

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^{†,††}

我々は、公共施設や組立工場など大規模な空間における遠隔指示において、作業者の位置に基づく指示を実現する「超越型」コミュニケーションを分析するため、現実及び仮想の京都駅ビルにおいて評価実験を行った。実験では、1名の指示者が1名の歩行者へ、事前に定められたルートに従って誘導指示を出す。超越型指示との比較のため、同ルートの指示を携帯電話のみで行う音声指示実験もあわせて行った。会話分析の結果、超越型の指示では指示者と歩行者が歩行者の位置を相互作用のソースとして活用することで会話の内容を補完、確認、修正し、あいまいさを許容する指示を実現していることがわかった。さらに、1名の指示者が2名の歩行者に対し、それぞれ別ルートに従って誘導指示を出す実験を行った。その結果、複数作業員へ指示を出す際に発生する会話の物理的・社会的な不確かさが、位置情報を利用することで指示者、作業員双方の立場から解決されることがわかった。

An Analysis of Location-based Remote Instructions by Transcendent Communication

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

In this paper, we analyze transcendent communication to instruct a remote worker based on his location in a large workspace like a public space or a huge factory. We conducted two experiments. In those, an instructor guided a pedestrian in real and virtual Kyoto Station building with a transcendent communication environment. The pedestrian's route was prescribed and the instructor only knew it. We also conducted an voice navigation with cellular phones to compare the result with the transcendent one. By conversation analysis, it became clear that in the transcendent navigation the pedestrian's location was used as a resource for an interaction between the instructor and the pedestrian. Furthermore we conducted an experiment which was similar to but different from the previous one in the point that there were two pedestrians. We found that the function to guide them in selective increased the conversation's uncertainty. The difficulty was solved by the location-based interaction between the instructor and the pedestrian.

1. はじめに

我々はこれまで、超越型コミュニケーションと呼ぶ大規模空間における位置依存型コミュニケーション環境を提案し、京都駅構内への試験的な導入を通じてその有効性を確認してきた⁸⁾。だが、超越型コミュニケーションは、従来の対面、あるいは対面を指向するコミュニケーションとは異なる新しいコミュニケーションの構築を目指すものであるため、その仕組みの中で、具体的にどういった相互作用が生じ、その結果、なぜ有効なのか明らかではなかった。

そこで本稿において、我々はこの超越型コミュニケーション環境上で、位置依存の遠隔指示実験を行い、「指示者-作業員-作業員の位置情報」間の相互作用を分析し、提案した新しいコミュニケーションの仕組みが遠隔指示に与える影響

を明らかにした。

従来、遠隔地への作業指示を目的としたシステムは、CSCW の分野で数多く研究されてきた。こうした従来研究の大部分は、例えば MTV⁵⁾ のように作業対象物が載ったテーブルを囲む作業員の支援を対象としており、「指示者-作業員-対象物」間の相互作用に注目して行われてきた。移動ロボットにレーザーポインタをもたせ、バーバル・ノンバーバルの遠隔指示を実現する研究¹³⁾においても、移動の主目的は固定カメラの問題へのアプローチであり、作業スペースは、屋内での比較的限定された空間に限られる。また、Head Mounted Display(HMD) やその他のウェアラブル装置を用いた作業支援^{3), 6)} も、「指示者-作業員-対象物」間の相互作用に注目したものである。

しかし、避難誘導や海外工場への作業支援など、大規模な空間内での移動を伴う遠隔指示を考えた場合、作業員の位置が指示の内容やタイミングを決定する上での重要なリソースとなりうる。指示における位置情報の扱われ方で遠隔指示を分類すると、

- (1) 指示者が作業員の位置情報を用いない場合
- (2) 指示者が単一の作業員の位置情報を用いる場合

[†] 京都大学社会情報学専攻

Dept. of Social Informatics, Kyoto University

[☆] 現在、オムロン(株)センシング&コントロール研究所

Presently with Sensing and Control Technology Laboratory,

OMRON Corporation

^{††} JST CREST デジタルシティプロジェクト

JST CREST Digital City Project

- (3) 指示者が複数の作業者の位置情報を用いる場合
- (4) 指示者が複数の作業者の位置情報を用い、かつ位置に相互作用がある場合

の4つに分類できるが、従来研究では(1)についての知見を得てきたと言える。

そこで我々は、上記(2)及び(3)の場合について、超越型コミュニケーション環境において「指示者-作業者-作業者の位置情報」の間でなされる相互作用の分析を行った。この分析で得られた知見に、従来多くの研究が対象としてきた「指示者-作業者-対象物」間の相互作用に関する知見を組み合わせることで、大規模な空間内で移動する作業者に対し、その位置を利用した適切な遠隔指示の実現が可能になると考えている。

2. 先行研究

先行研究である超越型コミュニケーションについて、その概要を述べる。詳細については文献⁸⁾を参照していただきたい。超越型コミュニケーションでは指示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、仮想空間上の人物モデルや領域を指定することでコミュニケーションを行う作業者または作業集団を選択できる。

