

インタラクションプラットフォームを用いた協調型誘導法の設計

中西 英之^{†a)} 石田 亨^{†,††b)}

Using an Interaction Platform for Designing Collaborative Guidance

Hideyuki NAKANISHI^{†a)} and Toru ISHIDA^{†,††b)}

Abstract.

本稿ではその中を多勢の人々が行き交う大規模なスマート環境の開発を, Human-Agent Interaction を利用して行なう手法について述べる. 我々が提案する「協調型誘導法」では, 大規模公共空間内の群集を監視している管制室の係員が, 全体を把握した上で現地の各係員に対して実行すべき個別の誘導内容を伝える. これを可能にする我々の「超越型コミュニケーションシステム」は, センサー情報にもとづいて描かれる仮想空間が現地の把握を助け, 現地係員の携帯電話との間の音声チャンネルをポインティング操作によって切替えられる機能を提供する. 実際の公共空間の中で多くの被験者を用いた実験を行うことは困難であり, このような大規模実世界型システムの開発にはインタラクションプラットフォーム「FreeWalk/Q」等によるシミュレーションが必要となる. そこで「社会中心設計」の枠組にもとづき, 1) 管制室の係員と現地係員のインタラクションを再現するための「WoZ センサー」, 2) 現地係員と群集のインタラクションを再現するための「役割反転実験」, 3) 群集内のインタラクションを再現するための「再生インタビュー」, という三つの手法を考案した.

Keywords.

社会中心設計, 実世界型システム, 仮想空間, 社会的エージェント, 超越型コミュニケーション

1. はじめに

今後ますます, 実空間を対象とするシステムを設計する機会が増えると思われる. 例えば, 1) オフィス・住居・教室を対象とするユビキタスコンピューティング [1], 2) ショッピングモール向けのナビゲーション支援 [4], 3) 街角を舞台とした複合現実型のコンピュータゲーム [7] などが研究開発されてきている. これら実空間型システムは, それが対象とする実空間の中でどう使われるかを考慮して設計される必要がある. これは, デジタル空間の中だけで設計がほとんど済んでしまう従来の (デスクトップ型の) システムともっとも異なる特徴である.

実世界の空間は, デジタル空間のように自由自在に使用・改変することはできない. そのため, 実空間型システムの設計においては様々な妥協に迫られること

になる. 例えば, 1) センサーデバイスの欠如を補うため擬似的なコンテキスト情報を実験に用いる [16], 2) ショッピングモール向けのシステムを評価する実験に大学の建物を使う [4], 3) GPS や無線 LAN における精度や安定性の問題を逆手に取るために, エンターテインメントをアプリケーションの分野として選択する [7], などの対処が取られる.

ビル・駅・空港といった大型の屋内環境を対象とする実世界型システムの設計は特に困難である. 屋内環境では GPS が使えなくなるので代わりに位置検出用のセンサーを設置する必要があるが, 広域をカバーしようとする非常にコストがかかる. 対象とする大型屋内環境が多勢が集まる場所であり, なおかつシステムとユーザのやり取りがユーザ本人だけでなく周囲にいる他の人々の行動にも影響する場合, システムの有効性を分析するためにたくさんの被験者が必要となる. 我々が開発した「超越型コミュニケーションシステム」は, このような大規模実空間型システムの例であり, 後ほど説明する「協調型誘導法」を支援するのに用いられる.

大規模実空間型システムの設計を支援するために,

[†] 京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻, 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町

^{††} JST CREST デジタルシティプロジェクト

a) E-mail: nakanishi@i.kyoto-u.ac.jp

b) E-mail: ishida@i.kyoto-u.ac.jp

システムと多人数の人々の間にインタラクションが発生する状況をシミュレートする手法を我々は考案した。この手法では、社会的インタラクションの能力を備えたソフトウェアエージェントである社会的エージェント[17]を利用する。本稿では、人間と社会的エージェントの間のインタラクション（Human-Agent Interaction）を活用して、大規模実空間型システムの利用場面のシミュレーションを設計・実行する手法を提案する。

