

CADにおける知識表現の枠組み

東京大学工学部 ○河合浩之・武田英明・富山哲男・吉川弘之

1 はじめに

CADは設計対象に関する知識を持つことにより、種々のシミュレーションを行なうことが可能になり、単なる製図支援以上のことができるようになってきている。しかし、より本質的な設計支援を行なうためのインテリジェントCADは設計対象に関する知識だけではなく、設計過程に関する知識、すなわち設計過程モデルをも持たなくてはならない。

ところが、computationalでかつ対象に依存しない、一般性を持つ設計過程モデルの構築となるといまだに十分な見通しが立っていない。

本発表は、その原因を考察するとともに、創造的な設計を支援するためのCADにおける知識表現の枠組み構築のための方法論を示す。

2 インテリジェントCADと創造的設計

インテリジェントCADは、単に設計の支援というだけでなく、新規設計・創造的設計の支援こそを行なうものでなくてはならない。現在、AIの手法を用いて、編集設計・パラメトリック設計を支援するシステムは種々のものが開発され、成果も挙げているが、この延長上の方法で新規設計・創造的設計を支援するCADが成功するとは考えられない(その理由は後述する)。

設計者が最も悩み、支援を必要とするのは設計の創造的な部分であるはずなのに、その点に関してはCADは単なるアイデア・メモや、挙動のシミュレータという形での支援しか行えない。現在のところCADが創造的な設計を支援するためには次のような方法がある。

- ① インタフェースの高度化等により、設計者に対する非本質的な作業からくる負担を減らし、結果的に創造的な設計に集中できるようにする。
- ② 大量の知識を設計者が自由にかつ簡単に利用できる形で管理しておき、設計者の知識を補う。また、種々のシミュレーションにより、設計案の評価を行い、欠点などの発見を容易にする。

この前者の方法は、どちらかといえば非常に消極的な方法であり、一方、後者の方も設計の創造性という見地からは中間的な方法にとどまる。両者とも、インテリジェントCADには不可欠の機能といえるが、積

極的な意味での創造的設計の支援とは言えない。

創造的な設計を特徴付けるのは、新たな視点からの問題提起や、機械のある構成要素の新しい文脈のもとでの使用などである。その際、結果的に表面に現われるのは形状(属性)の変更であるが、内的には具体的な機構や形状以前の概念的な操作が存在しているはずである。問題意識や視点の移行にともなって、概念間の構造の変更が行なわれたり、新しい概念の生成が行なわれたりしているのである。つまり、創造的な設計をより本質的な方法で支援するためには、設計者による概念の生成を支援する必要があるということになる。そこで、積極的な支援のために次のような方法を考えるべきである。

- ③ 概念生成モデルを持つ。

3 従来の設計過程モデルの問題点

ここで、現在提案されている設計過程モデルを次の三つに分類して考えることにする。

- ① 設計過程のシステムティックな段階分け
- ② ユニット化された機械要素の編集
- ③ パラメトリック設計・ルーチン設計

①は大局的かつ一般的な設計過程をシステムティックに段階に分けて整理したものである。例えば概念設計段階から詳細設計段階までという具合に、設計過程を段階分けし、それぞれの段階でなすべきことを提示することで、効率よく設計を行なうための指針を示している。②はユニット化された機械の構成要素を組み合わせるにより設計を行なうもので、むしろ主眼は対象知識である機械要素をどの様に形式化してユニットとするかという点にある。③は設計すべき手順がすでに決定されていて、パラメータを設定するだけで、最終的な設計解まで到達してしまうようなモデルである。

このうち③は自動設計に向くが、設計対象の領域に強く依存し過ぎている。一方、①のモデルは一般的すぎて、設計のごく大ざっぱな指針を与えはするものの、その個々の問題解決の時点においてどのような戦略で知識が用いられているのかという点は曖昧なままであるし、computationalな形では扱いにくい。また、②の方法も、どの様なレベルで機械要素をユニット化すべきかといった点が常に問題になるし(機械系は電気系

