

ニューラルネットと知能制御CAD

渋井 二三男

人工知能とは、人間の脳の働きをコンピュータで実現しようとするものである。

人間の脳のような働きの人工知能を作ろうとする研究はコンピュータが使われ始めた1950年代から始まっている。

コンピュータの計算能力は人間よりはるかに優れており、それを利用して人工知能を実現できると考えていたのである。

しかし、実際にはそれほど簡単ではなく、人間のような知能や認識、行動能力を実現することは子供にも遠く及ばないものである。

人間のように認識して、考えて行動するためには記憶したり、理解したりすることがあまりにも多いのである。

現在では、工場やオフィスなどの限定された場所で決まった作業を行う工場の組立てロボットやオフィスの夜間の警備などを行うロボットなどが実現されている。

これは、環境や行動範囲が固定されているからである。

しかし、一般的な空間ではいろいろな状況が考えられ、一定の限定された枠組みがないと、いろいろな環境情報の中から作業に関係のある情報の識別が必要である。

特定の作業ロボットであれば必要な情報を決めればいいが、あらゆる状況に対応するロボットの実現は難しいのである。

また人間との対話には人間の言葉を聞き取れるだけでなく、意味も理解できなくては会話にならず、その意味でも難しいものである。

● ニューラルネット

神経細胞は樹状突起という入力端子と軸索という出力端子と細胞体からなっている。樹状突起はいくつかのほかの神経細胞からの入力を受け取る。ほかの細胞との結合部分はシナプス結合と呼ばれている。神経細胞間の情報の伝達は、電気的に行われる。シナプス結合を通じて電気パルスの情報が細胞間で伝達されて細胞体に変化する。変化のしかたにはシナプス結合によってタイプがあり、1つは興奮性で、もう1つは抑制性である。興奮性

は入力が入ると細胞体の電気レベルが上がり、閾値を超えるとパルスを細胞体から軸索を通じて出力側に接続された細胞体に刺激を与える。抑制性のシナプス結合は細胞体の電気レベルを下げるように働く。

このような神経細胞の動作に基づいて神経細胞の数学的モデルを作る。このモデルは次のように定義される。

ここで、 $X_i(t)$ は時刻 t における神経細胞 i の電氣的レベルで 0 （抑制状態）もしくは 1 （興奮状態）をとり、時刻 $t + 1$ は次のタイムステップを表している。 W_{ij} は神経細胞 i と j とのシナプス結合を表し、正ならば興奮性、負ならば抑制性結合を表している。 f は入力情報の変換関数で単位階段状をしていて、

$$f(\cdot) = 1 \cdot > 0, 0 \cdot < 0$$

であり、 θ は閾値である。

このような数学的モデルを電氣的な回路で作ったものがニューラルネットである。

● 思考機能をもった智能制御システム

智能ロボットの実現には3つの機能が必要である。それは推論・連想・学習・記憶など人間の頭脳に相当する思考機能、手足や指に相当する運動機能、視覚・聴覚・触覚といった五感に相当する感覚機能である。

智能ロボットに求められる能力の1つにプランニングがある。何かの行動をするとき、その手順を人間が指示するのではなく、提示された最終目標を見極めて必要な手順をロボット自身が考えるというものである。

たとえば棚の上にある物を持ってくるような場合、棚の上のものは確認できるものの、ロボットの手が届かず踏み台がないと持ってこられない場所にある。そのような場合、最終的な目標は「棚の上のものを持ってくる」であるが、その前の副目標である踏み台を持ってきてそれに乗る必要がある。そうした手順をプランニングする能力が求められるのである。

このように、副目標を設定しながら、最終目標を達成しようとする方法をGPS（一般問題解決法）と呼んでいる。

最終目標への到達方法は1つとは限らず、いくつかの方法がある場合、どれが実現可能か、また適切か探索木と呼ばれる方法で考える。探索木では1つの最終目標に対して、複

数の副目標を並列に設定し、その副目標実現する方法がさらにいくつか考えられるなら、さらに枝分かれさせて設定することになる。

● 認識処理

パターン認識に必要なものは、2次元および3次元を捉えるカメラであるが、それだけではカメラに写ったものが何であるのか認識できない。

人間は何かを見れば、記憶からそれが何であるか瞬時に理解できる。たとえば、本に書かれてある文字を見れば、その内容を理解することが出来る。しかし、それが今まで見たこともない文字であれば、何が書かれてあるのか困難である。

パターン認識能力を持たないロボットの視覚は、それと同じようなものである。カメラで捉えたものを映像として取り込めても、パターン認識能力がなければ、それを認識できないのである。

人間の顔を見分けるにも、パターン認識能力は重要で、常に正面から見られれば、二次元画像として処理できるので、難しくないが必ずしも正面とは限らず、見る角度によって見え方は変わる。

