

無意識的事前学習を利用した手話学習支援システムの プロトタイプ実装

渡辺 雄大¹ 佐野 渉二² 中沢 実²

概要：ろう者とコミュニケーションを取る方法としては、手話がよく用いられる。しかし、ほとんどの健聴者は手話を使えないため、手話でコミュニケーションを取れる人は少ない。モーションキャプチャを用いた手話学習支援システムを含め、手話学習支援システムは多くあるが、手話学習を行うモチベーションがないために、それらの支援システム利用に至らないことが多いと考えられる。そこで、本稿では、意識的に手話学習を行う前に、手話のことをある程度理解していると、その後の手話学習が続きやすくなると考え、手話学習することを意識させない中で手話学習を行う無意識的事前学習を用いた手話学習支援システムを提案する。提案システムで行う無意識的事前学習では、手話とは関連がない動作でも手話の動きと同じ動きをした場合に、その動きに対応する手話の意味を音声で発する。これを繰り返すことで、はじめは意味が分からなくても、次第に動きと手話の意味が自然に結びつくことで、ある程度の手話習得ができ、さらには、手話への興味が向上することを狙う。

1. はじめに

耳に障害をもつ難聴者、ろう者（以下、ろう者）とのコミュニケーション方法には、手話、指文字、口話、筆談、手話通訳などの方法 [1] がある。その中でも手話は、手の動きで気持ちを表現でき、比較的効率よく会話を行えるため、ろう者とのコミュニケーションでよく用いられる。

手話を学ぶ方法として、本、動画、スマホなどを利用することや専門学校に行くことなどいくつかあり、モーションセンサを用いた指文字学習支援アプリケーション [2] や、バーチャル空間上の教室で没入感を得ながら指文字を学習できるシステム [3] も開発されている。しかし、手話を習得できたらよいと漠然と感じている人は多そうであるが、ろう者が身近にいないと手話学習に至るまでのきっかけが少ないことや、手話単語数が多いなど、手話を学ぶ敷居の高さがある。このため、そもそも学習意欲が少ない人や、手話の学習意欲があっても必要に迫られない中では手話を学習する人は少なく [4]、手話学習を行い、実際にろう者とコミュニケーションを取れる健聴者は少ないのが現状である。また、ろう者と出会ってから、コミュニケーションを取るために手話を学ぶのでは、手話習得までに時間がかかる。

これを解決するための方法の1つとして、本研究では手話の事前学習を行うことを考える。事前学習により、ある程度の手話を習得できれば、手話は思ったより難しくないと感じることや、手話に興味を持つことにもつながり、その後、意識的に手話を学習する人も増えることと考える。ただし、事前学習であっても手話に対する興味や必要性がなければ自主的に事前学習が行われることは期待できないことを考慮する必要がある。

そこで、本稿では、学習者に手話を学習していると意識させない中で行う手話の事前学習を、手話の無意識的事前学習と称し、手話の無意識的事前学習を用いる手話学習支援システムを提案する。提案システムにおいて、手話とは関連がない動きを行う中でも、提案システムが手話の動きを認識した場合に、その動きに対応する手話の意味を音声で発することで、はじめのうちは、音声に気づかれなかったり、音声の内容が理解できなくても、何回も繰り返す中で、動きと音声が次第に結びついていくことを狙う手話の無意識的事前学習については、文献 [5] で報告しているが、本稿では、無意識的事前学習を行った後での手話学習も考慮して実装したプロトタイプについて述べる。この無意識的事前学習で一定程度の手話習得が行えると、合わせて手話学習のモチベーションが向上することにつながり、手話学習支援システムを使用し、実際の手話のジェスチャーを行いながら手話学習することで興味関心の向上や記憶定着しやすくなると考えられる。しかし、本稿で行った評価実

¹ 株式会社 北國銀行
Hokkoku Bank, Ltd.

