

## 2008 年度ロボット同好会研究部文化祭展示

### はじめに

活動開始から5年、ロボット同好会は「ロボカップジュニア大会」への参加を主に活動してきました。これは”自律型ロボット”と呼ばれる”人の操作なしで自ら考えて動くロボット”を製作し、サッカーをさせたり\*レスキューをさせたりする大会です。この大会への参加を通して我々は自律型ロボットについて多くのことを学んできました。

“人と同じように動き考えて感情を持つロボット”つまり“アンドロイド”というアイデアは古くからあります。例えば西洋のオートマタや日本のからくり人形などは人の形をしています。また、実世界の話だけにとどまらず空想の世界でも鉄腕アトム・アンドリュー・マルチなどといった人と同じように動き考えて感情を持つロボットが存在します。しかしそれらはまだ実際に開発されたわけではありません。単なるアイデア止まりなのです。

我々は今までに自律型ロボットについて多くを学んできましたがその関心は次第にアンドロイドにも向いていきました。何故アンドロイドはいまだ開発されていないのか。そのことを議論するにはまずアンドロイドを二つに分けて考える必要があると思います。すなわち“機構”と“知能”です。

今回はこの“機構”と“知能”について詳しく考察し、一体何故アンドロイドがいまだ開発されないのかと、では今後アンドロイドが誕生するには一体何が必要なのかについて考察していきたいと思っています。

\*レスキュー・・・黒い線に沿ってロボットを走らせ”色の判別”、”線の切れ目への対処”、”障害物”、”坂”などがあるコースをクリアしていく競技。

## ロボットの基礎

これから展示を見てもらう前にまずロボットに関する基礎知識を説明したいと思います。これはロボットに関する知識がまったくない人のためのものなので読み飛ばしていただいてもかまいません。

はじめに断っておきたいのですが今回の展示ではロボットという言葉が断りなしに自律型ロボットをさす場合があります。

自律型ロボットとは自分で考えて行動するロボットの事です。たとえば Sony のアイボなどはその典型的な例で、それは人間がいちいち動作を指示するのではなく自ら考えて行動します。その点では機械というよりは非常に人間を代表とする生物に近い存在といえるでしょう。

実際に自律型ロボットの仕組みも生物とよく似通ってきます。自ら考えて行動するには周りの状況を判断し、考えて動く必要があります。例えば人間は目で周りを見て判断して歩きます。同じようにロボットに自ら考えて行動させるためには人間で言う感覚器官と脳と効果器が必要になるのです。

ロボットにおける感覚器官は皆さんも知ってのとおりセンサーと呼ばれ、それには多種多様なものがあります。人間の五感に相当する光センサー、マイクロフォン、嗅覚センサー、味覚センサー、圧力センサー、温度センサーに始まり、人間には認識できないような

ものも感知できる、赤外線センサー、磁力線センサー、火災報知機にも使用されている煙センサーなどもロボットの感覚器官になりえます。

ロボットにおける脳は簡単に言えばパソコンです。正確に言えばCPUをロボットに搭載することになります。それらの詳しい説明は論旨からずれるので省きますが要するに演算を行うものです。この演算という作業が人間における思考に値します。

ロボットにおける効果器の代表的なものはモーターです。スピーカーやLEDライトなどもこの部類に入ります。

以上の三つの部分を組み合わせれば自律型ロボットは理論上作ることができます。動物の場合これらの器官は神経による電気信号の伝達で連携をとっていますが、これはロボットにも同じことで自律型ロボットは電子回路による電気信号の伝達で連携をとっています。

このように自律型ロボットは外部からの信号を演算処理して何らかの行動を示すものという点では生物とほとんど同じです。そうになると当然その仕組みを用いて同じ生物である人間も作り出すことはできないのかと考えたくなります。果たしてそれは可能なのでしょうか？

