

散文

# 中部地方の 地震に関する トピックス







# 静岡県における南海・駿河トラフの 巨大地震・津波の最新の地質学的知見

静岡大学 防災総合センター・センター長・教授 北村 晃寿

## 1 はじめに

南海・駿河トラフでは、684年白鳳地震以降、マグニチュード8級の大地震と大津波が繰り返し起きた。その史料をもとに、Ando(1975a)<sup>1)</sup>は、発震機構を4つの断層面(A~D領域)の組み合わせと周期的発生で説明するとともに、大地震のリスクが東海沖で高いと述べた(図-1.1)。この解釈では駿河湾は破壊領域に含まれていなかった。

羽鳥(1976)<sup>2)</sup>は、1893年に静岡県知事が帝国大学総長の問い合わせに対して提出していた安政東海地震の被害状況の報告書を見つけ、公表した。この報告書から判明した駿河湾西岸の地震性隆起をもとに、石橋(1976)<sup>3)</sup>は1854年安政東海地震の破壊領域がC・D領域とその東の駿河湾(E領域)も含まれると解釈した(図-1.1)。さらに、1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震ではE領域の破壊は起きなかったため、駿河湾でM7.5~8の地震(駿河湾大地震)の発生時期は現状では予測困難だが、数年以内に起きてもおかしくない、とした。

この石橋(1976)<sup>3)</sup>の公表の6年前の1970年に、佐藤(1970)<sup>4)</sup>は1944年の昭和東南海地震の当日、震源域に近い静岡県掛川で実施された南北1400mの区間で、地震当日の午前中の測量値が地震前日より9mm南が上ったことを発見し、これを地震の前兆現象とした。Ando(1975b)<sup>5)</sup>は、この現象を前駆的滑り断層モデルで説明できるとした。すなわち、掛川付近の深さ約25kmのプレート境界面が長さ20km、幅15kmに渡って1m程ゆっくりすべり、東南海地震の引き金になったというのである。

以上を踏まえ、1978年に地震予知を前提とした東海地震に関する大規模地震対策特別措置法(大震法)が制定された。その第四条は、「国は、強化地域に係る大規模な地震の発生を予知し、もって地震災害の発生を防止し、又は軽減するため、計画的に、地象、水象等の常時観測を実施し、地震に関する土地及び水域の測量(以下この条及び第三十三条において「測量」という。)の密度を高める等観測及び測量の実施の強化を図らなければならない。」である。また、地震時に「震度6弱以上の地域」と「20分以内に高い津波(沿岸で3m以上、地上で2m以上)」が来襲する地域を地震防災対策強化地域とし、神奈川県西部、静岡県全域、山梨県のほぼ全域、愛知県東部、長野県南部が強化地域に指定された。

その後、東海地震の震源域は、地殻変動の常時観測、特にGPSデータをもとに、1998年に鷺谷(1998)<sup>6)</sup>が震源域は駿河湾よりもむしろ遠州灘であるとされた。これを受け、国は2001年に新たな震源域を設定するとともに、2002年に強化地域を拡大した。

地震予知の可否に関しては、Sagiya(1998)<sup>7)</sup>、鷺谷(2004)<sup>8)</sup>が1944年東南海地震の直前・直後の水準測量データを再検討し、当日午前中までの測量往復誤差は、プレスリップの有無が議論できる精度ではないと結論している。

断層面の区分に関しては、日向灘が東海・南海地震とは別にM7クラスの地震が起きることから、ここを断層面Zとされることがある<sup>9)</sup>。Furumura et al.(2011)<sup>10)</sup>は宝永地震の断層モデルとして、断層面Zまで及んでいたとしている(図-1.1)。

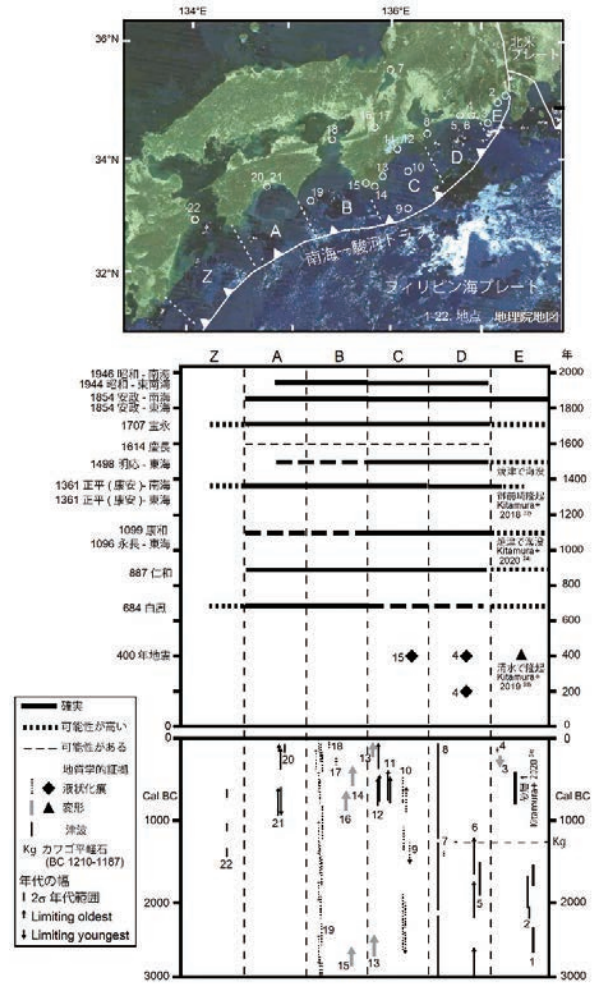


図-1.1 大地震の時空間分布(北村(2021)<sup>53)</sup>を一部改編)

航空写真地図は国土地理院(<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>)の許可を得て使用。1:清水, 2:静岡, 3:御前崎, 4:横須賀低地, 5:六間川低地, 6:浜名湖, 7:琵琶湖, 8:相模(おうさつ)町, 9:IODPコアC0004, 10:熊野トラフ, 11:諏訪池, 12:大池, 13:鈴島, 14:荒船崎, 15:潮岬, 16:雨島, 17:田井中, 18:下内善, 19:土佐前トラフ, 20:蟹ヶ池, 21:ただす池, 22:竜神池。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波は、甚大な被害をもたらした。これを教訓に、国は南海トラフの巨大地震の被害想定を、「想定外のない想定」という方針に変更し、これまで防災対策の対象としてきた「東海地震、東南海地震、南海地震とそれらが連動するマグニチュード8程度のクラスの地震・津波」を「レベル1の地震・津波」とし、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波」を「レベル2の地震・津波」とした<sup>11)</sup>。前者の発生間隔は約100～150年である。一方、後者は千年あるいはそれよりも発生頻度が低いが、発生すれば津波高10m以上の巨大津波が13都県に襲来し、国難とも言える巨大災害になるとした。国は、この報告の中で、想定は限られた科学的知見によるので、津波堆積物調査などの促進を図り、巨大地震の全容を解明するための努力が必要と述べている。

この提言のうちの津波堆積物調査は、東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波の発生の可能性を、津波堆積物から予測していた研究があったからだ。すなわち、2001年に、箕浦・菅原の研究グループ<sup>12)</sup>は、仙台平野における869年の貞観津波の砂質津波堆積物から、その地震の規模をマグニチュード8.3と推定し、さらに同規模の津波の再現間隔が800～1100年であることから、同平野に大津波が襲来する可能性の高いことを指摘していたのだ。さらに、2010年に宍倉の研究グループ<sup>13)</sup>が、貞観津波の堆積物が石巻平野から仙台平野、福島県南相馬市にかけて分布し、南相馬市小高区では現在の海岸線から1.5km内陸まで砂層が分布することを確認していたのだ。これらの研究結果により、巨大地震・津波の予測に津波堆積物が有効であることが実証されたのである。

国からの巨大地震の全容解明に関する提言を受け、著者は共同研究者や自治体とともに、津波堆積物調査がほとんど行われていなかった静岡県中・東部の海岸低地で調査を行っている。そこで、本論では、1854年安政東海地震とそれ以前の巨大地震について静岡県内の状況を、発生年代の新しい方の地震・津波から紹介する。なお、2022年1月1日時点で、次の南海トラフにおけるマグニチュード8～9クラスの地震が今後30年以内に発生する確率は70～80%とされ、国の喫緊の課題である。

## 2 レベル1の地震・津波

### 2.1 1854年12月23日安政東海地震

この地震はC-E領域が破壊され、静岡県から和歌山県沿岸に地震動と津波による被害が出た<sup>2)</sup>。静岡県内では、昭和東南海地震よりも震度が大きく、津波が高かったため、次の東海地震の防災対策のモデルとされてきた。北村ほか(2014)<sup>14)</sup>は下田市大浦湾奥の鍋田海岸の波食台で、安政東海地震の津波石(重量約32t)を発見した(図-2.1.1)。伊豆急下田駅から徒歩30分で着き、海岸の道路からわずか30mの距離にあり、観察しやすい。こ

