

# 全国港湾海洋波浪観測長期データに基づく 日本沿岸の季節別波浪特性の経年変化



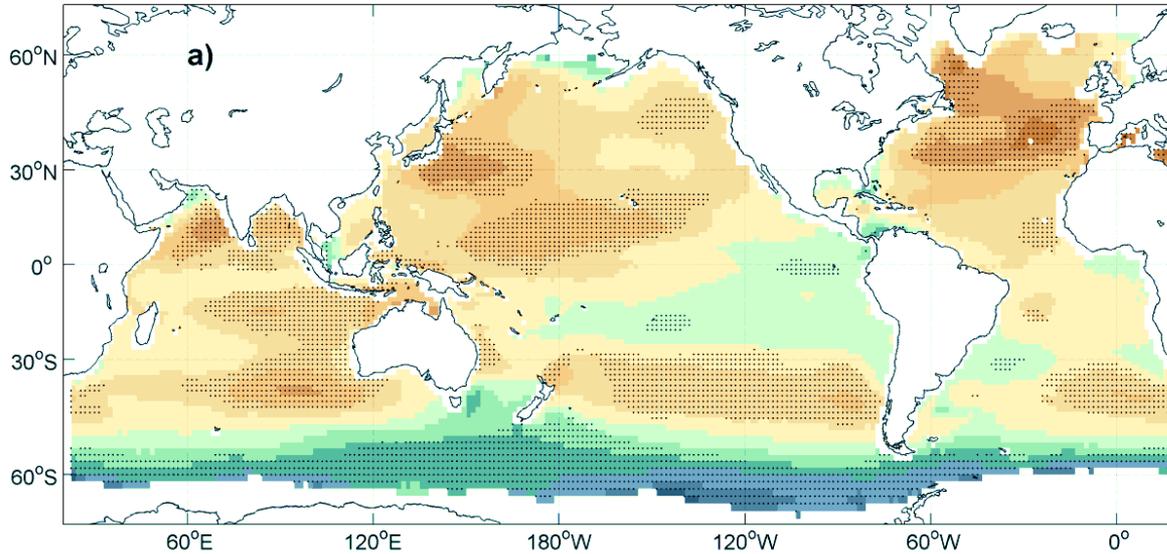
独立行政法人港湾空港技術研究所

海洋情報・津波研究領域

海象情報研究チーム 川口 浩二

1. はじめに
2. 全国港湾海洋波浪観測網(ナウファス)とは？.
3. 検討手順
4. 通年・季節別の平均有義波の経年変化
5. 通年・季節別の最大有義波の経年変化
6. 平均有義波高と気候変動指標との関係
7. おわりに

# 1. はじめに



年平均有義波高の変化  
(1980-2009年に対する  
2075-2100年の増減)  
(IPCC-WG1-AR5)



## [台風]

「太平洋の熱帯低気圧(台風)の頻度は全体的に減少, 強いものに限ると増加」という試算

## [波浪]

「日本の太平洋岸において, 年平均有義波高・周期は減少, 極大波高は増加」という試算

## [高潮]

「西日本において, 高潮偏差が増大」という試算

⇒ 港湾事業(港湾構造物・施設の被災, 港湾域の浸水被害, 港内静穏度(荷役稼働率)の低下等)への影響懸念.

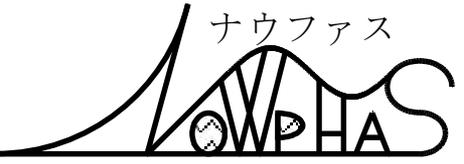
将来の台風・低気圧の頻度・強度・コースの予測には様々な不確定性があり, 波浪・高潮の予測の信頼性は(平均海面上昇に比べて)低い.

→ 予測に対する過信も油断も禁物

→ 観測の継続, 将来の変動に対する備えは必要

⇒ 国土交通省港湾局の長期波浪観測データ(ナウファス)を元に波浪の経年変化を検討.

# 2. 全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)とは？



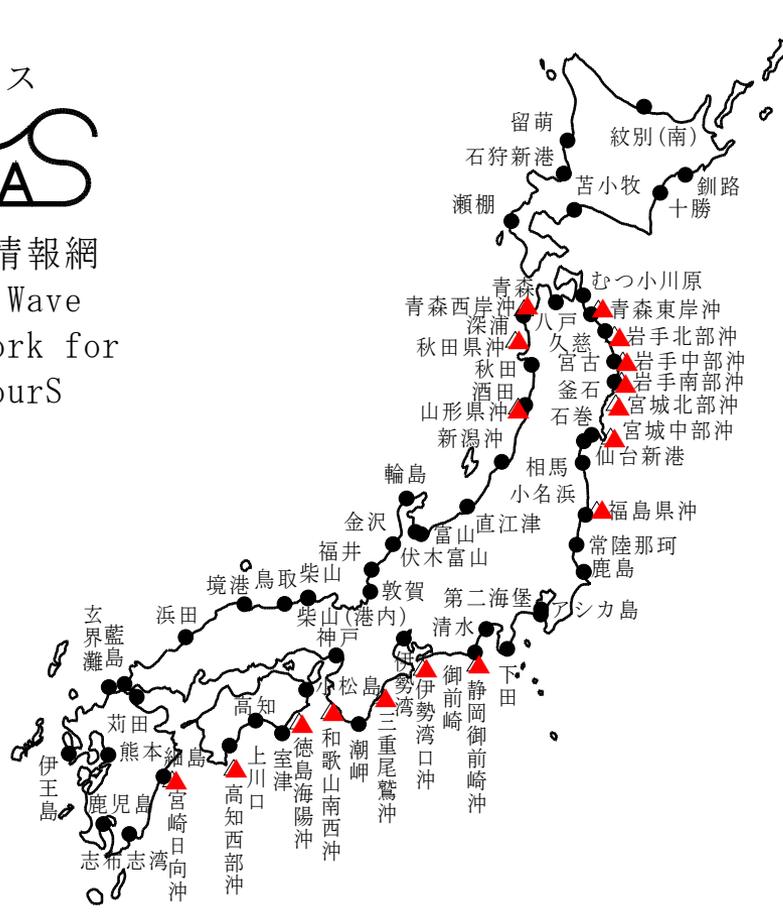
全国港湾海洋波浪情報網  
Nationwide Ocean Wave  
information network for  
Ports and HARbourS



超音波式  
(海象計)



ブイ式  
(GPS波浪計)



全77地点 (2014年6月末時点)  
●沿岸波浪計(全60地点)  
▲GPS波浪計(全17地点)

国土交通省港湾局, 東北～九州の各地方整備局, 北海道開発局, 沖縄総合事務局, 国土技術総合政策研究所, 港湾空港技術研究所の相互協力による運営.

