

災害救助リスクコミュニケーションにおける 市民エージェントの役割とその作成

Implementation of Civilian Agent for a Disaster Rescue Risk-Communication

篠田 孝祐^{*1*2}
Kosuke Shinoda

野田 五十樹^{*2*1*3}
Ituski Noda

國藤 進^{*1}
Susumu Kunifuji

^{*1}北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{*2}産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター
Cyber Assist Research Center, AIST

^{*3}科学技術振興事業団 さきがけ研究 21
PRESTO, JST

We propose a novel behavior script language, which we call “Parallel Scenario Description”, for a risk-communication tool with disaster rescuesimulator. This framework aims to describe behaviors of agent in the disaster rescue simulation, including a RoboCupRescue Simulation. Risk-Communication is important for enlightening disaster rescue activity of general public.

In a disaster situation, however, it is difficult to model civilian’s behaviors as such a goal-oriented problem solving. Because, their behavior have multiple and ambiguous purposes on simultaneously. In stead of such a formalization, we introduce “Parallel Scenario Description” approach that models agents’ behavior as action pattern or plan of situations, we call these “Scenario”. In the proposed framework, whole behavior are divided into multiple scenarios for each task by *Posit*, in which a piece of situation in situation flow of scenario. “Parallel Scenario Description” provides “Scenario-Based Behavior Description”, “light-weight” and “prototyping” for agent architecture. Moreover, we implemented applicated simulations for a risk-communication of disaster rescue based on our framework.

1. はじめに

災害時における避難行動など、個人の局所的な行動は定期的な避難訓練などを通じて訓練することは可能であると考えられるが、防災および災害救助などのような包括的な視点をから大局的な判断に基づいて行動するような活動に関する訓練はほとんど行われていない。災害時における救助隊や消防隊などの活動はもちろん、一般市民災害救助への貢献は大きいものとする。よって、阪神淡路大震災のような大規模の被災状況下では、一般市民にも単に避難するだけでなくあらゆる方面にて災害救助活動に参画することが期待される。本論文では、災害救助シミュレーションを活用することで“災害救助リスクコミュニケーション”活動を行うことを前提とし、そのシミュレーションにおける一般市民の役割を考えた上で具体的な災害時における現象を再現する市民エージェントを作成することが目的である。

2. 災害救助リスクコミュニケーション

2.1 災害救助リスクコミュニケーションとは

リスクコミュニケーションは、リスクを「人間の生命や経済活動にとって望ましくない事態が発生する可能性」と定義した上で、そのリスクを科学的かつ戦略的なリスクマネジメントを実行するために必要なコミュニケーションであるとされている [10]。様々な事柄に関して地域の行政や住民と情報を共有し、リスクに関するコミュニケーションを行うことをリスクコミュニケーションという。リスクコミュニケーションは、米国国家調査諮問機関の報告書においては「個人、集団、組織間でのリスクに関する情報および意見の相互交換プロセスである。リスクの特性に関するメッセージおよびリスクマネジメントのための法規制に対する反応やリスクメッセージに対する反応などリスクに関連する他のメッセージも含む」とされている [10]。

我々が対象とする“災害救助リスクコミュニケーション”とは、災害救助シミュレーションを通じて災害救助における具体的なリスクを提示する啓蒙的活動であると考えられる。このリスクコミュニケーションでは、従来から行われている個人的な視点からの訓練である避難行動訓練に対して、俯瞰的な災害状況を災害救助シミュレーションを通じて提供することで避難行動だけではなく、防災および救助活動補助など包括的な災害時行動に対する訓練を試みることでありと考えている。本研究では、この災害救助リスクコミュニケーションのための災害救助シミュレーションにおける一般市民の役割、存在意義などを考察した上で具体的な市民エージェントの作成環境を提供することで災害救助にたいする啓蒙活動を促すことを目的とする。具体的には、桑田ら [11] にて提案されているシミュレータを通じた災害救助活動への参加ならびに災害状況に応じた市民の避難状況の変化などを通して災害救助への参画による利点ならびにリスクなどを行なえる環境を想定する。