² 金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology

験では、評価実験期間が短かったこともあり、無意識的事前学習による手話学習支援システムへの効果は見られなかった。

以降、2章では関連研究について述べる。3章では提案システムについて説明し、4章で評価実験について示す。5章で考察を行い、6章でまとめる。

2. 関連研究

2.1 手話学習支援に関する関連研究

手話を認識する手法や学習するための支援システムについては、手話認識手法では、データグローブを用いて指文字を認識するシステム [6] や、加速度センサ、ポジションセンサであるデータグローブを統合してジェスチャ認識 [7] を行うシステム、手の画像から画像処理により、手話を認識するシステム [8], [9], [10] を含め、多く開発されている。

その中で、モーションキャプチャを用いて手話を認識するシステムも多くある。モーションキャプチャとして Leap Motion を用いたものとしては、指文字学習支援アプリケーション [2] やバーチャル空間上で手話学習を行うシステム [3] などがあり、Kinect を使用したシステムとしては、ゲームベースの学習システム [11]、手話を認識し、音声に変換するシステム [12] などが開発されている。

しかし、上記のような従来の手話学習支援システムは、手話を学ぶ意欲がある学習者が用いることを前提としており、手話学習のモチベーションが高くないと手話学習支援システムを利用するまでに至らないことが考えられる。

2.2 事前学習や学習意欲に関する関連研究

事前学習については、手話を対象としたものではないものの、学習効果を高めるための多くの研究が行われている。

例えば、大学の授業用としても、学生の視聴反応を取得し、それを対面授業に活かすためのシステム [13] や、PBL (Project Based Learning) についてマンガで説明する事前学習教材 [14] が開発されている。また、学習内容をデジタル教材を用いて授業前に学習し、授業において演習や発展的な内容を学ぶ反転授業では、小学生において、成績が下位群の児童にも一定の知識が定着された [15] ことも確認されている。事前学習による学習効果が高いことが示されているが、これらは当然ながら学習対象を把握した上で学習しており、学習意欲がなければ事前学習も使用されないと考えられる。

また、学習にはモチベーションを維持することが重要であり、学習者のモチベーションを考慮した研究も多く行われている。例えば、ピアノ学習においてモチベーションを考慮したピアノ学習支援システム [16] が開発されている。ミス許容度を導入し、段階的にミス許容度を下げながら学習する。これにより、成功体験を得ながら学習できるように学習者のモチベーションを維持しやすくしている。学習

対象が明確である学習においてはミス許容度を考慮することは有効であると考えられるが、本研究では、学習することを意図しない事前学習を想定しており、事前学習中のモチベーションは関与しないため、利用することはできない。

さらに、意識させない中で人に影響を与える研究も行われており、一例として、プライミング効果を利用し関心事へ無意識に気付きを与えるシステム [17] が開発されている。HMD (Head Mounted Display) で投影する映像の片隅に提示した情報により、実世界上の関連情報に対する行動に影響を与えることを評価実験により示している。無意識に気付きを与える点では本研究と同じであるが、学習対象が動作を伴うものの学習については映像だけを用いることは難しいと考えられる。

3. 提案システム

3.1 アプローチ

手話学習においては、健聴者の多くは、ろう者と話す機会や手話に触れ合うことがほとんどないことから、自主的に手話を学習する人は少なく、学習しようとしても手話の敷居の高さから学習が継続しないことが多い。

このため、学習者が学習対象を把握しながら行う学習の前に、学習者が手話学習を意識しない中である程度の手話を学習することを考える。学習者が手話学習を意識しない中で行う手話の事前学習を、本稿では、手話の無意識的事前学習とする。

無意識的学習に関して、広義としては、睡眠学習、聞き流し学習などのように、学習している対象は認識しているが、学習していることを意識させないものが考えられる。本稿では、無意識的学習として、学習する対象自体も認識しない学習を考える。なお、通常の学習として、学習する対象、学習を行うことを把握しながら行う手話学習を、無意識的学習と区別するために、本稿では、意識的学習と記すこととする。

本研究での手話の無意識的事前学習としては、日常生活における活動において、手話の動きと同じであったとき、その手話の意味をさりげなくささやくもの [5] を考える。はじめの方は、手話の動きと同じ動きをしても、それが手話の動きとはわからず、手話の意味がささやかれても気付かなかつたり、気付いても理解されなかつたりすることが多いと考えられる。しかし、これが数週間、数か月など、長い期間の中で何度も繰り返されると、手話を学習していると意識しない中でも、動きとささやかれる語に関係性があると認識されることを期待する。ただし、無意識的事前学習では、実用レベルまでの学習を行うことは困難である。このため、本稿では、漠然と手話を習得したいと感じているが、手話学習のモチベーションが高くない人を対象とし、手話の無意識的事前学習として、手話を学習する意識がない中で、ある程度の手話学習することを目標とする。これ