の津波石が安政東海地震の津波石としては唯一のものである。満潮時には、波食台は水没するので、津波石の観察は干潮時に行くことを勧める。下田市街地には、津波石以外にも稲田寺に「津なみ塚」と刻まれた安政東海津波の犠牲者の供養碑があり、了仙寺の本堂には津波で流れ込んだ船が当たったキズ跡が残されている<sup>2)</sup>。この地震の約32時間後に安政南海地震が発生した。



図-2.1.1 下田市大浦湾奥の鍋田海岸の波食台に見られる安政東海地震の津波石<sup>14)</sup>

### 2.2 1707年10月28日宝永地震

この地震はA-D領域が破壊され、Furumura *et al.* (2011)<sup>10)</sup>は破壊がZ領域(断層面Z)まで及んだとしている。歴史地震の中で最大規模である。地震の49日後に富士山の中腹で噴火があり、宝永火口を形成した<sup>15)</sup>。静岡県における宝永地震の震度は、1854年安政東海地震よりやや小さい。静岡県内では、中・東部では、安政東海地震の津波の高さとほぼ同じで、静岡県西部の新居では安政東海地震の津波を上回った<sup>16)</sup>。この地震で、静岡市内を流れる安倍川の上流では、大規模崩壊が起き、大谷崩と呼ばれ、その崩壊土砂量は約1.2億 $m^3$ と見積もられている<sup>17)</sup>。富士川の山梨・静岡の県境の右岸の白鳥山でも大規模崩壊(移動土砂量500万 $m^3$ )が起きた<sup>18)</sup>。なお、この地震では駿河湾西岸の隆起の記録はない。

### 2.3 ユリウス暦1498年9月11日明応東海地震

この地震で、地震前には海と直接つながっていなかった浜名湖が今切で海とつながり、地震前に浜名湖から海を結んでいた浜名川に沿う港湾都市・橋本が壊滅した<sup>19)</sup>。磐田・袋井周辺遠州海岸の砂丘の内側に潟湖が広がっていた浅羽低地では、物資の集散地として栄えていた元島遺跡の湊と浅羽湊が地震で衰退ないし消滅した。

静岡県焼津市の林叟院の古文書には、1498年の地震で小川という海岸地域が海に没した(海没)と記されており、この海没の原因は地震による海底地すべりと推定されている<sup>20)</sup>。また、この古文書には地震の7日前に大雨のあったことが記されているので、豪雨との複合災害が起



きていた可能性がある。

なお、2009年8月11日の駿河湾の地震(北緯34度47.1分, 東経138度29.9分, 深さ23km, マグニチュード6.5)では、焼津市沖約5kmの場所で幅450m, 深さ10-15mの海底地すべりが起き、津波高を増大させた<sup>21)</sup>。

## 2.4 ユリウス暦1361年7月正平(康安)東海地震

愚管記、後愚昧記、嘉元記などの古文書にある1361年7月26日午前4~5時頃の大地震は正平(康安)南海地震とされている。一方、石橋・佐竹(1998)<sup>22)</sup>はその2日前に起きた比較的大きな地震(余震を伴う)を東海地震である可能性を指摘していた。だが、東海地方では地震や津波の記録はなく、三重県伊勢神宮関連史料に地震の被害の記録があるものの日付が不明であった。また、愛知県一宮市木曾川町の門間沼遺跡には14世紀の噴砂跡があるが、内陸地震による可能性もある。

正平(康安)東海地震の発生は判然としない状況だったが、発生を裏付ける地質学的証拠を2017年に著者が御前崎で発見した<sup>23)</sup>。その波食台(標高1.05-1.35m)で、穿孔性二枚貝 *Penitella gabbii* (オニカモメガイ) の化石を発見したのだ。これらの二枚貝化石のうちの10個体を<sup>14</sup>C年代測定を行い、その結果とFujiwara et al.(2010)<sup>24)</sup>のデータと組み合わせた結果、二枚貝化石の示す隆起は1361年の正平(康安)東海地震によることが判明した(図-2.4.1)。さらに、*P. gabbii*の生息深度(大潮時の低潮線より下)から地震性隆起量を2.55m以上と推定した<sup>23)</sup>。この値は1854年安政東海地震の隆起量(1m)の2.5倍以上になる。この発見は、石橋・佐竹(1998)<sup>22)</sup>が指摘した正平(康安)東海地震は正平(康安)南海地震の2日前に発生したことを裏付けた。よって、同地震は、ユリウス暦1361年7月24日頃に発生したことになる。そして、南海・駿河トラフの東側で大地震が発生した後、数時間から数年の期間において、西側で大地震が発生した事例が追加された。

なお、御前崎で地震性隆起を発見できたが、それより東の駿河湾沿岸では、この地震による地震性隆起は未だに発見されていない。

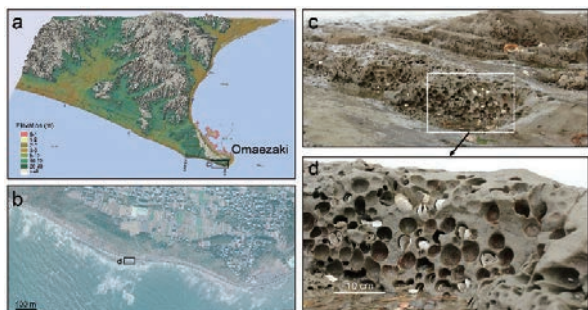


図-2.4.1 御前崎に見られる1361年正平(康安)東海地震の地震性隆起の発生を示す穿孔性二枚貝 *Penitella gabbii* (オニカモメガイ)の化石<sup>22)</sup>

a: 御前崎の地形図(地理院地図から作成), b: 御前崎の空中写真(地理院地図), c, d: 穿孔性二枚貝の化石。

## 2.5 ユリウス暦1096年12月11日永長東海地震

著者たちの焼津市浜当目低地における津波堆積物調査により、1096年永長東海地震、1361年正平(康安)地震、1498年明応地震に伴う砂質津波堆積物が発見された(図-2.5.1)<sup>24)</sup>。注目すべき点は、1096年永長東海地震の前後で、堆積環境が潟から海浜・後背湿地に急変した点である。これは、外洋からの波浪を遮断していた砂嘴あるいは砂洲の消滅を示唆し、地震に伴う海没によると解釈される(図-2.5.2)。前述した1498年明応東海地震の海底地すべりは、1096年永長東海地震の海底地すべりで形成された滑落崖の影響がありえる<sup>25)</sup>。

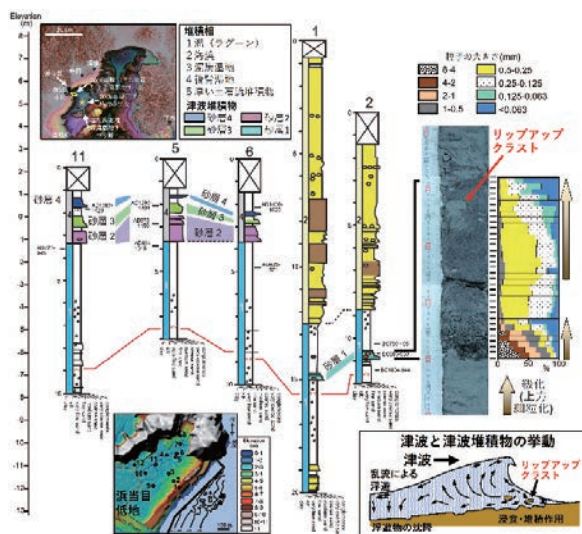


図-2.5.1 焼津市浜当目低地の完新統に見られる4層の砂質津波堆積物と津波と津波堆積物の挙動  
砂層2の前後で、堆積環境がラグーンから後背湿地に急変する<sup>24)</sup>。

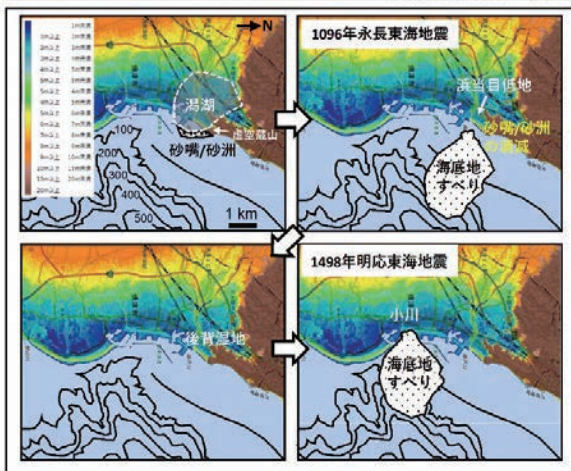


図-2.5.2 焼津周辺の沿岸地域の遠景と1096年永長東海地震と1498年の明応東海地震の海底地すべりの状況<sup>24)</sup>

## 2.6 ユリウス暦887年8月22日仁和地震

887年の南海地震では、東海地域も含む広い範囲で強い揺れを感じた記録があり、東海・南海地震が同時に発生した可能性が指摘されていた。Fujiwara *et al.*(2020)<sup>26)</sup>は、静岡県西部の太田川低地から7世紀末と9世紀末の津波堆積物を発見した。そして、後者は887年に津波が発生したことを示すとし、東海地震と南海地震が同時発生したと推定している。

