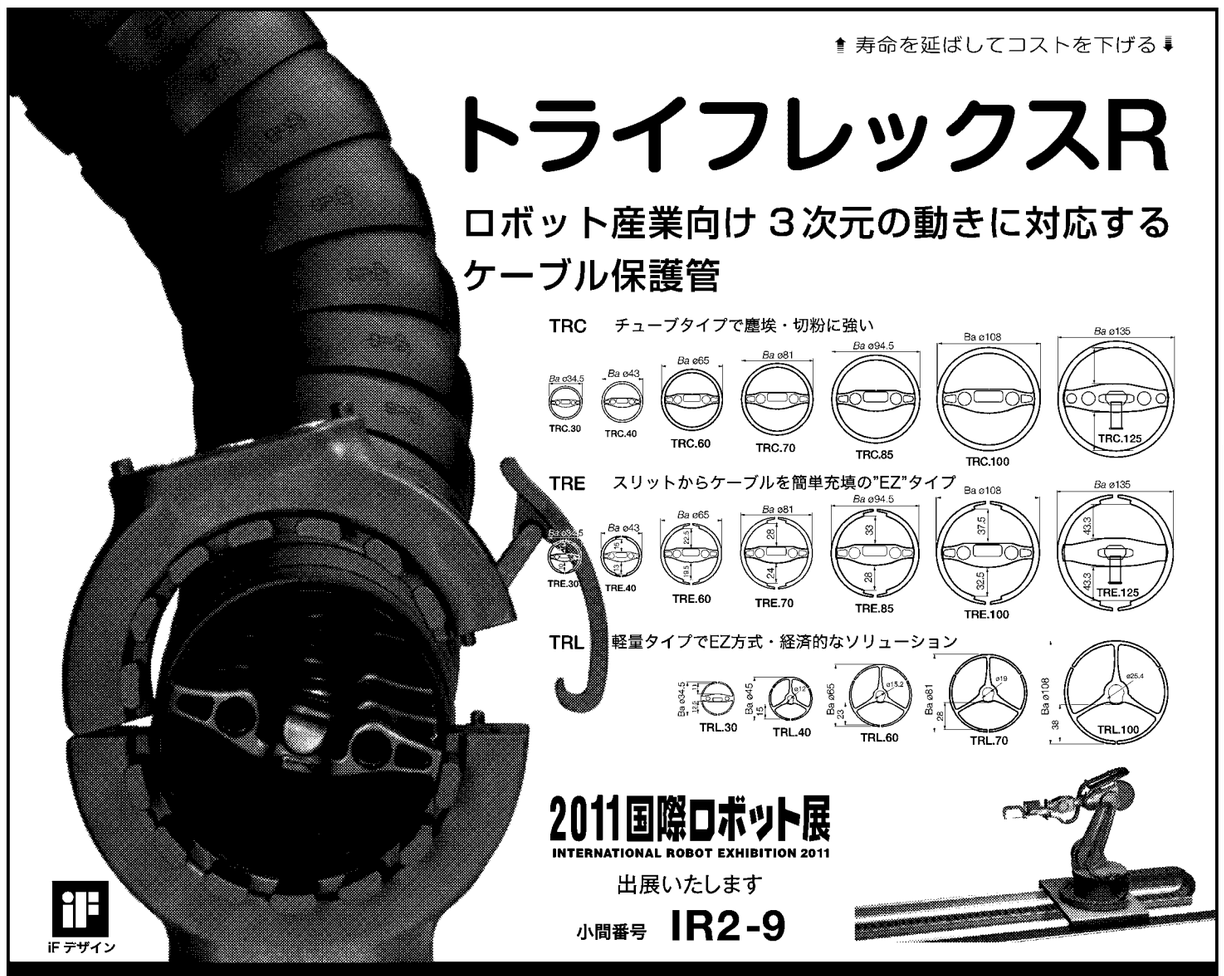


ロボットの駆動系技術動向

現在、産業用ロボットが広く工場で使用されている。ロボットに関する研究開発は大学や企業で広く行われ、数多くの研究成果が得られ、より実質的な仕事を行うロボットの開発に拍車がかかっている。特にロボットを駆動するモーターの高性能化、高効率化、小型化が要求され、最近のマイクロコンピューターをはじめとする半導体デバイスの高機能化はロボットの制御システムの高性能化、小型化を実現している。さらに機構全体の小型化を実現できる２自由度以上のトルクベクトルを発生できる多次元アクチュエーター（モーター）の開発が望まれている。

静岡理工科大学
大学院理工学研究科
教授　高橋　久

ロボットとは

ロボットという言葉から最初に想像するのはガンダムやマジンガーZのように、アニメに登場する二足歩行する人間型ロボットだろう。

次世代ロボットは生活の質（QOL）や生産性の向上に対する期待も高く、工場の産業用ロボットだけでなく、介護・福祉分野、清掃、警備などを行うサービスロボット、建設作業や農作業支援などを行うフィールドロボットの開発が求められ、少子高齢化による労働力人口の減少や作業負荷の増大への対応、製品やサービスの質の向上、生産性のさらなる向上に向けて、その需要はますます増加の一途をたどっている。

ロボットに使われるモーター

ロボットの動力源にはさまざまなアクチュエーターが利用されているが、高速応答性、高い制御性、小型化などを実現しやすいのは電気モーターである。ロボットには数ワットの小型モーターから数十キロワットのモーターが利用される。ロボットに使用されるモーターは**図1**に示すようにさまざまな種類がある。図に示す◎は優れている○は普通△は少し問題がある―を表している。

