

2次元動作型触覚提示装置における振動パターンの 認識分解能の分析

沖野将司[†] 寺田 努^{††} 塚本昌彦^{††} 義久智樹^{†††}

神戸大学自然科学研究科[†] 神戸大学工学研究科^{††} 大阪大学サイバーメディアセンター^{†††}

1. はじめに

近年の計算機の小型・軽量化の進展に伴い、コンピュータを身に着けて利用するウェアラブルコンピューティングの実現への期待が高まっている。ウェアラブルコンピュータは歩行中や作業中での利用を想定しており、画面を注視する従来のコンピュータ利用形態は適さない。そこで視覚に頼らない方法として、聴覚や触覚を用いたインタフェースの研究が行われている。

筆者らは、ウェアラブルコンピューティング用のインタフェースとして触覚情報で視覚情報を補助する触覚デスクトップを提案した[1]。触覚デスクトップはアイコンやウィンドウに応じて触覚情報をユーザにフィードバックし、視覚以外の経路から情報を伝達できる。触覚デスクトップでは振動やモーション提示といった触覚情報の提示に図1に示す2次元動作型触覚提示装置[2]を用いた。しかし、触覚情報をユーザがどの程度まで識別できるかは未計測であった。

本稿では振動による触覚情報提示に関して、ユーザの情報認識分解能を調査する。さらに、調査結果を基に、振動パターンの設定基準について検討を行う。

2. 振動による触覚情報の表現方法

触覚デスクトップでは、触覚情報を2次元動作型触覚提示装置から出力している。提示装置には一定範囲の2次元平面を移動できる触覚提示部が搭載されており、提示部に指を置くことで触覚情報が得られる。

触覚情報の内、振動情報は提示装置の平面的な反復動作によって表現される。この特性から、振動パターンは振動の周期、振動の強さ、振動



図1. 2次元動作型触覚提示装置

の方向の3要素で決定される。これらのパラメータを変更することで異なる振動パターンを作り出すことができる。

振動パターンのパターン数はパラメータの組合せの数に依存する。パラメータの値は自由に決定できるので、理論上パターン数は無限である。しかし実運用上では、パラメータの変化が小さすぎると異なるパターンとして認識できないため、認識可能な範囲で多くのパターン数を実現することが重要となる。

3. 振動パターンの認識分解能の測定

2章で述べたように、振動パターンを適切に設定するためには、パラメータの値をどれだけ変化させれば異なるパターンとして認識できるかを調査する必要がある。そこで本稿では、2次元動作型触覚提示装置における振動パターンの識別に関する実験を行い、ある基準値からどの程度値を変化させれば異なる振動パターンとして認識できるのかを調査した。調査は振動パターンを決定付ける周期・強度・方向のそれぞれの要素において行った。

3.1. 実験方法

実験は大学生 10 人を被験者として実施した。被験者には、触覚デスクトップを用いて振動パターンを関連付けた基準アイコンとターゲットアイコンをそれぞれポインティングしてもらい、ポインティングした際に起きる触覚提示部の振動を比較してもらった。ターゲットアイコンには毎回異なる振動パターンを割り当てており、

An Analysis of Vibration Patterns of a 2-Dimensional Tactile Devices

[†] Masashi Okino · Graduate School of Science and Technology, Kobe University

^{††} Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto · Graduate School of Engineering, Kobe University

^{†††} Tomoki Yoshihisa · Cybermedia Center, Osaka University

その値は基準アイコンを基に周期・強度・方向のいずれかを変化させる形で決定している。実験はターゲットアイコン 16 個を 1 セットとして 1 セットごとに基準アイコンの振動パターンを変更し、10 セット実施した。また、振動パターンの比較は、どのアイコンが基準アイコンと異なる振動パターンで動作したかを答えてもらう形で行い、どう違うかまでを答えさせていない。

変化させる振動の周期や強度の値に関しては、予備実験の結果から、周期は 20ms から 600ms の範囲内で、強度は強度レベル 4 から 30 の範囲内でそれぞれ変化させた。方向についても、上下、左右、斜め 2 パターンの計 4 パターンとした。

