

活断層からの地震発生予測

— 活動セグメント固有カスケード地震モデルによる活断層の活動確率予測 —

吉岡 敏和

活断層の過去の活動から将来の地震発生を予測するため、活断層を固有の活動繰り返しを持つ活動セグメントという単位に区分し、それぞれの活動セグメントがあるときは単独で活動し、あるときは隣接する活動セグメントが連動するという「カスケード地震モデル」を採用した。これにより、野外での調査結果に矛盾することなく、統一的な基準により活断層の将来の活動確率を評価することが可能となった。その成果を「全国主要活断層活動確率地図」として公表した。

キーワード：活断層、地震、予測、活動確率、活動セグメント

Evaluation of earthquake occurrence from active faults

– Evaluation of rupture probabilities of active faults using the Cascade Earthquake Model based on behavioral segmentation –

Toshikazu Yoshioka

In order to assess the probability of the occurrence of future large earthquakes based upon the past activities of active faults, we divided active faults into behavioral segments, and adopted the cascade earthquake model, that is, a model that considers that an earthquake is sometimes caused by a single segment and sometimes caused by multiple segments. Using this model, we can evaluate the rupture probability of active faults by a uniform standard without any inconsistencies with field data. The result was published as the *Rupture Probability Map of Major Active Faults in Japan*.

Keywords: Active fault, earthquake, assessment, rupture probability, behavioral segment

1 研究の目的と背景

我が国は地震の多発国であり、毎年のように大きな被害がもたらされている。特に活断層の活動による地震は、内陸部の地下浅い場所で発生するため、被害がより甚大になるという特徴がある。したがって、活断層から発生する地震を少しでもより適確に予測できるようにすることが、効果的な地震防災を行うという観点から非常に重要なことである。近年、全国的規模で活断層の調査研究が推進され、多くのデータが得られているが、それらに基づく将来予測についてはまだ十分なものとは言えない。しかしながら、十分に確からしい情報でなくても、現時点において可能な限り合理的かつ統一的な考え方に基づいた情報を社会に発信することは、一研究者としてまた地質の調査をミッションの一つとしている研究機関として非常に重要なことと考え、本研究を実施した。

活断層とは、過去から繰り返し活動し、今後も活動して大地震を発生させる可能性のある断層のことである。その活動の繰り返し間隔は、通常千年から数万年と非常に長

い。1回の地震の際に断層がずれ動く量は数メートル程度であるが、数万年、数十万年と繰り返し同じ方向にずれ動くことにより、数十メートル、数百メートルのずれが累積し、その結果、そのずれが上下方向であれば隆起する側は山地となり、沈降する側は盆地や平野となる。また横ずれ（水平方向のずれ）であれば、谷や尾根が大きく屈曲する。このような地形学的観点からの活断層の研究は、1960年代から70年代前半にかけて急速に進展した。その背景には、日本列島が太平洋のプレートに押されて圧縮されているというプレートテクトニクスの考え方が普及したことがあげられる。すなわち、活断層の活動によって、日本列島の山地や盆地の地形が発達してきたというわけである。このように、活断層研究は、「なぜ山は高いのか？」という地形学、地質学の究極のテーマの一つを解明しようという研究としてスタートしたのであり、これが第1種基礎研究と位置づけられるということができよう。

その一方で、活断層の活動により大地震が発生するという観点から、活断層の過去の活動時期と活動頻度から将

産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター 〒305-8567 つくば市東 1-1-1 中央第7

Active Fault and Earthquake Research Center, AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan E-mail: yoshioka-t@aist.go.jp

Original manuscript received March 5, 2009, Revisions received July 6, 2009, Accepted July 7, 2009

