

ハンズフリーメガネ型端末による情報伝達

糸数 泰成^{†1} 馮 晨^{†1} 吉田 伶司^{†1} 高橋 裕也^{†1} 菅谷 みどり^{†1}

概要: 作業中などで手が塞がっている場合で、同じ空間にいない人へ意思伝達することは、介護や工事現場など現場従事者にとって重要である。しかし、ハンズフリーで、情報伝達を行う手段は十分に提供されていない。本研究では、離れた人への情報伝達手法の検討を目的とし、瞼の動きをジェスチャとして認識し、情報伝達を行うハンズフリーメガネ端末を提案する。論文では、予備実験を行った上でジェスチャの選定、提案する送信アルゴリズムについて述べる。また、センサではフォトフレクタと3Dプリンタで開発したメガネ型端末を無線で繋ぎ双方向通信を実現した。評価では、さらにアルゴリズムを実装し、検知精度およびユーザビリティ調査を行った結果について述べた。その結果、79%の検知精度を達成した。また、テストにおけるデータの送信は100%の成功率となった結果について述べる。

キーワード: ハンズフリーメガネ, 瞼, 無線通信, 意思伝達,

Design and Implementation of Hands-free Information Transmission Glass

YASUNARI ITOKAZU^{†1} FENG CHEN^{†1} REIJI YOSHIDA^{†1}
YUYA TAKAHASHI^{†1} MIDORI SUGAYA^{†1}

Abstract: It is important for workers in the field such as nursing care and construction sites to communicate with people who are not in the same space when the hand is occupied, for example during work. However, hands-free means to communicate information is not sufficiently provided. In this research, we propose a hands-free eyeglass terminal which recognizes the eyelid movement as a gesture and communicates information for the purpose of examining the information transmission method to a remote person. In the thesis, preliminary experiments are carried out, selection of a gesture, and a transmission algorithm to be proposed are described. In the evaluation, bidirectional communication was realized by wirelessly connecting glasses type terminals developed with a simple photo reflector and 3D printer. In the evaluation, we further implemented an algorithm and described the results of the detection accuracy and the usability study. As a result, we achieved 79% detection accuracy. In addition, we describe the achievement of a highly stable system with 100% success rate of data transmission in the evaluation

Keywords: Hands-free Glass, gesture, device, Xbee

1. はじめに

近年、SNS、Twitterを始めとし、人同士で効率的に情報伝達を行う仕組みが普及している [1]。しかし、これらの仕組みの多くは携帯電話やPCなどのデバイスのインターフェイスに対する文字入力为前提となっている。これらは、作業中などで手が塞がっている場合、緊急性の高い情報を即座に送信したい場合には対応が十分に行えない問題がある。

これに対して、作業中に別の場所にいる人にハンズフリーで即座に情報伝達を行う方法を検討することで作業の効率化、介護の作業中の情報伝達が可能となる。萩野らは、音声入力を用いた緊急の情報伝達を提案した [3]。しかし、音声の場合、騒音環境下での認識率の低下、周囲の人へのマナー問題がある。小澤らは脳内血流量の変化を用いた情報伝達方法を提案した [4]。しかし、リラックス時でのみの利用するものとなっており、かつ、計測機器の装着が気軽に利用することが困難である。下り藤は、視線計測装置

(眼球運動計測装置)を利用して端末の操作を行う手法を提案した [5]。眼球運動で文字を1つずつ選択する必要があることから計測精度の向上が必須となり、計測装置の大型化や、ある程度訓練を受けないと利用が困難である。Manabe et al. は、イヤホンを用いた眼球運動を判定する手法を提案した [6]。しかし、ノイズが大きく実用には困難な問題がある。

本研究では、ハンズフリーで情報伝達することを目的とし、メガネ型端末のセンサにより瞼の開閉を検知する手法を提案する。意図的に操作ができる瞼の開閉は、多くの人が行うことができるジェスチャであると同時に、動かす部位も少なく、自然な形で意思伝達をできると考えた。

また、瞼の開閉により送信データを選択するためのアルゴリズムを検討することで、理論的には無制限で定型句を送信するものとした。これらの考えを実現するにあたり、メガネ型端末と、アルゴリズムを設計、実装し、評価を行った。評価の結果、79%の検知精度を達成した。また、テス

^{†1} 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology University

トにおけるデータの送信は 100%の成功率で、安定性の高いシステムを実現した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2 節にて、課題と提案について述べる。次に 3 節にて予備実験、4 節にて臉を用いた字句選択システム、5 節にてジェスチャ判定について述べる。6 節にて評価実験、7 節でまとめとした。

2. ハンズフリーメガネ型端末

2.1 課題

効率的な情報伝達に必要な要求を満たすためには課題として以下の 2 点が挙げられる。

- (1) ハンズフリーで進行中の作業を停止せずに、近くの人に情報伝達することができる。
- (2) 端末を小型化、軽量化し、気軽に使えるものとする。
- (3) 屋内での利用に限らず、屋外でも利用できる。

(1)については、手を離せない作業中の人にとって、端末を用いて離れた人へ即座に情報伝達を行うことは一時的に作業を止めることは極力避ける必要がある。また、手が塞がっている場合は情報伝達を行うこと自体が困難である。

(2)(3)について、既存研究ではハンズフリーでの情報伝達は、端末が大型であることが多く、利用場所も屋内の一定の場所となりがちである。そのため持ち運びができる小型の端末であらゆる場所で情報伝達を行える仕組みが必要だと考えられる。情報伝達を行うための課題を解決し、効率的で気軽に情報伝達を行うことが必要である。

