



活断層研究の将来について

中田 高*

A prospective view on active fault studies in Japan

Takashi Nakata*

Abstract

The prospectus of the Japanese Society for Active Fault Studies established in September 2007, refers to significance of active fault studies in Japan. Each scientist, engineer and person related to this filed has own views and expectations about future of active fault studies. In this short paper I emphasize my view on the selected fields and their importance for future active fault studies, including comprehensive understanding of active faults, official compilation of detailed active fault maps and inventories, Active Fault Acts for mitigation of seismic hazards, simulation of earthquakes based on active fault data, active fault studies related active folding, submarine active faults and roles of the Japanese Society of Active Fault Studies.

はじめに

日本活断層学会の設立趣意書には、学会の目指す方向とともに活断層研究の将来について簡明に記されている。活断層研究には、活断層そのものを研究対象としてその全体像を把握しようとする純粹サイエンスとしての側面と、防災などに貢献しようとする応用科学としての側面を持つ。活断層学会の「設立趣意書」はこの両方への期待を反映したものであり、活断層研究の行くべき方向を示したのもいえる。

「活断層研究の将来」については、これまで1995年に行われた地震研究所シンポジウム「活断層研究の将来をさぐる」(佐藤ほか, 1996) や、2004年秋の日本地理学会シンポジウム「変動地形学の新しい展開」(中田, 2005) などにおいて、さまざまな議論がなされてきた。したがって、「活断層研究の将来」について、長年にわたって活断層研究に関わりながら十分な研究成果を挙げるができなかった輩が、これについて改めて論じる必要は無いのではないかとと思われるが、編集委員会から与えられた義務を果たした

いと思う。

これからの活断層研究は、これまでの伝統的な地形・地質学的な研究の枠を超えて、地球物理学的手法も取り入れた総合的な研究によって、長期的には活断層の全体像を把握する方向に向かうと考える。その進展は、地下の活断層の調査技術の進歩に依存する。活断層の位置・形状に関する詳細な情報整備はさらに進み、活断層から発生する地震の発生場所や規模の予測精度の向上が図られるであろう。また、このような活断層の詳細情報を活用した土地利用規制などの防災対策が社会的なコンセンサスを得て、具体的な減災効果を発揮するかも知れない。また、活断層研究は、これまでのどちらかという活断層の線的な調査であったが、今後は海成段丘や河成段丘などの地形面の広域的褶曲変形などの面的な調査によって、海域及び地下の活断層を対象とする研究が進展するであろう。また、これから数十年内に発生する可能性が高いと推定されている南海トラフ沿いの巨大地震、日本海沿岸地域の大地震についても、その発生源となる海域の活断層のより詳細な調査研究の進展が望まれる。

活断層学会の設立は、狭義の活断層研究者のみならず、

* 広島工業大学環境学部

* Faculty of Environmental Studies, Hiroshima Institute of Technology

活断層に関連する諸分野の研究者・技術者および防災に関心のある専門家など間の議論や情報交換を活発にし、これまで個別の研究分野だけで果たせなかった総合的研究や活動が可能である。さらに、学会のさまざまな活動を通して活断層研究の研究成果の社会への還元が進み、科学としての活断層研究の意義もさらに高まると予測する。

さまざまな調査研究手法を駆使した 活断層の全体像の把握

活断層は「最近の地質時代に繰り返し活動し、再活動する可能性の高い断層」と一般に定義されている。このうち、「最近の地質時代」についてはさまざまな定義があるが、研究者の間では「過去数十万年間」を指すと考えるのが一般的である。しかし、これは活断層の認定が、多くの場合、断層変位基準となる地形の形成年代に深く関わるために設定された便宜的なものであり、「過去数十万年」という定義にはいまだ曖昧さが残る。

池田(1996)は、活断層を、「現在の応力場の下で地震を起こし得る断層のうちで、断層面が地表まで達しているものに限る。ただし、伏在断層であっても断層面の先端が地表近くまで達しているものは、何らかの方法で最近の地質時代における活動を確かめることができる。したがって、この種の浅部伏在断層は活断層の範疇に含める。」と定義し、「地下深くに伏在する断層は、現在の応力場の下で地震を起こし得る断層であるか否かを地質学的に確かめることができないから、活断層としてマッピングされることはない。」としている。地下深部に推定された断層が、活断層であるか否かを地下情報のみによって判定することが困難であり、現状では地表付近の情報だけによって判断されることを示す重要な指摘である。したがって、現時点では活断層認定の出発点は地表及び地表付近詳細かつ正確な情報にあると言える。

