

気候変動適応に向けたわが国沿岸の既海面上昇基準量の設定にむけて

For the Setting of the Benchmark Value of Previous Sea Level Rise along Japan Coasts for the Climate Change Adaptation

野口賢二¹・諏訪義雄²・五味久昭³・松藤絵理子⁴

Kenji NOGUCHI, Yoshio SUWA, Hisaaki GOMI and Eriko MATSUFUJI

When we introduce a plan or the designs on the coastal prevention institutions which considered adaptation to the climate change, we cannot avoid that we set amount of the sea level rise to date. It is assumed that we decide the amount of existing surface of the sea rise to reflect for a plan / a design and argues by the analytical method of the data at each stage. We assume the previous rise 3.1mm/year of IPCC AR4 mention basics, and what we match it with the situation of the frontage and adjust is rational.

1. はじめに

気候変動への適応を考慮した海岸保全施設等の計画・設計を導入する際に、現在まで（既上昇量）と将来へわたる海面上昇量を設定することは避けて通れない。将来の上昇量の話題は豊富であるが、既上昇量については気象庁による値で結論が出ていると思われがちのため踏み込んだ議論がなされていない。しかし、事業への反映には、より大胆な設定と緻密な解析が必要である。その際、各験潮場のデータを扱うと地盤変動の除去を初めとする種々の課題が生じる。本研究では、全国規模の既海面上昇量を設定した後に地先海岸毎に値を調整することを念頭に置いた。その上で計画・設計に反映する既海面上昇量を決定するとして、各段階でのデータの解析法を議論する。その際に、科学的な各国合意として存在する最新の気候変動に関する政府間パネル第4次報告書（以下、IPCC AR4）において既上昇量として1993～2003年の間で全球平均として3.1mm/年が示されている。この値を我が国の政策決定時の既上昇量とすることが妥当であるかが争点となる。

2. 験潮場データの解析

国土地理院海岸昇降検知センター発行の験潮場取付水準測量成果集より取り付けデータの記載がある151験潮場の開設期間を調べた。図-1に示すように開設後100年を越える験潮場が8箇所ある。国土地理院の忍路、輪島、細島、油壺、気象庁の花咲、鮎川、串本、大阪である。しかし、最近の験潮場の移設や球分体の再設置等の時期

から調整せずに算出できる期間を調べると図-2のように減り多くは40年以下となる。

一方で、我が国においては地盤そのものの変動についても対応する必要がある。岩崎ら（2002）は東京湾平均海面（T.P.）を潮位の全国比較のための物差しとするために、地盤変動の除去を試みている。このときに全国の同時測量成果がないことから水準点の経路ブロック設定し全国的に誤差が最小となるように補正している。その後、国土地理院は2000年度平均成果を公表した。国土地

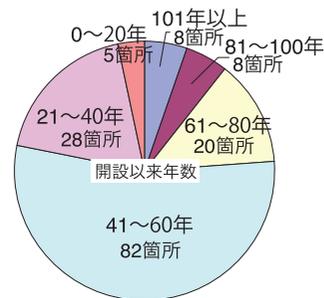


図-1 験潮場が設置されてからの年数別の数

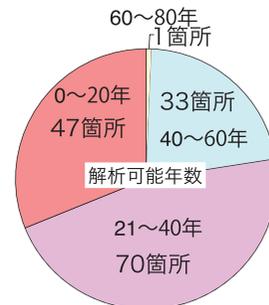


図-2 何らかの障害により解析が可能な年数が短縮された後の年数別の数

1 正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 主任研究官
2 正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 室長
3 正会員 三洋テクノマリン(株)
4 (財)日本気象協会

