

船用波浪計データの船上処理システムの開発

道田 豊

Development of Data Processing System for Shipborne Wave Meter

Yutaka Michida

1. はじめに

海上において種々の活動を行う際、波浪は最も基本的かつ関心の高い現象であると言ってよいと思う。航海者向けの波浪情報については、海上保安庁が主要な航路標識から船舶気象通報として局地的な波浪の現況を他の気象要素とともに提供している。また、気象庁は外洋及び日本沿岸の波浪予報を行っている。

沿岸における波浪については、関係各機関が非常に密な観測網を展開しており、正確な数字は把握できないものの日本全国で300箇所以上の観測点があるものとみられる。一方外洋波浪については、渡辺ら(1992)が北太平洋における1974年から1988年までの船舶通報資料をまとめ、また波浪追算を行って統計的な解析を行った。これは約500万件に及ぶ大量の目視観測データを整理したものであり、信頼しうるデータベースが作成されたものと評価される。しかしなお、外洋においては機器による波浪観測データの蓄積が進んでいない。

そのため水路部では、1960年代から測量船や巡視船に搭載したタッカー式船用波浪計によって外洋波浪データの収集に努めてきた(倉品及び友定, 1968など)。その後1980年代になって、測量船「拓洋」「昭洋」と巡視船「みうら」に、データをデジタルで記録する改良型タッカー式船用波浪計が導入され

(道田, 1986)、新しい解析処理システムが開発されたことによって(徳田及び道田, 1986; 道田ら, 1987)精度の高い外洋波浪データが収集されるようになった。

解析処理システムは、センサーに関する各種の補正を施したり、解析結果を風浪とうねりの成分に分離して出力したりするため、フーリエ変換を何度も繰り返すものである。そのため、従来は観測資料をカセットテープの形で持ち帰り、大型計算機またはワークステーションによって一括して計算処理を行っていた。しかし、最近パーソナルコンピュータ(パソコン)の処理能力が向上し、船用波浪計データに関する計算についても容認できる処理速度が得られるようになってきた。そこで、船用波浪計の観測データを測量船のパソコンによって船上で処理する一連のソフトウェアを作成した。これによって、各観測航海の終了時には、観測報告書に掲載する書式の結果まで得られる体制ができあがった。ここでは、今回開発したソフトウェアの概要について述べる。

2. 船用波浪計の運用状況

タッカー式船用波浪計は、船の左右両舷ほぼ中央部分の喫水線下数mの位置に一對ずつ装備された加速度計と水圧計から構成されている。加速度計で船体の動揺を、水圧計で波と船体の相対運動を検出し、両者の出力を合成して波浪による海面の動きを知るものである。船体自身が測器になっており、観測のためには停船することが必要である。測量船では、CTD観測等で停船した際に合わせて波浪観測を実施している。

船体は波浪に対してローパスフィルターの役割を果たすことが確認されており(道田, 1988)、風下にあたる側の観測値は風浪成分を過小評価していると考えられる。従って風上側のデータがより信頼でき

るものとなる。「昭洋」の場合右舷後方から風浪を受けるように停船するケースが多く、拓洋は左舷やや前方から受ける場合が多い。すなわち、「昭洋」では右舷の、「拓洋」では左舷のデータがより正確に風浪の場を反映したものとなっているはずである。

年間の観測点数は、1994年1年間の実績で「昭洋」が130点余、「拓洋」は西太平洋海域共同調査に係る航海で実施する数十点となっている。観測成果は、水路部観測報告に掲載されている。1984年～1986年の3年分の「拓洋」による観測結果については、解析処理システムの完成を待って処理されたため、特例的に水路部観測報告波浪編（1987）として報告された。現在は「海洋編」及び「西太平洋海域共同調査編」に波浪観測結果が掲載されている。

3. 処理システムの全体像

(1) 基本構想

測量船「昭洋」「拓洋」に搭載されている、協和商工製の船用波浪計による観測データの処理をパソコンで行い、航海中に最終成果物まで作成することを目標に開発を行った。開発した一連のソフトウェアを使うことにより、船用波浪計のデータカセットを読み出し、スペクトル計算等の必要な処理を行い、最終的な観測報告書の原稿のフォームまで作成することができる。処理作業を行うには、MS-DOSに関する基本的な知識が必要であるが、それ以上の特殊な知識は必要ない。もちろん、誤った結果を報告しないため、また解析したデータを解釈するためには、波浪に関する知識が必要となる。

