

## プロセス計算の統合支援環境の構築

3G-4

吉田 仙 富樫 敦 白鳥 則郎

東北大学電気通信研究所

E-mail: yoshida@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

## 1 はじめに

近年、情報処理システムの並列化に伴い、並列システムの仕様を曖昧なく記述するための手段として、形式記述技法(FDT: Formal Description Technique)の重要性が高まっている。その中で、並列に動作するプロセスの振舞いを代数的な形式体系として扱うプロセス計算 [4] が注目され、これまでに多数開発されてきた。CCS、CSP、ACP、LOTOS、 $\pi$ -calculusなどはプロセス計算の代表的な例である。

また、それらプロセス計算において、その構文規則にしたがって表現されたプロセスの、動的意味としての遷移関係を調べることを目的とする処理系が、個々のプロセス計算に対し作成されている [2]。しかしながら、そのような処理系を作成するには一般に多大な労力を必要とし、このことがプロセス計算の開発及び利用に関して大きな障害となる。そこで、プロセス計算の開発・利用を支援するシステムに対する重要度が高まっている。

様々なプロセス計算を統一的に扱う統合支援環境の実現により期待される点を挙げると、以下ようになる。

- 既存のプロセス計算の汎用処理系として、プロセスの遷移関係をグラフィカルに表示したり、プロセス間の等価性を自動的に判定することが可能になる。
- 新たなプロセス計算を開発する場合に、そのプロセス計算が意図した動的意味を持つかどうかを確認することによって開発支援系として機能する。
- 多様なプロセス計算を統一的に扱うための形式的手法を与えることができる。

以上の理由から、本稿ではまず第2章でプロセス計算の構文規則と遷移規則を記述する能力を持つプロセス計算記述言語を提唱し、さらにこの言語のインタプリタとして多様なプロセス計算の動的意味を解析するシステム ProCSuS の実装例を3章で紹介する。最後に4章で結論と今後の課題について述べる。

## 2 プロセス計算記述言語

プロセス計算記述言語 LCC (Language of Concurrent process Calculi) [5] とは、プロセス計算の構文規則と遷移規則を記述するためのメタ言語である。一般にプロセス計算はその計算において使われるデータの種類と、プロセスの性質を特徴づける遷移規則とで表される。LCCでは、データは抽象データ型として、遷移規則は遷移関係を論理式とする形式論理体系として表現する。こうして得られる構文規則と遷移規則を記述する能力にプロセス計算においてしばしば用いられる集合などの概念に関する付加機能を合わせることによって、さまざまなプロセス計算が簡単に自然な形で LCC に翻訳されるようになる。

LCCに似た構文をもつ言語として、代数仕様記述言語である OBJ [1] が挙げられる。OBJ は、書き換え規則に基づく項書き換えシステムとしての操作的意味を持つ関数型プログラミング言語である。これに対し、LCCの操作的意味とは遷移規則に基づきプロセスの遷移関係を導出することである。既存のプロセス計算や新たに設計されるプロセス計算の構文規則と遷移規則をこの言語で記述し、ProCSuSで解釈実行することによって、そのプロセス計算上でのプロセスの性質を調べることができるようになる。

## 3 プロセス計算支援システム

プロセス計算支援システム ProCSuS (PROcess Calculus Support System) は、プロセス計算記述言語 LCC

A construction of integrated support environment for process calculi

Sen YOSHIDA, Atsushi TOGASHI and Norio SHIRATORI

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, 2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai, 980, Japan

を解釈し、プロセス計算の構文規則に従って表現されたプロセス動作式の、動的意味としての遷移関係を調べるシステムである。ProCSuSは現在、プロセスの導出木のグラフ表示とプロセス間の等価性判定の2つの機能を持っている。これらのアプリケーションを用いることによって、ユーザはこのシステムをプロセス計算の汎用処理系及び開発支援系として活用することが出来る。

プロセスの遷移関係を表したラベル付き木を導出木という。ProCSuSにはLCCで記述されたプロセス計算上でのあるプロセスの導出木を作成して表示するアプリケーションが用意されている。このアプリケーションは、与えられたプロセス計算に対し、プロセス動作式が入力されるとそのプロセスの遷移関係を遷移規則に基づいて調べ、任意のアクションによって到達可能な全てのプロセスを列挙する。さらにそれら遷移後のプロセスから到達可能なプロセスを調べるということを繰り返すことによってプロセスの遷移関係を表すラベル付き木を作成し、ウィンドウ上にグラフィカルに表示する。

プロセス計算において一般的に用いられる、2つのプロセスの間の等価性を判断する基準として、双模倣等価と観測等価という2つの概念がある。ProCSuSのアプリケーションは、LCCで記述された任意のプロセス計算上における有限のプロセスについてこれらの等価性を自動的に判定することができる。2つのプロセス動作式を入力すると、等価性判定アプリケーションはそれらのプロセスの遷移関係を遷移規則から導出し、各等価性の概念におけるプロセス間の等価性を定義に基づいて解析する。

#### 4 まとめ

1章において、プロセス計算の統合支援環境を構築することの利点をいくつか挙げた。これらの点について改めて確認すると、まず既存のプロセス計算の汎用処理系として、またはプロセス計算開発時における支援系として、ProCSuSが持つ導出木表示や等価性判定のアプリケーションが有効に利用できることを示した。またLCCが多様なプロセス計算を統一的に扱うための形式的手法となり得ることを述べた。

最後に今後実現させていくべき課題を検討する。まず、無限プロセスを含むプロセス動作式から状態数有限

のラベル付き遷移システムを作成し、グラフ表示するアプリケーションを作成することが急がれる。無限プロセス間の等価性判定の効率的アルゴリズムの開発も必要である。また、異なるプロセス計算におけるプロセス動作式の間での観測等価性などの概念を構築することも考えられる。

また、仕様を論理式の形で与え、プロセスが仕様を満たしているかどうかを検証する仕様検証系との結合も興味深い内容である。さらに、最近の木村らの研究 [3] によって、論理式からプロセスを帰納推論するアルゴリズムが提案されているが、このアルゴリズムをProCSuSを用いて実装する研究を現在行なっている。

#### 謝辞

本研究は一部、旭硝子財団、文部省科学研究補助金による援助を受けている。

#### 参考文献

- [1] Futatsugi, K., Goguen, J. A., Jouannaud, J. P., Meseguer, J.: "Principles of OBJ2", *Proc. of the 12th ACM Symposium on Principles of Programming Languages*, ACM (1985).
- [2] "特集：通信システムの形式記述技法の標準化", pp2-81, 情報処理学会論文誌 *Vol. 31 No. 1* (1990).
- [3] 木村成伴, 富樫敦, 白鳥則郎: "Synthesis Algorithm for Recursive Processes by  $\mu$  calculus", 電子情報通信学会情報システムグループ1993年度若手研究者のためのセミナー「計算理論・情報認識理解の研究動向と将来展望」資料 (1994).
- [4] 富樫敦: "代数的プロセスの計算モデル", 日本ソフトウェア科学会チュートリアルテキスト (1992).
- [5] 吉田仙, 木村成伴, 富樫敦, 白鳥則郎: "汎用並行プロセス計算システムの設計開発", pp27-36, 電子情報通信学会技術報告 COMP93-23 (1993).