来の地震発生を予測しようという研究が、1970年代後半から始まった。手法としては、活断層をまたいで溝（トレンチ）を掘削し、活断層による地層のずれと地層の年代から過去の断層活動時期を明らかにしようとするものである（図1）。この方法はトレンチ調査法と名付けられ、1980年代に入り各地で行われるようになる。トレンチ調査法の普及により、活断層の過去の活動（過去の大地震）についてのさまざまなデータが蓄積し、それらはやがて「古地震学」（Paleoseismology）という学問として集約される。これは、従来の地震学が現在の地震観測を中心としたものであったのに対し、地質学的な過去からの活動の繰り返しを解明することによって、将来の大地震発生時期の予測ができるという期待によるものである。つまり、活断層の研究が社会への活用、すなわち第2種基礎研究へと進化したことを示している。

活断層の重要性が広く一般に印象づけられたのは、1995年の阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）であった。この地震が活断層の活動によるということがマスコミ等を通じて広まり、社会での「活断層」の認知度が急上昇することになった。それと同時に、この地震を契機にして政府に地震調査研究推進本部が設置され、全国的な規模で活断層調査が推進されるとともに、活断層の長期評価（確率予測）が開始された。これは、全国の主要断層帯（当時は98断層帯）のそれぞれについて、今後30年、50年、100年間に発生する地震の規模とその発生確率を評価し、各断層帯毎にその数値を公表するという世界的に見ても例のない画期的なものである。これにより、活断層研究の成果を製品化する一つの道が示されたと言える。



図1 活断層のトレンチ調査の例（福井県大野市の濃尾断層帯温見断層）
この活断層は1891年の濃尾地震で活動したことが知られている。地表の段差が1891年にずれたもの。下の地層（より古い地層）ほど大きく上下に食い違っていることから、断層のずれが繰り返し累積していることが読み取れる。

2 活断層と地震規模の関係

将来の地震を予測する際には、地震の場所および発生時期の予測とともに、その規模の予測が重要である。地震の規模は、その地震の際に活動する活断層の長さおよびずれの量に比例する。また1回のずれの量は活断層の長さに比例すると言われている。したがって、将来発生する地震の規模の予測については、その地震に関連すると考えられる活断層の長さを見積もる必要がある。

活断層の長さと言っても、日本列島には非常に多くの活断層が、網の目のように分布しており、どこからどこまでを一つの活断層とするか、判断しにくいケースがしばしば起こりうる。さらに、これまでの調査研究から、ある活断層のある地点では、過去からほぼ同じような間隔で、ほぼ同じ規模のずれを繰り返していることが、地質学的、地形学的な証拠として多くの場所で報告されている。ところが、歴史的な地震の記録や詳細な地質調査により、ある地域で繰り返される地震の際に活動する活断層の範囲は、地震ごとに異なることがあり、必ずしも同一範囲で活動しているわけではないことがわかってきた。

たとえば、1891年の濃尾地震（マグニチュード8.0）では、岐阜県と福井県にまたがる濃尾断層系が活動し、断層帯中部の根尾村（現本巣市）水鳥（みどり）では、高さ約6mの断層のずれが現れたことで知られている。この断層帯は、断層の分布形状からは、温見（ぬくみ）断層、根尾谷断層、梅原断層と、その他の小規模な活断層で構成される（図2）。1891年の地震の際には、これらのうち温見断層の西半分、根尾谷断層、それと梅原断層が同時に活動し、地表にずれが生じたことが記録に残されている^[1]。ところが、この断層の過去の活動を調査すると、温見断層と根尾谷断層、さらに梅原断層では、過去の活動時期が

