

平成 29 年度 卒業論文

Leap Motion を用いた手話学習システムの開発

平成 30 年 2 月 14 日

14111045

室屋 智和

指導教員 三浦 元喜 准教授

九州工業大学 工学部 総合システム工学科

概要

現在世界では難聴で苦しんでいる人々がたくさんいる。難聴の方々は主なコミュニケーション方法として手話を使用している。しかし健常者で手話の知識を持っている人は非常に少ない。この原因として手話の学習方法に問題があると考えられる。講師に教わると講師に教えてもらう時間に限りがあり、教材を使用すると自分の手話の間違いに気づくことのできない可能性がある。

そのような背景を踏まえ、手指認識デバイスを使用した新しい学習方法を提案した。手指認識デバイスには Leap Motion を使用した。Leap Motion とは手にデータグローブやセンサなどの外部機器を装着することなくハンドモーショントラッキングができる入力デバイスである。Leap Motion により自分の手話をセンサでチェックしながら学習することができる。

本研究では、手話の中でも指文字について研究を行った。まず、テンプレートマッチングを用いて指文字 46 文字について識別精度実験を行った結果、67.4%の精度で識別を行うことができた。

次に精度実験の結果を踏まえ、学習システムを作成し評価実験を行った。その結果、有意差は見られなかったが学習システムの使用により、学習者の学習意欲が向上することを確認した。

目次

第 1 章 序論	3
1.1 背景	3
1.2 指文字について	4
1.3 本研究の目的	6
第 2 章 関連研究	7
2.1 Kinect を用いた指文字認識	7
2.2 Leap Motion を用いた指文字認識	7
2.3 関連研究まとめ	8
第 3 章 設計準備	9
3.1 Leap Motion	9
3.1.1 手, 指を検出	11
3.1.2 提案手法及び実験方法	12
3.2 Leap Trainer	13
3.3 開発環境	13
第 4 章 検証実験	14
4.1 指文字の精度実験	14
4.1.1 条件 1 : 角度をつけなかった場合	16
4.1.2 条件 2 : 角度をつけた場合	17
4.1.3 精度実験の考察と課題	20
4.2 学習システムについて	21
4.2.1 学習システムの評価実験	21
4.2.2 学習システムの評価実験の考察と課題	23

第5章 まとめ	26
謝辞	27
参考文献	28

第1章 序論

本論文はモーションセンサである手指認識デバイスを用いた手話学習システムについて論ずるものである。第一章では本テーマを取り巻く背景や、今回提案する手話学習システムについての提案手法等を含めた本研究の目的を説明する。

1.1 背景

現在、日本補聴器工業会と総務省統計局の人口推計のデータによると日本の難聴者の人口は約1400万人の人々が難聴によって影響を受けている [1][2]。難聴者は一般的に手話を使用してコミュニケーションをとることが多い。こうした背景の下、鳥取県では、手話や指文字を言語として位置付け、これを普及するための施策を推進する条例 [3] を制定しており、難聴者とのコミュニケーションを支援する活動が盛んである。しかしながら、健常者で手話の知識を持つ人は非常に少なく、難聴者が他の人とコミュニケーションをとることは難しくなっている。他のコミュニケーション方法として筆談が考えられるが、時間がかかるので好んで使用されていない。こういった現状の中で近年、Leap Motion[4] や Kinect[5] などのモーションセンサの発展にともない、センサデバイスを使用した手話識別に注目が集まっている。

手話の知識不足の要因の一つとして、学習方法が充実していないことがあげられる。現状の学習方法としては講師に直接教わるか、教科書やビデオなどの教材を使用する方法などが挙げられる。講師に教わると講師に教えてもらう時間に限りがあり、教材を使用すると自分の手話の間違いに気づくことのできない可能性がある。また先行研究によると、入力よりも出力をチェックする方が脳への情報の定着が良いといわれており、手話学習においても出力をチェックした方が良いと考えられる [6][7]。

また、幼少期は記憶定着しやすいと言われているため、幼少期に手話を学ぶべきである。手指認識デバイスを使用することでゲーム感覚が学ぶこともできるため、学習意欲

向上の可能性がある。

1.2 指文字について

本論文では手話の中でも指文字を研究対象にした。指文字は主に固有名詞を表す際や、生まれつき難聴の子供にひらがなを教える際などに使用される。図 1.1 に示すように、片手を使ってひらがなを表す。指文字には動きをともなうものと、ともなわないものがある。手話の初学者は指文字から学ぶ場合が多い。なぜなら、会話で使用される手話には指文字から派生してできたものが多いからである。

