

日本沿岸における 1955 年以降の海水準変動

宇多高明*・伊藤弘之**・大谷靖郎***

1. まえがき

近年、地球温暖化に伴う海水準の上昇が問題とされ、様々な機関により予測が行われている。主なものとして、IPCC が 2030 年までに 10～32 cm (2.5～7.5 mm/yr), 2070 年までに 33～75 cm (4.1～9.3 mm/yr) (Thoughton et al., 1990), Delft が 2030 年までに 20～140 cm (5～35 mm/yr) と予測し、アメリカ地球物理学連合のシンポジウムでは 2050 年までに 0～70 cm (0～10 mm/yr) という結論を出した。これらの予測値は大小様々であり、予測幅もかなり広い。したがって、対策立案に使用するには精度が不十分である。したがって過去から現在までの潮位変化を正確に把握し、これと潮位のモニタリングの結果を比較して初めて海水準変化が生じたかどうか正確に判断されることになる。

一方、過去約 100 年間の海水準変動に関する研究として、Barnett (1984, 1988) や Gornitz and Lebedeff

(1987) は、世界中の潮位データを調査し、海水準の上昇量を評価した。しかし、これらの研究は地球全体の平均海水準を扱ったものであること、また地球全体を対象とするには検潮所の数が 100～150カ所と少ないこと等により、海水準の局所的な変動を論じるには精度上十分ではない。そこで本研究では、我が国沿岸における数多くの実測潮位データをもとに、我が国周辺海域における潮位変動について分析するものである。



図一 検潮所の配置図

2. 調査方法

本研究で用いた潮位データは建設省国土地理院、気象庁、海上保安庁水路部の検潮記録であり（海岸昇降検知センター、1986；1986～1989），長期変動を調べるため、観測期間が特に20年以上のものとした。検潮所の移設等に伴い潮位データの整合性が損なわれた場合は、原則として移設後のデータのみを用い、また欠測がある場合は欠測期間の潮位を欠測前後の潮位より線形補間した。調査対象とした検潮所は図一に示す93カ所であり、太平洋、日本海、瀬戸内海、東シナ海沿岸の順に北から南、または東から西に向かって各検潮所に番号を付した。た

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長

** 正会員 工修 建設省土木研究所海岸研究室

*** 正会員 (株)アイ・エヌ・エー海岸海洋部

だし、太平洋に面した北海道南部と東北地方北部に位置する検潮所の潮位データは、その特性から見て北海道および東北地方北部の日本海側のデータと同一地域のデータとして区別した。原データの詳細については、宇多・伊藤 (1991) を参照されたい。

3. 潮位の経年変化

潮位の変化傾向には地域ごとに類似した特徴が見られる。そこで日本列島を図-1に示すように①北海道・東北地方の太平洋沿岸、②関東・東海地方の太平洋沿岸、③紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸、④北海道・東北地方の日本海沿岸、⑤北陸・中国地方の日本海沿岸、⑥瀬戸内海沿岸、⑦九州地方の東シナ海沿岸の7地域に分割し、各地域ごとに潮位の変化傾向を調べた。

年平均潮位に関しては1年ごとの変動が大きいので、潮位の3年間移動平均値を長期的変化の指標とし、各検潮所における1955年～1989年の間の年平均潮位をもとに、潮位の3年間移動平均値 $\bar{\eta}$ とその変化率 ($r = \Delta\bar{\eta}/\Delta t$) を求めた。この時、潮位は観測期間の全平均値を基準とする相対値とする。また各検潮所における潮位変化に適当な重みをつけて重ね合わせ、局地的な変動成分を相殺することにより各地域における潮位変化の代表モードを求めた。この時、Barnett (1984) と同様、重みは主成分分析により求めた。ただし、大阪における潮位変化は局所的な地盤沈下の影響が顕著に表われていたため解析対象から除いた。また、1955年において既に潮位観測所が設置されていた場合を主成分分析の対象としたために、計算に用いた検潮所数は49カ所である。各地域ごとに代表モードおよび各検潮所における潮位の3年間移動平均値 $\bar{\eta}$ とその変化割合 r の特徴について述べる。