## 2.7 ユリウス暦684年11月26日白鳳地震

静岡県内では、白鳳地震の記述はなく、津波堆積物としては、前述のFujiwara *et al.*(2020)<sup>26)</sup>が太田川低地から発見した7世紀末の津波堆積物が該当するかもしれない。

# 3 先史地震

## 3.1 西暦400年の地震

Kitamura *et al.*(2019)<sup>27)</sup>は、清水平野で最も海側の浜堤にある海長寺(海拔3.8m)でボーリングコア掘削を行った。同地は西暦1011年から現在地にあることが分かっているため、安政東海地震と同様の地震で隆起・離水したのならば、それは1011年以前であることが確定だ

からだ。そして、コア試料の解析から、堆積環境が潮下帯(B相、干潮時でも海面下にあり、深さ0.8m以深)から海浜(C相、満潮時でも水没しない)へ急変する堆積物境界が見つかった(図-3.1.1)。この急変は、「干潮時でも海面下の場所」から「満潮時でも海面上の場所」への変化なので、1.6m以上の隆起が必要となる。そして、境界の上下の堆積物から見つかった保存状態の良い葉の<sup>14</sup>C年代測定から、西暦398年～428年の間に隆起したことが分かった。静岡県袋井市の坂尻遺跡で西暦400年頃の液状化跡が報告されていることを踏まえ、著者らは清水平野の突発的隆起は駿河湾の破壊に起因すると結論付け、隆起量を1.6m以上と結論づけた<sup>27)</sup>。なお、西暦400年頃に奈良県の赤土山古墳で地滑りが発生している<sup>28)</sup>、この地震は南海トラフ東部から駿河トラフ(C～E領域)まで及んだ可能性がある<sup>27)</sup>。

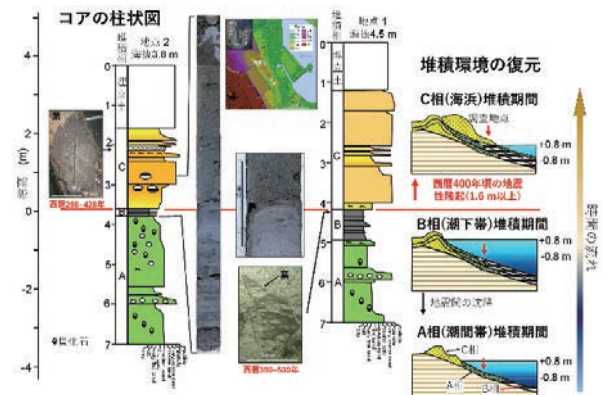


図-3.1.1 静岡県静岡市清水区の高長寺(海拔3.8m)のボーリングコア掘削で見つかった堆積相の変化西暦400年頃に発生した地震性隆起現象を示す<sup>26)</sup>。

## 3.2 カワゴ平降下軽石の堆積前後の津波堆積物

伊豆半島にあるカワゴ平はBC1210～1187に軽石を噴出し<sup>29)</sup>、西方へ運搬され、静岡県内では過去4000年間では重要な鍵層に用いられている。焼津平野浜当目低地では、カワゴ平降下軽石層の直上に砂質津波堆積物(砂層1)があり(図-2.5.1, 3.2.1)、その堆積年代はBC805～405と推定されている<sup>25)</sup>。同低地はBC3090年～西暦1096年永長東海地震までの4000年間、潟湖(ラグーン)であり、そこに津波堆積物をもたらした唯一の津波である。レベル1津波の発生間隔が90～270年なので、4000年に1回の発生は、この津波がレベル1津波よりも大きかった可能性を示す。

カワゴ平降下軽石層の直上からは、下田市の海岸低地の海成層から級化を示す砂層が発見されており<sup>30)</sup>、浜当目低地の砂質津波堆積物(砂層1)に対比される可能性がある(図-3.2.1)。浜名湖東岸六間川低地からは、カワゴ平降下軽石層の直下から津波堆積物が見つかり、その年代は約3400年前と推定されている<sup>31)</sup>(図-3.2.1)。しかし、浜当目低地の砂質津波堆積物(砂層1)に対比される堆積層はない。



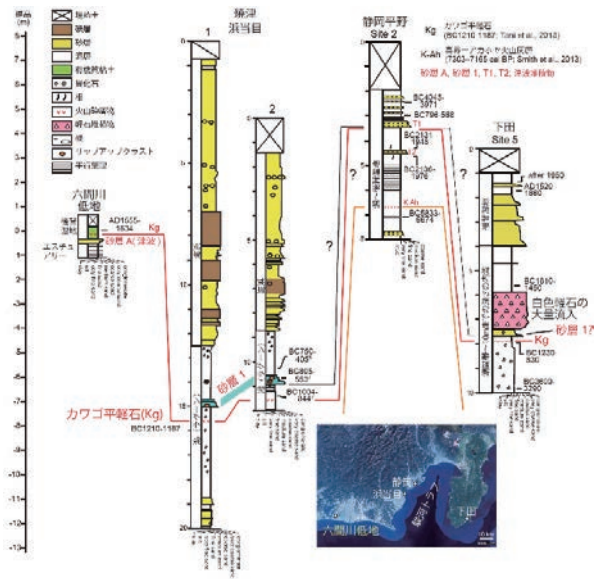


図-3.2.1 静岡県内の砂質津波堆積物の分布

六間川低地、焼津市浜当目、静岡平野、下田のデータは、それぞれ、藤原ほか(2013)<sup>31)</sup>、Kitamura et al.(2020)<sup>25)</sup>、Kitamura et al.(2013)<sup>54)</sup>、北村・小林(2014)<sup>30)</sup>による。

## 4 レベル2津波

2012年に国は、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波、すなわちレベル2の地震・津波の想定を公表した。それは従来想定より地震規模は大きく、津波高も2倍以上だったため、南海トラフ沿いの沿岸各地で巨大地震・巨大津波への不安が高まった。そして、沿岸の地価下落や観光客減や人口流出などの影響を地域社会へ与えている。

レベル2津波の想定は11あり<sup>11)</sup>、静岡県で津波高が最も高い想定はケース1と8で、下田市・南伊豆町沿岸の津波高は、浜松・静岡・清水平野よりも10m余り高い。したがって、レベル2津波の発生の有無には、下田市・南伊豆町沿岸低地の津波堆積物の分布がカギを握る<sup>30)</sup>。著者は、これらの地域でボーリングコアを掘削し、津波堆積物調査を行ってきたが、過去4000年間の地層記録からは、レベル2津波の発生を示す地質学的証拠はない(図-3.2.1)。レベル2津波の想定の場合1と8は首都圏でも最大被害の出るシナリオなので、この知見は首都圏の防災に関しても重要である<sup>33)</sup>。

## 5 次の南海トラフ巨大地震の描像

以上の内容を踏まえ、最後に、次の南海トラフ巨大地震の描像を固めていく。

まず、レベル2地震・津波の可能性であるが、「ないこ

と」の実証はできないが、過去4000年間にはレベル2地震・津波のエビデンスはない。よって、次の南海トラフ巨大地震がレベル2地震・津波となる可能性は限りなく0に近いといえる。

次に、駿河湾(E領域)の破壊だが、次の根拠からその可能性は低いと考えられる。古文書記録からは、1707年宝永地震と1498年明応東海地震では駿河湾西岸で地震性隆起は起きていない<sup>16)</sup>、<sup>19)</sup>。古生物・地質記録からは、御前崎で1361年正平(康安)東海地震で隆起があったこと<sup>23)</sup>、静岡市で西暦400年に地震性隆起があったことが分かった<sup>27)</sup>。D・E領域の境界の位置を御前崎付近とする考え<sup>1)</sup>、<sup>34)</sup>と浜名湖付近とする考え<sup>35)</sup>、<sup>36)</sup>があるので、前者の場合には、破壊はD領域までの可能性もありえる。仮に、1361年正平(康安)東海地震でE領域が破壊したとすると、その破壊間隔は960年、493年となり、次の破壊まで300年近くあることになる。GPSデータの解析から、東海地域の収束速度(年間約2cm)は、紀伊半島以西の約1/3なので、E領域の破壊の周期は当初の見込みより長いとする解釈<sup>37)</sup>があり、著者の提示した破壊間隔と整合する。