また、人間は自然に風景写真を3次元として認識できるが、パターン認識能力を持たない場合、写真に写った風景は2次元である。

立体的に奥行きまで描かれた図形でも、パターン認識できないロボットでは、平面に描かれた2次元の線の集まりにしか見えないのである。

人間のこうした能力は単眼視処理と呼ばれるもので、これが可能なのは、人間が視覚経験を知識として蓄え、それをもとに2次元で描かれている写真や図形を知識に基づく推論で3次元画像に変換しているのである。

● 言語認識

現在の音声認識システムかなり実用的になっている。普通に文章を読めば、句読点まで判断できる。

一定のスピードで話す必要はあるが、特別な技術はいらない。あらかじめ自分の声を登録すれば、さらに認識精度は上がり100%に近くなる。これは文章としての日本語を解析

する性能が高くなったためである。

決まった言葉だけなら複数の人間の呼びかけにも対応できる。アクセントの違いにも、音声パターンとして登録しておけば対応できる。

屋外での音声認識には、まだ騒音の問題がある。屋外には騒音があるのが普通で、さまざまな騒音の中から音声だけを認識できなければならない。

音声認識能力が向上しても、人間とコミュニケーションするには、言葉を認識できても、話した内容を理解する「言語理解」にはそれだけでは不十分である。人間が話す言葉は完璧なものではなく、代名詞を使ったり、主語を省略したりすることがある。このようなときもある程度の予想を行い、わからないところは聞き返す必要がある。

会話を成立させようとするときにさらに難しくなる。話す言葉の意味や内容を理解して、それに応じて言葉を返さなければならないからである。また、返す言葉の意味も理解している必要がある。

ある程度の会話は可能であるが、普通の会話はまだまだ難しいのが現状である。

● インテリジェントセンサ機能

ロボットに精密な動作を行わせようとするとき、ロボット自身の状態を的確に認識するためには、状態センサーが必要になる。

ロボットの起動を考えると、人間のような複雑な間接機構を持つロボットでは、起動直後の自分自身の状態を知ることは重要である。自分が寝ているのか起きているのかわからなければ、最初の一步が踏み出せないからである。

自分が寝ていれば、まず立ち上がらなければならないことを認識するために「姿勢センサー」が必要になる。

また、最初の一步を踏み出すときにも、状態センサーの存在は重要である。「関節角度センサー」で脚の曲がり具合を知り、重心の安定を図り、「足裏センサー」で脚の裏が地面に接地したかどうかを知り、次の一步を踏み出すのである。

アームを動かして何かをつかむときにも、「関節角度センサー」が必要である。アームの関節が多く複雑な動きができれば、それぞれの関節は微妙に調節される必要がある。

人間は簡単に腕を伸ばして物をつかんでいるが、ロボットは関節を曲げたり伸ばしたりする動作のひとつひとつを計算して行うため、それぞれの関節の角度を正確に知る必要が

ある。

関節角度センサーがなくても、関節の動きを制御することはできるが、関節を動かした結果を認識できないと指示どおりに関節が動かなかったときに対応できなくなる。

● インテリジェント知能制御

自分自身の行動の結果を記憶として蓄積して、次の行動が最適になるように分析して学習する。

子犬型のペットロボット「AIBO」は学習・成長機能を持っている。最初はまともに歩けなくても、学習していくにつれ芸をするようになる。生活環境や飼い主の行動にも反応して、さまざまな性格になる。

ロボットの学習方法に「強化学習」というものがある。これはロボットが得た情報を、以降の行動に反映するという段階をこえて、ロボット自身の行動によって最適な制御方法を見つけるものである。

多関節のロボットを制御仕様とすると、人間が頭の中でプログラムすることは簡単でない。

ロボットに行わせる作業はひとつではなく、作業の数だけ制御方法を考える必要があり、非常に困難である。

強化学習は、そのような複雑な制御をロボット自身に行わせるものである。

作業目的だけをロボットに指示すれば、ロボットが試行錯誤して、その中から最適なものを選択し行動するものである。

この強化学習のメリットは、専用のプログラムを使うことで、ロボット自身が最適な解を見つけられるところである。

優秀な専用プログラムがあれば、ロボットの作業環境が変わっても、同じように強化学習が行え、最良の働きができるロボットが作れる可能性がある。ニューラルネットと知能制御CADの具体的関係については紙面の関係で次回に譲る。

謝辞：本稿を執筆するにあたり、九州工大辻達之氏のご指導をいただいた、ここに深く感謝申し上げます。

文献として掲載しました書籍を中心に多くの論文・書籍を参考にしました、ここ

に深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- [1] 城井田勝仁，ロボットのしくみ，日本実業出版社，2001。
- [2] 中野 馨，脳をつくる，共立出版，1995。