①北海道・東北地方の太平洋沿岸 (図-2)

代表モードの寄与率は0.77であり、この地域の潮位変化傾向を良く代表している。1956年～1988年の間の代表モードの上昇量は20.9 cm、上昇速度は7.2 mm/yrである。7地域の中で上昇傾向が最も強いが、1982年以降は横ばい状態となっている。潮位の変化割合は1957年～

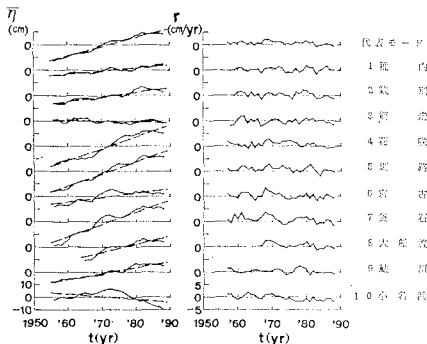


図-2 北海道・東北地方の太平洋沿岸の潮位変化

1982年の間ほとんど毎年正の値を示したことが特徴である。また潮位の変化割合は1960年、1970年、1980年の初期に特に大きくなっており、約10年周期の変動成分が含まれている。この地域では花咲、釧路および釜石において潮位上昇が特に顕著であったが、1956年～1988年の間にそれぞれ30 cm (9.3 mm/yr)、27.5 cm (9.6 mm/yr)、28.7 cm (9.6 mm/yr) と著しい上昇が生じた。

②関東・東海地方の太平洋沿岸 (図-3)

代表モードの寄与率は0.75であり、地域特性を十分代表している。代表モードには極大値と極小値がそれぞれ2組表われており、約15 cmの変動幅を持った変動成分が見られる。1956年～1988年の潮位上昇は15.0 cm、潮位上昇速度は4.3 mm/yrであり、北海道・東北地方の太平洋沿岸に次いで上昇量が多い。

この地域で潮位が最も上昇したのは鳥羽であり、1956年～1988年の間に44.4 cm (12.7 mm/yr) も上昇した。逆に潮位が最も下降したのは伊豆半島東端の伊東であり、1975年～1988年の間に37.2 cm (29.7 mm/yr) 下降した。毎年1.6～4.4 cmの下降を示しており、近年もその傾向は続いている。また、伊豆諸島に属する八丈島の潮位変化は変動振幅が非常に大きいことが特徴である。この変動成分はこの地域全体で共通して見られるが、本州沿岸においては変動幅が10～15 cm程度であるのに対し、八丈島では約50 cmと3～5倍の変動幅を示す。

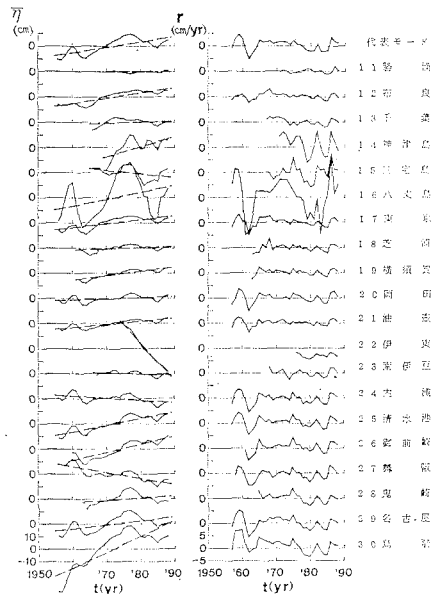


図-3 関東・東海地方の太平洋沿岸の潮位変化

③紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸 (図-4)

代表モードの寄与率は0.63であり、いくぶん低いが地域特性を代表すると考えられる。代表モードは1956年～

1988年の間潮位が2.8 cm 下降し、その変化速度は -0.9 mm/yr であった。またこの地域の代表モードにも関東・東海地方の太平洋沿岸と同じ変動成分が含まれている。

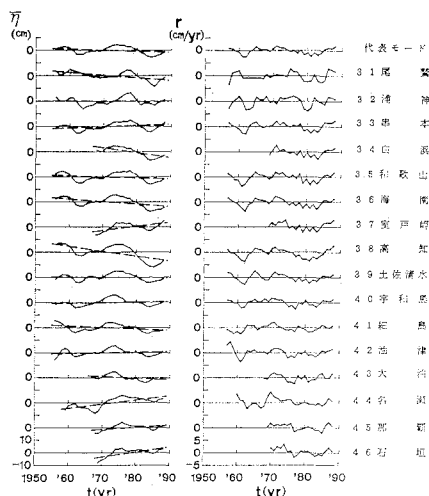


図-4 紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸の潮位変化

④北海道・東北地方の日本海沿岸 (図-5)

代表モードの寄与率は0.50といくぶん低い。代表モードの変化割合には、北海道・東北地方の太平洋沿岸の潮位変化と共通した変動成分が見られる。しかし、1956年～1988年の間の潮位変化量は1.5 cm (1.1 mm/yr)と小さく、北海道・東北太平洋沿岸の潮位が上昇傾向であった点とは明らかに異なる。

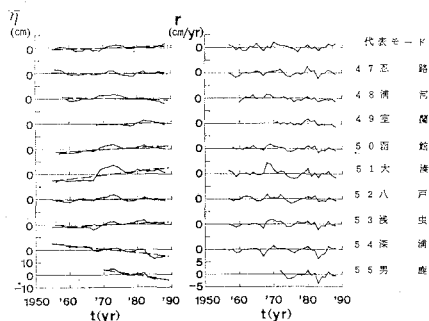


図-5 北海道・東北地方の日本海沿岸の潮位変化

⑥北陸・中国地方の日本海沿岸 (図-6)

代表モードの寄与率は0.70であり、十分な代表性を有する。代表モードに関しては、1970年代に一時的な潮位の高まりが生じており、北海道・東北地方の日本海沿岸とほぼ相似な曲線を示すことが分かる。ただし1956年～1988年の間潮位は0.5 cm (0.1 mm/yr) 下降しており、上昇傾向を示した北海道・東北地方の日本海沿岸と逆傾向を示す。

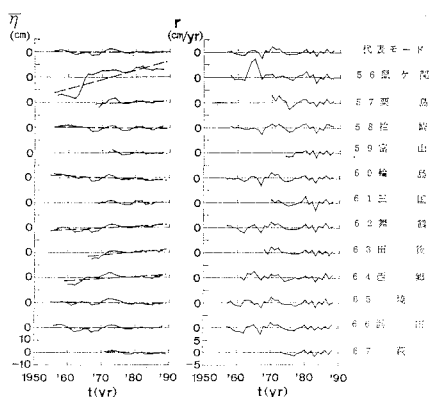


図-6 北陸・中国地方の日本海沿岸の潮位変化

⑥瀬戸内海沿岸 (図-7)

代表モードの寄与率は0.78であり、代表性が高い。代表モードは紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸や関東・東海地方の太平洋沿岸と共通した変動成分を有している。潮位上昇量は9.0 cm, 上昇速度は 2.7 mm/yr と大きく、関東・東海地方の太平洋沿岸に次いで潮位の上昇傾向が強い。

大阪では1956年～1988年の間に111.4 cm (37.8 mm/yr)という顕著な潮位上昇が生じた。これは地下水の汲み上げに伴う地盤沈下によるものと考えられる。ただし1970年以降、大阪における潮位変化は隣接する検潮所における潮位変化と同様な曲線を描いており、地盤沈下は鎮静化したと見られる。

