

## 実空間を対象とした遠隔コミュニケーション 支援システムの設計要件提案と開発

小山 慎哉<sup>†</sup> 葛岡 英明<sup>††</sup>  
上坂 純一<sup>††</sup> 山崎 敬一<sup>†††</sup>

本研究では、実空間上の物体を対象としたコミュニケーションを、遠隔地間で行うことを支援するシステムの開発を目的としている。そこで、我々は人間のコミュニケーションにおける社会学的知見をもとに、参加者のジェスチャや志向を相互に観察できることや、各参加者が適切な身体配置を構成することができるなど、システムの設計にあたって考慮すべき5つの要件を提案する。そして、これらの要件を考慮し、'GestureMan'というロボットシステムを開発した。遠隔参加者がGestureManを操作することで、GestureManを介して他の参加者とのコミュニケーションに参加することができる。このGestureManを用いて、博物館における遠隔ガイダンスを行い、対面に近いコミュニケーションを実現する可能性が示唆され、要件の正当性が確認された。

### The Proposal of Requirements on Designing the System to Support Remote Communication on Embodied Space and the Development of the System

SHINYA OYAMA,<sup>†</sup> HIDEAKI KUZUOKA,<sup>††</sup> JUNICHI KOSAKA<sup>††</sup>  
and KEIICHI YAMAZAKI<sup>†††</sup>

Our purpose is the development of the system which supports remote communication on embodied space. Then, we propose 5 requirements that such system should have from a point of view of knowledges about the activities at human communications. For example, every participants can observe gestures and orientations of other participants, and can construct own body arrangement to be able to communicate with others, and so on. And, we developed the system named 'GestureMan' considered with these requirements. GestureMan is a robot and remote participant can communicate with local participants by controlling GestureMan. We tried remote guidance in the museum using GestureMan, the result suggested that GestureMan has the possibility to realize the face-to-face communication approximately. We also recognized that these requirements are reasonable.

#### 1. はじめに

昨今の高速通信網の急速な整備によって、テレビ電話や遠隔会議システム、および講義などの遠隔教育システムなど、実画像や音声の通信をともなった遠隔コミュニケーションが、社会に浸透してきている。

しかし、このような遠隔コミュニケーションでは、コミュニケーションの参加者はある場所に固定され、参加者の顔画像や会議資料がデスクトップやスクリー

ンなどの固定位置に提示されており、主に電子情報の共有や提示方法に重点が置かれている。

その一方で、普段の社会活動においては、機器の組み立てや修理、演習型授業や道案内など、実空間上の物体や場所をコミュニケーションの対象とし、参加者が実空間上を動き回りながら行われる形態のコミュニケーションも多い。こうしたコミュニケーションを遠隔地間で行うことができれば、製造業やサービス業、医療・教育などに様々な分野における応用が考えられる。我々は、こうした遠隔コミュニケーションを支援するシステムの開発を目的としている。

実空間を対象としたコミュニケーションの場合は、机上のコミュニケーションとは異なり、参加者がある場所に固定されている場合に対して、参加者の行動が多種多様になるため、システム開発にあたって考慮す

<sup>†</sup> 通信総合研究所  
Communications Research Laboratory

<sup>††</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba

<sup>†††</sup> 埼玉大学  
Saitama University

べき内容が増大する。たとえば、参加者は実空間上に存在する立体物に対して、上下左右前後などの空間的移動や回転、および加工などの行為を行ったりするだろう。また、参加者の位置が1カ所に固定されず、空間内を自由に動き回り、会話のほかに身振り・手振りなどのジェスチャ表現や、視線・体の向きなどの志向表現を行う。さらに、参加者は、他の参加者の行動・表現を観察し、それに対する応答や次の行動・表現を行うことで、コミュニケーションを円滑に組織化している。

以上にあげた参加者自身の行為、および参加者間の相互行為は、実空間を対象とした遠隔コミュニケーションの支援を考えるのに重要な要素である。

そこで本研究では、まず人間のコミュニケーションにおける参加者の行動に関する社会学的研究からの視点をもとに、実空間を対象とする遠隔コミュニケーションを支援するための要件を明らかにする。そして、その要件に基づいて開発したロボット“GestureMan”を介した遠隔コミュニケーションの概要を述べる。そして、GestureManを介した博物館内の遠隔ガイダンス実験を行い、その実験の解析結果をもとに、実空間を対象とする遠隔コミュニケーションを支援するための要件の正当性を確認する。

## 2. 実空間を対象とする遠隔コミュニケーションの支援

### 2.1 支援システムの要件

前章で述べた、実空間を対象とする遠隔コミュニケーションを、既存のテレビ電話や遠隔会議システムで行う場合には、コミュニケーションの組織化に問題が起こることが指摘されている。

