超越型コミュニケーション：大規模公共空間のための位置依存型誘導法

伊藤英明[†,☆] 中西英之[†]
小泉智史[††,☆☆] 石田亨[†]

居住環境や労働環境におけるコミュニケーション支援の研究がさかんに行われてきている一方で，我々の日常生活にとって重要であるはずの大規模公共空間を対象としたコミュニケーション支援の研究は不十分である．そこで我々は，ユビキタス環境の普及によって可能になりつつある「超越型」のコミュニケーション支援システムを提案し，それによって大規模公共空間の管理スタッフが訪問者に対して誘導等の手助けを効果的に行えることを示す．このシステムでは，訪問者のコンテキスト情報が仮想公共空間にリアルタイムで反映される．管理スタッフは画面に鳥瞰視点で表示される仮想公共空間を見渡して現地の状況を把握し，画面上の特定位置をポインティングすることでコミュニケーション対象となる訪問者を選択する．我々が行った実験では，大規模空間における人々の動きを把握する際に，鳥瞰視点と現地における一人称視点は互いに補完的に機能することが分かり，システムの有効性が示された．我々はこのシステムを，大規模屋内空間である京都駅に設置した．

Transcendent Communication: Location-based Navigation for a Large Scale Public Space

Hideaki Ito,[†,☆] Hideyuki Nakanishi,[†] Satoshi Koizumi[††,☆☆] and Toru Ishida[†]

Many studies have been conducted on supporting communication in home and office spaces, but relatively few studies have explored supporting communication in large-scale public spaces, despite the importance of such environments in our daily lives. We propose a transcendent means of communication as an emerging style in this pervasive computing era: a system that allows administrative staff to effectively help visitors in large-scale public spaces. The visitors' context is used to provide a bird's-eye view of a simulated public space for the staff to grasp the situation and point at a particular location within the view to indicate the visitors they intend to address. The results of an experiment showed synergic effects between the bird's-eye view and the first-person one in determining the spatial movements of people. In an indoor large-scale public space, Kyoto station, we installed our prototype and learned the implications of its use.

1. はじめに

我々が生活する空間は家庭，職場，公共空間に分けられる．視覚的コミュニケーションの研究の多くは家庭と職場を対象としている．そのため，物理的に隔てられた空間を結び[2),8),11)]，結ばれた空間の利便性を向上させる[5)]ために計算機ネットワーク技術をいかに活用するかが研究の主眼であった．

一方，公共空間の重要性は増すばかりであり，我々は大規模な公共空間の安全性確保と利用価値向上のためにネットワーク技術を役立てるべく研究を進めている．大規模公共空間には管理スタッフと出入りする訪問者の２つの立場が存在する．管理スタッフは要望に応じて案内や誘導等の支援を訪問者に対して行う．管理スタッフが訪問者と効率良くコミュニケーションを行えるか否かが大規模公共空間の快適さを左右するといえる．本研究の目的は，ユビキタス環境の普及によ

† 京都大学社会情報学専攻
Department of Social Informatics, Kyoto University
†† JST CREST デジタルシティプロジェクト
JST CREST Digital City Project
☆ 現在，オムロン株式会社センシング&コントロール研究所
Presently with Sensing and Control Technology Laboratory, OMRON Corporation
☆☆ 現在，株式会社国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所
Presently with Intelligent Robotics and Communication Laboratories, ATR

り可能になった，こうした状況で行うにふさわしい管理スタッフと訪問者の新たなコミュニケーション形態を生み出すことにある．

我々は公共空間の監視カメラと放送設備を融合させるアプローチをとっている．通常，監視カメラは異常事態の発見のためだけに用いられるが，本研究では公共空間の監視カメラ映像を利用した訪問者の誘導手法を提案する．監視カメラから得られた画像は状況把握のほか，誘導先地点や誘導内容の決定にも用いられる．

放送設備に関しては，公共空間に設置されたスピーカの音量を独立に制御できる機能や局所的な音声通信が実現できる特別な装置があれば，対象訪問者を限定し，その位置情報を活用した誘導が可能である．

