

3.2 内陸活断層モデル化の研究

3.2.1 地質・変動地形によるモデル化

3.2.1.1 研究課題全体の成果

伊藤谷生（千葉大理）
佐藤比呂志（東大地震研）
宮内崇祐（千葉大理）
池田安隆（東大理）
今泉俊文（山梨大教育人間）
山北 聡（宮崎大教育文化）
堤 浩之（京大理）

(1) 研究の背景と目的

内陸活断層から発生する地震による強震動を予測するためには、震源断層のパラメータを推定する必要がある。ほとんどの内陸活断層は、地震発生層中では固結しているため、地震活動などから直接震源断層のパラメータを求めることは難しい。地震発生層を断ち切るような大規模な内陸地震では、地表にも変形の痕跡を残すために、変動地形学的・地質学的な活断層調査によって、震源断層のパラメータをある程度推定することは可能である。このためには、地表近傍の活断層と地震発生層に位置する震源断層との関係、すなわち活断層-震源断層システムについての理解が必要となる。

本プロジェクトは、首都圏・近畿圏周辺に位置する活断層群について、地質学・変動地形学的アプローチによって、強震動予測に必要な震源断層モデルパラメータについて最も妥当な値を推定することを目的としている。

平成14年度には、次項で述べる関東地方に分布する最も平均変位速度が大きい活断層の一つである国府津-松田断層に関する調査・研究を行った。ここでは、今後の研究の基礎になる地質学・地形学的手法に基づく震源断層の断層パラメータの推定方法の基本的な考え方について述べる。

(2) 地質学・地形学的手法に基づく震源断層の断層パラメータの推定方法

1970年代以降、変動地形学的手法によって日本列島の活断層の分布は、高い精度でマッピングされるようになった（中田・今泉編、2002）。しかしながら、強震動を発生する震源断層の形状や地震時の予想される震源断層面上のすべり量、アスペリティの位置など、強震動予測という観点から必要なパラメータの解明については、課題として残されている。震源断層については、制御震源を用いた直接的なイメージングや、自然地震観測によるアプローチも重要であるが、地質学・変動地形学的にも推定することが可能である。断層の深部形状の地質学的推定を可能にする重要な特性は、その再活動性である。断層の再活動については、日本列島の多くの活断層についても特に反射法地震探査の進展にともないより明瞭に理解されるようになってきている。この断層の再活動性についての重要な知見は、

活断層の深部形状そのものが、現在の応力場によって形成されたものではないという点である。これは近年、多数の反射法地震探査によって明らかになりつつある中角度で北傾斜する顕著な横ずれ断層である中央構造線の例（Ito et al., 1996; 河村ほか, 2001）によっても明らかである。したがって、断層の深部形状については断層の形成史についての知見にもとづけば、断層形成時のテクトニクス・応力配置からある程度の推定を行うことが可能になる。

断層の形状は、断層に沿った地層の変形に大きな影響を及ぼす。例えば短縮変形場におかれている場合には、累積した垂直変位量と短縮量は断層の形状によって支配される。また、変形前の地層の体積は変形後にも保存されるという幾何学的な制約を与えモデル化を行うことによって、断層の形状をより正確に推定することが可能になる。こうした方法は、近畿三角帯のように活断層に境された隆起帯と沈降帯が密に分布する地域の断層の形状をモデル化する際には有効な方法である。

断層の深部形状は直接的には反射法地震探査などによるイメージングによって解明していく必要があるが、大規模な探査を逐次稠密に実施することは現実的には困難である。深部反射法地震の結果などと協調的に、地質学的なモデリングを併用し、地震発生層における断層の深部形状のモデル化を行っていく必要がある。

地表近傍の活断層は地震発生層中の震源断層と一連のシステムを構成している。地殻上部での活断層-震源断層の分岐やシステムの中での歪みの分配が、明らかにされていれば、地表近傍の変形にもとづいて、震源断層のパラメーターをよりよく推定することができる（佐藤ほか, 2001）。本プロジェクトにおいては、首都圏・近畿圏に分布する内陸活断層を対象として、地質学・変動地形学的手法により断層パラメーターを推定することを目的とした研究を行う。