2. 協調型誘導法

駅のような大規模公共空間は多勢の集場所であり、群集の安全を確保するための誘導案内が重要となる。典型的な案内には次の二つの方法がある。一つは遠隔（管制室）にいる係員によるもので、放送設備を用いて群集全体を案内する。もう一つは現地にいる係員によるもので、その場の状況に応じて個別に案内する。現在のところ、これら二つの案内方法はほとんど独立しており、遠隔の係員と現地の係員の間の密接な共同作業はあまり検討されていない。

そこで我々は、遠隔の係員と現地の係員が協力して群集を誘導する方法である協調型誘導法を提案する。図1に概念的に示すこの方法では、遠隔の係員が公共空間全体を監視し、危険な状態にある一群を発見するとその近辺にいる現地係員に対して適切な誘導を行うよう指示する。この指示にもとづいて、現地係員はその一群の行動を修正しようと試みる。監視カメラや放送設備といった従来の設備でこのような誘導を行うのは至難の技であり、何らかの先端技術による支援が必要となる。我々の超越型コミュニケーションシステムは、空間全体を見渡せる超越的立場の者（管制室の係

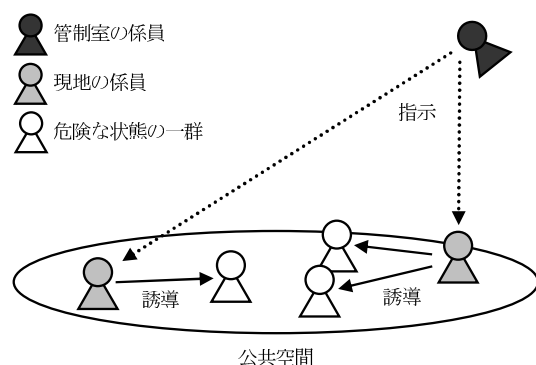


図1 協調型誘導法

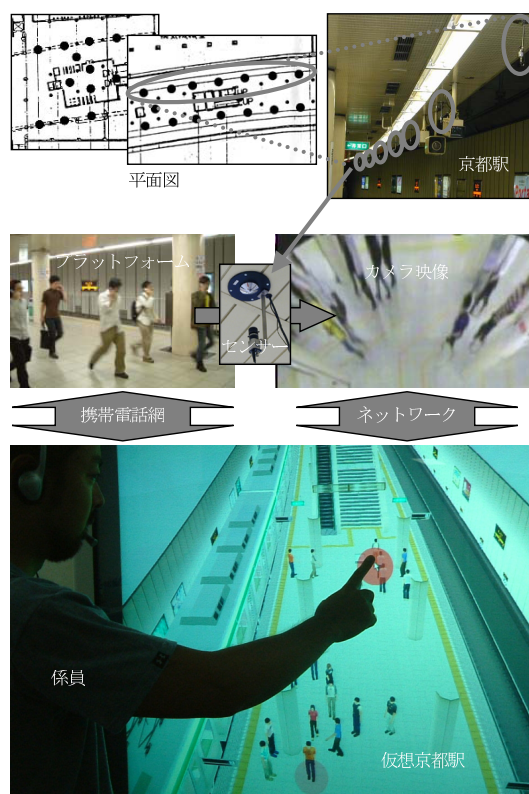


図2 超越型コミュニケーションシステム

員）と、空間の中にある内在的立場の者（現地係員）の間の非対称的なコミュニケーションを支援するシステムである[18],[30]。大規模実空間型システムの一例であるこのシステムは、協調型誘導法の支援に有効である。

図2は京都駅に設置した超越型コミュニケーションシステムの模式図である。プラットフォーム上の群集の動きはセンサーネットワークによって捉えられる。黒丸で各センサーの位置を示した図2の平面図のとおり、我々はコンコースに12個のセンサーを、プラットフォームに16個のセンサーを設置した。群集の位置情報は管制室に転送され、係員が眺める仮想京都駅の描画に用いられる。助けが必要な場所が見つかった、その近くにいる現地係員の所持する携帯電話との間に音声チャンネルを開くために、対応するキャラクタをポインティング操作で指定する。係員の携帯電話番号はあらかじめシステムに登録されている必要がある。

