F-020

大規模移動体シミュレーションにおける因果関係解析手法

Causal Relation Analysis for Large-scale Event-driven Moving Object Simulation

青山 功†
Isao Aoyama

古市 昌一†
Masakazu Furuichi

１．まえがき

交通流シミュレーションや災害シミュレーション等の、イベント駆動型の移動体シミュレーションでは、各移動体は予め定められたシナリオやルールに従って行動するが、互いに影響を及ぼし合いながら状態を変化させるために、時として予想外の結果が得られることがある。このような場合に、結果に至った経緯を知ることは、シナリオや行動ルール、移動体のモデル化等の検証に重要である。特に、シミュレーションの大規模が大きく、シナリオ、行動ルールが複雑なものは、各移動体の挙動も複雑になるため、結果に至った経緯を効率的に解析する手法が必要となる。

そこで、我々は、イベント駆動型の大規模移動体シミュレーションを対象として、シミュレーション結果の解析手法の研究・開発を進めている[1][2]。

２．因果関係解析

我々は、シミュレーションの結果に至った経緯および結果に対して間接的に影響を及ぼした事象の解明を因果関係解析と定義し、その実現手法の研究・開発を行っている。特に、結果に対して間接的に影響を及ぼした事象を抽出することを目的としている。

シミュレーションで発生した事象は全てログに記録されていることを前提としているが、間接的な影響を及ぼした事象をログから辿る作業は煩雑であり、因果関係の解析を効率よく行うことはできない。

そこで、我々は、ログに記録された発生事象の情報に加えて各モデルの行動ルールを利用し、シミュレーション結果と各発生事象の相関を推測し、間接的な影響を与えた事象を抽出する手法について検討を進めている。

図 1 は想定する因果関係解析の処理フローを示している。まず、因果関係解析対象となる注目事象を抽出し、さらに発生した事象の中から注目事象と相関がありそうな事象（相関候補事象と呼ぶ）を抽出する。そして、これら相関候補事象と注目事象との相関を、発生事象に関する情報と、各移動体の行動ルールに基づき、推論エンジンを利用して、結果を遡るように、注目事象と相関のある発生事象の抽出を行う。

A)　注目事象の抽出

ユーザの予想と異なる結果が得られた事象を注目事象とする事を想定している。例えば、シミュレーションの評価目的や発生が予想される事象（通常事象と呼ぶ）を入力として、それらに合致しない発生事象を注目事象とする。

B)　相関候補事象の抽出

発生した全ての事象を解析対象とするのは効率的でないため、対象の絞り込みを行う。絞り込みの基準は様々で、例えば、時間的な位置関係、空間的な位置関係、移動体の種類などの組み合わせが考えられる。

C)　推論による解析

各移動体は定められたルールにより行動する。つまり、行動を起こすための条件と行動の内容（行動による状態変化）は全てルール化されている。また、シミュレーションにおいて発生した事象（適用されたルールと状態変化）は全てログファイルに記録されている。

このように、定められたルールに基づいた事象の発生が記録されていることから、ルールベースの推論機構を利用することにより発生した事象間の相関を求めることができると考える。

本研究で対象としているのは結果からその原因を辿る解析手法であり、後方推論技術の適用を検討している。

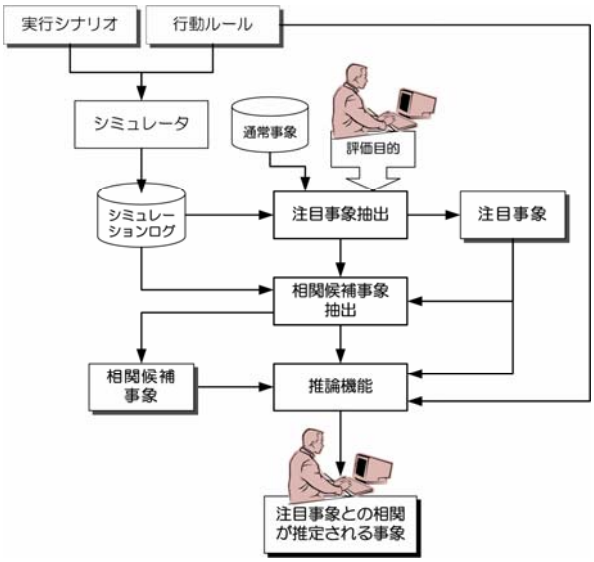


図 1. 因果関係解析処理フロー

３．プロトタイプ作成

本因果関係解析技術の開発に当たり、ロボカップレスキューシミュレーション[3][4]を対象としたプロトタイプの作成を行っている。

ロボカップレスキューシミュレーションは、被災して動けない市民を救出するための救急隊・警察官・消防隊の各エージェントの行動を模擬するもので、毎年、死亡数の少なさを競う、世界大会が開催されている。

†三菱電機（株）, Mitsubishi Electric Corp.

