

これまでに策定された調査観測計画 (関連部分を抜粋)

○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一）

（平成 1 7 年 8 月 3 0 日 地震調査研究推進本部）

※「Ⅱ．活断層を対象とした調査観測」より p4～p9 及び p10～p14、表を抜粋

P 3 ～ 1 1

※「Ⅲ．海溝型地震を対象とした重点的調査観測」より p15～p17 及び p21～p26 を抜粋

P 1 2 ～ 1 9

○地震に関する基盤的調査観測計画の見直しと重点的な調査観測体制の整備について

（平成 1 3 年 8 月 2 8 日 地震調査研究推進本部）

※「Ⅰ 地震に関する基盤的調査観測の見直し」より p1～p6 を抜粋

P 2 1 ～ 2 8

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ー)

※「Ⅱ. 活断層を対象とした調査観測」より p4～p9 及び p10～p14、表を抜粋

※「Ⅲ. 海溝型地震を対象とした重点的調査観測」より p15～p17 及び p21～p26 を抜粋

平成17年8月30日

地震調査研究推進本部

Ⅱ．活断層を対象とした調査観測

Ⅱ－１．基盤的調査観測としての活断層調査

１．活断層調査の位置づけと長期評価の状況

陸域及び沿岸域における活断層の調査は、内陸地震が発生する場所、規模、時期を評価する観点から、その位置、形態、活動履歴に関するデータを得ることが目的である。基盤計画においては、基盤的調査観測としての活断層調査の対象として、基準を明確にした上で、主要 98 断層帯を選定した。

これら主要 98 断層帯については、交付金活断層調査（国が経費を負担して地方公共団体が実施する活断層調査）に加え、大学、産業技術総合研究所、国土地理院、海上保安庁等により調査が行われた。これらの活断層調査の結果等を踏まえ、地震調査委員会では長期評価を終え、その評価結果を平成 16 年度末に作成した「全国を概観した地震動予測地図」に反映した。

２．基盤的調査観測としての活断層調査の追加的な調査の必要性

基盤的調査観測としての活断層調査の対象として主要 98 断層帯が選定された際に用いられた資料では、活断層の存在は、主に空中写真判読による変位地形の抽出により確認がなされていた。その後、より詳細な空中写真を用いた変位地形の抽出や、反射法地震探査を用いた浅い地下構造の調査、音波探査等を用いた海域の変動地形調査等が進められた結果、主要 98 断層帯以外にも基盤的調査観測としての活断層調査の対象となるべき基準を満たす断層注）（表 1）が存在することが明らかになった。

このような断層については、追加的に基盤的調査観測としての活断層調査の対象として位置づけ、その中で、評価を行うために必要なデータが得られていない断層は、調査に着手する必要がある（以下このような調査を「追加調査」という。）。

なお、今後の調査の進展に伴う新たな知見の獲得等により、基盤的調査観測としての活断層調査の選定基準を満たす断層の存在が明らかになった場合は、それを調査対象として追加する必要がある。

注）ここでいう断層とは、主要 98 断層帯の選定において用いた基準を満たす対象を指すことから、厳密には、複数の断層から構成される場合がある。

３．基盤的調査観測としての活断層調査の補完的な調査の必要性

長期評価を行った主要 98 断層帯については、活断層調査が実施されたものの、長期評価に必要なデータが十分に得られなかったため、評価の信頼度が高いとはいえない断層が見出される。このような状況を踏まえ、長期評価の信頼度を向上するため、これまでの活断層調査を補完する調査（以下「補完調査」という。）を行うことが重要であるとする。

なお、主要 98 断層帯選定後、基盤的調査観測としての活断層調査の対象となるべき基準を満たすことが明らかになった断層の中には、その位置から、主要 98 断層帯に含めて評価

を行ったものもある(表2)。これらの断層については、過去の活動履歴に関する調査が実施されていなかったため、主要 98 断層帯の評価を公表した際にも、位置・形状のみの評価となっている。これらの断層については、位置・形状のみであるが、すでに長期評価がなされていることを踏まえ、調査を行う場合には、補完調査と位置づけることとする。

4. 補完調査の候補となる断層の考え方

補完調査の候補となる断層については、表2に示した断層に加え、以下の考えに基づいて断層を選定する(表3)。

- (1) 地震調査委員会がとりまとめた活断層で発生する地震の長期評価においては、地震の今後 30 年以内の発生確率の最大値が 3%以上のものを「確率の高いグループ」に、0.1%以上 3%未満のものを「確率のやや高いグループ」に分類している。一方、長期評価がなされた断層の中には、地震の発生確率が幅を持って評価されているものがあり、その中で最大値が 3%以上かつ最小値が 0.1%未満となっている断層もある。グループ分けの趣旨を踏まえれば、これらの断層については、確率の幅を小さくし、評価結果の信頼度を向上することを目的とした調査が必要である。

また、地震の発生確率の幅が相対的に大きい断層(地震の今後 30 年以内の発生確率で、最大値と最小値の差が概ね 10%を超える断層をいう。)についても、評価結果の信頼度向上のための調査が必要と考える。

- (2) 活断層で発生する地震の長期評価では、平均活動間隔と最新活動時期のうち、最新活動時期が特定できない場合、活断層が活動する確率が時間によらず一定であると仮定するポアソン過程を適用して地震の発生確率を求めている。この手法は、平均活動間隔と最新活動時期の両方を使用して BPT 分布を適用した手法と比較すると得られた評価結果の信頼度が低いため、信頼度向上のための調査が必要である。

なお、ポアソン過程で地震の発生確率を求めた断層のうち、平均活動間隔が約 9000 年以上の断層については、BPT 分布を用いて地震の今後 30 年以内の発生確率を計算した場合でも、最大値が 3%に達しないので、このような断層は除外する。

- (3) 活断層で発生する地震の長期評価では、平均活動間隔が特定できない断層は、地震の発生確率が不明と評価されている。このような断層については、地震の発生確率を求めるための調査が必要である。

