

旭川高専の加葉田究 古川正志

1. はじめに

近年、おおくの概念設計の試みが行われている。しかし、それらの試みは疑似的に人間の思考行動を獲得しようとする試みであり、その手法としては人工知能技術(AI)が多く使用されている。このような試みは、見かけ上、知識の獲得、学習などを行う人間が実際に実行している知識の獲得、学習などとは異なるメカニズムである。このような研究に対して、人間(あるいは自然界)の思考過程を模倣し、それによって知識の獲得、学習を行うようなモデルをすでに報告した。このようなモデルの中心となっているのは、ニューラル・ネットワーク、遺伝子アルゴリズム(GA)であり、このような手法を自然知能技術(NI)と呼んでいる。本研究では、概念設計を実現する一部の方法としてGAによる方法の定式化と実験を行い、その有効性を示すことを目的とする。

2. 設計の演繹モデル

いま、設計機能の空間をD、設計対象(設計諸元)の空間をCとする。設計機能と設計対象の空間にそれぞれ位相を作成できる。このようにして位相が作成された空間のスキーマを $g(D)$ 、 $s(C)=f(D)$ と置く。概念設計では $g(D)$ を設計機能仕様、 $f(D)$ を確定機能をもつ実体と考えてよい。これを演繹の説明で記述すれば、

$$\frac{g(D)}{(x)(g(x) \supset f(x))} \quad (1)$$

$$f(D)$$

ここで、 $g(D)$ 、 $g(x) \supset f(x)$ 、 $f(D)$ は確認された事象でありその空間のスキーマとなる。 $g(D)$ は条件、 $(x)(g(x) \supset f(x))$ は法則、 $f(D)$ は結論である。また、 $g(D)$ 、 $(x)(g(x) \supset f(x))$ が既知で $f(D)$ が未知の時を演繹的推論、 $g(D)$ 、 $f(D)$ が既知で $(x)(g(x) \supset f(x))$ が未知の時を目的推論と言う。実際の設計では演繹的推論と目的推論が混在すると考えられ、経験や勘による設計は、むしろ、目的推論といえる。ところで、 $(x)(g(x) \supset f(x))$ を満たす $f(x)$ は多数存在すると考えられる。 $f(x)=\{f_i(x); i=1, 2, \dots, n\}$ とすれば、経験や勘による設計は、

$$\min_0 \{ (x)(g(x) \supset f_i(x)) \} \quad (2)$$

$$f_i(x)$$

の評価を学習していると言える。この評価は仕様によ

って定まるから、設計は仕様という環境の中で、機能から実体を環境に対して最も適応性の高いものを推論しているとも言える。 $f_i(D)$ はCに対してある位相を作っていると考えられるから、 $s_i(C)=f_i(D)$ とおけば、仕様によりいくつかの設計対象が $(x)(g(x) \supset f_i(x))$ により定まり、その設計対象はある評価値を持つことになる。従って、このような評価のメカニズムを実現できれば、式(1)(2)のような設計を実現できる。

3. 概念設計の遺伝子アルゴリズム化

上記のモデルを実現するために以下のような前提を置いた。

- P 1. $g(D)$ は、情報量モデルでビット表現される。
- P 2. $s_i(C)$ は、情報量モデルでビット表現される。
- P 3. $(x)(g(x) \supset f_i(x))$ は未知であるが、それのある仕様の中で設置すると、数値で評価できる。

このような前提の下に以下のようなアルゴリズムを作成する。

- G 1. $g(D)$ をビット表現する。
- G 2. $g(D)$ のjビットに対応してpビットのCj情報量モデルを作成し、 $C=\{C_j; j=1, 2, \dots, v\}$ とする。
- G 3. $s_i(C)$ をCjに乱数を発生し、q個作成する。
- G 4. $0\{(x)(g(x) \supset f_i(x))\}$ を環境と見なして適応性として計算する。
- G 5. 遺伝子アルゴリズムを適応し、最適な $s_i(C)$ を求める。

4. 設計の感度

このような設計を行うとき、仕様を変化すると $s_i(C)$ がどれだけ変化するかが、設計の感度と考えられる。いま仕様も情報量モデルとして表すことができるとし、仕様空間をL、そのスキーマを $h(P)$ と置く。 $h_x(P)$ と $h_y(P)$ の差異を $\Delta h(P)$ 、 $g_x(D)$ と $g_y(D)$ の差異 $\Delta g_{xy}(D)$ 、 $s_x(C)$ と $s_y(C)$ の差異を $\Delta s_{xy}(D)$ と置き、

$$\Delta h_{xy}(P) = \text{EOR}(h_x(P), h_y(P)),$$

$$\Delta g_{xy}(D) = \text{EOR}(g_x(D), g_y(D)),$$

$$\Delta s_{xy}(D) = \text{EOR}(s_x(C), s_y(C))$$

と定義する。ここで、EORは排他的論理和とする。ついで、 $\Delta g_{xy}(C)$ 、 $\Delta s_{xy}(C)$ の構成長をそれぞれ Δh_{xy}