2.2 一般市民の存在

一般的な災害シミュレーションとは異なり、我々が対象とする災害救助シミュレーションでは、人間としてのエージェントがモデル化されている。これは、一般的な災害シミュレーションが災害後の規模の推定を目的にしているのに対して災害救助シミュレーションが災害後の救助・復旧活動のシミュレーションを目的としているためである。災害後の救助・復旧活動での主体は能動的な活動が可能な主体であるエージェントの導入は欠かせない。一般市民もこのエージェントの一つの種類としてモデル化されている。

災害救助シミュレーションにおける一般市民は以下のような特徴を持つ。

- 他の主体 (救助隊など) に比べて数が多い
- 行動に強い制限がかけられている (人を救助する、消化活動をする)

- 通信の利用ができない (広域通信の利用はできない)

これらは、シミュレータの実装からくる特徴であることは否定できないが必ずしも現実から離れた条件ではない。このような特徴を持った一般市民を用いてシミュレーションできる事象として次のようなことが考えられる。

- 1) 災害情報提供による避難行動の効率
- 2) 口頭伝言による災害情報の伝播
- 3) 災害状況の避難行動に対する影響

1) の情報提供による効率に関しては、災害時に限らず交通情報システムやテーマパークの人の誘導など様々な社会シミュレーションで問題とされている情報提示による総体としての人間の行動制御を行なえるかという問題を課題とできる。災害時の避難という状況は一見極めて特殊な状況のようにも思えるが、混雑の解消、物流の適正化などを考えると人の避難の制御は重要な問題と言える。2) の情報伝播に関しては、災害時の情報伝達の難しさと伝えると同時に有効な伝達手段などを検討することができる。これは、単なる情報伝播の研究にとどまらず物資の配給や救助活動の効率化などにつながる研究であると考える。最後に、3) の災害状況の与える影響に関しては、1) や 2) における研究的な内容とは異なり様々な状況下で避難行動シミュレーションを行なうことでどのような条件にて避難行動が円滑にすすむどのような状況では避難行動が滞るのかを具体的に示すことで避難の難しさならびに災害復旧の重要性などについて検討することにある。これらの事象は非常に限られたものでしかないが、対象としているシミュレータの実装に依るところが大きいのである。今後、市民エージェントの行動が新たに追加されることで救助活動、消火活動などの補助的な役割や医療や食糧などの物資の分配の効率化などの研究への広がり期待できるだけでなく、リスクコミュニケーションにおいてそれらをシミュレートすることは重要なことであると考えられる。

このような事象のシミュレーションを行なう上で重要なこととは、対象としている一般市民の行動は、多様であり曖昧な目標に従って行動していることである。日常生活はもちろん災害時であっても、すべての市民が同じ行動を取るとは限らず、すべての市民が合目的な振舞いを見せるわけではない。このような一般市民の行動を記述するモデルとして我々は“並列シナリオ記述”モデル [12, 13] を提案した。本論文は、提案した行動モデルを用いてエージェントの振舞いを表現している。

3. 並列シナリオ記述による市民エージェントの行動表現

3.1 社会シミュレーションに適した行動記述モデル

我々が対象とするエージェントは、大規模社会シミュレーション上で動作することを前提としている。また、モデル化の対象は主に人間である。その人間の行動は、知的であり多様であるだけでなく、集団となることでより複雑な様相を示す。そして、その振舞いは必ずしも合目的に整理できるとは限らない。社会シミュレーションにおいて人間が示す様々な現象を適切に再現するには、多数である人間の多様な振舞いを的確にそして容易に設計できるエージェントフレームワークが必要である。大規模社会シミュレーションにおいて、人間の行動をモデル化するためのエージェントフレームワークに求められる要素として、我々は以下の 3 点に着目する。

