

# 計算プロセスから変換された Java オブジェクトの等価性について

玉井 徹 加藤 暢 樋口 昌宏

近畿大学 大学院総合理工学研究科 エレクトロニクス系工学専攻

## 1. 序論

計算とは通信チャンネルを介してプロセスが値をやり取りするプロセス代数の一種であり、通信チャンネルそのものも値としてやり取りすることができるという特徴を持つ [1]。これによりプロセス間のリンクを動的に付け替えることができ、プロセスのモビリティを擬似的に実現することが可能である。この特徴により 計算はモバイルエージェントのための形式モデルとして注目されている。我々は、既に 計算プロセスを実行可能な Java オブジェクトに変換する処理系を構築している [2]。本報告ではその処理系の妥当性を検証するため、計算プロセスから変換された Java オブジェクト間の等価関係を定義し、その判定を自動的に行うチェッカーを提案する。

## 2. Java オブジェクト間の等価関係

計算から変換された Java オブジェクト間の等価関係を定義するために、まずこのオブジェクトについて説明する。

### 変換後の Java オブジェクト

例えば  $a(x) \mid \bar{a}b$  の 計算プロセスを変換した Java オブジェクトはベクター型のフィールドに以下のようなイベントに関する情報を保持している。イベントは 計算におけるアクションに対応する。

I/O:input	I/O:output
portname:a	portname:a
argname:x	argname:b
sum:0	sum:1

ここで I/O:input は、そのイベントが入力イベントであることを意味し、portname:a は入力ポート名が a であることを意味し、argname:x は入力された値を収容する変数が x であることを意味している。また sum:0 はそ

のイベントに適用される 計算の演算子に関する情報を表している。

本研究では、上記の Java オブジェクト間の双模倣関係を定義し、さらに与えられた二つのオブジェクトの双模倣性を判定するチェッカーを構築することを目的とする。

### オブジェクトの操作的意味

オブジェクト  $P_j$  に対して、 $\|P_j\|$  を以下のように定義する。

$\|P_j\| = \{\alpha \mid \alpha \text{ は } P_j \text{ で即時に実行可能なイベント}\}$   
以下でオブジェクトに対する遷移システムを定義する。

$$\alpha \in \|P_j\| \text{ のとき } P_j \xrightarrow{\alpha} P'_j$$

ここで  $\alpha$  は以下のいずれかである。

$$\text{入力動作の場合、}\alpha \text{ は } \begin{cases} I/O : \text{input} \\ \text{portname} : a \\ \text{argname} : x \end{cases}$$

$$\text{出力の場合、}\alpha \text{ は } \begin{cases} I/O : \text{output} \\ \text{portname} : a \\ \text{argname} : b \end{cases}$$

$$\frac{P_j \xrightarrow{\beta} P'_j}{P_j|Q_j \xrightarrow{\beta} P'_j|Q_j} \quad \frac{Q_j \xrightarrow{\gamma} Q'_j}{P_j|Q_j \xrightarrow{\gamma} P_j|Q'_j}$$

これは 計算における parallel と呼ばれる演算子に対応する規則であり、

$$\beta \text{ は } \begin{cases} I/O : \text{input/output} \\ \text{portname} : a \\ \text{argname} : x \\ \text{sum} : 0 \end{cases} \quad \gamma \text{ は } \begin{cases} I/O : \text{input/output} \\ \text{portname} : a \\ \text{argname} : b \\ \text{sum} : 1 \end{cases}$$

である。

この  $P_j$  と  $Q_j$  が通信する場合、

$$\frac{P_j \xrightarrow{l} P'_j \quad Q_j \xrightarrow{\bar{l}} Q'_j}{P_j|Q_j \xrightarrow{\tau} P'_j|Q'_j}$$

On an equivalence relation among Java objects translated from Pi calculus  
Toru Tamai, Toru Kato, and Masahiro Higuchi  
Kinki University

ここで  $\tau$  は内部遷移を意味する。

$$\frac{P_j \xrightarrow{\zeta} P'_j}{\sum_{i \in I} P_i \xrightarrow{\zeta} P'_i} \quad j \in I$$

これは 計算の Sum 演算子に対応する規則である。

### オブジェクト間の双模倣関係

オブジェクト上の双模倣関係の形式的な定義を記述する。

$$P_j \simeq Q_j \Leftrightarrow$$

Whenever  $P_j \xrightarrow{\alpha} P'_j$ , then  $Q_j \xrightarrow{\alpha} Q'_j$  for some  $Q'_j$  such that  $P'_j \simeq Q'_j$

Whenever  $Q_j \xrightarrow{\alpha} Q'_j$ , then  $P_j \xrightarrow{\alpha} P'_j$  for some  $P'_j$  such that  $P'_j \simeq Q'_j$

以下では、上記の定義に基づいた検証系について説明する。

### 3 . 等価性検証

上記の双模倣関係の定義に従った Java オブジェクト間の等価性を検証するチェッカーを構築するには、以下の手順が必要となる。

1. 実行可能なイベントをすべて求め、他方のオブジェクトがそれを実行可能かどうか調べる。
2. イベント実行後のオブジェクトをすべて求め、それらのオブジェクトに対して本手順を再帰的に繰り返す。

1. に関してはオブジェクトから、実行可能なイベントを属性ファイルと呼ばれるファイルに抽出し、そのファイルの保持するイベントが一致するかを判定すればよい。

本報告では 1. に関する実装を行った。さらに実装の正当性を確かめるため、トレース等価性の検証系に拡張した。ここでは、この試作システムを用いた実験結果を報告する。

今回は  $a(x) \mid \bar{a}b$  と  $a(x).\bar{a}b + \bar{a}b.a(x) + \tau$  に相当する Java オブジェクト同士の比較を行った。前者は前記の  $\beta, \gamma$ 、後者は下記の  $c, d, e, f$  のイベントを持つ。

$$c = \begin{cases} I/O : input \\ portname : a \\ argname : x \\ sum : 0 \end{cases} \quad d = \begin{cases} I/O : output \\ portname : a \\ argname : b \\ sum : 0 \end{cases}$$

$$e = \begin{cases} I/O : output \\ portname : a \\ argname : b \\ sum : 1 \end{cases} \quad f = \begin{cases} I/O : input \\ portname : a \\ argname : x \\ sum : 1 \end{cases}$$

実験の結果、これら 2 つのオブジェクトがトレース等価であるとの判定結果が得られた。これら以外にも、等価であることが自明であるようなプロセスを用いた比較を行い、トレース等価であるという結果が得られた。

### 4 . 結論

本報告では、Java オブジェクトに対する双模倣関係を定義した。さらに双模倣等価性に基づく検証系を部分的に実現した。結果的に現状の検証系はトレース等価性の判定システムとなっており、トレース等価性の判定系としては正しく動作するという実験結果を得た。

### 5 . 今後の課題

本検証系は現段階ではトレース等価性に基づいたプロセス間の比較をするにとどまっている。これを本報告で定義した双模倣等価性に基づく検証系に改良する必要がある。

### 参考文献

- [1] J.Parrow: An Introduction to the  $\pi$ -Calculus, in J.A.Bergstra, A.Ponse, and S.A.smolka, eds., HAND-BOOK OF PROCESS ALGEBRA, NORTH-HOLLAND (2001)
- [2] 山口 将志, 玉井 徹: 計算と HORB を用いたネットワーク通信プロセスに関する研究, 通信学会関西支部第 9 回学生研究発表講演会, p2-5 (2004-03)