理院（2003）によるとこの成果を前回の「昭和44年度成果」と比較して表現される標高差には各島毎の測量に閉じていたことや補正計算手法の違いにより系統的な誤差が内在していることを示している。実際に験潮場取水水準測量成果により潮位を補正すると2000年度成果に切り替わった時点で大きな不連続が生じる験潮場が多い。ここで、潮位データのT.P.変換について図-3に示す。取付水準成果集には検潮儀に取付けられた球分体と取り付け水準点までの測量結果が記載されている。2000年測量成果のT.P.値変更は、図中のa, b, c, Rまして「水準点□△▼」の地盤が変動していなくとも潮位データのT.P.値がジャンプすることとなる。これは、2000年成果が全国との関連性によって補正されているためである。験潮場周辺の地盤変動や潮位そのものが変化していなくても、測量の上手側の値が変化したことに関連してT.P.値が変化してしまう。一方、本研究で必要とするのはその場所での潮位の変化であるから、T.P.値による全国的な位置の比較は意味をなさない。

しかし、験潮場は地盤変動の大きい海岸域に設置されているので補正は必要となる。取付け水準点は信頼性のあるものが用いられ、定期的に周辺水準点との整合が取られている。そこで、本研究で個別の験潮場の詳細検討においては、長期間のデータが確保できる昭和44年測量成果の系列の取付けデータを用いることとした。

また、取付水準点から観測基準面まで（a+b+c）にも課題が含まれている。一つは、年代を遡るにつれて基準面と球分体との比高情報を取得することが困難となることである。たとえ電子データがそろっていても図-3のc

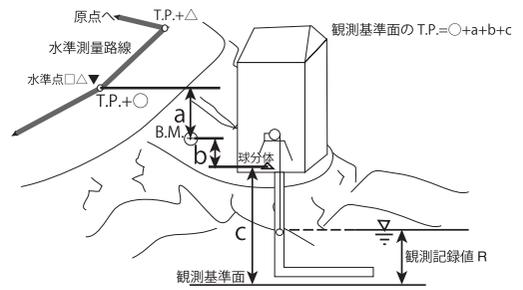


図-3 取付け水準点と潮位基準点の関係

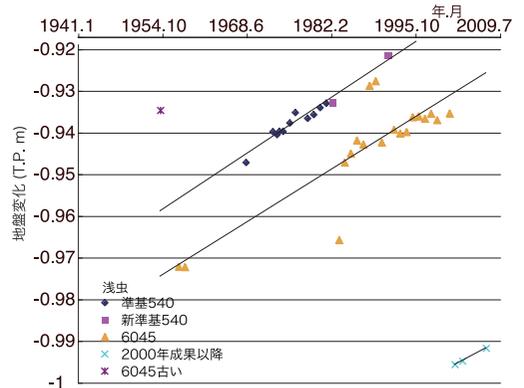


図-4 浅虫験潮場の取付水準点経緯

の値が得られなくては補正を行うことができない。もう一点は、図-4に示す浅虫験潮場のように取付け水準点が期間中に交互に用いられていることがある。図に示す浅虫の場合には変化割合は概ね一致することから、このうちの何れかを選択して補正に用いればよい。

表-1 詳細解析を行った験潮場の状況

番号	験潮場名	所属	観測開始年	験潮場移設(最近年)	球分体再投	その他変更	設置以降年数	毎時データの開始年次	データ解析最終年	解析可能年数	地盤変動調整後の解析年数
1701	忍路	国土地理院	1905	1963			95	1933	2009	46	76
1605	浅虫	国土地理院	1954				46	1954	2009	55	55
1603	柏崎	国土地理院	1955		2007	新潟県中越沖地震	45	1955	2007	52	52
1602	輪島	国土地理院	1894	1938	1986	水準点再投	106	1933	2010	24	77
1401	海南	国土地理院	1953				47	1954	2009	55	55
1403	細島	国土地理院	1894		1936	当初検潮儀へ取り付け	106	1933	2009	73	76
2304	岡田	気象庁	1953		1961	1986噴火のため地盤不連続	47	1963	2009	48	46
2401	串本	気象庁	1895		1961		105	1961	2009	48	48
2405	洲本	気象庁	1936		1995	兵庫県南部地震水準点移転	64	1965	1995	30	-
3702	大湊	海上保安庁	1952		1972		48	1952	2008	36	56
3401	呉	海上保安庁	1962		1985	1957-1961欠測	38	1952	2008	23	56
3402	徳山	海上保安庁	1950	1968			50	1950	2008	40	58
3503	巖原	海上保安庁	1947	1984			53	1947	2008	24	61
3405	西之表	海上保安庁	1965				35	1965	2008	43	43