- (1) 熟考型行動と反射型行動の両方の特性を持つ行動モデル
- (2) 軽量実行
- (3) 変更、追加が容易な行動記述モデル

これらの点を実現するために、本論文ではシナリオと呼ぶ行動ルールの集合を導入する。

3.2 シナリオベース行動記述

(1) の行動モデルに関して、社会シミュレーションにおけるエージェントの行動は、環境の変化に応じた反射型行動から、長期的なプランをもつ熟考型行動まで多岐にわたる。エージェントの行動モデルは、従来、反射型プランニング [1] や熟考型プランニング [9] として表現されてきた。一方で、社会シミュレーションで扱う人間の行動は、長期的プランをとともなう行動であっても熟考の上での行動というよりは、特定の目標の達成に必要な行動プランや習慣としての行動パターンをあらかじめ知見として持ち、それを状況に合わせて再現しているとみなせる。よって、社会シミュレーションにおけるエージェントの行動をモデル化するには、長期間にわたる一貫性を持った行動を表現が容易である熟考型と、多様な環境への対処が容易である反射型の両者の特徴をもつ行動モデルが適していると考えられる。本研究では、行動プランや習慣としての行動パターンをシナリオとして記述し、人間の行動をシナリオに基づいてモデル化することで人間の多様な振舞いを表現する。このシナリオに基づく行動記述をシナリオベース行動記述と呼ぶ。

シナリオベース記述では、特定の目的の解決や習慣を表わす一連の行動をシナリオとして表現する。そのシナリオでは、1 が示すように目標の達成に至る行動の段階を状況で切り分け、それら状況の遷移という形で表現する。例えば「避難場所への移動」というシナリオを考えた場合「家の中」「家の外」「移動途中」「目的地に着く」など複数の状況が存在し、それらの時間的遷移によりシナリオ内の遷移が表現できる。さらに、「家の中」であれば単に家にいる以外に「情報を得る方法を探す」「危険を感じたら家の外へ移動」等の行動ルールが考えられる。

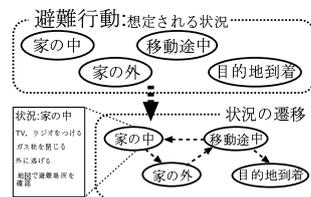


図 1: シンプルルールのシナリオチャート

また、エージェントの行動全体については、複数の目的の達成や習慣を同時に行なう様子を、複数のシナリオを同時に実行することで実現する。例えば、災害行動時の避難行動では、「避難場所への移動」「被害の通報」といった目的に応じたシナリオを複数用意しそれらを並列して実行することで、「被害を知らせながら避難する」という行動を実現する。本研究では、このように複数のシナリオの並列実行を目的とする行動記述の枠組みを並列シナリオ記述と呼ぶ。

3.3 シナリオによる実行及び記述の効率化

(2) の軽量実行に関してシナリオベース記述では、シナリオにて長期的プランに基づく行動を状況の時間的遷移として事前に展開することで表現する。これにより、熟考に要する環境の同定やプランの展開などにかかる計算時間コストは最小限に抑えられ、行動決定を一段の推論として行なうことができる。さらに、並列シナリオ記述の枠組みにおける状況遷移の直接的な操作をシナリオ作成の段階から行なうことで状況に適したシナリオのみが起動される。この操作により、エージェントの行動決定に必要な評価の対象となる行動ルール数を小さく保つことができ、結果として行動決定モジュールは軽量に実装することが可能である。これを実装することで、多数のエージェントを

現実的な計算量で実行することが可能であるとする。

さらに、(3) の行動記述モデルに関しては並列シナリオ記述にて、状況遷移を意図するシナリオの追加や削除の操作を明示的に記述することにより、新たな行動の追加や変更を行なうことが容易になると考える。例えば、先ほどの避難行動の例にて「家族への連絡」という行動を追加するには、シナリオとして作成した後、避難行動のシナリオに組み込む。そして「任意の場所に移動」シナリオの終了後や、「家の中」にいる状況にて起動するように追加することで、避難途中などに家族への連絡をするようエージェントの行動を拡張可能である。

