

# 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 - 概要 -

2J-7

古市 昌一† 尾崎 敦夫† 高橋 勝己† 松川 仁†  
三菱電機 (株) † 情報技術総合研究所, † 鎌倉製作所

## 1 はじめに

分散協調型シミュレーション技術 [1] を応用した、教育・訓練用ウォーゲームシミュレーションシステムにおいて、訓練効果を高めるためには、高い計算量を要する大規模で忠実度の高い環境の模擬が重要である。また、シミュレーションモデル毎にモジュラリティを高め、共通のインターフェースで接続することにより、再利用性と拡張性を向上することも重要である。これらの要求を満たすため、2,000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 [2]) を利用したウォーゲームシミュレーション構築実行環境 MARINE (Multi pLayeR Interactive NETworked wargame simulation environment) の研究開発を行っている。

本論文では、MARINEの実現手法を示し、性能評価用の試作システムを用いて初期性能評価を行った結果について述べる。

## 2 分散型ウォーゲームシミュレーション

分散型ウォーゲームシミュレーションの運用イメージを図1に示す。各プレイヤーはそれぞれ別室でプレイし、手持ちの探知装置（センサ）を通して入手可能な情報を端末上で確認しながら、意志決定と共に次の行動命令を入力する。また、教官は仮想訓練環境上の全ての情報を知ることができる。



図1: 分散型ウォーゲームの運用イメージ

仮想訓練環境を模擬する計算機上では、(1) 航空機や船舶等の移動物体や、集団で行動する移動物体群、

Design and Implementation of HLA Based Parallel and Distributed Interactive Wargame Simulation Development and Runtime Environment - A System Overview -  
M. Furuichi, A. Ozaki, K. Takahashi, H. Matsukawa  
Mitsubishi Electric Corporation

Application	Console	MARINE Tools
教育訓練システム等	mFedMan	3次元地形ブラウザ (World Navigator), 2次元地形ブラウザ (MARINE Navigator) 等
MARINE Class Library		
	mEntity mObjTbl	
MARINE Simulation Engine		
	mSE	
HLA-RTI		
	eRTI (experimental HLA-RTI), DMSO's RTI 1.0.2 etc.	

図2: MARINEソフトウェア構成

(2) レーダ、ソナー等のセンサや、気象や地形等自然環境の模擬を行なう。

例えば、1シミュレーションサイクル中では 運動 → 探知 → 交戦 → 被害評価 → 後方の各フェーズを模擬する。赤軍及び青軍の移動物体の数をそれぞれ  $N$  とすると、運動模擬に要する計算量は  $O(N)$  である。一方探知模擬は、各移動物体が敵軍の移動物体と総巡りで探知の可否を模擬するので、 $O(N^2)$  である。

訓練効果向上のためには、模擬の忠実度を上げると共に、移動物体の数を増やすことが必須である。これを効率良く実現するための一方法は、探知模擬の部分の並列化による高速化である。図1からわかるように、本システムではプレイヤーの端末も含めて多数のワークステーション (WS) と PC から構成されており、これらを計算ノードとして利用することにより、安価で高性能なシステムを構築可能である。本研究の目的は、分散計算機環境を用いて分散型のウォーゲームシミュレーションを効率良く開発し、実行するための環境を提供することである。

## 3 MARINEの実現方式

図2にMARINEのソフトウェア構成を示す。アプリケーションプログラムは mCL (MARINE Class Library) で提供されている mEntity と mObjTbl を用い、エンティティ (模擬対象物) の動作を記述する。シミュレーションの起動と制御は、コンソール機能の一つである mFedMan (federetion manager) を用い、ユーザが作成したシナリオファイルに基づいて、各計算機上にフェデレートを生じたり、エンティティのインスタンス生成等を行なう。実行時には、mSE (simulation engine) が並列分散イベント型シミュレーションエンジンとして機能する。

プレイヤーの端末として必要なブラウザ類は、Toolsとして提供している。例えば、DCW (Digital Chart

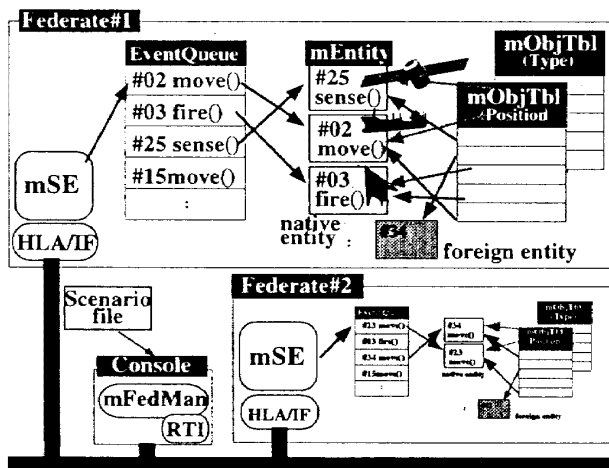


図 3: MARINE ソフトウェア構成要素と相互作用

of the World) を利用し, HLA 準拠の 2 次元 / 3 次元地形ブラウザ等である. HLA-RTI としては, eRTI (experimental RTI [3]) を利用できる他, DMSO の RTI1.0.2 等 HLA 仕様に準拠した RTI を利用することができる.

