

2.3.1.1 震源断層情報

図 2.3.1.1 -1 に本事業の検討（3.1.1.2(1)）で求められた震源断層情報および活断層情報を示す。

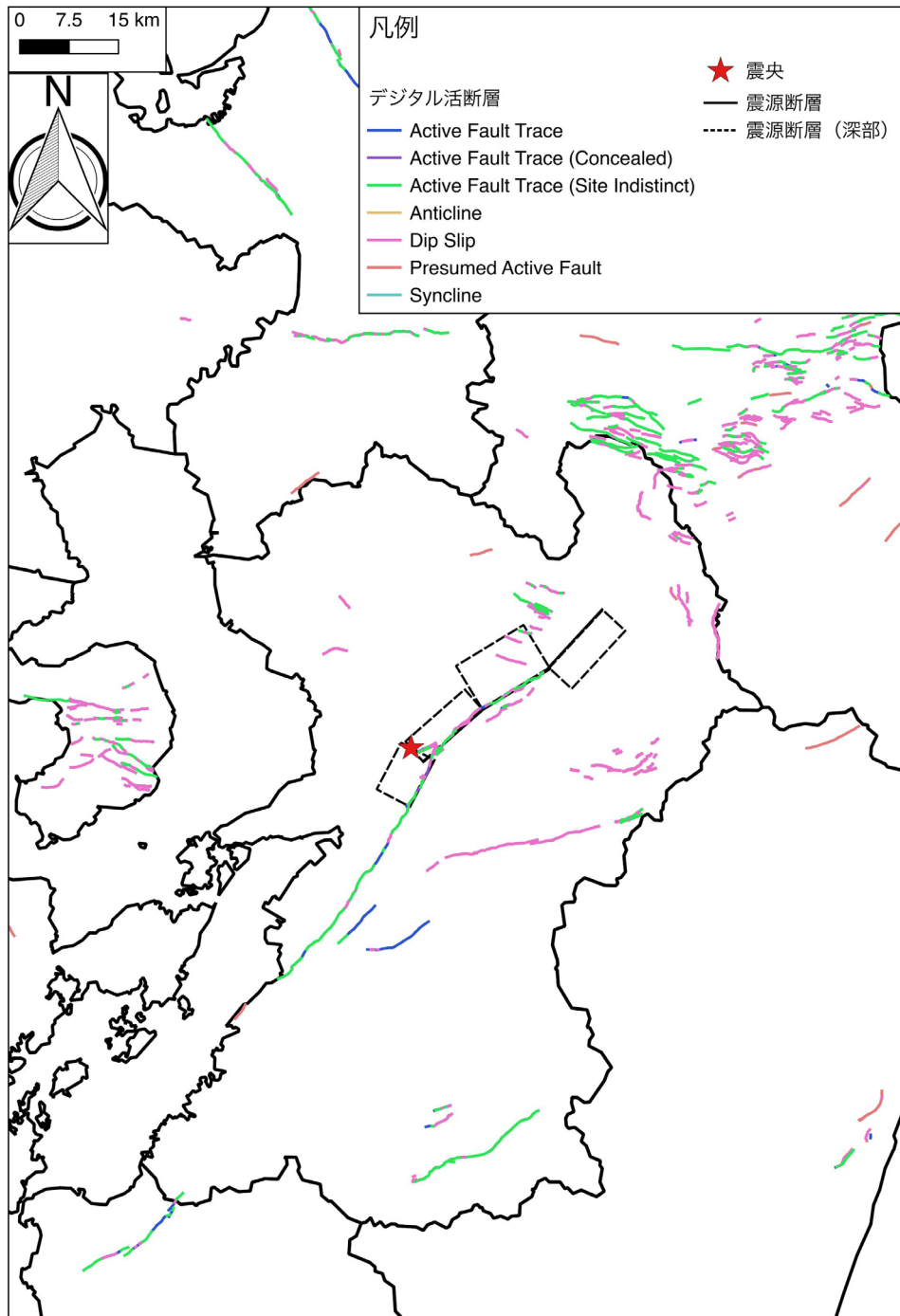


図 2.3.1.1 -1 震源断層情報（震源断層位置図：本事業による）

2.3.1.2 断層情報

図 2.3.1.2 -1 に活断層分布(中田・今泉, 2002)を示す.

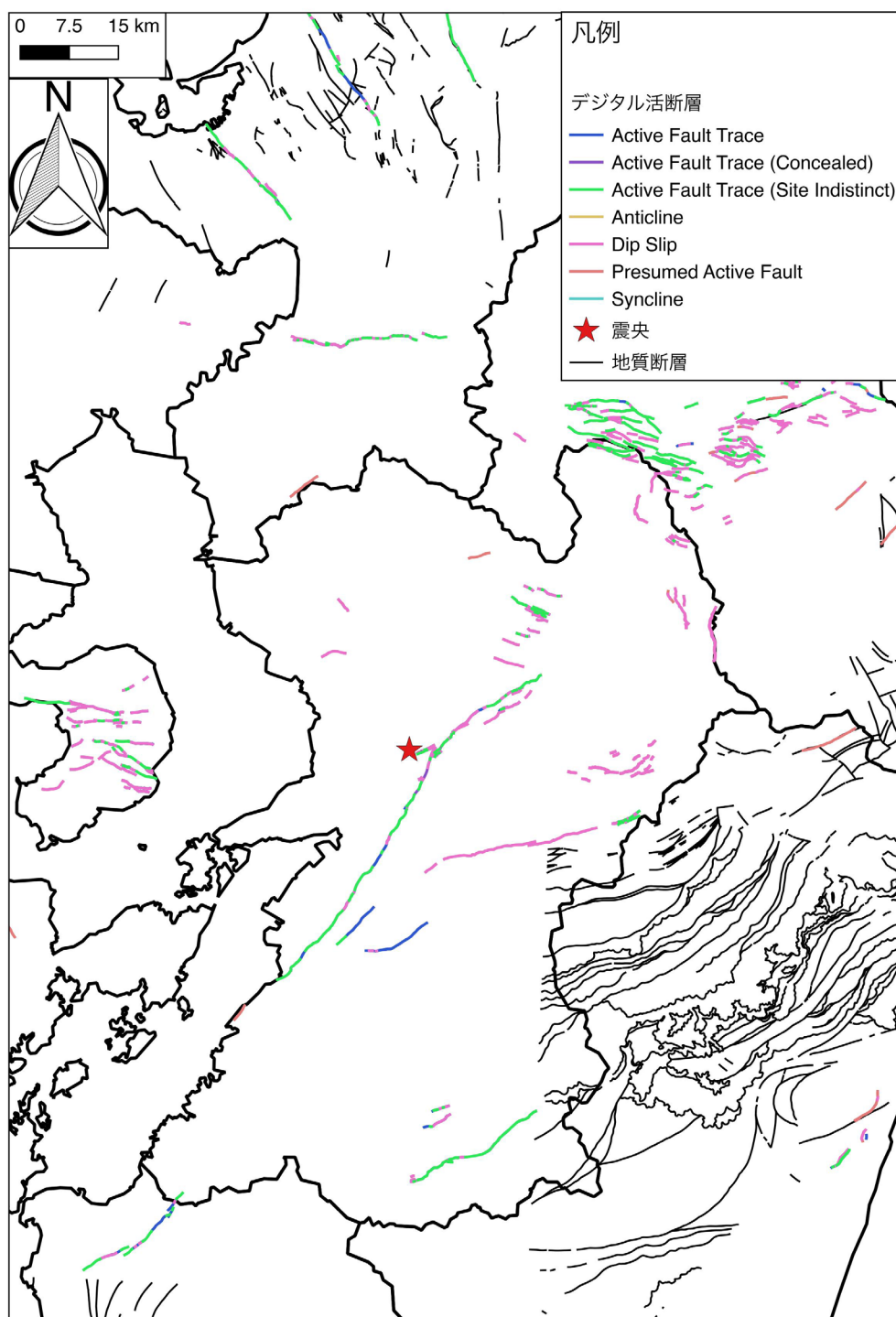


図 2.3.1.2 -1 震源域近傍の活断層分布 (中田・今泉, 2002)

