

3. 1 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

3. 1-1 陸上における活断層の詳細位置、断層形状および変位量分布の把握

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 陸上における活断層の詳細位置、断層形状および変位量分布の把握

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人産業技術総合研究所	研究チーム長	吉岡 敏和
独立行政法人産業技術総合研究所	主任研究員	宮下由香里
独立行政法人産業技術総合研究所	主任研究員	吾妻 崇
独立行政法人産業技術総合研究所	研究グループ長	水野 清秀

(c) 業務の目的

警固断層帯（南東部）の陸域の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布を把握するため、断層帯周辺の高解像度DEM（数値地形モデル）を作成するとともに、地表踏査や群列ボーリング調査等を実施し、既存の調査・探査の結果と合わせ、警固断層帯南東部における詳細な断層位置と分布形状、および地点ごとの変位量を把握する。また、断層帯の南東延長部への連続性についても具体的な情報を得る。それらの結果は活断層基本図（仮称）に資する形でデータベース化する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 平成 23 年度：

警固断層帯（南東部）の陸上部分について、高解像度（2m）DEM を用いて地形陰影図および地形断面図を作成した。また警固断層、日向峠-小笠木峠断層帯、および宇美断層南東延長部において地形・地質調査および空中写真判読を行い、地形地質図を作成した。

2) 平成 24 年度：

警固断層および宇美断層南東延長部において、地質踏査を行い、断層露頭を確認した。また、地形面の編年を行うために、米軍撮影および昭和 30 年代撮影の空中写真を用いて、詳細な地形面区分を行った。

3) 平成 25 年度：

前年度までに実施した調査および作業に基づいて、調査対象範囲全域の断層の分布位置形状および変位量のデータを整理し、それらをデータベース化するとともに、地形分類図、活断層分布図と合わせて GIS 化した。

(2) 平成 23～25 年度の成果

(a) 業務の要約

警固断層帯（南東部）の陸上部分について、高解像度 DEM を用いて地形陰影図および地形断面図を作成した。また警固断層とその南東延長部、宇美断層南東延長部、および日向峠-小笠木峠断層帯について、高解像度 DEM の解析および地形・地質踏査を行うとともに、地形面の編年を行うために、米軍撮影および昭和 30 年代撮影の空中写真を用いて、詳細な地形面区分を行った。その結果、日向峠-小笠木峠断層帯およびその南側に並走するトレースにおいて、段丘面の上下変位を確認することができた。警固断層については、福岡市南区横手三丁目付近では、低位段丘面に比高 1～1.5 m 程度の直線状の低崖が見られること、那珂川付近の阿蘇 4 火砕流堆積面に最大約 2.5m の上下変位を見積もることができることを確認した。警固断層南東延長部については、数カ所で直線的な崖地形や鞍部列が確認できたが、それらについては基本的には浸食により形成された可能性が高いと判断した。以上の調査・解析検討の結果に基づいて、対象範囲全域の地形分類図および断層分布図を作成するとともに、既存の調査資料も合わせて GIS 化した。

(b) 業務の実施方法

本業務の対象範囲の地質図を図 1 に示す。高解像度（2m）DEM を用いて地形陰影図を作成した。作成範囲については、高解像度 DEM が特に平野部の微地形を把握するのに適しているという特性を考慮し、警固断層については海岸部から陸上部分のほぼすべてをカバーする範囲と宇美断層の南東延長部までの範囲、宇美断層については比較的平野部の多い北西部の範囲、日向峠-小笠木峠断層については福岡市早良区脇山付近の範囲について作成した。図 2～図 5 に地形陰影図を示す。高解像度 DEM は国際航業株式会社が所有する RAMS-e を使用した。陰影図については、高さ強調を 10 倍とし、南西側隆起の地形が表現されやすいように、南西方向 30° の高度から光を照射する設定とした。またそれぞれの図の範囲でグラデーションによる段彩を行った。さらに、警固断層については、断層を横切る 20 本の測線について地形断面図を作成した。空中写真判読については、人工的な地形改変の影響を避けるため、米軍撮影写真ならびに 1961 年、1963 年国土地理院撮影の空中写真を用いた。空中写真の判読では、段丘面の区分と編年を行い、さらに、断層を挟んで同一地形面が分布する地域については、高解像度 DEM を用いて地形断面図を作成した。さらに、既存の調査研究成果や他のサブテーマの成果等も取り入れて総合的に解釈し、地形分類図および断層分布図を作成した。

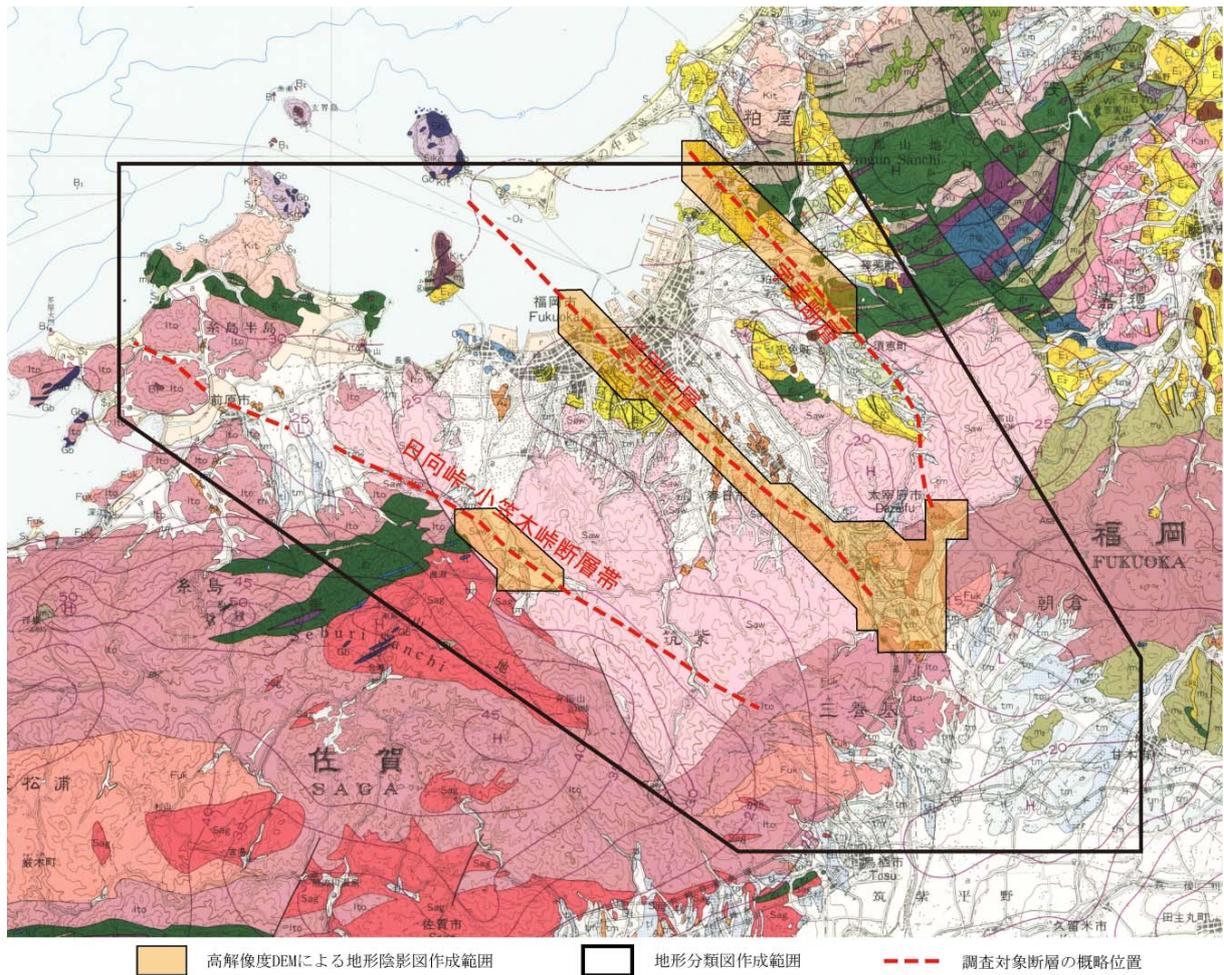


図1 調査地域周辺の地質図と調査対象範囲

地質図は地質調査所発行 1:200,000 地質図「福岡」(久保ほか, 1993) による。

地質図凡例 t1, tm: 段丘堆積物, E_n, O_n: 古第三系堆積岩, Saw: 早良花崗岩, Sag: 佐賀花崗岩, Kah: 嘉穂花崗岩, Fuk: 深江花崗岩, Ito: 糸島花崗閃緑岩, Asa: 朝倉花崗閃緑岩, g_n, m_n, mg, U: 変成岩類

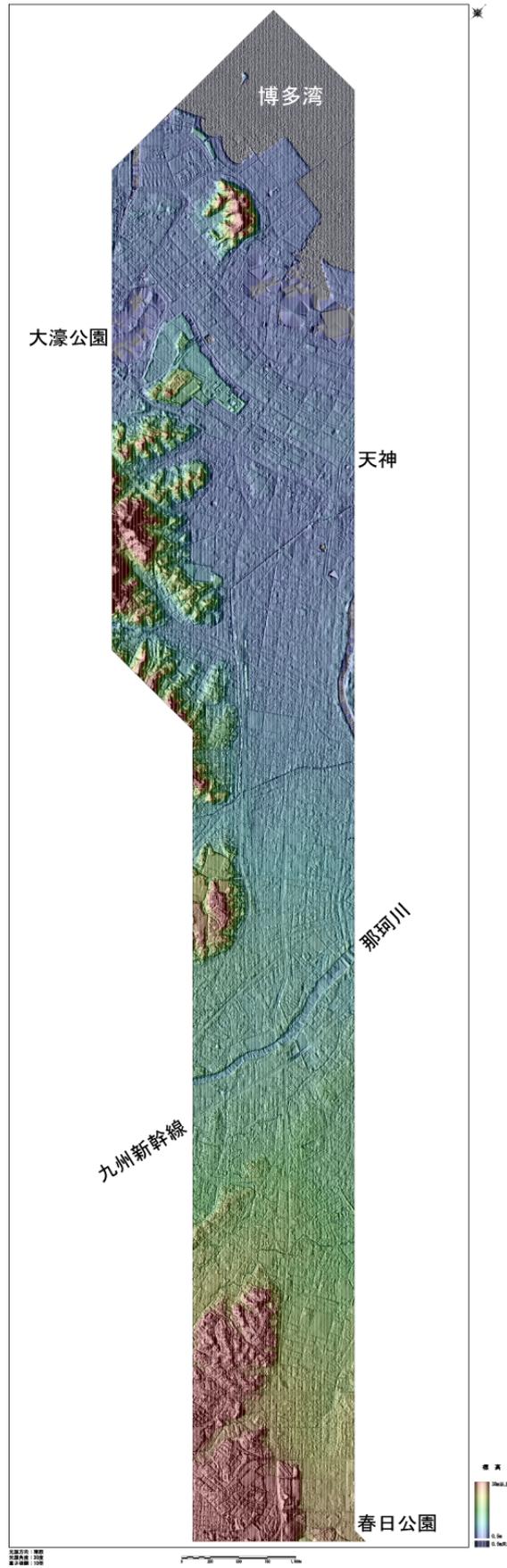


図2 警固断層（陸上部）の北西部分の高解像度DEMによる地形陰影図

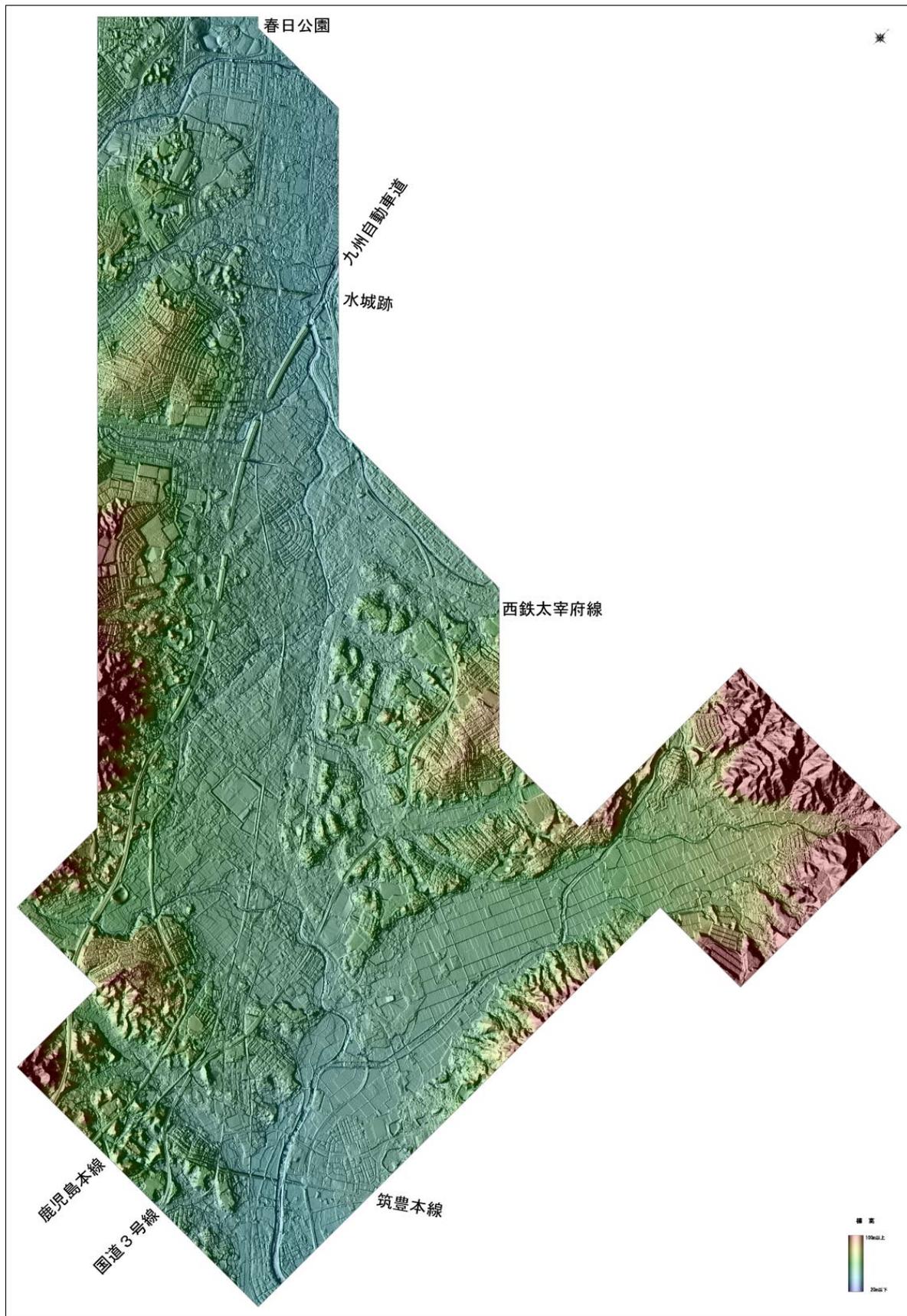


図3 警固断層の南東部分と宇美断層南東延長部の高解像度DEMによる地形陰影図

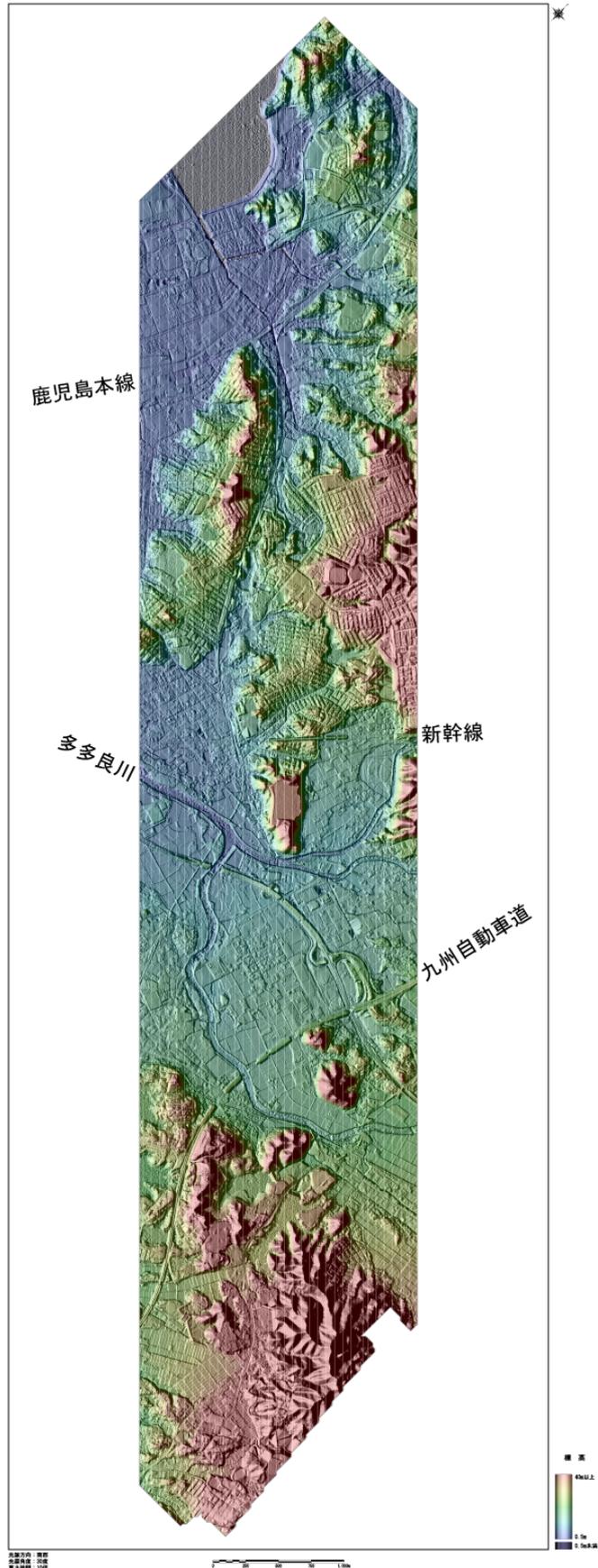


図4 宇美断層北西部の高解像度DEMによる地形陰影図

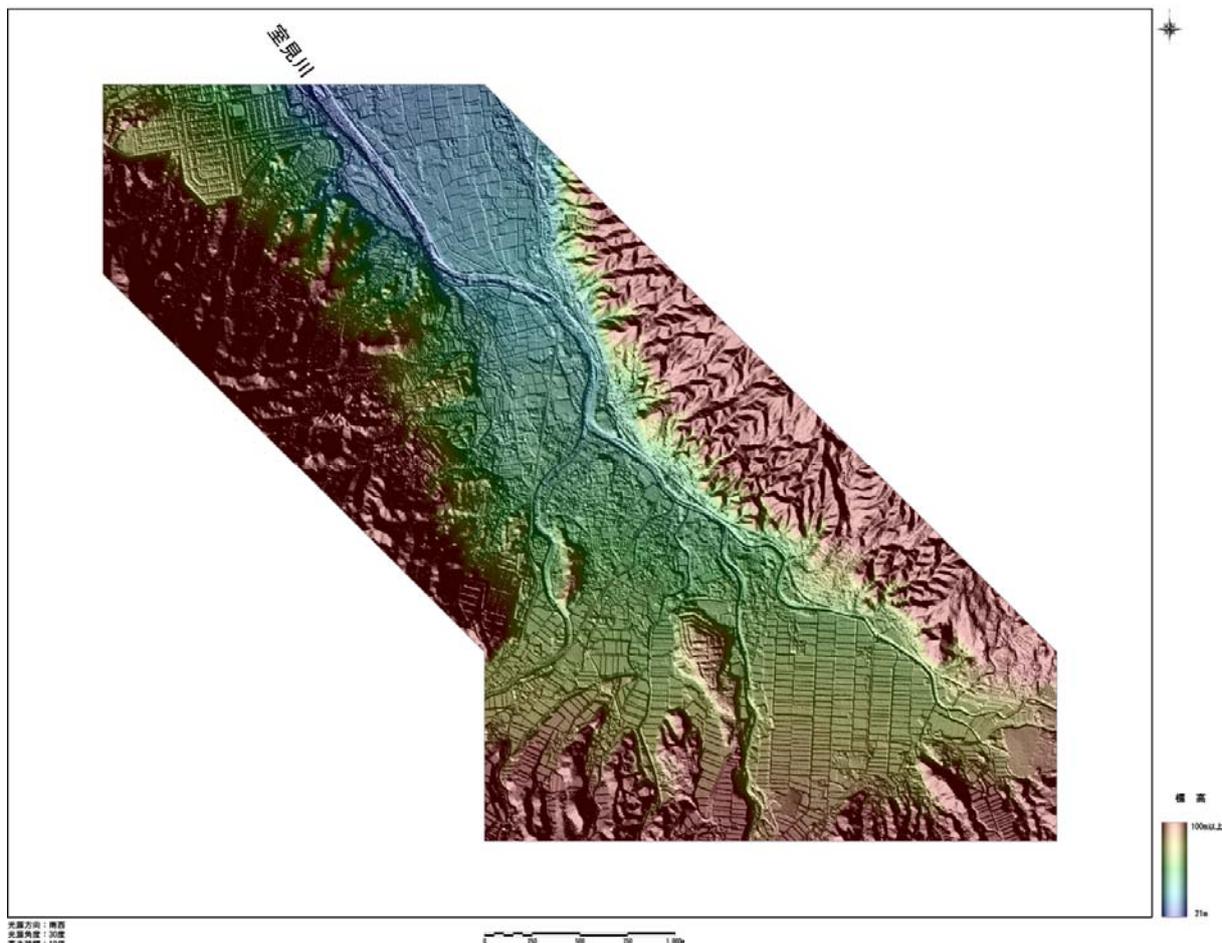


図5 日向峠-小笠木峠断層の福岡市早良区脇山周辺の高解像度 DEM による地形陰影図

(c) 業務の成果

1) 警固断層

高解像度 DEM から作成した地形陰影図を図2および図3に、地形断面図の作成位置を図6に示す。那珂川付近では、DEMによる地形陰影図の Loc. 1 (福岡市南区横手三丁目付近；図7に示す地形断面図で赤矢印の間) に低崖に挟まれた微高地が認められ、その北東縁の低崖は1~1.5 m程度の比高を持つ。空中写真の判読によれば、この付近には旧那珂川の蛇行跡が広く分布し(図8)、地形断面図で認められた低崖は河川による浸食崖の可能性もある。しかしながら、Loc. 1 付近の微高地は延びの方向が那珂川の方と大きく斜行することから河川による浸食地形とは考えにくい。また、微高地の北東縁の低崖には昭和41年に発見された奥博多温泉の元湯が位置することも、微高地の形成に何らかの構造的な成因があることを示唆する。また、既存ボーリング資料によると、基盤岩の上には不規則な起伏が見られるものの、図9にケバ付きの赤破線で示した位置では、基盤岩上面に比高20 m以上の落差が断続的に認められる(木村ほか, 2013)。以上のことを考慮すると、この地点の警固断層のトレースは大きく左ステップして分布していると考えるのが妥当である。加野ほか(2006)による反射法地震探査の結果も、この解釈と矛盾しない。それぞれのトレースの延長部分には阿蘇4火砕流の堆積面が分布しており、その上下変位の有無を確認す

