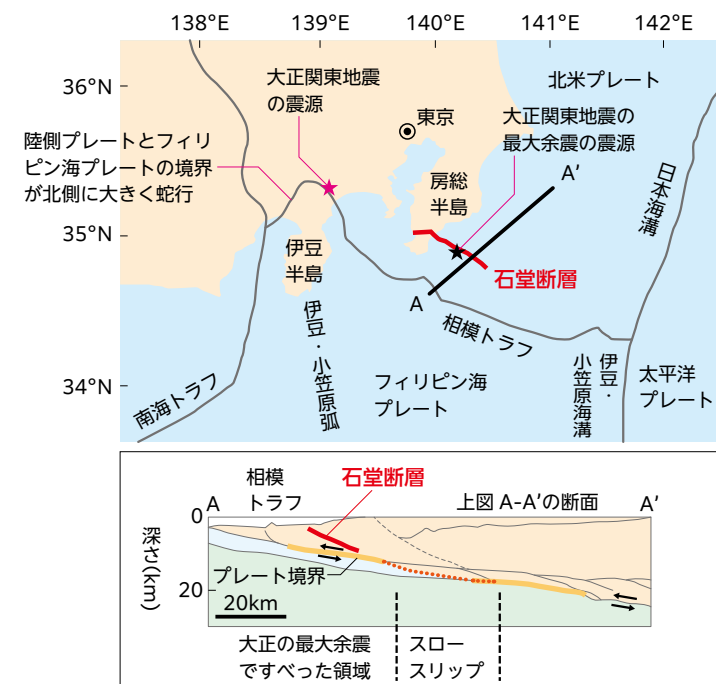


図7-1 関東付近のプレートと石堂断層



伊豆・小笠原弧の掘削試料で関東の多様な地震を理解する

取材協力

廣瀬文洋

JAMSTEC 超先鋭研究開発部門 高知コア研究所 研究所長

さまざまな摩擦特性が地震の多様性をもたらす

関東の地下に伊豆・小笠原弧の岩石が沈み込むことで、地震の起き方にどのような影響を及ぼしているのか。先述の房総スロースリップイベントについて、廣瀬さんは、研究室に在籍していた兵東玄威さん（当時、広島大学大学院修士課程）とある仮説を立てた。

「房総スロースリップが起きる場所も、関東地震ですべる場所も、どちらもプレート境界の深さ10～20km前後にあります。深さが同じならば温度や圧力の条件はほぼ同じです。違うのはプレート境界を構成する岩石の種類であるはず。私たちは、蛇紋岩という粘土鉱物が房総スロースリップに関係しているという仮説を立てました」

相模トラフでは伊豆・小笠原弧が沈み込んでいるため、南海トラフや日本海溝ではほとんど見られない多様な岩石がプレート境界を構成している。その一つが、マンツルの岩石と水が反応してできる蛇紋岩だ。南海トラフや日本海溝で沈み込んでいるのは主に海洋地殻を構成する玄武岩だが、相模トラフでは大陸地殻を構成する安山岩も沈み込んでいる。

相模トラフで沈み込んでいる岩石と同じものが、伊豆・小笠原弧の地下に存在する。JAMSTECでは、ODP（国際深海掘削計画）の一環として行われた伊豆・小笠原弧の掘削プロジェクトで得られた掘削試料（コア）を高知コア

研究所で保管している。

廣瀬さんらは、1989年に採取された掘削コアの中から5種類の岩石を選び、兵東さんが中心となって産業技術総合研究所の高橋美紀博士の協力のもと、摩擦特性を調べる実験を行った（図8-1）。島弧の最上部を覆う石灰質堆積岩1種、蛇紋岩2種、安山岩2種だ。

「これまで、島弧に見られる安山岩などの摩擦特性から日本で起きる地震を理解しようという研究は、ほとんど行われてきませんでした」

深さ20kmに相当する300℃の高温と圧力をかけて、最初はゆっくりとすべらせ、速度を上げたとき、摩擦抵抗がどのように変化するかを測定した。「重いものを押すとき、最初はゆっくりと押し、もっと速く動かそうと力を入れたら、一瞬つかえたように摩擦抵抗が大きくなった後、抵抗がずっと下がってすべり、動きが止まるケースがあります。このような運動が繰り返される現象をスティックスリップと呼びます。スティックスリップを起こす摩擦特性を持つ断層では地震が起きる可能性があります」

5種類の岩石を実験で調べた結果、蛇紋岩2種は地震を起こす摩擦特性を示さなかった。「常にずるずるとすべるような、安定すべりと呼ばれる摩擦特性を示したのです。これでは普通の地震も、スロースリップも起きません。蛇紋岩がスロースリップを起こすという私たちの仮説は間違っていたようです」

一方、堆積岩1種と安山岩2種は地震を起こす性質を示すものの、安山岩2種ではスロースリップとすべり現象が現れた。（図8-2）。「房総スロースリップは安山岩が関係している可能性が示されました。この実

験で調べた5種類の岩石は、それぞれ摩擦特性が異なります（図8-1）。関東の地下は、伊豆・小笠原弧のさまざまな種類の岩石で構成され、それぞれの摩擦特性が異なることが、関東で多様な地震が起きる要因になっていると考えられます。それがこの摩擦実験が示唆する重要なポイントです。ただし、摩擦特性だけでは、地震を理解するには不十分です」

すべり方は摩擦特性と剛性率の兼ね合い

地震という現象は、重りをばねで引っ張るというモデルで理解されている（図8-3）。ばねを引っ張ったときに、重りはさまざまなすべり方をする。素早くすべては止まる動きを繰り返すスティックスリップ（普通の地震に対応）、ゆっくりすべては止まるを繰り返すスロースリップ（スロースリップに対応）、常時ずるずるとすべる安定すべりなどだ。「すべり方を決める要因が二つありま

す。一つが重りと床の間で働く摩擦特性。もう一つはばねの硬さです」

重りと床の間はプレート境界断層、ばねはプレート境界周辺の物質に対応する。重りと床の間の摩擦特性が同じでも、硬いばねで引いた場合には安定すべりとなり、軟らかいばねの場合にはスティックスリップを見せるケースがある。同様にプレート境界の摩擦特性と境界周辺の物質の剛性率の兼ね合いにより、断層のすべり方は決まるのだ。

「関東地震や房総スロースリップイベントを理解するには、境界周辺の物質の剛性率を調べる実験も必要なのです。また境界の摩擦特性も、岩石の種類や条件を変えて詳しく調べる必要があります。温度や圧力、水分の含有率などによって摩擦特性は大きく変化します」

