

# ジェスチャ入力における決定操作の検証

指導教員 藤岡 伸子 教授

宮井 智尋

## 1. 研究の背景と目的

入力デバイスを必要とせず身体のみで機器を操作する「ジェスチャ入力」が一般家庭にも広く普及し始めていることは、ゲーム用ジェスチャ入力機器である Kinect(Microsoft 社)が、2013 年 2 月に世界累計売上台数 2400 万台を記録したことから明らかである。既往の研究<sup>1)</sup>より、ジェスチャ入力においてマウスカーソル操作でのマウスクリックに対応する「決定操作」が、操作の効率を低下させていることが分かっている。既往の研究では 2011 年当時主流であったアイコン上で一定時間待機する決定操作が用いられているが、現在のジェスチャ入力用アプリではより多様な決定操作が用いられている。しかし、それぞれの開発元が独自の基準で選定した決定操作であり、使用シーンに適した決定操作であるか十分な検証はされていない。本研究は、既存のアプリで用いられている決定操作を調査、分類し比較する事でそれぞれの決定操作の特性と、それぞれの特性にあった使用シーンを明らかにすることを目的として行う。また合わせて、使用シーンごとで異なった決定操作を用いた操作の有効性の検証も行う。

## 2. 基礎調査

**2-1. 決定操作調査** 基礎調査として PC ジェスチャ入力デバイスである LeapMotion(LeapMotion 社)アプリ 38 種、KINECT ゲーム 22 種の決定操作の調査を行った。調査の結果、以下の 6 種類の決定操作が見られた。決定操作の内訳を図 1 に示す。

「待機」アイコン上でカーソルを一定時間待機させる。「指を下げる」指を伸ばし一旦下げ元に戻す。「押す」指を画面に向けて押す。所定の境界線を指が超えた時に決定操作が完了する(距離)と移動の加速度を検知する(加速度)の二種類が見られた。尚、(加速度)は一例のみであった。「腕を上げる」片腕をあげる。Kinect でのみ見られた。「スワイプ」腕や手をアイコン上で端から端へと左右にスワイプする。「握る」アイコン上で手を開いた状態から握る。

**2-2. フィードバック調査** LeapMotion アプリ 38 種、Kinect ゲーム 22 種の決定操作に対するフィードバックの調査を行った。調査の結果、5 種類のフィードバックが見られた。数が多かった以下の 2 種類について詳しく述べる。

「円形ゲージ(カーソル)」-「待機」へのフィードバック：円形のカーソルに沿ってゲージが表示される。

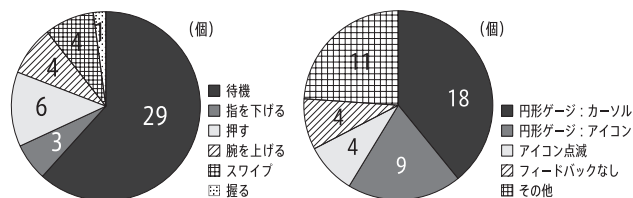


図 1 決定操作内訳



図 2 フィードバック内訳



図 3 フィードバック例

「円形ゲージ(アイコン)」-「待機」へのフィードバック：円形のアイコンに沿ってゲージが表示される。

内訳を図 2 に、フィードバックの例を図 3 に示す。調査の結果、「待機」では円形ゲージによるフィードバックが一般的であり、その他の決定操作では統一されたフィードバックがないことが分かった。

**2-3. アイコン調査** LeapMotion アプリ 38 種のアイコンの調査を行った。アイコンを画面内の構成比から大、中、小の三種類に分類し、それぞれアイコンの縦横の長さを計測した。それぞれの大きさ(面積)と縦横比の平均をとった結果、アイコン大は 420px × 210px、アイコン中は 215px × 100px、アイコン小は 50px × 50px となった。尚、アイコン小では円形が最も多かったため、円形とした。抽出し調査したアイコンの数はアイコンサイズ大が 10 個、中が 26 個、小が 19 個であった。

## 3. 実験 I 実験計画

**3-1. 実験概要** 実験 I は各決定操作の特性を明らかにすることを目的として行った。被験者に 3-3 で述べる決定操作で 2 種類のタスクを遂行させた。評価項目として正確性、精密性、迅速性、疲労感、印象の 5 種類を設定した。詳細を表 1 に示す。