たとえば、Heathらは、ビデオ映像を介した遠隔コミュニケーションを分析した。その結果によると、ディスプレイの中の映像を媒介にした場合には、自分が相手の話を聞く準備ができていることを示す身体姿勢や、相手の方向をこれから見るということを示す身体動作、また相手の行動を理解したことを示す身体動作が、対面時のコミュニケーションに比べ、十分な効果を発揮しなかったことを示した<sup>4)</sup>。

また、Gaverは、ビデオやマイクを使ったメディアスペースの分析を行った。その結果として、カメラとモニター、およびマイクとスピーカが遠隔地間において独立および分離することによって、光と音は対面時とは異なった方法で伝達され、そのことがインタラクションの背後にある予測性を妨害し、円滑なコミュニケーションを妨害していると述べている<sup>1)</sup>。

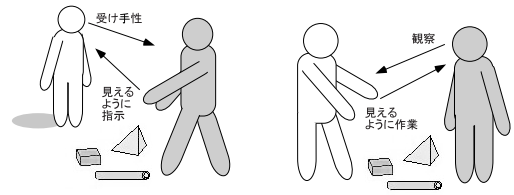


図1 話し手-聞き手-対象物の関係におけるインタラクション  
Fig. 1 The interaction at the relationship of speaker, hearer and objects.

このように、単に映像や音声を遠隔でやりとりしただけでは、実空間を対象とした遠隔コミュニケーションを円滑化することはできない。よって、その実現のためには、実空間を対象としたコミュニケーションを、対面で行う場面から得られた知見を整理し、実現のための要件を整理するというアプローチが有効である。Goodwinは、こうしたコミュニケーションにおける話し手と聞き手のやりとりの分析を詳細に行い、参加者の行為に対する意味づけを行っており、要件の整理にあたって参考となる知見を見出している<sup>3)</sup>。

Goodwinは、図1のように、実世界での共同作業において、話し手が聞き手に、ある物体に対する指示を与える場面を分析した。このとき、まず聞き手は、話し手が見ている作業対象を見ようとして、身体を適切な方向に向ける。こうすることで、自分が相手の話を受ける体勢になっていること、すなわち適切な聞き手であることを話し手に示している(受け手性の表示<sup>2)</sup>)。一方、話し手は、指示を与えているときに、対象物と聞き手が両方見えている位置に動き、様々な動作を交えて指示を行う。次に、聞き手は話し手の指示動作が見えるように移動し、話し手の指示を理解していることを示しながら、作業を行う。作業内容が話し手から見えていることにより、先の指示が伝わっているかどうかを自然に観察することができるのである。

この分析結果から、参加者は他の参加者と会話するだけでなく、指差しや身振りなどのジェスチャ表現、および視線や体の向きなどの志向情報を、互いに観察していることが分かる。また、このやりとりの中では、参加者は他者の方に必ずしも視線を向けているわけではないが、他者のジェスチャや志向の観察を、周辺視野で行うことで、コミュニケーションが円滑に行われている。

また、以上の分析から、他者の観察情報に基づいて、参加者同士の身体配置、つまり空間内で話し手—聞き手—作業対象物によって構成される相対的位置(以下、身体配置と呼ぶ)が動的に構成され、参加者が相互に観察することができる。さらに、相

互観察ができることによって、対象となる作業物体が参加者の間で共有されている。

以上の内容は、他研究でも指摘されている。たとえば、Tangらはジェスチャ表現によって自分の考えを効率的に伝えたり、物体を参照したり、またあるときは領域や物体に注意を向けさせるのに重要な役割を持つと述べている<sup>12)</sup>。また、小野らは、ロボットと人間とのコミュニケーション実験を分析することで、ジェスチャが他者との関係性構築に必要となることを示している<sup>10)</sup>。

また、Heathらは、ロンドンの地下鉄管制室における従業員同士のインタラクションを分析し、従業員がそれぞれ独立した作業を行っているにもかかわらず、実は互いに他方の活動を見ながら、自分の作業を行っていることを示した<sup>5)</sup>。これは、相互観察が円滑なコミュニケーションを支援することを示しており、相互観察の重要性が指摘された例である。

さらに、Kendonは、複数人間がインタラクションを行う場合に構築される体制についての分析を行っており、実空間上のコミュニケーションにおける身体配置の重要性を示している<sup>7)</sup>。また、Katoらは、身体配置に基づいてモニタやカメラの配置を考慮しながら遠隔コミュニケーションを行うことで、従来の遠隔コミュニケーションの問題を解決しており、身体配置の考慮の必要性を示している<sup>6)</sup>。

