

研究紹介

活断層及び古地震による地震発生予測の研究

杉山雄一¹

Yuichi SUGIYAMA (2000) Research on long-term earthquake forecasting based on active fault and paleoearthquake information. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 51 (9), p. 429-433, 4 figs., 1 table.

Abstract: Research on long-term earthquake forecasting based on active fault and paleoearthquake information contains four research themes. The first theme is a comprehensive investigation of major active faults throughout Japan to evaluate earthquake potential of each fault. Main active faults in the Kinki Triangle have been mostly surveyed and evaluated by the end of FY 1998. Major faults in Chubu, Kanto and Shikoku districts are now under the subject of this investigation. The second theme is a basic study on multi-segment earthquakes. The purpose of this study is to clarify the mechanism of rupture propagation on large-scale fault systems and refine the estimation of rupture extent and earthquake magnitude. The study is conducted on the North Anatolian fault in Turkey and Chelungpu fault in Taiwan, both of which generated large multi-segment earthquakes in 1999. The third theme is to study off-fault paleoseismology to estimate the probability and size of earthquakes and/or seismic hazards on the basis of paleoearthquake information, for example from tsunami deposits and liquefaction traces. It is carried out chiefly in the eastern Hokkaido. The fourth theme specializes in public outreach. It includes a systematic compilation and publication of active fault strip maps and 1:500,000-scale neotectonic maps. The public outreach brings about active fault data available in various digital formats through various media. We are now planning a new research theme to produce high-precision seismic hazard maps based on the synthesis of the newest data on active faults, paleoearthquake, basin structure and subsurface geology.

要 旨

「活断層及び古地震による地震発生予測の研究」では、全国の主な活断層が今後数十～百年間に地震を引き起こす可能性の評価を主な目的として、各活断層の活動履歴や活動性等に関する調査を進めている。また、地震及び地震被害の発生予測の精度向上を旨として、複数の活断層（活動セグメント）の連動による大規模な地震の研究、津波堆積物の解析に基づく津波の襲来頻度や遡上範囲の研究等を行っている。更に現在、活断層や古地震に関する情報を地震波動、地下構造、表層地盤等の情報と統合して、総合的な地震災害予測図の作成を旨とする研究の立ち上げを検討している。

1. はじめに

「活断層及び古地震による地震発生予測の研究」は、「活断層調査事業」、「大規模活断層系から発生する地震

規模の予測に関する研究」、「古地震による地震の再来確率と規模予測に関する研究」及び「活断層・古地震情報の社会化に関する研究」の、合計4つのテーマからなる。このうち、「活断層調査事業」は、平成8年度から10年計画で開始されたテーマであり、平成10年度で終了した「活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究」から引き継いだものである。他の3テーマは、この終了特研の総括に基づいて、新たに立ち上げられた研究テーマである。本稿では、これら4つの研究テーマの目標や戦略について略述すると共に、初年度に当たる平成11年度の主な成果を紹介する。

2. 活断層調査事業

活断層調査事業は、地震調査研究推進本部により基盤的調査観測の対象活断層に選定された98の活断層帯について、大規模な地震を引き起こす可能性（地震発生の切迫性）を定量的に評価することを主な目的としている。

¹ 地質調査所地震地質部 (Earthquake Research Department, GSJ)

