

タッチパネル操作における操作反応音の有効性 ～視覚フィードバック有無の観点から～

和氣 早苗^{*1*3}, 今井 将太^{*2}, 西崎 敦美^{*1}, 光本 恵^{*3}, 長田 典子^{*2*3},

Evaluation of Effectiveness of Operation Feedback Sound on Touchscreens -Comparing Conditions With/Without Visual Feedback-

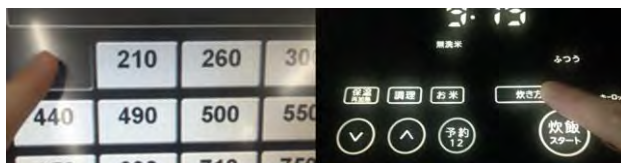
Sanae H. Wake^{*1*3}, Shota Imai^{*2}, Atsumi Nishizaki^{*1}, Megumi Mitsumoto^{*3}, Noriko Nagata^{*2*3}

Abstract - When you operate buttons on electronic devices, you often hear a feedback sound like a "beep". Recently, a lot of touchscreens are used as user interfaces (UIs) on electrical devices, but a touchscreen doesn't give tactile feedback. In addition, there are two kinds of touchscreens; those which can give visual feedback and those which can't. In this paper, we evaluated the effectiveness of operation feedback sound on touchscreens. We prepared five kinds of software applications, all with different sound timings of feedback sound, including one without sound. Using these applications, we carried out two experiments, one with visual feedback and the other without. As a result, we found the following: (1) operation mistakes can be reduced by a feedback sound, (2) operation time is reduced mainly by visual feedback, however, feedback sound can reduce operation time on the UI without visual feedback, (3) regarding operation feeling, users feel uneasiness or uncertainty without a feedback sound, and (4) the best sound timing is to only have a feedback sound when a button is touched. We are going to make some guidelines for Sound UI design including these results.

Keywords: sound, feedback sound, user interface, auditory display, touchscreen

1. はじめに

PC やスマートフォンなど情報機器のユーザインタフェース (UI) のみならず、昨今では日常生活の製品においてもタッチパネルの利用が増加している。ATM や券売機等の公共端末、コピー機等のオフィス機器、自動車車内の操作パネル、炊飯器や電子レンジ等の家電製品まで、タッチパネルの使用範囲は多岐にわたる。そしてそれらにおけるインタラクションのほとんどはパネル上に表示されるボタンを指でタッチする「ボタン操作」である。



(a)視覚フィードバックあり (b)視覚フィードバックなし
(a) With Visual Feedback (b) Without Visual Feedback

図1 タッチパネル操作と視覚フィードバックの有無

Fig.1 Touchscreen Operation and Visual Feedback

ATM や券売機で採用されるようなタッチディスプレイ

イ系のインタフェースでは、操作に対してボタンの色が変わるといった視覚フィードバックが採用されている (図 1-(a))。一方で自動車内の空調操作パネル、家電製品の操作パネルなどで採用されているタッチパネルでは、視覚フィードバックを伴わないものも多い (図 1-(b))。近年のタッチパネルの利用拡大によりこの視覚フィードバックを伴わない利用は増加している。

ところで、一般的なタッチパネルには操作の触覚的なフィードバックがなく、物理ボタンと比較したとき操作感が劣るとされている。この問題を解決するために、触覚フィードバック機能をもつタッチパネルの開発が進んでいるものの、一般家電に至るまで広く普及するにはまだ時間がかかると考えられる。一方で、タッチパネルの操作に「ピ」といった操作反応音 (聴覚フィードバック) を利用することは現状製品でも多く行われている。

インタラクションにおける聴覚フィードバックの有効性に関する研究はこれまでも実施されている。ボタン操作に限らずインタラクション全般を対象とし、視覚メディアによるフィードバックに加えて聴覚メディアや触覚メディアを利用したマルチモーダルなフィードバックの有効性が示されている [1,2]。またボタン操作について、ボタン押下時にメカスイッチ音を提示することで押下感が増すといった結果も報告されている[3]。これらの研究では、それぞれ制約のある条件下で実験が行われているが、総合的に見るとインタラクションにおける聴覚フィードバックの効果はあると言ってよいだろう。ただ、タッチパネルでのボタン操作に焦点を当て、視覚フィード

*1:同志社女子大学 学芸学部 情報メディア学科

*2:関西学院大学大学院 理工学研究科 人間システム工学専攻

*3:感性価値創造研究センター

*1: Department of Information and Media, Doshisha Women's College

*2:Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

*3: Research Center for Kansei Value Creation

バックの有無それぞれの場合における操作反応音の効果と使い方について明確に示すことのできるデータは少ない。すなわち現状製品で多く利用検討される状況に対して、操作反応音を利用した方がよいのか、どういった点でどのくらいの効果があるのか、音があれば視覚フィードバックはなくてよいのか、などを明確に示すデータは不足している。これらのデータはUI設計の有効な指針となり得る。