図 1 対象とする手話

が実現すれば、手話の敷居を下げ、興味関心を持たせることができ、その後に通常の手話学習である意識的手話学習につながることを期待する。

3.2 対象とする手話

本稿で対象とする手話は図 1 に示す 24 種類である。4 で述べる評価実験において、無意識的の事前学習では、“風邪” から “さようなら” までの 11 種類の手話、意識的手話学習では “寝る” から “勉強” までの 13 種類を使用する。無意識的の事前学習と意識的手話学習において手話内容を分けた理由については、4 章で示す評価実験において、無意識的の事前学習の有無でその後の手話学習への影響を調べるが、無意識的の事前学習により手話学習で学習する手話の理解度に影響を与えないようにするためである。

3.3 無意識的の事前学習の想定状況

無意識的の事前学習では、学習することを認識させずに学習を行わせ、学習対象を気づかせないためにも学習者には行動を限定せずに、自由に行動させた中で長期間にわたって行うことを想定する。しかし、行動を限定せずに行わせる場合、学習者の動作を常時認識する必要があり、システム実装が難しくなる。また、事前学習の効果が分からない

中で最初から長期間に渡ってシステム運用するには、想定外のことが多く生じると予想される。このため、本稿では、プロトタイプとして事前学習の効果を評価することを目的とし、対象範囲を限定する。つまり、学習者の動作を認識しやすくするため、移動することなく、手話と似通った動作があるけん玉とヨーヨーを行っているときに限定する。図 1 に示す事前学習の手話では、“集める”、“おはよう”、“羨ましい” がけん玉とヨーヨーの動作に近い手話である。例えば、“集める”の手話は、けん玉で糸の揺れを抑えるときの動作や、ヨーヨーを巻く動作と近く、“羨ましい”の手話もけん玉で糸の揺れを抑える動作に近い。“おはよう”の手話は、ヨーヨーを肩の位置から落とす動作に近い。

3.4 提案システム

提案システムは、手話の無意識的の事前学習システム、および、意識的手話学習支援システムで構成される。意識的手話学習をするには敷居が高い人に対して、まず、手話の無意識的の事前学習システムにおいて、ある程度の手話学習を行い、その後に手話学習支援システムで手話を意識的に学習することを想定する。

手話の無意識的の事前学習システムは、提案システムにおいて特徴的なシステムであり、学習者の動きを認識し続け、



図 2 提案システム

手話の動きと同じであったとき、その手話の意味をさりげなくささやく。例えば、本稿で対象とするけん玉やヨーヨーにおいて、“集める”という手話の動作を行った際にスピーカーから“集める”と小音量で発する。学習者は、音声で発せられていることに気付かなかつたり、気付いていても何のことかわからないことが想定されるが、これを繰り返すことで、手話とはわからなくても、動作と手話の意味が結びつくようになるという仮説を立て、その仮説に基づいて、事前学習システムを考案した。仮説が正しければ、後に音声を手話に関することであると分かったときに、いくつかの動作とその手話の意味が結びついており、その分だけ手話を学習できていることに相当するものとする。

意識的手話学習支援システムでは、学習者が手話を学習するという意思を持った上で使用するシステムであり、従来のモーションキャプチャを用いた手話学習支援システムと同等のものである。学習モードとテストモードを設け、学習モードでは実際に手を動かしながら手話を学び、テストモードで学んだ手話の確認をする。

3.5 提案システムの設計と実装

図 2 に示すように、提案システムの設計と実装を行った。学習者の動作を認識するために、Kinect for Windows V2 を用い、Kinect Studio により、深度、色、骨格情報、音などを取得する。また、開発環境である Windows デスクトップ PC 上で Visual Studio において、Windows Presentation Foundation を使用する。プログラミング言語は C# である。

Kinect での撮影により取得した深度、色、骨格情報、音などに対しては、Visual Gesture Builder において 25 点の骨格情報を用いて Random Forest アルゴリズムにより、図 1 に示す計 24 種類の手話の動作を機械学習させる。その際、指を使う手話についても手の位置や腕の位置によって学習を行う。