(3) 平成 15 年度の研究計画

平成 14 年度に実施した地殻構造探査、相模測線の今後の解析データや、平成 15 年度に実施される東京湾岸・関東山地東縁測線の反射法地震探査データなどを活用し、周辺の地質・変動地形学的データと併せて、内陸活断層の断層パラメーターについての研究を行う。対象として予定している断層は、神縄-国府津-松田断層、三浦半島断層群、伊勢原断層、深谷断層などである。

国府津-松田断層のこれまでの調査によって、足柄平野下に推定される伏在断層によって、一定の短縮変形が賄われている可能性が大きいことが明らかになってきた。しかしながら、それらの実体や変位速度の算定は行われていない。フィリピン海プレートに属すると考えられている伊豆半島と現在は本州弧に接合している丹沢山地や大磯丘陵が、変動地形学的時間スケールでどの程度水平短縮を賄っているかを明らかにすることは、伊豆半島周辺でどのように二つのプレートの収束成分が分配されているかを明らかにする上で重要である。本州弧との衝突によりすでに破壊が進行しているフィリピン海プレートの北縁のテクトニクスの理解は、断層パラメーターの推定にとって極めて基礎的なデータを提示する。平成 15 年度には、神縄-国府津-松田断層の前面の足柄平野下に伏在する可能性の高い活断層の実体を明らかにするために、浅層高分解能反射法地震探査を実施する。この反射

測線は、防災科技研によって実施される同断層を掘り抜く大深度ボーリングとリンクして設定し、総合的に活断層-震源断層システムでの歪みの分配をあきらかにする予定である。

引用文献

- 1) 中田 高, 今泉俊文編:活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会, 60pp., DVD, 2002.
- 2) Ito, T., Ikawa,T., Yamakita, S.and Maeda,T.: Gently N-dipping Median Tectonic Line (MTL) revealed by recent seismic reflection studies, southwest Japan, *Tectonophysics*, 264, 51-63, 1996 .
- 3) 河村知徳, 蔵下英司, 篠原雅尚, 津村紀子, 伊藤谷生, 宮内崇裕, 佐藤比呂志, 井川 猛:活断層周辺における地震波散乱体の検出とその地質学的実体の推定-紀伊半島北西部中央構造線を例として-. 地震, 54, 233-249, 2001.
- 4) 佐藤比呂志, 伊藤谷生, 池田安隆, 平田 直, 今泉俊文, 井川 猛: 活断層-震源断層システムのイメージングの意義と現状, 地学雑誌, 110, 838-848, 2001 .

成果の論文発表・口頭発表等

- 1) 論文発表
なし
- 2)口頭発表、その他
なし

3.2.1.2 掘削調査による国府津松田断層断層の活動履歴復元と断層形状の解明

宮内崇裕（千葉大理）
 伊藤谷生（千葉大理）
 佐藤比呂志（東大地震研）

(1) 研究の背景と目的

伊豆・小笠原弧の衝突フロント（足柄平野を中心として）において行われた反射法地震探査・変動地形地質の新知見では、国府津松田断層の前進過程が明らかにされた。これにより、国府津松田断層は大磯丘陵／足柄平野の境界断層から、平野内部へ新規に断層上盤域を広げる断層システムを作りつつある段階にある（図1）。

