

Next Design を用いた PKC ツールの実現

辻侑志 小野田晶 山本修一郎

名古屋国際工科専門職大学
愛知県名古屋市中村区名駅 4-27-1

概要

生産工程の不具合究明過程において必要となる経験知を獲得するための生産工程知識表現として PKC (Production Knowledge Chart) が提案されている。PKC の作成を容易化するためには、支援ツールが必要である。

本稿では、専門知識を持たない製造現場担当者による PKC の作成を支援するために、デンソークリエイトが提供する Next Design を用いた PKC ツールを提案する。また、複数の事例に対して PKC ツールを用いて PKC を作成することにより、PKC の有用性を明らかにするとともに、今後の展望について述べる。

Abstract

The PKC (Production Knowledge Chart) has been proposed as a production process knowledge representation for acquiring the empirical knowledge to investigate defects in production processes. Without support tools, it is difficult to describe PKC.

In this paper, we propose a PKC tool using Next Design provided by DENSO CREATE to describe PKC. By applying the PKC tool for several cases, we clarify the usefulness of the PKC tool and discuss the future issues of PKC.

1. はじめに

製造業の現場では、生産工程の設計で発生する不具合究明知識を熟練者から若手の現場担当者に継承する必要がある。このためには、経験者が持つ暗黙知である不具合究明知識を若手に移転するための方法を明らかにし、暗黙知を具体的に表現する必要がある。

このような熟練者の持つ暗黙知である生産工程の知識表現手法として PKC (Production Knowledge Chart) が山本と藤本[1]から提案されている。

この PKC の作成には多くの専門知識・用語を理解し、それらを適切に活用することが求められる。しかし、PKC を本来最も必要としているのは製造業の現場に携わる技術者である。彼らはこのような専門知識を有しておらず、また、通常業務が優先となる為、それらを学習する時間を確保することも難しい。

本稿では、専門知識を持たない製造現場担当者による PKC の作成を支援するために、デンソークリエイトが提供する Next Design を用いた PKC ツールを提

案する。また、複数の事例に対して PKC ツールを用いて PKC を作成することにより、PKC の有用性を明らかにするとともに、今後の展望について述べる。

以下では、まず 2 節で関連研究を説明する。3 節で NextDesign による PKC ツールを提案し、4 節で PKC ツールの複数の事例に対する適用例を説明する。5 節で考察や展望を述べ、6 節でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

以下では関連研究について説明する

2.1 ディープスマート

レナードとスワップが、現実の問題に対処するために、熟練者が複雑な状況を瞬時に把握して、迅速に賢明な判断を下すための専門知識をディープスマート (Deep smart) と定義した[2]。すなわち、「直接的な経験に立脚した暗黙の知識に基づく洞察を生成できる、信念と社会的影響によって形成される強力な専門知識」がディープスマートである。

たとえば、生産工程設計で、経験者から初心者への不具合究明知識の移転が課題になっている。経験者が持つ不具合究明知識はディープスマートの例である。レナードとスワップは、実験的学習を通じて経験知を習得することが重要だと指摘した。しかし、具体的な実験的学習方法を明らかにしていない。また、ディープスマートの知識表現についても明らかにしていない。ディープスマートを表現できなければ、暗黙知のままであり、熟練者から初心者へのディープスマートの知識移転は個別的であり水平展開が難しい。

2.2 もの・こと分析

製造業の生産工程を改善する手法として、もの・こと分析が提案されている[3]。もの・こと分析では、材料や製品など対象を「もの」とし、材料から製品を作る一連の活動を「こと」とすることにより、生産工程

を分析して、無駄を発見して最適化することができる。

しかし、もの・こと分析では、図を定式化していないという課題があった。このため、Systemigram を用いた、もの・こと図式の定義と、それによる分析手法が提案されている[4]。