るため、高解像度 DEM を用いて地形断面図を作成した。阿蘇 4 火砕流の堆積面は分布が断続的で、頂面の平坦面の保存がよくないため、断面は断面線を挟んで片側約 100 m の幅での投影断面とした。また、南方の上流への延長部分は、国土地理院の 1 万分の 1 地形図の等高線読み取りにより作成した。その結果、北東側のトレースで 1.5 m 程度、南西側のトレースで 1 m 程度の南西側隆起を見積もることが可能である（図 10）。阿蘇 4 火砕流の年代は町田・新井（2003）により約 8.5～9 万年前とされているので、この地点での上下成分の平均変位速度は、2 つのトレースを合算して約 0.03 m/千年と計算される。

水城付近では、人工的な地形改変が激しく、DEM による陰影図で詳細な断層変位地形を認定することは困難であったため、米軍撮影の空中写真等の判読を行った。その結果、警固断層付近には鞍部の連続や直線的な谷地形からなる数本のリニアメントがほぼ平行に分布しているのが認められた（図 11）。壁面に断層が確認された既存のトレンチ調査位置（上大利地点：宮下ほか，2007；大佐野地点：下山ほか，1999）や断層露頭（唐木田ほか，1994）は、ほぼこれらのリニアメント上に位置するが、上大利地点と大佐野地点が位置するリニアメントは連続していない。なお、水城西門付近を横切ってきわめて直線的な低崖が連続するのが確認され（図 11 の矢印）、この低崖については千田ほか（1996）にも活断層として図示されているが、水城南東でこの低崖を横切って実施された埋蔵文化財調査（太宰府市教育委員会，2005）によれば、この低崖は古代官道の側溝と一致しており、人工のものであると考えられる。ただし、以前から存在していた低断層崖に沿って官道が造成された可能性も残されている。

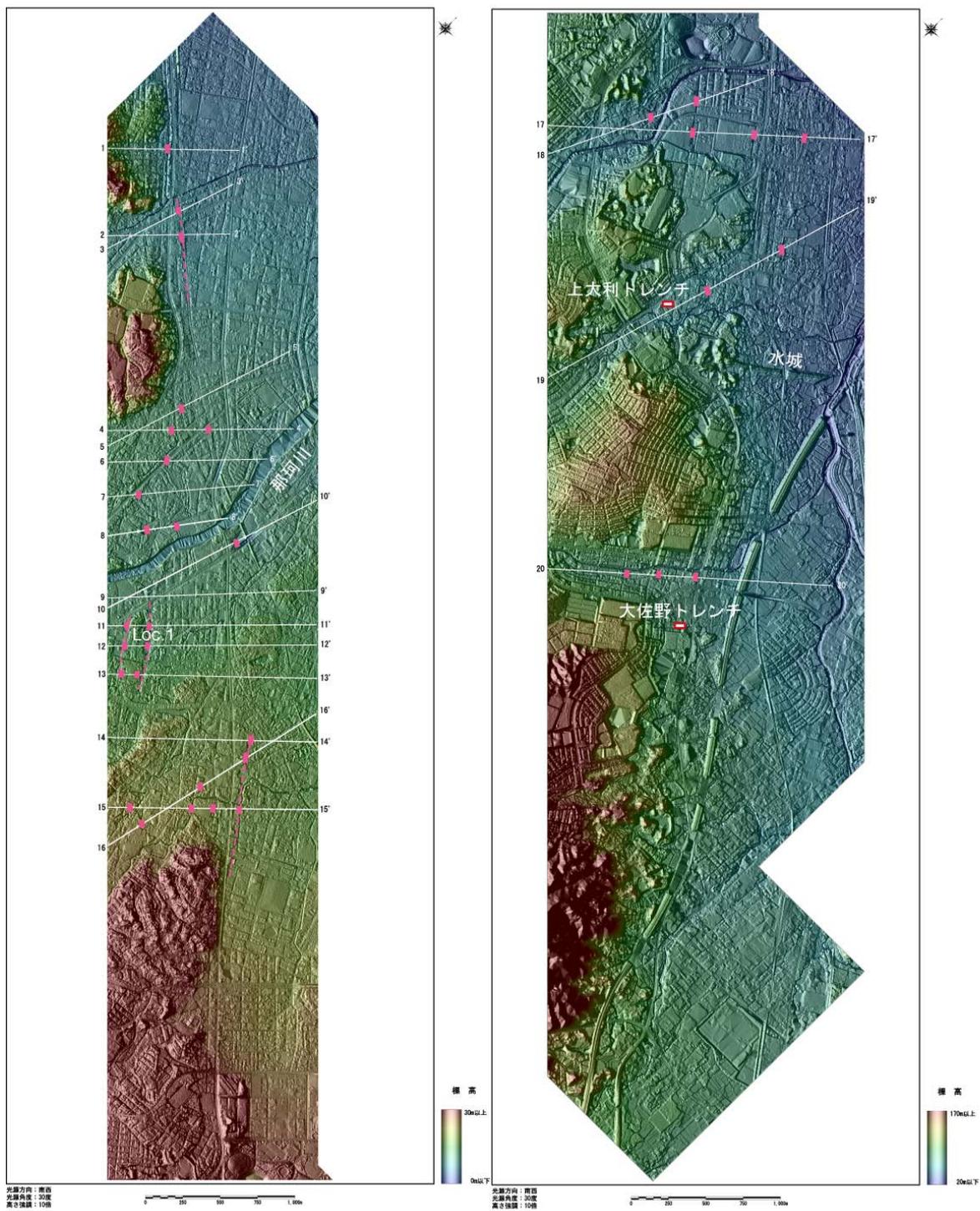


図6 警固断層主要部分の高解像度 DEM による地形陰影図と地形断面図作成位置
 ピンクの太線は低崖確認位置を示す。

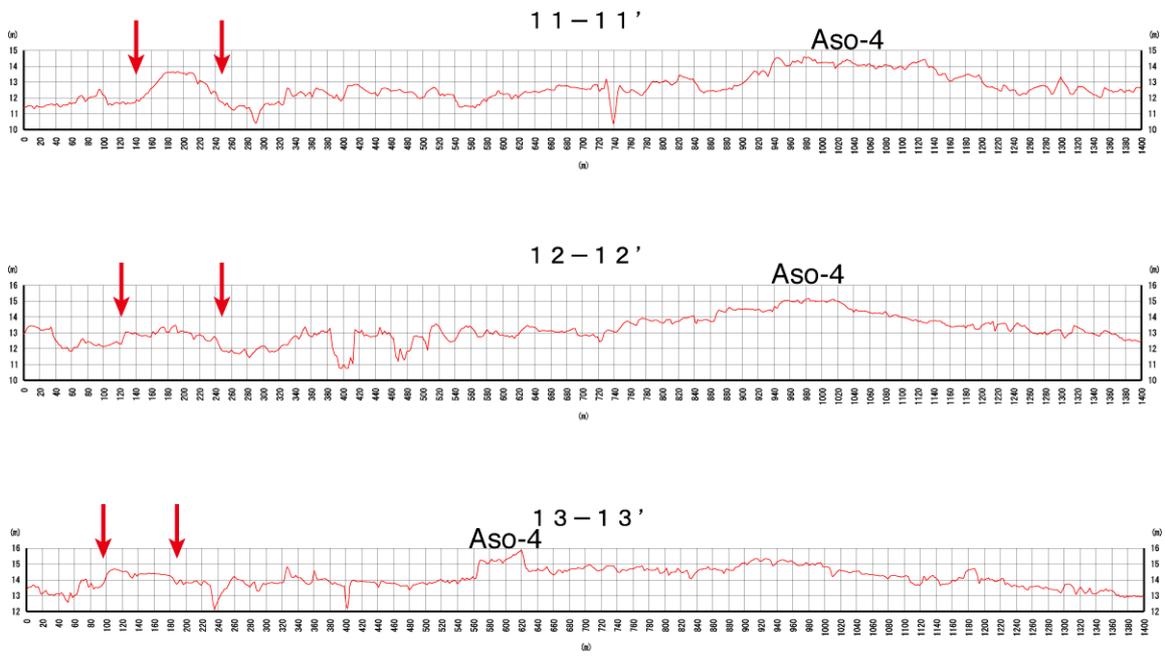


図7 那珂川付近の高解像度 DEM から作成した地形断面図（断面線 11～13）
断面位置は図6に示す。赤矢印は低崖確認位置

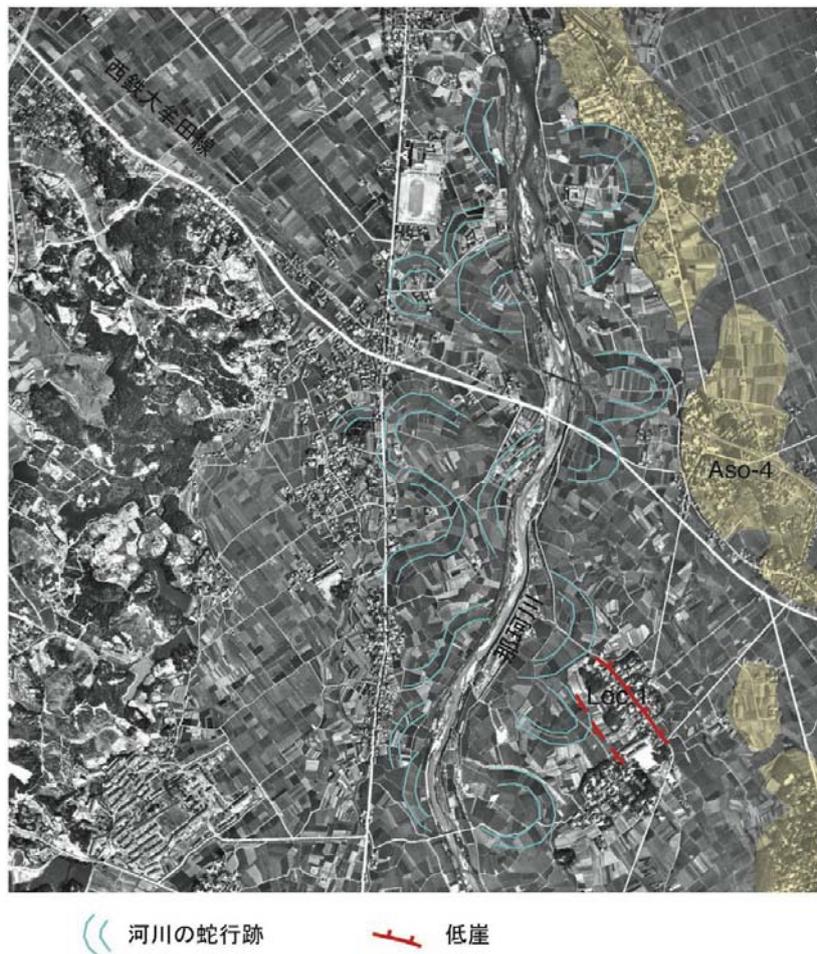


図8 那珂川に沿う微地形の分布
国土地理院米軍撮影空中写真（R236 54）を使用

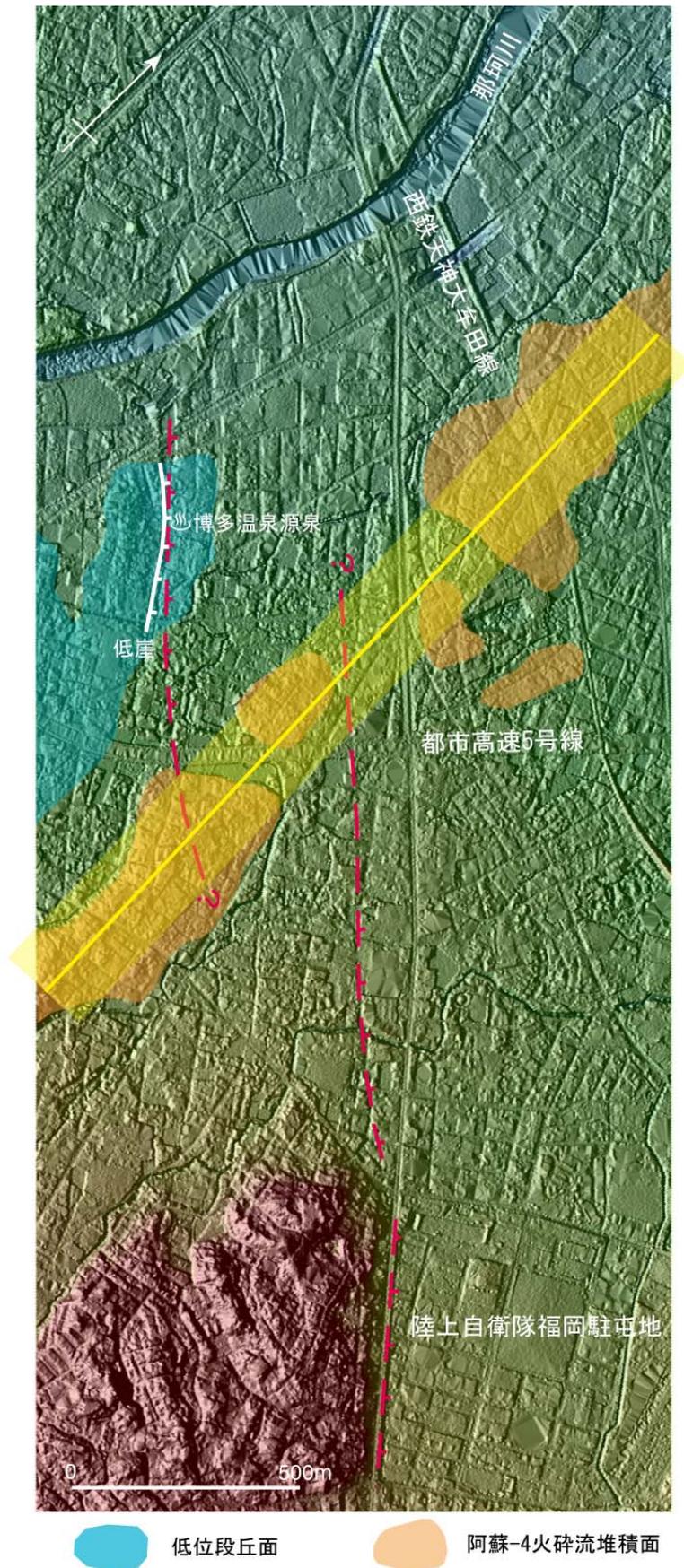


図9 那珂川右岸地域の阿蘇4火砕流堆積面の分布と警固断層の推定位置
 黄色の線と網掛け部分が図10の断面位置を示す。基図は高解像度DEMによる地形陰影図

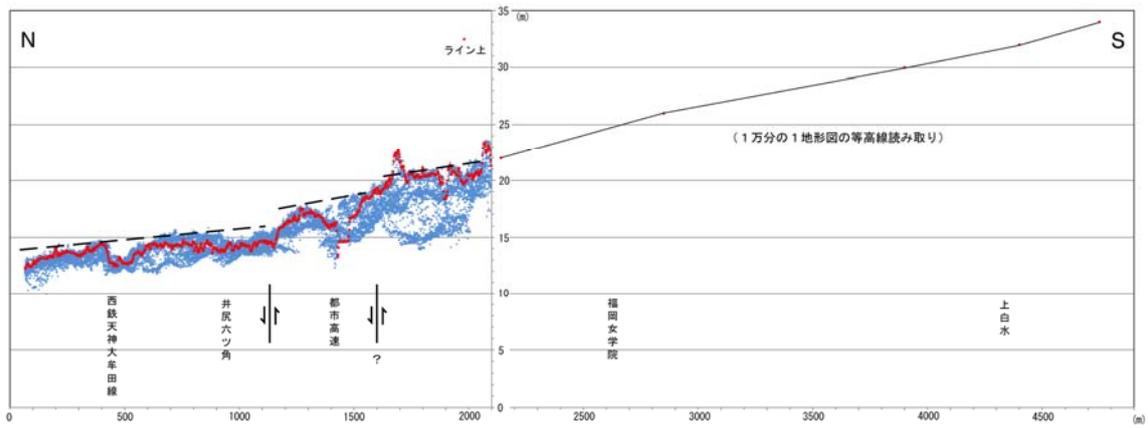


図10 高解像度DEMによる阿蘇4火砕流堆積面の地形断面図
赤点は図1のライン上，青点は網掛け部分の標高を示す。

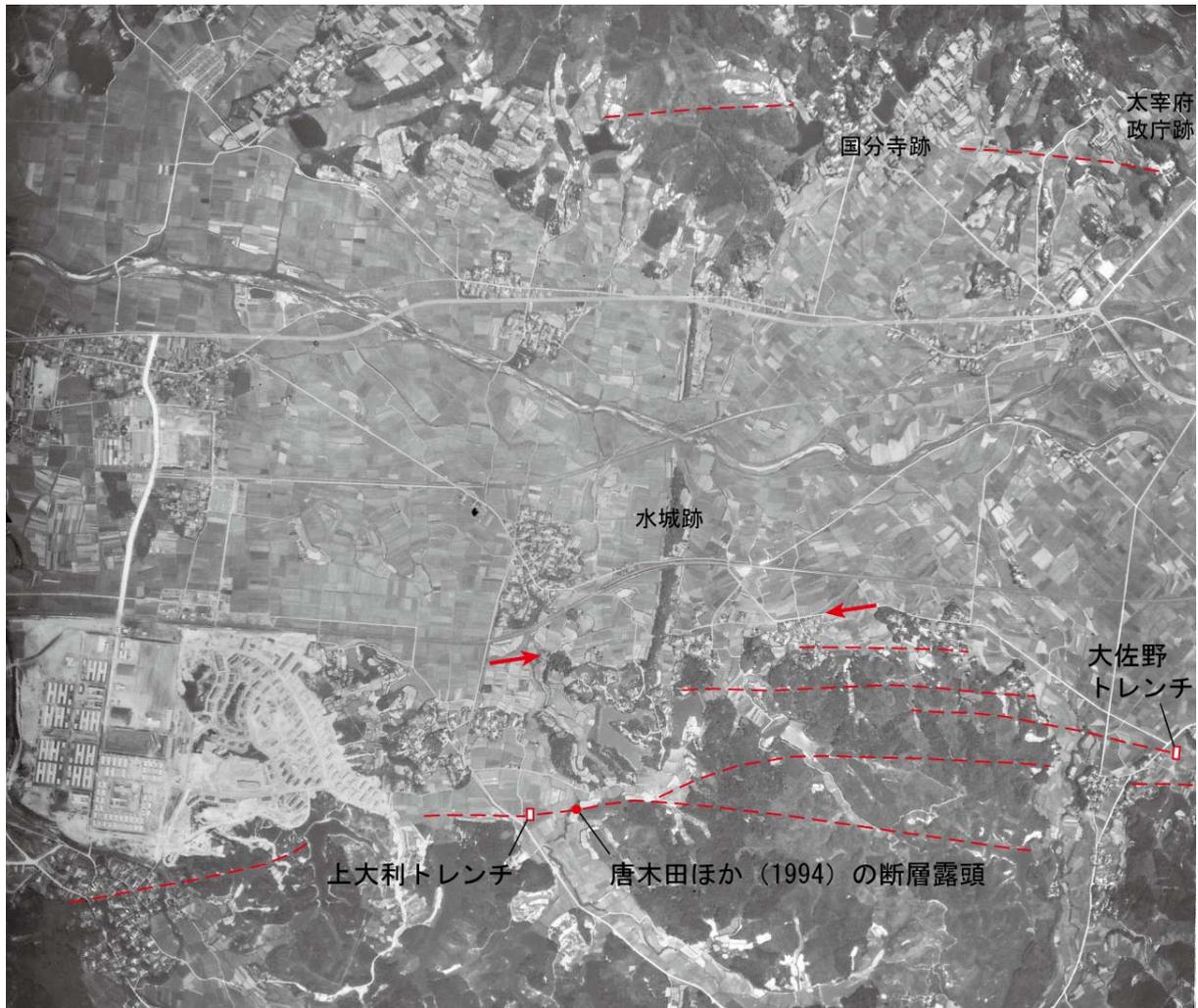


図11 水城付近のリニアメントの分布
国土地理院米軍撮影空中写真 (R52-2 12) を使用

2) 警固断層南東延長部

警固断層の南東端については、中田・今泉編（2002）では、筑紫野市上古賀付近の低位段丘面を横切る直線状の谷地形を断層地形として推定しているが、この南東延長では段丘面に上下変位は認められない（図 12）。また福岡県によるボーリング調査および反射法探査の結果（福岡県，1996）によれば、この谷地形を横切って地下の地層に落差や変形は認められず、この地形については人工の可能性もあると考えた。また筑紫野市武蔵から九州自動車道筑紫野インターチェンジ付近にかけては、山麓に鞍部と分離丘が連続的に分布するが、その南東の低位段丘面には変位は認められない。

この地点の南東にあたる筑紫野市永岡では、阿蘇4火砕流堆積物で構成される段丘面と、中位 II 段丘面との間の崖が北西-南東方向に直線的な形状となっている（図 13）。この崖は警固断層の延長方向にあたるが、崖の上下で地形面が異なること、崖下の段丘面が平坦でやや南東に傾斜していることから宝満川と山口川による浸食崖で十分に説明が可能であることから、この崖は断層崖ではなく浸食により形成されたものと考えた。

さらに南東の筑前町東小田では、低位 II 段丘面に下流側が高まるような地形が認められる。またその南東では、中位 II 段丘面と沖積面の境界に比高 10m 程度の直線状の崖地形が見られる。これらはいずれも南西側が上昇するような地殻変動を表している可能性もあるが、堆積・浸食による地形の可能性もある。

3) 宇美断層南東延長部

宇美断層の南東延長部については、池田ほか（2004）によって示された南東端の須恵町植木付近から、さらに南東の下山ほか（2008）によって図示された範囲について、空中写真判読と地形・地質踏査を行った。その結果、以下のような段丘面の変位や断層露頭等が観察された。

宇美断層の延長が推定される線上には、太宰府市北谷および内山の北（九重ヶ原）で、低位段丘面および高位段丘面が分布する（図 14, 15）。これらの段丘面について、高解像度 DEM を用いて断面図を作成した。その結果、いずれの段丘面においても、断層の延長付近では有意な上下変位は認められない（図 16）。しかしながら、いずれの段丘面も初生的な傾斜が 10% 程度あること、人工的な改変を受けていることから、断層変位を十分に認識できていない可能性もある。

太宰府市内山と筑紫野市西吉木の間には、ほぼ南北方向に直線状の谷が延びる。この谷地形の内部で、基盤岩の花崗岩中に断層露頭が確認された。露頭では、ガウジが粘土状で軟弱なこと、断層を覆う角礫層は現在の谷の斜面を覆って分布していることから極めて新期のものと推定され、この断層が新しい時期に活動した活断層である可能性も十分に考えられる。

