

Computer Based Design のビジョン

長谷川 寿彦・宮崎 聖蔵・寺山 幸男・越智 敬司

1. まえがき

コンピュータの利用目的は、社会全体の変化とともに多様化の一途をたどっている。今日のような情報化社会では、各種の問題が大型化し、処理対象が量的に増大するとともに、質的にも変化してきている。処理すべき情報範囲が広がったということは、逆に情報の認識および選択が困難となり、あいまいさの増した社会環境になっていることを意味する。

したがって、問題解決に当っては、一分野からといった単純なアプローチによることがむずかしく、多量のデータを多岐の分野にわたる技術を駆使するといった超人的な方法を必要とする。

それゆえ、問題解決の道具として意思決定支援、設計、教育等多くの分野へコンピュータが進出してきたわけである。

しかし、従来の CAD (Computer Aided Design) などのシステムは問題解決法があらかじめ与えられており、それにもとづいて処理し、人間と会話しつつ解を出していくというスタティックなシステムにすぎない。

ここで、さらに進んで問題解決法があらかじめ与えられてなくて、与えられた問題に対しより適

切な思考をめぐらし解決法を創造し、その結果を評価し、解を得るシステムが今日の社会環境において望まれている。

そこで、筆者は創造機能を有するコンピュータを利用した、よりダイナミックなマン・マシン・システム(以下 CBD と呼ぶ。CBD: Computer Based Design)の構築をめざしている。

本稿では、筆者が目的としている CBD についてその概念を説明するとともに、CBD を利用したシステムビジョンを述べる。

2. CBD の概念

従来 CAD と呼んでいるものは、情報の整理、格納、検索および加工処理等人間が創造あるいは意思決定するための情報を提供するという支援としての使い方であり、創造にかかわる部分はほとんど人間に依存し、これが人間にとって大きな負担となっている。この創造活動の一部分をコンピュータに肩がわりさせることによって、従来より 1 歩進んだマン・マシン・システムとしたものが冒頭に述べた CBD である。

ここでまず人間の創造活動の中でどの部分をコンピュータにおきかえられるかについて述べる。

創造活動は次の 2 つに分けられると思われる。

- ① 既存の要素でもって新しい組合せのものを造り出す。
- ② まったく新しい要素を含んだ新しい組合せ

はせがわ ひさひこ、みやざき せいぞう、てらやま
ゆきお、おち けいじ 日本電信電話公社

のものを造り出す。

後者は、突然変異的な現象（たとえば「ひらめき」など）による場合が多く、人間頭脳の創造過程の解明を待つ必要があり、その方面の研究も進められているが、もう少し時間が必要であろう。したがってここでは前者を対象とする。

従来コンピュータによる機械化、合理化が進み成功しているのは、システムそのものが人間の介在する余地のない分野すなわち生産管理、金融システム等、物や金の動くシステムの分野である。一方、環境、各種アセスメント等人間と深くかかわってくるシステムではうまく動作していないものが多い。これはいろいろな価値観をもつ「人間」が行なっていた部分まで含めて自動化しようとしたところに無理があると思われる。科学技術庁の行なった「技術予測報告書」のアンケート調査の回答においても、「心の動きを理論化した情動工学の発展を人材開発あるいは創造性発揮に結びつけようとする技術課題について、人間の内的問題にまで工学的センスをもちこむことの危険が強く指摘されている」。(注)

コンピュータ化するためには、価値基準、評価のものさしを定量化する必要がある。しかし、人間特有のものである「直感」、「勘」および「常識」というものさしは、コンピュータ処理が非常にむずかしく、また人間の欲求や行動は非論理性をもっているため、定量化する場合は、偏りや誤差を相当覚悟しなければならない。したがって、「常識」に関しては、将来データベースの発展により、コンピュータ処理実現に期待がもてるとしても評価

