

# 造船基本計画に関する設計教育支援システムの研究

66787 柿沼 徹也  
指導教員 大和 裕幸 教授

This research proposes a support system for ship design education focusing on the basic design. In this system, supervision of task progress and access to reference materials are provided using workflow. Calculations and management of variables are carried out by the system so that the students can focus on design factors affecting ship performance, prevent mistakes, and shorten working time. The system also asks queries to students and allows cross-referencing with textbooks.

The e-Learning system developed was assessed by 16 students and an expert ship designer by trial tests. Accuracy of the design contents, feasibility of the design spiral for improvement of ship performance with the students' comprehension of correlation between parameters, and the effectiveness of the Q&A functions were confirmed.

Key words: Ship Design Education, e-Learning, Design Support, Database

## 1. 緒言

本研究の目的は、造船基本計画における要目決定について、学生等知識が不十分な者による実施を可能にする設計教育支援システムの開発である。

要目決定には一般的に、デザインスパイラルの実施が必要である。これは設計解を最適化するための繰り返し計算で、多くの作業量・知識を要し、計算ミスの発生しやすい手計算での実

施は困難である。よって知識の少ない学習者が短期間で実施するには、設計支援システムが必要になる。一方、自動計算化により学習が行われないおそれがある。このため、システムには学習のための機能を付与する必要がある。

要目決定の実務を補助するシステムは存在する<sup>1)2)</sup>が、計算過程が確認できないなど、教育目的としては適していない。

## 2. 要目決定および教育支援システム

### 2.1 提案するシステムの概要

提案するシステムの概念図を Fig. 1 に示す。本研究で提案するシステムでは、データベースの閲覧、引用を補助し、計算支援プログラムにより計算を容易にする。さらに変数管理機能が計算プログラムの入出力である変数を管理し、学習者が設計結果に影響を与える要目決定作業に集中できるようにし、正しい設計解を容易に得られるようにしている。また変数変更理由の確認機能、設問提示機能により、学習者の作業への理解と学習を促進する。

### 2.2 ShareFast による文書閲覧と起動

学習者は、当研究室で開発しているワークフローを用いた文書管理システム ShareFast<sup>3)</sup>を操作することにより、作業関連文書の閲覧、および作業管理プログラム（メインプログラム）

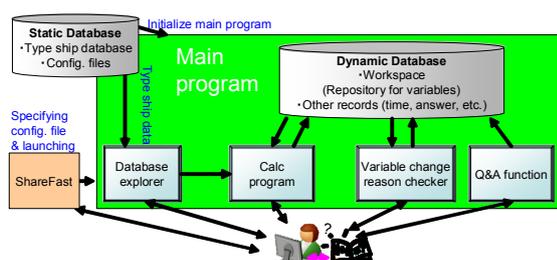


Fig. 1 Overview of system

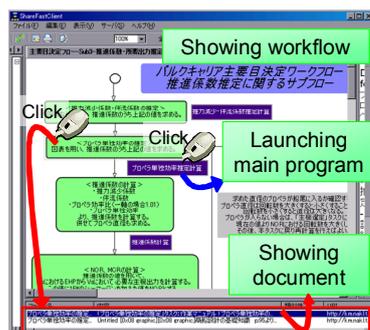


Fig. 2 Functions of ShareFast

の起動を行う。この機能を Fig. 2 にまとめる。以降、「プロペラ単独効率の推定」タスク (task13) の実行を例として説明する。

### 2.3 作業管理プログラム

ShareFast が task13 用の設定ファイルを指定し、Fig. 3 に示す作業管理プログラムを起動する。作業は上から順にボタンをクリックすることで進む。なお、ShareFast のプログラム起動機能は、本研究のために製作し追加した。

### 2.4 データベースの閲覧と引用

タスクがデータベースを参照する場合は、Fig. 4 に示すデータベース閲覧・引用インターフェースが表示される。既存船データベースを読み込み、グラフおよび表形式での閲覧が可能である。学習者による使用データの選択が完了すると、システムは選択されたデータを抽出する。

