



触覚呈示研究を通して見えた触覚の 難しさと将来性

澤田 秀之 香川大学 工学部

〔受賞論文〕

形状記憶合金系を用いた触覚ディスプレイと微小振動の発生確率密度制御による触覚感覚の呈示
水上陽介, 澤田秀之 (香川大学 工学部 知能機械システム工学科)
情報処理学会論文誌, Vol.49, No.12, pp.3890-3898 (2008)

このたび、標記の論文で本会の論文賞をいただくことになりました。本論文は、形状記憶合金（SMA）のワイヤに微小振動を起し、これを触覚の呈示に利用する手法についてまとめたものです。この SMA ワイヤは、電流を与えるとオーム損による発熱によって全長の数 % 程度縮む特性があることから、ロボット研究者の間では人工筋肉材料としてよく知られているものです。

著者らも元々は、同時に研究を進めていた発話ロボットの声道部制御用アクチュエータとしての利用を試みていました。声道形状を変形させるためのストロークを制御しようと試行錯誤する中から、偶然パルス電流を流した際に、ワイヤに触れた指先に感じる妙な感覚に気づきました。周波数やパルスのデューティ比を変えるとその感覚も変化し、あるいはまったく何も感じなくなります。そしてその妙な指先の感覚は、時には心地よく、時にはこれまでに感じたことのない不思議なものでした。

遡ること十数年、筆者は振動モータを加速度センサ、圧力センサとともに、シリコンゴムで皮膚程度の柔軟度に整形したボールに埋め込んだ、握り型の触覚呈示デバイスを作製しました（図-1）。握り動作に応じたモータの振動パターンによって反応を返すことにより、遠隔地どうしのユーザが触力覚でコミュニケーションを行うシステムに応用しましたが、同時に触覚のリアリティを伝えることの難しさを実感しました。その後、香川大学に移り、ロボティクスとヴァイジョン、音響信号処理を中心に研究を行ってきました。その中で、SMA ワイヤの振動が、パルス電流の条件によってさまざまに変化して皮膚感覚として知覚される現象を見つけ、すぐに触覚の呈示に使えるのではないかと考えました。この微小振動を生成する条件を偶然に見出したことと、過去に触覚呈示の研究で満足な結果を得られなかった経験とが上手く結びつき、当初から明確な目標を持って研究を推進し、今度こそは良い成果が得られるという確信を持つことができました。

まずは SMA ワイヤの挙動を調べ始めましたが、当初、数百 Hz の電流の ON/OFF に同期して、発熱と自然放熱によって伸縮が起こっていることが納得できませんでした。そこで高速度カメラによって撮影することにより、300Hz までのパルス電流に同期して伸縮を起こしていることを確認しました。また伸縮の前後で、急激に抵抗値の変化が起こっていることも見出し、これが微小振動に同期した熱の出入りに起因するものであることも分かっています。



図-1 握りデバイスによる双方向触覚コミュニケーションシステム



(a) タッチパネルへの実装による触れるディスプレイ



(b) 点字ディスプレイの携帯電話への実装

図-2 触覚呈示の例

次に、手の平のさまざまな部位をはじめ、身体の数十の部位に対して SMA の微小振動刺激を与え、知覚される感覚の調査を行いました。パルス電流の周波数、デューティ比、電圧値などを少しずつ変えながら、膨大な数の実験を重ね、本アクチュエータは、皮膚下に分布する 4 つの触覚受容器のうち、主に振動を知覚するマイスナ小体とパチニ小体を選択的に刺激できるという、大変興味深い結果を得ることができました。この成果が基になり、触覚の高次知覚であるファントム・センセーションや仮現運動を生起させて、さまざまな触覚感覚を呈示する手法を見出すことにつながりました。特に本論文では、パルス電流の発生を確率密度関数で与えることによって、物体をなぞった際の感覚を呈示する研究成果をまとめています。

これまでの研究成果について特許も取得し、現在は、触覚ディスプレイの実用化に向けていくつかの企業との共同研究を進めています（図-2）。触覚を呈示できるテレビや、相手に触れることのできる携帯電話、視覚障がい者のための携帯型点字ディスプレイなどを、実現していきたいと考えています。同時に、触覚研究がますます活性化していくことを切に望んでいます。

(平成 22 年 4 月 26 日受付)

澤田 秀之 (正会員) sawada@eng.kagawa-u.ac.jp

1967 年生。1990 年早稲田大学理工学部応用物理学卒業。1992 年同大学院博士前期課程修了。1998 年同大学院博士後期課程修了。日本学術振興会特別研究員 DC1、早稲田大学助手、香川大学准教授を経て、現在、香川大学教授。工学博士。