

# 私とロボット



若 者

細 田 耕\*

筆者の専攻は、ロボット工学である。ロボット工学というからには、ロボットの研究をしている訳であるが、ではロボットとは一体何であろうか。我々はロボットに何を求めるのであろうか。本稿では筆者のこれまでの研究の紹介を通じて、今後ロボットに何を求めるのかを考えてみたい。

筆者は1987年4月、京都大学工学部機械系学科に新4回生として配属になって以来、1993年に博士号を取得するまで、ずっと柔軟アームの制御に関する研究を行ってきた。宇宙空間で使用するマニピュレータは、無重力であるがゆえに大きな質量を持つ対象をハンドリングすることが可能である。また、その作業空間は地上用と比べて広大になる。しかしながら、その長さ、負荷の大きさから、従来剛体であると考えられていたロボットアームの柔軟性が無視できない状況が生じてくる。また宇宙用ロボットは、うち上げのコストを考えると、できるだけ軽い方が望ましく、これがますますアームの剛性低下を誘う結果になる。一方、地上用のアームにおいても、産業用のマニピュレータに対して、その生産性を向上させるために、高速化が計られているが、その最大の障害となるのが定点停止時の微小振動である。このように柔軟アームの研究は、宇宙用、地上用ロボットの作業の効率化のために必要になってきている。筆者はこのような柔軟マニピュレータの振動を抑制す

るための制御の研究、開発に従事していた。

まず最初に筆者がしたのは、柔軟アームの研究を進めていく上においては、柔軟アームのモデルをいかにうまく作るかが、そのモデルを用いた制御器の性能に大きく影響していることに着目し、柔軟アームのモデル化の手法について研究を進めることであった。提案したモデルは構造的には仮想的にアームを分断し、その部分に仮想的な受動関節を設けるような、簡単なものであったが(図1参照)、そのパラメータを実際の柔軟アームの測定値を基に決定することにより、より実機に近いモデルを構築することが可能となった。

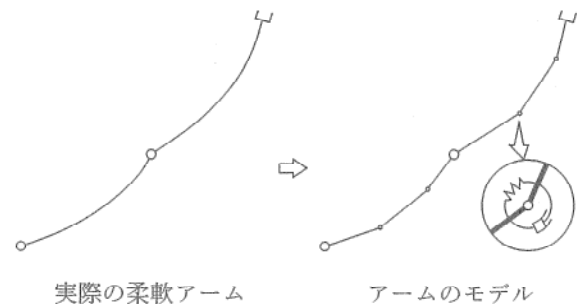


図1 柔軟アームのモデル

次に写真1に示すような3次元空間内を運動する3自由度の柔軟マニピュレータの振動抑制

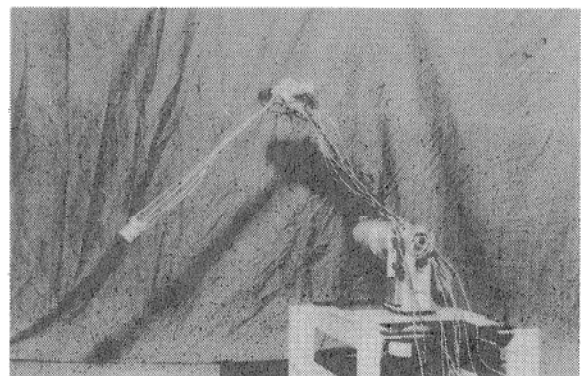
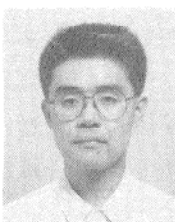


写真1 3自由度柔軟アーム



\*Koh HOSODA  
1965年11月9日生  
1993年京都大学工学研究科博士  
後期課程修了  
現在、大阪大学工学部電子制御機  
械工学科、文部教官助手、博士  
(工学)、ロボット工学  
TEL 06-877-5111 (内線 4723)

制御の実現に従事した。当時、柔軟マニピュレータの研究は世界的に進行中であったが、1自由度、あるいは平面2自由度のアームの関するものがほとんどであり、3次元空間内を運動する3自由度の柔軟マニピュレータの制御に関する、実験を含めた研究はほとんどなかった。この柔軟アームについて与えられた目標値に対してその周りでの振動抑制をする制御則を開発し、その有効性を実験により検証した。

さらにこのような柔軟アームによって与えられた軌道に追従するような軌道制御系を構成するためには、どのような条件が、与えられる軌道、及びアームに必要なかということに関する研究を行なった。

