

1 解説

1.1 沿岸波浪計による波浪観測

1.1.1 観測システムの概要

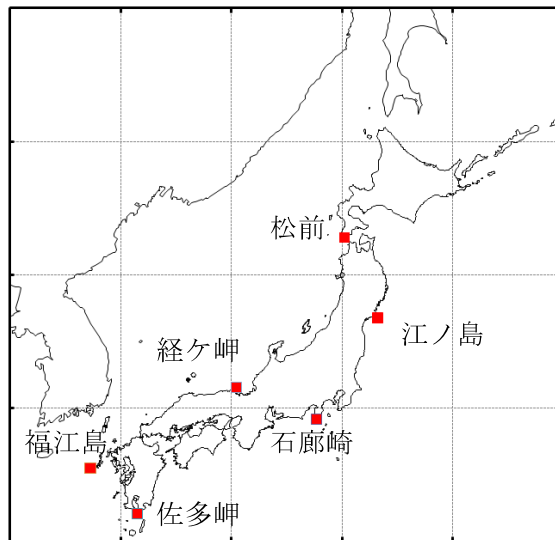
気象庁では、日本の沿岸 6 地点に波浪計を設置し、沿岸の波浪観測を行っている。観測の結果は、波浪の実況監視や波浪解析に利用されている。沿岸波浪計は、超音波式沿岸波浪計とレーダー式沿岸波浪計の 2 種類があり、松前では超音波式沿岸波浪計で観測を行っている。

観測点の配置を第 1.1 図に、超音波式沿岸波浪計観測システムの概要を第 1.2 図に示す。

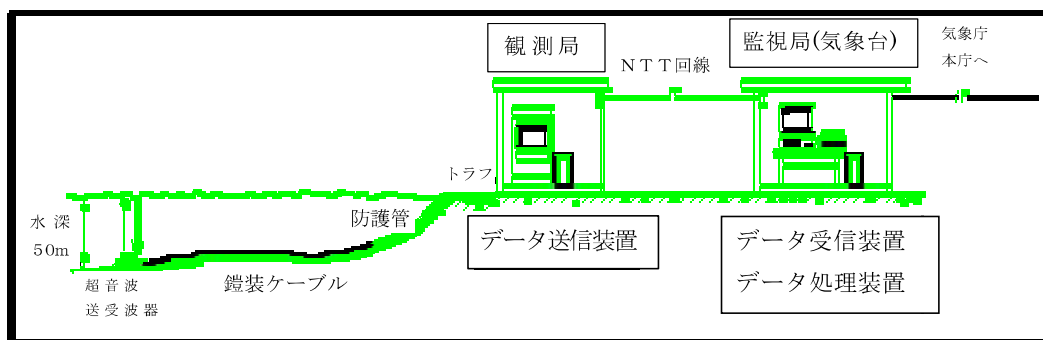
超音波式沿岸波浪計は、海底に超音波送受波器を設置し、水中から発射した超音波が海面で反射して戻るまでの時間を計ることにより、海面の水位変動を測っている。この水位変動を、連続的に測ることで海面の変動が分かり、統計的に処理することで、海面の波を観測している。

観測センサーである超音波送受波器は、できるだけ沿岸地形の影響を受けない沖合の表面波形を観測するために、海岸線より沖合 1~3km、水深 50m 程度の海底に設置している。この送受波器は鋭いビームの超音波パルスを一秒間に約 4 回垂直に発射し、海面からの反射波を受信している。

センサーからの信号は近くの海岸に設けられている観測局でデジタル化され、伝送上のチェック信号と組み合わせられた上、NTT 回線を通じて監視局である観測実施官署に送信される。監視局では毎正時の 25 分前から 5 分前までの 20 分間に収集した海面水位データを電子計算機で処理し、有義波高などの波浪解析結果を気象庁本庁に通報している。また、モニターによる常時監視を行っている。



第 1.1 図 気象庁沿岸波浪計配置図 (平成 22 年 9 月)

