

推薦論文

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

伊藤 英明[†] 中西 英之^{††} 石田 亨^{†††}

大規模な公共施設において目の不自由な人へのナビゲーションから緊急時の避難誘導にまで役立つことを目的に実装した通信環境について、京都駅ビルを用いてその有効性を検証した。この通信環境は、実空間の歩行者を仮想空間にCGオブジェクトとして写像することで広い範囲を継ぎ目なく俯瞰する機能と、写像されたCGオブジェクトへの直接操作により複数の対象との通信を指示者が切り替える機能とを特徴とする。検証は2つの実験からなる。最初の実験では、1名の指示者が1名の歩行者を携帯電話のみで誘導する場合と、位置情報を用いて誘導する場合の結果を比較した。2つ目の実験では、1名の指示者が2名の歩行者を切り替えながら並行して指示を行った。1つ目の実験参加者間の会話を分析した結果、利用者の位置情報を用いることで、目標地点を明示するためのランドマークが不要となる相対的な指示が可能となり、その結果、ときに冗長ではあるが、場所や人を問わずに理解されやすい指示が実現されることが示された。一方、2つ目の実験結果からは、複数の通信対象へ並行して指示を行う際、上記の相対的な指示を用いることが、通信対象を切り替えるタイミングに関して指示者の制約を増すことにつながることが明らかになった。

The Analysis of Location-based Remote Guidance with Transcendent Communication System

HIDEAKI ITO,[†] HIDEYUKI NAKANISHI^{††} and TORU ISHIDA^{†††}

We present a study of system evaluation of the location-based remote guidance system in a large-scale public space. It is considered helpful for visitors who are, for example, visually impaired people or evacuees. Two functions characterize the system. One is a bird's-eye view that is represented as 3D-CG, which enables a guide to survey a large space and its visitors seamlessly. The other is a function to switch addressed users in guidance by direct manipulation to CG objects which are displayed as human figures on a touch screen. This paper reports two experiments, the first in which one member of a pair guided the other to some locations using only a mobile phone without information about the location of the guided person vs. with information about the location; the second, a person guided two persons parallelly by the special pointing interface which enabled the guide to switch addressed pedestrians. Analysis of the first experiment, drawing on audio/video data shows that the location-based guidance system features easy guidance that rarely depends on space structure and humans. The result of second experiment highlights that the easy guidance described above isn't feasible for switching addressed pedestrians in guidance.

1. はじめに

近年、位置情報をモバイルコミュニケーションに活

用する研究がさかんに行われてきた。たとえば、オンラインユーザと実環境のユーザが経験を共有するシステム¹⁾では、写真や声、そして位置が参加者間で共有された。また、拡張現実感によるモバイルゲーム²⁾では、オンラインとオフラインの2つ世界を関連付けるために位置情報が用いられた。大学構内に導入したスマート環境上でのコミュニケーションの分析³⁾では、共有された位置情報がチャット等の日常的コミュニケーションを支援するリソースとして用いられた。

[†] 京都大学社会情報学専攻
Department of Social Informatics, Kyoto University

^{††} 大阪大学知能・機能創成工学専攻
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka 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

本稿の内容は2006年3月のインタラクシオン2006にて報告され、インタラクシオン2006プログラム委員会委員長により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

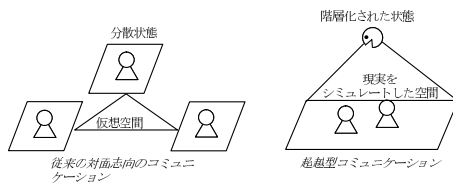


図1 遠隔コミュニケーションの構造の違い

Fig.1 Comparison of remote communication models.

このように、従来研究における位置情報は、対面を志向するコミュニケーションを基盤とし（図1左参照）、それを拡張するためのリソースであった。

だが、大規模な公共空間において利用者に情報を提供するには、空間全体を把握する少数の専門スタッフによる、不特定多数の一般利用者を対象としたコミュニケーションが必要になる。従来の対面志向のコミュニケーションでは、こうしたコミュニケーションの想定はない。この場合、情報を提供する側/提供される側という役割に応じた階層型のコミュニケーションモデルが有用と考えられる（図1右参照）。

我々はこれまで、大規模公共空間における位置依存の通信方式を提案してきた⁷⁾。たとえば、緊急時に遠隔の管理室から複数の避難者または避難誘導者へ個別の指示を行ったり、目の不自由な利用者へ適切な音声誘導を行ったりする等の利用が考えられる。これらは、今後スマート環境が普及した際に実現されるべき有益なコミュニケーションである。こうした階層型のコミュニケーションを、従来の対面志向のコミュニケーションと区別する目的で、超越型コミュニケーションと呼んでいる。先行研究⁷⁾において京都駅構内へ試験的に導入した位置に基づく遠隔指示システムは、こうした超越型コミュニケーションに基づいた遠隔指示システムの実装例であった。この遠隔指示システムの試用を通じて、大規模公共空間において既存の技術により我々のコンセプトが一定レベルで実現可能であることが示された。そこで、一般参加者による評価実験を行い、指示者・歩行者間における相互行為を分析することで、大規模公共施設における指示手法としての有用性を定量的・定性的に検証した。

