

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26730142

研究課題名(和文) 実環境におけるロボットの振る舞いによるDouble-Contingencyの解決

研究課題名(英文) The behavior of the robot solves the Double-Contingency in the real environment.

研究代表者

林 宏太郎 (Hayashi, Kotaro)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80728345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：実環境におけるロボットの振る舞いによるDouble-Contingencyの解決に向けて、ロボットシステムを用いた街中におけるフィールド運用の観察と、人同士でどのように解決しようとするのかに関しての被験者実験を行った。本研究期間においては検証実施までにいたらなかったが提案手法として、Double-Contingencyは視線を用いてロボットの方からインタラクションの意思があるかないかを示す。もしくは人の視線方向を観測し、それに応じて行動することで解決するということがわかった。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to solve the Double-Contingency in the real environment by the behavior of the robot. We did the surveillance in the shopping mall and the subjective experiment to find a human's way for solution. For the duration of this study, we fail to reach to the verify our proposed way, but we suggest the two ways for the solution of the Double-Contingency. The first way is to express the intention of interaction by the gaze behavior. The second way is to behave in response to a direction of the human gaze.

研究分野：知能ロボティクス

キーワード：知能ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

近年、実際に人々が行き交う街中でロボットを運用する試みがなされている。人間型ロボットは、その身体を活用して人間同士が行うような自然なインタラクションを行う可能性を持つ。特にセンシング技術の発展により、人の意図を読み取って意味付けを行い、それに対して適切な振る舞いを行うロボットの研究が行われている。

センサ技術の発展により、人々の行動から以下のような意味付けを行うことが可能になった(図1)。

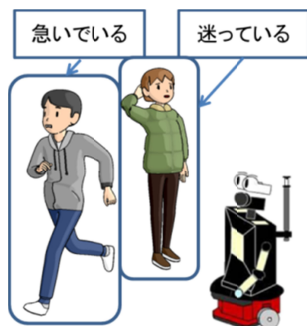


図1: 人への意味付け



図2: 意図が予測できない人の振る舞い

待ちゆく人々の行動を意味づけし、意味付けから予想された意図に応じてロボットの振る舞いを変えることが、道案内ロボットの話しかけ成功率を上げることなどが明らかになっている。意味付けに関する知見の積み重ねにより、より高度な意味付けができると期待されている。

一方で、街中の人々の意図を、行動から全て読み取れるとは限らない。特に、ロボットの近傍で図2のように、人がロボットに対してどのような役割を期待しているのかわからない。以下の様な意図が考えられるが、これらは行動には表出しない。この時高度なセンサ・システムを使用しても意図を予測することができない。

実際の街中において、通りがかった人はロボットに対し何らかの役割を期待し、ロボットの行動を待つ(図2)。通常、芸能人などを除いて、人に対してこのような行動は取らないが、ロボットは社会的に低い存在であると認識しているため、このような行動をとることに抵抗がない。(応募者は、人々がロボットを、人間よりも社会的に低く見ているという事を明らかにした[2])

何を期待しているかわからない人間に対して、相手の意図を汲まない問いかけなどの

verbal な振る舞いは非常に迷惑である。人間でも、特に必要としていないのに話しかけられた時ネガティブな印象を持たれる場合がある。一方で、そのような人を無視して他の意味づけ可能な人に話しかけに行くという行動も、潜在的にロボットを必要としている人を無視する形になり、これも良い振る舞いではない。

そこで、従来においては、意図をわからない人に対しては、意図を読み取れる行動が表出するまで待つという手法が取られてきた。応募者のグループも、街中において意図がわからない人との間で、ロボットがお見合いになってしまうという場面がよく見られた。このようなお見合い現象は、社会学において Double Contingency と呼ばれる(図3)。

2. 研究の目的

我々は、対話型のロボットが人間社会へ参加することを可能にするための研究を行っている。具体的な長期的目標として、人とロボットの Double Contingency の解決(図4)を可能にすることを目指す。



図3: Double Contingency

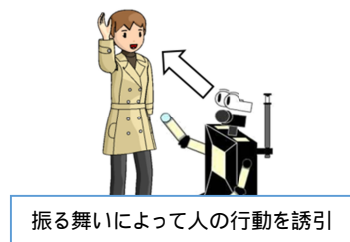


図4: Double Contingency の解決

3. 研究の方法

Double Contingency を解決するロボットのモデル化のため、人とロボットの関わり合いから、Double Contingency がどのような状況かについて観察し、情報を得る。その後に Double Contingency の判定に必要なモデルを得る。

