

## 大規模シミュレーションサイクルを統治する 知識自動獲得型エージェントプロトタイプ的设计と実装

松山 仁美 \* 松岡 有希 \* 小金山 美賀 \* 上島 豊 † 城 和貴 \*

*matsu3@ics.nara-wu.ac.jp*

\* 奈良女子大学理学部情報科学科 \* 奈良女子大学大学院人間文化研究科

† 日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センター

### 概要

近年、高性能計算機やネットワークの普及、可視化手法の確立により多種多様な大規模シミュレーション実験が行われている。同時に、一連のシミュレーションサイクルを統合管理するシステムが開発されている。しかし、既存のシステムを効果的に運用するためには、シミュレーションに関するある程度の知識や複雑な操作を必要とするため、ユーザへの負担が大きいのが現状である。そこで、我々はシミュレーションサイクルを自律的に処理するエージェントシステムのプロトタイプを設計し、実装する。

## Design and Implementation of an Automatic Learning Agent System for Large-scale Simulation Cycles

Hitomi Matsuyama \* Yuki Matsuoka \* Mika Koganeyama \* Yutaka Ueshima † Kazuki Joe \*

\* Nara Women's University, Faculty of Science, Department of Information and Computer Sciences

\* Nara Women's University, Graduate School of Human Culture

† JAERI, KANSAI Research Establishment, Advanced Photon Research Center

### Abstract

Recently, as high performance computers with advanced network technology and effective visualization methods become available, large-scale simulations for various research fields are performed. Some management systems for the simulation cycles have been developed. However, it is a burden for users to operate the system because they need to have knowledge for the simulation and the operation is complicated. Thus, we design and implement a prototype of an automatic learning agent system for the large-scale simulation cycles.

## 1 はじめに

シミュレーション実験は、ある程度の処理能力を持つ計算機があれば、様々なパラメータで何度も実験を行うことができ、実験量に対する相対的なコストも良い。そのためシミュレーション実験は、あらゆる分野に対して有用性が高く、必要とされている。かつては、シミュレーション実験を行うことができる計算機環境は十分とは言えず、シミュレーション実行に要する計算時間が長く、また、満足な精度の結果を得ることも困難であった。近年の計算機ハードウェアの発展による高性能計算機の普及や、シミュレーション結果を評価するための有効な手段である可視化手法の確立によって、シミュレーション実験を短時間で効率よく行うことができるようになった。さらに、LANやWANなどの普及により、ネットワーク環境も充実し、ネットワークで接続された複数の計算機を用いた大規模なシミュレーション実験も試みられている。

シミュレーション環境が充実するとともに、シミュ

レーションの規模が大きくなり、手順も複雑になる。大規模シミュレーション実験の効率化をはかるために、従来は別々に行っていたシミュレーション・データ転送・可視化・データ解析というシミュレーションサイクルを統合管理し、一括処理するシステムが必要とされ構築されている。このようなシステムにより、ユーザはシミュレーション実験サイクルを一括して操作可能になる。しかし、パラメータの設定、使用する計算機の実機などの各種設定は、ユーザが手動で行うのが現状である。したがって、システムを効果的に運用するためには、シミュレーション実行に関するある程度の知識や、複雑な操作を必要とするため、ユーザへの負担は非常に大きい。

このような背景から、我々は、大規模シミュレーション実験を行う際に、ユーザの操作補助や適切なアドバイスをを行う能動的なシミュレーション統治システムの開発に着手している。

エージェントとは、自らの意思決定原理に基づき、合理的な動作をするシステムである。エキスパートシステムのように与えられたルールのみで動作する

のではなく、ユーザの細かい指示がなくても、目標達成のためのプランを自ら考え、行動する自律性を持つ。さらに、他のエージェントと協力しながら問題解決する協調性や、自ら必要な知識を学習する成長性を持つ。我々は、このような特徴を持つエージェントを本シミュレーション統治システムのエンジンとして採用する。

