

船用波浪計データの解析

道田 豊 : 海洋調査課

Data Processing of Ship-borne Wave Meter

Yutaka Michida : Ocean Surveys Division

1. はじめに

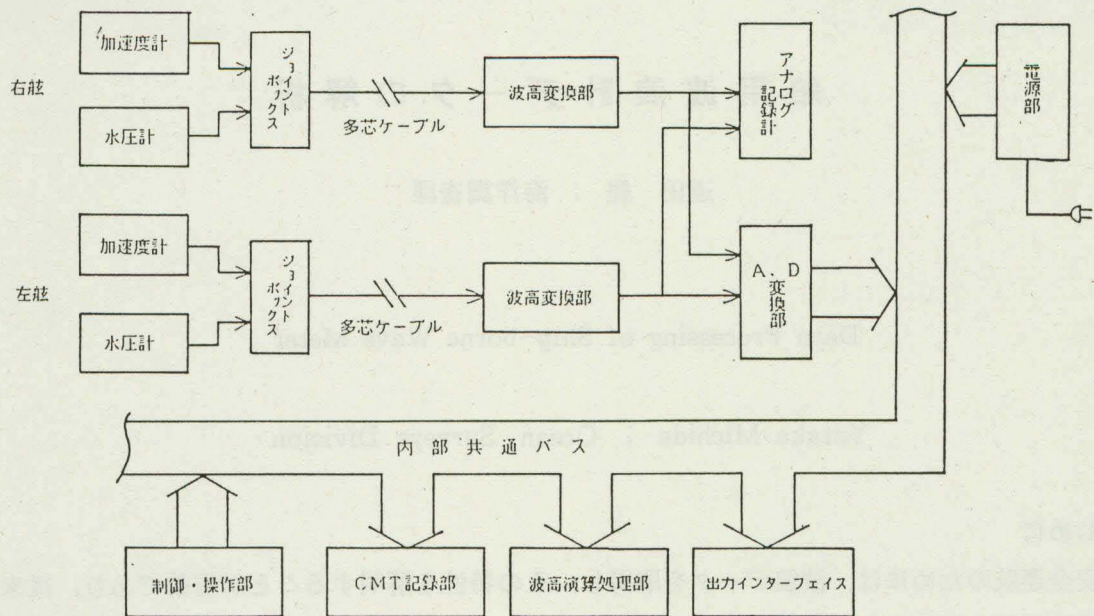
船舶の安全運航のためには、波浪データを取得し、その特性を解明することが重要であり、従来から様々な手法で波浪観測が実施されてきた。しかし、外洋における波浪データは、大部分を一般船舶の目視観測に頼っているのが現状であり、計器を用いた客観的な資料の蓄積が望まれている。海上保安庁は、昭和40年代から、巡視船「いず」「みうら」、測量船「昭洋」にタッカー式の船用波浪計を搭載し、貴重な外洋波浪データを取得してきた。(文献1, 2) これらの波浪計は、出力がアナログであることから、周波数特性等の補正や、スペクトル解析等の処理が困難であったが、現在「みうら」「昭洋」「拓洋」に搭載されている船用波浪計はデジタル記録(CMT)の機能を持っており、各種補正をソフトウェアで行うことが可能となり、スペクトル解析も容易となった。ここでは、現在稼働中の船用波浪計の概要を述べ、スペクトル解析の結果を紹介する。

2. タッカー式船用波浪計

タッカー式波浪計は、船舶搭載型の波浪計としては最も普及しているものである。これは船体にとりつけられた水圧計と加速度計を用い、水圧計で船と海面の相対運動を検出し、加速度計で船体の上下運動を検出して、両者を合成することによって海面の昇降を測定するものであり、1956年イギリスのタッカー(M. J. Tucker)によって考案された。船体自体を測定器とすることから、船体運動による波の変形や、加速度を2回積分して船体の上下運動を求める際の誤差等の問題があるため、精度はあまり期待できないと指摘されている(文献3)が、その反面、測定時に特別な作業を必要とせず、船の行動が可能である限りは、かなりの荒天時でも観測が可能であるという大きな長所がある。

