

地震調査研究への期待 格段に精度を上げた津波警報システムの開発を

今回の東日本大震災で、M9を想定できなかったことが被害を大きくした面は否定できない。地震学研究者として^{びっくり}忸怩たる思いである。地震学は近年急速に進展したが、それでも、地震の予測については、役立つレベルに達するにはまだまだであることを思い知らされた。

これから発生する地震の予測は難しいが、地震発生後にそれがどのような地震であったかをそれほど時間を置かずに把握することは、地震学の進展によりかなりできるようになった。1995年兵庫県南部地震後に策定された「総合基本施策」で、「地震情報の早期伝達」が「全国地震動予測地図の作成」とともに、当面推進すべき課題として取り上げられた。地震発生直後に震源近くで観測した情報を、まだ地震波が到達していない地域に早期に伝達できれば、被害軽減に役立てられるからである。そして地震本部のプロジェクトとして、地震情報の早期伝達システムの開発が組織的に行われてきた。それは、現在気象庁から発表されるまでになった「緊急地震速報」として結実した。今回のような巨大地震に対応できていないなど、まだまだ改良すべき余地が多々あるものの、それなりに開発が進んできた。精度向上を目指して、関係者の一層の努力を期待したい。総合基本施策で推進すべきものとして取り上げた地震情

報の早期伝達には、もう一つ、「津波情報の早期伝達」が含まれていた。しかしながら、予算上の制約から、緊急地震速報ほどには開発を進めることができなかった。今回の津波による悲惨な災害を思うと、誠に残念である。わが国の津波警報は、世界でもトップクラスの精度を誇る。しかしながら、如何せん、陸上の地震計網で得られた地震波データのみを用いて予測するものであり、精度には自ずと限界がある。緊急地震速報の原理と同じように、波源域に近い沖合で津波そのものを観測し、その情報を早期に伝達すれば、格段に精度が上がる。今度こそ、沖合にケーブル式の地震津波観測網を展開し、津波警報の精度を格段に上げたシステムの開発を期待したい。陸上の地震計網、さらにはGPS観測網をも同時に活用しながらの警報システムの開発であることはもちろんである。



長谷川 昭 (はせがわ・あきら)
群馬県出身。昭和42年東北大学理学部卒業。昭和44年東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻修士課程修了。東北大学理学部助手、助教授、教授を経て、名誉教授。理学博士。地震調査研究推進本部政策委員会委員、同調査観測計画部会部会長など。専門は地震学、特にプレート沈み込み帯の地震の発生機構。

用語解説 音響結合GPS観測 (海底GPS)

海溝型地震の長期発生を予測する上で、海底の地殻変動データは非常に重要です。陸上においては、GPSを用いた地殻変動観測が広く普及し、地震活動に関わる地殻変動観測においても、ほぼリアルタイムでその動きを捉えることができるようになってきました。しかし、GPSの電波は海底まで届かないので、海底においてGPSによる地殻変動を観測することはできません。そこで、海底の地殻変動は、音響による測距とGPSによる測位を組み合わせることで地殻変動を観測しています。

ある特定の音信号を受信すると、一定時間後に正確に音信号を返送する機器(トランスポンダー)を海底に設置します。船上からは、船底に取り付けられた音響送受信装置(トランスデューサー)により、音信号が送信され、トランスポンダーからの音信号を受信します。送信から受信までかかる時間により、船とトランスポンダーの距離を測定します。

船の正確な位置はGPSで決定し、上記の音響測距と合

わせて、海底局の位置を決定して、地殻変動を観測することができます。

海中を音が伝わる速度は、海水温度や海流によって変化します。送信から受信までかかる時間を用いて距離を測っていますから、それらを正しく補正できないと、正確な音響測距はできません。そのため、観測局を複数個設置して補正したり、水温の勾配等のモデル化を行ったりして補正しています。

現在の技術では数cm程度の誤差が出ますが、さらに高精度な測定を目指して、技術開発が行われています。



海底局(一定時間後に正確に音信号を返送する機器)

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。

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

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、質問などがありましたら、電子メールで地震調査研究推進本部事務局までお寄せください。



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。

合併号

2011 10 月 ~ 2012 1 月

- 2 地震調査委員会〔第230回〕 定例会(平成23年9月9日) 2011年8月の地震活動の評価
- 4 地震調査委員会 特集:「長周期地震動予測地図」
- 8 調査研究レポート 独立行政法人 海洋研究開発機構 金田 義行 南海トラフ巨大地震連動性研究 その2
- 10 地震調査委員会〔第231回〕 定例会(平成23年10月7日) 2011年9月の地震活動の評価
- 12 地震調査委員会 「合成開口レーダーによる地震活動に関連する地殻変動観測手法」報告書
- 18 地震調査委員会〔第232回〕 定例会(平成23年11月10日) 2011年10月の地震活動の評価
- 20 シリーズ:地震調査研究機関 防災科学技術研究所の仕事 その2
- 22 産業技術総合研究所における地質の調査
- 24 産業技術総合研究所による地震研究
- 26 海上保安庁における海底地形および地震学的構造調査
- 28 海上保安庁における海底地殻変動観測
- 30 地震調査委員会〔第233回〕 定例会(平成23年12月9日) 2011年11月の地震活動の評価
- 32 独立行政法人 防災科学技術研究所 J-SHIS/地震ハザードステーションの使い方講座
- 38 地震調査研究推進本部 平成24年度地震調査研究関係政府予算案等
- 40 地震調査研究への期待 政策委員会 総合部会 委員 長谷川 昭

用語解説 音響結合GPS観測



長周期地震動:2003年十勝沖地震で発生した苫小牧石油タンク火災



木造住宅の耐震補強効果の検証実験



海底地殻変動観測:海底局の投入作業の様子

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、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用。

1 主な地震活動

- 8月1日に駿河湾でマグニチュード(M)6.2の地震が発生した。この地震により静岡県で最大震度5弱を観測し、重傷者が出るなどの被害を生じた。
- 8月19日に福島県沖でM6.5の地震が発生した。この地震により宮城県と福島県で最大震度5弱を観測し、負傷者が出るなどの被害を生じた。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 8月1日に浦河沖の深さ約35kmでM5.5の地震が発生した。この地震は太平洋プレートと陸のプレートの境界付近で発生した地震である。発震機構は南北方向に張力軸を持つ型であった。
- 8月22日に十勝地方南部(十勝地方中部)の深さ約25kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧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。

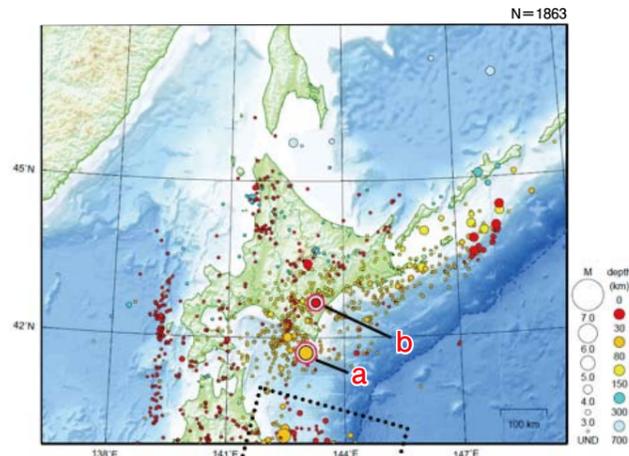
東北地方

- 8月5日に福島県浜通りの深さ約5km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正断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 8月19日に福島県沖の深さ約50kmでM6.5の地震が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した地震である。発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

関東・中部地方

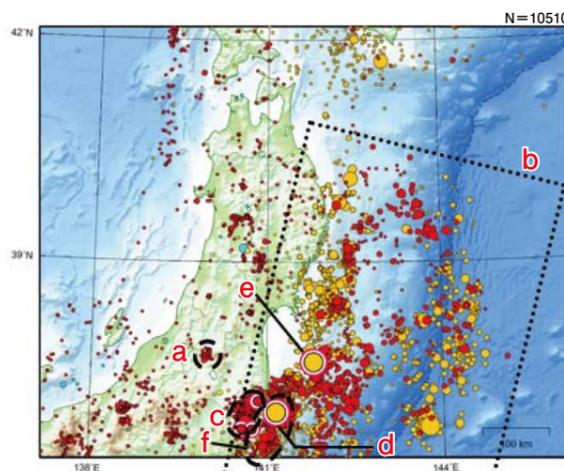
- 8月1日に駿河湾の深さ約25kmでM6.2の地震が発生した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した地震である。発震機構は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。
- 8月7日に茨城県北部の深さ約5kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 8月15日に茨城県南部の深さ約65kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。
- 8月17日に埼玉県南部(茨城県南部)の深さ約80kmでM4.3の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平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。
- 8月31日に東京湾(千葉県西北部)の深さ約70kmでM4.6の地震が発生した。この地震の発震機構は

1 北海道地方



- a) 8月1日に浦河沖でM5.5の地震(最大震度4)が発生した。
 - b) 8月22日に十勝地方南部でM4.7の地震(最大震度4)が発生した。気象庁はこの地震に対して(十勝地方中部)で情報を発表した。
- (8月期間外)
- 9月7日に浦河沖でM4.3の地震(最大震度4)が発生した。
 - 9月7日に日高地方中部でM5.1の地震(最大震度5強)が発生した。気象庁はこの地震に対して(浦河沖)で情報を発表した。
- ※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

2 東北地方



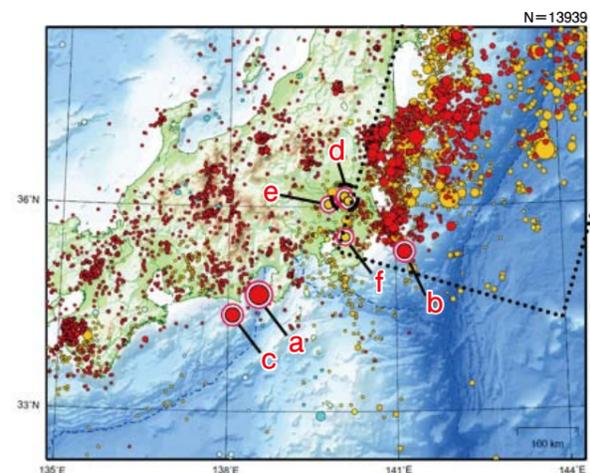
- a) 福島県会津地方では、3月18日からM3.0程度のまとまった地震活動が見られている。8月中には、8月2日にM3.6、M3.5の地震(いずれも最大震度3)が発生した。
 - b) 8月中に、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内では、M6.0以上の地震が4回、M5.0以上の地震が11回発生した。また、最大震度5弱以上を観測した地震は2回、最大震度4を観測した地震は9回発生した。余震域内で発生した主な活動は以下のとおりである。
 - c) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県浜通りから茨城県北部にかけての陸のプレート内では地震活動が活発になっている。8月中には、8月5日にM4.7、8月7日にM4.7、8月14日にM4.3の地震(いずれも最大震度4)が発生した。
 - d) 8月12日に福島県沖でM6.1の地震(最大震度5弱)が発生した。
 - e) 8月19日に福島県沖でM6.5の地震(最大震度5弱)が発生した。
 - f) 8月27日に茨城県沖でM4.3の地震(最大震度4)が発生した。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県沖から茨城県沖にかけての陸のプレート内では地震活動が活発になっている。
- ※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

- 1 東西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。
- 東海地方のGPS観測結果等には、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測されていない。

近畿・中国・四国地方

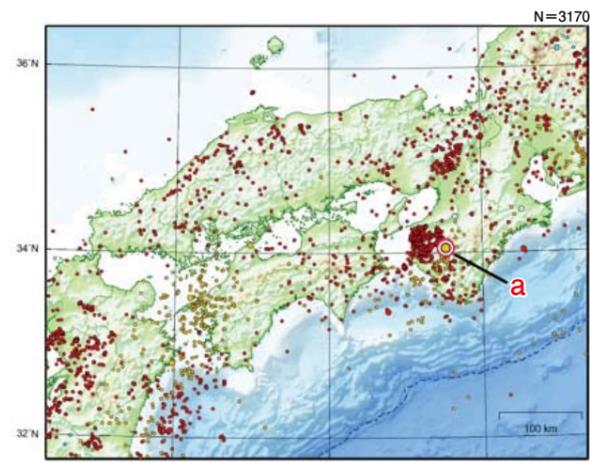
- 8月10日に和歌山県北部の深さ約60kmでM4.7の地震が発生した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した地震である。発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ型であった。

3 関東・中部地方



- a) 8月1日に駿河湾でM6.2の地震(最大震度5弱)が発生した。
 - b) 8月6日に千葉県東方沖でM5.2の地震(最大震度3)が発生した。
 - c) 8月12日に遠州灘でM5.2の地震(最大震度2)が発生した。
 - d) 8月15日に茨城県南部でM4.7の地震(最大震度4)が発生した。またこの付近では8月22日にM4.7の地震(最大震度3)が発生した。
 - e) 8月17日に埼玉県南部でM4.3の地震(最大震度4)が発生した。気象庁はこの地震に対して(茨城県南部)で情報を発表した。
 - f) 8月31日に東京湾でM4.6の地震(最大震度3)が発生した。気象庁はこの地震に対して(千葉県西北部)で情報を発表した。
- (8月期間外)
- 9月4日に埼玉県南部でM4.7の地震(最大震度3)が発生した。
- ※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

4 近畿・中国・四国地方



- a) 8月10日に和歌山県北部でM4.7の地震(最大震度4)が発生した。

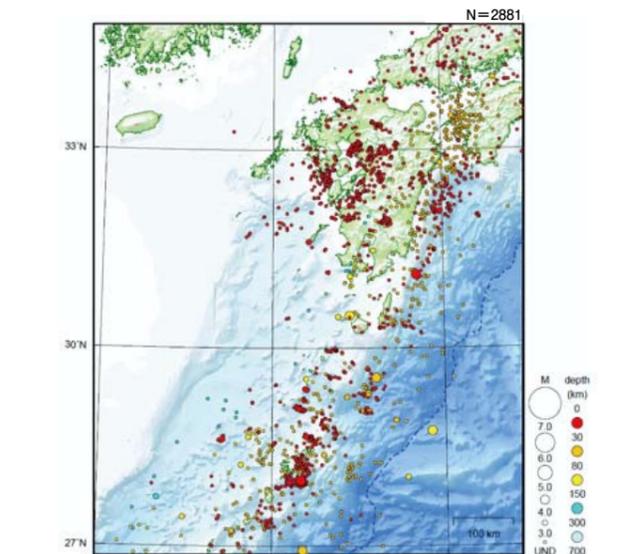
九州・沖縄地方

目立った活動はなかった。

補足

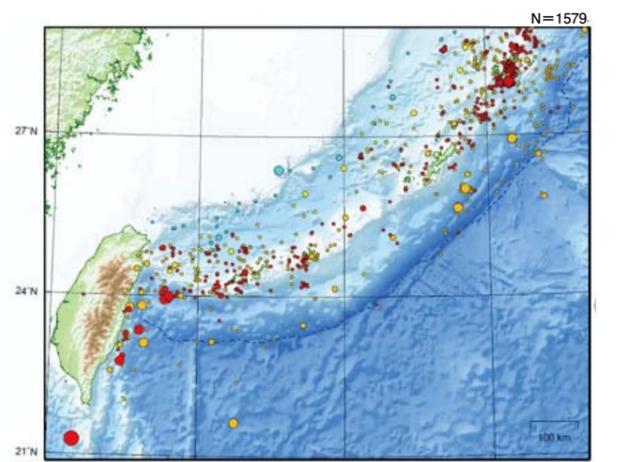
- 9月4日に埼玉県南部の深さ約90kmでM4.7の地震が発生した。この地震は太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近で発生した地震である。発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。
 - 9月7日22時29分に日高地方中部(浦河沖)の深さ約10kmでM5.1の地震が発生した。この地震の発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型(速報)で、地殻内で発生した地震である。また、同日07時27分にM4.3の地震が発生するなどのまとまった地震活動が見られている。
- 注：〔 〕内は気象庁が情報発表で用いた震央地域名である。

5 九州地方



特に目立った活動はなかった。

6 沖縄地方



特に目立った活動はなかった。

長周期地震動とは？

はじめに

地震調査委員会では、2003年十勝沖地震時の苫小牧での石油タンク火災（写真1）など、首都圏や大阪など堆積平野上に立地する超高層建物の揺れの原因の一つとされる長周期地震動について、平成19年度よりその予測手法と予測結果の公表方法について検討を行ってきました。平成21年9月には、想定東海地震、東南海地震、宮城県沖地震を対象とした「長周期地震動予測地図」2009年試作版を公表したの続き、今回、南海地震（昭和型）を対象に作成した「長周期地震動予測地図」2012年試作版を公表しました。

地震本部ニュースでは、P4～P7にわたり、この「長周期地震動予測地図」について特集します。まずは「長周期地震動とは？」と題し、長周期地震動による影響と対策も含めて解説し、P6～P7で長周期地震動予測地図の具体的な活用方法を示します。

長周期地震動とは

地震が発生すると、震源で発生した地震波が地面や地中を伝わり、震源から離れた場所の地面が揺れます。これを地震動といいます。一般の地震動には、短い周期の地震波によるガタガタとした揺れと、長い周期の地震波によるゆっくり繰り返す揺れとが混ざっています。この後者の揺れを長周期地震動といいます。長周期地震動は、短い周期の揺れに比べて揺れが収まりにくく、海の波のうねりのように、震源から遠くまで伝わりやすい性質があります（図1のB）。また、長周期地震動には、深い地下構造の影響を受けやすい性質があります。特に、深い地下構造が凹状で軟らかい地層が堆積している所（堆積盆地）では、軟らかい地層により揺れが増幅したり、表面波と呼ばれる地表に沿って伝わる波が発達したりして、揺れの継続時間が長くなる傾向があります（図1のC）。

なお、周期が何秒より長い揺れを長周期地震動と呼ぶかについては、あまり明確な定義がありませんが、以下に述べる高層建物などの長周期構造物に影響を及ぼす地震動という観点からは、概ね2～3秒より長い周期の揺れを指します。ここでは、周期2～3秒から周期10～20秒程度ま

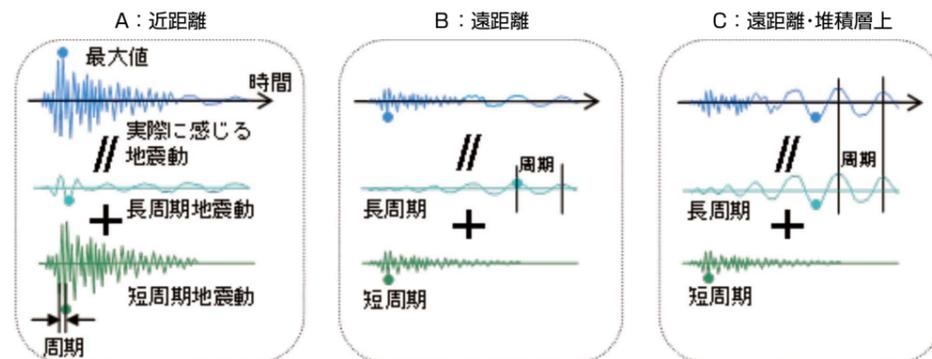


図1 実際に感じる地震動と短周期・長周期地震動との関係



写真1 2003年十勝沖地震で発生した苫小牧の石油タンク火災
写真提供：総務省消防研究センター

での地震動を「やや長周期地震動」と定義しています。

長周期地震動による影響

はじめに、建築物への影響について示します。まず、戸建住宅をはじめ低層のオフィスビル・マンションなどの建物に対しては、長周期地震動はほとんど影響しません。これに対し高層の建物では、建物の周期（固有周期）が長周期地震動の周期に一致すると、非常に大きな影響を与えと考えられます。日本建築学会の調査結果¹⁾によると、一般的な高層建物の場合、固有周期 T (秒) と建物階数 N および高さ H (m) との関係は、概ね $T=(0.049\sim 0.082)N$ 、 $T=(0.015\sim 0.02)H$ となっています。但しこれは、揺れが小さい場合における実測結果の傾向を示したもので、揺れが大きくなると固有周期は更に長めになることが知られています。

また、地震から建物を守る技術として最近脚光を浴びている免震建物も、長周期地震動の影響を受ける可能性があります。免震構造は、地震時に主に水平方向に対する揺れの周期を長くして地面の揺れの周期から外す動きをするアイソレータと、揺れのエネルギーを吸収し揺れを抑える動きをするダンパーとを組み合わせた構造ですが、もともと周期の短い低層建物用に開発された技術であり、短い周期の揺れを低減しやすい反面、長い周期の揺れを低減しにくい性質があります。このため、長周期地震動に対しては、免震装置の効果が小さくなる場合があることに留意する必要があります。

建築物以外の構造物の固

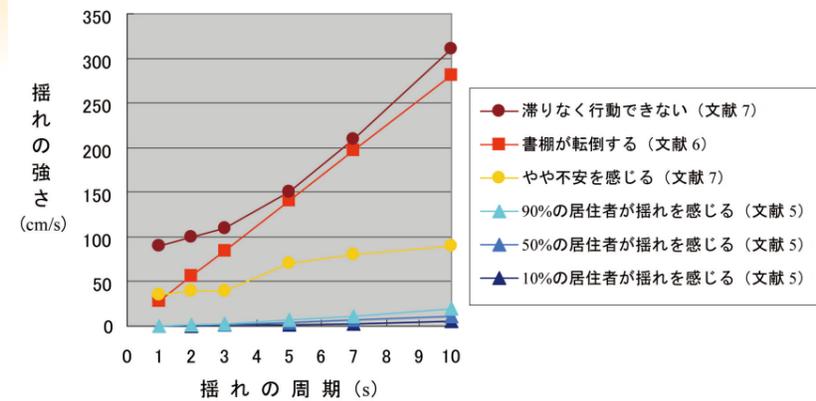


図2 人体感覚・家具転倒に長周期地震動が及ぼす影響

有周期については、各種の調査研究結果^{2)~4)}によると、例えば首都圏の代表的な長道路橋では概ね4～9秒程度、満液状態にある直径30～60mの石油タンクのスロッシング周期では概ね7～10秒程度となっています。

次に、長周期地震動による人体感覚をみてみましょう。図2は、高層建物の風振動に関する居住性評価の調査結果⁵⁾、住宅内の家具転倒に関する調査結果⁶⁾、長周期の大振幅加振が可能な振動台での実験結果に基づく避難行動限界曲線⁷⁾をまとめてグラフに示したものです。図より、揺れの速度が20cm/s程度以下の僅かな値でも、90%の人が揺れを感じることがわかります。また周期5～10秒の範囲では速度が70～90cm/sになるとやや不安を感じ、周期5秒付近では速度が150cm/s程度、周期7秒付近では200cm/s程度を超えると避難行動が困難になること、更に周期5秒付近では、書棚が140cm/s程度で転倒することなどが示されています。