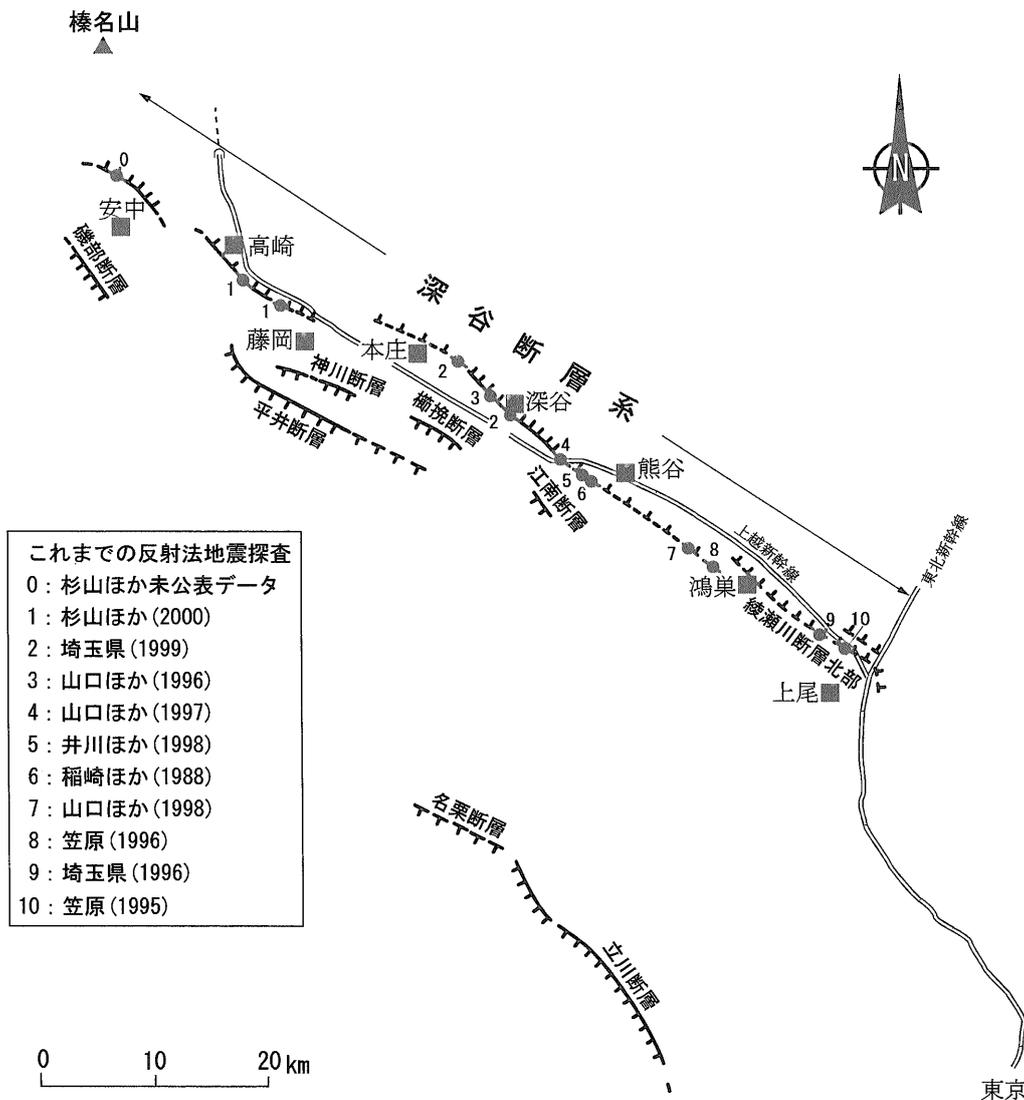
Keywords: active fault, paleoseismology, multi-segment earthquake, tsunami (deposits), (seismic) hazard map

このため本事業では、地震発生の切迫性の評価に必要な活断層パラメーター(活動間隔, 最新活動時期, 平均変位速度など)の取得が最重要課題となっている。現在, 山地・丘陵域及び平野縁辺部の活断層の危険度調査, 伏在活断層及び内湾一沿岸海域の活断層の危険度調査, 及び重要活断層の補備調査の3つのサブテーマを立てて調査を実施している。これらの調査は, 海上保安庁水路部による海域活断層の調査並びに科学技術庁の地震関係基礎調査交付金の交付を受けた各地方自治体による活断層調査と密接な連携・調整を図りながら進めている。

山地・丘陵域及び平野縁辺部の活断層の危険度調査では, 調査対象活断層の特徴に応じて, 地形地質調査, 反射法地震探査, オールコアボーリング, トレンチ掘削などの調査手法を適宜組み合わせる実施している。本調査

では平成8年度以降, 近畿三角帯から調査を始め, その周辺地域へ調査対象範囲を順次拡大する戦略を取っている。平成11年度には近畿三角帯の未調査活断層(鈴鹿山地西縁断層帯及び頓宮断層系)の調査を実施すると共に, 新たな調査拠点として関東地方北部を選定し, 深谷断層系の調査を行った。深谷断層系の調査では, 反射法地震探査により, 同断層系の北西延長が群馬県高崎市を経て榛名山の南麓へ延び, 全体として長さ約80kmの断層系をなすことが明らかになった(第1図)。平成12年度には, 中部地方の濃尾断層系と関東地方北部の関谷断層の調査を行う予定である。

