

桑名断層の平均変位速度の長期的変動 Long-term fluctuation of mean displacement rate of the Kuwana Fault, central Japan

小松原 琢^{1*}
KOMATSUBARA Taku^{1*}

Abstract: The Kuwana Fault is one of the most active late Quaternary faults in the Kinki triangle zone, central Honshu Island. The mean slip rate of this fault since the Late Pleistocene is much less than the rate since the middle Holocene. This difference would have close relevant with the long-term large fluctuation of subsidence rate accompanying with a long wavelength late Quaternary aseismic crustal movement called “Nobi tilting movement” and/or “Chubu tilting movement”.

Keywords: Mean slip rate, Active fault, Kuwana Fault, Long-term fluctuation, Nobi tilting movement

要 旨

桑名断層は近畿三角地帯で最も活動度の高い第四紀後期の断層である。しかし、後期更新世以降の平均変位速度は完新世における平均変位速度の半分以下である。この平均変位速度の違いには、濃尾傾動運動と呼ばれる第四紀後期の長波長地殻変動に伴う沈下速度が長期的に大きく変化することが関係している可能性が高い。

1. はじめに

養老 - 桑名 - 四日市断層帯の平均変位速度は、主として養老断層における完新統の変位から得られた値を基に 3 m ~ 4 m/1,000 年 (須貝・杉山, 1998: 地震調査研究推進本部, 2001) という、近畿三角地帯の活断層の中でも最大の値を示す。

一方、桑名断層の最終間氷期前期以降の平均変位速度に関連して、本報告書の小松原 (2021) は、隆起側の最終間氷期段丘面が 1 つの面に確定できないことに伴う不確定さを見込んだ上で 75 m ~ 160 m と見積もっている。この変位量を最終間氷期前期 (12.5 万年前 ~ 10 万年前) の年代値で除すと、平均上下変位速度は 0.6 m ~ 1.6 m/1,000 年となり、上記の断層帯の完新世における平均変位速度の約半分ないしそれ以下という値になる。

この変位速度の違いについて、完新世の変位量と、後期更新世以降の変位量を近い場所で求めることができ、かつ最新活動時の変位量や変位形態がよくわかっている桑名断層中部 (第 1 図) で検証し、その意味について考察する。