**3-2. 実験装置** 実験装置の配置を図 4 に示す。使用したセンサは Leap Motion であり、これを Processing を用い制作したプログラムで処理し実験を行った。Leap Motion は両手の指の XYZ 軸の座標を取得することができる。画面サイズ 1280px × 800px、フレームレート 60FPS で実験を行った。

**3-3. 実験対象** 基礎調査より 5 種類の決定操作を抽出し、実験対象とした。以下に詳細を示す。

「押す(距離)」境界線の手前から奥行方向に指を真っすぐ画面側に動かし、境界線を越えることで決

表 1 評価項目

正確性	決定操作を行う際にジェスチャが正確に認識されるか
精密性	ねらった箇所で精密に決定操作を行う事ができるか
迅速性	素早く迅速に決定操作を行うことができるか
疲労感	決定操作を行う事による肉体的疲労感
印象	決定操作を行うためのジェスチャが周りに与える印象

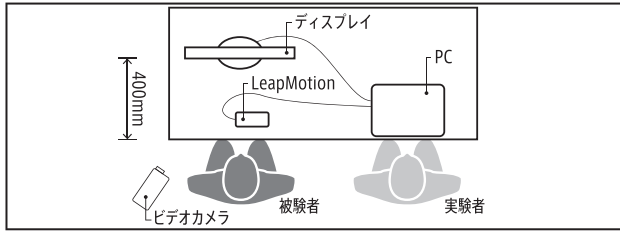


図 4 実験装置 配置図

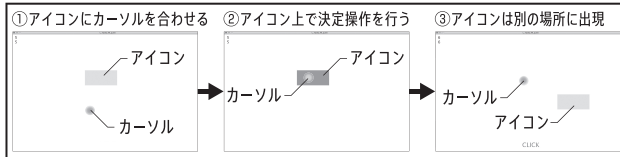


図 5 タスク A 流れ

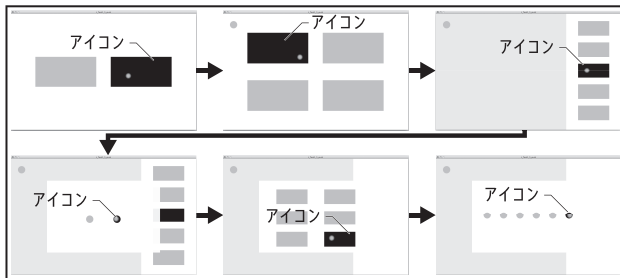


図 6 タスク B 流れ

表 2 抽出ワード

未来的な	←→	古典的な	面白い	←→	退屈な
日常的な	←→	不審な	優しい	←→	攻撃的な
格好いい	←→	ダサい	大きな	←→	小さな
のんびりとした	←→	慌ただしい	スタイリッシュな	←→	野暮ったい
直感的な	←→	分かりにくい	かわいい	←→	気持ち悪い

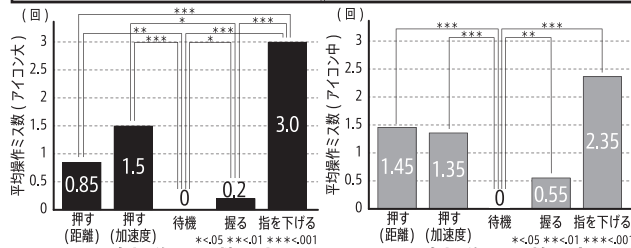


図 7 平均操作ミス数 (大)

図 8 平均操作ミス数 (中)

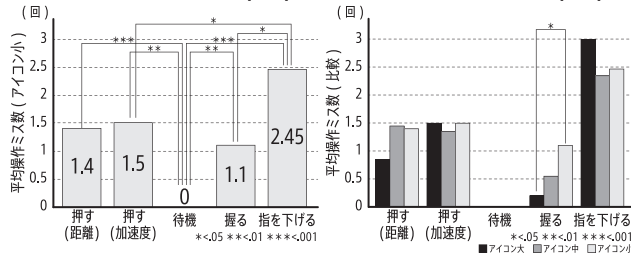


図 9 平均操作ミス数 (小)