2. 先行研究

本稿で述べる実験は、以前に京都駅へ導入した遠隔指示システムを用いて実施したため、そのシステムについて概要を述べる。詳細は文献⁷⁾を参照されたい。

超越型コミュニケーションは、センサで得た実空間の情報を仮想空間にオブジェクトとして写像し、そのオブジェクトを管理者が直接操作することで、個別の

案内から災害時の大規模な群集誘導にまで対応したコミュニケーション方式の実現を目的とする。

図2に、我々が京都駅構内に試験的に実装したシステムの概念図を示す。全体は、歩行者の位置を取得する視覚センサネットワーク、位置をもとに鳥瞰視点からのCGを描画するCG生成部、および指示者が指示を出す歩行者を選択するためのコミュニケーション制御部より構成される鳥瞰視点からのCGは実際の建物の縮尺を正しく再現しており、カメラで撮影したテクスチャを貼り付けることで現実に近い映像を作る。このCG上に、歩行者の位置情報に基づきリアルタイムに生成された歩行アニメーションを重ねることで、ビデオ映像では不可能な広範囲にわたる施設の様子を俯瞰することができる。描画するCGとして、2Dの地図ではなく鳥瞰視点から見た3D空間を用いた理由は、階段等の立体構造を持つ施設を1つの画面で俯瞰するためである。このCGは指示者が使用するタッチディスプレイに表示される。

指示者が指でタッチパネル上の点または矩形領域を選択すると、コミュニケーション制御部の働きにより、指示者と選択範囲内の歩行者が持つ携帯電話間の音声通信が開始される。指示者が複数の歩行者を選択した場合、全員に指示者の声が届けられる。また、歩行者同士の音声通信は行われぬ。このように指示者が歩行者との通信を切り替える機能により、並行して個別または集団ごとに適切な指示を出すことができる。

次章では、超越型コミュニケーションに基づき設計された通信システムが、遠隔指示に与える影響を明らかにするために行った実験について述べる。

3. 遠隔指示実験の設計

先に述べたように、緊急時における避難指示と、平常時における（たとえば視力が不自由な利用者への）個別の音声指示は、ともに、我々が提案する階層型の遠隔指示環境が想定する重要なアプリケーションである。そこで本稿では、特定のアプリケーションに偏った設定は設けず、基本的な音声誘導実験を行うことで、遠隔指示システムの基本的な設計について検証した。

実験は実験1（34名）と実験2（9名）の2種類を合計43名の参加者により実施した。それぞれの実験の目的を以下に述べる。

鳥瞰視点の評価（実験1）

鳥瞰視点から誘導することで、効率的な誘導が期待される。そこで、指示者が遠隔指示システムを使用する場合（鳥瞰型指示）と、使用せずに電話のみで指示を出す実験（音声指示）を行い、誘導効率を定性的・

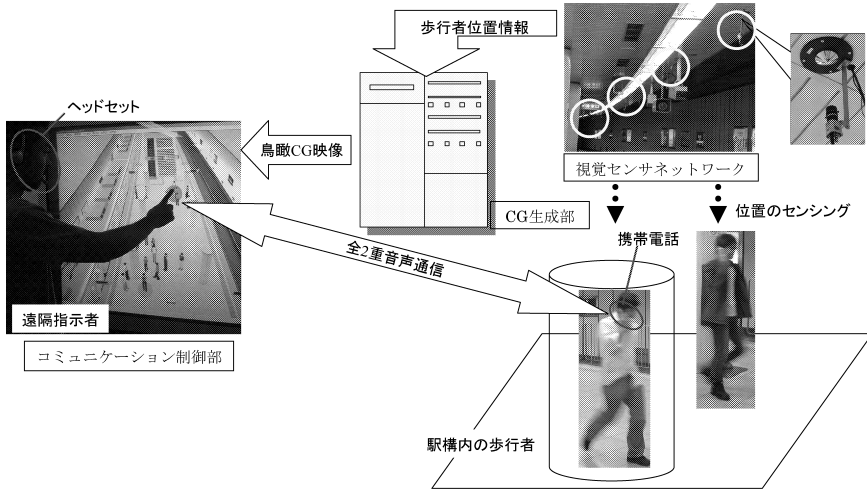


図 2 京都駅導入システム：概念図

Fig. 2 Conceptual figure of our guidance system installed into Kyoto Station.

