

ユーザと他者へ光の明滅による 情報提示可能なメガネ型デバイスの設計と実装

三木 隆裕^{1,a)} 寺田 努^{1,2,b)} 塚本 昌彦^{1,c)}

概要: 本研究では、ユーザと他者の両者に対して同時に情報提示を行うことを目的とした、メガネの縁の外側と内側にLEDテープを取り付けたデバイスを作成した。また、作成したデバイスを用いた、様々な使用状況における光の情報提示のアプリケーション例をまとめた。本論文では、特にじゃんけん遊びの状況における光の情報提示を想定し、他者に光を提示することによる行動の変化を調査した。

Design and Implementation on Eyeglass to Present Information to User and Others by LED Blinking

MIKI TAKAHIRO^{1,a)} TERADA TSUTOMU^{1,2,b)} TSUKAMOTO MASAHIKO^{1,c)}

Abstract: We created a device equipped LED tape on the outside and the inside of the glasses edge for the purpose that presents information to user and others. In addition, we propose applications to present information by LED blinking in various environments with the proposed device. In this paper, when others are presented information by LED blinking in the game of scissors-paper-rock, we investigated their behavior changes.

1. はじめに

近年、コンピュータの小型化・高性能化に伴い、コンピュータを常時身につけることができるウェアラブルデバイスが注目を集めている。これらウェアラブルデバイスは、Google Glass[1]に代表されるメガネ型デバイス、Apple Watch[2]に代表される腕時計型デバイスなど、ユーザへの情報提示を主な目的とする。ウェアラブルデバイスの情報提示を用いた研究は数多く存在する。岸下ら [3] は装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を用いて周辺視野への情報提示を行った。杉谷ら [4] は、腕時計型デバイスを用いて指さし先をユーザ間で共有する振動を用いた情報提示を行った。佐々木ら [5] は、LEDのランプなど

を取り付けた服を用いて、装着者の意思表示を他者に提示した。ここで、ウェアラブルデバイスが情報提示をする対象者に着目する。情報提示の対象者は、ウェアラブルデバイスの装着者(以下、ユーザとする)およびユーザを見る他者の両者が考えられる。ユーザと他者の両者へ同じ情報を同時に提示するデバイスとして、Paris Mikiの雰囲気メガネ [6] や Benjaminらが開発したAmbiGlasses[7]が挙げられるが、ユーザのみに必要な情報も他者へ提示してしまうため、ユーザのプライバシーが損なわれてしまうという問題がある。

ユーザと他者の両者に別々の情報を同時に提示する研究として三澤らのChameleonMask[8]が挙げられる。テレプレゼンスを目的としており、ユーザと他者へは映像を用いた情報提示を行う。別々の情報を同時に提示することの利点として、ユーザ側の提示では通知などを受け取る一方、ユーザが意図した情報を他者へ提示することで他者と意思疎通を図ることができる。他にもデバイスに取り付けたセンサから使用されている状況を把握し、ユーザと他者に情報提示を行うことで両者の行動を円滑に進めることができ

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

a) takahiro_miki0124@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

ると考えられる。

本研究では、メガネ型デバイスを用いてユーザと他者の両者に、同時に別々の情報提示を行うデバイスを提案する。メガネ型デバイスを用いる理由として視覚的作業負荷の少ない周辺視野を使用できること、およびユーザからはメガネの内側は見えるが外側は見えず、他者からはメガネの外側は見えるが内側は見えないことが挙げられる。提案システムは、メガネの縁の内側と外側に計 20 個の LED を取り付けたデバイスを用いて光による情報提示を行う。

2. 関連研究

2.1 ユーザへの情報提示に関する研究

ユーザに対して情報提示を行う研究は数多く存在する。Xu ら [9] は、ノングラフィカルなディスプレイを用いた腕時計型デバイスを提案した。4 方向に LED を搭載した Point とアナログ時計の数字の位置と同様の 12 方向に LED を搭載した Circle という 2 種類のプロトタイプデバイスを作成し、両方のデバイスにメールの受信、電話の着信の通知およびタイマーのアプリケーションを実装した。スマートウォッチは素早い通知が本来の目的であるため、メールの本文を読む機能は必要としない。高画質のディスプレイではなくとも LED のディスプレイを用いてアプリの実装が行えることを示している。Wozniak ら [10] は、ランナーとサポーターのコミュニケーションを促進する腕時計型デバイス RUFUS を提案した。サポーターがウェブサイト上のボタンを押すと、RUFUS に搭載されている LED がメッセージに対応した色に光る。この手法によりランナーの集中を妨げることなく提示を行えることがわかった。柏本ら [11] はメガネの縁の内側に LED を取り付けたデバイス Twinkle Megane を提案した。高齢者へのナビゲーションを目的としており、信号機の暗黙知を用いた光の明滅を行うことで痴呆を持つ高齢者を目的地まで誘導することができた。このように光による情報提示は、情報量が少なくユーザの注意を必要としないので作業的負荷が小さいと考えられる。したがって、本研究では、情報提示手法として光を用いる。

