

Flage アーキテクチャにおける代数モデル*

4N-6

田原康之[†] 桑野文洋[‡] 大須賀昭彦[§] 本位田真一[§]

新ソフトウェア構造化モデル研究本部

情報処理振興事業協会 (IPA)

1 はじめに

エージェントモデルを記述するための Flage アーキテクチャ[1]は、能動的に動作する主体であるエージェントが場を渡り歩きながら、メタレベルアーキテクチャに基づいて、環境変化に対し自動的かつ柔軟に適應するシステムの構築を目的としている。しかし、そのような適應メカニズムを開放型ネットワークにおける現実的なソフトウェア開発ということを考慮した場合、高信頼性を保証するために、検証技術を実現する必要がある。

そこで本稿では、そのような検証技術の理論的基盤としての、Flage アーキテクチャの代数モデルについて論ずる。Flage に類似したエージェントモデルの代数モデルとして、書換え論理 [2] がある。書換え論理は、並行オブジェクト指向の定式化のための枠組として提案されているが、制約の表現など、エージェントモデルのための枠組として捉えることも可能である。更に、カテゴリ論に基づく宣言的な意味論が与えられているので、検証を行うのにも適している。しかし、書換え論理では、Flage に特徴的なメタレベルアーキテクチャを完全に定式化することが困難である。

一方本稿では、書換え論理をベースとしながらも、メタレベルアーキテクチャをも扱ったモデルを提案する。本モデルでは、動的な記述の変更に対し、代数的な意味論を与えることができる。なお本モデルは、カテゴリで意味を与えることにより、メタレベル操作を代数的に扱うことが可能となっている。

2 Flage 計算 - エージェントモデルのための形式的体系

本稿では、Flage の代数モデルを与えるために、まず Flage の特徴のうちメタレベルアーキテクチャの意味を与えるための形式的体系である Flage 計算を提案する。そして、Flage そのものの意味については、Flage の記述を、場も含めてこの Flage 計算の記述に翻訳することにより与えることにする。

Flage 計算の特徴は次の通りである。

- 書換え論理と同様の状態遷移モデルに基づき、システムの挙動を記述する。ただし、書換え論理では、シ

ステム状態を項の等式関係による同値類で表し、状態遷移を項の書換えにより表しているが、Flage 計算では、項の同値類と仕様を表す書換え理論の対の間の遷移関係により、システムの挙動を記述する。これにより、仕様の動的変更を表現する。

- メタレベルアーキテクチャを表わすための特徴を有する。
 - ベースとメタで区別され、かつその間の対応が与えられた記号体系を用いる。
 - ベースレベルを扱うためのプリミティブを有する。
 - 状態遷移関係を導くための推論規則において、メタな状態遷移をベースレベルに反映させる規則を持つ。
- やはり書換え論理と同様に、カテゴリ論に基づく代数的意味論が与えられるので、厳密かつ自動的な検証が可能である。

2.1 構成要素

Flage 計算による記述の構成要素は、次の通りである。

- ベースレベルの記号の可算無限集合。
- 書換え理論により与えられる仕様。
- ベースレベルを扱うプリミティブの仕様。
- 項と書換え理論のメタ表現である reification 項。

2.2 推論規則

Flage 計算においては、システム状態を表す項の等式関係による同値類と、仕様を表す書換え理論の対の間の遷移関係により、システムの挙動を記述する。さらに、等式関係および遷移関係の推論規則として、通常書換え論理に基づくもの他に、リフレクション規則と呼ばれる、メタレベルアーキテクチャを表現するための規則が与えられる。

3 Flage 記述の Flage 計算への翻訳

これまでの議論により、Flage のメタレベルアーキテクチャの特徴を表す形式的体系である Flage 計算を検討した。本章では、Flage そのものの記述を Flage 計算の記述に翻訳することにより、Flage の代数モデルを与える。

* An Algebraic Model in Flage Architecture
Yasuyuki Tahara, Fumihiko Kumeno, Akihiko Ohsuga,
and Shinichi Honiden
Information-Technology Promotion Agency, Japan