2.2 ハンズフリーメガネ型端末の提案

本研究では作業中における困難な情報伝達の問題を解決するために、人への効率的な情報伝達手法の検討を目的とする。課題の解決案として、視線以外の方法で、端末を操作できる (2)の解決案として無線装置を用いたメガネ型端末。本研究では効率的な情報伝達を行うため、ハンズフリーメガネ型端末を用いた情報伝達方法を提案する。本提案端末は以下の機能を備えたものとなっている。

- (1) 視線以外の方法で端末を操作し、情報伝達を行う
- (2)無線装置を用いた持ち運び可能なメガネ型端末

(1)の実現方法であるが、顔の動きを利用することとした。顔は体の部位の内、意図的に動かしやすく動きが最小限で様々な作業に影響が及びにくいと考えたためである。

(2)については、無線装置の距離は制限されるが、屋外でも利用するものとした。また、様々な場所での利用を想定しているため端末の小型化を目指し、かつ顔の動きを用いることから、端末の形をメガネ型とした。本研究では同じ端末を 2 つ用意し、相互通信によるコミュニケーションを行えるものを想定した。図 1 に想定される利用例を示した。

例では、介護者 2 人が端末を装着し、一方が介護中に緊急でヘルプを送りたい場合、介護を行いながらメガネ型端末を用いてヘルプを送信、それを受け取ったもう片方の介護者がその人の元へ行く、という実用例である。



図 1 ハンズフリーメガネの使用例

2.3 実現の手順

ハンズフリーメガネ型端末を実現するための手順として、以下の 3 点を示す。

1. システム概要
2. 対象となる顔の動きと識別手法
3. 定型句の送信方法

本論文では 1 について、本研究において使用する端末とセンサ類の仕様を明記する。また、2 については、本研究では進行中の動作を妨げず、意図的に動かせる部位として顔の動きをジェスチャとして用いる。しかし、顔の中でも具体的に動かせる部位は多い。そのため、本研究では、はじめに、ジェスチャ認識に用いる部位の選定を行う必要がある。3.については、正確な情報伝達を行うためのシステムを開発する。

2.4 システム概要

システム概要図を図 2 に示す。

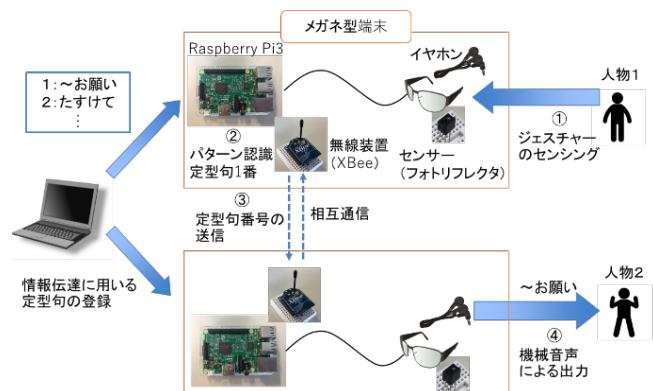


図 2 システム概要図

メガネ型端末にはジェスチャの認識を行うためのフォトリフレクタ[7]と処理内容を装着者に伝えるためのイヤホンを接続している。また、無線通信は XBee を用いた[9].端末を利用する前に情報伝達に用いる為の定型句と番号をパソコンから登録できるようにするため、インタフェイスと機械音声を生出し、保存した。

利用手順は、人物 1 が人物 2 に情報伝達を行う場合、

- (1) 人物 1 がメガネ型端末に対して登録してある定型句を送信するジェスチャを行う。
- (2) 端末側がパターン認識処理を行い送信する定型句の番号を決定、
- (3) 人物 2 側の端末に対して無線装置を用いて定型句を送

信する。

- (4) 番号を受け取った人物2側の端末が受け取った番号の定型句の機械音声ファイルを、イヤホンを通じて再生する。これらを相互に情報伝達を行えるよう設計、実装する。

3. 予備実験

3.1 ジェスチャ方法の選定

本研究では、進行中の動作を妨げず、意図的に動かせる部位として顔の動きをジェスチャとして用いるものとしたが、顔の中でも具体的に動かせる部位は多い。そこで、候補の中から1. 口角を用いる方法と2. 瞼を用いる方法を候補とした。ジェスチャの方法を図3に示した。

- 口角のジェスチャー判定方法



- 瞼のジェスチャー判定方法



図3 ジェスチャ方法の候補

1.口角を用いたジェスチャ判定では、フォトリフレクタをメガネフレームの下部に取り付け、片側の口角をメガネに近づけ、センサが値を取得し、それを元に識別できるものとした。2.の瞼を用いたジェスチャ判定では、フォトリフレクタをメガネフレームの上部に取り付け、瞼を動かすことで、センサが値を取得し、それを元に識別できるものとした。

本予備実験では、2つの方法の内どちらが本システムにおいて適切であるかの選定を行う。また実験をする上で、個人ごとのセンサ値の差を確認することで、システム的设计上での課題抽出を目的とした。予備実験向けに開発したプロトタイプ端末を図4に示した。Arduino Uno マイコンを利用し、メガネフレームに取り付けたフォトリフレクタを回路図のように接続することでセンサ値を取得し識別可能とした。

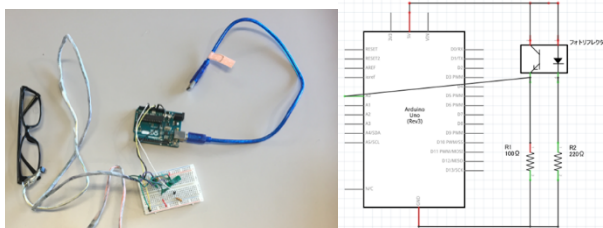


図4 プロトタイプ端末(左)と回路図(右)