協調型誘導法を洗練し、超越型コミュニケーションシステムを改良するには数多くの実験が必要だが、それ

を京都駅で行おうとすると大きな問題に直面する。まず、センサーネットワークの設置にはそれなりのコストと労力を要したが、駅のごく一部分しかカバーできておらず、また本格的な性能評価に耐えるほどの精度には達していない。さらに、有用性の評価には多人数の被験者が参加する実験を行う必要があるが、そういった実験を京都駅のような公共空間で行うことは非常に困難である。これらの問題を解決できるようなシミュレーション手法は協調型誘導法の設計に極めて有効である。

Human-Computer Interaction (HCI) は、大規模実世界型システムにおける全インタラクションの一部分でしかない。システムと利用者の間のインタラクション (HCI) は利用者とその周囲にいる非利用者との間の対面インタラクションを誘発するかもしれないし、さらにこのインタラクションはその場にいる他者の行動に影響を与えるかもしれない。例えば、協調型誘導法の場合は次の三つのインタラクション、1) システム (すなわち、管制室の係員) と現地係員のインタラクション、2) 現地係員と群集のインタラクション、3) 群集内のインタラクション、から構成される。次章で紹介するインタラクションプラットフォームによって、これらのシミュレーションを構築・実行できるようになる。

3. インタラクションプラットフォーム

実空間における社会的インタラクションをシミュレートするのに有用な様々な技術が存在する。例えば、具現化対話エージェント [5]、協調仮想環境 [3]、仮想都市 [14]、マルチエージェントシミュレーション [8] などである。これらの技術を統合したものが我々のインタラクションプラットフォーム「FreeWalk/Q」である [19], [29]。この統合によって、人間が操作するアバターと社会的エージェントの間のインタラクションを仮想都市の中で共有できるようになった。このプラットフォームは「FreeWalk」と「Q」という二つの構成要素から成る。Q は、後述する「インタラクションシナリオ」を記述するための言語 [11] である。FreeWalk は、インタラクションシナリオを後ほど説明する「インタラクションモデル」にもとづいて実行するソフトウェアである。

インタラクションシナリオとは言わば社会的役割の定義であり、多数のシーンにおける振る舞いの記述から成る。各シーンは、その場面・状況における社会的

な行動パターンを定義したインタラクションルールの集合である。各ルールは、条件となる「キュー」とそれが成立した際に実行される「アクション」の組みである。以下に簡単な例を示す。「?」から始まるのがキューであり、「!」から始まるのがアクションである。scene1 では、誰かが「こんにちは」と言ったのを聞き取ると「こんにちは」と言い返して scene2 に移るが、誰かが手を振ったのを見ると scene3 に移る。キューが同じでもシーンが異なると、実行されるアクションは異なるものになる。scene2 で「こんにちは」を再び聞き取ると、その人に近付いて「何か御用でしょうか」と答える。

```
(defscenario reception
  (scene1
    ((?hear "こんにちは" :from $x)
     (!speak "こんにちは" :to $x)
     (go scene2))
    ((?observe:gesture "手を振る")
     (go scene3)))
  (scene2
    ((?hear "こんにちは" :from $x)
     (!walk :to $x)
     (!speak "何か御用でしょうか" :to $x)))
  (scene3 ...
```

FreeWalk のインタラクションモデルでは、各アクションが歩行・ジェスチャー・発話などを規定する行動パラメータの変化にマッピングされる。この行動パラメータの変化を他のエージェントが検知できるかどうかは、そのエージェントの視力や聴力などの知覚パラメータによって決まる。このような仕組みによって FreeWalk の仮想空間は、対人距離 [9]・視線 [13]・会話中の沈黙 [6] などの非言語的及び言語的な合図を伝達する。これらの合図は各エージェントの次の行動に影響を与え、その結果として集団行動を引き起こす。例えば、あるエージェントが指差しジェスチャーをジェスチャーパラメータの変化として生成し、他のエージェントがそれを観測することによって進む方向を変えると、その進行方向の変化が周囲のエージェント群の追従を生み、それが全体に波及していった集団の流れを作り出す [22]、といった場合である。

