

領域別ミニシンポジウム2 工学的視点から捉えた運動制御の魅力 工学的運動制御の基礎 -単関節運動のシミュレーション-

吉田 直樹



リハビリテーション科学総合研究所／関西リハビリテーション病院

運動制御にはいろいろな切り口があるが、ここでは工学的制御理論の紹介をしたい。通常、シンポジウムでは最先端の内容の紹介が多いが、ここではごく基礎的な部分を扱う。工学的運動制御理論は、ごく基礎的な部分でもヒトの運動の理解に重要な視点を与えてくれるだろう。ヒトの脳神経系は何をしなければいけないか、どんな機能を持つ必要があるのか、といったことを考える重要なヒントになる。

しかし、工学理論の理解には大きな壁がある。数学である。工学理論は数学（それもかなり難解な）という「ことば」で書かれている。それなしでは厳密に表現できない。基礎的な部分であっても、普段数学を扱っていない分野の人は近づくのが難しい。

そこで、今回は、数式の利用は最小限にして、代わりに自作のコンピュータ・シミュレータを用いる。数式に基づく工学理論をベースにした「動き」を見ることで、正しい理解が進む部分があると期待している。

工学では、制御対象をシステムと捉える。システムには通常、入力値と出力値があり、制御の場合には入力値を操作量、出力値を制御量と呼ぶ。制御の目的は、「望みの制御量を得るための適切な操作量を、(ヒトが介入しなくても自動的に) 決めること」である。

通常、これは簡単ではない。制御量と操作量は複雑な関係にある場合が多いからだ。一般に「操作量≠制御量」である点が大変重要である（シミュレータの動きでも示す）。我々はい「操作量＝制御量」のような観点でものを見てしまいがちだが、それでは運動制御を正しく理解できないだろう。

「望みの制御量を実現するための操作量を決定する仕組み」も一種のシステムであり、コントローラ（制御器）と呼ばれる。ヒトの運動制御を考えると、制御器である脳神経系の機能に注目するのは当然だ。しかし、制御器が何をしなければいけないかは、実は制御対象システムの特性に依存する。運動器システムの特性は、運動器の力学特性（慣性・粘性・弾性）で決まる部分が多い。そのため、運動器の制御の理解には、その力学特性の理解が不可欠である。この部分も、正確な理解には数式の利用が欠かせないが、ここではシミュレータで扱う。

コントローラによる制御の仕組みは「制御則」と呼ばれる。フィードバック制御やフィードフォワード制御なども制御則の一種である。これらの特徴や限界もシミュレータで表現する予定である。

略歴

- 1994年 慶應義塾大学大学院修了 修士（工学）
- 1994年 北海道大学医療技術短期大学部 助手
- 2003年 茨城県立医療大学保健医療学部 助教授
- 2004年 米国・ペンシルバニア州立大学 研究員
- 2005年 現職
- 2007年 東京大学大学院修了 博士（工学）