2018年内閣府は、歴史地震のパターンに基づき、南海トラフの東側でM8クラスの地震が発生し、その後、西側でM8クラスの地震が発生する「半割れケース」と東側と西側が一度に破壊される「全割れケース」を設定した<sup>38)</sup>。これまでの知見から、「半割れケース」は、「1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震」、「1854年安政東海地震と南海地震」、「1361年正平(康安)東海地震と南海地震」であり、「全割れケース」は、1707年宝永地震と887年仁和地震である。両ケースの発生頻度に有意な差はないので、両ケースを想定する必要がある。なお、「半割れケース」の3つのうちの2つの地震の東西の時間差は3日以内である。したがって、次の南海トラフの巨大地震は、東側で破壊が起き、西側の破壊は東側と同時にまたは3日以内に起きる可能性が高い。

## 6 今後の課題

### 6.1 レベル1.5津波

過去のレベル1地震は、静岡県焼津沖で1498年明応東海地震、1096年永長東海地震で海底地すべりやその発生を示唆する海没が起きている<sup>20)</sup>、<sup>25)</sup>。また、2009年の駿河湾の地震でも海底地すべり発生している。このような海底地形の変動は局所的に津波を発生させ、ごく短時間で襲来するが、津波警報の対象外である。さらに、海没が起きると溺死者が出る可能性がある。焼津沖約15kmにある石花海北堆の北西縁斜面には幅約3km、長さ約5kmの凹地があり、海底地すべりの跡と推定されている(図4)<sup>39)</sup>。つまり、駿河湾は海底地すべりの高頻発地帯である。したがって、次の南海トラフ巨大地震で海底地すべりが起こる可能性は十分ある。そうなったならば、

被害はレベル1津波よりも大きいので、著者はレベル1.5津波と呼び、その危険性を社会に向けて発信している<sup>40)</sup>。

## 6.2 新たな複合災害

2021年7月3日午前10時30分頃、静岡県熱海市伊豆山地区の逢初川沿いで土石流(以下、熱海土石流)が発生し、伊豆山港に至り、相模湾へ流入した。熱海土石流は、死者・行方不明者28人、全・半壊家屋64棟の被害をもたらした。その後の調査で、土石流は逢初川源頭部にあった盛土の崩落によることが判明した<sup>41)</sup>。国土地理院は、2009年と2019年の標高データを比較し、同期間に形成された盛土の体積量を約56,000m<sup>3</sup>と見積もっており<sup>42)</sup>、そのうちの約55,500m<sup>3</sup>が崩落したと静岡県は報告した<sup>41)</sup>。この災害を踏まえ、国土交通省は全国調査を行い、点検が必要な盛土は36,000箇所以上であると報告している<sup>43)</sup>。したがって、次の南海トラフ巨大地震では、各地で地震による盛土の崩落が発生する可能性が高い。

伊豆周辺では、2021年7月1日から大雨となっていたが、土砂災害は伊豆山地区の土石流だけである。これは、災害危険性としては、逢初川源頭部の盛土が最大であったことを示す。そこで、著者は共同研究者とともに盛土崩壊の原因究明の調査を行っている<sup>44-52)</sup>。

加えて、地球温暖化で豪雨の発生頻度が上がっており、豪雨と地震の複合災害の発生頻度も上がっていく。さらには、2020年から続く新型コロナウイルス感染症のような急速な拡大が再発する可能性もある。また、災害時にサイバー攻撃を受ける可能性は極めて高い。このような人為活動による災害・攻撃への防御力の向上も含め、南海トラフ巨大地震・巨大津波への対応は喫緊の課題である。

### 参考文献

- 1) Ando, M.: Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, Japan. *Tectonophysics*, 27, 119-140, 1975a.
- 2) 羽鳥徳太郎: 安政地震(1854年12月23日)における東海地方の津波・地殻変動の記録—明治25年静岡県下25ヶ町村役場の地震報告から。地震研究所彙報, 51, 13-28, 1976.
- 3) 石橋克彦: 東海地方に予想される大地震の再検討—駿河湾大地震について—地震学会予稿集, No.2, 30-34, 1976.
- 4) 佐藤 裕: 1944年の東南海地震に伴う地殻変動. 測地学会誌, 15, 177-180, 1970.
- 5) Ando, M.: Possibility of a major earthquake in the Tokai district, Japan and its pre-estimated seismotectonic effects. *Tectonophys.*, 25, 69-85, 1975b.
- 6) 鷲谷 威: GPS連続データから推定されるフィリピン海プレート北端部におけるプレート間相互作用とテクトニクス. 東京大学地震研究所彙報, 73, 275-290, 1998.
- 7) Sagiya, T.: Crustal movements as earthquake precursors—Leveling anomaly before the 1944 Tonankai Earthquake revisited—, *Bulletin of the Geographical Survey Institute*, 44, 23-36, 1998.
- 8) 鷲谷 威: 1944年東南海地震前後の地殻変動再考. 月刊地球, 26, 746-753, 2004.
- 9) Wells R.E., Blakely, R.J., Sugiyama, Y., Scholl, D.W. and Dinterman, P.A.: Basin-centered asperities in great subduction zone earthquakes; A link between slip, subsidence, and subduction erosion? *Journal of Geophysical Research*, 108, 2003. doi:10.1029/2002JB 002072
- 10) Furumura, T., Imai, K. and Maeda, T.: A revised tsunami source model for the 1707 Hōei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryūjin Lake, Kyushu, Japan. *Journal of Geophysical Research*, 116, 2011. B02308.
- 11) 内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 第二次報告. 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 2012. <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/case1.pdf> 2022年12月10日引用.
- 12) Minoura, K., Imamura, F., Sugawara, D., Kono, Y. and Iwashita, T.: The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan. *Journal of Natural Disaster Science*, 23, 83-88, 2001.
- 13) 穴倉正展・澤井祐紀・行谷佑一: 平安の人々が見た巨大地震を再現する—西暦896年貞観地震津波—. AFREC News, 16, 1-10, 2010.
- 14) 北村晃寿・大橋陽子・宮入陽介・横山祐典・山口寿之: 静岡県下田市海岸から発見された津波石. 第四紀研究, 53, 259-264, 2014.
- 15) 小山真人: 第1章 富士山・伊豆東部火山群の噴火史と防災対策. 120-135. 静岡の大規模自然災害の科学. 岩田孝仁・北村晃寿・小山真人編. 静岡新聞社, 2020.
- 16) 羽鳥徳太郎: 静岡県沿岸における宝永・安政東海地震の津波調査. 地震研究所彙報, 52, 407-439, 1977.
- 17) 町田 洋: 安倍川上流部の堆積段丘—荒廃山地にみられる急速な地形変化の1例. 地理学評論, 32, 520-531, 1959.
- 18) 小山内信智・井上公夫: 第4章 地震と土砂災害, 内閣府(防災担当): 1707宝永地震報告書, 187-205, 2014.
- 19) 羽鳥徳太郎: 明応7年・慶長9年の房総及び東南海道大津波の波源. 地震研究所彙報, 50, 171-185, 1975.
- 20) 風見健太郎・安田 進・佐野秀紀・鈴木宏和: わが国における地震時の海岸変状の事例調査. 2001年土木学会第56回年次学術講演会要旨集, 334-335, 2001.
- 21) Baba, T., Matsumoto, H., Kashiwase, K., Hyakudome, T., Kaneda, Y. and Sano, M.: Microbathymetric evidence for the effect of submarine mass movement on tsunami generation during the 2009 Suruga bay earthquake, Japan. In: Yamada et al.(eds.). Submarine mass movements and their consequences. *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, 31. Springer: New York, 485-494, 2012.
- 22) 石橋克彦・佐竹健治: 古地震研究によるプレート境界 巨大地震の長期予測問題. 地震, 50, 1-21, 1998.
- 23) Kitamura, A., Seki, Y., Kitamura, Y. and Haga, T.: The discovery of emerged boring bivalves at Cape Omaezaki, Shizuoka, Japan: evidence for the AD 1361 Tokai earthquake along the Nankai Trough. *Marine Geology*, 405, 114-119, 2018.



