

「地震被害軽減のための地震発生ポテンシャルの定量化に関する日米共同研究」

研究期間：平成12年度～平成13年度

研究代表者：佐竹健治（産業技術総合研究所）
他5機関

研究の概要・目標

1. 何を目指しているのか

地震災害軽減のために、将来の地震発生ポテンシャルを定量的に評価

1年後の目標

日米共同で新しい手法を用いて野外観測・調査を実施し、データを取得。

2年後の目標

観測・調査を継続するとともに、地震発生ポテンシャルを評価。

2. 何を研究しているのか

北海道・アメリカ北西部の太平洋岸で、過去の大地震の発生履歴を調査し、将来の地震発生ポテンシャルを推定。日本の野島断層で得られたトラップ波（断層付近の低速度層を伝わる地震波）データを三次元計算と組み合わせ、断層の深部構造を推定。サンアンドレアス断層において地震観測を行い、地震発生前の前駆的現象の有無を検討。

3. 何が新しいのか

古地震調査においては、新手法（ジオスライサー）によってこれまで調査できなかった地域で調査、日米共通の認定基準で古地震履歴を認定。これまでの二次元的断層深部構造を三次元に拡張。震源近傍の観測には日本で開発した高精度の観測機器を使用。

諸外国等の現状

1. 現状と我が国の水準

古地震調査においては、日本は活断層の履歴調査では米国とともに世界のトップ。その中から新手法（ジオスライサー）が開発された。沿岸の古地震調査・地震ポテンシャル評価では、米国に一步遅れているが、世界ではトップクラス。

断層の深部構造については、兵庫県南部地震後、世界的にも重要なデータを取得。三次元計算では、米国にやや遅れている。

震源近傍の観測については、米国とともに、世界でトップクラス。

研究進展・成果がもたらす利点

1. 世界との水準の関係

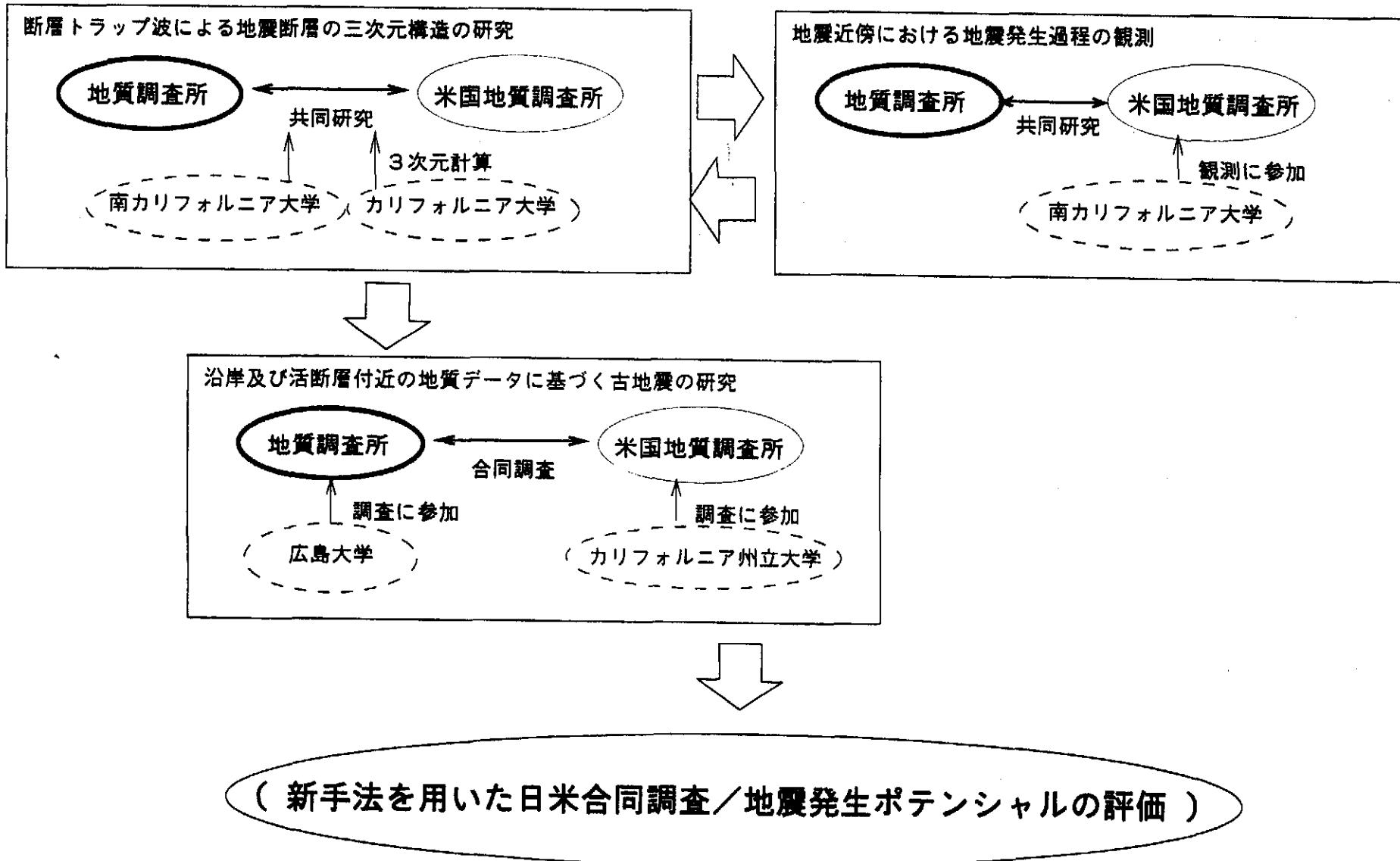
日米は地震研究ではすでに世界をリードしているが、共同研究により互いの長所を取り入れ、さらなる進展が期待される。特に沿岸域の調査、地震発生ポテンシャルについては世界のトップである米国と並ぶことが期待される。

