

知識伝承のための設計プロセス分析手法に関する研究（第2報）

正員 稗 方 和 夫* 正員 大 和 裕 幸** リー チー***
正員 井 上 守 正**** 正員 田 中 和 哉**** 正員 小 葉 竹 泰 則****

A Research on Method of Design Process Analysis for Knowledge Transfer in Ship Design (2nd Report)

by Kazuo Hiekata, *Member* Hiroyuki Yamato, *Member* Lee Chyi
Morimasa Inoue, *Member* Kazuya Tanaka, *Member* Yasunori Kohatake, *Member*

Summary

A methodology to identify crucial tasks of ship design process is proposed in the first report. Crucial tasks of ship design process are identified in the standardized manner to support design knowledge transfer.

In this paper, the proposed methodology is implemented as a web based questionnaire system to conduct a large questionnaire-based survey in design department of a shipyard. Unstructured interview after a questionnaire-based survey exhibited the essential characteristics of crucial tasks identified by the methodology. The characteristics in this paper are following three items: Trade-off such as amount of steel product and man hour, capability to extract 3D model and communication skills with outside of his/her team. The survey also pointed out some part of crucial tasks are outsourcing in Japanese shipyards. The proposed methodology is verified in this large empirical study.

1. 結 言

造船業においては、熟練者が持つ知識や技能を若手へと伝承するための取り組みが盛んに行われている。著者らはこれまでに、設計プロセスに基づく文書管理手法を提案し、業務の知識をワークフローに形式知化する研究を行ってきた¹⁾。また前報では、記述したワークフロー中の各タスクの知識伝承の必要性やその難易度をアンケートにより明らかにし、タスクごとに OJT やマニュアル化（形式知化）など適切な知識伝承の方法を選択する手法を提案した²⁾。設計プロセスに関する知識の重要性が指摘される中で³⁾、この手法を造船設計プロセス全体に適用・分析することで、造船所各社により事情は異なると思われるも、外注比率が高いことが予想される造船設計において、社内に残すべき重要業務や遂行が困難な業務と、外注すべき比較的易しいとされる業務の適切な区別が可能となり、技術力・競争力維持を実現できると考えられる。

一方、製造業の設計部門で必要とされるスキルは、コミュ

ニケーションスキル、自分の考えを表現する能力、マネジメントのサポートを受ける能力、エンジニア以外とコミュニケーションする能力など、様々な能力が必要であることが指摘されており⁴⁾、エンジニアの知識伝承、教育のポイントも複雑でわかりにくくなりつつある。

このような背景から、本研究は以下の3点を目的とする。

- 前報で提案した知識伝承の必要性和難易度をアンケートにより明らかにし、造船会社にとって重要な業務（社内での知識伝承が重要で難易度が高い業務）を抽出する手法の情報システムへの実装とケーススタディを通じた改善。
- 提案手法で抽出された重要業務の内容についてインタビューを行い、アンケートによる分析結果が正しいか、具体的に業務のどこが難しいのか、また、その業務がなぜ難しいのかを確認し、提案手法の妥当性を検証すること。
- 社内に技術を蓄積すべき重要業務のうち外注比率が高い業務を示すこと。

2. 設計業務分析手法

前報と重複する部分も存在するが、本研究を通じて開発した知識伝承のための業務分析手法について説明する。

2.1 概要

提案する知識伝承のための業務分析手法の概要を Fig. 1 に

* 東京大学大学院工学系研究科

** 東京大学大学院新領域創成科学研究科

*** 東京大学工学部システム創成学科

**** ツネイシホールディングス株式会社

原稿受理 平成 20 年 3 月 4 日

示す。はじめに分析対象とする業務のリストを作成する。先行研究では業務のワークフローを記述して、記述したワークフロー中のアクティビティを単位として分析を行ったが、業務のリストが得られるのであればワークフロー以外の形式も可能である。

次にリストアップされた業務を対象としてエンジニアにアンケートを行い、業務の分析を行う。知識伝承の観点からは業務の重要性と難易度についてのアンケート項目を、また、業務を通じた知識伝承を推進するため外注状況についてのアンケート項目を導入する。

アンケートを通じてリストアップされた業務の、主観的重要性と難易度が示されるが、その結果は重要性を縦軸、難易度を横軸に設定したマトリクス上にプロットする。このマトリクスでは、マトリクスの右上に重要かつ困難な業務がプロットされ、マトリクス上に重要業務が可視化される。

