

ロボット間の対話に基づく合意形成が人の思考に与える影響

板原宏樹^{†1†2} 木本充彦^{†1†3} 飯尾尊優^{†1†2} 下原勝憲^{†2} 塩見昌裕^{†1}

概要: 本論文では、ロボット間の対話による合意形成を観察することが、人々の思考にどのように影響するかを実験により検証した。近年、SNSの普及は著しく、一つの話題に対しても様々な視点からの情報が目に入るようになった。ポジティブともネガティブとも断定できない話題も多く、その印象は情報の伝えられ方に左右される可能性がある。そこで、ロボットが人々に情報提供する際の効果的な手法については、ロボットが単体、複数台それぞれにおいて研究が進んでいる。人とロボットが直接対話をする際には、言語情報に関する研究だけでなく、ノンバーバル情報にも注目されている。最近では人とロボットが直接対話をするにおける研究だけでなく、複数台のロボットの対話を観察することの効果も検証されている。しかし、ロボット間の対話による合意形成を観察することの効果は検証されていない。そこで、ポジティブとネガティブの両方の意見がある話題について、合意形成の有無による影響の違いを実験により検証した。実験では印象への影響だけでなく、ロボットの対話が公平に感じるかどうかについても検証した。実験の結果、ネガティブな意見に合意形成する様子を観察することは、ポジティブな意見に合意形成する様子やポジティブな対話の様子を観察することよりネガティブに感じることを示された。また、ネガティブな対話の様子を観察することは、ポジティブな対話の様子を観察することよりネガティブに感じることを示された。さらに、ネガティブな対話の様子を観察することは、合意形成の様子を観察することや、ポジティブな対話の様子を観察することより公平でないと感じることを示された。したがって、合意形成はある話題に対してネガティブな印象を与える際に、公平な印象を与えることが示された。ただし、良い印象を伝える際には、合意形成は公平性に影響することは示されなかった。

1. はじめに

1.1 研究の背景

近年、SNSの普及は著しく、日本人の約8割はなんらかのソーシャルメディアを利用しており、特に若い世代ではSNSを使用する時間が圧倒的に多い[1]。よって、今後もますますSNSの使用率が上がるのが予測でき、その結果テレビや新聞だけでなく、SNSをも通じることで様々な種類や側面の情報が人々の目にふれるようになる。ただし、物事には様々な側面があり、ポジティブやネガティブに断定できないものも少なくない。この場合、情報の伝えられ方に印象が左右される可能性があるため、情報提供者側による情報の伝え方は、物事に対する人々の印象への影響として非常に重要であると考えられる。

また、近年ではロボットの進化が著しく、ロボットが様々な分野で活躍し、人々の社会や生活に入りつつある。ただし、ロボットはただ動かされ、道具として使われるだけではない。ショッピングモールでは、人々に情報提供を行うロボットがフィールド実験された[2]。

さらに、最近では1台のロボットと比較し、複数台のロボットで様々な効果が検証されている。人々が1台のロボットによる褒めによって運動技能を効率よく習得できることが確認された実験では、複数台のロボットによる褒めによりその効果が促進されることが報告されている[3]。また、子どもへの絵本の読み聞かせをするロボットシステムの開発では、読み手ロボットが1台で読み聞かせをするよりも、読み手ロボットおよび聞き手ロボットが対話を行いながら

読み聞かせをする方が、子どもたちにより好まれることが分かった[4]。このように、複数台で対話をするロボットの研究や開発も増えてきている。

ロボットは今後ますます人々と関わるようになり、情報提供を行って人々に影響を与えることは容易に予想できる。そこで、ロボットによる情報提供の手法やデザイン的设计は、物事に対する人々の印象への影響が大きいため、ロボットが人々と関わるうえで非常に重要なことだと考えられる。

1.2 研究の目的

物事にはポジティブな側面とネガティブな側面の両方が存在することも多く、ワイドショーなどでもこの両側面を扱って議論を行い、合意形成をはかっている。合意形成とは、意見や立場の違う者が意思決定において、話し合いや議論を通じて相互の意見の一致をはかることである。この合意形成がどのように人々の意見に影響を及ぼすかが分かれば、ロボットが人々の持つ印象を変えることや説得をしたい場合に、それは意図した方向や意味のある情報提供を行うための方法を考えるヒントとなるのではないだろうか。しかし、人々が合意形成するための手法についての研究はあるものの、合意形成の観察による影響に関しては深く調査されていない。また、ロボットが人々に説得を行う研究は進んでいるが、複数台のロボットが合意形成を行っている様子を観察することによる人々の意見の変化を調べる研究は行われていない。