図 10 平均操作ミス数 (比較)

定操作を行う。「押す (加速度)」奥行方向に指を真っすぐ一定速度以上で画面側に動かすことで決定操作を行う。「待機」アイコン上にカーソルを合わせ 1.5 秒間待機することで決定操作を行う。「指を下げる」指を真っすぐ下に曲げ、また元に戻すことで、元に戻った位置で決定操作を行う。「握る」指を 5 本開いた状態で手を握り込むことで中指のカーソル位置で決定操作を行う。尚、「腕を上げる」「スワイプ」

は使用環境にそぐわなかったため除外した。

3-4. タスク設定 それぞれのタスク終了後に主観評価を行った。【タスク A】タスク A では被験者にランダムな位置に 2.5 秒間 (待機では 3.5 秒間) 表示されるアイコン上で決定操作を行わせ、それを各条件ごとに 20 回ずつ繰り返させた。決定操作を行う、もしくは 2.5 秒間経過するとアイコンは消え、次のアイコンが表示される。被験者にはできるだけ正確に操作を行うよう指示した。被験者が決定操作のジェスチャを行ったがジェスチャが認識されなかった「操作ミス」と、ジェスチャは正しく行えたがカーソルがアイコンから外れていた「操作ズレ」の回数をそれぞれ計測した。「操作ミス」は正確性、「操作ズレ」は精密性の検証である。決定操作の試行回数は、決定動作が正しく認識されたか否かによらず 20 回とした。図 5 に操作の流れを示す。【タスク B】タスク B では、迅速性の検証を行った。アイコン大、中、小が混合した一連の操作フローを各決定操作ごとに 4 回ずつ行い、それぞれタスク完了時間を計測した。被験者にはできるだけ迅速に操作を行うよう指示した。図 6 に操作の流れを示す。

3-5. 印象評価 タスク A、タスク B 終了後に、各決定操作の印象評価を行った。事前調査として、被験者に決定操作を行う様子を見て思い浮かんだワードを制限なく記入させた。事前調査から 10 個のワード対を抽出し、5 段階の評定尺度法により各決定操作の印象評価を行った。ワード対を表 2 に示す。

3-6. アイコン表現調査 合わせて各決定操作に対するアイコンの表現方法の調査を行った。植松ら (1991) の手法<sup>2)</sup>を参考とし、被験者に操作の様子を提示し、各操作を行った事に対するフィードバックとして適切な語句を数に制限なく記入させた。

#### 4. 実験 I 結果と考察

4-1. タスク A 各計測結果は有意水準 5% で多重比較することにより有意差の検定を行った。

操作ミス数のアイコン大、中、小での結果を図 7、8、9 に示す。「待機」はジェスチャの動きを必要としないため、その性質上操作ミス数は 0 となった。アイコン大で「指を下げる」は「押す (加速度)」以外との間に有意差が認められた。「指を下げる」ではジェスチャの行程が多い点が操作ミスに繋がったと考えられる。一方で「握る」は「押す (距離度)」以外との間に有意差が認められ優位な結果となった。「握る」は決定操作の条件として座標の移動ではなく指の数を用いているため認識が容易で、操作ミスが少なかったためと考えられる。アイコンサイズごとの結果の比較を図 10 に示す。比較において、「握る」のアイコン大と小との間でのみ有意差が認められた。これはアイコン小において、画面の左右

の端に近い場所にアイコンが表示された場合に、小指もしくは親指がセンサの読み取り位置を外れて不具合が起こったためだと考えられる。よって操作ミス数とアイコンサイズの間に関連関係はないと言える。以上より、正確性の項目において、「待機」と「握る」は優れ「指を下げる」は劣る結果となった。

操作ズレ数において、操作ミス数によってセンサが認識した有効な試行回数に被験者によって差があるため、「(操作ズレ数) / (20 - 操作ミス数)」で算出した操作ズレ率を用い比較した。操作ズレ率のアイコン大、中、小での結果を図11、12、13に示す。アイコン大ではズレ率は最大でも2.9%であり、アイコン大においては全ての決定操作で精密性は高いと言える結果となった。アイコン中では「待機」はすべての決定操作との間に有意差が認められた。他の決定操作ではポインティング後のジェスチャで操作ズレが起こる事が多かったことが原因だと考えられる。アイコン小では「押す(距離)」は44.1%、「押す(加速度)」「握る」「指を下げる」はいずれも20%近くと高い結果となり、アイコン小における精密性は「待機」以外では十分でないことが分かった。アイコンサイズごとの結果の比較を図14に示す。ほとんどの決定操作でアイコンサイズが小さくなる程、結果が悪化する傾向が見られた。

