様式６

申請先学部　　基礎工学部　採択番号　No.１

令和２年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏　　名	はしかわ　りの 橋川　莉乃	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	２年
ふりがな 共　同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	高橋　英之	所属	基礎工学研究科		
研究課題名	ぬいぐるみのソーシャルネットワーク可視化による情緒的価値の発現と変容				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				

１．はじめに

人間同士のコミュニケーションでは、想像力、ここでは「(眼前の) 相手の人格や心持ちを思いやる力」によって、互いの関係性はより深まる。この想像力のヒントとなるのは、勿論直接の対話において得る相手の言葉や表情、身振りといった情報が基本であるが、そればかりではない。我々が「相手と見知らぬ他者／第三者との関係性」つまり「相手の新たな一面」を認知することによっても、想像は喚起され、さらに相手の人格に奥行きを感じるのである。

一方で、ロボットをはじめとする自律エージェントと人間とのコミュニケーションにおいては、多くのエージェントが他者との社会的関係性を持たないがために、人間側は上述した “第三者との関係性による想像の種” を得られない。その結果、人間同士のコミュニケーションと比べて想像の幅を広げにくく、両者の関係が単調になってしまうという問題がある。そこで、この想像を何らかの形で補助、促進すれば、エージェントに対する想像力がより深化し、エージェントとのインタラクションやエージェントそのものに対して精神的な側面での価値(愛着)を見出すことができるのではないか、との仮説をここに提唱する。

したがって本研究では、まず仮想空間上に複数のエージェント間のソーシャルネットワークを構築することによって、“対話相手としてのエージェントが持つ他者との関係性” の可視化を試みる。ここでは、エージェントとしてぬいぐるみを用いたソーシャルネットワーク並びにその閲覧システム(本稿ではぬいぐるみ SNS と名付けた)を開発する。そしてぬいぐるみ SNS 上のそれらの営みを観察した後、果たして人がぬいぐるみへの想像力を発揮するかどうか、ぬいぐるみに対する印象がどう変わるのかを探る。特に本研究でぬいぐるみを使用し、ロボットを敢えて用いないのは、「自ら喋ったり、動いたりしない」ぬいぐるみと対峙した際に生じる人間の想像力こそ、純粋な評価に適していると考えるゆえである。

このようにして「自分の知らない世界におけるエージェントの振る舞いが、エージェントの背景を想像させて、愛着を湧かせる」という仮説を探求することは、将来人間に寄り添い共生するソーシャルコミュニケーションロボットの在り方を模索する上で、有用であると考える。

本稿では、2 章でぬいぐるみ SNS のシステム概要及び実装の要点を述べる。3 章では実験の流れと条件設定について説明し、4 章で実験結果と考察を論じる。

２．ぬいぐるみ SNS の開発

ぬいぐるみ SNS は、先述したように、エージェントとしてぬいぐるみのアバターを用いたソーシャルネットワーク並びにその閲覧システムである。本研究では、ゲームエンジン Unity を用いて開発した。完成したぬいぐるみ SNS のキャプチャ画像を図１、図２として以下に示す。