以上に述べた知見をまとめ、実空間を対象とするコミュニケーションを支援するための要件として、以下の項目をあげる。

- (1) ジェスチャ表現の伝達  
実空間上の物体を対象とした対面コミュニケーションでは、会話だけではなく多くのジェスチャ情報が交わされている。ジェスチャは様々なニュアンスを含んでおり、ジェスチャが会話の内容を補助することでコミュニケーションを円滑にしている。
- (2) 身体による志向表現  
前項のジェスチャ表現は、身振り手振りが単独で存在するのではなく、視線や頭の向き、身体の各部位の向きや姿勢など、空間に対する参加者の志向がともなって存在している。
- (3) 参加者相互の観察  
他者の行動や志向をつねに観察できていることによって、円滑なコミュニケーションがなされていることから、ジェスチャ表現や志向表現は、単に表現されればよいというものではなく、他者に観察されうる場所で、かつ理解されうる形

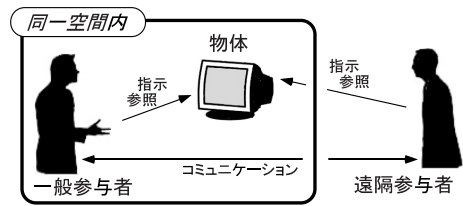


図2 今回支援する遠隔コミュニケーションの形態  
Fig.2 The type of remote communication we try to support.

で表現する必要がある。

- (4) 適切な身体配置  
相互観察を行うことができるようにするためには、他の参加者や対象物体との身体配置が適切であることが必要である。また、対象物体の位置や形態によって、適切な身体配置は異なるため、身体配置の構成には柔軟性が求められる。
- (5) 物体や空間の共有  
参加者は、コミュニケーションの対象を特定し、すべての参加者が共通の対象を志向していることを理解して、初めてコミュニケーションが進展する。よって、他者が共通の対象を志向し、その結果として対象が共有されているかどうか、参加者間で容易に認識されることが望ましい。

## 2.2 システム機能設計

以上の要件は、実空間を対象とした遠隔コミュニケーションの実現のための項目であり、具体的にシステムへ応用する方法は、コミュニケーションの形態や対象となる物体によって異なる。今回、対象とするコミュニケーション形態は、物体が空間内に散在し、複数の一般参加者が存在する空間に、遠隔から参加者が加わり、遠隔参加者は空間内にの物体を一般参加者と同様に参照または指示を行い、物体を対象としながらコミュニケーションを進展させる、というものである(図2)。

このような遠隔コミュニケーションを支援するシステムを設計するにあたり、先述した要件を考慮し、以下の機能をシステムに備えることにした。

- (1) ジェスチャ表現機能  
ジェスチャ表現の要件から、システムには遠隔参加者のジェスチャを表現する機能が求められる。ジェスチャは様々なものがあるが、本研究で対象とするコミュニケーションでは、ポインティングや手振りなど、対象の参照や指示に関するジェスチャが必要である。なお、相互観察の要件から、この機能によって表現された遠隔参加者のジェスチャが、他の参加者からも観察でき、か

つジェスチャの意味を認識できるように提示される必要がある。

(2) 志向表現機能

志向表現の要件から、遠隔参加者の身体的志向を表現する機能が求められる。身体的志向も様々な種類があるが、本研究対象のコミュニケーションの支援にあたっては、視線や頭、体の向きなど、対象への観察行為や身体配置の構成に関する志向が表現できることが求められる。なお、相互観察の要件から、この機能によって表現された遠隔参加者の志向表現が、他の参加者からも観察でき、かつ表現された志向の意味を認識できるように提示される必要がある。

(3) 能動的な視点の確保

相互観察の要件から、遠隔参加者も他の参加者のジェスチャ表現や志向表現を観察できることが求められるが、そのためには、遠隔参加者に能動的な視野を提供することが必要になる。つまり、他の参加者とは独立な視点を持ち、遠隔参加者が見たいものを、遠隔地から自由に見ることができるようにすることが求められる。

(4) 広視野の提供

相互観察の要件から、その場にいるのと同程度の周辺視野を遠隔参加者に提供することが求められる。他者に明示的に視線を向けなくても、他者の志向や動きを周辺視野で観察してコミュニケーションが行われていることは、Goodwinの分析からも明確である。

(5) 自由な身体配置の構成

適切な身体配置の要件から、遠隔参加者が自由な身体配置を構成できる必要がある。実空間コミュニケーションでは、広範囲に物体が散在する状況が一般的なので、実空間上を自由に動き回り、適切な身体配置を構成できる能力が求められる。また、その身体配置をローカル参加者が観察して、遠隔参加者の身体配置を観察することができるようにすべきである。

(6) 物体の直接参照

相互観察の要件から、遠隔参加者の志向は他者から観察されるように表現される必要があるが、遠隔参加者が実物体を直接参照することができれば、他者からの観察も容易であり、参照された物体の共有も容易になる<sup>8)</sup>。よって、遠隔参加者が参照している物体や場所を、ローカル参加者が容易に認識できるように、直接参照する手段が必要と考えられる。

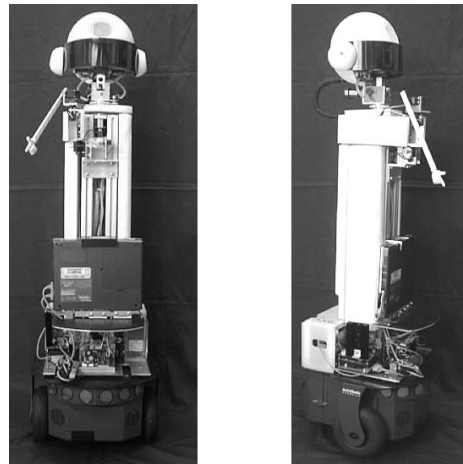


図 3 GestureMan の外観

Fig. 3 The aspect of GestureMan.

