

氏名	白神 翔太
博士の専攻分野の名称	博士（情報科学）
学位記番号	医工農博甲第2号
学位授与年月日	平成30年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
専攻名	人間環境医工学専攻
学位論文題目	携帯端末において概念的情報の体現を可能にする 振動フィードバックの確立と実証
論文審査委員	主査 准教授 木下雄一郎 教授 小澤賢司 教授 郷健太郎 教授 茅暁陽 准教授 小俣昌樹 准教授 北村敏也

学位論文内容の要旨

近年のスマートフォンをはじめとする端末のタッチスクリーン化により、会議中や運動中といったデバイスの画面を注視できない、視覚を利用できない状況でのフィードバックとして触覚、特に振動によるフィードバックの重要性が HCI (Human-Computer Interaction) 分野において議論されている。振動フィードバックに関する研究の多くは、伝達された振動に対する知覚やその効率に焦点を置いており、振動自体の意味や表現は考慮されていない。そのため、既存の振動フィードバックはユーザに対する通知としての役割しか果たしていないのが現状である。一方で、振動フィードバックでオブジェクトの触感という情報を表した振動触覚というアプローチが注目されている。これは、触感という情報を付加し、振動に新たな表現を与えることで、通知としての役割しか果たしていなかった振動フィードバックの拡張を図ったものである。しかし、振動触覚では表すことができない、触れることのできない概念的な情報も存在する。過去の研究では印象や共感度、数字など様々な概念的情報が扱われている。これらの概念的情報に物理的実体を付与する、すなわち本研究では振動パターンで体現することで情報を感じ取ることができることを期待する。そこで、本研究では概念的情報を体現する新たな振動フィードバックの確立およ

び実証を行った。

最初に「印象」の体現を行った。マーケティングにおいて、ロゴや製品パッケージの色にユーザの抱く印象を利用した例が多く見られる。そこで、将来の応用を考え振動パターンの種類においても印象に着目した。振動パターンがユーザの印象に与える影響を調べるために、印象評価実験を実施した。そして、実験結果から、振動フィードバックで印象を体現するうえでの以下の3つの設計ガイドラインを提言した。(1)振動パターンの印象は主に4つの因子(評価性因子、重量性因子、規則性因子、平滑性因子)によって表現される。(2)振動の強度がユーザの印象に影響を与える。(3)振動強度の変化がユーザの印象に影響を与える。

2番目の例として「感情」の体現を行った。感情においてはアイコン、熱、モノの形状や動きなど様々なフィードバックの観点から体現が行われている。一方で、携帯端末という使用環境を考慮すると遠距離コミュニケーションが想定使用状況として考えられる。そこで、振動フィードバックがどのような感情を表しているようにユーザは感じるかを調査した。多様な振動パターンにおける「不快-快 (Valence)」、「沈静-覚醒 (Arousal)」の2対の評価語対を用いて感情評価実験を行った。そして、実験結果をより得られた知見もとに、振動フィードバックで感情を体現するうえでの以下の5つの設計ガイドラインを提示した。(1)振動パターンで感情を表現する場合、Valence と Arousal の間に相関関係が存在する。(2)振動パターンの強度が Valence と Arousal に影響を与える。(3)振動しない区間が Valence に影響を与える。(4)喜と哀の感情は振動パターンでの表現が容易であり、楽の感情は振動パターンでは表現することが困難である。(5)怒りの感情をできるだけ強く表現したい場合は、全体的に振動強度を中程度に設定するよりも、強度が非常に高い振動区間を多く設ける方が効果的である。

3番目の例として「切迫感・不快感」の体現を行った。同時に、多様な振動パターンがユーザの行動、特にタッチスクリーン上のドラッグ操作に与える影響の調査も行った。タッチスクリーン上の操作においては、操作対象の大きさや位置、距離、ユーザの指の大きさなどの様々な要因が影響を与える。そこで、振動パターンの種類に関してもユーザの操作に影響を与えうると考えた。そこで、タッチスクリーン上のドラッグ操作において14種の振動パターンを付加することで、ユーザの切迫感および不快感が変化するかどうか、およびユーザの操作に影響を与えるかどうかの分析を行った。そして、これらの調査から以下の4つの設計ガイドラインを提言した。(1)振動しない間隔がユーザの切迫感に影響を与える。(2)振動の強度がユーザの不快感に影響を与える。(3)簡単すぎるタスクにおいては、振動フィードバックがユーザの操作に影響を与えることはない。(4)振動パターンによりユー