# センサーについて

## 1. はじめに

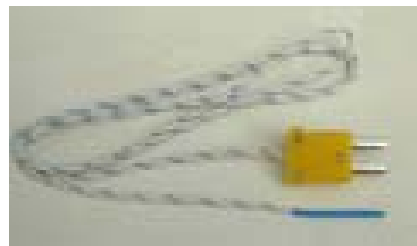
動くには情報がないと動けません。人間には情報を得るために五感があります。五感には、視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚があります。同じようにロボットにも情報を得るためにセンサーがあります。センサーは人間で言う五感ですが、センサーには五感では感じることができないもの（距離、加速度）を測ることもできます、これから膨大な数があるセンサーのなかで、温度センサー、加速度センサー、圧力センサー、音声認識、光センサーについて詳しくみていきたいと思います。

## 2. 温度センサー

人間が熱いものを触ったとき、人間は「熱い」とだけしか感じることはできません。しかし、ロボットは「熱い」いかどうかではなく温度を測ります。その方法は多岐にわたりますが、これから、その方法の一つである熱電対とサーミスタについて解説していきます。

～熱電対～

2種類の金属を2点で接続すると、2点間の温度差に比例した電位差が金属間に生じます。片方を温度を測りたい物体につける測音接点、もう片方を基準温度の物体につける基準接点として温度測定するセンサーが熱電対です。熱電対はその安定性から高温や極低温の測定にむいています。



～サーミスタ～

(写真) 熱電対(秋月)

サーミスタとは、温度によって抵抗値が変化するもので一種の感温抵抗器といえます。ほとんどのサーミスタは温度が上がるにつれ

抵抗値が減少していきます。

### 3. 加速度センサー

加速度とは物体の単位時間当たりの速度の変化量のことです。例えば、秒速 80m の速度で歩いている M 君がいるとします。もし、M 君が走り出し一秒間で秒速 160mまで加速したとします。この場合、M 君の加速度は  $80\text{m/s}^2$  となります。このセンサーは、加速度が上がり過ぎたときに開くエアバックや心臓の振動をキャッチする脈波計 Wii リモコン、傾斜計などに使われています。傾斜計とは、その名の通り傾斜を計る物で、人間でいうと耳の中にある三半規管にあたります。