そこで本研究では、ポジティブともネガティブとも断定

^{†1} ATR

^{†2} 同志社大学

^{†3} 慶応義塾大学

できない事柄について、ロボット間の対話を通じた合意形成が人々の意見にどのように影響するのかを検証することを目的とする。この際、ロボットの対話が公平に見えるかどうかとも重要な要素として考え、公平性についても同時に調査する。

2. 人の意思決定のためのロボットによる情報提供

1台のロボットによる、人々への情報提供の手法についての従来の研究は多岐にわたる。ロボットがユーザと自然言語で会話し、蔵書検索が可能な図書館司書ロボットが研究開発されている[5]。また、言語情報だけではなくノンバーバル情報に注目した研究も多い。例えばロボットの耳打ちジェスチャが人々のモチベーションを向上させ、行動変容を起こす効果があることが示されている[6]。このように、人々がロボットとコミュニケーションするための情報提供システムの開発や、言語情報、ノンバーバル情報についてそれぞれ多くの研究が行われている。

最近では複数台のロボットによる、人々への情報提供の手法についても盛んに研究されている。物事のポジティブな側面とネガティブな側面をあらかじめ分けておき、階層的な議論構造を利用して、2台のロボットが自動的に説得力のある議論を行うことができる可能性が示されている[7]。また、人々の集団のコミュニケーションでは同調圧力という心理効果が確認されており、間違っただけの情報も提示されても周囲に同調する傾向が確認されているが[8]、複数台のロボットによる同調圧力は、人間による同調圧力ほどの影響が確認されていない[9]。ただし、ロボットによる同調圧力は大人に対して確認がとれていないものの、子供に対しては有意に影響する可能性が報告されている[10]。

また、複数台のロボットについての研究は、直接人に話しかけるものだけでなく、複数台のロボット間の対話を人が観察することによる影響も研究されている。近くにいるロボット同士が通信する際に音声やジェスチャによりロボット同士が対話していることを表現するシステムが提案された。この研究では、このロボット間のシステムを人々が観察することで、人々は簡単に関係を構築し、自然にコミュニケーションすることができたことが報告されている[11]。このように、ロボットが直接人と対話やコミュニケーションを行う従来研究に対して、複数台のロボットが対話している様子を観察することによる、間接的な影響を研究するものも増えている。

以上のように、ロボットによる人々への情報提供の手法については、1台や複数台のロボットでそれぞれ研究が進んでいる。さらに複数台のロボットについては、ロボット間の対話の観察が間接的に人々にもたらす影響も研究されている。しかし、人々が複数台のロボットの合意形成を観

察することによる印象変化への影響については、まだ明らかになっていない。

3. 実験設計

3.1 ロボット

本実験では、ロボットとして Vstone 社の Sota を2台利用した(図1)。高さ約30cmのテーブルトップ型のロボットで、頭部分に3自由度、右腕と左腕にそれぞれ2自由度、胴体部分に1自由度を持つ。Sotaの動作は、Vstone社が提供する Vstone Magic を使用した。



図1 Sota

3.2 動画刺激のデザイン

3.2.1 パターンの作成とセリフ

本実験では、2台の Sota を用いて4つのパターンを作成した。また、ポジティブな側面とネガティブな側面を持つ話題として、2020年4月に政府が1回目に出した緊急事態宣言を取り扱った。

パターン1は、緊急事態宣言に関してポジティブな印象を持っていた1台が、もう1台のネガティブな印象の意見に合意し、ネガティブな印象が変わるもの。パターン2は、緊急事態宣言に関してネガティブな印象を持っていた1台が、もう1台のポジティブな印象の意見に合意し、ポジティブな印象が変わるもの。パターン3は、緊急事態宣言に関してポジティブな印象を持っている2台のロボットが、ポジティブな印象のままであるもの。パターン4は、緊急事態宣言に関してネガティブな印象を持っている2台のロボットが、ネガティブな印象のままであるものである。各セリフは以下の表1-4に示す。表のセリフはポジティブな意見を赤色に、ネガティブな意見を青色にしている。