定量的に比較する。

通信対象切替え機能の評価（実験 2）

施設の管理者が複数の一般利用者に対して並行して、各々の位置に応じた指示を行う状況を想定し、1名の指示者が2名の歩行者に並行して誘導する実験を実施した。CGで表現された歩行者への直接操作による音声通信の切替え機能が、複数歩行者への並行指示にどのように役立つのかを検証する。

実験 1 においては、16名の参加者による現実の京都駅ビルを用いた実験のほかに、18名の参加者により3Dの仮想空間上に再現した京都駅ビルを使用する実験もあわせて行った。その理由は、公共施設において位置に基づく通信システムを設計する際の仮想空間の利用価値を検討するためである。

実際の公共施設を用いて開発システムの評価を行う際には、安全上の理由等から様々な制約が生じる。たとえば、京都駅では一度に多数の参加者を動員した実験を行うことは、他の利用者への配慮から許されなかった。したがって、仮想空間上で設計段階における評価実験ができれば、コストおよび実験の自由度において多くの利点がある。

もちろん、仮想と現実では、空間の知覚に関する多くの相違が知られており、その相違が相互作用の差となりうる^{(6),(10),(12)}。だが、歩行者の環境にかかわらず、指示者は実環境のインタフェースを用いるため、我々の目的において仮想空間がある程度有効であることが期待される。この点を明確にするため、実験 1 では、仮想と現実の両空間を舞台とした実験を行った。

なお、実験に使用した仮想空間は仮想都市シミュレー

タ FreeWalk⁸⁾を基に開発された。参加者はアバタと呼ばれる人型キャラクタをキーボードで操作し、1人称視点から描かれる3Dの京都駅ビル内を移動する。移動は物理的な制約を受け、障害物があれば前へは進めず、階段があれば登る。ヘッドセットを装着した参加者は、指示者との双方向の音声通信が可能である。

4. 実験 1：鳥瞰視点の影響の検証

鳥瞰視点からの位置情報が音声指示に与える影響を検証するため、位置に基づいた音声指示を出す“鳥瞰型指示”条件と、位置情報が利用できない“音声指示”条件で実験を行った。

4.1 実験装置

図 3 に、使用した実験装置を示す。鳥瞰型指示では、以前京都駅に導入した遠隔指示環境⁷⁾を使用した。音声指示では携帯電話のみを使用した。先行研究では、歩行者の位置情報は視覚センサネットワークにより機械的に取得された。しかし、今回の実験ではシステムに修正を加え、人がアバタを操作することで入力する。

位置情報の入力手段を変更した理由は2つある。1つは、機械的に位置情報を取得するセンシング装置の設置が難しい範囲をも実験の対象とするためである。実験者がインターネットに接続されたノートPCを用いて歩行者に対応するアバタを操作する様子を図 3 右上の写真に示す。2つ目の理由は、前述のように仮想の京都駅を舞台とした評価実験を実施するためである。歩行者役の参加者が、指示者からの指示にしたがって仮想京都駅ビル内でアバタを操作する様子を、図 3 の“仮想空間歩行者”とラベル付けされた写真に示す。

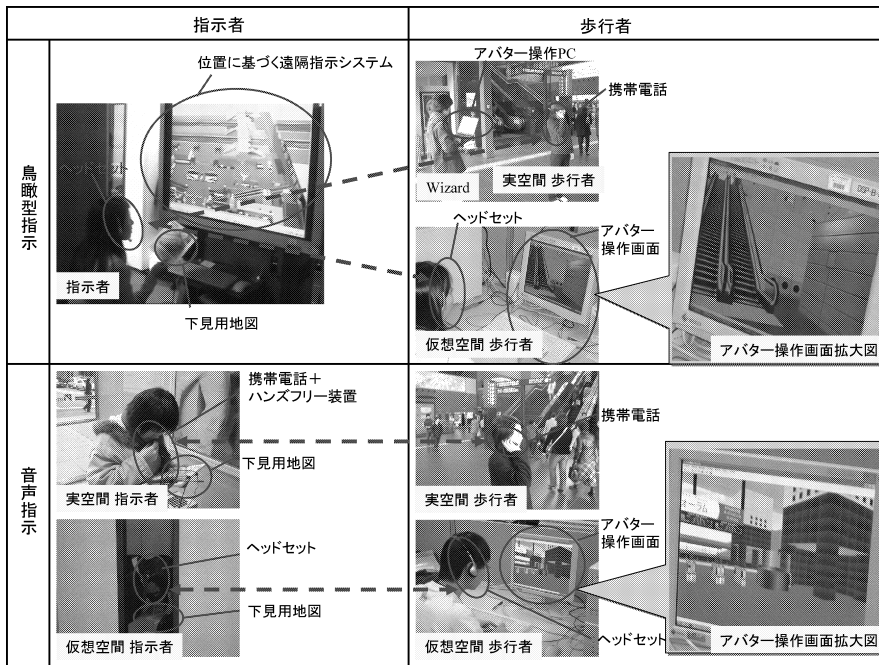


図 3 実験装置

Fig. 3 Experimental setup.

