

日立の産業用ロボットの動向

Trends of Industrial Robots

沼倉俊郎* Numakura Toshio

日立製作所では、産業界の各種製造工程の自動化・省力化、悪環境下作業の解消、品質の均一化などを目的として、産業用ロボットに関する技術開発、及び実用化を進めている。

その特徴は、(1)低価格化、(2)視触覚機能による高機能化、(3)パターン認識技術の応用による目視作業の自動化などである。

このような技術開発を通じ、産業用ロボット機器及びシステムをいっそう充実させ、ユーザーの期待に応じてゆきたいと考えている。

1 緒言

自動化・省力化による生産合理化、単純作業、あるいは悪環境下作業の解消、品質の均一化などを目的として、産業用ロボットの実用化が日本、米国をはじめ欧州諸国で進められている。

既に、モジュール形ロボット、プレーバック方式の塗装、溶接ロボットが広く製造工程に定着化しつつある。

しかし、更にロボット技術の応用拡大を図るためには、コストパフォーマンスを向上させること、すなわち、低価格化と高機能化が必須である。

このような観点のもとに、日立製作所において進められているロボット技術の分類を図1に示す。

以下、順を追ってその概説を行なうが、個々の詳細は後続の各論文を参照いただきたい。

日立製作所のロボット技術は先端的なパターン認識、触覚などの応用研究に関しては世界をリードしており、また産業用ロボットの開発についても他社に比肩できるものを持っている。しかし、日立製作所でも、生産の現場で将来ロボットを応用すべき分野がまだ多く残されており、今後いっそう応用面に力を入れてゆくべきであろう。

ロボット工学の夢は人間と同様な万能の機能をもつ機械を

作ることにあるが、これが実現するのははるか未来のことであり、産業用ロボットは当面人間の機能の一部を代行するものに過ぎない。むしろ今後は広範な汎用化をねらった従来形式の産業用ロボットよりも、ある専門領域で限定された汎用性をもつ自動装置が種々に分化し発展してくることになるであろう。

2 モジュール化

産業用ロボットが最初に実用化されたのは、マテリアルハンドリングの分野である。当初は単純な、つかみ、移送などの作業を行なう簡単なものが実用化されたが、マテリアルハンドリングに必要な要素動作は全体としてみれば多種・多様で、このような広範な要素動作を実現することが産業用ロボットに対して要求されるようになってきた。

しかし、このような広範な要素動作のすべてをただ1種の産業用ロボットで実現することは難しいし、またできたとしてもその産業用ロボットは複雑高価で実用性に乏しいものとなりかねない。

