

距離センサを用いたスマートグラス向けジェスチャ操作 UI

尾崎友哉¹ 川前治²

概要: 近年、拡張現実(AR: Augmented Reality)の研究の進展とともに、表示デバイスとしてスマートグラスが注目され、点検・保守などの業務用としての普及が進んでいる。また、センシング技術の応用により、直感的な操作を可能とするナチュラルユーザインタフェースがスマートグラスの UI として研究されている。本研究では、距離センサを用いて、メニュー選択やドキュメント表示に適したスマートグラス向け UI を開発した。今回開発した UI では、選択肢の移動・決定・キャンセル、ドキュメントの拡大・縮小・移動といった操作を、数個のジェスチャ操作と表示によるフィードバックにより、簡単に行えるようにしている。そして、プロトタイプを開発して操作性を評価し、利点と課題を明らかにした。

キーワード: スマートグラス, UI, ジェスチャ操作

Gesture User Interface for Smart Glasses Using a Depth Sensor

TOMOCHIKA OZAKI^{†1} OSAMU KAWAMAE^{†2}

Abstract: In recent years, research on augmented reality (AR) has been promoted, and smart glasses are attracting attention as a display device and are becoming more widespread for business use such as inspection and maintenance. In addition, a natural user interface that enables intuitive operation by applying sensing technology is being researched as a UI for smart glasses. In this research, we developed a UI for smart glasses suitable for menu selection and document display using a distance sensor. In the UI developed this time, operations such as moving / deciding / canceling options and enlarging / reducing / moving documents can be easily performed by several gesture operations and feedback by display. Then, we developed a prototype and evaluated its operability.

Keywords: Smart Glasses, User Interface, Gesture Operation

1. はじめに

近年、拡張現実(AR: Augmented Reality)の研究が進められており[1], 表示デバイスとしてスマートグラスが注目されている。スマートグラスはメガネのように装着し、グラス越しに仮想空間のデジタル情報を可視化するデバイスである。スマートグラスの実用化に関しては、建設現場や製造現場での作業支援など B2B 向けが中心で、作業従事者数の多さから潜在需要は大きいと見られている。

また、センサ技術の応用により、スマートフォンなどのスワイプ操作、手を用いたジェスチャ操作、音声による操作など、ユーザに親しみのある自然な行為による操作が実現されつつある。特に、最近では、カメラの高解像度化、距離センサの小型化が進展し、VR や AR の分野で、積極的に取り入れられるようになってきている。

軽量なスマートグラスは、ユーザに自然な形で情報を提示するのに非常に有用なデバイスであるが、その操作方法については、まだ確立されていない。そこで、本件研究では、スマートグラス向けに、距離センサを用いて、直感的に操作可能な UI(ユーザインタフェース)を提案する。

2. 従来技術

スマートグラスの操作方法として、以下に示す操作方法が提案、実用化されている。

(1) リモコンによる操作

スマートグラスに付属するリモコンを用いて操作する方法である。メニューの選択等の操作を十字キーや決定キーなどを用いて行う。キーによる操作は操作の確実性が高いが、リモコンを持ち歩く、あるいは、身につけなければならないという課題がある。

(2) 画像認識による操作

スマートグラスには、前方カメラが搭載されていることが多く、そのカメラを用いて手や指を検出し、ジェスチャを用いて操作する手法が多く提案されている。

メニューなどの選択方法としては、カメラを用いて手を認識し、指が指している方向のメニューを選択する方法や[2], 3D 空間上に密に配置したオブジェクトを選択する[3]などが提案されている。空中に浮かぶメニューを正しく選択するのは難しく、特に選択肢の数が増えてくると難しくなる傾向にある。

また、手の形や動きなどのジェスチャに特定の意味を持た

¹ 長崎大学
Nagasaki University
² マクセル株式会社
Maxell, Ltd.

せ、操作する方法も提案されている。指先につけたマーカでジェスチャーを認識する方法[4]や、点灯・消灯制御が可能な赤外線 LED を指に装着し、赤外線 LED を CMOS センサで検出することで余分な手の動きによる誤操作を防ぐ手法などが提案されている[5]。ジェスチャーに意味を持たせる方法では、ジェスチャーの認識精度や、ジェスチャーの数が多くなると覚えるのが大変になるという課題がある。また、カメラを用いた場合は、プライバシーやセキュリティが問題も発生する。

(3) タッチパッドによる操作

タッチパッドによる操作は、Google 社 Google Glass Enterprise Edition 2, Vusix 社 Vuzix Blade, Dynabook 社 AR100 など多くの市販スマートグラスで用いられている方法である。AR グラスのフレーム部分にタッチパッドを設置し、タップ、スワイプなどのジェスチャーを用いて操作する。文字入力など細かな操作が行えるように、狭い領域を複数のゾーンに分けて、階層的に操作することで入力の効率化を図る研究も行われている[6]。

