

## LSIの電気回路設計は 迷路や詰め碁、 詰め将棋を解く イメージで

理工学部電気電子情報通信工学科／集積回路設計技術研究室

**築山 修治** 教授

Syuji Tsukiyama

築山先生に研究の内容について質問したら、先生は「まあ、これを見てください」とパソコンを操作し、インターネットを立ち上げた。モニタに築山研究室のホームページ (<http://www.elect.chuo-u.ac.jp/tsuki/index-j.html>) が現れる。そこで「Javaプログラム」というコーナーをクリック、「迷路を解く」に入った。そこにあったのは、単純なものから複雑なものへと変更ができる迷路で「auto」モードにするとボールが自分で進路を探しながら出口に向かう。人間の目では追えないくらいに迷路を複雑にしても、ボールは素早く進路を探して進む。「私の研究はこれに似ているんです」と築山先生。えっ、研究室のスタッフ全員で迷路を作っているのか？ さっそくインタビューを開始した。



LSIは極小の迷路  
知恵と技術を絞って  
出口を探す

半導体チップに、1千万個以上のトランジスタ（電子素子）を置いた大規模な集積回路をLSI（Large Scale Integrated circuit）あるいはVLSI（Very Large Scale

Integrated circuit）という。さらに、近い将来は1億個もの電子素子を搭載したVLSIができればよいとしている。ここで、問題になっているのは、限られたチップの面積のなかに膨大な個数の電子素子を置き、システムを良好に動作させるためにはどのようなレイアウト（物理設計）をすればよいのか、ということである。

築山研究室の大きなテーマが、LSIの中の電子素子をつなぐ配線をCAD（computer aided design）を使ってレイアウトをすることだ。築山先生は、自身の研究を迷路探しに似ているという。「約1平方センチの半導体にトランジスタ（電子素子）が1千万個置かれているとすると、その1千万の電

子素子をつなぐ配線の長さはトータルで2キロくらいにはなります。この配線を効率よく電気を流すようにレイアウトしないと、LSIは速く動かないんです。少しでもロスを少なく配線し、電気の回路を作るのは、LSIの中で電子素子という壁で作られた迷路を行くのに似ているんです。しかし、この迷路探しは単純で



つきやま しゅうじ  
1949年11月23日、大阪府生まれ。大阪府立大手前高校卒。大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了後、1977年大阪大学工学部助手。1978年～1980年、米カリフォルニア大学バークレイ校電子工学研究所客員研究員。1987年、中央大学理工学部助教授、1990年、教授。最近の研究テーマは「製造ばらつきを考慮したデジタル集積回路の設計手法」「小型液晶ディスプレイ用駆動回路の自動設計手法」「高性能多層VLSIの配置配線手法」「組合せ問題やネットワーク問題のアルゴリズム」。著書に「アルゴリズムとデータ構造の設計法」（コロナ社）「離散構造とアルゴリズムII」（近代科学社・共著）他。論文多数。ホームページ：<http://www.elect.chuo-u.ac.jp/tsuki/index-j.html>

はありません。電気的な特性も加味しなければならぬ上、一つの経路を探せばよいのではなく、1千万個の経路を同時に探さなくてはならないんです。もちろん、人間の目で見たら、計算できるものではありません。私たちはCADを使って回路の設計図をつくることを研究しているのです」

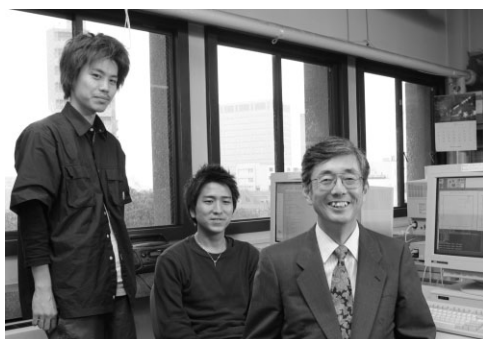
こう聞くと、コンピュータデータを入れて、あとの計算はおまかせ、というイメージを受ける。しかし、そうでもない築山先生は語る。「現実の問題をコンピュータで解く

場合、大きく分けて二つの方法があります。一つは、数学の問題に置き換えて、問題を解くための方法を人間が考えてからコンピュータに計算させるという方法です。もう一つの方法は、人間のエキスパートが行うであろうテクニックをコンピュータのソフトが模倣するというやり方です。こちらの方がコンピュータに任せられるので、仕事は楽です。しかし、20年くらい前から研究されているのに結果はもう一つといったところ。前者の数学的な方法の方が成功率は高いのです。私もこの方法を使



築山研究室はコンピュータがずらりとならんでいる。「コンピュータをやらせたら学生の方がずっと早いですよ。でも、僕らの研究はコンピュータの操作技術を磨くことではなく、コンピュータを使って問題を解決することなんです」





「私、小言が多いんですよ。だから学生には煙たがられているんじゃないかな(笑)」

っています。感覚的には詰め碁とか詰め将棋を解くのに近いんですよ」

迷路ゲームや詰め碁、詰め将棋をやった経験のある人ならわかると思うが、問題が難しければ難しいほど、解けた時の快感は大きい。これは築山先生の研究と同じ。

「いろいろな方法を思いつくんです。場所は研究室だったり、電車の中だったり、時には眠っているときに突然ひらめくこともあるんです。でも、実際にやってみるとまずうまくいかない。眠っている時にひらめいた方法でうまくいったのは20年で2回しかありません(笑)。でも、解けた時はスーッとします。何ものにも代え難い充実感がありますね」

