

共同作業における共身体化インタラクションの分析

土屋 直樹[†] 竹内 勇剛^{†‡}

[†] 静岡大学大学院情報学研究科 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

[‡] 静岡大学創造科学技術大学院 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

E-mail: [†] gs06041@s.inf.shizuoka.ac.jp, [‡] takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 共同作業時に作業者同士は共通の立脚点をもって作業を行っており、この現象が共同作業の効率化に貢献している。本研究ではこの現象を共身体化インタラクションと名付けた。そして、人と人との共身体化インタラクションを分析することによって、人とエージェントとのインタラクションへ適応させる知見の獲得を目指す。本稿では人同士の共同作業における共身体化インタラクションの形成過程の観察と分析を行った。実験課題として指示者と操作者の2者に視点のずれを与えた状況下での共同タスク達成課題を与え、その結果タスクを達成するために2者が同一の視点を意識する共身体化インタラクションの生成過程が観察された。

キーワード インタラクション、共身体化、立脚点、エージェント

Co-embodied Interaction in Collaborative Work

Naoki TSUCHIYA[†] Yugo TAKEUCHI^{†‡}

[†] Graduate School of Informatics, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011, Japan

[‡] Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011, Japan

E-mail: [†] gs06041@s.inf.shizuoka.ac.jp, [‡] takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract The humans who severally take differentiated situatedness are enabled to interact adequately with each other, because they each ground their embodiment on the attributed common situatedness, as a virtual presence. We call this phenomenon “co-embodied interaction”. In this paper, we focus on co-embodied interaction between two persons who occupy a differentiated situation in the same environment. An experiment is conducted to examine how two persons orally coordinate their intention and action in order to achieve a given experimental task. As a result, it is suggested that the co-embodied interaction efficiently works, even when the participants are grounded in different situations or have a different view toward the target.

Keyword Interaction, Co-embodied, Situatedness, Agent

1. はじめに

あるプロサッカープレイヤーは試合中にサッカーのフィールドを俯瞰的な視点でイメージしながらプレイしているという。これにより、自分のプレイだけでなく周りの選手全員の動きを把握し、それに合わせた自分のポジショニングやボール回しを行うことができるようになり、チーム全体が一つの集合体のようにまとまることできる。このように、我々が一つのチームとなって共同作業を連携して行う場合には、自分の行動だけを考えるのではなく、チームの中の一員として全体をイメージし、その中の個として捉え行動を行うことが有効になってくる。このような共同作業におけるチームワークは、意識付けや練習などによって実現される高度なインタラクションであると考えられる。

一方で、このようなチームワークを人とロボットが協調して行う場合にはどうすれば良いだろうか。本研究ではチームワ

ークを必要とする作業をロボットなどのエージェントと行う場合に、どのようにエージェントを設計すれば良いかということについての調査を行い、自然に協調的なインタラクションを行うことができるようなエージェントの設計指針を得ることを目的とする。

近年では、ロボティクスの発達などによって、人とロボットのコミュニケーションなどのヒューマンエージェントインタラクション(HAI)についての研究が多く行われている。ロボットが人と自然に関わることができる存在となれば、情報探索する上での優れたユーザーインタフェースとして、または社会的なパートナーともなり得るだろう。しかし、まだ人同士のように自然なインタラクションを交わすことができるロボット、エージェントを構築するには至っていない。例えば、ペット型ロボットは、最初はその外見から好意的にペットのように受け入れられても、途中で飽きられてしまうと言われている。このような問

題の要因としては、画像処理や自然言語処理などの情報処理能力だけではなく、エージェントと関わる人の認知的な側面からの問題が挙げられる。

エージェントの設計を行う際には、そのエージェントをいかに高度なアルゴリズムによって自律的に作業を行うものにするかだけでなく、そのエージェントに対してユーザーがどのように感じ、接するかという人側に与える印象についても設計を検討することが重要になる。例えば、Dennett は自律的なエージェントの知的さの帰属は人側の反応、姿勢によって評価されており、エージェントとインタラクションを行う人とエージェントの設計者の想定した振る舞いとが必ずしも合致しない可能性があることを指摘している[1,2]。