タッチパッドによる操作も確実性の高い操作方法の一つである。しかしながら、作業現場では安全性の観点から手袋を着用することが多いが、手袋を着用した状態であると操作ができない、あるいは、操作性が落ちるといった課題がある。

(4) その他の操作方法

スマートグラスのタッチパッドではなく、腕や顔、耳など体の一部をタッチパッドのように使う方法が提案されている[7][8]。顔や耳などは、人が通常の日常生活で手を持って行く位置であり、前方でのジェスチャー操作よりも自然な操作ができることが特徴である。また、指にリング上のデバイスを装着し、リングを直接押したり、回転させたりといった動きで操作する方法や[9]、指の曲げ、タッチ、スワイプなどの操作を検出するデバイスにより、指の形状とタッチ操作の組合せにより意味を持たせる入力方法[10]が提案されている。これらの手法では、特殊なセンサを装着することで細かな操作を正確に行うこと可能としているが、特殊なセンサの装着が必要な点が課題である。

さらに最近では、デバイスに内蔵されたスピーカから超音波を発信し、内蔵マイクで反射波を捉えることでジェスチャーを認識する手法が提案されている[11]。この方法は特殊なデバイスを必要としない点で優れているが、雑音が多い環境における動作については触れられていない。

作業現場では、できるだけ余分なデバイスを持たないことが望ましい。スマートグラス以外のデバイスを必要としない操作には、画像認識による操作、タッチパッドによる操作がある。タッチ操作による操作は確実性が高い一方で、手袋などを着用していると操作できないという課題がある。画像認識による操作は手袋を着用していても可能であるが、

精度が低い、ジェスチャーの数が多くなると覚えるのが大変になるという課題がある。そこで、本研究では、作業現場でも手軽に使えるようにジェスチャーによる操作を基本とし、少ないジェスチャーで簡単な操作を可能とする手法を提案する。

3. ジェスチャー操作 UI の設計

3.1 想定するハードウェア

AR で使用するデバイスには、大型で頭部にベルトなどを用いて固定する HMD (Head Mount Display) 型のもので、軽量で眼鏡のように装着するスマートグラス型がある。前者は、高性能なカメラや距離センサを搭載し高機能である一方、大型で装着に手間がかかる、長時間装着したときの負荷が大きいという課題がある。後者は、手軽に装着できる一方、搭載できるセンサが限定され、HMD 型と比較するとセンサ類の性能が低いという課題がある。本研究では、手軽に装着できることを重視し、スマートグラス型のデバイスを対象とする。

また、ジェスチャーを認識するデバイスとしては、セキュリティやプライバシーを考慮し、距離センサを用いることとする。近年、距離センサは小型化してきており、十分にスマートグラスにも搭載可能となっている。また、距離センサの性能としては、大まかな手の形(グー、パー、指さし)がわかる程度のものを想定する。高精度なセンサを用いれば、より詳細な手の動きを検出する音が出来ることが、できるだけ低価格で実現できるようにするため、比較的性能の低い距離センサーでも実現可能な方式を探る。

3.2 実現すべき操作

ジェスチャーで実現する操作について検討する。先に述べたように、スマートグラスは、建設現場、製造現場、物流、保守・メンテナンスなどの作業支援に用いられることが多く、作業手順を示したドキュメントや、作業図面の閲覧などの機能が求められる。また、これらのドキュメントはページ数が多い場合があり、大量のページを効率よくめくる必要がある。

ドキュメントなど情報の管理方法として、ディレクトリやメニューを用いた階層構造を用いた管理方法がよく用いられる。そこで、本研究でも、階層型メニュー構造を前提とした(図 3-1)、表 3-1 に、階層型メニューを用いたドキュメントの選択、表示で必要となる操作の詳細を示す。

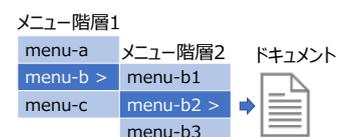


図 3-1 階層型メニューによるドキュメント検索

Figure 3-1 Document Search by Hierarchical Menu

表 3-1 実現すべき操作

Table 3-1 Required Operations

分類	操作	内容
メニュー 選択	選択肢の変更	選択するメニューを変更する
	OK	選択するメニューを決定する
	Cancel	一つ前に戻る
ドキュメント表示・ 操作	ページめくり	表示するページを変更する(大量ページ対応)
	拡大・縮小	表示中のページを拡大・縮小する
	移動	表示位置を移動する
その他	On	操作を開始する
	Off	操作を終了する