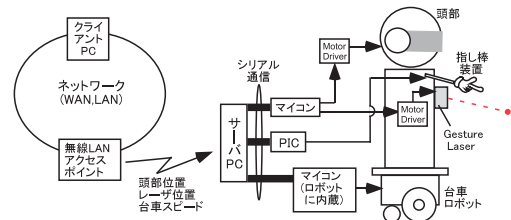


図 4 GestureMan のシステム構成図

Fig. 4 The system diagram of GestureMan.

### 3. 実空間型遠隔コミュニケーション支援システム GestureMan の試作

前章で述べた機能を備えるシステムとして、本研究では“GestureMan”という、ロボット型の実空間型遠隔コミュニケーション支援システムを開発した。概観を図 3 に、システム構成図を図 4 に示す。高さ 120 cm、幅 38 cm、奥行き 45 cm で、重量は約 30 kg である。操作者は、ネットワークを介して遠隔地から GestureMan を操作し、他の参加者や物体が存在する空間に遠隔参加し、物体を指示または参照しながら、他の参加者とコミュニケーションを行う。つまり、GestureMan を代理として他の参加者がいる空間に遠隔参加することが可能である。GestureMan を介した遠隔コミュニケーションのイメージを図 5 に示す。

以下、GestureMan に装備した各機能について述べる。なお、カッコ内の語句は、前章で述べた各機能を示す。

#### 3.1 GestureLaser

GestureMan の胴体の上側に、遠隔操作型レーザーポイントである GestureLaser を搭載している。Ges-

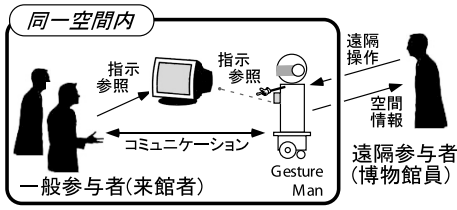


図5 GestureManを介した遠隔地間コミュニケーションのイメージ

Fig. 5 The image of remote communication through GestureMan.

tureLaser は、2つの直交した鏡で反射されたレーザー光線を作業空間に投影する装置である。指示者はモニタを見ながらマウスでレーザースポットを操作することができるので、レーザースポットをマウスポインタのように扱うことができる。なお、レーザースポットの分解能は、照射距離によって異なるが、2m先をポインティングするときの分解能は2.5mmである。

GestureLaserによって、遠隔参加者の場所の指定や手振り、遠隔参加者の視点を表現できる機能が期待される(ジェスチャ表現機能、志向表現機能)。また、レーザーの直接照射によって、ローカル参加者が遠隔参加者のジェスチャ・志向を観察するのを容易にすることが期待される(物体の直接参照)。

### 3.2 レーザポインタを補助する指し棒装置

レーザーポインタは、前節で述べたような利点があるが、欠点もある。GestureLaserで照射されたレーザーは、照射口と照射点の間の軌跡を見ることができないため、空間的に入り組んだ場所へのポインティングや、比較的遠くの場所へのポインティングの場合に、ローカル参加者がレーザースポットの存在に気づかないことが、過去の実験から指摘されている<sup>9),11)</sup>。

そこで、人間のポインティング動作を参考にし、位置や方向を示すための身体表現を、レーザーによるポインティングにともなわせることを考え、GestureLaserの動きに追従する2自由度の指し棒装置をGestureManの右肩部に搭載した。指し棒の駆動はサーボモータ2個で行っており、各モータの分解能は2.5degと大きい、レーザースポットのおおよその位置を知ろうえでは十分であった。

この指し棒によって、遠隔参加者の指示動作を表現することができる(ジェスチャ表現機能)。また、遠隔参加者がレーザーを使用することをローカル参加者が観察することができ、レーザー光線の特性による問題を解決することが期待される。

### 3.3 頭部動作と頭部カメラ

GestureManの上部には、頭部機構と3眼カメラを

搭載している。頭部は2自由度で動作し、稼動範囲は左右各90deg、上21deg、下90degである。また、3眼カメラは水平方向180deg、垂直方向60度の視野を遠隔参加者に与える。頭部のこれらの機能により、操作者が視点を能動的に変えることができ(能動的視点の確保)、遠隔参加者に広い視野を与えることで、他の参加者の観察を容易にすることが期待される(広視野の提供)。さらに、遠隔参加者がどこを見ているのか、その志向がローカル参加者から観察しやすくなることが期待される(身体による志向表現、相互観察)。