最近の活断層研究において目覚しく進展した分野として、反射法地震探査による活断層の地下形状の解明があげられる。活断層の浅層から地殻スケールにおよぶ探査は、詳細な地殻構造を明らかにし、現在進行しているテクトニックなプロセスや、島弧地殻の進化過程の解明にとって重要である。佐藤ほか(2004)は、東北地方の奥羽脊梁山脈を横断する深部から浅層におよぶ反射法地震探査を行い、活断層の深部形状とそれらの接合関係を明らかにし、断層伝搬褶曲や断層折れ曲がり褶曲のようなシンスキンド・テクトニクス適用可能性を指摘している。

しかし、これまで得られた反射法地震探査の記録には必ずしも鮮明な構造ばかりではないし、記録は物質境界を示すものであり、力学境界である活断層とは必ずしも合致し

ないことがあることも少なくなく、過度に地下構造モデルに依存した解釈(例えば、瀧瀬ほか, 2007)が行われないように十分に注意する必要もある。活断層の地下構造の解明は、これからの活断層研究の重要主題のひとつであり、探査技術の向上に伴って着実に研究成果が積み重ねられ、活断層の全体像の解明のために資することが期待される。

さらに、GPSを用いた地殻変動観測は、観測精度の向上と観測網の高密度化に伴って、現在進行中の地殻変動を広域的かつ的確に捉えることが可能となってきた(鷺谷, 1996)。しかし、測地学的な変動速度と地形・地質学的な変動速度には前者が一桁大きいという問題が残されている(野原ほか, 2000)。さまざまな調査研究手法の間にあるこのような問題を解決し、地質学的過去、地形学的過去、測地学的過去・現在における地表から地下に及ぶ活断層の全体像の把握することは活断層活動の将来予測にとって不可欠のものであり、活断層の総合的研究が今後さらに進展することを期待したい。

組織的な活断層の位置・形状に関する情報の整備

1980年に「日本の活断層」(活断層研究会, 1980)が刊行された時に、「活断層の発見の時代は終わった」と言われた。その後は、多くの研究者の関心が活断層の位置・形状に関する調査から、トレンチ調査による活動時期などを明らかにする古地震学的調査に移った。1995年兵庫県南部地震によって活断層への社会の関心が高まり、政府は防災対策の一環として主要活断層の調査に取り組むこととなった。その一方で、国土地理院発行の「都市圏活断層図」, 「活断層詳細デジタルマップ(中田・今泉編, 2002)」、「逆断層アトラス」(池田ほか編, 2002)によって詳細な活断層図が作成され、活断層の位置・形状に関する情報は飛躍的に増大した。

地震長期予測において最も基本的で重要なことは、最大規模の地震を推定するための基礎データとなる起震断層の設定やその長さである。特に、ある程度の長さを持つ活断層によって構成される活断層帯(系)のどの範囲が一括して活動するのかを特定することは、地震規模の推定にとって極めて重要なことであり、活断層分布情報の不確かさは評価結果に深刻な影響を及ぼす。このことは、最近の島根・志賀・柏崎刈谷原子力発電所設置申請許可申請や審査における活断層過小評価の事例を見れば明らかである。

政府地震調査推進本部地震調査委員会は、活断層評価において、いわゆる松田(1990)の「5kmルール」を適用して一括活動範囲を設定し地震規模の推定を行っている。「5kmルール」を適用することの可否を別にしても、その議論を行う前に基礎データである活断層の分布を十分に見

直す必要がある。このような既存の活断層図を用いて「5 kmルール」を一律に適用して活動範囲の設定の問題点については、中田ほか(2004)などが具体的に指摘したが、問題点の主な原因は活断層の位置・形状が詳細に把握されていないことにある。比較的活動度の高い明瞭な活断層でも、断層線がステップする場所や末端部では断層変位量が減少し断層変位地形が不鮮明となるため、活断層の分布を正確に把握するためには1万分の1スケールの大縮尺空中写真を用いた詳細な活断層判読が必要となる。活動区間を議論するためにはこうした断層末端における活断層認定こそが重要であり、変動地形学的手法の真価が試されると言っても過言ではない。