指文字表

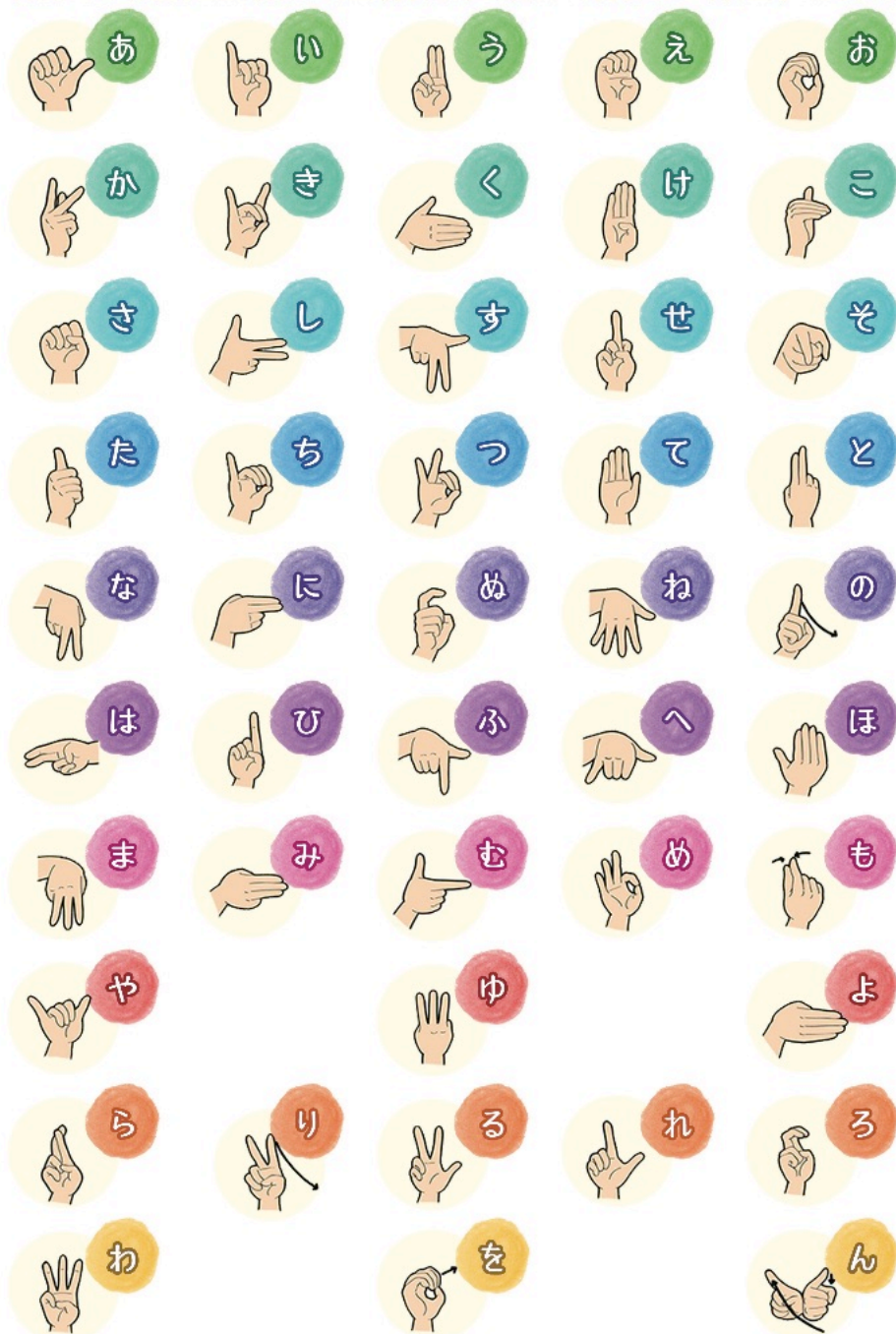


図 1.1: 指文字 (引用: NHK 福祉ポータルハートネット ワンポイント手話)

1.3 本研究の目的

現状の手話学習方法の問題点として、講師に見てもらわないと間違いに気づきにくいという点がある。そこで我々は、手話認識デバイスを用いて出力をチェックする新たな手話学習システムを考案し、開発した。既存の学習方法と新たな学習システムでの記憶定着度を比較することにより、新たな手話学習システムの有用性を検証した。

第2章 関連研究

現在、モーションセンサの発展にともない手話認識についての研究は盛んに行われている。第2章ではそれらの手話認識技術について紹介する。

2.1 Kinect を用いた指文字認識

田中ら [8] は Kinect を使用して指文字認識を行っている。入力データは、SDK を用いて Kinect から取得可能な画像情報、画素毎の被写体までの距離情報と、人物の関節の位置である骨格情報とする。なお、動きをともなう指文字に対応するため、入力時間を2秒間と設定し、最初のフレームと最後のフレームの情報をデータとして利用する。実験結果は、動きをともなわない指文字は約 69%、動きをともなう指文字は約 76%の精度で正しく認識できることが分かった。

2.2 Leap Motion を用いた指文字認識

船阪ら [9] は Leap Motion Controller を使用して指文字認識を行っている。指文字の特徴には、相手に手の平が向いているか、手の甲が向いているか、どの指がどのように曲がっているかなどの違いがある。その違いを条件分岐の条件に設定しランダムフォレストを使用している。条件を並び替えることで精度も変化するので、最適な順序に並び替えると動きをともなわない指文字 41 文字について準最適解 74.7%が得られた。

