

# 設計知識の形式知化に関する実証的研究

56772 尾石 航

指導教員 大和 裕幸 教授

In this research, a framework for representing tacit design knowledge is proposed. In the framework, design data are entirely recorded in every computation that is repeated in an engineer's trial and error process. Using visualized recorded data, the design rationale is retrieved through a structured interview with the engineer. A workflow that represents design knowledge can be generated through a more formal procedure than existing methodologies.

The proposed framework was implemented in marine propeller design. A workflow could successfully be generated that represents the engineer's tacit knowledge about how to judge and improve design. Based on the review from the engineer, the generated workflow is considered to be valid.

Key words: Knowledge Management, Workflow, Design Rationale

## 1. 緒 言

本研究の目的は、設計における手順や判断といったノウハウを、簡単な作業で形式知化できるフレームワークを提案することである。

日本の製造業では、団塊世代労働者の高齢化が進み、大量退職が懸念されている。特に設計に関する知識や技術の喪失が危惧されており、伝承のための新しいしくみが必要である<sup>1)</sup>。

既存研究では、作業中の写真を熟練工へ提示しながらインタビューを行い、知識獲得を行う方法が提唱された<sup>2)</sup>。また設計を対象としたものとして、CADの操作画面をキャプチャした動画から熟練設計者のノウハウを獲得し、知識コンテンツを作成する方法論が提案された<sup>3)</sup>。

本研究で提案するフレームワークでは、既存研究よりも定型的な作業によって、設計ノウハウをワークフローの形に書き下すことができる。

また、提案する形式知化手法を支援するソフトウェアを、知識管理ソフトウェア ShareFast をもとに開発した。

## 2. 形式知化手法

提案するフレームワークは、パラメトリックな設計を対象とする。パラメトリック設計という語は3次元CADでも用いられるが、ここではより広く、「製品の仕様・要目を数値的に決定

する設計工程」と定義する。

提案する形式知化手法の概要を Fig. 1 に示す。①～⑤の各手順について説明する。

### 2.1 初期ワークフロー作成

パラメトリック設計では多くの数値計算が行われる。計算プログラムを介した、Fig. 2 に示すような IPO(input – processing – output)は、設計プロセスにおいて複数存在する。初期ワークフローの作成に当たって、このような IPO をひとつの「基本タスク」として定義する。計算プログラムの他、試作試験や完成品試験もひとつの基本タスクとして定義される。基本タスクを適当な順に直列に結ぶことで、初期ワークフローが作成される。

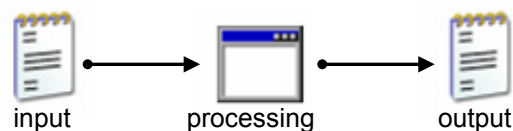


Fig. 2 IPO in design process

### 2.2 設計データ記録

基本タスクは、設計の試行錯誤の過程で繰り返し実行される。設計意図を獲得するために、まず input や output の履歴を記録することを考える。その記録のしくみを Fig. 3 に示す。組織で使われている独自計算プログラムを ShareFast クライアントと連携させることで、

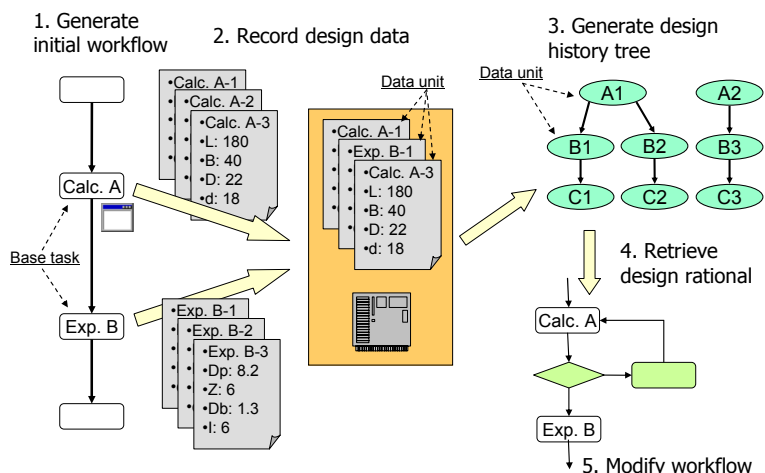


Fig. 1 Overview of representing design knowledge in workflow

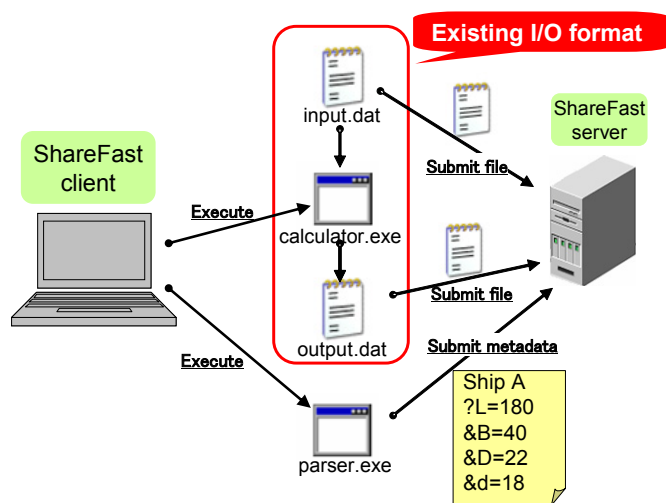


Fig. 3 Recording design data using ShareFast and existing computation programs

計算実行のたびに入出力データが記録される。一度の計算で記録されるデータの単位を「データユニット」と呼ぶことにする。具体的な GUI を Fig. 4 に示す。この画面が計算プログラムのランチャーおよび送信の機能を持つ。

