

離水海岸地形からみた 1703 年元禄関東地震における 房総半島の地殻上下変動

地質調査所地震地質部* 宍倉 正展

Coseismic vertical displacement in the Boso Peninsula during the 1703 Genroku
Kanto Earthquake, deduced from emerged shoreline topography

Masanobu SHISHIKURA

Geological Survey of Japan, 1-1-3 Higashi, Tsukuba
Ibaraki, 305-8567 Japan

The 1703 Genroku Kanto Earthquake ($M 8.2$) occurred along the Sagami Trough where the Philippine Sea Plate subducts beneath the North American Plate. As a result of the coseismic crustal movements associated with the Genroku Earthquake and with the repeated paleo-earthquakes, Holocene emerged shoreline topography developed along the southern coast of the Boso Peninsula. From examination of the historical documents, maps and the height of the paleo-shoreline emerged at 1703, it is inferred that coseismic vertical displacement during the Genroku Earthquake had northward tilting accompanied with the uplift of more than 5 m in the southernmost part of the peninsula and subsidence of ca. 1 m in Hota and Kominato, the central part of the peninsula.

§ 1. はじめに

大地震に伴う地殻変動を正確に把握することは、震源断層の性状を知る上で重要である。機器観測が行われるようになった最近 100 年間の地震については、測地学的に地殻変動の詳細が知られ、現在では GPS によるリアルタイムの観測も行われている。しかし、測地の記録がない歴史地震や有史以前の地震に関しては、史料や地形・地質に記録された地震の痕跡を基に推定する必要がある。

古地震研究において、海域に震源を持つ地震の地殻上下変動を調べる際、広範囲で定量的に評価できる示標としてよく用いられるのが、離水海岸地形である。離水海岸地形とは、海成段丘に代表され、ベンチ、ノッチ、海食洞、浜堤といった汀線付近に形成される地形が、相対的海水準の低下に伴って離水、保存されたものである。特に

地震時の急激な隆起に伴って生じている例が内外で数多く報告されている。離水海岸地形に残された旧汀線は過去の地震直前の海水準を示すことから、その高度を測ることにより、地震時およびその後の地殻上下変動を推定することが可能となる。

房総半島南部沿岸は、このような変動地形学的手法を用いた地震性地殻変動の研究例が古くから報告されている。本地域には完新世海成段丘が発達し、おもに相模トラフ沿いに発生するプレート間巨大地震に伴って離水している。このうち低位のものについては、1703 年元禄関東地震 ($M 8.2$; 以下、元禄地震と呼ぶ) との関連が指摘され、元禄段丘と呼ばれる (図 1)。また、面的な広がりや連続性に乏しいが、1923 年大正関東地震 ($M 7.9$; 以下、大正地震と呼ぶ) の際に出現した、大正ベンチと呼ばれる離水ベンチが元禄段丘より低位に分布する (図 1)。

* 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-3
電子メール: shishi@gsj.go.jp

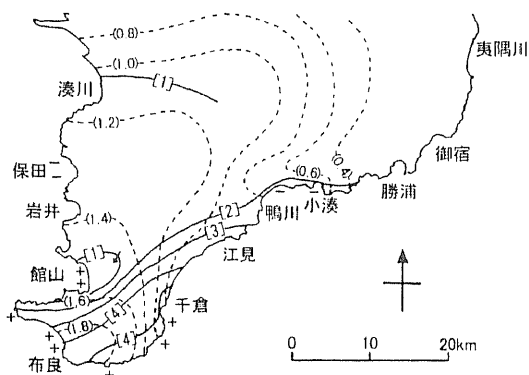


半島西岸 保田付近



半島南岸 千倉付近

図1 房総半島沿岸における離水海岸地形



+ - : 史料から推定される元禄地震時の隆起(+)と沈降(-)の分布
【宇佐美・他(1977)】

- (1) - : 松田・他(1974)による元禄地震時の地殻上下変動量分布(単位はm)

- (1.2) - : 陸地測量部(1926)による大正地震時の地殻上下変動量分布(単位はm)

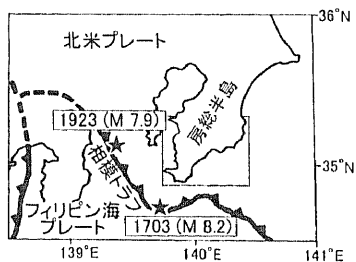


図2 房総半島における元禄地震時および大正地震時の地殻上下変動(上)と相模トラフ周辺の概観図(下)

大正地震では水準測量に基づいて、半島南端の布良で約 2m 隆起し、北東へ傾動したことが明らかになっており[図 2; 陸地測量部(1926)], 大正ベンチの高度分布もこれに調和的である。

