

多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく 発話のアドレス先の推定

Supposition of Turn Addressing based on Robot's Gaze in Multi-Party Speech Communication

佐藤良^{1*} 竹内勇剛¹
Ryo Sato¹ Yugo Takeuchi¹

¹ 静岡大学大学院情報学研究科

¹ Graduate School of Informatics, Shizuoka University

Abstract: This study is intended that realize turn-taking smoothly and discussion actively in multi-party speech communication by designing physical behavior of a robot. In this paper, we investigated how human estimate where utterance of the robot turned to by the robot's gaze. As a result, human estimated the robot's utterance by the robot's gaze direction with it. In the future, we will investigate whether movement of robot's gaze has effects upon context of humans' utterance. We expected this study will contribute to lead conversation into discussion desirable effectively in multi-party speech communication.

1 はじめに

人とのコミュニケーションを指向したロボットが誕生しつつある。こうしたロボットが人の日常生活に入り、ロボットと人、ロボットを介した人同士のコミュニケーションを実現するためには、ロボットが人の対面対話状況に構造的・社会的に適応できることが必要になる。なぜならば、対面対話は人にとって最も自然かつ表現上の制約が少ないコミュニケーション形態であるからである。ロボットが人の対面対話状況において適切に振舞うためには、人の対話がどのような構造のもとで構成されているかを理解する必要がある。特に音声対話においては、人と人、ロボットと人の円滑な話者交替 (turn-taking) の実現が問題となる。

これまで話者交替に着目した対話ロボットの研究が数多く行われている。小林らが開発した ROBITA[1] は多人数対話場面において、人の視線を基に発話のアドレス先を処理したり、人の発話内容を理解したりすることができる。それによって、ロボット自体が会話に加わるのに適した発話開始タイミングを予測し、適切なタイミングで発話権を獲得できる。また、船越らはロボットに設置した明滅光源を利用することでロボットの内部状態を表出し、ロボットと人の発話の衝突を抑制することで話者交替の円滑化を図った [2]。

これらのロボットは、多人数対話における周囲の対

話環境を受動的に推定することによって適応的に発話権を獲得することができたが、積極的に対話環境を制御することは想定されていない。しかし、多人数対話では、しばしば話者交替の暗黙的なルールが逸脱され、それによって健全な対話の場の崩壊を招くことがある。更に、意思決定や合意形成を目的とした議論における対話の場においては、様々な立場・視点に基づく意見や見解が交わされないと、議論の方向性が見失われたり、議論の質の低下を招いたりする恐れもある。通常は司会者に相当する人が発話権の委譲と交わされる発話の文脈を調整する権限と権限を適切に行使できる能力を有していることで、これらの状況が収拾され対話の場が維持されると共に質の高い議論が行われる。このことは、司会者の存在と能力が多人数対話を円滑にするために重要な役割を担うことを意味しているが、このような能力を有したロボットの開発に関する研究は行われていない。

そこで本研究では、人同士のコミュニケーションにおいて行動主体の発話のアドレス判断 [3] や意図の伝達 [4] に用いられる視線行動に着目する。そして、多人数対話における参加者の発話権を円滑に交替させ更に後続する発話の文脈を調整するためのロボットの非言語的な表現に基づくインタラクションモデルを検討する。これが明らかになることで、協調学習場面等の多人数における対話を適切かつ効率的に望ましい議論への方向付けを誘導することに貢献することが期待される。本稿ではまず、ロボットの視線行動に対して参与