(注) 「未来の科学技術700」ダイヤモンド社

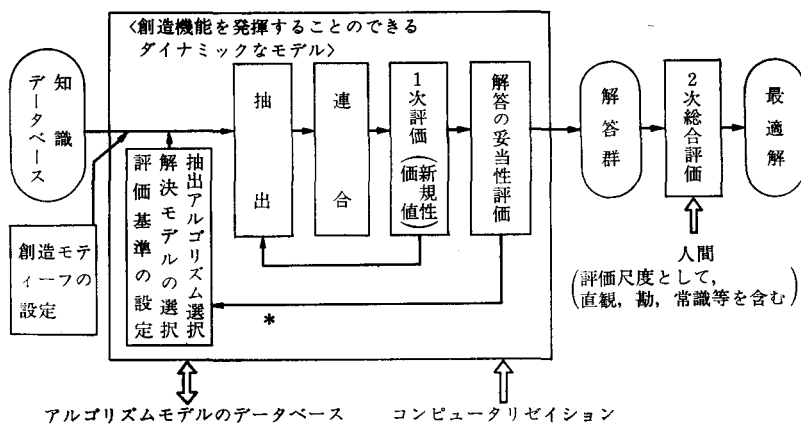


図1 創造過程
*満足する解答が得られなければスタート時点にもどって抽出、連合の閾値を変えて、あるいはディメンジョンを異にしたパラメータを採用し、閾値を設定してモデルを組み直し、さらに新しい解答群を練り直す。

を含めて、すべてコンピュータ化することは危険であり、人間が行なう部分が当面残るものと考えている。

このように、創造活動(創造、評価etc.)等をコンピュータ化する場合、人間の価値観等にかかわる部分は、コンピュータ・システムから外へ出し、「手動部分」として位置づけることが妥当であろう。コンピュータ化された創造過程を図1に示す。またコンピュータと人間による評価例を図2に示す。

設定された創造モチーフにしたがって知識データベースから抽出、連合、評価の過程を経て、解

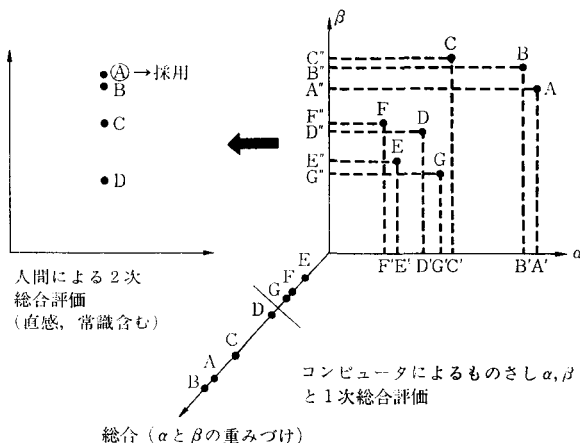


図2 評価例

答群を出力する。この解答群に対して人間が2次総合評価を行ない最適解が導かれる。解答群を出力するまでの過程には、解答に新規性があるか、価値は存在するか等の1次評価により、抽出のレベルまでフィードバックを行なう過程と、さらに高次の妥当性評価により、抽出アルゴリズム選択、解法モデルの選択、評価基準の設定のレベルまでフィードバックを行なう過程が組みこまれている。これらの過程ならびに、知識データベースおよびアルゴリズム・モデルのデータベースの部分により、創造機能を発揮することのできるダイナミックなモデル構築が可能となるわけである。

3. CBDのビジョン

現在のコンピュータのスペックは、黎明期のフォン・ノイマン型コンピュータと比べて、命令実行時間比では約 10^4 倍、主記憶容量では約 10^5 倍、体積では約 10^{-6} 倍、価格では約 10^{-6} 倍、スピード・記憶容量積では約 $10^9 \sim 10^{10}$ 倍というオーダとなっている(注)が、この高性能に、知識データベース、連想・文脈アドレッシング等の機能を重畳し、創造過程の実現をはかっていくものとする。

マン・マシン・インタラクションによって、創造活動が進められていくときに、人間の創作意図がフィードバックされていくわけであるが、CBDという言い方をしたときには、単に、各種情報の「抽出」、「連合」、「判定」の各過程の単純な処理の流れが、終了していくことのみを意味しているのではなく、コンピュータ側で、連想機能や学習機能を駆使して、創造/創作活動が遂行され、完結されていくというレベルの目標が存在する。すなわち、作詩・作曲をはじめとする各種の創造活動において、あるモチーフに対して、フィードバックがほどこされ、練り直されていくときに、オリジナリティのある発想(この言葉の定義はむずかしいであろうが)にしたがって、創作意図を発酵させ、練りあげていき、ついにはモチーフその

ものさえも、コンピュータの参加により、“クリエイト”していくケースも生まれてくるというレベルの目標=自由な創造過程の実現というレベルの目標が存在していることを意味している。

