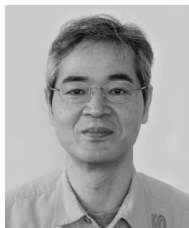


特集 ■ インダストリアル触感デザイン

携帯電話の触覚呈示用アクチュエータの触覚デザイン
- アクチュエータの触感デザインの現状と今後について -

和宇慶朝邦

アルプス電気

WAUKE TOMOKUNI

1. はじめに

ここ数年、電子機器の多機能化に伴いタッチパネルを搭載する機器が増加してきた [1].

タッチパネルは、操作したときの感触が乏しいことから操作感触を提供するアクチュエータの需要が高まっている。特に携帯電話ではタッチパネルを搭載する機種が増加する傾向にあり、触覚呈示用アクチュエータの需要も増加するものと考えられる。本稿では弊社での携帯電話に搭載されるタッチパネル用の触覚呈示用アクチュエータの触覚デザインへの取り組みについて報告する。また、今後のアクチュエータの広がりについて考察する。

2. 携帯電話の現状

図 1 に携帯電話の市場規模予測を示す [2].

携帯電話は全世界で 10 億台を超えて毎年生産されている巨大市場である。今後も更に市場は拡大するものと予測されている。その中で、ここ数年、携帯電話にタッチパネルを搭載する機種が増加しており、今後も増えていくものと考えられる [3].

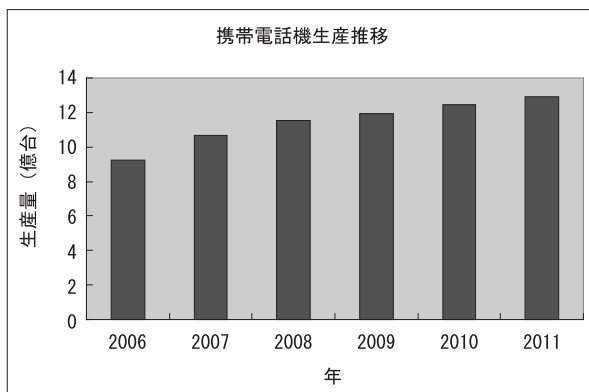


図 1 携帯電話の市場規模予測

タッチパネルは前述したように操作時の感触に乏しいため、素早く操作しようとした場合などに誤操作等をしてしまうことがある。特にメール等の文字入力に難があると言われているが、その対策の一つが操作感触を付加することである。携帯電話には着信時に振動を発生するアクチュエータがほぼ全ての製品に搭載されているが、それは約 150Hz ~ 200Hz 程度の振動を連続的、断続的に発生させる小型の振動モータと呼ばれているアクチュエータである。直径 4mm 程度の円筒形モータが主流となっており (図 2 参照)、他にもコイン型モータ等がある。



図 2 振動モータ形状 (模式図)

タッチパネルの操作時の感触を補うため、操作したときの感触を振動モータにより発生させる方法が従来製品より適用されている。しかし、感触的に歯切れが悪く、より良いアクチュエータを探しているのが現状と考える。

また、最近の携帯電話では、できるだけ大きな画面を搭載していく傾向にあるが、タッチパネルはその大きな画面一杯に操作部を設け搭載されている。大きな操作画面で直接的に操作できるので操作性は良くなったと考えるが、一方で操作部の面積が拡大するため、パネル表面に振動などの感触を発生させることがますます難しく

なっている。

タッチパネルの表面に感触を出す方法として現在主流なのは、タッチパネルの四つの辺にピエゾ素子を配置して直接パネルを振動させる方法である。既に製品化されているが、普及にはまだまだ時間が掛かりそうである。そのようなタッチパネルの弱点を補うため、タッチパネルを搭載し、尚且つ従来のボタン操作部も残し併用している機種もある。

3. 携帯電話で望まれる感触デザイン

現在の携帯電話の多くはプッシュ式のボタンで殆どの操作を行っている。ボタンの下にはバネ材料を用いたドーム型の部品が配置されている。この部品を私たちはメタルドームと読んでいて、そのメタルドームの押し込みの動きを感触として感じている。

メタルドームはお椀を逆さにしたような形状をしており、荷重を加えていくとお椀が突然潰れてしまう。そのメタルドームの特性を荷重と変位の関係でプロットした図を図3に示す。