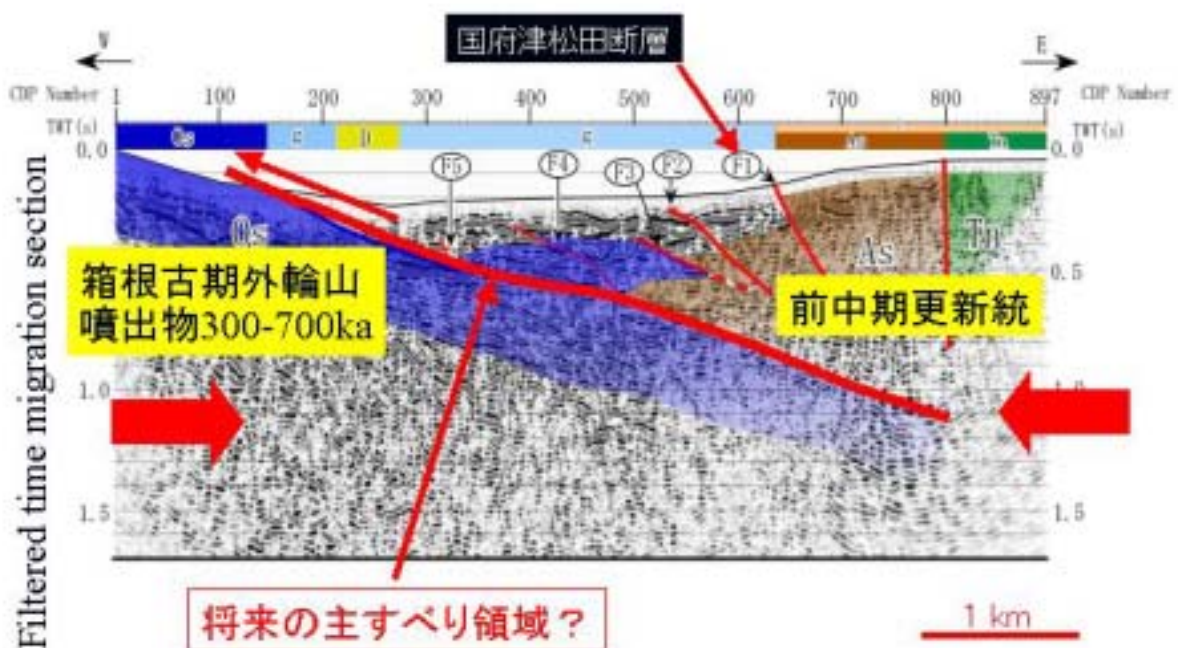


図1 90-AS (笠原,1990)測線の再解析結果とその解釈

しかし、東北地方・内陸活断層の逆断層成長過程のようなフロントの移動とは異なり、国府津松田断層自体も未だに高い活動性をもって運動している。したがって、master fault から分岐する複数の活断層の運動に伴う地殻変動が重合して地表近くに現れていることが予想される。これらの運動を以下のような方法で、分離して個々の活断層履歴を解明し、震源断層モデル構築に貢献しようというものである。

そのような運動履歴を最も表現し記録している変動地形は、内陸部の断層崖（実際はかなり浸食を受けている）ではなくて、大磯海岸から足柄平野海岸付近（小田原付近）に見

られる完新世の海岸段丘群である。これらの段丘群の存在は、国府津松田断層のみならずその前縁断層の活動を強く示唆する。すなわち、国府津松田断層の下盤に相当する地域(沈降域)に見られる4000年前の標高5~6mの海岸段丘は、前縁断層の活動による累積隆起を示すものである。また、1923年大正関東地震時に見られた、大磯から小田原市街東部までの海岸部の1.5mほどの隆起も、同様の前縁断層の活動によるものと考えられる。

一方、大磯海岸部には国府津松田断層を挟んで東側(上盤側)には、これまで3段の海岸段丘群が認められていた。最高位にある6000年前(推定)の段丘は30mに達し、平均隆起速度は5mm/年を超えるとされてきたが、詳しい離水年代などの情報に不足していた。このような変動地形の存在は、前縁断層のもたらす隆起タイプとは異なる、国府津松田断層自身の累積活動を端的に示すものである。これらの海岸段丘群の離水過程(地震イベントによる間欠的隆起)を知ることができれば、内陸部で不明であった国府津松田断層自身の活動履歴を解明することができる。さらに断層崖を横断するように配置した上盤・下盤の掘削地点において中深度ボーリング(100m)によるコアリングを行い、鍵層の高度変化から数万年間の累積変位量と断層面の傾斜角を明らかにすることが可能で、表層部における長時間での断層運動像と断層形状を具体的に知ることを目的とする。調査の概要は図2に示す。