多くの一般国民が知りたい情報は、「全国を概観した強震動予測地図」というような広域的な情報ではなく、大地震の際に自分たちの生活の場がどうなるのかに関する個別具体的な情報である。活断層の位置・形状については、未だに研究者や調査・研究機関においてその認識に相違が認められるものもあり、関連研究分野の研究者や防災関係者の間に戸惑いもある。このような状況を改善し防災に活用するためにも、活断層の位置・形状に関する正確で詳細な情報を公的に整備する必要がある。

このために、日本列島およびその周辺海域にわたって、活断層の位置・形状、断層変位による地表破断や撓曲による地表の傾動などの変形が及ぶ範囲を示す活断層図および地下の断層運動に関連する活褶曲などの分布図を2万5千分の1スケールで作成すると共に、それらの認定根拠や活断層に沿った変位量(平均変位速度)など断層活動に関するデータをまとめ、国が認定する「公式活断層図」「活断層台帳」として整備することが必要であると考えられる。

これを今後10年間程度のうちに着実に実現するために、専門の調査・研究組織を立ち上げることも必要であろう。これまでの調査・研究成果を再評価すると共に、改めて1万分の1大縮尺空中写真の判読を行い、活断層図と台帳を作成する。その判読結果を広く公開し、関連研究者、行政、地方自治体などのレビュー・クロスチェックを受けることによって精度の高いデータとする。この際、空中写真判読のみでは活断層の存在が確実とはいえない場合には、掘削調査などによって活断層の存否を確認することが不可欠となるが、この種の調査が簡単に実施できる体制の整備も重要である。

断層変位に伴う災害の回避に向けた 「活断層法」の制定と災害の軽減

活断層の詳細な位置情報は、大地震の際に地表に断層変位が出現する場所と地表変形の範囲を具体的に特定する基

本的な情報である。断層直上に位置する住居等の建造物は、如何に堅牢であっても、ひとたび断層変位による地盤のずれが起こると破壊を免れることはできない。したがって、断層運動による災害を回避する最も効果的な方法は、断層の上に建造物を建設しないことである。筆者は、活断層直上の開発を規制するアメリカ・カリフォルニア州の「活断層法」(Bryant and Hart, 2007)とも言える法律を、日本でも導入する必要性を長年にわたって主張してきた(中田・隈元, 2003など)。しかし、それはいまだ実現していない。

活断層から発生する地震被害の大部分が強い地震動によるものであり、地盤や建物の耐震性が被害の大小に深く関わることはよく知られている。ここでは、「活断層法」についての詳細な説明は省くが、活断層上の土地利用規制が日本で実現しない背景については、「これらの対策はみな、活断層の活動による被害は断層上に建つ建造物の変位による破壊によってもたらされる、すなわち、断層線の上が一番危険という認識から生まれている」とし、「断層上(原文のまま)の真上にあることの危険性を強調すると、逆に断層線から少し離れば安全という誤解と油断を生むことになり、壊滅的な震災を軽減する上ではむしろ逆効果」(池田ほか, 1996)という考えがある。しかし、「原子力発電所やダム、公共性の高い建物や破壊されたら危険な建造物に対しては、何らかの法的規制をする必要がある」(池田, 1996)と考えることは当然であろう。日本では、都市化にともなって近年急激に市街地が拡大しているが、残念ながら市街地が開発される際に活断層に特別の注意が払われているとは思われない。土地利用が集約化し土地価格の高い日本で、このような土地利用規制が導入されれば短期的には若干の混乱が生じるかもしれない。しかし、少なくとも学校、病院などの公共施設、危険物の貯蔵施設、主要ライフラインなどの設置・建設については、「活断層法」のような法的規制によって安全な土地利用を図る必要があると考える。

内陸直下型大地震の被害の軽減のためには、まず地震の発生源となる活断層の詳しい位置を知る必要があり、その情報を一般に開示することが重要であろう。活断層が地震の発生源として潜在的に危険性であることは否定できないが、活断層が存在するだけで直ちに危険と考えることは無用の混乱を招く。活断層は動かないかぎり特に危険ではない。活断層の存在がはっきりすれば、その正確な位置を確かめ地震発生の可能性についてトレンチ発掘調査など詳しい調査を行い、もし差し迫った危険があることがわかれば具体的に対処することが不可欠であると考えられる。

中田・隈元(2003)は、活断層と教育施設との関係を調べ、全国で約200の施設で校舎などの建物が活断層直上に

位置している可能性が高いことを指摘しているが、このような事実に行政はなんら目を向けようとはしていない。地震断層によって校舎が壊滅的な被害を受け、不幸にも児童生徒に犠牲が出て初めて対策が取られるという事態に至る前に、「活断層法」の導入が図られるのを切望するのは、筆者だけであろうか？

「活断層から地震を作る」研究

将来、活断層から発生する地震を具体的に予測するためには、活断層の地表付近の情報と地下深部の情報とを総合的に判断することが重要なことに議論の余地はない。しかしながら、現時点では活断層の地下の情報は、地表付近の情報に比較して、その量と精度において遠く及ばない。このため、活断層の位置・形状に関する情報は、活断層の一括活動範囲、断層の破壊開始点、破壊伝播方向、アスベリティの分布などについての情報を含み、強震動予測のために重要かつ具体的なデータである。また、長大な活断層のセグメント区分の根拠となる情報ともなり、これらの情報の整備を進めることが重要である。

中田ほか(1998)は、活断層の平面形態に注目し、活断層の平面形態、特に断層線の分岐形態から、断層破壊開始点と破壊伝播方向を予測(推定)するという手法を考案した。また、中田・後藤(1998)は、分岐形態と横ずれ断層の断層線沿いの縦ずれ分布パターンを基に、地震の際に断層系(帯)を構成する活断層が一括して活動する区間(セグメント)を推定する手法を提示した。

地震動の大きさの予測に推定地震規模が強く関連することは言うまでもないが、より詳細な予測を行うためには、断層のどこに強い地震動を発生させるアスベリティが存在するのかを推定する必要がある。Thatcher and Bonilla(1989)は、地震後に地下のアスベリティを推定する手法として、測地学的手法、地震学的手法に加え、地震断層の変位量分布を用いる地形・地質学的手法を紹介している。近年の大地震に伴って出現した地震断層でも、地表の断層沿いの変位量分布と、地震学的に推定される地下の活断層のアスベリティの分布が一致する例は数多く報告(例えば、Kaneda and other, 2008)されている。したがって、活断層に沿った変位量分布を基に地震発生以前に地下のアスベリティの位置や大きさがある程度推定することが可能である。

この方法については、地表に現れた断層変位量と地下の断層変位は必ずしも一致しないので、信頼性が低いという批判があるかも知れない。しかしながら、現時点では地震発生前にアスベリティの位置やその大きさを地震学的手法や測地学的手法などによって予測することは不可能に近い

状況にあり、地表の断層変位量分布データを用いて地下のアスベリティの位置を予測することは有効であると考え(中田ほか:1998, 鈴木ほか:1999)。

このような視点にたった試みとして、楮原ほか(2007)は主として地震調査推進本部が98活断層帯の評価のために収集・整理した活断層に関する文献を用いて、断層沿いの変位量、変位基準とその年代、平均変位速度を纏めたデータベース作成とその結果について報告している。また、沖野・隈元(2007)は、「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編:2002)の活断層位置情報や「日本の活断層」(活断層研究会編:1991)などの既存属性情報を統合し、内陸地殻内地震の震源モデルを検討している。既存研究から得られる活断層変位量に関するデータでは、累積変位量についてはある程度整っているが、平均変位速度のデータが極めて少ない。特に縦ずれ断層に対して横ずれ断層では、情報が極めて少ない。単位変位量や変位速度について、縦ずれ断層と横ずれ断層を比較するには、それぞれの実変位量を知る必要がある。

このように現時点では、このデータベースは完全というには程遠い状況にあると言える。このようなデータの充実には、当面の活断層研究の一つの主題となりうる。高精度・高密度な断層変位量や平均変位速度データの収集の試みは、歴史時代に活動したと考えられる有馬-高槻構造線(堤ほか, 2004)、中央構造線活断層系(堤・後藤, 2006)でなされている。また、活断層については、糸魚川-静岡構造線活断層系を対象に平均変位量を詳細に復元する試みが鈴木ほか(2007)によってなされている。植生の密度の高い地域における変位量の復元には、空中レーザー計測による地表形態の把握(例えば、Nelson and others, 2003)が効果的であり、今後このような手法によって詳細な断層変位量の把握がなされるであろう。

