

# 設計情報を利用した設計教育支援手法の開発

## Design education support method using design data

稗方 和夫\*<sup>1</sup>  
Kazuo Hiekata

大和 裕幸\*<sup>2</sup>  
Hiroyuki Yamato

柿沼 徹也\*<sup>2</sup>  
Tesuya Kakinuma

\*<sup>1</sup> 東京大学大学院工学系研究科  
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

\*<sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

Students learn design by trial and error in design coursework. A method for design education based on design data is proposed in this paper. Software system is also developed to implement the proposed method. Finally the method is evaluated in an experiment of ship design coursework.

### 1. 緒言

設計者の思考や意図を共有することをねらいとした設計情報管理手法に関する研究がなされている。CAD/CAE と文書管理を統合し、作業中に設計意図を記録できるシステム[野間口 2005], 設計者の思考過程を表現する手法[間瀬 2002]などである。

本論文では、設計変数の変更の詳細な記録を行うシステムおよび設計者の意図を記述するソフトウェアシステムを利用した、設計教育の支援手法を提案する。また、船舶の基本設計を対象に実証実験を行い、提案する設計教育支援手法の有効性を評価する。

### 2. 教育支援用設計システム

工業製品の設計では、業種や工程により専用の内製設計支援ソフトウェアを利用することが多い。このような設計支援ソフトウェアを利用した設計作業は、情報システムとして統合されているレベルは異なるが、設計支援ソフトウェアによる計算を通じて設計パラメータを変更し、最適解を検索する作業である。このような設計作業を対象とした教育用の設計支援システムを考える。

#### 2.1 システムの概要

提案するシステムの概念図を図1に示す。システムは、過去の実績データなど基本的に変更されないデータを格納する静的なデータベース、設計作業を通じて変更される設計変数を格納するための動的なデータベース、またこれら2つのデータベースのユーザインタフェースに相当する計算支援プログラム、設計意図記録プログラムで構成される。本研究で提案するシステムを用いた設計作業は、静的なデータベースに蓄積されている過去の設計データから設計課題を達成する上で適切な設計事例を検索し、発見した設計事例を流用して計算支援プログラムにより設計作業を進める形で行う。この設計作業は、一般的な船舶の設計方法[造船テキスト研究会 2001]に対して、企業へのヒアリング結果から過去の実績データの再利用に関する部分について修正を加えた、造船会社の基本計画部門の業務を模した設計作業である。

また教育用の機能として、設計支援プログラムによる処理が完了した際に設計変数が更新された場合は、設計意図記録プ

ログラムがその変更理由を問うインタフェースを提示し、システム利用者の設計意図の記述を行う。

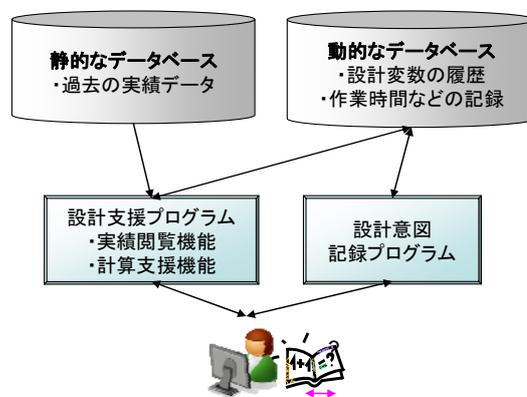


図1. システムの概要

#### 2.2 対象業務

本研究では、システムの提案とともに実験による評価を行った。対象業務として、発注者の要求を制約条件として、船舶の長さ・幅・深さなどの主要寸法や主機の仕様を決定する工程である要目決定の工程を選定した。簡略化した対象業務の作業の流れと開発した設計支援ツールを図2に示す。対象業務では、まず設計条件および主寸法を入力する。その後、船の自重を計算し、それをを用いて載貨重量(搭載できる貨物重量)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。その後、船体の抵抗を計算し、プロペラなどを選択し、推進効率を計算する。最後に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。なお、この工程の制約条件は、速力、搭載できる貨物の重量、貨物の密度、乗員数、連続して航海できる距離等であり、主な設計変数は後述の表1中に示した。

この工程を教育用に模擬し、システムの検証を行うには、過去の設計実績のデータベースや実際の設計を支援するプログラムの整備が必要となるため、本研究では公開されている船のデータから、掲載のない項目は教科書や便覧の実績図などを用い推定・補足したデータベース(24隻分)を作成した。

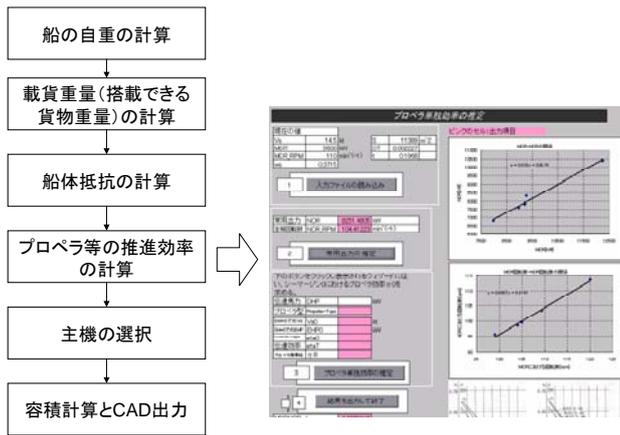


図 2. 対象業務の流れと計算支援システム例

### 3. 実証実験

開発したシステム, 製作したコンテンツを用いて, 3 人の被験者 A, B, C に対して要目決定を行う実験を実施した. 被験者は船舶の設計に関する知識のない一般の工学系の大学院生である. 船舶に関する一般的な知識を説明した後, システムから提供される情報と設計支援ツールにより, 船の全長, 幅, 最大喫水等について既存の船と同様の制約条件を与え, 開発した設計支援システムにより設計を行った.