インタラクションプラットフォームの特徴は、人間が操作するアバターと社会的エージェントが同じ仮想

空間，同じインタラクションモデル，同じインタラクションシナリオを共有する点である．エージェントはプラットフォームの Application Program Interface (API) を通して次のように制御される．まず，各エージェントにはシナリオが割り当てられる．そのシナリオの中の現在のシーンが含まれるルール群に従ってエージェントは行動する．このルール群を構成するキューとアクションを評価・実行する際に，それに対応する API 関数が呼ばれる．アバターはユーザインタフェースデバイスを通して次のように制御される．入力デバイスへの操作は行動パラメータの変化に変換される．出力デバイスへの信号は知覚パラメータによる制限を受ける．例えば，描画される視界の範囲は視力パラメータによって，音量は聴力パラメータによって決まる．

我々は「社会中心設計 [12]」の枠組にもとづいて，インタラクションプラットフォーム上で協調型誘導法をシミュレートする手法を考案した．プラットフォームはシミュレーションの構築および実行の両方に用いられる．まず構築時には，社会的エージェントが群集として振る舞うのに必要なインタラクションモデル及びインタラクションシナリオを抽出するための実験を行う環境として用いられる．これは社会中心設計の参加型シミュレーションに対応する．参加型シミュレーションとは，いくつかのエージェントを人間が制御する（アバターとなる）マルチエージェントシミュレーションである．そして実行時においては，プラットフォームは仮想群集を生成するだけでなく，現地係員を演じる被験者をシミュレーションに取り込むためのツールとしても機能する．これは社会中心設計の拡張実験に相当する．拡張実験とは，実世界において被験者を用いて行う実験をシミュレーションによって拡張したものである．

4. シミュレーション手法

4.1 WoZ センサー

我々が考案した 3 手法の一つ目が「WoZ センサー (Wizard-of-Oz Sensors)」である．大規模実空間型システムの実験ではその舞台となる実空間へのセンサーの設置が大きな問題となるが，この手法によってセンサーを設置せずにある程度の実験が可能となる．

WoZ センサーの適用にあたってはまず，実世界型システムをインタラクションプラットフォームのような仮想空間ソフトウェアと連結し，その仮想空間の中

に実世界の実験環境を再現する．WoZ センサーでは，環境に埋め込まれたセンサーではなく，実験者がコンテキスト情報を生成する．実世界の実験環境の中にいる被験者の行動をその場から，もしくは遠隔から実験者が観察し，仮想空間内のアバターを操作して同様の行動をとらせる．その結果としてシステムは，被験者のコンテキスト情報を仮想空間ソフトウェアから取得することができる．

WoZ センサーを協調型誘導法のシミュレーションに適用すると，現地係員役の被験者の移動がアバターの移動に変換されるので，位置を検出するセンサーを用いることなく超越型コミュニケーションシステムが被験者を追跡することができ，仮想京都駅の中のキャラクタを被験者の歩行軌跡に沿って歩かせることができる．また，この追跡によって被験者と群集エージェントの位置関係が計算可能となるので，フェイスマウントディスプレイなどを通して群集エージェントの映像を被験者が眺めることができるようになる．

現地の係員と遠隔の係員のインタラクションのシミュレーションに WoZ センサーを用いる実験を京都駅において行った．この実験では，遠隔の係員を演じる被験者は京都駅から約 3km 離れた我々の研究室の中にいて，そこに設置された PC 上で稼働する超越型コミュニケーションシステムの仮想京都駅を眺めた．京都駅では図 3 の左の写真のように，実験者がノート PC を抱えながら現地係員役の被験者と同じようにアバターを歩かせた．このアバターの位置が無線ネットワークを経由して研究室の PC に転送されることによって，研究室の被験者は現地の被験者の位置を確認しながら電話で話すことができた．