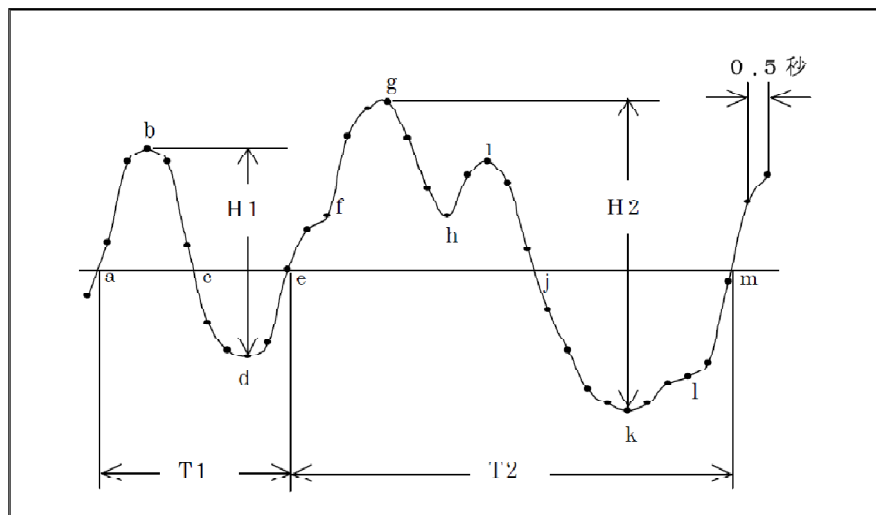


第 1.2 図 超音波式沿岸波浪計の観測システム

1.1.2 データ解析処理の方法

一般に波浪は高さ、周期及び波向き（進行方向）により表現される。

松前沿岸波浪計では一点における水位の変化を時系列として測定し、これから波高と周期を計算により求めている。ただし、波向きは観測していない。観測局では観測時間の 20 分間（正時 25 分前から正時 5 分前）に入力されるセンサーからの信号を 0.5 秒毎に海面水位データに変換する。このデータをゼロアップクロス法（Zero-up-Cross 法）によってデータ処理し、波高や周期を求めている。第 1.3 図の波形処理説明図を用いて波高や周期の求め方を以下に示す。



第 1.3 図 波形処理説明図

ゼロアップクロス法では最初に零レベル（全観測値の平均値）を求める。この零レベルから各々の偏差を求め、その値が負から正に変わる時を波の始まり（終わり）として波を数える。言い替えると零レベルより低いところから高いところへ横切る点をゼロアップクロスポイント（図では a, e, m）と呼び、各波の区切りとみなす。その間（a~e, e~m）が一つの波であり、それぞれの波の周期は a~e, e~m に対応する時間 T1, T2 で、波高は bd, gk に対応する海面水位の差 H1, H2 で与えられる。なお、em 間には 2 つの峰（g と i）があるが、ghi 間にはゼロアップクロスポイントが存在しないので 2 個の波として扱わない。

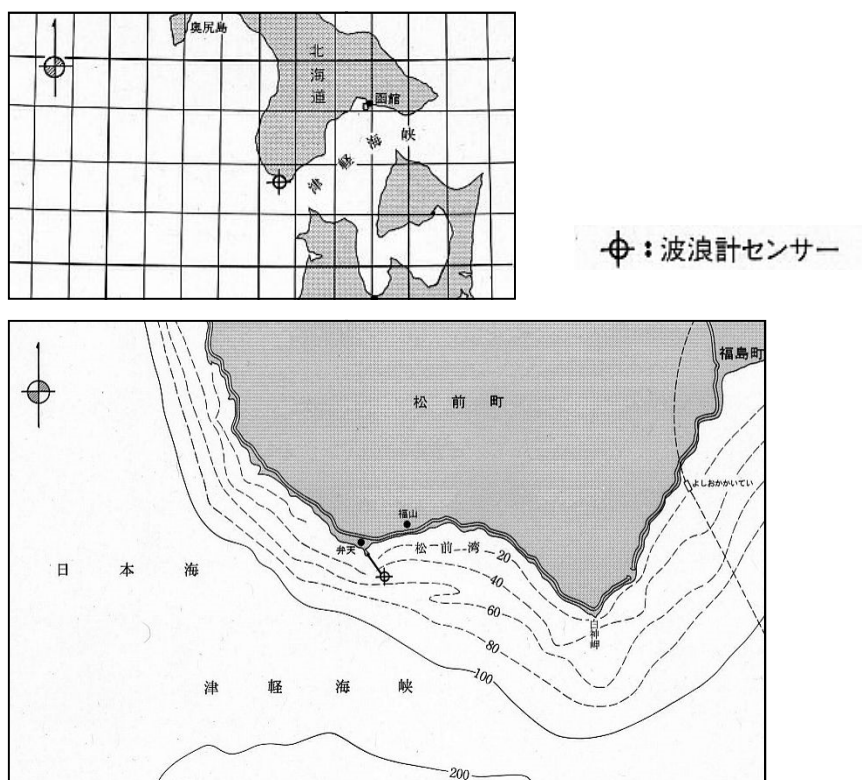
以上の処理によって得られる個々の波の総数を波数、その中で波高がもっとも大きい波を最大波（Maximum Wave）と呼び、その波高及び周期をそれぞれ最大波波高及び最大波周期と呼ぶ。また、波高の大きい順に波数の 3 分の 1 個の波を抽出し、その波高と周期を平均してそれぞれ 1/3 最大波波高及び 1/3 最大波周期と呼ぶ。「1/3 最大波」は有義波（Significant Wave）と呼ばれ、目視観測による波高及び周期とほぼ一致している。単に波高、周期というときには有義波のものを指す。