廣瀬さんらは深さ数十kmの地震発生帯の高温・高圧の条件で地震時の高速すべりを再現できる世界初の実験装置を開発した。「伊豆・小笠原弧の多様な岩石を含む大量の掘削コアが高知コア研究所には保管されています（図8-4）。その掘削コアを用いて、さまざまな条件で剛性率や摩擦特性を調べることで、関東で起きる地震の理解を深めることができるはず」

図8-3 地震を理解するためのモデル

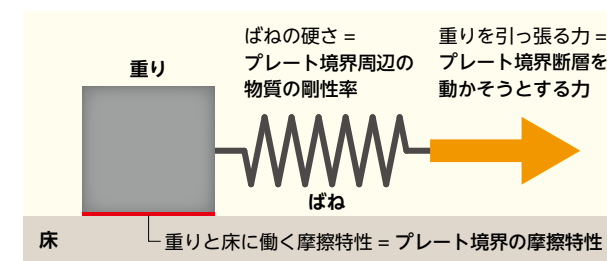


図8-4 JAMSTEC高知コア研究所にあるコア保管庫

伊豆・小笠原弧の掘削コアを使って、島弧の形成や大陸の起源に関する研究、最近では微生物関連の研究が行われている。掘削コアには、さまざまな科学分野の謎を解く鍵が隠されている。



撮影：市谷明美・講談社写真部

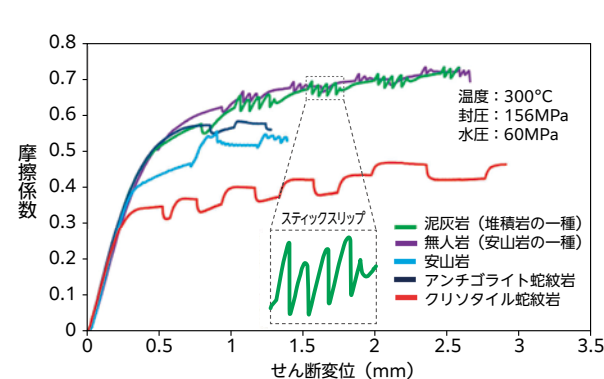


図8-1 伊豆・小笠原弧の掘削コアに含まれる5種類の岩石の摩擦特性

5種類ごとに摩擦特性は異なる。蛇紋岩2種は地震を引き起こす特性を示さず、安山岩2種がスロースリップを起こし得ることが分かった。

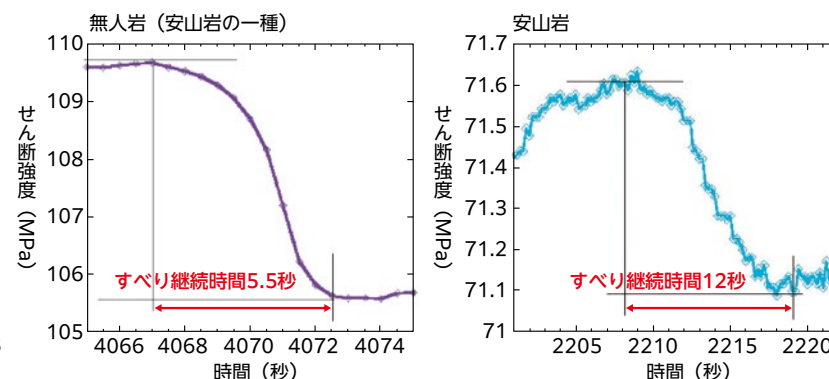


図8-2 安山岩2種のスロースリップ

使用した試験機のスティックスリップでは通常のすべり継続時間は0.005秒程度だが、安山岩2種は5.5秒と12秒という非常にゆっくりとした、スロースリップを起こすことが分かった。

元禄の約200年前、1495年に明応関東 地震は起きたのか？

取材協力

今井健太郎

JAMSTEC 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
グループリーダー代理

先述のように、次の関東地震がいつ起きるのかを予測する上で、元禄関東地震の208年前、1495年の明応年間に関東地震があったかどうか、最近注目されている。「注目される理由の一つは、この時代の出来事を記録した『鎌倉大日記』という古文書にある記述です」（図9-1）と、津波専門家の今井さんは解説する。「鎌倉市の鶴岡八幡宮の参道にある段葛という場所や、大仏がある長谷にまで津波が到達して、200人余りの溺死者が出たと書かれています。それらの記述から、少なくとも高さ10mの津波が鎌倉を襲ったと解釈できます」

ただし、1495年の地震が相模トラフで起きたM8クラスの関東地震だったのかどうかを推定するには、証拠が不十分だ。「この年代の地震と津波を記述した古文書がほかにあるかどうか調べ直す必要があります。しかし中世の戦乱期の古文書は多くが失われて、あまり残っていません。伊豆半島伊東市の宇佐美遺跡には、明応年間の地震と同時期に津波によって運ばれたと考えられる土砂が広範囲に確認されています（金子、2012）。津波が陸上に押し寄せ

た痕跡である津波堆積物が見つければ、巨大地震が起きた有力な証拠となります。三浦半島南端で津波堆積物調査が行われています（Shimazaki et al., 2011）。そのような調査を複数の地域で行い、データを積み重ねて明応に起きた地震の規模を明らかにしていく必要があります」

■70～80年周期の小田原地震と明応地震

今井さんは、小田原地震と明応地震の関係にも注目すべきだと指摘する。伊豆半島付け根に位置する小田原では、M7クラスの地震が繰り返し起きてきた。元禄と大正の関東地震も入ると、70～80年周期で小田原は大きな地震に襲われてきた（図9-2）。「1573年にM7クラスの天正小田原地震が起きています。1495年はその78年前なので、小田原地震の周期と合致することにはなりません。直近では2005年に小田原で地震がありましたが、M6クラスと小規模でした。大正関東地震から100年を迎えた現在、小田原地震にも警戒する必要があります」