大規模公共空間の中で動き回る被験者を実験者が観察する方法には二通りが考えられる．もし，実験者が高い位置から空間全体を鳥瞰的に眺めることができて被験者を見下ろすことができるのであれば，三次元空間内のアバターを操作するよりも二次元の地図上で被験者の位置を直接差し示すほうがやり易いであろう．しかしながら京都駅の構造は複雑で死角を生み易く，被験者をずっと観察し続けられるような良い観測地点は無い．このような環境では，実験者が被験者の後から追跡するというもう一つの観察方法が妥当な選択肢となる．この場合は三次元空間内を移動する操作インタフェースがより便利である．実験では，アバターを後方から眺める三人称視点を実験者は有効活用することができた．なぜなら，画面に表示される後方視点と



図 3 WoZ センサー

自分の視点を図 3 に示すように一致させることによって、アバターを正確に移動させることができたからである。この観察方法は、ジェスチャーのような詳細なコンテキストを取得する場合に特に効果的である。

4.2 役割反転実験

先に述べたように、エキストラ役の多数の被験者の代替となる社会的エージェントがあれば、大規模実世界型システムの設計はずっと楽になる。そのようなエージェントを作るには次の二種類のインタラクションを考える必要がある。一つはエージェント間のインタラクションであり、もう一つはエージェントと被験者の間のインタラクションである。後者のインタラクションでは、被験者に対するエージェントの反応が人間そっくりであることが求められる。「役割反転実験 (Role-reversal Experiments)」はそのような人間らしい反応を設計する手法である。

我々は、会話の中身そのものはあまり重要でない非会話的インタラクションにおける人間らしい反応の設計に着目した。なぜなら、会話の中身が重要となる会話的インタラクションは人間の被験者の領域と思われるからである。協調型誘導法では、現地の係員と遠隔の係員の間のインタラクションは会話的である。一方で、群集が参与するインタラクションでは後述するように、非会話的インタラクションが大きな影響を与える。したがって、協調型誘導法のシミュレーションにおいては係員の役を被験者が担当し、群集はエージェントが演じることにした。

ある種の非言語的コミュニケーションが非会話的インタラクションに非常に関係している。非言語的コミュニケーションには複数の異なる機能があると言われている [20]。いつかの機能は会話的インタラクションに関係している。その典型的な例は情報提供を行うものである。例えば、うなずき・しかめっ面は肯定・否定の意味を伝える。会話的機能の他の例には、会話の開始や発言権の取得といったインタラクションの調整を行うものがある。これらとは別に、非会話的インタラクションに関係する機能があり、コミュニケーションや人間関係に大きな影響を与える。例えば、より相手に接近して視線を向ける度合を増加させることで親密な関係を築こうとするなど、人々是对人関係の強化に非言語的合図を用いる [25]。非言語的合図が生み出すこの種の暗黙的影響は、これまでの社会的エージェントの研究においてはあまり扱われていない。

緊急時における協調型誘導法では、係員が群集を案内する際に「出口は向こうです!」といった内容を叫ぶことになる。この言語的合図の影響力は、それに伴う非言語的合図によって左右される [27]。もし、非言語的合図が十分な暗黙的影響 (信頼感) を与えない場合は、群集は係員の言語による指示に従わなくなる。

我々は、暗黙的影響を人間と同様に知覚できる社会的エージェントを開発する手法を考案した。この手法では人間の知覚の仕組みが心理実験によって分析され、分析の結果解明された仕組みがエージェントに埋め込まれる。まず、人間の人間に対する反応に関する社会科学的知見にもとづいて、暗黙的影響を与える非言語的合図を解釈する定性的モデルを作る (第 1 段階)。次に、程度やバランスがそれぞれ異なる非言語的合図を出す多様なエージェントを刺激として用いる実験によって被験者の反応を測定し、その結果にもとづいてモデルを定量化する (第 2 段階)。そして最終的に、マルチモーダルの入力データから非言語的合図を読み取って反応できるエージェントを構築する (第 3 段階)。以上のように、シミュレーションの際に暗黙的影響を知覚するのはエージェントであるがその役割を実験では被験者が担当し、またシミュレーション中において影響を与えようとする立場である人間の役割を実験ではエージェントが担当する。よって、図 4 に示すこの手法を役割反転実験と命名した。過去のメディアに関する研究 [21] が第 1 段階から第 2 段階への遷移が妥当であることを示している。また、第 2 段階から第 3 段階への移行は統計的分析によって可能である。

