

インタラクションにおける慣れの効果の調査

高田 友樹¹ 笹倉 万里子¹

概要：本論文ではインタラクションにおける慣れの効果の調査を行う。慣れの効果を調べるための実験用に新しいインタラクションのシステムを開発する。新しいインタラクションの題材として「視線入力とハンドジェスチャを併用したインタラクション」と「ハンドジェスチャによるインタラクション」を利用したシステムをそれぞれ開発し、それらを一定の期間使ってもらい評価実験を行う。本番実験の結果として、各操作方法において複数回操作訓練と本番実験を行うことで、操作時間や誤操作の回数が減り、慣れの効果が得られた。ただ慣れの効果をより発揮するためには事前実験の実施やシステムの改善や評価実験の再設計が必要であることが分かった。

1. はじめに

近年、情報技術の発展により今までとは異なる新しいデバイスやシステムが現れてきている。それらの新しいデバイスやシステムにおいては、一般的なインタラクションとは大きく異なるインタラクションを行う場合があり、多くの人々が操作に戸惑うことが予想される。それらのシステムを快適に利用できるようになるには慣れが必要になると考える。

本論文では、新しいインタラクションにおける慣れの効果の調査を行う。新しいインタラクションの題材として「視線入力とハンドジェスチャを併用したインタラクション」と「ハンドジェスチャによるインタラクション」を利用したシステムをそれぞれ開発する。それらを一定の期間数人の方々に使ってもらい評価実験を行い、その結果について考察を行う。

2. インタラクションにおける慣れ

扱ったことのないシステムやデバイスを使用するときには操作方法について理解する必要がある。時にはその理解や記憶に時間がかかり、慣れのためにはある程度の練習や訓練が必要になる。ここで慣れとは、経験により操作方法を覚えて理解し、習熟することとする。

新しいシステムやインタフェースにおける慣れに関する考察や、長期間の実験を行うことで慣れの影響を調べる様々な研究が行われている [1][2][3]。菊池ら [4] は音声インタフェースの評価方法の確立のために、事前訓練や経験による習熟が被験者の操作や評価に与える影響を調べてい

る。結果として、慣れがトークスイッチ操作の認知的負荷に影響し得るとしている。原ら [5] は音声対話による楽曲検索システムを構築し、ユーザが複数回利用したときのインタフェースの評価に関して報告している。結果として、使用回数を重ねるごとに客観的評価及び主観的評価共に向上し、誤り改善による成功率の向上も見られたとしている。

実際に初めてシステムを使用する際には、まずどのような機能があり、どのようにして操作できるのかということを知る必要がある。速く正確に覚えてもらうには、分かり易く勘違いの少ない操作方法とその説明が必要である。勘違いの少ない操作を実装するためには、一貫性のあるデザインにすることや、既存のインタラクションや実空間における動作と関連させることが効果的と言われている。一般的には操作は説明書を読むことで理解されるが、場合によっては実際に使用している動画や画像で表したり、デモを行ったりすることもある。

ただ操作方法を覚えてただけでは円滑な操作ができない場合がある。それは同じ操作でも人それぞれその仕方に異なる部分があるからである。例えば、初めて自転車を見た人が自転車に乗って動かす方法がサドルに座ってハンドルを握り、ペダルをこぐことだと覚えてとする。しかし、ただペダルを足で押すだけではバランスがとれず、うまく前に進めずに転ぶ可能性が高い。練習を積み重ねることで、バランスがうまくとれるようになり、自転車に乗れるようになるのである。このように文章化したり絵や動画で表したりして他人が説明するだけでは、理解が進まない場合がある。そのため、複数回の操作を繰り返すことで操作のコツをつかむ必要があると考える。

