

# M&S の準リアルタイム実行方式の検討

## A Study of M&S near Real Time Execution Method

尾崎 敦夫<sup>†</sup>      渡部 修介<sup>†</sup>      白石 将<sup>†</sup>  
Atsuo Ozaki      Shusuke Watanabe      Masashi Shiraiishi

### 1. まえがき

災害等の有事の際、指揮現場では時々刻々と得られるセンシング情報に基づいて、迅速に意思決定する必要がある。しかし、センサによって得られる情報には限度があり、既に得られている情報から現状を推測するしかない。また、幾つかの有効と考えられる指揮判断・指令に関しても、その効果や影響を把握する仕組みが無いため、現状では指揮官の経験や直感などに委ねられてしまうといった課題がある。このような課題を解決するために、モデリング&シミュレーション (M&S) 技術を利用して、有効な指揮支援情報を提供する方式が求められている。我々は、センサ情報が得られてから瞬時に意思決定しなければならない切迫した状況ではなく、意思決定までに分~時間オーダー程度の猶予がある場合に、M&S 技術の活用が特に有効であると考える、この方式検討を実施している。

本稿では、本方式を実現するためには幾つかの課題[1]があるが、その中の重要課題である M&S 高速実行及び準リアルタイム実行を可能にするための提案手法について説明する。

### 2. 提案手法

#### 2.1 基本概念

我々が対象とする実運用での M&S の利用形態[1]は、数理モデルに基づく模擬実行中に、観測値が得られる度に模擬に修正を加えるものである。このため、保守的に実行する意義よりも、制約時間内にそれなりの確度を持つ模擬結果を提示することが求められる。このような用途に合致する有効な模擬実行法の1つとして投機的実行法がある。

他方、近年、多くのコアを搭載したマルチコア計算機が台頭してきており、高性能計算機の一角を占めている。我々は、複数の計算機によるクラスタ環境を含む、並列・分散による高性能計算機環境を利用して、模擬の高速化を図ると共に、更に投機的な実行を加味することにより、飛躍的な高速化を実現する方式を検討している。基本的に、複数のコアを持つ計算機環境において1つのアプリケーション (シミュレーション) を並列・分散実行する場合、どれか1つのコア上のタスクがボトルネックとなって、他のコアがアイドル状態となるために十分な実行性能が出せないことが往々にしてある。提案手法では、このアイドル状態にあるコアにおいて、将来時刻の模擬を投機的に実行することにより、計算機リソースを最大限に利用し、実行性能向上を図るものである。我々は、本手法の実行基盤は HLA(High Level Architecture) [2]を利用して、投機的実行に関しては、HLA 規格で提供されているオブティミスティック法[2]を利用することを検討している。次節では、HLA のオブティミスティック法に基づく提案手法の処理内容について説明する。

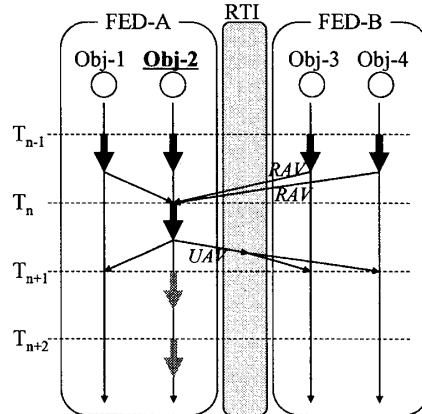


図1. 提案手法における Obj/FED 間の動作例

#### 2.2 アルゴリズム

本節では、まず HLA オプティミスティック法について紹介した後、提案手法の実行方式について説明する。

HLA には、タイムステップ(TS)、イベントベース(EB)、そしてオブティミスティック(OPT)の3種類の時刻管理方式を実装できる API が提供されている。TS 及び EB は、保守的に各フェデレート(FED)の論理時刻を進めるもので、FED 間でタイムスタンプ付きメッセージを送受する際に、RTI(Run Time Infrastructure) は各 FED が受信するメッセージに関してタイムスタンプ順に実行できるように制御する。即ち、各 FED はその時点でタイムスタンプ順に実行できることが保証されていないメッセージは受信することができない仕組みになっている。他方、OPT 法は、その時点でタイムスタンプ順に実行できることが保証されていないメッセージでも受信できる実行方式である。本方式では、FED が RTI に対して、時刻進行要求 FQR(Flush Queue Request)を発行すると、RTI はキュー管理している当該 FED 宛のメッセージ全てを、タイムスタンプの値に拘らず当該 FED に送信すると共に、時刻進行許可 TAG(Time Advance Grant)を与える。ここで、フェデレート(FED)は HLA に基づく個々のシミュレータの呼称であり、RTI は複数の FED を因果関係に矛盾無く実行するためのソフトウェアである。また、FQR、TAG、そして以下で述べる UAV、RAV は HLA 規格に基づく機能である。

提案手法[1]では、各 FED は FQR により時刻進行要求することにより、他の FED が発信した将来時刻のメッセージを先取りして受信する。そして、RTI から時刻進行許可 TAG を受信するまでの間は、次時刻以降の模擬を投機的に実行する。なお、基本的に模擬の単位はアプリケーション中のオブジェクト(Obj)であり、HLA 分散シミュレーション環境では、各 FED には1つ以上の Obj がマッピングされることとなる。図1は、本提案手法での実施/実行例であり、図中の Obj-2 を対象にその動作を示したものである。本手法では、図1の Obj-2 の動作で示すように、投機的に

<sup>†</sup>三菱電機 (株) Mitsubishi Electric Corporation

将来時刻の状態を模擬するが、各時刻において関係する他の全ての Obj の状態を受信した場合にのみ、投機実行した模擬結果を他の Obj へ送信することとした。この際、送信先の Obj が他の FED 上に存在する場合は、図1に示すように、UAV(Update Attribute Values)及びRAV(Reflect Attribute Values)による HLA 通信を実施することとなる。