4. 応用: 避難行動シミュレーション

我々は、一般市民エージェントを利用して避難行動シミュレーションを実装した。本例では、避難行動の際の避難誘導方法として知られている、吸着誘導のシミュレーションを実装したものである。吸着誘導とは、避難所への誘導を、経路を知っている人が先頭を走って連れ立って誘導する方法である。本シミュレーションは、基本的に RoboCupRescue[6] の市民エージェント [2] をベースに用いており、シナリオに追加以下のような *Posit* を追加した。

```
(defposit search_chase_target
  (defrule select_chage_target
    :condition (?see ひと)
    :activation 110 :action (!move 人の位置))
  (defrule s_chase_target
    :condition (and (?know 追掛ける相手)
                  (?see 相手の位置))
    :activation 120
    :action (move 相手の位置))
  (defrule clear_chase_target
    :condition (and (?know 追掛ける相手)
                  (not(?see 相手の位置)))
    :activation 120 :action 目標を見失う))
```

これは、地理に詳しくない場合には、知っていそうな人について移動する行動を想定した *Posit* である。実際のシナリオの中ではこの *Posit* に遷移するためのエッジを追加する。これにより、2,3 は実装したエージェントの行動の特徴を示す図であるが、2 体のエージェント両者が地図を知っている場合の 2、と片方のエージェントが地図を知らない場合の 3 では、エージェントの振舞いに違いが出ていることがわかる。以上のように、シナリオを新たに追加するだけで容易に、異なる振舞いを生成することができる。これシミュレーション以外に、別の避難誘導方として知られている指さし誘導のシミュレーションなどを実装することで、RoboCupRescue シミュレータ上での避難行動の有効性検証などが行なえる。



図 2: 地理に明るいエージェント同士の行動経路

図 3: 地理に詳しくないエージェントの行動経路

5. 考察

5.1 並列シナリオ記述を用いたエージェントの行動表現
我々が提案した並列シナリオ記述は、3.1 にて大規模社会シミュレーションにおけるエージェント行動記述モデルに対する要求として以下の点をあげた

- (1) 熟考型行動と反射型行動の両方の特性を持つ行動モデル
- (2) 軽量実行
- (3) 変更、追加が容易な行動記述モデル

これらに対して

- (a) シナリオベース行動記述
- (b) シナリオと状況によるルールの切り分けおよび状況の直接的操作
- (c) 並列シナリオとインタプリタ実行

の 3 点を実現することで、社会シミュレーションにて動作するエージェントの行動を表現し実行する。

具体的には、(1) に対して (a) では、熟考型行動における一貫性のある行動プランをシナリオにおける状況の時間的変化として、反射型行動における状況変化への対応を並列シナリオとルールの並列評価による柔軟な制御により対応している。そして (2) に対して (b) により、各エージェントの行動決定における計算時間コストの軽量化を図り、多数のエージェントが現実的な計算時間で動作することを確認した。最後に (3) に関しては (c) により、シナリオライタは 4 の様に、個々の行動目標に対するエージェントの振舞いをシナリオとして独立に設計可能である。そして、4c) の様に新たな *Posit* やシナリオを追加することでエージェントの行動を必要に応じて変更できるだけでなく、エージェントの動作を決定する為に評価する行動ルール候補を状況ごとに絞ることで、ルール評価プロセスにかかる計算時間コストの軽量化が行えるなどの利点を与える。また、*Posit* は特定の状況下での利用可能なルールの集合であるために、他のシナリオでの再利用可能などの利点がある。