$y(P)$, $\delta(\Delta gxy(D))$, $\delta(\Delta sxy(C))$ と定義する。このとき、構成長は空間Dと空間Cに距離を作る。 $hi(P)$, $gi(D)$ と $si(C)$ のビット長をそれぞれ Lh , Lg , Ls と置き、感度を

$$S_{xy} = \left\{ \frac{\delta(\Delta hxy(P))/Lh}{\delta(\Delta gxy(D))/Lg} \right\} / \left\{ \frac{\delta(\Delta sxy(C))/Ls}{\delta(\Delta gxy(D))/Lg} \right\} = (Ls/Lh) \left\{ \frac{\delta(\Delta sxy(C))}{\delta(\Delta hxy(D))} \right\}$$

と計算する。この感度は空間Cの設計の幅を示す。 sxy が大きいほど変化に富んだ設計の空間であり、小さいほど類似した設計となる。設計者で言うと、 sxy が大きいほど柔軟な設計者と言える。

5. 基礎実験

溶接治具に対する概念設計を3で述べたアルゴリズムで実施した。設計仕様を、必要機能、それらに対応する機能要素(function carrier)は文献5)から採用した。設計仕様を環境とみなして評価値を与えGAアルゴリズムを実行した時の計算の収束を図1に示す。実験に使用した個体のビット数は16ビットを実体から作成した。結果では40個体の発生で約20世代で収束することが分かった。図2は、初期発生個体の遺伝子列が他の個体と何ビット共通かの分布を示し、図3は30世代の分布を示す。これらの分布から初期個体は7~9ビットを共通に持つものが多く、収束後はほぼ16ビット近く共通になっているのが分かる。初期個体の分布は、ある環境に対して一つの個体群を位相として分けられるような分布を持つことを示し、共通ビットを取り除いた個体の比較から構成長の計算を行えば、設計空間に距離を作成できる可能性も持っていることが分かる。また、構成長によって感度を計算できることも示している。

6. 結言

概念設計の一部を遺伝子アルゴリズムを採用して求める設計過程の定式化を行った。実際の設計では、仕様は機能を推論し、機能が実体を推論する。そして、この実体が仕様に対して評価される。本研究では仕様から機能の推論を行う方法は論じていない。また、設計の機能と対象両空間を情報量モデルとしてそれらの距離を単純な構成長による距離で表現し、両空間の感度を求める方式を今後調べる予定である。基礎実験は概念設計の一部実現可能とすることを示している。

参考文献

- 1) 例えば吉川：一般設計学序説、精密機械、45、8(1979)906
- 2) 古川：設計モデルにおける学習推論機構に関する研

究、1991年度精密工学会春期大会学術講演会講演論文集第1文冊(1991)31

3) J.H.Holland et.all: INDUCTION, The MIT Press

4) 須貝ほか：組合せ最適化アルゴリズムとその応用、計測と制御、29、12(1990)1084

5) 古川ほか：オブジェクト・オペレーションによる機能表現モデルの研究、一多層モデルによる表現一、1990年度精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集、1990、9

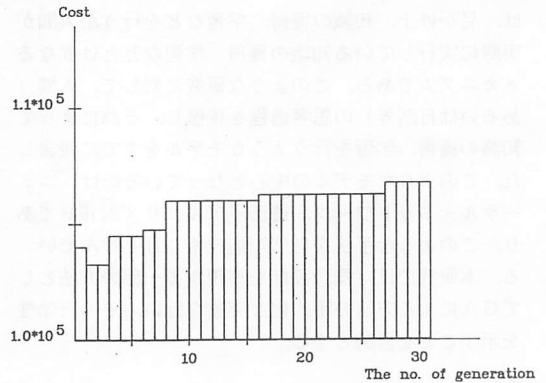


図1. GAによる収束の様子。

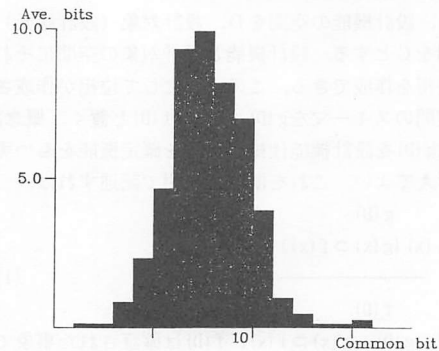


図2. 初期個体の共通ビット数の分布。

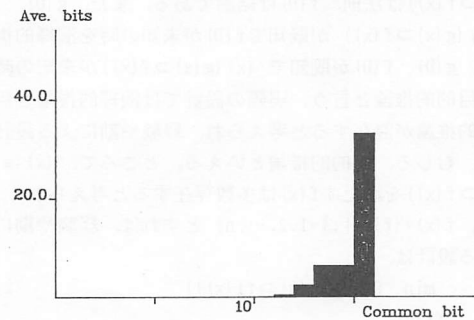


図3. 収束個体の共通ビット数の分布。