

都市における危機管理のためのマルチエージェントシミュレーション

京都大学社会情報学専攻 JST デジタルシティプロジェクト ○石田亨, 中西英之, 村上陽平, 河添智幸, 菱山玲子

Multi-agent Simulation for Urban Crisis Management

Toru Ishida, Hideyuki Nakanishi, Yohei Murakami, Tomoyuki Kawasoe, and Reiko Hishiyama

Department of Social Informatics, Kyoto University

JST Digital City Project

Abstract: We are preparing a 3D virtual space for the reproduction of the past real-world experiment that compared methods to lead evacuees. Toward this goal, we tried to reproduce the experiment in a 2D multi-agent simulator. The simulation result became more faithful after designing the behaviors of evacuee agents iteratively. This means that the simulator is effective to design social interaction.

1. はじめに

災害における危機管理はわが国にとって重要なテーマであり、情報技術の貢献が期待されている。たとえば、仮想空間での避難シミュレーションが実現し、得られた結果の分析が可能となれば、災害規模の予測や、災害に対する学習効果を高めることができるなど、社会的意義は大きいと思われる。

我々は、3次元仮想空間上のデジタルシティ^{1~4)}にある京都駅を舞台に、数百体のエージェントとインターネットから参加する数十名の参加者による大規模避難シミュレーションを行おうとしている。仮想京都駅という大空間でのシミュレーションを実現するためには、手順を踏んで研究を進める必要がある。そうでなければ、シミュレーションは単なるサイバースペース上のイベントになってしまう。我々が考える研究ステップは以下のようなものである。

- (1) 過去に実空間で行われた避難訓練の統制実験をシミュレーションで追試する。これによって、マルチエージェントシミュレーションが実空間の避難訓練を再現できるかどうかを確認する。
- (2) つぎに、実空間での避難訓練とシミュレーションを併用する。避難訓練からの知見をシミュレーションによって確認し、データの収集分析を加速することができる。
- (3) さらに、実空間での避難訓練が困難な環境(たとえば、京都駅)を仮想空間内に構成し、シミュレーションを実施する。その結果から、シミュレーションなしでは得られない知見を得る。

我々は、現在第一ステップの中間点に位置し、第二ステップの準備をしている段階である。具体的には、1988年に杉万氏が行った避難の統制実験⁵⁾の追試を試みている。

2. 1988年:杉万実験

杉万氏の実験では以下の二つの誘導方法が試みられた。

(1) 指差誘導法

誘導員は、「出口はあちらです。あちらに逃げて下さい」と大声で叫ぶとともに、上半身全体を使って出口の方向を指し示す。誘導員自身も出口に向かって移動する。この指差誘導法は、従来、避難訓練の場で最も広く用いられてきた代表的な誘導法である。

(2) 吸着誘導法

誘導員は、自分のごく近辺にいる1名ないし2名の避難者に対して、「自分についてきて下さい」と働きかけ、自分が働きかけた少数の避難者を実際にひきつけて避難する。この誘導法にお

いては、誘導員が出口の方向を告げたり、多数の避難者に対して大声で働きかけたりすることはしない。

杉万氏は、南北に長い地下街で、42名の避難者に対し4名の誘導員を用意し、指差誘導法と吸着誘導法を用いた避難訓練を実施した。その結果、吸着誘導法が、避難所要時間および誘導された避難者数において優位であることを見だしている。この原因として、吸着誘導法では誘導員を核とする小集団が複数形成され、その集団が周囲の避難者を吸引したことを挙げている。

つぎに杉万氏は、消防局の地下室において、16名の避難者に対し誘導員の人数を変化させた統制実験を行っている。その結果、避難者と誘導員の人数比が大きくなると、指差誘導法と吸着誘導法の優劣が逆転するとの知見を得ている。

3. 2002年:マルチエージェントシミュレーション

そこで我々は、指差誘導法と吸着誘導法を実行できる誘導エージェントのシナリオを、 Q^0 を用いて記述した。また、誘導員の指示が直接得られる場合はその指示に従い、得られない場合は周囲の集団に同調して避難する避難エージェントのシナリオを記述した。

シナリオの記述は2段階に分けて行った。第一段階では、杉万氏の論文を精読し、そこから誘導員と避難者のルールを抽出した。抽出されたルールは以下のようなものである。

(a) 指差誘導員シナリオ

- 誰かを見かければ、大声を出しつつ、出口を指差す。
- 違う方向に向かう避難者を見れば、正しい出口に誘導する。
- 近くの避難者が移動を開始すれば、自身も避難を開始する。
- 動かない人がいれば、呼びかける。

(b) 吸着誘導員シナリオ

- 避難開始と同時に、誘導員自身に一番近い避難者を探し出し、その避難者を出口まで連れて行く。
- 避難者が離れば、近づくまで待つ。
- 避難者が近づくと、誘導を再開する。
- 避難者を見失えば、周りを見渡し、新たに誘導すべき避難者を見つめる。
- 誘導員自身が出口に着くまで、上記を繰り返す。

(c) 避難者シナリオ

- 近くの出口を目指して移動する。

- 誘導員の指示に従い避難する。
- 指差誘導では、誘導員が指差した方向へ移動する。
- 吸着誘導では、誘導員の後ろに付いていく。
- 誘導員の指示がない場合、避難者自身で判断し避難する。

避難シミュレーションは、3次元仮想空間を2次元化したマルチエージェントシミュレータである FlatWalk を用いて実施した。Fig. 1 にその実行例を示す。このシミュレーションを通じて、混雑の発生状況を克明に観察することができる。

