

暫定版

「活断層の長期評価手法」報告書

平成22年11月25日

地震調査研究推進本部 地震調査委員会  
長期評価部会

# 目次

はじめに	1
1. 活断層長期評価の高度化に向けた検討課題	3
1.1 評価対象の設定に関する課題－評価対象とする活断層・地震と地域評価－	3
1.2 地表での位置・形状評価に関する課題－活断層位置情報の精緻化－	4
1.3 震源断層の推定に関する課題－強震動予測への貢献－	5
1.4 過去の断層活動に関する課題－イベント認定の信頼度向上に向けて－	6
1.5 地震規模の評価に関する課題－長い断層、短い断層、連動した活動－	6
1.6 将来の断層活動の評価に関する課題－多様な地震発生の予測への対応－	7
1.7 その他の課題	8
1.7.1 データの集約的活用	8
1.7.2 断層活動に伴う事象への考慮	8
2. 検討内容と今後の評価手法への反映事項	9
2.1 評価対象の設定	9
2.1.1 対象とする活断層	9
2.1.2 活断層の評価単位	9
2.1.3 近接する断層の相互関係	10
2.1.4 地域評価の導入	11
2.1.5 広域テクトニクスに関する情報の活用	11
2.2 地表における位置・形状評価	13
2.2.1 位置・形状評価の改善	13
2.2.2 端点の認定とその信頼度	13
2.2.3 信頼度に応じた断層線の表現	14
2.2.4 「ずれ」と「たわみ」を生じる範囲の評価	14
2.3 地下の震源断層の推定	15
2.3.1 地下における断層の長さ	15
2.3.2 断層面の三次元形状の推定	16
2.3.3 アスペリティ分布および破壊開始点の推定への情報提供	17
2.4 過去の断層活動について	18
2.4.1 データの空間的代表性と適用範囲	18
2.4.2 断層活動認定の信頼度	18
2.4.3 断層活動の発生時期の絞り込み	21
2.4.4 イベント欠損を考慮した平均活動間隔の算出	21
2.4.5 オフフォールト古地震情報の活用	22
2.4.6 海岸の地震性隆起・沈降に関する情報の活用	22
2.5 地震規模の評価	24
2.5.1 想定すべき地震	24
2.5.2 複数の断層が連動して発生する地震の規模	25
2.5.3 長大な活断層で発生する地震の規模	26

2.5.4	短い活断層で発生する地震の規模	28
2.5.5	地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の規模	28
2.6	将来の断層活動の評価	30
2.6.1	ばらつき $\alpha$ の再検討	30
2.6.2	近接する断層の活動による影響評価	30
2.6.3	地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の発生確率	31
2.6.4	連動可能性の評価	33
2.6.5	複数の可能性を考慮した場合分け	33
2.6.6	地震危険度の確率値以外での表現	34
2.7	その他	35
2.7.1	情報のデータベース化と地理情報システムの活用	35
2.7.2	沿岸海域活断層による津波	35
3.	新しい活断層評価手法	36
3.1	新しい活断層評価の概要	36
3.1.1	活断層評価の単位	36
3.1.2	活断層評価の構成	46
3.2	「評価地域」における活断層の長期評価	48
3.2.1	評価対象の設定	48
3.2.2	「評価地域」の概要	51
3.2.3	活断層で発生する地震	55
3.2.4	「評価地域」における長期評価	62
3.2.5	今後に向けて	63
3.3	「断層帯」のシナリオ評価	64
3.3.1	「断層帯」の概要	64
3.3.2	「断層帯」を構成する活断層	66
3.3.3	将来の断層活動	70
3.3.4	今後に向けて	77
3.4	「単位区間」の評価	78
3.4.1	活断層の概要	78
3.4.2	断層の位置・形態	80
3.4.3	断層面の形状	83
3.4.4	過去の断層活動	85
3.4.5	活動時の地震規模	98
3.4.6	地震後経過率	102
3.4.7	今後に向けて	103
3.5	文章体裁の取り決め	104
4.	今後の活断層評価に必要とされる調査観測	105
4.1	全国規模での沿岸海域活断層調査	106
4.1.1	海底地形計測	106
4.1.2	高精度海上音波探査	106