なお実験者は、実験中に歩行者といっさい会話は行わない。

4.2 実験の手順

参加者には、指示者と歩行者が協力して規定ルートを回りゴールへ到着することが目的であること、規定ルートは指示者にのみ事前に知らされること、指示者と歩行者は双方の音声通信が可能なこと、および場所は京都駅ターミナルビルであることが告げられた。

また、鳥瞰型指示の場合には指示者が歩行者の位置を知ることができることを告げ、指示者が遠隔指示システムを使用している様子を撮影した写真を見せた。

この後、指示者役の参加者にのみ規定ルートを記した駅ビルの地図を渡した。規定ルートは、地図中に1番目から6番目までの経由地点として示されている。経由地点には、目立つランドマークが傍にあるものもないものがある。ルートを線ではなく点で示したのは、指示者に経路選択の自由を与えるためである。

指示者は、指示を出す歩行者が用いるものと同じ空間で下見を行った。すなわち、実空間の歩行者へ指示を出す指示者は現実の京都駅ビルを、仮想空間の歩行者へ指示を出す指示者は仮想の京都駅ビルを下見した。

4.3 結果の分析

4.3.1 定量的分析

実空間における音声指示および鳥瞰型指示の各1組で取得データに不備があったため、その4名を除いた

表 1 分析に用いた被験者の内訳 (単位: 人)

Table 1 A breakdown of the number of subjects.

	音声指示	鳥瞰型指示
実空間	6	6
仮想空間	10	8

表 2 実環境での所要時間の比較

Table 2 Comparison of time required to guide in real space.

	音声指示	鳥瞰型指示
平均 [sec.]	544	614
分散	5,534.3	140.3

計 30 名を分析対象とした。その内訳を表 1 に示す。なお、実験を実施した場所に対する参加者らの知識について事後アンケートを行った結果、30 名中 29 名は 3 回以上の訪問経験を持っており、参加者間の場所に対する知識はほぼ揃っていたと判断された。

誘導にかかった時間

実空間でスタートからゴールまでの誘導に要した時間を表 2 にまとめる。サンプル数が少ないながらも、F 分布を用いた 2 群の等分散性の検定により、音声指示と鳥瞰型指示では分散に有意な差が認められた ($F(2,2)=39.4, p=0.049$)。音声指示条件内で分散が大きくなった原因を会話記録から検討したところ、具体的ランドマークの使用の有無が誘導時間にバラつきを生んだと考えられる。たとえば駅ビル内に複数ある

表 3 仮想環境での所要時間の比較

Table 3 Comparison of time required to guide in virtual space.

	音声指示	鳥瞰型指示
平均 [sec.]	414	449
分散	2,763.7	4,460.9

エスカレータのうちの1つへ誘導する際、「大階段」という駅ビルの詳細な知識を用いたある実験参加者らは、別な実験参加者らの半分以下の時間で誘導を行うことができた。

次に、Welchの方法によるt検定を行ったところ、指示手法の違いにより所要時間の平均値に有意な差は見られなかった($t=1.60$, $d.f.=2.10$, $p=0.24$)。これは、2つの指示手法の差が必ずしも平均誘導時間に明確な差を生むものではないことを意味する。さらに、規定ルート中、券売機がランドマークとなる区間Aと、明確なランドマークがない区間Bの所要時間の比率(A/B)の平均値に関してt検定を行った。その結果、2つの指示手法間で有意な傾向が見られた(F分布による2群の等分散性の検定結果、 $F(2,2)=0.21$, $p=0.34$ 。t検定の結果、 $t=2.3$, $d.f.=4$, $p=0.08$ 、音声指示(A/B)平均値=0.47、鳥瞰型指示(A/B)平均値=0.95)。

以上の結果から、鳥瞰型指示は、諸条件(指示者・歩行者の駅ビルに関する知識、明確なランドマークの有無)の影響が少ない安定した指示であった一方、効果的なランドマークを使用した場合の音声指示場合と比較し、指示が冗長となる場合があったと考えられる。冗長ではあるが、安定した指示が可能であったという鳥瞰型指示の性質に関しては、定性的な分析結果や、複数歩行者への指示結果とあわせて、本稿のまとめで再度考察する。

次に、仮想環境を用いた場合における指示手法ごとの所要時間を表3に示す。F分布を用いた2群の等分散性の検定の結果、音声指示と鳥瞰型指示では分散に有意な差はなかった($F(3,4)=1.69$, $p=0.612$)。またt検定の結果、所要時間の平均値にも有意な差は見られなかった($t=0.872$, $d.f.=7$, $p=0.412$)。

仮想環境において、指示手法間で所要時間の分散に差が見られなくなった理由として、主に2つの可能性が考えられる。1つは、アパタ操作に対する参加者間での慣れや適応力の差が影響した結果、鳥瞰型指示における所要時間のバラつきが増えた可能性である。もう1つは、実環境と比べて視覚的な情報量に劣る仮想環境では、適切なランドマークを使用することが難しかった結果、音声指示における所要時間のバラつきが

表 4 指示に使用された語の内訳

Table 4 A breakdown of words used in each guidance.