本研究では、タッチパネル上のボタン操作における操作反応音の効果を、視覚フィードバックの併用ありの場合となしの場合それぞれについて、実験を通して明らかにする。この時、操作反応音の有無だけでなく、どのタイミングで発音するのか（ボタンを押した時、離したとき等）にも着目し実験を行った。

2. 実験の方法

2.1 実験用システム

実験には、タブレットPC(DELL 社製 XPS11)と、実験用に開発したソフトウェアを用いた。ソフトウェアは発音条件（操作反応音の有無および発音のタイミング）の異なるもの5種類を用意したが、その画面表示は全て同じである。図2にソフトウェアの画面を示す。1~20の番号が記されたボタン（横2 cm, 縦1 cm）が横5つ×縦4つの配置で表示される。

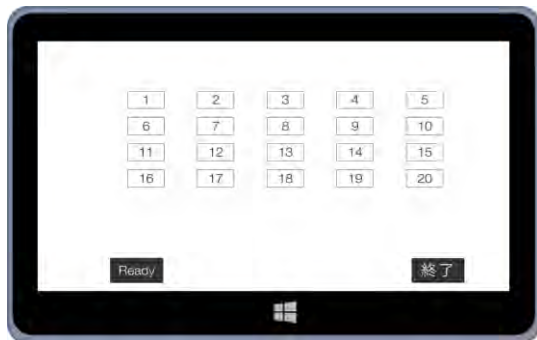


図2 実験用ソフトウェアの画面表示

Fig.2 Software Used in Experiments

ボタン操作において、ボタンに指が触れた時を「押下時」、ボタンから指が触れた時を「離上時」とよぶとき、5種類のソフトウェアの発音条件は、以下の5種類である。

- 1) 押下, 離上時共に発音なし
- 2) 押下時に発音
- 3) 離上時に発音
- 4) 押下, 離上時で異なる音を発音
- 5) 押下, 離上で同音を発音

例えば発音条件4)で、押下, 離上共にボタン上で正確に行われた場合は、2つの音が発音されるが、押下がボタン上で行われたのちに指が滑って離上はボタン外で行われ

たといった場合は、ボタン押下時の1音のみが発音される。

発音される操作反応音は、発音条件2), 3), 5) は2 kHz, 100 ms矩形エンベロープの正弦波 ([音A]とする) である。この[音A]は、“JIS S 0013 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の報知音”にて示されている受付・スタート音に準じている[4]。発音条件4)のみ[音A]の他に[音B]を用いる。[音B]は3 kHz, 50 ms矩形エンベロープの正弦波で、振幅は[音A]の20%とした。[音B]は[音A]と組み合わせで発音されるため、[音A]と同質の音でありながら(同波形, 同エンベロープ), 明らかに区別でき(1.5倍のピッチ周波数), 先に発音される[音A]よりも小さい音(20%の振幅)となるように作成した。図3に[音A]と[音B]の概形を、表1に発音条件と発音される操作反応音の一覧を示す。

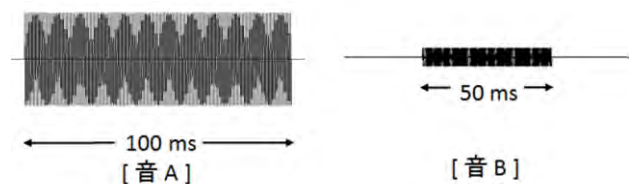


図3 実験に用いた音

Fig.3 Sounds used in Experiments

表1 操作反応音の発音条件と音

Table 1 Patterns of Sound Timing and Sounds

名称	発音条件	音
1) 音なし	発音なし	なし
2) 離上	離上時	[音A]
3) 押下	押下時	[音A]
4) 押下・離上(異)	押下時と離上時 (異音)	押下時 [音A] 離上時 [音B]
5) 押下・離上(同)	押下時と離上時 (同音)	押下時 [音A] 離上時 [音A]

ソフトウェアは、タスク実行に要した時間（開始ボタン押下から終了ボタン押下まで）を測定し記録する。またすべてのボタン操作（押下位置と離上位置）も記録する。押下位置としてはタッチパネルに指が触れた位置のボタン番号（もしくはボタン外という情報）を、離上位置としては指が離れた位置にあるボタン番号（もしくはボタン外という情報）を記録する。これは、押下, 離上ともに同一ボタン上で行われたのか、押下はボタン上だが離上はボタン外に外れて行われたか等、操作の正確さを後に検討するためである。

また、今回視覚フィードバックありの場合となしの場合の2種類の実験を行うため、ソフトウェアも視覚フィードバックありのセットとなしのセットを準備した。視覚フィードバックありのソフトウェアでは、ボタン領域内に指が触れている間、ボタンの色を反転することで視覚フィードバックを実現した（触れていない時は白、触れ

ている間は黒)。例えば、押下がボタン外で行われたのち離上はボタン上で行われる場合などは、指がボタン領域内に移動した時点で色反転が生じる。

2.2 実験手順および実験参加者

実験参加者には、図4に示すようなボタン番号表を紙に印刷して配布した。ボタン番号表には1~20の数字が108個ランダムな順序で並べられている。その上で、「(番号表にある)番号のボタンを、正確にかつできるだけ早く押して下さい。もし押し損なったら、もう一度正しい番号を押し直して下さい。」というタスク指示を行った。

押下するボタン番号をどのように提示するかについて、音声での提示や、視覚的に提示する場合もボタン番号を一つずつ順次提示するなどの方法も検討したが、実験参加者のペースで入力させる必要があることと、正しく押せなかったと思った時の押し直しを許容するためには、ボタン番号を一覧で示しておく方法が適切であると考えた。また、入力数は少なすぎると発音条件間の差が現れにくいと考え、本実験では108とした。

参加者にはこのタスクを、5種類全ての発音条件で実施してもらった。この際、ボタン番号表に記載されるボタン番号、実施する発音条件の順序は、参加者ごとにランダムにした。各発音条件でのタスク実施後にはSD法による心理評価を実施してもらったが、これを含めて実験実施時間は一人約40分であった。

実験参加者は視覚フィードバックなしの実験が40名(20代:男性19名,女性15名 30~40代:男性2名,女性4名)、視覚フィードバックありの実験が35名(10代:女性1名 20代:男性15名,女性19名)であった。2つの実験への参加者は基本的には異なるが、両実験に参加した者も5名いた。両実験は約半年をあけて実施されているため、両実験に参加することでの結果への影響はないと考えた。

実験 1
以下の番号のボタンを、正確にかつできるだけ早く押して下さい。
もし、押し損なったら、もう一度正しい番号を押し直して下さい。最後に終了ボタンを押して下さい。

[開始] →

16	8	20	14	7	14	19	16	9	11	12	7
9	12	19	1	3	9	6	12	2	13	16	19
7	13	20	7	17	20	14	13	10	2	1	16
10	11	17	14	7	13	18	6	14	4	9	12
12	9	10	3	8	11	6	11	10	6	2	9
17	12	11	3	9	5	8	16	9	1	7	15
12	2	20	6	17	12	1	18	19	4	13	4
5	11	6	8	9	15	6	2	20	9	11	2
17	5	4	12	15	10	20	11	12	6	12	5

[終了]

図4 ボタン番号表(一例)

Fig.4 Example of Button Number List

2.3 評価方法

定量評価として「タスク実行時間」と「不正確な操作数」を比較するとともに、9項目による心理評価を行う。

2.3.1 タスク実行時間

操作速度の比較を行うため、ソフトウェアが記録したタスク実行時間を分析する。

2.3.2 不正確操作数

発音条件の違いが正確な操作にどのように寄与するかを考察するために、ソフトウェアが記録する押下および離上位置のデータを分析する。今回、正確な操作とは、押下、離上が共に同一ボタン上で行われる操作であるとし、「不正確操作」として(1)修正されなかった押し損じと、(2)必要のない押し直し、をカウントすることにした。

ここで、「押し損じ」とは、押下・離上のいずれかもしくは両方がボタン外で行われた場合とする。例えば、ボタン上を正しく押下しても指が少し移動して離上はボタン外で起こった場合などである。ただし、この「押し損じ」が起こった場合でも、直後に正確な操作がやり直された場合には、「押し損じ」が修正されたと考え、「不正確操作」としてのカウントはしないものとした。考え方としては、操作反応音は操作時に発音されるため、操作前に作用してユーザを正しい操作に導くことはできない。しかし、操作反応音で操作の状況を認識できるならば、押し損じが生じた場合に、修正操作を行うことが可能になる。実験参加者に対しては、押し損じた場合には再操作を行うことを指示している。操作反応音によって「押し損じの修正」が行われるかが今回の考察点の一つとなる。一方で、正確な操作が行われていたにも関わらず、押し損じたと誤認識してしまうと、ユーザは「必要のない押し直し」をしてしまうことになる。