← Wii リモコンの内部 エアバックに使われている加速度センサー

三軸加速度センサー

右の図のようにWiiリモコンにも加速度センサーがついています。これによって手の動きがわかるようになっています。

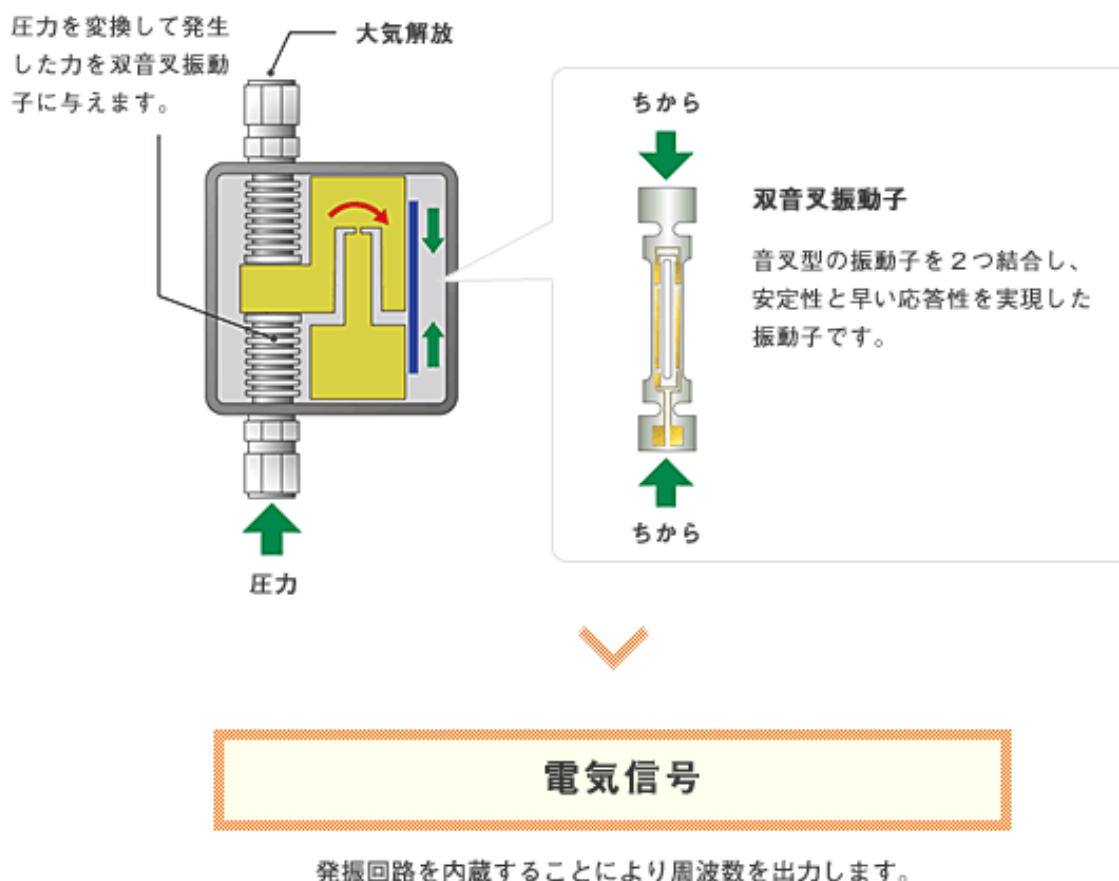
三軸加速度センサー →



### 4. 圧力センサー

これは人間の触覚にあたります。圧力センサーは、空気圧の変化で吸着確認・着座確認・圧力の管理などの圧力を計測するセンサーです。事前に設定された圧力をこえた時に、それを電気信号に変換

して出力します。これを使えば、ロボットアーム等で壊れやすいものを持ってもうまく力を調節することが出来ます。圧力センサーは、(少し昔の)気圧の測定やダムなどの水圧計、油圧機、血圧計、ロボットの感覚、身の周りにはエアコン、給湯器、洗濯機、掃除機……などなど。



## 5. 音声認識

これは人間の聴覚に当たります。音声認識は人の話す自然言語をコンピューターによって解析し、話している内容を文字データとして取り出す処理のことです。

～音声認識のしくみ～

人が音を聞くには耳を使います。それにくらべてロボットはマイ

クというセンサーを使います。マイクから受け取った信号を電気の信号に直し、その電気信号をコンピューターの音声認識ソフトウェアが分析して認識します。

～マイクについて～



コンデンサーマイク（秋月）

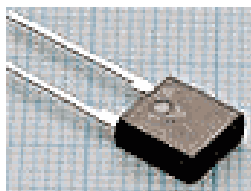
右の図はコンデンサーマイクです。マイクとして多くの機器に用いられるデバイスです。マイクは動電型、静電型、圧電型の3つに分類されます。

## 6. 光センサー

～光センサーの種類～

### a. フォトダイオード

光量に比例して発生する電流で測ります。テレビのリモコン、光通信など多くの分野で活躍しています。赤外線よりも波長域が広いので、感度が高くなっています。



←フォトダイオード

### b. フォトトランジスタ

光量を発生した電流を増幅して測ります。トランジスタ同様、ベース、エミッタ、コレクタをもっています。一般的にはスイッチング素子として光の有無を測定するような光電スイッチ用の光センサーとして用いられることが多いです。



フォトトランジスタ

### c. 光導電型センサー

光量を電気抵抗の変化で測ります。このセンサーにもっとも使われ

ているのが硫化カドミウム (CdS) セルです。

CdS セルの抵抗値は照射光が強くなると低くなり、弱くなると高くなる性質を持っています。CdS セルは任意の形にすることができるので、抵抗値を自由に選んだり、大面積にしたりできます。

## 7. 終わりに

～これからのセンサー～

これからのセンサーはますます小型化が進むと思われます。現に小型ロボット「マーブ」はコインに取り付けられるほどの大きさで、障害物探知センサー、温度センサーを搭載しています。しかしその一方でロボットには高性能化も進められるでしょう。

～そのほかのセンサー～

五感では、においセンサー。五感以外のセンサーでは、大気センサー、ジャイロセンサー、アルコールセンサー、方位センサー、リニアセンサー、湿度センサー、などがあります。