では、実際に高層建物が長周期地震動に見舞われると、その室内はどうなるのでしょうか。独立行政法人防災科学技術研究所の実大三次元震動破壊実験施設（通称E-ディフェンス）における、想定南海地震の長周期地震動⁸⁾による高層建物の室内状況の再現実験結果⁹⁾によると、室内は周期約3秒で3分余り揺れ続け、揺れの最大速度は約230cm/s、最大変位は約2.6m（両振幅）に及んでいます。この最大速度を図2と照合すると、書棚が倒れ、避難行動が困難になるレベルの激しい揺れであることがわかります。写真2は、オフィスおよび集合住宅の室内を模した試験体の実験後の状況です。以上のことから、長周期地震動による高層建物での揺れがいかにも恐ろしいものであることが容易に想像できます。なお、この実験映像は、防災科学技術研究所兵庫耐震工学研



(a) オフィス内



(b) 集合住宅内

写真2 長周期地震動による高層建物の室内状況の再現実験後の状況⁹⁾

究センターのホームページ (<http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie.html>) に紹介されていますので、ぜひ一度ご覧ください。

長周期地震動への備え

では、長周期地震動による揺れに対し、事前にどのような対策を講じておけば良いでしょうか。まず、食器棚・本棚などの背の高い家具や、オフィス用コピー機など大きく重い什器については、種々の固定器具などで固定するのが有効です。但し背の高い家具では、たとえ棚を固定していても中の食器類や本が

落下・飛散する可能性があり、この場合は扉開放防止器具などの併用が有効です。ひとたび長周期地震動が発生すると、家具・什器や収納物などが突然凶器と化すことを、しっかり認識し対策する必要があります。できれば、物を余り置かない安全な部屋を予め決めておき、地震が来たらそこに逃げ込むこと、最低限寝室は安全にしておくことなど、日頃からオフィスや家庭で地震時の対応を考えておくことが大切です。

なお、長周期地震動は遠方の大きな地震による場合が多く、その場合は揺れ始めから揺れが大きくなるまでに多少猶予がありますので、緊急地震速報の有効活用を図るなど、揺れが来る前に身の安全を図ることも考えておきましょう。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築物の減衰，日本建築学会，p.131～143，2000
- 2) 小森和男ほか：首都高速道路における長大橋耐震補強の基本方針と入力地震動，土木学会論文集，794/I-72，p.1～19，2005
- 3) Housner, G. W. : Dynamic pressures on accelerated fluid containers, Bull. Seismol. Soc. Am., 47, p.15～35, 1957
- 4) 座間信作：1983年日本海中部地震による苫小牧での石油タンクの液面揺動について，消防研究所報告，No.60，p.1～10，1985
- 5) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性評価指針・同解説[2004改訂]，日本建築学会，pp.132，2004
- 6) 日本建築学会：非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領，日本建築学会，pp.322，2003
- 7) Takahashi, T. et al. : Shaking table test on indoor human performance limit in strong motion for high-rise buildings, Proc. 8PCEE, Paper No.131, 2007
- 8) 藤谷秀雄ほか：想定南海地震時の神戸市東遊園地における強震動予測と既往観測記録との比較：高層建物の非構造部材・家具什器に関するE-ディフェンス振動実験-その2，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，p.553～554，2007
- 9) 榎田電太：大振幅応答を実現する震動台実験手法の構築と超高層建物の室内安全性，日本建築学会構造系論文集，74，p.467～474，2009

長周期地震動予測地図の使い方

ここでは「長周期地震動予測地図の使い方」と題し、予測地図の具体的な活用方法について説明します。

「長周期地震動予測地図」とは

「長周期地震動予測地図」は、ある特定の大地震が発生した場合に、その周辺および遠方にも生じる長い周期による地震動の分布を示したものです。

「長周期地震動予測地図」の性格は、平成21年7月に公表した「全国地震動予測地図」のうち、「震源断層を特定した地震動予測地図」の一種に相当します。「全国地震動予測地図」の「震源断層を特定した地震動予測地図」が、比較的短周期（周期約0.1～1秒程度）の揺れに対応する地表の震度分布として作成されたのに対し、「長周期地震動予測地図」は、地震動の3つの特性（周期特性、振幅特性、経時特性）を考慮した工学的基盤上での地図として作成しています。ここで「工学的基盤」とは、建築・土木などの工学分野で使用される用語で、構造物を設計するとき、地震動を設定する際に基礎とする良好な地盤のことです。「全国地震動予測地図」や「長周期地震動予測地図」では、地震波のうち主要動であるS波の速度が400 m/sの地盤を工学的基盤としています。

地震動の各特性に対応した「長周期地震動予測地図」の内容は、次のとおりです。

①周期特性（揺れの素早さ）

周期3秒、5秒、7秒、10秒の減衰定数5%速度応答スペクトル（単位：cm/s）の分布図【図3】（さまざまな固有周期をもつ超高層建物や石油タンクなどの長周期構造物を想定し、4通りの周期について作成しました）

②振幅特性（揺れの大きさ・強さの特性）

揺れの速度の最大値（最大速度、単位：cm/s）の分布図【図4】

③経時特性（揺れの長さ・時間変化）

揺れの速度が1 cm/sを超える継続時間（単位：秒）の分布図【図5】

これらの図により、どの程度の強さの長周期地震動がどの程度長い時間続くのか、また長周期構造物がどの程度の速さで揺れるのかについて、

目安を示すことを目標としました。

「長周期地震動予測地図」2012年試作版の主な特徴

今回公表した「長周期地震動予測地図」2012年試作版の主な特徴は、次の通りです。

- ①発生確率が高くかつ発生した場合に大きな被害が予想される南海地震の中でも、最近の事例であり最も情報量の多い南海地震（昭和型、Mw8.4）を対象としたこと。
- ②人口の集中する大都市があり長周期地震動の影響が大きいと考えられる主要な平野（大阪平野、濃尾平野など）を含む、限定された範囲の工学的基盤上での長周期地震動を計算対象としたこと。
- ③計算手法の高度化と計算モデルの詳細化により、計算対象とする地震動の下限周期を約2秒まで拡張したこと（これにより、従来の周期5秒、7秒、10秒に加えて周期3秒の予測地図の作成が可能となった）。
- ④計算範囲の地下構造モデルについて、過去の地震（1946年南海地震、2004年紀伊半島南東沖地震の前震）の長周期地震動について観測記録の再現性を検証し、改良を図ったこと。
- ⑤アスペリティ（震源域において、通常は強く固着しているが、地震時に大きくずれ動いて大きな揺れを引き起こす地

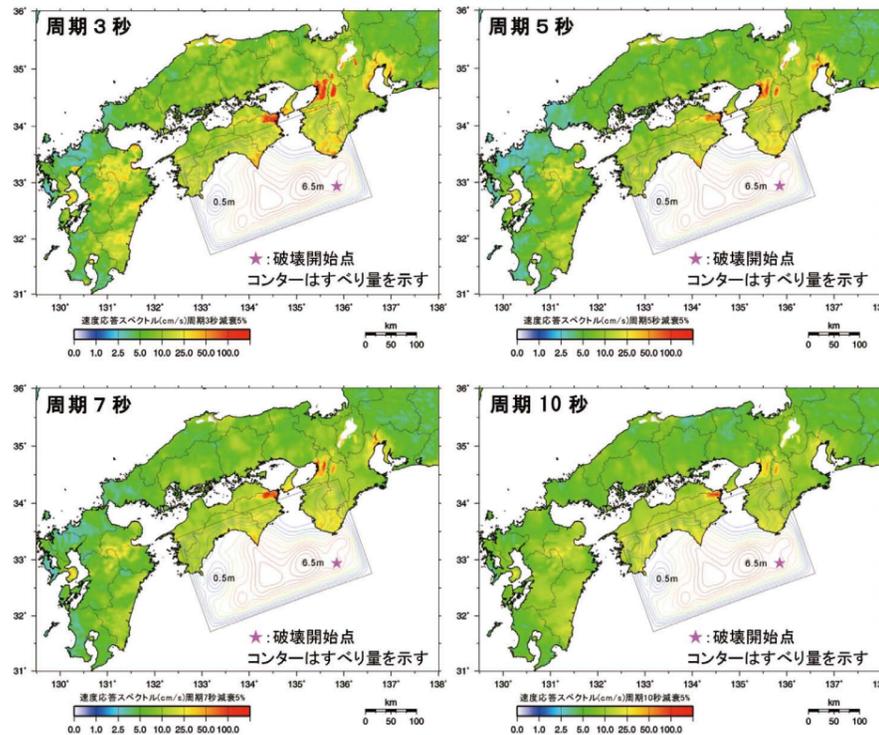


図3 相対速度応答スペクトルの分布

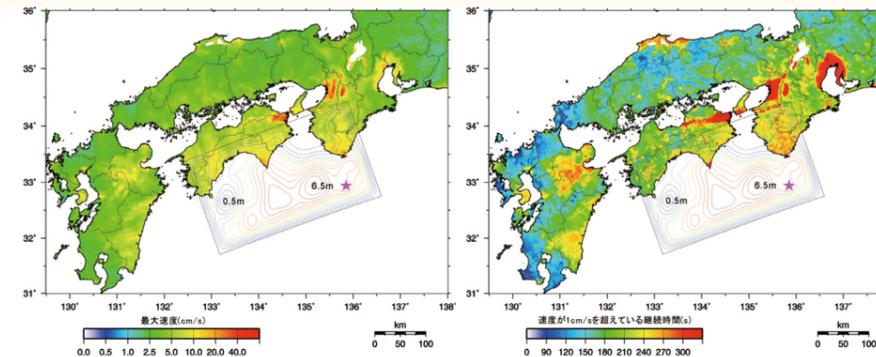


図4 最大速度の分布

図5 継続時間の分布

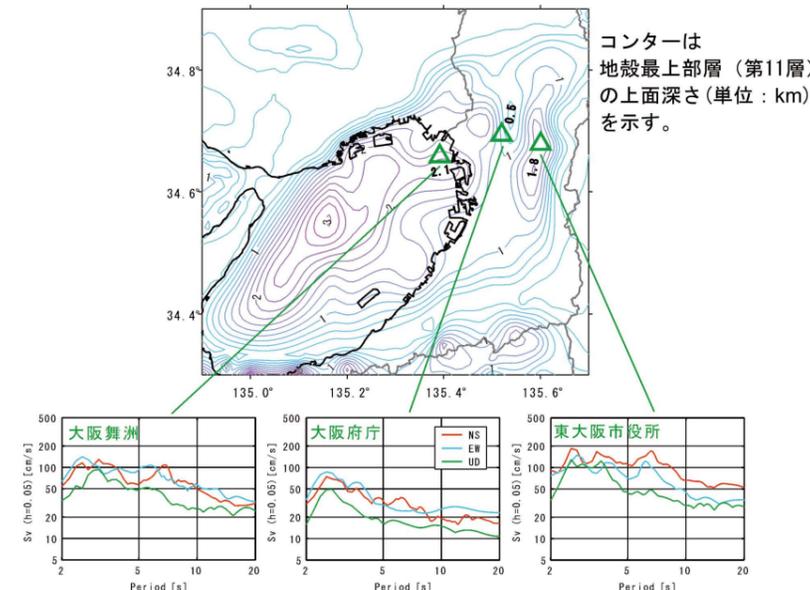


図6 大阪平野内の3地点で計算された相対速度応答スペクトル

と、いずれの周期帯でも震源に近い平野である大阪平野や濃尾平野、京都盆地や奈良盆地、および琵琶湖周辺や徳島県の吉野川下流沿いで揺れが大きくなる傾向がみられます。

図4は、速度として計算された長周期地震動による揺れの最大速度の分布図、図5は、速度1 cm/sを超える揺れが継続する時間の分布図をそれぞれ示したものです。振幅が大きい大阪平野や濃尾平野、徳島県の吉野川沿いに加え、奈良盆地や琵琶湖周辺では継続時間も長くなっています。

なお、比較的近接した地点同士であっても、場所により予測される地震動が大きく異なる場合があります。図6は、大阪平野内の3地点で計算された相対速度応答スペクトル（減衰5%）を例にその傾向を示したものです。この傾向は、2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録でも同様に見られることが、図6とほぼ同位置での強震観測点での記録の比較により示されています。

今後に向けて

今回公表した「長周期地震動予測地図」2012年試作版は、一昨年に公表した「長周期地震動予測地図」2009年試作版と同様、最も情報量の多い直近の地震を対象に、現時点で利用できる最新の知見と適切と考えられる手法を用いて長周期地震動の再現を試みたもので、想定される最大級の地震を対象としたものではありません。したがって、より広域に破壊する巨大地震を含めた本格的な長周期地震動予測、さらには広帯域地震動予測を進めていくための重要なステップと位置づけられます。今後、そのために必要な技術的検討はもとより、予測結果を有効に社会に活かしていくため、その提示のあり方などについて、防災関係者や研究者間で広く議論を行い、その検討を踏まえて長周期地震動予測、更には広帯域地震動予測を進めていきたいと考えています。

なお、報告書や各地図、主な地点の波形や速度応答スペクトルなどについては、地震調査研究推進本部のホームページ (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12_choshuki/index.htm) でも見ることができますので、ご利用ください。

震波が出ると考えられる領域のこと）の破壊が同じ領域で繰り返す場合を想定し、周期5秒程度よりも長周期側の帯域で有効な震源モデルを前イベントの震源モデルとした上で、それよりも短周期側の成分を別途付加するよう工夫を施し、周期2秒以上の長周期地震動の予測を目指したこと。なお、「長周期地震動予測地図」2012年試作版の公表に併せて、今回のモデルと「長周期地震動予測地図」2009年試作版のモデルとを統合し、「全国1次地下構造モデル（暫定版）」として公表しました。

「長周期地震動予測地図」の例

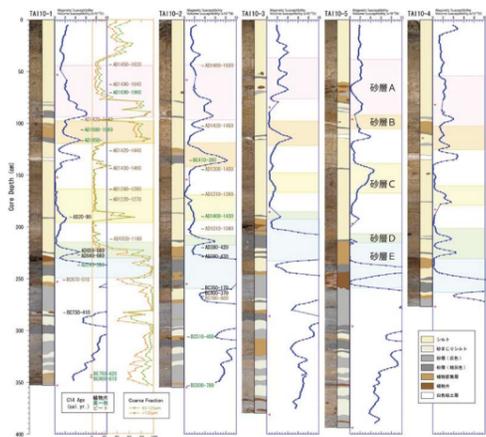
図3は、固有周期3秒、5秒、7秒、10秒の長周期構造物がどの程度の速度で揺れるのかについて、相対速度応答スペクトルの分布図（減衰定数5%）として示したものです。図は水平成分の大きい方で作成されていますが、上下成分を加えてもそれほど傾向は変わりません。これを見る

文部科学省では、再来が危惧されている南海トラフ巨大地震、具体的には東海、東南海ならびに南海地震の同時発生を含めた連動発生を評価する目的で「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」プロジェクトを平成20年度より5か年計画で進めています。本研究プロジェクトは、「調査観測研究課題」および「巨大地震の再来予測の高度化研究課題」からなる学術的研究を主としたサブプロジェクト1と、地震・津波の被害想定の高精度化や避難・復旧復興対策への貢献を目的とした防災減災に直結した理学、工学、社会科学のアプローチからなるサブプロジェクト2で構成されています。

ここでは、これまで得られたシミュレーション研究成果と防災減災研究分野であるサブプロジェクト2の成果について紹介いたします。

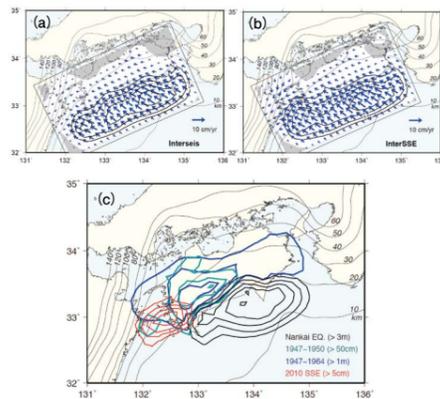
南海トラフ巨大地震発生システムを理解し、再来する巨大地震の予測精度向上を行うためにはシミュレーション研究が必要不可欠です。また、シミュレーション研究の推進とともに過去の地震津波履歴ならびに地殻変動データの収集・解析も非常に重要です。津波履歴研究成果に関しては、すでに前回紹介しましたが、大分県佐伯市の龍神池での津波堆積物や徳島県田井ノ浜の池や蒲生田の池および三重県尾鷲市須賀の利大池での厚い津波堆積物の発見等が高知大学の研究成果として報告されています(図1)。津波堆積物評価結果からは、繰り返し発生する南海トラフ巨大地震にはその規模・発生様式に多様性があり、時に大津波を引き起こしたことを示唆しています。また、過去およそ120年に遡った地殻変動データを調べることで、少なくとも1944年東南海、1946年南海地震の前後も含め、どのような地殻変動が発生していたかを評価することができます(名古屋大学)。

この地殻変動評価(図2)と、1944/1946年東南海地震、南海地震モデルから想定される結果との比較等により、今後の再来が危惧される南海トラフ巨大地震の前後で予測される地殻変動の評価や発生予測シミュレーション精度の向上が期待できます。一方、シミュレーション研究進展には、シミュ



(注) 南海トラフ沿いの過去の地震履歴を明らかにすることを目的として実施している同トラフ沿岸湖沼の津波堆積物調査のうち、平成22年度に実施した徳島県海部郡美波町の田井ノ浜の池の堆積物の分析の結果。各図は、田井ノ浜の池における5本のコアのコア写真(左コラム)、堆積相(右コラム)、帯磁率測定結果(青線)、粒度分析結果(緑、橙線)および暦年補正済みの年代測定結果(数値)を示している。コア試料は主に泥から成る上位3mのユニットと、主に砂から成る下位1mの二つのユニットに分けられ、津波履歴は主に上位のユニットで読み取ることができる。

図1 過去の地震発生履歴から見た地震サイクルの多様性の評価 [過去の地震発生履歴から見た地震サイクルの多様性の評価/国立大学法人高知大学]



(注) 豊後水道で13年におよぶGPS連続観測データからスロースリップの影響も含んだ長期の平均的な地殻変動速度およびスロースリップ間の地殻変動速度を推定し、それぞれを用いてすべり欠損分布を推定した。
(a) 四国・豊後水道地域における長期の平均的なすべり欠損分布と
(b) スロースリップ間のすべり欠損分布。
豊後水道のスロースリップ領域では、6~7年の間隔で応力蓄積・解放が繰り返されており、このサイクルを超えた長期的な応力蓄積等は無いものと考えられる。
(c) 四国地域における1946年南海地震時の断層すべり、地震後の余効すべり(1947~1950年および1947~1964年)、スロースリップ(2010年)の互いに相補的な空間分布。
解析の結果、1946年南海地震直後の余効すべりは四国西部のプレート境界深さ20~30kmの範囲に集中し、スロースリップ領域とは棲み分けているように見える。

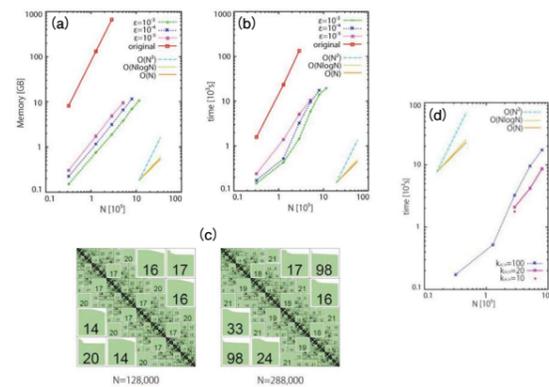
図2 プレート境界面のすべりの時空間発展に関するデータベース構築 [プレート境界面のすべりの時空間発展に関するデータベース構築/国立大学法人名古屋大学]

レーションモデルそのものの高度化や高速化が必要です。京都大学では、シミュレーションモデルの高速な行列解法プログラムの取り込みや粘弾性媒質モデルの検討により、シミュレーション開発の効率化や地震発生シミュレーションモデルの高度化を図っています(図3)。さらに、シミュレーションの結果の信頼性を高める取り組みとして、観測データとシミュレーションで予測された結果とのチューニング手法、つまりデータ同化手法の開発が喫緊の課題です。例えば、巨大地震連動発生前後で、地殻変動が発現するとすれば、地殻変動データを用いたデータ同化が有効となります。図4は、いくつかの時間差連動シミュレーション結果をもとにデータ同化の数値実験結果です。東南海地震後5.1日後に南海地震が発生する想定地殻変動シミュレーションに、DONETデータノイズを加えた地殻変動データを用いた結果では、東南海地震発生後約4日後に想定した5.1日の時間差連動の評価が行えた結果です。これはあくまで数値実験の結果ですが、連動時間差が大きな場合では、十分な精度は得られていません。このためデータ同化手法の精度向上が必要不可欠ですが、同時に、今後5年、10年規模で蓄積される地殻変動データを用いたデータ同化の実用化を図っていきます。特に海域における地殻変動データは、すでに構築が終了した紀伊半島熊野灘の海底観測網(DONET)の水圧計データ等を活用することを予定しています。

図5には東北地方太平洋沖地震の教訓として、沖合のすべりと日向灘までの破壊域の拡大を示す巨大地震再来シミュレーション結果です。今後は先述のデータ同化手法により、さらに南海トラフ巨大地震再来シミュレーションの信頼性向上を図ります。

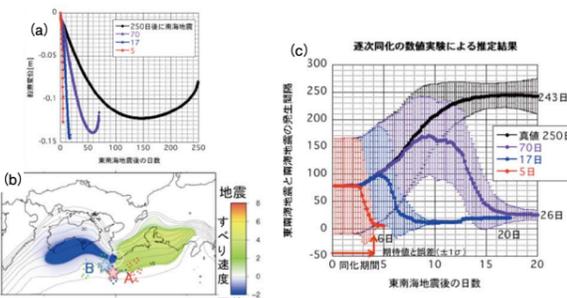
次に本プロジェクトのサブテーマ2の防災減災課題の成果を紹介します。

地震動評価課題では地震波だけでなく津波も含めたシミュ



(注) プレート境界をNセルに分割すると、すべり応答関数行列とすべり(速度)ベクトルの積を直接計算には $O(N^2)$ の計算量・メモリ量が必要となる。準動的な地震発生サイクルシミュレーションコードに階層型行列(H-matrices)法を適用し、高速化・省メモリ化を図った。
(a) メモリ量のセル数N依存性、(b) 計算量のN依存性、(c) すべり応答関数のH-matrices表示、(d) 精度 $\epsilon=10^{-4}$ の場合でランク数をkACAに抑えた時の計算量のN依存性。ここで ϵ は要求される近似精度で10⁻⁴以下だと十分な精度を得る。Original計算ではメモリ・計算量は $O(N^2)$ だが、(c)のように低ランクの小行列で近似するとメモリ・計算量が $N=105$ までは $O(N)$ 、それ以上で $O(N \log N)$ と省メモリ。高速化が可能となることがわかる。

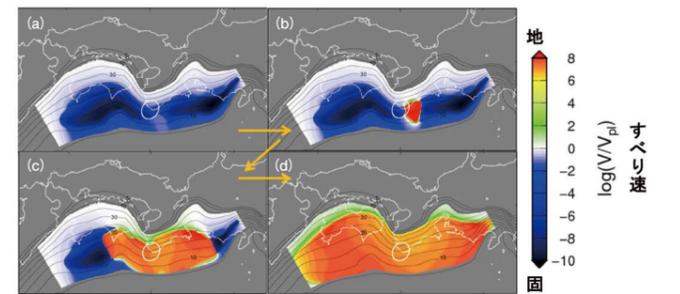
図3 シミュレーション手法と物理モデルの高度化 [シミュレーション手法と物理モデルの高度化/国立大学法人京都大学]