- 24) Fujiwara, O., Hirakawa, K., Irizuki, T., Hasegawa, S., Hase, Y., Uchida, J. and Abe, K.: Millennium-scale recurrent uplift inferred from beach deposits bordering the eastern Nankai Trough, Omaezaki area, central Japan. *Island Arc*, 19, 374-388, 2010
- 25) Kitamura, A., Yamada, K., Sugawara, D., Yokoyama, Y., Miyairi, Y. and Hamatome team: Tsunamis and submarine landslides in Suruga Bay, Central Japan, caused by Nankai-Suruga trough megathrust earthquakes during the last 5000 years. *Quaternary Science Reviews*, 245, 2020. 106527.
- 26) Fujiwara, O., Aoshima, A., Irizuki, T., Ono, E., Obrochta, S. P., Sampei, Y., Sato, Y. and Takahashi, A.: Tsunami deposits refine great earthquake rupture extent and recurrence over the past 1300 years along the Nankai and Tokai fault segments of the Nankai Trough, Japan. *Quaternary Science Reviews*, 227, 2020. 105999.
- 27) Kitamura, A., Ina, T., Suzuki, D., Tsutahara, K., Sugawara, D., Yamada, K. and Aoshima, A.: Geologic evidence for coseismic uplift at ~AD 400 in coastal lowland deposits on the Shimizu Plain, central Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 6, 57, 2019.
- 28) 寒川 旭: 地震考古学から見た南海トラフの巨大地震. *GSJ地質ニュース*, 2, 205-207, 2013.
- 29) Tani, S., Kitagawa, H., Hong, W., Park, J.H., Sung, K.S. and Park, G.: Age determination of the Kawagodaira volcanic eruption in Japan by <sup>14</sup>C wiggle-matching. *Radiocarbon*, 55 (Nr 2-3), 748-752, 2013.
- 30) 北村晃寿・小林小夏: 静岡平野・伊豆半島南部の中・後期完新世の古津波と古地震の地質学的記録. *地学雑誌*, 123, 813-834, 2014.
- 31) 藤原 治・佐藤善輝・小野映介: 陸上掘削試料による津波堆積物の解析: 一浜名湖東岸六間川低地にみられる3400年前の津波堆積物を例にして-. *地学雑誌*, 122, 308-322, 2013.
- 32) Kitamura, A.: Examination of the largest-possible tsunamis (Level 2 tsunami) generated along the Nankai and Suruga troughs during the past 4000 years based on studies of tsunami deposits from the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Progress in Earth and Planetary Science*, 3: 12, 2016.
- 33) 北村晃寿: 津波堆積物からの知見. 特集 防災学術連携体の設立と取組 東京圏の大地震にどう備えるか. 学術の動向11月号, 34, 日本学術会議, 2016.
- 34) 気象庁: HP「南海トラフ地震とは」, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/nteq.html>.
- 35) 瀬野徹三: 総合報告 南海トラフ巨大地震—その破壊の形態とシリーズについての新たな考え—. *地震第2輯*, 64, 97-116, 2012.
- 36) 石橋克彦: 南海トラフ巨大地震—歴史・科学・社会. 205p, 岩波書店, 2014.
- 37) Heki, K. and Miyazaki, S.: Plate convergence and Long-term crustal deformation in central Japan. *Geophysical Research Letters*, 28, 2313-2316, 2001.
- 38) 内閣府(防災担当): 南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について(報告). [https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio\\_wg/taio\\_wg\\_02.html](https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_wg/taio_wg_02.html), 2018. 2022年12月10日引用.
- 39) 大塚謙一: 駿河湾石花海北堆西斜面の海底地すべり. *静岡大学地球科学研究報告* 7, 87-95, 1982.
- 40) 北村晃寿: 静岡県における南海・駿河トラフの巨大地震・津波の最新の地質学的知見. 98-115. *静岡の大規模自然災害の科学*. 岩田孝仁・北村晃寿・小山真人編. 静岡新聞社, 2020.
- 41) 静岡県: 第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会配布資料(1~17). 2021年9月7日開催. <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke350/-sabouka/r3hasseigeninncyouusakennsyoiinnkai.html>. 2022年4月24日引用.
- 42) 国土地理院: 崩壊地等分布図及び土砂堆積範囲図(7月6日第3報公開). [https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3\\_0701\\_heavyrain.html#4](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_0701_heavyrain.html#4), 2021. 2021年7月8日引用.
- 43) 国土交通省: <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001465744.pdf>, 2020. 2022年12月14日引用.
- 44) 北村晃寿・池田昌之: 2021年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土石流の速報. *静岡大学地球科学研究報告*, 48, 63-71, 2021.
- 45) 千木良雅弘・北村晃寿・木村克己・市村康治: 熱海市逢初川盛土崩壊の地質的原因について. *静岡大学地球科学研究報告*, 49, 45-60, 2022.
- 46) 北村晃寿静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛土の崩壊斜面と土石流堆積物から見つかった海生二枚貝の貝殻. *第四紀研究*, 61, 109-117, 2022.
- 47) 北村晃寿・亀尾浩司・本山 功・守屋和佳・齊藤 毅・渡辺真人・森英樹: 静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛土に含まれる軟質泥岩礫. *第四紀研究*, 2022.
- 48) 北村晃寿・岡寄颯太・近藤 満・渡邊隆広・中西利典・堀 利栄・池田昌之・市村康治・中川友紀・森 英樹: 静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛土と土石流堆積物の地球化学・粒子組成分析. *静岡大学地球科学研究報告*, 49, 73-86, 2022.
- 49) 北村晃寿・山下裕輝: 静岡県熱海市逢初川の源頭部の盛土中の淘汰の良い砂層. *静岡大学地球科学研究報告*, 50, 2022.
- 50) 北村晃寿・山下裕輝・本山 功・中西利典・森 英樹: 静岡県熱海市逢初川の源頭部の盛土下端部の露頭調査. *静岡大学地球科学研究報告*, 49, 61-72, 2022.
- 51) 北村晃寿・山下裕輝・矢永誠人・中西利典・森 英樹: 静岡県熱海市逢初川源頭部の東側地点の盛土に関する調査速報. *静岡大学地球科学研究報告*, 49, 97-104, 2022.
- 52) 北村晃寿・矢永誠人・岡寄颯太・片桐 悟・中西利典・森 英樹: 静岡県熱海市逢初川の砂防堰堤の埋積土の放射性セシウム濃度と粒子組成の層位変化—2021年7月3日の土石流堆積物の識別—. *静岡大学地球科学研究報告*, 49, 87-96, 2022.
- 53) 北村晃寿: 2020年日本第四紀学会学術賞受賞記念論文「化石・有孔虫化石の複合群集解析による日本本島の島嶼化過程・東海地震の履歴の研究」. *第四紀研究*, 60, 47-70, 2021.
- 54) Kitamura, A., Fujiwara, O., Shinohara, K., Akaike, S., Masuda, T., Ogura, K., Urano, Y., Kobayashi, K., Tamaki, C. and Mori, H.: Identifying possible tsunami deposits on the Shizuoka Plain, Japan and their correlation with earthquake activity over the past 4000 years. *The Holocene*, 23, 1682-1696, 2013.



# 定説に反する? 養老-桑名-四日市断層帯 と濃尾傾動地塊の運動



産業技術総合研究所 地質情報研究部門 小松原 琢

## 1 はじめに

地球の動きは、意外性に満ちている!たとえば養老山地の標高700m以上の尾根の上に、たかだか300万年前に河原で堆積した東海層群の礫層が乗っています。ちょっと見には何の変哲もない礫層ですが、この高さまで礫層をゆすりあげた地球の動きに思いを巡らせてみると、この小さな山が、何か突拍子もない「巨鯨」のように思えてしまう…。こんな意外さにたびたび出会えることは、地質屋の特権かもしれません。

私が地形地質の調査を始めて30余年過ぎましたが、その間に何回も「意外だ!」を繰り返し体験してきました。その中でも、もっとも最近遭遇した「意外だ!」をご紹介します。それは、かつて学生時代に先生から教えられた「定説」では説明できない、地球のダイナミックな動きともかかわる発見、と私は思っています。

## 2 40年前に教えられた ネオテクトニクス像

私が学生だった1980年代、まだ「活断層」という言葉は市民権を得ていませんでした。少数の地形学や第四紀地質学の研究者たちが、中央構造線や糸魚川-静岡構造線の第四紀変動=ネオテクトニクス=について議論していましたが、「地形を見ただけで断層が分かるなんて、とんでもないたわごとだ!」という意見が、構造地質学の主流でした。そのような時代にあっても、先駆的な研究者たちは早々と活断層や第四紀地殻変動の一般的性質を明らかにしていました<sup>1)</sup>。いわく、①地殻変動の累積性=第四紀の地殻変動は、同じ場所で同じ様式の変動が累積的に繰り返される=、②地殻変動様式の地域性=一定の地域には一定様式の地殻変動が生じている=、③第四紀変動の速さの一様性、④第四紀における地殻応力の方向性とその継続。この、分かりやすい概念は、提唱されて以来、現在に至るまで若干の変更(たとえばネオテクトニクスの開始時期が場所によって異なることや、変動速度が変化してきたこと)はあるとしても、概ね受け入れられてきています。現在の活断層評価においても、根底にはこの考え方が生かされています。もし、この概念が突き崩されてしまったなら、活断層の過去の活動から地震の長期評価を導くことは非常に困難になってしまうでしょう。さて、養老-桑名-四日市断層帯、そして濃尾平野(濃尾傾動運動)について、この定説が当てはまるのでしょうか?