■堤体基盤沈下と浸水のシミュレーション

大正関東地震では、地震発生から10分ほどで10mを超える津波が伊東市などを襲った（図9-3）。「関東地震が起きる相模トラフは陸から近い場所にあるので、地震発生

から短時間で津波が陸に到達する恐れがあるのです」

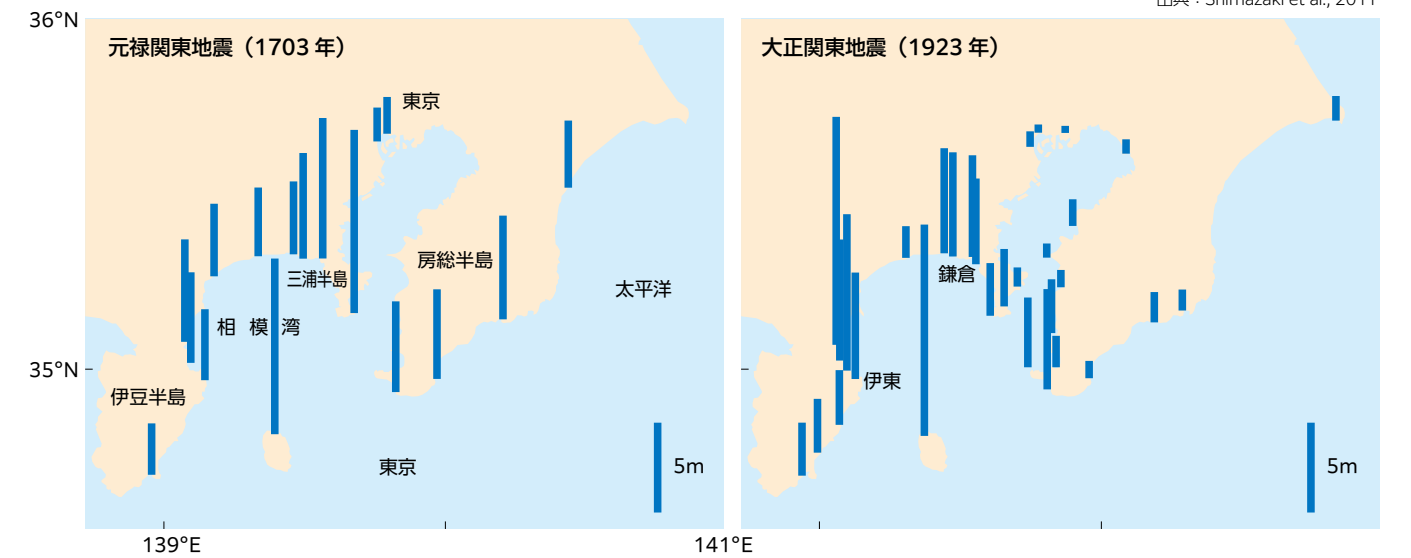
人口密集地がある東京湾内は、大正関東地震でも津波の高さは2mほどだった。「ただし、地震動により堤防を支える基盤が沈降してしまうと、2mの津波でも人口密集地に洪水をもたらす恐れがあります」

今井さんは、愛知県碧南市について、南海トラフ地震で想定される地震動が発生した場合のシミュレーションを

行った。

「2mほどの津波でも、地震動により堤体の基盤部にある砂や土が大きく変形して堤防が1.5mほど低くなるケースがあり、さらに水門機能が不全になった場合、広い地域が浸水するという結果になりました（図9-4）。東京湾内についても、2級河川の堤防なども含めて、同様のシミュレーションを利用して検証していく必要があるでしょう」

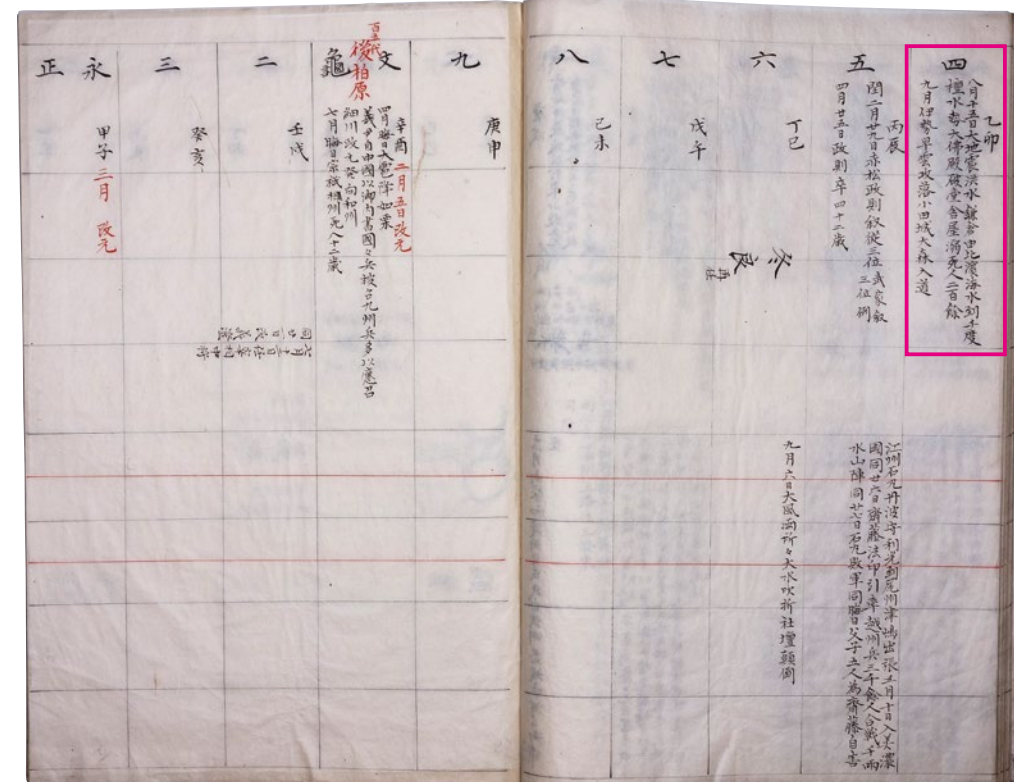
図9-3 元禄と大正の関東地震による津波の高さ



出典：Shimazaki et al., 2011

図9-1 1495（明応4）年、鎌倉での地震・津波被害を記した「鎌倉大日記」

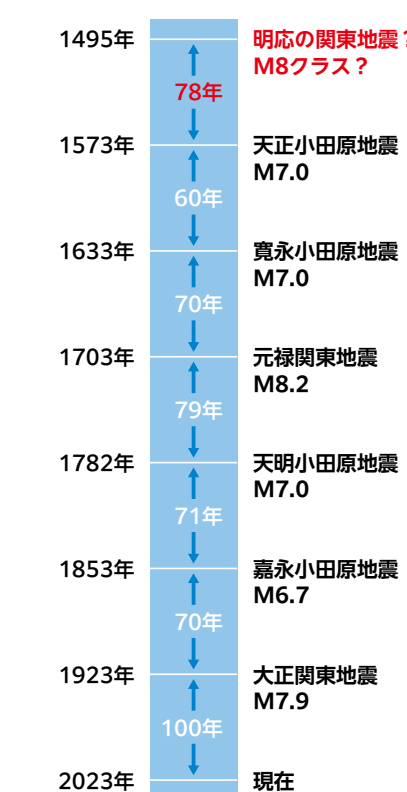
著者・成立年不詳／書写者未詳 明治12年（1879）写



鎌倉文学館蔵

明応四年八月十五日、大地震と洪水があった。鎌倉由比ヶ浜の海水が千度壇（段葛・だんかずら）に至った。水勢は大仏殿の境内まで入り込み建物を壊し、溺死者は二百名余りであった。

