

## 「ロボット・ミーム」の構想

—人-ロボット間の相互適応による文化の学習・伝達・創出の実現—

駒込 大輔<sup>†</sup> 鈴木 道雄<sup>†</sup> 小野 哲雄<sup>‡</sup> 山田 誠二<sup>¶</sup><sup>†</sup> 公立はこだて未来大学システム情報科学部 〒041-8655 北海道函館市亀田中野町 116-2<sup>‡</sup> 公立はこだて未来大学 〒041-8655 北海道函館市亀田中野町 116-2<sup>¶</sup> 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2E-mail: <sup>†</sup> {m1203070, m1203137}@fun.ac.jp, <sup>‡</sup> tono@fun.ac.jp, <sup>¶</sup> seiji@nii.ac.jp

**あらまし** 本研究では、人とロボットのインタラクションの設計論に、文化の伝達を担う遺伝子としてのミームの概念を適用する。この設計論により、人とロボットが相互適応しながら、人間社会に共有されている文化的身体動作をロボットが獲得し、他の人やロボットに伝播することが可能となる。さらに、人との関わりの中から、ロボットが新たな文化的身体動作を創出するというロボット・ミームの構想を提案する。本稿では、ロボット・ミーム構想を実現するための初期実験として、人がロボット独特のコミュニケーション方法を模倣することを検証した。

**キーワード** ロボット, ミーム, 相互適応, 模倣, 同調動作

## A Design of “Robot Meme”

—Cultural learning, transmitting and creation by Human-Robot Mutual-Adaptation—

Daisuke KOMAGOME<sup>†</sup> Michio SUZUKI<sup>†</sup> Tetsuo ONO<sup>‡</sup> and Seiji YAMADA<sup>¶</sup><sup>†</sup> School of Systems Information Science, Future University-Hakodate

116-2 Kameda Nakano, Hakodate-shi, Hokkaido, 041-8655 Japan

<sup>‡</sup> Future University-Hakodate 116-2 Kameda Nakano, Hakodate-shi, Hokkaido, 041-8655 Japan<sup>¶</sup> National Institute of Informatics 2-1-2 Chiyoda, Tokyo, 101-8430 JapanE-mail: <sup>†</sup> {m1203070, m1203137}@fun.ac.jp, <sup>‡</sup> tono@fun.ac.jp, <sup>¶</sup> seiji@nii.ac.jp

**Abstract** In this study, we apply a general idea of meme as the gene which takes transmission of culture on a design theory of an interaction between human and robot. By human and robot adapting mutually, robot acquires cultured behavior shared by human being society and can come to spread to other people and robot. Furthermore, we suggest a design of robot meme to realize robot create new cultural behavior through human-robot interaction. In this paper, we inspected whether human imitated a communication method peculiar to robot as a preliminary experiment to realize a robot meme design.

**Keyword** Robot, Meme, Mutual-Adaptation, Imitation, Cooperative Behavior

## 1. はじめに

「人間社会に適応するロボットを創りたい」という強い思いを持つロボット研究者は多く、近年様々な形態のロボットが開発されるようになってきた。その過程で、人間の知能や発達のモデルを構築し、ロボットに適用することでより人間社会に適応するようなロボットの設計が目指されてきた[1]。しかし、従来の人工知能では限定的な空間でしかその能力を発揮することはできなかった。そのため、我々が持つ何気ない知能や賢さ、人間の身体性に関心が寄せられ始めている。そのような背景を受け、近年のロボティクスでは ASIMO や wakamaru をはじめとした腕や頭部などの物

理的身体を持ち、人間のように実空間を移動するコミュニケーションロボットの研究が盛んに行われている[2]。ロボットが擬人化した身体を持つ意義として、人間社会への適応が挙げられる。Brooks はロボットが人型の身体を持つことで、人間の為にデザインされた環境を共有しながら人間をサポートし、豊かな非言語情報による自然で円滑な対話を可能にすると述べている[3]。

また、坂本らは、人とロボットの三者関係によりバランス理論が成立することを示し、ロボットが社会的存在として一人の人間だけではなく人間関係にも影響を与える可能性を示唆した[4]。つまり、ロボットの振