そして、特に本研究で注目する協調作業におけるチームワークは、作業間で交わされる言語や振る舞いだけでその構造を説明することが難しい。そのため、協調作業におけるチームワークがどのような要因で、どのようなプロセスを経て形成されるのか、本研究では認知的な視点からの検証を行う。

その中で、共同作業において人と人がインタラクションを継続していく中で身体感覚を共有しているかのようなインタラクションを行っているという仮説を立て、その現象を「共身体化インタラクション」と名付けた。本研究ではこの共身体化インタラクションの生成過程や要因について、人同士の共同でタスクを攻略する課題による実験を行うことによって明らかにしていく。本研究によって得られた結果より、人とエージェントによる共同作業をより自然に、円滑なものにする設計指針を得ることを目指す。

2. 共身体化インタラクション

2.1. 共同作業におけるインタラクション

本研究では、人とエージェントが関わるシチュエーションとして、人とエージェントが共同作業を行う場面を用いる。ここでの共同作業とは、その作業者がそれぞれ異なる情報を持っているなどすることによって、全員が協力しなければそのタスクを達成することができないような作業を指す。

共同作業の研究は人と人との間の場合では盛んに行われている。先行研究としては特に CSCW システムなどが挙げられ、これらのシステムでは集団の潜在的な能力を拡張しつつ、集団の阻害要因を低減することによって共同作業の円滑化の補助を行うことができる [3,4]。また、共同作業においてはその成員の親密度が高いほどタスクの成績に良いという結果が報告されており、集団作業の効率においては認知的、社会心理学的な側面が影響を与えていることが指摘されている[5]。

共同作業の問題の一つとして、そのタスクを達成するためにはタスクに関する情報だけではなく、自分以外の作業者がどのような情報を持っているかという情報などの複雑な情報を互いに共有することが重要になる。

例えば、複数のクルーによってボートを航行させる場合に、それぞれのクルーの作業は「前方確認」「右のオールを漕ぐ」「左のオールを漕ぐ」というように分業されているとする。このボートが目的地に正しく進むには、左右のオールのタイミングや、前方の状況に対応したルートを選択など、それぞれにしかできない仕事、それぞれが知っている情報についての情報をやりとりし、互いに共有することによって円滑に航行することが可能になる。

2.2. 共身体化インタラクションとは

共同作業は図 2-1 のように、人と環境それぞれのインタラクションと、人同士のインタラクションという関係によって成り立っていると考える。

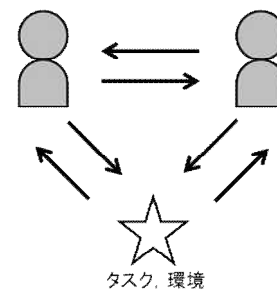


図 2-1 共同作業におけるインタラクション

一方で、実際にタスクの達成を目指して共同作業を行っている場合に、人同士の情報交換をその都度行っているわけではない。我々はその共同作業を効率化させるために、相手という存在を意識せずに、自分と相手を同一のものとして作業を進めることができるようになっている。先ほどの船の例で言えば、前方確認を行うクルーはどのように指示を行えばどのようにボートが移動するかを把握し、クルーは自分がどのような状況に何をすれば良いかということ把握しているし、相手は自分が指示せずとも行ってくれるため、相手への情報伝達を意識しなくなる。

本研究では、このようなインタラクションを経ることによって、相手と共通の立脚点を持ち、相手との情報交換、意思疎通を意識せずに作業を行うことができるようになる現象を「共身体化インタラクション」と名付けた。

そして、本研究ではこの共身体化インタラクションの人-エージェント間への適応を目指す。人-エージェント間の共身体化インタラクションの図を図 2-2 に示す。

人と共同作業を行うエージェントを設計する場合、我々は正しくエージェントがタスクを達成するために行うべき行動と、人と共同作業を行う上で必要な情報を人間から得るという二つのタスクを逐次行うようなシステムを考えなければならない。しかし、共身体化インタラクションが行われれば、人とエージェント間の情報共有を除外したような状態で共同作業が可能になる。そして、本研究では人とエージェントによって