なお、ここで用いている処理ソフトウェアの本質的な考え方は、科学技術庁国立防災科学技術センター（現防災科学技術研究所）と海上保安庁との共同出願による特許「船用波浪計における計測処理システム」（特許第1708207号、平成4年）によるものである（徳田及び道田、1986；道田ら、1987）。

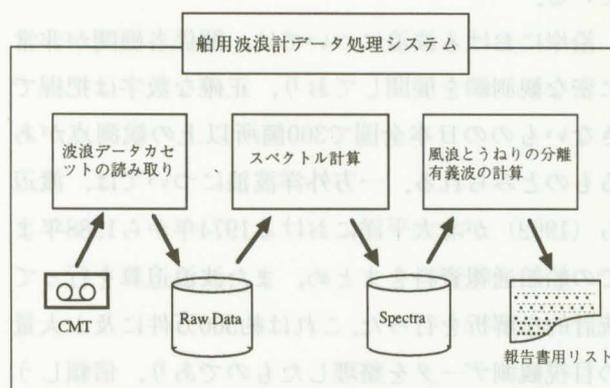
(2) 必要な機器の構成と準備

以下に述べる処理手順等は、測量船「昭洋」の観測室に設置されたパーソナルコンピュータPC9801 DAにインストールされたソフトウェアを念頭に置いている。但し、次の条件を満たせば、ほぼ同様の

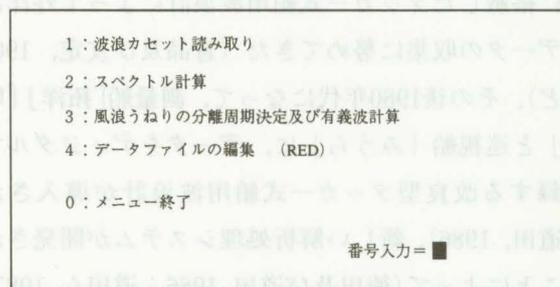
操作環境で処理を行うことができる。

- ・船用波浪計のデータカセット読み取り用のドライブ TEAC MT-2GP が PC98 シリーズの計算機と GPIB で接続されている。
- ・20メガバイト程度以上のディスクがあり、これを B ドライブとすることができる。（フロッピーだけでも処理はできるが、多くの観測点をこなすには不向きである。）
- ・RED 等のテキストエディターがある。

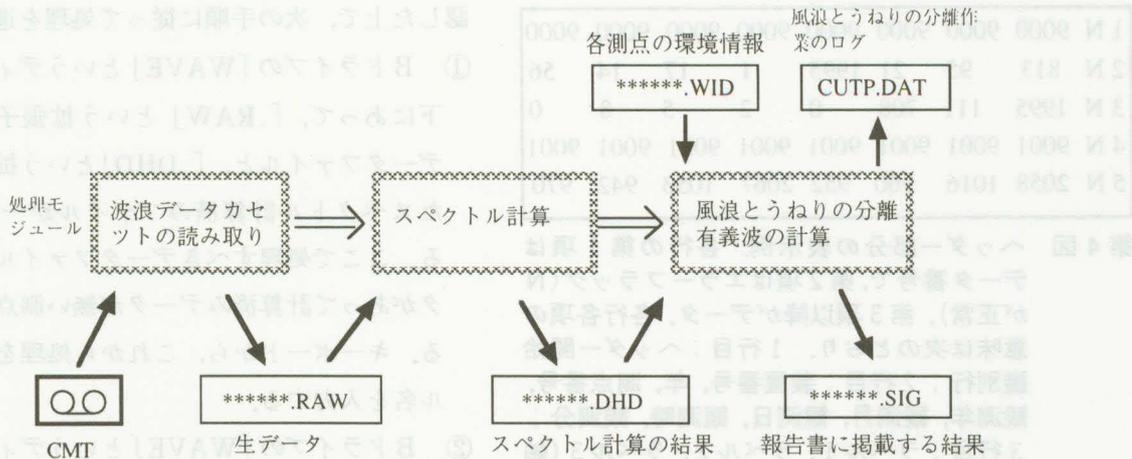
処理にかかるには、Bドライブの容量が少なくとも1メガバイト程度は残っている必要がある。（一測点のデータをカセットから読んで一連の処理をすると、約130kb使用する。「昭洋」の船用波浪計の場合カセットの片面5測点を処理すると約650kb使用することになる。）残り容量が少ない場合はディスクの空き容量を確保する。さらに、Bドライブのルートディレクトリの直下に'WAVE'というサブディレク