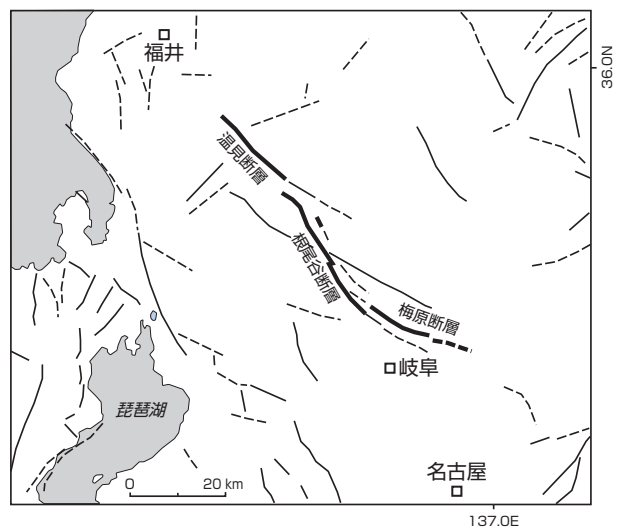


図2 濃尾断層帯とその周辺の活断層の分布
太線が1891年濃尾地震の際に活動した断層。破線は推定断層。

異なることが判明してきた^{[2][3]}。つまり、過去のある時期においては、温見断層と根尾谷断層、根尾谷断層と梅原断層は同時に動かなかったことがわかってきたのである。

ここで一つの問題が生じる。地震のたびに断層が破壊する範囲（すなわち断層の長さ）が異なるのであれば、断層の長さはずれの量は比例するので、ある地点でのずれの量は毎回大きく異なるということになる。さらに、断層の平均的なずれの速度（平均変位速度）は長期間にわたりほぼ一定と考えられるので、仮に毎回のずれの量が大きく異なるのであれば、それに伴い断層の活動間隔（地震の発生間隔）も毎回異ならなければならない。ところが、先に述べたように地形学的、地質学的な研究からは、ある地点に限れば過去の毎回のずれの量は大きくは変化しないという結果が得られている。また、もし仮に毎回の地震のたびに断層のずれの量と活動間隔が異なるとすると、最初に述べた活断層の活動の周期性の本質そのものが覆されることになり、将来の地震発生予測が困難となってしまう。

このことを矛盾なく合理的に説明するモデルとして、著者らはカスケード地震モデルに着目した。このモデルは、長さ数百キロメートル以上という長大な活断層での地震発生モデルとして、米国カリフォルニア州の活断層で採用されたものである^[4]。連続する長大な活断層を固有のずれ量と活動間隔を持つ複数の活動セグメント^[5]に分割し、それらのセグメントが固有の繰り返しを保ちながら、あるときは隣接するセグメントと連動し、活動するというモデルである。

カスケード地震モデルの最大の特長は、大規模な断層活動を活動セグメントの連動と捉えることで、断層活動の範囲値に関係なく、活動セグメントの長さを固定できることである。そうすることにより、断層長と地震時の変位量、地震規模の比例関係を保ったままで、ある地点での地震時変位量を一定にすることができ、ある地点での断層活動の繰り返しをきわめて単純に説明できる。したがって、現時点では地形学的、地質学的な研究結果を適用して予測を実現するための最も現実的なモデルとして、カスケード地震モデルを採用することにした。

カスケード地震モデルの模式的な図を図3に示す。従来、活断層は地理的な分布形状から特に基準もないままに「〇〇断層」という名称が与えられ、区分されてきた。た

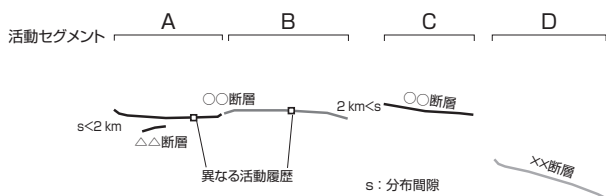


図3 活動セグメント区分模式図

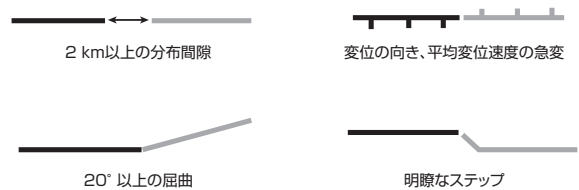
だし、この名称が与えられた範囲が必ずしも次回の地震を発生させるとは限らないため、断層の長さから地震規模を推定することもできない。そこで、これらの活断層を従来の断層名にとらわれることなく、過去の活動履歴や分布形状などの一定の基準で、地震を発生させる「単位」としての活動セグメントに区分（ここではA～Dに4区分）する。そして、それらが単独で、あるいは隣接するものが連動することにより地震を発生させると考えることにより、個別の断層（活動セグメント）の長さとその連動性から地震の規模を予測することができるということである。

