

Sensitive Agent: シミュレーションのための 人間エージェント間インタラクションの設計

志水 信哉[†], 中西 英之[†]

[†]京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻

訓練を行うのに有益なマルチユーザマルチエージェントシミュレーションにとって、ユーザとエージェントが自然にインタラクションできることは必要不可欠である。従来のエージェントは既に豊かな非言語コミュニケーションスキルを有しているが、社会的インタラクションのシミュレーションに必要な感受性に欠ける。我々は準言語、注視動作、ジェスチャーを知覚するインタフェースを設計した。これによって、災害シミュレーション時にユーザの説得力を認知する Sensitive Agent が実現できた。

Sensitive Agent: Design of interaction between human and agent for simulations

Shinya Shimizu[†], Hideyuki Nakanishi[†]

[†]Department of Social Informatics, Kyoto University

Natural and smooth interaction between users and software agents is vital for effective multi-user multi-agent simulation that is used for training, learning and other applications where social interaction must be simulated. Conventional agents already have rich communication skills including nonverbal communication; however, lack the sensitivity that is necessary for social interaction simulation. To develop the sensitivity mechanism, we designed a multi-modal interface to perceive paralanguage, gaze and gesture cues. As the results, our sensitive agents can detect how users are persuasive in emergency simulations.

1. はじめに

自由に空間を構築できる仮想空間では、距離や時間などが問題で実際に訪れることが難しい場所を体験させることができる。また、ネットワークを通じて多数の人が同一空間を共有することができるので仮想空間はコミュニケーション空間としても利用されている[1]。このような仮想現実感(VR)の技術を用いた訓練等のシミュレーション環境の開発は盛んに行われている[2]。この VR シミュレーション環境に人間社会で起こる様々な現象を再現することができるようなマルチエージェントシミュレーションシステム[3]を融合することで、部分的に人間を参加させた集団行動のシミュレーションを行うことができる。

集団行動のシミュレーションをするにはユーザやエージェントがインタラクションの結果、どのような行動をするのが重要となる。現実に近い行動をシミュレートするには、行動に影響を与えるようなユーザとエージェントの間で行われるインタラクションが現実の人間同士のように行われ

なければならない。

ユーザとエージェントのインタラクションは対話エージェントの研究で盛んに行われてきている。対話エージェントの研究では主にエージェントからユーザに何かを伝えることを目的としているため、表情を変化させたりジェスチャーをしたりして、エージェントに現実の人間のような行動をさせることに重点が置かれている。しかしユーザの行動については、対話のきっかけになるような興味の対象を示すアクションや発話内容など表面的なものしか取り扱わない。そのため、対話エージェントと同じ能力をもったエージェントで集団行動のシミュレーションをする場合、相手の表面的な行動に機械的に反応をするようになってしまい、シミュレーションとしてもユーザの体験としても十分な結果が得られない。

インタラクション相手の行動に影響を及ぼすようなユーザの感情や印象などの微妙な社会的合図は、注視動作やジェスチャーやパラ言語といった非言語行動から認知される。そのような非言語行動の多くは無意識的になされるため、コマンドベ

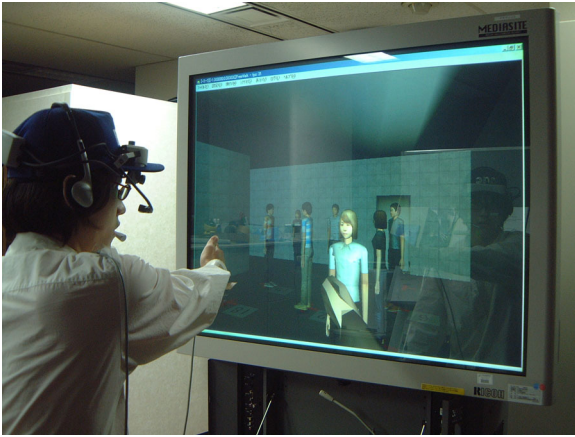


図1. システム利用風景

ースのインタフェースでそれらを実現するのは難しい。そこで我々は、センサーを用いてユーザの非言語行動を常に監視し、各自の状況に応じて解釈するという方法で、エージェントの行動に影響を及ぼす社会的合図を伝える非言語インタラクションを設計した。今回は一例として、送り手の“説得力”という社会的合図を伝達するインタラクションをマルチユーザマルチエージェント仮想都市空間 FreeWalk[4]上で実装した(図1)。

