

旭川高専 古川 正志

## 1. はじめに

設計は、何か有用なものを作り出すという目標を中心に置く工学にとっては、中心的な課題である。この人間の設計行為は、その知的活動の中でも高度に特徴的なものであり、その説明は人間の知的活動の本質を説明することを避けることができない。こうした認識から、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。<sup>1)</sup>しかし、AIによるモデルは、動作的には推論・学習などの人間と同じ様な挙動を示すが、モデルとしての内部の機構は、知的活動を実現しているとは言い難く、なぜそのような機構が必要かに対する回答が与えられていないように思える。AIに対して、最近、AIの分野の一部としてニューラル・ネットワーク(NNW)・発生アルゴリズム(Lシステム)・遺伝子アルゴリズム(GA)・シミュレーテッドアーニング(SA)等が提案され、計算法としてNP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いずれもなぜそのような計算が可能かの動作原理を生物の動作原理から導入しており、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。本研究では、このような新しい技術をMaureen Caudill<sup>2)</sup>らにならってNI(Naturally Intelligent System, Naturally Intelligence)と呼び、NIを利用した概念設計モデルの構築を行う。

## 2. 設計推論モデルとその情報量モデル

沖野により示された定式化<sup>3)</sup>をここでは採用する。いま、 $i$ 番目の設計過程での入力となる設計緒言を $D^i$ 、設計対象を $C^i$ とし、設計緒言と設計対象間の写像関係を $F^i$ とすると、

$$F^i : D^i \rightarrow C^i \quad (1)$$

となる。一般に、

$$C^i \supset D^i \quad (2)$$

である。設計には、設計者の満足を示す指標が要求される。この指標を $f_0^i$ とすれば、

$$\min f_0^i(D^i) \quad (3)$$

が要求される。

$i+1$ 番目の設計過程では

$$D^{i+1} = C^i \quad (4)$$

$$f^{i+1} : D^{i+1} \rightarrow C^{i+1} \quad (4)$$

が実行される。こうして最終的には

$$f^n : D^{i+1} \rightarrow C^{i+1} \quad (5)$$

により全設計過程が終了する。

いま、 $f^i$ を $D^i$ から $C^i$ への演繹の説明と見なすと、論理学の形式を借りて

$$\frac{g^i(D^i) \quad (x) (g^i(x) \supset f^i(x))}{f^i(D^i)} \quad (6)$$

となる。ここで、 $g^i(D^i)$ は条件、 $(x) (g^i(x) \supset f^i(x))$ は説明の根拠となる法則、 $f^i(D^i)$ は結論であり、これらは確定された事象とする。また、 $C^i = f^i(D^i)$ であり、 $g^i(D^i)$ は設計緒元の関係である。設計のモデル化はモデルを $m^i(x)$ とすると、

$$f^i(x) = m^i(x) \quad (7)$$

であるような $m^i(x)$ が存在することである。

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量モデルを採用する。いま、空間 $D$ がある位相 $G$ をもち、その元が $G(D^i)$ であったとす。  $G^i(D^i)$ が

$$G^i(D^i) = G^{i_0}(D^i) \wedge G^{i_1}(D^i) \wedge G^{i_2}(D^i) \wedge \dots \wedge G^{i_m}(D^i) \quad (8)$$

のように分割可能とする。ここで $i-1$ 番目より与えられた設計緒元を $G^{i_0}(D^i)$ としている。 $G^{i_j}(D^i)$ が $D^i$ により $n_j$ 個の元を持つとき、 $G^{i_j}(D^i)$ は

$$b_j = -\log(1/n_j) \quad (9)$$

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、 $G^i(D^i)$ は、

$$n_0 = \sum b_j = \sum \log(1/n_j) \quad (10)$$

ビットのパターンで表現される。このビットパターンの並びを

$$B_0 B_1 B_2 \dots B_m \quad (11)$$

と表現する。一方、 $C^{i+1} = f^i(D^i)$ が

$$f^i(D^i) = f^{i_0}(D^i) \wedge f^{i_1}(D^i) \wedge f^{i_2}(D^i) \wedge \dots \wedge f^{i_m}(D^i) \quad (12)$$

のように分割可能とする。 $C^{i+1}$ が $p$ 種類の元を持てばその情報量は

$$n_c = -\log(1/p) \quad (13)$$

となり、 $n_c$ ビットとなる。このビットパターンの並びを

$$O_0 O_1 O_2 \dots O_m \quad (14)$$

と置く。従って、 $f^i(D^i)$ は $n_c$ ビットのパターンで表現される。このビットパターンの並びを

0<sub>0</sub>とする。(x (g<sup>i</sup>(x) ⊃ f<sup>i</sup>(x)) 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

$$\begin{aligned} B_0 B_1 B_2 \dots B_m &\rightarrow \\ (x) (g^i(x) \supset f^i(x)) &\rightarrow \\ O_0 O_1 O_2 \dots O_n &\end{aligned} \quad (15)$$