### 2.3 設計履歴ツリー作成

複数の基本タスクを持つ設計プロセスの場合、記録されたデータユニットどうしは依存関係を持つ。例えば、「タスク B の 3 度目の試行はタスク A の 2 度目の実行結果を用いている」といったように、あるタスクを試行はその前のタスクの実行結果を用いることが普通である。

このような依存関係は、ランチャーを用いて設計者が記録する。①の欄に直前のタスクのデータユニットの ID のリストがメニューとして表示され、データ送信時に行おうとしている計算が用いているデータユニットを選択する。

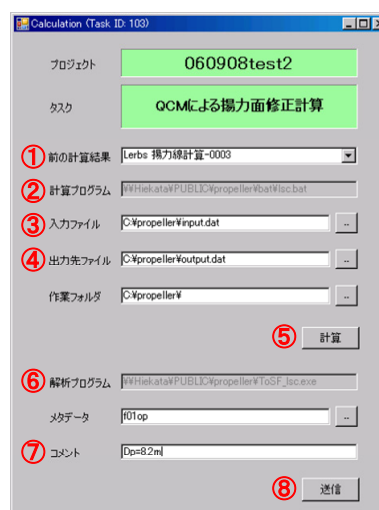


Fig. 4 Launcher GUI for recording design data

データユニットの集合は、Fig. 5 上部に示す

ようなツリー形式で表現される。ひとつの楕円状のノードがデータユニットを表し、たとえば「B2」というノードは「計算 B の 2 度目の試行」を表す。矢印が依存関係を示す。このような図を「設計履歴ツリー」と呼ぶことにする。

2.4 設計意図獲得

作成された設計履歴ツリーをもとに、設計者へのインタビューを通して設計意図を獲得する。

まず、設計履歴ツリーにおける分岐点をもって「設計変更点」とする。Fig. 5 上部のツリーの例では A1→B1, A1→B2 という分岐が存在するが、A1→B2 をひとつの設計変更点とする。

設計変更点を特定したら、変更点ごとにその意図をインタビューによって明らかにする。質問項目は「改善すべき性能項目」、「指標項目」、「変数項目」の 3 点である。

このように構造化されたインタビューによって、定型的な作業で設計意図が獲得できる。

2.5 ワークフロー修正

獲得された設計意図の情報にもとづいて、基準ワークフローに設計変更の過程を追加する。

Fig. 5 の例では、設計者はタスク C を一度行った (C1) 後、指標項目 A を評価して設計変更が必要と判断し、変数項目 x を変更した上で、タスク B から設計をやり直した (B2)。このような手戻りを、Fig. 5 下部のようにワークフローに反映させることができる。評価のタイミング、設計変更を行う項目、手戻り先のタスクなどは、履歴ツリーや設計意図の情報から明らかになる。