#### 3.1 実験結果

3 人の被験者は異なる主寸法を持つ船舶を設計したが, 3 種類とも設計条件を満たすことができた. また, 設計された寸法が妥当な範囲であることを造船会社の技術者により確認し, 本システムによる設計演習が企業内での設計作業を適切に模擬できていることを確認した. 被験者 A, C による設計は, 定性的には細く長い船であり, 被験者 B による設計は, 肥大型の長さの短い船である. A と B の設計案を比較すると, B の設計案は 20% 程度燃費が良いものであった.

#### 3.2 設計意図の抽出

設計支援ツールにより記録された設計データのうち, 被験者 B の変数変更の履歴を表 1 に示す. 横軸に設計変数, 縦軸は設計工程の進行を示す. 設計工程を進める際に変更された変数のみを表示し, 変更されない変数のセルには ↓ を示した.

これらの設計履歴からいくつかの設計変更について定性的な説明が可能である. 試行 ID4 では大幅な変数の変更が行われているため, 基本とした実績データを変更したことが推測でき

る. また ID5 では Lpp(長さ)を大幅に短く変更し, 載貨重量を減じている. この ID5 での方針が燃費の良い設計案につながっている. その後 ID7 から 11 までは主機に関する設計変数である MCR および NOR を変更している. 以上の点は, 設計履歴データのみから読み取ることができるが, これらの点はまた, 表 1 の右列に示したシステムの設計意図記述ツールにより記述された被験者の設計意図と矛盾のないものである.

### 4. 考察

現在は設計履歴を可視化し, 船舶設計というドメイン知識を持つ人間が手作業で設計意図を抽出している. 変数の履歴から設計意図を自動抽出するためのルールはドメインに依存するが, 情報技術面では汎用の仕組みが利用できると考えられる. 統合したシステムを用いることで, 数多くの被験者を対象に設計演習を行う際にも, 被験者の思考の流れをリアルタイムで把握することも可能と考えられる. また, 設計例題を限定すれば, 被験者が良い設計解を得るための方針を発見したことも検知可能である. このことにより, 設計のアウトプットだけでなくその過程の評価も期待できる.

### 5. 結論

設計変数の変更記録から設計者の意図を推測することで, 設計過程も評価対象とする設計教育の手法を提案し, 実験により評価を行った.

#### 謝辞

本研究の一部は笹川科学研究助成の支援を受けて実施しているものである. ここに記して謝意を表す.

#### 参考文献

[野間口 2005] 野間口大, 下村芳樹, 富山哲男: 設計者の思考過程のモデルを利用した設計知識管理システム, 人工知能学会論文誌, 20 巻 1 号, pp. 11-24, 2005

[間瀬 2002] 間瀬久雄, 絹川博之, 森井洋, 中尾政之, 畑村洋太郎, 思考過程の思考展開図表現に基づく機械設計支援システム, 人工知能学会論文誌 17 巻 1 号, pp. 94-103, 2002

[造船テキスト研究会 2001] 造船テキスト研究会: 商船設計の基礎知識, 成山堂書店, 2001

表1. 設計変数の変更履歴

試行ID	Lpp	Bmld	dml	Cb	DW	MCR	NOR	eta	CT	S	被験者の記述した設計意図
	垂線間長	型幅	型喫水	方形係数	載貨重量	連続最大出力	常用出力	推進係数	全抵抗係数	浸水面積	
1	217	41	14.978	0.7	83164	11611.3	9042.6	0.727	0.002211	11805	
2	↓	↓	↓	↓	↓	11193.2	8859.8	0.742	↓	↓	
3	↓	↓	↓	↓	↓	11138.7	8836	0.744	↓	↓	
4	214	39	14.778	0.75	82253	9000	8836	↓	↓	↓	*) MCRが11600と大きくなり効率の向上が必要と考えたため, 太く短い船型に変更
5	200	↓	14.478	0.8	79764	↓	↓	↓	↓	↓	*) 載貨重量に余裕があったので更に短い船型に変更
6	↓	↓	↓	0.81	80923	↓	↓	↓	↓	↓	*) DWが不足のため変更
7	↓	↓	↓	↓	↓	10538.3	8573.5	0.739	0.002243	11215	
8	↓	↓	↓	↓	↓	10640	8600	↓	↓	↓	*) 主機選定に伴い変更
9	↓	↓	↓	↓	↓	11339.3	8923.7	0.71	↓	↓	
10	↓	↓	↓	↓	↓	11281.9	8898	0.712	↓	↓	
11	↓	↓	↓	↓	↓	11935	8900	↓	↓	↓	*) 主機選定に伴い変更