(注) 南海トラフでは紀伊半島の東側で巨大地震(以下「東南海地震」)がまず発生し、同時から数年後に西側(「南海地震」)で発生してきた。この紀伊半島の東西での破壊の時間遅れがどの程度になるかによって、地震後の対応の仕方が大きく異なる。このため、同時発生しない場合について、東西の地震発生間隔が摩擦特性や初期値によってどのように変わるのか、またその違いを観測データから捉えることで、発生間隔をあらかじめ予測することができるのかを検討する必要がある。この研究では、東西の震源域の境界での摩擦パラメータ値を変化させて、東南海地震発生後から南海地震発生までの間についてプレート境界でのすべりの計算を行うとともに、その計算結果にもとづいて地殻での地殻変動を計算した。さらに、その結果にノイズを加えることで、先行した巨大地震後に逐次観測データが得られる状況を模擬し、そのデータを様々なパラメータや初期値での計算結果と比較することで、次の巨大地震の発生までの時間を推定する実験を行った。
(a) 紀伊半島東側の地震(東南海地震)終了直後のすべり速度分布。(b) Bでの自由表面での鉛直変位の時間変化。初期値の違いにより西側の地震(南海地震)までの時間間隔が異なる。(c) ノイズを加えた疑似データを用いて逐次データ同化実験を行った結果。5時間毎の模擬データに対して、逐次発生間隔と標準偏差が推定される様子が得られた。各色は、模擬データを作る際のモデルにおける発生間隔が異なる場合を示している。東南海地震後3日程度で直後に起こる場合が分離でき、その後も次の地震が起こる前に、ある程度発生間隔が推定できていることがわかる。ただし、発生間隔が長い場合の推定が困難であることがわかる。

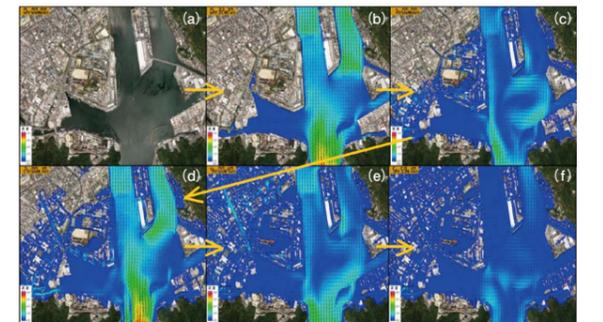
図4 地震発生サイクル多様性のメカニズム解明 [地震発生サイクル多様性のメカニズム解明/独立行政法人海洋研究開発機構]

レーションを実施しており、サブテーマ1の津波堆積物調査や地殻変動、そして、地下構造調査の成果を取り入れて、宝永地震の震源域が日向灘にのびていた可能性を示しました。また、地震被害評価課題では、構造物への入力地震動を評価するため、名古屋圏における地盤データベースの構築を進めています。津波被害課題は、まさに東北地方太平洋沖地震の教訓として上記の新しい宝永地震のモデルを用いて、津



(注) 南海トラフ沿いのプレート境界形状での地震発生サイクルシミュレーション研究を推進することを目的とし、東海-日向灘まで領域を拡張し、プレート三次元形状を考慮した地震発生サイクルモデルを構築した。図は、東北地方太平洋沖地震を教訓として沖合のすべりと日向灘までの破壊域の拡大を考慮した結果。
(a) プレート境界が固着している状態。(b) 紀伊半島東側の地震(東南海地震)発生直後のすべり速度分布。(c) 一気に東海、南海地震震源域へと伝播している。(d) 日向灘域及び南海トラフ軸付近までの破壊域拡大の可能性を示した。

図5 巨大地震再来シミュレーション [地震発生サイクル多様性のメカニズム解明/独立行政法人海洋研究開発機構]



(注) 連動型巨大地震による強振動の高精度予測のためのシミュレーション結果をもとに、津波の河川上や沿岸部での波高と浸水等を高精度に予測して、津波被害軽減に有効なハザードマップ等を作成し、また、これを有効に活用した人的被害の軽減を目的とし、高知市をモデルとして、津波浸水シミュレーションをした。
各図は、(左上)から右へ津波発生からおよそ0分(a)、30分(b)、1時間(c)、(左下)から右へ津波発生からおよそ2時間(d)、4時間(e)、6時間(f)経過後の津波浸水域と流向を矢印で流速を色で表現。河川や道路に沿って津波が遡上、浸水。引き潮時に湾内で渦が発生、また第一波にとどまらず、繰り返し津波は押し寄せ、6時間経過してもなお津波が押し寄せ、市街の浸水被害は拡大している。

図6 高知市津波浸水シミュレーション [津波の予測精度の高度化に関する研究/国立大学法人東北大学]

波の伝播だけでなく、高知市をモデル化した高密度空間での津波浸水シミュレーションを行いました(図6)。今後はさらに津波シミュレーションの高度化を目指します。

また、本プロジェクトの成果を行政やライフライン企業の防災減災計画立案に活用する目的で、名古屋、大阪、高知の地域研究会ならびに紀州分科会を立ち上げ議論を進めています。この課題は研究成果の普及広報の役割も担っています。

本プロジェクトでは各課題での進捗と並行して課題間、サブテーマ間の連携を図り、理学・工学ならびに社会学の統合研究として減災への貢献を目指します。



金田 義行(かねだ・よしゆき)
海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト プロジェクトリーダー。理学博士。昭和54年東京大学理学系大学院地球物理専攻修士課程修了。現在の専門分野は構造地震学。旧石油公団等を経て平成9年より現海洋研究開発機構でプレート運動解析研究に従事。平成21年より現職のプロジェクトリーダーに就任。

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、及び米国国立地球物理データセンター
のETOPO2v2を使用。

1 主な地震活動

- 9月7日に日高地方中部(浦河沖)でマグニチュード(M)5.1の地震が発生した。この地震により北海道で最大震度5強を観測し、被害を生じた。
- 9月21日に茨城県北部でM5.2の地震が発生し、茨城県で最大震度5弱を観測した。
- 9月29日に福島県浜通り(福島県沖)でM5.4の地震が発生し、福島県で最大震度5強を観測した。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 9月7日22時29分に日高地方中部(浦河沖)の深さ約10kmでM5.1の地震が発生した。この地震の発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。また、同日07時27分にM4.3の地震が発生するなどのまとまった地震活動があった。
- 9月13日に日高地方西部の深さ約100kmでM4.5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型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。
- 9月18日に浦河沖の深さ約65kmでM5.0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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。

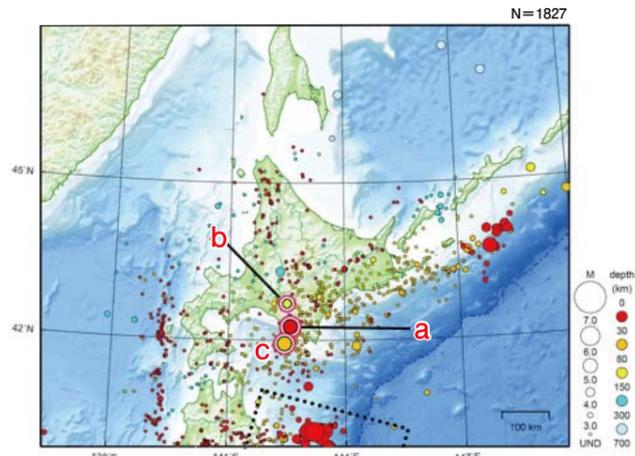
東北地方

- 9月17日04時26分に岩手県沖でM6.6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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。同日06時08分にM6.1の地震が発生し、17日から18日にかけてM5.0以上の地震が10回発生するなどのまとまった地震活動があった。GPS観測結果によると、この地震に伴い、ごくわずかな地殻変動が観測されている。
- 9月26日に福島県会津の深さ約10kmでM4.2の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 9月29日に福島県浜通り(福島県沖)の深さ約10kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。GPS観測結果によると、この地震に伴い、震央付近で小さな地殻変動が観測されている。

関東・中部地方

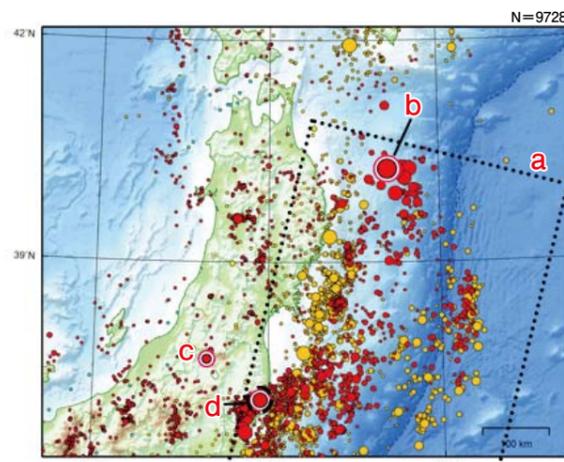
- 9月4日に埼玉県南部の深さ約90kmでM4.7の地震が発生した。この地震は太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近で発生した地震である。発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。
- 9月21日に茨城県北部の深さ約10kmでM5.2の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東-西南

1 北海道地方



- a) 9月7日に日高地方中部でM5.1の地震(最大震度5強)が発生した。この地震の発生後、震度1以上を観測する余震が9月末までに52回発生している。気象庁はこの地震に対して(浦河沖)で情報を発表した。
- b) 9月13日に日高地方西部でM4.5の地震(最大震度3)が発生した。
- c) 9月18日に浦河沖でM5.0の地震(最大震度4)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

2 東北地方



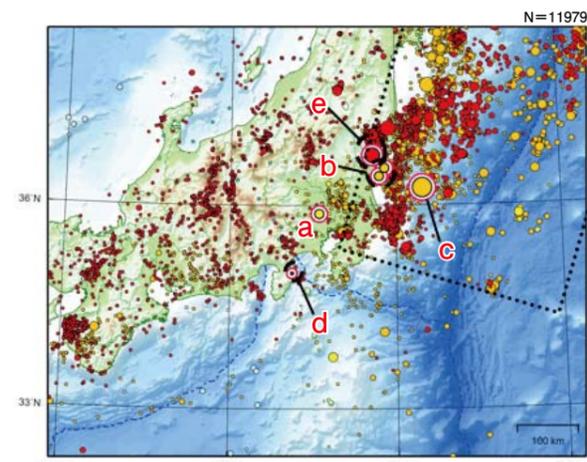
- a) 9月中旬に、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内では、M6.0以上の地震が3回、M5.0以上の地震が18回発生した。また、最大震度5弱以上を観測した地震は2回、最大震度4以上を観測した地震は8回発生した。
- b) 9月17日に岩手県沖でM6.6の地震(最大震度4)が発生した。また同日にM6.1の余震(最大震度3)が発生した。
- c) 9月26日に福島県会津でM4.2の地震(最大震度4)が発生した。福島県会津から山形県置賜地方にかけての地殻内では、3月18日からM3.0程度のまとまった地震活動が見られている。
- d) 9月29日に福島県浜通りでM5.4の地震(最大震度5強)が発生した。気象庁はこの地震に対して(福島県沖)で情報を発表した。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内では地震活動が活発になっている。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

- ❑ 西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 東海地方のGPS観測結果等には、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測されていない。

近畿・中国・四国地方

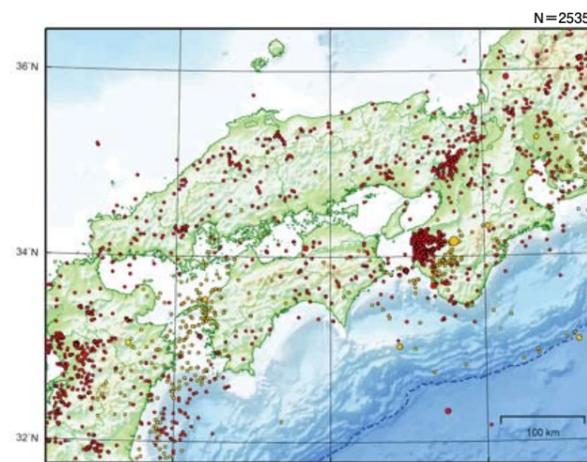
目立った活動はなかった。

3 関東・中部地方



- a) 9月4日に埼玉県南部でM4.7の地震(最大震度3)が発生した。
- b) 9月10日に茨城県沖でM4.8の地震(最大震度4)が、13日にM4.3の地震(最大震度4)が発生した。
- c) 9月15日に茨城県沖でM6.3の地震(最大震度4)が発生した。
- d) 9月18日深夜から23日にかけて、伊豆東部でまとまった地震活動が発生した。最大の地震は23日に発生したM2.1の地震である。今回の活動で、震度1以上を観測する地震は発生しなかった。この地震活動に先行して、17日昼頃から伊豆東部の体積ひずみ計や傾斜計で地殻変動が観測されていた。
- e) 9月21日に茨城県北部でM5.2の地震(最大震度5弱)が発生した。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内では地震活動が活発になっている。
(9月期間外)
10月5日に富山県東部でM5.4の地震(最大震度3)が発生した。また、同日にM5.2の地震(最大震度4)が発生した。気象庁はこの地震に対して(長野県北部)で情報を発表した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

4 近畿・中国・四国地方



特に目立った活動はなかった。

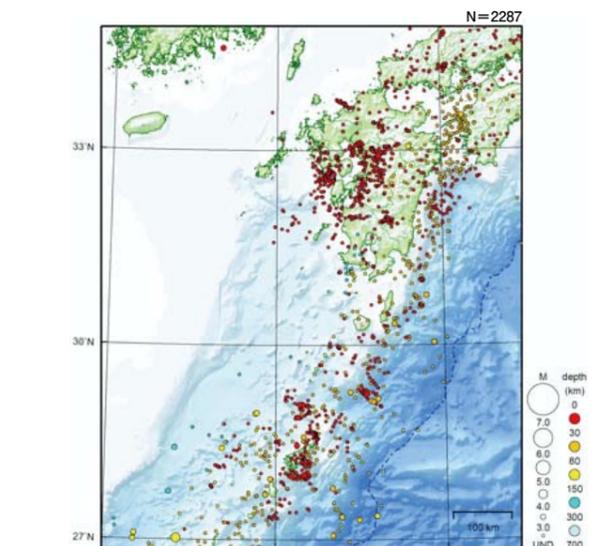
九州・沖縄地方

目立った活動はなかった。

補足

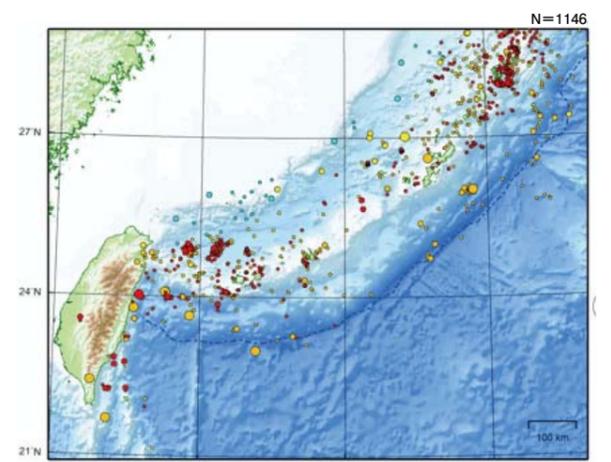
- 10月5日18時59分に富山県東部(長野県北部)のごく浅いところでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は、北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。また、同日19時06分にもM5.2の地震が発生した。GPS観測結果によると、この地震に伴い、震央付近で小さな地殻変動が観測されている。
- 10月5日に熊本県熊本地方の深さ約10kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は、南北方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。
注：〔 〕内は気象庁が情報発表で用いた震央地域名である。

5 九州地方



- 特に目立った活動はなかった。
(9月期間外)
10月5日に熊本県熊本地方でM4.5の地震(最大震度5強)が発生した。

6 沖縄地方



特に目立った活動はなかった。

「合成開口レーダーによる地震活動に関連する地殻変動観測手法」報告書

地震調査研究推進本部は、「今後の重点的調査観測について一活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とした重点的調査観測、活断層の今後の基盤的調査観測の進め方」(平成17年8月30日)において、衛星を用いた合成開口レーダー(SAR)による面的な地殻変動観測に努めることを謳っています。平成18年1月にはSARを搭載した陸域観測技術衛星「だいち」(図1)が打ち上げられ、昼夜・天候を問わずに面的な地殻変動観測ができるようになりました。

地震調査委員会では、地震活動評価の高度化のための衛星データの活用方策を検討するため、平成19年7月に衛星データ解析検討小委員会を設置し、審議を重ねてきました。これまでの検討結果をまとめ、平成23年10月に「合成開口レーダーによる地震活動に関連する地殻変動観測手法」報告書を作成し、公表しました。

はじめに

ひずみの蓄積過程、地震の破壊過程、余効現象のそれぞれの段階で引き起こされる特徴的な地殻変動は、地震活動を理解するための基本的なデータであり、それを時間的にも空間的にも高い密度で、高精度に観測する技術や、それらから最大限の情報を読み取る解析技術の高度化は、常に地震学の重要目標のひとつになっています。近年、SARを搭載した衛星が各国から次々と打ち上げられ、宇宙から全地球をまんべんなく定期的に観測したデータを用いて、地震活動に伴う地殻変動を観測する技術が急速に進展しています。なかでも、



図1 だいち(ALOS: Advanced Land Observing Satellite) 世界最大級の地球観測衛星。平成23年5月運用停止。

わが国の陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)は、運用開始直後から、わが国を含めた世界各地のさまざまな地殻変動を明瞭に捉え、地震活動の理解の高度化に大きな可能性を示しました。

衛星データ解析検討小委員会では、標準的なデータ処理手法の提案、精度と信頼性についての客観的評価、将来に向けての技術的課題の明確化について、特に力点を置いて審議してきました。

SAR干渉解析の原理

SAR (Synthetic Aperture Radar、和名:合成開口レーダー)は、観測対象物の認識と距離を計測する従来型レーダー(RADAR)を進化させたもので、相関処理等の特殊な処理をすることで、高分解能で観測対象物(地上)の画像を取得できる映像レーダーです。宇宙からの高分解能センサとして、光学センサとSARが代表的ですが、SARが近年増加している理由として、1)天候に左右されずに観測可能なこと、2)振幅のみならず距離情報の取得が可能なが挙げられます。特に、後者は地殻変動検出の大きな要因となります。

SAR干渉解析では異なる二時期に観測した画像を極力同じ処理パラメータで処理をして、二枚の画像の位置合わせを正確に行った後に、位相差(ϕ)を計測します。

$$\phi = -\frac{4\pi}{\lambda_0} (r_m n_m - r_s n_s)$$

λ_0 は宇宙空間における波長、 r は衛星から観測対象物までの距離、 n は屈折率を表します。添字 m はマスター画像(基準画像)を、 s はスレーブ画像(比較画像)を表します。式はSAR画像を構成する個々の散乱点(反射点)に対して成立します。一方、SAR映像は、分解能と称される数メートル四方に含まれるすべての散乱体(電波の反射体)からの反射電力と位相量の総和として表現され、SAR画像の位相差はそれらの総和で表現されます。位相差はそれらの位相量の総和であり、ピクセル内の反射体の平均的な位置ずれ量を位相に変換したものととなります。

SAR干渉解析の標準的な解析手法

地震調査委員会に提出されるSAR干渉解析結果の主な役割は、地震活動を理解するための基本的なデータのひとつとして空間分解能の高い地殻変動情報を提供することです。SAR干渉解析手法は多種多様であるため、その結果に関する提出資料も多種多様になります。そこで、より効率的かつ効果的にSAR干渉結果を作成し利用するため、ガイドラインを策定しました。

SAR干渉解析処理のフローチャートを図2に示します。処理手順としては1. 生データの受信、2. 複素画像の作成(図3)、3. 位置合わせ、4. 干渉画像の作成、5. 軌道縞・地形縞の除去、6. 位相アンラップ^(注1)、7. ジオコーディング^(注2)(図4)などが挙げられます。

このような経過を経て統一した手法で解析が行われることにより、地震調査委員会に提出される資料も、作成者によらず同等な結果が示されることが期待されます。

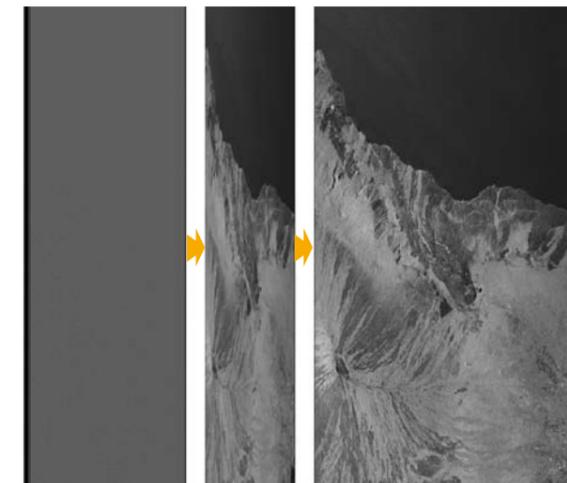


図3 Raw-data SLC画像 強度画像の一例
生データからSLC画像、強度画像へ

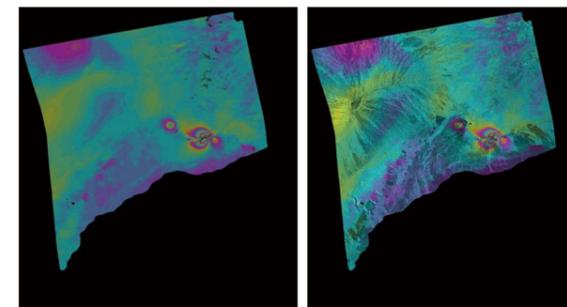


図4 ジオコーディング後の差分干渉画像
右は強度画像との重ね合わせ

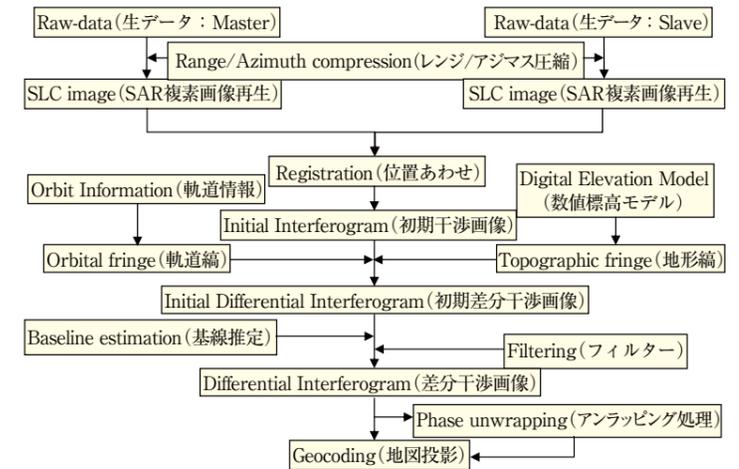


図2 SAR干渉処理のフローチャート

SAR干渉解析に関わる主な誤差要因

SAR干渉解析を行ううえで、誤差の軽減も重要です。主な誤差の要因としては、軌道推定の誤差、大気圏(対流圏)におけるマイクロ波の屈折、電離層におけるマイクロ波の屈折が挙げられます。