に比べユニット的には考えにくい)、与えられたユニットをどの様に用いて設計が進められていくかという問題はやはり曖昧なままである。

しかも、以上の設計モデルはどれも新規設計・創造的設計に際しては力を発揮しないという共通した限界を持っている。領域依存性の高い③に関してはこのことは明らかだが、①・②も新規設計・創造的設計の設計過程モデルとしては不十分である。

まず②の設計過程モデルは設計の前の段階と設計の段階のそれぞれの時点で次のようなことが限界となる。

・前設計段階

経験に即した方法で機械の構成要素をユニットに分類するので、ユニット化の時点で従来からの考え方を引きずってしまう。

・編集設計段階

すでに準備された機械ユニットの組合せで設計を行なうため、ユニット間の接続方法が固定されており、新しい文脈でユニットを用いたり、ユニット内部の改良により問題点を解決したりといったことができない。

一方、①の設計モデルはきわめて一般的であり、新規設計・創造的設計の設計過程をもうまくモデル化しているように見える。しかし、これはむしろ後付けの説明であって、この様に設計過程を解釈すれば形式的に記述できるということを示しているに過ぎない。

このことを具体的に武田の「論理による形式化[1]」を例にして考察することにする。武田は、まず設計実験を行い、人間の設計者による実際の設計過程において表面に現われる発話、函面をすべて記録した。次にそのデータ（プロトコル）を分析し、設計過程の論理による形式化、および五段階設計過程モデルを提案した。

しかし、この設計過程モデルは得られたプロトコルの表層的な「解釈」であり、実際に設計者が設計過程においてどの様な戦略に基づいて設計を進めて行くのかという点が不明である。例えば、五段階設計過程モデルによれば、設計は「問題提起」「提案」「展開」「評価」「決定」の段階を繰り返すとされ、確かにプロトコルを解析するとそのように解釈できる。しかし、場合によっては、「問題提起」の時点ですでに、後の「評価」の段階をも考慮しつつ設計が進められているように思われることもある。つまり、表層的なプロトコルの解釈と設計者の内的なプロセスは必ずしも一致していないと考えられるのである。

この様な問題点は、非常に本質的なものであって、

何か別の分類方法や、解釈方法を適用すれば解決するというものではない。そして、武田の「論理による形式化」に限った問題ではなく、いまのところ設計過程モデルが常に直面しなくてはならない問題点なのである。

以上をまとめると、①②③で示した設計過程モデルは結局のところ、設計過程を逡巡的に「いかに表現するか」という点に比重がおかれており、「なにかうまい表現方法を採用すれば解決するだろう」というアプローチであるといえる。この様な設計過程モデル構築方法をまとめて、「逡巡的なく再・現前>」パラダイムと呼ぶことにする。そして、このパラダイムに従う限り、設計過程における「生成的」な部分を扱うことができず、それゆえ、新規設計・創造的設計の設計過程モデル構築には限界ができてしまう。

この限界を乗り越えるためには、概念生成へのアプローチが鍵となると考えられる。この立場から、設計過程モデルを構築していこうとする方法論を「概念生成」パラダイムと呼ぶことにするが、そのためには現段階では次のような戦略が考えられる。

- ① 設計対象・設計過程の知識の徹底的な収集と、物理世界の原理原則的で記号処理的な記述であるオントロジカルな形式化を行ない、「逡巡的なく再・現前>」パラダイムの徹底という形で問題点をより明確にしていく。
- ② 言語学や哲学等、人文科学的な視点から、人間の概念の生成のメカニズムにアプローチしていく。この方法では、人工知能における学習や創造などの取扱が参考となる。
- ③ 創造的であると考えられる実際の人間の設計過程や、設計物を観察・分析する。

4 結論

以上で考察してきたように、設計過程モデル構築の方法論としての「逡巡的なく再・現前>」パラダイムには限界があり、「概念生成」パラダイムへの転換が望まれる。現在、3章の末尾に述べたような①～③の方法論に基づいた設計過程モデル論の構築の検討を行っている。

参考文献

[1]

武田他：設計過程の分析と論理による形式化（第1報）昭和63年度精密工学会春期大会講演論文集（1988）pp.131-132.