

# HLA をベースとした分散型ウォーゲームシミュレーション構築環境の拡張

1 P-2

尾崎敦夫<sup>†</sup>, 古市昌一<sup>†</sup>, 高橋勝己<sup>†</sup>, 松川仁<sup>‡</sup>

三菱電機 (株)<sup>†</sup> 情報技術総合研究所,<sup>‡</sup> 鎌倉製作所

## 1 はじめに

我々は膨大な計算量を要する大規模でより現実に近い模擬を必要とする教育・訓練用ウォーゲームシミュレーションを、分散計算機環境上で効率良く構築し、高速に実行するための研究を行っている。この一環として、2000年を目指してIEEE標準化が推進されている分散シミュレーション接続仕様HLA(High Level Architecture)[1]を利用した分散型ウォーゲームシミュレーション構築基盤“MARINE”(Multi-plAyeR Interactive NEtworked wargame simulation)と、MARINEを用いた評価用ウォーゲームシミュレーションシステム(以下、評価用システムと呼ぶ)の研究開発を行ってきた[2][3]。

ウォーゲームシミュレーションとは、“運動→探知→交戦→被害評価→後方”の基本サイクルを計算機上で模擬し、赤軍と青軍に分かれた複数のプレイヤーが、軍毎に知り得る情報を最大限に活用して情勢判断と意志決定を繰り返し、他の軍と作戦を競うものである。評価用システムでは本サイクルの核となる「運動」と「探知」を実現し、特に計算量が膨大となる探知処理に並列化方式を導入してその効果を検証した。新たに機能拡張した拡張版評価用システムでは、全サイクルの実現、模擬精度が一定レベル以上となる方式の導入、そして探知処理に新たな最適化を施した。

本稿ではMARINEの概要と、拡張版評価用システムで実現した一定レベル以上の模擬精度を保証する方式および探知処理に導入した最適化方式を中心に述べる。

## 2 分散型ウォーゲームシミュレーション構築基盤 MARINE

MARINEは分散計算機環境において、ウォーゲームシミュレーションを効率良く開発し、高速に実行するための基盤であり、次のツールより構成される。

- 1) オブジェクトを効率的に管理する機能を持つクラスライブラリ群
- 2) 離散イベント駆動型シミュレーション・エンジン(MSE: MARINE Simulation Engine)

特にMSEはMARINEの中核をなすもので、イベントを時刻の優先度で管理するイベントキューと、このイベントキューからイベントを取り出し処理するスケジューラより構成されている(図1参照)。

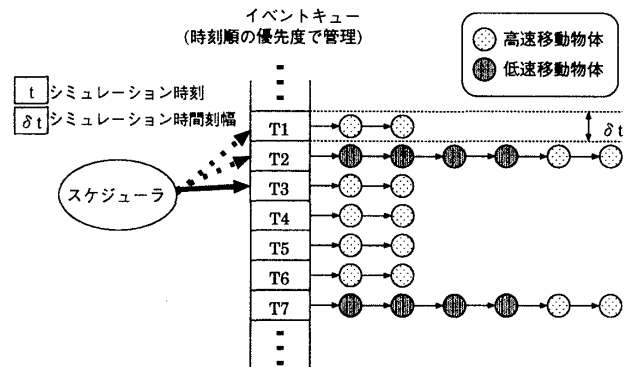


図1: MSE (MARINE Simulation Engine)

## 3 拡張版評価用システム

HLAでは分散シミュレーション全体をフェデレーションと呼び、各々独立に動作可能なシミュレーションをフェデレートと呼ぶ。本章では本システムで実現した対象とする移動体(PF:PlatForm)の模擬精度を一定レベル以上にする方式と、システムのフェデレーション構成および各フェデレートの機能概要について述べる。

### 3.1 模擬精度保証型システムの実現方式

低速PFの艦船と高速PFの航空機では、単位時間 $\Delta t$ 当たりに移動する距離は大きく異なる。両者を同じ $\Delta t$ の刻幅で模擬することはPF毎に模擬精度が異なるという問題が生じる上に、実行面でも非効率である。

本システムではMSEを効果的に利用して、PFの状態やシミュレーションの状況に応じてPF毎に適切な $\Delta t$ を設定することにより、全PFの模擬精度がある一定レベル以上になることと効率的な実行を実現した。

MSEのスケジューラは一定の時間刻幅 $\delta t$ で時刻を進め、各時刻において $\delta t$ 間に模擬すべきPFを模擬する(図1参照)。ここで $\delta t$ は、図1中のT1, T2, ...に相当するものであり、シミュレーション時刻の単位を示す。PFは各々模擬する時間刻幅 $\Delta t_{PF}$ を保持しており、この値はPFの状態や周囲の状況に応じて変化する。 $\Delta t_{PF}$ は(1)式および(2)式を満たすものであり、基本的に高速PFであれば $\Delta t_{PF}$ の値は小さくなり、低速PFであれば大きくなる。ここで(2)式の $\sigma$ は模擬精度を決める定数<sup>1</sup>である。本方式により、本システムは $\sigma$ 以内の模擬精度を保証することができる。

$$\Delta t_{PF} \geq \delta t \tag{1}$$

$$\sigma = PF\text{の速度} \times \Delta t_{PF} \tag{2}$$

Extended Multiplayer Networked Wargame Simulation Environment  
A. Ozaki, M. furuichi, K. Takahashi, H. Matsukawa  
Mitsubishi Electric Corporation