情報を提示する箇所として、周辺視野が挙げられる。周辺視野は視野の中で人が注視する部分以外の範囲である。周辺視野への情報提示は視界を遮ることなく、作業を妨げない。周辺視野を用いた研究として、周辺視野への情報提示の影響の調査や、周辺視野への光の提示を用いた行動誘導などがある。岸下らは、広視野光学シースルー HMD が用いられる AR 環境を想定し、周辺視野での AR を用いた情報提示の影響を調査した。その結果、周辺視野で映像を点滅させて提示することで、ユーザはその情報に気づきやすくなることがわかった。岡野ら [12] は、ランニング中のユーザの周辺視野に光が流れる動きを与えることで、走行速度感覚を上げるという知見を得た。谷川ら [13] は、歩行

中のユーザの周辺視野に光の明滅を与えることで、ユーザが視認しなくてもユーザの歩く方向を誘導できるという知見を得た。そこで本研究でも、ユーザへの情報提示箇所として、周辺視野を用いた情報提示システムを設計する。

2.2 他者への情報提示に関する研究

他者に対して情報提示を行う研究としては、環境設置型のデバイスを用いた情報提示システムや、暗黙知を用いた情報提示がある。神原ら [14] は、プライバシーを守りながら、ユーザが意識せずとも他者とコミュニケーションがとれることを目的として、なめらカーテンを開発した。なめらカーテンは、ディスプレイに取り付けられたカーテンの開閉動作を用いたビデオコミュニケーションシステムである。カーテンが閉まっている時は、映像がぼやけて、音声も聞こえなくなるなどの他者に表示される映像に効果が与えられたり、音声に変化することでユーザは身近に他者がいることを感じるということがわかった。郡山ら [15] は、離れて暮らす家族などとのコミュニケーションを目的として、Limonect を開発した。Limonect は、ユーザが足を乗せたことを認識すると、ユーザの足跡をセンシング、生活音を録音し、遠方にいる家族のもとにあるデバイスから生活音を伝え、足跡を提示することでユーザの様子を提示できる。このように他者への提示は、コミュニケーションを目的としているものが多くある。しかし、これらは環境設置型デバイスであるため、特定の場所でしか使用できない。

佐々木らは、LED やスピーカーなどが装着された、車に見立てた服型デバイスを身につけ、自動車の暗黙知を用いて、歩行者が周囲に自身の情報を提示するシステムを開発した。暗黙知とは、自動車が右にウィンカを出すと右に曲がることや、自動車は赤信号では止まらなければならないことなどの人が経験から持つ知識のことである。これを用いることで、歩行者が周囲の人に、道を曲がりたいことや、急に止まることなどの意思表示を周囲の人に伝達できることがわかった。暗黙知を用いることは、直観的に他者に情報の意味を伝えることができる。そこで本研究では、ウィンカを表す光の点滅で方向の意味する提示を行うなどの暗黙知を用いる。

2.3 ユーザと他者の両者への情報提示に関する研究

ユーザと他者の両者に対して行う情報提示は映像を用いた大きなデバイスのもが多い。例えば、環境設置型のスクリーンを用いたものや、タブレット型のデバイスを装着した HMD を用いたシステムがある。藤田ら [16] は、多人数でのコミュニケーションを支援するために、Ambient Suite を開発した。Ambient Suite は壁や床にディスプレイを配置し、部屋にいる人をセンシングすることでパーティーなどを想定した、多人数でのコミュニケーションを支援するためのシステムである。壁や床のディスプレイに

各参加者が興味があると考えられる情報や、参加者の活性度などの情報を提示することで、ディスプレイに表示される情報が会話中に頻繁に取り上げられた。また、参加者には、自身に対して情報提示を行うカップ型デバイスに取り付けたマイクから発話を、手に装着した加速度センサから手のジェスチャを、頭部に取り付けた位置センサから頭部の向きをセンシングし、これより得られた数値を活性度のわかる算出式から会場を活性化できたことがわかった。このように、環境側に設置したデバイスと人が装着したデバイスによって情報提示を行うものがあるが、環境側への設置は、場所が限られ大掛かりなシステムを必要とする。Ambient Suite と ChameleonMask はどちらも特別な環境にのみ依存するデバイスであり、用途が限られている。本研究ではユーザの注意を妨げず、日常生活を含めた様々な環境下で使用できることを目的とする。

3. システム設計

本研究では、ユーザと他者の両者に同時に別々の情報提示ができるデバイスを装着し、日常生活やスポーツなど、その場の状況に応じた情報提示を行うシステムの構築を目指す。

3.1 システム要件

本研究で提案する日常生活において常時装着可能で、ユーザと他者の両者に同時に別々の情報を提示できるシステムを構築するためには、下記の要件を満たす情報提示が必要であると考えられる。

