

# ランキンサイクルのモデル化と説明生成 —機能モデル表現言語 FBRL による記述—

5 J-6

三谷重則, 笹島宗彦, 宋揚, 來村徳信, 池田満, 溝口理一郎  
大阪大学産業科学研究所

## 1 はじめに

筆者らは対象の機能と振舞いの概念をモデル化するための言語 FBRL (Function and Behavior Representation Language) を開発してきた [2]. 本稿では火力発電所などのサイクルでは標準的で理論的に最も簡単なランキンサイクルの FBRL によるモデル化とそれに基づく説明生成について示す.

## 2 機能モデル表現言語 FBRL

FBRL は, 機能モデルを振舞いにその解釈のための情報を加えたものとして表現するオブジェクト指向言語である [2]. 図 1 は機能モデルの記述のためのテンプレートであり, /\* \*/ で囲まれた部分はコメントである.

```

Behavior:
Objects: /* 部品に入出力される対象物 */
SubComponents: /* 副部品の名前 */
MP-Relations: /* 入力物から生成された出力物 */
SameClass: /* 入出力物の種類の同一性 */
InherentParams: /* 部品に固有のパラメータ */
Ports: /* ポートの接続関係 */
QN-Relations: /* パラメータの関係式 */
Functional Topping:
Goal: /* 部品の目標 */
FuncType: /* 機能タイプ: 達成・維持・防止・制御・可能 */
O-Focus: /* 主機能が注目する入出力関係 */
S-Focus: /* 主機能が注目する対象物のクラス */
Needs: /* 出力物の必要性 */
    
```

図 1: 部品の機能モデルクラステンプレート

部品の振舞いは物質やエネルギーなどの対象物と対象物間の関係であり, 図 1 の Objects 以下の 7 属性で記述する. また, 我々は部品の機能を振舞いを解釈したものと捉え, 振舞いのモデルにその解釈に必要な情報 5 つの FT (Functional Topping) を加えることでそれを表現する.

FBRL を用いると, 機能や対象物に関する知識レベルの語彙 (機能語彙, 対象物語彙) を記述できる.

## 3 ランキンサイクルのモデル記述

図 2 は, ランキンサイクルが動作流体を加熱して行った仕事が発電の場合の例であり, 矢印の方向に動作流

体は循環する [3].

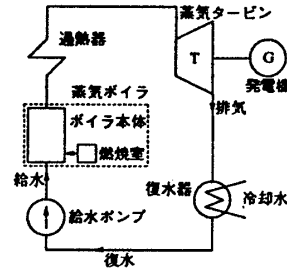


図 2: ランキンサイクルの構成

### 3.1 部品のモデル例

本節では, 機能モデルのうち FT の記述についてのみ説明する.

復水器の振舞いは, 入力流体を冷却し液体にして出力する部品としてモデル化できる (図 3).

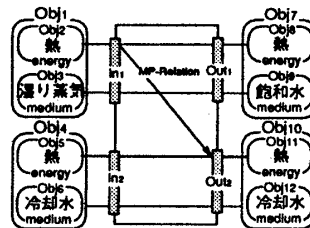


図 3: 復水器の振舞いモデル

復水器は入力された湿り蒸気を等圧冷却して液体にするものなので, Goal の記述を  $G(\text{Phase}=\text{Liquid}), G(\text{Obj2.Energy} > \text{Obj8.Energy}), G(\text{Obj3.Pressure} = \text{Obj9.Pressure})$  として, それを表現する.

次に復水器は入力流体の相を液相にしているため, FuncType の記述は達成となる.

復水器は入力流体の熱を奪う部品であり, 熱エネルギーに注目していると捉えられるので, O-Focus の記述を  $O\text{-Focus}(\text{Thermal Energy})$  とする.

復水器内の 2 つの対象物の流れのうち, 注目すべき流れは冷却される流体の流れであるため, S-Focus の記述は  $S\text{-Focus}(\text{In1}, \text{Out1})$  となる.

最後に, ランキンサイクルにとって, 出力される水が必要で, 出力流体の熱エネルギーは不要なので, Needs の記述を  $\text{Need}(\text{Out1}, \text{Water}), \text{NoNeed}(\text{Out1}, \text{Thermal Energy})$  とする.