本研究ではインタラクションにおける慣れの効果につい

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科

て調査を行うために同じシステムを複数回使用してもらう評価実験を行う。評価実験ではインタラクションに慣れるための「操作訓練」とそのインタラクションに対してどの程度慣れの効果が得られたかを確かめるの「本番実験」を行う。評価実験で使用するシステムとして、画像の閲覧や操作が可能な画像管理システムを開発する。4人の被験者にそのシステムを用いた訓練と本番実験を週1回の計8回行ってもらふこととする。ただ最後の週は操作訓練を行わず、本番実験のみを行う。7回の操作訓練と本番実験を行うことでシステムやインタラクションにある程度慣れると予想する。ここで慣れの効果とは、慣れによる身体的・心理的な負担の減少と円滑な操作が可能になることとする。慣れの効果の調査では、各本番実験における操作時間、誤操作の回数、身体的疲労の感じ方の変化に関して調べる。

この評価実験を行うことで得られる実験結果について3つの仮説を立てる。

仮説1：操作訓練と本番実験の回数を重ねることで初めの1, 2回目の本番実験を行ったときよりも操作時間が短くなる。

仮説2：操作訓練と本番実験の回数を重ねることで初めの1, 2回目の本番実験を行ったときよりも誤操作の回数が少なくなる。

仮説3：操作訓練と本番実験の回数を重ねることで初めの1, 2回目の本番実験を行ったときよりも身体的疲労を感じにくくなる。

仮説1は操作訓練と本番実験の回数を重ねることで次に行いたい操作の方法をすぐに思い浮かべられるようになり、上手くシステムを扱えるようになることで誤操作が減り、結果として操作時間が短くなると考えたものである。仮説2は操作訓練と本番実験の回数を重ねることで操作方法の勘違いが減ったり、誤操作しやすい状況を避けるようになったりすることで、誤操作の回数が少なくなると考えたものである。仮説3は操作訓練と本番実験の回数を重ねることで操作方法がすぐに思い浮かび、誤操作が減ることでストレスが減り、操作時間も短くなり、結果として身体的疲労を感じにくくなると考えたものである。

3. 画像管理システム

3.1 システムの概要

本研究では評価実験で使用するためのシステムとして画像管理システムを開発する。今回開発する画像管理システムでは、Leap Motion社のハンドジェスチャによってコンピュータの操作ができるデバイスであるLeap MotionとTobii社の視線入力を可能にするデバイスであるTobii Eye Tracker 4Cを用いる。画像管理システムは画像の閲覧、コピー、削除、編集を行えるものとする。画像管理システムは操作の過程で3つの画面を行き来する設計とする。図1、

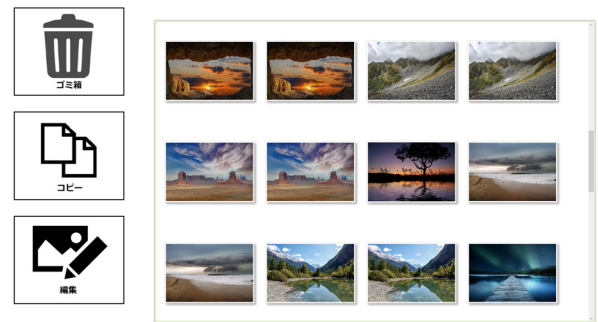


図1 メイン画面



図2 閲覧画面



図3 編集画面

2, 3はそれぞれメイン画面、閲覧画面、編集画面を示している。メイン画面に列举される画像群について、操作訓練や本番実験で使用する画像は1枚、その他特に操作を行わない画像については2枚並べている。評価実験において操作する画像を見つけやすくし、間違えて他の画像を操作しないようにするためである。