2.3.1.3 断層情報による解釈

図 2.3.1.3 -1 に地質断層および地質図を示す。松本 (1984) により布田川断層のカルデラ延長部に断層が推定されており，その長さを採用した。

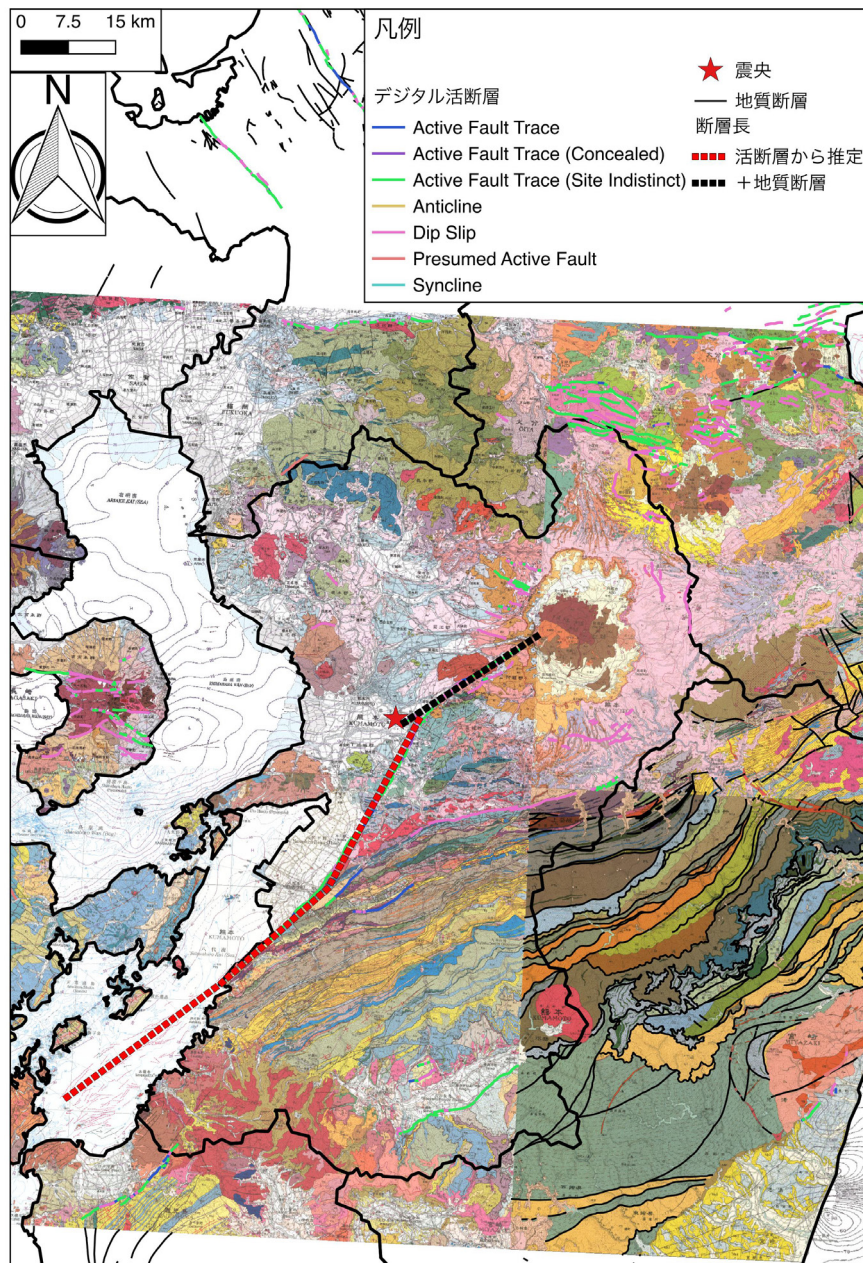


図 2.3.1.3 -1 震源域近傍の地質断層

2.3.1.4 震源分布

図 2.3.1.4 -1 に震源域近傍の震源分布を示す．カルデラの南東側ではそれほど地震が発生していない．

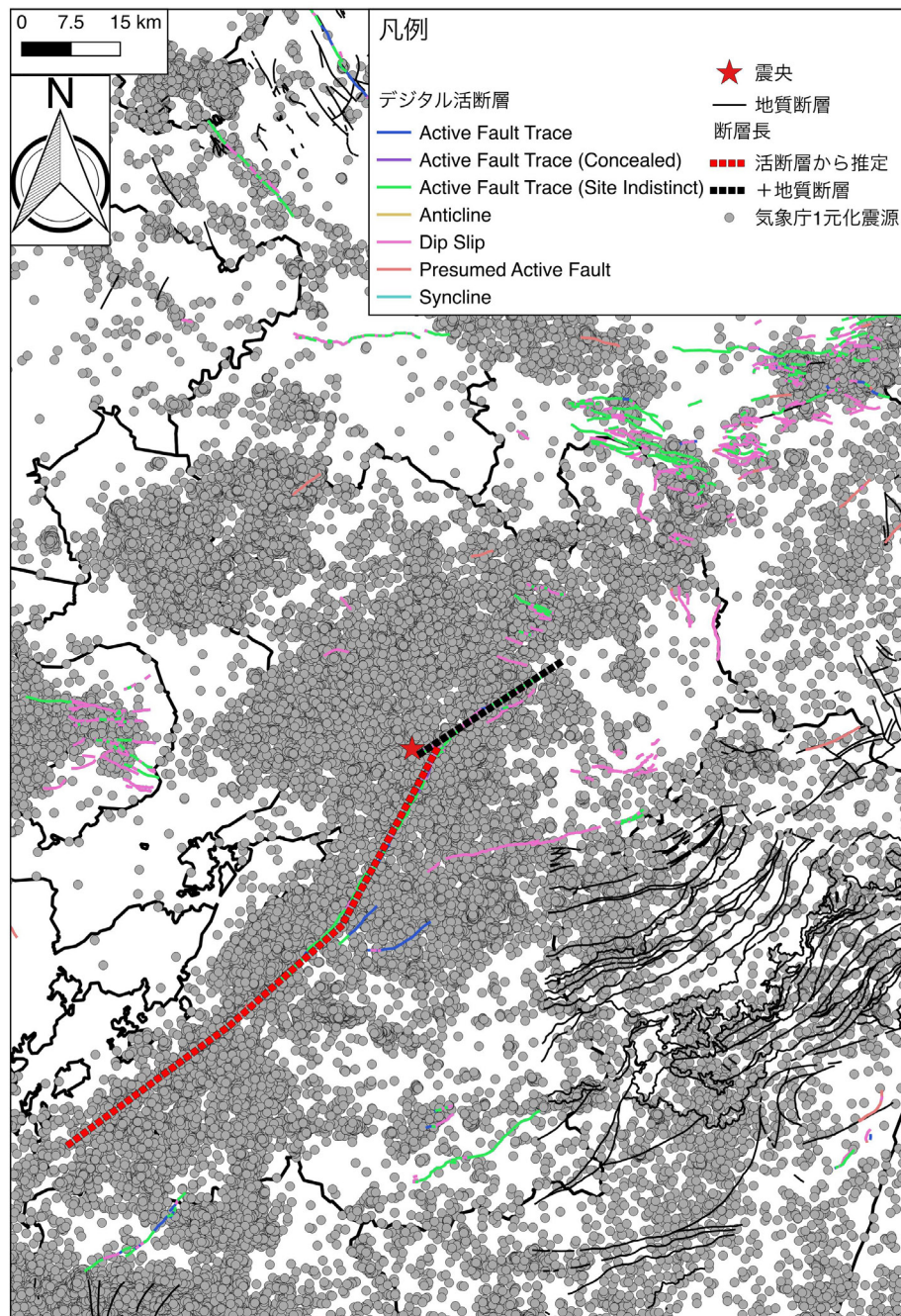


図 2.3.1.4 -1 震源分布（気象庁1元化震源：1926-2007）

2.3.1.5 磁気異常

図 2.3.1.5 -1 に極磁気異常を示す。布田川断層のカルデラ延長部から中岳周辺にかけて高磁気異常域が認められる。

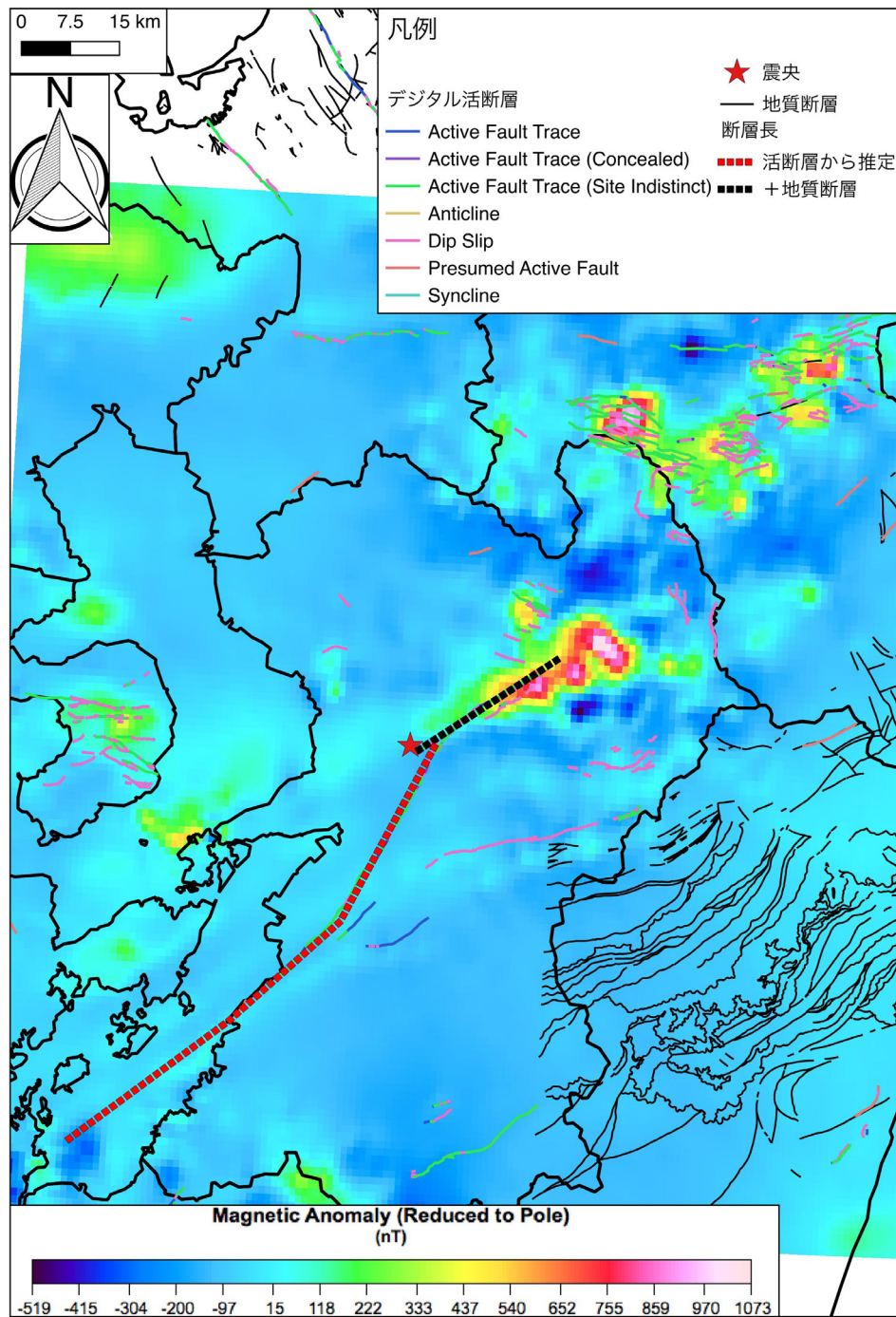


図 2.3.1.5 -1 震源域近傍の極磁気異常

2.3.1.6 重力異常

図 2.3.1.6-1 に 1.5-100km の空間フィルターを適用した重力異常図の勾配を示す。布田川断層延長部のカルデラ側では、陥没構造に対応した重力異常の急変帯が認められる。地質断層で推定された走向延長上をみると、同一走向の凹地状の変化がみられる。極磁気異常における高磁気異常域（図 2.3.1.5-1）とあわせて、断層長を評価した。

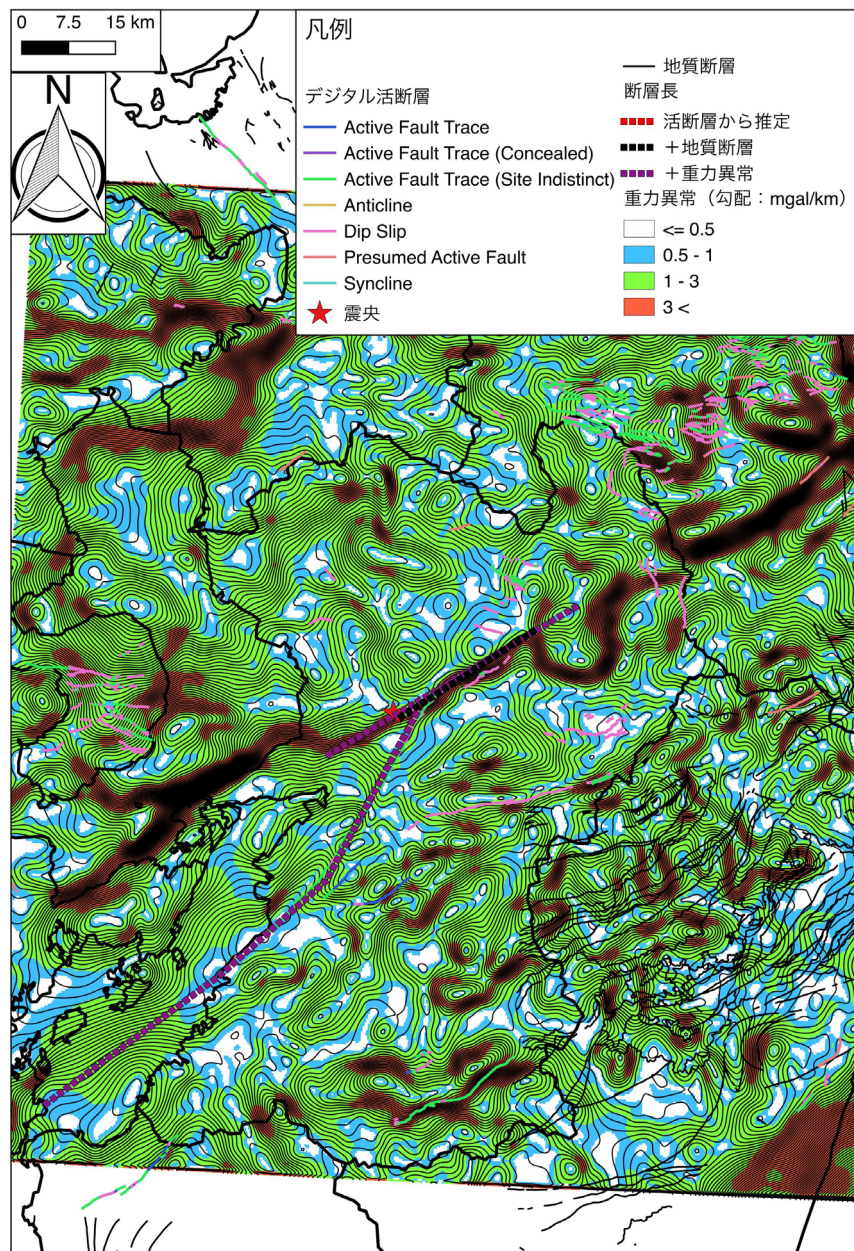


図 2.3.1.6-1 震源域近傍の重力異常（1.5-100km の空間フィルター適用後）

地震調査研究推進本部による起震断層区分では大きく布田川断層帯と日奈久断層帯に区分される（地震調査研究推進本部, 2013, 図 2.3.1.13-1 参照）。布田川断層帯の布田川区間では、地形的にも明瞭で、重力異常でも急変帯に位置している。一方、長期評価で重力異常から新たに推定された宇土区間までは、布田川区間からの一連の急変帯と同様の走向を呈する。

日奈久断層帯では、変動地形学的には、高野－白旗区間はトレースが不明瞭で断層崖の向きは一定していないとされる。重力異常との対応関係でも明瞭な急変帯には位置していない。さらに南の日奈久区間になると、変動地形学的なトレースは明瞭となり、重力異常でもある程度の勾配と対応した関係を示す。日奈久区間では重力異常分布に横ずれ断層の兆候を示す S 字状のコンター形状も認められる（Matsumoto et al., 2016）。このように、変動地形学的に整理された高野－白旗区間と日奈久区間の各セグメントにおいて、重力異常でも異なる対応関係が示された。このため、両者は地下構造情報からもセグメントとして分割されると考えられる。