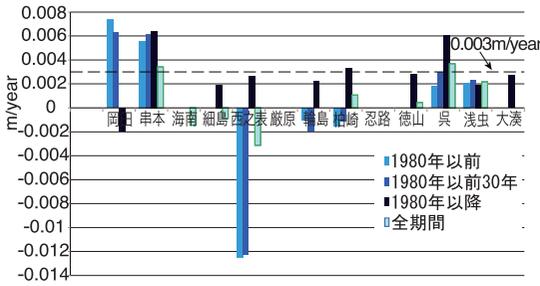


図-5 年平均潮位変化

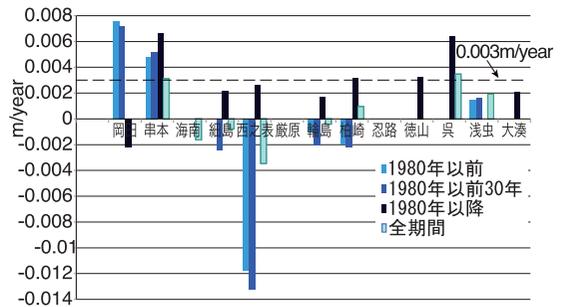


図-7 冬季毎年平均潮位

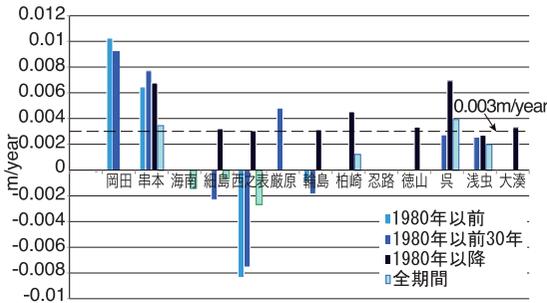


図-6 朔望年平均満潮位

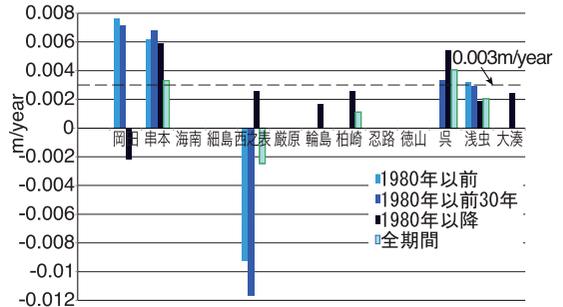


図-8 台風期毎年平均潮位

14の験潮場について詳細な解析を行った。各験潮場の状況を表-1に示す。長い期間(40年を目安)のデータを活用できる験潮場を抽出した。ただし、洲本については球分体から取付け水準点までの比高値の変化にばらつきが多く、安定的な期間を十分に確保できず地盤補正後の海面上昇量の算出を断念した。このように、取付け水準測量の経緯を追うと水準網では海面上昇を追うにはばらつきが大きすぎる箇所が存在する。これに対して導入されているのが電子基準点であるが、その期間は短く既上昇量の算定には使えない。ただし、2000年成果とそれ以前ですりつかない箇所で、近年の変化量を電子基準点を用いることで外挿することは可能である。その場合でも電子基準点データはばらつきが多く平均値を用いて標高を求めることになる。

従来の研究においては、専ら平均潮位の変化が議論されてきたが、事業の計画・設計には朔望平均満潮位を用いている。各地点のデータについて朔望平均満潮位、平均潮位、冬季平均潮位、台風期平均潮位を算出し、各年の値に対してMann-Kendall分析を実施した。ここで、Mann-Kendall分析は正方向のトレンドか負方向のトレンドかしか解が得られないので、割合についてはその期間の全データについて一次回帰により変化量を求めた。Mann-Kendall分析でトレンドを有しないと判定が出た場合には変化量は0とした。また、1970年代後半から地球温暖化の影響が現れていると言われている。このことから期間を1980年を境として地球温暖化の影響が顕著とな