港湾空港技術研究所が1970年から観測データの集中処理・解析を実施.

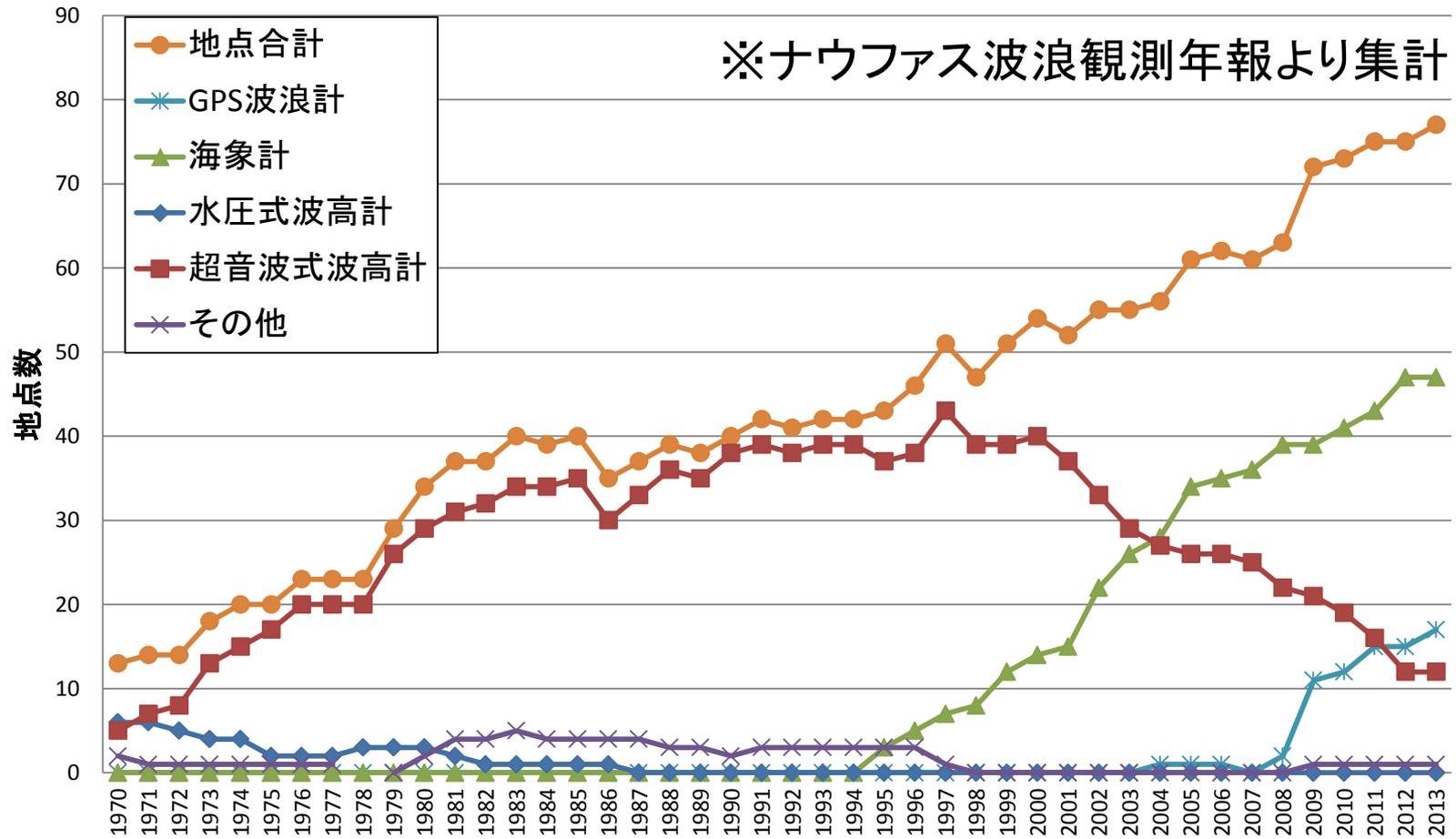
当初の目的は, 港湾事業

- ①設計波算定
- ②港湾計画
- ③被災原因究明
- ④安全な海上工事・荷役

であったが, 最近では

⑤波浪の長期トレンドの解析でも期待が集まっている.

# ナウファスにおける観測地点の総数と内訳の経年変化



超音波式波高計(1970～)



海象計(1995～)



GPS波浪計  
(2008～)

### 3. 検討手順

解析対象地点の  
選定

- ・・・全国を網羅するように、比較的長期間の観測データを有する地点を選定.

解析対象データの  
事前検討

- ・・・観測条件の変化、長期欠測やデータ測得率によるデータの質への影響を検討.

波浪統計量の  
経年変化等の整理

- ・・・通年および季別の平均・最大有義波(波高, 周期)の経年変化, 通年および季別の平均有義波高と気候変動指数との相関.

考察



# 解析対象地点の観測条件

## 日本海側 11地点

地点名	機器	水深	期間
留萌	SRW	12.0	70.01 ~ 78.01
	USW	27.0	78.02 ~ 81.04
	USW	49.8	81.04 ~ 95.09
	海象計	49.8	95.09 ~ 現在
深浦	USW	30.0	79.12 ~ 81.08
	USW	51.0	81.08 ~ 現在
酒田	PW	15.0	70.01 ~ 73.09
	USW	20.4	73.09 ~ 86.10
	SRW-V, 傾斜計	45.0	87.02 ~ 96.08
	USW, 傾斜計	45.9	97.08 ~ 現在
輪島	USW	52.0	79.01 ~ 95.08
	CWD	27.0	90.08 ~ 95.08
	海象計	52.0	95.09 ~ 現在
金沢	USW	20.0	70.01 ~ 71.05
	USW	20.2	71.11 ~ 03.07
	海象計	21.1	03.07 ~ 現在
鳥取	USW	30.0	79.09 ~ 95.08
	海象計	30.9	95.09 ~ 現在
浜田	USW	51.1	74.03 ~ 03.08
	海象計	50.1	03.08 ~ 現在
藍島	USW	21.1	75.04 ~ 04.08
	海象計	21.1	04.08 ~ 現在
伊王島	SGW	24.0	74.12 ~ 81.06
	USW	50.0	82.11 ~ 91.09
	USW, CWD	31.9	92.11 ~ 現在
名瀬	USW	54.6	77.03 ~ 現在
那覇	USW	33.0	73.07 ~ 73.09
	USW	52.9	73.09 ~ 現在
	CWD	38.4	93.11 ~ 現在

