

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月4日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510191

研究課題名（和文） 地震の規模別頻度予測の高度化のための空間統計に基づく活断層進化モデルの実証的研究

研究課題名（英文） A substantial approach to fault evolution model for advanced earthquake magnitude-frequency prediction

研究代表者

隈元 崇 (KUMAMOTO TAKASHI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：60285096

研究成果の概要（和文）：

本研究では、空中写真を用いた変動地形学的な地形判読に対して、重力異常、地質構造、地震活動、地震発生層などの地下構造のデータを重ね合わせ、個々の活断層の延伸の可能性や、グループ化・セグメント化を考える際の断層離間距離への影響などを活断層進化モデルの観点から考察した。その結果、地下の震源断層の推定と活断層の分布形状を比較して、震源断層モデルを構築するとともに、空間統計的手法により新たな地震地体構造区を提案した。

研究成果の概要（英文）：

The aim of this study to construct a new quantitative and objective [Seismotectonic Province Map](#) for the main islands of Japan. The resolution of the map is 10 km by 10 km grid of second order mesh of 1:25,000 scale topographical map and the following principal component parameters as Bouger gravity anomaly, the width of the seismogenic layer, distribution of active faults and observed seismicity executes are assigned to each grid for principal component analysis. Quantitative classifications, the cluster analysis is applied for the result of the principal component analysis and several number of division is compared from a viewpoint of geological and geophysical propriety. In order to assign the maximum blind earthquake magnitude in each tectonic province derived from cluster analysis mentioned above, historical earthquake records and the knick point of the cumulative frequency of fault length. The result shows several tectonic provinces have a potential that expected magnitude is +0.2 larger than the result of current seismic hazard assessment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，自然災害科学

キーワード：活断層・地震地体構造区分図・震源・重力データ・規模別頻度

1. 研究開始当初の背景

地震危険度評価とは、地震発生モデルの基礎データとして活断層や地震活動のデータを用いて、将来の地震の発生時期や規模、地震発生時の地震動などを統計的手法やシミュレーションにより明らかとすることである。日本では、特に兵庫県南部地震の発生を受けて発足した文部科学省・地震調査研究推進本部（以下、推本）によりさまざまなデータの蓄積やモデルの提示がなされてきており、その成果は、地震発生 of 長期的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた確率論的地震動評価として「全国を概観した地震動予測地図」、また、より地震工学的な見地から特定の地震発生域あるいは活断層に対して想定されたシナリオを基にした強震動評価として「震源断層を特定した地震動予測地図」の2種類の地震動予測地図が公開されている。

このような地震危険度評価では、将来発生する地震について、(a)発生場所の推定、(b)規模の推定、(c)発生確率の計算、(d)地震動の計算、という4つの重要なテーマが関連する。この中で、人間生活の場に近い内陸地殻内で発生する直下型地震については、およそマグニチュード(M)7以上の地震を発生させる主要98断層帯(その後12断層帯が追加)が(a)の対象として基盤的調査が行われ、トレンチ調査など起震断層の評価に必要な(b)～(d)のパラメータの取得や計算が行われた。一方、主要断層帯以外については、推本の「全国を概観した地震動予測地図」でも、およそ長さが10km以上の短い孤立した172の活断層が震源を特定して評価する地震とされている。しかし、能登半島沖地震(2007年, M6.9)や新潟県中越沖地震(2007年, M6.8)の発生により、特に原子力施設の耐震安全審査などの分野で、短い活断層の規模や頻度の予測精度の問題点が議論となっている。例えば、松田(1975)に代表される断層長から規模を求める予測式の適用範囲について十分な考察が無いままMが算出されていること、最後の地震からの経過時間を考慮しないポワソン過程による地震発生確率の計算となっていることなど、従来の評価には課題も多かった。

また、推本の「全国を概観した地震動予測地図」や原子力施設の耐震安全審査などでは、「震源を予め特定できない地震」についての(a)～(c)の評価が、活断層評価と十分には連携していないという課題も指摘されており、こうしたMがやや小さい地震について、従来の歴史記録に基づく評価から、活断層の成熟度など地形・地質学的情報に基づくモデルを用いた評価への高度化が求められていた。

そこで、研究代表者は、従来からこうした課題について研究、例えば、既存の活断層分布図からより詳細に活断層を抽出してモデル化したデータベースの作成、少ないデータから地震発生確率を計算する場合のパラメータの取り扱い、短い長さを持つ活断層の規模予測として楕円断層面を仮定した一時近似モデルの提案、GRの式を用いた活断層と地震データの融合評価などの成果を発表した。その一部は委員を務める推本や内閣府・原子力安全委員会でも参考にされている。しかし、これらは既存の活断層データを一括して統計的に扱う手法によるもので、考案したモデルが個々の活断層について成り立つものであるか、またパラメータに地域性があるか、といった課題についての考察は未だ十分とはいえない。そこで、本研究では次の3つの具体的な項目について研究計画をたて、地震地体構造区ごとに地震と活断層のデータを総合的に解釈する評価手法の構築を目的とした。

2. 研究の目的

本研究では、新たな活断層のデータベースの作成とGRの関係から、地震の規模別頻度分布をモデル化するために、以下の3つのサブテーマを設定して作業を行った。

(1) 地質・地球物理学のデータも考慮した詳細活断層分布図の作成

活断層の成熟度や進化・発達モデルという新しい考え方を基にして、地形・地質・地球物理学のデータベースを地理情報システム(GIS)上で連携しながら、主要活断層帯周辺の長さの短い活断層や確実度の低い活断層、また、伏在断層を示すような地形を空中写真判読と野外調査により明らかとし、それらの位置や形態、変位量や平均変位速度の空間分布を定量的に評価して、活断層の進化モデルの実証データとした。

(2) 地震の規模別頻度分布評価のための地震地体構造区の詳細化

GISを用いて地形・地質・地球物理学のデータベースを統合化して主成分分析を行い、既往の地震地体構造区モデルよりも詳細かつ定量的な構造区分を提案するとともに、得られた各地体区の1年あたりの地震の規模別頻度分布の関係を評価した。

(3) 活断層と震源断層パラメータを統合した規模評価モデルの作成

従来の地震の規模評価式では長さや変位量を個別に単回帰分析していたが、同じ長さの活断層でも異なるマグニチュードの地震が生じることについて、上の課題で議論した活断層の発達モデルと地震後に取得されるアスペリティの形状や変位量分布など震源断層のパラメータを比較検討して、アスペリ

ティの特性を考慮した重回帰モデルを提案する。さらに、このモデルを用いて、地震地体構造区モデルにおける地震の1年あたりの規模頻度評価モデルの妥当性を検証した。

本研究の学術的な特色としては、従来の自然地理・変動地形学の分野にとどまることもあった活断層研究の成果を、地震動予測地図の高度化という社会的に重要な課題に必要な1次データと明確に位置付けて、精度を考慮しながらデータベース化することにある。応募者は、推本で強震動評価手法検討分科会、活断層評価手法検討分科会、地図高度化WGで委員を務めていて、変動地形学と地震学の両分野での議論を通じて双方の課題を十分に理解している。この経験を生かして、上に挙げた研究目的のために、両分野のデータを相補的に扱ったモデルの構築を行うことは地震動予測地図の高度化に重要である。

特に、地震地体構造区ごとにみられる活断層の分布や平均変位速度の分布にばらつきがあることを活断層の成熟度の差異として考慮し、規模の推定でMを一義に決めるような従来の手法から脱却し、確率分布を示すような手法へと高度化させることを試みる。このような活断層評価に確率分布を与える取り組みは、長大活断層帯において適用して有効であることを示していた。そこで用いたロジックツリーの手法を短い長さの活断層評価にも応用することで、地震地体構造区ごとに観測地震データと活断層データを1年あたりの規模別頻度分布として融合して、M6.8程度未満の震源を予め特定しないで評価する地震、短い活断層から発生するM7.0前後の地震、さらに、複数のセグメントをもつ長大な活断層帯から発生する複数の地震の発生モデルを活断層の成熟度や進化・発達モデルをキーワードにして検討することは十分に独創的であり、従来の見識とは異なる新たに有益な情報の提供が可能になると考えた。

3. 研究の方法

本研究では、Gutenberg-Richter (GR) の関係を媒介として活断層データと観測地震のデータを用いて日本全国の地震地体構造区を空間統計的手法により新たに勘案し、その中で主要活断層帯とその周辺の短い長さや確実度・活動度の小さい活断層の緒元をデータベース化しながら、特に地震規模と頻度の関係をモデル化して将来の地震の規模別の確率評価につなげるため、地震の規模別頻度分布評価のための地震地体構造区の詳細化の手法を検討した。

従来の地震地体構造区モデルでは、主に活断層の変位様式などの定性的な考察が構造区分の根拠となっているが、主要な活断層を構造区の区分境界に位置させて特定断層と

して特別な取り扱いにするなど、構造区内の観測記録に見られる地震活動と活断層のデータをGRの関係などで比較検討するには課題があった。

そこで、本研究においては、観測地震データの線上配列様式、ブーゲ重力異常データ、地形データ、活断層分布データ、地質データをGIS上に展開して、それらの空間相関を主成分分析により定量的に検討しつつ、地体区分の細分化、地体区境界位置の高精度化を含めた新たな地震地体構造区を提案する。これにより、地震活動や活断層の分布が見られない地域を地震地体構造区の境界に設定することの定量的な基準を示すことができ、地震活動の活発・静穏化現象の差異など従来の区分よりも大縮尺の地域性を地震危険度評価に用いることができるようになった。