[†](株) 東芝より出向

[‡](株) 三菱総合研究所より出向

[§]現(株) 東芝

3.1 メタレベルアーキテクチャの翻訳

Flage のメタレベルアーキテクチャの翻訳に関しては、まず Flage 計算においては、ベースレベルの状態を表す項と、ベースレベルの仕様を表す書換え理論の対は、メタレベルにおいて1つの項により表される。また、ベース・メタに共通な仕様として、

- 未知メッセージの特定・処理
- 場に対するエージェントの挙動の制御(制約チェックなど)

といったものがあるが、これらはデフォルトの仕様として、書換え理論に翻訳される。

したがって、Flage のメタレベルアーキテクチャは、次のような Flage 計算の対象の組で表すことができる。

- ベースレベルの状態と仕様の対のメタ表現(項)
- メタレベルの状態を表す項
- メタレベルの仕様を表す書換え理論

3.2 エージェント定義の翻訳

エージェント定義の翻訳においては、

- 定義はメタとベースで分かれており、
- 基本動作は、メッセージキューから取出したメッセージに応じて、書換えを実行する、というものである、

という点を考慮すると、各メタレベルにおける定義に対し、

- メタレベルでのメッセージキューの操作と、
- ベース・メタレベルでの書換えの実行

の Flage 計算における記述への翻訳を、書換え規則により与えればよいことが分かる。具体的な翻訳は、Maude 言語 [3] などの、並行オブジェクトのモデル化と同様である。

3.3 場定義の翻訳

場定義の翻訳については、場定義の各構成要素毎に、定める。すなわち、場固有の属性、場固有のメソッド、および属性の制約を、それぞれ項、書換え規則、および書換え規則の条件に翻訳する。

4 関連研究

メタレベルアーキテクチャやリフレクションの表示的意味論および代数モデルについては、従来より提案されているが、いずれもベースレベルの計算の状態に対するメタの操作を扱うものであり、本研究のような動的な記述の変更を扱ってはいない。

また、[4] は書換え規則の動的な変更が可能な等式論理体系を提案しているが、操作的意味論しか与えていないので、厳密な検証を検討するのが困難である。

さらに、[5] はリフレクションの別の定式化について提案しているが、抽象的な枠組にとどまっている。

一方本研究は、Flage で実現しているような、動的な記述の変更に対し、代数的な意味を与えている。さらに、始代数モデルを与えることが可能な程度の具体的な定式化であるため、Flage の厳密な検証の基盤を提供するものとなっている。

5 おわりに

本稿では、エージェントモデルを記述するための言語 Flage の代数モデルを提案した。本モデルは、カテゴリの特徴を活かすことにより、特にエージェントモデルにおけるメタレベルアーキテクチャに対し、代数的意味論が与えられることを特徴とする。これにより、エージェントの環境への適合や、部品の獲得による成長といった挙動の整合性を検証することが可能となる。

今後の課題としては、本意味論に基づく検証系の開発が挙げられる。これにより、Flage によるソフトウェアの開発・検証事例を蓄積してゆきたい。

謝辞 本研究は、産業科学技術研究開発制度「新ソフトウェア構造化モデルの研究開発」の一環として情報処理振興事業協会 (IPA) が新エネルギー・産業技術総合開発機構から委託をうけて実施したものである。

参考文献

- [1] 桑野 他. Flage アーキテクチャの構想第 51 回 情報処理学会全国大会, 1995.
- [2] José Meseguer. Conditional rewriting logic as a unified model of concurrency. *Theoretical Computer Science*, Vol. 96, pp. 73-155, 1992.
- [3] José Meseguer. A logical theory of concurrent objects and its realization in the maude language. In G. Agha, P. Wegner, and A. Yonezawa, editors, *Research Directions in Concurrent Object-Oriented Programming*, chapter 12, pp. 314-390. The MIT Press, 1993.
- [4] 佐藤 崇昭, 栗原 正仁, 大内 東. 自己反映計算機能をもつ等式プログラム処理系の実現. 情報処理学会研究会「プログラミング - 言語・基礎・実践 -」, pp. 69-76, 1994.
- [5] 渡辺 卓雄. 抽象書換えにもとづく自己反映計算の定式化手法. 日本ソフトウェア科学会第 11 回大会論文集, pp. 309-312, 1994.