- 水深20m以下
- 波候に段差あり

## 太平洋側 14地点

地点名	機器	水深	期間
苫小牧	SRW	13.3	70.01 ~ 77.12
	USW	24.5	78.01 ~ 81.12
	USW	50.7	82.03 ~ 96.03
	海象計	50.7	96.03 ~ 現在
むつ小川原	USW	43.8	74.04 ~ 現在
	CWD	27.8	87.01 ~ 現在
八戸	SGW	16.7	71.03 ~ 73.03
	USW	21.0	73.03 ~ 88.11
	USW, CWD	27.7	88.11 ~ 現在
釜石	USW	49.0	78.03 ~ 80.12
	USW	43.0	81.08 ~ 83.02
	USW	49.8	83.06 ~ 現在
仙台新港	USW, CWD	21.3	79.01 ~ 現在
小名浜	USW	20.0	80.01 ~ 86.03
	USW, CWD	20.0	87.03 ~ 02.11
	海象計	23.8	02.11 ~ 現在
常陸那珂	USW, CWD	30.3	79.12 ~ 08.08
	海象計	30.3	08.08 ~ 現在
鹿島	USW	22.0	72.04 ~ 82.05
	USW	24.0	84.03 ~ 現在
	CWD	24.0	02.11 ~ 現在
波浮	USW	48.3	73.04 ~ 現在
	CWD	29.7	91.01 ~ 現在
下田	USW	51.1	88.04 ~ 現在
潮岬	PW	12.8	70.08 ~ 86.11
	USW	54.7	87.01 ~ 97.08
	海象計	54.7	98.08 ~ 現在
室津	USW, CWD	26.8	90.08 ~ 現在
志布志	USW	36.2	80.04 ~ 現在
	CWD	36.2	91.11 ~ 現在
中城湾	USW	53.0	73.11 ~ 81.08
	USW	55.0	81.08 ~ 83.03
	USW	50.0	83.03 ~ 94.09
	USW	46.0	94.09 ~ 03.03
	海象計	39.6	03.03 ~ 現在

PW:水圧式摺動型波高計  
 USW:超音波式波高計  
 SRW:ステップ式波高計  
 SRW-V:改良型ステップ式波高計  
 SGW:水圧式歪抵抗型波高計  
 CWD:超音波式流速計型波向計

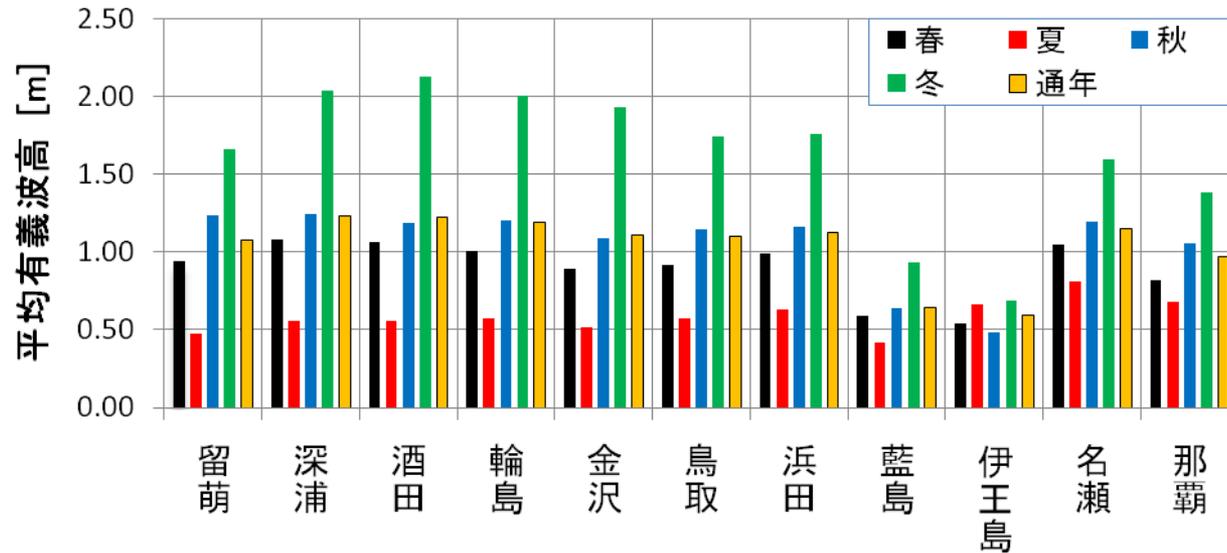
観測中に観測条件の変更がある。

- ①設置場所
- ②設置水深
- ③観測機器  
(観測方法)

