

# 身体ねじりを表現する コミュニケーションロボットに関する研究

システム情報工学研究科 知能機能システム専攻 グループウェア研究室  
鈴木 祐也

## 1. 序論

最近のロボットの研究の応用分野として、美術館や博物館で鑑賞支援を行う展示案内ロボットの研究が多数行われている。展示案内にコミュニケーションロボットを用いると、展示物の説明という本来の目的に加えて、ロボットと鑑賞者の間でインタラクションを誘発し、博物館を訪れる人々に対して科学技術に対する興味を向上させることができるという報告されている。そのため、ロボットは展示物の案内と鑑賞者とのインタラクションをシームレスに遷移できる必要がある。そこで、展示案内ロボットが満たすべき重要な要素の一つとして、鑑賞者の注意(関与)を特定の場所へ誘導することが挙げられる。しかしながら、ロボットが発話や身体動作を用いて鑑賞者の注意をロボット自身に向けようとしても、鑑賞者が展示物に注目しているために気付かない場面があった。また、ロボットが展示物の説明を行う場面では、ロボットの身体動作により鑑賞者の注意を展示物の方へ誘導しようとした際に、鑑賞者がロボットとのインタラクションを維持しようとすることやロボットの身体動作の意図を推測できないことがあった。これは、鑑賞者がロボットの関心は展示物ではな

く鑑賞者自身との対話にあると認識していたためではないかと推察した。

ところで、人間同士のコミュニケーションにおける身体位置の概念として、Kendonにより定義されたF陣形と、Schegloffにより定義された、下半身を固定したまま上半身をねじる行為である身体ねじりがある。これらによると、身体の下半身の向きや身体ねじりが、対象に対する関与の大きさを示し、その場にいる参与者同士や展示物を含んだ3者間で社会的な空間を構成するという。筆者は、ロボットに向けられた鑑賞者の注意を展示物の方へ誘導できないという問題を、ロボットの下半身や身体ねじりを制御することにより解決できると考えた。

そこで本研究は、下半身の向きと身体ねじりを表現できるコミュニケーションロボットを開発し、ロボットのこれらの身体動作が、鑑賞者の関与を任意の対象に向ける効果について確かめることを目的とする。

## 2. F陣形と身体ねじり

### □ F陣形

Kendonによれば、人間とその人間が関与し

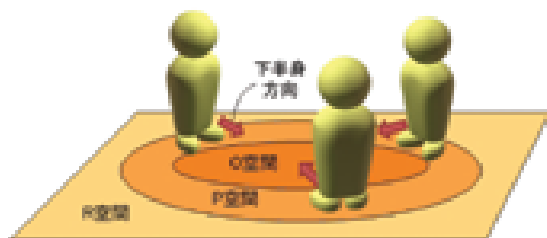


図1 F陣形

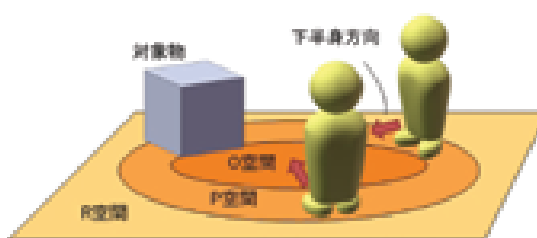


図2 道具的F陣形

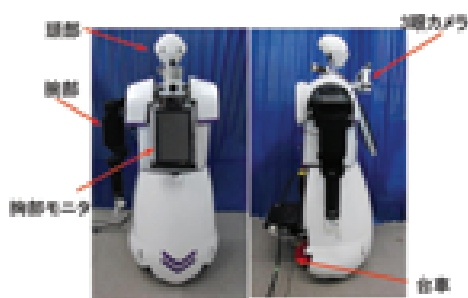


図4 GestureMan-4

ようとする対象との間に広がる空間を操作領域 (transactional segment) と呼び、複数人で会話する際には参与する人々の操作領域が重なり下半身方向によってO形の空間が構成される。これをO空間と呼び、参与者は通常このO空間を相互に維持しようとする。このような、会話集団を空間的に規定する相互行為レベルの行動単位のことをF陣形と呼ぶ(図1)。また、McNeillによればF陣形は人間だけにより構成される社会的F陣形 (social F-formation) と、人間同士だけでなく指示対象物を介する道具的F陣形 (instrumental F-formation) に細分化される。具的F陣形においてはO空間内に指示対象物が存在し、これによりO空間の変形が起こるといふ(図2)。

