

避難誘導のためのロケーションウェアシステムの研究

A Location-aware System for Evacuation Guidance

研究代表者 大阪大学大学院工学研究科 准教授 中西 英之

[研究の目的]

駅や空港のような大規模公共空間における一般的な避難誘導は、全避難者にとって有用である総体的な情報だけを構内放送によって一斉に流すものであり、その例は「近くの非常階段から避難してください。」である。これに対して本研究で扱う避難誘導とは、個々の避難者の携帯電話に向かって現在位置の周囲の状況に応じた情報を送るものであり、その例は「目の前の階段はすぐに混雑します。向こう側の階段を使ってください。」である。受動的に経路を提示する従来のナビゲーションシステムとも異なり、誘導システムが避難者の進行経路を能動的に制御しようとする。このような、人間と機械の協調によって効率的なナビゲーションを達成する位置依存型の誘導システムを研究する。

具体的には、1) 参加型シミュレーション、2) 拡張実験、という2つの方法による実験を地下鉄のプラットフォームで行う。この実験で、避難者のいる場所や周囲の混雑状況などの実世界のコンテキストを含む誘導メッセージが避難誘導においてどのように有効であるのかを、実世界コンテキストを含まない構内放送のメッセージと比較することによって解明する。

[研究の内容、成果]

実験に用いた仮想都市シミュレータ **FreeWalk/Q** は、仮想都市 **FreeWalk** とシナリオ記述言語 **Q** を組み合わせたものである。**Q** 言語は **Scheme** をベースにしており、拡張有限状態機械をモデルとしている。**Q** で書かれたシナリオに従って、エージェントは **FreeWalk** の仮想空間の中で、歩いたり、話したり、ジェスチャーを使ったりできる。プログラムが制御するキャラクターであるエージェントと、ユーザが制御するキャラクターであるアバタは共通のインタラクションモデルを持っており、エージェントを制御するためのアプリケーションプログラミングインタフェースとアバタを制御するためのユーザインタフェースが統合されているのが特長である。これによって、エージェントとアバタが混在するシミュレーションの実行が容易となっている。図1は実験で用いた避難群集のシミュレーションである。被験者は実験室においてコンピュータのディスプレイに映し出されるシミュレーションの中にある自分のアバタをゲームパッド等で操作する。このような **human-in-the-loop** 型のマルチエージェントシミュレーションは参加型シミュレーション (**Participatory Simulations**) と呼ばれている。



図1 避難群集シミュレーション

上記の避難群集シミュレーションは、拡張現実感 (AR) インタフェースによって実環境を重ねることが可能である。シミュレーションの中の多数のエージェントを重ねることによって、実環境での実験は小規模でも、これを拡張して仮想的に大規模な実験にすることができる。我々はこのような実験を拡張実験 (Augmented Experiments) と呼んでいる。拡張実験の被験者は、仮想空間の中のアバタをゲームパッド等で操作するのではなく、実環境において行動する。ただし、その行動は環境中のセンサを介して仮想空間の中のアバタの行動に反映される。エージェントの行動はアバタの行動から影響を受ける。そして、エージェントの行動は AR インタフェースを介して被験者の行動に影響を与える。このように、実環境にいる被験者とシミュレーションの中のエージェントの間でインタラクションが発生する点が、参加型シミュレーションとは異なる。

拡張実験ではシミュレーションを提示する方法として透過型 HMD ではなく携帯電話を用いた。なぜなら、実環境で行動している人間の視界を仮想群集のような大きな画像で覆うのは危険な場合があるからである。携帯電話の画面は小さくて解像度も十分ではない。そこで、シミュレーションの映像によって状況を視覚的に提示するのではなく、実験タスクの遂行に必要な状況変化を記号的に提示することにした。自分

を取り巻くエージェントの群集によってなかなか前進できない状況を作り出すために、群集の密度を伝える次のような4段階の記号を用いた。目の前に群集の壁があって、すぐに立ち止まらなれないといけない場合は×が表示された。だんだんと群集に近づいて行っているために1・2メートルだけゆっくり前進できる場合は△・○が表示された。自由に歩き回れる状況では◎が表示された。どの記号を表示するかはシミュレーションの状況にもとづいて決定した。シミュレーションの中にいる被験者のアバタは、位置検出センサが捉える被験者の位置にもとづいて歩行した。

集団行動のマルチエージェントシミュレーションは実行する度に異なる振舞いを示す。VR インタフェースを用いる被験者 (VR 被験者) と AR インタフェースを用いる被験者 (AR 被験者) が同じシミュレーションを共有して共同で評価を行えば、アンケートや観察データなどの分析結果に含まれる分散を抑えることができる。FreeWalk/Q は、VR 被験者に必要な視覚的状況提示と AR 被験者に必要な記号的状況提示を同一のシミュレーションから生成可能である。また、VR 被験者によるゲームパッドからの入力でも AR 被験者を捉えたセンサからの入力でもアバタを動かすことができる。図2はシミュレーション実験のアーキテクチャであり、拡張実験と参加型シミュレーションを統合したものである。仮想空間には群集エージェントおよび VR 被験者のアバタと AR 被験者のアバタが、実空間には AR 被験者と地下鉄の一般乗降客が、実験室には大スクリーンに表示されるシミュレーションを眺める実験管理者と VR 被験者がいる。