共体化インタラクションが行われている状態を、共通のエージェントに立脚しているというモデルとして捉え、本研究ではこのエージェントを共体化エージェントと呼ぶことにする。

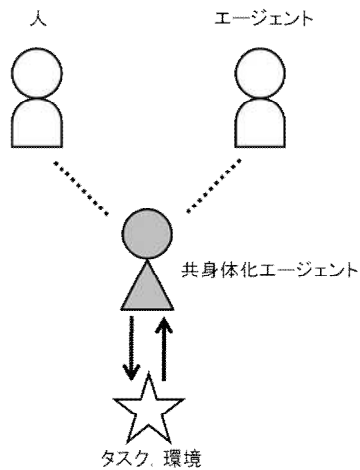


図 2-2 共体化インタラクション

2.3. アバターと立脚点

集団作業でのタスクにおいて、自分が作業を行う上で共通の知識や行動を意識することによって、自らの認知的な「視点」や「立ち位置」を変化させることが、作業を効率よくさせるために有効になる場合がある。このときの視点を「立脚点」と捉えると、我々は立脚点を無意識的に移動させることによって、行為を円滑化することができる。本研究ではそのような立脚点が移動した身体をアバターと呼ぶ。

そして、共体化インタラクションでは共体化エージェントが自分のアバターとなって、環境とインタラクションを行う存在となる。これによって人とエージェントが同一の主体からの環境、タスクへのインタラクションを行うだけとなり、作業の効率性は上がっていく。

しかし、実際にはこのような共体化インタラクションがどのような過程で生まれるかについてはまだわかっていない。そこで本研究では、どのようなインタラクションを経て共体化インタラクションとなるか、その形成過程に注目し、調査実験を行った。

3. 心理実験 1

まず最初に、異なった立場に置かれた 2 人がどのような過程で意思の疎通を円滑なものに変化させていくかについて観察実験を行った。

3.1. 課題

実験は被験者 2 名を 1 ペアとする。課題はラジコンによってコース上に置かれた 12 本のペットボトルのうちの決められた 3 本を倒すというものになっており、1 人の被験者がラジコンを操作し、もう 1 人は倒す対象のペットボトルがどれかとい

う指示を行い、課題を遂行させる。また、指示者にはあらかじめ倒すべきペットボトルの位置が示されたマップを与える。

そして、図 3-1 のようにラジコンローラーの前面に小型 PC を載せ、その PC の WEB カメラより、被験者はそのラジコンの視点からの映像を使いラジコンを操作を行う。

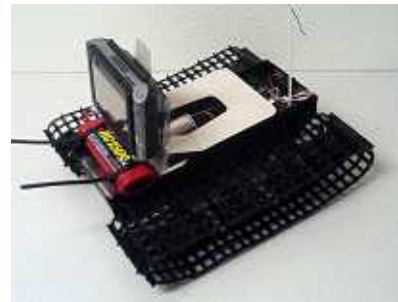


図 3-1 ラジコンローラー

また、ペットボトルにはそれぞれ鳥瞰的な視点からではないと視認することができないマークが印されている。実験の概要図を図 3-2 に示す。

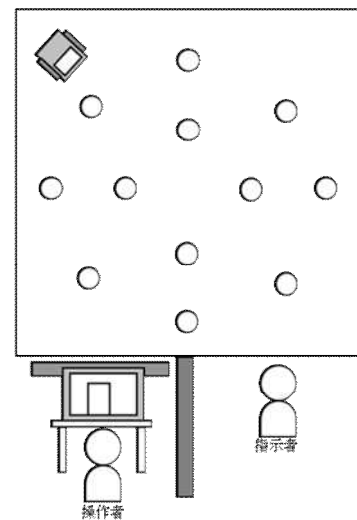


図 3-2 実験概要図(条件 2)

3.2. 実験条件

実験条件として、操作者と指示者のそれぞれの視点を図 3-3 のようにコース外から見下ろす鳥瞰的な視点からの操作が、図 3-4 のように小型 PC のカメラからの映像を使用したローカル視点のいずれかを用い、課題を行わせる。また、この視点の差異についてはどちらの被験者にも事前に教示しない。実験条件を表 3-1 に示す。