る舞いを人間社会に適応するようにデザインする必要があり、ロボットが環境に適した社会性や社会的スキルを身につけることが望ましいといえる。

そこで、社会的なメディアであるロボットの設計において従来のメディアとは違うアプローチをとる必要があるだろう。従来のメディアデザインでは、人間工学や認知工学に基づいて人工物を人間に適応させることを主目的としていた。しかし、我々は人とロボットが友好的な関係を築く上で、ロボットが人間に対し一方的に適応する図式だけでは不十分だと考える。植田らは、相互適応学習を通じて二者がスムーズな関係を成立させることを示した実験から、人と人工物（ペット）もお互いが適応し合う形で、共発達が進む可能性について言及している[5]。このことから、二者間の相互適応現象は Human-Agent Interaction 技術を考える上でも重要になってくると考えられる。

しかし、我々の目標は人とロボットの個体間での相互適応学習ではなく、そこから得られた適応的な知識や方法論を共有することによるロボットの集成的な知能の実現にある。そこで我々は、人とロボットのインタラクション設計において新たに生物学者 Richard Dawkins が提唱した「ミーム(meme)」と呼ばれる概念[6]を適用することにする。それにより、日常生活とともにするロボットが将来、人との関わりの中で獲得した最適なインタラクションスキルを他の人やロボットに伝播することによって、人間社会への適応度を高めるとともに、人間が新たな文化知を獲得するためのメディアとなるであろう。人とロボットが互いに価値ある知識や技術を交換・共創することで、相互依存的な関係を創出し、安定したバランスを長期的に維持することができるかと予測する。

そこで、本研究では人とロボットのインタラクションを通じて第三者がロボット独特のコミュニケーション方法を模倣するかどうかを検証する初期実験を行った。人がロボットの身体動作に同調することは知られているが、同時模倣では人がロボット独自の身体動作を獲得したとは言いがたい。そこで、延滞模倣によって人からロボット独特のインタラクションスキルが発現されたのであれば、今後ロボット独自の文化的行動は人間社会に模倣される可能性があり、人とロボットの相互依存的関係を築くためにはロボット・ミームによるロボットのインタラクション設計が有用であると示唆することができるだろう。

本稿では、2章で我々が導入するミーム概念について述べるとともに、3章にてロボット・ミーム構想の概要を説明する。4章では、ロボット・ミームの伝達実験の方法と結果について言及し、5章・6章で実験による結果の考察からロボット・ミーム構想の有用性

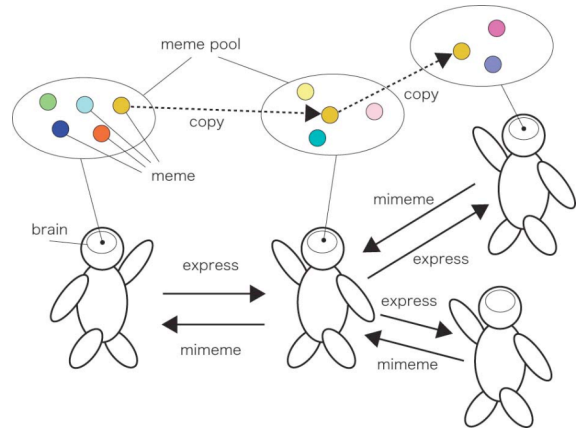


図1 ミーム概念のコンセプト

Fig.1 Concept of Meme

について議論する。

## 2. ミーム

本章では、我々の提案するロボット・ミーム構想の基となっているミーム概念の重要なエッセンスを論じ、ミームと伝播について述べる。

### 2.1. ミームとは

ミーム(meme)とは、「模倣によって伝えられる文化の一要素」という意味として、Dawkins によって初めて名付けられた[6]。ミームは、保持・変異・淘汰を繰り返すという遺伝子と同様の振る舞いをしながら模倣によって伝播される情報の単位として位置づけることができるだろう。ミームの例として、道具の使い方や踊りなどの技術的な文化や、家族や友人同士などのコミュニティで共有されている口癖や挨拶などが挙げられる。ミームは遺伝子と同様に自己保存の意思を持ち、本人の自覚・無自覚に関わりなく、ウィルスのように脳から脳へ伝播してゆくと考えられている。Blackmore はミームの影響を受けて進化してきたからこそ人間が他の動物と異なっているのであり、ミームこそが巨大な脳や言語などの特別な能力を獲得した要因であると主張している[7]。

