

## 大規模災害時における複数組織指揮官意思決定 訓練用シリアスゲームの開発（２）-階層型意思決定機構-

志甫侑紀 秋元菜那 君塚翔太 田邊直人 古市昌一  
日本大学大学院 生産工学研究科 数理情報工学専攻

### 1. はじめに

大規模災害時における指揮官意思決定訓練用シリアスゲームの開発[3]において、我々は外部拡張型ゲームAIを提案している。本研究で対象とする訓練用の実時間環境下では、RTA\*に代表される実時間探索[4]を行う必要がある。しかし、RTA\*では毎時刻探索処理を行うため、ゲーム規模（登場人物の数やシナリオの複雑度等）増大時に処理が実時間内に完了しない場合があり、大規模演習で使用する際の実用化面で問題があった。

本提案によるゲームAIは、従来の問題点を解決するため、探索レベルの異なる複数のAIを階層的に融合し、並行処理を可能とすることを特徴としている。並行処理部分の並列分散処理を可能とするため、ゲームエンジンの外部にゲームAI処理部を設け、ゲーム規模に応じて使用する計算機の台数を増大することにより台数拡張性を備える。

本稿では、本提案方式の概要を紹介するとともに、その有効性確認のために試作した評価用システムについて述べる。

### 2. 従来方式と問題点

指揮官の意思決定訓練を目的としたシリアスゲームの特徴として、シミュレーションが実時間と同じ速さで進行することが挙げられる。よってゲームAIは、時々刻々と変化する実時間環境下において、各時刻で取るべき最良の行動を実時間探索により求める必要がある。

実時間探索の代表的な手法であるRTA\*は、オフライン探索であるA\*アルゴリズムの探索処理を毎時刻実行する実時間探索であり、動的に変化する環境において適している探索手法である。しかし、上述するようにRTA\*は毎時刻探索処理を実行するため、その計算量は空間及び時間計算量ともに探索回数に対して比例的に増大するため、本研究で対象とする大規模環境での訓練においては、計算負荷が増大し処理が実時間内で完了しないという問題があった。

### 3. 提案方式

本提案方式の特徴は、条件反射型AIと熟考型AIの2種類のAIを階層的に融合し、並列分散処理することで、ゲーム規模に応じたスケーラブルなシステム構築を可能とする点であり、我々はこれを階層型意思決定機構と呼ぶ。

条件反射型AIは、条件反射的に状況を判断して行動を決定し、熟考型AIは、付与された時間制約内での最良解を探索して複数の行動プランを立案・選択する。熟考型AIによる複数の行動プラン立案は、条件反射型AIと並行処理する。更に、複数の熟考の深さによる探索も併せて並行処理し、時間制約に基づく有効な意思決定結果が得られた場合に、その結果をその時刻における最良行動プランとして有効とする（図1の上図）。

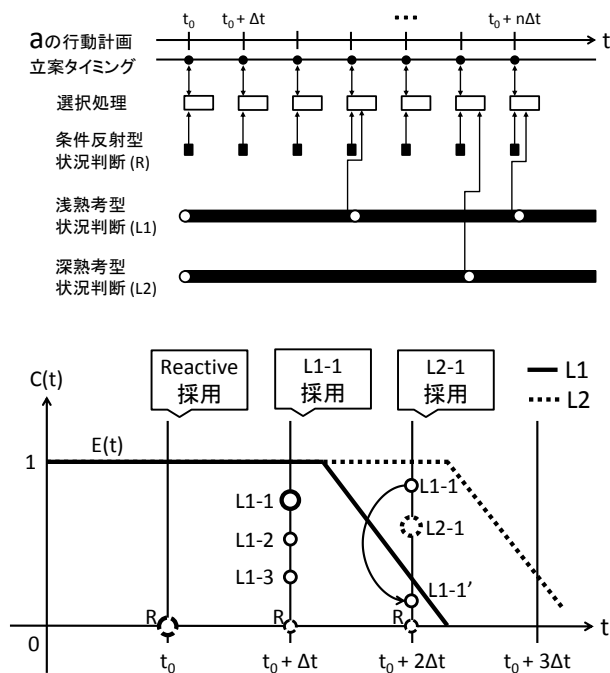


図1. 本提案手法

次に、各AIが立案する行動プランについて述べる。条件反射型AIでは、ランダムに次の行動プランを立案する。熟考型AIにおいては、距離と危険度を考慮した行動プランを立案する。そして熟考

A Development of Commanders Decision Making Training Serious Game -Hierarchical Decision Making Mechanism-, Yuki Shiho, Nana Akimoto, Syota Kimizuka, Naoto Tanabe, Masakazu Furuichi, College of Industrial Technology, Nihon University

のレベルが深くなるほど探索範囲を拡大して探索を実行する。熟考型A Iにより立案される行動プランは、次式 (1) に示す評価式によって計算された評価値が最も高いものをその時刻の最良行動とし選択される。各時刻において熟考型A Iによって立案された行動プランが存在しない場合は、条件反射型A Iの行動プランを有効とする (図1の下図)。

$$W_{Ln} = C_{Ln}(t) \times E_{Ln}(t) \quad (1)$$

ここで、 $W_{Ln}$ は熟考型A I、 $L1 \sim L_n$ の評価値であり、複数ある行動プランの中で目的地までの距離と危険度を考慮した目的地までのコストを示す関数 $C_{Ln}(t)$ と、各レベルの熟考型A Iが立案した行動プランの有効性を示す時間と共に減衰する関数 $E_{Ln}(t)$ の積によって計算される。