第1図 船用波浪計データ処理システムの構成。3種類のモジュールから構成され、一連の処理を行うことで報告書に掲載する書式が完成する。



第2図 処理システムの初期メニュー画面。第1図に示した3種類のモジュールに対応した処理のほか、データファイルの編集用エディターをこのメニューから起動できる。



第3図 処理モジュールとファイルの関係

トリが存在することを確認しておく必要がある。このサブディレクトリが作業ディレクトリとなる。

(3) ソフトウェアの構成

必要な処理はすべてメニュー画面から指定できるような構成となっている。本システムに含まれる各モジュールの構成を第1図に示す。

波浪計データ処理メニューは、第2図のように表示されるので、作業を行いたい処理の番号を入力する。

個々の測点について、1から3までの処理を順に行って最終成果を得ることができる。但し、「昭洋」の場合、カセットの片面に通常5点の観測データが収録されるので、処理1の「波浪データカセット読み取り」を一括して5点分(片面)または10点分(両面)行ってから、次の処理に向かうと効率的である。

(4) 個々の処理とファイルの相互関係

次節で実際の処理手順についてを述べるが、ここで関連するファイルと各処理モジュールの関係を概観しておく。本システムに登場するファイルは次の5種類であり、ファイル名の拡張子によって種類を区別する。

- ・カセットに記録されたデータを読み取った後に作成される生データ(*****.RAW)
- ・生データからスペクトル計算をした結果のファイル(*****.DHD)
- ・最終報告書用のリスト(*****.SIG)
- ・観測点の気象データ等環境情報(*****.WID)

- ・風浪とうねりの分離処理を行った記録を保存するログファイル(CUTP.DAT)

これら5種類のファイルと各モジュールの関連を第3図に示す。

4. 処理の実際

(1) 波浪データカセットの読み取り

波浪計データ処理メニューで「波浪カセットの読み取り」を選択すると、いったん画面が消え、Bドライブのディレクトリ「WAVE」の下にあって、「RAW」という拡張子を持つファイルが一覧表示される(SY950001.RAW, SY950002.RAW等)。これらは、波浪計カセットからデータを読み出してすでにBドライブに保管された生データのファイルである。

次のような手順でカセットデータの読み出し、Bドライブへの保管を行う。

- ① MT-2GPにデータカセットを装着。
- ② キーボードから、作成する生データファイル名を入力。
- ③ 「INTERVAL?」という入力要求に対してデータの読み取り間隔を入力。通常は次のとおり。
昭洋：普通は 1 (船用波浪計のサンプリング間隔が0.5秒の場合)
拓洋：時には 5 (同0.1秒の場合)
まれに 2 (同0.2秒の場合)
拓洋：常に 5 (0.1秒に固定されている)
- ④ カセットが自動的に巻戻されて読み込みが始ま

1	N	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
2	N	813	95	21	1995	1	17	14	56
3	N	1995	111	708	0	2	5	8	0
4	N	9001	9001	9001	9001	9001	9001	9001	9001
5	N	2058	1016	960	952	2067	1053	942	970

第4図 ヘッダー部分の表示例。各行の第1項はデータ番号で、第2項はエラーフラグ(Nが正常)。第3項以降がデータ。各行各項の意味は次のとおり。1行目：ヘッダー開始識別行；2行目：装置番号，年，測点番号，観測年，観測月，観測日，観測時，観測分；3行目：ラベル1，ラベル2，ラベル3(船用波浪計の時計合わせをした年月日，時分である場合が多い)，ブランク，観測時間(10分単位，2は20分)，サンプリング間隔(0.1秒単位，この例だと0.5秒)，チャンネル数(普通8)，ブランク；4行目：ヘッダー終了，データ開始識別行；5行目：観測データの1行目。

