

陸奥湾ホタテガイ養殖漁場における波浪予測システムの開発

秋田佳林・高坂祐樹・扇田いずみ・吉田達

目的

陸奥湾のホタテガイ養殖における安全操業や作業効率の向上を目的として、漁業者へ精度の高い波浪予測情報を提供するため、平成 25 年度から 30 年度にかけて、陸奥湾内 10 ヶ所で小型ブイ式波浪計による波浪観測データを収集し、気象庁データと実測値を比較解析して補正式を作成する。さらに、補正後の波浪予測情報を水産総合研究所のホームページや携帯電話で表示させるシステムを構築する。

なお、本報告は有戸沖及び東田沢沖で実施した結果をとりまとめた。

材料と方法

1. 予測に必要な波浪データの収集

2017 年 9 月 22 日から 2018 年 4 月 18 日まで有戸沖に、同年 5 月 17 日から 10 月 15 日まで東田沢沖（図 1）に、太陽電池式の小型ブイ式波浪計（図 2、ゼニライトブイ社、GS-3210207-1 R1、以下波浪計）を 4 点係留して設置し（図 3）、波浪観測データを収集した。測定間隔は、太陽電池の性能を考慮して、有戸沖においては 2017 年 9 月 22 日～10 月 6 日は 1 時間間隔、10 月 6 日～翌年 4 月 18 日は 3 時間間隔とし、東田沢沖においては観測期間を通じて 1 時間間隔とした。

また、波浪計には、JAXA 開発による波浪計測ソフト（特許 No. 3658595）を内蔵した単独測位方式の GPS 受信機及び FOMA 携帯電話通信網を利用できる通信システムが搭載されており、GPS を利用し計算式により求められた波浪データを、測定間隔と同じ 3 時間もしくは 1 時間間隔で研究所のパソコンに自動で送受信した。

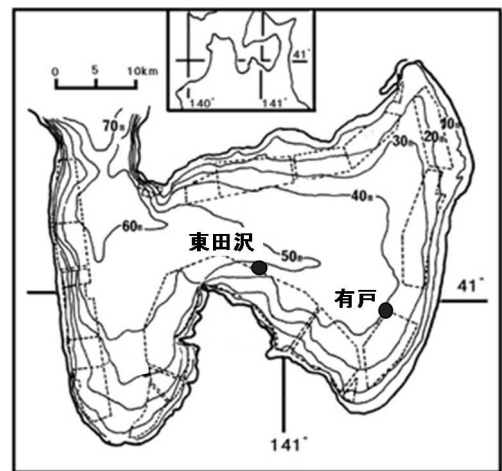


図 1. 波浪計の設置位置



図 2. 波浪計

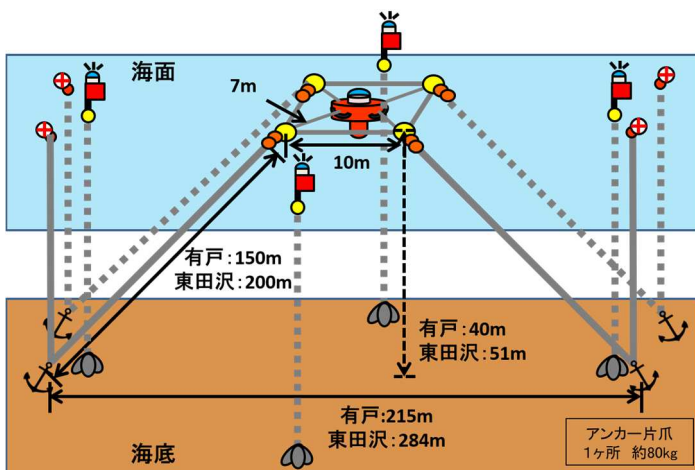


図 3. 設置方法（4 点係留）

2. 気象庁データの補正

委託先の株式会社吉田産業において、研究所で受信した有戸沖及び東田沢沖の波浪観測データと気象庁沿岸波浪数値予報モデル GPV（以下、「沿岸波浪 GPV」という）の予測値を用いて、沿岸波浪 GPV から各観測点の波浪予測値へ変換する補正式を作成するための解析を行った。