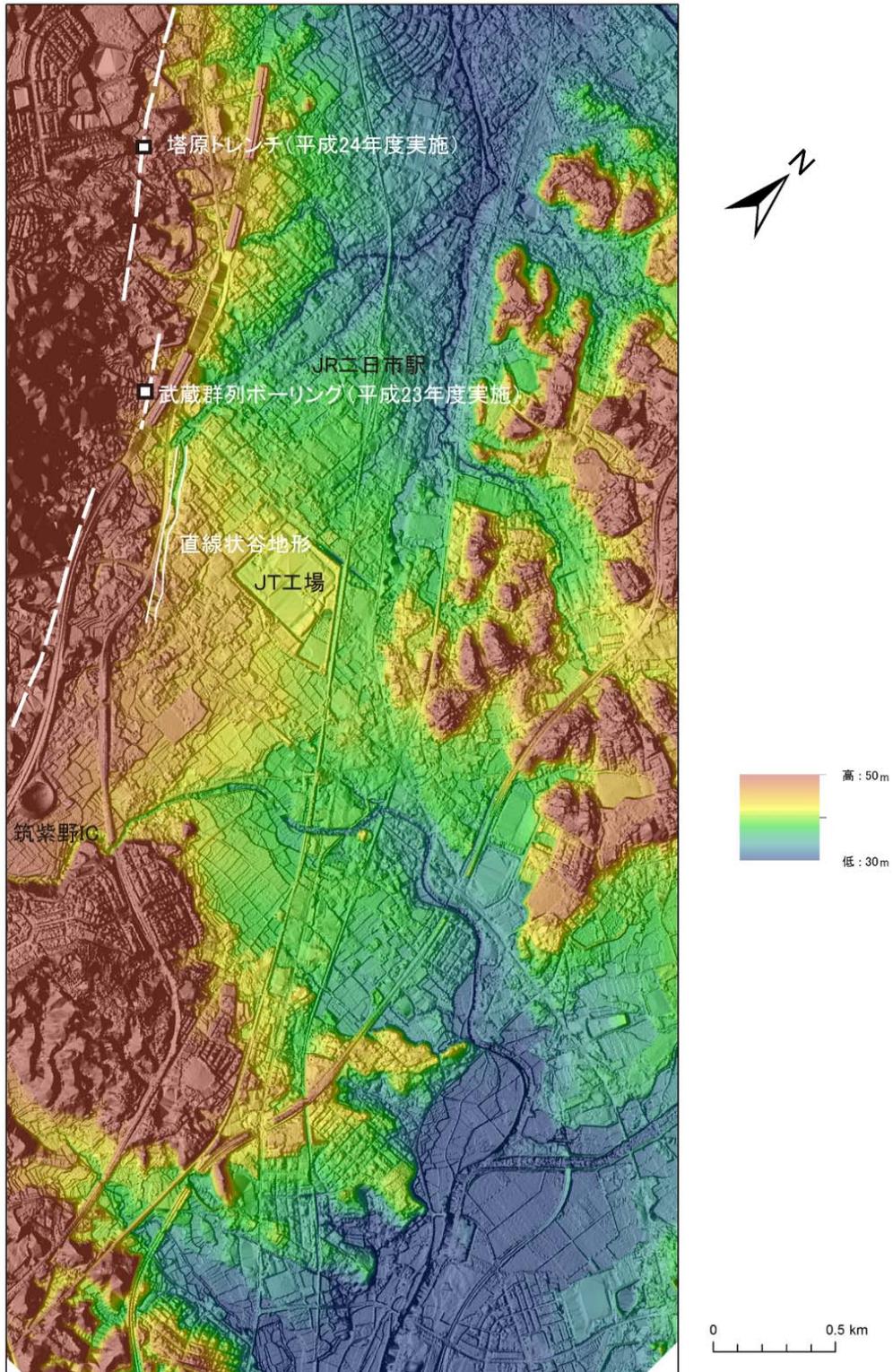


図 12 筑紫野市二日市周辺の高解像度 DEM による段彩陰影図
 白破線は警固断層延長部にあたる鞍部列

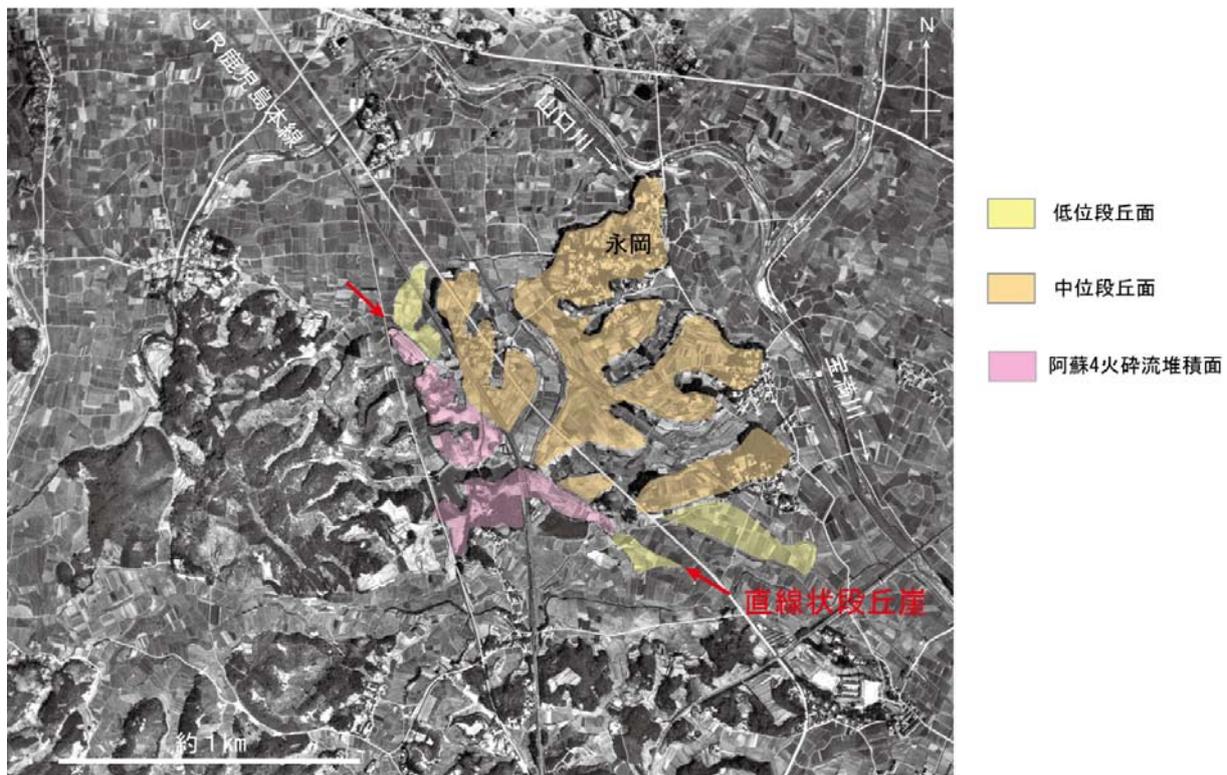


図 13 筑紫野市永岡付近の段丘面の分布
 米軍撮影空中写真 (R243-27) を使用

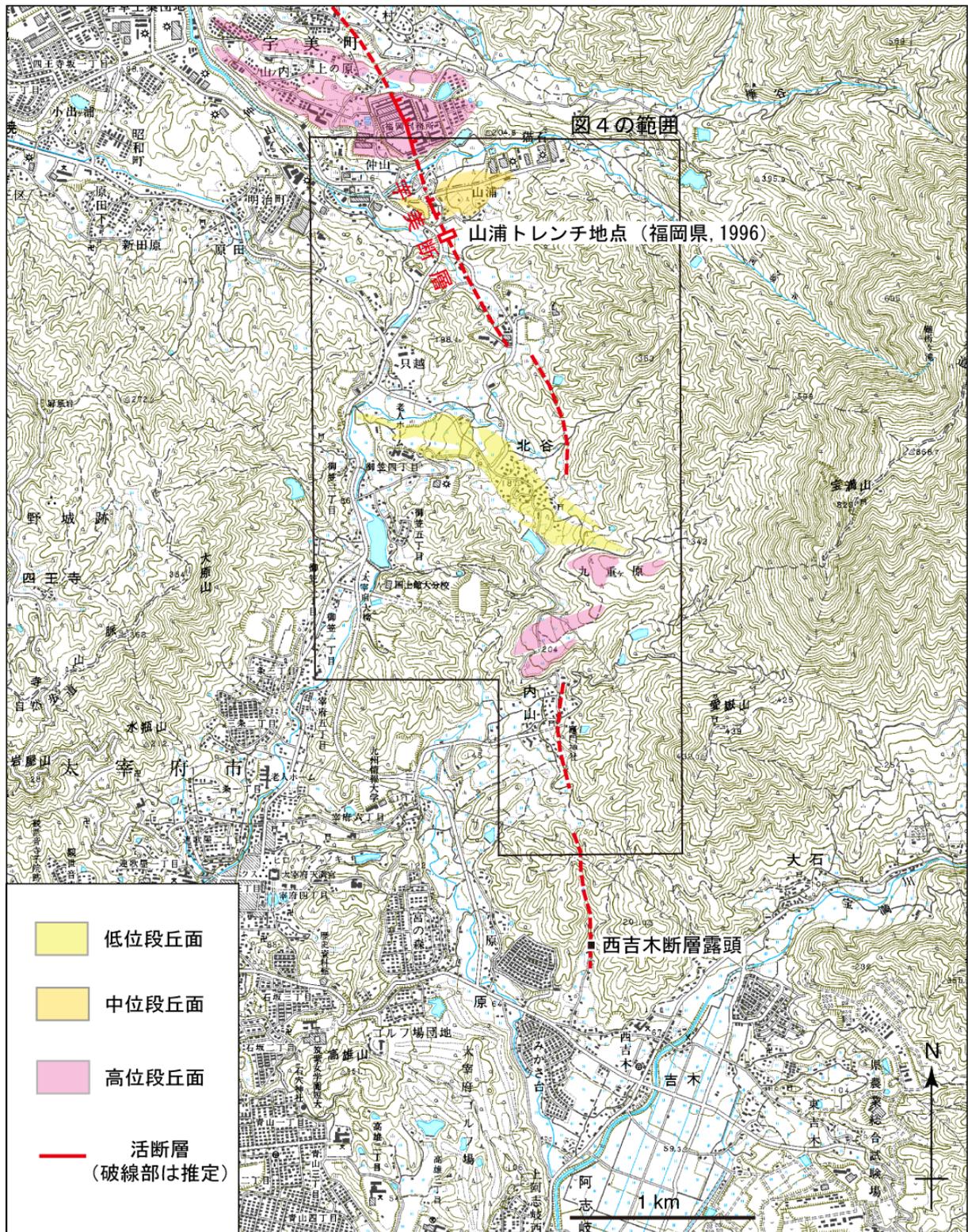


図 14 宇美断層南東延長部の地形
 国土地理院発行 1/25,000 地形図「太宰府」を使用

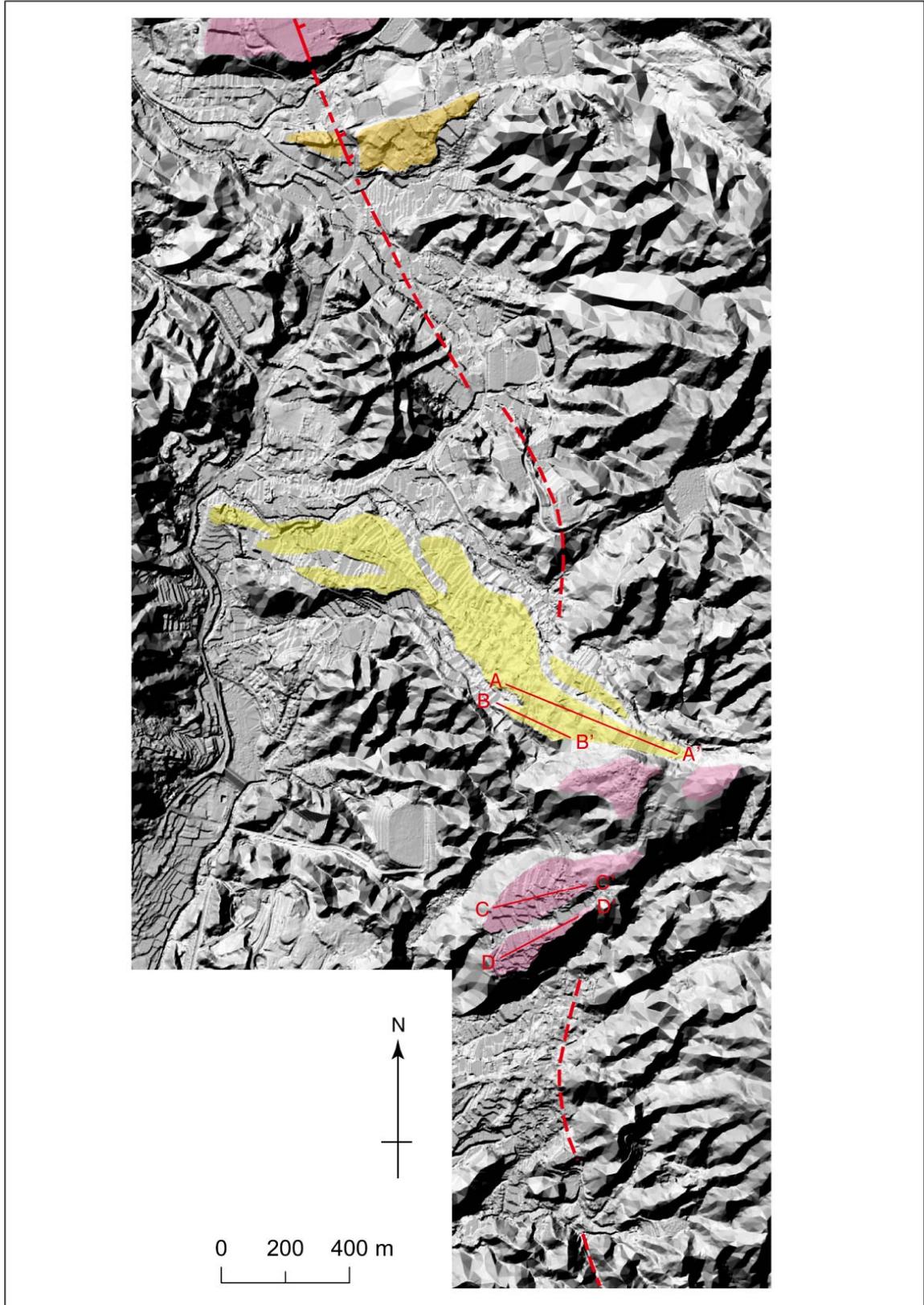


図 15 宇美断層南東延長部の高解像度 DEM による地形陰影図
 図の範囲は図 14 に示す。凡例は図 14 と共通

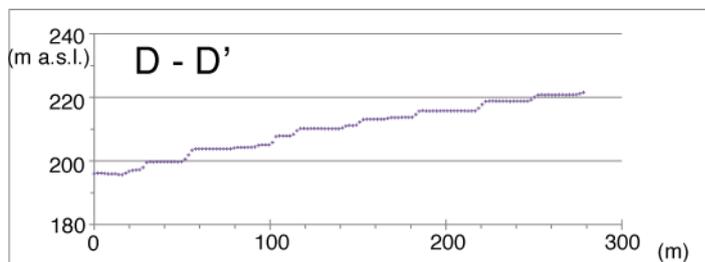
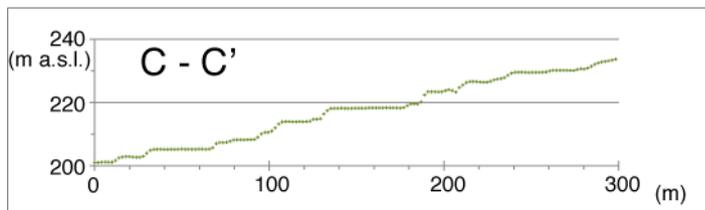
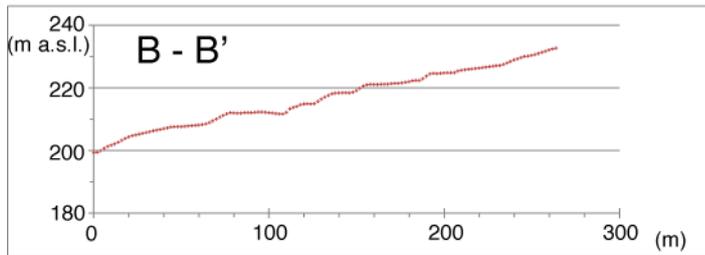
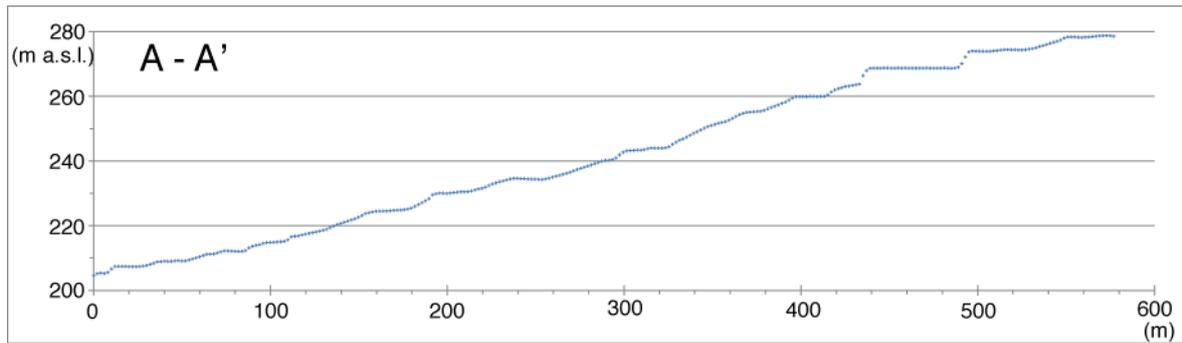


図 16 宇美断層延長上の段丘面の地形断面
断面線の位置は図 15 に示す。

4) 日向峠-小笠木峠断層帯

日向峠-小笠木峠断層帯は福岡県糸島市から佐賀県基山町にかけて分布するとされているが、これまでの調査では詳細な分布やその形態に関する報告はほとんどなされてこなかった。本報告では日向峠-小笠木峠断層帯を 3 つの区間に分けて、それぞれの地域で確認された断層の存在を示唆する露頭や地形に関する情報を以下に記す。

糸島市高祖～福岡市西入部間では、九州活構造研究会編(1989)などにおいて日向峠断層として指摘されている場所に沿って、活断層露頭、断層破碎帯、鞍部地形などが確認された。福岡市西山では斜面堆積物に花崗岩が衝上する断層露頭を確認した。

福岡市早良区脇山では、椎原川の流下方向に斜交する北東側低下の緩やかな崖が認められる(図 17)。崖を挟んだ両側において段丘面の最大傾斜方向は北を示すことから、この

崖が小笠木川の浸食によって形成されたとは考えにくい。また、(1) 同様の崖が脇山の南東方に位置する栗尾（くんのお）においても認められること、(2) 椎原川流域において早良花崗岩によって形成された丘陵の先端が直線状に並び、西北西-東南東方向の地形境界を形成していること、(3) 脇山ならびに池田における河成段丘上の崖の走向が(2)の地形境界とほぼ一致すること、より脇山ならびに栗尾における緩やかな崖は河川の浸食によるものではなく、活断層によって形成された変動崖である可能性が高いと考える。本地域の4測線において地形断面測量を実施した結果、1.9 mないし4.0 mの上下変位量が計測された(図18)。

那珂川町大浦～山町古屋敷間では、断層破砕帯、断層の左横ずれを示す明瞭な谷の屈曲地形、鞍部地形などが確認できた。那珂川町下代久事では破砕帯を伴って基盤の花崗岩を変移させる断層を確認した。また、那珂川町芋生では活断層が通過すると考えられる鞍部地形の近傍で破砕帯を伴って花崗岩を変位させる断層露頭を確認したが、第四紀後期の活動を示す証拠は得られなかった。

5) その他の活断層

これまでに記載した警固断層、宇美断層、日向峠-小笠木断層帯のほかに、小規模ながら断層変位地形を伴ういくつかの活断層が分布する。これらの位置についても地形分類図に表示した。

まず福岡市早良区小原の南と同区唐ノ原の南東では、中位 I 段丘面に比高 5m 程度の低崖が認められ、面の分布から浸食崖とは考えにくいため、低断層崖の可能性が高いと考えられる。またその南東方の早良区椎原辻では、中位 II 段丘面に 2 列の低断層崖状の地形が認められる。これらを結ぶ 2 条の線は日向峠-小笠木峠断層帯の約 2km 南西に並走する位置にあたり、この線に沿って活断層が存在することが推定される。

福岡市南区油山の北西では、約 2 km の範囲にわたってシャープな直線的地形が見られ、その線上でいくつかの小規模な河谷に左横ずれ屈曲が認められる。その南東延長上にあたる片縄山の南にも、直線状の谷と鞍部の連続が見られること、さらに南東の那珂川町上梶原から大野城市牛頸ダムの南にかけて、一部に河谷の左横ずれ屈曲を伴いながら直線状の谷地形が連続することから、これらは一連の活断層である可能性がある。なおこの断層の走向は N20° W であり、警固断層とは斜行する。