秘匿性

ユーザにのみわかる情報を提示するために他者からはその情報がわからない構造にする必要がある。

他者の視認性

他者にも情報を提示するために他者に見えやすい位置である必要がある。

情報の個別化

ユーザと他者の両者に同時に個別の情報を提示できる構造にする必要がある。

視覚的作業負荷

ユーザは情報の負荷が多いと日常生活では目が疲れて周りへの注意が散漫になるため視覚的作業負荷を下げる必要がある。

社会性

日常生活で使用するにあたり見た目が奇抜でない必要がある。

3.2 提案システム

本研究では、メガネの縁の内側と外側に LED を取り付け、光の明滅による情報提示を行うメガネ型デバイスを提案する。ユーザと他者に対して、個別に光を提示すること

で、様々な状況に適したアプリケーションを実現できる。

他者からは、メガネの縁の外側しか見えず、ユーザからは縁の内側しか見えない構造を用いる。これにより、ユーザに対してのみ情報を提示できるだけでなく、ユーザと他者の両者に同時に個別の情報を提示できる。また、メガネ型デバイスは、近年多く開発されているが、奇抜なものが多く世間的に非難される恐れがある。そのため、よりスタンダードなメガネの形を崩さない形が望まれている [17]。スタンダードなメガネの形を残すことでユーザの社会性を保つことができる。さらに、人の顔は他者からよく見られやすい部位と考えられ、他者からの視認性が良いといえる。最後に、人が外界から受ける全ての情報のうち、視覚を通じて得る情報量は全体の約 8 割と言われている [18]。視覚において、ユーザに対して情報提示を行う箇所として中心視野と周辺視野が考えられる。中心視野では、視線を合わせたものをはっきりと認識できるメリットがあるが、情報量が多いと視覚的作業負荷が多いというデメリットがある。一方、周辺視野は中心視野に比べ視覚的作業負荷は小さい。そのため、日常生活への支障を抑えられ、使用できる場面が広いといえる。そこで本研究では周辺視野を用いて情報提示を行った。周辺視野すなわち視覚に提示する情報として、情報量が多いものから順に、動画、静止画、文字および光の明滅が考えられる。日常生活において視野に情報提示する場合、情報量が多いとその情報を凝視してしまい、周りへの注意が散漫になる [19]。したがって、動画、静止画および文字の提示は安全性が損なわれる危険性がある。光による情報提示は、情報量が少ないが、明滅させることで様々な情報を提示できる可能性がある。また、光の明滅は周辺視野で知覚できることが知られている。そこで、提案システムにおける情報提示手法として光の明滅を用いた。

3.3 システム構成

システム構成を図 1 に示す。マイコンとコンピュータ間の通信を無線通信とし、コンピュータからの信号をマイコンが受信して、各アプリケーションに合わせた光の明滅で情報提示を行う。

4. 実装

図 2 にプロトタイプデバイスを示す。一般に販売されているメガネに対して、Adafruit 社のフルカラーの LED テープをメガネの縁の内側と外側にそれぞれ 11mm の間隔で 10 個ずつ取り付けた。LED テープの回路部分を絶縁するために Sugru 社のシリコンゴムでメガネの縁をコーティングした。LED の制御にはマイコン基板 Arduino Fio を用いた。また、1000mAh のリチウムイオンバッテリーを搭載し、無線通信モジュール XBee で PC と通信を行った。PC から送信された信号を読み取り、LED の光の明滅を制

表 1 アプリケーションの例

使用環境	効果	
	内側	外側
通知	メール受信	時報
時間管理	タイマー	タイマー
読書	しおり	集中具合
写真	自撮りに最適な角度を提示	顔への光のエフェクト
睡眠	眠気防止	睡眠具合を提示
人	他者をラベリング	ユーザを表す色を提示
会話	内容をログ	秘密の暗号で会話
ショッピング	クーポンの受信	お店紹介
感情	虚偽情報によるメンタルケア	虚偽情報による
印象	他者へのイメージ操作	他者からのイメージ操作
ナビゲーション	目的地への誘導	交通情報の提示
歩きスマホ	ユーザへの注意	他者への注意喚起
歩行中	ユーザの行動誘導	ユーザの移動方向の提示
動作のラベリング	色による動作の操作	動作の始まりと終わりを通知
パーティー	趣味の合う人への誘導	雰囲気为一体感を出す
ゲーム	ヒットポイントの表示など	チームへの合図
ランニング	距離提示, 応援	疲労度合いの提示
楽器演奏	メトロノーム	演奏者間の会話
筋力トレーニング	回数カウント	燃焼具合を提示
スポーツ	スコア表示	サインの提示



図 4 通知アプリ (内側)