近い将来、組織的な活断層の変動地形的研究や地下深部構造調査によってデータの充実が図られ、より詳細で具体的な地震動予測のための基礎として活用されることを期待したい。さらに、このデータベースに加え、活断層の位置・形状などをから破壊開始点・破壊伝播方向の検討を加えた震源モデルをもとに、活断層から発生する地震の地震動を推定する「活断層から地震を作る」という試みがなされると予測する。

広域の変形に関わる活断層研究

近年の被害地震を見ると、地表に明確な地震断層が出現したものよりも出現しなかったものの方が多い。中越地震のように褶曲変形に関連するものもあった(岡村・石山, 2005; 渡辺ほか, 2005)。これまでの研究はどちらかとい

うと活断層の線的な調査であったが、今後は海成段丘や河成段丘などの地形面の広域的褶曲変形などに関連する海域及び地下の活断層を対象とする研究が進展するであろう。

日本では、太田陽子の一連の精力的な研究（例えば、太田、1999）などによって海成段丘面の分布と変形に関する調査が進み、地殻変動の特徴が明らかにされている。日本列島における海成段丘の成果の多くは、「海岸段丘アトラス」(小池・町田編, 2001) に纏められている。海成段丘は、傾動や示差的運動等の変位・変形から累積的な断層運動が継続している地域に発生したものもあるが、これまでこのような地殻変動を起こした活断層については必ずしも、十分な考慮が払われてきたとは言えない。また、内陸の河成段丘の変形に関しては、活断層との関連が十分に解明されてきたとはいえない。地形面の変位・変形など過去の地震活動に関連する地形を、変動地形学的見地から詳細に検討し、将来発生する地震の原因となる活断層に関する情報を整備する必要がある。これに関する調査研究の進展が期待される。

海底活断層の位置・形状および活動履歴に関する調査・研究

プレート境界地震については、歴史地震記録などをもとに予測が行われているが、地震を発生させた断層に関するデータは十分に得られているとは言えない。南海トラフ沿いで発生すると巨大地震は、近い将来、日本の広い地域に大きな災害をもたらすと予測される地震のひとつである。政府地震調査委員会によると、その30年間発生確率は、50%以上に及ぶ。しかしながら、この予測では「プレート境界のどこで」地震が発生するのかという視点で予測が行われており、南海トラフ沿いの「どの活断層が地震を発生させるのか」という視点が欠如している。このため、「どこで・どのくらいの規模の地震が発生するのか」ということを詳細に予測することが困難であり、具体的な防災対策を計画する際の大きな課題として残されている。

江戸時代以降でも宝永地震、安政東海地震および安政南海地震、昭和東南海地震および南海地震などの大きな津波を伴う巨大地震が発生している。これらの地震は、断層破壊域が南海トラフ全域に及んだ宝永地震、南海トラフの東半部と西半部の二つの破壊域を持つ安政地震、東南部と南部の二つの破壊域を持つ昭和地震など異なる破壊領域を持っていた。しかしながら、個々の地震の発生源が海溝斜面に発達する活断層群のどの活断層であったかという、基本的な事実さえ明らかにされていないため、将来発生する巨大地震の予測において不確実性を残している。東海沖の活断層についてサイドスキャンソナーのデータなどを

もとに20万分の1スケールで活断層図（東京大学出版会、1999）が作成され、活断層の分布や特性に関する概要は把握されているが、近い将来、発生すると予測される大地震を具体的に想定するには、活断層の詳細情報が絶対的に不足していると言える。したがって、プレート境界など海底で発生する地震の発生源となる活断層について、急速に進歩した海底探査技術のうち適切な手法を用いて、活断層の位置・形状および活動履歴に関する調査・研究を推進する。これによって、南海トラフ沿いで近い将来発生すると予測される巨大地震などの予測精度を向上させることが必要となる。

2007年に発生した中越沖地震では、地震の発生源となった海底の活断層が、地震前に行われた海底調査データを用いて、変動地形学的手法によって地震後に認定されている（鈴木ほか、2008）。海底では、大陸棚を除いて浸食作用が活発でないために、断層運動などの内的営力によって形成された地形の保存が良く、陸上と同様に変動地形学的に活断層を認定し、その位置・形状および変位量分布から、活断層の破壊開始点や破壊範囲を推定することが可能であると考えられる。また、海域では、音波探査から地質断面を比較的容易に取得できるため、活断層の変位層準や地下形状を解明することが可能であり、変動地形学的手法と併用することで、従来にもまして詳細な活断層研究が推進されることが期待される。

