

令和 3 年度 修士論文

制限される 2 物体間における印象動作のモデル化

所属 三重大学 工学研究科

研究室 知能ロボティクス研究室

令和 2 年度入学 420M149

氏名 矢田 航平

目次

第1章	目的	1
第2章	研究背景	2
2.1	ダイレクトメソッドを用いる語学学習	2
2.2	類似研究	3
第3章	提案手法	7
3.1	動作モデル	7
第4章	評価実験	10
4.1	基本モデルの実験	11
4.2	基本モデルの実験結果	17
4.3	動作変更モデルの実験	18
4.4	動作変更モデルの実験結果	23
4.5	”気づき”追加モデルの実験	27
4.6	”気づき”追加モデルの実験結果	32
第5章	まとめ	34
	参考文献	35
	謝辞	36

目次

2.1	ibuki, 「A-Lab CO.,LTD.」	3
2.2	Robovie, ATR	4
2.3	wakamaru, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	4
2.4	ifbot, BROTHER INDUSTRIES, LTD.	5
2.5	RobovieIV, ATR	6
3.1	Example of motion model	8
3.2	Robot's icon	8
4.1	Condition of an experiment	11
4.2	An example of a movie on the presentation material	12
4.3	The basic model of "friendly"	13
4.4	The basic model of "unfriendly"	14
4.5	Explanation of experiment with the basic model	15
4.6	Answer of the basic model	16
4.7	A change model of "friendly"	19
4.8	A change model of "unfriendly"	20
4.9	Explanation of experiment with the change model	21
4.10	Answer of the change model	22
4.11	The aware model of "friendly"	28
4.12	The aware model of "unfriendly"	29

目次	iii
4.13 Explanation of experiment with the aware model	30
4.14 Answer of the aware model	31

表 目 次

4.1	Result of the basic model of "friendly"	17
4.2	Result of the basic model of "unfriendly"	18
4.3	Result of a start time change model of "friendly"	23
4.4	Result of a start time change model of "unfriendly"	24
4.5	Result of a moving velocity change model of "friendly"	25
4.6	Result of a moving velocity change model of "unfriendly"	26
4.7	Result of the aware model of "friendly"	32
4.8	Result of the aware model of "unfriendly"	32

第 1 章

目的

本研究では、2 台の Agent を使用した 1 次元方向の動作から人が抱く印象を調査する。実生活において、2 人以上の他者との関係性から表現可能なジェスチャーが存在する。我々は、それが Agent においても同様だと考える。そのため、本研究目標は、言語情報を使用することなく、動作という非言語情報のみを使用し、2 台の Agent 間の印象や関係性を調査するものとなる。今回その過程において、Agent は、1 次元方向のみ動作可能という制限を設けた。これは、必要最小限の動作から始め、徐々に動作可能な次元数を増やすことで、どの範囲から Agent 間の印象や関係性を見出すことができるか調査するためである。

また被験者が抱く感情は必ずしも一致する必要はない。何故ならばこの研究は Agent の動作から Agent の感情を人が読み取るものだからである。例えば人間においても様々な状況で他人の感情を完全に読み解くことは難しい。このことは Agent の場合においても同様であり、状況に応じて Agent の感情は変化し、完全に感情を読み解くことはできないと考えている。だから、被験者が Agent の動作から抱く感情は必ずしも一致する必要はなく、必ずしも何かしらの感情を読み解かなければいけないものではない。

第 2 章

研究背景

2.1 ダイレクトメソッドを用いる語学学習

本研究成果は、ロボット教師を用いる語学学習に用いる予定である。このロボットは、ダイレクトメソッドと呼ばれる語学学習法を使用する。ダイレクトメソッドとは、言語学習法の一つであり、教師は生徒に対して学習言語のみを使用することで、生徒の母国語は使用しない語学学習法である。語学学習において、日本人は英文の読み書きは可能だが、会話は不得手であると言われている。その理由の一つとして、日本語で文章を考え英文に訳した後発話することが挙げられる。また同様に英語を聞いた後、日本語に訳し意味を理解する。この時、日本語を英文法に基づき組み上げて会話文を構成しようとするため、時間がかかり会話になりにくくなる。ダイレクトメソッドにより学習をすることで、日本語を介さない英会話が可能となる。

ダイレクトメソッドでは学習言語のみを使用するため、非言語的な情報を必要とする。そのため、非人型ロボットを 2 台使用し、2 台の動作から可能なジェスチャー表現から人の抱く印象を調査するものである。

2.2 類似研究

類似研究として、いくつかの研究が挙げられる。八木 [1] らは、Fig.2.1 に示す子供型移動アンドロイド「いぶき」を使用した研究を実施した。この研究では、人型ロボットに垂直振動機構（VOM）を実装することで、垂直方向への動作を追加し、感情表現が可能か調査するものである。結果として、垂直振動の有無により一部の感情で信頼性が向上した。

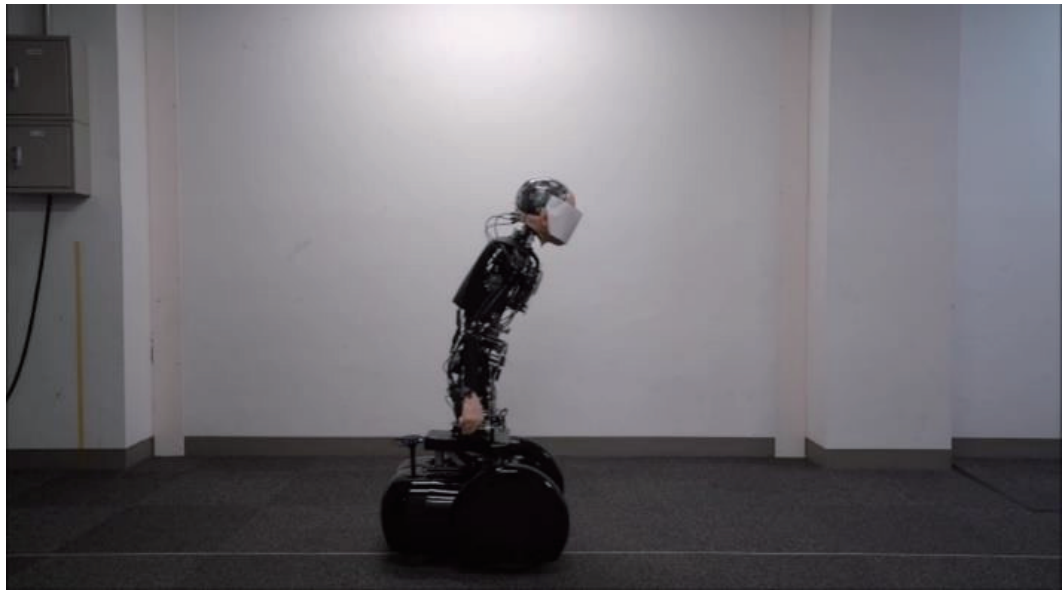


Fig. 2.1 ibuki, 「A-Lab CO.,LTD.」

佐竹 [2] らは、Fig.2.2 に示すコミュニケーションロボット「Robovie」を使用し、人へ声かけをする際に使用する最適なアプローチ方法を提案した。この研究では、コミュニケーションロボットにとって対話の開始が重要な要素だと考えている。それにあたって、人へのアプローチからロボットからの会話を成立させるものである。結果として、提案するアルゴリズムを使用することにより、最も近い人にアプローチする方法と比べて成功率が向上した。

高杉ら [3] は、Fig.2.3 に示すホームユースロボット「wakamaru」の発話や頷きのタイミングを変化させた際の印象変化を調査した。これは、人の発話後にロボットの応答発話する時間を変化させることで、人への印象を調査するものである。