一方、八代海区間では重力異常の測定点がないために周辺データからの補間による。大局的な走向は八代海断層群と調和的である。

地震調査研究推進本部による区分と重力異常との対応関係には大きな矛盾は認められず、調和的と考えられる。

2.3.1.7 既存地下構造情報の整理

2016 年に発生した熊本地震でおよそ 34km の地表地震断層が出現した（産総研地質調査総合センター, 2016）。今回の地震は、地震調査推進本部があらかじめ評価していた活断層（地震調査研究推進本部, 2013）で規模が大きい地震が発生しており、その検証が様々な方面から行われている。今回の地震の強震動モデルも様々な研究機関により公開され始めているが、地表地震断層の長さとの乖離が指摘されている（例えば島崎, 2016）。地表地震断層は阿蘇カルデラでも確認されているが（産総研地質調査総合センター, 2016）、各種活断層図ではカルデラ内の活断層は示唆されていない。原子力規制委員会 (2013) では、近年国内で発生した地震のデータを整理して、新しい知見を取り入れたガイドラインを示しているが、「震源を特定せず策定する地震動」の例として、「上部に軟岩や火山岩、堆積岩が厚く分布する地域で発生した地震」を挙げている。今回の地震では阿蘇カルデラ西方は、ほぼ事前に把握されていた活断層に沿っての地表変位が認められている。このため強震動予測問題において、既存の調査研究成果を整理することで、今回の熊本地震がどの程度の震源断層モデルを予測できたかを、阿蘇カルデラを中心に考察する。表 2.3.1.7-1 に既存地下構造情報の整理した結果を示す。

表 2.3.1.7-1 整理した情報一覧

ソース	手法	コメント
活断層研究会 (1991), 中田・今泉 (2002) など	各種活断層分布図	カルデラ内には構造を見出せず*
Matsumoto et al. (2016)	重力異常データのフィルタリング	カルデラ内には構造を見出せず*
Komazawa (1995)	重力異常データの解析	カルデラ内の断層構造は明言していない
Okubo and Shibuya (1993)	磁気異常・重力異常データの解析	カルデラの内外で 55 度北傾斜の構造を推定
中塚・他 (2005)	磁気異常分布	カルデラ西側からカルデラ内に続く高磁気異常帯が認められる
Tsutsui and Sudo (2004)	人工地震波の解析	ブライツスポット分布の不連続面が大分ー熊本構造線の走向と調和的
相澤・他 (2016)	比抵抗構造	どの程度断層構造が示唆されているか不明
須藤・池辺 (2001)	工事に伴うトレンチ調査	カルデラ内に活断層を提示
松本 (1984)	火山地質図	布田川断層延長上に断層を図示
Itoh et al. (1998)	中部九州東部の構造発達史	MTL の活動が北に移動していることを示唆
WADA and NISHIMURA (1971); 和田・西村 (1981)	自然地震の解析	カルデラ内にて大分ー熊本構造線に沿って基盤が分割される構造を示唆

2.3.1.8 各種活断層分布図

図 2.3.1.8-1 に阿蘇カルデラ周辺の活断層分布図を示す。カルデラ西方やカルデラ壁の周辺には活断層が認められるが、カルデラ内では大分ー熊本構造線に沿うような活断層は認められない。

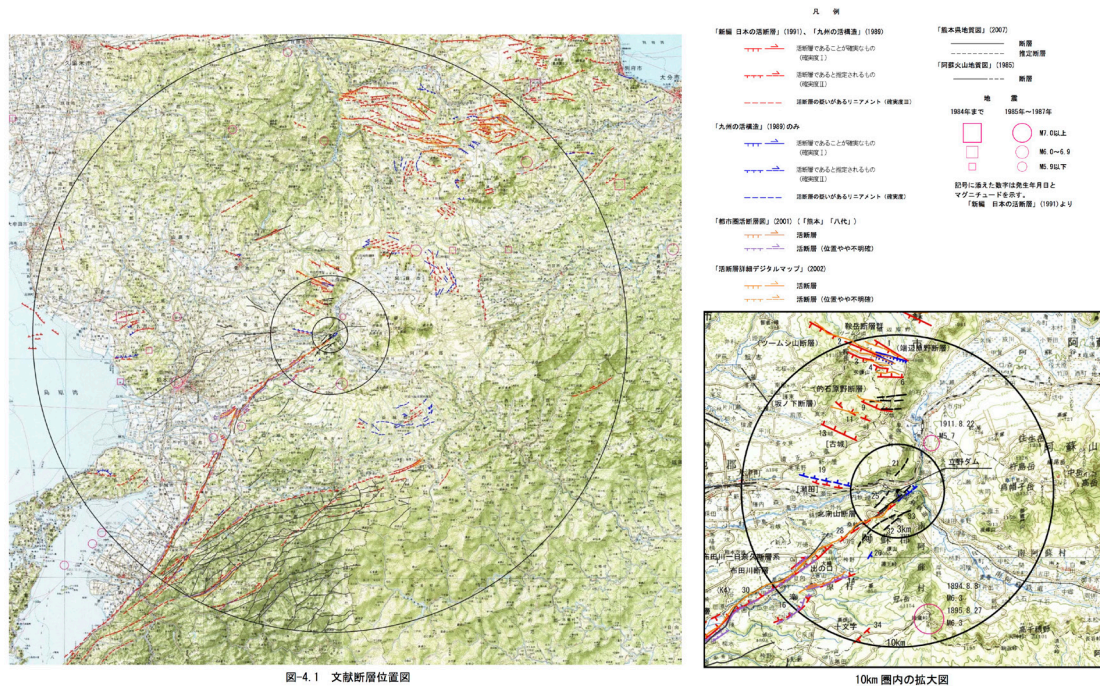


図 2.3.1.8-1 活断層分布図（図は国土交通省九州地方整備局, 2012 より）

2.3.1.9 地質図

地質図（図 2.3.1.9-1）でも阿蘇カルデラ内に地質断層は認められない。しかしながら、松本（1984）による阿蘇カルデラの火山地質図（図 2.3.1.9-2）によると、カルデラ西方の切れ目である立野から京都大学火山研究センターに伸びる断層が示されているが、断層線が図示されているのみで、どのような情報に基づいたものかの記載は見られない。同様に、熊本県・熊本市（1994）においても同じセンスの断層が示されている。

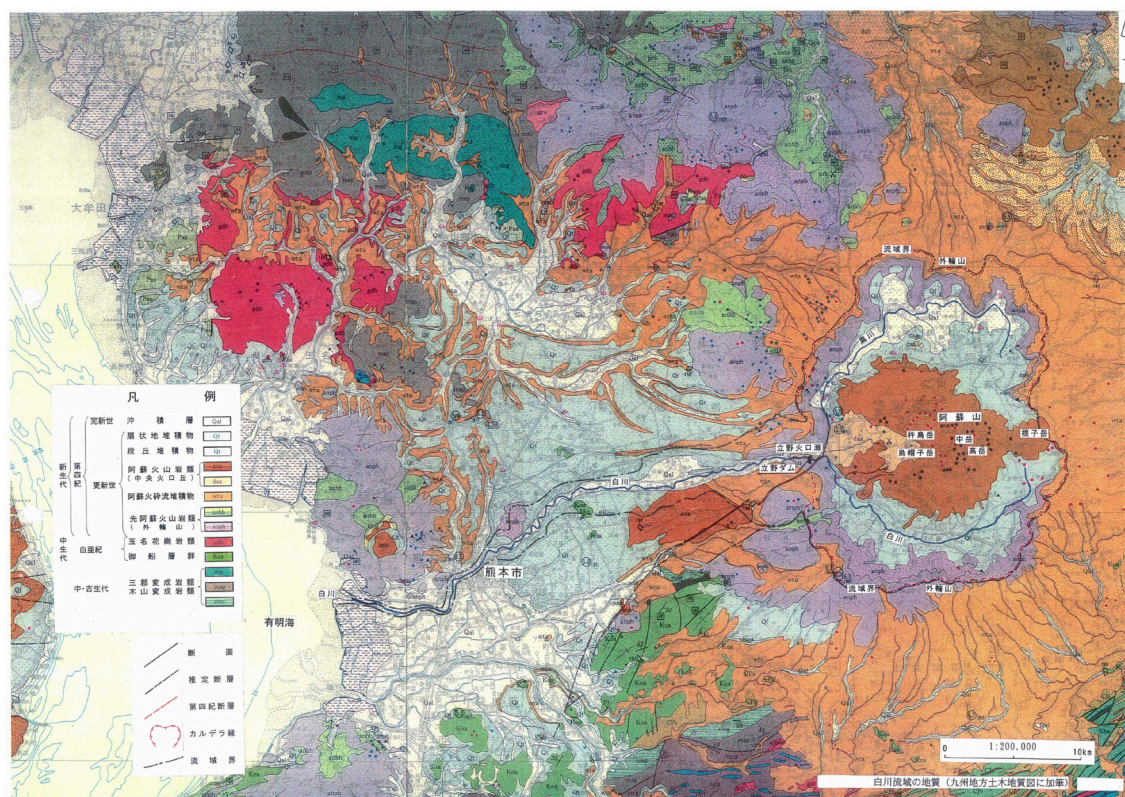


図 2.3.1.9 -1 地質図（図は九州地方土木地質図編纂委員会, 1986 より）

2.3.1.10 各種物理探査

Tsutsui and Sudo (2004) では阿蘇の中央火口丘を中心とした人工地震探査を実施し、阿蘇山の地下構造を検討した。この結果、強度の強い反射面が不連続になる部分があり、その不連続面の分布が大分ー熊本構造線に相当するとされている(図 2.3.1.10 -1 ~ 2.3.1.10 -3)。