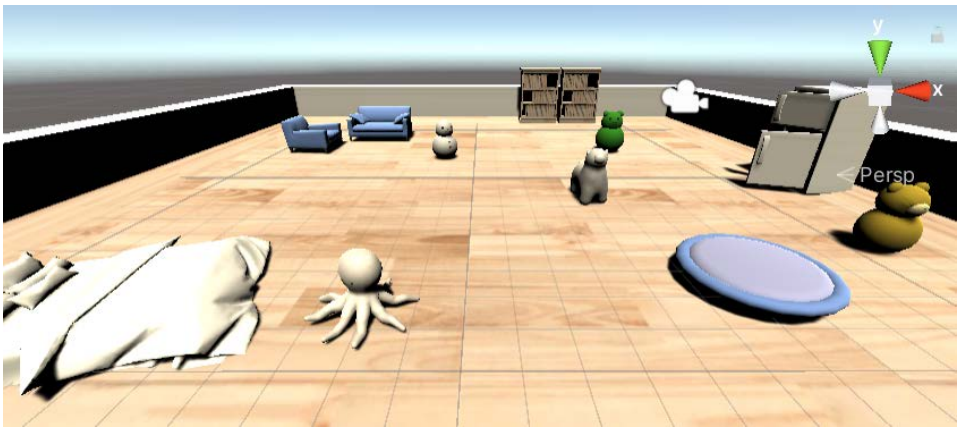

図１　ぬいぐるみ SNS　キャプチャ画像　部屋 S（Social）

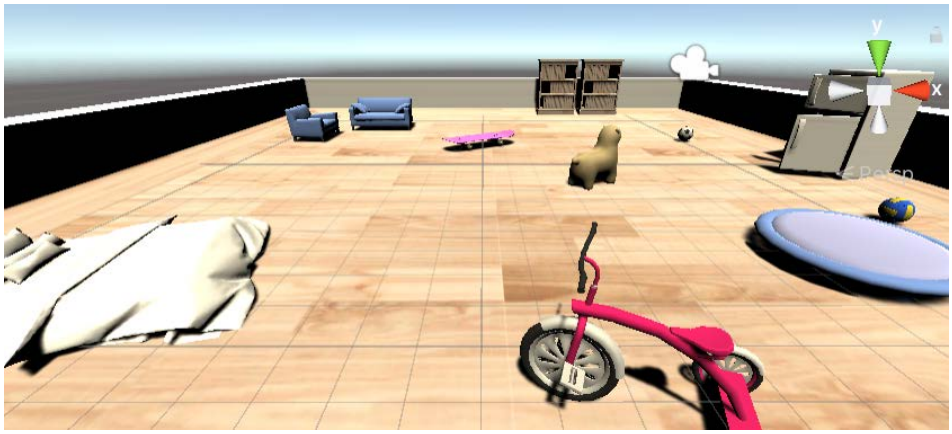

図２　ぬいぐるみ SNS　キャプチャ画像　部屋 P（Personal）

本研究は、注目するぬいぐるみに他者との関係性を持たせてそれを見たとき、印象がどう変わるかを調べることを目的としている。そのため、複数のアバターが交流する部屋 S（Social）に対して、他者との関係性は持たない部屋 P（Personal）を比較対象として作成する必要がある。そのため、図１、図２に示す２つの部屋を仮想空間上に配置した。以下では、部屋 S、P の開発における構想を示し、その後実装方法を説明する。

2.1 部屋 S（Social）の設計

ぬいぐるみ SNS の開発にあたり、複数のぬいぐるみアバターの交流の様子を生成する必要がある。そこで、アバターの動きを次のように設計した。

まず、各アバターに、自分以外のアバター及び家具に対する興味の数値をもたせ、それに基づいて、各アバターの行動を決定することとした。具体的には、興味の数値が最大となるアバターまたは家具を興味の対象とし、その位置を目的地として移動する。以下で、興味の数値の詳細と実装のしくみについて述べる。

興味の数値は、表１のように表すことができる。なお、表１は、アバターが３体、家具が２個のときの例を示している。

	アバターA	アバターB	アバターC	家具 X	家具 Y
アバターA	-1	40	70	80	62
アバターB	32	-1	60	51	40
アバターC	70	50	-1	63	66

表１　各アバターが他のアバター及び家具に持つ興味の数値表の例

表１では、各行のアバターが、各列のアバターまたは家具へもつ興味の数値が入力されている。たとえば、アバターA からアバターB に対する興味の数値は 40 である。この興味の数値は、初期値を 30~90 の範囲の整数乱数として設定する。ただし、自分自身に対する興味の数値は、-1 で常に固定する。

そして各アバターが持つ興味の数値のうち一番大きい値のアバターまたは家具を選び、それを各アバターの興味の対象とする。たとえば表１の場合、アバターA の行を見ると、-1, 40, 70,80,62 の中で最大値は 80 であるから、このときの興味の対象は家具 X となる。各アバターは、それぞれの興味の対象の位置を目的地として移動する。興味の数値を一定の規則に従って変動させると、それに応じて興味の対象、目的地が変わり、複数のぬいぐるみが交流しているかのような様子が表現される。

興味の数値の変動ルールは、次のように設定した。一定フレーム時間ごとに、興味の対象への興味の数値を１減らし、それ以外への興味の数値を１増やす。興味の対象に接触したら、そのたびに興味の対象への興味の数値を３減らすというものである。

興味の対象の候補としてアバターの他に家具を用いたのは、全てのアバターが一か所に集まり動きが収束してしまうことを防ぐためである。家具は固定してあり、初期位置からの座標の移動及び回転は起こらない。

また、各アバターについて、一定の距離以内に他のアバターまたは家具がいる場合は移動速度を落とすように設計した。これは、オブジェクト同士の衝突状態が続いた際に、アバターが不自然に振動を繰り返すことを防ぐための処理である。