## 3 養老-桑名-四日市断層帯の調査

### 3.1 調査のいきさつと目的

私が養老-桑名-四日市断層帯と濃尾平野の地下地質の調査に入ることになったきっかけは、2007年に遡ります。この年の3月に能登半島沖地震、7月に新潟県中越沖地震という、2つの地震が相次いで発生しました。2つの地震は、ともに原子力発電所近くの沿岸海底で起きたこともあり、経済産業省は「今まで調査が手薄だった、海陸境界付近の浅海底を対象とする地質構造調査法を開発するべし!」と産業技術総合研究所に調査を依頼します。これに応じる形で、2008年度から全国各地で「沿岸域の地質・活断層調査」が始められました。その成果はインターネット上でも公開されています。もしお時間があつたら、覗いてみてください(「沿岸域の地質・活断層調査」と検索。<https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/index.html>)。伊勢湾周辺では2017年度から3年計画で、養老桑名断層系を含む伊勢湾周辺の一帯で行われ、現在取りまとめ作業に入っております。この調査は当初の経緯から、断層の活動履歴よりも、海と陸の調査空白域を埋めるような地質構造図の作成を意図したもので、ボーリング調査や海域の音波探査や陸域の重力調査を含む各種物理探査および第四系の地表踏査を中心として実施されています。

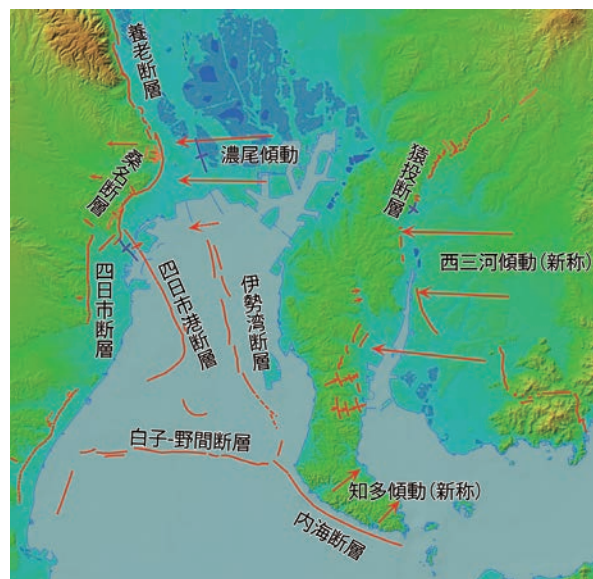


図-3.1.1 伊勢湾周辺の活構造図

私が担当したのは伊勢湾北半部沿岸(図-3.1.1)で、既往ボーリングデータとりまとめと地表踏査により、今まで十分に解明されてこなかった複雑な地質構造の実態を解明し、最終間氷期以降の断層変位量(速度)を推定することを主題とするものでした。

### 3.2 調査の結果

さて、肝心の調査ですが、露頭が非常に悪く、大変てこずりました。調査対象地域の丘陵は、すでに開発しつくされており、高度成長期には豊富だった大人工露頭は跡形もなくなってしまい現在ほとんど観察できません。表土の色・含有鉱物や少数の小露頭で観察される堆積物の層相といった、不確実な露頭情報のほか、土質ボーリングデータ、過去の調査報告等々をつなぎあわせつつ、だんだんと正解に近づいていく、という心細く効率の悪い調査となりました。その結果、どうにか図-3.2.1のような中位段丘相当層(熱田層)の構造図を作成しました。

図-3.2.1は、最終間氷期に伊勢湾底で堆積した海成粘土層(=熱田層下部)の上面(図ではα面としています)と、ほぼ同時代に河口付近で形成された段丘面注(中位1段丘Aと中位1段丘Bの2つの段丘に分かれています)の分布と高度を示したものです。図に示された隆起域に分布する段丘面の高度と、沈降域地下のボーリングデータから読み取ったα面の比高から、α面堆積当時の水深および段丘面と海面との比高を差し引けば、これらが形成されてから現在に至る間に生じた上下地殻変動量を概算できるはず、です。

これを海域の音波探査データとつなぎ合わせて、桑名断層・四日市港断層・四日市断層の変位量(変位速度)の間に何らかの規則性が認められないか、考えてみました

(図-3.2.2)。この図は桑名断層と四日市断層によるα面の変位量分布を南北軸に投影したものです。図に示されるように、①桑名断層は四日市断層よりも変位速度が大きいこと、②3つの断層が接する区間で、桑名断層と四日市断層の変位量が最小となっていること、が明らかになりました。



図-3.2.1 北勢平野の中位段丘相当層の構造図<sup>2)</sup>

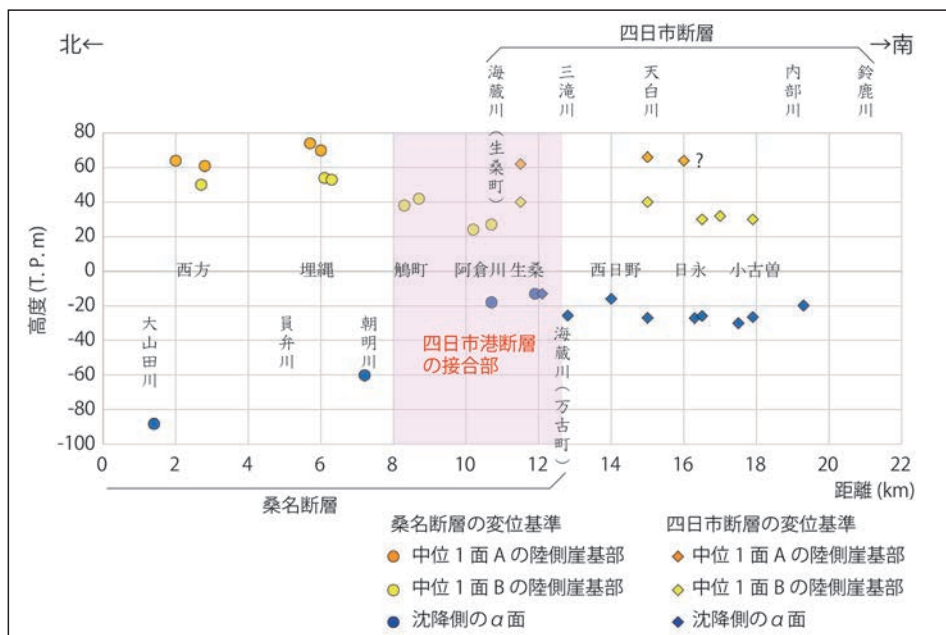


図-3.2.2 桑名断層～四日市断層の中位段丘相当層の標高分布(南北投影断面)



## 4 養老-桑名-四日市断層帯と濃尾傾動の不思議なふるまい

さて、謎はここから始まります。ちょっと面倒な話が続きますが、しばらくお付き合いください。

### 4.1 一定ではない桑名断層・四日市断層の変位速度

ところで、今の伊勢湾においてデルタ底置面の海成粘土層が堆積している海底の水深は5~30m、河口域の沖積面の標高は海拔0~5mですので、図-3.2.2に示される沈降側・隆起側の基準面(α面)と最終間氷期当時の海面との間には、それぞれ最大で約30mおよび約5mの違いがあると考えられます。

逆に言えば、図-3.2.2からはこの誤差範囲の中で地殻変動量を概算できることになります。その結果得られた桑名断層中部と四日市断層中部の地殻変動量は、それぞれ108m以上147m以下、30m以上85m以下、となります。これから過去10万年ないし12.5万年間の上下地殻変動速度は最大に見積もって、それぞれ1.5m/1,000年および0.85m/1,000年と算定できます<sup>3)</sup>。

一方、完新世(≒1万年間)における両断層の変位速度は、既往研究<sup>4)</sup>より桑名断層で3.3~3.5m/1,000年、四日市断層で3m/1,000年と見積もられています。詳しい検討は省きますが、桑名断層と四日市断層の最近1万年間の平均変位速度は、過去10万年間の平均変位速度の2倍ないしそれ以上であることは確実です。

これは、前記定説の③地殻変動速度の一定性、に反しています。では、約1万年前から断層活動が激化しているのでしょうか?それもまた、大胆な仮説です。実はこの点について、四日市断層に関する既往研究<sup>5)</sup>ですでに論じられていましたが、何かすっきりしないものが残りました。そこで、徹底的に検証しようと思いました。

