

L I p S : 国際標準に基づく形式的仕様記述 L O T O S の支援環境 (3)

## 1 R-5

- 抽象データ記述の処理 -

【INTAP 研究開発委員会 プロトコル形式記述WG】

清水敏彦(日本ユニシス)、板橋吉徳(松下電器産業)、佐藤嘉一(沖電気工業)、  
辻宏郷(三菱電気)、山中顕次郎(日本電信電話)、大蒔和仁(電子技術総合研究所)

## 1 はじめに

我々は、INTAP(情報処理相互運用技術協会)の形式記述WGの活動として、LOTOSの支援環境LipS[5]を設計している。本稿ではこの中の抽象データ記述の処理について述べる。LOTOS言語で記述された仕様は、プロセスの振舞いに関する記述と、プロセスが扱うデータ(値)の記述に大きく分類できる。データに関する記述をデータ仕様と呼ぶ。記述されたデータ仕様の解釈方法、すなわち意味論はISO8807[1]が厳密に定めている。本稿では、この意味論のインプリメントに関して述べる。また、LOTOSの規格についても感想を述べたい。

## 2 ISO8807のデータ仕様の解釈

LOTOSの意味論では、LOTOSの構文で記述したデータ仕様の意味を、つぎの処理を経て最終的に多ソート項代数の商代数として与える。この意味の与え方は、代数的仕様記述法として知られている[2][3]。

## 2.1 静的意味処理

構文解析、静的に満たすべき要件の検査、構造の平坦化(flattening)と名前の一意化を行いCLS(Canonical LOTOS specification)を生成する。構造の平坦化では、つぎの構造の平坦化方法を厳密に定めている。

- (1)データ型の標準ライブラリの引用
- (2)データ型のコンビネーション
- (3)データ型のパラメータ化及びそのアクチャライズ
- (4)ソート名とオペレーション名のリネーム

## 2.2 動の意味処理

CLSの等式群から導出体系Dを作成する。この導出体系は、データ仕様中の条件無し等式のすべてのインスタンスなどから公理を構成し、条件付き等式のすべてのインスタンスと反射、推移、代入規則から推論規則を構成して作成する。一般的に公理と推論規則の数は無限個になる。この導出体系Dで項の間の合同関係 $\equiv$ 、合同クラス[t]を次のように定める。

$$t1 \equiv t2 \quad \text{iff} \quad D \vdash t1 = t2$$

$$[t] = \{t' \mid t' \equiv t\}$$

この合同関係でシグニチャから作成した多ソート項代数の商代数を作成する。この商代数がデータ仕様の意味モデルである。

## 3 処理系のデータ仕様の解釈

LOTOS処理系の作成にあたって、できるだけISO8807に忠実にインプリメントしたい。しかし、アルゴリズム的に実行できない処理、数学的実体である導出体系、無限個の公理や推論規則は計算機上で取り扱えない。このためISO8807の意味論を次のように変更する。

## 3.1 静的意味処理

構文解析、静的に満たすべき要件の検査、構造の平坦化と名前の一意化を行いCLSの情報を含む中間語[6]を生成する。但し、アルゴリズム的に決定できない性質は検査しない。例えば、フォーマル等式(formal equation)を含むパラメータ化されたデータ型Pをデータ型Bでアクチャライズする場合、Pのフォーマル等式による導出体系が導出する等式は、Bの等式による導出体系が導出可能であることを要請しているが、この判定はアルゴリズム的に決定不能である。

## 3.2 動の意味処理

代数的仕様記述法の処理系[2]で行われるように、LOTOS処理系の作成にあたって導出体系のかわりに項書き換え系[4]を採用する。これは、等式を左辺から右辺への書き換え規則と見なすことにより行う。処理系で用意する項書き換えエンジンでISO8807の導出可能 $\vdash$ の定義をつぎのように変更する。ここで

$$D \vdash t1 = t2 \quad \text{iff} \quad \text{trs}(t1, s, r) = \text{trs}(t2, s, r)$$

