

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 11 月 14 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350009

研究課題名(和文) 視覚障がい者のスマホ向け“フルフル”振動インタフェースの利用実験に基づく開発

研究課題名(英文) Utilizing Haptic Feedback to Improve Touchscreen Operations

## 研究代表者

久保 雅義 (KUBO, MASAYOSHI)

京都工芸繊維大学・その他部局等・教授

研究者番号：20379069

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：近年、タッチパネル搭載携帯機器が急激に増加し、触覚的な操作感の薄れにより、誤操作の要因となることが指摘されている。本研究はこの課題に振動触覚コミュニケーション＝ハプティクス適応して解決するものである。本研究では、種々のハプティクスに対し、視覚障害者など多様なユーザに共通する特定のイメージが存在することがわかった。加えて機器操作に適用すべき「ユニバーサル性のあるハプティクス参照モデル」を作成した。これは特許申請中である。さらに視覚障害者など多様なユーザに対して日常よく使う指操作に着目し、ハプティクス有効であることも確認した。

研究成果の概要(英文)：Utilizing Haptic Feedback to Improve Touchscreen Operations. In recent years, largely due to the widespread adoption of smartphone technologies wherein screens serve as both visual output and input devices, the use of tactical sensations, or haptic feedback, in the form of vibrations has increased as never before. Device makers employ feedback to enhance users' experiences, but it can have special applications for the visually and hearing impaired. Previous studies of haptic feedback focused on industrial settings and treated all users alike. The present study found that groups of subjects visualize specific images when provided with vibrations linked to finger operations. We also developed a tactile feedback reference model according to finger operations. This allows for more intuitive operations, regardless of users' characteristics, by enabling them to select a component of the vibration that evokes a specific impression.

研究分野：ユニバーサルデザイン

キーワード：ハプティクス タッチ操作 ユニバーサルデザイン

1. 研究開始当初の背景

近年、スマートフォンに代表されるタッチパネルを搭載した機器が増加している。入力装置と表示装置が一体となったタッチパネルは、直感的な操作が可能になった一方で、触覚的な操作感の薄れにより、誤操作の要因となることが従来から指摘されている。これに対し「操作に連動して発せられる触覚(振動)刺激」である触覚フィードバックの効果的な応用が期待されている。また、広範かつ高速な振動を生成可能な piezo 素子の普及が見込まれ、技術面に関しては、触覚フィードバックが受け入れられる土壌が整いつつある。こういった背景から、触覚振動刺激に着目し、触覚刺激による誤操作の防止や、触覚刺激が多様なユーザに対しある種のイメージが付与できるかということを検証する。

2. 研究の目的

本研究では、携帯情報端末の操作に連動した振動をユーザ(被験者)に与え、被験者に対して特定のイメージを与えることが可能かどうかを明らかにする。

テーマ 1 触覚フィードバックを構成する振動は「振幅」、「周期」、「振動時間」、「外形」となる立ち上がり時間、立ち下がり時間の 5 パラメータで規定される。まずこれらのパラメータの変化が、「健常若年者」、「高齢者」、「視覚障害者」、「聴覚障害者」4 者それぞれに対し、どのようなイメージを与えるかを実験的に検証し、次に 4 者の振動パラメータとイメージの関係を比較し共通性があるかを明らかにする。

テーマ 2 タッチ操作に加えスマートフォンでよく用いられている指操作を研究要件とし実装に向けたより細かい条件を検討する。①スマートフォンでよく用いられている指操作を選定。②振動パラメータの「変化」を知覚する組み合わせを選定する。③振動パラメータの変化が、ユーザ(健常若年者高齢者)に対し、どのようなイメージを与えるかを検証する。④ユーザに対して振動パラメータとイメージの相関を探りユーザ特有の差異・共通性があるかを明らかにする。

テーマ 3 スマートフォンでよく用いられている指操作をテーマ 2 のユーザに加えて視覚障害者、聴覚障害者、後期高齢者に広げてパラメータの変化がどのようなイメージを与え、ユーザ間の共通性や差異を考察し本研究のメインテーマであるユニバーサル性をさぐる。①動パラメータの変化が、各被験者に対して、どのようなイメージを与えるかの実験的な検証を行う。②3 者の振動パラメータとイメージの関係を比較することによる関係性・共通性の検証を行う。