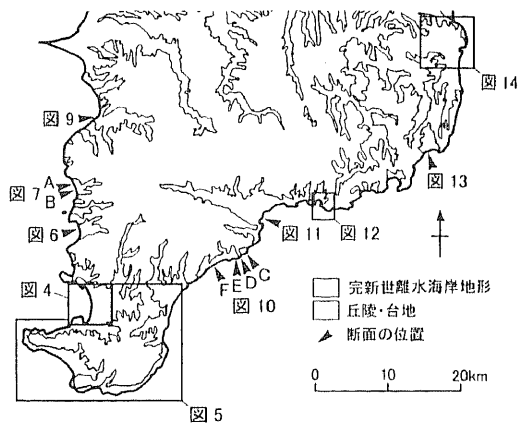


図3 房総半島における完新世離水海岸地形の分布

一方、元禄地震に関しては松田・他(1974)が、元禄段丘の調査から地殻上下変動を推定している。それによると、房総半島は全体として北西へ傾動隆起し、布良や千倉付近で最大 4m 以上という大正地震の倍以上の隆起量が見積もられた(図 2)。しかし、宇佐美・他(1977)による史料の解釈によれば、元禄地震の際の地変は、南端部では大きな隆起があったものの、保田や小湊では沈降した可能性が示唆されており(図 2)、異なる見解を示している。松田・他(1974)による元禄段丘の認定には、その根拠となった年代資料が示されていないなどの問題点、疑問点があることから、筆者は元禄江線の再検討を行い、その高度を基に新たな元禄地震時の地殻上下変動を推定

した.すでに一部は報告済である[宍倉(1999)]が,本稿では,その後の調査による結果について述べる.

§2. 離水海岸地形の高度・年代と元禄地震時の地殻上下変動について

離水海岸地形から地殻上下変動を推定する際,重要となるのが,旧汀線の認定である.従来から旧汀線は段丘崖基部の傾斜変換部と考えられていた.これに対し茅根・吉川(1986)は,千倉周辺の岩石海岸地形の調査から,離水ベンチの上面をもって旧汀線とするべきであると主張している.これには今泉・他(1986)による生物指標などを根拠とした反論もあり,またベンチは,岩質や波などの条件の違いにより,低潮位ベンチや高潮位ベンチなど,潮間帯の中で様々なレベルに形成されうることから,全ての地域において離水ベンチ上面を中潮位と考えるのは危険である.

本研究では,基本的には段丘崖基部を汀線アングルとして注目し,生物指標の有無や,ノッチ,海食洞などの存在を確認しながら高度を計測した.場所により,茅根・吉川(1986)の指摘するような段丘崖付近の離水ベンチも見られたが,その付近の現成ベ

ンチと比較して潮間帯の中でどのレベルに対応しているのか検討し,高度を参考にした.なお,高度の測定には光波測距儀を用いており,測定における誤差は数cm以内である.しかし旧汀線認定において,確実な中潮位の示標の検出は難しく,高潮位や低潮位との誤認の可能性もあることから,高度の誤差は最大で1m程度になっているものと考えられる.

次に,認定された旧汀線の離水時期が確実に元禄地震直前であるかどうかの検討が必要である.本研究では,まず古文書の記載や,古絵図と現在の地形との比較,また海成段丘面上の集落の成立時期,古い寺院や神社の存在などを基に,離水海岸地形と元禄地震との関係を検討した.また,堆積物の ^{14}C 年代などから,離水海岸地形の形成年代の推定を行った.

本稿では房総半島沿岸を3地域に分け,館山~千倉沿岸を房総半島南岸地域,館山以北の内房地域を房総半島西岸地域,千倉以北の外房地域を房総半島東岸地域と呼び,各地域の離水海岸地形から元禄地震時の地殻上下変動量を推定したので,以下に述べる.

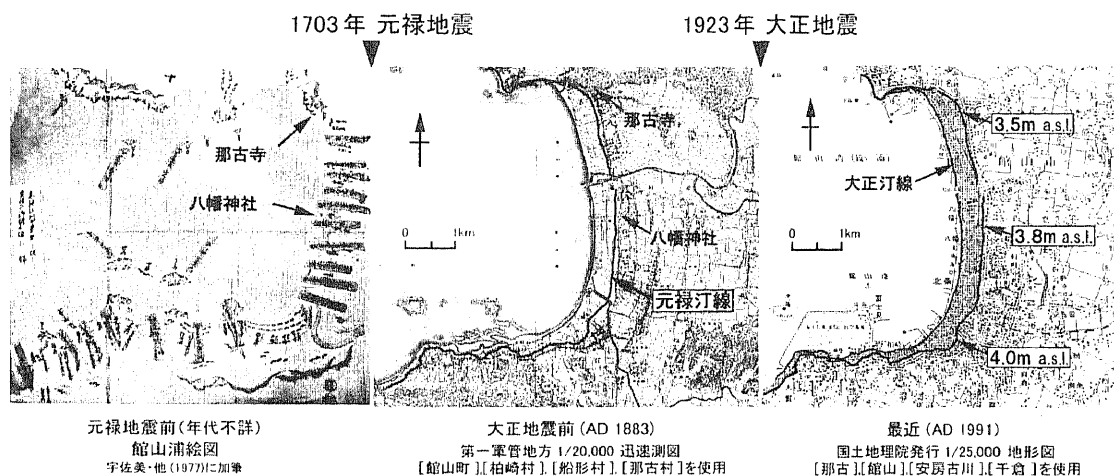


図4 館山湾周辺における海岸線の変化

3つの時代の地図をほぼ同じスケールで比較した.右端の図中の網掛部が元禄段丘の範囲.

