

土偶の変遷に基づくコミュニケーションメディアの ミニマルデザインの検討

Design considerations from chronological development of Dogu

住岡英信† 幸田健介†‡ 西尾修一† 港隆史† 石黒浩†‡

Hidenobu Sumioka Kensuke Koda Shuichi Nishio Takashi Minato Hiroshi Ishiguro

1. はじめに

近年、科学技術の発達により、遠く離れた場所にいる人とのやりとりが様々な遠隔コミュニケーションメディアを用いて実現されている。このようなメディアは、ただ情報を伝達するためだけではなく、相手との会話自体を楽しむためにも使われ、社会的なインタラクションをより促進するために、遠隔地にいる相手と空間を共有する技術が注目されている [1]。

空間を共有する一つの方法として、遠隔地にいる人間が自身の分身であるロボットを通して相手とインタラクションを行うことが考えられる。このときその分身と遠隔地の人間が似ている方がその人間と空間を共有している存在が伝わるであろう。このような考えの下、我々は遠隔操作アンドロイドを用いた研究を行ってきた [2]。実際、これまでの研究から、アンドロイドを用いると操作者の存在感が強く伝達されることが分かっており [3]、対話者がアンドロイドに操作者を投影することでその存在を感じ、操作者と空間を共有していると強く感じられるといえる。

しかし遠隔操作アンドロイドを用いる場合、操作者の存在の伝達がアンドロイドの外装の影響を受け、伝達される個性が歪められることも分かっている [4]。このような対話者と操作者への影響は例えばクマの姿をアバターのようにならぬようにアバターの場合も起こることがわかっている [5]。そのため、任意の遠隔地の人間の身代わりになるロボットアバターでは、特定の個人に似せた外装や人間でない外装を避けるべきである。

では操作者が誰でも、その人物の存在を上手く伝達できるような、対話者が操作者の存在を投影できるようなロボットアバターの外装はどんなものだろうか。伝達すべき存在は人間であるので、直感的に人であると感じられるが、特定の個人とみなせないような外装であると我々は考える。つまり、アバターの外装は人とみなせるだけでなく、任意の人物の分身と解釈できるような多義性を持つ必要がある。

我々はそのようなロボットアバターの外装を考える際にミニマルデザインのアプローチが有効と考える。ミニマルデザインとは、対話者の解釈を積極的に引き出しつつ、その解釈を方向付ける、最小の手掛かりをデザインすることをいう [6]。人間であるということが分かる最小の手掛かりを持った外装を設計することにより、対話者がロボットに任意の操作者の存在を投影できることが期待される。このようなメディアのデザインを本研究では「人とみなせるコミュニケーションメディアのミニマルデザイン」あるいは「人間のミニマルデザイン」と呼ぶ。



図1 テレノイド（左）と板状土偶（青森県教育庁文化財保護課所蔵）（右）

そういったデザインの嚆矢として、我々は遠隔操作型アンドロイド「テレノイド」を開発してきた [7]。テレノイドは、外装と機能の両方で人間のミニマルデザインを目指したものである。外装は任意の人物を投影するために、頭に対し胴体、手足は抽象的に表現し、顔も左右対称にすることで年齢や性別の特定をあいまいにしている。コミュニケーションに必要な最小限なアクチュエータを備えており、相手と目を合わせ、会話をする、ハグをするといったことができる。これまでの実証実験から、人間に近い外装にもかかわらず、不気味の谷現象 [8] で知られる様な否定的な印象は感ぜられず、一般人に好意的に受け入れられることがわかっている。しかし、テレノイドに操作者の存在を投影したことで生じたものかどうかは検証されておらず、テレノイドの人間のミニマルデザインとしての是非は未だ明らかにされていない。人間のミニマルデザインを達成するために、テレノイドの身体表現について評価する必要があるが、身体表現を変化させ、その妥当性を評価するためには、変化させるための何らかの基準や指針が必要である。しかし人間のミニマルデザインの探索は、我々の知る限り、ヒューマンエージェントインタラクション (HAI) やロボティクスの研究で行われていないため、これらの分野からその方針を得ることは難しい。

しかし、人の歴史に目を向ければ、人の存在を投影することへの取り組みは様々な時代で見受けられる。日本においては例えば、人間の身代わりとされる形代や藁人形、そしてさらに古代に遡れば土偶が挙げられる。土偶の用途は呪物説、神像説など多くの説があり未解明であるが [9][10]、多くの説に共通していることは、そこに人型の何かを投影していたということである。現代のように、遠隔地にいる人と実際にコミュニケーションが不可能であった縄文時代においては、土偶を通していかに相手の存在を投影できるかが深く追及されており、人間のミニマルデザインのために必要な要素の検討ができると考えられる。

†国際電気通信基礎技術研究所, ATR

‡大阪大学大学院, Graduate School of Eng. Science, Osaka Univ.

