

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 20 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700118

研究課題名（和文） 共同作業時の協調的操作対象物を介した非言語的意図伝達過程に関する研究

研究課題名（英文） Study on the non-verbal communication process through the cooperative work with the simultaneous operation

研究代表者

伊藤 禎宣（ITO SADANORI）

独立行政法人情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 多感覚・評価研究室・専攻研究員

研究者番号：00395138

研究成果の概要（和文）：

本研究は、多人数共同作業場面における、非言語行為主体の意図伝達メカニズム解明を目的とする。立体構造物の組み立て作業といった、音声対話やアイコンタクトなどの一般的な非言語行為要素の表出が少なく、物体操作などの触力覚による非言語的意図伝達が多く行われる場면을対象とする。このような場面では、視点の差異や物体形状理解の困難性が、意図表出や解釈の過誤の原因になっていると考えられる。そこで物体操作に伴う触力覚など多様な非言語モダリティを利用した、共同作業のインタラクションモデルの開発を目指す。同モデルにより意図伝達不全状況を検出し、作業空間の安全・安心の確保に寄与することを目標とする。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to elucidate the mechanism of intention transfer by the non-verbal behavior in collaborative work scene. Aim to develop the interaction model using a variety of non-verbal modalities in the collaborative work. The goal is to contribute to ensuring safety of the work space by the detecting the failure of the intention transfer.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：非言語対話分析、共同作業分析、インタラクション

1. 研究開始当初の背景

共同作業のような多人数対面インタラクションの記録と理解は、人々と機械との共生的情報環境の実現基盤として重要である。作業意図など内的状態の表現及び伝達のメカニズムが十分に理解できれば、共同作業仲間

の意図伝達の齟齬や連携ミスの回避、更には適切な作業方略の動的提示といった作業支援が可能になる。

我々は、姿勢や視線を協調記録可能な環境を構築し、情報収集課題での対話戦略のモデル化を行ってきた。自由移動可能な空間で、

複数の非言語的モダリティを高精度に記録し、これを統合的に分析したことに特徴がある。このような高精度な対話記録にもとづくインタラクション分析の研究は、現在、各国で活発化しつつある。しかし、研究の進展に伴い、既存技法の限界も明らかになってきた。音声対話主体の場面においては、話者交代や視線移動、発話者のジェスチャといった非言語情報は、対話インタラクションの理解に有効である。しかしながら、組み立てや設計などの共同作業場面では、長時間無言状態が続き、作業行為の相互観察や協調操作時の力覚や触覚といった非言語行為を通じた意図伝達が行われている。このような条件下では、旧来の非言語行為分析は適用困難であり、そのインタラクションのメカニズムは明らかになっていない。

そこで本研究では、非言語行為が主体となる多人数共同作業環境を対象として、意図伝達過程の記録環境を構築し、言語対話をあまり伴わない非言語行為による意図伝達のメカニズムの解明を目指した。非言語行為の観察による対話意図や内的状態の推察については、社会心理学や認知心理学などの分野で多様な知見が示されてきた。代表的かつ古典的な例としては、Edward Hall による“Personal Space”がある。我々は、人々の社会的対話過程に参加できるシステムの開発を長期目標として、対話理解のための研究を続けている。話者間の位置関係や視野対象、発話状況など、多様な既存研究で蓄積された知見を基準とした非言語行為指標を記録・検出するウェアラブルデバイス、これらのデバイス群を用いて、展示会場など知的交流環境での対話過程を記録分析し、利用者の興味モデルに応じて知識共有を促進するアプリケーションなどを開発してきた。また、新たな非言語行為指標の探索的検討を目的として、姿勢や視線の高精度な協調的記録環境を構築している。展示会場環境に近い情報収集課題を設定し、二者間の対話過程を記録する実験を行った。例えば、情報収集者が興味対象へ視線を集中させるのは自明であると考えられる。しかし、本実験からは、情報収集行動は被験者個人のタイプによって社会志向性と個人志向性に分けられ、単純に視線だけではなく、発話量や頷き運動などを組み合わせて個人化されたモデルが必要であることがわかった。また、同環境を用いて、立体構造物の共同組み立てに関する実験も実施している。本実験は組立作業中の発話も分析対象としていたが、実際には、ほとんど音声発話が観察されず、無言での共同作業が続くという状況が確認された。計測記録やインタビューから、作業中の連携は、視線や動作の観測のほか、構造物の把持や共同運搬の過程での触力覚の伝達など、今まで考えられてこなか