3. 研究の方法

環境：実験装置としてはいずれも Galaxy S II (Samsung 社製) を用いた。これは、piezo 素子から生成される触覚刺激を実装でき

る携帯情報端末である。また、Galaxy S II と PC を接続し、Haptic Studio (PC 側) と Haptic Studio Bridge (携帯情報端末側) の 2 つのソフトウェアを用い、振動パターンを設定、生成し、実験を行った。各被験者には、端末を左右どちらかの手に持つよう教示した。なお関連文献によると、触覚は性別及び利き手、非利き手によって大きな違いはないとされているため各被験者が椅子に座った状態で、それぞれの振動刺激を与えた。実験環境の室温は、概ね 20℃~26℃で、被験者にとって快適な程度とした。また、実験の妨げない雑音の少ない部屋で行った。

被験者実験



図 1 テーマ実験装置・環境について

テーマ 1 実施期間：2013 年 11 月 14 日~12 月 17 日

・実施場所：京都工芸繊維大学構内・京都ライトハウス 京都市聴覚言語障害センター  
 ・実験対象：健常若年者 30 名・高齢者 30 名、視覚障害者 20 名・聴覚障害者 20 名

テーマ 2 実施期間：2014 年 12 月 14 日-2014 年 12 月 28 日

・実施場所：京都工芸繊維大学構内  
 ・実験対象：健常若年者 30 名 高齢者 20 名 (有効回答)

テーマ 3 実施期間：2015 年 12 月 19 日-2016 年 1 月 21 日

・実施場所：京都工芸繊維大学、社会福祉法人京都ライトハウス、一般社団法人京都府聴覚障害者協会  
 ・実験対象：健常若年者 23 名、視覚障害者 19 名、聴覚障害者 20 名、高齢者 20 名

テーマ 1：テーマ 1 では、1 操作につき、各パラメータの組み合わせから成る 8 種類の振動パターンを被験者に体験させ、9 の評価項目に関して回答をさせた。これを 7 操作繰り返した。

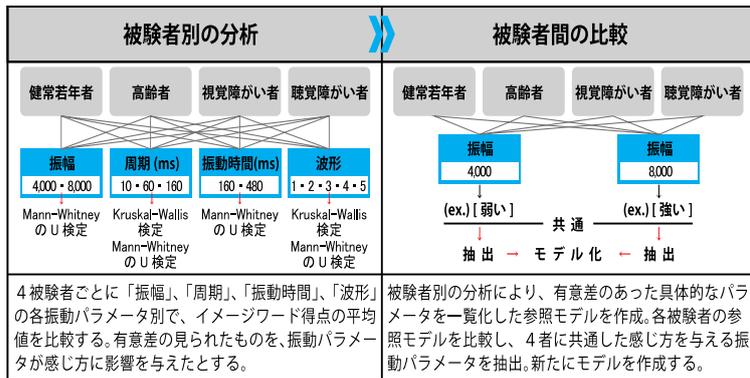


図2 本実験における分析フロー

本研究では、操作に連動して発生する振動について多様なユーザに対して共通したイメージを与えることが可能であることを明らかにした。

テーマ2：予備実験から、スマートフォンで用いられている主な操作を、観察評価・ヒアリングより選定する。その上で、ピエゾ素子搭載携帯情報端末に関し、振動パラメータを変化させ、操作に連動して発生させることで特定のイメージをユーザに与えることが可能かを明らかにする。(図3)

テーマ3：本研究では、テーマ2よりユーザ対象を広げ検証する。健常若年者と聴覚障害者には、シングルタップ、フリック上下左右方向、ピンチアウトを選定した。視覚障害者には、ダブルタップ、左右フリック、2本指タップ、2本指ダブルタップ、スプリットタップ、2本指フリック、3本指ダブルタップ、3本指フリック、4本指ダブルタップ、ローテート&上下フリックを選定した。(図4、図5)