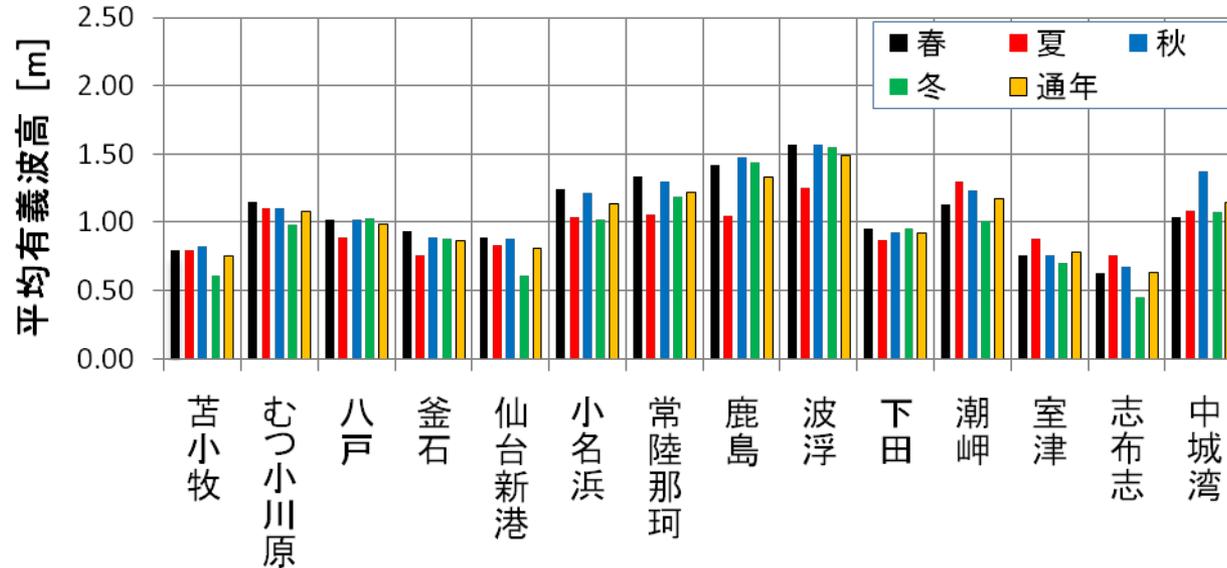


- ・波浪統計量の時系列図でギャップが無いかを確認。
- ・観測頻度や観測方法を揃える。

# 4. 通年・季別の平均有義波の経年変化



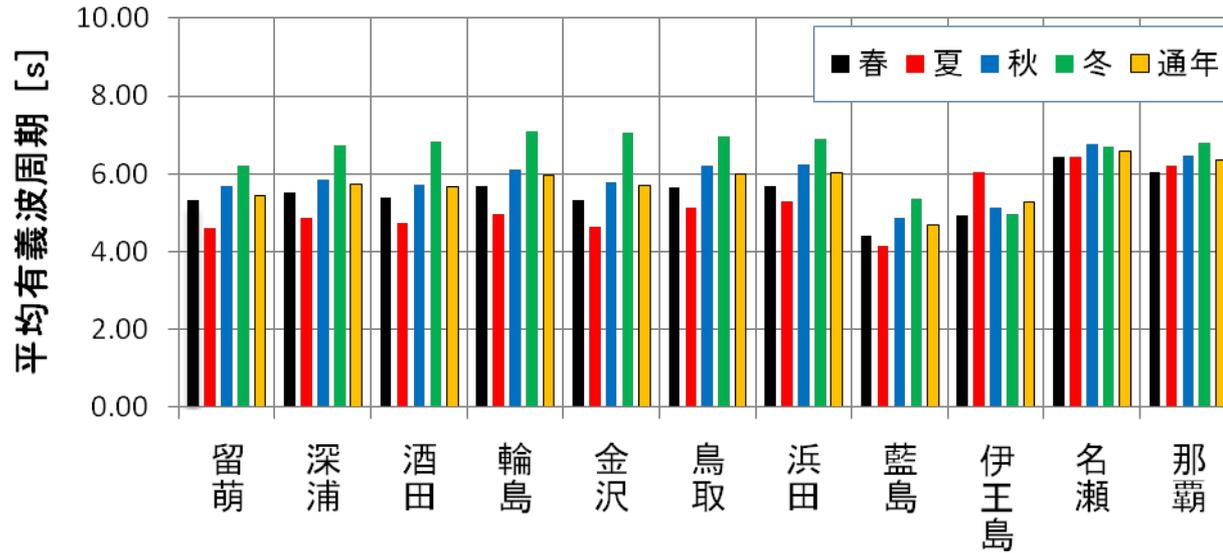
季節変動が大きく、冬季が高い



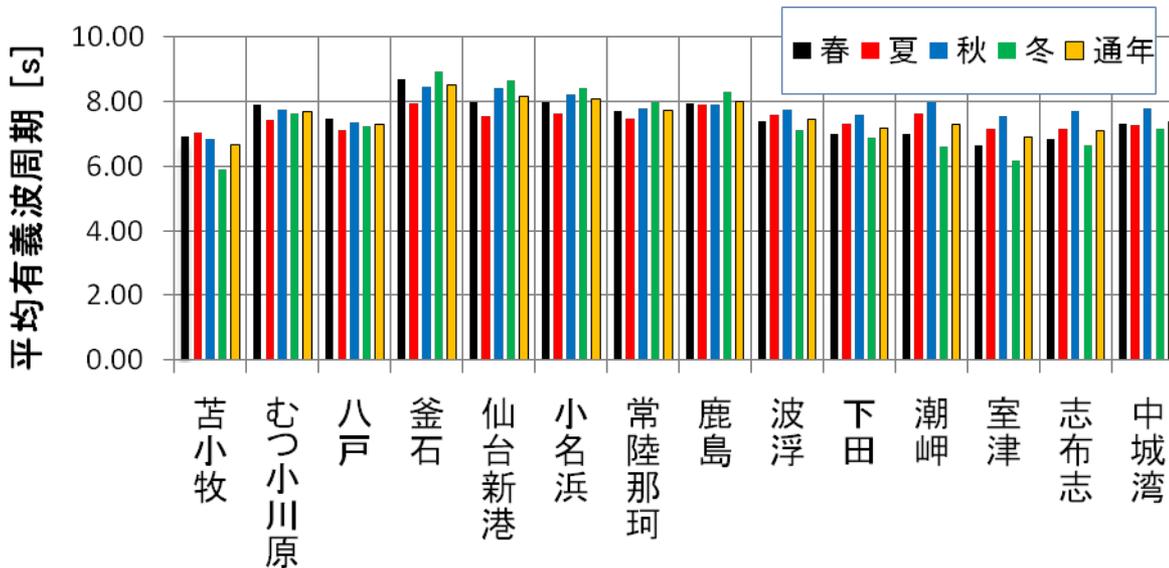
季節変動が小さい

平均有義波高 (上: 日本海側, 下: 太平洋側)