3.3 設計方針

本節では、スマートグラスで、距離センサを用いて、表 3-1 に示した操作を実現するための方針を検討する。

(1) 操作方法の検討

ジェスチャを用いて、メニューなどを操作する場合、大きく分けて、ポインティングによる操作と動きによる操作の2つに分類できる(図 3-2)。

ポインティングによる操作は、メニューなどの対象物を指さしなどで直接指定して操作する方法である。直感的でわかりやすいが、同じユーザが同じ場所を指したつもりであっても手をかざす位置が毎回異なったり、空中に浮かぶメニューの位置を把握することが難しかったりするため、対象物の指定が難しく、また、手の検出には高い精度が必要という課題がある。

動きによる操作は、手の動きや形に合わせて操作対象を移動させたり、選択したりする方法である。手の位置に関係なく、同じ動きで同じ操作ができるという利点があるが、操作と操作対象の動きの関係の把握が難しいという課題がある。また、手の形や動きの種類が多くなると、覚えるのが大変になることが予想される。

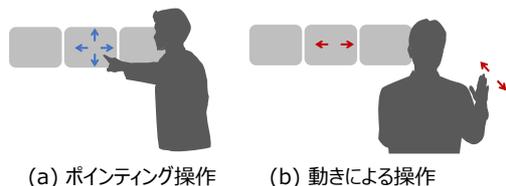


図 3-2 操作方法の分類

Figure 3-2 操作方法の分類

ユーザの手の位置は、同じ動作であっても毎回微妙に変わる。例えば、同じように手を上げる動作をしても、手が停

止する位置は毎回異なる。また、スマートグラスの装着ずれなどにより高い精度での位置検出が困難である。そこで、今回は、手を止めた位置を起点として動きを検出する「動きによる操作」を採用することにした。そして、階層型メニュー構造と組み合わせることで、必要とする操作の数を減らすようにした。これは、タッチパッドや、十字キーなど入力コマンドが限定されている環境でよく用いられる方法と同様である。また、操作と動きの関係がわかるように、操作に対して視覚的なフィードバックを与えるようにする。

(2) 操作位置の検討

操作を行うときの手の位置としては、メガネの前方、または、メガネの側方の2つが考えられる。

前方で操作を行う場合、自由度が高く、様々なジェスチャ操作が可能となる。自由度が高い分認識が難しくなり、動きを覚えることも難しくなる。一方、側方で操作する場合は、自由度が低くなり、操作が限られてくる。

今回は、あえて自由度を減らすことで操作を限定し、ジェスチャーを覚えやすくすることを重視した。そのため、距離センサは、スマートグラスのヒンジ部側方につけることにする。

(3) ジェスチャ(手の形と動き)の検討

表 3-1 に示した操作を、手の形と動きの組合せで実現することを考える。手の形から操作のイメージをつかみやすくするため、操作可能な手の形を、指さし、パー、グーの3種類とし、それぞれ以下のような操作に割り当てるようにした。

- 指さし: スマートフォンやタッチパッドでの操作において、タップ、スワイプなどの動作でよく使用されることから、選択肢の移動や、決定の操作に割り当てる。
- グー: 物を握って動かすイメージを持ちやすいことから、ドキュメントの拡大・縮小、移動に割り当てる。
- パー: つかんでいた物を放す状態をイメージしやすいことから、特に何も操作しない状態(手を自由に動かせる状態)に割り当てる。

3.4 操作画面の構成

階層型メニューによるドキュメント検索、表示を実現するため、4つの操作画面(モード)を設けることにした。各モードの概要は下記の通りである。

- Offモード: 何も表示していないモード
- メニュー選択モード: メニューの選択を行うモード
- ドキュメント操作モード: 表示するページの選択、拡大・縮小、表示位置の移動の操作を行うモード
- ドキュメント表示モード: ドキュメントを表示しているモード(操作はしないモード)

ユーザは、Offモードから出発し、メニューモードで表示するドキュメントを選択する。その後、ドキュメント操作モードで、拡大・縮小、表示位置の移動などを行い、見たい情報を閲覧できる状態にする。その後、ドキュメント表