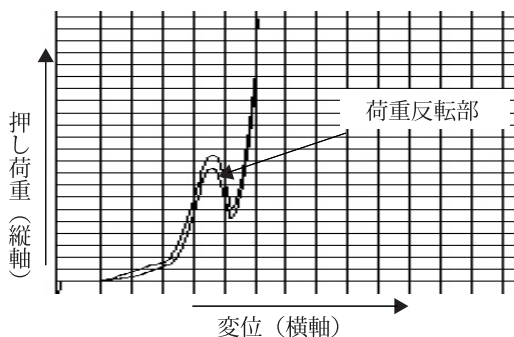


図3 メタルドームの荷重と変位

押さえ荷重は変位とともに増加していくが、ある荷重のところで減少に転じる。その後再度増加していく。押し込みの感触と照らし合わせて現象を考えてみると次のようになる。まず、ボタンを押し始めボタンは変位を始める。より荷重を加えていくと更に変位していく。あるところで突然ボタンの荷重が軽くなり指はボタンを最下点まで押し込んでしまう。この過程で感じる感触がクリック感と呼ばれている感触である。パソコンのマウス操作でもお馴染みの感触である。このような感触を発生させるメカニカル的機構は他にもあると思われるが、携帯電話では殆どの製品がメタルドームを用いている。ボタンと指の間に加速度センサを挟み、押さえたときの加速度変化を測定した結果を図4に示す。加速度の変化はほんの5msec程度後には終了している。

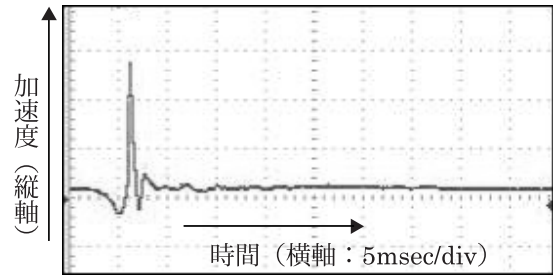


図4 ボタンの加速度変化

加速度が急激に変化している部分がバネの反転時の部分と考えるが、指に感じる感触は押し込み時の荷重とこの突然の加速度変化との作用が重なって生じていると考える。この瞬間的な変化が歯切れの良い感触の源と考える。そして、それは現在の携帯電話のボタン操作には欠かせない感触となっている。実際に弊社の客先からは、“ボタンの感触そのものをアクチュエータで出せないか？”と相談されることも少なくない。

4. 触感デザイン

本携帯電話向けの感触呈示用アクチュエータのデザインはこのクリック感触を目指して進めた。また、お客様での導入の障壁を低くするため、できるだけ携帯電話の設計構想を崩さない方向で進めた。

携帯電話では前記したように既に振動モータと呼ばれる振動デバイスが搭載されている。振動モータは電磁気を利用したデバイスであるが、この電磁駆動方式を使うことで、比較的スムーズに導入できるようデザインの構想を進めた。

4.1 電磁駆動の応用

まず、振動モータでクリック感触を発生させてみた。振動モータの感触は、急峻な感触ではなく、どちらかというと“ぶるぶる”という振動感触のように感じる。そのときの振動の波形を図5に示す。

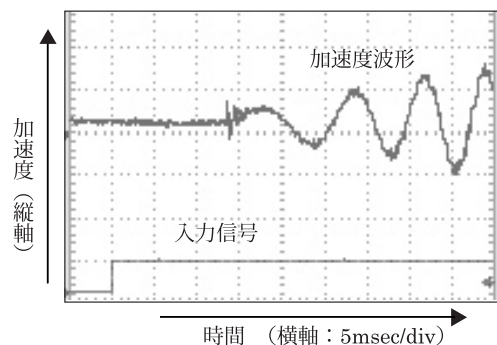


図5 振動モータの加速度変化

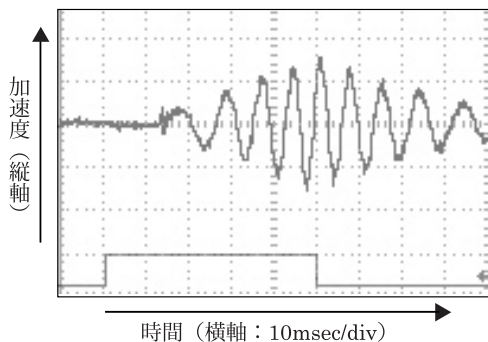


図 6 振動モータの加速度変化

信号が入力されてから振動が立ち上がるまでに既に 15msec 程度の時間を要している。時間軸を 10msec/div に縮めた振動波形を図 6 に示す。振動波形の収束までに 90msec 以上要している。図 4 のメタルドームの振動波形には到底及んでいない。