このように、現時点のアイデアなり作品なりが、新規なものであるかどうかといったことを、情報検索によって判断して設計していくという程度のコンピュータ・システムではなく、創造機能を発揮しつつ、モデル・ビルディングを行なうCBDのビジョンを模索していくことが、最終段階であるのだが、ただ、現在のところ、この場合も人間を工学的モデルとして完全に捕えてCBDに投影していくところまではおよばないであろうから、CBDシステムに対して、マン・マシン・インタラクションによる外生的サブ・システムとしての人間の役割は不可欠なものとして存在することを前提としている。したがって、創造過程のモデリングのもつ意味あいは、そこに参画する一般個人、専門技術者といったヒューマン・ウェアの創作能力、創作意図によって、かなり異なった様相を呈してくることは明らかである。すなわち、自由意志にしたがって操作していく人間の側に、ソフト・ディスプレイ上に表現されたCBDの出力情報を、たとえば、①あるすぐれた意匠として…(デザイン設計) ②意味深い心象風景の詩のリフレインとして…(作詩) ③洗練されたリズム、メロディ、ハーモニーとして…(作曲) ④ある作画意図にフィットした彩度、明度、色相として…(絵画制作)…ハード・コピーなり、ファイル出力なりして定着したり、さらに次の段階のモチーフに発展、継承させていくために、適切にフィードバックをかけたりしていくことのできる鋭い芸術的感覚や審美眼が必要であり、さらには各種専門技術、未来技術に関する造詣が深いという資質も要求されてくるからである。ここでは、そのような課題を未解決のものとして内包していることを前提にしつつ、CBDのビジョンについて述べることにする。

(注) OHM BULLETIN '80 VOL.16.

3.1 ビジョン1(建築設計)

建築設計への適用について以下に述べる。従来のシステムは、あらかじめ人間により作成された設計図面をデータベースとして格納し、土地の形、面積等所定の条件を与えることにより、当該条件に合致した設計図面を検索し出力するものである。また、出力結果の評価もすべて人間が行なうことになる。

あるいは、建築材料の形状(大きさ等)を決定するために、応力、振動解析等の計算式、モデルなどをシステムに与えておき、建築材料名等をシステムに入力することにより、前述の計算式、モデルにしたがい実行し、その結果を出力するにすぎない。すなわち、与えられた問題に対する解決法は、人間があらかじめ創造しシステムに与えており、また結果の評価も人間によるものである。

しかし、CBDを適用したダイナミックなシステムは創造機能を有するシステムであり、建築設計への適用例を図3に示す。

つまり、自然言語解析、認知科学等の知識データベースおよび建築材料、単価などの情報の集合体であるデータベースを背景に、次のとおり実行する。

たとえば、問題として図3に示したように建物面積100m²、2階建、4LDK、北欧風の建築/住み心地の良さ、費用3000万円という条件をシステムに与え、建築設計図面(解)を描かせるとする。

(1) まず知識データベース、データベースにより、北欧風で住み心地の良い建築、4LDK等の条件、問題を人間と会話しながら認識・解析する。

(2) 認識・解析結果をもとに、問題解決法として建築設計モデル、評価モデルを知識データペー

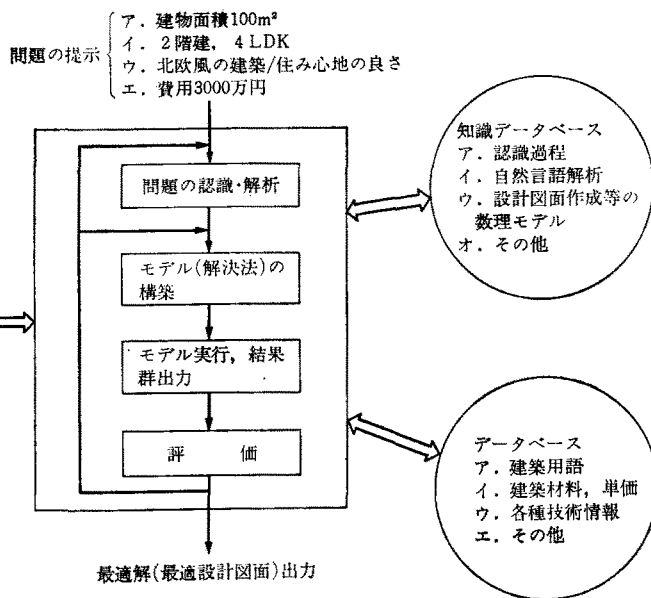


図3 CBDを適用した建築設計システム例

ス、データベース、マン・マシン・インタフェースにより構築する。

(3) 建築設計モデルを実行することにより、建築設計図面(結果群)を得る。

(4) 結果群を評価モデルの実行によりシステムが評価するとともに、マン・マシン・インタフェースをとりながら人間の評価を加える。

(5) システム自体の評価あるいは人間の評価により、前述の問題認識またはモデル構築のプロセスへフィードバックし、システムが試行錯誤をしながら最適な設計図面(最適解)を最終的に出力する。

