

設計意図抽出を目的とした機能構造の導出に関する考察*

3U-9

難波功次[†] 來村徳信[†] 原田直樹[‡] 溝口理一郎[†]

[†]大阪大学産業科学研究所 [‡]三菱化学（株）技術開発センター

1. はじめに

設計の多くは、既存の設計物をもとにその不都合を解消したり、新たな機能を付け加えたりする再設計として行われるが、その際にボトルネックとなるのが既存の設計物がなぜそのように設計されたか（設計意図）を理解することである。設計物の機能構造は設計意図の一部を表現する [1] ため、本研究では振舞いの記述から機能構造を生成する機能理解システムの開発を目指している。本稿では、機能に関する諸概念を整理し、そのうち特に部品の機能間に存在する依存関係についての考察を述べる。

2. 機能概念と機能理解

本節では、筆者らが開発してきた機能モデル表現言語 FBRL[2] に基づいた機能に関する概念および機能理解システムの枠組みを概説する。

機能：部品の機能とは、入出力の間に生じる対象物の状態の変化（振舞い）を、システムのコンテキストに基づいて解釈した結果である。種々の機能概念を集積し体系化したものが図1下層に示す抽象-具体機能階層である。各ノードは機能概念を表し、リンクは is-a 関係を表す。

機能タイプ：部品単体の機能を目標状態への指向の形態により概念化したものを機能タイプという。図1左上に示すように達成、維持、保持に分類される [2]。

機能依存関係：ある同一のグレインサイズにおける機能間の関係を機能依存関係という。機能依存関係には、大きく分けて貢献と阻害があり、貢献には比例、前提、可能、防止、効率、制御などがある（図1右上） [3][4]。第3節で詳しく議論する。

機能-部分機能階層：一般に、ある部品の機能は部品を構成する複数の副部品の機能（部分機能）の集合によって達成されている。機能とそれを実現するための部分機能の構造を機能-部分機能階層と呼ぶ。

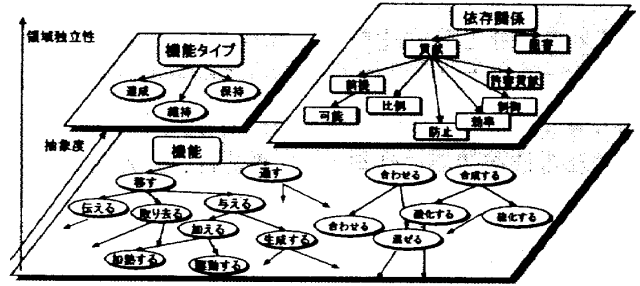


図1: 機能概念およびその周辺概念

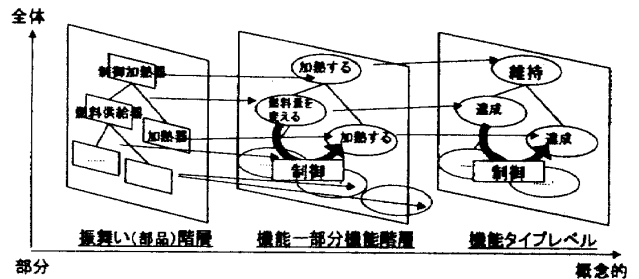


図2: 対象構造の捉え方

機能概念は対象物の状態遷移に関する概念であり、機能タイプおよび機能依存関係は機能概念をさらに概念化したものである。実際の設計物は、図2に示すように振舞いレベルの構造的階層関係、機能構造、機能タイプレベル構造として捉えることができる。機能タイプレベル構造は例えば図2に示されている「維持の部分機能の間には制御関係が存在する」のように具体的な機能構造及び振舞いの構造とは独立しており、一般的に成り立つ。

機能理解の枠組み:

機能理解システムは、振舞い記述が入力されると、(1) 個々の部品が発揮する機能の候補の生成、(2) 機能依存関係の導出、(3) 機能-部分機能階層の生成の3つのフェーズにより機能構造を生成する。現在フェーズ(2)の概念設計を行っている。

3. 機能依存関係

例えば電圧源部品が「電圧をあげる」という機能を発揮している場合、電圧源がポンプの電源として使われている場合には、「流体を駆動させるためのエネ

*An Investigation on Functional Structures Representing Design Rationales
K.Namba[†], Y.Kitamura[†], N.Harada[‡], R.Mizoguchi[†]
[†]I.S.I.R., Osaka University
[‡]DERC, Mitsubishi Chemical Corporation