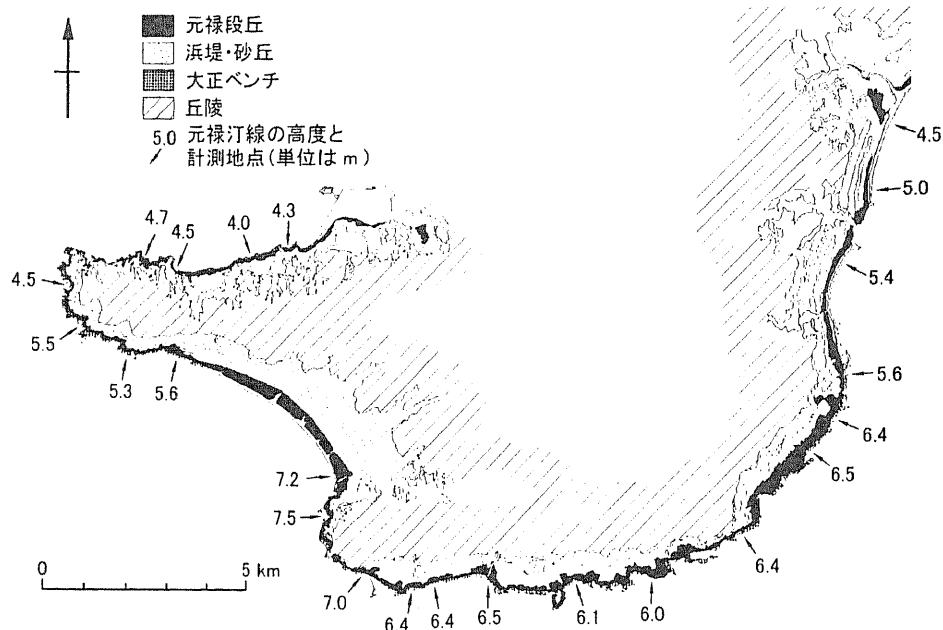


図5 房総半島南岸地域における元禄段丘の分布と旧汀線高度

2.1 房総半島南岸地域

本地域は最も離水海岸地形(海成段丘)の発達が良い, 高度も高い. 元禄段丘も明瞭で, その分布域に関しては, 松田・他(1974)をはじめとする多くの研究において, ほぼ一致している. また古文書にも那古村から七浦あたり(現在の館山から千倉)までの浅海底の離水現象が記されている[宇佐美・他(1977)]. 元禄地震前に館山湾沿岸を描いた古絵図と明治時代の迅速図, 最近の地形図とを比較すると, 元禄地震後に海岸線が前進し, 新しい土地が出現しており(図4), 元禄段丘の存在が明らかである. 本研究では, 1/8,000 空中写真判読などによる元禄段丘の再区分を行い, これらの旧汀線高度を各地で実測した(図5). その結果, 多少のばらつきはあるものの, 元禄汀線高度は全体として南ほど高くなる傾向がある. 最も高いのが布良の標高 7.5m で, 南端の野島崎付近は若干低くなる. 元禄地震時における隆起量は, 基本的にはこれらの値から大正地震時の隆起量(1~2m; 図2)を除いたものになり, §3 で後述するように 3~6m 程度である.

2.2 房総半島西岸地域

(1) 岩井

岩井(図2, 3)では, 10 列の完新世離水浜堤列(高位から BR-I ~ X と呼ぶ)が発達しており, その最も海側の BR-X は, 聞き取り調査などによれば, 大正地震の際の隆起によって離水している(図6). また大正地震より一つ前のイベントを記録していると考えられる BR-IX の旧汀線高度は 2.7~3.0m で, 松田・他(1974)はこれを元禄汀線と考えている. しかし, 堆積物中の ^{14}C 年代に基

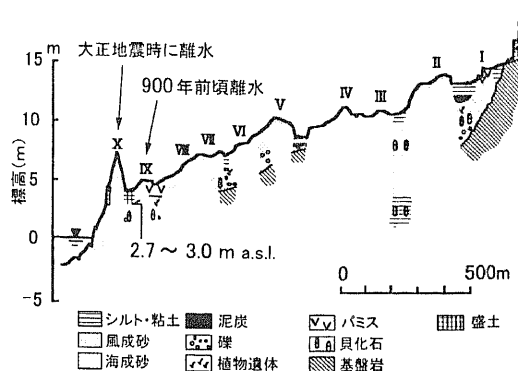


図6 岩井における地形地質断面
実倉・他(2001)のA測線とB測線を合成.