図9-2 関東地震と小田原地震の履歴



出典：都司嘉章

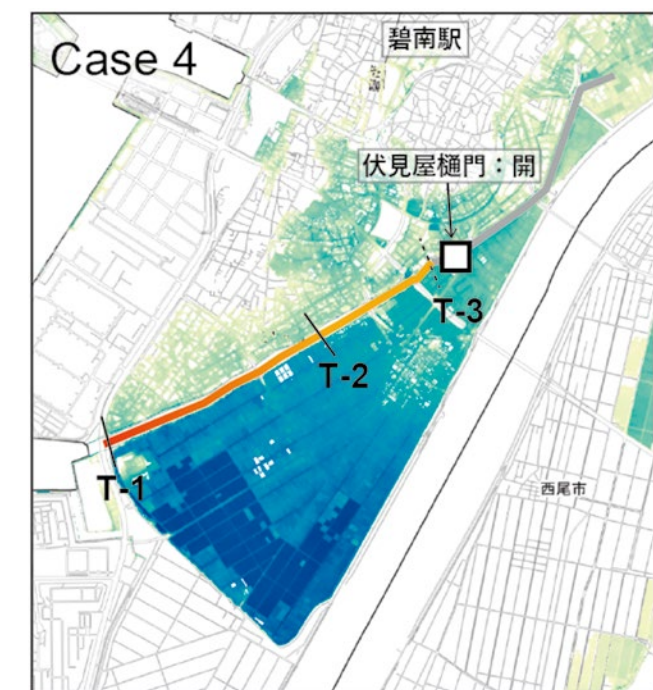
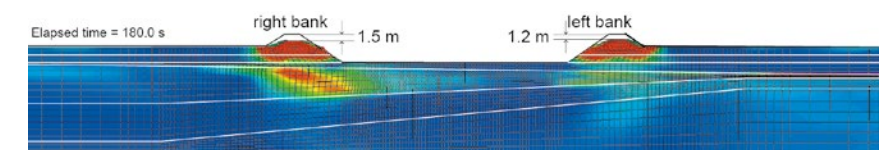


図9-4 南海トラフ地震で想定される地震動が発生した場合の堤体基盤沈下と浸水シミュレーションの一例（愛知県碧南市）
堤体基盤が沈下しない場合は浸水は発生しない。

出典：今井健太郎ほか、土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 74, No.2（2018）

最大津波浸水深（m）
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0



T-1 堤体の基盤が1.5mと1.2m沈下
赤い部分が変形が大きいことを示す

孤立した避難所や支援ルートを推定できる 千葉県津波浸水予測システム

取材協力

高橋成実

JAMSTEC 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター 上席研究員
(防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター)

地域ごとに観測データに基づき 津波・浸水を予測

2011年の東北地方太平洋沖地震では、巨大津波により広範囲の地域が浸水して、大量のがれきが発生し、避難所が孤立するような場面も発生した。孤立している避難所をいち早く把握し、自治体の防災関係者が救助に向かったり支援物資を届けたりするためのルートや手段を検討するには、地域ごとに津波や浸水の状況を詳細に予測した情報が必要となる。

南海トラフでは2011年からDONET（地震・津波観測監視システム）、日本海溝では2016年からS-net（日本海溝海底地震津波観測網）の運用が開始されている。津波・浸水を予測するには、あらかじめ規模や震源の位置を変えた断層モデルを多数想定し、地震が起きたときに発生する津波の高さや到達時間を何パターンも計算しておく。高橋さんらは、実際に津波が発生したとき、各地に近づいてくる津波をDONETやS-netで捉えた観測データに合わせて、抽出する断層モデルを更新し続けることで、地域ごとに高い精度で津波の到達時刻や高さ、浸水深分布を予測できる新しい津波浸水予測システムを開発し、千葉県にも実装した。これは千葉県、防災科学技術研究所（NIED）、JAMSTECの連携のもとで実施したものである。

「この予測システムを利用するに当たっては、地震・津波が発生したとき、住民の皆さんは気象庁が発表する警報に従ってすぐに避難することが前提です。私たちのシステムは、気象庁から津波警報・注意報が発表されると、基礎自治体に予測情報が配信され、襲来する津波や浸水状況を即時的に把握し、救助や支援に役立てることが出来ます。気象庁が出す情報の対象地域は全国一律ですが、私たちのシステムは、地域が必要とする場所で詳細な津波予測情報を出すものです」と高橋さんは説明する。

このシステムは、南海トラフでは和歌山県・三重県・中部電力浜岡原子力発電所・尾鷲市・香川大学に導入されている。関東では、S-netを運用する防災科学技術研究所との連携により2018年に千葉県に導入された。

要望に沿ってシステムをカスタマイズ

「私たちは利用者の要望に応じてシステムをカスタマイズします。千葉県に導入するに当たって、まずどのような地震に備えるのかを伺いました」

千葉県の外房は、過去に最大20m程度の津波に襲われた。特に九十九里浜がある一帯は平たん地形が内陸まで続くため、海岸から10km以上離れた土気町まで津波が到達した痕跡がある。日本海溝の東北地方太平洋沖地震や、相模トラフの元禄関東地震、さらに日本海溝～伊豆・小笠原海溝沿いで起きた1677年の延宝房総沖地震の津波でも大きな被害を受けた。