った多様なモダリティによる意図の伝達によることが明らかとなっている。このような音声対話を目的としない共同作業状況における、インタラクションメカニズムの解明には、視線や動作に加えて、操作対象物への力入力や、その伝達をも意図理解の指標として、分析対象へ加えていく必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、多人数共同作業場面における、非言語行為主体の意図伝達メカニズム解明を目的とする。立体構造物の開発や組み立てといった、音声対話やアイコンタクトなどの一般的な非言語行為要素の表出が少なく、物体操作自体などの触力覚による非言語的意図伝達が多く行われる場面を対象とする。このような現場では、視点の差異や物体形状理解の困難性が、意図表出や解釈の過誤の原因になっていると考えられる。そこで物体操作に伴う触力覚など多様な非言語モダリティを利用した、共同作業のインタラクションモデルの開発を目指す。同モデルにより意図伝達不全状況を検出し、作業空間の安全・安心の確保に寄与することを目標とする。

多人数共同作業場面において、非言語行動主体の意図伝達メカニズムの解明として、特に、旧来研究に無い、触力覚及び触覚と他モダリティとの連携による意図伝達過程に着目する。また、立体構造物の操作に関わる作業では、視点の差異による構造理解の程度差などが意図伝達の齟齬の原因になると考えられる。このような意図伝達不全状況の検出を目指す。この目標のため、視線や動作に加えて触力覚を含む統合的行為記録環境の構築、立体構造物の組み立て課題による行為記録実験の実施、各計測指標と半構造化インタビューによるインタラクションモデルの構築、を目指す。遠隔会議の普及に代表されるように、遠隔共同作業の機会は拡大している。意図伝達の齟齬など危険状態の検出によって、対面作業のみならず遠隔作業における危険状況の低減が可能である。また、技能伝承のためのビデオコンテンツなどにおいて、意図理解が困難なシーンに対して、説明的アノテーションを自動付与するなど、様々な応用が期待できる。

3. 研究の方法

本研究では、非言語行為主体の意図伝達インタラクションモデルの開発と意図伝達齟齬状況の検出を目的としている。目的達成のため、視線や動作に加えて触力覚を含む統合的非言語行為記録環境の構築と、立体的構造物の共同組み立て課題による非言語行為記録実験を行う。また、インタラクションモデルの開発へ向けて、行為記録の予備的内容分析と半構造化インタビューを行い、共同組立

作業のオントロジーを構築する。これらの実験分析結果にもとづき、インタラクションモデルの構築と評価を行う。共同作業課題としては、複数人での把持と操作が可能であり、モーションキャプチャによる操作記録が容易な形状の立体構造物を用意し、立体構造パズルの組み立て課題を行う。ピースにはモーションキャプチャ用のマーカと、ひずみゲージを内蔵し、位置検出と同時に、把持行為等による応力も計測する。同時に、被験者動作、視線、発話を記録する。非言語行動による意図伝達の成否が判明し易い多人数作業環境の最小モデルとして、2名1組の被験者による実験を行う。各参加者は最終目標を共有しつつ、個々の行為意図は異なることが望ましい。そこで、立体構造パズルを多方面から描写した完成図と、分割済みのパズルピース群を提示して、個別に完成図を参照しつつ共同で組み立てを行う形式で実施する。

実験中の映像及び各種動作記録の指標を利用し、被験者の行為や認知状態、意図形成、その表出などに関するインタラクションモデルを構築する。インタラクションモデルを用いて、実験映像に対して被験者の内的状態の再ラベリングを実施し、これを被験者や第三者に観察させ、その適切性の評価を行う。インタラクションモデルの構築作業と同時に、インタビューや把持物体への応力から、作業意図の齟齬が発生している状況の抽出を行う。齟齬状況には、作業意図の対立や不理解、誤解など多様な側面が考えられるので、インタビュー等による分類を進める。また、齟齬発生状況に関するオントロジー上の因果関係と、齟齬発生に至る行為記録のコンテキストを用いて、齟齬の発生状況の推論について検討を進める。

4. 研究成果

本研究は、多人数共同作業場面における、非言語行為主体の意図伝達メカニズム解明を目的としている。立体構造物の開発や組み立てといった、音声対話やアイコンタクトなどの一般的な非言語行為要素の表出が少なく、物体操作自体などの触力覚による非言語的意図伝達が多く行われる場면을対象とする。このような共同作業現場では、視点の差異や物体形状理解の困難性が、意図表出や解釈の過誤の原因になっていると考えられる。そこで物体操作に伴う触力覚など多様な非言語モダリティを利用した、共同作業のインタラクションモデルを開発し、同モデルを用いて意図伝達不全状況を検出し、作業空間の安全・安心の確保に寄与することを目指している。