Rahman Khan ら [10] は Leap Trainer というソフトウェアを改良し、アメリカ指文字 26 文字の認識を行った。識別方法として (1) 幾何学テンプレートマッチング (2) 人工ニューラルネットワーク (3) 相互相関の三種類の方法で識別し、精度を比較した。平

均精度はそれぞれ (1) 52.56% (2) 44.87% (3) 35.90% となり、幾何学テンプレートマッチングが一番高い精度となった。

2.3 関連研究まとめ

この章では、モーションセンサを用いた指文字認識の動向を示した。指文字認識の流れはデータ収集を行い、そのデータを基に特徴量を算出、そして認識を行うという行程が一般的な流れであるが、分類する為のアルゴリズムや特徴量については各論文で色々と評価がなされている。現在、手話認識についての研究は盛んに行われているが、指文字認識を利用して指文字の学習効果を高めるといった研究はされていない。本論文では指文字認識を利用して指文字の学習効果を高める。

第3章 設計準備

第3章では指文字学習システムの開発環境について説明する。

3.1 Leap Motion

今回、手や指の解析を行う上で使用した手話認識デバイスは Leap Motion (図 3.1) である。Leap Motion は、2012 年に販売された手、指、およびペンなどを認識することができるデバイスである。空間における認識精度は 1/100mm である。Leap Motion の大きさは、縦 30mm、横 80mm、高さ 11mm、重量は 45g でとても小さいため持ち運ぶ際にも便利である。



图 3.1: Leap Motion

Leap Motion では光学センサと赤外線カメラを使用しており、次のものを取得できる。

- 手
- 指
- ツール（棒状のもの）

それぞれについて、位置や方向、速さや向きといったパラメータを取得できる。位置取得範囲は、Leap Motion の中心を頂点とした逆ピラミッド形の空間で位置情報を取得できる。

3.1.1 手、指を検出

Leap Motion は、手、指の位置、向きの情報を取得できる。手の一部分が表示されていない場合であっても、予測追跡をするために人間の手のモデルを使用している。手全体とそのすべての指がはっきりと見えるときが最適であるが、手または指の一部分が認識できていない場合であっても、常に5本指の位置座標を読み取ることができる。

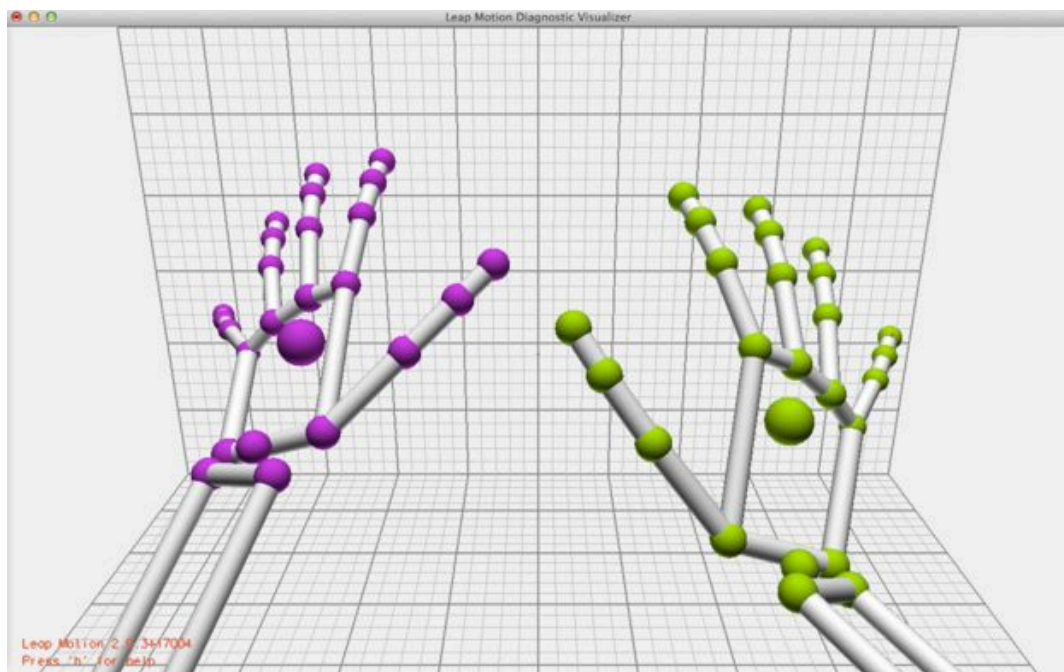


図 3.2: ビジュアライザを用いて手を検出

3.1.2 提案手法及び実験方法

Leap Motion は備え付けでジェスチャを認識できるシステムがある。認識できるジェスチャは次の4つである (図 3.3)。

- サークル (TYPECIRCLE) : 円を描く動作
- キータップ (TYPEKEYTAP) : キーを押しているような (「下方向」にタップする) 動作
- スクリーンタップ (TYPESCREENTAP) : スクリーンを押しているような (「前方向」にタップする) 動作
- スワイプ (TYPESWIPE) : 指を伸ばした状態の手で直線を描く動作