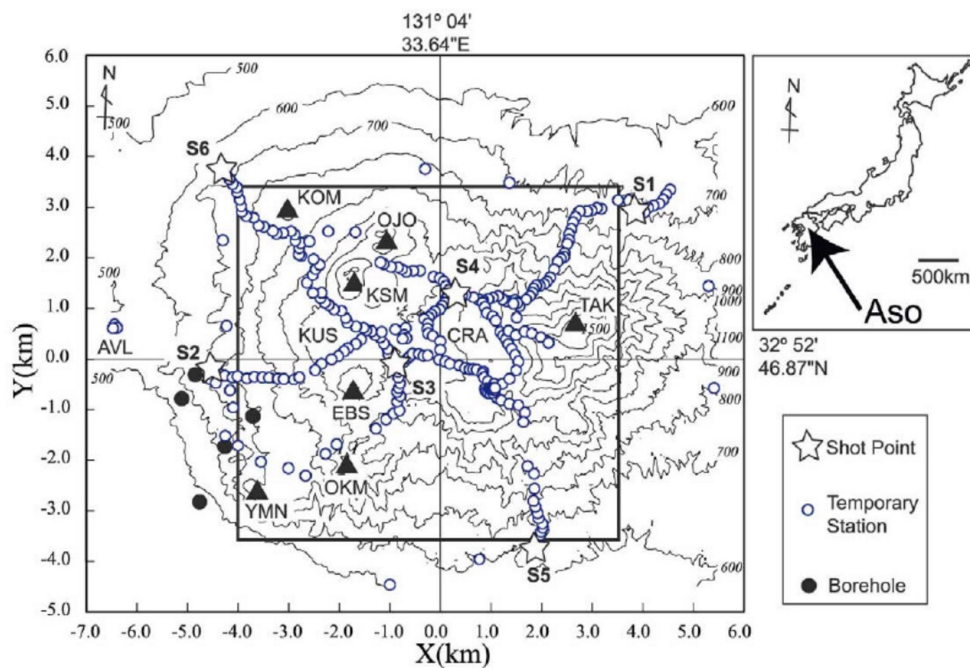


図 2.3.1.10 -1 探査測線

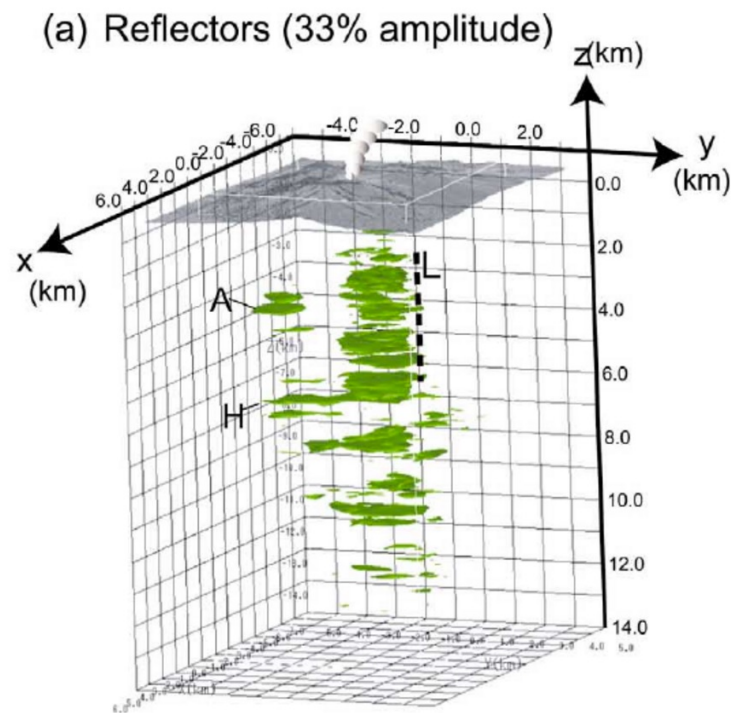


図 2.3.1.10 -2 不連続面の分布

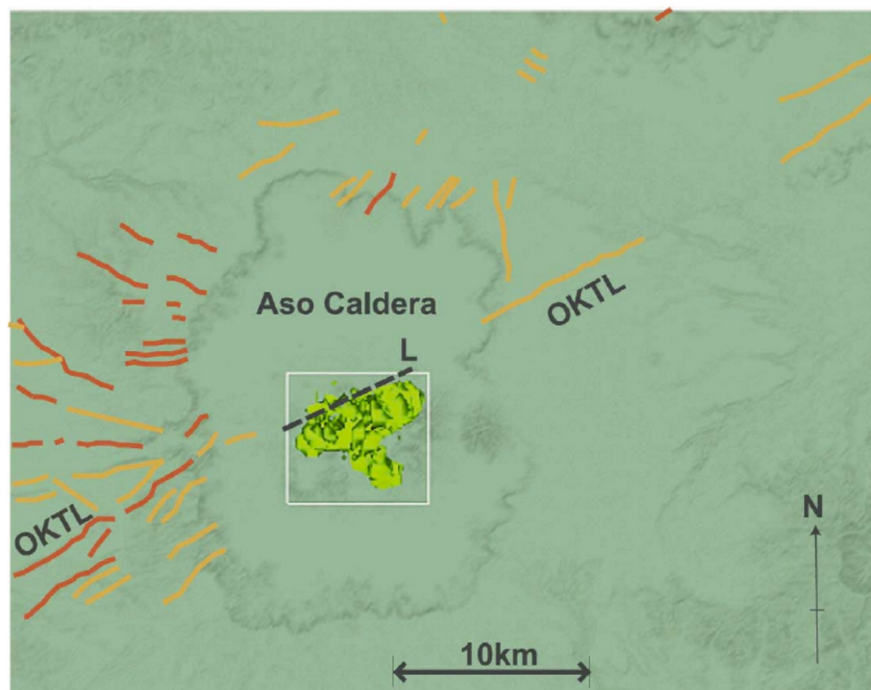


図 2.3.1.10 -3 不連続面の分布

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) や Matsumot et al. (2016) においてフィルター処理された重力異常を検討しているが、阿蘇カルデラ内部で布田川断層の延長に相当するような構造は見出されていない。また、阿蘇カルデラの重力異常データを定量的に解析した結果 (Komazawa, 1995) でもカルデラ下の重力基盤構造は複数のピストン型の構造が推定されており、基本的に水平に近いものとなっている (図 2.3.1.10 -4)。

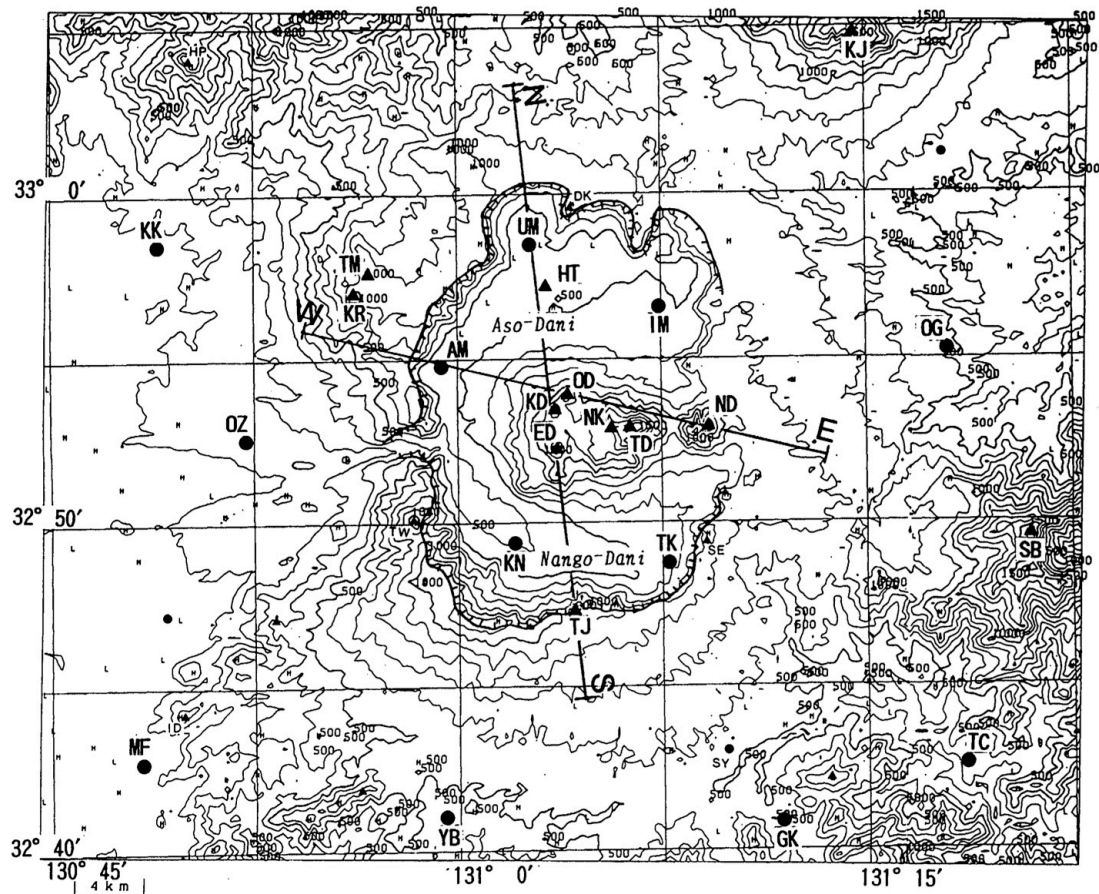


図 2.3.1.10 -4 解析範囲

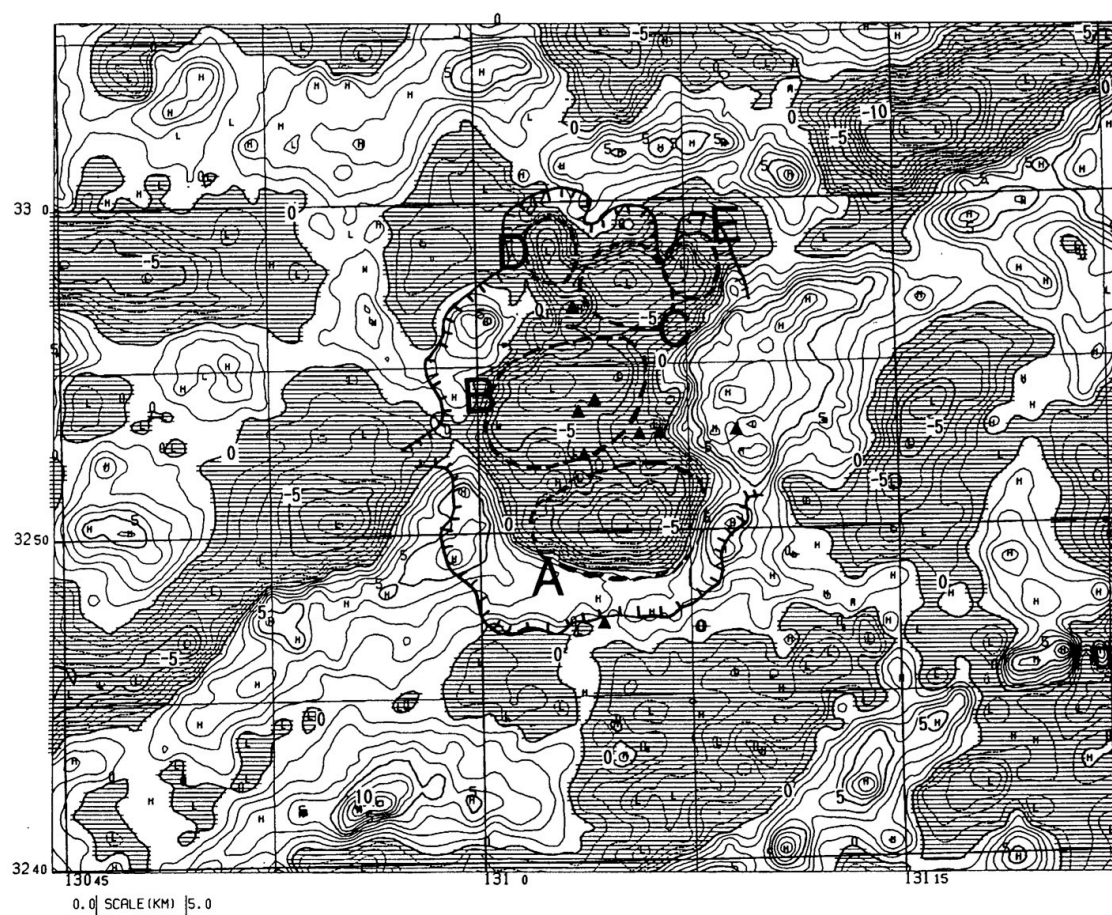


図 2.3.1.10 -5 短波長成分

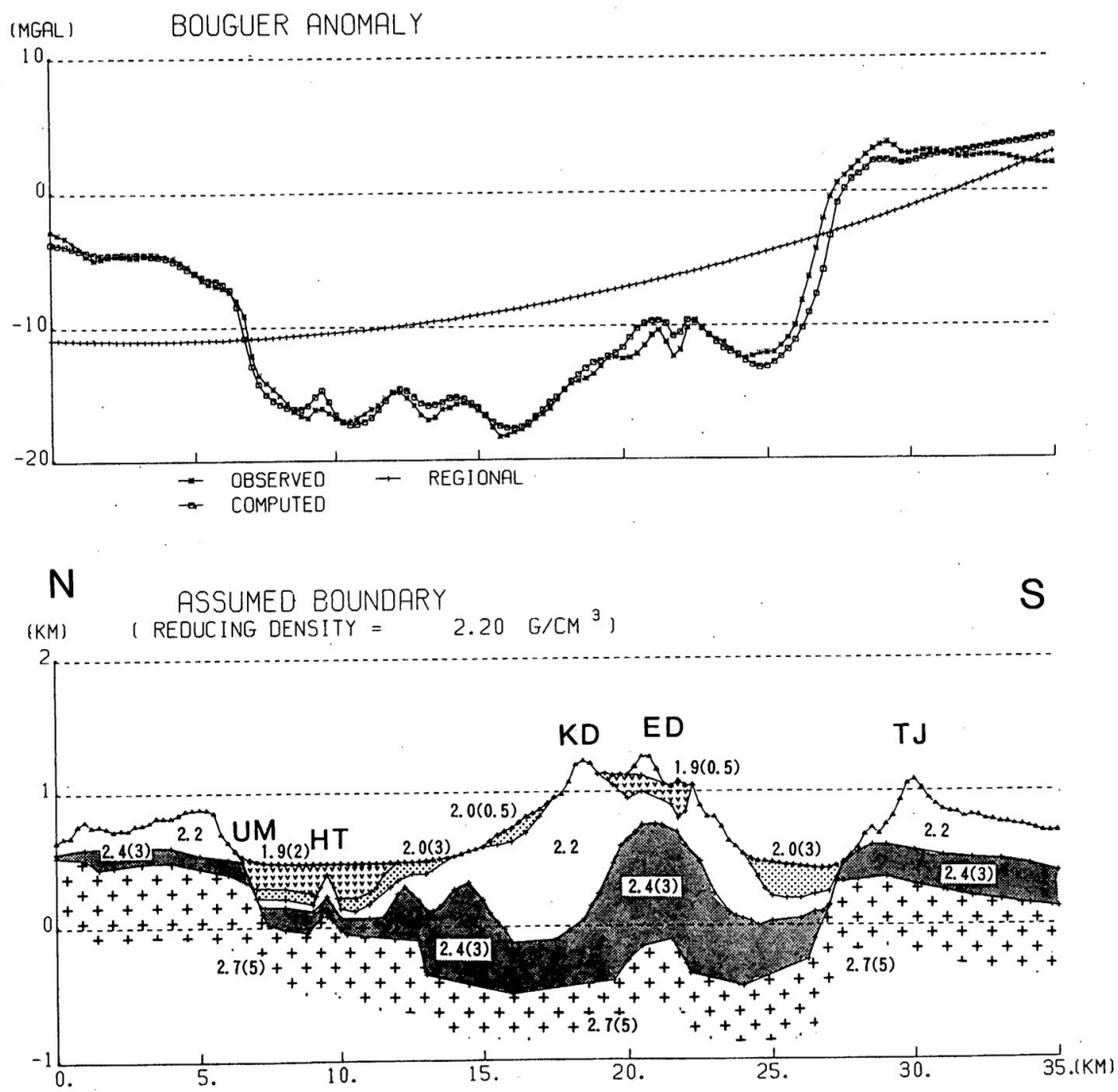


图 2.3.1.10 -6 解析断面

Okubo and Shibuya (1993) は阿蘇カルデラ周辺の磁気異常の解析を行っている。カルデラ周辺の磁気異常は布田川断層に沿って中央火口丘まで広がっている。この磁気異常を説明するモデルとして、北に傾斜した岩脈状モデルが推定されている(図 2.3.1.10 -7 ~ 2.3.1.10 -12)。

