

押下感のあるタッチパネルの開発と制御信号の検討

赤羽 歩 村山淳 寺西望 小池康晴 佐藤 誠

東京工業大学 精密工学研究所

1 はじめに

タッチパネルは、GraphicalUserInterface(GUI)との組み合わせにより多様な機能を持たせられる。その上、画面への直接操作が可能のために使用者が容易にその利便性を享受できるなど多くの利点があり近年普及が進んでいる。しかしその一方で誤操作や思うように操作できないなど使いにくいという声も少なくない [1]。その要因には様々なことが考えられるが、押したような感じがせず押したか否かがわかりにくい「押下感の不足」が特に問題とされ、タッチパネルに触覚提示機能を付加する試みも行われている [2]~[4]。

我々も押下感不足を主な問題と考え、富士通コンポーネント株式会社製作の「ハプティックパネル」を使用して、その制御信号の検討により適切な押下感の提供を試みている [5]。なお、検討に当たっては適切な押下感の提供と併せて、現在のタッチパネルの利点や使用感の維持にも留意している。タッチパネルは使いづらさを感じる人がいる一方で既に普及しており現状でも問題なく扱える人も少なくない。そのような人が不便を感じずに済むようにする必要がある。そこで、従来のタッチパネルと同じ操作で扱えながら、触覚による押下感を操作の手がかりとして利用できるようにし、皆が使いやすいシステムを目指している。

本稿では、ハプティックパネルの制御信号を数式化して信号の作成と変更を容易にすることを試みた。また、数式中の変数と押下感の関係を調べ、様々な押下感の作成を可能にした。

2 ハプティックパネル

ボタンなどを押す際には指先からの触覚などを通じて抵抗感が感じられる。これが押下感である。

押下感は様々な感覚の合成感覚であるが、中でも押下に対する抵抗力の大きさである「重さ」、押下中の触感変化であり、入力の手がかりとなる「クリック感」が特に重要である [5]。いずれも押下方向の力及び力変化であるから、押下対象の押下方向の動作の制御により実現できると考えられる。

図 1 左にハプティックパネルをノートパソコンに装着した状態、右にその構造を示す。



図 1: ハプティックパネル

図 1 右のように、ハプティックパネルはタッチパネルを振動板とする動電型スピーカのような構造となっている。音声信号を駆動信号に用いることができるため、様々な振幅表現を容易に得ることができる。前述のように「押下感」は押下対象の押下方向の動作より得られるから、必要なイベントに適切な「押下感」と感じられるような「音」をイベント音として設定することで、タッチパネルに触れた指先へ「押下感」を提供することができる。タッチパネルに触覚提示機能を付加し押下感を提供する試みは他にも行われている [2]~[4] が、本方式はシンプルなシステム構成ながら十分な押下感を提供でき、なおかつタッチパネルの特長をスポイルせず全く同様に使えるのが特長である。

3 制御信号の検討

3.1 制御信号と押下感の関係

「重さ」は押下時に感じられる抵抗力の大きさであるから、ハプティックパネルに加える力の大きさで表現できる。押下に対し急に大きく力が返れば重く感じるし、緩やかなら軽く感じる。したがって「重さ」は与える信号の電力勾配で表現できると考えられる。一方「クリック感」は触感の変化、主に抵抗力の変化であるから、その強さは電力勾配の変化度合いで示せる。このように考えて

The development of the touch panel with tactile sensation and the investigation of the control signal.

Ayumu AKABANE (akabane@hi.pi.titech.ac.jp)

Jun MURAYAMA

Nozomu TERANISHI

Yasuharu KOIKE

Makoto SATO

Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology

いった結果，図 2 のような形状の制御信号により
 押下感を提供できることが既にわかっている [5] ．

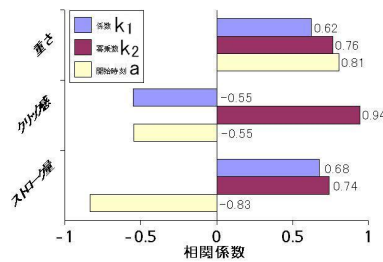
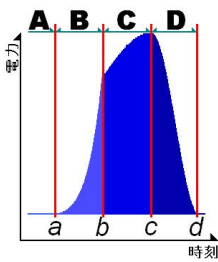


図 2: 制御信号の形状 図 3: 変数と押下感の相関

3.2 制御信号の数式表現化

前実験では適切な信号形状はわかったものの，
 信号作成を特定のソフトウェアに依存していたた
 め取扱が自在ではなかった [5] ．そこでこの信号
 を数式化して取扱を容易にすることを試みる ．