*連絡先： 静岡大学大学院情報学研究科
静岡県浜松市中区城北 3 丁目 5-1
E-mail:gs12019@s.inf.shizuoka.ac.jp

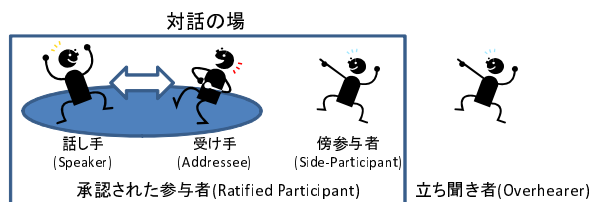


図 1: 参与構造

者がどのように発話を開始するのかを実験によって検証する。これらの知見を得ることで、ロボットの視線行動が複数対話で交わされる発話における役割について検討する。

2 複数対話の参与構造と話者交替

一般的に対話の参与者は大きく分けて話し手か話し手の発言を聞いている聞き手のいずれかになる。一対一の対話の場合には話し手の決定に伴って自動的にもう一方の人が聞き手となるため、次話者になる人が明確である。しかし、複数対話の場合には、1人の話し手に対して、その聞き手の候補になり得る者が複数存在するため、次話者になる人が誰であるかは明白でない。Goffman や Clark らによると、会話の参与者は承認された参与者 (ratified participant) と立ち聞き者 (overhearer) とに大きく分類され、更に前者は話し手 (speaker)、受け手 (addressee)、傍参与者 (side-participant) に分類される [5][6] (図 1)。なお、この分類における承認された参与者とは、会話に参加していることが他の参与者によって知られている者を指す。ここで本研究では、対話の場を「対話の当事者として相互に言語情報や非言語情報をやり取りし、相手との関係や情報の意図を理解している範囲」として定義する。すなわち、本研究における対話の場とは、先述した参与構造における承認された参与者によって対話がなされる場を指す。

現在の話し手から次の話し手である聞き手に話し手が移ることは話者交替 (turn-taking) と呼ばれており、我々は、話者交替を繰り返すことによって対話を行っている。参与役割の交替は話者交替のタイミングで生じ、参与役割を決定づける要因には視線等の非言語的な情報の影響が大きく、それによって話者交替が調整されることが示唆されている [7]。第 3 章では、人同士のコミュニケーションにおいて伝達される非言語的な情報と話者交替との関連について考察する。

3 話者交替と非言語情報

人同士の直接対面対話では、同じ空間や時間軸を共有しており、それによって言語情報以外にも視覚、聴覚、触覚等から様々な非言語情報を得ることができる。そして、立ち位置や発話のタイミング、視線、身振り手振り等の非言語情報を用いることで発話の意図や心理、発言のアドレス等を伝えることが可能である。そのため、非言語情報の伝達是对話コミュニケーションを円滑に進めるために重要な役割を担う。直接対面対話に比べて非言語情報の伝達不足が懸念されているメディアを介した対話コミュニケーションでは、対面対話に比べて使用可能なチャンネルが限定され、相互作用が断片的になり易いことが示唆されており [8]、このことも非言語情報の重要性を示唆していると考えられる。伝達される非言語情報の中でも視線は、その行動主体の注意先を推定する手がかりとなり、時には発話のアドレス判断に用いられることが示唆されている [3]。そこで 3.1 節では、視線によるアドレッシングについて考察する。

3.1 視線とアドレッシング

他者とのコミュニケーションでは、視線はその行動主体の注意先を推定する重要な手掛かりである。人は興味や関心のある対象に視線を送り注意を向けることでその対象の情報を視覚的に得ようとする。そのため、他者の注意先に自身の注意を向けることによって、相手の興味・関心を推定することができるようになる。

視線は行動主体の興味や関心を伝達するだけでなく、他者への発話のアドレッシングにも用いられる。Kendon によると、話し手が次話者を注視することで話者交替を合図し、次話者が相互注視によってそれを受け入れることで話者交替が成立する [7]。また、榎本らは非言語行動が複数対話における次話者選択手段として機能し得るかどうかを検討するために、3人の参与者による会話の分析を行った。その結果、現話者は次話者を視線を送っていることが多く、他の参与者全員が現話者を見つめている時に現話者が視線を送った方向に位置する参与者が次話者になることが示唆された [9]。

また、Kendon によると、視線には対話開始の手掛かりとしての機能だけでなく、以下の 3 つの機能があるという。

- モニタリング機能 (monitoring) : 発話の継続・終了を聞き手の凝視の有無に基づき確かめる機能
- 調整機能 (regulation) : 聞き手の会話に対する好感度を聞き手の視線行動を基に察知し、発話内容を調整する機能

