

生産工程知識表現の提案

- 背景
- 関連研究
- 生産知識図式
- 適用例
- 議論
- まとめと今後の課題

山本修一郎 名古屋国際工科専門職大学

藤本英雄 名古屋工業大学

研究の背景

ディープスマート Deep smart

「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」
[レナード, スワップ 2005]

【課題】

1. 熟練者の持つ不具合究明知識はディープスマート
2. 具体的な実験的学習方法が不明
3. ディープスマートの知識表現が不明



「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

ディープスマート

- レナードとスワップが、獲得・形成・選択・移転からなる4段階を定義
- どのようにディープスマートを表現するかについては明らかにしていない

段階	説明
知識獲得	直接的間接的経験を通じて、専門知識を獲得
知識形成	自分が信じる世界観の下で獲得した専門知識を形成
知識選別	組織・文化的影響に適応するように形成した専門知識を選別
知識移転	知識コーチの指導の下での経験によって専門知識を移転

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

ものを変換することの分類

こと	説明
分解・結合	要素に分解, 要素を結合
挿入・削除	対象に要素を挿入 対象から要素を削除
搬入・搬出	倉庫に物品を搬入 倉庫から物品を搬出
特性変化	位置, 密度, 方向, 温度の変化
変形	対象物の形を別の形に変形

ものこと分析

- 材料や製品など対象を「もの」
- 材料から製品を作る一連の活動を「こと」
- 生産工程を分析して、無駄を発見して最適化

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

SSM Soft System Methodology

- 複雑な人間活動を分析するために考案された方法論
- 活動間の関係がSSMの**概念モデル**
- 概念モデルの構成要素
 - 活動
 - 活動間の論理的な依存関係
 - 外部入出力
 - 制御活動への出力
- SSMの概念モデルを記述するために用いられる図式がシステムモデル図

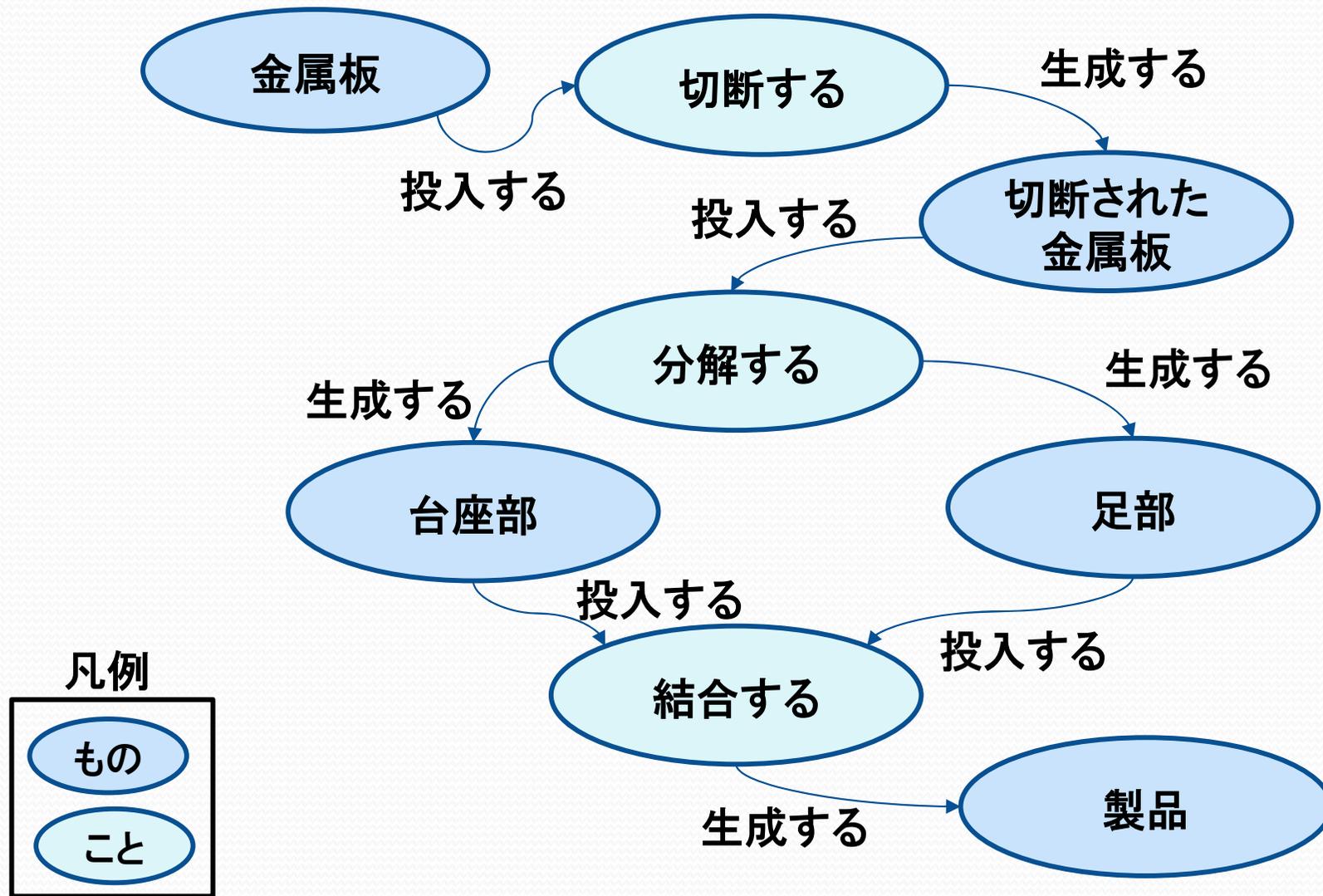
Checkland, P., Systems Thinking, Systems Practice, John Wiley & Sons Ltd., 1990