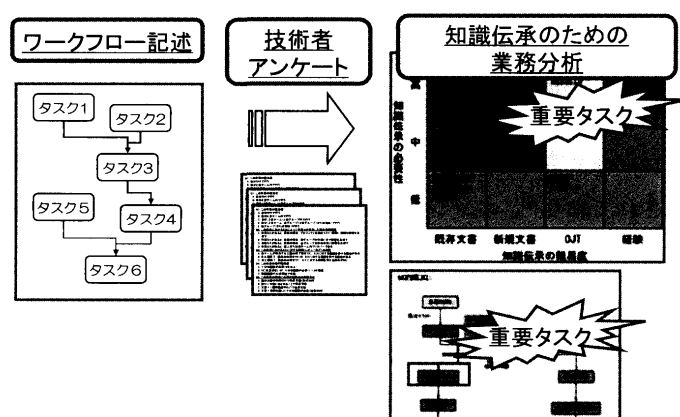


Fig. 1. Schematic of proposed method

2.2 業務リストの作成

本手法では、アンケートにより業務の重要性・難易度を調査するため、分析対象とする業務のリストが必要となる。リストアップする業務の粒度は特に限定しないが、詳細な業務リストを用いるとより正確な分析が可能となるがアンケートを行う技術者への負担は大きくなる。また、詳細な業務リストを作成する場合、リスト作成自体も大きな工数をかけることとなる。業務リストの作成にはオントロジー構築の方法論⁵⁾を流用することも可能であるが、作業者への負担は大きくなる。また、質問と答えのペアを自然言語処理により業務におけるルールを収集するアプローチも存在するが⁶⁾、設計成果物として図面が作成される船舶設計の特徴から、以下に示す方法で業務リストを作成することを考える。

- 図面リストの業務リストとしての流用
- 既存の業務分析結果の流用による業務リストの作成
- 対象業務について一般的なワークフローへの記述を行い、業務リストを作成

1つ目の方法では、自由度の高い検討作業や交渉の比率の高い上流の設計工程では図面リストに含まれない業務が数多く存在すると考えられ、注意が必要である。本論文でケーススタディとして扱う船殻の取材と管装計画・諸管取付図作成業務は設計業務の中でも手順的・定型的なものであり、作成される図面と業務の単位が近い図面リストの業務リストとしての流用に適している。

2つ目の方法では、DSMの結果⁷⁾などを想定している。また、実際の業務で自然に生み出される情報の利用も望ましいが⁸⁾、対象業務へのカスタマイズが必要である。

2.3 技術者へのアンケート

業務リストを作成したら、リスト中のすべての業務についてTable 1に示すようなポイントについてアンケートを行った。図面リストを業務リストとして流用する場合について、これらのポイントに関する情報を集めるための8項目の質問事項を設定した。これら8項目のアンケートをリストアップされたすべての業務に対して行う。

Q1:「外注状況」について、外注している場合には具体的な外注先が国内か海外かもわかる質問項目とした。

Q2:外注する業務に対して社内の技術者がどのような作業を行うのか確認する。

Q3:「グループ間の調整」について確認する。

Q4:「重要度」について、ミスによる影響範囲により評価する。

Q5:「重要度」について、ミスに対するレビュープロセスの有無により評価する。

Q6:「重要度」について、その業務の実行自体が難しいものは重要業務とする。

Q7:「知識伝承の難易度」について形式知による伝承が可能か、暗黙知的な経験も必要かにより評価する。

Q8:(オプション) 想定されるミスの種類を調査する。本研究の目的と直接は関係しない。

2.4 業務分析

アンケートの結果を用いて、業務リストに挙げられた業務を重要度と知識伝承の難易度をそれぞれ三段階に分類した。

回答が重要度は高、中、低、難易度は暗黙知的、中、形式知的の三段階とした。各業務のアンケート結果に対して以下のルールを適用して三段階の評価を行う。なお、前報ではQ7の難易度は四段階で行っていたが、設計者の負荷を軽減するため三段階とした。アンケートの感度が下がる点については今後の研究において配慮が必要である。

- ルール1：Q1の答えがE以外、かつQ2の答えがCである業務の重要度は低とする。このルールが当てはまる業務とは、外注しており、チェック等も不要な業務である。
- ルール2：Q4の答えがAである業務の重要度は高とする。このルールが当てはまる業務とは、ミスが発生した場合その影響がプロジェクト全体に及ぶ業務である。
- ルール3：Q5の答えがCである業務の重要度は高とする。このルールが当てはまる業務は、製品出荷までレビューが入らない業務であり、担当部門が最終責任を持つ業務である。
- ルール4：Q6の答えがAである業務の重要度は高とする。このルールが当てはまる業務は、遂行が技術的に難しい業務である。
- ルール5-1：Q7の答えがAである業務の知識伝承の難易度は形式知的とする。
- ルール5-2：Q7の答えがBである業務の知識伝承の難易度は中とする。
- ルール5-3：Q7の答えがCである業務の知識伝承の難易度は暗黙知的とする。