り，記録されたデータのヘッダー部分が表示されるので，測点番号や，観測日時を確認。ヘッダー部分の表示例を第4図に示す。

- ⑤ カセットのデータが読まれ，Bドライブに書き込まれていく。画面には，読み終わったブロック数が表示される。昭洋でサンプリング間隔が0.5秒の場合，1測点あたり157ブロックになる。
- ⑥ 1測点分読み終わったところで，「READ NEXT STATION?」と表示される。同じカセットから続けて次の測点のデータを読む場合はY，そうでない場合はNと入力する。ここでYとした場合は，画面が消えて生データファイルの一覧表が表示され，以後②からの繰り返しとなる。一方Nとした場合は，第2図の処理メニューに戻る。

(2) スペクトル計算

ここでは，カセットから読み取った生データと，そのデータに係る観測位置，気象等に関する環境情報ファイルがBドライブの「WAVE」というディレクトリに作成されている必要がある。

環境情報ファイルは，「.WID」という拡張子で示され，1測点1行のデータである。これの作成要領については，「(4)処理前に必要なファイルの内容と編集」の部分で述べる。

上記の必要なファイルが作成されていることを確

認した上で，次の手順に従って処理を進める。

- ① Bドライブの「WAVE」というディレクトリの下にあって，「.RAW」という拡張子を持った生データファイルと，「.DHD」という拡張子を持ったスペクトル計算済みファイルが一覧表示される。ここで処理すべきデータファイルは，生データがあつて計算済みデータが無い測点のものである。キーボードから，これから処理を行うファイル名を入力する。
 - ② Bドライブの「WAVE」というディレクトリの下にあって，「.WID」という拡張子を持つ環境情報ファイルが一覧表示される。キーボードから，処理すべき測点の環境情報が収録されているファイル名を入力する。
 - ③ 計算が始まり，画面中央部に「CALCULATING!!!」の文字が点滅する。画面下部には黄色のバーが表示され，計算の進捗につれてバーが水色に変わっていく。
 - ④ 計算が終了すると，「NEXT STATION?」と表示される。続けて次の測点の処理を行う場合はY，そうでない場合には，Nと入力する。ここでYとした場合は，以後①からの繰り返しとなり，Nとすれば，波浪計データ処理メニューに戻る。
- (3) 風浪うねりの分離周期決定及び有義波計算
- ここでは，スペクトル計算を行った結果のファイル，風浪うねりの分離周期決定のログファイル及び最終成果を収録するファイルの3種類のファイルがBドライブの「WAVE」というディレクトリに作成されている必要がある。
- 風浪うねりの分離周期決定のログファイルは，「CUTP.DAT」という決まった名前のファイルで，本処理の実行に伴って分離周期が決定される毎に，測点名，分離周期，分離周期の決定日時が記録される。これは，最終成果には直接関係しないが，後日の参考のため記録しているものである。
- 最終成果を収録するファイルは「.SIG」という拡張子で示され，本処理を実行する毎に，有義波高その他報告書に記載すべき事項が計算され，指定したファイルに書き加えられる。本処理の実行のためには，「* * * *.SIG」というファイルが予め用意され

ている必要がある。最初の観測点について計算する前に、適当な名前で「.SIG」という拡張子を持つ空のファイルを作る必要がある。

上記の必要なファイルが作成されていることを確認した上で、次の手順に従って処理を進める。

- ① Bドライブの「WAVE」というディレクトリの下にあって、「.DHD」という拡張子を持ったスペクトル計算済みファイルが一覧表示される。キーボードから、これから有義波等の計算処理の対象となるファイルの名称を入力する。
- ② Bドライブの「WAVE」というディレクトリの下にあって、「.SIG」という拡張子を持った最終成果ファイルが一覧表示される。キーボードから、ここで処理した結果を収録すべきファイル名を入力する。
- ③ データの読み込みが始まり、左右両舷の波のスペクトルが表示される。
- ④ 風浪とうねりの分離周期を決定するため、矢印キー (← →) か、テンキーの4と6を用いて、スペクトル図に示された緑の縦線を左右に動かす。縦線の動きにつれて画面右下に表示される周期(秒)の値が変化する。(第5図)
- ⑤ スペクトル図で、風浪とうねりの境界を示すと思われるスペクトルの谷間に緑の線を移動させて、「E」のキーを押すと分離周期が決定される(第

6図)。風浪とうねりの境界が明瞭でない場合には、緑の線を図の右端(それ以上右へ動かなくなる位置)において「E」を押す。この作業の際、左右両舷の緑線は運動するようになっている。原則として風上舷のデータを優先する。