	相対位置(合計数)	絶対位置(合計数)
音声指示(実空間)	45	125
音声指示(仮想空間)	96	154
鳥瞰型指示(実空間)	79	87
鳥瞰型指示(仮想空間)	86	87

減少した可能性である。

実空間で使われるランドマークの方が、具体的な距離や看板の細かい内容等、より詳細な表現となる傾向は見られたが、内容的にさほど違うことはなかった。また、後述するように、指示に使用される言葉の種類や経路に対して指示手法が与える影響については、実空間と仮想空間で同様の傾向が示されている。よって、3D空間内でアパタを操作することへの慣れや適応力の差が、最も強く影響したと考えられる。3Dの京都駅ビルは、複数の階段や障害物を持つ複雑な構造であり、こうした操作上の影響が出やすかったと思われる。

指示に用いられた言葉の種類

通信インタフェースの違いが指示に与える影響を明らかにするため、指示者が用いた指示を相対位置によるものと絶対位置によるものの2種類に分類し、表4にまとめた。相対位置による指示とは「右」「そのまままっすぐ」等であり、絶対位置による指示とは「中央改札口」「南へ30メートル」等の指示である。指示手法と指示の種類の間を調べるために独立性の検定を行った結果、有意差が認められた($X\text{-squared}=23.9$, $d.f.=3$, $p=2.59 \times 10^{-5}$)。さらに、各群の差をライアンの方法により多重比較した。有意水準を5%とした場合、実空間における音声指示と鳥瞰型指示の間に有意差が認められた(比率の差=0.211, $RD=0.118$, $p=6.00 \times 10^{-5}$, 名義的有意水準=0.0250)。また、有意水準を10%とした場合、仮想空間においても音声指示と鳥瞰型指示の間に有意な傾向が見られた(比率の差=0.113, $RD=0.110$, $p=0.0213$, 名義的有意水準=0.0250)。

この分析により、以下のことが明らかになった。鳥瞰型指示では、音声指示と比較して相対的な位置関係を用いた指示が多用される。この傾向は実空間と仮想空間で同様に確認される。

4.3.2 定性的分析

指示者による選択経路の比較

図4は誘導中の会話をもとに、実験後に歩行者の軌跡を再現したものであり、縦軸および横軸は距離[m]を表す。図の作成には仮想空間のログ機能を使用した。すなわち、会話記録に基づいて仮想の京都駅ビル内で

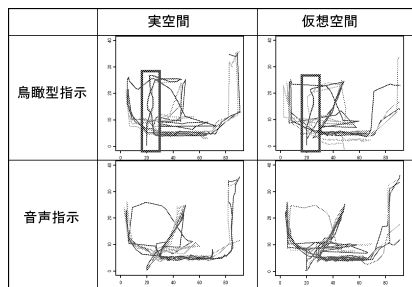


図 4 誘導経路

Fig. 4 Tracks of pedestrians.

実験者がアバタを操作し、そのアバタの座標をソフトウェアの機能を用いて 1 秒間隔でログファイルに出力することで歩行者の軌跡データを得た。実環境における、音声指示と鳥瞰型指示の経路を比較すると、矩形で囲んだ領域の使われ方に特徴が見られる。この領域は目立つランドマークが存在しない 40 m×20 m ほどの平面中央部を縦断する。音声指示ではこの領域を通った歩行者はあらず、全員が壁際に沿った経路となっている。一方、鳥瞰型指示では、半数の歩行者がこの領域を通り、平面中央部を縦断している。

ナビゲーションにおいては、歩行者の現在地を知ることが最も重要である¹¹⁾。よって、音声指示では歩行者の位置を把握しやすい壁沿いの経路が選択された。一方、空間の構造によらず歩行者の現在地を知ることが容易な鳥瞰型指示では、状況に応じて中央付近の経路が使われたと考えられる。

この結果から、広いオープンスペースを持つ空間では、鳥瞰型指示が特に有効であると考えられる。また、経路選択の傾向は、実空間と仮想空間で大きな差が見られなかった。

位置情報が担う役割の分析

会話分析により、歩行者の位置情報が、指示者 - 歩行者間の相互行為でどのような役割を果たしていたのかを分析した。以下にその詳細を述べる。なお、トランスクリプト中の G は指示者を、P は歩行者を表す。(.) は短い沈黙、(n) は n 秒間の沈黙をそれぞれ示す。また [は同時発話を、: は音の伸び、- は音の途切れを示す。

(1) 目標地点を明示しない指示手段

次のトランスクリプトは、鳥瞰型指示において指示者が「右手」という相対的な指示を出した場面のものである。右手に進め、という指示だけでは、どこまで進めばいいのか歩行者は分からない。そこで歩行者はとりあえず右手に進みながら、目標地点を特定するよう指示者へ依頼する。

G はい(.) えっとそれから(.) えっと右手に(1) 進んで
G ください。
P (3) はい-え-どこまで(.) 進んだらいいですか:?