まず、次章で今回の研究背景として我々が行っている災害体験シミュレーションについて述べ、関連研究をまとめる。第3章で構築した *Sensitive Agent* について、非言語行動によるインタラクションの設計とシステムの実装を述べる。第4章で集団行動シミュレーションの具体例として避難誘導シミュレーションを紹介する。そして最後に微妙な社会的合図を認知可能なエージェントについて考察して本稿を締めくくる。

2. 背景

2.1. 避難シミュレーション

コンピュータ技術の急速な発展により、三次元仮想空間を用いたコンピュータシミュレーションを行うことが可能になった。この仮想空間を用いたシミュレーションには、現実では再現することが難しい状況を作り出し、実際に体験できるという利点がある。現実世界で実際に災害を起こすことはできないので、災害時の避難シミュレーションはそのような利点を最大限に利用している。

我々の研究では災害時の危機管理という観点から避難シミュレーションの実現を目指している。

最終的な目標は、多数の人間とエージェントの参加した大規模な避難訓練を仮想空間上で行うことである[5][6]。

人間が参加して避難訓練を行う場合、避難行動についてのモデル化が必要となる。例えば、誘導者の指示によって行動を変えたり、他の人についていたりといった社会的インタラクションをモデル化する必要がある。我々はこのような社会的インタラクションに注目して研究を行っている。

この研究のために、まず個々のエージェントの動きをシミュレーションするマルチエージェントシステムを開発した[7]。また、実際に行われた避難実験[8]を参考に、その状況を再現する誘導者および避難者の行動を抜き出し、それぞれをエージェントとして動作させるためのシナリオを記述した。そして、このシナリオで動作する避難者の一部を人間の操作できるキャラクタと置き換えることで、避難者として避難訓練を体験させた。次の一步として本稿では、誘導者として避難訓練を体験する際に必要となる社会的インタラクションの設計を行う。

2.2. 関連研究

人間とインタラクションをするエージェントとして古くから具現化対話エージェント(ECAs: *Embodied Conversational Agents*)の研究が盛んである[9][10][11]。これらの研究では言葉以外によるインタラクションについても注目し研究を行っているが、情報提示能力の向上やユーザの注意を引く能力の向上を目指していたため、メッセージを伝える側のエージェントの行う非言語行動のモデル化が中心であった[12]。ユーザの行う非言語行動については、ほとんどの研究が対象指示や特定の意味を伝えるサインとしてのジェスチャーが行えるインタフェースを提供しているだけであった。*Gandalf*ではユーザインタフェースに複数のセンサーを用いることで、エージェントがユーザの動きをリアルタイムに把握できるようになっていた。しかし、その解釈は他のものと同様に表面的なメッセージの理解に留まっていた[10]。我々の研究ではこれら対話エージェントと異なり、ユーザからエージェントに情報を伝えるようなインタラクションが存在するため、ユーザの行う非言語行動から相手の行動に影響を及ぼすような社会的合図を

抽出しインタラクションに用いることを目指した。

ユーザの興味や感情といった暗示的情報をコンピュータが理解することは、コンピュータと人間の間のインタラクションをより円滑にするために、非常に有益であると考えられている。そのため最近では、心拍数などの生理学情報からユーザの感情をシステムが理解し利用しようとする研究が行われている[13]。Helmutらのシステムでは心拍数と発汗からユーザの感情を把握し、それに基づいてエージェントがユーザに対して行う行動を決定する[14]。生理学情報は非言語行動と異なり自分自身で制御できないので、より正確なユーザの内部状態を表している。そのためユーザの行動を支援するという目的のために用いる場合には非常に有効な手段である。しかし、我々の研究の目的は現実でのインタラクションを再現し、行動のシミュレーションを行うことであるので、現実で入手不可能な生理学情報を扱うアプローチは適していない。

2.3. 非言語コミュニケーション

人間は相手の表情や身振りといった非言語行動から相手の意図や感情を推測してコミュニケーションを行っている。人間のコミュニケーションの中心は言語であると考えがちであるが、過去の心理学の説では、人間は言語コミュニケーションより非言語コミュニケーションに依存していると言われている。例えば Birdwhistell は、コミュニケーション全体の 65%は話し方、表情、ジェスチャーといった非言語行動によって伝達されると述べている[15]。非言語コミュニケーションの特徴は言語コミュニケーションなどで伝達される表面的な情報を補足したり強調したり修正したりすることである。つまり伝達される真の情報を得るためには非言語行動を解釈しなければならない。したがって、エージェントとのインタラクションにおいて、非言語行動を解釈することは現実でのインタラクションを再現するのに必要不可欠なことである。