以上の仕組みで、図１に示したようなアバター５体が動き回る空間を設計した。図３は、部屋 S のアバター５匹と家具６個の分類を示したものである。

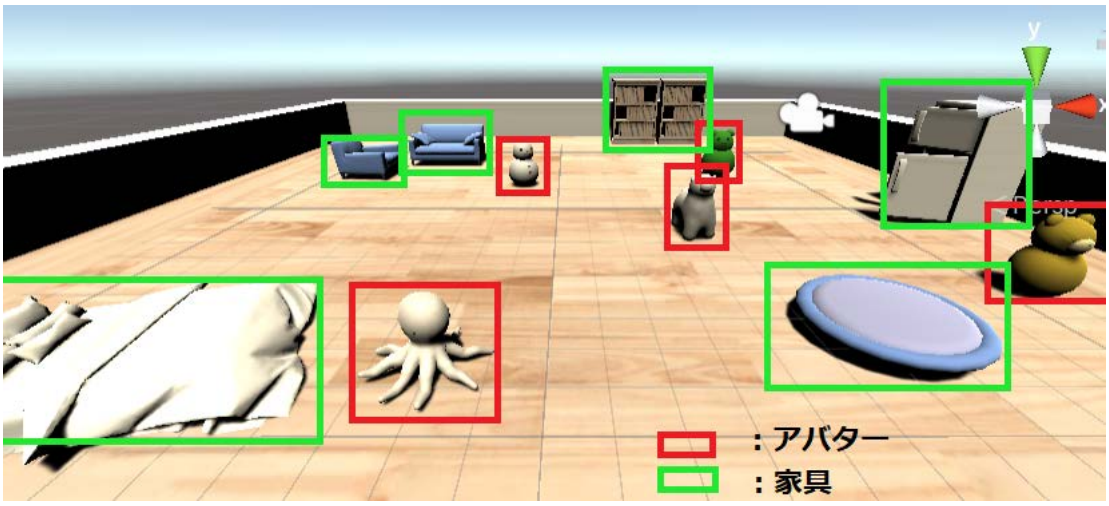

図３　ぬいぐるみ SNS　部屋 S　オブジェクトの分類

2.2 部屋 P（Personal）の設計

続いて、部屋 S に対する比較対象として部屋 P（Personal）を作成した。基本的には、部屋 S のアバターを１体にした場合のようになり、１体のぬいぐるみが興味の数値に従って行動する。興味の数値の変動ルールや移動速度の増減についても 2.1 節の説明と同様である。ただし、部屋 S から注目するアバター以外のアバター計４体を取り除くだけでは、情報量に差が出てしまう。そのため、それらの代わりに４個の遊び道具を置くこととした。遊び道具は、家具と同じように興味の対象の候補となる。家具との違いは、アバターから物理的な接触を受けるとそれに応じて座標が変化することである。

図４に、部屋 P のアバター１匹と家具６個、遊び道具４個の分類を示した。

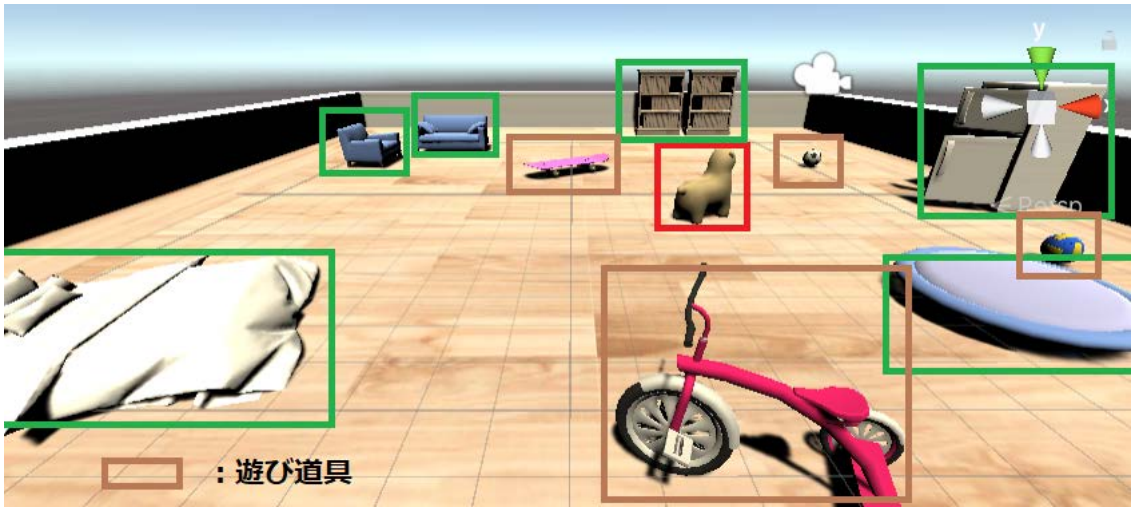

図４　ぬいぐるみ SNS　部屋 P　オブジェクトの分類
（赤枠：アバター、　緑枠：家具、茶色枠：遊び道具）

2.3 部屋 S（Social）の実装

2.3.1 アバターの作成及び家具のインポート

アバター及びトランポリン（図３右下の家具）は、3DCG ソフトウェア Metasequoia を使用し作成した。その他の家具や床のマテリアルはフリー素材として提供されているものを使用し