Systemigram

- システムモデル図が自然言語表現と対応しやすいことに Boardmanが着目
- より明確に自然言語による文章と対応する図式を提案
- システムグラム
 - 名詞句をノード,
 - 名詞句間の関係を示す動詞句がノード間の関係
 - 名詞の状態を示す名詞句をノードの包含関係

Boardman, J and B Sauser. 2008. *Systems Thinking: Coping with 21St Century Problems*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis / CRC Press

材料加工のものこと図のSystemigram



山本修一郎, Systemigram によるもの・こと分析手法の試み, KBSE2021-43, 2022-03, pp.12-17

OPM Object-Process Methodology

- 複雑なシステムを1つのモデルで記述
- システム思考に基づき, オブジェクト指向とプロセス指向パラダイムを統一
- DoriがOPMを提案
- OPMでは, オブジェクトを矩形, プロセスを楕円で表現して同じ図で記述

Dori, D., Object-Process Methodology—A Holistic Systems Paradigm, Springer, 2002

OPMとSystemigram

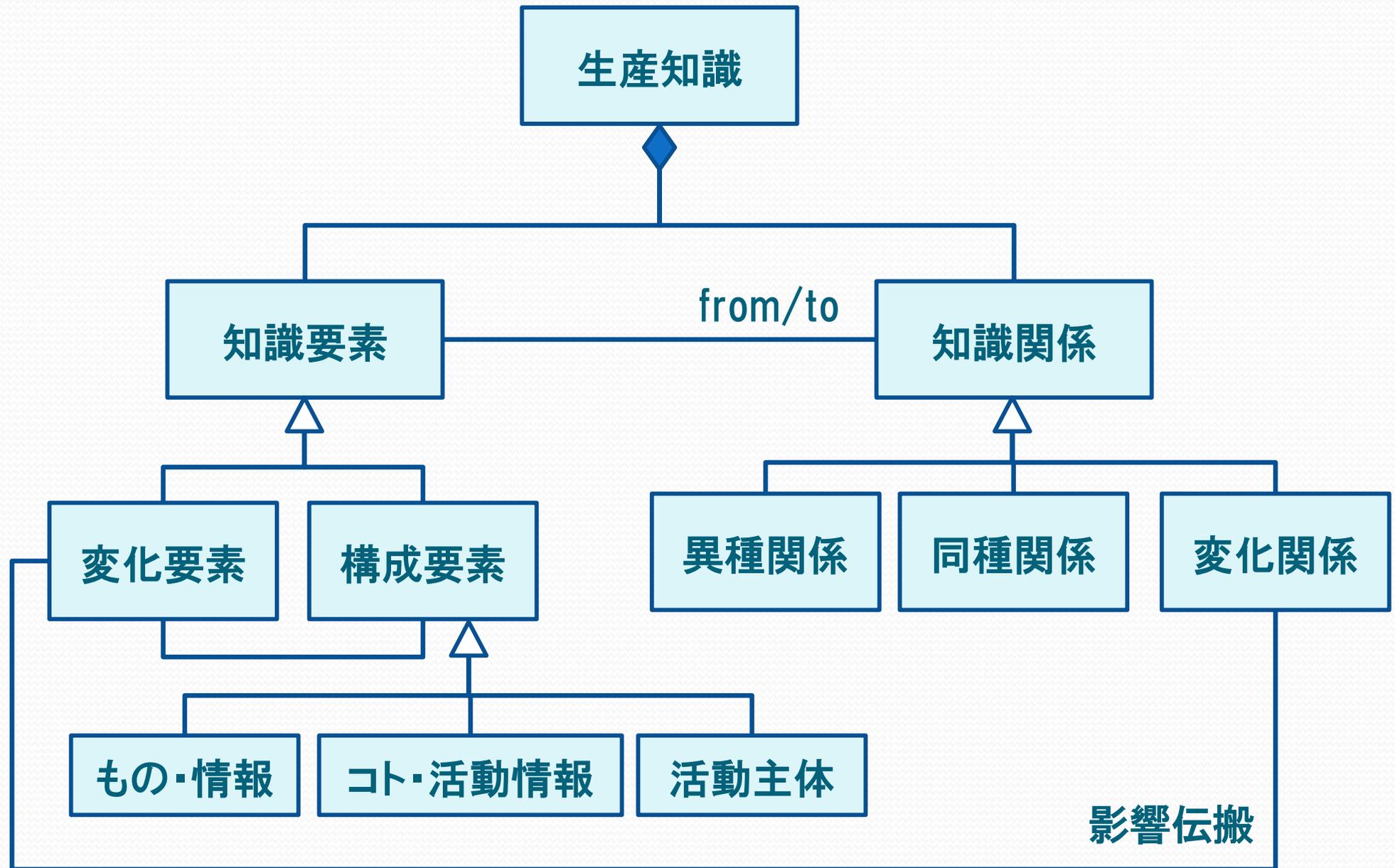
GPDAC	Systemigram	OPM
山本	Bordman	Dori
Goal	動機	Object
Process	振舞	Process
Data	受動構造	Operand, Object
Actor	Actor	Agent, Instrument
Control	制度・社会・事業構造	Object

山本修一郎, GPDAC--Goal, Process, Data, Actor, Controlによる知の統合, 横幹連合コンファレンス, 12月17日, 2022

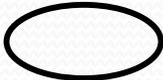
生産知識チャートPKCの構造

要素	構成要素	もの・情報, コト・活動情報, 活動主体
	変化要素	もの・情報, コト・活動情報, 活動主体 に対する変化要素
関係	異種関係	活動・入力関係, 活動・出力関係 主体・活動関係
	同種関係	もの属性関係, 活動属性関係, もの要素関係 活動要素関係, もの分類関係, 活動分類関係
	変化要素関係	変化の影響伝搬関係

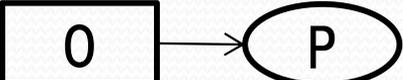
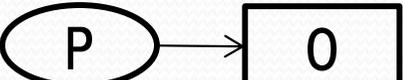
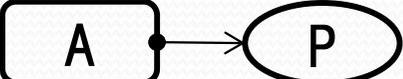
生産知識チャートPKCのメタモデル