以上のルールによりすべての業務について重要度と知識伝承の難易度を求め、Fig.2に示すようなマップにプロットすると、マップの右上に重要業務が配置される。

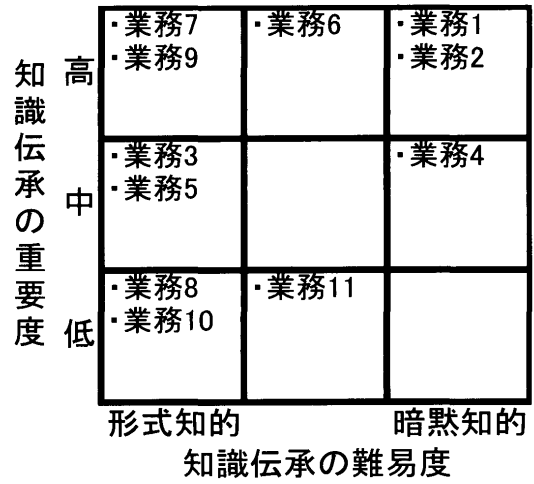


Fig. 2. Analysis of design process

Table.1 Summary of questionnaire

項目	記述
1. 外注状況	どこの会社に外注しているか、その状況
2. グループ間の調整	他のグループとの調整の必要頻度および作業の遅れが他グループに与える影響
3. 重要度	担当者の作業、ミスの深刻度、ミスへの指摘の有無、遂行の難易度から評価されるタスクの重要度
4. 知識伝承の難易度	伝承の難易度、それから伝承手法を形式知的・暗黙知的でふさわしい方法を判断
5. ミスの種類（オプション）	タスクを行う際に発生しやすいミスの種類（知識不足によるミス、知識不足によるミス、コミュニケーション不足によるミス）を調査

3. アンケートによる業務分析

提案した業務分析手法に基づいて、造船会社の設計部門の業務を分析した結果について述べる。

3.1 アンケートシステム

提案手法のアンケートを効率的に行うためにウェブブラウザで回答可能なインタフェースを持つアンケートシステムを開発した。代表的な画面を Fig. 3 から 5 に示す。

回答者は、自分の名前を Fig. 3 のプルダウンから選択し、回答する業務に従事した年数を記入した後、回答する業務にチェックを入れてログインする。ログイン後、Fig. 4 に示すように、選択した業務に関する図面のリストが表示される。これらの図面から特定の図面を選択すると Fig. 5 のアンケート画面に遷移し、回答を行う。

Fig. 3. Login form of questionnaire system

Fig. 4. Selection form for drawings

Fig. 5. User interface for questionnaire

Table.2 List of all the questionnaire

質問番号	質問および選択肢
Q 1	外注しているか? A. ほとんど国内外注 B. ほとんど海外外注 C. 場合によって国内外注 D. 場合によって海外外注 E. 原則社内
Q 2	担当者の主な作業 (外注の場合、Q1 が E ならばこの回答は無視されます) A. チェックする。 B. 出図確認のみ C. なにもする必要がない
Q 3	他グループとの調整が必要か? A. はい B. いいえ
Q 4	作業の重要度(作業ミスにより手戻りが発生した場合の深刻度) A. プロジェクト全体のコスト・納期に影響を及ぼす B. 他グループの作業にまで影響を及ぼす C. 自グループ全体に影響を及ぼす D. 個人または自チームレベルでリカバーできる
Q 5	作業ミスに対する指摘の有無 A. 自チームの作業が終わるまでに、指摘を受けるチャンスがある B. 製品が出荷されるまでに、ミスに対する指摘を受けるチャンスがある C. 製品が出荷されるまでに、ミスに対する指摘を受けるチャンスがない
Q 6	この作業の遂行難易度 (図面作成、外注ならば図面のチェック) A. 十分な経験が必要 (難) B. A には及ばないが、ある程度の経験が必要 C. 数回経験すれば単独で可能 (易)
Q 7	この作業の遂行に必要なとなる知識の伝承の難易度 A. マニュアル等の文章にまとめることで伝承可能 (形式知的) B. 文章+ある程度の OJT で伝承可能 C. 文章+業務を通じた十分な経験が必要 (暗黙知的)
Q 8	この作業に想定されるミスはどちらが多いですか? A. 注意不足によるミス(業務への慣れによるチェック漏れなど) B. 知識不足によるミス (経験不足により注意すべき点がわからないことによるミスなど) C. コミュニケーション不足によるミス