### 2.5 ワークスペース (変数保存機能)

システムは引用を指定された変数の値を、変数を記録している「ワークスペース」から抽出し、出力する。ワークスペースは過去の変更履歴も記録している。

### 2.6 製作した計算プログラムの例

以上の作業が完了すると、システムは設定ファイルで指定された計算プログラムを起動する。この際、様々な形式の計算プログラムが利用できるよう、データは一度変換プログラムによる処理を経て読み込まれる。Task13 の計算プログラムを Fig. 5 に示す。ここでは Excel を用い、以下の計算を行う。①データベースから引用したデータにより、主機連続最大出力 MCR-主機常用出力 NOR の関係、およびその時の回転数の関係をプロットし、最小二乗法により関係式を求める。②ワークスペースから取得した現在の MCR およびその時の回転数の値を適用し、NOR およびその時の回転数を計算する。③主機の位置、およびプロペラ型を選択する。フォーム上でラジオボタンを操作することで選択する。④a. 現在の NOR、主機の位置、プロペラ型から計算される、各速力における推進器の仕事率を計算する。b. 前のタスクで計算済みのためワークスペースにある抵抗係数から、各速力において直進するのに必要な仕事率を計算する。c. a, b の曲線の交点から、②で計算した NOR における速力を計算し、その時のプロペラ効率を求める。以上の①、②は Fig. 5 に示す



Fig. 3 Main program interface

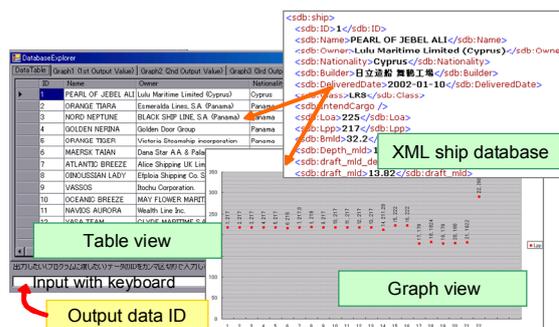


Fig. 4 Database explorer

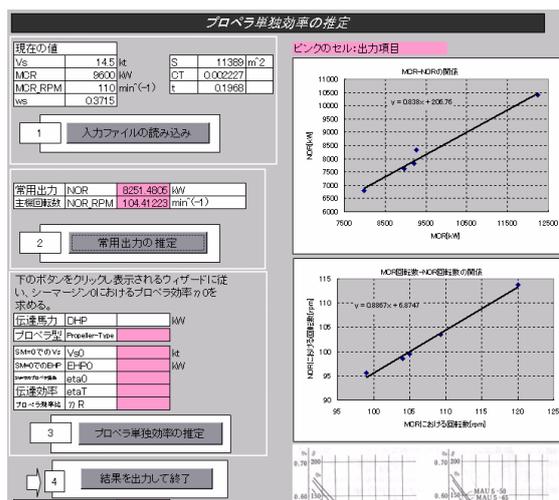


Fig. 5 Calc program (task13)

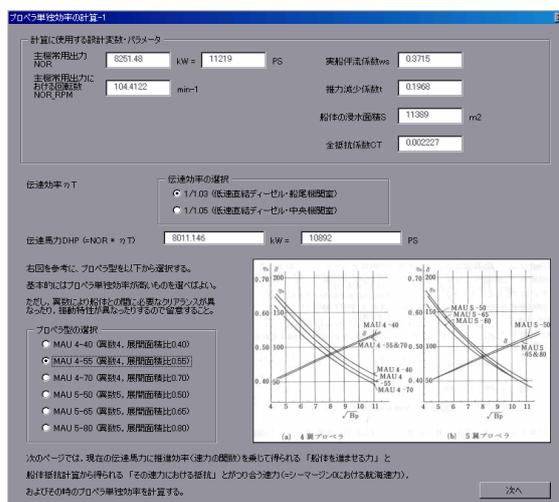


Fig. 6 Calc support form 1 (task13)

Excel ワークシートにて、③は Fig. 6 に示す Excel のフォームにて、④は Fig. 7 に示す Excel のフォームにてそれぞれ計算・提示される。