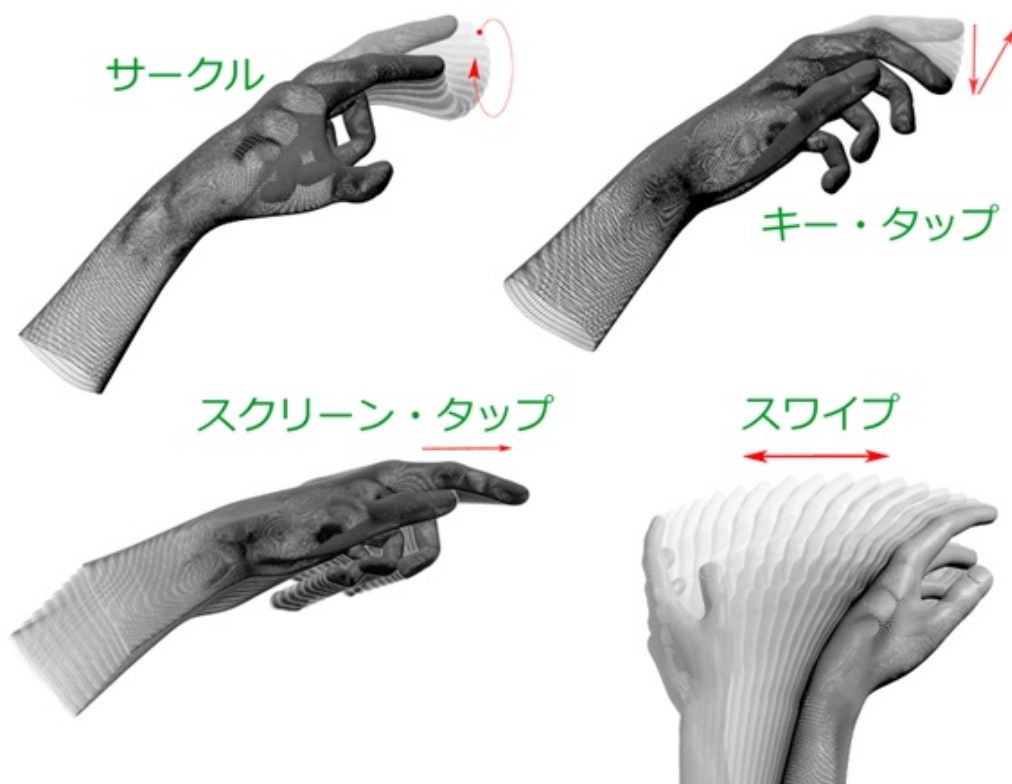


図 3.3: Leap Motion で検出できるジェスチャ (引用: Leap Motion SDK)

3.2 Leap Trainer

Leap Trainer[11]は、手の動きや形を記憶し識別できるソフトウェアである。ジェスチャのすべてのタイプを2つのカテゴリ、すなわちポーズとジェスチャに分類する。ポーズは、動きを伴わない静的なジェスチャである。逆にジェスチャは、左から右の方向へのスワイプのような認識可能な開始と終了を伴う手の動きである。Leap Trainerは、現在のSDKがスワイプ、サークル、スクリーンタップ、キータップの4つの基本ジェスチャだけを受け入れるため、Leap Motionのカスタムジェスチャを作成するために使用される。

Leap Trainerでは、(1) 幾何学テンプレートマッチング (2) 人工ニューラルネットワーク (3) 相互相関の三種類の方法で識別することができる。本研究では、幾何学テンプレートマッチングを用いて指文字認識を行った。

3.3 開発環境

本研究では、Javascriptを開発言語に使った。Leap Motionとのインタフェースは、Leap Motion社提供のLeap Motion SDKを利用した。

第4章 検証実験

第4章では3章で提案されたデバイスや方法を用い、指文字の認識精度実験や、学習システムの評価実験を行った。

4.1 指文字の精度実験

学習システムを作る前に、指文字の識別精度について知る必要があると考え、精度実験を行った。先行研究 [10] によると、Leap Motion による指文字認識の問題点として指の影による識別精度の低下が報告されていた。この問題を緩和するために、Leap Motion に角度をつけた場合とつけない場合の2通りの条件で実験を行った。各指文字について5回ずつ試行を行った。



図 4.1: 条件 1 : 角度をつけなかった場合



図 4.2: 条件 2 : 角度をつけた場合

4.1.1 条件 1 : 角度をつけなかった場合

条件 1 の実験結果を図 4.3 に示す。平均精度は、56.1%であった。(最大 : 100%, 最小 : 0%, 標準偏差 : 39.9)

4.1.2 条件2：角度をつけた場合

条件2の実験結果を図4.4に示す。平均精度は、67.4%であった。(最大：100%、最小：0%、標準偏差：39.0)