1.2 松前沿岸波浪観測施設

1.2.1 松前沿岸波浪計要目

松前沿岸波浪計の要目は次のとおりであり、設置位置を第 1.4 図に示す。

名称	松前沿岸波浪計
監視局所在地	函館市美原 3 丁目 4 番 4 号 函館海洋气象台
観測局所在地	北海道松前郡松前町字弁天島
波浪計送受波器の設置位置	北緯 41 度 24 分 38 秒 東経 140 度 05 分 50 秒
波浪計送受波器の設置水深	-49 メートル
送受波器～汀線間のケーブル長	1,265 メートル



第 1.4 図 波浪計設置位置図

1.2.2 松前沿岸波浪計の主な履歴

- 1979 年(昭和 54 年) 1 月 1 日 観測開始。
定時観測：日本時間の 03、06、09、12、15、18、21、24 時
臨時観測：台風接近時など毎正時に行う
- 1987 年(昭和 62 年) 3 月 31 日 松前港改修工事に伴う波浪計海底ケーブル移設。
- 1992 年(平成 4 年) 7 月 23 日 監視局新庁舎に移設。
- 1992 年(平成 4 年) 7 月 24 日 毎時観測開始。
- 1994 年(平成 6 年) 1 月 1 日 監視局、観測局観測装置の更新。
- 1995 年(平成 7 年) 7 月 19 日 超音波送受波器を更新。
- 2005 年(平成 17 年) 3 月 25 日 監視局処理装置を更新。
- 2006 年(平成 18 年) 8 月 9 日 超音波送受波器を更新。
- 2008 年(平成 20 年) 3 月 25 日 観測局処理装置を更新。

1.3 障害の発生回数と測得率

この報告に用いた資料は、1979年（昭和54年）1月から2008年（平成20年）12月までの30年間の観測資料で、波高・周期の単位は、それぞれメートル（m）、秒（s）を用いた。月別及び年別に障害が発生した回数と測得率（%）を第1.2・1.3表に示す。

障害番号については、下記の解説を参照のこと。

観測データには、異常域の有無、資料の収集時間、およびデータ処理で得られた波数、有義波・最大波の波高と周期について点検し、第1.1表に従って障害番号をつけている。

なお、表中の障害番号が7で、(イ)の場合、最大波の波高と周期

障害番号が7で、(ロ)の場合、該当する波の波高と周期

障害番号が7で、(ハ)の場合、有義波と最大波の周期

障害番号が8,9の場合、全ての観測要素をそれぞれ欠測としている。

第1.1表 障害番号の説明

障害番号	障 害 の 内 容
0	正 常
1	異常域あり（20分間のデータを収集）
2	データの収集時間が10分以上20分未満で異常域なし
3	データの収集時間が10分以上20分未満で異常域あり
7	以下のいずれかに該当する (イ) 最大波の波高が有義波の波高の3倍以上である (ロ) 有義波、最大波のいずれかの周期が30秒以上である (ハ) 伝送系の分解能に対して、波高が小さく周期の信頼度が低い
8	波数が1波以上20波未満
9	以下のいずれかに該当する (イ) データの収集時間が10分未満、または波数が0 (ロ) 品質管理の結果、信頼性が低いと判断された