Patterson によると非言語コミュニケーションが社会的相互作用のなかで果たす機能は 1)情報提供機能、2)相互作用調整機能、3)親密さの表出機能、4)社会的統制機能、5)サービスと仕事の機能の5つがある[16]。情報提供機能は非言語行動の意味を強調し、明瞭なジェスチャーや表情に代表される。対話エージェントはユーザの非言語行動をこの機

能としてのみ解釈している。相互作用調整機能は非言語行動が交換される形式や構造を強調する。具体的には対面対話のターンテイキングが円滑に行えるのはこの機能によるものである[18]。親密さの表出機能は Argyle の親和葛藤理論に代表される対人距離、視線、表情によって表されるものである[17]。社会的統制機能は他者に特定の影響を与えようとする社会的統制過程に道具として用いる非言語行動の機能である。社会的統制過程としては相手を欺こうとしたり説得しようとする状況がある。また、実際に相手を感じ取る影響力は発信者の行動だけでは決まらず、受け手の性質や状況に応じて変化する。行動シミュレーションでは特にこの機能としての影響をユーザからエージェントに伝達することが必要である。また、Patterson は前2つの機能は非言語行動のパターンに大きく関係し、残りの機能は総合的な行動と関係すると述べている。

3. Sensitive Agent

3.1. 設計

日常生活で他者とコミュニケーションをする際、我々は主に言語による明示的内容だけでなく、相手の心的情報やバックグラウンド情報、正確に関する情報などを考慮して行動する。例えば、「こっちに來い」と言われたときに相手が怒っているようなら近づくのを躊躇するだろうし、優しくならすすんで近づいていくだろう。したがって、空間内で行われる行動がより自然であることが重要な行動シミュレーションにおいては、明示的情報伝達によるインタラクションだけでなく、暗示的内容を考慮したインタラクションを実現することが重要となる。2.3章で述べたように、現実ではこの種の内容は相手の非言語行動から推測されるものである。

エージェントからユーザへのそのような暗示的内容の伝達は、ユーザはエージェントを見ることで現実のように推測・解釈を行うため、エージェントの非言語行動を制御して表現力を強化することで可能になる。しかし、ユーザからエージェントへの伝達においては、ユーザの非言語行動が入力され、アバターのモデルに反映されるだけでは不十分で、エージェントがその非言語行動を解釈

する必要がある。

そこで我々は、エージェントの行動選択に影響を及ぼすような、ユーザの感情やコミュニケーション能力といった社会的合図を伝達する非言語インタラクションの設計を行った。まず、このような非言語行動は無意識に行われることが多いことから、ユーザの非言語行動は常に監視されるものとした。次に、エージェントは明示的な働きかけを受けた場合に、そのときの暗示的内容を解釈して行動を決定するようにした。また、明示的内容のように情報が伝わるか伝わらないかといったものと異なり、暗示的内容は得られた情報から解釈を行う。そのため、ユーザとの位置関係や地形などによってエージェント毎に得られる情報が異なるため、各エージェントがそれぞれの状況に応じて解釈を行い、ユーザの感情や印象といった社会的合図を入手するようにした。ここで行う解釈には現実世界での人間同士のコミュニケーション時に見られる解釈をモデル化する。

3.1.1. 具体例:説得力

説得力というユーザの印象を解釈するには、インタラクション中の注視行動、ジェスチャー、パラ言語といった多数の非言語行動を統合的に解釈する。

解釈のモデルを作成するのにあたり過去の心理学における実験で明らかにされている知見を参考にした[16][19][20][21][22]。注視行動については凝視の増加や中程度のアイコンタクトが説得力を増し、目を逸らすことをすると自信がないと感じられ説得力が低下する。ジェスチャーについては頻度の増加、肯定的な頭の傾きが説得力を増加させる。また、堂々としたジェスチャーも自信があるように見えるため説得力が増す。更に、声の大きさと速さの増加や短い休止といったパラ言語的の手がかりも自信があるように見られるため説得力を増加させる。

ユーザが次のような非言語行動でエージェントに呼びかけたときに、説得力があり信頼できると解釈するようなモデルを設計する。

- エージェントの顔を見ている
- 大きな声で少し早口である
- ジェスチャーを大きくしている

説得力があると判断するとエージェントはユー

ザの指示に従った行動を行うようにする。逆に説得力がないと判断すると指示には従わず、その説得力の度合いに応じて、次のインタラクションを待ったり、他のキャラクタの行動を観察したり、勝手に行動したりするようにする。

