

# 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

4W-6

## - 化学プラントを例題として - †

難波功次\* 来村徳信\* 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

人間が対象に関して行う設計や診断などの問題解決活動は、物理状態の遷移である振舞いだけでなく、設計者の意図を表す機能に基づいて行われる。例えば設計は目標とする機能を実現する振舞いと構造を構成する問題である。従ってこれらの問題解決を行う計算機システムの構築において、振舞いととも機能概念を表現しその取り扱いの方法を確立することが重要である。

筆者らはこれまでに振舞いと機能の本質的関係の定式化を目指して機能モデル表現言語 FBRL[1]を開発してきた。FBRLにおいて、部品の機能とは振舞いを目的のもとで解釈した結果であり、機能モデルは振舞いモデルに解釈のための情報である Functional Topping(FT)を加えたものとして表現される。

本研究の目的は、既存のシステムの振舞い記述から機能記述を生成する機能理解を行うシステムを開発することである。機能理解問題は、個々の部品が発揮する機能の候補の生成、異なる部品間の機能関係の生成および機能の階層的関係の生成という3つのフェイズからなる。本稿では、部品の機能モデルを与えられて、部品間の機能関係を同定する枠組みについて、化学プラントに多く見られる防止的な機能関係を中心に述べる。

### 2. 機能概念体系

筆者らはFBRLを用いて、化学プラントドメインにおける機能概念を集積し、体系化を行っている(図1)。各ノードは機能概念を表し、リンクはis-a関係を表す。各機能概念は、FBRLで定義されている有限

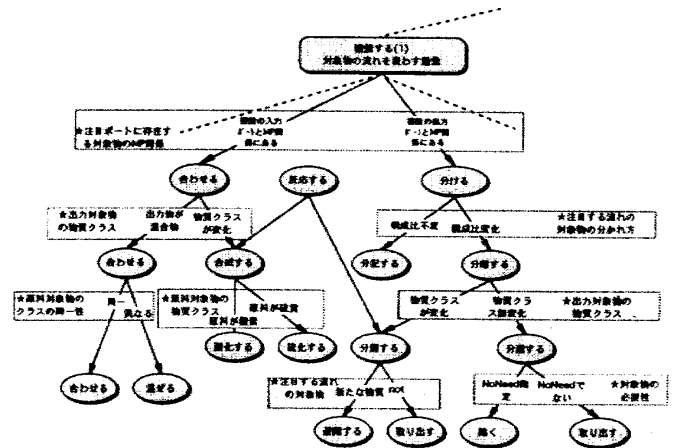


図1: 体系化された機能概念 (一部)

個のFTを用いて記述されている。そのため、振舞いの詳細に対する依存が少なく再利用性がある。この体系化された機能概念を利用することにより、FBRLで記述された部品の機能モデルに対して適切な機能概念を自動的に対応づけることができる。

### 3. 機能依存関係

システムに組み込まれた部品の機能間の因果的な関係を機能依存関係と呼ぶ。機能依存関係には「比例貢献」「可能貢献」「防止貢献」「効率貢献」などがある[2]。化学プラントにおける機能依存関係の例を図2に示す。次節以降、化学プラントに多く見られる防止貢献について述べる。

#### 3.1. 防止貢献

機能にはその達成に伴い、副作用的な状態遷移を引き起こす可能性を持つものがある。以後このような状態遷移を異常事象と呼ぶ。異常事象により対象システムが異常状態に陥ることが設計時に予測されている場合、異常事象を防止する機能をもつ部品が系に組み込まれることが多い。図2のプロセスでは、還元槽は“触媒毒の存在による触媒の不活性化”，熱交

†Understanding the Functionality of Dynamic Systems Based on a Functional Ontology  
K.Namba\*, Y.Kitamura\*, N.Harada†, R.Mizoguchi\*  
\*I.S.I.R., Osaka Univ.  
†DERC, Mitsubishi Chemical Corporation

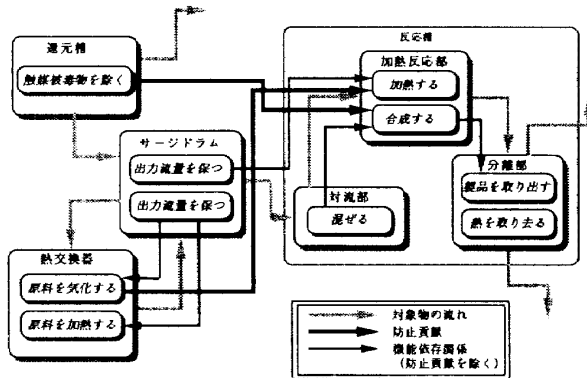


図 2: 反応プロセス及び機能依存関係

換器は“急激な加熱による原料の突沸”に対してそれぞれ防止的に貢献している。

### 3.2. 異常事象モデル

FBRL モデルは正常時の入出力関係により記述されているため、異常事象が生じることを推論することができない。異常事象を異常事象語彙、原因、結果の3つの要素からなる異常事象モデル(図3)として表現する。これはある部品が原因の記述を満たした場合、異常事象により、対象が結果に記述された状態に変化することを意味している。

例えば、異常事象「触媒不活性化」は、「反応する」という機能を持つ部品の内部に触媒と触媒毒と認識される対象物が存在した場合に、「反応する」機能が阻害されることを表現する。また、異常事象「熱損」は、対象物が断熱されていない部品中を長時間通過した場合に、結果として温度が下がることを表現する。

異常事象モデルは機能概念に対応した語彙を用いて記述されており、機能レベルでの推論に有効である。さらに体系化された機能概念(図1)と結び付けられているため、一般性、再利用性が高いという利点がある。

### 3.3. 防止貢献の導出

異常事象モデルを用いた防止的貢献の導出は以下の

異常事象語彙		異常事象モデル	
		熱損	触媒不活性化
原因	原因機能	通ず	反応する
	原因状態	近傍温度<対象物温度 機能所要時間(長)	env:触媒≡存在 env:触媒毒=存在
結果	阻害機能		反応する
	結果状態	対象物温度<正常	

図 3: 異常事象モデル例

ように行われる。

- STEP1: ある系Sにおいて、依存関係を導出した部品Xの機能Fを選択する。
- STEP2: 機能Fの注目属性<sup>1</sup>の変化を考慮しない場合の系S'において、属性間の因果解析を行う。
- STEP3: 系S'においてなんらかの異常事象が生じるかシミュレートを行う。
- STEP4: 異常事象が導出された場合、異常事象結果に基づき、防止貢献先の機能を同定する。

図2において、還元槽の機能「触媒毒の除去」を例に、その異常事象防止的貢献の導出を考える。還元槽の「触媒毒の除去」機能の注目属性は“触媒毒の量”である。この機能を考慮しないことにより、系S'では次部品に触媒毒が入力される。以下、対象物の流れに沿ってFBRLモデル及び異常事象モデルを参照して、シミュレートする。サージドラム、熱交換器及び反応槽対流部の各機能に対しては、原因の一致する異常事象モデルが存在しないため防止貢献は同定されない。

一方、反応槽加熱反応部の「合成する」機能は「反応する」機能のサブクラスであり、異常事象「触媒不活性化」の原因機能と一致する。また、系S'においては部品内に触媒毒が存在するため、原因を全て満たす。このことから、「触媒毒を除去する」機能は防止貢献を果たしていることが同定される。さらに、阻害機能「反応する」の記述より、防止貢献の対象は反応槽加熱反応部の「合成する」機能であることが同定される。

## 4. まとめ

異常事象モデルを利用した防止的関係の導出について述べた。今後は、効率などのより一般的な貢献関係の導出および機能の階層的関係の生成を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 笹島, 来村, 池田, 溝口: 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
- [2] 笹島, 来村, 池田, 溝口: 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

<sup>1</sup>機能が操作することを意図している属性。FTの1つとして記述されている。