図1に、我々が京都駅構内に導入した、超越型コミュニケーション環境の概念図を示す。全体は、実世界の作業者の位置情報を取得する視覚センサネットワーク、取得した位置情報をもとにリアルタイムで鳥瞰視点からのCGを描画するCG生成部、および指示者が指示を出す作業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、事前にカメラで撮影したテクスチャを立体構造の表面に貼り付けることで、現実に近い映像を作っている。このCG上に、実空間から取得した作業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、指示者は、ビデオ映像では不可能な広範囲にわたる作業空間および作業者の位置を俯瞰することができる。

また、このCGは指示者が使用する大型のタッチディスプレイに表示される。指示者が会話をしたい作業者にディスプレイ上で触れると、コミュニケーション制御部の働きにより、指示者が装着するヘッドセットと作業者もつ携帯電話間の音声通信経路が開かれ、双方向の音声会話が可能となる。もし指示者がタッチディスプレイ上で複数の作業者に触れた場合、その全員に対し指示者の声が届けられ、また作業者の声はミキシングされて指示者に届けられるが、作業者同士の音声通信は行われない。

このように指示者が歩行者とのコミュニケーションを切り替える機能を使うことで、指示者は歩行者の位置に基づき、個別に適切な指示を出すことが期待される。

我々は、この超越型コミュニケーション環境において、指示者-歩行者-歩行者の位置情報の間で、いかなる相互作用が発生するかを分析するため、誘導を課題とした遠隔指示の実験を実施した。

3. 遠隔指示実験

3.1 実験概要

実験日程は2004年2月末から3月上旬であり、実験参加者は指示者および歩行者とも一般募集した大学生合計34名である。

実験の舞台としては京都駅ターミナルビルを選んだ。その理由は、一日30万人の利用者を処理できるほどの大規模な公共空間であること、看板や駅施設など誘導指示の目印に使える設備が豊富なこと、及び鳥瞰視点から広い範囲を見渡せる一方で複雑な立体構造となっており、誘導課題の難易度として適切であると考えられたためである。

また実験条件としては、実験に用いる駅ビルが仮想現実かという条件と、指示者が指示に用いる装置が、超越型コミュニケーション環境か携帯電話かという条件を組み合わせ、以下の4条件を実施した。

- (1) 実空間で超越型指示
- (2) 仮想空間で超越型指示
- (3) 実空間で音声指示
- (4) 仮想空間で音声指示

音声指示と超越型指示の比較は、指示者が歩行者の位置を俯瞰することによる指示内容への影響を明らかにする目的である。また実空間に加え、仮想空間でも実験を実施した理由は、超越型コミュニケーションのシミュレータとして仮想空間の利用価値を検討するためである。

前述のように、超越型コミュニケーションを実現するには、実空間における人の正確な位置をセンシングする必要がある。将来のユビキタス社会において人の位置情報取得の仕組みは社会基盤の一つとなっているかも知れない。しかし現時点において、その取得には大きなコストがかかる。

また位置情報の取得コスト以外にも、実空間によっては、そこで可能な実験内容に制約が生じる。例えば、公共施設内であり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いことが多い。また、稼働中の工場の組立てラインで、分析のための実験を行うことは難しい。従って、仮想空間上で実験ができれば、コスト及び実験の自由度において多くのメリットがある。

もちろん、仮想と現実では、歩行者自身の身体性を中心とする多くの相違が考えられ、その相違が相互作用の差となりうる¹²⁾。だが、我々がここで興味を持つのは指示における歩行者の位置情報の扱われ方である。CSCWの過去の研究²⁾では、仮想と現実の両空間での位置情報の共有がグループの相互作用を活性化させた例もあるが、具体的な遠隔指示において歩行者の位置情報の扱われ方については明らかにされておらず、両空間の共通点と相違を見出すことは重要な観点である。

3.2 実験装置

図2に、使用した実験装置の概要を示す。超越型指示では、京都駅に導入した超越型コミュニケーション環境⁸⁾を利用し、音声指示では、携帯電話または音声通信ソフトウェアを利用した。