3.2. 実装

我々はユーザの参加した集団行動のシミュレーションが可能なマルチユーザマルチエージェント仮想都市空間 FreeWalk[4]上で、インタラクション中のユーザの非言語行動に含まれる暗示的内容を解釈して行動するエージェントを構築した。これにより、微妙な社会的合図を交換しながら集団行動シミュレーションを行うことが可能になった。そしてこのことはユーザの体験を豊かにすることができるだけでなくシミュレーションとしても現実の現象を再現したり説明したりすることが可能になると考える。この章の残りで詳しい実装について述べ、その後で具体的な説得力の解釈についての実装を述べる。

3.2.1. システムの実装

システムは大きく分けてユーザ入力解析部・明示的内容解釈部・暗示的内容解釈部からなる(図2)。最初の2つはアバター内部の処理として行われ、最後の1つはエージェント内部の処理として行われる。以下で各部について順番に説明する。

ユーザ入力解析部 構築したシステムでは代表的な非言語行動である視線とパラ言語、ジェスチャーの三種類の非言語行動を入力として取り扱う。視線は nac 社のアイトラッカーEMR-8 を用いて入手する。入手された注視座標から注目対象を解析して記録する。ジェスチャーは頭に付けた INTERSENSE 社の加速度センサーInterTrax2 と、肩と手首に付けた POLHEMUS 社の磁気センサー ISOTRAKII を用いることで入手する。センサーから得られたデータはユーザの身体情報を基づいた逆運動学計算によって首と肩、肘の関節角に変換して記録する。パラ言語はマイクから入力された音声解析してピッチ(声の高さ)、パワー(声の大きさ)を抽出して記録する。パワーはこれとは別に各エージェントが距離によって減衰を受けた音量を記録する。また、音声認識を用いることで発話内容を推定して発話テンポを計算して記録す