伏在活断層及び内湾一沿岸海域の活断層の危険度調査では, 主に反射法地震探査とオールコアボーリングまたはコアリングの複合調査によって, 活動履歴や平均変位



第1図 深谷断層系のトレースと反射法地震探査によって断層の存在が確認された地点(●地点)。杉山ほか(2000)に加筆。1~10の文献については杉山ほか(2000)を参照されたい。
 Fig. 1 Trace of the Fukaya fault system and locations where the fault existence was confirmed through the seismic reflection survey (solid circles). Modified after Sugiyama *et al.* (2000).

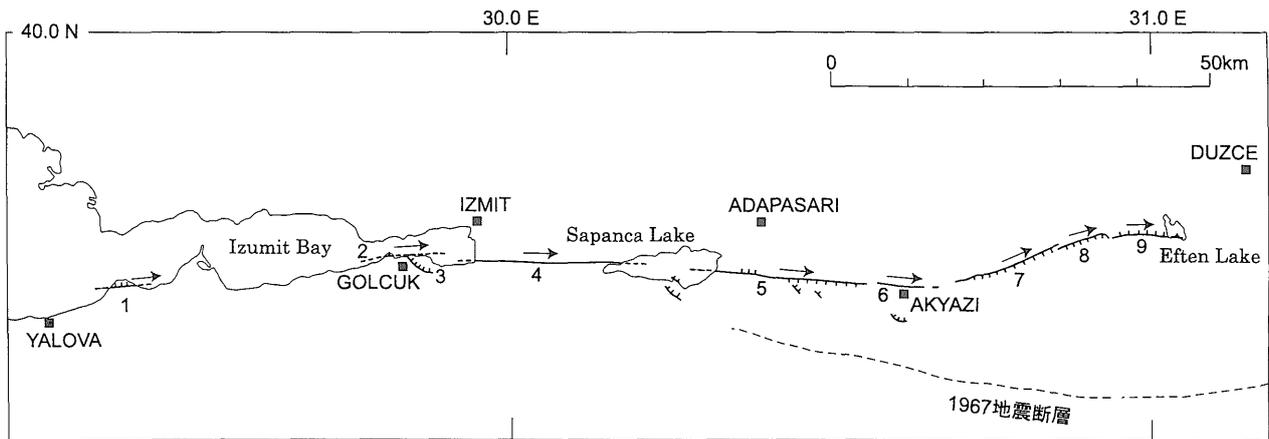
速度などのパラメーターの取得に挑戦している。平成11年度には、大阪湾断層並びにその分岐断層である和田岬断層の反射法地震探査とオールコアボーリングを実施すると共に、海上保安庁水路部から提供を受けた深さ100mのオールコアの分析を開始した。平成12年度には、伊予灘の中央構造線活断層系の調査を株式会社四国総合研究所との共同研究として実施する予定である。

重要活断層の補備調査は、地質調査所や地方自治体などが調査を行った主要な活断層のうち、さらに詳細なデータの取得が必要と判断された断層を対象としている。平成11年度には、いずれも平成10年度までに地質調

査所が調査を実施した琵琶湖西岸断層、中央構造線根来断層、長岡平野西縁断層帯及び木津川断層などの補備調査を行った。平成12年度には、香川県が平成8年度に調査を実施した長尾断層と地質調査所が平成11年度までに調査を実施した上町断層、深谷断層系などの補備調査を行う予定である。

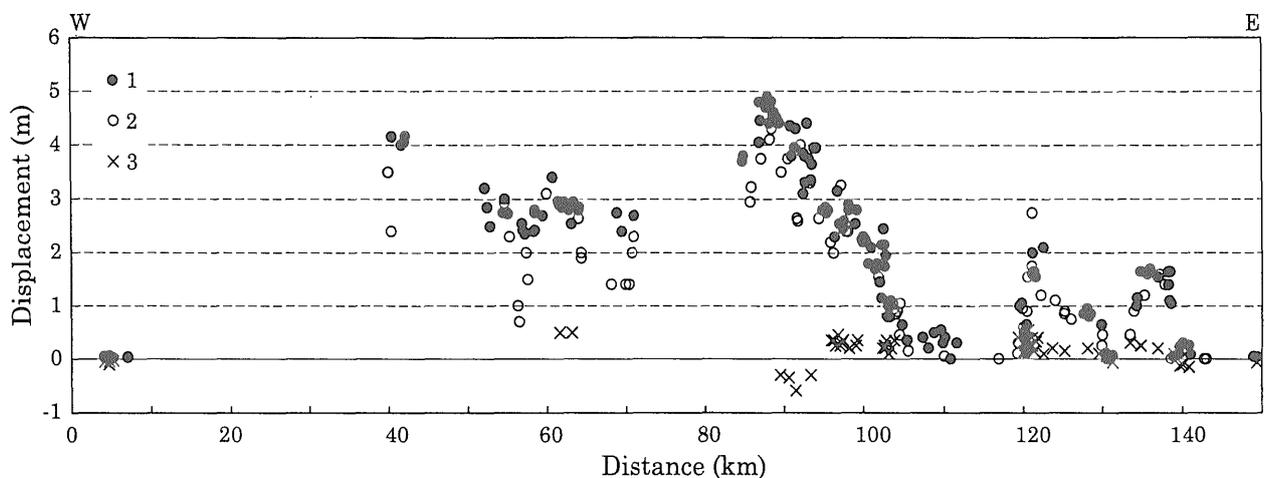
3. 大規模活断層系から発生する地震規模の予測に関する研究

本研究は、複数の活動セグメントからなる大規模な活



第2図 1999年コジャエリ地震に伴う地震断層(地質調査所, 2000b)。1: Tascopru断層, 2: Golcuk断層, 3: Kazikli断層, 4: Tepetarla断層, 5: Arifiye断層, 6: Akyazi断層, 7: Karadere断層, 8: Aksu断層, 9: Golkaya断層。

Fig. 2 Surface ruptures associated with the August 17, 1999 Izmit (Kocaeli) earthquake (Geological Survey of Japan, 2000b). 1: Tascopru fault, 2: Golcuk fault, 3: Kazikli fault, 4: Tepetarla fault, 5: Arifiye fault, 6: Akyazi fault, 7: Karadere fault, 8: Aksu fault, 9: Golkaya fault.



第3図 1999年コジャエリ地震に伴う地震断層の変位量分布(地質調査所, 2000b)。東西ないし北東-南西走向の右横ずれを主とする断層の変位量のみを示す。1: 右横ずれ成分のうち、信頼度が高い計測値, 2: 右横ずれ成分のうち、信頼度があまり高くない計測値, 3: 北側隆起成分。

Fig. 3 Distribution of displacement along the major ruptures associated with the 1999 Kocaeli earthquake, Turkey (Geological Survey of Japan, 2000b). 1: right-lateral displacement with reliable measurement, 2: right-lateral displacement with unreliable measurement, 3: north-side up displacement.

断層系から発生し得る多様な地震の規模、震源域、破壊過程などを定量的に予測する手法の確立を目的としている。このため、セグメンテーション、複数のセグメントの連動を含む活動履歴、分岐・雁行などの断層の形態、1回の活動に伴う変位量や平均変位速度の空間分布などが既にある程度解明されているトルコの北アナトリア断層や淡路島北部から有馬-高槻構造線にかけての活断層系(六甲起震断層)などをモデル断層として研究を進めている。

平成11年度には、8月17日に北アナトリア断層西部でコジャエリ地震が発生したため、地震断層のセグメンテーションに関するデータの取得を主な目的として、トルコ鉱物資源調査開発総局(MTA)と共同で、地震断層の現地調査を実施した(吉岡ほか, 2000)。その結果、約300地点において変位量データが取得され、今回の地震断層が9つの断層線からなることが明らかになった(第2, 3図)。また9月21日には、台湾の車籠埔断層の活動により、集集地震が発生したため、逆断層型の大規模地震断層の実変位ベクトルの計測を主な目的として、台湾中央地質調査所と共同で現地調査を実施した(Azuma et al., 2000)。この調査により、地震断層の最北端部、北部及び南部では実変位の向きが異なることが判明した(第4図)。