生産工程分析図

構成要素	図形
もの・情報	
こと・活動	
活動の主体	

変化要素	図形
もの・情報変化要素	
こと・活動変化要素	
活動主体変化要素	

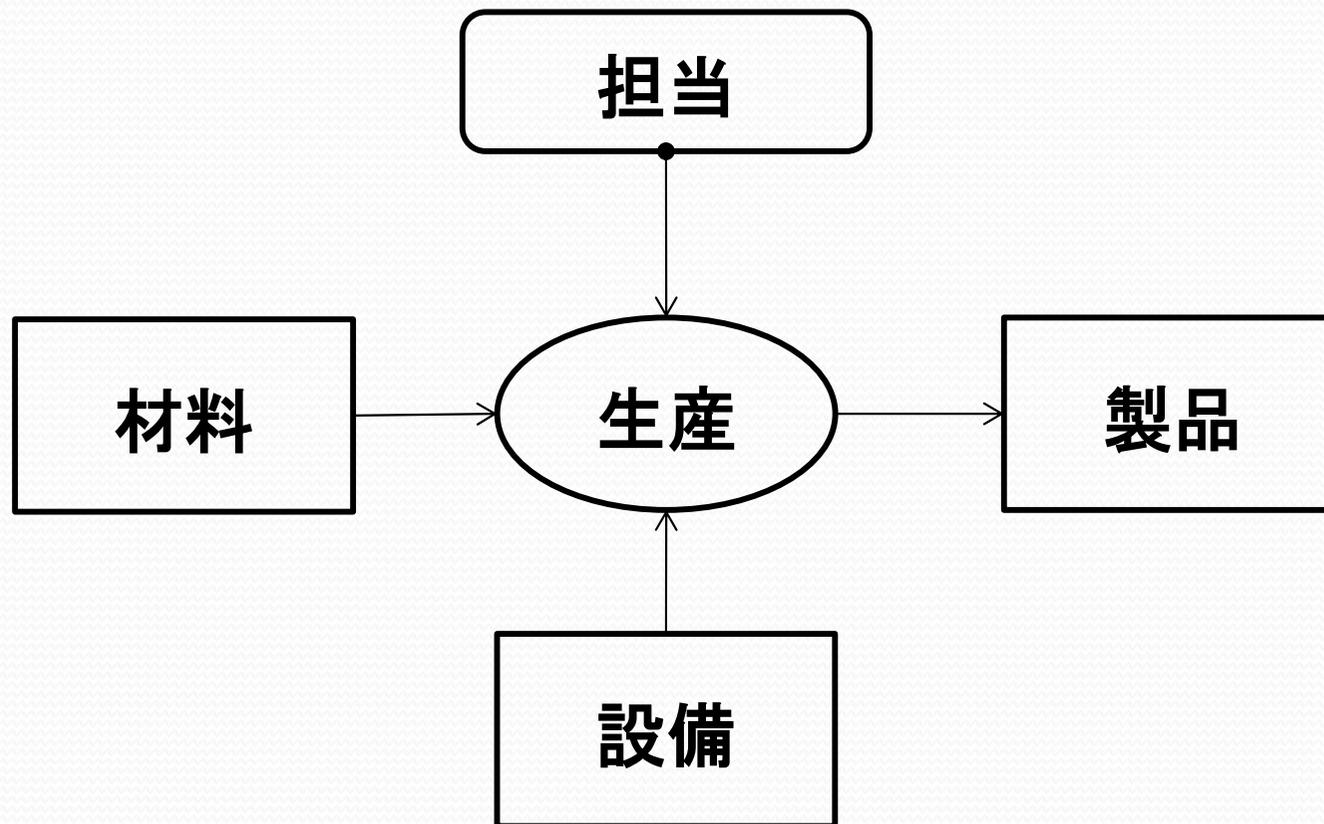
関係の種類	図形
活動への入力	
活動からの出力	
主体による活動	

変化関係	図形
変化要素関係	変化元要素 -----> 変化先要素

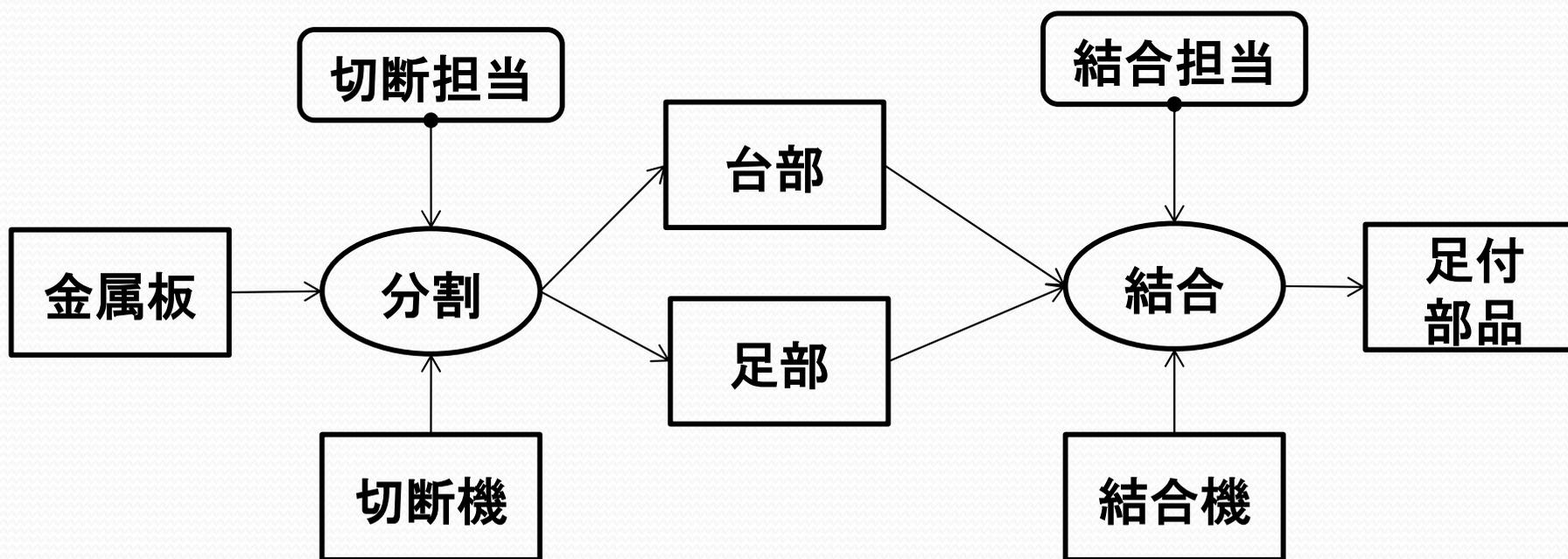
生産工程分析図

要素関係	図形
