

## 機能的設計知識管理のためのオントロジー的枠組みの構築

## 6V-1 ~方式知識の概念構造と記述ガイドラインの検討

高橋知伸<sup>\*1</sup> 吉川真理子<sup>\*1</sup> 笠井俊信<sup>\*2</sup> 來村徳信<sup>\*1</sup> 布瀬雅義<sup>\*3</sup> 溝口理一郎<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup>大阪大学産業科学研究所 <sup>\*2</sup>岡山大学教育学部 <sup>\*3</sup>住友電気工業株式会社生産技術部

## 1. はじめに

人工物の概念設計時に重要な役割を果たす機能分解[Pahl 95]では要求機能を達成する方法を表す知識が用いられている。このような機能的設計知識を設計者同士が共有し活用することで技術革新の可能性が高まることが予想されるが、実際には設計者個人が暗黙的に保持しており、属人性の強いものとなっているのが現状である。そこで対象領域を越えて機能的設計知識を共有できるような枠組みが必要となる。

本研究では近年注目されているオントロジー工学[溝口 99]に基づいて機能を達成する方法を表す方式知識を一般的かつ明示的に概念化する枠組みを提案し、これを用いて改良設計を支援するシステムの実現を目指している。別稿[吉川 01]では方式知識記述に用いられる基盤概念の同定を行った。本稿では記述対象とする方式知識の記述の枠組みとそれを実際に企業で使用した結果を反映して検討した記述ガイドラインについて述べる。

## 2. 機能分解木と機能達成方式知識

ある機能はより小さなグレインサイズのいくつかの部分機能系列によって達成される。このように対象の機能を異なるグレインサイズで捉えた結果の達成関係を木構造で階層的に表現したものは一般的に機能分解(展開)木と呼ばれる[Pahl 95]。

本研究では主機能を達成する部分機能系列を機能達成の「方法」と呼ぶのに対して、「達成される根拠になる原理・理論、起こるとされる現象等を概念化したもの」を方式と呼ぶ。知識の専門化に伴い暗黙的になりがちな“なぜ”達成されるのかということを明示化することで知識の運用性が高まる。

例として、本研究で対象としている半導体生産プロセスにおけるあるインゴット切断装置の機能分解木を図 1 に示す。このインゴット切断装置ではシリコンインゴットをワイヤ(糸状の鋸)との摩擦力を利用して切削切断することでチップの基盤となるウェーハを出力する。図 1 ではインゴット切断装置の全体機能である「切断する」が「切り代を分離する」機能で達成され、分離するために「切り代に力を加える」機能が展開されている。さらに摩擦力を発生させるための「ワイヤとインゴットに垂直抗力を存在させる」と「ワイヤに軸方向の運動

を与える」という部分機能に分解されている。さらに垂直抗力はインゴットからの力とワイヤの張力の合力によって生まれるので、「垂直抗力を存在させる」機能は「インゴットに(ワイヤの方向への)力を与える」と「ワイヤに張力を与える」という 2 つの部分機能に分解されている。このようにして「切断する」機能の分解からインゴット切断装置の機能構造と機能間の達成方式が明示的に記述される。

このような対象固有の機能分解木から一段の機能展開を一般化し、方式の観点から主機能、部分機能、達成原理、方式の特徴及び制約等の機能達成の方法を含んで記述した機能達成に関する知識が機能達成方式知識である。

## 3. 補助機能

方式は機能達成の原理を明示化したものであるが、多くの設計物には主機能を達成するための原理に基づく部分機能(本質機能と呼ぶ)だけでなく、それらを補助する部分機能(補助機能と呼ぶ)が存在する。例えば、本質機能を実行することで起こる副作用的な自然現象によって本来の機能を発揮できなくなることを未然に防ぐため、不具合を起こす自然現象を緩和・解消するための何らかの機能が組み込まれている場合がある。インゴット切断装置では、摩擦力による切削切断のため切断面にシリコンの切り屑が堆積し、その結果ワイヤの目詰まりから張力の変動、断線が起こる可能性がある。それを防ぐために装置には張力変動を制御するための機能が備わっている。図 1 では機能実行によって発生する不具合状態をその機能からの吹き出しで表現し、その状態を原因として因果連鎖によって起こる不具合な事象を星型ノードで表記している。不具合事象ノードはそれを緩和・解消する機能から点線矢印でリンクされている。

現在補助機能はプロセス効率の向上や維持に関する機能、製品品質の向上や維持に関する機能、プロセス停止を防止する機能の三つに大きく分類することができる。プロセス効率に関する機能は対象の装置が入力物から出力物を生成するまでの過程に関する効率を向上させる、または低下させないために存在している機能である。製品品質に関する機能は対象の装置からの出力物の品質を向上、または一定値以下に低下させない機能である。プロセス停止防止機能とは先ほど述べた本質機能達成に伴う不具合事象により継続して達成できなくなることを防ぐ機能である。プロセス停止防止機能には二種類あり、一つは主機能を実行中(達成中)に同時に補助するもの、もう一つは主機能の実行によってある閾値を超えた時に主機能を停止し、安全領域を確保した後に再開することで停止を防ぐものである。図 1 では「力を加える」機能とその部分機能系列の間に部分機能のカテゴリを表す中間ノードを挿入している。これらの中間ノードは機能展開の際に補助機能が存在する場合にのみ挿入している。