<sup>1</sup>例えば、 $1\sigma = 1$ 海里(約1.8km)とする。

### 3.2 フェデレーション構成

図2は3台のワークステーション (WS) を使用した場合のシステムのフェデレーション構成, および各フェデレート (Fed) における1サイクル分の処理内容を示したものである。

本システムでは, プレイヤからの操作を PF の動きに反映させる ConsoleFed, “ 運動→探知→交戦→被害評価→後方 ” の模擬処理を行なう MoFed, PF 間の距離情報を管理する DisFed, そして模擬結果を管理し表示系に送信する GW-Fed[4] より構成される。

### 3.3 各フェデレートの機能概要

本節では主要なフェデレートの機能概要と, 最悪の場合に PF 数の二乗となる探知処理の計算量を削減するために DisFed に導入した最適化方式に関して説明する。

**ConsoleFed (Console-panel Fed):** プレイヤは, ConsoleFed が備えるコンソールパネルを通して旗艦や艦隊の陣系を操作することができる。また, 自軍の MoFed を通して得られる他軍の PF に関する探知結果を活用して交戦を行なうこともできる。

**MoFed (Moving-object Fed):** MoFed は1つの艦隊<sup>2</sup>を管理しており, ConsoleFed を介したプレイヤからの操作を基に, 管理下にある PF の模擬を行なう。また, PF 間の距離情報を DisFed から受けとり探知処理を行なう。この探知結果は自軍の ConsoleFed が備えるコンソールパネルに反映される。MoFed の数は問題規模に応じて増やすことができる。

**DisFed (Distance Fed):** DisFed では MoFed より, 毎サイクル全ての PF の位置情報を受信し, PF 間の距離情報を管理する。

具体的には全ての PF の対  $(PF_i, PF_j)$  に関して, (3) 式の  $P_{ij}^{(t)}$  を計算する。但し,  $PF_i$  と  $PF_j$  は異なる軍に属するものとする。

$$P_{ij}^{(t)} = \frac{|V_i| + |V_j|}{D_{ij}^{(s)} - \max(R_i, R_j)} \times (t - s) \quad (3)$$

- $t$ : 現在のシミュレーション時刻
- $s$ : 前回  $D_{ij}^{(s)}$  が計算されたシミュレーション時刻
- $|V_i|$ :  $PF_i$  の最大速度
- $D_{ij}^{(s)}$ : シミュレーション時刻  $s$  における  $PF_i$  と  $PF_j$  間の距離。
- $\max(R_i, R_j)$ :  $PF_i$  の探知距離と  $PF_j$  の探知距離の大きい方の値

<sup>2</sup>1艦隊には約8つのPFが存在する。

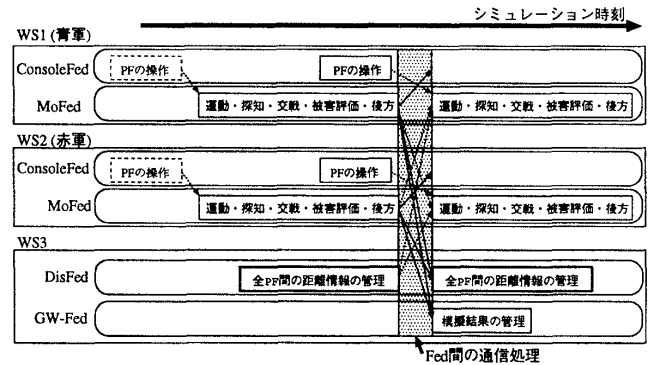


図2: フェデレーション構成および各フェデレート (Fed) の処理内容

全ての PF の対に関して,  $P_{ij}^{(t)}$  が計算された後, 任意の閾値定数  $\lambda$  を導入して, (4) 式または (5) 式を満たす全ての対  $(PF_i, PF_j)$  について,  $D_{ij}^{(t)}$  を計算すると同時に,  $D_{ij}^{(s)}$  の値を更新する。

$$P_{ij}^{(t)} > \lambda \quad (4)$$

$$D_{ij}^{(s)} - \max(R_i, R_j) \leq 0 \quad (5)$$

更新された  $(PF_i, PF_j)$  の対とその距離情報  $(D_{ij}^{(t)})$  は MoFed に送信され, 探知処理に使用されることとなる。

このように本システムでは PF の対に優先度を付け, 適当な閾値  $\lambda$  よりも優先度の高い対に関してのみ PF 間の距離計算を行なうという最適化を施している。

## 4 おわりに

本稿では, MARINE を用いた拡張版評価用システムの特長およびその実現方式について説明した。本システムは模擬精度がある一定レベル以上であることが保証できる他に, 探知処理に関して最適化を施しているため, 問題が大規模になった場合でも計算量の増加を抑えることができるという特長を備えている。

今後の課題は試作したシステムの性能評価と, 導入した最適化方式の効果を検証することである。

## 参考文献

- [1] DMSO: Defense Modeling and Simulation Office: High Level Architecture for Simulations - Version 1.2 Interface Specification (1997).
- [2] 古市昌一他, “ 並列分散協調型ウォーゲームシミュレーション構築環境の実現と評価 ”. 並列処理シンポジウム JSPP'98, 103-110, 1998.
- [3] 尾崎敦夫他, “ 分散型ウォーゲームシミュレーション構築環境の試作と評価-実現方式- ”. シミュレーション学会, 117-120, 1998.
- [4] 高橋勝己他, “ HLA をベースとした分散型ウォーゲームシミュレーション構築環境の拡張-表示系- ”. 第58回情報処理学会全国大会, 1P-03, 1999.