### 3.4 台車ロボット

GestureManの足回りには、ActivMedia社製の台車ロボット‘Pioneer2-DX’を用いている。最大移動速度は1.6m/sで、回転半径は0degとその場回転が可能である。台車ロボットによって、空間内を移動することができ、空間内のあらゆる対象を見ることができ、適切な身体配置を自分で構成することができる(能動的視点の確保、自由な身体配置の構成)。また、体の向きを変えることができるので、遠隔参加者が志向している方向を表現することができ、ローカル参加者が遠隔参加者の志向を観察するのに有効であると期待される(志向表現機能)。

## 4. GestureManによる遠隔ガイド実験

2章であげた要件に基づいて開発したGestureManを用いて、空間内に物体が散在した場面における参加者移動型遠隔コミュニケーションが円滑に行われているか確認するため、科学技術館(東京都千代田区)の4階「アイアンワールド」内で、博物館での遠隔ガイド実験を行ったので報告する。

### 4.1 実験設定

被験者として、ガイドを担当する博物館員1人と、当日科学技術館に来館した親子連れや友人連れ、個人など27組に協力していただいた。まず、博物館員は、遠隔参加者となってGestureManを操作し、館内にある展示物などを参照し、来館者と展示物を交えたコミュニケーションを行った。一方、来館者は、GestureManによる表現や会話を通じて、館内の展示物に関するガイダンスを受けた。GestureManを介した遠隔ガイドのシステム構成を図6に、来館者がガイダンスを受ける様子を図7に示す。

博物館員は、操作ブースで3眼カメラから送られた

この視野の広さは、人間の垂直方向の補助視野(125deg)に比べ不足しているが、今回は遠隔参加者によるローカル参加者の志向観察に重点を置いたため、参加者同士が横並びに配置した際の補助視野を優先させた。



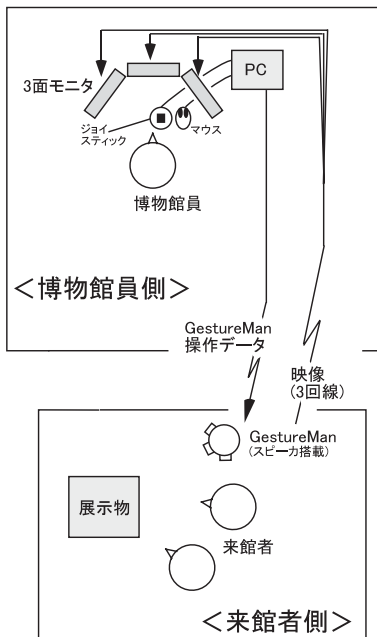


図 6 実験構成図

Fig. 6 The configuration of the experiment.



図 7 GestureMan による遠隔ガイドの様子

Fig. 7 The situation of remote guidance through GestureMan.

映像を 3 面モニタで見、ワイヤレスマイク・スピーカによって会話しながら、GestureMan の前後、左右回転、頭部動作をジョイスティックで、レーザスポットをマウスで操作し、ガイドを行った。なお、操作ブースは展示コーナーの入り口付近に設け、3 面モニタは博物館員の視野を取り巻くように設置した。操作ブースはパーティションで囲まれているので、実際に案内されている来館者からガイドを見ることはできない。館員の操作環境を図 8 に示す。

ガイドの内容は、「磁性のある鉄」と「鉄でお絵かき」の 2 つの展示内容を織り交ぜたもので、パソコンやビデオなど、自分の生活の身近なところにあるものが、鉄の磁性を利用して作られている、ということの



図 8 遠隔地にいる博物館員側の様子

Fig. 8 The situation of the remote site (museum curator's site).

説明であった。

上記のガイド内容を来館者に説明するのを 1 回のセッションとし、各組 1 回ずつ、合計 27 セッションを実施した。博物館員の判断により、来館者の反応によってガイド内容も変化させたため、各セッションの所要時間は約 7~15 分とばらつきがあった。

また、今回は指し棒装置によるコミュニケーションへの影響に注目していたため、27 セッションのうち、指し棒を使用したセッションを 12 セッション、使用しなかったセッションを 15 セッション行った。

今回、実験設定にあまり制約を持たせなかったのは、人間がガイドするときとほぼ同じ状況にして、来館者に違和感なくコミュニケーションしてもらうことを意図したためである。しかしその一方で、コミュニケーションの円滑さを定量的に示すのは困難になってしまったため、分析にはエスノメソドロジーによる定性的な分析手法を用いた。具体的には、ビデオカメラで録画した実験中の映像を観察し、特に注目すべき場面を抽出し、その場面における博物館員と来館者との会話や行動を記述することで、コミュニケーションがどのように組織化されたかを分析した。