さらに東湾ブイの風向風速観測データ¹⁻³⁾と沿岸波浪 GPV による風向風速データの比較を行い、併せて風速予測値への変換補正式についても解析を行った。

解析方法は森ら³⁾の手法を用い、解析に用いた波浪観測データと、沿岸波浪 GPV データの比較期間、比較時刻及び要素などを表 1 に示す。また、東湾ブイの観測データと、沿岸波浪 GPV データの比較期間、比較時刻及び要素などを表 2 に示す。沿岸波浪 GPV データは、表 3 に示すとおり、各観測点に最も近い格子点の値を使用した。

表 1. 解析に用いた有戸沖及び東田沢沖の波浪観測データ及び沿岸波浪 GPV データ

	有戸沖	東田沢沖
比較期間	2017年9月22日～2018年4月18日	2018年5月17日～10月15日
比較時刻	3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時、24時	
要素	波高・周期・波向・風向風速（但し風向風速は沿岸波浪 GPV のみ）	
使用データ数 （欠測や異常値を除く）	波高・波向：1664個、周期：1526個	波高・波向：1209個、周期：1203個

表 2. 解析に用いた東湾ブイの観測データ及び沿岸波浪 GPV データ

比較期間	2013年3月1日～2015年4月30日、2015年6月1日～11月29日、 2015年12月21日～2018年4月20日、2018年5月1日～10月30日
比較時刻	3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時、24時
要素	風向風速
使用データ数 （欠測や異常値を除く）	15728個

表 3. 各観測点と対応する沿岸波浪 GPV 格子点の位置

観測点	観測点の緯度経度	対応する沿岸波浪 GPV 格子点の緯度経度
有戸沖	北緯 40° 59' 30"	北緯 41° 00' 00"
	東経 141° 09' 54"	東経 141° 09' 00"
東田沢沖	北緯 41° 02' 25.7"	北緯 41° 03' 00"
	東経 140° 56' 47.4"	東経 140° 57' 00"
東湾ブイ	北緯 41° 06' 15"	北緯 41° 06' 00"
	東経 140° 57' 46.2"	東経 140° 57' 00"

結果と考察

1. 予測に必要な波浪データの収集

有戸沖及び東田沢沖における有義波高及び有義周期を図 4～7 に示す。4m を超える有義波高は 2018 年 2 月と 3 月に 1 回ずつ、3m を超えたのは、期間中 13 回、2m を超えたのは期間中 72 回あり、いずれも有戸沖で観測された。東田沢沖では 2m を超える有義波高は観測されなかった。