示モードでドキュメントを見ながら、作業を行ったりする。各モードは、ユーザ操作で遷移する。状態遷移を図 3-3 に示す。

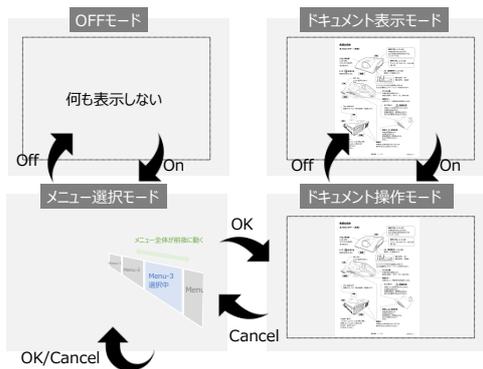


図 3-3 4つの操作モードと状態遷移

Figure 3-3 4 Operation Modes and State Machine

3.5 操作方法

(1) On/Off 操作

On/Off 操作の概要を図 3-4 に示す。ユーザがスマートグラスヒンジ部の側方に手をかざすと On, 手を下ろすと Off の操作となる。

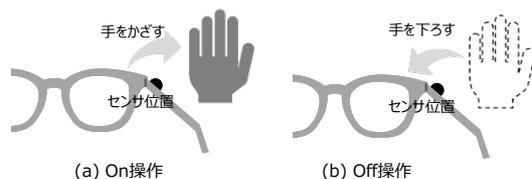


図 3-4 On/Off 操作

Figure 3-4 On/Off Operations

(2) メニュー操作

メニュー操作の概要を図 3-5, 図 3-6 に示す。

手の形を指さしにした位置を起点(基準点と呼ぶ)として, 手の前方または後方に移動させることでメニューをスクロールし, メニューの選択肢を変更する。このとき, メニュー全体がスクロールするが, 選択状態になるメニューの位置は移動しないようにする(特定の位置にあるメニューが選択状態になる)。これにより, 選択されているメニューがどれなのか明確にわかるようにする。また, 手を動かす量により, スクロールの変化する。例えば, 手を前方に動かして止めた場合, 止めた位置に対応する速度でスクロールさせ続ける。つまり, より前方で手を止めれば, より早くスクロールする。手を元の基準点に戻すとスクロールは停止する。これにより, メニューの選択肢が多くなり, 画面に入りきらない場合でもメニューを選択できるようにする。

メニューの決定操作(OK 操作)は, タップするイメージで, 基準点から指さし状態のまま, 内側に手を近づける動作で行う。また, Cancel 操作は OK 操作と反対のイメージから, 指さし状態のまま, 基準点から外側に遠ざける方向に手を

移動させる動作で行う。

OK 操作を行うと, 選択中のメニュー位置にあるメニューが選択される。

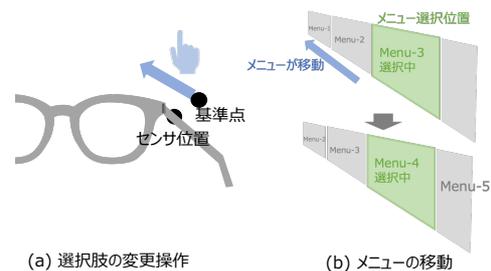


図 3-5 選択肢の移動

Figure 3-5 Menu Operations



図 3-6 OK/Cancel 操作

Figure 3-6 OK/Cancel Operations

(3) ドキュメント操作

ドキュメント操作の概要を図 3-8 に示す。ドキュメントの操作では, ページめくりと, 表示したドキュメントの拡大・縮小, 表示位置の移動を行えるようにする。なお, 拡大・縮小, ページ内移動は, ドキュメントをつかんだイメージで行えるため, 同時に行えるようにしている。

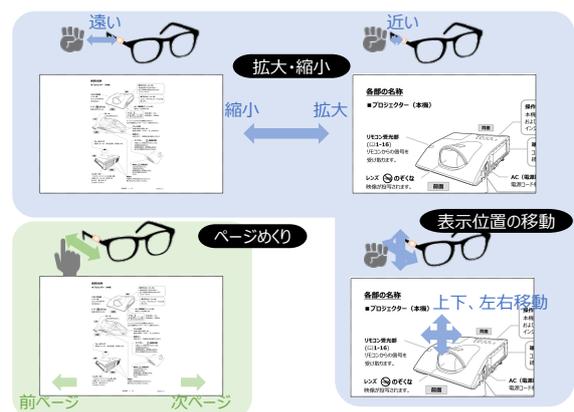


図 3-7 ドキュメント操作

Figure 3-7 Document Operations

- ページめくり: 手の形を指さしにした後, 手の前方または後方に移動させることで, ページをスクロールさせる。基本的にはメニュー操作と同様で, 手を動かす量により, スクロールの変化する。手を元の位置に戻すとスクロールが停止する。これにより, ドキ

メントのページ数が多い場合でも高速に連続してページめくりが行えるようにする。

- 拡大・縮小：手の形をグーにした後、メガネに近づけると拡大，遠ざけると縮小する。
- 表示位置の移動：手の形をグーにした後，上下左右に動かすことでドキュメントの表示位置を移動する。