現在稼働中の船用波浪計(「昭洋」搭載)の処理系統図を第1図に、波高変換部のブロック図を第2図に示す。データは、両舷の加速度、変位(加速度を2回積分したもの)、水圧、波高の計8チャンネル出力され、各チャンネルの時系列のアナログ記録、個々の波および有義波等のデジタルプリント、各チャンネル時系列のデジタルCMTの記録が得られる。また、出力インターフェイスとしてGPIB, RS232Cが装備されている。アナログ記録およびデジタルプリントは詳細な解析には不適であるが、船上で現況を把握するためには有効である。得られたアナログ記録の一例を第3図に示す。水圧センサーからの出力には比較的短周期の波も現われているが、加速度から求めた船の変位には短周期の成分は現われない。

デジタルデータの収録間隔は、「拓洋」の場合0.1秒、「昭洋」と「みうら」は、0.1秒、0.2秒、0.5秒のいずれかを選択できるようになっている。また、観測時間は、10分、20分のいずれかを選択するよう

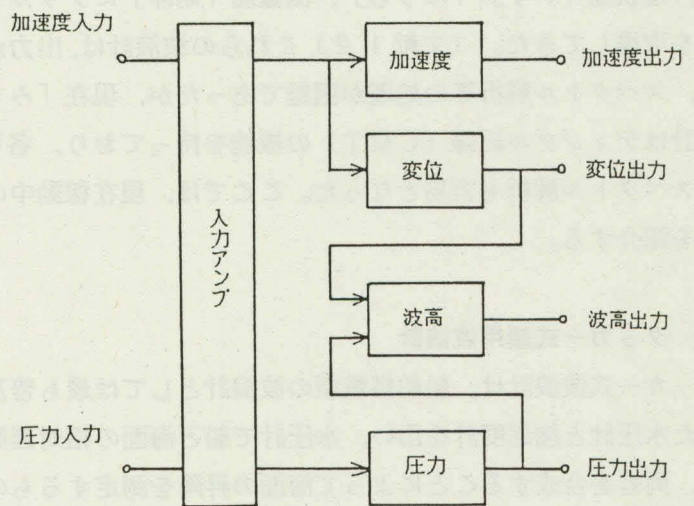


第1図 船用波浪計のブロック図

になっており、通常20分観測を標準としている。0.5秒間隔で20分間の観測を行った場合、デジタルCMT (CT-300)一巻あたり10測点の収録が可能である。

なお、各出力の設定測定範囲と設定精度は次の通りである。

	測定範囲	精度
加速度	$\pm 2 G$	5%
水圧	$\pm 1 \text{ kgw/cm}^2$	5%
変位	$\pm 10 \text{ m}$	5%
波高	$\pm 10 \text{ m}$	10%