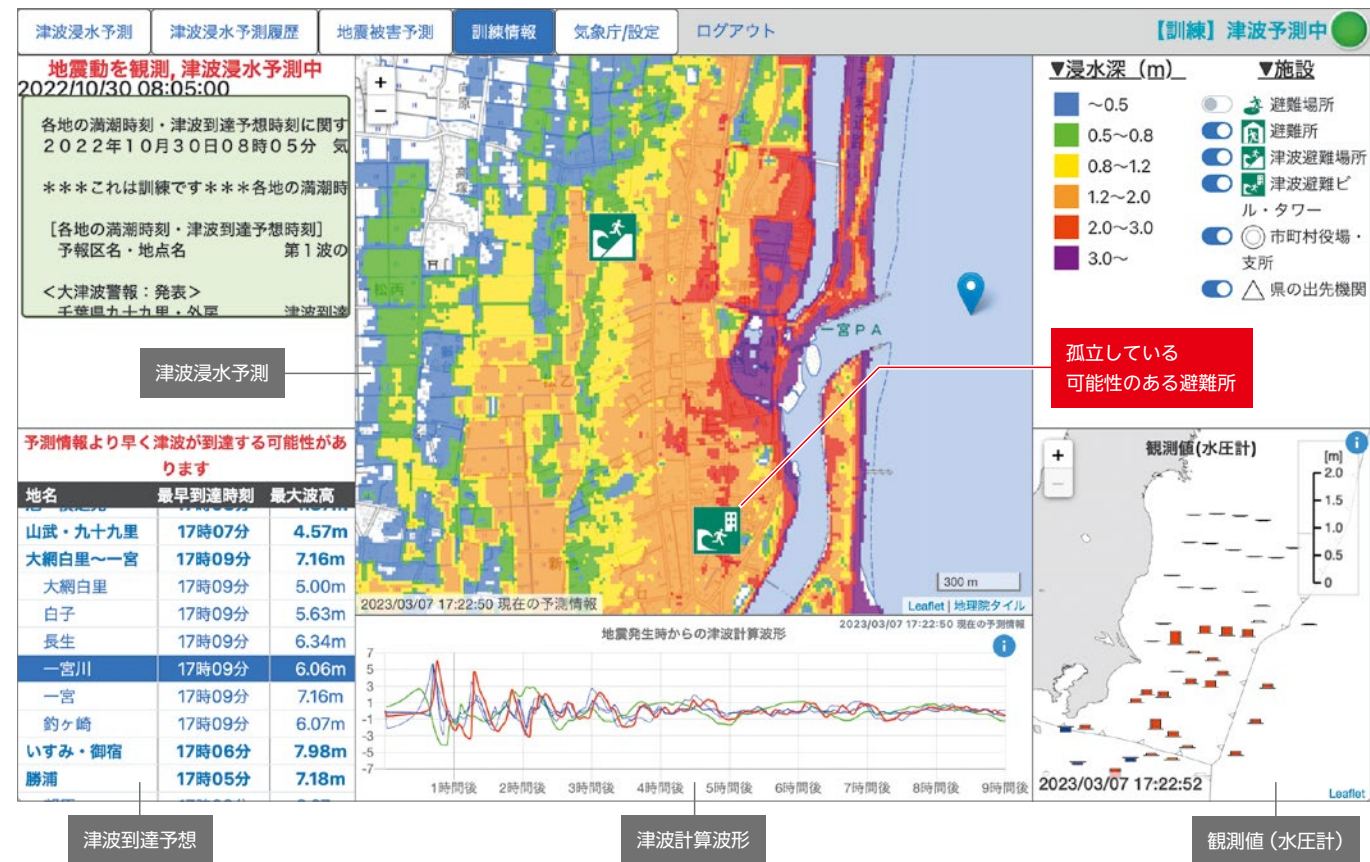
「千葉県からは、県への影響が特に大きいと考えられる日本海溝～伊豆・小笠原海溝沿いと相模トラフ沿いの巨大地震に備えたい、千葉県沖の海溝の海側で起きるアウターライズ地震も対象にしたい、という要望がありました。私たちはその要望に合わせて地震を引き起こす断層モデルを設定し、S-netのどの観測点のデータを予測に用いるかを検討しました。さらに、津波や浸水の規模を実際よりも過小に予測しないように、システムの改良を続けてきました」

津波浸水予測システムの画面の地図を拡大すれば、砂丘を津波が越えるかどうか、避難所周辺の浸水深などが分かる（図10-1）。

「工事によって海岸線の形が変わったり、堤防などの構造物の高さや配置が変わったりすると、同じ高さの津波でも浸水域や浸水深が変わります。このシステムは千葉県が運用していますが、海岸の構造物などの情報を更新することも必要です」

千葉県からはイベント開催時にも役立てたいとの要望もあり、高橋さんらは予測情報をクラウドにアップし、スマートフォンなどの携帯端末でも見ることが出来るシステムを構築した。これまでは予測システムにアクセスできるのは県の職員だけだったが、千葉県は気象庁の許可を得て、2022年7月から、勝浦市・鴨川市・いすみ市・一宮町の職員に向けて予測情報の配信を開始した。さらにその配信対象を外房全域に広げる計画だ。