本システムではいつどの操作を行ったかについての操作ログを記録する。これを用いて、各操作にかかった時間と誤操作の回数を調べる。

3.2 定義する機能と操作方法

システム全体として定義する機能は12個である。表1にシステムにおいて定義する機能と各機能の操作方法を示す。

メイン画面において定義する機能は表1の「1. 画像ド

表 1 画像管理システムにおいて定義する機能（視線入力とハンドジェスチャを併用した操作の場合）

定義する機能	操作方法
1. 画像ドラッグ操作	選択したい画像の上にカーソルを置き、その状態で手をグーの形にしてその手を動かし、ドロップしたい位置で手をパーの形にする
2. スクロール操作	画像が並んでいるボックスの上もしくは下の端にカーソルを置き続けることでその方向にスクロールする
3. 閲覧画面遷移操作	選択したい画像の上にカーソルを置き、その状態で親指と人差し指を伸ばし続ける
4. 画像切り替え操作	画面の左端（右端）にカーソルを置き続けることでフォルダ内の前（後）の画像に切り替わる
5. 閲覧画面終了操作	人差し指と小指を伸ばし続ける
6. パネルクリック操作	各パネルの上にカーソルを置き、その状態で親指と人差し指を伸ばす
7. ドローイング操作	鉛筆もしくは図形のパネルをクリックした後、画像上にカーソルを置き、その状態で親指と人差し指を伸ばしながら手を移動させる
8. 拡大縮小操作	画像上の拡大したい部分にカーソルを置き、その状態で両手をグーにして手と手を近づけることで縮小し、手と手を離すことで拡大する
9. 画像移動操作	画像上にカーソルを置き、その状態で手をグーにしてその手を移動させる
10. 保存操作	両手の人差し指と中指を伸ばすことで保存パネルが表示され、保存もしくはキャンセルのパネルをクリックする
11. 編集画面終了操作	両手の人差し指と小指を伸ばし続ける
12. カーソル移動操作	視線位置にカーソルが表示される

ラッグ操作」から「3. 閲覧画面遷移操作」までである。閲覧画面において定義する機能は「4. 画像切り替え操作」、「5. 閲覧画面終了操作」である。編集画面において定義する機能は「6. パネルクリック操作」から「11. 編集画面終了操作」までである。全画面に共通する操作は「カーソル移動操作」である。

4. 評価実験

本研究では、新しいインタラクションに慣れるための「操作訓練」とそのインタラクションに対してどの程度慣れの効果が得られたかを確かめるための「本番実験」を行う。操作訓練と本番実験は同じ日に行い、まず初めに本番実験を行った後に操作訓練を行う。操作訓練を終えた後では身体的な疲労がたまっていることが考えられ、それが影響してパフォーマンスが落ちる可能性があるからである。7回本番実験と操作訓練を行い、最後の訓練を終えた次の

表 2 視線入力とハンドジェスチャを併用した操作の内、ハンドジェスチャのみを用いた操作と異なる部分

定義する機能	ハンドジェスチャのみを用いた操作方法
4. 画像切り替え操作	人差し指のみを伸ばして画面に対して垂直方向に向けた状態で、人差し指を左（右）に向けてそのカーソルが画面の左端（右端）を超えるたびにフォルダ内の前（後）の画像に切り替わる。
12. カーソル移動操作	人差し指を伸ばした状態でその手を動かすことでカーソルが移動する

週に本番実験のみを行う。つまり本番実験は計8回行う。被験者は全部で4人である。

4.1 操作訓練

操作訓練は視線入力とハンドジェスチャを併用したシステムとハンドジェスチャのみを用いたシステムの2つにおいてインタラクションに慣れるために行うものである。週1回15分程度の訓練を7回行う。訓練の内容は視線入力とハンドジェスチャを併用したシステムを用いた訓練を2回、ハンドジェスチャのみを利用したシステムを用いた訓練を2回の計4回行う。訓練を行う順番は被験者2人はまず視線入力とハンドジェスチャを併用したシステムを2回行った後にハンドジェスチャのみを利用したシステムを用いた訓練を2回行う。残り2人はハンドジェスチャのみを利用したシステムを用いた訓練から先に行う。訓練の内容としては、本番実験で行う内容と操作量は類似するものの、扱う画像群は異なるものを使用する。