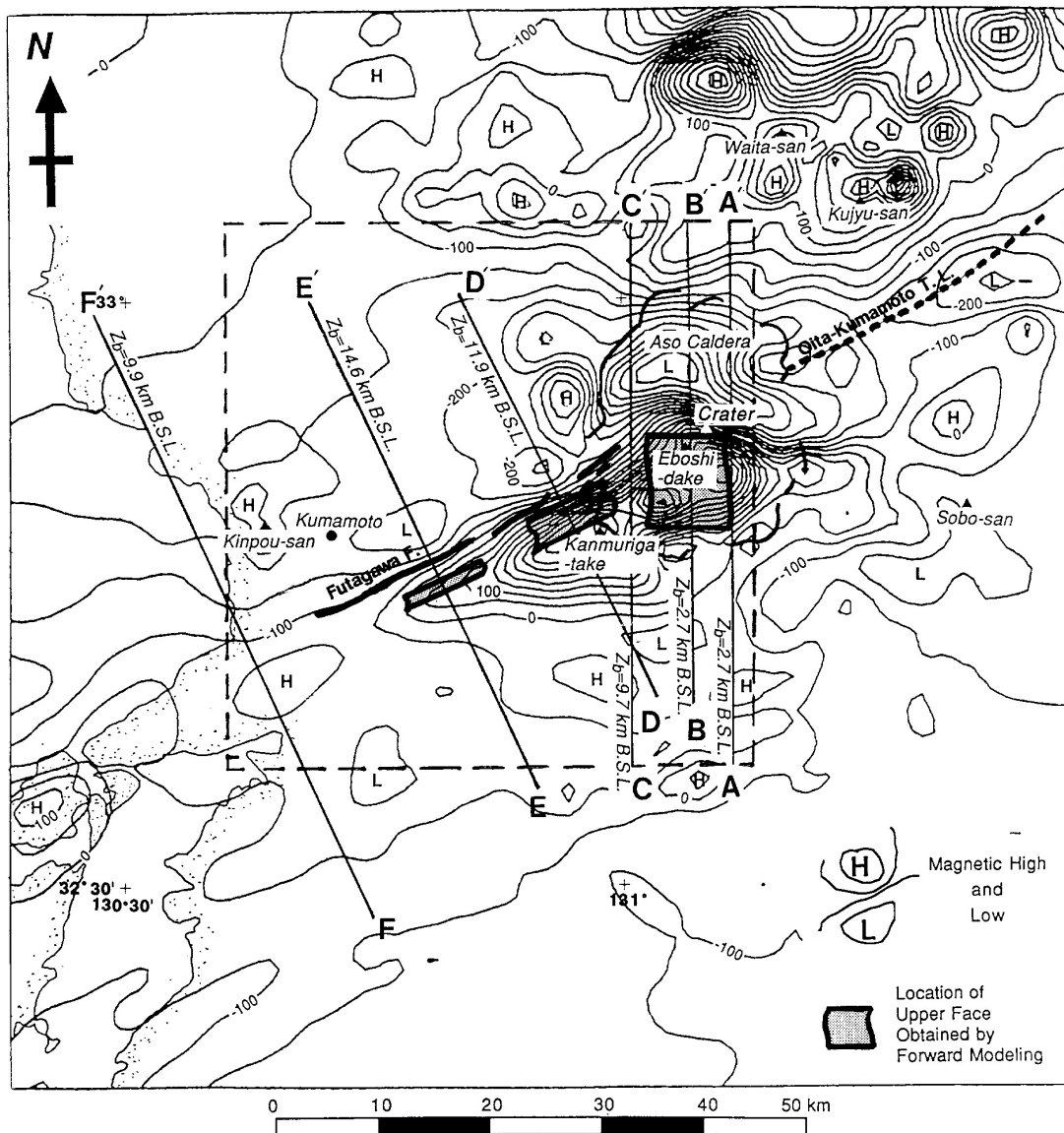


図 2.3.1.10 -7 解析断面位置

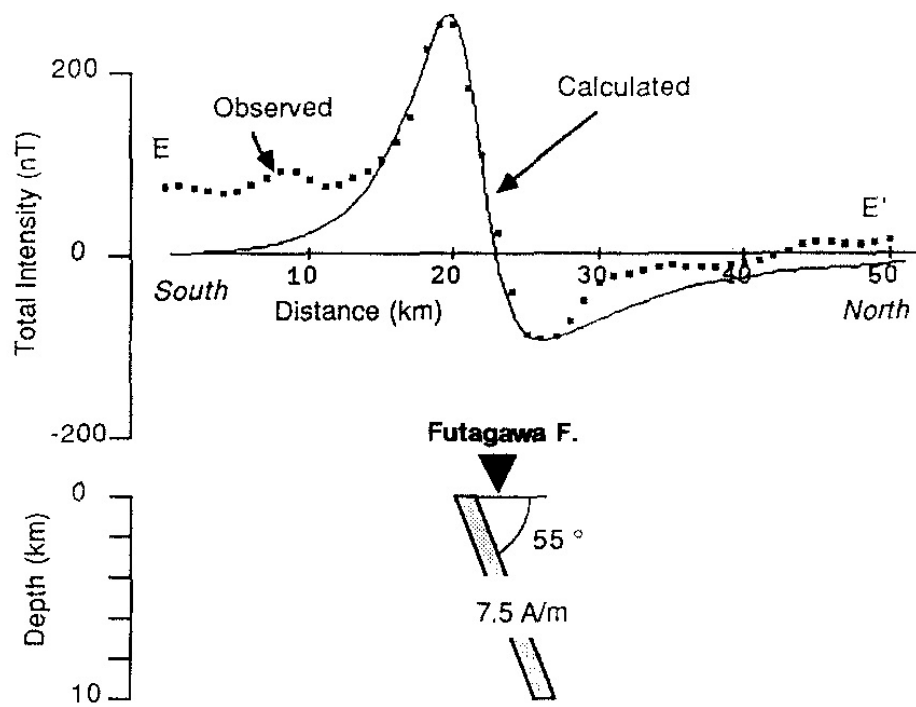


図 2.3.1.10-8 磁気異常解析モデル (カルデラの西側)

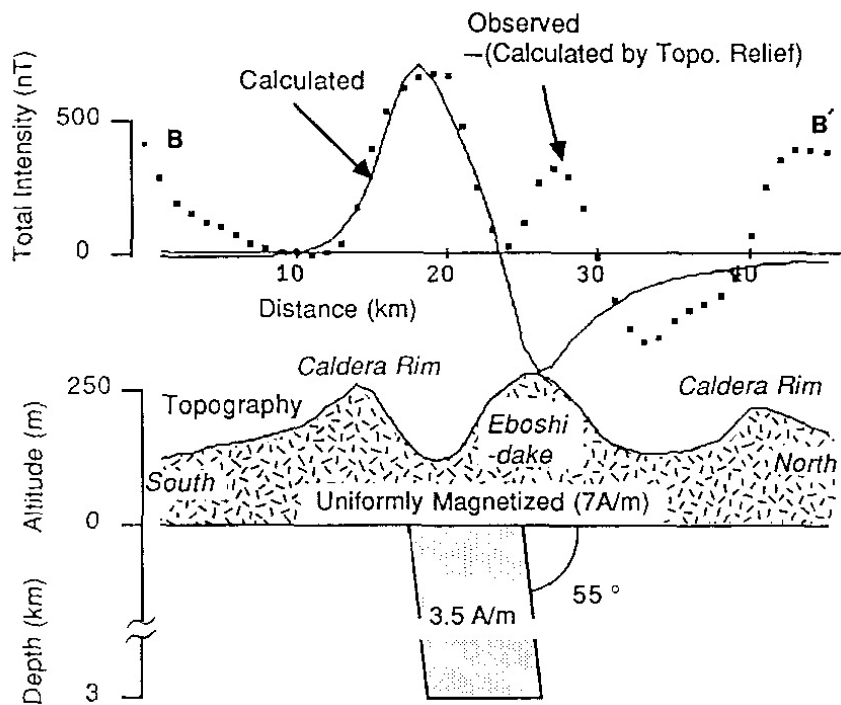


図 2.3.1.10-9 磁気異常解析モデル (カルデラ内)