2. 波及効果

米国で開発・発展してきた古地震調査・地震発生ポテンシャルの手法を日本に導入することによって、日本での地震災害軽減に貢献。

日本で開発された新手法を用いることにより、この手法が今後の世界における標準となる可能性。

「地震被害軽減のための地震発生ポテンシャルの定量化に関する日米共同研究」の研究体制



平成13年度科学技術振興調整費課題「地震被害軽減のための地震発生ポテンシャルの定量化に関する日米共同研究」の実施体制及び所用経費

(千円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	平成12年度 所用経費	平成13年度 所用経費
1. 沿岸及び活断層付近の地質データに基づく古地震の研究	経済産業省 産業技術環境局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	佐竹 健治	22,754	18,835
2. 震源近傍における地震発生過程の観測		伊藤久男 伊藤 忍		
3. 断層トラップ波による地震断層の3次元構造の研究				
1. 沿岸及び活断層付近の地質データに基づく古地震の研究				
1-1. 地震抜き取り装置を用いた古地震調査	広島大学文学部	中田 高 奥村 晃史	2,129	1,120
	米国地質調査所	Brian Atwater Brian Sherrod Daved Schwartz Eugene Schweig William Ellsworth Paul Spudich Ross Stein		
	カリフォルニア州立大学フンボルト校	Harvey Kelsey		
	カーネギー研究所	I. Sacks		
	サンディア国立研究所	Randy Normann		
	カリフォルニア大学サンディエゴ校	Duncan Agnew		
所用経費(合計)			24,883	19,955

研究成果の概要<課題全体>

課題名（研究代表者）：地震被害軽減のための地震発生ポテンシャルの定量化に関する日米共同研究（佐竹 健治）

【研究成果の概要】

（1）沿岸及び活断層付近の地質データに基づく古地震の研究

米国カスケード沈み込み帯で西暦1700年に発生した巨大地震について、日本の津波被害から津波の高さを推定し、津波シミュレーションを併用して、地震時の断層のすべり量を推定した。また、コロンビア川河口付近における古地震調査により、この地震による液状化痕跡を発見、ジオスライサーを用いて採取したコアの詳細な観察から、地震の規模を推定した。1964年アラスカ地震後の環境変化を古地震学的手法で解析し、この手法の時間精度（10年程度）を推定した。また、日米を含む環太平洋で発生した海溝型地震のすべり量分布と沈み込み帯のテクトニクスとの関係を系統的に調査した。