4.1.3	海底堆積物採取	107
4.1.4	海陸を統合した地下構造探査	107
4.1.5	旧汀線指標を用いた活動履歴調査	107
4.1.6	津波発生評価に資する調査観測	107
4.2	活断層の詳細位置を評価するための体系的調査	108
4.2.1	高精度な空中写真判読	108
4.2.2	航空レーザー測量	108
4.2.3	断層位置確認のための地形・地質調査	109
4.3	震源断層の三次元位置・形状評価のための調査	110
4.3.1	反射法地震探査	110
4.3.2	重力異常データの活用	110
4.3.3	地震波トモグラフィーなどによる構造調査	110
4.3.4	広域的な変位地形の地形・地質調査	111
4.3.5	ボーリングデータの活用	111
4.4	年代測定の精度・信頼度向上のための調査	112
4.4.1	炭素同位体年代	112
4.4.2	火山灰編年	112
4.4.3	その他の年代測定手法の活用	112
	おわりに	114
付録1 新たな評価手法に基づく評価の体裁		
	(1) 「地域評価」の体裁	
	(2) 「単位区間」の評価の体裁	
付録2 委員会名簿・会議開催記録		

## はじめに

地震調査研究推進本部は、地震による被害の軽減に資するための施策として、平成9年8月に「地震に関する基盤的調査観測計画」を策定し、調査観測計画の一項目として活断層調査を挙げた。調査対象となる活断層は全国で98断層帯にわたり、地方公共団体や研究機関などによる調査が行われてきた。平成17年8月には「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）」がとりまとめられ、新たに12断層帯が調査対象に追加されるとともに、補完調査の必要性が指摘された。また、98断層帯の評価が一通り終了したことを機に、98断層帯の評価結果を整理した「基盤的調査観測対象活断層の評価手法」が公表された。

活断層の長期評価手法は、調査・観測技術の進歩やデータの増加、研究の進展、あるいは社会的要請にこたえる形で常に見直しが図られてきた。このため、継続的に評価手法の見直しや新たな評価手法の導入を図り、長期評価手法の高度化を実施するという観点から、「活断層評価手法等検討分科会（以下、「検討分科会」という。）」が平成17年1月に長期評価部会の下に設置され、現行の評価手法を改良し、予測精度・信頼度を向上させるための検討を進めてきた。

検討分科会においては、長期評価手法の高度化に向けて、①新たな評価手法の導入、②必要とされる活断層調査に関する提言、③これまで活用されてこなかったデータの取り込み、を実現するため、作業グループ形式の検討作業を行ってきた。このうち、今後の活断層長期評価の実施にあたって必要とされる調査観測に関しては、平成20年6月17日に「今後の活断層評価に向けて推進すべき調査観測について」としてとりまとめられ、調査観測計画部会に報告されている。本報告書は、検討分科会設置以降、平成22年11月に至るまでの検討の結果を取りまとめたものである。

なお、平成21年4月21日に策定された、将来を展望した新たな地震調査研究の方針を示す「新たな地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―（以下、「新総合基本施策」という。）」においては、当面10年間に重点的に実施する調査研究として、活断層等に関連する調査研究による情報の体系的収集・整備及び評価の高度化が挙げられており、活断層評価の高度化が基本目標に設定されている。

本報告書の第1章では、現行の長期評価における問題点を提示し、それを解決するために必要な検討課題を整理している。第2章では、前章で示したそれぞれの課題について検討した内容を詳細に記述するとともに、今後の長期評価に反映すべき知見を示した。第3章では、第2章に示した検討結果を踏まえて構築した新しい活断層評価の手法について、従来との相違点がわかるように「基盤調査観測対象活断層の評価手法」の体裁を踏襲した形式で新しい評価手法の流れを示した。第4章では、高度化された評価を実現するために

必要となる活断層調査について、その内容と具体的な調査手法について整理した。

なお、付録資料として、新手法に則って試行した地域評価の体裁（付録1-1）と単位区間の評価の体裁（付録1-2）及び委員会名簿と会議開催記録（付録2）を付している。報告書本文と併せて参照頂きたい。

などの地球物理学的調査結果や、地質調査結果から断層の地下構造を推定することが望ましい。また、地表面の変形から地下における震源断層の形状がある程度推定できることから、断層線の詳細な位置・形状や断層近傍におけるずれの大きさ、断層の運動に関連した褶曲、傾動、隆起、沈降など地表面の変形を評価する必要がある。

#### 1.4 過去の断層活動に関する課題—イベント認定の信頼度向上に向けて—

現行の長期評価では、ボーリング調査やトレンチ調査による過去の活動時期の認定において、断層活動の証拠が認められた地層（活動層準）もしくは直下の地層の形成年代とそれを覆う地層の形成年代で挟まれた期間を活動時期とし、それらの上限値と下限値の推定幅の間に活動があったとしている。この方法では、断層活動の発生時期の上下限を確実に把握することが出来るが、年代測定を実施した試料を採取した位置に大きく依存するため、年代試料や地層そのものが活動層準の近傍に存在しない場合には、推定幅のある一定の幅以内に狭めることは困難で推定幅が非常に幅広くなってしまう。