このような問題を解決する手段として登場してきたのが、各種の要素動作を実現する幾つかの標準ユニットをあらかじめ

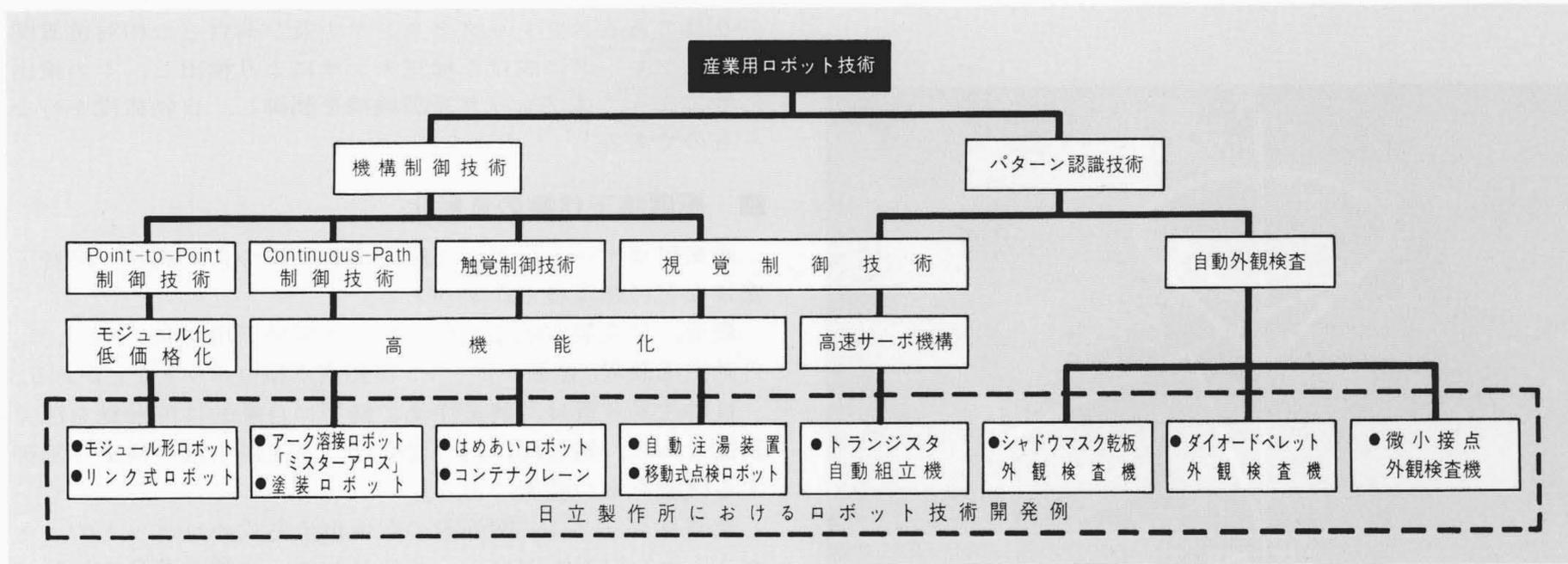


図1 ロボット技術の分類 ロボット技術とその実用例とのつながりを示している。

* 日立製作所生産技術研究所 工学博士

め用意しておき、用途によってその中から必要なものを選択して組み合わせるビルディングブロック方式の構成によるモジュール形産業用ロボットである。

マテリアルハンドリングに必要な要素動作は、全体としては多種・多様であっても、特定の応用用途に対してはそのすべてが必要なわけではない。したがって、このようなモジュール形産業用ロボットは経済的に多様なマテリアルハンドリングへの応用に対処できる有効な方式である。

日立製作所は、このモジュール用産業用ロボットと在来のコンベヤなどの搬送機器とを組み合わせ、顧客のニーズに適合したマテリアルハンドリングシステムの最適設計を行っている。

3 低価格化

産業用ロボットが最も多く適用される場所は、製造工程でのマテリアルハンドリングであるが、この場合、その省力効果に見合った費用で産業用ロボットを実現する必要がある。しかし、加工機械へのワークの着脱、コンベヤへのワークの移載など簡単なマテリアルハンドリングでは、産業用ロボットによる省力効果は少なく、従来の産業用ロボットでは、ともすると価格の点でその省力効果と見合わない状況が見受けられている。

