

公立はこだて未来大学 2015 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2015 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

感じる筋電義手の開発

Project Name

Development of myoelectric prosthetic hand with haptic sense

グループ名

触知覚班

Group Name

The sensation of touch group

プロジェクト番号/Project No.

9

プロジェクトリーダー/Project Leader

1013051 加藤大気 Taiki Kato

グループリーダ/Group Leader

1013151 小松充希 Atsuki Komatsu

グループメンバ/Group Member

1012176 須田龍祐 Ryosuke Suda

1013172 加藤颯 Hayate Kato

1013197 小川浩太郎 Kotaro Ogawa

1013221 関谷修次 Shuji Sekiya

指導教員

櫻沢繁 伊藤精英 高木清二

Advisor

Shigeru Sakurazawa Kiyohide Ito Seiji Takagi

提出日

2016 年 1 月 20 日

Date of Submission

January 20, 2016

概要

筋電義手とは筋収縮時に近傍の皮膚表面に表れる電位を利用し、任意に握る、離すなどの操作を可能とした義手である。しかし筋電義手では、物に触れた際に硬さの情報は得られないため柔らかいものを握り潰してしまうなどの問題が起こりうる。本来ならば手は皮膚の感覚受容器や末端神経により物に触れた際に様々な知覚情報を得ており、物の特徴を判別しているのでそのような問題は避けることが可能だ。したがって、このプロジェクトでは筋電義手に情報を得るツールとしての機能を追加し、物体の特徴を装着者が判別できる筋電義手の開発を目指した。そのために硬さや温度といった情報を人にフィードバックすることを目標とした。前期では筋電義手の製作を進めつつ、温度をフィードバックする方法について考え、その方法で温かいもの・冷たいものを判別できるか実験を行った。その結果冷たいものを判別することができたが温かいものに関しては精度を上げる必要があった。さらに後期では圧力センサを使用して硬さの判別をし、装着者が振動で違いを判別できるような筋電義手を目指した。その結果義手で物を掴みある一定以上の圧力を感知すると装着者が振動で知ることができる筋電義手まで製作が進んだ。しかし、硬さの違いをフィードバックするまでには至らなかった。

キーワード 筋電義手, フィードバック, 硬さ, 温度, 圧力

(文責: 小川浩太郎)

Abstract

The myoelectric prosthetic hand is an artificial arm to reproduce the function of hands such as grasping and detaching objects. They use an electric potential appearing on the surface of skin when muscles contract. But, problems such as users crush soft objects occur because they can't get information about the hardness of the objects with robotic artificial arms. Originally, our hands get information from terminal nerves and sensory receptors of the skin when we touch objects. And they discriminated the feature of objects. So, it's able to avoid problems like crushing soft objects. Therefore, we tried for adding the function to get information and making a myoelectric prosthetic hand that users can discriminate the feature of objects with. To attain an objective, we aimed for transmission of the information like hardness and warmth, coldness to users. In first semester, we thought about the feedback method of temperature while advancing the development of a myoelectric prosthetic hand and we experimented about the distinction of warm and cold objects with the method. As a result, we were able to discriminate cold objects. But, we needed to improve to accuracy of the distinction of warm objects. Also, in second semester we thought about the discrimination of the hardness by using a pressure sensor and tried to make a myoelectric prosthetic hand that users can discriminate the difference by vibration with. As a result, we made a myoelectric prosthetic hand that users can know holding objects by vibration when perceiving a certain pressure. But, it can't transmit the difference of the hardness to users and implement its function.

Keyword Myoelectric prosthetic hand, Feedback, Hardness, Warmth, Pressure

(文責: 関谷修次)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	筋電義手の問題点	1
1.2	目的	1
1.3	解決法	2
第 2 章	到達目標	3
2.1	本プロジェクトにおける目的	3
2.2	課題設定	3
2.3	課題の割り当て	4
第 3 章	課題解決のプロセスの概要	6
第 4 章	活動の詳細	9
4.1	活動の概要	9
4.1.1	筋電位計測実験	9
4.1.2	温点冷点に関する文献とアンケート	10
4.1.3	温度と知覚に関する実験	10
4.1.4	実験のための装置開発	11
4.1.5	圧力フィードバックの実験	12
第 5 章	結果	13
5.1	プロジェクトの結果	13
5.1.1	筋電位計測実験の結果	13
5.1.2	温度と知覚に関するアンケートの結果	14
5.1.3	温度判別実験の結果	15
5.1.4	作成した回路	15
5.1.5	圧力フィードバックの実験結果	16
5.2	成果の評価	17
5.2.1	筋電位計測実験の考察	17
5.2.2	温度と知覚に関するアンケート	17
5.2.3	温度と知覚に関する実験	17
5.2.4	圧力と知覚に関する実験	17
第 6 章	今後の課題と展望	18
付録 A	新規習得技術	19
付録 B	発表の評価のまとめ	20
B.1	発表技術について	20
B.2	発表内容について	20

