



夢はバラ色

光コンピュータ

— 超並列情報処理システム —

— 岡 芳 樹*

超並列情報処理システム —光コンピュータ—
— の実現は科学者の長年の夢であった。

2020年11月15日、阪大工学部応用物理学科恒例の学内解放の日である。今年の初め、モデルチェンジしたと聞いていた、光コンピュータOPALS-Vを見ようと思い、早速、3階の研究室に行ってみる。思ったより形が大きい。デモンストレーション用に光コンピュータの蓋が開いていたので、中を覗くと、何か演算をやっているらしく、紅色の光ビームが交錯し、音もなく乱舞している。一寸、手を差入ると、手の平の上で、まばゆいばかりの縞模様が動いている。間髪を入れず、手を抜くように計算機に命令される。窓枠のようなモニターを見ると不思議な模様が、まるで、夜空のオーロラのように揺れ動いている。一体、何処で、なにの演算をやっているのか、皆目、見当がつかない。突然、モニター窓を通して見えていたオーロラ模様がなくなり、見事なスペースシャトルが3次元像として浮かびあがってきた。光コンピュータの演算が終わったのである。このスペースシャトルは2025年から日本とアメリカを30分で結ぶ新しい旅客用シャトルであるとのこと。この設計プログラムは今年の春、卒業した学生が、徹夜につぐ徹夜をかさね、卒研発表の朝になってやっと完成したそうだ。30年位前のスーパーコンピュータを使うと、この計算は半年位かかったらしい。光コンピュータが使えたので先輩は辛うじて発表に間に合ったのです。と説明の学生から聞くことが出来た。21世紀になっても卒研のやり方だけはあまり変わっていないものだ。

OPALS-Vの外観は、お世辞にも美しい形とはいえない。何かこぶのような物がついて

いるのだ。このこぶはなんだろうと思って表面をみると、OPALS-ONCという銘板が目についた。突然、目の前の壁面モニターに若かりし頃の姿が映し出された。一体、どういう仕掛になっているのだろうか。学生に聞いてみると、このこぶの表面は薄板レンズで覆われており、中には、光連想システムが内臓されていて、赤ん坊がやっているくらいのパターン認識なら出来るとのこと。もちろん、研究室のOBなら、いくら年をとっていても昔の顔や癖を知識として持っているから、簡単に連想して、関連情報や画像の検索ぐらいは出来るのだそうだ。

光コンピュータは光を情報媒体とした大規模情報システムであり、1980年代に入って急に研究が活況を呈し始めた計算の世界のフロンティアである。光コンピュータはもはやSFの世界のものではなく、その実現が、ごく身近に迫っている新しい時代の情報システムである。

現在、最も一般的な情報システムは電子計算機である。電子計算機の発展はめざましく、第1号機ENIACが発表されて以来、40有余年で、すばらしい発展を遂げ、現在の社会にはなくてはならないものになった。世は正に情報革命の真唯中にある。そして、世の中からは、もっともっと演算速度が速く、多くの機能が実現できる高性能な計算機が要望されている。

電子計算機は電子を情報媒体にした演算システムであり、その構成は発明以来、殆ど変わっておらず、フォンノイマン型である。このシステム構成はすばらしいものであったが、皮肉なことに、この構成をとる限り電子計算機はいままでのような飛躍的な発展を遂げられないことが解ってきた。そこで、システム構成を変えて、

*一岡芳樹 (Yoshiki ICHIOKA), 大阪大学工学部
応用物理学科, 教授, 工学博士, 応用物理

性能の、更に、一層の向上を計ることが試みられている。並列計算機の開発はその一つの解決の道である。しかし、システム構成の複雑さ、いままでに蓄積してきた演算プログラムの資産がそのまま利用出来ない、などの大きな問題をかかえている。そこでクローズアップされてくるのが、光を情報媒体とした新しい構成をもつ光コンピュータである。光コンピュータは、光の高速広帯域性、超並列性、無誘導性、低損失性などの特徴を利用した大容量情報処理システムである¹⁾。

光コンピュータは近い将来現れるスーパーコンピュータや並列計算機と相補的な役割分担をもつ情報処理システムで、それらを凌駕する性質をもつものではない。光コンピュータが適している応用分野—逆に、現在のスーパーコンピュータが不得手としている分野—には、次のようなものがある。