図 3-3 鳥瞰視点 図 3-4 ローカル視点

表 3-1 実験条件

条件番号	指示者	操作者
1	鳥瞰	鳥瞰
2	鳥瞰	ローカル
3	ローカル	鳥瞰
4	ローカル	ローカル

指示者には課題前に図 3-5 の指示書を渡す。指示書には鳥瞰的なマップに倒すべき対象のマークが示されている。また、指示者が鳥瞰視点の場合は見ている方向、ローカル視点の場合は初期座標とその向きの位置が矢印で示されている。

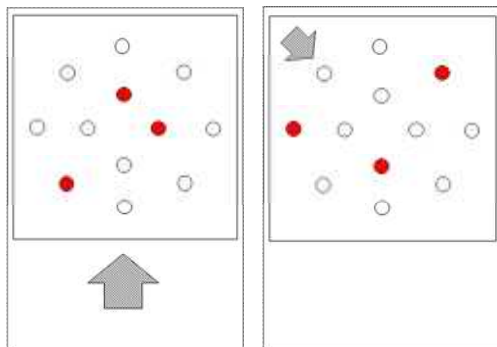


図 3-5 指示書(左:鳥瞰,右:ローカル)

3.3. 仮説と予測

課題のずれを修正しながら、視点のずれを修正していく過程が観察されるという仮説から次のような予測を行った。

- 条件 1 では鳥瞰的な指示が多く用いられる。
- 条件 2 では指示者はアバターのローカル視点からの情報より操作を行い、指示者は鳥瞰的な視点から指示を行う。この条件では、指示者の指示方法が、操作者にうまく伝わりにくくなる。
- 条件 3, 4 では指示者がローカル視点のためローカル視点からに基づいた指示が多く行われる。

3.4. 実験結果と考察

被験者は条件 1, 3, 4 で 2 組, 条件 2 で 4 組の計 20 名を用い実験を行った。実験の結果として指示者が行う指示方法に大きく分けて表 3-2 のような指示方法が見られた。そ

して、これらの指示方法をラベリングし、その条件ごとの頻度や、時間ごとの発言方法の変化について集計することで結果の分析を行った。

表 3-2 指示方法のラベル

ラベル番号	指示方法
a	マークを指定した誘導
b	鳥瞰的な座標からの指示語による指示
c	アバターの進行方法(視野)にある対象物に基づいた指示
d	アバターの進行方法のみの指示

3.4.1. 条件ごとの指示方法の頻度

まず、条件ごとの指示方法の頻度を比較したグラフを図 3-6 に示す。

条件 1 では色や鳥瞰的な配置による指示が多いが、条件 2 では、色による指示や、鳥瞰的な座標による指示では操作者に意図が伝わらなくなるため、ローカル視点に基づいた指示が増える傾向が見られた。また、条件 3, 4 では指示者はカメラの視点しか持たないため、ローカル視点からの指示のみが観察された。

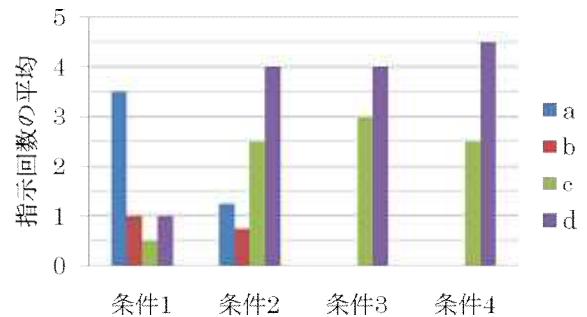


図 3-6 条件ごとの指示方法の頻度

3.4.2. 時間経過における指示方法の変化

次に、時間ごとの発言方法の頻度の変化について図 3-7 ~ 3-10 に示す。その中で条件 2 では 2 つの被験者ペアから最初は鳥瞰的な視点からの指示方法であったのが、時間の経過につれてカメラ視点の指示方法へ切り替える様子が見られた。一方で、条件 1, 3, 4 では時間の変化によって顕著な変化は見られなかった。