3.2 アンケート結果

アンケートの結果を元に作成した、船殻設計の取材チームおよび機電設計の管装チームの知識マップを Fig. 6、Fig. 7 に示す。

4. インタビューによる検証

Fig. 6、7 で抽出された重要かつ難易度の高い業務について、その業務が難しいとされる根拠をインタビューにより明らかにし、手法の妥当性を確認する。

4.1 インタビュー方法

業務内容の記述は、熟練者へのインタビューによりフロ

ー・ダイアグラムを記述する方法で行った。インタビューは CommonKADS⁹⁾ という知識システム開発方法論でもまとめられているが、ここでは Holtzblatt らが開発した文脈におけるデザイン(Contextual Design)の手法から、特にユーザが働いている実環境においてユーザ行動の観察を行い、必要に応じてユーザに割り込んで質問を行うという、文脈における質問(Contextual Inquiry)という手法を応用して行った¹⁰⁾。Contextual Inquiry では、現場訪問によりユーザがどのように製品を利用しているかを記述して、ユーザの気づきを獲得する手法である。概念的には、ユーザが師匠、インタビューが弟子となり、対象製品を利用した業務を実際に行いながら説明し、ユーザは必要に応じて質問することで理解を深めるという手法である。この際、通常の Contextual Inquiry ではイ

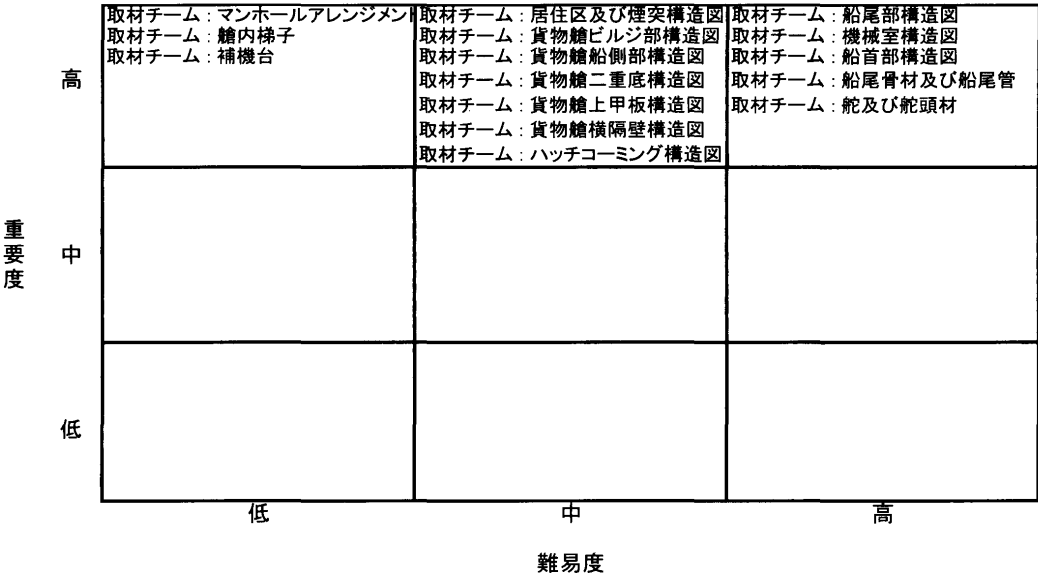


Fig. 6. Knowledge analysis results of material control

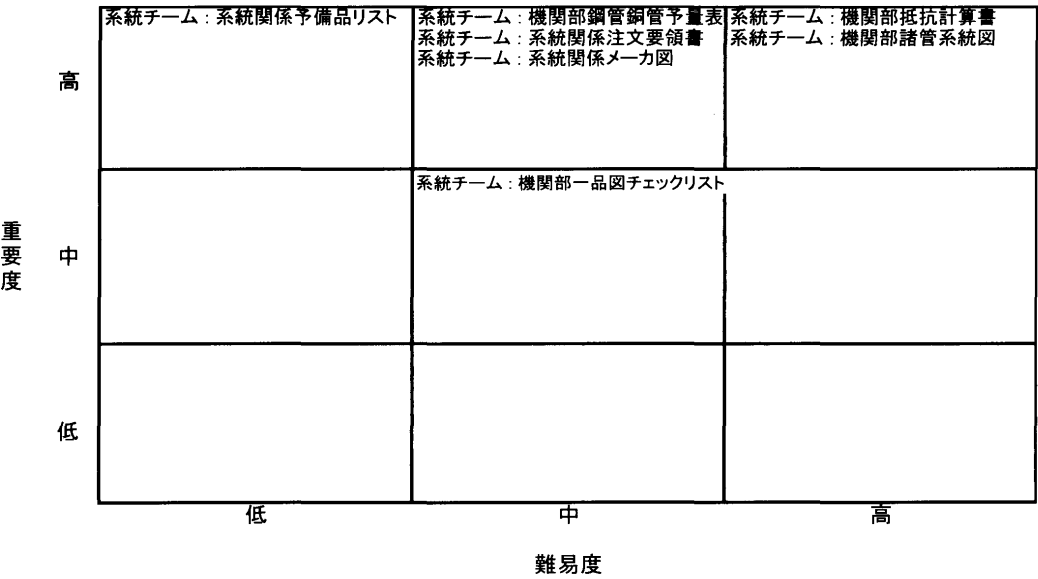


Fig. 7. Knowledge analysis results of piping

インタビューはシナリオの記述スキルが必要となるが、図やコメントも利用可能な自由形式のフロー・ダイアグラムによりシナリオ記述が可能な環境を提供することでシナリオ記述の負荷を軽減している。最終的には弟子であるインタビューがシステムに記述されたフロー・ダイアグラムおよび付加された情報で対象業務を行うことができることをインタビュー終了の基準とした。