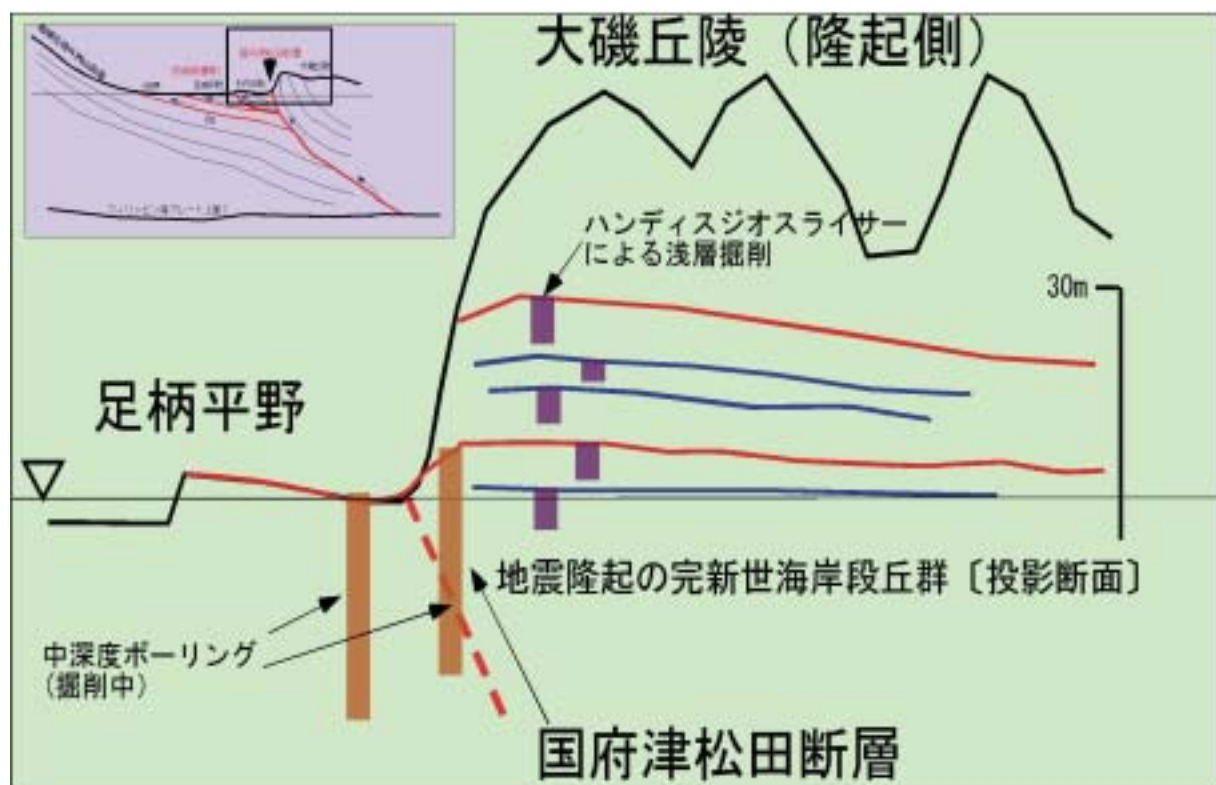