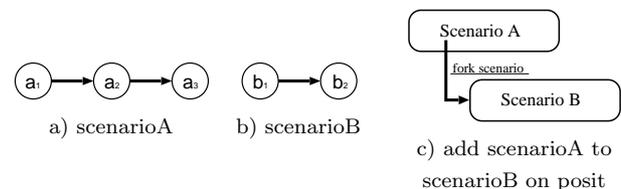


図 4: *Posit* における複合シナリオの生成

5.2 関連研究

関連研究の一つとして、Soar や ACT-R 等のプロダクションシステムが挙げられる。我々のシステムとプロダクションシステムとの違いは、プロダクションシステムは特定目標を効率的解決における知的振舞いのモデル化に焦点をあて、特定の目標の効率的な達成を前提としたモデル化を中心的課題としている。つまり、Soar や ACT-R では、専門家などから得た行動ルールを試行の繰り返しを経て適切な行動モデルを獲得することが研究課題の一つである。それに対して、我々の目標は、社会シミュレーションを適切に実現するエージェントを作成することであり、認知プロセスの細部を解明することではない。したがって、専門家などが知っている人間の行動に関する知識をシナリオとして表現することで、エージェントの一連の行動をスクリプトのように処理する解決プロセスを実現化している。また、リアクティブシステムの一つである RAPs[3] は、PS² と同様の並列シナリオの表現は可能である。RAPs において一つのタスクは、並列に実行可能な複数のサブタスクに分割可

能である。しかしながら RAPs には、競合解消を柔軟に行なう仕組みは存在しないために、状況によって実行されるサブタスクはほぼ決定的に決まっている。ゆえに、*Posit* は RAPs に比べて競合解消の柔軟性もしくは記述したルールの再利用性で有用であるといえる。なぜならエージェントの動作をシナリオベースで記述するものとしては、インタラクション設計言語 *Q* [5] がある。我々の提案する *Posit* は、この *Q* に触発されて設計したものである。この *Q* と *Posit* の違いは、*Q* は複数シナリオの処理は可能であるが、そのシナリオの記述は非常に複雑になる。例えば、2つのシナリオ 4a), 4b) をつなげて新しいシナリオを考えると、*Posit* では 4c) のように、ScenarioA から ScenarioB に時間的遷移を意味するエッジを追加すれば良いが、*Q* では 5 で示すように両方のシーンの条件を組み合わせたシーンを新たに考えてシナリオを構成する必要がある。よって、*Posit* は、シナリオの拡張性及びプロトタイピングを容易にするという点で *Q* とは異なるメリットを持つ。

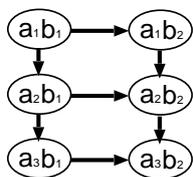


図 5: 4 の a), b) の複合シナリオを *Q* にて生成した場合

GAEA [8, 7] は動的サブサンクションアーキテクチャを実現したシステムである。GAEA と *Posit* は、複雑な環境をプリミティブな状態の断片の集合体とみなすことで状況依存性を実現している点が共通している。GAEA と *Posit* の異なる点は、行動ルールの選択において GAEA はルールの順序関係が状態単位でのみ指定できるのに対して、*Posit* では *Activation* の定義次第で動的に順序関係を変化させることができる。例えば、先の「家族への連絡」のシナリオにて、GAEA では家族への連絡が避難行動より優先的なシナリオであった場合に、たとえ火事の家の中にいたとしても連絡を実行する。一方、*Posit* では連絡するルールに火事との距離意味する変数を *Activation* に導入することで、火事の家からは逃げたあとで家族へ連絡するようにルールの活性値を操作できる。また、GAEA では最終的な振る舞いを状況におけるアトミックな行動の集合として作り上げられる。さらに、GAEA には Prolog の全実装が含まれているために多数のエージェントを動作させるには計算時間コストが問題となる。また、活性値を用いたルール選択のような柔軟な競合解消機能がない点が *Posit* とは異なる。

6. まとめ

本論文では、災害救助シミュレーションを用いたリスクコミュニケーションのためのエージェントの行動記述および作成についてのべた。エージェントの行動記述に関しては、並列シナリオ記述を導入し、特定の行動目標の解決を目的とする行動プランや習慣などをシナリオと定義することで、災害救助シミュレーションのためのエージェント行動記述を容易とする枠組みを提供した。さらに、それを用いて災害救助シミュレーション上で活動する市民エージェントを作成した。この市民エージェントを用いて様々な災害救助現場の状況をシミュレートすることで、リスクコミュニケーションのための一手段を提供する。