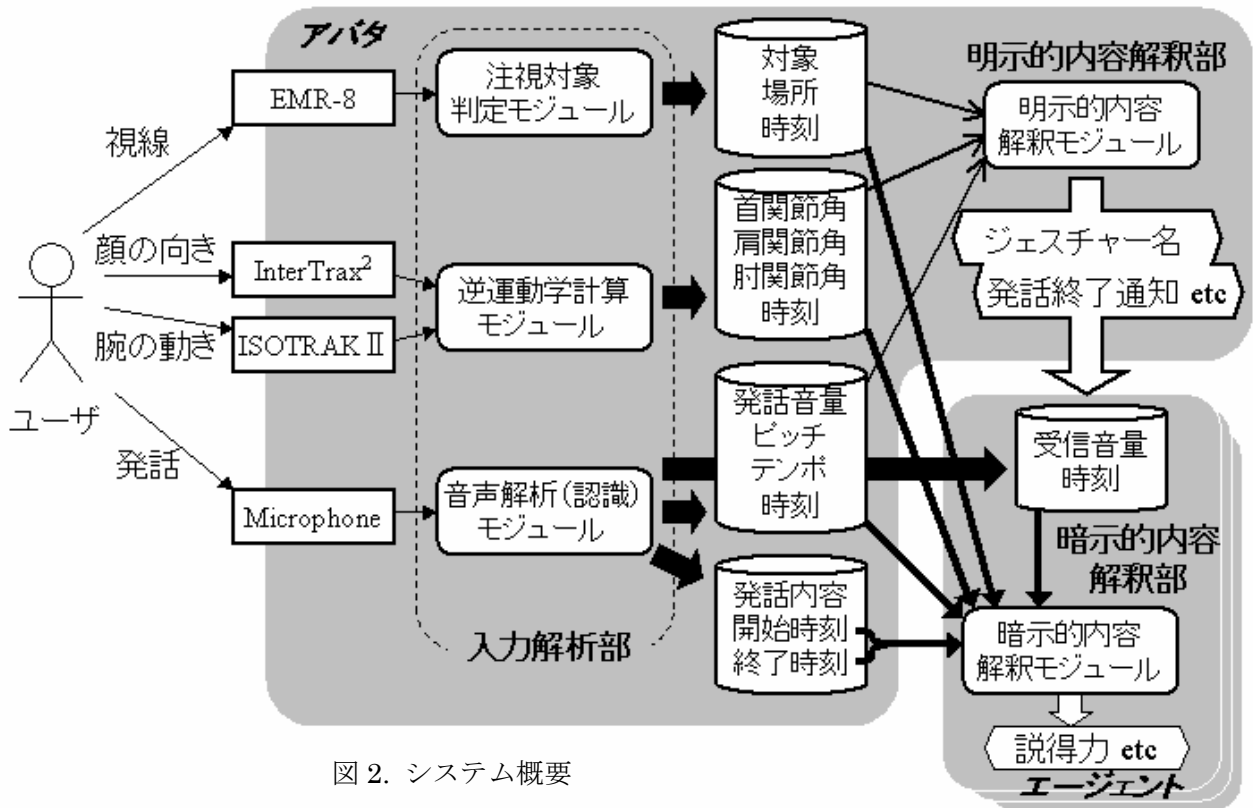


図 2. システム概要

る。これらの情報は入手時刻のタイムスタンプと対応させて記録しておく。

明示的内容解釈部 ここではユーザ入力解析部で記録された非言語情報のパターンや瞬間の状況を必要に応じて解釈する。ここでの解釈は2.3章で述べた情報提供機能や相互作用調整機能としての解釈である。これらの解釈結果は受け手の状況に応じた解釈は余り必要でなく、どのような情報が発信され、誰に伝えられたかが重要である。そのため、送り手であるアバターの内部で処理を行い、同じ内容がエージェントに提供されるように実装した。具体的には、腕の関節角のパターンや変化からジェスチャー認識をしたり(情報提供機能)、注目したという行動からインタラクションをしたいという意図を解釈したりする(相互作用調整機能)。

暗示的内容解釈部 ここでは親密さの表出機能や社会的統制機能として非言語行動を解釈する。これらの解釈はコミュニケーションにおける非言語行動を総合的に解釈するものなので、非言語行動のパターンや瞬間的な状態から解釈するのではなく、指定された時間における非言語行動の傾向から解釈を行う。つまり、入力部で記録された非言語情報をそのまま利用するのではなく、指定時間

における平均値や最大・最小値、変動幅などの統計的な情報へ加工して解釈する。具体的には、あるものを紹介されているときに紹介物や紹介者への凝視の量が少ない場合は興味がないと判断したり(親密さの表出機能)、発話中に相手への凝視が少なく、声の高さが通常より高くなっているときは嘘をついていると判断したりする(社会的統制機能)。また、エージェントの状況に応じた解釈を実現するために、明示的内容解釈部と分離して、各エージェントが必要に応じて独自で解釈を行うように実装した。そのときに、エージェントからアバターの顔が確認できないときは視線情報を用いず、体まで確認できないときはジェスチャー情報を用いず解釈を行う。

3.2.2. 説得力の解釈モデル

非言語行動から説得力を解釈するモデルは3.1.1章で示した過去の心理学の知見を参考に作成した。しかし、どのような行動をすると説得力が高まるのかといった傾向しかなく、それらを総合的に判断した結果、どのようなときに説得力があると判断すればいいのかわかな基準はない。そこで我々は過去の心理学の非言語コミュニケーション実験を真似て、基準作成のための実験を行った[20]。実

験では、人間の役者の代わりに様々な非言語行動で指差しをして誘導を行う具現化エージェントを見せて、男女各 12 人の被験者にその説得力を評価してもらった。その結果、凝視の量は多いほど、指差しは大きいほど、声の大きさは大きいほど、発話速度は速いほど説得力が増すという過去の知見と一致する結果が得られた。そして最も単純な主効果の線形結合で説得力を数値化したモデルが次の式である。

$$\begin{aligned} \text{説得力} = & -4.9 + 0.25 \times 10^{-4} \times (\text{声の大きさ}) + \\ & 0.36 \times 10^{-1} \times (\text{発話速度}) - 0.23 \times (\text{解釈者性別}) + \\ & 0.49 \times 10^{-1} \times (\text{指差しの大きさ}) \end{aligned}$$

※ただし、凝視の量の単位は%，声の大きさの単位は 16bit でサンプリングしたときの振幅、発話速度の単位は word/min、性別は男が 1 で女が 0、指差しは腕を伸ばしたときを 4、最も手を肩に近づけたときを 1 とする。

エージェントはユーザの特定の発話に対して、その発話が行われた時間を音声認識結果から求める。そして、発話していた時間における発話対象への凝視の量と、声の大きさ・発話速度・指差しの大きさの平均値を求めて上式に当てはめることで説得力を判定する。説得力は 0 がどちらでもないで、プラスになるほど説得力が強いと判断する。

4. アプリケーション例

非言語行動から説得力という社会的合図を解釈しエージェントに伝達できるマルチユーザマルチエージェントシミュレーション環境を利用するのが有効であると考えられるアプリケーションの具体例として避難誘導シミュレーションがある。ここでの避難誘導シミュレーションとは、ユーザが誘導者として、エージェントが避難者として参加するシミュレーションとする。