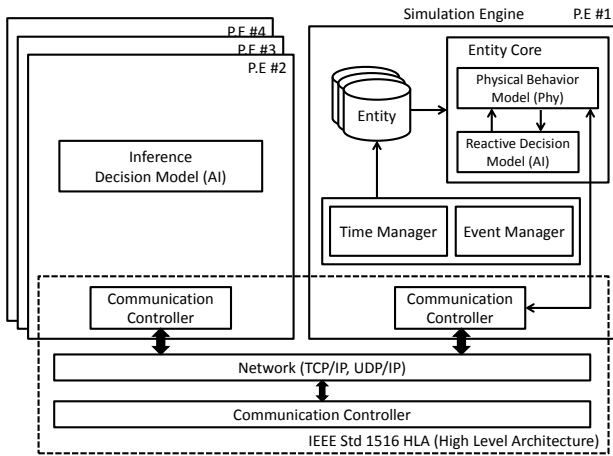


図2. 方法式のシステム構成

図2に本提案方式のシステム構成図を示す。本方式の実装にあたっては、平行処理部分の複数コンピュータによる並列分散処理を可能とするため、ゲームエンジンの外部にゲームA I処理部を設け、異種シミュレータのネットワークによる連携のための国際標準である IEEE Std 1516 (HLA) や IEEE Std 1278 (DIS) 等を用いて連携させる。条件反射型A Iはシリアスゲーム実行エンジン内部に包含する形で構築し、熟考型A Iは実行エンジン外部に拡張する。ゲーム規模に応じて使用する計算機の台数を増大することにより台数拡張性を確保する。

#### 4. 評価用システムと性能予測

本提案方式の有効性を確認するため、災害時の被災民の避難を対象とした評価用システムを試作し、この上で動作実験中である。本評価用システムは、以下に示す性能予測を実施することを目的としてお

り、ネットワークによる複数台の計算機での並行分散処理は未実装である。評価用システムの基盤部分はシリアスゲーム実行エンジンである DELTA3D[6]を使用し、ゲームA I部分はインタプリタ型オブジェクト指向言語 Python を使用して実装を行った。

初期評価項目として、登場人物の数やシナリオの複雑度等のゲーム規模の増大に伴う計算量の変化を計測し、性能予測を実施した (図3)。評価実施環境は格子状の空間を想定し、探索アルゴリズムはA \*アルゴリズムを採用し、計10回の計測の平均値を算出した。図3の左図は登場人物の増加に伴う計算量の変化を示し、右図は探索空間の増大に伴う計算量の変化を示したものである。図からも分かるように $\Delta t$ を100msecに設定した時、登場人物の人数は約40人、探索範囲は25\*25程度の範囲において処理が $\Delta t$ 以内に完了しない事が分かり、本方式が有効であることが分かる。

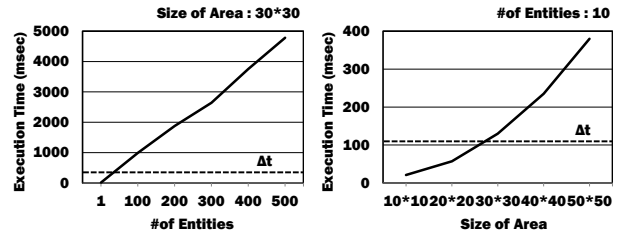


図3. ゲーム規模の拡大に伴う計算量の変化

#### 5. おわりに

本稿では、大規模災害時における指揮官意思決定訓練用シリアスゲームにおいて、時間制約がある中ででの最適解の導出を、大規模環境で実現するための台数拡張性を備える階層型意思決定機構を示し、その有効性確認のために試作した評価用システム及びその性能予測について述べた。今後、試作及び評価を完了し、それに基づく改修、更にはネットワーク連携部分の実装による台数拡張性の確保を実施することが課題である。

#### 参考文献

- [1] 古市昌一他, “災害時における指揮官意思決定訓練のための分散仮想環境構築手法”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第9巻, 第2号, pp.131~140, (2004).
- [2] 志甫侑紀他, “チーム協調型シリアスゲームにおける異種シミュレータ連携法の提案”, 第72回情報処理学会全国大会予稿集, 3ZC-1, (2010).
- [3] 田邊直人他, “大規模災害時における複数組織指揮官意思決定訓練用シリアスゲームの開発 (1) -構想-”, 第74回情報処理学会全国大会予稿集, 1ZC-4, (2012).
- [4] Korf, R. E, “Real-time heuristic search”, Artificial Intelligence, 42(2-3):189-211, (1990).
- [5] Mark G. Core, “Building Explainable Artificial Intelligence Systems”, American Association for Artificial Intelligence, (2006)
- [6] DELTA3D HP, “http://www.delta3d.org/”