本研究では、縄文時代の土偶の変遷を辿ることで、人間のミニマルデザインの設計方針を検討する。まずミニマルデザインに関する従来研究をまとめ、人間のミニマルデザインの設計方針を、主に外装の面において土偶の変遷をもとに検討する。土偶から得られた知見をもとにデザインしたアバターが、コミュニケーションメディアとして相手を投影し、対面に近いコミュニケーションを行いうるものかどうかを検証する必要がある。そのため、土偶の知見に基づき、数種の形の異なる人間のミニマルデザインの模型を製作し、それを介した他者との会話において、模型に対する相手の投影の度合を調査し、遠隔地の操作者を投影するためにメディアはどのような身体表現をするべきかについて議論する。

2. 関連研究

岡田らは、相手の解釈を積極的に引き出しつつ、その解釈を方向づける最小の手掛かりを上手に利用したコミュニケーション形態を「関係論的なコミュニケーション」と呼んだ [11]。彼らは子どもの認知発達過程や社会的相互行為の過程、関係論的なコミュニケーションなどを構成的に議論するためのロボット「Muu」の開発を通して1) 志向性や視線、姿勢の表示機能、2) 社会的な表示機能、3) 幼児のかわいらしさ、4) 様々な多義性、5) ひとつの目玉の5点をミニマルな手掛かりとして指摘している。Osawa *et al.*は我々の日常生活にあるものに腕などの身体部位を取り付けることでそのものを擬人化する研究を行っている [12]。Ogata *et al.*は目と口のみを持つ指輪型のコミュニケーションロボット「ピグミー」を開発し、自分の手を擬人化させることを行っている [13]。しかし、これらの研究では、ロボットは自律エージェントであることを想定しており、遠隔地にいる人の分身として使われるコミュニケーションメディアにこれらの要素全てが必要であるかは不明である。

技術の進歩により小型で携帯性に優れたアバターシステムが開発され始めている。これらはサイズの問題から効果的に相手の存在を伝えるために *minimal design* を非明示的にとっている。肩乗りアバターとして開発された「T1」 [14]や「TEROOS」 [15]は頭部と胴体そして指示するための腕を有しており、視線や指差しで注意の共有が可能になっている。これによって遠隔地の相手とのコミュニケーションの円滑化を図っている。これらのロボットの外装は人とは大きく離れており、相手の印象がロボットの外装によって歪められしう可能性がある。

ロボットアバターとしてより人間の外装に注目したものとして遠隔操作アンドロイド「テレノイド」 [7]やその携帯サイズの「エルフォイド」 [17]がある。これらは外装と機能の両方で人間のミニマルデザインを目指して開発されており、外装では任意の人物を投影するために、顔は大人、首から下は子供というアンバランスな身体によって年齢の特定を避けている。また、左右対称によって中性的な顔を持つことで性別の特定を避けている。耳や眉毛の表現もない。機能も会話に必要な最小限と思われる頭部や腕の自由度のみを有しているのみである。しかしこのデザインが人間のミニマルデザインとして妥当かについては検討されていない。

表1 土偶の変遷

		東北	関東	東海・北陸	近畿
草創期 15000年前～	前葉 中葉 後葉				①瀬見井尻
早期 11000年前～	前葉 中葉 後葉	根井沼	木の根・花輪台	入海	大鼻 神並
前期 7000年前～	前葉 中葉 後葉	②寺塚、糠塚	③大曲輪		
中期 5500年前～	前葉 中葉 後葉	十字形土偶 一本松(十字形立像)	長山、④棚畑(縄文のヴィーナス)		
後期 4500年前～	前葉 中葉 後葉	(両脚立像) (⑤合掌土偶)	ハート形土偶 ミミツク土偶		
晩期 3000年前～	前葉 中葉 後葉	⑥遮光器土偶			

3. 人型表現のミニマムデザインへの方策

同じ遠隔対話タスクであっても利用されるアバターの身体表現は多様である。そのため、アバターがどの程度の身体表現を有していれば遠隔地の会話相手の存在を感じることもできるか調査することは今後のアバター設計のために有用であろう。しかし、調査を進めるためにはどのように身体表現を単純化するべきかが問題である。目と口だけの表現が人の表現として最も単純と言えるのであろうか？最も詳細な身体表現は実際の人間ということになるが、それを単純化・抽象化していくための変化の方策が必要である。