実際の感触もクリック感触とは程遠いものとなっている。

携帯電話のボタン操作はクリック感とほぼ同時にボタンは ON 状態になり、操作に対する感触は殆ど同時に伝わってくる。その感触の実現のためには、立ち上がりが早く、収束の早いアクチュエータを実現しなければならない。それには非常に大きな出力が必要と考える。

電磁氣的に駆動を行う他のモータやソレノイド等も試作・実験してみたが、現実的な構成にはなりえなかった。

4.2 バネの共振を使った構成

そこで、電磁的に発生する力を振動的に inputs しバネの共振を利用して振動そのものを大きくできないかを検討した。図 7 に概略構成図を示す。

簡単に説明すると、コイル部分をバネで支えた振動子とし、マグネットでコイルを挟み込む単純な構成とした。そうすることにより振動子への摺動負荷を無くすることができ、効率の良い振動が発生できるものと考えた。コスト的にも安価な構成となるものと考えた。

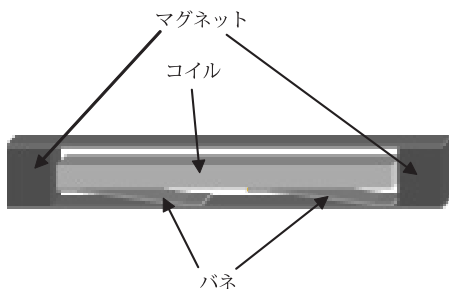


図 7 アクチュエータ概略構成図
* 口絵にカラー版掲載

しかし、メタルドームの図 4 の波形はどちらかという とパルス状の波形となっている。上図の構成では、発生する感触は振動波形となることが想定される。果たして、クリック感触と同じような感触を実現できるかが疑問であった。

本アクチュエータは、コイルへバネの共振周波数と同程度の周波数の矩形波通電により振動子を加振することで振動を発生させるように考えているが、時間的に急峻に振動を立ち上げるにはできるだけ高い周波数にし、できるだけ多くのパルスを短時間に入力することが必要となる。

実験により、クリックの感じ方を評価した結果、555Hz の周波数に決定した。そうすることで、3パルス程度のパルス数が入力として確保でき、手で認識できる程度の振動を発生させることもできた。

触覚は 4 種類の機械的変化を感じる受容器で主に感触を認識していると言われているが、その中でも特にマイスネル小体、パチニ小体は順応性が早く、それら受容器の皮膚に加えられた振動の周波数に対する感度は、マイスネル小体が 30Hz 程度で、パチニ小体で 200Hz 程度が最も感度が高いと報告されている [4]。

初めはその内容を参考に 200Hz 近傍をねらい目に進めていったが、メタルドームのシャープな感触を追求していくとこのような高い周波数となった。本アクチュエータの振動時の加速度の変化を図 8 に示す。

振動波形は 6msec 程度でピークに達し、20msec 程度ではおおよそ収束している。手で感じる感触としては、周波数というよりまとまったパルス状の感じがする。メタルドームの感触とまでは行かないが、歯切れの良い感触を出すことができた [5]。

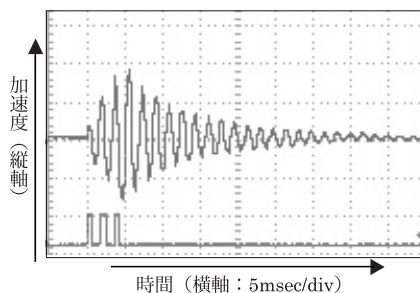


図 8 本アクチュエータの加速度振動波形

携帯電話のメール等を頻繁に使用しているハードユーザには、非常に素早い操作をする人がいると聞いたことがあるが本アクチュエータであれば、ボタンの早押し時でも 20msec 程度の間隔なら追従できるものと考え (弊社製品：フォースリアクタ)。

但し、ここでは指でタッチパネルを押す押し方も問題となった。指の腹をタッチパネルに当てるとき、ちょっと触れただけの状態では殆ど感じない。十分に感触を感じるためには数十グラム程度の押し圧が必要となることがわかった(指先が潰れる程度。あまり押し込むとむしろ感じなくなる)。