□ 身体ねじり

身体ねじりはF陣形の研究に基づきSchegloffによって定義された。ここで身体ねじりとは下半身を固定したまま上半身をねじるといふ身体の分岐的振舞いを示しており、人間はこの身体ねじりによってどの活動にどの程度関与しようとしているかを表しているという。この際、安定性の高い下半身の方向付けは主要関与(main involvement)を示しており、一時的な上半身の方向付けは副次的な関与(side involvement)に関係している(図3)。

□ 展示案内におけるF陣形と身体ねじり

ここでは、ロボットと鑑賞者が対面的なインタ

クションを行っている状態から、展示物の案内に遷移する場面を考える。ロボットと鑑賞者が対面的なインタクションを行っているとき、展示案内ロボットは、下半身を含めた胴体の向きが鑑賞者の方を向いている。そのため、O空間はロボットと鑑賞者の間に広がっており、説明対象はO空間に含まれていないため、社会的F陣形が構成されている。

ここで、ロボットの下半身方向を変化させることを考える。ロボットの下半身を説明対象の方向に向けることによりO空間は移動し、鑑賞者はロボットの下半身の向きからO空間が移動したことを推測すると考えられる。そのため、鑑賞者の下半身方向は自動的に調節され、説明対象を含んだ道具的F陣形となる。

また、身体ねじりの概念からロボットの上半身をねじることにより、ロボットの副次的関与が対象物にあることを示すことができる。この際、下半身は固定されたままであるので、ロボットの主要関与はそれまで対面していた鑑賞者にあることを示す。また、ロボットと鑑賞者との間で構成される社会的F陣形を維持したまま展示物の案内を行うことができる。

3. GestureMan-4

ロボットの外観を図4に示す。GestureMan-4の頭部は、ロボットの志向を表現することができる形状にし、3自由度をもっている。また、GestureMan-4の腰部を組み込むことで、上半身と下半身を独立して動作させることができる。さら

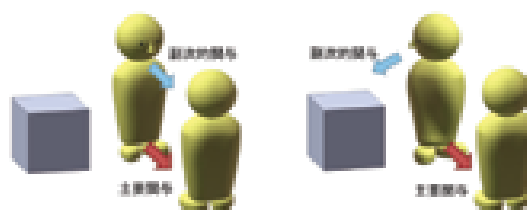


図3 身体ねじり

に, GestureMan-4 の右側面には, ロボットアームを搭載している. この先端には, 指差しをしている状態の手の模型が取り付けられている. これによって, 展示物に対する高い志向を表現することができる. また, 頭部にはスピーカを搭載しており, 音声を再生することができる.

### 4. 実験

#### □ 実験環境

実験環境を図5に示す. 実験は, 大学の研究室(3.5m×3.5m)を実験空間として, これまでに研究室で開発された2体のロボットを展示物として配置し, それぞれの展示案内を行った. さらに, 試行毎の差異をなくすために, ロボットは事前に作られた合成音声による発話と身体動作を同時に行う自律モードで展示案内を行った. また, ステレオラベリングカメラを配置し, ステレオラベリングカメラを原点とした座標系(SLC座標系)を設定した. さらに, 被験者には再帰性反射材のマーカをつけた帽子を被ってもらい, これにより被験者の位置を10frame/secで記録した.

#### □ 実験条件

本実験では, ロボットの下半身の向きと身体ねじりの効果を確かめるために3つの条件を設定した(図6). Head条件では, 展示物の方を向くときに頭のみを動かす. Torque条件では, 展示物の方を向くときに頭と上半身を動かす. なお, 頭は展示物の方を向き, 上半身は展示物と被験者の間を向く. Body条件では, 展示物の方を向くときに全身(台車)を動かす. また, 実験の展示案内において, 展示物の方を向くとき以外の動作および発話に用いる音声は全ての条件で等しいものとした. 各被験者はHead条件, Torque条件, Body条件のうち, 1つのセッションを行った. そのため, 各条件での被験者数はそれぞれ12名であった. 実験は, 被験者

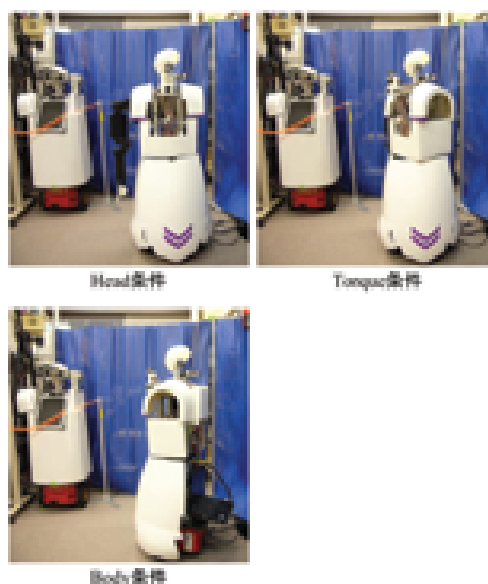


図6 実験条件

とロボットの簡単なインタラクションから始まり, それぞれの展示物の説明が終わるまでを1セッションとした.