実験の仮説は次のように立てた。冷静さを失った避難者を安全に誘導するために、緊急時の避難誘導は何よりもまず信頼されなければならない。遠隔コミュニケーションにおける信頼を調べた過去の研究によると、信頼には二つの独立した要因がある。一つは感情的要因であり、

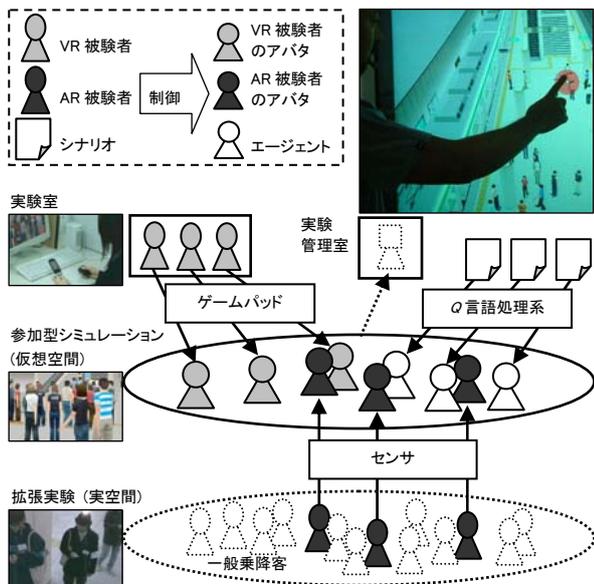


図2 実験のアーキテクチャ

協力的な印象を与えるかどうかに関係する。避難誘導の場合で言うと、人々の安全な避難を支援しようとしている印象を与えるかどうかである。もう一つは認知的要因であり、タスクを完遂可能であるという確信を与えるかどうかに関係する。避難誘導の場合で言うと、正しい状況把握にもとづいて効率的な避難を実現できるという確信を与えるかどうかである。避難誘導システムの場合、感情的要因はあまり問題にならないと思われるが、認知的要因はシステムの機能と大きく関連すると考えられる。そこで、位置依存型誘導は構内放送型誘導よりも認知的要因の点で優れていると予想した。位置依存型誘導のメッセージは避難者の位置や周囲の混雑状況を反映しているので、避難現場の状況を把握した上で最適な指示を出している印象を与え、それが信頼につながるはずである。よって、より信頼され、避難に有用であると思われ、避難者を落ち着かせることができる、という仮説を立てた。

実験には、VR 被験者 9 名と AR 被験者 8 名の計 17 名が参加した。実験の舞台となった地下鉄駅の業務の邪魔にならないように、一度に避難する AR 被験者は 3 人にし、それに VR 被験者 3 人、エージェント 100 体を加えて実施した。誘導メッセージの違いのみの影響を評価するためにホーム中央の階段に全員が誘導される

設定とし、階段周辺の混雑を再現するために 100 体のエージェントで実験を行った。図 1 のように、プラットホームにいる乗降客は一斉にホーム中央の階段を通過してコンコースへ避難しようとし、階段はすぐに混雑した。各被験者は 2 回避難に参加し、位置依存型と構内放送型の誘導をランダムな順番で体験した。各避難終了後に、誘導の信頼度と有用性、および避難時の冷静さについて問うアンケートに答えた。システムトラブルにより VR 被験者 1 名と AR 被験者 3 名は片方の誘導法しか体験できなかったため、それらのデータは分析から取り除いた。

位置依存型誘導と構内放送型誘導の双方において、システムは被験者の位置にもとづいて、次のようなタイミングで 5 回メッセージを送信した。1 つ目のメッセージは避難が開始した時点、2 つ目は階段から約 15m 手前を通過した時点、3 つ目は約 10m 手前を通過した時点、4 つ目は約 5m 手前を通過した時点、最後のメッセージ階段を登り始めた時点で送信された。位置依存型誘導のメッセージは階段周辺の混雑や進行方向に関する情報を含んでいた。被験者は避難が開始した時点で「前方の階段から避難してください」というメッセージを受け取り、一定距離進んだところで「このまま階段に進んでください」、階段手前で混雑している群衆の最後尾に着いた頃に「混雑していますがこの階段を使ってください」、混雑を通り抜けつつあるときに「もうすぐ混雑を抜けますので慌てないでください」、階段を登り始めたときに「落ち着いて階段を上ってください」というメッセージを受け取った。これに対して構内放送型誘導のメッセージは、「近くの階段から避難してください」、「慌てずに避難してください」、「最寄りの階段を使ってください」、「落ち着いて避難してください」、「そばにある階段を利用してください」であり、通常の避難のアナウンスと同じである。

避難終了後、VR 被験者も AR 被験者も全員同じアンケートに答えた。アンケートは、信頼度に関する 3 問、有用性に関する 3 問、冷静さ

に関する 6 問, そして実験意図の察知を防ぐための 12 問, の計 24 問で構成した。全質問は 1 点から 9 点までの 9 ポイントのリカート尺度である。VR 被験者のデータと AR 被験者のデータは別々に分析した。対応ありの両側 t 検定で二つの誘導システムが与えた印象の違いを分析した。すると, VR 被験者のデータからは, 位置依存型のほうが信頼できるという結果 ($t(7)=3.1, p<.05$) を得た。これは「信頼」指標 (構内放送型:13.1, 位置依存型:19.6, 3 が最低点で 27 が最高点) の比較結果である。この指標は次の 3 質問「誘導に従う気になりましたか?」, 「誘導は信頼できましたか?」, 「誘導には説得力がありましたか?」の得点の合計 (クローンバックの α 係数は 0.84) である。また, 位置依存型のほうが有用であるという結果 ($t(7)=2.8, p<.05$) も得た。これは「有用」指標 (構内放送型:15.3, 位置依存型:20.2, 3 が最低点で 27 が最高点) の比較結果である。この指標は次の 3 質問「誘導は役に立ちましたか?」, 「メッセージは分かり易かったですか?」, 「誘導は親切でしたか?」の合計 (クローンバックの α 係数は 0.70) である。これらの結果を図 3 に示す。AR 被験者のデータでは「信頼」指標でも「有用」指標でも有意差は見られなかったが, 「冷静」指標 (構内放送型:9.8, 位置依存型:14.6, 2 が最低点で 18 が最高点) を比較した結果, 位置依存型のほうが冷静になれたという結果 ($t(4)=3.1, p<.05$) を得た。この指標は, 「急がずに避難しましたか?」と「慌てずにできましたか?」の得点を足したもの (クローンバックの α 係数は 0.91) である。図 3 にこの結果を示す。VR 被験者のデータでは, この指標では有意差が出なかった。以上で言及した質問以外に有意差の出たものは無かった。また, 構内放送型の優位性を示す結果は見られなかった。

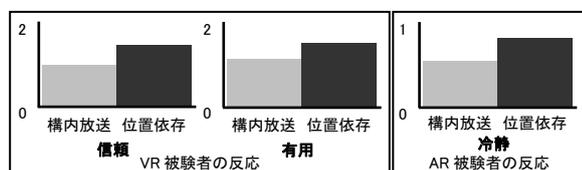


図 3 比較結果

[今後の研究の方向、課題]

本研究によって位置依存型誘導システムの有効性が示された。今後は, 位置依存型誘導システムに用いた各要素技術を一般化し, 避難誘導のみならず, 我々の日常生活全般を支援するシステムに発展させる。具体的には, 1) GPS・カメラ付き携帯電話を用いた大規模仮想都市構築システム, 2) RFID を用いた床面位置検出センサ, 3) ロボットを用いた遠隔コミュニケーション支援システム, の開発を行っていく。

[成果の発表、論文等]

- 1) 中西 英之, 石田 亨, インタラク션을投影するデジタルシティ. 建築雑誌, Vol. 122, No. 1565, 2007. (発表予定)
- 2) 黒川 高弘, 高橋 甲介, 中西 英之. 床面 RFID センサ「インテリマット」の開発. 情報処理学会研究報告 ヒューマンコンピュータインタラクション, 2007-HCI-124, pp. 49-56, 2007.
- 3) Daisuke Tamada and Hideyuki Nakanishi. Constructing of a Large-scale Virtual City based on an Open Content Method. Digital Cities 5: Urban Informatics, Locative Media and Mobile Technology in Inner-City Developments, 2007.
- 4) 中西 英之, 野上 大輔, 石黒 浩. テレロボビジョン: ネットワークカメラとロボットによるコミュニティ支援. 第 21 回人工知能学会全国大会, 2D5-3, 2007.
- 5) 玉田 大輔, 中西 英之. オープンコンテンツ方式にもとづく大規模仮想都市の構築. 第 21 回人工知能学会全国大会, 2B4-4, 2007.
- 6) 野上 大輔, 中西 英之, 石黒 浩. ヒューマノイドロボットアバターシステムの提案. 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス, 2007-GN-64, pp. 61-66, 2007. (優秀発表賞 受賞)
- 7) Toru Ishida, Yuu Nakajima, Yohei Murakami and Hideyuki Nakanishi. Augmented Experiment: Participatory Design with Multiagent Simulation. International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-07), pp. 1341-1346, 2007.
- 8) 伊藤 英明, 中西 英之, 石田 亨. 超越型コミュニケーションを用いた位置に基づく遠隔指示の分析. 情報処理学会論文誌. Vol. 48, No. 3, pp. 1372-1380, 2007.