

旭川高専 ○佐藤博文 古川正志

要旨

人工知能(AI)を利用した概念設計システムの結果を、自然知能(NI)の教師信号とした概念設計システムを作成する。そのため、NI技術としてニューラルネットワークを利用した設計モデルの定式化を演繹モデルによって行なう。この演繹モデルは、情報量モデルで機械的に取り扱い可能とした。具体的例として溶接ジグの概念設計例を示す。

1. はじめに

近年、人工知能(AI)技術による設計モデルの構築が多く試みられている。しかし、AIによるモデルは、動作的には推論・学習などが人間に認知できるレベルであり、認知レベル以下の知的活動を実現しているとは言いがたい。こうしたAIのアプローチに対して、最近、AIの一部としてNNW、Lシステム、GA、SAなどが提案され、学習・推論・最適化などの問題に威力を発揮しはじめている。これらの技術の特徴は動作原理を生物・生態系のアナロジーから導入しており、また、いずれも並列計算が可能であるという特徴を持っている。このような新しい記述をMacreen CaudillらにならってNI(Naturally Intelligent System, Naturally Intelligence)¹⁾と呼ぶ。本研究では、OPSS83を用いたAIに基づく機能推論システムとNIを協調させた概念設計モデルの構築の実験を行なう。

2. 自然知能の数理モデル

生物・生態系の持つ機能のアナロジーとしての自然知能を導入するために、拡張したオートマトンで一般数理モデルを作成する。

2.1 拡張したオートマトンの定義

拡張したオートマトンHAを以下の3項組で定義する²⁾。

1. $HA = (HF, Q, F)$: 拡張オートマトン
 $HF = (HF_j : j \in I, I \text{ は自然数集合})$: 超場。
 以下のオートマトンは $HF = G$: グラフとしてグラフに関して定義を行なう。
2. $Q = \{x(V, t) : t = 0, 1, 2, \dots\}$: 状態集合。
3. $F = \{f_i : i \in V, Q(x(V, t)) \rightarrow Q(x(V, t+1)), t = 0, 1, 2, \dots\}$: 全体状態遷移関数集合。 $f_i = \{f_i: Q(x(V_i, t)) \rightarrow Q(x(i, t+1))\}$: 局所状態遷移関数

2.2 状態更新

上に定義したオートマトンの状態更新に関しては、同期更新、逐次更新、遺伝子型更新の3つを用いる。

2.3 ポテンシャル場の設定

状態更新が時間の増加と共に安定化するようなオートマトンのポテンシャル場 $E(Q(t+1)) < E(Q(t))$ を対象とする問題に対して設定する。

3. 概念設計の演繹モデルとその機械的取り扱い

概念設計モデルとして、演繹モデルを採用する。いま、設計機能の空間をD、設計対象の空間をCとおく。いま、DからCへの演繹の説明が存在すれば、論理学の形式を借りて、 $g(D) \rightarrow (L)(g(L) \supset r(L)) \rightarrow r(D)$ となる。ここで、 $g(D)$ は条件、 $(L)(g(L) \supset r(L))$ は説明の根拠となる法則、 $r(D)$ は結論であり、これらは確定された事象とする。また、 $C=r(D)$ であり、 $g(D)$ は、設計緒元の関係である。このようなモデルを機械的(生物的)に取り扱うモデルとして情報モデルを採用する。いま、空間Dがある位相Gをもち、その元がG(D)であったとする。 $G(D)$ が $G(D) = G_0(D) \wedge G_1(D) \wedge G_2(D) \wedge \dots \wedge G_m(D)$ のように分割可能とする。ここでは、すでに与えられた設計緒元を $G_0(D)$ としている。 $G_i(D)$ が D により n_i 個の元を持つとき、 $G_i(D)$ は、 $b_j = -\log(1/n_i)$ だけの情報量を持ち、 b_j ビットのパターンで表現される。従って、 $G(D)$ を、 $nb = \sum b_j = \sum -\log(1/n_i)$ ビットパターンの並びとし、 $B_0B_1B_2 \dots B_m$ と表現する。一方、 $C=r(D)$ も同様に分割可能とするとビットパターンの並びで $O_0O_1O_2 \dots O_m$ と表現できる。このビットパターンの並びを O_c とする。これらから $(L)(g(L) \supset r(L))$ を設計の演繹推論メカニズムとすれば設計の機械化モデルは、形式上 $B_0B_1B_2 \dots B_m \rightarrow (L)(g(L) \supset r(L)) \rightarrow O_0O_1O_2 \dots O_n$ と書ける。NNWを用いた概念設計モデルの定式化を以下において述べる。

4. NNWによる概念設計

$B_0B_1B_2 \dots B_m \rightarrow (L)(g(L) \supset r(L)) \rightarrow O_0O_1O_2 \dots O_n$ において、 $B_0B_1B_2 \dots B_m$ を入力信号、 $O_0O_1O_2 \dots O_n$ を出力信号と置き、 $(L)(g(L) \supset r(L))$ を推論機構とする。この