2.3 Next Design

Next Design はデンソークリエイトから提供されているシステム・ソフトウェア設計ツールである[5]。

Next Design は設計の各行程における情報構造と関連性の定義を行う「メタモデル」とそれを表現するための図・文書表現である「ビュー定義」という 2 つの要素によって構成されている。これらの組み合わせることにより設計ツールを現場のプロセスと平行して運用することが可能となる。これは現在の大規模化したシステム・ソフトウェア開発が抱えている設計データ間のズレ等のすり合わせの不整合という課題を解消することに大きく貢献している。

2.4 PKC

山本・藤本は製造業における生産工程の知識表現モデル PKC(Production Knowledge Chart)を提案した[1, 6]。PKC によって、生産工程の知識を表現だけでなく、生産工程の不具合究明プロセスを表現でき、生産工程設計と経験知の知識移転を統合できる可能性があることを明らかにした。しかし、生産工程設計と知識継承を統合する手法を具体化するという課題が残っていた。

3. Next Design による PKC ツール

3.1 構成要素

Next Design はメタモデル定義とビュー定義によって構成されている。Next Design ではいきなり設計することは出来ず、メタモデル定義で何を設計するか、ビュー定義でどう表現するかを定義することによってはじめて設計出来る。その為メタモデルで PKC の

構成要素やその関係を定義することによりビューで PKC を作成することが可能になる。

3.2 メタモデル

メタモデルとは、設計すべき項目とそれらの構造定義あり、定義することで設計すべき内容や設計時に考慮すべき制約を形式知化できる。

メタモデルで定義する設計要素の種類を エンティティ、設計要素の親子関係（階層構造の制約）や設計要素間の参照関係などを 関連 と呼ぶ。表 1 に関連の種類を示す。

表 1 関連の種類

アイコン	名称
	所有
	参照
	導出
	継承

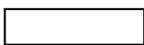
3.3 ビュー

ビューとは、規定された表現形式に基づくモデルである。ビューはシェイプと呼ばれる エンティティごとの形状と、コネクタと呼ばれるエンティティ間の関連線を規定することによって表現できる。

3.4 シェイプ

PKC では不具合究明のプロセスを図表とそれらの関係性によって表現する。ここでは Next Design と PKC の対応関係を表に示す。表 2 は PKC の構成要素をシェイプで表したものである。

表 2 シェイプで表した PKC の構成要素

シェイプ	名称
	もの・情報 (O)
	こと・活動 (P)
	活動主体 (A)

またシェイプには前述した大分類 3 種に加えて、小分類を定義する。この時、「もの・情報」「こと・活動」「活動主体」のような大分類を「親シェイプ」、そしてそれぞれの小分類を「子シェイプ」と呼ぶ。これらの小分類を表 3 に示す。

表 3-1 もの・情報 子シェイプ

シェイプ	名称
	もの・情報 変化要素
	属性 (a)
	要素 (x)
	分類 (R)

表 3-2 こと・活動 子シェイプ

シェイプ	名称
	こと・活動 変化要素
	属性 (q)
	要素活動 (p)
	活動 (Q)

表 3-3 活動主体 子シェイプ

シェイプ	名称
	こと・活動 変化要素

3.5 コネクタ

コネクタには「異種関係」と「同種関係」、「変化要素関係」がある。以下に Next Design と PKC の対応関係の表に示す。異種関係は親シェイプと親シェイプの関係性を表しており、表 4 には異種関係を示す。

表 4 異種関係

コネクタ	名称
	活動への入力
	活動からの出力
	主体による活動

また、同種関係を表 5 に示す。同種関係は異種関係とは異なり、親シェイプと子シェイプの関係性を表している。

表 5-1 同種関係 もの・情報 (O)

コネクタ	名称
	もの属性関係
	もの要素関係
	もの分類関係

表 5-2 同種関係 こと・活動 (P)

コネクタ	名称
	活動属性関係
	活動要素関係
	活動分類関係

変化要素関係とは変化要素と変化要素をつなぐ関係性を表すものである。変化要素には、「もの・情報変化要素」、「こと・活動変化要素」、「活動主体変化要素」の 3 種類があり、これらが相互に関連性を持っている。表 6 に関係を示す。