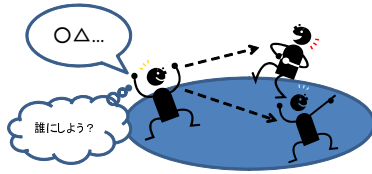


図 2: 発話に先行する視線行動のイメージ

- 表出機能 (expressive): 会話がもたらす効果の良し悪しを話し手に伝える機能

これらの内、モニタリング機能と調整機能は、話し手の視線行動が有する機能である。更に我々はこれらの機能に加えて、参与者に向けてある発話をする際、発話に先行する段階で参与者に視線を向けることがある。それによって自身の発話に対する参与者の興味や関心を伺い、後続する自身の発話のアドレス先となる参与者を選定することがある (図 2)。この時、話者は自身にとって発話のアドレス先として望ましいと思われる順番に参与者に視線を向けることがしばしばある。そのため、そのような話者の視線行動を観察した参与者にとっては、発話に先行する視線が自身のみに向けられたり、他の参与者よりも早い順番で向けられたりすることによって、後続する話者の発話のアドレス先が自身に向けられるものと期待する可能性がある。それによって、後続する話者の発話に対するアドレス先の判断に影響を及ぼし、時には自身に発話が向けられたと判断する可能性もある。これらのことから、ロボットの視線行動の制御によって、多人数対話における参与者の発話権の委譲を調整できる可能性が高いと考えられる。更に、参与者に暗黙的に発話のチャンスを与え、対話の場への参与者の偏りをなくすことによる議論の活性化の実現が期待される。

一方、多人数対話においては必ずしも視線によって話者交替が行われず、時には発話を望む参与者が自ら発話の意思を示すことによって発話権を獲得しようとすることがある。そこで 3.2 節では、発話の意思表示をすることによる発話権の獲得がどのように行なわれるかについて考察する。

3.2 発話の意思表示による発話権の獲得

多人数対話において、積極的な発話を望む会話参与者は、自ら手を上げる等の意思表示をすることによって発話権の獲得を試みることがある (図 3)。この場合、他の参与者に対し、自らが他の参与者よりも発話を望んでいることを積極的にアピールすることが可能になる。それによって、他の参与者の発話開始を抑制し、発話の意思表示をした者が発話を開始しようと試みるこ



図 3: 発話の意思表示による発話権獲得のイメージ

とがある。また、発話の意思表示をする者は必ずしも 1 人とは限らず、時には複数の参与者が発話の意思表示をすることもしばしばある。発話の意思表示をする者が複数人存在した場合には、発話権の獲得を左右する要因として、意思表示をした順番が挙げられる。なぜならば発話の意思表示をした者は、その他の参与者に先立つことによって、発話の願望をアピールする。そのため、発話の意思表示をした者が複数人存在する場合には、より早く意思表示をした方が発話権を獲得する確率が向上すると考えられるからである。このように、多人数対話における参与者の発話の意思表示をした順番は、発話権の獲得を左右し、話者交替を実現する要因となり得ると考えられる。

これまで本稿では、多人数対話における話者交替を実現する要因となり得る非言語情報として視線と発話の意思表示について着目し考察した。第 4 章と第 5 章では、これらの仮説を検証するために行なった実験について述べる。まず、第 4 章では、ロボットの発話に先行する視線行動とロボットの発話と同タイミングの視線行動がその発話のアドレッシングに及ぼす影響について検証した実験について述べる。そして、第 5 章では、ロボットの視線行動と参与者の発話の意思表示が発話権の獲得判断に及ぼす影響について検証した実験について述べる。

4 視線行動に基づく発話アドレス判断を検証する実験

4.1 実験目的

人とロボットの多人数対話インタラクションにおいて、ロボットの発話に先行する視線行動と後続する発話時の視線行動が人の発話アドレス判断に及ぼす影響を検証する。

4.2 実験方法

4.2.1 実験協力者

情報学を専攻する大学・大学院生 15 名である。

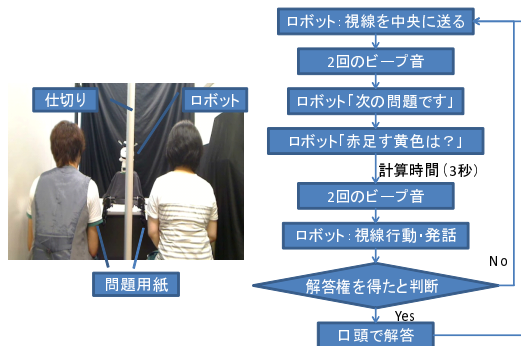


図 4: 実験環境（左）と実験手続き（右）

4.2.2 実験環境

実験協力者と実験者はロボットに対面する形で位置しており、両者の間には互いの様子が見えないよう仕切りによって区切られている（図 4（左））。それにより、実験協力者は実験者の振舞い等ロボットの振舞い以外の情報を基にロボットの発話のアドレス先を推定することができないようにするためである。また、実験協力者は実験者が自身と同じように実験協力者であるという教示を受けている。両者の目の前には異なる色で書かれた 2 桁の数字が 5 つ書かれた問題用紙が置かれている。なお、これらの問題用紙は実験協力者・実験者共に同じである。

