

平成 25 年度石川県立大学公開セミナー

日時 平成 26 年 3 月 3 日 (月) 14 時～16 時半

会場 石川県立大学 大講義室

共通テーマ 先端生物学

第 1 講座

生物の情報処理技術とその応用

石川県立大学客員教授 尾田十八

1. はじめに

超過酷な環境下で、10 億を超える生物が、太古の昔より生き続けている訳は、ダーウインの進化論を持ち出すまでも無く、生物自身が有する進化のシステムにあることは論ずるまでも無い。そしてその進化システムは、生物を構成している細胞中にある DNA の世代交代時の働きによることも分かっている。また生物は 1 世代内でもその振舞いから、形態形成に至るまで、環境適応性を示している。これらの機能もまた DNA の働きによる。

このような生物の進化・適応システム、即ち細胞機能に基づく情報処理システムを工学へ応用しようとする考えは、もう 1950 年代から知られているが、実用的手法となったのは比較的最近のことである。ここではその中でも特に汎用性の高い 2 つの方法を紹介し、その応用例を示す。

2. 遺伝的アルゴリズム (GA)

図 1 は遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms:GA) の概念とその計算の流れを示す。これに見るように、GA は生物がその世代交代時に行っている染色体の変更操作としての遺伝子の交叉、突然変異などを利用して、実際の問題に対

する最適な解を導出する方法である。

我々が解決を迫られる実際問題①は種々雑多であるが、それを先ず染色体の世界へ置く事 (これをコーディングと呼ぶ) が重要である。通常は染色体として図示の②のような 2 進 (0,1) の一次元配列が用いられるが、問題に応じて遺伝子として記号などを、一方染色体配列も多次元でも良い。そのようにして染色体が創られると、その自由度に対応して多くの染色体集団を創る (人口の確定③)。その後は確率的に、人口の中からペアを複数選び、それらの染色体に④交叉や⑤突然変異の操作をする。その結果、新しい人口の中に対象問題の適応度を高めるものがあれば、それを次世代へと残す操作をする。以上のような操作を繰り返せば、問題としての最適解か、それに近い解の集団としての染色体群 (⑥) を得ることになり、これを実際の問題の世界へ変換 (デコーディング) すれば完全に対象問題は解けたことになる。

この手法は解くべき問題が、数理的に明確に記述されていなくとも、問題の評価値とそれに影響を与える変数およびそれらの制約のみが明確ならば、解くことが出来、所謂万能的手法と言えるものである。

筆者らはこの手法を，魔方陣の解探索や時間割表を作成することに利用したり，また専門の実際の構造物や機械などの多くの設計問題へ利用し大きな成果を得ている。

3. ニューラルネットワーク (NN)

図2は人間の脳細胞(ニューロン)とその数理モデルを示す。同図(a)のように，1個の脳細胞の軸索終末が他の多くの脳細胞の樹状突起と結合(シナプス結合)することによって，情報的ネットワークを形成していることが分かっている。人間の脳はこのような脳細胞が100~200億個あり，従ってそれらが創るネットワーク自由度は無限に近いものと言えよう。

さて図2(b)は1個の脳細胞の情報の流れを示すものである。 X_j は入力信号で， y は出力信号であるので，脳細胞は多入力，1出力の簡単な情報変換モデルと言える。ただ特徴的なことは，入力信号 X_j には重み(結合係数) w_j が掛かり，しかもそれらの総和がその脳細胞自身の閾値 h を超えないと出力 y が出ないことである。そして重み w_j はあらかじめ既知でなく，状況によって可変することが知られており，この重みの可変性が脳の記憶や推論などの高度な知的活動と関連していると言われている。

1個の脳細胞の情報モデルは以上のように比較的簡単なものであるが，これらが幾つか集合し，ネットワーク形成(Neural Network:NN)をすると，極めて面白い機能をもつものとなる。図3はその例を示す。同図(a)は全ての情報が入力層から出力層へと一方向へ伝播するもので，階層型 NN と呼ばれている。