また、実験終了後、博物館員にヒアリングを行い、感想や意見を自由に発言してもらった。

## 4.2 実験結果

### 4.2.1 GestureMan の身体表現の効果

まず、GestureMan の頭部、胴体、指し棒による身体表現が、来館者に影響を及ぼしている場面の分析結果について述べる。

図 9 は、GestureMan の正面にある展示物への説明が終わり、その右にあるショーケース内の物体について説明しようとしている場面である。このとき、

コミュニケーションにおける人間の身体動作や会話などを記述し、人間の相互行為について分析する社会学的方法。



図 9 GestureMan が向きを変え始める場面 (矢印は来館者の視線を表す)

Fig. 9 The scene where GestureMan began to change own direction (arrows show the point of view of visitors).



図 10 来館者が移動した場面 (床面の矢印は来館者の動きを表す)

Fig. 10 The scene where the visitors began to change own direction (arrows on the floor show the movement of visitors).

GestureMan の右側にいる 2 人の子供は、図 9 のように、展示物の方を向かず GestureMan の方を向いている。

この直後、館員は、特に発話をせずに GestureMan をその場で右回りさせて向きを変化させた。そのとき、2 人の子供が図 10 に示す矢印のように、自分の立つ場所を移動した。その結果、子供たちの視線が GestureMan の正面方向と一致するようになり、館員による説明が円滑に開始された。

このように、特に発話がなかったのに、展示物の移動にともなう身体配置の再構成が、館員と来館者によって円滑に行われていたのは、GestureMan の正面方向の変化を、来館者が観察することができていたことを示している。



図 11 博物館員が質問している場面 (矢印は来館者の視線を表す)

Fig. 11 The scene where the curator questioned the visitor (arrows show the point of view of visitors).

また、図 11 は、4 人の親子連れ (両親と子供 2 人) へのガイドが終わり、博物館員が 2 人の子供に質問をしている場面である。ここで、博物館員は、GestureMan の左側にいる子供のほうへ GestureMan の頭部を向け、質問があるかどうか聞いている。

ここで、博物館員は誰に質問しているのかを特定する発話はなかったが、周囲にいる両親の視線は図 11 の矢印のように、GestureMan の左側にいる子供のほうに向けており、左側の子供は館員の問いかけに答えている。さらにこの後、ガイドは GestureMan の右側にいる子供のほうへ GestureMan の頭部を向け、質問があるかどうか聞いているが、両親の視線は左側の子供から右側の子供へ視線を変化させており、右側の子供も館員の問いかけに答えた。

この場面から、特に言葉で特定しなくても、GestureMan がどこを志向しているかを、4 人の来館者が認識していることが分かる。

以上は、実験におけるすべてのコミュニケーションの中の一例であるが、このほかにも GestureMan の志向を来館者が観察できていると考えられる例が観察されている (表 1)。以上の例から、GestureMan の身体表現機能は、遠隔参与者である博物館員の志向が来館者に認識される形で表現できていると思われる。

#### 4.2.2 指し棒装置がコミュニケーションに及ぼす影響

また、指し棒装置の有無により、来館者と博物館員とのコミュニケーションがどう違うかについて、分析した結果を述べる。

##### (1) 指し棒装置を使用したセッションの特徴

指し棒を利用したセッションでは、GestureMan からレーザーが照射されているのを、来館者が指し棒の動きで感知していると見られる例が多数観察された。

表 1 GestureMan の身体表現が認識されたと思われる観察例  
Table 1 The examples which visitors recognized the body expression of GestureMan.

- 博物館員が「ご存知ですか？」と発話して GestureMan の頭部を来館者のほうへ向けたとき、来館者は同意の発話とともに GestureMan の頭部へ視線を向け、うなづき動作を行った。
- 説明されている展示物を取り囲んでいた 3 名の来館者の後ろから GestureMan が指し棒装置で展示物を指し示していたとき、1 名の来館者が指されていることに気づき、他の来館者に後ろに下がるよう促した。
- 指し棒装置が動き始めることで、指し棒の先にある展示物を説明することを来館者が認識し、身体配置を再構成して指示を受ける体勢をとった。
- GestureMan の頭部が左に 90 deg 回転していた状態で直進移動したとき、直進方向に身体配置をとっていた来館者が驚いてのけぞった。体の向きよりも頭部前方を GestureMan の正面として認識していたためと思われる。



図 12 指し棒の動き始めの場面 (矢印は来館者の視線方向)  
Fig. 12 The scene where the pointing stick began to move (arrows show the point of view of visitors).

