触覚を通して何が得られるのか

—触覚情報提示技術の流れ—

小谷賢太郎（関西大学）

What can we get through tactile perception?

-Trends in presentation techniques for tactile information-

Kentaro Kotani (Kansai University)

1. はじめに

触覚情報提示技術は視覚等の感覚代行として1960年代から研究されてきた。特にOPTACONや触覚テレビ（Tactile Television Substitution Systems: TVSS）といったシステムが有名である。その後、これらのシステムの改良や、触覚受容器のメカニズム解明への応用といった目的で研究は進んできたが、どちらかといえばこれらのシステムの発表に比べると、大きな進展はなかったと筆者は考える。

ところが最近になってVR技術の応用として触覚ディスプレイが研究対象として取り上げられて以来、VRで開発の進められた触覚ディスプレイの技術が以前からあった福祉応用を目的とした触覚情報提示の研究に波及し、研究動向が変化しつつある。このような環境の中で、昨年には本学会の中に触覚インタフェース研究部会が立ち上がり、一つの流れが出来てきた。

そこで本稿では触覚提示技術の研究者の立場から、特に人間・福祉工学分野における触覚ディスプレイ関連の現状をまとめ、今後の触覚情報提示技術の課題について紹介する。

2. 触覚提示装置の種類

本稿では、触圧覚に対して情報提示を行うデバイスについて取り上げる。このような装置は一般に、点字、触図、Static型触覚ディスプレイ、Dynamic型触覚ディスプレイに分類できる。本稿では現在特に研究が進められている後者の2つのタイプのディスプレイの特徴と、現在までの開発動向についてまとめる。

3. Static型触覚ディスプレイ

Static型触覚ディスプレイは、ディスプレイから提示された情報に対して、使用者が自ら指先や掌を自由に動かして触れるタイプのものである。すなわち、自らの触探索によって情報を認知する

仕組みである。よって、触知覚的には能動的知覚（Active touch）となる。

Static型の長所として、提示された触覚情報を自分の触りたいように触れる、比較的大きな図形を描写することができるといったことが挙げられ、特に三次元情報を提示できることが重要な長所であるとされている。一方、短所として触覚提示されながら他の作業をすることが難しい、Dynamic型と比較してサイズが大きくなる傾向にある、という点が挙げられる。

最近では、Static型触覚ディスプレイの図形表現への適用もトレンドとなってきた。図形情報を視覚障害者が読み取ることは比較的容易であるとされている一方で、視覚障害者自身が図形を表現することは困難である。よって、視覚障害者が図形を表現する際には補助が必要であると考えられる。そこで、視覚障害者自身が図形を作成する際にStatic型の触覚ディスプレイを応用することが検討されている。

4. Dynamic型触覚ディスプレイ

Dynamic型触覚ディスプレイは、触覚情報を提示したい身体部位に固定して利用するタイプのものである。よって、触知覚的には受動的知覚（Passive touch）となる。Dynamic型の触覚ディスプレイでは、振動ピン、電気触覚、空気圧による振動触覚、振動子、触知ピンと様々な刺激提示方法が利用されており、提示部位に関しては、指先を用いているものは少なく、例えば、腹部、口の中、背中など様々な部位が利用されている。Dynamic型の触覚ディスプレイを使用する対象としては、主に視覚障害者が想定されているが、聴覚障害者の援助や宇宙飛行士等空間認識を必要としている人々も同時に対象として行っている研究が存在していることが分かる。また、Static型には装置の大きさ、高価格という欠点に対して、Dynamic型は、装置の小型化、低コスト化という利点も挙げられる。

また、刺激提示方法と提示部位の関係について、触覚ディスプレイのパフォーマンスは、刺激提示

の方法（振動触覚か電気触覚）や刺激を受ける部分の知覚特性に非常に依存されている。例えば、指先は振動触覚刺激において高い感度を示すが、電気触覚刺激においては高い電気抵抗を持つために高い感度は示さないと言われている。よって、刺激の提示部位毎に、それぞれ適した提示方法を選択することが、触覚提示性能の向上を図る上で考えなければならない重要な要素の一つであろう。

