

メカトロニクスの動向

人間的なロボットをめざして

名古屋大学工学部電気学科 教授 大熊 繁

メカトロニクスは、ハードとソフトからなる。メカトロニクスの手本となる、人間に代表される生物は、ハードとソフトの素晴らしい融合である。そこで、ハードとソフトの両面からメカトロニクスを見てゆこう。

Trend of Mechatronics Toward Human-like Robots

Shigeru Okuma, Professor, Nagoya University, Faculty of Engineering,
Department of Electrical Engineering

The technology of mechatronics comprises hardware and software technologies. Living creature, including human beings, is the final destination of the mechatronics. It is a beautiful fusion of the hardware and software technologies. Therefore, let us discuss the mechatronics from both aspects.



ハード

ハードでは、ミクロの領域が面白い。筋肉を見ると、図1のように、ミオシンフィラメントの上をアクチンフィラメントが走り、筋肉が伸縮する。単純な動きではあるが、筋肉の発生する力は非常に大きく、すばやい動きができる。現在のロボットは、同じ重さの人間と比べると1/10程度の力しか出すことができない。次に人間の耳を見てみよう。耳には長さの異なる毛が何本も生えている。ある高さの音が入ってくると、特定の長さの毛が振動して、その高さの音が入ったことを知る。音の周波数の区別を長さの異なる毛を用いてハード的に行なっているわけである。これらのことから、生体では小さく単純な構造を賢く集めることにより、素晴らしい能力を実現していることがわかる。

これらの生体に対して、現在研究されているマイクロ・ナノテクノロジーを見てみよう。第1表に示すように、大きさで分けると、ミリ (10^{-3}m)、マイクロ (10^{-6}m)、ナノ (10^{-9}m) と分けることができる。ミリでは従来の機械加工が使えるが、マイクロになるとICやLSIを作る半導体技術が必要となる。ナノになると原子分子の直接の操作が必要になる。また、質量・慣性は、長さの3乗に比例し、摩擦・粘性は長さの2乗に比例する。したがって、小さくなると質量・慣性よりも摩擦・粘性の方が相対的に大きく見える。その結果、ゾウをそのまま小さくしたマイクロゾウはありえないことになる。

例として、ナノの領域を見てみよう。最近、走査型

トンネル顕微鏡 (STM) を用いた原子操作が研究されている。図2に示すように、金属と金属とが近づくとトンネル電流が流れる。このトンネル電流を用いて物体表面の凸凹を原子レベルで測定することができる (図3)。また、トンネル電流を流すことにより、表面の原子を飛ばして穴をあけることができる。図4は、タングステンの針を用いて、 $1.0 \times 10^{-7}\text{m}$ の大きさの文字を描いたものである。このような技術は、今後物理、化学、生物の広い分野で大きな影響を与えるものと思われる。



第1図 筋肉

第1表 ミリ・マイクロ・ナノの比較

	ミリ	マイクロ	ナノ
加工法	機械加工	半導体技術	原子分子操作
質量・慣性	大	中	小
摩擦・粘性	小	中	大

ソフト

メカトロニクスにおけるソフトには、制御と計測・画像処理があるが、ここでは制御について話を進めよう。制御において、現在、インテリジェンス（知能）が研究されており、省力化・省人化の鍵を握るといわれている。インテリジェントなシステムには色々な考え方があがるが、第2表に一例を示す。自動車の運転を例にとり図の説明をしよう。

自動車を運転するとき、車が少し右へ寄りすぎれば左へハンドルを回し、左のときは右へ回す。これは下位レベルであり、決められたアルゴリズムを用いて数値による制御を行なう。次に、前方100m先に障害物が現れたときは、中位レベルのファジィやニューラルネットワークを用いて回避するためのハンドル操作を計画し、下位レベルを用いてハンドルを操作する。さらに、目前に人が現れたときは、ブレーキを用いて急停止するか又はハンドルを大きく回し回避するかを判断し、衝突を避ける。これは上位レベルであり、「ハンドルを回す」、「ブレーキを踏む」という記号を用いた意志決定を行なうことになる。上位レベルの道具は、「If …, Then …」の形のルールを集めて作られるエキスパートシステムや図5のペトリネットが用いられる。図5