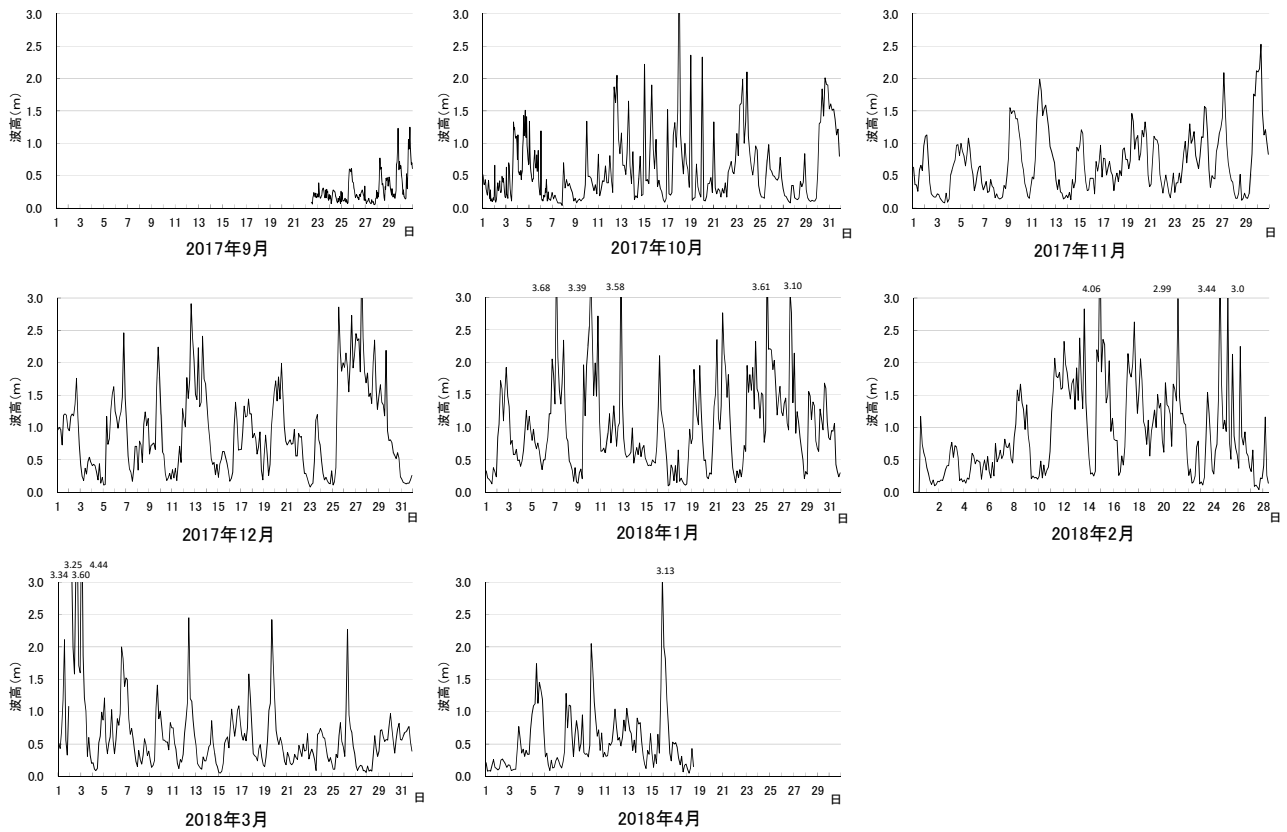


図 4. 有戸沖における有義波高

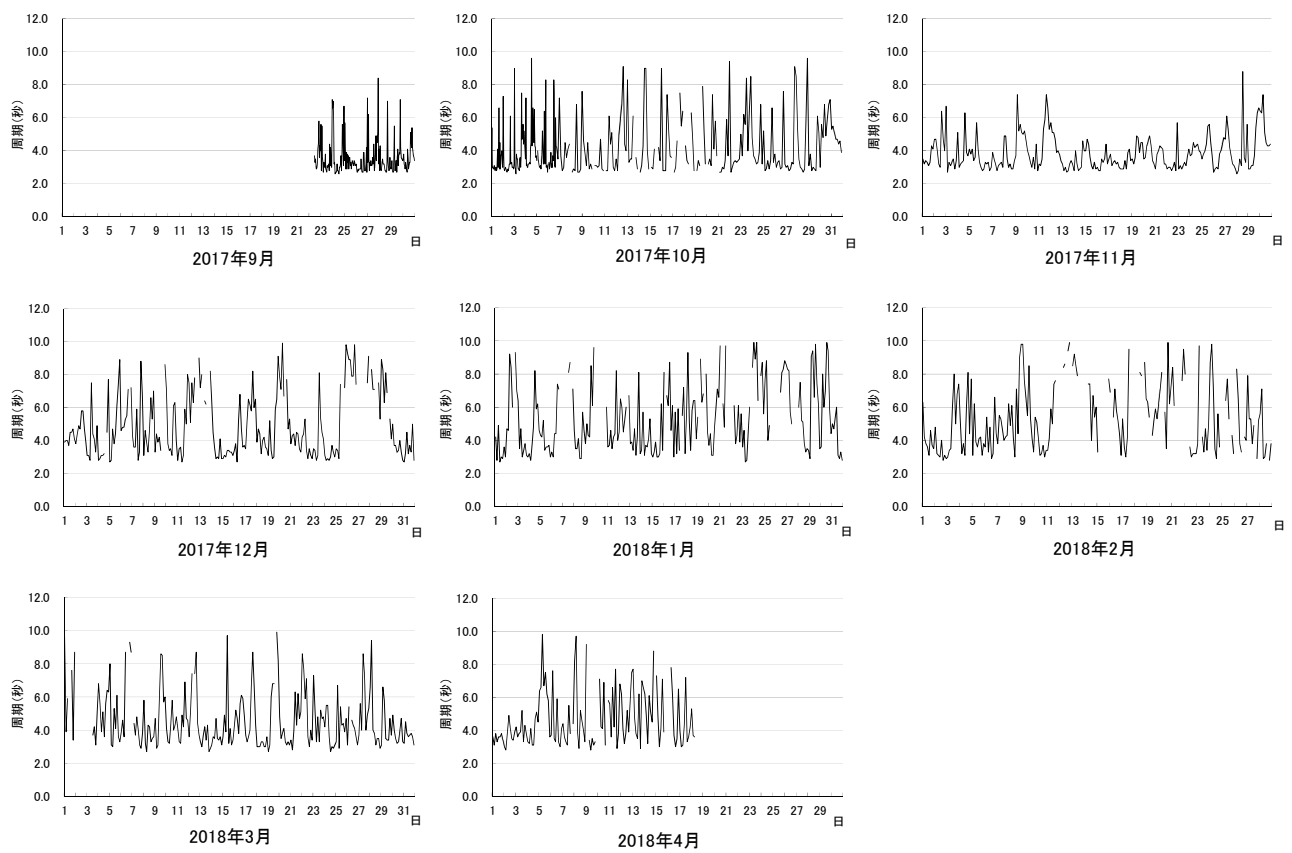


図 5. 有戸沖における有義周期

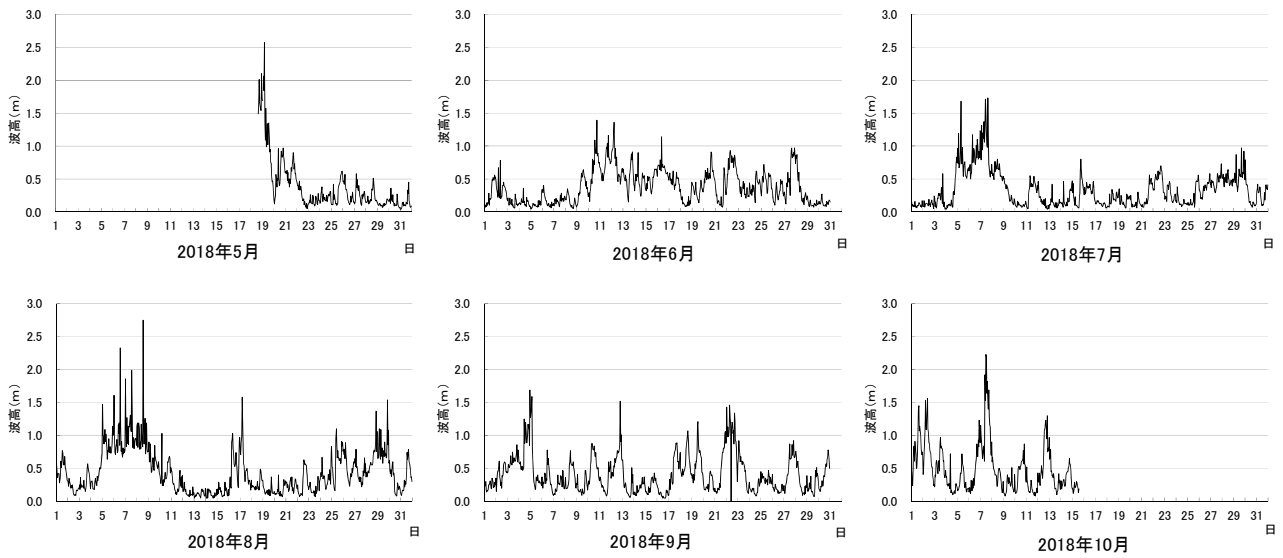