本提案手法を用いた利用形態及び運用での考え方は、新たなセンサ情報が与えられると、その内容が実行中の模擬内容と異なっていれば、そのセンサ情報に基づく新たなシミュレーションの世界を生成し、実行中のシミュレーションは中断せず、別途、別スレッドを生成して実行するものである。そして、制約時間内に模擬を完了した結果の中から信頼度の高い最新の値を採用するというものである。本手法では、実行中に次々に新たな世界が生成されるが、マルチコア計算機を用いることにより実行性能を維持し続けることを想定している。

### 3. 性能評価

本章では、前章で説明した提案手法に関して、初期性能評価を実施した結果について述べる。本評価では楽観的要素を取り入れた提案手法と、保守的手法の代表である TS 法との実行性能を比較・考察する。

#### 3.1 計算機環境

本性能評価では、表1に示す4台のPCをGigabit-Ethernetで接続した計算機クラスタを使用した。そして、RTI用に1台のPCを使用し、他の3台は各PCに1つのFEDをマッピングした。

計算機	PC1~PC3	PC4
HLA環境	FED1~FED3	pRTI
OS	Linux (Fedora)	
CPU	Intel Pentium D 3Ghz	
Memory	2GB	

#### 3.2 設定パラメータ

本評価では以下に示すパラメータを元に両手法の実行性能を計測した。

- ・FED数：3
- ・各FED上にマッピングされるObj数：1, 2
- ・1時刻(ステップ)分の模擬負荷：20ミリ秒
- ・シミュレーション時間：1,000時刻(ステップ)
- ・投機実行ステップ数(提案手法)：5, 10, 20, 50
- ・単位辺りのタイムステップ数(TS法)：1

#### 3.3 結果

図2はObj数/FED=1の場合のシミュレーション時間に対する両手法の実行時間を示したものである。図中の○内は投機実行ステップ数を示す。この結果から、提案手法はTS法よりも勝っていることが分かったと共に、提案手法での投機実行ステップ数を大きくした方が有利であることが確認できる。従って、この場合、投機実行ステップ数=50のケースが最も性能が良い。また、このケース(提案手法、投機実行ステップ数=50)のTS法に対する性能比を示したものが図3である。この結果から、シミュレーション時間が経過するにつれ、提案手法のTS法に対する性能比は劣化していくことが確認できる。更に、Obj数/FEDが多いほど、性能が劣ることも分かった。

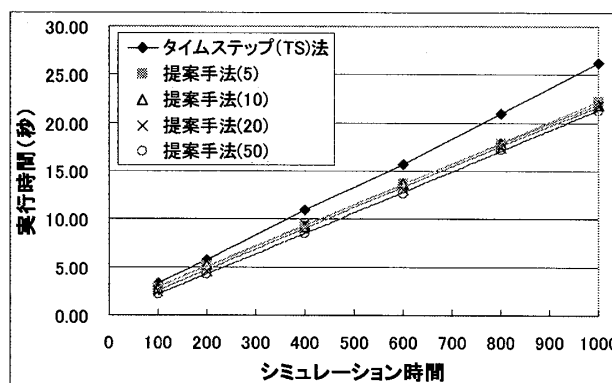


図2. FED数=3, Obj数/FED=1の場合の結果

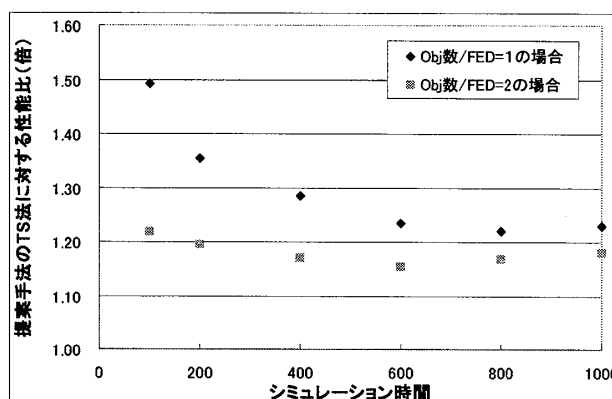


図3. 提案手法(50)のTS法に対する性能比

### 4. むすび

本報告では、実運用での指揮支援でM&S技術を利用する際の主要課題となる実行性能に着目し、この課題を解決するための高速化手法を説明した。本提案手法では、HLA分散シミュレーション技術を利用し、更にOPT法を活用して性能向上を図るものである。初期性能評価として、簡単なモデルに基づき、提案手法とTS法との実行性能を比較した結果、2~5割程度の性能向上が確認できた。なお、本モデルは全てのオブジェクト及びFEDが同一の模擬負荷を持つこととしたため、TS法においてはかなり有利な状況となる。逆に言えば、本評価は提案手法の効果が出し辛い状況での結果と捉えることができる。今後は、模擬負荷をオブジェクト及びFED間で不均一にした場合の性能評価を実施する予定であり、少なくとも今回以上に提案手法が勝る結果が得られると考えている。また、今回使用した計算機はDualコアであり、更に多くのコアを搭載した計算機環境での性能評価を実施する計画である。その他、更なる性能向上のための改善策として、提案手法における投機実行ステップ数の調整や、FQR発行数を低減させるための工夫なども検討していく予定である。

#### 参考文献

- [1]尾崎 敦夫, 渡部 修介, 白石 将, “実運用における意思決定支援のためのM&S手法の検討”, 信学会・2010総合大会, A-12-9.
- [2]IEEE Std 1516.1-2000 IEEE Standard for Modeling & Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Federate Interface Specification