そこで、製造工程でのこの種の簡単なマテリアルハンドリングの自動化を目的とした、リンク機構を用いた低価格のロボット(リンク式マシンハンド)をこのほど開発した。

この種のマテリアルハンドリングに用いられる産業用ロボットには、上下、前後、回転などの組合せ動作が要求される。

リンク式マシンハンドは、与えられた動作軌跡をたどらせる手段としてリンク機構を利用するものである。

このためのリンク機構の諸元を求めるときに、電子計算機の利用が可能であり、**図2**に電子計算機を用いたリンク機構の総合結果の一例を示す。

リンク機構の採用は、ロボットの駆動軸数の減少、及び制御の簡略化をもたらす。開発されたリンク式マシンハンドの一例を**図3**に示す。

4 高機能化

産業用ロボットの適用拡大を図るためには、従来の産業用

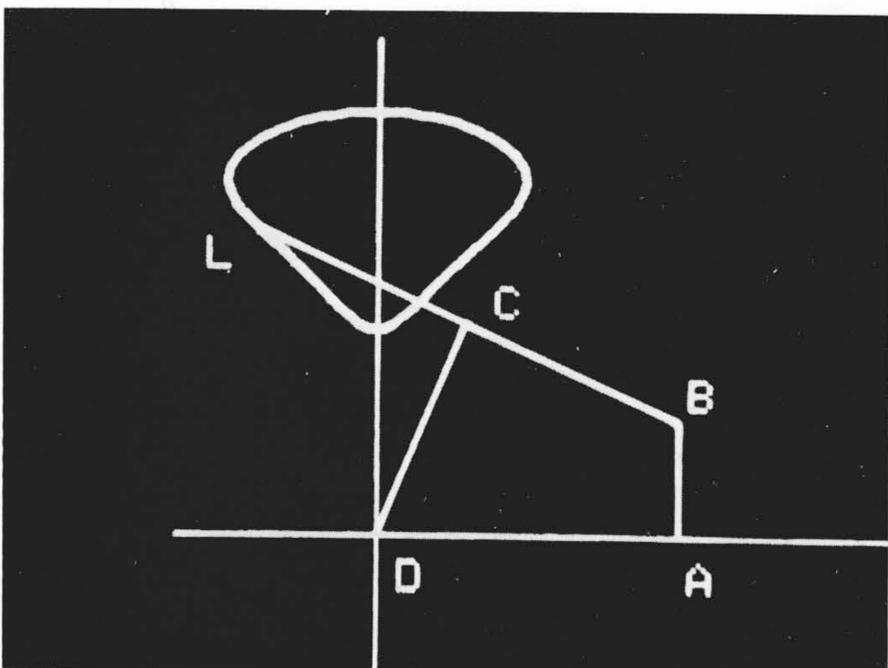


図2 リンク機構の総合結果 求めたリンク機構ABCDとその中間節の描く軌跡Lを示している。

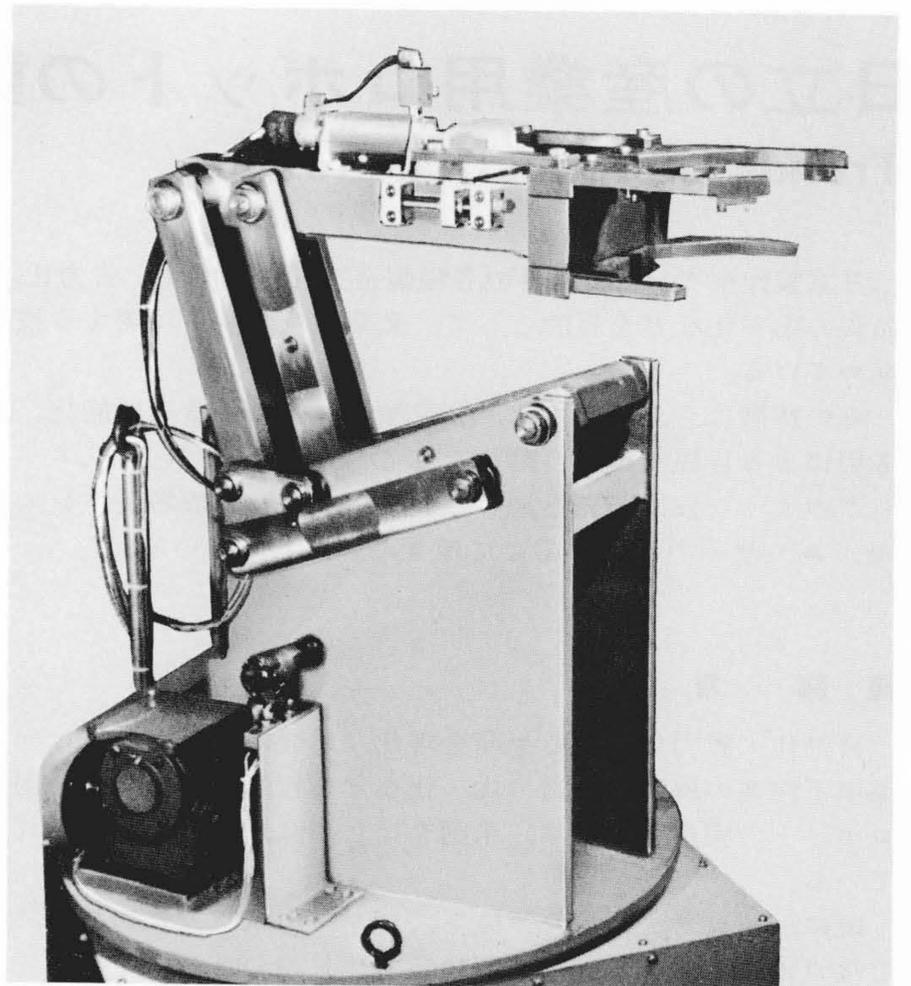


図3 リンク式マシンハンド 上下、前後動作にリンク機構を利用し、これに回転機構を加えてある。

ロボットに、視・触覚などの感覚機能を加えて、機能をいっそう向上させることが不可欠である。

日立製作所では、このような考え方のもとに感覚機能を持ち、加えて経済性のある産業用ロボットの開発を進めてきた。

この例として、触覚はめあいロボット“HI-T-HAND”、センサ付溶接ロボット「ミスターアロス」、触覚付きコンテナクレーンなどがある。

触覚はめあいロボットは、ミクロンの精度を要するはめあい作業を触覚制御により自動化可能としたものであり、溶接ロボットは、あらかじめ教えられた軌道をセンサにより自己修正し、溶接ひずみなどの影響を解決し、溶接するものである。

図4は触覚付きコンテナクレーンを示すもので、コンテナつり具であるスプレッドとコンテナ及び荷台との相対位置関係をスプレッドに設けた触覚センサにより検出し、この検出信号によってスプレッド微調機構を制御し、自動荷役を行なうものである。

5 悪環境下作業の自動化

産業用ロボットの重要な適用分野の一つに、高熱・騒音・塵埃などの悪環境下作業がある。

最近、日立製作所で開発された悪環境下用ロボットとして、自動注湯装置、塗装ロボット、移動式点検ロボットなどがある。