位置情報に基づく情報支援を大規模公共空間に適用する場合，各監視カメラから得られる断片的な画像を参照するよりも大局的に統合された視点で空間全体を把握することが好ましい．そこで，現実の大規模公共空間の状況をその全体が見渡せるように 3 次元仮想空間上に視覚化できる鳥瞰視点を監視インタフェースに採用した．管理スタッフは仮想空間上の位置を指し示すことで訪問者とのコミュニケーションを行う場所を指定できる．このような形態は従来の視覚的コミュニケーションには見られず，超越型コミュニケーション[20),21)] と呼んでいる．

この仮想空間は実環境から取得されるコンテキスト情報に基づいて生成される．上記の仮想鳥瞰視点を生成するには少なくとも訪問者の位置情報が必要である．この位置情報によって訪問者の移動状況の把握と誘導対象とする訪問者の指定が可能になる．開発した超越型コミュニケーション環境のプロトタイプでは，現実空間上の訪問者の位置に対応した仮想空間上の位置に人体モデルが表示される．

また，仮想空間上でこの人体モデルを指定することで，対応する訪問者との音声通話を開始することもできる．デジタルシティプロジェクト[6)] のもとでこうしたプロトタイプを開発し，すでに開発していた避難シミュレータ[4)] も活用して超越型コミュニケーションの評価を実施した．さらに，このプロトタイプを実世界の大規模公共空間である京都駅へ設置した．

京都駅のように 1 日の乗降客が 30 万人を超える屋内の公共空間では人命の安全確保のための危機管理が不可欠である．こうした非常時の避難誘導において超越型コミュニケーション環境が果たすべき役割は大きい．通常の監視カメラや放送設備では不可能な，複数の集団に対しての個別の避難誘導を，単一の仮想空間上で実施できるためである．

2. 超越型コミュニケーション環境の設計

超越型コミュニケーション環境では管理者の立場にあるユーザが鳥瞰視点から描かれた仮想空間を通して実世界の状況を把握し，仮想空間上の人物や領域を指定することでコミュニケーションを行う個人または集団を選定できる．**図 1** に概念図を示す．実世界を眺望しながら選定した相手に語りかける管理スタッフが描かれている．

以下では超越型コミュニケーションと，対面コミュニケーションの再現と強化を目指す視覚的コミュニケーションとの差異について論じる．**図 2** は両者の違いを明確にするために対面コミュニケーション，視覚的コミュニケーション，超越型コミュニケーションを 2 つの面から比較したものである．

1 つめはコミュニケーション参加者の位置関係の違いである．視覚的コミュニケーションでは物理的に離れたユーザ間で対面コミュニケーションが可能である．超越型コミュニケーションではユーザが物理的に離れて存在するか否かよりも各ユーザが位置する階層の違いが重要である．鳥瞰視点にいるユーザは実世界全体を眺望できる立場にあり，実際に実空間に存在する，内在視点のユーザの立場とは明確に区別される．通常，両視点のユーザは物理的にも離れて存在することが多いが，同一の空間にいてもかまわない．

2 つめの違いはコミュニケーション空間の形にある．視覚的コミュニケーションでは対人距離やアイコンタクトのような社会的合図[14)] が仮想空間上に提供される．実世界ではこうした合図に基づいて対面コミュニケーションが開始されることが多い．よって対面指向のコミュニケーションでもきっかけとして同様の合図が必要になる．一方，超越型コミュニケーションではこうした社会的合図によってコミュニケーションが開始されることはない．仮想空間上に表現される現実空間の状況に応じて鳥瞰ユーザがコミュニケーションすべき内在ユーザを決定する．また，超越型コミュニケーションの場合は個々の内在ユーザ自身よりもその周囲

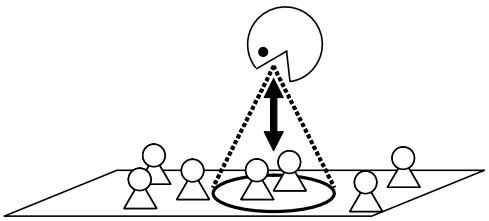


図 1 超越型コミュニケーションの概念図
Fig. 1 Conceptual figure of transcendent communication.