この NN はある問題の入力と出力の組の既知情報があれば，それらを教師データとして，NN中のすべての重み w_j を確定すること，即ち学習機能があり，結果として既知でない問題の解を推定することが出来る。

一方同図(b)は入・出力層の区別が無く，お互いの脳細胞が情報のやり取りを行い，相互結合型 NN と呼ばれている。これはこの NN 全体が持つある種のエネルギー関数 E を定義でき，NN活動に伴い E は減少するので，考えている問題の目的関数が E にアナロジーできれば，その最適解を自動的に求めることができる特性を有している。

筆者らは階層型 NN を用いてコース，速度，球種(ストレート，カーブなど)を自在に投げ分ける知的なピッチングマシンを提案(第1回日本設計工学会武藤栄次優秀設計賞受賞)し，その実用機を石川県の補助金(平成22年度いしかわ次世代産業創造ファンド事業助成金)と企業の協力を得て製作している(平成25年度プレミアム石川ブランド製品認定)。また相互結合型 NN を用いて，構造物の位相最適設計問題も解いている。

4. おわりに

ここでは生物の情報処理機能に基づく技術として，遺伝的アルゴリズムとニューラルネットワークにつき，その考え方と応用方法を平易に解説した。何れも汎用的で，使いやすい方法であり，これらに関する参考書も近年かなり出版されているので，研究上必要な時には大いに利用されることをお勧めしたい。