衛星の軌道の精度は、軌道縞の推定に大きく影響します。大気圏と電離層における屈折は、マイクロ波の伝播経路をゆがめ、SAR干渉解析で観測される位相に大きな誤差を生じさせます。特に「だいち」で用いられるLバンドSARは波長が長く、電離層の影響を大きく受けます。いずれの誤差も高精度の地殻変動の検出において大きな障害となります。

(注1) アンラップ (unwrap): SARにより得られる変位情報は、変位に相当する位相の絶対量ではなく $-\pi \sim +\pi$ の間の値となる。実際の変位量を求めるために位相の絶対量が $-\pi \sim +\pi$ の範囲に折り畳まれている (wrap) のを元に戻す作業をいう。(測地学テキストHPより)

(注2) ジオコーディング: SAR干渉の処理は、SAR衛星によって得られたレーダー座標系で行い、最後に、標高データを用いて、実際の地表の座標系に変換される。この処理を、「ジオコーディング」という。(国土地理院のHPより)

【解析事例】

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震

3月11日14時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震の発生前後の地殻変動を図5(P14)に示します。また、解析に使用したデータなどは表1にまとめました。

東北地方太平洋沖地震に伴う東北地方から関東地方にかけての広い範囲で東向きの動きがGPS観測結果と同様に観測されているほか、福島県浜通りの地震や茨城県北部の地震に伴う局所的な変動も観測されました。

合成開口レーダー(SAR)と電子基準点(GPS連続観測点)の融合解析による地殻変動

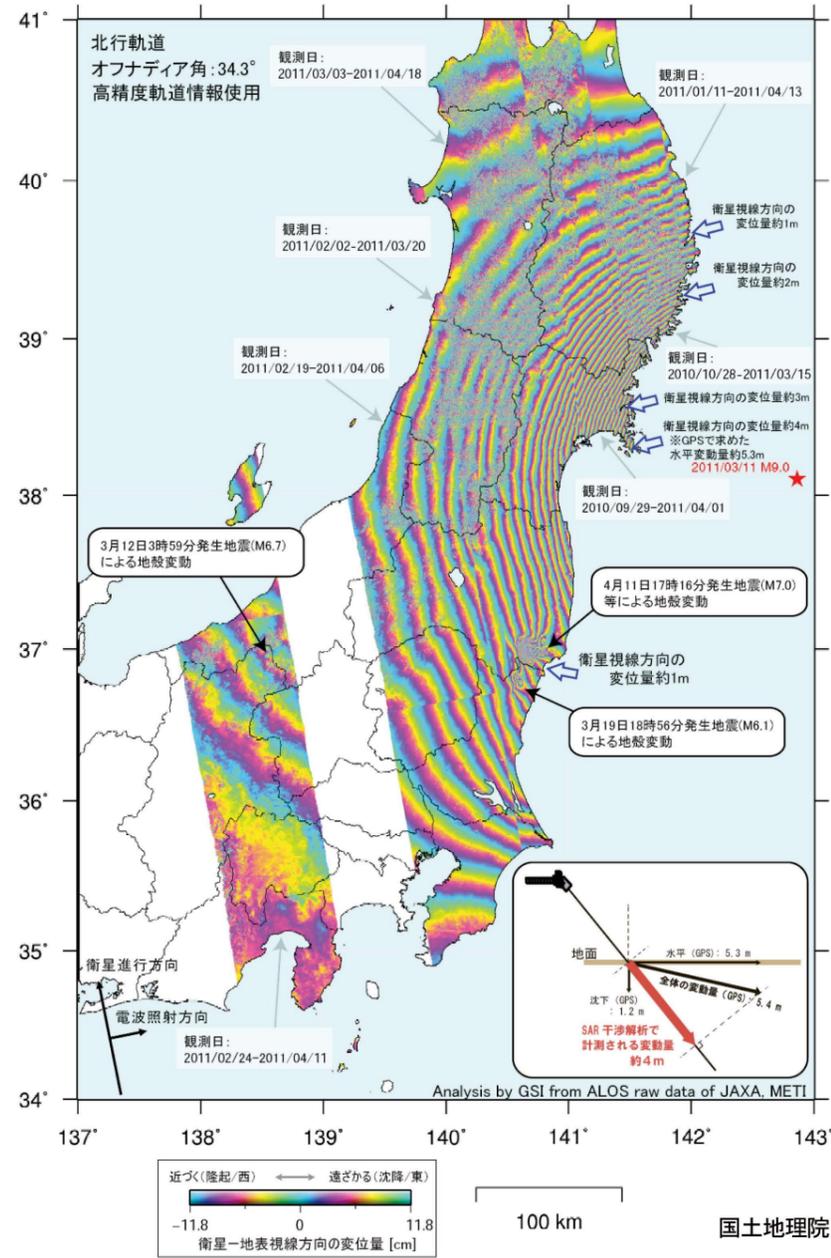


図5 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の解析結果(第226回地震調査委員会報告資料)

表1 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の解析項目

項目	内容	項目	内容
衛星名およびセンサー名	ALOS/PALSAR	地震名	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
データ観測日	2010/09/29-2011/04/01 JST	地震発生年月日	2011年3月11日14時46分JST
	2010/10/28-2011/03/15 JST	マグニチュード	M9.0
	2011/01/11-2011/04/13 JST	範囲(緯度/経度)	34°~41°/137°~143°
	2011/02/02-2011/03/20 JST	データ取得間隔(日)	184日、138日、92日、46日、46日、46日
	2011/02/19-2011/04/06 JST		
	2011/02/24-2011/04/11 JST	震源の深さ(km)	約25km
	2011/03/03-2011/04/18 JST	観測モード(旧観測-新観測)	FBS-FBS
衛星軌道	北行軌道	オフナディア角	34.3

ScanSARデータを用いた解析

マグニチュード8クラスの巨大地震の場合、変動域は300kmを超えます。これまでのSARは、観測幅約70kmのストリップマップモードによる観測が中心であったため、この観測幅で地殻変動の全貌を捉えるためには、10パス前後の互いに隣接するパスにおける観測が必要になります。しかし、各パスの観測で最大約1か月半もの時間差が生じ、後半に得られたデータには余効変動の影響が含まれていると考えられ、断層モデルの推定にも少なからず影響を与えてしまいます。

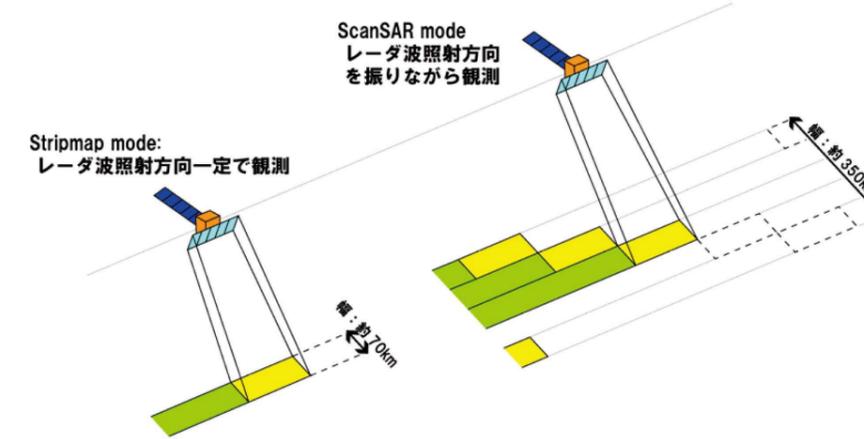


図6 ストリップマップモードとScanSARモードによる観測

この問題を解決するのがScanSARです。

ScanSARはレーダー(電波)の照射方向を変化させながら観測することにより、広範囲を一度に観測するモードです(図6)。電波照射方向を最大5段階に変化させて観測を行うことにより、350kmの観測幅を実現しており、大規模な地震に伴う広範囲に及ぶ地殻変動の全容を一度の観測で捉えられるようになりました。地表(ターゲット)に対するレーダーの照射が断続的になることにより、分解能が低下するという短所がありますが、ScanSARによる干渉解析が実用的に利用できるようなれば、効率的かつ迅速な地殻変動検出が可能になると期待されます。

【解析事例】
南米チリ地震

2010年2月27日に南米チリの海岸付近において発生した地震(Mw8.8)の解析事例によると、震央付近における南北約600km、海岸から約200kmの範囲で、大きな地殻変動が生じていたことがわかりました。変動域の中心は南緯35度と37度付近にピークが見られることから、この地震では少なくとも2つのアスペリティで破壊が生じたことが考えられます。

一方、ストリップマップモードでは全域の地殻変動を捉えるためには7つの軌道からの観測が必要であり、その観測が終了するまでに、地震発生から1か月以上の時間を要します。このように、ScanSARを用いた干渉解析は、広範囲に及ぶ地殻変動の全容を短時間のうちに把握できるという長所を有しています。

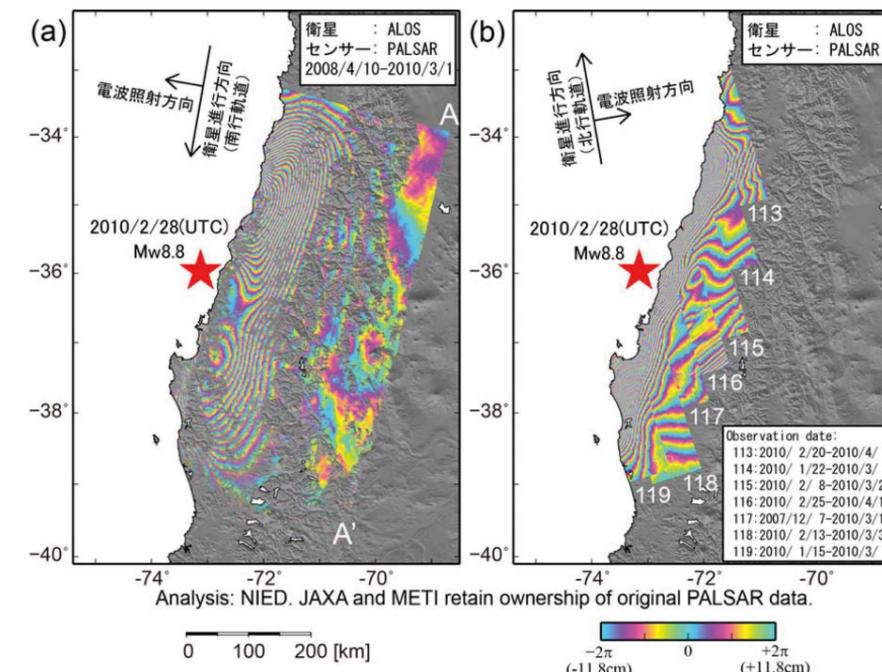


図7 (a) チリ地震に関するScanSAR-ScanSAR干渉解析結果。本解析では、2008年4月10日と2010年3月1日に南行軌道から観測されたデータを使用した。(b) 北行軌道のストリップマップモードのデータから求めたチリ地震に伴う地殻変動。用いたデータの観測日を図中右下に示す。

ピクセルオフセット解析

主にサブメートルオーダーの大規模変位を抽出するためのSARデータ解析技術として、ピクセルオフセット法があります。衛星データ解析検討小委員会（以下、小委員会）でも、2008年中国・四川（汶川）地震、2008年岩手・宮城内陸地震において、SAR干渉法では計測困難である震源断層近傍の地表変位を本手法により抽出し、地殻変動分布の全容を明らかにして、地震像の解明に大きな貢献を果たしました。

ピクセルオフセット解析では、二つの振幅画像の位置ずれを計測することで変動量を求めます。通常、二時期に取得した画像間には、(1) 画像全体にかかる位置ずれ（平行移動、回転、大きさ）と、(2) 画像の一部で起こる局所的な位置ずれが含まれます。(1)の画像全体にかかる位置ずれは、主にセンサの位置や姿勢の違いに起因し、(2)の局所的に現れる位置ずれは、地物の位置の変化（地殻変動）に起因します。

地殻変動による変化を抽出するためには、まず、二つの画像間でマスタ画像に対するスレーブ画像のオフセットを求め、求めたオフセットから、(1)の画像全体にかかる位置ずれの成分を取り除くことで(2)の局所的な位置ずれ量を得ることができます。具体的には、画像マッチングによって二つの画像間で対応点（ピクセル）を探し、各ピクセルについてオフセットを計算します。得られたオフセットを用いてスレーブ画像をマスタ画像に合わせるための座標変換式（多項式）を求め（図8）、この変換式を用いて(1)のオフセットを計算し、各ピクセルにおける二つの画像間のオフセッ

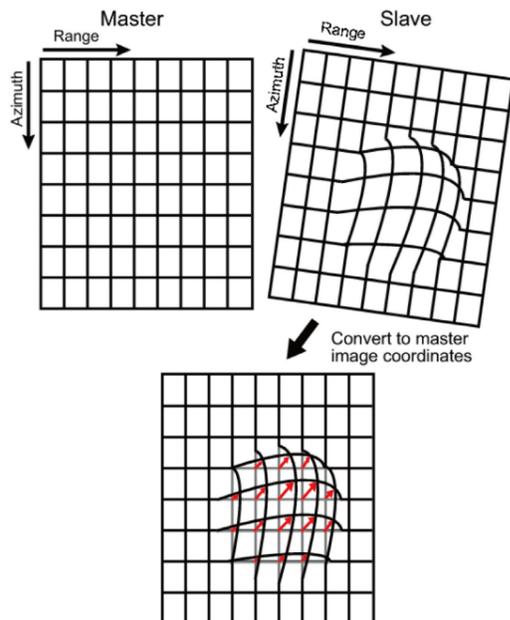


図8 ピクセルオフセット解析の概念図。赤矢印が変動を示す。

トから差し引くと、(2)の局所的な地殻変動によるオフセットが残ります。

ピクセルオフセット解析における長所と短所については、以下のとおりです。

【ピクセルオフセット解析の長所】

- 干渉性に影響されない
SAR干渉解析の主な条件である、1) 変位勾配が小さいこと、2) 散乱状態に大きな変化がないことに縛られることなく変位量の算出が可能
- 2成分を計測可能
衛星-地表間の成分（レンジ成分）に加え、衛星の飛行方向に平行な地表面上の水平成分（アジマス成分）が計測可能なため、北行・南行軌道の両データがあれば、計4成分の変位から完全な3次元変位場を獲得可能
- 位相アンラッピングが不要
ピクセル間の変位量が直接算出されるため、位相アンラッピングのような複雑かつ面倒な処理を経ることなく、変位場を獲得可能
- 全天候型（光学センサとの比較）
光学センサと比較して、SARセンサが照射するマイクロ波は、雲などを透過するため天候に左右されず確実に地表情報を獲得可能

【ピクセルオフセット解析の短所】

- 低計測精度
計測誤差は概して数十cmの精度
- 低空間分解能
SAR干渉処理に比べ10分の1程度の分解能にとどまる
- 地形の影響
二つの画像取得時のセンサ位置が大きく離れていると、画像間で地形の倒れこみの度合いが変わるため、標高差の大きいところで変動を誤抽出する可能性が高い
- 電離層の影響
長波長のノイズが含まれることがあり、地殻変動観測に大きな支障をきたす

【解析事例】

中国四川省地震

2008年5月12日に中国四川省でMw7.9の地震が発生しました。この地域には、北東-南西方向に約300kmにわたる龍門山断層帯が分布しており、この地震に伴う地殻変動が断層帯の周辺を中心に広く観測されました。SAR干渉解析結果（図9）とピクセルオフセット解析の結果（図10）を比較すると、SAR

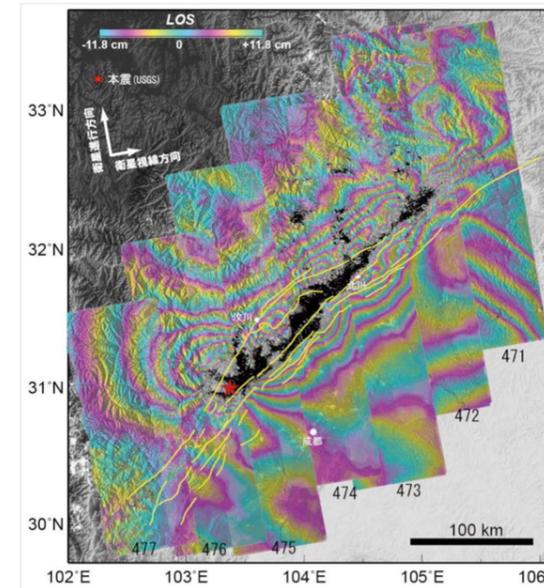


図9 2008年5月12日四川省地震の干渉図

出典：小林知勝、高田陽一郎、古屋正人、村上亮（2008）：ALOS/PALSARで捉えた2008年中国・四川省地震に伴う地殻変動

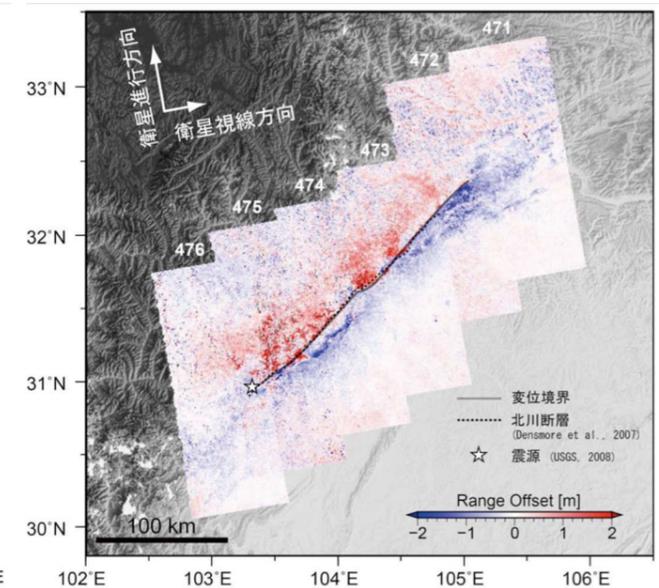


図10 ピクセルオフセット図（レンジ成分）

干渉解析では、地表変位が大きい断層帯近傍において変動量を検出することができませんが、ピクセルオフセット解析では、長さ約200kmにわたり断層帯に沿って明瞭な変位境界が検出されました。その結果、複数の断層から構成される龍門山断層帯のうち北川断層において主な破壊が進行したことがわかりました。

SARデータを用いた解析における今後の課題

(1) 電離層擾乱による誤差の補正方法

小委員会の検討により、位相干渉画像やピクセルオフセット解析結果に表れる空間的に中・長波長のノイズの原因が、電離層の総電子数の空間分布の不均一性にあることをほぼ明らかにすることができました。さらに、それらの対処については、数多くのデータを取得し、基本的に電離層状態のランダム性が高いことに期待して、時間的に平均化（スタッキング）を行う方法や、単一データに対して空間的フィルタ処理を施し、中・長波長のノイズを除去する方法を提示することも行いました。

しかしながら、それらの誤差除去方法は、ノイズ自体を根源的に取り除く根本的な解決方法ではなく、まだ完全なものではありません。

(2) 雪氷被覆による相関低下の対処方法

これまでの多くの観測事例において、雪氷に覆われた地域では、位相の干渉性が極度に劣化して、地殻変動情報の取得に深刻な悪影響を与えることが指摘されています。わが国においても、特に高緯度地方や山

岳部においては、年間かなりの期間が雪氷に覆われる地域があり、その期間に地震が発生した場合には、SAR干渉解析では、地殻変動の即時把握が困難になる恐れが高いと言えます。

(3) 多種衛星利用による時系列解析

これまでSARを搭載した衛星が各国から打ち上げられ、利用可能なデータ量が増えており、時間的にも空間的にもカバーされる領域が飛躍的に拡大しつつあります。多種の衛星からのデータを統合的に解析して、地殻変動の時間的発展のようすをきめ細かく解析する手法の開発が世界的に進んでいます。小委員会では、海溝型地震の準備過程である海洋プレート沈み込みによる広域の定常的な地殻変動の検出方法について、関連する議論を行いました。十分にその可能性を掘り下げるまでには至りませんでした。

なお、打ち上げ後の5年間、数々の貴重な観測データを取得し、わが国周辺はもとより地球上の各地で発生した主要な地震に関する理解を深めるために多大な貢献をした陸域観測技術衛星「だいち」も、平成23年4月22日電源機能を喪失し、5月12日に運用を終了しました。世界的にみても大きな特徴のあるLバンド衛星が失われた影響は大きく、現在打ち上げ計画が推進されている次号機（ALOS-2）の順調な打ち上げと観測開始が強く待たれるとともに、世界各国の他の衛星のデータの有効活用が従来にも増して重要な課題となっています。

報告書の詳しい内容については、以下をご覧ください。
<http://www.jishin.go.jp/main/eisei/index.htm>

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、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用。

1 主な地震活動

- 10月5日に熊本県熊本地方でマグニチュード(M) 4.5の地震が発生した。この地震により熊本県で最大震度5強を観測し、被害を生じた。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 10月21日に上川地方中部の深さ約200kmでM6.3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型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。

東北地方

- 10月7日に青森県東方沖(浦河沖)の深さ約65kmでM5.0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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。
- 10月10日に福島県沖の深さ約45kmでM5.6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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。

関東・中部地方

- 10月5日18時59分に富山県東部(長野県北部)のごく浅いところで M5.4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横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。また、同日19時06分にもM5.2の地震が発生するなどのまとまった地震活動があった。GPS観測結果によると、この地震に伴い、震央付近で小さな地殻変動が観測されている。
- 東海地方のGPS観測結果等には、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測されていない。

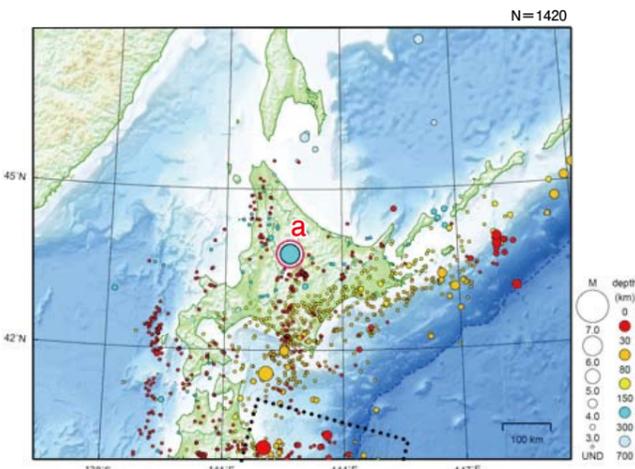
近畿・中国・四国地方

目立った活動はなかった。

九州・沖縄地方

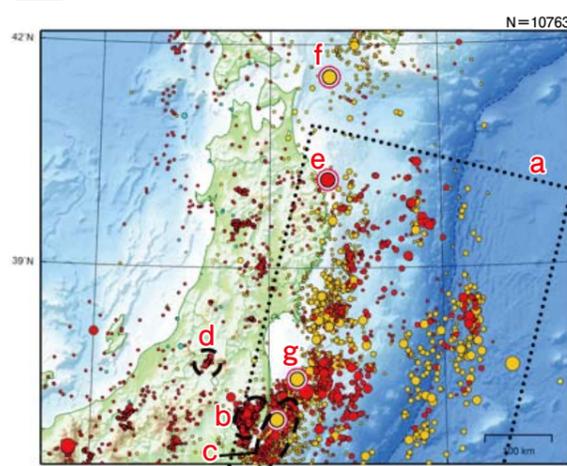
- 10月5日に熊本県熊本地方の深さ約10kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。