ここまで紹介してきた研究は、すべて柔軟アームのみで振動制御を実現するための方法論であった。このような手法では、柔軟アームのモデルを構築し、それを基に振動を抑制するための制御則を式変形を基に考えていくということが研究の主なやり方であった。一方、架線修理用のアームに見られるように、本体は柔軟なアームであるが、その先端に小さいアームを取り付けることにより、その振動を補償して、作業を実行するようなアームシステムが考えられる。このように、柔軟アームの先端に小さいアームを取り付けたシステムをマクロ・マイクロシステムと呼び、このようなシステムに関する研究を進めた。このようなアームの場合、柔軟アーム部に関する制御は、柔軟アーム単体の場合と比べ、比較的単純でも良く、その結果生じた誤差を先端部に取り付けられたマイクロアームにより補償する。広範囲の移動を柔軟アームに、微

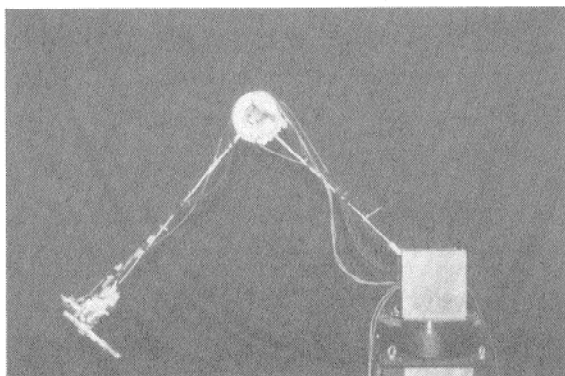


写真2 マクロ・マイクロコンピュータシステム

小運動をマイクロアームに作業分担することにより、各々の制御則を単純化できることを示した。また、考案した制御則を写真2に示すようなマクロ・マイクロシステムに適用し、実験を行なってその有効性を確認した。

さて、今まで筆者が取ってきた研究姿勢は、基本的に、まずロボットを制御対象として何らかの形で数式にモデル化し、そのモデルを基に制御方策を立ててロボットの制御を実現するようなものであった。このような方法では、ロボットが数式で記述できなければならず、またその数式モデルがかなり正確でなければロボットの動作をさせることはできない。このような数式モデルに基づいた制御を用いる場合、モデルがある程度正しければ、その目標値への収束性や、収束安定性などがすべて数式の上で処理でき、それらの性質が数学的に保証されるような制御系を作ることが可能となる。見ために美しいし、数式の中で閉じている分だけ、余計なことを考えなくても良くなる。このようなアプローチを取る場合には、対象のモデル化の手法が問題となっていて、モデル化がある程度妥当性を持っている場合には、それでほとんど問題は解決している。このような方針を取ると、モデル化はできるだけ実対象を厳密に記述するものとして発展し、モデルの精度、制御則の精度をできるだけ上げれば良いという方向になるように思われる。

今まで、数式モデルを用いたロボット研究に求められていたものは、例えば産業用ロボットなどのように、その目的は「精度の向上」、あるいは「作業時間の短縮」であった。この意味において、数式で記述できる範囲の制御に関する研究が突出的にされてきていたのではないだろうか。今までの時代の求めてきていたものが、生産性であり、製品のクオリティであり、それを生み出すものとしてロボットが位置付けられていたためではないかと思われる。

しかしながら、このような数式モデルに基づいた方法では自ずと限界があるのではないだろうか。そもそも我々はロボットに何を求めるのであろうか。おそらく絶対精度だけではあるまい。

ロボットに対するニーズは、従来は産業用ロボットに代表されるように、精度や作業時間の短縮などであった。しかしながら、近年では、ロボットにより高度な作業を実現させようという試みがなされてきている。つまり、ロボットに仕様として与えられるのは、精度ではなく、ある作業の遂行である、などのように。このような場合、ロボットの精度を上げなくてもある作業を遂行できれば良いということになる。

一方ではロボットと人間の相互干渉に注目が集まりつつある。今までの研究ではロボットと人間が別々の環境で行動していたものを、何とか共通の環境内で動作させることができないかということである。これが実現されると、ロボットと人間とのインターフェイス、コミュニケーションがよりスムーズになり、人間の意志、つまりロボットに何をさせたいかをより簡単にロ

ボットに伝えることができる。このような場合にもロボットに求められるのは絶対精度ではなく、与えられた作業の遂行度のように、数式モデルでは表現し難いものであろう。このようなケースに数式モデルに基づく方法を適用しようとすると、人間のモデルが必要となるが、そのような目的のために妥当な人間のモデルが存在するかどうかは難しい所である。

このように、今まで筆者が取ってきたような数式によるモデル化を用いたロボット制御で閉じることなく、数式で記述できない対象としてのロボットを、何とかしてコントロールできないものかと考えている。もちろん、今まで研究してきた数式ベースの研究を否定するものではなく、むしろその上にさらに発展するような形で、数式で記述し得ないようなロボットを作ることが、筆者の今後の目標である。