ルギーを供給している。」と捉えられる。一方、増幅回路に組み込まれている場合には、「バイアス電圧を閾値以上にすることにより、トランジスタの増幅機能を可能にしている。」と捉えられる。このような認識の差を表現するためには、機能依存関係を理解することが必要である。機能依存関係には前提、可能、防止など様々な種類があるが、筆者らはこれらを自動導出することを目指し定式化を行っている[4]。本稿では、トランジスタの例や、触媒生成器の「触媒生成」機能が反応槽の「合成」機能に与える影響など「可能」と認識される依存関係に注目し、可能とはいかなる概念か理解することを目指して、分析を行う。

3.1. 可能関係

依存関係にある二つの機能のうち、影響を与える側の機能を F_S 、影響を受ける側の機能を F_R とし、注目属性¹をそれぞれ A_{FS} 、 A_{FR} とすると、「可能関係」に関連する他の依存関係は以下のように定義される。

貢献関係： F_S により、 A_{FR} が F_R の意図する方向に変化する関係。

比例貢献： 貢献関係のうち、 A_{FS} の変化に対して A_{FR} が連続的に変化する関係。

前提貢献： 貢献関係のうち、 A_{FS} の変化に対して A_{FR} が不連続に変化する関係。

「可能関係」は前提貢献の一部であり、直感的には F_S が F_R 中の主要なプロセスを起動させる「鍵」となる属性を変化させる貢献と捉えられる。前提貢献と可能貢献の境界に関して分析を行った結果、機能 F_S と機能 F_R が前提貢献関係にあり、かつ以下の条件を満たすとき、機能 F_S は機能 F_R に可能貢献していると考えられる。

- 1 F_S は F_R の原料対象物を生成する機能ではない。
- 2 F_S は副作用的に生じた機能ではないこと。
- 3 F_S の主貢献先が F_R であること。

条件1は「原料」概念に関するものである。注目属性をもつ出力対象物と原料-生成物関係にある入力対象物を原料対象物という。機能 F_S が機能 F_R の原料対象物を生成している場合、「前提貢献」が成り立つ。しかし、機能 F_R にとって原料対象物が存在することはごく当たり前のことであり、機能を発揮するための「鍵」属性とは捉えられない。

¹機能が操作することを意図している対象物の属性のこと [2]。

例えば、機能 F_S が生成した熱が、機能 F_R を発揮する部品の熱源として利用されている場合を考える。機能 F_R が熱交換器の「加熱」機能の場合には、機能 F_S の生成する熱は原料対象物であり、可能貢献とは捉えられない。一方、機能 F_R が化学反応による「合成」機能の場合には、原料対象物はなんらかの物質であり、機能 F_S が生成する熱は化学反応プロセスを起動する鍵となっている。また、機能 F_S が「触媒生成」機能の場合も同様に触媒は原料対象物ではなく、化学反応プロセスを起動している。このような場合には可能貢献と捉えられると考えられる。

条件2, 3は、機能 F_S の存在理由に関するものである。例えば、発電プラントにおいてボイラの「気化する」機能は、復水器の「液化する」機能に対して前提貢献しているが、同時にタービンの「回転させる」機能に対しても貢献している。発電プラントはタービンの回転力により達成される「発電」機能がプラント全体の機能であり、ボイラの「気化する」機能の主貢献先はタービンの「回転させる」機能である。このように機能 F_S の存在理由が F_R への貢献ではない場合、可能貢献とは捉えられないと考えられる。

貢献に関する条件の判定は、部品を FBRL に基づいて記述することにより、システムがある程度自動的に判定を行うことができる。ただ、条件2については現段階では導出することが難しいと思われる。

可能貢献関係と捉えられる機能は特に結び付きが強い。可能貢献関係の導出は機能-部分機能関係の導出フェーズに重要な示唆を与えると考えられる。

4. まとめ

本稿では設計意図抽出に必要となる機能に関する概念を整理し、特に機能依存関係のうち「可能貢献」について分析した。今後、機能-副機能階層間に存在する関係の分析を行う予定である。

参考文献

- [1] B.Chandrasekaran, et al.: Functional representation as design rationale, computer, pp.48-56, January, 1993
- [2] 笹島他: 機能と振舞いのオントロジーに基づく機能モデル表現言語 FBRL の開発, 人工知能学会誌, Vol.11, No.3, pp.420-431, 1996
- [3] 笹島他: 動的システムにおける機能依存関係の導出, 第10回人工知能学会全国大会論文集, pp.187-190, 1996
- [4] 難波他: 体系化された機能概念に基づいた動的システムの機能理解~化学プラントを例題として~, 第55回情報処理学会全国大会論文集, vol2, pp.388-389, 1998