図 3 には 各構成要素 mSE, mEntity, mObjTbl の構成と相互作用を示す. シミュレーション開始時, mFedMan はシナリオファイルに基づき初期化処理を行なう. その一環として, 各フェデレートには, mEntity を継承して作られたユーザクラスのインスタンス (エンティティと呼ぶ) が格納され, イベントキューには各エンティティへの初期操作を示すイベントが格納される. その後, mSE は自分のイベントキューの中のイベントを逐一取り出しては実行するサイクルを繰り返す.

#### 4 性能評価

MARINE の実行性能を明らかにするため, 性能評価用に「運動」と「探知」模擬からなるウォーゲームシミュレーションを試作し, 探知部分を並列処理することによる台数効果を評価した.

図 4 に実験環境を示す. 1 台の WS (WS#1) 上では HLA-RTI, 赤軍側の運動模擬フェデレートと青軍側の運動模擬フェデレートを動作する. それぞれの運動模擬フェデレート上で模擬するエンティティの数は各々  $N$  とする. 総エンティティ数は  $2N$  で, 運動模擬に要する計算量は  $O(N)$  である.

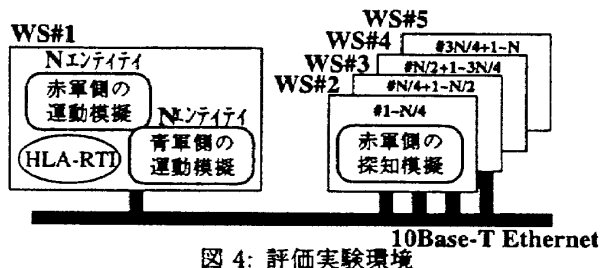


図 4: 評価実験環境

一方, 赤軍側の探知模擬 (各エンティティが 1 個づつセンサを備えているとする) は別の WS 上で動作する. この場合, 探知模擬部分に要する計算量は  $O(N^2)$

である.

図 4 に示すように, 探知模擬部分は  $m$  台 (今回の計測では  $m = 1 \sim 4$ ) の WS に赤軍側のエンティティを均等に分け, それぞれ並列に探知処理を行う.

計測用に用いた WS の種類は表 1 の通りである. 計算量の少ない RTI と運動模擬は同一の WS#1 上で動作させ, 計算量の多い探知模擬の部分を WS#2 ~ #5 の最大 4 台を使った.

表 1: 性能評価で使った計算機の種類

WS#	Type	Processor	Mem.
#1	SS20	SuperSparc 60Mhz × 2	192M
#2-3	SS20	SuperSparc 60Mhz × 2	112M
#4	Ultra2	UltraSparc 200Mhz	128M
#5	Ultra2	UltraSparc 200Mhz × 2	256M

表 2 には, 問題サイズ  $N=500$  の場合, WS#2 の上で計測した 1 シミュレーション時間の処理に要する平均実行時間 (実際に稼働している時間とアイドル時間の合計) と, WS 1 台の時の性能と比較した台数効果を示す.

この結果からわかる通り,  $N=500$  程度の問題サイズの場合には, プロセッサ台数 4 台程度まで, 台数にはほぼ比例した台数効果が得られることがわかる.

表 2: WS#2 上での計測結果 (単位: msec)

問題サイズ $N = 500$ の場合				
PE 台数	1	2	3	4
実行時間	12,074.8	6,280.8	4,251.7	3,335.2
台数効果	1.0	1.9	2.8	3.6

#### 5 おわりに

本稿では, 分散型ウォーゲームシミュレーション構築環境 MARINE の実現手法と初期性能評価結果について述べた. MARINE を用いることにより, プロセッサ間の同期やデータ通信を特に意識することなく分散型ウォーゲームシミュレーションを構築することが可能となる. また, 初期性能評価を行なった結果, 問題サイズが大きい場合には, プロセッサ台数に比例した良い台数効果が得られることがわかった.

今後, ライブラリの充実やデバッガ, ログ, リプレイ機能等, 開発環境としての充実を図ると共に, 更に様々なタイプのアプリケーションに適用可能とすべく, 評価と改良を行なう予定である.

#### 参考文献

- [1] ANSI/IEEE Std 1278-1993: Standard for Information Technology, Protocols for Distributed Interactive Simulation, Version 1.0, IEEE (1993).
- [2] DMSO: Defense Modeling and Simulation Office: High Level Architecture for Simulations - Version 1.2 Interface Specification (1997).
- [3] Furuichi, M. et al.: Design and Implementation of Experimental HLA-RTI Without Employing CORBA, Proc. of the 15th DIS Workshop, Vol. I, pp. 195-201 (1996).