

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：33903
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2014～2016
課題番号：26750008
研究課題名(和文)HMDジェスチャーインターフェースシステムの開発

研究課題名(英文)Development of HMD Gesture Interface System

研究代表者

松河 剛司 (Matsukawa, Tsuyoshi)

愛知工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：30580518

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、HMDのディスプレイ画面をジェスチャーで操作できるHMDジェスチャーインターフェースシステムの開発を目的とし、コントローラなどの手で操作するデバイスを使用せず、HMDのみでメニュー操作を可能とするシステムの開発、検証を行った。
実験に際し、「頭部による操作と手による操作の比較実験」と「頭部のみによる操作時間の比較実験」を、それぞれ実験用にHMDメニューアプリケーションを自作し行った。実験で得られた結果をもとに、個人差を考慮し操作に必要な時間を調整できる機能の開発・実装を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a gesture interface system that can operate Head Mounted Display (HMD). We developed and verified the system that enables menu operation only with HMD without using a controller used by hand.
In experiments, we developed the experimental HMD menu application and conducted "Comparative experiment of operation by head movement and a controller used by hand" and "Experiment comparing operation time by only head movement", HMD menu application for experiments respectively. Based on the results obtained in the experiment, we developed and implemented a function that can adjust the time required for operation considering individual differences.

研究分野：人間工学

キーワード：モーションキャプチャ ヘッドマウントディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

近年 IT 技術の目まぐるしい発展とともに PC の小型が進み、身につけるコンピューターであるウェアラブルコンピュータ、その中でも Google Glass が発表されてからヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) が注目を集めている。Google Glass はシースルー型の HMD であり、HMD を通すことで身近にかつ日常的に AR 空間を体感することができる。しかしながら Google Glass をはじめとする市場に出ている HMD を通して体験することができるディスプレイ画面は、実際に体験してみると透過して見える周りの状況の面積に対し小さい。映像を見るだけであれば特に問題はないが、メニュー画面などでは非常に狭い範囲にアイコンや文字情報が並ぶことになり、現状では HMD 本体のボタンや付属のタッチデバイスによってスクロールをして情報を表示する必要がある。またディスプレイ画面の操作時にはタッチデバイスやボタンに触る必要があり、手が汚れておりタッチデバイスやボタンに触れない環境下や、手が塞がっており手を使うことができない環境下では操作することができない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、HMD のディスプレイ画面をジェスチャーで操作できる HMD ジェスチャーインターフェースシステムの開発を設計することである。

提案システムでは HMD 使用者の身体各部の位置推定にモーションキャプチャシステムを用い、位置情報から得た使用者の頭部角度によってディスプレイ画面の表示内容を変化させる。また頭部回転時の全身の動作解析を実施し、推定した生体負担度を基に使用者に負担のかからないようデザインガイドラインを作成しインターフェースを設計する。画面の操作には頭と手のジェスチャーで操作する手法と頭部のみによって操作する手法の 2 つの手法による操作システムを開発する。

3. 研究の方法

HMD の表示画面をジェスチャーで操作できる HMD ジェスチャーインターフェースシステムの開発を、生体負担度計測を基にしたデザインガイドラインを作成した上で進行する。研究遂行中の 3 年の間に様々な HMD が発表され当初予定していた頭部回転操作や位置情報の取得、手でのジェスチャー操作などが HMD に実装されたものが登場した為、本研究では HMD 使用時の身体負担度の推定、操作しやすいインターフェースの開発に重点をおいて以下の内容の研究を遂行した。

(1) 研究内容 1 について、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) ジェスチャーインターフェースシステムの開発の為に、HMD 装着時の生体負担度の計測、およびインターフェ

