



機械の自動設計

——横山研究室～精密機械システム専攻——



横山 正明 教授

古来、人々は生活をより豊かに快適にするためにいろいろな工夫を凝らしてきた。その歴史の中でも産業革命は大きな変曲点だったといえよう。以前は手作業で造られてきたものも、その仕組みがどうであれ、機械を用いて大量生産が行われたのである。もちろん、そのような機械はまぎれもなく人間が設計したものであった。ところが近年のコンピュータ技術の発展でそのような機械の設計もコンピュータという機械が行うようになってきた。今回はこのようにコンピュータを用いた「自動設計」を研究されている横山研究室を長津田キャンパスに伺った。



「自動設計」ってなんだろう

読者のみなさんは機械の自動設計と聞いてどのようなことを想像するでしょうか。一口に「設計」と言っても何をどのようにする事なのかその言葉が漠然としていてよくわかりません。そこで、先生に尋ねてみました。

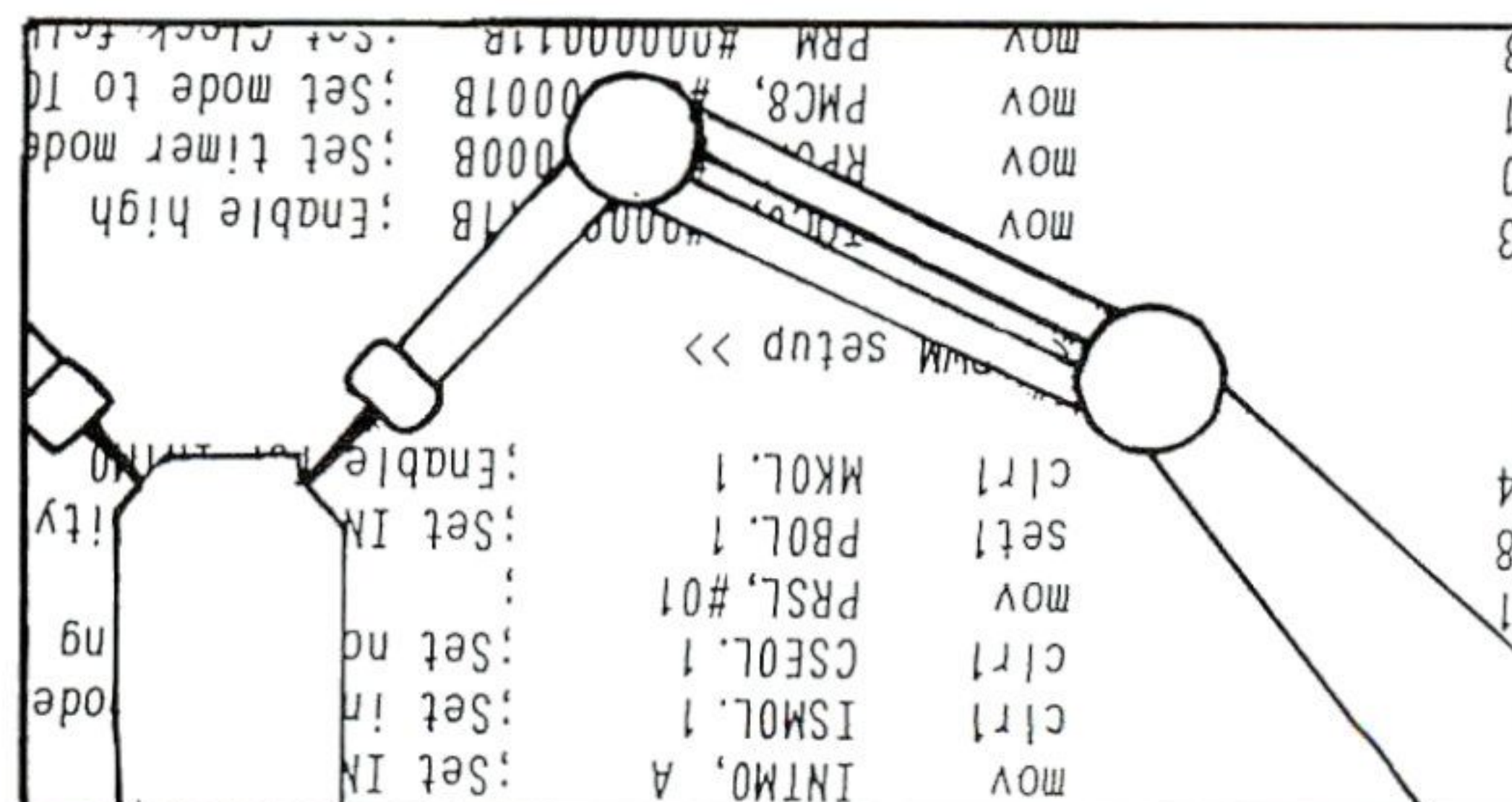
「一概に設計といっても電気情報機器をつくる意味での設計という場合もありますし建築物などをつくる意味での設計などもあります。私の研究室では機械の設計に関する研究をしています。そして例えば、どこかの会社から注文があったとしましょう。そうしたら、まず最初に注文にあうような仮のモデルを造ってみます。そうしてこのモデルについて計算したり実験をしたりしていろいろとそのモデルで良いかどうか調べるんです」

さて、注文が来たときにモデルを造るところまではよし。ではモデルを造ろうとして手作りでモデルを造ったとしましょう。ところが実物のものを扱うといろいろ実験をしているあいだに壊れてしまった、ということになりかねません。でもここで、手作りのモデルでなくコンピュータ上のモデルだったら…壊れる事がないほか、計算シミュ

レーションもいろいろできるし、金は全然かからないしこれは便利だという事になるわけです。

次にモデルがよしとなると、次は図面を出して、いわゆる工作をする専門の人たちに工作し組み立ててもらおうという事になります。この工程でも図面を渡して作ってもらわなくても、モデルが完成したところでコンピュータがモデルのデータをもとに様々な切削機械などを自動的に制御して製品ができあがれば工程が省略化・簡易化されたいへん便利です。

このように機械を造る一連のプロセス(工程)を自動化しようとするいろいろな研究が「自動設計」の研究となるわけです。





研究の5つのテーマ

ではいったい具体的にはどのような研究をされているのでしょうか。先生は本棚の中から資料を出して頁を開かれました。「研究はだいたい5つのテーマに大別されているんです。それは

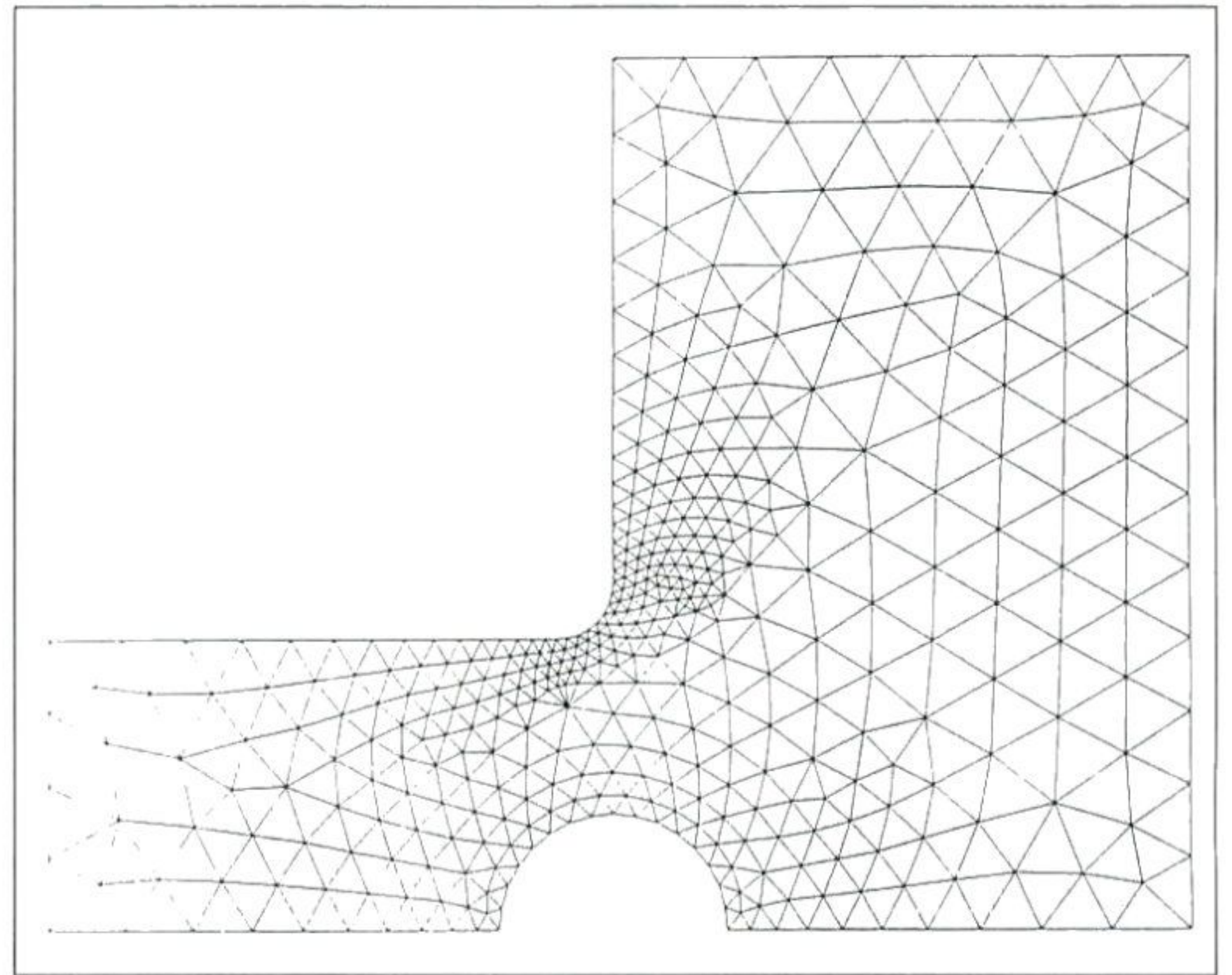
- ①設計解析の高精度化と高度自動化の研究
- ②数値シミュレーション向きの高度並列コンピュータの基礎研究
- ③機械構造の自動生成、最適設計の基礎研究
- ④機械図面のコンピュータ処理の基礎研究
- ⑤機械設計への知識工学の応用