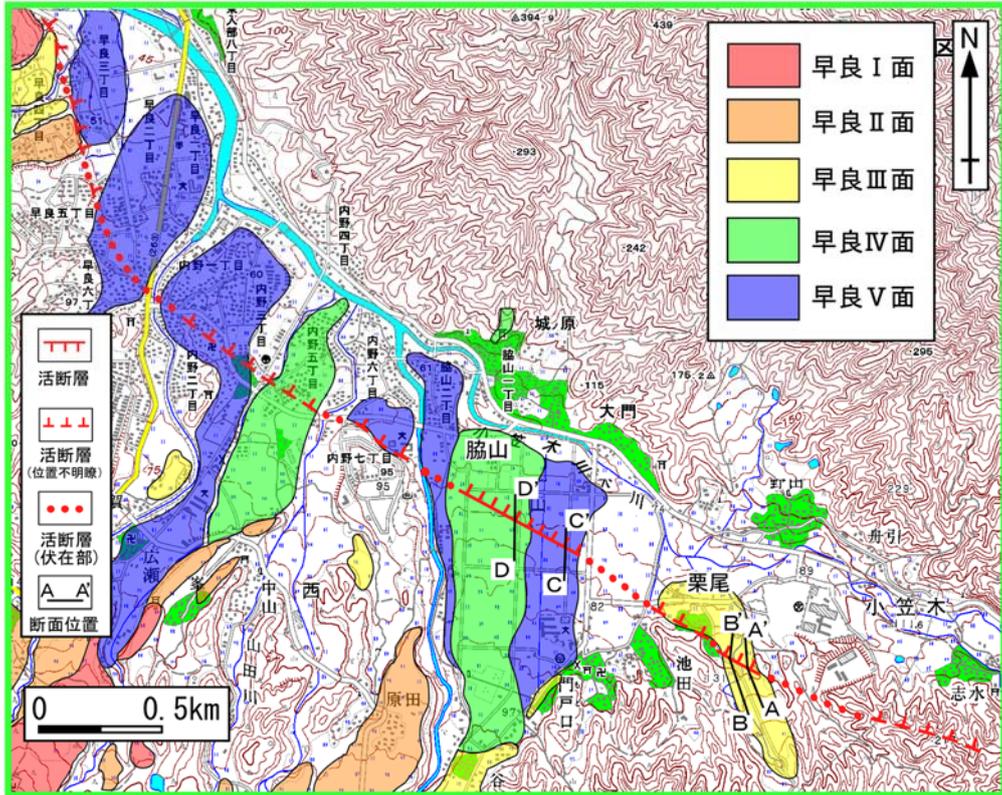


図 17 福岡市早良区脇山周辺の地形面区分図

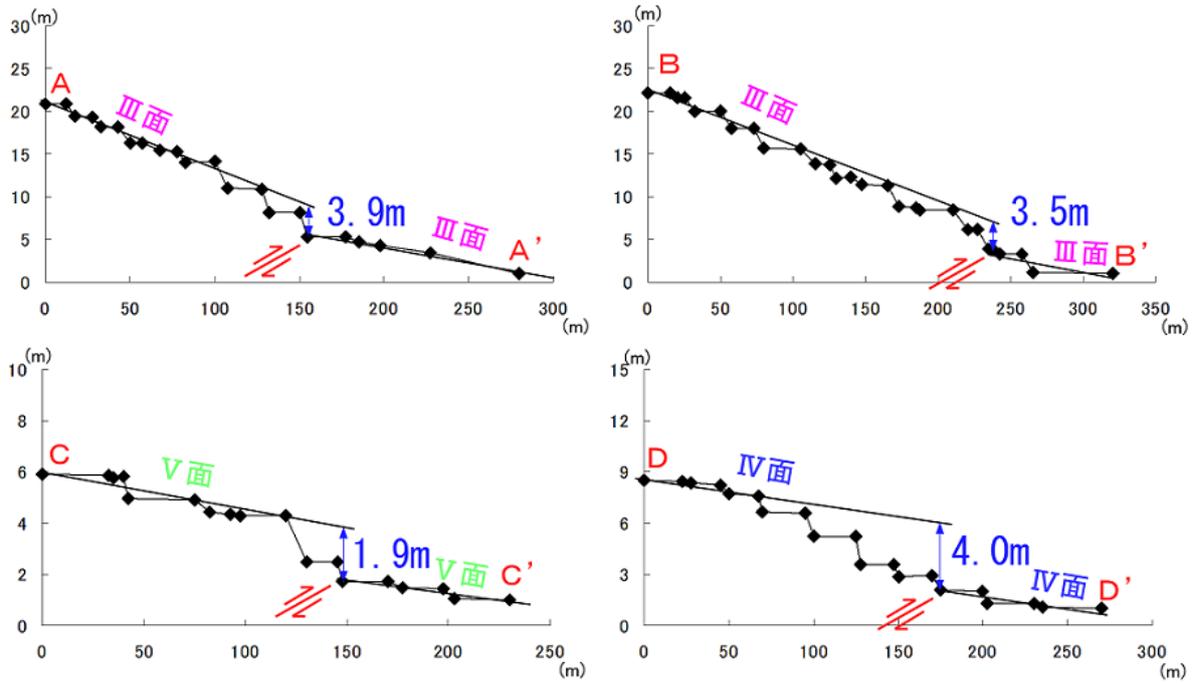


図 18 段丘面の実測断面図
断面線の位置は図 17 に示す。

6) 活断層の分布を示した地形分類図の作成

調査対象範囲全域について、現地調査、空中写真の判読、および既存の調査研究結果に基づいて、地形面区分とともに活断層の分布を示した地形分類図を作成した。地形分類図全体は電子ファイルで添付する。図 19 には地形基図を除いた図を、図 20 には断層線のみの分布図を、図 21 には主要部分の拡大を示す。図の凡例は図 22 に示す。使用した空中写真は国土地理院 1961 年撮影の KU-61-1 (縮尺 1/10,000)、1963 年撮影の KU-63-8X (縮尺 1/20,000)、および米軍撮影の縮尺 1/10,000 空中写真である。基図には国土地理院の数値地図 25000 を用いた。なお、福岡市街地の断層位置については、鬼木ほか (1996)、木村ほか (2013) に従った。地形面区分および断層線のデータは、シェイプファイルおよび kmz ファイルの形式で保存し、地理情報システム (GIS) で利用可能とした。また、既存調査も含め、各調査地点の情報を緯度経度情報を持たせたデータテーブルとして整理し、電子ファイルで添付する。

地形面については、以下のように区分した。

i) 高位段丘面：太宰府市九重ヶ原、福岡市早良区唐ノ原の南に局所的に分布するほか、前原市曾根周辺にやや広範囲に分布する。標高は、九重ヶ原および唐ノ原の南では 200～300m、曾根周辺では 40～90m である。阿蘇 4 火砕流堆積面よりはるかに高位に位置することから、更新世中期に形成されたと推定されるが、それ以上の年代情報はない。

ii) 中位 I 段丘面：阿蘇 4 火砕流堆積面よりやや高位に位置する段丘面で、宇美川流域や室見川流域、雷山川流域にやや広い分布がある。形成年代は阿蘇 4 火砕流との関係から約 9 万年前以前の更新世後期と考えられるが、更新世中期に形成されたものも含まれる可能性がある。

iii) 阿蘇 4 火砕流堆積面：

約 8.5～9 万年前に噴出した阿蘇 4 火砕流のうち、当時の堆積面が残存していると考えられる平坦面について、阿蘇 4 火砕流堆積面として区分した。したがって、阿蘇 4 火砕流堆積物の分布をすべて示しているものではない。調査範囲で最も連続的に分布するのは那珂川右岸および牛頸川の流域で、ともに下流では沖積面との比高が小さくなり、福岡平野では沖積面に埋没する。また早見川の下流にもややまとまった分布があり、微高地を形成している。

iv) 中位 II 段丘面：中位段丘のうち、阿蘇 4 火砕流堆積面の低位にあたる面を中位 II 段丘面とした。したがって、この面には阿蘇 4 火砕流堆積直後に形成された面も含まれると考えられる。調査範囲南東部、筑後川水系の小石原川および草場川の流域には、広い範囲にほぼ平坦な中位 II 段丘面が分布する。この面は上流部で低位 I 段丘面との比高がなくなるが、下流側では現河床との比高が 10m 以上となる場所もあることから、中位 II 段丘面とした。

v) 低位 I 段丘面：現在の河谷に沿って、概ね現河床から比高 10m 程度以下の段丘面を低位段丘面とし、そのうち高位のものを低位 I 段丘面とした。形成年代としては更新世後期の最終氷期にあたるものと推定される。筑紫野市二日市付近では博多湾に流れる鷺田川と筑後川水系の山口川との分水界となっている。

vi) 低位 II 段丘面：現河床からの比高で数 m 以下の微高地を形成する段丘面である。粕屋町江辻のトレンチ調査では、本段丘面の構成層から 20870±140 yBP の放射性炭素同位

体年代が得られている（下山ほか，2008）。

断層の凡例については、以下のように区分した。

i) 段丘面を変位させる低断層崖や、更新世後期以降の地層を変位させる露頭などで、活断層であることが確認できる区間（赤実線）

ii) 線上には直接的な証拠はないが、確実な活断層との連続性から活断層が存在することが十分に推定できる区間（赤破線）。

iii) ボーリング資料等で、地下の第四系もしくは第四系の基底に連続的な落差が認められる区間（紫破線）。

iv) 河谷や尾根の系統的な屈曲、きわめて直線的な傾斜変換などにより、活断層の可能性が高いと推定される区間（青実線）。

v) 直線的な谷地形や鞍部の連続、周辺の活断層との連続性等から活断層の可能性が高いと推定されるが、根拠となる地形がやや不明瞭な区間（青破線）

vi) 直線的な谷地形や鞍部の連続、直線崖、段丘面の高度変化などにより、活断層を含め何らかの地質構造または地殻変動が地形に反映していると推定される区間。差別浸食による組織地形も含まれる（黒破線）。

(d) 結論ならびに今後の課題

警固断層帯（南東部）の陸域の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布を把握するため、高解像度 DEM の解析、空中写真の判読、および現地踏査を実施した。また、調査対象範囲全域について、現地調査、空中写真の判読、および既存の調査研究結果に基づいて、地形面区分とともに活断層の分布を示した地形分類図を作成した。地形面区分および断層線のデータは、シェイプファイルおよび kmz ファイルの形式で保存し、地理情報システム（GIS）で利用可能とした。また、既存調査も含め、各調査地点の情報を緯度経度情報を持たせたデータテーブルとして整理した。

警固断層の南東端は、筑紫野市古賀の九州自動車道筑紫野インターチェンジ付近と考えられる。一般走向は $N45^{\circ} W$ であるが、大野城市上大利付近から南東では $N40^{\circ} W$ 程度となる。全体のトレースは直線的であるが、那珂川付近で幅 300m 程度の左ステップが見られる。また春日市春日付近から南東では、並走する数本のトレースに分岐する。

変位量としては、那珂川の南で阿蘇 4 火砕流からなる段丘面に 1.5 m 程度および 1 m 程度のそれぞれ南西側隆起の上下変位が認められたが、この地点は前述のステップの位置にあたるため、局所的に変位量が小さくなっている可能性がある。横ずれ変位量については、今回の調査では新たな情報は得られなかった。

警固断層については、すでに断層沿いの都市開発が進み、トレンチ調査等の詳細調査を行うことが困難になっている。今後は大規模土木工事の際などに計画的に調査を行い、断層の詳細位置や変位量に関する情報を得る必要がある。

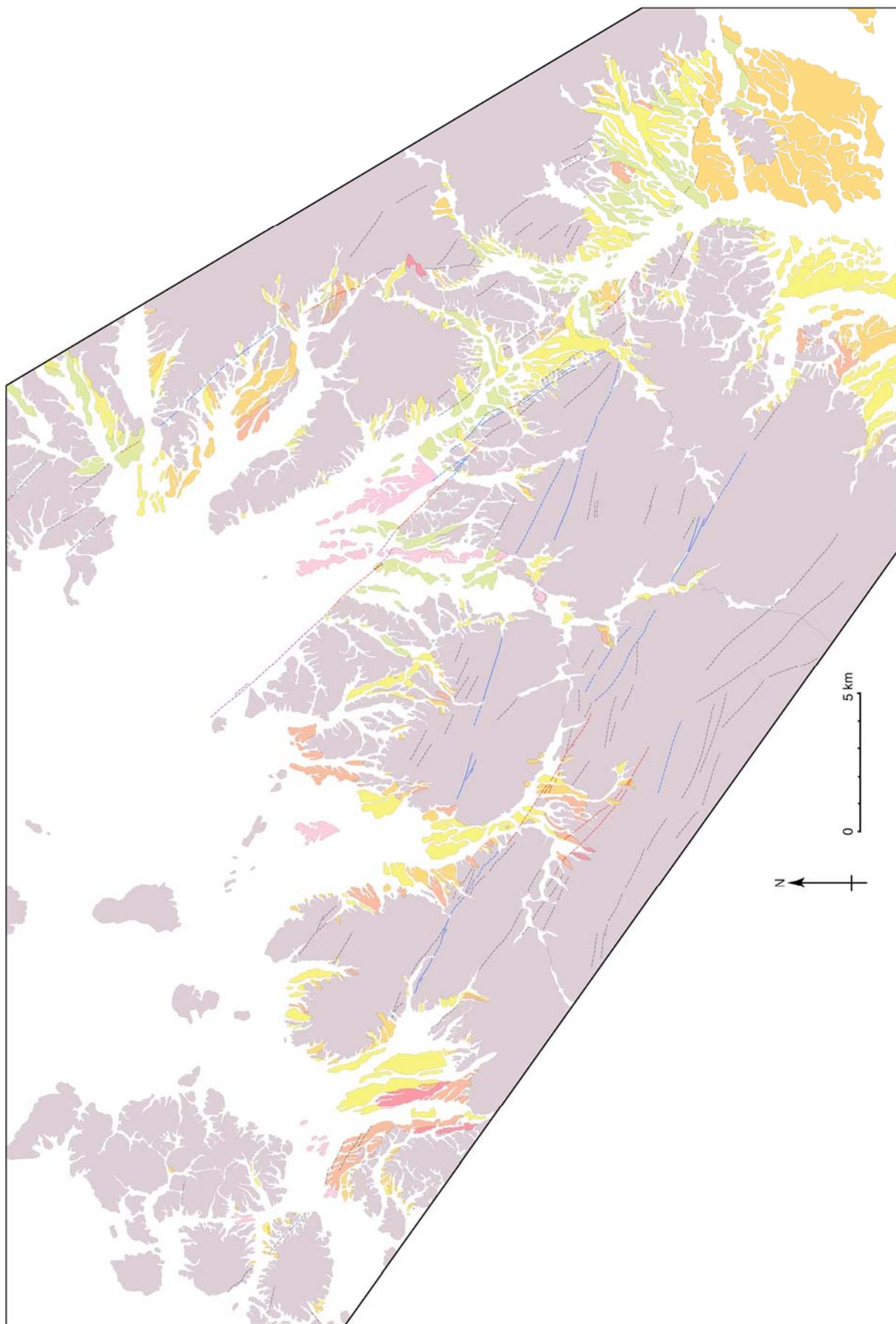


図 19 調査範囲全域の地形面区分および活断層図（地形基図なし）

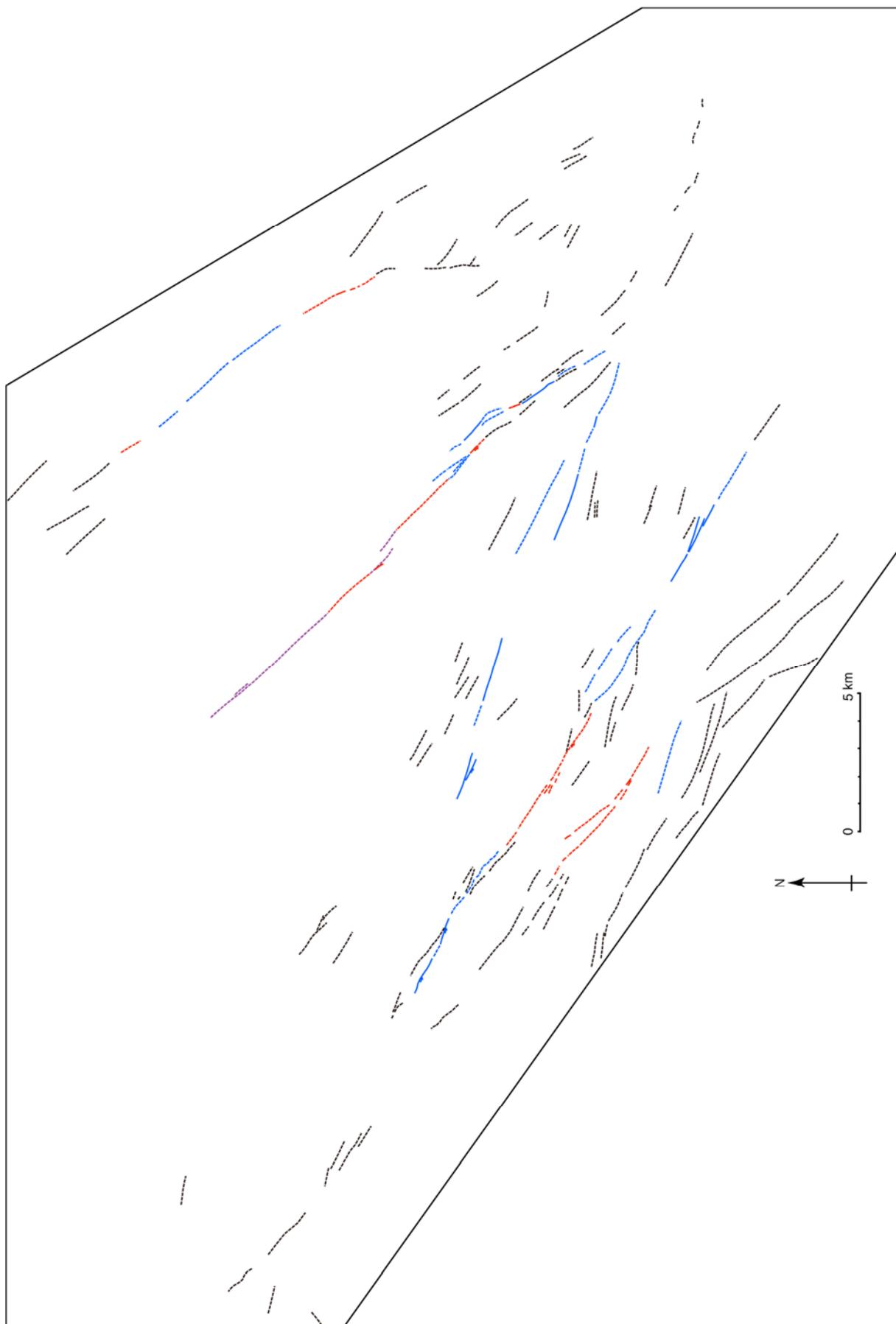


図 20 活断層線のみを抽出した分布図

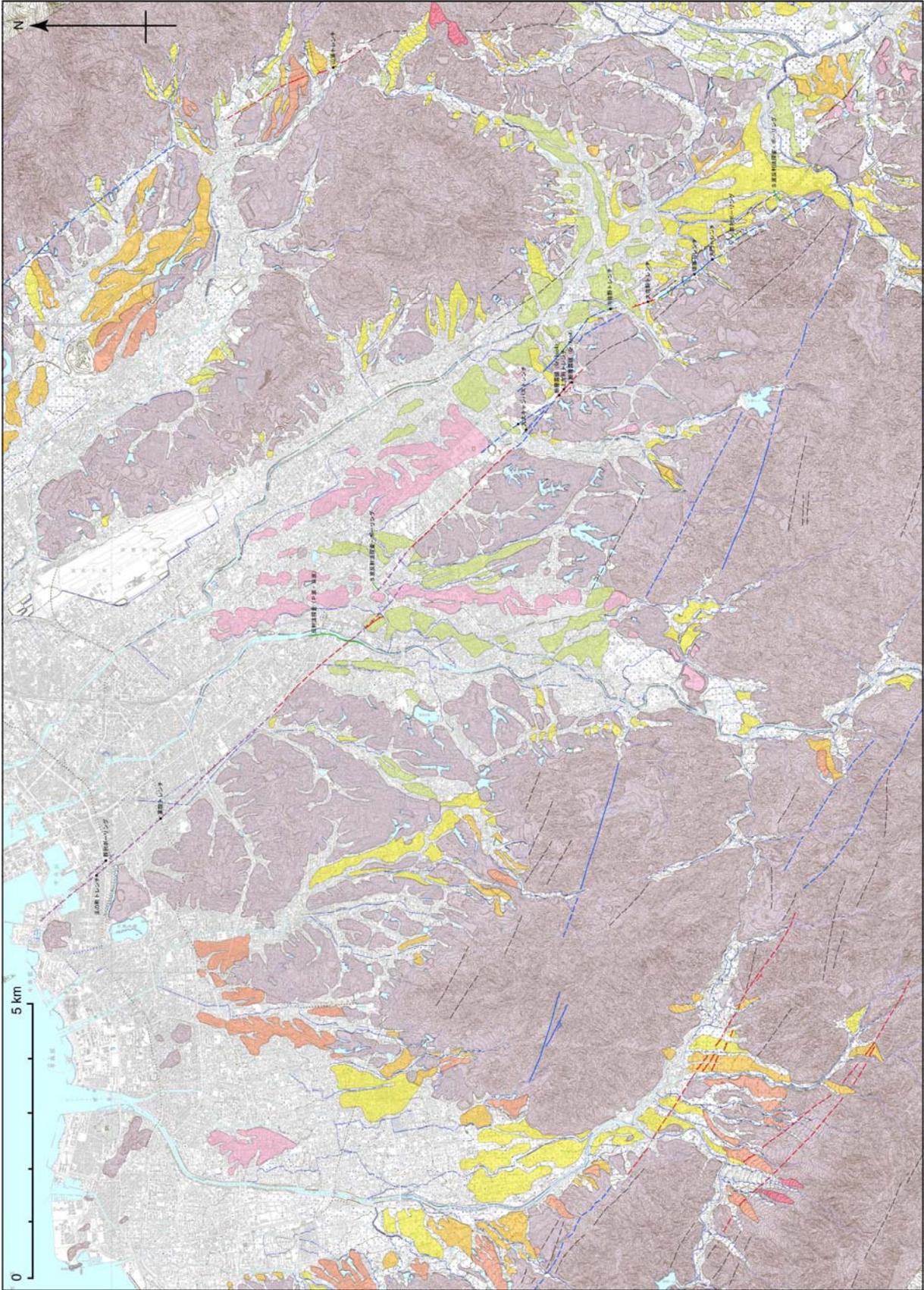


図 21 地形分類図の主要部分の拡大

地形面区分		断層線	
	高位段丘面		段丘面を変位させる低断層崖や、更新世後期以降の地層を変位させる露頭などで、活断層であることが確認できる区間。短線を付した側は上下変位の低下側を示す。
	中位I段丘面		線上には直接的な証拠はないが、確実な活断層との連続性から活断層が存在する区間と十分に推定できる区間。
	阿蘇4火砕流堆積面		ボーリング資料等で、地下の第四系もしくは第四系の基底に連続的な落差が認められる区間。短線を付した側は低下側を示す。
	中位II段丘面		河谷や尾根の系統的な屈曲、きわめて直線的な傾斜変換などにより、活断層の可能性が高いと推定される区間。
	低位I段丘面		直線的な谷地形や鞍部の連続。周辺の活断層との連続性等から活断層の可能性が高いと推定されるが、根拠となる地形がやや不明瞭な区間。
	沖積面 (海岸砂丘、人工地形を含む)		直線的な谷地形や鞍部の連続。直線崖、段丘面の高度変化などにより、活断層を含め何らかの地質構造または地殻変動が地形に反映していると推定される区間。差別浸食による組織地形も含まれる。
	山地斜面 (山麓扇状地、地すべり地形を含む)		

図 22 地形分類図の凡例

(e) 引用文献

- 千田 昇・岡田篤正・中田 高・渡辺満久・鬼木史子, 1:25,000 都市圏活断層図「福岡」, 国土地理院技術資料 D・1-No. 333, 1996.
- 太宰府市教育委員会, 太宰府・吉松地区遺跡群 1, 太宰府市の文化財第 77 集, 102p, 2005.
- 福岡県, 西山断層系, 水縄断層系及び警固断層系に関する調査委託報告書 第 IV 編 警固断層系についての調査結果, 140p, 1996.
- 池田安隆・千田 昇・越後智雄・中田 高, 1:25,000 都市圏活断層図「太宰府」, 国土地理院技術資料 D・1-No. 435, 2004.
- 加野直巳・稲崎富士・山口和雄・田中明子, 警固断層南東部での極浅層反射法調査, 活断層・古地震研究報告, no. 6, 143-152, 2006.
- 唐木田芳文・冨田宰臣・下山正一・千々和一豊, 福岡地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 192p, 1994.
- 木村克己・康 義英・花島裕樹, 福岡平野の警固断層と第四系の地下地質構造, 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 数値地質図 S-3, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, DVD-ROM, 2013
- 九州活構造研究会編, 九州の活構造, 東京大学出版会, 553p, 1989.
- 町田 洋・新井房夫, 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 336p, 2003.
- 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, DVD-ROM 2 枚, 付図 1 葉, 60p, 2002.
- 宮下由香里・吾妻 崇・二階堂 学・岡崎和彦, 警固断層の活動履歴-大野城市上大利トレンチ調査結果-, 月刊地球, 29, 133-138, 2007.
- 鬼木史子, 福岡市域の警固断層の詳細位置と地下形態, 活断層研究, no. 15, 37-47, 1996.
- 下山正一・磯 望・千田 昇・岡村 眞・松岡裕美・池田安隆・松田時彦・竹中博士・石村大輔・松末和之・松山尚典・山盛邦生, 福岡県東縁部に位置する宇美断層の特徴について, 活断層研究, no. 29, 59-70, 2008.
- 下山正一・松田時彦・千田 昇・杉山雄一・磯 望・松村一良・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典, 警固断層, 大佐野地区 (福岡県) でのトレンチ調査報告. 活断層研究, 18, 55-64, 1999.