### 2.7 変数の保存と変更理由の確認

計算プログラムによる処理が完了すると、その出力は入力時と同様に、変換プログラムにより規定の形式に変換され作業管理プログラムに渡される。作業管理プログラムはこの出力に基づき、ワークスペースを更新する。設計変数が更新された場合は、その変更理由を問うインタフェースを提示し、学習者の理解を促進する。

### 2.8 設問提示機能

以上の手順でタスクが完了すると、次にそのタスクに関する知識を問われる設問が Fig. 8 に示すように表示される。学習者はこれに解答する必要がある。これにより、計算プログラムにより自動化されることで失われる学習の機会を得ることができる。また解答が完了すると、設問と学習者の解答、解答例および解説が表示され、これらを印刷することができる

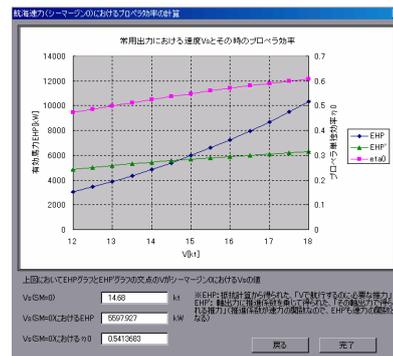


Fig. 7 Calc support form 2 (task13)

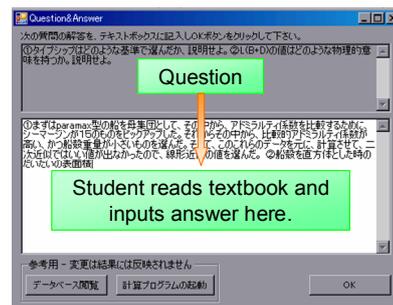


Fig. 8 Q&A function

## 3. 要目設計コンテンツの製作

造船所での実務調査に基づき、Fig. 9 に示す教育用ワークフローを記述した。実務フローとの違いは、実施が困難な作業を省略、あるいは置換している点であり、作業自体も教科書<sup>4)</sup>の手法を用いることで、非公開のノウハウを使用せず実施できるものとしている。作業の流れは以下のとおりである。まず、設計条件および主寸法を入力する。その後、①にて船の自重を計算し、それをを用いて②にて載貨重量をチェックし、要求を満足していなければ主寸法の設定に戻る。③では船体の抵抗を計算し、④ではプロペラなどを選択し、推進効率を計算する。その後、必要な出力を持つ主機を選択し、各種容積計算および CAD による出力を行う。これらの作業を第 2 章で述べた例と同様に補助する計算プログラム、設問等を作成した。なお、CAD 操作は今回の学習の対象ではないため、求めた要目を入力すると各種図面、計算結果を出力するマクロを記述し操作を容易にした。また、第 2 章で述べたように、既存船データベースが作業には必須である。このため、公開されている船の要目表をベースに、掲載のない項目は教科書や

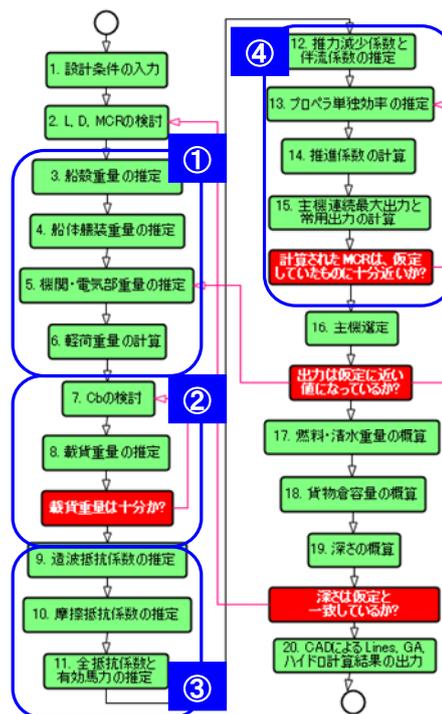


Fig. 9 Workflow

便覧の実績図などを用い推定、追加したデータベース (24 隻分) を作成した。

## 4. 検証実験

開発したシステム、製作したコンテンツを用

いて、学生が要目決定を行う実験を実施した。5名の被験者は約5~7時間で作業を完了した。

既存の船と同様の制約条件を与え設計を実施すると、既存の船と同様の要目が得られることから、コンテンツおよびシステムがおおよそ妥当であることが確認された。また、これはベテラン造船技術者が本システムを用いて要目決定を行った時のコメントからも確認している。