ロボットは、ドームカメラ（PTC-200C, エルモ社 [10]）にウシのパペットを被せたものであり、ドームカメラのパン・チルトを行うことで視線を表現する。

4.2.3 実験課題

実験協力者と実験者はロボットが音声によって出題する計算問題に計算し、4.2.4 節で示されるロボットの振舞いに対して自身が回答して良いと感じたら回答するよう教示を受けている。ロボットが出題する問題は問題用紙に書かれた数字を被演算子とする計算問題であり、ロボットは数字の色の名前を用いて問題を発話する（例：赤足す黄色は？）。本実験は以下図 4（右）に示す手続きに沿って施行される。

まず、ロボットが実験協力者と実験者の間（中央）に視線を送る。その後、ロボットが問題を出題する合図として 2 回のビーブ音が鳴り、その後ロボットが問題を出題する。出題された問題に対する計算用の時間として、実験協力者と実験者には 3 秒間が与えられる。3 秒後、計算用の時間が終了した合図として 2 回のビーブ音が鳴り、ロボットが 4.2.4 節で示す視線動作を行い、「はい」と発話する。実験協力者は、ロボットの振舞いを見て自身が回答権を獲得したと判断した場合に口頭

で回答する。この時、実験協力者は口頭で回答するよう教示を受けているのに対し、実験者には口頭で回答するのではなく、発話せずに指を使って数字を表現することで回答するように、実験協力者の目の前で教示を受けている。そのため、実験協力者は実験者の回答の有無によって、自身の発話を開始するか否かを決定することができない。なお、出題される問題は合計 15 問である。

4.2.4 実験条件

「先行視線要因」と「発話時視線要因」の 2 要因であり、どちらも被験者内要因とする 2 要因被験者内計画である。先行視線要因は、ロボットが発話をする前に表出する視線動作である。先行視線要因は「自分のみ」「相手—自分」「自分—相手」「相手のみ」「中央」の 5 水準で構成される。発話時視線要因は、ロボットが発話をする時に向いている視線方向である。発話時視線要因は、「自分」「相手」「中央」の 3 水準で構成され、ロボットが発話と同時に各水準に示す方向に視線を向け、「はい」と発話する。実験協力者 1 人につき、各実験条件をランダムな順番で割り当て、各条件 1 試行ずつ合計で 15 試行行う。

4.3 観察項目

ロボットが出題する問題に対する回答の有無と、回答した場合の交替潜時（ロボットの問題出題終了後から回答開始までの時間）を観察項目とする。

4.4 仮説と予測

3.1 節から、ロボットの発話に先行する視線行動の違いによって、後続する発話のアドレス先の判断に違いが生じる。そして、その視線行動によって視線を向けられた順番が他者よりも早いほど自身に発話のアドレスが向けられたと判断すると考えられる。このことから、先行視線要因の各水準において、「自分のみ」「自分—相手」「相手—自分」「中央」「相手のみ」の順で実験協力者が問題に回答する傾向が強くなることが予想される。

また 3.1 節から、ロボットの発話と同じタイミングにおける視線行動の違いによって、後続する発話のアドレス先の判断に違いが生じる。そして、その視線行動によって自身に視線を向けられた場合には自身に発話のアドレスが向けられたと判断するのに対し、他者に視線を向けられた場合には自身に発話のアドレスが向けられていないと判断すると考えられる。このことから、発話時視線要因における各水準において、「自分」

表 1: 各実験条件における回答した人数

		先行視線要因				
発話時 視線 要因	自分	14	15	15	14	15
	相手	3	2	4	2	3
	中央	12	12	11	7	7

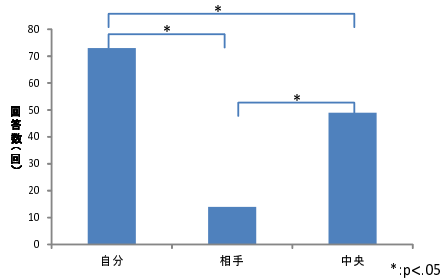


図 5: 発話時視線要因の各水準における回答数

「中央」「相手」の順で実験協力者が問題に回答する傾向が強くなることが予想される。

4.5 実験結果

各実験条件において、ロボットが出題した問題に対して回答した実験協力者の人数を示す(表 1)。

まず、先行視線要因の各水準における実験協力者が回答した回数について χ^2 検定を行った結果、回答した人数に有意な差は見られなかった ($\chi^2_{(4)} = 1.353, n.s.$)。