づけば、離水年代は 900cal yrs BP 前後と推定され[宍倉・他(2001)], 元禄地震とは関係していないことが明らかになった。したがって岩井では元禄汀線が確認されない。これは元禄地震において、地形に記録されるだけの隆起現象が生じなかったことを意味する。史料にも本地域の地変に関する記載はなく[宇佐美・他, (1977)], 顕著な地殻上下変動が生じなかった可能性が高い。

(2) 保田

保田(図 2, 3)では、宍倉(1999)が完新世海岸段丘の精査に基づいて、地震性地殻変動の考察を行った。その結果、これまで松田・他(1974)などによって元禄段丘と考えられてきた最低位の保田Ⅳ面(図 7)は、段丘面上に 882-673cal yrs BP という ^{14}C 年代を示す泥炭が堆積することや、1694 年に亡くなった菱川師宣の生誕地、墓地が存在

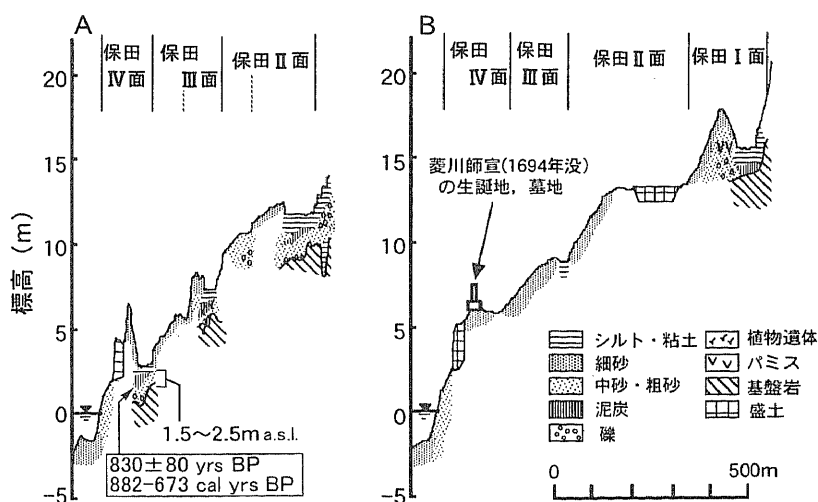


図 7 保田における地形地質断面
宍倉(1999)に加筆, 修正.

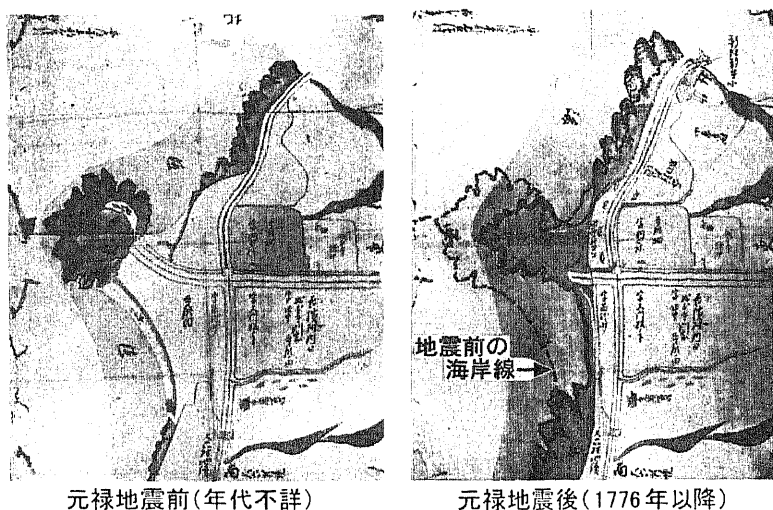


図 8 保田妙本寺付近の海岸線の変化(妙本寺海岸絵図より)
宇佐美・他(1977)より抜粋し, 加筆.

することなどから、元禄地震以前にすでに離水していたことが明らかになった。元禄地震前後の古絵図を比較すると(図 8), 地震後に海岸線が陸側に後退し、沈水現象が生じたことがわかる。また史料の記載[宇佐美・他, (1977)]によれば「本名村并近村共ニ変地 土地下り」と、保田地域が沈降したことが明瞭に述べられていることから、本地域は元禄地震時に沈降したと考えられる。

沈降量は実倉(1999)において次のように求めた。保田IV面の旧汀線高度は標高 1.5~2.5m であり(図 7), 大正地震時の隆起分 1.2m を差し引けば、大正地震直前は標高 0.3~1.3m 程度であったはずである。この段丘が 1 つ前の大正タイプの地震で離水したとすれば、その直後は標高 1.2m 程度に旧汀線があったことになる。したがって保田IV面離水以降、大正地震直前までの間に、最大で 0.9m の沈降が見積もられ、これが元禄地震時の沈降量を示すと考えられる。図 8 からも大規模な沈降は何もないことから、本稿では沈降量をおよそ 1m 程度と推定する。ただしこの推定方法は、地震間の地殻上下変動が考慮されておらず、いくつかの仮定の下に成り立っているため、あまり信頼性の高い値とはいえない。今後、より正確な沈降量を見積もるための示標を検出する必要があるだろう。