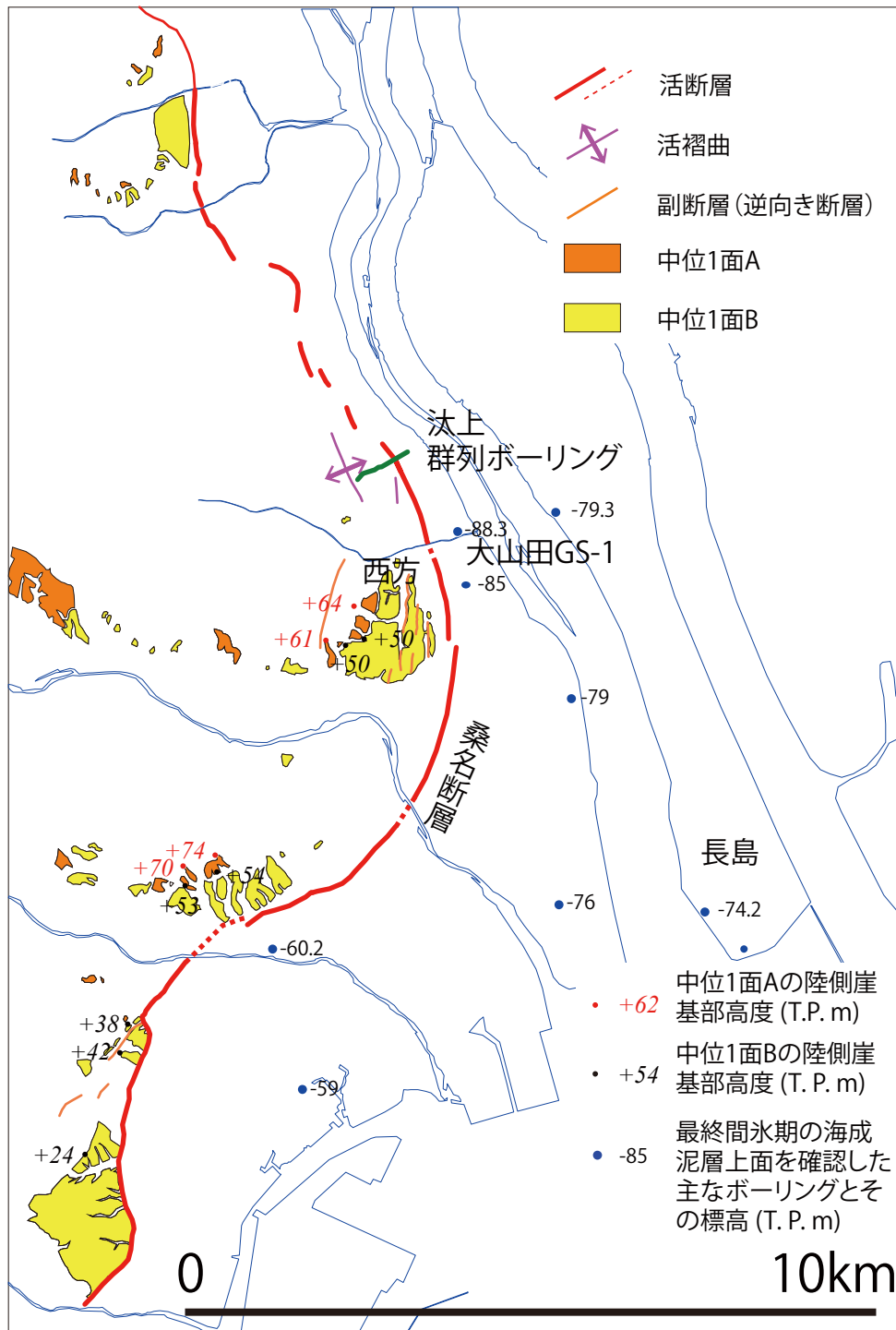
2. 桑名断層中部の平均変位速度

桑名断層の完新世における変位速度と活動履歴については、断層上のピット調査・群列ボーリング調査 (須貝ほか, 1998b; 鳴橋ほか, 2004; Naruhashi *et al.*, 2008; Naruhashi and Sugai, 2011; 中西ほか, 2006) のみならず、オフフォールトのボーリング調査 (丹羽ほか, 2009, 2010; Niwa *et al.*, 2011) からも検討され (須貝, 2011)、現在ほぼ評価が確立されている。この中でも確実に同一標高・同一時間面で多数回の断層活動による変位量が明らかにされている例として、中西・竹村 (2015) を取り上げる。

中西・竹村 (2015) は桑名断層中部・桑名市^{ゆりあげ}上地区で撓曲崖を横断して多数掘削された群列ボーリング (第 2 図) のうち、撓曲崖沈下側の沖積面で掘削された Y220 の T. P. -23.61 m, および撓曲崖直上の完新世後期の段丘面より掘削された Y325 の T. P. -8.29 m において、縄文海進期のエスチュアリー堆積物 (中西ほか, 2006 のユニット D) の中から喜界アカホヤテフラ (K - Ah) を検出している。両地点で層相・堆積環境の違いが認められないこと (中西ほか, 2006) や両孔の直線距離が約 100 m しかないことから、K - Ah 降下当時において両地点間の海底面の標高に差はなかったと考えられる。このため、K - Ah 降下以降における両孔間の上下変位は 14.7 m と考えられる。K - Ah の年代値として 7,303 ~ 7,165 cal BP (Nakagawa *et al.*, 2012) を採用すると、この間の上下変位速度は、2.0 m/1,000 年となる。