なお、平均活動間隔が特定できないものの、最新活動時期についての情報が得られている断層がある。これらのうち、最新活動時期からの経過時間が短い断層については、地震の発生確率が相対的に低くなることが予想されるので、補完調査の対象としないこととする。具体的には、最新活動時期から 500 年経過していない断層は、平均

活動間隔をこれまで評価された断層の中で最も短い 800 年と想定した場合でも、地震の今後 30 年以内の発生確率が 3%に達しないので、これを対象から除外する。

5. 今後、基盤的調査観測を行う場合の優先度に関する基本的考え方

今後の活断層調査においては、調査対象となるべき基準を満たすにもかかわらず、未だ長期評価に必要な調査が実施されていない点を重視し、追加調査を優先する。

次に、補完調査としては、調査対象となるべき基準を満たすことが明らかになったもので、主要 98 断層帯に含める形で位置・形状のみを評価したものを、追加調査に準ずる位置づけとして優先する（※）。

上記以降の順位については、調査の結果、将来の地震の発生確率が高いと評価される可能性を考慮し、次に示す順序のとおりとする。

- 地震発生最大の確率が 3%以上、最小確率が 0.1%未満の断層、または、最大確率と最小確率の幅が概ね 10%を超える断層
- ポアソン過程を適用して地震の発生確率を求めた断層（平均活動間隔が約 9000 年以上の断層を除く。）
- 地震の発生確率が「不明」の断層（追加調査に準ずる位置づけの断層（上記※）及び最新活動時期から 500 年経過していない断層を除く。）

なお、追加調査及び補完調査を行うに当たっては、対象となる断層の特徴を踏まえて、調査手法の妥当性、特に沿岸域における現行調査手法の改良の余地、調査に要する費用と期待される成果等について十分な検討を行った上で、実際に調査を実施する対象を決定する必要がある。

Ⅱ－２．活断層で発生する地震を対象とした重点的調査観測

１．重点的調査観測の目的と対象

基盤計画の見直し等においては、基盤的調査観測網の果たしてきた役割を更に高度化する観点から重点的調査観測の主な目的を以下のように３点掲げている。

- 長期的な地震発生時期、地震規模の予測精度の向上
- 強震動の予測精度の向上
- 地殻活動の現状把握の高度化等地震発生前・後の状況把握

活断層で発生する地震を対象とした重点的調査観測の目的については、基盤計画の見直し等の指摘を踏まえ、さらに、海溝型地震と比較して活断層で発生する地震の発生間隔が長いこと等を考慮し、以下のとおりとする。

目的Ⅰ：長期的な地震発生時期及び地震規模の予測精度の向上

目的Ⅱ：地殻活動の現状把握の高度化

目的Ⅲ：強震動の予測精度の向上

重点的調査観測の対象としては、基盤計画の見直し等において示された考え方に基づき、全国を概観した地震動予測地図上で、将来強い揺れに見舞われる可能性の高い地域において、その揺れをもたらす原因となる地震を社会的影響も考慮しつつ選定することとする。

具体的には、当面取り組むべき調査観測の対象として、将来地震が発生した場合に予想される地震の規模が大きく（マグニチュード８程度を目安とする）、地震の発生確率が高い断層、及び首都圏等の人口の密集地において地震の発生確率が高いとされた断層を取り上げることとし、前者としては、糸魚川－静岡構造線断層帯、富士川河口断層帯、中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）、後者としては、神縄・国府津－松田断層帯、三浦半島断層帯（主部／武山断層帯）、琵琶湖西岸断層帯等を候補とすべきと考える。

２．重点的調査観測に求められる観点

活断層で発生する地震を対象とした重点的調査観測の３つの目的を達成するためには、次の観点を踏まえた取組を進めることが重要である。

（１）地震規模の予測手法の高度化

地震とは、地下の岩盤が断層面に沿って破壊し、ずれることであるが、この断層面の大きさ（長さ、幅）は、発生する地震の規模と強い相関関係がある。このため、断層面の大きさを正確に評価することは、その断層で発生する地震の規模を推定する上で重要である。

規模の大きな地震では、断層面が地下の広い範囲でずれた結果として、地表に地震断層やその他の断層変位地形が出現する。したがって、地表における調査を高度化することによって、断層の分岐や屈曲の分布及び断層沿いの変位量分布を詳細に把握し、断層で地震が発生する場合に一度にずれる範囲（長さ）を特定することが可能となる。

また、地殻構造探査を実施して、断層の地下深部での形態（断層の深さ方向の幅や傾斜等）を解明することによって、震源断層の三次元構造を推定することが期待できる。

このように、地表及び地下の断層形状を高精度に把握することは、断層の活動区間の評価、発生する地震の規模の評価を高度化する上で極めて重要である。

(2) 断層周辺における地殻活動の現状把握の高度化

断層周辺における地殻活動の現状把握においては、地震連続観測や GPS 連続観測が不可欠である。しかしながら、現時点では、断層長に対して観測網が粗く、また、地殻構造が不均質であること等があり、既存の観測網によって得られる結果だけでは、活断層で発生する地震の長期評価の高度化へ貢献するという点において、十分な現状把握が行われていたとはいえない。したがって、重点的調査観測では、これまでよりも高密度な観測を行うことにより、断層を対象とした地殻活動の現状把握を高度化することが重要である。また、地殻の不均質構造を解明するため、地球物理学的手法を用いた調査観測を実施すること、更にそのデータを蓄積することが重要である。

(3) 地震発生時期の予測手法の高度化

断層で発生する最大規模の地震は、固有地震モデルに基づき発生すると考えられている。したがって、断層の今後の活動を高い精度で予測するためには、その断層における過去の活動履歴をより高精度に解明することが不可欠である。

これまで、断層の過去の活動履歴は、主としてトレンチ調査によって解明されることが多かった。トレンチ調査の有効性は今後も変わることはないと考えられるが、地表付近が撓曲（とうきょく）を呈している断層等、トレンチ調査が必ずしも有効とは限らない場合もある。重点的調査観測では、反射法探査やボーリング調査を組み合わせる等、個々の断層に対してふさわしい調査手法を用いて活動履歴を解明していく必要がある。また、断層周辺における強震動による痕跡等も、活動履歴の解明に有効である。