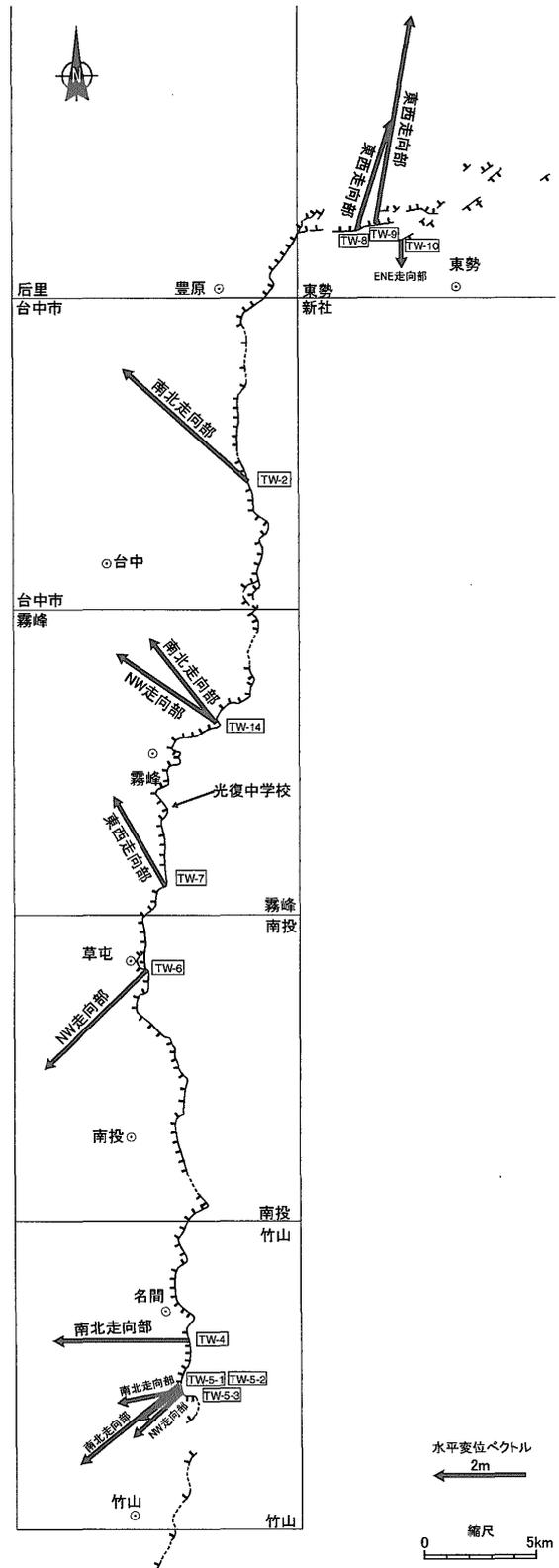
平成12年度には、北アナトリア断層及び車籠埔断層のセグメンテーションと活動履歴に関する研究を継続し、地質学的データに基づく地震断層のセグメンテーションと地震学的なデータによる震源モデルとの対応を検討する予定である。

4. 古地震による地震の再来確率と規模予測に関する研究

本研究は、津波堆積物、液状化跡などの、地震を引き起こした活断層から離れた(オフ・フォールトの)場所に記録されている古地震データから、都市や地域が地震による様々な被害を被る確率と規模を予測する手法の開発を目的としている。このため、北海道東部などをモデル地域として、主に津波堆積物から古津波による被害の時期、頻度及び規模を見積もる研究を進めている。

平成11年度には、道東の霧多布湿原やキナシベツ湿原などにおいて、ジオスライサーやボーリングによる津波堆積物の調査を行った。その結果、17世紀以降の3枚の津波堆積物について、津波の遡上限界の面的分布が明らかになった(七山, 2000)。このほか、紀伊水道の友ヶ島において、津波堆積物のジオスライサー調査を実施し、5枚の津波堆積物と考えられる砂礫層を確認した。現在、砂礫層の堆積年代を検討中である。

平成12年度には、道東地域において、津波堆積物の性状や分布から、津波の規模(波高)を見積もる研究を進



第4図 1999年集集地震に伴う地震断層上盤側の水平変位ベクトル。地質調査所(2000a)を一部修正。
Fig. 4 Horizontal slip vectors of the upthrown side of the surface faults associated with the September 21, 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan. Partly modified after Geological Survey of Japan (2000a).