このように分析の結果から、条件 1 と条件 2 では、明らかな指示方法の差が見られた。条件 2 では、マークによる指示方法や、鳥瞰的な向きによる指示方法で、操作者にわからないと言われることで指示方法をカメラの向きや視野を意識した指示方法に変化させていた。視点が違っていても、操作者と指示者が会話を行うことで、それぞれ誘導しやすい指示方法に変化していく過程が見られた。

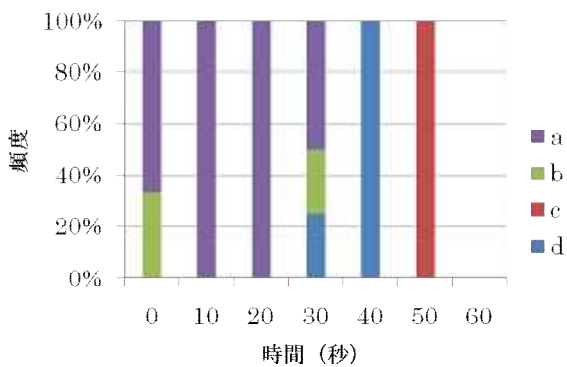


図 3-7 条件 1

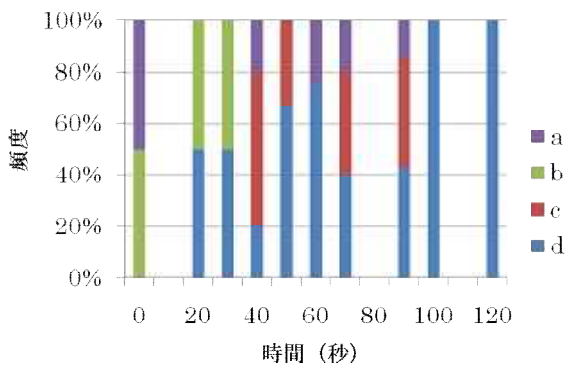


図 3-8 条件 2

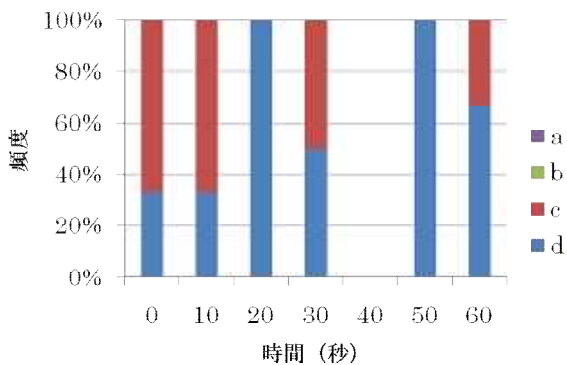


図 3-9 条件 3

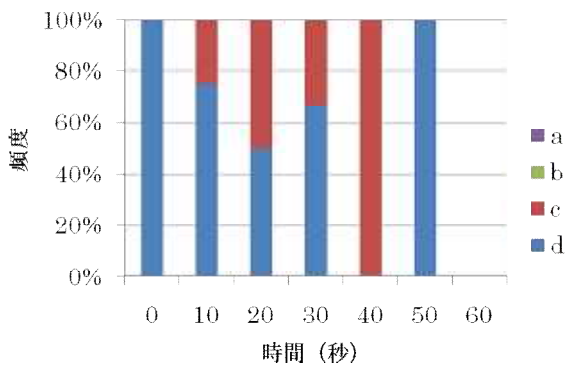


図 3-10 条件 4

また、実験中の会話のやり取りにおいて、条件 3 では操作者からどの色かと問われて、指示者がわからないと回答する場面があった。ローカル視点の指示者には、マークの色で指示することが困難であるため、指示者の指示方法はローカル視点から見られるものに限られ、指示方法もローカル視点による指示方法を用いていた。また、両者が同じ視点を持つ条件 1 と条件 4 では、そのような視点のずれによる操作の混乱は見られなかった。

このように、視点が異なるという情報を事前に与えられなかった被験者同士がインタラクションを経て共通の視点となることによって、指示方法の伝達を円滑にする過程が観察された。