- ⑥ 風浪とうねりの分離計算、有義波高等の計算が開始され、画面下部には黄色のバーが表示され、計算の進捗につれてバーが水色に変わっていく。
- ⑦ 計算が終了すると、「NEXT STATION?」と表示される。続けて次の測点の処理を行う場合はY、そうでない場合には、Nと入力する。ここでYとした場合は、以後①からの繰り返しとなり、Nとすれば、波浪計データ処理メニューに戻る。

(4) 処理前に必要なファイルの内容と編集

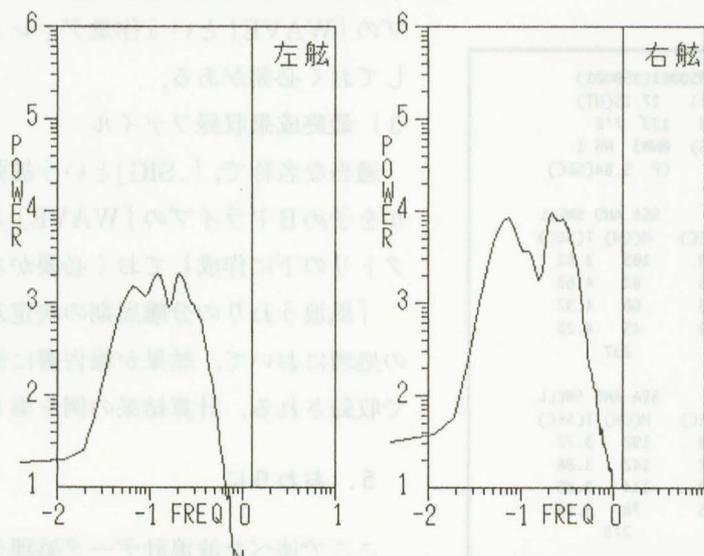
波浪計データ処理メニューで「データファイルの編集」を選択すると、RED (エディター) が起動される。一連の処理において予め作成しておく必要のある3種類の関連ファイルの作成、修正等に用いる。

1) 環境情報ファイル

スペクトル計算を行う際に必要なファイルで、スペクトル計算を行う前に作成しておく必要がある。このファイルには、各測点の番号、観測日時、位置、風などの気象情報が記載されている。1測点1行となっており、その内容は第7図のとおり。

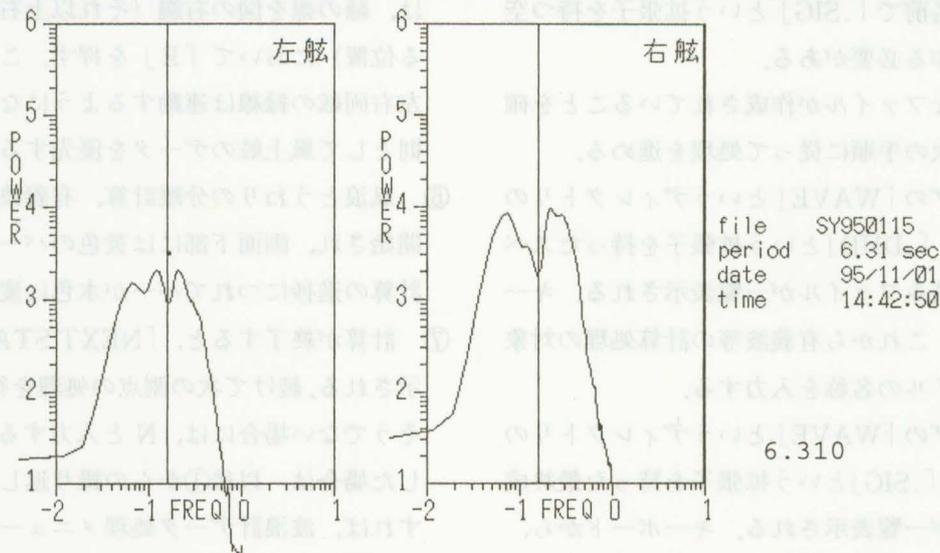
2) 風浪うねりの分離周期決定のログファイル

IF DECIDED PLEASE PRESS 'E'



第5図 スペクトル上での風浪とうねりの分離

IF DECIDED PLEASE PRESS 'E'