メタルドームの感触は前記したように始めに押し圧があり反転時の荷重の落ち込みにより感触を出している。指の皮膚が押し圧によって適度に変形し、メタルドームの反転動作により程よい変位をするものと考えられる。メタルドームの感触は、図3の反転時の荷重の落差が大きいほど良い感触になると言われている。本アクチュエータの場合もそのメカニズムにある程度従って感触を感じているものと推測する。なぜ、500Hz程度の高周波なのかに関しては触覚のメカニズムとの関連付けは難しいが、今後の研究成果を待つこととする。

今後の触覚デザインの方向性としては、高周波、低周波の使い分けや複合などにより、より多彩な感触を提供できるアクチュエータの開発を行っていくことを考えている。

5. 触覚提示用アクチュエータの今後の広がり

私たちが日頃から使用しているデジタル家電といわれる製品には残念ながらまだ本アクチュエータのような触覚提示用に特化したアクチュエータの搭載は殆ど目に見えない。これまでは機器の操作部にはスイッチなどが配置され、それ自体に操作感触があったので需要が無かったとも思われる。

しかし、ここ数年状況は変わりつつある。デジタル家電は、小型化しどんどん携帯化し、様々な製品機能やサービスを受けられるような高機能な製品となってきている。そのおかげで機器の操作も複雑化する傾向にある。機器製造メーカーはその解決のため、新しい入力方法を模索し、導入し始めている。タッチパネルもその一つの解決方法と思われ、それほど新しい技術ではないが、ここ数年様々な製品に導入されてきている。特に携帯電話は顕著な動きがある。弊社のアクチュエータの引き合いも携帯電話、パソコンなどと広がりを見せている。

本アクチュエータはクリック感触に特化して開発を進めてきた。しかし、様々な機能を複合した機器では需要はそれだけではないと考える。例えば、写真の編集時に画面の写真をスライドさせる。タッチパネル上で絵を描く。メモ帳をめくる。等いろいろな操作を一つの機器で行うようになってきた。その一つ一つの操

作に異なった最適な感触があると更に機器の操作性が良くなると考える。

しかし、それぞれの操作にアクチュエータをそれぞれ搭載したのでは現実的ではないので、今後は複数の異なった感触を呈示できる触覚提示用アクチュエータの開発が望まれてくると考える。

これまでは、機器の操作に対する感触の呈示について述べてきたが、触覚提示用アクチュエータとしては他にも需要がある。例えば、携帯ナビゲーション機能での目的地までの誘導や機器の操作の誘導などである。それらへの普及には安価・小型化が必須であり、まだ技術的に難易度が高く、研究開発は進められていると思われるが、普及までには至っていないと考える。

感触のアクチュエータ市場は携帯電話のみならず全てのデジタル機器に及ぶと考える。特に今後も発展していくと思われる携帯機器関連については、更に膨大な市場規模となると予測される。現在はその普及期の始まりに差し掛かったところと考えている。メーカー各社とも今後も勢力的にアクチュエータの開発に取り組んでいることから、触覚提示用アクチュエータ市場は近い将来大きな市場に発展していくものと考えている。

参考文献

- [1] 株式会社富士経済, マーケット情報 注目応用部品市場の動向 (4) タッチパネル用フィルム
<http://www.fuji-keizai.co.jp/market/08023.html>
- [2] 中日社, 電子機器年間 2009, p. 179
- [3] 朝日新聞社, 2009年5月1日 WEB 発表記事
<http://www.asahi.com/digital/nikkando/NKK200905010001.html>
- [4] Talbot, et al., J. Neuro-physiol., 31: 301 (1968)
- [5] アルプス電気の技術とものづくり >>> ヒューマンインタフェース
http://www.alps.com/j/with_alps/tec/tec_human.html

【略歴】

和宇慶朝邦 (WAUKE Tomokuni)

アルプス電気株式会社 HMI 事業本部 第4技術部

1986年3月琉球大学理学部物理学科卒業。1988年3月琉球大学大学院理学研究科物理学専攻修士課程修了。1988年4月アルプス電気株式会社入社。同フロッピーディスクドライブのステッピングモータの開発、1993年フロッピーディスクドライブの超薄型スピンドルモータの開発、2003年フィードバックデバイスの企画・開発、2005年フォーリアクタの企画・開発に従事し、現在に至る。