避難誘導においてパニックを起こさないように円滑に誘導を行うには、誘導者のリーダーシップが重要であるといわれている。リーダーシップはその人の信頼度に影響を受けるといわれ、信頼度はその人の専門性や魅力、そして行動の説得力に影響される。したがって、誘導者の説得力を判断して自身の行動を決定するエージェントでなければ正確なシミュレーションはできない。また、誘

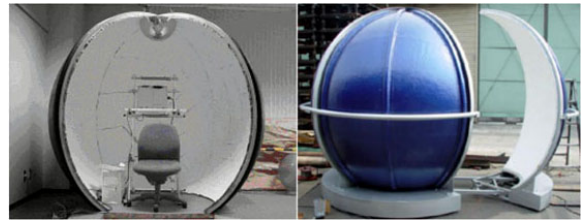


図 3.全方位ディスプレイ POV

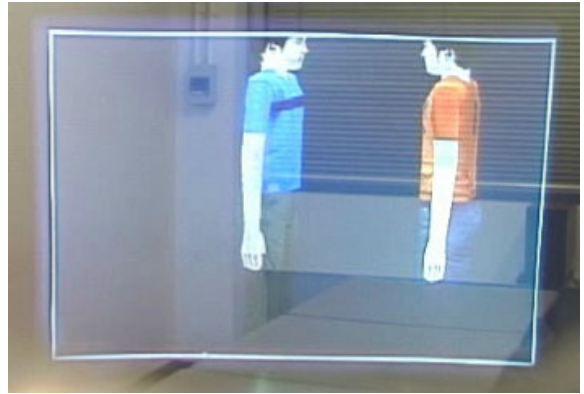


図 4. 実世界エージェント

導者の訓練環境として考えたとき、説得力に関係なく誘導を受けたら避難を行うエージェントの場合は、誘導の仕方を訓練できるだけである。しかし、説得力に応じた行動をするエージェントの場合は、繰り返し誘導をすることで、うまく誘導できるときの自分の態度とできないときの態度を実感できるので、誘導をするときに必要な態度を学習することができる。

このほかにも訓練環境としては、自身の行動の説得力を増やすことが重要なプレゼンテーションの訓練や、患者から信頼感を得るために説得力のある行動を取る必要ある医者診断の訓練にも有効であると考えられる。

今回のシステムでは現実の非言語行動が直接利用される環境を用いているため、このような訓練や学習を行う際に通常のディスプレイや HMD(Head Mounted Display)など視野が限定されるものは非言語行動が自然に行われなくなるため望ましくない。周囲を群集エージェントが取り巻いている状況を再現することが集団行動をシミュレーションする上で重要であるためデジタルシティプロジェクトで開発されている全方位ディスプレイ(図 3)上で本システムが動作するように実装した。また、仮想空間を使うのではなく、シースルー HMD などを使うことによって現実世界に重ねあわされた実空間エージェント(図 4)を利用したシステムも実装した。このシステムは実際に現実世

