

ナノ世界を照らし、測り、操作する 「小さな光」研究所

text : 喜多充成 photo : 凸凹記

「小さな光」とは、かすかな光という意味ではない。詩や文学の世界の話でもない。文字のとおり「サイズや体積の小さい光」を意味する、物理の世界の表現だ。

さらにこの「小さな光」には質量もある。太陽や電灯の光、あるいはレーザー光や赤外線やX線。われわれが知るところの光とは違う、大小や軽重で形容し得る「小さな光」を、難解な理論物理の世界から現実の社会に引き寄せてくれているのが大津元一教授、写真の人物だ。

「学生が『そんな光は存在しないことを証明します』とレポートを書いてきたり『大津君、そんな研究はやめたまえ。本当の光とはどんなものか見せてやる』と言われたり。そりゃもうドひんしゅくを浴び続けましたよ(笑)」

と語る大津教授の苦笑はまた、自信満々の笑みにも見える。

「ですが、実験事実があるからしょうがない。理論解析もすすみ、この光には質量があるとか、湯川型関数(中間子の存在を予言したノーベル賞物理学者、湯川秀樹博士にちなむ)で表現できることもわかってきた。それで、やっと昨年ぐらいから、そういう話をしてもヘンな顔をされなくな

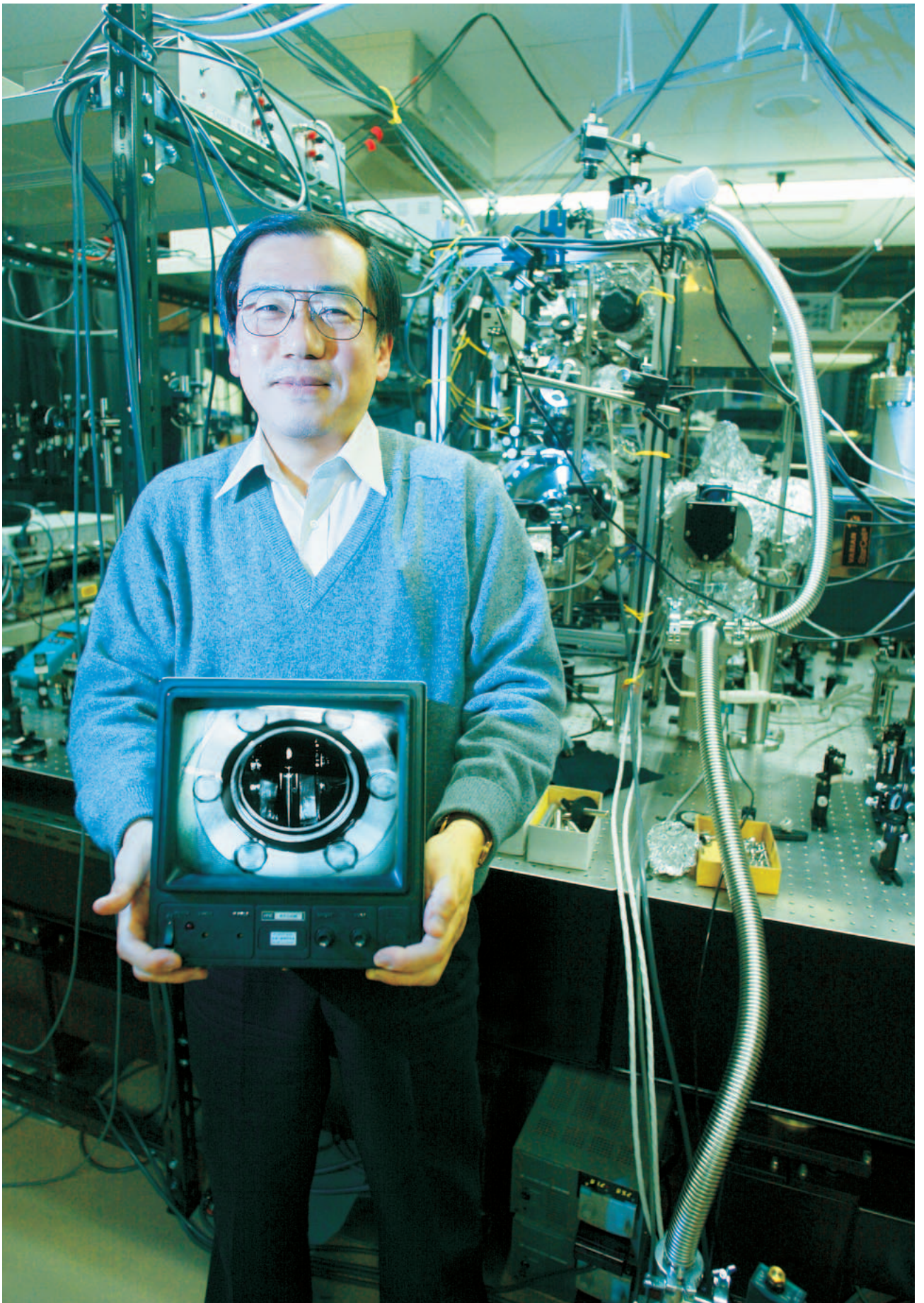
りました」

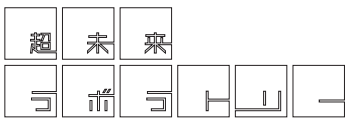
大津教授が抱えるモニターの画面には、背後の実験装置の内部が映し出されている。そこでは「小さな光」を使って、原子を1つずつ輸送したりつまんだり選り分けたりする実験が行われている…… われわれの想像を超える「小さな光」という道具を使ったまったく新しいテクノロジーの地平が、今ここで拓かれているのだ。

小さな光は、存在するべき

大津教授は80年代の初め頃、東工大の助手として取り組んでいたレーザー光研究のある分野で、世界のトップに立ったことがある。周波数を10のマイナス14乗、つまり10兆分の1のケタまで安定させるといふ記録を打ち立て、世界の競争手を1桁から2桁上回ったのだ。1年あまりでトップの座はほかに譲ったが、教授自身の興味は、1つの峰を極めたことで別のものに移っていく。

「出力を高めたり、周波数を高めたり、安定化させたり、短いパルスを生じさせたりと、世界中のいろいろな研究者がレー





ザー光に取り組んでいたが、理論的に新しいものはそこにはなかった。しかし“光の体積”だけは、完全に手付かずの領域だったんです」

目を付けたのは、物質表面のナノメートル(nm : 1ミリの100万分の1、1000分の1ミクロン)の領域にのみ存在する「小さな光」のちに教授が「近接場光」と名づける特殊な光である。

