

## コラム

# 「光演算・光コンピューティング…」

名古屋工業大学 材料工学科 無機材料コース

早川 知克

``Optical Operation, Optical Computing, …''

Tomokatsu Hayakawa

Division of Inorganic Materials, Department of Materials Science and Engineering,  
Nagoya Institute of Technology

## はじめに

工学的精神を持って科学と学問の世界を眺め直してみると、やりたいことがたくさん出てくる。そして、それらを「無限にはない時間のうちに」集結させたいと願っている。

“それにしても何と多くのことを成さねばならないのであろうか?” そう言ってしまうと、私は凡人でしかないのだということ、天から啓示された才もないのだということが明らかになってしまふが…。しかし、それだからこそ精一杯やってみて、こんな私でもどこまで行けるか見てみたい。以下は、私の頭を最近占領している思考の断片である。

## UNIX 導入の壁

最近、FreeBSD<sup>1)</sup>なる UNIX に手を染め始めた。ネットワークサーバーの管理である。メールサーバー管理を経験して 3 年、その間、1 年前には知人にお願いして別のメールサーバーを立ち上げ、そして最近自力で Web サー

〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町  
TEL 052-735-5110  
FAX 052-735-5294  
E-mail: hayatomo@mse.nitech.ac.jp

バーを立ち上げる<sup>2)</sup>に至った。これまで DOS 上で C 言語プログラミングや割り込みによる測定プログラム制御を経験してきたことがあったため多少の自信はあったが、初めは UNIX システムの仕組みを理解するどころか、そこで出てくる用語や vi のコマンドすら満足に扱えない状態であった。また、UNIX では一端末ユーザーでいるのとシステム管理者になるのでは、その理解度と管理者として享受できるネットワーク操作の快適性はまったく比較にならないものであり、ここまで来て漸く UNIX に慣れてきたなという感じが出てきた。現在では、

メールサーバー : 2 台

Web サーバー<sup>3)</sup> : 2 台

FTP サーバー : 1 台

Windows2000 による研究室内 LAN : 1 系を管理するまでになった。ここまで来るのにかなりの労力が必要であったが、コンピュータ環境はすこぶる快適なものになってきた。以前のようにコンピュータのことと暗中模索しながら悩むことも少なくなってきたと思う（これが“知ることの喜び”と言うものであろう。しかし、次にまた必ず壁にぶつかること、そのためには時間が割かれることが約束されているようなものなので、知ることが良いことか悪いこと

かよく分からない)。

**Linux<sup>4)</sup>**なるものを事の始めに試したことがある。だが、これは見事に挫折した。書店やインターネットでの情報に溺れるようになり、本来の目的を達成することがなかなかできなかつた。**Linux**といっても **Red Hat** 系, **Vine** 系, **Debian** 系など多数存在しバージョンによっても少しずつ違うため、多くの情報から必要なものを選び出すのにとても苦労してしまつた。趣味としては楽しいものなのかもしれない。しかし、実益を兼ねるときは多すぎる情報や日々バージョンアップするシステムはとても手に負えるものではない。その時はさらにまた、**X** ウィンドウシステム<sup>5)</sup>を導入しようと考えて、返つて深みにはまつてしまつた。物事の本質を見失う日々であった。自分は何のためにこのようなことをしているのか？現在の自分にとってもっとも重要なことは何か？決して **Linux** に触つてみたいとか、**UNIX** 上のグラフィカルインターフェースでワープロを操作しグラフを書きたいということではない。必要なのはネットワーク上で、**ftp** や **sendmail**, **telnet** などのサービスを自在に操ることである。結果的に **FreeBSD** という堅いシステムを選ぶことで自作サーバーは見事立ち上がり、1年の実績を持つに至つた（やはり信頼に足る知人が傍にいたことは大きな力であった）。

### ネットワーク管理と材料開発の繋がり

何故いきなりネットワークの話をするのか？何故そんなにもネットワークに力を入れるのか？という問いに、ここまで読んで頂いた読者の方に答えておかなくてはならない。それは自分自身の材料研究のキーワードとして“光コンピューティング・デバイス”，“光ネットワーク・デバイス”の構築ということが頭から離れないからである（もちろんガラスをベースにしたものを考えたい）。

今日のように世界規模で情報交換が行われる

ようになったのは「光ファイバーによるネットワーク網」が樹立したためであると言ってよい。そして、情報通信技術やオペレーティングシステム（OS）に始まるソフトウェア技術も光ネットワーク網の拡大に同期するかのように発展しようとしている。ガラスを用いたデバイスとして次に何が来るか？**EDFA** 光増幅器（エルビウムドープファイバーアンプリファイヤ）の成功を越えるものと考えたときは「光演算」が1つのキーワードに成り得ると思う。電子工学を基礎に持つ私はどうしても演算（=コンピューティング）を目指したい。その実現には、材料-光デバイス-光システム-光ネットワーク：全体を通じて為すべきことが多く、また、具体的な方向性は未だ示されていない状態である。しかし、近い将来必ずそのコンセプトが明らかにされるはずである。そのような時代がやってきたとき、そのインフラ上で展開される情報操作や演算について知りつつ、そのための材料を開発していくことが重要になってくるにちがいない。のために、材料研究の時間の隙間を縫うようにネットワーク管理を行つたり、新しいコンピューティング技術について勉強している。