このモデルを日本の小規模で複雑な活断層に適用するため、まず過去に活動した記録のある地震断層のデータを整理し、活動セグメント区分の基準と地震規模との関係についての試案をとりまとめた^[6]。そして近畿地方を例に、活動セグメント毎の将来の地震発生確率を試算し、公表した^[7]。この試算結果はあくまで一つの研究結果に過ぎないが、あるモデルに基づく論理的推論によって得られた評価結果として意味づけられるものである。

3 全国主要活断層活動確率地図の出版

この研究をさらに発展させ、地震災害リスクの軽減のために実際に社会に活用するためには、全国的な規模でのこ

1) ほぼ一線に並ぶ2つの断層間に以下のような不連続が見られる場合



2) 並走する断層間に、走向と直交する方向に2 km以上の間隔がある場合



3) 2地点で異なる活動履歴が得られた場合



4) 断層の長さがある地点の単位変位量の2万倍を超えた場合

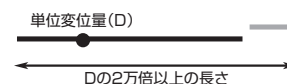


図4 全国主要活断層活動確率地図で採用した活動セグメントの区分基準

のモデルの適用が必要不可欠であった。そこで、著者が中心となって「全国主要活断層活動確率地図」^[8]の作成作業を開始することになった。

まず、活動セグメントの区分の基準を図4のようにまとめ、これにしたがって全国の活断層分布図を基に活動セグメントの区分作業を行った。また、全国の活断層をカバーするとすると、当然のことながら、多くの調査がなされデータの充足度の高い活断層と、ほとんど具体的なデータが得られていない活断層が混在することになる。この地図では、このような場合にも全国統一的な値を得ることを重視し、全くデータが得られていない場合でも、原則として「不明」とはせず、暫定値、経験値などを使って何らかの評価値を求めるとの方針で、全国をカバーすることを優先させて作業を進めることで、本格研究における「製品化」を目指した。

評価の対象とした活断層は、全国の長さ20 km以上の活断層で、区分した活動セグメントの数は547にのぼる。このうち、長さ10 km以上で一定以上の活動度を持つ295の活動セグメントについて、既存データ等に基づいて平均変位速度や1回の地震時のずれの量、過去の活動時期などのパラメータを推定し、将来の活動確率を計算した。そして、この活動確率の値によって色分けした活動セグメント

位置を日本地図上に図示した(図5)。

この「全国主要活断層活動確率地図」は2005年9月に産総研地質調査総合センターより、無事出版に至った。この地図により、全国に分布する活断層について、地域によるデータの粗密に起因する信頼度の差はあるものの、全国統一的な基準による比較が可能となった。全国統一的な基準での比較が可能になったことにより、たとえば損保業界や広域インフラ関係におけるリスク評価などへの活用が進展してきており、個々の活動セグメントの評価基準を明示したことで、たとえば異なる基準での評価が必要なユーザーにも対応可能とした。

この評価は、当然のことながら、一研究機関が一つの研究成果として作成したもので、製品としては一つのプロトタイプである。したがって、委員会の合議によって判断された一つの公式見解である政府の地震調査研究推進本部の長期評価とは、明らかに性格を異にするものである。結果として示された数値についても大きく異なっている場合もあり、一部には社会の混乱を懸念する声も聞かれた。また、暫定値や経験則を用いて推定した数値に基づく結果であることから、個々のデータを重視する研究者(特に地形・地質分野の研究者)からは、データが不十分な活断層まで無理に評価すべきでないという意見も多く聞かれた。

