

博士論文

論文題目

物体の把握における最適径の感性評価に関する研究

Study on the sensory evaluation of grips

国立大学法人 横浜国立大学大学院
工学府

高橋 勝美

平成 25 年度 博士論文

物体の把握における最適径の感性評価に関する研究

Study on the sensory evaluation of grips

指導教官 八高隆雄教授

横浜国立大学工学府
システム統合工学専攻

11SB403

高橋 勝美

【目次】

第1章 緒言

| | |
|----------------------------|---|
| 1. 感性評価値の特徴 | 1 |
| 1.1 感性評価とは | 1 |
| 1.2 人間を通じた感性データ抽出の問題点 | 4 |
| 1.3 感性評価の対象 | 5 |
| 2. 感性工学に基づく機械設計 | 5 |
| 2.1 人間工学と感性工学 | 5 |
| 2.2 人間と機械のインターフェイスとしての感性 | 6 |
| 2.3 エンジニアリングデザインと感性工学 | 6 |
| 2.4 感性工学の研究の動向 | 7 |
| 3. 手が関連した「握り易さ・使い易さ」の感性データ | 7 |
| 3.1 把握動作の研究 | 7 |
| 3.2 握り易さの感性評価の研究成果 | 8 |
| 4. 研究目的 | 8 |
| 5. 第1章 参考文献 | 9 |

第2章 感性評価による最適径測定の有効性の検証

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. 緒言 | 16 |
| 2. 方法 | 16 |
| 2.1 「握り易さ」の感性評価実験 | 16 |
| 2.2 最適径評価に影響する指の検証実験 | 16 |
| 2.3 最適径評価と手関節運動特性との関係実験 | 17 |
| 2.4 長時間把握時の感性評価値および筋電図特性 | 18 |
| 3. 結果と考察 | 19 |
| 3.1 「握り易さ」の感性評価結果 | 19 |
| 3.2 最適径評価値と指の関係 | 20 |
| 3.3 最適径と手関節動作との関係 | 24 |
| 3.4 長時間把握時の感性評価値および筋電図特性の変化 | 25 |

| | |
|-------------|----|
| 5. 結言 | 30 |
| 6. 第2章 参考文献 | 30 |

第3章 機械設計データとして有効な感性評価値の尺度段階数と被験者数の検証

| | |
|---------------------------|----|
| 1. 緒言 | 31 |
| 2. 方法 | 32 |
| 2.1 評価段階の設定 | 32 |
| 2.2 評価実験の方法 | 33 |
| 2.3 被験者 | 33 |
| 3. 結果 | 34 |
| 3.1 尺度分割段階による評価の特性 | 34 |
| 3.1.1 個々の被験者の評価の特徴 | 34 |
| 3.1.2 尺度段階と全体の分布形態の関係 | 35 |
| 3.2 評価値に及ぼす尺度段階および被験者数の影響 | 37 |
| 3.2.1 最適径の平均値と分散からの検討 | 37 |
| 3.2.2 最適径の尖度と歪度からの検討 | 39 |
| 4. 結言 | 42 |
| 5. 第3章 参考文献 | 42 |

第4章 個人の好みを評価する「一点選択法」の提案

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 緒言 | 44 |
| 2. 提案の背景 | 45 |
| 2.1 従来の一対比較法とその問題点 | 45 |
| 2.2 「一点選択法」の方法 | 47 |
| 2.3 「一点選択法」の検証方法 | 49 |
| 2.4 「一点選択法」の妥当性と再現性の検証方法 | 51 |
| 3. 結果 | 51 |
| 3.1 最適径の検証 | 51 |
| 3.2 測定時間の検証 | 52 |
| 3.3 評価回数数の検証 | 53 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 3.4 「一点選択法」で評価した最適径の妥当性と再現性の検証 | 54 |
| 4. 考察 | 57 |
| 4.1 一点選択法の特徴 | 57 |
| 4.2 一点選択法による評価値の特徴 | 58 |
| 5. 結言 | 59 |
| 6. 第4章 参考文献 | 59 |
| 第5章 感性評価値に影響する感性情報量の検証 | |
| 1. 緒言 | 61 |
| 2. 方法 | 62 |
| 2.1 被験者・装置 | 62 |
| 2.2 感性情報量と最適握り径の関係実験 | 63 |
| 2.3 感性情報提示順による最適径評価実験 | 64 |
| 3. 結果と考察 | 65 |
| 3.1 感性情報量と最適径の関係 | 65 |
| 3.2 感性情報提示順による被験者の学習効果の最適径への影響 | 71 |
| 結言 | 75 |
| 5. 第5章 参考文献 | 76 |
| 第6章 結論 | |
| 1. 総括 | 77 |
| 2. 今後の展望 | 79 |
| 3. 第6章参考文献 | 80 |
| 謝辞 | 81 |
| 本論を構成する論文 | 82 |

第1章 緒言

1. 感性評価値の特徴

1.1 感性評価とは

「感性」という言葉を広辞苑で調べると、4つの意味がある。

- ①外界の刺激に対して感覚・知覚を生じる感覚器官の感受性
- ②感覚によって呼び起こされ、それに支配される体験内容（感覚に伴う感動や衝動・欲望）
- ③理性・意志によって制御されるべき感覚的欲望
- ④思惟の素材となる感覚的認識。人間の五感から受動的に取り入れられる情報

である。これらの意味から感性評価という用語を考えると、「感性評価とは、ある事象（外界の刺激）に対して、五感を用いて本来人間が持っている感受性、体験、欲望そして認識を評価すること」になる。

佐々木は[1]、感性という用語は、18世紀にバウムガルデンによって創設された「美学」の研究から始まるとしている。ここでいう「美学 (aesthetics)」とは、語義は「感性学」であり「芸術」の学問であるとしている。また著書の中で、「感性」とは感じる働きであり、感じる働きの7つの場面を述べている。(1) 身体的な感覚、(2) 美的な知覚であり対象の性質の把握と鑑賞、(3) (2) に発する連想、(4) 情感的に対象の性質を捉える、(5) 客観的事実に関する感覚、(6) 自分の心の中に起こった情感そして(7) 行動につながる共感、である。これらのことから考えれば、感性とは、様々な場面において生じた人間が抱く感情やイメージであり、人間の心理を捉えるものであり、感性評価とは、人間の心理を評価することになる。このような人間が抱く感情やイメージは、物理量とは対応しない量である。心理学の分野では、このような感情やイメージを評価するために、多くはSD法によってある刺激に対して人間が抱く意味構造やイメージ因子を求めてきた。

一方、機械工学分野における感性評価や感性計測の多くの研究は、人間を介して計測される感性測定値の大小関係は分かるが、感性量と正確な物理量とは対応しにくい心理量を対象にしている。評価・計測される心理量は、3つの段階が考えられる。第1段階は、長さや重さの様に、計測された感覚量が物理的にある精度で対応が可能な心理量である。物理的に計測困難な感性量を評価する場合、計測値は、人間の能力を測定器として校正して評価したり、あるいは評価対象者の選抜の物差しとして使える。この場合、心理学で扱う評定尺度は、比例尺度や間隔尺度である。第2段階は、「使い易い」や「見易い」等の大小関係は付けやすいが正確な物理量とは対応は難しい心理量である。この場合、計測値は、脳波や血流量等の生理学的指標からの対応が試みられているが、第1段

階のデータに比べて計測値の分散範囲が大きい。この場合、心理学で扱う評定尺度は、順序尺度に相当する。第3段階は、嗜好に関連した好き嫌いのように、個人によって計測値が大きく変動する心理量である。この場合も心理学で取り扱う評定尺度は順序尺度に属する。したがって、感性評価あるいは感性計測で扱う計測値は、順序尺度が中心となる。そのため、感性データの計測は、それを感じる人間の意識の問題を評価するため評定尺度法、SD法、一対比較法が利用される[2]。

長町[3]は、感性とは、総合的なイメージであり、外界の刺激に対して身体センサーで感じる程度が感覚、そして人間の感覚を用いて検査ないし評価する仕方が官能検査であるとし、図 1-1 に示す感覚から感性までの関連表を示している。図 1-1 から、人が抱く感性、例えば「カッコイイ」とか「おいしい」といった感性は、それ以前に「動機」、この場合「持ちたい」とか「買いたい」といった心の働きがあり、それにしたがってさまざまな個人の感性が働く。その感性を「明るさ」とか「色」といった主観値に対して、どの程度であるかを評価する官能検査を行い客観値へと変換する。このときに働く人間の機能が感覚であり、視覚や聴覚といった五感を働かせる。

神宮[4]は、人間に対して外界からの刺激を感覚器である五感を利用し、その刺激 (S) に対して過去の記憶に基づきながら全体的な印象化を行う。この印象化の時に感性が生まれ、その結果反応 (R) が生まれる (図 1-2)。感性とは「印象化」と「反応化」との2つの働きを持っているとしている。

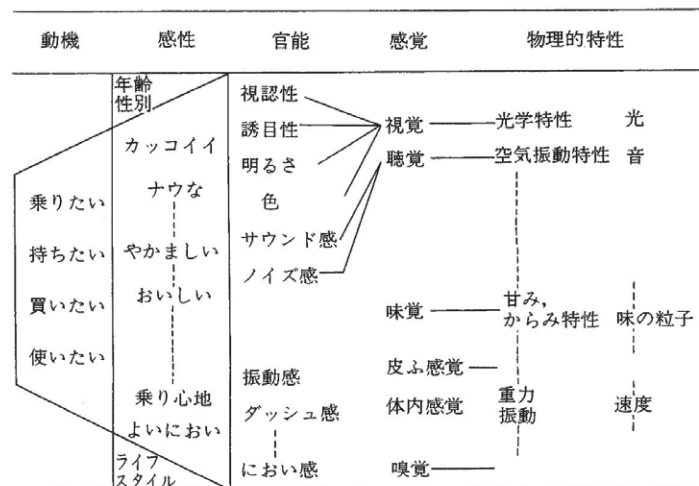


Fig. 1-1 Table of the relation between sensation and sensibility (Nagamachi, 1989, Reference:3)

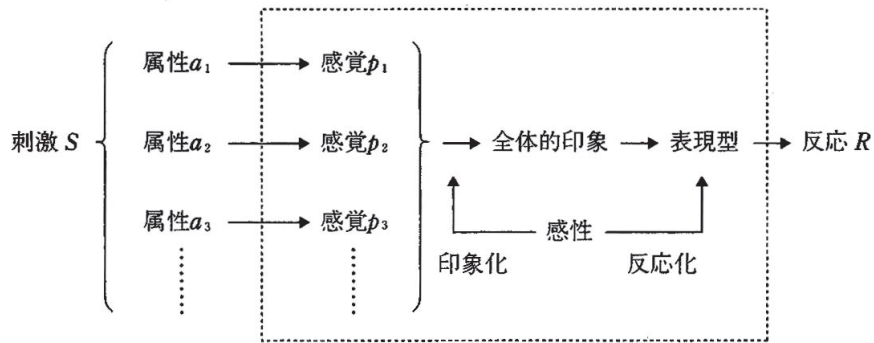


Fig. 1-2 Relationship between stimulus and reaction in impression measurement theory (Jing, 1996, Reference;4)

長沢[5]は、感性を情報処理論的認知心理学として、外界の刺激が感覚受容器に伝えられた後に発生する「感覚→知覚→認知→感情→表現」までの流れとして感性の定義と範囲を示している(図 1-3).

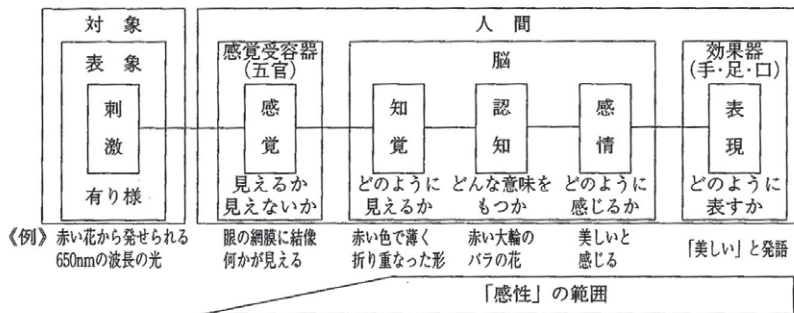


Fig. 1-3 Definition and scope of sensitivity (Nagasawa, 2002, Reference;5)

本研究における感性評価の定義は、図 1-4 に示した。機械工学分野の設計に応用できる感性情報を得るための感性情報形成プロセスである。

人工物の設計のために感覚情報を得るには、感性データ収集の目的に沿った人工物の試料を製作する。本研究では、「握り易い径(最適径)」の感性情報を得ることを目的とするため、形状および材質の質感を統一し、異なる径の円筒物を製作する(刺激)。この試料を見る・触るといった人間の

視覚や触覚という感覚器を用いて握り易い径の太さのイメージが形成される。この時、過去の把握経験や記憶によってイメージが形成され(暗黙裡の内的過程) [6], イメージに対する反応が現れる。主観的な感性データは、SD 法や一対比較法といった手法によって抽出され、これらのデータを統計処理することによって、客観的データとして扱い人工物を製作する設計に応用するとした。

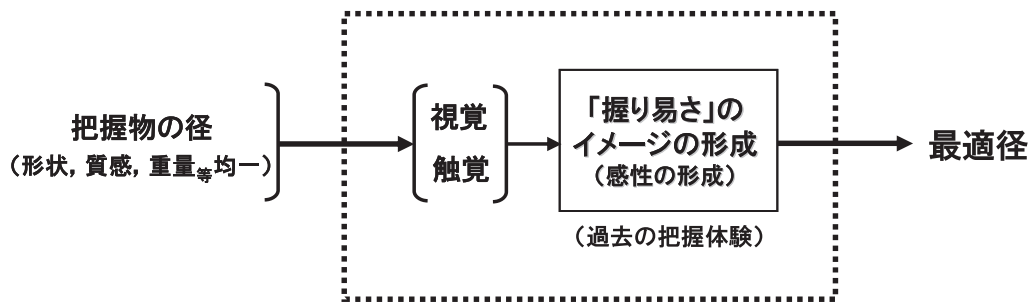


Fig. 1-4 Sensitivity information forming for mechanical design in this study

1.2 人間を通した感性データ抽出の問題点

感性は、主観値であって常にあいまいさを含んでいるので、機械工学分野の設計に応用するためには、感性データの信頼性が重要になる。あいまいさを含む感性データを信頼性が高い客観値に変換するためには、評価者の感覚の能力が問題となる。

利き酒、香水の評価、菓子の味付け、着心地といった等級や順序を評価する方法は、官能評価法として確立されており、評価者は、事前に教育や訓練を受けた数人あるいは1名によって評価を行い、その結果を利用して商品化する手法が確立している。この場合、数人あるいは1名の評価結果は、その商品を消費するある母集団の嗜好を把握しており、いわばその母集団の代表者として評価を下していることになる。言い換えれば、母集団の代表となり得ない評価者が評価を下しても商品は淘汰されて消えていくか、経営者が新たな評価者に替えて再評価するかのいずれかになると考えられる。機械工学分野における人工物を設計するための評価者は、人間から信頼性のある感性データ値を得るために、どの程度の数の評価者が必要となるかという問題が存在する。特別な教育や訓練を受けていない人を対象に得られた順序尺度や名義尺度のデータは、統計的に処理をしたり四則計算が可能なデータと見なすためには、心理学分野のアンケートでは100名から120名程度の評価者が必要といわれている[7]。しかし、人間が持つ複数の感覚を用い、また感覚異常の評価者を除外

し、得られた感性計測値を平均値やその分散等の統計処理によって、少なくとも設計に利用可能な信頼性のあるデータの収集に必要な評価者の人数を明らかにする必要がある。また、感性評価は人間を介して行うため、結果の安定性と再現性も問題となる。感性評価では、評価に臨む評価者の心理状態、評価と評価の時間的間隔、評価時の外部環境等が結果に影響を及ぼすために、計測は、実験室といった閉ざされた環境内での評価など実験環境に十分配慮する必要がある。さらに、機械設計のために行われる感性評価は、特別な教育や訓練を受けていない普通の感性を持った人たちの集団を対象とするため、その評価者に多くの感覚情報を与えた時に、特別な教育や訓練を受けたプロまでの評価には達しないけれども、通常感性をもった集団の評価より、よりプロに近い感性データが得られる可能性の検討も必要である。機械工学分野では、より精密な感性データに基づく設計が必要となることを考慮すれば、被験者そのものの感性の問題と被験者への感性情報の提示量の問題も考える必要がある。

1.3 感性評価の対象

感性は、人間によって生み出される感覚である。そのため感性データは、人間を介して計測されることになる。人は、生活するための活動である歩き、食べ、見る、聞く、話す、住む、着る、移動する等において、より効率的で心地良いと感じる方向性を選択する。すなわち、感性評価の対象は人間が存在することによって生まれ、人間を取り巻く生活環境の中に存在している。快適な生活を送るための要求の実現は、生活環境や生活用具の人工物のデザインへとつながっている。したがって感性の研究は、対象が人間にある場合には心理学的な研究であり、人間を評価者として人工物の設計が対象となる場合が感性計測であると考えられる。

2. 感性工学に基づく機械設計

2.1 感性計測と人間工学

感性計測と類似に扱われる分野に人間工学がある。人間工学は、第二次世界大戦の折に、人間の極限状態での能力を戦闘用として評価するために生まれた学問である。研究対象は、人間が極限状態で何ができるかということの問題としてきた。限られた空間内で人間が耐えられる限界値は、その後の宇宙生理学分野などの宇宙開発などにも利用できる貴重な資料を提供してきた。一方感性工学は、人間が快適な生活環境を維持するために生まれた学問であり、人間工学とは対照的である。近年、これらの学問は、健常者にも弱者にも優しく、快適に利用できる空間や人工物を設計するユニバーサルデザインへと発展している。

2.2 人間と機械のインターフェイスとしての感性

人間は、感覚器で受容した刺激に対して、長期記憶にある過去の記憶と対応させて反応する。人間が人工物と向き合う時、人工物を認識し、これに様々な対処を行う。この場合の人工物が人間によって操作できるものであれば、視覚や触覚などによってその形状、重さ、質感、長さ、色などの情報を認識し操作する。この場合の人間の感覚器は、人間と機械の間のインターフェイスの役割として構成され、人間の感覚はセンサーの役割を果たす。人工物が持つ固有の特性を、手で触り評価する場合は、人間そのものは単に測定器として働いているに過ぎない。人間は、物体からの得る情報を一方的に評価するが、機械を操作または使用するという人工物の扱い方の目的が生じた場合には、得られた情報を人間にフィードバックする。例えば、本研究の主題である「握り易さ」を例にとれば、物体を把握した時の指と物体との接触面積情報、指の開き角度情報、物体表面のテクスチャー情報、物体の温度知覚情報、視覚的な太さや材質を知覚する情報等から感性量としての握り易さの感性を得る。感性計測は、これらの多くの情報を統制して、実験室という環境化の中で評価を行い、1つあるいは2つの因子の感性データの量的あるいは強度的な特性を評価することになる。この意味での感性計測は、嗜好のアンケート調査と比べて評価条件は絞られているが、より物理量に近いデータ、言い換えると主観値からより客観値としての評価が期待できる。

2.3 エンジニアリングデザインと感性評価

感性データは、個人の特性が含まれるため分散する。この分散するデータの平均値を、直ちに設計データに利用することには問題が生じる。物理量として計測されたデータは、一定の精度を持って再現することはできるが、感覚量として計測されたデータは、人間の個人差、人間そのもののあいまいさが含まれるため、評価値のデータが正規分布ではなく複数の分布に分かれる可能性がある。特に、2.1で述べた第3段階の嗜好に関連する好き嫌いのデータでは、この傾向が強い。この場合、平均値が全員大好きという評価であれば問題はないが、このような結果は殆どみられずデータは分散する。人工物に対する被験者の評価は、大好きと大嫌いの2群に分かれた場合、その評価の平均値は低く分散が大きくなり、結果的に人工物の評価は低い結果となる。一方、マーケティングのような視点からみると、商品に対してある程度の先導的な消費者の割合が存在すれば、先導的な消費者の購買力につられて保守的な消費者もその物を受け入れることがある。したがって、嗜好的な感性データでは、平均値がやや好き程度の評価よりは、大嫌いの評価者がいても、大好きの評価者が多いほうを選定することが重要になる。機械設計において、設計の開始時点で課題に対する明確な定義が示されないことが多い[8]。過去にない新しいアイデアに基づく設計では、選択肢に自由度が

大きく[9]感性データを取り入れ易い。これに対して機械設計では、改良設計が主体となるため感性データは取り入れにくい。

2.4 感性工学の研究の動向

感性の研究の始まりは、紀元前 350 年ごろの哲学者であるアリストテレスが、刺激に対して感性が形成されるための感覚器を視覚、触覚、聴覚、味覚そして嗅覚の五感として定義したところから始まったといっても良い。感性という言葉が用いられたのは、1750 年にドイツの哲学者であるアレクサンダー・バウムガルテンが「感性学」を「知覚や感覚による認識の学問」として定義し、美学の研究に用いられている。また 19 世紀には、グスタフ・フェヒナーを中心とする、物理的事象（刺激）と心理的事象（反応）との数量的関係を研究する「精神（心理）物理学」が始まった。日本では、長町三生が、「人間が持っている願望としてのイメージや感性を、物理的なデザインに翻訳し、具体的に設計するための研究」として定義し、この分野を「情緒工学」とした。感性という言葉は、マツダ（株）の山本健一氏がアメリカの講演で始めて使い、感性工学（KANSEI Engineering）に基づく車の開発をコンセプトによるデザインの重要性を発表した。この後、長町は「情緒工学」から「感性工学」へと名称を改めた。

感性工学における研究は、商品開発の観点から人工物に対する写真や像を視覚的に与え、人間が抱くイメージを SD 法によって評価する手法を用いて、コーヒーカップ[10]やソファ[11]、ハンカチ[12]といった商品のデザインの開発研究、照明[13]や壁面[14-15]の色彩の開発研究、味覚の比較[16]の研究、工業製品として、車[17]、椅子[18]、ペットボトル[19]、アルミボトル[20]などの使い易さや心地よさなどを評価する研究から、様々な製品開発のための実践研究が行われてきた。

3. 道具の「握り易さ・使い易さ」の感性研究

3.1 把握動作の研究

文明の発達には、人が二足歩行を完成させたことによるといっても過言ではない。それは、二足歩行により後肢が移動運動に専念し、前肢が自由になったことから、道具を作り、様々な道具を用いて様々な建物や食べ物を作り出し、文明が発展してきたことである。人の基本的な日常生活動作は、把握動作であるといっても良い。人類が進化の過程で、二足歩行が可能となったことで、上肢が自由に使えるようになり、やがて道具を用いて新しい製作物を作り出すことになった。道具を使用する目的は、大きなものから小さなもの、簡易な物から繊細なものまで必要とされる目的によって様々な道具が作られてきた。様々な道具が作られてきた中で、道具を握る手の働き、動作も異なり、道

具によって様々な把握動作が必要となった。

把握動作の初期の研究は、Mackenzie C. L. and Thea I. 著の「The Gaspig Hand」の中にまとめられている[21]。把握動作の初期の研究は、主に義手を製作するための医科学的、臨床学的そして労働科学的必要性から動作の分類が行われてきた。動作の分類は、手を道具として捉え把握する物体の形と手の形の関係した分類であった。Napier J. R. は手が行う作業の概念をパワー作業（力仕事）と精密な作業の概念を取り入れ、概念に対応した握りの形を分類した[22]。さらにこの分類の把握動作に動きの概念を取り入れ、親指と他指の位置関係から分類がなされたり[23]、実際の手の動作を想定して、「押す」や「回転」などの動作が加えられたりした[24]。これらの研究をまとめ、体系化したのが Cutkosky と Howe であった[25]。

把握動作の分類のための情報は、①手の条件、②把握物体の条件そして③作業の目的である。実際に把握動作を行う際には、把握した物体に対する「握り感」、例えば、「握り易さ」、「動かし易さ」、「触り心地」といった感性が加わり、把握動作は変わってくる可能性がある。したがって、把握動作を体系化するには、把握した物体に対する人が抱く感覚情報を考慮した体系化も必要となる。また、感覚機能は加齢の影響を受けることから、老化の観点も重要となるといえる。

3.2 「握り易さ」の感性評価の研究成果

握り易さの感性評価研究は、円筒物体と手の形状や接触部分との関係、円筒物体を用いた握り易い径および生理学的指標との関係を求めるものであった。例えば、握り易さと握り方や手の形状との関係[26-29]から、感覚器として主体的に働く手指の位置を検討した研究や、握り易い径と手関節動作時の可動域との関係[30-38]から、最適径を把握した時の手関節運動特性を検討した研究、握り易い径と力の発揮特性との関係[39-52]から、最適径における生理学的特性を検討した研究が進められてきた。さらに、「握り易さ」の感性評価は、上記した円筒物体を対象としたものだけでなく、日常生活用具[53-56]やスポーツ用具[57-63]、機械工具[64-67]を対象として、道具のグリップの設計に関する研究にも応用されてきた。最近では、超高齢社会を向かえ、車いすを代表とする福祉機器の設計にも多くの研究成果がみられている[68-79]。

4. 本論の構成と研究目的

感性データに基づく感性設計の目的は、人間に優しく、個人の嗜好が叶えられる道具の設計であり、それをを用いることで生活がより効率的で安心して送れる人工物を作り出すことにある。これまでに、感性評価により得られた最適径と把握時の力学的特性や生理学的特性とが対応する報告があ

ることから、感性評価値は設計に有効に用いられるといえる。そのためには、これまでに行われてきた感性評価値の信頼性を低下させることなく、より簡易に抽出できる方法を検討することは、把握物の設計に貢献するものと考えられる。

本研究は、円筒物体の「握り易さ」を評価対象として感性評価の抽出法を検証している。第2章において、抽出される感性データの信頼性について考察する。感性の評価は間隔尺度であり、個々人の嗜好を客観値として評価する方法として評定尺度法がよく用いられているので、評定尺度法を用いて評価される最適径に影響する因子として、把握指の特性や手関節の可動域の特性から検討するとともに、最適径を把握した時の生理学的疲労反応との対応関係を調べ、感性評価値が機械設計のための因子として有効であるかを検証している。第3章において、評定尺度法で評価される主観値が、機械設計に必要である客観値への“見做し”を可能とするために、尺度段階数と被験者数との関係を調べ、機械設計に必要である評定尺度法の評価方法を検証している。第4章では、評定尺度法以外に個人の嗜好を評価する方法である一対比較法が、組み合わせ数や必要とされる被験者数から、被験者の負担や実験の困難性などの問題を持つため、より簡易に個人の感性評価値を得ることができる方法を新しく提案し、その有効性を検証している。第5章では、最適径は、感覚器を通して過去の把握経験に基づいて評価されるため、握り易さのイメージ形成は用いる感覚情報の量が影響すると考えられることから、感覚情報量と最適径との関係を検証している。

本研究は、種々の感性データ抽出法について検証を行い、得られた結果に基づき、把握物体の設計に用いることのできる信頼性のある評価値が得られる簡易な手法を明らかにしている。

第1章 参考文献

- [1] 佐々木健一，“日本的感性”，2010，pp.3-5，中公新書
- [2] 神宮英夫，“印象測定の心理学”，(1996)，pp.22-24，川島書店
- [3] 長町三生，“感性工学 感性をデザインに活かすテクノロジー”，(1989)，pp.21-25，海文堂
- [4] 神宮英夫，“印象測定の心理学”，(1996)，pp.6-9，川島書店
- [5] 長沢伸也編，“感性をめぐる商品開発 —その方法と実際—”，(2002)，pp.5-8，西日本出版サービス。
- [6] 神宮英夫，“印象測定の心理学”，(1996)，pp.10-15，川島書店
- [7] 増山英太郎，“心に浮かぶイメージをはかる—SD法の理論と応用—”，(1996)，pp.3-14，ISS産業科学システムズ。

- [8] 荒木光彦他訳, “エンジニアリングデザイン”, (2008), pp.25-36, 培風館.
- [9] 金子純一, 大塚正久訳, “機械設計のための材料設定”, (1997), pp.7-16, 内田老鶴園.
- [10] 梁瀬度子, “コーヒーカップのデザインの心理評価に関する研究”, 人間工学, Vol.14, No.6, (1978), pp.327-334
- [11] 長町三生, “感性工学 –感性をデザインに活かすテクノロジー–”, (1989), pp.13-20
- [12] 長沢伸也編, “感性をめぐる商品開発 –その方法と実際–”, (2002), pp.39-54
- [13] 長町三生, 伊藤宏司, 福場良彦, 辻敏夫, 田渕義彦, 入枝輝昭, “室内照明の情緒工学的研究”, 人間工学, Vol.21, No.5, (1985) pp.265-272
- [14] 張曉凡, 大井尚行, 高橋宏伸, “壁面色彩の違いによる室内雰囲気評価の時間的変化”, 日本建築学会大会学術講演概要集, (2010), pp.55-56
- [15] 張曉凡, 大井尚行, 高橋宏伸, “壁面色彩の違いによる室内雰囲気評価および気分の時間的評価”, 日本建築学会九州支部研究報告, No.50, (2011), pp.37-40
- [16] 金延恩, 松田康子, 小川久恵, 松本伸子, “SD 法による日本, 韓国, 中国, 西洋各料理に対する概念の日本人と外国人の比較”, 女子栄養大学紀要, Vol.36, (2005), pp.85-93
- [17] 神谷公一, “計器板形状と居住感について”, 自動車技術, Vol.38, No.5, (1984) pp.615-619
- [18] 城島栄一郎, 谷川綾子, “椅子の張り材と座り心地の関係”, 実践女子大学生活科学部紀要, Vol.47, (2010), pp.66-69
- [19] 矢沢宗厚, 成田吉弘, 佐々木克彦, “ペットボトルの形状モデルに関する感性工学的研究”, Dynamics & Design Conference 2008, CD-ROM 集, (2008), No.351
- [20] 山崎光悦, 丹後秀一, 伊藤隆一, 韓晶, 濱野智史, “アルミボトルの持ちやすさ・開けやすさ評価法に関する検討”, 第 19 回設計工学・システム部門講演会, CD-ROM 集, (2008), No.2112
- [21] Mackenzie, C. L. and Thea I. T , “The Grasping Hand, North-Holland”, (2005), pp.3-13
- [22] Napier, J. R., “The prehensile movements of the human hand”, Journal of Bone and Joint Surgery, 38B, (1956), pp.902-913.
- [23] Landsmeer, L. M. F. , “Power grip and precision handling”, Annals of the Rheumatic Disease, 21, (1962), pp.164-170.
- [24] Elliott, J. M. and Connolly, K. J., “A classification of manipulative hand movements”, Developmental Medicine and Child Neurology, 26, (1984), pp.283-296.
- [25] Cutkosky, M. R. and Hpw, R. D, “Human grasp choice and robotic grasp analysis”, Springer-Verlag, (1990), pp.5-31.