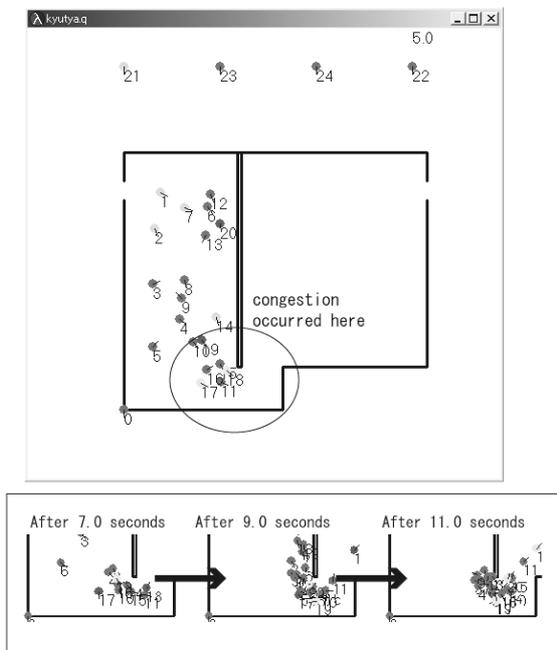


Fig. 1 Evacuation simulation in FlatWalk

しかしながら、シミュレーションの結果は、杉万氏が記録したデータとは大きく異なる結果となった。そこで、第二段階では、杉万氏へのインタビューを行い、また、当時の記録ビデオの分析を行った。そして、避難者が誘導員のみならず、他の避難者に同調することを確認し、以下のルールを追加した。

- 多くの人がいるところへ移動する。
- 周りが動いていなければ、動かない。
- 近くの人が動き出したら、付いていく。

さらに、論文には記述されていない実験現場の視界の悪さ、群衆の過密さ、音の反響を反映し、ルールに以下の改善を加えた。

- ある一定距離以内で誘導員の指差に従う。(群衆の過密により誘導員の指差を確認できないため)
- 同時に複数の発話による指示は無視する。(音の反響により正確に指示を理解できないため)

上記の改善を加えたマルチエージェントシミュレーションの結果は、杉万氏の実験データとおおむね一致した。

4. おわりに

上記の経験から得られた知見は以下のようなものである。

- (1) マルチエージェントシミュレーションは、適切にシナリオを記述すれば、実空間での実験データと一致する結果を導くことができる。

- (2) しかしながら、シナリオライターの想定による記述が、意味のある結果を導く保証はない。実空間でのシミュレーションとの併用によって、記述の的確さを増していくことが必要である。

個々のエージェントをどの程度詳細にモデル化するべきかという問いに、簡単な答えはない。パラメータの数を絞れば、パラメータと結果との因果関係はより明確となる。しかし、あまりに単純なモデル化は現実性を失わせ、人間の参加を難しくする。一方、エージェントの個性などを含め、現実に近いモデルを組み込もうとすれば、結果の解釈は恣意的なものとなりやすい。シミュレーションの用途によって、適切な粒度のモデルを採用する必要がある。

避難シミュレーションには、実現方法に関する工学的課題と結果の理解に関する科学的課題がある。工学的課題には、マルチエージェントシミュレーションのプラットフォーム構築と、マルチエージェントのシナリオ記述があり、この論文では後者について述べた。前者に関しては、ユーザ参加型のシミュレーションが可能なインタフェースとコミュニケーション機能、マルチエージェントシミュレーションの並行処理を容易に記述できる言語、などの開発を行っている。

科学的課題として、人と空間のインタラクション、及び社会的エージェントの心理の解明を行っている。前者は3次元仮想空間の認知に関するもので、人は現実空間と同じように振舞うのか、身体性の欠如は避難行動に相違をもたらすのか、といった疑問に挑んでいる。後者では、擬人化されたソフトウェアである社会的エージェントに対する信頼が、ソフトウェアに対する信頼に近いのか、人に対する信頼に近いのかを、明らかにしようとしている。一般に、ソフトウェアに対する信頼はその機能と効率で決まるが、人に対する信頼は機能や効率では決まらない。人が社会的エージェントによる誘導を信頼するのかどうかという問題は、避難シミュレーションにとって重要である。

謝辞

本研究は、CREST「デジタルシティのユニバーサルデザイン」の一部として進行中のものである。

参考文献

- 1) T. Ishida and K. Isbister (eds.): Digital cities: Experiences, technologies and future perspectives, *LNCS, Vol.1765*, Springer-Verlag (2000)
- 2) M. Tanabe, P. van den Besselaar and T. Ishida (Eds.): Digital Cities II: Computational and Sociological Approaches, *LNCS State-of-the-Art Survey, Vol.2362*, Springer-Verlag (2002)
- 3) 石田: デジタルシティの現状, 情報処理, Vol.41, No.2, pp.163-169 (2000)
- 4) T. Ishida: Digital city Kyoto: Social information infrastructure for everyday life, *Communications of the ACM (CACM)*, Vol.45, No.7, pp.76-81 (2002)
- 5) 杉万: 避難誘導法のアクションリサーチ, 自然災害の行動科学 応用心理学講座, Vol.3, pp.110-122, 福村出版 (1988)
- 6) T. Ishida: Q: A Scenario Description Language for Interactive Agents, *IEEE Computer*, Vol.35, No.10, pp.54-59 (2002)