3.6 視覚によるフィードバック

ジェスチャ操作の場合，ボタンなどの操作と異なり，操作している実感を得るのが難しいという課題がある．そこで，操作可能なこと，操作ができていないことを視覚的にユーザーに伝えるようにする．具体的には，手を検出したタイミング，手の形が変わったタイミングで表示の切り替えやガイドの表示を行い，手を動かしたときに画面が手の動きに合わせて動くようにする。

図 3-8，図 3-9 にフィードバックの例を示す．図 3-8 では，手を検出するとメニューが表示されるが，パーやグーの場合は(a)メニュー表示(操作不可)，指さしの場合は(b)メニュー表示(操作可)のように表示する．さらに，(b)の状態では，手の前後に動きに合わせて，メニューが動くようにする。

また，図 3-9 では，認識した手の形に合わせて，操作ガイドを表示している．さらに，手の動きに合わせて，ページが移動したり，拡大・縮小したりする。

このように，手の形や動きに応じて画面を動かすことで，ユーザーに操作ができていない安心感を与えることができる。

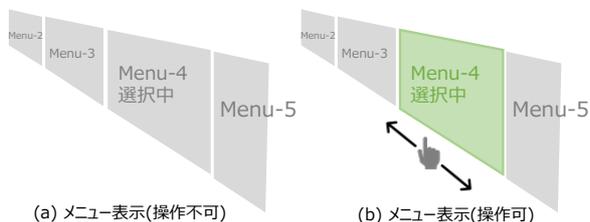


図 3-8 メニュー画面における視覚フィードバック例
Figure 3-8 Example of Visual Feedback

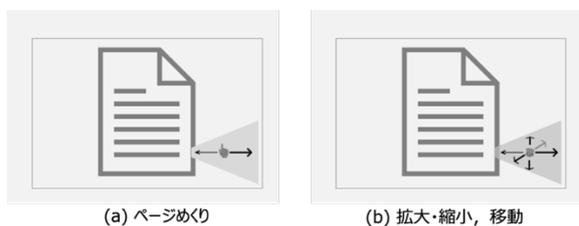


図 3-9 操作ガイドの表示例
Figure 3-9 Examples of Operation Guide

4. プロトタイプシステムの開発と評価

4.1 プロトタイプシステム

以上の検討にもとづき，プロトタイプシステムを開発した．開発したプロトタイプシステムの外観を図 4-1 に，実際の画面の表示例を図 4-2 に示す．また，使用したハードウェア

の仕様を表 4-1 に示す．なお，今回，ソフトウェアの開発には Unity を利用している。



図 4-1 プロトタイプシステム
Figure 4-1 Prototype System

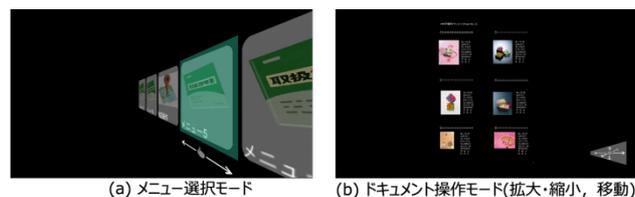


図 4-2 プロトタイプの画面例
Figure 4-2 Example of Display Image

表 4-1 ハードウェアの仕様
Table 4-1 Hardware Specification

名称	製品名	仕様
AR グラス	MADGAZE 社 GLOW Plus	解像度：1920 x 1080 FOV：53°
距離 センサ	Ultraleap 社 Stereo IR 170	計測範囲：10～75cm FOV：170° x 170°

4.2 動きの判断

(1) 手の位置の特定

プロトタイプでは，側方にかざした手の形と動きを検出できるように，ヒンジ部側方に向けて距離センサを取り付けている．センシングした手の位置は，距離センサの位置を原点として，図 4-3 に示す座標系で検出される．手の位置の検出はおよそ 30fps で行う。

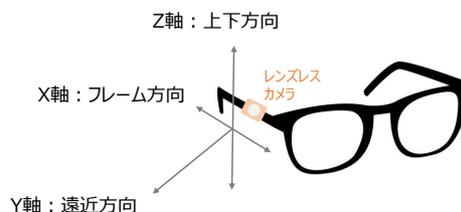


図 4-3 座標系
Figure 4-3 Coordination System

(2) 動きの判断

本研究では，動きにより操作を判断する．そのためには，起点となる位置(基準点)を決める必要があり，基準点から

の移動量などの情報を用いて操作を判断する。

同じユーザが On 操作を行っても、手を停止させる位置は毎回異なる。また、OK 操作などを行った後も、元に位置には戻らない。よって、基準点は操作の途中で、適宜変更する必要がある。