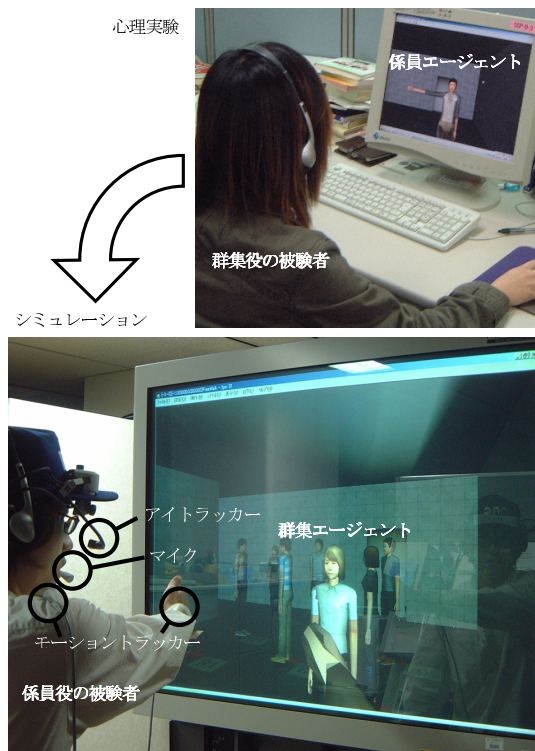


図 4 役割反転実験

インタラクションプラットフォームは、第 2 段階と第 3 段階両方におけるエージェントを作り出すのに用いられる。

自信がある場合は声が大きく早口になり [23]、ジェスチャーをより使うようになる [26]。また、他者の目に向けられた長時間の視線は、自信がある印象を強く与える [20]。もし、係員が大声で早口で話し、目的地をはっきりと差し示すジェスチャーをし、しっかりしたアイコンタクトを行えば、おそらく群集は指示に従うであろう。このような定性的モデルは視線を向ける割合・ジェスチャーの大きさ・声の音量・発話速度の 4 つの非言語的合図がどのように信頼感の向上につながるかを観測する実験を行うことで定量化できる。アンケート結果を分析することで、各合図が肯定的影響を与えるための閾値や、各合図が持つ影響力の相対的な大小関係を割り出すことができる。例えば、分散分析 (ANOVA) を用いれば、度合の異なる合図間における影響力の有意差を発見することができ、また各合図の影響が互いに独立かどうかも確認できる。もし各合図が独立でそれらの影響力が線型的に変化するので

あれば、各合図の入力データから信頼感の度合を計算する式を重回帰分析を使って作ることができる [31]。図 4 に示す入力インターフェースの例は、ジェスチャーの大きさを取るためのモーショントラッカー、視線を向ける割合を取るためのアイトラッカー、声の音量と発話速度を取るためのマイクの組み合わせで構成されている。

4.3 再生インタビュー

これまでの章で、大規模実世界型システムのシミュレーションにおける人間同士および人間エージェント間のインタラクションを扱う手法について述べた。残るインタラクションは集団行動を形成するエクストラの中で発生するものであるが、「再生インタビュー (Replay Interview)」という三つ目の手法を用いるとこれを社会的エージェント間のインタラクションに変換できる。エージェント間インタラクションにおいては、数多くのエージェントによって形作られる多様な状況下で人間らしい意思決定を行う能力がエージェントには求められる。再生インタビューによってそのような能力を抽出することができる。

再生インタビューの手順は次のようなものである。まず、集団行動のシミュレーションができるだけ現実に忠実になるようにインタラクションシナリオを記述する。次に、被験者がシミュレーションに参加して集団行動を体験する実験を実施する。このような参加型シミュレーションはインタラクションプラットフォーム上で行うことができる。実験終了後、仮想的な集団行動の中でどのような決定を下したかを被験者に尋ねる。このインタビューは、実験中に画面に表示されていた被験者の一人称視点の映像を録画したものを被験者の目の前で再生しながら行う。これによって、それぞれの瞬間において自分が何をしていたかを被験者が容易に思い出して答えることができる。例えば、一秒ごとに「何に注意を払っていたか、何を考えていたか、何をしようとしていたか」を聞き取って、それにもとづいてシナリオを改善することができる。