学習者に手話の動作をさせ、学習データを生成すると動作の認識率は高まるが、事前学習では学習者の学習してい



図 3 意識的手話学習システムの動作例

る意図がない中で学習させる必要があるため、学習者に手話の動作をさせると気付かれやすい。このため、事前学習では第一著者が手話の動作を行い、学習データを生成させることとする。教師データフレーム数では“風邪”“飲む”“おはよう”“羨ましい”“分からない”の手話は、口元に手を持ってくるといった似通った動作であるため、学習させるフレーム数を多くした。次に、Kinect を用いて取得した動作データと学習データとの類似度を求め、その類似度があらかじめ設定した閾値を超えると手話の動作と判定する。第一著者が手話の動作を行ったときに認識率が 80% 程度、誤認識が 20% 以下になるように閾値を調整し、第一著者がテストしてみたところ、平均で 82% の認識率であった。また、手話の動作を短時間に複数回認識し、連続して音声を発すると気付かれやすいことを考慮し、手話の動作を認識した後 30 秒間は手話の動作を認識させないようにした。なお、動作認識時に発する音声は、機械音で作成した。

学習者の動作を認識するための Kinect は、無意識的事前学習では、学習者から約 150cm 程度離れた位置に設置して、学習者の動作を撮影する。また、意識的手話学習システムでは、学習者から約 110cm 程度離れた位置に設置し、学習者の上半身のみの認識を行う。認識した動作があらかじめ学習させてある手話の動作と一致すると判断するとき、スピーカから動作に合わせた音を発する。スピーカは、学習者から少し離れた Kinect と同じような位置に設置し、学習者には聞こえるものの、気付かれにくい音量とする。意識的手話学習システムの動作例を図 3 に示す。練習モードでは、手話動作の GIF 画像とともに Kinect から取得される骨格情報を表示し、表示されている手話に対応した学習させてある手話の動作と骨格情報が一致し、手



図 4 無意識的事前学習の評価実験用システム

話ごとに設定したしきい値を超えた場合画面上に○を表示し、次の問題へ移行する。判定時には学習者が手話ができているのかの確認として画面上に判定中、○、◎を表示した。手話の類似度が、閾値の 50%未満の場合は“判定中”，閾値の 50%以上 80%未満の場合は ○，閾値の 80% 以上の場合に ◎ を表示する。テストモードでは練習した 15 種類の手話の中の 10 種類を出題する。

4. 評価実験

4.1 評価実験環境の構築

無意識的事前学習では、被験者に手話を学習していることを意識させない中で行うため、被験者に手話の学習を行っていると感じさせにくくする必要がある。このため、けん玉、ヨーヨーに対して、一人称視点 [18], [19] で自身の動作を内省しながら技能を熟達させる研究を行うと装うことにした。そこで、図 4 に示すように、けん玉、ヨーヨーについて練習の振り返りやすくするためのシステムを構築した。このシステムでは、メモ、タイマ、目標達成時間の設定、設定時間の通知、BGM の機能がある。特に、BGM については、被験者には集中するために流すものと伝えるが、無意識的事前学習において、システムが発する音声を目立たせなくするためでもある。

4.1.1 評価実験の方法

無意識的事前学習システムについての評価実験の手順を以下に示す。

- (1) 技能熟達研究として、けん玉、ヨーヨーをそれぞれ 1 日 10 分間ずつ行わせる。このとき、気付いたこと、ノウハウ、コツなどのメモを取らせる。なお、練習させる技は、けん玉検定の 10 級から 7 級まで使用される技、ヨーヨーのベーシックトリックの Set 1 で使用される技とした。
- (2) 2 日間の技能熟達を行わせた後、手話の学習を行わせ

表 1 評価実験中のメモ入力回数

被験者	1 日目 (けん玉)	2 日目 (ヨーヨー)
A	2	2
B	2	3
C	2	2
D	2	2
E	3	2

ていた事情を説明する。

次に、意識的手話学習支援システムについての評価実験の手順を以下に示す。

- (1) 手話の理解度テストで 10 問中 9 問以上正解することを目標とし、手話学習を 1 日の中でできるだけ多く行うこと、少なくとも 3 日以上学習することを伝える。
- (2) 意識的手話学習支援システムの説明をする。
- (3) 意識的手話学習支援システムの実行環境を組み込んだノート PC と Kinect を被験者に渡し、手話学習を行わせる。

4.2 評価実験の結果

無意識的事前学習後の意識的に行う手話学習への効果について調べるために、19 歳から 29 歳の手話経験のない被験者 10 名に対し、評価実験を行った。被験者 A ~ 被験者 E の 5 名は無意識的事前学習を行った後に意識的手話学習支援システムによる手話学習を行い、被験者 F ~ 被験者 J の 5 名は無意識的事前学習を行わずに、意識的手話学習支援システムによる手話学習のみを行った。

4.2.1 事前学習についての気づかれ度合い

無意識的事前学習についての評価実験では、学習している認識がない状況での学習の効果を測定することが目的であり、被験者には手話の学習を行っていることを言わずに、けん玉、ヨーヨーの技能を向上するための研究の評価実験として行わせた。このため、評価実験を通じて被験者が手話の学習と気づいていたかを確認する。

表 1 にそれぞれの被験者が評価実験中にメモとして記録した状況についての結果を示す。どの被験者も 4、または 5 回のメモを入力していた。具体的には、被験者 B は、1 日目に 2 回、2 日目に 3 回の計 5 回、被験者 E は、1 日目に 3 回、2 日目に 2 回の計 5 回、それ以外の被験者は 1 日目、2 日目で 2 回ずつの計 4 回のメモを入力していた。

メモの内容として、被験者 A は発せられた音声についても記述していたが、それ以外の被験者はけん玉とヨーヨーの感想やコツを記述していた。ただし、評価実験には第 1 著者が立ち会ったが、被験者 A 以外の被験者でも評価実験中に音声についての発言があったり、不思議そうにスピーカーを見ていたこともあったことから、発せられた音声には気付いていたことが窺える。しかし、無意識的事前学習についての評価実験後に事情を説明した際に、すべての被験者が手話学習とは気づいていないと答えたことから、手

表 2 無意識的事前学習による動作認識に関する結果

		提案システムで推定する動作											
		風邪	幸せ	飲む	集める	こんにちは	熱	おはよう	羨ましい	うるさい	わからない	さようなら	再現率
実 際 の 動 作	風邪	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.50
	幸せ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
	飲む	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	集める	0	0	0	38	0	1	0	0	0	0	0	0.97
	こんにちは	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	熱	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0.50
	おはよう	0	0	0	2	0	0	15	0	0	0	0	0.88
	羨ましい	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1.00
	うるさい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	わからない	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0.50
さようなら	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	15	0.75	
適合率		1.00	1.00	-	0.79	-	0.67	0.82	1.00	-	1.00	1.00	0.83

表 3 無意識的事前学習システムに発せられた音声の回数

	A		B		C		D		E	
	け	ヨ	け	ヨ	け	ヨ	け	ヨ	け	ヨ
風邪	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
幸せ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
飲む	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
集める	0	6	1	7	2	7	1	8	0	7
こんにちは	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
熱	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0
おはよう	0	1	4	1	0	5	0	5	0	1
羨ましい	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
うるさい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
分からない	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
さようなら	1	5	3	2	1	3	1	2	1	1

話学習のための評価実験を行っていることに気付いていなかったと考えられる。

4.2.2 無意識的事前学習における動作認識に関する結果

無意識的事前学習では、被験者が手話学習であると把握しない中で行うが、そのような状況の評価実験中に手話動作をどの程度認識できるかについて、無意識的事前学習時の動作認識に関する結果を表 2 に示す。表 2 では、提案システムで推定する動作と実際に行われた動作の関係について、5名の被験者のものを合算した回数を示し、緑色で塗られた部分が提案システムにより動作認識が正しく行われたことを表す。なお、提案システムが認識しなかった動作については記載していない。けん玉、ヨーヨーの動きに近い手話動作が良く認識されるため、認識回数に偏りがあるが、全体的に概ね正しく手話の動作認識ができていたことが分かる。もっとも同じ動作をして毎回同じ音声が発せられると、却って気付かれやすくなるため、ある程度の誤認識は一種のカムフラージュになって良いことと考えている。

次に、表 3 には、けん玉、ヨーヨーの練習を行っているときに、無意識的事前学習システムにより動作認識が行われた時に音声が発せられた回数について、5名の被験者それぞれの合算した回数を示す。提案システムで誤認識した

場合は、その誤認識した動作に対応する音声が発せられるが、この誤認識して実際に発せられた音声をカウントした。

発せられた音声の回数では、“風邪”が2回、“幸せ”が1回、“飲む”、“こんにちは”、“うるさい”が0回で動作認識回数が少なく、“集める”が39回、“おはよう”が17回、“さようなら”が20回と動作認識回数が多かった。被験者や認識された動作に差はあるが、想定通り、1日目より2日目の方が事前学習による動作認識が行われていることが分かる。

