

## 中水槽における自動計測システムについて

濱田 達也\*

### Automatic Measurement System in 150m Towing Tank

by

HAMADA Tatsuya

#### Abstract

In order to achieve our vision for "Establishment of technology that enables advanced estimation of performance of ships in actual seas through tank tests and theoretical analyses" an advanced quality control system for tank tests is developing at National Maritime Research Institute. As part of this, an automatic measurement system that performs the tank test according to a predetermined time sequence has been developed and used.

This paper describes the specifications of the measuring instruments, the control devices, the control items and the software used at the Mitaka No. 3 Ship Model Experiment Tank (150m towing tank).

---

\* 流体設計系水槽試験技術グループ

原稿受付 令和 4 年 10 月 20 日

審査日 令和 4 年 11 月 4 日

## 目 次

1. まえがき	26
2. 自動計測システムの仕様	26
2.1 計測器と制御器の仕様	26
2.2 試験装置と制御項目	27
3. 自動計測システムのソフトウェア	28
4. まとめ	30
References	30

## 1. まえがき

海上技術安全研究所では、当所ビジョンの「水槽試験・理論解析による実海域性能を高度推定できる技術の確立」のため、水槽試験での高度な品質管理に取り組んでいる<sup>1)</sup>。これまでの水槽試験では、模型船を曳航する曳引車や曳航の加減速時に模型船を固縛するクランプ装置の操作および計測を手動で行っていたため、各操作のタイミングが1回の計測ごとに異なり、計測結果の不確かさが大きくなる要因となっている<sup>2)</sup>。

当所では、不確かさの低減を含めた水槽試験での高度な品質管理に取り組むため、予め決められた時系列データ（シーケンス）に従って水槽試験を実施する自動計測を行っている。自動計測では、曳引車運転情報と試験装置を操作するタイミングを合わせるため、曳引車と各種試験装置の同期を行っている。さらに、自動計測システムには計測データの自動解析機能も組み込み、解析を含めた試験効率の向上を行っている。また、この予め設定した動作を実行する自動計測システムに、試験の再計測の有無などを自律的に判断し実行する機能を付加し、無人でも試験が実施できるよう、安全対策の取り組みも進めている。

本稿では、三鷹第三船舶試験水槽（中水槽）の自動計測システムについて説明する。なお、三鷹第二船舶試験水槽（400m水槽）でも同様の自動計測システムを導入している。

## 2. 自動計測システムの仕様

水槽試験では、曳引車、クランプ装置、自航モータおよび翼車式流速計の制御を行う必要がある。そのため、自動計測システムでは、試験装置を制御するモジュールとしてFL-net、デジタル入出力（DIO）、アナログ電圧出力（D/A）を使用している。FL-netは、日本電機工業会により開発されたオープンネットワークで、多数の異なる製造業者のプログラマブルコントローラ（PLC）などの各種FAコントローラやパソコンを相互接続し、制御・監視を実現するために開発されたネットワークであり、曳引車の速度・加減速の設定および設定値のフィードバック、また曳引車の現在の速度と位置のフィードバックに用いている。

## 2.1 計測器および制御器の仕様

自動計測システムの計測器（アナログ電圧入力：A/D、パルスカウンタ）と制御器（DIO、D/A）の仕様を表1に示す。A/DはPCIボードを3枚用いて48ch、パルスカウンタはPCIボードを1枚用いて4ch、DIOはPCIボードを1枚用いて32点、D/AはPCIボードを1枚用いて8ch備えている。計測点が多い2軸船の波浪中自航試験を想定した計測項目の例を表2に示す。使用するA/Dは14ch、パルスカウンタは3ch、DIOは11点、D/Aは3chである。そのため、自動計測システムの計測器および制御器は、船体表面の圧力計測や他の試験装置の制御などの拡張に十分対応できる仕様である。

表1 計測器および制御器の仕様

モジュール	仕様
A/D	48ch (PCI-3176×3枚)
パルスカウンタ	4ch (PCI-6201×1枚)
DIO	32点 (PCI-2726CM×1枚)
D/A	8ch (PCI-3340×1枚)