#### 4. 研究成果

##### テーマ1

各被験者の操作における振動パラメータとイメージの関係性を一覧化した。「健常若年者」、「高齢者」、「視覚障害者」、「聴覚障害者」4者それぞれにおける、振動パラメータと感じ方の関係性を整理した。種々の操作に連動して発生する触覚刺激に対し、共通する特定のイメージが存在することがわかった。その中で、各被験者が主体となる機器操作に適用すべきハプティクスを容易に選択できる参照モデルを作成した。

##### テーマ2

ユーザである健常若年者、高齢者それぞれに9項目におけるイメージワード得点の平均値を、「振幅」、「周期」、「振動時間」、「外形」パラメータ別で比較した。その中で有意差が見られたものを、イメージワード(感じ方)に影響を与えた振動パラメータとし、具体的な数値を一覧化することで、各被験者における操作に応じた触覚フィードバック一覧表を作成した。

次に各操作に関して、前述した2者間の、触覚フィードバック一覧表を比較した。そして

2者に対し同様の影響を与える振動パラメータがあるかを検証した。比較の結果、7操作全てに関してパラメータを変化させた際、同様の影響を与えることがわかった。

##### テーマ3

本研究では、ユーザに共通したイメージを与える触覚フィードバックがあることを明らかにした。具体的には3者(高齢者、視覚障害者、聴覚障害者)の共通点をまとめた「同等の意味合いを持つ操作ごとにおける触覚フィードバック一覧表」を作成することで、触覚フィードバックの設定指針を示した。

①各被験者の操作における振動パラメータとイメージの関係性を一覧化した。

②視覚障害者には、他の2被験者に比べて「強さ」に関して影響を与えやすいことや、特定の操作に対して「戻る-進む」や、「減少する-増加する」など他の2被験者よりも広範であることが明らかになった。(図6~図10)

<引用文献>無

#### 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4件)

・A study of tactile feedback while operating touchscreen devices November 2015 Yuji Masuda, Kyoto Naoya Bessho, Masayoshi Kubo, IASDR 2015CD 査読有 10頁

・The study of the HAPTICS parameters relationship between the vibration and the Image about the mobile information devices Masayoshi KUBO\*, Yuji MASUDA\*\* and Syunta Aoshima ISASE2015 2015CD 査読有 10頁

・A Study to Develop a New System Allowing Visually Impaired People to Utilize Smartphones Masayoshi Kubo\*IASDR2013CD 査読有 11頁

他1件

[学会発表](計17件)

・A Study of tactile feedback while operating touch panel device 査読有 著者名: [Yuji MASUDA, Masayoshi KUBO, 他1名] 掲載誌名: 2015 Universal Design Symposium NCSTATE/ USA 同配布 Symposium 誌 発行元: NCSTATE/ USA 発表年月: 2015年3月

・Study on universal communication using sense of touch vibration HAPTICS 査読有 著者名: [Masayoshi KUBO Syunta Aoshima, 他1名] 掲載誌名: 2014IAUD CD10頁発行元: IAUD 発表年月: 2014年8月

・ハプティクスにおけるエヴァルゲーションへの活用可能性の研究 査読有 著者名 [久保雅義、青島駿太] 掲載誌名: 日本福祉のまちづくり学会第17回全国大会同 CD 6頁 発行元:

日本福祉のまちづくり学会 発表年月:2014年8月  
他14件

[その他]  
ホームページ等無

[産業財産権]

○出願状況(計1件)  
名称:振動提示装置及び電子機器  
発明者:久保雅義  
権利者:京都工芸繊維大学  
種類:特許  
番号:2014-213404  
出願年月日:2014/10/20 出願  
国内外の別:国内

6. 研究組織  
(1)研究代表者:久保雅義 (KUBO MASAYOSHI)  
京都工芸繊維大学・デザイン・建築学系・教授  
研究者番号:20379069

