

12 - 8 三陸海岸の第四紀後期隆起プロセス

Late Quaternary uplift process of the Sanriku coast relating to seismotectonics in the Northeast Japan fore-arc

千葉大学 宮内崇裕

Chiba University, Takahiro MIYAUCHI

1. はじめに

東北日本弧の太平洋岸地域は、地帯構造的にはおよそ非火山性外弧と前弧海盆の境界にある。その北部にある三陸海岸はリアス式海岸の典型例とされ、そのような海岸形状は地殻沈降により海水が陸側に広く進入することによって作られると考えられてきた。確かに、過去 50 年間の験潮記録などによれば海岸部の顕著な沈降が最大 10mm / 年の桁で進行してきたが^{1) 2)}、地質学的長時間スケールでは逆に隆起傾向であり³⁾、一見矛盾する。さらに、2011 年東北地方太平洋沖地震時の地殻変動では海岸部は広く沈降し、その後余効変動では隆起に転じたところ、まだ沈降が続いているところさまざまである⁴⁾。このように三陸海岸は異なる時間スケールでみると真逆の垂直変動を示しており、トータルでは隆起するプロセスをきちんと理解する必要がある。とくに今回の巨大地震以前の測地学的沈降、地震時沈降がどのようにキャンセルされ、隆起に転じていくプロセス(第 1 図)は、巨大地震サイクルモデルを構築し、今後発生する可能性のある新たな地殻変動を考慮する上でも重要な検討課題である。

2. 三陸海岸は本当に隆起しているのか？

北上高地の太平洋岸には海成段丘と呼ばれるかつての浅海底が陸化した地形がひな壇上に分布している。火山灰編年学的手法により、水無面(標高 250m)は約 85 万年前に、種市面(標高 20 ~ 40m)は約 12 万年前の高海面期に離水しており、第四紀後期を通じて継続的な隆起を端的に示している(第 2 図、宮内, 2001)。平均的な隆起速度は北部で 0.3 mm/年、南部で 0.2 mm / 年である。

北部の海岸の久慈付近の低地ボーリングコア解析によれば、1 万年前の海面高度 -50 m 付近で堆積した縄文海進途中の潟湖堆積物は現在 -25 m にあることから、その後の約 25 m の隆起を示唆している。7000 年前の海面高度 0 m 付近で堆積した同様の地層は現在 -5.5 m にあることから、その後の沈降分を示している。近傍の海岸には、4800 年前以前および以後に離水した波食地形が存在しており、これらは完新世後期の隆起を示唆している。1 万年スケールでみると、海岸は隆起したり沈降したり大きく垂直変動していることが明らかである。とくに、離水波食地形の存在が、最近数 1000 年間における間欠的隆起に由来するとした場合、巨大地震後の余効変動による隆起とは別の種類の地殻変動(活構造運動)を考慮する必要がある。今回の巨大地震後の余効変動を海岸線の挙動からみると、南部の海岸の隆起は顕著であるのに対して、北部の海岸のそれは見られない⁴⁾。南部では、これまでの海岸沈降は深部での余効すべりによってキャンセルされ隆起に転じる可能性がある⁵⁾が、北部の海岸にはその動きが鈍く、このままでは隆起成分が不足することになる。

3. 大陸棚外縁下の活構造・伏在断層の可能性

巨大地震後の深部すべりに伴う余効変動が十分でない場合には、海岸の隆起をもたらす別の地殻変動、すなわち地殻短縮に伴う永久変形が必要である。東北日本弧の前弧海盆下のアスペリティで

は M7～8 級地震が繰り返し起こっているが⁶⁾、これらの地震時変動・余効変動による海岸の隆起は驗潮記録に全く現れていない。すなわち、三陸沖の繰り返し地震による一連の地殻変動は三陸海岸の隆起に影響を与えない。沈み込みに伴う水平短縮あるいはマグマ底付け作用による東北日本弧の地殻の厚化が、アイソスタティックに海岸隆起をもたらす可能性がある⁵⁾。しかし、このような緩慢な隆起運動では、完新世の離水海岸地形は生まれにくい。この種の離水海岸地形は、沖合で起こる巨大地震時の上盤プレートの海溝側海岸によく記録されており、過去の地震性地殻変動の直接的証拠である（例えば、房総半島や室戸半島の離水海岸地形群）。北部の海岸に連続する完新世離水海岸地形が地震性地殻変動による場合には、沖合に震源断層を想定することになる。