主観評価：操作による肉体的疲労感の結果を図15に示す。「握る」と「待機」は結果が悪く、「押す(加速度)」が良い結果となった。

**4-2. タスク B** タスク完了の平均時間を図16に示す。「押す(距離)」と「押す(加速度)」以外の組み合わせですべて有意差は認められた。以上より、「握る」>「押す(加速度)」、「押す(距離)」>「指を下げる」>「待機」の順で迅速性が優れていることが明らかとなった。主観評価での迅速性の結果を図17に示す。「押す(加速度)」が最も評価が高く、「待機」が最も低くなったことから実際の操作時間と迅速性の主観評価の間には相関があると言える。

**4-3. 印象評価** 印象評価の結果を図18に示す。「待機」は印象が悪く、「指を下げる」は良い結果となった。「握る」は新規性があり面白いが、大きさであり受け入れづらいものであるという結果となった。

**4-4. 決定操作の考察** アイコンサイズごとに、使用に適した決定操作を検証する。アイコン中において、「握る」「押す(加速度)」は正確性・精密性・迅速性ともに十分であるため、アイコン中における決定操作として適切であると言える。しかし、「握る」は疲労感及び印象において悪い評価であるため、使用頻度の高いアイコン中の決定操作としては「押す(加速度)」がより適切であると言える。アイコン小において、精密性は「待機」以外の項目で十分では

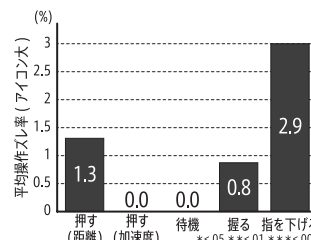


図11 平均操作ズレ率(大)

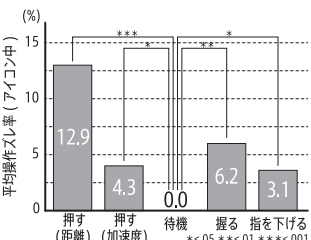


図12 平均操作ズレ率(中)

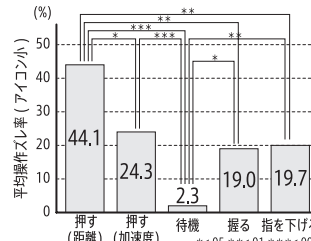


図13 平均操作ズレ率(小)

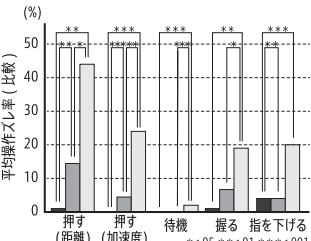


図14 平均操作ズレ率(比較)

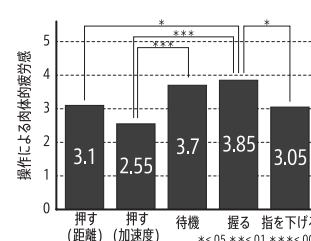


図15 操作による肉体的疲労感

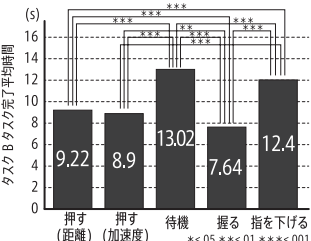


図16 タスク完了平均時間

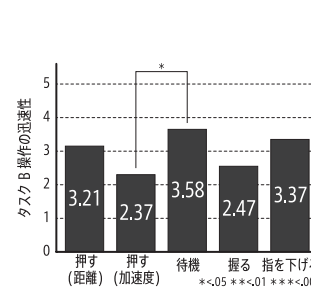


図17 タスク B 操作の迅速性

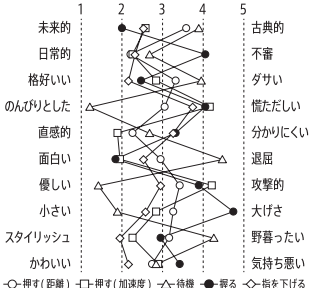


図18 平均プロフィール

表3 決定操作別アイコン表現

	押す(加速度)	握る	待機
抽出ワード	へこむ	くしゃくしゃになる, つかむ	ためる, ゲージ
アイコン大			×
アイコン中			×
アイコン小			

なく、適切ではない。よってアイコン小においては「待機」が適切である。アイコン大において、迅速性・正確性においては「握る」が最も優位であり、アイコン大の決定操作としては「握る」が適切である。

