

B_012

大規模移動体シミュレーションを対象とした動的タイムステップ制御方式 ～ロボカップレスキューシミュレータへの適用検討～

Event-aware Dynamic Time Step Synchronization Method for Large-scale Moving Object Simulation

- Study of application on RoboCup Rescue Simulator -

尾崎 敦夫† 松下 和隆‡ 白石 将† 渡部 修介† 青山 功† 原田 雅之† 古市 昌一†
Atsuo Ozaki, Kazutaka Matsushita, Masashi Shiraiishi, Shusuke Watanabe, Isao Aoyama,
Masayuki Harada and Masakazu Furuichi

1. まえがき

航空機、船舶、車両といった移動物体 (MO: Moving Object) が数多く登場する分散シミュレーションでは、一般的に多くの並列度が抽出できるタイムステップ方式[1]が適している。本方式では、各 MO の論理時刻刻み幅 (Δt) を因果関係に矛盾を発生させることなく、如何に大きくすることができるかが、実行性能向上のための重要な鍵となる。本稿では、移動体シミュレーションを対象に、模擬精度を維持したまま実行性能向上を図る動的タイムステップ制御方式[2]を説明し、災害シミュレーションを例題としてその代表格であるロボカップレスキュー(RCR)シミュレータ[3]を取り上げ、本方式を適用した場合の期待効果について議論する。

2. 提案方式

我々は MO を主対象としたシミュレーションにおいて、因果関係の矛盾発生を回避し、かつ各 MO の Δt を可能な限り大きく取ることにより実行性能向上を図る動的タイムステップ制御方式[2]を考案した。

MO 間でイベントをやり取りする場面は、お互いに、「見る」または「見られる」の関係にある時である (この場面を“ 会合場面” と称する)。この場面では、各 MO は、他の MO の状態を見て次ぎの状態を決定するために、MO 間で情報伝達の遅延が生じてしまうと次ぎの状態が異なってしまう。従って、この会合場面では従来の細かい Δt で同期かつ模擬する必要がある。逆に、この場面以外であれば、単独で自身の状態を決定することができるため、他の MO と情報交換に伴う同期を省くことができる。しかし多数の MO が登場するシミュレーションでは互いが複雑に影響を及ぼし合うため、この会合場面になる時刻を正確に算出するのは困難である。提案方式は、各 MO の速度、位置、「見る」範囲、そして MO 間の距離情報から、他の MO と会合場面に入る可能性がある最少時刻を算出し、これに基づいて次の模擬及び同期時刻を決定するものである。このため、本方式は少ない計算量で当該時刻を算出できるという特長がある。

3. ロボカップレスキューシミュレータへの適用検討

我々は、様々なタイプの MO が登場する災害シミュレータへ提案方式を適用し評価することを検討している。以下では災害シミュレータとしてロボカップレスキュー

†三菱電機 (株)

‡三菱電機インフォメーションシステムズ (株)

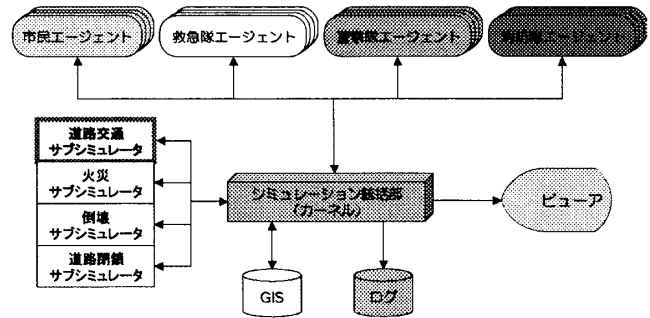


図 1. RCR シミュレータの構成図

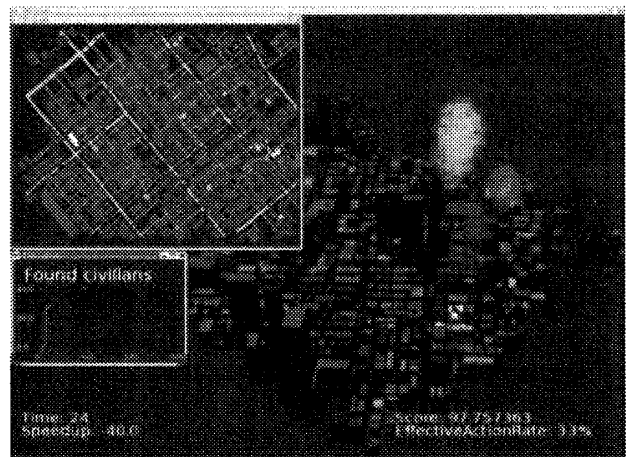


図 2. RCR シミュレータのビューア例

(RCR) で利用されているシミュレータを例に挙げ、本方式の適用方法と期待効果について議論する。

3.1 RCR シミュレータの概要

図 1 は RCR シミュレータの構成図を示したものである。また、図 2 は本シミュレータのビューア画面のサンプルである。本シミュレータの目的は、毎年開催されるロボカップ大会において、参加チーム間で互いのレスキュー方法を競い合うツールとして利用することである。具体的には、参加チームがレスキューエージェント (救急隊、警察隊、消防隊) のレスキュー方法を実装し、どれだけの市民を救助できたかを競うものである。このため、参加チームがレスキュー方法を実装するレスキューエージェント部と大会運営側が用意するその他のサブシミュレータ部等が独立に構成されている (図 1)。各エージェントは、情報伝達を

仲介するシミュレーション統括部(カーネル)を介して得られた周囲情報を利用して、次を取るべき行動を作成する。作成した行動は行動要求としてカーネルを介して、道路交通サブシミュレータに転送され、本サブシミュレータは本要求に基づいて1分間(60タイムステップ)分の模擬(活動)を行う。この繰り返しによって、シミュレーションが進行する。