プロトタイプ端末の2つのジェスチャごとのセンサ位置とジェスチャ方法を図5,6に図示した。

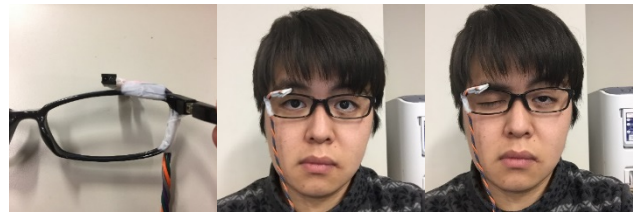


図5 センサ位置(左), 瞼閉 (中央), 瞼閉 (右)

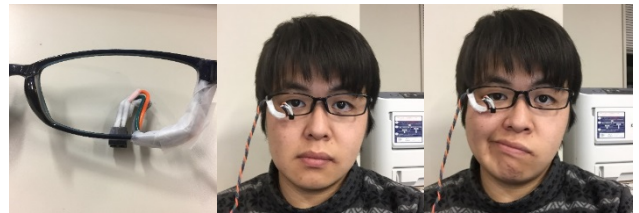


図6 センサ位置(左), 口角変化なし (中央) 口角上げ(右)

3.2 実験内容

本実験では、予備実験用のプロトタイプ端末を開発し、その端末を利用して実験を行った。実験協力者は、20代6名実験方法は、プロトタイプ端末を装着した状態で2つのジェスチャを協力者に実施してもらい、センサ値を集計、分析を行った。対象となるジェスチャは

- 口角：右の口角を上げた状態、普通の状態(2パターン)
- 瞼：右の瞼の開いた状態、閉じた状態(2パターン)

とした。各方法においてセンサ位置を固定し、各パターンを実験協力者に指示を出し、それおれ5秒ずつ行ってもらった。各パターンにおいて0.1秒ごとに50回センサ値を集計、分析した。

3.3 結果、考察

図7に口角のジェスチャ時のセンサ値、図8に瞼のジェスチャ時のセンサ値の結果をまとめた。ここでは口を閉じて特に動かしていない状態を口角の普通とし、口角を上昇させた状態を口角利用、瞼を開いている状態を瞼普通、瞼を閉じている状態を瞼利用とした。

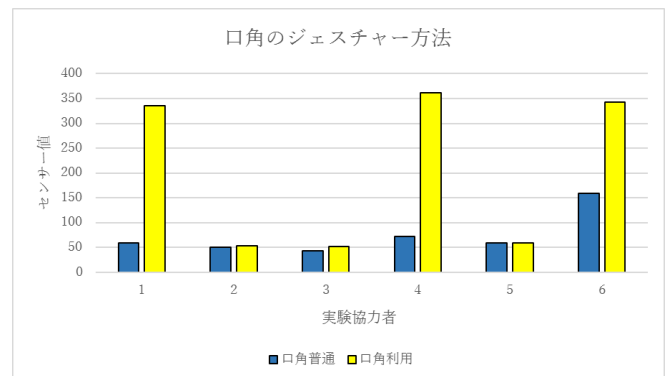


図7 口角のジェスチャ実施時のセンサ値

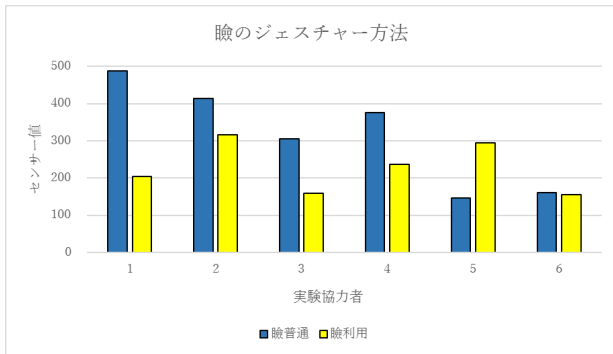


図 8 顔のジェスチャー実施時のセンサ値

実験協力者ごとのセンサ値の平均値の差を確認するため、実験協力者を要因とし、一元配置分散分析を行い、結果を表 1 にまとめた。また、各ジェスチャーにおける、普通状態、利用状態でのセンサ値の平均値の差を確認するために、例外的な変化を行った実験協力者 5 番を除き t 検定を行い、結果を表 2 にまとめた。

表 1 実験協力者を要因とする一元配置分散分析(p<0.05)

ジェスチャー	P 値
口角	0.071
顔	0.040

表 2 利用、普通状態を要因とする t 検定(p<0.05)

ジェスチャー	P 値
口角	0.036
顔	0.020

表 1 より口角、顔両方の方法において有意傾向が見られ、顔においては 5%水準で有意差が見られた。これはセンサ値として、実験協力者ごとの個人差が反映していることを示している。そのため本システムにおいてジェスチャー判定を行う際には、装着者ごとに校正をかけて判定を行う必要があると考えられる。

また、表 2 ではいずれのジェスチャーも 5%水準で有意差が認められたが、特に P 値の比較では、顔のセンサ値が口角の方法と比べて有意差が大きい。これは顔の方法が普通、利用状態の二つの状態間の差が出やすいことを示しており、ジェスチャー判定の精度を向上させやすいと考えられる。予備実験で得られた結果から、装着者ごとの校正を行いつつ、顔の方法によるジェスチャー判定を行うものとした。

4. 顔による字句選択システムの設計

4.1 システム設計・システムフローチャート

4 節の予備実験の結果より、顔の方法をジェスチャー判定方法として用いるものとした。顔のジェスチャーは基本的に、顔の開閉で行うものとした。状態としては、1 が顔を閉じる、0 が顔を開く状態とし、ここで、 x を左、 y を右とし