(3) 湊川

湊川河口付近(図 2, 3)の最低位段丘は、聞き取り調査や明治時代と現在の地形図の比較などから、大正地震の際の隆起(約 1.2m; 図 2)によって離水したことが明らかになった(図 9)。これより1段高位の段丘は標高 3~4m 付近に分布しているが、この段丘面上には元禄地震前から存在する東明寺や薬王寺など古いお寺があり、離水年代が

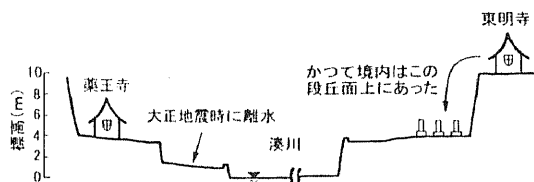


図 9 湊川河口付近における模式地形断面

地震以前であることを裏付ける。大正地震時の隆起量を差し引いて考えると、大正地震直前の段丘面の標高は 2~3m である。お寺の存在からみて、元禄地震前からそれらが満潮時にも水没しない位置であるためには、当時、少なくとも標高 1m 以上の段丘面高度を有していたはずである。したがって元禄地震において大規模な隆起はなかったことが確実であり、仮に隆起したとしても、その量は 1m 以下であろう。また、史料には本地域において大きな地変が生じた記載はない[宇佐美・他(1977)]ことから、地殻上下変動はほとんどなかったと考えられ、むしろ若干の沈降の可能性もある。

2.3 房総半島東岸地域

(1) 江見

鴨川市江見周辺(図 2, 3)の海岸では、岩石侵食段丘の発達が良く、比高 1~3m でおよそ 10 のレベルに旧汀線を示す地形が確認できる(図 10)。これらのうち標高 5m 付近に分布する段丘が、松田・他(1974)によって元禄段丘と考えられてきた。しかし吉浦地区(測線 E)では、この段丘面上に「頼朝の馬蹄石」と呼ばれる元禄地震より古い時代の史跡が存在する。これは 1180 年に源頼朝が石橋山の戦いから安房の国に逃

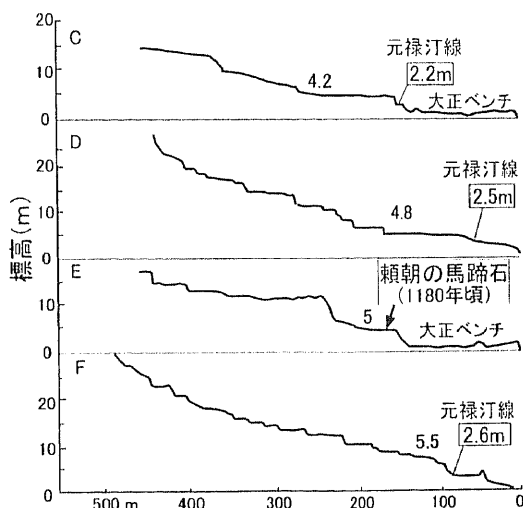


図 10 江見周辺における地形断面

れてきたとき、ここで名馬太夫黒の訓練を行ったといういい伝で、元禄地震以前から段丘面が存在した可能性を示唆するものである。ただし、源頼朝に関する伝承は房総半島の各地にあるものの、真偽のほどは明らかではない。沿岸の地形調査に基づけば、この段丘の下位の標高 2.5m 前後に、旧汀線を示す地形が分布することが確認された。これは大正ベンチ(標高 1m 付近に分布)よりは高位にある。元禄地震以降、大正地震までの間に本地域で海岸の離水現象をもたらすような地震は発生していないことから、元禄汀線は標高 5m 付近の段丘面ではなく、標高 2.5m 前後のレベルの旧汀線である可能性が高い。大正地震時の隆起量(約 1m; 図 2)を差し引けば元禄地震における隆起量は 1~2m 程度と推定される。

(2) 鴨川

鴨川(図 2, 3)では、羽鳥(1976)、宇佐美・他(1977)、古山(1985)が前原地区の津波被害に関する史料について述べている。当時、漁業で栄えていた前原の集落は、元禄津波によって壊滅的な被害を受け、のちに漁業の中心は浜荻の集落(現在の天津小湊町)に移ったという。また、仁右衛門島島主、平野仁右衛門が前原にある親戚の

家にいたところ、津波の被害にあっていたことなども明らかになっている。前原地区は標高 2.5~4m 付近に分布する最低位の段丘面上に位置している(図 11)。この段丘面は、松田・他(1974)が示した元禄汀線高度に対応するが、地震前からすでに前原の集落が成立していたことから、元禄地震との関係は否定される。このほか、仲川(1977)も元禄七年に作成された絵図面からみて、最低位段丘面が当時から存在していたことを指摘している。大正地震時の隆起量が 0.8m(図 2)であることから、当時の段丘面高度は 1.7~3.2m で、湊川と同様に、元禄地震前からこの程度の高さはあったと考えられる。また、平野仁右衛門の親戚の家は現在の