- [26] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 小山昌洋, “柄の握り易さと感性評価 - 握り方による差異 -”, 機械力学・計測制御講演論文集, (1995), pp.71-72.
- [27] 八高隆雄, 山本圭治郎, 堀健一, “円筒物体の上げ手握り時の握りやすさの感性評価と手のひらアーチの関係”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.66, No.641, (2000), pp.202-207.
- [28] 高木宣昭, 仲山恵都, 八高隆雄, 山本圭治郎, “手全体の最適把握径と母指が作る各指ごとの最適径の関係”, Dynamics and Design Conference 2004 講演 CD-ROM 論文集, (2004).
- [29] 八高隆雄, 高木宣昭, 山本圭治郎, “手が形成する把握空間と把握物体形状との関係”, Dynamics and Design Conference 2005 講演 CD-ROM 論文集 (2005).
- [30] 山本仁, 高野剛, 植木一範, 安念良訓, 原利昭, “握り動作の感性解析”, 日本機械学会第 73 期全国大会講演論文集 IV, (1995), pp.71-72.
- [31] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 伊藤尚功, “握り易さの感性評価と手関節運動範囲との関係”, 機械力学・計測制御講演論文集 A, (1996), pp.281-284.
- [32] 八高隆雄, 山本圭治郎, 高橋勝美, 兵頭和人, 伊藤尚功, “握り易さの感性評価と姿勢との関係”, 機械力学・計測制御講演論文集 (A 編), Vol.62, No.603, (1996), pp.285-288.
- [33] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, “握り易さの感性評価と手関節運動範囲に影響を及ぼす指”, 機械力学・計測制御講演論文集 B, (1997), pp.377-380.
- [34] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, “握り易さの感性評価と打具競技選手の手関節運動範囲の特徴”, 機械力学・計測制御講演論文集 B, (1997), pp.381-384.
- [35] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人: 円筒物体の握り易さの感性評価と手関節運動範囲および指の力発揮特性 - 打具競技選手と一般学生との比較 -, 日本機会学会論文集 (C 編), 65 (637) : 3744-3750, 1999
- [36] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 久木文子, “握り易さの感性評価と手関節運動特性”, ジョイントシンポジウム 1998 スポーツ工学シンポジウム, シンポジウム: ヒューマンダイナミクス講演論文集, No.98-31, (1998), pp.280-283.
- [37] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 久木文子, “打具競技選手の握り易さの感性評価と手関節運動特性 - 自由運動と制限運動との比較 -”, 機械力学・計測制御講演論文集 B, (1999), pp.604-607.
- [38] 高橋勝美, 坂元孝子, 山本圭治郎, 八高隆雄, “円筒物体把握時の繰り返し手関節動作時の動かし易さの主観的評価”, Dynamics and Design Conference 2007 講演 CD-ROM 論文集, (2007).
- [39] 八高隆雄, 荒川進, 高田一, “手 - 円筒物体間の力の伝達”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.60,

- No.573, (1994), pp.1721-1726.
- [40] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 小山昌洋, “柄の握り易さと力発揮特性”, ジョイントシンポジウムスポーツ工学シンポジウム ヒューマンダイナミクス講演論文集, (1995), pp.162-165.
- [41] 山本圭治郎, 八高隆雄, 高橋勝美, 小山昌洋, 小林重昭, “長時間把握における感覚と筋電特性”, 日本機械学会第 72 期通常総会講演論文集, (1995), pp.461-462.
- [42] 八高隆雄, 山本圭治郎, 小山昌洋, 兵頭和人, “円筒物体把握における握りやすさの感性評価”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.63, No.602, (1996), pp.3999-4004.
- [43] 高野剛, 山本仁, 原利昭, “手の把握動作に関する生体力学的解析”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.62, No.603, (1996), pp.4257-4263.
- [44] Takao YAKOU, Keijiro YAMAMOTO, Masahiro KOYAMA, Kazuhito HYOUDO : Sensory Evaluation of Grip Using Cylindrical Object, JSME International journal. Series C, Mechanical System, machine elements and manufacturing, Vol.40, No.7, (1997) pp.730-735.
- [45] 高野剛, 山本仁, 原利昭, “円筒物体の握り感覚の解明”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.63, No.607, (1997), pp.945-951.
- [46] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人 : 円筒物体の握りやすさの感性評価に与える握り方の影響と指の力発揮特性, 日本機械学会論文集 (C 編), 63(612) : 2794-2800, 1997
- [47] 山本圭治郎, 八高隆雄, 高橋勝美, 兵頭和人 : 長時間把握時における感性評価と筋電位および力発揮特性, 日本機械学会論文集 (C 編), 63(611) : 2408-2412, 1997
- [48] 加茂美冬, 森本茂, 八高隆雄, 山本圭治郎, “短時間負荷条件下の円筒物体把握における最大保持力径について”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.64, No.624, (1998) pp.3083-3087.
- [49] 加茂美冬, 森本茂, 八高隆雄, 山本圭治郎, “荷重負荷速度が円筒物体把握における保持力および最大保持力径に及ぼす影響”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.65, No.633, (1999), pp.1922-1927.
- [50] 八高隆雄, 酒井直隆, 山本圭治郎, “握り角度と握り力の関係”, 福祉工学シンポジウム講演論文集アブストラクト集, (2001), p.329
- [51] 高橋勝美, 坂元孝子, 山本圭治郎, 八高隆雄, “物体把握時の握り易さと EMG 特性”, Dynamics and Design Conference 2006 講演 CD-ROM 論文集, (2006).
- [52] 高橋勝美, 山本圭治郎, 橋本琢也, 植松由真, 八高隆雄, “円筒物体の径および重量を考慮した握り易さの主観的評価と手関節動作時の EMG 特性”, Dynamics and Design Conference 2010

- 講演 CD-ROM 論文集, (2010).
- [53] 八高隆雄, 松尾弘子, “包丁の操作しやすさと感性モーメントとの関係”, Dynamics and Design Conference 2000 講演 CD-ROM 論文集, (2000).
- [54] 山崎光悦, 丹後秀一, 伊藤隆一, 韓晶, 濱野智史, “アルミボルトの持ちやすさ・開けやすさ評価法に関する検討”, 第 19 回設計工学・システム部門 CD-ROM 論文集, (2009), pp.494-496.
- [55] 山崎光悦, 傍島彩生, 茅原崇徳, 韓晶, “アルミボルトの握り方に関する検討”, 第 20 回設計工学・システム部門 CD-ROM 論文集, (2010), pp.27-29.
- [56] Arbib, M. A., Iberall, T. and Lyons, D. M., “Coordinated control programs for movements of the hand”, (1985), pp.111-129, Berlin, Springer-Berlag.
- [57] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, 久木文子, “テニスラケットブグリップの握り易さの感性評価とスイング中の力発揮特性”, 機械力学・計測制御講演論文集 B, (1998), pp.84-87.
- [58] 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄, “握り易いテニスラケットのグリップを用いたときのスイング中の指の圧力発揮とラケット加速度の特徴”, ジョイントシンポジウム 2000 スポーツ工学シンポジウム シンポジウム:ヒューマンダイナミクス講演論文集, No.00-38, (2000), pp.220-224.
- [59] 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄, “テニスグリップの握り易さの感性評価とグリップに作用する力の関係”, Dynamics and Design Conference 2000 講演 CD-ROM 論文集, (2000).
- [60] 高橋勝美, 山本圭治郎, 坂元孝子, 兵頭和人, 八高隆雄, “バットグリップの握り易さの感性評価とスイング中の指圧特性”, Dynamics and Design Conference 2003 講演 CD-ROM 論文集, (2003).
- [61] 坂元孝子, 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, “バドミントンラケットグリップの握り易さの評価”, Dynamics and Design Conference 2006 講演 CD-ROM 論文集, (2006).
- [62] 坂元孝子, 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, “バドミントングリップの握り易さの評価 - 形状と接触面積および手関節可動域との関係 -”, Dynamics and Design Conference 2007 講演 CD-ROM 論文集, (2007).
- [63] 高橋勝美, 坂元孝子, 日浦幹夫, 菌部正人, 山本圭治郎, 八高隆雄, “バッドグリップの握り易さの感性評価とスイング中の指圧特徴”, 体育研究, No.44, (2011), pp.11-15.
- [64] 堀健一, 八高隆雄, 山本圭治郎, 高橋勝美, “卓上ボール盤ハンドルの握り易さと操作しやすさ感性評価”, 機械力学・計測制御講演論文集 B, (1999), pp.601-603.

- [65] 八高隆雄, 高木宣昭, 印南輝久, 山本圭治郎, “電動工具の柄の形状と使用感の関係”, Dynamics and Design Conference 2006 講演 CD-ROM 論文集, (2006).
- [66] 八高隆雄, 印南輝久, “握り部角度が電動工具の使いやすさに与える影響”, Dynamics and Design Conference 2010 講演 CD-ROM 論文集, (2010).
- [67] 八高隆雄, 高木宣昭, 印南輝久, “電動工具設計への手のアーチの適用”, Dynamics and Design Conference 2010 講演 CD-ROM 論文集, (2010).
- [68] 山本圭治郎, 兵頭和人, 高橋勝美, 八高隆雄, “福祉機器における物体把握の感性評価と脳波解析”, ジョイントシンポジウム 2000 スポーツ工学シンポジウム シンポジウム: ヒューマンダイナミクス講演論文集, No.00-38, (2000), pp.213-216.
- [69] 山本圭治郎, 兵頭和人, 高橋勝美, 八高隆雄, “福祉機器における物体把握の感性評価と脳波解析”, 日本機械学会シンポジウム講演論文集, (2000), pp.213-216.
- [70] 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄, “ハンドリムの握り易さの感性評価と EMG 特性”, 福祉工学シンポジウム講演 CD-ROM 論文集, (2001).
- [71] 菅原正明, 山本圭治郎, 高橋勝美, 兵頭和人, “脳波解析による車椅子ハンドリムの把握特性評価”, 福祉工学シンポジウム講演 CD-ROM 論文集 (2001).
- [72] 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 坂元孝子, “ハンドリム径の違いによる握り易さと EMG 特性”, 第 17 回リハ工学カンファレンス講演論文集, (2001), pp.469-472.
- [73] 高橋勝美, 山本圭治郎, 坂元孝子, 兵頭和人, 八高隆雄, “脳波および皮膚温度測定による車いすハンドリム径の評価”, Dynamics and Design Conference 2002 講演 CD-ROM 論文集, (2002).
- [74] 坂元孝子, 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄, “長時間自操時におけるハンドリムの握り易さと EMG 特性”, Dynamics and Design Conference 2002 講演 CD-ROM 論文集, (2002).
- [75] 高橋勝美, 山本圭治郎, 坂元孝子, 兵頭和人, “ハンドリム径の違いによる長時間車いす運動が身体の生理学的指標に与える影響”, 第 18 回リハ工学カンファレンス講演論文集, (2003), pp.115-116.
- [76] 坂元孝子, 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄, “車いすハンドリム径の握り易さの感性評価と操作性テストとの関係”, Dynamics and Design Conference 2003 講演 CD-ROM 論文集, (2003).
- [77] 高橋勝美, 坂元孝子, 山本圭治郎, 兵頭和人, 渡邊紳一, 松尾崇 日浦幹夫, “ハンドリム径の握り易さと操作性との関係”, 第 19 回リハ工学カンファレンス講演論文集, (2004), pp.233-234.

- [78] 高橋勝美, 山本圭治郎, 坂元孝子, 兵頭和人, 八高隆雄, “車いす動作における握り易いハンドリムと指圧発揮特性”, Dynamics and Design Conference 2004 講演 CD-ROM 論文集, (2004).
- [79] 坂元孝子, 高橋勝美, 山本圭治郎, 松尾崇, 渡邊紳一, “車いす日常動作における握り易いハンドリムと指圧発揮特性”, 第 22 回リハ工学カンファレンス講演論文集, (2007), pp.127-128.

第2章 感性評価による最適径測定の有効性の検証

1. 緒言

感性に基づく設計では、人工物に対して嗜好するある集団の平均値を求めて行われる場合がある。最適値に基づく設計は、その人工物を使用する人の生理機能や動作機能の効率化、さらにはその人の感情にとって効果的なことが前提としてあるためである。

例えば、人が把握道具のグリップの「握り易さ」を評価する時には、把握物体の形状、太さ、重さ、材質、温度、色、使用用途等の様々な情報から判断している。把握物体の形状、材質、色、重さを統一して、物体の直径だけを変えて、「握り易さ」を評価する研究がなされてきている[80-82]。これらの研究では、5段階あるいは7段階の評定尺度法を用いて、評価得点の平均値で処理することである集団の平均的な好みの径を求めている。嗜好は、個々人によって異なるものであるが、大量生産を必要とする道具の設計においては、ある一定の人数が含まれる「おおよそ」の好みで設計される必要もある。ある一定範囲の人数によって評価された「握り易い」径は、握りにくい径と比較して、何らかの異なる好ましい特性が存在するからであるといえる。その違いを検証することは、「握り易さ」を評価している感性に影響する因子を明らかにすることで重要と考える。この場合、感性に影響する因子は、物理量と対応できる測定値でなくてはならない。そこで、第2章では、把握指の特性、手関節動作特性そして把握の疲労特性の観点から握り易い径の評価に影響を及ぼす因子を評価し、感性評価値が機械設計に有効な指標となり得るかを検証した。

2. 方法

2.1 「握り易さ」の感性評価実験

「握り易さ」の感性評価に用いた円筒物体は、アクリル製のパイプであり、直径が25mm, 30mm, 35mm, 40mm, 45mmそして50mmの6種類であった。「握り易さ」の感性評価は、健康な男子大学生53名（平均年齢 20.9 ± 1.7 歳、平均身長 174.5 ± 5.7 cm、平均体重 69.2 ± 10.2 kg）を対象に、7段階の尺度段階（+3：非常に握り易い、+2：握り易い、+1：やや握り易い、 ± 0 ：どちらでもない、-1：やや握り難い、-2：握り難い、-3：非常に握り難い）を用いて行った。評価時の姿勢は、椅座位で肘関節角度が90度となる姿勢をとらせ、ランダムにパイプの径を把握させて回答させた。

2.2 最適径評価に影響する指の検証実験

円筒物体の「握り易さ」の評価に及ぼす握り方について、以下の実験を行った。「握り易さ」の感性評価に用いた円筒物体は、真空ゴム管製のパイプであり、直径が13mm, 16mm, 19mm, 22mm,

25mm, 32mm, 38mm, 43mm, 52mm および 62mm の 10 種類であった。ゴム管の肉厚は十分厚く、把握時の変形量は殆ど無視できた。円筒物体の握り方は、図 2-1 (a) に示すように、指の根元にパイプをのせ、普通の力で親指を含む 5 指すべてを用いて把握した場合〔図 2-1 (b)〕と中指、薬指そして小指の 3 指を用いて把握した場合〔図 2-1 (c)〕の 2 種類とした。この場合、親指と人差し指が評価に影響を及ぼさないように、パイプから離すか軽く触れる程度となるように被験者に指示した〔図 2-1 (c)〕。また、3 指を用いて把握した時に、主に中指、薬指そして小指のそれぞれに力を入れて把握した場合の感性評価も行った。

「握り易さ」の感性評価は、健康な男子大学生 10 名を対象に、7 段階の尺度段階 (+3 : 非常に握り易い, +2 : 握り易い, +1 : やや握り易い, ± 0 : どちらでもない, -1 : やや握り難い, -2 : 握り難い, -3 : 非常に握り難い) を用いて行った。

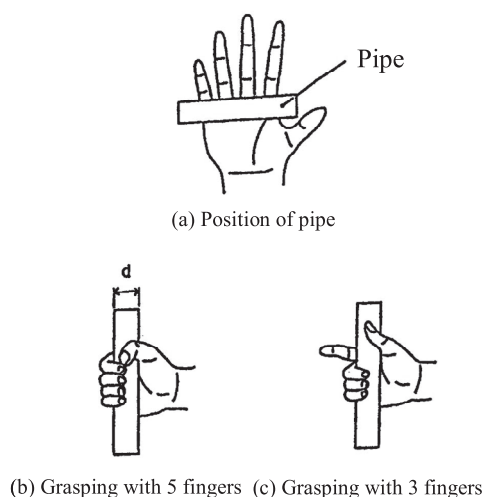


Fig. 2-1 Grasping method of cylindrical pipe

2.3 最適径評価と手関節運動特性との関係実験

様々な径の円筒物体を把握した時の手関節可動域について、以下の実験を行った。把握した円筒物体は、アクリル製のパイプであり、直径が 15mm, 20mm, 25mm, 30mm, 35mm, 40mm, 45mm, 50mm そして 60mm の 10 種類であった。関節可動域を測定した手関節動作は、掌屈 (Palmar-flexion), 背屈 (Dorsi-flexion), 橈屈 (Radial-flexion) そして尺屈 (Ulnar-flexion) の 4 動作である (図 2-2)。手関節動作は、肘および肩関節の動作が手関節動作に関与しないよう、肘関節を 90 度の状態で添木を用いて前腕部と上腕部を固定し、手関節のみ動くようにした。関節可動域は、2 軸エレクトロゴニオメーター (P&G 社製) を手背部に取り付けて測定した (図 2-3)。また、最適径を求めるために、7 段階の尺度段階 (+3 : 非常に握り易い, +2 : 握り易い, +1 : やや握り易い, ± 0 : どちらでもない,

-1 : やや握り難い, -2 : 握り難い, -3 : 非常に握り難い) を用いて測定した. 被験者は, 健康な男子大学生 5 名である.

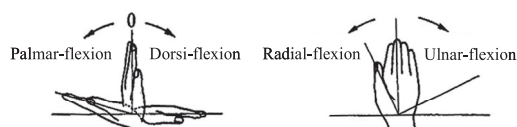


Fig. 2-2 Twist joint movement for the measurement of movable angle

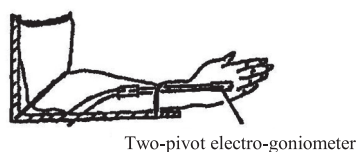


Fig. 2-3 Grasping posture and position of two-pivot electro-goniometer

2.4 長時間把握時の最適径評価と筋電図特性

長時間, 様々な径の円筒物体を把握した時の握り易さの感性評価の変化および筋疲労について, 以下の実験を行った. 把握した円筒物体は, ステンレス製の円筒物体であり, 直径が 20mm, 30mm そして 50mm の 3 種類であった. 「握り易さ」の感性評価は, 7 段階の尺度段階 (+3 : 非常に握り易い, +2 : 握り易い, +1 : やや握り易い, ± 0 : どちらでもない, -1 : やや握り難い, -2 : 握り難い, -3 : 非常に握り難い) を用いて測定した. 長時間の把握動作は, 30 分間とした. 感性評価は, 長時間把握開始前に一度評価を行い, 把握後から 5 分目ごと評価を実施した.

筋電図測定は, 長時間把握時の感性評価と同時に, 表面電極法を用いて, 総指伸筋と浅指屈筋および短母指外転筋と母子内転筋とした. 把握時間は 20 分とし, 把握する物体の径は 20mm, 30mm そして 50mm の 3 種類とした. 把握時の姿勢は, 2.4 と同様の姿勢をとらせ, 把握物体に常に 2.5kg の把持力がかかるように力発揮をさせて行った. 把持力は, 酒井医療機器株式会社製の把持力測定装置を用い, 把握した物体に発揮される把持力をモニターしながら力発揮を統一させた. また, 実験は, 被験者の疲労を考慮しつつ, 同一日に行い, 表面電極の位置は同じ部位で測定した. 被験者は, 健康な男子大学生 1 名である (年齢 ; 22 歳, 身長は 167.0cm, 体重 ; 58.0kg).

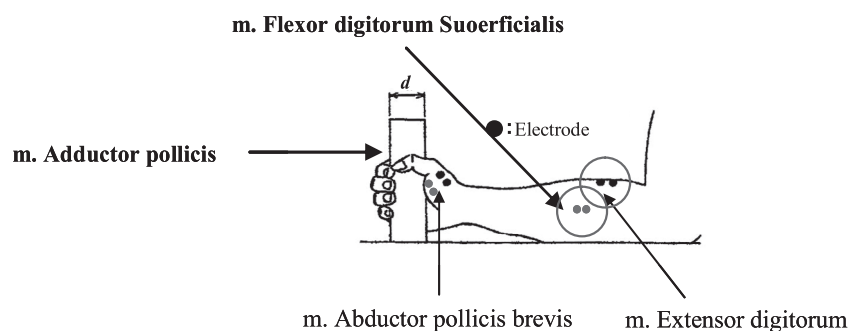


Fig. 2-4 Grasping posture and position of electrode on the muscles

3. 結果および考察

3.1 「握り易さ」の感性評価

図 2-5 は、7 段階の尺度段階を用いて、「握り易さ」を評価した時に得られた各径の評価点の結果を示している。図中の結果は、被験者 53 名が異なる径の円筒物体を把握した時の感性評価得点であり、その平均値と標準偏差で表している。最も握り易いと評価される径は、35mm を把握した時の感性評価得点が最も高い結果であった。しかしながら、一元配置分散分析を用いて、各径の感性評価得点の差の検定を行った結果、30mm, 35mm および 40mm のそれぞれに対する径と 25mm と 45mm および 50mm に対する径には有意な差はみられなかった。したがって、53 名の被験者を対象として得られた最適径は、30mm から 40mm の間にあることになる。この径の値は、八高ら[80]が報告してきた一般成人が評価する最適径の値の範囲内であり、さらに八高ら[83]が報告した最大保持力や手と物体の接触面積が最大となる径を含んでいる範囲であった。このように、一つの径が最適径であるという結果が得られない理由として、円筒物体を把握して「握り易さ」の感性評価を行っている際に、握り易いイメージとして抱く道具の径あるいは手と物体との接触に対する握り易い感覚が個々人によって異なることから、複数の径が最適径と評価されたことに影響していると考えられる。

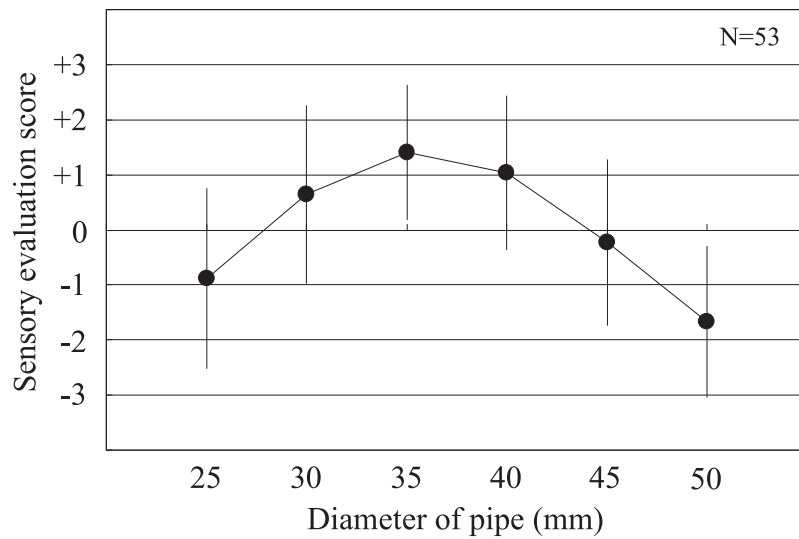


Fig. 2-5 Average and standard deviation of the sensory evaluation score

3.2 最適径評価値と指の関係

図 2-6 は、5 指を用いて円筒物体を把握した場合と中指、薬指そして小指の 3 指を用いて把握した時の握り易さの感性評価を行った測定の典型的な結果例として被験者 A と B の結果を示した。図 2-6 (a) の被験者 A の場合、5 指を用いて把握した時の最適径は 25mm～32mm、3 指を用いて把握した時の最適径は 19mm～25mm であり、3 指で把握した時の最適径が細い結果を示した。被験者 10 名の内、この結果と同じ傾向を示した被験者は 6 名であった。一方、図 2-6 (b) の被験者 B の場合、5 指と 3 指を用いて把握した時の最適径 32mm～43mm はほぼ一致していた。この結果は、他の 2 名の被験者で同様であった。このように、把握の用いる指の数によって、評価が異なる原因として、把握時の評価に主として用いる指の太さに対する感覚が影響していると考えた。

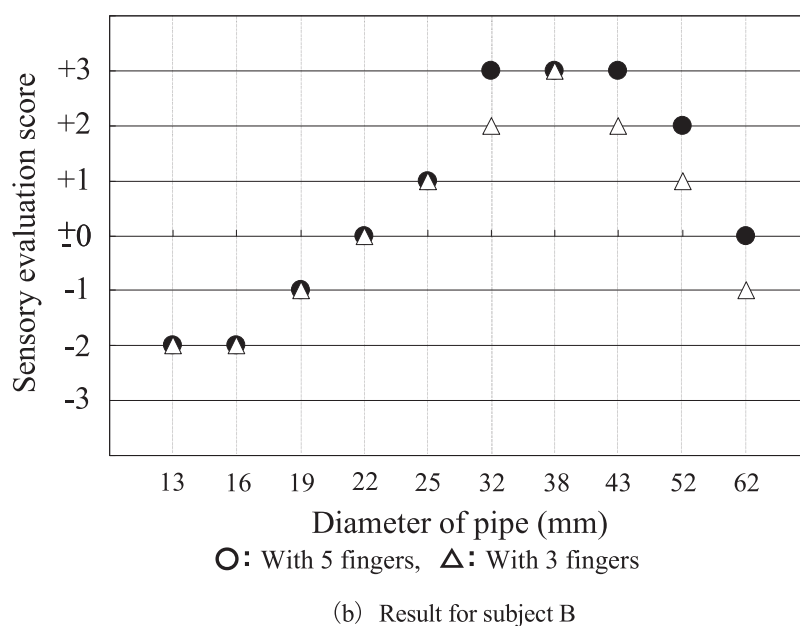
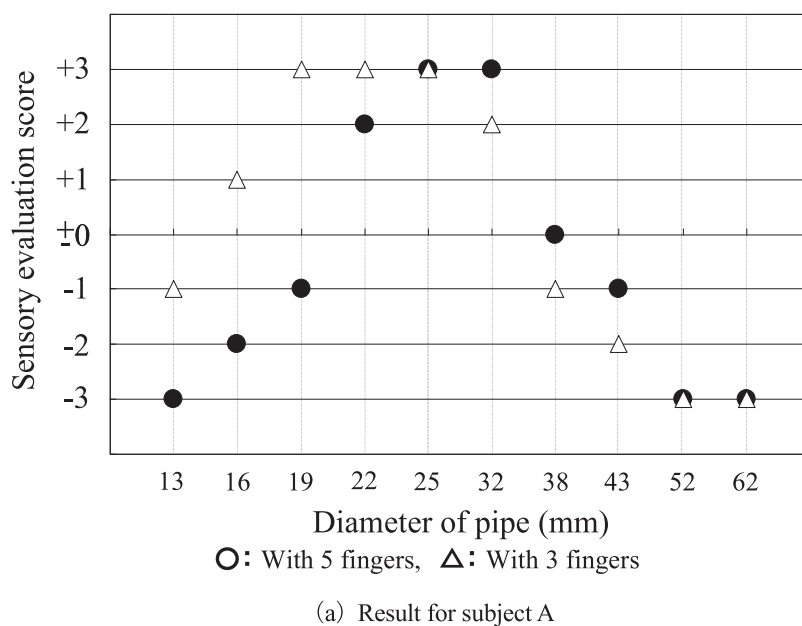
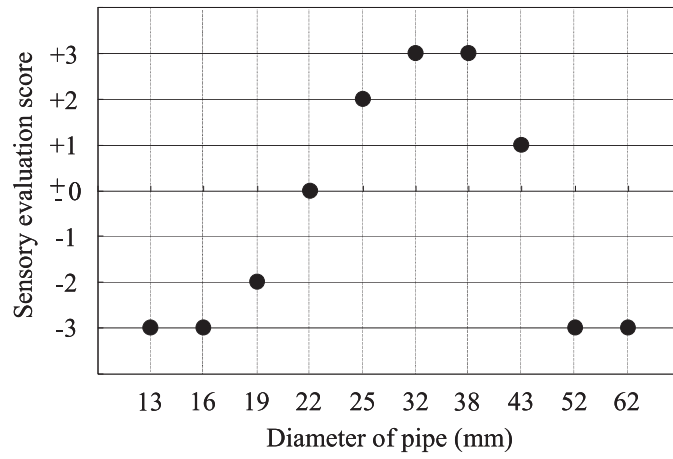