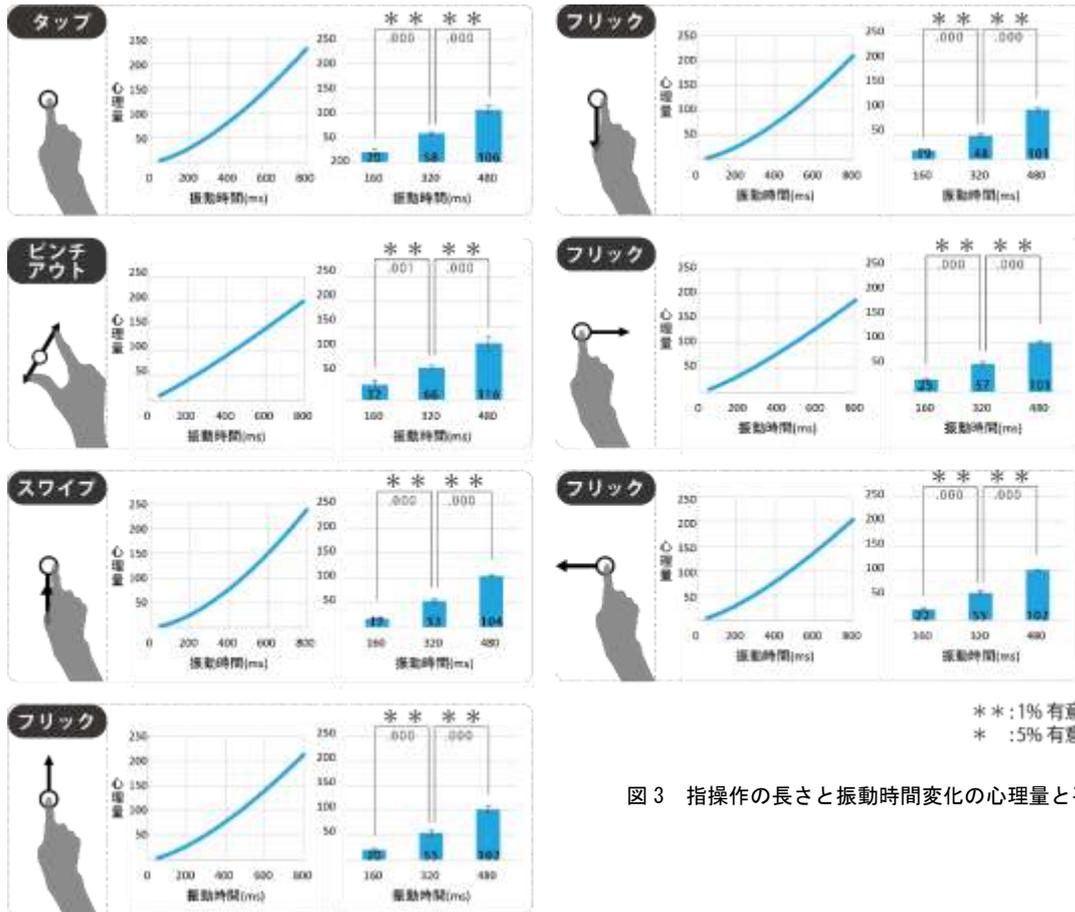


図3 指操作の長さや振動時間変化の心理量と平均ME値

	実行・決定	項目移動	画面把握・ページ送り	拡大	
視覚障害者	<p>ダブルタップ</p> <p>説明: 一本指でマウスのダブルクリックのように、連続して素早く画面を叩く。 用途: 選択中の項目を実行</p>	<p>スプリットタップ</p> <p>説明: 1本指で画面にダブルタップしたまま離さずに、もう一本の指の指先で画面をタッチ。 用途: 選択中の項目を実行</p>	<p>左右フリック</p> <p>説明: 一本指で右(左)方向に画面を強くように動かす。離す。 用途: 次の項目へ移動</p>	<p>3本指左右フリック</p> <p>説明: 3本の指で左(右)に画面を強くように動かす。離す。 用途: ページをスクロール</p>	<p>2本指上下フリック</p> <p>説明: 二本指で画面を上(下)に強くように動かす。離す。 用途: 全ての項目を読み上げる、画面縮小の以降</p>
聴覚障害者・健常若年者	<p>タップ</p> <p>画面上のアイコンなどを指先で軽く叩く操作。指定された動作を決定する際に用いられる。</p>	<p>左右フリック</p> <p>説明: 一本指で右(左)方向に画面を強くように動かす。離す。 用途: 次の項目へ移動</p>	<p>上下フリック</p> <p>説明: 一本指で上(下)方向に画面を強くように動かす。離す。 用途: 次の項目へ移動</p>	<p>ピンチアウト</p> <p>二本の指で画面を寄せ、その後の開く操作。拡大の操作。縮小や拡大など表示される画面の拡大に用いられる。</p>	