プロセス知識が製品知識など、各工程の属性により設計プロセスの分析を行った研究は存在するが¹¹⁾、業務の内容まで踏み込んだ議論はなされていないため、本研究ではインタビューにより実際の業務の詳細についても扱う。

4.2 船殻設計グループ（取材チーム）

船殻設計グループの取材チームでは以下の点を本インタビューの目的とした。インタビューを通じて作成した対象業務のフローを Fig. 8 に示す。

- 取材チームの業務のうち5つの図面は知識伝承が困難とされたが、その根拠の明確化。

取材の業務とは、YARD資料を基に、型钢や鋼板がどれだけ必要になるか見積り、具体的にブロックや部材に割り当てていく作業である。この作業自体は難しい作業ではないが、作業結果が使用する鋼材の量（＝コスト）に直接影響するため、質の高いアウトプットが要求される。鋼材の割り当てについて、平行部は高効率に鋼材を割り当てることができるが、船首・船尾の曲がり部は割り当てが難しく鋼材使用量への影響が大きい。鋼材使用量は、板厚、規格をそろえる、継手などで形状をそろえる、などの工夫により効率を上げることが可能であるが、これらの工夫は一般的には現場での工数増加を引き起こすため、鋼材のコストと工数のコストからトータルコストを低く抑えるようバランスを取る必要がある。

取材の業務の中で、技術的に難しく、熟練が必要な業務としては外板展開が挙げられる。外板展開の作業を行うためには三次元形状をイメージする技術が必要であるが、この技術には熟練が必要である。なお、詳細設計で3Dデータを作成するため、そのデータを利用すれば外板展開の技術がなくても外板展開の作業は可能となるが、現在の設計プロセスでは3Dデータが作成される詳細設計のステージになってから取材を行うと造船所全体のスケジュールに間に合わないため、今も外板展開のスキルが必要となっている。ただし、船舶受注までに造船所標準船として、3D CAD を使用して設計

図面を終了しておく開発設計を行うことでこの問題は解決できる。

これらのインタビュー結果から、業務の難しさの本質的なポイントは以下の2点に整理される。

- 取材の業務は鋼材使用量と現場工数のバランスを取る業務であり、トータルコストを低く抑える技術が必要である。造船所による差異も考えられるが、特に鋼材使用量が多く、形状の難しい曲がり部はコスト影響が大きく、技術的にも難しい。
- 外板展開の作業は三次元形状をイメージする技術が必要で、熟練が必要である。

インタビューから船首や船尾の曲がり部の重要性が明らかとなったが、知識マップでも船首や船尾の図面は重要業務に分類されており、知識マップの妥当性が確認された。

取材の流れ

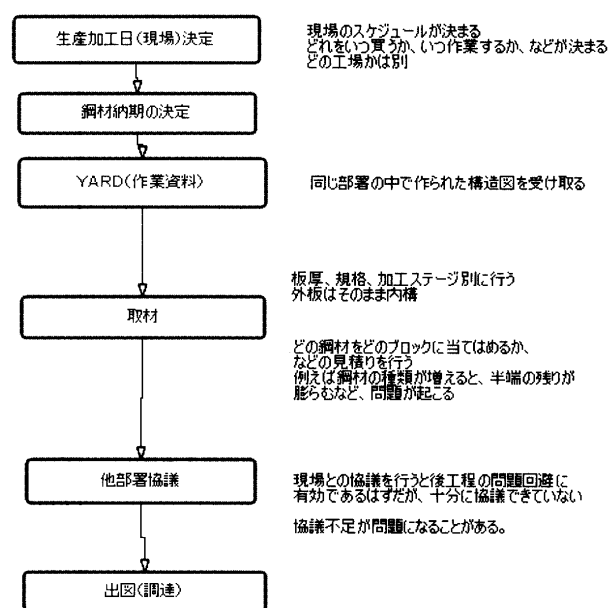


Fig. 8. Design process of material control

4.3 機電設計グループ（管装チーム）

機電設計グループの管装チームでは以下の点を本インタビューの目的とした。インタビュー以前に設計者が作成した対象業務のフローを Fig. 9 に示す。

- 管装チームの業務のうち知識伝承が困難とされた業務の根拠の明確化。

管装チームの作業は諸管計画図を作成し、その後計画図に

基づいて諸管取付図を作成することである。この際に例えば以下の点に配慮する必要がある。

- 現場で取り付けることが出来るか？
- メンテナンス可能な配置か？
- オペレーションが可能か？
- 干渉がないか？

この作業を行う際に、FLOOR や 3RD DECK など、配置するものが混み合った部分は必然的に業務が難しくなる。この業務の工数は、一隻のすべての計画図を作成するのに、2人