# 4. 通年・季別の平均有義波の経年変化



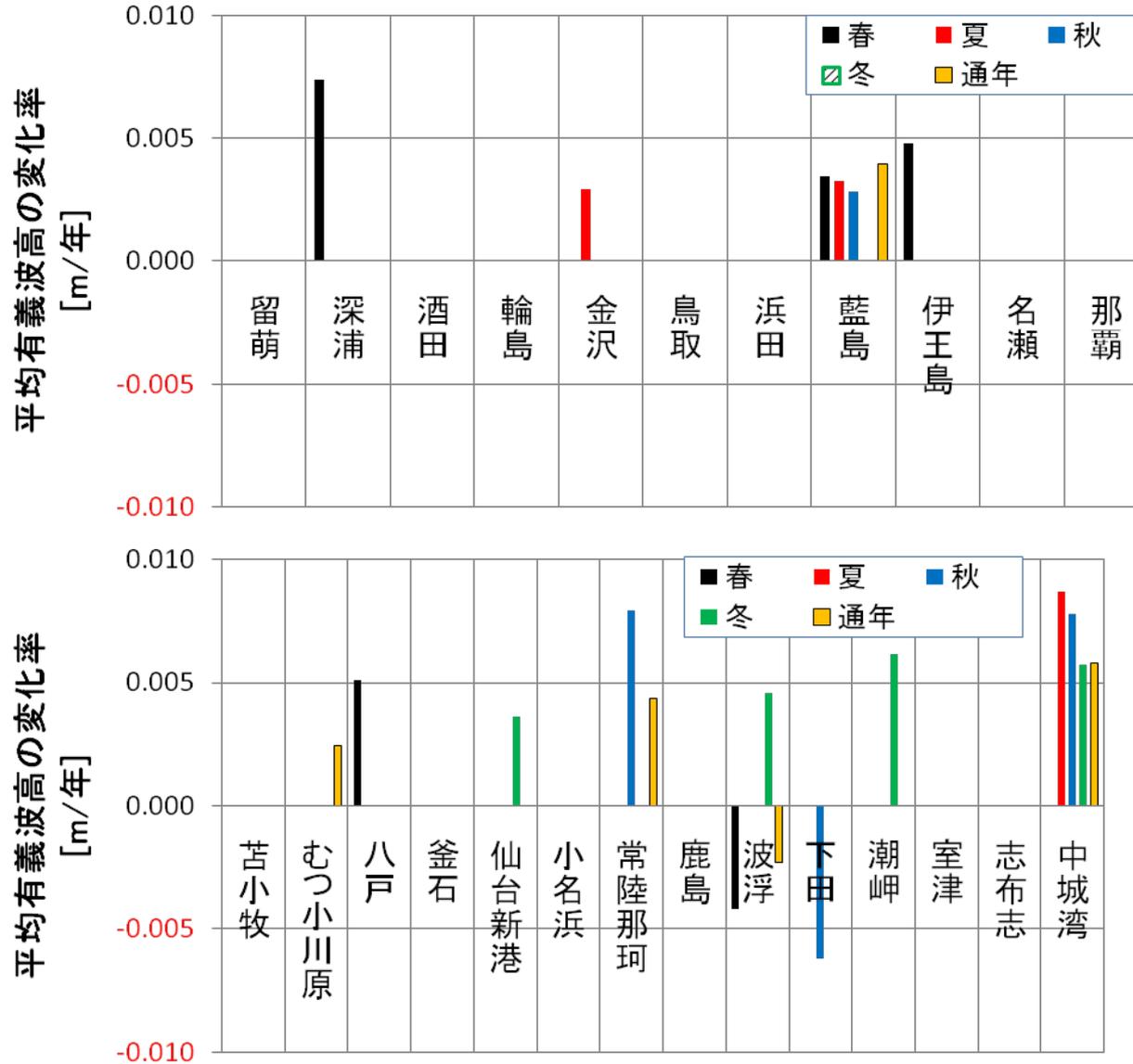
冬季は夏季の1.3倍程度



太平洋側の方が周期が長い。

平均有義波周期 (上: 日本海側, 下: 太平洋側)

# 4. 通年・季別の平均有義波高の経年変化



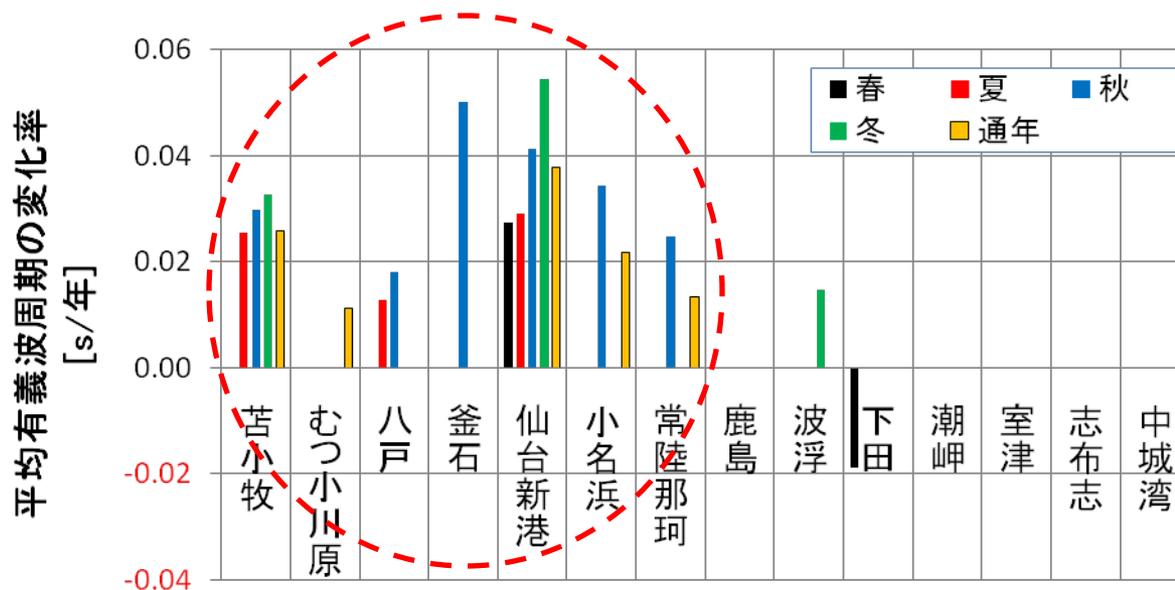
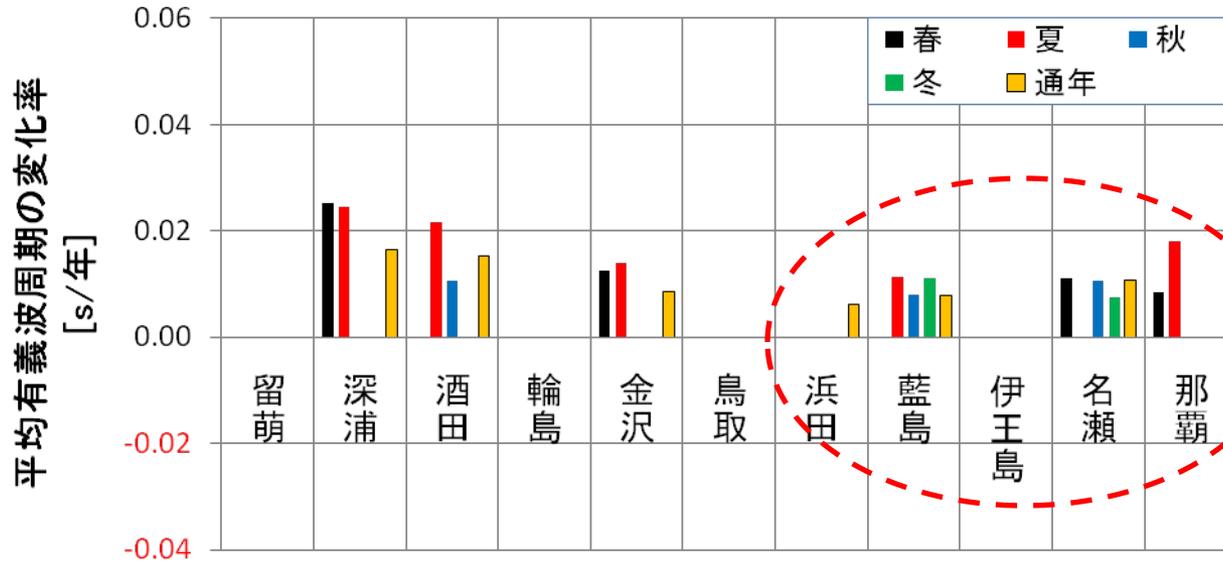
有意な増加傾向  
があり

