

# 修士論文

アンドロイドロボットを用いた好感の持てる  
指し示し動作の生成と年齢・性別による印象の違い

猪川 真琴

2019年3月15日

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に  
修士(工学)授与の要件として提出した修士論文である。

猪川 真琴

審査委員：

小笠原 司 教授	(主指導教員)
萩田 紀博 教授	(副指導教員)
高松 淳 准教授	(副指導教員)
丁 明 助教	(副指導教員)
GARCIA RICARDEZ Gustavo Alfonso 助教	(副指導教員)

# アンドロイドロボットを用いた好感の持てる 指し示し動作の生成と年齢・性別による印象の違い\*

猪川 真琴

## 内容梗概

本論文では、印象に影響を与える外見要素の一つである動きに着目する。人間とロボットが接する機会が増えるにつれ、人が他人に求めるように、ロボットが好感を持たれる存在になることを期待するようになってきた。性別や年齢の違いにより様々な人間関係を形成するが、人間は関係に応じて立ち居振る舞いを変える傾向がある。つまり好感の持てる動きは人間関係により変化する可能性がある。そこで、本論文では人間に好感を持たれるであろうアンドロイドロボットの動作を複数生成し、印象評価実験を通じて、評価者の性別・年齢の違いによる好みの動作の類似、違いについて明らかにする。「受付」作業を想定し、指し示し動作に着目する。マナーブックに記載されている内容を動作の規範とすることで動作の好感度を担保し、腕の角度や指し示す物体との距離などのパラメータを変更して複数の動作を生成する。印象評価実験より、Thurstoneの対比較法による好感を持たれる動作の順位は年齢や性別による大きな違いは見られなかったが、SDプロファイルでは美しさに対する評価の値の状態や評価の値の幅など、違いが多数見られた。

## キーワード

好感, ヒューマンロボットインタラクション, 指し示し動作, アンドロイドロボット, 動作生成

---

\*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文, 2019年3月15日.

# Generation of Appealing Pointing Behavior for an Android Robot and its Impression on Subjects from Different Age-Gender Groups\*

Makoto Ikawa

## Abstract

In this thesis, we focus on generating robot behaviors because the behavior is one of the factors affecting human impression. As the opportunities for humans to encounter robots keep increasing, humans expect that the robots behave in the way other humans do. On the other hand, various human relationships are formed depending on different genders and ages and humans tend to change their behavior based on their relationships. This tendency suggests the possibility that the relationship with others is affected by how much we like other people's behavior. In this thesis, we generate various behaviors in an android robot to produce a favorable impression and conduct a subjective evaluation to clarify the similarities and differences between the produced behaviors in terms of how different age-gender groups prefer them. In particular, we focus on pointing behaviors in a receptionist scenario. We generate the robot behaviors following the suggestions written in etiquette books, as these suggestions are intended to generate human-favorable behaviors. Multiple behavioral patterns are generated by changing the pointing behavior parameters such as the angle of the elbow and the distance to the pointing target. Though Thurstone's pairwise comparison did not show a significant difference in the favorable behaviors among different

---

\*Master's Thesis, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, March 15, 2019.

gender-age groups, the SD profile showed differences in the degree of preference and the order of preference of the behaviors.

**Keywords:**

likeability, human-robot interaction, pointing behavior, android robot, motion generation

# 目次

<b>1. はじめに</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景 . . . . .	1
1.2 関連研究 . . . . .	3
1.3 研究目的 . . . . .	4
1.4 本論文の構成 . . . . .	4
<b>2. アンドロイドロボットへの動作の実装</b>	<b>5</b>
2.1 アンドロイドロボット . . . . .	5
2.2 好感を持たれる動作 . . . . .	8
2.3 着目する動作 . . . . .	10
2.4 実装方法 . . . . .	12
2.5 実装した動作 . . . . .	18
<b>3. 印象評価実験 1: 男女各 10 名による性別での評価の比較</b>	<b>23</b>
3.1 実験方法 . . . . .	23
3.2 実験結果 . . . . .	24
3.3 考察 . . . . .	35
<b>4. 印象評価実験 2: 男女各 50 名による性別・年齢での評価の比較</b>	<b>36</b>
4.1 実験方法 . . . . .	36
4.2 実験結果 . . . . .	37
4.3 考察 . . . . .	56
<b>5. おわりに</b>	<b>58</b>
5.1 まとめ . . . . .	58
5.2 今後の課題と展望 . . . . .	58
<b>謝辞</b>	<b>60</b>
<b>参考文献</b>	<b>61</b>

## 目 次

1	Estimated market size of Japanese robot industry . . . . .	2
2	Android robot (Actroid-SIT, Kokoro Company, Ltd.) . . . . .	5
3	Actroid SIT system . . . . .	6
4	Rate of description of the motions handled in etiquette books . . . . .	8
5	Parameters . . . . .	11
6	Android robot model . . . . .	13
7	Choreonoid . . . . .	13
8	Start pose . . . . .	15
9	Target pose . . . . .	15
10	Pointing behavior flow (Choreonoid) . . . . .	16
11	Pointing behavior flow (Android robot) . . . . .	17
12	Eight pointing motions . . . . .	19
13	Location of the sign . . . . .	20
14	Distance between middle finger and paper . . . . .	21
15	Location of robot and camera . . . . .	22
16	Scale value of “likeability” . . . . .	27
17	SD profile (All) . . . . .	29
18	Factor score of 1st factor . . . . .	31
19	Factor score plot of the 1st factor and the 2nd factor plane of 150[deg] . . . . .	31
20	Scale value of “likeability” (All men and women) . . . . .	32
21	SD profile (Men) . . . . .	33
22	SD profile (Women) . . . . .	34
23	Scale value of “likeability” . . . . .	38
24	SD profile (All) . . . . .	40
25	Factor score of 1st factor . . . . .	42
26	Factor score of 2nd factor . . . . .	42
27	Factor score plot of the 1st factor and the 2nd factor plane of 150[deg] . . . . .	43
28	Scale value of “likeability” (All men and women) . . . . .	44

29	Scale value of “likeability” (All age: 20~49 and All age: 50~71) .	45
30	Scale value of “likeability” (Men age: 20~49 and Men age: 50~71)	46
31	Scale value of “likeability” (Women age: 20~49 and Women age: 50~71) . . . . .	47
32	Scale value of “likeability” (Men age: 20~49 and Women age: 20 ~49) . . . . .	48
33	Scale value of “likeability” (Men age: 50~71 and Women age: 50 ~71) . . . . .	49
34	SD profile (Men) . . . . .	50
35	SD profile (Women) . . . . .	51
36	SD profile (Men age: 20~49) . . . . .	52
37	SD profile (Men age: 50~71) . . . . .	53
38	SD profile (Women age: 20~49) . . . . .	54
39	SD profile (Women age: 50~71) . . . . .	55

## 表 目 次

1	Motion of the left arm of the android robot . . . . .	7
2	Pointing operation with the left arm of the android robot . . . . .	7
3	Examples of likeable behavior . . . . .	9
4	Qualitative description of pointing behavior . . . . .	11
5	Nineteen Items . . . . .	24
6	Result of pairwise comparison for evaluation experiment 1 (All) .	25
7	Selectivity (All) . . . . .	26
8	Scale value of “likeability” (All) . . . . .	26
9	Factor loading . . . . .	30
10	Result of pairwise comparison for evaluation experiment 2 (All) .	38
11	Factor loading . . . . .	41



# 1. はじめに

## 1.1 研究背景

今後、日本のサービスロボットの市場の拡大とともに、ロボットが人と接する機会が増えると考えられる。Fig. 1は経済産業省（2015～2035年の推計は平成22年度ロボット産業将来市場調査による）が作成したロボット産業の将来市場予測である [1]。ロボット産業市場は2035年には2012年の10倍を超す9.7兆円になると予測されている。特にサービス分野の増加は著しく、2012年には市場全体の1割にも満たなかったものが2035年にはロボット産業市場の約半分を占めると予測されており、サービス分野がロボット産業の中心になっていくと考えられている。

ロボットの種類や目的・必須機能、技術分類などが書かれている経済産業省のロボット分野の技術マップと重要技術 [2] によると、目的・必須機能の一つであるコミュニケーションには「人にとって好ましいインターフェース」という条件がある。ロボットの種類として、次世代産業用ロボット分野・サービスロボット分野・フィールドロボット分野があり各分野の中でさらに細かくロボットの種類が分かれている。サービスロボット分野だけはこの分野に属する全ての種類のロボットにコミュニケーションが重要視されている。そこで、サービス分野でのロボットは、人間と接する様々な場面で人と良好な関係を築くことが求められると考えられる。そのために、ロボットは、多くの人々が好意的に受け入れたり、不快な気持ちになることなく使用できるものである必要がある。

多くの人に受け入れられるポイントとして、外観、肌触り、動き、場面・状況に応じた行動、匂い、音声・話し方などが考えられる。人間の傍にいて、人間とともに共生するロボットの設計因子には、外観、肌触り、鳴き声のみならず動き方も重要である [3]、動きの特徴はロボットの見た目の有生性、好感度、不快感に影響する [4]、といったように動きに言及している先行研究がある。そこで、本論文では、動作に着目してロボットの好感度について考察する。

また、販売員にアンドロイドロボットを用いたり [5]、人間のような表情表出が可能なアンドロイドロボットを受付や学校教育に使用したりする研究 [6] が存在するようにアンドロイドロボットを人と接する場所で使用しようとしているこ

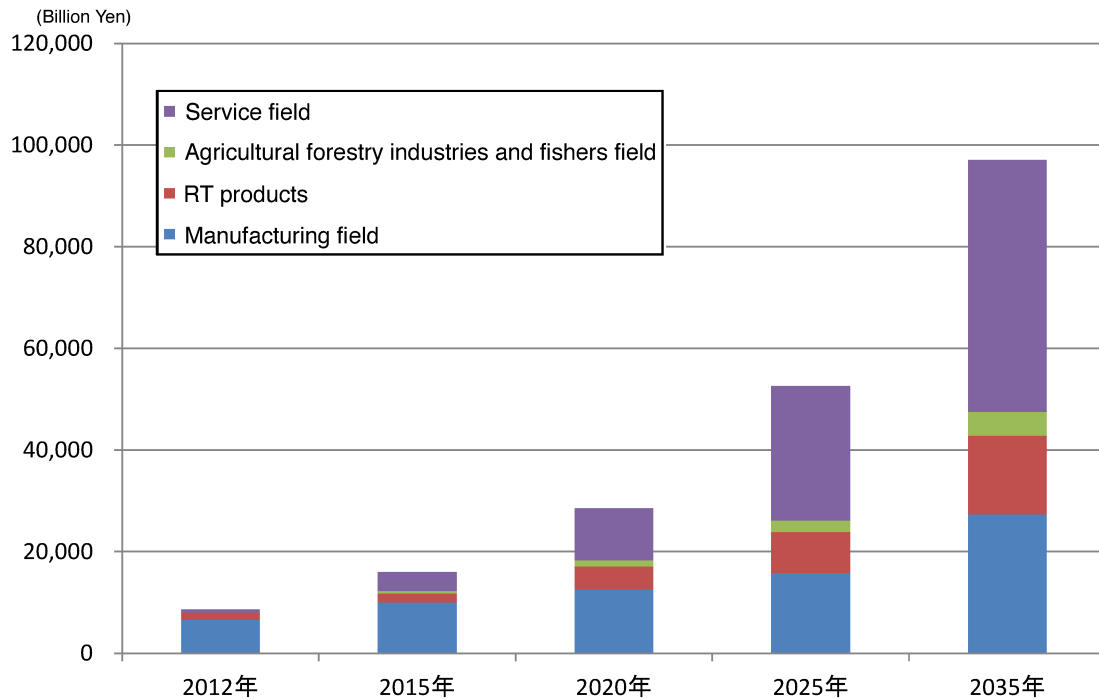


Fig. 1 Estimated market size of Japanese robot industry

とが多い。さらに、人間のような外観を持つロボットは、社会的存在感がより強くなり、純粋に機能的であるロボットに比べ、より豊かなヒューマンロボットインタラクションを可能にする [7] ため、本研究ではアンドロイドロボットを使用することにした。

大勢の人が集まる場所、例えばコンサート会場の入場受付作業をロボットが行うことを想定した場合、誰のコンサートなのかどういふことをするのかなどの要因によって集まる男女の人数比や年齢層が大きく変わることは容易に推測される。その際、その場に居る多くの人たちが好感を持つ動作が分かっていたら、好感を持たれるようにロボットを動かすことができるのではないかと考えた。評価者の背景と評価の関連性を調査することで、ロボットを使用する環境にふさわしい動作をロボットに行わせることができると考えられる。そこで、性別や年齢などの背景と評価の関連を明らかにすることができれば多くの人間が好感をもてるコミュニケーションロボットの開発にもつながると考えられる。

## 1.2 関連研究

ロボットの動き方と印象に関する研究として、ロボットの見た目と動作の組み合わせが、評価者の有生性、好感度、信頼性、および不快感をどのように変えることができるかを調査している研究がある [4]。手法としては、バクスターを使用し、被験者がバクスターと 10 回ゲームをしてその後アンケートを実施し印象を調査している。バクスターは、Rethink Robotics 社製の産業用双腕ロボットであり、人々の周りでさまざまな反復作業を実行するように設計されている。バクスターの動きには、「片腕で機械的に動く」「全身で機械的に動く」「コントロール」「片腕でなめらかに動く」「全身でなめらかに動く」の 5 パターンがある。「コントロール」というのは、片腕で機械的に動き不正しない、という動きである。コントロール以外は、10 回のゲームのうち 1 回は不正行為をする。この 5 パターンの動作でゲームを行い、動きの特徴がロボットの見た目の有生性、好感度、不快感に影響を与えることを明らかにしている。

人間の好みに関するロボット動作について研究しているものもある。Quispe [8] らは、人間の好みの手渡し動作を学習することができるロボット-人間の手渡しシステムを研究している。人間には、「会議室」「ロビー」「オフィス」「ダイニングルーム」「廊下」の 5 つの場所と「立っている」「歩いている」「食べている」「働いている」「話している」の 5 つの活動状態がある。ロボットは、「ロボットがユーザに近づく」「ユーザがロボットに近づく」「物体をテーブルの上に置く」の 3 パターンの手渡し動作を実行できる。この 5 つの人間の活動状態、場所と、3 パターンのロボットの手渡し動作の組み合わせで、ベイジアンネットワークを用いて実行する手渡し動作を選択して、動作実行後のユーザの評価に基づき学習システムを更新して手渡し動作の好みを学習する。

また、Saldien [9] らは、ソーシャルロボットの動作やアニメーションを制御するための革新的なモーションシステムを提案している。ロボット介在療法 (RAT) を中心にヒューマンロボットインタラクション (HRI) の研究に使用されているソーシャルロボット Probo を使用し、提案したモーションシステムを評価した。その結果、生き生きとしていると思えるインタラクティブなロボットが生まれ、ある程度の「好感度」を得られた。

学生の感情反応に対する仮想キャラクターの外観と動作の影響を調べる研究もある [10]. 外観と動きの異なる組み合わせを有する4つの異なる仮想現実 (VR) 条件を使用し被験者にアンケートを実施している.

先行研究では, 着目されている動作があまり日常的な動作でなかったり, シミュレーション上で検証したりしている. そこで本研究では, 実機を使用しマナーブックに記載されている日常動作に着目している.

### 1.3 研究目的

人間に好感を持たれるアンドロイドロボットの指し示し動作を定量化し, 様々な好感を持たれる指し示し動作が可能になること, また, 評価者の背景と評価の関連性を明らかにすることを目的とする. 背景として特に性別と年齢に注目した.

マナーブックが多数出版されていることから, そこに記載されている内容は広く受け入れられていることだと考えられる. そこで, 本研究では, 好感を持たれる動作の規範としてマナーブックに着目した. 動作としては, アンドロイドロボットを受付で使用する場面を想定し「指し示し動作」とした. 指し示す対象である紙がアンドロイドロボットの右側にある状態での指し示しについて考える. 上腕と前腕の角度などパラメータを設定し, 複数の指し示し動作を生成し印象評価実験を行うことで好感を持たれる動作を検討する. さらに実験結果より, 評価者の性別や年齢と好感を持たれた動作との関連性について考察する. また, 本研究で動作の規範としたマナーブックには女性向けの物があるため見た目が女性であるアンドロイドロボットを利用する.

### 1.4 本論文の構成

2章では本研究で使用したアンドロイドロボットへ実装する動作と実装方法について述べる. 3章では被験者が男女各10名で実施した印象評価実験とその結果および考察について, 4章では被験者が男女各50名で年齢も考慮して実施した印象評価実験とその結果および考察について述べる. 最後に5章で本研究のまとめと今後の展望と課題について述べる.

## 2. アンドロイドロボットへの動作の実装

### 2.1 アンドロイドロボット

本研究では、株式会社ココロ社製のアンドロイドロボットであるアクトロイド SIT を使用した。Fig. 2 にアクトロイド SIT の概観を示す。アクトロイド SIT は 42 自由度を持ち、空気圧アクチュエータによって駆動する。また、全身がシリコンで覆われており、人間とよく似た外見である。



Fig. 2 Android robot (Actroid-SIT, Kokoro Company, Ltd.)

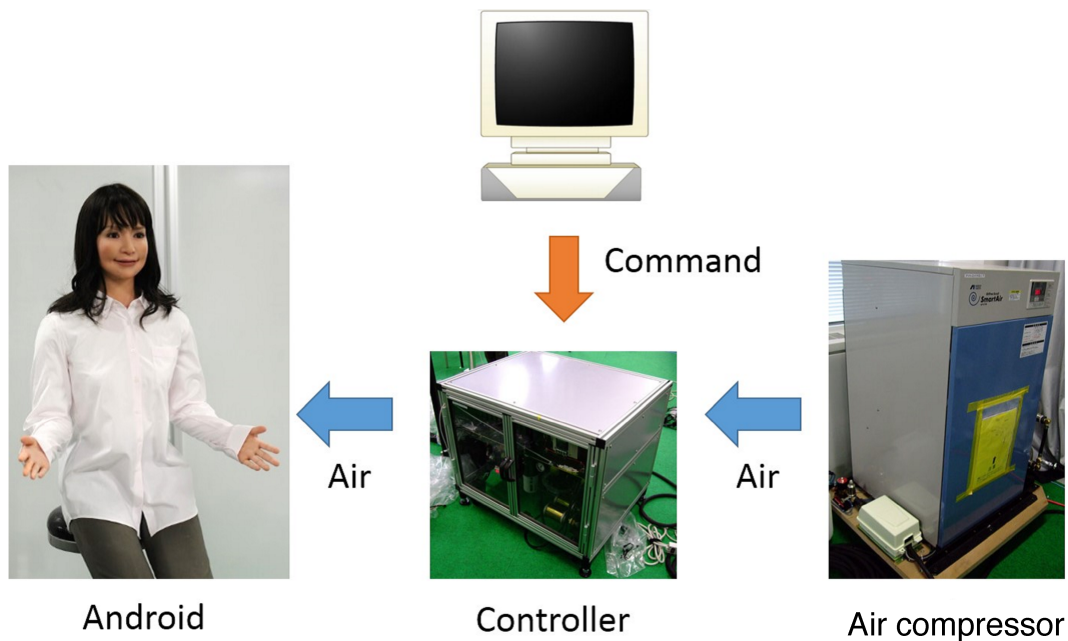


Fig. 3 Actroid SIT system

Fig. 3にアクトロイド SIT のシステムの全体構成を示す。アクトロイドを動かすためにまず、PC からコントローラへと各動作部分への指令値を送る。アクトロイドを動かすために必要なコンプレッサはその指令値に応じた空気の量を送るようにコントローラから指令値が送られ、アクトロイドに内蔵されている各アクチュエータに指令値に応じた空気が送られる。コントローラと PC はシリアル通信で接続されており、各アクチュエータは1バイトの指令値で制御される。0の時に変位が最小、255の時に変位が最大となる。

本研究ではアンドロイドロボットの左腕を主に動かして動作を生成した。アンドロイドロボットの左腕には11個のアクチュエータが内蔵されている。左腕の動作箇所それぞれの動作を Table 1 に示す。また、本研究で指し示し動作を生成するために動かした箇所を Table 2 に示す。表中の数字は、各動作箇所での動かしたアクチュエータの数を示す。本研究では、可動範囲の角度を1バイトで線形に分解して角度を求めた。

Table 1 Motion of the left arm of the android robot

Actuator	Movable parts	Motions
A1	Clavicle axis	Open-close movement of shoulder
A2		Vertical movement of the shoulder moving when shrugging shoulders
A3	Shoulder	“Fall in” pose
A4		Open-close movement of the side
A5	Upper arm	Arm twisting
A6	Elbow	Elbow bending
A7	Forearm	Hand twisting
A8	Wrist	Expand and contract on little finger side
A9		Expand and contract on thumb side
A10	Finger	Forefinger bending
A11		middle finger, third finger, and little finger bending

Table 2 Pointing operation with the left arm of the android robot

Movable parts	Motions	Number
Left arm	Vertical movement of the shoulder	6
	“Fall in” pose	
	Open-close movement of the side	
	Arm twisting	
	Elbow bending	
	Hand twisting	
Waist	Rotation	1
Neck and Head	Neck bending	2
	Head turning	

## 2.2 好感を持たれる動作

本研究では、マナーブックに記載されている動作を好感を持たれる動作の規範とした。10冊のマナーブック [11-20] を調査すると、「指し示し」「呼ばれて振り向く」「物を拾う」「立ち方」「座り方」などの動作が記載されていた。Fig. 4に各動作の記載率を示す。記載率の高かった「物を渡す・受けとる」「物を拾う」「呼ばれて振り向く」動作におけるマナーブックに記載されている内容を Table 3に示す。

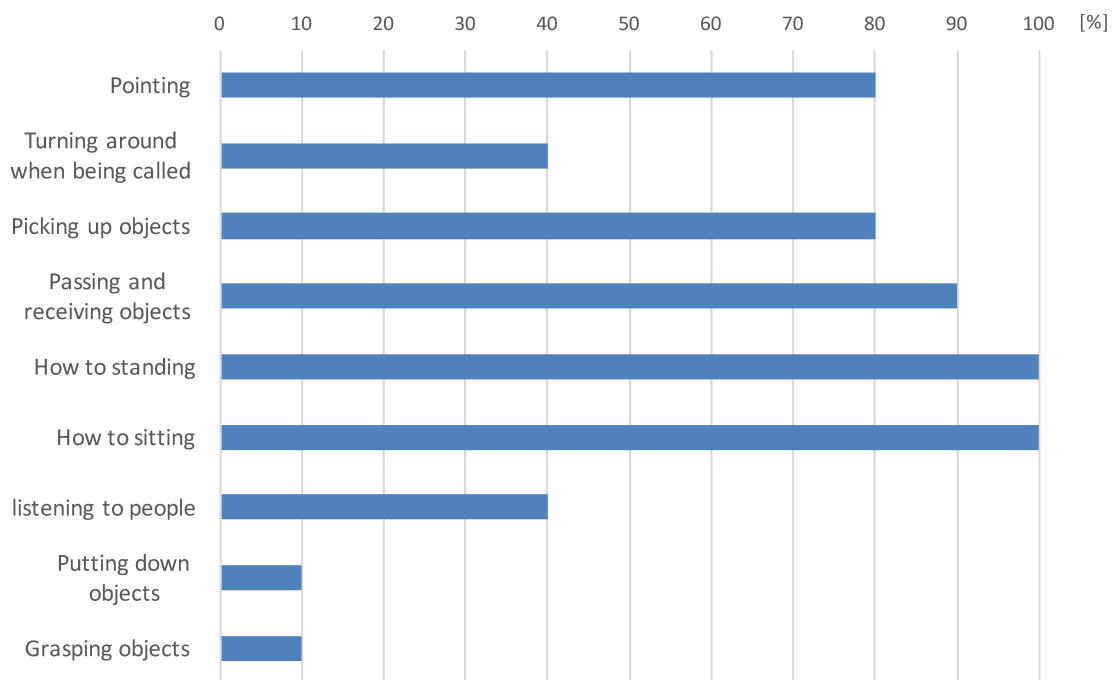


Fig. 4 Rate of description of the motions handled in etiquette books



Table 3 Examples of likeable behavior

Motion	Description	Ratio [%]
Passing and receiving objects	Pass objects with both hands	88.8
	Face the guest side in front	55.5
	Pass the objects with arc trajectory	11.1
	Close the fingers	11.1
	Tighten both side so as not to open up too much	11.1
Turning around when being called	Turn the whole or upperbody	100
	Turn around slowly	75
	Turn shoulder before turning face	50
Picking up objects	Straighten back spine as much as possible	62.5
	Slowly sit down	37.5
	pick up in the fingers	37.5
	Focus on thighs, align knees	37.5
	The toes are a little outward against the object	12.5
	Stand next to objects	12.5
	When crouching, when twisting the body a bit behind while keeping toes facing forward, look beautiful when seen from the side	12.5

## 2.3 着目する動作

アンドロイドロボットが受付で活動することを想定し、指し示し動作に着目した。本学のキャンパスマップが印刷された A4 の紙を指し示す動作を行う。

マナーブックに記載されている指し示し動作の定性的定義を Table 4 に示す。

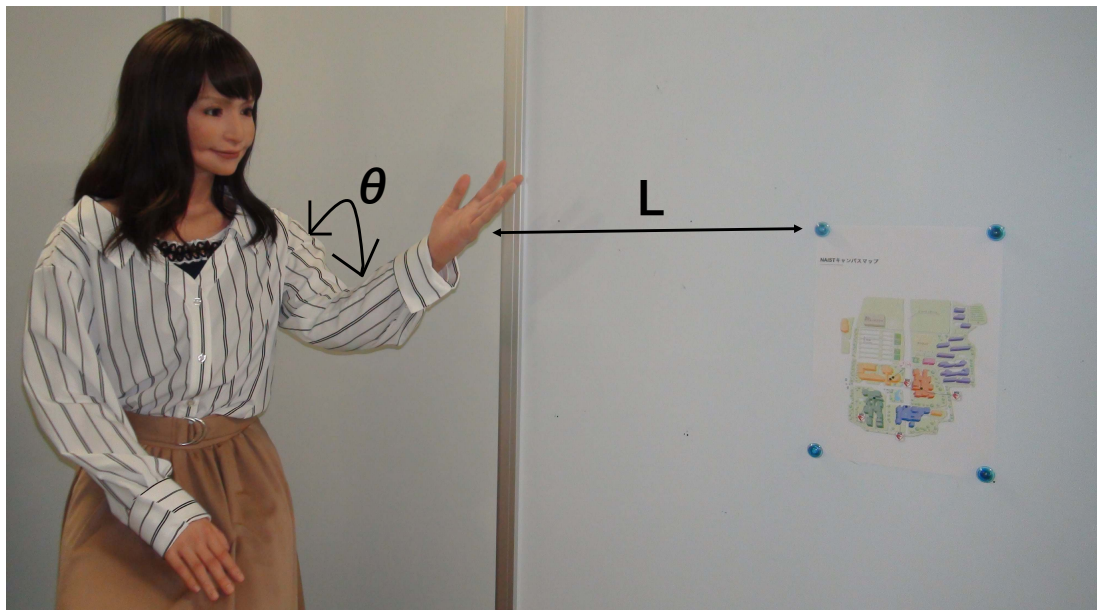
Table 4 に「腕は肩の高さより上には上げない」と記載されているように、腕の高さによって印象は異なる [21]。また、「指し示す」という目的を達成できているかや、指し示す物体とロボットの距離感も印象に影響を与えられられる。そこで、好感度に影響を与える動作の条件として以下の 3 点を考えた。

- 「指し示す」という目的の達成状況
- 指し示す物体とロボットの距離
- 指し示す手の位置（腕の高さ）

これらのことより、上腕と前腕の角度 ( $\theta$ ) と指し示す対象である A4 の紙のパーティションの端との距離 ( $L$ ) をパラメータとした。Fig. 5 にパラメータを図示する。

Table 4 Qualitative description of pointing behavior

Description	Ratio [%]
Extend fingertips neatly	100
Show the palm to the guest	37.5
Point the palm diagonally upward	12.5
Arm should not be raised above the shoulder	12.5
Point the front of the body toward the guest	12.5
Don't cross both hands	12.5
Point what is on right with right hand and those on left with left hand	12.5
When the indicated direction is close, attach the upper arm to the upper body When the indicated direction is far away, stretch out the arm	12.5



$\theta$ : Angle between forearm and upper arm

L: Distance from the partition to the left edge of the paper

Fig. 5 Parameters

## 2.4 実装方法

本研究では，動作を生成するにあたり，簡単にベースとなる動作を生成したり，作った動作を簡単に確認したりするために Choreonoid [22] というシミュレータを用いた．Choreonoid はオープンソースのロボット用統合 GUI ソフトウェアである．動力学シミュレーション機能や動作振り付け機能を標準で備えており，Choreonoid 上で動作を作ることができる．

また，アンドロイドのパーツモデル [23] と動作仕様書の各関節の可動角度を基にモデルを作成した．Fig. 6 に作成したモデルを示す．各関節の角度を指定し，Choreonoid 上で簡単に動作を作り，確認することができる．Fig. 7 に Choreonoid の動作作成画面を示す．左側の関節スライダタブにおいて，選択した関節ごとにスライダーや数値を直接入力してモデルの姿勢を変更することができる．また，動作作成画面下のポーズロールビュー上で次のキーポーズへ移動のタイミングを細かく編集することができる．ポーズロールビューに表示された黒い三角形はロボットのキーポーズへの遷移を表しており，左側の頂点部分が遷移の開始点，右端が遷移の終了点，すなわち実際にそのキーポーズとなる点を表している．この三角形は，マウスでクリックし選択状態になると赤くなり，自由に移動，修正することができる．各三角形をクリックするとロボットモデルの姿勢もキーポーズのものに変更されるため，どのようなキーポーズであるかも簡単に確認することができる．また，ポーズロールビュー上でマウスの中ボタンを押しながら左右にドラッグすることで，ビュー全体の時間軸方向の表示スケールを拡大縮小することもできる [24]．

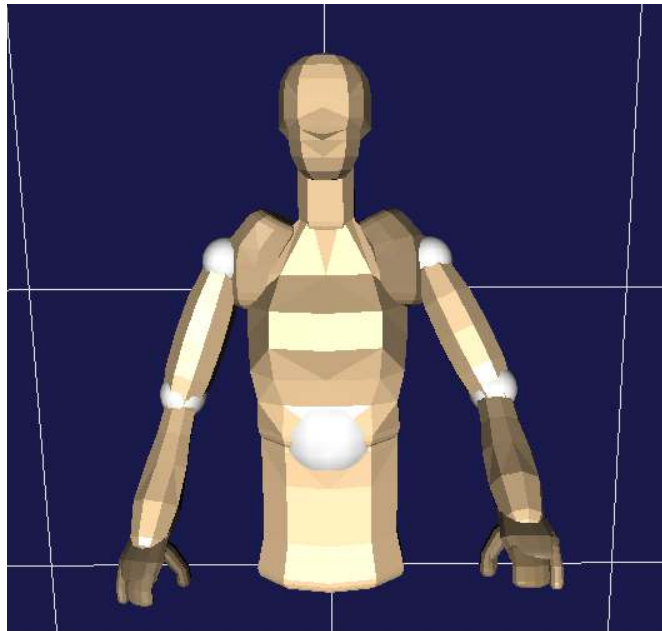


Fig. 6 Android robot model

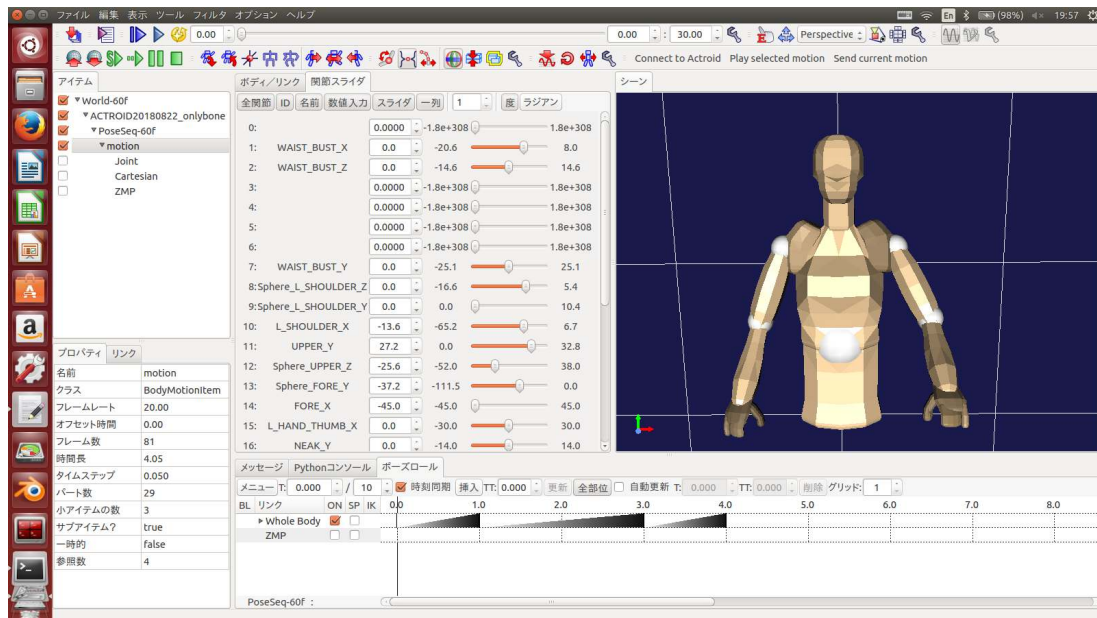


Fig. 7 Choreonoid

実機のロボットを動作させるために、Choreonoid で生成した動作をアクトロイドのコントローラに送信する。

まず Choreonoid で動作を生成する。そして、Choreonoid 上における各フレームにおける各関節角度 [deg] を 0~255 の指令値に変換してアンドロイドロボットに送信してアンドロイドロボットを動かしている。変換式は動作仕様書の各関節の可動角度を参考に自分で作成した。

Choreonoid で動作を生成するために、ポーズの作成と、あるポーズから次のポーズへの遷移時間を設定する。ポーズ間の各関節角度は Choreonoid が自動的に補間してくれる。本研究では、Choreonoid 上でモデルの腕や腰などの角度を調整し開始ポーズ (Fig. 8) と指し示した状態のポーズ (目標ポーズ) (Fig. 9), 最終ポーズを生成した。最終ポーズは開始ポーズと同じである。

Choreonoid 上での生成した動作の一連の流れの例を Fig. 10 に、実機での一連の動作の流れの例を Fig. 11 に示す。0.5 [s] ごとでの動作を示しており、指し示した状態のポーズ (目標ポーズ) で 2 秒停止している。

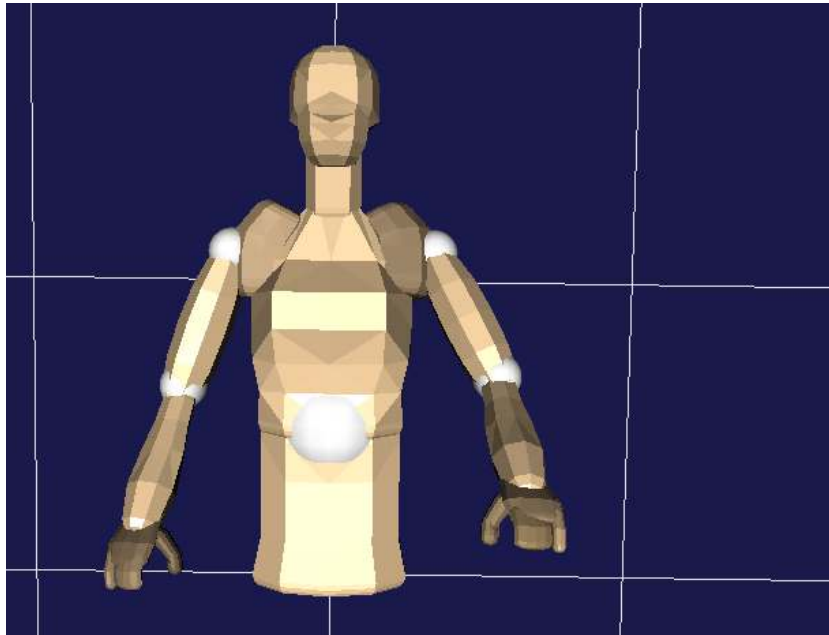


Fig. 8 Start pose

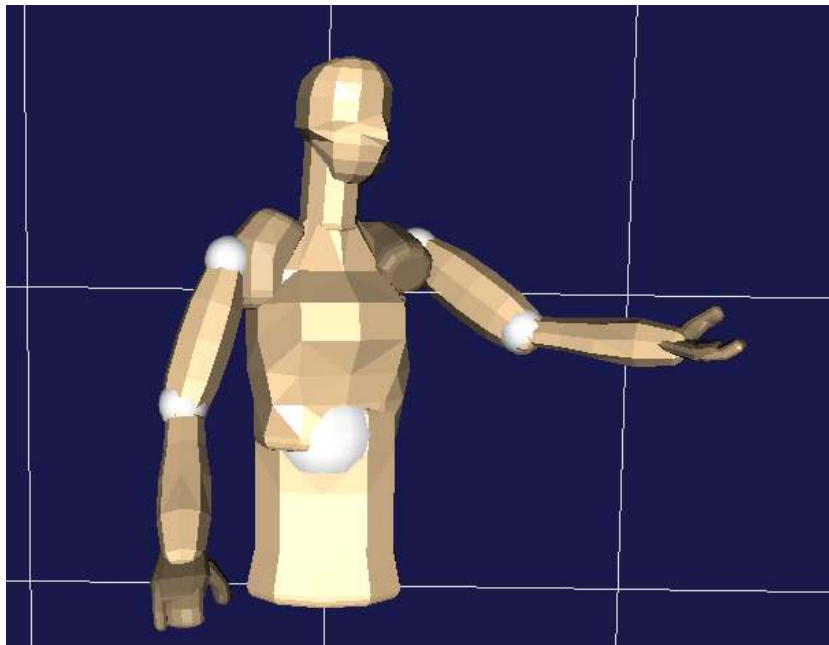


Fig. 9 Target pose

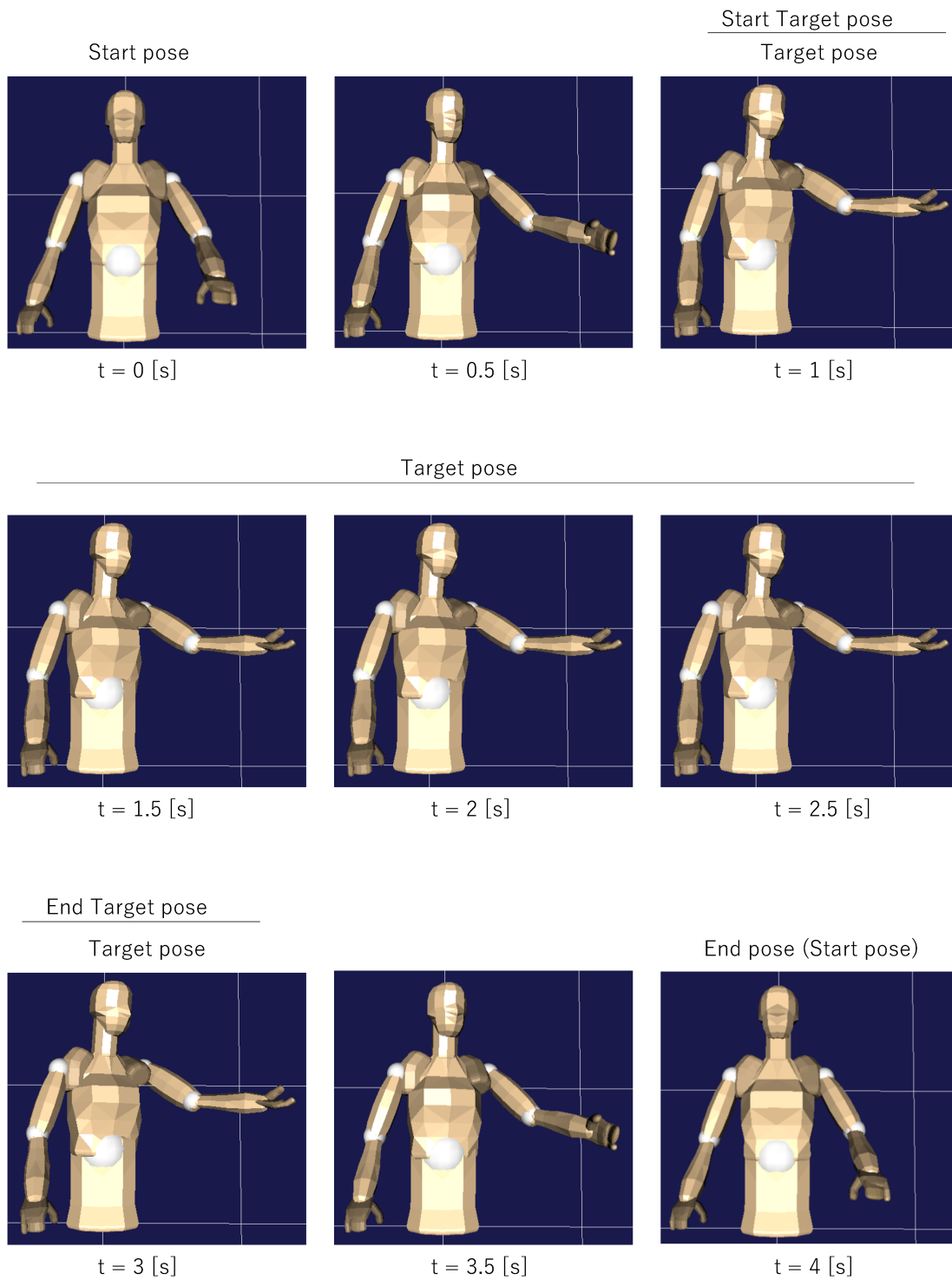


Fig. 10 Pointing behavior flow (Choreonoid)



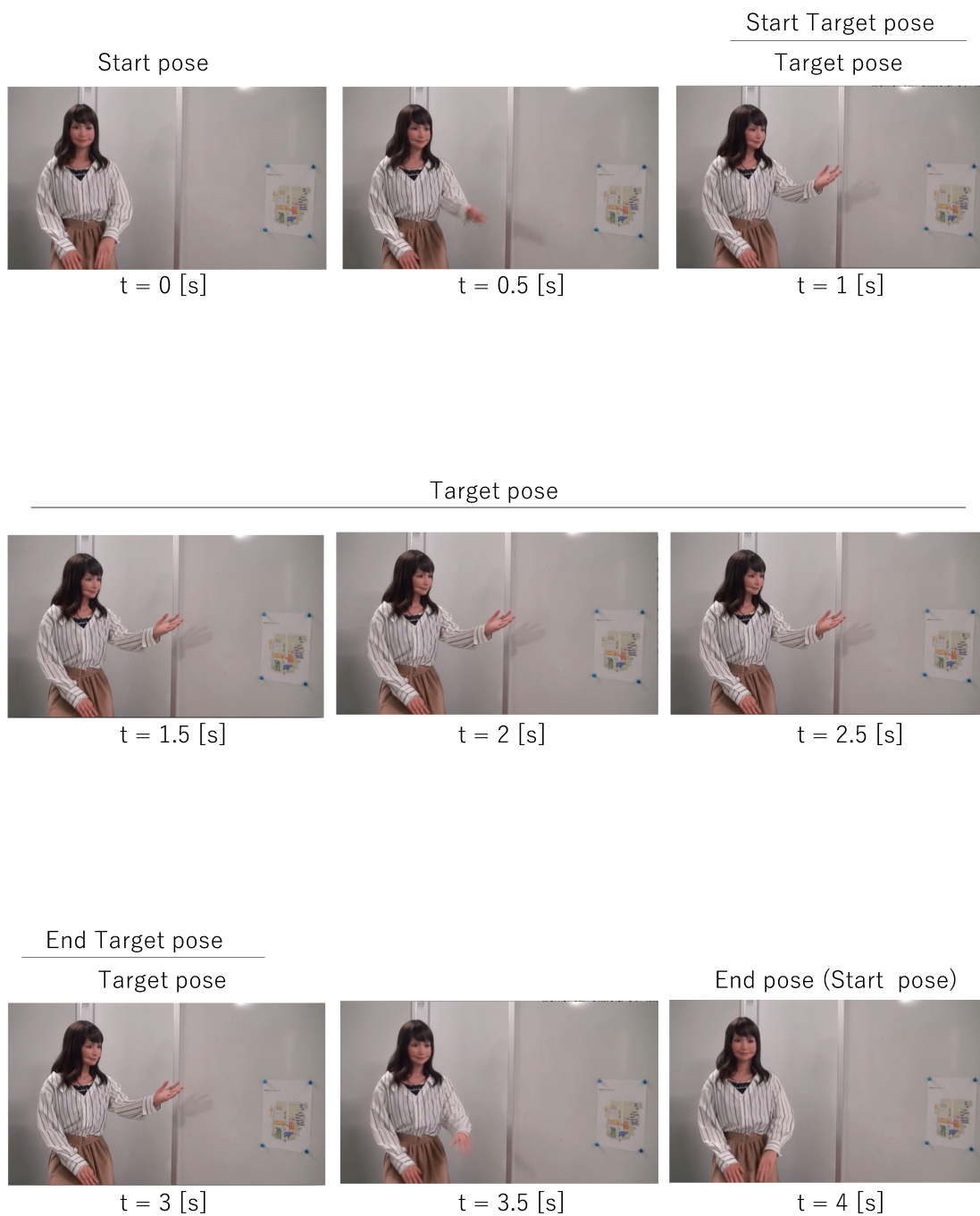


Fig. 11 Pointing behavior flow (Android robot)

## 2.5 実装した動作

指し示す手の位置が、指し示す紙の上端よりさらに上 (Fig. 12 (a)), 中央部 (Fig. 12 (b)), 下端 (Fig. 12 (c)), 下端よりさらに下 (Fig. 12 (d)) となるように4パターンの動作を生成した。

紙の位置は、床から紙の下端まで 89.5 [cm], パーティションの左端から紙まで (L) 10.5 [cm] とした。  $\theta = 120$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (a),  $\theta = 150$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (b),  $\theta = 180$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (c) とし,  $\theta = 180$  [deg],  $A3 = 51.7$  [deg] を Fig. 12 (d) とした。

A3 は, Table 1 に示す肩の前にならえの動作 (肩上下運動) である。  $A3 = 71.9$  [deg] とは, 肩が上下に 71.9 [deg] 動いた位置のことである。

指し示す物体である紙とロボットの距離を変えるために, 紙を右方向に紙幅約 1 枚分平行移動し  $L = 48.1$  [cm] とした。この時の,  $\theta = 120$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (e),  $\theta = 150$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (f),  $\theta = 180$  [deg],  $A3 = 71.9$  [deg] を Fig. 12 (g),  $\theta = 180$  [deg],  $A3 = 51.7$  [deg] を Fig. 12 (h) とした4つの動作も生成し, 合計 8 パターンの動作で実験を行った。 Fig. 12 に生成した動作の目標ポーズを示す。 図中の N は紙が近い場合で  $L = 10.5$  [cm], F は紙が遠い場合で  $L = 48.1$  [cm] である。

Fig. 13 に紙の詳細な位置を示す。

開始ポーズ状態のアンドロイドロボットの左手の中指先端から紙の左下まで, 紙が近い位置のときは 59 [cm], 紙が遠い位置のときは 85 [cm] である。 Fig. 14 に図示する。

動作を撮影したカメラは, アンドロイドロボットの顔 (右目) からカメラレンズまで 155 [cm] の距離にある。 Fig. 15 にアンドロイドロボットとカメラとの位置関係を示す。



(a)  $\theta = 120[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , N



(b)  $\theta = 150[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , N



(c)  $\theta = 180[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , N



(d)  $\theta = 180[\text{deg}]$ ,  $A3 = 51.7[\text{deg}]$ , N



(e)  $\theta = 120[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , F



(f)  $\theta = 150[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , F

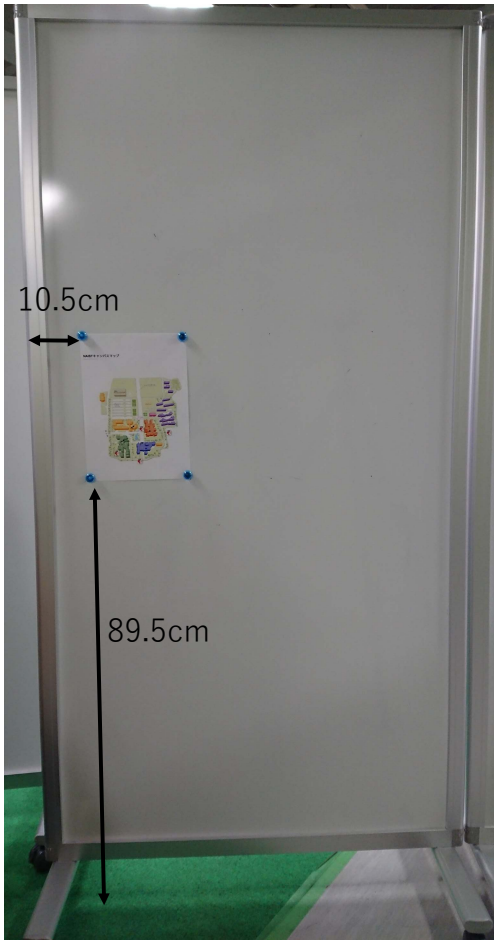


(g)  $\theta = 180[\text{deg}]$ ,  $A3 = 71.9[\text{deg}]$ , F



(h)  $\theta = 180[\text{deg}]$ ,  $A3 = 51.7[\text{deg}]$ , F

Fig. 12 Eight pointing motions



(a) in case of the paper is near



(b) in case of the paper is far

Fig. 13 Location of the sign



(a) in case of the paper is near



(b) in case of the paper is far

Fig. 14 Distance between middle finger and paper



Fig. 15 Location of robot and camera

## 3. 印象評価実験 1: 男女各 10 名による性別での評価の比較

### 3.1 実験方法

本実験では、年齢層が近い 22~30 歳の男女各 10 名で実験を行った。

実験方法として、アンドロイドロボットの動作を録画した動画を被験者に観察してもらい実験を行った。多くの人に印象評価実験を実施するために、動画で実験を実施することとした。被験者は一人ずつノートパソコンの前に座り生成した指し示し動作を観察する。配布されたアンケート用紙に、観察した動作それぞれについて Thurstone の一対比較法と SD 法とでの評価結果を記入する。まず Thurstone の一対比較法を行い、次に SD 法に回答した。

Thurstone の一対比較法とは、回答者に 2 つの評価対象をある一定の観点から比較しどちらがよりあてはまるかのみを判定する方法である。回答者は勝ち負けのみを答えればよいため、最も直感的な回答が期待できる。最終的な評価には間隔尺度を構成する。間隔尺度とは、年号や温度のように、数値の間の差は量的意味があるが、ゼロの位置は単に便宜的にきめられたもの。平均を出すことに意味はあるが、比率を問題とすることはできない [25]。

SD 法はアメリカの心理学者 Osgood らによって考案された心理測定の手法であり、「明るい—暗い」、「暖かい—冷たい」といった反対の意味を持つ複数の形容詞対を評定尺度として、色彩、景観、画像などの種々の評価対象の印象（イメージ）を測定する [26]。勘久保 [27] らや、神田 [28] ら、小笠原 [29] らなどの印象を評価する実験の際に実施されている。

Thurstone の一対比較法では、被験者は 8 パターンの動作から 2 つずつ動作を観察し、「好感を持てる」と思ったほうの動作に丸をつける。

SD 法では、8 パターンの動作を観察し以下の Table 5 に示す各 19 項目（形容詞対）について 5 段階評価する。5 に近づくほど好評価または速い評価、1 に近づくほど低評価または遅い評価になる。また、中央値は 3 とする。

Table 5 Nineteen Items

上品な—下品な	繊細な—あらい
滑らかな—ぎこちない	気持ちの良い—気持ちの悪い
丁寧な—ぞんざいな	自然な—不自然な
感じの良い—感じの悪い	落ち着いた—うわついた
機敏な—のろまな	軽快な—重々しい
面白い—つまらない	飽きない—退屈な
優しい—こわい	活発な—不活発な
親しみやすい—親しみにくい	美しい—醜い
安心する—驚く	速い—遅い
柔らかい—堅い	

### 3.2 実験結果

全体での一対比較法の結果とSDプロファイル, 男女別での一対比較法の結果とSDプロファイルを示す.

まず, 全体での評価結果を Table 6 に示す. 表中の N, F, s, f は以下のように定めた.

- N: 指し示す物体である紙の位置が近い場合
- F: 指し示す物体である紙の位置が遠い場合
- s:  $A3 = 71.9$  [deg]
- f:  $A3 = 51.7$  [deg]

これ以降, 表やグラフにおいて N, F, s, f はそれぞれ上記を表す.

表は行方向で数値を読み, それぞれのパターンを比較した際, 1 列目の角度をより好感を持てると判断した人数である. X 行目と Y 列目 [X 行目, Y 列目] に示された数値は, X 行目の角度の方が Y 列目の角度より好感を持てると判断した被



Table 6 Result of pairwise comparison for evaluation experiment 1 (All)

	120, s, N	150, s, N	180, s, N	180, f, N	120, s, F	150, s, F	180, s, F	180, f, F
120, s, N		0	4	11	9	1	4	8
150, s, N	20		6	15	17	11	11	18
180, s, N	16	14		14	17	9	9	20
180, f, N	9	5	6		12	5	1	15
120, s, F	11	3	3	8		1	1	13
150, s, F	19	9	11	15	19		10	17
180, s, F	16	9	11	19	19	10		19
180, f, F	12	2	0	5	7	3	1	

験者の人数である。つまり，Table 6 の [(150, s, N), (120, s, N)] に示されている 20 という数字は，150 [deg], s, N のほうが 120 [deg], s, N より好感を持てると評価した被験者が 20 人であるということを示す。次に，Table 6 の各セルを評価者数の 20 で割り求めた選択率を Table 7 に示す。ただし，Thurstone の一対比較法は各ペアの選択率が 0，もしくは 1 の場合は計算ができないため，0 を 0.0001，1 を 0.9999 の近似値に置き換えて算出した。そして，好感度の尺度値として，選択率から標準正規分布の逆関数を求め，逆関数の行平均を求めた。その結果を Table 8 に示す。

Table 7 Selectivity (All)

(deg)

	120, s, N	150, s, N	180, s, N	180, f, N	120, s, F	150, s, F	180, s, F	180, f, F
120, s, N		0.0001	0.2	0.55	0.45	0.05	0.2	0.4
150, s, N	0.9999		0.3	0.75	0.85	0.55	0.55	0.9
180, s, N	0.8	0.7		0.7	0.85	0.45	0.45	0.9999
180, f, N	0.45	0.25	0.3		0.6	0.25	0.05	0.75
120, s, F	0.55	0.15	0.15	0.4		0.05	0.05	0.65
150, s, F	0.95	0.45	0.55	0.75	0.95		0.5	0.85
180, s, F	0.8	0.45	0.55	0.95	0.95	0.5		0.95
180, f, F	0.6	0.1	0.0001	0.25	0.35	0.15	0.05	

Table 8 Scale value of “likeability” (All)

(deg)

	120, s, N	150, s, N	180, s, N	180, f, N	120, s, F	150, s, F	180, s, F	180, f, F	平均
120, s, N		-3.7190	-0.8416	0.1257	-0.1257	-1.6449	-0.8416	-0.2533	-0.91256
150, s, N	3.7190		-0.5244	0.6745	1.0364	0.1257	0.1257	1.2816	0.8048
180, s, N	0.8416	0.5244		0.5244	1.0364	-0.1257	-0.1257	3.7190	0.7993
180, f, N	-0.1257	-0.6745	-0.5244		0.2533	-0.6745	-1.6449	0.6745	-0.3395
120, s, F	0.1257	-1.0364	-1.0364	-0.2533		-1.6449	-1.6449	0.3853	-0.6381
150, s, F	1.6449	-0.1257	0.1257	0.6745	1.6449		0.000000	1.0364	0.6251
180, s, F	0.8416	-0.1257	0.1257	1.6449	1.6449	0.000000		1.6449	0.7220
180, f, F	0.2533	-1.2816	-3.7190	-0.6745	-0.3853	-1.0364	-1.6449		-1.0610

Fig. 16 に全体での一対比較法の結果を示す。Fig. 16 の横軸は好感度の尺度値を示しており、右側にある点ほど好感度が高い動作となる。

最も好感を持たれた指し示し動作は紙の位置が近い場合の 150 [deg] であり、わずかな差で次に紙の位置が近い場合の 180 [deg] が好感を持たれている。また、指し示す物体である紙の位置に関係なく 150 [deg]、180 [deg] が好感を持たれたが、同じ角度で比較すると 120 [deg] 以外紙の位置が近い場合の方が好感度が高い。

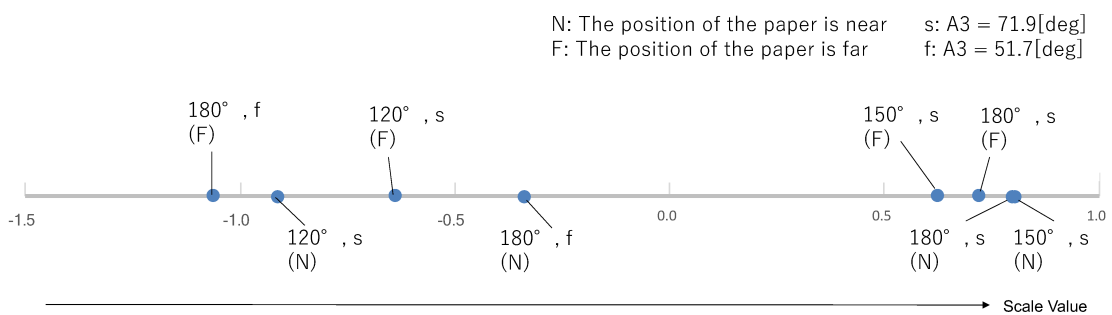


Fig. 16 Scale value of “likeability”

次にSD法での結果を示す。

Fig. 17に全体でのSDプロファイルを示す。

20人分の実験結果に対し因子分析を行った結果をTable 9に示す。固有値が1以上のものを因子数とし、プロマックス回転を行った。Table 9より第1因子としては、“落ち着いた—うわついた”，“繊細な—あらい”，“自然な—不自然な”，“美しい—醜い”，“滑らかな—ぎこちない”，“安心する—驚く”，“気持ちの良い—気持ちの悪い”，“機敏な—のろまな”など快さや美しさ，柔和さに関する因子負荷量が大きく，第2因子としては，“速い—遅い”，“活発な—不活発な”，“飽きない—退屈な”，“面白い—つまらない”など快活さや興味に関する因子負荷量が大きい。第3因子としては，“親しみやすい—親みにくい”，“優しい—こわい”，“柔らかい—かたい”など柔和さに関する因子負荷量が大きく，第4因子としては，“丁寧な—ぞんざいな”，“感じの良い—感じの悪い”，“上品な—下品な”など美しさに関する因子負荷量が大きい。

Fig. 18に各角度における第1因子の因子得点を示す。Fig. 18より，紙が遠い場合の150 [deg]の動作が最も第1因子の影響を受けていることがわかる。

Fig. 16より好感度の尺度値が最も高かった150 [deg]における実験結果を，第1因子を横軸に，第2因子を縦軸にし被験者20人分の因子得点をプロットした図をFig. 19に示す。三角形の赤い点が女性，丸い青い点が男性である。第1因子は“落ち着いた—うわついた”，“繊細な—あらい”，“自然な—不自然な”，“美しい—醜い”，“滑らかな—ぎこちない”，“安心する—驚く”，“気持ちの良い—気持ちの悪い”，“機敏な—のろまな”などの項目，第2因子は“速い—遅い”，“活発な—不活発な”，“飽きない—退屈な”，“面白い—つまらない”の項目であるため，第1象限に因子得点が存在すれば150 [deg]の動作に対して高評価をした被験者だと言える。

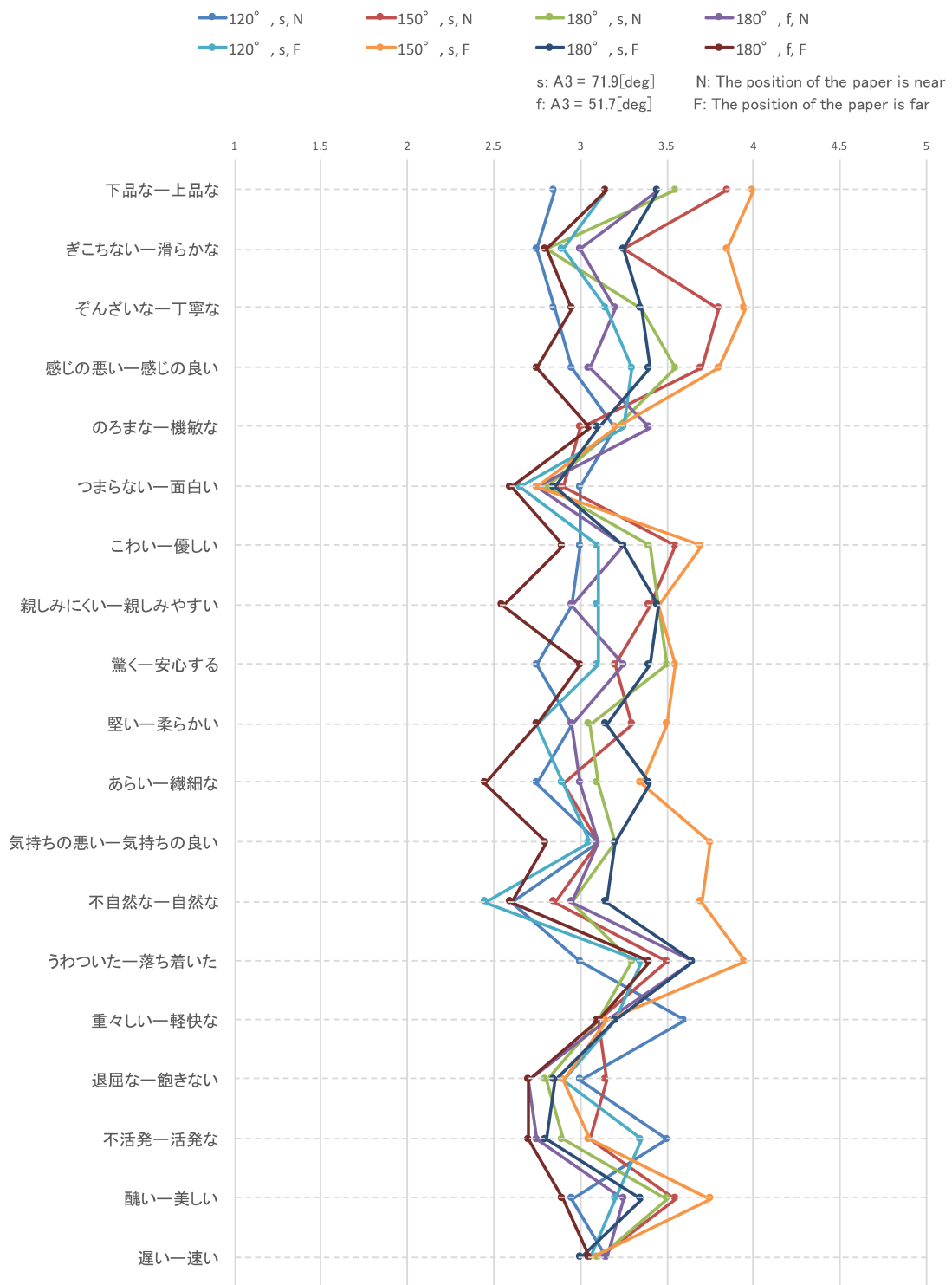


Fig. 17 SD profile (All)

Table 9 Factor loading

	1st factor	2nd factor	3rd factor	4th factor
落ち着いた—うわついた	0.961	-0.053	-0.293	0.068
繊細な—あらい	0.674	-0.066	0.021	0.125
自然な—不自然な	0.671	-0.117	0.114	-0.019
美しい—醜い	0.608	0.036	0.153	0.211
滑らかな—ぎこちない	0.592	0.088	0.081	0.051
安心する—驚く	0.536	-0.128	0.422	-0.026
気持ちの良い—気持ちの悪い	0.515	0.144	0.285	0.061
機敏な—のろまな	0.509	0.579	-0.063	-0.148
速い—遅い	0.104	0.721	-0.139	-0.029
活発な—不活発な	-0.293	0.687	0.180	0.183
飽きない—退屈な	-0.032	0.570	-0.020	0.024
軽快な—重々しい	0.091	0.550	0.212	-0.218
面白い—つまらない	-0.269	0.544	-0.025	0.117
親しみやすい—親しみにくい	-0.065	0.077	0.958	-0.004
優しい—こわい	0.059	0.090	0.660	0.172
柔らかい—堅い	0.212	-0.251	0.560	-0.059
丁寧な—ぞんざいな	0.397	-0.025	-0.081	0.668
感じの良い—感じの悪い	0.086	0.086	0.344	0.612
上品な—下品な	0.412	0.043	-0.059	0.589

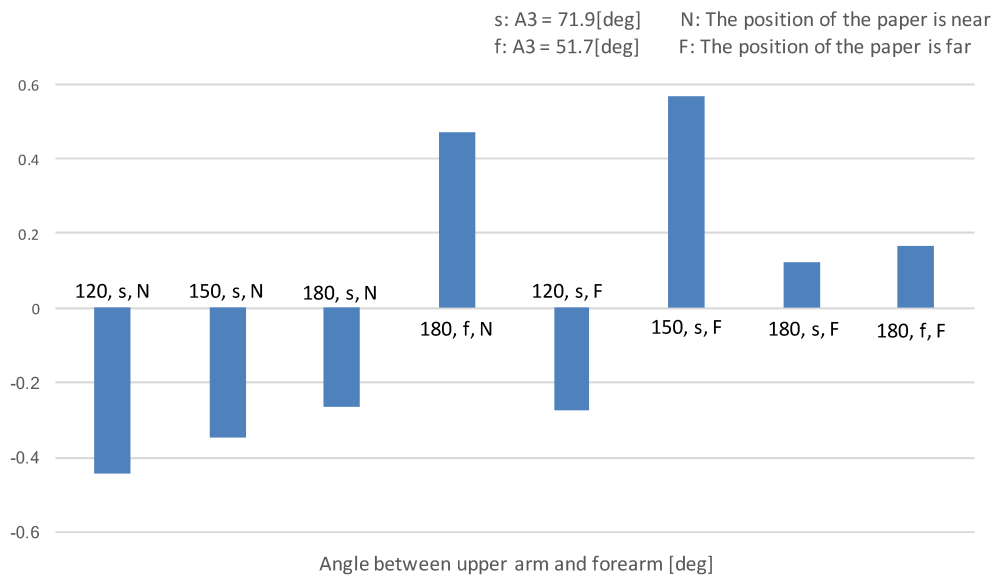


Fig. 18 Factor score of 1st factor

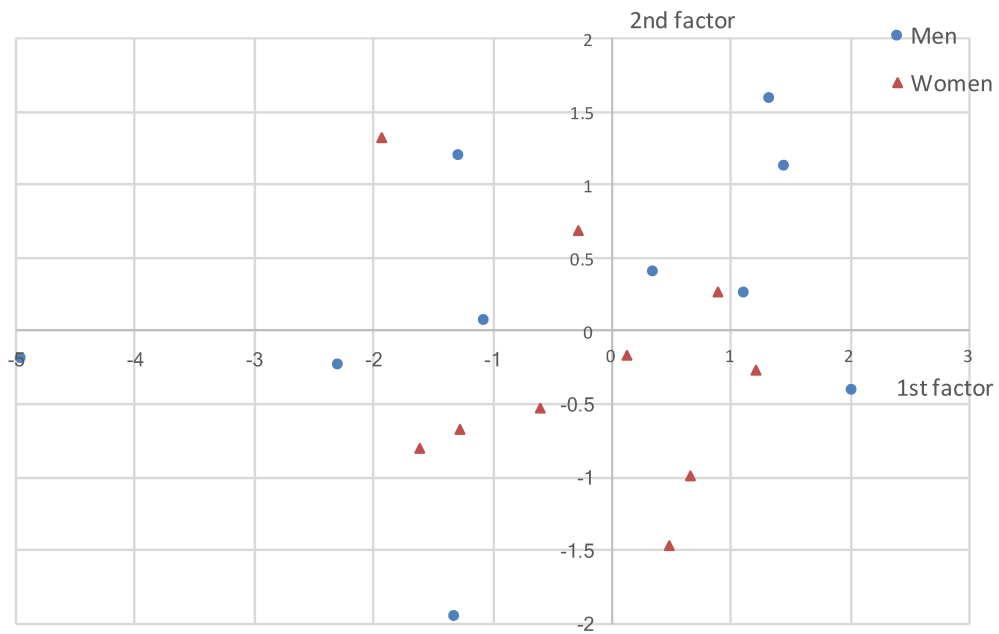


Fig. 19 Factor score plot of the 1st factor and the 2nd factor plane of 150[deg]

Fig. 20 に男女別の一対比較法の結果を示す。男女での結果を一つのグラフで表している。男女での結果の違いを考察しやすいように棒グラフで表す。

青色が男性，オレンジ色が女性の結果である。グラフ中の無地の要素は指し示す物体である紙の位置が近い場合，水玉模様である要素は指し示す物体である紙の位置が遠い場合である。Fig. 20 の縦軸は好感度の尺度値を示しており，正の方向へ大きくなるほど好感度は高くなる。

Fig. 21 に男性の SD プロファイル，Fig. 22 に女性の SD プロファイルを示す。

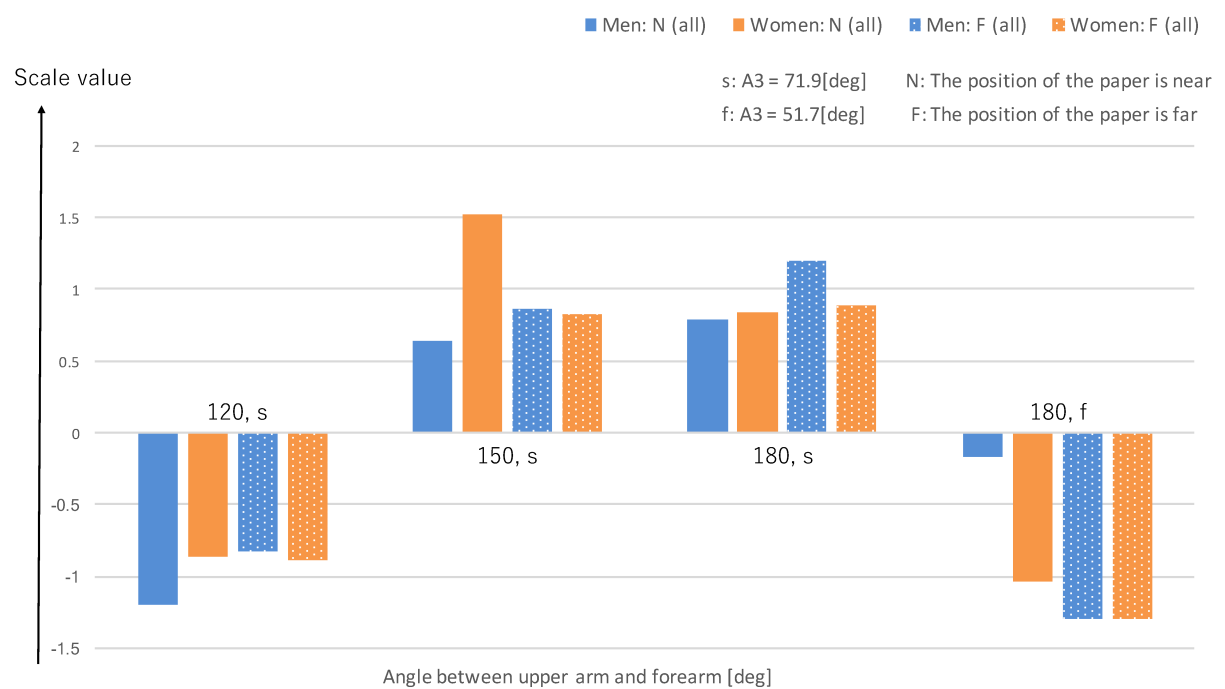


Fig. 20 Scale value of “likeability” (All men and women)



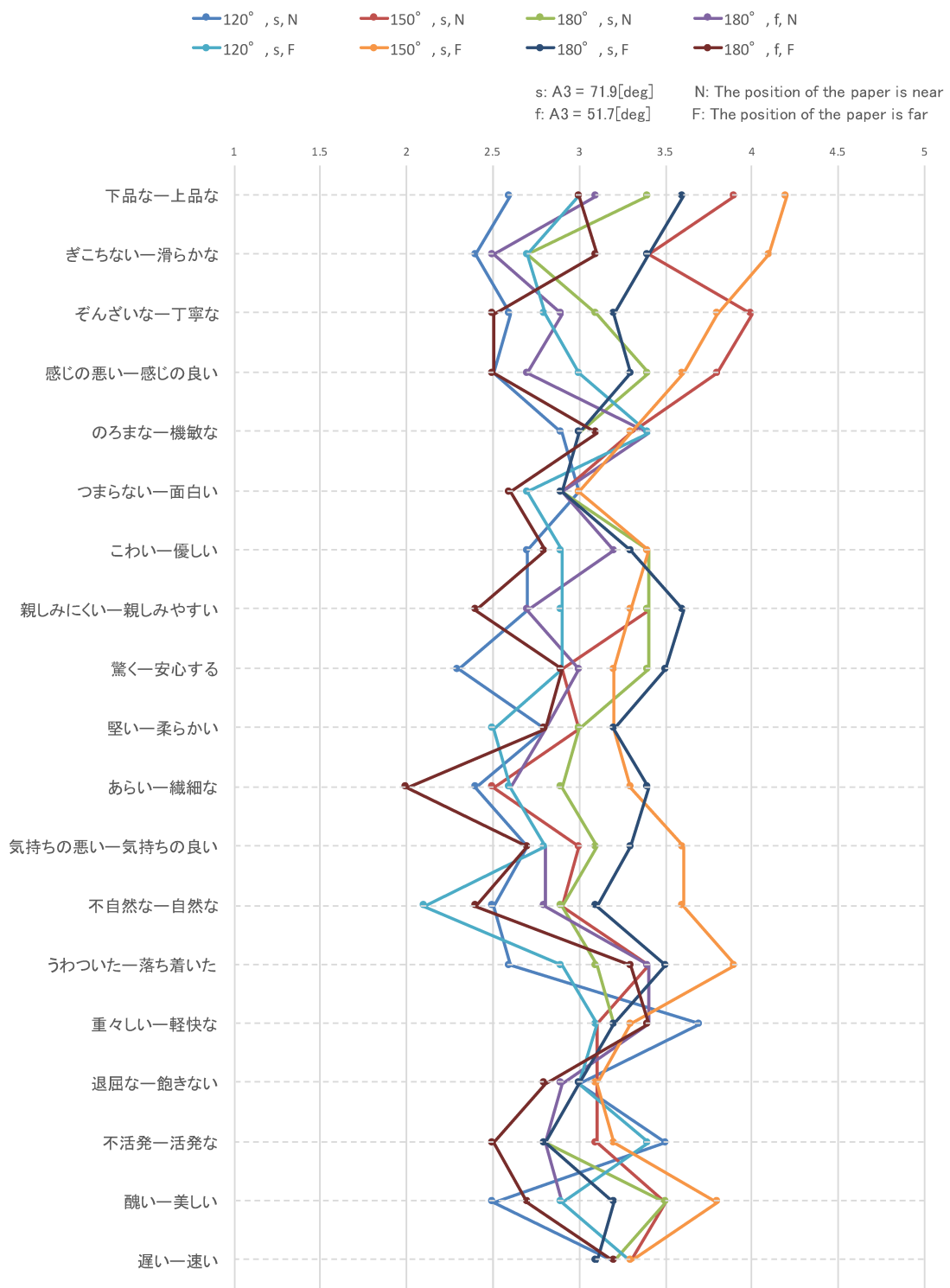


Fig. 21 SD profile (Men)

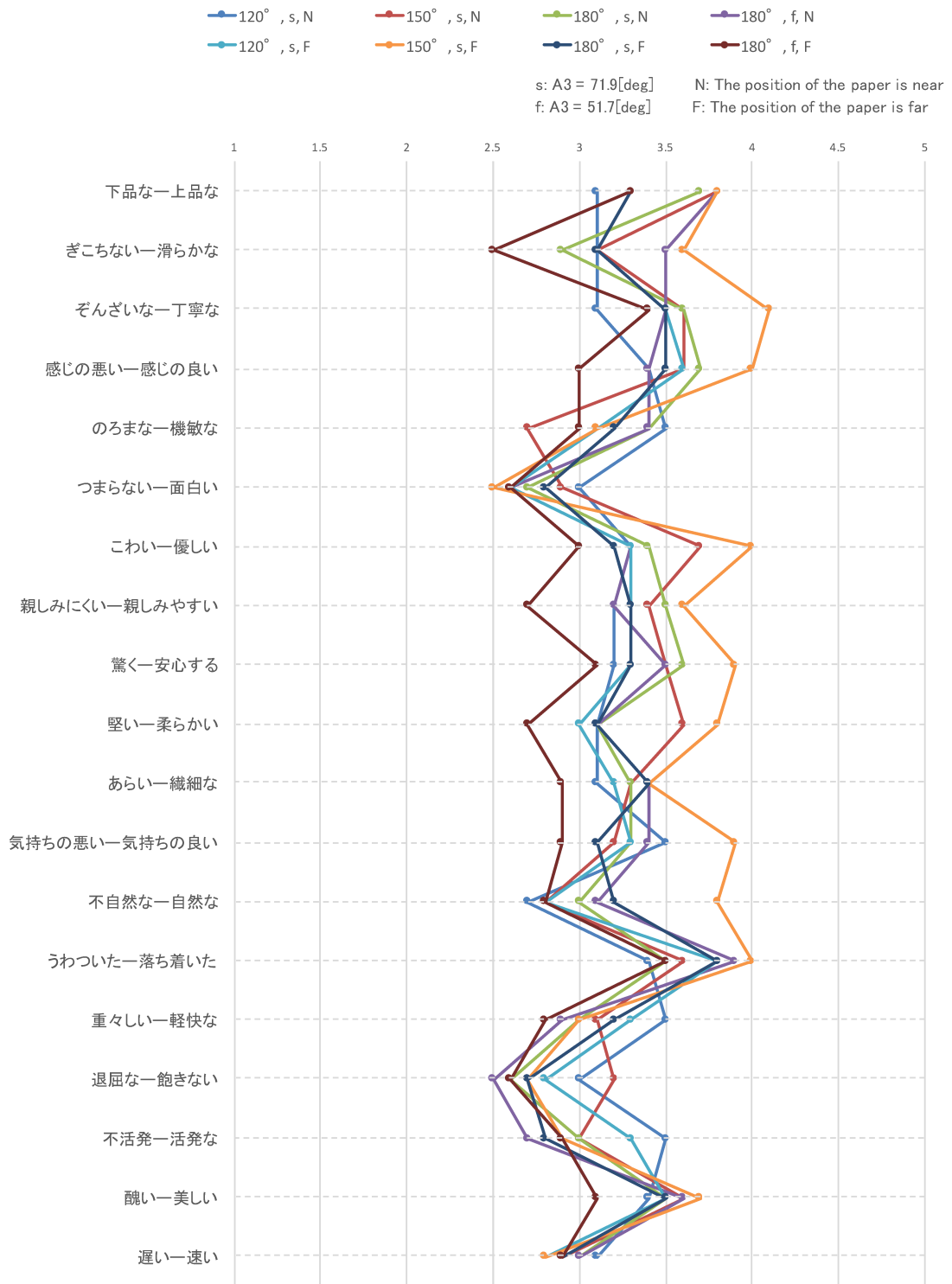


Fig. 22 SD profile (Women)

### 3.3 考察

Fig. 16 より，最も好感を持たれた指し示し動作は，紙の位置が近い場合の 150 [deg] である．ロボットと指し示す物体との距離感は，経験的に人間が紙を指し示すときの距離感とほぼ同じであることが言える．また，指し示す物体である紙の位置に関係なく 150 [deg]，180 [deg] のときが好感を持たれた．このことより，紙を指し示していることがわかる動作に好感が持たれると考えられる．

Fig. 17 より，紙の位置が遠い場合の 150 [deg] の動作の評価が高く，120 [deg] や紙の位置が遠い場合の 180, 51.7 [deg] は評価が低い．

Fig. 19 より，女性は横軸が $-1.9\sim 1.2$ ，縦軸が $-1.5\sim 1.4$ の間に収まっているが男性は散らばっている．そのため女性は似通った評価をしているが男性の評価は統一性がないと考えられる．

Fig. 20 より，男女とも，上腕と前腕の角度が 150 [deg]，180 [deg] であるときの動作に好感を持っている．男性は紙が遠い場合での 180 [deg]，女性は紙が近い場合での 150 [deg] の動作に対して最も好感を持っている．女性が最も好感を持つ動作は，男性も好感を持ってはいるが好感度の順位は 4 番目であり好感を持っている動作の中では最も低い．男性が最も好感を持つ動作に対しては，女性も好感を持っているが最も好感を持っている動作以外の 3 つの動作と同じ程度の好感度である．最も評価が低い動作は男女とも紙が遠い場合の 180, 51.7 [deg] であり同じ動作である．紙が近い場合の 180, 51.7 [deg] では，女性と男性で評価の差が大きい．

Fig. 21 と Fig. 22 より，女性の方が評価が似通っている項目が多く，男性の評価の幅は 2~4.2，女性の評価の幅は 2.5~4.1 であり女性の方が評価の幅も小さい．また，一つの項目における男性の最も高い評価と最も低い評価の差の最大値は 1.7，女性の最も高い評価と最も低い評価の差の最大値は 1.1 であり，女性の被験者の方が似通った評価をしている．最も高い評価と最も低い評価の差の最大値が 1 を超えている項目が男性では 11 個ある一方，女性では 7 個である．

以上から，男女で評価の違いがあるのではないかと考えられる．

## 4. 印象評価実験 2: 男女各 50 名による性別・年齢での評価の比較

### 4.1 実験方法

本章では年齢の異なる 20～71 歳の男女各 50 名で実施した実験について述べる。前章より、男女で評価に差があることがわかったため被験者数を増やして実験を行った。本実験では前章で実施した実験と同じ動画を被験者に観察してもらい実験を行った。

本実験では、多くの被験者を集めたいため市場調査・マーケティングリサーチ会社である株式会社アスマーク [30] にアンケートを委託した。本研究で使用したい動画やアンケートを会社に送るとアンケート画面を作成し、指定した年齢層・人数でアンケートを実施しアンケート結果を納品してくれる。インターネットを利用した市場調査で、会社が保有するモニター（パネル）というアンケート回答者にウェブでアンケートに回答してもらおうネットリサーチという調査を依頼した。

本実験では、前章で観察した動画と全く同じ動画をインターネットを利用しウェブ上で見てもらい前章と同じ内容のアンケートにウェブで回答してもらった。前章と同様に Thurstone の一対比較法を行ない、次に SD 法に回答してもらった。

本実験では、性別に加え年齢と評価の関連についても調査する。そこで、マーケティングのターゲット層を次のような年齢層別に分類している [31] ことを参考に、被験者を 20～40 代の女性（F1 と F2）、50 代以上の女性（F3）、20～40 代の男性（M1 と M2）、50 代以上の男性（M3）の 4 つの集団各 25 名計 100 名とした。

- C (Child,Kids) 男女 4 歳（あるいは 2 歳）～12 歳
- T (Teen-age) 男女 13 歳～19 歳
- F1 (Female-1) 20 歳～34 歳の女性
- F2 (Female-2) 35 歳～49 歳の女性
- F3 (Female-3) 50 歳以上の女性

- M1 (Male-1) 20 歳～34 歳の男性
- M2 (Male-2) 35 歳～49 歳の男性
- M3 (Male-3) 50 歳以上の男性

## 4.2 実験結果

全体での一対比較法の結果と SD プロファイル, 男女別年齢別での一対比較法の結果と SD プロファイルを示す. 被験者は 20～49 歳の男女各 25 名, 50～71 歳の男女各 25 名である.

まず, 20～71 歳の男女各 50 名計 100 名 (全体) が, 8 パターンの動作から 2 つずつ動作を見て好感度を比較した評価結果を Table 10 に示す. 前章と同様に, 表中の N, F, s, f は以下のように定めている.

- N: 指し示す物体である紙の位置が近い場合
- F: 指し示す物体である紙の位置が遠い場合
- s:  $A3 = 71.9$  [deg]
- f:  $A3 = 51.7$  [deg]

本章でもこれ以降, 表やグラフにおいて N, F, s, f はそれぞれ上記を表す.

表も前章と同様に, 行方向で数値を読み, それぞれのパターンを比較した際, 1 列目の角度をより好感を持てると判断した人数である. つまり, Table 10 の [(120, s, N), (150, s, N)] に示されている 33 という数字は, 120 [deg], s, N と 150 [deg], s, N を比べて 120 [deg], s, N のほうが好感を持てると評価した人の数である.

Fig. 23 に全体での一対比較法の結果を示す. Fig. 23 の横軸は好感度の尺度値を示しており, 右側にある点ほど好感度が高い動作となる.

Fig. 23 より, 紙が近い場合の上腕と前腕の角度が 150 [deg] の動作が最も評価が高く, 紙が遠い場合での 180, 51.7 [deg] の動作が最も評価が低い. 角度としては 150 [deg] が最も評価が高く, 180, 51.7 [deg] が最も評価が低い指し示し動作で

ある。また、角度が同じ場合、紙の位置が近い場合が遠い場合より評価が高い。

Table 10 Result of pairwise comparison for evaluation experiment 2 (All)

	120, s, N	150, s, N	180, s, N	180, f, N	120, s, F	150, s, F	180, s, F	180, f, F
120, s, N		33	47	71	47	38	61	79
150, s, N	67		66	87	70	65	74	86
180, s, N	53	34		74	50	46	51	82
180, f, N	29	13	26		33	21	26	60
120, s, F	53	30	50	67		31	54	73
150, s, F	62	35	54	79	69		65	86
180, s, F	39	26	49	74	46	35		84
180, f, F	21	14	18	40	27	14	16	

(deg)

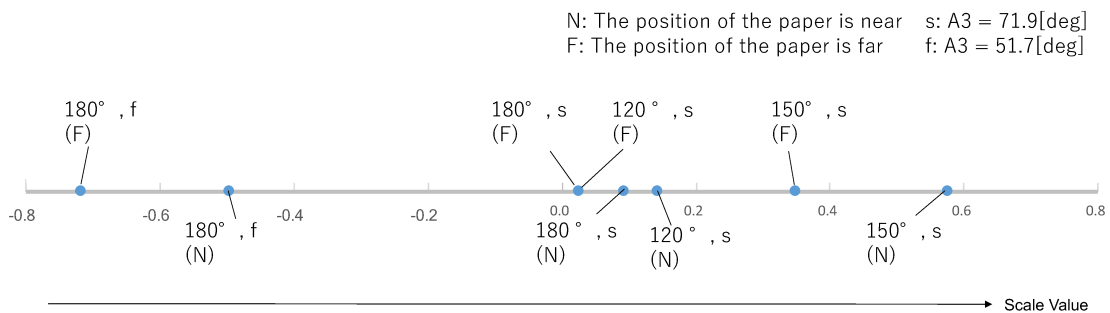


Fig. 23 Scale value of “likeability”

Fig. 24 に全体での SD プロファイルを示す。

Fig. 24 より，紙が遠い場合の 180, 51.7 [deg]（茶色）の評価が低い。また，紙が遠い場合の 150 [deg]（オレンジ色）と紙が近い場合の 150 [deg]（赤色）で似通った評価をしている。“面白い”，“飽きない”の項目で評価の幅が狭く，“滑らかな”，“自然な”の項目で評価の幅が広い。

100 人分の実験結果に対し因子分析を行った結果を Table 11 に示す。固有値が 1 以上のものを因子数とし，プロマックス回転を行った。Table 11 より第 1 因子としては，“活発な—不活発な”，“飽きない—退屈な”，“軽快な—重々しい”，“面白い—つまらない”，“速い—遅い”，“機敏な—のろまな”，“親しみやすい—親しみにくい”，“優しい—こわい”など快活さや柔和さ，興味に関する因子負荷量が大きく，第 2 因子としては，“丁寧な—ぞんざいな”，“感じの良い—感じの悪い”，“上品な—下品な”，“滑らかな—ぎこちない”など美しさや快さに関する因子負荷量が大きい。

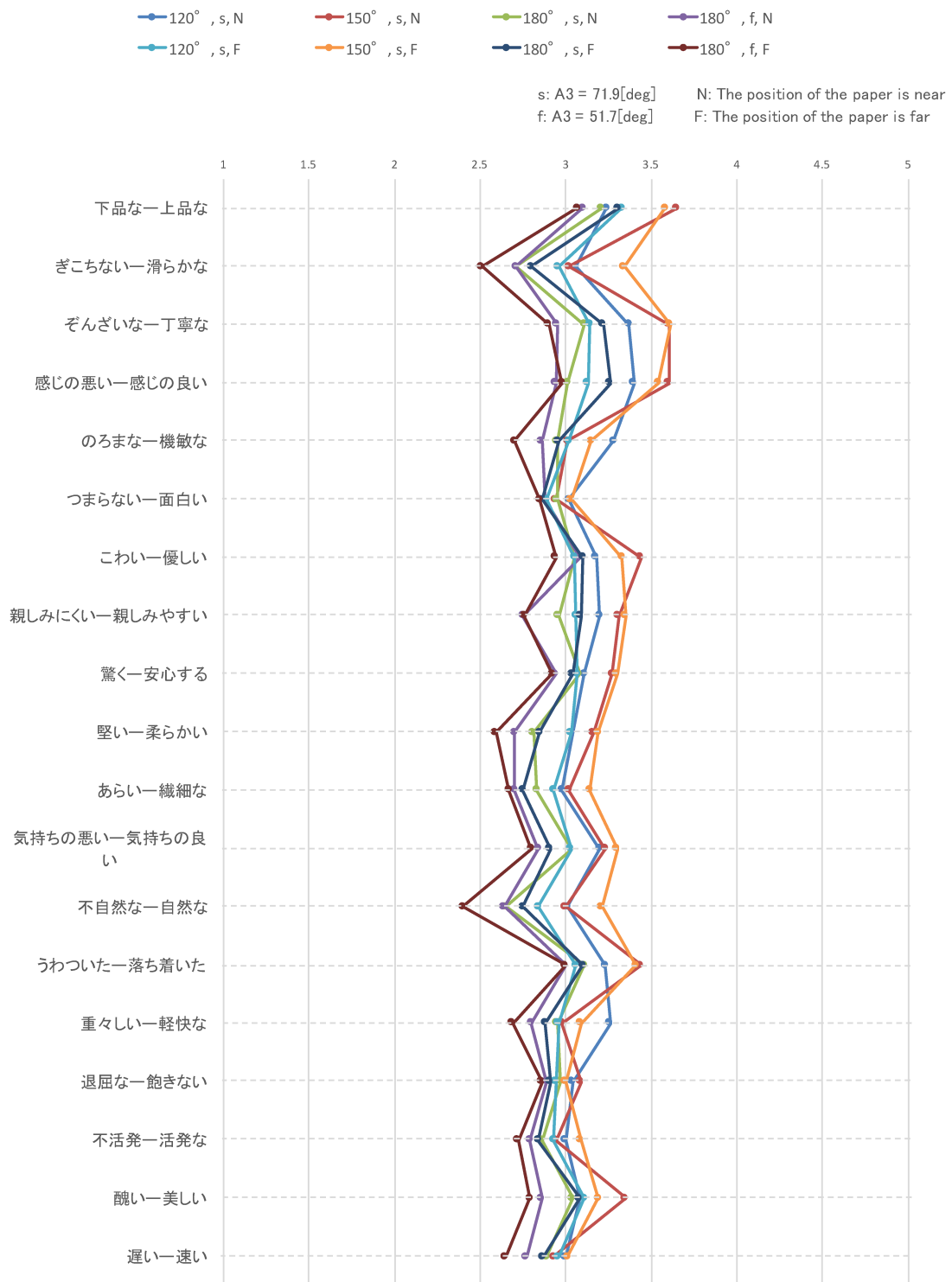


Fig. 24 SD profile (All)



Table 11 Factor loading

	1st factor	2nd factor
活発な—不活発な	0.903	-0.165
飽きない—退屈な	0.855	-0.154
軽快な—重々しい	0.786	-0.053
面白い—つまらない	0.765	-0.089
速い—遅い	0.744	-0.058
機敏な—のろまな	0.616	0.126
親しみやすい—親しみにくい	0.562	0.332
優しい—こわい	0.514	0.294
気持ちの良い—気持ちの悪い	0.463	0.412
美しい—醜い	0.461	0.372
安心する—驚く	0.461	0.353
自然な—不自然な	0.398	0.43
柔らかい—堅い	0.397	0.44
繊細な—あらい	0.371	0.447
落ち着いた—うわついた	0.294	0.452
滑らかな—ぎこちない	0.078	0.68
感じの良い—感じの悪い	0	0.853
上品な—下品な	-0.061	0.778
丁寧な—ぞんざいな	-0.204	1.015

Fig. 25 に各角度における第 1 因子の因子得点, Fig. 26 に各角度における第 2 因子の因子得点を示す. Fig. 25 より, 紙が近い場合の 120 [deg] の動作が最も第 1 因子の影響を受けていることがわかる. また, Fig. 26 より, 紙が近い場合の 150 [deg] の動作が最も第 2 因子の影響を受けていることがわかる.

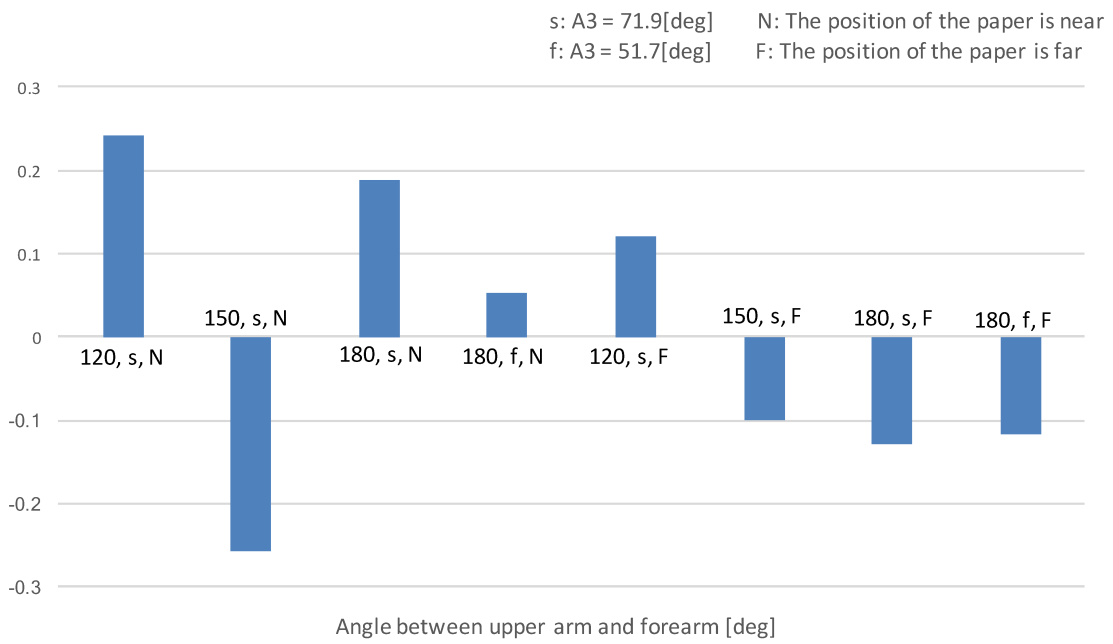


Fig. 25 Factor score of 1st factor

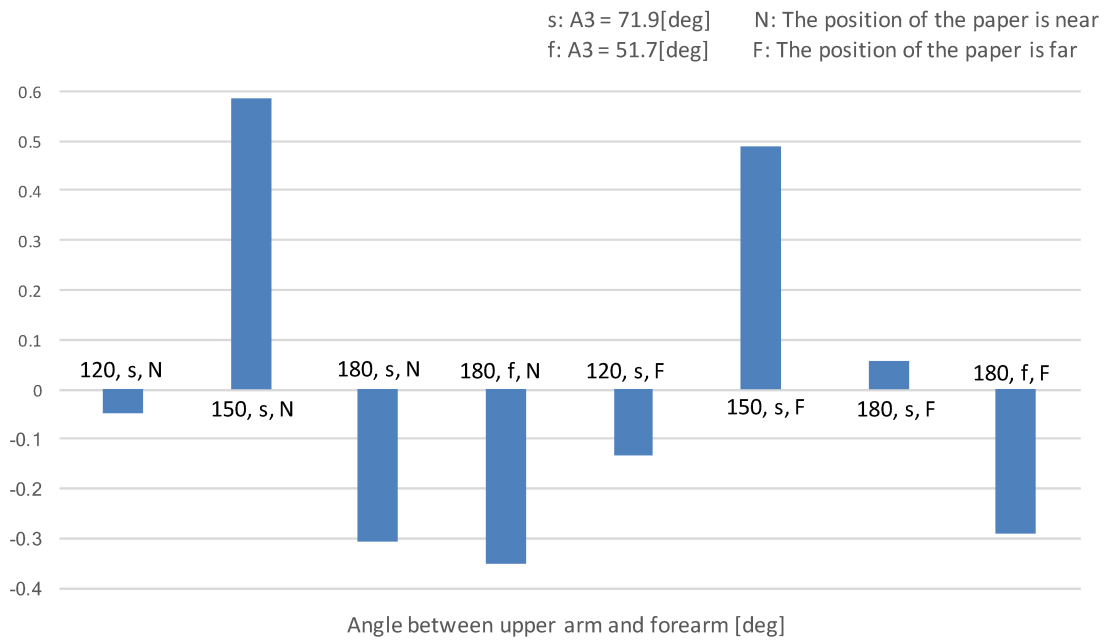


Fig. 26 Factor score of 2nd factor

Fig. 23 より好感度の尺度値が最も高かった 150 [deg] における実験結果を、第 1 因子を横軸に、第 2 因子を縦軸にし被験者 100 人分の因子得点をプロットした図を Fig. 27 に示す。四角形の赤色の点が 50～71 歳の女性、三角形のピンク色の点が 20～49 歳の女性、ダイヤ型の紺色の点が 50～71 歳男性、丸い水色の点が 20～49 歳男性である。第 1 因子は、“活発な—不活発な”、“飽きない—退屈な”、“軽快な—重々しい”、“面白い—つまらない”、“速い—遅い”、“機敏な—のろまな”、“親しみやすい—親しみにくい”、“優しい—こわい” など快活さや興味に関する項目であり、第 2 因子は、“丁寧な—ぞんざいな”、“感じの良い—感じの悪い”、“上品な—下品な”、“滑らかな—ぎこちない” など美しさや快さに関する項目である。第 1 象限に因子得点が存在すれば 150 [deg] の動作に対して快活さや柔和さや興味、美しさや快さに関して高評価をした被験者だといえる。縦軸が正の評価である被験者は、美しさや快さに関する好感を持った評価をした被験者といえる。横軸が正の評価である被験者は、快活さや柔和さ、興味に関して好感を持った評価をした被験者といえる。

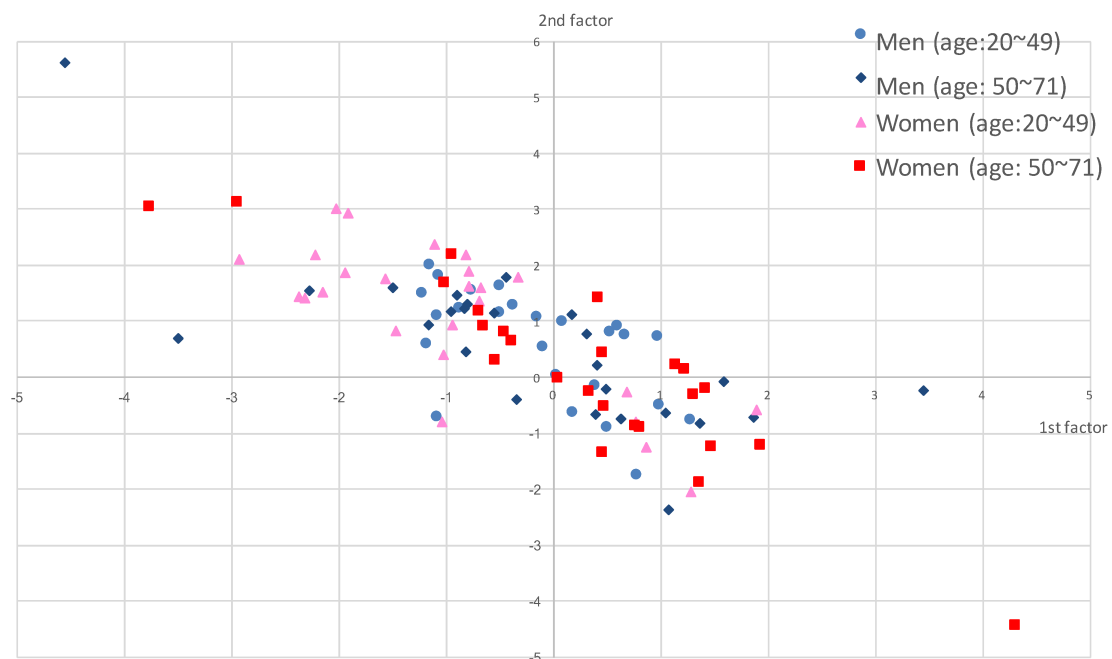


Fig. 27 Factor score plot of the 1st factor and the 2nd factor plane of 150[deg]

Fig. 28 に男女別の一対比較法の結果を示す。

青色が男性，オレンジ色が女性の結果である。Fig. 28 の縦軸は好感度の尺度値を示しており，正の方向へ大きくなるほど好感度は高くなる。

これ以降，一対比較法の結果のグラフにおいて，グラフ中の無地の要素は指し示す物体である紙の位置が近い場合，水玉模様である要素は指し示す物体である紙の位置が遠い場合の結果を示す。また，各グラフの縦軸は好感度の尺度値を示しており，正の方向へ大きくなるほど好感度は高くなる。

男女とも上腕と前腕の角度が 150 [deg] であるときの動作に最も好感を持っており，最も評価が低い動作は男女とも紙が遠い場合での 180, 51.7 [deg] である。これは前章の実験と同じ結果となった。また，角度ごとに比べると 180 [deg] 以外男性の方が女性より評価の絶対値が大きい。

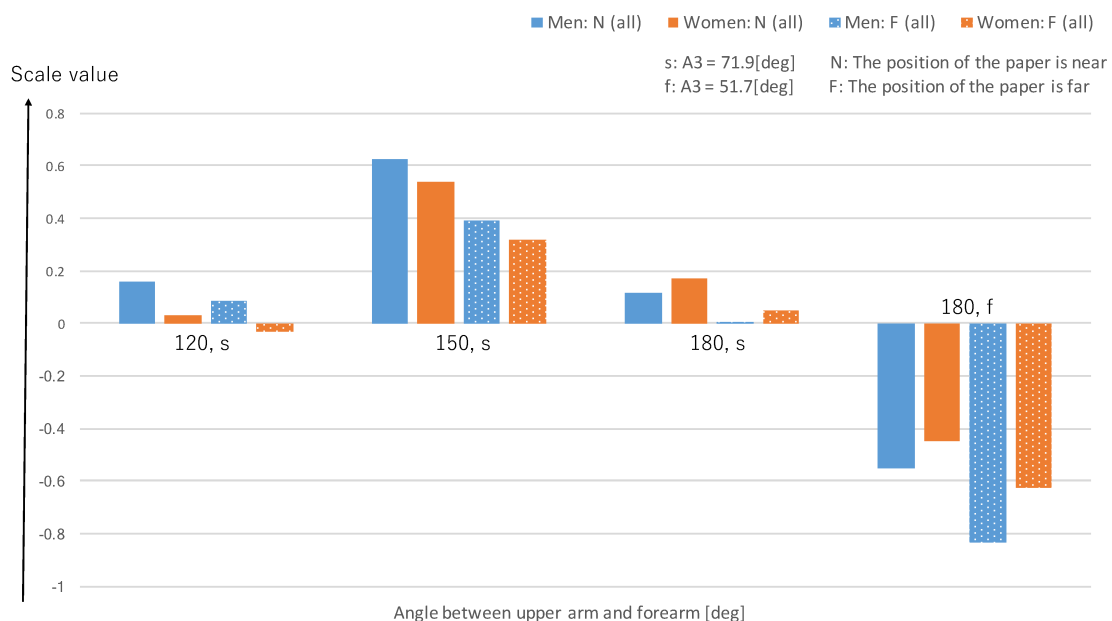


Fig. 28 Scale value of “likeability” (All men and women)

Fig. 29 に全体での年齢別の一対比較法の結果を示す。

黄緑色が20～49歳の被験者全体、緑色が50～71歳の被験者全体の結果である。

Fig. 29より、最も好感を持たれた動作は、20～49歳、50～71歳ともに紙が近い場合の150 [deg]であり、最も評価の低い動作は20～49歳、50～71歳ともに紙が遠い場合の180, 51.7 [deg]であった。20～49歳は紙が遠い場合の180 [deg]、紙が遠い場合の120 [deg]の順に好感を持っており、50～71歳はその順序が逆になっているが、尺度値が小さいため年齢による比較では好感度の順位はほぼ同じであるといえる。

50～71歳の被験者の方が最も評価の高い動作の尺度値と最も評価の低い動作の尺度値との差が大きい。

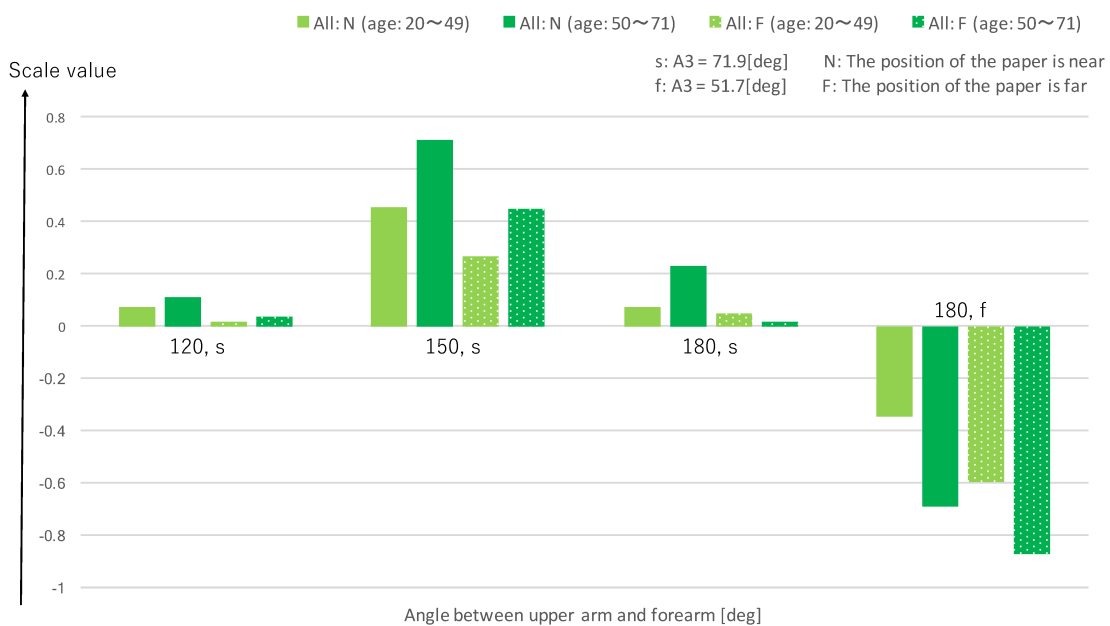


Fig. 29 Scale value of “likeability” (All age: 20～49 and All age: 50～71)

Fig. 30 に男性の年齢別の一対比較法の結果を示す。

水色が20～49歳の男性、紺色が50～71歳の男性の結果である。Fig. 30より、最も好感を持たれた動作は、20～49歳、50～71歳ともに紙が近い場合の150 [deg]であり、最も評価の低い動作は20～49歳、50～71歳ともに紙が遠い場合の180, 51.7 [deg]であった。また、50～71歳の被験者の方が最も評価の高い動作の尺度値と最も評価の低い動作の尺度値との差が大きい。

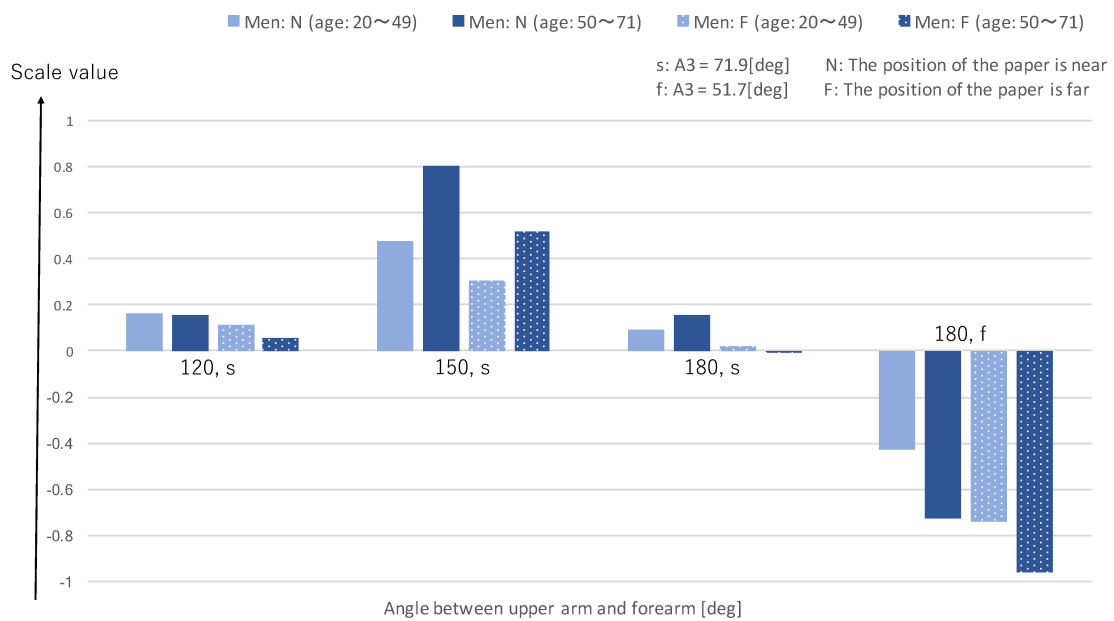


Fig. 30 Scale value of “likeability” (Men age: 20～49 and Men age: 50～71)

Fig. 31 に女性の年齢別の対比較法の結果を示す。

ピンク色が20～49歳の女性、赤色が50～71歳の女性の結果である。Fig. 31より、最も好感を持たれた動作は、20～49歳、50～71歳ともに紙が近い場合の150 [deg]であり、最も評価の低い動作は20～49歳、50～71歳ともに紙が遠い場合の180, 51.7 [deg]であった。また、50～71歳の女性は好感度の尺度値が負であるものが180, 51.7 [deg]しかないが、20～49歳の女性は180, 51.7 [deg]に加え紙が遠い場合の120 [deg]の動作でも負の評価をしている。

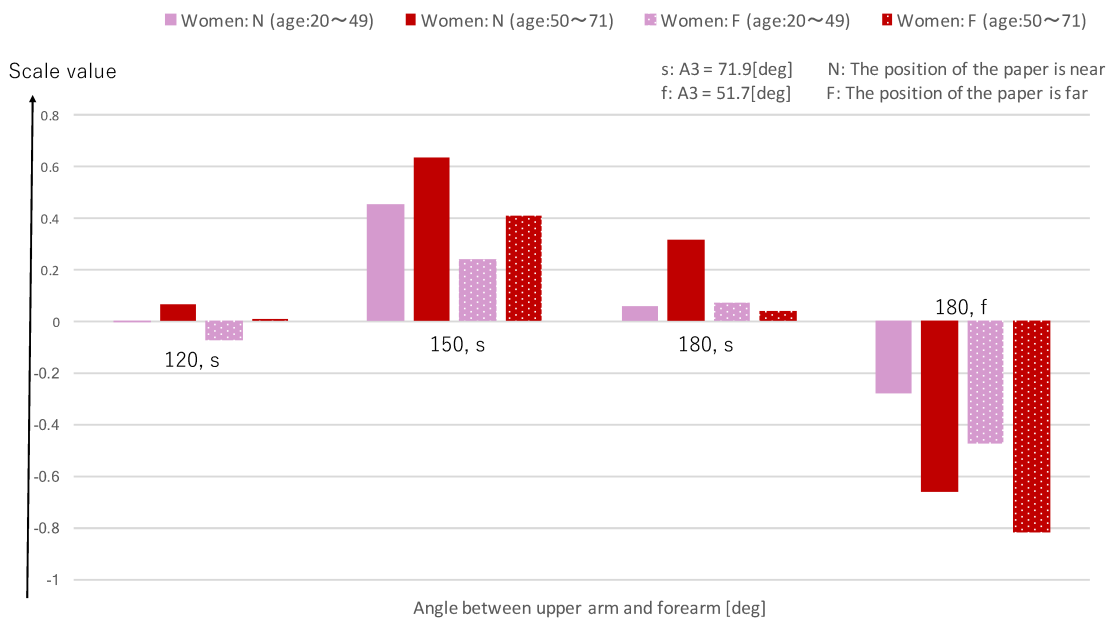


Fig. 31 Scale value of “likeability” (Women age: 20～49 and Women age: 50～71)

Fig. 32 に 20～49 歳における男女別の一対比較法の結果を示す。

水色が 20～49 歳の男性，ピンク色が 20～49 歳の女性の結果である。

Fig. 32 より，最も好感を持たれた動作は，男女ともに紙が近い場合の 150 [deg] であり，最も評価の低い動作は男女ともに紙が遠い場合の 180, 51.7 [deg] であった。120 [deg] においては，男性の好感度の尺度値は正だが，女性の尺度値は負である。また，男性の方が最も評価の高い動作の尺度値と最も評価の低い動作の尺度値との差が大きい。

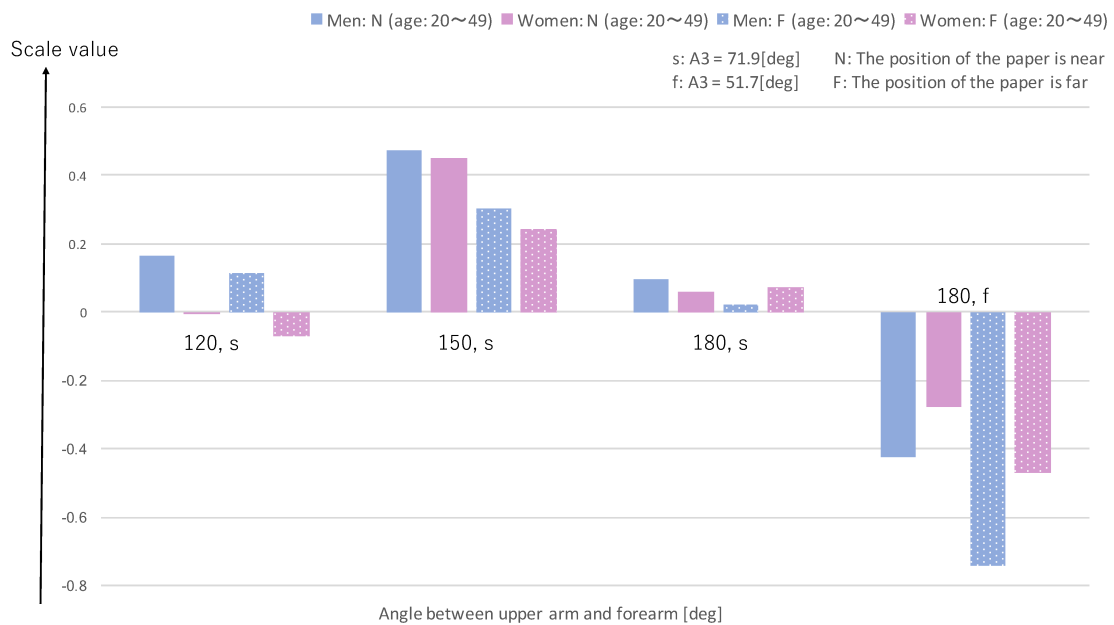


Fig. 32 Scale value of “likeability” (Men age: 20～49 and Women age: 20～49)



Fig. 33 に 50～71 歳における男女別の一対比較法の結果を示す。

紺色が 50～71 歳の男性，赤色が 50～71 歳の女性の結果である。

Fig. 33 より，最も好感を持たれた動作は，男女ともに紙が近い場合の 150 [deg] であり，最も評価の近い動作は男女ともに紙が遠い場合の 180, 51.7 [deg] であった。尺度値の絶対値は男性の方が多少大きいものの，評価の状態は男女で似ている。ただし，180 [deg] においては女性の方が尺度値が大きい。

次に，Fig. 34 に男性の SD プロファイル，Fig. 35 に女性の SD プロファイルを示す。

Fig. 34 より，男性は紙が遠い場合の 180, 51.7 [deg]（茶色）の評価が低い。また，紙が遠い場合の 150 [deg]（オレンジ色）と紙が近い場合の 150 [deg]（赤色）に対し似通った評価をしている。紙が近い場合の 150 [deg] の“美しい”の項目や，180, 51.7 [deg] の“不自然な”，“ぎこちない”の項目で評価が突出している。

Fig. 35 より，女性は“面白い”，“飽きない”の項目で評価の幅が狭く，“滑らかな”，“丁寧な”，“感じの良い”，“自然な”の項目で評価の幅が広い。

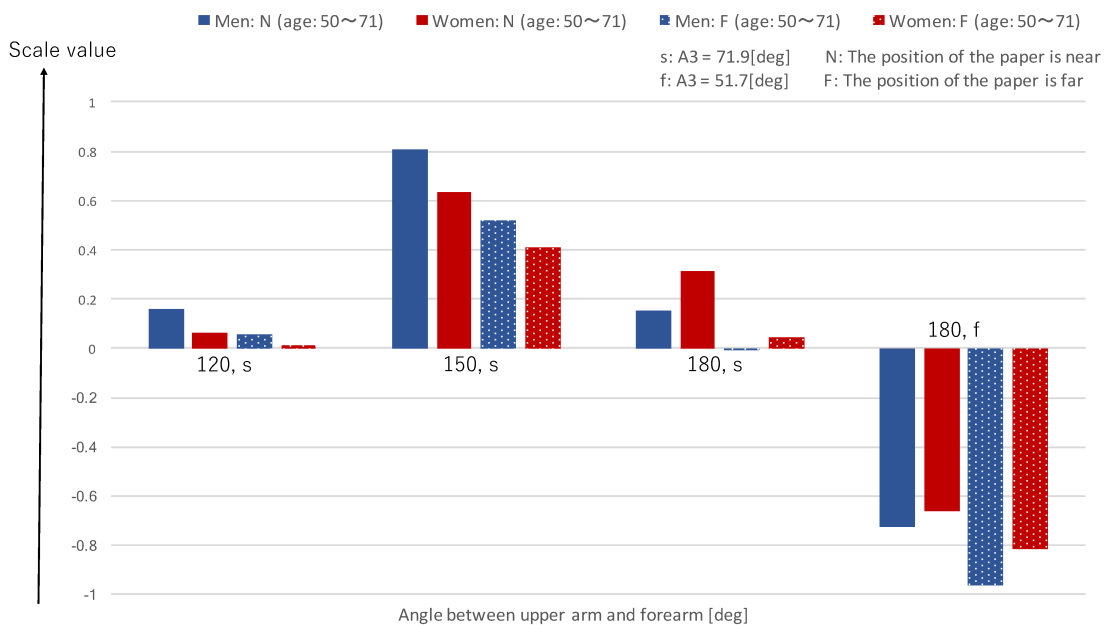


Fig. 33 Scale value of “likeability” (Men age: 50～71 and Women age: 50～71)

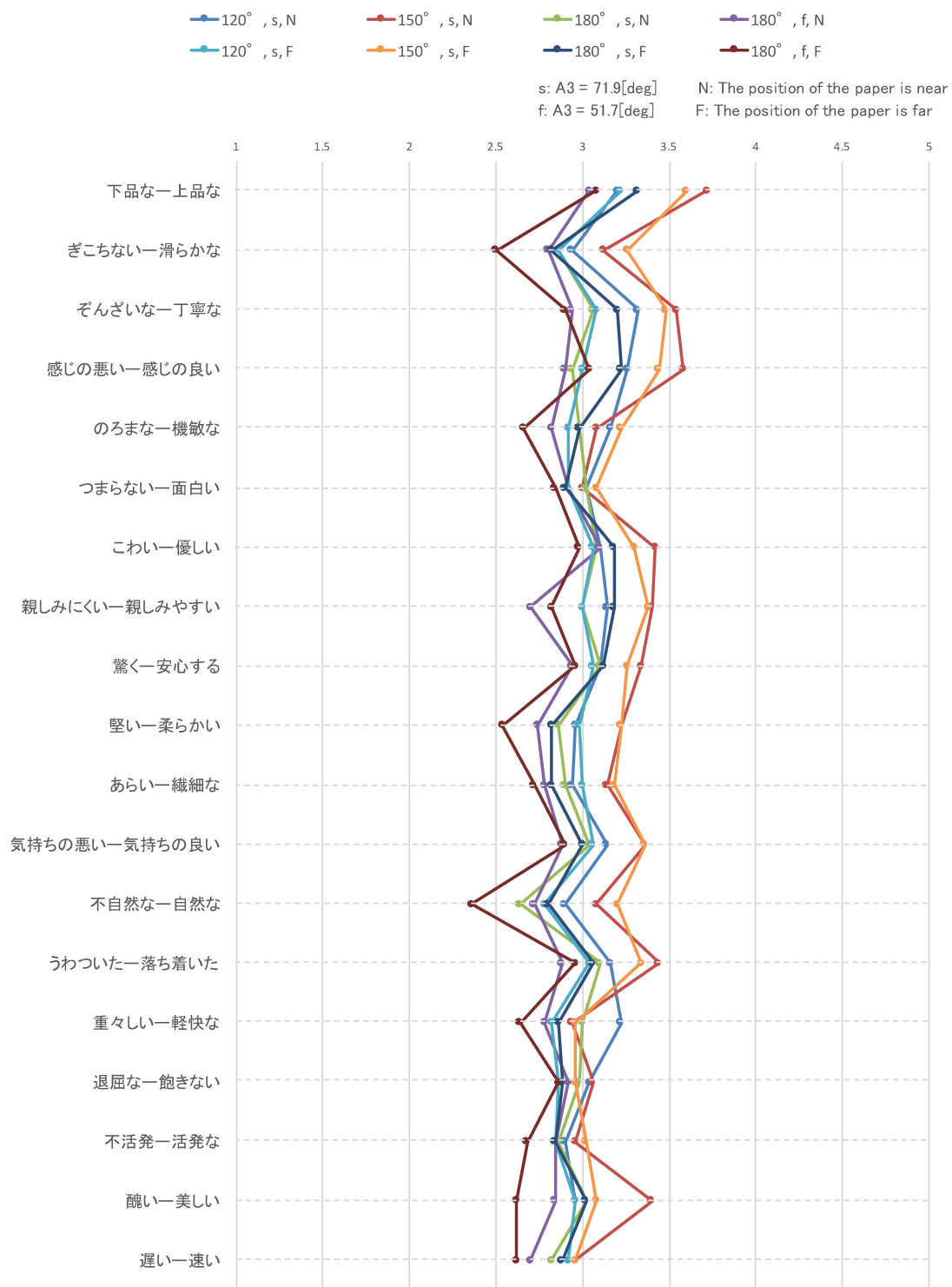


Fig. 34 SD profile (Men)

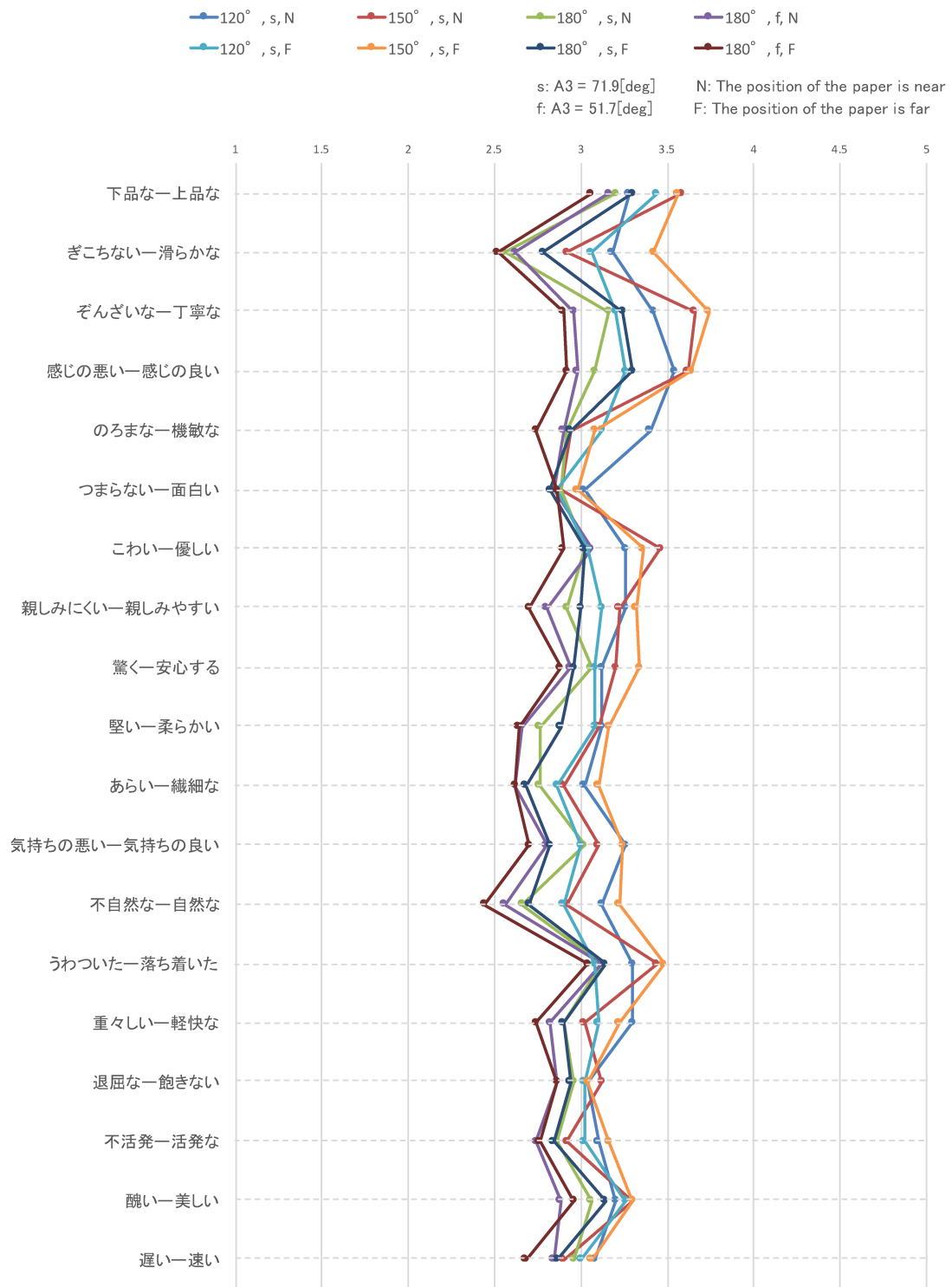


Fig. 35 SD profile (Women)

次に，男女別・年齢別の評価を比較する．Fig. 36 に 20～49 歳の男性の SD プロファイルを示す．

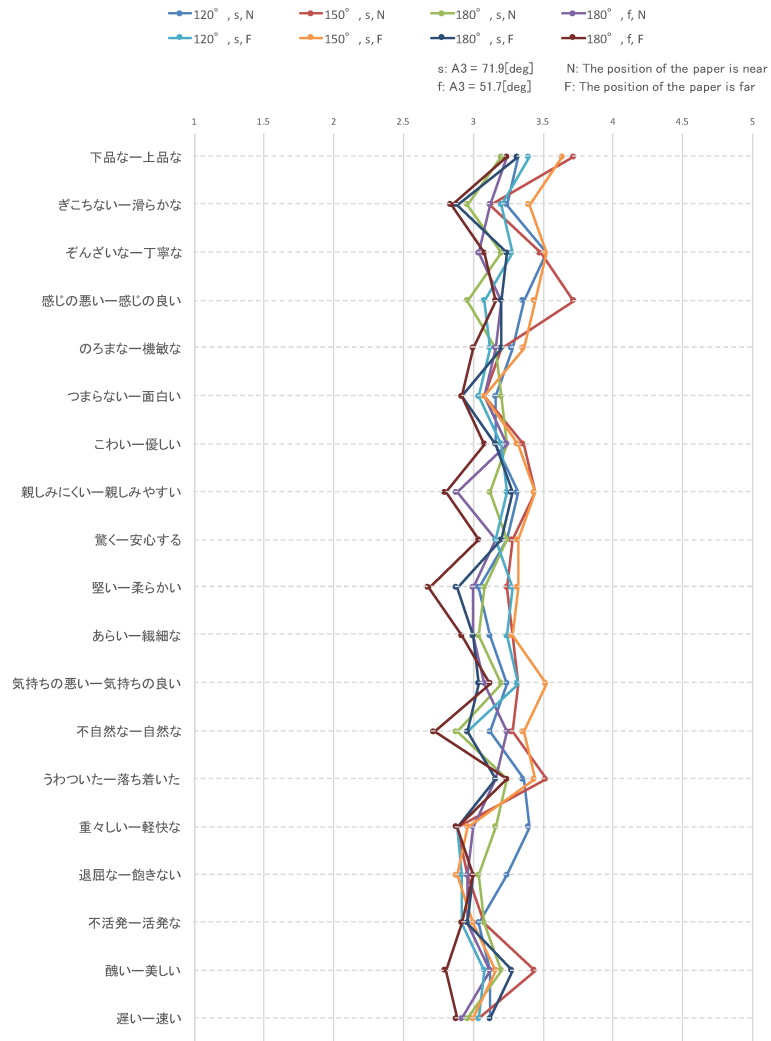


Fig. 36 SD profile (Men age: 20～49)

Fig. 37に50～71歳の男性のSDプロフィールを示す。

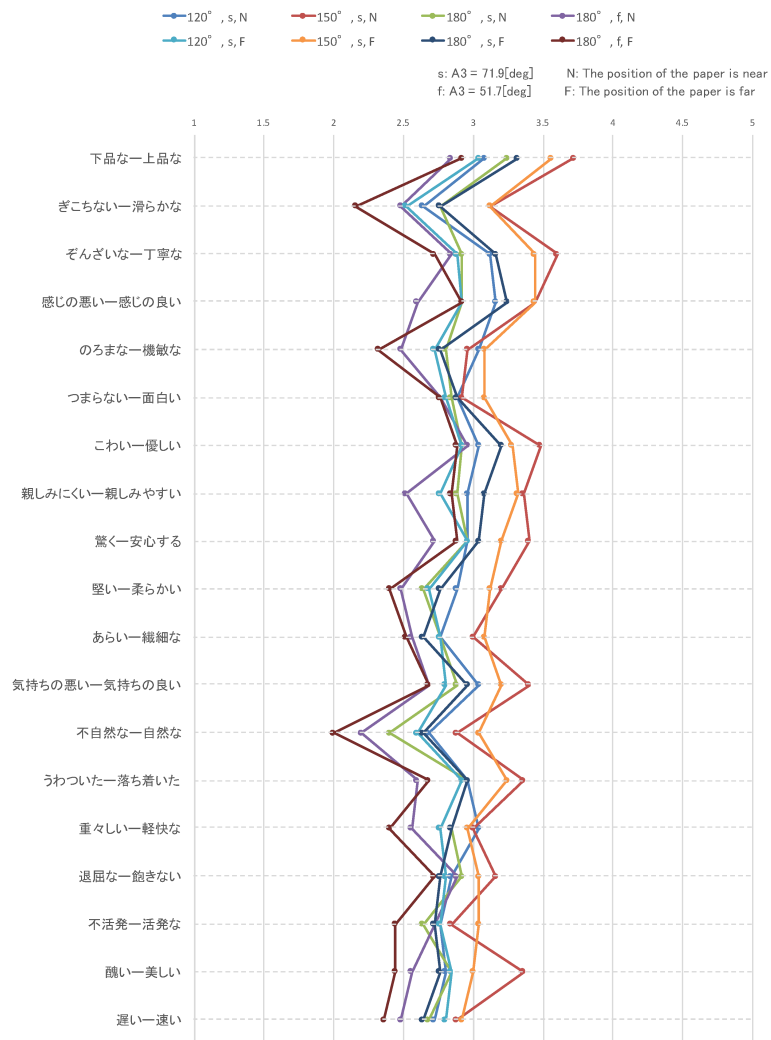


Fig. 37 SD profile (Men age: 50～71)

Fig. 38 に 20～49 歳の女性の SD プロファイルを示す。

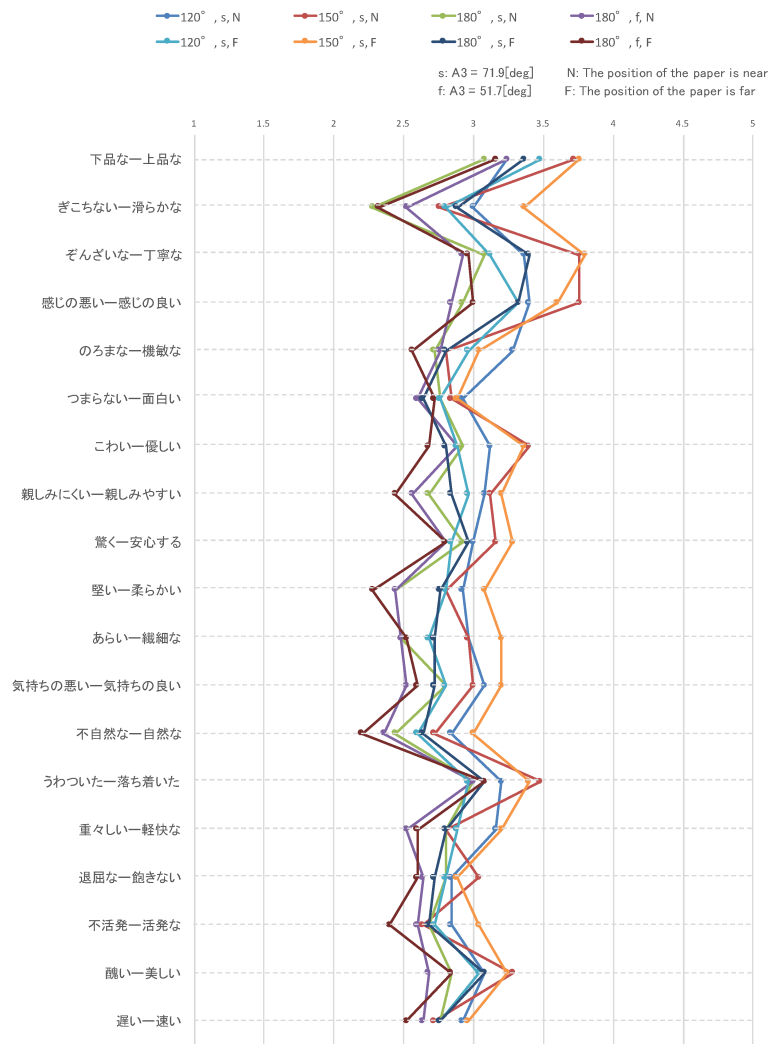


Fig. 38 SD profile (Women age: 20～49)

Fig. 39 に 50～71 歳の女性の SD プロファイルを示す。

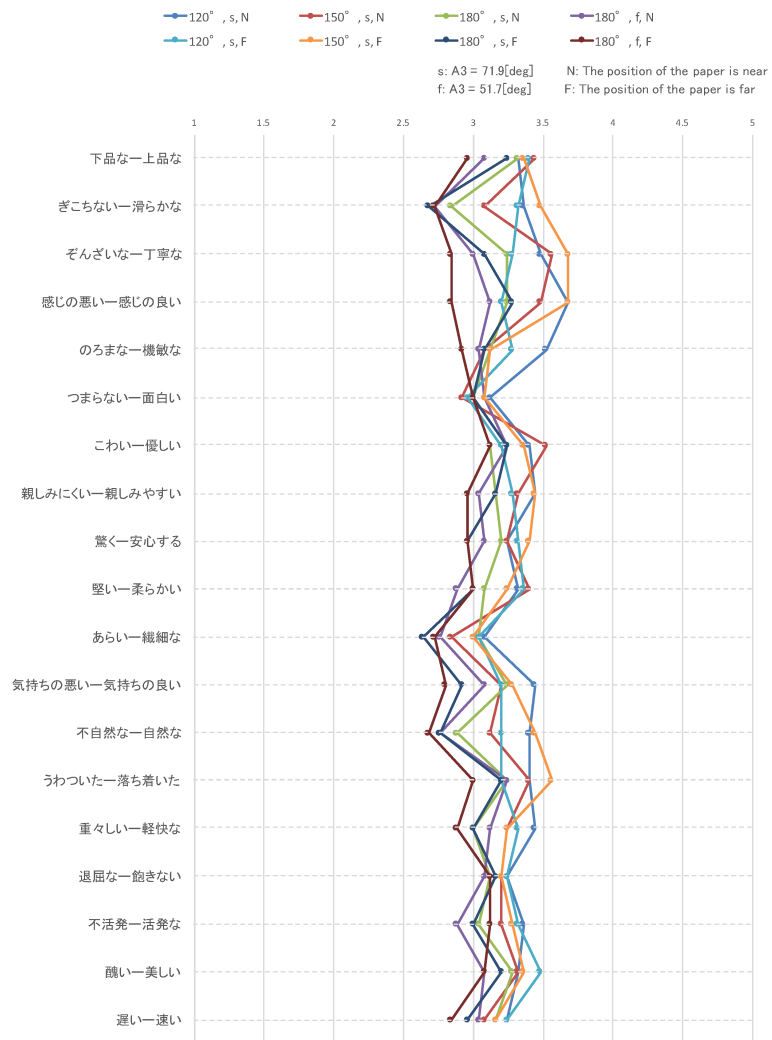


Fig. 39 SD profile (Women age: 50～71)

20～49歳の女性は総じて評価が低く、50～71歳の男性は評価の幅が広い。

20～49歳の男性は、“飽きない”、“軽快な”の項目の評価が他の集団と異なる。

低評価である2.7以下となった得点の数は、20～49歳の男性1個、50～71歳の女性3個に対し、50～71歳の男性、20～49歳の女性は30個以上と多い。高評価である3.3以上の得点の数は、20～49歳の男性と50～71歳の女性が多いが、50～71歳の男性と20～49歳の女性は少ない。よって、20～49歳の男性と50～71歳の女性は評価が高めで、50～71歳の男性と20～49歳の女性は評価が低めであると考えられる。ただし、最高評価である3.8は20～49歳の女性であり、20～49歳の女性は全ての項目に対して否定的な評価ではない。

“面白い”の項目に注目すると、20～49歳の男性と50～71歳の女性の最低評価である2.92が20～49歳の女性では最高評価となっている。

### 4.3 考察

一対比較法の結果であるFig. 23とFig. 28～Fig. 33より、最も好感を持たれた動作は男女とも紙が近い場合の上腕と前腕の角度が150 [deg]であり、最も評価が低い動作は男女とも紙が遠い場合での180, 51.7 [deg]である。男女の評価は似ている。このことより、やはり紙を指し示すという行為が達成されている動作に好感が持たれると考えられる。

一対比較法の結果より、男女とも50～71歳の被験者の方が最も評価の高い動作の尺度値と最も評価の低い動作の尺度値との差が大きく、年齢層が高い方が好き嫌いの差は大きいことがわかる。

SD プロファイルにおける結果では、性別・年齢による評価の違いが多数見られた。

Fig. 27より、20～49歳の被験者の方が50～71歳の被験者より第1象限と第2象限に点が多く分布している。第2因子に対し高評価をしていることになるため、20～49歳の方が生成した動作に対し美しさや快さに関して好感を感じた人が多いと考えられる。

男性のSD プロファイルを示すFig. 34における“美しい”の項目の順位と一対比較法の結果を示すFig. 28における好感度の順位はほぼ同じであった。そこで、



男性は好感の基準が美しさであると考えられる。好感度の順番と同じ順番のSD プロファイルにおける項目は，“美しい”，“上品な”，“柔らかい”，“丁寧な”，“安心する”，“気持ちの良い”であり，美しさと関係するような項目と順位がほぼ一致することが多い。

女性のSD プロファイルを示す Fig. 35 と一対比較法の結果を示す Fig. 28 より，女性は美しさと好感度に関係はないと考えられる。女性はSD プロファイルにおける“感じの良い”という項目の順位でも一対比較法での好感度の順位と異なる。好感度の順番と同じ順番のSD プロファイルにおける項目は，“優しい”だけである。また，アンケートの自由記載項目として表情に言及している被験者が女性は8人いたが，男性は2人だけであった。これらより，女性はある項目で好感度を決定するのではなく総合的な雰囲気でも好感度を決定すると考えられる。

女性のSD プロファイルを示す Fig. 35 の紙が近い場合の150[deg]（赤色）と紙が遠い場合の150 [deg]（オレンジ色）に着目する。紙が遠い場合の150 [deg]の方が多くの項目で評価が高いが一対比較法の結果では，紙が近い場合の150 [deg]の方が好感度が高い。紙が近い場合の150 [deg]の“滑らかな”の項目の評価の低さが，適度な「抜け感」になり総合的な高評価につながったのではないかと考えられる。抜け感とは，きっちりしている中にナチュラルさや雰囲気の柔らかさなどが滲むようなスタイルを意味し [32]，ファッションや髪型，化粧を表現する際に使用されており印象を表現する言葉としてファッション雑誌ではよく使われる言葉である。抜け感を出すことにより，きっちりしすぎないとか，甘くなりすぎないとか，あることに偏りすぎないようにする効果がある。以上より，女性は見ただけでなく親しみやすさ，動き，安心感，表情など総合的なバランスが好感度に影響し，男性は見ただけで好感度に影響すると考えられる。

女性はロボットに興味関心が薄いとよく言われるが，Fig. 36～Fig. 39の“面白い”の項目より，20～49歳の女性に関してはその通りであるが，50～71歳の女性は20～49歳の男性と同程度の興味関心を持っていると考えられる。

## 5. おわりに

### 5.1 まとめ

本研究では、アンドロイドロボットで指し示し動作を生成し、好感を持たれる指し示し動作について調査した。さらに年齢・性別における評価の違いについても調査した。上腕と前腕の角度と指し示す物体である紙の位置をパラメータとして8パターンの動作を生成してアンドロイドロボットに実装し、比較した。動作を生成するにあたりシミュレータを使用した。まずシミュレータ上で動作を生成しその動作を実機で生成した。

そして、20～30歳の男女各10名計20名と、20～49歳と51～71歳それぞれ男女各25名計100名で印象評価実験を行った。印象評価実験の結果、最も好感を持たれた動作は紙が近い場合の上腕と前腕の角度が150 [deg]、最も評価が低い動作は紙が遠い場合の180, 51.7 [deg]であり、紙を指し示すという行為が達成されている動作に好感が持たれると考えられる。一対比較法による好感を持たれる動作の順位は、年齢や性別による大きな違いはなかったが、SDプロフィールでは性別や年齢による違いが多数見られた。また、50～71歳の被験者の方が20～49歳の被験者よりも最も評価の高い動作の尺度値と最も評価の低い動作の尺度値との差が大きく、年齢層が高い方が好き嫌いの差は大きいと考えられる。また、好き嫌いを決める基準が男女で大きく異なると考えられる。

### 5.2 今後の課題と展望

今後の課題として、まず印象評価実験の実施方法の工夫が挙げられる。本研究では、印象評価実験を行う際被験者にアンドロイドロボットの動作の動画を観察して評価してもらった。動画で実験を実施することで多くの人に印象評価実験を実施することができたが、実際にアンドロイドロボットを利用することを考えると実機で動作を観察してもらった方がより正確な印象が分かるのではないかと考えられる。実機での動作を観察してもらう場合、アンドロイドロボットが置かれている本学に多くの被験者に来てもらうことも、また逆に、多くの被験者が集ま

りそうな場所にアンドロイドロボットを持っていくことも困難であり問題点があるため、解決策を考える必要がある。

本実験ではロボットの動作だけの比較を行った。人間の女性とロボットが同じ指し示し動作を行い、人間とロボットが行った動作で同じ評価結果になれば、人間が行なって好感度の高い動作をロボットに実装すれば良いことになる。結果が異なる場合、ロボット特有の動作があることになり好感度の高い動作の特徴を見つける必要がある。そのため、人間が行う動作とロボットが行う動作の好感度を比較する必要がある。

本研究では動作に着目して好感度について調査した。しかし、動作に着目しているにもかかわらず表情についての指摘が10件（全体の1割）もあった。少なくとも顔のあるロボットを使用する場合、ロボットを見る人は動作だけでなく表情にも注目すると考えられる。そのため、好感を持たれるためには動作だけでなく表情や視線も考慮する必要があると考えられる。

## 謝辞

本研究は、奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報科学専攻 ロボティクス研究室 小笠原司教授のご指導の下で行いました。本研究の遂行にあたり、貴重なご指導とご助言と賜りました本研究科の小笠原司教授に深く感謝致します。

論文執筆にあたり、ご指導とご助言を頂きました本研究科の萩田紀博教授に深く感謝致します。

また、研究会やミーティングなどで研究方針についてご意見、ご指導頂きました本研究科の高松淳准教授に深く感謝致します。

本研究の研究方針や研究の遂行について多くのご指導、ご助言を頂きました本研究科の丁明助教に深く感謝致します。

本研究についての様々な議論、英文添削など多くの点においてご指導、ご助言を頂きました本研究科の GARCIA RICARDEZ Gustavo Alfonso 助教に深く感謝致します。

大学生活や事務処理など様々な面でサポートして頂きました本研究室秘書の大脇美千代氏、池田美輝氏に深く感謝致します。

本研究室博士後期課程の湯口彰重氏にはインタラクシヨングループのメンバーとして様々な形でご支援頂きました。深く感謝致します。

先輩、同輩ならびに後輩たちには研究や学生生活を送るうえでご助言や様々な協力を頂きました。深く感謝致します。

本研究の実験遂行にあたり、被験者に協力して下さった同輩、後輩の皆様に感謝致します。

最後に、学生生活を支えて頂いた両親、家族、ならびに友人たちに心から感謝致します。

## 参考文献

- [1] 経済産業省産業機械課: “日本のロボット産業の足元市場規模推計”, [http://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/mono/robot/pdf/20130718002-3.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/20130718002-3.pdf).
- [2] 経済産業省: “ロボット分野の技術マップと重要技術”, [http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkyu\\_kaihatu/str2009/3\\_1.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2009/3_1.pdf).
- [3] 橋本洋志, 竹田大祐, 大山恭弘, 石井千春, 新妻実保子, 橋本秀紀: “まつわりつきロボット動作の心理的評価”, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 126, No.1, pp. 83–90, 2006.
- [4] Álvaro Castro-González, Henny Admoni, Brian Scassellati: “Effects of form and motion on judgments of social robots’ animacy, likability, trustworthiness and unpleasantness,” *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 90, pp. 27–38, 2016.
- [5] Miki Watanabe, Kohei Ogawa, Hiroshi Ishiguro: “Can Androids Be Salespeople in the Real World?,” In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 781–788, 2015.
- [6] 橋本卓弥: “ロボットの表情とコミュニケーション”, *基礎心理学研究*, Vol. 34, No. 1, pp. 134–138, 2015.
- [7] Sonya S. Kwak: “The Impact of the Robot Appearance Types on Social Interaction with a Robot and Service Evaluation of a Robot,” *Korean Society of Design Science, Archives of design research 2014*, Vol. 27, No. 2, pp. 81–93, 2014.
- [8] Ana C. Huaman Quispe, Eric Martinson, Kentaro Oguchi: “Learning User Preferences for Robot-Human Handovers,” In *Proceedings of the 2017*

- IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 834–839, 2017.
- [9] Jelle Saldien, Bram Vanderborght, Kristof Goris, Michael Van Damme, Dirk Lefeber: “A motion System for Social and Animated Robots,” International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol. 11, Issue.5, pp. 1–13, 2014.
- [10] Christos Mousas, Dimitris Anastasiou, Ourania Spantidi: “The effects of appearance and motion of virtual characters on emotional reactivity,” Computers in Human Behavior, Vol. 86, pp. 99–108, 2018.
- [11] 岩下宣子: 美人の心得. 株式会社アーティストハウスパブリッシャーズ, 2006.
- [12] 井垣利英, 諏内えみ, 田中峰子: 美しい人の立ち居振る舞い講座. 日経ホームマガジン, 2013.
- [13] 下平久美子: 素敵女性のための美しいマナー. 永岡書店, 2005.
- [14] 岩下宣子: イラストでよくわかる 美しく見せる女性のマナー印象に残る上品な作法と気配り. 永岡書店, 2006.
- [15] 西出博子: あなたを変える美しい振る舞い. 株式会社ワニブックス, 2009.
- [16] 井垣利英: しぐさのマナーとコツ. 株式会社学習研究所, 2006.
- [17] 桜美月: シンデレラマナー. 主婦の友インフォス情報社, 2015.
- [18] 井垣利英: 上品なのにかわいいプリンセス・マナーブック. 大和書房, 2014.
- [19] 小倉やよい: 気品のある女性のマナーブック. 星雲社発売・リベラル社発行, 2007.
- [20] 大部美知子: 世界で通用する一流のビジネスマナー. かんき出版, 2016.
- [21] Makoto Ikawa, Etsuko Ueda, Akishige Yuguchi, Gustavo Alfonso Garcia Ricardez, Ming Ding, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara: “Quantification

- of Elegant Motions for Receptionist Android Robot,” In Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2017), pp. 435–446, 2017.
- [22] Shinichiro Nakaoka: “Choreonoid: Extensible Virtual Robot Environment Built on an Integrated GUI Framework,” In Proceedings of the 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2012), pp. 79–85, 2012.
- [23] Yutaka Kondo: “Construction of Reconfigurable Motion Database for Real-Time Human-Robot Interaction,” Doctoral Dissertation, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, pp. 1–101, 2013.
- [24] 産業技術総合研究所 中岡慎一郎: “サンプル動作の一部を編集する”, <http://choreonoid.org/ja/StartupGuide/sample/editSampleMotion.html>.
- [25] 小原二郎: 暮らしの中の人間工学. 実数出版株式会社, 2011.
- [26] 落合信寿: “心理学分野で用いられる統計解析手法 (2) – 研究事例にみる統計解析の考え方と手順 –”, バイオメカニズム学会誌, Vol. 35, No. 2, pp. 208–212, 2011.
- [27] 勘久保広一, 柴田論, 神代充, 山本智規, 清水顯: “手先指示に協調するパーソナルな知能機械に関する基礎的研究～接近運動に対する心理的評価～”, 感性工学研究論文集, Vol. 4, No.2, pp. 1–7, 2004.
- [28] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: “人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価”, 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No.3, pp. 362–371, 2001.
- [29] 小笠原宏樹, 加藤昇平: “ユーザの行動選択傾向に応じた感性ロボットの性格付与”, 日本感性工学研究論文誌, Vol. 15, No.1, pp. 75–83, 2016.

- [30] 市場調査・マーケティングリサーチ会社のアスマーク: “市場調査・マーケティングリサーチ会社のアスマーク”, [https://www.asmarq.co.jp/?gclid=EAIaIQobChMIlISa3ZXl3wIVjB0rCh2f6gbgEAAYASAAEgKmGPD\\_BwE](https://www.asmarq.co.jp/?gclid=EAIaIQobChMIlISa3ZXl3wIVjB0rCh2f6gbgEAAYASAAEgKmGPD_BwE).
- [31] キャリアパーク!ビジネス: “マーケティングのターゲット層の分け方と F1 層の特徴 3 つ”, <https://careerpark.jp/8659>.
- [32] weblio 辞書: “実用日本語表現辞典 抜け感”, <https://www.weblio.jp/content/抜け感>.