が2ヶ月程度かけている。取付図はそれよりもだいぶ大きな工数が必要である。

取付図作成業務のフローを以下の図に示す。取付図作成業務は、担当者に情報を集めて、外注指示書を作成して進めていく。図中の管装業務と書かれている縦の列が管装チームの作業であるが、フローから、他の部門や外注先との情報交換をしながら進める作業であることが明らかである。取付図作成は計画図を基に行うが、計画図では径に関係なく一本の線として図面上に描かれている管が、実際の径を考慮してレイ

機関部諸管取付図作成過程

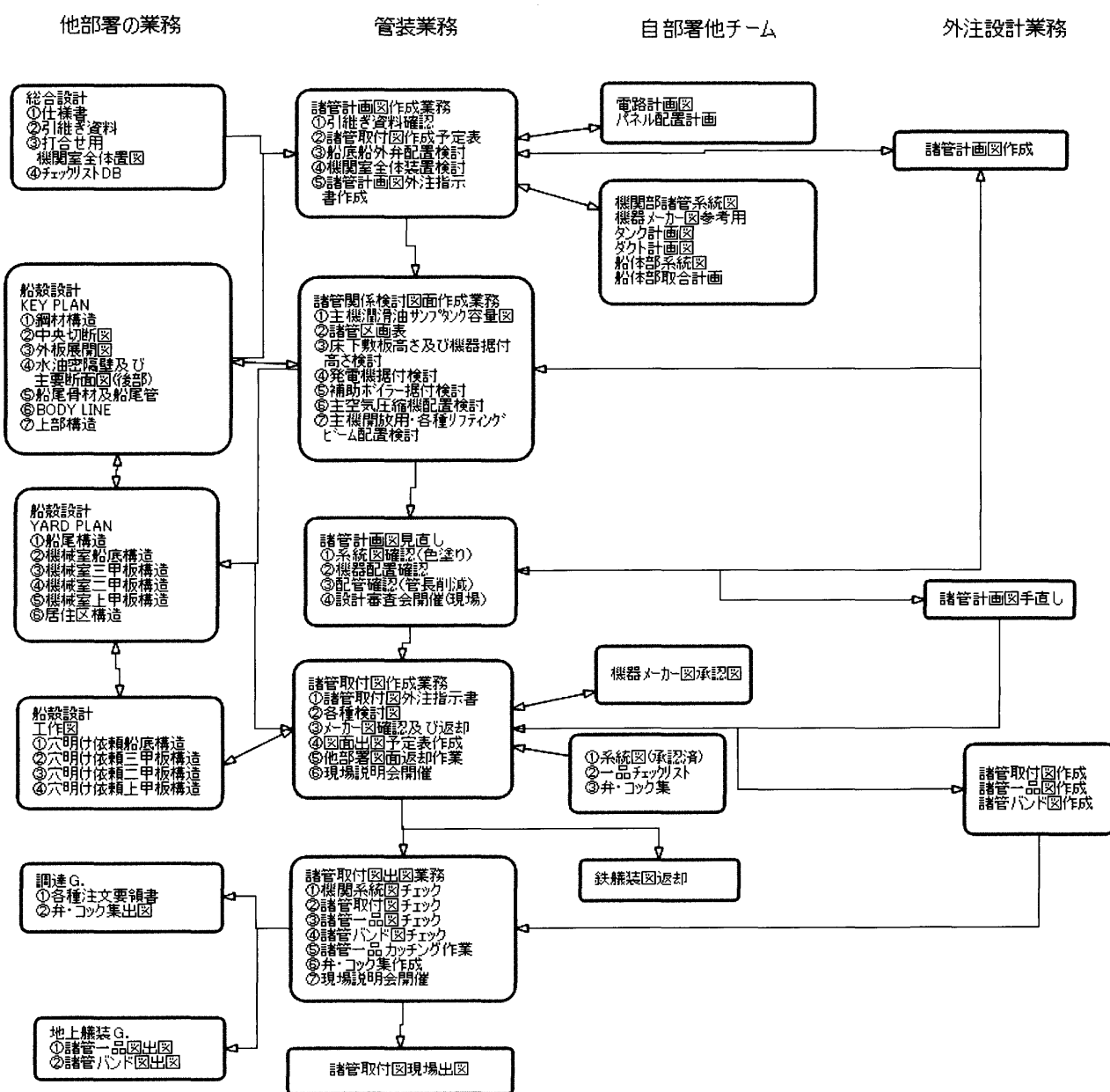


Fig. 9. Design process of piping

アウトするため、全体をイメージする能力が必要である。本業務への熟練した設計者が作成した取付図では多くの管が整理されて配置されるが、経験の浅い人が設計すると管が乱雑に配置されることもあり、熟練することによる設計の質の向上が期待できる業務である。