4.2 本番実験

本番実験では、視線入力とハンドジェスチャを併用した実験、マウス&キーボードを用いた実験、ハンドジェスチャのみを用いた実験の3つの実験を行う。マウス&キーボードを用いた実験を行う理由は一般的なコンピュータ操作に用いられるマウス&キーボードを用いた場合の操作時間を評価基準とするためである。各実験の内容は同一であり、操作方法のみが異なる。表2はその操作方法の置き換えについて示している。マウス&キーボード操作については一般的なファイル管理ソフトやペイントソフトで行う操作方法と同様のものに行っている。

本番実験の手順は、まず操作説明を行う。その後、実験者が本番実験と同様の内容のデモを行う。このデモの中で詳細な操作説明とデバイスのセンサ範囲と注意事項について説明する。ただし、2回目以降の本番実験では操作説明は省く。次に被験者に合わせて目のキャリブレーションを行う。キャリブレーションでは、正確に視点を算出するために被験者の目の特徴を計測し、その特徴に合わせて校正を行う。その後は本番実験と同様の手順内容で各操作方法

についてそれぞれ1回操作練習を行う。それから、被験者の半分の方にはまず初めに視線入力とハンドジェスチャを併用した実験を、次にマウスを用いた実験、最後にハンドジェスチャのみを用いた実験を行う。残りの半分の被験者の方には逆の順番で実験を行う。それは後に行う実験の方が多少はハンドジェスチャの操作を覚えて理解していることが予想されるからである。本番実験の最後にアンケートを行う。本番実験を行う際は、実験者は基本的に助言や指摘は行わず、実験の手順内容を指示するのみとする。

各操作方法における実験内容は、指定された異なる画像3枚について、まず初めに1枚目をコピーして、2枚目を削除し、3枚目を閲覧した後編集を行う。3枚目の画像における編集操作では、指定された色と太さで鉛筆もしくは図形を画像に張り付ける操作を3回行い、最後に保存をしてメイン画面に戻る。

4.3 実験結果

評価実験は4人の被験者の方々に持ってもらった。以下評価実験において視線とハンドジェスチャを併用した操作を先に行う2人をA、Bとし、ハンドジェスチャのみの操作を先に行う2人をC、Dと表記する。実験参加者の年齢は20代、性別は全員男性、利き手は全員右手であった。

まず1回目の評価実験を行った際に、実験内容が書かれた手順書を渡して読みながら行うように指示したところ、手順を途中で覚えたからと読まずに手順を間違える事態が多発した。そこで2回目以降の実験では手順書を実験者が読み上げて被験者にはそれに従って操作してもらうことにした。

本番実験で得られた操作ログについて調べた。図4, 5, 6は全8回の本番実験の中で各操作方法においてかかった時間の推移を示している。先に示した通り、1回目の本番実験では手順書を読みながら行ったこともあり、操作に大幅に時間がかかった。2回目の本番実験では視線とハンドジェスチャを併用した操作においては平均3分程度、ハンドジェスチャのみの操作においては平均3分30秒程度であった。最終的に8回目の本番実験では視線とハンドジェスチャを併用した操作においては平均1分50秒程度、ハンドジェスチャのみの操作において平均1分40秒程度であったことから、どちらの操作も1, 2回目の本番実験から平均1分以上短くなった。

次に図7, 8は全8回の本番実験の中で各操作方法において誤操作した回数の推移を示している。1回目の本番実験では30回から100回程度誤操作しているが、2回目は多くの方が10回、20回程度の誤操作であった。最終的にはどちらの操作も10回程度の誤操作であった。