自動注湯装置は、鋳造作業で鋳型に自動的に溶融鉄を注ぐ装置であり、鋳型湯口内の湯面高さを注湯中常に検出し制御する機能をもつ装置である。

塗装ロボットは、関節形の記憶再生方式のロボットで、トrolleyコンベヤなどによって移動している被塗装品に対して自動的に塗装するものである。

移動式点検ロボットは、原子力発電所などのプラント内の機器の点検を遠隔操作により行なうもので、放射線、温度、騒音などの悪環境条件から点検員の解放を図ったものである。



図4 触覚付きコンテナクレーン 触覚センサによりスプレッタ(つり具)を制御し、コンテナ荷役を行なう。

6 パターン認識技術の応用

これまでパターン認識技術は、自動位置決めや自動外観検査などの分野で応用されて独自の発達を遂げているが、産業用ロボットに結びついた外界認知手段としての応用は、むしろ今後の発展が期待される分野である。

表1は日立製作所内でのパターン認識技術の主な応用例を示すものである。

自動位置決めの分野では、視野内で2個のターゲットパターンを認識し、一方を動かして他方に位置ずれなく重ね合わせる自動パターン合わせの技術や、配線を接続すべき電極を認識し、その位置に配線工具の先端を位置決めする自動ボンダの技術が完成されており、年々精密微細化する半導体素子の製造工程に活用されて、従来の人による目視位置決めでは避け得なかった品質のばらつきを防止し、また生産を省力化する上に大きな効果をあげている。

自動外観検査の分野では、製品の品質信頼性の向上、商品

表1 パターン認識技術の応用 パターン認識技術は、精密位置決めや外観検査の自動化に広く応用されている。

自動位置決め	内容	相互位置決め		単体位置決め
	対象		○自動パターン合わせ装置	
自動外観検査	内容	欠陥有無	欠陥面積	欠陥種別
	対象	○エナメル電線の被覆欠陥 ○電動機整流子の銅切屑・狭小溝幅	○シャドウ・マスク乾板のストライプ欠陥 ○LST(大規模集積回路)ホトマスクのクロム残欠欠陥	○微小接点の表面傷・溶接不良などの欠陥 ○ダイオード・ペレットの電極・形状欠陥

価値向上のための外観欠陥品の摘出に用いる目的で、従来の目視外観検査に代わりパターン認識による自動化技術が急速に発達中で、半導体製品のほか一般の量産製品にまで適用範囲が拡大しており、今後も更にいっそうの発展が期待される。