る期間とそれ以前についても算出した。年平均潮位変化を図-5、朔望年平均満潮位変化を図-6に示す。岡田を除いて全ての験潮場で年平均潮位、朔望年平均満潮位ともに1980年以降は上昇に転じている。ただし、岡田、西之表、厳原はともに離島に設置された験潮場である。離島のため、基準点が移動しているのか、験潮場が移動しているのかの判定は不可能である。各図には、年間3mm上昇を破線で入れている。6つの験潮場で1980年以降に年間3mm程度の上昇が確認できる。柏崎および呉では、全期間で上昇傾向が見られ1980年以降にさらに上昇が激しくなっていると見ることができる。

季節毎の変化を見るために、冬季毎年平均潮位変化を図-7に台風期毎年平均潮位変化を図-8にしめす。どちらについても年平均潮位変化と比べて、季節特有として上昇が生じているようには見られない。年間を通じた傾向であることが分かる。ただし、細島については太平洋側に相当するにもかかわらず、冬季に上昇し台風期に上昇が認められない。この点については不明である。

次にフーリエ解析によりフィルタリングを行い気象擾乱による異常潮位を除去した。異常潮位等の擾乱を除去するために14日周期より小さいものを全て除去したのに対し前述のMann-Kendall分析を実施した。その結果を図-9に示す。この過程で得られたスペクトルについてピークを見ると、どの験潮場でも概ね同様な周期にピークが存在しており、290日付近にピークを有していた。また、同様に10年周期でフィルタリングを掛け長期間変動

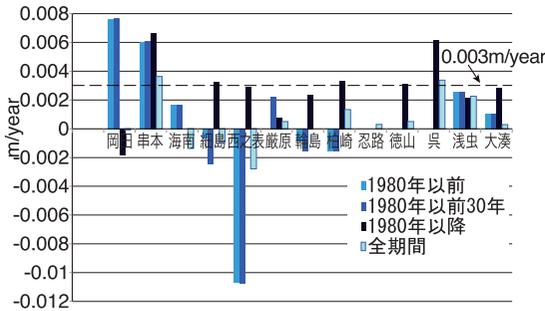


図-9 14日周期以下高周波数カット

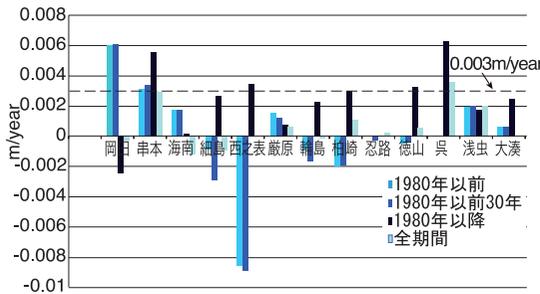


図-10 10年周期以下の周波数をカットした結果

成分のみを示したものを図-10に示す。図-9と大きな差異がないことから10年を越える周期の傾向が現れていることが分かる。

以上でいくつかの切り口を変え検討したが、何れの統計値においても大きな差異はないと言える。ここで用いた地盤高補正の計算法は、取付成果表から得られる値をそのまま用いる、「昭和44年成果」の期間（1969年～2001年とする）は取付表からの値を用いた。必要な定数が得られない期間は地盤変動変化率を用いずり付けたい時点のT.P.値から外挿した。験潮場の移転があった場合には取付水準点が等しく、T.P.値が等しくなればそのまま継続が可能とした。このように、統一的な方法はなくいくつかの手法を実施して自然な結果が得られるものを抽出するしかない。

3. 海面高度計による上昇量の把握

各海岸で上昇量を把握しようとしても近隣に験潮場が存在しなかったり、工事の期間だけの検潮施設があり既に廃止している場合や、前述の岡田、西之表、巖原のように離島で水準網を用いることができない場合がある。

衛星高度計は空側から海面の高さを計測する。ただし、衛星の海面高度の収集を衛星が通過する際にデータを収集するため、この測定は衛星の周回軌道に依存している。つまり、1サイクルでの取得は全球ではなく、まるで地球に網を被せたような測線となる。さらに、次の通過は同一地点でなくなる。そこで、こうしてずれた粗い測