セリフの語順を変えることで、情報量をそろえながら各パターンの違いを作った。セリフの語尾や動きはこれに合わせて、不自然にならない程度に変更して調整している。最後に Sota を向かい合わせ、お互いに対話しているように調整して動画を撮影した。

表 1 パターン 1 のセリフ

発話ロボット	セリフ
ロボット A	4月中頃に政府が緊急事態宣言を全国に出したよね。 そのおかげでコロナ感染拡大をある程度抑えることができたと思う。
ロボット B	そうだね。でも出るのがあまりにも遅かった。日本の感染者数は世界でもすごく少ないけど、今もまだ感染者は増える一方で、死者もたくさん出ているよ。
ロボット A	確かに。でも宣言を出すことでみんな不要不急の外出は自粛するようになったから、感染拡大をある程度抑えられたと思う。
ロボット B	でも経済に関しては経営自粛とか、そのせいで倒産してしまったっていう会社もあるぐらいひどく落ち込んでしまったと思うよ。
ロボット A	確かにそうだね。僕はこれまで宣言は良いものだと思っていたけど、君の言う通り、宣言は良くないものだと思いなおしたよ

表 2 パターン 2 のセリフ

発話ロボット	セリフ
ロボット A	4月中頃に政府が緊急事態宣言を全国に出したよね。 でも出るのがあまりにも遅かったと思う。
ロボット B	そうだね。でもそのおかげでコロナ感染拡大をある程度抑えることができた。 今もまだ感染者は増える一方で、死者もたくさん出ているけど、日本の感染者数は世界でもすごく少ないよ。
ロボット A	確かに。でも経済に関しては経営自粛とか、そのせいで倒産してしまったっていう会社もあるぐらいひどく落ち込んでしまったと思うよ。
ロボット B	でも宣言を出すことでみんな不要不急の外出は自粛するようになったから、感染拡大をある程度抑えられたと思うよ。
ロボット A	確かにそうだね。僕はこれまで宣言は良くないものだと思っていたけど、君の言う通り、宣言は良いものだと思いなおしたよ

表 3 パターン 3 のセリフ

発話ロボット	セリフ
ロボット A	4月中頃に政府が緊急事態宣言を全国に出したよね。 出るのがあまりにも遅かったけど、そのおかげでコロナ感染拡大をある程度抑えることができたと思う。
ロボット B	そうだね。今もまだ感染者は増える一方で、死者もたくさん出ているけど、日本の感染者数は世界でもすごく少ないよ。
ロボット A	確かに。経済に関しては経営自粛とか、そのせいで倒産してしまったっていう会社もあるぐらいひどく落ち込んでしまったけどね。
ロボット B	でも宣言を出すことでみんな不要不急の外出は自粛するようになったから、感染拡大をある程度抑えられたと思う。
ロボット A	確かにそうだね。僕もこれまで宣言は良いものだと思っていたけど、君の言う通り、宣言は良いものだと改めて思ったよ

表 4 パターン 4 のセリフ

発話ロボット	セリフ
ロボット A	4月中頃に政府が緊急事態宣言を全国に出したよね。 そのおかげでコロナ感染拡大をある程度抑えることができたけど、出るのがあまりにも遅かったと思う。
ロボット B	そうだね。日本の感染者数は世界でもすごく少ないけど、今もまだ感染者は増える一方で、死者もたくさん出ているよ。
ロボット A	確かに。宣言を出すことでみんな不要不急の外出は自粛するようになったから、感染拡大をある程度抑えられたけどね。
ロボット B	でも経済に関しては経営自粛とか、そのせいで倒産してしまったっていう会社もあるぐらいひどく落ち込んでしまったと思うよ。
ロボット A	確かにそうだね。僕もこれまで宣言は良くないものだと思っていたけど、君の言う通り、宣言は良くないものだと改めて思ったよ

3.2.2 ロボットの動作作成

それぞれのパターンのセリフを読み上げた音声として WAV ファイルを作成する。この音声ファイルは、発話するロボットが変わるごとに分けて作成し、保存する。本実験ではロボット A とロボット B のセリフを異なる音声合成で読み上げた。

3.2.3 動画の撮影

背景が白で統一された特徴のない場所で Sota を向かい合わせ、対話しているように動作させて動画を撮影した。全てのパターンにおいて、ロボット A を向かって左側、ロボット B を向かって右側に統一した。カメラは Logicool のウェブカメラを使用した。動画の長さは各パターン 1 分ほどであった。撮影した動画の様子を図 2 に示す。

