

マニピュレータ変遷史

世界初のマニピュレータは1948年に米アルゴンヌ研究所で製作された、機械式マジックハンドで、原子力発電所施設内の放射性物質を遠隔操作することが目的だった。1962年には「ユニメート」や「バーサトラン」という名の初の産業用マニピュレータが同じく米国で作られる。これはプレーバック方式のマシンで、コンピュータがなかった当時、操作の仕方を人間が事細かにロボットに教え込まなければならなかった。

1967年、これは日本にも導入され、70年代の初めまでは日本の工場でも使われた。1978年、日本オリジナルの組立作業用のロボットアーム「SCARA（スカラロボット）」が山梨大学の牧野洋教授（当時）によって、開発された。この後、日本の産業用マニピュレータは急速に進化していく。

一方、この頃、日本の研究機関で開発されていたマニピュレータについては意外に知られていない。しかし、世界に類を見ない、優れたアイデアのマニピュレータが日本にも少なからず、誕生していたのである。

黎明期のブレークスルー

私も学生時代に何度か訪れたことがある電子技術総合研究所（電総研。現、産業技術総合研究所）は東京溜池にあり、建物壁にはツタが絡まり、建物内はどんよりと暗かった（ように記憶している）。だが、中の研究員たちは意気盛んで、実に活気にあふれていた。実際、この研究所から世界に発信した、世界初の“発明”は少なくなかった。

1970年前後、電総研には強力な知能ロボット研究グループが結成されていた。ここではまず、当時、マニピュレータの新人研究者としてグループに参画した、高瀬國克教授（現、電気通信大学）に登場願おうと思う。開発史のマイルストーンとなったイノベーティブなマニピュレータを古い順に紹介したい。



次々と新機軸のマニピュレータを開発した高瀬國克教授

世界初のビジュアルフィードバック付きマニピュレータ(ETL-MK-I)

1970年代当時、プレイバック方式が主流だったマニピュレータに、TVカメラという人工の目を導入。いちいち人が教えなくても、自分の“目”で目の前の物体を認識できる、初の“知能化”ロボットマニピュレータの開発に電総研が成功した。もっとも、この“目”はマニピュレータに搭載されず、離れたところにあり、視覚情報を取り込んでの自律的なマニピュレ



世界初のハンド・アイ・システム MK-I。ロボットの目を使って、升到積み木を入れる。

ションだった。

当時、コンピュータを使っただけの制御は大変珍しく、演算スピードもかなり遅かったが、積み木を使っただけのデモ——「升到積み木の隙間を“見た”マニピュレータが、隙間をうめるように、自らの位置を修正し、積み木を升到入れる」——に成功した。MK-I（6自由度）は油圧サーボで駆動され、図体も大きく、ごつい。高瀬さんの先輩が開発したものだという。

このビジュアルフィードバック・マニピュレータは次第に産業界でも使われるようになる。ある程度いい加減に置かれた物

でも、ビジュアルフィードバックをかければ、正確な操作が可能になるため、マニピュレータを含むFAシステムのコストダウンももたらした。

「ロボットカーペンター」の登場

しかし、“目”で見て、調整できるのは1mmが限度だった。隙間がさらに小さい升到積み木をはめ込むには、力の感覚が必要だ。そこで、高瀬さんは「トルク（力）制御方式」を編み出した。



「トルク制御」を考案し、より細かな作業に成功した「ロボットカーペンター」。

これまでの「位置制御方式」では目標角度情報から、各関節に適正な角度を与え、

高出力駆動装置も開発

磁気粉体クラッチ連結モーター

ロボットカーペンターの駆動装置には当時のサーボモーターのパワー不足を解消すべく、“磁気粉体クラッチ”を連結したモーター方式が使われている。“磁気粉体クラッチ”とはパウダー状の磁性材料を入出力間の隙間に充填し、励磁コイルに電圧を印加することで粉体の結合状態を変え、印加電圧に比例したトルクを出力するものだ。これを高出力モーターと負荷の間に挿入して使うと、減速機（ギア）を介さずにすんだ。

この駆動装置は重いので、マニピュレータの根元など外部に設置した。各関節はワイヤでつながれ、アームの重量は5kg以下になった。（当時のマニピュレータは100kgぐらいのものも少なくなかった）。磁気粉体クラッチは三菱電機製で種々の産業機械に使われたが、次第に希土類系磁石の高性能モーター（トルク重量比はフェライトの約10倍）が主流になっていく。