Modeling Rankine Cycle and Generating Its Explanations  
Shigenori MITANI, Munehiko SASAJIMA, Song Yang, Yoshinobu KITAMURA, Mitsuru IKEDA, and Rūichiro MIZOGUCHI  
I.S.I.R., Osaka Univ.  
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

同様に、電動の給水ポンプの振舞いを、入力流体の圧力を電気エネルギーを利用して高め出力する部品としてモデル化することができる(図4)。

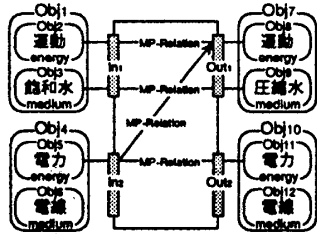


図4: 給水ポンプの振舞いモデル

給水ポンプは次の部品であるボイラによって決定される規定圧力を与えることによって流体をボイラに押し込んでおり、Goalはスロットの値を  $G(\text{Obj8.Pressure}=\text{P}_{\text{regular}})$  として、それを表現する。

次にランキンサイクルが動いている間、給水ポンプは出口の流体の圧力をボイラ圧力以上に保ち続ける必要がある、FuncTypeを維持としてそれを表現する。

給水ポンプは流体の圧力を高める部品であり、運動エネルギーに注目していると捉えられる。これを表現するためにO-Focusの記述をO-Focus(Kinetic Energy)とする。

給水ポンプに存在する2つの対象物の流れのうち、注目すべきものは圧力を受ける流体の流れであるので、S-Focusの記述はS-Focus(In1,Out1)となる。

最後に、出口の流体の圧力がランキンサイクルにとって必要なので、Needsの記述をNeed(Out1,Kinetic Energy)とする。

### 3.2 機能語彙の定義例

例として、機能語彙「冷却」のFBRLによる定義について述べる。我々は機能語彙「除く」を(1)主機能が注目する対象物の流れからエネルギーが出ていき、(2)主機能はそのエネルギーに注目していて、(3)そのエネルギーがシステムにとって不必要である、と定義し、S-Focus,O-Focusによってそれを表現する。さらにこの定義に(4)除くエネルギーは熱エネルギーである、を加えることで「冷却」を定義できる。

## 4 説明生成

本節では、FBRLによるランキンサイクルの説明例を示す。説明生成に関するより詳細な議論については文献[1]を参照のこと。

部品のFBRLモデル、機能語彙ライブラリを参照して適切な語彙を用いることにより機能語彙を用いたわかりやすい説明文を生成できる。

図2の復水器に対しては、次のように復水器がシステム全体にどのように貢献するかを述べている説明文を生成できる。「湿り蒸気」のような対象物語彙は、対象物語彙ライブラリにあらかじめ定義されている。例えば「湿り蒸気」の定義は、(1)復水器の入力流体の温度が沸点で、(2)部品モデルのスロットPhaseの値が気相と液相の混合状態である、となっている。

復水器は湿り蒸気より熱エネルギーを除き、冷却します。

熱エネルギーを除かれた湿り蒸気は飽和水になります。

飽和水は給水ポンプにより圧縮されます。

圧縮された飽和水は圧縮水になります。

圧縮水は蒸気ボイラにより加熱されます。

加熱された圧縮水は飽和蒸気になります。

飽和蒸気は過熱器により加熱されます。

加熱された飽和蒸気は過熱蒸気になります。

過熱蒸気は蒸気タービンにより膨張させられます。

膨張させられた過熱蒸気は湿り蒸気になります。

同様に、図2の燃焼室がシステム全体の機能に対してどのように貢献しているかという説明を次のように生成できる。

燃焼室は燃料と酸素から熱エネルギーを生成します。生成された熱エネルギーは燃焼ガスに乗ってボイラ本体に出力されます。

熱エネルギーはボイラ本体によってポンプから入力された水に与えられます。

熱エネルギーを乗せた水はボイラ本体で加熱されて、湿り蒸気になります。

熱エネルギーを乗せた湿り蒸気は過熱器で加熱されて、飽和蒸気になります。

飽和蒸気に乗った熱エネルギーはタービンで変換されて、回転エネルギーになりシャフトに乗って発電機に出力されます。

シャフトに乗った回転力は発電機で変換されて、電力になります。

## 5 むすび

本稿では機能モデル表現言語FBRLを用いたランキンサイクルのモデル化と説明生成について述べた。説明生成での課題として、機能語彙や対象物語彙の使用条件に関する考察の不十分さがある。現在、この結果をフィードバックしてインプリメントを行なっている。

## 参考文献

- [1] M. Sasajima, Y. Kitamura, M. Ikeda, and R. Mizoguchi. FBRL: A Function and Behavior Representation Language. In *Proc. of the IJCAI-95*, 1995. (To Appear).
- [2] M. Sasajima, Y. Kitamura, M. Ikeda, S. Yoshikawa, A. Endou, and R. Mizoguchi. An investigation on domain ontology to represent functional models. In *Proc. of the QR'94*, pp. 223-233, 1994.
- [3] 谷下, 北山. 図解 熱力学の学び方. オーム社, 第2版, 1984.