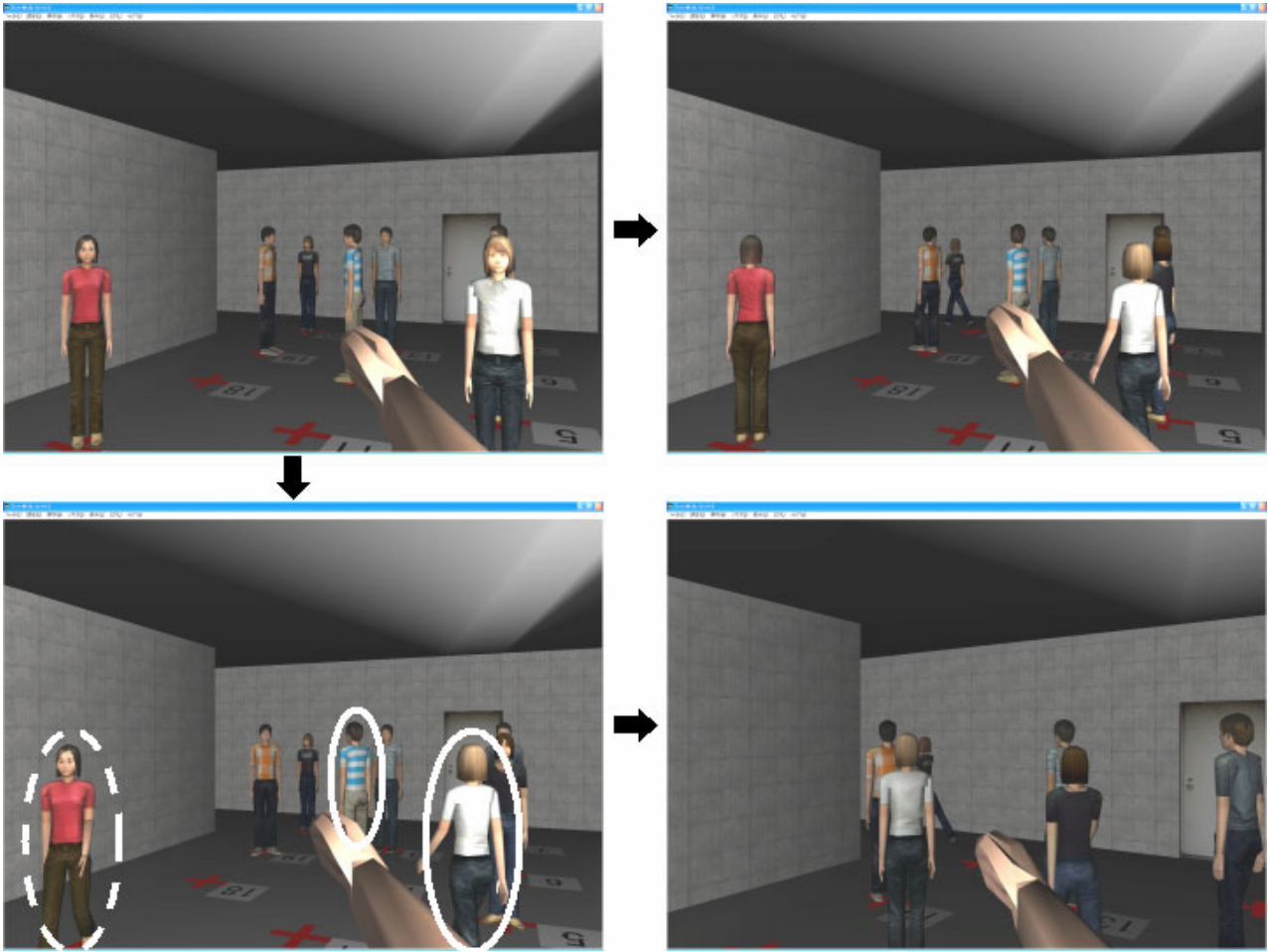


図 5. 避難誘導シミュレーション例

界を動き回りながらインタラクションを体験できるので、他の人と自然なインタラクションを行いながら擬似的に集団行動をシミュレーションできる点で有用である。

この章の残りで避難誘導シミュレーションにおいてどのようなインタラクションが行われるようになるのか具体例を示す。

4.1. 使用例: 避難誘導シミュレーション

ユーザが誘導者としてコンピュータの制御するエージェントを誘導する場面を考える。ユーザは指差しをしながら「あちらが出口です。向こうに逃げてください。」ということで誘導を行ったとする(図5左上)。

説得力が考慮されない場合、ユーザからの距離など定量的なパラメータによって声が聞こえる範囲のエージェント全てが誘導指示を受けてみんなそれに従って避難を始めてしまう(図5右上)。

次に説得力が考慮される場合、ユーザの非言語行動から説得力が判定されて、その結果にしたが

って誘導に従うかが決められる。図5左下の実線のエージェントは近くにいたおかげで声が大きく聞こえ、動作もしっかりと見ることができたことから十分な説得力があったと判断して誘導に従っているのに対して、破線のエージェントは目があわなかったことから説得力がないと判断され勝手に違う出口へと向かってしまっている。他のエージェントは距離の影響や他のエージェントとの位置関係によって説得力を十分判断できなかったことから声が聞こえたアバターの方を向くが誘導には従わず、次のインタラクションを待っている。そこで、近づいてもう一度誘導を行うと、今度は大きな声とはっきりとした動作から説得力があると判断されて誘導に従って避難を開始する(図5右下)。

このシナリオを用いて数回シミュレーションを体験することで、エージェントがどのような基準で誘導に従うのかが感覚的に分かり、誘導するには相手に見えるようにしっかりと動作で、大きな声を用いることが必要であることが学習でき

る。このことは、説得力が考慮されない場合には学習することができないが、実際に誘導を行うときには重要なことであるため、本システムを用いることは学習に有益であると考えられる。