1 北海道地方



a) 10月21日に上川地方中部でM6.3の地震(最大震度3)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

2 東北地方

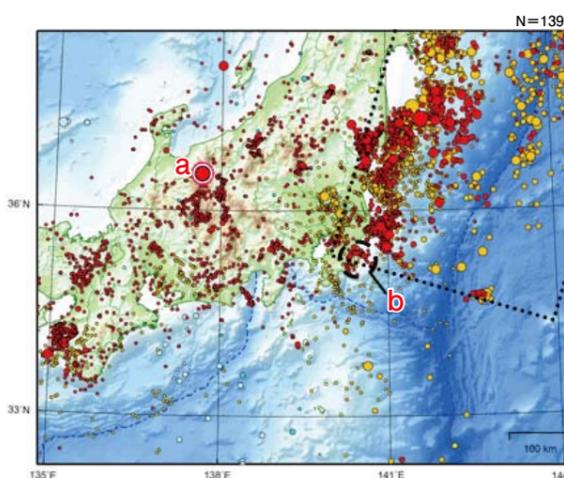


- a) 10月中旬に、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内では、M5.0以上の地震が4回発生した。M6.0以上の地震は発生しなかった。最大震度4を観測した地震は2回発生した。また、以下のb)、c)、e)、g)の地震活動があった。
- b) 福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内では、2011年3月11日以降、地震活動が活発になっている。10月中には最大震度3を観測する地震が8回発生した。
- c) 福島県沖から茨城県沖にかけてのプレート境界より浅い部分では、2011年3月11日以降、地震活動が活発になっている。10月中にはM5.0以上の地震が2回発生した。
- d) 福島県会津から山形県置賜地方にかけての地殻内では、3月18日からM3.0程度のまとまった地震活動が見られている。10月末現在、地震活動は継続している。
- e) 10月5日に岩手県沖でM5.0の地震(最大震度4)が発生した。また、この地震の約1分前にほぼ同じ場所でM4.4の地震(最大震度3)が発生した。
- f) 10月7日に青森県東方沖でM5.0の地震(最大震度3)が発生した。気象庁はこの地震に対して(浦河沖)で情報を発表した。
- g) 10月10日に福島県沖でM5.6の地震(最大震度4)が発生した。(10月期間外)
11月10日に秋田県内陸南部でM4.1(速報値)の地震(最大震度4)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

3 補足

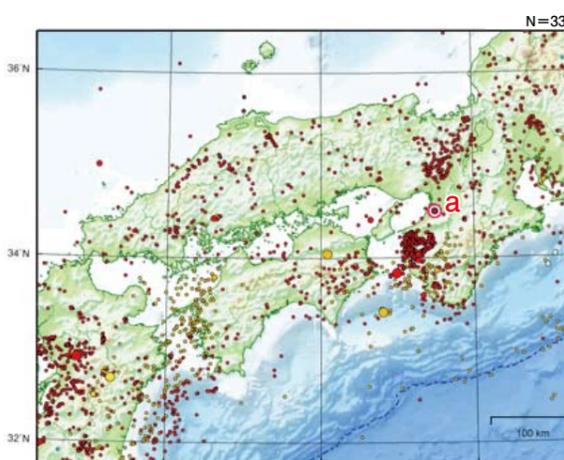
- 11月3日に茨城県南部の深さ約60kmでM4.9の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した地震である。
- 11月7日に福島県・群馬県・栃木県境付近の深さ約5kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。

3 関東・中部地方



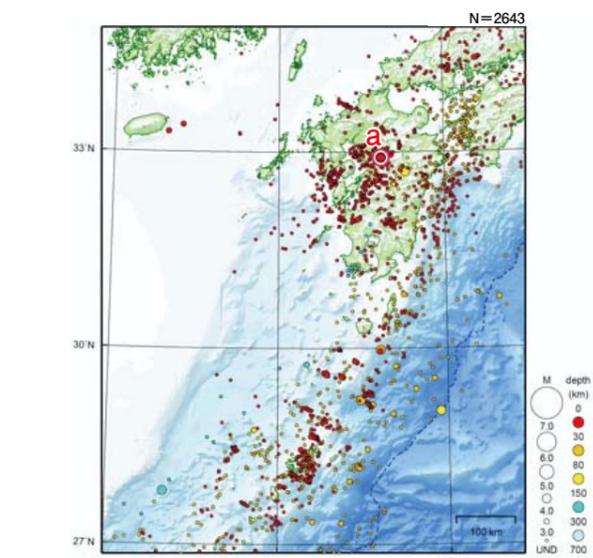
- a) 10月5日に富山県東部でM5.4の地震(最大震度3)、M5.2の地震(最大震度4)、10月6日にM4.7の地震(最大震度3)が発生した。気象庁はこれらの地震に対して(長野県北部)で情報を発表した。
- b) 10月25日頃から千葉県東方沖のフィリピン海プレートと陸のプレートの境界でM3.7の地震を最大とするまとまった地震活動が発生している(10月末現在)。(10月期間外)
11月3日に茨城県南部でM4.9の地震(最大震度4)が発生した。
11月7日に群馬県北部でM4.5の地震(最大震度3)が発生した。気象庁はこの地震に対して(栃木県北部)で情報を発表した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

4 近畿・中国・四国地方



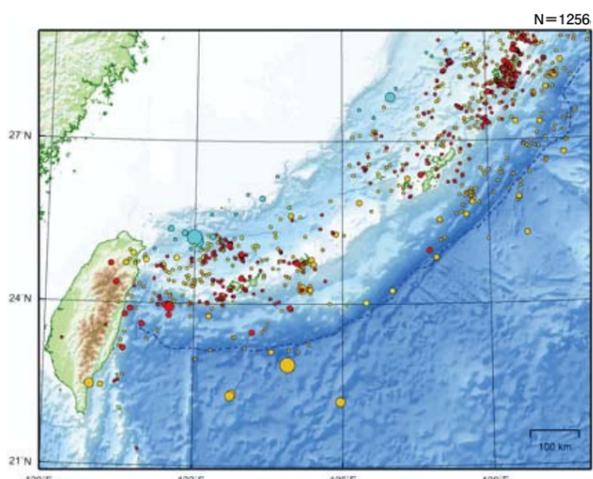
- a) 10月9日に大阪府南部でM3.9の地震(最大震度3)が発生した。

5 九州地方



- a) 10月5日に熊本県熊本地方でM4.5の地震(最大震度5強)が発生した。この地震の発生後、9日にM3.1の地震(最大震度3)が発生するなど、最大震度1以上を観測する余震が4回発生した(10月末現在)。

6 沖縄地方



- 特に目立った活動はなかった。(10月期間外)
11月8日に沖縄本島北西沖でM7.0の地震(最大震度4)が発生した。

防災科学技術研究所の仕事 その2

前回（9月号）では独立行政法人防災科学技術研究所の沿革および組織についてご紹介し、地震災害関係の研究としては主な取り組みのひとつ「基盤的地震観測網」についてご紹介しました。今号ではその他の取り組みについてご紹介します。

地震災害に関する主な取り組み

〈地震ハザードステーション J-SHIS〉

阪神・淡路大震災を契機として、政府の地震調査研究推進本部では、全国の活断層で発生する地震や海溝型地震などの発生確率の評価を行い、これに各地の地盤情報を加味して、予想される強震動の分布を示した「全国地震動予測地図」を公表してきました。この「全国地震動予測地図」には、多くの防災科研の成果が活用されています。防災科研では、この「全国地震動予測地図」に関する以下の情報を、背景地図と重ね合わせてウェブ上で閲覧することができるシステム（J-SHIS）を開発し、公開しています。

- 1) 約250mメッシュの全国版「確率論的地震動予測地図」（図1）
- 2) 主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図（想定地震地図）」
- 3) 以上の計算に用いた表層地盤増幅率や深部地盤モデル等

J-SHISは、地震ハザード情報の総合ポータルサイトとも言えるものであり、防災訓練や地域の防災計画の検討など、さまざまな状況で利用されています。なお、これまでJ-SHISでは津波に関する情報は取り扱っていませんでしたが、津波ハザードも加えた総合ポータルサイトを構築することは今後の重要な課題であると考えられます。

〈緊急地震速報への貢献〉

防災科研は、地震の震源を観測データから直ちに推

定できる「着末着法」という画期的な手法を開発しました。この成果は、気象庁と共同で開発した緊急地震速報システムにも活用されています。緊急地震速報は、2007年10月1日から提供が開始され、大きな揺れが到達する前に地震の発生を知らせることによって、さまざまな防災対応をとることが可能になりました。この緊急地震速報には、防災科研の高感度地震観測網Hi-net（約800点）のデータが大いに活用されています。東日本大震災やその後の余震でも、気象庁から多くの緊急地震速報が発報されましたが、その精度向上や巨大地震への対応は今後の課題として残されており、防災科研でも継続して研究を続けていきます。

〈実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）〉

阪神・淡路大震災を契機として、防災科研は各種の建築・土木構造物の耐震設計法や耐震補強工法の妥当性の検証を、「小さな模型でなく実物大の大きさで」「実際の地震と同じ三次元方向の揺れで」「破壊に至るまで」を行うことを目的に、E-ディフェンスを計画・整備してきました。本施設は、サイズ20m×15mの世界最大の震動台であり、最大1,200tonfの試験体を載せて、1995年兵庫県南部地震クラスの地震動を再現して加震することが可能です（図2、3）。兵庫県三木市にある三木総合防災公園内に建設され、2005年3月の完成後、木造建物、鉄筋コンクリート構造物、鉄骨建物、地盤基礎構造など各種の実験が実施され、破壊データの取得、耐震補強効果の検証、学会指針策定や解析技術の高度化へのデータ提供、耐震改修促進への貢献、防災教育に関する資料提供等、多くの成果



図1 30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図（J-SHISより）

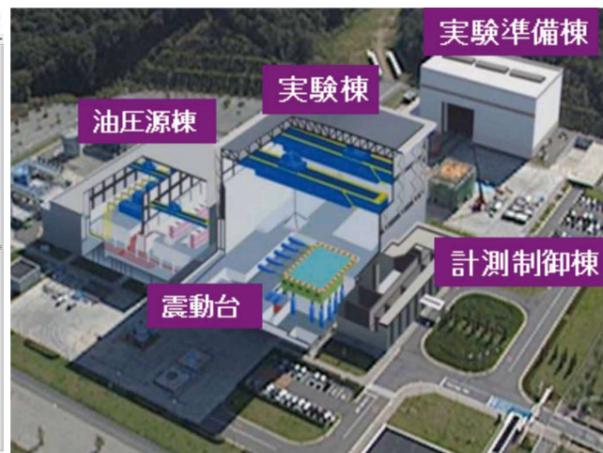


図2 E-ディフェンスの鳥瞰図



図3 木造住宅の耐震補強効果の検証実験
※築30年の木造住宅を移築し兵庫県南部地震の観測波で加震、手前は無補強の住宅、奥は耐震補強した住宅。



図4 ALL311東日本大震災協働情報プラットフォームのサイト
※全国のさまざまな機関や個人との協働により、被災地の災害対応に役立つ信頼できる情報を集約・作成・発信するため、eコミを用いて「ALL311」を立ち上げた。このシステムは、航空写真や住宅地図、車両通行実績なども重ね合わせ表示できるため、被災地の復旧・復興支援に役立っている。

を上げています。東日本大震災では、継続時間の非常に長い地震波が観測されました。そのような継続時間の長さが構造物に与える影響の解明も、今後の課題として取り組んでいく必要があると考えています。

〈eコミュニティ・プラットフォーム2.0〉

これからの地域社会では、さまざまな団体やグループが協働して、地域を自治または運営していくことが求められます。そのためには、それぞれの団体やグループが持つ情報や技術などを活用しながら、地域の諸問題を解決するためのコミュニケーションが必要不可欠です。災害時の対応の検討や日頃の防災活動においても、相互のコミュニケーションは欠かせません。防災科研では、これらを支えるインターネット上の情報基盤として「eコミュニティ・プラットフォーム2.0」（通称eコミ）を開発しています。eコミは、グループウェアと地図（eコミマップ）で構成されており、東日本大震災の復旧・復興支援にも貢献しています（図4、5）

なお、以上ご紹介した取り組みのより詳細な内容については、防災科研のWebページをご参照ください（<http://www.bosai.go.jp>）。

おわりに

日本に暮らす以上、われわれは地震や津波と向き合って共存してゆかねばならない宿命に置かれています。平成23年3月に発生した東日本大震災は、その



図5 「ALL311」e防災マップシステムによる道路状況マップ

宿命と科学技術の限界を痛感させるものでした。われわれは本大震災の経験をさらに検証し、最先端の科学技術を用いて、自然災害から国民の生命と財産を守るための研究活動を続けてまいります。関係の皆様方には、どうぞご支援とご指導をお願いいたします。



関口 宏二（せきぐち こうじ）
（独）防災科学技術研究所 アウトリーチ・国際研究推進センター アウトリーチグループリーダー、1981年 京都大学大学院修士課程修了、1981年 NKK（現JFEスチール）入社、2002年 文部科学省で技術参与として大都市大震災軽減化特別プロジェクトを担当、2005年より防災科学技術研究所で企画、広報等を担当、専門は地盤耐震工学、科学技術広報、工学博士、技術士（建設部門）

産業技術総合研究所における地質の調査

－地質情報の整備と発信－

わが国は世界有数の変動帯に位置し、激しい地殻変動による脆弱で複雑な地質構造で特徴づけられています。産業技術総合研究所では、安全・安心で持続可能な社会の実現のため、この複雑なわが国の地質の調査と研究に取り組み、その成果を国土の知的基盤である地質情報、国の政策に貢献する基盤技術として、社会に発信しています。ここでは2回に分けて、産総研の地質分野の組織と地質情報の整備と発信および活断層、地震、津波調査・研究についてご紹介します。

組織と沿革

独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）は、2001年4月に旧通商産業省工業技術院の15の研究所以と計量教習所が統合・再編され、設立されました。産総研の研究対象は、環境・エネルギー分野、ライフサイエンス分野、情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野、標準・計測分野、地質分野の6分野にわたり、産総研は研究職員2,337名（2011.4.1現在）を擁する総合研究所となっています。その中で、地質分野は、関連する5つのユニット、235名の研究職員で構成され、対外的には地質調査総合センター（Geological Survey of Japan, GSJ）という名称のもと、1882年（明治15年）に設立された農商務省地質調査所以来、現在に至るまで、一貫して国土の基盤情報である地質情報の整備と発信および関連する技術開発を行っています。

産総研地質調査総合センターは、3つの研究ユニットと、その成果発信や標本の管理等に携わる2つのユニットから構成されます（図1）。研究ユニットとしては、地質情報整備のために陸域、海域およびそれに挟まれた沿岸域の地質調査を実施し、また火山災害軽減のために火山の地質調査を実施し、成果に基づき基盤マップを作成する地質情報研究部門、その基盤情報を基に、地下水や地熱・地中熱、また海外でのレアアース等の資源の確保や、重金属等による土壤汚染、二酸化炭素の地中貯留や放射性廃棄物の地層処分における沿岸域の地下構造調査技術の開発等に携わる地圏資源環境研究部門、活断層の調査や地殻モデルに基づく地震活動の予測、津波堆積物調査と津波シミュレ



図1 産総研地質調査総合センター（GSJ）に所属するユニット

ションに基づく過去の巨大地震・津波の推定や東海・東南海・南海地震に備えた地下水等総合観測施設による地震発生の短期予測等の地震防災に携わる活断層・地震研究センターがあります。さらに、地質情報研究部門の中には、放射性廃棄物の地層処分事業に関して国が行う安全規制の技術面を支援する組織として深部地質環境研究コアが組織されています。

また、これらの研究ユニットに加えて、研究ユニットから生産される各種地質情報を、編集・発行・頒布し、さらにはデータベースとして整備するための標準化および地質情報の流通促進を図る地質調査情報センター、地質情報の信頼性確保のための標本の管理、地質に関する相談窓口、研究成果普及のための展示やイベントの開催等に携わる地質標本館の2つのユニットが産総研地質調査総合センターに含まれます。

研究内容と計画

産総研は現在、2010年4月からスタートした第3期中期目標期間の2年目にあり、地質の調査を産業・社会の安全・安心を支える知的基盤の整備事業として

位置付け、第3期中期計画に沿って、その調査・研究を推進しています。

具体的には、産総研は地質の調査のナショナルセンターとして、地質情報の整備と利用拡大、地圏の資源と環境の評価技術研究、地質災害の将来予測と評価技術研究を推進しています（図2）。そして、得られた地質情報を体系的に整備し、かつ地質情報活用のための利便性向上を図り、国の資源エネルギーや防災政策、地方自治体等の防災計画に貢献しています。また、地質の調査に関する国際活動において、わが国を代表し、各国の地質調査所や地球科学研究機関等との連携を図り、国際協力に貢献しています。

地質情報の整備と発信

産総研は、地質の調査・研究で得られた成果の一部を、さまざまな形の地質図や地球科学図等のマップ、あるいはデータベースとして整備、発行、配信しています（図3、<http://www.gsj.jp/Map/index.html>）。例えば、陸域の地質図に関しては、20万分の1の地質図幅が2010年に全国をカバーして完了し、さらに図幅間の繋ぎ目をなくし、統一した凡例で示したシームレス地質図をデータベースとして一般に配信しています（<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/>）。また、5万分の1の地質図幅は全国1,274区画のうち、943区画を整備済みで、今後、重要インフラの立地等、社会的な重要性が高い地域を対象に重点的に整備していきます。

海域の地質図に関しては、日本主要4島周辺海域の20万分の1の海洋地質図の整備を完了し、現在、沖縄周辺海域の地質調査を実施しています。加えて近年、新潟県中越沖地震等、沿岸海域で地震が発生していることから、沿岸海域を挟む海陸の総合的な地質情報整備が要望され、産総研では2008年より「沿岸海域の地質・活断層調査」を実施し、能登半島北部および新潟県沿岸域の海陸シームレス地質情報を整備しています。

さらに、日本の活火山を対象に、火山の噴火史に注目した火山地質図を作成し、現在16火山について整備を完了しています。

これら地質情報は、インフラ整備、産業立地の基礎情報として、また地震動予測、地滑りにおける深層崩壊推定頻度予測、あるいは火山防災マップ等の地質災害への対策の基礎情報として、さらにはメタンハイドレート等の海底資源評価の基礎情報として利用されています。今後は、これらの地質情報がより一般に活用

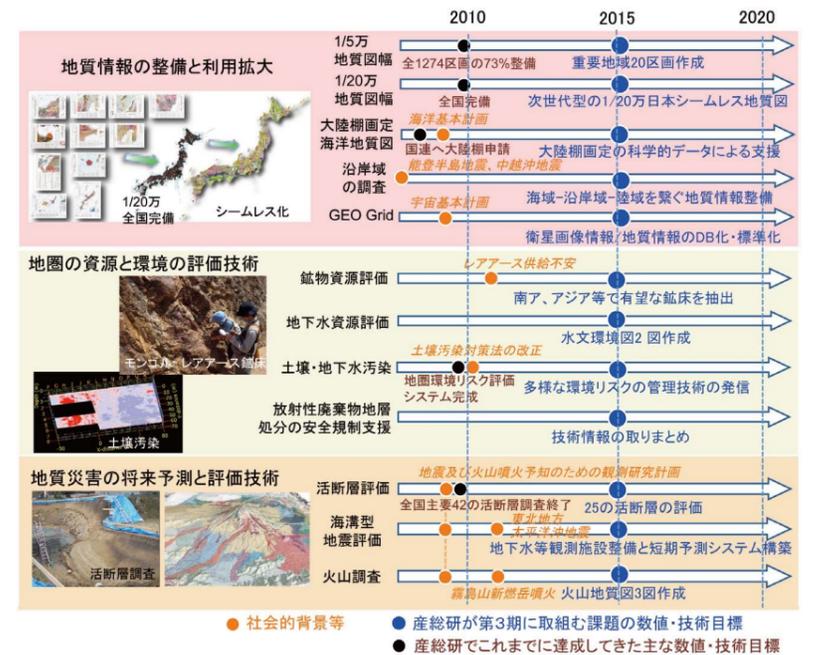


図2 産総研が第3期に取り組む地質に関する課題のロードマップ



図3 産総研地質調査総合センターが発刊した地質図類や出版物の例

されるよう、わかりやすく使いやすく、情報源の信頼性を確保した、迅速な情報発信を目指していく予定です。



光畑 裕司（みつはた・ゆうじ）
独立行政法人産業技術総合研究所 地質分野研究企画室長。1988年 九州大学工学部資源工学科卒業、1990年 九州大学大学院工学研究科修士課程修了後、工業技術院地質調査所に勤務。2001年に産総研として統合・再編。2003年に北海道大学理学研究科より博士号を取得。専門は電磁気を利用した物理探査技術の開発とその適用。

産業技術総合研究所による地震研究

— 地質学をベースとした過去の地震の解明 —

地質学をベースとした地震研究

日本列島の陸上および周辺海域には、数百年から数万年という長い時間スケールの中で繰り返し発生する巨大地震・巨大津波がいくつもあります。将来の地震を予測するためには、このような長い時間スケールの中で、どのような規模の地震や津波がどこで発生してきたかを明らかにする必要があります。産業技術総合研究所活断層・地震研究センターは、地質学をベースに、長い時間スケールの自然現象を研究することによって過去の地震活動を解明する研究（古地震研究）に取り組んでいます。この研究では、自然が残した過去の地震の記録である活断層や津波堆積物などの調査・研究を行っています。自然の記録には不完全な部分も多く、これらの調査だけでは必ずしも正確な過去の地震像を再現することはできません。その欠点を補うために、地球物理学的な知見も組み合わせ、互いに補い合うことによって信頼性の高い地震像を明らかにする研究を進めています。地質学的研究と地球物理学的研究を融合させることによって、より広い視点から地震現象の解明を目指すことが、産業技術総合研究所活断層・地震研究センターの特徴です。

巨大津波の研究

巨大津波は沿岸平野の奥深くまで浸入しますが、海岸付近に十分な土砂が存在すると、その土砂が平野の奥深くまで運搬されます。それが長期間保存されたものが津波堆積物で、過去の巨大津波が残した現代への警告です。

日本の沿岸域では、北海道東部の太平洋沿岸と東北地方の宮城県沿岸で、津波堆積物の広域的な調査が進んでいました。その結果に基づいて、北海道東部では千島海溝南西部で、宮城県沖では日本海溝に沿って、今までに観測されたことがないマグニチュード8.4以上の地震が発生し、沿岸平野で数km内陸まで浸水する巨大津波が発生していたことが明らかになっていました。残念ながら、この研究成果が

専門家の間でも浸透していなかったため、防災上の想定に活かすことができていませんでした。しかし、東北地方太平洋沖地震によって、津波堆積物が過去の巨大津波の記録として重要な情報源であることが広く認識されました。