北海道東部での調査から、千島海溝沿いで17世紀に異常な「地震」が発生したこと、似た「地震」は過去2500年間に数回発生していることが明らかになった。この異常な「地震」は、プレート間地震後の深部すべりが関連しているらしい。

西暦900年頃にシアトル断層で発生した地震による液状化痕跡及び1811-12年ニューマドリッド地震による液状化痕跡を含む地層を採取し、砂脈の構造を詳細に観察し、液状化した砂層の起源を調査した。シアトルの液状化砂は火山性泥流堆積物、ニューマドリッドの砂はミシシッピ川の洪水堆積物であることが判明した。

カリフォルニア州サンアンドreas断層沿いのヘイワード断層においては、米国地質調査所が活断層調査のために掘削したトレンチより下部の地層をジオスライサーによって抜き取った。

（2）震源近傍における地震発生過程の観測

日本で開発した高精度なデータ集録装置を用いた観測を米国ロングバレー及び長野県西部地域において行い、良質なデータを多数集録した。

地震の初期破壊についてゆっくりした過程があるかどうかについては長い間多くの研究が行われてきた。小地震の破壊の初期過程を解析する上での問題点は、震源での現象と伝播経路の影響をうまく分離できなかつたことにある。浅い地震活動の活発な長野県西部地域において震源域の極く近傍まで掘削された坑井に設置された地震計の記録により、Qの効果等を詳細に評価した。その結果、 $M > 0.6$ 程度でも震源においてゆっくりした破壊過程がみられることを見いだした。

また、ストッピングフェーズを用いた新しい解析手法を適用して、震源の物理過程に強く特徴づけられる地震波エネルギー、破壊伝播速度、応力降下量などの物理量を精度良く推定した。多少のばらつきがあるものの、全体的に小地震ほど破壊伝播速度が遅くなる傾向が見られた。従来から小地震は大地震に比べて地震波エネルギーの放射効率が小さいことが指摘されていたが、その原因の1つが破壊伝播速度にある可能性がある。これは、大地震と小地震における摩擦特性の違いを反映しているのかもしれない。

（3）断層運動による静的応力変化による地震活動の変化

大地震による断層運動によって生じた静的応力変化によって、余震や近傍での地震活動が抑制されたり増幅されたりすることは、実験及び観測から推定されていたが、伊豆諸島で2000年夏に発生した群発地震活動を用いて、静的応力変化と地震活動との関係を定量的に実証した。また、カリフォルニア州パークフィールドで1983年以降に観測された微小・小地震の静穏化は、1983年に近傍で発生したコーリング地震に伴う静的応力変化によ

ってサンアンドレアス断層上の地震活動が抑制されたためであることが判明した。これらの結果は、日米共同で国際誌（Nature 及びアメリカ地球物理学会誌）に発表した。

（4）断層トラップ波による地震断層の3次元構造の研究

野島断層において観測された明瞭な断層トラップ波を利用し、断層破碎帯の幅を推定し、掘削結果との比較検討を行った。その結果、断層破碎帯の変形域の幅とトラップ波の幅がよく一致することがわかった。

2000年鳥取県西部地震では、地震波や地殻変動から断層面上で推定された数mの食い違い量に匹敵するような食い違いが地表では見られなかった。数値シミュレーションの結果によれば必ずしも断層破碎帯が地表に達していないなくても、地表からある程度の深さまで破碎帯が連続していれば、断層トラップ波が観測可能であることが知られている。余震分布や地表の地割れ等を参考にして、断層破碎帯の地表投影上と推定される場所に地震計アレイを設置し、断層トラップ波の観測を行い、余震記録にトラップ波が観測されていることを確認した。断層破碎帯は最低でも200mの幅を有することがわかった。