続いて、発話時視線要因の各水準における実験協力者が回答した回数について χ^2 検定を行った結果、1%水準で有意な差が得られた ($\chi^2_{(2)} = 38.482, p < .01$)。多重比較の結果、自分水準、中央水準、相手水準の順に回答する人数が5%水準で有意に多いという結果が得られた(図 5)。

更に、回答した人数が有意に多かった自分水準における交替潜時について、先行視線要因の影響を検証するために1要因分散分析を行った。なお、分析対象となる実験協力者は先行視線要因の全ての水準で回答した12名である。分散分析の結果、先行視線要因の主効果が得られた ($F_{(4,44)} = 3.24, p < .05$)。多重比較の結果、相手のみ水準における交替潜時が他の水準に比べて5%水準で有意に大きいという結果が得られた(図 6)。

4.6 考察

4.5節から、ロボットの発話に先行する視線行動の違いによって回答する実験協力者の人数に有意な差は得

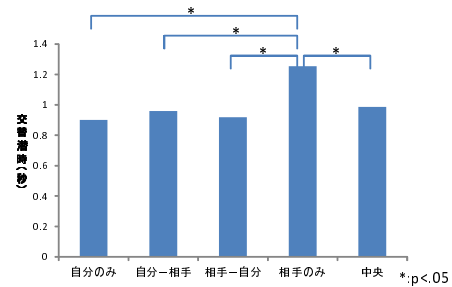


図 6: 発話時視線要因の自分水準における先行視線要因の各水準における交替潜時

られなかった。そのため、仮説1は支持されなかった。一方、ロボットの発話と同じタイミングにおける視線行動の違いによって回答する実験協力者の人数に有意な差が得られた。そして、実験協力者は、ロボットが発話時に自身に視線を向けた時に回答し、他者に視線を向けた時に回答しないということが明らかとなった。この結果は仮説2を支持するものである。また、回答した場合の交替潜時を分析した結果、ロボットの発話時の視線が向けられた実験協力者は、発話に先行するロボットの視線が相手のみに向けられた場合に交替潜時が長くなることが明らかになった。この結果は、ロボットの発話に先行する視線が他者に向けられたのにも関わらず、発話時に視線を向けられたため、発話権の獲得判断が難しくなったためであると考えられる。このことから、発話に先行するロボットの視線行動は、後続する発話の有無の左右する要因ではないものの、発話のアドレス先を判断する難易度を变化させる可能性があることが示唆された。

一方で、3.2節で述べたように多人数対話においては必ずしも視線によって話者交替が行われず、時には発話を望む参加者が自ら発話の意思表示をすることによって発話権を獲得しようとすることがある。第5章では、ロボットの視線行動と会話参加者の発話の意思表示による話者交替を検証する実験について述べる。

5 視線行動と発話の意思表示による発話アドレス判断を検証する実験

5.1 実験目的

人とロボットの多人数対話インタラクションにおいて、人の発話の意思表示の順番とロボットの視線行動が人の発話アドレス判断に及ぼす影響を検証する。

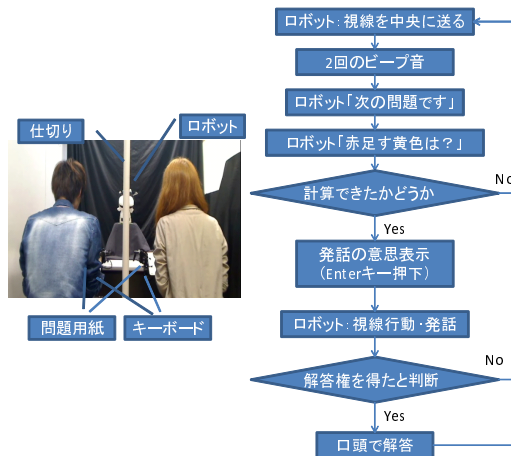


図 7: 実験環境 (左) と実験手続き (右)