西南日本の太平洋沖では100~200年間隔で東海・東南海・南海地震が発生しています。最近の地震（1946年南海地震）からすでに約65年が経過していることから、今後30年間程度の期間に発生する可能性が高いと推定されています（発生確率60%以上）。これらの地震については歴史記録が豊富に残されており、大地震だけでなく大きな津波が発生していたことが知られています。しかしながら信頼できる歴史記録が得られる期間は最近約400年程度に限られます。それより長い期間の中でより大きな津波が発生していなかったかを確認する方法は津波堆積物の研究に限られます。

産総研では、東海地方から紀伊半島までの沿岸で、過去の津波堆積物や地殻変動に関する調査を進めています（図1、2）。例えば、紀伊半島南端の串本町に観光名所として知られている橋杭岩がありますが、その周辺に散らばっている巨礫が津波で移動した津波石である可能性が明らかになってきました（図2）。今のところ、過去の東海・東南海・南海地震によって最大でどの程度の規模の津波が発生していたかについて

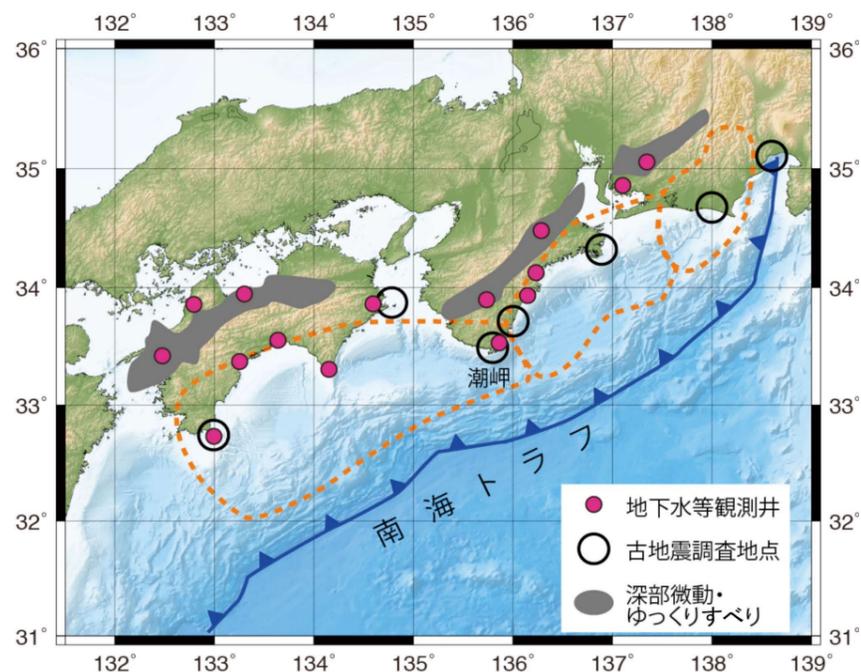


図1 南海トラフとその周辺の地形図
オレンジ色の破線は中央防災会議（2003年）による想定震源域



a. 津波堆積物



b. 津波石

図2 a. 志摩半島で得られた津波堆積物。b. 紀伊半島先端の橋杭岩周辺に広がる津波石。

は十分に解析できていませんが、今後広い視点から研究を進めていく予定です。また、西南日本に分布する活断層でも地震が発生する可能性が指摘されていることから、過去の活動履歴の解明などを目的とした調査を着実に実施しています。

南海トラフで発生する深部すべりの研究

地質学的な手法による津波の研究では、発生間隔や津波規模を推定することは可能ですが、発生時期を精度よく推定することはできません。もし、地震発生の数日前であることを予測できれば、犠牲者の数は大きく減らすことができると期待されています。東北地方太平洋沖地震では地震予知につながる前兆現象は見つからなかったことから、直前予知は困難であるという見方が広がりました。

しかしながら、南海トラフでは、日本海溝では全く知られていない現象が知られています。それは、地震の震源域になるプレート境界の深部延長上で時々発生するゆっくりとしたすべりです。地下深部では、プレート同士が少しずつすべって、小規模な地震（深部微動）や地表付近でのわずかな地殻変動を引き起こします。それらの現象を詳しく解析することによって、地下深部のすべりを正確にモニタリングし、地震発生領域でのひずみの蓄積状況を明らかにできる可能性があります。また、過去の南海地震前には、紀伊半島~四国の太平洋岸で地下水位の低下があったことが知られているので、地震発生の前兆現象を検出できる可能性もあります。

産業技術総合研究所では東海地方、紀伊半島、四国などの東海・東南海・南海地震の震源域周辺に地下水位計、ひずみ計、地震計を設置し、ゆっくりすべりの検出に重点を置いた観測を続けています（図3）。他機関も含めた今までの観測によって、数か月おきに四国~紀

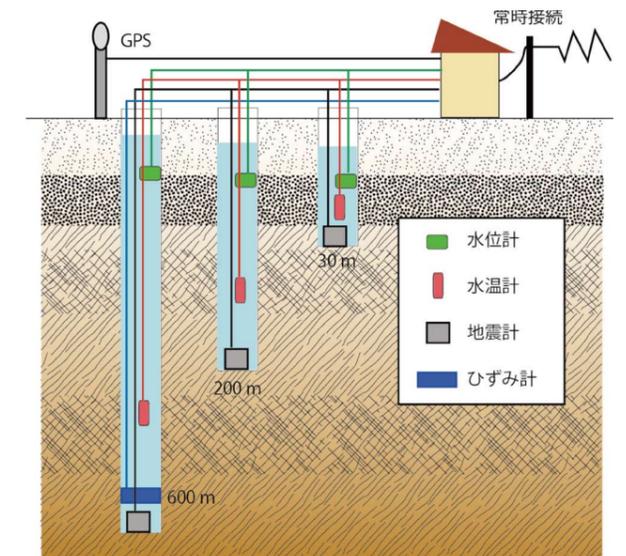


図3 地下水等総合観測施設の模式図
3つの深度の観測井から構成され、地下水位だけでなく、地震計やひずみ計による観測を行っている。

伊半島~東海地方の地下でゆっくりすべりが発生していることが明らかになっています。東海・東南海・南海地震の前兆現象の検出には、このような調査・観測データを蓄積し、南海トラフでの地下深部の沈み込み現象を解明することがまず必要だと考えられます。



岡村 行信（おかむら・ゆきのぶ）
産業技術総合研究所活断層・地震研究センター長。海洋地質学、構造地質学が専門。名古屋大学理学研究科修士課程修了、1980年通産省工業技術院地質調査所、2001年産業技術総合研究所に改組され、2009年から現職。最近では日本海東縁の活断層や千島海溝沿いの地質構造に関する研究を行っている。

海上保安庁における海底地形および地震学的構造調査

海上保安庁海洋情報部

はじめに

海上保安庁は昭和23(1948)年5月の発足以来、国民が安心して海を利用できるよう、関係国との連携・協力関係の強化を図りつつ、海上における船舶の航行安全、海難救助、犯罪捜査、環境保全、災害対応、海洋調査等の活動を行っています。その中で、海洋調査を担当する海洋情報部の歴史はさらに古く、明治4(1871)年までさかのぼります。海洋情報部の仕事も海図を作るための水深測量や海流・潮汐観測、海洋汚染調査からデータの管理・提供まで多岐にわたりますが、ここでは主に地震調査に関連する仕事について紹介します。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震のように甚大な被害をもたらす巨大地震の多くは日本列島を取り巻くプレート境界である海溝域で発生するため、海域の震源域近傍における観測は非常に重要です。海域での観測は測量船を含む特別な機器装備を必要とし、また技術的困難も多くありますが、私たちは、航海安全のための海洋観測の知識・経験・能力を生かし、海域での地震に関連した調査を継続して実施しています。

ここでは、まず、最近の海底地形および地震学的構

造調査の成果について紹介します。特に目覚ましい成果をあげている海底地殻変動観測については、P28～P29でより詳しく説明します。

このほか、日本周辺のプレート運動とそのゆらぎを把握するため、和歌山県にある下里水路観測所において人工衛星レーザー測距観測(SLR)の通年観測を実施しています。また、全国20か所の験潮所で記録された潮位データをリアルタイムで公開しています。

海底地形調査

東北地方太平洋沖地震を受け、海上保安庁および海洋研究開発機構(JAMSTEC)において、1985年から2010年にかけて主にマルチビーム音響測深機で取得した日本海溝域を中心とする東北沖の海底地形データセットを取りまとめました。図1(左)は、すべての水深データを統合した150~300m間隔のグリッドデータ(海域のみ、陸域のデータはSRTMによる)から作成した海底地形の陰影図です。これらのグリッドデータを用いて、図1(右)のような、左目が赤、右目が青の立体メガネをかけて見ると、飛び出して立体的に見えるアナグリフ図を作ることができます。このような図を利用することで、断層運動や地滑りなど

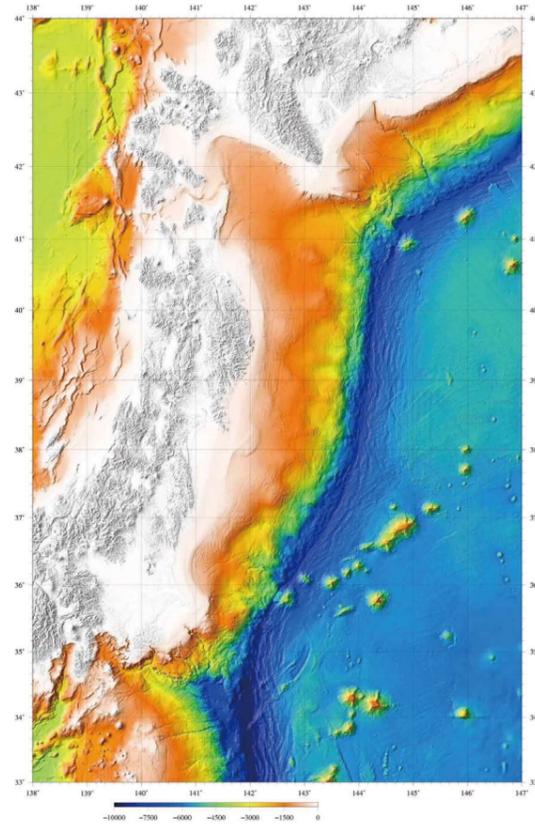


図1 主にマルチビーム音響測深によって取得した東北沖の海底地形図

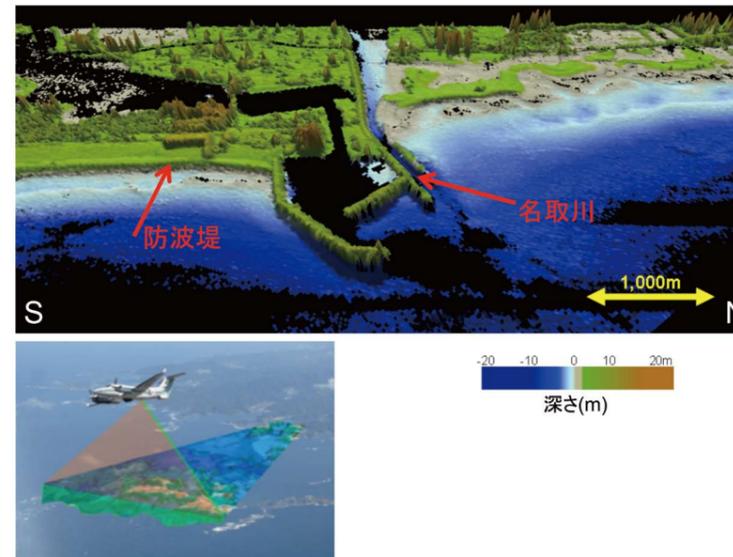
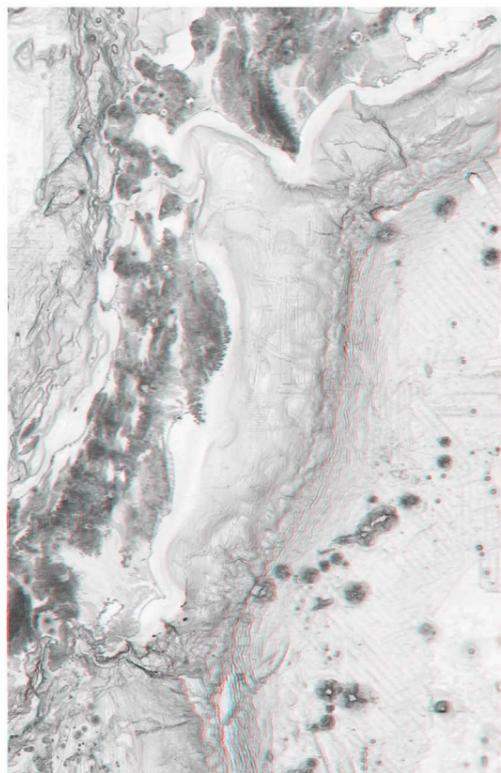


図2 航空レーザー測量により得られた宮城県名取川河口付近の海底地形

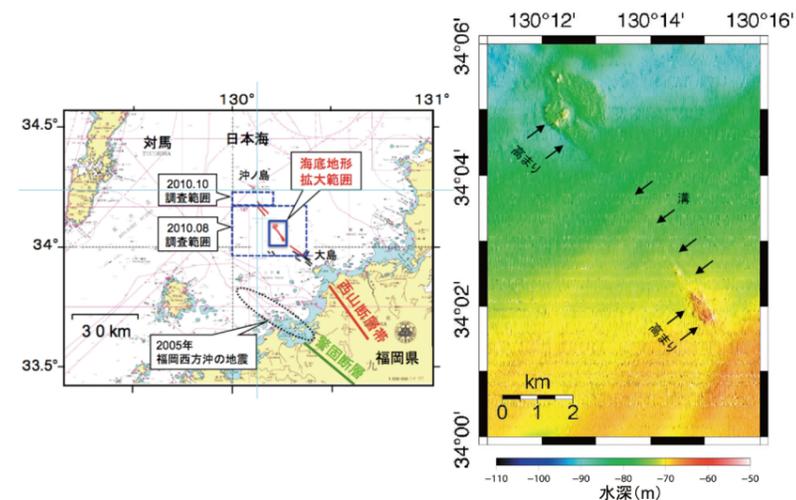


図3 福岡県西山断層の海域延長部での沿岸域海底地形調査結果。左図中で、海域の黒線はすでに見つかった断層、赤線は今回発見された断層。

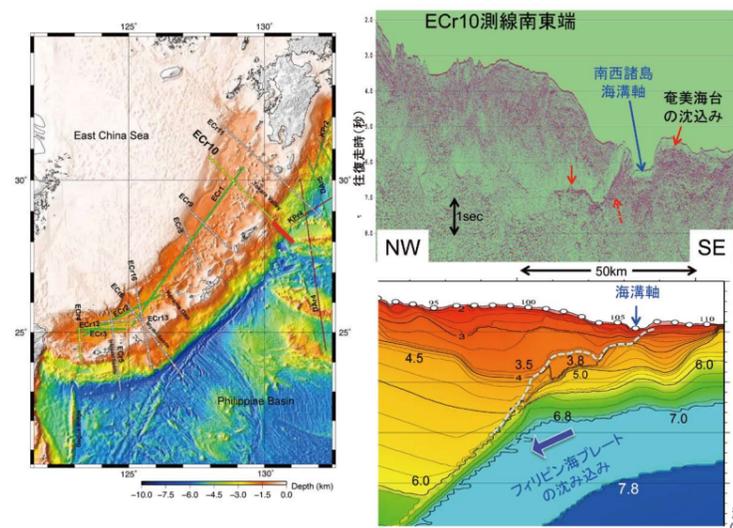


図4 これまでに実施した地震探査測線の位置(左)とECr10測線南東端海溝域(赤太線部分)のマルチチャンネル地震反射断面(右上)およびP波速度構造モデル(右下)。白点線は沈み込むフィリピン海プレート上面の推定位置を示す。

に関連した変動地形を検出することが容易になります。

一方、東北地方太平洋沖地震による強い地震動や大津波は、海岸・沿岸域の地形を大きく変化させました。航行船舶の安全を確保するために、海図を早急に改訂する必要があります。ここで、陸域から浅い海域の水深を連続的に効率よく広範囲に取得できる航空レーザー測深機を使用した測量が大きな威力を発揮しました。図2には、宮城県仙台市名取川河口付近の海底地形図を示します。海岸に沿って敷設されていた防波堤が河口の北側で破壊されていますが、そこでは砂浜の海底が津波によってえぐられている様子を詳細に把握することができます。

このほか、沿岸域で非常に詳細な海底地形データを得ることにより、海域の断層の活動に伴って形成された地形の存在を検出した例を示します。福岡県の北方沖では、福岡県北部に位置する西山断層帯の延長海域において、断層運動に伴って形成されたと考えられる高まりや溝などの地形を約30kmにわたって捉えることができました(図3)。断層帯がさらにどこまで延長しているかの特定や断層の将来の活動予測のためには、より北西域での地形や地層内部の調査が必要となりますが、今回得られた精密な地形データは、それらのための重要な基礎資料となります。

上述の測量によって得られた海底地形データのほとんどは、「海の相談室」(<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/annai.html>)を通して提供しています。これらのデータを、変動地形の解析や津波シミュレーション、あるいは今後の調査計画の策定などに、ご利用ください。

地震学的構造調査

日本の排他的経済水域(EEZ)の基盤的な情報を得るための調査の一環として、南西諸島海域の地形および地殻構造調査も行っています。図4(左)にはこれまでに実施した、反射法および屈折法地震探査測線の位置を示しました。図4(右)には、ECr10測線南東端の海溝付近のマルチチャンネル地震反射断面とP波速度構造モデルを示します。フィリピン海プレート上にある古島弧起源と考えられる奄美海台が、その凸凹した地形の高まりとともに、南西諸島海溝下に沈み込んでいくイメージを明瞭に見ることができます。南西諸島海溝域は、日本海溝や南海トラフの沈み込み帯に比べて圧倒的に情報量が少ない海域ですが、これらの調査が地震発生評価のための今後の詳細な調査の基盤となります。

海上保安庁における海底地殻変動観測

—東北地方太平洋沖地震前後の海底の動き—
海上保安庁海洋情報部

海域での地殻変動観測

地殻変動観測とは地面の動きを捉える観測で、得られたデータから地下で起きている現象を探ることができます。陸上の地殻変動は、国土地理院や大学等により実施されているGPS観測により、日々詳細にモニターされています。しかし、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震のような海溝型地震はその震源域の大部分が海底下にあるので、海溝型地震の発生メカニズムを理解する上で、海域での観測が欠かせません。

海上保安庁では、海域で地殻変動をモニターして海溝型地震を引き起こすひずみの蓄積状況を把握すべく、東京大学生産技術研究所の技術協力の下、GPS／音響測距結合方式による海底地殻変動観測を行っています。これによって、これまで観測の空白域となっていた海域の地殻活動の様子がデータとして得られるようになりました。

ここでは、最近得られた観測の結果として、東北地方太平洋沖地震の前後で観測された海底の動きを報告します。また、今後重要になると考えられる南海トラフ沿いの観測についても紹介します。

観測原理と海底基準点

海上保安庁が行っている海底地殻変動観測は、GPS／音響測距結合方式によるものです（図5）。海底に設置した複数の海底局（図6）で構成される「海底基準点」周辺の海域で、測量船による観測を行います。GPS測位によって測量船の位置を決める「キネマティックGPS観測」と、音波を用いて海底局と測量船との距離を測る「音響測距観測」とを組み合わせることによって、海底局の位置をセンチメートルの精度で測定します。

これまでに、三陸沖から室戸岬沖にかけて約100km間隔で海底基準点を展開し、年に数回の繰り返し観測を行って海底の動きをモニタリングしてきました（図7の赤丸）。

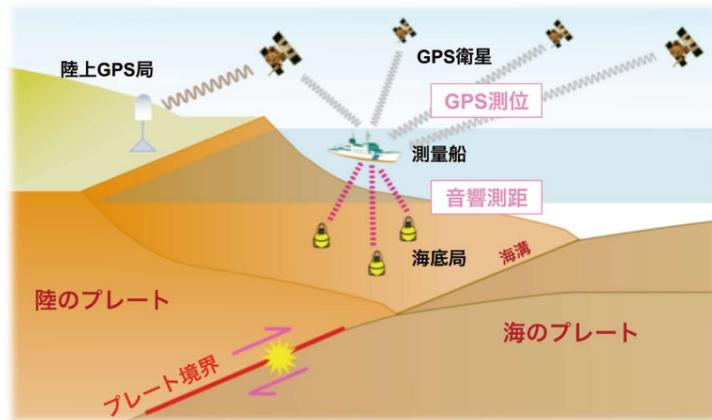


図5 GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測の概念図

2011年3月11日 東北地方太平洋沖地震と海底地殻変動

東北地方太平洋沖地震前後の観測から得られた、宮城県沖および福島県沖の海底基準点の動きを図8に示します。断層の破壊開始点である震源（図8の黄色の星）に近い「宮城沖1」海底基準点では、東南東に24m移動し、3m隆起したことが観測されました。2005年8月に発生した宮城県沖でのマグニチュード7.2の地震時に、震源の近くで観測された水平変動量が10cm程度であったこと（地震本部ニュース2010年3月号）から考えると、今回の地震がいかに大きかったかがよくわかります。

24mという水平方向の変動量は、陸上において最大の変動を観測した牡鹿半島の変動量（国土地理院電子基準点「牡鹿」における観測値5.3m）の4倍以上に相当します。

また、垂直方向では、海溝に近い「宮城沖1」海底基準点（牡鹿半島沖約130km）などで隆起が確認されました。一方、陸に近い「宮城沖2」海底基準点（牡鹿半島沖約80km）および電子基準点「牡鹿」を含む陸上の観測点は沈降しており、海溝側から陸に向かっ