最後に，生物に基づく情報処理技術に

は、ここで述べたもの以外に、セルオートマトンやLシステムなど、興味深いものもあることを付記して置きたい。

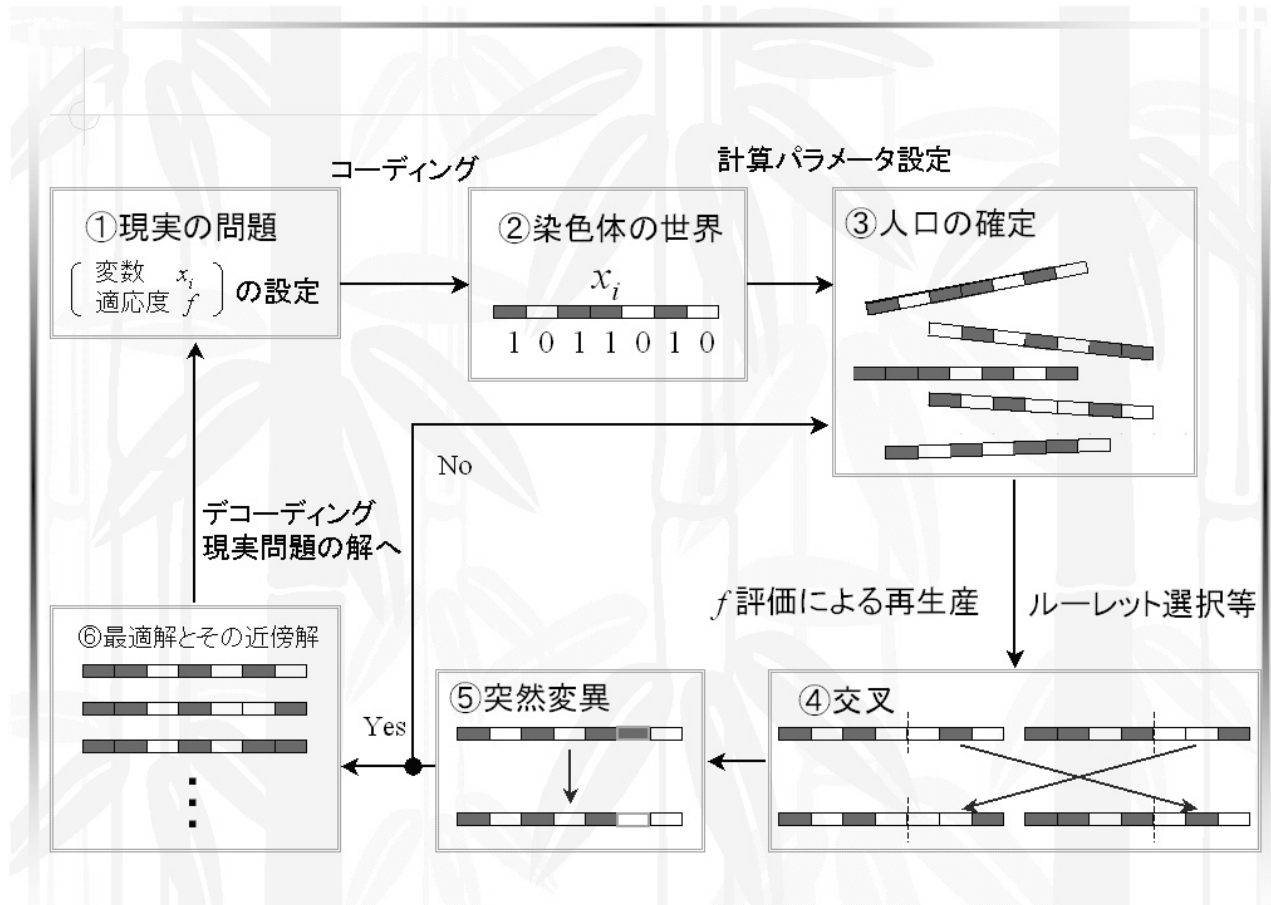
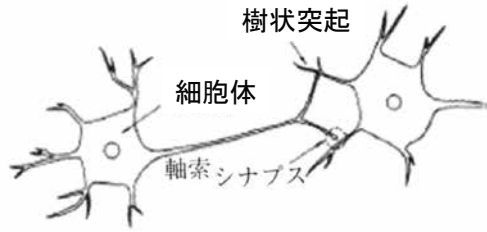
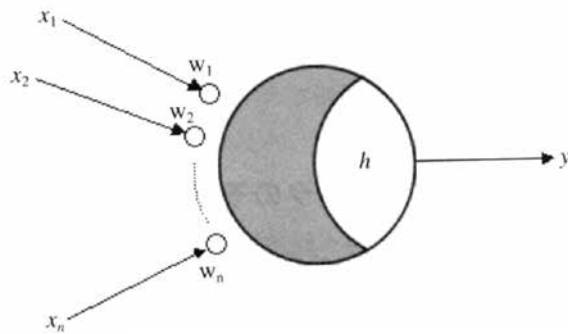


図1 遺伝的アルゴリズムの流れ

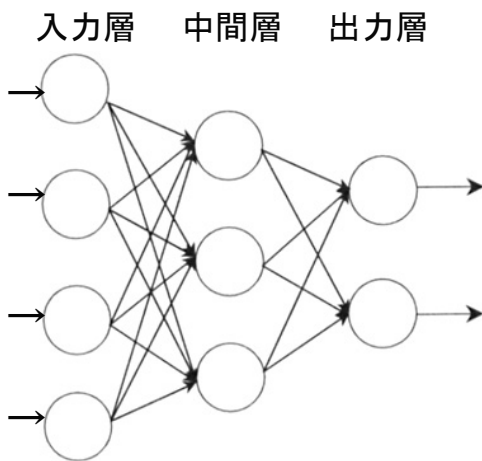


(a) ニューロン (神経細胞の模式図)



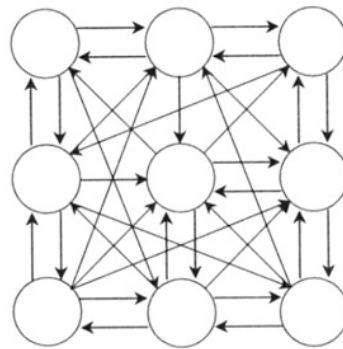
(b) ニューロン・モデル(多入力・一出力)

図2 ニューロンとその数理モデル



(a) 階層型NN

学習・推定能力



(b) 相互結合型NN

最適化能力

図3 NNのモデル