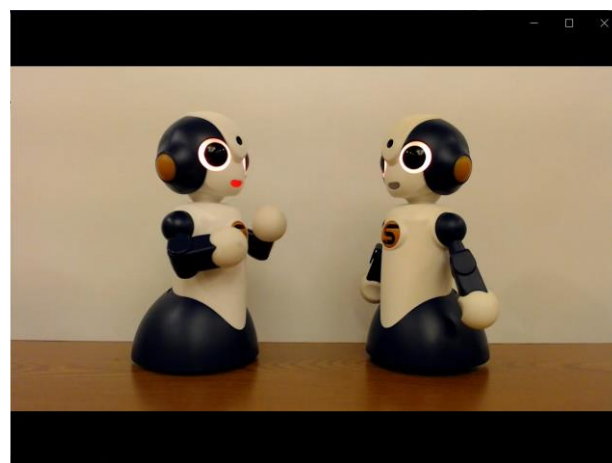


図 2 動画の様子

4. 実験内容

4.1 実験の目的

本実験では、ロボット間の対話の観察において合意形成を見せることの影響について検証する。また同時に、合意形成の観察が公平性に影響するかについても検証する。

4.2 被験者

被験者の募集には WEB サービス (Google form) を用いた。参加した被験者は合計で 408 人 (男性 167 人, 女性 239 人, 回答しない 2 人) であった。

4.3 実験条件

実験の条件は以下の 4 つであり、実験で観察してもらう Sota の動画が異なる。

パターン 1 : ロボットがポジティブな意見からネガティブな意見に合意形成する。

パターン 2 : ロボットがネガティブな意見からポジティブな意見に合意形成する。

パターン 3 : ロボットがポジティブな意見の対話をおこなう。

パターン 4 : ロボットがネガティブな意見の対話をおこなう。

4.4 評価項目

評価項目は、2020 年 4 月に政府が 1 回目に出した緊急事態宣言に関する印象の 7 段階での評価 (1 : 良くなかった, 7 : 良かった) と、その評価の理由 (記述式)、およびロボットの対話の公平性に関する印象の 7 段階での評価 (複数の質問による総合評価) である。緊急事態宣言の印象の 7 段階評価は 2 回実施し、その 2 回の差を評価に用いる。

また、動画に関する簡単な質問と IMC (Instructional Manipulation Check) [12] を用いた質問を作成し、簡単な質問で間違えた回答者と IMC を用いた質問で回答した回答者のデータは排除することとした。

4.5 実験手順

本実験では、各被験者はまず 2020 年 4 月に政府が 1 回目に出した緊急事態宣言に関する印象を評価し、その評価の理由を回答した。その後、4 パターンの Sota の動画のうちいずれか 1 つを観察する。そして、動画に関する簡単な質問と IMC を用いた質問に回答した。その後、ロボットの公平性の印象をはかる質問[13] と、再び 2020 年 4 月に政府が 1 回目に出した緊急事態宣言に関する印象を評価し、その評価の理由を回答した。

動画に関する簡単な質問と IMC を用いた質問の内容をそれぞれ表 5, 6 で、ロボットの公平性の印象をはかる質問

の内容を表 7 で示す。

表 5 アンケート内容 (動画に関する簡単な質問)

項目	アンケート本文
質問 1	最後に話したロボットの、緊急事態宣言に対する最終的な印象はどちらでしたか? (良かった, 良くなかった)
質問 2	2 台のロボットが話していた話題は何でしたか? (Go To トラベル, Go To Eat, 緊急事態宣言, トランプ氏の米国政治)

表 6 アンケート内容 (IMC を用いた質問)

項目	アンケート本文
説明文	人間の意思決定に関する近年の研究で、人間の決定は「真空」状態でおこなわれるものではないことが知られています。個人の好みや知識、そしてその人がそのときどんな状況にあるかが、意思決定過程に重要な影響を及ぼすのです。われわれはこうした意思決定過程の研究のため、あなたの意思決定者としてのある要素を知りたいと考えています。つまり、あなたがこの指示を時間をかけてよく読んでいるかどうかに興味があるのです。もし誰もこの指示をお読みになっていないとしたら、指示内容を変えることが意思決定に与える影響を見たい、というわれわれの試みは効果を持たないからです。そこで、あなたがこの指示をお読みになったなら、以下の質問には回答せずに (つまり、どの選択肢もクリックせずに) 次のページに進んで下さい。よろしくお願ひします。
質問 1	さまざまな意見を聞いたり議論したりすることが楽しい (1 : あてはまらない ~ 5 : あてはまる)
質問 2	政治や経済など、社会の出来事や状況に常に関心を持っている (1 : あてはまらない ~ 5 : あてはまる)
質問 3	自分の知識や経験を社会のために生かしたい (1 : あてはまらない ~ 5 : あてはまる)