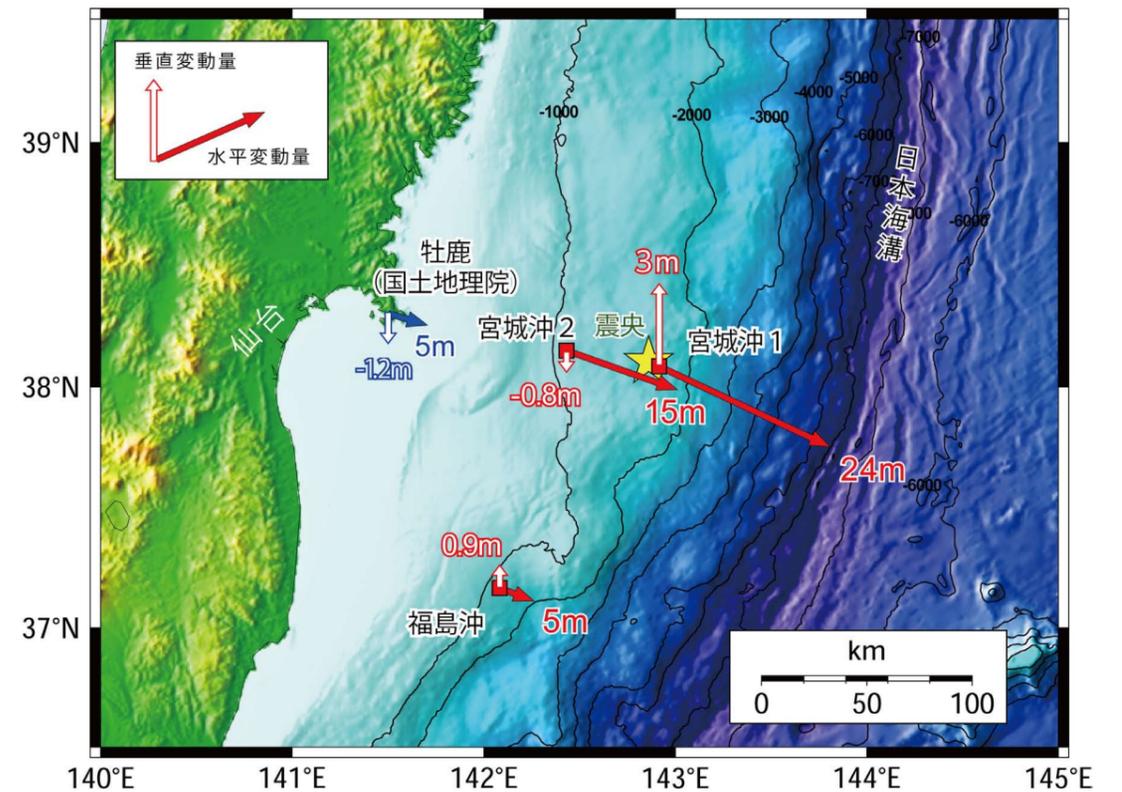


図8 東北地方太平洋沖地震に伴う海底の動き

て隆起から沈降へと推移していく様子を捉えることができました。

地震時の海底の動きを直接捉えたこれらのデータは、断層がどの程度の領域で、どの程度破壊されたのかを推定する上で非常に重要な情報となります。

参考として、地震前の観測で得られていた海底基準点の定常的な移動速度を図9に示します。「宮城沖1」、「宮城沖2」海底基準点に比べて、「福島沖」海底基準点の移動速度は小さく、福島県沖の海底下でのひずみの蓄積速度が宮城県沖に比べて小さいということが示されていました。東北地方太平洋沖地震による変動量も宮城県沖の15～24mに対し、福島県沖では5mと小さいのは（図8）、この地震で解放されたひずみが福島県沖で小さかったことを示しており、これまでにこの地域で蓄積されてきたひずみも小さかった可能性があります。

地震後についても、東北沖での海底地殻変動観測を継続的に行っています。2011年11月までの観測では、「福島沖」海底基準点で明瞭な余効変動（地震後に起こる、ひずみを解放する向きへの変動）が見られる一方で、「宮城沖1」海底基準点では余効変動が見られない、という結果が得られています。今後も海底地殻変動観測を実施し、海底の動きを注視していきます。

南海トラフにおける観測強化

海上保安庁では、東北沖のほか、将来の発生が予想される東海・南海・南海地震の震源域である南海トラフの陸側海域でも海底地殻変動観測を行っていま

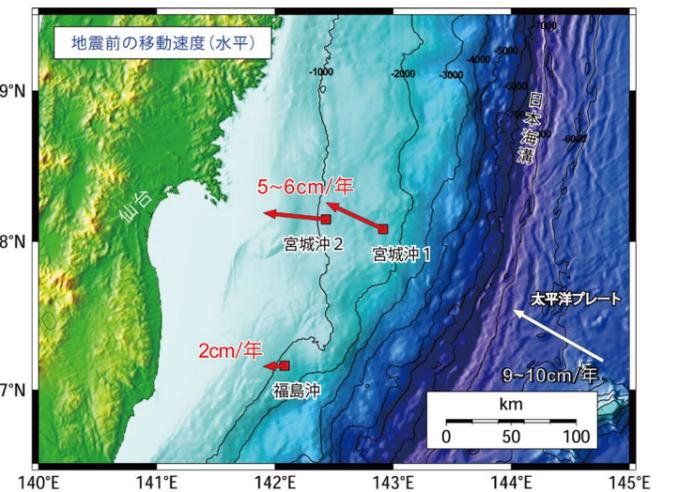


図9 東北地方太平洋沖地震前の移動速度

す。さらに、震源域全域をカバーし、より詳細に地殻変動を把握するため、2011年度末までに8点の海底基準点を新設する予定です（図7の黄丸）。プレートの移動速度は年間数cmと小さいため、海底基準点の定常的な移動速度を検出するまでに数年程度の観測が必要ですが、今後、震源域全域においてプレート間のひずみの蓄積状況の空間分布を把握できるようになると期待されます。

海上保安庁では、今後も観測技術を発展させつつ継続的に海底地殻変動観測を行い、海溝型巨大地震の発生予測に資する高精度な海域の地殻変動データの取得を目指していきます。



図6 海底に設置された海底局(左)と、海底局の投入作業の様子(右)

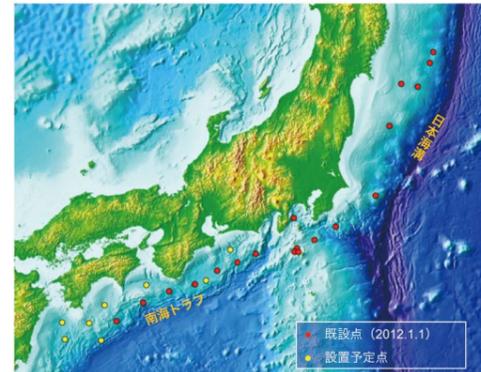


図7 海底基準点の配置

月例地震活動評価

2011年 11月の 地震活動の評価

1 主な地震活動

- 11月20日に茨城県北部でマグニチュード(M)5.3の地震が発生した。この地震により茨城県で最大震度5強を観測し、負傷者が出るなどの被害を生じた。
- 11月21日に広島県北部でM5.4の地震が発生した。この地震により広島県で最大震度5弱を観測し、重傷者が出るなどの被害を生じた。
- 11月24日に浦河沖でM6.2の地震が発生し、北海道日高地方で最大震度5弱を観測した。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 11月24日に浦河沖の深さ約45kmでM6.2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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。

東北地方

- 11月10日に秋田県内陸南部の深さ約5kmでM4.1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。
- 11月24日に福島県沖の深さ約45kmでM6.1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、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。

関東・中部地方

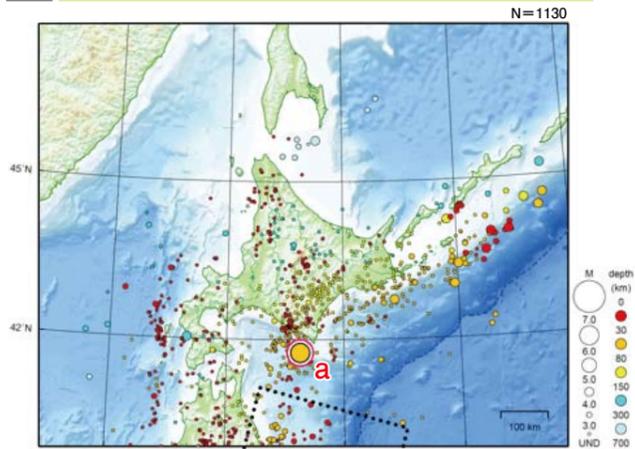
- 11月3日に茨城県南部の深さ約60kmでM4.9の地震が発生した。この地震の発震機構は、東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した地震である。
- 11月7日に福島県・群馬県・栃木県県境付近の深さ約5kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 11月18日に福井県嶺北の深さ約5kmでM4.8の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 11月20日に茨城県北部の深さ約10kmでM5.3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正断層型で、地殻内で発生した地震である。

- 東海地方のGPS観測結果等には、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測されていない。

近畿・中国・四国地方

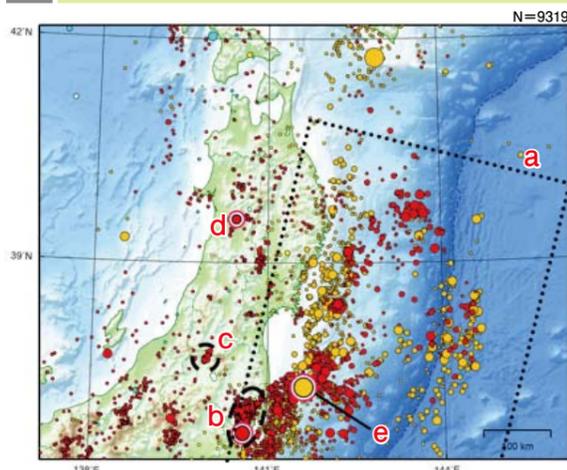
- 11月21日に広島県北部の深さ約10kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東

1 北海道地方



a) 11月24日に浦河沖でM6.2の地震(最大震度5弱)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す。

2 東北地方



- a) 11月中旬に、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内では、M5.0以上の地震が4回、M6.0以上の地震が1回発生した。最大震度4を観測した地震及び最大震度5強を観測した地震が1回ずつ発生した。また、以下のb)、e)の地震活動があった。
- b) 福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内では、2011年3月11日以降、地震活動が活発になっている。11月20日に茨城県北部でM5.3の地震(最大震度5強)及びM4.8の地震(最大震度3)が発生した。
- c) 福島県会津から山形県置賜地方にかけての地殻内では、3月18日からM3.0程度のまとまった地震活動が見られている。11月末現在、地震活動は継続している。
- d) 11月10日に秋田県内陸南部でM4.1の地震(最大震度4)が発生した。
- e) 11月24日に福島県沖でM6.1の地震(最大震度4)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す。

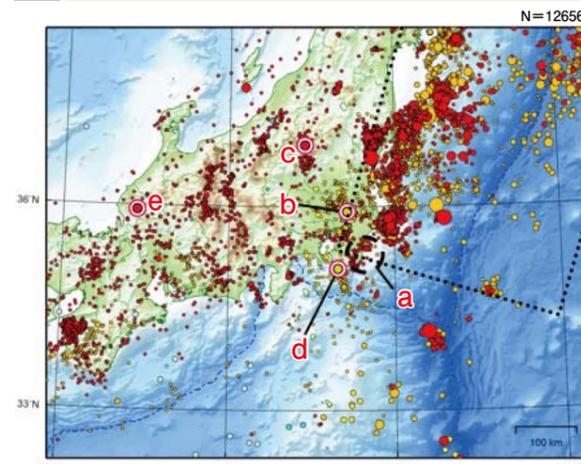
各地方別の地震活動図は気象庁・文部科学省提出資料を基に作成。また各地方の図に記載されたNは図中の地震の総数を表す。

南東方向に圧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。この地震の後、25日にM4.7の地震が発生するなどのまとまった地震活動があった。

九州・沖縄地方

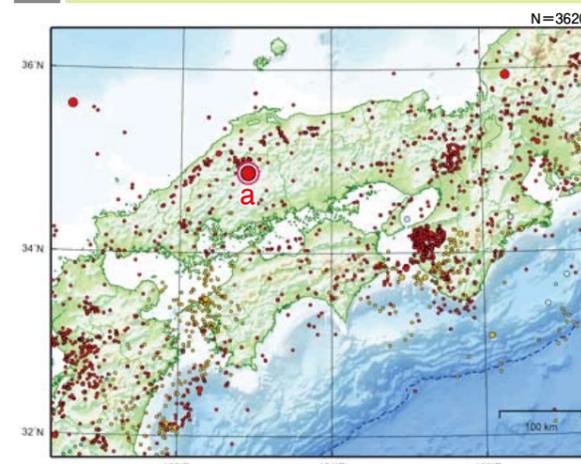
- 11月8日に沖縄本島北西沖の深さ約220kmでM7.0の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向

3 関東・中部地方



- a) 10月25日頃から九十九里浜付近のフィリピン海プレートと陸のプレートの境界でまとまった地震活動が発生している。12月3日にはM5.2の地震(最大震度4)が発生した。
気象庁はこれらの地震に対して「千葉県東方沖」(千葉県東部)「千葉県南部」で情報発表した。
- b) 11月3日に茨城県南部でM4.9の地震(最大震度4)が発生した。
- c) 11月7日に群馬県北部でM4.5の地震(最大震度3)が発生した。
気象庁はこの地震に対して「栃木県北部」で情報発表した。
- d) 千葉県南部では11月14日にM4.1の地震(最大震度2)が発生するなど、地震活動がやや高い状態となっている。
- e) 11月18日に福井県嶺北でM4.8の地震(最大震度4)が発生した。
(11月期間外)
12月1日に長野県北部でM4.6の地震(最大震度3)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す。

4 近畿・中国・四国地方



a) 11月21日に広島県北部でM5.4の地震(最大震度5弱)が発生した。また、11月25日にM4.7の地震(最大震度4)が発生した。

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、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用。

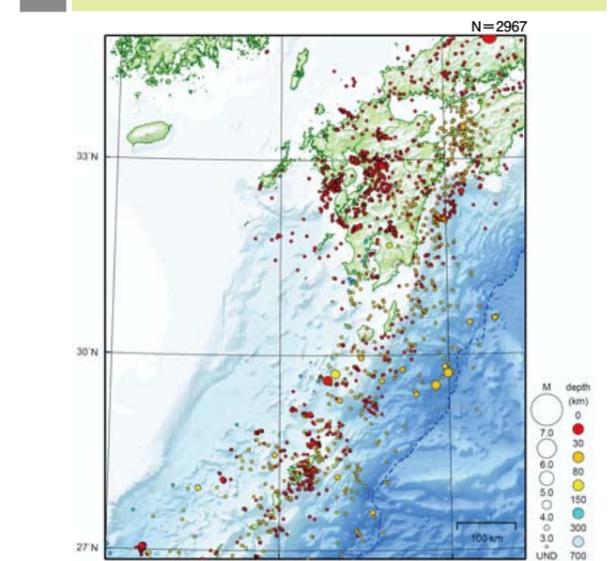
に張力軸を持つ型で、フィリピン海プレート内部で発生した地震である。

補足

- 12月1日に長野県北部のごく浅いところでM4.6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型で、地殻内で発生した地震である。
- 12月3日に千葉県北東部〔千葉県南部〕の深さ約20kmでM5.2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である。

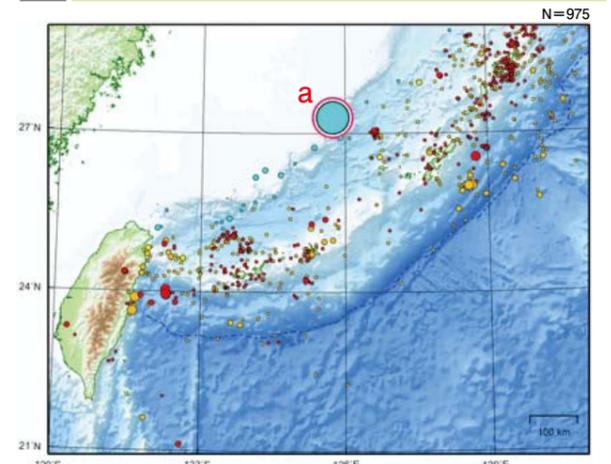
注：〔 〕内は気象庁が情報発表で用いた震央地域名である。

5 九州地方



特に目立った活動はなかった。

6 沖縄地方



a) 11月8日に沖縄本島北西沖でM7.0の地震(最大震度4)が発生した。

日本全国の地震ハザードの共通情報基盤

独立行政法人 防災科学技術研究所

1. はじめに

地震ハザードステーション (J-SHIS) は、地震防災に資することを目的として、日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指してつくられた Web サービスです (<http://www.j-shis.bosai.go.jp>)。

J-SHISは、地震調査研究推進本部が作成した「全国地震動予測地図」及び関連する情報をわかりやすく提供できるプラットフォームとして開発されました。本講座では、これから3回にわたって、地震ハザードステーションの概要や使い方について解説していきます。

2. 全国地震動予測地図とは

「全国地震動予測地図」は、将来日本で発生する恐れのある地震による強い揺れを予測し、予測結果を地図として表したものです。「全国地震動予測地図」は、地震発生の長期的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた日本全国の地震ハザード評価に基づく「確率論的地震動予測地図」と、特定の地震に対して、ある想定されたシナリオに対する詳細な強震動評価に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」の2種類の性質の異なる地図から構成されています。

「確率論的地震動予測地図」は、日本及びその周辺で起こりうるすべての地震に対して、その発生場所、

発生可能性、規模を確率論的手法を用いて評価し、さらにそれらの地震が発生したときに生じる地震動の強さをバラツキも含めて評価することにより作成されています。地点ごとに地震ハザード評価を実施し、地震動の強さ・期間・確率のうち2つを固定して残る1つの値を求めた上で、それらの値の分布を示したものが「確率論的地震動予測地図」です。図1に、その1例として50年2%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域図を示します。

一方、「震源断層を特定した地震動予測地図」は、ある特定の断層帯で発生する地震について、断層破壊の物理モデルに基づき、複雑な地下構造を考慮した地震波動伝播のシミュレーションを実施することにより、断層近傍域でのリアリティのある地震動予測を示したものです (図2)。ここで用いられている予測手法は大変複雑なものの、それらを標準化したものとして、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (レシピ)」がまとめられました。

3. J-SHISの概要

「全国地震動予測地図」の作成の過程では、長期評価及び強震動評価のために、震源及び地下構造に関する膨大な量の情報が処理されています。これら情報は地震ハザード評価やそれらの情報の利活用において、大変貴重なものです。「全国地震動予測地図」を、最終成果物としての地図そのものだけでなく、その作成の前提条件となった地震活動・震源モデル及び地下構造モ

デル等 (図3) 評価プロセスに関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけ、それらの情報をインターネットを介して公開するためのシステムとして、J-SHISが開発されました。

J-SHISを利用することにより、「全国地震動予測地図」として整備された約250mメッシュの全国版「確率論的地震動予測地図」、主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」、それらの計算に用いられた全国版深部地盤モデル、約250mメッシュ微地形分類モデルなどを、背景地図と重ね合わせてわかりやすく表示、閲覧することができます。さらに、住所や郵便番号などによる検索機能により、調べたい場所での地震ハザード情報を、簡単に閲覧することができます。また、より専門的なデータの利活用を可能とするため、地震動予測地図のデータや計算に用いた断層モデル、地盤モデル等のデータをダウンロードすることも可能となっています。

4. 地震ハザードに関する共通情報基盤を目指して

これまで「全国地震動予測地図」を閲覧することに重点が置かれて開発が進められていた J-SHIS に、2011年10月より新たな機能が追加され、J-SHISが日本全国の地震ハザードに関するポータルサイトとしてリニューアルしました (図4)。J-SHISから公開されている地震ハザードに関する情報を正しく理解し、有効に活用するためには、地震や地震ハザードに関する基礎的な知識が不可欠となります。リニューアルにより、こうした基礎的な知識に関する解説のページが充実しました。ここでは、マグニチュードと震度の違い、地震と地震動の違いなどの基礎的な事項から、地震の発生確率と地震動の超過確率の違いなど、より専門的だが「全国地震動予測地図」の情報を正しく理解するために不可欠な用語、概念の説明がなされています。地震ハザードに関する情報は複雑で、1枚の地図として単純に表現できるものではありません。このためJ-SHISでは、複雑な地震ハザードに関する情報群を、さまざまな観点から解説するとともに、わかりやすく可視化して情報提供を行う機能が備えられています。それら機能や利活用の方法については、使い方講座②③で解説します。

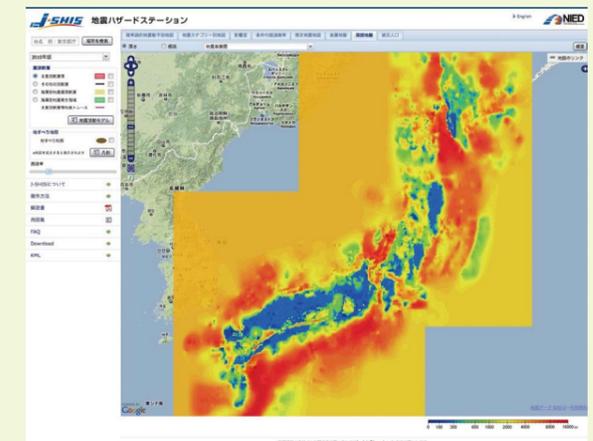


図3 深部地盤モデルの例 (地震基盤面の深さ分布)



図4 J-SHISポータルのトップ画面

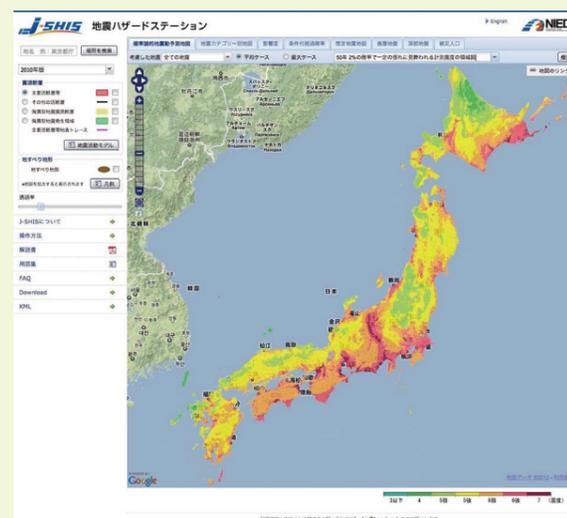


図1 確率論的地震動予測地図の例

50年2%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域図

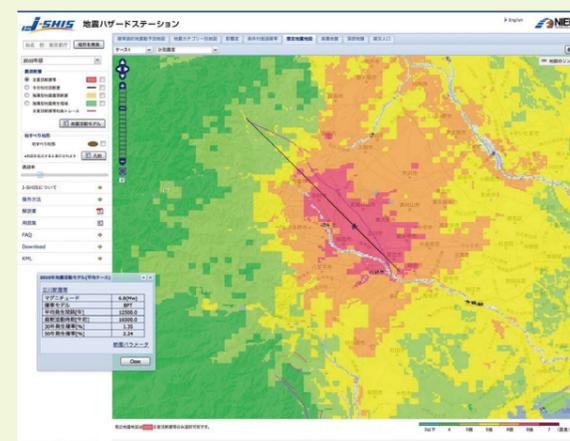


図2 震源断層を特定した地震動予測地図の例 (立川断層帯)



藤原 広行 (ふじわら・ひろゆき)
独立行政法人防災科学技術研究所
社会防災システム研究領域 領域長。
京都大学理学部卒業、同大学院理学研究科中退、博士 (理学)。
1989年科学技術庁国立防災科学技術センター (現 防災科学技術研究所) 研究員、強震観測網の整備、地震動予測地図の作成、地下構造データベースの構築などに従事、2011年4月より現職。

地震ハザード情報の集約・発信を担うWebサービス

独立行政法人 防災科学技術研究所

ここではまず実際にJ-SHIS MapをWebブラウザから使ってみることを通じて、何が出来るかを解説します。続いて応用的な使い方と、システム構成についてもここでご紹介いたします。

1. J-SHISの地図を切り替える

J-SHIS Mapで公開している各種地図は、図1の赤枠内のタブをクリックすることで、切り替えて見ることができます。さらに関連する地図がある場合には、その下にプルダウンが出てくることもあり、名前を選んで別の地図を表示できます。J-SHISでは地震の確率や震度の地図、地盤の揺れやすさや土地の成り立ちの地図を見ることができます。