Y325 掘削地点は桑名断層の撓曲構造の途中に位置し (第 2 図)、Y-325 の位置する完新世後期段丘面の最大隆起部の標高は、T. P. 10.2 m (Y-325 孔口地点よりも 6.6 m 高い) であることを考慮すると、上記の上下変位量

*Corresponding author: Komatsubara, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: komatsubara-t@aist.go.jp
1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第1図 桑名断層とその周辺の最終間氷期の基準面の高度。

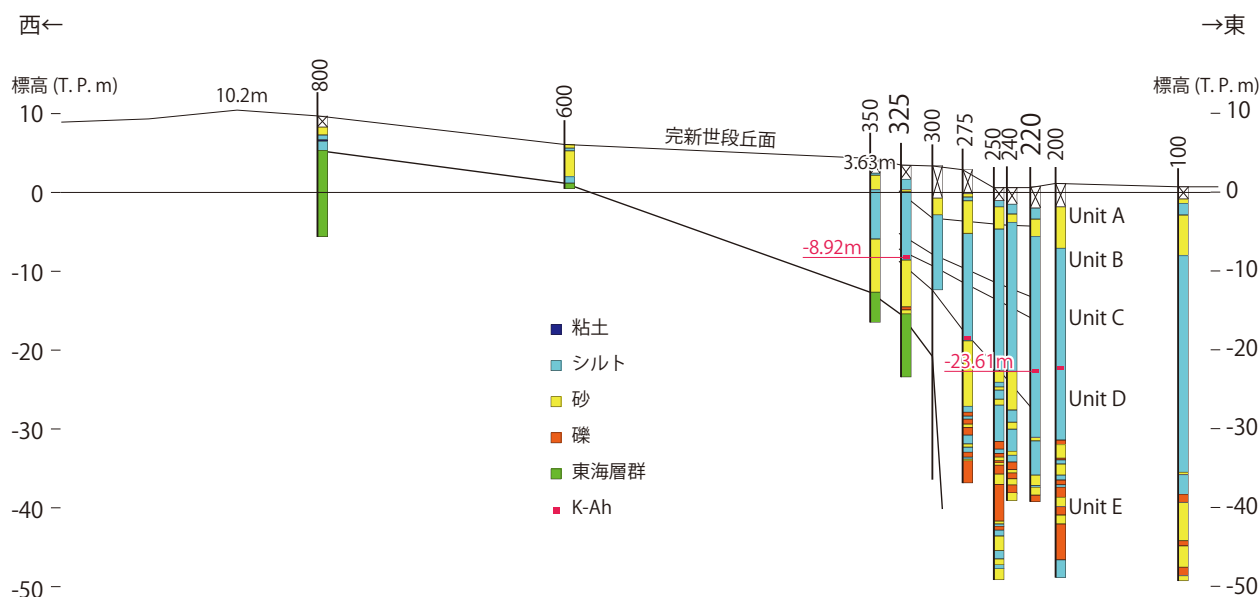
Fig. 1 Location of the Kuwana Fault and height of its last interglacial horizons.

はK-Ah降下以降における桑名断層全体の変位量よりも(おそらく6.6 m以上)小さな値を示す。この点を考慮すると、桑名断層の上下変位量は21.3 m以上、変位速度は2.9 m/1,000年以上となる。この値は須貝ほか(1999)が、養老断層中部・海津市南濃町羽沢地区で得た沖積層中部泥層/上部砂層境界面(約4,000年前)の変位量(15 m)による平均変位速度(約3.8 m/1,000年)

に匹敵する。

以上の検討より、完新世中期以降における桑名断層中部の平均変位速度は、最小に見積もっても2.0 m/1,000年以上であり、3 m~4 m/1,000年という養老-桑名-四日市断層帯の平均変位速度(地震調査研究推進本部, 2001)は、桑名断層中部についても当てはまると言える。