ブラシ付き直流（DC）モーターは安価で制御性が良いが、ブラシとセグメントの接触があるため定期的なメンテナンスが必要で、寿命が短いという問題がある。永久磁石同期モーター（ブラシレスDCモーター）は制御性も優れ、長寿命であるために、ブラシ付きDCモーターから永久磁石同期モーターへの移行が加速している。スイッチド・リラクタンスモーター（SRモーター）は永久磁石を用いずに高速回転、高トルクを実現できる。しかし、回転時に大きな騒音を発生するという問題がある。

超音波モーターは電磁界を使用しないモーターである。このモーターは超音波振動子によって固定子の金属表面に進行波を発生させて、固定子に密着した回転子を進行波によって駆動するもので、低速・高トルクが得られ騒音が少ない。ローターは回転子の上を摺動して回転するためクーロン摩擦が大きく、摩擦による発熱が大きいという問題もあるが、電源が断たれた時、モーター軸はロックするため安全性を確保できるという特徴がある。

図１　モーターの種類と特徴

種類	永久磁石同期モーター		ブラシ付きDCモーター	スイッチド・リラクタンスモーター	超音波モーター
略称	SPMSM	IPMSM	DCM	SRM	USM
トルク発生源	磁石	磁石＋リラクタンス	磁石	リラクタンス	表面波
高効率化	◎	○	△	○	△
高速応答性	◎	○	△	○	○
静音化	◎	◎	○	△	○
高速回転	○	◎	△	◎	△
小型化	◎	◎	△	○	○
耐久性	◎	◎	△	◎	△
パワー素子数	6	6	1―4	6	―
低コスト化	○	○	◎	○	△

効率の高いモーターへ

ロボットには複数のモーターが利用され、それぞれのモーターはマイクロコンピューターによって制御されている。バッテリーで駆動されるロボットは1充電当たりの稼働時間を延ばすためにはモーターや駆動回路の効率が高く、軽量であることが求められる。モーターを小型、軽量、高効率にするためには、磁束密度が高く非常に強い磁力を持つ磁石が要求される。

磁石としてディスプロシウム（Dy）やテルビウム（Tb）などのレアアース（希土類）元素を添加して耐熱性や保持力を高めたネオジム磁石が使用されている。しかし、材料の入手の問題もあり、希土類磁石を使用しないあるいは使用量を減じても従来のモーターと同等以上の特性を有するモーターの開発に期待が寄せられている。

高効率制御と駆動、そして通信

永久磁石同期モーターの高効率駆動を実現するベクトル制御がある。この手法は巻き線によって作られる磁束がローターに取り付けられた永久磁石の磁束と直交するように、またローターに取り付けられている永久磁石の磁束と同一方向になるように、それぞれの大きさを独立して制御できる制御手法であり、トルク脈動が少なく高効率な駆動が実現できる。

またセンサーレス駆動なども簡易に実現できるようになり、小型化と高信頼性化を実現している。さらに炭化ケイ素（SiC）や窒化ガリウム（GaN）を用いた新しいパワーデバイスの出現によって駆動回路の損失も少なくなり、より小型で高効率な駆動が実現可能になってきた。

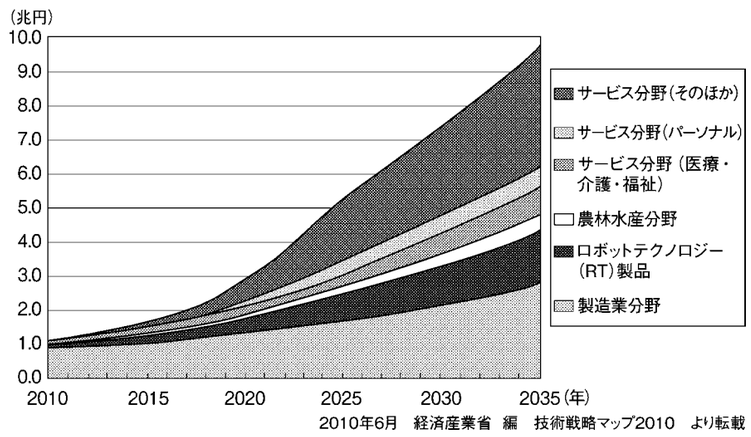
モーター内部に駆動回路と制御回路を組み込み通信によって指令が与えられるネットワーク対応モーターの開発も望まれている。

新しいアクチュエーターの開発が必要

現在のロボット制御では複数のモーターを組み合わせてロボットアームの関節駆動が行われている。力発生部や軸受などを複数の自由度をもって共通化した多自由度の運動を実現する多次元アクチュエーターによって置き換えることで、機構全体の小型化を図ることが可能になる。

ロボットアームの関節などへの応用として、回転方向を任意に制御できる球面状の3自由度モーターの開発などが期待されている。

ロボット産業の将来市場は**図2**に示すようにサービスロボットの需要が急増し、現在の1兆円から25年後には9兆円規模に拡大することが期待されている。これらのロボットに使用される高性能、高機能なモーター、希土類磁石を使用しないモーター、多次元アクチュエーターなどの開発が望まれるところである。



2010年6月　経済産業省　編　技術戦略マップ2010　より転載

図２　ロボット産業の市場推移の予測