た。

2.3.2 スクリプトの作成

構想した部屋 S 内のぬいぐるみアバターの動きを、C#のスクリプトで記述した。このアルゴリズムの概要図を図５に示す。

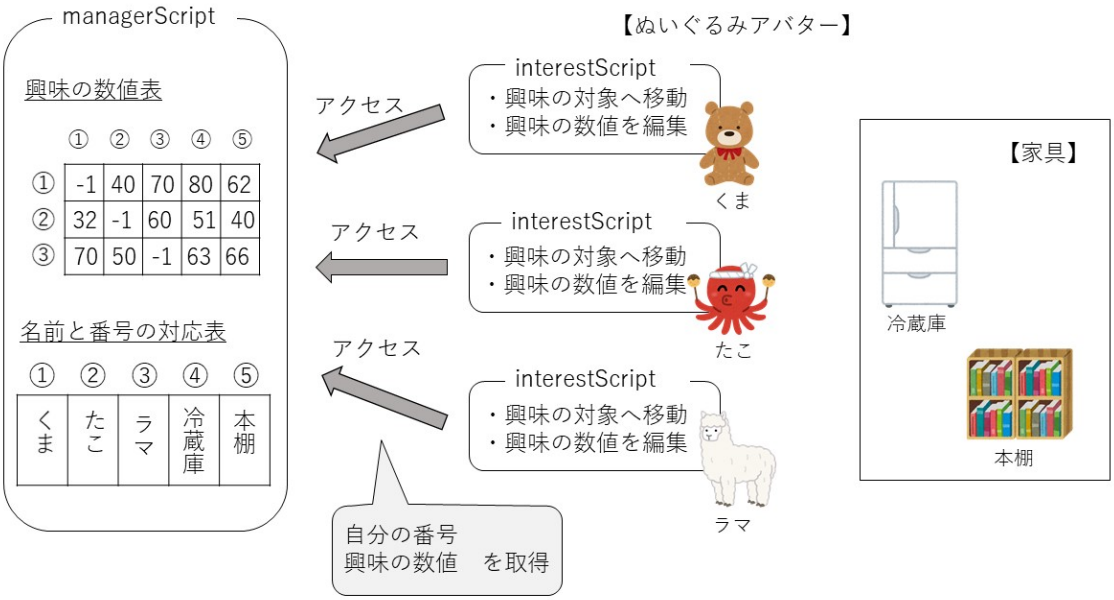

図５　部屋 S のアルゴリズムの概要図

まず、先述した興味の数値表は、アバターの数を行数、アバター+家具の数を列数とした２次元行列（int 型）で表現できる。また、アバター+家具の数を要素数とした１次元行列（string 型）に、アバターと家具の名称を格納することで、列番号とアバター及び家具の対応関係を示すことができる。これを本稿では名前と番号の対応表と呼ぶ。（図５では説明のため番号を①、②・・・としているが、実際には配列の要素番号を用いる。）これらを managerScript として記述した。

次に、各アバターに共通して追加するスクリプト interestScript を記述した。managerScript の名前と番号の対応表を参照すると、各アバターは自分に割り振られた名称から列番号を取得できる。この番号を自分の行番号として、managerScript の興味の数値表を参照し興味の対象を決定する。興味の対象の位置を取得し、次に進む方向へ逐次身体を向けて興味の対象の座標を目標に移動する。

家具によっては、衝突した際のアバターの挙動を指定する必要がある。必要に応じてコルーチンを用いて設定した。具体的には、ソファやベッドに衝突した場合は上に乗るようにした。ソファの場合は更に体の向きを指定した。トランポリンは上に乗った後、接触するたびにアバターに垂直上向き方向に正の力を加え、飛び跳ねるように設定した。

また、全てのアバターの大きさを、上下左右前後方向でそれぞれ微細に周期的な変化をさせることで、動物が歩くような動きを加えた。

2.4 部屋 P（Personal）の実装

2.4.1 アバターの作成及び家具のインポート

部屋 S に登場するアバターのうち１体の色違いと、全ての家具を用いた。追加した遊び道具はフリー素材として提供されているものを使用した。

2.4.2 スクリプトの作成

部屋 P に登場するぬいぐるみ１体の行動を制御するスクリプトを作成した。興味の数値をそれぞれの家具及び遊び道具に対して持ち、その表は int 型の１次元配列としてスクリプトが保有している。部屋 S の場合と違って、興味の数値表を共有する他者がいないため、managerScript の存在は必要としない。

家具に衝突した際の挙動や、アバターの大きさの微細な周期的変化は 2.3.2 節で示したものと同様に設定した。遊び道具の一部は、自然な動きの範疇で接触時の挙動を指定した。

３．実験

部屋 S と部屋 P それぞれでの様子を観察させたときの、注目するぬいぐるみに対する印象の変化を測ることを目的として、以下の要領で実験した。

まず、被験者１８人それぞれに、色違いのラマのぬいぐるみ２体（ラマ A,B）を郵送した。これらの写真を図６に、そのアバター（どちらも向かって左が茶色、右が白色）を図７に示す。
なお、１体は部屋 S に、もう１体は部屋 P にアバターとして登場するぬいぐるみである。

図６　使用したラマのぬいぐるみ２体

図７　アバター２体

実験は５日間にわたり行った。そのスケジュールを表２に示す。実験１日目は、ぬいぐるみへの印象を測る事前アンケートと、ぬいぐるみ１体ずつの写真撮影をさせた。２~５日目は、部屋 S、P の様子を映した動画を順番にそれぞれ２日間ずつ被験者に鑑賞させた。毎動画鑑賞後には、動画をみて想像したストーリーについてもいくつかの質問で測った。２日間の動画鑑賞が終了した時点で、その２日間に動画に登場したぬいぐるみへの印象を測る事後アンケートと、そのぬいぐるみの写真撮影をさせた。なお、ぬいぐるみの写真撮影をさせたのは、ぬいぐるみへの印象の変化が、被験者が撮った写真にあらわれることを期待したからである。