日本海側に比べ  
太平洋側では秋・  
冬で変化傾向

経年変化傾向  
・直線回帰分析  
・経年変化率(回  
帰直線勾配)に対  
するt-片側検定  
(有意水準5%)

平均有義波高の経年変化率(棄却検定で有意と判定)

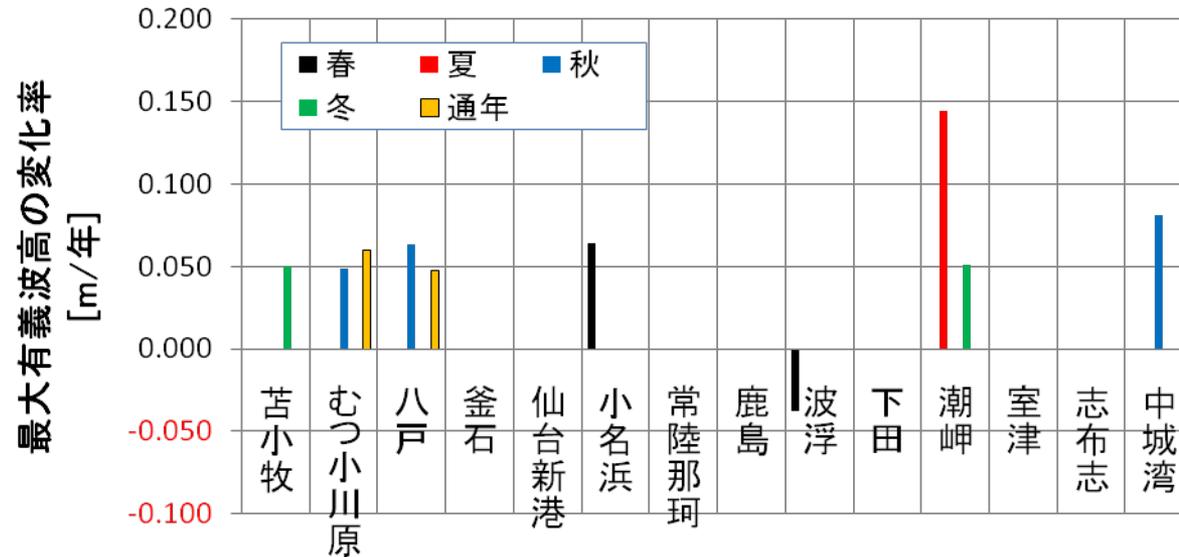
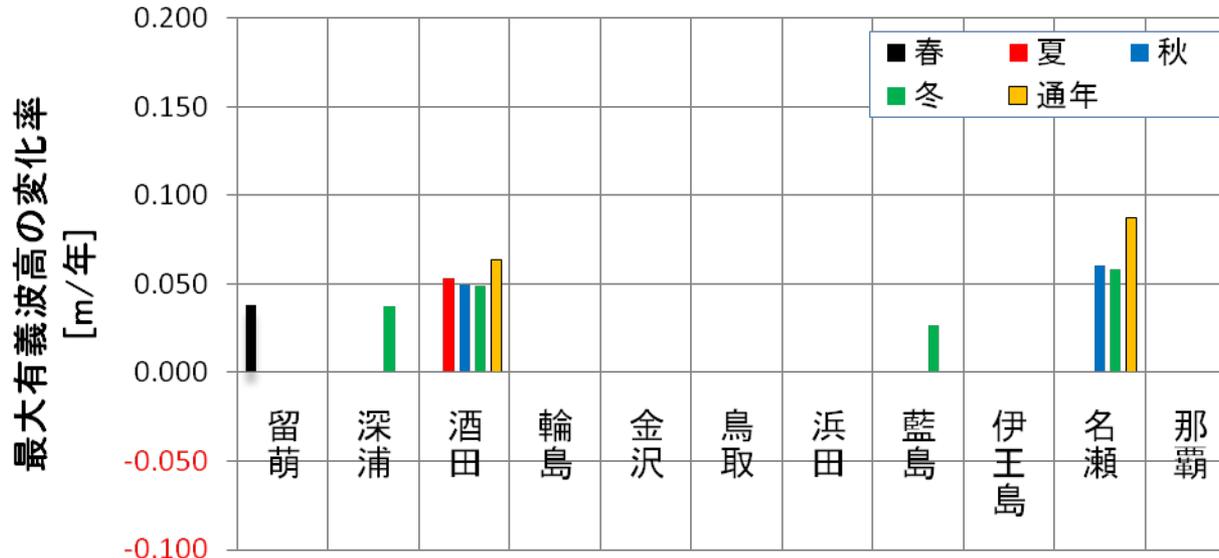
# 4. 通年・季節の平均有義波の経年変化



下田の春季を除き増加傾向

平均有義波周期の経年変化率(棄却検定で有意と判定)