図 2-6 Effect of the number of grasp fingers on the sensory evaluation

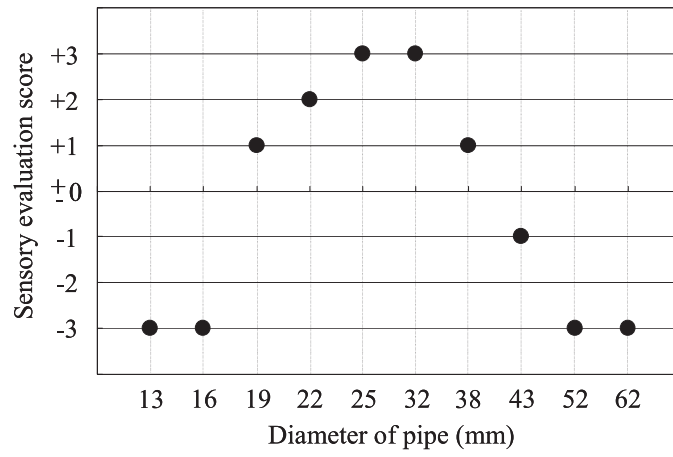
そこで、3 指で把握した時に、主として中指、薬指そして小指それぞれ個別に力を入れて把握した時の握り易さの評価を行った。図 2-7 は、被験者 B の例を取り上げ、(a) は主として中指に、(b) は薬指そして (c) は小指に力を入れて把握した時の握り易さを評価した結果を示した。図 2-7 (a) の主として中指に力を加えて評価した時の最適径は、32mm~38mm であった。図 2-7 (b) の主として薬指に力を加えて評価した時の最適径は 25mm~32mm、図 2-7 (c) の主として小指に力を加えて

評価した時の最適径は 19mm～25mm であり，評価に主として用いる指が中指から小指に移行するにしたがい，細い径を最適径と判断していることがわかった．

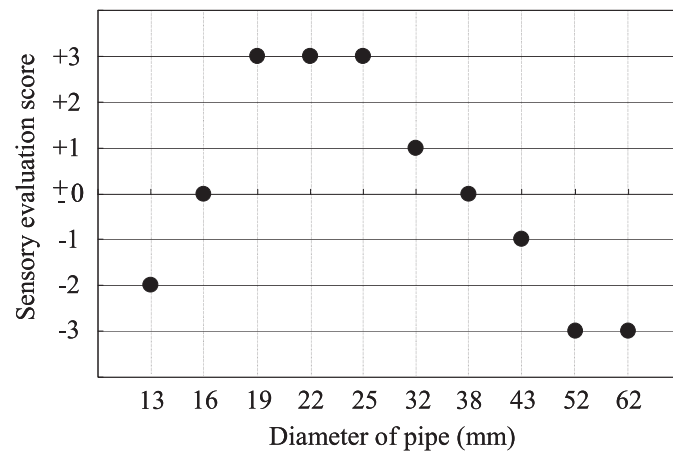
図 2-7 (a) の最適径 32mm～38mm と図 2-7 (b) の最適径 25mm～32mm は，図 2-6 で示した 5 指で把握した時の最適径と一致している．一方，図 2-7 (c) の最適径 19mm～25mm は，図 2-6 で示した 3 指で把握した時の最適径 19mm～25mm と一致した．最適径を判断する指が中指から小指に移行するにしたがい徐々に最適径が細い径になるという傾向は，被験者 B を含めてほとんどの被験者で見られる傾向であった．このことは，図 2-6 で示した被験者 A では，3 指で評価した時には小指を主に用いて評価し，被験者 B は中指あるいは薬指を主に用いて評価した結果であった推測できる．すなわち，円筒物体把握時の握り易さの評価には，評価する時に用いる指の感覚が影響していることがわかった．



(a) Principal finger ; The middle finger



(b) Principal finger ; The ring finger



(c) Principal finger ; The little finger

Fig. 2-7 Effect of principal grasping finger on the sensory evaluation

3.3 最適径と手関節動作との関係

図 2-8 の (a) から (d) は、各径の円筒物体を把握した時の手関節可動域の結果を示した。図 2-8 (a) は掌屈、(b) は背屈であり、水平方向の可動域の結果である。また、(c) は橈屈、(d) は尺屈であり、上下方向の可動域である。図中の網掛け部分は、最適径が得られた 30mm~40mm の径の範囲を示している。

掌屈動作では、可動域が最も大きい値を示した径は、45mm であり 64.2 度であった。可動域は細い径で狭く太い径では大きくなる傾向であった。一方、尺屈動作では、可動域が最も大きい値を示した径は 35mm であり、最適径の範囲内であり、さらに 30mm および 40mm でも細い径と太い径と比較して大きい値を示していた。水平方向の可動域とした場合、最も大きい値を示した径は 45mm であるが、最適径である 30mm~40mm の径は次いで大きい値であった。可動域は、把握する径に対して、最適径あたりを中心とした凸の形の傾向を示した。

橈屈動作では、可動域が最も大きい値を示した径は 35mm であり、最適径では可動域が大きい傾向を示した。また尺屈動作でも可動域が最も大きな値を示した径は 30mm であった。上下方向の可動域とした場合、最適径で可動域が高く、水平方向と同様に最適径あたりを中心とした凸の形の傾向を示した。

把握動作において、指の屈曲角度によって、指および前腕部から手部の屈筋および伸筋の筋緊張の度合いが異なることになる。しかしながら、いずれの動作においても、一元配置の分散分析を用いて、各径の可動域の差の検定結果では有意な差がみられなかったが、最適径を中心に細い径と太い径になるにしたがい可動域が低下傾向を示していることは、人が物体を把握する時に、手関節を動かし易くする指の角度がある可能性があり、その角度で人が物体を把握した時に感じ取る「握り易い」と感じる太さでの指の角度になっていると考えられる。

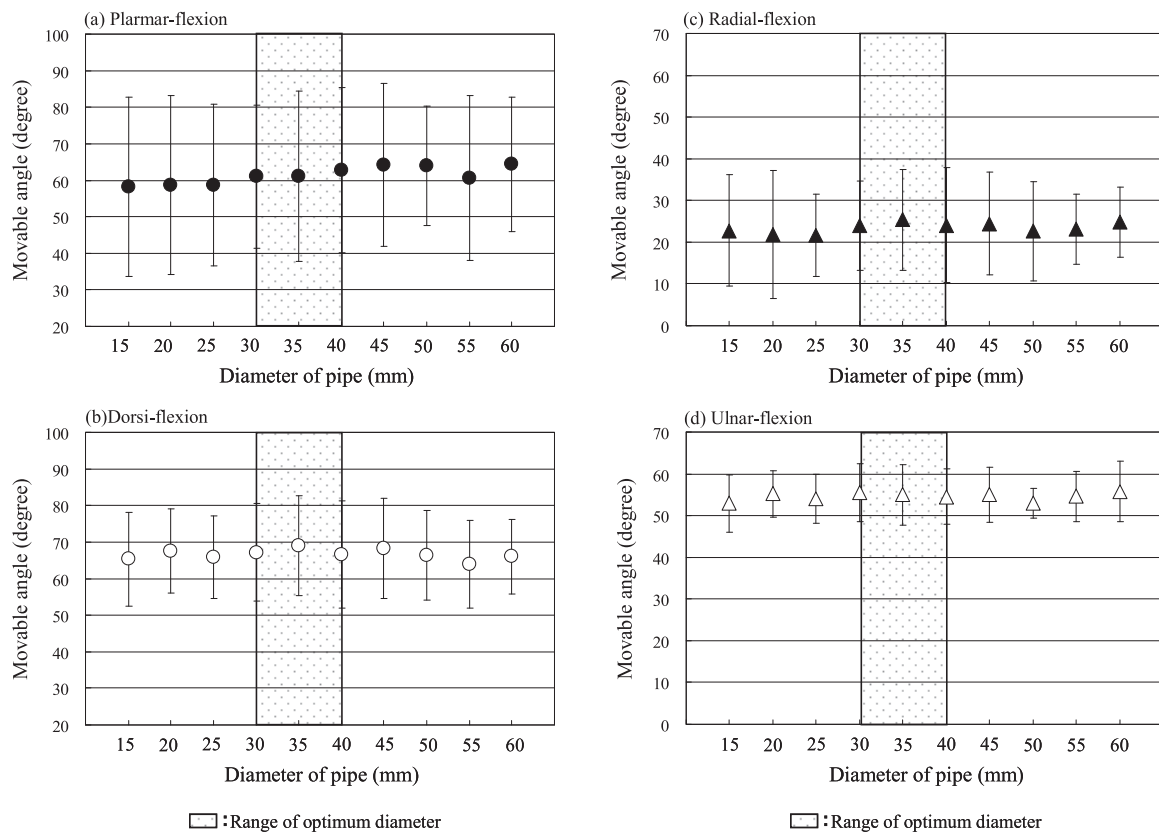
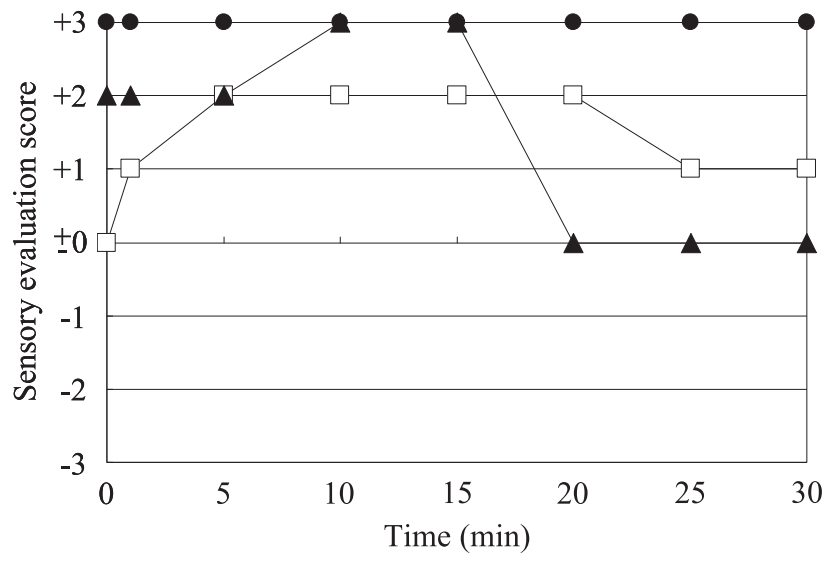


Fig. 2-8 Movable angle at horizontal and vertical movement of writ joint

3.4 長時間把握時の感性評価値および筋電図特性の変化

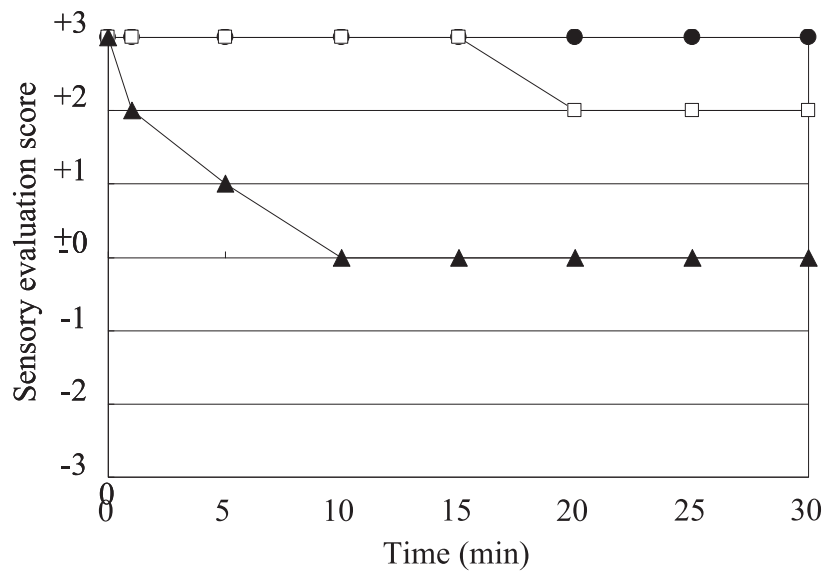
図 2-9 には、30 分間、異なる直径の円筒物体を把握した時の握り易さの感性評価値の変化を示した。図 2-9 (a) は、最適径である 32mm より太い径を把握した時の評価値の結果であり、図 2-9 (b) は最適径より細い径を把握した時の評価値の結果である。最適径では、30 分間評価値に変化はなく、終了まで「非常に握り易い」と評価されていた。最適径より太い径を把握した場合は、指が開きすぎることにより痛みが生じ評価値が低下していった。一方、最適径よりも細い径を把握した場合には、なじみ効果により一時的に評価値が高くなる傾向もみられたが、最終的には評価値は低下した。

以上のことから、最適径を把握する効果は、長時間把握していても感覚的な疲労感が生じず、握り易い感覚が継続することといえる。



□: $\phi 22\text{mm}$, ▲: $\phi 25\text{mm}$, ●: $\phi 32\text{mm}$

(a) Thin diameter than the optimum diameter



●: $\phi 32\text{mm}$, □: $\phi 38\text{mm}$, ▲: $\phi 43\text{mm}$

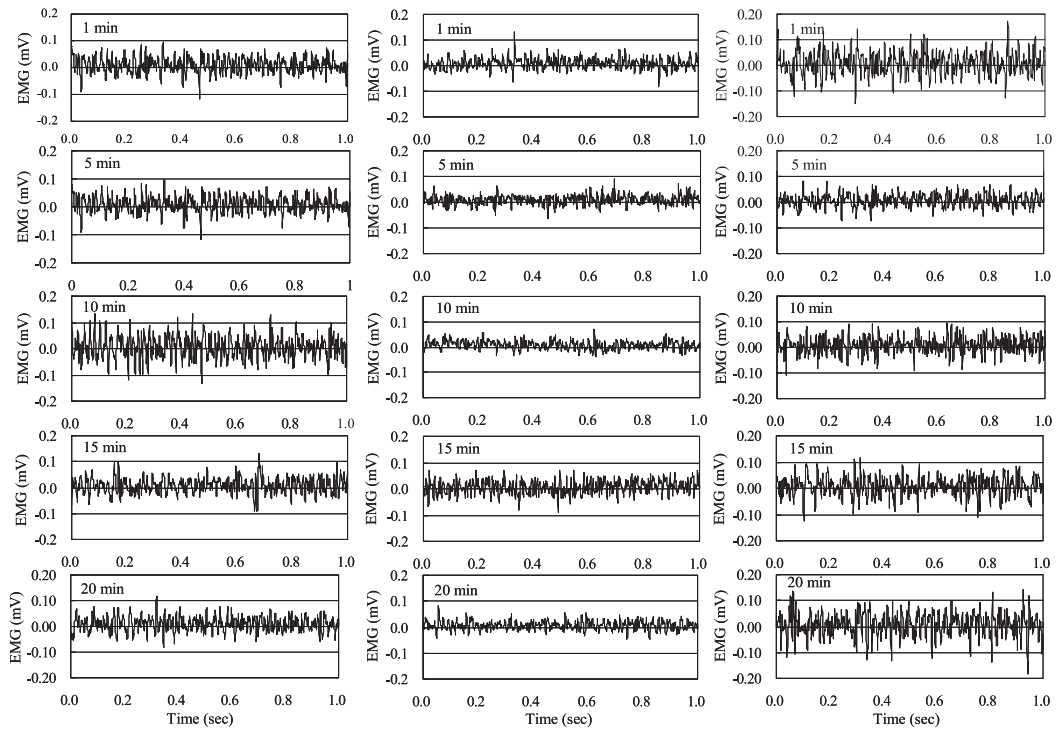
(b) Thick diameter than the optimum diameter

Fig. 2-9 Change in the sensory evaluation score during 20 minutes grasping

筋疲労の原因は、①筋力発生の低下、②一定張力保持（負荷）の場合のEMG活動（振幅と頻度）の増加、③EMGパワースペクトルの低い周波数帯域への移行と低周波成分（40Hz以下）の増加、をもたらすことが明らかにされている[84]

図 2-10 は、前腕部の拮抗筋である総指伸筋（A）と浅指屈筋（B）の時間経過にともなう筋電図変化を、図 2-14 は、手部の拮抗筋である短母指外転筋（A）と母指内転筋（B）の時間経過にともなう筋電図の変化を示した。総指伸筋（A）および浅指屈筋（B）ともに、3本の径の中で最適径と評価された 30mm の円筒物体を把握した時の筋放電量の振幅は、他の径よりも小さく、30 分間一定の傾向を示していた。一方、最適径よりも細い径と太い径では、筋放電量の振幅は時間とともに大きくなり傾向を示していた。この傾向は、図 2-11 で示した短母指外転筋（A）および母指内転筋（B）も同様の結果を示していた。以上のことから、評定尺度法によって得られた感性データは、筋電図法によって得られる生理学的データと対応する結果が得られることがわかった。

(A) Extensor digitorum

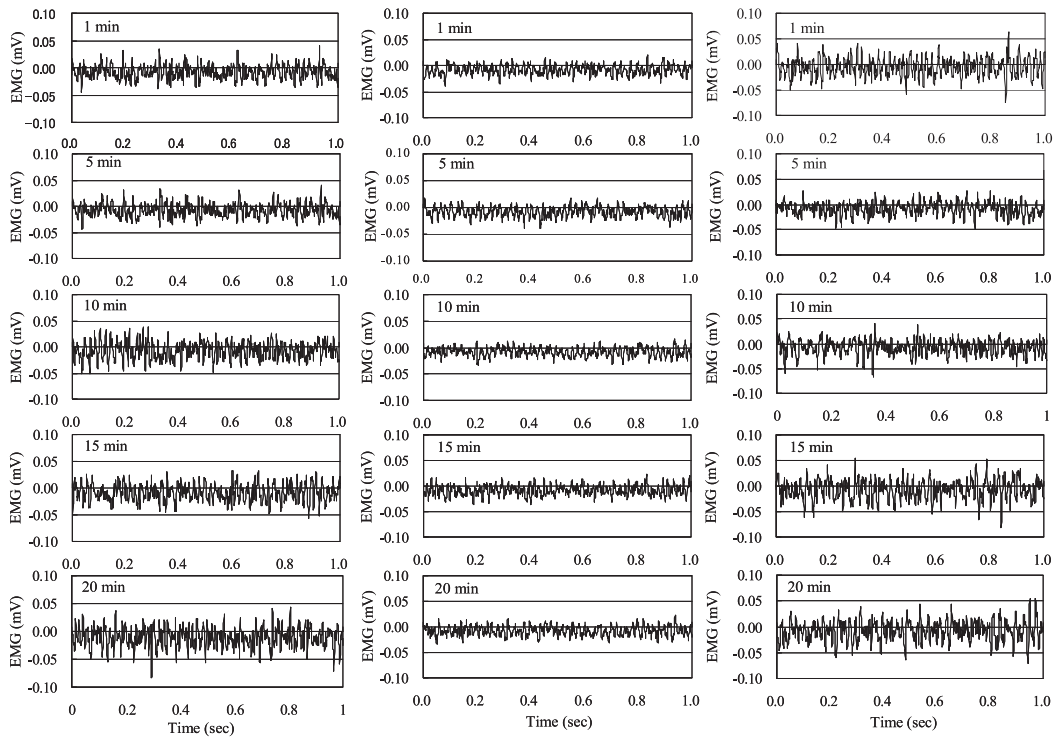


(a) 20mm

(b) 30mm

(c) 50mm

(B) Flexor digitorum Superficialis



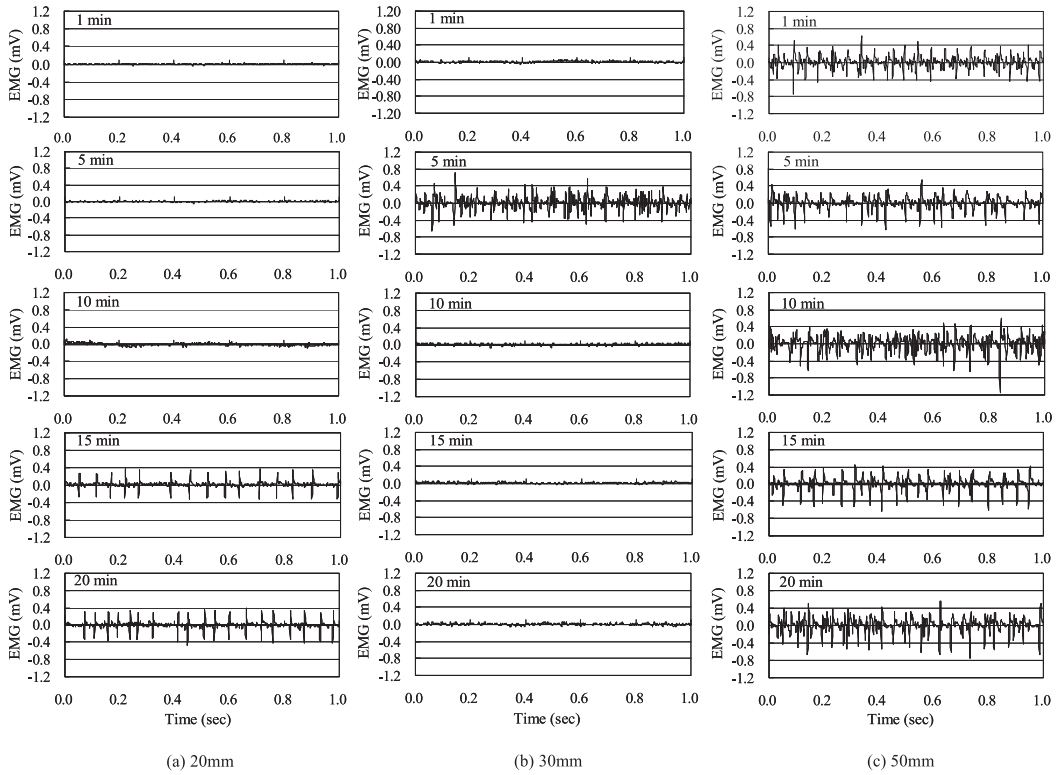
(a) 20mm

(b) 30mm

(c) 50mm

Fig. 2-10 Electromyograms of forearms during long-term grasping

(A) Abductor pollicis brevis



(B) Adductor pollicis

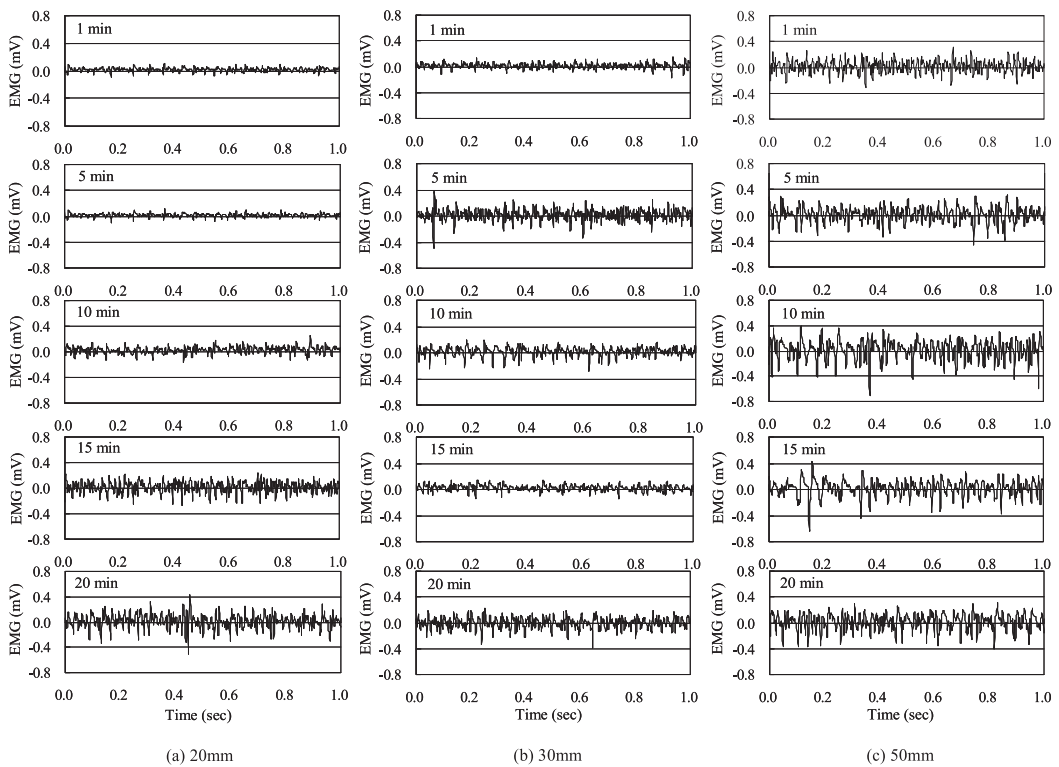


Fig. 2-11 Electromyograms of fingers during long-term grasping

4. 結言

53名の一般成人である評価者を対象に、7段階の評定尺度を用いて「握り易さ」を評価した結果、30mm から 40mm の径が最適径と評価された。この最適径の範囲は、これまでの研究結果から得られたものと同様であった。評価者によって得られた最適径が1つでなかった。これは、円筒物体を把握して「握り易さ」の感性評価を行っている際に、評価者が握り易いイメージとして抱く道具の径あるいは手と物体との接触に対する握り易い感覚が個人によって異なることから、複数の径が最適径と評価されものと考えられる。評価者に、握り易さのイメージを精度高く形成させるためには、評価者に与える具体的な感性情報の提示が必要であることが明らかになった。

最適径の評価に影響を及ぼす因子として、把握指の特性、手関節動作特性を挙げて検証した。その結果、「握り易さ」の感性評価には、物体を把握し評価する時に、主として用いる指が中指ならば太い径を、小指ならば細い径を最適径とする傾向がみられ、主体に働く指の感覚が評価に影響していることがわかった。また、最適径を把握した時の手関節の可動域が大きい径効果があったが、統計的に有意な差はみられず把握する径と手関節可動域の間には関係がないことがわかった。

長時間把握時の感性評価値および筋電特性を調べた結果、最適径では、長時間把握している時の「握り易さ」の評価値は変わらず、この時の前腕部および指部の筋電位は一定値を示し、最適径の把握は、疲労を伴わない把握であることと、感性評価値と生理学的特性の評価値と対応した結果が得られることがわかった。

第2章 参考文献

- [80]八高隆雄, 山本圭治郎, 小山昌洋, 兵頭和人, “円筒物体把握における握り易さの感性評価”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.62, No.602, (1996), pp.3999-4004.
- [81]Takao, Y., Keijirou, Y., Masahiro, K. and Kazuhito, H., “Sensory evaluation of grip using cylindrical pipe”, JSME International Journal. Series C, Mechanical System, Machine Elements and Manufacturing, Vol.40, No.7, (1997), pp.730-735.
- [82] 高橋勝美, 坂元孝子, 山本圭治郎, 八高隆雄, “物体把握時の握り易さと EMG 特性”, Dynamics and Design Conference 2006 講演 CD-ROM 論文集, (2006).
- [83] 八高隆雄, 荒川進, 高田一, “手 - 円筒物体間の力の伝達”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.60, No.573, (1994), pp.1721-1726.
- [84]永田晟, “筋と筋力の科学”(1984),pp.115-125, 不昧堂.

第3章 機械設計データとして有効な感性評価値の尺度段階数と被験者数の検証

1. 緒言

第2章では、「握り易さ」の感性評価に基づく最適値の測定の有効性を検証した。道具の柄の最適値を求めるには、把握する柄を握る指の感覚が重要であり、求められた最適径では、長時間把握時に疲労感が現れないことがわかり、個人の好みに合わせた設計が重要であることが明らかになった。設計には、大量生産を必要とする設計と個人個人の好みに合わせる設計がある。大量生産を必要とする設計では、ある集団の好みを精度高く評価する必要があるが、これまで実施されている感性評価法において、何人の被験者を用いれば、ある集団の特性を代表する感性評価値が得られるかの検討はまだない。そこで、「握り易さ」の感性評価の代表値を評価するために必要な被験者数の検証を行った。

人間の手の延長として道具が生まれ、道具がより発展して人間が操作する機械が作られた経緯から、これらの機械の設計には人間との馴染みややすさが欠かせない。道具や機械の「使い易さ」や「使い心地」は、人間と触れるハンドルや操作パネルという実体を通して、手からの感触、目からの視覚および耳からの聴覚等の情報に対して尺度付けを行ってきた。ここで用いられる情報は、物体の太さや表面の粗さ等の物理量と対応できる量的あるいは強度的な特性を有する心理量であり[85]、オズグッドの意味微分法（SD法）[86]などで評価がなされている。これらの評価法は、機械設計における形状や機能と結びつくため、設計上重要な因子である。SD法では、形容詞対の意味を5段階や7段階に分割するため、これ以上感度の良い情報は得られないが、絶対評価が可能であるためデータの追加や再実験との比較も可能である。測定感度は評価段階で決まるが、評価段階が被験者の評価能力を超えると信頼性が低下する[88]。また、SD法で得られるような評価段階というカテゴリー分けでは、情報伝達量の観点から、感度を高めて情報の信頼性を確保するためには5段階が最適であると指摘されている[87]。神宮は、人間の記憶容量の限界が通常7前後であることから7段階が最も適切であると指摘している[88]。さらに、互いに順序を比較するような尺度では、個々の具体的な実体に即して経験的に決めるべきであることが指摘されている[89]。ところで、最も単純な段階は、「Yes」、「No」で評価を行う2段階が考えられ、これに「わからない（どちらでもない）」を入れれば3段階になる。このように情報の感度を下げれば曖昧さは減少する。機械設計に必要な設計情報を得るためには、できるだけ曖昧さの少ない信頼性の高い情報が必要である。心理学分野で構築され

た評価法を機械工学分野で設計に利用する場合に、信頼性の高い情報を得られる条件を明確にしておく必要がある。

一方、社会心理学の分野では、意欲や意見に対する評価のような物理量とは結びつかない質的な心理量が存在する。購買意欲や社会情勢の評価などに使われる場合には、確率判断でパーセンテージを尋ねたり、0 から 100 点までの 101 段階とみなせる質問を用いることも可能である。これらの分野では、尺度を何段階に分けて質問することが適切であるかは、測定目的や対象とする内容によって異なる[90]。リッカートの方法はこの部類に属し、比較評価が主なため評価段階をいくらかでも細分化できることに特徴があり、細分化しても情報の信頼性や妥当性が影響されないが、信頼性確保のためには多くの被験者を必要とする[91]。また市場調査をリッカートの方法で行う場合には、5 段階や 7 段階評価の方が 10 段階評価より望ましいとする報告もある[90]。

ところが、人間の感覚を利用して、実験室レベルで特定の訓練を受けた被験者が 2 から 3 人で特性を評価する手法とする官能評価法は、利き酒、香り、味等の評価に使われている。計測器で評価しにくい物理量を少ない被験者で評価する点は、社会心理学分野の評価とは対照的である。機械設計に利用する感性評価値は、物理量と結びついており、しかも評価は事前に知覚異常を除いた限られた被験者に対して、実験室で行われる点では官能評価に近い面がある。本研究では、機械工学分野で利用される信頼性のある設計情報を得るための評価段階とその為に必要な被験者数に対する情報を得るために、人の感覚をもとに最適値を選定するという評価に関して、すでに多くの研究例[91-98]がある円筒物体の「握り易さ」の評価の問題をとりあげ検討した。

2. 方法

2.1 評価段階の設定

本研究では、感性評価対象として、成人がある太さのパイプを握り、「握り易い」と感じる評価値の問題を取り上げる。この評価対象に対して、2 段階から 7 段階までの尺度段階による主観的評価を行い、「握り易さ」を評価する最も適した尺度段階について検証する。ここで、「握り易さ」の主観的評価を行うための尺度段階は、図 3-1 に示すように 2 段階（以下 R2）、3 段階（以下 R3）、4 段階（以下 R4）、5 段階（以下 R5）、6 段階（以下 R6）および 7 段階（以下 R7）の計 6 種類であった。また、R2 の評価表は、「+1；握り易い」、「-1；握り難い」、R3 の評

評価表は、「+1；握り易い」、「±0；どちらでもない」、「-1；握り難い」のように数値化した。偶数と奇数の尺度分阶段階の違いは、偶数には曖昧な表現である「±0；どちらでもない」という評価を除いたことである。最も「握り易い」とされる最適径は、各尺度阶段階で最も評価点が高いものとした。また、各尺度阶段階を用いて主観的評価を行っている時間を測定した。時間は、パイプを握った時から評価結果を発声するまでの時間とした。

2.2 評価実験の方法

「握り易さ」の評価のために用いたパイプは、アクリル樹脂性のものであった。パイプの径と質量の関係は、25mmφで36g、30mmφで43g、35mmφで49g、40mmφで59g、45mmφで67gそして50mmφで72gの6種類であったが、把握時の評価は、机の上にこれらのパイプを立てた状態で行ったため、パイプの質量の差が結果に影響することはないと考えられる。

「握り易さ」の主観的評価は、評価時の室内環境が同一となるように測定期間は同一の実験室で行った。実験室では、検者と被験者それぞれ1名が入室し、外部からの雑音が入らない環境の下で評価を行った。また、前評価時の握り感覚が影響しないように、評価は少なくとも1日2回までとし、1日内で行う場合は4時間以上の間隔をあけて実施した。被験者の姿勢は、椅座位で肘関節が90°で肩関節外転0°となるよう上肢を机の上に位置させた状態でパイプを把握させ評価を行わせた。把握動作は、筒状掴み[99]とした。いずれの場合にも、握り易さの評価は、開始の前に一度パイプを把握させた上で評価を行った。把握するパイプの径は、ランダムに把握させた。

2.3 被験者

6種類の尺度阶段階法によるパイプの握り易さの評価に参加した被験者は、健康な男子大学生100名であった。被験者は、あらかじめモノフィラメント知覚テスターを用い、Bellの手法[100]により、物体把握側の5指の指先（末節骨上）でタッチテスト（触覚圧検査）を実施した。その結果、被験者の触覚圧は、平均で0.1g以下（範囲0.008gから0.4g）であり、正常範囲の被験者であった。被験者の平均年齢、身長および体重は、 19.6 ± 1.6 歳、 174.0 ± 4.9 cmそして 69.9 ± 7.9 kgであった。

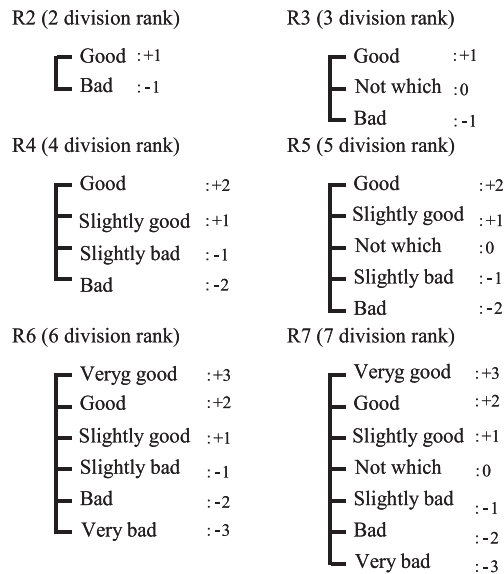


Fig. 3-1 Six kinds of division rank for the sensory evaluation of grip diameter

3. 結果および考察

3.1 尺度分割段階による評価の特性

3.1.1 個々の被験者の評価の特徴

図 3-2 は、被験者 A がパイプを握り、そのパイプが握り易いか否かを、25mmφ~50mmφ のパイプに対して評価した結果である。図 3-2(a)は、2 段階評価 R2 の「+1 ; 握り易い」と「-1 ; 握り難い」で評価した結果であり、縦軸は評価値を、横軸にはパイプ径を表示した。その結果、「+1」と「-1」の 2 段階の尺度段階であっても、35mmφ~40mmφ の間を握り易いと評価しており、これは著者らが 5 段階評価 R5 や 7 段階評価 R7 で評価したこれまでの報告の値とほぼ一致する[91][93][96-98]。(b)は、「どちらでもない」という評価を加えた 3 段階評価 R3 の結果であり、評価値が低下しているが、評価曲線の傾向は(a)に近い。同様に(c)~(f)は、R7 までの尺度段階で評価した結果を示す。尺度段階が多くなるにしたがって評価曲線の山の尖り方は急になる傾向があるものの、どの尺度段階を用いても得られる結論に大きな差は生じない。一方、図 3-3 は、被験者 B に対する結果である。その結果、被験者 B においても、被験者 A とほぼ同様に、R2 の評価では、35mmφ~40mmφ のパイプを握り易いと評価し、尺度段階が R3~R7 へと増加するにしたがって評価の感度が上がり、より評価曲線が鋭くなる傾向が認められる。被験者 A および B は、全体の代表的な例として選定した。

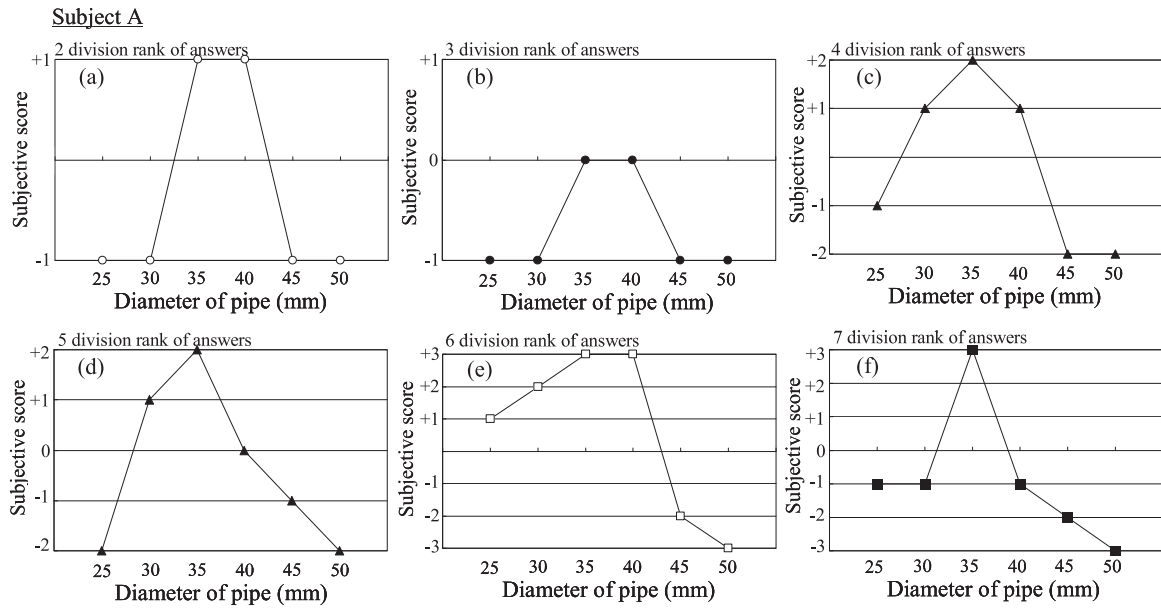


Fig. 3-2 Distribution of the subjective score in case of 6 kinds of division rank about subject A

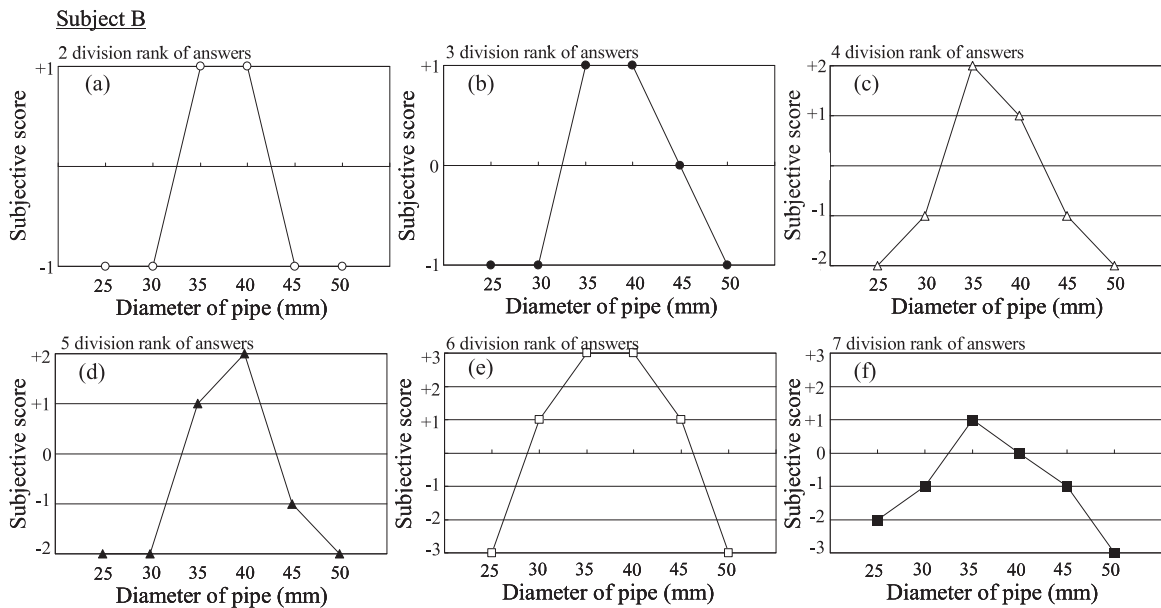


Fig. 3-3 Distribution of the subjective score in case of 6 kinds of division rank about subject B

3.1.2 尺度段階と全体の分布形態の関係

図 3-2 および図 3-3 に示した個々の被験者を含め、100 名の被験者全体から得られたデータを、尺度段階毎に評価得点とパイプ径の関係でまとめた評価曲線を図 3-4 に示す。評価曲線の分布は、どの尺度段階を用いても 35mmφ 前後で最大値となり、データのばらつきは最適径で小さ

くなる傾向が認められた。さらに、分布の形状は、尺度段階に関わりなくほぼ同形状で、やや細い径側に歪んでいる。しかしながら、各尺度段階で得られた各径の評価得点について、一元配置分散分析の多重比較 Tukey-Kramer 検定を行った結果、R2 では 30mm と 35mm、R3 および R4 では 35mm が、R5、R6 および R7 では 30mm と 35mm で有意に高い値を示していた。以上のことから、評定尺度法を用いて最適径を評価した場合、100 名の被験者を対象として数段階の尺度段階を用いても必ずしも 1 本に絞りきることができないことがわかった。

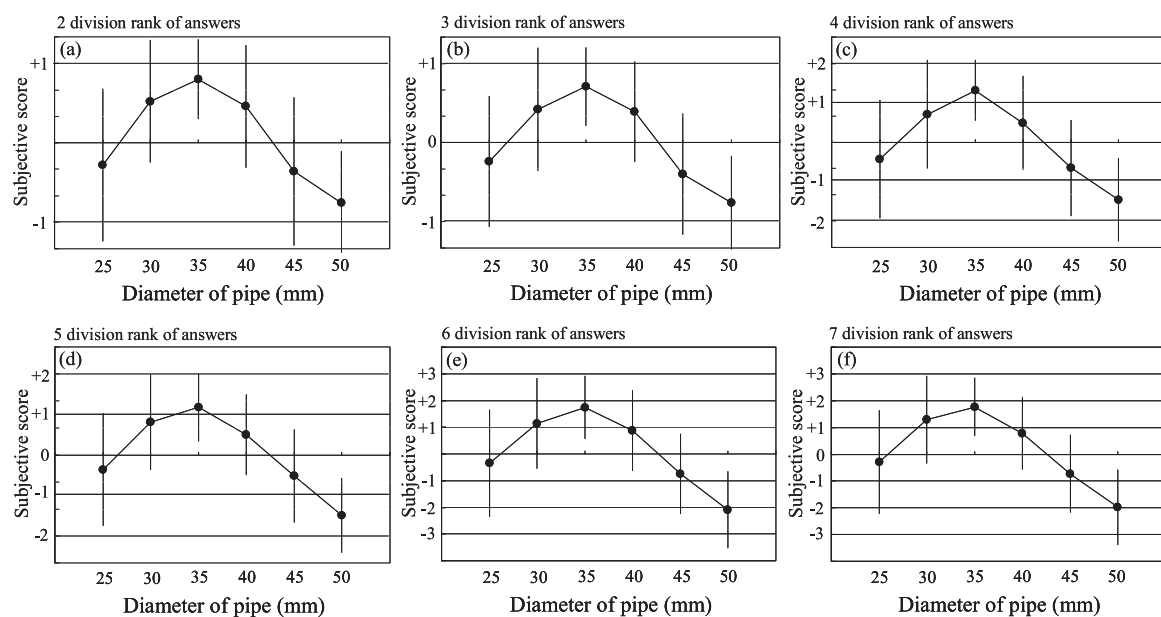


Fig. 3-4 Change in average and standard deviations of subjective score with the difference in the diameter of cylinder

一方、図 3-5 は、各尺度段階で握り易さの主観的評価を行った時の、1つの径の評価に要する時間の平均値と標準偏差を示した。各尺度段階の評価時間は、尺度段階が多くなるにしたがい長くなり、R4 以降は一定の時間になる傾向がみられた。ここで、尺度段階が多いほど、選択数が多くなるため判断の時間が長くなることは当然ではあるが、R4~R7 の尺度段階には有意差は認められず、ほぼ同様の評価時間で評価していることが明らかになった。

以上のことから、尺度段階は、被験者全体のデータをまとめて処理するならば、尺度の分割段階に関わりなく分布形状は同様であり、評価得点が高いほど、いずれの評価段階でもばらつきは小さくなる傾向が認められた。さらに、R4~R7 では評価時間には差がないことも明らかになった。

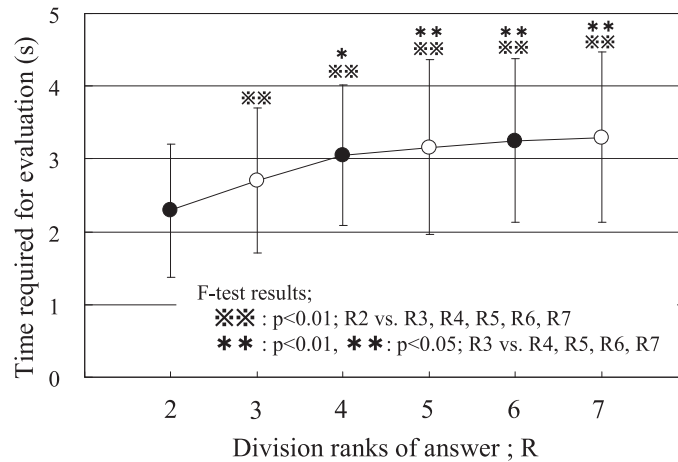


Fig. 3-5 The required time for evaluation at each division rank (White plots are odd number and black plots are even number of division rank)

3.2 評価値に及ぼす尺度段階および被験者数の影響

3.2.1 最適径の平均値と分散からの検討

図 3-4 では、被験者 100 名の場合の結果を示した。この種の評価実験を行う場合に、毎回 100 名の被験者で評価を行うのでは、この手法の利用が限定される。そこで、設計に利用可能なデータを得るために必要な被験者数と尺度段階の問題を明らかにするため、被験者数を 5 名ずつ増やしながら 100 名までについて評価した結果を図 3-6 に示す。図 3-6 は、各尺度段階 R で得られた最適径を示す。被験者数 5 名(a)から 100 名 (i) までの内で、特徴的な変化が生じた場合の結果を示した。各尺度段階で得られた最適径は、被験者数 N が少ない N=5 や N=10 では、尺度段階 R が増すにしたがって最適径は細くなる傾向がある。さらに、R2 や R3 では最適径は太いが、R5 で細くなるなどの値の変動が大きい。しかしながらこの値の変動は、被験者数が多くなるにしたがい N=20 ではかなり小さくなり、かつほぼ一定値となる傾向を示した。さらに、尺度段階が R6 と R7 に限れば、N=10 から最適径はほぼ安定している。しかしながら、各被験者数で各尺度段階の最適径の結果を一元配置分散分析の多重比較 Tukey-Kramer 検定を行った結果、いずれの被験者数および尺度段階についても最適径に有意な差はみられなかった。また、各尺度段階について、100 名の被験者数で得られた最適径に対して、5 名ごとに評価した最適径の値について一元配置分散分析の多重比較 Dunnett 検定を行った結果、いずれの尺度段階において、被験者数に関係なく 100 名の最適径の値の間に有意な差はみられなかった。以上のことから、評定尺度法を用いて最適径を評価する場合、どの尺度段階を用いても 5 名以上の被験者で平均的な最適径を評価できるといえる。

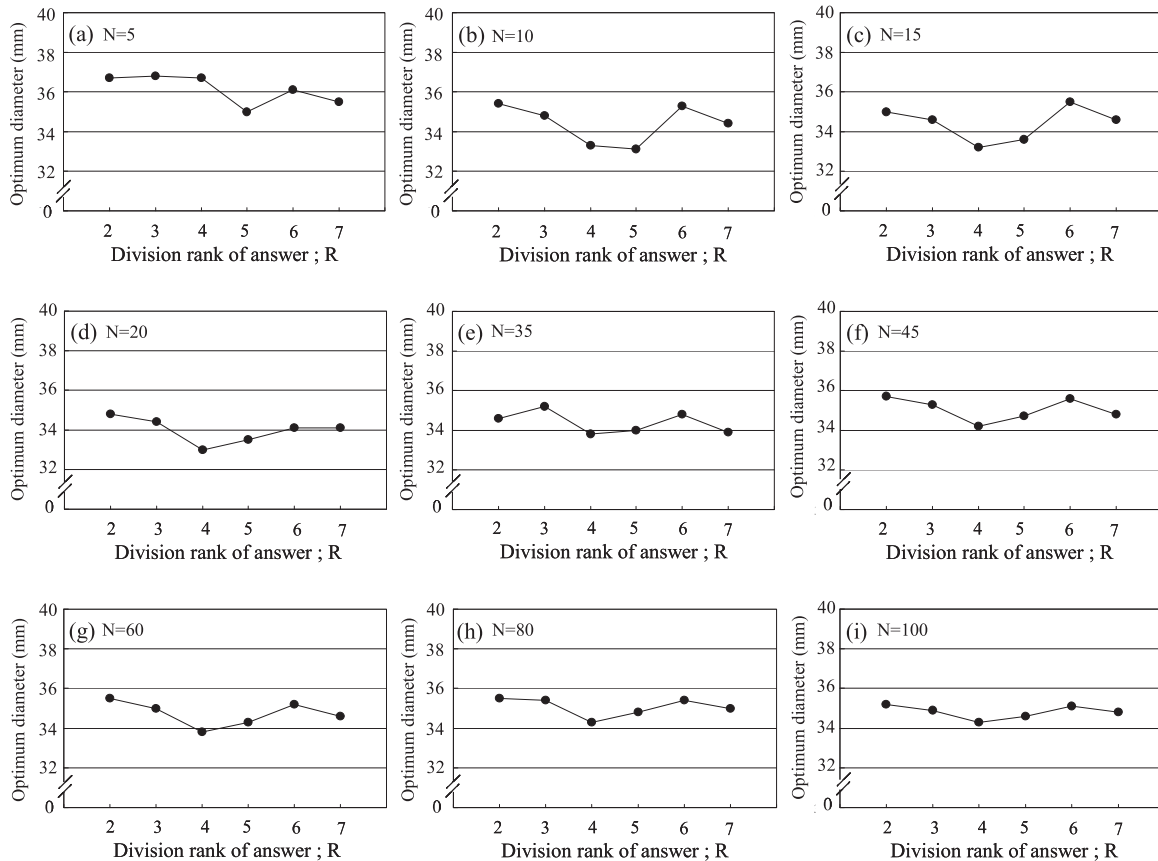


Fig. 3-6 Relation between the average value of the optimum diameter and the division rank R

一方、図 3-7 は最適径の標準偏差 S.D.と各尺度段階 R の関係で、図 3-6 と同様に被験者数を 5 名ずつ増やしながら求めた結果である。標準偏差 S.D.も、被験者数 N が少ない N=5 では、R3 や R6 で小さく R4 が大きいという様に各尺度段階で差が現れた。N=10~N=15 では、標準偏差 S.D.のばらつきは小さくなった。また、標準偏差 S.D.は、被験者数 N=20 以上では、尺度段階 R4 以上で一定になる傾向が認められる。さらにこの場合にも、R6 と R7 の標準偏差 S.D.は N=5 からほぼ一定値を示している。

以上の結果から、機械設計で用いるようなパイプの太さと「握り易さ」の最適径の平均値とその分散を、人間を用いて評価するために必要な被験者数は、尺度段階 R4 以上を用いれば 20 名以上の被験者を用いることで、R6 や R7 であれば 10 名以上の被験者を用いることで信頼性のある結果を得られることができることがわかる。

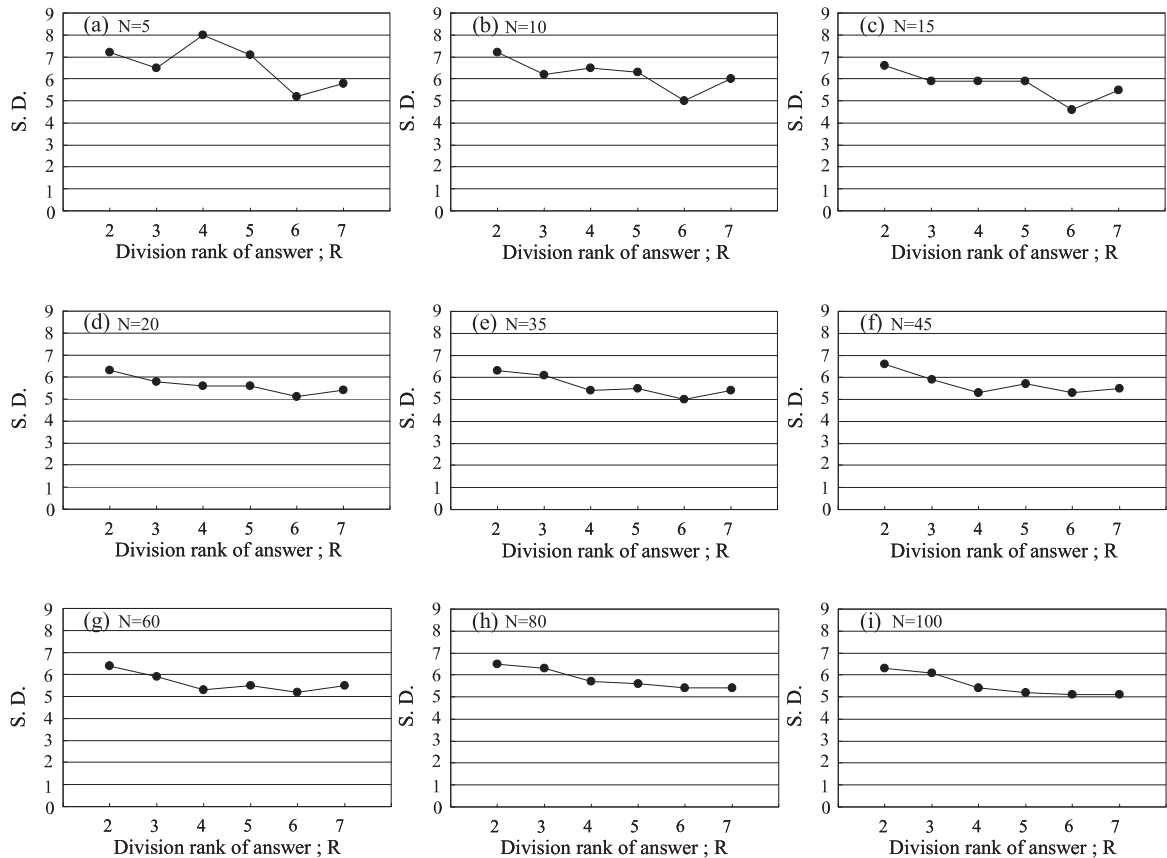


Fig. 3-7 Relation between the standard deviation value of the optimum diameter, S.D., and the division rank R

3.2.2 最適径の尖度と歪度からの検討

100名の被験者のデータの分布形状とほぼ一致する分布形状は、何名以上の被験者数から成立するかを調べるため、すでに調べている平均値と標準偏差について、分布の形状を現す尖度と歪度に着目して調べた。図 3-8 には、握り易さの評価値とパイプ径との分布における尖度を、図 3-9 には同じ分布の歪度を、横軸に尺度段階 R をとってそれぞれ示している。

図 3-8 の尖度および図 3-9 の歪度は、いずれも図 3-6 の場合と同様に、被験者数を 5 名ずつ増やしながら得られた結果の代表例である。尖度および歪度ともに、被験者数が少ない N=5 から N=30 までは、尺度段階間によって差が現れたが、N=35 以上であればそのばらつきは小さくなる傾向であった。また N=35 以上であれば、尖度はどの尺度段階においてもほぼ 3 で一定であり、正規分布とみなせる。一方歪度は、N=35 以上であればどの尺度段階においてもおおよそ 0.3 で一定であり、分布は径が細い方に歪んでいることがわかった。

以上の結果から、パイプの太さと「握り易さ」の最適径の評価において、データの分布の形状を示す尖度や歪度を含めて評価が安定になるのに必要な被験者数は、どの尺度段階であって

も 35 名以上が必要であり、その分布は歪度が約 0.3 の細い径側に歪んで、尖度がほぼ正規分布に近いことがわかった。

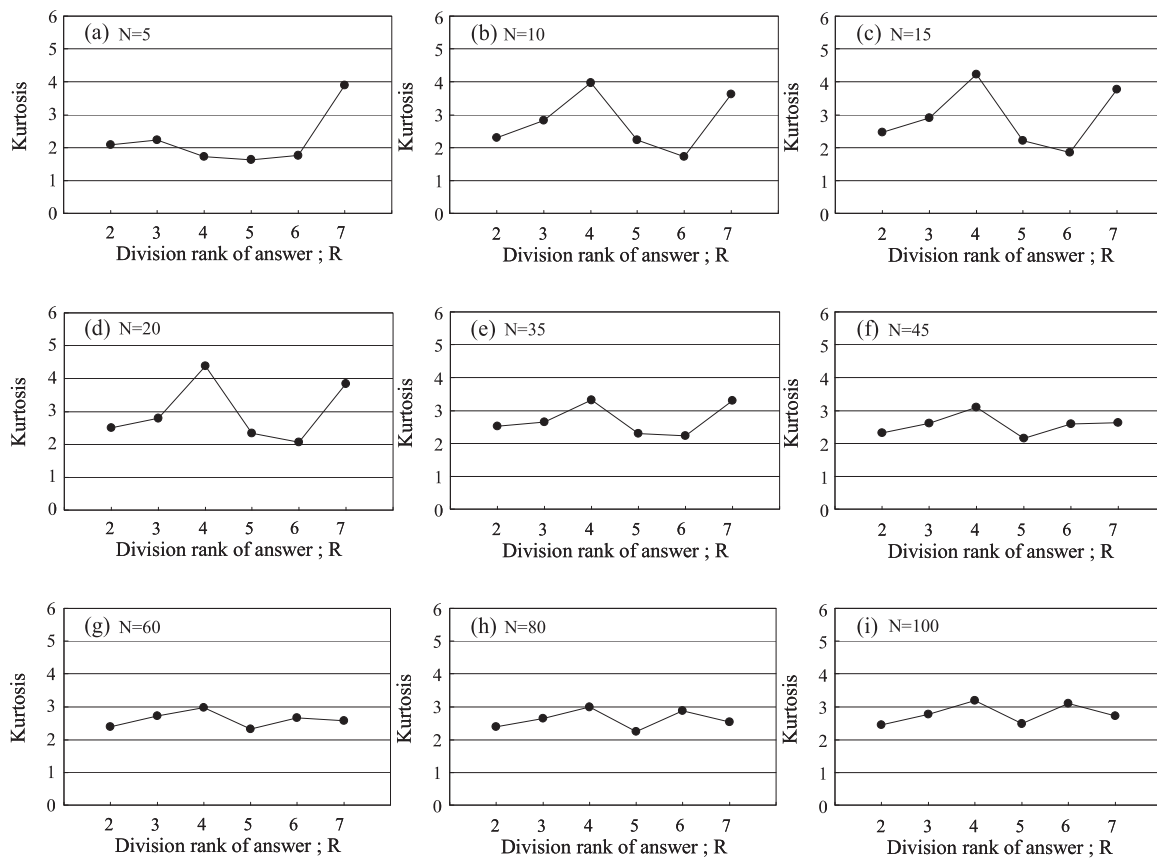


Fig. 3-8 Relation between the kurtosis of the distribution in the optimum diameter and the division rank R

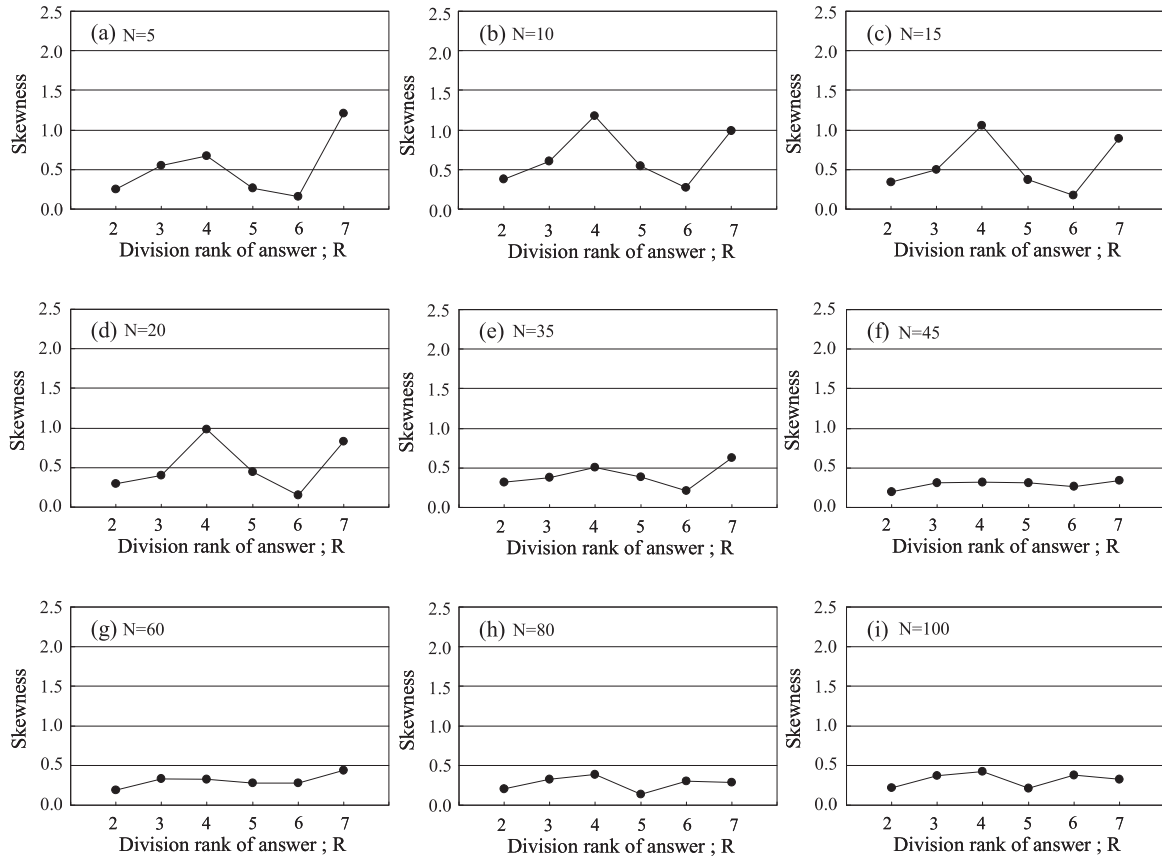


Fig. 3-9 Relation between the skewness of the distribution in the optimum diameter and the division rank R

4. 結言

人間が関わる機器の設計に利用可能な、信頼性のある感性評価データを得るために必要な尺度段階および被験者数について、2段階から7段階までの尺度段階について、成人男子大学生の被験者数を5名ずつ増加させて、合計100名までを対象とて、パイプの太さと握り易さの関係を検討し、以下の結論を得た。

(1) 100名の握り易い径の分布は、尺度段階に関わりなく、やや細い径側に歪んだ正規分布に近いことがわかった。また、最も握り易い径ほど、評価データのばらつきが小さくなる傾向が認められた。

(2) 被験者が握り易さを評価するために要する時間は、尺度段階が多くなる程長くなる傾向にあるが、4段階から7段階の評価ではほとんど差が無いことがわかった。

(3) 握り易さとパイプの径の関係を平均値と標準偏差からみると、4段階から7段階であれば被験者数は20名以上で再現性がある結果となる。また6段階や7段階に限れば、10名の被験者でも再現性があることがわかった。

(4) 握り易さとパイプ径の関係を尖度や歪度まで含めて再現性を判断すると、必要な被験者数はどの尺度段階であっても35名以上の被験者が必要であることがわかった。

(5) 以上の結果から、SD法などで機械設計データとして感性評価を行う場合に、通常使われる4段階から7段階の尺度段階を用いるならば、平均値であれば20名程度の被験者、6段階および7段階に限れば10名以上の被験者のデータでほぼ特長を抽出できることがわかった。さらに厳密さを求めて分布形状も考慮すると、35名の被験者が必要なことがわかった。

第3章 参考文献

[85] 神宮英夫，“印象測定のパシク学”，（1996），pp.22-24，川島書店。

[86] 岩下豊彦，“SD法によるイメージの測定”，（1983），pp. 4-30，川島書店。

[87] 田中良久，“心理学測定法”，（1961），pp. 77-78，東京大学出版会。

[88] 神宮英夫，“印象測定のパシク学”，（1996），pp.50-53，川島書店。

[89] 安藤清志，村田光二，沼崎眞，“新版社会心理学研究入門”，（2009），pp.5456，東京大学出版。

- [90] Dawes J., “Do data characteristics change according to the number of scale point used? An experiment using 5point, 7point and 10 point scales”, *International Journal of Market Research*, Vol. 50, No. 1 (2008), pp.1-19.
- [91] 八高隆雄, 山本圭治郎, 小山昌洋, 兵頭和人, “円筒物体における握りやすさの感性評価”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 63, No. 602 (1996), pp. 3999-4004.
- [92] 八高隆雄, 荒川進, 高田一, “手-円筒物体間の力の伝達”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 60, No. 573 (1994), pp. 1721-1726.
- [93] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, “円筒物体の握りやすさの感性評価に与える握り方の影響と指の力発揮特性”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 63, No. 612 (1997), pp.2794-2800.
- [94] 加茂美冬, 森本茂, 八高隆雄, 山本圭治郎, “短時間負荷条件下の円筒物体把握における最大保持力径について”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 64, No. 624 (1998), pp. 3083-3087.
- [95] 加茂美冬, 森本茂, 八高隆雄, 山本圭治郎, “荷重負荷速度が円筒物体把握における保持力および最大保持力径に及ぼす影響”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 65, No. 633 (1999), pp. 1922-1927.
- [96] 八高隆雄, 山本圭治郎, 堀健一, “円筒物体の上げ手握り時の握りやすさの感性評価と手のひらのアーチとの関係”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 66, No. 641 (2000), pp. 202-207.
- [97] 山本圭治郎, 八高隆雄, 高橋勝美, 兵頭和人, “長時間把握時における感性評価と筋電位および力発揮特性”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 63, No. 611 (1997), pp. 2408-2412.
- [98] 高橋勝美, 坂元孝子, 山本圭治郎, 八高隆雄, “物体把握時の握り易さと EMG 特性”, *Dynamics and Design Conference (CD-ROM 集)*, (2006).
- [99] 上原康夫, “手 その機能と解剖 (改訂 4 版)”, (2006), pp.5-7.
- [100] Bell-Krotoski J. A., “Sensibility testing with the Semmes-Weinstein monofilaments”, *Rehabilitation of the hand and upper extremity, 5th ed*, C. V. Mosby, St. Louis, (2002), pp. 194-213.

第4章 個人の好みを評価する「一点選択法」の提案

1. 緒言

第3章では、ある集団を対象として得られた感性評価値を、平均化処理を行い機械設計上に必要な集団を代表する感性評価値を得るための最低限の被験者数を明らかにした。平均値化することは、ある集団の平均的な好みに基づく設計として利用することができるが、近年、人間の感性に基づく設計（人間中心設計）の概念が取り入れられてきている。個人の好みを直接評価し設計に役立てることは、超高齢社会を向かえ、高齢者の生活支援用具や機器の開発やユニバーサルデザインの考えに基づく設計を必要とする福祉工学分野においても重要である。そのためには、より簡易に、多くの被験者個人の嗜好を評価する手法が重要である。

人間が五感や体性感覚を通して知覚し、そこから得られる感性データを、より多くの利用者が利用し易い機械の設計に活用するためには、多くの被験者のデータの平均値や分散を求める等のデータ統計処理が必要になる。ところが感性データは、名義尺度や順序尺度である場合が多く、数値化の過程では、分類の作業やデータ間の比較が行われる。数値化を行うその代表的な方法がSD法[101]や一対比較法[102]などである。SD法では、多くの形容詞対から得られたデータを解析することにより、人間の心理情報が得られる。しかし、1つの大小関係を表す形容詞対を用いる事で特定の限定された感覚情報を得る事も可能である。特に「心地良さ」や「握り易さ」などではこの手法が利用されている[103-106]。ここでは、この1つの形容詞対を用いる大小関係を調べる手法を、SDスケール法としてSD法とは分けて取り扱うこととする。心理学に近い分野で感性データを扱う場合、質問用紙による調査やアンケート調査からデータを集め、統計処理の過程で「大数の法則」に相当する「多くの被験者による感性データは、比例尺度と同等の“見なし”」がされ、統計処理が許される。増山は、被服のファッションの問題を例に挙げ、115名を対象に7段階評定させた実験で、平均値処理する段階で情報の個人差が完全になくなることを述べていることから[107]、“みなし”ができる被験者の数は、110名から120名前後となろう。ところが、酒、香水、ケーキなどの等級付けでは、特別に訓練された2~3名の評価者、場合によっては特定の1名の評価者によって評価され、商品として流通し、消費者はその評価に満足している。このことは、一般の被験者（アマチュア）が評価するならば100名以上（100回以上）が必要な評価が、特別な機能を持ち訓練を受けた被験者（プロ）が評価するならば2~3名でよいことを意味している。

一方、上記のアマチュアに対するアンケート調査とプロに対する官能検査とは、単にアマチュアとプロの違いだけでなく、アンケート調査では質問用紙および画像データ等から評価場面を想定し

評価を行う。これに対して官能検査では、その物の実体に接することによる、視覚、触覚、聴覚、嗅覚や味覚等の五感および体性感覚のほとんどを活用している。我々が日常利用する機械類は、無人機や自販機を除けば、感覚条件下で人間によって直接利用されるものであり、その設計にも感覚情報が必要とされる。例えば感覚情報を用いて円筒の握り易さの良し悪しを評価する場合は、アマチュアであっても質問用紙によるアンケートに比べてその1/3～1/4の被験者数で個々の被験者特有の主観的データから比例尺度が利用でき、多くの被験者に共通する客観的データへの“見なし”ができることが明らかにされている[108]。これらのアマチュアとプロの問題および感性評価時に活用する感覚情報を有効に利用し、感性評価に要する時間を短縮することは、感性データ利用上極めて重要である。

そこで、機械を設計する場合に必要とされる人間と機械部品の触れる部分に対する感性評価は、実体に触れて、多くの感覚情報を利用して行われるものであり、最終的な結果は客観性が必要とされる。このような場合に利用可能な簡易な感性評価法として「一点選択法」を提案する。従来の一対比較法は、ある特定の集団の平均値としての評価を求めることを目的としていたが、本提案は、個人個人が持つ好みをより簡易な方法で、被験者の負担が少なく、多くの被験者が測定可能である手法である。以下では提案した「一点選択法」の手法の特性を一対比較法と比較して検証する。

2. 提案の背景

2.1 従来の一対比較法とその問題点

人間は、対象物からの刺激を知覚し、知覚した情報をもとに対象物の特性を評価する。日常生活では、この部分は暗黙の内に行われているが、このプロセスをより明確にした手法としてSDスケール法や一対比較法がある。

1個の対象物を個々に絶対値で評価するのがSDスケール法であり、2種類の対の組を提示してどちらがどの程度好んでいるのかという相対値を利用するのが一対比較法である[109]。SDスケール法では、例えば、良い、やや良い、どちらでもない、やや悪い、悪い、のように5段階のスケールを利用して、対象物の「良い／悪い」を絶対値で評価する。一対比較法は、シェッフェ[110]の手法を原点として、芳賀の変法や浦の変法、中屋の変法が多く用いられている[111-112]。しかし、これらの手法の問題は、比較対象物が多くなったとき組み合わせ数が多くなったり、多くの被験者が必要になったり、少数の被験者でも評価回数が多く被験者の負担が大きいことである。また、比較対象が少ない場合や被験者が少ない場合における評価が主観値から客観値への“見なし”を可能にするか否かは明らかにされていない。さらに、一対比較法はアマチュアを対象とした試験法であるため、

より多くの組み合わせや被験者が必要とされ、より簡素化した試験法の開発が必要とされている点でもある。長沢は、商品の評価に対してより少ない組み合わせで評価できるサイクリック法を提案している[113-114]。長沢の手法では、アマチュアを対象に商品というより多くの感覚情報を含み、かつ重要な点は互いに対象物を入れ替えて評価（サイクリック）することにより、アマチュアの持つあいまいさを減らし、組み合わせ数を減らすことを試みている。

図 4-1 に示したのは、シェッフエの原法、中屋の変法、サイクリック法の評価組み合わせとその評価組み合わせを評価する人数について概略したものである。この場合、評価物である試料は A～D の 4 種類としている。評価する被験者つまりパネラー個人は (n) であり、評価に参加したパネラーの総数を (N) とした。(a) のシェッフエの原法では、試料の評価組み合わせ数は 12 通りとなり、各評価組み合わせについて 1 名のパネラーが 1 組だけ評価を行う。各評価組み合わせの結果の信頼性を高めるためには、各評価組み合わせを行うパネラーを増やさなければならない。例えば、各評価組み合わせのパネラーを 10 名必要とするならば、12 組の組み合わせで 120 名のパネラー総数(N)が必要となり、評価組み合わせ数とパネラー数が非常に多くなり評価の時間と多数の被験者が必要となる。一方、シェッフエの変法である (b) の中屋の変法では、評価組み合わせ数はシェッフエの原法の半数であり、各評価組み合わせでパネラー全員 (N) が評価を行うため、パネラーの総数はシェッフエの原法の 1/12 となり、評価時間および被験者数からいって簡易に評価が可能である。さらに (c) のサイクリック法では、評価組み合わせ数は試料数と同数の 4 通りであり、各評価組み合わせでパネラー全員 (N) が評価を行う。この方法であれば、中屋の変法より評価時間および被験者数でより簡易に評価できることになる。ただ評価組み合わせ数が少ないことから信頼性を高めるためには、多くの被験者によって評価される必要がある。

(a) ; Paired comparison method by Sheeffe

| | A | B | C | D |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| A | | $(n=N/12)$ A:B | $(n=N/12)$ A:C | $(n=N/12)$ A:D |
| B | $(n=N/12)$ B:A | | $(n=N/12)$ B:C | $(n=N/12)$ B:D |
| C | $(n=N/12)$ C:A | $(n=N/12)$ C:B | | $(n=N/12)$ C:D |
| D | $(n=N/12)$ D:A | $(n=N/12)$ D:B | $(n=N/12)$ D:C | |

(b) ; Paired comparison method by Nakaya

| | A | B | C | D |
|---|---|----------------|----------------|----------------|
| A | | $(n=N)$ A:B | $(n=N)$ A:C | $(n=N)$ A:D |
| B | | | $(n=N)$ B:C | $(n=N)$ B:D |
| C | | | | $(n=N)$ C:D |
| D | | | | |

(c) ;Cyclic paired comparison

| | A | B | C | D |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A | | $(n=N)$ A:B | | |
| B | | | $(n=N)$ B:C | |
| C | | | | $(n=N)$ C:D |
| D | $(n=N)$ D:A | | | |

A～D; Object to be evaluated
X:Y; Evaluation pair
(X and Y are from A to D)
n; Number of examinee
N; Total examinee

Fig. 4-1 Number of the comparison pairs and examinee in the 3 kinds of the paired comparison method

2.2 「一点選択法」の方法

本研究で提案する「一点選択法」の実施方法を図 4-2 に示す。円筒物体の握り易さの最適径を評価した場合の評価手順を示している。形状と材質と質感が同一で太さの異なる 7 本の円筒物体を用意して太さの順に並べる。直径は、細い順に D_{-3} , D_{-2} , D_{-1} , D , D_{+1} , D_{+2} , D_{+3} で表す。まず第 1 ステップとして、図 4-2[a] に示すように、被験者は円筒物体を手に触れることなく見た目でも最も握り易いと判断した径 D (◎) を 1 本選択し、次の第 2 ステップに移行する。もし 1 本に定まらなかった場合には、最適径と思われる直径 D_{-1} , D , D_{+1} を持つ 3 本を選び、次の第 2 ステップに移行する。次のステップでは、第 1 ステップでの視覚に加えて触覚すなわち把握した時の感覚を用いる。図 4-2[a] に示すように、第 1 ステップで最適径 D を選択できた場合は、その両隣の径の D_{+1} と D_{-1} の円筒物体を加えた 3 本を把握して最適径を判断させる。第 1 ステップで 1 本に絞りきれなかった場合には、直径 D_{-1} , D , D_{+1} を持つ円筒物体 3 本を評価の対象とする。この時、円筒物体を把握させる順序は、視覚で選んだ D から細い径の D_{-1} を、次に視覚で選んだ D を把握し、次に太い径の D_{+1} を把握して最後にもう一度視覚で選んだ D を把握する。これにより最適径と評価された円筒物体の直径が第 1 ステップで視覚によって最適と評価されたそれと一致すれば、この D が最適径であると決定して測定を終了する。もし把握による評価結果が視覚による評価結果と一致しなかった場合は、第 3 ステップを実施する。第 3 ステップの例を図 4-2[c] に示す。図 4-2[c] では、第 2 ステップで最適径を D_{+1} を最適径と評価した場合を示している。比較評価する直径は、 D_{+1} と隣接する D_{+2} の 2 本であるが、本来であれば、これらの中間の直径 D を再度比較評価対象とすべきとも考えられる。しかし、直前のステップ 2 において、すでに D は最適径の対象から除外されているので除外してよいと判断した。把握の順序は、径 D_{+1} の円筒物体を把握し、その後直径 D_{+2} の円筒物体を把握させ、再度 D_{+1} の円筒物体を把握させる。最適径が D_{+1} と判断された場合は、 D_{+1} が最適径として測定を終了する。最適径が D_{+2} と判断された場合には、比較評価する直径を D_{+2} , D_{+3} として、再度第 3 ステップの手順を行う。図 4-3 に、上記の手順の全体像をまとめた概略図を示した。

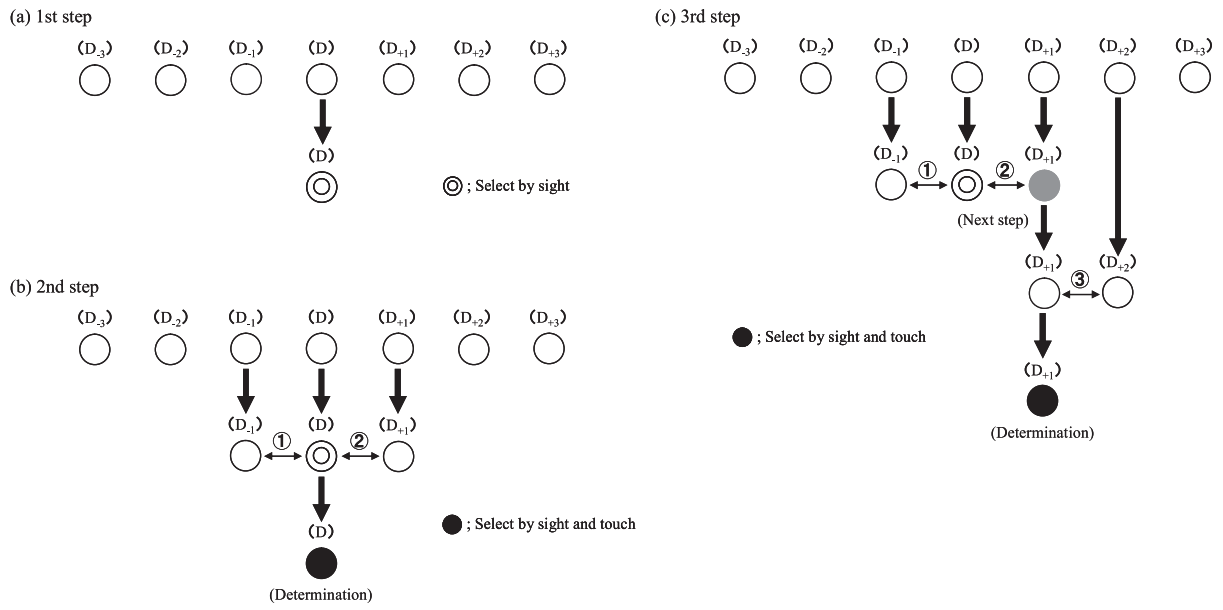


Fig. 4-2 Procedure of One Point Selecting Method by in this study

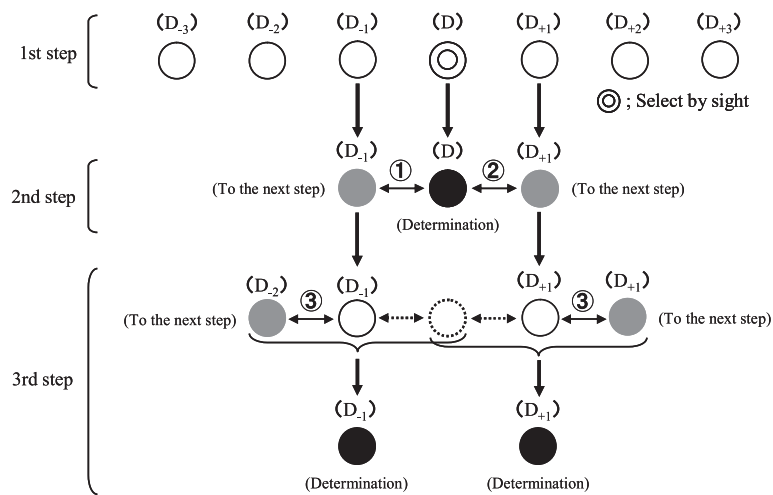


Fig. 4-3 Outline of One Point Selecting Method, over view summarized fig. 4-2-(a), 4-2-(b) and 4-2(c)

2.3 「一点選択法」の検証方法

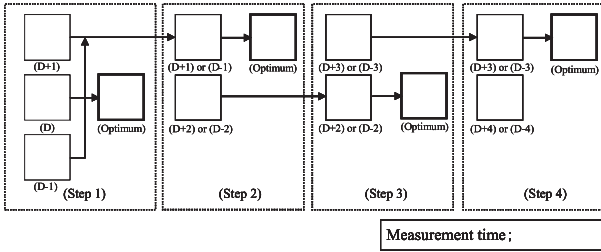
本研究で提案した一点選択法の妥当性を検討するために、一点選択法で評価された最適径とSDスケール法や2種類の対比較法により評価された最適径の値を比較した。また、4種類の手法の評価時間および評価回数も比較した。SDスケール法は、5段階の尺度段階(+2; 握り易い, +2; やや握り易い, ±0; どちらでもない, -1; やや握り難い, -2; 握り難い)を用いて評価した。対比較法は、中屋の変法とサイクリック法を用いた。把握する円筒物体は、アクリル製であり径の違い以外は同一の形状と質感のものである。円筒物体の径は、φ25mm, φ30mm, φ35mm, φ40mm, φ45mmそしてφ50mmの6本であった。

一点選択法の実施方法については、図4-4に示した記録シートを用いて、2.2で記述した通りの方法で行った。SDスケール法は、それぞれの径を把握した後に、5段階の尺度段階が書かれた表を見せて評価値を記録した。中屋の実施方法は、図4-5の記録シートを用いて実施した。すべての被験者は、φ25mmとφ30mmの円筒物体を1組の比較試料として、はじめにφ25mmを把握し、次にφ30mmを把握したあと、再度φ25mmを把握して5段階の評価をなした。次にφ25mmとφ35mmの円筒物体を1組の比較試料として同様の手順で評価を行った。この手順で(φ25mm, φ40mm), (φ25mm, φ45mm), (φ25mm, φ50mm), (φ30mm, φ35mm), (φ30mm, φ40mm), (φ30mm, φ45mm), (φ30mm, φ50mm), (φ35mm, φ40mm), (φ35mm, φ45mm), (φ35mm, φ50mm), (φ40mm, φ45mm), (φ40mm, φ50mm), (φ45mm, φ50mm)という組み合わせで、合計15組の評価を行った。サイクリック法の実施方法は、図4-6の記録シートも用いて実施した。すべての被験者は、φ25mmとφ30mmの円筒物体を1組の比較試料として、はじめにφ25mmを把握し、次にφ30mmを把握したあと、再度φ25mmを把握して5段階の評価をなした。次にφ30mmとφ35mmの円筒物体を1組の比較試料として同様の手順で評価を行った。この手順で(φ35mm, φ40mm), (φ40mm, φ45mm), (φ45mm, φ50mm), (φ50mm, φ25mm)という組み合わせで、合計5組の評価を行った。分析方法は、長沢の報告[113]を参考に行った。

いずれの検証実験においても、データを記録しサポートする実験者と被験者のみが対峙し外界から雑音のない実験室内で行った。評価は、被験者間で実験の内容が交わされないように、被験者間の実験の時間間隔を十分にあげて行った。実験は、評価の開始前に実験者が被験者に実験内容の説明を十分に行い、被験者がその内容を理解したことを確認したうえで開始した。実験の評価日は、1種類の評価を実施してから、少なくとも4時間以上の間隔をあげて次の評価を実施した。実験は、一点選択法、中屋の変法そしてサイクリック法およびSDスケール法の順に行った。被験者は、健康な男子大学生6名(平均年齢18.3±0.5歳, 平均身長171.5±3.2cm, 平均体重70.5±7.0kg)であった。

Measurement sheet (One Point Selecting Method)

Name: _____ Birthday: . . . ()
 M•F Height: _____ cm Weight: _____ kg



Measurement sheet (Paired Comparison by Nakaya)

Name _____ Birthday . . . ()
 Height _____ cm Weight _____ kg

| Score | Assesment |
|-------|---|
| 2 | First pipe is very easiness to grasp than pipe of after |
| 1 | First pipe is slightly easiness to grasp than pipe of after |
| 0 | First pipe is same easiness to grasp than pipe of after |
| -1 | First pipe is slightly hardness to grasp than pipe of after |
| -2 | First pipe is very hardness to grasp than pipe of after |

Fig. 4-4 Measurement sheet used in One Point Selecting Method

| | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | X | | | | | |
| 30 | X | X | | | | |
| 35 | X | X | X | | | |
| 40 | X | X | X | X | | |
| 45 | X | X | X | X | X | |
| 50 | X | X | X | X | X | X |

Measurement time (sec) _____

Fig. 4-5 Measurement sheet used in paired comparison method of Nakaya

Measurement sheet (Cyclic Paired Comparison)

Name _____ Birthday . . . ()
 Height _____ cm Weight _____ kg

| Score | Assesment |
|-------|---|
| 2 | First pipe is very easiness to grasp than pipe of after |
| 1 | First pipe is slightly easiness to grasp than pipe of after |
| 0 | First pipe is same easiness to grasp than pipe of after |
| -1 | First pipe is slightly hardness to grasp than pipe of after |
| -2 | First pipe is very hardness to grasp than pipe of after |

| | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | X | | | | | |
| 30 | X | X | | | | |
| 35 | X | X | X | | | |
| 40 | X | X | X | X | | |
| 45 | X | X | X | X | X | |
| 50 | X | X | X | X | X | X |

Measurement time (sec) _____

Fig. 4-6 Measurement sheet used in Cyclic paired comparison method of Nagasawa

2.4 「一点選択法」の妥当性と再現性の検証方法

今回提案した一点選択法が、機械設計における簡易処理法となるためには、一点選択法の妥当性、特に、被験者への刺激強度となる異なる物体の直径の太さの間隔を変えた場合の評価値の検討と再現性の検討が必要である。

そこで、2・3で実施した物体間の直径の間隔が5mmよりも小さい径と大きい径について同様の実験を行い、一点選択法がどの範囲の間隔の違いまで評価可能であるのか検討した。本課題の被験者が把握する物体の径の間隔は、5mmより小さい2mm間隔と5mmより大きい10mm間隔の円筒物体とした。最小値を2mm間隔とした理由の一つに、あらかじめ13名の健康な学生を対象に行った把握する物体の直径の弁別閾の予備実験により、判断できる直径の弁別閾が2mmであったことによる。最大値を10mmとしたのは、2・3で実施した物体の径の倍の直径であったためである。把握する物体は、アクリル樹脂で作成した白濁色の円筒物体であり、形状と質感は統一している。物体の直径の間隔が2mmの場合、評価の対象とした直径は、30mm, 32mm, 34mm, 36mm, 38mmそして40mmの6本であった。また、物体の直径の間隔が10mmの場合、評価の対象とした直径は15mm, 25mm, 35mm, 45mm, 55mmそして65mmの6本であった。この2種類の直径の間隔で、2・3と同様に、4種類の感性評価法を用いて握り易さの最適径、評価時間および評価回数を測定した。実験は、一点選択法、中屋の変法、サイクリック法、SDスケール法の順に実施した。実験は1日1種類とし、1日をあけて次の手法による実験を行った。被験者は、手に感覚障害を持たない健康な男子大学生6名（平均年齢； 22.3 ± 0.7 歳，平均身長； 171.5 ± 4.8 cm，平均体重； 72.7 ± 16.8 kg）である。さらに、上記の同一被験者を対象に、同一の実験を1週間以上の日数をあけて実施した。この課題は、同じ条件でtest-retestを行うことで、一点選択法および他の3種類の評価法の再現性を確認するために行った。

3. 結果

3.1 最適径の検証

図4-7に、4種類の方法で得られた円筒物体の最適径を示す。Aの一点選択法やBのSDスケール法の結果は、個々の被験者毎で評価値が得られるため、被験者数に対応した複数のデータが得られている。一方、サイクリック法と中屋の変法では、評価された径の平均値を最適径としたため、1点のみが示されている。図のAに示した一点選択法とBに示した5段階のSDスケール法を比べると、Aのほうがばらつきは小さい。これらの平均値と標準偏差を求めると、Aの一点選択法は30.8

±1.9mm , B の SD スケール法は 31.7±3.7mm, C のサイクリック法は 27.5mm, D の中屋の変法は 32.5mm であり, 4 つの手法の平均値は 30mm±5mm であり, 感性データとしてはほぼ同程度とみなせる.

以上のことから, 今回提案した一点選択法は, 処理手数を大幅に簡略化したものにもかかわらず, SD スケール法やサイクリック法, 中屋の変法で得られた値とほぼ同程度の値を示すことがわかった.

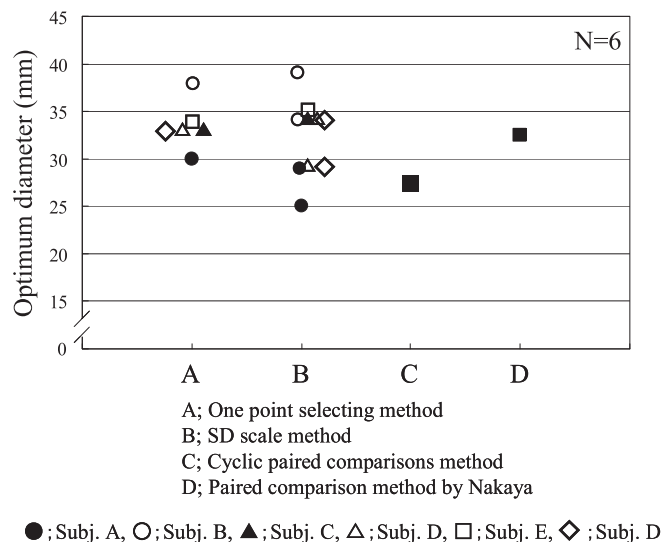


Fig. 4-7 Optimum diameters evaluated by using four kinds of sensory evaluation methods

3.2 測定時間の検証

図 4-8 は, 4 種類の方法を用いて評価した時に要した評価時間の結果を示した. ここで, 一点選択法では, 視覚による握り易い径の判断開始の合図から最終的に一本を選択し終えるまでの時間を測定時間とした. また, SD スケール法は, 1 本目の径を把握したときから最後の径を把握し, その評価を口頭で述べるまでの時間とした. さらにサイクリック法および中屋の変法については, はじめの 1 組目の 25mm を把握し始めたときから, 最後の比較組の評価を口頭で述べた時までの時間とした.

図 4-8 において, 評価時間は, A の一点選択法と B の SD スケール法はほぼ同程度であり, C のサイクリック法や D の中屋の変法より短い. 具体的には, A の一点選択法で 34.85±7.34 秒, B の SD スケール法で 38.03±4.03 秒, C のサイクリック法で 71.65±6.37 秒, D の中屋の変法で 170.42±25.43 秒であった. これらの結果を一元配置の分散分析による差の検定を行った結果, 一点選択法と SD スケール法は, サイクリック法および中屋の変法より 1%水準で有意に短い時間であり, 中屋の変

法は、他の全ての方法より 1%水準で有意に測定時間が長い結果であった。また一点選択法と SD スケール法の間には有意な差はみられなかった。

以上の結果から、今回提案した一点選択法は、2 種類の一対比較法よりも短時間に評価が可能なことがわかった。

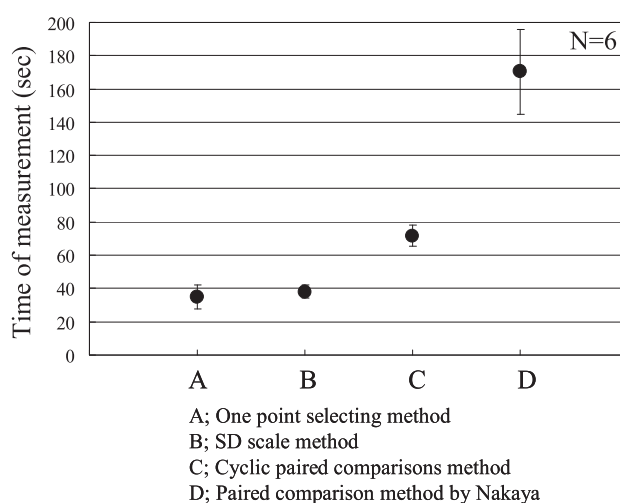


Fig. 4-8 Measurement times required for the four methods of sensory evaluation

3.3 評価回数の検証

今回提案した一点選択法では、手順の簡素化が図られたため評価の回数も少ない。その程度を明確にするため、評価する回数を調べた。評価回数は、例えば 2.3 で示した円筒物体の比較対 (25mm, 30mm) を対象に行った場合を 1 回の評価回数とした。中屋の変法とサイクリック法は、比較評価回数が中屋の変法では 15 回、サイクリックでは 5 回と決まっている。一点選択法では、図 4-2 に示したようにまず視覚で最適径 D を選択し(この時 1 本が定まらない時 3 本を候補とした場合も含む)、その径 D の D-1 と D+1 の 3 本を対象に比較評価を行い、視覚により選択された径と同じ径が最適径と選ばれた場合は 1 回の評価回数とする。ここで視覚と触覚で評価された最適径が異なった場合は次のステップへ移行し、D-1, D-2 あるいは D+1, D+2 で再度評価を行うことになる。この段階で最適径が一致した場合には、評価回数を 2 回とする。また SD スケール法は、6 種類の円筒物体の径を把握し評価することとなるので評価回数は 6 回となる。

図 4-9 は、4 手法の評価回数の結果をまとめて示す。上述したように、B の SD スケール法の評価

回数と C のサイクリック法は 6 回、D の中屋の変法は 15 回である。これに対して A の一点選択法の評価回数は、平均で 1.3 ± 0.5 回と最も少ない。この結果を、一元配置分散分析によって差を検定すると、一点選択法は他の手法より 1%水準で有意に少ない回数であった。なお、一点選択法では、6 名の被験者のうち、4 名が視覚で選択された最適径と触覚を用いて評価された最適径とが一致した。また残りの 2 名についても、2 ステップで最適径が決定されたことから少なくとも 2 段階あれば最適径が決定できることを示している。さらに、視覚に基づいて判断された最適径と触覚を加えて判断した最適径はほぼ一致することから、一点選択法における視覚情報の重要性も示されている。

以上のことから、提案した一点選択法は、最も少ない回数で比較評価することができ、被験者に負担が少ない方法として有効であることがわかった。

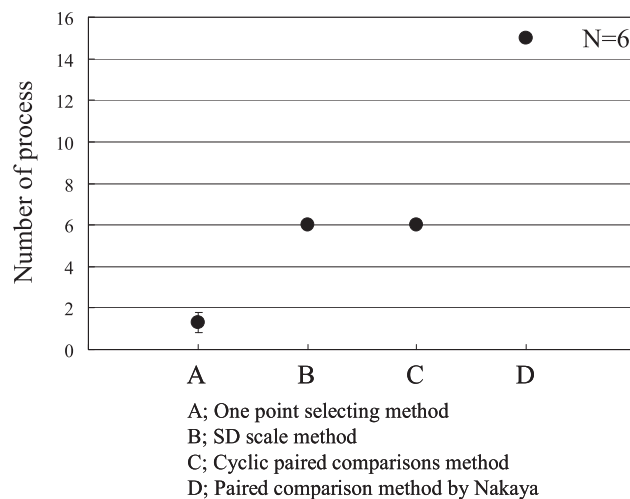


Fig. 4-9 The number of the assessment times which required for the four methods of sensory evaluation

3.4 一点選択法で評価した最適径の妥当性と再現性の検証

図 10 は、直径の間隔が 2mm、5mm そして 10mm の物体を、4 種類の手法によって評価した最適径の結果を示している。図中の 5mm 間隔の結果は、2・4 で実施した実験の結果である。図の A に示した一点選択法によって評価された最適径の平均値は、直径の間隔が 2mm の場合で $34.3 \pm 2.9\text{mm}$ 、5mm の場合で $30.8 \pm 1.9\text{mm}$ 、そして 10mm の場合で $34.2 \pm 4.5\text{mm}$ であった。これらの結果について、一元配置分散分析による差の検定を行った結果、統計的に有意な差はみられなかった。図の B に示した SD スケール法を用いて評価された最適径は、直径の間隔が 2mm の場合で $33.6 \pm 2.8\text{mm}$ 、5mm

の場合で $33.0 \pm 4.0\text{mm}$ そして 10mm の場合で $33.6 \pm 3.5\text{mm}$ であり、これらの間には有意な差が認められなかった。図の C に示したサイクリック法を用いて評価された最適径は、直径が 2mm の場合、 30mm 、 32mm そして 36mm の 3 本であり、平均値では 32.6mm であった。直径が 5mm の場合では、 25mm と 30mm が最適径と評価され、平均値では 27.5mm 、直径の間隔が 10mm の場合では、 35mm のみが最適径と評価された。一方、図の D に示した中屋の変法を用いて評価された最適径は、直径の間隔が 2mm の場合、 32mm と 34mm であり、平均値で 33.0mm 、直径の間隔が 5mm の場合では 30mm と 35mm であり、平均値で 32.5mm 、直径の間隔が 10mm の場合では 35mm が最適径と評価された。また、それぞれの直径の間隔で一点選択法を用いて評価された最適径は、SD スケール法、中屋の変法およびサイクリック法で評価された最適径と有意な差はみられなかった。以上のことから、今回提案した一点選択法は、刺激となる円筒物体の直径の間隔が 2mm 以上で 10mm 以内の範囲であれば、従来の一対比較法や SD スケールを用いた評定尺度法と同様の結果を得られることがわかった。

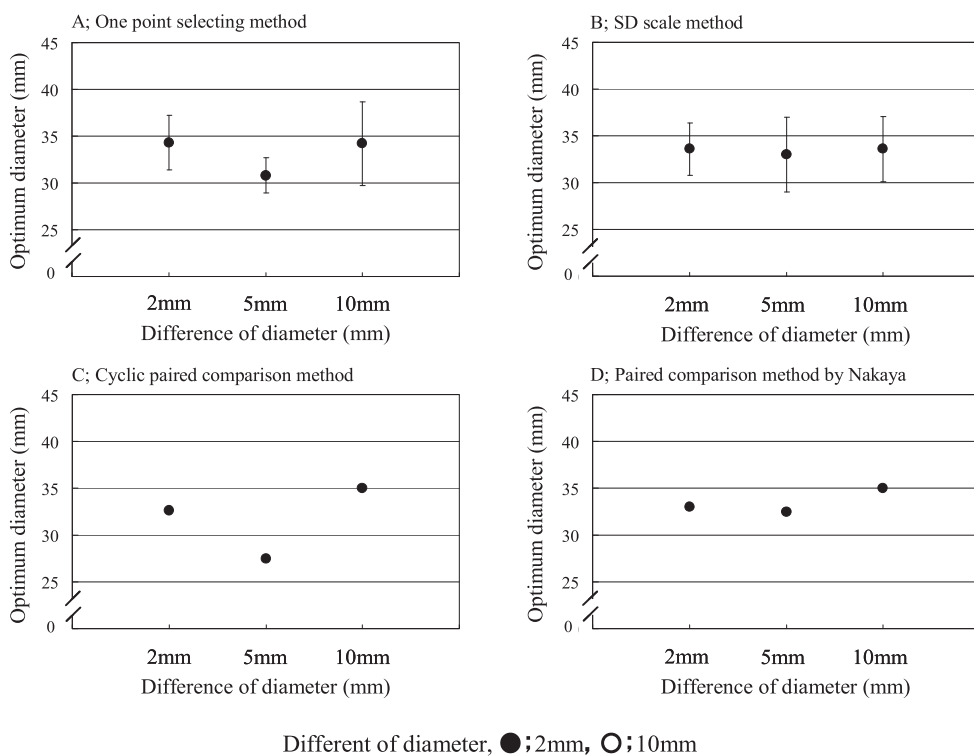


Fig. 4-10 The optimum diameter obtained by four method about different diameter of cylindrical pipes that the intervals are 2mm , 5mm and 10mm .

図 11 は、直径の間隔が、2mm と 10mm の場合で、一点選択法と従来の一対比較法および SD スケールを用いた評定尺度法で、2 回同じ測定を行った時に評価された最適径を比較した結果を示している。図の A に示した一点選択法を用いて最適径を評価した場合、直径の間隔が 2mm の場合の最適径は、1 回目が $34.3 \pm 2.9\text{mm}$ 、2 回目が $33.7 \pm 2.9\text{mm}$ 、直径の間隔が 10mm の場合の最適径は、1 回目が $34.2 \pm 4.5\text{mm}$ 、2 回目が $31.7 \pm 4.7\text{mm}$ であり、両結果を対応のある t 検定を用いて差の検定を行った結果、統計的に有意な差はみられなかった。図の B に示した SD スケール法を用いて最適径を評価した場合、直径の間隔が 2mm の場合の最適径は、1 回目が $33.6 \pm 2.8\text{mm}$ 、2 回目が $32.9 \pm 2.3\text{mm}$ 、直径の間隔が 10mm の場合の最適径は、1 回目が $33.6 \pm 3.5\text{mm}$ 、2 回目が $36.4 \pm 3.5\text{mm}$ であり、両結果を対応のない t 検定を用いて差の検定を行った結果、統計的に有意な差はみられなかった。図の C に示したサイクリック法を用いて最適径を評価した場合、直径の間隔が 2mm の場合の最適径は、1 回目が 30mm、32mm、36mm の 3 本であり、平均値で 32.0mm、2 回目が 30mm、32mm、34mm、38mm の 4 本であり、平均値で 33.5mm であった。直径の間隔が 10mm の場合の最適径は、1 回目および 2 回目ともに 35mm の 1 本であった。また、図の D に示した中屋の変法を用いて最適径を評価した場合、直径の間隔が 2mm の場合の最適径は、1 回目が 32mm と 34mm の 2 本であり、平均値で 33.0mm、2 回目が 30mm と 32mm の 2 本であり、平均値で 31.0mm であった。直径の間隔が 10mm の場合の最適径は、1 回目が 35mm のみであったが 2 回目は、25mm と 35mm の 2 本であり、平均すると 30mm であった。一点選択法では、SD スケール法と同様に、直径の間隔が狭い 2mm でも広い 10mm でも、再現性が高いことがわかった。また、従来の方法であるサイクリック法では、直径の間隔が 10mm では再現性が高いといえるが、直径の間隔が 2mm になると、評価された最適径に異なる傾向がみられ、再現性が 10mm よりは劣ると考えられる。一方、中屋の変法では、直径の間隔が 2mm あるいは 10mm でも、多少異なる傾向はあったものの、特に直径の間隔が 2mm のサイクリック法に見られたばらつきよりは小さいといえる。以上のことから、一点選択法は、従来の一対比較法よりは、直径の差が小さい場合でも（今回の実験では 2mm）安定して最適径を評価することができるといえる。

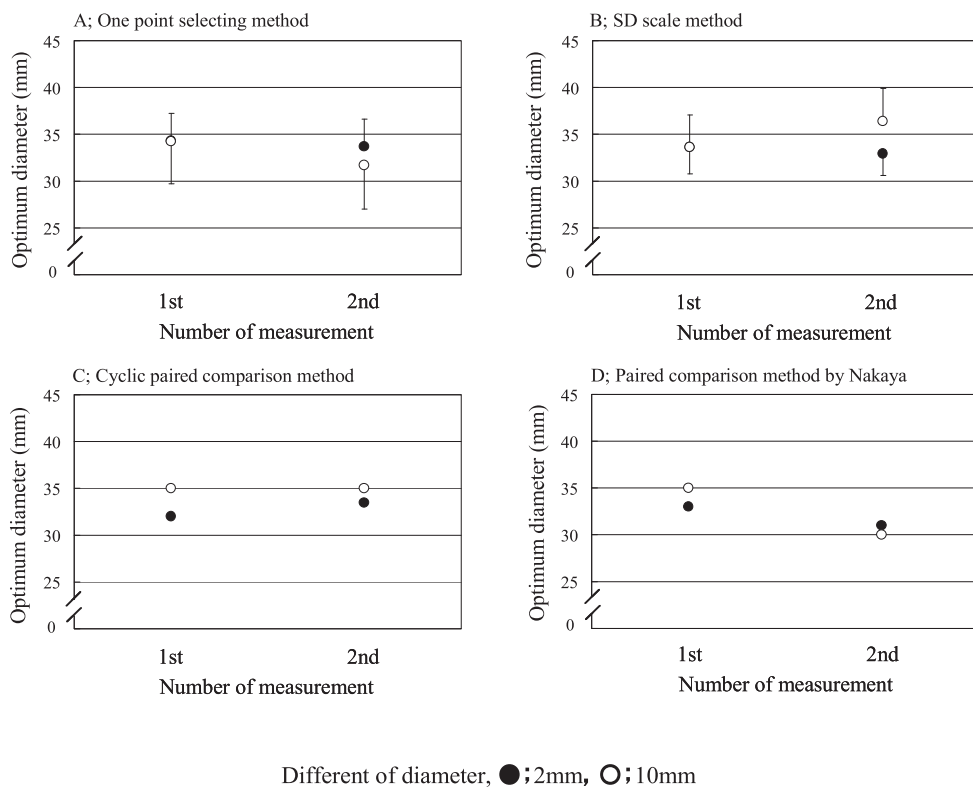


Fig. 4-11 The results showed the obtained optimum diameter of reproducibility between the two experiment in four methods.

4. 考察

4.1 一点選択法の特徴

本研究では、人間が知覚する感覚情報を、SD法や一対比較法と同程度の精度でありながら、より簡易に求める方法として一点選択法を提案しそれを検証した。ただし、ここでは視覚や触覚などのより多くの感覚情報を動員して、「握り易さ」や「使い易さ」の様な1つの評価因子を評価する場合に限られる。従来から用いられるSD法による感覚情報の評価は、アンケート形式で多くの形容詞対を、多くの被験者に回答させ、そこから全被験者に共通する因子を導き評価した。そのため、得られる結果は、全被験者の平均的なイメージが多かった。また、一対比較法でも、複数の対象物に対してその中の2つずつの組み合わせに対して順位を得点化し、最終的には全被験者の平均的な評価値を得ている。

一方筆者らは、人間と直接接触する部分の機械構成要素の設計で必要とされる「使い易さ」や「操

作し易さ」等の1つの評価因子を、「大変良い、良い、どちらでもない、悪い、大変悪い」などの5段階のスケール、あるいはこれらに「やや良い」と「やや悪い」を加えた7段階のスケールで評価する手法を利用して、個々の被験者の「握り易さ」や「使い易さ」を評価してきた[103-106]。ここで用いるスケールは、SD法の場合と同じであるが、1つの評価因子について個々の被験者に対して評価することから、従来のSD法と区別してSDスケール法と呼ぶことにした。SDスケール法は、1つの評価因子を個々の被験者毎に評価する方法である。同様に、今回用いた一点選択法も個々の被験者毎に対する1因子の評価であり、SDスケール法と同様の個人評価が可能である。すなわち、人間と機械とのインターフェイス部分の使い易さや操作性を、視覚で見て手で触れて評価するような場合に限れば、本研究で提案した様な簡易な手法で目的とする評価値が得られることがわかった。

4.2 一点選択法による評価値の特徴

人間の感性情報をより短時間に得るため、一対比較法に対しては様々な試みが行われてきた。シェッフエの原法に対して浦や芳賀そして中屋らによってかなり簡素化が行われてきた(Nagasawa, 2010, UJSE, 1973)。特に長沢のサイクリック法は、組み合わせ数が少なく、さらに比較的短い時間で評価可能であるため簡易な方法と考えられる。それに対してSDスケール法は、評価対象物を見たり触ったりして、最も好ましいと感じる対象物を得点化して評価し最適値を求める方法である。しかしこの場合には、好みとする対象物を1つに絞りきることができない状況が生じる(Takahashi, 2013)。提案した一点選択法は、評価対象物に対して五感や体性感覚を駆使して、最終的に評価者の最も好みの評価対象物を1つ得ることができ、得られた結果は、直径の間隔の最小値が2mmの場合までは、従来法と同程度の信頼性があり、また再現性も認められることがわかった。今まで研究されてきた手法に比べて、今回提案した一点選択法は、SD法や一対比較法のように評価者の平均的な心理情報を得ることもよりも、嗜好に対応する評価対象物を1つ得ることが目的である。感性に基づく設計が求められている中、人間が扱う機械の構成部分を選定する場合は、より多くの五感や体性感覚が利用できる条件下で、個々人が納得できる機械の構成部分を決定することが重要である。評価時間や評価回数の結果なども考えると、一点選択法はより多くの感覚情報を利用して、より短時間に被験者の負担が少なく評価できる手法であることがわかった。

5. 結言

形状や材質といった質感が同一条件の下で、円筒物体の握り易い径（最適径）を評価するために一点選択法を提案した。一点選択法で求められた最適径，測定時間そして評価回数を，SD スケール法，サイクリック法および一対比較法の中屋の変法により求められた各パラメータと比較した。その結果，以下の結果が得られた。

(1) 一点選択法で評価された最適径は，SD スケール法やサイクリック法，中屋の変法によって評価された値とほぼ同程度の値を得ることができた。

(2) 一点選択法の測定時間は，SD スケール法とは同程度の時間であったが，サイクリック法および中屋の変法と比較して有意に短時間であった。

(3) 一点選択法の評価回数は，SD スケール法，サイクリック法および中屋の変法と比較して，有意に少ない評価回数で結果を得ることができた。

(4) 一点選択法は，円筒物体の直径の間隔が 2mm 以上であれば，再現性も高く，妥当性のある手法であるといえる。

以上のことから，一点選択法は，多くの五感や体性感覚利用して，個人個人の好みを判断することが可能であり，測定時間および評価回数からも，SD スケール法や一対比較法よりもより簡易に測定可能である。このことから，被験者の身体的負担の軽減および信頼性を高めるための多くの被験者を対象可能とする方法であることが明らかになった。

第 4 章 参考文献

[101] 岩下豊彦，“SD 法によるイメージの測定”，(1983)，pp.4-30，川島書店。

[102] 田中良久，“心理学測定法”，(1961) pp.79-91，東京大学出版会。

[103] 八高隆雄，山本圭治郎，小山昌洋，兵頭和人，“円筒物体把握における握りやすさの感性評価”，日本機械学会論文集（C 編），Vol. 62，No. 602，(1996)，pp.3999-4004。

[104] 山本圭治郎，八高隆雄，高橋勝美，兵頭和人，“長時間把握時における感性評価と筋電位および力発揮特性”，日本機械学会論文集（C 編），Vol. 63，No. 611，(1997)，pp.2408-2412。

[105] 高橋勝美，山本圭治郎，八高隆雄，兵頭和人，“円筒物体の握り易さの感性評価に与える握り方の影響と指の力発揮特性”，日本機械学会論文集（C 編），Vol. 63，No. 612，(1997)，pp.2794-2800。

- [106] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆雄, 兵頭和人, “円筒物体の握り易さの感性評価と手関節運動範囲および指の力発揮特性 —打具競技選手と一般学生との比較—”, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 65, No. 637, (1999), pp.3744-3750.
- [107] 増山英太郎, “心に浮かぶイメージをはかる—SD法の理論と応用—”, (1996), pp.3-14, ISS 産業科学システムズ
- [108] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭次郎, “機械設計データとして有効な感性評価値の尺度段階および被験者数”, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 79, No. 803, (2013), pp.2329-2337.
- [109] 飯田健夫, “感覚生理工学”, (2009), pp.73-75, コロナ社.
- [110] Shceffe, H., “An analysis of variation for paired comparison”, *Journal of America Statics Association*, Vol.47, (1952), pp.381-400.
- [111]長沢伸也, 神宮英夫, 妹尾正巳, 亀井且有, 木下雄一郎, 森典彦, 神田太樹, “数理的感性工学の基礎”, (2010), PP.9-19, 海文堂出版.
- [112] 日本技連官能検査委員会, “新版 官能検査ハンドブック”, (1973), pp.349-385.
- [113] Shin'ya N., “Improvement of the Scheffe's Method for Paired Comparisons”, *Kansei Engineering International*, Vol. 3, No. 3, (2002), pp.47-56.
- [114] Shin'ya N., “Proporsal of “The Cyclic Paired Comparisons”, *Kansei Engineering International*, Vol. 3, No. 4, (2002), pp.37-42.
- [115] 長沢伸也, 川栄聡史, “Excel でできる統計的官能評価法”, 日科技連, (2008), pp. 206-217.

第5章 感性評価値に影響する感性情報量の検証

1. 緒言

第3章では、ある集団の好みに基づく設計に必要な感性評価値を得るための最低限の被験者数を明らかにした。また第4章では、個人の好みに基づく設計に必要な、簡易で被験者に負担が少ない新しい評価法について提案し妥当性を明らかにした。しかしながら、得られた感性評価値そのものに妥当性がなければならない。感性評価において重要なことは、評価する被験者がどのような感性情報を用いて評価することが、より精度の高い感性評価値を得ることが可能であるかを検討する必要がある。そこで、日常用いている把握物のグリップを対象として、異なる感性情報量による感性評価値への影響を検証した。

人間が直接操作する機械や道具類は、操作する人間の手の延長として、人間の意志をより正確に伝達できる事が望まれる。その為には、手と機器類の操作部やグリップ部とのインターフェースが重要である。その為には、手と機器類の操作部やグリップ部の形状、重さ、質感そして長さなどを感知するセンサーの役割を果たしている。この人間の感覚器は、人間と機械の間のインターフェイスとしての働きをする。把握動作では、機器類の操作部やグリップ部の「握り易さ」や「操作し易さ」という感性が注目される。「握り易さ」や「操作し易さ」という感性評価値は、手が把握物体に発揮する力の大きさ¹⁾や人間が日常的に触れている電車の支柱、手すり、ドアノブ等の過去の経験に基づく把握経験が評価に影響している事が考えられる。

人間が物体の「握り易さ」を評価する時に、対象となる物体の形状、太さ、重さ、材質、温度、色等の属性や使用用途などの物体情報を視覚や触覚を通して捉え、過去の経験から記憶と照合して、使用状況をイメージする。その状態で、握り易さに合うように、触覚や視覚などの感覚器官を通して、物体の握り易さの印象を形成して反応していると考えられる。そのため、人間が物体と出会い、最終的にその物体を握り易いと評価するまでの過程で影響する因子は、現実の物体に触れる事によって得られる感覚情報と過去に把握してきた物体の把握経験や記憶を呼び起こすため情報が考えられる。これらの情報を感性情報と呼ぶことにすれば、人間は感性情報によって、握り易さを評価していることになる。

そこで本研究は、円筒物体の握り易さの評価を対象に、人が道具を利用する目的を認識するために提示される感性情報の量によって評価値がどのように変化するかを調べ、機械設計への利用の可能性を検討した。

2. 実験方法

2.1 被験者・装置

本研究は、2つの課題に対して2つの被験者群による実験を実施した。1つ目の課題は、30名の被験者に対して、提示する感性情報量によって握り易い径（最適径）がどのように変化するかを調べる実験である。

ここでは、道具に関する感性情報として、「道具の名称を言葉で表現する」および「道具を写真により表現する」こととした。そしてこの感性情報を感じる取る方法は、「見る事によって評価する」と「触り、実際に把握して判断する」こととした。この4つの情報を、ここでは道具に対する感性情報と呼ぶことにした。

2つ目の課題は、20名ずつの5つのグループ（計100名）に対して、感性情報を提示する順番が握り易い径に与える影響の有無を調べる実験である。後者の実験は、前者の実験の異なるグループでも同じ結論に至るかの検証実験でもある。

最初の課題の被験者30名の年齢、身長及び体重の平均値および標準偏差は、 20.0 ± 1.8 歳、 173.8 ± 5.5 cmそして 72.0 ± 9.3 kgであり、健康な男子大学生である。また後者の実験の被験者100名については、 20.1 ± 1.6 歳、 172.1 ± 5.1 cmそして 70.5 ± 14.0 kgであり、健康な男子大学生である。また、握り易さの評価に用いた円筒物体は、図5-1に示したアクリル製のパイプであり、形状や材質の質感および色は透明のパイプで統一され、刺激となる条件は円筒物体の径の違いである。用いた円筒物体の直径は、20mm, 22mm, 25mm, 30mm, 32mm, 35mm, 40mm, 42mm, 45mm, 50mm, 52mmそして55mmの計12種類であった。被験者が道具をイメージし、最適径を評価するために、数種類の径の円筒物体を把握して評価する場合、評価に用いる円筒物体の直径の間隔は、等間隔のものを用意することが望ましい。我々がこれまでに、単に円筒物体の握り易さを評価する場合には、5mm間隔の直径の円筒物体を用いて行ってきた。今回の実験のように、イメージする道具のグリップの径が様々な場合、評価に用いる円筒物体の直径が5mm間隔では広く、より精度の高い評価をするためには、直径の間隔を可能な限り狭くする必要がある。本研究は、できうる限り5mm間隔を埋める円筒物体の直径を集めたが、今回は不統一の直径の間隔の円筒物体を用いることになった。

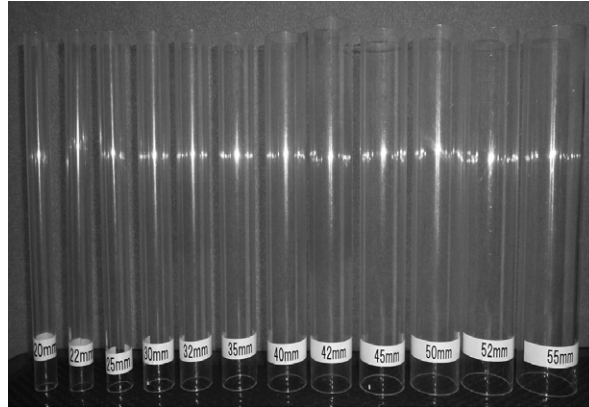


Fig. 5-1 Cylindrical acrylic pipes for the sensory evaluation of easiness of grasp

2.2 感性情報量と最適握り径の関係実験

最初に、基準値として道具情報を与えないで、円筒物体を見て、実際に把握してから握り易さを評価させた。ここでの評価方法としては、サンプルを視覚および触覚を用いて相対的に比較しながら精度よく最適値を選定することができる1本選択法²⁾を採用した。30名の被験者に12本の円筒を把握させ、その中から最も握り易いと思われる1本を選択させ、30人の分布をもとめた。1日あるいは被験者によっては2日間空けた後に、以下に記す条件Aの下で12本の円筒物体の握り易さの評価を、同様に1本選択法で行った。以下、条件Bから条件Eまで、1日あるいは被験者によっては2日間空けた後に実験を実施した。実験は、条件Aをはじめに行い、次に条件B、条件C、条件Dそして最後に条件Eを行った。なお、条件Aと条件Bの感性情報量は2つ、条件Cと条件Dの感性情報量は3つ、条件Eは感性情報量が4つである。

条件なし：視覚および触覚により評価

条件A：道具の名称の提示，触覚により評価（アイマスク装着）

条件B：道具の名称の提示，視覚により評価

条件C：道具の名称の提示，視覚および触覚により評価

条件D：道具の名称と写真の提示，視覚により評価

条件E：道具の名称と写真の提示，視覚および触覚による評価

被験者に与えた道具の情報は、言葉としては「階段の手すり」、「バスの支柱」、「硬式テニスラケット」、「釣竿」、「シャベル」、「包丁」、「バドミントンラケット」とし、写真による提示としては、

それらを手で実際に把握している写真を提示した（図 5-2）．被験者への道具の情報は、ランダムに提示した．提示した手すりやバスの支柱等は、通常は道具と呼ばないが、これらに関する情報を道具情報の提示として以下では取り扱う．ここで、手すりやバスの支柱は、体重を支える状態や手関節動作が少ない静的状態での把握である．また、釣竿、シャベル、包丁、バドミントンラケットのグリップは、道具を操作する把握や手関節動作が多い動的状態での把握である．硬式テニスラケットの把握は、ラケットを押し出す形の把握であり、静的把握と動的把握の間である．

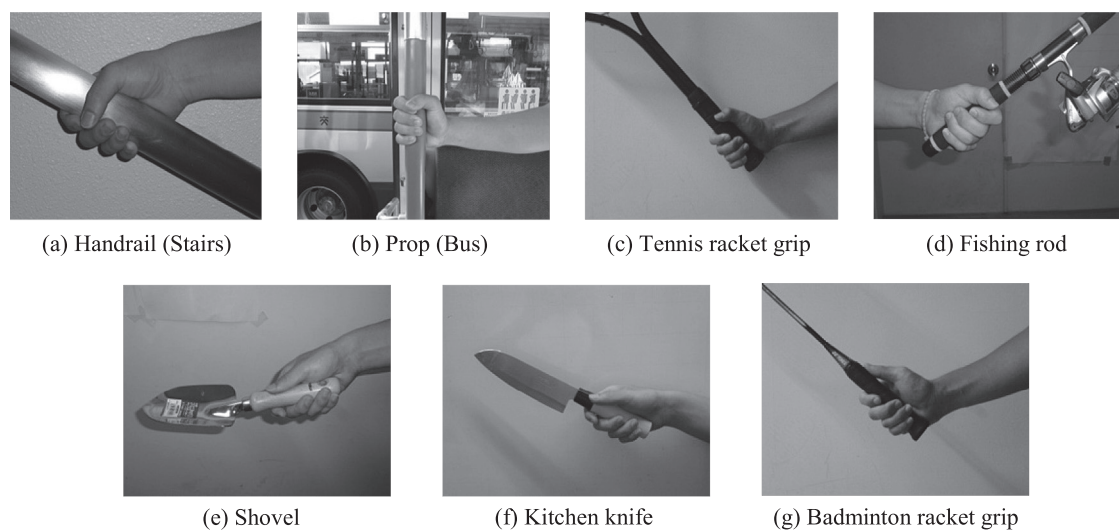


Fig. 5-2 Photographs of tools by which the sensory evaluation was performed

2.3 感性情報提示順による学習効果の有無の検証実験

感性情報量と握り易さの関係を 30 名の被験者に対して行った実験では、実験日を改めて行った場合でも、被験者が前日の実験の経験を記憶していて、その学習効果が翌日の実験に影響する可能性が考えられる．また、道具に関する感性情報を被験者に提示する順番による影響、さらには被験者群の違いによる影響も考えられる．それらを検証するため、20 名ずつ 5 つのグループに、バスの支柱および包丁の 2 つの道具に絞り、感性情報提示順の学習効果の影響を調べた．すなわち、提示する条件ごとに被験者グループを変える事で、特定の被験者が、連続してイメージする道具を異なる条件で評価するとき生じる前実験の影響を排除することができ、結果に学習効果が現れていない事の検証となると考えた．

3. 結果および考察

3.1 感性情報量と最適径の関係

図 5-3 と図 5-4 は、道具の情報を与えずに握り易さを評価した後に、条件 A から条件 E までの 5 条件の感性情報の下で、円筒物体の最適径を求めた結果である。

最初に、道具の情報を与えずに 12 本の円筒物体を見ながら握り、最も握り易いものを 1 本選択させた時の 30 名の分布を一番上に示した。この場合の最適径は、25mm から 35mm 前後を中心に広く分布している。これは、道具の情報を与えずに円筒物体を評価した場合、評価する時に抱く把握物体のイメージや手と物体との間に介在する感覚、例えば、道具ではバットや鉄棒、テニスやバドミントンラケットのグリップ、手と物体との感覚ではフィット感、力の入れ易さ、安定感、動かしやすさなど、個人個人が抱くイメージは異なり^{3),4)}、そのためにばらつきが大きくなったと思われる。さらに、最適径に影響する因子として手の大きさがあげられる。八高ら⁵⁾によれば、成人の最適径に、第 3 指手長（手首から中指までの距離）、第 3 指長、手掌長（手幅）が影響することが報告されており、形態的特徴によってもばらつきがみられたと考えられる。

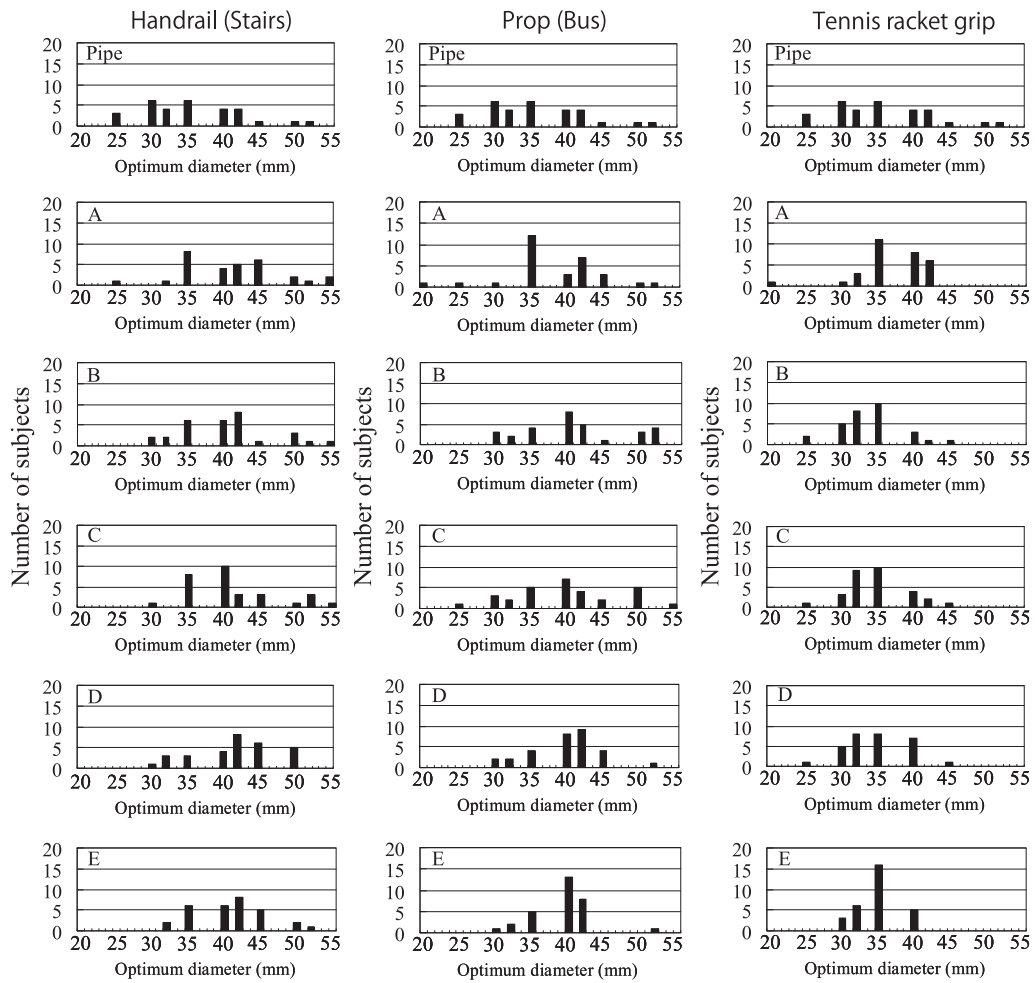
これに対して、道具の情報を与えて評価した場合の感性情報量と最適径分布の関係を、円筒物体を把握した時の下に各条件ごとに示す。感性情報量が少ない場合には、最適径の分布の特徴は、道具の情報を与えないで評価した場合と大きく変わらないが、感性情報量が増すにしたがい最適径の分布の幅は小さくなる傾向を示し、度数が一定の径の範囲に集中する傾向がみられるとともに、度数が多い径の位置も移動する。この移動の方向は、提示した道具の種類に影響しているといえる。そこで、度数分布の尖度と歪度の結果を、図 5-5 と図 5-6 に示す。尖度の結果から、階段の支柱は感性情報量に関係なくほぼ正規分布の特徴を示す傾向がみられた。またバスの支柱を除いた全ての道具で、感性情報量の変化にともない負の値を示し、分布の幅が狭くなる傾向を示している。一方、歪度では、テニスラケットと包丁を除いた全ての道具で、感性情報量の変化にしたがい、正規分布の特徴に近づく傾向を示している。また、テニスラケットを除いて、条件 D から条件 E にかけて度数の山が左方向に移動する傾向がみられる。

そこで、最適径の分布が感性情報量によって度数の山が移動する問題を検討した。図 5-7 は、感性情報量に対して図 5-3 で示した各道具の最適径の分布の中央値の変化を示す。横軸に感性情報の条件を、縦軸に最適径の分布位置として分布の中央値を示す。図中に示した破線は、今回の実験で被験者にイメージさせた写真の道具のグリップの実際の太さを示している。

体重を支えたり手関節動作が少ない道具のグリップである階段の手すりやバスの支柱に感性情報を与えて評価した場合、最適径は、条件 A や条件 B のような感性情報量が少ない場合の結果と道具

の情報を与えないで評価した結果と近い値を示していた。しかし、条件 C および条件 D や条件 E のように感性情報量が多くなると、最適径は、道具の情報を与えないで評価した結果より太くなる傾向を示した。一方、道具を操作するための手関節運動が多い釣竿やシャベル、包丁やバドミントンラケットでは、条件 A や条件 B のような感性情報量が少ない場合、最適径は、道具の情報を与えないで評価した結果に近い径を選択していた。しかし、条件 C および D や条件 E のように感性情報量が多くなるにしたがい、最適径は、道具の情報を与えないで評価した結果より細くなる傾向を示した。一方、硬式テニスラケットの情報を与えた場合、最適径は、感性情報量に関わらずほぼ一定で、道具の情報を与えないで評価した最適径に近い値であった。

以上のことから、最適径を評価するための感性情報量が少ない状況で円筒物体の握り易さを評価した場合には、個々人のイメージする道具が異なるため、最適径は、道具の情報を与えないで円筒物体を評価した結果に近い径を選択していた。しかし、感性情報量を多くすることによって、イメージする道具のグリップ径と円筒物体の握り易さが一致し、イメージが具体化し、その値はイメージするために用いた写真の道具のグリップ径に近くなったと考えられる。



Sensory information;
 A; Word, Grasping, B; Word, Sight, C; Word, Sight, Grasping, D; Word, Photograph, Sight, E; Word, Photograph, Sight, Grasping,

Fig. 5-3 Distribution of the optimum diameter of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of handrail, prop and tennis racket grip.)

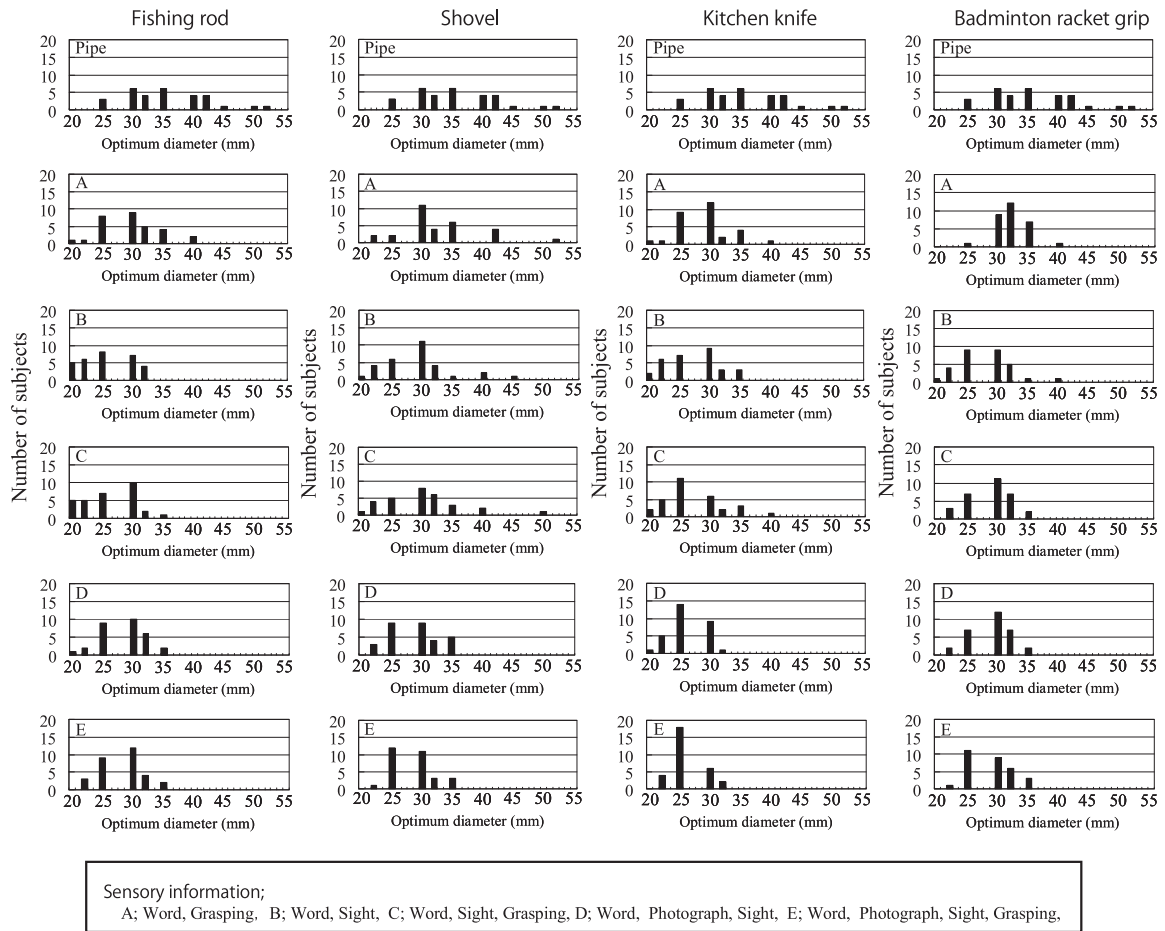


Fig. 5-4 Distribution of the optimum diameter of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of fishing rod, shovel, kitchen knife and badminton racket grip.)

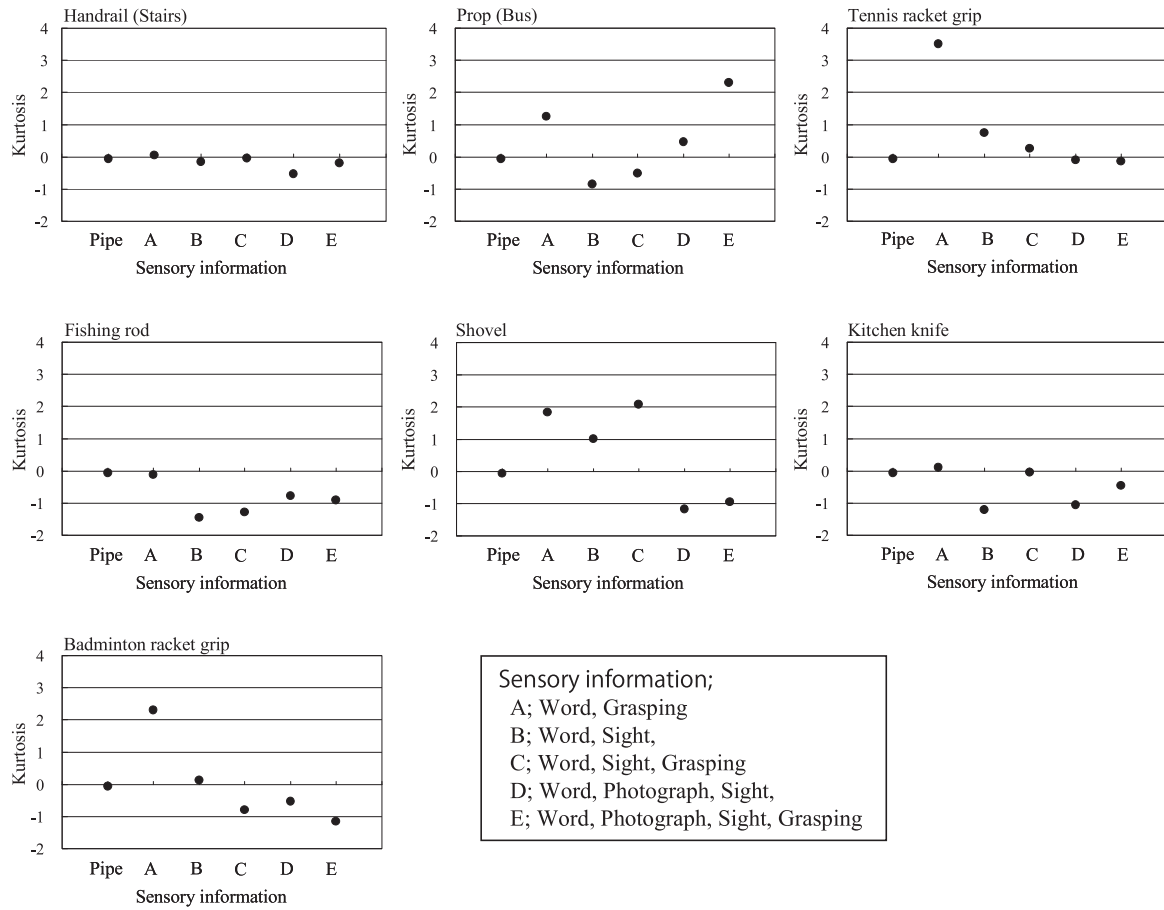


Fig. 5-5 Kurtosis of the distribution in the optimum diameters of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of the tools.)

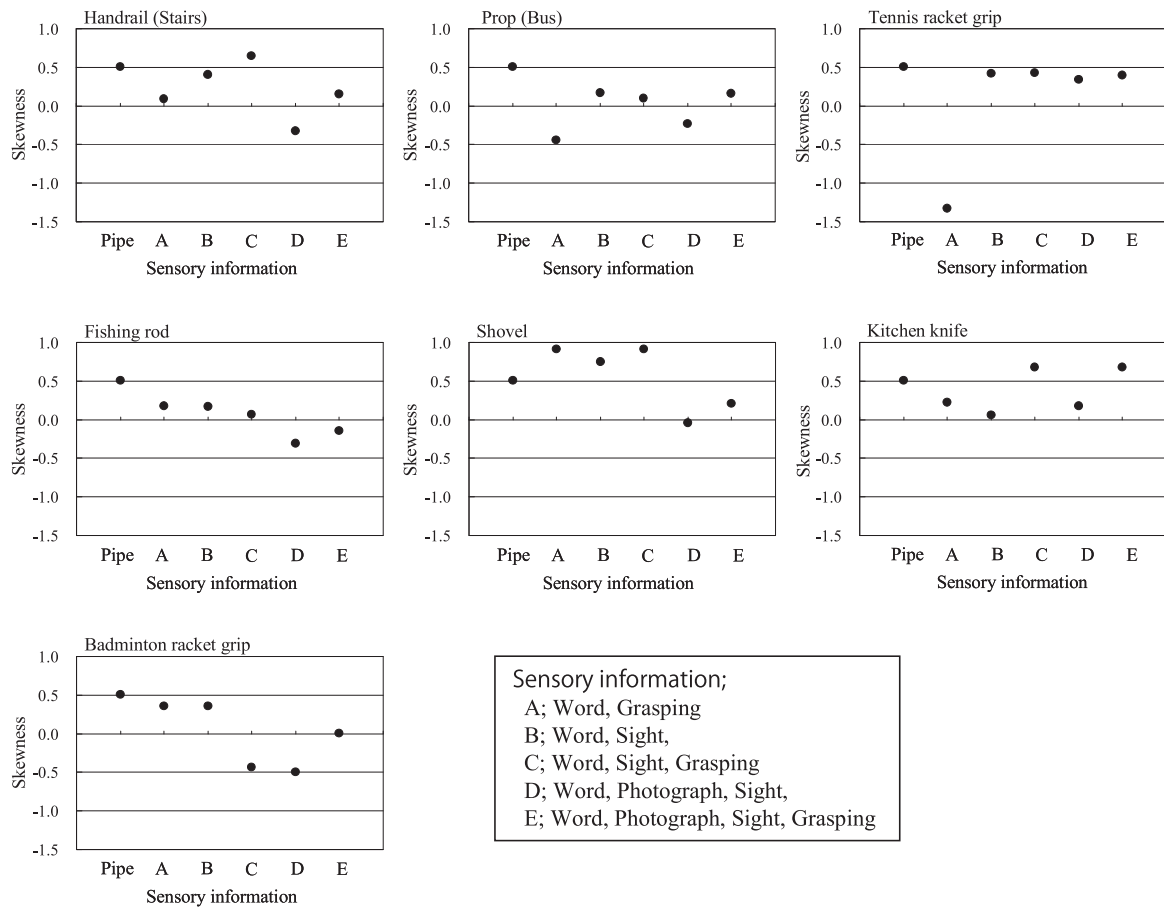


Fig. 5-6 Skewness of the distribution in the optimum diameters of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of the tools.)

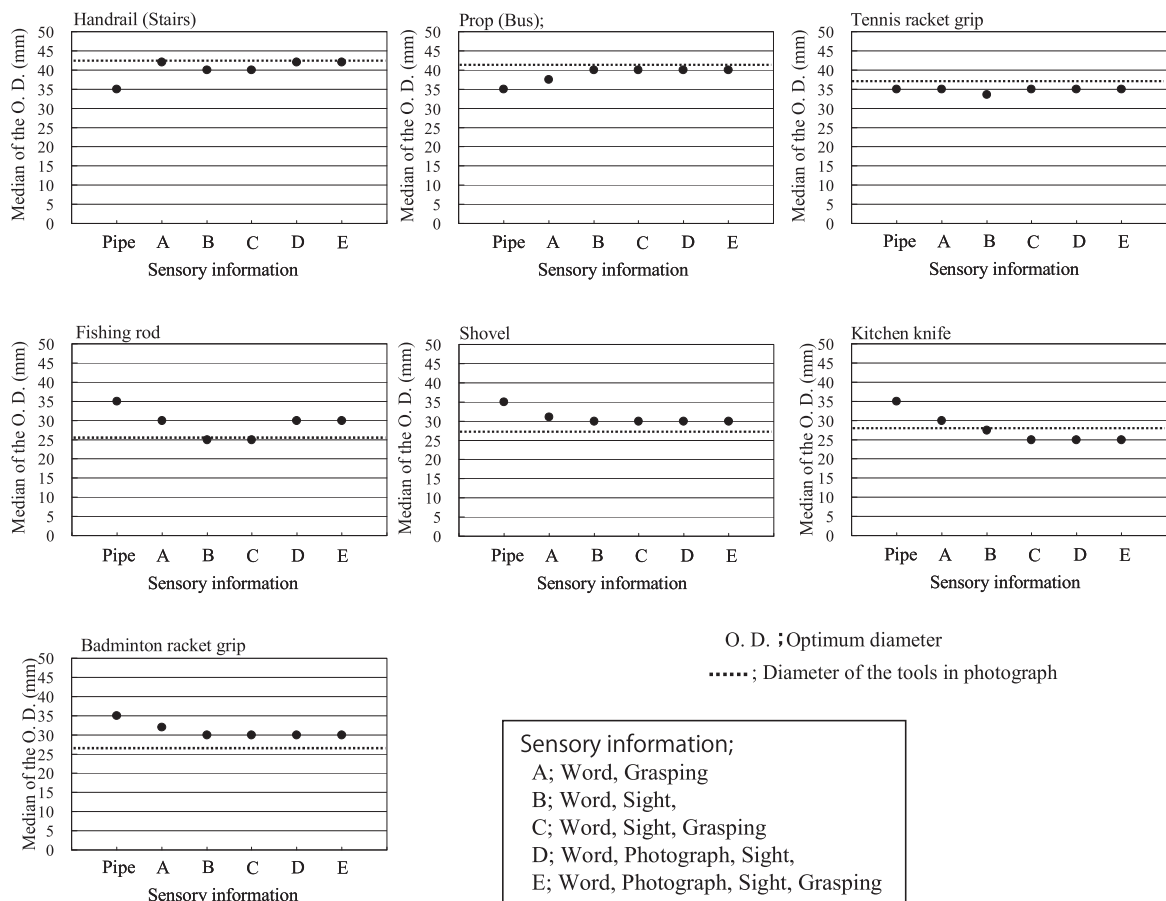


Fig. 5-7 Median of the optimum diameters of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of the tools.)