4. 心理実験 2

前章の実験では、タスクを達成するために両者が互いの認識の違いを意識した方式に変化させるという、共身体化インタラクションが形成され始める部分が観察されたと言える。次の実験では、形成された共身体化インタラクションが時間の経過とともにさらにどのように変化していくかについて観察を行う。

4.1. 課題

図 4-1 のように指示者は鳥瞰視点、操作者はローカル視点とし、指示者は操作者に情報を伝達することによってラジコンを指定の位置に移動させ、タスクを達成させるという課題を与える。

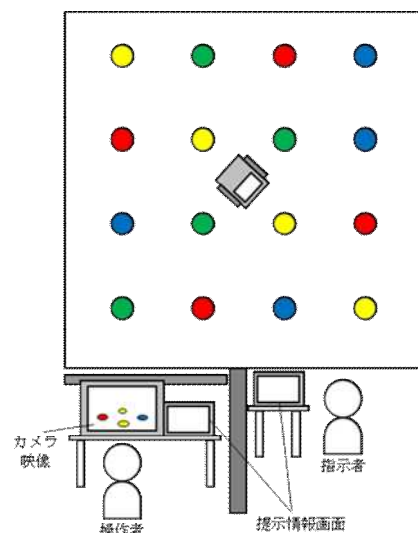


図 4-1 実験概要図

指示者には誘導すべき色が指示され、その色の場所にラジコンを誘導させる。また、操作者にもその情報は伝えられるが、操作者がある情報を得ていることを指示者には伝えない。そして、その色の位置まで誘導したら、次の色が画面に表示され、次に指定された色まで誘導を行っていく。これ

を10分間行い、被験者にはあらかじめ今までの最高記録などを提示し、迅速に課題を行うように教示を行う。提示情報画面には次に倒すべき色と共に、残り時間と、今まで通過した色の数が表示されている。

達成の促進要因: 集団成員間の親密さの影響”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.90 No.4, pp.1043-1054, 2007.

4.2. 予備実験結果と考察

予備実験として3組の被験者6名を用いて実験を行った。実験の結果として、課題序盤と終盤での課題達成の戦略に次のような変化が表れていた。

- 序盤は操作者は指示者の指示を聞いて動くのみであったが、課題を行っていく中で操作者は自分と指示者の情報を使い分けた操作を行っていた。
 - ▶ ローカル視点では全体を見渡すことができないため、ローカルで見えない範囲に対象物がある場合は、指示者の指示を待って行動した。
 - ▶ 見える範囲に目的のマークがあった場合は指示を待たずにその位置まで移動を行っていた。
- 操作者は課題を行っていく中で色の配置を記憶し、その記憶を頼りに自ら動く様子が見られた。

このように、二者が一つのタスクを行う上で一番効率の良い課題の達成方法を行う形態に変化させていく過程が見られた。このときの両者はこのタスクを通して同一の立脚点を持ったエージェントと捉える事が出来ると考える。今後さらに被験者数を増やし、詳細な分析を行っていく予定である。

5. おわりに

本研究では人とエージェントとの円滑な共同作業を行うためのモデルを構築することを目的とし、共同作業間で行われる共身体化インタラクションに着目した。そして共身体化インタラクションについて実験的に考察した。その結果指示方法が視点に応じて変化していく共身体化インタラクションの形成過程が観察された。

今後は前節に述べたように、2者で行われるインタラクションがどのようなプロセスを経て共身体化インタラクションを形成していくかの時間経過における変化について、実験を進めることでさらに分析を行っていく。

文 献

- [1] D.Dennett, “Can Machines Think?”, M. shafto. ed., How We Know, pp.121-145, Harper & Row, 1985.
- [2] 竹内勇剛, “身体コミュニケーションとしての HAI”, 人工知能学会, Vol.21, No.6, pp.654-661, 2006.
- [3] James Patten, “Senseable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces”, ACM CHI '01, pp.253-260, 2001.
- [4] Hal Eden, “Getting in on the (Inter)Action: Exploring Affordances for Collaborative Learning in a Context of Informed Participation”, Proc. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2002). pp.399-409, 2002.
- [5] 松田昌史, “社会的分散認知環境における集団課題