Constructing of ontological framework for functional design knowledge management ~A consideration on conceptual structure and guideline for description of knowledge about ways, <sup>1</sup>Tomonobu TAKAHASHI, <sup>2</sup>Mariko YOSHIKAWA, <sup>3</sup>Toshinobu KASAI, <sup>4</sup>Yoshinobu KITAMURA, <sup>5</sup>Masayoshi FUSE, <sup>6</sup>Riichiro MIZOGUCHI, <sup>7</sup>The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, <sup>8</sup>Faculty of Education Okayama Univ, <sup>9</sup>Sumitomo Electric Industries Ltd, Plant and Production Systems Division

実際の装置におけるノウハウは補助機能に存在することが多く、補助機能を明確に捉えることでそれらを方式知識に記述することが容易になる。

### 4. 機能分解木記述ガイドライン

対象の機能構造は上述のように機能分解木によって記述されるが、一定の観点から一貫性をもって記述することが重要である。我々はデバイスオントロジー[來村 01]に基づき、装置の観点から機能構造をモデリングしているが実際に専門家に記述してもらった結果、記述が非常に困難であることが分かった。そこで機能分解木の記述に際してオントロジーとのインターフェイスとしてガイドラインを考案した。そのうちの幾つかを以下に示す。

- 機能概念は対象物の状態遷移(属性の変化)を表現するものであるため、ノードには装置の対象物への作用を記述する
- 階層木の上下の関係は下位の機能が上位の機能を達成する関係であるため、一般-特殊関係になつてはいけない
- 機能の主体を装置の設計者・製造者とする目標や工程外の作業が含まれることがあるため、主体は原則的には装置・作業者とする
- 一段の機能展開において複数原理を達成すると方式知識の汎用性が低下するため、一段の機能展開では一つの原理を表す。
- 主機能が長時間、安定して達成可能となるための補助機能が抜け落ちないように、機能展開時に本質機能、それに伴う不都合状態、補助機能の順で記述していく

一つ目は機能概念に関するもので、デバイスオントロジーでは装置へ入力される対象物が出力されたとき

にその属性がどう変化したかにより機能を決定する。このため目標状態を表す表現や状態動詞、満たすべき条件では対象物の入出力の変化を表現したことになる。二つめは達成関係に関するガイドで、「～を動かす」という機能を達成するために「～を往復運動させる」といった機能を展開することで主機能が達成されるが、これは運動に関する情報が増えた一般-特殊関係である。方式知識を記述するという目的から、達成関係と一般-特殊関係は区別すべきである。紙面の都合で3番目以降の説明は省略する。

### 5. 改良設計支援システムにおける利用

記述された方式知識は、対象のある部分機能系列に不具合が見られる場合にその達成方式を代替することで解消することを支援するシステムで利用される。方式知識は一般的に成り立つ機能達成関係を表しているため、その機能を達成する方式を列挙する形で設計者を支援することが可能となる。また性質の異なる様々な対象分野で用いられている設計知識に一貫性を持たせて記述されたものであるため、領域にとらわれない知識の管理が可能となる。これによって設計者の専門分野外に存在する知識が利用できると共に、数多くの選択肢についての検討が行われ幅広い設計に貢献すると思われる。

### 6. おわりに

一貫性を持つ方式知識を記述するための枠組みとして、補助機能の概念と機能階層木記述ガイドラインについて具体例を通して述べた。補助機能を記述することで装置に用いられる多くのノウハウを抽出でき、ガイドラインにより記述視点を明示化することで一貫性を持つ知識記述に貢献すると思われる。

### 参考文献

[溝口 99]溝口理一郎:オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, pp45-56, 1999.  
 [來村 01]來村徳信, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づく機能的知識体系化の枠組み, 第19回設計シンポジウム, pp93-100, 2001  
 [Pahl 95]G.Pahl, W.Beitz, K.Wallace(編), 設計工学研究グループ(訳):工学設計-体系的アプローチ, 培風館, 1995  
 [吉川 01]吉川真理子, 高橋知伸, 笠井俊信, 來村徳信, 溝口理一郎:機能的設計知識管理のためのオントロジーの枠組み~基盤概念の同定と実装, 第63回情報処理学会全国大会

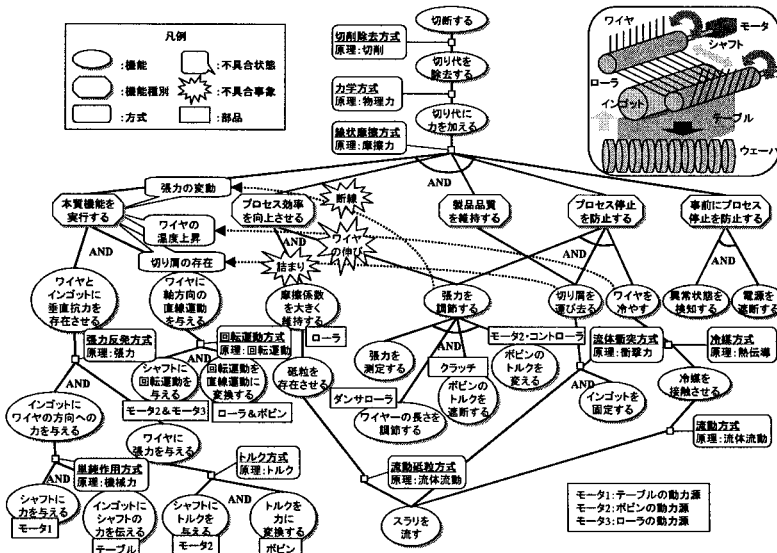


図1 あるインゴット切断装置の機能分解木(一部)