3. 1-2 博多湾内における活断層の詳細位置と分布形状の把握

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 博多湾内における活断層の詳細位置と分布形状の把握

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人九州大学大学院理学研究院	助教	下山 正一
西南学院大学人間科学部	教授	磯 望
国立大学法人福岡教育大学教育学部	教授	黒木 貴一
国立大学法人高知大学総合研究センター防災部門	特任教授	岡村 眞

(c) 業務の目的

警固断層帯は博多湾を通過し、玄界灘に達している。さらに地質断層である石堂-海の中道断層と宇美断層の延長部も博多湾東部海域を通過あるいは達している可能性がある。博多湾では、これまでに岡村ほか（2009）によって報告がなされた以外に博多湾内における活断層調査はほぼ実施されていない。そのため、博多湾内の活断層の分布や形状を十分に把握するに至っていない。そこで、博多湾での海上音波探査を実施して海底活断層の詳細位置及び分布形状を把握する。

(d) 3カ年の年次実施業務の要約

1) 平成 23 年度：

警固断層帯（南東部）およびその近傍の活断層の海域（博多湾）における詳細な位置と分布形状を把握することを目的とし、平成 23 年度は、平成 24 年度に実施する音波探査の探査海域の選定に資するための文献調査をおこない、博多湾内の地質構造や活断層に関するこれまでの知見を整理した。

2) 平成 24 年度：

警固断層帯通過域（A 区域）と 2005 年福岡県西方沖地震の際の博多湾東部の余震集中域（B 区域）の、博多湾内における 2 つの区域において、海底活断層の探査のためにソノプローブを用いた海上音波探査を実施した。また、音波探査結果に基づいて、サブテーマ 3-2 の調査地の選定を行った。これらの成果を中間報告としてまとめた。

3) 平成 25 年度：

平成 24 年度の調査の結果得られた音波反射記録の知見を改めて検討し、博多湾内活断層の詳細な位置と分布形状を把握した。周辺断層として海の中道断層とその延長部についても検討した。修正データに基づき新たな図と表を作成し、平成 24 年度

の暫定結果を更新した。

(2) 平成 23-25 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 23 年度は、警固断層帯南東部に関する多くの文献類を特に調査した。文献調査の結果、最新活動時期は調査地点によって大きな違いがある。

- ・ 薬院地点 約 10000 年前から約 27000 年前の間(下山ほか, 2005)
- ・ 上大利地点 約 4300 年前以降(宮下ほか, 2007)
- ・ 博多湾地点 約 4500 年前から 4000 年前(岡村ほか, 2009)
- ・ 浜の町地点 約 8000 年前(福岡市, 2009)

さらに、予測される活動周期も、大きな違いがある。

約 4000 年・・・上大利地点
博多湾地点

約 8000 年・・・浜の町地点
大佐野地点(福岡県, 1998))(産総研, 2005))
薬院地点

今後この差異の原因を追究していく必要があるが、人口密集地のため陸上での適地がない。しかし、博多湾には調査可能な領域が残されているので、警固断層帯博多湾延長部での海底音波探査と掘削調査を実施する必要があることが結論づけられた。

平成 24 年度は、博多湾で実施された海上音波探査によって得られた多数の音響反射記録には、音響基盤より上の完新統部分に、水平方向の連続性が比較的良好な反射面群が認められた。反射面を変形させている活断層が検出され、位置が特定された。これらの主反射面の束を層として、岡村ほか(2009)の区分にしたがい、上から A 層、B 層、C 層、D 層とした。断層形状の観察の結果、これらの主反射層に基づいて明らかになった断層変形は、1) 断層変位が B 層まで達している場合(パターン 1)と 2) B 層まで達していない場合(パターン 2)、の 2 パターンがある。前者は博多湾中央部以北に、後者は博多湾中央部以南に分布し、活動性に地域的な偏りがあることを暗示している。また、音響反射記録には、東落ちの断層と西落ちの断層がセットになった地溝状凹地構造が認められた。隣接する音響反射記録の断層の連続性に基づいて引かれた断層線図をみると、地溝状凹地構造はパターン 1 と 2 の断層の分布境界付近に認められた。

平成 25 年度は、平成 24 年度の調査の結果を再検討した。博多湾海域の警固断層帯は、活動性が大きく異なる 2 つの区間(恐らく北西部と南東部の 2 つ)からなり、その境界部が博多湾中央部で地溝状凹地構造を形成していることを示唆する。また、2005 年福岡県西方沖地震の際の博多湾東部の余震集中域(B 区域)にも活断層が検出された。これらの活断層は連続性に乏しいが、B 区域の西部では海の中道断層の博多湾への延長方向に並ぶ。海の中道断層は、石堂-海の中道断層(唐木田ほか, 1994)の一部で、これまで地質断層と考えられてきた。しかし、音響反射記録によると、少なくとも音響基盤に相当する D 層のずれが明瞭であり、サブテーマ 3-2 で得られた地層の年代を参考にすると、約 8,900 年前以降の断層活動を記録しているので、活断層と考えられる。

(b) 業務の実施方法

1) 海上音波探査

平成 24 年度は最新の活動を示す活断層を発見するため、高分解能音波探査（(株)KAIJO 製 SP-3W 型音波探査機、磁気歪式、周波数 4-8 kHz）を用いて海底面下の完新統の地下構造を探査し、位置座標を記入しながら音響反射記録を記録した（図 1）。海上音波探査は、調査区域を音波探査機が取り付けられた調査船（漁船）（図 1 左）を走らせるもので、発信器から海底下に向けて音波を発生し、海面下の各堆積層で反射された音波を受信機で受信し、音響記録機器（図 1 右）に記録することで海底下の地質構造を把握する。得られた音響反射記録から反射層のずれに基づき断層を検出した。

平成 25 年度は平成 24 年度に得られた暫定的な音響反射記録図の更新作業を行った。GPS 座標記録とジオスライサー調査の際の実測深度記録および再探査記録に基づき、平成 24 年度に得られた音響記録による知見の妥当性を個別に吟味した。その結果、活断層位置が修正され、音響反射記録の縦横スケールが更新された。



図 1 漁船を用いた海上音波探査の実施状況（左）と音響記録機器（右）（平成 24 年度）

(c) 業務の成果

1) 博多湾内における音響記録と活断層の検出

博多湾での海上音波探査を平成 24 年（2012 年）9 月 3 日、4 日、5 日に警固断層帯延長部の A 区域と博多湾東部の海の中道断層延長部の B 区域で実施した（図 2）。それぞれの海上音波探査の航跡図を図 3 と 4 に示す。A 区域では 20 測線、B 区域では 7 測線で音響反射記録（以下音響記録という）が得られた（図 5、6）。

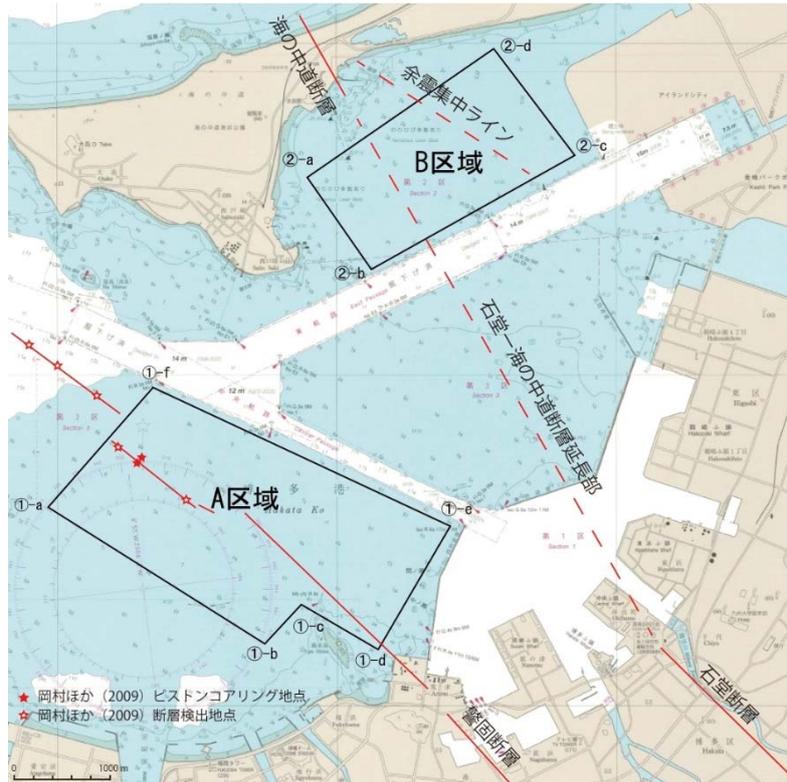


図2 博多湾内で平成24年度に実施された海上音波探査区域（A区域とB区域）
海上保安庁発行海図 W190 福岡湾を使用、断層ラインは作業用の推定線

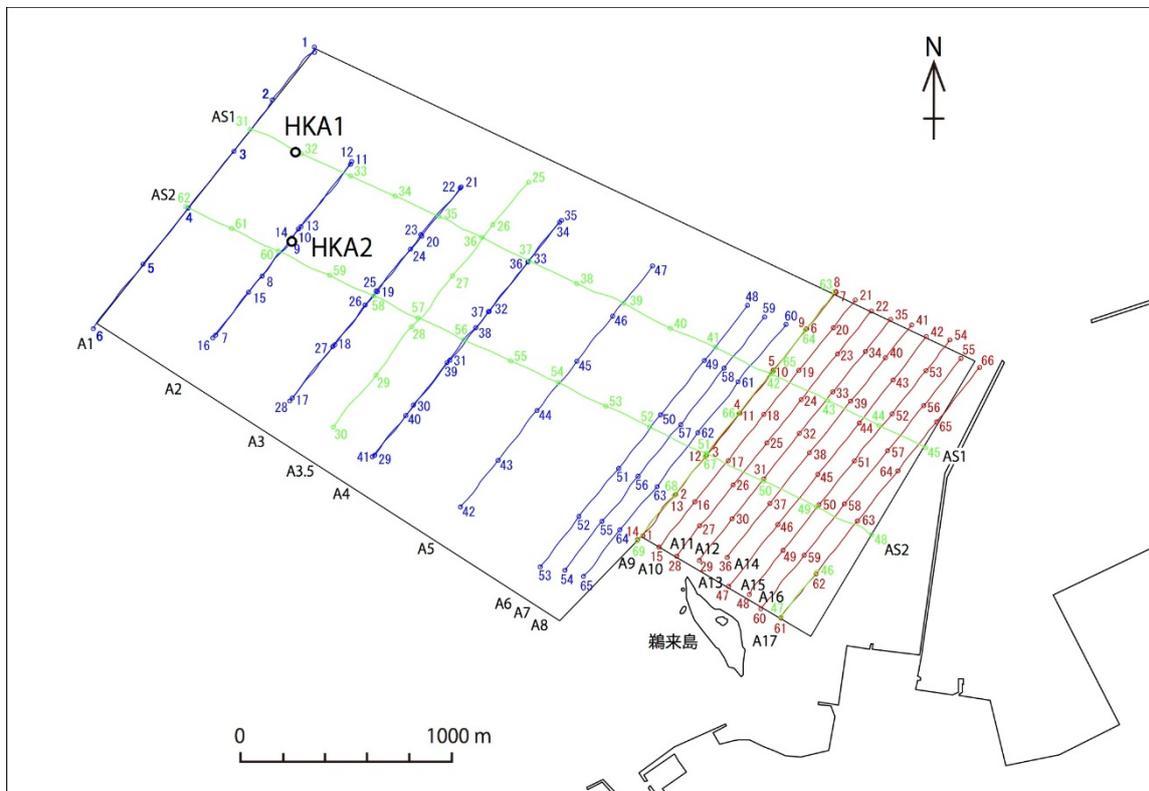


図3 海上音波探査航跡図（A区域）
探査実施日の違いで航跡線を色分けした（9月3日は青、4日は赤、5日が緑）
HKA1 および HKA2 はサブテーマ 3-2 で実施したジオスライサー調査地点

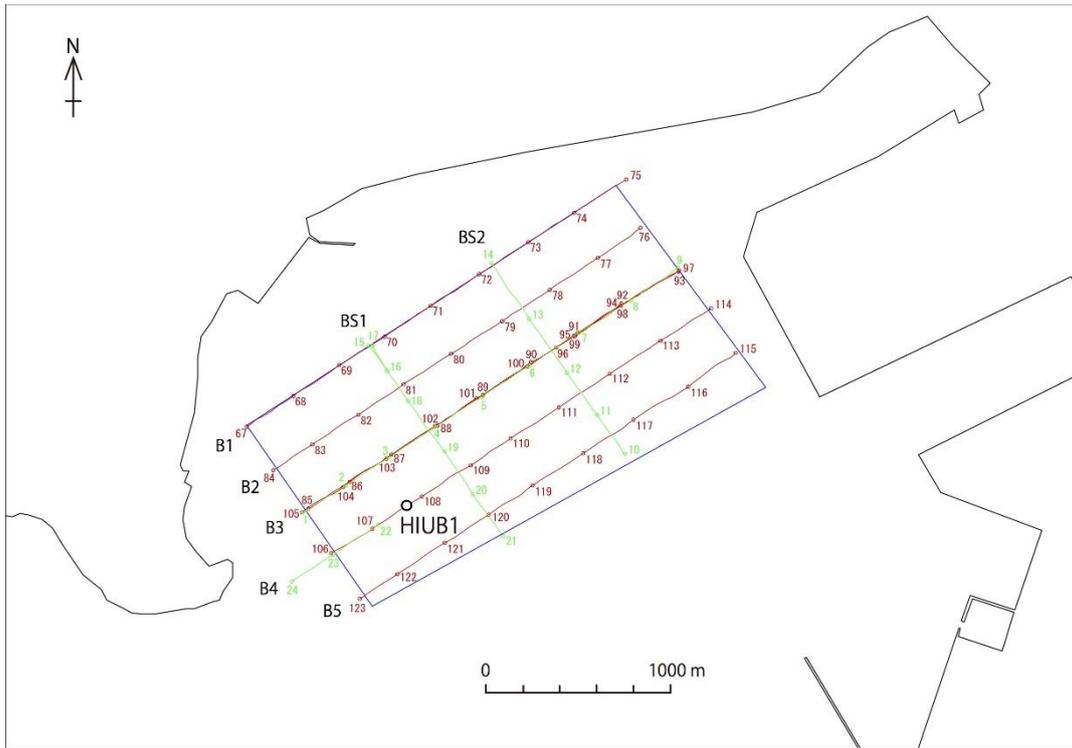


図4 海上音波探査航跡図 (B 区域)

探査実施日の違いで航跡線を色分けした (9月4日は赤、5日が緑)

HIUB1 はサブテーマ 3-2 で実施したジオスライサー調査地点

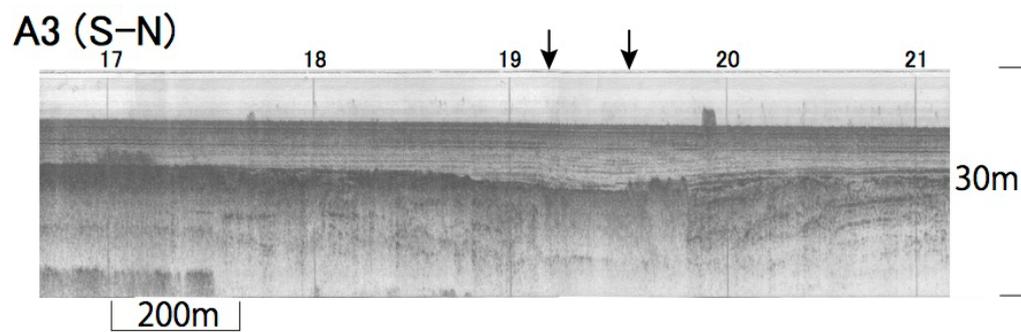
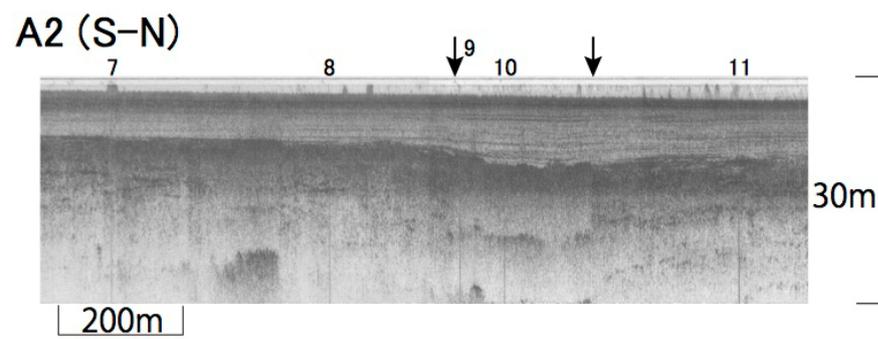
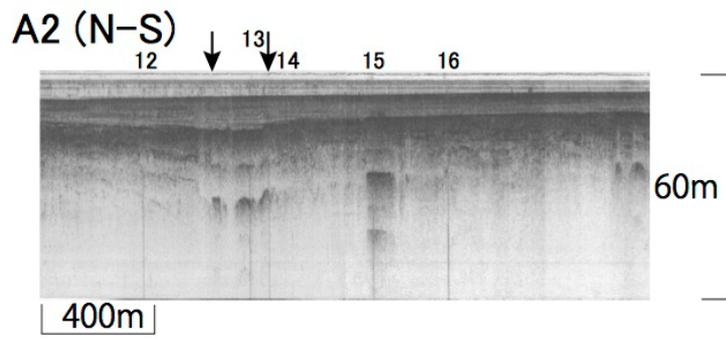
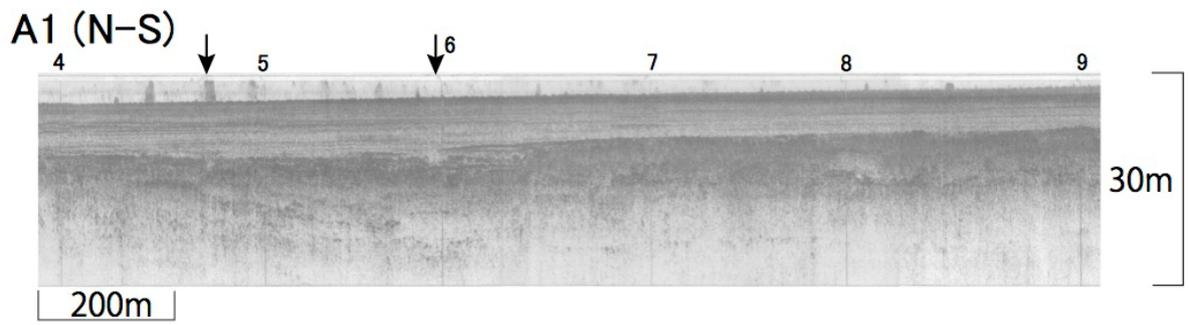