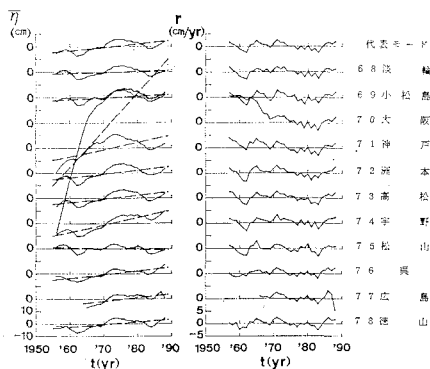


図-7 瀬戸内海沿岸の潮位変化

⑦九州地方の東シナ海沿岸 (図-8)

代表モードの代表性は0.42と低く、この地域の潮位変化に共通する変動成分は小さい。代表モードの変化傾向は、1970年代に一時的な高まりが見られるなど、北海道・東北地方および中国・北陸地方の日本海沿岸の潮位変化と類似している。1956年～1988年の間の潮位変化は上昇量3.3 cm, 上昇速度 0.75 mm/yr とわずかに上昇傾向を示す。

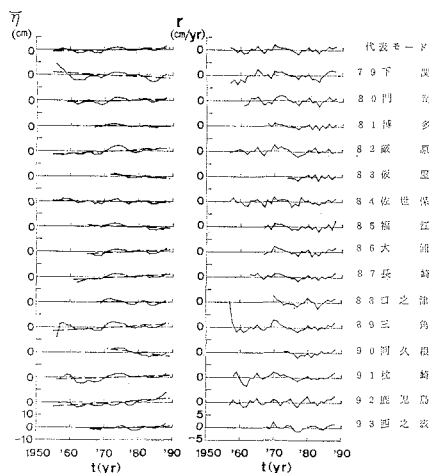


図-8 九州地方の東シナ海沿岸の潮位変化

以上より、関東地方以南の太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸、日本海沿岸および東シナ海沿岸における潮位変化にはそれぞれ共通する変動成分が含まれていること、また北海道から東海地方にかけての太平洋沿岸で潮位の上昇傾向が強く、逆に日本海および東シナ海の沿岸ではほとんど変化していないか、または下降傾向を示すことが分かる。

4. 潮位変動に影響を及ぼす諸要因

4.1 海流の影響

関東地方以南の太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸に共通して含まれる潮位変動成分は、沖合を流れる黒潮の影響によるものと考えられる。黒潮は図-9に示すように岸に沿ってほぼ直進して流れる場合（直進流路）と、紀伊半島から東海地方の沖合において南に大きく蛇行して流れ、その内側に直径200 km程度の大きな冷水塊が出現する場合（大蛇行流路）とがある。黒潮の流路と我が国の太平洋沿岸の潮位との関係については、庄司ら（1954）、Moriyasu（1961）の研究があり、黒

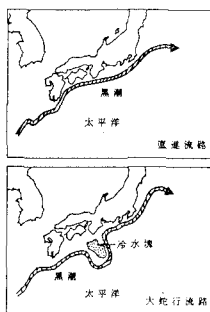


図-9 黒潮の流路

潮が大きく蛇行すると紀伊半島東岸から関東地方沿岸にかけて潮位が顕著に上昇することや、潮岬以東と潮岬以西の潮位差が小さくなることが知られている。一方、黒潮と相互作用を有する親潮はベーリング海から千島列島に沿って南西に流れ、さらに北海道南東沖からいくつかに分岐して南に向かっていく。一番南よりの親潮は親潮第一分枝と呼ばれているが、時として本州沿岸に沿って