第 1 章 背景

義手は重い・手触りが固い・人から注目を集めたくないといった理由から、軽量化や外観の再現を目的として製作されることが多い。これに対し外観よりも機能の再現を目指して開発されたのが筋電義手である。筋電義手とは筋肉を動かす際に、皮膚表面に生じる電圧（筋電位）を利用して操作を可能にする義手である。一般的な筋電義手は、まず初めに筋電位を測定し、その波形によってシステムが作動することでモータが回転し義手の指の開閉が行われる。筋電義手を製作する前に、手とはそもそも何の役割を持つのかを話し合った。その過程で人間は手を使ってものを持つ・握るといった動作的な役割以外にもう一つの役割に気づくことができた。人間は手をつかって触れた物体が熱いか冷たいか、堅いか柔らかいかまたその質感はどのようなものなかとといった情報を得ることができる。ここでこれらの情報を得るメリットを簡単な 2 つの例を用いて紹介する。例えば火にかけたやかんに触れる際、温熱・冷熱を認識することで皮膚のやけどを防ぐ。また飲み物が入った紙コップを手にしたときに圧力を認識することで、紙コップを握りつぶしてしまう可能性を回避する。これらの情報は人間が物体をどのように扱うのかを決める判断材料であると考えた。つまり手とは情報得る一つのツールであるといえる。日常生活において手から得る情報が普段の何気ない動作に結びついている。

(文責: 小松充希)

1.1 筋電義手の問題点

筋電義手には、前述にあるような機能が備わっていないので、義手で触覚情報を得ることはできない。海外の研究に目を向けると温熱・冷熱や圧力のフィードバック機能の研究が行われている。しかし実装には至っていない。昨年プロジェクト活動においても物体の圧力を、振戦を用いてフィードバックを行うという研究は行っているが、実装には結びついてはいない。また昨年度までのプロジェクトで作成された義手では、すべての部品を内蔵していなかった。

(文責: 小松充希)

1.2 目的

このような背景、問題点から本年度プロジェクトの目的を感じる筋電義手の開発とした。装着者が私たちの開発した筋電義手でもものに触れたときに、その触覚情報を得ることが可能ならば目的の達成といえる。

(文責: 小松充希)

1.3 解決法

目的達成に向けて2つの目標を立てた。1つ目は感じる機能を実現するためにフィードバック装置の開発を行うこと。前期で熱、後期は圧力に着目しフィードバックの実現を目指す。また筋電義手では、昨年度までのプロジェクトを踏まえ内臓化を目標とした。この目標においては各グループが連携をとり実現を目指していく。

(文責: 小松充希)

第 2 章 到達目標

2.1 本プロジェクトにおける目的

感じる筋電義手の開発のためにプロジェクト内で 3 つのグループ（回路計測班、外装班、触知覚班）に分け、各グループが目標を立て本プロジェクトを進める。触知覚班では、ヒトの手は物体を握ったり、触れたりといった動作をするだけでなくそれらの動作から物体の熱さや冷たさ・圧力といった情報を得るツールであると考え、筋電義手にもそれらの情報を得る機能を実装し、装着者にフィードバックすることを目指す。前期は、温度に着目して、義手装着者が物体の温度（温かいか冷たいか）を判別可能とすることを目指した。義手で触れた物体の温度の検知に関してはサーミスタを用い、装着者にはペルチェ素子を用いることでフィードバックできるのではないかと考えた。後期は、圧力に着目して、義手装着者が物体に触れているかいないかの判別を可能とすることを目指した。義手で物体に触れているかどうかの検知に関しては圧力センサを用い、装着者には振動モーターを用いることでフィードバックできるのではないかと考えた。前期・後期で下記のことを目標とし活動を進める。

前期：触れた物体の温度を知覚し、フィードバックする装置をサーミスタとペルチェ素子を用いて作成し、触れた物体の温度を判別することを可能とする。

後期：触れた物体の圧力を認識し、フィードバックする装置を圧力センサと振動モーターを用いて作成し、物体に触れているかどうかの判別を可能とする。

（文責：関谷修次）

2.2 課題設定

1. 筋電義手についての調査
2. 目的の設定
3. グループ分け
4. グループ活動
5. 温度の知覚について調査
6. センサについて調査
7. 温度を知覚する装置及び装着者にフィードバックする装置の作成
8. 結果の検討
9. 中間発表に向けての準備
10. 中間発表
11. 中間発表の反省
12. 後期に向けての目標の再設定
13. 圧力について調査
14. センサについての調査
15. 圧力フィードバック装置の作成
16. 筋電位計測部分実験

17. 作成した装置が実際に圧力を知覚し、フィードバックしているのか実験
18. 結果の考察
19. 最終発表に向けての準備
20. 最終発表
21. プロジェクトの反省
22. 発表評価シートのまとめ

(文責: 関谷修次)

2.3 課題の割り当て

課題は基本的に全員が同じ課題に取り組んだ。文献の調査の際には、触知覚とフィードバックに使う機器の2つに対して半分のメンバーに分かれて調べた。実験に関して、メンバー全員で担当した。以下では、前述以外の課題の取り組みを記す。

小松充希

- 温度を知覚する部位の希望に関するアンケート調査
- カバー作成
- 発表評価シートのまとめ
- 最終発表のプレゼンター

須田龍祐

- ペルチェ素子サーミスタ回路の作成
- 外装の作成
- 圧力フィードバック回路の作成

加藤颯

- 回路のはんだ付け作業
- スライド用の画像を撮影、画像の作成・編集

小川浩太郎

- 中間スライドの作成
- ポスター・サブポスターの作成
- 最終スライドの作成
- teX による文書作成

関谷修次

- 中間スライドの作成
- カバー作成
- 組み込み作業

Development of a robotic artificial arm

- 最終スライド作成
- 発表評価シートのまとめ

(文責: 関谷修次)

第 3 章 課題解決のプロセスの概要

1. 筋電義手の現状の調査

各自、インターネットや論文から義手に関する情報を探し、現状、義手はどのようなものがあり、どんなことが出来るのかを調べた。

2. 義手の日常生活における問題点を模索し何を可能とする義手を制作するのか最終目標を決定

メンバー全員で話し合い、日常生活でどんな問題が発生すると仮定できるかを書き出した。その中から、対処が現実的な問題を選択し、最終目標を「視覚に頼らない義手を制作する」ことに決定した。

3. グループ分け

班を「触知覚班」「外装班」「回路班」の三つに分け、各自が興味のあるテーマはどれか希望調査を行い、班を決めた。

4. グループ毎の目標・計画設定

触知覚班のメンバーで話し合い、中間発表までの目標を決定した。

5. 温度の知覚についての調査

知覚に関係していそうなテーマの本を読み込み、情報を収集した。

6. 温度を知覚するのに使えるセンサの調査

知覚を再現できそうな機器をインターネットで調べ、サーミスタやペルチェ素子の使用を決定した。

7. 作成した装置が実際に温度を知覚しているか実験を行う。

装置の先に温度を発生する物体（3種類）をセットし、7人の被験者に対し実験を行った。

8. 今後の課題

実験成果より、「冷たい」の温度は知覚しやすいことが分かったので、今後は「温かい」の温度をどのようにして知覚させるのが有効かを調査する。

9. 中間発表のためのポスター・スライドの制作

各班ごとにメンバーをポスター制作組とスライド制作組に分け、ポスターはIllustrator、スライドはpowerPointで制作した。

10. 中間発表

作成した義手・ポスター・スライドを用いて中間発表を行った。

Development of a robotic artificial arm

11. 中間発表の反省

発表後、集めた発表評価シートから中間発表の反省を行った後、メンバー全員で中間までの活動を振り返り、スケジュールの管理・情報共有ができていなかったといった問題点を挙げ、後期ではそれらに注意にしながら活動に取り組むこととした。

12. 後期に向けての目標の再設定

触知覚班のメンバーで話し合い、着目する情報を変更した。

13. 圧力について調査

圧力を認識するのに関係していそうなテーマや文献を読み込み、情報を収集した。

14. センサについての調査

圧力を認識し、フィードバックするのに有効な部品をインターネットで調べ、圧力センサと振動モーターの使用に決定した。

15. 圧力フィードバック装置の作成

回路計測班・外装班で作成中の筋電義手に実装できるように装置の作成に取り組んだ。

16. 筋電位計測部分実験

筋電位がなかなか取れず義手が動かないという状況を減らすために、腕のどの部分が最も筋電位が取りやすいのかの実験を12人の被験者に対して行った。

17. 作成した装置が実際に圧力を認識し、フィードバックしているのかの実験

作成した装置を実際に義手に取り付け、硬さの違う4種類の物体を握らせ、その時使用者が振動に気付くかを確認する実験を行った。

18. 結果の考察

実験結果を踏まえてメンバーで意見を出し合い今後の活動について話し合った。

19. 最終発表に向けての準備

スライドを制作する者とポスターを制作する者をそれぞれ数人選び、お互いが情報共有しながら作業に取り組んだ。

20. 最終発表

作成した義手・ポスター・スライドを用いて最終発表を行った。

21. プロジェクトの反省

指導教員を交えて、1年間のプロジェクト活動を振り返り、メンバー個人とグループ全体の反省を行った。また、プロジェクト活動を行うことの意義をメンバー全員が認識した。

22. 発表評価シートのまとめ

発表評価シート 75 枚をもとに、発表技術と発表内容それぞれの良かった点・悪かった点をまとめ、最終発表がどうだったかを客観的に知ることができた。

(文責: 関谷修次)

第 4 章 活動の詳細

4.1 活動の概要

まず人間の触知覚についての文献を読んできたところ、硬さの知覚に関する文献よりも温度の知覚に関する文献が多かったことから温度について注目し、前期では義手が触れたものの温かさ・冷たさを人にフィードバックするための方法を考えた。そして温度センサを使った実験をしその方法が適切かどうかについて検討した。後期では温度に関する実験の結果を受けて、温度情報を素早く使用者に返すことと熱電素子の温度の調整が難しかったため、義手が物を掴んだ時の圧力情報に注目し硬さの判別に取り組んだ。実装は義手が物を掴んだ際に一定の圧力があると振動して装着者に知らせるところまで製作が進み、いくつかの硬さの違うものを義手で掴む実験を行い装着者が気付くかを確認した。

(文責: 小川浩太郎)

4.1.1 筋電位計測実験

腕の部位ごとの筋電位を計測し、電極を張る位置はどこが適しているのかを調査するために行った。実験方法は、20代の健康な成人男性10人に手の伸展屈曲運動をしてもらい、筋電位が義手を動かす基準値を越えた回数と数値を記録した。数値は0から4095の値を取り、基準値の300を超えた場合に義手が動く。計測する区域は手首から肘までの区域を20%ずつに分割し、屈筋は腕の手のひら側、伸筋は手の甲側で計測した。

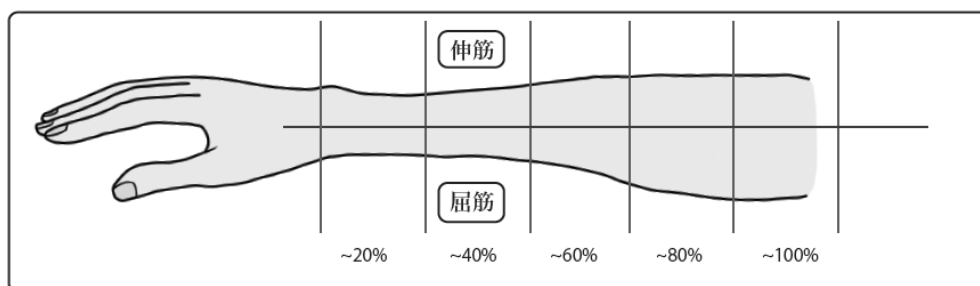


図 4.1.1 腕の計測区域分け

(文責: 小川浩太郎)

4.1.2 温点冷点に関する文献とアンケート

人間には、温度刺激および電気刺激に温覚または冷覚のみを起こす皮膚上の明確な小領域（径1mm）の温点、冷点というものがある [1]。体の部位別に分布密度を表 4.1.2.1 で表す。この表より温度を感じるのに適している場所は顔であることが分かった。しかし、実際にフィードバックをさせるためには回路・導線が必要になるために顔にあっては邪魔でないかと考えた。あくまでもこれはメンバー内での主観でしかないため、義手で感じ取った温度を体のどの部分で感じたいかという名目のアンケートを行った。調査日 2015 年 6 月 30 日 7 月 1 日に未来大学 1 年生～4 年生計 35 名に対してアンケートを行った。温度をフィードバックするための装置がある場合、それをどこにつけたいか、どこで熱を感じたいかという問において、顔、前腕、上腕、首、その他という 5 つの項目にチェックを行う形式とした。またその理由も知るために同アンケートの下記にその理由を記してもらった。

表 4.1 ヒトの皮膚温点および冷点の分布密度 [1]

	温点 /cm ²	冷点 /cm ²
前額		5.5-8.0
鼻	1	8
唇		16-19
上記以外の顔	1.7	8.5-9
胸	0.3	9.0-10.2
腹		8.0-12.5
背		7.8
上腕		5.0-6.5
前腕	0.3-0.4	6.0-7.5

(文責: 小松充希)

4.1.3 温度と知覚に関する実験

作成した温度をフィードバックする回路の精度を確認するため、次の実験を行った。対象は 20～22 歳の健康な男性とした。方法は、まず被験者に目隠しをしてもらい、回路を装着した。そしてサーミスタ部分に約 50℃の熱湯を入れたアルミ缶、-4℃の氷、または何も当てないという試行を経て、その際の温度変化を装着者に冷たい・熱い・変わらないの 3 択で答えてもらう手法を取った。この試行を連続して 5 回行ってもらった。

(文責: 須田龍祐)

4.1.4 実験のための装置開発

1) 設計思想

後期ではまず2段階の目標を定めた。1段階目では、義手で物体を把握した際に装着者が視覚情報を用いることなく気づけるようなフィードバック回路の作成。そして2段階目では、掴んだ物体を大まかに3種類の硬さで判別できるようなフィードバック回路の開発を目標とした。大まかな硬さの指標は、まず柔らかい物として綿・羽毛などのほとんど圧力を返さない物、硬い物として硬式野球ボールやボールペンなどの人力でも握り潰せないもの、そしてその中間となる硬度としてスポンジやゴムボールを想定した。開発の始めとして、義手で物体を掴んだ時の圧力情報を得る方法とそれをどのようにして義手装着者に知覚させるかを思案した。その結果、物体の接触を検知するためのセンサーとして圧力センサを選択した。フィードバック方法には、振動モーターを用いて、その振動で知覚させる方法を選択した。これは前期の反省から、センサによる検知からフィードバックまでにタイムラグがほとんど発生しないような方法を模索した結果である。これらを Raspberry Pi +B で制御し(次項にて詳細)、目標の完遂を図った。回路は他グループの作成する義手筐体に組み込むことを想定し、大きさが縦 72mm 横 47mm 厚さ 1.6mm となる1枚のユニバーサル基板上で開発を進めた。

2) 制御設計

設計に使用した圧力センサは FSR406[2] である。これは加えられた圧力に対して抵抗値が減少するデバイスのため、FSR406 と固定抵抗機の差からマイコンボードに入力される電圧を操作し、その値から義手での把握及び硬さを検知することを図った。固定抵抗の値は「10-100 Ω」の間でいくつか試作を繰り返し、もっとも値の推移が綺麗な 40 Ω を採用した。次に圧力センサの感圧範囲が「0.2N-20N」であり、この範囲からノイズ部分である 0.2N 未満の範囲を取り除くために基準値を設定した。閾値以上の電圧がマイコンボードに入力された時、振動モーターを作動させる仕組みである。「基準値-入力される電圧の最大値」の間で 36 段階のレベルを設け、入力された電圧に対して下の表 4.1.5 のような動作となるようにプログラムを行った。レベルによる変化は振動時間の増減であり、インターバル時間(動作停止時間)はレベルによらず固定である。

表 4.1.5 フィードバックする振動のレベル

レベル	振動時間(s)	インターバル時間(s)
1	0.1	0.4
2	0.2	0.4
3	0.3	0.4
~	~	~
34	3.4	0.4
35	3.5	0.4
36	3.6	0.4

(文責: 須田龍祐)

4.1.5 圧力フィードバックの実験

筋電義手を用いて、物体を握っていることを使用者が認識できるかどうかを確認するために、次のような実験を行った。まず、被験者が義手を用いて異なった硬さを持つ数種類の物体を握った。この際、握った物体によって、義手に取り付けられた圧力センサに加わる圧力が変化する様子を記録した。今回は、綿、スポンジ、ペンを使用した。更に、義手によって風圧を感知できるかを確認するため、ドライヤーの風を距離 3cm の位置と 15cm の位置から当て、その様子も同様に記録した。



図 4.1.5 義手で握む物体

(文責: 加藤颯)

第 5 章 結果

5.1 プロジェクトの結果

筋電位計測実験によって腕のどの部位で測定することが最も良いのかを調べることができた。温度文献調査については人体の温点と冷点の分布を調べ、温度をフィードバックさせる部位を決める際の指標とした。そして義手が触れたものの温かさ・冷たさを人にフィードバックするための方法として、触知覚を利用した回路の設計を行った。その成果がサーミスタ・ペルチェ素子・マイコンボードを利用した回路であった。この回路は義手に触れたものが熱いか冷たいかを、装着者が触覚を利用して判別できる仕組みである。またこの回路の精度を確認するために試運実験を行い、設計した回路の問題点を浮き彫りにした。圧力のフィードバック装置では、装着者が義手でスポンジより硬いものを握んだときに、触れたことを振動として装着者に知らせることができた。物体の硬さにとらわれず装着者が物体に触れたことがわかるようにするにはどのようにすべきかという課題が残った。

(文責: 小松充希)

5.1.1 筋電位計測実験の結果

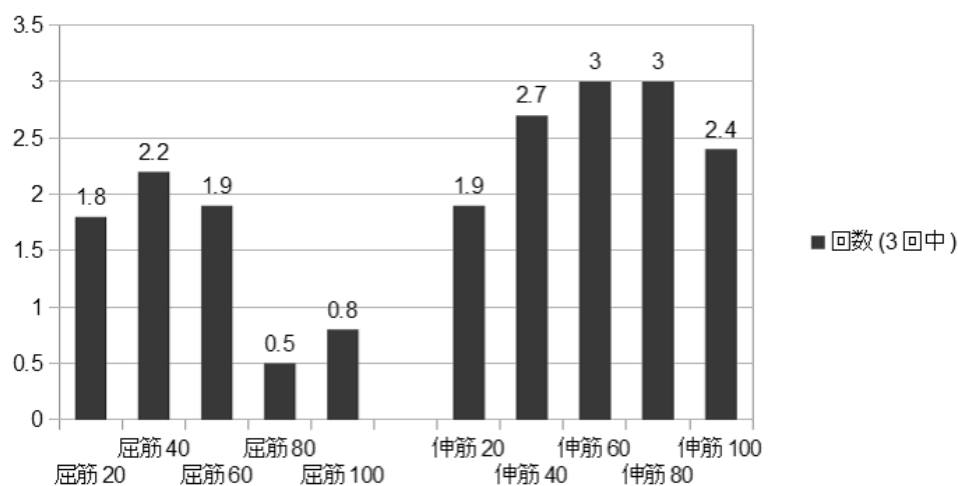


図 5.1.1.1 計測した値が基準値を越えた回数 (3 回中)

屈筋は手首側で回数が多く、手首から離れた部位では回数が少ない。伸筋は 60% から 80% 区域が最も高く、手首側では回数が少なかった。

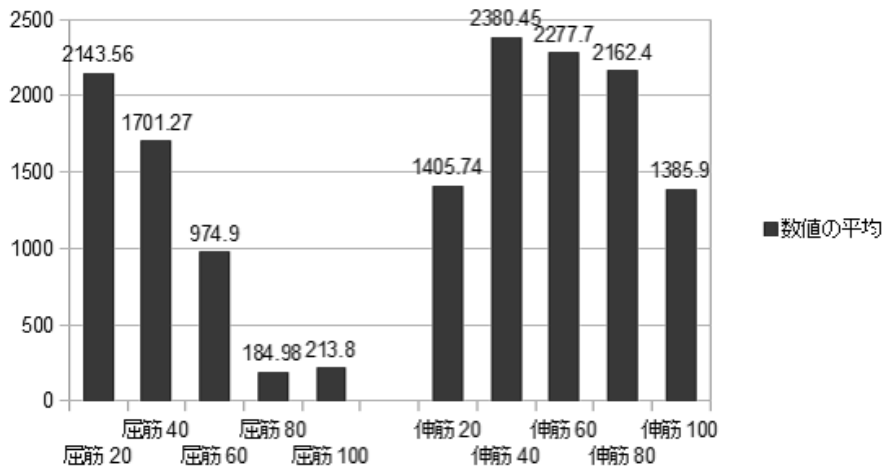


図 5.1.1.2 計測した数値の平均値

屈筋は手首に近い部位の数値が高く 手首から離れた部位の数値は低い。伸筋は手首から肘の間が数値が高く 手首側と肘側では数値が低い。

(文責: 小川浩太郎)

5.1.2 温度と知覚に関するアンケートの結果

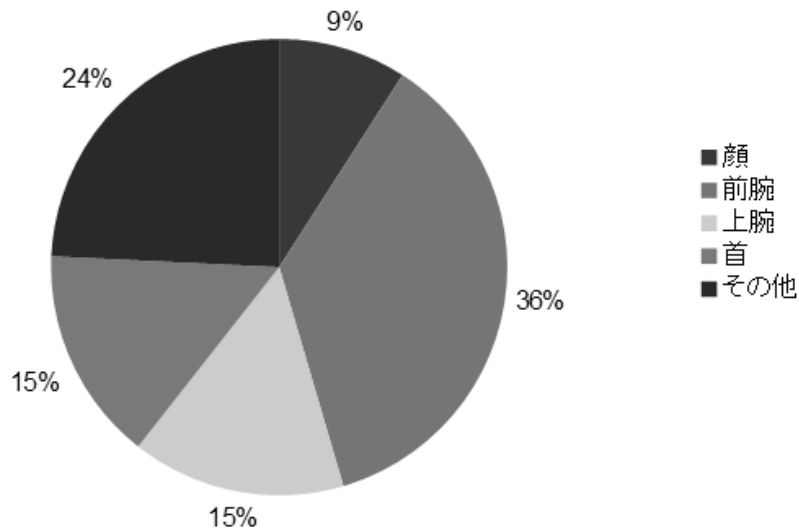


図 5.1 フィードバック装置をどこに装着すべきかの調査アンケート

アンケート調査を行った結果は図 5.1 の通りとなった。グラフから見てわかる通り被験者が温度を感じたい場所は前腕であるということが分かった。主な理由としては、指が近い、不自然ではない、普段通りであるという意見が見られた。その他では腹部や背部が挙げられた。その理由は配線が目立たなそうであるからという理由であった。

(文責: 小松充希)

5.1.3 温度判別実験の結果

4章で記載した実験の結果は、以下のグラフの通りとなった。

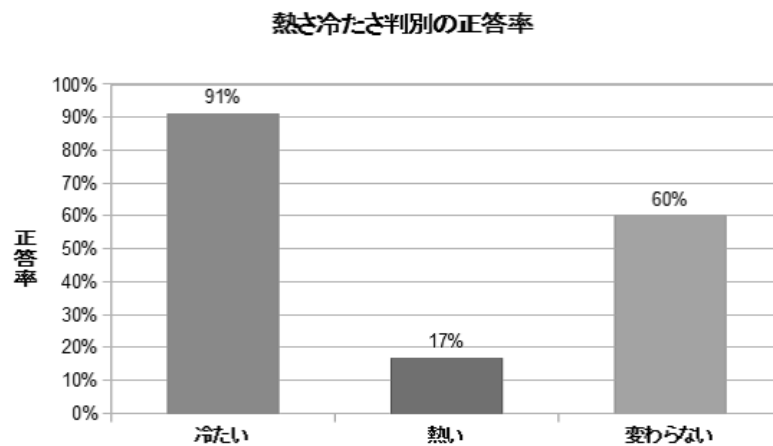


図 5.1.2 実験の正答率 (N=7)

これより冷たいの正答率が9割を超え、熱いの正答率が2割を下回っていることが分かった。よって、設計したシステムでは、冷たいものを判別することが可能でも熱いものに対する判別精度が低いことが判明した。

(文責: 須田龍祐)

5.1.4 作成した回路

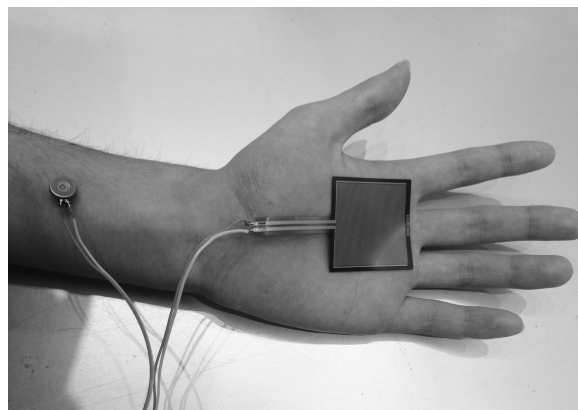


図 5.1.4 作成した回路の模擬使用図

図 5.1.4 に回路の使用図の概要を示しておく。模擬的な使用の範囲では、義手に取り付けたセンサ部分が物体に触れ、圧力を検知すると振動モーターが作動し、1段階目の目標は達成できたことを確認した。しかし2段階目の目標については設計思想において欠陥があり、達成できないことが判明した。

(文責: 須田龍祐)

5.1.5 圧力フィードバックの実験結果

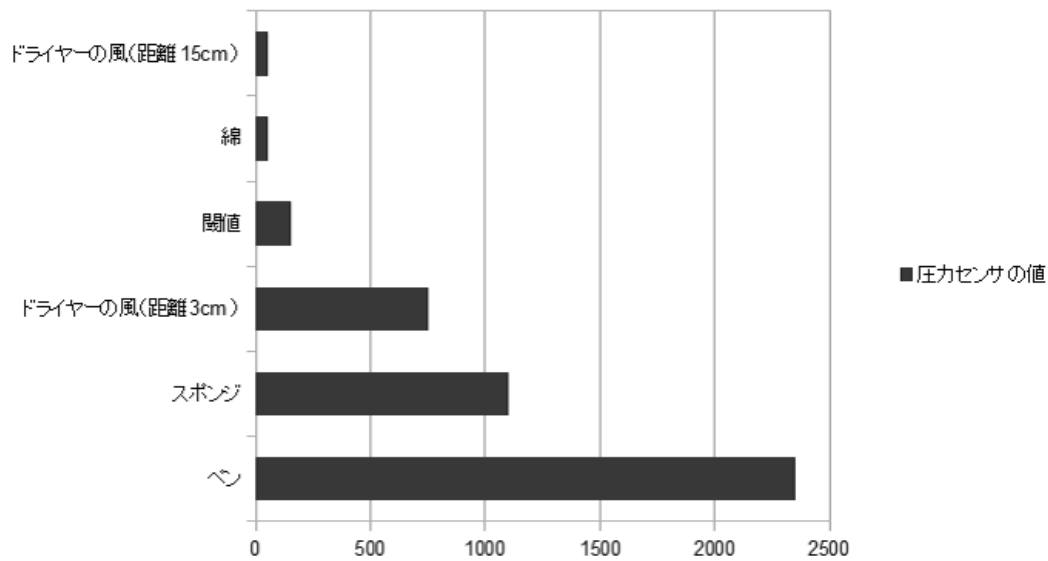


図 5.1.5 物体に触れたときの圧力の度合い

この結果より、今回用意した物の中で、閾値以上の圧力が加えられるのは、スポンジとペンを握った時であることが分かった。よって、スポンジ程度の硬さの物体であれば、義手使用者が物を握っていることを認識できるため、誤って握りつぶすといった事態は避けることができる。また、ドライヤーの風も至近距離のものからであれば確認できたため、一定以上の強風なら風圧が加えられていると認識することができる。

(文責: 加藤颯)

5.2 成果の評価

前章で記した実験結果や作成した回路に対する評価を以下に記す。

5.2.1 筋電位計測実験の考察

屈筋は手首に近い方が筋電位が取りやすかったが、実際に義手の装着者が手首があるとは限らない。伸筋はどの部位でも基準値以上の数値は計測できたため筋電義手の操作がしやすいと思われる。

(文責: 小川浩太郎)

5.2.2 温度と知覚に関するアンケート

アンケートの結果、温度をフィードバックする場所の希望は前腕が一番多かったため、以後触知覚班ではフィードバック装置を用いる実験では装置を前腕につけて行った。

(文責: 小松充希)

5.2.3 温度と知覚に関する実験

まず人体の温点・冷点分布の文献調査によって、人体は高温よりも低温に対して敏感であることが判明した。また、温度をフィードバックさせる体の部位として適した場所を挙げることができた。そしてもう1つが目的のフィードバック回路の設計である。この設計には成功したものの、熱いものを判別することが困難であるという問題が残っており、改善が必要であることがわかった。

(文責: 須田龍祐)

5.2.4 圧力と知覚に関する実験

結論として目標の第1段階まで達成という形となった。つまり義手で物体を把握した際、その接触を装着者は振動モーターの ON/OFF で知覚することは可能だが、HIGH/LOW で硬度を知ることにはできないということだ。また圧力センサの仕様上、「0.2N-20N」までの力を返す物体しか感圧できないため、圧力をほとんど返さないものも認識することはできない。また回路の設計後、掴めない程小さい物体、例えばつまむ動作で取り扱うような物体に対しても回路が適切に機能しないという課題が見つかった。後者の問題に関しては、本プロジェクトで開発した義手で可能な動作が掴むことのみであるため、センサによる感知の対象外とした。

(文責: 須田龍祐)

第 6 章 今後の課題と展望

温度をフィードバックする回路で達成できなかった課題は、まず熱いものに対する判別精度が低いことである。また判別実験とは別に、物体が義手（つまり温度センサであるサーミスタ）に触れてから、装着者が変化に気づくまでの時間を何度か測定したところ、平均で約 5 秒ほどのズレが生じていることがわかった。前者の課題に関しては、温度を温度としてフィードバックするのではなく、振動または圧力といった別のフィードバック方法にすることで改善を図れるのではないかと考えている。後者についてはサーミスタを予測式体温計のような計算方法に変えること、つまり結果を出力するまでの過程を短くするような処理が必要と考えている。またこれらの課題を解決できた後は、フィードバック回路の性能向上として大まかな段階（0～10℃帯・11～20℃帯・31～40℃帯・41℃以上など）で温度を判別できるようにしたいと思う。

次に圧力をフィードバックする回路で達成できなかった課題は、義手に接触した物体を硬度別に判別できなかった点である。これはマイコンボードでのプログラム処理に欠陥があり、期間以内にその欠陥を解決することができなかったことが原因である。また同時に取得情報が圧力センサによる単純な圧力検知だけであったことも大きな要因ではないかと考えている。硬度判別においては前年度のプロジェク活動において振戦を用いた別口の研究を行っているので、本プロジェクトにおいて作成した回路の改良にはそちらを参考にすることも視野に入れたい。

（文責: 須田龍祐）

付録 A 新規習得技術

はんだ付け技術

ペルチェ素子の温度コントロールキットの作成するために部品を基板にはんだ付けした。はんだを付ける際に注意することやはんだを取り去る技術を覚えた。

teX による文書作成技術

報告書を書くために teX の使用方法やコマンドを覚えた。

(文責: 小川浩太郎)

付録 B 発表の評価のまとめ

発表の評価シート 75 人分を集計しそれを踏まえて活動の客観的な評価を行った。発表技術の平均評価点は 7.3 点、発表内容の平均評価点は 7.4 点であった。

B.1 発表技術について

良かった点

- 筋電義手の実演があり分かりやすかった。
- 図の多さで知識のない人にでも分かりやすく伝えられた。

悪かった点

- 練習不足である。
- 発表の途中で義手を動かすとうるさい。

評価のまとめ

スライドの内容が伝わりづらく編集を続けていたために完成が遅れ、発表の練習不足が目立った。最終的にできたスライドでは筋電義手に関する知識が少ない人にもわかりやすく伝えることができた。

(文責: 小松充希)

B.2 発表内容について

良かった点

- 義手を情報のツールとして使うという視点が良かった。
- 内蔵化に成功したことが良かった。

悪かった点

- 義手を実際に使用している人の意見が無い。
- プロジェクトの流れを最初によく話し合うべき。

評価のまとめ

義手の試作に時間がかかりあまり実験ができなかったので、深く掘り下げることができなかった。義手の製作や内蔵自体は間に合わせることはできたが、メインテーマである「感じる」という部分ではまだまだ課題が残った。

(文責: 関谷修次)

参考文献

- [1] 大山正, 今井省吾, 和氣典二. 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房, 1994.
- [2] 秋月電子通商. 圧力センサー. <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gP-04158/>.

(文責: 加藤颯)