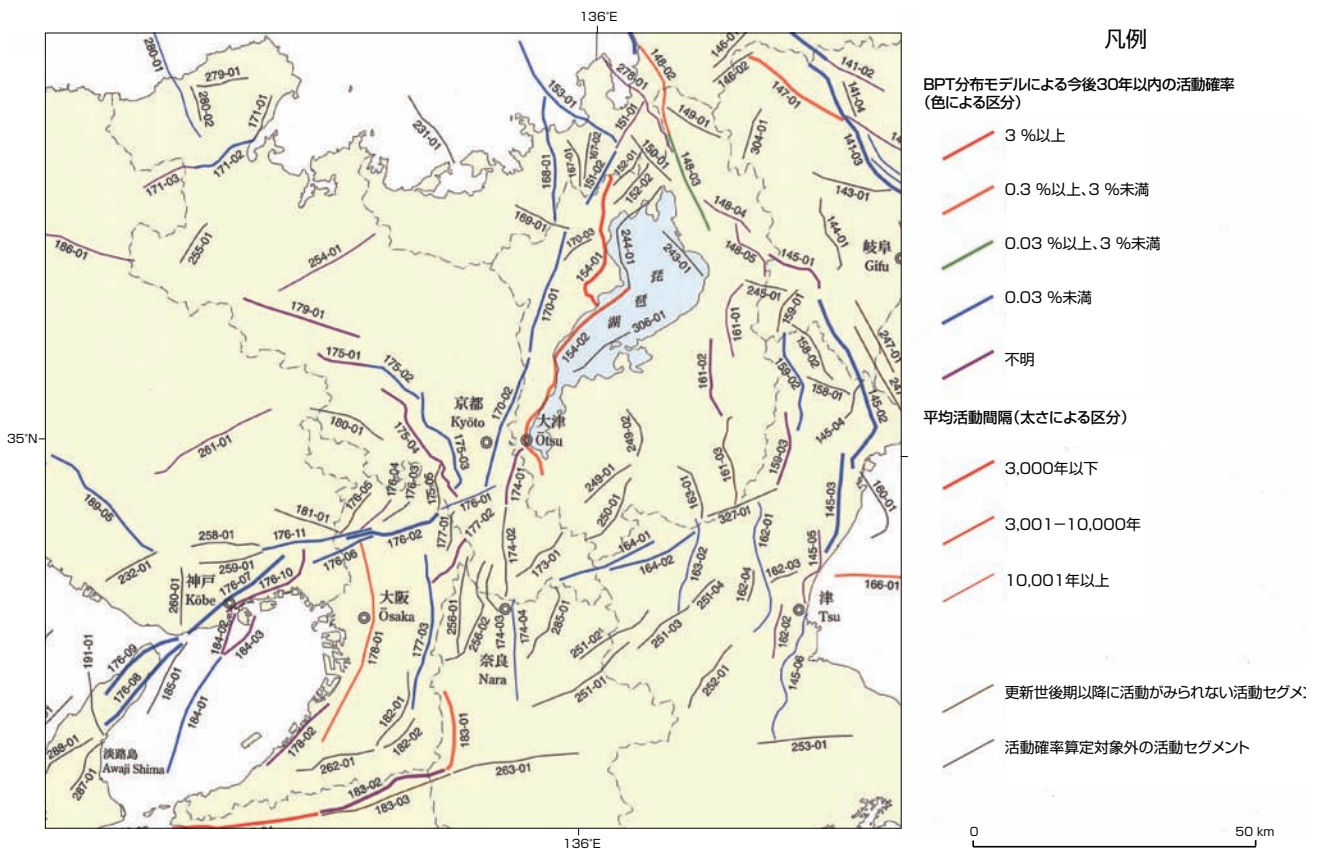


図5 全国主要活断層活動確率地図^[8](近畿地方の拡大図部分)
数字は活動セグメント番号を示す。

しかしながら、実際の地震発生の評価の困難さを考えると、多様な評価結果が存在するのは当然のことで、その一つの評価結果として数字を出したということに意味があると考えて公開した。

結果として、この「全国主要活断層活動確率地図」は損保業界などからは一定の評価を得るとともに、評価結果のデータを基礎データとして使用したいという問い合わせが相次いだことから、社会へのインパクトは示されてきていると言えよう。