我々は土偶の変遷がそのための指針となるのではないかと考える。なぜならば土偶は製作初期から後期にかけて人型表現を複雑にしていっているように見えるからである。そこで、我々は土偶の変遷において、人型の表現がどのように変化していくかを調査した。

4. 土偶

4.1. 土偶について

縄文時代は縄文土器の編年によって、草創期、早期、前期、中期、後期、晩期の6期に区分され、土偶はこの時代のみ作られた、人型を模した土製品である [9][10][18]。土偶の用途に関しては未解明であるが、呪物説、安産護符説、玩具説、神像説、装飾品説、護符説などが考えられている。種類は大きく分けて二つ、自立不可能な板状土偶と自立可能な立像土偶がある。土偶の製作は地域によって作られた数の差が大きく、主に中部地方以東、それも東北で多く作られているが、近畿以西の地域ではほとんど作られていない。よって土偶を必要としなかった地域も存在していた。土偶の形態に関しては地域ごとの独自性が見られ、時代ごとも形が大きく異なる。このため、その形態を型式(タイプ)として大きく分類し、全国を視野に入れた体系的な編年網を作成する取り組みが近年始まっている。本研究では原田による土偶形態に着目した編年研究 [18] を基に他の文献も参考にしながら土偶の形態がどのように変遷していくかを調査した。表1に土偶の変遷を示す。板状土偶のみが作られていた時期は表1の黄色、橙色の部分である。立像土偶も作られている時期は表1の黄緑色、紫色、水色の部分である。



図2 さまざまな土偶。番号は表1のものに対応している。1は草創期に出土した胴体、頭部、乳房を表現した土偶、2は前期に出土した頭部、四肢を表現した土偶、3は頭部、四肢に加え刺突孔により顔が表現された土偶、4は立像土偶、5は合掌土偶、6は遮光器土偶（重要文化財）
 (1：三重県埋蔵文化財センター，2，6：岩手県立博物館（6は文化庁所蔵），3：岩手県教育委員会，4：長野県尖石縄文考古館，5：八戸市教育委員会は川縄文館所蔵。

4.2. 土偶の変遷

初期の土偶は、近畿、関東で作られ始めた。日本最古の土偶（図2の1）は、草創期に三重県粥見井尻遺跡から出土したもので、胴体と頭部、乳房が表現されている。その後、早期になると、近畿地方では、「神並タイプ」と呼ばれる、四角形がわずかに括れ、乳房が表現されたものや、「大鼻タイプ」と呼ばれる、胴体のくびれが著しく、また頭部の表現がない土偶が有名である。こういった形の土偶は関東地方でも発見されており、「木の根タイプ」や「花輪台タイプ」と呼ばれている。このことから、初期の土偶では、頭部や乳房の有無、括れの程度において地域ごとに表現の差はあれ、胴体は必ず表現されていることが分かる。早期中葉になると、東北地方でも土偶が作られ始める。「根井沼タイプ」と呼ばれるこの頃の土偶では、顔面の表現はないが、頭と腕の突起状表現が明瞭になっている。さらに前期中葉になると、脚も含めた四肢と頭部の表現がより明確になったものが出てくる（図2の2）。この土偶にも依然として顔の表現はないが、同時期に、糠塚遺跡で見つかっている土偶のように、目、鼻、口を僅かな刺突孔で顔面を表現した土偶や、東海地方でも、円孔で顔らしき表現をした「大曲輪タイプ」の土偶（図2の3）が発見されており、前期中葉には顔が表現された土偶も作られ始めていたことが分かる。その表現は簡素であるが、具象的に顔を含む頭部全体を立体的に造形する技量は持ち合わせていたことを示す資料が発見されていることから、意図的に行われていたと考えられている[19]。その後中期前葉になると東北北部では、脚が単脚（一本足）で表現されるが、腕は依然として横に伸ばされより明確に表現された十字形の土偶が作られ始める。

ここまで作られた土偶はどれも板状土偶であったが、この時期、関東や東海地方では、立像を志向した土偶が作られ始める（表1の紫色の部分）。「長山タイプ」と呼ばれる、立体的な頭部と平らな頭頂部を持つ土偶は、これまでとは異なり先に製作した頭部、両腕、腹部、両脚を組み立てて構成する分割塊製作法と呼ばれる方法で製作されている。ほどなく、胴体を含む四肢の立像化を経て、世界に誇

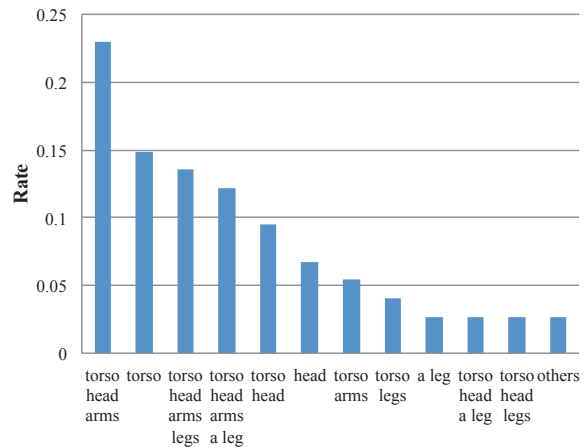


図3 縄文中期中葉までの土偶の種類割合

る長野県棚畑遺跡で発見されたような「縄文のヴィーナス」（図2の4）が作られる。これらの土偶においては、明瞭な隆線を描かれた眉、鼻、あどけない表情を感じさせる目、口が表現され、初めて表情を獲得したと言える[19]。その後中期後葉に、東北北部を除いたほとんどの地域では土偶の製作が途絶える。これは単純に集落の数が減少したことと直接関係があると考えられている[20]。東北北部のみが細々と土偶を製作し続け、十字形の板状土偶だけでなく、単脚で自立するように底面を丸く平らに変化させた土偶もみられるようになる（表1の黄緑色の部分）。後期前葉になると、東北北部でも、板状で単脚の形状から、両脚のある立像へと変化がみられ、より人間に近い形になっていく。

後期前葉以降には、再び関東地方から中部地方高地周辺で土偶が作られ始める。この流れは九州地方まで及ぶ（表1の水色の部分）。この時期、それぞれの地域で個性あふれる土偶が作られるようになる。風張1遺跡で発見された「合掌土偶」（図2の5）に代表されるような、様々な姿勢の土偶や、ハート形土偶、ミミヅク土偶や遮光器土偶（図2の6）といったものがそれにあたる。この時期の顔面表現はハート形土偶やミミヅク土偶にみられるような、環状の粘土を貼付して作られた眼と口といった画一的なものや、遮光器土偶にみられるような極端に目を誇張したものであり、中期に見られるような表情の表現はない。

4.3. 土偶における身体表現の変化のまとめ

身体の変遷は地方ごとに差はあるが、おおよそ次のような順に土偶は変遷していったといえる。まず初めに立像前までの流れは、1) 胴体の表現、性別の表現、2) 突起や括れにより、胴体の上下半身や四肢、頭部の表現、3) 顔の表現となっている。人型を表現する際にまず初めに表現されたのは胴体であったことや、胴体を含め、四肢、頭部、顔の表現もそれらしい突起で簡単に表現していることが分かる。おおまかな変遷は図2の1, 2, 3の順で表される。この結果から、人間を表現する際に頭や顔よりも胴体を最優先していることが分かる。また、製作されていた土偶の種類や数について、資料[20]をもとに板状土偶のみが製作されていた草創期～中期中葉までの期間についても調査した(図3)ところ、板状土偶のみ製作されていた期間では、胴体、頭部、腕の表現が最も多く、脚を表現しているものは少ないことが分かる。これより、人間のミニマルデザイン

ンには頭部だけでなく、胴体表現が必要であり、その表現は抽象的であってよい可能性が示唆された。

胴体に対する表現の取り組みに比べ、腕や脚についてはほとんど注意を払っていない。例えば手と腕の区別すらもないものが多い。このことは人を表現する際に腕や脚の情報は殆ど不要であることを示している。四肢に詳細な情報が必要となるのは姿勢が重要な土偶の場合のみである（図2の5）。

我々はまた、文献[20]内で顔面表現のある139体の土偶において表現されている顔の部位の調査も行った。多くの目、口、鼻（それぞれ92%、85%、71%）が表現されていた。また、耳やまつげ、頭髪が表現されているものもあった。これより目、口、鼻の順番で重要視されているようである。

まとめると、土偶の変遷より明らかになった身体表現について以下のことが明らかになった。

- F1. 胴体は人を表現するとき最も重要な要素である。
- F2. 顔面表現の重要性は他の部位に比べて低い
- F3. 腕や脚は単純な表現で問題ない。
- F4. 立像でない場合は脚の表現は必要ない
- F5. 単純な目、口、鼻が顔面表現としては十分である。

5. 存在伝達のためのアバターデザイン

土偶の変遷の調査から、人を投影するメディアとして考慮すべき身体表現がいくつか見つかったが、実際にメディアに人を投影するためにはどの程度の表現が必要かを検証する必要がある。そのため、土偶の知見にもとづき、異なる身体表現を持つ携帯サイズの模型を作成し、人の投影のし易さを評価した。土偶の調査から身体表現が顔面表現よりも重要であることが分かったため、ここでは身体表現のみ着目した。また、多くの土偶が小さく、携帯できるサイズであるため、本研究でも携帯できるサイズのアバターを想定する。

5.1. 異なる人型表現のアバター模型製作

土偶の変遷から得られた知見（F1—F4）に基づき、我々は考えられるコミュニケーションアバターの候補として土偶において頻出する5つの形状（胴体+頭部+腕、胴体のみ、胴体+頭部+腕+2脚、胴体+頭部+腕+1脚、胴体+頭部）を選択した。知見F3より、腕や脚などより単純な表現でよいと、これらの形状のアバターを製作するために人のシルエットを抽象化する。この抽象化は利用者の性別が影響しないようにアバターに中性的な表現をもたせるためにも役立つ。そのため、中性的な人間モデルのシルエットにガウシアンフィルタによる平滑化と一定の輝度値を持つもののみ残すという方法を繰り返すことで抽象化の異なる人間のシルエットを用意した（図2）。人間のミニマルデザインにおいては人とみなせる見た目を持ち、なおかつ任意の人物を投影できることが外装の必要要件である。そのため、抽象化された人のシルエットの中で、ある程度人間らしく見え、なおかつ性別が不明なものを予備実験として調査した。学生20名（男性12名、女性8名、平均年齢21.2歳、標準偏差1.69歳）に、8つのシルエットの人間らしさ（0-7の8段階）と性別を評価させた。図5にその結果を示す。図5より、半分以上人間に見えるシ

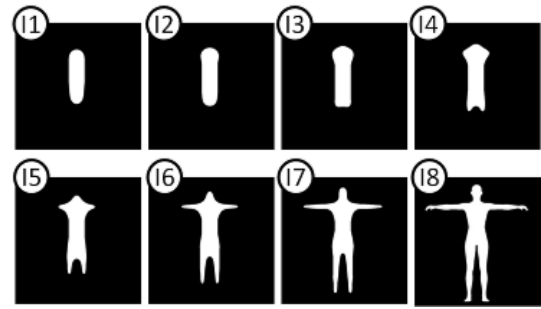


図2 抽象度の異なる人のシルエット

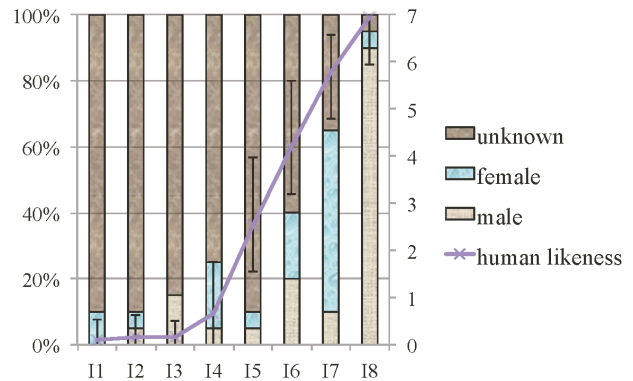


図3 人らしさの自信度（8段階）と選択された性別の割合

トはI6, I7, I8であることが分かる。I7やI8ではシルエットの性別に偏りがあるのに対して、I6では多くの人が性別を不明と評価したため、製作する模型の基準となる人間のシルエットをI6とした。

その後、選ばれたシルエットにもとづいて土偶において多く制作されていた5つの身体表現を持つ模型をスポンジのように弾力性を持つ紙粘土を用いて製作した（図6）。

5.2. 仮説

土偶の知見に基づいて製作された模型の内、どの程度の身体表現であれば会話相手の存在を感じることができるのであろうか。また、その投影しやすさは身体部位の表現の有無によってどう変わるのだろうか。インタラクションは相手の存在を感じることを促進するのだろうか？本実験では以下の仮説について調査した。

仮説1. 無機的な物体（スピーカー）に比べて会話相手を投影しやすい身体表現が存在する。

仮説2. 会話相手の投影しやすさに影響しない身体部位が存在する

本研究ではこれらの仮説について相手の存在に関する主観的な評価の結果にもとづいて評価する。

また、土偶とは異なり、コミュニケーションアバターの場合、アバターを通して相手とのやりとりがある。そのため、例えばアバターに触れることで相手からの応答があると、相手を感じているように感じ、アバターを相手だとより強く感じると考えられる。その場合には外装はあまり問題ではなくなるかもしれない。そのため、我々は以下の仮説についても検証した。

仮説3. アバターを通じた接触インタラクションはアバターへ会話相手を投影しやすくする

仮説1, 2を検証するために、それぞれの被験者には全てのアバターに対する会話相手の投影の程度を評価しても



図 6 実験で用いた模型とスピーカー。左から Sp (スピーカー), T (胴体のみ), TH (胴体+頭), THA (胴体+頭+腕), THA1L (胴体+頭+腕+1脚), THA2L (胴体+頭+腕+2脚)

らった。また、仮説3を検証するために、被験者を接触インタラクショングループと非接触インタラクショングループに分けた。接触インタラクショングループでは、アバターに会話相手が乗り移っていることを認識してもらうため、30秒程度アバターの色々な部位を自由に触ってもらい、それに対して会話相手である実験者があらかじめ決められた音声による反応を示した。非接触インタラクショングループの被験者はそのような応答を得ることはなかった。

5.3. 実験

5.3.1. 被験者

大学生 19 名 (男性 12 名, 女性 7 名, 平均年齢 21.2 歳, 標準偏差 1.7 歳) が実験に参加した。各被験者は接触インタラクション条件, 非接触インタラクション条件のどちらか一方の条件のみで, 全 7 種類の模型を介して実験者と会話をしてもらった。10 名 (男性 7 名, 女性 3 名, 平均年齢 21.5 歳, 標準偏差 1.8 歳) は接触インタラクション条件を行い, 9 名 (男性 5 名, 女性 4 名, 平均年齢 20.8 歳, 標準偏差 1.7 歳) は非接触インタラクション条件を行った。提示される模型や話題は毎回のセッションが始まる際に実験者から知らされた。提示する模型の順序はカウンターバランスを考慮した。

5.3.2. 実験手続き

被験者は椅子に座り, 机の上にある模型を手を持った状態で実験者と会話を行う。実験者は操作室から会話を行う。実験者は被験者の正面に設置されたビデオカメラから被験者の様子と音声を聞き, 自分の音声は模型の背中に取り付けられたスピーカーから出して会話を行う (図 7)。初めに, 被験者はあらかじめ提示された 21 個の会話テーマの中から, 気軽に 1 分間程度話し続けられると思えるテーマを 8 個選択した。選んだ 8 つの中でも特に苦手なものを選択してもらい, そのテーマで練習を行った。その後, 模型にスピーカーを取り付け机の上にセットし (この作業は常に被験者に見えないところで行った), セッションを開始した。実験者は, セッションが始まると, 被験者を模型がセットされている机の前に座らせ, 「今から私はこれに乗り移って会話しますのでしばらくお待ちください」と言い操作室へ移動した。実験者は操作室で, 実験室の様子を被験者の正面に設置されたビデオカメラで見ながら会話を行った。なお, 模型から最初に声を出す際は必ず「はい, 乗り移りました」と言った。この時, 接触インタラクショングループに属する被験者に対しては積極的に模型に触れるように促し, 触れると実験者が声で応答した。その後, 実験者が「それでは 1 分間お話ししましょう」と被験者に話かけた時点から会話を始めた。会話中, 被験者は模型を手を持った状態で会話をした。

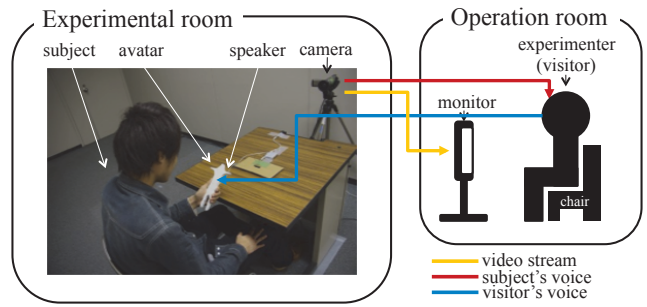


図 7 実験設定

セッションごとの会話のテーマは実験者が会話を開始した際に提示し, 被験者に必要であれば考えをまとめる時間を与えた後にそのテーマについての被験者の意見を 1 分程度話してもらった。セッション終了後, 被験者はアンケートに回答した。会話中の被験者の模型への投影の度合いを評価するために, 模型に会話相手を投影できたかどうかを 5 件法 (0: 全く投影できなかった - 4: 非常によく投影できた) で評価してもらった。被験者が回答している間に実験者は次のセッションの模型をセットした。ここまでを 7 つの模型が終わるまで反復した。全てのセッション終了後, アンケートの回答内容についてインタビューを行った。

5.3.3. 実験結果

インタラクションの有無と模型の種類による効果を探るため 1 要因に対応がなく, 1 要因に対応がある 2 要因分散分析を行った。その結果, 模型の種類に対して主効果が見られた ($F(5,85) = 12.0, p < .0001$) ため, 下位検定として Holm 法による検定を行った。その結果, 有意水準 5% で胴体 (T) と胴体+頭部 (TH) を除く 3 つの模型とスピーカー (Sp) の間に有意差が見られ, T と TH, THA, TH1L, TH2L の間にも有意差が見られた (図 8)。

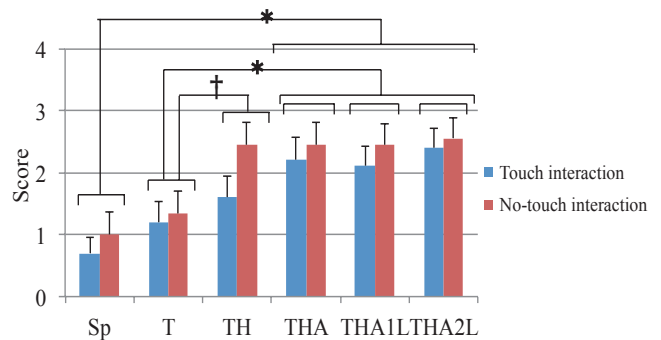


図 8 模型への会話相手の投影具合の平均値と標準偏差 (*: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$)

6. 議論

6.1. 人型表現の効果

胴体以外についてスピーカーとの間に有意差が見られたことから, 胴体以外の 6 つの模型では仮説 1 は支持された。ここで, スピーカーと胴体の間に有意差, 有意傾向が見られなかったのは胴体に対する印象に起因している可能性が高い。というのも, 模型ごとの印象のアンケートを調べてみたところ, 胴体を見た際の印象の中には, 「アイス用のスプーン」「えのきみみたいなもの」など, 模型を人間とは思っていない回答が多かった。胴体は我々の意図と反して

人間の胴体ではなく、無機的な何かの物体の胴体という印象を与えていた。このことから、模型に対し無機的な印象を受けたか否かによって模型に対する会話相手の投影しやすさに差があるといえ、仮説1を支持するものである。

6.2. それぞれの身体部位の効果

スピーカー以外の5つの模型に注目すると、胴体とその他4つの模型との間に有意差、有意傾向が見られたが、他に有意差、有意傾向が見られなかった。これは上述の通り、胴体に対して無機的な物体であるとの印象を受けたことに起因しているかも知れない。しかし、胴体と胴体+頭部の間に有意傾向が出ていることから、頭部の表現を追加することで途端に模型が人間らしく見えることを示唆している。また、胴体+頭部と、それに腕や脚が足された模型の間に有意差、有意傾向が見られないことから、腕や脚の表現の有無が投影しやすさに影響しないことが分かり、これは仮説2を支持するものである。この結果から、胴体の表現に加えて、頭部を表現することは会話相手を投影しやすくなる上で腕や脚よりも重要であることが分かった。これは、土偶の知見における、各部位の表現の優先順位が相手を投影する上で重要な部位から表現されていたことを立証する結果である。

6.3. インタラクションの影響

主観評価において、接触インタラクションの有無は投影しやすさに影響しなかった。これは接触インタラクションにおける実験者からの応答の提示方法に起因している可能性がある。本実験では、実験者は被験者が模型のどこを触ったとしてもあらかじめ決められた反応をランダムに行った。もし、身体部位に応じて異なる反応を示せばより効果的であったかもしれない。もう一つの可能性はアバターの外装が遠隔地の会話相手の反応よりも強い影響を持っており、会話相手の反応は相手を投影する場合に効果的ではないことである。もしそうならば、会話相手がどれだけ多様な反応を示したとしてもアバターの外装が人らしくなければ効果がないことになる。

6.4. メディアにおける設計方針と本研究の限界

土偶の変遷のまとめと実験結果から上半身と頭部と分かる形状が遠隔地の人を投影するために必要であることが分かった。本研究の結果には幾つかの制限があることに注意されたし。まずに、身体表現の効果と顔面表現の効果を比較していないことが挙げられる。アバターの顔は会話相手の存在感を強めると考えられ、これまでも多くのアバターでも特別注意が払われてきた。しかし、もし身体表現に比べ、表情が会話相手の存在感に及ぼす影響がそれほど大きくないならばアバターの設計は身体表現により注意を払うといったアプローチも考えられる。これは特に小型で、表情の実装が困難なアバターを製作する際に有効かもしれない。次に、本研究ではアバターの外装のみに注目したが、アバターでは遠隔地の利用者の動作を伝えることができることを考えると、外装と動作の関係も考慮しながら会話相手を投影するのに適したアバターの最小要件を調査する必要がある。最後に、本実験では被験者による主観評価のみでアバターによる会話相手の投影の程度を調査していたが、被験者の行動変化といった客観的な評価指標によっても効果を調査することが今後必要であると考えられる。

謝辞

JST 戦略的創造推進事業(CREST)「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」採択課題「人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発」(研究代表者石黒浩)の一環として行われたものである。

参考文献

- [1] O. Morikawa and T. Maesako. Hypermirror: toward pleasant-to-use video mediated communication system. In Proc. of the conf. on Computer supported cooperative work, pp. 149–158, 1998.
- [2] S. Nishio, H. Ishiguro, and N. Hagita. Geminoid: Teleoperated android of an existing person. In Humanoid Robots: New Developments, pp. 343–352. I-Tech Education and Publishing, 2007.
- [3] D. Sakamoto, T. Kanda, T. Ono, H. Ishiguro, and N. Hagita. Android as a telecommunication medium with a human-like presence. In Proc. of International Conference on Human-robot Interaction, 2007.
- [4] I. Straub, S. Nishio, and H. Ishiguro. Incorporated identity in interaction with a teleoperated android robot: A case study. In Proc. of Int. Sympo. on Robot and Human Interactive Commu., pp. 119–124, 2010.
- [5] K. Kuwamura, T. Minato, S. Nishio, and H. Ishiguro. Personality distortion in communication through teleoperated robots. In Proc. of Int. Symp. on Robot and Human Interactive Commu., pp. 49–54, 2012.
- [6] 後藤武, 佐々木正人, 深澤直人. デザインの生態学, 東京書籍, 2004
- [7] K. Ogawa, S. Nishio, K. Koda, G. Balistreri, T. Watanabe, and H. Ishiguro. Exploring the natural reaction of young and aged person with telenoid in a real world. J. of Adv. Comp. Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 15, No. 5, pp. 592–597, 2011.
- [8] M. Mori, K.F. MacDorman, and N. Kageki. The uncanny valley. IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 19, No. 2, pp. 98–100, 2012.
- [9] 土偶・コスモス. MIHO MUSEUM編, 2012.
- [10] S. Kaner and D. Bailey. The power of dog_u: Ceramic figures from ancient japan, 2009. <http://my.pageflip.co.uk/?userpath=00000013/00012513/00046136/>.
- [11] 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李銘義, 三嶋博之. ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 2, 2005.
- [12] H. Osawa, J. Mukai, and M. Imai. Anthropomorphization framework for human-object communication. J. of Adv. Comp. Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, No. 8, pp. 1007–1014, 2007.
- [13] M. Ogata, Y. Sugiura, H. Osawa, and M. Imai. Pygmy: a ring-shaped robotic device that promotes the presence of an agent on human hand. In Proc. of Asia Pacific Conf. on Comp. Human Interaction, pp. 85–92, 2012.
- [14] Y. Tsumaki, Y. Fujita, A. Kasai, C. Sato, D.N. Nenchev, and M. Uchiyama. Telecommunicator: a novel robot system for human communications. In Proc. of Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp. 35–40, 2002.
- [15] T. Kashiwabara, H. Osawa, K. Shinozawa, and M. Imai. Teroos: A wearable avatar to enhance joint activities. In Proc. of Conf. on Human Factors in Comp. Sys., pp. 2001–2004, 2012.
- [16] Y. Tsumaki, F. Ono, and T. Tsukuda. The 20-dof miniature humanoid mh-2: Wearable communication system. In Proc. of Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 3930–3935, 2012.
- [17] T. Minato, H. Sumioka, S. Nishio, and H. Ishiguro. Studying the influence of handheld robotic media on social communications. In Proc. of RoMan WS on social robotic telepresence, pp. 15–16, 2012.
- [18] 原田昌幸. 土偶の多種多様な形態と型式・編年研究. 考古学ジャーナル, Vol. 608, pp. 3–7, 2010.
- [19] 原田昌幸. 縄文人の造形: 土偶と土面. 町田市立博物館, 1996.
- [20] 土偶の世界～縄文人のころ～第101回企画展, 栃木県立博物館編, 2011.