

エンジニアリング・ワークステーションを用いた波浪水理実験システム

中部電力(株) 技術開発本部 電力技術研究所 何 原 壽 一
同 上 ○ 三 浦 雅 彦
日本テトラポッド(株) システム事業開発班 小 山 裕 文
日本無線(株) システム情報技術部 岡 正 博

1. はじめに

海洋における構造物の水理特性を検討する場合、不規則波を用いた水理実験が一般的になってきている。水理実験に用いる波は、実際の海域における波の特性を精度良く再現することが望まれることは言うまでもない。通常の波浪実験では、実験に先立ち造波信号を作成するが、その場合の不規則波の特性が、目標とする周波数スペクトルの形状(例えば Bretschneider-光易型)となるように、何度も造波信号の計算～検証予備実験を繰り返す作業(合わせ込み)が必要となる。このようにして作成された造波信号は、いくつかの条件下(構造物の形状とか波向等を変える。)で波浪水理実験に使われる。そして、大量の実験データ(波高、流速、圧力等)を収集し、解析しなければならない。

(図-1 参照)

このような実験を効率よく機械的に処理するためには、A/D、D/A変換機能を有するミニコンピュータを用いることが多い¹⁾。しかしながら、その処理能力の大半は最も優先順位の高い実験時の造波機の制御とか計測データの収集を行う場合のA/D、D/A変換のためのリアルタイム処理に拘束を受けるため、CPUの能力の効率的な運用の妨げになっていた。例えば、コンピュータの使用時間の大半を占める実験時に、複数の端末機により他の業務(データ解析や造波信号作成)を並列処理する場合、その処理スピードは著しく低下することは避けられない。

一方、近年優れたネットワーク機能とマンマシンインターフェイスを有するエンジニアリングワークステーション(EWS)が普及し、主にソフトウェアの開発やCAD/CAMを行う際に有効的に利用されている。本報告書はこのようなEWSの利点、例えばマルチウィンドウ処理の操作性の良さやミニコンピュータと同程度の計算能力の高さ等を波浪水理実験システムに適用し、業務の効率を向上させた事例について述べるものである。

2. システムの構成と基本設計

本システムは32ビットのEWS 2台で構成されており、二つの実験施設(平面水槽、二次元造波水路)を対象としている。平面水槽側には6MBのメインメモリーを持つEWSを、二次元水路側には2MBのメインメモリーを持つEWSを設置している。(図-2 参照)

平面水槽側のEWSには、155MBのハードディスクと入出力関係の周辺装置が装備されている。この中には、A/D変換32ch(16ch×2ボード)、D/A変換4ch(1ch×4ボード)の計測制御装置を含んでおり、

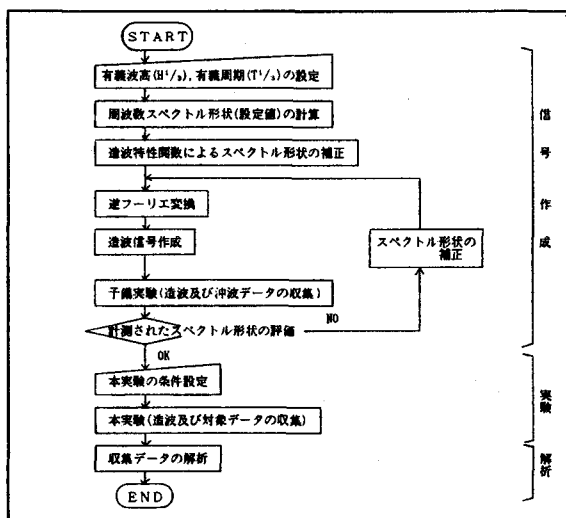


図-1 一般的な不規則波波浪実験の流れ

各ボードごとの起動停止が可能のため、平面水槽を二分割して同時に並行して実験を行うことができる。

一方、二次元水路側のEWSには、A/D変換16ch、D/A変換2chの計測制御装置と結果を出力するためのプリンタが備えられている。このEWSは、ハードディスクを持たないが、平面水槽側のハードディスクが容易に利用できるため実験の実行にはなんら問題はない。