図1で示すように、道具の使い方や技術的なアイデアなど、ある人が発見的にその状況に適応した知識や技術を獲得したときに、模倣という学習手段によって他の人へ伝播されることにより高度な文明が発展してきたことは明らかである。本研究では、このことをミーム概念の最も重要なエッセンスとしてロボットのインタラクション設計に応用してゆく。

### 2.2. 間接的なミームの伝播

ミームの伝播には、コミュニケーションにおける模倣が大きな役割を果たしているが、必ずしも直接的なインタラクションから生じるとはかぎらない。例えば、挨拶の仕方や敬語の使い方などは第三者的な視点から

他者のインタラクションを注意することなく観察することによって獲得すると考えられる。また、人は相手と対話する際に、互いの身体をリズムカルに同調させていると言われている[8]。そのような同調的なインタラクションから第三者に対して自然なコミュニケーションの方法を伝播していると思われる。

その他にも、ミームは人と人のインタラクション以外からも伝播される。例えば、お焼香のあげ方には文化差があるため、しばしば前の人をまねてしまうという現象がおこる。また、他の人の鼻歌や口癖がいつの間にか自分自身うつってしまっていることに気づいた経験がある人も多いだろう。つまり、ミーム伝播が情報伝播と異なる点は、伝播者本人が意図しないところで何気ない伝播が生じていることが挙げられる。

### 3. ロボット・ミームの構想

本章では、ロボット・ミーム構想における人とロボットの相互適応をとおして実現を目指す4つの目的と方法を以下の流れで述べる(図2)。

1. ロボットが人間のミームを学習  
(human → robot)
2. 人間がロボットを通じて異文化ミームを学習  
(robot → human)
3. ロボットが最適ミームを他のロボットに伝播  
(robot → robot)
4. ロボットが創出した変異ミームを他に伝播  
(robot → human & robot)

#### 人間を模倣したミームの学習

まず、人間同士の自然なインタラクションのモーションデータをモーションキャプチャシステムにより取得し、ロボットに human meme を学習させる。ロボットが社会的スキルを獲得することで、人と同調的で自然な対話が可能になると考えられる[9]。この時、様々なミームを学習させる必要があり、意味のあるブロックになるようにモーションを分割する方法を模索しなくてはならない。

#### ロボットの身体性による文化の学習

インタラクションスキルの他にも、ロボットを通じて踊りなどの身体動作を伴うミームを人へ伝達することにより、従来の静的なアーカイブでは習得することが困難な身体知の理解を促進することを目指す。ロボットは動的なアーカイブとしてあらゆる文化的身体動作を蓄えるメディアと見なすことができるため、異文化教育やコーチングなどに利用されることが予想される[10]。そのためには、身体動作の特徴点を抽出し、身体学習を助長するような仕組みを考える必要がある。