活断層研究の社会的信頼と支持の獲得

最近判明した原子力発電所の耐震安全審査における活断層の過小評価は、多くの活断層研究者の関与しないことではあった。国民生活の安心と安全が重視される21世紀の日本にあって、活断層の調査研究に関わる研究者や技術者のみならず、調査研究成果を社会へ橋渡しする人々の役割と責任が一層大きくなったことを認識することが重要である。この意味から、日本活断層学会が設立された意義は極めて大きい。活断層研究のこれからの発展は、研究成果が社会に十分受け入れられることが前提となることから、社会的な信頼と支持がえられるか否かにかかっていると考えており、学会が自主的な活動として特に取り組むことが望まれる課題として以下のものを挙げておきたい。

1. 国や地方自治体の活断層・地震災害軽減施策のレビュー。
2. 国や地方自治体の地震災害軽減施策などに対するパブリックオピニオンの聴取・提供。
3. 活断層および地震災害の調査・研究の専門家の養成。
4. 活断層情報の社会への提供。

おわりに

馬齢を重ねた筆者が個人的に関心を持っている分野を中心に、活断層の将来について思いつくままに記述した。活断層研究の将来は、偏に次代を背負う若い地球科学研究者が、魅力的な研究テーマや研究の社会的な意義を自ら見出し、意欲的に研究に取り組むことにかかっている。大いに期待したいところである。