すべての素子・回路が光のみで成立する全光ネットワーク網を実現させるためにどのようなものから手を着けていけばよいかを考えた場合、3次非線形性を用いた光-光スイッチングや光メモリ・デバイスだけなく、フリップフロップ<sup>6)</sup>の機能を有するものが重要にであることに気付く。電子回路では論理演算 **AND**, **NAND**, **OR** などの他にフリップフロップなる状態遷移デバイスが大きな効力を發揮している。情報操作という観点で光の高速性を生かすためには、光パルスシケンス（インターネットではパケットという有限長の情報ブロックを単位として送受信している）を保持し **Fast-In-Fast-Out** で情報を出し入れする一時メモリが必要となつてくる。そして、光回路内の所定の場所で複数の光パルス信号がタイミング良く遭遇し、

そこで ANDなどの演算処理を行うよう制御する。このことに関連してここ 5 年で注目されるであろうデバイスに“光ルータ”がある。これは、光ネットワーク網の各ノードに配置され、光信号を高速にスイッチングするだけでなく、それを一時的に保持し絶妙のタイミング出力する。光だけでこれらの処理を行う光ルータはまだ実現されていないデバイスであり、これから光デバイスの鍵を握るものである。そして、その先に光コンピュータが見えて来るにちがいない。

### 新しい光デバイスのための材料とは？

ガラス材料を概観したとき魅力ある光学的非線形特性を有するものが数多く存在する。しかし、それをスイッチングに用いようとしたときどうしてもその陰が薄くなってしまう。光デバイスを実現するのにおそらく半導体産業や半導体デバイス工学からは 1 つの解決策を提示してくれるであろう。しかし、ガラスの中の希土類イオンも上記のようなデバイスに名乗りを上げることはできないだろうか？ 希土類イオンの量子力学的特性（励起エネルギー移動や非線形状態遷移、また光磁気効果など）を用いることが考えられはしないか？ 光誘起電磁透明化<sup>7)</sup>や光インバータ<sup>8)</sup>、光双安定性<sup>9)</sup>、光微小球共振器<sup>10)</sup>などいくつかの興味深い結果が報告されており、答えはそんなに遠くにはない気がしてならない。

### おわりに

“自由にコラムの内容を設定してよい”と言われて、本当に気まま筆の行くままに書いてしまった。内容に正確性がないところもあるかと思うが、それらの点についてはお許し頂きたい。最後に言うならば、光デバイスの中でガラス材料がさらに市民権を得るように力を尽くしていきたいと思うばかりである。

### 注釈および参考文献

- 1) UNIX システム BSD の汎用 PC (パソコンコンピュータ) 版。毎日のように世界中のハッカー(コンピュータに非常に詳しくその操作を通じている人：必ずしも悪い人を指すわけではない)によりアップデートが繰り返されており、最新版は 5.x である。その安定性には定評があり、数多くの PC サーバーは FreeBSD を採用しているそうである。
- 2) 自作 PC を組み立てインターネットで無料配布されている FreeBSD 4.5-RELEASE をインストールした。詳しい情報は書籍〔FreeBSD Expert〕(技術評論社) やホームページ (<http://www.is.freebsd.org/ja/>) で取得した。Web サーバーアプリケーションには Apache(これも無料)を用いた。「Apache Web サーバー Black Book」G. Holden, M. Keller 著/IDEA・C 訳(インプレス)という書籍もインストールや設定に役立った。
- 3) 名古屋工業大学材料工学科機能性ハイブリッド材料研究室ホームページ (<http://nitzy.mse.nitech.ac.jp/NogamiLab/index.htm>) にもお越しください。
- 4) これも無料配布の UNIX で Linux (リナックス、ライナックスもしくはリニュックスと読む) PC-UNIX としてはもっとも知名度が高い。本文にあるようにいくつかの系統がある。オープンソースに理念を置き、誰でもカーネル(OS の中核を形成するプログラム部分)の書き換えが許されている。書き換えたカーネルは各系統の本部に連絡して公式配布版に反映させる。オープンソースということもあり、クラッカー(ハッカーの中でネットワークを通じてコンピュータに不正進入してデータを盗んだりするものを示す)に狙われやすい。サーバーのセキュリティ対策には特に注意が必要で、新しいバージョンが出されたらなるべく早くバージョンアップするようにした方がよい。
- 5) UNIX 上で動作するグラフィカルインターフェース。Windows や Macintosh などと同じ感覚でアプリケーションの操作が可能。ワープロやグラフソフトなどアプリケーションも充実している。
- 6) 入力の順序により出力を変える順序回路の 1

- つ。ラッチとも言う。
- 7) 市村厚一, 山本和重, 源間信弘, 「電磁波誘導透明化 (EIT) を固体で実現した希土類イオン分散結晶  $\text{Pr}^{3+} : \text{Y}_2\text{SiO}_5$ 」, 固体物理 34, 715 (1999).
  - 8) Y. Maeda, ``Mechanism of the negative non-linear absorption effect in a ^ve-level system of the  $\text{Er}^{3+}$  ion'', J. Appl. Phys. 83, 1187 (1998).
  - 9) L. Luo and P. L. Chu, ``Optical bistability of a coupled fiber ring resonator system with non-linear absorptive media'', Opt. Commun. 126, 224 (1996).
  - 10) 五神 真, 成田善廣, 「微小球によるメソオプティックス—ナノフォトニクスへの可能性—」, 応用物理 71, 671 (2002).