(4) 強震動予測手法の高度化

強震動予測の高度化のためには、(1)～(3)の過程で得られる成果を総合的に解析し、断層の三次元形状等の巨視的特性、断層内の強震動発生領域（アスペリティ）の位置や大きさ等の微視的特性、破壊開始点等のその他の特性を把握した上で断層モデルを構築すること、さらに、震源から地表に至る地震波の伝播特性、地震波の堆積層での増幅特性を適切に評価するために、高精度の地下構造モデルを構築することが重要である。

これまで行われた活断層の強震動評価では、微視的特性やその他の特性に関する情報が少なかったが、重点的調査観測の推進に当たっては、それらの情報を蓄積していくことが重要である。

～（中略）～

4. 具体的な調査観測項目

上記3.の成果を踏まえ、重点的調査観測で実施すべき主な調査観測項目を以下のとおりとする。なお、解析に当たってはその他の観測項目から得られるデータも有効に活用する必要がある。

(1) 地震規模の予測の高度化

変動地形調査

断層を対象とした地殻構造探査

重力探査

高感度・広帯域地震観測

(2) 断層周辺における地殻活動の現状把握の高度化

高感度・広帯域地震観測

GPS 等による地殻変動観測

電磁探査

(3) 地震発生時期予測の高度化

変動地形調査

トレンチ調査・浅層ボーリング調査等の地質学的調査

史料等による過去の地震に関する調査

(4) 強震動予測の高度化

強震観測

堆積平野の地下構造調査

5. 調査観測項目毎の内容

(1) 変動地形調査

断層の位置や地震発生時に一度にずれる範囲（長さ）、ずれの量を詳細に把握することを目的に、地表に表れている断層について、航空写真測量と航空レーザースキャナー計測等を行い、地表面の詳細な高密度数値モデルを作成する。また、作成したモデルから、変位地形に現れた断層運動による累積的な変位量を高密度で計測し、年代測定と地形学的計測に基づき平均変位速度分布を明らかにする。発展的な課題ではあるが、地表に現れた変位量の特徴を明らかにすることにより、精度のあるアスペリティの分布状況の把握を目指す。

(2) 断層を対象とした地殻構造探査

断層の地下構造の解明を目的として、反射法地震探査を実施する。実施に当たっては、活動区間等を考慮しつつ、最浅部（100m 以浅）での高分解能浅層反射法を実施するとともに、浅部（～約 2km）、深部（約 2km 以深）までの反射法地震探査を組み合わせる。特に深部の探査については、屈折・広角反射法地震探査も併せて実施するよう努め

る。

なお、過去に実施されたデータを再吟味し、新たに得られた結果と合わせて総合的に解析することも重要である。

（３）重力探査

重力探査により得られる地下の密度構造の推定結果は、断層を対象とした地殻構造探査の結果と相補的に解析することができ、断層周辺の浅部構造解明に重要なデータである。そのため、制御震源や自然地震を用いた地殻構造探査の測線と組み合わせて実施することに努める。

（４）高感度・広帯域地震観測

断層周辺の地震発生層の上限及び下限の深さを正確に求めるため、微小地震活動に対する検知能力を向上させ、断層周辺の地震活動を正確に把握することが重要である。そのため、基盤的調査観測網と組み合わせ、連続地震観測点を約 10km 間隔の三角網を構築することを目安に整備する。これらの観測は、長期にわたり継続することが重要であり、およそ 10 年間を目途に行う。

また、より高精度な震源分布を求めるために、数 km 間隔の三角網を構築することを目安に稠密アレイ観測網を展開し、機動的な繰り返し観測を行う。解析に当たっては、地殻構造探査の結果を基に最適な速度構造モデルを作成し、詳細な震源を求める。

さらに、断層周辺の局所的な応力を推定するため、稠密アレイ観測網で得られるデータを用いて、小さな地震を対象として発震機構解を求める。

（５）GPS 等による地殻変動観測

断層周辺の詳細な地殻変動を把握するためには、既存の GPS 連続観測網と組み合わせ、約 5~8km 間隔を目安とした GPS 観測点を整備する必要がある。この観測点は連続観測点であることが望ましいが、全てを連続観測点として整備するには難しい面もある。したがって、歪み速度を勘案しつつ、当面は GPS 稠密繰り返し観測を実施し、周囲の GPS 連続観測点のデータと合わせて解析することにより、断層周辺における詳細な地殻変動の分布を明らかにする。

また、GPS 連続観測網や稠密繰り返し観測からだけでは捉えられない地殻変動の空間的な変動を把握することも重要であり、衛星を用いた合成開口レーダーによる面的な地殻変動観測を実施するよう努める。

（６）電磁探査

地下の電気比抵抗分布は、地殻を構成する岩石の物性や地殻内流体の分布に敏感である。地震探査による弾性的性質とは独立の物理量を得ることによって、地殻構造等の解明を進

めることができる。そのため、制御震源や自然地震を用いた地殻構造探査の測線と組み合わせ、電磁探査を実施するよう努める。

(7) トレンチ調査・浅層ボーリング調査等の地質学的調査

断層の活動履歴を精度よく把握するため、トレンチ調査、浅層ボーリング調査、地層採取調査等を実施する。沿岸域や湖沼においては、高分解能音波探査や海底層・湖底層の地層採取調査を実施する。解析に当たっては、最浅部の高分解能反射法の結果も合わせて解析を行う。また、過去に行われたトレンチ調査等が存在する場合は、その結果の再吟味も有効である。

(8) 史料等による過去の地震に関する調査

断層の活動によると思われる歴史上に生じた地震の実態を、史料を基に調査する。調査した結果は、現在の震度に換算し精密な震度分布図等にまとめ、対象とする地震による強震動の特徴を明らかにする。また、断層の周辺における考古学的調査（考古遺跡の液化化痕跡等の調査）により、強震動発生履歴を解明する。

さらに、(7)の地質学的調査の結果と合わせて解析を行い、活動区間の連動性やより高い頻度で発生する地震のパターンについても明らかにするよう努める。

(9) 強震観測

断層付近に存在し、強い揺れに見舞われる可能性の高い大規模な平野や盆地においては、精密な強震動予測を行うために、基盤的調査観測網より密な強震観測を実施し、地震動特性を把握する。