注. (秋月) と書かれているところは秋月電気通商のことです。



# ロボットの出力機構

## 1,はじめに

ここからは、ロボットの出力機構について説明します。「出力機構」とは自分を動かしたり、自分の身の回りのものを動かしたりするいわば人間で言う筋肉のことです。しかし、知ってのとおりロボットには筋肉はありませんし、搭載することもできません。その代わりにロボットにはモーター・油圧ポンプ・空圧ポンプ・人工筋肉があります。

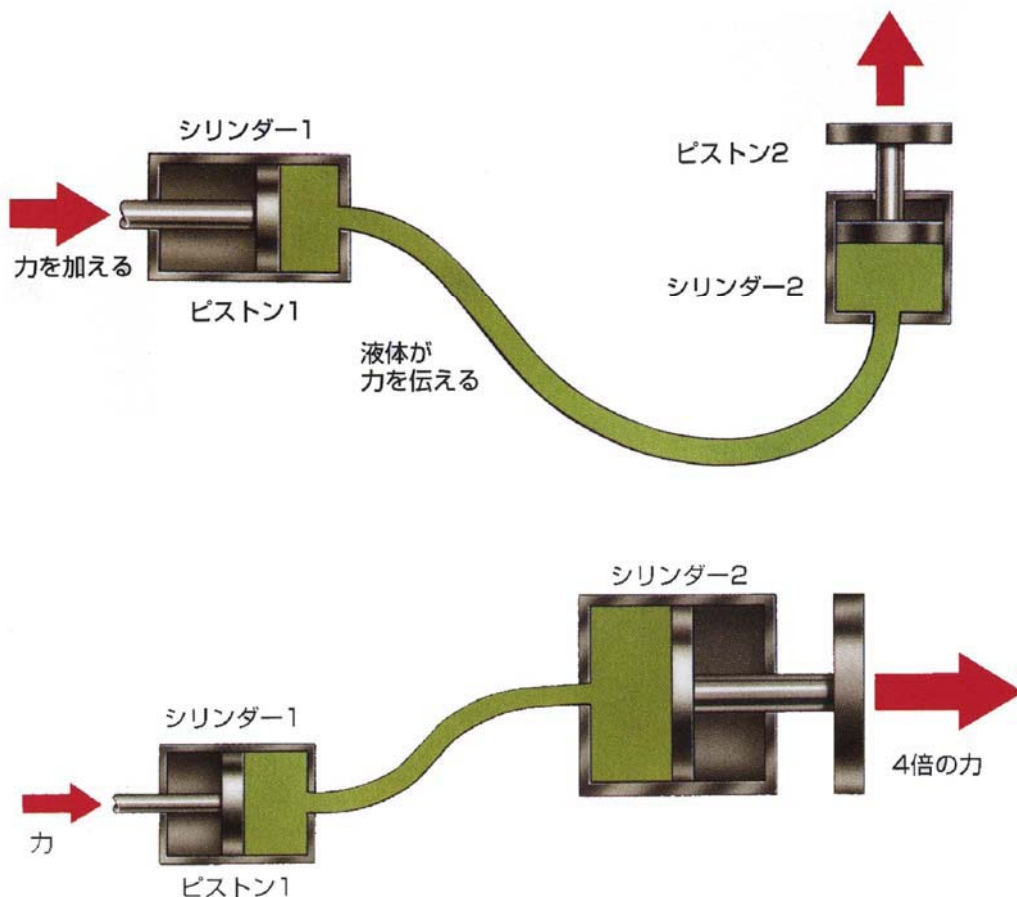
### ・モーター

足、腕、車輪の全てに最もよく使われます。知っての通り、電気を使うことによって軸を回し、回転エネルギーを得るものです。

メリット：細かい動きが可能、安価

デメリット：火花が飛ぶので可燃性ガスがあるところではダメ

### ・油圧、空圧ポンプ



面積の違うシリンダーに油又は空気を入れることによって力を増やす装置です。

メリット：かなりの力が出る、安価

デメリット：メンテナンスが大変

### ・人工筋肉(エアマッスル)

頑丈なゴムチューブに圧縮空気を入れたり抜いたりすることによって、ゴムチューブを伸ばしたり縮めたりするまさに筋肉のようなものです。