この依頼に対し、指示者は歩行者の位置情報を手段として次のように応答している。

G えっと:(6) はい(.) ストップです。
P はい。
G はい、

指示者は「えっと」という発話で、次の指示を思考していることを示し、思考中の歩行者の動きを利用して、停止を指示した。このように、相対的な指示を後から位置情報を用いて補完することで、目標地点を明示することなく指示が達成された。

(2) 会話の再定式化の手段

遠隔指示において「右/左」という指示は、指示者と歩行者の間に基準に関する混乱が生じやすいことが従来から指摘されている¹³⁾。我々の実験でも、鳥瞰型、音声指示ともに左右の基準の混乱が発生した。

次の例は、音声指示において、歩行者が左の階段を上るよう指示を受けた際のものである。指示された歩行者は左右の基準に疑問を感じ、「左手っていうのはえっと」という発言で指示者に指示の修正を依頼する。それに対し、指示者は看板をランドマークとして指示の修正を試みる。

P えっと(.) 左手っていうのは:[え:つと:
G [あの:看板側:の
G ホ-ホリパっていうのですかね:(1) え-えっと:(2)
G なか-(3) えと HORIBA って(.) 書いてある(.) やつ
G 看板のほうの(.) 階段。(2)
P HORBB?
G あ(.) HOR-RIBA って
G 書いてあるほう(.) あの(4) あ-

この後、歩行者は、指示者の提示したランドマークを見つめることができず、両者の間で目的地を共有するまでに約 40 秒の時間を必要とした。

一方、鳥瞰型の指示では、次の例が示すように歩行者自らが自身の位置情報を用いて効率的に左右の基準を修正した。「左に曲がって」という指示に対し歩行者は「今 僕が進んでいる方向の?」と、自分の進行方向を用いて左右の基準を確認する。

G そこから、
P はい、
G えと-左に(1) 曲がってください(2)
P 今(.)
P 僕が進んでいる方向の?

この歩行者の質問により、次の会話で示すように、指示者は指示者 - 歩行者間における基準の相違に気付く。指示者とそれに続く歩行者の「あ、右っかわです

ね」という発言により、左右の相違に関する気付き⁴⁾が指示者と歩行者の間で共有されたことが示されている。そして歩行者は、「右っかわですね」と、自らの進行方向を基準として指示者との間の基準を修正し、会話を再定式化¹³⁾している。

G あ-違います違います(.) 反対です [反対
P [ええ(1) あ(,)
P 右っかわ(.) ですね?

ここで鳥瞰型指示と比べ、音声型指示で左右の基準に関する会話の再定式化が困難であった理由は、次のように考えられる。音声指示において歩行者は、指示者と基準を共有するために使える適当なりソースが見つからなかった。そのため「左手っていうのは、えっと」と言い換えに窮した。その結果、指示者が再定式化の役割を引き継ぐことになった。だが、指示者には歩行者にとって分かりやすいランドマークが分からず、その結果、会話の再定式化が困難となった。一方の鳥瞰型指示では、歩行者は自分の進行方向を基準として指示を確認することにより、簡単に基準の合意と修正がなされた。

以上の会話分析の結果から、鳥瞰視点から表示された歩行者の位置情報が指示者-歩行者間の相互行為の中で使用されることにより、場所や人を問わずに安定した遠隔指示が実現されることが明らかになった。

5. 実験 2: 通信対象の切替え機能の分析

公共施設において日常的にサービスを提供する際には、利用者 1 名あたりに必要な指示者側の人的コストを抑えることが重要となる。また、避難誘導等の使用を考えれば、素早く・確実に行うことも求められる。そこで、最も基本的な例として 1 名の管理者が 2 名の利用者に並行して指示を出す超越型指示実験を行い、より多くの歩行者に対し、位置に応じて適切な指示を行うための通信方式について検討した。

なお実験は、仮定の京都駅ビルのみで行った。前章の分析の結果、たとえば誘導の所要時間について指示手法ごとの違いを分析するような、歩行者側の操作に影響される事項の分析には仮想空間は適さないことが明らかになった。しかし、指示者の指示内容には大きな差が見られなかったため、本章での目的においては実験が容易な仮想空間を選択した。

5.1 実験の手順

基本的な手順および装置は歩行者が 1 名の鳥瞰型誘導と同様である。大きな違いは、2 名の歩行者へ並行して指示を行うよう、指示者に対して依頼したことである。この通信機能については、指示者・歩行者とも