各ジェスチャやシステムの評価に関するアンケートは「非常にそう思う(5点)」、「そう思う(4点)」、「どちらで

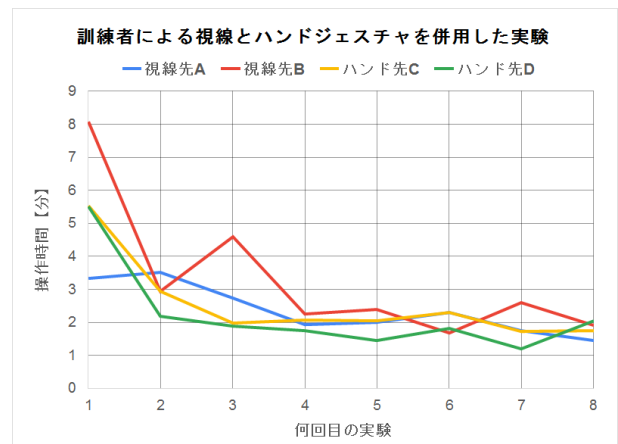


図4 各本番実験にかかった時間(視線とハンドジェスチャを併用した操作)

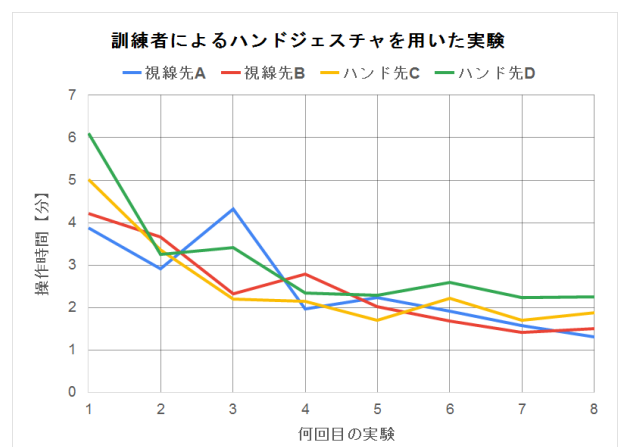


図5 各本番実験にかかった時間(ハンドジェスチャ操作)

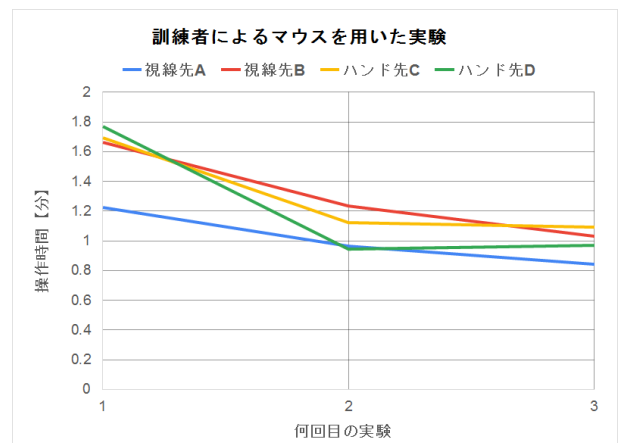


図6 各本番実験にかかった時間(マウス&キーボード操作)

もない(3点)」、「あまりそう思わない(2点)」、「全くそう思わない(1点)」の5段階評価で回答してもらった。表3, 4, 5は本番実験後のアンケートにおいて「実験において腕は疲れましたか?」、「実験において目は疲れましたか?」と各操作方法について聞いた時のアンケート結果の推移を示している。ハンドジェスチャのみの操作の場合では、1回目の実験においては腕の疲労を感じた方が多かったが最

