

# ヒューマノイドを用いた遠隔作業指示

## Tele-Direction System Using Humanoid

西平 樹広†  
Shigehiro Nishihira

日浦 慎作†  
Shinsaku Hiura

佐藤 宏介†  
Kosuke Sato

### 1. はじめに

近年、通信回線の広帯域化及びコンピュータの普及に伴い、音声だけでなく映像もリアルタイムに伝送できるようになり、遠隔地間でコンピュータを用いたテレビ会議などの双方向通信が普及しつつある。しかし、このようなテレビ会議システムを用いて作業指示を行う場合、実物体と指示の位置関係を理解することが難しい。そこでプロジェクタによる投影や HMD など VR 技術を用いた遠隔指示法が研究されているが、我々が対面でコミュニケーションするときに比べ見慣れない表現であるため、指示の理解に学習や慣れを必要とするという問題がある。そこで我々は、遠隔地間でのコミュニケーションの手法として、ヒューマノイドによるジェスチャを用いた指示法を提案する。この手法は、意図伝達の方法が見慣れたジェスチャによる表現であるため指示を直感的に理解でき、テレビ会議システムのようなモニタ表示と異なり実物体との位置関係が理解しやすく、また、HMD などのシステム装着による負担もなく、複数人の作業者が同時に指示を理解できるという利点がある。本研究では、このヒューマノイドのジェスチャを用いて、遠隔地に指示を行うための基礎的な実験を行った。

### 2. ヒューマノイドによるジェスチャの解析

本研究で想定したシステムを図 1 に示す。ヒューマノイドロボットとして科学技術振興機構 ERATO 北野共生システムプロジェクトで研究・開発された PINO ver2.を用いる。このヒューマノイドは左右腕がそれぞれ 5 自由度を持ち、人間 (7 自由度) に比べ自由度が低い。また指の自由度がないために、ものを把持するような表現や指差しなどを行うことができず、人間と全く同じジェスチャを表現することができない。

### 2.1 予備実験：人間の作業指示ジェスチャの観察

人間同士で自然に行われるコミュニケーションは言葉のやりとりによるバーバルコミュニケーションの他に、身振り手振りなどのノンバーバルコミュニケーションによる情報が大いに寄与すると考えられる。そこで予備実験として 2 人 1 組で行う積み木の組み立て作業を行い、上の仮説を確認するとともに、人間は対面作業においてどのようなジェスチャを用いて指示を与えているかを観察した。

### 2.2 実験 1：理解しやすいジェスチャの選定

予備実験の結果をもとにジェスチャを PINO に実装した。今回実装した動作は「回転 (6 方向)」(1)~(6) (図 2)、「寄せる」(7)、「上に置く」(8)の 8 種類で、1つの動作に対してそれぞれ 5 パターン前後の動きを実装した。この 8 種類の動作に対してそれぞれどのジェスチャが最もわかりやすいかということ調べるために次のような実験を行った。まず PINO が上に述べた(1)~(8)の動作をランダムに行う。被験者は PINO がどの動作を表すジェスチャを行ったかを(1)~(8)の中から選んで答え、またそのジェスチャの分かりやすさを 1.全くわからなかった、2.分からなかった、3.普通、4.分かった、5.よく分かった、の 5 段階で評価する。被験者は大学生 8 名で、ジェスチャには音声は伴わないものとする。

8 名の 5 段階評価の平均を図 3 に示す。(1)~(8)それぞれの動作に対して最も評価の高かったもの、つまり、図 3 において赤で表示されているものを選出し、その動作を表すジェスチャとして用いることとする。また「回転」を表すジェスチャが他の 2 つに比べやや評価は低いものの、全体的に見てここで選出した 8 つはいずれも評価が高く、これらのジェスチャを用いることで的確に指示を与えることが可能であると考えられる。

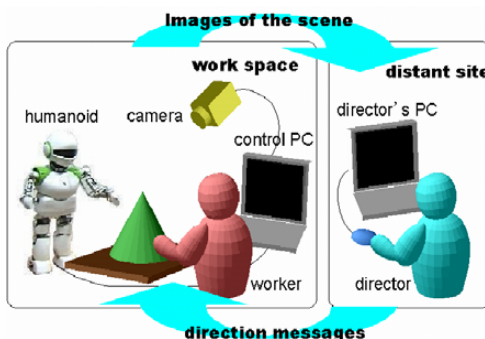


図 1 システム構成

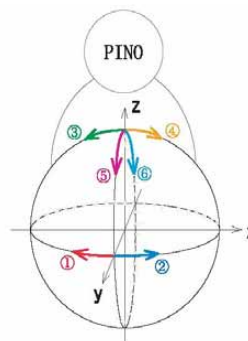
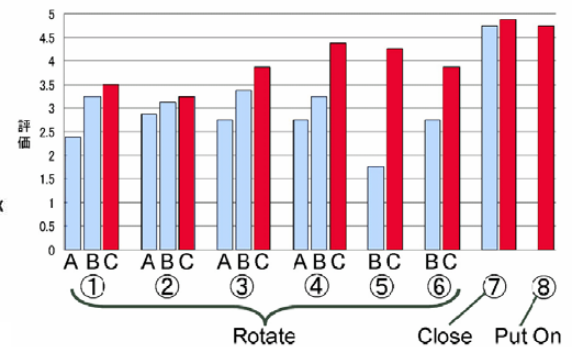


図 2 回転 (6 方向)