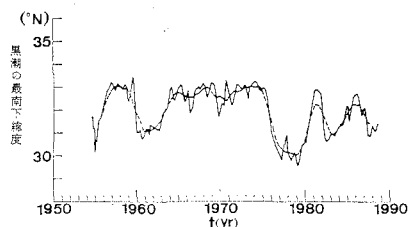


図-10 東海地方沖合における黒潮の最南下緯度の経年変化

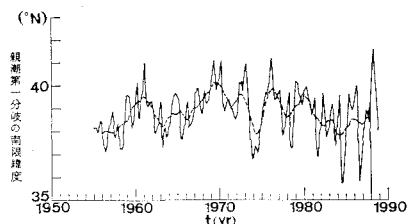


図-11 親潮第一分枝の南限緯度の経年変化

著しく南下することがある。

海流の流路と潮位の関係を調べるため、黒潮および親潮の流路を表すパラメータとして東海地方沖合における黒潮の最南下緯度および親潮第一分枝の南限緯度の経年変化をそれぞれ図-10、11に示す（気象庁、1989）。図-10によれば、1959年～1963年の間と1975年～1980年の間に黒潮流路は東海地方沖合において顕著に南下しており、この間大蛇行が生じたことを示している。黒潮の流路の変動と、関東・東海地方の太平洋沿岸における潮位の代表モードの変化割合 r （図-3参照）との相関を調べると、これらの間には非常に高い相関が見られ、黒潮が直進する場合には潮位が上昇し、大蛇行する場合には下降することが分かる。先に述べたように潮位の1年以内の短期的変化については、黒潮が大蛇行する場合に潮位の上昇が見られると報告されているが、本研究で扱ったような非常に長期的な潮位変化では、潮位そのものではなく潮位の時間変化割合が黒潮の流路変動によって説明されることが見出される。一方、親潮第一分枝の南限緯度は関東・東海地方の太平洋沿岸における潮位の代表モード r （図-3参照）とかなり高い相関を示し、関東・東海地方の沿岸で潮位が高いときは親潮第一分枝の南限緯度が北上する傾向が見られる。黒潮の流路と親潮の流路の間には直接的な相関はないが、互いに水位を媒介として関係を有している。黒潮が直進する場合は東海地方沖合の水位が上昇傾向となり、これに伴って生じる南北方向の水位勾配が親潮の南下を妨げ、また黒潮が蛇行する場合は逆の現象が生じるものと考えられる。このように、我が国の太平洋沿岸の潮位は海流変化と密接な関連を有している。

黒潮の影響による潮位の変動振幅は紀伊半島・四国・

九州地方の太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸において約10 cm (図-4, 7 参照), また関東・東海地方の太平洋沿岸においては約15 cm であり, 特に八丈島においては約50 cm もの大きさとなり (図-3 参照), 海流の影響は非常に大きい。このことは, 地球温暖化現象が顕著になった場合, 氷山・氷河の融解や海水の熱膨張のみでなく, 海洋循環の変化により局地的な海水準変動が生じる可能性を示している。

4.2 プレートテクトニクスの影響

各地域の海岸線延長を重みとして代表モードを平均すれば, 太平洋・瀬戸内海沿岸, 日本海・東シナ海沿岸, および全沿岸における平均的な潮位変化が求まる。この時用いる海岸線延長には小さな入江や半島の海岸線が含まれることは不適当と考え, 400 万分の1の地形図よりプランメータを用いて海岸線延長を読み取った。読み取った値を表-1に示す。この結果, 太平洋岸および瀬戸内海沿岸における潮位上昇速度が3.8 mm/yr, 日本海および東シナ海沿岸における潮位上昇速度が0.6 mm/yr, そして全国平均が2.2 mm/yr と得られた。これによると日本列島の両側で3.2 mm/yr と大きな差がある。我が国はユーラシア, 太平

表-1 各地域の海岸線延長

地 域	海岸線延長(km)
①北海道・東北地方の太平洋沿岸	1720
②関東・東海地方の太平洋沿岸	1250
③紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸	1220
④北海道・東北地方の日本海沿岸	1980
⑤北陸・中国地方の日本海沿岸	1540
⑥瀬戸内海沿岸	1000
⑦九州地方の東シナ海沿岸	1490

