

心地よく安全な世の中を裏で支える指のシミュレーション技術

た だ みつのり
多田 充徳 (産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 研究員)

自己紹介

筆者は、独立行政法人・産業技術総合研究所の中にあるデジタルヒューマン研究センターというグループに所属しています。『デジタルヒューマン』、あまり聞き慣れない言葉かもしれませんが、我々のグループでは、人間の機能を工学的にモデル化して、世の中に役立てるための研究を広く行っています。読者の皆さんが興味を持ってられるロボット研究が、主に人間のような動き、そして行動を現実世界に再現するための技術であるのに対して、デジタルヒューマン研究では形、動き、感覚そして心理・生理など、人間のあらゆる側面を取り扱っています。

この記事では筆者が開発しているコンピュータの中に再現された人間の指、つまり変形すること、摩擦力を伝達すること、そして触覚を感じることが出来るような、指のコンピュータシミュレーション技術に関する話をしようと思います。

触覚って面白い

触覚とは、五感(視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚)の中で最も原始的な感覚であると言われています。ここで言う原始的とは決して他の感覚に比べて劣っている、または下等という意味ではありません。筆者はこれを人間が生きていく上で必要な根源的な感覚、つまり生活に根差した感覚だと理解しています。

例えば、机に座って勉強をしている瞬間にも、布団に横たわって寝ている瞬間にも、体のどこかが接触している以上は必ず、そして無意識のうちに触覚情報が知覚されています。一方で、人間が意識的に行う高次機能にも触覚が寄与していることが知られています。例えば『つるつる』や『ざらざら』といった肌理の知覚、物体の操作

や不整地の歩行といった運動制御を触覚情報なしで実現することは不可能なのです。

手元に辞書を用意して『触れる』という単語を調べてみて下さい。何番目かに『体験する』という意味があることに気づきましたか? そうです、我々人間は日常生活のあらゆる局面で、あらゆる身体部位から触覚情報を獲得し、それらを介して身の周りに起こっている様々な事柄を、意識の有無に関わらず感じているのです。そしてこのような触覚の特性ゆえ、『触れる』という言葉が単なる物理的な接触にとどまらず『体験する』という意味を持つに至ったのではないかと筆者は考えているのです。

次に、触覚の源について簡単に説明しましょう。触覚とは、元をたどれば接触に伴う皮膚の変形によって発生します。無毛部の、つまり毛が生えていない部分の皮膚の中にはマイスナー小体、パチニ小体、メルケル触盤、ルフィニ終末と呼ばれる4つの触覚受容細胞があります。そして、マイスナー小体の変形状態の変化によく反応し、メルケル触盤が持続的な変形に良く反応するといったように、それぞれの反応特性が異なることが多様な触覚を生み出す要因なのではないかと考えられています。

なぜ開発しているのか

さて、勤の良い読者の皆さんであればもうお気づきかもしれませんが、コンピュータで触覚をシミュレーションすることは、即ちコンピュータで皮膚の変形をシミュレーションすることにほかなりません。なぜなら、それに加えて皮膚の変形と触感、もしくは皮膚の変形と触覚受容細胞の反応とを関連付けるような人間の心理・生理的なモデルがあれば、触覚を予測できるからです。

筆者は、有限要素法という構造解析のための一手法を用いた、触覚のシミュレ

ーションに関する研究を2005年に開始しました。記事の冒頭でも述べた通り、人間の指を対象にしています。これは、(1)触覚受容細胞の密度が最も高く、きめの細かい触覚情報を取得できる、(2)物体の操作のような人間の高次機能にも直結している、といったように触覚の本質が凝縮されている部位だからです。

この研究を始めた当初の目的は、触覚の知覚メカニズムを理解することでした。前節で説明した通り、触覚情報の源とは皮膚の内側の変形です。つまり、いかなる計測装置を使っても、その状態を直接計測することができません。このような制約が触覚研究の難しさであり、また人間の他の感覚に比べて知覚メカニズムの数学的なモデル化が遅れている原因となっています。

一方、コンピュータシミュレーションを使えば、実際には計測する事の出来ない皮膚の内側の変形挙動を詳細に調べることができます。このため、触覚の知覚メカニズムを理解するためには、コンピュータシミュレーションを導入する事が近道であると考えたのです。

また、このシミュレーション技術には筆者が当初予想もしていなかったような副次的な効果もあります。実は、手で扱う工業製品を設計する際に、そのフィット性、操作性、そして安全性を仮想的に評価するための基盤技術となるのです。今までは製品のモックアップを作った上で、多くの被験者を集めて感性評価実験をすることが多かったのですが、これらをコンピュータ上で行うことができれば、大幅にコスト・時間を削減することができます。

ところで、このようなシミュレーションを行う上で、筆者が最も重要だと考えていることは『個人差』を再現することです。図1を見れば分かるように、一人ひとりの顔や性格に個性があるように、指にも個