表2 2軸船波浪中自航試験の計測例

モジュール	計測・制御項目	使用ch数
A/D	抵抗×2, 横力×2, 前後揺れ, 上下揺れ×2, 横揺れ, 縦揺れ, スラスト×2, トルク×2, 波高	14ch
パルスカウンタ	対水流速, プロペラ回転数×2	3ch
DIO	対水流速向き(4点), クランプ開閉(4点), 自航モータ(3点)	11点
D/A	プロペラ回転数, 定常力, ばね定数	3ch

## 2.2 試験装置と制御項目

水槽試験で使用する試験装置を図1～8に示す。自動計測システムで制御する試験装置は、曳引車の他、翼車式流速計、クランプ装置、プロペラ単独試験（Propeller open test : POT）動力計、波浪中キャリッジ、自航モータ、造波機、南端消波板、側面消波板がある。

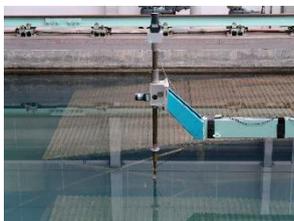


図1 翼車式流速計



図2 クランプ装置

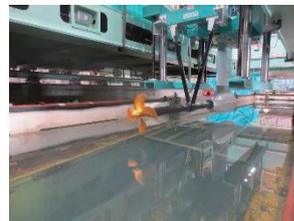


図3 POT 動力計



図4 波浪中キャリッジ



図5 自航モータ



図6 造波機



図7 南端消波板

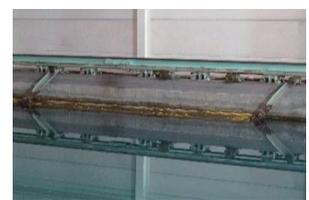


図8 側面消波板

表3に試験装置の制御項目を示す。曳引車の制御は、発進・加速・減速・停止を行う。流速計は、検定の際に往復して走行し計測を行うため向きの変更を行う。クランプ装置は、可動部の開閉を行い模型船の固縛と開放を行う。また模型船の固縛の安全対策のためクランプ装置の開閉のフィードバック信号を自動計測システムで監視している。自航モータとPOT動力計は、回転数・回転方向・開始・停止の制御を行う。波浪中キャリッジは、模型船の位置を保持するための定常力とばね定数の設定、制御の開始・停止を行う。造波機は、波高・波長・造波

時間の設定，造波信号の転送，造波の開始・停止を行う。南端消波板および側面消波板は，上昇・下降・停止を行う。

表 3 試験装置の制御項目

試験装置	制御項目
曳引車	発進，加速，減速，停止
翼車式流速計	南向，北向
クランプ装置	開，閉，フィードバック信号
自航モータ	回転数，回転方向，開始，停止
POT 動力計	回転数，回転方向，開始，停止
波浪中キャリッジ	定常力，ばね定数，開始，停止
造波機	波高，波長，造波時間，開始，停止，造波信号転送
南端・側面消波板	上昇，下降，停止

### 3. 自動計測システムのソフトウェア

自動計測システムは，試験装置を制御する自動運転ソフトウェアと計測を行う計測ソフトウェアから構成される。自動運転ソフトウェアは，連続での自動運転が可能であり設定した走行数の自動運転を実施できる。また，計測ソフトウェアとの同期は自動運転ソフトウェアから計測開始・停止の制御を行う。

自動運転ソフトウェアの操作画面を図 9 に示す。自動運転ソフトウェアでは，曳引車の速度・位置のフィードバックや速度・加速度・減速度の設定ができる。また，曳引車の走行，クランプ装置の開閉，翼車式流速計の向きの変更，自航モータ，POT 動力計，造波機，南端消波板，側面消波板，計測ソフトウェアの操作が個別にできる。計測ソフトウェアの操作画面を図 10 に示す。抵抗などの計測波形は，計測ソフトウェアで見ることができ