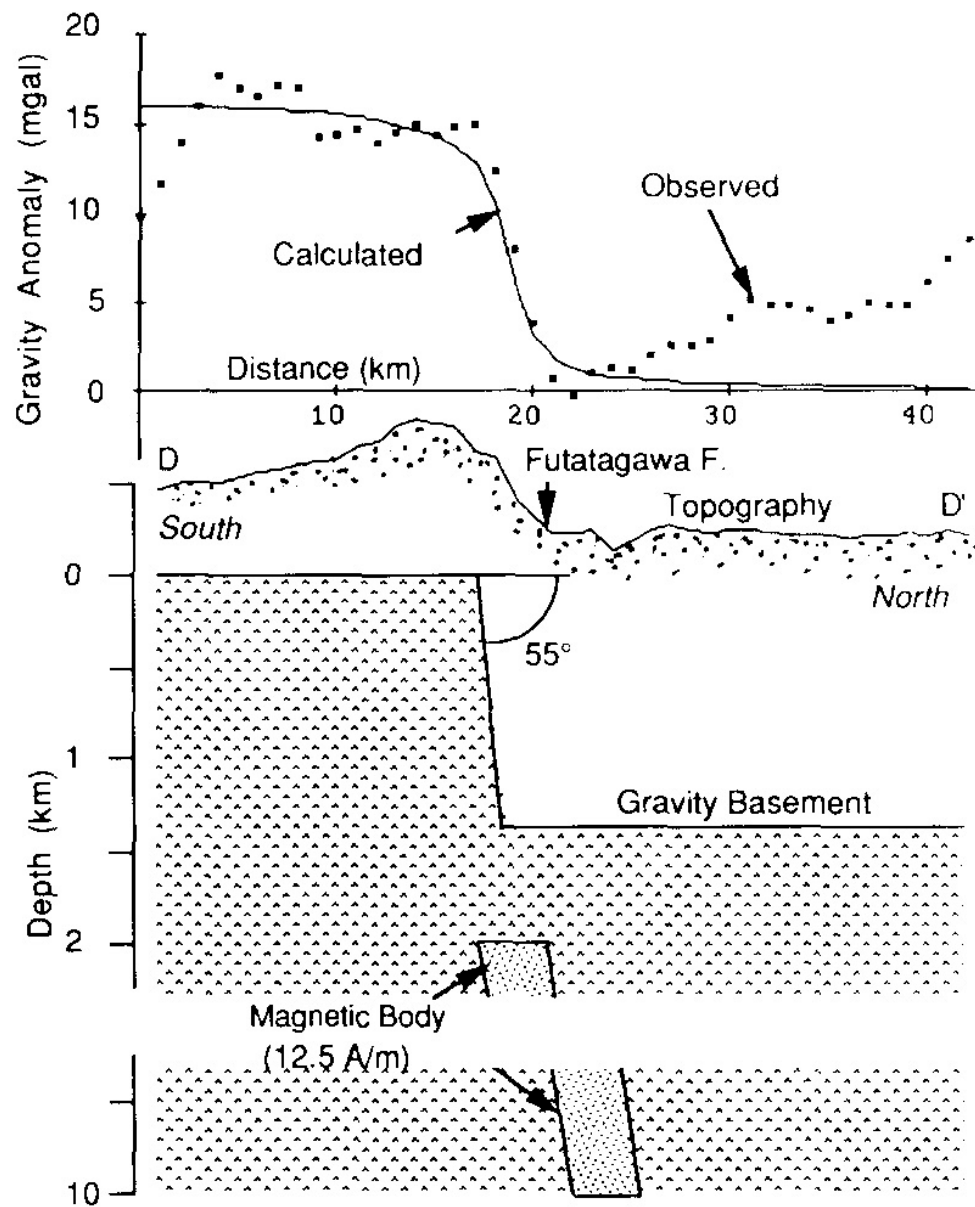


図 2.3.1.10 -10 重力異常解析モデル（カルデラの西側）

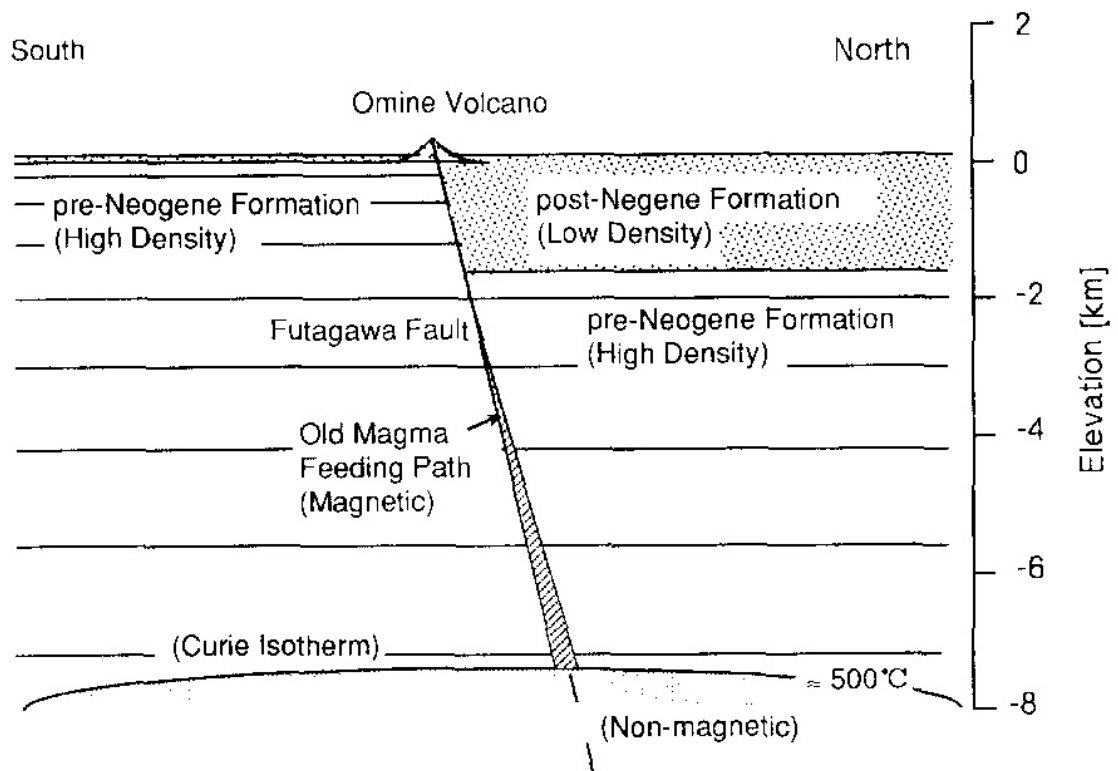


図 2.3.1.10 -11 総合解釈モデル (カルデラの西側)

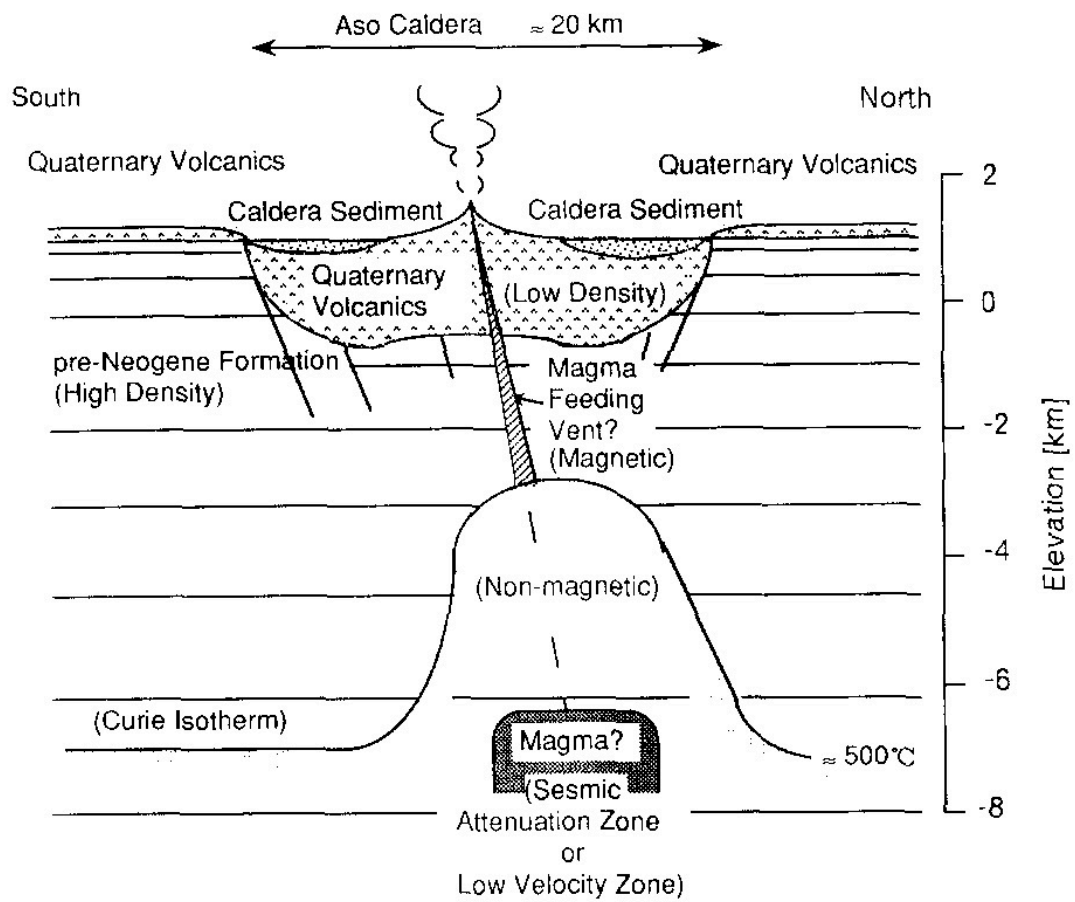


図 2.3.1.10 -12 総合解釈モデル (カルデラの内部)

2.3.1.11 布田川断層の東延長

阿蘇カルデラ東端から東方へは新しい時代の火山噴出物で覆われているため、活断層を示唆する変動地形は読み取ることが困難と思われる。リニアメントの密度も少ない。弾性波探査等の結果からは、東北東－西南西方向の不連続構造が示唆されている。

以上、総合すると、活断層である布田川断層の東延長部には大分－熊本構造線に沿った地質構造が多数の調査結果から示されている。このため、震源断層としては布田川断層よりも東側に延長して設定することが可能な構造があると考えられる。

さらに阿蘇カルデラの東側にも、重力異常から推定されるように大分まで延長する大分－熊本構造線があり、過去に Mj6 程度の地震も発生している。しかし、阿蘇カルデラ内の南東部では、地震活動が少ないなどの特徴から、大分－熊本構造線に沿って大分まで断層が連続するとは考えづらい。さらに、Itoh et al. (1998) で取りまとめられた構造発達史を考えると、阿蘇カルデラよりも東部の大分－熊本構造線は新生代前半では活発に活動していたが、後半になると活動的な部分は阿蘇カルデラ中心部から北東方向に変化している。大分－熊本構造線の東部で活断層が認められないのは阿蘇火砕流の存在の他に、このような構造線の活動性の推移も考慮する必要がある。このことは、最近の地殻変動や地震活動を見ると（図 2.3.1.11 -1～ 図 2.3.1.11 -6）、阿蘇カルデラ中心部を境に、活動領域が北東方向にシフトしているように見えることから伺える。したがって、現在の応力場で構造的に活動的な区間は、布田川断層から大分－熊本構造線沿いではなく、阿蘇カルデラ内から北東側に続くと考えられる。よって、布田川断層のセグメントとしては、最大で磁気異常や貫入岩体分布から推定される阿蘇カルデラの中央火口丘壁近傍までと考えられ、地下構造まで考慮に入れた長さは 10km 程度となる。

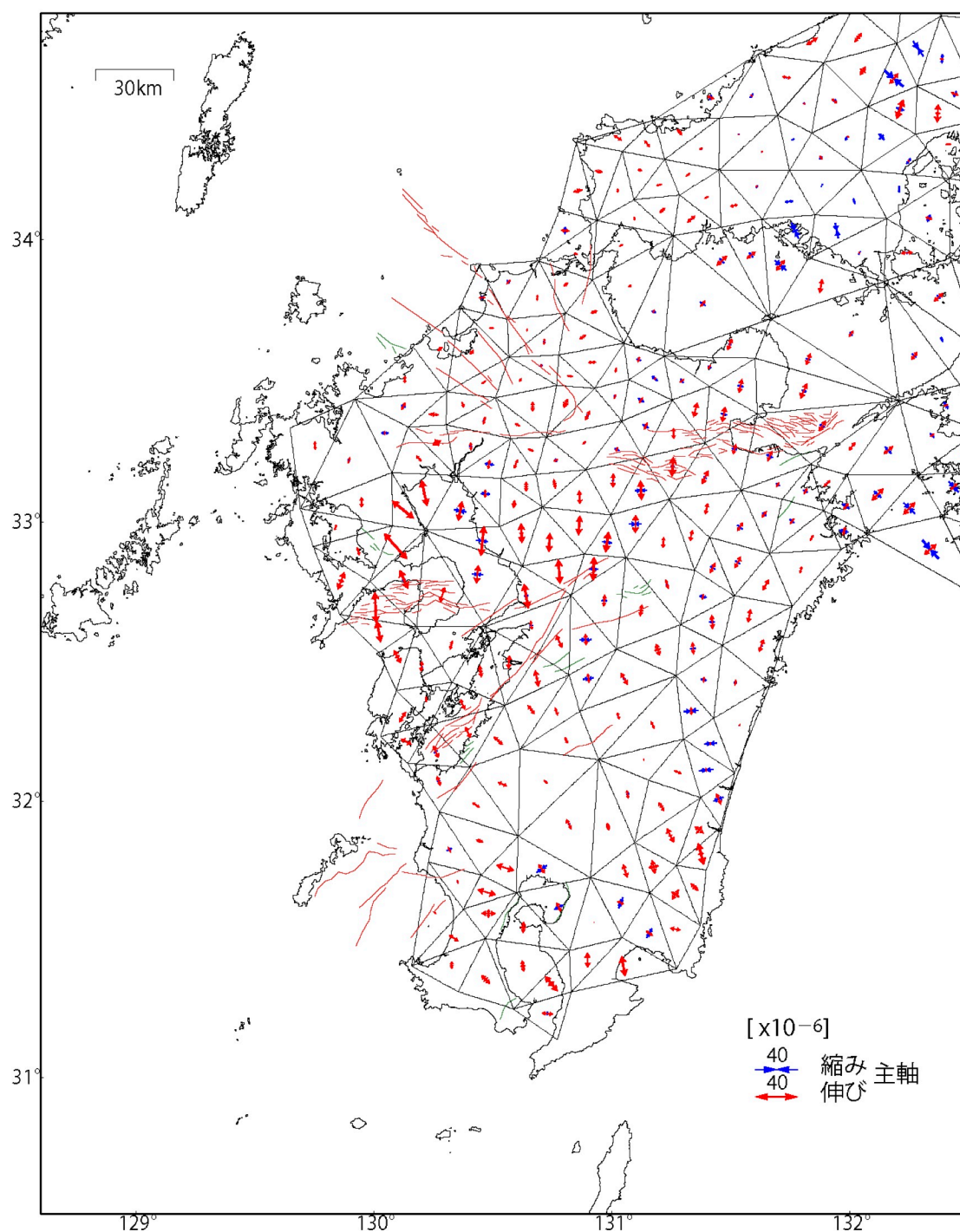


図 2.3.1.11 -1 約 100 年間の水平歪（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013）