にシステムの写真を用いて説明がなされた。

5.2 結果

切替えのトリガの分析

指示者が何をもって 2 名の歩行者を切り替えるきっかけとしているのかを、ビデオ映像により分析した。その結果、通信をしていない歩行者に対して、以前の指示で目標地点が明示されていたか否かによって、2 種類の異なるきっかけが使われることを明らかにした。

1 つ前の指示で、歩行者 B に対しランドマークを用いて目標地点が明示されていた場合、指示者は現在通信中の歩行者 A と次の目標地点を共有した後、歩行者 B が B の目標地点へ到着した時点で通信の対象を B に切り替えた。歩行者 A が目標地点を理解したことの確認は、A の動きを指示者が鳥瞰視点から見て判断した。歩行者 A が目標地点を理解する前に B が目標地点へ到着した場合には、A との通信が優先された。すなわち、現在通信中の歩行者が指示を理解することを重要視した。

たとえば、次の会話の直前に、指示者はもう 1 名の歩行者 P2 に対し「券売機」まで行くよう指示をしている。その後、指示者が P1 へ「左の通路を行ってください」と指示を出した時点で、P2 は券売機に到着していた。そこで、P1 の様子を見ながら、P2 へ指示を切り替えかけるが、P1 が動き出さないために(6 秒間、P1 の動きを見ている)、P2 への切替えを中断し「わかりますか」と、再度 P1 との通信を開始している。

(G が P1 を選択)
G え:じゃあその前にエスカレーターが見えると思うんですけど、
P1 はい、
G そのエスカレーターを上らずに
P1 はい、
G 左の通路を行ってください(6)
G わかりますか-あ、そうです

一方、目標地点を明示せずに「まっすぐ」等の相対的な指示がなされていた場合、指示の補完が必要な地点を歩行者が通過した時点で、その歩行者へ通信が切り替えられた。すなわち、歩行者の位置が切り替えるきっかけとされた。

こうした違いの理由として、相対的な指示を受けて移動している歩行者は、次の指示があるまで移動し続けるしかなく、よって移動中の歩行者に適切な位置で次の指示を与えることが優先されたためと考えられる。

以上の結果から、複数の対象へ並行して指示を行う場合には、固有のランドマークを用いて目標地点を明示する指示が適するといえる。なぜなら、指示対象の切替えのタイミングが歩行者の位置で決定される場合、

歩行者の数が増えるに従い、同時に2つ以上の歩行者に対して指示が必要となる機会が増加する。その結果、指示者の混乱につながる危険が増すためである。

相対的な指示の役割

前述のように複数歩行者へ並行して指示を出す場合、通信対象を切り替える直前では、相対的な指示よりも、ランドマークを使用して目標地点を明示する指示が適する。しかし、歩行者の周囲に目立つランドマークが存在しない場合もある。ある指示者は、相対的な指示を用いることで、ランドマークが利用し難い場所からしやすい地点へ歩行者を誘導した。その後、ランドマークを用いて目標地点を明確に指示した後、もう一方の歩行者へ通信対象を切り替えた。

このように、ランドマークを使用するための補助的な手段として相対的な指示を使用することで、空間や歩行者の知識を問わずに、より多くの歩行者に対して並行して指示を行うことが可能になると考えられる。

6. おわりに

実空間の歩行者を仮想空間にCGオブジェクトとして写像することで広い範囲を継ぎ目なく俯瞰する鳥瞰視点と、写像されたCGオブジェクトへの直接操作により複数の対象との通信を指示者が切り替える機能を備えた遠隔指示システムについて、京都駅ビルを用いた評価実験を通じて、その有効性と課題を検討した。その結果、以下の知見が明らかになった。

(1) 鳥瞰型指示インタフェースから位置情報を使用することで、施設の構造や当事者の知識を問わずに安定した誘導が実現されることが明らかになった。ただし、ランドマークを利用しやすい環境であれば、音声指示と比べて冗長な指示となる可能性がある。

(2) 指示者が複数の指示者へ並行して指示を行う場合、(1)のランドマークを使用しない指示は、通信対象を切り替えるタイミングの制約を増やす。よって、ランドマークにより目標地点を明示する指示の方が適する。

たとえば、目の不自由な利用者への日常的な案内では、指示の緊急性が低いため、現在の設計でも適した用途といえる。また緊急時であっても、消火活動等は指揮官・現場の消防隊員らとともに馴染みのない空間で活動する必要がある⁵⁾ため、環境によらず安定した指示が実現できる利点は大きい。

その一方で、相対的な指示による「分かりやすさ」と、ランドマークを用いた「素早さ」はトレードオフの関係にある。指示者がトレードオフを考慮し、状況によって適切に指示手法を使い分ける手順上の工夫が重要となる。また、集団ごとに指示を行う際、選択し