たとえば、図 12、図 13 は、3 人の小学生にある展示物の説明をするために、レーザを照射し始めた場面である。なお、この場面はガイドが始まった直後であるため、来館者は指し棒装置およびレーザの動きを知らない。

博物館員は、説明を行う位置で GestureMan を停止させ、展示物にレーザを照射し始めた。この時点で、説明に関する発話はいっさいなく、レーザを発したときに徐々に指し棒が動き出しているが、指し棒が動き始めた直後、来館者全員は動いている指し棒に視線を向けているのが観察された (図 12)。

その後、図 13 の時点で、指し棒はほぼ水平方向を向いているが、来館者は指し棒が指す方向にあるレーザスポットを発見している。そのため、この後で遠隔ガイドがレーザで展示物を指して「これ」と発話したことに対して、来館者は展示物の名称を回答していた。つまり、博物館員がレーザについての説明をしなくても、レーザを使った説明が支障なく行われており、これ以降のコミュニケーションが円滑に行われた。

この例と同様に、指し棒装置を使ったセッションで



図 13 レーザが照射されている場面  
Fig. 13 The scene where the laser spot was emitted to the object.



図 14 来館者の肩にレーザが遮られている場面  
Fig. 14 The scene where the laser spot was obstructed by visitor's shoulder.

は、セッションの開始直後にレーザを初めて使うときに、来館者が指し棒の動きからレーザスポットの存在を確認し、博物館員がレーザのことを説明せずに「これ」などの指示語を使うことができていた。

#### (2) 指し棒装置を使用しなかった場合

一方、指し棒を使用しなかったセッションでは、レーザが来館者によって遮られる例が多くなり、説明しようとしている展示物をポインティングできない場面や、ポインティングを遮らない位置に移動するように来館者へ依頼する例があった。

たとえば、図 14 は、説明する展示物の前に子供が立っている場面である。途中でこの子供は GestureMan を見るが、どこを指しているのかわからないようであり、博物館員は「もっと右」などと発話し、この子供の立つ位置を移動させようとするが、結局動かさず、実験スタッフが子供を移動させるという結果になった。



このように、来館者がレーザーポインティングに気づかずに遮蔽した例のほか、レーザーで指している場所が分からなかったり、別な展示物を回答したりした例が、他の指し棒装置なしセッションで観察された。

### (3) 博物館員のヒアリング回答から

実験終了後に行った、博物館員へのヒアリングの中で、指し棒装置使用の有無によって、来館者の反応が違ふことに気づいていたという回答が得られた。

博物館員によると、指し棒装置を使ったセッションでは、来館者は指し棒装置の動きを感知し目で追ひ、ガイドが問いかける前後に、来館者自身が指でレーザースポットを指していることが多かったという。

一方、指し棒装置を使わなかったセッションでは、レーザースポットを動かし始めた当初は、来館者の反応が得られず、話を一方的に進めてよいものか迷ってしまい「僕の前にある赤い点がわかりますか」などと発話したり、事前にレーザースポットで指し示すことを説明したりしたという。

この回答は、先に述べた観察データからも裏付けられており、指し棒がレーザーポインティングと連動することによって、説明の開始に対する予測を支援していることが分かる。

また、この回答から、博物館員は来館者の反応をよく観察することができていると推測される。これは、3画面により 180 deg の周辺視野を提供したことが、大きな要因と考えられる。

### 4.3 考 察

以上の分析によって見出された知見の 1 つは、GestureMan の身体表現機能による円滑なコミュニケーションの実現である。GestureMan は頭部 2 自由度、脚部 2 自由度、指し棒 2 自由度など自由度が少なく、外見も抽象的であるが、来館者は GestureMan の動きや状態によって、博物館員がどこを志向しているかを認識することができていた。

また、3眼カメラにより広視野を博物館員に提供することによって、館員からも来館者の志向を観察することができ、来館者に合わせたコミュニケーションを行うことができた。

よって、GestureMan を介することで遠隔参加者同士が対面に近いコミュニケーションをすることが可能であった。

これらの分析結果は、数多く行われたセッション中の一場面であり、セッション中のコミュニケーションすべての部分において円滑であったというわけではない。これは、(i) この程度の身体表現方法では表現能力には限界があった、(ii) GestureMan 操作インタ

フェースや遠隔地における空間認知方法に不足があった、などの理由で、博物館員の志向を十分に伝えきれなかったことが原因として考えられる。しかし、これらの原因は技術的な整備によって解決されるものである。むしろ、今回の実験は、システムのプロトタイプとしてコミュニケーション支援にどう影響を与えるかを分析することが主目的であり、その観点から見れば、以上の分析結果は GestureMan が参加者移動型遠隔コミュニケーションを支援する可能性を示唆しているといえる。

そして、指し棒装置は、レーザーによるポインティングやジェスチャ表現を補完していることが、指し棒装置の有無による比較によって明らかになった。また、指し棒装置はレーザー使用の開始と終了、およびレーザーが使用中であることを来館者に明示的に示すことができ、円滑にガイダンスを行うことができたことから、以前より指摘されてきたレーザーポインタの弱点である存在感の欠如による影響を緩和していることが分かった。