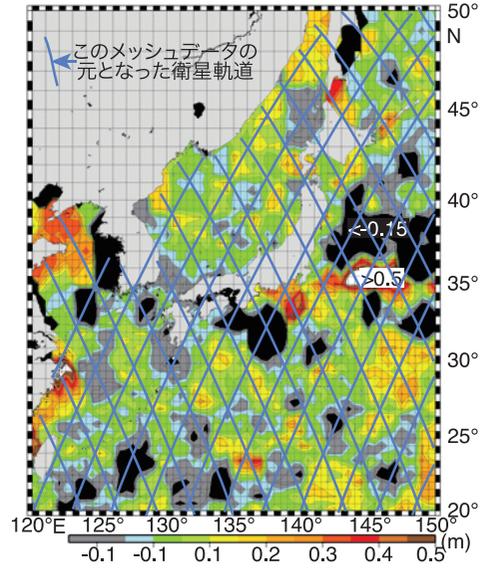


図-11 作成されたメッシュデータとその時の衛星軌道

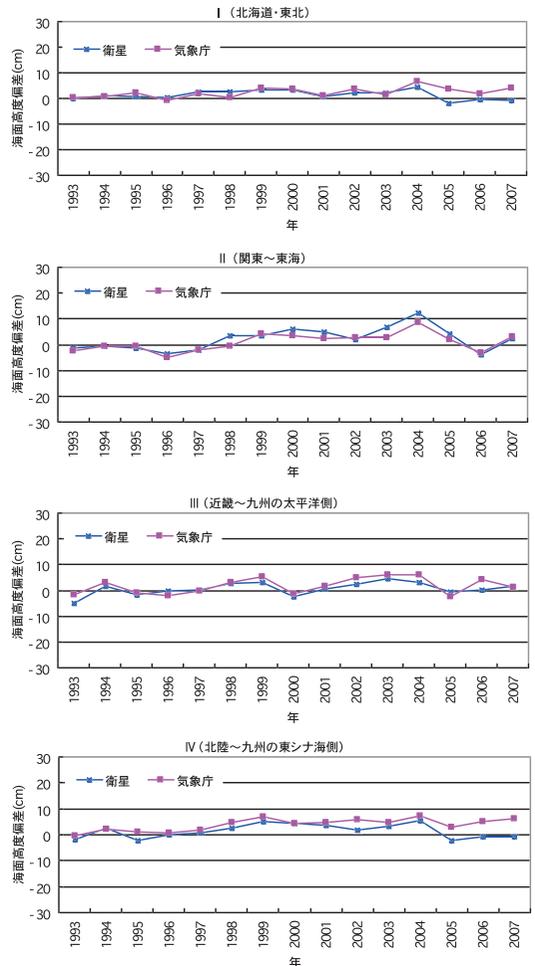


図-12 衛星高度計と気象庁解析値の比較

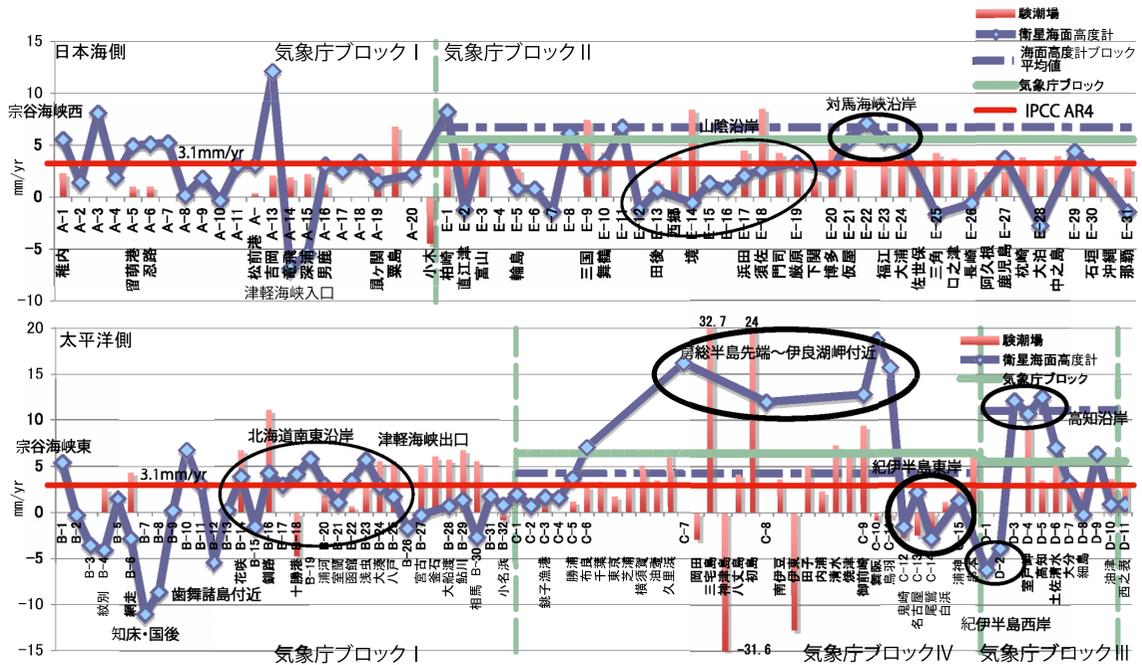


図-13 験潮場の年平均潮位と衛星高度計, IPCC AR4の全国比較

線の海面高度が取得されている。このままでは使えないので、サイクル毎に格子データを作成する。格子データは、当該格子を中心に半径1.5度の円の中に存在する観測点のデータを距離による重みづけ平均を行って算定する。重み係数は以下のように設定した。

$$w(r)=1/(1+d^2) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

$$d=3*r/search_radius,$$

r : 中心からの距離

search_radius : 探索する円の半径

格子データを作成した例を図-11に示す。衛星から取得したデータを験潮場と比較した場合には一致性は低下するが、海域程度まで広げると変化量において験潮場の平均値である気象庁の算出値と良い一致を見ることが出来る (図-12)。

4. 全国統一基本上昇量の設定

全国網羅的に設定する既上昇量を考える。図-13に各験潮場の地盤補正後の年平均潮位変化量, 気象庁発表の上昇値 (海洋の健康診断表), Topex/POSEIDON衛星海面高度計の解析値, その値のブロック毎の平均値, IPCCで示されている全球の海面上昇量 (3.1mm/年) を示した。2節で示したのと同様に多くの観測点で3mm/年程度となっている。IPCCの値を全国水準と決定し地先毎に重要性と状況により増減することが妥当である。