2000年10月に茂住祐延断層で行われた人工地震のトンネル内での観測波形を3次元シミュレーションによりモデリングし、断層構造を推定した。得られた断層構造は、観測から知られている構造に良く対応しており、3次元数値シミュレーションの有効性が示された。また、断層構造推定にはP波、およびP波起源のトラップ波も有効であることが、シミュレーションにより初めて明らかにされた。P波は、従来のS波を使った研究に比べ高周波成分を多く含むため、より微細な断層破碎帯構造推定が可能であろう。

研究成果公表等の状況<課題全体>

課題名（研究代表者）：地震被害軽減のための地震発生ポテンシャルの定量化に関する日米共同研究（佐竹 健治）

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合 計
国内	1 (4) 件	1 (1) 件	12 件	14 (5) 件
国外	8 (2) 件	0 件	27 件	35 (2) 件
合計	9 (6) 件	1 (1) 件	39 件	49 (7) 件

(注：投稿中の論文については括弧書きで記載)

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
Nature	27.955	1			1
J. Geophysical Research	2.609	(1)	2		2 (1)
Geol. Soc. America Bulletin	2.249	1			1
Bull. Seism. Soc. Am.	1.231	(1)			(1)
Earth, Planet Space	0.689			1 (1)	1
EOS, Trans. American Geophys. Union		1	1		2
主要雑誌小計		2 (2)	4	1 (1)	7 (3)
発表論文合計		3 (5)	5	1 (1)	9 (6)

【原著論文による発表の内訳】

1) 国内 [発表題名, 発表者名, 発表誌名等 (雑誌名, 卷, 号, 頁, 年 等)]

(計 1 件)

1. アメリカ北西部カスケーディアにおける地震液状化痕跡のジオスライサー調査, 高田圭太, 佐竹健治, 下川浩一, Brian Atwater, 中田高, 原口強, 産総研 活断層・古地震研究報告 1, vol.1, 353-372, 2001.

2) 国外 [発表題名, 発表者名, 発表誌名等 (雑誌名, 卷, 号, 頁, 年 等)]

(計 8 件)

1. Ground sediment slices show signs of earthquake shaking, Atwater, B.F., K.S. Burrell, M. Cisternas V., B. Higman, A. Barnhardt, R.E. Kayen, D. Minasian, K. Satake K., Shimokawa, T. Haraguchi, K. Takada, D. Baker, T. Nakata, EOS, Trans. AGU, vol.82-49, 603-608, 2001.
2. Rapid resetting of an estuarine recorder of the 1964 Alaska earthquake, Atwater, B.F., D.K. Yamaguchi, S. Bondevik, W.A. Barnhardt, L.J. Amidon, B.E. Benson, G. Skjerdal, J.A. Shulene, and F. Nanayama, Geological Society of America Bulletin, 113, 1193-1204, 2001.
3. The slow initial phase of earthquakes in Western Nagano, Central Japan, Ito, S., H. Ito, W. Ellsworth, S. Prejean, Y. Kuwahara, K. Imanishi, Source Process Monitoring, Balkema, (in press), 2002.
4. An inversion method to analyze rupture processes of small earthquakes using stopping phases, Imanishi, K., and M. Takeo, J. Geophys. Res., 107, 101029/2001JB000201, ESE-2, 1-16, 2002.
5. In Jules Verne's footsteps: seismology in the source, Ellsworth, W. H. Ito, P. Malin and R. Abercrombie, Eos, Transactions of the American Geophysical Union, 82, 333,339, 2001.
6. Response of the San Andreas fault to the 1983 Coalinga-Nunez earthquakes: An application of interaction-based probabilities for Parkfield, Toda, S. and R. S. Stein, J. Geophys. Res., 107, 101029/2001JB000172, ESE-6, 1-16, 2002.
7. Evidence from the 2000 Izu Islands swarm that stressing rate governs seismicity, Toda, S., R. S. Stein, and T. Sagiya, Nature, September 6, 2000, 2002.
8. Fault damaged zone deduced by trapped waves and its relation to breakdown processes of earthquake faults, Kuwahara, Y., and H. Ito, Earth, Planets and Space, accepted, 2002.