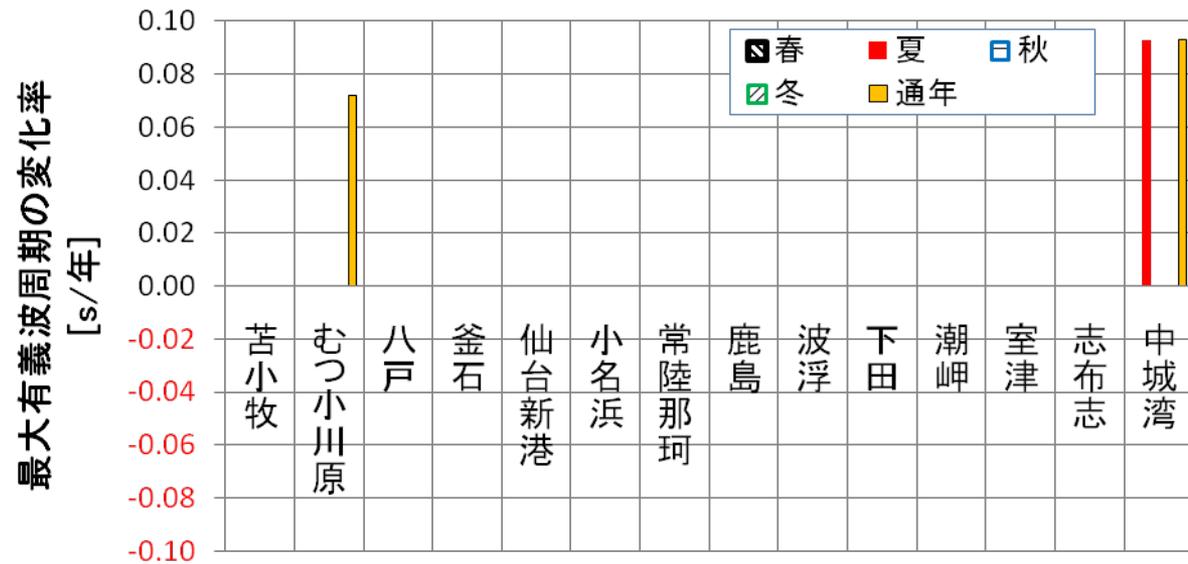
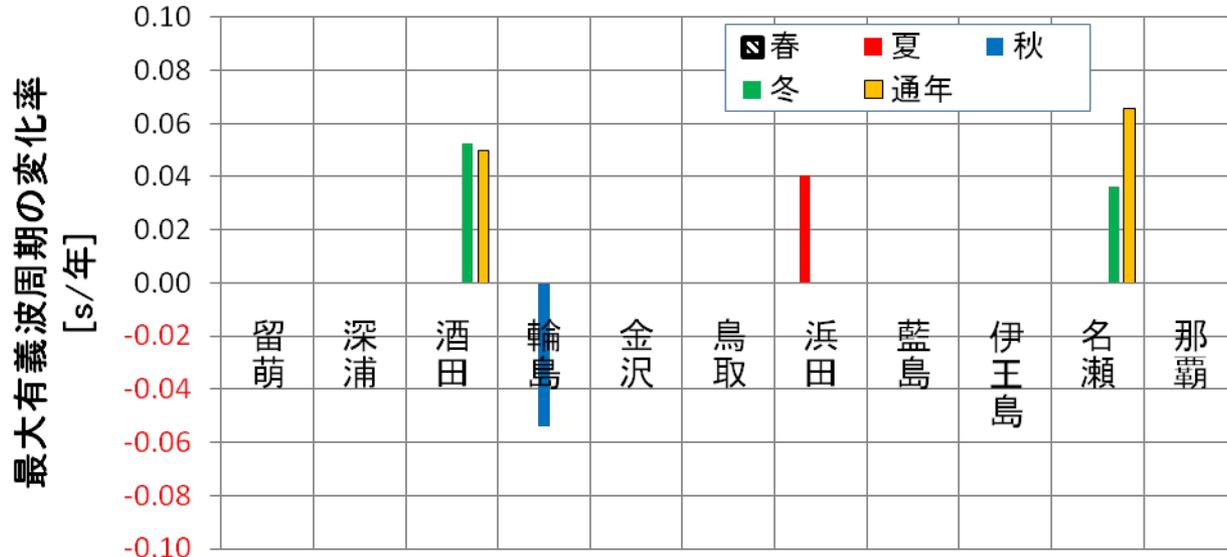
# 5. 通年・季別の最大有義波の高の経年変化



平均有義波の傾向とは一致しない

最大有義波高の変化率(上:日本海側, 下:太平洋側)

# 5. 通年・季別の最大有義波の経年変化



最大有義波周期の変化率(上:日本海側, 下:太平洋側)

# ナウファスデータに基づく日本沿岸での波浪の変化

棄却検定で有意と判断したデータ ▲:増加傾向 ▼:減少傾向

地点名	平均有義波高					平均有義波周期					最大有義波高					最大有義波周期				
	春	夏	秋	冬	通年	春	夏	秋	冬	通年	春	夏	秋	冬	通年	春	夏	秋	冬	通年
留萌						▲					▲									
深浦	▲					▲	▲			▲				▲						
酒田							▲	▲		▲			▲	▲	▲				▲	▲
輪島																		▼		
金沢		▲				▲	▲			▲										
鳥取																				
浜田										▲							▲			
藍島	▲	▲	▲		▲		▲	▲	▲	▲				▲						
伊王島																			▲	▲
名瀬						▲		▲	▲	▲			▲	▲	▲				▲	▲
那覇						▲	▲			▲										
苫小牧							▲	▲	▲	▲				▲						▲
むつ小川原					▲					▲			▲	▲	▲					▲
八戸	▲						▲	▲					▲		▲					
釜石								▲												
小名浜								▲		▲					▲					
常陸那珂			▲		▲			▲		▲										
鹿島																				
波浮	▼			▲	▼				▲											
下田			▼			▼														
潮岬				▲									▲		▲					
室津																				
志布志																				
中城湾		▲	▲	▲	▲								▲				▲			▲

台風の影響が少ない地域で  
周期が増加

平均有義波周期を除くと変化は不明瞭

## 5. 気候変動指標との関係

### 指標の説明

気象庁ホームページに公開されているデータ使用  
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index.html>