自動外観検査は、応用の初期では単に欠陥の有無を検出し合否を判定するだけであったが、次いで欠陥部分の面積の大小により合否を判定する方法が完成し、現在では欠陥の形状特徴から欠陥の種類を分類して異なる合否判定基準を適用するなど、巧妙な方法も実用化されるに至っている。

これらのパターン認識技術の外観検査への応用例については、本小特集号の別稿で詳述されるので、ここではその一例について簡単に述べる。

図5はLSI(大規模集積回路)ホトマスクや印刷回路原図など、複雑回路パターン内の欠陥を発見する一方法を示すものであり、先に'77年日立技術展で展示、実演が行なわれた。同図に示すように、検査される複雑回路パターンの正常部分は、複雑ではあるが縦、横に平行な規則性のある成分から成っている。ところが、これに混在する欠陥は不規則形状であり、斜めの成分をもつ。複雑回路パターンの全体像を二値情報に変換して計算機メモリに取り込み、欠陥部の不規則性を利用して簡単なアルゴリズムでその位置を知り、そこにスポットを投光する。

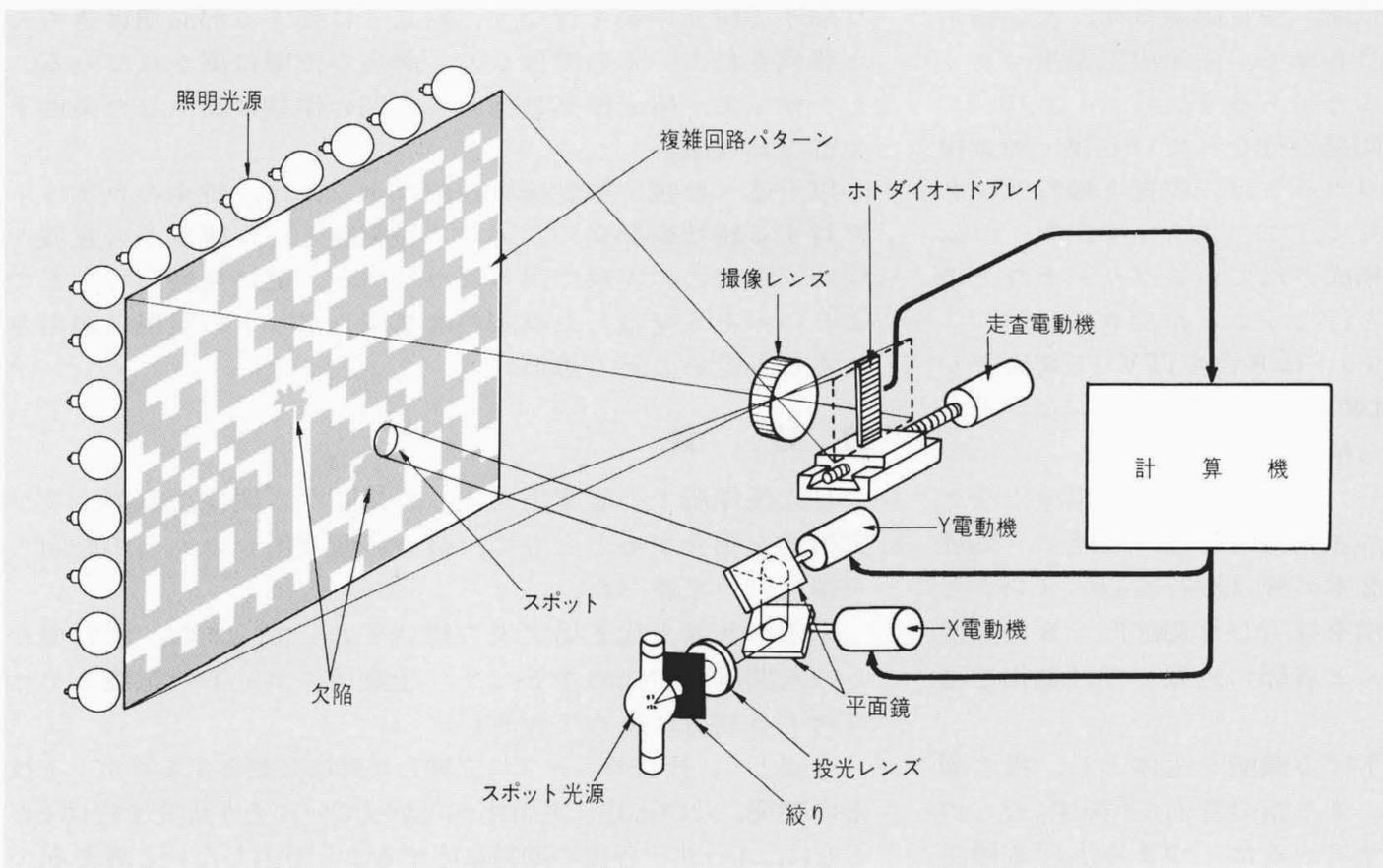


図5 複雑回路パターン内の欠陥検査 パネルに描かれた複雑回路パターン内の欠陥を自動的に発見し、そこにスポットをあてる。

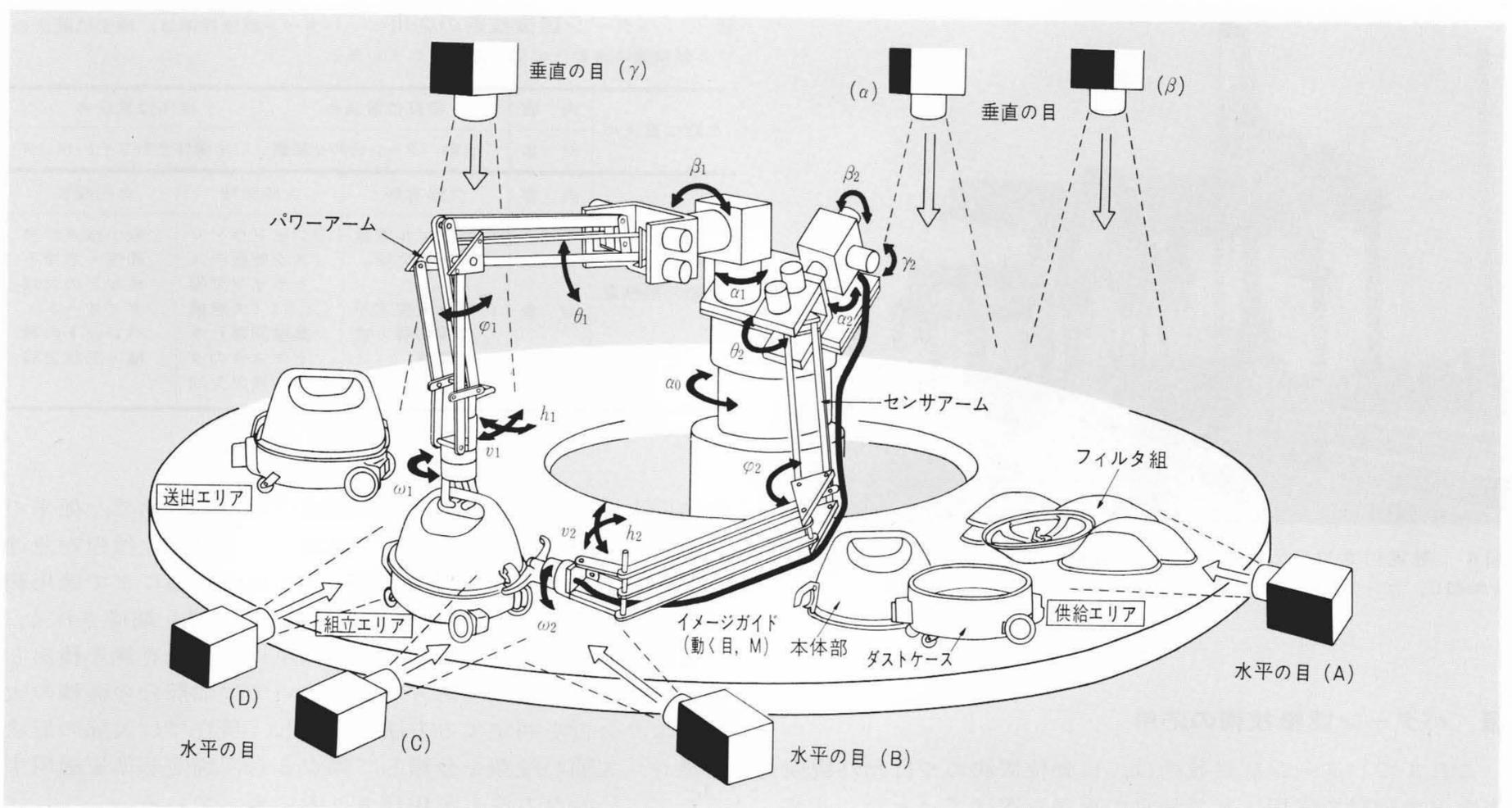


図6 視・触覚複合複腕ロボット 複数の目と2本の腕とその手先に付けられた触覚が協調して、人間の作業に類似した組立動作を行なう。

7 新技術への展望