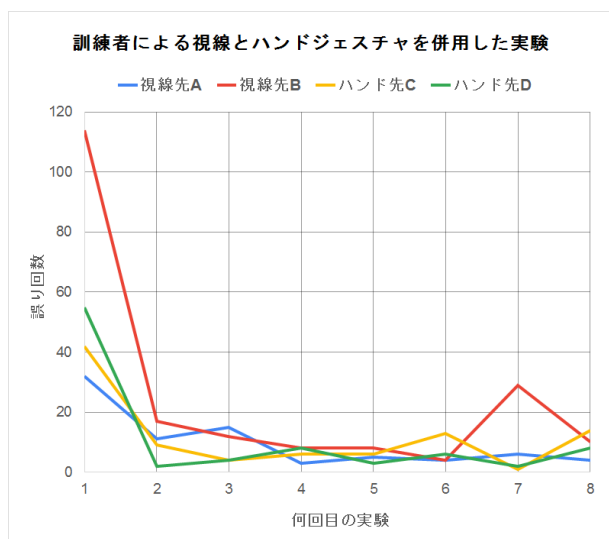


図 7 各本番実験で誤操作した回数（視線とハンドジェスチャを併用した操作）

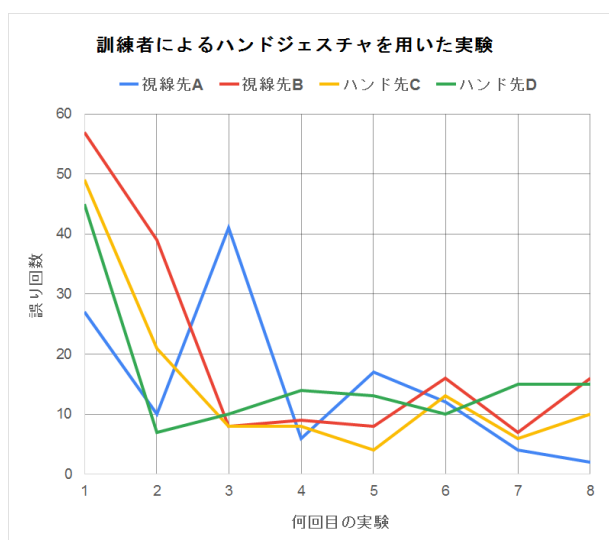


図 8 各本番実験で誤操作した回数（ハンドジェスチャ操作）

表 3 腕の疲労の推移（視線とハンドジェスチャを併用した操作）

実験	被験者			
	A	B	C	D
1 回目	4	2	1	4
4 回目	3	4	2	1
8 回目	3	2	1	1

最終的には腕の疲労を感じなくなった方が 2 人いた。視線とハンドジェスチャを併用した操作の場合では、本番実験を回数こなしても腕や目の疲労の感じ方に差がない方がほとんどであった。

5. 考察

実験結果から仮説 1 の通り、操作訓練と本番実験を数回こなすことで 1, 2 回目よりも操作時間が短くなった。しかし、回を重ねるごとに操作時間が短くなるわけではなかつ

表 4 腕の疲労の推移（ハンドジェスチャ操作）

実験	被験者			
	A	B	C	D
1 回目	4	2	4	4
4 回目	3	4	2	1
8 回目	3	2	1	1

表 5 目の疲労の推移（視線とハンドジェスチャを併用した操作）

実験	被験者			
	A	B	C	D
1 回目	4	2	1	2
4 回目	3	3	1	1
8 回目	3	2	1	1

た。それは誤操作が起こったときにはその修正に時間がかかるからである。8 回目の本番実験において視線とハンドジェスチャの併用した操作とハンドジェスチャのみの操作のどちらの場合も、マウスと比較すると 40, 50 秒程度多い結果となっている。これは各ジェスチャには約 1 秒以下の判定時間があることと、誤操作が数回程度起きていたためである。

仮説 2 の通り、操作訓練と本番実験を数回こなすことで誤操作の回数が少なくなった。しかし、回を重ねるごとに誤操作が少なくなるわけではなかった。操作方法を理解したつもりでも手の形が曖昧な場合、例えば指の曲げ方が甘い場合には誤操作が起きている。8 回目の本番実験において視線とハンドジェスチャの併用した操作とハンドジェスチャのみの操作のどちらの場合も 10 回程度の誤操作があった。一部のジェスチャについて誤操作が特に多く起こっていたため、ジェスチャの判定方法を変えることで誤操作が減る可能性がある。