(10) 堆積平野の地下構造調査

平野や盆地の深い地下構造、表層の地盤構造を明らかにするために、人工震源や自然地震を用いた地下構造調査、微動探査、ボーリング調査及び既存の表層地盤データの収集・整理を実施する。

以上の(1)～(10)で得られた成果を総合的に解析することで、より高度な断層モデル、地下構造モデルの構築が可能となる。これらのモデルを用いることによって、強震動の予測精度の向上を目指す。

II-3. 今後に向けて

地震発生メカニズムの理解を推進し、地震発生時期の予測手法の高度化を行うためには、地殻応力を直接測定することが重要であるが、旧来の水圧破碎法等の測定手法については未だ改良の余地がある。したがって、重点的調査観測の項目とすることは見送るが、今後、

手法の改良を進め、地殻応力の測定を実施することが求められる。

また、海域（沿岸域を除く。）に存在する活断層については、水深が深い地域に位置していること等の理由により、陸上あるいは沿岸域に存在する活断層と同様の手法で調査及び評価を行うことが難しい。そのため、海域の調査に有効な調査観測の手法や実施体制について検討する必要がある。

なお、今後の調査の進展に伴う新たな知見の獲得や長期評価の手法の高度化等によって、基盤的調査観測としての活断層調査の対象を更に追加する、あるいは補完調査の対象を見直すといったことが必要となる可能性がある。また、活断層で発生する地震を対象とした重点的調査観測の対象候補についても、同様である。

Ⅲ. 海溝型地震を対象とした重点的調査観測

1. 重点的調査観測の目的と対象

海溝型地震の重点的調査観測の目的については、基盤計画の見直し等の指摘や海域における観測網の整備状況等を踏まえ、さらに、津波への対応も重要であることを勘案し、基盤的調査観測が目的とした「津波予測の高度化」のさらなる精度向上を目指すことも新たな目的に加えることとして、以下のとおりとする。

目的Ⅰ：地殻活動の現状把握の高度化等地震発生前・後の状況把握

目的Ⅱ：長期的な地震発生時期、地震規模の予測精度の向上

目的Ⅲ：強震動の予測精度の向上

目的Ⅳ：津波の即時的な予測精度の向上

重点的調査観測の対象としては、基盤計画の見直し等において示された考え方に基づき、全国を概観した地震動予測地図上で、将来強い揺れに見舞われる可能性の高い地域において、その揺れをもたらす原因となる地震を社会的影響も考慮しつつ選定することとする。

具体的には、南海トラフで発生する東海地震、東南海地震、南海地震、日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震を候補とする。また、首都圏等の人口の密集地において地震の発生確率が高いとされた、南関東で発生するマグニチュード7程度の地震も候補とする。このうち調査対象域の広い日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震については、対象選定の趣旨にかんがみ、宮城県沖地震、根室沖の地震、三陸沖北部の地震を、当面取り組むべき重点的調査観測対象の優先的な候補とする。

なお、東南海・南海地震については第一次報告で、日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震については中間報告で、重点的調査観測の対象と位置づけ、先行的に調査観測を実施している。

2. 海溝型地震に関する知見と重点的調査観測に求められる観点

(1) プレート境界で発生する地震に関する知見

近年の研究により、海溝型地震の発生に大きな影響を持つ海溝付近でのプレートの結合に関しては、その状態がプレート境界面上で空間的に一様ではなく、非地震性すべり（準静的すべり）が卓越している領域と地震性すべりが卓越する領域（アスペリティ）に分かれていることが分かってきた。準静的すべりの進行によりアスペリティに歪みが蓄積し、この歪みを解消するためアスペリティ自体が滑るときに地震が発生すると考えるモデルが提唱されている。

基盤的調査観測である陸域のGPS観測や地震観測により、日本列島周辺のプレート境界においても、このような準静的すべり域及びアスペリティの分布が推定されるようになった。さらに、平成15年十勝沖地震では、昭和27年十勝沖地震とほぼ同じアスペリティが滑ったことが示されるとともに、地震後にそのアスペリティ周辺で余効変動（準静的すべり）の大きな領域が観測された。

また、海域における地殻構造調査や不均質構造の解析等からアスペリティを推定する研究も進められている。

今後は、アスペリティの位置・大きさ・空間分布、複数のアスペリティの相互作用を含めたアスペリティの活動履歴、さらには、アスペリティ周辺の準静的すべりの進行を詳細に把握することが重要である。

(2) 海溝型地震を対象とした重点的調査観測に求められる観点

以上のような知見を踏まえ、海溝型を対象とした重点的調査観測では、次の観点が重要である。

①地震活動の現状把握の高度化

プレート境界で発生する地震の正確な震源分布を得ることで、プレートの巨視的な形状を把握することが可能となる。また、海溝型地震発生メカニズムの理解を推進するためには、小繰り返し地震の活動を含め、アスペリティ周辺の地震活動を詳細に把握することが重要である。

②地殻変動の現状把握の高度化

陸域の GPS 観測網により、プレート境界の準静的すべりの進行やアスペリティの存在が推定されるようになった。今後は、陸域の高密度な観測に加え、海域における地殻変動観測を充実し、その観測精度を向上させることが重要である。

③地震発生に関する多様性の把握

現在、地震発生の長期的予測は、過去に発生した地震に基づき次の地震発生を統計的に予測する手法が中心であり、この手法の高度化を進めることが重要である。そのため、今後も地震記録による調査、史料を用いた調査及び地質学的調査等を実施し、対象とする震源域で繰り返し発生した地震について、アスペリティの位置や大きさ、さらに、複数の想定震源域が連動して発生したか、津波地震であったか等の多様性を把握することが重要である。

④プレート境界地震の発生モデルの高度化

海溝型地震の発生メカニズムを解明するには、アスペリティの位置や大きさの高精度な推定、アスペリティ周辺における準静的すべりの高精度な推定、地震発生に関する多様性の把握等を推進し、プレート境界における歪みの蓄積過程に関する理解を更に深めることが必要である。そのためには、海溝型地震を対象とした重点的調査観測やその他の調査観測等から得られる成果を総合的に解析することが重要である。

