

## PS-23 大水槽、中水槽における自動計測システム

流体設計系 \* 藤沢 純一

### 1. はじめに

海上技術安全研究所は2つの曳航水槽として三鷹第二船舶試験水槽（長さ 400m：以下大水槽と呼ぶ）および三鷹第三船舶試験水槽（長さ 150m：以下中水槽と呼ぶ）を有している。どちらも建造が古いため、これまで運転、計測は手動で行われていた。

大水槽では 2001 年度から接点を用いた制御により自動運転、自動計測が可能となり、2017 年度からは FL-net を利用した現行の自動計測システムへ移行している。

中水槽では 2014 年度に FL-net を用いた自動計測が可能となった。しかし大水槽とは走行システム（制御機器、メーカーなど）が違っており維持管理が複雑となっていたが、2021 年度に中水槽曳引車運転システムを大幅に更新し、その制御システムを大水槽と互換性を保つようにした。

ここでは自動計測システムと中水槽曳引車運転システムの更新内容について紹介する。

### 2. 自動運転、自動計測システム

#### 2.1 システムの概要

自動運転、自動計測はその名が示す通り、人間の操作によらない曳引車の運転と実験の計測を行うものである。人間が操作せず、あらかじめスケジューリングされたシーケンスに従って自動的に機器を操作するため、省力化と実験者の差によらない計測結果が得られる。

また、人間が介入する手動計測では、曳引車の位置や模型船の状態などを常時把握しながらの計測になるため、現象の観察がおろそかになってしまうが、計測の自動化により現象の観察に集中することができる。

大水槽、中水槽で用いられているシステム構成の概略を図 1 に示す。

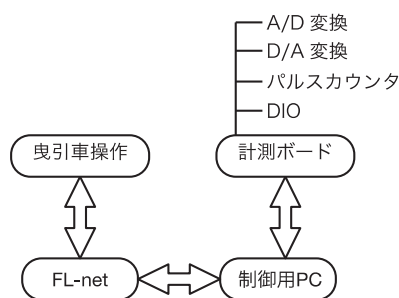


図 1 システム構成の概略

曳引車は PLC、各種リレーなどが FL-net を通して接続されており、制御用 PC により操作される。制御用 PC には計測のた

めの各種インターフェースボードを搭載しており、曳引車の制御と共に自動計測を行っている。各種ボードは Visual Basic で構築したソフトでコントロールし、各種センサー出力の A/D 変換や、パルス数計測、DIO によるクランプの開閉などを担う。

中水槽では今回の曳引車運転システム更新前においても、FL-net を使用していたが、大水槽と違う制御機器を使用していたため、アドレスやパラメータに互換性が無かったこと、また FL-net に接続していない制御機器もあったことから制御回路や制御ソフトが複雑となっていた。今回、大水槽と同様の制御が中水槽で可能となったため、FL-net で指定するパラメータや機器のアドレスなどを統一することで、大水槽、中水槽での制御機器や制御ソフトの互換性が保てるようになった。

#### 2.2 自動運転、自動計測の概要

自動運転は図 2 に示す通り、Excel 上に入力した走行パラメータを自動運転ソフトが読み込み、順に実行していく。専用ソフトなどを使用せず入力できるため、ソートやコピー&ペースト、グラフ化といった Excel の機能を用いる事ができる。設定後、図 3 に示す通り、パラメータを可視化した図面が作成され、設定したパラメータに問題があるかをチェックすることができる。

合部ストップ位置	[m]	100	321	351	353	355	Constant dat	
復行停止開始位置(自動運転中、自動運転終了後)	[m]	25.5	120	25.5	0		Constant dat	
復行速度	[m/sec]	0.6					Constant dat	
復行加減速度	[g]	0.01					Constant dat	
クランプ閉時間(400g)	[sec]	3						
クランプ閉時間(中水槽)	[sec]	6						
再帰上昇時間	[sec]	20						
定常力	[kgf]	0.000	加減速	[kgf/a]	0.500	変換係数	[kgf/V]	8.00
ばね定数	[kgm/mm]	0.015	加減速	[kgf/mm/a]	0.015	変換係数	[kgm/mm/V]	0.03
No.	多段数	本速	走行開始	計測開始	計測終了	クランプ閉	ゼロ点開始	ゼロ点終
[-]	[-]	[-]	[sec]	[sec]	[sec]	[sec]	[sec]	[sec]
1	1	0	900	20	275	15	25	75

図 2 走行パラメータの入力

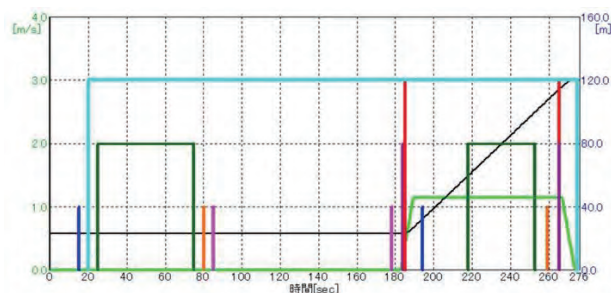


図 3 可視化された走行パラメータ

自動計測システムの概略を図 4 に示す。自動計測は Excel

上において曳引車速度、クランプの開閉、速度更新、プロペラ回転数、曳引車停止位置などを設定する。設定した条件で安全に走行できるか、計測範囲に異常が無いかなどをチェックした後、走行パラメータとしてセットし、その条件に従い走行、計測を行う。計測データは時系列データとして保存し、各種統計処理、解析プログラムによる解析を行い、その結果がExcel 上に取り込まれる。なお、各種検定も Excel 上において計測とデータのやり取りが行われる。