三陸沖の海底地形・地質構造をみると、大陸棚外縁から前弧海盆に至る場所に相対的に傾斜が大きく、新規の地層変形を示唆する撓曲地形が推定される（第 2 図）。北部では水深 200～500m、南部ではやや不明瞭であるが水深 600～800m の遷急部であり、いずれも長さは 100 km を超える。少なくとも深さ 1500 m までには断層構造は見えないが^{7) 8)}、撓曲を示唆する中新世・第四紀の地層の東への単斜構造が表現されている。これらの変形と海岸地形を隆起させるような伏在逆断層を想定し、震源断層モデリングを行った。用いた地殻変動計算プログラムは独立行政法人防災科学技術研究所岡田義光氏提供の地殻変動解析サブルーチン⁹⁾を組み込んだ気象研究所提供の地殻変動解析支援プログラム MICAP—G Ver.2.1 である。海岸部の最大隆起量は、最低位の離水海岸地形標高 2 m に地震間沈降量 3 m（3 mm/年の沈降速度で 1000 年間継続と仮定）を加えた 5 m とした。断層面にすべり量を試行錯誤的に与えて計算した結果、海岸部に大きな隆起をもたらすためには、余効変動の起きているプレート境界深部からのすべりとそこから派生する折れ曲がり断層において大きなすべり量（15～20 m）を与えることで海岸の隆起を復元することができた。発生間隔については不明であるが、離水海岸地形の数（2 つ）と年代から推定すると、数千年間に 2 回程度の頻度である。

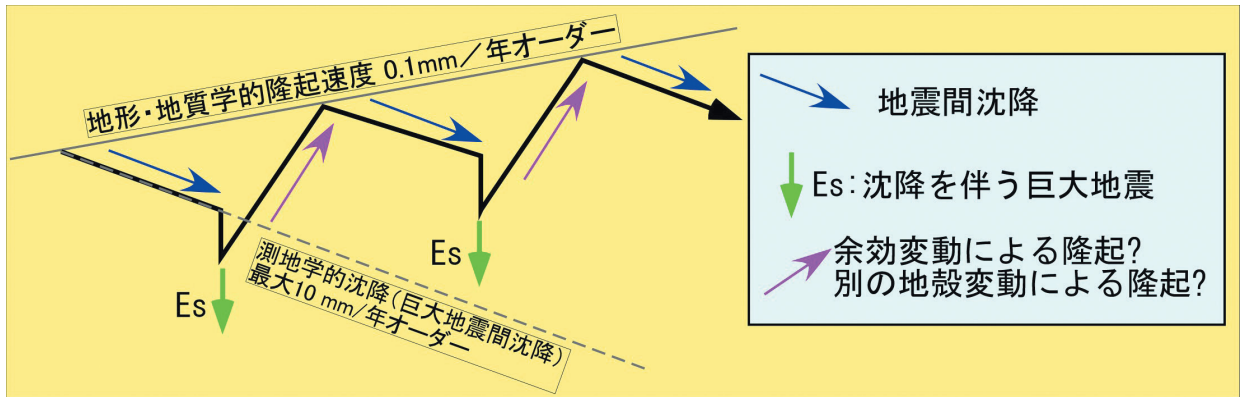
大陸棚外縁活構造由来の地殻内地震とそれに伴う地震性地殻変動を検証するために、1 万年スケールでの海岸低地詳細形成史（垂直変動史）をボーリング調査によって解明し、海岸から大陸棚外縁に至る地域における高分解能の構造探査が急務である。また、想定震源域がほぼ海岸の直下となるので、強震動災害の観点からも重要な研究となることはまちがいない。