表7 アンケート内容（公平性の印象をはかる質問）

項目	アンケート本文
説明文	動画内のロボットたちの印象として、もっともあてはまるものを選択してください。 1: 全くそう思わない 2: おおよそそう思わない 3: 少しそう思わない 4: どちらでもない 5: 少しそう思う 6: まあまあそう思う 7: 強くそう思う
質問1	ロボットたちの対話は公平であった。(1~7)
質問2	ロボットたちは偏見を持っていなかった。(1~7)
質問3	ロボットたちの対話の内容は、この話題の全体像をとらえていた。(1~7)
質問4	ロボットたちの対話の内容は正確であった。(1~7)
質問5	ロボットたちは、この話題についての事実と意見を切り分けて対話していた。(1~7)

5. 実験結果

緊急事態宣言の印象に関する2回の評価の差（2回目の評価－1回目の評価）の結果を図3に示す。この結果に対して一要因分散分析を行った結果、条件間に有意な差が得られた ($F(3, 240) = 6.554, p = 0.00028, \eta^2 = 0.076$)。多重比較の結果、パターン1は、パターン2、パターン3に比べて有意に低く、パターン4がパターン3より有意に低かった。

この結果から、ネガティブな意見に合意形成する様子を観察することは、ポジティブな意見に合意形成する様子やポジティブな対話の様子を観察することよりネガティブに感じる事が示された。また、ネガティブな対話の様子を観察することは、ポジティブな対話の様子を観察することよりネガティブに感じる事が示された。

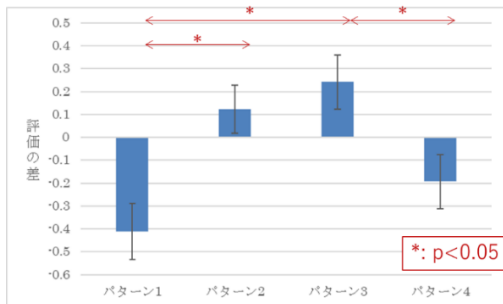


図3 緊急事態宣言の印象に関する2回の評価の差

ロボットの対話の公平性に関する印象の評価結果を図4

に示す。この結果に対して一要因分散分析を行った結果、条件間に有意な差が得られた ($F(3, 240) = 8.620, p = 0.000018, \eta^2 = 0.097$)。多重比較の結果、パターン4は、他のどのパターンよりも有意に低かった。

この結果から、ネガティブな対話の様子を観察することは、合意形成の様子を観察することや、ポジティブな対話の様子を観察することより公平でないと感じることが示された。

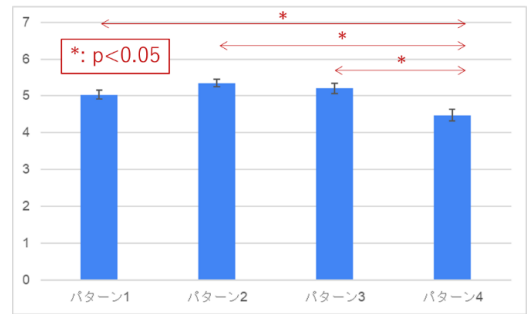


図4 ロボットの対話の公平性に関する印象の評価

以上のことから、ネガティブな意見に合意形成する様子とネガティブな対話の様子を観察することにおいて、公平性に関する有意差が示された。よって、ネガティブな印象を与える際に、合意形成の様子を観察することで、公平な印象を保ちつつネガティブな印象を与えることがわかった。ただし、ポジティブな意見に合意形成する様子とポジティブな対話の様子を観察することにおいて、公平性に関する有意差は示されなかった。