図 5-1 A 区域の音響反射記録図（その 1）
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

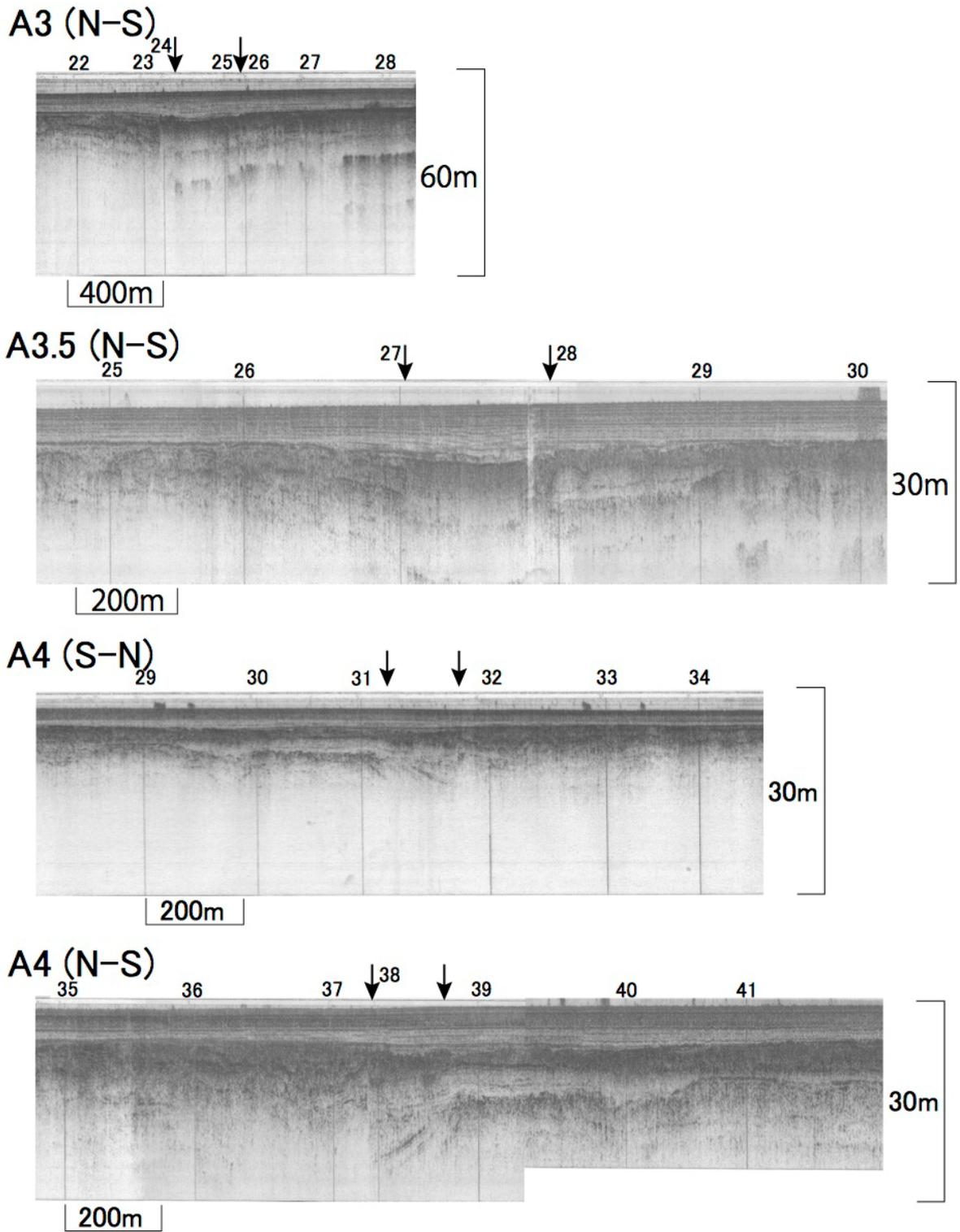


図 5-2 A 区域の音響反射記録図 (その 2)
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

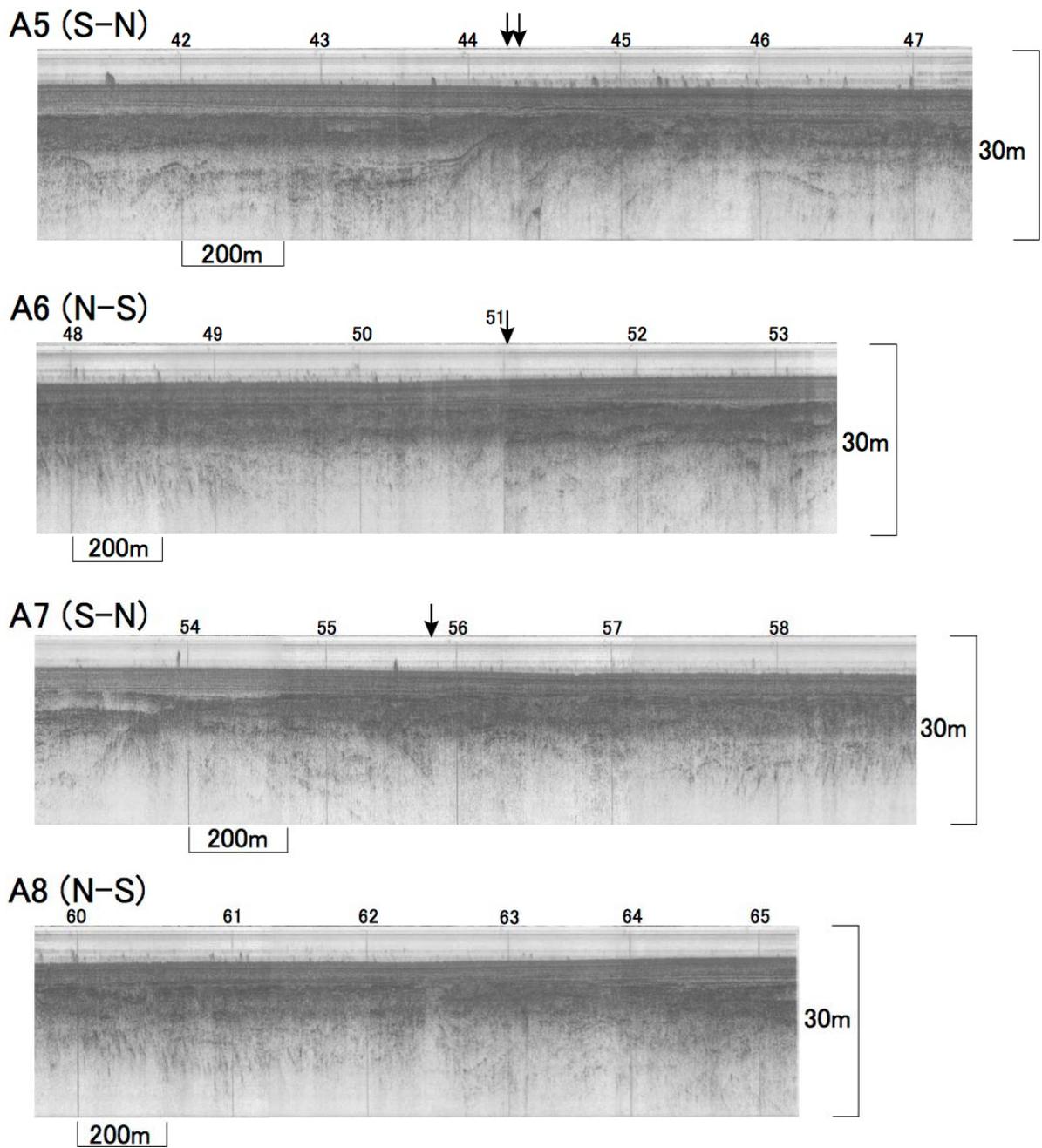


図 5-3 A 区域の音響反射記録図（その 3）
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

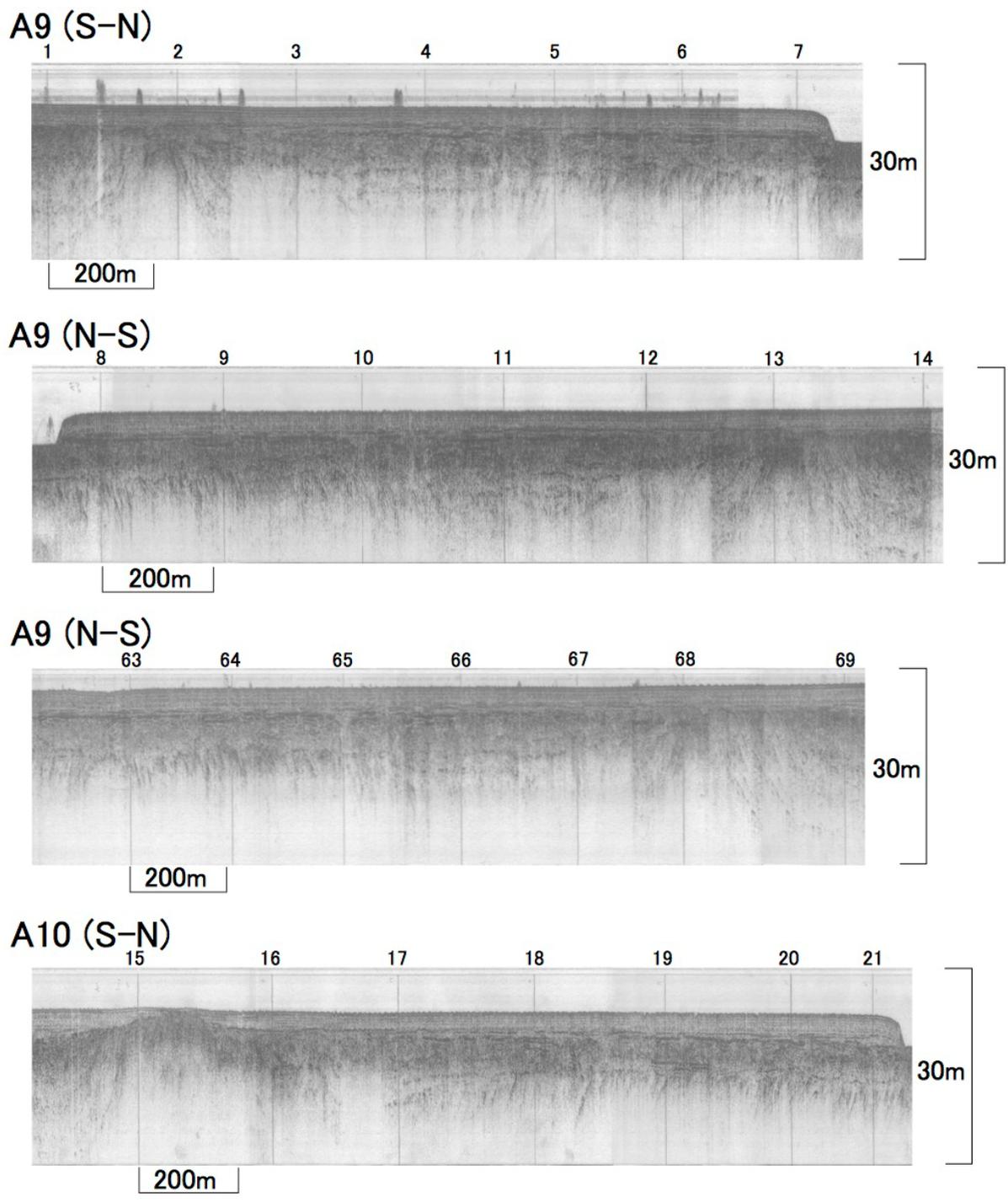
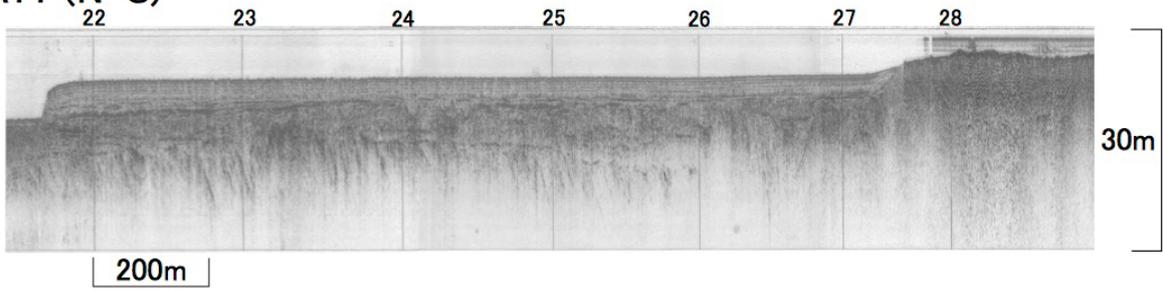
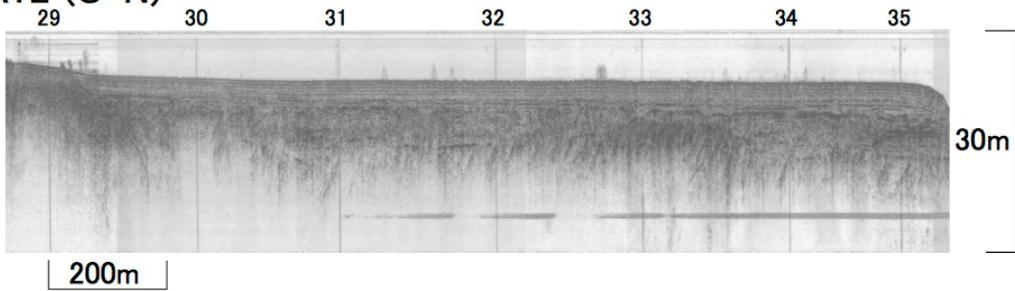


図 5-4 A 区域の音響反射記録図 (その 4)

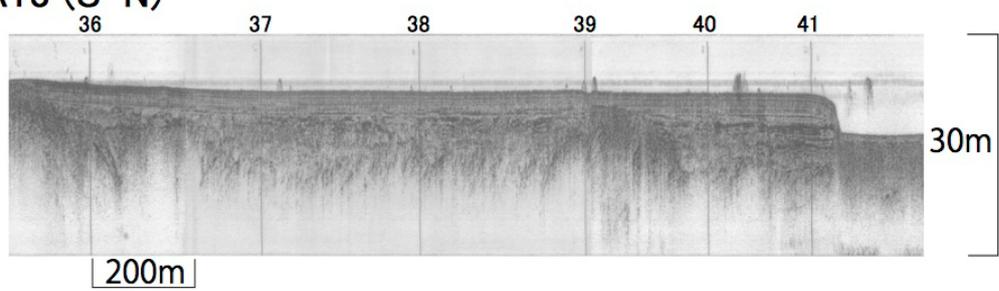
A11 (N-S)



A12 (S-N)



A13 (S-N)



A14 (N-S)

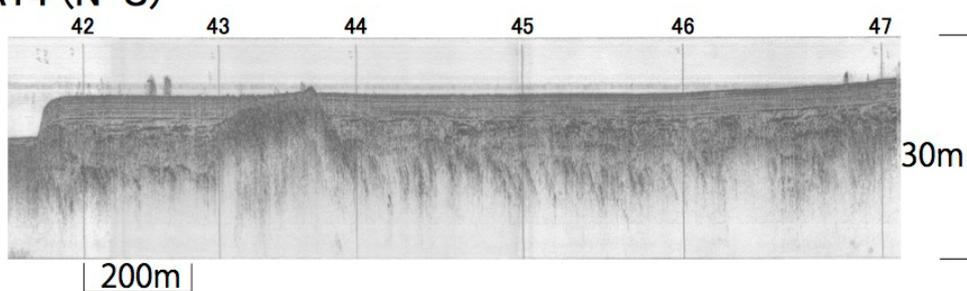


図 5-5 A 区域の音響反射記録図 (その 5)

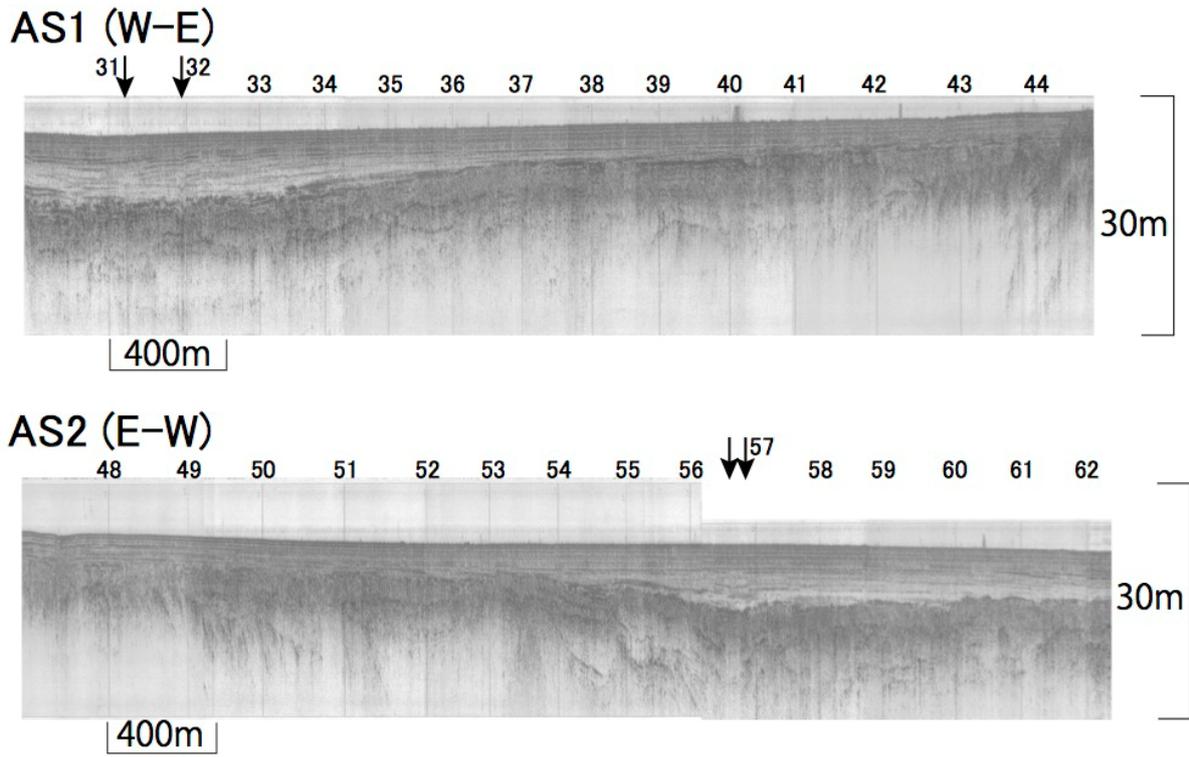


図 5-6 A 区域の音響反射記録図（その 6）
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

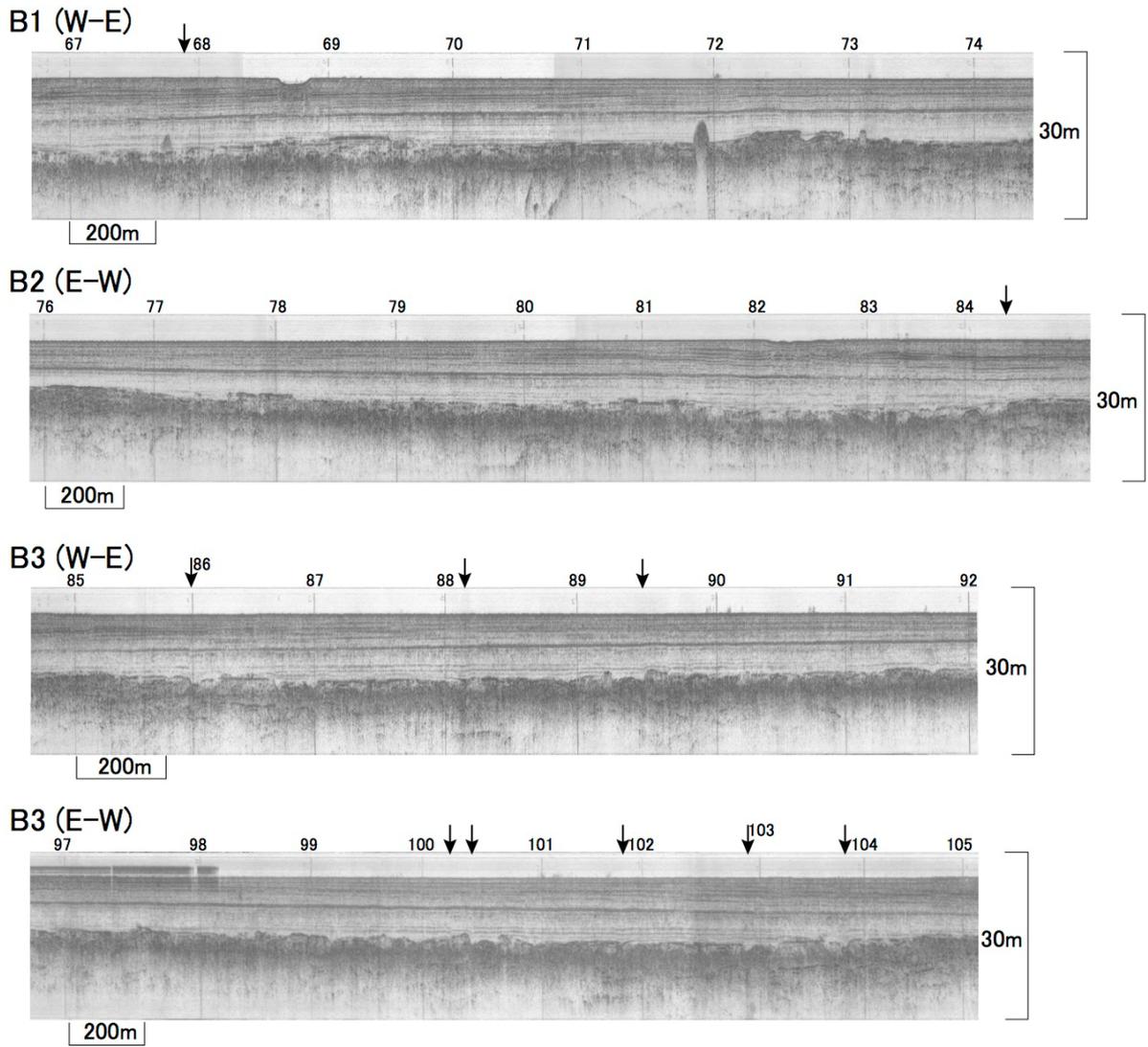
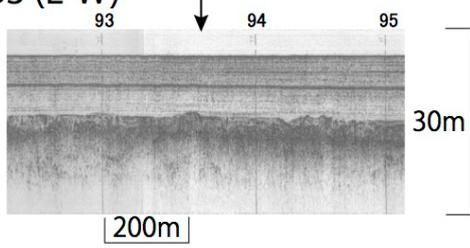
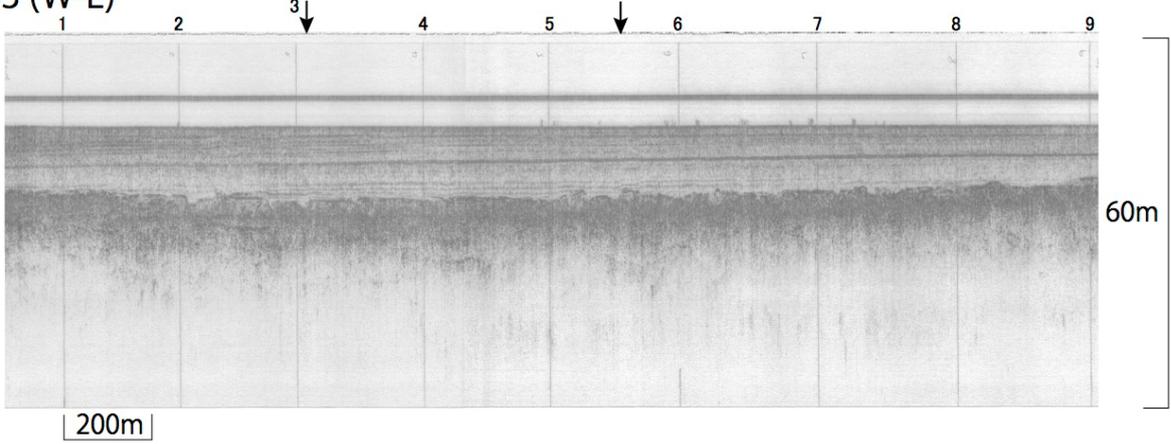


図 6-1 B 区域の音響反射記録図 (その 1)
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

B3 (E-W)



B3 (W-E)



B4 (E-W)