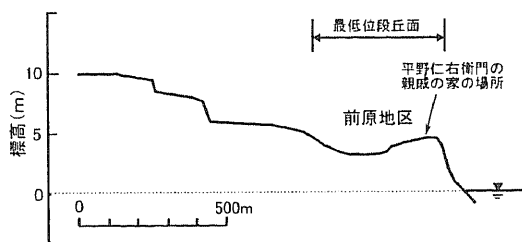


図 11 鴨川前原周辺の地形断面

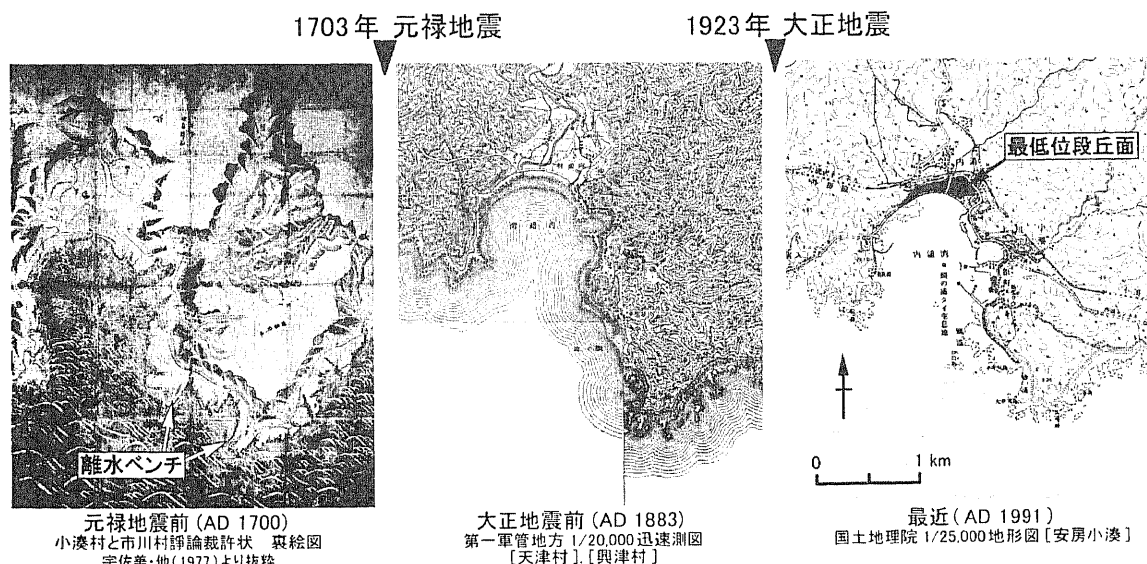


図 12 小湊内浦湾周辺における海岸線の変化
3つの時代の地図をほぼ同じスケールで比較した。

海岸に面した場所にあり、当時から隆起に伴うような大幅な海岸線の前進も生じていない。さらに、前述の江見における元禄地震時の隆起量が1~2m程度、後述する小湊では沈降しており、鴨川は両者の間に位置することからみて地殻上下変動は小さく、ほとんどなかった可能性が高い。

(3) 小湊

小湊周辺では、元禄地震以前に内浦湾(図2, 3)の周辺を描いた古絵図が存在する。これを明治時代の迅速図、最近の地形図と比較して海岸線の変化をみた(図12)。最低位段丘面は現在標高2~3mに分布し、松田・他(1974)はこれを元禄段丘と考えている。しかしこの段丘は古絵図中にすでに存在していたことが確認できる。また古絵図に描かれた離水ベンチと思われる陸地は、明治時代の迅速図では海面下に没しており、現在の地形観察でも干潮時にしか出現しないことが明らかになった。古文書には本地域が沈降したことを伺わせる記載があることが指摘されており[宇佐美・他(1977)]、現地の古老の話では、元禄地震時に海中に没した井戸があるという。

以上より、内浦湾周辺では、元禄地震の際に沈降したと考えられる。保田と同様に、沈降量を正確に見積もる示標は検出できていないが、元禄地震時に離水ベンチが沈水し、その後大正地震時の0.6m程度の隆起(図2)によって再び潮間帯付近に出現していることから、沈降量は少なくとも0.6m以上と考えられる。一方、古絵図西側の内浦湾奥では海岸線の大きな変化は見られず(図12)、大規模な沈降は伺えない。したがってここでは保田と同程度の沈降量とみなした。

(4) 勝浦・御宿・夷隅川

小湊より北では、いずれの地域とも最低位の段丘が元禄地震以前にすでに離水していたことが明らかになった。

まず勝浦周辺では、標高2~4mに最低位段丘が分布するが、ほぼ同レベルの標高3.6mに守谷洞穴遺跡や弁天崎洞穴遺跡と呼ばれる縄文~奈良・平安時代の海食洞起源の遺跡が分布する。これらは同時期に

離水した可能性が高く、形成年代が縄文時代(詳細時期は不明)以前であることを示す。御宿(図2, 3)では、標高2.5~4mに最低位の段丘面が分布しており、その離水年代は堆積物中の貝化石の ^{14}C 年代から3,200年前頃と推定される(図13)。夷隅川下流(図2, 3)においても、河口付近に広がる標高2~2.5m付近の最低位段丘面に奈良・平安時代より古い遺跡が分布し(図14)、離水時期がそれ以前であることが確実である。