4 予測の限界と今後の課題

このように「全国主要活断層活動確率地図」は統一的なモデルに基づく全国評価という面で画期的なものであったが、なお活動セグメント間の連動性の評価については困難で、将来発生する地震の規模を直接予測するには至っていない。これについては研究を継続中であるが、二つの活動セグメントが過去の地震で同時に活動したか、ある時間差をおいて活動したかを判別するのは、地質学的な調査による時間分解能をはるかに越えており、この手法の限界と言わざるを得ない。そこで、この問題を解決するために、最近発生した地震の歴史記録を収集するとともに、研究センターの他のメンバーによって、動的破壊の数値シミュレーションにより、断層の分布形状と破壊の伝播との関係を探る研究が進められているところである⁹⁾。

また、近年のいくつかの被害を伴った地震を見ると、2004年の新潟県中越地震（マグニチュード6.8）のように、活断層沿いで発生したにもかかわらず活断層に大きなずれが生じなかった例があるほか、2008年岩手・宮城内陸地震のように、明瞭な活断層が確認されていなかった場所でもマグニチュード7.2という規模の地震が発生したりしている。これらの地震については、これまでの評価手法では予測不可能と言わざるを得ない。

さらに、各地で活断層の詳細な調査が進められた結果、いくつかの地点で活断層の過去の活動間隔が必ずしも一定ではないことを示すデータも得られつつある。これについては、調査データの不備であったり、調査地点の特殊性による例外である可能性も残されているが、活断層の活動の周期性についての根本に立ち返ってモデルを見直すことも今後必要である。

一方、2008年岩手・宮城内陸地震のようないくつかの例外的な事例に引きずられて、むやみにモデルを複雑にした結果、そのモデルによる評価に耐えるだけのデータが得られていない断層についての評価ができなくなるようでは、本末転倒のように思える。自然現象には例外が付きものであり、何が例外かという見定めが非常に重要であると思わ

れる。地震発生の長期的予測の検証には、数千年、数万年という時間が必要であり、検証が事実上不可能な中で、いかに単純で汎用性のある妥当なモデルを構築するかが今後の課題でもある。

5 むすび

以上のように、活断層から発生する地震の予測については、この10年あまりの間に画期的な進歩を遂げた。しかしながら、なお社会が必要としているものとのギャップは非常に大きいと感じることがしばしばである。たとえば、ある予測と異なる地震が発生した際に、「この地震は特殊で例外的なものでした」と言っても、社会には通用しない。その意味で本研究の達成度はまだまだ低いといわざるを得ないと考えている。また別の問題として、日本社会にはいわゆる「お墨付き」を求める傾向が根強く、それが行政に対する責任転嫁につながり、その結果、行政は確実なことしか公表しないという傾向にあるように思える。

今後、活断層の活動予測をできるだけ正確に、かつ、網羅的に社会に提示し、地震に対する備えとして活用してもらえぬ知的基盤を整備することが、筆者の社会的責務であると考えている。十分な正確さで、完全に網羅的な情報を提示することがいきなり実現できるわけではないが、全国規模での調査結果の出版はその第一歩として意義のあるものだと考えている。この研究手段が有効であったかどうかについては、今後、この研究成果に対して社会がどう動いたかによって、評価されていくと考える。

謝辞

本研究は、産業技術総合研究所の前身の一つである地質調査所での工業技術院特別研究「活断層等による地震発生ポテンシャル評価の研究」（平成6年度-11年度）やそれ以前の研究から継続的に実施されてきたものである。その間に多くの研究者による調査研究や議論が繰り返され、本研究が進展したことは言うまでもない。本研究は共同研究者の栗田泰夫氏をはじめとする多くの方々の共同作業による成果であることをここに明記し、深く感謝の意を表したい。

参考文献

- [1] 松田時彦：1891年濃尾地震の地震断層，*地震研究所研究速報*，13，85-126（1974）。
- [2] 栗田泰夫，荻谷愛彦，奥村晃史：古地震調査にもとづく1891年濃尾地震断層系のセグメント区分，平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書，*地質調査所速報*，EQ/99/3，115-130（1999）。
- [3] 吉岡敏和，栗田泰夫，下川浩一，石本裕己，吉村実義，松浦一樹：トレンチ調査に基づく1891年濃尾地震断層系・温見断層の活動履歴，*地震*(2)，55，301-309（2002）。
- [4] Working Group on California Earthquake Probabilities:

Seismic hazards in southern California: probable earthquakes, 1994 to 2024, *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 85, 379-439 (1995).