この実験に超越型コミュニケーション環境を利用するに

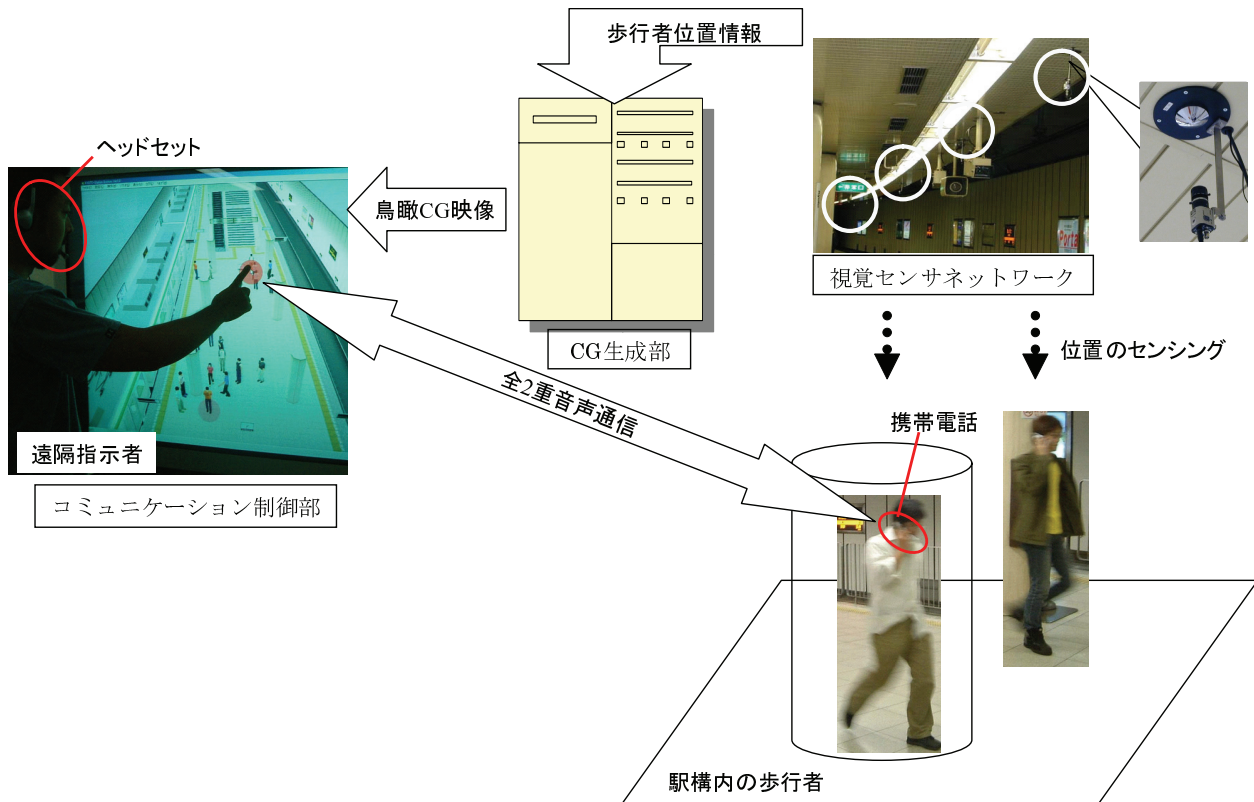


図 1 京都駅導入システム：概念図

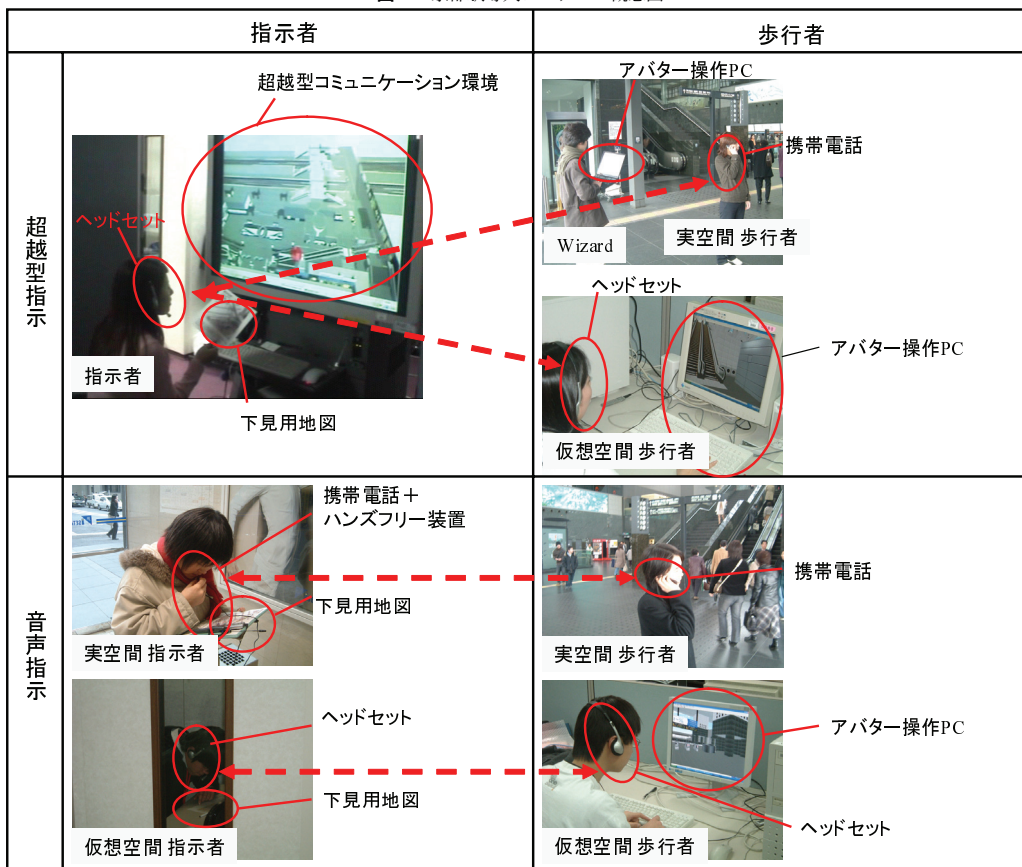


図 2 実験装置

あたり、実空間から取得した位置情報に代わって、アバターの位置情報を用いて鳥瞰視点からの歩行 CG を生成するように修正を加えた。

アバターとは、人がキーボードで操作できる仮想空間内のキャラクターである。我々のシステムでは、アバターを操作するユーザは、アバターの視点で生成された仮想空間を自由に移動することができる。また、超越型指示を行う指示者とは、全 2 重の音声通信が可能である。

誘導実験のうち、歩行者が仮想空間を移動する場合には、歩行者はアバターとして実験に参加する（図 2 右上 写真下、及び右下 写真下）。一方、歩行者が実空間を移動する場合、歩行者は携帯電話を通じて指示者とコミュニケーションを行う。さらに超越型指示では、指示者は超越型コミュニケーション環境を用いる。その際、ノート PC をもった実験者（Wizard と呼ぶ）が歩行者を追跡し、歩行者の位置および向きに合わせてアバターを操作する（図 2 右上 写真上）。ノート PC はインターネットを介して CG 生成部に接続されており、この情報をもとに実空間内での歩行者の位置に応じた歩行アニメーションが生成される。このように、センサの代わりに実験者がシステムに位置情報を教えてやる手法は、対話システムの開発に用いられる Wizard of OZ (WOZ) 法と呼ばれる手法を応用している。

WOZ 法は、人がシステムの一部機能を代替することで、現時点では完全な実装が困難なシステムを評価するための手法である。本実験で対象とする京都駅ビルは、数十メートルの吹き抜けを含む特殊な構造であり、カメラの設置場所や性能、コスト等の問題から、先行研究のようにカメラを設置して位置情報を取得することは難しい。そこで、WOZ 法を位置情報の取得に応用することにした。

3.3 実験の手順

3.3.1 参加者への説明

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のみが事前に知ることができること、指示者と歩行者は双方向の音声コミュニケーションが可能なこと、及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、超越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、指示者が実験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、指示者にのみ規定ルートを記した駅ビルの地図を渡し、地図中 1 から 6 までの目標地点を順に経由するよう歩行者に指示を出すことを求めた。さらに誘導ルートの下見をするよう指示した。

