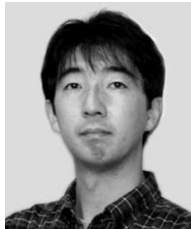


特集 ■ アクチュエータ・テクノロジー ～ヒトとの親和性を求めて～

ゲストエディタ巻頭言

人間と触れるアクチュエータとの邂逅 かいこう



井野秀一

東京大学

INO SHUICHI

私たちの生活を支えている身のまわりのモノには、多くの技術者たちの知恵が鑲められています。その知恵の源である科学技術の歴史は、ある意味で人間の身体機能の拡張に対する挑戦の足跡と言えます。例えば、18世紀後半にイギリスで始まった産業革命が工業化の楔となり、自分たちの手で行っていた布を織るという作業を機械化し、生産性の大幅な向上を促しました。いわば、第三の「手」の誕生です。また、蒸気機関という原動機の発明は、機関車や自動車などを次々と生み出し、移動手段に大きな変化を与えました。これは、私たちの「足」の機能の強化といえます。このような近代における工業化が契機となって、等身大の生産様式から自らの能力を超える生産技術を手中に収めた私たちは、その後も科学技術を系統的かつ蓄積的に利用し、生産性を常に向上させています。人力や畜力と言った生物的な動力から離れ、より効率的で便利な生活を求めて、電力を中心としたエネルギーを駆使する高度産業社会に私たちは生きています。

現代において、機械の「手」や「足」の動力として活躍するアクチュエータは、例えば、モータに代表される電気アクチュエータであり、油圧や空気圧を電磁弁で制御する仕組みのアクチュエータです。どれも工場などの生産の現場で目にも止まらぬ早さで、日夜、機械を動かし、たくさんの製品を世に送り出しています。これらのアクチュエータは自動化された生産ラインでの大量生産に欠かせない技術であり、私たちの生活を目に見えないところで支えています。また、最近では、消費者の市場動向をリアルタイムで把握し、製品のモデルチェンジにいち早く対応できるラビットプロトタイプ技術が進歩し、臨機応変に作業ができる産

業用ロボットが工場で大活躍しています。もちろん、このロボットにもアクチュエータは組み込まれ、その作業完遂の役目を果たしています。製造業ばかりでなく、運輸・交通などのサービス産業をはじめ、何かを動かす必要のある場では、アクチュエータは欠くことのできないデバイスであるといえます。

このような動向から考えると、アクチュエータ技術は十分に成熟していて、あらゆる機械システムに何不自由なく組み込んで利用できそうですが、果たしてそうと言えるでしょうか。例えば、VRとの関係を考えて場合、モータなどの従来のアクチュエータを利用することで十分に事足りるVRシステムはどのくらいあるのでしょうか。確かに、モーションベースのように、ヒトをそっくりそのまま乗せてしまうシステムの場合、即応性や制御性の良さ、そして出力の大きさから見て、モータや油圧の産業用アクチュエータに大きな問題は見あたりません。

しかし、フォースディスプレイやパワーアシストシステムのように、身体と直に触れたり、上肢や下肢の関節の動きに無理なく添う必要性のあるシステムの場合はどうでしょうか。このような場合に最も重要なことは、身体を傷つけないという「安全性」の確保です。産業用アクチュエータは直進や回転には適した仕組みとなっていますが、ヒトの関節はロボットなどの機械のリンクとは異なり、挙動が複雑であり、モータを関節周りに取り付けてそのまま動かすと関節を痛めることとなります。また、万が一の接触時の事故防止のためには、適度な「柔軟性」が欠かせません。できれば、制御システムへの依存度の少ない受動的なしなやかさを備えていることが望まれます。その他では、身体装

着時の可搬性という観点から「軽量性」、日常的な生活空間での利用を考慮した「静音性」なども大切になります。さらに、情報伝達のための刺激呈示デバイスとしては、対象になる感覚受容器の特性に整合するような「小型・集積化」と「応答性」が求められます。