#### 最適ミーム獲得とコミュニティへの適応

ロボットが人とコミュニケーションする際に、図2の1で学習したミームを試行錯誤しながら環境に適応

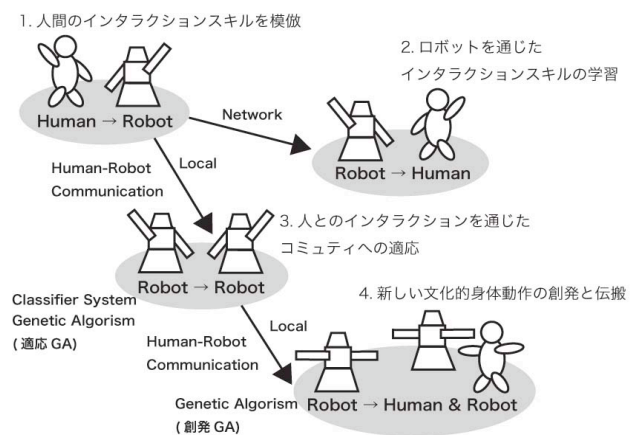


図2 ロボット・ミーム全体図

Fig.2 Robot Meme

したミームを獲得し、その最適ミームを他のロボットに伝播することでロボット全体を学校や会社などのコミュニティに適応させるアプローチを試みる。ロボットは自律的に実空間を移動出来るメディアであるため、あらゆるコミュニティに適応可能な社会的存在であることが望まれる。例えば、小学校では子供に合わせた挨拶をし、老人ホームではゆっくりと話す必要がある。本研究では、Classifier System と遺伝的アルゴリズム(以下 GA)を用いて、人とかかわり合いながら動的に変化する実環境に適応する最適ミームを、保持・変異・淘汰を繰り返しながら学習し、他のロボットに伝播するロボットシステムを考える。伝播の際、ロボットの自由度の差異を吸収するためにモーションデータを抽象的に扱う必要がある。

#### ロボット独自のミームの創発と伝播

図2の3によって環境に適したミームを獲得する際に、GAを用いて今までに獲得した最適ミームを変異させることで、ロボット独自の文化的身体動作を創出して人間社会が未だ持ち得ない新たなミームの獲得を目指す。人間社会に存在しない未知の方法論を、ロボットを通じて人間が獲得することで、人間社会全体の文化的適応度を向上させることができるのではないかと考える。しかし、人間がモノであるロボット独自の身体動作を受け入れるかどうかは疑問である。そこで、本研究ではロボットの性能や能力、身体的制約によって創出されたロボットのコミュニケーション方法を人間が模倣することを確認するロボット・ミームの伝達実験を行った。

#### 4. ロボット・ミームの伝達実験

本章では、ロボット独特の指示方法(robot meme)を人間が延滞模倣するかを検証することを目的とした初期実験について詳述する。また、本実験においてミームを「身体動作を用いたコミュニケーションの一方法」

として定義する。

#### 4.1. 実験方法

本実験では、被験者に対して実験協力者にオブジェクトを移動させるタスクを行わせるように教示をする。条件を2つ用意した実験を3種類実施し、それぞれの条件をA1とA2, B1とB2, C1とC2とした。本実験は、被験者が言葉の通じない実験協力者に指示をするという状況を想定しており、人とロボットのインタラクションから伝達されるロボット・ミームが第三者から発現されることを検証する。そのため、実験条件A1,A2では人間の一般的な指示方法を検証した。それに基づいて、人間にとって一般的ではないがロボットにとっては合理的な指示方法を決定し、実験条件B1,B2にてロボット・ミームの伝達実験を行った。また、実験条件C1,C2では条件B1,B2の被験者を対象に、指示タスクと実験協力者を変えて追加実験を行い、被験者にロボット・ミームが定着しているかを検証した。

#### 実験環境

本実験は、公立はこだて未来大学の研究棟メディアラボにて行った。実験には、ATR（国際電気通信基礎技術研究所）が開発したコミュニケーションロボットのRobovie-R ver.2を用いた。被験者への教示はメディアラボにて行い、ロボットの操作は被験者に見えないよう別室にて行った（図3）。また、実験用にある程度人の形をしたフィギュアを6体と人がポーズをしている映画のポスターを7枚使用した（図4）。

#### 実験条件

実験は全部で以下の6条件である。ただし、条件C1とC2のタスク内容は同じだが、条件C1は条件B1、条件C2は条件B2と同一の被験者として結果を分析するため、C1,C2と分けることとした。

- ・ A1 指示をする際の制約を与えない
- ・ A2 実験協力者から4mほど離れた地点から動かないように教示し、それ以外に指示する際の制約を与えない
- ・ B1 ロボットが実験協力者から4mほど離れた地点から動かずに指さしで指示をした後、被験者がロボットと交代して実験協力者に指示する
- ・ B2 ロボットが実験協力者から4mほど離れた地点から動かずにジェスチャーで指示をした後、被験者がロボットと交代して実験協力者に指示する
- ・ C1 指示する際の制約を与えない
- ・ C2 指示する際の制約を与えない

条件B1,B2では、実験協力者がロボットの指示に正しく従った際に、ロボットは両腕を挙げてOKサインを示す。また、実験協力者にはロボットのジェスチャーやOKサインに対して同調動作をしてもらい、指差しの場合にはその方向を見てもらい、共同注意が成立し