3.3.2 指示者による下見

指示者には、渡した駅ビルの地図が大まかなものであるため、歩行者への指示に困らないよう事前に必要な情報を集め、集めた情報を地図に書き込むよう指示した。

また、下見は指示を出す歩行者が用いるものと同じ空間で行った。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下見し、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する。なお下見の時間は 15 分間とした。

3.3.3 誘導

指示者の下見が終了したのち、誘導実験を開始した。分析のため、実験中の参加者の会話は全て録音した。なお実験時間は、おおよそ 10 分程度であった。

3.4 結果

以下に、実験中に記録した会話の分析結果を述べる。なお、トランスクリプト中の G は指示者を、P は歩行者をあらわす。また (.) は短い沈黙、(n) は n 秒間の沈黙、[は同時発話、:]は音が伸ばされていること、-は音が途切れていることをそれぞれ示す。さらに、“.”、“,”、“?” はそれぞれ下降調、平ら、上昇調のイントネーションを示し、h は息を吸う音、g は息を吐く音を示す。

3.4.1 超越型指示と音声指示の比較

目的地点への指示の違い

例 1 及び例 2,3 は、音声指示と超越型指示で同じ経路間の対話を比較したものである。

音声指示では、指示者はランドマーク（例 1 では「改札口」「鉄道案内所」）を用いて歩行者と位置の共有を行い、共有地点を繋ぐようにして目標地点までの誘導が行われた。一方、超越型指示では、指示者は最初、方向のみのあいまいな指示（例「右手」）を行い、その後歩行者の位置をリソースとした相互作用を通じて指示内容を補っていく誘導が見られた。

例 2 では、方向のみのあいまいな指示に回答が続き一旦指示として成立する。その後、P2 は歩きながら「え、どこまで進んだらいいですか」という指示の補完を依頼し、それに対し G2 は「えっと」という発話で、まだ目的地点に達していないことを知らせる。その後、「はいストップです」という回答により、直前まではあいまいなままであった指示内容の対話的な補完が完了する。これは、例 3 でも同様であり、G3 のあいまいな指示は、最終的に「そこ」という P3 の現在地点を用いる対話により、初めて明確な指示になる。

こうした会話において、歩行者は、指示者のあいまいな指示を許容しているが、これは歩行者として当然な反応ではない。それは例 4 と比較することで明確になる。例 4 は、例 1,2,3 と同じ地点において別の参加者が音声指示を行った際の会話である。