- 管装チームの担当者は他組織との連携が多く、全体を把握する能力が必要であり、その点が業務を困難にしていること。
- 配置するものが多い部分の配置設計は技術的に困難であり、難しい図面として選定されている。また、このような難しい部分は熟練することによる設計の質の向上が期待できること。

5. 考察

5.1 重要業務の特徴

提案手法では、アンケートによる業務の分類の妥当性が問題となる。アンケート結果から機械的に抽出した重要業務が真に重要かつ難しい業務であるかを確認するためには、すべての業務についてのインタビューが必要である。ここでは、いくつかの業務を選んでインタビューを行った。

船殻設計G（取材チーム）の業務は、鋼材使用量と現場工数のトレードオフを行う作業であり、このトレードオフへの対処の中に伝承すべき知識が存在している。鋼材使用量と現場工数はともにコストに直接影響する数量である。形状の難しい曲がり部は鋼材使用量が多いためコスト影響が大きく、技術的にも難しい。このような設計上のトレードオフが存在する業務は本質的に難しい業務と考えられ、トレードオフの有無をアンケートに含めることでより正確に業務を分類できると考えられる。また、船殻設計G（取材チーム）の他の業務では、外板展開の作業は三次元形状をイメージする技術が必要で、熟練が必要であることが得られた。外板展開のように業務そのものが高度な熟練を必要とする場合、個別にインタビューを行う必要がある。

機電設計G（管装チーム）のインタビューでは、管装チームの担当者は他組織との連携が多く全体を把握する能力が必要でありその点が業務を困難にしていること、配置するものが多い部分の配置設計は技術的に困難であり難しい図面として選定されていることがわかった。この、部分ではなく全体を把握する必要のある業務という特徴も一般に適用できる難しい業務の属性と考えられ、アンケートで把握するこ

とでより精度の高い分類が可能となると考えられる。

5.2 アンケート結果の妥当性

本研究のアンケート結果では、大部分が高重要度と位置づけられた点について考察する。

取材チームでは作業ミスにより手戻りが発生した場合の深刻度がプロジェクト全体に及ぶとされたため、すべての業務が高重要度と位置づけられた。アンケートには作業ミスの頻度を評価する項目が含まれていないため、標準化やマニュアル化が進み作業ミスの発生する確率が低い場合にもプロジェクト全体に影響する業務は重要業務として位置づけられる。より妥当な業務の重要度を得るには、作業ミスの発生頻度も含めたアンケート開発を行う必要がある。

一方で、管装チームでは半数以上の4つの業務で製品出荷までにチェックが入らないと回答があったため、現状の設計プロセスではミスの許されない業務と判定され、重要業務として抽出された。一方で、この結果は、設計プロセスを修正し、適切なレビュープロセスを導入することにより製品の品質に対するリスクを低減することができる可能性も示している。

なお、今回の調査では1度のアンケートで結果をまとめているが、アンケート結果を提示し、回答者にフィードバックをかけながら重要業務を抽出することも考えられる。再現性や信頼性を確保するためには、このようなアプローチによりインタビューに依存する部分の軽減も考慮すべきである。

5.3 重要業務の外注比率

マップ上で右上に分類された業務を「重要業務」、左下側の4つのボックスに分類された業務を「比較的易しい業務」と分類することとして、それぞれについて外注状況を Fig. 10 に示す。分析対象とした全業務（372 図面）のうち重要業務は 111 業務で、それらの内訳は、「主に外注（78 図面）」、「場合により外注（12 図面）」、「主に社内（21 図面）」であった。これに対して、比較的易しい業務に分類された業務の外注状況は 106 業務で、それらの内訳は「主に外注（47 図面）」、「場合により外注（23 図面）」、「主に社内（36 図面）」であった。なお、アンケートの質問では国内と海外の外注を区分したが、分析では社内および外注の二種類の分類で分析を行った。アンケートで重要業務と分類された業務では社内技術はあるものの、主に外注されている業務の比率