4.2.3 無意識的事前学習による意識的手話学習への影響に関する結果

無意識的事前学習を行うことで、その後の意識的手話学習への効果について、無意識的事前学習を行った被験者の手話学習に関する結果を図 5 に、無意識的事前学習を行わなかった被験者の手話学習の結果をを図 6 に示す。

まず、事前学習ありの被験者 C と被験者 D のみ 4 日目の手話学習を行っていた。また、被験者 A, B, D, H は 1 日目より 2 日目の演習時間は減少しているが、正解数は増加しており、1 日目より 2 日目の方が短時間でより効率的に手話学習が行われていたものと考えられる。なお、最終日に行った手話学習ではテストを受ける前の確認だけを行う被験者が半数以上であった。

ノート PC と Kinect を渡してから、3 日目以降で手話学習を終了する時を被験者に任せたが、無意識的事前学習ありの被験者 C, D の 2 名だけが 4 日目の手話学習を行っていたが、残りの 3 名は少なかった。一方で、無意識的事前学習なしの場合でも、被験者 G, H のように 1 日目の演習時間が長い被験者もいた。以上より、4 日目まで学習する被験者がいたが、評価実験が短期間に行われたこともあり、無意識的事前学習の効果は認められなかった。なお、手話の理解度確認テストの正解数が 1 日目より 2 日目の方が増加した被験者が無意識的事前学習ありの被験者は 4 名、無意識的事前学習なしの被験者 3 名であり、無意識的事前学習を行った効果は全体としてほとんど見られなかった。

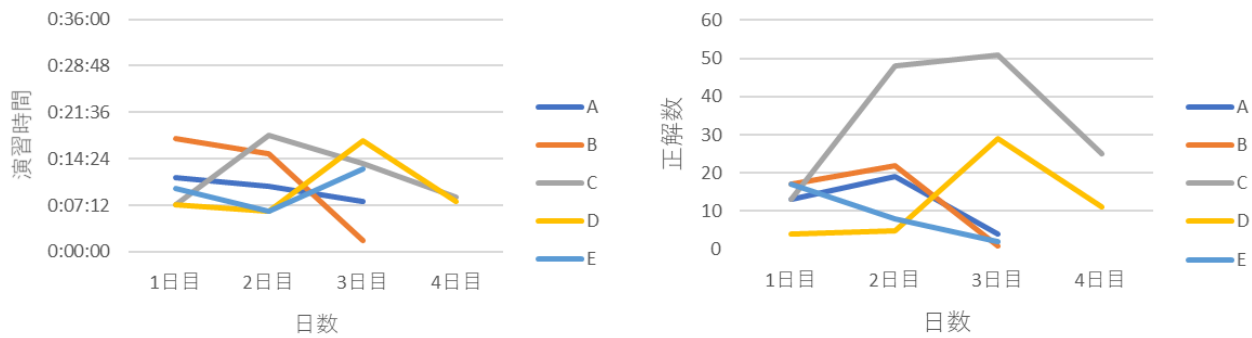


図 5 無意識的事前学習ありの場合の評価実験の結果

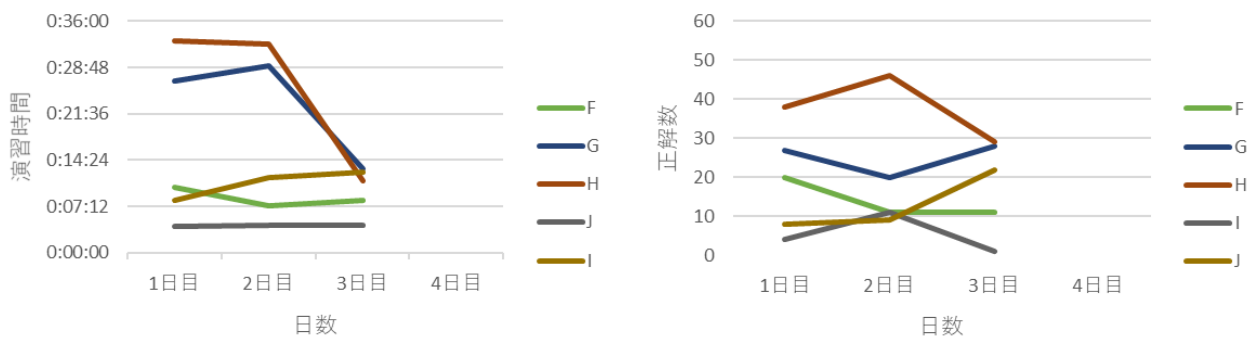


図 6 無意識的事前学習なしの場合の評価実験の結果

表 4 意識的手話学習での手話理解度の結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
休む	×	○	○	○	×	○	○	○	○	×
病気	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
マスク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
おはよう	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
忘れる	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
おめでとう	×	×	○	○	○	○	○	○	○	×
集める	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
携帯電話	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
寝る	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
住む	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○