ここでは、指示者が「中央改札口のほう」という方向のみの指示を行ったところ、歩行者は「中央改札口の前まで」と言い換えることで位置を特定するための問いを返す。これに対して、続く指示者の「はい」という回答によって、はじめて一つの指示として完了している。

このことから、超越型指示において歩行者は、自らの位置を用いて指示者と相互作用を行うことで指示者によるあいまいな指示を補完する手段をもっていることを理解しており、それゆえ歩行者の位置情報を使ったあいまいな指示が指示者-歩行者間の会話において許容されていると考えられる。

指示の確認と修正

右、左という指示は相対的であるため、遠隔指示において指示者と作業者の間に誤解が生じやすいことは従来から指摘されており¹⁴⁾、我々の実験でも、超越型、音声指示と

例 1:音声指示

G1: スタート地点から目の前にあ(1) 改札(.) 口。 [その改札口のほうに向いて(.) [右側(.) の
P1: 改札口、はい、はい、あります。 向い【て、 はい。
G1: え:とですね、(1)h 鉄道案内所の横にですね、 はい、 ありました、
P1: 鉄道案内所(.) ですか? (2) て-て-鉄道案内所? あ:はいありました! はい、

例 2:超越型指示

G2: はい(.) えっとそれから(.) えっと右手に(1) 進んでください。
P2: (3) はい-え-どこまで(.) 進んだらいいですか?:
G2: えっと:: (6)h はい(.) ストップです。 はい、
P2: g はい。

例 3:超越型指示

G3: まず改札口のほうに-少しあるいてください。(1) えっと(.) そのぶつかるまで歩いて-(3)
P3: はい(1) どのくらいですか?
G3: そこ(1) いえ(.) そこ(.) 真ん中:にある位置で止まってください。 はい。
P3: 改札:の手前まで行くんですか? あ、はい、止まりました。

例 4:音声指示

G4: えっと(2) まずあのスタート地点(.) からえっと(.) 中央改札口のほうに(2) えっと-[行ってもらえ
P4: [中央かい(1) あ-(.) はい?(2)
G4: はい。 はい。
P4: 中央改札口の(.) 前まで行ったら(.) いいですか? はい。

例 5:音声指示

G4: [あの:看板側:のホ-ホリバっていうのですかね:(1) え-えっと:(2) なか-(3) えと HORIBA って(.)
P4: えっと(.) 左手っていうのは:[え:とと:
G4: 書いてある(.) やつの看板のほうの(.) 階段.(2) あ(.) HOR-RIBA って書いてあるほう(.) あの(4) あ-
P4: HORBB? えっとアトムアトム
G4: はい、 あ:(.) う-(.) ちょっとまってくださ-(1) えっと:
P4: があるところ(1) じゃなくて、え-(1) え:と: え-それってどこにありますか?:
G4: いやあの:好きなそのスタート地点(.) である京都駅の入り口付近まで戻りました(.) か? あ-え-それで:
P4: 戻り(.) 戻ってます。
G4: その改札口の方から(.) スタート地点の方に向かって:左側:(2) の方に
P4: あ-(2) 改札に向かって(.) 左側:?
G4: あ-(.) 改札から:京都駅のス-(.) 入り口の方を(1) を向いたとき(.) なんですけれども(.) それの:
P4: あ-え改札に:向くんじゃなくて
G4: はい、左側:の方で、[その改札
P4: 改札から出た:ところの(.) 向きで? [左の(1) あ-はい。

例 6:超越型指示

G5: そこから、 えと-左に(1) 曲がってください あ-違います違います(.) 反対です
P5: はい、 (2) 今(.) 僕が進んでいる方向の?
G5: [反対 [あはいそうです(1) すいません
P5: [ええ:(1) あ(.) 右っかわ(.) です [ね? こっち行くと

もに指示の誤りが発生している。

音声指示による例 5 では、G4 から左手の階段を上るように指示された歩行者が疑問を感じ、「えっと左手っていうのは」という発言で G4 に指示の修正を依頼する。その後、指示者は特定の看板を用いて指示のあいまいさの修正を試みるが、P4 がその看板を見つけれず失敗する。指示者はさらに、改札というランドマークを用いて左右の基準を定義し、これにより歩行者と合意を得ることができる。

一方、超越型指示による例 6 では、G5 からの「左に曲

がって」という指示に対し、P5 は「僕が進んでいる方向?」という発言で基準の確認を試みている。この時、G5 の左という指示は実は鳥瞰視点を基準にしたものであり、この確認により P5 との基準の相違が明確になる。その結果、G5 は知識の変化を表す「あ」という発言⁷⁾をしている。その後、P5 の「右っかわですね」という発言により、P5 の進行方向から見た立場として、両者の間で基準が修正されている。