１日目	２日目	３日目	４日目	５日目
ラマA,Bそれぞれの写真撮影１枚ずつ & ラマA,Bについて **アンケート**	**ラマA**が登場する**動画を一つ鑑賞** ⇒ 動画についての簡単な**質問に回答**	**ラマA**が登場する**動画を一つ鑑賞** ⇒ 動画についての簡単な**質問に回答** ラマAについて **写真撮影1枚** & **アンケート**	**ラマB**が登場する**動画を一つ鑑賞** ⇒ 動画についての簡単な**質問に回答**	**ラマB**が登場する**動画を一つ鑑賞** ⇒ 動画についての簡単な**質問に回答** ラマBについて **写真撮影1枚** & **アンケート**

表２　実験スケジュール

なお、ぬいぐるみの色と部屋の組み合わせの違い、部屋Ｓ と Ｐ の鑑賞する順番の違いによる影響を考慮して、被験者を以下の４グループに分け、ぬいぐるみの色と部屋の組み合わせ及び順番を区別した。（ラマ A の登場する動画が先、ラマ B の登場する動画が後に鑑賞される）

・ラマ A が茶色で部屋 S、ラマ B が白で部屋 P　・ラマ B が茶色で部屋 S、ラマ A が白で部屋 P
・ラマ A が茶色で部屋 P、ラマ B が白で部屋 S　・ラマ B が茶色で部屋 P、ラマ A が白で部屋 S

ラマについてのアンケートは、ロボットに対する印象を測るための質問紙“Godspeed Questionnaire”（Bartneck et al. 2009)[1]を参考に、質問を計２３個用意した。質問は、２つの言葉の対について、５段階のうちどれが最も評価対象への印象に近いかを１つ選んでもらうものである。提示した２つの単語の対２３個を表３に示す。

偽物のような	自然な
機械的	人間的
意識を持たない	意識を持っている
人工的	生物的
ぎこちない動き	洗練された動き
死んでいる	生きている
活気のない	生き生きとした
機械的な	有機的な
人工的な	生物的な
不活発な	対話的な
無関心な	反応のある
嫌い	好き
親しみにくい	親しみやすい
不親切な	親切な
不愉快な	愉快な

ひどい	良い
無能な	有能な
無知な	物知りな
無責任な	責任のある
知的でない	知的な
愚かな	賢明な
不安な	落ち着いた
冷静な	動揺している

表３　Godspeed Questionnaire より選んだ２つの単語の対

動画についての質問は、被験者が感じた「動画からストーリーを想像することの容易さ」「動画から想像したストーリーから感じる”幸せ度”」「動画の楽しさ」として、各項目でそれぞれ最も近いものを５段階（とてもそう思う・そう思う・どちらともいえない・そう思わない・全くそう思わない）のうちから１つ選ぶものである。また、動画からどのようなストーリーを想像したかを問う自由記述の質問も設けた。

４．結果と考察

4.1 ラマのぬいぐるみに対する印象

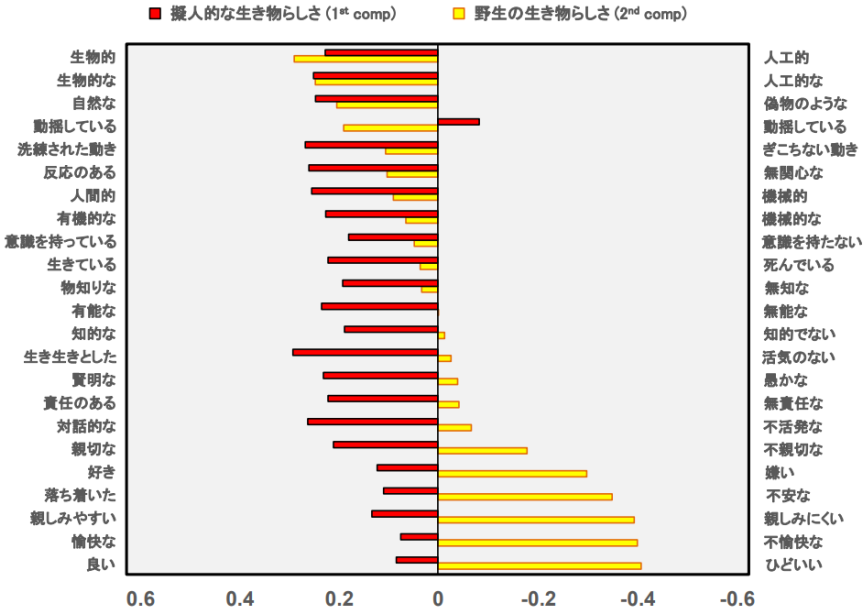

図８　表３の言葉の対について主成分分析した場合の因子負荷量
（第１主成分：擬人的な生き物らしさ　第２主成分：野生の生き物らしさ）

まず、表３の言葉の対について、主成分分析する場合の因子負荷量は図８のようになった。各主成分は、どちらも生き物らしさに関連しているが、第１主成分は「人間的」「対話的な」「親切な」といった項目と正の相関がみられ、第２主成分は「生物的な」「不親切な」「不安な」といった項目と正の相関がみられる。このことから、第１主成分を「擬人的な生き物らしさ」、第２主成分を「野生の生き物らしさ」とした。

続いて、表３の言葉の対について、５段階のうちどれが最も評価対象への印象に近いかを１つ選ばせた回答を主成分分析したところ、各項目での主成分得点の平均は図９のようになった。

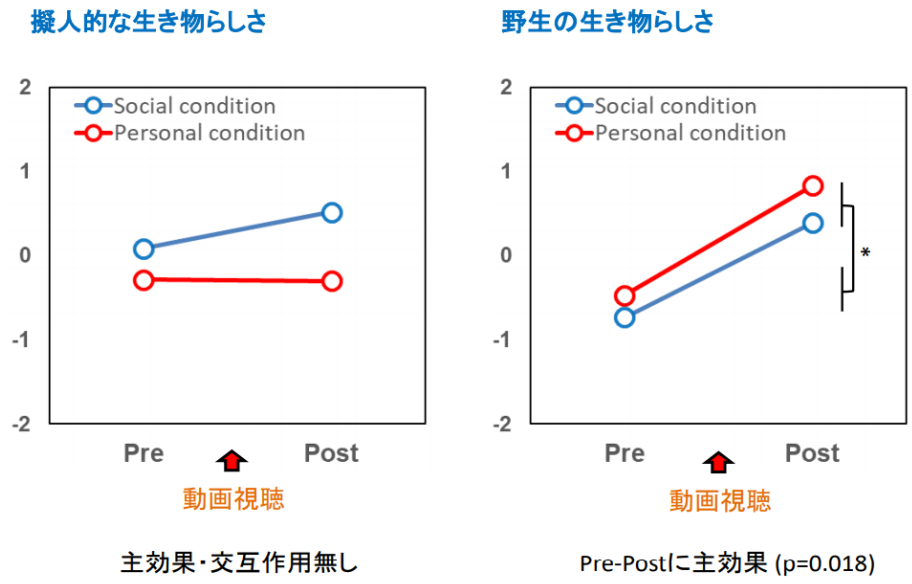

図９　主成分分析して得られた主成分得点
（Social condition:部屋 S、Personal condition:部屋 P）

また、これを分散分析にかけたところ、表４、表５の結果が得られた。

【分散分析】

Table of Analysis of Variance

source	SS	df	MS	F	p
subject	305.9306318	14	21.8521880		
A:Social/Persona	5.2954324	1	5.2954324	2.593	0.1297
error[AS]	28.5921078	14	2.0422934		
B:phase	0.6620420	1	0.6620420	0.119	0.7350
error[BS]	77.7542167	14	5.5538726		
AB	0.7476193	1	0.7476193	0.308	0.5879
error[ABS]	34.0165615	14	2.4297544		
Total	452.9986115	59			

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

表４　分散分析結果（擬人的な生き物らしさ）

【分散分析】

Table of Analysis of Variance

source	SS	df	MS	F	p
subject	106.9746026	14	7.6410430		
A:Social/Persona	1.8837509	1	1.8837509	1.042	0.3248
error[AS]	25.3214940	14	1.8086781		
B:phase	22.0542888	1	22.0542888	7.168	0.0180 *
error[BS]	43.0736420	14	3.0766887		
AB	0.1205923	1	0.1205923	0.127	0.7274
error[ABS]	13.3434419	14	0.9531030		
Total	212.7718124	59			

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

表５　分散分析結果（野生の生き物らしさ）

第１主成分の擬人的な生き物らしさについては主効果・交互作用共に認められなかったが、第２主成分の野生の生き物らしさについては Pre-Post に主効果が認められた。(F[1, 14] = 7.168, p = 0.0180) すなわち、Social condition、Personal condition いずれの場合も、動画視聴前より動画視聴後に、出演したラマのぬいぐるみに対して野生の生き物らしさをより感じるようになったといえる。

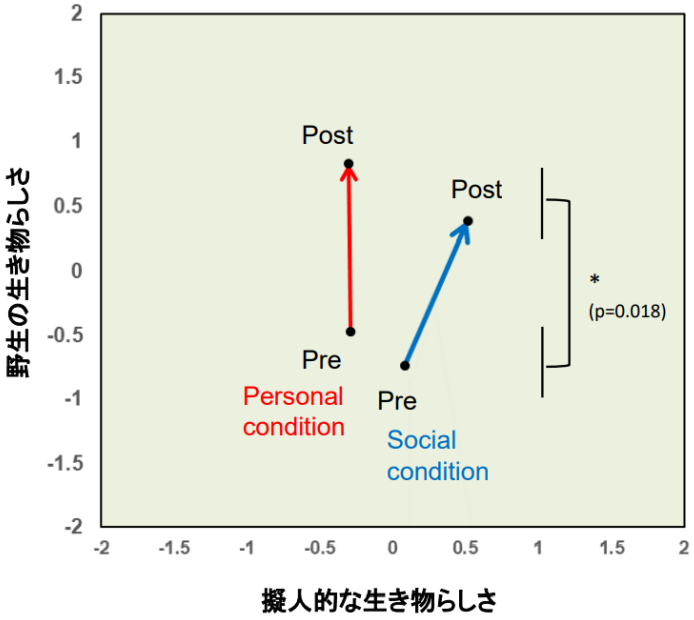

図１０　各条件での主成分得点
（横軸：擬人的な生き物らしさ、縦軸：野生の生き物らしさ）

また、図９に示すデータを、別の形式のグラフでまとめて表したのが図１０である。Personal と Social どちらも、各主成分得点は増加または変動なしであることが読み取れる。このことから、ぬいぐるみに対して感じる人格（ぬいぐるみ格）に、ある程度深みが出たと考えられる。

4.2　ぬいぐるみ SNS の動画への反応

続いて、ぬいぐるみ SNS の様子を映した動画を視聴後に毎回回答されたデータを用いて、分散分析を行った。結果を図１１に示す。

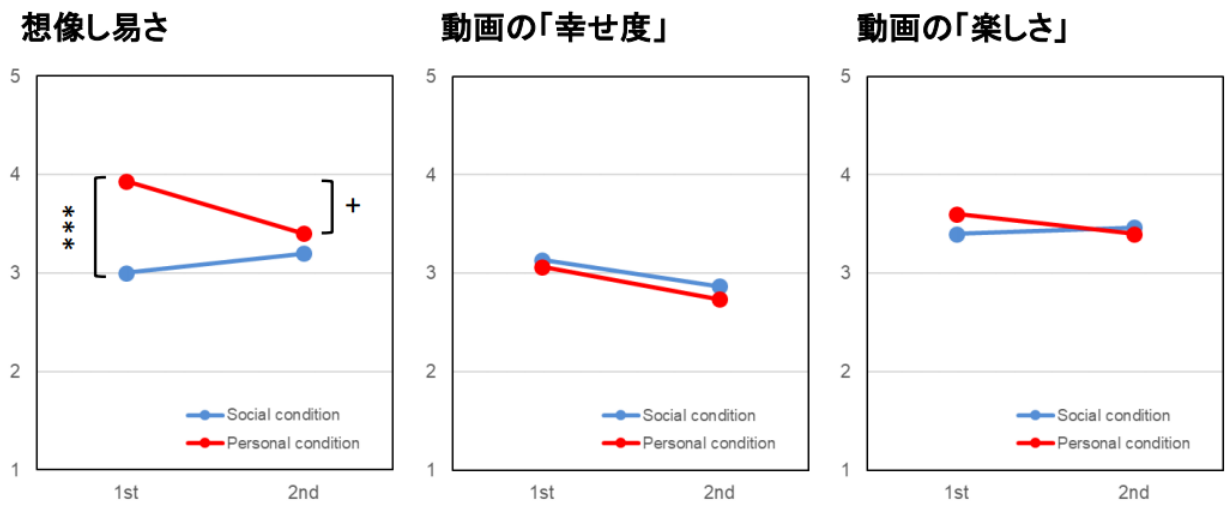

図１１　動画に関する３項目それぞれでの比較と分散分析結果
（Social condition:部屋 S、Personal condition:部屋 P）

図１１の「想像し易さ（＝動画からストーリーを想像することの容易さ）」の項目に注目すると、初回視聴(1st)では、ぬいぐるみアバターが複数存在する部屋 S よりも、１体しか存在しない部屋 P のほうが、より想像し易いという結果が出た。（p=0.0050）一方２回目の視聴では、差があまり見られなくなった。１回目から２回目にかけてみると、部屋 S はあまり変化がないが、部屋 P では想像のしやすさが低下しているといえる。（p=0.0563）このことから、部屋 P では想像のしやすさが続きにくいとの結論を得た。

「動画の幸せ度」「動画の楽しさ」の項目では、図１１に示すとおり Social/personal で有意差はみられなかった。動画視聴１回目と２回目を比較しても、同様であった。

さらに、図８に示した主成分と３項目との相関係数を調べると、図１２のような結果が得られた。

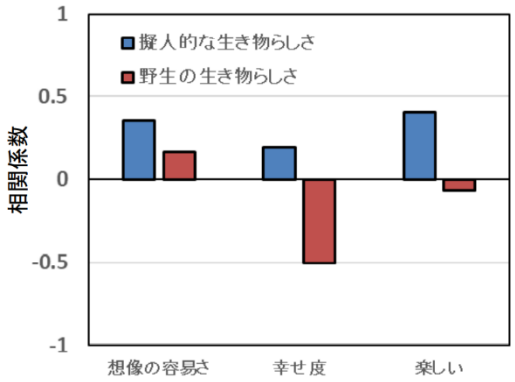

図１２　主成分と３項目との相関係数

特に、動画を観て感じる幸せ度と、野生の生き物らしさには有意な負の相関がみられた。すなわち、動画をみて幸せでないと感じるほど、そのぬいぐるみを野生の生き物らしく思うということである。

4.3　撮影されたぬいぐるみの写真の解析

ラマのぬいぐるみへの印象評価アンケートと併せて、写真撮影をさせた。写真を撮る際には、一方のラマの写真にもう一方が写り込んではいけないというルールのみ指定した。

動画視聴の前後で撮影された写真を見比べると、動画視聴後のほうがカメラからぬいぐるみまでの距離が近い場合が多かった。これを定量的に解析するため、以下に示す方法をとった。

まず、図１３のように写真ごとにラマの顔がぎりぎり格納できる最小の四角形を考える。ただし、各辺は元の写真の辺々にそれぞれ平行であるものとする。

図１３　顔が格納できる最小サイズの四角形のとり方の例

この四角形の辺々のピクセル数を測って積をとれば、四角形の面積が得られる。これを、元の写真の辺々のピクセル数の積で割ることにより、写真全体に占める四角形の割合が得られる。全ての写真についてこれの作業を行い、各写真の写真全体に占める四角形の割合、すなわち顔のおおよその割合を得た。

図１４は、部屋 S（Social）と部屋 P(Personal)及び動画視聴前後での各データの平均をプロットしたものである。分散分析の結果、動画視聴前（Pre）から動画視聴後（Post）にかけて割合は増していると結論づけた。($F[1, 13] = 3.971$, $p = 0.0677$)

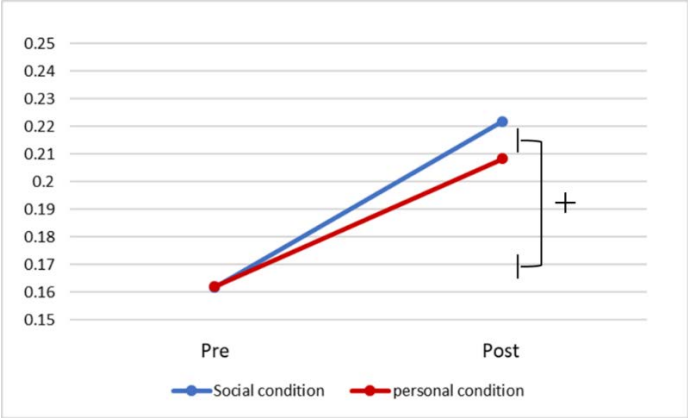

図１４　写真全体に占める顔のおおよその割合

この結果より、ぬいぐるみと写真撮影者（被験者）との距離が小さくなったといえる。相手との親密度が高いほど、対人距離は小さくなるとされている[2]ことから、これがぬいぐるみにも適応されるとすれば、動画視聴前と比較して動画視聴後ではぬいぐるみに対する親密度が高く、心理的距離が小さくなった可能性があると考えられる。

５．今後の課題と展望

本研究では、エージェントが持つ他者との関係性を認識することが、エージェントに対して抱く印象にどのような変化を与えるかを探るため、3 章のような実験を行った。その結果、1 体のぬいぐるみのみ登場し他者との関係性を持たない部屋よりも、複数のアバターが交流する部屋のほうが、想像力が持続しやすいとの結論が得られた。また、いずれの場合も、動画視聴前より動画視聴後に、出演したラマのぬいぐるみに対して野生の生き物らしさをより感じるようになった。さらに、動画を観て感じる幸せ度と、野生の生き物らしさには有意な負の相関がみられた。

当初提唱した「ぬいぐるみ SNS を用いた想像力の補助・促進により、エージェントとのインタラクションやエージェントそのものに対して精神的な側面での価値(愛着)を見出すことができるのではないか」という仮説に関しては、4.1 節での「動画視聴後、Social/Personal いずれの条件においても、ぬいぐるみに対して感じる人格（ぬい格）に深みが出た」という結果から、ある程度支持できると考えられるが、“対話相手としてのエージェントが持つ他者との関係性” が想像力を補助・促進するかどうかの議論については、他者との関係性を持つほうが想像力を持続させやすいという実験結果を得るにとどまった。

また、本研究では、複数のぬいぐるみの交流表現を構築する場を仮想空間上とした。これにより、被験者が実物のぬいぐるみとぬいぐるみアバターを認識するうえで両者を同一視できない可能性があった。これを解決するため、より両者を同一視できるような状況設定、あるいは別の手段による交流表現の模索が、今後の課題として挙げられる。

６．参考文献

[1] Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. International journal of social robotics, 1(1), 71-81.

[2] 池上 貴美子, 喜多 由香理 “対人距離に関する性・年齢・魅力・親密度の要因の検討” 金沢大学教育学部紀要.教育科学編 56 巻 p.9（2007）