### 4.2 逆断層なのに大きく沈降する?桑名断層・養老断層が引き起こす地殻変動

話は少し変わりますが、逆断層運動は圧縮(=短縮歪)に伴って生じるもの、ということは周知の事実です。このことは、短縮場ならば、逆断層運動によって隆起する側が(大地の上に)衝き上げる成分の方が、既に物質で満たされている地下に潜り込む成分のほうが大きいはず、という簡単な理由で説明できます。すなわち、逆断層運動では、よほど特殊な場合(断層下盤の地層を構成する物質が非常に低密度・低弾性、かつ断層上盤の衝上する地層が非常に高密度の場合など)を除くと、隆起量と比較して沈降量が小さくなるはず。このことは、地震時の地殻変動の解釈で通常使われる「(弾性体の)くいちがいの弾性論」による理論計算からも確かです(たとえば Mansinha and Smylie, 1971<sup>6)</sup>: 余裕がある方は「佐藤善輝のwebsite」の「ツール」に載せられている「断層変位

量の計算」で遊んでみてください)。

しかし、桑名断層と養老断層は逆断層であるにもかかわらず、隆起側(養老山地側)の隆起量と比較して沈降側(濃尾平野側)の沈降量が大きいことが知られています。たとえば、本文冒頭に記しました約300万年前と考えられる東海層群基底礫層と、最終間氷期の海成層についていえば、それぞれ隆起側が最大で780mと+64m、沈降側が-1400~-1500mと-172mです。これは、どうみても単純な弾性変形理論と相いれません。

そこで、養老断層と桑名断層の最新の地震活動とされる1586年の天正地震時に生じた地殻変動を再現することにしました。方法は、①古文書の記載を仔細に検討すること、②天正地震前の遺跡のデータを検討すること、③現存する建造物の履歴を調べること、です。一見地質学とは離れた作業ですが、多くのことが分かってきました<sup>7)</sup>。

結論から申します。天正地震時の地殻変動は、隆起量が沈降量を上回っていました。この地震による上下変位量は総計で3.5mと考えられていますが、沈下量は大きく見積もっても1m未満と考えるのが妥当という結論に至ったのです。

濃尾平野西部には多くの埋没した古代遺跡がありますが(図-4.2-1)、そのほとんどすべての生活面は現地表面1m以下に出現します。水害常習地で、現在でも多量の土砂が供給されつづけている木曾三川河口周辺で、もし1mを越える沈下が生じたならば、厚い土砂に覆われるはず。しかし、事実は異なりました。さらに濃尾平野の沈降極に近い弥富市荷之上地区には、天正地震前(1576年初建)に遡る服部家住宅(図-4.2-2)が現存し、かつ服部家に伝えられる史料に沈降や埋没の記録はありません。

こうしたことから、天正地震時には弾性理論から予想されるように隆起が卓越していたものの、長期的には沈降が隆起を上回っていた、と言えるでしょう。なお、圧密沈下等も検討しましたが、結論を変えるほど大きな変動を引き起こすことはないかと計算されました。これを突き詰めて考えるなら、地震時の変動とは別の上下地殻変動によって濃尾平野西部一帯が大きく沈降していることが示唆されます。

ところで1980年代以降、濃尾平野では地下水のくみ上げは厳しく制限され、現在ではほぼすべての観測井で地下水位は上昇してきています。それにもかかわらず、濃尾平野西部では今も地盤沈下が続いています(図-4.2.3)。もしかしたら、この地盤沈下は、非地震性の地殻変動に関連する現象ではないかと、私は考えていますが、さて真実はどうでしょうか?

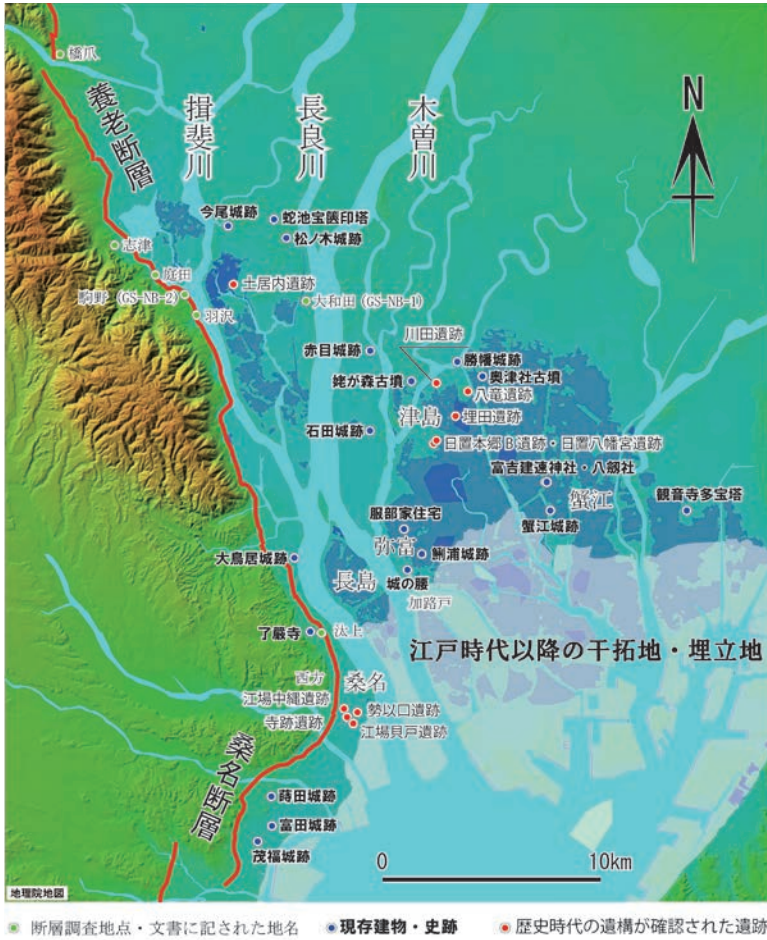


図-4.2.1 濃尾平野西部～北勢平野に、天正地震前から存在していた建造物等と古代の遺跡<sup>8)</sup>  
赤で示す古代の遺跡の埋没深度は1か所を除きすべて1m以内である。

### 4.3 濃尾傾動運動の「非」累積性

こうした不思議について悩んでいるとき、牧野内先生の論文<sup>9)</sup>「濃尾平野の地下地質に関する若干の問題」が目にとまりました。

図-4.3.1を見てください。上の図は長島テフラを基準として熱田層下部層の海成粘土(D3L)を東西に並べた図ですが、濃尾平野東部の名古屋市周辺では長島テフラよりも下位の粘土が厚く分布する一方、平野西部の弥富周辺では同層は長島テフラの下位で薄く、上位で厚くなっています。これは、西部に比べて東部で早い時代に熱田層下部海成粘土層が堆積を始め、かつ終了したことを示しています。

図-4.3.1の下の図は、中部更新統・海部累層の中でもテフラによって層位が確定できるAm3の海成層および粘土層の厚さを比較したのですが、濃尾平野東部のほうが西部と比較してむしろ若干厚く、かつ連続的に堆積していることを示しています。これは、東部のほうが海成粘土層が堆積しやすい環境が長く続いた環境にあったと解釈できます。



図-4.2.2 弥富市荷之上に現存する服部家住宅(1576年初建)

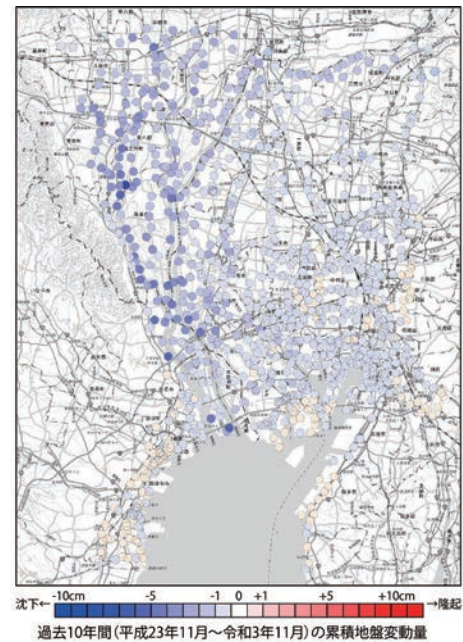
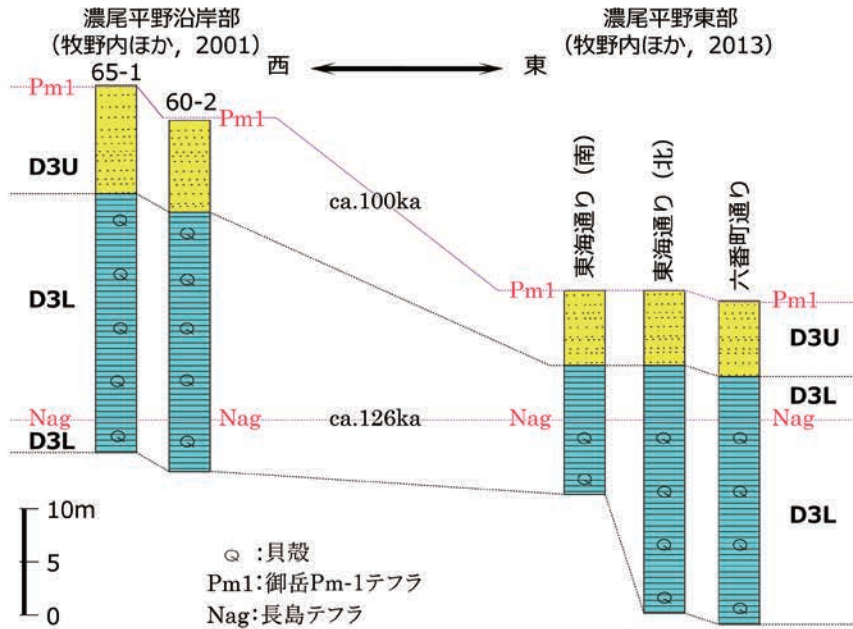