図4 実験で用いる指表一覧

視覚障害者 左右フリック	イメージワード	振幅	周期	振動時間	波形
	弱い - 強い	** (0.00)	** (0.00)		
短い - 長い				** (0.00)	** (0.00)
減少する - 増加する			* (0.02)	** (0.00)	** (0.00)
閉じる - 開く	* (0.02)			** (0.00)	** (0.00)
戻る - 進む				** (0.00)	** (0.00)
外形はクラスカルウォリス検定の有意差を示す。 ***p<0.01, *p<0.05					
視覚障害者 3本指左右フリック	イメージワード	振幅	周期	振動時間	波形
	弱い - 強い	* (0.017)			** (0.00)
短い - 長い				** (0.00)	** (0.00)
減少する - 増加する				** (0.00)	** (0.00)
閉じる - 開く				* (0.03)	
戻る - 進む					
外形はクラスカルウォリス検定の有意差を示す。 ***p<0.01, *p<0.05					
聴覚障害者 左右フリック	イメージワード	振幅	周期	振動時間	波形
	弱い - 強い	** (0.00)	** (0.00)		** (0.00)
短い - 長い	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
減少する - 増加する	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
閉じる - 開く	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
戻る - 進む	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
外形はクラスカルウォリス検定の有意差を示す。 ***p<0.01, *p<0.05					
健常若年者 左右フリック	イメージワード	振幅	周期	振動時間	波形
	弱い - 強い	** (0.00)			** (0.00)
短い - 長い	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
減少する - 増加する	** (0.00)			** (0.00)	** (0.00)
閉じる - 開く	* (0.04)	** (0.00)		** (0.011)	** (0.00)
戻る - 進む	** (0.00)	* (0.03)		** (0.02)	** (0.00)
外形はクラスカルウォリス検定の有意差を示す。 ***p<0.01, *p<0.05					

### 「項目移動」の操作における 推奨ハプティクスモデル一覧

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
弱い	小	60	-	GW・GS・T
短い	小	60	短	GW・GS・T
減少する	小	60	短	GW・GS・T
閉じる	小	60	短	GS・T
戻る	小	60	短	GW・GS・T
イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
強い	大	10	-	GS・S
長い	大	10	長	T・S
増加する	大	10	長	S
開く	大	10	長	S
進む	大	10	長	S

**太赤**は3者に対して、**太青**は視覚障害者と聴覚障害者、**太緑**は視覚障害者と健常若年者、**太黄**は聴覚障害者と若年健常者、**細青**は視覚障害者、**細緑**は聴覚障害者、**細黄**は健常若年者に対して特定の印象を抱かせるパラメータを示す。  
 小: 4000程度・大: 6000程度・短: 160ms程度・長: 320ms程度  
 GW: Gradually Weak(強さが徐々に小さくなる)・GS: Gradually Strong(徐々に大きくなる)  
 T: Triangle(大きくなった後、小さくなる)・S: Square(一定)  
 ハイフン(-)は任意のパラメータ

図5 項目移動の操作における推奨ハプティクスモデル

イメージワード	振幅	周期(ms)	振動時間	波形	イメージワード	振幅	周期(ms)	振動時間	波形
弱い	小	60・160	-	▲・▲	強い	大	10	-	■
小さい	小	60・160	-	▲・▲	大きい	大	10	-	■
短い	小	160	△短	▲	長い	△大	10	-	△
危険な	×	×	-	×	安全な	×	△10	-	×
低い	△小	△160	-	×	高い	△大	△10	-	△
暗い	小	△60・160	-	△▲・▲	明るい	大	10	-	△
遅い	小	×	-	△▲・▲	速い	大	10	-	△
近い	×	△10	△短	△	遠い	△小	△60	-	△
少ない	△小	△160	△短	▲	多い	大	10	△長	■
細い	小	60	-	▲・▲・▲	太い	大	10	-	■
嫌いな	小	60・160	-	△▲・▲	好きな	△大	△10	-	△
親しみのない	△小	×	-	△▲・▲	親しみのある	△大	△10	-	△
減少する	小	160	-	▲	増加する	大	10	-	■
停まる	×	△160	△短	×	進む	△大	△10	-	△
入れる	△小	△60・160	-	×	出す	△大	△10	△短	■
後退する	△小	△60	-	△	前進する	大	10	-	△
送信する	△小	△160	-	×	受信する	△大	△10	△短	△