ース画面のガイドライン作成。具体的には以下を行う。

使用者に負担のかからないインターフェース設計の為に、頭部回転時における身体各所の動作解析を行う。HMD を装着した際の頭部回転時の全身の動作をモーションキャプチャシステムにより測定、併せて主観評価を実施することで、身体負担の少ない頭部回転角度を推定する。実験では実際に HMD を装着し、動作計測実験を行う 10 名の被験者に対し HMD を装着しヴァーチャル空間を自由に操作できるアプリケーションを起立、座位の②条件で体験してもらう。このデータを基に頭部回転動作の生体負担度を推定し、身体負担の少ないインターフェース画面の指針とする。

(2) 研究内容 2 について、頭部回転動作によるメニュー操作機能の開発および、既存メニュー操作方法と開発システムによるメニュー操作方法の操作時間比較実験。具体的には以下を行う。

研究内容 1 で得られた頭部回転動作の生体負担度を基にデザインガイドラインを作成し、インターフェース画面の作成を行う。インターフェース画面は選択中のアイコンが分かりやすいように 3 次元表現を用いる。インターフェース開発には 3 次元 CG ゲーム開発に使われている Unity Pro を用いて開発を行う。Unity Pro は 1 人称視点でのゲーム開発に向いており、今回のような 3DCG インターフェース開発に有用である。

PC 上で設計しているインターフェース画面と HMD 越しに見るインターフェース画面との誤差や視認性を HMD 実機で随時確認しながらインターフェース画面作成を行う。

(3) 研究内容 3 について、頭部動作のみで「選択」および「決定」操作を行うことができるインターフェース画面を開発し、従来手法である手による操作、手と頭部動作による操作、頭部動作のみによる操作それぞれについてメニュー画面操作について操作時間やミス回数などの客観的評価による比較評価。具体的には以下を行う。

研究内容 2 で作成したインターフェース画面を頭のジェスチャーによって操作するインターフェース機能の開発を行う。

HMD で表示されているディスプレイ画面を使用者の頭部の動きに連動させインターフェース全体範囲内で縦横のスクロールを行う。胸の向きと顔の向きが一致している際にインターフェース画面の中央部分が表示され、右を向くとインターフェース画面が右にスクロールし、上を向くとインターフェース画面が上にスクロールする。

ディスプレイ画面中のアイコンと、HMD の中心部分が重なった際、PC 上で言うところのマウスオーバーの状態、さらにその状態を一定時間維持することで決定する機能を持たせる。

開発システムの有用性と負担度の評価の為に 10 名の被験者による以下の①から③の条件で生体負担度評価・使用感についての主観評価実験を行う。

- ① コントローラー操作により選択・決定操作を行う実験
- ② 頭部回転動作により選択、コントローラー操作による決定を行う実験
- ③ 頭部回転動作により選択・決定操作を行う実験。

4. 研究成果

(1) 研究内容 1 について、使用者に負担のかからないインターフェース設計の為に、頭部回転時における身体各所の回転角度測定を行った。回転角度の測定はモーションキャプチャシステムを用いて行い、指示角度へ頭部を回転させて頭部の可動域や、頭部回転時の胴体や脚部の回転などの身体回転特性を求めた。また HMD を装着した状態での自然な頭部回転動作を測定し、身体負担の少ない角度を推定した。実験では HMD を装着した状態、HMD を装着していない状態、それぞれ立位、座位での計測を行った。HMD 装着時の指示角度への頭部回転動作の計測結果より、HMD 装着ありの場合となしの場合では、個人差はあるものの、ほとんど差が見られなかった。また座位では頭部回転動作時の身体各所の回転角度はどの被験者も似たような結果になったが、立位では被験者によって頭部のみを回転させる、腰を回転させる、膝から回転するなどの違いが見られ、個人差が大きい結果となった。

インターフェース画面は上記実験結果より座位時の頭部回転、つまり頭部のみを回転させる場合に負担を感じずに回転させることができるのは水平左右 30 度、垂直角度上下 10 度だということが分かった。立位時には個人差があったが、立位時に頭部にもっとも負担のかかる頭部のみを回転させた場合は座位時のものとほぼ同様の為、HMD コンテンツ制作の頭部回転ガイドラインを水平左右 30 度、垂直角度上下 10 度とし、回転で拡張できるディスプレイを左右 30 度、上下 10 度の範囲とした。