参 考 文 献

- 1) 加藤照之・津村建四朗, 1979, 潮位記録から推定される日本の垂直地殻変動 (1951～1978), 地震研究所彙報, 54, 559, 559-628.
- 2) Kato, T., 1983, Secular and earthquake-related vertical crustal movements in Japan as deduced from tidal records (1951-1981), Tectonophysics, 97, 183-200.
- 3) 宮内崇裕, 2001, CD1/5 万図幅, 八戸東部図幅, 階上岳図幅, 久慈図幅, 陸中大野図幅幅, 陸中野田図幅, 岩泉図幅, 田老図幅, 宮古図幅, トドヶ崎図幅. 小池一之・町田 洋 (Koike, K and Machida, Y.) 編, 日本の海成段丘アトラス (Atlas of Marine terraces in the Japanese Islands), 東京大学出版会 (University of Tokyo Press), 105p+CD3 枚.
- 4) 国土地理院, 2011, 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震地震後の上下地殻変動の観測

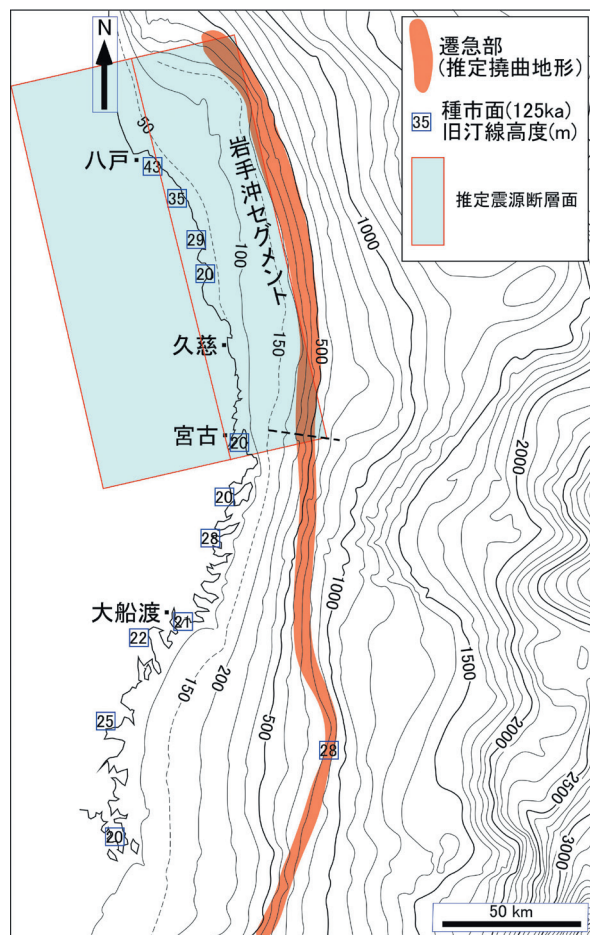
値と計算値の比較（暫定），<http://www.gsi.go.jp/common/000063039.pdf>

- 5) 池田安隆, 2011, 島弧－海溝系における長期的歪み蓄積過程と超巨大地震, 科学, 81, 1071-1076.
- 6) Yamanaka, Y. and Kikuchi, M, 2004, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, JGR, 109, B07307, doi:10.1029/2003JB002683.
- 7) 地質調査所, 1978, 1/200,000 海洋地質図 10, 八戸沖海底地質図.
- 8) 地質調査所, 1983, 1/200,000 海洋地質図 22, 釜石沖海底地質図.
- 9) Okada, Y., 1992, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulletin of Seismological Society of America, 82, 1018-1040.



第1図 三陸海岸の垂直変動史と隆起プロセス (概念図)

Fig.1 Generalized figure showing the history of vertical movement and uplift processes in the Sanriku coast.



第2図 三陸海岸沖の海底地形と推定活構造・推定伏在震源断層。陸上の海成段丘旧汀線高度は宮内(2001)による。等深線は海上保安庁(1980)発行1/100万海底地形図第6312号「東北日本」から作成。

Fig.2 Submarine topography off the Sanriku coast and estimated active tectonic structure and concealed source faults. Marine terrace paleoshoreline height data from Miyachi(2001). Sub marine contours from 1/1,000,000 bathymetric chart of North-east Nippon No.6312 issued by Hydrographic Department of M.S.A., Japan.