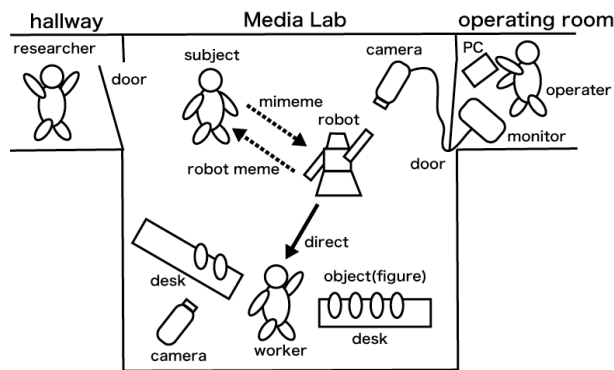
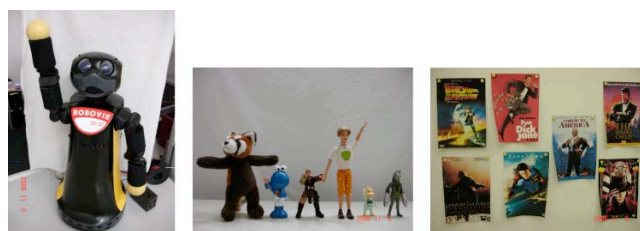


図3 実験環境（条件B1,B2）

Fig.3 Experimental Environment



Robovie R-2                      Figures                      Movie Poster

図4 Robovie-R2 と対象オブジェクト

Fig.4 Robovie-R2 & Objects



Direction 1 (close & point)      Direction 2 (far & point)      Direction 3 (far & gesture)

図5 指示の方法

Fig.5 The Way of Direction

た状態とした。

#### 4.2. 実験シナリオ

各実験での詳細な手続きを以下に述べる。

##### 1. 条件A1,A2

被験者には「男性の左側の机の上の3つのフィギュアのうち好きなものを2つ選んで男性に右側の机に移させるように指示をして下さい」と教示する。

##### 2. 条件B1,B2

被験者にはまず、「これからロボットが男性に対し6つのフィギュアのうち5つを右側の机に移させるように指示します」と説明し、ロボットは3つ目を指示し終わった後数十秒間をおいて、「ロボットが壊れてしまったみたいなので、代わりに男性に指示をして残り2つを移動させて下さい」と被験者に教示する。

##### 3. 条件C1,C2

被験者に対し、「男性の左側のホワイトボードに貼ってある7枚の映画のポスターのうち好きなものを2

表1 ビデオ記録の結果

Table.1 Result of Video

Condition	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Number of Subjects	12	13	12	13	6	9
指示1 (ノーマル) Direction 1 (Normal)	11/12 (92%)	0/13 (0%)	0/12 (0%)	0/13 (0%)	3/6 (50%)	1/9 (11%)
指示2 (遠距離) Direction 2 (Long Distance)	1/12 (8%)	11/13 (85%)	11/12 (92%)	2/13 (15%)	3/6 (50%)	1/9 (11%)
指示3 (ジェスチャー) Direction 3 (Gesture)	1/12 (8%)	1/13 (8%)	0/12 (0%)	11/13 (85%)	0/6 (0%)	7/9 (78%)
OKサイン OK Sign	0/12 (0%)	0/13 (0%)	6/12 (50%)	10/13 (77%)	1/6 (17%)	2/9 (22%)

表2 質問紙の結果 (条件 B1,B2,C1,C2 は Robot Meme 発現者のみ)

Table.2 Result of Questionnaire (Only who expressed Robot Meme in Condition Group B and C)

Condition	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Number of Subjects	12	13	11/12	11/13	3/6	7/9
Average of Group Q1	-	-	3.33	3.82	-	-
Average of Group Q2	3.75	4.05	3.82	4.09	3.78	4.14
Average of Group Q3	-	-	3.27	3.64	-	-