⑤震源過程、地震波伝播特性の把握

強震動予測については、既存データから断層モデル・地下構造モデル等を構築し、予測計算を行っている。しかし、モデルの構築及び予測計算に必要なデータが十分ではなく、仮定したデータを用いざるを得ない状況にある。モデル及び予測計算の精度向上を目指したデータ取得の取組が重要である。特に、プレート境界の巨大地震においては長周期地震動が生成され、厚い堆積層の存在する場所では、長周期地震動が増幅されることが分かっている。今後は、長周期地震動の予測に係るデータ取得やモデルの高度化が重要である。

⑥より精度の高い津波予測を目指した観測

現在の即時的な津波予測は、比較的短周期の地震動を観測し、震源やマグニチュード等を求め、モデルに当てはめることで行っている。地震の際に生成される比較的短周期の地震動を、地震規模に見合って観測できる場合、あるいは、十分大きな地震動が観測できる場合には、現在の予測手法でも、警報としての役割を果たしうる津波予測ができると考える。しかし、長周期地震動が卓越するような地震に関しては、地震規模が正確には捉えられず、予測される津波の規模が過小評価になる可能性がある。このため、海溝付近における津波発生の直接的観測や、波源モデルの即時的な推定に関する取組が重要である。

～（中略）～

4. 海溝型地震の重点的調査観測の観点に対する調査観測項目

上記3. で記述した調査観測の成果や科学的な知見を踏まえつつ、2. で挙げた観測に対応する調査観測項目をまとめると以下のとおりである。なお、ここでは特に有効であると考えられる調査観測項目を挙げることにしたが、解析に当たっては、その他の観測項目から得られるデータも活用する必要がある。

観点① 地震活動の現状把握の高度化

海域におけるケーブル式海底地震計による地震観測

自己浮上式海底地震計による地震観測

陸域における高感度・広帯域地震観測

観点② 地殻変動の現状把握の高度化

GPS／音響測距結合方式等による海底地殻変動観測

陸域におけるGPS連続観測

水準測量・潮位観測による地殻変動観測

人工衛星搭載型の合成開口レーダーによる面的地殻変動観測

観点③ 地震発生の多様性等の把握

過去の地震・津波観測データによる調査

古地震・古津波調査及び完新世地殻変動調査

観点④ プレート境界地震の発生モデルの高度化

プレート境界域及び島弧地殻の人工震源を用いた構造調査

海域におけるケーブル式海底地震計による地震観測

自己浮上式海底地震計による地震観測

陸域における高感度・広帯域地震観測

GPS／音響測距結合方式等による海底地殻変動観測

陸域における GPS 連続観測

水準測量・潮位観測による地殻変動観測

人工衛星搭載型の合成開口レーダーによる面的地殻変動観測

観点⑤ 震源過程、地震波伝播特性の把握

過去の地震データによる調査

強震観測

プレート境界域及び島弧地殻の人工震源を用いた構造調査

堆積平野の地下構造調査（既存の表層地盤データの収集、整理を含む）

古地震・古津波調査及び完新世地殻変動調査

観点⑥ より精度の高い津波予測を目指した観測

リアルタイムの水圧計（津波計）観測

3 成分歪計等の観測機器を利用した地震動の観測

なお、海域における地形・活断層調査については、基盤的調査観測に位置づけられており、重点的調査観測を推進するに当たっても有効なデータとなると考えられる。

5. 調査観測項目毎の強化内容

上記 4. で挙げられた調査観測項目について、具体的な強化内容は以下のとおりである。
ここでは関連する観測項目毎にまとめた。

（1）地震観測

① 海域における地震観測

基盤的調査観測である陸域における高感度地震観測と同様に、想定震源域の直上及びその周辺海域において、同一地点で長期間にわたり観測を行うことが望ましい。観測点配置については約 20km 間隔の三角網を構築することを目安としつつ、沈み込むプレート上面の深さを考慮して観測点間隔を調整する。

○ ケーブル式海底地震計

ケーブル式海底地震計は、基盤計画の見直し等において「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」に位置づけられている。陸域・海域のデータを一元的に処理し、地震活動の的確な現状把握を行うには、リアルタイムのデータ取得が極めて重要であることを考慮し、今後もその整備を最優先とする。

なお、ケーブル式海底地震計を整備する際には、水圧計（津波計）の併設等を行い、こ

れについても面的な設置がなされるよう配慮する。

○自己浮上式海底地震計

ケーブル式海底地震計の重要性は言うまでもないが、海域におけるケーブル式海底地震計の整備が必ずしも進んでいないのが現状である。地震活動度が相対的に高い領域、隣接する震源域の境界領域、想定されるアスペリティ及びその周辺域等地震活動を継続的に把握する必要がある領域においては、自己浮上式海底地震計を用いて継続的な観測を行うこととする。

また、ケーブル式海底地震計を敷設した後であっても、更に密な観測を行う必要がある場合には、自己浮上式海底地震計を組み合わせる地震観測を行う。なお、自己浮上式海底地震計による地震観測については、多くの実施主体により行われることが想定されるので、観測や解析を効果的・効率的に実施することができるよう、関係機関は十分に連携を図るものとする。

②陸域における高感度・広帯域地震観測

プレート境界の状況を推定するためには、想定震源域及びその周辺で発生している小繰り返し地震、プレート境界で発生する長周期成分が卓越する地震（ゆっくり地震）等の活動をより正確に把握することが重要である。この点を踏まえ、基盤計画に示されている目標を達成するための高感度地震観測施設と広帯域地震観測施設の整備を最優先とする。

さらに、長周期の地震活動をより正確に把握するために、基盤計画に示されている広帯域地震観測よりも、更に長周期まで観測可能で、微小振幅から大振幅までの地震波も捉えることができる観測システムを、開発・整備することが重要である。なお、新たな観測点の設置に当たっては、温度変化等による長周期成分のノイズが問題になるため、これを避けること等を目的として、沿岸域に中・深層の観測井（1000～3000m 程度）を掘削し、設置することが望ましい。