A: 両手を用い、作業を模した動き  
B: 手首から先の回転を用いた動き  
C: ひじから先の回転を用いた動き

図 3 実験 1 結果

†大阪大学大学院 基礎工学研究科, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

また、「寄せる」と「上に置く」の2つのジェスチャに関しては相対的に非常に評価が高く、ほぼ確実に指示が伝わることがわかった。また、実験後に「ジェスチャが人間の動きに近く分かりやすい」という感想も得られた。

一方、「回転」を表すジェスチャに関しては、両手を用いて作業を模した動作(図4)よりも下腕の動きを物体の動きに見立てた片手のみを用いたシンプルな動作(図5)の方が指示が伝わりやすいという意見が多く得られた。実際回転の指示に関しては片手のみで表現したものの方が5段階評価値の平均も高く、予備実験で見られた実際の人間のジェスチャに近い動きをさせると指示は伝わりにくかった。このように「人間らしい動き」に加えて「実際に行われることは少ないが、形式的であるがゆえに分かりやすい動き」も、この先様々なジェスチャを実装していく上で積極的に取り入れていく必要があると考えられる。

### 2.3 実験2：遠隔作業指示実験

実験1の結果、最も評価の高かったジェスチャが実際の作業指示に有効かどうかを確認するため次のような実験を行った。PINOのジェスチャにより順次指示を表し、作業(被験者)はその指示に従い作業を行う。今回は2つの立方体の回転と配置を行う簡単な作業を2回行った。1回目、2回目はそれぞれ異なる課題(図6)を与え、用いるジェスチャは実験1で選定したジェスチャ8種類である。被験者は22歳~24歳の大学生11名で、実験後に行ったアンケートおよび実験の様子(図7)を記録したビデオを用いて、評価・考察を行う。ジェスチャに音声を伴う点を除いては、実験1と同じ実験環境で行う。

前節で述べた被験者11名に作業者の立場に立って、(A)指示を直感的に理解できたか、(B)どの程度指示通りの

作業ができたか、を5段階評価で回答してもらった。得られた回答をグラフにまとめた結果を図8に示す。

図8(A)を見てわかるようにほとんどの人が指示を直感的に理解できたといえる。これより、実験1の結果選定したジェスチャによって正確に指示を与えることが可能であることが確認できた。

今回は非常に単純な作業であったためか一人を除いて全員が「よく理解できた」という「5」の評価が得られた。「3」の評価を与えた人は「回転軸がわかりにくかった」という感想を述べていた。しかし誤って作業を行ったわけではないので、作業を行うにあたってはほとんど問題ないと言える。また「選択」の指示に関しては、今回は対象物体が二つだったので、PINOの左右の手を上げることでそれぞれを区別した。しかし、対象物体が増えるとこの「選択」の指示は難しくなってくると考えられる。

また、相手に正確に意図を伝えるためにはジェスチャと発声のタイミングが非常に重要である。今回の実験のような簡単な作業であれば音声なしでも指示が伝わることもあるが、この先より複雑な動作を実装していく際、このような発声とジェスチャとのタイミングにも注意する必要があると考えられる。

### 3. まとめ

本稿では遠隔地間でのコミュニケーションの指示方法として、ヒューマノイドのジェスチャを用いた指示方法を提案した。また、PINOのジェスチャによつて的確に意図を伝えることが可能であり、PINOのジェスチャを遠隔作業支援システムの指示として用いることが可能であることを確認した。



図4 両手を用いたジェスチャ



図5 下腕の動きを用いたジェスチャ

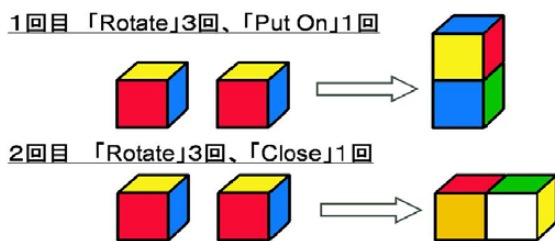


図6 実験2 課題

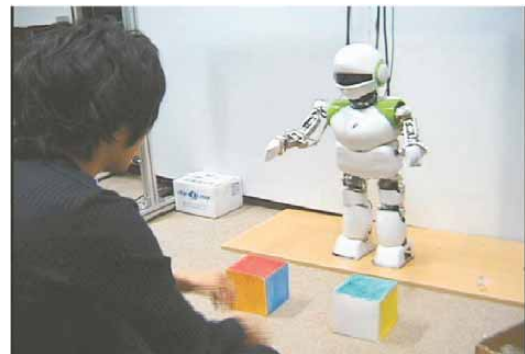


図7 遠隔作業指示実験

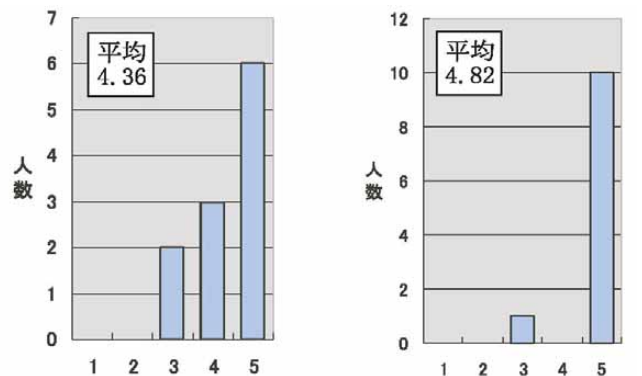


図8 実験2 結果