地先でも海面上昇が進行しているはずであるが、問題が表面化していないといえる。事業開始時に設定した計画潮位を用いている場合がほとんどである。海岸によっては40年を越えているが周期的な長期変動に過ぎないとしても近い将来までは上昇することとなる。計画策定時の潮位観測施設が無くなっていることもあり、今後のモニタリングにおいても従来データとのすりあわせが必要となる。

5. まとめ

本研究は次のようにまとめられる。

- 1) IPCC AR4記載の既上昇量3.1mm/年を基本とし、地先の状況に合わせ調整するのが妥当である。
- 2) 朔望平均満潮位の変化と平均潮位の変化では異なる傾向判定となる場合もある。
- 3) 100年を超える設置期間を有する験潮場が6カ所有るにも関わらず、観測環境変化の除去は実測の裏付けからは困難である。
- 4) 周期的な長期変動の議論によらず、計画・設計の設定潮位が変化に追いつかない状況が生じつつある。

参考文献

岩崎伸一・松浦知徳・渡部 勲 (2002) : 地殻変動を除去した長期海水変動と海面水温の関係 - 本州沿岸域 -, 海の研究, Vol.11 (5), pp. 529-542.
 国土地理院 (2003) : 「2000年度平均成果」について - 全国の水準点の高さ (標高) を改定して1年 -, <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/level/2000level.html>, 参照2009-06-03.