ザの作業負荷に影響を与える。

最後に「量・重要度」の体現を行った。上述した印象、感情、切迫感・不快感以外の概念的情報の体現例として、スマートウォッチなどの携帯端末における画面を注視できない状況での情報伝達の必要性を考慮し、量と重要度に着目した。そこで、振動パターンが量と重要度の表現に与える影響の調査を行った。実験協力者は量と重要度に関するシナリオを把握したのち、それらに対する質問項目に「少ないー多い」、「重要度が低いー重要度が高い」について評価を行った。評価の結果から得られた知見をもとに、以下の3つの設計ガイドラインを提言した。(1) 量と重要度は振動の強度に大きく影響を受ける。(2) 振動強度の変化が、ユーザが感じる量に影響を与える。(3) 振動の停止する区間が重要度に影響を与える。

また、上記の4つの体現を例として行った新たな振動フィードバックの設計に向けて、ユーザや端末の状況に応じた振動フィードバックとしてのふさわしさについても調査を行った。フィードバックを設計する際にユーザや端末の状況を考慮することが重要であることが先行研究から明らかになっているためである。さらに、新たな振動フィードバック設計に向けた、設計支援システムの実現を想定した、推定モデルの構築も行った。近年では、概念的情報における心理的影響が製品の設計過程に応用されており、その設計過程において、設計支援システムを用いることの有効性が先行研究から示されているためである。

本研究では、例として「印象」、「感情」、「切迫感・不快感」、「量・重要度」の体現の可能性を示すことで新たな振動フィードバックの確立を図った。そして、それぞれの概念的情報における応用アプリケーションの提示、実用化に向けた妥当性の調査、設計に必要な評価モデルの作成を通して新たな振動フィードバックとしての有用性を実証した。これらを通して、振動フィードバックを用いて概念的情報の体現を行ううえで、「振動の強度」、「振動の停止」、「振動強度の変化」が振動パターンの特に重要な要素であることを明らかにした。

論文審査結果の要旨

本論文ではもともとなるオブジェクトが存在しない、触れることのできない情報である「概念的情報」は、近年研究が進んでいる振動触覚技術においても表すことができないことを背景として述べている。そして、この背景に対し、例として「印象」、「感情」、「切迫感・不快感」、「量・重要度」を挙げ、これらを体現する新たな振動フィードバックの確立を図っている。概念的情報を振動フィードバックで体現できることは様々なインターフェー

ス技術への応用につながるため、本アプローチは、将来性のある有効なアプローチであると評価できる。

印象の体現に関する章では、ユーザ自身に振動パターンを生成させる、ユーザ定義の手法を用いることで多様な振動パターンの収集を図っている。この手法は本来、インタフェースにおける入力ジェスチャの収集を目的として考案されたものであるが、この手法を振動パターン収集に応用した点は、既存の振動フィードバックが単調な限られたものしか存在しないという問題を解決する方策として適切であり、評価できる。さらに、本章では収集した多様な振動パターンを用いてユーザの印象に与える影響について調査する実験を行い、振動の強度や変化がユーザの印象に大きく影響を与えることを明らかにしている。これらの結果をもとに示された設計指針は、将来振動フィードバックを設計する際の重要な知見になると考えられ、高く評価できる。

感情の体現に関する章では、感情の体現を目指す背景として遠隔コミュニケーションを挙げている。これは、本論文題目にある「携帯端末」の使用状況において適切なシナリオである。また、感情に関する実験を行う際には、一般に広く知られているラッセルの円環モデルが用いられている。さらに、結果と設計指針に関しても同様のモデルに関する考察がなされており、本研究における知見の将来的な波及効果を考慮しても価値のあるものだと判断できる。

切迫感・不快感の体現の章では、印象や感情の章とは異なり、振動フィードバックで情報を体現したうえで、それらのフィードバックがユーザに与える影響についても調査している。実際に新たな振動フィードバックを提案するうえで、そのフィードバックがユーザに与える影響は有用性を主張するうえで明らかにしておくべきであり、それを行っている点は高く評価できる。

量・重要度に関する章では、上述した印象、感情、切迫感・不快感という感性情報以外の体現例として量・重要度の体現が行われている。振動フィードバックによる概念的情報の体現を目的とするうえで、幅広い調査を行っていることは評価に値する。

本論文では、上述した概念的情報の体現に加え、新たな振動フィードバックの設計を視野に入れた 2 つの調査を行っている。それぞれ、状況に応じた振動フィードバック妥当性の調査と、振動フィードバックの設計支援システムの実現を想定した推定モデルの構築である。これらも含め、本論文では非常に網羅的に調査・研究が行われているおり、高く評価できる。

本論文全体の知見を踏まえ、結言においては、振動パターンにおける「振動の強度」、「振動の停止」、「強度の変化」が振動フィードバックを用いて概念的情報の体現を行うう

えで、特に重要な要素であることを示している。研究全体としての一貫性がある結論として評価に値する。

以上を総じて、本論文は、新たな振動フィードバックを確立および実証したのとして高く評価できるとともに、本成果は情報科学領域の発展に貢献するものであると認められる。したがって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として十分な価値があり、合格と判断される。