そこで本特集では、秋葉原の電気街などで手軽に入手できないけれど、長年の地道な研究開発から萌芽の段階を脱し、実用化に近いフェーズにあり、ヒトとの親和性を強く意識した大小様々のアクチュエータを知る企画としました。さらに、アクチュエータの一種の究極的なデザインでもある生体筋についての話題も含めました。

まず、小さなアクチュエータの先陣を切って、薄くて透明な「静電フィルムアクチュエータ」の解説を山本晃夫氏(東京大)にお願いしました。軽量・柔軟というキーワードに加えて、薄型・透明という視点のもとに、その原理から将来性までを説明いただきました。次に、感覚代行やマイクロマニピュレーションなどの分野で活躍する「圧電アクチュエータ」については、電気-機械系の構成方程式に関する基本からセンサレス制御と触覚マウスなどへの応用を、大岡昌博氏(名古屋大)に解説いただきました。さらに、素材の持つ柔軟性に加えて、指先サイズの小型化を実現した「高分子ゲルアクチュエータ」については、触覚ディスプレイへの適用という視点からの議論と、そこで生じる触感や局所的なすべり覚についての知見を、昆陽雅司氏(東北大)に解説いただきました。

その一方で、VRシステムでは上肢や下肢などを動かすような大きな力を発生できるアクチュエータも必要とします。そこで、高出力で柔らかなアクチュエータの代表格である「空気圧アクチュエータ」を用いたパラレルマニピュレータの仕組みと医療リハビリ分野への応用例について、高岩昌弘氏(岡山大)に解説いた

きました。また、ソフトで出力重量比が大きく、駆動音の生じない「水素吸蔵合金アクチュエータ」に関する解説は、佐藤満氏(昭和大)と私が担当しました。動力源に用いる水素吸蔵合金の基本特性と動作原理について概説し、介護支援機器やVR応用の可能性について紹介しています。さらに、ER流体やMR流体を利用した「機能性流体アクチュエータ」の解説は、菊池武士氏・古荘淳次氏(大阪大)にお願いしました。ISO12100に基づく人間共存システムの安全性の考え方、機能性流体を利用したクラッチ型アクチュエータの特徴、そして上肢リハビリテーションや義足などへの応用について説明いただきました。

これらの6編の解説で登場したアクチュエータは、どれもユニークで、ヒトとの親和性を大切にしており、極論すれば「生体アクチュエータ」を目標にしていると言えます。そこで、本特集の締め括りとして、金子文成氏(札幌医科大)と横井孝志氏(産総研)に、生体筋の運動生理学的な観点からの解説とVR研究者にとって興味ある自己運動錯覚に関する知見を紹介いただきました。

この特集を通して、読者の皆様には、ヒトと機械が触れあうという困難な課題に挑んでいる様々なアクチュエータの存在を知っていただき、それがヒトとの直接的なインタラクションが求められるVR研究の新展開のヒントになることを願っています。そして、本特集から新たなニーズとシーズが出会い、ヒトと触れあうマシンの未来を担うアクチュエータとその実用化に向けた研究の種がどこかで生まれるならば、ゲストエディターとして望外の喜びです。

最後に、本特集のために執筆を快く引き受けて下さり、基礎から応用までを含めた俯瞰的な視座から鋭意ご執筆いただいた諸先生方に心より感謝いたします。

【略歴】

井野秀一 (INO Shuichi)

東京大学 先端科学技術研究センター 准教授

1988年北海道大学工学部電子工学科卒業、1993年北海道大学大学院工学研究科生体工学専攻博士課程修了。工学博士。1991年日本学術振興会特別研究員(DC)、1993年北海道大学電子科学研究所助手、1995年同講師、2003年より現職。専門は生体工学、福祉工学、人工現実感、ハプティックインタフェースなど。著書(共著)『ロボット工学ハンドブック』、『人工現実感の評価』、『健康・福祉工学ガイドブック』ほか。日本バーチャルリアリティ学会、電子情報通信学会、日本機械学会、日本生体医工学会、ヒューマンインタフェース学会、バイオメカニズム学会、IEEE等の会員。