パソコンの画面



携帯端末の画面

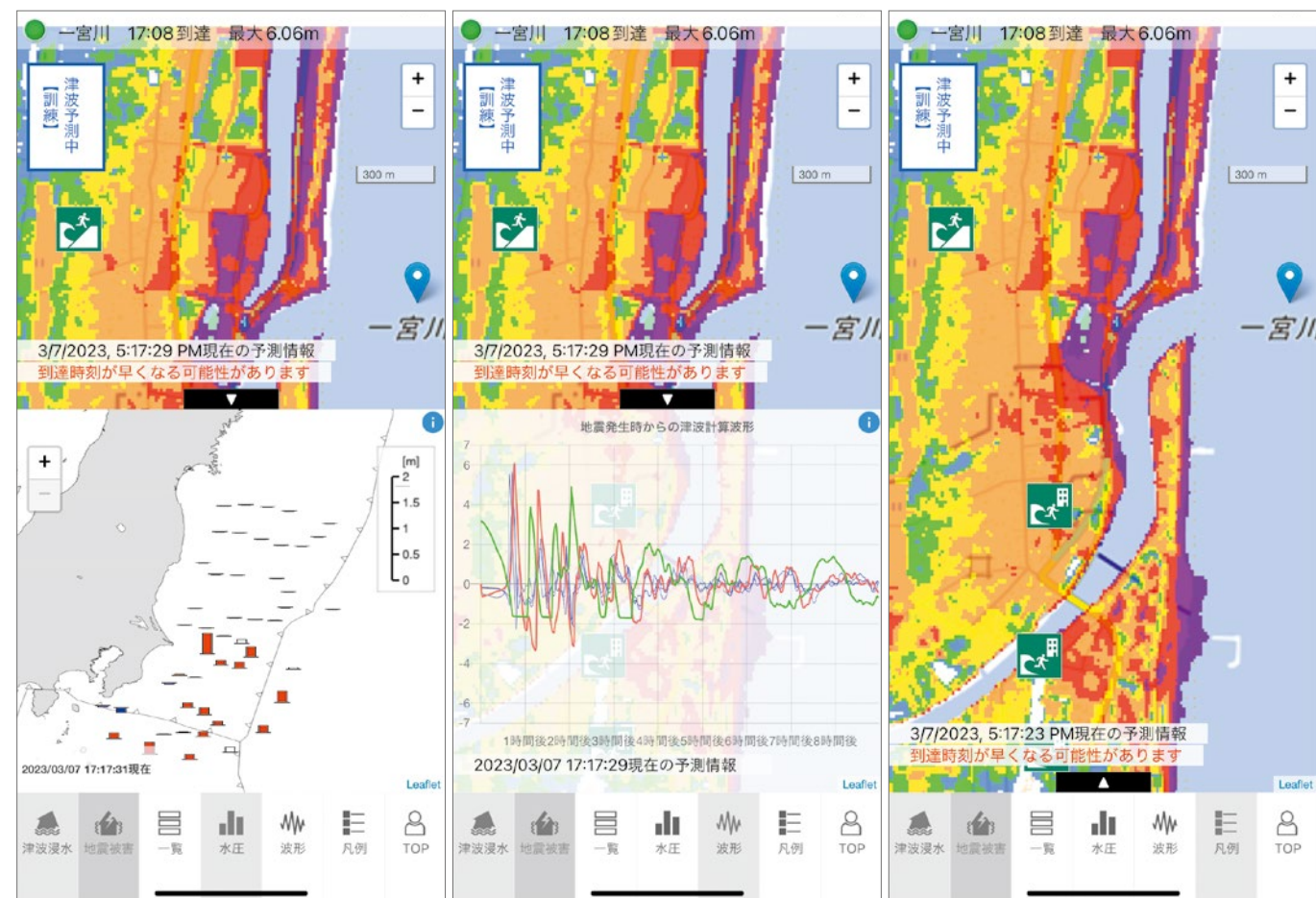


図10-1 千葉県津波浸水予測システム

最大津波高・津波高の20cm超過時刻・津波浸水域・津波浸水深が配信される。

画像提供：千葉県

現実的な地下構造モデルを構築して地震に伴う揺れを評価する

取材協力

堀 高峰

JAMSTEC 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
センター長

■統合計算で地盤と地下構造物との相互作用も再現

「地震に伴う揺れを評価するための計算手法はそろってきました」と堀さんは言う。「最近、東京大学地震研究所の市村 強教授らは、スーパーコンピュータ『富岳』を使って、地震発生から地下構造物を含む都市の揺れまでを統合的に計算しました」（図11-1）

従来は、地震の発生、地震波の伝搬、地盤での揺れの増幅、地下街やガス管など地下構造物を含む都市の揺れを、それぞれ別々に計算していた。「地盤で増幅した揺れを計算した後、その揺れで地下構造物がどのように揺れるのかを計算する、といった一方向の計算しか従来はできていませんでした。実際には、地下構造物が揺れることで、周囲の地盤も揺らされ、その揺れで地下構造物がさらに揺れます。そのような相互作用までは計算できていなかったのです。市村教授らは地震で起きる一連の過程を統合して計算することで、相互作用も計算できるようにしました」

その「富岳」による計算では、関東の水平方向205km×256km・深さ100kmの領域を対象に、一辺が12.5cm～64mの格子に区切った高解像度のシミュレーションを行った。その膨大な量の計算を、「京」コンピュータの1000倍ほどの計算効率で実現した。「京」の後継機である「富岳」の実効的な計算速度は数十倍だが、計算手順を数十倍効率化することで、合わせて約1000倍の効率を実現したのだ。

また、堀さんらは、「富岳」を使って関東地震に伴う長周期地震動のシミュレーションを実施した（図11-2）。2011年の東北地方太平洋沖地震では、関東のみならず、さらに遠く離れた関西でも高層ビルが大きく揺れた。巨大地震では2～20秒に1回といったゆっくりとした揺れ、長周期地震動が発生し、その長周期の波に巨大構造物が共振して大きく揺れる。「次の関東地震が少し先だったとしても、巨大構造物は長期にわたり使われるものなので、高層ビルや巨大な橋梁などが集中する関東でどのような長周期地震動が発生するのか検討を進めておく必要があります」

従来の長周期地震動シミュレーションでは、地面が平らだという簡略化した条件で計算が行われていた。「私たちは、詳細な地形（厳密には、ごく浅い地盤を除く）を反映し

た計算モデルを構築して、さまざまな震源域・規模の関東地震に対して、関東の各地でどのような長周期地震動が起きるのか、高い解像度で計算できるようにしました」

■仮想地球を地下へ拡張して関東地震を理解する

「しかし、まだ大きな課題があります」と堀さんは言う。「『富岳』のシミュレーションでも、地下構造は3次元不均質とはいえ、まだ単純化されたモデルで計算しているのです」

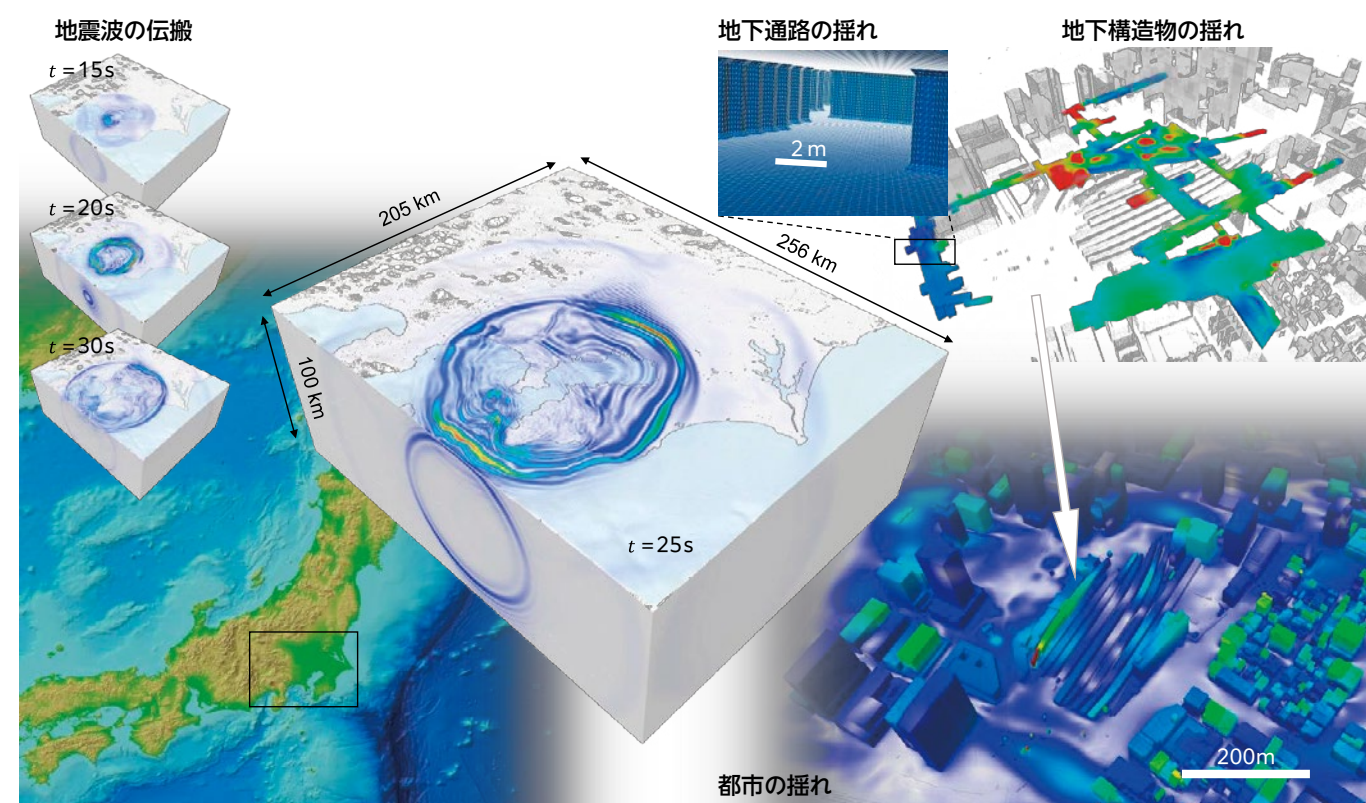
地下のどこにどのような物性の岩石が分布しているのかといった地下構造により地震の伝わり方は異なる。逆に地震波の観測データから地下構造を推定できる。「関東には高密度に地震計が配置されて観測が続けられています。そ