実現可能性の高い順に並べると、1) 高速の光通信・並列光スイッチングへの応用、2) スーパーコンピュータの能力より3桁(1000倍)位能力の高い汎用コンピュータ、3) 高速画像処理・電子制御器械への応用、4) 視覚情報システム・3次元画像表示への応用、5) 高速画像検索への応用、6) 超高速汎用コンピュータシステムとしての利用、7) 知的画像認識、などであろう。現在の電子計算機の最も不得手な分野は、システム構成から考えて、高速の画像処理、流体力学や計算物理学における2、3次元信号のシミュレーション、などである。情報量が多く、並列的で、しかも、結果を早く知りたい分野である。画像認識は情報処理の究極の目的であり、そのアプローチにおける光コンピュータの果たす役割も大きいものと思われる。

現在、光コンピュータの研究は大きく3つの流れに沿って進められている。

その1つは、光エレクトロニックコンピュータである。これは、光双安定素子(光フリップフロップの機能などをもつ)などの新しい光機能デバイスを実用化してシステムを構成する。現在、電子計算機の計算速度向上のネックとなっているVLSI間やチップ間の信号通信速度

の限界を、光接続を利用して改善しようという考えのもとに研究がすすめられているシステムである。計算機の構成そのものは、ほぼ、電子計算機と同じで、演算速度の向上を狙ったシステムで実現可能性は高い。

2つめは、並列光コンピュータである。光の超高速広帯域性、超並列性を利用して、高速並列演算を行う並列光演算システムである。並列デジタル演算が主流であり、優雅な光の諸現象とデジタル計算機発展の歴史で培われたデジタル技術を最大限に利用する。全ての処理を光を用いて並列に行う。もちろん、光の最も得意な並列アナログ処理(光情報処理)も随時、利用する。

3つめは、最近、にわかには注目を浴びているニューラルコンピュータを、光を用いて実現しようとする研究である。神経回路モデルによる情報処理を基本とした並列演算システムである。従来の計算機で最も欠けていた処理のあいまいさ、処理結果に対する許容性、分散処理、分担処理などが実行できる、新しいシステムである。特に、生体や人間の行っている情報処理能力の代行が出来ることを目的としたシステムである。

現在、世界中で、すごい熱気をはらんだ研究がすすめられている。このシステムは膨大な数の素子で構成される。特に、素子間の信号接続はものすごい数にのぼる。従って、信号接続には光の並列性の利用が不可欠であると考えられる。

我々の研究室では、6年前から並列光コンピュータの研究を、3年前からは光ニューラルコンピュータの基礎研究を行っている。並列光コンピュータは並列デジタル計算機の一つである。私達は基本演算原理として、並列光論理演算法を利用している²⁾。

この演算法では、従来のスイッチング電子素子を利用した論理演算とは全く異なる算法を用いる。この演算法では、非常に簡単な光学現象(影絵の原理)を利用するだけで、2次元並列信号に対する2変数2値論理関数の演算が、瞬時に実行できる。2変数2値論理関数は計算機の最も基本的な論理演算である。

並列光論理演算法の演算手順はデジタルエレクトロニクスで、最近、話題になっているロジックアレイのそれと1:1の対応がつく。しかも、光の並列性を利用しているので、この演算は並列データに対して実行できる。このような、並列演算原理を光アレイロジックとよんでいる。光アレイロジックの考えを利用すると、並列光コンピュータシステムを構築することが出来る。このシステムをOPALS³⁾ (Optical Parallel Array Logic System) と名付けた。

OPALSは非常に簡単な演算原理を利用しているので、システム構成も簡単である。最も特徴的なことは、並列プログラムを任意に作ることができ、それを簡単な光学システム(CPU)で実行出来ることである。OPALSが並列計算機として機能をもつことは、並列チューリングマシンを実現出来ることで証明できる。

この演算原理を利用して、我々は実働する光コンピュータのプロトタイプを作製を計画している。プロトタイプ作製には高性能の空間光変調素子が必要であるが、仕様に合う素子がまだ世のなかに存在しない。しかしこの素子は、最近、商品化された液晶テレビや、近い内に開発されると思われる壁掛けテレビ、3次元ディスプレイ

プレイ装置などに必要とされる光機能素子と、その性質が比較的似ている。従って、近い将来、実用性のある空間光素子の開発が期待出来る。このような時代背景を考えると、OPALSの試作器が出来るのも、そう遠くはないと考えている。

光ニューラルコンピュータ(ONC)の研究はまだ端緒についたばかりであるが、世界中で大変な熱気をもって研究が進められている。この1, 2年、種々の新しいアルゴリズムが発表されている。私達はOPALSを並列制御器として用い、光の分散処理能力を生かした、光ニューラルコンピュータの構成をできるだけ早く提示し、プロトタイプを作製したいものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 一岡芳樹: 応用物理 54, 1019 (1985)
- 2) J. Tanida and Y. Ichioka; J. Opt. Soc. Am. 73, 800 (1983)
- 3) J. Tanida and Y. Ichioka; Appl. Opt. 25, 1565 (1986)

