

五感インタフェースによるノンバーバルコミュニケーション

あめみや ともひろ あんどう ひでゆき
雨宮 智浩 / 安藤 英由樹

ほー しんに
何 昕霏

NTTコミュニケーション科学基礎研究所

人間の錯覚をうまく利用することで物理的限界や制約をバーチャルに超越することを特徴とする、新しいヒューマンインタフェースの実装例について報告します。特に五感の中でも視覚や聴覚ではなく、触覚、力感覚、温度感覚、バランス感覚のような従来あまり扱われない感覚器に着目しています。

五感インタフェースとは

近年、計算機の小型化・高機能化に伴ってウェアラブルコンピューティングの研究が開始されています。この技術は利用者にとって携帯しているという存在を気にせずすむ利便性はあるものの、その目的意識はモバイルコンピューティングの発展系であり、通常のコンピュータ端末を身につけて持ち歩いている域を脱してはなりません。ウェアラブルデバイスの構成は人間の身体性に基ついた情報を扱うという観点から見れば本来的に最適な構成であり、この利点を生かしたインタフェース技術を研究・開発することで、従来の言語情報によらない身体性を利用した非言語インタフェース技術を確立することができると考えられます。その根幹を成す要素技術として、我々は人間の生体特性を利用した感覚提示技術

の研究を進めています。人間の五感の中でも視覚や聴覚だけでなく、触覚、温度感覚、力感覚、前庭感覚などの感覚モダリティに着目しているため、五感インタフェースと呼んでいます。本稿ではこの五感インタフェースとその要素技術について紹介します。

平衡感覚を介した情報提示

人間の平衡感覚に対して働きかけるインタフェースとして、耳の後ろに微弱な電流を加えることによる、前庭感覚への電気刺激（Galvanic Vestibular Stimulation）を利用したインタフェースを開発してきました。人間は、前庭感覚に変化が生ずると不随意的に体の重心バランスを制御する前庭系—前庭小脳—脊椎のループが活動し、体の重心を一定に保つように立て直そうと足が自然にバランスを取る方向に出されます。したがって、歩行中に前庭

感覚を変化させることによってバランスを補正する動作を行うため、この不随意的な動作を利用すれば方向の誘導が可能であると考えられます⁽¹⁾。また、カーレースのゲームで遠心力などを表現することで、臨場感を高めるための感覚提示も検討しています（図1）。

なぞり動作による触覚提示

触覚情報は皮膚との接触を介して伝達されます。これまでの皮膚感覚の提示装置は接触対象との間に位置するため、物理的接触を阻害するという問題点がありました。我々はデバイスのすべてを爪上に乗せることで人間のなぞり動作を阻害することなく情報を重ねる装置を開発しました。この装置は指の接触圧を検出する爪センサ、指前方の明暗を検出する光センサ、爪の上下方向に振動を与える振動子（パイプレーター）から構成されています。指



図1 前庭電気刺激インタフェースと応用例

が中空にある時や指が対象表面に対して静止している状態でこの振動子が振動した場合には、装着者はこの振動刺激を単に爪上の振動として正常に知覚します。しかし、この振動子がなぞり動作中に振動した場合には装着者はその振動刺激を爪上の刺激とは思わず、なぞり表面上の凹凸であると錯覚します。この錯覚現象を利用してなぞる対象の表面の明暗パターンを触覚テクスチャであるかのように知覚させるデバイスです。

また、なぞり動作によって物体の幅を知覚する場合には、物体の一方のエッジからもう一方のエッジまで指の移動量が重要な情報として利用されています。なぞり動作を始める前になぞりの対象が静止しているという前提条件では、なぞり動作中に対象が移動したとしても、指腹の皮膚受容器からはなぞり対象の運動を知る手掛かりになりません。この特性を利用して、指の移動中に接触対象も移動させると、指がもう一方のエッジに到達するまでの移動距離が変化し、知覚される幅が広く、あるいは狭く知覚されるという触覚の錯覚現象が起こることを確認しました⁽²⁾。この錯覚現象を利用することによって、任意の幅の提示が可能であることを実験により示しました(図2)。

温度感覚の基礎研究

人間は温度感覚や触覚情報を手掛かりにして接触対象が何かを無意識に推測しています。ではそれらはどのように処理されて推測が行われているのでしょうか。この命題に対して錯覚を使って答えが出せないか検討しています。例えば人間の温度の知覚システムは、刺激の局在性は悪いが、空間的加重は強いことが知られています。この知見を基に、私たちは同じ手の3本の