メリット：細かいかつ滑らかな動きができる、省電力

デメリット：とても高価

それでは、これからこのような装置をどのようにして使用するかについて説明します。

## 2-0 ロボットアーム

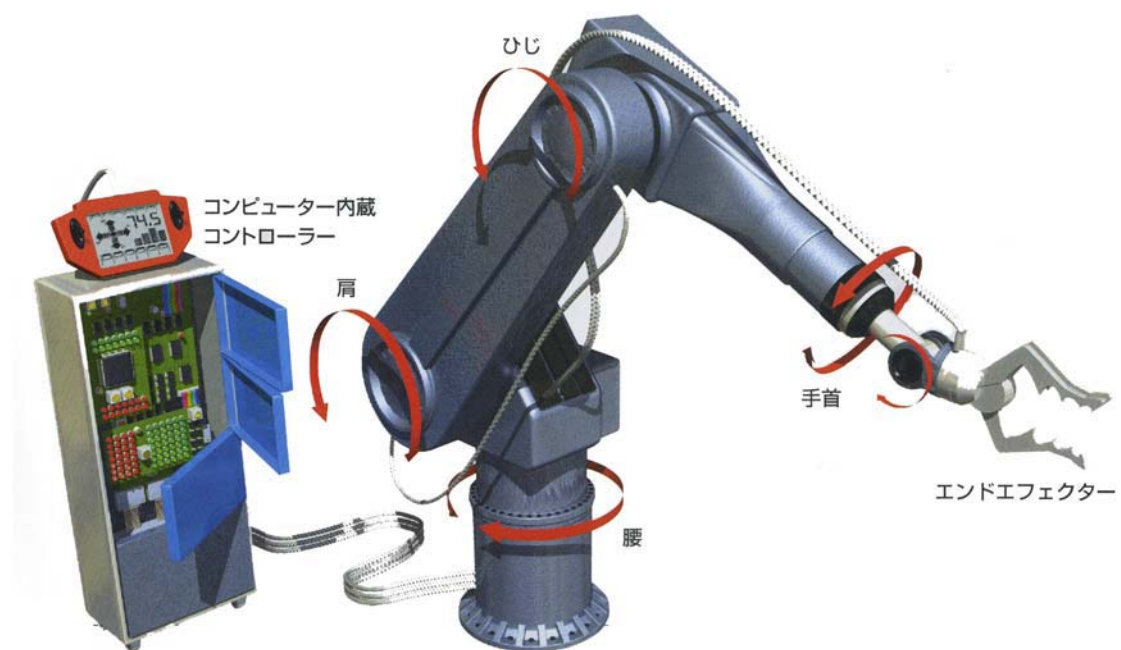
### 2-1 始めに

ロボットアームは多くの科学、産業などで用いられ、物をつかんだり、移動させたりするのに使います。これには、さまざまなタイプがあり、それぞれ異なった動作をします。

### 2-2 ロボットアームの仕組み

ロボットアームは空気圧技術（圧縮空気）や油圧（液体）式パワーシステムを動力源としていることが多く、空気圧技術の場合、メンテナンスはしやすいですが、精密な制御は難しいです。

また、油圧式は、故障したときに油などの液体が漏れたりしますが、強力なパワーが生み出せます。主に・ジョイントド（関節）アームロボットは人間の腕がモデルのため人間の腕と同じ能力が多く備わっています。しかし、これにはロボットアームにさらに二つのメカニズムが必要となります。このタイプのもは人間の腕と同じ動きができるので利用範囲をひろげています。