「測得率の求め方」

$$\text{測得率} = \frac{\text{障害番号が8もしくは9以外であった回数}}{24 \times \text{日数}} \times 100 (\%)$$

1.4 データの取り扱い

1992年7月に3時間毎観測から毎時観測への変更があり、統計解析結果への影響を避けるため、2.4 高波出現順位と4 高波事例を除き、1992年7月までのデータについては、3時間ごとを挟む前後1時間は同一データに置き換えている。

また、冬季を12月から2月、春季を3月から5月、夏季を6月から8月、秋季を9月から11月とした。

さらに、1986年10月28日から1987年3月19日にかけて長期間欠測しており、測得率80%以上の期間を対象とした。利用しなかった測得率80%未満の期間は、年別では1987年、季節別は1979年冬季・1986年秋季・1987年冬季・1987年春季である。

第 1.2 表 障害の月別発生回数と月別測得率

月	障害番号 0	障害番号 1	障害番号 2	障害番号 3	障害番号 7	障害番号 8	障害番号 9	測得率 (%)
1	19065	2265	74	1	6	12	896	95.9
2	17181	2254	58	0	12	0	847	95.8
3	19146	2535	76	5	66	3	489	97.8
4	18577	2746	134	9	105	4	25	99.9
5	18750	3174	86	3	216	15	76	99.6
6	16834	4113	57	22	386	52	136	99.1
7	16916	4595	148	35	331	46	249	98.7
8	16859	4406	157	33	225	46	594	97.1
9	17792	3235	171	26	225	18	133	99.3
10	19387	2478	153	27	74	12	189	99.1
11	17924	2534	119	6	76	16	925	95.6
12	18722	2564	87	1	42	28	876	95.9
年間	217153	36899	1320	168	1764	252	5435	97.8

第 1.3 表 障害の年別発生回数と年別測得率

年	障害番号 0	障害番号 1	障害番号 2	障害番号 3	障害番号 7	障害番号 8	障害番号 9	測得率 (%)
1979	8039	525	9	0	90	6	90	98.9
1980	8235	384	3	0	18	6	138	98.4
1981	8199	360	6	0	57	6	132	98.4
1982	7914	489	45	6	69	12	225	97.3
1983	8280	378	15	0	51	12	24	99.6
1984	7824	810	3	0	66	12	69	99.1
1985	7936	680	3	0	87	15	39	99.4
1986	6412	597	6	0	87	18	1640	81.1
1987	6331	450	0	0	82	15	1882	78.3
1988	7920	594	3	3	84	30	150	98.0
1989	7800	594	0	0	131	19	216	97.3
1990	7762	570	114	6	202	69	37	98.8
1991	7684	408	385	36	181	15	51	99.2
1992	7409	541	440	51	191	8	144	98.3
1993	6967	1015	288	66	366	2	56	99.3
1994	7552	1198	0	0	0	2	8	99.9
1995	7236	1503	0	0	0	0	21	99.8
1996	6802	1981	0	0	0	0	1	100.0
1997	6605	2141	0	0	1	0	13	99.9
1998	6780	1972	0	0	0	1	7	99.9
1999	6928	1827	0	0	0	0	5	99.9
2000	6888	1880	0	0	0	1	15	99.8
2001	6714	2038	0	0	0	0	8	99.9
2002	6471	1885	0	0	0	1	403	95.4
2003	6459	2293	0	0	0	0	8	99.9
2004	6662	2080	0	0	1	2	39	99.5
2005	6708	2050	0	0	0	0	2	100.0
2006	6868	1888	0	0	0	0	4	100.0
2007	6876	1877	0	0	0	0	7	99.9
2008	6892	1189	0	0	0	0	1	100.0
累年	217153	36899	1320	168	1764	252	5435	97.8

※ 1986年10月28日～1987年3月19日までケーブル移設工事に伴い長期欠測となっている。