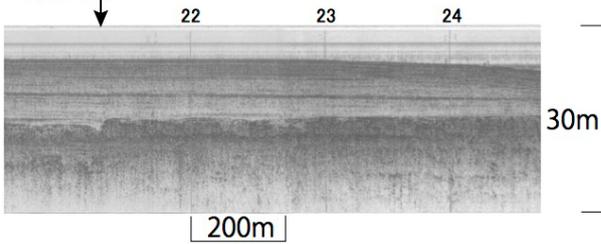


図 6-2 B 区域の反射記録図 (その 2)
矢印は断層変形が検出された位置を示す

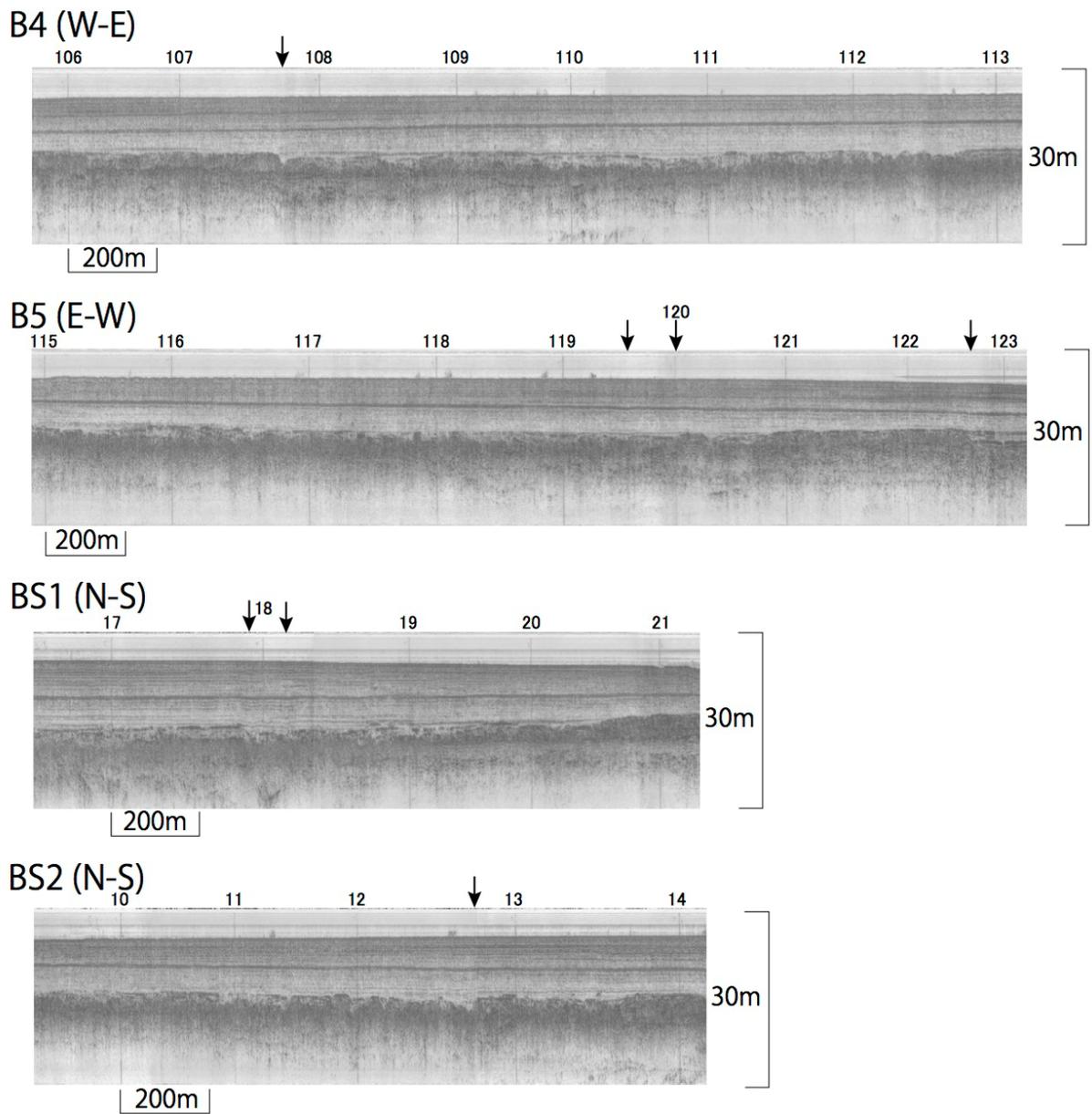


図 6-3 B 区域の反射記録図（その 3）
 矢印は断層変形が検出された位置を示す

A 区域の音響記録には無数の層が認められたが、これらは音響反射面である。その中に比較的 horizontal 方向への連続性の良好な反射面が存在する。反射面はしばしば束をなし、反射層を形成している。反射層のうち、顕著なものを岡村ほか（2009）に従い、海底面に近いものから図 8 の例のように、A 層、B 層、C 層、D 層と呼んで区別した。D 層は音響基盤上面である。岡村ほか（2009）は、音響基盤より上位（以降）の反射層を完新統とみなして活断層の検出を行った。本調査でも、全測線の音響記録に基づき、完新統の地下構造を切っている、と見られる活断層の検出を行った。その結果 A 区域では 14 測線の音響記録から活断層を検出した。ただし、A 区域では検出された活断層は A8 測線の北側に限られた。A8 測線の南側の領域では北側より測線密度を上げて探索したが、音響基盤より上位の反射層に断層変形は認められなかった。これは、活断層が存在しない事を意味するのではなく、

岩盤が海底近くまでせり出しているため音響反射による断層検出が困難なこと、AS1 と AS2 の沖～陸の測線でみると A8 測線より南側の完新統は陸に近づくにつれて B 層が音響基盤近くに下がり、C 層が薄くなる傾向が認められる。

また、2005 年の福岡県西方沖地震の東部余震域である B 区域での音響記録でも、音響基盤上面 (D 層) の鉛直ずれが認められ、活断層の存在が新たに確認された (図 6)。B 区域では 7 測線全部の音響記録から活断層が検出された。

2) 活断層の形状

A 区域の音響記録では NNE-SSW 方位の 6 測線と WNW-ESE 方位の 2 測線で 2 本の活断層が対をなしている様子が認められた。2 本の活断層で挟まれた中央は落ちており、見かけ上地溝性の凹地となっている。図 7 は AS1 測線の音響記録における対になった活断層と地溝性の凹地 (後述) を示している。図 8 はその解釈図で、黄色の線で示したように、東側の断層にはフラワーストラクチャー (花卉構造) が認められる。フラワーストラクチャーは、横ずれ性の活断層を示唆する。西側の断層は東側の断層に比べてフラワーストラクチャーの発達が弱く、西上がり東下りの活断層を示唆しているので、東側の断層ほど横ずれ性が強くないと考えられる。

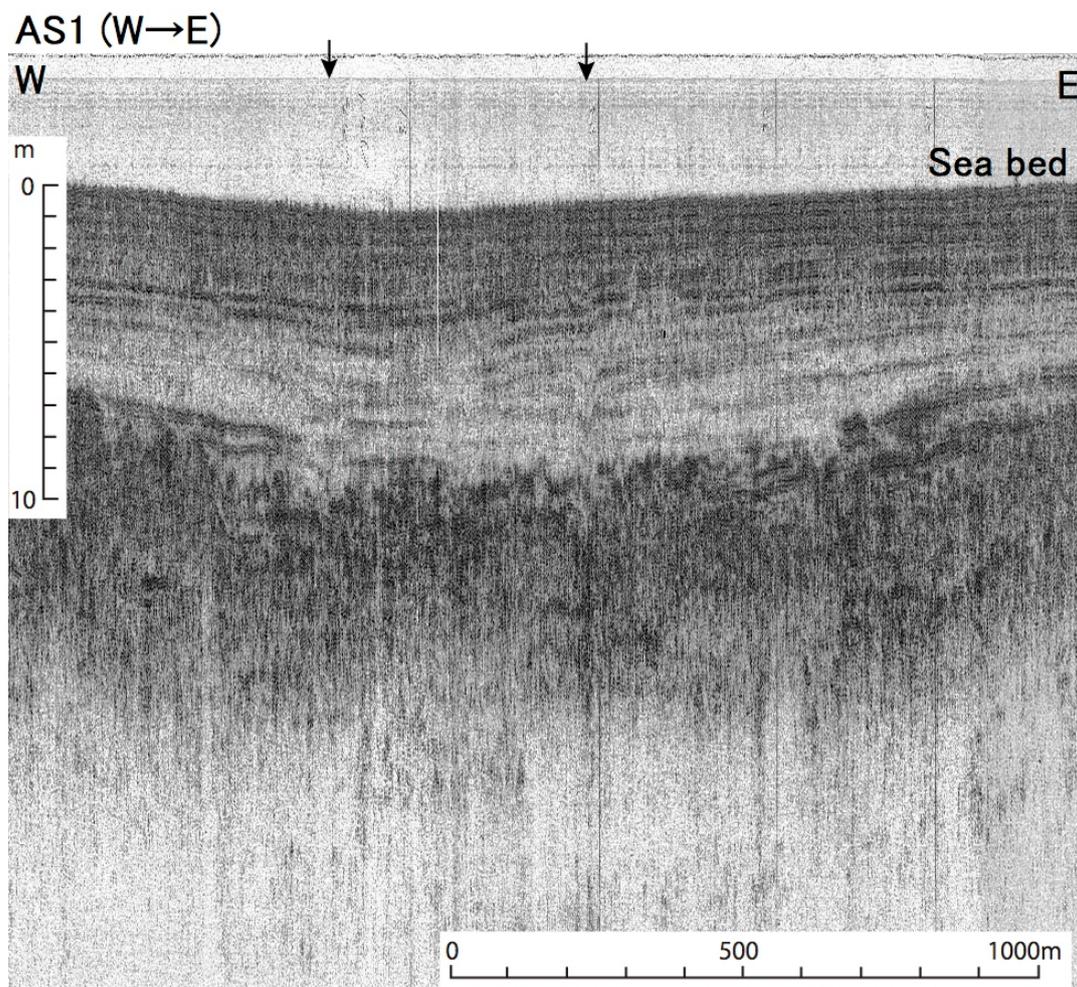


図 7 A 区域、AS1 測線の音響記録に認められる 1 対の活断層

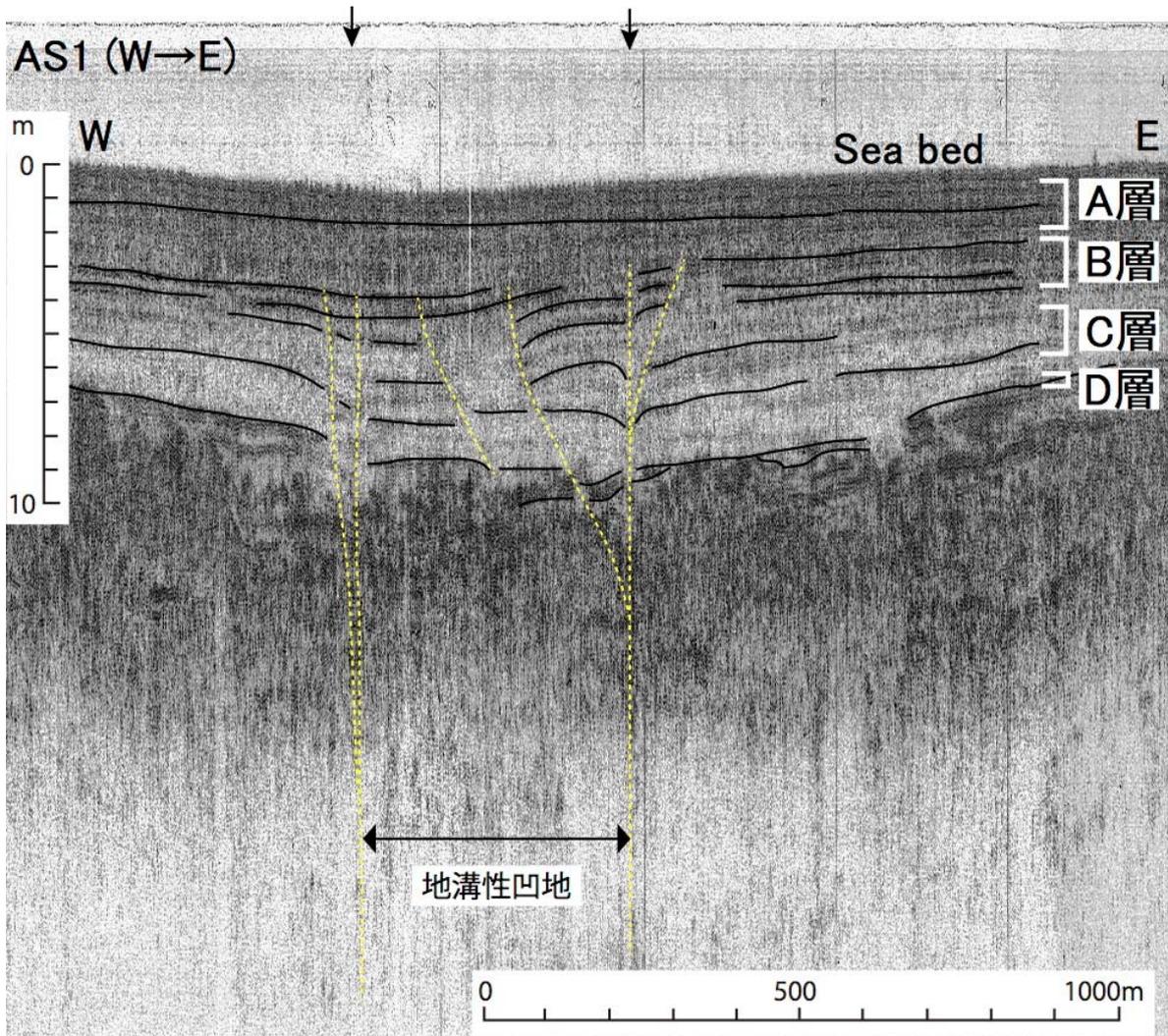


図8 AS1測線の音響記録の解釈図
地溝性凹地とフラワーストラクチャー（花卉構造）が認められる

3) 音響記録における活断層の変形パターン

音響断面図に記録された断層変形には、2つのケースが見られた。たとえば、図7で見ると、AS1測線の音響断面図に記録された断層による変形はD層からB層までの多くの反射層に及んでおり、A層は変形していない。一方、AS2測線に記録された断層は変形が音響基盤（D層）とそのすぐ上のC層の一部を変形させて（切って）いるがB層以上を変形させていない（図8）。このように、主反射層B層に着目し、「B層を切るか、切らないか」に注目して、今回得られた音響記録と既存の記録の活断層でパターン分けを試みた結果、博多湾内の警固断層帯の音響記録における断層変形のパターンは、断層変形がB層まで達する断層（図8上）と、断層変形がB層まで達しない断層（図8下）の、大きく2つのパターンに区分される。B区域でもA区域と同様に各主反射層をA層、B層、C層、D層と区分できる。断層変形パターンもA区域と同様、音響反射層B層まで達する断層と、断層変形が音響反射層B層まで達しない断層、とが区別できた。

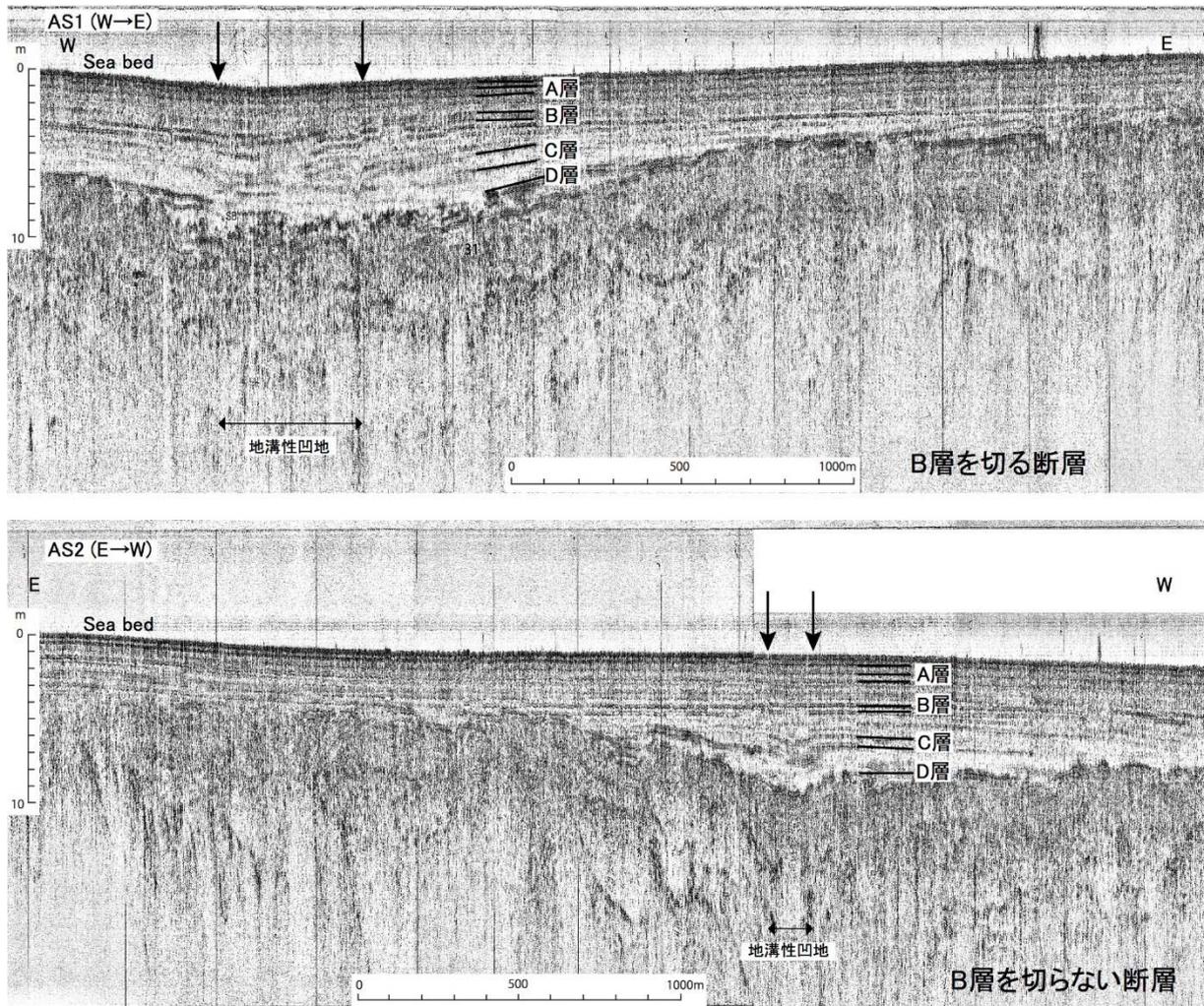


図9 主反射層と断層活動の2つのパターン（矢印は活断層位置）

4) 活断層の分布形状

博多湾内で区分された2つの断層のパターンに従い、本調査で明らかになった全断層を区分し、それぞれの分布位置を特定した結果を図10に記す。博多湾海上のピストンコア調査（岡村ほか，2009）で確認された断層はB層を切る断層変形で、その年代は約4,000～4,500年前とされている。その結果、北西側にB層を切る断層、南東側にB層を切っていない断層が偏って分布することが明らかになった（図9）。その境界は博多湾中央部にあり、博多湾海上のピストンコア調査（岡村ほか，2009）地点付近である。

なお、図10には、福岡市（2009）で示された中央区浜の町公園トレンチでの調査結果と鬼木（1996）で示された西公園東側のボーリング調査で得られた警固断層帯の情報も比較のため加えている。両地点とも陸上の調査地点であり、音波探査結果ではないが、警固断層帯の特徴は把握されている。それによれば、両地点で確認および推定された活断層は西上がり東落ちの断層であり、断層変形は完新統の基底付近に限定されている。浜の町公園トレンチでの警固断層帯の最新活動時期は約8,000年前である（福岡市，2009）。このため、図10では両地点とも、「B層を切っていない断層」と見なして図示した。以上をまとめると、断層変形のパターンには明らかな地域的な偏りがあり、博多湾中央部を境にB層を切る断層は北西側に、B層を切っていない断層は南東側にのみ分布している。このよう

に、2パターンの活断層の分布は、岡村ほか（2009）の調査地点を境に偏った分布をしている。

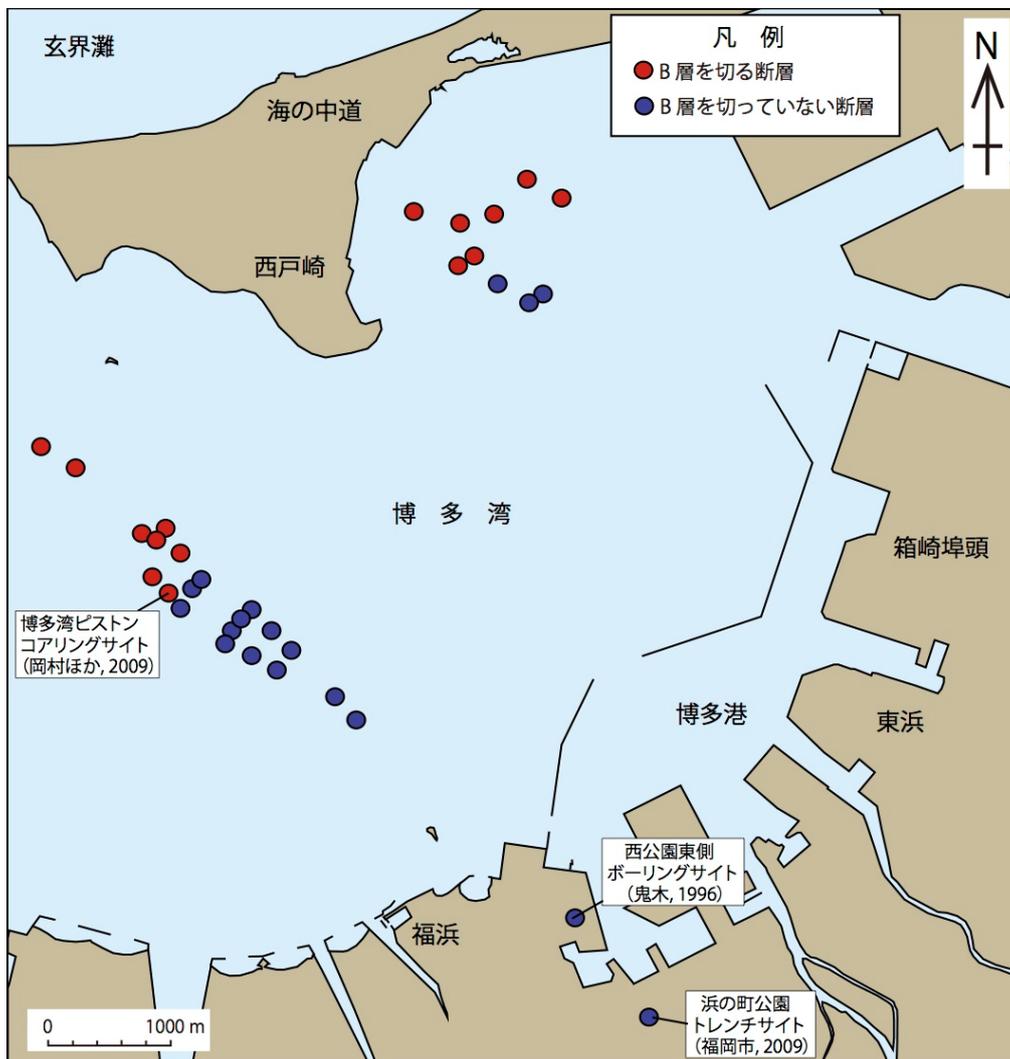


図 10 博多湾で検出された活断層の分布

本調査結果に鬼木（1996）、岡村ほか（2009）、福岡市（2009）の調査結果を加えた

それぞれの断層地点で、断層を挟んで沈降する側をケバで記すと図 11 のようになる。警固断層帯延長部分の A 区域のうち測線 A4 以北（北西）の博多湾中央部では、西側沈降と東側沈降の断層が向かい合った形になる。AS1 測線上で記録した断層の構造でも示された通り、断層に挟まれた中央が沈み込む形になり、凹地を形成している（図 11）。博多湾中央部では、このような構造で複数の断層が平行しており、断層に挟まれた内側が溝状に沈降している。断層に沿った溝状の凹地は一对または複数の断層によって構成される“地溝状構造”と考えられ、警固断層帯の運動によって形成された可能性が高い。つまり、警固断層帯には東側落ちの断層と西側落ちの断層が複数併走し、間が溝のようになって落ちている部分（地溝状凹地構造）がある。地溝状凹地構造は 2 パターンの活断層の分布境界となっている。