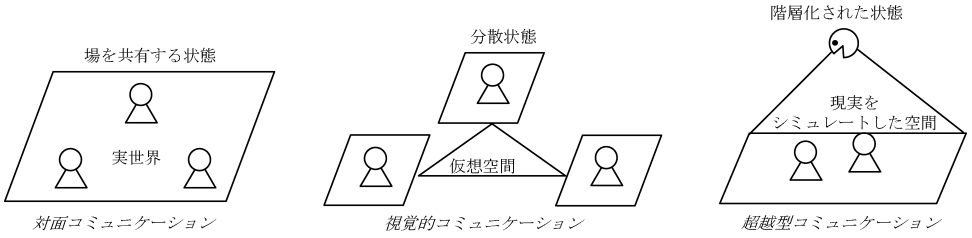


図 2 対面/視覚的/超越型コミュニケーションの比較
Fig. 2 Comparison of FTF, visual and transcendent communication.

の状況に依存した対話が行われる点が特徴的である．

従来の視覚的コミュニケーションの参加者同士は基本的に相互に対等な関係にあり，プライバシの保護が重要な課題になる[1),18)]．超越型コミュニケーションの参加者間には鳥瞰ユーザが内在ユーザに対する特権的能力を持つという非対称的な関係が成立している．この特徴は公共空間の管理者のように少数の担当者が実世界の訪問者等大勢の参加者を支援する場合に効果的だといえる．

3. シミュレーションによる評価

3.1 目　　的

プロトタイプを実装する前に，超越型コミュニケーションに用いる鳥瞰視点インタフェースと，従来の視覚的コミュニケーションに用いられる一人称視点インタフェースとの差異が，ユーザの認知行動に与える影響を確認する目的のシミュレーション実験を実施した．この実験では，鳥瞰視点からの観測と，一人称視点による主観的な経験の組合せによって，群集の行動に対する理解がどれだけ促進されるかを調査した．

3.2 実 験 装 置

実験には，これまでに開発してきた 3 次元仮想空間シミュレータ FreeWalk[13)] とシナリオ記述言語 Q[7)] を利用して避難のシナリオを構築した．**図 3** に示すように，鳥瞰視点の被験者は仮想空間上で群集の行動シミュレーションを観測し，内在視点の被験者はアバタとして仮想空間内で実際に行動する．

3.3 実 験 内 容

管理スタッフがユーザに 1 対 1 で対応するナビゲーションの例では，鳥瞰視点が効果的であることが知られている[3)] が，避難のシナリオで管理スタッフが対応するユーザは複数である．したがって，避難のような群集行動では，管理スタッフは鳥瞰視点によるマクロな情報に加え一人称視点によるミクロな情報を併用することで，群集の誘導に良い影響を与えることが考えられる．そこで両者の併用による群集行動に対する理解の相乗効果を確認するための比較実験を行った．



図 3 避難シミュレーションシステム
Fig. 3 Evacuation simulator.

実験では大学生 96 名からなる被験者を 4 つのグループ，一人称視点のみ（FP グループ），鳥瞰視点のみ（BE グループ），一人称視点のあと鳥瞰視点（FP-BE グループ），鳥瞰視点のあと一人称視点（BE-FP グループ）に分け，それぞれを試す順序も考慮した．1 度の実験に 1 グループあたり 6 名が参加し，計 4 回の実験を行った．

シミュレーション開始時には参加者全員が図 3 に示すような一部を除き壁で左右に仕切られた部屋の左側にいる．4 名の誘導者は 16 名の避難者が左側の間違った出口に向かわないように注意しつつ右側にある正しい出口に誘導しなければならない．

6 名の被験者の実験における役割は，FP 条件と BE 条件では異なる．FP 条件では，6 名全員が避難者役となり，ソフトウェアで実装された他の 10 名の避難者エージェントとともに避難する．この際，4 名の誘導者はすべてエージェントがその役を担う．一方，BE 条件では，16 名の避難者および 4 名の誘導者は全員

表 1 質問および回答集計結果（一対標本による片側 t-検定による）
Table 1 Summary of the result of the quiz.