(2) 研究内容 2 について、研究内容 1 で作成したインターフェースのガイドラインを元にジェスチャーインタフェースの開発を行った。頭部回転動作にあわせてメニュー画面を上下左右動かして表示し、画面中央をマウスカーソルのように選択状態にするコンテンツを開発した。また比較検証を行うために選択状態にする機能のみを頭部回転動作ではなくゲームパッドを用いて選択状態が上下左右に遷移するコンテンツを作成した。実験で使用したメニュー画面は被験者が HMD を通して見るメニュー画面を図 1 に示す。仮想空間の上面図を図 2 に示す。仮想空間の側面図を図 3 に示す。アイコン型ボタンは研究内容 1 の結果を受けて左右 30 度の範囲内(左



図 1. 被験者が HMD を通して見るメニュー画面

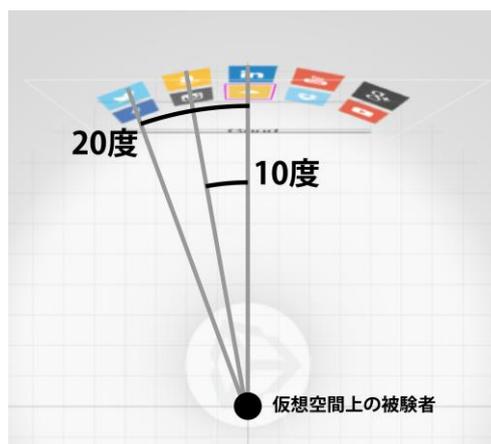


図 2. 仮想空間の上面図

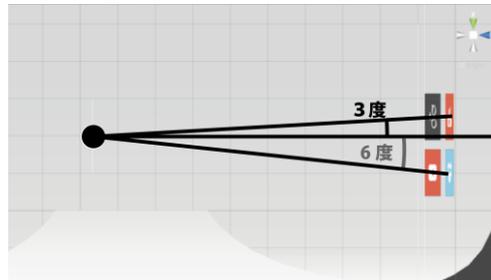


図 3. 仮想空間の側面図

(図内黒丸が被験者の位置)

右 20 度)で頭部回転をすることで選択でき、上下 10 度の範囲内(上 3 度、下 6 度)で頭部回転をすることで選択できるように配置した。

頭部回転動作による選択機能の有用性を検証するために開発システムによるメニュー操作方法の操作時間比較実験を行った。実験では被験者は椅子に座り、ゲームパッドを手にした状態で HMD を装着し、HMD に表示される VR 空間内の 10 個のアイコン型ボタンのうち、ランダムに指示されたボタンを以下の 2 つの実験でそれぞれ異なる操作方法で操作を行った。

- ① ゲームパッドの十字キーを使ってボタンを選択中状態にし、ゲームパッドの決定ボタンで決定する。
- ② HMD のヘッドトラッキング機能を使って

ボタンを選択中状態にし、ゲームパッドの決定ボタンで決定する。

当初の推論ではゲームパッド使用時のほうがヘッドトラッキング機能使用時よりも操作が早いと考えていたが、実験結果では推論と逆の結果になった。これは選択操作時の移動量が少ない場合はゲームパッド使用時もヘッドトラッキング機能使用時も操作時間はあまり変わらないが、移動量が多くなると明らかにゲームパッド使用時のほうが遅くなる為である。

(3)研究内容 3 について、頭部動作のみで「選択」および「決定」操作を行うことができるインターフェース画面を開発し、従来手法である手による操作、手と頭部動作による操作、頭部動作のみによる操作それぞれについてメニュー画面操作について操作時間やミス回数などの客観的評価による比較評価を行った。