協調型誘導法をシミュレートするには、誘導される群集の追隨行動をシミュレートする必要がある。我々は追隨行動のインタラクションシナリオを記述するにあたって、その基礎となる過去の研究を参照した [15], [28]。実験では被験者が追隨行動を体験し、その後に図 5 に示すようなインタビューを行った。その結果、単に追隨行動を外側から観察するだけで抽出するのは不可能に近いと思われるような深い意志決定のルールを得る



参加型シミュレーション



インタビュー

図 5 再生インタビュー

ことができた。

実際に過去に発生した出来事の記録資料を用いればシミュレーションではなく実際に起こった現象にもとづいて集団行動をモデル化できるが[10]，その中にいた人々にインタビューを行うのは非常に難しい．実空間におけるシミュレーションを用いる場合は[24]，被験者にインタビューするのは容易であるが，一人称視点を記録するための装置を装着させたりすると集団行動に参加する被験者の注意を分散させることにつながる．仮想空間におけるシミュレーションを用いると，インタビューにおいて実験中と全く同じ視界を再生することができる．

5. おわりに

大規模実世界型システムのアプリケーションおよび開発環境に関するアイデアを述べた．大規模実世界型システムは設置空間の大きさと相互作用する人々の人数に特徴のあるシステムであるため，本研究ではスマート環境およびその中の人々のスケーラビリティに関する課題[2]に挑んだ．我々は，ある空間の中にいる人々のうちシステムの直接の利用者は一部であるが，全員が互いに相互作用することで間接的な利用者とな

る可能性を持つ場合に注目した．なぜなら，大規模で混雑したスマート環境ではそのような状況が発生することが往々にしてあると思われるからである．そのような状況では三つの異なるインタラクションが発生し，それらは比較的互いに独立であるため，各々をシミュレートするための三つの手法を我々は提案した．今後の課題はそれらを統合し，インタラクションプラットフォーム上で協調型誘導法全体を一括してシミュレートすることである．

謝辞

日頃よりお世話になっている京都市交通局，京都市総合企画局情報化推進室に感謝します．また，開発や実験を担当された伊藤英明，志水信哉，河添智幸，板倉豊和の各氏に感謝します．そして，シミュレーション構築における岡崎基幸教授，杉万俊夫教授，筒口拳氏，小泉智史氏（株）CRC ソリューションズ（株）数理システム，（株）キャドセンターのご協力に感謝します．インタラクションプラットフォームは以下のサイトで公開中です．
<http://www.lab7.kuis.kyoto-u.ac.jp/freewalk/>
<http://www.digitalcity.jst.go.jp/Q/>

文 献

- [1] Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Bobick, A. F., Essa, I. A., MacIntyre, B., Mynatt, E. D. and Starner, T. E. Living Laboratories: The Future Computing Environments Group at the Georgia Institute of Technology. ACM CHI2000 extended abstracts, 215-216, 2000.
- [2] Abowd, G. D. and Mynatt, E. D. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. ACM TOCHI, 7(1), 29-58, 2000.
- [3] Benford, S., Greenhalgh, C., Rodden, T. and Pycock, J. Collaborative Virtual Environments. CACM, 44(7), 79-85, 2001.
- [4] Bohnenberger, T., Jameson, A., Kruger, A. and Butz, A. Location-Aware Shopping Assistance: Evaluation of a Decision-Theoretic Approach. Mobile HCI 2002, LNCS 2411, 155-169, 2002.
- [5] Cassell, J., Sullivan, J., Prevost, S. and Churchill, E. Embodied Conversational Agents. MIT Press, 2000.
- [6] Clark, H. H. Using Language, Cambridge University Press, 1996.
- [7] Crabtree, A., Benford, S., Rodden, T., Greenhalgh, C., Flinham, M., Anastasi, R., Drozd, A., Adams, M., Row-Farr, J., Tandavanitj, N. and Steed, A. Orchestrating a Mixed Reality Game 'On the Ground'. ACM CHI2004, 391-398, 2004.
- [8] Drogoul, A., Vanbergue, D. and Meurisse, T. Multi-Agent Based Simulation: Where are the Agents? MABS2002, LNCS 2581, 1-15, 2002.
- [9] Hall, E. T. The Hidden Dimension. Doubleday, 1966.