（２）強震観測

大規模な平野や盆地における精密な強震動予測を行うために、基盤的調査観測網より密な強震観測を実施し、地震動特性を把握する。

なお、強震観測によって得られた記録を基に、想定震源域及びその周辺領域で発生している中規模（マグニチュード5程度）以上の地震の震源過程を把握することは、想定される巨大地震との相互作用を理解する上で重要であり、この意味においても、強震動観測は有効である。

さらに、巨大地震で生成され、厚い堆積層で増幅される長周期地震動特性の把握を進めるには、発生頻度の多い中規模地震を用いて、長周期地震の特性を解析することが有効である。そのためには、長周期の帯域で観測精度の高い性能を有する速度型強震計を用いる必要がある。

(3) 地殻変動観測

①GPS／音響測距結合方式等による海底地殻変動観測

想定震源域及びその周辺海域におけるプレート境界の変動に起因する地殻変動を高精度に把握するためには、その原因となる準静的すべり等が発生している直上で地殻変動観測を実施することが重要である。海溝型地震の想定震源域は、その大部分が海域であるため、高精度の地殻変動観測には、海底で観測することが必須である。

○GPS／音響測距結合方式による海底地殻変動観測の実施

想定震源域及びその周辺海域におけるプレート間結合の状況等を把握するために、基盤計画の見直し等で示された目標よりも高密度な観測点配置によって海底地殻変動観測を実施するよう努める。

また、より詳細にプレート間結合の状況等を把握するためには、プレートの移動速度を考慮した場合、現状の GPS／音響測距結合方式による海底地殻変動繰り返し観測精度（水平成分で 5～10cm）は決して十分なものとはいえない。そのため、当面、長期間安定して観測が実施できるような観測システムの構築と、水平成分で 2～3cm の繰り返し観測精度を目指した技術開発を推進する。

○水圧計（津波計）を利用した地殻変動観測の検討

水圧計（津波計）は、津波観測だけでなく地殻上下変動観測にも有効である可能性が指摘されている。そのため、地殻上下変動観測を目的とした水圧計（津波計）の利用の検討を進める。

②陸域における GPS 連続観測、水準測量・潮位観測による地殻変動観測

想定震源域及び周辺海域におけるプレート間結合の状況等を把握するため、陸域の地殻変動観測も重要である。基盤計画に示された陸域における GPS 連続観測による地殻変動観測の体制を維持しつつ、更に高密度な観測を実施する。具体的には、東海地域に整備されている GPS 連続観測網（約 15km 間隔）と同程度の観測点密度になるよう、観測点を整備する。

また、地殻変動の上下成分の正確な把握には、水準測量が有効な手法であるため、これを高頻度で実施する。

なお、GPS 連続観測点の整備に際しては、既存の潮位観測点への併設も考慮する。また、特異な地殻変動が現れた場合等には、必要に応じて、空間分解能を更に向上させるため、より高密度の GPS 観測を機動的に行うよう努める。

③人工衛星搭載型の合成開口レーダーによる面的地殻変動観測

想定震源域及びその周辺海域におけるプレート間結合の状況を陸域の地震活動等との相互作用の観点から理解するためには、GPS 連続観測網からだけでは捉えられない面的な地殻変動を把握することも重要であることから、合成開口レーダーにより地殻変動を観測する。

(4) 地殻構造調査

①プレート境界域及び島弧地殻の人工震源を用いた構造調査

想定震源域及びその周辺海域におけるプレート境界面の巨視的な形状を明らかにするために、長測線の広角反射・屈折法調査による深部を対象とした構造調査を実施する。また、分岐断層の分布とその形状、プレート境界浅部の形状等の把握のために、反射法調査による浅部を対象とした構造調査を実施する。

さらに、強震動予測の精度向上に繋げるため、想定震源域と陸域間の地殻の速度構造を明らかにする。

なお、隣接する想定震源域の境界領域等の特に注目すべき領域については、より詳細な情報を得るために、三次元反射法調査を実施するよう努める。

②堆積平野の地下構造調査

平野や盆地等の深い地下構造、表層の地盤構造を明らかにするために、人工震源や自然地震、微動等を用いた地下構造調査を実施する。堆積平野における地下構造モデルの構築については、既存の表層地盤データの収集・整理を行った上で実施する必要がある。

(5) 過去の地震活動等の調査

①過去の地震・津波観測データによる調査

地震・津波観測データを用いて、過去に繰り返し発生した地震のアスペリティの位置や大きさ、津波の波源域、地震の発生様式（単独の想定震源域で発生したか、複数の想定震源域が連動して発生したか、津波地震であったか等）を調査することは、海溝型地震の多様性を把握する上で重要である。このことを踏まえ、過去に発生した海溝型地震について、本震のみでなくその発生の前後も含め、地震発生の一連の過程を通して地震活動の推移を把握する。また、震源域及びその周辺海域で過去に発生した中規模地震の震源過程を把握することは、想定される巨大地震との相互作用を理解する上で重要である。

なお、過去の地震観測データについては、記録が散逸しないよう体系的に整理し、長期保存可能な状態とする。

②古地震・古津波調査及び完新世地殻変動調査

過去の地震や津波による被害状況等については、文献等に残されているものがある。過去に発生した地震の発生時期、様式、地震の規模、津波の規模を明らかにするために、史料の調査を実施する。

また、史料にない地震については、地質学的調査（津波堆積物、完新世地殻変動、隆起海成段丘、深海底地震性堆積物等の調査）や考古学的調査（考古遺跡の液状化痕跡等の調査）が有効であり、これらの調査を実施する。

(6) より精度の高い津波予測を目指した観測

①リアルタイム水圧計（津波計）観測

海溝付近における水圧計（津波計）観測は、発生した津波を直接的に観測でき、津波が海岸に到達する前にその発生を把握することができる観測手法である。津波予測手法の高度化を目的として、水圧計（津波計）利用についての検討を進める必要がある。