謝辞

本論の作成にあたって、名古屋大学の鈴木康弘氏、担当編集員の池田安隆氏および査読者から有益なコメントをいただいた。記して感謝したい。

文 献

- Bryant, W. A. and Hart, E. W., 2007, 'FAULT-RUPTURE HAZARD ZONES IN CALIFORNIA -Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act with Index to Earthquake Fault Zones Maps, Special Publication 42, California Geological Survey, 42p.
- 池田安隆, 1996, 活断層の地震危険度評価:我々は何をすべきか, 活断層研究, 15, 59-63. 池田安隆・島崎邦彦・山崎晴雄, 1996, 活断層とは何か. 東京大学出版会, 220p.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編, 2002, 「第四紀逆断層アトラス」, 東京大学出版会, 254p.
- 楮原京子・高橋就一・橋森公亮・山本晋也・堤 浩之・今泉俊文・中田 高, 2007, 活断層から発生する地震動の予測精度向上のための変位量・変位速度に関するデータベース, 活断層研究, 27, 55-62.
- Kaneda, K., Nakata, T., Tsutsumi, H., Kondo, H., Sugito, N., Awata, Y., Akhtar, S. S., Majid, A., Khattak, W., Awan, A. A., Yeats, R. S., Hussain, A., Ashraf, M., Wesnousky, S. G., and A. B. Kausar, 2008, Surface rupture of the 2005 Kashmir, Pakistan, earthquake, and its active tectonic implications, Bull. Seism. Soci. Am., (in press)
- 活断層研究会編, 1980, 「日本の活断層-分布図と資料-」, 東京大学出版会, 367p.
- 活断層研究会編, 1991, 「新編日本の活断層-分布図と資料-」, 東京大学出版会, 437p.
- 瀨藤一起・古村孝志・三宅弘恵・泉谷恭男・山中浩明, 2007, 強震動評価高精度化のための強震観測・地下構造調査. 糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成18年度報告書, 文部科学省研究開発局, 79-99.
- 小池一之・町田 洋編, 2001, 「日本の海成段丘アトラス」, 東京大学出版会, 105p CD-ROM 3枚.
- 松田時彦, 1990, 最大地震規模による日本列島の地震分帯図, 地震研究所彙報, 65, 289-319.
- 中田 高・島崎邦彦・鈴木康弘・佐藤比呂志・隈元 崇, 1998, 活断層研究にもとづく大地震発生モデル, 月刊地球, 号外20, 136-141.
- 中田 高・後藤秀昭, 1998, 活断層はどこまで割れるのか? -横ずれ断層の分岐形態と縦ずれ分布に着目したセグメント区分モデル-. 活断層研究, 7, 43-53.
- 中田 高・今泉俊文編, 2002, 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 68p, DVD2枚.
- 中田 高・隈元 崇, 2003, 活断層位置情報からみた土地利用の問題点と「活断層法」について-活断層詳細デジタルマップの活用例(1)学校施設と活断層-. 活断層研究, 23, 13-18.
- 中田 高・隈元 崇・熊原康博・山中佳子, 2004, 「形態単位モデル」による一括活動型活断層の設定と起震断層の再検討, 活断層研究 24, 39-48.
- 中田 高, 2005, 変動地形学の新しい展開:シンポジウムの趣旨と内容, 地理科学, 60, 133-135.
- Nelson, A. R., Johnson, S. Y., Kelsey, H. M., Wells, R. E., Sherrod, B. L., Pezzopane, S. K., Bradley, L-A, Koehler, R. D. III and R. C. Bucknam, 2003, Late Holocene earthquakes on the Toe Jam Hill fault, Seattle fault zone, Bainbridge Island, Washington, GSA Bulletin, 115, 1388-1403.
- 野原 壯・郡谷順英・今泉俊文, 2000, 活断層GISデータを用いた地殻の歪速度の推定, 活断層研究, 19, 23-32.
- 岡村行信・石山達也, 2005, 2004年新潟県中越地震震源域での地質構造を用いた伏在断層モデルの作成, 活断層・古地震研究報告, 5, 17-28.
- 沖野範子・隈元 崇, 2007, 活断層詳細デジタルマップを基にした内陸地殻内地震の震源モデルの構築と属性情報の統合化, 活断層研究 27, 73-94.
- 太田陽子, 1999, 「変動地形を探る 1 日本列島の海成段丘と活断層の調査から」, 古今書院, 212p.
- 鷲谷 威, 1996, 活断層研究とGPS 活断層研究, 15, 117-118.
- 佐藤比呂志・池田安隆・伊藤谷生, 1996, 地震研究所シンポジウム 「活断層研究の将来をさぐる」, 活断層研究, 15, 55-58.
- 佐藤比呂志・吉田武義・岩崎貴哉・佐藤時幸・池田安隆・海野徳仁, 2004, 後期新生代における東北日本中部背弧域の地殻構造発達-最近の地殻構造探査を中心として-, 石油技術協会誌, 69, 145-154.
- 鈴木康弘・中田 高・島崎邦彦, 地震発生長期予測のための地形学/地質学的活断層研究の新展開, 1999, 地盤工学会誌, 47, 5.
- 鈴木康弘・渡辺満久・澤 祥・廣内大助・隈元 崇・谷口 薫・松多信尚・杉戸信彦, 2007, 地震時断層挙動(活動区間・変位量分布)の予測精度向上に向けた変動地形調査, 糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成18年度報告書, 文部科学省研究開発局, 63-78.
- Thatcher, W. and Bonilla, M. G., 1989, Earthquake slip estimation from geologic, geodetic and seismologic observations; implications for earthquake mechanics and fault segmentation. In Fault Segmentation and Controls on Rupture Initiation and Termination (Schwartz, D. P. and Sibson, R. H. eds.), U. S. Geological Survey Open-File Report, 98-315, 386-399.
- 東海沖海底活断層研究会編「東海沖の海底活断層」, 1999, 東京大学出版会, 151 p.
- Schwartz, D.P. and Coppersmith, K.J. (1984): Fault behavior and characteristic earthquakes: examples from the Wasatch and San Andreas fault zones, Journal of Geophysical Research, 89,

- 5681-5698.
堤 浩之・後藤秀昭・谷美由紀, 2004, 有馬 - 高槻断層帯の
先史・歴史地震に伴う横ずれ地表変位. 活断層研究, 24,
157—166. (2008年2月7日受付)
- 渡辺満久・鈴木康弘・伊藤武男, 2005, 変動地形に基づく2004
年中越地震の断層モデル. 地震第2輯, 58, 297-307.
(2008年3月11日受理)
- 堤 浩之・後藤秀昭, 2006, 四国の中央構造線断層帯の最新活
動に伴う横ずれ変位量分布, 地震, 59, 117-132

キーワード

活断層研究 変動地形 日本活断層学会

Key words : active fault study, tectonic geomorphology, Japanese Society for Active Fault Studies