図 9 自動運転ソフトウェア

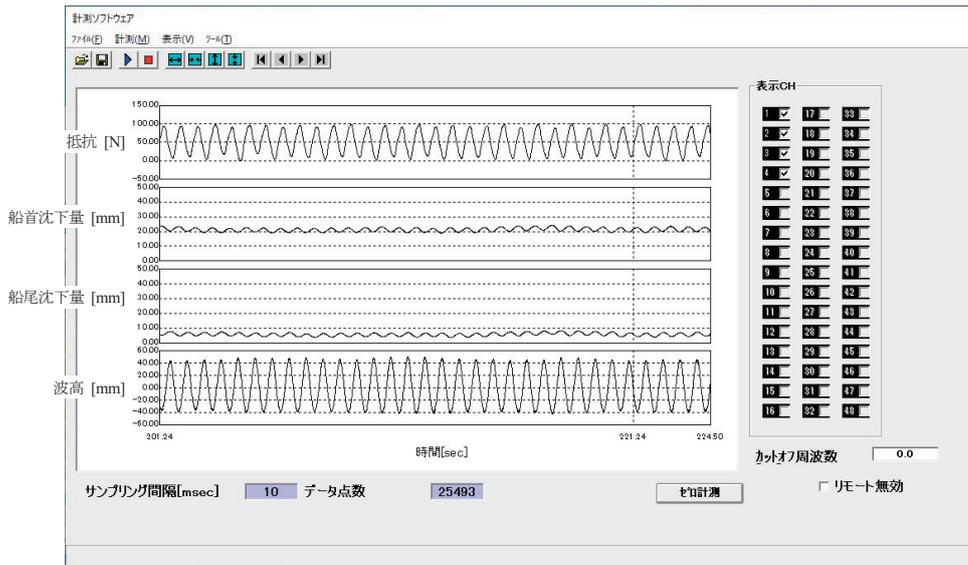


図10 計測ソフトウェア

自動計測では、予め作成した試験シーケンスを図9の「試験読込」ボタンより設定する。試験シーケンスの1例として、波浪中抵抗試験の試験シーケンスを図11に示す。初めにパラメータを設定して自動計測をスタートすると、南端消波板と側面消波板が上昇する。次にクランプ装置が開き、データの記録を開始し、ゼロ点が計測され、クランプ装置を閉じる。その後、造波が開始され、造波時間が終わったら造波を停止し、曳引車の走行を開始する。曳引車が定速になればクランプ装置を開き、計測位置にきたら計測を開始し、計測停止位置にきたら計測を停止する。その後、クランプ装置を閉じて、曳引車を停止させ、南端消波板と側面消波板を下降させ、データの記録を停止して保存し、曳引車をスタート位置に復行させ、スタート位置に停止させる。設定した走行数が終了したら自動計測は終了し、次の走行があれば始め図中のCに戻って自動計測を繰り返す。図中の  $T_1$  から  $T_{10}$  まではエクセルで定義する。また、試験シーケンスには、安全対策を組み込んでおり、自動計測中にクランプ装置のフィードバックより異常を検知した際は異常時のシーケンスに移り自動計測を停止する。

設定した試験シーケンスを自動計測システムに設定した後は、図12に示すグラフより確認する。横軸は時間、左の縦軸は曳引車速度、右の縦軸は曳引車位置である。各線は、黒が曳引車位置、黄緑が曳引車速度、青がクランプ開、オレンジがクランプ閉、緑がゼロ点と計測区間、ピンクが造波開始停止である。設定した試験シーケンスに問題がなければ、図9の「自動運転開始」ボタンを押し自動計測を開始する。