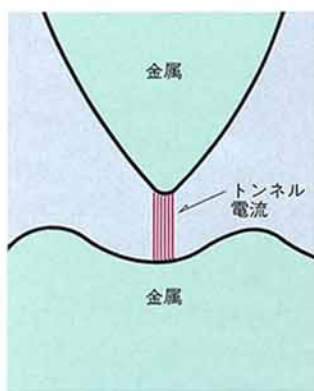
では、(a)が判断・操作する前であり(b)がブレーキを踏むという判断・操作した後である。

このように、下位から上位へ進むことにより、車を安全に運転できる範囲が広くなり、省力化・省人化を実現することが可能となる。

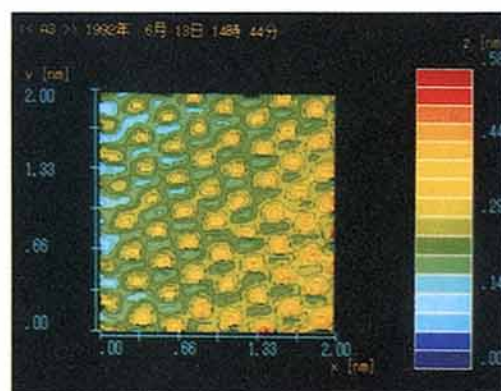
ハードとソフトの連携

日本は、ハード作り（物作り、要素作り）が上手であり、アメリカはソフト作り（コンセプト作り、システム作り）が上手である。今後、システム化が進むことを考えると、日本でもソフトの比重が高くなる。しかし、ソフトのみでは物は生まれない。ソフトとハードの連携プレーがますます重要になる。

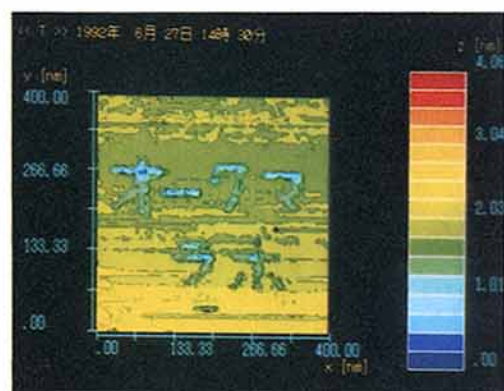
ミクロから知的にマクロ化されたハードと、学習により自ら賢くなってゆくインテリジェントなソフトを融合することにより新しいメカトロニクスが生まれる。メカトロニクスの究極の姿である生物から学ぶことにより、それは、人と自然にやさしいメカトロニクスとなるであろう。最終目標である人間的なロボットはこれらの努力の結果として実現されてゆくと思筆者は考える。



第2図 トンネル電流



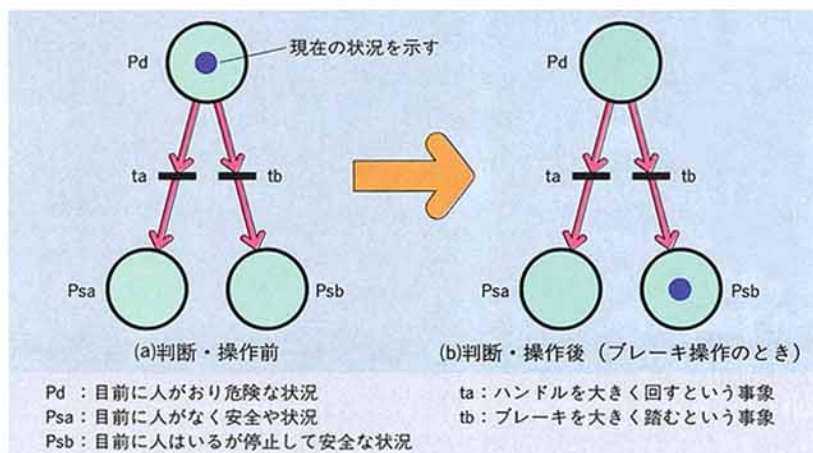
第3図 炭素原子表面



第4図 原子操作

第2表 インテリジェントシステム

上位	意志決定・記号的方法…定性的制御 (AI (エキスパートシステム) ペトリネット)
中位	上位と下位の整合 (ファジィ ニューラルネット)
下位	アルゴリズム・数値的方法…定量的制御 (従来の古典・現代制御理論)



第5図 ペトリネット