この充実感を求めて、築山先生とスタッフは見えない世界の難問にチャレンジし続けている。

## 日本の将来を担う

### LSI、VLSI研究を産学共同で実施

集積回路は、コンピュータやOA機器、通信機器、自動車など多くの機器やシステムに使われている。中

でもLSI、あるいはVLSIは日本の将来を担う技術として期待が寄せられている。したがって、企業も開発に懸命で、大学の研究室と企業との共同研究も行われている。

「私たちが研究し、モデルを作りますが、それが実際に使えて製品化が可能かどうかの判断は企業の方が得意としています。今は、『産学協同』、大学と企業が連携しつづやっていた時代になりました。しかし、大学と企業の違いはあります。企業は現実の問題を解決するための実践的なプランを求めています。対する大学はプランの理論、なんでそうなるのか、それでいいのかまで考えます。換言すれば、大学が理論を構築し、企業は応用していくという役割でしょう」

築山先生は電気電子情報通信工学科、工学系学科の教授だ。工学が理学と異なるのは、理学が自然の理(ことわり)を説明することを目的とするのに対し、工学は理学で得られた知識・理論を社会に役立てることを目的としている点だ。築山先生の研究も、応用を目的としている。しかし、大学における研究は、基礎研究と応用研究のいずれもできるケ

じつくり考えるタイプだったかという、実はそうでもなかった。小学校低学年のころは、カゼをひきやすく寝込みがちだったが、元気な時は野球、ハイキングと外を飛び回った。「小学校のころから体を動かすことが大好きで、中学校までは野球少年でした。高校からは登山部に入っ山登りです」

そんな先生が、どうして室内で思考する研究職になったのだろうか？

「あれは小学校4、5年のころでした。どうしても鉄棒の逆上がりができななんです。私以外は全員できるのに私だけできなくて、けっこう悔しくてね。毎朝早く行って練習した

でもLSIのレイアウトのために数学的な手法を使うと先ほど言いましたが、それがアルゴリズムの分野の研究に影響をもたらした例もあります。逆に統計学などの、違う専門分野の研究をレイアウトに応用することができたりします。企業との連携で教えられることもあって有意義です。これからの研究は、理論研究の面白みや他分野との交流の面白さ、企業での応用の楽しみなど、いろいろなことが味わえるようになるでしょう」



「小さい頃は病弱でした。でも、それがものを考えてから行動するというせをつけたんじゃないかな(築山先生)」

明治以来の大学の学問は、どちらかという縦割りで、横との連携はあまりなかったというのが実情だ。

今思うと、わりと軽く考えていたんです。でも、大学で出会ったコンピュータが私の進路を変えました。コンピュータの世界は、すべて理詰めで論理的なんです。あいまいな部分はありませぬ。そこに惹かれ、もっと深く勉強したいと思って大学院に進んだんです」

大学院生の時に取り組んだのは、グラフ理論。これはコンピュータに問題を解かせるための理論の一つで、数学の世界と深く関係する分野だ。このころの築山先生は応用についてあまり考えず、純粋に理論を追った。

「大学院までは、理論中心の研究でした。しかし、集積回路の世界について聞いたとき、詰め碁や詰め将棋につながるような、面白そうな問題がたくさんあることを知ったんです。大学院を修了して1年くらい経ったとき、『やってみようかな』と……それが現在の研究を始めるきっかけでした。当時はまだVLSIはできず、プリント基板の設計が主な研究でした。それがだんだん小さく、高性能になっていきました」

それが、社会の多様化・複雑化に際して様々な分野に有機的につながり始めた。特に理工系の分野の「学際化」の進展は急で、学生の選択肢も増えている。「大学で自分探し」。それが築山研究室をはじめとする中央大学理工学部では可能になっている。

## 理詰めのできた逆上がり

### そのときの教訓が今の研究者・築山先生を生んだ

迷路と詰め碁、詰め将棋に例えられる、知的ゲームのようなLSIの配置配線手法の研究に没頭する築山先生。しかし、もともとものごとを

ちに、築山先生の研究分野は社会的なニーズも高まってきた。今では花形になりつつある。では、この分野を志す高校生は、今、なにをしておくべきだろうか。築山先生に聞いた。「一つは、ものを考えるという習慣を付けることです。問題があったとします。やみくもにぶつかるのではなく、それを解決するためにはどうすればいいかまず考えて、やることの順番を決めてから行動することが大切です」

それと、数学と理科の基礎がしっかりできていないといけません。現実の問題を数学に置き換えることは研究の基本。それと電気を学ぶとしたら、電気がある条件下でどんな振る舞いをするのかを知って置く必要があります。そのためには理科の素養が大切になります。

また、これは私の持論ですが、工学はテクノロジーと人との接点となる学問です。あるものを作ったら、それがどう人の役に立つのかも考えなくてはなりません。そういう意味では、人や社会にも興味を持ってほしいですね。歴史や文化などについても高校時代に学んでほしいと思います」