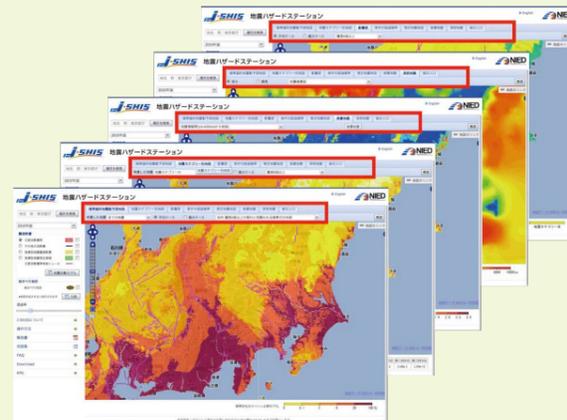


図1 タブとプルダウンで地図の切り替え

2. 地震の発生源を見る / 選択して情報を表示する

地震の発生源である震源断層を見るには、図2の赤枠のチェックボックスをONにして表示します。また、左側のラジオボタンを切り替えることで、地図上で4種類の断層を選択できるようになります。陸の地震は赤と黒で「主要活断層帯」と「その他の活断層帯」、海の地震は黄色と緑で「海溝型地震震源断層」と「海溝型地震発生領域」という名前前で表示されており、クリックするとその断層の情報を見ることができます。

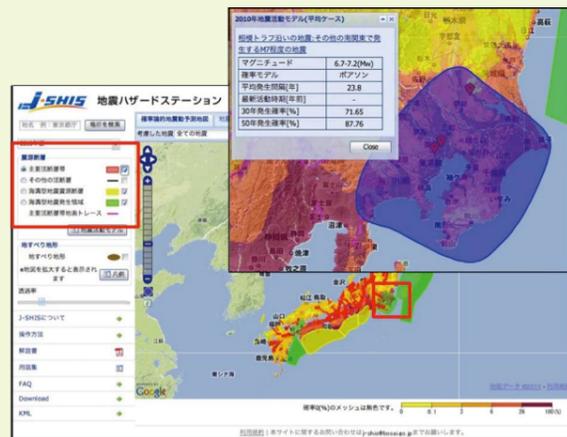


図2 チェックボックスとラジオボタンで震源断層をチェック

3. 調べたい地点での地震ハザード情報を見る

左上のロゴの下にある検索ボックスに地名を入れて「場所を検索」すれば、その場所付近の地図が出てきます(図3)。さらに、地図の中の特定の場所をダブルクリックすれば、その地点の情報を見ることができます。表示される地震ハザード関連情報は上記1.の地図を切り替えるやり方で別の地図を選択することで、それぞれの地図に合った地点情報を再表示します。

【例】

これら基本の使い方を組み合わせることで、例えば、「押上駅」では、「今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率は65%」で、「最も影響度の大きい震源断層の種類はカテゴリーIIの海溝型」であり、震源断層を表示すれば「南関東M7」と呼ばれる「平均発生間隔が24年程度」の地震の発生領域上にあり、直下の震源にも備える必要があることがわかります。

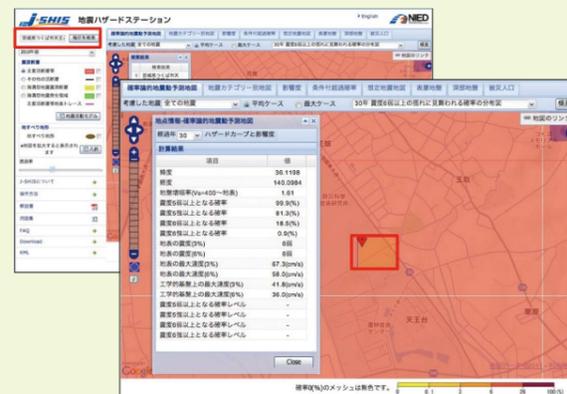


図3 地図のダブルクリックで地点ハザード情報を表示

また、応用的な使い方として、J-SHISはブラウザ以外の仕組みと組み合わせることも可能です。

4. 同じ地図の画面を参照して、互いに議論する (現在表示地図指定リンク)

現在のマップ画面で見えているそのままの状態を、リンクとして取得することができます。地図右上の「地図のリンク」からURLを取得して、チャットやメール、ソーシャルなWEBサービスなどを通じて話題にしたい画面をそのまま相手に伝え、スムーズに議論することが可能です。

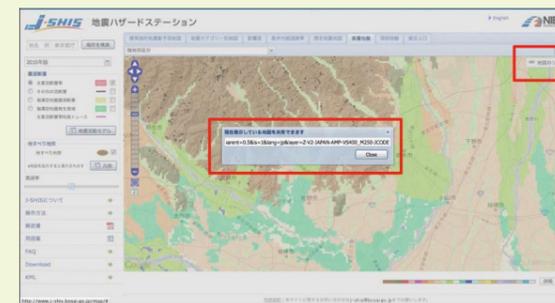


図4 見えている地図画面をリンクで共有

5. サイト外部から直接的にデータを問い合わせ、取得する (J-SHIS API)

J-SHISの持っている100GB以上のデータを、ふだんJ-SHIS Mapを表示しているブラウザ以外の方法でも取得することができます。例えば、Google Earthやその他のGISソフトで地図データを読み込めば、他の地図との重ね合わせや比較を行うことができます。

また、APIを利用してモバイルアプリケーションなどから位置情報を問い合わせ、その地点の地震ハザードデータを取得してダイレクトに表示することも可能です。

6. J-SHISシステム構成

現在のJ-SHISは3つのシステムが相互に連携しあって稼働しています。

6.1 柔軟な操作性を持ったまま高速な読み込みを可能にしたWEBマップ

2009年にリニューアルしたJ-SHIS Map (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>) は、画像キャッシュ

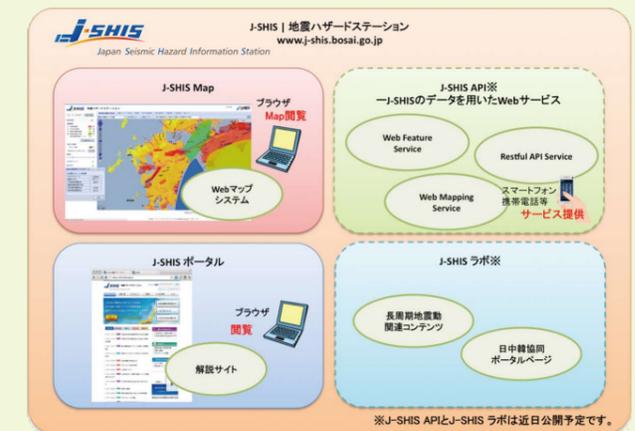


図5 J-SHISの概略図

やGoogle Maps APIとのマッシュアップなどにより、柔軟な操作性と高速な読み込みを同時に実現しています。

6.2 多様なバックグラウンドを持つユーザを対象とした解説ポータル

2011年10月からスタートしたJ-SHISポータル (<http://www.j-shis.bosai.go.jp>) では、J-SHIS Mapを参照しながら各種機能やデータを解説しています。地震の初学者でも理解できるよう、全国地震動予測地図をキーとして地震学の複雑な概念や用語をわかりやすく解説していきます。

6.3 広範囲のデータ利活用を促進する相互運用型API

2012年春に一般公開予定のAPIは、データベースに直接問い合わせることでデータを取得でき、多くの外部アプリケーションに参照されていくことが期待されています。



東 宏樹 (あつま・ひろき)
 独立行政法人防災科学技術研究所
 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット。
 慶應義塾大学環境情報学部卒業、
 同大学政策メディア研究科(修士)。
 映像制作会社などを経て、2010年より防災科学技術研究所にて防災アプリケーション、J-SHISポータルサイトの制作などに従事。

J-SHIS Mapを使って地域の地震ハザードを知ろう

独立行政法人 防災科学技術研究所

ここでは地方自治体の防災担当者や個人の利用を想定し、その地域や自宅の周辺がどのような地震ハザードにさらされ、どんなタイプの地震に備えるかを調べる方法を説明していきます。J-SHIS Mapのトップページでは、「今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」の全国地図が表示され、どの地域が強い揺れに見舞われやすいのかを概観することができます。この地図を拡大表示し、表示する地図を切り替えることにより、地域の様子をより詳しく見るすることができます。

1. 地盤の揺れやすさを知ろう

まず、あなたの住んでいる地域がどの程度揺れやすい地盤であるかを知ることから始めましょう。ある地域がどの程度揺れやすい地盤であるかを知るには、図1のような「表層地盤増幅率」の地図を見ます。この地図で色が赤いほど揺れやすい地盤ということになります。また、その地域がどんな地形であるかは図2のような「微地形区分」の地図でわかります。

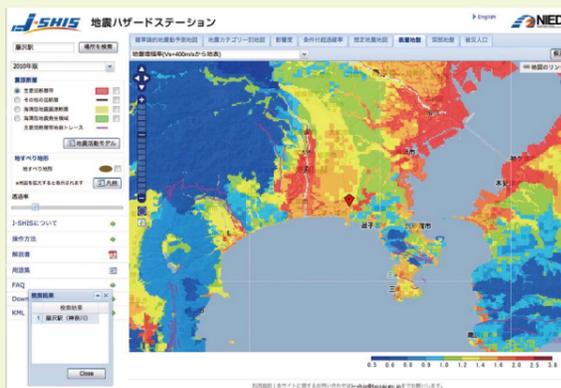


図1 表層地盤増幅率の地図



図2 微地形区分の地図

2. 備えるべき地震を知ろう

地盤の揺れやすさがわかったら、次にこの地域で備えるべき地震のタイプについて考えましょう。

地震動予測地図では、日本で発生する地震をカテゴリⅠ、Ⅱ、Ⅲの3つのタイプに分類しています。

カテゴリⅠは「海溝型地震のうち震源断層を特定できる地震」で、震源断層が大規模で、広い範囲で強い揺れが生じます。また、再来間隔が数百年と短いため、発生確率の高い地震が多く、確率論的地震動予測地図への影響が非常に広域に及びます。

カテゴリⅡは「海溝型地震のうち震源断層を特定しにくい地震」で、発生頻度が比較的高くなるのが特徴です。規模の大きな地震が発生した場合、震源近傍では震度6強以上となる可能性があります。

カテゴリⅢは「活断層など陸域と海域の浅い地震」で、個々の地震の発生頻度は低いのですが、多くの震源断層を予め特定しにくい地震を含みます。震源が非常に浅いので、大規模な地震が発生した場合、震源近傍では震度6強以上となる可能性があります。

どのタイプの影響が強いかを調べるには、図3(a)にある「影響度地図」を見ます。また、図3(b)(c)(d)の「地震カテゴリ別地図」を見ると、それぞれのタイプの地震がこの地域にどの程度影響を与えるかわかります。色が濃いほどそのタイプの地震の影響が強いこととなります。どのタイプの地震も影響が強い地域もあれば、特定のタイプの地震の影響のみが強い地域もあります。これにより、ある地域が備えるべき地震のタイプがわかります。

備えるべき地震のタイプがわかったら、実際の地震について調べましょう。図3の例(藤沢駅周辺)では、どのタイプの地震も影響度が大きく、カテゴリⅠでは大正型関東地震(図3(e))や南海トラフの地震、カテゴリⅡでは南関東で発生するM7程度の地震(図3(f))、カテゴリⅢでは三浦半島断層群で発生する地震(図3(g))や神縄・国府津-松田断層帯で発生する地震などが備えるべき地震として挙げられます。これらの地震について、発生確率などの「長期評価」や地震が起きたときに予想される震度分布などもJ-SHISから得ることができます。

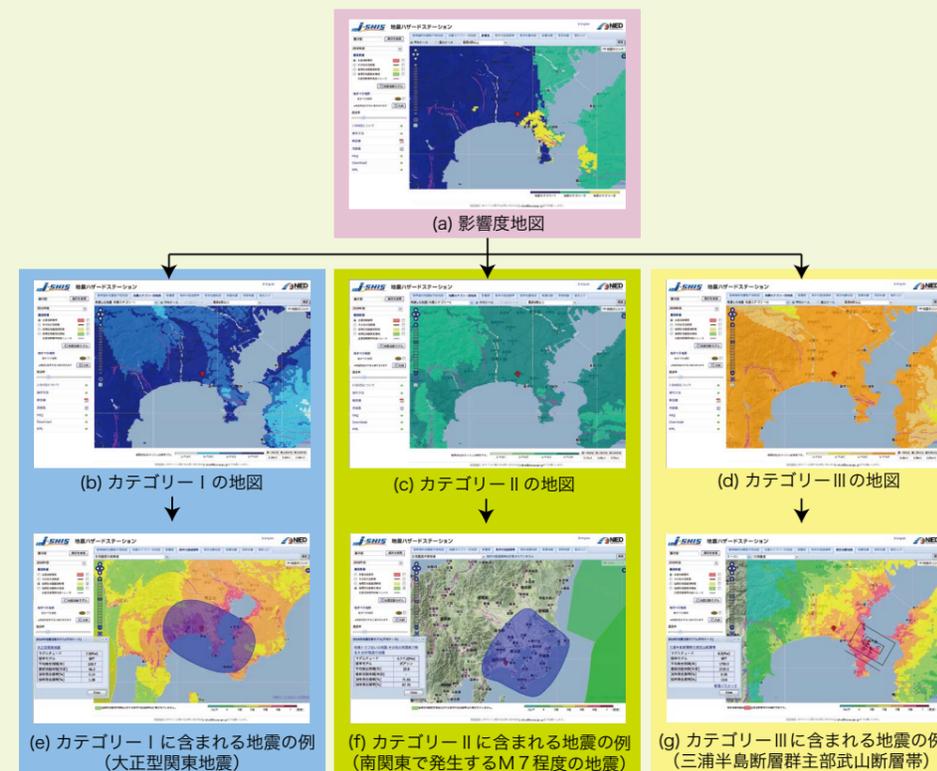


図3 備えるべき地震を知るための地図

3. ハザードカーブを見てみよう

確率論的地震動予測地図では、揺れの大きさを決めて確率を表示する場合と、確率を決めて揺れの大きさを表示する場合がありますが、ある地点を1つ決めた場合、その地点を含むメッシュについて揺れの大きさと確率の関係を考えることができます。例えば、藤沢駅周辺では、全ての地震を考慮した場合に今後30年以内に「震度5弱以上となる確率」は99.7%、「震度5強以上となる確率」は88.2%、「震度6弱以上となる

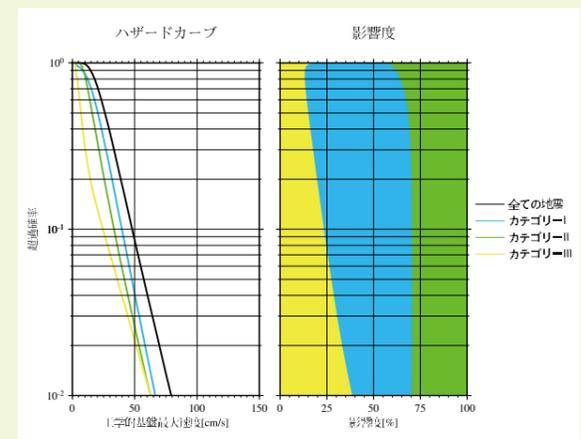


図4 ハザードカーブと影響度

確率」は39.9%、「震度6強以上となる確率」は6.2%となり、ある震度を越える確率(超過確率)は、震度の値が大きくなるほど小さくなります。このような揺れの大きさと超過確率の関係を曲線で表したものをハザードカーブといいます。従って、より大きな揺れに備える必要がある場合は、より小さな超過確率を想定する必要があります。どのタイプの地震の影響が強いかは想定する超過確率によって変わります。J-SHIS Mapでは図4のようにハザードカーブとともに、想定する超過確率のレベルによって備えるべき地震のタイプ

がどのように変わっていくか(影響度の変化)を表示しています。

4. おわりに

3回にわたってJ-SHISの概要・操作方法・システム構成・利用法などについて見てきました。J-SHISの情報は膨大で、今回だけではとても説明できるものではありませんが、これをきっかけにJ-SHISポータルなどを活用し、J-SHIS Mapのトップページにある地図だけではなく、さまざまな地図や情報にアクセスし、利用していただくことを期待しています。

(<http://www.j-shis.bosai.go.jp>)



河合 伸一 (かわい・しんいち)
 独立行政法人防災科学技術研究所
 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット 主任研究員。
 電気通信大学電気通信学部卒業、筑波大学大学院理工学研究科修了、博士(理学)。1990年科学技術庁国立防災科学技術センター(現 防災科学技術研究所)研究員、地震動予測地図の作成、地下構造データベースの構築などに従事、2011年4月より現職。

平成24年度地震調査研究関係政府予算案等

地震調査研究推進本部は、地震防災対策特別措置法に基づき、関係行政機関の地震調査研究予算等の事務の調整を行っています。

このたび、「平成24年度地震調査研究関係政府予算案及び平成23年度地震調査研究関係補正予算額」について取りまとめましたので、その概要を紹介します。

平成24年度地震調査研究関係政府予算案(関係機関別)

担当機関		平成23年度 予算額	平成24年度 政府予算案	要 旨	
総務省	情報通信研究機構	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	○高分解能航空機SARを用いた災害の把握技術の研究	— (—)
	消防庁消防大学校 消防研究センター	15	35	○石油タンク等危険物施設の耐震安全性に関する研究	35 (15)
	計	15	35	対前年度比 226 %	
	研究開発局	4,269	22,507	○地震津波観測・監視システム ○日本海溝海底地震・津波観測網の整備 ○地震調査研究推進本部 (地震本部の円滑な運営) (活断層調査) (長周期地震動ハザードマップ) (東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測) (根室沖の重点観測) ○地震防災研究戦略プロジェクト (都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト) (ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究) (東海・東南海・南海地震の運動性評価研究) (海底GPS技術開発) (首都直下地震防災・減災特別プロジェクト)	6,421 (1,290) 12,613 (0) 412 (400) 522 (585) 41 (42) 981 (0) 0 (4) 591 (0) 420 (499) 435 (498) 72 (69) 0 (881)
文部科学省	国立大学法人	390	421	○地震及び火山噴火予知のための観測研究	421 (390)
	独立行政法人 防災科学技術研究所	5,325	9,331	○地震・火山観測施設設備 ○地震・火山活動の高精度観測研究と予測技術開発 ○実大三次元震動破壊実験施設を活用した社会基盤研究 ○実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)整備・機能強化 ○効果的な社会防災システムの構築 (全国津波ハザードマップの作成、海溝型巨大地震等を考慮した地震動ハザードマップの作成等)	234 (70) 2,459 (3,043) 1,752 (1,712) 4,125 (—) 761 (500)
	独立行政法人 海洋研究開発機構	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	○海洋に関する基盤技術開発 (地震津波・防災に資する技術開発) ○地球内部ダイナミクス研究 ○深海地球ドリリング計画推進	
	計	9,984	32,260	対前年度比 323 %	
経済産業省	独立行政法人 産業技術総合研究所	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	○活断層評価の研究 ○海溝型地震評価の研究 ○地震災害予測の研究	
	計	—	—	対前年度比 — %	
国土交通省	国土地理院	1,491	1,485	○基本測地基準点測量経費 ○地殻変動等調査経費 ○防災地理調査経費 (全国活断層帯情報整備) (精密3D電子基盤情報整備) ○地理地殻活動の研究に必要な経費	1,108 (1,065) 327 (349) 18 (12) 0 (30) 33 (35)
	気象庁	1,938	1,675	○地震観測網、地震津波監視システム等 ○東海地域等の常時監視 ○関係機関データの収集(一元化) ○海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究(気象研究所)	1,226 (1,487) 188 (193) 245 (245) 17 (14)
	海上保安庁	105	130	○地震発生に至る地殻活動解明のための観測等 ○地殻活動の予測シミュレーションとモニタリングのための観測等 ○海洋測地の推進	1 (2) 108 (83) 21 (21)
	計	3,534	3,291	対前年度比 93 %	
	合計	13,533	35,585	対前年度比 262 %	

(単位:百万円)
要旨右の()は平成23年度予算額

平成24年度地震調査研究関係政府予算案	政府全体 356億円(135億円) 対前年度 262%
	*一部の独立行政法人等への運営費交付金は含まない。 *()は平成23年度予算額。
平成23年度地震調査研究関係一次補正予算額	政府全体 105億円
平成23年度地震調査研究関係三次補正予算額	政府全体 192億円

また、左記のほか、研究の成果が地震調査研究の推進に関連する施策として以下のものがある。(単位:百万円)

担当機関	平成23年度 予算額	平成24年度 政府予算案	要 旨	
文部科学省 研究開発局等	36	30	○放射線監視等交付金	30 (36)
経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	○地質の調査	
国土交通省 国土地理院	70	61	○地理地殻活動の研究に必要な経費 (うち地震調査研究の推進に関連するもの)	61 (70)

注1) 四捨五入のため、各内数の合計は必ずしも一致しない。
注2) 一部の独立行政法人等の運営費交付金に係る事項については、合計には加えていない。

平成23年度地震調査研究関係政府一次補正予算額(関係機関別)

担当機関	平成23年度 補正一次予算額	要 旨		
文部科学省 独立行政法人 防災科学技術研究所	980	○施設復旧に要する経費	980	
計	980			
国土交通省	国土地理院	2,953	○地理空間情報の整備・活用等の推進に必要な経費 (測地基準点(三角点・水準点)の復旧測量) (電子基準点の復旧等) (復興支援のための高精度標高データ整備) ○国土地理院施設整備に必要な経費 (験潮所の復旧)	1,211 245 1,397 100
	気象庁	6,596	○津波観測ネットワークの復旧 ○地震観測ネットワークの復旧 ○自治体観測点等補完のための応急措置 ○緊急地震速報の信頼性回復のための緊急措置	757 5,498 240 100
計	9,549			
合計	10,529			

注) 四捨五入のため、各内数の合計は必ずしも一致しない。

平成23年度地震調査研究関係政府三次補正予算額(関係機関別)

担当機関	平成23年度 補正三次予算額	要 旨		
文部科学省	研究開発局	8,906	○日本海溝海底地震津波観測網の整備 ○三陸沖北部から房総沖までの海域における調査観測 ○海底地殻変動観測技術の高度化	7,718 659 529
	独立行政法人 防災科学技術研究所	764	○被災地で損壊した地震観測施設の復旧	764
計	9,670			
経済産業省 産業技術総合研究所	3,094	○巨大地震・津波災害に伴う複合地質リスク評価 ○東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測施設	1,995 1,099	
計	3,094			
国土交通省	国土地理院	3,417	○東日本大震災復旧・復興に係る地理空間の整備・活用等の推進に必要な経費 (電子基準点による地殻変動監視体制の強化) (高精度標高データ整備)	1,920 1,497
	気象庁	2,686	○広帯域強震計による巨大地震の規模の早期把握 ○津波観測施設の強化 ○巨大地震予測技術の高精度化に関する緊急研究 ○多機能型地震観測装置の追加整備 ○大深度・海底地震計解析装置の整備 ○歪観測施設の電源・通信機能の強化	330 1,410 239 476 109 122
	海上保安庁	360	○地殻活動の予測シミュレーションとモニタリングのための観測等	360
計	6,462			
合計	19,226			

注) 四捨五入のため、各内数の合計は必ずしも一致しない。

(平成23年12月28日) 地震調査研究推進本部調べ
2011.10-2012.1 地震本部ニュース 39