指示内容の確認と言い換えによる修正は、会話の再定式

化と呼ばれ、音声による遠隔指示の対話分析においても以前から指摘されてきた行為である¹⁴⁾。例5、例6ともに、指示者と歩行者が相互行為を通じて会話の再定式化を行っている。しかし、例6に比べて例5では、その再定式化が困難であったことがわかる。

この理由は次のように考えられる。例5、例6どちらも、初めに歩行者が、指示者との間での左右の基準について疑問をもっている。その際、例5の歩行者は、指示者と基準を共有するために使える適当なリソースが見つからず「左手ってのは、えっと」と言い換えに窮し、その結果、指示者が再定式化の役割を引き継ぐことになる。一方、例6では、歩行者は疑問を感じた時点で自分の進行方向を基準として言い換えを行うことで、簡単に基準の合意が得られている。従って、例6では、歩行者が自分の位置、より正確に言えば“指示者に知られていること知っている自分の位置”を指示者との相互作用のリソースとして利用できたことから、容易に会話の再定式化が実現したのである。

以上から、超越型コミュニケーションでは、単に指示者が歩行者の位置情報を一方的に利用するのではなく、歩行者自身が「位置を知られていることを知る」ことで、位置を指示者への積極的なコミュニケーションチャンネルの一つとして利用している。その結果、指示者にとってはあいまいな指示が許容され、歩行者にとっては指示の確認・修正が容易になると言える。

3.4.2 実空間での指示と仮想空間での指示の比較

実空間の指示と仮想空間の指示について、位置情報の使われ方に注目して比較を行った。その結果、前節で述べた位置情報を用いた相互作用は、仮想と現実の両空間の超越型指示において共通してみられた。例えば、例2と例3はそれぞれ、仮想空間および実空間を用いた超越型指示の会話であるが、いずれでも超越型特有の、あいまいな指示による誘導が行われている。

しかし、以下の点で違いが見られた。

- (1) 音声指示において実空間では用いられた数値的な距離表現（メートルなど）が、仮想空間では使われなかった。
- (2) 指示に用いられるランドマークは、実空間の方がより詳細であり、超越型指示においてもより積極的に用いられた。

1に関しては、仮想空間でのアバター操作では身体性に欠けるため、実空間のようなあと何メートルといった表現が難しいことが想像できる。また、2に関しては、仮想空間より実空間の方が視覚的な情報量が多くなるのは当然であり、納得できる結果である。

以上の結果から、前節において述べた超越型指示特有の相互作用を用いた誘導指示に関しては、仮想空間と実空間に共通して見ることができ、相互作用における位置情報の使われ方に興味がある場合には、仮想空間は有効なツールであると考えられる。

しかし、例えば歩行者ナビなど、実空間における音声誘導のアプリケーション評価を仮想空間を用いて行う場合には、使われるランドマークや距離の表現方法の違いについ

て、個別のシステムでより具体的な検討が必要であると思われる。

4. 複数作業員への遠隔指示

前節では、指示者、歩行者とも1名の場合を想定した遠隔指示実験の結果を述べた。しかし、大規模空間では位置的に離れた複数の個人又は作業グループへ同時に指示を出す必要がある場合が考えられる。例えば、公共施設における避難計画に沿った複数小集団の避難誘導や、各自が複数の持ち場を担当する生産現場での作業スケジューリングなどである。

超越型指示では、指示者のタッチ動作のみで指示対象を選択することができるため、従来の遠隔指示では困難な、複数作業員への疑似マルチスレッド型の指示を実現することが期待できる。そこで我々は、2名の歩行者を指示者が個別に誘導する実験を行い、現システムがどの程度マルチスレッド型の指示に有効であるのかを検証した。

4.1 実験概要

実験は2004年3月上旬に実施し、実験参加者は9名（内指示者役3名、歩行者役6名）の一般募集した大学生である。実験では、指示者が仮想京都駅ビル内の歩行者2名を超越型環境から誘導する。2名の歩行者のスタート地点及び規定ルートはそれぞれ異なり、ルートは指示者にのみ知らされる。

なお実験を仮想の京都駅ビルのみで行った理由は、前節の実験で、我々が興味を持つ位置情報を用いた相互作用については仮想と現実で大きな差が見られず、従って我々の実験目的においては結果に影響を及ぼさないと判断され、実験が容易な仮想空間を選択したためである。

4.2 実験の手順

4.2.1 参加者への説明

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のみが事前に知ることができること、指示者と歩行者は双方向の音声コミュニケーションが可能なおこと、場所は京都駅のターミナルビルであることが告げられた。

また、指示者が歩行者の位置を知ることができることを告げ、指示者が実験システムを使用している様子を撮影した写真を見せた。さらに、指示者は2名の歩行者を、それぞれ別ルートで誘導するよう告げられた。

4.2.2 指示者による下見

指示者には、2名の歩行者に対応する規定ルートを記した地図を渡した。また、この地図が大まかなものであるため、歩行者への指示に困らないよう事前に必要な情報を集め、集めた情報を地図に書き込むよう指示した。下見は仮想の京都駅ビルを使用し、その時間は30分間とした。

