全国沿岸における副振動の広域的出現特性

仲井 圭二¹・橋本 典明²・額田 恭史³

¹ 正会員 株式会社エコー 海象解析部 (〒110-0014 東京都台東区北上野 2-6-4 上野竹内ビル)
E-mail: nakai@ecoh.co.jp

² フェロー会員 九州大学大学院教授 工学研究院 附属アジア防災研究センター
(〒819-0395 福岡市西区元岡 744)
E-mail: hashimoto-n@civil.kyushu-u.ac.jp

³ 株式会社エコー 海象解析部 (〒110-0014 東京都台東区北上野 2-6-4 上野竹内ビル)
E-mail: nukada@ecoh.co.jp

副振動は西日本での出現が話題になることが多いが、全国的に発生している現象である。しかし、全国での出現特性を調べ、その海域特性について検討された例は少ない。そこで、本研究では、気象庁の検潮所における観測資料を用いて、全国沿岸における副振動の出現特性を調べた。

副振動の出現回数の経年変化は、地点によって異なり、近傍の地点でも必ずしも良く似ているとは限らない。逆に距離が離れていたり、海域が異なったりする2地点でも、特性が似ている場合がある。

一方、出現回数の季節変化をみると、北海道や沖縄、内湾の一部を除き、全国的に非常に似た特性を示す。副振動の原因となる低気圧や台風の影響は、毎年局地的に変動するが、長期間を通してみると、全国的にほぼ同じであるといえる。

Key words : seiche, tidal station, seasonal variation, secular variation, meteorological disturbance, correlation

1. はじめに

副振動は九州を中心とした西日本での発生とそれに伴う被害が話題になることが多く、東日本や北日本での発生については注目されることが少ない。宇野木¹⁾は、全国の検潮所における、副振動の振幅、周期、継続時間、発生回数等の出現頻度統計を行っているが、各地点毎の結果を網羅的に示すにとどまっている。また、志賀ら²⁾は、九州から薩南諸島で発生する副振動の統計解析を行っているが、宇野木¹⁾と同様、各地点毎の特性の記述が主である。

そこで、本研究で、全国の副振動の資料を解析することによって、海域別の出現特性を明らかにすることを目的として実施した。

2. 解析対象データ

気象庁の検潮所における副振動資料のうち、1998～2010年(13年間)の資料が揃っている65地点(図-1)のものを用了。この副振動資料には、両振幅が5cm以上の副振動の振幅、周期、出現時刻が収録されていて、データ数は日によって異なる。この資料から、振幅の日

図-1 気象庁の検潮所 (2010年時点)

最大値を抽出し、以後の解析に用いた。これは1日に1個のデータを抽出することによってサンプリング間隔を一定にしつつ、振幅の大きな事象の出現に関する情報を保存するためである。連続した複数日のデータは必ずしも独立ではなく、継続時間の長い副振動、最大振幅の大きな副振動は、複数日に亘って記録されることになる。しかし、年間を通じて、副振動の大きな状態がどのような割合で存在するかを調べるには、必ずしも不適切では

ないと考えられることから、このような処理方法を採用した。

3. 副振動の季節変動特性

副振動は局地的な影響を受け、近隣の地点であっても、その大きさは異なることがあるため、異なる地点同士で副振動の大きさを比較することには無理がある。また、出現回数がある閾値以上の出現回数とする場合、その閾値を全地点同じにすることは、上記の理由から合理的ではない。そこで、対象の13年間の両振幅の平均値を地点毎に算出し、それを閾値とした。全地点における13年間の平均値を表-1に示す。概ね10cm前後であるが、枕崎、長崎、舞鶴のように20cmを超える地点もある。

近隣の地点でも副振動の大きさが異なると述べたが、例えば和歌山県の串本では累年平均値が13.3cmであるのに対し、浦神では8.7cm、白浜では12.9cm、和歌山では7.6cmである。

この累年平均値以上の副振動の回数を集計した。欠測が含まれる月で、測得率が50%以上の月は、出現回数に、100/測得率(%)を掛けて補正を行った。測得率が50%未満の月は解析対象外とした。

1年当たりの月別出現回数は、地点によって違いがあるため、年間の総出現回数に対する月毎の出現頻度の形で整理した。一例を図-2に示す。

和歌山県の串本と、福島県の小名浜であるが、両地点の出現頻度は非常に良く似ており、冬に頻度が高く、夏に頻度が低い。両地点の距離を考えると、非常に驚くべき結果である。両地点の月別の出現頻度の関係を図-3に示す。両者は良い直線関係を示し、相関係数は0.945と高い。

全地点を対象にして、同様に地点間相関を調べた。そ

の結果、北海道と沖縄の一部、内海の一部の地点で相関が悪い以外、全国の外洋に面した地点同士は良い相関関係を示すことが分かった。内海の地点で、他地点と相関が悪い地点として、浜名湖内の舞阪（太平洋（東））、淡輪、洲本、宇野、松山（以上、瀬戸内海）、大浦、三角（以上、島原湾他）が挙げられる。

