

階層型知的エージェントによる自律協調動作の実現

徳本 修一

尾崎 敦夫

渡部 修介

古市 昌一

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

1. はじめに

我々は、ネットワークを介した分散計算機環境下におけるシミュレーションシステムに関する研究を行っている [1]。従来、シミュレーション内で動作するモデルは、単純な条件則のもと、決められた動作を行うことが基本であった。しかし、このようなモデルに知識処理技術を導入することで、知的な動作をモデルに実行させ、自動化を実現してきた [2]。しかし、このような自動化手法ではユーザ要求や経験則をもとに、予測した環境と、その時に対応する動作を関連付ける。そのため想定外の環境での動作実現が困難であり、モデルの柔軟性、汎用性に乏しい。さらに模擬対象が複数になり、連携動作を実現するためには、知識量と計算量の増加が考えられる。この手法では、スケジューリングなどの時間的制約のない静的な問題を扱う場合では、判断処理中の時間経過を操作し、動作模擬が可能であるが、フライトシミュレータなどの実時間対応が重要なシステムへの適用は困難である。

本報告ではシミュレーションの自動化手法として、階層型知的エージェントモデルを提案する。このモデルは従来の知識処理を用いた熟考型処理と、反射的動作のように外界とインタラクティブな即応型処理の階層化と並列処理により、環境変化に柔軟に対応し、実時間動作を可能にする。ここでは航空機の運動模擬実現のため、モデルの構築を行う。更に複数の航空機による編隊飛行などの集団行動、協調処理が必要な状況を想定し、モデルの機能を検討する。

2. 訓練用シミュレーションシステム

本報告で対象としているシミュレーションシステムは、災害救助、防衛などの訓練用シミュレーションシステムである。このようなシステムでは、大規模な訓練を実施するために訓練者以外の動作を自動

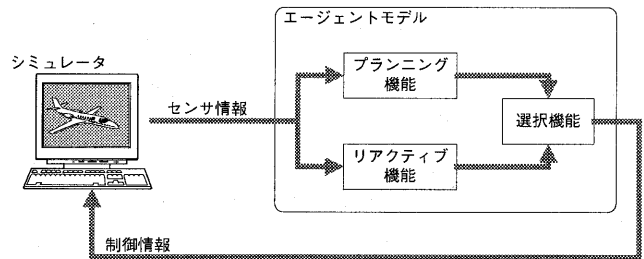


図1: シミュレーションの基本構成

化する必要がある。近年、米国を中心としたモデリング&シミュレーションの研究が盛んに行われている。そこではSAF (Semi-Automated Forces) 技術やCGF (Computer Generated Forces) 技術の研究が行われ、航空機の自動的または半自動的な運動模擬が実現されてきた [2]。

このような従来技術の多くは、ユーザ要求をもとに構築した知識を用いるため、想定外の環境への対応が困難であり、システムの柔軟性、汎用性に乏しい。また組織的な行動の模擬では、取り扱う模擬対象の粒度に応じて相互関係を様々な状況毎に予め想定し、必要な知識を構築する必要があるため、個々のモデル、システム全体の設計が困難になる。つまりトップダウン的、マクロ的なモデリングでは、記述できる知識、個々の詳細な動きの表現、制御に限界がある。このような問題を解決するには、模擬をボトムアップ的、ミクロ的に構築することが必要と考える。そこで我々は模擬のモデルをエージェントと定義し、モデルの自律性、協調性を実現し、これらの問題点の解決を検討する。

3. 階層型エージェントモデル

我々はこの問題解決のために階層型エージェントモデルを提案する。図1に本モデルと、このモデルを用いた訓練用シミュレーションシステムの基本構成、図2に階層型エージェントモデルの内部構成を示す。このモデルは、ルールや事例をもとに長期的なプランニングや複雑な環境のモデリングを行うプランニング機能と、常に状態変化を観測して反