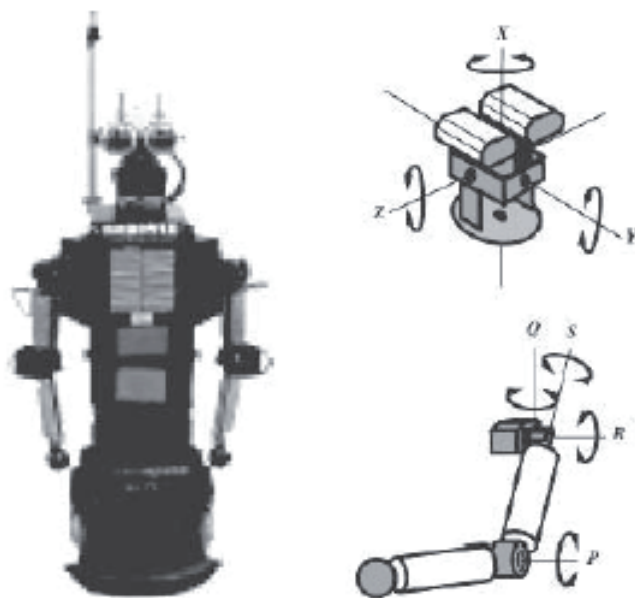


Fig. 2.2 Robovie, ATR

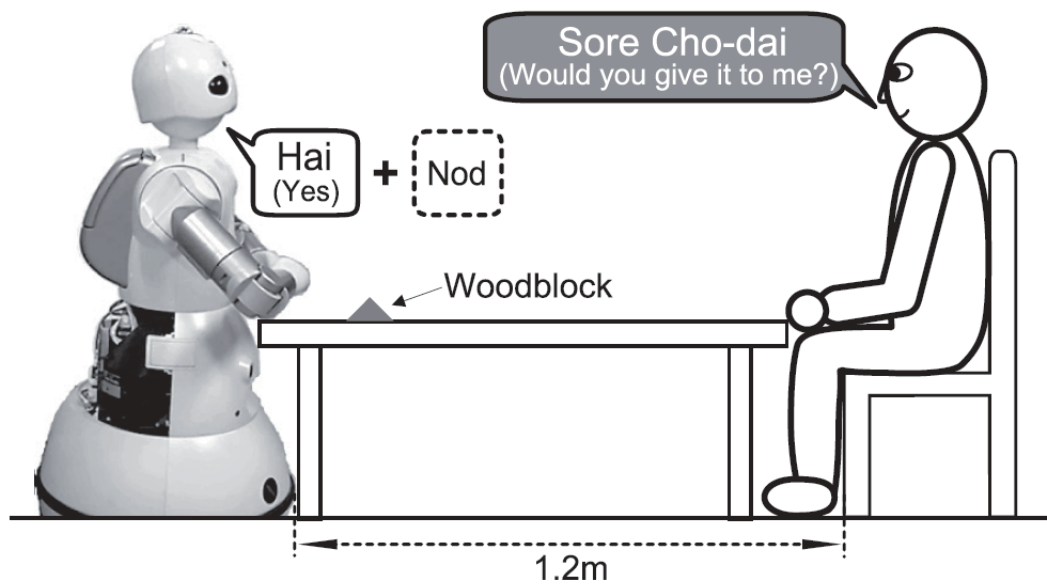


Fig. 2.3 wakamaru, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

結果として、ロボットの応答発話するタイミングを変化させることで印象が変化することを確認できた。

竹内 [4] らは、Fig.2.4 に示す感性会話ロボット「ifbot」を使用し、会話の際に適切な表情を実現するモデルを提案した。この研究では、「ifbot」と対話者の会話の際、会話内容に基づいた対話者への好感度からロボットの感情を作成するものである。結果として、会話の中で「ifbot」の好感度が変化することが確認でき、またいくつかの感情において、提案手法を実装した「ifbot」と通常のもの間に有意差を確認することができた。

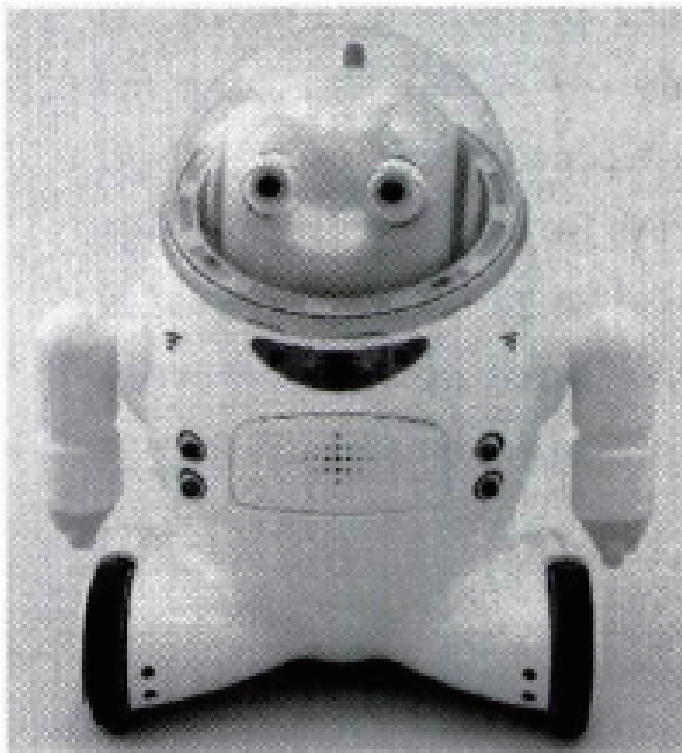


Fig. 2.4 ifbot, BROTHER INDUSTRIES, LTD.

垣尾 [5] らは、Fig.2.5 に示すコミュニケーションロボット「RobovieIV」を使用し、人に近い対象として扱われるように動作に着目した研究が実施されている、この研究では、人が「RobovieIV」を押した際、倒立振子モデルを使用したロボットの反応動作に対する人の印

象を調査した．結果として，外向性・情緒安定性において有意差が見られ，印象変化を確認することができた．

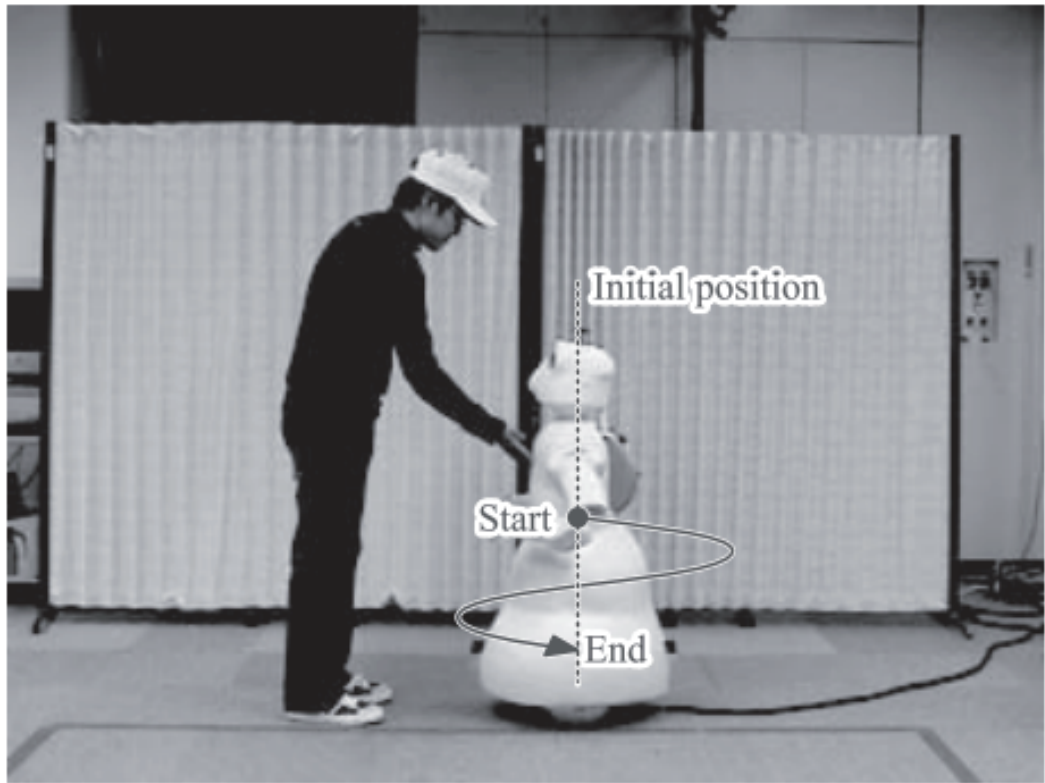


Fig. 2.5 RobovieIV, ATR

これらの類似研究では，人型ロボットに対するジェスチャーなどの非言語情報を調査・提案した．また主に1台のロボットを使用した際の結果である．今回，2つの Agent を使用することで表現可能な動作モデルを提案する．

第 3 章

提案手法

3.1 動作モデル

2つのエージェントによる動作から表現可能なジェスチャーを調査するため、Fig.3.1 に示すロボットのアイコンを使用した動作モデルを提案する。Fig.3.1 に示すグラフは、横軸が時間、縦軸が座標位置を表しており、動画の左端をゼロ点、右端に進む方向を正の方向とする。今回 2 つのエージェントは x 軸方向のみに動作する。この時、解像度 1920×1080 の動画上で実施したため、 x 軸は 0 から 1920 の範囲で移動が可能である。この時、エージェントの位置を時刻の関数として表現し、各エージェントはそれぞれの関数に基づいた動作を実行する。そのため、他のエージェントの動作による影響は受けない。またエージェントは等速直線運動で動くものとし、エージェント同士が飛び越えることができないものとする。