この定義により合同関係 $\equiv$ 、合同クラス[t]は次の意味になる。

LipS: Formal Specification Description Environment Based on  
International Standard LOTOS (3) - Abstract Data Description -  
T. Shimizu(Nihon Unisys), Y. Itabashi(Matushita), Y. Satou(Oki), H. Tsuji(Mitsubishi),  
K. Yamanaka(NTT), K. Ohmaki(Electrotechnical Laboratory)

$$t1 \equiv t2 \quad \text{iff} \quad \text{trs}(t1, s, r) = \text{trs}(t2, s, r)$$

$$[t] = \{t' \mid \text{trs}(t', s, r) \equiv \text{trs}(t, s, r)\}$$

この変更により項書き換え系が合流性、停止性を持つようにしないと、ISO8807が定義するデータ仕様の意味と処理系が定義する意味は異なる。項書き換え系の合流性、停止性を判定する問題は一般には決定不能であり、この性質を満たすのは使用者の責任とする。

### 3.3 項書き換えエンジン

項書き換え系では与えられた項にどのような順序で書き換え規則を適用してもかまわない。処理系で用意する項書き換えエンジンでは、つぎのように項書き換え規則の適用を行う。

- (1) 書き換え可能な場所が複数ある場合は、指定された戦略により書き換える場所を選択する。
- (2) ひとつの書き換え可能な場所に、複数の書き換え規則が適用可能である場合は、LOTOSテキスト中の出現位置が、前にある等式と対応する書き換え規則を適用する。

### 4 データ仕様の処理に関する機能

データ仕様の処理に関する機能として、つぎの機能を用意する。

- (1) 項の入力、項の構文解析機能
- (2) 項の評価機能
- (3) デバッグ機能
- (4) 書き換え戦略の指定機能

最左最内戦略、最左最外戦略、並列最外戦略

- (5) 項書き換え系の表示機能
- (6) 各種ステータス表示機能

この他に、書き換え規則の性質の検査機能、書き換え規則の正規化機能を検討中である。

### 5 LOTOSの規格について

処理系の作成にあたり発生した意味論上の疑問点はISO8807により解決できた。これは意味論が厳密に定義されているため、形式的言語の威力を実感できた。しかし、意味論はインプリメントを考慮せず数学的に定義されているため、そのままの意味論をインプリメントできない。新しい言語にとって、その処理系が重要であるとするならば、効率的なインプリメントを意識した意味論にすべきである。またLOTOSのデータ仕様の意味論では、直感と異なる箇所がいくつかあった。例えば、図1のケースではローカルに定義したデータ

型の中にある等式の有効範囲がグローバルである。この例では、 $g!1+1$ の $1+1$ がwhereの奥にある等式 $1+1=2$ により2と合同になる。

```
specification ...
  type T1 is
    sorts Nat
    opns 1, 2 :-> Nat
    _+_ : Nat, Nat -> Nat
  endtype
  behaviour
    g!1+1;...
  where
    where
      type T2 is T1
      eqns 1+1=2;
    endtype
  ...
endspec
```

図1 ローカルに定義した等式の有効範囲

### 謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受け、INTAPが研究開発を行っている通商産業省工業技術院大型プロジェクト「電子計算機相互運用データベースシステム」の成果である。

### 参考文献

- [1]ISO8807: "Information processing systems - Open System Interconnection - LOTOS - A formal description technique based on the temporal ordering of observational behaviour", 1989
- [2]Futatsugi, K., Goguen, J., Jouannaud, J. P., and Meseguer, J., "Principles of OBJ2", Proc. of 12th ACM Symp. on Principles of Prog. Lang., 1985
- [3]稲垣、坂部 "抽象データタイプの代数的仕様記述法の基礎"、情報処理 Vol. 25 No. 1, 5, 7, 9 1984
- [4]二木、外山 "項書き換え型計算モデルとその応用"、情報処理 Vol. 24 No. 2 1983
- [5]辻、大蒔、他 "LipS(1) - 設計概要 -"、情報処理学会第42回全国大会, 1991発表予定
- [6]佐藤、板橋、他 "LipS(2) - 中間言語 -"、情報処理学会第42回全国大会, 1991発表予定