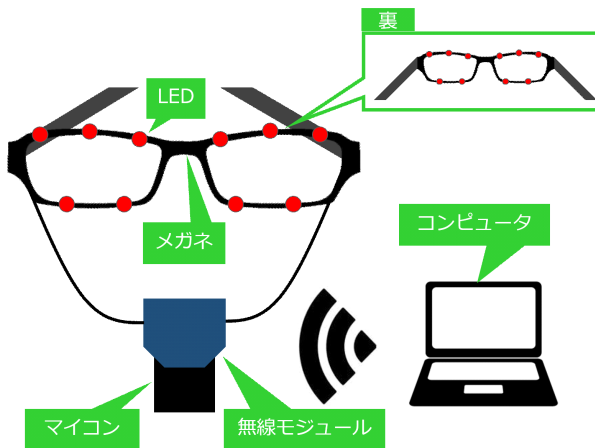


図 1 システム構成

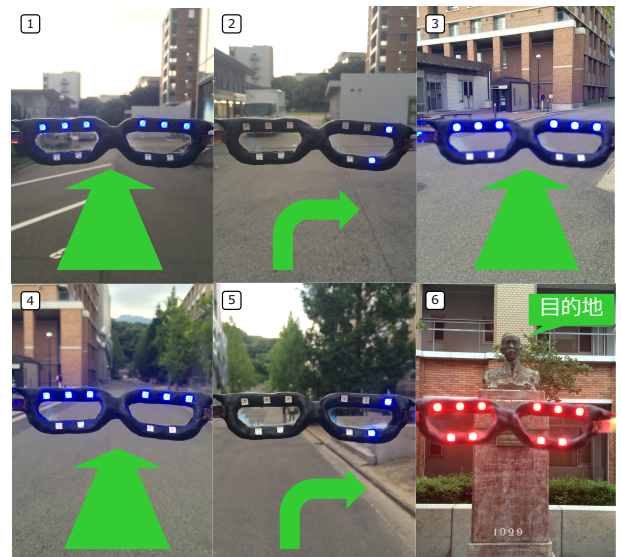


図 5 ナビゲーションアプリ (内側)



図 2 デバイスの外観



図 3 デバイス装着例

御する。図 3 にデバイスを装着した様子と、装着した際の外側と内側をそれぞれ光らせた様子を示す。

5. アプリケーション

5.1 アプリケーション例

提案システムは様々な使用環境にて運用できる。現段階では、80 種類以上のアプリケーション例が考えられ、その一部を表 1 に示す。表 1 のうち、8 つのアプリケーションについて以下に述べる。

通知のアプリでは、ユーザが設定した LED の位置や光の色を明滅させることでユーザにメールの受信やリマインダーを通知する。さらに色の違いなどでどの機能からの通知であるかをひと目で確認することができる。他者には時報や天気などの情報をユーザの意思に関係なく提示することで他者にも有益な情報を共有できると考えている。使用状況を図 4 に示す。

ナビゲーションのアプリは、ユーザには目的地を設定すると光の点滅位置が目的地への方向を示した。点滅の速度を変化させて、目的地との距離を提示することで移動の手助けができると考えている。使用状況を図 5 に示す。

歩きスマホのアプリは、ユーザには光の点滅によりユー



図 6 歩行中のアプリ (外側)

ザに注意を行うことで、歩きスマホを防止できると考えている。他者にもユーザがスマホを触っていることを注意喚起することで、ユーザに近づかないようにしてぶつかるなどの揉め事を起こさないようにできると考えている。

歩行中のアプリは、ユーザには光の明滅によりユーザの行動誘導や他者の接近を通知しユーザの行動をスムーズにでき、他者には光の点滅や色によりユーザの行動の意思表示を提示することで他者がユーザの行動に合わせた行動をとることができると考えている。使用状況を図6に示す。

「あっち向いてホイ」のアプリは、ユーザにはじゃんけんの勝ち負けに応じた方向の光を点滅させて、他者には光を点滅させ相手の行動を誘導する。例えば、負けた時は外側に点滅した方向とは、別の方向への光を点滅することなどである。「あっち向いてホイ」を勝てるための支援になると考えている。

ランニングのアプリは、ユーザにはスタート地点から現在地までの距離を提示し、またマラソンなどにおいて、遠くにいる応援者からの声援を光の明滅と色で提示することで、直観的に応援されていることを感じることができる。他者にはユーザの疲労具合を提示することで、

楽器演奏のアプリは、ユーザにはユーザが設定した bpm に合わせて光を点滅させる。他者には音による合図など使えないライブなどで演奏者間での合図などを光の点滅や色を用いて提示することで演奏中の会話を支援できると考えている。

筋力トレーニングのアプリでは、ユーザには腹筋などの回数を光を用いて提示することを考えている。他者にはトレーニング中にユーザのトレーニングによる筋力アップの効果を提示することで、お互いを鼓舞しあい協力して筋力アップが望めると考えている。