今回調査するにあたって、動作モデルに 2 点の制約条件を設ける。1 点目は、2 台のエージェントが同一直線状に存在し、同一直線上のみ移動可能という条件である。2 点目は、左側のエージェントの動作後にのみ右側のエージェントが動作可能という条件である。これらの条件を設けた理由は、探索範囲を狭くし、目的の動作モデルを発見を容易にするためである。

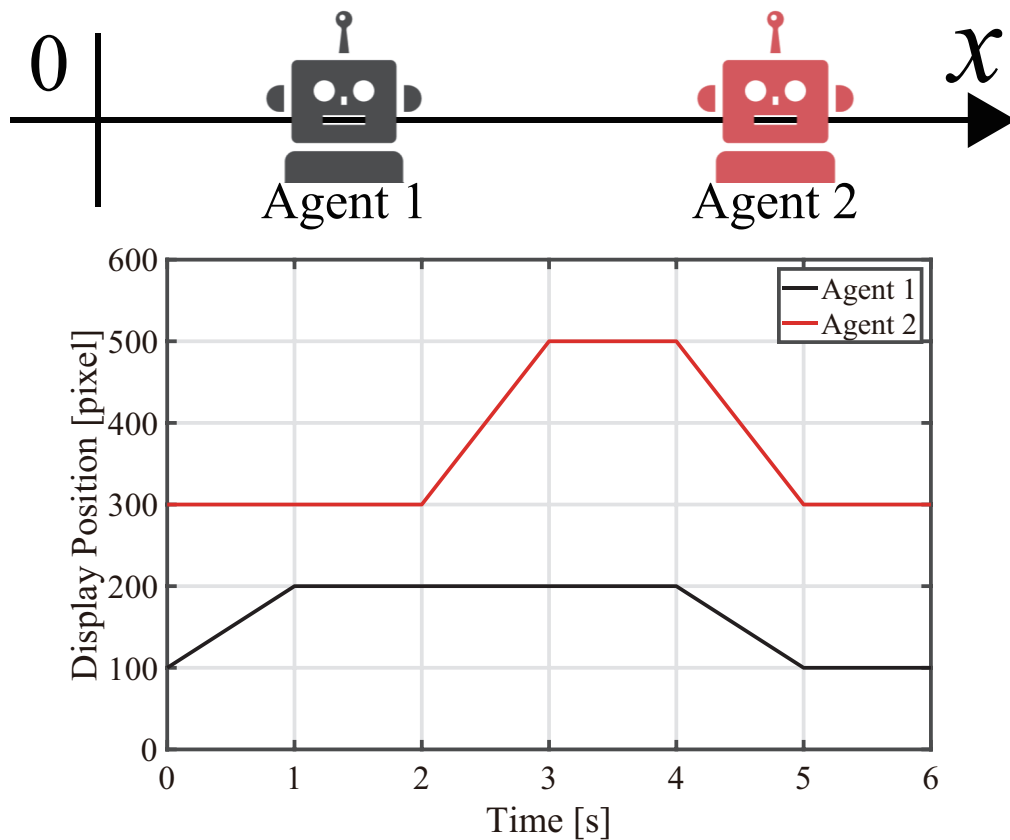


Fig. 3.1 Example of motion model

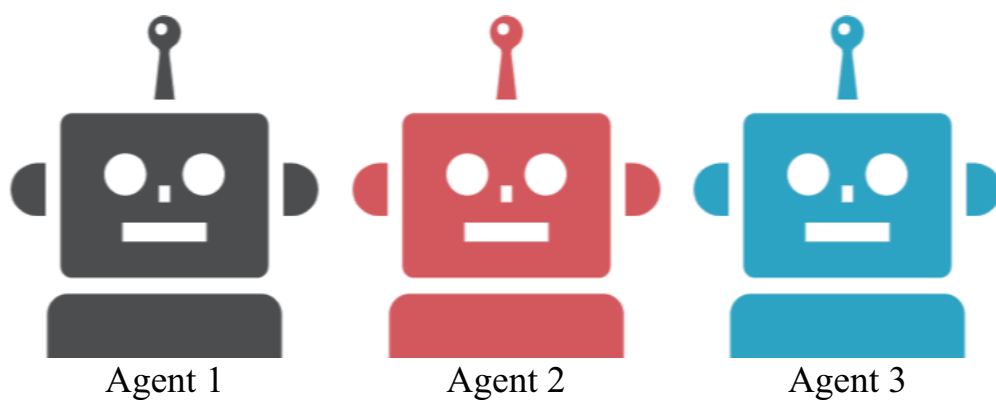


Fig. 3.2 Robot's icon

またこのモデルでは、Fig.3.2 に示す 3 色のアイコンを使用することで、各エージェントが独立な存在であることを被験者に認識させる。評価実験は、Agent1 の動作に対する Agent2 と Agent3 の動作から被験者が抱く印象を調査する。

第 4 章

評価実験

今回、評価実験は、4つの手順に分けて実施する。まず初めに全ての基本となるモデルを使用した実験を実施し、意図した感情を読み解くことができるか調査する。次に基本のモデルのパラメータを変更することで、どの範囲までその印象を与えることができるか調査する。具体的には次節で示す Fig.4.3 と Fig.4.4 のモデルの内、Agent2 の動作開始時刻と動作速度を変更し調査する。そして、ある特定の動作を追加した基本のモデルを使用することで被験者の印象が変化するか確認する。最後に追加した動作のパラメータを変更し、どのモデルが最適か調査する。

今回、新型コロナウイルス感染症に配慮し、メールを使用したオンラインでの評価実験を実施した。手順として、まず実験に参加する被験者に対して、PC 上で実施することのみを説明し、Microsoft PowerPoint から作成したプレゼンテーション資料と Microsoft Word から作成した回答用紙をメールにて送付する。次に被験者各自がプレゼンテーション資料上に書かれている指示に従い、プレゼンテーション資料上の動画を見た後、回答用紙に回答を記入する。この時、被験者が実験を実施している例を、Fig.4.1 に示す。その後、被験者が回答を最後返送することで、実験が終了する流れとなる。今回プレゼンテーション資料上に指示を書いた理由は、直接被験者に説明する場合、人によって説明が変化してしまうことを防ぐためである。そのため、被験者に対して、私が直接説明することはない。またプレゼンテ

シオン資料上に掲載した動画の一例を Fig.4.2 に示す .



Fig. 4.1 Condition of an experiment

4.1 基本モデルの実験

本節で使用する動作モデルを Fig.4.3 と Fig.4.4 に示す . Fig.4.3 は Agent1 が右へ動作開始後 , Agent2 も左に動作開始するものであり , 最終的にお互いが接近するというモデルとなっている . このモデルは , Agent 同士が仲が良いため , Agent1 の接近に合わせ , Agent2 も近寄るという印象を被験者が持つように設計した .

また Fig.4.4 は , Agent1 が右へ動作開始後 , Agent3 も同様右へ動作開始するものであり , 常に一定の距離を置くものとなっている . このモデルは , Agent 同士の仲が良くないため , Agent1 が接近に合わせ Agent3 が離れたという印象を被験者が持つように設計した .

被験者として , 20 代の成人男性 6 名と成人女性 2 名の計 8 名で検証した . 実験内容の指示を Fig.4.5 に示す . 本実験では , 被験者は , Fig.4.6 に示す回答用紙に動作モデルを見た第一印象を記入し , それを元に評価する .