第2図 波高変換部

3. データ処理

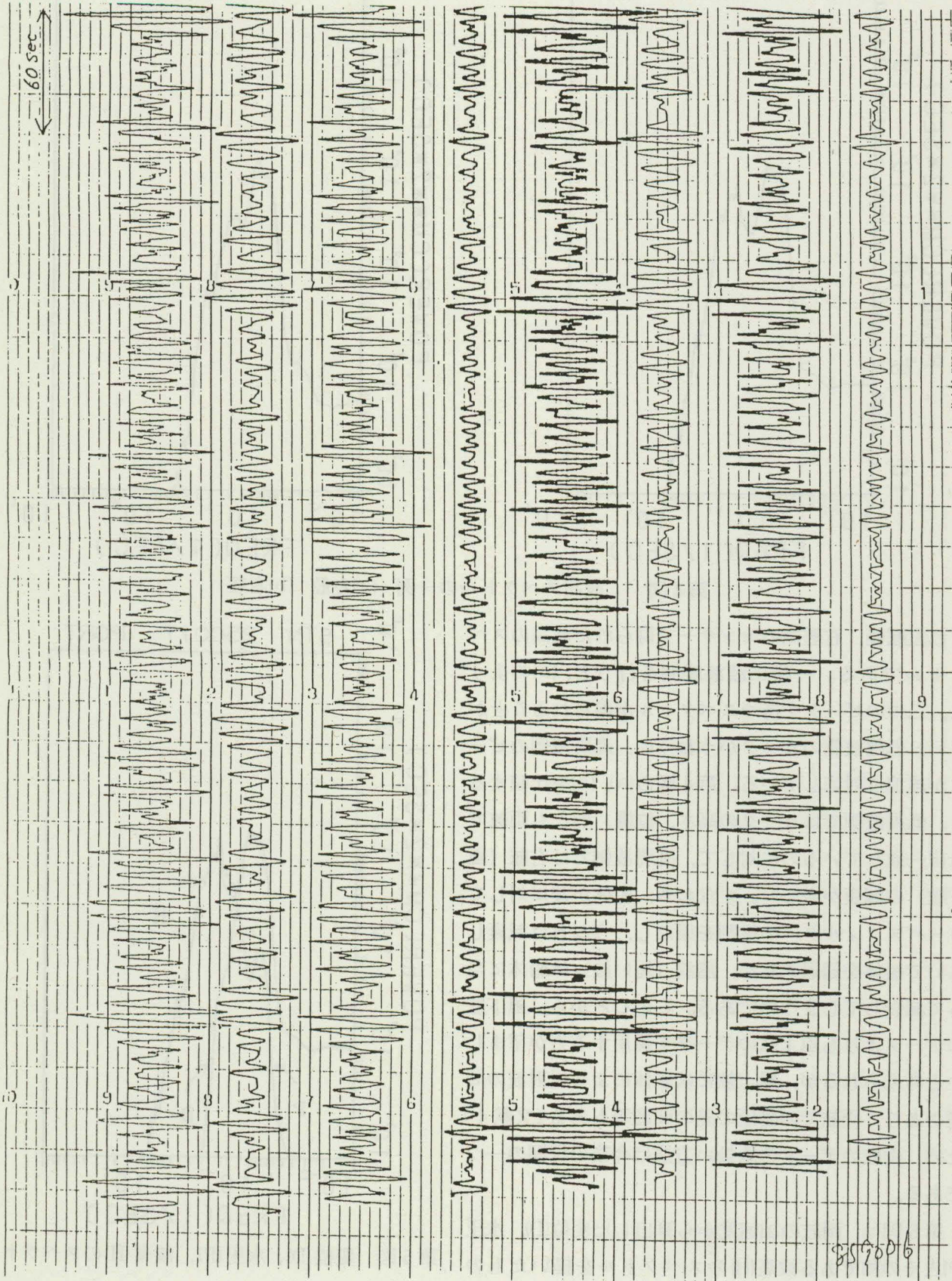
データ処理結果の例として、スペクトル解析の結果を紹介する。

「拓洋」の船用波浪計のCMTには0.1秒間隔でデータが収録されており、20分観測の場合、8チャンネル12,000組のデータが得られる。しかし、センサーの応答特性を考えれば、検出できる波の最短周期は3秒程度以上と見積られることから、実用上0.5秒ほどのサンプリング間隔で十分である。また、スペクトルの計算をする際の記憶容量の節約ということも考慮に入れて、以下の解析にはCMT記録から0.5秒間隔で抽出したもの(20分観測の場合2,400個)を用いる。スペクトル解析はデータ数2,048のFFT法による。