本研究は以下の点で改善が必要であると考えられる。

- (1) 状況の変化に対するシナリオの整合性の管理

- (2) ビジュアルプログラミングなどによるシナリオ設計環境
- (3) 他のシミュレーションへの適用

(1) のシナリオの整合性に関しては、環境の変化に対する行動をシナリオ内にてあらかじめ展開するために場合によっては十分な対応が取れなくなり、状況と実行しているシナリオとの間に整合性が取れない可能性がある。よって、本研究で提案するフレームワークにおいても、GAEA にて開発されている状況の整合性チェックをする方法 [7] を導入する必要がある。

(2) のシナリオ設計環境に関しては、研究が対象とする社会シミュレーションでの利用を目指すのであれば、容易にエージェントのシナリオが設計・管理できることが理想である。それには、Squeak [4] などに代表されるビジュアルプログラミング環境が適切であると考えられる。そして (3) の他のアプリケーションの必要性に関しては、現在災害時の救命救助活動を対象としたシミュレーションにおける一般市民のみしか利用していないために、より広い適用を検討するには、避難行動シミュレーションやアミューズメントパークや交通利用者を考慮した人流シミュレーションなど他のシミュレーションへの利用を考える必要がある。以上の点を今後の課題として検討する。

参考文献

- [1] John R. Anderson, Michael Matessa, and Christian Lebiere. Act-r: A theory of higher level cognition and its relation to visual attention. *HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, 12:430-462, 1997.
- [2] CivilianAgent for RoboCupRescue. http://www.carc.aist.go.jp/~kshinoda/R_Civilian/.
- [3] Robert James Firby. *Adaptive Execution in Complex Dynamic Worlds*. PhD thesis, Yale University, 1989.
- [4] Dan Ingalls, Ted Kaehler, John Maloney, Scott Wallace, and Alan Kay. Back to the future—the story of squeak, a practical smalltalk written in itself. In *OOPSLA'97*, 1997.
- [5] Toru Ishida. Q: A scenario description language for interactive. *IEEE Computer*, 10 2002.
- [6] Hiroaki Kitano. Robocup rescue: A grand challenge for multi-agent system. In *Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-2000)*, pages 5-11, 2000.
- [7] Hideyuki Nakashima and Itsuki Noda. Dynamic subsumption architecture for programming intelligent agents. In *Proceedings of International Conference on Multi-Agent Systems 98*, pages 190-197. AAAI Press, 1998.
- [8] Hideyuki Nakashima, Itsuki Noda, and Kenichi Handa. Organic programming language gaea for multi-agents. In *Proceedings of International Conference on Multi-Agent Systems 96*, pages 236-243. AAAI Press, 1996.
- [9] Allen Newell. *Unified Theories of Cognition*. Harvard University Press, 1990.
- [10] 環境省. 平成 12 年度リスクコミュニケーション事例等調査報告書. Web Page: <http://www.env.go.jp/chemi/communication/h12jirei/>, 2001.
- [11] 桑田喜隆, 野田五十樹, 篠田孝祐, 太田正幸, 伊藤暢浩, and 松野文俊. 統合防災シミュレータを使った災害対応活動の評価. In 第 3 回 *SICE* システムインテグレーション部門講演会 (*SI2002*), pages 1P33-05, 2002.
- [12] 篠田孝祐, 野田五十樹, and 太田正幸. 災害シミュレーションにおける一般市民シミュレーションのための行動記述の提案と実装. In 人工知能学会全国大会予稿集, pages 2B1-03, 2002.
- [13] 篠田孝祐, 野田五十樹, and 國藤進. 並列シナリオ記述を用いた robocup-rescue civilian の動作記述. In 第 17 回 *AI-Challenge* 研究会, pages pp.61-66. 人工知能学会, 2003.