(x,y) で状態を表記するものとした。この時、開閉の組み合わせは、 $(0,0),(0,1),(1,0),(1,1)$ の 4 通りであり、これを基本的な左右の顔の開閉状態によって行うことができるジェスチャーのパターンといえる。ただし、 $(1,1)$ つまり両方の顔を閉じている状態は、進行中の作業中に行うジェスチャーとしては、作業を妨害すると考えられるため不適切だと考えられる。そのためこの状態を除いた $(0,0),(0,1),(1,0)$ の 3 つの状態をジェスチャーとして定義し、メガネ端末から、利用者が開閉により、意思伝達を行える操作とした。

本システムにおいては、事前に登録した定型句の番号を用いて情報伝達を行うものとした。この場合、単純に 3 つの状態に応じて、送信する定型句の番号を割り振ることを考えると、そのパターンは 3 種類以下になり、送信可能な定型句の種類に限られる。そのため、3 つの状態を端末の操作に利用し、送信の定型句の種類を無制限になるような設計として、顔を交互に閉じることで、定型句番号を選択する方法を考案した。顔を閉じる回数で定型句番号を指定できるようにすることにより、理論的には無限の定型句を利用できることとなり、自由度が向上する。また、顔を閉閉する 3 つの状態は普段から行う動きであるので、誤検知を防ぐために何もしない通常モードと定型句を送信する送信モードの 2 つのモードを用意する。

本システムのフローチャートを図 9 に示す。またこのシステムにおいて用いる操作方法の一覧を表 3 に示す。

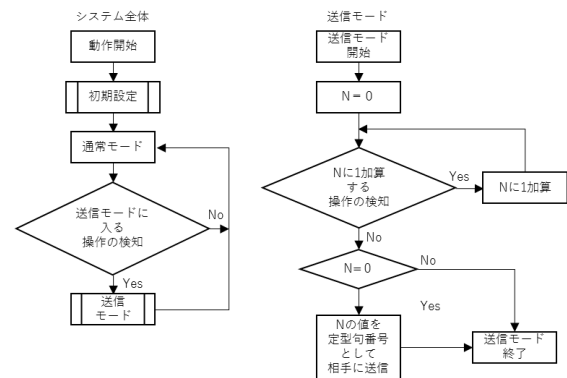


図 9 システムフローチャート

表 3 操作方法一覧

送信モードに入る操作	$(0, 1)$ 状態を 1.5 秒続ける
N に 1 加算する操作 (N が奇数の時)	$(0, 1)$ 状態を 1.5 秒続ける
N に 1 加算する操作 (N が偶数の時)	$(1, 0)$ 状態を 1.5 秒続ける

初期設定として予備実験にて必要性が得られた校正を行うための閾値設定を行う。方法としては、装着者に 3 つの状態を 3 秒間行ってもらい、左右それぞれ顔を開いた状態と閉じた状態での平均値を取得、その中間値を閾値として

ジェスチャ判定に利用するものとした。

その後は基本通常モードの状態であり、送信モードに入る操作を検知したら送信モードに入る。定型句を送信し終えたらまた通常モードに戻る。通常モード、送信モード共に、常に0.1秒ごとにジェスチャ判定を行っている。

送信モードの流れを次に示す

1. 変数Nに0を代入
2. Nに1加算する操作を検知する毎にNに1加算
3. 操作が3秒間検知できなくなったとき、Nが0以外のときはNを定型句番号として、端末からシリアル通信にて送信し送信モードを終了
4. Nが0のときは誤操作で送信モードに入ったものとし、何もせずに送信モードを終了

本方式により理論上無制限に定型句を登録、送信を行うことができる。また、Nに1加算する際に閉じる瞼を左右交互にすることで、過剰に加算してしまう問題を防ぐ。

端末利用中は本システムのプログラムとは別の番号受信用のプログラムを同時に動かす。こちらはシリアル送信によって送られてきた番号を受け取った直後にその番号の定型句の機械音声をイヤホンから出力するプログラムとなっている。また各処理ごとに機械音声によるアナウンスがあるため装着者は今端末がどのような状態かが逐次分かるようになってきている。

4.2 端末の実装

設計に基づき、端末を開発した(図10)となっている。性能が高い Raspberry Pi 3 Model B マイコン、フォトフレクタ、無線端末(XBee Series1 Pro)、A/Dコンバータ(MCP3008)を用いて連携させた。

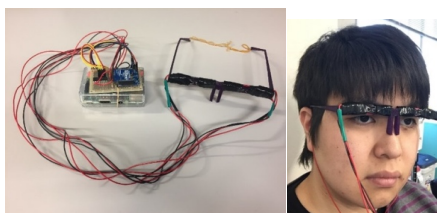


図10 ハンズフリー端末

本端末の回路図を図11に示した。両眼に取り付けたフォトフレクタから瞼の状態を取得、A/Dコンバータを通じてマイコンのGPIOへセンサ値を入力する。送信モードにて送る定型句番号が決まった場合、GPIO・無線I/Fを通じて相手側の端末へシリアル通信を行い、番号が送信されるものとした。

メガネフレームは3Dプリンター(MakerBot)を用いて製作した(図12)。レンズは用いないため、メガネフレーム下部の部分を取り除き、鼻当部分のみ残した。フォトフレクタが動かないようにメガネフレーム上部に穴を開け固定できるようにした。装着時にメガネが動かないようにフレーム後部に固定のためのバンドを通す穴をあけた。