桑名断層の平均変位速度の長期的変動



第2図 桑名市汰上地区における群列ボーリング断面図。
 ボーリング柱状図は財団法人大阪土質試験所（1996MS）の柱状図を簡略化して示した。K-Ahの層位はNaruhashi *et al.*（2008）と中西・竹村（2015）による。ユニット区分は中西ほか（2006）による。
 Fig. 2 Arrayed drilling geological cross section in Yuriage district, Kuwana City.
 Columnar sections are simplified from Osaka Doshitsu Shikenjo (1996MS).
 Horizons of K-Ah are after Naruhashi *et al.* (2008) and Nakanishi and Takemura (2015).
 Unit classification is after Nakanishi *et al.* (2006).

一方、汰上地区周辺における後期更新世以降の変位量に関しては、以下のデータがある。

栗田（1997）は、1 km 南の沖積低地におけるボーリング（大山田 GS-1）では T.P.-88.32 m に最終間氷期の内湾性泥層上面（熱田層下部上面）が位置することを明らかにしている。これは、既存ボーリングデータを含めて桑名断層東側の低地で確実に最終間氷期の内湾性泥層が認定できている場所の中で最も低い標高値である（小松原, 2021）。内湾性泥層は、デルタ底置面で堆積したと考えられることから、この深度は当時の海水深よりも 5 m ~ 30 m 程度（小松原, 2021）低い値を示す可能性が高い。したがって、この標高は桑名断層の活動に伴う最大沈降部の沈降量の最大値を示すと考えられる。

一方、隆起側に関して小松原（2021）は、最終間氷期前期に離水した可能性のある段丘面として中位 1 面 A（高位）と中位 1 面 B（低位）の 2 つの段丘面を挙げ、それぞれ汰上地区の約 2 km 南の桑名市西方地区における陸側段丘崖基部の高度が T.P. +64 m および T.P.+50 m であることを示した。なお、陸側段丘崖基部という地点は、これらの段丘は最終的には河成堆積物に覆われて離水したことから、海成段丘面の「旧汀線高度」よりは若干（おそらく約 5 m 以下）高い標高を示していると考えて記載したものである。

したがって、桑名断層中央部の最終間氷期以降の上

下変位量は、最大に見積もっても 152 m を越えることはなく、108 m 以上 147 m 以下である可能性が高いと考えられる。この変位量は、最終間氷期前期（12.5 万年前 ~ 10 万年前）以降の変位と考えられ、平均変位速度は最大に見積もって 1.5 m/1,000 年である。

以上から、桑名断層中部における K-Ah 降下以降の平均変位速度の最小値は、後期更新世以降の平均変位速度の最大値より 1.3 倍大きく、誤差範囲を超えて両者は異なった値を示すといえる。

ところで、長期の上下変位量には地層の圧密の影響が含まれている可能性がある。この点について、若干検討する。

須貝・杉山（1999）は、①圧密により粘性土層から排水された分だけ地層が収縮（圧密）すること、②深度と湿潤密度の関係は係数一定のべき関数であらわされること、の 2 点を前提として、深度別の粘性土の湿潤密度実測値をもとに圧密に伴う沈下量を推定し、変位速度（沈降速度）を補正している。すなわち、圧密収縮前の地層の厚さ d は、コア採取時の深度 x に対して、

$$d = 2.4037x^{2.0702} - 1.9662$$

の関係が成り立つとして、圧密前の粘性土層の層厚を復元し、その和から圧密を受けなかった場合の、正味の沈降量を求めている。

この関係式を用いて、小松原（2020）は汰上地区の南約 8 km に位置する桑名市長島地区のボーリング柱状図

から最終間氷期以降の圧密沈下量を約 10 m と推算している。この圧密沈下量は、上記の変位速度の 7%～10%であり、上記の結論に影響を与えるものではない。

3. 検討と課題

ここでは、①隣接する活断層の平均変位速度の推移、②桑名断層における地震時地殻変動と非地震性地殻変動に関する検討事例の紹介、③氷期－間氷期サイクルでの表層荷重の付加・除去による断層変位速度変化への影響に関する検討事例、④濃尾傾動運動の運動様式に関する最近の知見、⑤今後の課題、の 5 点について記載・考察する。