つ選んで男性に右側のボックスに入れるよう指示して下さい」と教示する。

### 4.3. 評価方法

ロボット独自の指示の方法(robot meme)が被験者に伝播したことをビデオ記録から確認する。また、質問紙による主観評価を行った。質問はいずれも5段階で評価してもらう。Q1群ではロボットの指示の方法、Q2群では被験者本人の指示の方法を“わかりやすかったか”、“最適だったか”、“自然だったか”の3項目で質問した。最後に、Q3群として、その人のロボットに対する印象について質問した。また、それぞれの質問群の最後にそれらの回答の理由を自由形式で回答してもらった。

### 4.4. 実験の仮説と予測

フェーズ1を行った結果を受け、我々は本実験における人間の一般的な指示方法として次の3つをより一般的であると考えられる順に指示1-3とした(図5)。

- ・ 指示1 選択する対象物まで近づいて指差す
- ・ 指示2 相手とある程度の距離を置いて指差す
- ・ 指示3 相手とある程度の距離を置いて対象物の特徴を表すジェスチャーをする

指示1を人間にとって最も合理的な指示方法とし、逆にロボットにとって最も合理的な方法を指示3と考えた。その理由として、Robovieの場合、まずバッテリーや電源ケーブルの問題によりなるべく移動しないで仕事をする方が望まれる。それに加え、指などの細かな指示伝達に用いる身体を有しておらず、人間のような細かな身体動作を行えないため、指差しよりもジェスチャーの方がロボットにとって合理的な指示方法で

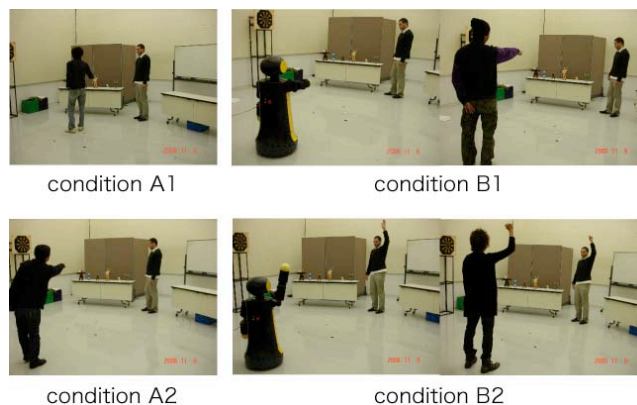


図6 実験風景

Fig.6 Experimental Scene

あるとした。また、相手の行動を肯定する方法として与えたOKサインもロボット独特の身体動作であるとした。このとき、特徴的な身体動作として4つのミームを以下のように定めた。

- ・ 指差しミーム(human meme)
- ・ 遠距離ミーム(robot meme)
- ・ ジェスチャーミーム(robot meme)
- ・ OKサインミーム(robot meme)

本実験では、以下の仮説に基づき予測の検証を行う。

**仮説** ロボット独自の指示方法を被験者が延滞模倣する。さらに、そのロボットの的方法論がその被験者に定着し、似たような環境でも発現する。

**予測** ビデオ記録により、条件 B1,B2,C1,C2 で被験者から上記のロボット・ミームが発現されたことが確認される。

#### 4.5. 結果

表1から、条件 B1,B2 では非常に高い割合で、被験者がロボットと同じ指示方法を選択したことがわかった。しかし、条件 C1,C2 において条件 C2 の場合は高い割合でロボットと同じ指示をしたが、条件 C1 の場合には半数の被験者が指示2を選択した結果となった。また、条件 B1,B2 と C1,C2 での OK サインの発現率を見ると、B1,B2 では半数以上の人ロボットが模倣し、C1,C2 の約5分の1の被験者が模倣した。この結果から、延滞時間や身体動作によって異なるものの、ロボット・ミームが人にも伝達されることを裏付ける結果となった。

また、表2より条件 B1,B2 におけるロボットの指示は平均値よりも高く評価された (Q1)。さらに、ロボットの指示を模倣した被験者はロボットの指示よりも被験者自身の指示を高く評価する傾向にあった (Q2)。ちなみに、条件 C1,C2 においてロボット・ミームを発現した被験者は条件 C1,C2 での自身の指示とほぼ同じ評価値となった。