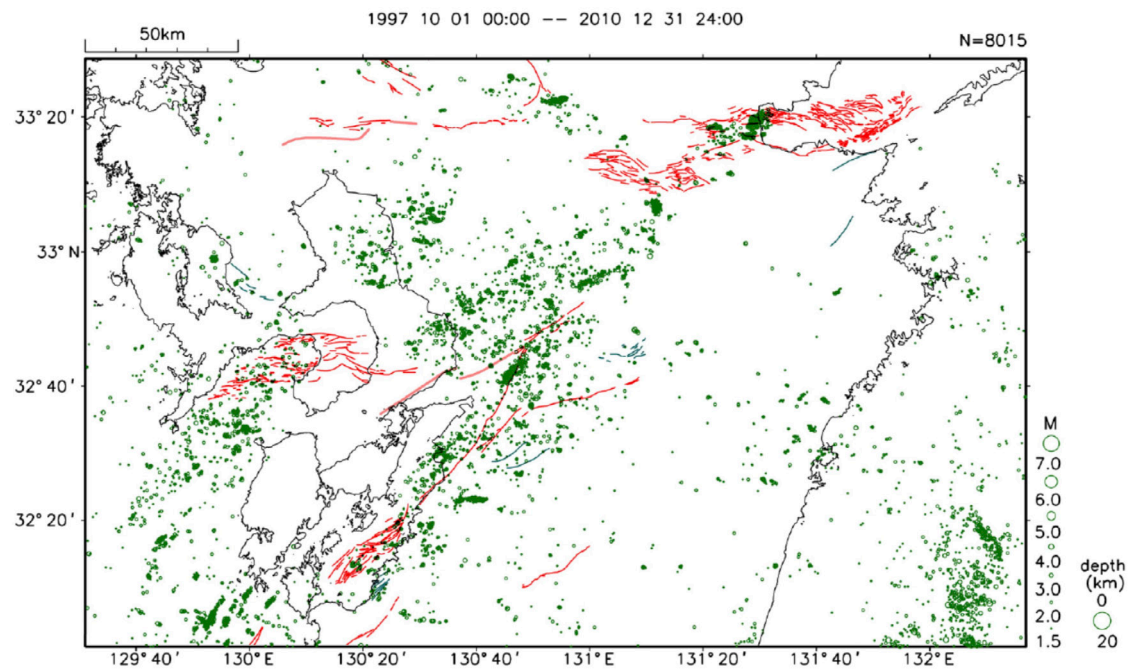


図 2.3.1.11 -2 20km 以浅の震源分布 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013)



図 2.3.1.11 -3 AIST による地表地震断層

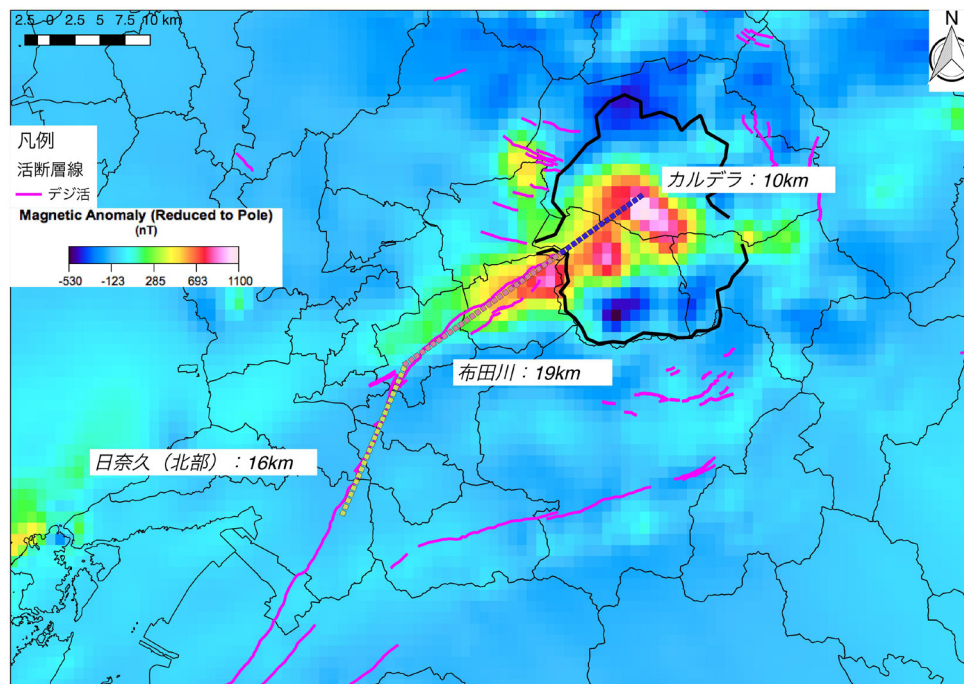


図 2.3.1.11-4 各種調査結果から検討される震源断層の設定その 1
背景は磁気異常図. カルデラ内の地下構造を考慮. 宇土・布田川は推本を参照.

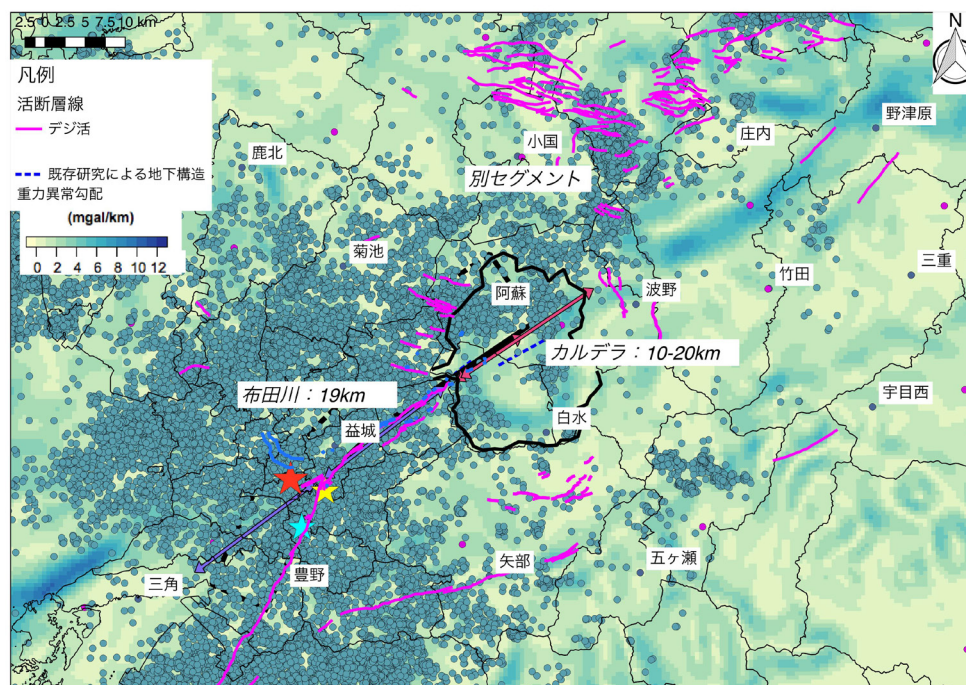


図 2.3.1.11-5 各種調査結果から検討される震源断層の設定その 2
背景は重力異常勾配. カルデラ内の地下構造を考慮. 宇土・布田川は推本を参照.

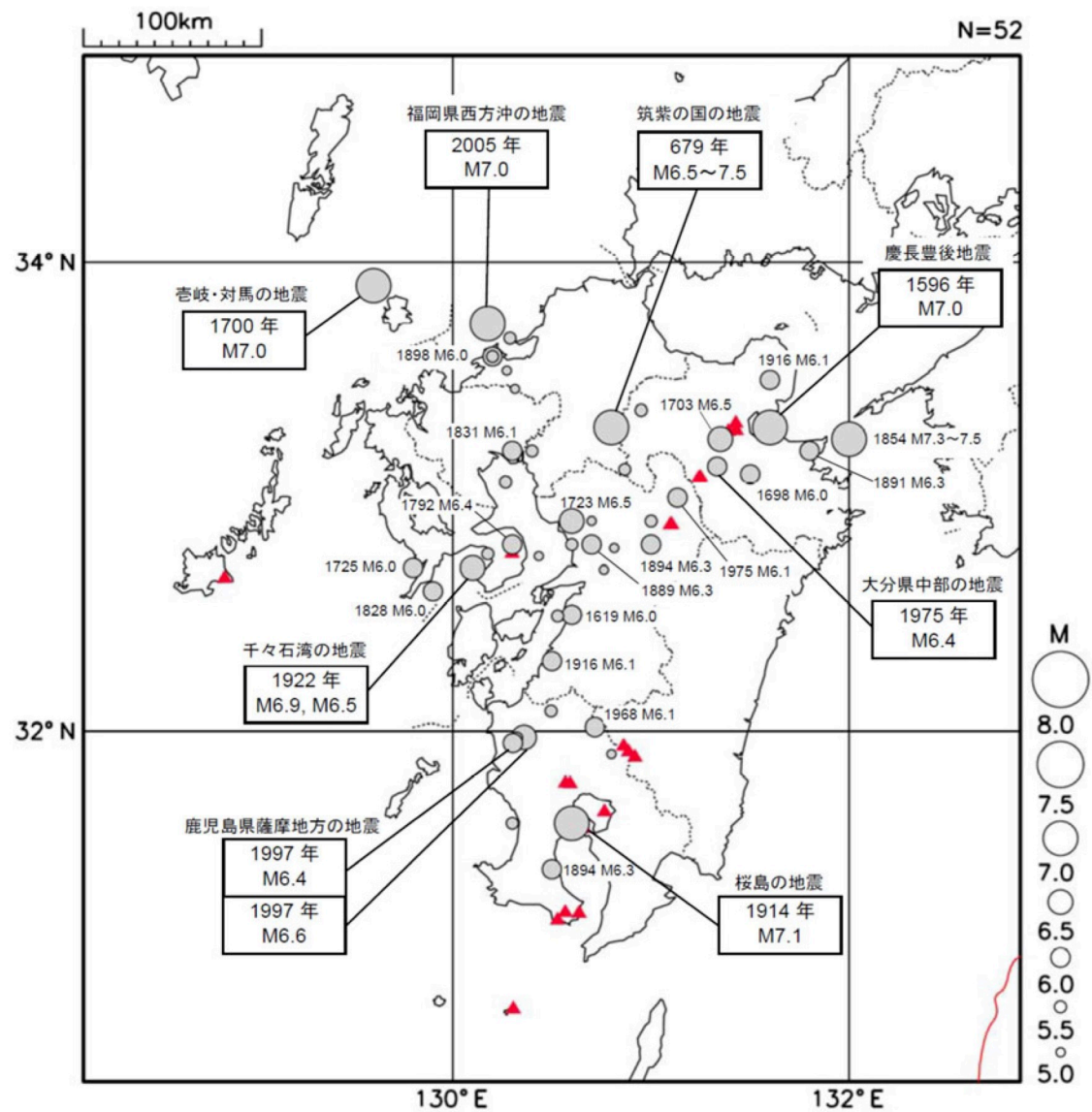


図 2.3.1.11 -6 過去の震源分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013）

2.3.1.12 地表地震断層長

今回の地震の地表地震断層調査は、主に産業技術総合研究所と大学合同グループ、応用地質学会とが広域にわたって行っており、大局的に類似した成果となっている（図 2.3.1.12 -1 ， 2.3.1.12 -2 ）