**4-5. アイコン表現調査の結果** アイコン表現調査から得られたワードとそこから制作したアイコンを表3に示す。20名に対しアイコンからどの決定操作を想起するか聞き取り調査を行った結果、19名が正しくアイコンと決定操作を結びつける事ができた。

**5. 実験 II 実験計画**

**5-1. 実験概要** 実験 II はアイコンサイズごとに決定操作を変えた組み合わせの操作の検証を行った。組み合わせの詳細は 5-2 で述べる。使用した実験装置とその配置は実験 I と同様である。

**5-2. 実験対象** 各アイコンサイズに対する決定操作

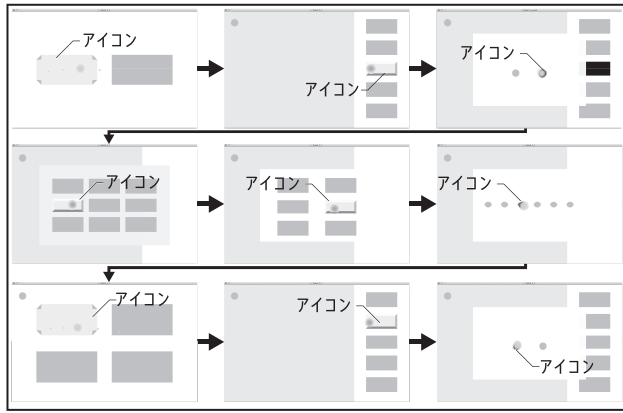


図 19 実験II流れ

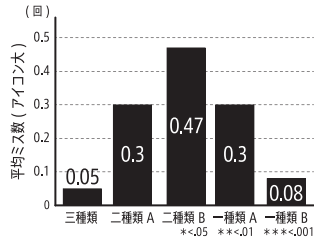


図 20 平均操作ミス数 (大)

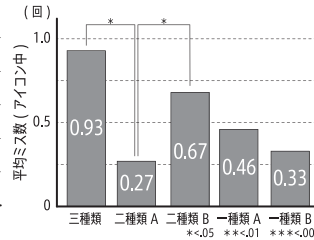


図 21 平均操作ミス数 (中)

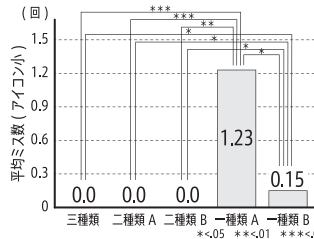


図 22 平均操作ミス数 (小)

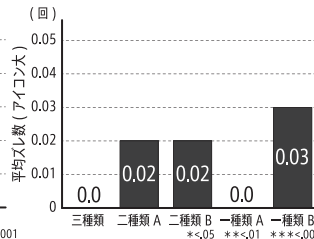


図 23 平均操作ズレ数 (大)

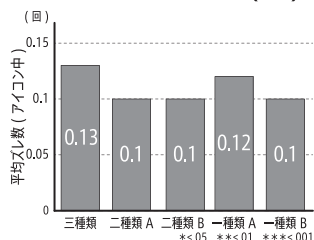


図 24 平均操作ズレ数 (中)

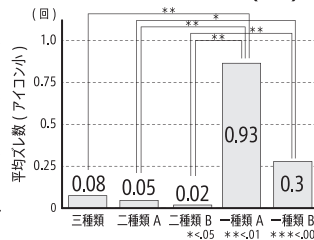


図 25 平均操作ズレ数 (小)