洋およびフィリピンプレートは境界上に位置している。太平洋およびフィリピンプレートは境界部でユーラシアプレートの下に潜り込むと考えられており, その影響で日本列島は太平洋沿岸で沈下する傾向にある。この

ことより, 太平洋沿岸の潮位上昇量が日本海側のそれに比較して大きい原因の一つにプレートテクトニクスの影響が考えられる。また, 我が国沿岸における平均的な潮位変化は関東・東海地方の太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸における潮位変化の影響が強く, これらの地域の潮位変化が我が国の潮位上昇の支配要因となっている。ところで, 1955年～1989年の間の潮位上昇速度は2.2 mm/yr と求められたが, Barnett (1984) は世界中の潮位データを用いて1930年～1980年の間の潮位上昇速度を 2.3 ± 0.23 mm/yr としており, これは1955年～1989年の間の我が国沿岸における平均的な潮位上昇速度とほぼ等しい。我が国沿岸に

おける潮位変化は地域性がかかなり強いが, 平均的な潮位変化は世界的平均潮位変化とほぼ等しいことが分かる。

5. 結 論

93カ所の潮位データより1955年～1989年の間の潮位変化について調査した結果, 以下の結論を得た。

①関東から九州地方にかけての太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸における潮位変化には共通した変動モードが含まれており, 黒潮が直進する場合は潮位が上昇し, 大蛇行する場合は下降することが判明した。また, 黒潮による潮位の変動振幅は, 紀伊半島・四国・九州地方の太平洋沿岸および瀬戸内海沿岸において約10 cm, 関東・東海地方の太平洋沿岸で約15 cm であり, 特に八丈島では約50 cm もの大きさなり, 潮位に及ぼす黒潮の影響が大きいことが分かった。このことは, 地球温暖化に伴って海洋循環が変化すると局地的な海水準変動が生ずることを示す。

②各地域の代表モードをその地域の海岸線延長を重みとして平均し, 太平洋沿岸, 日本海・東シナ海沿岸および我が国沿岸全域における平均潮位上昇速度を求めたところ, それぞれ3.8, 0.6, 2.2 mm/yr となった。日本海側に比べ太平洋側で潮位上昇が顕著である原因の一つにプレートテクトニクスの影響が考えられる。

参 考 文 献

- 宇多高明・伊藤弘之 (1991): 地球温暖化調査報告書—潮位, 波浪, 海浜地形の長期変動に着目して—, 土木研究所資料, 第3034号, p. 99.
- 海岸昇降検知センター (1966): 日本列島沿岸の年平均潮位とそのグラフ, 明治27年～昭和60年, 建設省国土地理院, p. 62.
- 海岸昇降検知センター (1986-1989): 海岸昇降検知センター潮位年報, 建設省国土地理院.
- 気象庁 (1989): 異常気象レポート '89 近年における世界の異常気象と気候変動—その実態と見通し— (IV), 大蔵省印刷局, p. 433.
- 庄司大太郎 (1954): 日平均水位と海況の変動について (第1報), 水路要報, sp. No. 14, pp. 17-25.
- Barnett, T. P. (1984): Estimation of "global" sea level change: a problem of uniqueness, J. Geophys. Res., 89, 7980-7988.
- Barnett, T. P. (1988): Global sea level change. In: NCPO, Climate variations over the past century and the greenhouse effect. A report based on the First Climate Trends Workshop, 7-9 September 1988, Washington D.C. National Climate Program Office/NOAA, Rockville, Maryland.
- Gornitz, V. and S. Lebedeff (1987): Global sea level changes during the past century. In: Sea level fluctuation and coastal evolution, (Eds., D. Nummedal, O. H. Pilkey and J. D. Horward), SEPM Special Publication No. 41.
- Moriyasu, S. (1961): On the difference in the monthly sea level between Kushimoto and Urugami, Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 17(4), pp. 197-200.
- Thoughton, J., G. J. Jenkins and J. J. Ephraums (1990): Climate Change, The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, p. 364.