②3 成分歪計（歪地震計）等の活用

平成 15 年十勝沖地震では、3 成分歪計で断層の生成に伴う歪地震動をとらえることができた。陸域における地震計で観測された加速度、速度、変位記録に加え、歪計による記録を用いることにより、即時的に断層モデルを推定できる可能性がある。今後、その手法の確立を目的とした検討を進める必要がある。

また、毎秒サンプリング及びリアルタイム伝送されている GPS 連続観測データを用いて、地震に伴う地殻変動を即時的に解析することで、極めて短時間に断層モデルを推定することが可能になりつつある。

このように、今後は地震観測と地殻変動観測を合わせて解析することで、即時的に断層モデルを推定し、津波予測精度の向上を図ることが重要である。

以上の調査観測で得られた成果を総合的に解析することで、より高度な断層モデル、地下構造モデルの構築が可能となる。これらのモデルを用いることによって、強震動の予測精度の向上を目指す。

6. 今後に向けて

海域における地震観測については、上記 5 - (1) にも述べたように、海溝型地震の長期予測精度及び強震動予測精度の向上に加えて、海域における地震活動を的確に把握し、観測結果を速やかに防災に活かすことまでをも考えた場合、リアルタイムの観測を面的に行う必要があり、ケーブル式海底地震計の整備が重要である。

現在、ケーブル式海底地震計を用いた調査観測を行おうとする際の困難の 1 つの要因として、整備に多額の経費を要することが挙げられる。これを克服するためには、新技術を採り入れたセンサーの開発、低コスト測器作製技術の開発を行い、ケーブル式海底地震計の低コスト化を図る必要がある。

なお、海溝型地震を対象とした重点的調査観測の対象候補については、今後の各種調査の進展等や長期評価の手法、地震動予測地図の高度化等に伴い見直すことが必要となる可能性がある。

地震に関する基盤的調査観測計画の見直しと 重点的な調査観測体制の整備について

※「Ⅰ 地震に関する基盤的調査観測の見直し」より p1～p6 を抜粋

平成13年8月28日

地震調査研究推進本部

I 地震に関する基盤的調査観測の見直し

基盤的調査観測計画においては、「基盤的調査観測として推進するもの」、「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」及び「手法の有効性、実施の在り方等について検討するもの」の3つに分類して、調査観測を推進してきたが、今後は以下の考え方に沿って調査観測を推進していくものとする。

(1)～(4)の調査観測については、引き続き「基盤的調査観測として推進するもの」に位置付ける。

(1) 地震観測

- 1) 陸域における高感度地震計による地震観測（微小地震観測）
- 2) 陸域における広帯域地震計による地震観測

(2) 地震動（強震）観測

- (3) GPS連続観測による地殻変動観測
- (4) 陸域及び沿岸域における活断層調査

また、(5)～(9)の調査観測については、以下の理由により、「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」に位置付ける。

(5) ケーブル式海底地震計による地震観測

(6) 海域における地形・活断層調査

(7) 地殻構造調査

- 1) 島弧地殻構造調査
- 2) 堆積平野の地下構造調査
- 3) プレート境界付近の地殻構造調査

(8) 海底地殻変動観測

(9) 合成開口レーダーによる面的地殻変動観測

(5) ケーブル式海底地震計による地震観測及び(6) 海域における地形・活断層調査は、引き続き、「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」に位置付ける。

また、(7) 地殻構造調査は、これまで基盤的調査観測計画において、「手法の有効性、実施の在り方等について検討するもの」に分類されていたが、関係機関において調査観測が順次実施され、手法が確立してきており、また、その調査が地震調査研究に極めて重要であることを踏まえ、「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」に位置付ける。

さらに、これまでほとんどデータが得られていない海底の地殻変動を把握することは、海域の地震の発生に至るまでの歪の蓄積についての知見が得られ、重要である。また、合成開口レーダーによる解析手法の開発の進展により、陸域における面的な地殻変動検出手法の有効性が確立されてきた。こうした状況を踏まえ、(8) 海底地殻変動観測及び(9) 合成開口レーダーによる面的地殻変動観測は、これまで基盤的調査観測計画で位置付けられていなかったが、同計画の「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」に位置付ける。

(1) 地震観測

1) 陸域における高感度地震計による地震観測（微小地震観測）

- 水平距離で約20 km間隔の三角網を目安として全国約1200点の高感度地震観測網を整備するよう努めることを目標としてきた。
- 現在、我が国の高感度地震観測は、気象庁及び大学等の観測点に、防災科学技術研究所により基盤観測施設として整備された高感度地震計（平成12年度末で520点）を含め、約1100点の観測施設で実施しており、観測空白域をなくすという当面の目標をほぼ達成しつつある。
- 今後、島嶼部及び内陸に残る一部観測点密度が粗な地域において、観測網の整備を引き続き進める。
- なお、大学の観測施設については老朽化が進みつつある現状にあり、今後更新する際には、適切な措置を関係機関で検討する。

2) 陸域における広帯域地震計による地震観測

- 水平距離で約100 km間隔の三角網を目安として全国約100点の広帯域地震計の整備に努めることを目標としてきた。
- 現在、我が国の広帯域地震観測は、大学により設置していた10点のほか、防災科学技術研究所により基盤観測施設として整備した広帯域地震計（平成12年度末で56点）で観測を実施。
- かなり整備が進みつつあるが、今後引き続き目標に向けた整備を進める。

(2) 地震動（強震）観測

- 水平距離で約20 km間隔の三角網を目安として設置する高感度地震計に併設して、地下の基盤に強震計を設置するとともに、これに近接して地表の強震計を配置するよう努めることを目標としてきた。
- 防災科学技術研究所において、平成12年度末までに、520点の高感度地震観測施設に併設する形で、地下の基盤での強震計の整備（これと地表の強震計を近接して配置）を推進。
- 今後、高感度地震観測施設の設置に併せ、地下の基盤での強震計の整備（これと地

表の強震計を近接して配置）を引き続き進める。また、関東・東海地域など以前から設置されていた観測点については、高感度地震観測施設の更新の際に、地下の基盤での強震計の整備（これと地表の強震計を近接して配置）に努める。