**海水温**: 海域毎の水温データを使用 (右図参照)

### **南方振動(指数)**:

熱帯の西部太平洋と東部太平洋の間の地上気圧が、数年ごとにシーソーのように変動する現象。

正: ラニーニャ, 負: エルニーニョ

### **北極振動(指数)(AO指数)**

北極振動とは北極域と北半球の中緯度の気圧が相反して変動する現象。

正(負): 北極域で気圧が低く(高く), 中緯度付近の気圧が高く(低く)なる

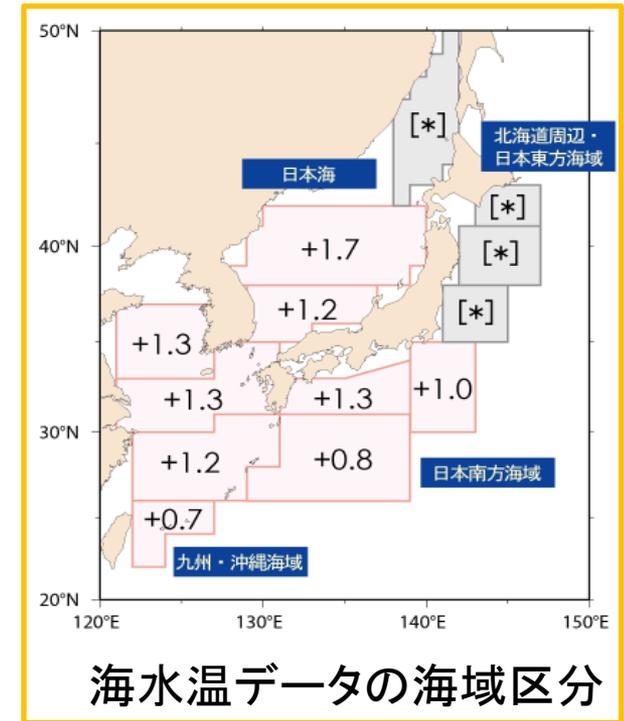
**太平洋十年規模振動(PDO)**: 海水温や気圧の平均的な状態が10年を1単位とした2単位で周期的に変動する現象。

正: 日本を含む北太平洋で海水温低下, アリューシャン低気圧, 偏西風が平年より強い  
負: 逆

**北太平洋指数(NPI)** アリューシャン低気圧の指標

正: アリューシャン低気圧が平年より弱い(暖冬)

負: 逆



# 平均有義波高と気候変動指標との相関解析結果

海水温: 比較的相関が高い

- ・波高と逆相関
- ・冬の太平洋南向地点は正の相関

南方振動指数

波高・周期とも春以外は逆相関  
エルニーニョ ⇔ 波高: 大

平均有義波高との相関解析

地点名	水温海域	海水温					南方振動指数				
		春	夏	秋	冬	通年	春	夏	秋	冬	通年
留萌	日本海北東部	0.157	-0.149	-0.403	-0.072	-0.124	-0.447	0.105	0.037	0.032	-0.014
酒田	日本海中部	-0.232	-0.124	-0.488	-0.137	0.016	0.013	-0.146	0.066	-0.160	-0.280
輪島	日本海南部	-0.475	0.184	-0.283	-0.530	-0.532	0.190	0.084	0.257	-0.189	-0.124
藍島	東シナ海北部	0.177	-0.006	-0.386	-0.249	0.175	0.012	-0.040	-0.060	-0.090	-0.183
名瀬	東シナ海南部	-0.270	-0.111	-0.348	-0.396	0.059	0.522	-0.286	-0.277	-0.028	-0.009
苫小牧	釧路沖	0.198	-0.173	0.177	0.196	0.094	0.293	-0.279	-0.254	-0.042	-0.174
八戸	三陸沖	-0.049	-0.480	0.163	0.130	-0.083	0.307	-0.197	-0.004	-0.050	-0.098
鹿島	関東の東	0.237	-0.232	0.344	-0.050	0.088	0.272	0.060	0.111	-0.297	0.183
波浮	関東の南	-0.271	-0.444	-0.219	0.375	-0.444	0.477	-0.446	-0.190	-0.007	-0.102
潮岬	四国・東海北部	0.610	-0.145	0.206	0.356	0.291	0.430	-0.379	-0.659	0.356	-0.226
中城湾	先島諸島周辺	0.300	0.100	0.900	0.500	0.400	0.295	-0.440	-0.250	0.130	-0.266

地点名	水温海域	AO指数					PDO	NPI
		春	夏	秋	冬	通年	冬	冬
留萌	日本海北東部	-0.082	-0.144	-0.214	-0.353	-0.362	0.342	-0.091
酒田	日本海中部	-0.138	0.082	-0.563	-0.048	-0.038	0.192	-0.270
輪島	日本海南部	-0.302	-0.167	-0.224	-0.398	-0.524	0.185	-0.089
藍島	東シナ海北部	-0.300	-0.046	-0.249	-0.204	-0.076	0.228	-0.265
名瀬	東シナ海南部	-0.382	-0.187	-0.088	-0.258	0.073	0.467	-0.339
苫小牧	釧路沖	0.116	0.009	-0.246	-0.023	0.465	-0.161	0.200
八戸	三陸沖	0.151	-0.045	0.334	0.258	0.318	0.063	0.209
鹿島	関東の東	-0.029	0.157	0.201	-0.013	-0.116	0.306	-0.048
波浮	関東の南	0.139	-0.588	-0.102	0.122	-0.001	0.217	0.117
潮岬	四国・東海北部	0.037	-0.109	-0.018	0.081	0.052	-0.092	0.151
中城湾	先島諸島周辺	-0.181	0.076	-0.012	0.194	-0.078	-0.053	0.226

黒文字: 正の相関

赤文字: 負の相関

■: 相関係数 ±0.4以上

AO指数  
波高は逆相関

PDO・NPI 冬季  
日本海側 寒冬だと波高: 大

## 6. 終わりに

ナウファスの長期観測データを元に、有義波諸元の経年変化等を整理した結果、以下の事が分かった。

- 1) 年平均有義波高は藍島・むつ小川原・常陸那珂・中城湾で増加傾向、波浮で減少傾向がみられる。
- 2) 平均有義波周期は日本海北部(深浦～金沢)の春～夏季にかけて増加傾向、太平洋岸では北海道～関東沿岸(苫小牧～常陸那珂)で増加傾向がみられる。
- 3) 年最大有義波高の増加が顕著な地点として、日本海側では酒田・名瀬、太平洋側ではむつ小川原・八戸、潮岬が挙げられるが、必ずしも平均有義波高の増加地点と一致していない。
- 4) 気候変動指標と平均有義波高の相関解析では、海水温が最も相関が高かった。その他の気候変動指標は、海水温ほどの相関は得られなかった。

ご静聴ありがとうございました