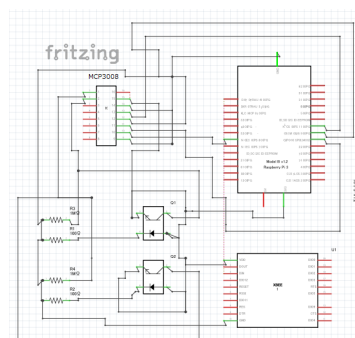


図11 メガネ端末の回路図

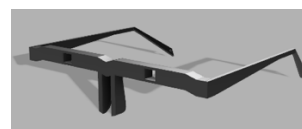


図12 作成したメガネフレームのCAD画像

5. ジェスチャ判定

5.1 ジェスチャ判定の課題

本システムにおいては、フォトフレクタを両瞼の開閉が検知できる位置に設置し、瞼の開閉の有無により測定される値の範囲で、開閉を識別可能な閾値によるジェスチャ判定方法を利用した。しかし、実際には片方の瞼の判定を行う際に、片方の瞼が微妙に変化し、その閾値を超えてしまい誤判定してしまう問題が生じることが明らかになった。

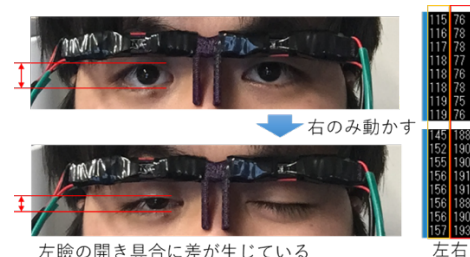


図13 両目を開いている状態(上)、片目を閉じている状態(下) 閾値の判定範囲(右目)

センサ値は両眼を開いた状態(図13上)での左瞼の平均値は117.5、右瞼を閉じている状態(図13下)での左瞼の平均値は154.1となっており、両方とも左瞼を開いているにもかかわらず差が36.6生じている。このため左瞼の開閉を判定する閾値が154.1以下だった場合、左瞼を開いているにもかかわらず、閉じると判定する誤判定の問題が生じる。

問題の要因は図13のように、片方の瞼を動かした際に反対側の瞼がつかれて動くことであることがわかった。また、人によっては額が動くことでメガネ端末自体が動いてしまうことも要因の一つと考えられる。

5.2 精度向上アルゴリズム

本問題を解決するために、精度を向上できるようにアルゴリズムを開発した。概要は、片方の瞼の判別時にもう片方の瞼の状態を考慮した形に判定を変更するものである。

更に精度を向上させるために、センサ値の変化の仕方によってジェスチャ判定方法も変更した。

左眼において開いた状態から閉じた状態へセンサ値は正の方向へ変化する場合を用いて説明する。初期設定では3つの状態(0,0),(0,1),(1,0)をそれぞれ3秒間実施し0.1秒ごと計30回センサ値を取得する。得られた各状態でのセンサ値の内、左眼のセンサ値を状態ごとの集合としてそれぞれ $L_{(0,0)}, L_{(0,1)}, L_{(1,0)}$ とする。集合 $L_{(0,0)}, L_{(0,1)}$ はどちらも左眼を開いた状態でのセンサ値となっている。これを用いて

$$L_0 = L_{(0,0)} \cup L_{(0,1)}$$

と和集合をとる。

集合 $L_{(1,0)}$ は、左眼を閉じ、右眼を開いた問題の状態でのセンサ値である。変数名を変更して

$$L_1 = L_{(0,1)}$$

とする。

また、集合 L_0 の最大値、最小値をそれぞれ $L_{0,max}, L_{0,min}$ 、集合 L_1 の最大値、最小値をそれぞれ $L_{1,max}, L_{1,min}$ とする。

ここでは、集合 L_0, L_1 の位置関係によってジェスチャ判定方法を変更する。以下に二つの場合分けをアルゴリズムで示す。まず、片側の眼の開閉に影響されず(重ならず)、もう片側の眼の開閉が判定できる(重なっていない)場合のジェスチャ判定方法について述べる。

2つの集合が重なっていない($L_0 \cap L_1 = \emptyset$)場合

図14に示したように、もう一方の眼の開閉に影響がない(重なっていない場合)のジェスチャ判定方法においては、次のように閾値 th を設定する。

$$th = \frac{L_{0,max} + L_{1,min}}{2}$$

ジェスチャ判定の際にはセンサ値を1回取得する。このときの左眼のセンサ値を l とする。

$$\begin{cases} l > th \Rightarrow \text{閉じる判定} \\ l \leq th \Rightarrow \text{開く判定} \end{cases}$$

上記の場合分けにより l を用いてジェスチャ判定を行う。

下記の2つの集合が重なっている場合とジェスチャ判定時間を合わせるために判定を実施後0.05秒の待機時間を入れる。

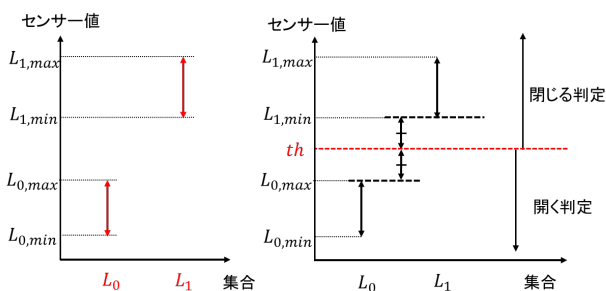


図14 一方の側の眼の開閉状態に左右されず、判定ができる(重なっていない)場合のジェスチャ判定方法

次に、片側の眼の開閉に影響され、もう片側の眼の開閉が

判定できない(重なっている)場合のジェスチャ判定方法について述べる。

2つの集合が重なっている($L_0 \cap L_1 \neq \emptyset$)場合

図15のようにこの場合のジェスチャ判定方法では、まず、 α, β からなる校正に用いる変数を定義する。

$$\begin{cases} \alpha = \{x \mid x > L_{0,max}\} \\ \beta = \{x \mid x < L_{1,min}\} \end{cases}$$