5.2 実験協力者

情報学を専攻する大学・大学院生 15 名である。

5.3 実験環境

実験協力者と実験者はロボットの対面する形で位置しており、両者の間は互いの様子が見えないよう仕切りによって区切られている (図 7 (左))。それにより、実験協力者は実験者の振舞い等ロボットの振舞い以外の情報を基にロボットの発話のアドレス先を推定することができないようにするためである。また、実験協力者は実験者が自身と同じように実験協力者であるという教示を受けている。両者の目の前には異なる色の 3 桁の数字が 5 つ書かれた問題用紙が置かれている。なお、これらの問題用紙は実験協力者・実験者それぞれ異なるものである。また、両者の目の前には、パソコンのキーボードが置かれており、それぞれの Enter キーを押すとそれぞれ高さが異なるビープ音が鳴るように実装されている。なお、本実験で用いるロボットは、第 4 章で述べたロボットと同じである。

5.4 実験課題

実験協力者と実験者はロボットが音声によって出題する計算問題に計算し、5.5 節で示されるロボットの振舞いに対して自身が回答して良いと感じたら回答するよう教示を受けている。ロボットが出題する問題は、実験協力者と実験者の両方あるいはいずれかの目の前の問題用紙に書かれた数字を被演算子とする計算問題であり、ロボットは数字の色の名前を用いて問題を発話する (例: 赤字す黄色は?)。実験協力者・実験者の目

の前の問題用紙はそれぞれ異なる問題であるため、ロボットが出題する問題に対して必ずしも両者が回答できるとは限らない。本実験は以下図 7 (右) に示す手続きに沿って施行される。

まず、ロボットが実験協力者と実験者の間 (中央) に視線を送る。その後、ロボットが問題を出題する合図として 2 回のビープ音が鳴り、その後ロボットが問題を出題する。実験協力者は出題された問題に対する計算を実験者よりもできるだけ早く行うよう教示を受けており、計算でき次第 Enter キーを押すことで、その意思表示をする。この時、5.5 節に示すタイミングで実験者が Enter キーを押した際に流れるビープ音が流れる。その後、ロボットが 5.5 節に示す視線行動と共に「はい」と発話する。実験協力者と実験者は、ロボットの振舞いを見て回答権を獲得したと判断したら、4 章と同様の方法で回答するよう教示を受けている。なお、出題される問題は合計 20 問である。

5.5 実験条件

「意思表示順番要因」と「発話時視線要因」の 2 要因であり、どちらも被験者内要因とする 2 要因被験者内計画である。意思表示順番要因は、実験協力者と実験者が発話の意思表示 (キーボードの Enter キーの押下) をする順番である。意思表示順番要因は「自分のみ」「自分—相手」「同時」「相手—自分」「相手のみ」の 5 水準で構成され、各水準では以下表に示すタイミングでキーボードの Enter キーを押下した際の音声流れる。

- 自分のみ: 実験協力者が計算できる問題が出題され、実験協力者のみが発話の意思表示をする。
- 相手—自分: 実験協力者が計算できる問題が出題され、その 1 秒後に実験者が発話の意思表示をした音声流れ、実験協力者が発話の意思表示をする。
- 同時: 実験協力者が計算できる問題が出題され、実験協力者が発話の意思表示をしたのと同じタイミングで実験者が発話の意思表示をした音声流れる。
- 自分—相手: 実験協力者が計算できる問題が出題され、実験協力者が発話の意思表示をした 1 秒後に実験者が発話の意思表示をした音声流れる。
- 相手のみ: 実験協力者が計算できない問題が出題され、実験協力者は発話の意思表示をすることができず、実験者のみが発話の意思表示をする。

表 2: 各実験条件における回答した人数

		視線要因			
		自分のみ	自分→相手	相手→自分	相手のみ
意思表示 順番要因	自分のみ	15	6	15	2
	自分→相手	15	6	15	1
	同時	15	6	14	1
	相手→自分	14	5	14	1
	相手のみ	1	0	0	0

視線要因は、キーボードの Enter キー押下後のロボットの視線動作であり、それと同時に「はい」と発話をする。視線要因は、「自分のみ」「自分→相手」「相手→自分」「相手のみ」の4水準で構成され、ロボットが発話と同時に各水準に示す方向に視線を向ける。実験協力者1人につき、各実験条件をランダムな順番で割り当て、各条件1試行ずつ合計で20試行行う。