#### □ 評価方法

実験の様子は, ビデオカメラを用いて撮影し, 被験者がO空間を調整するために移動したかを分析した. また, ステレオラベリングカメラのデータにより, 被験者と展示物との距離を数値的に分析した.

#### □ 実験結果

##### □ O空間の調整

ロボットが展示物の方向を向いてから展示物の説明をしている間に, O空間を調整するために移動したかどうかをビデオにより分析した. なお, 被験者が, 体重を支える脚を変えるために, 片方の脚のみを動かした場合は数えていない. 分析の結果を図8に示す. ここで, 条件間で移動した被験者数の割合に違いがあったかを確認するため,  $\chi^2$ 検定を行ったところ, 展示物1の説明中に有意な差が確認された( $p<.05$ ). そこで, 条件間での比較を行

うため、ライアンの方法により多重比較を行ったところ、Head条件とBody条件との間で有意な差が確認された( $p < .05$ ).

□ ステレオラベリングカメラの分析

ステレオラベリングカメラのデータにより被験者の位置を分析した。図9は、それぞれHead条件、Torque条件、body条件における、ロボットが展示物の方向を向いてから展示物の説明を終えるまでの被験者の位置の頻度を示したものである。これを見ると、Head条件とTorque条件に比べて、Body条件では、展示物を含めた3者によって構成されるO空間が、小さくなっていることがわかる。

□ 考察

実験結果から、Body条件では被験者が展示物へ近づくことが確認された。これは、被験者も展示物に対して高い志向性を示したという表れである。ロボットのO空間の調整が、社会的F陣形による対面的なコミュニケーションから、道具的F陣形への遷移を促すことにつながったと考える。

また、Torque条件では、多くの被験者がわずかではあるものの展示物の方へ移動した。そのため、社会的F陣形を維持することができたとはいえなかった。筆者は、Torque条件では、上半身は展示物と鑑賞者の間を向いており、ロボットの上半身の志向が展示物と鑑賞者のどちらに向いているのかが分かりにくかったのではないかと考える。また、ロボットの下半身は、丸みを帯びた形状であったため、下半身がどちらの方向を向いているのが明確にわかるデザインではなかった。そのため、ロボットの上半身による関与が下半身による関与よりも高く感じられた可能性がある。

5. 結論

本研究では、これまでの展示案内ロボットで見ら

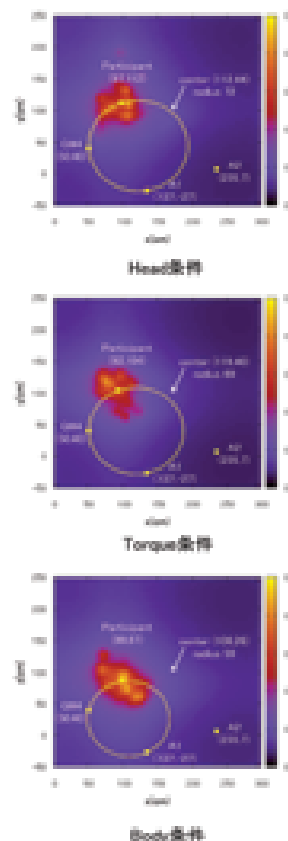


図9 被験者の位置の分布

れた、ロボットが身体動作を行っても鑑賞者の注意を誘導できないという問題点を解決するために、ロボットにF陣形と身体ねじりの概念を導入した。これらの社会学的な概念は、身体の下半身方向や身体ねじりが対象への関与の大きさを示し、人間同士のコミュニケーションでは自動的にこれらの調整が行われているというものである。そこで、下半身と上半身を独立して制御できるようなコミュニケーションロボットGestureMan-4を開発した。このロボットは、下半身方向の表現や身体ねじりを行うことができる。筆者は、ロボットのこれらの動作により、鑑賞者の関与をロボットや展示物に対して任意に調整できると考えた。ロボットによる展示案内の実験を行ったところ、ロボットの下半身方向がO空間の調整に効果があることが確認され、鑑賞者は展示物に対して高い志向性を表現した。

フォトギャラリー (GestureMan 頭部 参照)