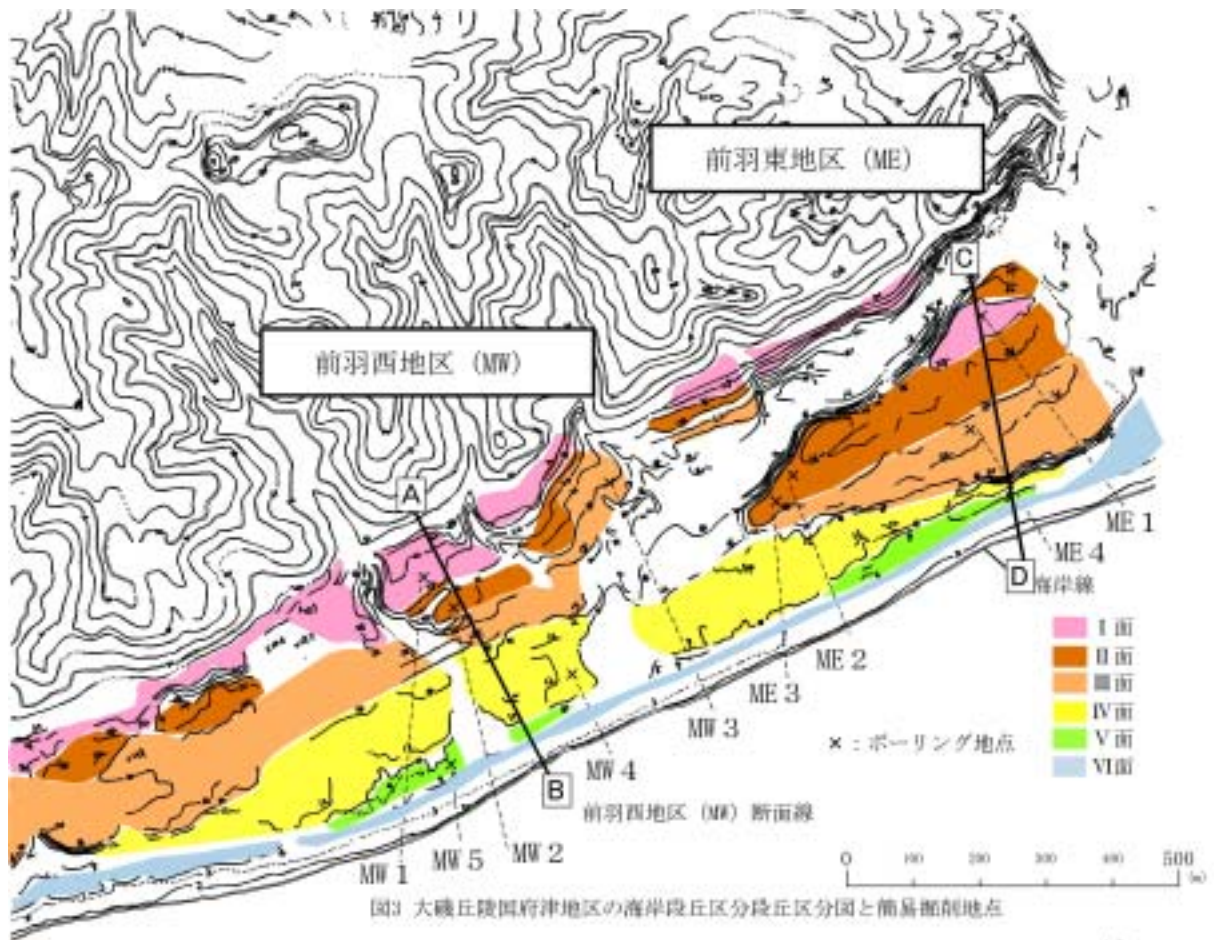