開発した頭部動作のみで「選択」、「決定」操作を行うインターフェース操作手法は画面中央部分に表示したポイントを、メニュー画面に表示されているアイコンに重ねることで「選択」操作を行い、一定時間その選択状態を維持することで「決定」操作処理を行うシステムである。

本システムの評価を行った結果、手による「選択」「決定」操作、手による「決定」頭部動作による「選択」操作に比較し、選択操作においては手による操作よりも速い傾向があり、「決定」操作に関しては「選択」状態を維持する維持時間分だけ操作が長くなる結果となった。

上記結果を受けて頭部動作による「決定」を行う際の維持時間を 0.25 秒、0.5 秒、1 秒と段階的に設定し 1 分間の操作実験を 8 名の行った結果、①の決定までの注視時間が 1 秒の実験では平均 38.6 回正答されており、また全ての被験者において 1 度も間違っず選択することはなかった。②の選択時間が 0.5 秒の時には平均決定回数が 58.1 回であり、間違っず選択された回数が 0.5 回であった。③の決定までの注視時間が 0.25 秒の場合、平均決定回数が 84.2 回であり、4.8 回であった。最も操作のしやすかった決定までのボタン保持時間は、8 名中 6 名が 0.5 秒の実験の際と答え、2 名は 1 秒の時であり、0.25 秒の際の実験がもっと操作しやすかったと答える被験者は見られなかった。

上記実験結果を受けて、個人差に対応する機能が提案システムに必要なと考え、頭部動作による「決定」操作に必要な維持時間をユーザーが実際に頭部動作によるアイコンの「選択」操作および選択状態の維持を行い、任意のタイミングで維持状態を解除することにより「決定」操作に必要な維持時間を自分で設定できる機能を提案システムに追加実装した。

開発したジェスチャーインターフェースシステムの機能を以下にまとめる。

- ヘッドトラッキング機能による VR 空間の表示と表示画面の操作
- ヘッドトラッキング機能による操作時の画面中心（ボタン保持点マーク）の表示
- アイコン型ボタンの表示
- 選択中ボタンのポップアップ表示
- 決定操作までの保持時間のバー表示
- 指示ボタンの表示（実験用）
- 決定操作結果の表示
- ヘッドトラッキング機能の利用によるボタンの選択操作
- 決定操作までの保持時間の変更機能

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 6 件）

- ① 西原佳祐、松河剛司、ヘッドトラッキング機能を用いた HMD メニュー画面操作に関する研究、情報処理学会第 14 回デジタルコンテンツクリエーション研究会、2016 年 11 月 9 日～10 日、九州大学医学部百年講堂（福岡県福岡市）
- ② 西原佳祐、松河剛司、頭部動作のみで操作を行う HMD インターフェースに関する研究、日本人間工学会東海支部 2016 年大会、2016 年 10 月 15 日、名古屋市立大学北千種キャンパス（愛知県名古屋市）
- ③ 西原佳祐、松河剛司、HMD におけるヘッドトラッキング機能を用いたインターフェースの検討、日本人間工学会第 57 回大会、2016 年 6 月 24 日～26 日、三重県立看護大学（三重県津市）
- ④ 荒木千尋、西原佳祐、中川誠、松河剛司、VR 空間におけるメニュー操作の習熟に関する研究、形の科学会、2015 年 11 月 21 日～23 日、東京電機大学（埼玉県比企郡）
- ⑤ 西原佳祐、松河剛司、ヘッドマウントディスプレイ使用時の頭部回転動作に関する研究日本人間工学会東海支部 2015 年研究大会、2015 年 11 月 14 日、愛知みずほ大学（愛知県名古屋市）
- ⑥ 西原佳祐、松河剛司、ヘッドトラッキング機能付き HMD 使用時の身体負担に関する研究、日本人間工学会東海支部 2014 年研究大会、2014 年 11 月 1 日、愛知工業大学（愛知県豊田市）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松河 剛司 (MATSUKAWA, Tsuyoshi)
愛知工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号：30580518

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：