以上述べたように、あくまでもシステムに人間の判断・評価が加わるが、システムによるモデルの構築、評価、試行錯誤により人間の負荷は少なくなり、すぐれたマン・マシン・システムとなる。

3.2 ビジョン2(スポーツにおけるプログラムの自動作成)

従来体操競技、フィギュアスケート等のプログラムの内容は、主として過去の例、個人の経験、趣味等により決定されているのが普通であり、そ

背筋力	腹筋力	腕力	エネルギー	後		前				
				1	2	j	n			
e_1	d_1	c_1	b_1	1	a_{11}	a_{12}	\dots	a_{1j}	\dots	a_{1n}
e_2	d_2	c_2	b_2	2	a_{21}	a_{22}	\dots	a_{2j}	\dots	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots	\vdots
e_i	d_i	c_i	b_i	i	a_{i1}	a_{i2}	\dots	a_{ij}	\dots	a_{in}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
e_n	d_n	c_n	b_n	n	a_{n1}	a_{n2}	\dots	a_{nj}	\dots	a_{nn}

図 4 評価マトリクス

のプログラムに対する評価の定量的裏づけがあまりなされていないように思われる。最終的な判断、評価の基準として、美的感覚、個人の趣味が大きな比重を占めると思われるが、たとえば次に示すような客観的評価基準による定量的裏づけがあれば、選手、コーチが、当該プログラムに対して信頼感、安心感をもつこととなり、さらに自信にもつながるものと考えられる。

① 技から技への連続性(流れのスムーズさ)

前の技と次の技の組合せの可、不可であり、評価基準の必要性から Fuzzy Theory による中間値も考慮する。すなわち技 i から技 j へのスムーズさをマトリクス a_{ij} で与える。

$$a_{ij} \begin{cases} a_{ij}=0(\text{不可}) \\ 0 < a_{ij} < 1(\text{可}) \\ a_{ij}=1(\text{最適}) \end{cases}$$

1つのプログラムに対するスムーズさの評価基準 $f(a_{ij})$ として、たとえば、

$$f(a_{ij}) = \sum_{i,j \in n} a_{ij} \text{ あるいは } \sum_{i,j \in n} \{a_{ij}\}^2 \text{ (} a_{ij} \neq 0 \text{)}$$

が考えられる。

また最初の技と最後の技(着地)は選手の好みにより、既知条件として与えることもできる。

② エネルギー消費のバランス

プログラムの初めから終わりまでのエネルギー消費の分布、心臓に対する負荷のバランスが考えられる。心臓への負担の大きい技を連続させると、選手に苦痛を与え、ミスを誘発しやすくなる。精神統一(安定)の必要な技の前の技は心臓負担の小さい静の技とするなど a_{ij} の設定時に考慮する必要がある。

評価基準としては、技ごとのエネルギー消費量

b_i を設定し連続する数個の技のエネルギー消費量の和 $\sum_{i \in n} b_i$ がある閾値以下の組合せのものに絞る等が考えられる。

③ 身体の部分のバランス

心臓の場合と同様、各技ごとに腕力、腹筋力、背筋力等の使用程度を表わすもの c_i, d_i, e_i を導入し、それぞれ、連続する数個の技の和 $\sum_{i \in n} c_i, \sum_{i \in n} d_i, \sum_{i \in n} e_i$ がある一定値を越える組合せを除外する等の方法がある。

④ 美的感覚、個人の趣味

曲との適合性、静と動のバランス等が考えられる。その定量化への方法についてはいろいろ工夫の余地があると思われるが、最終的には、人間による総合評価にゆだねることとなろう。なお、初めの a_{ij} の設定段階でこれらの美的要素を考慮することも可能であり、またそうすべきであろう。

3.3 ビジョン 3(作曲)

創造性を発揮する分野の代表的なものとして芸術の世界がある。芸術の世界でいちばんむずかしいのは、評価基準が個人の価値観に左右され、客観的なものが得難く、また定量化し難いことである。したがって評価については、大部分人間によることとなる。