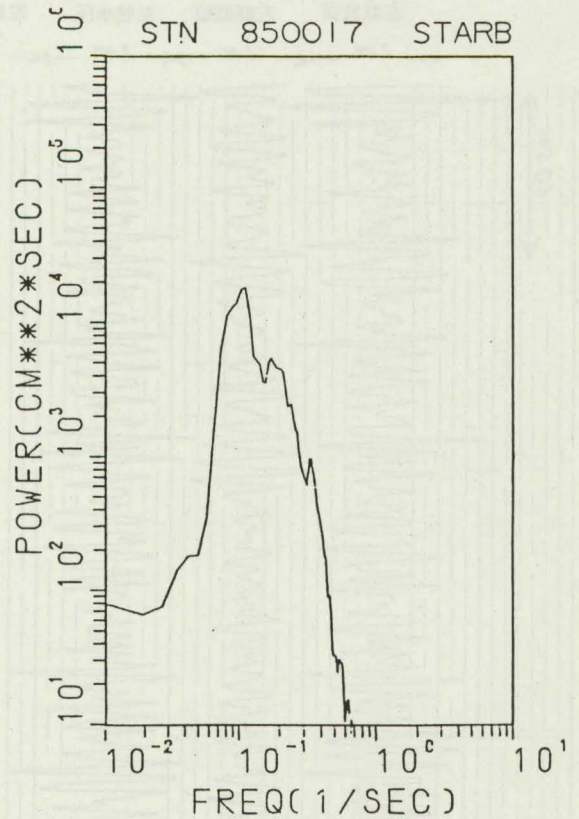
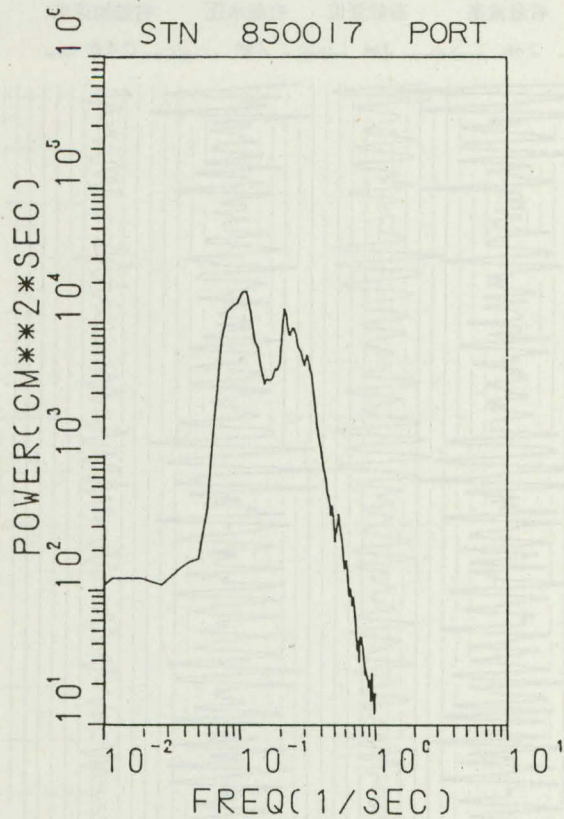
得られたスペクトルの例を、第4図に示す。これは、1985年2月13日、北緯21°東経144°で取得したデータで、当時の海上模様は、南南西の風4m/s、風浪階級は南南西3(0.5~1.25m)、うねり階級は南南西3(2~4m、8秒程度以下)であり、左舷側から風、風浪、うねりを受けていた。第4図(a)、(b)は、それ