ジェスチャ判定の際にはセンサ値を0.001秒ごと計50回取得する。このときの左眼のセンサ値50個を $l_n (1 \leq n \leq 50)$ とする。このとき範囲 α に入った回数 α_n と範囲 β に入った回数 β_n の比較を行い、 $\alpha_n > \beta_n$ なら閉じる判定、 $\alpha_n \leq \beta_n$ なら開く判定とする。つまり、

$\alpha_n = 0, \beta_n = 0$ としたとき、すべての n において、

$$\begin{cases} l_n > L_{0,max} \Rightarrow \alpha_n = \alpha_n + 1 \\ l_n < L_{1,min} \Rightarrow \beta_n = \beta_n + 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_n > \beta_n \Rightarrow \text{閉じる判定} \\ \beta_n \leq \alpha_n \Rightarrow \text{開く判定} \end{cases}$$

となる。

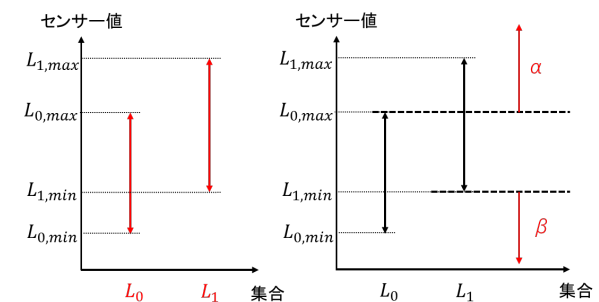


図15 一方の側の眼の開閉状態に依存し、判定ができない(重なっている)場合のジェスチャ判定方法

$L_{(0,0)}, L_{(0,1)}$ の2つの和集合をとることで左眼を開いている際の右眼の状況全てに対応することができる。

集合 L_0, L_1 が重なっていない場合は、精度向上プログラム実装前と同様に閾値によるジェスチャ判定を行うことができる。集合 L_0, L_1 が重なっている場合は閾値によるジェスチャ判定を行うことができないため、センサ値が開いている状態と閉じている状態のどちらの可能性が高いかを割合を用いてジェスチャ判定を行うという形で設計に追加した。実際には、右の場合も同じように初期設定、ジェスチャ判定を行っている。また、眼を開いた状態から閉じた状態へセンサ値が負に変化する場合にも適応している。その為眼を開いた状態と閉じた状態において差が生じさえすれば、精度向上プログラムにより正確なジェスチャ判定を行えると考えられる。

6. 評価実験

作成した本システムの評価を行うため、2つの評価実験を行った。

6.1 精度向上プログラム評価実験

6章で作成した精度向上プログラムの評価を行うために、実装前のプログラムと実装後のプログラムの比較を行った。

6.1.1 実験の目的、内容

実験目的は、精度向上プログラムの評価とし、実験方法として使用した器具 作成した端末、精度向上プログラムは6節に述べたアルゴリズムを実装した。また、実装前と実装後を切り替えられる形とし、比較実験を行いやすくした。実験協力は20代の男女8名で、実験内容 実験協力者に端末を装着してもらい、精度向上プログラム実装前と実装後の検知率の比較を行うものとした。実験協力者に3つの状態(0,0), (0,1), (1,0)をそれぞれ2秒間5回ずつ指示を出した通りに行ってもらい、0.1秒ごとにセンサ値を取得し判定を行った。指示と同じ判定結果のものを正判定、異なるものを誤判定とした。

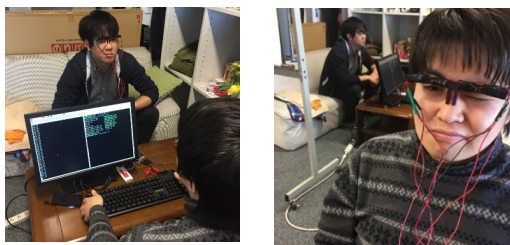


図 16 評価実験の様子

6.1.2 結果・考察

実験協力者の検知率の比較結果を図17にまとめた。実験協力者の内4番、5番の人は、そもそも、片方の眼を閉じるという行為ができなかったことから、検知率が悪化している。この2人を除いた検知率の平均値の比較結果を表4にまとめた。

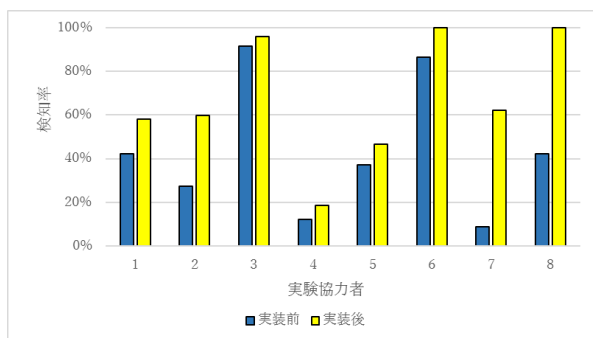


図 17 実験協力者の検知率

表 4 検知率の比較

	実装前	実装後
検知率	50%	79%

図17より、実験協力者全員においてプログラム実装前後において改善が見られた。実験協力者3番、6番、8番においては検知率が95%以上となっており正確な情報伝達を

行うのに十分な精度を達成できたと考えられる。これはメガネフレームが丸顔である筆者に合わせて作ったこともあり、実験協力者3番、6番、8番も丸顔で筆者の顔の形と似ている可能性があるため、うまく検知できたと考えられる。

しかし、検知率が60%前後またはそれ以下の人もおり、改善が必要だと考えられる。原因としては、顔の形が丸顔ではなかったため取り付けられたフォトフレクタのセンサ値があまり変化せず正確なジェスチャ判定を行うことができなかったためだと考えられる。精度向上プログラムのみでは全ての実験協力者において正確なジェスチャ判定を行うことができなかったため、高さ、位置の調整ができるメガネフレームによる実装を行う必要があると考えられる。