今回のプロトタイプでは、(a) 初期状態、(b) 手の形が変化したとき、(c) OK, Cancel など操作を行った後、に基準点はいったん未定とし、安定状態(手の動きが一定の範囲以内)になった時の手の位置を新たな基準点として設定する。このように、基準点を適宜更新することにより、相対的な手の移動量に応じた動作を可能とする。

5. 評価

5.1 評価方法

実用的で一般的にも良く用いられている十字キーをもつリモコンによる操作と、提案するジェスチャ操作で比較、評価した。リモコンキーによる操作では、表 5-1 に示すキー割り当てを行っている。

なお、今回の評価における被験者は全部で 20 代～50 代の男女 11 名である。

表 5-1 リモコンによる操作

Table 5-1 Operation by Remote Controller

操作	キー割り当て	十字キー リモコン 
OK	OK (Enter)	
Cancel	↩ (BS)	
メニュー移動	← →	
ページめくり	← →	
拡大・縮小	← →	
移動	← → ↑ ↓	

※：拡大・縮小と移動はスペースキーで切替え

メニュー操作、ドキュメント操作に関して、操作速度、正確性、快適性の観点から評価を行った。

メニュー操作に関しては、メニューに、書類 1、書類 2... の順番に並んでいる状態で、下記の順番でメニューからドキュメントを選択し、表示する操作を行った。

- メニュー間隔 1：書類 1→書類 2→書類 3→書類 2→書類 1
- メニュー間隔 3：書類 1→書類 4→書類 7→書類 4→書類 1
- ランダム操作：書類 1→書類 9→書類 4→書類 3→書類 8→書類 7

ドキュメント操作に関しては、表示するページの選択と、選択したページに関して拡大・縮小、移動の操作を行うようにした。試験に使用したドキュメントは、大きく①～⑥までの 6 つのエリアに分割されており、指定されたエリアが見やすい位置に来るように、拡大・縮小、移動操作を行う。操作の内容は下記の通りである。

- ページ間隔 1：ページ 1①→ページ 2②→ページ 3③→ページ 2④→ページ 1⑤
- ページ間隔 10：ページ 1→ページ 10→ページ 20→ページ 1 (ページ移動のみ)
- ランダム操作：ページ 2④→ページ 1⑥→ページ 6③→ページ 9②→ページ 5①

以上の操作を用いて、操作速度、正確性、快適性の観点から評価する。

(1) 操作速度

メニューやドキュメントの選択にかかる時間を計測する。図 5-1 に、メニュー操作時間の概要を示す。メニュー選択操作にかかる時間としては、メニュー選択モードに移行してから、所定のメニューを選択して、ドキュメント操作モードに移行するまでの時間を計測する。

図 5-2 にドキュメント操作に関する時間の概要を示す。ページめくり操作時間として、ドキュメント操作モードのページ選択画面に移行してから、所定のページを選択し、そのページが表示されるまでの時間を計測する。また、ページ内操作時間として、所定のページが表示されてから、指定された部分が見やすいように拡大・縮小、移動の操作にかかった時間を計測する。

(2) 正確性

誤操作や余分な操作、ジェスチャを正しく認識できなかったケースを評価する。

(3) 快適性

アンケートを用いた主観評価で、操作の快適性を評価する。表 5-2 に示す項目に関して、5 段階で評価する。なお、今回の評価では、5 が良い、1 が悪いとした。

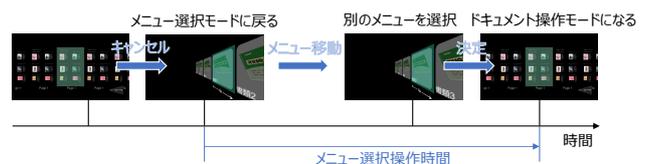


図 5-1 メニュー選択操作時間

Figure 5-1 Time to Select Menu

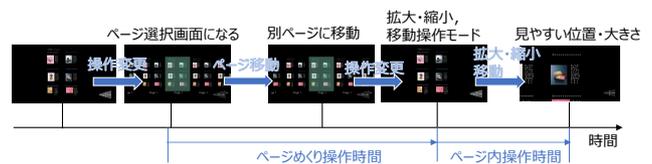


図 5-2 ドキュメント操作時間

Figure 5-2 Time for Document Operation

5.2 評価結果と考察

評価の結果を示す。なお、今回の評価では、被験者にあらかじめ操作に慣れてもらってから測定している。

(1) 操作速度と正確性

図 5-3 にメニュー選択操作 1 回にかかった時間, 図 5-4 にページめくり操作 1 回にかかった時間, 図 5-5 にページ内操作(拡大・縮小, 移動)1 回にかかった時間, の分布をそれぞれ示す. また, 図 5-6 にランダム操作にかかった合計時間の分布をしめす.