#### 4.6. 考察

4章の実験結果の分析から、非合理的なロボット独自の指示方法が人間にも伝播し、人間からロボット・ミームが発現したことが確認出来た。このことで、人間もロボットというメディアに対して適応することができる存在であることが示唆された。多くの被験者がロボットの指示を模倣してしまった要因に、ロボットの行動が被験者の思考と行動にある種の制約を与えたからであるとも考えられる。このことは、自由記述や口答でのインタビューにおいて、あの条件下で他の方法が思いつかない被験者が多くいたことに起因する。また、Q1群の質問に対して多くの被験者が本来人間にとって非合理的であるはずのロボットの指示を最適であると評価していることは、非常に興味深い結果であると考えられる。

さらに、ロボット・ミームが人間に伝播したことを示す手がかりとして、実験条件 B1,B2 ロボットと同じ指示方法をとった被験者はロボットの指示方法 (Q1群) よりもそれを模倣した本人の指示方法 (Q2群) を高く評価していることが挙げられる。また、条件 B1,B2 と C1,C2 での自己の指示方法の評価値がほぼ同数であることから、ロボット・ミームが定着したと言えるだろう。つまり、被験者はロボットの指示方法を自ら発現することにより合理的な方法として思い込みをしてしまったことがわかる。このことから、ロボット・ミームが被験者に定着しており、人間にロボット独自の文化が伝播されたことが示唆されたと言えるだろう。また、条件 C1,C2 の結果から、指示の一般性よりもロボットの指示の方法が特徴的かどうかで、ロボット・

ミームの伝達力が変化する可能性も見いだせた。

#### 5. 結論

本稿において、我々は人とロボットの相互適応の実現に向けたロボット・ミーム構想を提案するために、人間が非生物であるメディアに対しても模倣を行い、ロボット・ミームの影響を受けることを示した。もしも、今後ロボットが、人間社会が未だ持ち得ない適応的な方法論を獲得した場合、人間がロボットに適応しながら文化的な進化を続け、ロボット・ミームに依存した文明を築き上げていく可能性を見いだせる結果となった。このことにより、人間とロボットは文化を共創する関係として成り立つことが示唆されたと言える。今回の実験結果を受け、ロボット・ミームの構想をより具体的な方向へと進める議論をしてゆく必要があると我々は考える。

#### 謝 辞

本研究の実験の準備・遂行に多忙にも関わらず御協力して頂いた公立ほこだて未来大学小野哲雄研究室の板垣祐作氏、友岡俊介氏、RMIT大学のMichael Fowler氏に感謝致します。

#### 参考文献

- [1] 瀬名秀明, 他, 知能の謎, けいはんな社会的知能発生学研究会 (編), (社) 講談社, 東京, 2004.
- [2] 井上博允, 金出武雄, 安西祐一郎, 瀬名秀明, ロボット学創成, (社) 岩波書店, 東京, 2004.
- [3] R.A.Brooks, ブルックスの知能ロボット論, 五味隆志 (訳), (社) オーム社, 東京, 2006.
- [4] 坂本大介, 小野哲雄, “ロボットの社会性: ロボットが対話者間の印象形成に与える影響評価,” 2006 ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.3, pp.61-70.
- [5] 植田一博, 小松孝徳, “共発達の構成論,” 知性の創発の起源, 鈴木宏昭 (編), pp.179-203, (社) オーム社, 東京, 2006.
- [6] R.Dawkins, “ミーム—新登場の自己複製子,” 利己的な遺伝子, 日高敏隆 (訳), pp.301-321, (社) 紀伊國屋書店, 東京, 1991.
- [7] S.Blackmore, ミーム・マシーンとしての私 (上) (下), 垂水雄二 (訳), (社) 草思社, 東京, 2000.
- [8] やまだようこ, “共鳴してうたうこと・自身の声がうまれること,” コミュニケーションとしての身体, 野村雅一 (編), pp.40-70, (社) 大修館書店, 東京, 1996.
- [9] 神田崇行, 鎌島正幸, 今井倫太, 小野哲雄, 坂本大介, 石黒浩, 安西祐一郎, “人間型対話ロボットのための協調的身体動作の利用,” 2005 ロボット学会誌, Vol.23, No.7, pp.898-909.
- [10] T.OKUDA, “Technical Communication for Organizational Knowledge Creation,” Proc. Of the 2001 IEEE international Professional Communication Conference, pp.391-404, 2001.