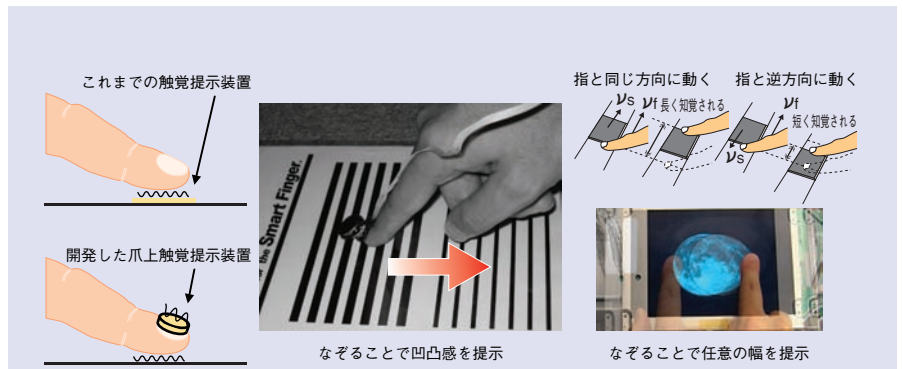


図2 爪上触覚インタフェースとなぞり触覚ディスプレイ

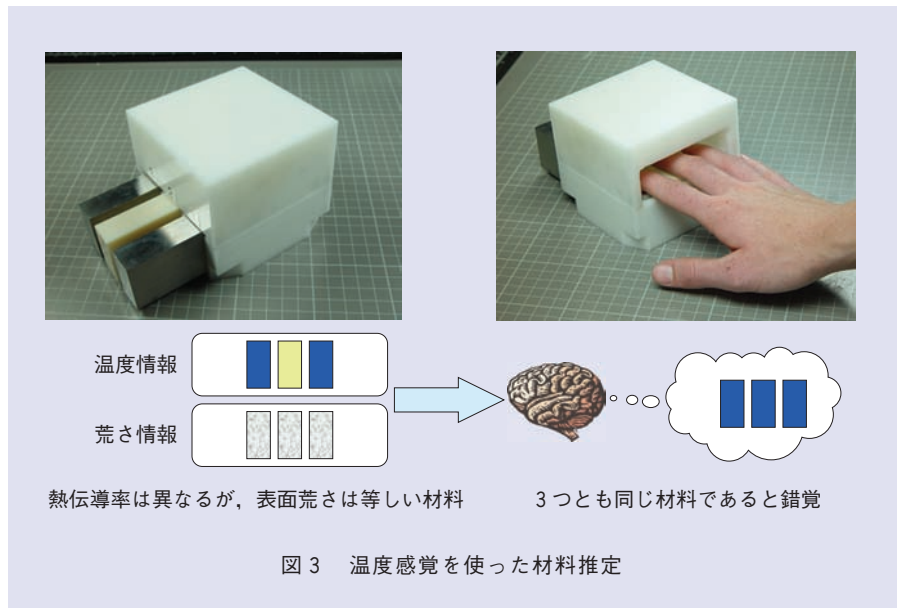


図3 温度感覚を使った材料推定

指で異なる材料を触るとき、人差指と薬指で触っている材料の温度が中指の温度知覚に影響することを確認しました⁽³⁾。つまり、3本とも同じ材料を触っているように錯覚します(図3)。このような錯覚現象を通じて温度感覚と触覚の情報処理、情報統合のメカニズムの解明を進めています。

錯覚を利用した力覚提示：ぶるなび

これまで携帯端末における触覚の情報提示はバイブレーターのような振動感覚に限定されていました。また、携帯端末で手首をひねるような、瞬間的

な回転力は提示可能でしたが、並進方向の力を直接的・連続的に提示することができませんでした。これは外部に固定されずに手ごたえのような力覚、力感覚を提示する際に生じる物理的制約であり、電界や磁界による非接触駆動がモバイル環境においては現実的な方法といえないため、物理力として実際に発生させることは事実上不可能でした。