が70%に達しているが、比較的易しい業務と分類された業務は44%程度である。一方で、重要業務では社内で行う比率が19%であるのに対し、比較的易しい業務では34%である。本手法による分類が正しいと仮定するならば、社内で知識伝承すべき重要業務の外注比率が高い一方で、簡単に知識伝承可能な業務を社内で行っているとも考えられる。提案手法のアンケート結果から Fig. 10 のパイグラフの各部分の具体的な業務 (図面名称) リストが得られるため、現在社内で行っている比較的易しい業務を積極的に外注し、反対に外注している重要業務を社内で行うといったアンケート結果の使い方も想定される。アンケート結果という主観的なデータに基づいて業務の分類がなされていること、本研究の事例では設計のプロセスではなくアウトプットの図面に対して行っているため外注作業をコントロールするスキルなどは分析の対象外であること、標準的な図面に集約してアンケートを行っており工数による評価を行っていないこと、など配慮すべき点が存在することは今後の課題である。

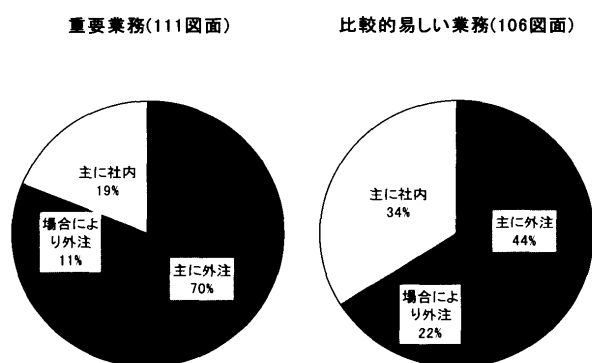


Fig. 10. Status of outsourcing

6. 結論

本研究の結論を以下に述べる。

- 前報で提案した設計業務を知識伝承の難易度・重要度により分析する手法の情報システム化を行った。
- 開発した手法の評価を実企業での実証実験を行い、手法に基づき造船設計における重要業務を抽出した。また、アンケートを利用した手法の課題について考察した。
- インタビューを通じて、本手法により選択された重要業務は以下の特徴を持つことを示し、提案手法による分類の妥当

性を実証した。1. 鋼材使用量と現場工数のバランスを取る業務など、設計上重要なトレードオフを扱う設計工程であること。2. 三次元形状をイメージする能力、限られたスペースに機器を配置するスキルなど、熟練が必要な技術を要する工程であること。3. 他組織との連携が多く、全体を把握する能力を必要とする工程であること。

- 主観的なアンケート結果に基づくが、本手法で重要と分類された社内に知識を蓄積すべき業務の中にも外注している設計業務が数多く存在する可能性を指摘した。

謝 辞

アンケートやインタビューに協力いただいた造船会社の関係各位に厚く御礼申し上げます。また、一連の研究は、(社)日本造船工業会からの補助を受け造船工業会造船 KM システム検討チームと共同で実施した研究成果を利用している。

参 考 文 献

- 1) 稗方和夫, 内藤紀彦, 大和裕幸, 安藤英幸, 中澤崇, 造船業における知識伝承システムに関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, Vol.2, pp. 131-137, 2006
- 2) 稗方和夫, 大和裕幸, 安藤英幸, 中澤崇, 河地三郎, 岡田太一, 柿沼徹也, 知識伝承のための設計プロセス分析手法に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, Vol.6, pp. 131-139, 2007
- 3) Aken, J.e.v., Valid knowledge for the professional design of large and complex design process, Design Studies, 26 (4), pp. 379-404, 2005
- 4) Zika-Viktorsson, A., and Ritzen, S., Project Competence in Product Development, Res. Engi. Des., 15, pp. 193-200, 2005
- 5) Ahmed, S., Kim, S., and Wallace, K.M., A Methodology for Creating Ontologies for Engineering Design, Journal of Computing and Information Science in Engineering, 7(2), pp. 132-140, 2007
- 6) Fujihara, H., Simmons, D.B., Ellis, N.C., and Shannon, R.E., Knowledge Conceptualization Tool, IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, 9(2), pp. 209-220, 1997
- 7) Tyson R. Browning, Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions, IEEE Transactions on Engineering Management, 48(3), pp. 292-306, 2001
- 8) Marcel, H., Kai-Uwe, L., Thomas, W., and Thomas, H., A

design process for embedding knowledge management in everyday work, Proc. Proceedings of the international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work, Phoenix, Arizona, United States, pp. 296-305, 1999

9) Guus Schreiber, Hans Akkermans, Anjo Anjewierden, Robert de Hoog, Nigel Shadbolt, Walter Van de Velde, Bob Wielinga, KNOWLEDGE ENGINEERING AND MANAGEMENT The CommonKADS Methodology, The MIT Press, 2001

10) Hugh Beyer, Karen Holtzblatt, Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems (Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies), Morgan Kaufmann Pub, 1997

11) Ahmed, S., An Industrial Case Study: Identification of Competencies of Design Engineers, Journal of Mechanical Design, 129(7), pp. 709-716, 2007