ロボットに関する新技術の開発に当たって、技術者の永遠の夢であり目標であるのは、人間のもつ高い知能と複雑な動作とをロボットにより実現させることである。これまでの産業用ロボットの開発の歴史を振り返って見ても、このような目標に向かって一步ずつの前進がなされてきていることが分かる。このような新技術の開発は、当初は一見実用性に乏しいようには見えるが、必ずその中から高い実用性をもつ技術が発展してくるものである。

次のロボット技術として重要なのは、これまでそれぞれ個別に発展をしてきた視覚認識技術、触覚認識技術、及び精密サーボメカニズム技術を組み合わせ、従来の工業用ロボットの機能を更に一步拡張することであろう。

図6に、日立製作所で研究開発を行なっている視・触覚複合複腕ロボットを示す。このロボットは、視覚と触覚及び2個の関節形の腕を協調動作させて、プラスチック、布、ゴムなどの変形しやすい部品から構成されているクリーナなどのような家庭電気製品の組立てを行なうことができる。

同図に示すように、このロボットは8台のITV(工業用テレビジョン)カメラより成る視覚装置と、パワーアーム及びセンサアームと称する2本の腕から構成されている。

視覚情報処理装置は、パターンマッチング、白幅検出などの汎用機能を持ち、多種情報の並列同時処理が可能で、処理時間も100秒以下で済む。また2本の腕は平行四辺形リンクとチェーンによるトルク伝達機構を採用した関節形で8自由度を持ち、駆動電動機類はほとんど肩部に搭載して軽量化を図っている。

パワーアームの手先はつり下げる機能を主体とし、指の開閉により「つかむ」、「はさむ」、また指の背面で「押す」などの動作が可能である。またセンサアームは、つまみ上げる機能