- [5] J. P. McCalpin: Application of paleoseismic data to seismic hazard assessment and neotectonic research, McCalpin ed. *Paleoseismology*, Academic Press, 439-493 (1996).
- [6] 栗田泰夫:日本の地震断層におけるセグメント構造とカスケード地震モデル(試案),平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書,地質調査所速報, EQ/99/3, 275-284 (1999).
- [7] 地質調査所活断層研究グループ:近畿三角地帯における活断層調査-主要活断層の活動履歴と地震危険度-,*第四紀研究*, 39, 289-301 (2000).
- [8] 吉岡敏和, 栗田泰夫, 下川浩一, 杉山雄一, 伏島祐一郎: 全国主要活断層活動確率地図, 産総研地質調査総合センター (2005).
- [9] Y. Kase and S. M. Day: Spontaneous rupture processes on a bending fault, *Geophysical Research Letters*, 33, L10302 (2006).

指摘するように説明不十分な点や *Synthesiology* としての観点から追加すべき点があります。また、当初論文に記述されていた活断層、断層、起震断層など言葉の定義を記述してください。

回答 (吉岡 敏和)

本文冒頭に、地震防災における本研究の意義に関する記述を加えました。また、末尾に以下のように、筆者としての考え方を記述しました。

「活断層の活動予測をできるだけ正確に、かつ、網羅的に社会に提示し、地震に対する備えとして活用してもらえる知的基盤を整備することが、筆者の社会的責務であると考えている。十分な正確さで、完全に網羅的な情報を提示することがいきなり実現できるわけではないが、全国規模での調査結果の出版はその第一歩として意義のあるものだと考えている。この研究手段が有効であったかどうかについては、今後、この研究成果に対して社会がどう動いたかによって、評価されていくと考える。」

また、「活断層」という用語は一般的にも使用される用語のため、定義は人や場面によって異なることもありますので、定義を明確にして追加しました。当初記述されていた起震断層等の表現は用語の混乱をさけるために削除しました。

執筆者略歴

吉岡 敏和 (よしおか としかず)

1986年東京都立大学大学院理学研究科地質学専攻修士課程修了。同年、通商産業省工業技術院地質調査所入所。1995年博士(理学)(神戸大学)取得。2001年独立行政法人産業技術総合研究所活断層研究センター主任研究員、2002年から活断層情報研究チーム長、2004年からは活断層調査研究チーム長となる。自ら活断層の地形・地質学的調査の現場に立つとともに、その調査結果から将来の地震発生を予測する研究に一貫して取り組んでいる。2005年には「全国主要活断層活動確率地図」を筆頭著者として執筆・出版した。



議論2 研究手段の選択とその有効性検証

質問・コメント (持丸 正明)

研究手段の選択とその有効性検証を、できるだけ科学的に記述してください。この論文で構成学的に重要なポイントは2点あると思います。第一は、カスケード地震モデルの適用、第二は全国規模での調査と出版です。たとえば、最初のカスケード地震モデルですが、なぜ、このモデルを適用しようと思ったのか、他の選択肢はなかったのか、というあたりが構成論的に重要なポイントです。当然、そのカスケード地震モデルを適用したことの検証も重要です。

同様に、全国調査と出版という手段を選択した理由、ほかに方法はなかったか、近畿圏を全国に広げたことで社会的にどのような効果を期待し、その結果はどうだったか、また、学術的な副産物はあったのか、委員会を構成しコンセンサスをとることよりも一研究所としてのデータにこだわったのはなぜか、そのような手段はどういう「いいこと」をもたらしたか、などなど。そして、はじめに掲げた目標(夢)がどこまで達成できたのか、どういう限界があり、それにどう立ち向かっていくのか、をまとめて頂ければよいと思います。