No.	質問（全項目とも「吸着誘導法」が正解）	FP	BE	FP-BE	BE-FP
1	誘導者が最初に避難する	4.3***	2.2*	2.3*	4.0***
2	誘導者が避難状況を観測しない	2.8**	4.4***	4.0***	4.2***
3	誘導者が避難者と同じように避難する	1.6	2.2*	1.9*	2.9**
4	避難行動が他者の行動に起因する	1.2	2.1*	3.3**	2.9**
5	誤った非常口への避難を防ぐ役割の者がいない	1.6	4.9***	3.7***	4.5***
6	他の避難者に追従して避難する	1.3	1.0	0.7	2.1*
7	避難者が集団を形成する	1.6	0.5	1.2	1.9*
8	誘導者と避難者が一緒に避難する	0.7	2.0*	0.2	3.4**
9	他の避難者と同じ行動をとろうとする	0.9	2.5*	1.5	0.9

*p<.05, **p<.01, *** p<.001 (df = 23)

エージェントで実装し，6 名の被験者はその避難行動を鳥瞰視点から観察するのみである．

このように FP 条件と BE 条件で被験者の担う役割が異なる理由は，一人称視点と鳥瞰視点という視点の違いが，避難における群集行動の学習効果にどのような影響を与えるかを調べるためである．

被験者は誘導手法の違いに起因する次の 2 つの群集行動を観測，経験することになる．

指差誘導法：誘導者は腕を振り上げて非常口を指し，「出口は向こうだ！」と叫ぶ．誘導者自身は最後に避難する．

吸着誘導法：誘導者は周囲にいる避難者にだけ「自分についてこい」と小声でささやき，出口へと向かう．この場合，出口に向かう人の流れが形成される．

被験者には実験の前後で 2 度，17 項目の質問からなるテストを行う．テストでは，被験者は群集行動に関する説明文を読み，その行動を引き起こした誘導手法を二者択一で答える．このテストは群集行動への理解を問うものであり，Sugiman らによる前回の実験[17]をもとに作成した．実験の前後でテストの得点に有意差があるか否かを調べるために t-検定を用いた．有意差の存在は被験者自身の観測または経験により群集行動の理解に対する学習効果があったことを示す．

3.4 結　　果

表 1 に，9 つの質問について実験に参加する前後におけるテスト結果の平均値の差を検定した結果を示す．表中の値は t 値であり，No.1〜9 の各質問において，実験参加前には誤って回答され，実験参加後には正しく回答された得点の上昇分が，統計的に有意であるか否かを評価したものである．なお，残り 8 つの質問はどのグループでも有意差が認められなかったので記載を省略した．

こうした評価結果は質問設定に依存するとはいえ，鳥瞰視点からの観測が群集行動の理解に必要であったことは明確である．FP グループでは避難行動に関する No.3 から No.9 の質問において学習効果が見られないが，一人称視点に価値がないわけではない．BE や FP-BE の両グループが学習しなかった No.6 と No.7 の質問を BE-FP グループが学習できている点は興味深い．これらの質問は群集行動における密集度に関連している．

以上の結果から，群集行動の全体像を把握する背景知識を得ることで，被験者は自身の主観的経験から獲得した密集度の感覚に基づいて群集行動の状況を推論できると考えられる．

結論として，群集の移動状況の理解には鳥瞰視点が効果的であること，こうした状況理解は一人称視点による主観的経験から得た感覚によりさらに深められることが導かれた．これは，鳥瞰視点によるマクロな理解の後，一人称視点によるミクロな理解が全体の学習効果を高めるという，人の理解のプロセスとしても直感的に納得のいく結果である．

4. プロトタイプ開発

シミュレーションにより，超越型コミュニケーションの有効性を示す結果が得られたため，大規模公共空間への適用に向けたプロトタイプを開発した．

4.1 京都駅避難誘導システム

4.1.1 システム概要

図 4 に，我々が開発した避難誘導システムの画面を示す．駅のホーム上を携帯電話を手に避難する人々が表示されている．また，大型タッチディスプレイの前に立ち指差しをしているのは遠隔誘導センタで避難誘導にあたる管理者を想定している．タッチディスプレイには仮想空間が鳥瞰視点で描かれている．駅は静的モデル，訪問者を示す人体モデルは CG アニメーションでそれぞれ表示され，人体モデルの位置は駅で避難する歩行者の位置と同期して更新される．

また，この写真では誘導者が訪問者を視覚化した人



図 4 避難誘導システム
Fig. 4 Evacuation guidance system.

体モデルを指差している．こうした指差し操作がタッチディスプレイによって検知されると，誘導スタッフのヘッドセットと，人体モデルに対応する訪問者の携帯電話の間で通話が可能になり，超越型コミュニケーションが実現する．このように，我々が開発した誘導システムでは，近年ほぼ 1 人 1 台の割合で普及する携帯電話を訪問者が誘導スタッフとコミュニケーションを行うデバイスとして利用する．もちろん携帯電話の回線は非常事態では使用できなくなることが多い．しかし，我々のシステムにとっては現状で最も実用的なデバイスである．

なお，指定した訪問者の電話番号を誘導システムが取得するには，いくつかの方法が考えられる．現時点では実験者が各人体モデルに事前に電話番号の割当てを行っておく方法をとっている．より良い方法として，利用者全員に指定した場所からシステムに電話をかけてもらい，指定場所の情報を使って人体モデルと発信者の電話番号を対応づけることもできる．将来的には，各訪問者の携帯電話にタグやセンサを取り付けて自動登録を行う，あるいは携帯電話を用いずに超指向性のスピーカおよびマイクロホンアレイを天井に設置することが考えられる．

4.1.2 システム構成

図 5 に，開発した京都駅避難誘導システムの構成を示す．開発システムは，音声通信ハンドラ，視覚センサネットワーク，3 次元シミュレータの 3 つから構成される．以下，各構成部の詳細を記述する．

4.1.3 音声通信ハンドラ

音声通信ハンドラは，誘導スタッフの音声と訪問者の携帯電話の間の通話を実現する．これにはアナログ電話回線ポートを備えた特殊なインタフェースカードとヘッドセット，および 1 台の計算機を用いる．このインタフェースカードとヘッドセットは同じ計算機に接続されており，ヘッドセットのマイクから入力された音声は，カードを介して訪問者と接続された電話回線ポートへと送られる．

マイクからカードへの音声通信は計算機によって制御できるため，前述のようにタッチディスプレイ上での指差し操作により選択された訪問者へのみ，誘導スタッフの音声を送信することが可能である．またこのカードは複数の電話回線ポートを備えており，一度に集団へ話しかけることも可能である．集団へ話しかける場合は，誘導スタッフはドラッグ操作による矩形範囲指定や，一定の大きさを持った円領域により人体モデルを一括指定する．計算機は，選択されたすべての人体モデルに対応する訪問者と接続された電話回線ポートへ，誘導スタッフのマイク入力データを送る．

以上のように，指差し操作と音声通話起動処理を連動させておくだけで誘導者は誘導指示の開始と終了をきわめて容易に行い，仮想空間上に視覚化された任意の個人や任意の集団に話しかけることができる．

さらに，FreeWalk は複数ユーザによる使用に対応しており，1 つの仮想空間を複数の誘導者がそれぞれ違った鳥瞰視点で観測することもできる．1 人の訪問者に複数の誘導者が同時に話しかけることも可能である．この場合，携帯電話では多人数での同時通話ができないため，音声通信ハンドラが各誘導者の音声を統合する役割を果たす．

なお，音声通信ハンドラは，訪問者同士の音声通信はサポートしない．その理由は，我々の研究目的は，鳥瞰視点を持つユーザと内在視点を持つユーザとの間に発生する階層化された超越型コミュニケーションの性質を解明することにあり，本システムはそのプロトタイプという位置付けであるためである．

4.1.4 視覚センサネットワーク

京都駅構内に訪問者の位置情報を取得する視覚センサネットワークを設置した．視覚センサの台数はコンコースに 12 台，ホームに 16 台，計 28 台である．**図 6** の見取図中の黒い丸がセンサの設置位置を示している．

図 5 中央上の写真が視覚センサであり，CCD カメラと特殊な形状の反射鏡で構成されている[12]．各カメラの画角を広くすれば必要なカメラ数を減らせるが，通常，画角を広くとると画像にマイナスの歪みが生じ

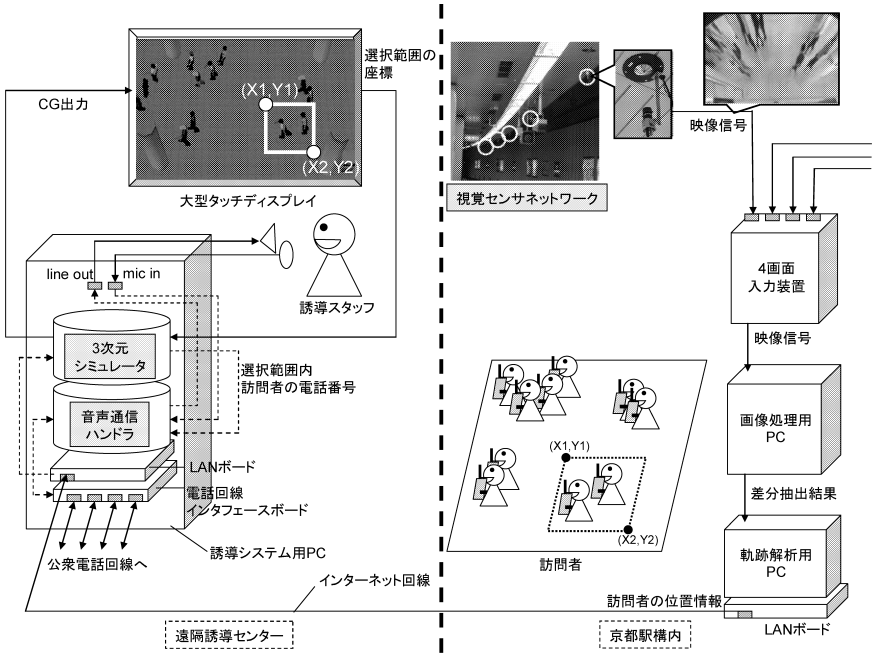


図 5 京都駅誘導システム構成図
Fig. 5 System architecture of Kyoto station guidance system.

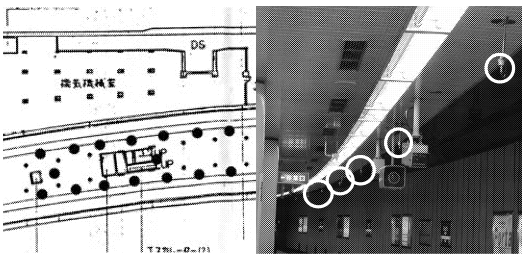


図 6 駅構内に設置した視覚センサネットワーク
Fig. 6 Vision sensor network in the station.

る．反射鏡はこの歪みを抑える働きをする．反射鏡の形状は，カメラ光軸に直交する平面を等比で撮影できるように設計された自由曲面である．この光学的な仕掛けにより広い画角で歪みのない画像が得られる．

京都駅に設置した視覚センサネットワークでは視覚センサのほか，カメラ 4 台の画像を統合する 4 画面入力装置と画像処理 PC を各 7 台，軌跡解析用 PC 1 台を使用している．まず 4 画面入力装置は視覚センサ 4 台分の画像を 1 つに統合して画像処理 PC に送る．画像処理 PC は背景差分法によって移動物体の領域を抽出する．抽出結果は軌跡解析 PC に送られ，視覚センサの設置位置や移動可能な領域の境界といった物理的位置関係の知識に基づき移動物体の位置を求める．

このシステムでは，4 台のカメラを配置した 10 m 四方程度の領域において，20 名程度の訪問者を同時に検出することが可能である．一方，検出された訪問者が過去検出された訪問者と同一であるかを識別し，同一の場合にはその位置を追跡する識別性能に関しては，上記領域において数人を識別することが可能である．駅ホームでの人の行動ルールに関する知識を追加する等の手段により，識別性能をさらに向上させることが期待できる．

このように，視覚センサネットワークは屋内環境下で効果を発揮し，GPS よりも高い精度で人物の動きを検知できる．また，デバイスフリーなアプローチでもありシステムに位置を知らせるための特別な機器をユーザは携行しなくてよい．よって，システムの利用を意識していない訪問者も含めてシミュレートされた駅の空間上に視覚化できる．