小: 4,000程度・大: 8,000程度・短: 160ms程度・長: 480ms程度

波形1: ■・波形2: ▲・波形3: ▲・波形4: ▲・波形5: ▲

-: 任意のパラメータ △: 任意のパラメータと共通した特定のパラメータの組み合わせ  
×: 被験者同士で異なる特定のパラメータの組み合わせ

図6 ハプティクス参照モデル

イメージワード	振幅	周期(ms)	振動時間	外形
弱い	小	60	短	▲ (▲)
小さい	小	60	短	▲ (▲)
短い	-	60	短	▲ (▲)
減少する	小	-	短	▲
遅い	小	-	短	-
少ない	小	60	短	▲ (▲)
閉じる	-	-	-	-
戻る	小	-	短	-

イメージワード	振幅	周期(ms)	振動時間	外形
強い	大	10	長	■
大きい	大	10	長	■
長い	-	10	長	■
増加する	大	-	長	■ (▲)
明るい	大	-	長	-
速い	大	-	長	-
多い	大	10	長	■
開く	-	-	-	-
進む	大	-	長	■

図7 イメージワードと被験者の共通性について

緑色は健常者、黄色は高齢者に対し、特定の印象を抱かせるパラメータを示す  
 ×は、健常者・高齢者に対し、相反する印象を抱かせるパラメータを示す  
 小: 4,000程度・大: 8,000程度・短: 160ms程度・長: 480ms程度  
 外形1: ▲・外形2: ▲・外形3: ▲・外形4: ■  
 ※括弧内のパラメータも  
 -: 任意のパラメータ

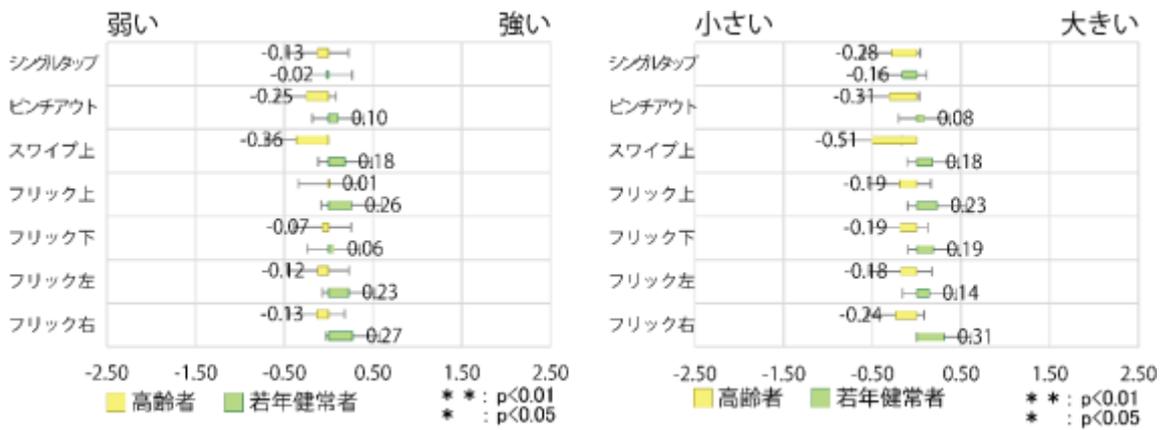


図8 本実験: 代表例指操作ピンチアウト

### 決定・実行

### 項目移動

### 拡大・縮小

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
弱い	小	60	短	GW・GS・T
短い	小	60	短	GW・GS・T
減少する	小	60	短	GW・GS・T
閉じる	小	60	短	T
戻る	小	60	—	GW・GS・T

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
弱い	小	60	—	GW・GS・T
短い	小	60	短	GW・GS・T
減少する	小	60	短	GW・GS・T
閉じる	小	60	短	GS・T
戻る	小	60	短	GW・GS・T