そのため、定型的な作業でワークフローの修正を行うことができる。

設計変更ごとにこのようなワークフローへの追加作業を行うことで、事例ベースで詳細なワークフローを作ることができる。

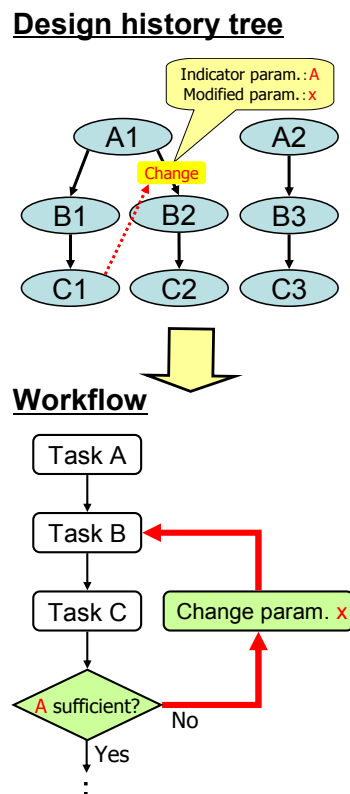


Fig. 5 Adding design changing process to the workflow using design history tree

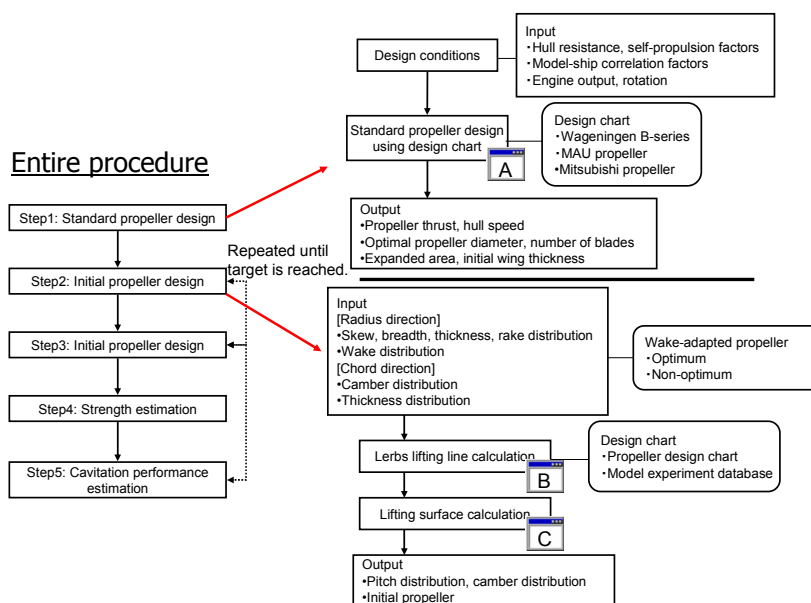


Fig. 6 Marine propeller design procedure<sup>4)</sup>

#### 4. 船用プロペラ設計での評価実験

提案するフレームワークを、船用プロペラの設計業務に適用し、評価実験を行った。

Fig. 6 が船用プロペラの設計プロセスの概要である。ステップ 1 および 2 で用いられる A~C の計算プログラム、およびプロペラピッチ計算プログラム D をシステムと連携させた。

初期ワークフローでは、これらの A~D の計算を基本タスクとして定義した。ステップ 3 以降の性能計算プログラムは連携させなかったが、便宜上ひとつの基本タスク（タスク E）として定義した。模型試験をタスク F として定義した。

実験では 2 つのケースの設計が行われた。そのうち 1 つのケースの結果作成された設計履歴ツリーを Fig. 7 に示す。このツリーをもとに、設計者へのインタビューによって獲得された設計意図を Table. 1 に示す。2 つのケースについてこのような履歴ツリー、設計意図の記録表を作成し、それらをもとにワークフローを作成した。その結果を Fig. 8 に示す。

#### 5. 考 察

開発したソフトウェアの機能によって、設計者の試行錯誤の過程における設計データを詳細に記録することができた。作成されたワークフローを設計者に示して検証したところ、概ね妥当であると判断された。

提案手法では設計者へのインタビューに依存するところが大きい。データマイニング等の手法を用いて、計算機による推論で適切な設計変更パターンの抽出を行うような機能が望まれる。

#### 6. 結 言

熟練者の設計知識を従来手法に比べて簡単な作業で形式知化することができるフレームワークを提案した。これを実際の設計業務に適用し、ワークフローの形で形式知化できることを確認した。

#### 文 献

1) 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省 : 2

006 年版ものづくり白書, (2006)

2) D. Harper, Working Knowledge, Univ. of California Press, (1987).  
 3) F. Kimura, et al., Annuals of the CIRP, **53**, 1, (2004).  
 4) 川北千春, 第五回船用プロペラに関するシンポジウム, 第二章, (2005).

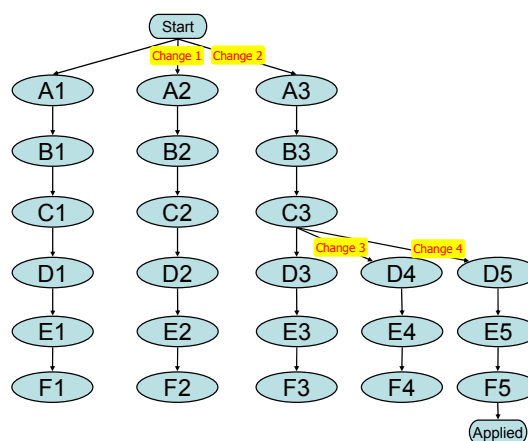


Fig. 7 Generated design history tree

Table. 1 Retrieved design rationale

	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4
Improved performance	Propulsion			Matching with engine
Indicating param.	Efficiency			RPM
Modified param.	Unloading parameters	Diameter	Wing geometry parameters	Pitch

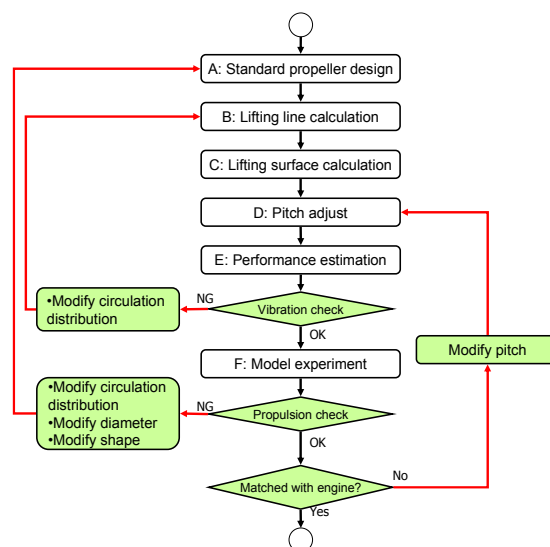


Fig. 8 Generated workflow