表 6 変化要素関係

コネクタ	名称
「変化元要素」 「変化先要素」	変化要素関係

4. 具体例

以下ではメタモデルとビューを実際の事例に適用した際の例について説明する。

4.1 メタモデル定義例

PKC の構成要素の一つである「もの・情報 (O)」の子シェイプとの関連性を定義すると以下の図 1 のとおりである。

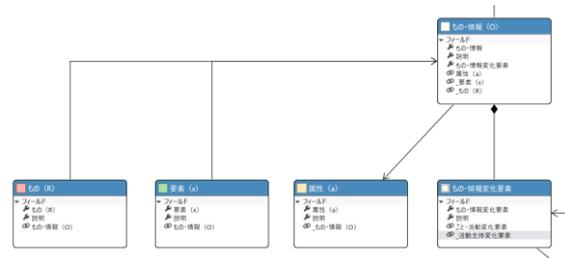


図 1 メタモデル定義例

このメタモデル定義例では、「もの・情報 (O)」を親シェイプとして、「変化要素」、「属性 (a)」、「要素 (x)」、「分類 (R)」が定義されていることがわかる。また、それらのシェイプ間の関係性（同種関係）についても定義されている。具体的には親シェイプ「もの・情報 (O)」が変化要素を「所有」しており、さらに「属性 (a)」を参照している。逆に「もの (R)」と「要素(x)」は親シェイプである「もの・情報 (O)」を参照している。

このようにメタモデルでは各シェイプの親子関係とそれらをつなぐコネクタの向きによって構成要素間の関係性の定義を行っている。つまり、コネクタの記載を行う際に、逆向きに記載してしまうと構成要素間の関係性が別なものになってしまうことに注意をする必要がある。

Next Design を用いてメタモデルの定義を行う意義として、定義した関連性を保持したままビューを作成することが可能になるという点がある。これは、メタモデルで定義していない関係性をビューで新たに追加することはできないということである。この仕様

により、PKC の作成過程においてデータ構造間の不整合を未然に防止することが可能となっている。

4.2 ビュー作成例

定義したメタモデルでの関係性に従って、実際の不具合究明過程を Next Design を用いて PKC で表現すると以下の図 2 の通りである。

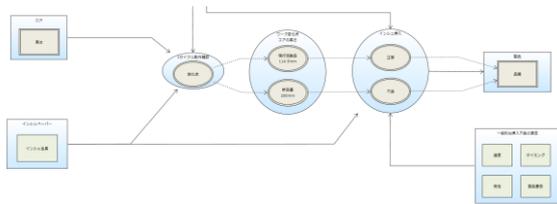


図 2 ビュー作成例

この不具合究明例では、「もの・情報 (O)」として「コア」、「インシュペーパー」、「製品」、「一般的な挿入不良の原因」を挙げており、「こと・活動 (P)」には「1 サイクル動作確認」、「ワーク変化点」、「インシュ挿入」を挙げています。さらに「インシュペーパー」と「一般的な挿入不良の原因」には要素として「インシュ全長」、「速度」、「タイミング」、「剛性」、「製品要因」が存在する。

また、変化要素として「コアの高さ」があり、1 サイクル動作確認の際にワーク変化点が現行流動品と新品番でのコアの高さが異なるため、インシュ挿入不良という不具合を引き起こしていると記述している。この際、現行流動品では正常であるが、新品番では挿入不良を起こし、品質に悪影響を与えていることも併せて記述している。

このように Next Design を用いて構成要素間の関係性を明確にしたうえで PKC の作成を行うことで、不具合原因・不具合箇所の特定と不具合発生過程の説明が容易になることがわかる。