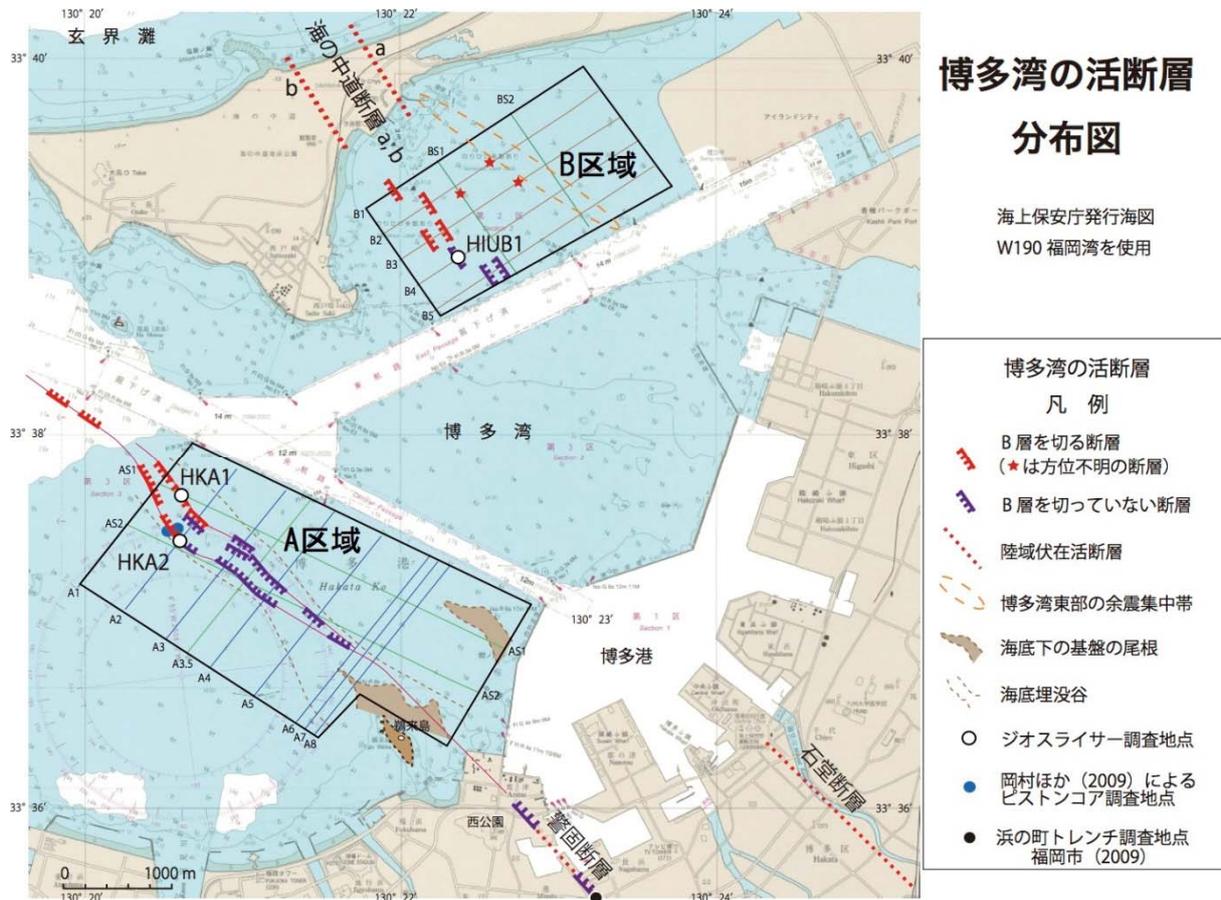


図 11 博多湾内活断層の分布と活動パターンによる区分

また、上述のように、博多湾東部の B 区域でも多くの活断層が発見された。B 区域は福岡県西方沖地震の東部余震域で、石堂-海の中道断層（唐木田ほか, 1994）の延長部にあたる。唐木田ほか（1994）は JR 香椎線の「海ノ中道」駅の北東約 300m の位置に、NNW-SSW 走向の海の中道断層（図 11 の海の中道断層 a）を引き、西側の花崗岩と東側の古第三紀堆積岩とが接する地質境界断層（基盤断層）としている。その上を覆う第四紀層は完新統の海の中道砂層（唐木田ほか, 1994）であるが、砂丘砂層のため地形の変形の情報はなく、その活動履歴が不明であった。図 12 はサブテーマ 2-2 の成果の一つである、工学的基盤調査のためのボーリング柱状図データベースを用いて得られた柱状図による地質断面である。これによれば、「海ノ中道」駅の地下 20m 付近に花崗岩が確認されており、花崗岩は NNW-SSW に延びる断層（地質境界断層、基盤断層）で西側と東側の古第三紀堆積岩と接すると考えられる。想定される西側の断層を海の中道断層 b と仮称する。平成 24 年度の調査で B 区域において新たに見つかった活断層は石堂-海の中道断層（唐木田ほか, 1994）のうち、海の中道断層の延長部に並んでいるように見えるので、陸上の海の中道断層の一部（特に西側）は活断層と思われる。

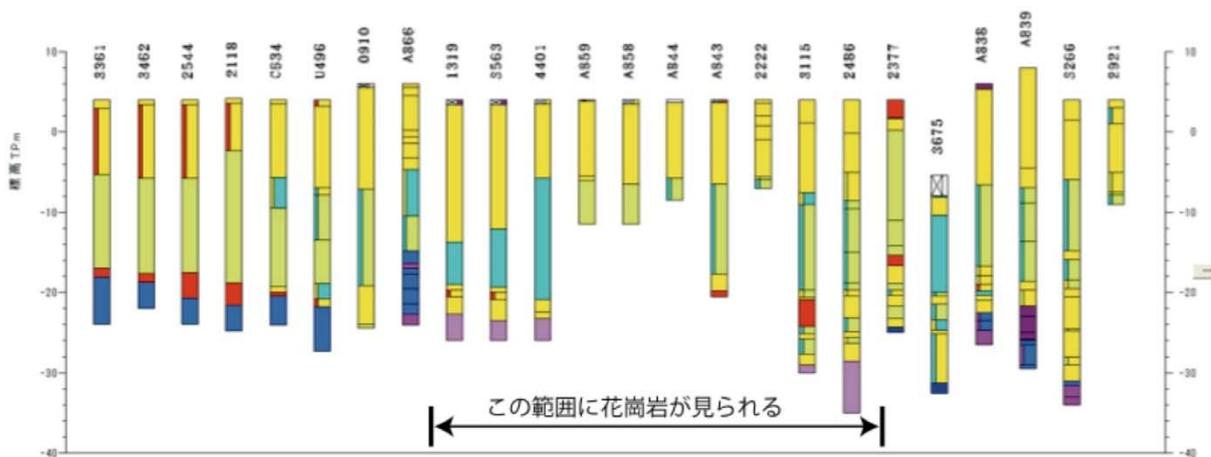
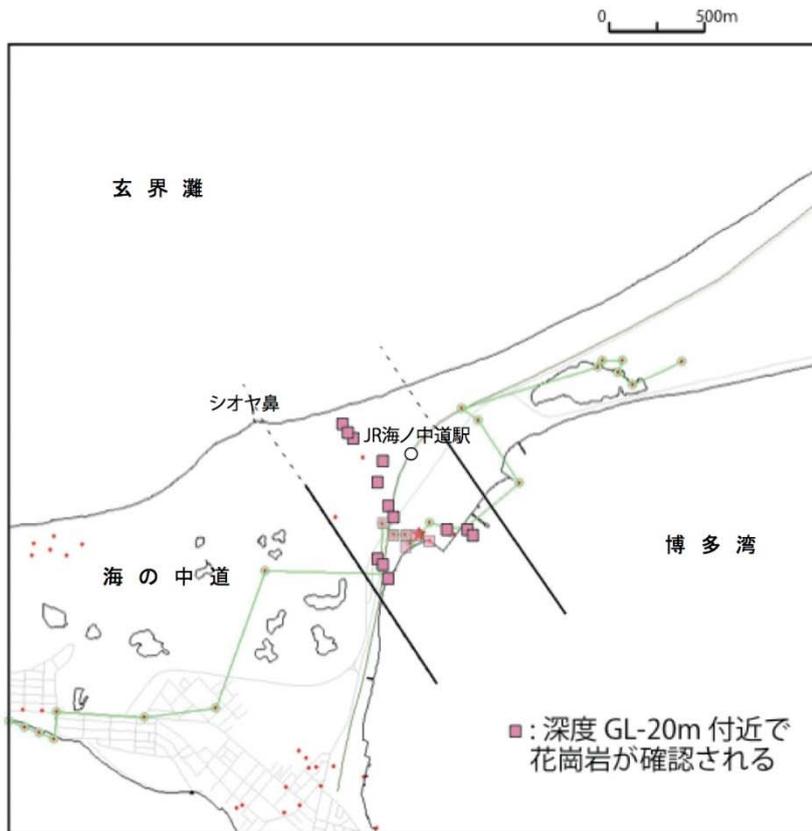


図 12 海の中道断層の詳細位置

上図は花崗岩基盤の分布と断層位置、下図は上図の緑線で示したボーリング柱状図の断面

5) ジオスライサー調査地点として選択された3地点の活断層について

平成24年度にサブテーマ3-2で実施したジオスライサー調査地点として、3地点を選定した。選定の理由は、A区域では、活断層の形状と変形パターンに反射層B層を切るケースと切らないケースの、2パターンの活断層が存在するため、ジオスライサー調査で得られた堆積物コアでイベント年代の違いと垂直変位量の情報を得る必要があった。このため、反射層B層を切る活断層として、AS1測線の地点32付近の活断層を、反射層B層を切らない活断層としてA2測線の地点9付近の活断層を選定し、それぞれHKA1地点とHKA2地点

とした（図 13 と 14）。また、B 区域では反射層 D 層（音響基盤）の垂直ずれが最も顕著な活断層として、B1 の測線の地点 107 および地点 108 の間の活断層を選定し、HIUB1 地点とした（図 15）。図 15 では反射層 B 層が変形しているようにも見えるが、海底面（Sea Bed）や A 層の変化と調和的なので HIUB1 地点の活断層は反射層 B 層を切っていないと判断される。上記 3 地点の音響反射層の断層変形の解釈を各図の右図に示している。図 12 では D 層より上位の反射層の断層変形が 2 回（Event 1 と Event 2）認められるのに対して、図 14 と 15 では 1 回（Event 1）しか認められない。太い四角は断層変形の有無が認められる最小の深度区間であり、図 12 ではこれに断層変形の累積の有無が認められる最小の深度区間を付け加えた。これらの深度区間はサブテーマ 3-2 で得られた「深度-年代グラフ」を使って年代区間（暦年）に換算され、断層活動イベントの年代推定がなされた。

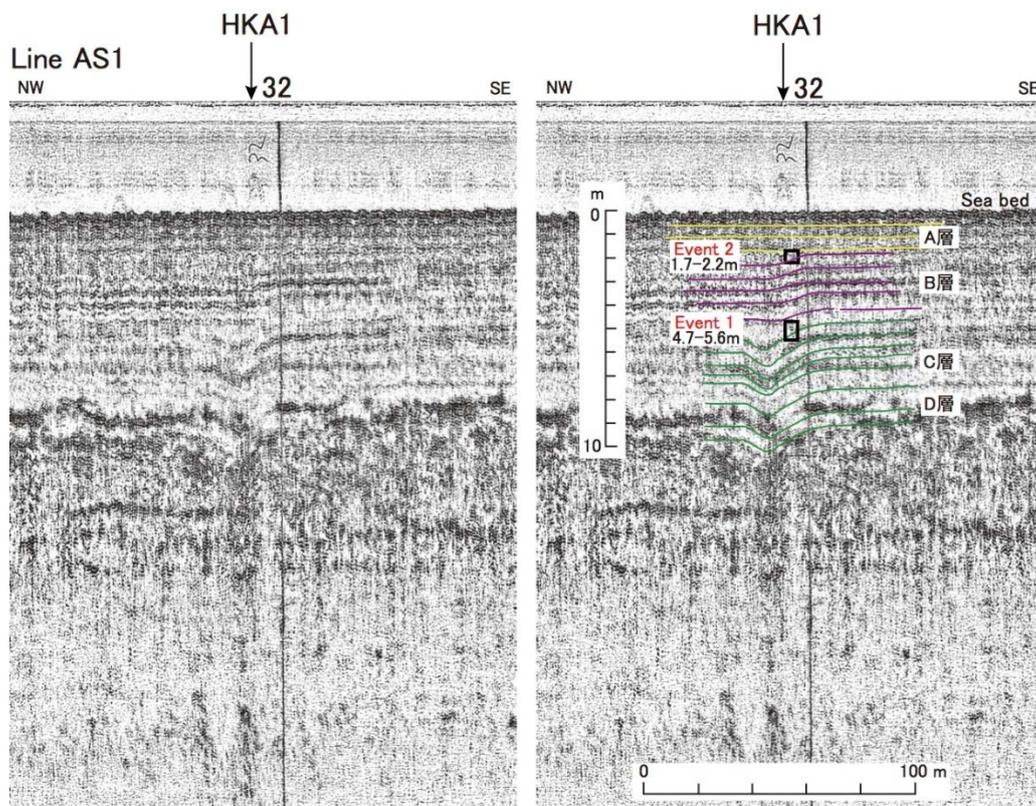


図 13 AS1 測線地点 32 付近の音響記録に認められる活断層（矢印）
HKA1 はサブテーマ 3-2 でのジオスライサー調査地点

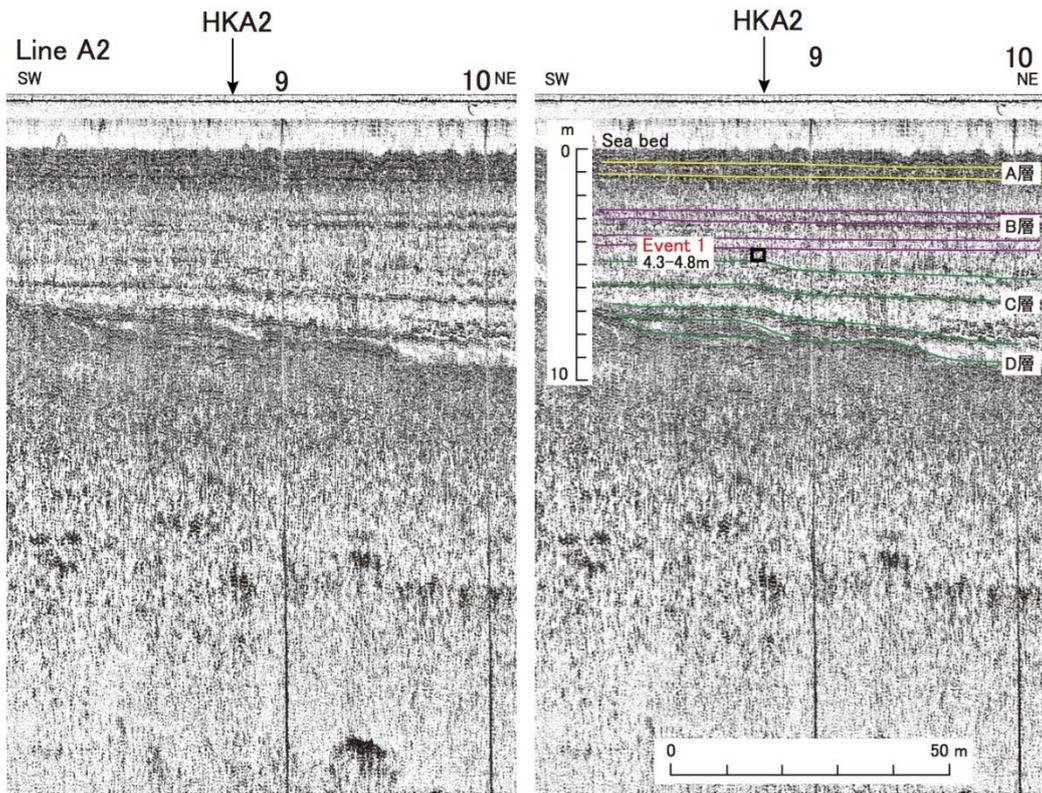


図 14 A2 測線地点 9 付近の音響記録に認められる活断層 (矢印)
HKA2 はサブテーマ 3-2 でのジオスライサー調査地点

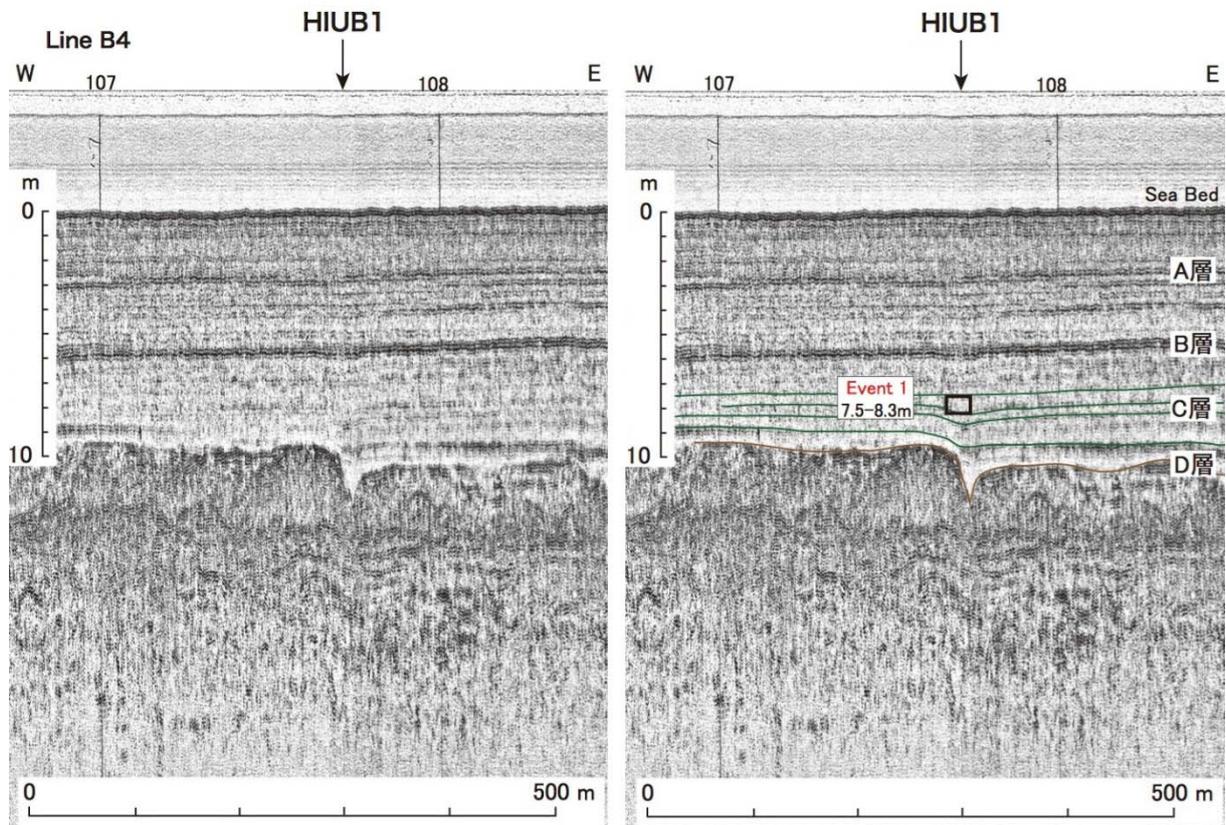


図 15 B4 測線地点 107-108 付近の音響記録に認められる活断層 (矢印)
HIUB1 はサブテーマ 3-2 でのジオスライサー調査地点

(d) 結論ならびに今後の課題

平成 24 年度に得られた音響反射記録の詳細調査によって、A 区域では、博多湾警固断層帯のより詳細な位置が特定でき、断層の分布と変形パターンが判明した。B 区域の福岡県西方沖地震の東部余震域で活断層が発見された。これらにより、博多湾内における活断層の詳細位置と分布形状が把握できた。

結論を以下に示す。

- ① 警固断層帯の断層の一部はフラワーストラクチャー等横ずれ断層の性質を示す。
- ② 断層は B 層を変形させるか、変形させないかで 2 パターンに区別される。
- ③ 2 パターンの活断層の分布は、岡村ほか (2009) の調査地点を境に偏った分布をしている。
- ④ 警固断層帯には東側落ちの断層と西側落ちの断層が複数併走し、間が溝のようになって落ちている部分 (地溝状凹地構造) があり、2 パターンの活断層の分布境界となっている。
- ⑤ B 区域の福岡県西方沖地震の東部余震域で活断層が発見された。その一部は海の中道断層の延長部と考えられる。
- ⑥ サブテーマ 3-2 で実施するジオスライサー調査地点として、3 地点を選定した。A 区域では、2 パターンの活断層の分布境界付近において、HKA1 地点と HKA2 地点を選定した。また、B 区域では HIUB1 地点を選定した。

博多湾には異なる活動度の活断層が 2 系統存在し、両者の分布境界が湾中央にあり、地溝状凹地構造をつくっていることが判明した。この分布境界が警固断層帯北西部と南東部の断層活動の境界 (セグメント境界) である可能性がある。しかし、2005 年 3 月 20 日の福岡県西方沖地震 (M7.0) では、地表あるいは海底に北西部の活断層は出現しなかった。限られた領域であるが、今回の探査結果でも海底面まで切る断層は発見されなかった。この事実をどのように解釈するかが今後の大きな課題である。また、音波探査測線の密度を上げて博多湾における活断層の詳細位置と分布形状をさらに調査する必要がある。また、石堂-海の中道断層のうち、海の中道断層の延長部分について、石堂断層との間の博多湾南部での分布を調査する必要がある。

(e) 引用文献

福岡市，警固断層に関する調査報告書-浜の町トレンチ調査結果-，2009.

唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊，地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅および同説明書：福岡地域の地質．通商産業省工業技術院地質調査所，192，1994.

岡村 眞・松岡裕美・中島徹也・中田 高・千田 昇・平田和彦・島崎邦彦，警固断層の博多湾延長部とその地震履歴．地震，第 2 輯，61，175-190，2009.

鬼木史子，福岡市域の警固断層の詳細位置と地下形態．活断層研究，15，37-47，1996.