仮説 3 の通り、腕の疲労について、操作訓練と本番実験を数回こなすことでハンドジェスチャのみの操作の場合は腕の疲労が少なかったと感じる方が多かったが、視線とハンドジェスチャを併用した操作の場合はあまり変化はなかった。これはハンドジェスチャのみの操作の場合は特に手を多用するため、1 回目の本番実験においては疲労の度合いが大きかったが、数回の操作訓練と本番実験をこなすことで、円滑に操作ができるようになり、腕を使う時間が減ることで疲労を感じにくくなったと考える。そもそも視線とハンドジェスチャを併用した操作の場合は、視線のみの操作があり、手を休めることができる時間もあるため、操作訓練と本番実験をこなす前の 1 回目の本番実験から疲れをあまり感じない人が見られた。また目の疲労に関してはあまり差は見られなかったことから、視線操作を覚えて理解した場合であっても目の疲労の感じ方にあまり差はないのではないかと考える。

これらの結果から、今回の評価実験において一定の慣れの効果は得られたと考える。ほとんどの操作方法を勘違い

することなく、短い時間で覚えられている方が多く、操作説明も適切であった。ただ一部の操作の説明が適切ではなかったため、被験者が操作方法を勘違いする事態が起こった。そのため、事前実験を行い、システムや操作方法に関する説明に勘違いする部分や誤操作が起きやすい操作がないことを確認し、修正する必要があった。

ただ今回開発した画像管理システムには問題がある。それは操作が失敗したときに、手の形や動かし方に問題があるのか、それとも手と Leap Motion の位置関係に問題があるのかが分からないことである。そのためシステムをどのように改善すべきかが分かりづらかった。デバイスのセンサ範囲は非常に重要であり、手と Leap Motion の位置関係によっては認識がうまくいかないことが多いが、それを常に気を付けている被験者はほとんどいなかった。改善案として、操作訓練のときだけでも、操作を行っている最中に手と Leap Motion の位置関係は良いのかどうかや、手の形がどのように認識されているかを画面内に表示する方法がある。もしくは、操作説明書以外にもシステムやデバイスに関する取扱説明書を渡してそれを読んでもらう方法がある。

今回の評価実験では、実験の間隔が1週間に1回であったために操作時間や誤操作の回数が安定して減らなかった可能性がある。実験の間隔を狭めることで慣れの効果がより発揮されるのではないかと考える。

6. おわりに

本研究ではインタラクションにおける慣れの効果の調査を行うために、「視線入力とハンドジェスチャを併用したインタラクション」と「ハンドジェスチャによるインタラクション」を設計し、それを利用したシステムをそれぞれ開発した。それらを一定の期間4人の方々に使ってもらい評価実験を行なった。結果として、各操作方法において複数回操作訓練と本番実験を行うことで、操作時間や誤操作の回数が減り、一定の慣れの効果は得られることがわかった。ただ7回の操作訓練と本番実験を重ねた状態においても10回程度の誤操作が残る結果となった。そのため、事前実験を行うことでシステムの改善や実験の再設計を行えばより慣れの効果が得られると考えられる。今後は慣れの評価方法に関する考察と、慣れに必要な実験の設計を行う予定である。

謝辞 実験に協力してくださった方々に深謝する。

参考文献

- [1] Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N. and Diakopoulos, N : Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (6th Edition), pp.33-35, Pearson, (2016).
- [2] 木戸 瑛一, 天早 健太, 杉原 慶哉, 中道 上, 渡辺 恵太 : 車内システムにおける非接触操作に対する慣れの検証, イン

タラクション 2018, pp.191-196, (2018).

- [3] 佐藤稔久 : ユーザの利用経過を考慮した情報機器の高齢化対応インターフェースに関する研究, 博士論文, 慶應義塾大学, (2005).
- [4] 菊池 英明, 北村 泰司, 本島 嘉朗, 山田 哲史, 宮澤 幸希, 白勢 彩子 : 音声インタフェース評価における慣れの影響の分析, 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理, Vol.67, pp.97-102, (2007).
- [5] 原 直, 白勢 彩子, 宮島 千代美, 伊藤 克亘, 武田 一哉 : 音声対話インタフェースの長期利用時における学習効果の評価, 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理, Vol.55, pp.17-22, (2005).