この問題に対して、我々は人間の知覚の非線形性を利用して、牽引力を錯覚させる手法を提案・開発しました⁽⁴⁾。その手法とは、ある質量に対して往路

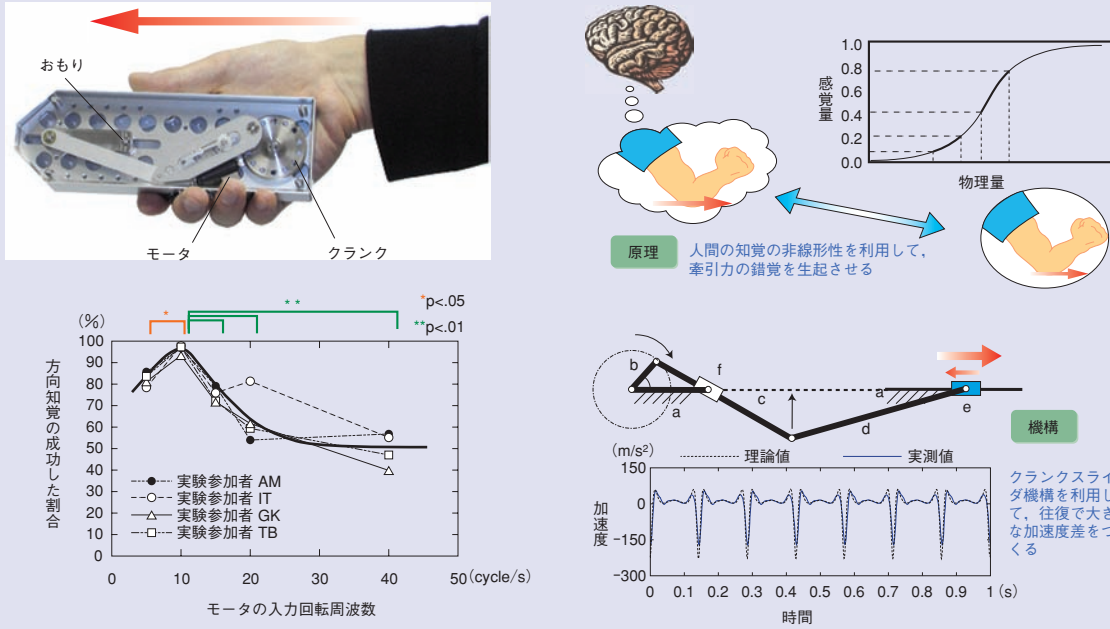


図4 ぶるなび：人間の知覚特性を利用した力覚インタフェース

ではパルス状の急峻な加速度運動，復路では緩やかに元の位置に戻る加速度運動という組み合わせで周期的な並進運動を行わせます。この往復運動の加速度は周期運動であるため必然的に一周積分が0になりますが，行きと帰りの所要時間に偏りを持たせることで加速度の振幅に大きな差をつけた運動をつくり出しています。力は加速度に比例するため，この運動は非対称な力を発生することになります。人間は緩やかな力をあまり知覚できないという知覚特性があるため，この一連の力を「どちらか一方に引っ張るような力」と錯覚します。試作機では，直線的に質量を往復させるリンク機構を用いています。この結果，短時間ながら振幅の大きい加速度反力を感じさせる方向へ継続的なパルス刺激を提示することに成功しています(図4)。この力覚提示の効果的な生起条件を調べ，錯覚のメカニズムの解明を目指しています⁽⁵⁾。

今後の展望

人間の視覚・聴覚特性が映像装置や音響装置の設計において考慮されていることはご存じの方も多いと思います。近未来に実現が期待される五感情報通信のような場面において，視聴覚以外の感覚においても，人間の知覚側から情報提示装置の設計指針を規定することが重要になると考えられます。五感インタフェースの基礎研究を進めていくことで，人間を知り，そしてその人間の知覚特性を利用してさらなる五感インタフェースの研究を進めていきたいと考えています。

参考文献

- (1) T. Maeda, H. Ando, T. Amemiya, N. Nagaya, M. Sugimoto, and M. Inami: "Shaking The World: Galvanic Vestibular Stimulation As A Novel Sensation Interface," Proc. of ACM SIGGRAPH 2005, 2005.
- (2) H. Ando, J. Watanabe, T. Amemiya, and T. Maeda: "Embossed Touch Display -illusionary elongation and shrinking of tactile object-," Proc. of ACM SIGGRAPH 2006, 2006.
- (3) H. Ho and L. A. Jones: "Contribution of thermal cues to material discrimination and localization," Perception & Psychophysics, Vol. 68, No. 1, pp. 118-128, 2006.

- (4) T. Amemiya, H. Ando, and T. Maeda: "Perceptual Attraction Force: The Sixth Force," Proc. of ACM SIGGRAPH 2006, 2006.
- (5) 雨宮・安藤・前田: "非接地型力覚提示装置を中空で把持したときの効果的な牽引力錯覚の生起手法," 日本VR学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 545-556, 2006.



(左から) 雨宮 智浩/ 安藤 英由樹/ 何 昕霓

私たちは五感を通じて，さも当然のように世界と対話しています。この背後で行われている高度な情報処理を行う脳のメカニズムの解明を目指して，精進しています。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
人間情報研究部
感覚運動研究グループ
TEL 046-240-3524
FAX 046-250-4450
E-mail t-amemiya@avg.brl.ntt.co.jp