3.1 隣接する活断層の平均変位速度の推移

大上・須貝 (2006) は、ボーリング調査に基づいて桑名断層の南に隣接する伊勢平野西縁・四日市断層の活動履歴と平均変位速度を詳しく解析し、最近 2,000 年間、1 万年間、および後期更新世以降の平均変位速度として、それぞれ 3 m～3.5 m/1,000 年、1.2 m～1.8 m/1,000 年、0.7 m/1,000 年以下という値を得ている。この結果は、四日市断層も桑名断層と同じく、後期更新世以降の平均変位速度と比較して完新世（特に後期）の変位速度が有意に大きいことを示す。

一方、養老断層について、大上・須貝 (2006) は、須貝ほか (1998a) より中期更新世以降の変位速度がほぼ一定と考えられると記述している。しかし、須貝ほか (1998a) は深層ボーリングで認められた断層下盤側の MIS 9.3～MIS 3 の沈降速度が一定（約 1.25 m/1,000 年）とみなしうることを示しているが、MIS 3 以降の変位速度の推移に関するデータは示していない上、断層上盤側の隆起速度の一定性について検討していない。また須貝ほか (1998a) は同じボーリングにおける断層上盤側の ^{14}C 年代値（約 4 万年前以降）と当時の海水準の差を基にこの間の平均隆起速度を 0.5 m/1,000 年ないしそれ以上と試算し、上下変位速度を 1.75 m/1,000 年ないしそれ以上と見積もっているが、先述のように完新世後期中期（約 4,000 年前）以降の平均変位速度（3 m～4 m/1,000 年）と同程度とみなすことができるか否かは、なお検討の余地がある。

予察的検討ではあるが、養老断層上盤側の「上位面（国土地理院、1974）」や「高位段丘堆積物（高田ほか、1979）」が海津市南濃町駒野地区および徳田地区において標高 30 m～40 m 地点に分布することから、最終間氷期以降に断層上盤側が数 10 m 以上隆起したとは考えにくい。さらに、第四紀前期における養老断層活動開始期以降の総変位では、断層下盤側の沈降が上盤側の隆起を大きく上回っていること（小松原、2020）か

ら、MIS 3 以前における隆起速度が 1.25 m/1,000 年を上回っているとは考え難く、時間スケールに問題があるものの MIS 3 以前の地殻変動速度は 2.5 m/1,000 年以下と見積もる方がより合理的ではないだろうか。

以上を総合すると、養老断層の MIS 3 以前における平均変位速度は完新世中期以降の変位速度と同程度というよりは、むしろ有意に小さかった可能性が高いと言える。

したがって、桑名断層だけでなく、養老－桑名－四日市断層帯全体について、完新世には後期更新世と比較して変位速度が増加した可能性が高いと言える。

3.2 桑名断層における地震時地殻変動と非地震性地殻変動に関する検討事例の紹介

養老断層・桑名断層の最新活動は、1856 年天正地震であると考えられている（たとえば飯田、1987；須貝、2011；岡田 2011）。この地震時の地殻変動に関して検討した小松原 (2020) は、①地震前に造られた遺構の埋没深度や現存する建造物の状況から、天正地震時における沈降量は 1 m を越えるものではなく、地震時の上下変位量（約 3.5 m）の半分以上は海水準に対する隆起によるものであった、②最終間氷期層準や第四紀前期の変位基準の隆起側と沈降側における標高でみて、長期間（約 10 万～100 万年スケール）では海水準に対する隆起より沈降が勝っていることから、桑名断層周辺では地震時の弾性的な地殻変動だけでなく、地震間に沈降運動が行われていること、を推論した。