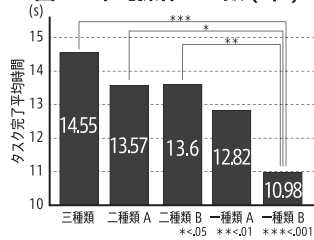


図 26 タスク完了平均時間

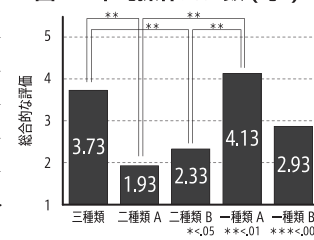


図 27 総合的な評価

として、4-4 に示した組み合わせが適することが明らかとなったが、今回は比較のため以下の 5 種類の組み合わせの検証を行った。組み合わせの表記は、「名称：アイコン大の決定操作 - アイコン中の決定操作 - アイコン小の決定操作」である。「三種類：握る - 押す (加速度) - 待機」「二種類 A: 握る - 握る - 待機」「二種類 B: 押す (加速度) - 押す (加速度) - 待機」「一種類 A: 押す (加速度) のみ」「一種類 B: 握るのみ」。

5-3. タスク設定 アイコンサイズ大・中・小が混合した一連の操作フローを各決定操作ごとに計 4 回行い、操作ミス数、操作ズレ数、タスク完了時間を計測した。図 19 に操作の流れを示す。

## 6. 実験 II 結果と考察

6-1. 計測結果 アイコン大、中、小での操作ミス数の結果を図 20、21、22 に示す。アイコン大において全ての組み合わせで有意差は見られず、正確性は十分だと言える。アイコン中において「押す (加速度)」を用いた操作は悪い結果となり、「二種類 A」が良い結果となった。アイコン小において「待機」を用いた組み合わせは結果が 0 となった。また「押す (加速度)」を用いた「一種類 A」は悪い結果となった。「押す (加速度)」は正確性に欠けることが分かった。

アイコン大、中、小での操作ズレ数の結果を図 23、24、25 に示す。アイコン大でのズレ数は最大となった「一種類 B」で 0.03 回、アイコン中では「三種類」で 0.13 回となり、アイコン大、中では全ての決定操作で精密性は高いと言える。アイコン小では「一種類 A」と「待機」を用いた組み合わせの間に有意差が認められ、「待機」を用いた組み合わせは優位な結果となり精密性が高いことが分かった。

タスク完了時間の結果を図 26 に示す。実験 I で迅速性が最も高い評価となった「握る」一種類のみの場合が最も迅速に操作を行えることが分かった。

主観評価: 総合的な評価の結果を図 27 に示す。「二種類 A」「二種類 B」と「三種類」「一種類 A」の間でそれぞれ有意差が認められた。アイコン小で「待機」を用いた組み合わせの評価が高い結果となった。

6-2. 組み合わせの考察 正確性で「二種類 A」が、精密性で「二種類 A」「二種類 B」が、迅速性で「一種類 B」が、総合的な評価で「二種類 A」「二種類 B」が良い評価となった。迅速性以外の全ての項目でアイコン小で「待機」を用いる「二種類 A」「二種類 B」が良い評価となった。「三種類」は自由記述より、三種類を使う煩雑さから評価を落としたことが分かった。以上より、今回設定した組み合わせでは「二種類 A」が最も評価が高くなり、複数の決定操作を用いる操作の有効性が示された。

## 7. 結論

基礎調査より分類した決定操作の内、「待機」は正確性、精密性は高いが迅速性の点で課題があった。一方、「押す (加速度)」「握る」は迅速性に優れるが、アイコン小での精密性に欠けることが明らかとなった。また、アイコン小で「待機」を用い、アイコン大、中で「握る」の二種類を用いた組み合わせでの操作が有効であることが分かり、複数の決定操作を使い分ける操作方法が有効である事が分かった。複数の操作を用いる事による精神的疲労や使用する決定操作数の上限を探ることと、アイコンサイズ以外の使用シーンでの検証を行うことが今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 宮井智尋「身体をコントローラとした操作方法の研究」(名古屋工業大学建築・デザイン工学科 2011 年卒業論文概観集, 2011.12)109-110
- 2) 植松高史, 森本一成, 西村 武「アイコンのアフォーダンスに関する検討」(テレビジョン学会年次大会講演予稿集 (27), 1991.07)197-198