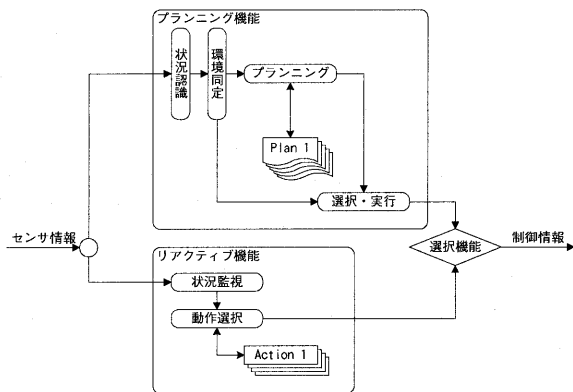


図2:階層型エージェントモデルの内部構成

射的な動作を実現するリアクティブ機能で構成される。両機能は同一のセンサ情報を用いて、独立して制御情報を生成、出力し、選択機能において適切な情報を選択する。通常はプランニング機能の出力結果を優先し、その制御情報として出力される。しかし、急激な状況変化が起きた場合、プランニング機能内では、現在実行していたプランでは対応できずに、制御情報が出力できないことがある。この時、選択機能は時間制限を判断条件としてリアクティブ機能の出力結果を選択し、再プランニングによりプランニング機能の処理が可能になるまでモデルの状態を維持する。例えば、航空機などの航行計画に沿った操縦から天候の変化など急激な状態変化に対しても、リアクティブ機能の制御情報により機体を維持しながら、プランニング機能で航行計画を修正し、実行する事が可能になる。

次に上記モデルを複数用いて集団行動に必要な協調性の実現方法を考案する。効率的な集団行動を実現するには2つの機能が新たに必要である。1つは、モデルの役割設定機能である。複数のモデルにより効率的に集団行動を行うためには、行動を取りまとめるモデルが必要である。そのため各モデルに役割を設定し、その役割に適した行動を実行するようにプランニングを行う。もう1つは高度な通信機能である。各モデルによる行動観察だけでは得られない内部情報をモデル間で交換し、互いの状況を認識する。更にモデル間の交渉を実現することで、先の役割を状況に応じて変更することも可能になる。このように機能の階層化と選択機能による適切な選択を実現することで、実時間性が問われるシミュレーションにおいても動作することが可能になる。

4. 実問題への適用

現在、提案した階層型エージェントモデルを用いた航空機の運動模擬システムの作成を行っている。ここでは様々な状況変化に対応した航空機単機の飛行模擬から、複数機による編隊飛行模擬を段階的に構築し、航空機モデルの実時間処理の検証を行う。航空機モデルのプランニング機能にはプロダクションシステムを適用する。

航空機の動作は、今迄の経験や基本的な行動ルールが多数蓄積されている。プロダクションシステムではこのような経験則や行動ルールを容易にモデルの知識として活用することが可能である。またプロダクションルールとして知識の記述に統一性を持たす事が可能であり、知識の再利用、拡張が容易となる。しかし、ルール数の増加に伴い、計算コストの増加が考えられる。この問題はリアクティブ機能を併用することで解決する。リアクティブ機能には機体の維持、危険回避を目的とした行動パターンを複数用意し、状況に応じて一意に決定する。選択機能には処理時間制限を判断基準としてプランニング機能から設定時間内に出力がないときにリアクティブ機能の出力を選択する。このようなモデルを用いて航空機単機の模擬を実現する。更にこのモデルを航空機毎に割り当て、複数の航空機を個別に制御する事で集団行動の件用を行う。

5. おわりに

本報告では訓練用シミュレーションシステムの自動化を目的に、プランニング機能とリアクティブ機能を有する階層型エージェントモデルを提案し、プランニング機能にプロダクションシステムを用いた航空機モデルを考案した。今後、シミュレータにおいて本モデルの有効性を検証する。

参考文献

- [1] 尾崎, 古市, 徳本, 田中, “既存シミュレーションシステムの機能拡張化方式の検討”, 日本シミュレーション学会 第19回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス, pp.277-280, 2000.
- [2] Jones, R. M., Graphical Visualization of Situational Awareness and Mental State for Intelligent Computer-Generated Forces, *Proceedings of the Eighth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation*, 8TH-CGF-094, 1999. s