芸術の世界の中で、文学、作詞については言葉の意味論、構文の前後関係等の点で、美術については図形の把握という点で自動作成はむずかしいと思われる。現時点で最も有望なものとしては、シンセサイザー等一部応用されている作曲の分野が考えられる。

独創的な作曲を求めるならば、たとえばベートーベンの頭脳のアルゴリズムを導入しなければならないが、歌謡曲等簡単な曲であれば、和音コード、小節単位のフィーリング、および組合せに関する条件、規則等をデータベース化することにより実現できそうである。われわれ凡人にとってゼロからの作曲はむずかしくとも、完成した曲の良否判断は、たとえ主観に片寄ったとしても、素人

でかなりできるものである。したがって芸術の世界においても、あるレベルまでの創作活動はCBDを駆使して実現できるものと考えられる。

4. あとがき

創造の過程というものが、人間の頭脳に対するある啓示により与えられ、カタストロフィの接点あたりで花開き、実を結んでいくものであるとすれば、いったいどのような把握の仕方を進めていったらよいのであろうか。その人間の存在を貫くイメージなり思想なりモチーフなりが形成されていくときに、その創作する人間を支えているものは何であらうか。その人のもつ、動機、熱情、狂気と呼びなおしてみたところで、はたしてそれで説明はついているのであろうか。

さらに、内面のイメージを現実に作品化していく過程もまた、一般に大いに個性的であり、作者自身のパーソナリティに負うところが大きく、整然とした説明をつけるのは困難である。さらに巧妙かつスマートな創造プロセスが構築されたとしても結果の出力情報は人間にとって魅力のあるものであり得るかどうかは不明であることもある。

すなわち、その作品の訴えたいもの、モチーフ、メッセージ、あるいは祈りというものが、作品にふれる者の心に届いてくるかどうか、迫って

くるかどうかという次元の問題が横たわっているからである。これは創造の価値を収束させ、フィードバックしつつ、解法モデルを決定していくときの、評価基準の設定において、重要な課題となってくる。すなわち、創造活動に対して、認知科学、意味論、パターン認識、自然言語解析、知識データベース、ファジィ理論などの各アプローチ法を駆使し、組織化して、創造性開発のための数学モデルを形成していくことが重要な骨格をなしているとはいえ、それと並んで、いやそれ以上に、創造の価値基準の設定に関しては、知情意挙げての全人格的な洞察力とフロンティア・スピリットが、不可欠となってくるということである。

さらに、サブ・システムとしての人間、そして自由意志をもつ人間の本質を考えると、創造過程自体が深淵なテーマを投げかけてくることがある。たとえば、創造活動が精緻な生命現象をとりあつかうライフ・サイエンスなどの分野におよんできたときである。すなわち、遺伝子操作、哺乳類のクローニング(無性生殖による複製)などの創造的研究の舞台にCBDが登場する場合、創造過程が高度であればあるほど、生命、人格の尊厳というテーマに立ち入らざるを得ない段階が生じてきて、厳然と人間の領域/神の領域が存在していることを首肯せざるを得なくなってくるからである。

われわれのいうCBDと従来のCADとの本質的な相違点の1つは、創造過程のために工学的アプローチを展開していき、コンピュータのもつ高度な処理能力の分野と、創造活動という人間固有の能力の分野をどのように融合させていくかということであるわけだが、ここには、今述べてきたような深刻な課題が存在している。われわれの立場としては、CBDの大いなる可能性を望みつつ、ソフト・サイエンスの見地からのテクノロジー・アセスメントを確立させ、高度なコンピュータ情報化社会におけるシーズとニーズの相乗効果を見きわめつつ創造性開発のビジョンを模索していかなければならないことを強調しておきたい。

●ミニミニ●

●OR●

割込み車線・被割込み車線

日本は道路の設計が悪く、しかもしょっちゅう工事をやっているのです。馴れないコースを走るのは非常にゆううつである。車線に沿って走っていると、交差点で対向車とぶつかり合うなんて恐ろしい状況が稀れではない。

工事中などで車線が1車線にしばられるとき、渋滞が生じるが真直ぐな車線(被割込み車線)よりも消えてなくなる車線(割込み車線)のほうが見ていると流れが良い。脇からグイと寄り添ってこられると、マジメな運転手は思わずタジタジとなって、ついブレーキを踏んでしまうものなのだろうか。(小野勝章)