6. 考察

緊急事態宣言に関する印象の実験結果から、ポジティブな意見に合意形成する様子とポジティブな対話の様子を観察することにおいて有意差が示されなかった。また、ネガティブな意見に合意形成する様子とネガティブな対話の様子を観察することにおいて有意差が示されなかった。このことから、合意形成を見せるかどうかは印象の変化に対して影響しなかったと考える。

また、ポジティブな意見に合意形成する様子とポジティブな対話の様子を観察することは、どちらもネガティブな意見に合意形成する様子と有意差が示され、特にポジティブな対話の様子を観察することはネガティブな対話の様子を観察することとも有意差が示されており、印象が良くなっている。つまり、ポジティブな印象で対話が終了した場合はポジティブな印象に、ネガティブな印象で対話が終了した場合はネガティブな印象に引っぱり出されている。このことから、印象の変化において、観察した対話の最後の印象が影響したと考える。

公平性に関する印象の実験結果から、ネガティブな対話

の様子を観察することは他のどの条件とも有意差が示され、公平でないと感じられた。このことから、対話を公平に感じてもらいたい場合にはずっとネガティブな視点から対話をするのではなく、ポジティブな意見も混ぜる必要があると考える。

以上より、複数台のロボットの対話を用いて、公平でかつポジティブな印象を与えたい場合はポジティブな意見に集結させると良いが、ネガティブな印象を与えたい場合はポジティブな意見からの合意形成をみせることに注意しなければ、公平に感じられないと考えられる。

謝辞 本研究の一部は JST, CREST, JPMJCR18A1, JST, さきがけ, JPMJPR1851, および科研費 JP19H05691, JP19J01290 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 総務省情報通信政策研究所：“平成30年度 情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書”，2019
- [2] Satoru Satake, Kotaro Hayashi, Keita Nakatani, Takayuki Kanda: “Field trial of an information-providing robot in a shopping mall,” 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 1832-1839, 2015
- [3] Masahiro Shiomi, Soto Okumura, Mitsuhiko Kimoto, Takamasa Iio, Katsunori Shimohara: “Two is better than one: Social rewards from two agents enhance offline improvements in motor skills more than single agent,” PLOS ONE, 2020
- [4] 田村優美子, 木本充彦, 飯尾尊優, 下原勝憲, 萩田紀博, 塩見昌裕：“読み聞かせロボットに対する子どもの振る舞い分析”, 情報処理学会 インタラクション 2019, 2019
- [5] 三河 正彦, 吉川 雅博, 辻村 健, 田中 和世：“図書館司書ロボットの開発”, 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集, 2009
- [6] Kayako Nakagawa, Masahiro Shiomi, Kazuhiko Shinozawa, Reo Matsumura, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita: “Effect of robot's whispering behavior on people's motivation,” Int J Soc Robot (2013), 2013
- [7] Sakai Kazuki, Higashinaka Ryuichiro, Yoshikawa Yuichiro, Ishiguro Hiroshi, Tomita Junji: “Hierarchical Argumentation Structure for Persuasive Argumentative Dialogue Generation,” IEICE Transactions on Information and Systems, issue 2, pp. 424-434, 2020
- [8] Ash S. E.: “Studies of independence and conformity: I. A minority of one against a unanimous majority,” Psychological Monographs, pp1-70, 1956
- [9] Masahiro Shiomi, Norihiro Hagita: “Do synchronized multiple robots exert peer pressure?,” Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, pp. 27-33, 2016
- [10] Anna-Lisa Vollmer, Robin Read, Dries Trippas, Tony Belpaeme: “Children conform, adults resist: A robot group induced peer pressure on normative social conformity,” Science Robotics, Vol. 3, Issue 21, 2018
- [11] Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Tetsuo Ono, Michita Imai, Ryohei Nakatsu: “Effects of Observation of Robot-Robot Communication on Human-Robot Communication,” Electronics and Communications in Japan, Part 3, Vol. 87, No. 5, 2004
- [12] 三浦麻子, 小林哲郎：“オンライン調査における努力の最小限化 (Satisfice) 傾向の比較 : IMC 違反率を指標として”, メディア・情報・コミュニケーション研究, 第1巻, pp. 27-42, 2016
- [13] Jesper Strömbäck, Yariv Tsfati, Hajo Boomgaarden, Alyt Damstra, Elina Lindgren, Rens Vliegenthart, Torun Lindholm: “News media trust and its impact on media use: toward a framework for future research,” Annals of the International Communication Association, vol.44, pp. 139-156, 2020