を主体として、「すくう」、「はさむ」、手のひらで「押す」などの動作が可能である。

触覚はパワーアームに接触センサ、圧覚センサ、力感覚センサなど19点、センサアームには接触センサ、圧覚センサなど20点がそれぞれ手先に取り付けられている。

このロボットが組み立てるクリーナの主要な構成部品は、下部に車輪の付いたダストケース、布製フィルタ及び上部に取っ手側面にクランプの付いた本体の3種である。このロボットは、(1)フィルタの拾い上げ、(2)フィルタの持ち換え、(3)フィルタのダストケースへのはめ込み、(4)本体のつかみ上げ、(5)本体のダストケースへの組付け、(6)クランプの締付けという順序で組立作業を行なう。組立てに要する部品類はきちんと整列されているのではなく、適当な位置に置かれている。したがって、組立作業は極めて人間の作業に類似した条件下で行なわれる。

以上述べた視・触覚複合複腕ロボットは、将来のロボットに対する新技術開発のための基礎実験という観点から意義が深い。今後この実験で得られた技術が、更に発展して今までよりいっそう発達した高度の産業用ロボットの実現に応用される日も近いことと思われる。

8 結 言

日立製作所での産業用ロボットに関する開発の概要、及び実用例を紹介するとともに、最近の産業用ロボットの動向の一端について述べた。

来るべき無人化工場実現の担い手として、また、悪環境からの人間解放の決め手として、産業用ロボットの意義とそれに対する期待は極めて大きい。

今後とも、社会のニーズに立脚した真に必要とするロボット技術の開発、及び応用・実用化へ向かっていっそう研究を続けるとともに、ユーザー各位の期待に応ずるよう努力したいと考える。