- [10] Helbing, D., Farkas, I. J. and Vicsek, T. Simulating Dynamical Features of Escape Panic. *Nature*, 407(6803), 487-490, 2000.
- [11] Ishida, T. *Q*: A Scenario Description Language for Interactive Agents. *IEEE Computer*, 35(11), 54-59, 2002.
- [12] Ishida, T. Society-Centered Design for Socially Embedded Multiagent Systems. *CIA2004*, LNCS 3191, 16-29, 2004.
- [13] Kendon, A. Spatial Organization in Social Encounters: the F-formation System. A. Kendon, Ed., *Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters*, Cambridge University Press, 209-237, 1990.
- [14] Linturi, R., Koivunen, M. and Sulkanen, J. Helsinki Arena 2000 - Augmenting a Real City to a Virtual One. *Digital Cities*, LNCS 1765, 83-96, 2000.
- [15] Murakami, Y., Ishida, T., Kawasoe, T. and Hishiyama, R. Scenario Description for Multi-agent Simulation. *AAMAS2003*, 369-376, 2003.
- [16] Nagel, K., Kidd, C. D., O'Connell, T., Dey, A. K. and Abowd, G. D. The Family Intercom: Developing a Context-Aware Audio Communication System. *UbiComp2001*, LNCS 2201, 176-183, 2001.
- [17] Nakanishi, H., Nakazawa, S., Ishida, T., Takanashi, K. and Isbister, K. Can Software Agents Influence Human Relations? - Balance Theory in Agent-mediated Communities -. *AAMAS2003*, 717-724, 2003.
- [18] Nakanishi, H., Koizumi, S., Ishida, T. and Ito, H. Transcendent Communication: Location-Based Guidance for Large-Scale Public Spaces. *ACM CHI2004*, 655-662, 2004.
- [19] Nakanishi, H. and Ishida, T. FreeWalk/*Q*: Social Interaction Platform in Virtual Space. *ACM VRST2004*, 2004. (to appear)
- [20] Patterson, M. L. *Nonverbal Behavior: a Functional Perspective*, Springer-Verlag, 1983.
- [21] Reeves, B. and Nass, C. *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Cambridge University Press, 1996.
- [22] Reynolds, C. W. Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. *ACM SIGGRAPH87*, 25-34, 1987.
- [23] Scherer, K., London, H. and Wolf, J. The Voice of Confidence: Paralinguistic Cues and Audience Evaluation. *Journal of Research in Personality*. 7, 31-44, 1973.
- [24] 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*, 73(1), 3-10, 1988.
- [25] Tepper, D. T. and Haase, R. F. Verbal and Nonverbal Communication of Facilitative Conditions. C. E. Hill Ed., *Helping Skills: The Empirical Foundation*, 211-223, 1978/2001.
- [26] Timney, B. and London, H. Body Language Concomitants of Persuasiveness and Persuasibility in Dyadic Interaction. *International Journal of Group Tensions*, 3, 48-67, 1973.
- [27] Zimbardo, P. G. and Leippe, M. R. *The Psychology of Attitude Change and Social Influence*. McGraw-Hill, 1991.
- [28] 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*, 18(6), 643-648, 2003.
- [29] 中西 英之, 石田 亨. マルチユーザマルチエージェント仮想都市空間 FreeWalk. *JAWS2003*, 381-388, 2003.
- [30] 中西 英之, 小泉 智史, 石田 亨, 伊藤 英明. 超越型誘導のための仮想都市シミュレータ. 第 18 回人工知能学会全国大会, 2G2-01, 2004.
- [31] 志水 信哉, 中西 英之. 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. *インタラクション* 2004, 11-18, 2004.