図 7 PC 上のインターフェース

5.2 アプリケーションの実装

前項で述べたアプリケーション例の中から現在実装したアプリケーションは、以下の4つである。

Winker 上下左右の方向を表す外側の光を点滅させるアプリ。

用途・・・他者に移動する方向を提示

シーン・・・「あっち向いてホイ」を行う時、歩いている時の指示器

Timer 分単位で残り時間を知らせる光を点滅させるアプリ。

用途・・・時間の提示

シーン・・・プレゼン時のタイムキーパー

Tempo 20~200bpm のテンポで光を点滅させるアプリ

用途・・・テンポの変化

シーン・・・ランニング時の速度制御、楽器演奏

Mail メールを受信通知アプリ

用途・・・未読メールの有無を通知

シーン・・・常時いつでもメールの通知をお知らせ

現在は、光の制御を PC で行っている。アプリケーションの開発には Microsoft 社の Visual C#を用いた。PC 上でのインターフェースを図7に示す。Winker は Winker ボタンを押すとモードが切り替わり、Up, Down, Left, Right の4方向のボタンでメガネ外側の LED を光らせる。Stop を押すことで全 LED を消灯する。Timer は設定したい時間をテキストボックスに入力してから、Timer ボタンを押すことでメガネの内側の LED が時間に合わせた光を点滅させ、カウントダウンをする。Tempo は表したい bpm をテキストボックスに入力してから、Tempo ボタンを押すことで bpm に合わせた点滅を LED で提示する。Mail は Setting ボタンを押すと新たなフォームが現れ、色と通知を行う LED の位置を自由に決めることができる。Setting のフォームを閉じることで自動で定期的な未読メールの通知を行ってくれる。手動で受信を確認する時は、Receive



図 8 光の点滅パターン (左右方向)

ボタンを押すことで未読メールの有無を確認できる。

6. 実験

提案システムによる情報提示の対象は、ユーザ、他者およびユーザと他者の両者の3パターン存在する。本実験では他者の意思決定に注目し、光の点滅パターンによってどのように他者の意思決定が変化するか調査した。今回、前章で挙げたアプリケーション例から他者に光を用いて情報提示する状況として、認知度の高いじゃんけん遊びである「あっち向いてホイ」を用いた実験を行った。「あっち向いてホイ」は、じゃんけんの結果から瞬時に次にする行動の判断を必要とする遊びである。そのため、被験者(他者)がじゃんけんに勝ち、指をさすタイミングでLEDを光らせた時、デバイスの光る方向に誘導されて指をさす箇所が影響されるのではないかと考えた。

6.1 「あっち向いてホイ」2方向

実験内容

被験者(他者)には、メガネの外側のLEDが光ることについて事前に知らせず、プロトタイプデバイスを装着した実験協力者(ユーザ)を相手に「あっち向いてホイ」を行うように伝えた。本実験では、被験者がじゃんけんに勝ち、指をさすまでを1回の試行とし、光の点滅なしで10回、次に光の点滅ありで10回行った。光の色は白色とした。また、「あっち向いてホイ」は試行を重ねるごとにテンポが早くなり、光の点滅を見る時間が短くなること、相手の意表をつかないことおよび考える暇を与えないために、メトロノームで試行のテンポを120bpmとして一定に保った。光の点滅パターンを図8に示す。デバイスの左端または右端のLEDを2個点滅させる2つの点滅パターンを用意した。被験者がじゃんけんに勝ったタイミングで筆者が光の点滅を行った。被験者は18歳~35歳の男女13名である。実験の様子を図9に示す。

結果と考察

右を光らせた場合と左を光らせた場合、点滅なしの場合のそれぞれにおいて、被験者が指をさした方向の平均の割合を表2に示す。光が点滅した方向と同じ方向に指をさす割合は、点滅なしと比べて、右は10.9%減少し、左は3.5%減少した。t検定の結果より、右方向の光に対して右に指をさす割合が減少することに有意差がみられた($p < .05$)。



図 9 実験の様子

表 2 被験者が指をさした平均の割合 [%]

	指をさした方向			
	右	左	上	下
点滅なし	31.5	26.9	18.5	23.1
右を点滅	20.6	27.9	29.4	22.1
左を点滅	28.1	23.4	18.8	29.7

左方向の光に対して左に指をさす割合が減少することに有意差はみられなかった。光の点滅と同じ方向への指さしは、左右ともに減少していることから光が点滅した側とは別の方向に誘導されたと考えられる。

被験者にアンケート調査をとったところ、多くの被験者が、光が自身に誘導をかけていると思ったと回答した。そこで光の点滅パターンと異なる方向に指をさした割合に着目した。光の点滅パターンと異なる方向に指をさした割合においては、光が右に点滅した場合、点滅なしと比べて、左は1.0%増加し、上は10.9%増加し、下は1.0%増加した。光が左に点滅する場合は、右は3.4%減少し、上は0.3%増加し、下は6.6%増加した。以上より、上下に指をさす割合が増加する傾向がみられ、t検定の結果より、有意差がみられた($p < .05$)。再びアンケート調査の結果を確認すると、1回目の試行で光の点滅を受けた時は、光に誘導されたという意見も多くの被験者が回答した。そこで、光の点滅ありの時の1回目の試行の被験者が指をさした方向に着目した。