条件1	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	識別精度(%)
あ	○	○	○	○	○	100
い	○	○	○	○	○	100
う	○	と	○	と	○	60
え	○	○	○	○	○	100
お	○	○	○	は	○	80
か	○	ゆ	ゆ	は	る	20
き	い	○	○	○	○	80
く	に	○	○	○	○	80
け	と	と	と	と	ち	0
こ	○	○	は	○	○	80
さ	×	×	×	×	×	0
し	お	○	○	み	く	40
す	○	○	ふ	ま	ふ	40
せ	ひ	ひ	ひ	ひ	ひ	0
そ	○	○	○	○	○	100
た	ひ	ひ	い	ひ	○	20
ち	い	い	き	き	い	0
つ	き	と	と	と	と	0
て	○	○	○	○	○	100
と	う	○	う	う	い	20
な	○	○	○	○	○	100
に	○	む	む	○	○	60
ぬ	○	○	○	○	○	100
ね	○	す	○	○	○	80
の	り	○	○	○	○	80
は	○	○	○	○	○	100
ひ	ぬ	ぬ	ぬ	と	と	0
ふ	○	な	な	あ	○	40
へ	に	○	に	○	○	60
ほ	○	○	て	○	○	80
ま	○	○	○	○	○	100
み	○	○	に	○	○	80
む	○	○	○	○	○	100
め	○	る	あ	あ	る	20
も	×	×	×	×	×	0
や	○	○	○	○	○	100
ゆ	○	○	○	○	○	100
よ	に	あ	み	に	み	0
ら	そ	ぬ	ぬ	ぬ	ぬ	0
り	○	○	×	×	×	40
る	○	○	○	○	○	100
れ	○	○	○	○	○	100
ろ	れ	れ	ぬ	ぬ	か	0
わ	ゆ	ゆ	と	○	○	40
を	×	×	×	×	×	0
ん	×	○	○	○	○	80
平均精度						56.1

図 4.3: 実験結果：条件 1

条件2	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	識別精度(%)
あ	○	○	○	○	○	100
い	○	○	○	○	○	100
う	○	と	と	と	○	40
え	め	○	○	○	○	80
お	は	は	○	○	○	60
か	○	○	ゆ	○	○	80
き	ぬ	○	○	○	け	60
く	○	○	○	○	○	100
け	○	○	て	○	○	80
こ	○	○	○	は	○	80
さ	×	×	×	×	×	0
し	○	○	○	○	○	100
す	ま	○	ふ	○	○	60
せ	ひ	ひ	ひ	ひ	ひ	0
そ	○	○	○	○	○	100
た	ひ	ひ	ひ	ひ	ひ	0
ち	き	も	い	い	○	20
つ	○	○	○	○	○	100
て	○	○	○	○	○	100
と	○	○	○	○	○	100
な	○	○	○	○	○	100
に	○	○	○	○	○	100
ぬ	○	○	○	○	ひ	80
ね	○	○	○	○	○	100
の	×	×	○	○	○	60
は	○	○	○	○	○	100
ひ	○	○	○	○	○	100
ふ	○	な	○	な	○	60
へ	○	○	○	○	○	100
ほ	○	○	○	○	○	100
ま	な	○	○	○	○	80
み	○	○	よ	○	○	80
む	○	○	○	○	○	100
め	わ	え	え	え	お	0
も	×	×	×	×	×	0
や	○	○	○	○	○	100
ゆ	○	○	○	○	○	100
よ	○	○	○	○	○	100
ら	せ	ぬ	ぬ	せ	ぬ	0
り	の	の	の	の	の	0
る	○	○	○	○	○	100
れ	○	と	と	○	○	60
ろ	と	せ	か	○	か	20
わ	○	○	○	○	○	100
を	×	×	×	×	×	0
ん	×	×	×	×	×	0
平均精度						67.4

図 4.4: 実験結果：条件 2

4.1.3 精度実験の考察と課題

条件1では指の陰でほかの指が隠れてしまっているものの識別精度が悪かったが、条件2で角度をつけることによって改善することができた。しかし、形が似ているものや、指を握り込む形については、どちらの条件でも識別できなかった。また、動きをとまなうものについては動きの大きいものは識別できたが、動きの小さいものは識別できなかった。条件1と2の比較を図4.5に示す。

形が似ているものや、指を握り込む形については、どちらの条件でも識別できない問題が発生した。この問題の解決策として、Leap Motionの精度向上や、ほかのセンサデバイスとの併用などが考えられる。カメラやセンサグローブ[12]などと併用することで精度が向上する可能性がある。