このことは、後述するように、桑名断層近傍の変動には、単なる断層面上のすべりに伴う弾性変形だけではなく、（おそらく非弾性的で、より広域的な）変動も関与していることを示唆する。

3.3 氷期－間氷期サイクルでの表層荷重の付加・除去による断層変位速度変化への影響

ここで、気候変動サイクルと関連する表層荷重の変化によって断層変位速度が変化する可能性について紹介する。

Hetzl and Hampel (2005) は、厚い氷河や氷期湖の形成・融解（除去）、およびそれに伴うアイソスタティックなリバウンドによって、北米ロッキー山脈中央部・ワサッチ断層系（正断層）の変位速度の変化を説明できるか否か、有限要素法解析により検討した。そして、現実でありうるモデルで、地質学的に推定された最終氷期後半～現在の断層帯の変位速度の変化を説明することが可能という結論を得ている。現実適合するモデルは、最終氷期最盛期に断層上盤（沈下側）に最大幅 200 km・深度 350 m の氷期湖（ボンネビル湖）が、断層下盤に最大幅 100 km・厚さ 150 m の氷河が形成さ

れたと仮定した場合であった。

この結果は、内湾に直接面し、間氷期には断層下盤側の濃尾平野で堆積が進む一方、氷期には断層周辺が広く離水して削剥作用が卓越していた可能性が高い桑名断層で、表層荷重の増減によって変位速度が変化する可能性を示す。しかし、最大圧縮主応力軸が上下方向を向く正断層と異なって、最小圧縮主応力軸が上下方向を向く逆断層では、表層荷重の影響は、より小さな効果しかもたらさないと考えられる。また、ワサッチ断層で示された氷河や氷期湖の重量と比較して、桑名断層周辺における表層荷重の変化は2桁以上小さなものと推定される。このため、表層荷重の影響は、あったとしても、ワサッチ断層系のような大きなものではなかった可能性が指摘できるが、本論では、この問題について今後の課題として挙げるにとどめる。

3.4 濃尾傾動運動の運動様式に関する最近の知見

濃尾傾動運動（桑原，1968）は、従来ほぼ一定の傾向で累積的に進行してきたと考えられてきた（たとえば桑原・牧野内，1989；須貝・杉山，1999；須貝，2017）。しかし、近年牧野内（2017）は、①熱田層下部層（最終間氷期前期の内湾性泥層）中の、長島テフラ（牧野内ほか，2013 命名）よりも下位の海成層は濃尾平野西部よりも東部で厚いこと（牧野内ほか，2013）、②阿多-鳥浜テフラ（Ata-Th：MIS 7の約240 kaに降下；町田・新井，2003）が含まれる海成粘土（Am 3）は、濃尾平野西部中～西部よりも東部で厚いこと（牧野内ほか，2013）に基づいて、濃尾平野の東部の方が西部よりも早期にかつ大きく沈降する時期が複数回存在すること、から濃尾平野は第四紀後期に一樣に西傾動してきたのではなく、東に傾動する時期も存在するなど、傾動が間欠的に進んだ可能性について言及している。さらに、このような間欠的な傾動運動はフィリピン海プレートの潜り込みの影響を被っている可能性もあることを示唆している。

ところで、濃尾傾動運動は最小に見積もっても幅25 km以上の地塊が一体として傾動しており、さらに東方の中部山岳地帯の西傾動を含めた中部傾動地塊運動（桑原，1968；須貝，2001）の半波長は100 kmに達する。このような大波長の変形は、厚さ15 km程度の上部地殻の弾性的な変形として捉えることは難しい。この点も、地震間に桑名断層周辺～濃尾平野が沈降していることと共に、当地の地殻変動は、単に上部地殻のみに起因する変動ではなく、むしろより深部の、リソスフェアないしフィリピン海プレートスラブの挙動と直接関連する大波長変動を反映していたものであることを示唆する。

