

# 粒子群の認識と触感覚の応答に関する基礎的研究

— 年齢の違いが触感覚に与える影響（定性的評価） —

大根田 浩久\*・穴見 太志\*\*・片山 孝二\*\*\*・尾崎 功一\*\*\*\*

## Fundamental Study of Recognition in Fine Particles and Human Haptic Sensation

— Effect of Age on Haptic Sensation (Qualitative Evaluation) —

Hirohisa Oneda\*, Taishi Anami\*\*,  
Kouji Katayama\*\*\* and Koichi Ozaki\*\*\*\*

### Abstract

This study analyzes the recognition process of examining the texture of fine particles through tactile sensing using human fingers and aims at establishing the structure of texture recognition. Characteristic values of the tactile sensing are studied in order to investigate a relationship between tactile sensing and its verbal response. This paper has investigated how the tactile sensing is recognized by the people in the mid-teens and the people in the mid-twenties. The result showed that there were differences in the reactions to the recognition of the tactile sensing between those in the mid-teens and those in the mid-twenties.

### 1. 緒言

人間にとって触感覚は日常生活に欠かせない重要な感覚であり、生物の本能と結びつき、感性への影響が大きいもともと原始的な感覚である。生物学的にみると触覚には、体性感覚と呼ばれる皮膚感覚、深部感覚、および平衡感覚があり、一般に我々が感覚と言うのは、温覚、冷覚、触覚、圧覚、痛覚などの皮膚感覚を指す。皮膚感覚は感覚受容器と呼ばれる特定の器官により外部刺激を感じ、刺激を認識する。触覚には触覚、温覚、冷覚などの感覚とそれと対応する受容器が多数多様存在するため（複特異性）、その認識構造が複雑である。本研究では皮膚および粘膜の感覚である皮膚感覚、広義の意味での触感覚を対象とする。

触感覚に関する工学的な研究として、近年のロボット工学の発展に伴い、その重要性が指摘され、触覚センサ開発<sup>1)</sup>、視覚障害者用触覚ディスプレイの開発などが積極的に行われている<sup>2)</sup>。また、触感覚計測という立場では、食品、化粧品、繊維業界で、触覚、風合いなどの評価が行われている<sup>3)</sup>。

本研究では、普段の能動的な触動作により、認識・判断する触感覚について考える。日常生活での触覚の重要な役割は、身のまわりの対象に触わり、手と指を動かし、認知することにある。これは能動的な知覚過程であり、その意味で能動性は触運動知覚にとって必須である。しかし、触感覚に対して様々な側面から評価する場合、大きな要因であろうと考えられる物体の形状と触感覚を評価した基礎的研究はほとんど行われていない。そこで、比較的粒子径のそろった粒子群を用いて触感覚の計測・評価を行う。著者らは、以前の研究において、粒子群に対する触感覚の評価を行い、主成分分析を用いて、触感覚と言葉の関係について定量的な評価を行い、触感覚のパターンを分類した<sup>4)</sup>。この触感覚パターンの分類において、被験者は健康な20代半ばの男女である。触感覚のパターンを工学に応用しようとした場合、被験者の年齢層を広くとり、年齢による差異を明確にすることも大切である。前報<sup>5)</sup>において被験者を10代半ばの学生に焦点をあて、定性的に感性評価（触感覚により得られる感性の評定値）を行った。その結果、20代半ばの感性評価と同じように定性的

\*電子機械工学科

\*\*弓削商船高等専門学校 専攻科生産システム工学専攻

\*\*\*弓削商船高等専門学校 電子機械工学科5年

\*\*\*\*宇都宮大学大学院工学研究科

表 1 Adjective pair

Relative to the tactile sensing	No relative to the tactile sensing
komakai - arai (fine) (coarse)	suki - kirai (like) (dislike)
subesube - zarazara (smooth) (rough)	zatsuna - sensaina (messy) (slender)
kasakasa - shittori (dry) (wet)	omomigaaru - karoyakana (importance) (unimportance)
matomatta - barabara (united) (scatter)	fukuzatsu - tanjyun (complex) (simple)
katai - yawarakai (hard) (soft)	shizukana - nigiyakana (quiet) (lively)
nebaneba - sarasara (sticky) (dry)	anshin - fuan (relief) (anxiety)
	hukai - kai(kaikan) (unpleasant) (pleasure)

(粒子径と評定値の関係) に 4 つに分類できることがわかった<sup>5)</sup>。

そこで本報告では、前報<sup>5)</sup>で示した 10 代半ばと 20 代半ばの被験者から得られた感性評価について、両者を比較し、定性的側面より評価を行う。

## 2. 粒子群に対する触感覚の評価方法

本研究では、粒子群に対する人間の触感覚の感性評価を行うため、触感覚のみで試料を触り、触感覚を評価する。本研究で用いる試料は、JIS R6001(1998)に基づいた精密研磨用微粉#240 ~ #8000 の 18 種類、および砥粒#12 ~ #220 の代表的な 8 種類、計 26 種類のホワイトモランダム (WA) 試料 (昭和電工製) を用いた。試料の平均粒径は 1  $\mu\text{m}$  ~ 1700  $\mu\text{m}$  であり、形状は非球形であるが、粒径のばらつきが比較的小さく、多種類の粒径を容易に準備できる特徴がある。

本研究では、言葉と触感覚の関係を論じるため、心理学的な研究でよく用いられるセマンティックデファレンシャル法 (SD 法) を用いる。SD 法とは、もともと Osgood らによって言葉の意味を分析するために開発された手法であり、感覚や感情などの感性は、言葉で表されることから、感性評価に広く用いられる手法である<sup>6)</sup>。この手法は、評価対象に対して、意味的に対になる形容詞対を評価対象に対する「刺激」として複数個用意し、何段階かに分割する。被験者は評価対象から受ける感覚が何段階かに分割された形容詞対の間のどこに位置するのかわかるとして、その結果、被験者のそれぞれの評価対象間の類似性を評価、グループ分けなどを行うことが可能となる。

本研究では、表 1 に示すような形容詞 (言葉) 対群 13 対を被験者に提示し、触感覚に関係あると考えられる 6 対とそうでない 7 対を用意した。また、図 1 に示すような評価用紙を用いて、7 段階評定尺度で評価してもらった。ただし、本研究は日本語を介

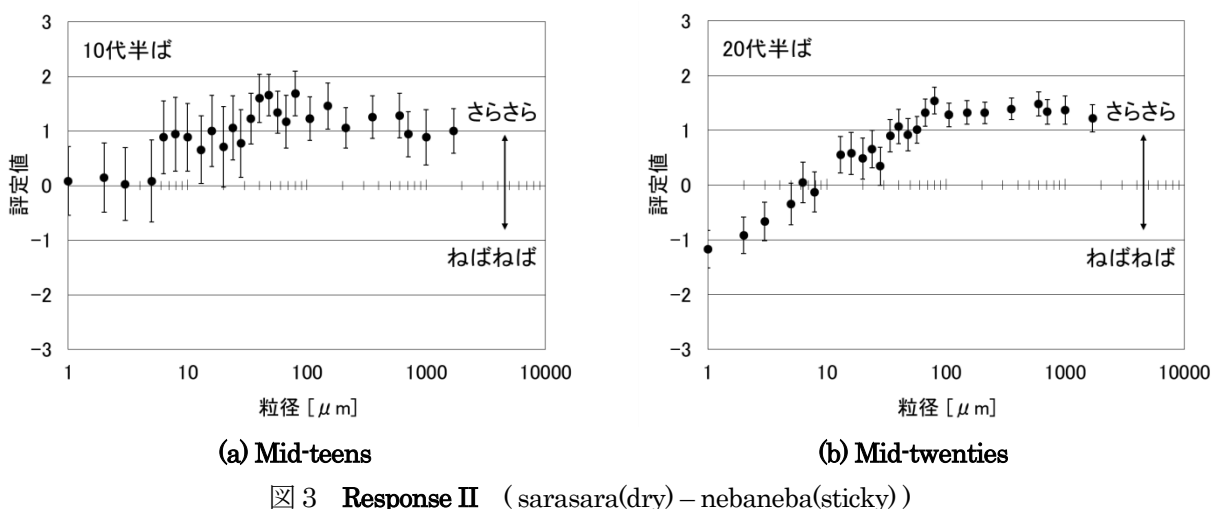
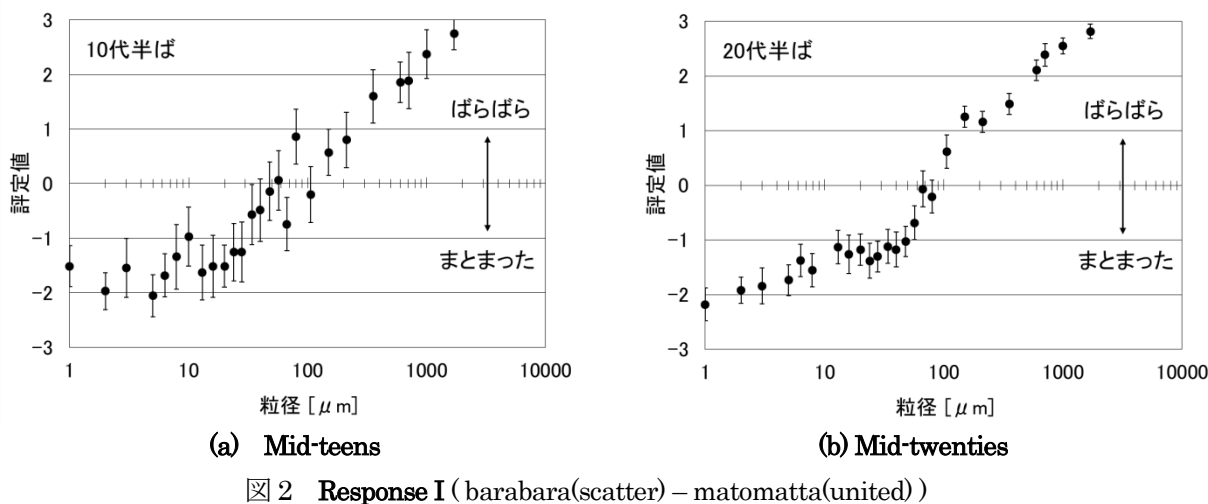
図 1 Evaluation sheet

して日本人により評価を行ったため、本論文における図表の形容詞対の表記はローマ字表記を主として用い、英語表記は括弧内に表記する。

被験者は健康な 10 代半ば (35 名) と 20 代半ば (75 名) の男女である。実験前に視覚により、試料を見てもらい、試料の印象をつかんでもらった。また、試料の提示順はランダムに行い、実験中は被験者と試料の間にブラインドを設置し、実験中は評価に対して視覚による影響をあたえないようにし、さらに、試料を触りながら触感覚を評価できるように、利き手とは逆の手で試料を触ってもらった。また、公正な評価を行うため指及び指紋内に付着した試料を十分に落とし、ワイパー等で指先の湿気を落としてから次の試料を触ってもらった。評定は 3 ~ 3 の整数値の重みを与え、それぞれの形容詞対ごとに平均を求め、評定値とした。

## 3. 年齢による触感覚の応答の比較

本節では、本研究の目的である 10 代半ばと 20 代半ばの被験者に対して行った触感覚の感性評価について述べる。各形容詞対 (13 対) に対して、触感覚における粒子群の認識と言葉による評価の関連性を示すために、粒子群の粒径 (平均粒径) と SD 法により得られた評定値の関係を示す。本報告では得られた感性評価に対して、定性的な側面のみを述べる。緒言で記述したように著者らは以前の研究で、粒子群に対する触感覚の評価を行い、触感覚と言葉の関係について定量的な評価を用いて、触感覚のパターンを分類している<sup>4)</sup>。本研究ではこの分類を参考にしている。定性的な側面での分類を行い、10 代半ば



の被験者から得られた感性評価と 20 代半ばの被験者から得られた感性評価を比較する。本報告においても、前報<sup>9)</sup>で述べたように、反応 I、反応 II、反応 III、反応 IV の 4 つに分類を行った (反応とは、粒子群 (試料) を触った時に生じる触感覚の応答)。

### 3. 1 反応 I

図 2 (a)、図 2 (b) に 10 代半ばと 20 代半ばの触感覚により得られた感性評価である評定結果をそれぞれに示す。横軸に砥粒の平均粒径、縦軸に評定結果である評定値を示す。エラーバーは 95% 信頼区間を表す。また、評定値の値が 0 のところで触感覚の反応 (例えば、『まとまった』と感じるところから『ばらばら』と感じるところへ変化) が変化するところである。

図 2 (a) より、10 代半ばの触感覚の反応の変化は、約 80  $\mu\text{m}$  付近の粒径 (平均粒径) で変化していることがわかる。図 2 (b) より、20 代半ばの触感覚の反応の変化は、10 代半ばの場合と同じように 80  $\mu\text{m}$  で変化

していることがわかる。このことから、反応 I における触感覚が変わる粒径は、10 代半ば・20 代半ばにおいて同じであるがわかり、年代に関係なく同じような変化 (評定値のグラフの形状) をしていることがわかった。言い換えると、粒径 80  $\mu\text{m}$  を超えると、『ばらばら』と感じる感じ方が直線的に増加 (評定値が大きくなる。つまり、粒径に依存している) する傾向があることがわかり、80  $\mu\text{m}$  より小さい粒径において、約 20  $\mu\text{m}$  から評定値の減少傾向が緩やかに変化していることがわかった。つまり、粒径が 20  $\mu\text{m}$  ~ 30  $\mu\text{m}$  より小さくなると、『まとまった』と感じるのは粒径の大きさに依存しにくいということである。

反応 I での形容詞対は、『ばらばら-まとまった』のように示す傾向がある。さらに年代別に関係なく、感性評価の傾向は、図 2 (a)、図 2 (b) と同じような傾向であることがわかった。この傾向を示す形容詞対は本実験で使用した形容詞対の中で最も多くみられ、以下の形容詞対であり、

- (1) まとまった-ばらばら

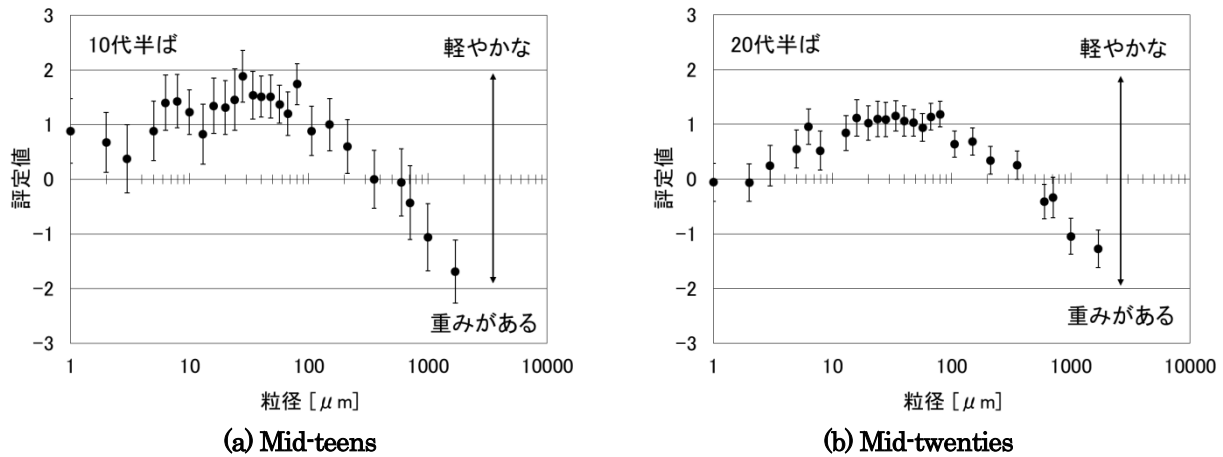


図4 Response III (karoyakana(unimportance) – omomigaaru(importance))

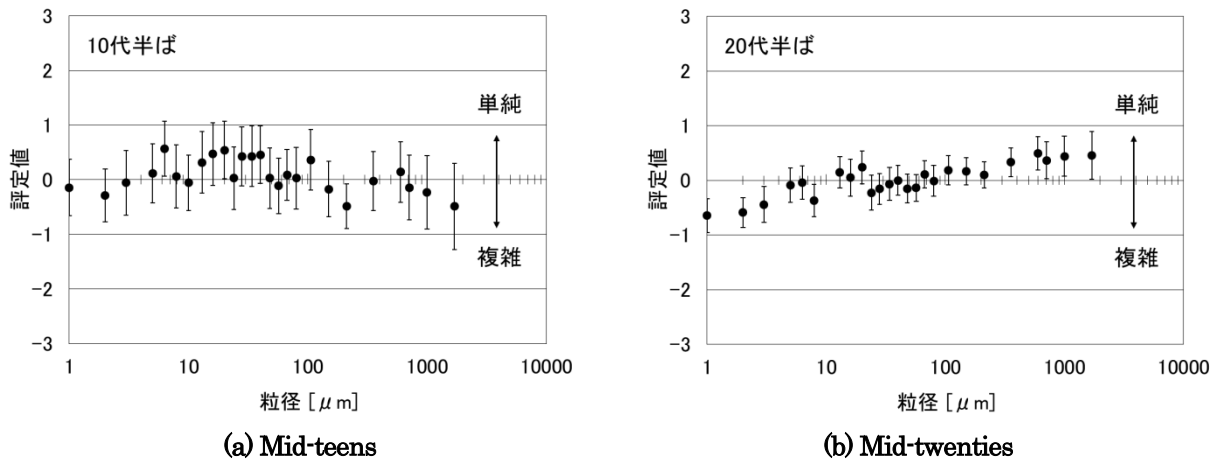


図5 Response IV (tanjyun(simple) – fukuzatsu(complex))

- (2) すべすべーざらざら
- (3) かさかさーしっとり
- (4) 細かいー粗い
- (5) 硬いー柔らかい
- (6) 雑なー繊細な
- (7) 静かなーにぎやかな

の計7種類である。

### 3.2 反応II

図3(a), 図3(b)に10代半ばと20代半ばの触感覚より得られた感性評価の結果を示す。

図3(a)より、反応IIにおける10代半ばの触感覚の応答は、粒径に依存せず、『さらさら』と感じている。しかし、粒径が約6 $\mu\text{m}$ 近くで評定値の値が大きく減少していることがわかり、『ねばねば』と感じている被験者も存在する。また、粒径が約100 $\mu\text{m}$ より大きくなると、評定値の値に大きな変化がないことがわかった。

図3(b)より、20代半ばの触感覚の反応は、10代

半ばの場合と同じように、粒径が約100 $\mu\text{m}$ より大きくなると評定値の値はほぼ一定となる。また、粒径が約100 $\mu\text{m}$ より小さいと徐々に評定値の値が減少する。10代半ばの触感覚の反応と違う点は、粒径が約6 $\mu\text{m}$ 付近で、触感覚の反応が切り替わっていることである。

以上より、反応IIの特徴として、10代半ばと20代半ばの触感覚の応答は、共に粒径が約6 $\mu\text{m}$ で、触感覚の反応が変化することがわかった。また、粒径が約100 $\mu\text{m}$ より大きくなると、触感覚の応答は粒径に依存しなく、同じ感性を維持し続けることがわかった。10代半ばと20代半ばの触感覚の応答の大きな違いは、20代半ば(図3(b)参照)において、約6 $\mu\text{m}$ 以下の粒径では、明らかに、感性が変化しており、『さらさら』と『ねばねば』が切り替わっている。一方、10代半ばの被験者の場合、20代半ばの場合と同じように、粒径が約6 $\mu\text{m}$ 近傍で、評定値が大きく変化していることから、この評定値の変化という点で、20代半

ばと同じであるが、10代半ばにおいて、評定値を確認(図3(a))すると『ねばねば』という表現をしにくいと思われる(一部の被験者は『ねばねば』と表現している)。小さい粒径をどう言葉で表現するかという点で、20代半ばとは異なっていると考えられ、評定値は0の値に近い(どちらでもない)。20代半ばの被験者は、小さい粒径である砥粒を触って『ねばねば』と感じている。これは経験値の差であると考えられ、見方を変えて評価をしていると推測できる。実験後『片栗粉の様であった』などの感想もあった。一方、10代半ばでは、形容詞対そのものを小さい粒径あてはめようとしている傾向があり、似たような物への転換は少なかったようである。つまり、与えられた形容詞対に対して、指先で感じる刺激をどのように表現するかで、10代半ばより、20代半ばの方が表現能力(経験値)に富んでいると考えられる。

この反応が見られる形容詞対は

・ねばねばーさらさら

の1種類である。

### 3.3 反応 III

図4(a)、図4(b)に反応 III に分類した形容詞対における10代半ばと20代半ばの粒径と評定値の関係を示す。図4(a)の10代半ばの触感覚の反応より、粒径が約6 $\mu\text{m}$ より小さいとき、評定値が下がり、触感覚による判断が難しくなっていることがわかる(どちらかという『軽やかな』と判断している)。この形容詞対において、感性を表現することが難しいと考えられる。約6 $\mu\text{m}$ ~80 $\mu\text{m}$ で『軽やかな』と感じており、評定値も約1.5の値で安定している。しかし、粒径が80 $\mu\text{m}$ を超えたあたりから、徐々に評定値が減少し、約120 $\mu\text{m}$ ~130 $\mu\text{m}$ で触感覚が『軽やかな』から『重みがある』へと変化することがわかった。

次に図4(b)の20代半ばの触感覚の応答について説明する。10代半ばの場合と同じように、粒径が約6 $\mu\text{m}$ より小さいとき、評定値が下がり、触感覚による判断が難しくなっていることがわかる。約6 $\mu\text{m}$ ~80 $\mu\text{m}$ で『軽やかな』と感じており、評定値も約1.0の値で安定している。粒径が80 $\mu\text{m}$ を超えたあたりから、10代半ばの場合と同じように、徐々に評定値が減少し、約130 $\mu\text{m}$ ~140 $\mu\text{m}$ で触感覚が『軽やかな』から『重みがある』へと変化することがわかった。

以上から、10代半ばと20代半ばの触感覚の反応の変化する点(粒子群の粒径)は、同じような粒径である。しかし、10代半ばにおける粒径が6

$\mu\text{m}$ ~80 $\mu\text{m}$ で『軽やかな』と感じる評定値は、20代半ばの評定値より、1.5倍大きくなることがわかった。10代半ばの方が、触感覚の反応が明確に表れている可能性がある。今後、年齢層の幅を大きくとり、言葉を用いた触感覚の感性評価を調べる必要もある。しかし、以上の結果は、定性的側面での判断であるので、今後、定量的側面による解析が必要であると考えられる。

この反応が見られる形容詞対は

(1) 不快ー快

(2) 好きー嫌い

(3) 安心ー不安

(4) 重みがあるー軽やかな

の4種類である。

### 3.4 反応 IV

図5(a)、図5(b)に反応 IV に分類した形容詞対における10代半ばと20代半ばの粒径と評定値の関係を示す。

図5(a)の10代半ばの触感覚の反応より、評定値の変化が小さく、粒径によらず、その値は0に近い値(触感覚の反応は、どちらでもない)である。触感覚の反応の変化が小さいことがわかる。他の分類した反応とは異なり、粒径の変化に伴い評定値の値が、ほぼ直線形状(指数関数的)に変化していることがわかる。

図5(b)の20代半ばの触感覚の反応より、評定値の変化が小さく、その値は0に近い値である。10代半ばの場合と同じように、触感覚の反応の変化が小さいことがわかる。

以上より、この形容詞対における触感覚の反応は、粒径に依存せず、触感覚による感性評価を行うことが難しいと思われる。

この反応が見られる形容詞対は

・複雑ー単純

の1種類である。

## 4. 結 言

本報告では、10代半ばと20代半ばの被験者に対して行った感覚の感性評価について比較を行った。本研究では、日常的な人間の動作の一つである手触りに注目し、手触りの感性評価の試料として粒子群を用いている。粒子群の手触り感に対して、言葉を媒介として感性評価を行い、その認識構造を理解することを試みた。本研究の粒子群は平均粒径が異なる26種類のWA砥粒を用いた。粒子群の感性評価には13対の各形容詞対について、7段階評定尺度で

評価した。その結果、各反応について、粒径と評定値の関係から次の結果が得られた。

- (1) 10代半ばと20代半ばの被験者における触感覚の応答に対して、定性的な側面（粒径と評定値との関係図）で比較をした結果、年代に関係なく、同じような触感覚の反応（評定値のグラフ形状）を示している場合と異なる触感覚の反応を示す場合があるということがわかった。
- (2) 触感覚の反応が変化する点（粒子群の粒径）は、10代半ばと20代半ばを比較すると、ほぼ同じ粒径であることがわかった。言い換えると、触感覚による感性が変化するところは10代半ば、20代半ば共に同じである（定性的側面による解析）。
- (3) 反応Ⅱにおいて、触感覚の反応が異なることがわかった。粒径が小さい場合、10代半ばと20代半ばにおける触感覚の反応が異なる。また、反応Ⅲにおいて、触感覚による感性は同じ傾向を示すが、評定値の値に差が生じる場合もあることがわかった。本実験において、評定値は10代半ばの方が20代半ばより大きい値であることがわかった。

本報告では、10代半ばと20代半ばの触感覚の応答について、定性的な側面より、比較を行った。今後、定量的な側面（主成分分析など）により、触感覚の反応の変化について分類、研究を行う。また、本研究において、10代半ばと20代半ばの触感覚の反応が異なる場合もあることがわかったので、年代別による触感覚の変化を詳細に調べる必要もある（定性的側面・定量的側面）。最後に、被験者としてご協力頂いた、宇都宮大学工学部、計測・ロボット工学研究室、本学、電子機械工学科1学年（2012年度入学生）に謝意を表します。

### 参考文献

- [1] 前野隆司：ヒト指腹部と触覚受容器の構造と機能, 日本ロボット学会誌, **18**, 6, 772, (2000).
- [2] M.Kobayashi, T.Watanabe : A Tactile Display System Equipped with a Pointing Device – MIMIZU–, Computers Helping People with Special Needs, Springer, 527, (2002).
- [3] 官能検査ハンドブック：日科技連出版社, (1973).
- [4] 渡辺信一, 尾崎功一, 山崎友麻, 山本純雄：触

感覚による粒子群の認識と言語評価, 精密工学会誌, 71 巻, 11 号, pp.1421-1425, (2005).

- [5] 大根田浩久, 後藤秀征, 村上誠示, 尾崎功一：触感覚による粒子群の認識に関する基礎的研究, 弓削商船高等専門学校紀要, **36**, pp.60-63, (2014)
- [6] Osgood, C.E. et al., Measurement of meaning, Univ. Illinois Press, (1957).