もの属性関係	
活動属性関係	
もの要素関係	
活動要素関係	
もの分類関係	
活動分類関係	

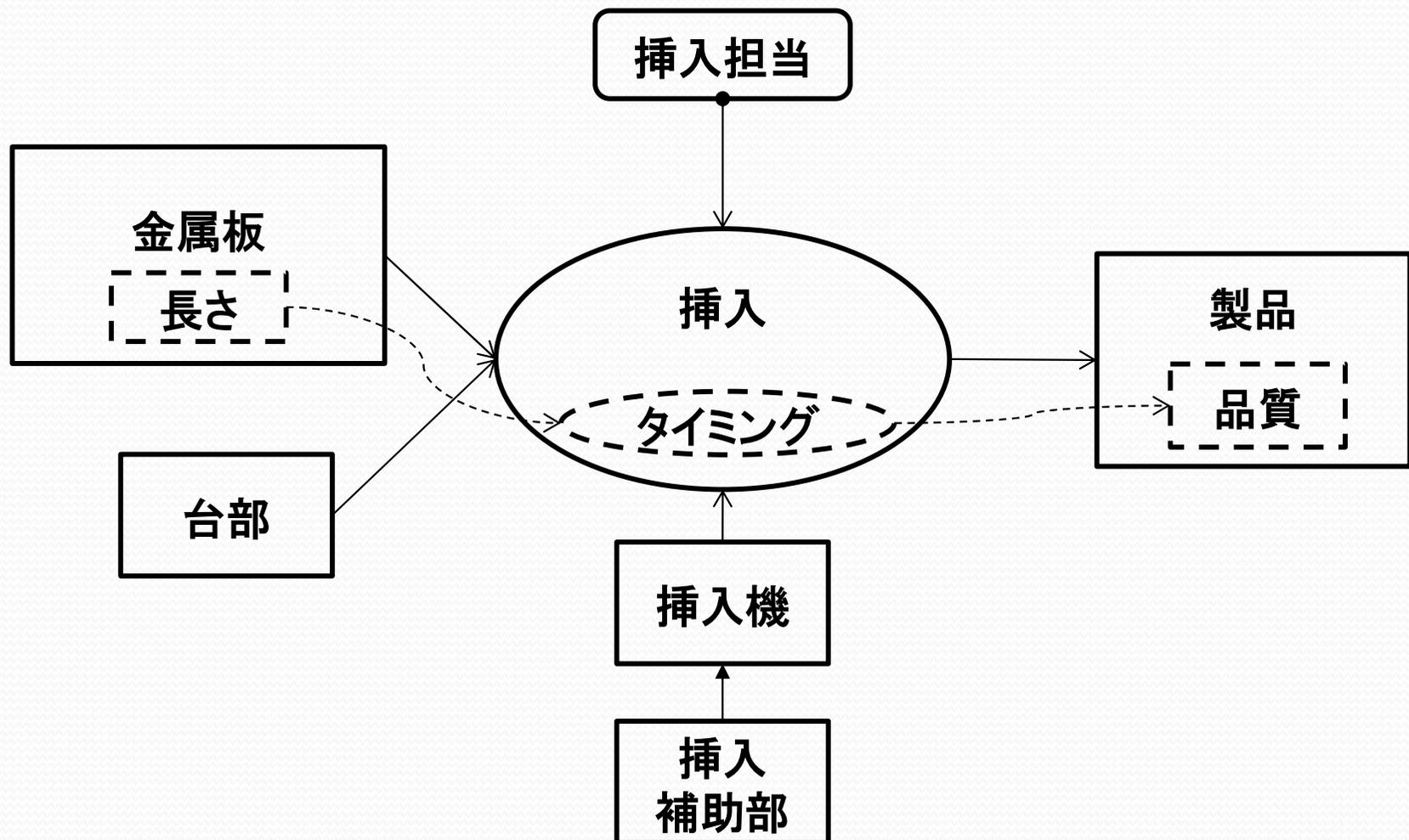
生産工程知識の表現例



部品生産工程の記述例



生産工程の属性変化の影響分析



考察

有効性

ものづくり工程を表現

不具合解決知識の移転方法を表現

知識移転プロセスを表現

適用性

PKCが生産工程知識

生産工程における不具合究明知識の移転

設計レビュー知識

なぜなぜ分析知識

Deep smartとPKC

Deep smart	PKC
知識獲得	もの情報, こと活動で専門知識を記述
知識形成	主体との関係で専門知識を記述
知識選別	未(組織・文化的要素の表現が必要)
知識移転	指導の下での経験知移転過程を記述

Systemigram, OPM, PKCの比較

Systemigram	PKC	OPM
アクタ	活動主体, 変化	オブジェクト, 状態
構造	もの・情報, 属性・変化	オブジェクト, 状態
動機	△	△
振舞	こと・活動, 属性・変化	プロセス, 状態

