

抽象的順序機械型代数的仕様からのドキュメント生成システムの試作

4M-5

工藤 朋之† 石原 靖哲† 関 浩之†

†奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

ソフトウェアの生産性と品質を向上させる手法として、実装者に提供する外部仕様を、抽象的順序機械型代数的仕様（以後順序機械仕様と略）^{[1][2]} と呼ばれる代数的仕様の部分クラスを用いて記述する方法がある。本稿では、与えられた順序機械仕様に対し、縮退遷移グラフと日本語による説明文からなるドキュメントを生成する手法について述べる。

2 順序機械仕様

順序機械仕様では、表1に示す3種類の関数を用いて機械の動作を定義する。 O を観測関数、 T を外部操作関数、 T' を状態遷移関数、 s を状態を表す変数、 $x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$, および z_1, \dots, z_k を状態以外の値を表す変数とする。各関数の意味を定義する公理は以下の形式である。

$$T(z_1, \dots, z_k, s) = \dots \quad (1)$$

$$O(x_1, \dots, x_n, T'(y_1, \dots, y_m, s)) = \dots \quad (2)$$

図1に順序機械仕様の例を示す。直観的には、形式(1)の公理では、左辺の外部操作関数をifの各条件分岐で状態遷移関数に対応づける。形式(2)の公理では、各状態遷移関数で表される状態遷移後の観測関数の値を遷移前の状態における観測関数の値を用いて定義する。なお、図1の $p13(s)$ は補助関数であり、それを定義する公理は省略している。

順序機械仕様は、変更が容易である反面、規模が大きくなると、例えばプロトコル仕様における通信のフェーズ間の遷移などのような、大局的な状態遷移を見出すのが困難になる。従って、特定の観測関数の値に着目して全状態空間を分割し、各部分状態空間の間の状態遷移が示されれば、仕様の理解の助けとなる。筆者らは、与えられた順序機械仕様の状態空間をこの意味で構造化し、ドキュメントを生成するシステムを試作している。

3 ドキュメント生成システム

本システムはまず、順序機械仕様を入力として、対話的に一つの縮退遷移グラフを作成する（図2）。次に、各

A Document Generation System for Abstract Sequential Machine Specifications

Tomoyuki Kudoh†, Yasunori Ishihara†, and, Hiroyuki Seki†

† Nara Institute of Science and Technology

表1: 仕様で用いられる関数

観測関数	各状態における状態成分を表す。
外部操作関数	外部から順序機械に与えられる操作を表す。
状態遷移関数	順序機械の状態を遷移させる。

```
Specification SPM
Observation Functions /* 観測関数 */
vm, va : SPM -> Nat
ssynM, awaitSSYNMrsp, vsc : SPM -> Bool
phase : SPM -> Phase_name
vrsp : SPM -> R_type

Interface Functions /* 外部操作関数 */
ssynM_req : Ssp, SPM -> SPM

State Transition Functions /* 状態遷移関数 */
ssynM_req1 : Ssp, SPM -> SPM

Axioms
s : SPM;
pa_SSYNMreq : SSP;
/* 形式 (1) の公理 */
ssynM_req(pa_SSYNMreq, s) =
  if(phase(s) == DATA_TRANS)
    if(!ssynM(s) && vrsp(s) == NO && p13(s))
      ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s);
/* 形式 (2) の公理 */
vm(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = vm(s)+1;
va(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = if(vsc(s)) vm(s);
else va(s);
ssynM(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = TRUE;
awaitSSYNMrsp(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = FALSE;
vsc(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = FALSE;
phase(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = phase(s);
vrsp(ssynM_req1(pa_SSYNMreq, s)) = vrsp(s);
```

図1: セッションプロトコル^[3]の順序機械仕様
(大同期点設定部分の一部)

状態空間ごとに、そこからの状態遷移を説明する日本語文を公理から生成する。

3.1 縮退遷移グラフの構成

データタイプには、Bool など値が有限個のもの（有限データタイプ）と、整数など値が無限個のもの（無限データタイプ）がある。以降、関数値が有限データタイプである観測関数を O_1, \dots, O_m とする。

状態空間の分割は、 O_1, \dots, O_m の値に従って行なうものとし、分割された一つの部分状態空間は、関数 O_1, \dots, O_m の値の組の有限集合により表す。特に全状態空間 U は、 $U = \{(d_1, \dots, d_m) \mid d_i (1 \leq i \leq m) \text{ は } O_i \text{ のとりうる値の一つ}\}$ である。分割された部分状態空間を S_1, \dots, S_n ($U = S_1 \cup \dots \cup S_n$) とするとき、次のような有向グラフ (V, E) を、縮退遷移グラフという。

頂点集合 V は $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ であり、 S_i から S_j へ“遷移可能”である時かつその時のみ辺 $S_i \xrightarrow{L_{ij}} S_j \in E$ が

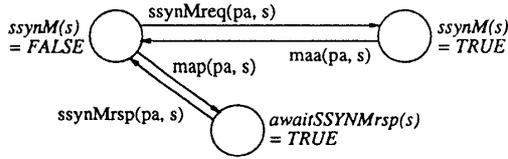


図 2: 縮退遷移グラフの例 (一部)

存在する. ここで, L_{ij} は以下のような集合である.

$$L_{ij} = \{(T, c(S_i, T(z_1, \dots, z_k, s), S_j)) \mid T \text{は外部操作関数}\} \quad (3)$$

ただし, $c(S_i, T(z_1, \dots, z_k, s), S_j)$ は, S_i において操作 $T(z_1, \dots, z_k, s)$ を行なった後 S_j に遷移するための条件式であり, 形式 (1), (2) の公理により定義される. L_{ij} の構成法は紙面の都合により省略する.