3.5 今後の課題

以上に記したように、完新世中期以降における桑名断層の平均変位速度は後期更新世と比較して有意に大きく増加した。養老断層や四日市断層でも同様に完新世に変位速度が増加している可能性が高い。この平均変位速度の変化は、圧密の影響では説明できない大きさを持ち、表層堆積物の荷重の変化または上部地殻よりも深部の挙動に伴う現象として解析する必要があるだろう。

ところで、山岡・西原（1997）は、自然地震観測より伊勢湾周辺でフィリピン海プレートのスラブが断裂し、2つのスラブ断片が互いにぶつかり合っている可能性を示している。このような場においては、スラブの挙動が長期的に一定速度で進行するとは限らないのではないだろうか？このスラブの挙動の長期的変動が、養老-桑名-四日市断層帯の（さらには濃尾傾動運動や中部傾動地塊運動の）変位速度の変動をもたらした要因の1つではないだろうか？

この問題については、さらに多くの検討が必要であり、早急に結論は出すことはできない。活断層の長期評価にあたって、ここに示した後期更新世以降の平均変位速度を持ち出すことは適当ではないと筆者は考える。しかし、近畿三角地帯周辺など深部構造が複雑でネオテクトニクスの中での断層活動の変化が著しい地域では、活断層の評価にあたってどの時間スケールの現象を取り上げることが適当か、さらに追求することが必要であろう。

文 献

- 栗田泰夫（1997）桑名断層の第四紀後期の活動性調査。平成8年度活断層研究調査概要報告書，地質調査所研究資料集，no. 303，95-104。
- Hetzl, R. and Hampel, A. (2005) Slip rate variations on normal faults during glacial-interglacial changes in surface loads. *Nature*, **435**, 81-84.
- 飯田汲事（1987）天正地震誌。名古屋大学出版会，名古屋，552p。
- 地震調査研究推進本部（2001）養老-桑名-四日市断層帯の評価。活断層の長期評価。https://jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f067_yoro_kuwana_yokkaichi/（閲覧日：2021年9月3日）
- 国土地理院（1974）1/25,000土地条件図「津島」
- 小松原 琢（2020）養老断層系周辺における1586年天正地震時の変動と第四紀累積変動に関する再検討。歴史地震，**35**，157-176。