図-2 副振動の月別出現頻度
(上：串本，下：小名浜)

表-1 地点別の副振動の振幅の累年（13年）平均値

	地点名	平均値(cm)		地点名	平均値(cm)		地点名	平均値(cm)
北海道	網走	10.6	太平洋（西）	島羽	9.1	東シナ海	対馬	9.6
	稚内	11.4		尾鷲	8.7		福江	10.5
	小樽	12.4		浦神	8.7		長崎	25.3
	花咲	11.3		串本	13.3		鹿児島	8.0
	釧路	13.2		白浜	12.9		枕崎	27.7
	函館	15.5		和歌山	7.6		那覇	10.1
太平洋（東）	下北	9.0		小松島	8.7	瀬戸内海	石垣	7.6
	八戸	13.5		室戸岬	14.2		与那国	9.5
	宮古	9.0		高知	8.9		淡輪	8.5
	大船渡	10.4		土佐清水	17.8		大阪	9.3
	鮎川	12.8		宇和島	9.6		神戸	7.7
	小名浜	10.7		油津	17.5	島原湾他	洲本	6.2
	銚子漁港	8.4	日本海	種子島	15.5		高松	6.5
	布良	11.7		奄美	16.4		宇野	5.9
	東京	7.0		深浦	9.8		松山	9.0
	岡田	15.4		佐渡	10.1		下関	13.5
	三宅島（坪田）	15.2		富山	7.1		大浦	10.3
	父島	10.3		能登	14.2		三角	6.4
	石廊崎	9.5		舞鶴	20.3		口之津	7.5
	内浦	9.2		西郷	8.3			
	清水港	6.6		境	15.3			
	御前崎	11.8		浜田	15.2			
	舞阪	8.0						
	名古屋	8.7						

網掛けは振幅が 20cm 以上の地点

図-3 串本と小名浜の副振動の月別出現頻度の関係

同じ内海の地点でも、大阪、神戸、高松、下関（以上、瀬戸内海）、口之津（島原湾他）は他の地点とも比較的相関が高い。

他地点との相関が悪い舞阪と三角の季節変化を図-4に示す。

図-4 副振動の月別出現頻度（上：舞阪，下：三角）

両地点とも、図-2に示した串本、小名浜とは季節変動が非常に異なることが分かる。

舞阪と、近隣の御前崎の、月別の出現頻度の関係を図-5に示す。両者には殆ど相関がないことが分かる。

図-5 舞阪と御前崎の副振動の月別出現頻度の関係

外洋に面した地点同士の相関が高いのは、副振動が低気圧や前線、台風等の総観規模の気象擾乱に関係するものであり、長期間を対象にすると、北海道や沖縄の離島以外は、その影響が、全国的にほぼ同様の季節変動をしているためと考えられる。内海に位置する地点の一部では、副振動に局地的な特性が顕著に現れるのであろう。

相関が悪い一部の地点を除外した上で、表-2に示すように、観測地点を海域毎にまとめた。毎月の出現頻度を各海域に属する全地点で平均したものを、その海域の毎月の出現頻度とした。この結果を用いて、各海域同士の相関係数を算出した。結果を表-3に示す。日本海と太平洋という異なる海域同士でも良い相関関係を示す。瀬戸内海や東シナ海が含まれると相関係数がやや小さくなるが、それでも0.85以上の値を示し、全国における副振動の出現回数の季節変化はよく似ていることが分かる。

表-2 各観測地点の海域区分

海域	観測点
日本海	深浦、佐渡、富山、能登、舞鶴、西郷、境、浜田
太平洋（東）	下北、八戸、宮古、大船渡、鮎川、小名浜、銚子漁港、布良、東京、岡田、三宅島（坪田）、父島、石廊崎、内浦、清水港、御前崎、名古屋
太平洋（西）	鳥羽、尾鷲、浦神、串本、白浜、和歌山、小松島、室戸岬、高知、土佐清水、宇和島、油津、種子島、奄美
東シナ海	対馬、福江、長崎、鹿児島、枕崎、那覇
瀬戸内海	大阪、神戸、高松、下関

表-3 海域毎の副振動の出現頻度の季節変化の相関係数

海域	日本海	太平洋（東）	太平洋（西）	東シナ海	瀬戸内海
日本海		0.99	0.96	0.89	0.91
太平洋（東）	0.99		0.95	0.86	0.89
太平洋（西）	0.96	0.95		0.97	0.96
東シナ海	0.89	0.86	0.97		0.95
瀬戸内海	0.91	0.89	0.96	0.95	

茶色：0.95以上、桃色：0.85以上

4. 副振動の経年変動特性

次に、地点別に、上述の閾値以上の副振動の毎年の出現回数を調べた。測得率が50%未満の月が1か月でもある年は解析対象外とした。串本と小名浜及び、白浜、鮎川の結果を図-6に示す。串本と小名浜は非常に異なった経年変化を示しているが、既にみたように、季節変化は非常によく似ている。串本に近い白浜の変化傾向は、串本よりもむしろ東北の小名浜や鮎川と似ている。