図 6. 東田沢沖における有義波高

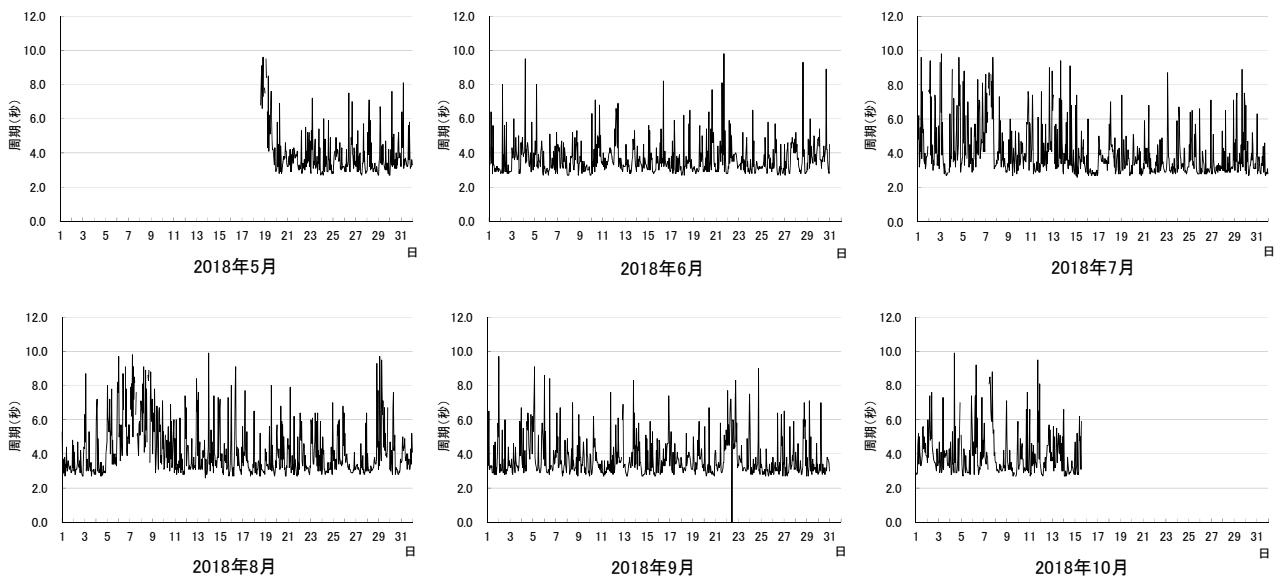


図 7. 東田沢沖における有義周期

2. 気象庁データの補正

有戸沖及び東田沢沖の波浪観測データと沿岸波浪 GPV データ及び東湾ブイの観測データと沿岸波浪 GPV データを基に作成した散布図より求めた相関係数を表 4-1 及び表 4-2 に、結果概要を表 5 に示す。

なお、気象庁の沿岸波浪 GPV データは、委託先が有料で入手しているものであること、散布図及び回帰式は、波浪予測システム構築の際の知的財産権に関する事項となることから掲載を省略する。