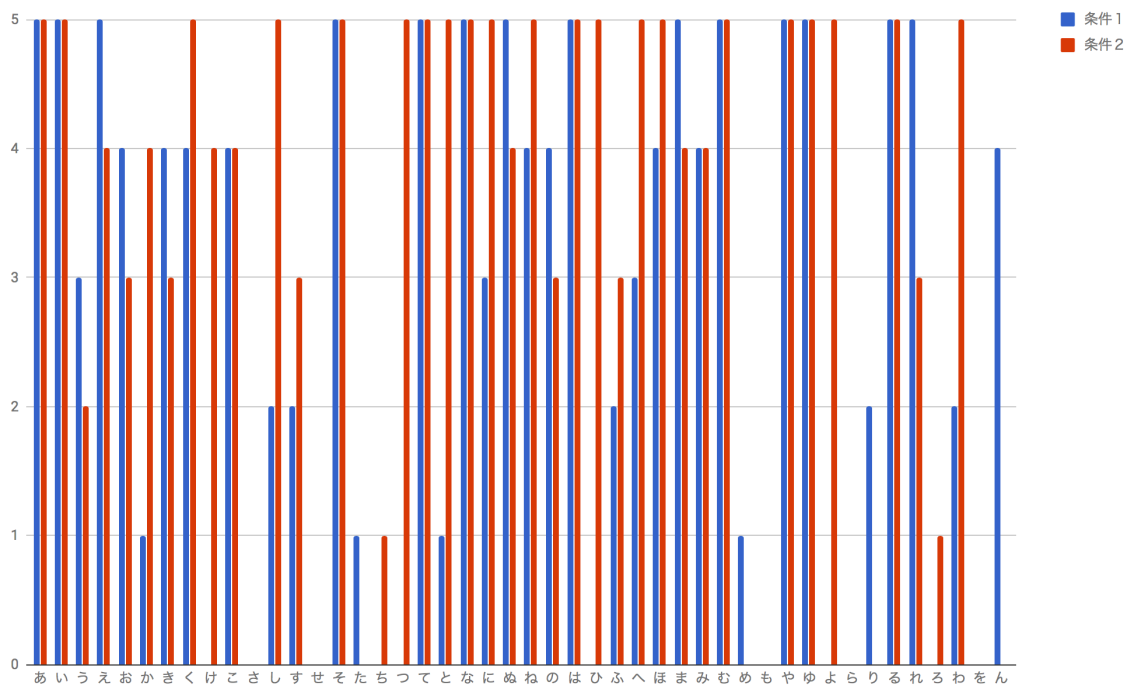


図 4.5: 実験結果：条件1と2の比較

4.2 学習システムについて

精度実験の結果を踏まえ、学習システムを作成した。そのシステムの実行画面を図4.6に示す。問題の文字と答えの指文字画像があり、被験者は Leap Motion に手をかざし、指文字を入力する。その入力と答えが照合すると問題が切り替わる。このシステムを使用することで入力を繰り返しながら、答えをチェックすることができる。また「答えを隠す」ボタンを押すことで、答えを隠すこともできる。