左舷波高 左舷变位 左舷水压 左舷加速度 右舷波高 右舷变位 右舷水压 右舷加速度

← 2m × 2m × 2m × 0.4g × 2m × 2m × 2m × 0.4g →

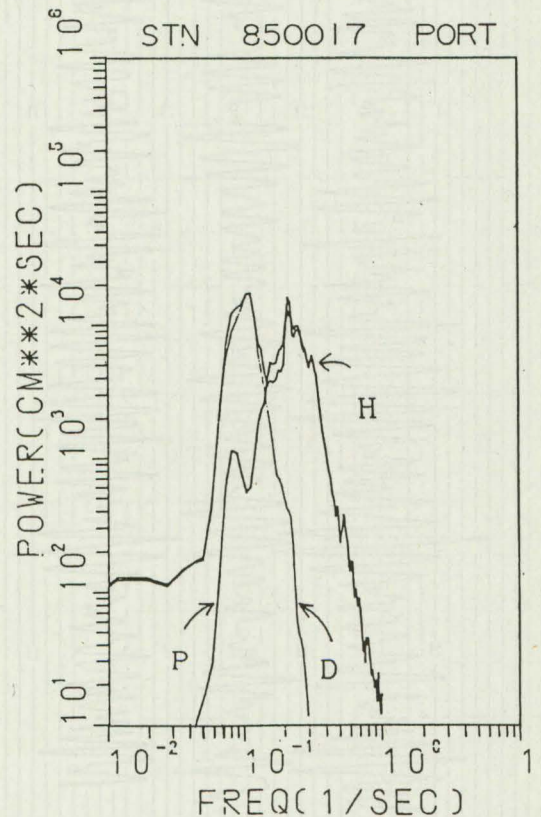


第3图



第4図 波高スペクトルの一例 (a)左舷 (b)右舷

ぞれ左舷側、右舷側のセンサーで得られた波高のスペクトルである。一般に波浪観測を行うと、(a)のような、二つのピークを持つスペクトルが得られることが多い。低周波側のピークがうねりに、高周波側のピークが風浪に対応している。第4図の(a)、(b)を比較すると、低周波側ではピークの高さ、位置、形とも両舷でほぼ一致しているのに対して、高周波側では右舷（風下舷）の減衰が激しい。すなわち、船体が波に対してローパスフィルターの役割を果たし、うねりは減衰しないで船体を通すが、風浪（短い波）は船体によって減衰してしまうのである。このことから、風下舷のデータよりも風上舷のデータを採用する方が望ましいと考えられるが、風上舷には船体による反射波の問題があり、両舷での動圧の差の問題等もある（文献4）ため、両舷のデータの取扱い方法は今後の課題の一つである。



第5図は、両舷の加速度から算出した変位(D)、水圧(P)とその和である波高(H)のスペクトルを描いたもの

第5図 変位(D)、水圧(P)、波高(H)のスペクトル

である。これを見ると、低周波側は波高エネルギーの大部分が変位の寄与によるものであり、一方高周波側は水圧の寄与が大部分であることがわかる。すなわち、アナログ記録にも見られたように、低周波の波に対

しては船体が波に乗って全体的に上下するため水圧はほとんど変化せず、高周波の波に対しては、船体の動揺が少ない分、波の運動が水圧の変動となって検出されるということを示している。

第4図(a)の二つのスペクトルピークが、各々うねりと風浪のピークであるとするれば、両ピークの境界を決めてそれぞれの周波数領域の生のスペクトルから逆フーリエ変換によって、うねり、風浪の時系列を分離して抽出することが原理的には可能である。この手法の詳細は別の機会に譲るが、第4図の例について試算した結果、有義波で、風浪が1.5 m, 4.2秒、うねりが1.2 m, 9.8秒を得た。これを目視波高と比較すると、うねりについて目視の方が若干高めであるが、おおむね一致している。現在数多くの測点について同様の比較を行っており、船用波浪計の精度評価の補助とする予定である。また、60年度の波浪観測の際、すでに精度評価のなされているブイ式波浪計との比較観測を実施する予定である。

本解析を行うにあたって、多くの貴重な助言をいただいた、国立防災科学技術センター平塚支所、徳田正幸主任研究官に感謝致します。

参 考 文 献

1. 倉品昭二, 友定 彰 1968 : 船用波浪計による沖合の波の観測(略報), 水路要報第85号, 23-24.
2. 倉品昭二 1971 : 本州東方海域における冬季の波, 水路要報第90号, 5-9.
3. 山下 旭 1974 : 船用波浪計の観測記録について, 船と海上気象vol.17-3, 1-9.
4. ECOR日本委員会波浪委員会 1974 : 海洋波浪の調査研究に関する現況報告書。

報 告 者 紹 介



Yutaka Michida

道 田 豊 昭和61年3月現在,
本庁水路部海洋調査課海洋調査官付