と書ける。NIを用いて設計モデルとする定式化を以下において述べる。

### 3. NIによる概念設計モデル

いま、仕様空間をD<sub>1</sub>、機能空間をD<sub>2</sub>、機能実現空間(実体空間)をD<sub>3</sub>と置く。概念設計は、仕様から機能を推論し、機能から実体(Function carrier)を推論するとみなせる。実体は与えられた仕様を満たす制約を持つから、仕様は実体の環境を作っている。これらの関係は図1にみられるような三角形となる。ある位相によって作られるD<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>の元をB<sub>11</sub>、B<sub>21</sub>、B<sub>31</sub>と置くと、D<sub>1</sub>からD<sub>2</sub>、D<sub>2</sub>からD<sub>3</sub>への推論は式(3)を用いて、それぞれ

$$\begin{aligned} \min. f_0^1(D_1) \quad \text{subj. to } s_1(D_1) \geq 0 \\ \min. f_0^2(D_2) \quad \text{subj. to } s_2(D_2) \geq 0 \end{aligned} \quad (16)$$

と書ける。ここで、s<sub>i</sub>(D<sub>i</sub>)はD<sub>i</sub>に対する制約条件である。これらに対して、以下のようなエネルギー関数を設定する。

$$E(D_1) = f_0^1(D_1) + \int_{s_1(D_1)} k \theta(z) dz \quad (17)$$

$$E(D_2) = f_0^2(D_2) + \int_{s_2(D_2)} k \theta(z) dz \quad (18)$$

ただし、θ(z) = z (z>0) or 0 (z≤0) であり、k>0とする。ΔD<sub>i</sub> (i=1,2) に対する E(D<sub>i</sub>)を改善(最小化する)状態遷移を確率的に行うとすれば、その確率は exp(ΔE(D<sub>i</sub>/T))

で行うものとする。ΔD<sub>i</sub>は実際はビット列B<sub>i</sub>の変化である。ここで、

$$f_0^i(D_i) = f_0^i((D_i) (g^i(D_i) \supset f^i(D_i))) \quad (i=1,2) \quad (19)$$

と置くと、式(17)～(18)は推論法則そのものを探しだし、E(D<sub>i</sub>)を改善する定式化となる。ここで得られる最小化の過程は学習に相当し、得られた状態は学習の結果である。また、

$$f_0^i(D_i) = \frac{|f_0^i((D_i) (g^i(D_i) \supset f^i(D_i)))|}{|f_0^i((D_i) (g^i(D_i) \supset F_i(D_i)))|} \quad (i=1,2) \quad (20)$$

と置けば、f<sub>0</sub><sup>i</sup>((D<sub>i</sub>) (g<sup>i</sup>(D<sub>i</sub>) ⊃ f<sup>i</sup>(D<sub>i</sub>)))を既知の知識として処理することができる。このような定式化はNW・SA・GAの適用を可能とする。GAによる実

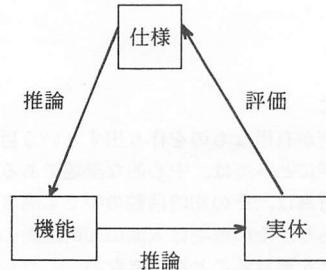


図1. 概念設計の模式  
験を文献(8)に示している。

### 4. おわりに

概念設計のNIによる定式化を行った。各空間を情報量モデルとすることで、設計モデルをビットパターンでの取り扱いとすることができる。これらを実際の設計システムとするためにはプリプロセッサ、NIプロセッサ、ポストプロセッサを用意し、プリ・ポストプロセッサを言語処理インタフェースとすればよい。GAで用いる次数と構成成長を用いることで各空間に距離の概念を持ち込める可能性がこれらの研究成果として予想できる。

なお、本研究は、日立製作所(株)日立工場の研究奨学金を受けて行ったものであり、関係者に謝意を表します。

### 参考文献

- 1)古川; 設計の定式化とモデル論・モデルによるその表現に関する研究、旭川高専研究報文27号(1991)
- 2)Maureen Caudill; Naturally Intelligent Systems, The MIT Press(1989)
- 3)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)18
- 4)須貝ほか; 遺伝的要素を取り入れた改良型アーニング法によるブロック配置手法、電子情報通信学会論文誌、J73-A,1(1990)87
- 5)沖野; 自動設計の方法論、養賢堂(1983)21
- 6)桐谷、ニューロコンピュータ、技術評論社(1989)
- 7)J.H.Holland他; INDUCTION, The MIT Press(1989)
- 8)加葉田他; 概念設計のGAによる定式化と実験、1991年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集(1991)