また、こうして得られた新たな地震地体構造区において、地震活動データよりGRの関係を評価して、特に、震源を予め特定しないで評価する地震の規模や頻度の予測、また、地体構造区で期待される最大地震規模などを考察した。

4. 研究成果

本研究では、予め震源を予測しにくい地震の予測の高度化を目標とした、定量的および客観的な地震地体構造区を作成するために、活断層データ、観測地震データ、地殻構造を示すと考えられる重力異常データおよび地震発生層データを用いて、主成分分析およびクラスター分析を行い、その分布によって地震地体構造区を考案することを行った。

まず、主成分分析の結果、東北日本および西南日本では、第1主成分として「活構造の活発度」といった主成分が得られた。本研究ではこの「活構造の活発度」によって、地震活動が活発な地域とあまり活発ではない地域に分けることが有効であると考え、この主成分得点によってクラスター分析を行った。その結果を基にして地震地体構造区分図を作成した。

本研究によって作成した地震地体構造区と垣見ほか(2003)の地震地体構造区を比較すると、東北日本においては(図1)、垣見ほか(2003)が奥羽山脈の東縁を境界とし、北上低地西縁断層帯や福島盆地西縁断層帯と一部重ねて評価しているのに対して、本研究の区分ではその境界が約10~50km東に設定され、奥羽山脈の両縁にある、地下で共役な形で山脈の形成に寄与する逆断層帯を、東側の逆断層のみを地震地体構造区の境界として扱うこととならず、むしろ山稜を挟んで1つの地震地体構造区としてまとめることとなった。

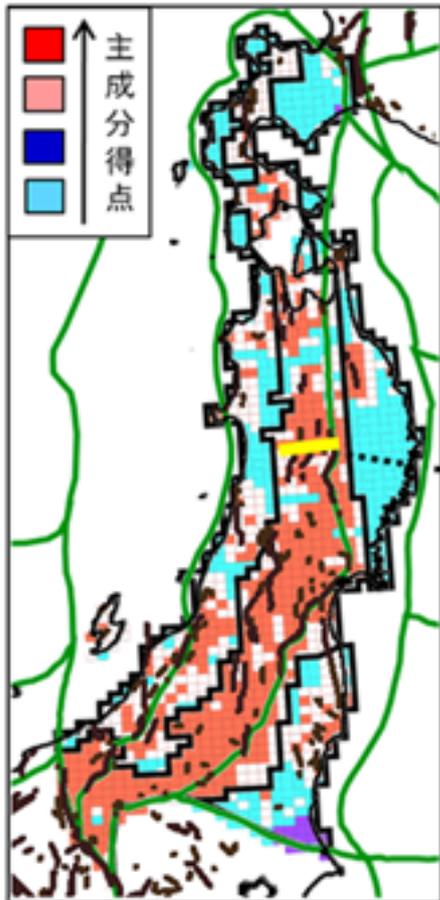


図1 東北日本の地震地体構造区

また、西南日本においては(図2)、垣見ほか(2003)では中央構造線を特定断層として扱い、それ自体を西南日本の外帯・内帯の境界としている。しかし、本研究では、長大な中央構造線の地震活動に強く影響される地域を示すように囲う地震地体構造区が東西に設定され、その構造区によって内帯と外帯を分けるという結果となった。

また、これらの地震地体構造区に対して、

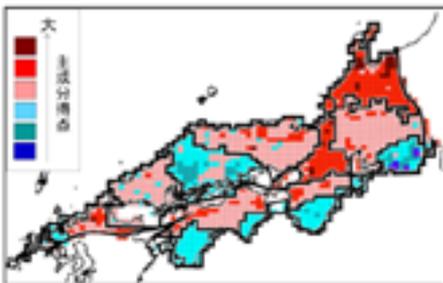


図2 西南日本の地震地体構造区

地震本部(2009a)が行っている歴史地震の活断層との対応がない地震の最大Mを用いる手法と、島崎(2008)が示した活断層長累積頻度

分布の折れ曲がりを用いる方法の2つによって、予め震源を特定しにくい地震の上限を設定した(図3)。その結果、歴史地震の活断層との対応がない地震の最大Mよりも活断層長累積頻度分布の折れ曲がりによって求められた最大Mの方が大きい地震地体構造区が存在した。よってこれらの地域では、地震本部が行っている予め震源を特定しにくい地震の上限より大きな規模の地震が発生する可能性が示された。