3.2. 実験結果と考察

実験結果を振動の周期、振動の強度、振動の方向の各要素ごとに述べる。

始めに、周期に関する分解能について述べる。実験のデータのうち、200ms の周期を基準として周期を変化させたときの識別結果を図 2 に示す。結果は、振動の強度ごとに 4 種類を示す。

図 2 より、識別可能な周期の差は、基準に対する比に比例することを確認した。これは、人間の感覚特性に関する過去の知見[3]からも明らかであるが、本稿ではさらにその比例係数が振動の強度に比例することも明らかになった。強い振動であるほど、周期の間隔を縮めても識別が可能であるといえる。ただし振動の強さ自体に上限下限があるので、周期の感覚は一定以上縮められないと考えられる。

次に強度に関する分解能について述べる。強度に関しては被験者間の認識率のバラつきが大きく、一定の傾向を見出すことはできなかった。したがって、強度のパラメータのみを変化させて異なる振動パターンを生成することは難しいと考えられる。

最後に方向に関する分解能について述べる。方向の違いの識別率は、強度を上げて周期を長くすることで向上した。しかし、強度レベルを 30、周期を 600ms と設定範囲上限に近い値に設定しても識別率が 40%であったため、方向の変化を振動パターンの識別に用いることは難しい。

ここで周期と強度の間に依存関係があるという結果から、方向と他の 2 要素の間にも依存関係があると考え、図 2 に挙げた実験において方向の変化を加えてやると、識別率が 80%であった設定パターンのお大半で識別率が 100%に向上した。このことから方向の変化は補助的に用いるのが良いと考えられる。

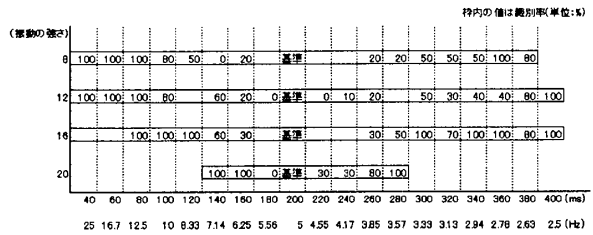


図 2. 強度別の振動周期の違いの判別状況

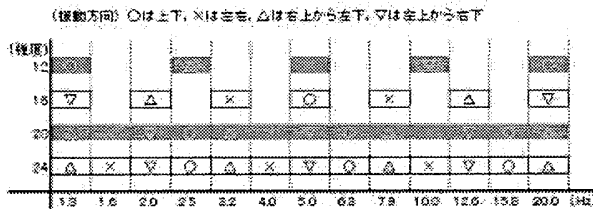


図 3. 振動パターンの設定例

4. 振動パターンの設定事例

3.2 節の実験結果から振動パターンの設定方法に関するいくつかのルールが見つかった。ここではそれを踏まえた識別可能な振動パターンの設定例を図 3 に示す。塗りつぶしの有無で示した 2 通りの設定例があり、それぞれ 18 パターンと 20 パターンの振動パターンを設定することができる。いずれのパターンも振動の方向を順に変化させて識別率の向上を図った。

5. まとめと今後の課題

本稿では、2次元動作型触覚提示装置を用いた振動による情報提示の特性を調査し、識別可能な振動パターンと振動の各要素との関連性を確認した。調査結果を踏まえ、振動パターンの設定例を提案した。今後の課題としては、実装した振動パターンの実運用における認識率の調査が挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(19024056)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 沖野将司他：ウェアラブルコンピューティングのための触覚情報を用いた入出力支援システム，情処研報(2007-HI-122)，pp. 85-90, 2007
- [2] 坂巻克己：2次元リニアアクチュエータを用いた触覚表示システム，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol.1, No.5, pp.83-86, 1999.
- [3] 小俣昌樹他：感覚特性に基づいた反力と振動による風の可触化モデルの評価，電子情報通信学会論文誌，D, 情報・システム，Vol.89, No.10, pp. 2155-2160, 2006.