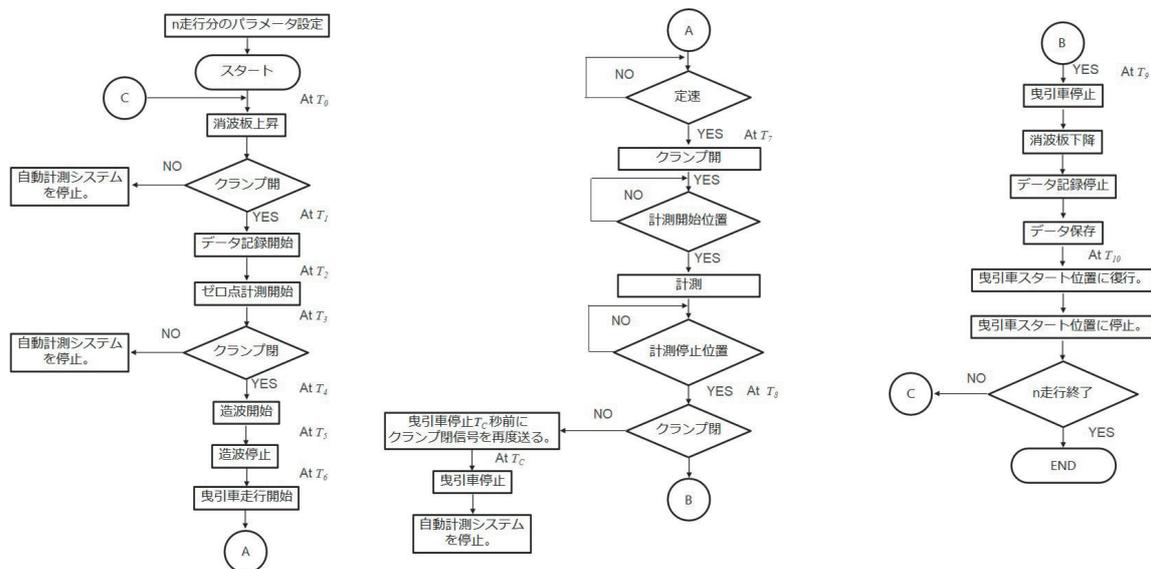


図11 波浪中抵抗試験の試験シーケンス

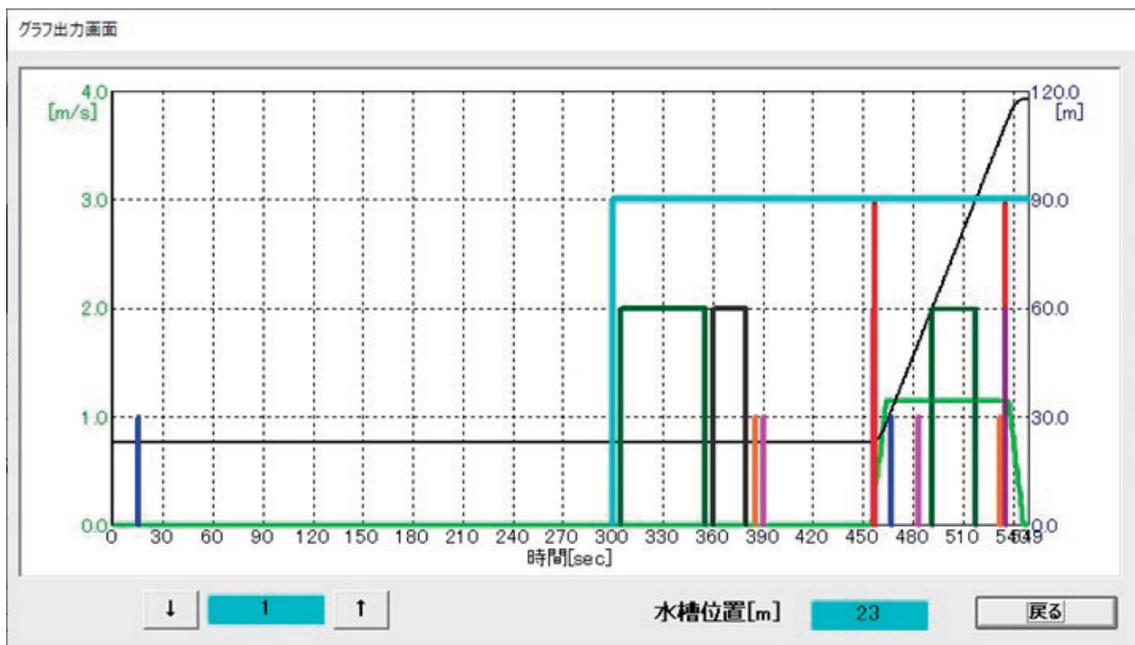


図 12 試験シーケンスの確認用グラフ

#### 4. まとめ

当所ビジョンの「水槽試験・理論解析による実海域性能を高度推定できる技術の確立」のため、水槽試験での高度な品質管理に取り組んでいる。その一環として水槽試験の自動計測を行っており、本報では中水槽の自動計測システムについて紹介した。

自動計測の特徴として、計測信頼性の向上、水槽試験の高効率化がある。さらに、自動解析による計測値の判断に加え、安全対策の向上の取り組みを通して将来の無人化に必要な自律判断に繋げていく。

#### References

- 1) [https://www.nmri.go.jp/about/pdf/vision\\_2019.pdf](https://www.nmri.go.jp/about/pdf/vision_2019.pdf)
- 2) 下田春人, 川島英幹, 一ノ瀬康雄, 辻本勝: 水槽試験技術のスマート化, 海上技術安全研究所報告, 第19巻第4号, pp. 17-24, 2019.