本稿では、日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センターの超並列計算機上で行われる大規模シミュレーションサイクルを自律的に統治する知識自動獲得型エージェントシステムの設計と、そのプロトタイプ実装に関して報告する。

## 2 Progressive Parallel Plasma コード (P キューブ) 支援システム

日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センターでは、超並列計算機上で動作する超並列プラズマコードを用いて、大規模で高精度なシミュレーションを実施している。現在、この大規模シミュレーションの様々な入力パラメータや、出力結果を統合管理する「P キューブ支援システム」と呼ばれる支援システムが運用されている。

現在の P キューブ支援システムでは以下のような問題が生じている。

1. 多種多様な入力パラメータを手動で与えなければならず、相当な労力が必要である。また、手動設定では設定ミスも多く、シミュレーション実行エラーにもつながる。
2. データ転送のための前処理（データファイルの圧縮など）方法は、データサイズやファイル数、種類などに依存するが、それぞれに対する最適な前処理方法は確立されておらず、非効率的なデータ転送であることが多い。
3. 可視化処理時に、データの種類や可視化方法にあわせて最適な計算機を選択する必要があるが、現状ではユーザが判断し、手動で計算機を選択しなければならない。
4. 可視化結果の表示設定は、表示要求元のスペックを考慮していないため、あらゆる端末での表示には対応していない。

以上の問題は、当該シミュレーションユーザへの大きな負担となっている。そこで我々は、これらの問題点を解決し、ユーザの負担を軽減するエージェントシステムを設計し、そのプロトタイプの実装に着手した。

## 3 エージェントシステムの設計

### 3.1 エージェントの特徴

一般的にエージェントの基本的特性として、以下の4つが知られている。

- ◇ 協調性：複数のエージェントと協力しあって目標を達成する
- ◇ 成長性：知識を蓄積し、行動に反映させる学習能力を持つ
- ◇ 移動性：ネットワーク上の複数の計算機間を移動する
- ◇ 自律性：目標達成のために自ら判断し、プランを立て、「成長性」「協調性」「移動性」の行為を自律的に行う

### 3.2 知識自動獲得型エージェント

エージェントが必要とするある程度の知識は、ルールベースで記述することが可能である。しかし、新しい知識を追加するたびに、手動で知識を記述する作業は冗長であり、既存の知識との整合性の問題もある。さらに、複雑な知識を必要とする場合、ルールベースですべての知識を表現することは困難である。そこで、複雑な知識を必要とするエージェントには、知識自動獲得機能を搭載させる。

知識自動獲得機能とは、エージェントが自律的に学習を行い、学習結果を知識として蓄積する機能である。知識自動獲得機能は、様々なパターンを学習することによって、未知のパターンに対しても適切な結果を導き出すニューラルネットによって実現する。シミュレーションが実行されていない時に、エージェントは利用可能で学習に最適なサーバへ移動し、ニューラルネットによる自動学習ユニットを実行する。

知識自動獲得型エージェントはユーザが新しい知識を手動で追加しなくとも、自律的にあらゆる知識を蓄積していく。よって、様々な状況に対して柔軟に対応することが期待される。

### 3.3 エージェントシステムの構成

3.1 節と 3.2 節であげた機能を備えた以下の A～E のエージェントを用いて、日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センターの大規模シミュレーションを統治するエージェントシステムを設計する。図 1 に、本エージェントシステムの全体構成を示す。

- A : 処理手順生成エージェント  
他のエージェントからの情報をもとに、最適な処理手順を生成
- B : 資源管理エージェント  
使用する全計算機の資源情報を動的に把握し、他のエージェントからの要求に合った最適なサーバを選択

