

ロボットが従事するタスクに適した

ロボットの顔デザインの検討

Designing robot faces suited to specific tasks that these robots are good at

上出真裕¹ 小松孝徳¹

Masahiro Kamide¹ and Takanori Komatsu¹

¹ 明治大学

¹Meiji University

Abstract: ロボットのアピランス(外見)はユーザとのインタラクションに及ぼす影響が大きい
ため、この二者間に円滑なインタラクションを構築するには、ロボットの持つ機能に適したアピ
ランスをロボットに実装することが重要となる。著者らは先行研究にて、ロボットの目、耳、
口というロボットの顔のパーツと、ロボットが従事するタスクとの関係を調査した。本研究では
先行研究で提案された顔パーツと従事タスクとの組み合わせを、実験参加者にロボットの顔を
直接デザインしてもらう二つの実験を通して考察した。

はじめに

ロボット技術の急速な発展により、私たちの日常生活空間に様々な人型ロボットが導入されつつある。それらの人型ロボットは様々な顔のアピランス(外見)を有しているが、そのアピランスはデザイナ
の感覚と経験によって設計されることがほとんどであり、具体的なアピランスの設計指針は存在していない。現状は、その顔・頭部に「カッコよさ」「可愛さ」「美しさ」といった審美性を重視したデザインが多く施されている。

その一方で、ロボットのアピランスは、ユーザとロボットとの関係に多大な影響を及ぼしていることが、黒澤ら [1] が提案した「適応ギャップ仮説」によって実験的に明らかにされている。適応ギャップ仮説とは、人がロボットに対して期待する機能と、人がそのロボットから実際に感じた機能との差分から、そのインタラクション状態を判別できるという仮説である。例えば、人のようなアピランスをしたロボットに対峙したユーザは、そのロボットに対して人と同じような機能を期待するだろう。しかしそのロボットと実際にインタラクションを行い、当初予想した「人と同じような機能」よりもその機能が劣っていると感じると、期待した機能の方が実際に感じた機能よりも大きくなる「負の適応ギャップ状態」となってしまう。そうすると「期待外れだ…」と感じてこのロボットに失望を感じてしまい、その後のインタラクションを継続しなくなることが示さ

れている。つまり、ロボットに対して審美性のみを追求し「分不相応」なアピランスを与えてしまうと、ユーザは「見掛け倒しだ」とロボットに感じてしまい、このユーザとロボットとの間には円滑なインタラクションが構築不可能となる。そのため、ユーザとロボットとの間に円滑なインタラクションを構築したい場合、「正の適応ギャップ状態」となるような期待した機能を設定するというアピランス設計が重要となる。

著者ら [2] はこれまで、ロボットの目、耳、口というロボットの顔に関するアピランス要素の「大きさ」「位置」と、ロボットの従事する5種類のタスク(ユーザ補助、教育、エンタテインメント、医療、案内)との関係を調査するコンジョイント分析を行い、それぞれのタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素の組み合わせを提案した。しかし、先行研究 [2] で得られたロボットの顔アピランス要素を組み合わせた顔画像をユーザに提示し、そのロボットからどのようなタスクを得意と判断するか調査した結果 [3]、「医療」のタスクについては求めた顔画像でユーザに得意と判断させることができたが、他の4つのタスクについてはそのような結果は得られなかった。

そこで本研究では、実験参加者にロボットの顔を直接デザインしてもらう二つの実験を通してそれぞれのタスクを得意とするロボットのアピランスを考察した。

実験 1

実験ではノートパソコン上に表示された図 1 のような HAI FACE IMAGE GENERATOR ツールを使用して実験参加者自身に人型ロボットの顔デザインを直接編集してもらった。具体的には 5 つのタスクのうち 1 つが実験参加者に提示され、そのタスクを得意とするロボットの顔画像をツールを用いて作成してもらった。それを残りの 4 つのタスクに対しても行った。ロボットが従事するタスクについては、表 1 のような説明を実験参加者に提示した。