こういった考えに基づき、今回以下にまとめる2種を不正確操作としてカウントすることとした。

- (1) 修正されなかった押し損じ： 押下・離上のいずれか、もしくは両方がボタン上で生じなかった操作。ただし、押し損じが生じた直後に、同番号のボタン上で正確な再操作が行われた場合は前操作を押し損じとしてカウントしない。
- (2) 必要のない押し直し： 同じ番号のボタンを連続して2度以上、押下、離上した操作。

なお、「間違った番号のボタンに対する操作」は今回「不正確操作」とはカウントしない。なぜなら、本研究が対象とする操作反応音は番号に関わらず同音が用いられるため、番号の正解・不正解に対する修正効果は期待し得ないためである。また、「操作すべき番号のボタンを飛ばす」についても、操作反応音による修正効果が期待されないため、不正操作数としてはカウントしない。なおこれらはどの発音条件であっても一定の割合で起こることをデータ上で確認した。

2.3.3 心理評価

心理評価を実施するため、操作感に関わる評価語対9つを金森らの研究[5]を参考に選定した。それらは、「安心を感じる-不安を感じる」、「快適である-不快である」、

「好き-嫌い」, 「応答性の良い-応答性の悪い」 「自然に感じる-不自然を感じる」, 「操作しやすい-操作しにくい」, 「長く続けられる-長く続けられない」, 「確実に感じる-不確実に感じる」, 「押下感がある-押下感がない」である。これら評価語対の前者を評価値5点, 後者を1点としてSD法による5段階評価を各タスク実施後に実施してもらった。発音条件の違いによる操作感の違いについてこの結果から考察する。

3. 視覚フィードバックなし条件での結果と考察

3.1 結果

(1) タスク実行時間

発音条件ごとのタスク実行時間の結果を図5に示す。実施すべき操作を複数個とばすとといった, 実行時間の差の考察に影響を及ぼすと考えられるデータのある実験参加者の全データを除外した上で, 各発音条件についてタスク実行時間の平均を算出した(n=27)。結果についての分散分析において, 球面性の仮説が成り立っていなかったためGreenhouse-Geisserの自由度の修正を行った上で実施したところ, $F(2.67, 69.35) = 7.25, p < .001$ で有意差があることがわかった。さらにBonferroniの方法を用いた多重比較によると, 操作反応音のない「音なし」と比べて「押下」, 「押下・離上(異)」, 「押下・離上(同)」はタスク実行時間が有意に短いことがわかった。

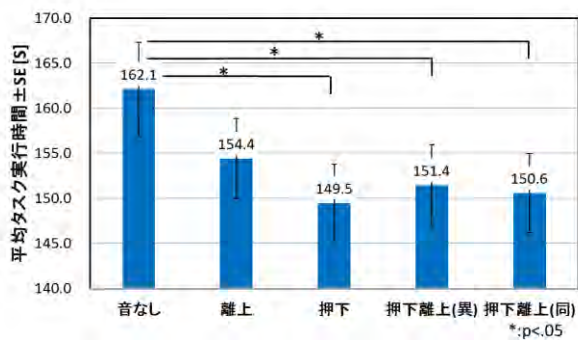


図5 タスク実行時間(視覚フィードバックなし) (n=27)
Fig.5 Operating Time for Task (without visual feedback)

(2) 不正確操作数

発音条件ごとの不正確操作数の平均を図6に示す。本データ分析では, 実行時間分析では除外した複数の操作をとばしたデータも含め全データを対象とした。不正確操作の起こる頻度が十分に少なかったため, 操作をいくつかとばしていたデータであっても, 差の考察に与える影響がほとんどないと判断できたためである。

各発音条件における不正確操作数の平均について, 分散分析にて有意差が確認され($F(2.67, 103.99) = 15.85, p < .001$, 球面性の仮説が成り立たなかったためGreenhouse-Geisserの自由度の修正を実施した), 多重比較によると, 操作反応音がない「音なし」と比べ, 「押下」,

「押下・離上(異)」, 「押下・離上(同)」が, また「離上」に比べ「押下」と「押下・離上(異)」の不正確操作が有意に少ないという結果となった。

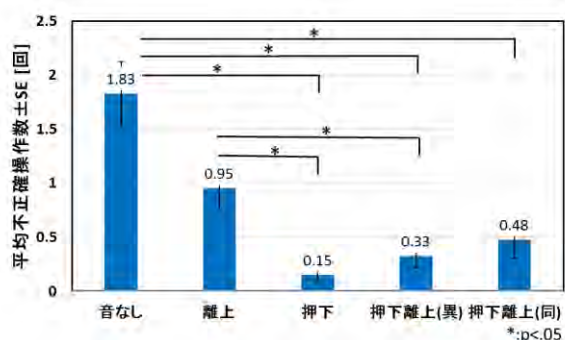


図6 不正確操作数(視覚フィードバックなし) (n=40)
Fig.6 Number of Incorrect Operations (without visual feedback)