寸法の制約条件を緩めた実験条件下での、変数変更理由の記録、および設計変数の履歴から、学習者がデザインスパイラルを実施していることを確認した。一例を Table 1 に示す。↓は変更がないことを、-は未計算を示す。試行1で性能に不足（抵抗大により MCR が過大）を感じた被験者は、学習の結果パラメータ相関関係を理解し、最も抵抗への影響が大きい長さ  $L_{pp}$  を短くするという方針で、試行2~4にて要求の  $DW > 80,000$  を満たすよう留意しつつ主寸法を修正している。

設問機能の有効性を確認するため、システム利用群と手計算群、設問を除くシステム利用群とに被験者を分け設計（Fig. 9 の Task13~15のみ）を実施し（各群3~4名）、事前、事後テストの成績の差分を設問の分類ごとに比較した。その結果および設問の分類を Fig. 10 に示す。数値は得点率の差分で単位はパーセントポイント

である。倍以上の所要時間にて手計算を行った場合に比べると効果は及ばないものの、設問機能の有効性が確認された。一方、手計算では被験者全員に計算ミスが確認された。このため、計算ミスの発見・修正の時間を考慮すると、手計算での全作業の実施は現実的でない。

## 5. 考 察

開発したシステムの機能により、学生が要目決定を実施できた。製作したシステムおよびコンテンツは、設計実験およびベテラン技術者によるシステムの試用により検証したところ、概ね妥当であると判断された。また、本システムを用いた設計を行うことで、船に関する学習が行われることを確認した。

製作した要目設計コンテンツでは教科書手法を用いたこと、擬似データベースを用いたことにより、実務を完全には再現できていない。若手技術者の教育用途としては、ソフトウェアの利便性向上と併せ、利用者ごとに容易に非公開ノウハウに置換できる機能が望まれる。

## 6. 結 言

デザインスパイラルを含む要目決定を、造船設計知識のない学生が、学習しながら実施することができる設計教育支援システムを開発し、妥当性・有効性を検証した。

## 参考文献

- 1) 久米健一ほか、実海域性能評価と船型最適化システム、[www.nmri.go.jp/main/research/happyoukai/H19/SS/SS12.pdf](http://www.nmri.go.jp/main/research/happyoukai/H19/SS/SS12.pdf), 2007
- 2) Akira Matsuo, Ship Design Master, The Fourth Workshop on the Student Friendly Software for Marine Design 配布資料, 2005
- 3) 大和裕幸, 安藤英幸, 唐澤武郎, 内藤紀彦: セマンティック・ウェブとワークフローを用いた造船設計 CAD システム, 日本造船学会論文集, Vol.195, pp111-122, 2004.
- 4) 造船テキスト研究会, 商船設計の基礎知識, 成山堂書店, 2001

Table 1 Design spiral on experiment

Particulars	Lpp	Bmld	dmlld	Cb	DW	MCR
unit	m	m	m	-	t	kW
1st trial	217	41	14.978	0.7	83164	11138.7
2nd trial	214	39	14.778	0.75	82253	-
3rd trial	200	↓	14.478	0.8	79764	-
4th trial	↓	↓	↓	0.81	80923	10538.3

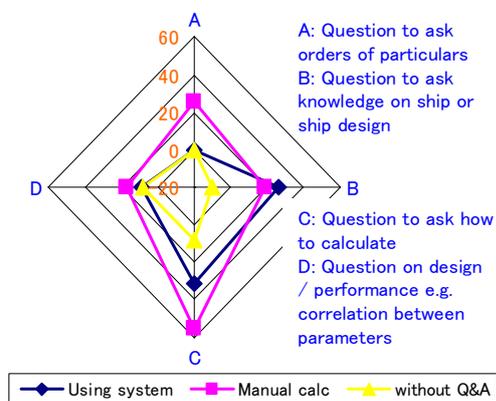


Fig. 10 Difference of scores between pre-test and post-test