4.1.5 3 次元シミュレータ

視覚センサネットワークで検出した訪問者の位置情報は，およそ 10 ミリ秒間隔でインターネットを介し 3 次元仮想空間シミュレータ FreeWalk に送信される．この位置情報は，物理的および社会的な歩行者の行動に関するルールを用いて修正される．

ここで，物理的なルールとは他者，壁，支柱等との衝突回避のルールであり，磁気モデル[15] により実装されている．一方，社会的なルールには，他者に追従する，他者とは一定の距離をおく[16] といった群集行動に関するものと，改札ゲート前では一列に並ぶ，話す

ときは円の形に集まる[10]といった文化的な慣習に関するものがあり，これらのルールは Q 言語により記述される．こうして修正された位置情報を基に，運動力学に基づく歩行アニメーション生成アルゴリズムにより[19]訪問者の移動が 3 次元空間上の歩行アニメーションとして再現される．一方，駅自体の空間モデルとしては，デジタルカメラで撮影した静止画と構内の平面図に基づいた簡単な幾何モデルを組み合わせた 3 次元モデルを構築した．

4.1.6 評　　価

プロトタイプの評価は，一般利用者および被験者の安全を考慮し，平日早朝に，誘導スタッフ 1 名，訪問者 2 名の最も基本的な構成で実施した．その内容は，誘導スタッフが，ホーム上の同地点にいる 2 名の訪問者を，それぞれ南北別の階段を経由させて 1 階上の改札まで誘導するというものである．その際誘導スタッフがシステムを使用する様子をビデオカメラにより記録，分析を行った．

その結果，誘導スタッフは訪問者を誘導する際に，ひととおり指示を出した後は，

(1) 訪問者が途中で立ち止まる，急転回する等，異常な歩行動作を行った場合，
(2) 誘導スタッフ自身が予定していた道筋から，訪問者が大きく外れた場合，
(3) 事前に誘導スタッフ自身で設定したランドマークを訪問者が通過した場合，

のいずれかのイベントが発生した際，該当する訪問者を選択し確認と指示を行うことが明らかになった．

このことから，誘導スタッフはシステムとのインタラクションを通じて訪問者の位置や動きの妥当性を評価し，その評価結果を対話開始の社会的合図の代用としていることが考えられる．

5. おわりに

大規模公共空間において鳥瞰視点と個別の音声コミュニケーション機能を備えた，超越型コミュニケーション環境を提案した．超越型コミュニケーションにより，管理スタッフは訪問者の状況を把握しながら位置情報に基づいた誘導を行うことができる．また，群集行動のシミュレーションにより，鳥瞰視点と内在視点を併用した場合の学習効果を統計的に分析し，このコミュニケーション環境が従来の内在視点のものと補完的に働くことによる有効性を確認した．さらに超越型コミュニケーションの実例として，京都駅に設置したプロトタイプを紹介した．

謝辞 本研究は JST CREST デジタルシティプロジェクトの支援により行われました．日頃から多大なご協力をいただいている京都市交通局，京都市総合企画局に感謝します．視覚センサネットワークを設置いただいた石黒浩教授，避難シミュレーションシステムの構築にご協力いただいた杉万俊夫教授，岡崎甚幸教授，筒口拳氏に感謝いたします．また，避難誘導シミュレータ開発における菱山玲子氏，河添智幸氏，板倉豊和氏，株式会社 CRC ソリューションズ，株式会社数理システム，株式会社 CAD センターのご協力に感謝します．