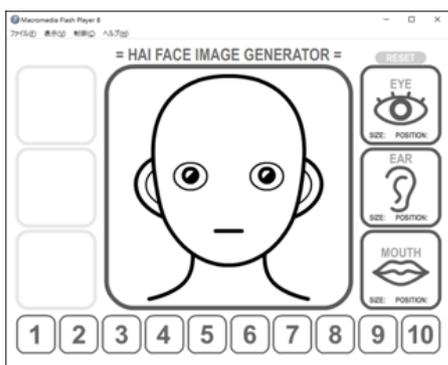


図 1: HAI FACE IMAGE GENERATOR ツール

表 1: 参加者に提示したタスクの説明

ユーザ補助	誰かにものを届けたり、人に通知を出して知らせることで、人間の助けをしてくれるタスク
教育	個別指導のシステムを構築したり、家庭教師の役割を担うことで、教育をサポートしてくれるタスク
エンタテインメント	クイズを出したり、楽器を演奏したりして、人を楽しませてもらえるタスク
医療	健康管理の情報を集めたり、治療に役立つゲームをしたり、ユーザの健康な生活を支えてくれるタスク
案内	目的地までのナビをしたり、展示会や美術館などでガイドをしたり、ユーザを誘導するようなタスク

アンケートではロボットの顔の目、耳、口のパーツの大きさと位置(高さ)をデフォルトから±2 段階の計 5 段階から自由に操作して編集することができる。提示するタスクの順番は常にランダムになるように設定し、1 つのタスクのロボットを編集し終える度に編集画面をリセットしてから次の編集をしてもらうこととした。

結果 1

実験は男性 23 名、女性 7 名の学生 30 名(20~25 歳)を対象に行った。結果を図 2~図 6 のように示す。目、耳、口の大きさは「5=大きい、4=やや大きい、3=標準、2=やや小さい、1=小さい」を表し、目、耳、口の位置は「5=高い、4=やや高い、3=標準、2=やや低い、1=低い」を表す。編集で採用された顔アピア

ランス要素の偏りはカイ二乗検定によって分析した。

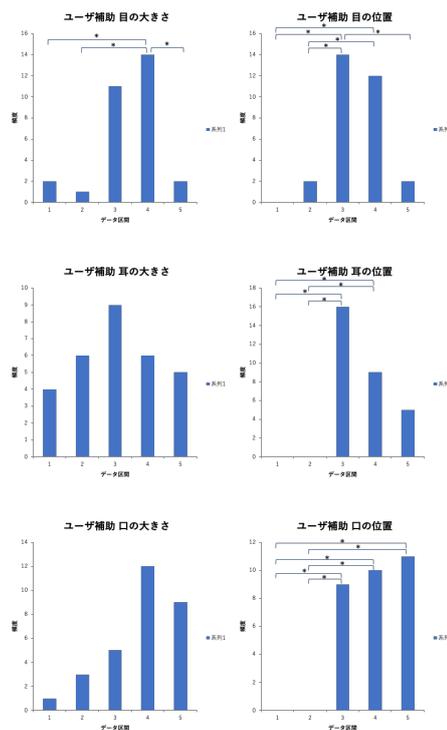


図 2: 「ユーザ補助」に関するヒストグラム(実験 1) (*は有意水準 5%, **は有意水準 1%を示す)

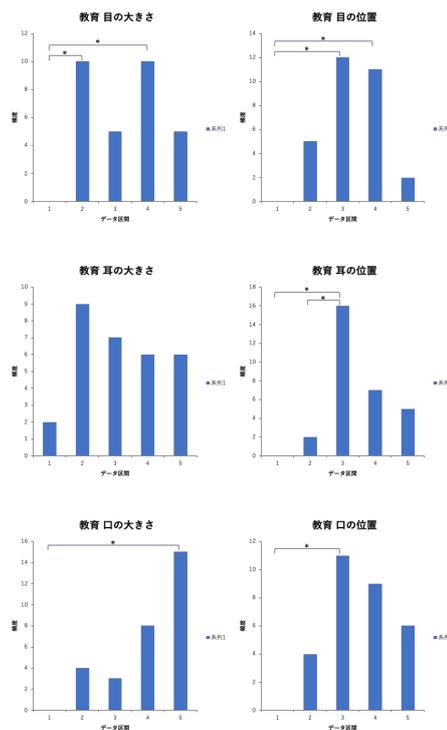


図 3: 「教育」に関するヒストグラム(実験 1)

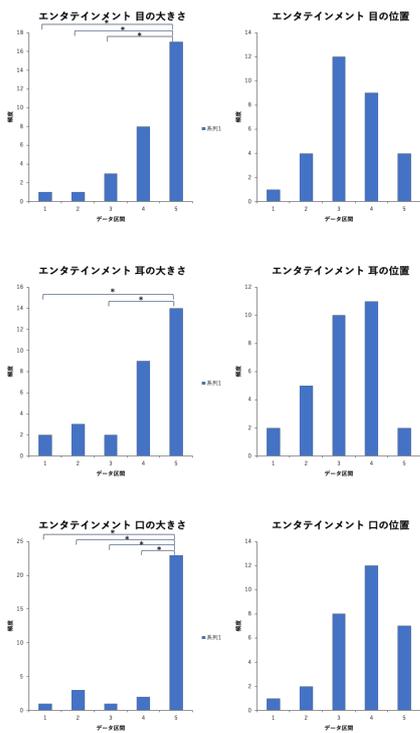


図 4: 「エンタテインメント」に関するヒストグラム (実験 1)

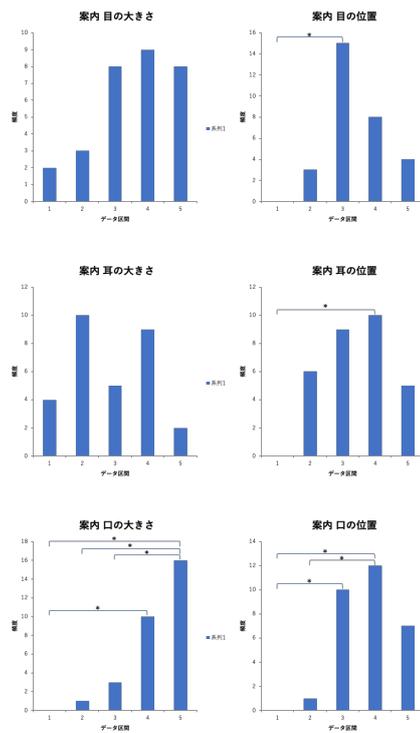
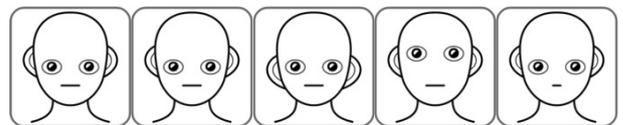


図 6: 「案内」に関するヒストグラム(実験 1)

得られた結果から参加者に選ばれた顔パーツの数値の平均を算出し、顔画像を作成して先行研究 [2] で得られたものと比べると、先行研究で得られたものと異なる点が多いものとなった(図 7).

先行研究



ユーザ補助, 教育, エンタテインメント, 医療, 案内
実験 1

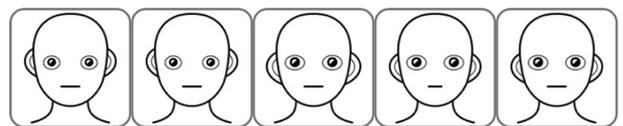


図 7: 先行研究と実験 1 の顔画像の比較

しかしながら、平均値を算出するという方法では 5 段階で編集された顔パーツの値が中央の 3 の値に寄ってしまうため、ヒストグラムを作成して採用された顔パーツの大きさと位置のばらつきを確認する必要があると考えられた。ヒストグラムを作成した結果、図 8 の「エンタテインメント」の「目の大きさ」のように採用された大きさや位置に有意差が見られたものがあった。その一方で「エンタテインメ

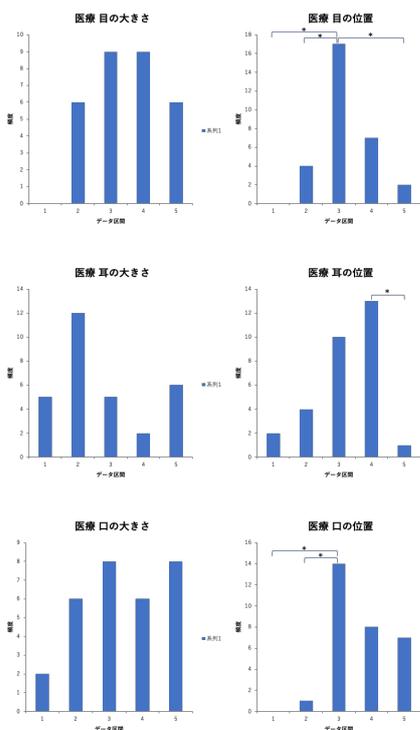


図 5: 「医療」に関するヒストグラム(実験 1)

ント」の「目の位置」など5段階のうち3番目の実験開始時の状態が多く採用され、差が見られないものもあった。

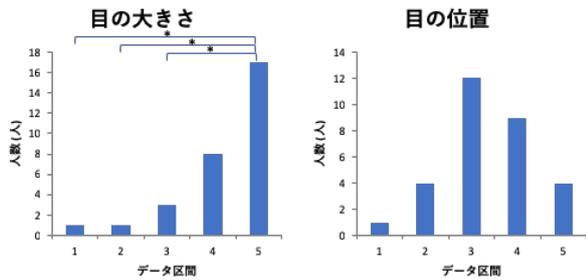


図8: 「エンタテインメント」の「目の大きさ」と「目の位置」で採用された数値

考察 1

このような結果となった理由として、実験参加者のデザイン経験が少なかったことが考えられた。デザインすることに慣れておらず、実験開始時の状態からロボットの顔パーツの大きさや位置から変更が少なかったと考えられた。

これらの結果を踏まえて、デザインする経験の多い芸術系・デザイン系分野を専攻する実験参加者にロボットの顔デザインを直接編集してもらう実験を行う必要があると考えられた。

実験 2

実験では芸術系もしくはデザイン系の分野を専攻している学生に、実験 1 と同様に HAI FACE IMAGE GENERATOR ツールを使用して人型ロボットの顔デザインを直接編集してもらった。

結果 2

実験は男性 15 名、女性 9 名の芸術系・デザイン系分野を専攻する学生 24 名(20~26 歳)を対象に行った。アンケートで得られた結果をヒストグラムで図 9~図 13 のように示す。

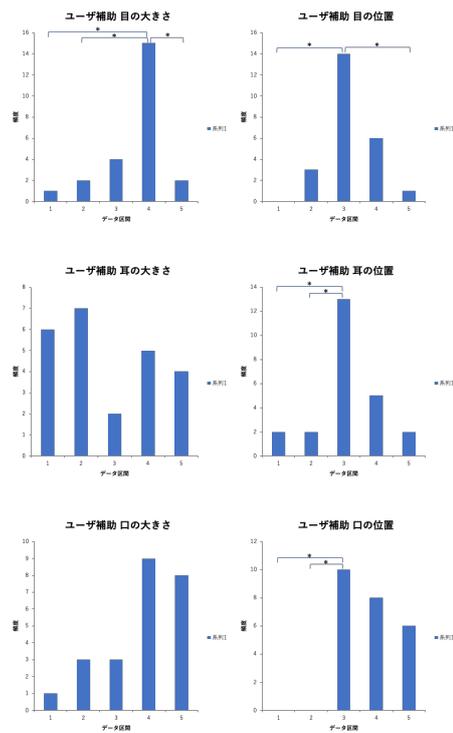


図9: 「ユーザ補助」に関するヒストグラム(実験 2)

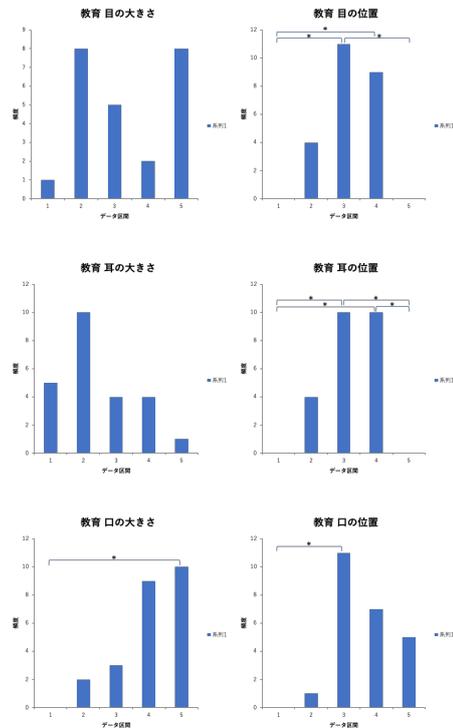


図10: 「教育」に関するヒストグラム(実験 2)

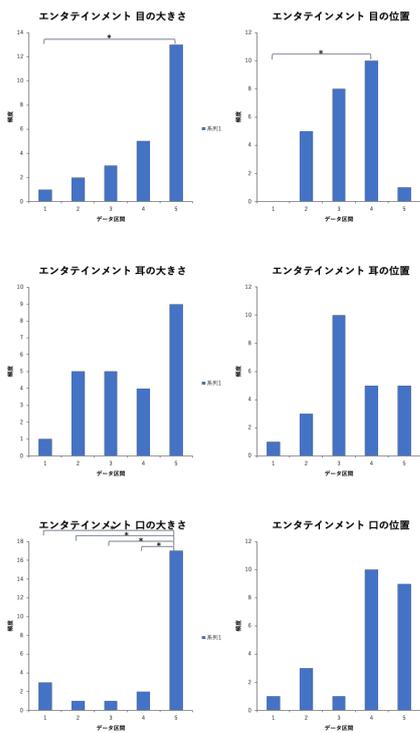


図 11: 「エンタテインメント」に関するヒストグラム(実験 2)

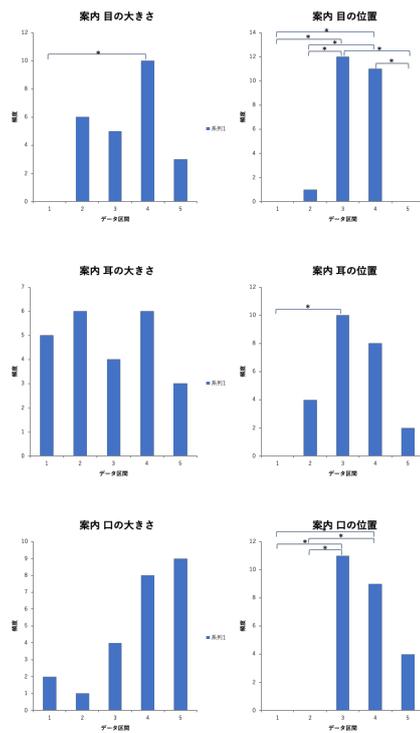


図 13: 「案内」に関するヒストグラム(実験 2)

ヒストグラムを作成した結果、図 14 の「エンタテインメント」の「目の位置」のように、実験 1 では実験開始時の状態である 5 段階のうちの 3 番目の値が多く採用されていたのに対して、実験 2 では 5 段階のうち 4 番目の「やや高い」位置が多く採用されるなど、採用された大きさや位置に有意差が見られたものがあつた。

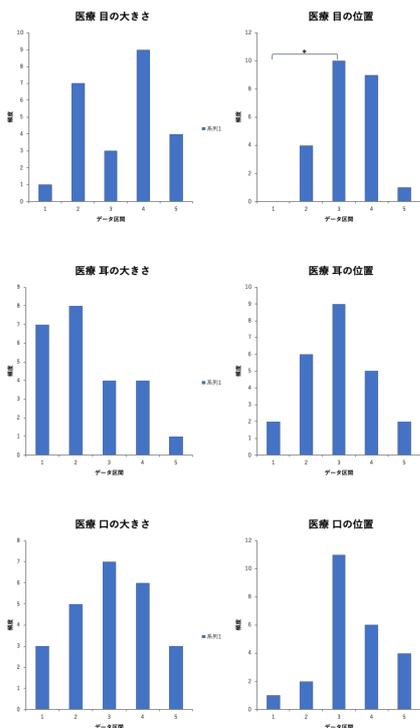


図 12: 「医療」に関するヒストグラム(実験 2)

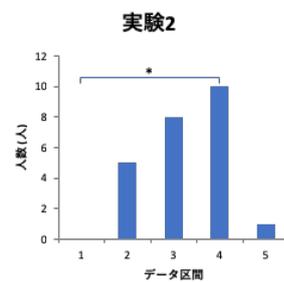


図 14: 「エンタテインメント」の「目の位置」で採用された数値

考察 2

このことから、実験参加者のデザイン経験が豊富であったため、ロボットの顔デザインの編集で実験開始時の状態から大きな変更ができたと考えられる。また、多く採用された顔パーツの大きさや位置が複

数存在する場合は、ロボットの顔アピランス全体からバランスを考慮して選択する必要があるため、ロボットの顔パーツ間にどのような関係性があるのかを検討する必要があると考えられた。

実験 1・2 を通しての考察

これまでの実験で得られたデータから、ロボットの顔パーツ間にどのような関係性があるのかを考察する。具体的には、実験 1・実験 2 で得られたデータに相関分析を行うことで採用された顔パーツ間に相関関係が見られるかを確認した。

まず実験 1 で得られたデータについて、ロボットの目、耳、口の大きさと位置の 6 要素×従事するタスク 5 種類の 30 項目に実験参加者の年齢、性別を加えた合計 32 項目について相関分析を行った。その結果、73 通りの組み合わせで項目間に関連があることが明らかとなった。その内、偶然確率 $p=0.05$ 以下かつ相関係数 $r=(-1\sim-0.4$ or $0.4\sim1)$ の範囲の中程度以上の強さの相関を持つものから同一のタスクの顔パーツ間の項目を表 2 のように示す。

表 2:顔パーツ間の相関(実験 1)

項目1		項目2		相関		
タスク1	パーツ1	タスク2	パーツ2	相関係数	相関の正負	相関の強さ
ユーザ補助	目の位置	ユーザ補助	耳の位置	0.687	正	中程度
教育	目の大きさ	教育	口の大きさ	0.590	正	中程度
	目の位置		耳の位置	0.712	正	強い
医療	目の大きさ	医療	耳の大きさ	0.548	正	中程度
	目の位置		耳の位置	0.567	正	中程度
	目の位置		口の大きさ	0.601	正	中程度
	目の位置		口の位置	0.513	正	中程度
案内	目の位置	案内	耳の位置	0.515	正	中程度

「ユーザ補助」のタスクについては、「目の位置」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「ユーザ補助」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低は連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「教育」のタスクについては、「目の大きさ」と「口の大きさ」、「目の位置」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さはそれぞれ中程度である、強いと言える。このことから「教育」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は目と口の大きさ、目と耳の位置を連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「医療」のタスクについては、「目の大きさ」と「耳の大きさ」、「目の位置」と「耳の位置」、「目の位置」と「口の大きさ」、「目の位置」と「口の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度

であると言える。このことから「医療」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は目と耳の大きさ、目の位置の高低と耳と口の位置の高低と口の大きさの大小を連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「案内」のタスクについては、「目の位置」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「案内」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は目と耳の高低を連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

次に実験 2 で得られたデータについて、ロボットの目、耳、口の大きさと位置の 6 要素×従事するタスク 5 種類の 30 項目に実験参加者の年齢、性別を加えた合計 32 項目について相関分析を行った。

その結果、72 通りの組み合わせで項目間に関連があることが明らかとなった。その内、偶然確率 $p=0.05$ 以下かつ相関係数 $r=(-1\sim-0.4$ or $0.4\sim1)$ の範囲の中程度以上の強さの相関を持つものから同一のタスクの顔パーツ間の項目を表 3 のように示す。

表 3:顔パーツ間の相関(実験 2)

項目1		項目2		相関		
タスク1	パーツ1	タスク2	パーツ2	相関係数	相関の正負	相関の強さ
ユーザ補助	目の位置	ユーザ補助	耳の大きさ	0.539	正	中程度
	目の位置		耳の位置	0.570	正	中程度
	耳の大きさ		耳の位置	0.614	正	中程度
教育	目の大きさ	教育	口の大きさ	0.502	正	中程度
	目の位置		耳の位置	0.797	正	強い
	目の位置		口の位置	0.671	正	中程度
エンタテインメント	目の位置	エンタテインメント	耳の位置	0.510	正	中程度
医療	目の大きさ	医療	耳の位置	-0.523	負	中程度
	目の位置		耳の位置	0.662	正	中程度
	目の位置		口の大きさ	0.512	正	中程度
	目の位置		口の位置	0.534	正	中程度
	耳の位置		口の位置	0.608	正	中程度
案内	耳の大きさ	案内	耳の位置	0.632	正	中程度

「ユーザ補助」のタスクについては、「目の位置」と「耳の大きさ」、「目の位置」と「耳の位置」、「耳の大きさ」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「ユーザ補助」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は「目の位置」の高低と「耳の大きさ」の大小、目と耳の高低、「耳の大きさ」の大小と「耳の位置」の高低は連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「教育」のタスクについては、「目の大きさ」と「口の大きさ」、「目の位置」と「口の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。また、「目の位置」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは強いと言える。このことから「教育」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は目と口の大小、目

と耳と口の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「エンタテインメント」のタスクについては、「目の位置」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「エンタテインメント」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は目と耳の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

「医療」のタスクについては、「目の大きさ」と「耳の位置」の間に有意な負の相関が見られた。また、「目の位置」と「耳の位置」、「目の位置」と「口の大きさ」、「目の位置」と「口の位置」、「耳の位置」と「口の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「医療」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は「目の大きさ」を大きく設計する場合は「耳の位置」を低く、「目の大きさ」を小さく設計する場合は「耳の位置」を高く設計されることが望ましいと考えられる。また、目と耳と口の高低、「目の位置」の高低と「口の大きさ」の大小が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

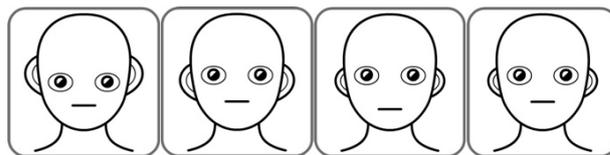
「案内」のタスクについては、「耳の大きさ」と「耳の位置」の間に有意な正の相関が見られた。相関の強さは中程度であると言える。このことから「案内」のタスクを得意とするロボットの顔アピランス要素は「耳の大きさ」の大小と「耳の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

これまでに得られた知見から、5種類のタスクに従事するロボットに適した顔デザインを施すにはどのような傾向や関係性を踏まえて設計を考えるべきであるかを考察する。適している組み合わせの一例で作成した顔画像を図15～図19のように示す。

・ユーザ補助

「ユーザ補助」のタスクを得意とするロボットの顔パーツは、「目の大きさ」を「やや大きい」または「標準」、「目の位置」を「標準」または「やや高い」、「耳の大きさ」を「標準」または「やや小さい」、「耳の位置」を「標準」または「やや高い」、「口の大きさ」を「やや大きい」または「大きい」、「口の位置」を「高い」または「標準」に設定することが適していると考えられる(図15)。

顔パーツ間の関係性については、「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

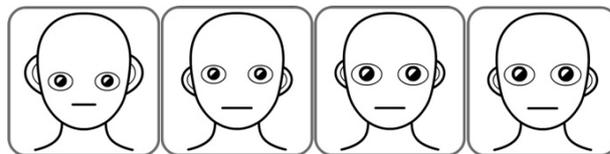


先行研究, 実験1, 実験2, 適した組み合わせ
図15: 「ユーザ補助」のタスクに適している
組み合わせの顔画像

・教育

「教育」のタスクを得意とするロボットの顔パーツは、「目の大きさ」を「やや小さい」または「大きい」、「目の位置」を「標準」または「やや高い」、「耳の大きさ」を「やや小さい」または「標準」、「耳の位置」を「標準」または「やや高い」、「口の大きさ」を「大きい」または「やや大きい」、「口の位置」を「標準」または「やや高い」に設定することが適していると考えられる(図16)。

顔パーツ間の関係性については、「目の大きさ」の大小と「口の大きさ」の大小、「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

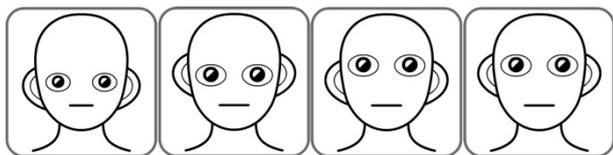


先行研究, 実験1, 実験2, 適した組み合わせ
図16: 「教育」のタスクに適している
組み合わせの顔画像

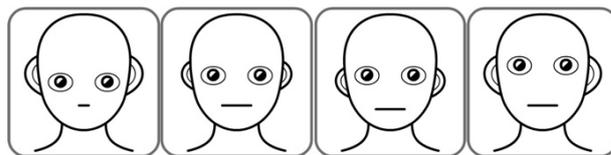
・エンタテインメント

「エンタテインメント」のタスクを得意とするロボットの顔パーツは、「目の大きさ」を「大きい」または「やや大きい」、「目の位置」を「やや高い」または「標準」、「耳の大きさ」を「大きい」または「やや大きい」、「耳の位置」を「やや高い」または「標準」、「口の大きさ」を「大きい」または「やや大きい」、「口の位置」を「やや高い」または「高い」に設定することが適していると考えられる(図17)。

顔パーツ間の関係性については、「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。



先行研究, 実験 1, 実験 2, 適した組み合わせ
図 17: 「エンタテインメント」のタスクに
適している組み合わせの顔画像

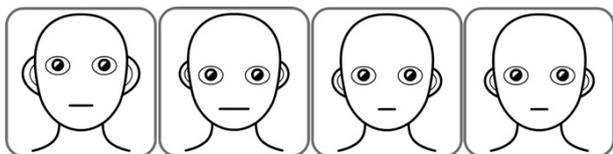


先行研究, 実験 1, 実験 2, 適した組み合わせ
図 19: 「案内」のタスクに適している
組み合わせの顔画像

・医療

「医療」のタスクを得意とするロボットの顔パーツは、「目の大きさ」を「やや大きい」または「標準」, 「目の位置」を「標準」または「やや高い」, 「耳の大きさ」を「やや小さい」または「小さい」, 「耳の位置」を「やや高い」または「標準」, 「口の大きさ」を「標準」または「大きい」, 「口の位置」を「標準」または「やや高い」に設定することが適していると考えられる(図 18).

顔パーツ間の関係性については、「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低, 「目の位置」の高低と「口の大きさ」の大小, 「目の位置」の高低と「口の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。



先行研究, 実験 1, 実験 2, 適した組み合わせ
図 18: 「医療」のタスクに適している
組み合わせの顔画像

・案内

「案内」のタスクを得意とするロボットの顔パーツは、「目の大きさ」を「やや大きい」または「大きい」, 「目の位置」を「標準」または「やや高い」, 「耳の大きさ」を「やや小さい」または「やや大きい」, 「耳の位置」を「やや高い」または「標準」, 「口の大きさ」を「大きい」または「やや大きい」, 「口の位置」を「やや高い」または「標準」に設定することが適していると考えられる(図 19).

顔パーツ間の関係性については、「目の位置」の高低と「耳の位置」の高低, 「耳の大きさ」の大小と「耳の位置」の高低が連動するように設計されることが望ましいと考えられる。

おわりに

本研究ではユーザとのインタラクションへの影響が大きいとされる人型ロボットのアピランスについて、ロボットが従事するとされる代表的な 5 種類のタスク毎に適したアピランスと顔パーツ間の関係性を調査した。調査には人型ロボットの頭部を編集できる HAI FACE IMAGE GENERATOR ツールを使用し、実験参加者に直接編集してもらう方式を採用した。

調査の結果、タスク毎に適していると思われる顔アピランス要素の組み合わせと顔アピランス要素間の関係性が明らかになった。特に「教育」のタスクについては、実験 1 と実験 2 の両方で「目の位置」と「耳の位置」の間に強い正の相関が見られた。

しかしながら、「教育」や「医療」のタスクについては顔パーツ間の関係性が見られた一方で、「エンタテインメント」のタスクでは他のタスクほどの関係性は見られなかった。将来的には顔アピランス要素間に見られた関係性が少なかった「エンタテインメント」のタスクについても関係性が明らかにされることが期待される。

参考文献

- [1] 黒澤里恵, 小松孝徳, 山田誠二: ユーザとエージェント間の適応ギャップの展開, 情報処理学会研究報告, (2011)
- [2] Komatsu, T., and Kamide, M.: Designing robot faces suited to specific tasks that these robots are good at, In Proceedings of the 2017 IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2017), pp. 1-5, (2017)
- [3] 上出真裕, 小松孝徳: ロボットが従事するタスクに適したロボットの顔のデザインの検討: コンジョイント分析の結果を精査する, HAI シンポジウム 2017, (2017)