		歴史地震		断層長頻度
		1995年以前	現在	
東北	1	6.7	6.8	6.5-7.1
	2	7.1	7.2	7.0-7.1
	3	7.0	7.0	7.0-7.1
西南日本	1	6.7	6.8	7.1
	2	7.1	7.0	7.0
	3	6.8	6.8	6.9
	4	6.8	7.3	7.2-7.3
	5	6.8	6.8	—
	6	6.8	6.8	6.7-6.8
	7	6.8	6.8	—
	8	6.8	6.8	—
	9	6.8	6.8	—
	10	6.8	6.8	7.0-7.1
	11	7.1	7.0	—

図3 震源を特定しない地震の最大規模

一方で、2008年の岩手・宮城内陸地震(M7.2)発生前には、その震央を含む地震地体構造区において、これら2つの手法を用いても予め震源を特定しにくい地震の上限はM7.1としか予測できていなかった。ただし、2008年岩手宮城内陸地震についてはこの地域において事前に詳細な調査が行われていれば、発生前に3~4kmの活断層を知ることができたことが示されている(鈴木, 2010)。このことから、地震地体構造区分図や予め震源を特定しにくい地震の上限手法の高度化だけでなく、詳細な地形判読や野外調査が行われることにより、活断層長累積頻度分布の折れ曲がりから求めた上限は有効なものとなると考えられる。逆に、活断層調査が十分でないときの地域的な地震危険度評価では、予め震源を特定しにくい地震が対象とする地震について留意が必要といえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- ①中田 高・渡辺満久・隈元 崇・後藤秀昭・西谷義数・桜井元康・川口雄作, 2009, 地形

調査のための簡易高位置撮影装置 (Hi-View) の開発, 活断層研究, 査読有, 31, 39-43.

②Futagami, Y., Morii, M., and Kumamoto, T., 2010, Construction and integration of GIS databases for risk assessment of nationally designated cultural properties due to earthquakes and typhoons, Proceedings, 査読無, 61, 11-15.

③梶 琢・中田 高・渡辺満久・鈴木康弘・後藤秀昭・徳山英一・隈元 崇・ほか7名, 2010, 詳細海底地形図による南海トラフ域の海底地すべり分布とその特徴—南海トラフから天竜海底谷にかけての例—, 月間地球, 査読無, 61, 49-55.

④鈴木康弘・杉戸信彦・隈元 崇・ほか8名, 2010, 平均変位速度およびずれ量分布に基づく糸魚川—静岡構造線断層帯北部の地震発生予測, 活断層研究, 査読有, 33, 1-14.

⑤大西耕造・隈元 崇, 2010, ロジックツリー評価手法を用いた長大活断層帯における規模の不確定性の考察—北アナトリア断層帯を対象として—, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集, 査読無, 3526-3533.

⑥塚田昌孝・隈元 崇・後藤秀昭, 2010, 地震・活断層・地殻構造データを用いた多変量解析による定量的な地震地体構造区分の考案, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集, 査読無, 3912-3919.

⑦二神葉子・隈元 崇, 2011, 国宝文化財建造物の地震対策の現状と課題—地震動予測地図との連携の可能性—地震ジャーナル, 査読無, 52, 42-56.

[学会発表] (計7件)

①中田 高・後藤秀昭・隈元 崇, 活断層研究を強震動予測に生かすために—15年の進展と課題—, 日本地球惑星科学連合大会, 2010/05/23-28, 千葉.

②塚田昌孝・隈元 崇・後藤秀昭, 地震・活断層・地殻構造データを用いた多変量解析による定量的な地震地体構造区分の考案, 日本地震工学シンポジウム, 2010/11/17-20, つくば.

③大西 耕造・隈元 崇, ロジックツリー評価手法を用いた長大活断層帯における規模の不確定性の考察—北アナトリア断層帯を対象として—, 日本地震工学シンポジウム,

2010/11/17-20, つくば.

④塚田昌孝・隈元 崇・後藤秀昭, 地震・活断層・地殻構造データを用いた多変量解析による定量的な地震地体構造区分の考案, 日本活断層学会 2010年秋季大会, 2010/11/26-27, 名古屋.

⑤隈元 崇・塚田昌孝, 地震・活断層・地殻構造データの多変量解析による地震地体構造区分の考案と震源を特定せず評価する地震の規模の推定, 日本地球惑星科学連合大会, 2011/05/22-27, 千葉.

⑥隈元 崇・中田 高, 活断層直上に位置する教育施設—その特定と対策—, 日本活断層学会 2011年秋季学術大会, 2011/11/25, 千葉.

⑦大西耕造・隈元 崇・中田 高・後藤秀昭・藤田雅俊, 地震規模評価のための変動地形と地震・地下構造データの関連性の検討, 日本活断層学会 2011年秋季学術大会, 2011/11/25, 千葉.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

隈元 崇 (KUMAMOTO TAKASHI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号: 60285096

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

研究者番号: