

公立はこだて未来大学 2014 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University-Hakodate 2014 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

本物の人の手に学ぶ筋電義手の開発

Project Name

development for myoelectric upper limb prosthesis learns
from a real hands of people

グループ名

触知覚班

Group Name

Haptic sense Group

プロジェクト番号/Project No.

19-C

プロジェクトリーダー/Project Leader

1012116 多田健人 Kento Tada

グループリーダー/Group Leader

1012225 能戸嵐士 Arashi Noto

グループメンバ/Group Member

1012087 大内郷太郎 KyoTaro Outi

1012153 佐藤茉弥 Maya Sato

指導教員

櫻沢繁 伊藤精英

Advisor

Sakurazawa Shigeru Ito kiyohide

提出日

2014 年 7 月 23 日

Date of Submission

July 23, 2014

概要

筋電義手とは、筋肉の収縮時に生ずる電気信号によって、利用者の意のままに動作を制御できる義手のことである。意のままに操れる筋電義手を目指して様々な研究がなされている。その一方で、現状では普及が進んでいない。そこで、本プロジェクトでは、筋電義手の普及を妨げている問題点について考えた。この問題点を解決するために、現在実用化されている筋電義手にはない3つの新機能の実装を目指す。私たちのグループでは、物体の硬度や弾性による適切な把持ができないという問題の解決を目指した。私たちは人間の身体の不随意的振動である、生理的振戦について調べ、人間の触知覚において生理的振戦が関わっていることを実験的に示した。生理的振戦とは、人が日常生活の中で脆いものに注意深く触る際に生じるもので、この振動の主な周波数は10Hz前後に集中している。これと同様の10Hzで義手の指を振動させることで、硬度や弾性による適切な把持を実現できると考え、この振動を作り出す為に10Hzで振動する振動指の開発を進める。

キーワード 筋電義手, 振戦, 硬度, 触知覚

(※文責: 佐藤茉弥)

Abstract

There have been various developments of myoelectric upper limb prosthesis which can be operated with one's consciousness. On the other hand, myoelectric upper limb prosthesis is still unfamiliar in the present circumstances. We thought about the problems which inhibit the penetration. To solve these problems, we tried for implementing three new functions which have not been yet put into use yet. Our group aimed at realizing optimal grasping suited for hardness and elasticity of an object. We researched physiological tremor which involuntary movement. We experimentally showed that physiological tremor relates haptics sense. We will challenge to make Application of the relation between physiological tremor and haptics sense. When we touch delicate things, physiological tremor occurs, its frequencies are gather around 10Hz. We thought that we can realize optimal grasping suited for hardness and elasticity of an object by giving this vibration for prosthesis. We develop to make this vibration.

Keyword Keyword myoelectric upper limb prosthesis, physiological tremor, hardness, haptic sense.

(※文責: 佐藤茉弥)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	現状における問題点	1
1.2	課題の概要	1
第 2 章	到達目標	2
2.1	本プロジェクトにおける目的	2
2.2	課題の割り当て	3
2.2.1	全体活動	3
2.2.2	個人活動	3
第 3 章	課題解決のプロセスの概要	5
第 4 章	課題解決のプロセスの詳細	6
4.1	大まかな活動の流れ	6
4.2	振戦に関する実験	6
4.2.1	振戦計測	6
4.2.2	硬度弁別実験	6
4.2.3	硬度弁別実験時の振動の計測	7
4.3	振動指の製作	7
4.3.1	小型振動モータの制御	7
4.3.2	小型振動モータを利用した振動指の製作	7
4.3.3	小型ソレノイドを利用した振動指の製作	8
4.3.4	ソレノイドを埋め込んだ振動指の製作	8
4.3.5	作成した振動指を利用した硬度弁別の実験	8
4.3.6	ギヤを用いて回転数を下げた振動モータの製作	9
第 5 章	結果	10
5.1	大まかな活動の結果	10
5.2	振戦に関する実験の結果	10
5.2.1	振戦計測	10
5.2.2	硬度弁別実験	11
5.2.3	硬度弁別実験時の振動の計測	11
5.3	実験の考察	12
5.4	振動指の製作	12
5.4.1	小型振動モータを利用した振動指の振動の計測	12
5.4.2	小型ソレノイドを利用した振動指の振動の計測	12
5.4.3	ソレノイドを埋め込んだ振動指の製作	13
5.4.4	作成した振動指を利用した硬度弁別の実験	13
5.4.5	ギヤを用いて回転数を下げた振動モータの製作	14

第 6 章 今後の課題と展望	15
参考文献	16

第 1 章 背景

人間が腕を動かすとき、脳からの命令が電気信号として発せられる。この信号が神経を通り筋肉にたどり着いたときに筋肉の収縮が起こる。この筋肉の収縮の際に筋細胞の膜に生ずる膜を筋電位電位という。この筋電位を読み取ることで動かす義手が筋電義手である。例えば、手を失った障がい者が筋電義手を装着する場合、残っている身体から筋電位信号を検知し、その信号によって義手を制御することができる。

(※文責: 大内郷太郎)

1.1 現状における問題点

現在筋電義手は世界各国で使われているが筋電義手が広く普及している国に比べて日本での普及台数はとても少ない。その問題として義手の外観、不完全な機能、日本における筋電義手を取り巻く環境があげられる。筋電義手はその機能を重視するため見た目が実際の人とは異なってしまっている。そのために周りから奇異の目で見られてしまうため使いたくないというのが外観の問題である。機能の問題としては指を動かすことができる方向が一方向しかなくそのために自由度が低いということや物体に触っている感覚がないことがあげられる。日本における筋電義手を取り巻く環境の問題は筋電義手を付けるのに多大なお金がかかってしまうことや筋電義手を取り付けるための施設が少ないことがあげられる。

(※文責: 大内郷太郎)

1.2 課題の概要

問題点のうち技術的に改善できると考えられる「不完全な機能」の改善をめざす。義手で物体の適切な把持を実現させることによってこの問題は改善され则认为た。現在の義手で適切な把持を実現させるためにはものの形や硬さに合わせた把持が必要になるが現在の義手ではそれができない。よって本プロジェクトではこれらの機能を義手へ搭載することを課題として設定した。

(※文責: 大内郷太郎)

第 2 章 到達目標

2.1 本プロジェクトにおける目的

解決すべき問題として掲げた「不完全な機能」に関する問題を解決するために義手作班, 計測班, 触知覚班の 3 つのグループに分けた. 触知覚班では物体の硬度の弁別を可能とすることを目指す. 義手で物体を適切に把持するためにはその物体の硬さを適切に把握する必要がある. そのために私たちは昨年度研究していた振戦に注目した. 振戦が硬さの触知覚に関係していればそれを参考にすることで義手で物体の硬さを把握することができると考えた. 本年度は振戦を参考にした振動する義指を制作しそれによって硬度弁別を可能とする.

(※文責: 大内郷太郎)

1. 筋電義手についての調査

課題: 筋電義手の現状や問題点等をインターネットや書籍を用いて調べる。

2. 筋肉の動き、回路、知覚についての学習

課題: 筋電位を計測するための回路や振戦についての最低限必要な知識を得る。

3. 目的の設定

課題: どのような義手を制作するのか最終目標を決める。

4. グループ分け

課題: 目標を達成するために必要と考えられる義手製作班、計測班、触知覚班の 3 つに分かれる。

5. グループでの活動

課題: 各グループごとに今後の活動の目標を立てる。

6. 硬さの異なるものを触った時の振戦の計測

課題: 硬さの異なるゼリーを触った時の振戦を計測する。

7. 振動の有無によって硬度弁別の結果に違いがあるのかの調査

課題: 指に振動子をつけ硬さのちがうゼリーを触った時に違いが分かるのを調べる。

8. 硬度弁別の調査のときの振動の計測

課題: 指に振動子を付けて振動させているときに硬さのちがうゼリーを触った時の振動を計測する。

9. 中間発表に向けての用意

課題: 中間発表のために各グループの活動内容の共有と発表資料の制作

10. 中間発表

課題: これまでの活動内容を発表する

11. 小型振動モータの制御

課題: 小型振動モータを 10Hz で振動させる

12. 小型振動モータを利用した振動指の制作

課題: 小型振動モータを埋め込んだ振動指を制作する

13. 小型ソレノイドを利用した振動指の制作

課題: 小型ソレノイドを利用した振動指を制作する

14. ソレノイドを利用した振動指の制作

課題：ソレノイドを埋め込んだ振動指を制作する

15. 硬さの異なるものを触った時の振動指の振動の計測

課題：ソレノイドを埋め込んだ振動指で硬さのちがうゼリーを触った時の振動を計測する。

16. 振動モータの制作

課題：モータの振動数をギヤによって制御する振動モータを制作する

17. 最終発表に向けての用意

課題：最終発表のために各グループの活動内容の共有と発表資料の制作

18. 最終発表

課題：これまでの活動内容を発表する

(※文責: 大内郷太郎)

2.2 課題の割り当て

課題はほぼグループメンバー共通で行った。

2.2.1 全体活動

1. 振戦についての調査
2. 実験方法の策定
3. 振戦の計測
4. 硬度弁別実験
5. 硬度弁別時の振動の計測
6. 中間発表資料作成
7. 中間発表
8. 小型振動モータの制御
9. 小型振動モータを利用した振動指の制作
10. 小型ソレノイドを利用した振動指の制作
11. ソレノイドを利用した振動指の制作
12. ソレノイドを利用した振動指での振動の計測
13. 振動モータの制作
14. 最終発表に向けての準備
15. 最終発表

2.2.2 個人活動

能戸

1. 中間スライドの作成
2. 中間発表原稿の作成
3. 最終スライドの作成
4. 最終発表原稿の作成

development for myoelectric upper limb prosthesis learns from a real hands of people

大内

1. 中間グループポスターの作成
2. 最終グループポスターの作成

佐藤

1. 中間プロジェクト全体ポスターの作成
2. 最終プロジェクト全体ポスターの作成

(※文責: 大内郷太郎)

第 3 章 課題解決のプロセスの概要

プロジェクト全体で筋電義手の調査, 筋肉, 電子回路, 触知覚についての勉強会を行った. その後はプロジェクトの目的を決め, 各班毎の作業に移行した. 以降は触知覚班の活動内容である. 触知覚班では振戦が硬さの知覚に関わっていることを示すために, 以下の実験を行った.

1. 振戦計測
2. 硬度弁別実験
3. 硬度弁別実験時の振動の計測

各実験の方法, 結果は次節以降で詳説する. 実験終了後, 中間発表に向けて資料作成, 発表練習を行った. 中間発表後は振動指に振動を与える方法を検討し以下の候補を挙げた.

1. 小型振動モータ
2. 小型ソレノイド
3. ソレノイド
4. 振動モータ

これらを利用した振動指を制作し振動の様子を計測した. その後最終発表に向けての資料作成, 発表練習を行った.

(※文責: 大内郷太郎)

第 4 章 課題解決のプロセスの詳細

4.1 大まかな活動の流れ

筋電義手の調査は各人担当分野を決めて各々調査, 報告を複数回行い, 筋肉, 電子回路, 触知覚についての勉強会に関しては櫻沢先生, 伊藤先生の両先生による講義が行われた. 同時並行でプロジェクト全体の目標の決定, 班分けを行い, それ以降は各班の活動へと移った. 触知覚班では振戦が硬さの知覚に関わっていることを示すために, 以下の実験を行った. その後, 振動を利用した触知覚を可能とするために, 振動子を搭載した義指『振動指』の製作を行った.

(※文責: 佐藤茉弥)

4.2 振戦に関する実験

振戦とは生体のふるえの一種で, 非常に小さなふるえである. その振戦は 10Hz と, 身体部位に依存した値の 2 種類のピーク周波数をもっている. 脆いものに触れようとするときに無意識に手のふるえが大きくなっていることから, 私たちは振戦に注目して 3 つの実験を行った.

(※文責: 佐藤茉弥)

4.2.1 振戦計測

振戦計測実験では, 硬さや弾性の違う物体を触ったときの振戦の変化を調べるため, 50ml のゼラチンゼリーを用意して被触体として提示し, 触っているときのふるえの加速度を計測した. ゼラチンゼリーはゼラチンの量が多いほど硬くなる. ゼラチンの量は 1g, 2g, 3g の 3 種類で, 被験者は年齢 20~22 歳の健常者 4 人, 脱力してゼリー触れてもらうため, 天秤の上にゼリーを置き, 値が 3~6g となるように統制した. 1 回の計測を 30 秒とした.

(※文責: 佐藤茉弥)

4.2.2 硬度弁別実験

振動が硬さの触知覚に関わっていることを確かめるため, 硬度弁別実験を行った. 指に振動子をつけてゼリーをさわって, 振動あり/なしのそれぞれで実験を行った. ゼリーは振戦計測に使用したのと同じ 3 種類で, 2g のゼリーを基準の硬さとし, それとの比較で「硬い, 同じ, 柔らかい」の 3 択形式にした. ゼリーに水平・等圧で触れるためにゼリーに振動子をつけた. 被験者は年齢 20~22 歳の健常者 4 人, 実験は 1 試行 3 回, それぞれの条件で 5 試行ずつ行った.

(※文責: 佐藤茉弥)

4.2.3 硬度弁別実験時の振動の計測

硬度弁別実験時の振動の加速度の計測をした。方法は振戦計測と同じ方法で、被験者は年齢 20～22 才の健常者 4 人であった。

(※文責: 佐藤栄弥)

4.3 振動指の製作

振戦に関する実験で、振戦が硬度弁別に関わっていることが確認できたので、次に『振動指』の製作を行った。『振動指』は以下の項目をみたすものとして製作した。

1. 人差し指程度の大きさ
2. 10Hz で振動する

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.1 小型振動モータの制御

携帯電話のバイブレーションなどに用いられる小型の振動モータを使用し、10Hz で振動するように制御を試みた。振動モータは円盤型のブラシレス振動モータの、「LVB10B-009」を使用した。これの固有周波数は約 1200Hz であったため、電源供給を arduino で制御した PWM のデューティ比を 0.5 とし、10Hz で電源供給を行った。

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.2 小型振動モータを利用した振動指の製作

前項の方法で制御した小型振動モータを利用して振動指を作成した。

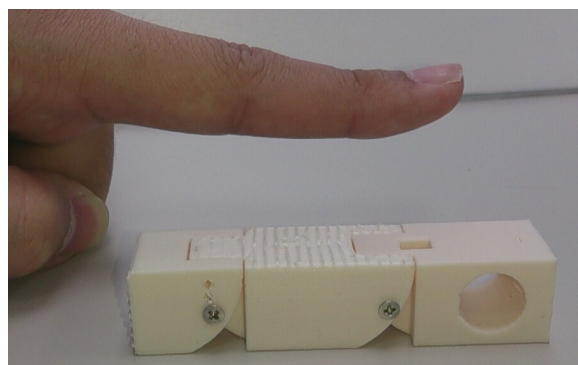


図 4.1 小型振動モータを利用した振動指

この振動指の振動の計測を行った。

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.3 小型ソレノイドを利用した振動指の製作

振動モータでは、振動モータの固有周波数が混ざってしまうことから、振動の制御が容易な小型ソレノイドを利用して振動指の作成を試みた。使用した、小型ソレノイドはプルタイプなので、内部にばねを入れることで電源をきったときに鉄心を押す、電源を入れたときに鉄心を引く、の繰り返しで振動が可能となる。

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.4 ソレノイドを埋め込んだ振動指の製作

実験で使用した振動子を埋め込んだ振動指の製作を行った。実験で使用した振動子は非常に大きいため、指とは呼べないような大きさになってしまったが、振動はきれいな 10Hz であった。



図 4.2 ソレノイドを埋め込んだ振動指

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.5 作成した振動指を利用した硬度弁別の実験

実際に、作成した振動指を使用して硬度弁別の実験を行った。これにより、触る対象物の硬さによって振幅が変化することを確認した。



図 4.3 実験状況

(※文責: 能戸嵐士)

4.3.6 ギヤを用いて回転数を下げた振動モータの製作

ギヤを用いることによって, 工作用モータの回転数を下げる試みをした. 工作用モータは TAMIYA の 3 速クランクギヤボックスセットを使用, ギヤはこれの付属品を使用した. ギヤボックスはこれのものと工作用モータに比べて大きいので, モデリングソフト「Sketch Up」を用いてモデルを制作し, 3D プリンタで作成した.

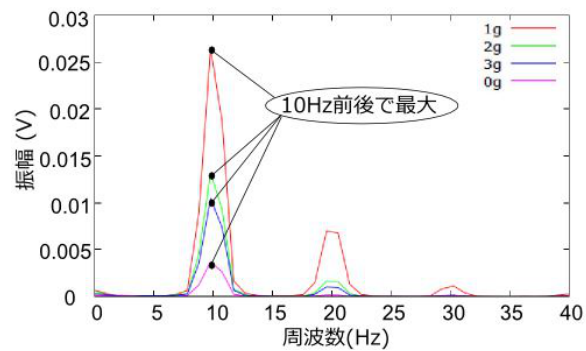


図 4.4 ギヤを用いた振動モータ

(※文責: 能戸嵐士)

第 5 章 結果

5.1 大まかな活動の結果

筋電義手の調査は各人担当分野を決めて各々調査, 報告を複数回行い, 筋肉, 電子回路, 触知覚についての勉強会に関しては櫻沢先生, 伊藤先生の両先生による講義が行われた. 同時並行でプロジェクト全体の目標の決定, 班分けを行い, それ以降は各班の活動へと移った. 触知覚班では振戦が硬さの知覚に関わっていることを示すために, 以下の実験を行った.

(※文責: 佐藤茉弥)

5.2 振戦に関する実験の結果

振戦に関する実験を行った. 方法は前章で述べているので, この章では実験の結果のみ述べる.

5.2.1 振戦計測

計測実験の結果として, 被験者 1 人のそれぞれのゼリーにおけるパワースペクトル図を図 1 に示した. グラフから, ゼリーが硬いほど振幅が小さくなっていることがわかる.

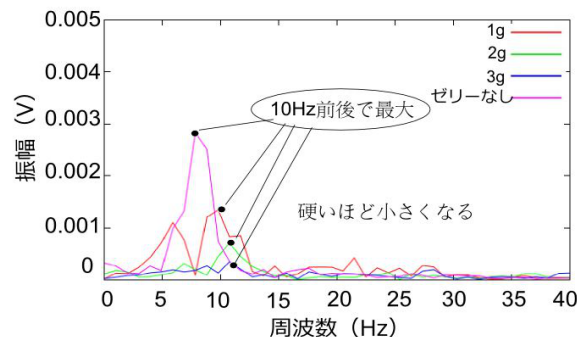


図 5.1 被験者 1 人のパワースペクトル

(※文責: 佐藤茉弥)

5.2.2 硬度弁別実験

図 2 のグラフは振動あり/なし条件それぞれの硬度弁別の正答率のグラフである。このグラフから、振動ありのほうが正答率が高くなっていることがわかる。

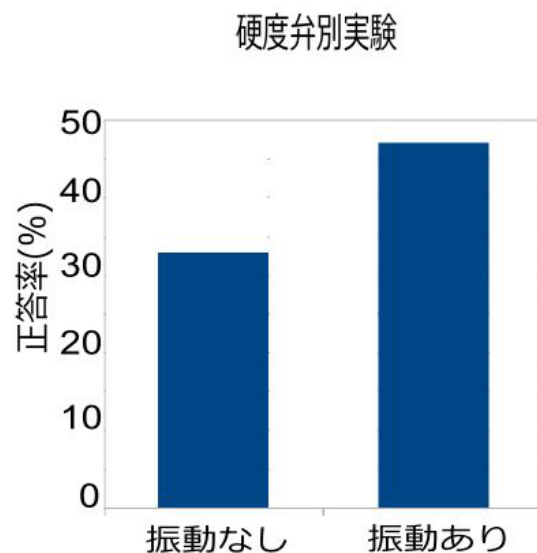


図 5.2 硬度弁別実験の正答率

(※文責: 佐藤茉弥)

5.2.3 硬度弁別実験時の振動の計測

図 3 は被験者 1 人のそれぞれのゼリーにおけるパワースペクトル図である。このグラフでも、ゼリーが硬いほど振幅が小さくなっていることがわかる。

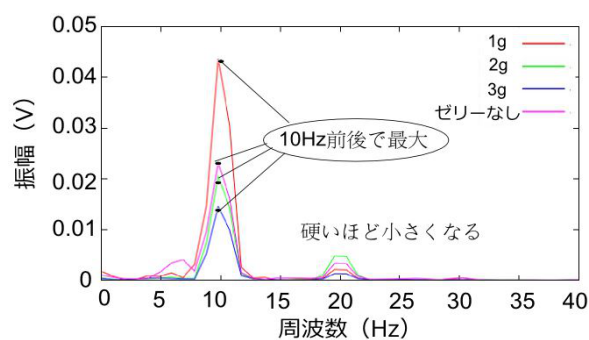


図 5.3 被験者 1 人のパワースペクトル

(※文責: 佐藤茉弥)

5.3 実験の考察

硬度弁別実験の結果、振動ありのほうが正答率が高かったことから振戦が硬さの触知覚に関わっていると考えられる。また、振戦計測と硬度弁別実験時の振動の計測の結果、ゼリーが硬いほど振幅が小さくなっていることから硬さの触知覚は振幅の大きさの違いを知覚していることが考えられる。

(※文責: 佐藤茉弥)

5.4 振動指の製作

実験の結果をうけて、実際に振動指の製作を行った。製作物の結果を以下で報告する。

(※文責: 能戸嵐土)

5.4.1 小型振動モータを利用した振動指の振動の計測

4.4.1 項の方法で制御した小型振動モータを利用して作成した振動指の振動の計測を行った。図は載せないが、振動モータの固有周波数が、arduino で制御した 10Hz の振動より大きくなった。

(※文責: 能戸嵐土)

5.4.2 小型ソレノイドを利用した振動指の振動の計測

小型ソレノイドを利用した振動指で、振動を計測した。この計測の結果は振動はきれいに 10Hz になったものの、振動が非常に小さいことと、プルタイプなので振動が一方向であり、電源を切っている状態ではばねと鉄心が取れる問題があった。

(※文責: 能戸嵐土)

5.4.3 ソレノイドを埋め込んだ振動指の製作

実験で使用した振動子を埋め込んだ振動指の製作を行った。実験で使用した振動子は非常に大きいため、指とは呼べないような大きさになってしまったが、振動はきれいな 10Hz であった。



図 5.4 ソレノイドを埋め込んだ振動指

(※文責: 能戸嵐士)

5.4.4 作成した振動指を利用した硬度弁別の実験

実際に、作成した振動指を使用して硬度弁別の実験を行った。実験方法は 4.3.2 項の硬度弁別時の振動の計測の実験と同じ方法である。結果は、触る対象物の硬さによって振幅が変化することを確認した。以下のグラフはその実験の結果である。

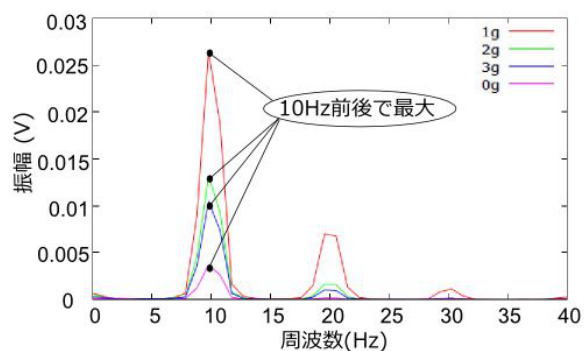


図 5.5 実験結果

(※文責: 能戸嵐士)

5.4.5 ギヤを用いて回転数を下げた振動モータの製作

回転数を下げた振動モータの振動を計測した. かなりきれいな sin 波で, 周波数もおおよそ 10Hz になることを確認した.

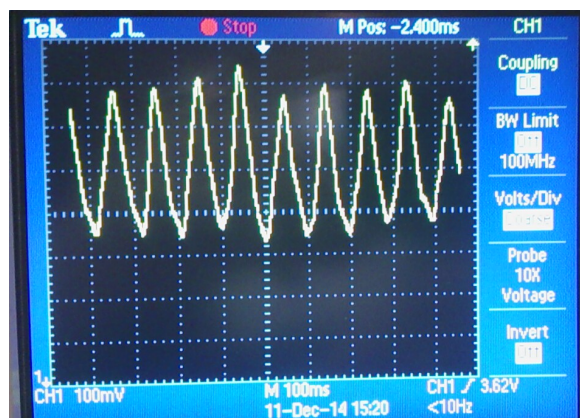


図 5.6 ギヤを用いた振動モータの振動の計測

(※文責: 能戸嵐士)

第 6 章 今後の課題と展望

これまでの実験の結果から振戦が硬さの知覚に関係があると考えられる。このことから、人間の触知覚システムである、振戦のしくみを利用した振動する義指を製作し、筋電義手で硬度の知覚を実現させたいと考えている。

(※文責: 佐藤茉弥)

参考文献

- [1] ^{さかもとかずよし}坂本和義, ^{しみずゆたか}清水 豊, ^{み と かずゆき}水戸和幸, ^{たかのくらまさと}高野倉雅人. 生体のふるえと振動知覚 メカニカルバイブレーションの機能評価. 東京電機大学出版局, 2009.