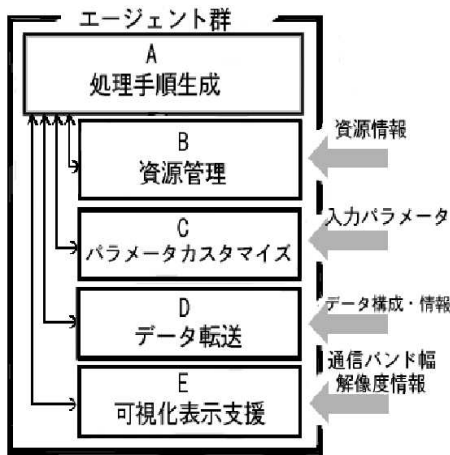


図 1: エージェントシステム全体構成

- C : パラメータカスタマイズエージェント  
ユーザの入力したパラメータのチェックや、不足しているパラメータの補完
- D : データ転送エージェント (知識自動獲得型)  
可視化対象のデータ構成、サイズ、ファイル数などの情報をもとに、データ転送を行うための最適な前処理方法を決定
- E : 可視化表示支援エージェント (知識自動獲得型)  
通信バンド幅や解像度を考慮し、要求元端末での可視化表示に適した設定を記述した XML ファイルを生成

### 3.4 エージェントシステムの動作

エージェントシステムの動作には、主に以下のような 4 つの処理フェーズがある。

- (1) 計算フェーズ
- (2) 可視化処理フェーズ
- (3) 可視化表示フェーズ
- (4) 知識自動獲得フェーズ

各フェーズはリソースに応じて実行可能である。ここでは、3.3 節で述べたエージェント A~E の、(1)~(4) の処理フェーズにおける各動作を具体的に説明する。以下、エージェント A~E を、それぞれ A~E と表記する。

#### (1) 計算フェーズ (図 2)

- A ⇒ B : 最適計算実行機選択要求
- A ⇒ C : 入力パラメータのチェック・補完要求
- B ⇒ A : 最適計算実行機通知
- C ⇒ A : チェック・補完後の入力パラメータ通知
- A : B と C からの情報をもとに計算コード実行処理手順を生成

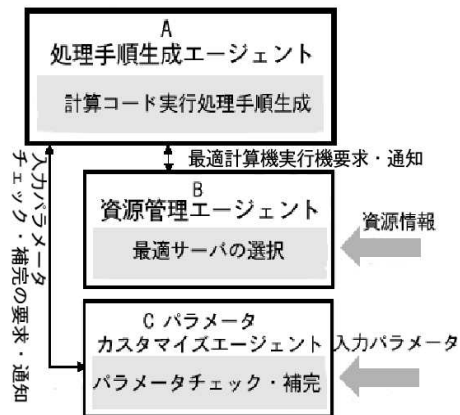


図 2: 計算フェーズ

#### (2) 可視化処理フェーズ (図 3)

- A ⇒ B : 最適 Graphic サーバ選択要求
- A ⇒ D : 最適前処理方法選択要求
- B ⇒ A : 最適 Graphic サーバ通知
- D ⇒ A : 最適前処理方法通知
- A : B と D からの情報をもとに可視化処理手順を生成

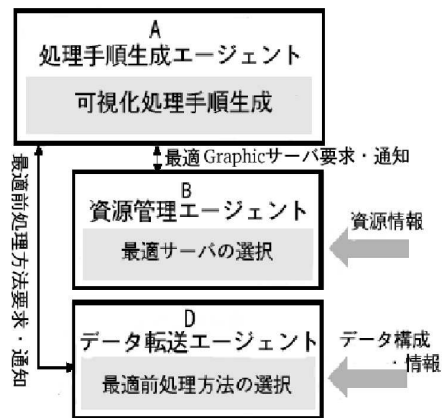


図 3: 可視化処理フェーズ

#### (3) 可視化表示フェーズ (図 4)

- A ⇒ E : 最適可視化表示方法決定要求
- E ⇒ A : 最適可視化表示方法 (XML ファイル) 通知
- A : E からの情報をもとに可視化表示手順生成