次に実際の人々が、Double Contingency をどう解決しているかを観測する。ここから、Double Contingency が発生する際、人にどのような意思が働いているか、何が起きてい

るのかを明らかにし、モデル化をすすめる。

フィールド実験による Double Contingency 観察実験

大阪南港 ATC において、人通りの多い通路においてロボットを以下の条件で歩行させた。

- ・ ショッピングモールの主要通路のわき（図）を、遠隔操作で 10 分周回させる
- ・ 人がすぐ前にいる場合は安全のため止まる
- ・ 人に話しかけられるといったインタラクションをされても反応を返さない
- ・ 特にロボットに話しかけるでもなく立ち止まる振る舞いを Double Contingency とする

人同士による Double Contingency 再現実験

街中を想定した屋内の通路において、以下の条件で実施する。

- ・ 被験者一人と実験者一人がすれちがう
- ・ 実験者は Double Contingency を発生させるため、人の通路を防ぐように経路を変える
- ・ 被験者は足を止めず廊下の最後まで歩行する

4. 研究成果

フィールド実験による Double Contingency 観察実験

10 分間の観測中、31 人の通行人の Double Contingency が観測できた。これらは hole の社会的距離（1.2～3.6m）の範囲内で起きた。立ち止まった人の内、背後や横からロボットにアクセスする人は話しかけ行為などのインタラクションを必ず取る。立ち止まり、ロボットの様子を伺う振る舞いを見せたのはロボットの正面に立った人々だった。

よって、Double Contingency は以下のモデルで判定できると考えられる。

- ・ ロボットの進行方向の正面
- ・ hole の社会的距離（1.2～3.6m）の範囲内
- ・ ロボットの方を向く
- ・ 立ち止まる



図 5: Double Contingency の発生

人同士による Double Contingency 再現実験

21 人の東京在住の大学生を被験者として、人同士の間でどのように Double Contingency を解決するのか、解決のためどこに注意するのか調査を行った。結果として以下の事がわかった。

Double Contingency 時に注目する所	人
顔	13
足	5
その他（胸，肩，etc）	3

被験者のインタビューより、顔の中でも視線から相手の意図や進行方向を探る、または表情から相手の意図を探る。という回答を得た。

得られた成果

実証実験にまでには至らなかったが、Double Contingency の回避や解決するモデルは以下ようになる。

- ・ Double Contingency の判定
ロボットの進行方向の正面，hole の社会的距離（1.2～3.6m）の範囲内でロボットの方を向いて立ち止まる

- ・ Double Contingency の解決
二つの方法が考えられる。

一つはロボットの方からインタラクションの意思があるかないかを示す。具体的には、視線を向ける、外すという行動で、簡易的な表情変化を可能にすることでロボットが Double Contingency を解決することができる。人同士ではインタラクションの意思がない場合、視線をそらすことによって意思を伝える。意思がある場合は視線を合わせ続ける。この時、視線があっただけでは視線を合わせている意図を伝えることが出来ないため、再び Double Contingency が発生する。人同士の場合はこの段階で言葉による（verbal）意思疎通を試みる人が見られた。被験者によるインタビューから、人同士では笑顔や困っているという表情変化を起こすことで意思を伝える事がわかった。その際に重要なのが必ずしも正確に表情を作ることではなく、「表情が変わった」事を示すことであり、ロボットではまぶたを閉じる、眼球による注視先を変えず首を動かす「探っているような動き」という簡単な変化で Double Contingency を解決できるという仮説を得た。

もう一つは、人の視線方向を観測することである。人同士では起きた Double Contingency を解決する場合、上述の通り多くの人が自分にインタラクションの意思が存在する場合、対象となる人に対して視線を向け、意思がない場合視線をそらす。つまり視線の方向を観測することは、人の

インタラクションをする意思を観測することに等しいことがわかった。この観測は、Double Contingency がロボットの正面方向、hole の社会的距離（1.2～3.6m）の範囲内で起きるため、ロボット自身の持つカメラによって視線向きを計測する事ができる。

以上の二つの方法により、verbal によるインタラクションに移行する前、non-verbal な振る舞いから Double Contingency の判定解決が可能になると考えられる。

ロボットが街中で歩行しながら仕事を行わせるといった試みは近年世界中で実施されている。その一方で、実際街中で発生している現象についての研究やその対策はまだなされていない。特に、実際の人々がどのように接していいかわからない Double Contingency という状況は今後頻繁に起こりうると考えられ、本研究成果がフィールドにおけるロボット運用の大いに助けになると考えられる。

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）

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

林宏太郎 (HAYASHI, KOTARO)

東京農工大学・大学院工学府・特任助教