(3) 心理評価

心理評価の結果を図7に示す。これによると, 「音なし」の条件が9つの評価項目のいずれでも最も低い評価点となっており, 心理的な側面からの操作反応音の効果が確認できる。操作反応音のある条件の中でも最も評価が高かったのは, 「押下」の条件であり, 一方比較的评价が低いものは「押下・離上(同)」であった。「押下・離上(同)」は一度のボタン操作について同じ音が2度「ピピ」と発音されるため, 「誤入力した気がする」「違和感がある」といったコメントも実験参加者から聞かれた。

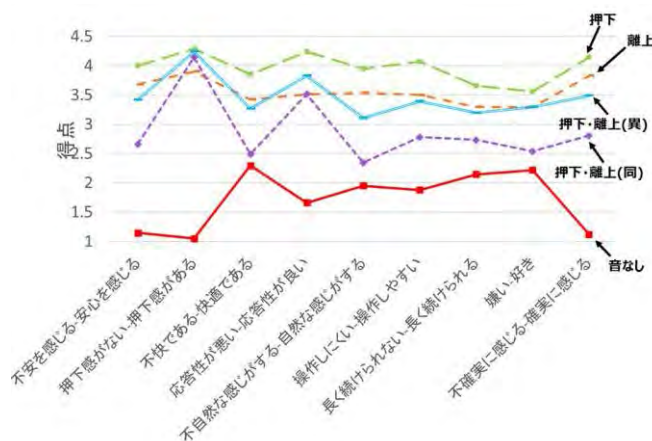


図7 心理評価結果(視覚フィードバックなし) (n=40)
Fig.7 Results of Affective Evaluation (without visual feedback)

以上の結果から, タッチパネル上の視覚フィードバックのないボタン操作においては, 押下時, 押下・離上時に音を発音したとき, 音がないときに比べてタスク実行時間および不正確操作数が減少することが確認された。心理的にも操作反応音があるとき(特に押下, 離上の条件など音が1音のみ鳴る条件)の評価が高い。「音なし」はいずれの評価も低く, 「押下」の発音条件がいずれの評価でも高い結果となった。

3.2 考察

以上の結果を発音条件の違いに着目し考察する。まず、「発音なし」においてタスク実行時間が長いのは、視覚、聴覚、触覚いずれの操作フィードバックもないために心理的に不安や不確実性を感じ（図7）、素早い操作ができないためだと考えられる。「発音なし」で不正確操作数が高い理由は、フィードバックによって操作の正確さを知ることができないためだと考えられる。押し損じを聴覚や視覚を通して知ることができないため「押し損じの修正」は行われず、一方で正確な操作だったにも関わらず不正確だったかもしれないと思った場合は「必要のない押し直し」を行ってしまう可能性も高い。

次に、音によるフィードバックのある4種の発音条件の中でも、「押下時」の発音タイミングを含む3種（「押下」「押下・離上(異)」「押下・離上(同)）で定量評価の結果が高く、「離上」の評価は低かった理由について考察する。まずタスク実行時間について、「離上」は発音のタイミングが他の押下時に発音のある条件より遅れるためではないかと考えられる。関連研究[3]には、タッチセンサに指が触れてからスイッチ音を再生するまでの時間が早ければ早いほど押下感が増すとあり、本実験の心理評価でも、「離上」は「押下」に発音のあるいずれの発音条件よりも押下感の評価が低かった（図7）。この押下感の少なさが心理的に影響し、次の操作に素早く移ることができず、タスク実行時間が長くなることが考えられる。

不正確操作については、まずここで各発音条件を操作に対する情報量という観点で整理する。このとき、押下と離上を各々異なる音で表す「押下・離上(異)」が情報量としては最も多く、次は「押下・離上(同)」であり、その次の「押下」および「離上」に差はないと言えよう。この点から考えると、押下と離上の双方を音で表す「押下・離上」の2つの発音条件で操作の正確さを認識しやすく、修正操作が促されたと考えられる。一方、「押下」よりも「離上」の効果が低い点については、この情報量の観点からだけでは説明ができない。ここで、ボタン内からボタン外へ指がスライドアウトする操作よりも、ボタン外からボタン内へスライドインする操作の方が一般的に多く起こることがこれまでの研究から示唆されているが[6]、「離上」の発音条件ではこのスライドインする「押し損じ」について音で認識することができない（正確な操作と区別がつかない）ため、修正操作が促されず最終的に不正確操作数が多くなったという可能性が考えられる。