この二つのEWS間はネットワークで結ぶことによりそれぞれのEWSにつながれた周辺装置を有効に利用することや、各種のデータを共有することができる。

このようなシステム構成によって、同時に三つの実験が可能であり、それぞれのEWSで収集されたデータを相手側のEWSで参照したり、解析することもできる。また、各EWSでは個々にCPUを有するため、一つのCPUを多数の端末機で利用するミニコンシステムのように、各業務の処理が互いに影響を受けることはない。

3. 計測制御装置

EWSを用いたシステムで計測、制御を行う場合、最も問題となるのはA/D、D/Aコンバータのサンプリングのタイミングや入出力データの管理をどのように行うかという点にある。もちろんこれらの管理をすべてEWSのCPUで行うことも可能であるが、計測制御関連の処理は高速性が求められ、優先度も高いことからCPUを占有する割合が多くなり、マルチウィンドウ処理や優れた対話型処理等のEWSのもつ優位点を低下させる恐れがある。そこでEWSの特長を生かすためマイクロコンピュータを使用した計測制御装置を付加し、システム全体としての機能の向上をはかった。

計測制御装置は、マイクロコンピュータのマルチプロセッサ構成によるものでリアルタイムのマルチタスクモニタを搭載しており、D/A、A/D変換に関する処理プログラムをROM化して組み込んでいる。EWSとは高速の平行インターフェイスにより接続され、EWSからのコールによるコマンド解釈部によりA/D、D/Aコンバータの制御と入出力データの管理が作動可能となっている。本装置の機能特長としては以下の通りである。

- ①EWS本体とは別のCPUをもつ装置であり、A/D、D/A変換の処理の際もEWSには負担をかけることはない。したがって、造波機の実験制御あるいは計測データの収集中でも解析等の他業務ができる。
- ②大量データのバッファ・メモリ(D/A 2ch×64kデータ、A/D 32ch×64kデータ)を持つ。このメモリは領域を指定して使用可能なため、繰り返し出力やバッファエリアを超える入出力が可能である。
- ③多チャンネルのA/D変換処理時には、D/Aパルス出力を行うことも選択できる。本システムではこの機能を利用して、センサーと計測制御装置間にホールド回路を外付けすることにより、チャンネル毎のサンプルタイミングにずれのない同時サンプルによるデータ収集を行っている。
- ④A/D変換により得られた電圧データは、EWS側からのコールによりDMA転送やワード転送により高速転送され、計測中のデータのモニター表示処理を行うことも可能である。
- ⑤D/A変換すべき信号列は、あらかじめ計算して計測制御装置のメモリに格納して順次出力する方法の他に、出力インターバル毎に、EWSで計算し転送、出力することもできる。これを④の機能と合わせ用