光の方向と同じ方向に指をさした人数は、13人中6人であった。そこで左右に指をさした人数を点滅ありと点滅なしについて直接確率計算法を行ったところ、初めて光の点滅を見た時に、左右に指さしが誘導されることに有意差はないことが分かった。

結果より被験者は光の方向とは異なる方向に指をさし、さらに光が点滅していない上下により多く指をさしたと考えられる。よって「あっち向いてホイ」における指さしにおいて、左右の光の点滅パターンでは上下に指をさしやすと考えられる。しかし、「あっち向いてホイ」は勝負性があることから、被験者が光に誘導されていると考え、光の方向

とは別の方向をさすことを意識して行ったと考えられる。次に、光が点滅したときの1回目の試行に着目したが、左右の光の点滅ありとなしに関わらず、今回の被験者は1回目の試行で左右に指をさす人が多かったと考えられる。

今回の実験の手順には以下のような問題点が考えられる。

- あからさまに誘導をかけるように急に光を点滅させた。
- 提示する方向が左右のみであった。

1つ目については、急な光は最初のうちの試行において、被験者が不意をつかれることになるため、結果にいくらか影響を及ぼしたと考えられる。本実験では、光の点滅パターンでどのように被験者の行動が変化するかを検証しているため、光が点滅することがより自然な環境下で実験を行う必要がある。2つ目については、点滅パターンが左右の時の効果は検証できたが、上下の光の点滅パターンも行うことでどのように他者の意思決定が変化するかを検証する必要がある。

じゃんけんに勝ち、指をさす人は相手の顔を見るので光を点滅することは影響が高くじゃんけんに負け、首を振る人は、相手の指を見るため、光の影響は低いと考えた。そのため本実験では、じゃんけんに勝った時のみを検証した。しかし、負けた時はメガネの光が周辺視野に入るので、この時も光の点滅パターンによって意思決定に影響があると考えられる。

そこで次の実験では、以下の改善案を含めて行う。

- 「あっち向いてホイ」を行っているときはランダムに光が点滅する。
- 提示する方向は上下左右とする。
- 試行はじゃんけんの勝った時と負けた時に行う。

6.2 「あっち向いてホイ」4方向

実験内容

前節と同様、本実験においても被験者にはLEDが光ることについて事前に知らせず、プロトタイプデバイスを装着した実験協力者を相手に「あっち向いてホイ」を行うように伝えた。被験者がじゃんけんに勝って指をさすこと、じゃんけんに負けて首をふることを試行とした2種類について行った。光の点滅なしで40回行った後、光の点滅ありで40回行った。光の点滅ありは、点滅した回数が上5回、下5回、左5回および右5回の計20回を指さしと首振りの2種類の試行について行った。前節と同様に、メトロノームで試行のテンポを120bpmとして一定に保った。じゃんけんを行っている最中の光は、メガネのLEDのうち2個を250msごとにランダムで光らせた。左右の光の点滅パターンは前節と同じである(図8)。上方向の光の点滅パターンを図10に示す。上下の点滅パターンは、デバイスに取り付けたLEDをすべて点灯させ、提示したい方向の光のみを点滅させた。被験者がじゃんけんに勝ったタイミング、負けたタイミングで筆者が光の点滅を行った。

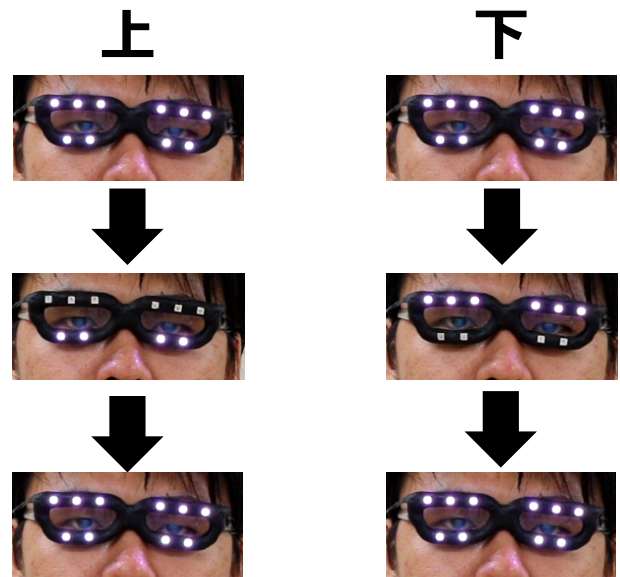


図10 光の点滅パターン(上下方向)