## 5. 結 論

本研究では、対面コミュニケーションに関する知見から、実空間を対象とした遠隔コミュニケーションを支援するための要件を提示した。また、上記の要件に基づき、支援するシステム 'GestureMan' を開発した。

そして、GestureMan を博物館における遠隔ガイダンスに使用した実験結果から、GestureMan によって、対面時に近い参加者移動型コミュニケーションが行われている場面を確認し、円滑な参加者移動型遠隔コミュニケーションを支援することができる可能性が示唆された。

よって、実空間を対象とした遠隔コミュニケーションを支援するシステムを開発する際には、本論文であげた要件を設計指針として考慮することが望ましいと考えられる。ただし、これらの要件はあくまで必要条件であって、システム開発をするにあたって十分であるとはいえない。今後、様々な場面におけるシステム利用によって、さらなる要件が追加されてくるものと思われる。

以上で紹介したように、GestureMan の各機能には、特に新しい技術を使っているわけではない。しかし、実空間を対象とした対面コミュニケーションの構造を社会的観点によって分析された結果に、技術要素を組み合わせることによって、実空間への遠隔参加という高度な機能を達成することができた。このようなアプローチは、文系理系関係なく研究者が集まる CSCW 研究分野の特徴といえ、製品開発やシステム構築手法

などに少なからず影響を与えられられる。

### 参 考 文 献

- 1) Gaver, W.: The Affordances of Media Spaces for Collaboration, *Proc. CSCW'92*, pp.17-24 (1992).
- 2) Goodwin, C.: *Conversational Organization: Interaction between speakers and hearers*, Academic Press, New York (1981).
- 3) Goodwin, C.: *Professional Vision*, American Anthropologist (1994).
- 4) Heath, C. and Luff, P.: Disembodied Conduct: Communication through video in a multimedia environment, *Proc. CHI'91 (Computer-Human Interaction)*, pp.99-103 (1991).
- 5) Heath, C. and Luff, P.: Collaboration and Control: Crisis Management and Multimedia Technology in London Underground Line Control Rooms, *Proc. CSCW'92*, pp.69-94 (1992).
- 6) Kato, H., et al.: Designing a Video-Mediated Collaboration System Based on a Body Metaphor, *Proc. CSCL'97 (Computer Supported Cooperative Learning)*, pp.142-149 (1997).
- 7) Kendon, A.: *Conducting interaction; patterns of behavior in focused encounters*, Cambridge University Press (1990).
- 8) 葛岡, 石母田: 空間型協同作業における位置表現の支援, *情報処理学会論文誌*, Vol.36, No.6, pp.1379-1386 (1995).
- 9) Luff, P., et al.: Fractured Ecologies: Creating Environments for Collaboration, *Human-Computer-Interaction*, Vol.18, pp.51-84 (2003).
- 10) 小野, 今井, 江谷, 中津: ヒューマンロボットインタラクションにおける関係性の創出, *情報処理学会論文誌*, Vol.41, No.1, pp.158-166 (2000).
- 11) 小山, 小野寺, 葛岡, 山崎: レーザポイントによる遠隔作業指示支援システムの実用可能性, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2000*, pp.435-438 (2000).
- 12) Tang, J. and Lifter, L.: A Framework for Understanding the Workspace Activity of Design Teams, *Proc. CSCW'88 (Computer Supported Cooperative Work)*, pp.244-249 (1988).

(平成 15 年 5 月 26 日受付)

(平成 15 年 11 月 4 日採録)



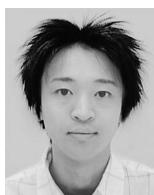
小山 慎哉

2002 年筑波大学大学院博士課程工学研究科知能機能工学専攻修了。博士(工学)。同年独立行政法人通信総合研究所に入所。現在, 同所けいはんな情報通信融合研究センターユニバーサル端末グループ専攻研究員。主に, 視覚障害者の移動支援に関する研究に従事。



葛岡 英明(正会員)

1992 年東京大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年筑波大学構造工学系(現・機能工学系)講師。現在, 筑波大学機能工学系助教授。主に, グループウェア, 人工現実感, その他ヒューマンインタフェースの研究に従事。



上坂 純一

2002 年筑波大学第三学群工学システム学類卒業。現在, 同大学院修士課程理工学研究科理工学専攻に所属。主に, ロボットを介した遠隔コミュニケーションの研究に従事。



山崎 敬一

早稲田大学大学院文学研究科博士課程単位取得中退。現在, 埼玉大学教養学部教授。主に, 社会学, エスノメソドロジー, 会話分析, CSCW に関する研究に従事。著書『美貌の陥穽』(ハーベスト社), 共編著『語る身体・見る身体』(ハーベスト社)等がある。