以上の各地域の段丘面上は元禄地震前から生活の場となっており、当時から満潮時

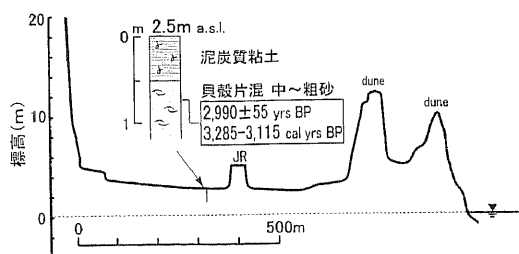


図13 御宿における地形断面

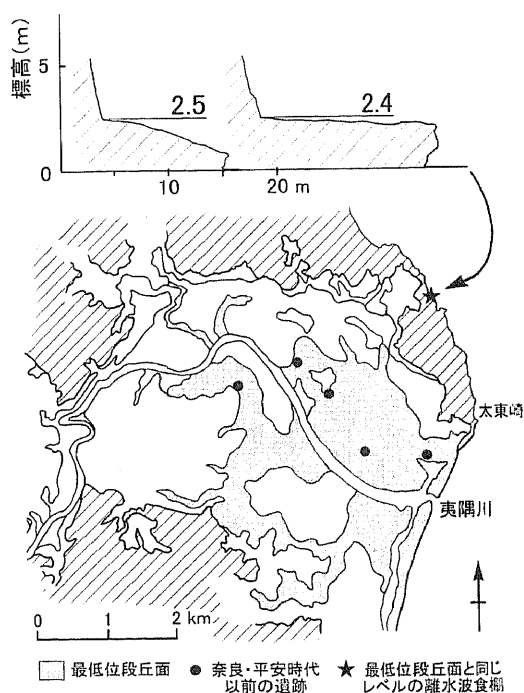


図14 夷隅川下流地域の最低位段丘面における遺跡の分布と離水ベンチの地形断面

にも波をかぶらない程度の高度を有していたはずである。したがって、仮に元禄地震で隆起現象を生じていたとしても 1m は越えない量と考えられる。また、これらの地域では史料にも地変に関する記載は見つかっていないことから、地殻上下変動がほとんどなく、小湊に近い勝浦や御宿では沈降した可能性がある。

§3. 元禄地震に伴う房総半島の地殻上下変動量分布

以上の各地域の調査結果に基づいて得られた元禄地震に伴う房総半島の地殻上下変動は図 15 a のようにまとめられる。元禄江線が認められた地域では、その高度から大正地震時の地殻上下変動量を除いた値を隆起量とみなし、地震後の平時の変動は松田・他 (1974) の推定 (図 2) と同様にゼロとしている。

一方、図 15 b は元禄地震後の平時の地殻上下変動について考慮した場合である。最近 40 年間の潮位記録に基づけば、布良は 2.57mm/year の速度で沈降しており [Ozawa *et al.* (1997)], この傾向が元禄地震以降約 300 年間、大正地震時を除いて一定であったと仮定すると、元禄地震時の隆起量は 0.75m 程大きい値となる。この逆

戻り分の量は場所によって異なると思われる、北へいくほど小さくなる可能性が高いが、検潮場所は限られており、各地の平時の変動速度や傾向は明らかではない。そこで布良における元禄+大正地震時の変動量に対する現在までの逆戻り分の割合 (およそ 9%) を隆起域全域で採用し、隆起量を推定した。沈降域では元禄地震時と大正地震時とで変位の向きが異なり、平時の変動も単純な沈降ではない可能性があることから、a と同様にしてある。また a, b とも海水準自体の変動については、元禄地震以降は無視できるものとし、考慮していない。

得られた分布パターンは、いずれも南端部周辺で 5m 以上の隆起と保田・小湊で 1m 程度の沈降を伴い、岩井一鴨川付近を海面に対するヒンジとして半島が北へ傾動したことを示す。しかし隆起の最大値は最南端の野島崎付近ではなく、a の場合が布良周辺と千倉周辺を結ぶゾーンとなり、b の場合は布良周辺が 6m 以上の隆起を示している。これは旧江線認定の誤差による見かけ上のものである可能性も否定できないが、布良周辺に比べて野島崎周辺の元禄江線高度は系統的に低く (図 5)、隆起量も同様の傾向である可能性が高い。