図-4.2.3 平成23年から令和3年の10年間における沈下量<sup>8)</sup>

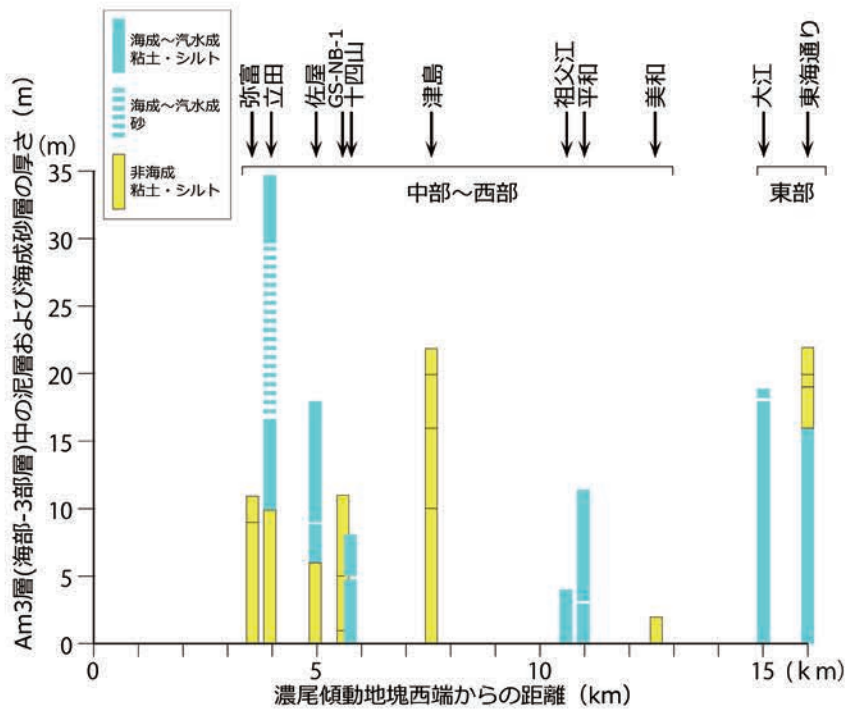
少数のデータだけなら、「平野東部のボーリング地点がたまたま埋没谷中に位置していたため、海成層が早い時代に進入してきたのだろう」とか「平野の西部では海成粘土層の堆積後に河川の浸食作用によって地層が削られたのでは？」など別の解釈も成り立つかもしれません。しかし、牧野内先生が非常に多くのボーリングデータを総合して判断されたことを考慮すると、この論文の結論=濃尾平野は長期的には西へ傾動しているものの、東部が西部より早期にかつ大きく沈降する時代が複数回あったことは確かと言えるでしょう。牧野内先生は控えめに書いていますが、濃尾傾動運動は、単純な累積的傾動沈下運動とは言えない、と言っても差し支えないでしょう。





濃尾平野の沿岸部(西部)と東部における長島テフラ挟在層準とD3L層(熱田層下部層)の厚さ

©名城大学(名城大学理工学部研究報告 57 46p Fig.11から引用)  
ただし筆者で日本語に変換



海部層中のAm3層(海部-3部層)の泥層及び海成砂層の厚さの比較

©名城大学(名城大学理工学部研究報告 57 47p Fig.12から引用)  
ただし筆者で日本語に変換

図-4.3.1 濃尾傾動運動の間欠的活動の可能性を示す

ボーリングデータ<sup>9)</sup>

上図:長島テフラを基準とする熱田層下部層(D3L)の厚さ分布,

下図:海部累層中の海成粘土層(Am3)の厚さ分布。ともに東西方向に並べている。

**5 養老-桑名-四日市断層帯と濃尾傾動運動の要因**

**5.1 定説では説明できない養老-桑名-四日市断層帯と濃尾傾動運動のふるまい**

以上をまとめると、養老-桑名-四日市断層帯と濃尾傾動運動は、①速度が一定ではない、②単純に累積してきたわけではない、に加え、さらに③地震時と非地震時に異なるモードの地殻変動が生じている可能性が高い、と言えます。では、これまでの定説がすべて間違っていたのでしょうか？もちろん、今の段階ではそれを完全に否定することはできません。たとえば地殻変動速度が一定であることを示すデータも、元をたどるとそれほど多数あるとは言いがたいという主張も成り立つのです。しかし、牧野内(2017)<sup>9)</sup>が論文末尾に示唆しているように濃尾平野周辺は「フィリピン海プレートの潜り込みの影響をこうむっている」ために、特異な地殻変動が生じている可能性を探ってみたいと思います。

**5.2 断裂したフィリピン海プレートスラブの運動がもたらす？濃尾平野周辺の特異な地殻変動に関する仮説**

いま、試みに濃尾平野を含む近畿三角地帯周辺のプレート構造概念図を作成しています(図-5.2.1)。フィリピン海プレートスラブの深度が急変し、深部低周波地震の空白部にある濃尾平野は、断裂しつつ斜めに沈み込んでいるフィリピン海プレートスラブのうち、まさに2つのスラブ断片が重なり合って沈み込んでいる場所に相当する可能性が指摘されています(図-5.2.1)。

こうした特殊な場にあって、フィリピン海プレートスラブ(断片)の運動が、「定説では説明できない」地殻変動をもたらしていると考えられないでしょうか…？

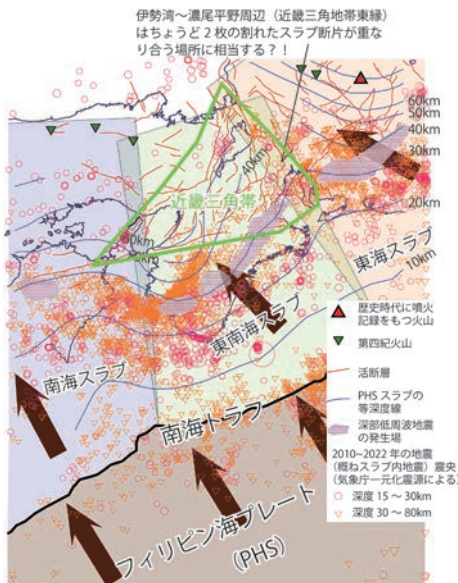


図-5.2.1 近畿三角地帯周辺の地殻構造概念図<sup>10)</sup>

**5.3 意外な?!発見の楽しさ**

以上は、私の妄想ともいえる未成立の仮説です。しかし、地質や地形の観察から、思いもよらない「意外な?!」地球の動きが見えてくることは、しばしばあることと思います。こうした意外性との出会いは、コンサルタント勤務4年間と産業技術総合研究所(地質調査所)勤務27年間の職業人生を豊かなものにしてくれました。

もしかしたら、たった1つの露頭や1本のコアからも、意外な地球の営みを見出すことができるかもしれない、そんな希望をもちながらこれからも長くこの職業人生を楽しんでいきたいな、と思っています。

**参考文献**

- 1) 笠原敬一・杉村 新・松田時彦:ネオテクトニクスの体系, 岩波地球科学選書 変動する地球—現在および第四紀, pp.1-30, 1991.
- 2) 小松原 琢: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, 2021.
- 3) 小松原 琢:桑名断層の平均変位速度の長期的変動, 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), 41-47, 2021.
- 4) 地震調査研究推進本部:養老-桑名-四日市断層帯の評価, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/67\\_yoro\\_kuwana\\_yokkaichi.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/67_yoro_kuwana_yokkaichi.pdf), 2001.
- 5) 大上隆史・須貝俊彦: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, 2006.
- 6) Mansinha L. and Smylie D. E.:The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, 61, 1433-1440, 1971.
- 7) 小松原 琢: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.
- 8) 東海三県地盤沈下調査会:令和3年における濃尾平野の地盤沈下の状況, 国土地理院ホームページ <https://www.gsi.go.jp/common/000243526.pdf>
- 9) 牧野内 猛, 濃尾平野の地下地質に関する若干の課題, 名城大学工学部研究報告, 57, 43-48, 2017.
- 10) 山岡耕春・西原真一: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, 1997.