5.6 観察項目

ロボットが出題する問題に対する回答の有無と、回答した場合の交替潜時（ロボットの問題出題終了後から回答開始までの時間）を観察項目とする。

5.7 仮説と予測

3.2 節から、発話の意思表示をするタイミングの違いによって、後続する発話のアドレス先の判断に違いが生じる。そして、自身が発話の意思表示をする順番が早いほど自身に発話のアドレスが向けられたと判断すると考えられる。このことから、意思表示順番要因における各水準において、「自分のみ」「自分→相手」「同時」「相手→自分」「相手のみ」の順で実験協力者が問題に回答する傾向が強くなることが予想される。

また、3.1 節から、ロボットの発話に伴う視線行動の違いによって、後続する発話のアドレス先の判断に違いが生じる。そして、その視線行動によって、自身に視線を向けられた場合には自身に発話のアドレスが向けられたと判断するのに対し、他者に視線を向けられた場合には自身に発話のアドレスが向けられていないと判断すると考えられる。このことから、視線要因における各水準において、「自分のみ」「相手→自分」「自分→相手」「相手のみ」の順で実験協力者が問題に回答する傾向が強くなることが予想される。

5.8 実験結果

各実験条件において、ロボットが出題した問題に対して実験協力者が回答した回数を示す（表2）。

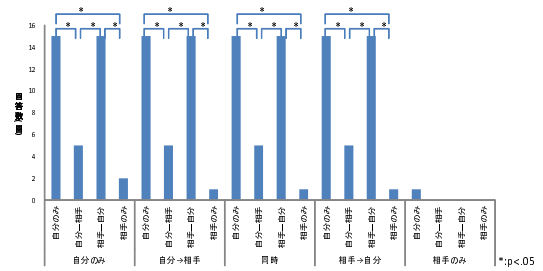


図 8: 意思表示順番要因の各水準における視線要因の各水準における回答数

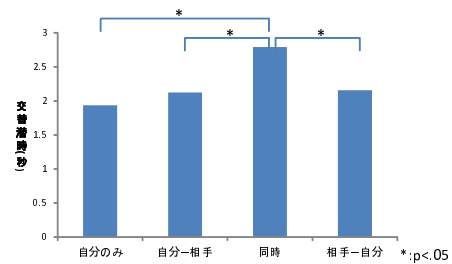


図 9: 意思表示順番要因の各水準における交替潜時

意思表示順番要因の各水準において、視線要因の各水準による回答の有無の差異を検証するため χ^2 検定を行った。意思表示順番要因の自分のみ水準、自分→相手水準、同時水準、相手→自分水準において回答した人数に有意な差が得られた ($\chi^2(3) = 14.784, p < .01$, $\chi^2(3) = 16.889, p < .01$, $\chi^2(3) = 16.889, p < .01$, $\chi^2(3) = 16.889, p < .01$)。多重比較の結果、4つ全ての水準において視線要因の自分のみ水準、相手→自分水準が自分→相手水準、相手のみ水準よりも5%水準で有意に大きいという結果が得られた（図8）。なお、意思表示順番要因の相手のみ水準においては有意差は見られなかった ($\chi^2(3) = 3.00, n.s.$)。

更に回答した人数が有意に多かった、意思表示順番要因の自分のみ水準、自分→相手水準、同時水準、相手→自分水準と視線要因の自分のみ水準、相手→自分水準における交替潜時について2要因分散分析を行った。その結果、意思表示順番要因の主効果が得られた ($F_{(3,42)} = 3.15, p < .05$)。多重比較の結果、同時水準は自分のみ水準、自分→相手水準、相手→自分水準よりも5%水準で有意に大きいという結果が得られた（図9）。なお、交互作用と視線要因の主効果は見られなかった ($F_{(3,42)} = 0.25, n.s.$, $F_{(1,14)} = 0.28, n.s.$)。

5.9 考察

5.8 節から、発話の意思表示をした実験協力者は、ロボットから最終的に視線を向けられたことで、視線を向けられない場合に比べて発話権を獲得したと判断し、回答するに至ったと考えられる。このことから、仮説 1 は支持されなかったものの、仮説 2 は支持する結果となったと考えられる。また、この時の交替潜時を分析した結果、発話の意思表示をした実験協力者は、そのタイミングが相手と同時にこなされた場合には、どちらかが先に発話の意思表示をした場合に比べて発話権を獲得したと判断するまでに多くの時間を要したことが分かる。このことは、発話の意思表示をしたタイミングが同時であるが故に、発話権を獲得するか否かが自身と相手にとって平等であると判断したため、発話権を獲得したか否かを判断するのに時間が必要であったためであると考えられる。このように、発話の意思表示をした順番は、後続する発話の有無の左右する要因ではないものの、発話のアドレス先を判断する難易度を変化させる可能性があることが示唆された。