れらの地震の観測データなどを解析して、現実に近い地下構造モデルをつくるのが今後の大きな課題です」

JAMSTEC 付加価値情報創生部門では「四次元仮想地球プロジェクト」を進めている。「それは計算機の中に地球を再現して、さまざまな解析や予測を行うものです。大気や海洋については、ある程度、仮想地球は実現しており、気象や温暖化の予測に役立てられています。その仮想地球を地下にも拡張できるように、現実に近い地下構造モデルの構築を進めます。それにより、相模トラフのプレート境界のひずみ蓄積の現状や推移予測、関東地震の理解や首都直下地震の被害予測など、さまざまな解析に役立てることを目指します」

（文・立山 晃／フォトンクリエイト）

図11-1 「富岳」による関東における地震発生から都市の揺れまでの統合シミュレーション



Ichimura et al. (2022, HPC Asia 2022 Best Paper Award)

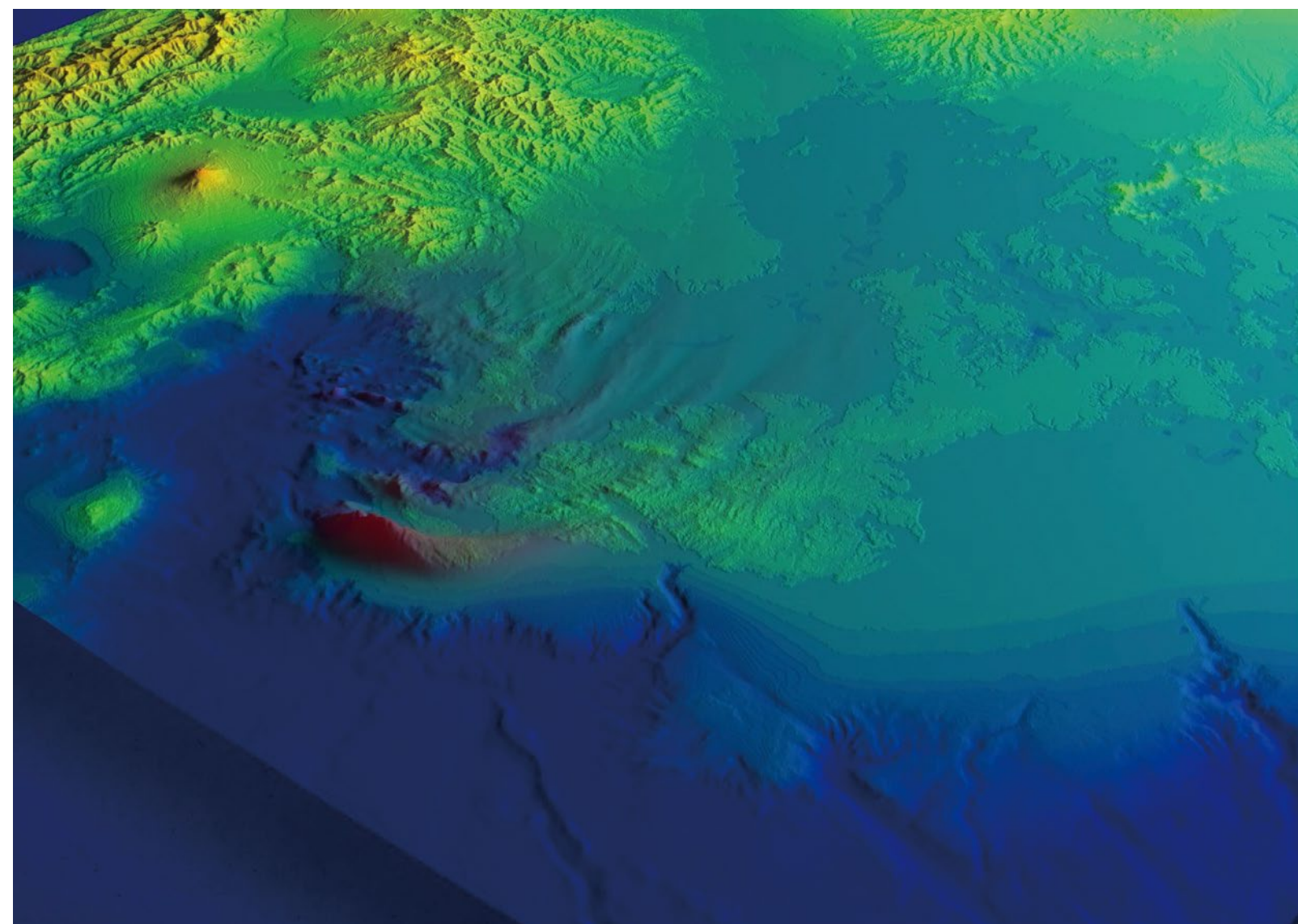
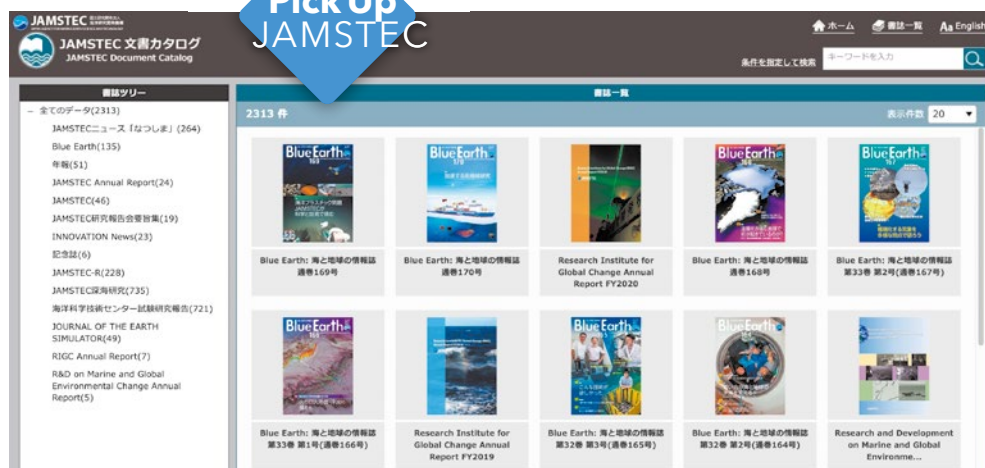