確率値の幅が広い断層帯に対しては、この幅を狭めることを主な目的とした補完調査が順次実施されており、一定の成果を収めつつある。しかし、活動時期の精度を向上させるためには、個々のトレンチ調査において年代測定をできるだけ多く実施して地質学的な情報を増やすだけでなく、地層の堆積状態を詳細に記述し、各調査地点での堆積速度推定や不整合による地層欠損期間の明記による的確な活動時期の絞り込みを行うなど、その評価方法についても検討が必要である。

また、従来の評価においては、地質学的証拠の判断が困難なことも多く、証拠不十分として認定されなかった断層活動イベントも数多くあった。その結果、断層活動イベントの回数が少なく見積もられ、将来における地震発生確率が過小評価されている可能性がある。地質学的調査結果の評価においては、地震イベントの有無の判断が活動間隔や最新活動時期の評価に大きく影響するため、判断の妥当性の評価が課題となっている。このため、認定根拠の信頼性を区別した上で、可能性の低い断層活動イベントについても考慮できるようにすることが望ましい。

#### 1.5 地震規模の評価に関する課題—長い断層、短い断層、連動した活動—

現行の長期評価では、地表における活断層の長さもしくは1回のずれの量を指標とし、松田（1975）が提案した経験式を用いて、活断層で発生する地震の規模を評価してきた。しかし、この経験式は長さがほぼ20kmから80kmの地表地震断層や震源断層の事例に基づき設定されているものなので、長さが100kmを超えるような長大な断層に対しては、その適用性について確認が必要である。また、20km未満の短い断層のうち、長さ10km以上の活断層は、確率論的地震動予測地図において震源断層をある程度特定できる地震として簡便な形で取り入れられているが、地震動予測地図の高度化を図る意味でも地表では短い断層の地下の断層の長さやそこで生じる地震規模の評価手法の確立は重要である。

また、過去に発生した内陸地震のなかには、地震規模に見合った明瞭な地表地震断層を

伴っていない場合があった。平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震（M7.3）（以下、「鳥取県西部地震」という）では、余震分布に基づく震源断層の長さに相当する活断層は知られていなかった。平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震（M7.2）では、断続的な地表地震断層が確認されたが、その範囲は全長数 km 程度であり、余震分布や SAR 干渉解析によって示唆される約 30km の震源断層と比較すると著しく短かった。過去にこのような地震が発生したことを踏まえ、地表に短い活断層のみが分布する際にどの程度の地震の規模を想定するのが適当であるかについて検討する必要がある。

さらに、複数の断層が連動して活動する可能性については、いわゆる「5km ルール」など、隔離距離に基づく基準に基づき判断を行ってきた、しかし、断層の走向が異なっても、互いに共役な場合には、ひとまとまりで活動する可能性を考慮しなければならない。このため、今後は、複数の断層が周辺部の地質構造などから連動して活動する可能性を総合的に判断する方法について検討する必要がある。

## 1.6 将来の断層活動の評価に関する課題—多様な地震発生の予測への対応—

活断層で地震が発生する可能性については、従来は最新活動時期と平均活動間隔の情報に基づき、断層全体が同時に活動して発生する地震を対象とした BPT モデルによる更新過程あるいはポアソン過程を用いた確率論的評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2001）が実施されている。

現行の確率算出方法では、平均活動間隔が長い場合には確率値の上限が数%にしかならないこともある。しかし、経過時間が想定される活動間隔を超えている場合には近い将来に活動することが十分考えられるため、その切迫度を理解しやすい評価方法について検討すべきである。

また、複数の断層が連動して発生する地震を想定する場合には、その組合せについて複数のシナリオを想定し、それぞれの確率を算出する必要があるため、その方法に関する検討が必要である。

さらに、中越地震では、既存の活断層（小平尾断層）に沿って 10～15cm の変位が生じたが、それ以外には明瞭な地表地震断層は現れず、将来トレンチ調査を実施しても中越地震の痕跡を認定することは難しいと考えられる。また、1948 年の福井地震においても、地殻変動データから推定される断層位置で明瞭な地表地震断層は認められなかった。従って、特に堆積層が厚い地域に分布する活断層では、地表まで大きな変位が到達せず、地表地質調査では痕跡が認められない地震が発生している可能性があり、このような地震を評価する方法について検討することが必要である。

BPT モデルでは、事象発生のばらつきを表す係数として  $\alpha = 0.24$  が用いられているが、この値は活動度が高い断層の事例に基づいて算出されたものであるため、活動度 B 級までを含めたすべての活断層に適用することの妥当性については、今までに蓄積された活断層の活動特性に関する情報に基づいて検討すべきである。