本稿では制御信号を図 2 中の A～D の 4 つの
 区間にわけて考える．まず，区間 A は無振幅状態
 であるから，この区間は 0 とする．次に，区間 B
 は x^n のような増加となっているので冪乗とする ．
 区間 C は，時刻 b で区間 B の終点から始まり時
 刻 c で最大かつ傾き 0，区間 D は時刻 c, d でそれ
 ぞれ最大，最小となり共に傾き 0 である．これら
 を満たす式として，ここでは区間 C を時刻 b から
 c を $1/4$ 周期として時刻 c で最大振幅となる正弦
 波，区間 D を時刻 c から d を半周期として時刻両
 端で最大最小となる余弦波とした．以上をまとめ
 ると以下のような式となる ．

$$f(t) = \begin{cases} 0 & (0 \leq t \leq a) \\ k_1 \left(\frac{t-a}{b-a}\right)^{k_2} & (a \leq t \leq b) \\ k_1 + (1 - k_1) \sin\{2\pi f_1 \frac{t-b}{d}\} & (b \leq t \leq c) \\ \frac{1}{2} [1 + \cos\{2\pi f_2 \frac{t-c}{d}\}] & (c \leq t \leq d) \end{cases}$$

なお，式中 k_1 は 0～1 の値をとる係数であり， k_2
 は任意の冪乗数， a, b, c, d は図 2 中の時刻， f_1, f_2
 は周波数である．ただしこれらのうち係数 k_1 ，冪
 乗数 k_2 と時刻 a 以外の変数は，信号の基本形状
 を維持するために前述の位相条件を満たす必要が
 あり自由な値はとれない ．

3.3 係数と押下感の関係

実用に当たっては用途や好みに応じて押下感を
 変えられるようにする必要がある．作成式中変更
 可能であるのは k_1, k_2, a のみだから，これらの変
 数を変えたときに押下感がどのように変化するか
 を調べ，ある押下感を調整するにはどの変数をど
 のように変化させれば良いかを考える ．

調査はシェッフェの一対比較法の芳賀の変法 [6]
 に基づいた主観評価実験で行い，変数と押下感の
 相関係数を求めた． k_1, k_2, a の各変数それぞれを
 6 段階に変化させた信号を *Mathematica* により
 作成して変数毎に組み合わせて提示し，一方に対
 し他方がどのように感じたかを‘重さ’；‘クリッ
 ク感’；‘ストローク量’について 7 段階で評価し
 た．被験者は大学院生 7 名である ．

実験結果を図 3 に示す．‘クリック感’と k_2 に
 強い正の相関；‘ストローク量’と a に強い負の
 相関が見られる．また；‘重さ’は k_2, a と正の相
 関があることが伺える．それぞれ正の 1 に近いほ
 ど強い，長い，重いとなるように実験を設定して
 いるから，冪乗数 k_2 の値を大きくすることでク
 リック感を強く，開始時刻 a を遅くすることでス
 トローク量を短く， k_2, a の双方もしくは一方を大
 きくすることで重く感じさせられるとわかる ．

4 まとめ

タッチパネルの操作性改善の一案として，パネ
 ル自体を押下方向に振幅させることにより，その
 使い勝手を維持しつつ押下感の提供を試みている ．
 本稿ではその制御信号を数式化して取扱を容易に
 した．また数式中の変数と押下感の関係を調べ，
 ‘重さ’；‘クリック感’；‘ストローク量’を用途
 や好みに合わせ調整できるようにした ．

今後は本方式の効果を実際の作業を通じて検討
 し，よりよいシステムとする方法を探っていく ．

参考文献

- [1] YOMIURI ON-LINE:連載「タッチパネル恐
 怖症」，<http://www.yomiuri.co.jp/net/feature/003/20030728fe01.htm>
- [2] HITACHI Human Interaction Lab.,”Tactile
 driver”<http://hhil.hitachi.co.jp/products/tactiledriver.html>
- [3] SMK Corporation,”Force Feedback Touch
 Panels”，http://www.smk.co.jp/product_j/pdf/touchpnl/JSF431207.pdf
- [4] 新井, 岩田, 福田”タッチパネル用透明触覚スイ
 ッチ”，VRSJ 第 9 回大会論文集 pp.5-6(2004)
- [5] 赤羽, 村山, 寺西, 小池, 佐藤”タッチパネルの振
 幅制御による押下感の提示”，VRSJ 第 9 回大
 会論文集 pp.309-312(2004)
- [6] 難波, 桑野：音の評価のための心理学的測定法，
 pp.100-107，日本音響学会編コロナ社 (1998)