ということになりますね」

と、このように羅列して書かれても、読者のみなさんは困ってしまうでしょう。そこで、上の設計でどこの工程の自動化のためにこれらのテーマがあげられているのかをできる限り説明していきましょう。

モデリングが終わった後に、作ったモデルについて解析をしなければなりません。ここで、解析するのはいいけれど、もちろんその解は入試の数学の問題のようにそう簡単に厳密解として解けるものではありません。まして、解析する対象はいつも幾何学的にきれいな形をしているとは限りません、むしろ機械の部品などになるのだからもっと複雑な形をしていることも多くあります。そうなったら厳密解がわかるどころではありません。むしろ厳密解にどれだけ少ない誤差で、近い値が出せるかといったことが問題になってきます。そういった近似解を求めるために、ここでは「有限要素法」または「境界要素法」という計算方法を用いています。ではいったい「有限要素法」とはいったいどういうものか、ということになります。そこで再び、先生に質問してみました。

「そうだね、数学的に厳密な計算はできなくなるね。そこでまず、モデルを小さな領域に分割する。その小さくわけた要素を有限要素という。図では、三角形に分れているね。こういうのは三角形有限要素という。このとき三角形内部の物理量は考えずに、三角形の頂点に発生する物理量だけを考えるようにする。つまりこういう連続体の問題を例えば三角形の頂点のように、多角形の頂点



の物理量に関する問題に置き換えてしまうわけ。この置き換えを離散化と言うんだけどね」

このように、連続体を有限要素にわけて計算を近似する方法を有限要素法といい、同様に境界の上で要素分割する方法を境界要素法だと先生は説明してくださいました。ところで、図を見ればわかりますが、細かく分割してある場所とそうでない場所があるのがわかるでしょう。そう、これこそが大きなポイントなのです。

「図のように細かく分割されているところは応力が集中するから細かく分割されているのです。応力の変化が激しいところほど細かく分割してあげなければならない。ここで、どのくらいどこを細かくすれば、より信用できる値がでるか、これが①のテーマになります」