とき、 $(L)(g(L) \cap r(L))$ をNNWとすれば設計の推論機構を作成可能となる。 $(L)(g(L) \cap r(L))$ が推論機構となるためにはNNWが学習によって自律的に推論機構を構成しなければならない。設計の学習を行なわせるためには $T_0T_1T_2 \dots T_n$ を教師信号として与える。このときNNWは自律的に学習を行ない、 $O_0O_1O_2 \dots O_n = T_0T_1T_2 \dots T_n$ となる信号を出力する。

5. AIとNIの協調概念設計システム

AIによる概念設計システムとして、すでにオブジェクト・オペレーションによる設計システムを報告した³⁾。このシステムでは、入力条件によって、機能が推論されるが、この推論を学習する機能を備えていない。設計における学習機能をNNWにより実行させれば、AIと協調した概念設計システムを実現できる(図1)。本研究では、AIの推論結果をNNWの教師信号とすることで、AIとNNWの協調システムを作成した。

6. 実験例

本研究ではNNW法としてバックプロパゲーション(BP)法を用い、溶接治具の概念設計を行なった。設計仕様、必要機能などは文献4)から採用し、教師信号は、すでに開発されているOPS83の推論システムの結果を利用した。入力信号9ビット、教師信号30ビットの組み合わせ8パターンをBPで学習させたときの収束曲線を図2に示す。また、溶接治具の概念設計のNNWによる学習後の実際の入力とその結果を図3に示す。

7. おわりに

演繹設計モデルを情報量モデルのビットパターンとして取り扱い、AIとNNWを用いた設計システムの有効性を確かめることができた。しかし、よりよい設計システムとするためには多くの教師信号を与えなければならない。そのためには、多くの学習時間を必要とする。また、追加学習の方法をとっていないので、追加学習の有効な方法を開発する必要がある。

参考文献

- 1) M.Caudill ; Naturally Intelligent System, The MIT Press (1989)
- 2) 古川他 ; 自然知能に基づく設計モデルの研究 - G A による設計の最適化 - ; 1992年度精密学会春期大会講演論文集(1992)105.
- 3) 古川 ; 設計モデルの定式化とモデルン・モデルによるその表現に関する研究 ; 旭川高専研究報文第28号(1991)31.
- 4) V.hubka ; Principles of Engineering Design, Butterworth Scientific(1980)

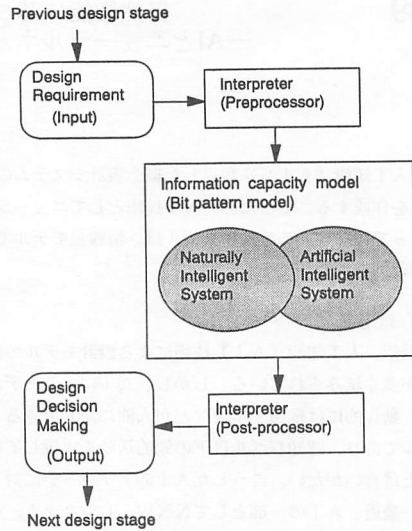


Fig. 1 A cooperative design system with AI and NI.

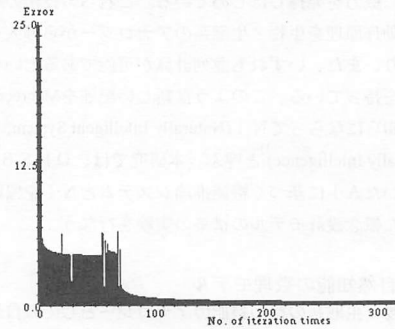


Fig. 2 A learning curve of NNW.

```

Input weight file name ?
BP_welding_weight_2
全ての考えられる回転部分は熱による影響をうけない。 [y/n] y
操作性を重視させる。 [y/n] y
フレキシブルである。 [y/n] y
work_piese_重量は100kg以上である。 [y/n] y
コンパクトな構造である。 [y/n] y
使用頻度が高い。 [y/n] y
使用環境が悪い。 [y/n] y
使用期間(耐用年数)は最低5年である。 [y/n] y
コストは多少高くても構わない。 [y/n] y

*** C軸の回転 *** 滑り軸受け
*** 固定の方法 *** ホールドピンによる
*** 駆動方式(c軸) *** 直接手による
*** 駆動制御(c軸) *** ラチェット機構による
*** B軸の回転 *** シリンダ
*** 固定の方法 *** ホールドピンによる
*** 駆動方式(b軸) *** 直接手による
*** 駆動制御(b軸) *** ラチェット機構による
*** Z軸の移動 *** レバー機構
*** 固定の方法 *** ホールドピンによる
*** 駆動方式(z軸) *** 直接手による
*** 駆動制御(z軸) *** ラチェット機構による
*** 被加工物が 治具で固定される。*** 形状による固定
  
```

Fig. 3 A design result using NNW.