「離上」の発音条件については、このように定量的な観点からの評価は落ちるものの、心理評価の結果は、「押下」に続いて高い（図7）。一度のボタン操作に「ピ」と一音だけが発音される操作反応音は現在も多く利用されており、聞き慣れているユーザが多いため、それに類似する一度の発音は心理的に受け入れられやすかったこと

が考えられる。一方で「押下・離上(同)」の心理的な評価は「音なし」に続き低い。これは先にも述べたとおり、不正確な操作だと思ってしまったり（ピピと2度鳴ること、2度押下してしまったと思う等）、聞き慣れないために違和感を持ったりするためだと考えられる。押下・離上の双方で操作反応音を使う場合には、「押下・離上(異)」のように異なる音を使いながらも、さらにそれらがひとまとまりに聞こえるようにするなど音色の検討を行う必要があるだろう。

4. 視覚フィードバックあり条件での結果と考察

ここでは、視覚フィードバックあり条件での実験結果を、一部視覚フィードバックなし条件の結果と比較しながら示した上で、考察を行う。

4.1 結果

(1) タスク実行時間

視覚フィードバックありの条件下でのタスク実行時間の平均を図8に示す。前回同様、複数個の操作をとばすなどの比較できないデータは除外して算出した(n=16)。分散分析の結果、音の有無を含め発音条件間で有意な差は見られなかったが(F(4, 60) = 1.89, n.s.)、「押下」、「離上」といった一音のみ発音する条件はやや実行時間が短く、「押下・離上(同)」や「音なし」は長い傾向は見られる。

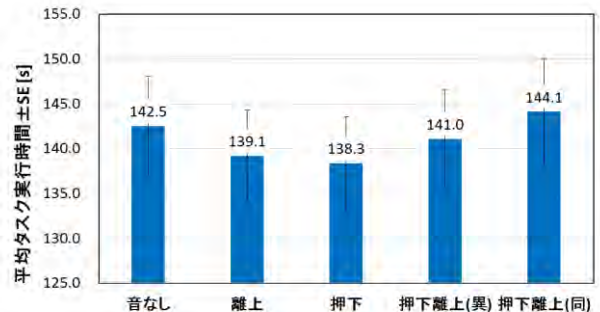


図8 タスク実行時間(視覚フィードバックあり)(n=16)

Fig.8 Operating Time for Task (with visual feedback)

ここで、視覚フィードバックなしの場合とありの場合のタスク実行時間を比較すると(図5, 図8)、視覚フィードバックありでのタスク実行時間が視覚フィードバックなしよりも少ないことがわかる。図9にタスク実行時間の発音条件によらない全実行時間の平均を示す。視覚フィードバックなしが153.6 s、視覚フィードバックありが141.0 sであり、t検定の結果有意差が確認された(t(213) = 3.86, p < .001)。視覚フィードバックにより、全般的にタスク実施時間が減少したことが示されている。

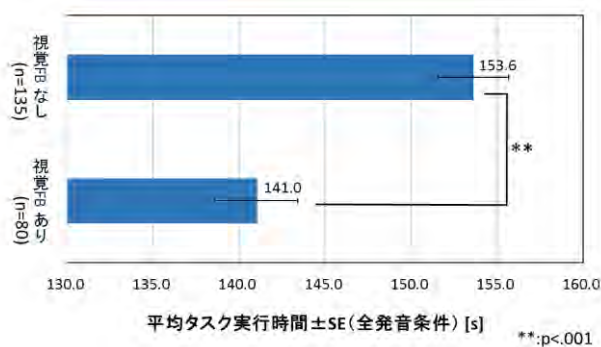


図9 タスク実行時間の比較(視覚フィードバック有無)
Fig.9 Operating Time for Task (with/without visual feedback)

(2) 不正確操作数

各発音条件の不正確操作数の平均を図10に示す. 分散分析の結果有意差が確認され ($F(2.70, 91.92) = 8.95$, $p < .001$, 球形性の仮説が成り立たなかったため Greenhouse-Geisserの自由度の修正を実施), 多重比較の結果「音なし」に対し操作反応音を使う他の全ての発音条件で不正確操作数が有意に少なかった. 視覚フィードバックがある場合も操作反応音を用いることで不正確操作を減少させる効果があることが示された. なお, 視覚フィードバックなしの結果(図6)との比較では, 不正確操作数に有意な差はなかった ($t(373) = 1.07$, n.s.).