査読者との議論

議論1 本格研究としての位置付けと「構成学」を意識した記述について

質問・コメント (持丸 正明:産総研デジタルヒューマン研究センター)

本格研究としての位置付けが「1研究の目的と背景」に明瞭に記載されています。地形学・地質学としての活断層研究が第1種基礎研究であり、それに続いて地震予知としての活断層研究が第2種基礎研究。そこに「カスケード地震モデル」を適用して活断層を活動セグメントに分けたことが、一つのブレイクスルーとなり、近畿地方を例に検証したというあたりまでが第2種基礎研究と考えられそうです。そして、全国規模で調査を実施しそれを出版・公表することで社会につなげたことが製品化研究と位置付けられるということと理解しました。

ただし、*Synthesiology* という学術誌としては、「どうい社会を実現したいか」という研究者としての夢を掲げ、それを具現化するために、基礎研究を実用につなげた手段を「どうして選んだのか」、また選ばれた手段は目標を達成するに「有効であったか」を、是非とも科学的に記述していただきたいと思ひます。たくさんの本格研究事例を集めることで「構成学」をつくっていくのが *Synthesiology* 誌の狙いです。それにはただ集めるだけでなく、個々の論文が「構成学」を意識して書かれている必要があります。

質問・コメント (富樫 茂子:産総研評価部)

活断層の地質学的研究に基づき、第2種基礎研究として地震活動確率予測を実施し、地震災害の軽減に資する成果を公表して社会に貢献することにより、本格研究を実践しており、*Synthesiology* 掲載論文として推薦できます。ただし、内容については以下の議論2に

質問・コメント (富樫 茂子)

カスケード地震モデルについて、原理を簡潔に記載し、カスケード地震モデルを選択した理由や、数値シミュレーションへの展開の実際、他のモデルとの関係を具体的に記述してください。

予測の限界に関しては、現状では、他のモデルによる予測の精度が、社会の要請に追いついてきていないのは事実ですが、長期的にみれば、地震のメカニズムにまで迫った研究は、予測精度を高めるためには必須です。これらのモデルとの関係を客観的に述べてください。

一方、地震災害の軽減による社会への貢献に関する課題としては、著者らがやってきた「全国主要活断層活動確率地図」の発行のように、予測信頼性の低い場合も含めて単純で汎用性のあるモデルによる結果を提起していくことは今後も非常に有効な考え方だと思います。その有効性検証として、社会での反響をより明示的に示すべきです。

回答 (吉岡 敏和)

カスケード地震モデルでは、複数の活動セグメントの連動性について固有の規則性は問いません。全くランダムに連動することもあり得ます。ただ、連動には何らかの要因があると考え、数値シミュレーション等で検討しています。説明を追記しました。

動的破壊の数値シミュレーションについては、活断層・地震研究センターとして、さまざまな断層形状を想定した動的破壊シミュレーションにより複数の断層破壊の連動性を検討しています。ただし、本論

は断層活動繰り返しモデルとしてのカスケード地震モデルの採用に重点を置きましたので、動的破壊シミュレーションについては、あえて文献を引用するにとどめました。

カスケード地震モデルは断層活動の繰り返しモデルの一つであり、震源の破壊過程を示したモデルではありません。したがって、動的破壊の数値シミュレーションによる断層の分布形状と破壊の伝播モデル、地震発生過程の物理モデル、活断層周辺の応力状態の観測解析や地質構造把握によるモデル等と対峙するものではなく、当然共

存も可能です。なお、予測精度を高めるための研究については、別途進めるべきであることを本文に追記しました。

社会での反響として、以下のように本文の記述を追記しました。「この「全国主要活断層活動確率地図」は損保業界などからは一定の評価を得るとともに、評価結果のデータを基礎データとして使用したいという問い合わせが相次いだことから、社会へのインパクトは示されてきていると考えています」。