4.2.3 誘導

実験中に参加者が使用する装置は、1名の場合の超越型指示と同様である。ただし、指示者が行う操作の違いとして、歩行者が1名の場合では指示者と歩行者との音声通信を切り替える必要がなかったが、本実験では、指示者はタッチディスプレイ上にCGで表示された歩行者を指で選択す

ることで、相手を切り替えながら指示を行うことになる。

分析のため、実験中の参加者の会話は録音し、指示者の様子をビデオカメラに記録した。なお 1 回の実験時間は、おおよそ 10 分程度の長さであった。

4.3 結 果

1 名を超越型で誘導した場合と比較し、相互作用における位置情報の使われ方の共通点と差異に注目して分析を行った。

位置情報を用いてあいまいさを許容する指示

1 名の超越型指示の際と同様、指示者は誘導先の地点を特定せずにあいまいな指示を行い、後に歩行者の位置に基づいて指示を補っていく指示が見られた（例 7）。

位置による非言語的な応答

先の例 7 では、指示者 G6 は「そのままずっと行ってもらって」という指示を出した後、鳥瞰視点から P6 の進行方向を確認し、指示とのズレに気づく（「あ-」）。そして、「じゃなく、え、右向いてください」と P6 へ向きの修正を要請している。だが、P6 は G6 のこの要請に対して受諾の返事を返していない。

質問-応答、要請-受諾のように、類型化された 2 つの発話、隣接対と呼ばれ会話の展開や相互理解に重要な役割をもつ¹⁰⁾。特に例 7 の会話では、指示者が一旦行った指示についてその修正を要請しており、指示者にとってこの場面で歩行者からの応答が欠如したままその後の会話を続けることは、極めて困難なはずである。それにも関わらず、G6 はこの後「はい」と応答し、P6 との間で指示の修正が完了している。

ビデオ映像によると、この時 G6 は画面上の P6 を注視しており、P6 の動きから指示が正しく伝わったことを知り、それに対して「はい」という発話でその理解が正しいことを P6 へ伝えていることがわかる。

このように、指示者からの指示の修正に対して、歩行者が発話による返事を行わず、位置情報を用いた非言語的な相互作用のみで会話が展開していくという会話は、2 名の超越型指示特有のものであった。

我々はこの理由を、次のように考えている。通常の会話において、発言者は以下の話者交代のルールに従い決められる⁹⁾。

- (1) 今の話し手が選択した人
- (2) 一番初めに話し出した人
- (3) 今の話し手が話を続ける

このルールが会話の参与者全員に理解され、相互作用を通じて守られることで、会話の連続的な展開がなされている。

しかし、超越型指示においては、システム上、次の発言者を決めることができるのは常に指示者であり、かつ歩行者は、指示者和其他の歩行者との会話を聞くことができないため、適切な発話のタイミングを知ることが難しい。

そこで歩行者は、他人が話している最中に発話を始めるリスクを避け、その代わりに、会話のような排他性がなく、歩行者にとっては受動的なメディアである自身の位置情報を、指示者との相互作用においてより積極的に活用するようになったのではないかと考えられる。

会話の継続性の確認

この実験では、例 8 のような会話がしばしば見られた。（なお、トランスクリプト中、(G7-)P7) は、G7 が P7 を画面で選択することを示す。）

例 8 において、指示者は頻繁に「行けましたか」と、歩行者の位置を確認する質問を行っている。しかし、超越型指示の指示者にとって歩行者の位置は既知であり、そう頻繁に行う必要があるとは思えない。

ここで、指示者が「行けましたか」という問いを発するタイミングが指示対象者を切り替えた直後であることや、ビデオ映像によれば指示者が呼びかけを行う前に歩行者の位置を確認していることに注目すれば、「行けましたか」という発話は質問というよりむしろ呼びかけである可能性が高い。

すなわち、指示対象者を切り替えることで、歩行者にとっては発話のタイミングという社会的な要因の不確かさが発生すると同時に、指示者にとっても歩行者との通信回線が正常に機能しているのだろうか、という物理的な不確かさが発生し、それゆえ「呼びかけ-応答」という隣接対を用いて、チャンネルの継続性を確認していると考えることができる¹¹⁾。

5. おわりに

本稿では、超越型コミュニケーション環境を用いた遠隔指示における、「指示者-作業員-作業員の位置情報」間の相互作用を分析した。その結果、作業員の位置情報は、それを知る指示者だけではなく、知られる作業員からも、会話という言語的なコミュニケーションを補い、確認・修正するための、非言語的なコミュニケーションチャンネルとして積極的に活用されることが明らかになった。

また、現状の超越型指示環境を用いることで、2 名の作業員へのマルチスレッド型の遠隔指示が実現できた。その要因は、指示者がタッチ操作で指示対象を切り替えられるという選択機能の他に、指示者・作業員双方が、音声通信と位置情報という 2 つのコミュニケーションチャンネルをうまく使い分けていたためと考えられる。