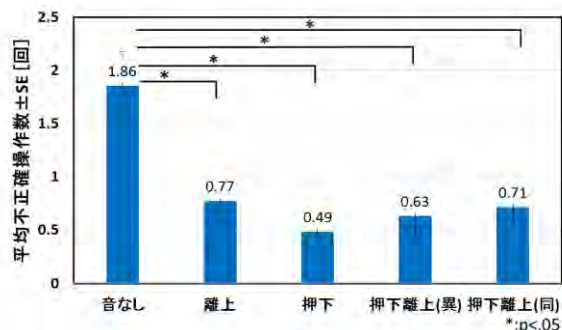


図10 不正確操作数(視覚フィードバックあり) (n=35)
Fig.10 Number of Incorrect Operations (with visual feedback)

(3) 心理評価

心理評価の結果を図11に示す. 「押下」「押下・離上(異)」「離上」がほぼ同程度に高く評価されている. 一方で「音なし」と「押下・離上(同)」は同程度に評価が低い. 本視覚フィードバックありの実験においても「押下・離上(同)」において, 同じ音が2度鳴ると「エラ一音に感じる」といったコメントがあった.

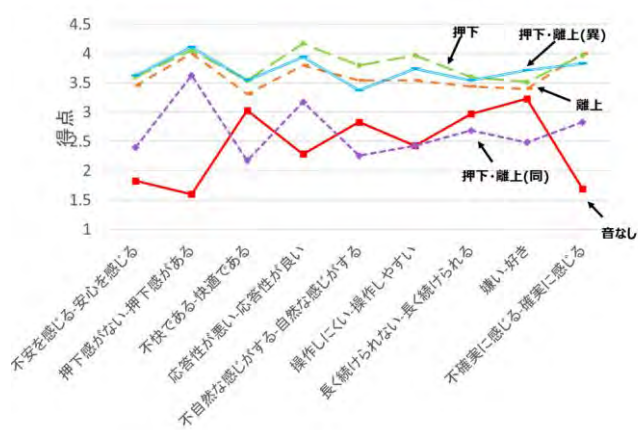


図11 心理評価結果(視覚フィードバックあり) (n=35)
Fig.11 Results of Affective Evaluation (with visual feedback)

以上3点の結果より, 視覚フィードバックありのタッチパネル操作において, タスク実行時間に対しては視覚フィードバックの効果がより高く, 操作反応音の影響は少ないことがわかった. 一方, 不正確な操作を減らす効果は操作反応音にあり, また心理的にも操作反応音(特に押下, 離上, 押下・離上(異))を用いることは音なしに比べてよい評価を得ることが示された.

4.2 考察

今回利用した視覚フィードバックはボタン上に指がある間, 色反転が起こるもので, 発音条件に関わらず指がボタンに触れたタイミングで色反転が生じた. タッチパネル操作では少なくとも, パネル上でボタンを探して指で触れるまでディスプレイを見る必要がある. 従って指が触れたタイミングで色反転する今回の視覚フィードバックは操作速度に対して, 発音条件によらず有効に働いたと考えられる.

一方不正確操作数の結果から, 操作の正確性の認識については視覚フィードバックがあってもなお, 操作反応音の効果が高いと言ってよいだろう. 正確な操作をした場合と, 押下, 離上のいずれかがボタン外で起こる「押し損じ」をした場合では, 各発音条件に応じて音の鳴り方が変わるが, 人は繰り返し聞く正確な操作時の音と違う音が鳴ることで操作の不正確性に気づきやすく, それによって再操作を行うことができるものと考えられる. 視覚フィードバックでは, 「押し損じ」でも, タイミングはずれるものの色反転は生じたため, 「押し損じ」に気づきにくかったという要因もあるだろう.

心理評価については, 図7と図11を比較して考察すると, 視覚フィードバックありの結果について, 「音なし」の評価が全ての項目で上がっていることがわかる. 「音なし」の心理的な短所(不安感, 確実性など9項目全て)が, 視覚フィードバックによって補われ, 全体的に評価が上がったものと考えられる.