（３）ＧＰＳ連続観測による地殻変動観測

- 水平距離で約２０ｋｍの間隔の三角網を目安に全国約１２００点にＧＰＳ連続観測施設を設置することを目標としてきた。
- 国土地理院等において、平成１２年度末までに約１０５０点を整備してきたが、今後引き続き山岳地域等、観測点密度が粗な地域において観測施設の整備を進める。
- また、ＧＰＳ観測データをリアルタイムに収集・解析するシステムの構築は、地殻活動の迅速な把握に極めて重要であり、早急に進める必要がある。

（４）陸域及び沿岸域における活断層調査

- 調査対象とされた主要９８断層帯のうち、平成１２年度末で８８断層帯の調査に着手し、１４断層帯について評価結果を公表。
- 平成１６年度の地震動予測地図の作成に向けて、現時点で長期評価できないとされた断層帯の再調査を行うことを含めて、引き続き活断層調査を進める。
- なお、鳥取県西部地震のように、明確な活断層が認識されない場所で起こる地震については、調査手法の開発を含めて必要な研究を進め、その成果を踏まえた上で必要な対応を検討する。

（５）ケーブル式海底地震計による地震観測

- 現在、ケーブル式海底地震計による観測は、気象庁、防災科学技術研究所、大学、海洋科学技術センターにより、東海沖、房総沖、伊東沖、相模湾、釜石沖、室戸沖、釧路・十勝沖での整備に止まり、主要５海域（北海道太平洋側、東北地方太平洋側、日本海東縁部、中部・近畿地方太平洋側、室戸沖）のうち３海域（東北地方太平洋側、中部・近畿地方太平洋側、日本海東縁部）が未整備。
- 上記３海域は、地震調査研究にとって極めて重要な海域であり、必要な観測データを収集することは必要不可欠と考えられる。
- 今後、東北三陸沖、紀伊半島沖、日本海東縁において順次整備を進める。
- 将来的には、ケーブル式海底地震計については、想定震源域をカバーする形で面的に整備することが望ましいと考えられ、整備に当たっては拡張性を持たせることを考慮する必要がある。また、整備する時点での技術開発の成果を取り込みつつ、整備を行うことも必要である。

（６）海域における地形・活断層調査

- 現在、海上保安庁水路部においては、精密な海底変動地形調査及び超音波を用いた海底面の起伏調査を相模・南海トラフ、日本海溝および日本海東縁部において実施しており、引き続き地震活動が活発な海域において調査を実施する。
- 産業技術総合研究所（旧地質調査所）においては、日本周辺のほぼ全域について海底地質調査を実施してきており、残りの地域について今後も引き続き調査を進める。また、海域の活断層の活動性を把握するため、反射断面を用いた活断層評価手法や地震性堆積物を用いた地震再来周期の評価手法の検討を進める。

（７）地殻構造調査

１）島弧地殻構造調査

- 島弧地殻は実際に浅発地震が発生する場所であり、その構造調査は地震発生機構の解明に極めて重要である。
- 島弧地殻での人工震源を用いた弾性波探査による構造調査の有効性は確立されており、今後は日本列島を横断する測線での分解能の高い大規模な調査の実施に努める。なお、調査の実施の際には、地殻比抵抗構造探査による構造調査を同時に実施することが望ましい。
- これまで、東北奥羽脊梁山地及び北海道日高山地において調査を実施した。今後、関東、中部、近畿、中国・四国、九州においても日本列島を横断する測線での調査を基本としつつ、順次実施に努める。将来的には、関東、近畿については、面的な測線での調査が望ましい。
- この際、プレート境界付近の地殻構造調査との連携にも留意することが望ましい。

２）堆積平野の地下構造調査

- 地震調査委員会が平成１６年度を目途に行う地震動予測地図の作成のために、主な堆積平野の地震基盤（Ｓ波速度で約３ｋｍ／ｓに相当する層の上面）を含む、より深部の地層から地表までの地下構造についての知識を得ることが不可欠。
- これまで、一部の主な堆積平野（関東平野南部、京都盆地及び濃尾平野）において、反射法地震探査、屈折法地震探査、微動アレー探査等の手法を組み合わせ、３カ年の調査を実施し、その手法の有効性が確立された。
- 今後、全国の主な堆積平野について順次調査を進める。

３）プレート境界付近の地殻構造調査

- 我が国近海ではプレート間大地震が繰り返し発生する間隔はおおよそ数１０年から２００年程度であり、プレート内地震に比べその発生頻度が高いことから、プレート間地震の発生機構を解明することは重要であり、そのため海底下のプレート境界付近の地殻構造についての知見を得ることが必要である。
- これまで、人工震源を用いた弾性波探査により、南海トラフ、日本海溝、千島・カムチャツカ海溝にほぼ直交する海域の測線で調査を実施しており、今後、相模トラ

フ、日本海東縁部についても調査を順次進める。

(8) 海底地殻変動観測

- 解析精度の向上をさらに図る必要があるものの、海上保安庁水路部及び大学での調査研究により、GPS／音響測距結合手法の有効性が確立されてきた。
- これまで、三陸沖から紀伊半島沖にかけて海岸線から100kmの地点に観測点を設置してきており、今後、海上保安庁において海岸線に平行して100km間隔で観測点を整備し、想定震源域をカバーするように、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、南西諸島海溝、千島・カムチャツカ海溝、日本海東縁部において整備を進める。なお、海上保安庁や大学等での技術開発の成果を取り込みつつ、整備を行うことも必要である。

(9) 合成開口レーダーによる面的地殻変動観測

- 国産衛星であるJERS-1等のデータを利用した合成開口レーダーによる解析手法の開発により、陸域における面的な地殻変動検出手法の有効性が確立されてきた。
- これまで兵庫県南部地震や鳥取県西部地震等に伴う地殻変動を検出しており、今後、全国の主要な活断層付近及び海溝型地震の沿岸域など地殻変動の出現が予想される領域において、合成開口レーダーによる面的地殻変動観測を進める。なお、衛星に搭載したLバンド合成開口レーダーは、我が国のような深い植生で覆われた地域でも面的地殻変動観測を効果的に行うことが可能であることから、これを搭載した衛星の打ち上げ・運用、取得したデータの幅広い流通の早期実現が望まれる。