図2 国府津松田断層の構造と掘削調査の概要

(2) 海岸段丘の離水過程からみた国府津松田断層の活動履歴

大縮尺空中写真の詳細判読に基づいて、国府津松田断層の上盤隆起側に相当する大磯丘陵の南岸には、少なくとも6段の離水海岸地形が認定された(図3)。



高位のものから、Ⅰ～Ⅵ面と呼ぶことにした。各面の内縁高度（およその旧汀線高度）はⅠ面：32～34m、Ⅱ面：26～28m、Ⅲ面：22～24m、Ⅳ面：12～14m、Ⅴ面：8～10m、Ⅵ面：4～6mを示す。各段丘面上において、離水年代を推定するための年代資料を取得するために簡易掘削調査を行った（図4、図5）。

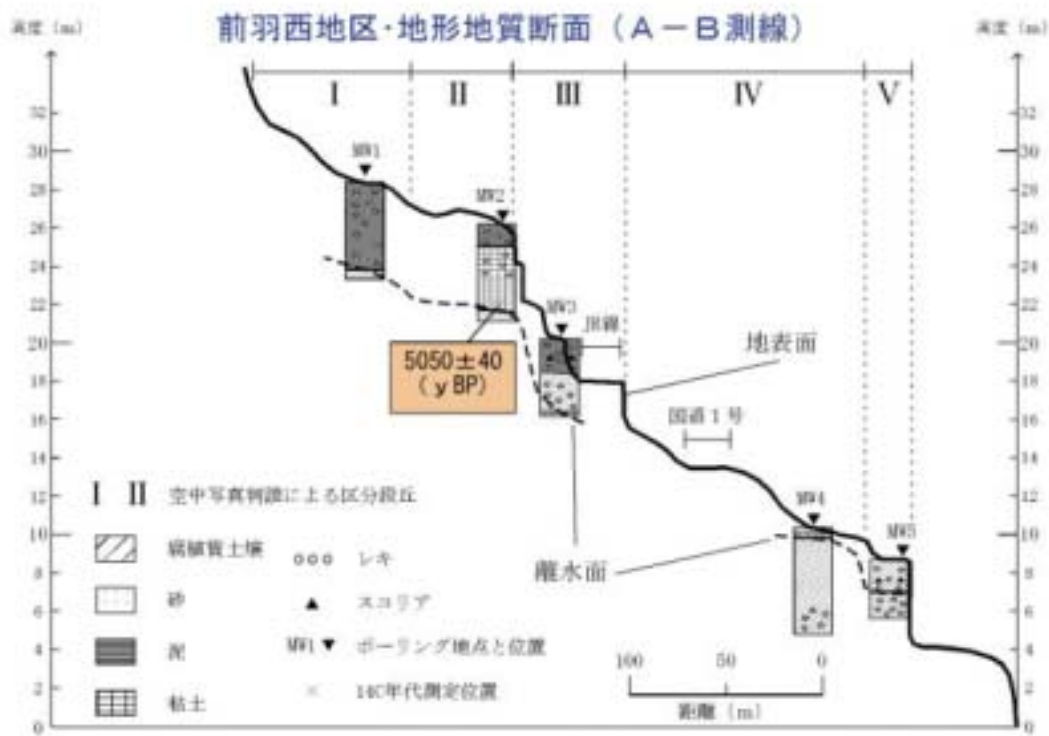


図4 大磯海岸前羽西地区の海岸段丘断面図 (断面の位置は図3に示す)



図5 大磯海岸前羽東地区の海岸段丘断面図 (断面の位置は図3に示す)

海成の段丘堆積物中に貝化石等の年代試料を残念ながら見出すことはできなかったが、離水後に堆積した腐植質土層の C14 年代測定を行った。その結果、面は少なくとも 5000 年以前に、面は 3000 年前前後に、面は 800 年前ごろ（生活遺物との関係）に離水していたことが明らかとなった。また、海岸段丘の旧汀線高度の分布に見られる比高には場所による大きな変化はなく、それぞれの地震時イベントの隆起量に読み替えることができる。その比高から、イベント隆起量には 4 ~ 5 m、8 ~ 10 m の 2 種類が認められる（図 6）。