次に、手話学習後の手話の理解度確認テスト結果を表 4 に示す。正解数が目標とした 9 問を超えた被験者は事前学習ありでは 4 名、事前学習なしも 4 名で同じ結果となった。しかし、事前学習ありの被験者 A の正解数が 6 問で、他の被験者に比べて低い結果となった。理解度確認テストの問題として分かりやすい手話で合ったことも考えられるが、無意識的事前学習の効果は見られなかった。

最後に、意識的手話学習時には被験者にノート PC と Kinect を渡した中で行ったが、その中で手話の認識精度でどの程度であったかを表 5 に示す。表 5 において、スキップとは、被験者が“次へ”ボタンを押下し、問題を次に進めた回数であり、その多くは、被験者が行った手話が提案システムで意図したように認識されなかったときに押下されたと考えられる。平均認識率は、手話動作が行われて、提案システムが正しく認識した割合である。“お疲れ

様”は 100% であったが、それ以外は 70% 未満であり高いとはいえない。被験者のみで操作されたこともあり、手話動作の認識率がよくなかったことも手話学習の意欲向上に結びつかなかった要因と考えられる。

5. 考察

評価実験の結果、無意識的事前学習による意識的手話学習への効果は見られなかった。この理由は以下の 3 点が考えられる。

1 点目は、無意識的事前学習が 1 日あたり 10 分間の 2 日間であり、意識的手話学習の時間も 3, 4 日程度と短時間であり、評価実験が短期間であったことである。3.1 節で述べたように、無意識的事前学習は数週間、数か月など、長い期間の中で、それとなく学習することを想定する。しかし、評価実験では 2 日間の計 20 分のみであったため、無意識的事前学習の効果がほとんどなかったことが考えられる。

2 点目は、被験者が手話に興味がなかったことが考えられる。無意識的事前学習では、被験者には学習対象を認識させない中で学習を行わせるため、手話を学習することは伝えられないが、評価実験を通じて手話を学習することに興味がないと感ぜられた。当然のことながら、興味がないものを学習させることは難しい。このため、評価実験を行う前に何気ないインタビューやアンケートを行い、手話学習に興味があるが、具体的に学習を行っていない

表 5 意識的手話学習時の動作認識に関する結果

	おはよう	おめでとう	休む	忘れる	住む	病気	勉強	作る	こんにちは	楽しい	集める	お疲れ様	寝る	携帯電話	マスク
スキップ回数	29	26	22	25	38	33	13	25	47	25	9	12	21	24	21
平均認識率	54	44	48	38	44	40	57	64	44	57	67	100	63	67	59

い人を被験者とするべきであったと考える。

3点目に、提案システムにおける動作認識の精度があまり高くなかったことが考えられる。意識的手話学習システムの評価実験において、被験者 B, F は1問正解するのにかかる時間が1分以上と長いことがあった。被験者 G, H は1日目、2日目で演習時間が長い、これは手話が反応しにくかった手話があったため、手話を反応させるために試行錯誤し、手話が反応するまで同じ問題で動作を繰り返していたことが考えられる。

以上より、今後は、手話に興味がある被験者を対象に長期間の評価実験を行うこと、さらには、被験者のみでも手話動作を高精度で認識できるように、システム構成を含め、再検討する予定である。

6. おわりに

本稿では、学習する認識がない中で事前学習を行い、その後、手話を学習する手話学習支援システムを提案した。提案システムでは、事前学習として手話とは関連がない動作を行う中でも手話の動きを認識した場合にその動きに対応する手話を音声で発する。最初は、気づかれなかったり、理解できないことでも何回も繰り返す中で、動きと音声結びつかせることを狙う。本稿において評価実験を行ったが、評価実験を行う期間が短かったこともあり、提案システムにおいて手話の無意識的事前学習による意識的手話学習への効果は見られなかった。