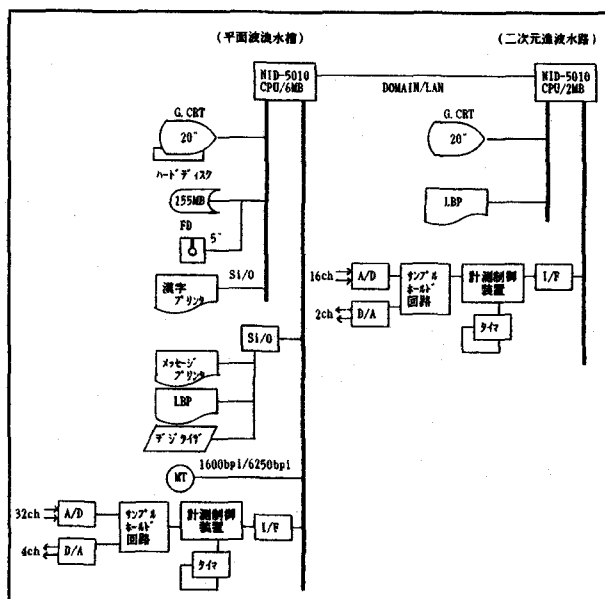


図-2 波流水理実験システム構成図

いることで10 msec程度のインターバルでのフィードバック制御プログラムの作成が可能となる。

以上の機能を利用することにより、マルチウィンドウの一つから計測制御装置を用いて実験を行う場合、他のウィンドウにおける実行作業とは互いに独立し、かつ特別な負荷をかけずに優先度の高い安定した精度の計測制御処理が可能となる。もちろん、この際には対話性のよい環境や演算処理能力などのEWS独自の長所を損なわない。

また、本計測制御装置のEWS側からの制御指令(A/D, D/A変換の起動/停止、入出力値の転送、装置の状態の設定/問い合わせ等)は、すべてFORTRAN等の高級言語からのコールにより行われるため、アセンブラ等の機械語の使用は必要ない。

4. 実験時における使用事例

本システムにおいて使用する実行プログラムの一覧を図-3に示す。各プログラムはすべてFORTRANで作成されており、EWSの特性を生かした日本語による対話処理とグラフィック表示が組み込まれている。各プログラムの主な機能は以下の通りである。

- センサー較正プログラム；実験において使用するセンサーの較正を行うプログラムで、物理量に対応する電圧値はキーイン入力、A/D変換器から自動入力する方法も選択できる。なお、入力された較正値は、画面上にグラフィック表示され、ただちに確認できる。

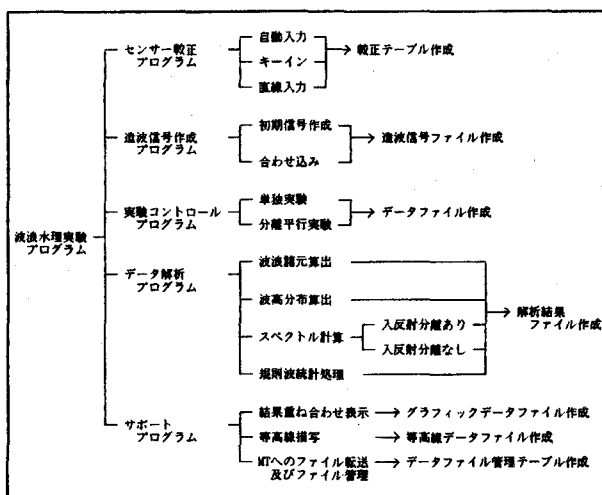


図-3 プログラムメニュー構成図

- 造波信号作成プログラム；実験に用いる不規則波を発生させるための造波信号は設定された周波数スペクトルを逆フーリエ変換することにより作成する。設定できる周波数スペクトルとしては、波浪水理実験でよく使われるBretschneider-光易型, Pierson-Moskowitz 型の他、Neumann 型, Jonswap 型, 任意スペクトル形状等が用意されており、任意に選択ができる。また、本プログラムでは初期造波信号を作成し、それによる実験波が、設定する周波数スペクトルにならない場合、メニュー選択によって造波信号の修正計算を行える合わせ込み作業に進むことができる。合わせ込みは、図-4に示すように設定した波と発生した波の周波数スペクトルの形状を画面に表示し、対話形式で処理できる。

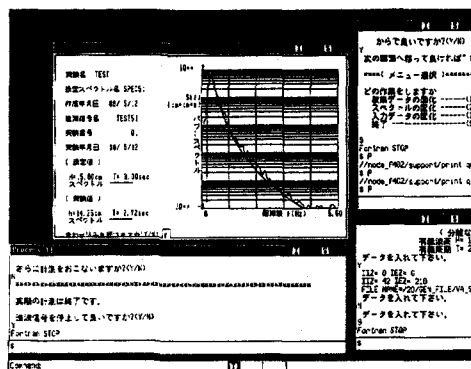


図-4 EWS画面例(1)