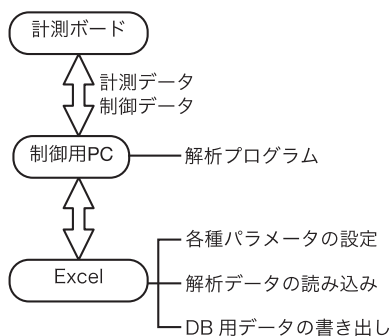


図 4 自動計測システムの概略

自動計測のフローチャートの一例として、波浪中試験用に構築したものを図 5 に示す。計測中、計測可能条件に合致しない事象が発生した場合は計測を中止する。

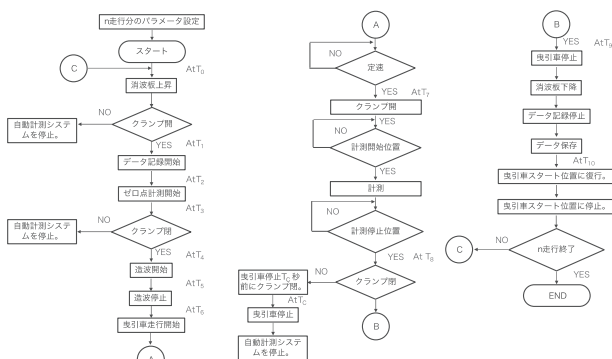


図 5 計測フローチャートの例

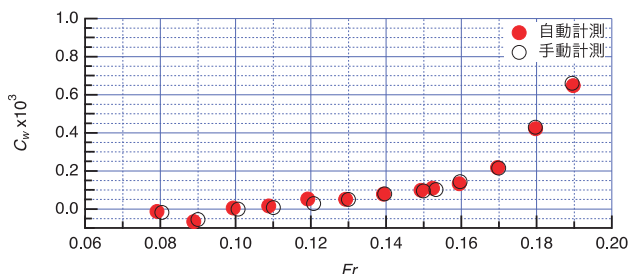


図 6 計測手法の比較 (造波抵抗係数)

次に、バルクキャリア船型の抵抗試験で熟練者による手動計測結果と自動計測結果を比較した例を図 6 に示す。フルード数 ( $Fr$ ) に対する造波抵抗係数 ( $C_w$ ) を比較した結果、両者

は同等な値を示しており、自動計測の有効性が分かる。

### 3. 中水槽曳引車運転システムの更新

#### 3.1 更新概要

2021 年度の更新により、中水槽曳引車運転システムが大水槽と同等のシステムとなり、駆動モータ、制動システム、曳引車位置検出方法などを大水槽と同一化した。また、自動計測システムも大水槽で使用しているものと互換性を高め、プログラムや計測機器、入力パラメータなどを共有できるようにした。主な更新項目を表 1 に示す。この他、各種トランスや分電盤など古い電気機器類も更新した。

表 1 中水槽曳引車運転システムの主な更新内容

駆動電動機	更新前	DC100V/30kW
	更新後	AC400V/37kW
駆動方式	更新前	サイリスタ制御
	更新後	マトリクスコンバータ制御
質量 [トン]	建造時	23.6
	更新前	23.6
更新後	20.0	
制御機器メーカー	更新前	明電舎
	更新後	安川電機

更新前後における曳引車速度の比較例として、曳引車速度 3m/s で走行 (南進) したときの速度時系列を図 7 に示す。更新後、速度安定度が良くなり、3m/s における速度標準偏差は更新前の約 1/3 となった。この結果、体感で判るほどに曳引車の前後揺れ、上下揺れが小さくなった。

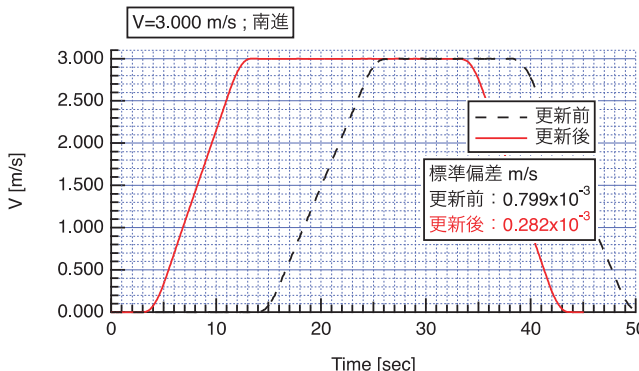


図 7 更新前後での速度時系列の比較

### 4. まとめ

大水槽、中水槽において自動計測システムを構築し、また、中水槽曳引車運転システムの更新を行った。この結果、自動計測システムの有効性を確認でき、さらに、中水槽曳引車の速度の安定性が良くなった。

これらは水槽試験での計測の効率化に寄与するとともに、今後の研究の発展に活用することが可能である。