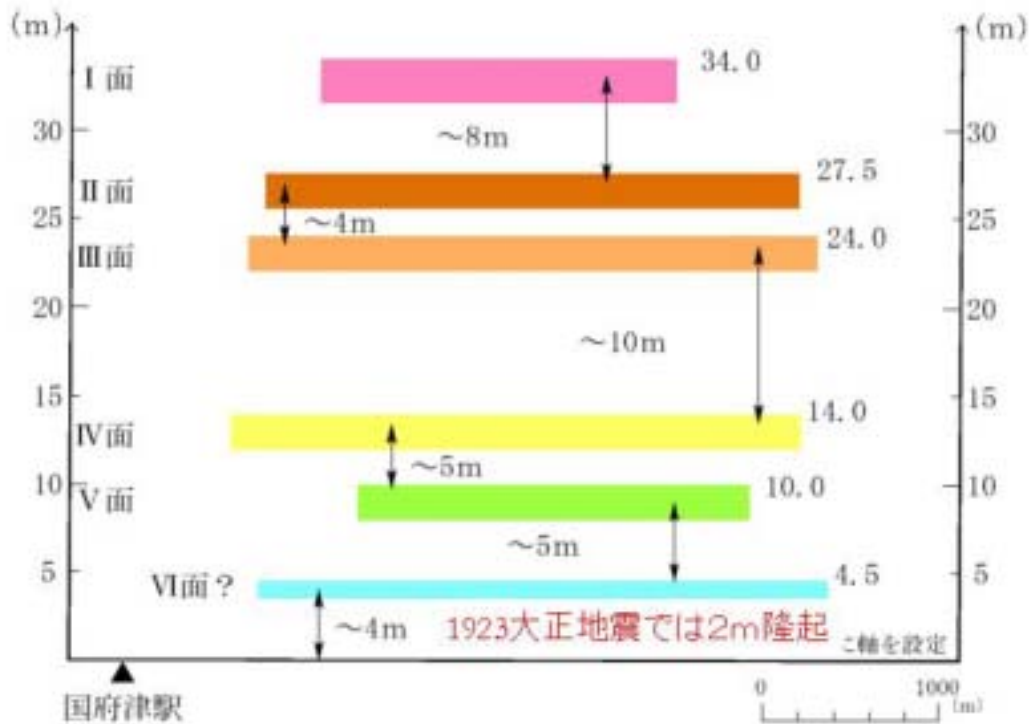


図 6 海岸段丘の旧汀線高度とその比高

1923 年大正関東地震時には大磯海岸を含めた広域的な地震隆起量は約 2 m であるので、4 ~ 5 m および 8 ~ 10 m のイベントはそれとは異なる、国府津松田断層の主活動による大磯型地震時の隆起量を示すものと推定される。それぞれの発生のタイミングについては、とくに大正型地震の発生時期をすべて特定できていないのははっきりしたことは言えない。少なくとも面の高度は 2 回分の大正型隆起によって説明されることなどを考慮すると、最後の国府津松田断層の活動は面の離水（約 800 年前前後）で 5 m ほどの海岸が隆起した可能性がある（図 7）。それ以前については、国府津松田断層の活動によって 5000 年以前に面が 5 m の隆起を、また 3000 年前前後に面は 8 ~ 10 m の隆起を伴って離水したらしい。

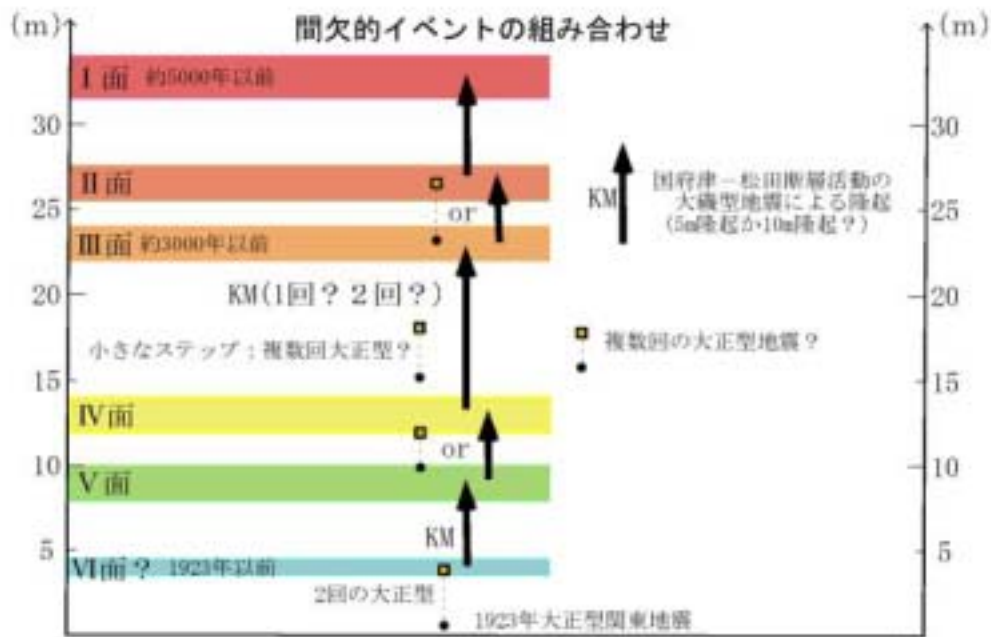


図7 旧汀線高度と年代から推定した間欠的地震の発生時期とそのタイプ

成果の論文発表・口頭発表等

1)論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2)口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
Miyauchi, T., Tanaka, T., Ito, T., Sato, H., Kawamura, T., Ishiyama, T. Kato, H. and Ikawa, T.	ACTIVE TECTONICS OF THE KANNAWA-KOUZU-MATSUDA FAULT SYSTEM DEVELOPED AS A THRUST-FRONT MIGRATION PROCESS PRODUCING GEMORPHIC RELIEF IN THE NORTHERNMOST BORDER OF THE PHILIPPINE SEA PLATE, CENTARAL JAPAN, ANALYZED BY SEISMIC REFLECTION PROFILING	第10回「大陸と縁辺部の 深部地震探査に関する国 際シンポジウム」, ニュー ジーランド	2003年1月 10日