3.2 提案方式を適用した場合の期待効果

提案方式をRCRシミュレータへ適用する場合は、各エージェントをMOと定義して道路交通サブシミュレータ部へ実装することとなる。我々は、提案方式を実装した場合にどの程度の効果があるかを見極めるため、エージェント間の会合場面がどの程度の割合で発生しているかを調査した。

各エージェントは、周囲10mの情報をカーネルを介して取得し、その情報に基づいて下記の行動要求を作成する。従って、この行動要求をカーネルを介して受ける道路交通サブシミュレータ側に、カウンタを設け、この行動要求を受けて活動する回数と、その際に周囲10m以内に他のエージェントが存在する回数を計測することとした。ここで、エージェントの活動は以下の4パターンに分類することができる。

- (1) 等速運動
- (2) 加速運動
- (3) 減速運動
- (4) 救助活動(停止時)

なお、停止時でも行動要求がある場合は救助活動を実施中であるため模擬及び同期を省くことはできない。このため、(4)の回数と、上記(1)~(3)の状態、周囲10m以内に他のエージェントが存在する場合の回数を会合場面の活動回数としてカウントすることとした。図3は2005年大阪大会で使用されたシナリオに基づいてシミュレーションを実施した場合の各活動回数の内訳である。この結果は各活動回数の累積値を示すもので、105分位までレスキュー活動が佳境状態であるが、それ以降は沈静状態になることが分かる(模擬時間は300分間)。また、図4は各エージェントが活動した回数内、その時点の状態が会合場面であった場合の割合を示したものである。実線(赤)が1分間毎の割合(図2: "EffectiveActionRate")で、破線(青)が累積値に対する割合である。この結果から、提案方式を適用した場合は現状の模擬及び同期回数を最大37.4%まで削減できる可能性を秘めていることが分かる。なお、提案方式は会合する可能性があれば模擬及び同期を間引かないため、実際はこの値よりも大きくなる。逆に、この割合が既にこの時点でかなり大きければ提案方式の適用効果は低いことになる。即ち、この値は適用効果があるか否かの判断材料となる。今後は、実際に提案方式を実装して評価する予定である。

4. むすび

本稿では、移動体シミュレーションを対象に因果関係の矛盾発生を回避しつつ、各MOの Δt を大きく取ることにより実行性能向上を図る動的タイムステップ制御方式の概要を述べた。そして、本方式を各種のMOが登場する災害シミュレータ(RCRシミュレータ)へ適用した場合の期待効果を算出した。今回用いたシナリオでは、提案方式を適

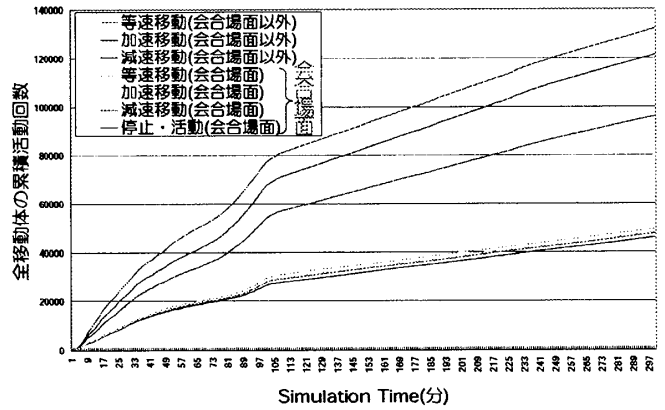


図3. 全MOの活動パターン毎の回数(累積値)

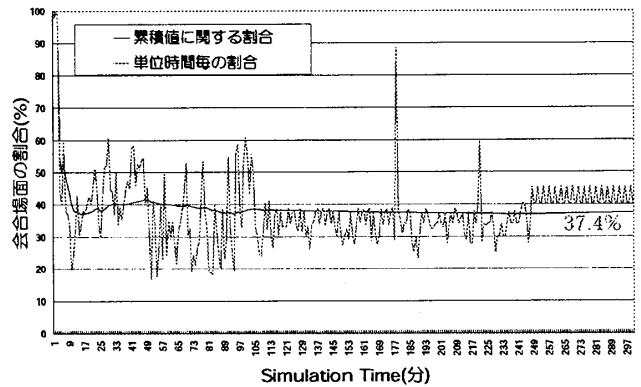


図4. 会合場面の割合

用した場合に、模擬及び同期回数の大幅削減が期待できることが分かった。今後は、提案方式をRCRシミュレータへ実装して評価する予定であるが、課題の一つはMO間の距離計算方法である。実際はMO間の距離は直線距離ではなく、道路網に沿った距離である。しかし、災害シミュレーションでは道路上に障害物が存在したり、レスキューエージェントにより取り除かれたりして実質的な距離は動的に変化する。提案方式の計算に用いるMO間の距離情報は、実際よりも大きくなってしまおうと因果関係の矛盾が生じる可能性がある。逆に実際よりも小さい場合は矛盾は生じないが、 Δt を大きく取れず実行性能が劣化する。従って如何に実際の値を超えない範囲で、MO間の距離を少ない計算コストで正確に求めるかが重要であり、今後の課題である。

参考文献

- [1] A.Ozaki, et al, "Design and Implementation of Parallel and Distributed Wargame Simulation System and Its Evaluation," IEICE Trans. Vol.E84-D No.10, pp.1376-1384, 2001.
- [2] 尾崎他, "移動物体を対象とした分散シミュレーション時刻同期方式," 信学技報 CST2005-49, pp.57-62, 2006.01.
- [3] RoboCup-Rescue Official Web Page <http://www.rescuesystem.org/robocuprescue/>