5. 考察

5.1 有効性

本稿では、専門知識を持たない製造現場担当者による PKC の作成を支援するために、デンソークリエイトが提供する Next Design を用いた PKC ツールを提案した。また、実際の生産工程における不具合究明過程に適用することで、提案手法の有効性、並びに PKC の有効性について明らかにした。

提案手法により、PKC の構築に必要な専門知識を持たない生産現場担当者が、自身で PKC を構築する能力 (PKC 自作能力) を向上させることができる状況が生まれつつあると言える。PKC および PKC ツールは、若手の現場担当者が暗黙知を獲得するプロセスを改善に大きく貢献していることから、暗黙知の移転を表現する上で重要な役割を果たしていることを明らかにした。

5.2 限界

本稿では、専門知識を持たない現場担当者が PKC の自作を容易化するために PKC ツールを提案し、具体的な事例に適用することで、その効果について明らかにした。しかし、本提案手法のみでは依然として現場担当者が PKC を自作することは困難であると考えられる。なぜなら、PKC を自作するためには、シェイプの 3 要素 (もの・情報、こと・活動、活動主体) やそれらに付随する子シェイプ、さらにはコネクタの種類の分割方法を理解する必要があるため。つまり、PKC ツールは分割された用語を PKC に変換する段階で容易化に貢献しているが、用語の分割過程に適用することが出来ない。

5.3 展望

PKC 用語の分割を現場担当者が自身で行えるようにするために表 7 に示すような行動カードの作成に取り組む予定である。行動カードでは、現場担当者が不具合究明過程において自身がとった行動を入力す

ることで、自動的に PKC 用語の分割が行われることが求められる。

この行動カードと提案手法である PKC ツールを組み合わせるなどして、より PKC の作成過程を容易化する方法を考案していく必要がある。

表7 行動カード

項目	ユーザ入力
担当者（人物）	メカ担当者
対象（モノ名詞）	インシュ
行動（動詞）	発見
状態（状態名詞）	挿入不良
変化点・きっかけ	1 サイクル動作確認中

6. おわりに

本稿では PKC の作成を容易化するための PKC ツールを提案した。この結果、以下を明らかにした。

1. PKC ツールにより、PKC の作成過程の一部を容易化できる
2. PKC ツールにより現場担当者の PKC 自作能力を向上させることが出来る
3. PKC および PKC ツールは現場担当者の暗黙知習得プロセスの改善に貢献できる

今後、現場担当者が完全に自力で PKC を作成可能な状況を構築するために、5.3 でも触れた行動カードと PKC ツールの組み合わせによる PKC 作成の簡易化手法について考案する必要がある。

また、本提案手法が実際の製造現場担当者にとって使いやすいものであるのかといった客観的な評価を行うための手法も確立されていない。さらには、複数の現場担当者が同じ事例に対して PKC を作成した場合に、ある程度同じ内容を表すものになっているのかといった複製可能性についての評価を行うことが出来ていない。これらは本提案手法を実際の生産工程に適用するなどして評価を行い、得られたフィードバックによって改善していくことが重要となる。

参考文献

- [1] 山本修一郎, 藤本英雄, 知識移転のための生産知識表現の提案, 人工知能学会第二種研究会資料 SIG-KSN-032-01, 2023
- [2] Dorothy Leonard and Walter Swap, Deep Smarts: How to Cultivate and Transfer Enduring Business Wisdom, Harvard Business Review Press, 2005, ドロシー・レナード, ウォルター・スワップ, 池村千秋訳, 「経験知」を伝える技術ーディープスマートの本質, ランダムハウス講談社, 2005
- [3] 中村善太郎, シンプルな仕事の構想法～もの・こと分析で成功する～, 日刊工業新聞社, 2003
- [4] 山本修一郎, Systemigram によるものこと分析の試み, 信学会 KBSE 研究会 2021-43, 12/17, 2022
- [5] <https://www.nextdesign.app/>
- [6] Shuichiro Yamamoto, Hideo Fujimoto, PKC-- Production Knowledge Chart for Knowledge Transfer, KES2023, 2023(to be published)