た集団を構成する歩行者の向きは様々であるため「正面にまっすぐ」等の相対的な指示は不適切な結果となる。この場合は、ランドマークを用いて目標地点を明示した後、目標地点を理解できなかった歩行者に対し個別に相対的な指示を行うことが考えられる。あるいは、sugimanらの誘導法の知見⁹⁾を参考に、各グループのうち1名のみを指示の対象として、結果的に大規模な群集の流れを作りだすことも考えられる。

こうした手順の有効性を検証したうえで、その実行を支援するシステム設計が重要となる。今回の分析からは、特に複数歩行者への指示の際、指示者がランドマークをより使用しやすい設計が有用であると考えられる。我々は、選択された歩行者の内視点を合成し、鳥瞰視点の隅に表示する改良を行っており、鳥瞰視点に加え、擬似的に歩行者と視点と共有する視点がトレードオフ関係を考慮した指示手法の決定に与える影響を検証したい。

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。超越型コミュニケーション環境の開発は、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センターのご協力をいただきました。また誘導実験における板倉豊和氏、志水信哉氏、河添智幸氏のご協力に感謝いたします。実験結果の分析手法についてアイデアをいただいた、UC San Diegoの野村早恵子氏、Parcの山内裕氏に感謝します。研究をまとめるにあたり、ご支援をいただいたオムロン(株)関係諸氏に感謝します。

参考文献

- 1) Brown, B., Chalmers, M., Bell, M., Maccoll, I., Hall, M., Maccoll, I. and Rudman, P.: Sharing the square: collaborative leisure in the city streets, *Proc. ECSCW 2005* (2005).
- 2) Flintham, M., Benford, S., Anastasi, R., Hemmings, T., Crabtree, A., Greenhalgh, C., Tandavanitj, N., Adams, M. and Row-Farr, J.: Where on-line meets on the streets: Experiences with mobile mixed reality games, *CHI '03: Proc. SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.569-576, ACM Press (2003).
- 3) Griswold, W., Shanahan, P., Brown, S., Boyer, R., Ratto, M., Shapiro, R. and Truong, T.: ActiveCampus - Experiments in Community-Oriented Ubiquitous Computing, *IEEE Computer*, Vol.37, No.10, pp.73-81 (2004).
- 4) Heritage, J.: Oh-prefaced Responses to Inquiry, *Language in Society*, Vol.27, pp.291-334 (1998).

- 5) Jiang, X., Hong, J.I., Takayama, L.A. and Landay, J.A.: Ubiquitous computing for fire-fighters: field studies and prototypes of large displays for incident command, *CHI '04: Proc. SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.679–686, ACM Press (2004).
- 6) Mohler, B., Thompson, W., Creem-regehr, S., Pick, H., Warren, W., Rieser, J. and Willemsen, P.: Visual motion influences locomotion in a treadmill virtual environment, *APGV '04: Proc. 1st Symposium on Applied perception in graphics and visualization*, pp.19–22 (2004).
- 7) Nakanishi, H., Koizumi, S., Ishida, T. and Ito, H.: Transcendent Communication: Location-Based Guidance for Large-Scale Public Spaces, *CHI-2004*, pp.655–662, ACM Press (2004).
- 8) Nakanishi, H., Yoshida, C., Nishimura, T. and Ishida, T.: FreeWalk: A 3D Virtual Space for Casual Meetings, *IEEE Multimedia*, Vol.6, No.2, pp.20–28 (1999).
- 9) 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).
- 10) Thompson, W., Willemsen, P., Gooch, A., Creemregehr, S., Loomis, J. and Beall, A.: Does the quality of the computer graphics matter when judging distances in visually immersive environments?, *Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.13, No.5, pp.560–571 (2004).
- 11) Warren, D.: Self-localization on plan and oblique maps, *Environment and Behavior*, Vol.26, pp.71–98 (1994).
- 12) 伊藤英明, 中西英之, 石田 亨, スコットブレイク, クリフォードナス: 社会心理学実験のための仮想空間環境の実装, *情報処理学会論文誌*, Vol.44, No.2, pp.256–265 (2003).
- 13) 山崎敬一, 葛岡英明, 山崎晶子, 池谷のぞみ: リモートコラボレーション空間における時間と身体的空間の組織化, *組織化学*, Vol.36, No.3, pp.32–45 (2003).

(平成 18 年 6 月 16 日受付)

(平成 18 年 12 月 7 日採録)

推薦文

本稿は利用者の位置に基づく遠隔指示を実現したシステムであり, 遠隔指示の形態を分析するとともに大規模公共空間にて実施した実験を通してインタラクションに新たな知見を与えたものであり, インタラクション 2006 プログラム委員会において高く評価されたものである。よって推薦論文として推薦する。
(インタラクション 2006 プログラム委員長 大野健彦)



伊藤 英明 (正会員)

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。ACM 会員。センシングデータのモデル化に興味を持つ。



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)。同年同専攻助手。2005 年ジョージア工科大学客員研究員。2006 年より大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻助教授。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 年度テレコムシステム技術賞。2006 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞。



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。