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
弱い	小	60	短	GW・GS・T
短い	小	60	—	GW・GS・T
減少する	小	60	短	GW
閉じる	—	60	—	—
戻る	—	60	短	GW・GS・T

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
強い	大	10	長	S
長い	大	10	長	S
増加する	大	10	長	GS・S
開く	大	10	長	GS
進む	大	10	—	S

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
強い	大	10	—	GS・S
長い	大	10	長	T・S
増加する	大	10	長	S
開く	大	10	長	S
進む	大	10	長	S

イメージワード	振幅	周期	振動時間	外形
強い	大	10	長	S
長い	大	10	—	S
増加する	大	10	長	S
開く	—	10	—	—
進む	—	10	長	S

★青は3者に対して、  
 ★青は視覚障害者と聴覚障害者、★緑は視覚障害者と健常若年者、  
 ★黄は聴覚障害者と若年健常者、  
 ★青は視覚障害者、★緑は聴覚障害者、★黄は健常若年者  
 に対して特定の印象をあたえるパラメータを示す。  
 小: 4000程度・大: 6000程度・短: 160ms程度・長: 320ms程度  
 GW: Gradually Weak(強さが徐々に小さくなる)・GS: Gradually Strong(徐々に大きくなる)  
 T: Triangle(大きくなった後、小さくなる)・S: Square(一定)  
 ハイフン(—)は任意のパラメータ

★青は3者に対して、  
 ★青は視覚障害者と聴覚障害者、★緑は視覚障害者と健常若年者、  
 ★黄は聴覚障害者と若年健常者、  
 ★青は視覚障害者、★緑は聴覚障害者、★黄は健常若年者  
 に対して特定の印象をあたえるパラメータを示す。  
 小: 4000程度・大: 6000程度・短: 160ms程度・長: 320ms程度  
 GW: Gradually Weak(強さが徐々に小さくなる)・GS: Gradually Strong(徐々に大きくなる)  
 T: Triangle(大きくなった後、小さくなる)・S: Square(一定)  
 ハイフン(—)は任意のパラメータ

★青は3者に対して、  
 ★青は視覚障害者と聴覚障害者、★緑は視覚障害者と健常若年者、  
 ★黄は聴覚障害者と若年健常者、  
 ★青は視覚障害者、★緑は聴覚障害者、★黄は健常若年者  
 に対して特定の印象をあたえるパラメータを示す。  
 小: 4000程度・大: 6000程度・短: 160ms程度・長: 320ms程度  
 GW: Gradually Weak(強さが徐々に小さくなる)・GS: Gradually Strong(徐々に大きくなる)  
 T: Triangle(大きくなった後、小さくなる)・S: Square(一定)  
 ハイフン(—)は任意のパラメータ

図9 推奨振動パターン

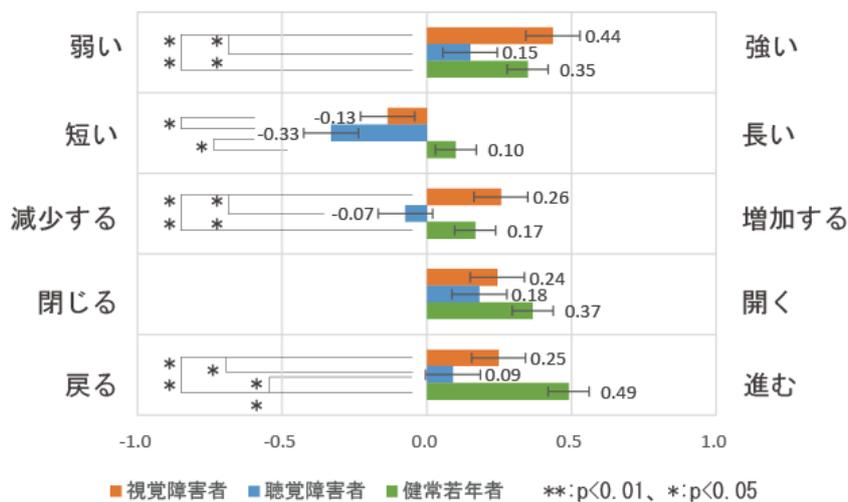


図10 すべてのパラメータの被験者ごとの感じ方の傾向