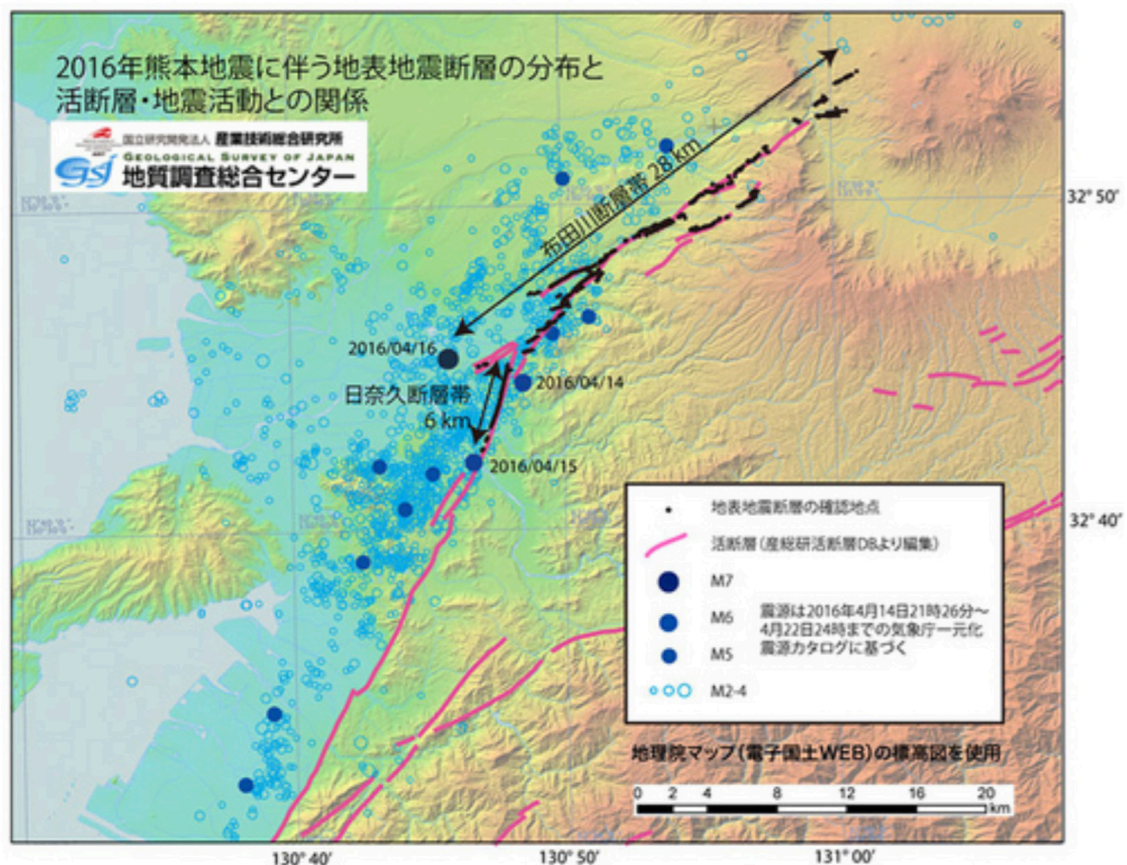


図 2.3.1.12 -1 産業技術総合研究所による調査成果

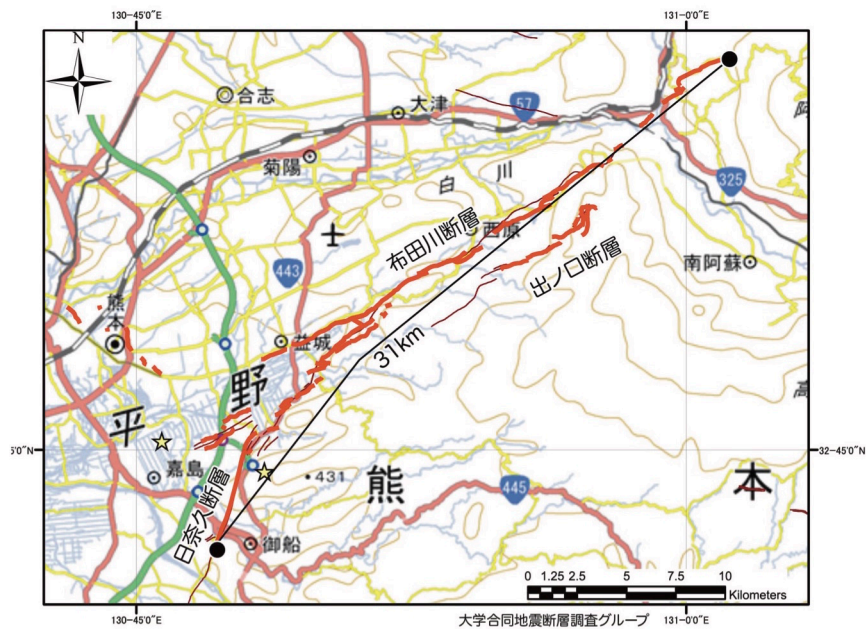


図 2.3.1.12 -2 大学合同グループによる調査成果

大学合同グループによる調査成果（図 2.3.1.12 -2 ）では，日奈久断層から布田川断層，カルデラにかけて 31km の地表地震断層長を見出している．産業技術総合研究所による調査成果（図 2.3.1.12 -1 ）では，布田川断層では従来認定されていた断層の西側延長部でおよそ 3km，東側延長部（カルデラ内）においておよそ 4km，計 28km の地表地震断層長を見出している．一方，日奈久断層ではおよそ 6km の地表地震断層長としている．したがって，日奈久断層から布田川断層－カルデラまでを考えると，両断層の接合部付近の 3km を除外した 31km となり，大学合同グループと同じ地表地震断層長となる．両成果を参考に，表 2.3.1.12 -1 のように地表地震断層を設定した（図 2.3.1.12 -3 ）．

表 2.3.1.12 -1 熊本地表地震断層設定（座標は新測地系）

断層名	西端の緯度	西端の経度	東端の緯度	東端の経度	長さ (km)
日奈久断層	32°42'45.582"	130°47'8.925"	32°45'48.403"	130°48'18.082"	6
布田川断層（布田川－カルデラ内）	32°45'48.403"	130°48'18.082"	32°53'53.620"	131°0'48.065"	25

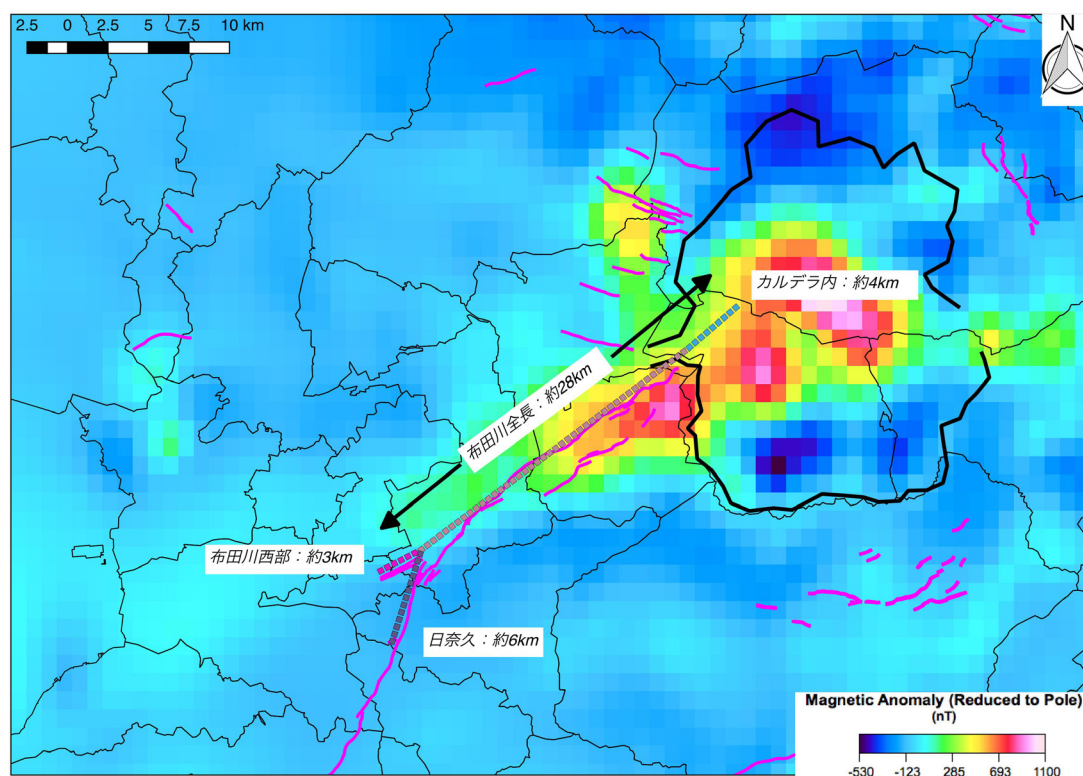


図 2.3.1.12 -3 設定した地表地震断層

2.3.1.13 地震調査研究推進本部によるパラメータ設定

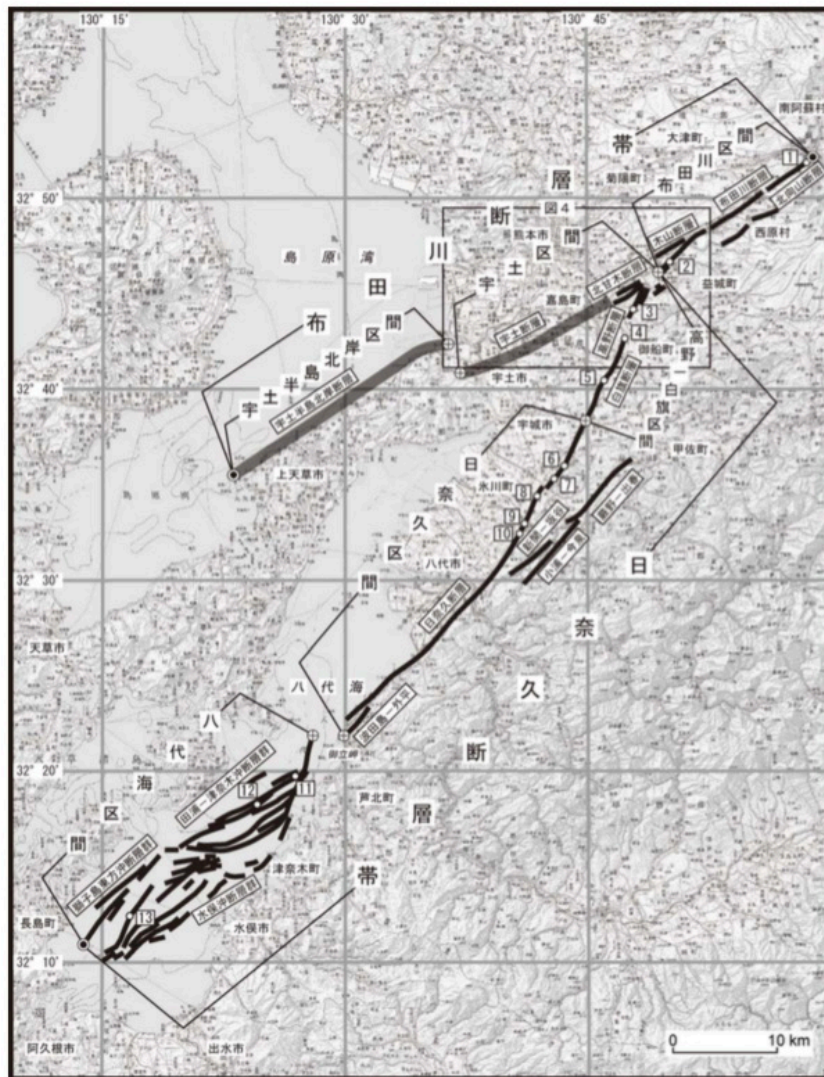


図2 布田川断層帯・日奈久断層帯の活断層位置と調査地点

1: 白川左岸地点 2: 田中地点 3: 高木地点 4: 白旗地点 5: 鰐瀬地点 6: 南小野地点 7: 南部田地点 8: 高塚B地点 9: 腹巻田地点 10: 椿地点 11: 八代海白神岩地点 12: 八代海津奈木沖地点 13: 八代海西南部海底地点

●: 断層帯の北東端と南西端 ⊕: 活動区間の境界

活断層の位置は活断層研究会編(1991)、熊本県(1998b)、池田ほか(2001)、中田ほか(2001)、産業技術総合研究所・地域地盤環境研究所・東海大学(2011)及び地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会活断層分科会による重力異常・地質構造の検討結果に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000(地図画像)「熊本」「八代」を使用。網掛線は、重力異常、ボーリングや音波探査により位置が特定された活断層。

図 2.3.1.13 -1 地震調査研究推進本部による断層設定 (地震調査研究推進本部, 2002)