- 実験コントロールプログラム；造波信号の出力と計測データの収集を行う。平面水槽側のEWSでは水槽を二分割してそれぞれに実験をコントロールできる。なお、実験時に計測データをリアルタイムでモニターを行うことや、波を長時間連続して発生させながら計測位置を順次移動してデータの収集をすることも可能である。
- データ解析プログラム；実験で収集したデータを解析するプログラムで、波浪諸元、波高分布などの統

計解析、周波数スペクトルの計算、入反射波成分の分離計算²⁾、規則波の移動平均の計算等をメニュー画面で選択できる。

- サポートプログラム；データ解析プログラムで得られた結果を図化したり、収集データ、解析データのファイルを管理する。図化できるものとして、データの時系列、平面分布（等高線）や周波数スペクトル等がある。（図-5参照）

ファイル管理は、ディスクにあるデータをMTへ移し、そのデータの実験名等の内容をテーブル化して検索できるものである。

以上の各プログラムは、マルチウィンドウの個々のウィンドウで実行可能である。したがって、造波実験（造波機の制御とデータの収集）を実行している間に他のウィンドウを開いて先に収集したデータの解析等の作業を並行して処理できる。これらのプログラムは一連の作業の流れ（センサーの準備→造波信号の作成→実験→データ解析→図化→データファイルの管理）がそれぞれの段階毎に分割されているため、実験者は状況に応じて複数の作業を種々選択して効率よく処理することができる。（図-6参照）

5. まとめ

以上、波浪水理実験においてエンジニアリング・ワークステーション（EWS）を用いた事例を対象に、そのシステムの構成、機能特長について述べた。水理実験では、その準備、実行、データ整理、解析等の各段階で機械化による効率向上をはかる必要があると思われるが、そこで求められるものは、いかに精度よく、高速処理できるかにある。こうした点を考えると、実験を行いながら次の実験準備やすでに収集したデータの解析を行えるEWSのマルチウィンドウ機能、優れたグラフィックス機能、高速演算機能、システムの拡張が容易なネットワーク機能等の意義は、きわめて大きい。

通常、計測を主体としたコンピュータ・システムを導入する際、リアルタイム処理系に強いミニコンピュータを用いることが多く、EWSを用いる事例はまだ少ないと思われる。しかし、今後各分野でEWSが普及するにつれ、実験の制御、計測の分野でもEWSを用いる機会が増えてくるものと思われる。本報告が、その際の一助となれば幸いである。

参考文献：1) 富田英治：不規則波実験制御解析システムについて，港湾技研資料№452，1983

2) 合田良実ら：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港湾技研資料№248，1976

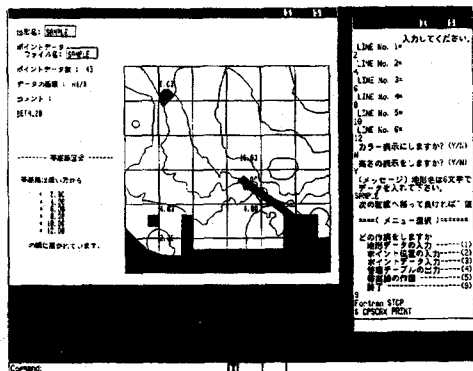


図-5 EWS画面例 (2)

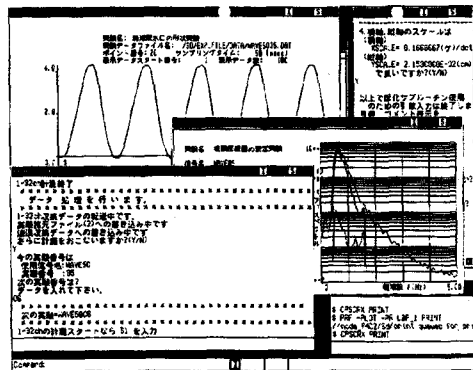


図-6 EWS画面例 (3)