第6図 風浪とうねりの分離周期の決定

桁十位	1	2	3	4	5	6
一位	1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567					
例	HL01950001950001	0112 0215	3245	13307 WNW08	WNW3 NW 1	230 180 000
	船名	波浪測点	月日	時分	緯度	経度
					風	風浪 うねり
						船首 気圧

(注)

- ・船名は記号番号 昭洋 (HL01)、拓洋 (HL02)、みうら (PL32)
- ・月日、時分はJST
- ・緯度経度は度分で表わし、後ろの2桁が分の単位。南緯または西経の場合は先頭に-(マイナス)をつける
- ・風は風向(16方位)、風速(M/S)
- ・風浪、うねりは気象庁の階級
- ・船首方位は度の単位
- ・気圧は0.1ヘクトパスカル単位で、最後の3桁。例えば1015.2HPの場合152。
- ・各行最後の3桁(65バイト目から67バイト目まで)はリザーブ

第7図 環境情報ファイルの内容の例

VESSEL/STATION	SYOYO 950001(950001)	
DATE /TIME	1995/ 1/11 17:15(UT)	
LOCATION	32° 45' N	133° 7' E
WIND/WAVE/SWELL	WNW 8(M/S)	WNW3 NW 1
PRESS 1018.0(HP)	HEAD 230(DEG)	CP 5.84(SEC)

	WIND WAVE		SWELL		SEA AND SWELL	
	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	84	3.04	47	9.03	105	3.81
1/10	61	3.39	35	9.75	82	4.63
1/3	44	3.12	26	7.43	66	4.92
MEAN	25	2.51	15	5.19	45	4.28
NUMBER	406		197		237	

	WIND WAVE		SWELL		SEA AND SWELL	
	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	183	2.50	91	14.59	192	3.72
1/10	110	3.06	68	11.82	142	3.88
1/3	76	2.79	45	9.00	114	3.85
MEAN	42	2.32	23	5.45	78	3.74
NUMBER	441		187		273	

第8図 最終的な計算結果の例

「CUTP.DAT」という固定名で、予めBドライブの「WAVE」という作業ディレクトリの下に作成しておく必要がある。

3) 最終成果収録ファイル

適当な名称で、「.SIG」という拡張子をもつファイルを予めBドライブの「WAVE」という作業ディレクトリの下に作成しておく必要がある。

「風浪うねりの分離周期の決定及び有義波計算」の処理において、結果が報告書に記載するイメージで収録される。計算結果の例を第8図に示す。

5. おわりに

ここで述べた波浪計データ処理システムの開発によって、各観測航海が終了するまでにその航海にお

ける波浪観測データが処理され、最終報告書の原稿まで作成できるようになった。船上での作業が若干増えるものの、陸上での処理作業はほとんど不要となり、全体的には波浪データの処理作業が大幅に効率化されたと言える。

水路部がタッカー式船用波浪計を用いて実施している波浪観測は、外洋波浪の貴重な測器観測データである。組織的な観測は、気象庁のパイロットのほかは、水路部の測量船しかないと言っても過言ではない。1980年代から蓄積してきた資料は、平成7年度に改訂された北太平洋パイロットチャートの裏面に掲載されるなど、測器による波浪観測データに対する期待が大きくなっている。新しい処理システムを活用してさらに資料を蓄積していくことが期待される。

謝 辞

本システムの開発段階において、作業上の難点等について、小川明彦、勝呂文弘、石田雄三の各氏ほか海洋調査課の担当の方から貴重なコメントを頂いた。使いやすいシステムの構築のためこれらのコメントが生かされている。ここに記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

倉品昭二、友定彰：船用波浪計による沖合の波の観測（略報），水路要報，85，23-24，1968。

道田豊：船用波浪計データの解析，水路部技報，第4号，79-83，1986。

道田豊，徳田正幸，上野義三，石井春雄：タッカー式船用波浪計に関する研究 II. 目視およびブイ式波浪計との比較観測，国立防災科学技術センター研究報告，39，171-182，1987。

道田豊：船用波浪計による外洋波浪の観測，水路部研究報告，24，1-17，1988。

徳田正幸，道田豊：タッカー式船用波浪計に関する研究 I. 計測処理システムについて，国立防災科学技術センター研究速報，第72号，32pp，1986。

渡辺巖，富田宏，谷澤克治：北太平洋の波と風(1974

～1988)，船舶技術研究所報告，別冊14，418pp，1992。

海上保安庁水路部：水路部観測報告波浪編，77pp，1987。