6 おわりに

本研究は、多人数対話に参加するロボットの身体的な振舞いのデザインによる、話者交替の円滑化、議論の活性化を目的としている。そして、本稿ではまず、ロボットの視線行動に対して人がロボットの発話のアドレス先をどのように判断するのかを 2 つの実験を基に検証した。その結果、以下のことが示唆された。

- ロボットの発話と同じタイミングにおける視線行動によって、人はその視線が向く先に発話のアドレスが向けられたと判断する。
- ロボットの発話に先行する視線行動は、ロボットの後続する発話のアドレス先を判断する難易度を変化させる。
- 参加者の発話の意思表示は、ロボットの発話のアドレス先を判断する難易度を変化させる。

本稿で述べた 2 つの実験は、ロボットの視線行動が人の発話の開始に及ぼす影響を検証するため、実験協力者と実験者は互いの様子が確認できない実験環境であった。しかし、実際の多人数対話場面では、他の参加者の振舞いや発話の有無を基に発話開始を調整する可能性があるため、これらを踏まえた実験環境における実験が必要である。また、本稿の実験では、発話の開始の有無のみを検証しており、その内容については調べられていない。一方で、視線行動は行動主体の意図の伝達にも用いられる [4] ため、ロボットの視線行動

に対して人が異なる解釈をした場合、その後の発話の文脈に影響を及ぼす可能性がある。これらが明らかになることで、多人数対話における参加者の発話権を円滑に交替させ更に発話の文脈を調整するためのロボットの非言語的な表現に基づくインタラクションモデルを構築することにつながると考えられる。そして、これらの知見を応用することで、協調学習場面等の多人数における対話を適切かつ効率的に望ましい議論への方向付けを誘導することに貢献することが期待される。

参考文献

- [1] 松坂要佐, 東條剛史, 小林哲則: グループ会話に参加する対話ロボットの構築, 電子情報通信学会論文誌. *D-I*, 情報・システム, II - パターン処理, Vol. J84-D-II, No. 6, pp. 898-908 (2001)
- [2] 船越孝太郎, 小林一樹, 中野幹生, 山田誠二, 北村泰彦, 辻野広司: Artificial Subtle Expression としての明滅光源による音声対話の円滑化, 電子情報通信学会論文誌. *A*, 基礎・境界, Vol. J92-A, No. 11, pp. 818-827 (2009)
- [3] 高柳侑華, 竹内勇剛: 多人数音声対話場面において対話をする人工物の発話に対するアドレス判断, 電子情報通信学会論文誌. *D*, 情報・システム, Vol. J94-D, No. 1, pp. 34-47 (2011)
- [4] 武川直樹: コミュニケーションにおける視線の役割 - 視線が伝える意図・気持ち -, 電子情報通信学会誌, Vol. 85, No. 10, pp. 756-760 (2002)
- [5] Goffman, E.: Replies and responses, *Language in Society*, Vol. 5, pp. 257-313 (1976)
- [6] Clark, H. H., Carlson, T. B.: Hearers and speech acts, *Language*, Vol. 58, pp. 332-373 (1982)
- [7] Kendon, A.: Some functions of gaze direction in social interaction, *Acta Psychologica*, Vol. 26, pp. 22-63 (1967)
- [8] 八重樫海人, 松田昌史, 大坊郁夫: コミュニケーションツールの違いによる 3 者間会話に関する研究 (2): 対人印象とメディア意識, 葛藤解決に用いる方略に注目して, 電子情報通信学会技術研究報告. *HCS*, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 109, No. 457, pp. 85-90 (2010)
- [9] 榎本美香, 伝康晴: 3 人会話における参加役割の交替に関わる非言語行動の分析, 言語・音声理解と対話処理研究会, Vol. 38, pp. 25-30 (2003)
- [10] エルモ社: 「PTC-200C」, <http://www.elmo.co.jp/product/camera/security/ptc200c.html>, (最終アクセス 2012 年 8 月 25 日)