## 2-2 最後に

このように、ロボットアームには、素晴らしい技術が組み込まれており、これからも、進化し続けます。

## 3-0 車輪

### 3-1 始めに

ロボットに車輪をつけることは、一番簡単でコスト的にもかな

り安く、ロボットに機動性を与える方法です。これには、以下のような種類があります。

### 3-2 種類

- 通常タイプ

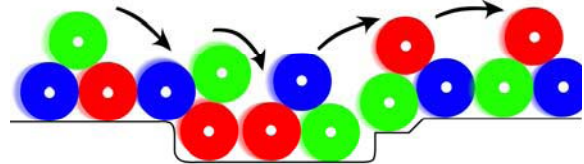
車輪自体は金属でできているが固体や空気圧でその形を支えられたゴム製タイヤもある。これが、一般的な車輪です。

メリット：スピードが出せる

デメリット：平らなところでしか使えない

- トライスター車輪

三つもしくはそれ以上の車輪のグループで、一輪を構成している特殊な形の車輪。各車輪のセットは三角形に配置された三つの車輪からなり、中



央のベアリングに取り付けられていて、常に二つの車輪が地面に接触している。車輪が路面のくぼみや、岩などに差しかかると、この車輪のグループが前方に回転し乗り越えることができる。

メリット：でこぼこの地面や、段差でも使える

デメリット：車輪がたくさん必要

- キャタピラ

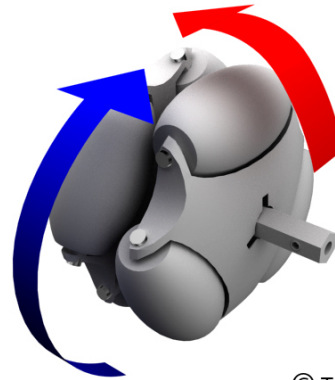
少なくとも二つ（通常はそれ以上）の車輪が、両側のキャタピラに収められている。表面が滑りやすかったり、十分に地面が固まっていなかったり、単に障害物が大きすぎて渡れない場合には適当である。

メリット：表面が滑りやすかったり、十分に地面が固まっていなかったり、単に障害物が大きすぎて渡れない場合には適当である。

デメリット：動きが遅い

- オムニホイール

展示しているサッカーロボットについているものです。右図を見てください。これが「オムニホイール」です。基本的にはタイヤは青の矢印の向きに回ります。しかし、進行方向に垂直な力がかかった場合、タイヤ



© T-Engine Project

のまわりについているタルが赤の矢印の向きに回転し、“横滑り”します。つまり、このタイヤは“横滑り”ができるタイヤなのです。タイヤが横滑りすることによってロボットはあらゆる方向に動くことができます。

メリット：全方向に移動できる

デメリット：普通のタイヤよりも高い

## 4-0 ロボットの脚

### 4-1 安定性

重心移動なしに、脚を上げてバランスを保つには、最低4本の脚が必要です。

#### [2足歩行ロボットでの例]

二本の脚で立つには、歩くたびに重心を移動させる必要があります。そのために関節を付けなければなりません。もしまっすぐ

な曲がらない脚で歩けば、バランスを少し崩してしまうと立て直す方法はありません。

#### 4-2 関節の重要さ

人間にも関節がついています。関節には、上のように単に重心を移動してバランスをとるだけでなく、衝撃をやわらげる働きもしています。ロボットに衝撃が加わると電子部品が壊れる可能性も高くなりかなり危険です。そのためロボットにおける関節は大変重要な役割を果たすといえます。

#### 4-3 動物からのヒント

過去……昔、脚が多いほど速く進めると考える人が多かったため、初期の歩行ロボットは 6 脚以上のロボットでした。しかし、カーネギー・メロン大学の 8 脚ロボットは、1 分間にたった 1 メートルしか進めない上に、作業中に脚を折り、無惨な結果となってしまいました。そのことがきっかけで、動物の世界に目が向けられるようになりました。

#### [研究]

カニ(8 本脚)と、ダチョウ(2 本脚)を考えて下さい。ダチョウは 2 本脚ですが、秒速 22 メートルにも達する速さです。脚の本数は速さには関係ないことが分かるでしょう。