状態空間の分割: ユーザは現在の縮退遷移グラフを見ながら, 分割すべき部分状態空間 (頂点) S と, 分割の基準となる観測関数 O_i を指定する. O_i のとりうる値の集合を $\{c_1, \dots, c_k\}$ とすると, S は, $S'_j = \{(x_1, \dots, x_m) \in S \mid x_i = c_j\} (1 \leq j \leq k)$ に分割される.

状態空間の合併: ユーザはグラフを見ながら, 合併する部分状態空間 S'_1, \dots, S'_l を指定する. 合併により得られる部分状態空間は $S'_1 \cup \dots \cup S'_l$ である.

3.2 公理の説明文の生成

縮退遷移グラフの各頂点や辺に, 関連する公理の説明文を対応づけることにより, 全体をハイパーテキスト化する. ユーザが頂点 S_i を指定した場合は, S_i における観測関数の値を用いて簡単化された公理の説明文を提示する. 辺 $S_i \xrightarrow{L_{ij}} S_j$ を指定した場合は, 式 (3) における外部操作関数 T に関連する公理の説明文を提示する. ハイパーテキストの実現法については検討中である.

順序機械仕様から公理を説明する日本語文を生成するサブシステムは約 300 節の Prolog プログラムで記述されている. 形式 (2) の公理では, 左辺の観測関数の引数に状態遷移関数がちょうど 1 回しか現れず, かつ, 右辺には状態遷移関数が現れない. これより, 状態遷移モデルに基づいた理解しやすい説明文を比較的容易に生成できる. さらに, 以下のような工夫を行っている.

- 条件分岐の変換: ネストの深さに応じて, 場合分けを表す用語を選択したり, インデントをつける.
- 別名指定の利用: もとの代数的仕様の記述者が, 生成された説明文を確認した後, 必要ならば, 理解しやすい別名を指定することができる (表 2).

本システムに, セッションプロトコル [3] 主要部の順序機械仕様 (公理の数 720, 関数の数 167, 図 1 を含む) と

表 2: 別名指定の例

関数	別名
$ssynM_req1(PA, S)$	大同期点発行がされる
$vm(S)$	次通し番号
$va(S)$	同期点を期待する最小の通し番号
$ssynM(S)$	大同期点発行応答の受信を待っている
$awaitSSYNMrsp(S)$	大同期点発行への応答を待っている
$vsc(S)$	小同期点応答を発行する権利を持っている
$phase(S)$	コネクションの状態
$vrsp(S)$	再同期の型

< 状態遷移関数 $ssynM_req1$ >

大同期点発行がされると,

次通し番号は, 遷移前の次通し番号 + 1 となる.

同期点を期待する最小の通し番号は, 小同期点応答を発行する権利を持っているならば 遷移前の次通し番号, その他の場合は 変化しない.

大同期点発行応答の受信を待っていることを表すフラグは, $TRUE$ となる.

大同期点発行への応答を待っていることを表すフラグは, $FALSE$ となる.

小同期点応答を発行する権利を持っていることを表すフラグは, $FALSE$ となる.

コネクションの状態は, 変化しない.

再同期の型は, 変化しない.

図 3: 図 1 の 形式 (2) の公理に対する説明文

表 2 を含む別名指定を入力としたとき, 生成される説明文の一部を図 3 に示す.

4 おわりに

ユーザにどのような情報を提示すれば, 状態空間の分割の基準となる観測関数を決めるのに役立つかを検討中である. さらに, 状態空間をある程度まで自動的に分割する方法も検討中である.

謝辞 常日頃よりご指導頂く, 奈良先端科学技術大学院大学 高忠雄教授および伊藤実教授, 並びに松下電器産業 (株) 奥井順氏に深謝します. また, 代数的仕様の例を提供して頂いた大阪大学基礎工学部岡野浩三助手並びに森岡澄夫氏に深謝します.

参考文献

- [1] 片岡, 工藤, 石原, 関: “代数的仕様からのドキュメント自動生成について”, 情処学全大, 8J-4 (1993-03).
- [2] 杉山, 谷口, 嵩: “基底代数を前提とする代数的仕様”, 信学論 (D), Vol. J64-D, No. 4, pp. 324-331 (1981-04).
- [3] ISO: “Basic Connection Oriented Session Protocol Specification”, ISO 8327 (1987).