設計レビュー知識

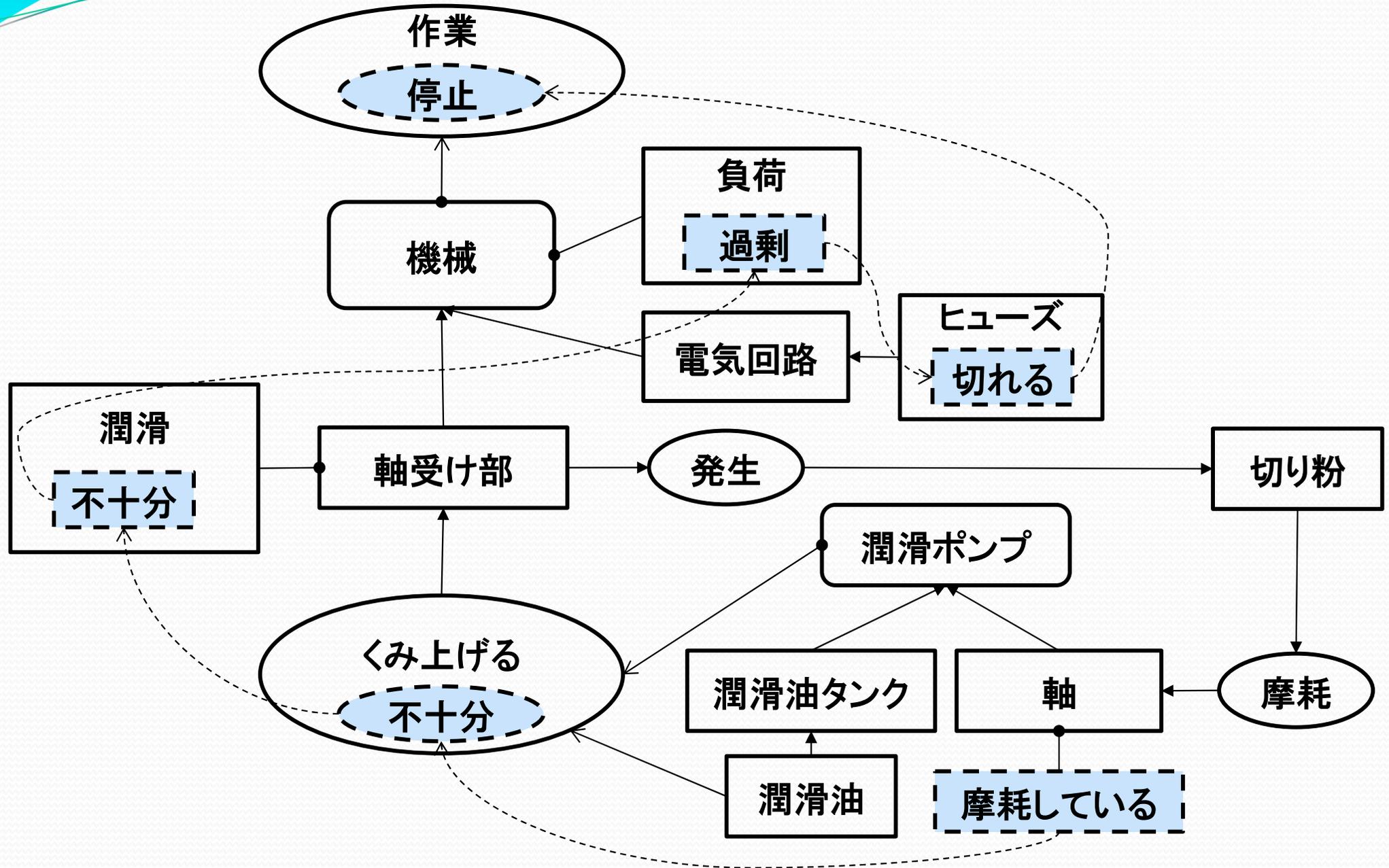
- DRBFM(Design Review Based on Failure Mode)では, 故障モード(Failure Mode)に基づいて設計の妥当性を議論
- PKCによる製品の故障モード表現が必要
不具合情報の属性として不具合モード表現を追加
- 故障モードには, 変形, 破損, 切断, ショート, 腐食などがあり, 部品などの要素の名前とともに記述される.
- PKCの構成要素変化により, 故障モードも表現できないか?

なぜなぜ分析- 5 Whys

なぜ	答え
なぜ機械が動かなくなったか	オーバーロードがかかり, ヒューズが切れたから
なぜオーバーロードがかかったのか	軸受け部の潤滑が十分でないから
なぜ十分に潤滑しないのか	十分に潤滑ポンプがくみ上げていないから
なぜ十分にくみ上げないのか	ポンプの軸が摩擦でガタガタするから
なぜ摩擦したのか	ろ過器がついていないから

大野耐一, トヨタ生産方式-脱規模の経営をめざして-, ダイヤモンド社, 2022

なぜなぜ分析：機械故障分析のPKC記述



議論 限界

- 具体的な生産工程への適用が必要
- 客観的・定量的な有効性評価が必要
- PKC に対する日本語表現が必要

まとめ

製造業における生産工程の知識表現モデルPKCを提案

(1)PKCにより, 生産工程の知識を表現できる

(2)PKCにより生産工程の不具合究明プロセスを表現できる

(3)PKCにより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

今後の課題

- (1) 定量評価
- (2) 生産工程設計と知識継承の統合手法
- (3) 相談・指導で必要になる状況・仮説情報の記述法の実体化
- (4) 反復的対話モデルによる経験知の移転プロセスの解明

Q&A

ご清聴ありがとうございました