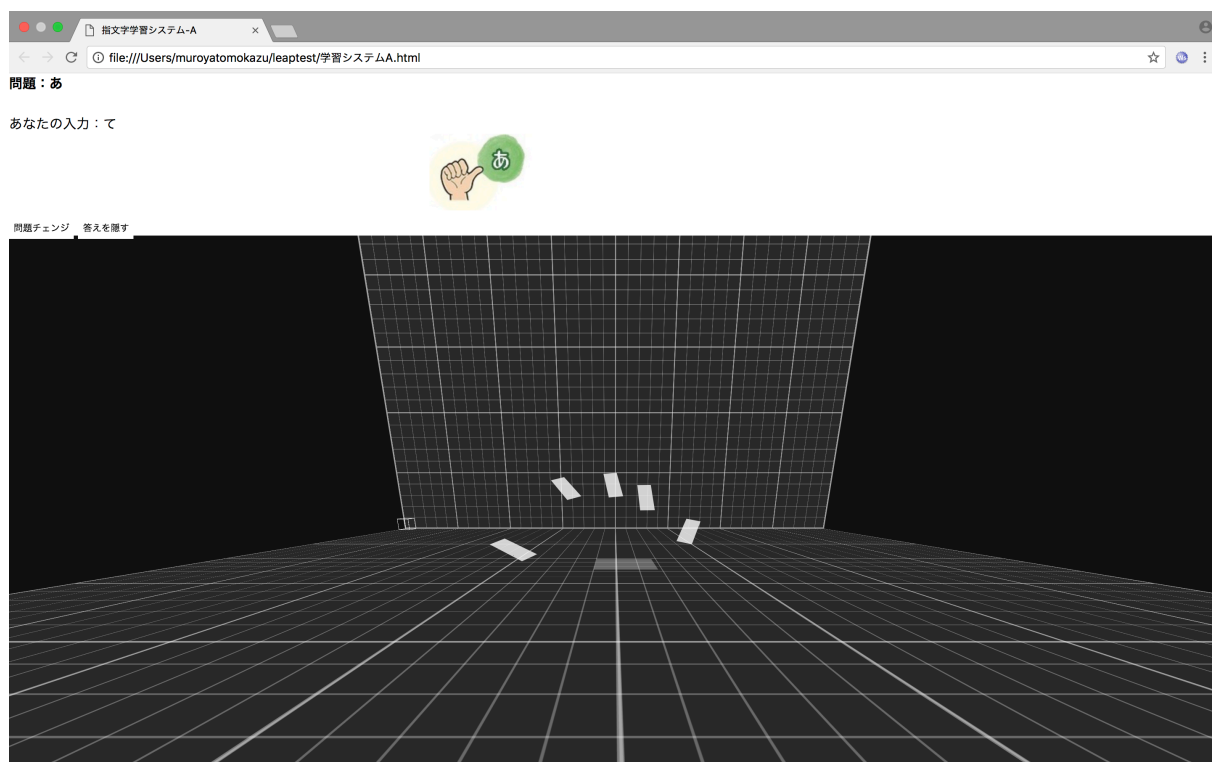


図 4.6: 学習システム

4.2.1 学習システムの評価実験

今回被験者 12 人に 27 種類の指文字を 3 種類の方法で暗記してもらい、テストのスコアを比較した。精度実験で精度の高い 27 文字を実験に使用した。27 文字のうち、9 文字を図を見て手を動かさず（模倣なし）、9 文字を図を見て手を動かして（模倣あり）、そして残りの 9 文字は学習システムを用いて（模倣+チェックあり）暗記してもらった。その

後、暗記テストとアンケートを行った。暗記テストでは覚えてもらった27文字を対象に行い、実際に指文字で各文字を表現してもらって形を覚えているか確認した。アンケートでは『Leap Motionを使用した方が図を見て覚えるよりも意欲的に学ぶことができる』という項目を5段階で評価してもらった。また、学習システムを使用した感想を書いてもらった。

被験者12名の暗記テストのスコアを表4.1と図4.7に示す。

表 4.1: 学習システムの評価実験結果：スコア

被験者	模倣なし	模倣あり	模倣+チェックあり
A	7	8	4
B	9	9	5
C	3	6	4
D	3	9	5
E	3	3	7
F	8	9	7
G	3	1	5
H	7	6	5
I	2	6	7
J	4	5	5
K	4	7	7
L	2	4	3
平均値	4.58	6.08	5.33
標準偏差	2.47	2.54	1.37

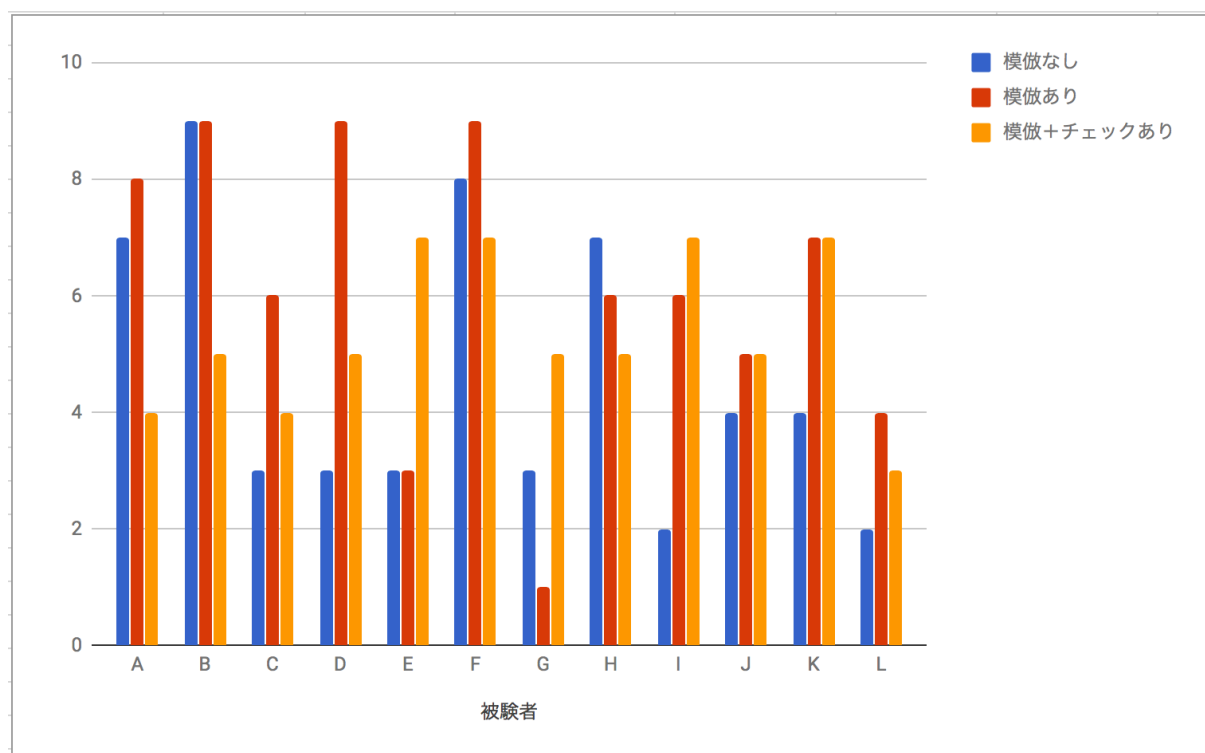


図 4.7: 学習システムの評価実験結果：グラフ

4.2.2 学習システムの評価実験の考察と課題

学習システムの評価実験について分散分析を行った結果、3つの学習方法に有意差は見られなかった ($F(2,22)=1.99$)。この原因として以下の3つが考えられる。

1つ目は、Leap Motion 使用の慣れについての問題である。今回の被験者の大半は Leap Motion の使用は初めてであり、慣れるのに時間がかかり、学習効果が薄れてしまったことが考えられる。

2つ目は、Leap Motion の精度の問題である。被験者からの意見で一番多かったのは、精度が良くないことによりストレスを感じるといった意見であった。

3つ目は、被験対象者についての問題である。本研究で開発した学習システムは指文字初級者よりも、中級者が使用した方が効果があると考えられるからである。理由は、学習システムは答えを隠すことでテストに使用することができるからである。

アンケートの評価では、『Leap Motion を使用した方が図を見て覚えるよりも意欲的に学ぶことができる』という項目を5点満点（5：非常にそう感じた，4：そう感じた，3：どちらとも思わない，2：そう感じなかった，1：全然そう感じなかった）で評価してもらい，平均3.75であった（表4.2）。また，アンケートの自由記述部分の一部を示す（表4.3）。

表 4.2: 学習システムの評価実験結果：アンケート

被験者	Leap Motion を使用した方が図を見て覚えるよりも意欲的に学ぶことができる (5点満点)
A	4
B	3
C	2
D	3
E	4
F	3
G	4
H	4
I	4
J	5
K	5
L	4
平均値	3.75
標準偏差	0.83

表 4.3: 学習システムの評価実験結果：アンケート（自由記述の一部）

被験者	自由記述
A	反応しやすい字とそうでない字に別れていたところが気になりました。
B	正解すると達成感があるし、もっと精度がよくなれば良いと思う。
C	認識率が低いので Leap Motion を使いたくない。
D	指を表示している白い四角がどの指を表しているか表示してほしい。
E	Leap Motion のシステムは復習に使用したらいいと思う。
F	指の反応が悪い。
G	上手く反応するためにどう手を使うか頭を使うので記憶に残る。
H	反応が悪いところがありストレスになったが、ゲーム感覚で覚えることができた。
I	感度があまり良くないので慣れるまで時間がかかる。認識までの時間を短くできると良い。

第5章 まとめ

本研究では、Leap Motion と呼ばれるセンサデバイスを用いて指文字を学習するシステムを考案した。Leap Motion で使用者の指文字をチェックしながら学ぶことができ、出力を繰り返すことで記憶の定着を促す可能性がある。

今回の実験の結果では、開発した学習システムの有意差は見られなかった。有意差が出なかった理由として主に Leap Motion に慣れていなかったことや精度に対するストレスが原因であったと考えられる。この課題の解決策として Leap Motion の性能向上や、他のセンサデバイスを併用することが考えられる。精度が向上することで、より実用的なシステムにすることができる。

また今後の課題として、被験者を手話初級者ではなく中級者の復習に使用したり、子供の学習意欲向上につながるかどうかなどを検証していくことが考えられる。

謝辞

卒業論文を完成するにあたり，ご指導ご教授くださりました三浦准教授に御礼申し上げます。また，輪講や中間発表においてご指導ご教授を下さりました情報セクションの先生方や先輩方に御礼申しあげます。加えて，本論文の評価実験において，被験者としてご参加頂きました学生の皆さんにお礼を述べたいと思います。

参考文献

- [1] 日本補聴器工業会. Japantrak2015 調査報告. http://www.hochouki.com/files/JAPAN_Trak_2015_reportv3.pdf (2018年2月14日確認), 2015.
- [2] 総務省統計局. 人口推計. <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201509.pdf> (2018年2月14日確認), 2015.
- [3] 鳥取県手話言語条例. <http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/845432/syuwa.pdf> (2018年2月14日確認), 2013.
- [4] Leap motion. <https://www.leapmotion.com> (2018年2月14日確認), 2018.
- [5] Kinect. <https://developer.microsoft.com/ja-jp/windows/kinect> (2018年2月14日確認), 2018.
- [6] Jeffrey D. Karpicke and III2 Henry L. Roediger. The critical importance of retrieval for learning. In *Science*, Vol.319, 2008.
- [7] 加藤隆雅, 田山友紀, 重野寛, 岡田謙一. 人型入力デバイスを利用した災害救護のための個別学習支援システム. 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ Vol.4 No.2, 2016.
- [8] 田熊美沙, 田中成典, 塚田義典. 距離画像センサを用いた指文字の認識に関する研究. 第76回全国大会講演論文集, Vol. 2014, No. 1, pp. 275–276, 2014.
- [9] 船阪真生子, 石川由羽, 高田雅美, 城和貴. Leap motion controller を用いた指文字認識. 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告, Vol. 2015, No. 8, pp. 1–6, 2015.
- [10] Fazlur Rahman Khan, Huey Fang Ong, and Nurhidayah Bahar. A sign language to text converter using leap motion. Vol. 6, p. 1089, 12 2016.

- [11] Robert O’Leary. Leap trainer. <https://github.com/roboleary/LeapTrainer.js/tree/master> (2018年2月14日確認), 2013.
- [12] センサグローブサイバークロブ. <http://www.aec.co.jp/mm/products/glove.htm> (2018年2月14日確認), 2018.