現在……よって、「素早く機敏なロボットを作るには、たくさんの脚を単に速く動かすのではなく、その動かしかたに注目すべき」というのが結論に至りました。

#### [四速歩行ロボットの展示]

歩行ロボットのモデルとして 4 足歩行ロボットが展示されています。

## 5 まとめ

このようにロボットには様々な駆動部品と出力機構があります。それらにはそれぞれのメリットとデメリットがあり、どの部品を使うのかということやはり作るロボットに合わせて変わってくるといえるでしょう。ロボットのニーズがどんどん多様化している現在、今回紹介した出力機構以外にもどんどん新しい出力機構が開発されています。しかしどの機構にも等しく求められているのはやはり効率であると思います。電気エネルギーをどれだけ効率よく目的の運動エネルギーに変換することができるかが今後のロボットの出力機構の発展の鍵になってくるでしょう。

## 人工知能の手法とそれぞれの欠点

人工知能とは、コンピューターに人間と同様の知能を実現させようという試み、あるいはそのための一連の基礎技術をさす。「人工知能」という名前は1956年にダートマス会議でジョン・マッカーシーにより命名された。現在では、記号処理を用いた知能の記述を主体とする情報処理や研究でのアプローチという意味あいでも使われている。日常語としての「人工知能」という呼び名は非常に曖昧なものになっており、ちょっと気の利いた家庭用電気機械器具の制御システムやゲームの思考ルーチンなどがこう呼ばれることもある。

人工知能は、主に二つの手法に分けられ、一つ目の手法は従来からのAIで、現在では機械学習と呼ばれている手法を使っている。これは、記号的AI、論理的AI、正統派AI、古き良きAI (Good Old Fashioned Artificial Intelligence、GOF AI) などと呼ばれる。その手法に、エキスパートシステムがある。これは、自動翻訳や診断システムに使用されている。その手法は、まず知識・経験や推論機能をデータベース化する。そしてその知識・経験を組み合わせ、推論機能を適用し、外部から与えられたデータや事実を解釈する。その解釈によって結論を導き出すものである。この手法が最も古くからあるもので、現在、多くの場面で使用されている。しかし、結論を導き出すためには客観的・科学的事実や判断の手順・推論の制御方法を人が定義するか、学習する必要があり、それらを学習しない限り、真の人工知能とはいえない。

また、エキスパートシステムを集成したものに事例ベース推論 (CBR) というものがある。これは、その事例に類似した過去の事例をベースにし、部分修正を加え試行を行い、その結果とその事例を事例ベースに記憶するものである。しかし、これもエキスパートシステム



と同様に類似した過去の事例を人がプログラムするか、学習する必要があり、それらを学習しない限り、真の人工知能とはいえない。

二つ目の手法は計算知能といい、開発や学習を繰り返すことを基本としている。学習は経験に基づく手法であり、非記号的 AI、美しくない (scruffy) AI、ソフトコンピューティングと関係している。その手法に、ニューラルネットワークがある。これは、脳機能に見られるいくつかの特性を計算機上のシミュレーションによって表現することを目指した数学モデルである。これは、人の脳のニューロンネットワークをコンピューター上で再現したものともいえるが、まだ、人の脳を部分的に再現しただけで、完全には再現できていない。

また、ファジー制御と言うものもあり、これは、知識又は言葉が関連しているかどうかをデジタル的に、0 又は 1 のいずれかで図るのではなく、0~1 の間の数字でアナログ的に図り、それらの複数の要素を総合的に判断して行動し、外部から与えられたデータや事実を解釈し、結論を導き出すもので、機械の制御に適している。またこれは、結論を導き出したあとの相手の反応から知識の関連度合いを自分で変化させることはできるが、知識自体はやはり人がプログラムするか学習する必要があり、それらを学習しない限り真の人工知能とはいえない。

そして、三つ目の手法に、今までに述べた手法の弱点である知識、あるいは言葉自体を学習しようとする学習型がある。これは、それまでに入力されたデータを分析して、規則性をコンピューターが独自に見つけ出し、その規則性を蓄積していくものであり、この手法は、初めはまったく役に立たないが、使っていくうちにどんどん役に立つようになるものであり、現在、人工知能に最も近い手法といえる。この手法は自然言語（日本語など）の学習プログラムに使用

されている。また、ファジー制御と併用されることも多い。しかし、この手法が最も新しいので、実用段階までは至っていない。