

今後の重点的調査観測について (平成 17 年 8 月 30 日)

※「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

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、地震規模に見合っただけで観測できる場合、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. で挙げた観念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ことで地震観測を行う。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（考古遺跡の液化化痕跡等の調査）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。