ところで、このような計算はコンピュータを用いれば簡単だろう、と思うかも知れませんが、世の中そううまくできてはいないのです。図のように2次元で考えているうちはまだ計算が複雑ではありませんが、実際に存在するものは2次元ではありません。そう、3次元になると計算は煩雑さを増し時間がかかりすぎてしまいます。そこで複雑な計算に耐えうるだけのコンピュータが必要になります。したがって②に書いてあるように高度並列計算機についての研究が必要となるのです。さて、難しい計算をするので計算機を100台持ってきて、1台の時の100倍の速さで計算しろ、といったところで100倍の速さの時間で答を返してくるコンピュータはきっと皆無でしょう。それは、例えば、

1つの方程式を解かせるのにそろばんの達人100人をつれてきてみれば、その意味は容易にわかります。何の指示もなしに100人が100人みんなそれぞれきれいに独立した計算ができるでしょうか。答はNO。きっと、何人もの人が、他人と重複した計算をやってしまうでしょうから100倍にはなりません。これと同様に、ただコンピュータを並べただけでは複雑な計算処理はできないのです。実際問題として、商業ベースとなるほど高度並列計算機の研究はうまくいっていないのです。

ところでどんな機械でもいろいろな構造が考えられます。例えば、電車ひとつ例にとっても、電動機から車輪までに動力を伝える構造はいろいろあります。もちろん工作機械でも測定機械にしても、同じ目的を持った機械としていろいろな構造が考えられるわけです。そこで、様々な動きをシ



人智を取り込め

よくいわれるところで、機械製は安く、ハンドメイドは高いということがあります。それはもちろん、人件費などの理由もあるのですが、いくら人間が作ったとしても高くて質の悪いものがそうやすやすと売れるわけではありません。そこにはそれなりの技術やセンス等があり、機械がまだそれを越えられないといった事があるからでしょう。機械が、完全に職人の技術を模倣し工作・生産できるようになれば、例えばバイオリンで言えばストラディバリといったすばらしい名器がこの世にたくさん存在してしまうでしょう。

テーマ⑤である知識工学の応用というのは、このように職人などの知識を取り込む等のことをいいます。しかし、人智を取り込むということはそうたやすいものではなく今後の研究が期待されます。またこのほかに、「知識工学の応用」として構造物の応力のかかり方などのデータをもとに人工

ミュレートして、いちばん良い構造を作りたいということになります。そこで、③のテーマが、唱えられたのです。確かに、壊れないできちんと働くのはよいけれどその構造が最適でないために効率の悪い機械だったりしたら製品としてあまりよいものとはいえないでしょう。

また、図面で表示されているモデルを、実際に機械を使ってどのように加工して行けばよいかというのも大きな問題となります。なぜかというところコンピュータの中のモデルは簡単に付けたり切り放したりできますが、実際にものを加工するときは一度切り放したものを再びくっつけるなどということとはできないからです。コンピュータが自動でどこから加工すればいいかを認識して、順次加工していくということがテーマ④の研究内容になるのです。

知能などを使って設計に利用する方法などを研究されています。

「車の設計では、車の形はデザイナーが考えている。これら芸術的なノウハウをどのように機械に取り入れるかを考えたい」

と先生はおっしゃっていました。昔、自社社内でデザインを決められており、最もデザインのセンスからいえば遅れているほう、と言われた鉄道関連の事業でさえ、最近は多くの鉄道会社がデザイナーを雇い、斬新で新しいセンスのデザインを取り入れるようになってきました。時代の流れがそうであっても、芸術的なセンスを持ち合わせた設計を機械にやらせるとなると、かなり困難きわまる事になるでしょう。これからの研究として、先生は特に知識工学の分野に力をいれ、いままで我々人間がやってきた「創造的」な設計も、コンピュータにやらせたいとおっしゃっていました。

自分も今こうして東工大で工学を勉強しているわけだが、人間がいとも簡単に考え、やりこなすことを機械などにやらせようと思うと、それはあまりにも煩雑になり、たやすいどころの話ではなくなってしまう事が多い。それだけに、機械が人間のやることに近い結果を出すとたいへん感動し

てしまう。勿論、人間よりも、機械の方が適格で優れていることも多い。しかし、本当の意味で「創造的」な分野ではやはり、人智は偉大であると筆者は思う。最後にお忙しいところ快く取材に応じて下さった横山先生に感謝の意を表してこの場を締めくくらせて戴きたい。(原 正明)