参 考 文 献

1) Borning, A. and Travers, M.: Two Approaches to Casual Interaction over Computer and Video Networks, *Proc. CHI'91*, pp.13–19 (1991).
2) Buxton, W.: Telepresence: Integrating Shared Task and Person Spaces, *Proc. Graphics Interface'92*, pp.123–129 (1992).
3) Fukatsu, S., Kitamura, Y., Masaki, T. and Kishino, F.: Intuitive Control of "Bird's Eye" Overview Images for Navigation in an Enormous Virtual Environment, *Proc. VRST'98*, pp.67–76 (1998).
4) Hareesh, P.V., Shibano, N., Nakanishi, H., Kashiwagi, M. and Sawada, K.: Evacuation Simulation: Visualization Using Virtual Humans in a Distributed Multi-User Immersive VR System, *Proc. VSMM2000*, pp.283–289 (2000).
5) Huang, E.M. and Mynatt, E.D.: Semi-Public Displays for Small, Co-located Groups, *Proc. CHI2003*, pp.49–56 (2003).
6) Ishida, T.: Digital City Kyoto: Social Information Infrastructure for Everyday Life, *CACM*, Vol.45, No.7, pp.76–81 (2002).
7) Ishida, T.: Q: A Scenario Description Language for Interactive Agents, *IEEE Computer*, Vol.35, No.11, pp.54–59 (2002).
8) Ishii, H., Kobayashi, M. and Arita, K.: Iterative Design of Seamless Collaboration Media, *CACM*, Vol.37, No.8, pp.83–97 (1994).
9) Kelly, P.H., Katkere, A., Kuramura, D.Y., Moezzi, S. and Chatterjee, S.: An Architecture for Multiple Perspective Interactive Video, *Proc. Multimedia'95*, pp.201–212 (1995).
10) Kendon, A.: Spatial Organization in Social Encounters: the F-formation System, *Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters*, Kendon, A. (Ed.), Cambridge University Press, pp.209–237 (1990).
11) Kuzuoka, H.: Spatial Workspace Collaboration: A SharedView Video Support System

for Remote Collaboration Capability, *Proc. CHI'92*, pp.533–540 (1992).
12) Nakamura, T. and Ishiguro, H.: Automatic 2D Map Construction using a Special Catadioptric Sensor, *Proc. IEEE/RSJ IROS2002*, pp.196–201 (2002).
13) Nakanishi, H.: FreeWalk: A Social Interaction Platform for Group Behavior in a Virtual Space, *IJHCS*, Vol.60, No.4, pp.421–454 (2004).
14) Okada, K., Maeda, F., Ichikawa, Y. and Matsushita, Y.: Multiparty Videoconferencing at Virtual Social Distance: MAJIC Design, *Proc. CSCW'94*, pp.385–393 (1994).
15) Okazaki, S. and Matsushita, S.: A Study of Simulation Model for Pedestrian Movement with Evacuation and Queuing, *Proc. International Conference on Engineering for Crowd Safety*, pp.271–280 (1993).
16) Reynolds, C.W.: Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model, *Proc. SIGGRAPH'87*, pp.25–34 (1987).
17) 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, pp.3–10 (1998).
18) Tang, J.C. and Rua, M.: Montage: Providing Teleproximity for Distributed Groups, *Proc. CHI'94*, pp.37–43 (1994).
19) Tsutsuguchi, K., Shimada, S., Suenaga, Y., Sonehara, N. and Ohtsuka, S.: Human Walking Animation based on Foot Reaction Force in the Three-dimensional Virtual World, *Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol.11, No.1, pp.3–16 (2000).
20) 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).
21) 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).

(平成17年 5 月9日受付)
(平成17年11月1日採録)



伊藤　英明

1976年生．1999年京都大学工学部資源工学科卒業．2004年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士課程修了．同年オムロン（株）入社．現在，HCIの実用化研究に従事．人工知能，最適制御に興味を持つ．



中西　英之（正会員）

1996年京都大学工学部情報工学科卒業．1998年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了．同年日本学術振興会特別研究員．2001年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士課程修了．博士（情報学）．同年より同専攻助手．2000年スタンフォード大学客員研究員．2005年ジョージア工科大学客員研究員．HCI，CSCWに興味を持つ．2002年度情報処理学会坂井記念特別賞．2004年度人工知能学会全国大会優秀賞．2004年度テレコムシステム技術賞．



小泉　智史（正会員）

2000年東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻修了．工学博士．同年より科学技術振興事業団CREST「デジタルシティのユニバーサルデザイン」プロジェクト研究員．現在，（株）国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所研究員．人工知能，画像処理，全方位視覚に興味を持つ．



石田　　亨（フェロー）

1976年京都大学工学部情報工学科卒業，1978年京都大学大学院修士課程修了．京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授．工学博士．IEEE Fellow．情報処理学会フェロー．人工知能，コミュニケーション，社会情報システムに興味を持つ．