5. 触覚情報提示技術の課題と方向性

今後の触覚情報提示技術研究の方向性を示すため、現状知られている課題を挙げる。

【Static型Displayによる三次元情報提示の研究の推進】：

Static型触覚ディスプレイの特徴は三次元情報の提示ができることであると述べたが、実際は三次元情報の提示を目的としたStatic型触覚ディスプレイの開発を行った報告は少ない。三次元情報の提示を目的とした触覚ディスプレイは視覚障害者のみならず、健常者にとっても有効であるといわれており、今後の開発が期待される。

【効率的な提示手法の確立】：

皆川ら¹⁾は触覚ディスプレイに提示された図をスクロールさせて大きな図を表現できるシステムを作成したが、視覚障害者が図の全体像をとらせることは大変困難であると述べている。これは使用者が図を記憶する際に、図の絶対的な位置情報を頼りにするため、図がスクロールしてしまうと、この絶対位置情報を頼りにできなくなり、スクロール前後の図の対応をとることが困難になることが原因であると考えられている。装置自体を大きくすることも考えられるが、手の平を大きく動かして触察する必要がある、知覚される部分的形状を脳内で統合させる必要があることに変わりはない。そこで、使用者の要求に応じて、全体像と詳細図を切り替える階層型ディスプレイが提案されているが、使用者がどの時点でどのような情報を必要としているのかをシステムが理解し、どのような図を提示すればよいのかという問題の解決は容易ではないとされている。今後、大きな図を提示するための効率的な手法について、研究される必要があるだろう。

【触覚を含むマルチモーダル技術の推進】：

触覚情報の普及は触覚単独以外に視覚や聴覚との共感覚による利用などが重要と考えられている。従って、コンテンツがキーとなり、メカトロニクスや通信技術などの要素技術に加え、コンテンツ業界やユーザインタフェースに対し調査検討を行っていく必要があると坂巻²⁾は述べている。以上のことから、今後、マルチモーダル技術を推進していくことが求められるだろう。

【伝達する情報のモーダリティに関する検討】：

現在、触覚を通じて提示する情報としては文字や形状のほかに手触り、動きなど様々な特性があり、それぞれ調べられているものの、どのようなモーダリティが巧く情報を伝達できるのかは十分にわかっていない。触覚の時間分解能は視覚に比べて格段に高いことが知られており、このような触覚の持つ有効性を生かした伝達情報のモーダリティを模索していく必要があるだろう。例えば、速度情報に関しては、視覚による仮現運動提示よりも触覚による提示のほうがより正確に速度情報を伝えられる可能性も示されてきている³⁾。

6. おわりに

ピン密度や小型化など触覚ディスプレイの機能が不十分である点については、実は1980年代の時点で指摘されている。しかし、最近の報告においても、装置の機能が不十分であるという問題点が今も取り上げられている。この事実は、触覚関連の研究者たちが独自散発的に各々の長所を主張しながら情報提示技術の開発に当たってきたことが原因ではないかと考えている。今後、人間工学だけにとどまらず関連の研究者が連携して触覚による情報提示技術のプロトタイプを構築していく必要があるだろう。

参考文献

- 1) 皆川洋喜他：「触覚と聴覚による盲人用図表現システム」、電子情報通信学会論文誌、Vol.J77-D-II, No.3, 616-624, 1994
- 2) 坂巻克己：「二次元アクチュエータを応用した触覚呈示マウスの研究開発」、日本機械学会誌、Vol.104, No.996, 772, 2001
- 3) 今江勇紀他：「触覚の仮現運動における速度知覚の正確度」、平成19年度 日本人間工学会関西支部大会講演論文集、117-120, 2007