また、片方の眼を閉じることができない人がいることも予想外であり、そのような人が本システムを利用する方法としては、進行中の作業を妨害する恐れがあると考えられる(1,1)の状態を用いることで利用することはできると考えられる。しかしその場合ジェスチャを行う時間を短くするなど進行中の作業を妨害しない仕組みを実装する必要があると考えられる。

6.2 主観評価実験の内容

本研究で作成した端末の評価を行うために、実際に定型句を用いた意思伝達の通信を行い、その結果を評価アンケートで答えてもらう、というユーザビリティ調査のための実験を行った。実験内容は、作成した端末2台を用い、実際に定型句を送信してもらうものとした。実験協力者20名の13名とした。

手順は、まず実験協力者に実際に端末を用いて情報伝達を行ってもらい、次にアンケートに答えてもらった。2台の内片方を実験協力者、もう片方を筆者が装着し、実験前に説明書を見せながら操作方法を説明、その後筆者が離れて情報伝達を行うものとした。情報伝達には事前に登録してある定型句を用いて行い、実験終了後にアンケートに回答してもらう形式とした。

事前に登録してある定型句を表5にまとめる。実験で行う情報伝達の流れとして、片方の装着者が1番を送信、もう片方が2番を送信、これを4番まで行う。この流れを、順序を入れ替えて2回実施してもらった。

表 5 実験で用いた定型句と番号

番号	定型句
1	すみません
2	どうしましたか
3	こちらに来てもらってもいいですか?
4	今行きます

6.2.1 結果・考察

1. 作成した端末の機能に関する質問

作成した端末の機能に関する主観を調査するためにアンケートの1節にて回答してもらった。アンケート内容を図18に、回答結果を図19, 20にまとめた。また、回答結果のうち、とても短い、全く思わない、を最小値の1、とても長い、とても思う、を最大値の4として回答結果を数値化し平均値をまとめたものを図21にまとめた。

- (1) 送信までにかかる時間の長さについて
1.とても短い 2.少し短い 3.少し長い 4.とても長い
- (2) 各ジェスチャーを行う時間の長さについて
1.とても短い 2.少し短い 3.少し長い 4.とても長い
- (3) 相手に意図する情報を伝達することができた
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (4) 端末の動作を信頼することができる
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う

図18 アンケート内容

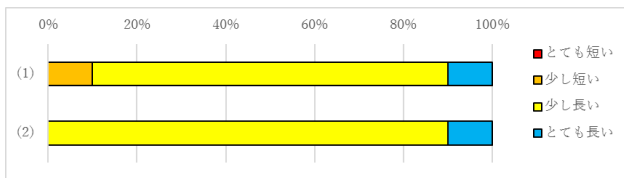


図19 アンケート結果(1),(2)

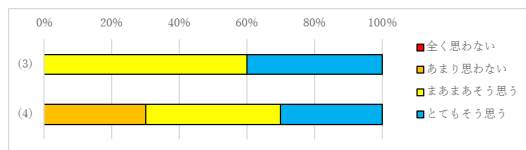


図20 アンケート結果(3),(4)

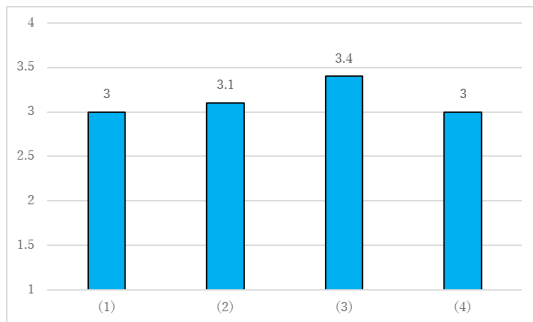


図21 1節回答結果の平均

図19では、送信までにかかる時間については、一番早く送ることができる定型句番号1番の場合、

送信モードに入るジェスチャー(1.5秒)
+Nに1加算(1.5秒)+送信までの待機時間(3秒)
+機械音声再生時間(約2秒)=9秒

である。またジェスチャーを行う時間も最短1.5秒となっている。ジェスチャーを行う時間を長くし、誤動作を減らすことを目的として1.5秒という時間を設定したが、主観アンケートからこの時間は長いという結果が装着者の負担になっていると考えられる。その為、誤動作が出ないようにし

つつジェスチャーを行う時間を短くすることで送信までにかかる時間も短くなり、装着者の負担を減らすことができると考えられる。

また図20において、(3)は3以上の人が100%、平均値が3.4、(4)は3以上の人が70%、平均値が3.0と意図した情報伝達と信頼性については高い評価を得ることができた。これは本システムの特徴である通信モードと送信モードの2つのモードを用意したことと、臉を交互に閉じることで送信する定型句を選択する方式が、誤送信を減らし信頼性の高い評価を得ることができた原因だと考えられる。

- (1) メガネ型端末のかけ心地がよかった
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (2) ジェスチャーを行うことに抵抗がなかった
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (3) 端末の使い方がすぐに分かる
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (4) 次回も使用したいと思う
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (5) LINEなどのインターフェイスを用いた情報伝達方法に比べてらくだと思う
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う
- (6) 実際に現場で使ってみたいと思う
1.全く思わない 2.あまり思わない 3.まあまあ思う 4.とても思う

図22 アンケート2節内容

2. 作成した端末の装着感に関する質問

作成した端末の装着感に関する感想を調査するためにアンケートに回答してもらった。アンケート内容を図22に、回答結果を図23にまとめた。また2節と同様に回答結果を数値化し平均値をまとめたものを図23に示した。