表 4-1. 相関係数

比較項目	*相関係数	
	有戸沖	東田沢沖
(1)波浪観測データと沿岸波浪GPVの波高	0.83	0.77
(2)波浪観測データと沿岸波浪GPVの周期	0.40	0.19
(3)波浪観測データと沿岸波浪GPVの波高 【沿岸波浪GPVの波向別】		
北北東	0.87	0.38
北東	0.88	0.65
東北東	0.95	0.66
東	0.81	0.83
東南東	0.80	0.80
南東	0.59	0.70
南南東	0.11	0.77
南	0.13	-
南南西	0.15	0.90
南西	0.33	0.55
西南西	0.80	0.69
西	0.85	0.85
西北西	0.80	0.74
北西	0.81	0.48
北北西	0.74	0.64
北	0.54	0.89
(4)波浪観測データと沿岸波浪GPVの周期 【沿岸波浪GPVの波向別】		
北北東	0.38	-0.03
北東	-0.18	0.73
東北東	-0.02	0.39
東	0.12	0.37
東南東	-0.02	0.42
南東	-0.07	0.29
南南東	0.17	0.09
南	-0.18	-
南南西	0.05	0.83
南西	-0.22	-0.02
西南西	-0.10	-0.30
西	0.53	0.01
西北西	0.49	-0.01
北西	0.31	-0.04
北北西	0.32	0.02
北	-0.02	0.71
(5)波浪観測データの周期と沿岸波浪GPVの風速 【沿岸波浪GPVの風向別】		
北北東	0.54	0.16
北東	-0.40	0.10
東北東	-0.05	0.28
東	0.13	0.44
東南東	0.05	0.38
南東	-0.17	0.01
南南東	-0.08	0.19
南	-0.28	-0.07
南南西	-0.14	-0.10
南西	-0.02	0.12
西南西	0.54	0.04
西	0.61	0.16
西北西	0.42	-0.17
北西	0.44	-0.04
北北西	-0.11	-0.01
北	-0.66	0.16
(6)波浪観測データの波高と沿岸波浪GPVの風速 【沿岸波浪GPVの波高が最低値(20cm)の場合】	0.28	0.52
(7)波浪観測データの波高と沿岸波浪GPVの風速 【沿岸波浪GPVの波高が最低値(20cm)の場合】 【沿岸波浪GPVの風向別】		
北北東	0.75	0.12
北東	0.54	0.20
東北東	0.09	0.39
東	0.13	0.45
東南東	0.34	0.76
南東	0.13	0.60
南南東	0.74	0.31
南	0.16	-0.02
南南西	0.42	0.20
南西	0.29	0.61
西南西	0.39	0.56
西	0.22	0.59
西北西	0.33	0.26
北西	0.28	0.06
北北西	0.78	0.60
北	0.48	-0.19

*-は相関がないことを示す

表 4-2. 相関係数

比較項目	相関係数
東湾ブイと沿岸波浪GPVの風速	0.82

表 5. 結果概要

比較項目	有戸沖	東田沢沖
(1) 波浪観測データと沿岸波浪 GPV の波高	0.83 と強い正の相関があるが、沿岸波浪 GPV の波高は 20cm という値が多く、対応する波浪観測データは 10cm 程度から 240cm 程度までの幅がある。	0.77 とやや強い正の相関があるが、沿岸波浪 GPV の波高は 20cm という値が多く、対応する波浪観測データは 10cm 程度から 120cm 程度までの幅がある。
(2) 波浪観測データと沿岸波浪 GPV の周期	0.40 と相関は弱く、沿岸波浪 GPV の周期は 2 秒と 4~5 秒付近に値が集中している。対応する波浪観測データは 3 秒程度から 10 秒程度までの幅がある。	0.19 と相関は弱く、沿岸波浪 GPV の周期は 2 秒と 4~5 秒付近に値が集中している。対応する波浪観測データは 3 秒程度から 10 秒程度までの幅がある。
(3) 波浪観測データと沿岸波浪 GPV の波高【沿岸波浪 GPV の波向別】	波向が「北北東」「北東」「東北東」「東」「東南東」「西南西」「西」「西北西」「北西」で 0.80~0.95 と強い正の相関があるが、「南南東」「南」「南南西」では相関が弱い。	波向が「東」「東南東」「南南西」「西」「北」で 0.80~0.90 と強い正の相関があるが、「南」は相関がない。
(4) 波浪観測データと沿岸波浪 GPV の周期【沿岸波浪 GPV の波向別】	波向が「西」のときの相関係数が 0.53 で最も大きい、相関は全般的に弱い。	波向が「南南西」のときの相関係数が 0.83 で最も大きい、相関は全般的に弱い。
(5) 波浪観測データの周期と沿岸波浪 GPV の風速【沿岸波浪 GPV の風向別】	風向が「北」のときの相関係数が -0.66 と最も大きい、相関は全般的に弱い。	風向が「東」のときの相関係数が 0.44 と最も大きい、相関は全般的に弱い。
(6) 波浪観測データの波高と沿岸波浪 GPV の風速【沿岸波浪 GPV の波高が最低値 (20cm) の場合】	0.28 と相関は弱く、波浪観測データでは 240cm 程度の波高もあるなどばらつきがある。	0.52 とそれほど相関は強くなく、波浪観測データでは 110cm 程度の波高もあるなどばらつきがある。
(7) 波浪観測データの波高と沿岸波浪 GPV の風速【沿岸波浪 GPV の波高が最低値 (20cm) の場合】【沿岸波浪 GPV の風向別】	風向が「北北西」のとき、相関係数が 0.78 とやや強い正の相関があるが、風向が「東北東」のときは、相関係数が 0.09 と、相関の弱い向きもある。	風向が「東南東」のとき、相関係数が 0.76 とやや相関があるが、風向が「南」のときは、相関係数が -0.02 と相関がほとんどない向きもある。
(8) 東湾ブイと東湾ブイの沿岸波浪 GPV の風速		相関係数 0.81 と強い正の相関があるが、沿岸波浪 GPV の風速が 6m/s 程度以下のときに東湾ブイの風速が 0m/s という値が多くある。