A)　ロボカップレスキューシミュレーション概要

ロボカップレスキューシミュレーション（以降、RCRSim と略記する）に登場するエージェントは市民、救急隊、警察官、消防隊の 4 種類である。市民はダメージを受けて徐々に衰弱し最後は死亡するが、避難所に収容されれば助かる。救急隊は市民の救出を担当する。警察官は市民の捜索と道路の瓦礫撤去を行う。消防隊は火災の消火を行う。各エージェントは災害空間の情報を共有し、自律的に行動するが、協調行動は行わない。

図 2 に RCRSim と因果関係解析機能を組み合わせたブロック図を示す。

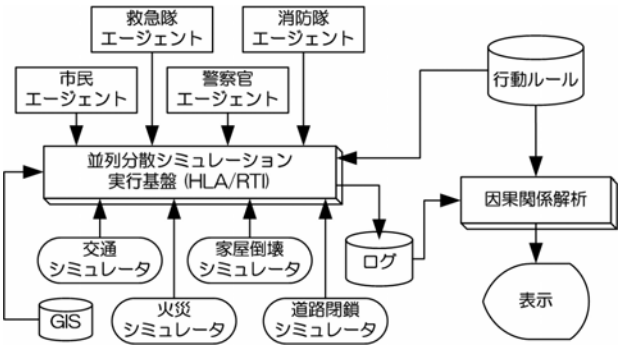


図 2. RCRSim／因果関係解析 機能ブロック図

B)　プロトタイプの作成

RCRSim の挙動を解析し、本因果関係解析機能の検証を行うためのプロトタイプの作成を行っており、現在以下の機能を実装している。また、図 3 に作成したプロトタイプの各画面イメージを示す。

[プロトタイプ機能]

① 市民最終状態表示

RCRSim ログファイルから市民の最終状態（救出、死亡）、救出活動の有無などを抽出し、一覧表示する。この機能は注目事象の抽出に利用する。

② 市民救出状況表示

RCRSim ログファイルから各市民が受けた救出活動、救出を担当した救急隊を抽出し、時系列に表示する。この機能は注目事象が発生した状況の確認に利用する。

③ 救急隊活動状況表示

RCRSim ログファイルから各救急隊が救出活動を行った市民と活動内容を抽出し、時系列に表示する。この機能は注目事象が発生した状況の確認や、注目事象と関連する事象の確認に利用する。

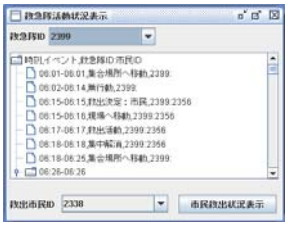
④ 発生事象時系列表示

RCRSim ログファイルから発生した事象種類、発生元、作用先を抽出し、時系列に表示する。この機能は注目事象と関連する事象の確認に利用する。

⑤ 適用ルール表示

RCRSim ログファイルおよび行動ルールファイルから事象発生時に適用されたルールを抽出する。この機能は注目事象が発生した状況の確認に利用する。

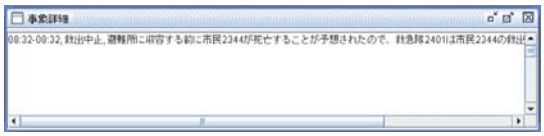
(a)市民救出状況表示画面



(b)救急隊活動状況表示画面

(c)市民最終状態表示

(d)発生事象時系列表示画面



(e)適用ルール表示画面

図 3. プロトタイプ画面イメージ

因果関係解析技術は適用する推論技術に関して検討を進めている段階であるため、現時点ではユーザが各画面を操作しながら注目事象と相関のありそうな事象を推定することしかできない。今後推論機能の具体化を進め、因果関係解析の自動化を実現する予定である。

4．まとめ

大規模移動体シミュレーションの結果解析として推論技術を適用した因果関係解析技術の開発を行っている。因果関係解析技術は、単に結果に至った経緯を知るというだけでなく、シミュレーションのシナリオや行動モデル／ルールの検証にも有効である。

現在はまだ適用する推論技術の検討段階であるが、今後因果関係解析の自動化を実現し、ロボカップレスキューシミュレーションを題材にその評価を行う予定である。

参考文献

[1] 青山，古市，“イベント駆動による大規模移動体シミュレーションの結果解析手法”，電子情報通信学会 2006 総合大会 D-8-15 (2006).

[2] 青山，古市，“大規模移動体シミュレーションの因果関係解析手法－災害シミュレーションへの適用－”，電子情報通信学会 2006 ソサイエティ大会 A-12-3 (2006).

[3] RoboCupRescue, http://www.rescuesystem.org/robocuprescue/index.html

[4] 田所，北野，“ロボカップレスキュー 緊急大規模災害救助への挑戦”，共立出版 (2000).