3.2 感性情報提示順による被験者の学習効果の有無の影響

図 5-3 と図 5-4 では、30 名の被験者が全ての感性情報量の条件を実施した。この場合、被験者の数および類似の実験を繰り返したことによる被験者の実験に対する慣れの効果が結果に影響する可能性がある。まず被験者数 30 名という人数は、アンケート用紙による調査研究では、120 名程度の多くの被験者のデータを集めないと主観値を客観値として処理できない⁶⁾とされているが、触覚を働かせ実験室的な空間内で評価実験を行う場合には、平均値や分布の特徴から 30 名以上の知覚が正常な被験者を用いるならば再現性が確保できると報告されている⁷⁾。その一方で、同じ被験者が繰り返し類似の実験を行ったことによる慣れ、すなわち手の学習効果が発生することは十分考えられる。そこで、感性情報量の条件ごとに異なる被験者グループによって評価実験を行った。

図 5-8 は、20 名ずつの 5 つのグループそれぞれが、異なる感性情報量の条件で、バスの支柱と包丁をイメージさせた時の最適径の分布を示している。左図は、各グループが最初の日に道具の情報なしで 12 本の円筒物体の握り易さを評価した結果を、中央図は、次の日にバスの支柱をイメージする情報を与えて円筒物体を評価した結果を、右図は、さらに 1 日空けて包丁をイメージする情報を与えてから円筒物体を評価した結果を示している。図の上から下に行くにしたがって、条件 A から条件 E へと道具をイメージするために与える感性情報量が異っている。

左図において、5 つのグループの被験者が、道具の情報なしで握り易さを評価した結果が、5 グループ間で分布の幅や山の高さが異なっていること、また図 5-3 と図 5-4 の結果で示した 30 名の被験者の結果とも異なっていた。この要因として考えられることは、3.1 の結果でも記述したとおり、道具の情報がない時に握り易さを判定するとき抱く道具のイメージや手と物体との間に抱く握り易さの感覚の違い、さらには、同じ年齢でも手の大きさが異なるという形態的影響が要因と考えられる。

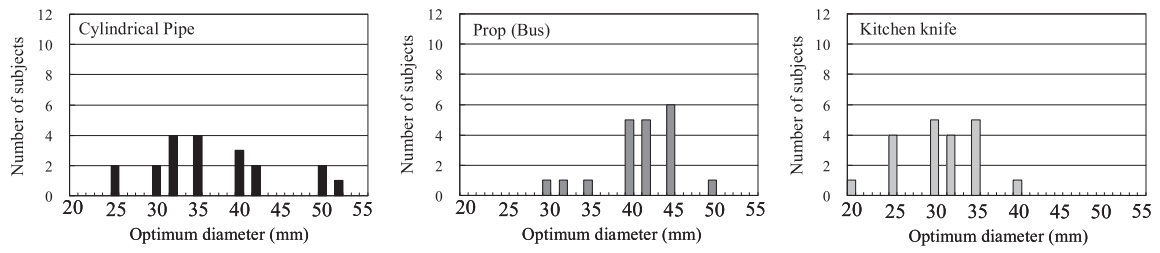
中央図のバスの支柱をイメージさせた場合、条件 A の感性情報量の下で評価実験を行ったグループは、道具の情報を与えないで評価した結果より太い径側に位置している。条件 A とは異なる視覚を用いた条件 B と感性情報が条件 A と条件 B より多い条件 C では、条件 A よりも分布の幅が狭くなる傾向を示し、さらに分布の山が右に移行し太い径を最適径と評価している。その傾向は、条件 D および条件 E で強くなる傾向がみられ、度数が高い径が収束することがわかる。

これに対して、右図の包丁をイメージさせた場合、各感性情報量の条件で評価された最適径の分布は、バスの支柱をイメージさせた場合の最適径分布の特徴と同様の傾向を示したが、条件 A から条件 E の分布の山は、条件 A の場合から比較的左側に位置する傾向を示し、細い径を最適径と評価している。

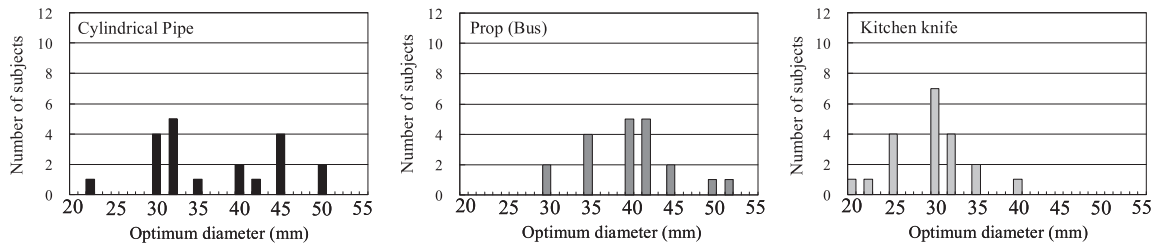
そこで、図 5-8 の度数分布の尖度と歪度を図 5-9 に示す。感性情報量の各条件に対する尖度と歪度の変化を、図 5-5 と図 5-6 に示したバスの支柱および包丁の尖度と歪度の変化と比較すると、バスの支柱の尖度と歪度および包丁の尖度の結果は、ほぼ同様の結果がみられたが、包丁の歪度は、今回の実験では異なる結果となった。その理由として、各被験者グループが包丁に抱く最適径が細い径を評価しているため、感性情報の種類や量化を変えても最適径分布の山の移行はみられなかったと考えられる。しかしながら、最適径の度数の高さは、感性情報量の条件が A から E へ変わっていくにしたがい、一つの径に収束していく傾向は同じであった。以上のことから、本研究の図 5-3 と図 5-4 の結果は、実験を繰り返したことによる被験者の学習効果の影響はほとんど受けていないと考えられる。

種々の道具の把握経験が異なる被験者グループであっても、具体的な道具のイメージを与え、その上で評価する物体である異なる径の円筒を見て、把握して最適径を評価するならば、イメージされた道具のグリップの最適径には大きな個人差が現れないことを意味している。すなわち、ある特定された集団に対する道具のグリップの設計において、より個人の好みに合わせた設計を行うためには、人が持つ五感をより多く提示する方法によって感性データを得ることが重要であるといえる。

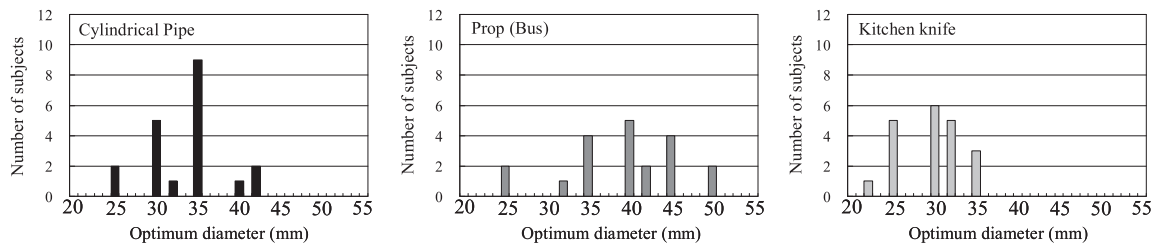
Condition A: Word, Grasping



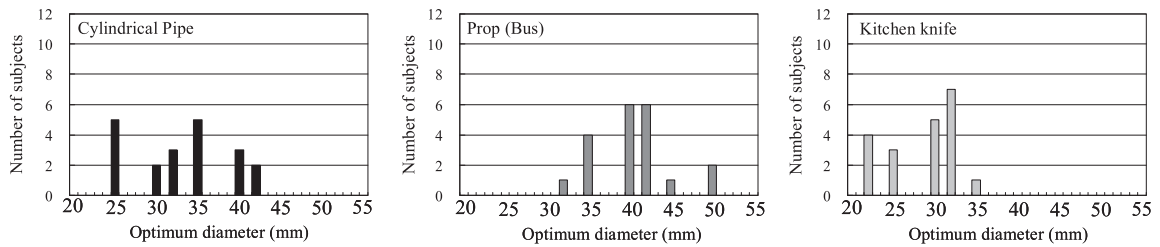
Condition B: Word, Sight



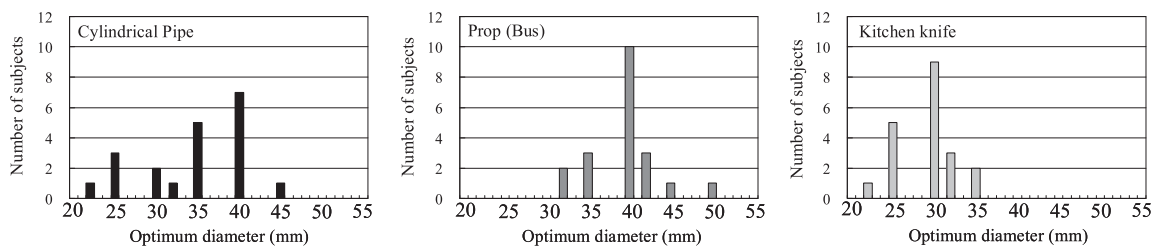
Condition C: Word, Sight, Grasping



Condition D: Word, Photograph, Sight

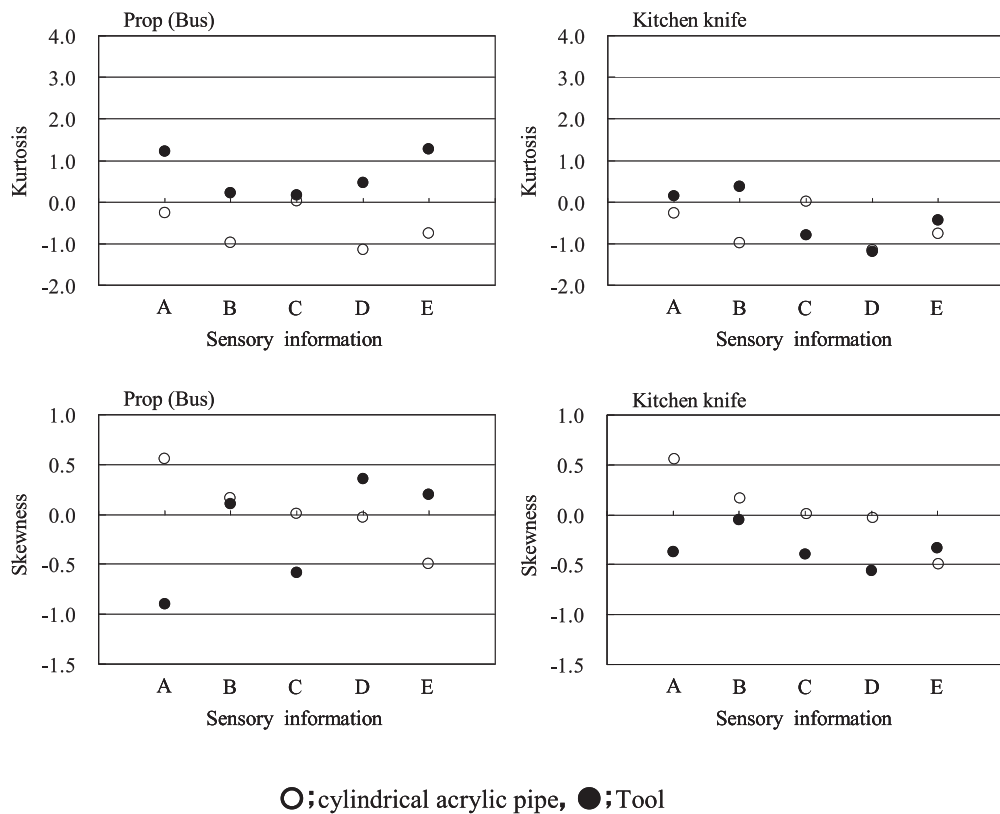


Condition E: Word, Photograph, Sight, Grasping



Sensory information;
 A; Word, Grasping, B; Word, Sight, C; Word, Sight, Grasping, D; Word, Photograph, Sight, E; Word, Photograph, Sight, Grasping,

Fig. 5-8 Distribution of the optimum diameter of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of cylindrical acrylic pipe, prop and kitchen knife.)



○;cylindrical acrylic pipe, ●;Tool

Sensory information;
A; Word, Photograph, Sight, Grasping, B; Word, Photograph, Sight, C; Word, Sight, Grasping, D; Word, Sight, E; Word, Grasping

Fig. 5-9 Kurtosis and Skewness of the distribution in the optimum diameter of cylindrical acrylic pipe (Subjects were provided with the sensory information of cylindrical acrylic pipe, prop and kitchen knife.)

4. 結言

本研究は、人間が同じ円筒物体を「見る」あるいは「把握する」場合に、道具のグリップ部分がイメージできる感性情報を与えたことによって、被験者が評価する円筒物体の握り易さは、感性情報量をどの段階の道具情報から、どの様に影響を受けるかを調べ、以下の結論を得た。

(1) 道具情報を与えないで円筒物体の握り易さを評価した場合に比べて、与える道具の感性情報量が多くなる程、握り易い径の分布は狭くなり、分布の尖度も高くなった。

(2) 道具情報を与えないで評価した円筒物体の握り易い径に比べ、評価する道具が静的に負荷がかかる状態で使用されるものでは太い値を、動的に使用される道具の場合には細い値を示す傾向があった。

(3) 評価時に与える感性情報量が多いほど、円筒物体の握り易さの評価はよりイメージさせた道具のグリップ径に近づく事が分かった。

(4) 道具の感性評価値は、提示する感性情報の提示順、被験者集団に関係なく、20名以上の被験者の握り易さの評価と一致した。また実験中の手の学習効果は、結果に影響しないことが確認された。

(5) 過去の把握体験が異なる被験者においても、道具を具体的にイメージできる感性情報を多く与え、視覚と触覚で物体を見て触ることで、道具のグリップの最適径の評価値は、ある太さに収束することが明らかとなった。

以上の結果から、今回対象とした健常成人で20歳前後を対象とした場合、機械の操作部や道具のグリップ部の設計に、個人の嗜好である感性情報を取り入れた人間中心設計を行うことが重要であり、より使い易い道具および効率的な道具の径を得るためには、人間が持つ感覚情報をより積極的に多く取り入れた感性データを利用することが重要であることがわかった。

第5章 参考文献

- [116] 八高隆雄, 荒川進, 高田一: 手-円筒物体間の力の伝達, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 60, No. 573, (1994), pp.1721-1726.
- [117] 八高隆雄, 山本圭治郎, 小山昌洋, 兵頭和人: 円筒物体把握における握りやすさの感性評価, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 62, No. 602, (1996), pp.3999-4004.
- [118] 佐藤大斗, 高橋勝美, 八高隆雄, 種市和香子, 山本圭治郎: 暗黙裡としての道具のイメージ情報による握り感性の変化, Dynamics and Design Conference (USB No.429), (2013).
- [119] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎: 被験者の年齢が握り易さの評価値に及ぼす影響, Dynamics and Design Conference (USB No.601), (2012).
- [120] 関野楓, 高橋勝美, 佐藤大斗, 八高隆雄, 山本圭治郎: 手の知覚分布情報による把握特性解析, Dynamics and Design Conference (USB No.430), (2013).
- [121] 増山英太郎: 心に浮かぶイメージをはかる—SD法の理論と応用—, ISS 産業科学システムズ, (1996), pp.3-14.
- [122] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭次郎: 機械設計データとして有効な感性評価値の尺度段階および被験者数, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 79, No. 803, (2013), pp.2329-2337.

第6章 結論

1. 総括

「人間中心設計」[123]の概念が取り入れられる中、人間の視点に立った設計、つまり感性設計が必要とされてきている。感性設計とは、個人の嗜好を取り入れた人工物の創出であり、多様化した個人の嗜好に対応する設計である。つまり、これまでの大量生産のための設計と異なり、個人の嗜好に応じた質的な側面を重視した設計である。感性に基づいて設計された人工物は、それをを用いることで、生活がより楽しく、安全に効率的に過ごすことができることに貢献しなければならない。そのためには、より精度が高い感性評価値を計測する必要がある。感性工学に基づく機械設計とは、人間の知覚した感覚やイメージを、有用な方法によって計測し、得られた感性データを解析し、工学的に信頼性のある感性情報として機械設計に利用することである。

しかしながら、感性データは、主観値であって常にあいまいさを含んでいる。機械工学分野の設計に応用するためには、感性データの信頼性が重要になる。あいまいさを含む感性データを信頼性が高い客観値に変換するためには、評価者の感覚の能力が問題となる。これまでの感性評価は、間隔尺度に基づく評定尺度法やSD法および一対比較法などが用いられてきた[124]。集団の平均的な嗜好を評価することができる評定尺度法やSD法および一対比較法では、5段階および7段階の尺度段階を用いて人の嗜好の度合いを評価している。この場合、5あるいは7段階の尺度段階には、「どちらでもない」という曖昧さを含んでいる。機械設計に用いる感性情報を得るためには、できるだけ曖昧さが少ない信頼性の高いデータを得ることが必要である。さらに、ある集団の平均的な嗜好を代表値として扱うためには、何人の被験者を対象として感性情報を抽出することが良いのかという問題も含んでいる。また、一対比較法では、この問題以外に、評価対象の数が多くなるにしたがい、組み合わせ数の増加にともなう被験者への身体的および精神的な負担の増大という問題も指摘されている。実験に際しては、少しでも被験者への負担を減らすことも重要である。さらには、感性評価時に提示される刺激に対して、提示される感性情報の量も影響する。例えば、評価対象物を見るだけなのか、触っても良いのか、音を聞くのかというように、どれだけの五感を働かせて評価することが、より信頼性の高い感性情報を得ることができるのかという問題である。本研究では、より簡易に信頼性ある感性評価値を抽出するために、円筒物体の「握り易さ」を題材として以下の構成で感性評価法を検証した。

第2章では、「握り易さ」の感性評価において、最適径の評価に影響する把握指の特性や手関節の可動域の特性、さらに最適径把握と生理学的疲労反応を明らかにすることで、感性評価によって得

られる最適値が設計に利用することが可能か検証した。その結果、最適径評価には、物体を把握した時に主体として把握に関与する指の感覚が影響することがわかった。また、最適な握り径で長時間握った場合、「握り易さ」の評価は一定値を示し変わらず、把握時の手部の筋電位は低下し、疲労を表す周波数帯域は得られなかったことから、疲労を感じることはない径の円筒であることがわかった。このことは、感性評価値と生理学的特性の評価値とが対応することであり、把握物の機械設計に感性評価値が有効に利用できる評価法であることが明らかになった。

第3章では、ある集団の平均的な感性情報を得るために、できるだけ曖昧さが少ない信頼性の高いデータを取得するための尺度段階数と必要な被験者数について検証した。その結果、十分と思われる数である100名の被験者による実験を行った結果、最適径の度数分布は、尺度段階数に関わりなく、分布の形状が近く、評価データのばらつきが小さくなる傾向がわかった。また、「握り易さ」の評価に要する時間は、尺度段階数が多くなる程延長するが、4段階から7段階の評価ではほとんど差が無いことがわかった。そして、被験者数を順次増加して実験した結果、握り易さとパイプの径の関係を平均値と標準偏差について分析すると、4段階から7段階であれば被験者数は20名以上で再現性がある結果が得られた。さらに6段階や7段階に限れば10名の被験者でも再現性があることがわかった。以上の結果から、SD法などで機械設計データとして感性評価を行う場合に、通常使われる4段階から7段階の尺度段階を用いるならば、平均値であれば20名程度の被験者、6段階および7段階に限れば10名以上の被験者のデータでほぼ特長を抽出できることがわかった。さらに厳密さを求めて度数分布の形状も考慮すると、35名の被験者が必要なことがわかった。

第4章では、機械設計に用いる個人に特化した設計のためには、個々人が持っている嗜好をより精度高く、そしてできる限り簡易に評価する必要があることを勘案して、「一点選択法」を提案し、これまで実施されている一対比較法による個人の感性評価方法と比較して、その妥当性を検証した。その結果、提案した「一点選択法」で評価された最適径は、SDスケール法やサイクリック法、中屋の変法より、短時間にそして少ない評価回数で、同程度の値を得ることができた。以上のことから、本研究で提案した「一点選択法」は、SDスケール法や一対比較法と同程度の最適径を評価することができ、さらに測定時間および評価回数からも、SDスケール法や一対比較法よりもより簡易な測定法であり、被験者の身体的負担の軽減および信頼性を高めるための多くの被験者を対象可能とする方法であることが明らかになった。

第5章では、より精度が高い個人の嗜好を評価するために必要な感覚情報量について、日常の製品のグリップを題材に、感覚情報量の違いと評価される道具の最適径について検証した。その結果道具情報を与えない円筒物体の「握り易さ」を評価した場合に比べて、与える道具の感性情報量が

多くなる程、「握り易い」径と評価された径の分布は狭く、尖度も高くなる一方、道具が静的に負荷がかかる状態で使用されるものでは太い値を、動的に使用される道具の場合には細い値を示す傾向であるとともに、より現実に存在する道具のグリップ径に近づく事が分かった。以上の結果から、機械の操作部や道具のグリップ部の設計において、個人の嗜好にあわせた設計を行うためには、人間の五感を多く働かせることができる感覚情報をより多く取り入れることで、より精度の高い感性評価値を得ることができることがわかった。

本研究で得られた、従来の方法より簡易に信頼性のある把握物の最適径を評価する方法を図 6-1 に示す。形状や重量、および質感などを統一した、数種類所の径を持つ把握物の中から最も握り易い径を評価するには、評価者に把握物の具体的な道具のイメージを与え、視覚と触覚を積極的に把握物に働かせるアクティブ・タッチで把握し、「一本選択法」による感性データ抽出法を用いる一連の手法が有効である。これにより、容易に最適径を見出すことができる。

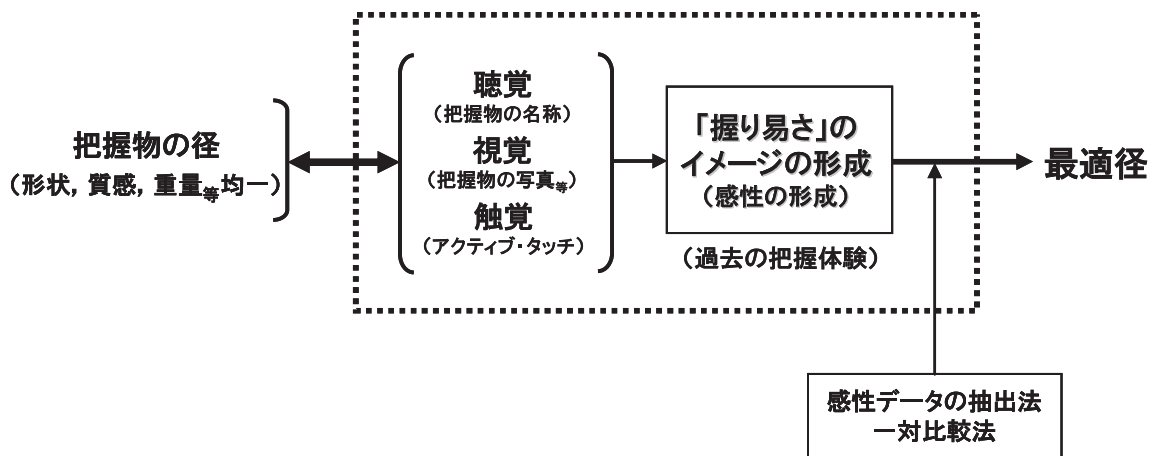


Fig. 6-1 Sensory evaluation model of the easiness of grasping in this study

2. 今後の展望

本研究により、感性評価値を機械設計に有効に活用するための有用且つ簡易な測定法の指針が見出せたと考えられる。今回の測定の対象者は、20歳代の一般男性という特定の集団に基づく結果である。個人が持っている感性は、性別や生活環境、経験値が異なる年齢、さらにはその時代時代によって様々である。高齢化率が25%を超えた超高齢社会の時代を迎えた日本において、個々人の嗜好の評価である感性計測は、個人差が大きくなる高齢者の生活を支援するための生活用具や機器の

設計に関わる福祉工学分野に重要な役割を果たすと考える。そのためには、年齢を考慮した感性評価に基づく機械設計が必要であるとともに、評価者の年齢に対応できる感性の評価基準の指針も必要であると考えられる。

第6章 参考文献

- [123] 黒須正明, 堀部保弘, 平沢尚毅, 三樹弘之, ISO13407 がわかる本, オーム社, (2001), pp.
- [124] 飯田建夫, 感覚生理工学, コロナ社, (2009), pp.58-75

謝辞

本論をまとめるにあたり、献身的なご指導を頂いた指導教官である八高隆雄教授に心より感謝申し上げます。特に八高教授には、これまでの研究のまとめをする重要性をお教え頂き、横浜国立大学大学院博士課程後期への進学のご示唆を頂きました。そのご示唆によって、本論をまとめる環境を提供していただくことになり今日に至りました。心より深く感謝申し上げます。

本論の審査員として、貴重なご示唆とご助言をいただきました福富洋志教授、森本茂教授、眞田一志教授、岡島克典准教授、白石俊彦准教授の皆様にも心より感謝申し上げます。

本論文の主題であります「握り易さの感性評価の研究」を始めるきっかけを与えて頂き、その後も終始暖かい激励とご指導、ご鞭撻頂きました神奈川工科大学名誉教授、同大学先進技術研究所所長であります山本圭治郎所長には、特に深く感謝申し上げます。

また、筆者が神奈川工科大学に在勤のまま横浜国立大学大学院への進学を許可していただきました小宮一三学長をはじめ、磯村恒前学科長ならびに小川喜道現学科長に心よりお礼申し上げます。

また、本実験を遂行するにあたり、データ収集に多大なるご協力を頂きました神奈川工科大学健康福祉支援開発センター指導員種市和香子さん、神奈川工科大学大学院ロボット・メカトロニクスシステム専攻2年佐藤大斗君に心から謝意を表します。

最後に 日常の健康管理と暖かい励ましで支えてくれた妻、ならびに家族に心より深く感謝申し上げます。

本論を構成する論文

査読付き論文

- [1] 山本圭治郎, 八高隆雄, 高橋勝美, 兵頭和人: 長時間把握時における感性評価と筋電位および力発揮特性, 日本機械学会論文集 C 編, 63 (611), (1997), pp.2408-2412
- [2] 高橋勝美, 山本圭治郎, 兵頭和人, 八高隆雄: 円筒物体の握り易さの感性評価に与える握り方の影響と指の力発揮特性, 日本機械学会論文集 C 編, 63 (612), (1997), pp.2794-2800
- [3] 高橋勝美, 山本圭治郎, 八高隆, 兵頭和人: 円筒物体の握り易さの感性評価と手関節運動範囲および指の力発揮特性(打具競技選手と一般学生との比較), 日本機械学会論文集 C 編, 65(637), (1999), pp.3744-3750
- [4] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎: 機械設計データとして有効な感性評価値の尺度段階および被験者数, 日本機械学会論文集 C 編, 79 (803), (2013), pp.2329-2337
- [5] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎: 機械設計に関わる感性データの簡易処理法 (一点選択法の提案), 日本機械学会論文集, 掲載決定
- [6] 高橋勝美, 八高隆雄, 佐藤大斗, 山本圭治郎: 感性情報量の違いによる握り易さの変化, 設計工学 掲載決定

口頭発表

- [1] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎, 被験者の年齢が握り易さの評価値に及ぼす影響, Dynamics & Design Conference 2012, USD 論文集, (2012), No.601
- [2] 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎, 握り易さの感性評価値に及ぼす尺度分割段階の影響, Dynamics & Design Conference 2012, USD 論文集, (2012), No.602
- [3] 佐藤大斗, 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎, 暗黙裡としての道具のイメージ情報による握り感性の変化, Dynamics & Design Conference 2013, USD 論文集, (2013), No.429
- [4] 関野楓, 佐藤大斗, 高橋勝美, 八高隆雄, 山本圭治郎, 手の知覚分布情報による把握特性解析, Dynamics & Design Conference 2013, USD 論文集, (2013), No.430