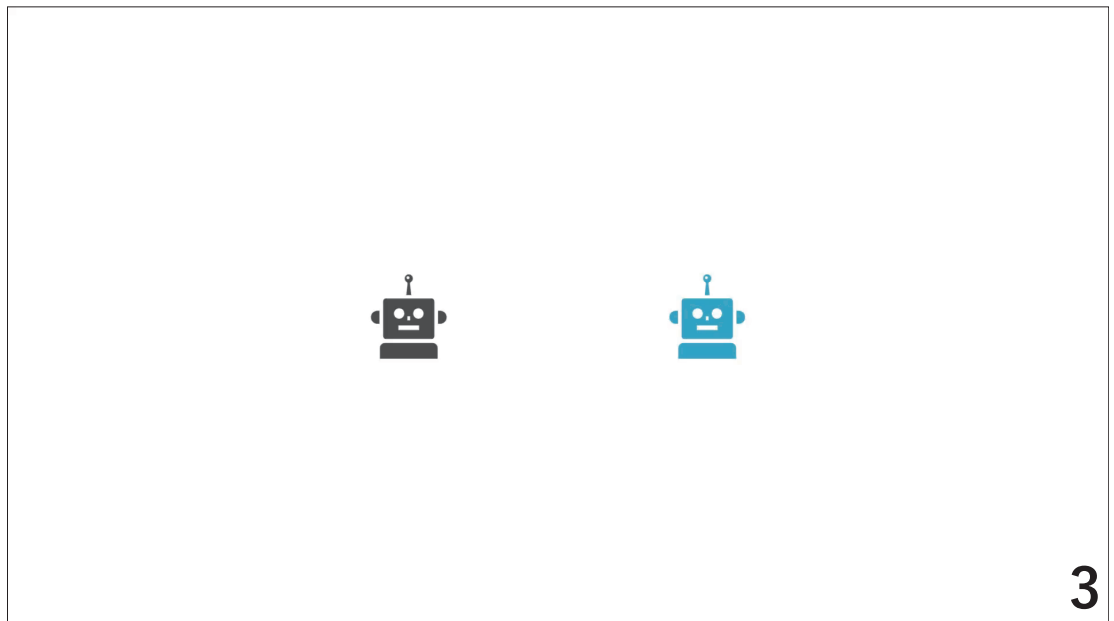


Fig. 4.2 An example of a movie on the presentation material

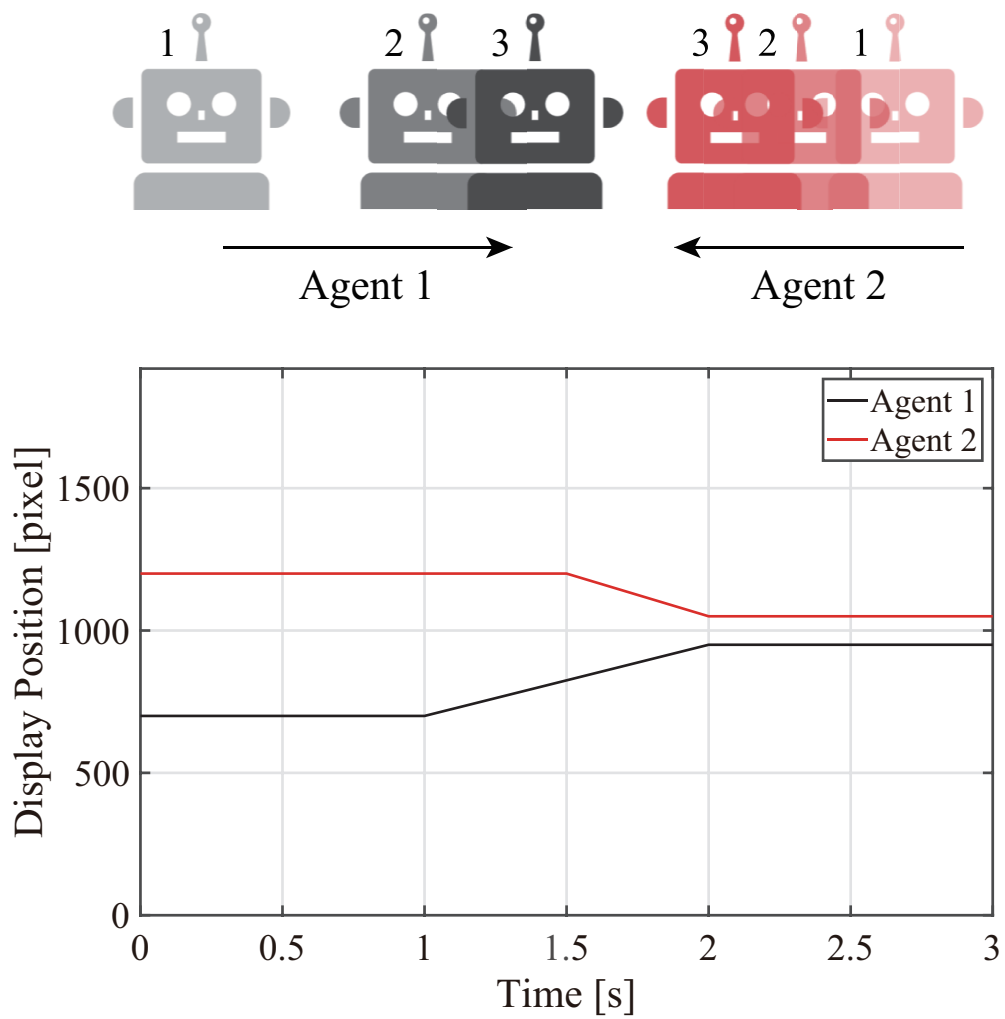


Fig. 4.3 The basic model of "friendly"

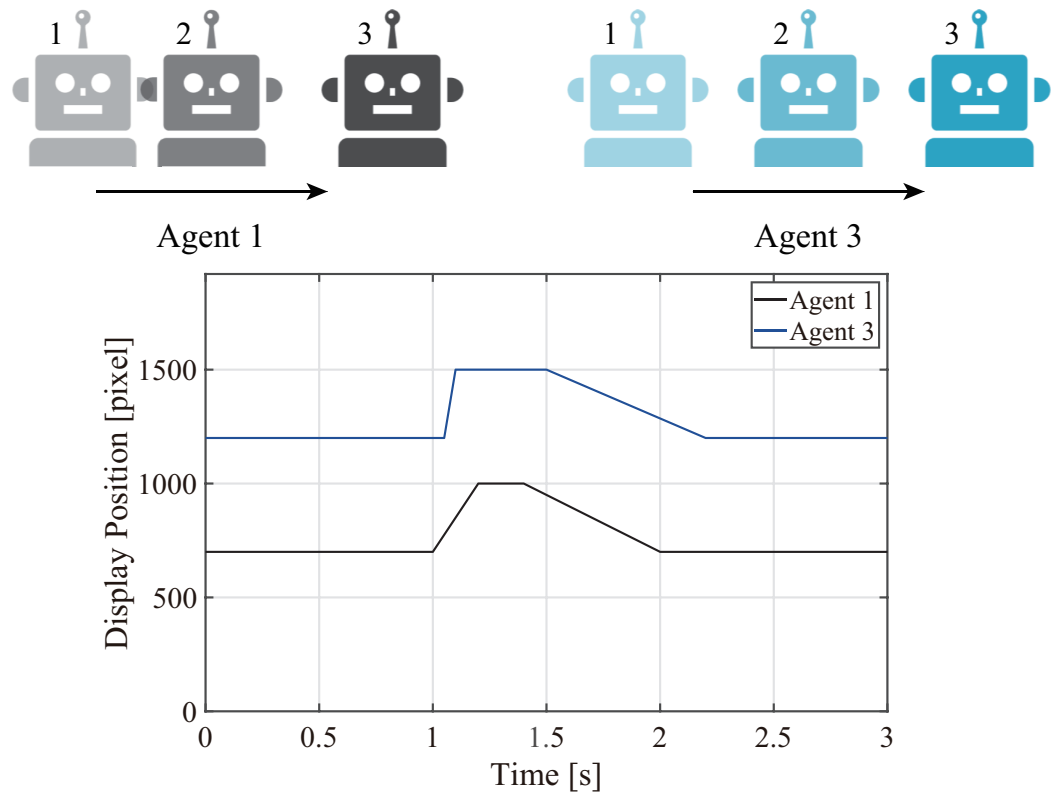


Fig. 4.4 The basic model of "unfriendly"

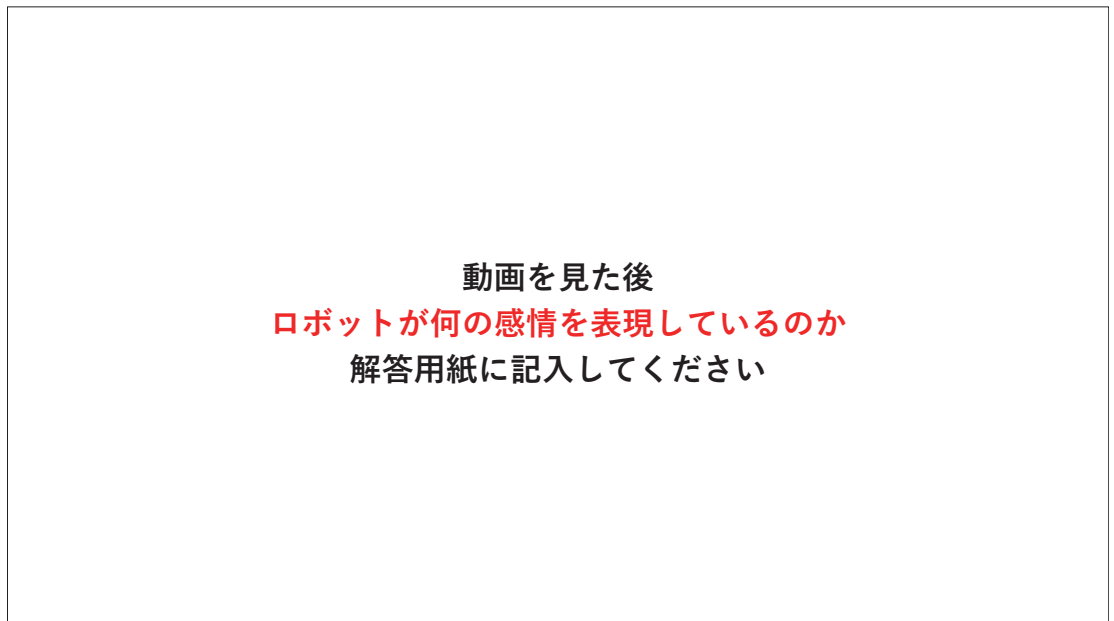


Fig. 4.5 Explanation of experiment with the basic model

実験 1

日付：
整理番号：

パワーポイントに表示したロボットの動作は何を表現しているのか、またその理由を記入してください。

Fig. 4.6 Answer of the basic model

4.2 基本モデルの実験結果

Fig.4.3 の動作モデルの実験結果を Table 4.1 に，Fig.4.4 の動作モデルの実験結果を Table 4.2 に示す．

Table 4.1 Result of the basic model of "friendly"

No.	First impression
Subject1	Mutual love
Subject2	Reunion after a long absence
Subject3	Friendly
Subject4	Friendly
Subject5	Agents show friendly
Subject6	Friendly
Subject7	Good feeling
Subject8	Good relationship

Table 4.1 では，Agent 同士が仲が良いという印象を持つように設計した．実験結果においても，「Friendly」，「Good feeling」という印象を持った被験者が多く存在し，意図通りの印象を持たせることができた．また被験者 2 から「Reunion after a long absence」という印象が得られたが，この印象は，久しぶりに会ったので近づいたという印象に他ならないので，他の被験者の結果と大きな違いはない．

Table 4.2 では，Agent3 が Agent1 を避けているという印象を持つように設計した．実験結果においても，「Agent 3 avoids Agent 1」，「Agent 3 is running away from Agent 1」という印象をほぼ全ての被験者が抱いた．また被験者 3 から「Agent 1 is attacking Agent 3」という印象が得られた．この理由は，Agent1 の攻撃により Agent3 がのけぞっているように見えたと答えた．一見違う印象のように思うが，敵対関係にあると考えられるので，問題はないと考える．

Table 4.2 Result of the basic model of "unfriendly"

No.	First impression
Subject1	Agent 3 avoids Agent 1
Subject2	Agent 3 is running away from Agent 1
Subject3	Agent 1 is attacking Agent 3
Subject4	Agent 3 feel fear and take avoidance action
Subject5	Agent 3 avoids Agent 1
Subject6	Agent 3 doesn't want Agent 1 to approach
Subject7	Avoiding
Subject8	Agent 3 avoids Agent 1

そのため、どちらのモデルにおいても、被験者に意図した通りの印象を持たせることに成功したと考える。

4.3 動作変更モデルの実験

本節では、Section 4.1 で示した動作モデル中のパラメータを変更し、どの範囲まで同じ印象を与えることができるか調査する。本節で使用する動作モデルを Fig.4.7 と Fig.4.8 に示す。今回、Agent2,3 の動作開始時刻と動作速度を変更することで、それらの影響により印象に変化が現れるか調査する。

具体的に Fig.4.7 中の Agent2' と表示されている "friendly" の動作変更モデルは、"friendly" の基本モデルの動作開始時刻である 1.5[s] の位置から 0.3[s] 遅くしたものである。同様に Fig.4.8 中の Agent3' も "unfriendly" の基本モデルの動作開始時刻である 1.1[s] の位置から 0.3[s] 遅くしたものである。このように動作開始時刻を各々の基本モデルを基準にし変化させる。

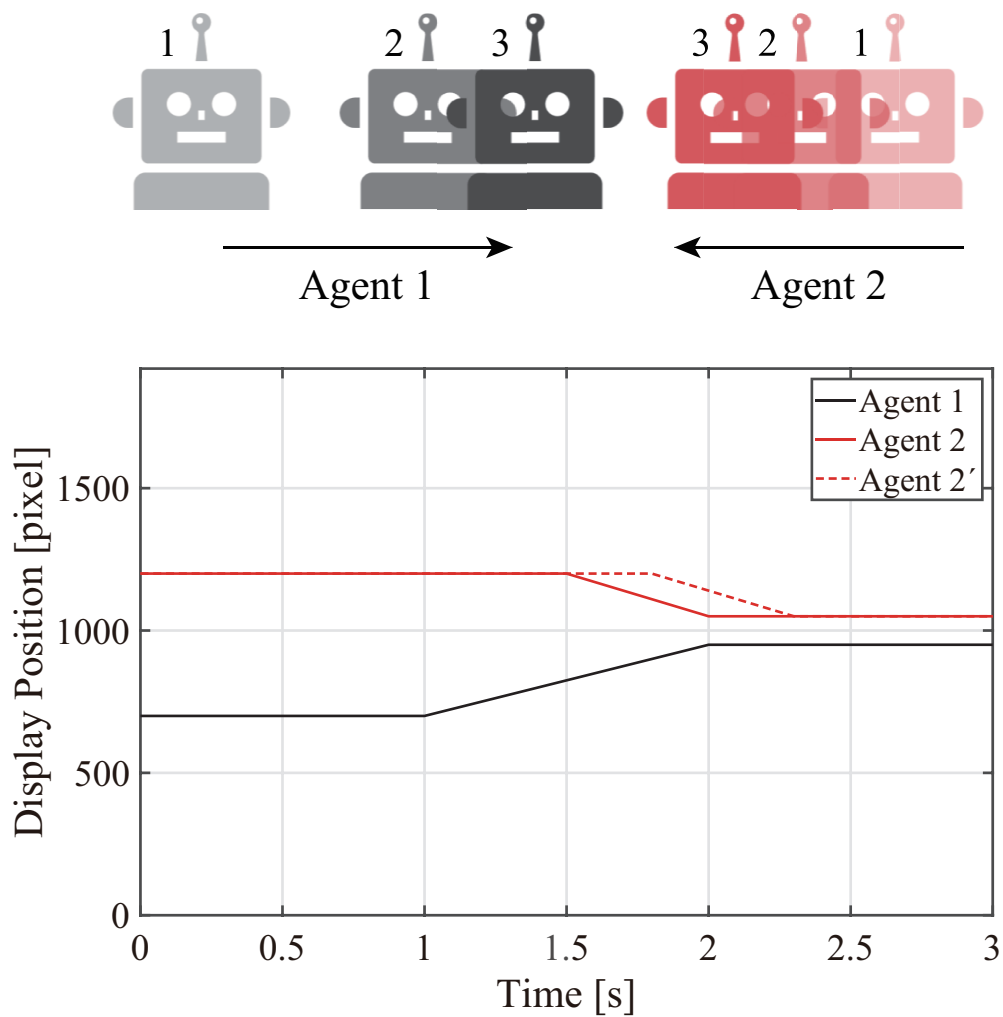


Fig. 4.7 A change model of "friendly"

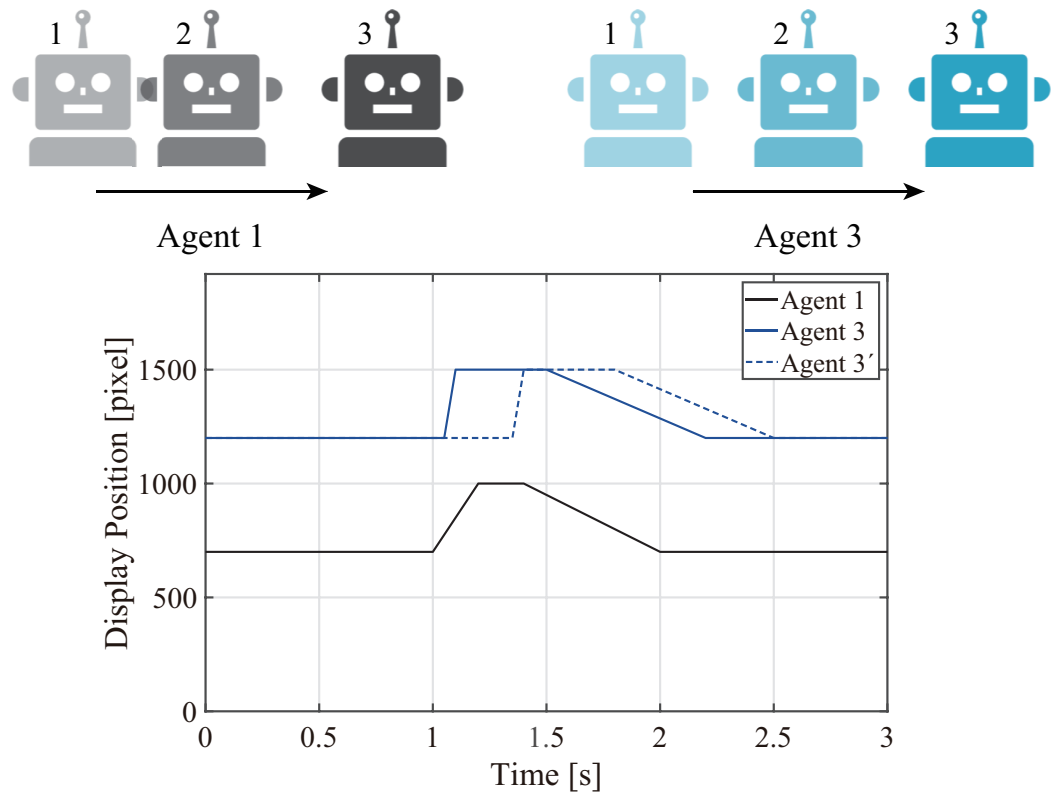


Fig. 4.8 A change model of "unfriendly"

また動作速度は，どちらのモデルにおいても基本モデルの動作開始時刻の位置を基準に動作終了時刻を変え，モデルを変化させる．

その結果，Section 4.6 から印象が変化するか調査する．今回，Fig.4.7 において，動作開始時刻は基本のモデルから $-0.4[s]$ ， $-0.3[s]$ ， $-0.2[s]$ ， $-0.1[s]$ ， $0[s]$ ， $0.1[s]$ ， $0.2[s]$ ， $0.3[s]$ ， $0.4[s]$ ， $0.5[s]$ ， $0.6[s]$ ， $0.7[s]$ 遅くした 12 個の条件と動作速度を 3 倍速，2 倍速，0.75 倍速，0.5 倍速にした 4 個の条件の計 16 個の条件で実験した．また Fig.4.8 において，動作開始時刻は基本のモデルから $0[s]$ ， $0.1[s]$ ， $0.2[s]$ ， $0.3[s]$ ， $0.4[s]$ ， $0.5[s]$ 遅くした 6 個の条件と動作速度を 0.75 倍速，0.5 倍速，0.25 倍速にした 3 個の条件の計 9 個の条件で実験した．

被験者として，Section 4.1 で印象を読み取ることができた 20 代の成人男性 6 名と成人女性 2 名の計 8 名で検証した．”friendly”のモデルにおける実験内容の指示を Fig.4.9 に示す．本実験では，被験者は，Fig.4.10 に示す回答用紙に印象が変化した箇所，その変化した理由を記入する．また”unfriendly”のモデルにおける実験内容の指示，回答用紙は，Fig.4.9，Fig.4.10 中の実験 1 が実験 2，実験 3 が実験 4 に変化し，また解答欄の数が 9 個になる．

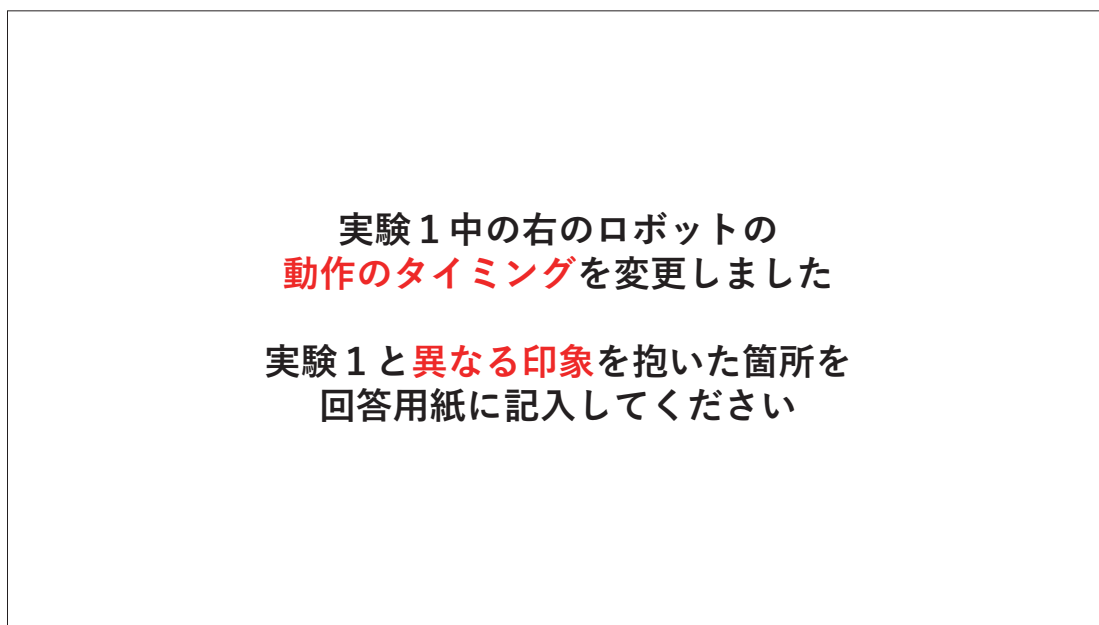


Fig. 4.9 Explanation of experiment with the change model

実験 3			
		日付：	
		整理番号：	
実験 1 のロボットの動作を変更しました。			
印象が変化した箇所を記入してください、また理由も記入してください。			
1.	変化した	・	変化していない
2.	変化した	・	変化していない
3.	変化した	・	変化していない
4.	変化した	・	変化していない
5.	変化した	・	変化していない
6.	変化した	・	変化していない
7.	変化した	・	変化していない
8.	変化した	・	変化していない
9.	変化した	・	変化していない
10.	変化した	・	変化していない
11.	変化した	・	変化していない
12.	変化した	・	変化していない
13.	変化した	・	変化していない
14.	変化した	・	変化していない
15.	変化した	・	変化していない
16.	変化した	・	変化していない

Fig. 4.10 Answer of the change model

4.4 動作変更モデルの実験結果

まず初めに動作開始時刻を変化させた実験結果を Table 4.3 と Table 4.4 に示す .

Table 4.3 Result of a start time change model of "friendly"

No.	Not change in impression	Change in impressio
Subject1	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s]	0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]
Subject2	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject3	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject4	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject5	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject6	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject7	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None
Subject8	-0.4[s], -0.3[s], -0.2[s], -0.1[s], 0[s], 0.1[s] 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s]	None

Table 4.3 に関して , "friendly" の基本モデルから 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s], 0.6[s], 0.7[s] の動作開始時刻を変更した場合 , 被験者 1 は印象が変化することが確認できた . しかし , 残りの被験者においては Table 4.3 から分かるように動作開始時刻を変化したことによる印象の変化はないという結果が得られた .

Table 4.4 Result of a start time change model of "unfriendly"

No.	Not change in impression	Change in impressio
Subject1	0[s], 0.1[s], 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]	None
Subject2	0[s], 0.1[s], 0.2[s]	0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]
Subject3	0[s], 0.1[s], 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]	None
Subject4	0[s], 0.1[s], 0.2[s], 0.3[s]	0.4[s], 0.5[s]
Subject5	0[s], 0.1[s], 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]	None
Subject6	0[s], 0.1[s], 0.2[s]	0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]
Subject7	0[s], 0.1[s], 0.2[s], 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]	None
Subject8	0[s], 0.1[s], 0.2[s]	0.3[s], 0.4[s], 0.5[s]

この違いについて，被験者 1 は，Agent2 の近づくタイミングが遅く，Agent1 の動作に仕方なく近寄っている印象を受けたと答えている．そのため，被験者 1 はすぐに動き出さなかったことが仲が良いという印象が変化したポイントと考える．また他の被験者は，最終的に Agent1 と Agent2 が近づいているという動作モデルの結末は変わらないため，仲が良いという印象は変化していないと答えている．

Table 4.4 に関して，被験者 1, 3, 5, 7 は，動作開始時刻の変更による仲が良くないという印象の変化はないことが確認できる．この理由として，被験者 1, 3, 5, 7 は Agent1 と Agent3 は最終的に距離をとって離れていることに変わらないため，印象が変化していないと答えている．

しかし，被験者 2, 4, 6, 8 では，動作開始時刻が"unfriendly"の基本モデルから 0.3[s], 0.4[s], 0.5[s] 変更したモデルにおいて仲が良くないという印象が変化することが確認できる．"unfriendly"の基本モデルから 0.3[s] 変化させた場合，Fig.4.8 中の基本モデルから 0.3[s] 変化させた Agent3' の動作から分かるように Agent1 と Agent3 が最接近後に動作することとなる．そのため，被験者 2, 4, 6, 8 は，この Agent 同士の接近を Agent3 が Agent1 の接近を許したと捉え，仲が良くないという印象が変わったと答えている．またその後の Agent3

の動作は、理由もなく移動しているという印象を抱いたようだ。

次に動作速度を変化させた実験結果を Table 4.5 と Table 4.6 に示す。

Table 4.5 Result of a moving velocity change model of "friendly"

No.	Not change in impression	Change in impression
Subject1	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed	0.5 double speed
Subject2	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject3	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject4	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject5	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject6	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject7	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None
Subject8	3 double speed, 2 double speed 0.75 double speed, 0.5 double speed	None

Table 4.5 に示すように Agent2 の 0.5 倍速において、被験者 1 は印象が変化したと答えている。この理由として、被験者 1 は動作開始時刻変更モデルの結果と同様に Agent2 が Agent1 にすぐに近づかないことを挙げている。Agent1 の接近する動作に対して、仕方なく近寄っているような印象を受け、仲が良いように見えないと答えている。またその他の被験者は、3 倍速、2 倍速、0.75 倍速、0.5 倍速の全ての倍速において、印象が変化していないこ

Table 4.6 Result of a moving velocity change model of "unfriendly"

No.	Not change in impression	Change in impression
Subject1	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject2	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject3	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject4	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject5	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject6	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject7	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None
Subject8	0.75 double speed, 0.5 double speed 0.25 double speed	None

とが確認できる．この理由も動作開始時刻変更モデルの結果と同様に Agent1 と Agent2 が最終的に接近していることから仲が良いという印象は変わらないと答えている．

Table 4.6 に関して，全ての被験者は，Agent3 の動作を 0.75 倍速，0.5 倍速，0.25 倍速した場合においても印象が変化していないことが確認できる．被験者は，全て避けているように見え，何も変わらないという意見がほとんどだった．このような意見の理由として，Agent3 の動作開始時刻は変化しておらず，Agent1 とほぼ同時に動作したことが一因だと考えられる．そのため，Fig.4.4 のモデルでは，Agent3 の動作速度による影響はないと考えられる．

これらの結果から，モデルの印象への影響は，動作速度は小さく，動作開始時刻が大きいと考えられる．その際，印象が変化している動作は，Agent1 の動作に対して，Agent2，3 が反応しているように見えなかった場合である．そのため，2 台以上を使用した動作モデルを作成する際，ある動作に対する反応動作として人が観測することができるモデルを設計する必要があると考える．

4.5 ”気づき”追加モデルの実験

本節では，新たに Section 4.1 で示した動作モデルに「気づき」と見ることができる動作を追加し，2 つの印象を持つように設計したモデルの印象が基本モデルと変化するか調査する．本節で使用する動作モデルを Fig.4.11 と Fig.4.12 に示す．本実験では，Agent2 が Agent1 の接近に気づく必要があるため，Agent1 が Agent2 に近づき一定時間止まることを繰り返し，途中で Agent2，3 が気づいた動作と反応動作をするモデルとなっている．

被験者として，Section 4.1 で印象を読み取ることができた 20 代の成人男性 2 名と成人女性 1 名の計 3 名で検証した．実験内容の指示を Fig.4.13 に示す．本実験では，被験者は，Fig.4.14 に示す回答用紙に動作モデルを見た感想を記入し，それを元に評価する．

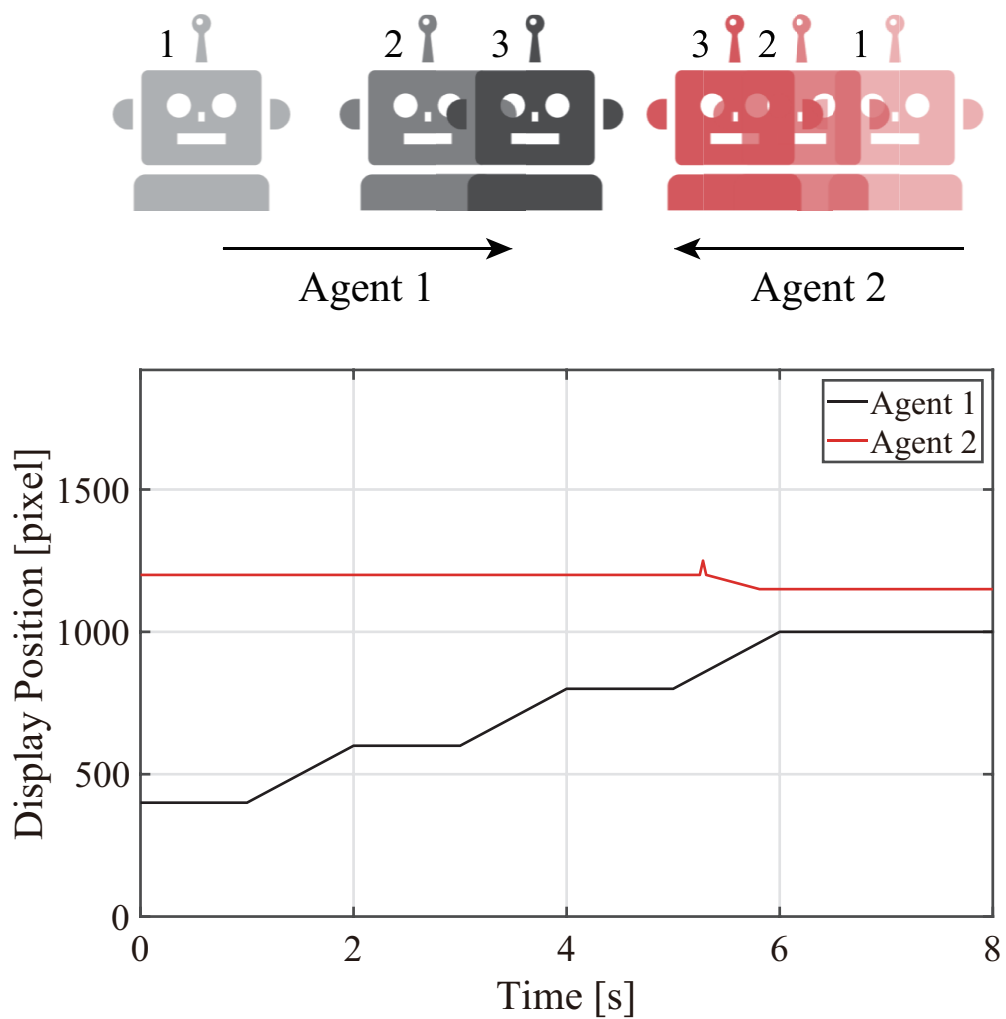


Fig. 4.11 The aware model of "friendly"

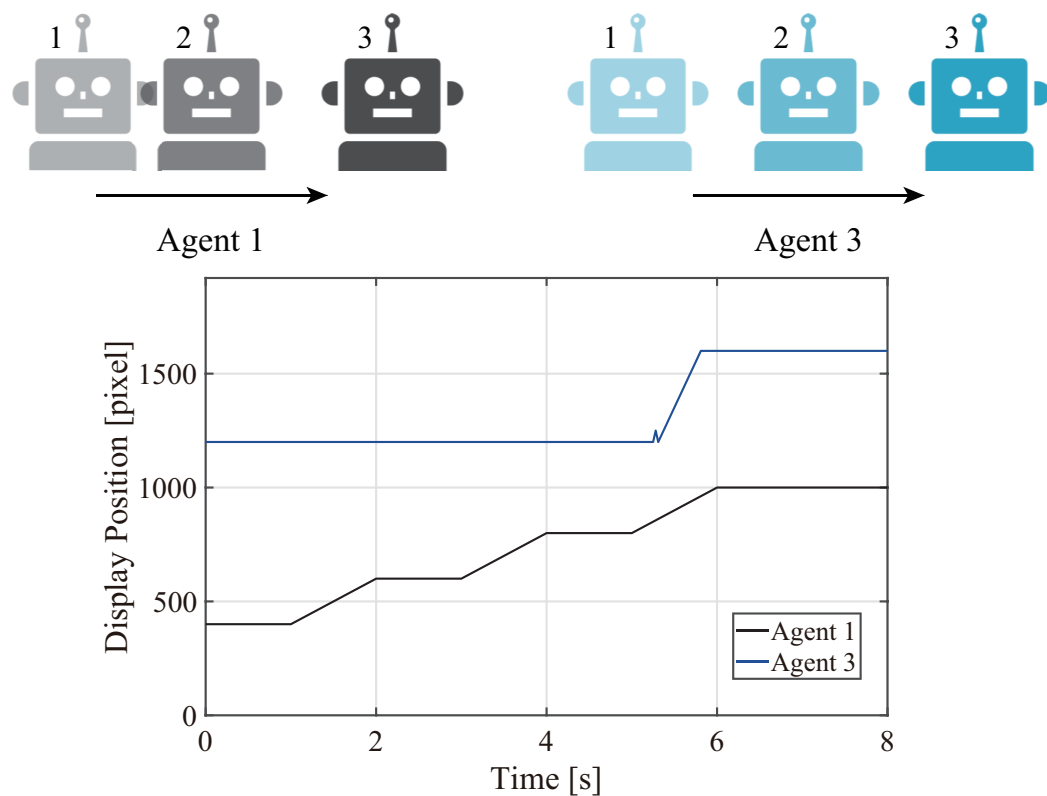


Fig. 4.12 The aware model of "unfriendly"