すなわち、我々のシステムにおいて指示者は音声という、豊富な情報量をもつが排他的であるコミュニケーションチャンネルを常時使用できる。一方、作業員が常に使えるコミュニケーションチャンネルは、自身の位置情報のみである。このように、少数の指示者が情報量が多くて排他的なメディアを、多数の作業員が情報量が少なく非排他的なメディアを使う、という非対称なコミュニケーションシステムの設計が、マルチスレッド型の指示に有効であったと考えられる。

現システムの課題としては、指示者が指示対象を切り替えることで、指示者にとっては通信回線という物理的な、作業員にとっては発話タイミングという社会的なコミュニケーションチャンネルの不確かさを生じさせていることが挙げられる。このうち、指示者から見た物理的な不確かさは、指示者からの会話による修正が行われていた。だが、作業員から見た社会的な不確かさの修正は見られず、システム設計上のさらなる工夫が必要である。例えば、作業員、指示者、そして他の作業員の 3 者が、指示者を中心とする会話

G6:えっと:そのまままっすぐ行ってもらって:(4) あ-(.) じゃなく-(.) え-右向いてください (2) はい (.) で
P6:
G6:まっすぐ行ってもらって:で (.) その階段を上らずに: 右の道を (.) 行ってください
P6: はい

(G7->P7)
G7:すると (.) 京都市観光案内所っていうのが見えると思うんですけど,(3) 見えたらそこでしばらく待っていてください.
(G7->P8)
G7:行けましたか, じゃ(.) 続いて:(1) 行ってほしいのは: 切符販売機なんですけど:
P8: はい (3) はい はい
G7:これは改札口の (.) 左手の方にあるんですよ (1) で (.) そこまで:行ってくだ-ください.
P8: はい
(G7->P7)
G7:行けましたか,(.) じゃあ次は:(2) また (.) さっき上り下がりしてもらったエスカレータを:(.) くだってもらえますか.
P7: はい

にどのように参与しているのかを音や光で作業者に知らせること等が考えられる。

さらに、はじめに述べたように、大規模な空間において移動を伴う遠隔指示を実現するには、「指示者-作業者-作業者の位置情報」間の相互作用に関する知見と、「指示者-作業者-作業対象」間の相互作用に関する知見とを融合させ、新たなコミュニケーション環境をつくりだす必要があり、この課題にも積極的に取り組み、工場のセル生産ラインなど、実際の現場での実証を行いたい。

6. 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頂きました。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頂いた、UC SanDiego の野村 早恵子氏、Parc の山内 裕氏に感謝します。

参 考 文 献

- 1) Bannon, L., CSCW: An Initial Exploration, Scandinavian Journal of Information Systems, Vol.5, pp.3-24, 1993.
- 2) Barry,B., Ian,M., Matthew,C., Areti,G., Cliff,R. and Anthony,S., Lessons from the lighthouse: collaboration in a shared mixed reality system, CHI-2003, pp.577-584, 2003.
- 3) Bjorn,H., Svein H., Peter B., Lasse D., Real situations of wearable computers used for video conferencing - and implications for terminal and network design, ISWC-01, pp.85-93, 2001.
- 4) Daniel Fallman., Enabling Physical Collaboration in Industrial Settings by Designing for Embodied Interaction, Proc. Latin American conference on HCI, Vol.46, pp.41-51, 2003.
- 5) Heath,C., Luff,P. and Sellen,A., Reconsidering the Virtual Workspace: Flexible Support for Collaborative Activity, Proc. of ECSCW-95, pp.83-99, 1995.
- 6) Nobuchika,S., Takeshi, K., Takekazu K., Masakatsu K., Hideaki K., WACL: Supporting Telecommunications Using Wearable Active Camera with Laser Pointer, Proc. of ISWC-2003, pp.53-56, 2003.
- 7) Heritage,J., Oh-prefaced Responses to Inquiry, Language in Society, 27, pp.291-334.
- 8) H.Nakanishi, S.Koizumi, T.Ishida, and H.Ito, Transcendent Communication: Location-Based Guidance for Large-Scale Public Spaces, CHI-2004, pp.655-662, 2004.
- 9) Sacks,H., E.A.Schegloff and G.Jefferson, A Simplest Systematics for the Organization of Turn-taking for Conversation, Language, 50-4, pp.696-735, 1974.
- 10) Schegloff,E.A and H. Sacks, Opening up Closings, Semiotica,8: pp.289-327, 1973.
- 11) Schegloff,E.A., Opening Sequencing, in J.E.Katz and M.A.Aakhus eds., Perpetual Control: Mobile Communications Private Talk, Public Performance, Cambridge University Press, 2002.
- 12) 伊藤 英明, 中西 英之, 石田 亨, スコット ブレイブ, 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) 小山慎哉, 葛岡英明, 山崎敬一, 山崎晶子, 加藤浩, 鈴木栄幸, 三樹弘之, 実空間上の遠隔作業指示を支援するシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.11, pp.3812-3822, 1999.
- 14) 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.