- 小松原 琢 (2021) 北勢平野の地質構造. 令和2年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター速報, no. 82, 49–61
- 桑原 徹 (1968) 濃尾盆地と傾動地塊運動. 第四紀研究, 7, 235–247.
- 桑原 徹・牧野内猛 (1989) 傾動盆地の特性 - 濃尾傾動盆地を例として -. 地球科学, 43, 354–365.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 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, 東京, 336p.
- 牧野内 猛 (2017) 濃尾平野の地下地質に関する若干の課題. 名城大学理工学部研究報告, 57, 43–48.
- 牧野内 猛・塚本将康・壇原 徹・山下 透・内園立男・濃尾地盤研究委員会断面 WG (2013) 濃尾平野東部の地下地質. 地質学雑誌, 119, 335–349.
- Nakagawa, T., Gotanda, K., Haraguchi, T., Danhara, T., Yonenobu, H., Brauer, A., Yokoyama, Y., Tada, R., Takemura, K., Staff, R. A., Payne, R., Bronk, Ramsey, C., Bryant, C., Brock, F., Schloant, G., Marshall, M., Tarasov, P., Lamb, H. and Suigetsu 2006 Project Members (2012) SG06 a fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu, Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon model and understanding of the Quaternary climatic changes. *Quaternary Science Reviews*, 36, 164–176.
- 中西利典・竹村恵二・須貝俊彦・中村正信・田澤雄二・松本 博・広瀬昌憲・萩野晃也 (2006) 桑名断層を挟んだ沖積層に記録された古地震イベント. 月刊地球号外, no. 54, 194–204.
- 中西利典・竹村恵二 (2015) 徳島平野と濃尾平野で得られた完新世浅海底堆積物のテフラと放射性炭素年代による編年. 火山, 60, 299–308.
- 鳴橋龍太郎・須貝俊彦・藤原 治・栗田泰夫 (2004) 完新世浅海堆積物の堆積速度から見た桑名断層の活動間隔. 第四紀研究, 43, 317–330.
- Naruhashi R. and Sugai T. (2011) Study of a burial model of a submarine active fault scarp: an example from the Kuwana fault, central Japan. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 32, 192–200.
- Naruhashi R., Sugai T., Fujiwara O. and Awata Y. (2008) Detecting vertical faulting event horizons from Holocene synfaulting in shallow marine sediment on the western margin of the Nobi Plain, central Japan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98, 1447–1457. Doi: 10.1785/0120070034.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・大上隆史・田力正好・安江健一・齊藤龍郎・藤原 治 (2009) 濃尾平野西部の上部完新統に残された養老断層系の活動による沈降イベント. 第四紀研究, 48, 339–349.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・大上隆史・田力正好・安江健一・藤原 治 (2010) 相対的海水準の急激な上昇イベントが示唆する養老断層系の完新世活動. 地学雑誌, 119, 668–682.
- Niwa Y., Sugai T., Yasue K. and Saito-Kokubu Y. (2011) Tectonic tilting and coseismic subsidence along the Yoro Fault System revealed from Upper Holocene sequence in the Nobi Plain, central Japan. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 32, 201–206.
- 大上隆史・須貝俊彦 (2006) 後期更新世以降における四日市断層の活動性評価. 第四紀研究, 45, 131–139.
- 岡田篤正 (2011) 天正地震とこれを引き起こした活断層. 活断層研究, 35, 1–13.
- 須貝俊彦 (2001) 中期更新世テフラによる濃尾平野の地下層序編年と中部傾動地塊運動. 「山地形成史の研究 - 第四紀火山噴出物を手がかりにして - 平成10～12年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B) (1)) 研究成果報告書 課題番号 10480015 研究代表者山崎晴雄」, 58–64.
- 須貝俊彦 (2011) 1586年天正地震養老断層起源説を示唆する地形地質学的記録. 活断層研究, 35, 15–28.
- 須貝俊彦 (2017) 中期更新世以降の濃尾傾動地塊運動と濃尾平野の埋積過程. 日本地理学会予稿集, 92, 153.
- 須貝俊彦・杉山雄一 (1998) 大深度反射法地震探査による養老断層の活構造調査. 平成9年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報, no. EQ/98/1, 55–65.
- 須貝俊彦・杉山雄一 (1999) 深層ボーリング (GS-NB-1) と大深度地震探査に基づく濃尾傾動盆地の沈降・傾動速度の総合評価. 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 77–87.
- 須貝俊彦・杉山雄一・松本則夫・佃 栄吉 (1998a) 深層オールコアボーリングの解析による養老断層の活動性調査. 平成9年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報, no. EQ/98/1, 67–74.
- 須貝俊彦・栗田泰夫・下川浩一 (1998b) 桑名断層・四日市断層の活動性調査. 平成9年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報, no. EQ/98/1, 75–90.
- 須貝俊彦・伏島祐一郎・栗田泰夫・吾妻 崇・荻谷愛彦・鈴木康弘 (1999) 養老断層の完新世後期の活動履歴 -1586年天正地震・745年天平地震の可能性 -. 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 89–102.
- 高田康秀・近藤善教・宮村 学 (1979) 津島地域の地質.

地域地質研究報告（5万分の1図幅）地質調査所，
56p.

山岡耕春・西原真一（1997）中部地方の火山活動と沈み
込んだフィリピン海プレートの形状．火山，「マグ
マ」特別号，S131-138.

財団法人大阪土質試験所（1996MS）活断層調査のため
の地質構造等先行調査桑名断層群，地形地質調査
報告書.