5. おわりに

本稿では集団行動シミュレーションに影響を与える、ユーザの感情や印象といった微妙な社会的合図を伝達する非言語インタラクションの設計を行い、そのような社会的合図を認知できるエージェントが存在するシミュレーション環境を構築した。このような非言語インタラクションはユーザとエージェントが対等な立場でインタラクションをする際に必要不可欠であると考えられる。集団行動シミュレーションの一例として避難誘導シミュレーションにおいてどのような必要性・有用性があるか述べた。

謝辞 本研究を進めるにあたって、的確な指導をくださった石田亨教授、そして研究に協力してくださったすべてのみなさまに感謝いたします。システムの実装に用いたピッチ抽出プログラムは京都大学音声メディア研究室で開発されたものを利用させていただきました。本研究はJST CREST デジタルシティプロジェクトの研究として行われました。

参考文献

- [1] H. Nakanishi, C. Yoshida, T. Nishimura and T. Ishida. FreeWalk: A 3D Virtual Space for Casual Meetings. *IEEE Multimedia*, Vol.6, No.2, 1999, pp. 20-28.
- [2] Bell, H. H. The Effectiveness of Distributed Mission Training. *CACM*, Vol. 42, No. 9, 1999, pp.72-78.
- [3] D. Helbing, I.J. Farkas and T. Vicsek. Simulating Dynamical Features of Escape Panic. *Nature*, Vol. 407, No. 6803, 2000, pp. 487-490.
- [4] Hideyuki Nakanishi. FreeWalk: A Social Interaction Platform for Group Behavior in a Virtual Space. *International Journal of Human Computer Studies* (to appear).
- [5] 石田亨, 中西英之, 高田司郎: デジタルシティにおける危機管理シミュレーション, システム制御情報学会誌, Vol.46, No.9, 2002, pp.524-531.
- [6] 中西 英之, 小泉 智史, 石黒 浩, 石田 亨. 市民参加による避難シミュレーションに向けて. *人工知能学会誌*, Vol. 18, No. 6, pp. 643-648, 2003.
- [7] Murakami, Y., Ishida, T., Kawasoe, T. and Hishiyama, R. Scenario Description for Multi-Agent Simulation. *AAMAS-03*, 2003, pp.369-376.
- [8] Sugiman, T. and Misumi, J. Development of a New Evacuation Method for Emergencies: Control of Collective Behavior by Emergent Small Groups. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 73, No.1, 1988, pp.3-10.
- [9] J. Cassell, T. Bickmore, M. Billinghurst, L. Campbell, K. Chang, H. Vilhjalmsson and H. Yan, Embodiment in conversational interfaces: Rea, In *Proceeding of the CHI 99*, May 1999, pp. 520-527.
- [10] Thorisson K. R. Communicative Humanoids: A computational Model of Psychosocial Dialogue Skills. Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology. 1996.
- [11] Rickel, J., & Johnson, W.L., Task-Oriented Collaboration with Embodied Agents in Virtual Worlds. In J. Cassell, J. Sullivan, & S. Prevost (Eds.), *Embodied Conversational Agents*. Boston: MIT Press, 2000.
- [12] W. L. Johnson, J. W. Rickel, and J. C. Lester. Animated pedagogical agents: Face-to-face interaction in interactive learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 2000, pp.47-78.
- [13] MIT, Affective Computing, http://affect.media.mit.edu/AC_affect.html
- [14] Helmut Prendinger, Junichiro Mori, Sonja Mayer, and Mitsuru Ishizuka. Character-based interfaces adapting to users' autonomic nervous system activity. *JAWS-03*, 2003, pp. 375-380.
- [15] Birdwhistell, R.L. *Kinesics and Context*, University of Pennsylvania Press, 1970.
- [16] Miles L. Patterson, *Nonverbal behavior : a functional perspective*. New York : SpringerVerlag. 1983.
- [17] Argyle, M. and Cook, M. *Gaze and Mutual Gaze*. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
- [18] Kendon, M. Some Function of Gaze-Direction in Social Interaction. *Acta Psychologica*, 26, 1976, pp. 22-63.
- [19] Rutter, D.R. *Looking and Seeing: The Role of Visual Communication in Social Interaction*. Chichester, NY: John Wiley and Sons. 1984.
- [20] Mehrabian, A., & Williams, M. Nonverbal concomitants of perceived and intended persuasiveness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1969, 13, pp.37-58.
- [21] Heslin, R. and Patterson, M.L. (1982). *Nonverbal Behavior and Social Psychology*. New York: Plenum Press.
- [22] Albert, S., & Dabbs, J.M. Physical distance and persuasion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1970, 15, pp.265-270.