平成 22 年度は、共同作業課題として、複数人での把持と操作が可能であり、モーションキャプチャによる操作記録が容易な形状

の立体構造物を用意し、立体構造パズルの組み立て課題実施環境を構築した。立体構造物にはモーションキャプチャ用のマーカと、ひずみゲージを内蔵し、位置検出と同時に、把持行為等による応力も計測できる。また被験者の動作、視線、発話も記録する。非言語行為による意図伝達の成否を明確にするため、立体構造物の把持箇所を制限し、構造物一对の位置合わせを行う単純化した課題を設定した。被験者2名を1グループとして、1名には組み立て方法を教示し、1名には教示を不十分なものとした。なお被験者は20代～30代の男性であり、計4グループで実施した。発話を制限して実施したところ、視線や指差しのほか、立体構造物の強調的(意図的)移動による指示的非言語行為が観察された。計測、観察結果の分析を現在進めている。一方で、教示不十分な側の被験者による自己解決事例も散見された。

平成 23 年度は、実験結果の分析を進めている。有知識側被験者による、顔角度やジェスチャによる明示的な指示動作は、多くの事例で観察された。一方で、無知識側被験者によるこれら指示動作の理解は十分ではなく、操作方向の齟齬が観察された。意図伝達の齟齬状況下において、有知識側被験者には、明示的指示動作を繰り返して意図理解を待つ場合と、立体構造物自体の強調的(意図的)移動により直接的指示動作を行う場合が観察された。無知識側被験者では、意図伝達齟齬の有無に関わらず、自らの理解に沿った移動を試みる場合と、把持から脱力して移動を有知識側被験者に委ねる場合が観察された。本実験結果から、特に無知識側被験者の共同作業戦略の類型化が可能であり、採用戦略に応じて移動方向等の補助的情報を提供することで、共同作業の安全安心に寄与することが可能と思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 10 件)

- ① Noriko Suzuki, Tosirou Kamiya, Ichiro Umata, Sadanori Ito, Shoichiro Iwasawa, Analyzing the structure of the emergent division of labor in multiparty collaboration, Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW2012), pp. 1233-1236, 2012/02/13, Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Seattle, WA, USA.
- ② 馬田一郎, 伊藤禎宣, 小川純一, 安藤広志, 技能習得における 3D 映像の効果について - ヴァイオリンの運弓動作の学

- 習事例 -; 2011 年度日本認知科学会第 28 回大会 発表論文集, ポスター発表, P1-27, 2011/09/23, 東京大学本郷キャンパス, 東京都.
- ③ 伊藤禎宣, マルチモーダルなセンサデータによる音楽技能伝達支援の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011, 2011 年 9 月 15 日, 仙台国際センター (宮城県).
- ④ 伊藤禎宣, 超臨場感環境における知識・技能の伝達支援, 第 9 回知識創造支援システムシンポジウム, 2011 年 5 月 21 日, 北陸先端科学技術大学院大学 (石川県).
- ⑤ Yuuki Tanjo, Sadanori Ito, Ichiro Umata, Ryuuki Sakamoto, Hiroshi Ando, Training Support System for Violin Bowing, the 3rd Augmented Human International Conference (AH2011), Poster DP-A3, March 12, 2011, 日本科学未来館 (東京都).
- ⑥ Yuuki Tanjo, Sadanori Ito, Ryuuki Sakamoto, Proposing a Multimodal Behavior Analysis Environment, the Fifth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS2010), November 25, 2010, Le Meridien Chiang Mai, Thailand (チェンマイ、タイ).
- ⑦ Ichiro Umata, Chika Oshima, Sadanori Ito, Shoichiro Iwasawa, Hidenori Nakamura, Akira Endo, Yoh Nakayama, Hiroshi Ando, Do 3D images help social interaction?: A study in remote music education, in Proc. of the 4th International Universal Communication Symposium (IUCS2010), IEEE International Conference Proceedings Series in the IEEE Digital Library, pp. 196-199, 2010/10/18, Crowne Plaza Beijing Zhongguancun, Beijing, China.
- ⑧ 鈴木紀子, 神谷俊郎, 馬田 一郎, 伊藤禎宣, 岩澤 昭一郎, 3 者間での共同作業における言語・非言語行動の分析: リーダーの変遷に関する一考察, 日本認知科学会第 27 回大会, 2010/09/17, 神戸大学 (兵庫県).
- ⑨ Noriko Suzuki, Toshiro Kamiya, Ichiro Umata, Sadanori Ito, Shoichiro Iwasawa, Verbal and non-verbal behaviors in multi-party interaction: An analysis of leadership and teamwork, Poster10-014, The 7th International Conference on Cognitive Science (ICCS2010), 2010/08/18, China National Convention Center in

Beijing(北京、中国).

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 禎宣 (ITO SADANORI)

独立行政法人情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 多感覚・評価研究室・専攻研究員

研究者番号: 00395138

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号: