

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：13701

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2017～2019

課題番号：16KK0004

研究課題名（和文）相対エージェンシー理論に基づく人間関係制御手法の開発（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Development of human relationship control method based on relative agency theory
(Fostering Joint International Research)

研究代表者

寺田 和憲 (Kazunori, Terada)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：30345798

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,500,000円

渡航期間： 12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では、二者間の関係を自己利益と他者利益の相対量によって相対化し、情動に影響を与える信号である、言語情報、行動、表情が人間関係に与える影響のモデル化を行った。研究によって、人が相手の表情を観察することで、相手の意図を推論する情報処理過程をベイズ推論でモデル化できることがある程度妥当であることが分かった。またアバターを介したインタラクションにおいて、アバターの振舞いに表情および民族性を付加することで、非好意バイアスが改善されるが確認された。また、個人の社会的価値指向性の違いによって、言語情報、行動、非言語情報の情報処理に違いがあることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、人が対人関係において、言語情報、行動、表情、民族性などをどのように情報処理をしているかを明らかにしたことで、人の社会的知性の解明という科学目標の達成に寄与した。また、この知見を工学的に応用することで、ひきこもりなどの対人関係不全を解消するための人間関係を制御するシステムの実現に繋げ、クオリティ・オブ・ライフの高い社会の実現に寄与する。

研究成果の概要（英文）：In the present study, we use a model in which relationship between two parties is defined by relative amount of self-interest and others' interest and investigated the influence of affective signals including verbal information, actions and facial expressions on human relationship. We showed that modelling the information processing of facial expression to infer other's intention by using Bayesian inference is reasonable. In addition, we confirmed that adding facial expressions and ethnicity to the behavior of avatars that are used as communication media improve non-favoritism bias. Furthermore, we showed that difference in the social value orientation of individuals predicts the difference in the information processing of verbal, behavioral, and nonverbal information.

研究分野：認知科学

キーワード：感情 認知モデル 協力

1. 研究開始当初の背景

平成 22 年 2 月に内閣府が行った調査によると、全国のひきこもりの子ども・若者は約 70 万人に上り、30 歳代で長期にわたってひきこもっているケースが数多く見られるという。また「コミュ障」という言葉がインターネット上で定着するなど、対人関係不全が社会問題化しつつあり、その対策は急務である。近年、仮想現実や拡張現実、ロボットを用いて対人関係不全を解消するための情報機器が提案されているが、それらの試みは始まったばかりである。

対人関係不全を引き起こす原因の一つとして重要視されるのが、視線や表情、対人距離、身体的同調などの、情動に影響を与える非言語情報（社会情動信号）の過多や過少である。なお、本研究では、社会情動信号を、視覚、聴覚、触覚、嗅覚の感覚器官を通じて脳に入力され、情動反応を引き起こす非言語情報のうち、社会構成員の水平（配偶者、集団内の協同）関係と垂直（親子、集団内の支配）関係を構築、維持するためにやりとりされるものと定義する。非言語情報の過少が引き起こす現象に、インターネットなどの非対面状況で起こる「フレーミング（罵り合い）」がある。この現象は、対面であれば本来認識される、相手の視線や表情などの非言語情報に基づいた微妙な反応や真意が見えないために、相手の反応を無視した情報発信をしてしまうことが原因として考えられる。一方、対面状況においては社会情動信号の過多が問題を発生させる。その一つが社交不安である。社交不安とは「未知の人前に晒されること、多人数の前での行動に対して恐れを感じること」や「自分の取る行動が変に思われることを恐れること」などである。しかし、社会情動信号がどのように情動に影響を与えるのか、また社会情動信号をどのように制御すれば情動反応を制御できるかは明らかになっていない。

我々はこれまでに、コミュニケーションチャネルから人らしさを減ずる「脱エージェンシー」という概念を提案してきた。エージェンシーとは行為主体性、意図性、生物性から感じられる「人らしさ」を総称する抽象概念である。我々は、脱エージェンシーを実現する装置として、物理的に同一空間に居ながら、相手の顔にモザイク画像処理などを施すことで表情や視線の詳細を見えにくくしたり、相手の顔を異なる人物やキャラクタの顔に置き換えることで、対面状況におけるエージェンシーを制御することができる Mobile Personal Space を開発した (Terada & Hara, 2017)。情報機器を用いた対人関係の制御についてはまだ試みが始まったばかりで、問題の体系化や制御方法の理論化がなされていない。また、対人関係不全の問題は要因が複合的であるために特定の状況を想定した対処療法的な研究になりがちである。

2. 研究の目的

本研究では、脱エージェンシーの概念を相対エージェンシーとして発展させ、心理学の理論として確立し、相対エージェンシー理論に基づく人間関係制御手法の工学的実装を行うことを目的とした。より具体的には、以下の副目標を設定し、研究を行った。

(1) 意図は様々な行動を出力する起源として他者および自身に帰属される心的状態である。意図が多数の行動を出力すると想定されていることから、観察した行動から一意的に意図を推定することは難しい。しかし、人は日常的にこの問題を容易に解いていると思われる。我々は、人が意図と状況に対する表出表情に関する知識を持っており、その知識を利用したベイズ推論を逐次に行うことによって意図を推定していると考え、協力行動がより高い利益を生み出す一方で、協力行動が搾取され得る非ゼロ和ゲーム的な社会においては、搾取を避けながらいかに協力的な関係を維持するかが重要な課題である。敵対者と協力者を見分けるためには性格特性や評判、意図、発話、表情が用いられる。我々は、非ゼロ和ゲーム的な状況において、人が状況と相手の表情を用いて逐次に相手の意図（協力的か競争的）を推論していると考え、繰り返し囚人のジレンマを用いた実験によって検証した。具体的には、表情 ED と状況 S が与えられた場合の人の意図 I の推論は次式のように、意図、状況が与えられた場合に表情が表出される程度についての知識 $p(ED|I, S)$ を用いたベイズ推論を逐次に行うことによって実現されとる考えた。

$$p(I|ED, S) \propto p(ED|I, S) \times p(S) \times p(I)$$

(2) 非ゼロ和ゲーム社会において、協力はより高い利益を発生させるが、容易に搾取される。したがって社会構成員にとって搾取を避けながら、相手と協力的な関係を構築することが重要な課題となる。協力者を同定するために、人は言語、非言語情報を用いるが、その中でも評判はインタラクションの前に用いられ、表情はインタラクション中に用いられる点で相補的な役割を持つために重要である。しかし、これらの情報がどのように処理されるかは個人の社会的価値指向性に依存する。多くの研究によって個人の社会的価値指向性（Social Value Orientation: SVO）がその人が協力的に振る舞うか否かを予測することを示している。向社会的な人は協力的であるが、向自己的な人は非協力的である。協力するか否かの傾向は、社会的価値指向性の違いから発生する他者に対する予測の違いによって説明可能である。向社会的な人は向自己的な人よりも他者の協力を期待する。しかし、他者も向社会的であるというナイーブな予測は向自己的な他者からの容易な搾取へつながる。そのために、向社会的な人は相手が向自己的かかもしれないという可能性を考慮に入れた、ヘテロな視点を持つ必要がある。向社会的な人がヘテロな視点を持っていることを報告した研究は多いが、評判と表情が社会的価値指向性の違いによってどのように処理されているかについての調査はほとんどない。そのために、本研究では、非ゼロ和ゲームにおいて、社会的価値指向性が評判と表情の情報処理にどのように影響を与えるかを明らかにす

ることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) まず、人が持っている知識 $p(ED|I, S)$ を取得する実験(実験1)を行った。ここで $ED = \{Joy, Anger, Sadness, Regret, Neutral\}$, $I = \{Cooperate, Compete\}$, $S = \{CC, CD, DC, DD\}$ とした。なお、 S の要素は囚人のジレンマにおける4種類のゲーム結果で、 C は協力、 D は裏切りの選択をあらわす。また、1番目を実験参加者の選択、2番目を相手の選択とする。Amazon MTurk と Yahoo!クラウドソーシングを通じて203人が実験に参加した。実験参加者には囚人のジレンマゲームを投資ゲームとして説明した。選択肢は表1に示すように、協力、裏切りではなく、青プロジェクト、緑プロジェクトへの投資とした。クイズを通じて、投資ゲームにおける協力、裏切りおよび協力(Cooperate)的意図と競争(Compete)的意図について理解したことを確認した。



(a) Joy (b) Anger (c) Sadness (d) Regret (e) Neutral

図1 エージェントの表情

表1 投資ゲームの利得表

		エージェント	
		緑プロジェクト	青プロジェクト
実験参加者	緑プロジェクト	エージェント: 5 実験参加者: 5	エージェント: 7 実験参加者: 2
	青プロジェクト	エージェント: 2 実験参加者: 7	エージェント: 4 実験参加者: 4

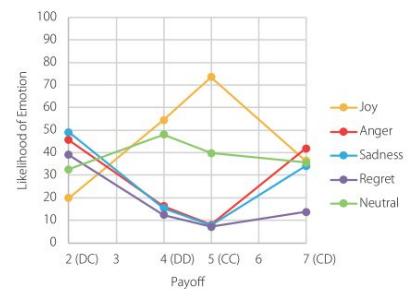
その後、相手エージェントの意図とゲーム結果を提示し、その状況においてエージェントの表情表出がどの程度期待されるかを感情ごとにスライダーバーを用いて100段階で回答することを求めた。感情に対する表情は図1に示すエージェントの表情を提示することで示した。

次に、繰り返し囚人のジレンマの各ラウンドの後にエージェントが表出する表情によってエージェントの意図を実験参加者が推定できるかどうかを調べる実験を行った(実験2)。協力率の推移を、実験1で獲得した表情出力についての尤度モデル $p(ED|I, S)$ を用いて予測できるかどうかの検討を行った。Amazon MTurk を通じて656人が実験に参加した。実験参加者はオンライン上の他者とアバターを通じて20ラウンドの囚人のジレンマゲームを対戦すると教示されたが、実際にはしつぺ返し(tit for tat)戦略、2種類のZero-Determinant戦略を取るコンピュータプログラムと対戦した。各ラウンドの後、相手のアバターは協力的、競争的、ニュートラルの3種類のいずれかの表情を表出した。協力的な表情と競争的な表情は実験1の結果に基づいて決定した。協力的な表情では相互協力の後でJoy、裏切った場合にRegret、裏切られた場合にAnger、相互裏切りの場合にNeutralが表出された。競争的な表情では相互協力の後でRegret、裏切った場合にJoy、裏切られた場合にAnger、相互裏切りの場合にNeutralが表出された。ニュートラル表情では常にNeutralが表出された。アバターの通常表情はNeutralなので、ニュートラル条件の場合にはアバターは全く表情を変化させないことになる。

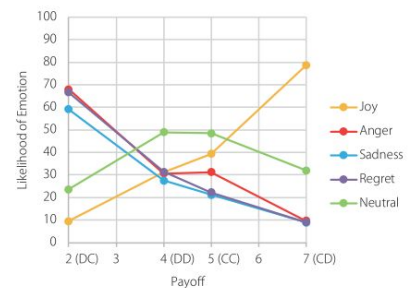
(2) 実験はSVO[向社会的, 向自己的]×評判[協力的, 競争的, 未知]×表情[協力的, 競争的, ニュートラル]の2×3×3の参加者間計画であった。Amazon MTurk を通じて428人が実験に参加した。実験参加者はオンライン上の他者とアバターを通じて20ラウンドの囚人のジレンマゲームを対戦すると教示された。囚人のジレンマゲームに先立ち、実験参加者はSVOスライダーバーを用いて、社会的価値指向性を回答することを求められた。評判要因の協力的水準および競争的水準においては、この回答に基づいて算出された評判が、実験参加者に伝えられると教示を行った。表情の表出パターンは研究(1)と同じであった。

4. 研究成果

(1) 実験1の結果を図2に示す。図の横軸はエージェントが得る利得である。縦軸は横軸のカッコ内に示す状況においてエージェントの表情表出が期待される程度を示す。図より、Cooperate意図とCompete意図で実験参加者が期待する表情が異なることが分かる。例えば、Joyの表情はエージェントがCooperate意図を持っている場合にはCCすなわち相互協力の場合に表出が期待され、エージェントがCompete意図を持っている場合にはCDすなわちエージェントが裏切った状況で表出が期待されることが分かる。また、Cooperate意図の場合には、Neutral以外の表情表出の期待の程度は工



(a) Cooperate 意図の場合



(b) Compete 意図の場合

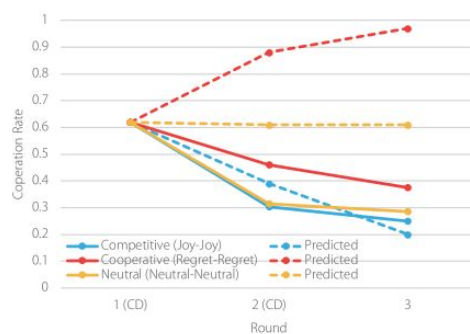
図2 利得と表情の表出されやすさの関係

エージェントの利得に対してU字もしくは逆U字を示している。より詳細には、ポジティブな表情である Joy は相互裏切り (DD) と相互協力 (CC) で表出が期待され、ネガティブな表情である Anger, Sadness, Regret は片方が裏切った場合 (CD と DC) に表出が期待されることが分かる。すなわち、Cooperate 意図の場合には、表情は公平性をコードすると考えられていることが分かる。また、Compete 意図の場合には、Neutral 以外の表情表出の期待の程度はエージェントの利得に対して右上がりもしくは右下がりになっている。より詳細には、ポジティブな感情である Joy はエージェントの利得が高くなるとより期待され、ネガティブな感情である Anger, Sadness, Regret はエージェントの利得が低くなるとより期待されることが分かる。すなわち、Compete 意図の場合には、表情は自己の利得をコードしていると考えられていることが分かる。

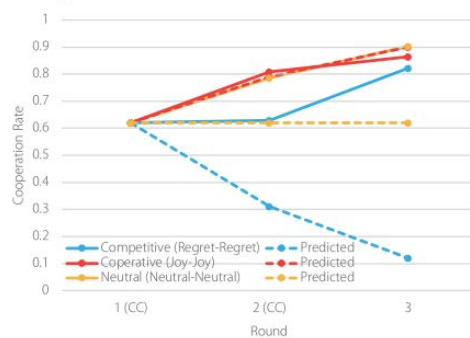
囚人のジレンマゲームでの実験参加者の選択は彼/彼女ら自身の意思によって決定されているために、様々なゲーム結果系列が生成される。本報告では第1, 第2ラウンドともに CD (実験参加者が協力, 相手が裏切り) の場合と第1, 第2ラウンドともに CC (相互協力) の場合に焦点を当てて分析を行った。図3に最初の3ラウンドの協力率の推移について、実測値と実験1で得られた尤度を用いたベイズ更新で求めた予測値を示す。実測値は実線、予測値は破線で示す。青線は協力的な相手アバターが表情を表出した場合、赤線は競争的な表情を表出した場合、黄線はニュートラルな表情を表出した場合である。図3(a)を見ると、競争的表情的場合には実測値と予測値が同じように推移しているが、協力的表情とニュートラル表情の場合には異なることが分かる。CD-CDの系列は、相手が最初の2ラウンド続けて裏切った系列であり、行動から認識される意図は競争だと考えられる。したがって、青線すなわち、行動と表情が競争的で一致している場合にはモデルによって予測が可能であると考えられる。一方で、赤線すなわち、行動が競争的なにもかかわらず、表情が協力的な場合には予測値と実測値で乖離が見られるが、一致の場合やニュートラルの実測値に比べて高い協力率を締めしているため、表情が協力率に影響を与えたものと考えられる。

同様なことは、図3(b)からも分かる。CC-CCの系列は、相手が2ラウンド続けて協力した系列であり、行動から認識される意図は協力だと考えられる。赤線は行動と表情が一致している場合であり、このときに予測値と実測値の一致が見られる。一方で、青系列は2回続けて協力の後に Regret が表出された系列であるが、実測値では、1ラウンド目の Regret は2ラウンド目の協力率に変化を与えず、2ラウンド目では Regret を表出したにもかかわらず、3ラウンド目の協力率が上昇していることが分かる。このことから、CCの後の Regret は実際には Compete の意図の推定に寄与しなかったものと考えられる。

(2) 図4に実験結果を示す。統計分析によって、向社会者は向自己者よりも協力的であること、競争的な相手

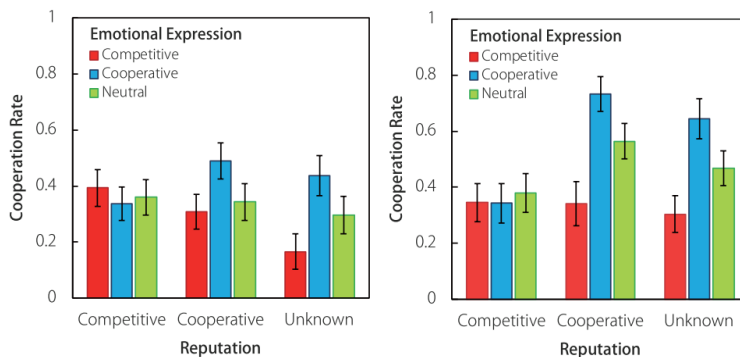


(a) 第1ラウンド CD, 第2ラウンド CD の場合



(b) 第1ラウンド CC, 第2ラウンド CC の場合

図3 囚人のジレンマゲームの最初の3ラウンドの協力率の推移。実測値と予測値の比較



(a) Cooperation rate for proselfs

(b) Cooperation rate for prosocials

図4 実験参加者の協力率。

よりも協力的な相手に対してより協力的になること、相手の表情は協力的、ニュートラル、競争的の順に協力行動を引き起こすことが分かった。また、向社会者は競争的な評判を持つ相手よりも協力的な評判を持つ相手に対してより協力的になることが分かった。また、協力的な表情は協力を引き起こすが評判が協力的または未知であるときに限られることが分かった。

Terada, K. & Hara, T. (2017) Mobile Personal Space: A Personal Space Robot to Assist People with Social Anxiety, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2017 (IROS 2017), 2017, 3134

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Giannopulu Irini, Terada Kazunori, Watanabe Tomio	4. 巻 -
2. 論文標題 Communication using robots: a Perception-action scenario in moderate ASD	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/0952813x.2018.1430865	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ueno Masataka, Hayashi Hidetaka, Kabata Ryosuke, Terada Kazunori, Yamada Kazunori	4. 巻 125
2. 論文標題 Automatically detecting and tracking free ranging Japanese macaques in video recordings with deep learning and particle filters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 332~340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eth.12851	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Giannopulu Irini, Terada Kazunori, Watanabe Tomio	4. 巻 9
2. 論文標題 Emotional Empathy as a Mechanism of Synchronisation in Child-Robot Interaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.01852	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 de Melo Celso M., Terada Kazunori	4. 巻 14
2. 論文標題 Cooperation with autonomous machines through culture and emotion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0224758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0224758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Terada Kazunori, Yamada Seiji	4. 巻 34
2. 論文標題 Empirical Investigation of Cognitive Bias for Understanding User-Adaptive Algorithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 A~172_1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1527/tjsai.a-i72	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Fukai Hidekazu, Terada Kazunori, Hamaguchi Manabu
2. 発表標題 Animacy Perception Based on One-Dimensional Movement of a Single Dot
3. 学会等名 20th International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	グラッチ ジョナサン (Gratch Jonathan)	南カリフォルニア大学・Institute for Creative Technologies・Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ドゥメル セルス (M. de Melo Celso)	陸軍研究所・CCDC U.S. Army Research Laboratory・Researcher	