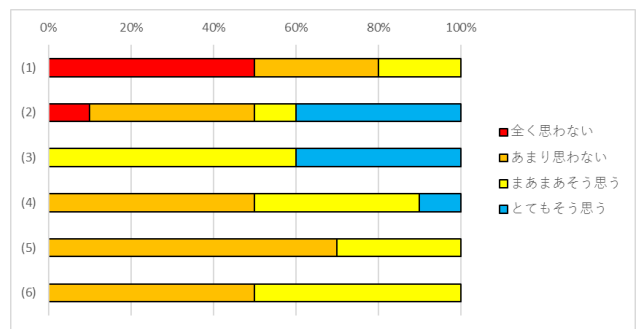


図23 アンケート結果

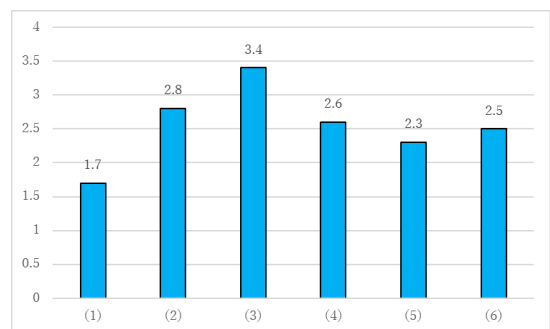


図24 回答結果の平均値

本研究において作成した端末用のメガネフレームはフォトトリフレクタの固定を目的として作成したものであり、かけ心地については考慮していなかった。その為(1)は3以上の人が20%。平均値が1.7とかけ心地についての評価が低くなってしまった。特に鼻当て部分が痛いという意見が多かった為、かけ心地も考慮したメガネフレームを用いる必要があると考えられる。

ジェスチャに対しての抵抗感という意味合いでは、(2)は3以上の人が50%、平均値が2.8と概ね適切なジェスチャ方法だという結果が得られた。本研究ではセンサ値に差が出やすいということで瞼によるジェスチャ方法を利用したが、実際には別のジェスチャ方法を用いたほうがジェスチャに対しての抵抗感が減る可能性もあると考えられる。

使い方の分かりやすさについては(3)は3以上の人が100%、平均値が3.4とアンケート2節でも述べたように本システムの特徴である感覚的に分かる単純明快なシステムであることが高い評価を得ることができた原因だと考えられる。

しかし、現実での利用についての評価(4)は3以上の人が50%、平均値が2.6、(5)は3以上の人が30%、平均値が2.3、(6)は3以上の人が50%、平均値が2.5とあまり高いとは言えない評価となった。これは端末の総合評価と考えられるため前述の問題点を改善することで評価が向上すると考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、手が塞がっている時の意思伝達を目的としたメガネ型端末の設計と実装について述べた。意思伝達の方法として、瞼の開閉により送信データを選択するためのアルゴリズムを提案した。しかし、瞼の開閉状態はもう一方の瞼の開閉状態に依存することから、これを考慮した改善アルゴリズムを提案し、比較した結果、最終的に79%の検知精度を得ることができた。また、実際に意思伝達を行い、送信は100%成功した。また、ユーザからの利用調査では、掛け心地については課題がある結果となった。ジェスチャに対しての抵抗感、実際に利用してみたいか、といった質問では肯定的な人が全体の50%と、決して高くない結果となった。これらは、3Dプリンタで開発したメガネフレームの形状などの問題などに依存することも大きいと考えられることから、人の顔の形を考慮したメガネフレームの形状の検討を行う必要がある。

今後の課題としては、片方の瞼を閉じることが難しい人がみられたことから、こうしたジェスチャ判定方法の検討、ジェスチャを行う時間の検討等を行う必要があると考えられる。特に、定型句の数や、入力待ち時間に関しては要件を整理して議論する必要がある。さらに、今回利用したフォトトリフレクタは、屋外の太陽光などの影響を受けることも考えられることから、利用環境などの比較や、意図しな

い入力数、複数定型句を保存した場合の選択方法の問題などを検討する必要がある。また、顔などのジェスチャを組み合わせや個人識別方式の改善などを行いたい。

参考文献

- [1] “ソーシャルメディアの利用目的、利用により実現したこと”。総務省。
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h23/html/nc232320.html>, (参照 2016-2-2).
- [2] 真鍋 宏幸ほか. “無発声音声認識 : 筋電信号を用いた声を伴わない日本語 5 母音の認識(マルチメディア処理)”. 電子情報通信学会論文誌. D-II,情報・システム,II-パターン処理. 2005, pp.1909-1917 “Office のサポート”.
<https://support.office.com/ja-jp/>, (参照 2016-02-20).
- [3] 萩野 実咲ほか. “音声入力を用いた電子トリアージ用情報伝達システム”. 情報処理学会, 2013
- [4] 小澤 邦昭ほか. “脳血液量を利用した ALS 患者の Yes/No 意思伝達方法の改良 —左額と右額の測定による正答率の差の検討—”. 信学技報. 2014, p19-23
- [5] 下り藤 菜穂子. “重度障がい者のための視線入力インタフェース”. 映像情報メディア学会誌. 2015. 第 69 号, p 530-534
- [6] Hiroyuki Manabe, Masaaki Fukumoto, Tohru Yagi, Conductive Rubber Electrodes for Earphone-based Eye Gesture Input Interface, Personal Ubiquitous Computer, January 2015, 19, Vol. 1, pp.143-154.
- [7] 福本 くららほか. “ライフログにおける自動タグ付けのための笑顔認識機構の設計と実装”. 情報処理学会. 2013
- [8] “XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF モジュール”. Digi International 社. <http://www.digi-intl.co.jp/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-series1-module.html>, (参照 2016-2-2).