

光コンピューティングの研究



若者

宮崎 大介*

1. はじめに

私が大阪大学を卒業し、大阪市立大学工学部の助手の職についてようやく1年あまりが過ぎました。学生から教員になり、所属も変わったため、いろいろ戸惑うこともありました。ようやく新しい環境にも慣れてきました。

学部4回生から大学院までは、応用物理学科の一回研究室で光コンピューティングの研究をしていました。今のところ、光コンピュータと呼べるものは存在していませんが、それだけに夢を持って、やりがいのある研究だと思っています。また、将来像も未だ明確でないので、研究の進め方を考えることが課題となります。

私の浅い研究歴の中からの話ですが、光コンピューティングの研究の現状とこれまで私が行ってきた研究内容を紹介させていただきます。

2. 光コンピューティングとは？

光コンピューティング (optical computing) とは、光情報処理 (optical information processing) の一分野であり、通常電子コンピュータでなされる演算を光を用いて実行することを意味します。光通信はもちろん、CD-ROMや光磁気ディスクが一般的に使われるようになり、情報の光化の傾向は、光エレクトロニクス技術の進歩と相まって、今後ますます高まってい

くものと思われます。なぜ光なのか、という問いに対してよく言われることは、光伝播の特長である高速性、非誘導性、非干渉性、並列性などが情報処理に応用できるということです。高速性という点では、信号の伝達速度は当然光速であり、信号の変調周波数も長距離になるほど光を用いた方が電気配線より高くすることができます。また、光による伝送では、隣接した導線間でクロストークや、外部からの電磁ノイズなどをあまり生じません。

光情報処理の重要な特性であるにもかかわらず、まだまだ実用化されていないのが光の並列性の利用です。例えば、電子的な画像伝送では1画素ずつ画像を走査する必要がありますが、レンズによる結像を用いると、物面に置かれた2次元画像は、画素の配列を保持したまま像面へ一度に伝送されます。また、2次元フーリエ変換や空間フィルタリング等の処理も光学的に高速に実行することができます。

光は優れた並列性を持つとは言え、単に多くの処理を同時に行うだけでは、電子回路をたくさん並べても同じことができるわけですから、光の優位性を出すためにはさらに接続能力を活かす必要があります。電子の場合は、超並列計算機を構成したとしても、ICチップ内の電気配線は2次元面に限定されるため、処理要素間の接続パターンは制限されます。しかし、光の空間伝播を利用することにより、平面から抜けだし、3次元空間を使ったより自由な配線をすることができます。

情報処理への光の利用は、レーザーが開発されて以来活発に研究されています。その初期では、レンズのフーリエ変換作用にもとづいた光画像処理が主流でした。これは光の特性をよく

* Daisuke MIYAZAKI
1966年8月7日生
大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了
現在、大阪市立大学工学部、電気工学科、助手、博士(工学)、光情報処理、光コンピューティング
TEL 06-605-2877



活用しているのですが、アナログのため低精度であることや、演算のプログラミングが難しいといった欠点がありました。光コンピューティングあるいは光コンピュータという言葉がよく使われるようになったのは、デジタル光演算の手法が提案されてからのようです。デジタル演算を導入することで、光演算のプログラミングができ、計算精度を高めることができるようになりました。その後、光ニューラルネットワークや、光ファジー演算など様々なものが提案されました。光演算原理の提案もひと段落付いた感があるので、今後はそれらをどう実現していくかに力が注がれるでしょう。

光コンピュータ開発の難しいところの一つは、無敵とも思える強力なシリコンのトランジスタ技術と対抗しなくてはならないことです。現在のコンピュータを凌駕するためには、単に光トランジスタで置き換えるだけではだめでしょう。今のコンピュータアーキテクチャはシリコントランジスタ技術に適した形で発展したものです。したがって、光に適した演算原理からアーキテクチャまでを新たに考えていく必要があります。これは一つ一つ地道に課題を解決していく長い道のりとなります。他の攻め方としては、従来のコンピュータシステムを高性能化していき、その中で光を使うと性能向上を図ることができるところに部分的に導入していく方法があります。この様なアプローチは光インターコネクションと呼ばれます。これも、コンピュータ内のモジュール間を光ファイバでつなぐものから、LSIチップの内部配線を光でやるものまで幅広く適用できます。光がコンピュータの内部に入っていくほど光コンピュータと言えるものに近づいていくでしょう。

まだしばらくの間は電子だけでもコンピュータの情報処理能力の向上を図ることができるので、本格的に光の出番がくるのはまだまだ先であると思われているようです。しかし、このまま現状の電子技術の改良を進めていっても、技術の成熟とともにいつかは進歩が停滞することは明らかだと思います。光コンピューティング技術は、そのような状況を打破するために使われることが期待されます。

3. 光コンピューティングとの関わり

私自身が光コンピューティングの研究に関わったのは卒業研究以来です。研究テーマを決めるときに、どうせやるなら今まであまり聞いたことのない新しい研究をと思っており、「光コンピュータ」という言葉に惹かれました。また、配属前に研究室を見学したとき、デモ用の光コンピューティングシステムでLEDがピカピカと光っていたのが印象的でした。

光コンピューティングはまだ未熟な分野であるだけ、やるべきことは多く、自分で出したアイデアを活かすことができ、楽しく研究を進めることができました。実際に行った研究は、OPALS(optical parallel array logic system)という並列デジタル光コンピューティングシステムの試作を中心としていました。手に入る光コンピュータ用のデバイスなどほとんどなく、他の用途のものを流用したり、開発中の試作デバイスを借りてきたりしました。試作システムの性能は現存のコンピュータとは比べようもないものでしたが、設計したシステムが実際に動作するのはうれしいものでした。

その他には、光学的な相互結合網や光学系の構成手法を検討したりしました。実用的な光学系の構成手法は光コンピュータの実現には不可欠なのですが、まだ開発が足りない技術と言えます。現在の電子技術の発展には集積回路の技術が重要な働きをしたのですが、これは光情報処理技術にもあてはまることでしょう。従来の光学系は、光学定盤やホルダーを用いて個別の光学素子を並べていく、昔からの光学装置の技術からあまり進歩しておらず、大きさや安定性、信頼性を考えると、このままではとても光コンピュータになるとは思えません。現在の光集積回路は薄膜導波路を用いたものが主流ですが、これは利用できる空間が1次元か2次元に限定されています。光の並列性を活用するためには、3次元の光集積技術が必要です。

そこで、コンパクトで安定な光学系を構成する手法として、反射型ブロック光学系というものを考えました。今使っている光学系にすぐにも置き換えて使えるようにと思い、なるべく

簡単に製作出来るものにしました。近年、様々な3次元集積光学系の手法が提案されていますが、その多くはレンズの直径がマイクロメートルから数ミリレベルの微小光学を用いたものでした。コンパクトな光学系を構成するためには、微小光学素子を用いることが必要ですが、あまり微小化しすぎると、光情報処理の利点が活かされなくなります。光の接続能力は接続距離が遠くて複雑になるほど電子配線に比べて有利になるのです。そこで、微小すぎない光学系の構成技術を提案しました。その手法は、基本的に図1のように光学素子がブロック状のモジュールになっており、これを組み合わせることで光学系を構成します。光は透明な固体媒質中のみを通るようにして系を安定にし、空気の揺らぎやごみの侵入を防いでいます。また、各素子はガラスの端面同士を接着してしっかりと固定されます。複雑な位置合わせの作業なしに手軽に光システムを構成することができます。

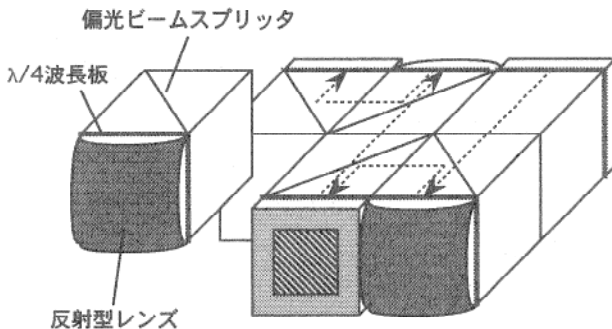


図1 反射型ブロック光学系の概念図

とにかく、現状では光コンピュータを構成しようとしても要素技術がまだまだ足りません。今はとにかく使える道具を増やしていくことが必要でしょう。その一方で、光で何をやるのかということを常に考えて、ターゲットを明確に

していこうと思います。

4. 今後の展望

光コンピュータの実現のために解決すべき課題は、まだ数多く残されています。最も重要なのは、なんとといっても電子デバイスを上回る性能を持つ光デバイスを開発することでしょう。とくに、面型の発光素子アレイや光のトランジスタとなるべき空間光変調素子が是非とも必要です。近頃、おもしろそうな光デバイスが次々に開発されてきていますので、今後の光エレクトロニクス技術の可能性を考えると、光コンピュータの実現は夢ではなく、あとはやる気の問題だけのような気がします。一つのコンピュータシステムを作り上げるためには、材料・デバイスからシステム・ソフトウェアまで様々な階層の技術を結集する必要があります。今のところ、光コンピューティングに関わる研究者・技術者の数は電子コンピュータと比較にならないほど少ないのですが、もし同じぐらいのパワーで研究を行えば光コンピュータはすぐにでも実現できるでしょう。そのためには、何らかの説得力のある成果によって光コンピューティングの有効性を実証し、さらに開発へ明確な指針を示して多くの人の関心を集める必要があります。

光コンピューティングの研究は、コンピュータ技術の大きな転換を図るものであるため、成熟した現代の電子技術への良い刺激となるのではないのでしょうか。また、光技術は電子技術よりもはるかに長い歴史を持つ古くさい技術と言えるのですが、情報光学における一つの到達点として究極の光コンピュータを常に追求していくことが、光技術を活性化し、さらなる進歩へと牽引していく原動力になると思います。これからの展開が楽しみです。