以上の結果から、沿岸波浪 GPV の予測値から有戸沖及び東田沢沖の波浪予測値等への変換について、下記のとおり検討した。

- (1) 波高予測値は、沿岸波浪 GPV の波高予測値を用いて回帰式により求める。

なお、沿岸波浪 GPV の波向別の結果は、相関が強くてもサンプル数が少ないものは波向別の補正は行わない方針だが、サンプル数が多く、相関係数が強い正の相関がある波向については、回帰式により求める。

ただし、沿岸波浪 GPV の波高予測値が 20cm の場合、波高予測値は沿岸波浪 GPV の風速の予測値を用いて回帰式により求める。この際、風向別の回帰式はサンプル数が少ないため、使用しない。

- (2) 周期予測値は、波浪観測した全データを調べても、沿岸波浪 GPV の波向別に調べても相関が弱い場合が多いため、沿岸波浪 GPV の予測値をそのまま使う。

- (3) 風速の予測値は、東湾ブイと沿岸波浪 GPV との相関が強いため、各地点でも同様の関係があると仮定し、沿岸波浪 GPV の風速の予測値を用いて回帰式により求める。

なお、風向については、地形的な影響もあるため、沿岸波浪 GPV の予測値をそのまま使う。

これまで陸奥湾内のホタテガイ養殖漁場において同様の観測、解析を行っており³⁻⁶⁾、本報告を含めて湾内 10 地点における沿岸波浪 GPV の補正式が得られた。そこで、漁場環境部により青森県海況気象情報総合提供システム内に波浪予測ページを開設し、平成 30 年 5 月から陸奥湾内の漁業研究会員等約 100 名を対象に試験運用を実施した。さらに、陸奥湾内のすべてのホタテガイ養殖漁業者を対象を拡大し、令和元年 6 月から本運用に移行した。

謝 辞

波浪計の設置にあたりご協力いただいた青森海上保安部交通課の職員並びに波浪観測データの解析にご尽力いただいた株式会社吉田産業海洋気象事業部の田嶋所長にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 扇田いずみ・高坂祐樹（2019）陸奥湾海況自動観測事業．平成 29 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，144-153.
- 2) 扇田いずみ・高坂祐樹（2020）陸奥湾海況自動観測事業．平成 30 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，146-155.
- 3) 森恭子・吉田達・山内弘子・小谷健二（2019）陸奥湾ホタテガイ養殖漁場における波浪予測システムの開発．平成 29 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，268-275.
- 4) 森恭子・吉田達・伊藤欣吾・伊藤良博・小谷健二・川村要（2016）陸奥湾ホタテガイ養殖漁場における波浪予測システムの開発．平成 26 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，349-357.
- 5) 森恭子・吉田達・伊藤欣吾・伊藤良博・小谷健二・川村要（2017）陸奥湾ホタテガイ養殖漁場における波浪予測システムの開発．平成 27 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，352-359.
- 6) 森恭子・吉田達・山内弘子・小谷健二（2018）陸奥湾ホタテガイ養殖漁場における波浪予測システムの開発．平成 28 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，310-317.