図11-2 「富岳」を用いた関東地震による長周期地震動のシミュレーション
表層地盤ははぎ取った工学的基盤が表面になっているため、通常の地形とは印象が異なる。

Pick Up
JAMSTEC

▲JAMSTEC文書カタログ
https://www.godac.jamstec.go.jp/doc_catalog/j/index.html

JAMSTEC刊行の広報誌・学術誌を公開中！

ウェブサイト「JAMSTEC文書カタログ」では、調査観測の最新情報や研究活動の成果をまとめたJAMSTEC刊行の広報誌や学術誌を2,300件以上公開しています。『Blue Earth』も、この誌名になった2002年からの全ての号をご覧いただけます。130を超える表紙を一覧すると、JAMSTECにおける研究活動の動向や成果を見渡すことができます。キーワードや研究者名、発行年など、条件を指定して検索できるので、気になる記事を読んでみませんか？

賛助会（寄付）会員名簿 2023年2月28日現在

国立研究開発法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付を頂き、支援していただいております。（アイウエオ順）

株式会社IHI
 株式会社IHI原動機
 株式会社アイケイエス
 株式会社アクト
 朝日航洋株式会社
 アシア海洋株式会社
 株式会社天野回漕
 株式会社アルファ水工コンサルタンツ
 株式会社安藤・間
 いであ株式会社
 株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所
 伊藤忠テクノソリューションズ
 株式会社
 一般社団法人インダストリスパコン
 推進センター
 株式会社INPEX
 潮冷熱株式会社
 株式会社宇津木計器
 海のみらい静岡友の会
 株式会社エス・イー・エイ
 株式会社エス・イー・シー
 株式会社SGKシステム技研
 株式会社エヌエルシー
 株式会社NTTデータCCS
 株式会社江ノ島マリンコーポレーション
 MOLマリン&エンジニアリング
 株式会社
 株式会社MTS雪氷研究所
 株式会社OCC
 岡本硝子株式会社
 株式会社OKIコムエコーズ
 沖電気工業株式会社
 海洋エンジニアリング株式会社
 海洋開発株式会社

海洋電子株式会社
 株式会社化学分析コンサルタント
 鹿島建設株式会社
 株式会社カネカ
 川崎近海汽船株式会社
 川崎重工業株式会社
 川崎地質株式会社
 株式会社KANSOテクノス
 株式会社キュービック・アイ
 京セラ株式会社
 共立インシュアランス・ブローカーズ
 株式会社
 共立管財株式会社
 極東貿易株式会社
 株式会社きんでん
 株式会社熊谷組
 クロバテック株式会社
 株式会社グローバルオーシャン
 ディベロップメント
 株式会社KSP
 KDDI株式会社
 京浜急行電鉄株式会社
 興研株式会社
 株式会社構造計画研究所
 神戸ペイント株式会社
 広和株式会社
 株式会社COAST
 国際ビルサービス株式会社
 コスモス商事株式会社
 株式会社コノエ
 五洋建設株式会社
 株式会社コンボ研研究所
 相模運輸倉庫株式会社
 佐世保重工業株式会社

三洋テクノマリン株式会社
 三和化成工業株式会社
 株式会社ジー・エス・ユアサテクノロジ
 株式会社JSP
 JX石油開発株式会社
 JFEアドバンテック株式会社
 株式会社JVCケンウッド
 静岡市
 シチズン時計株式会社
 株式会社SIX VOICE
 シナネン株式会社
 株式会社JVCケンウッド
 清水建設株式会社
 清水港振興株式会社
 シモダフランチ株式会社
 ジャパンマリンユナイテッド株式会社
 シュルンベルジェ株式会社
 株式会社昌新
 株式会社商船三井
 鈴与株式会社
 セイコーウオッチ株式会社
 株式会社清友農材センター
 株式会社関ケ原製作所
 石油開発サービス株式会社
 石油資源開発株式会社
 セナードバーンズ株式会社
 株式会社ソルトン
 損害保険ジャパン株式会社
 ダイキムエンジニアリング
 大成建設株式会社
 ダイハツディーゼル株式会社
 大陽日酸株式会社
 有限会社田浦中央食品
 株式会社地球科学総合研究所
 中国塗料株式会社

中部電力株式会社
 株式会社鶴見精機
 株式会社帝國機械製作所
 株式会社テザック
 寺崎電気産業株式会社
 株式会社寺本鉄工所
 東亜建設工業株式会社
 東海交通株式会社
 洞海マリンシステムズ株式会社
 東京海上日動火災保険株式会社
 東京製鋼繊維ロープ株式会社
 株式会社東京チタニウム
 東北環境科学サービス株式会社
 東洋建設株式会社
 株式会社東陽テクノカ
 株式会社東和製作所
 トーホーテック株式会社
 株式会社NAT
 西芝電機株式会社
 株式会社ニシヤマ
 日油技研工業株式会社
 株式会社日産電機製作所
 株式会社ニッスイ
 ニッスイマリン工業株式会社
 日鉄エンジニアリング株式会社
 日東電工株式会社
 株式会社日放電子
 株式会社日本インテリジェントビジネス
 日本エヌ・ユー・エス株式会社
 日本海工株式会社
 日本海洋株式会社
 株式会社日本海洋科学
 日本海洋事業株式会社
 一般社団法人日本ガス協会
 日本軽金属株式会社
 日本サルヴェージ株式会社
 日本電気株式会社
 日本ペイントマリン株式会社
 日本マントル・クレスト株式会社
 日本無線株式会社

日本郵船株式会社
 野村建設株式会社
 株式会社ハイドロシステム開発
 濱中製鎖工業株式会社
 東日本タグポート株式会社
 株式会社フルジョパン
 富士ソフト株式会社
 富士通株式会社
 富士電機株式会社
 古河機械金属株式会社
 古河電気工業株式会社
 株式会社FullDepth
 古野電気株式会社
 松本徹章株式会社
 マリメックス・ジャパン株式会社
 株式会社マリン・ワーク・ジャパン
 株式会社マルト
 三鈴マシナリー株式会社
 株式会社三井E&Sマシナリー
 三井住友海上火災保険株式会社
 三菱重工業株式会社
 三菱重工マリンシステムズ
 株式会社
 三菱造船株式会社
 三菱電機株式会社
 三菱電機ソフトウェア株式会社
 三菱電機特機システム株式会社
 株式会社森京介建築事務所
 ヤンマーパワーテクノロジー株式会社
 株式会社ユー・エス・イー
 郵船商事株式会社
 横河電機株式会社
 株式会社落雷抑制システムズ
 株式会社ラジアン
 若築建設株式会社