めると共に、駿河湾奥において、駿河トラフのプレート境界断層及び富士川河口断層帯の活動に伴う古地震跡の研究を実施する予定である。

5. 活断層・古地震情報の社会化に関する研究

本研究テーマは、活断層や古地震に関する調査研究の成果を速やかに社会に提供することを目的としている。このため、主要活断層のストリップマップの作成、50万分の1活構造図の改訂、活断層情報のデータベース化・数値化などを進めている。

平成11年度には、50万分の1活構造図「京都」第2版、2.5万分の1花折断層ストリップマップ、同伊那谷断層帯ストリップマップの12年度刊行に向けた編纂を進めた。また、50万分の1活構造図「新潟」、「金沢」、「秋田」等の調査を実施すると共に、活断層の反射法地震探査データのCD-ROM化を進めた。

平成12年度には、11年度に編纂を進めた活構造図「京都」第2版、花折断層ストリップマップなどの刊行、並びに活構造図「新潟」第2版の編纂を進める予定である。このほか、本特別研究の進捗状況並びに主要成果は、今後も活断層・古地震研究調査概要報告書や活断層研究室のホームページなどを通じて、速やかに公開して行く予定である。

6. 今後に向けて

本研究グループでは、平成13年度より、活断層や古地震に関する情報を地震波、地下構造、表層地盤などの情報と統合して、総合的な地震災害予測図の作成を旨とする研究の立ち上げを検討している。地震災害のうち、地震断層のずれによる被害の予測には、活断層の通過位置や1回の活動に伴う変位量のデータが基礎資料となる。また、地震動による直接的な被害や地震動に誘発される山崩れ、液状化などの被害の予測では、その前提となる震源断層の設定(モデル化)において、活断層の各種データが重要な拘束条件となり得る。さらに、津波による被害の予測には、上述した津波堆積物の研究成果が大いに

利用できる。このような最新の活断層情報を下敷きとした総合的な地震災害予測図の作成には、活断層、地震波動、地下構造、津波を始めとする多分野の専門家の共同作業が不可欠である。現在、このような共同作業を円滑に推進できる研究チームの結成を進めている。

文 献

- Azuma, T., Sugiyama, Y., Kariya, Y., Lee, Y.-H., Shih, T.-S., Lu, S.-T. and Wu, W. (2000) Surface faults of the September 21, 1999 Chi-chi earthquake, Taiwan. *Proceedings of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*, 19-22.
- 地質調査所 (2000a) 9月21日台湾集集地震に伴う地表地震断層調査。地震予知連絡会会報, **63**, 559-563.
- 地質調査所 (2000b) 1999年トルコ・イズミット(コジャエリ)地震の地表地震断層の調査結果。地震予知連絡会会報, **63**, 564-566.
- 七山 太 (2000) イベント堆積物を用いた津波の遡上規模と再来周期の検討—千島海溝沿岸域の研究例—。堆積学研究会2000年春季研究集会講演要旨, 93-96.
- 杉山雄一・須貝俊彦・水野清秀・山崎晴雄・伏島祐一郎・遠藤秀典・山口和雄・伊藤久男・横田 裕 (2000) 群馬県下における深谷断層の反射法地震探査と深谷断層系=東日本の中央構造線活断層系モデル, 地質ニュース, no. 546, 45-51.
- 吉岡敏和・栗田泰夫・佃 栄吉・加藤碩一・オメール エムレ・タメール Y. ドゥマン・タウフィック エルカル・アーメット ドアン (2000) 1999年トルコ・イズミット(コジャエリ)地震に伴う地震断層の緊急調査。地質ニュース, no. 545, 23-26.

(受付: 2000年4月28日; 受理: 2000年7月26日)