被験者は18歳~25歳の男女12名である。

結果と考察

4方向の光に対して被験者全員がじゃんけんに勝って指をさした平均の割合を表3に、じゃんけんに負けて首を振った平均の割合を表4に示す。まず点滅ありとなしで被験者の動作に変化が生じると考え、被験者が指をさした時と首を振った時それぞれにおいて光の点滅ありとなしの条件で、被験者全員の上下左右の4方向の割合を各方向ごとに分散分析を行った。結果は、上、下、左、右のすべての方向に関して変化に有意差がみられなかった。

じゃんけんに勝って指をさした時、それぞれの光の点滅箇所における1番高い割合で指をさした方向は、上を点滅した時の左、下に点滅した時の左、左に点滅した時の左、右に点滅した時の右であった。じゃんけんに負けて首を振った時、それぞれの光の点滅箇所における1番高い割合で首を振った方向は、上に点滅した時の下、下に点滅した時の上、左に点滅した時の下、右に点滅した時の右であった。それぞれの光の点滅箇所における1番高い割合は統一性がなくバラバラであった。

上下、左右の2方向に着目する。3より、「あっち向いてホイ」において指をさす時に光の点滅を行った時、点滅させた箇所の真反対の方向と比べて点滅させた箇所の方向に誘導される傾向があると考えられる。また4より、「あっち向いてホイ」において首を振る時に光の点滅を行った時、上下においては各提示の方向に対して反対の方向に誘導される傾向があり、左右においては各提示の方向は反対の方向に比べて誘導される傾向があると考えられる。そこで、指さしと首振りの上下、左右に対してウィルコクソンの符号付順位検定を行った。結果は、指さしと首振りの上下、左右において誘導されることに有意差はみられなかった。

本実験では、光が点滅した箇所の方向に被験者の行動が

表 3 被験者が指をさした平均の割合 [%]

	指をさした方向			
	上	下	左	右
上を点滅	23.8	19.2	32.9	24.1
下を点滅	21.7	23.3	37.5	17.5
左を点滅	21.7	11.7	40.8	23.3
右を点滅	28.3	16.7	25.8	31.7

表 4 被験者が首を振った平均の割合 [%]

	首を振った方向			
	上	下	左	右
上を点滅	17.1	35.8	11.7	35.4
下を点滅	26.7	25.0	23.3	25.0
左を点滅	28.3	30.0	23.3	18.3
右を点滅	24.2	23.3	22.1	30.4

誘導されると考えたが、その傾向が見られなかった。要因として被験者が初めて光を見た時は、点滅した光の方向は実験協力者が動作する方向と同じだと思ったと回答した人が多数いた。しかし、実際は光の方向とは別の方向に実験協力者が動いたので、それ以降の試行では光の方向が実験協力者が動作する方向とは関係がないと思って「あっち向いてホイ」を行ったと回答した。これより被験者は光の方向と同じ方向に実験協力者が動いた時であれば、それ以降の試行でも、光の方向が実験協力者が動作する方向であると信じるのではないかと考えられる。これより「あっち向いてホイ」においては心理的な要因が絡むことにより、意思決定の変化は光の点滅だけでは変えることができないとわかった。よってこの結果より「あっち向いてホイ」に用いるアプリケーションとして4方向の光の点滅を用いた誘導は難しいが、光の方向とユーザが動作する方向が同じであれば誘導ができるのではないかと考えられる。

6.3 実験のまとめ

本実験では、2方向(左右)の光の点滅と4方向(上下左右)の光の点滅を「あっち向いてホイ」で行った。結果は、2方向の光の点滅パターンについては、点滅ありのとき光が点滅しない上下方向へと意思決定の誘導ができる可能性があることが分かった。しかし、4方向の光の点滅パターンについては、被験者の心理的な要因が入ってくるので意思決定の誘導は難しいことがわかった。この結果より、「あっち向いてホイ」のアプリケーションとしては、2方向の光の点滅パターンによる意思決定の誘導のアプリケーションはできるのではないかと考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、ユーザと他者へ光の明滅による情報提示可能なメガネ型デバイスを設計および実装し、「あっち向いてホイ」を用いた行動誘導に関する実験を行った。提案システムを用いれば、周辺視野を用いることでユーザの作業負

荷が少なく常時提示を行うことや、暗黙知を用いることで他者へ直観的な提示を行うことができる。評価実験では、「あっち向いてホイ」において他者に対して光を点滅させることで誘導され、行動に変化がするかを検証した。まず自動車のウィンカーの暗黙知を用いて左右の2方向を表す光の点滅パターンを、被験者がじゃんけんに勝って指をさすタイミングのときのみ行ったところ、被験者は指を上下の方向にさす割合が点滅なしの時と比べて多くなった。次に、上下左右の4方向を表す光の点滅パターンを、被験者がじゃんけんに勝って指をさすタイミングとじゃんけんに負けて首を振るタイミングで行ったところ、被験者の行動は変化することはなかった。これより、「あっち向いてホイ」においてのアプリケーションとして4方向の提示は被験者を誘導できないが、2方向の提示では誘導できる可能性があることが分かった。