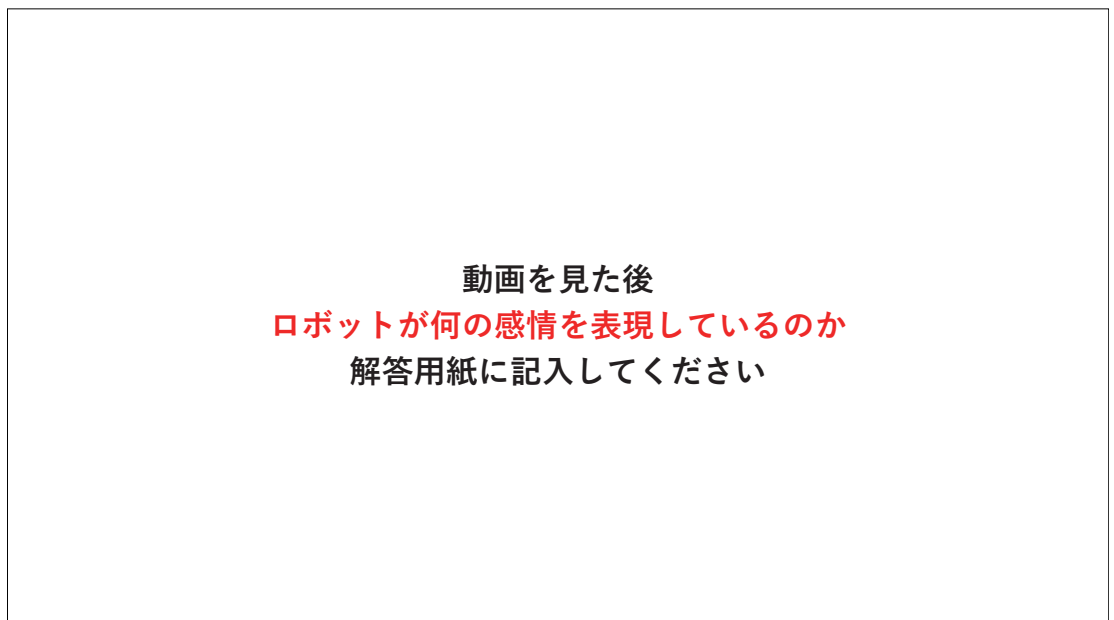


Fig. 4.13 Explanation of experiment with the aware model

実験 5

日付：
整理番号：

パワーポイントに表示したロボットの動作は何を表現しているのか、またその理由を記入してください。

Fig. 4.14 Answer of the aware model

4.6 ”気づき”追加モデルの実験結果

被験者 3 人の”friendly”の”気づき”追加モデルに対する印象を Table 4.7 に示し, ”unfriendly”の”気づき”追加モデルに対する印象を Table 4.8 に示す.

Table 4.7 Result of the aware model of ”friendly”

No.	Subeject's impression
Subject1	Agent2 doesn't dislike Agent1 because it's approaching the moment it awares Agent1
Subject2	Agent2 awares Agent1 and is approaching
Subject3	I felt friendly because Agent2 is approaching the motion of Agent1

Table 4.8 Result of the aware model of ”unfriendly”

No.	Subeject's Answer
Subject1	Agent3 dislikes Agent1 because it's away the moment it awares Agent1
Subject2	Agent3 awares Agent1 and runs away
Subject3	Agent3 avoids Agent1

Table 4.7 について, 被験者 1, 2 は「Agent2 が Agent1 に気づく」という動作を理解することができ, また Agent 同士がお互いに近づいているということもモデルから理解している. しかし, Section で答えている仲の良い印象を持ったということは回答することはなかった. また被験者 3 は, 「Agent2 が Agent1 に気づく」という動作が何か分からなかったが, 「friendly」と答えているので, 仲が良いという印象は変わることはなかったようだ.

Table 4.8 について, 被験者 1, 2 は「Agent3 が Agent1 に気づく」という動作を理解し,

また「dislikes」、「runs away」という回答を得られた。そのため、被験者 1, 2 は今回意図している 2 つの印象を持つことができた。しかし、Table 4.7 と同様に被験者 3 は「Agent3 が Agent1 に気づく」という動作が何か分からなかったが、「Agent3 avoids Agent1」と答えていることから仲が良くないという印象は変化していない。

今回、2 つの印象を持たせたモデルを使用する実験を実施した。「friendly」の「気づき」追加モデルでは、2 人の被験者は「気づき」の動作を理解することができたが、基本モデルで答えた印象を持つことが出来なかった。また 1 人の被験者は「気づき」の動作を理解できなかったが、基本モデルで答えた印象を持つことが出来た。そのため、2 つの意図が分かるように動作モデルを改修することが必要だと考えられる。また「unfriendly」の「気づき」追加モデルでは、全ての被験者は、基本モデルで答えた印象を持つことも出来た。しかし、1 人の被験者は「気づき」の動作を理解することはできなかった。そのため、今後モデルを使用した実験を通して、どちらが多いか確認する必要がある。

第 5 章

まとめ

本研究目的は，なるべく多くの人を読み取ることができる 2 つの Agent を使用した動作モデルを設計することである．そのため，2 つの制約条件を設けることで探索範囲を狭くし，動作モデルを提案した．このモデルを使用した実験から被験者に好意と敵意の印象を与えることを確認することができた．またパラメータを変更した追加実験において，被験者の意見が食い違うことが確認でき，今後被験者を増やした調査を実施する必要があると考えられる．また気づきの動作をモデルに組み込み実験した際，被験者はどちらかの意図だけ気づくことが確認された．そのため，動作モデルを改善することで改修を図り，説明なしで大多数の人が理解することができるモデルを構築する必要がある．

今後の展望として，作成したモデル単体で語学学習に使用できるが，今後ほかの内容と組み合わせることでより効果的な学習が期待できると考えられる．

参考文献

- [1] S. Yagi , Y. Nakata , Y. Nakamura and H. Ishiguro , Perception of Emotional Expression of Mobile Humanoid Robot Using Gait-Induced Upper Body Motion , IEEE Access , vol.9 , pp.124793 ~ 124804 , 2021
- [2] 佐竹 聡 , 神田 崇行 , Dylan F.Glas , 今井 倫太 , 石黒 浩 , 萩田 紀博 , 対話ロボットの人間へのアプローチ方法 対話ロボットの対話開始に対する戦略 , 日本ロボット学会誌 , Vol.28 , No.3 , pp.327 ~ 337 , 2010
- [3] 高杉 将司 , 吉田 祥平 , 沖津 健吾 , 横山 正典 , 山本 知仁 , 三宅 美博 , コミュニケーションロボットとの対話における交替潜時長と顔き先行時間長の影響評価 , 計測自動制御学会論文集 , Vol.46 , No.1 , pp.72 ~ 81 , 2010
- [4] 竹内 将吾 , 酒井 あゆみ , 加藤 昇平 , 伊藤 英則 , 対話者好感度に基づく感性会話ロボットの感情生成モデル , 日本ロボット学会誌 , Vol.25 , No.7 , pp.1125 ~ 1133 , 2007
- [5] 垣尾政之 , 宮下敬宏 , 光永法明 , 石黒浩 , 萩田紀博 , 倒立振子移動機構を持つ人型ロボットの反応動作の違いが人に与える印象の変化 , 日本ロボット学会誌 , Vol.28 , No.9 , pp.1110 ~ 1119 , 2010

謝辞

本研究を遂行するにあたり，装置設計のご助言に至るまでご指導ご鞭撻を賜りました知能ロボティクス研究室 松井博和 先生に対して，深く感謝いたします．

本論文をまとめるにあたり，知能ロボティクス研究室 加藤典彦 准教授からご助言を頂き，謹んで感謝の意を表します．

本研究に際して，様々なご指導を頂きました知能ロボティクス研究室 矢野賢一 教授に対して深謝いたします．

また，本研究を進めるにあたり，知能ロボティクス研究室の諸氏の感謝いたします．