5. 結果のまとめと操作反応音利用指針

タッチパネルUI設計時の操作反応音の利用指針となることを想定し、実験の結果を以下にまとめる。

- 操作の正確性の確認（不正確操作の低減）という点で、視覚フィードバックの有無に関わらず、操作反応音は有効である。
- 操作速度においては、まずは視覚フィードバックの利用が有効である。視覚フィードバックが利用できない場合には、操作反応音の利用が有効となる。
- 心理的な観点からは、視覚フィードバックの有無に関わらず、操作反応音がないことは不安感や不確実性を感じさせるため、操作反応音を利用することが望ましい。ただし、一度の操作で同音を二度ならず（ピピ）等、心理的に不確実性を感じさせる音もあるため注意が必要である。
- 操作反応音の発音タイミングは、押下時の発音を含むべきである。
- 操作反応音に用いる音については今後の研究課題とする。より心理的に評価の高い音色や長さを検討する余地は大きく、操作反応音として情報量の多い「押下・離上」の発音条件についても、それに適合する2つの音色を用いることでより高い効果を得ることも期待できる。

6. おわりに

タッチパネルにおける操作反応音の有効性を、視覚フィードバックがある場合とない場合の双方の観点から確認した。その結果、視覚フィードバックの有無にかかわらず、不正確操作の低減および心理的な観点から操作反応音は効果的であること、操作速度の点では視覚フィードバックの効果が高いものの、これが使えない場合の操作反応音の有効性が確認された。

今回タッチパネル UI における操作反応音の有効性が確認出来たことと同時に、ある程度の利用指針を導出することができたが、次の段階としては、同じく機器 UI で利用される報知音（開始音、終了音、警告音）との設計上の兼ね合いや、デザイン的な観点も含めた音の選定方法などについて研究を深めていく必要がある。

謝辞

実験の実施にご協力頂きました小島プレス工業(株)には、この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Seebode, J., Schleicher, R., Moller, S.: Investigation Multimodal Feedback in a Mobile Interaction Paradigm; *In Proc.CD of FORUM ACUSTICUM 2014 krakow*, CD:ISSN

2221-3767, pdf No.SS26_3 (2014).

- [2] Burke, J.L., Prewett, M.S., Gray, A.A., Yand, L., Stilson, F.R.B., Coovert, M.D., Elliot, L.R., Redden, E.: Comparing the effects of Visual-auditory and visual-tactile feedback on user performance; A meta-analysys; *In Proc. ICMI 2006*, pp.108-117 (2006).
- [3] 木村朝子, 大町英之, 柴田史久, 田村秀行: 効果音によるタッチセンサへの押下感提示の研究; 情報処理学会研究報告 HCI, Vol. 68, No. 2007, pp. 9-16 (2007).
- [4] 日本規格協会: JIS S 0013 高齢者・障害者配慮設計指針-消費生活製品の報知音; 日本工業規格 (2002).
- [5] 金森直希, 田中孝之, 田中一男: 力触覚インタフェースにおける操作感の主観評価; 日本機械学会論文集(C編), Vol.68, No.669, pp.123-131 (2002).
- [6] 上西晶紀子, 和氣早苗, 光本恵, 長田典子: ながら操作におけるタッチパネルの操作反応音の有効性検証; 日本音響学会 2016 年春季研究発表会 講演論文集, pp1437-1438 (2016)

(2016年3月17日受付, 8月1日再受付)

著者紹介

和氣 早苗 (正会員)



1992年 大阪大学 基礎工学部 制御工学科卒業。同年日本電気(株)入社。2003年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム人間系専攻 システム科学分野 博士後期課程了。2002年より同志社女子大学 学芸学部 情報メディア学科 助教授。准教授を経て2013年より教授。聴覚ディスプレイなどHIにおける聴覚メディアの利用に関する研究,および福祉インタフェースに関する研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, 日本音響学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 日本サウンドスケープ協会, 人間中心設計推進機構, 各会員。博士(工学)。

今井 将太



2015年 関西学院大学 理工学部 人間システム工学科卒業。現在, 同大学院 修士課程在学中。サウンドユーザインタフェースについて興味を持つ。日本音響学会学生会員。

西崎 敦美



2016年同志社女子大学学芸学部情報メディア学科卒業。現在、イオンクレジットサービス株式会社勤務。在学中よりサウンドユーザインタフェースに興味を持つ。

光本 恵



1992年神戸大学理学研究科修士課程物質科学専攻修了。同年日本電気(株)入社。2006年神戸大学大学院自然科学研究科博士課程後期課程構造科学修了。日本電気(株)では、マルチメディアを用いたヒューマンインタフェース研究に従事。学術研究では宇宙線物理の実験的検証、非線形物理学のシミュレーションならびに宇宙物理学のシミュレーションに取り組む。博士(理学)。

長田 典子



1983年京都大学理学部数学系卒業。同年三菱電機(株)入社。産業システム研究所において、色彩情報処理、感性情報処理の計測システムへの応用に関する研究に従事。1996年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。2003年より関西学院大学理工学部情報科学科助教授、2007年教授。2009年米国バドュー大学客員研究員。2013年感性価値創造研究センター長。専門は感性工学、メディア工学等。情報処理学会、電子情報通信学会、電気学会、IEEE、ACM各会員。博士(工学)。