今後の課題としては、LEDの数が少なく解像度が低いため、フレームの縦方向のLEDの数を増やすこと、マイコン部分をメガネに取り付けることによるデバイスの小型化などが考えられる。今回挙げたアプリケーション例から実装できるものを増やしていき、その中からユーザへの影響、他者への影響を調査する。光の動きが点滅のみであったので、色による変化や、ゆっくりとした明るさの変化による光の点滅パターンなど新たな提示方法も考え、その提示がどのように活用できるかを考える必要がある。また、ユーザの行動を自動で認識するために、加速度センサ、フォトリフレクタなどでセンシングを行うことも視野に入れる必要がある。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ) および文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(25540084)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Google, Google Glass: <http://www.google.com/glass/start/>.
- [2] Apple, Apple Watch: <http://www.apple.com/watch/>.
- [3] 岸下直弘, オーロス キューソン エドワード, 清川 清, 間下以大, 竹村治雄: 広視野シースルー HMD を用いた情報提示における周辺視野の影響の調査, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 2, pp. 121-130 (2014).
- [4] 杉谷拓哉, 寺田 努, 塚本昌彦: 腕時計型デバイスを用いた指さし先共有システムの設計と実装, DICOMO2015 論文集, Vol. 2015, pp. 392-399 (2015).
- [5] H. Sasaki, T. Terada, and M. Tsukamoto: A system for visualizing human behavior based on car metaphors, *Proc. of the 4th Augmented Human Conference 2013 (AH 2013)*, pp. 221-228 (2013).
- [6] Paris Miki, 雰囲気メガネ: <http://fun-iki.com/>.
- [7] P. Benjamin, H. Niels, F. Jutta, H. Wilko, and B. Susanne: AmbiGlasses - Room-shaped Information in the Periphery of the Visual Field, *Proc. of International Conference on Mensch & Computer*, pp. 153-162 (2012).

- [8] K. Misawa and J. Rekimoto: ChameleonMask: Embodied Physical and Social Telepresence using Human Surrogates, *Proc. of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 2015)*, pp. 401–411 (2015).
- [9] C. Xu and K. Lyons: Shimmering Smartwatches: Exploring the Smartwatch Design Space, *Proc. of the 9th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI 2015)*, pp. 69–76 (2015).
- [10] P. Wozniak, K. Knaving, S. Bjork, and M. Fjeld: RUFUS: Remote Supporter Feedback for Long-Distance Runners, *Proc. of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI 2015)*, pp. 115–124 (2015).
- [11] Y. Kashimoto, A. Firouzian, Z. Asghar, G. Yamamoto, and P. Pulli: Twinkle Megane: “Near-Eye LED Indicators on Glasses in Tele-Guidance for Elderly”, *Proc. of the 1st Workshop on Pervasive Technologies and Care Systems for Sustainable Aging-In-Place (PASTA 2016)*, pp. 392–397 (2016).
- [12] 岡野 裕, 雑賀慶彦, 橋本悠希, 野嶋琢也, 梶本裕之: 速度感覚増強のための周辺視野への刺激提示手法の検討, 情報処理学会 HCI, Vol. 127, (2008).
- [13] T. Tanikawa, Y. Muroya, T. Narumi, and M. Hirose: Reflex-Based navigation by inducing self-motion perception with head-mounted vection display, *Proc. of the 9th International Conference on Advances in Computer Entertainment (ACE 2012)*, pp. 398–405 (2012).
- [14] 神原啓介, 半田智子, 塚田浩二, 権尾一郎: 日常空間で常時利用するためのカーテンメタファを用いたビデオコミュニケーションシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 291–302 (2011).
- [15] 郡山和彦, 戸松 綾, 小泉麻理子, 奥出直人: Limonect: 離れて暮らす家族のアンビエントコミュニケーション, 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol. 2007, No. 4, pp. 91–92 (2007).
- [16] K. Fujita, Y. Itoh, H. Ohsaki, N. Ono, K. Kagawa, K. Takashima, S. Tsugawa, K. Nakajima, Y. Hayashi, and F. Kishino: Ambient Suite: Room-shaped Information Environment for Interpersonal Communication, *Proc. of the 1st International Workshop on Ambient Information Technologies (AMBIT 2012)*, pp. 18–21 (2012).
- [17] O. Amft, F. Wahl, S. Ishimaru, and K. Kunze: Making Regular Eyeglasses Smart, *Pervasive Computing, IEEE*, Vol. 14, No. 3, pp. 32–43 (2015).
- [18] 教育機器編集委員会: 産業教育機器システム便覧, 日科技連出版社 (1972).
- [19] 中尾誠幸, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブルコンピューティング環境における周辺環境を考慮した装着型ディスプレイへの情報提示手法, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2012, No. 9, pp. 1–8 (2012).