沈降域に関しては、その範囲が北にどこ

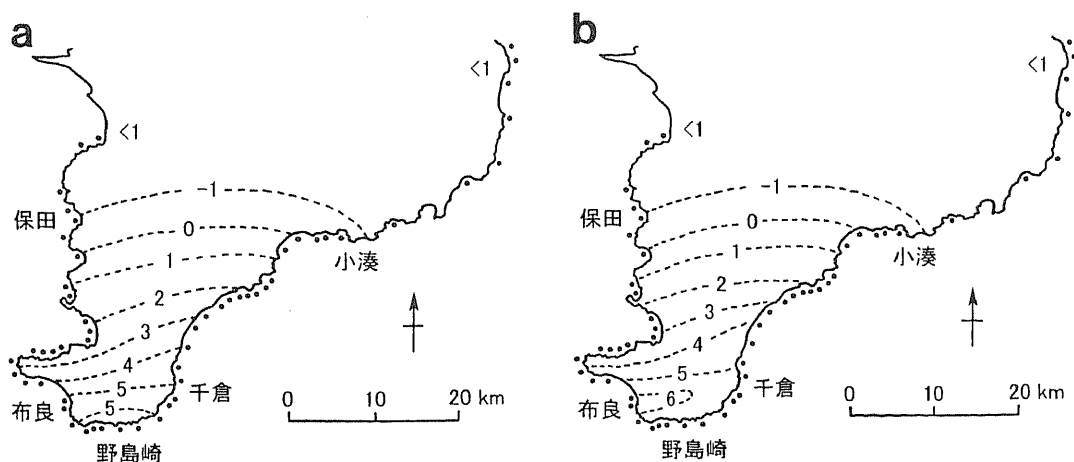


図 15 本研究で明らかになった房総半島における元禄地震時の地殻上下変動量分布
a: 平時の変動をゼロとした場合. b: 隆起域における現在までの逆戻りの割合を 9%とした場合.
図中の数字の単位は m, 黒丸は調査地点を示す。

まで分布するかは現時点で不明である。湊川や勝浦、御宿、夷隅川では 1m を越える隆起はなかったことが確実であるものの、実際に地変を生じたのかどうか、生じたとすれば隆起か沈降かを知る証拠はまだ検出できていない。

なお、これらの分布曲線は、あくまでも沿岸域のデータのみから推定したものであり、内陸部の上下変動に関しては不明である。したがって例えば西岸の 1m の地点と東岸の 1m の地点を結ぶ線が、北へ凸を描くか南に凸を描くかは明らかではなく、実際にはもっと複雑なパターンの可能性もある。

以上、未解決の問題点を含んでいるものの、本研究の結果は、松田・他(1974)の示したもの(図 2)とは明らかに異なり、従来よりも正確な地殻上下変動パターンを示していると考えられる。Matsuda *et al.*(1978)は松田・他(1974)の結果を基に震源断層モデルを推定しているが、これについても再検討の必要があるだろう。

今後は変動量の見積もりの精度をより向上させ、さらに三浦半島や大磯丘陵周辺における元禄地震の際の地殻上下変動も明確にした上で、新たな震源断層モデルを構築する予定である。

謝辞

本研究はおもに筆者が千葉大学大学院自然科学研究科在学時に行った調査に基づいており、同大学理学部地球科学科の宮内崇裕先生には終始お世話になった。また現地調査においては同学科の院生、学生諸氏に協力していただいた。記して感謝いたします。

文 献

羽鳥徳太郎, 1976, 南房総における元禄 16 年(1703 年)津波の供養碑—元禄津波の推定波高と大正地震津波との比較, 地震研究所彙報, 51, 63-81.

- 今泉俊文・宮内崇裕・中田 高, 1986, 房総半島南部における元禄(隆起)汀線の位置とその認定についての再検討, 日本地理学会予稿集, 29, 16-17.
- 茅根 創・吉川虎雄, 1986, 房総半島南岸における現成・離水浸食海岸地形の比較研究, 地理学評論, 59, 18-36.
- 古山 豊, 1985, 房総における元禄地震—鴨川市の被害状況を中心に, 歴史地震, 1, 93-100.
- 松田時彦・太田陽子・安藤雅孝・米倉伸之, 1974, 元禄関東地震(1703 年)の地学的研究, 垣見俊弘・鈴木尉元編「関東地方の地震と地殻変動」, 175-192, ラティス.
- Matsuda, T., Ota, Y., Ando, M. and Yonekura, N., 1978, Fault mechanism and recurrence time of major earthquakes in southern Kanto district, Japan, as deduced from coastal terrace data, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 89, 1610-1618.
- 仲川信一, 1977, 鴨川平野の地形, 法政大学地理学集報, 6, 40-51.
- Ozawa, S., M. Hashimoto and T. Tada, 1997, Vertical crustal movements in the coastal areas of Japan estimated from tidal observations, *Bull. Geogr. Surv. Inst.*, 43, 1-21.
- 陸地測量部, 1926, 関東震災地一帯に於ける土地の隆起及沈下状態, 地震研究所彙報, 1, 65-68.
- 宍倉正展, 1999, 房総半島南部保田低地における完新世海岸段丘と地震性地殻変動, 第四紀研究, 38, 17-28.
- 宍倉正展・原口 強・宮内崇裕, 2001, 房総半島南西部岩井低地の完新世離水海岸地形からみた大正型関東地震の発生年代と再来周期, 地震, 第2輯, 投稿中.
- 宇佐美龍夫・内野美三夫・吉村光敏, 1977, 房総半島南部の元禄地震史料, 関東地区災害科学資料センター資料(その 9), 62pp.