図 5-3(a), 図 5-4(a)から, 移動量が少ない場合(隣のメニューやページを選ぶ場合), キー操作の方が早く実行できる傾向にある. ジェスチャー操作に比べ, キー操作の方が, メニュー選択, ページめくりのばらつきが小さく, 短時間で操作できていることから, 正確性が高いことがわかる. 図 5-3(b), 図 5-4(b)から, 移動量が多くなると, ジェスチャー操作とキー操作の差は少なくなり, ページ間隔 10 の場合, ジェスチャー操作の方が早い傾向が見られた. これは, ジェスチャー操作では, 手を停止した位置に応じてスクロール速度を決めているため, 連続したメニュー移動やページめくりが容易であったためと思われる.

また, ジェスチャー操作で, メニュー選択操作, ページめくり移動操作に時間がかかったケースを分析したところ, 目的とするメニューやページを通過して戻るといったケースや, 目的とする場所を行ったり来たりするケースが多く見られた. ヒアリングの結果から, 手を動かす量に応じてスクロールの速度が変化し, 元の位置に戻すことで停止するようにしたため, 停止させる感覚をつかむのに戸惑ったことが原因と推定された. これは, 目的の位置で強制的にスクロールを停止させる機能を設けることで改善できると考える. また, ジェスチャーが認識されず, 操作に時間がかかるケースもあった. ジェスチャーが認識されないケースは人への依存が高い傾向にあった. ジェスチャーの数をかなり限定したが, それでもある程度の慣れは必要となる.

ページ内操作時間に関しては, ジェスチャー操作の方が短い傾向にある. これは, 移動と拡大・縮小の操作が同時に行えることの効果であると考えられる. キー操作の場合, 移動と拡大・縮小の切替えや, 一度に移動や拡大できる量が決まっていたため, キーを押下する回数が多くなり, 時間がかかったと思われる.

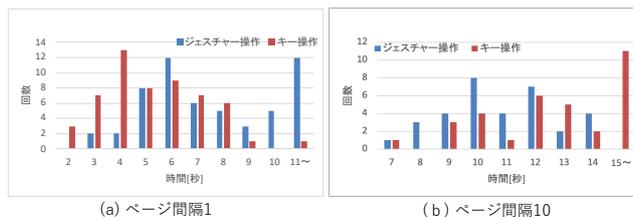


図 5-4 ページめくり操作結果
 Figure 5-4 Results of Page Turning Operations

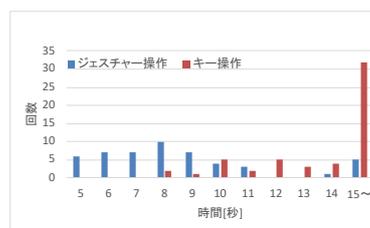


図 5-5 ページ内操作結果
 Figure 5-5 Results of Move/Zoom Operations

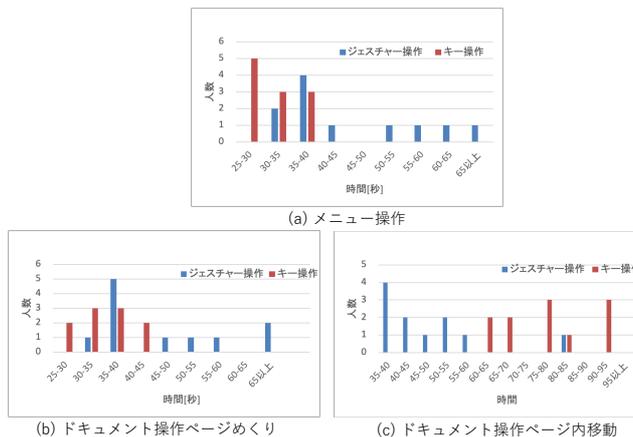


図 5-6 ランダム操作時間
 Figure 5-6 Results of Random Operations

(2) 快適性

表 5-2 に主観評価の結果を示す. メニューやページの選びやすさに関しては, キー操作の方が良いという結果になった. ジェスチャー操作の場合に, ジェスチャーが認識されなかったり, メニューなどの選択で思った位置に止めることが出来なかったりすることがあり, これがストレスになったためと思われる. ジェスチャーの認識精度については引き続き課題であり, ジェスチャーが認識できなかった場合のフィードバックなど, ストレスの軽減には, より細かなフィードバックが必要と考える. また, 拡大・縮小, 移動の操作に関しては, ジェスチャー操作が高い評価となっており, 直感的でわかりやすいとの意見が多く見られた. 操作のわかりやすさに関しては, キー操作とジェスチャー操作で大きな差はなく, ジェスチャー操作でも操作方法がわからずに戸惑うことはなかった. しかしながら, ジェス