今後の課題として、事前学習をより長い時間行うこと、手話に興味がある被験者を対象とすること、手話学習システムの認識精度を向上させることにより、事前学習の効果を正確に評価できることが挙げられる。また、事前学習でのけん玉、ヨーヨー以外の動作、行動に対しても対応できるように、事前学習システムを拡張する予定である。

参考文献

[1] 福田友美子, 森本行雄, 四日市章: 聴覚障害者のコミュニケーション手段の使用に関する実態調査, *Audiology Japan*, Vol.37, pp.229-235 (1994)

[2] 森本正志, 川除慎吾, 加藤雅弥, 田端吉成, 加藤秀康, 永井敦, 竹内健人: モーションセンサを用いた指文字学習支援アプリケーション, *情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ*, Vol.8, No.2, pp.28-40 (2020)

[3] Schioppo, J., Meyer, Z., Fabiano, D., Canavan, S.: Learning Sign Language in a Virtual Environment, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2019)*, No.1422, pp.1-6 (2019)

[4] 村瀬忍, 鈴木祥隆大: 学生の手話学習への関心についての調査, *教育学部研究報告 人文科学*, Vol.64, No.2, pp.99-102 (2016)

[5] 渡辺雄大, 佐野渉二, 中沢実: 手話習得のための動作認識に基づく事前学習システムの開発, *情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2021) 論文集*, Vol.2021, pp.805-812 (2021)

[6] 岩谷和真, 曾我真人, 瀧寛和: データグローブを使用した指文字動作スキル学習支援システムの構築, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.114, No.305, pp.13-17 (2014)

[7] 澤田秀之, 橋本周司, 松島俊明: 運動特徴と形状特徴に基づいたジェスチャー認識と手話認識への応用, *情報処理学会論文誌*, Vol.39, No.5, pp.1325-1333 (1998)

[8] 徳永修一, 兼田雅弘, 大崎絢一: 手話の指文字の画像処理による認識に関する研究, *日本経営工学会誌*, Vol.43, No.4, pp.296-302 (1992)

[9] 山田寛, 島田伸敬, 白井良明: 画像処理による手話認識のための手形状識別, *電子情報通信学会総合大会*, No.A-19-1, p.331 (2009)

[10] 松尾直志, 山田寛, 白井良明, 島田伸敬: HMM を利用した画像処理による手話単語の認識のための特徴抽出および状態分割, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.15, No.1, pp.85-94 (2013)

[11] Kamnardsiri, T., Hongsit, I., Khuwuthyakorn, P., Wongta, N.: The Effectiveness of the Game-Based Learning System for the Improvement of American Sign Language using Kinect, *The Electronic Journal of e-Learning*, Vol.15, Issue. 4, pp.283-296 (2017)

[12] Mustafa, E., Dimopoulos, K.: Sign Language Recognition using Kinect, *Proc. International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC 2012)*, pp.394-402 (2012)

[13] 芝崎順司: オープンコンテンツを利用した事前学習のための視聴反応モバイルシステムの開発と利用評価, *教育メディア研究*, Vol.2, No.2, pp.25-37 (2015)

[14] 高橋聡, 高橋 B. 徹, 吉川厚: PBL の事前学習教材としてのマンガケース教材およびその設問セットの提案, *科学教育研究*, Vol.41, No.2, pp.116-130 (2017)

[15] 稲垣忠, 佐藤靖泰: 家庭における視聴ログとノート作成に着目した反転授業の分析, *日本教育工学会論文誌*, Vol.39, No.2, pp.97-105 (2015)

[16] 竹川佳成, 福家悠人, 柳英克: モチベーションを考慮したピアノ学習支援システム, *情報処理学会論文誌*, Vol.57, No.4, pp.1193-1206 (2016)

[17] 磯山直也, 寺田努, 塚本昌彦: ユーザの関心事へと引き込みを行なう常時映像閲覧システム, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.17, No.1, pp.39-52 (2015)

[18] 諏訪正樹, 堀浩一: 特集「一人称研究の勧め」にあたって, *人工知能学会誌*, Vol.28, No.5, p.688 (2013)

[19] 出口正倫, 佐野渉二: 振り返り機能を有する筋力トレーニング支援システムの構築, *平成 29 年度北陸地区学生による研究発表会*, No.E-4-2, p.66 (2018)