図-7 白浜と他地点の副振動の出現回数の経年変化の相関係数の分布

白浜と他地点の経年変化の相関関係を調べた。全国の地点の相関係数の分布を図-7に、太平洋側の地点の分布を図-8に示す。

これらの図から、基準となる白浜に近いから相関が高いとか、遠いから相関が低いということとはできない。例えば、既にみたように、白浜の近傍の串本との相関は非常に低く、逆に、鮎川とは遠く離れているが、相関が高い。

これと同様の事例は他にもみられる。距離が近いが相関が低い、距離が遠いが相関が高い、異なる海域であるが相関が高い事例を表-4に、該当する地点における副振動の出現回数の経年変化を図-9に示す。

ここに挙げた事例のうち、深浦と宮古、舞鶴と和歌山は海域は異なるとはいえ、前者は東北地方、後者は近畿

図-8 白浜と太平洋側の地点の副振動の出現回数の経年変化の相関係数の分布

図-6 各地点における副振動の出現回数の経年変化

図-9 各地点における副振動の出現回数の経年変化

表-4 距離が遠いが相関が高い地点等

分類	地点	相関係数
距離が遠いが相関が高い	小名浜と西郷	0.77
	石垣と鳥羽	0.81
距離が近いが相関が低い	小名浜と銚子	0.53
	布良と銚子	0.37
海域が異なるが相関が高い	深浦と宮古	0.87
	舞鶴と和歌山	0.81

地方であり、副振動に関連した気象擾乱が共通である可能性がある。

小名浜と西郷（隠岐諸島）は、海域が異なる上に距離も離れている。仲井、橋本³⁾によると、ナウファスの波形データから計算した周期 300s 以上の長周期波高から累年（2006～2010 年）の月平均値を求めると、石巻と酒田、鹿島と福井、御前崎と玄界灘という太平洋側と日本海側の地点で相関が高いことが分かっている。この原因として、これら 2 地点はほぼ同じ緯度にあり、西から東に進む気象擾乱の影響が似ているためではないかと考察されている。小名浜と西郷も緯度が近いので、これと同様の原因である可能性もある。また、既に述べた深浦と宮古も緯度が近い 2 地点である。

石垣と鳥羽とは距離が非常に離れているのにも関わらず出現回数の経年変化が似ている。その原因は不明である。

小名浜と銚子漁港、布良は互いに近くに位置しながら、出現回数の経年変化が非常に異なる。副振動の特性に局地的な条件が大きく影響する海域である可能性がある。

5. 副振動の広域的出現特性

以上の結果をまとめると、副振動の経年的な変動は個々の地点に依存する部分が大いだが、13 年間を通した平均的な季節変動は、北海道と沖縄、内海の一部を除き、

全国的にはほぼ共通である。このことから、副振動の原因となる低気圧や台風等の気象擾乱の影響は、年毎にみれば局地的に変動するが、長期間を通してみると、全国的にはほぼ同じであるといえることができる。

6. 主要な結論

主要な結論を以下に示す。

- ① 副振動の出現回数の経年変動は、必ずしも距離が近い地点同士が類似している訳ではなく、遠くても類似している場合、近くても類似していない場合がある。
- ② 13 年という長期間を通してみると、北海道と沖縄、及び内海の一部の地点を除いて、冬に出現頻度が高く、夏に低いという、全国でほぼ共通の季節変動を示す。

謝辞：本研究を行うに当たり、副振動に関する資料を気象庁から提供して頂いた。また、本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号：26289166）の助成を受けたものである。ここに感謝する次第である。

参考文献

- 1) 宇野木早苗：港湾のセイシュと長周期波について、第 6 回海岸工学講演会講演集, pp.1-11, 1959.
- 2) 志賀進, 市川真人, 楠元健一, 鈴木博樹：九州から薩南諸島で発生する潮位の副振動の統計的調査, 測候時報, 第 74 巻, 特別号, pp.S139-S162, 2007.
- 3) 仲井圭二, 橋本典明：全国沿岸における長周期波の周波数別季節変動特性, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.68, No.2, pp.810-815, 2012.

(2016.2.4 受付)

CHARACTERISTICS OF SEICHES AROUND JAPAN

Keiji NAKAI, Noriaki HASHIMOTO and Kyoshi NUKADA

A survey has been carried out on the characteristics of seiches around Japan using records obtained by Japan Meteorological Agency. Secular variations of frequencies of seiches vary according to stations. Characteristics of two neighboring stations do not necessarily resemble. On the contrary, those of two remote stations may be similar.

On the other hand, seasonal variations of most stations of the whole country are very similar except some stations situated in Hokkaido, Okinawa and inland sea areas.

Effects of meteorological disturbances of synoptic scale such as typhoons, low pressures and fronts which are regarded as causes of seiches vary locally every year, but they are very similar all over Japan considering a long period.