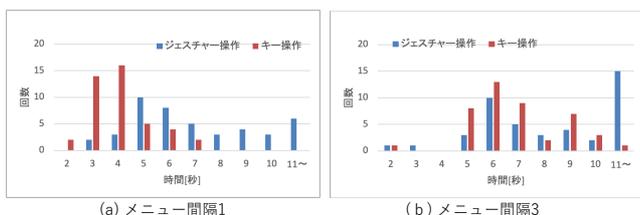


図 5-3 メニュー選択操作結果
 Figure 5-3 Results of Menu Selection Operations

チャ操作では、手を上げていなければならなかったため、疲れやすいという結果になった。とくに、今回の試験では連続して操作を行ったため、腕を上げ続けた状態であったため、疲れやすい結果になったと思われる。想定する現場での操作では、ジェスチャー操作によりドキュメントを表示した後、いったん現場作業を行い、その後また表示を変えるジェスチャー操作となるため、ジェスチャー操作の疲労度は軽減されると考える。

表 5-2 主観評価結果

Table 5-2 Subjective Evaluation Results

評価項目		ジェスチャー	キー
メニュー操作	メニューの選びやすさ	3.2	4.4
	操作のわかりやすさ	3.8	4.1
	心地よさ	2.7	3.8
	楽しさ	3.8	2.8
ドキュメント操作	ページの選びやすさ	3.0	4.2
	拡大・縮小, 移動のしやすさ	3.8	2.8
	操作のわかりやすさ	3.5	3.7
	心地よさ	2.9	3.5
全体	疲れにくさ	1.9	4.0

6. まとめ

距離センサを用いたスマートグラス向けジェスチャー操作 UI を提案し、プロトタイプを開発して評価した。今回提案したジェスチャー操作 UI では、建設現場や製造現場などでの作業支援を想定し、作業マニュアルなどの閲覧で必要となるメニュー選択やドキュメント表示に適した方式を検討し、メニュー表示と組み合わせることで、選択肢の移動、OK, Cancel といった基本的な操作にジェスチャーの数を絞るとともに、手の形から操作のイメージをつかみやすくするようにした。また、「動きによる操作」を採用し、手の位置に関係なく、同じ動きで同じ操作ができるようにした。

また、開発したプロトタイプを用いてキー操作を行った場合と比較・評価した。その結果、正確性ではキー操作に劣るものの、連続したページめくりや、表示するドキュメントの拡大・縮小、表示箇所の移動といった操作では素早い操作ができることを示した。

今後は、より正確に、快適に操作できるようにするために、メニューなど選択動作の正確性を向上させるための仕組みや、より細やかなフィードバックを行う方法について検討していく。

参考文献

- [1] 田上 慎, 飛澤 健太: AR (拡張現実) は、人間が手にした新たな未来 : AR の変遷と展望, 情報管理, Vol.59, No.8, pp.526-534(2016).
- [2] Kolsch M., Turk M., Hollerer T.: Vision-based interfaces for mobility, The First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004 MOBIQUITOUS 2004, pp.86-94(2004).
- [3] Ren Gang, O'Neill Eamonn: 3D selection with freehand gesture, Computers & Graphics, Vol.37, No.3, pp.101-120(2013).
- [4] Mistry Pranav, Maes Pattie, Chang Liyan: WUW - wear Ur world, Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '09(2009).
- [5] 森田健太郎, 長田剛典, 佐藤健哉: 指動作認識を利用したスマートグラス上のユーザインターフェイス操作, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol.2016, pp.866-871(2016).
- [6] Grossman Tovi, Chen Xiang Anthony, Fitzmaurice George: Typing on glasses: Adapting text entry to smart eyewear, Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp.144-152(2015).
- [7] Serrano Marcos, Ens Barrett M, Irani Pourang P: Exploring the use of hand-to-face input for interacting with head-worn displays, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.3181-3190(2014).
- [8] Lissermann Roman, Huber Jochen, Hadjakos Aristotelis, Nanayakkara Suranga, Mühlhäuser Max: EarPut: augmenting ear-worn devices for ear-based interaction, Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures: the Future of Design, pp.300-307(2014).
- [9] Kienzle Wolf, Hinckley Ken: LightRing: always-available 2D input on any surface, Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.157-160(2014).
- [10] Yoon Sang Ho, Huo Ke, Nguyen Vinh P., Ramani Karthik: TIMMi: Finger-worn textile input device with multimodal sensing in mobile interaction, Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, pp.269-272(2015).
- [11] 渡邊拓真, 寺田努: 部分遮蔽されたマイクを用いた超音波によるジェスチャー認識手法, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.175-186(2020).