#### (4) 知識自動獲得フェーズ (図 5)

- D, E の自動学習ユニットは、それぞれ以下のような動作を行うように構築する。

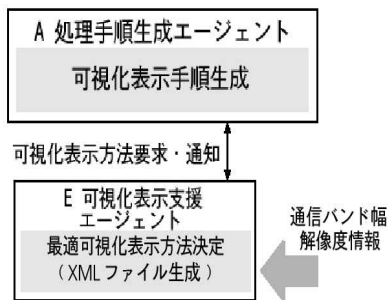


図 4: 可視化表示フェーズ

- D**: ニューラルネットにあらゆる可視化用データセットパターンを入力し、様々な方法で前処理・転送した結果をベンチマークテストによって評価し、評価の高い前処理方法を最適前処理方法として学習させる。学習が完了すれば、学習させたデータセットパターン以外の可視化用データを入力した場合でも、最適前処理方法を選択するようになる。
- E**: ニューラルネットに端末の通信バンド幅、解像度情報、可視化データ情報を入力すると、その端末での可視化表示に最適なXMLファイルを自動生成するためのパラメータを出力する。学習が完了すれば、あらゆる端末上での可視化表示が可能になる。

ここでは、Dの自動学習ユニットを用いた知識自動獲得フェーズについて説明する。

- B**: 動的に資源情報取得  
D ⇒ B: 最適学習実行機選択要求  
B ⇒ D: 最適学習実行機通知  
D: 最適学習実行機へ移動後、自動学習ユニット実行  
B ⇒ D: 最適学習実行機変更通知  
D: 最適学習実行機へ移動後、自動学習ユニット実行  
A ⇒ B: Dの存在サーバ通知要求  
B ⇒ A: Dの存在サーバ通知  
A ⇒ D: 学習中断要求  
D: 自動学習ユニットの停止

Eは、Dと同様の動作で知識自動獲得が可能である。

## 4 エージェントシステムプロトタイプの実装

3章で設計したエージェントシステムのプロトタイプとして、以下のようなエージェントをJDK1.3.1上で実装した。

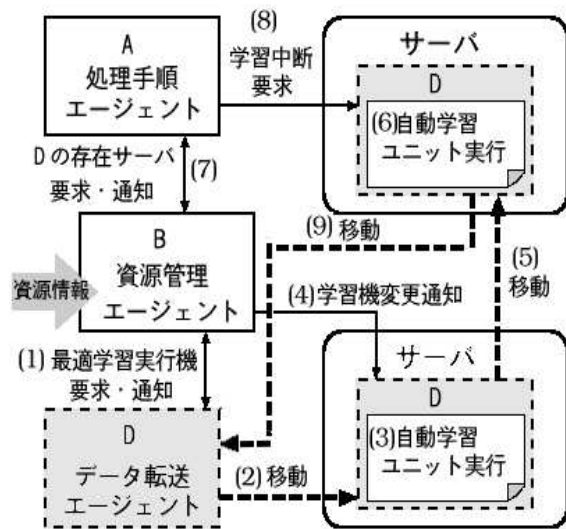


図 5: エージェント D の知識自動獲得フェーズ

- A**: 他のエージェントへ要求を提示し、情報を受け取る。受け取った情報から処理手順を記述したファイルを生成する。
- B**: サーバ資源情報を記述したファイルを参照し、最適サーバを提示する。
- C**: 簡単なルールベースをもとに、入力パラメータのチェック・補完をする。
- D** または **E**: 他のサーバへ移動し、何らかのプログラムを実行する。

上記のエージェントシステムのプロトタイプを正常に動作させることができた。よって、ルールベースの構築や、自動学習ユニットの導入によって、本稿で設計したエージェントシステムの完成が期待できる。

## 5 まとめ

本稿では、日本原子力研究所 関西研究所 量子科学研究センターの超並列計算機上で行われる大規模シミュレーションサイクルを自律的に統治する知識自動獲得型エージェントシステム的设计と、そのプロトタイプ実装について報告した。実装の結果、本稿で設計したエージェントシステムのプロトタイプは正常に動作することが確認できた。

今後の課題は、実際のシミュレーションシステム実行の際に必要なルールベースの構築や、自動学習ユニットによる知識自動獲得機能を実現させることである。さらに、構築したルールベースや自動学習ユニットを、本稿で実装したプロトタイプに導入することにより、本エージェントシステムを完成させる予定である。