「波である光には回折限界というものがあり、波長より小さい世界を見ることはできない。これがいわば、大きな光です。しかし波長よりもっと小さい光を発生させることができれば、きっと新しい科学技術が生まれるかもしれない。

それに、たとえ役に立たなかったとしても、サイエンスとしてはおもしろいテーマじゃないか、と思ったんです。電磁気学の教科書には、それらしいものの存在が書いてある。電磁波の一種である光でも、それは当然あるはずだし、存在するべきだと思った。ニーズでもシーズでもなく、ウォンツだったんでしょかね」

80年代半ばには光科学の最先端をいく米国のベル研究所で客員研究員を務めた。オリジナリティーの高い基礎研究を奨励し、ノーベル賞科学者を量産することでも知られるベル研究所にいてさえ、「そのテーマはやめたほうがいい」とアドバイスされることがしばしばだったという。

だが、ベル研究所から帰国した1987年ごろからブレークスルーの兆しが見え始めてきた。

「ファイバーの先を細く細く尖らせることができれば、その先端の狭い領域に近接場光を発生させたり測定したりできる。これをファイバースコープといいます。ベル研究所でアメリカ製のファイバーを使って試してどうしてもうまくいかなかったのが、帰国して日本製の光ファイバーでやってみると、先端がナノメートル単位のオーダーにまでちゃんと尖ってくれるようになってきたんです」

「ナノの力」を使いたい

通信用ファイバーの画期的な製造法として NTT の茨城通信研究所で開発された VAD法は、近接場光に不可欠なファイバースコープの作成においても、重要な貢献を果たしてくれたのである。

「温めて引っ張れば、アメリカ製のファイバーでも先端の尖ったファイバースコープができることもあった。しかし100本に1本では実験データは出せても産業応用はできない。日本製のファイバーを素材とし、腐食性の高いフッ酸で、100本を100本とも狙った通りに尖らせる『レシピ』を確立できました。ただ、そのレシピでもっとも重要なのは『よい材料を使う』こと、つまり VAD法で作られた日本製のファイバーを使うことです。VAD法は現代の至宝だと思っています」

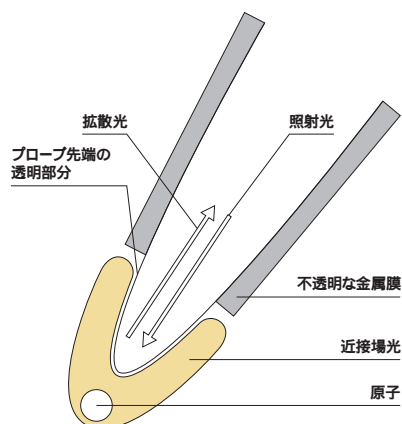
こうしてできたファイバースコープを使い、ナノメートルオーダーまで尖らせたその先端から発生させた近接場光で、通常の光では小さすぎて見えるはずのない「DNA のらせん構造」を顕微写真に収め、世界をアッとさせた。そして今、近接場光学はさまざまな技術分野から応用を期待されるようになっている。

「遠くから川の流れをみれば、重力に従って水は必ず低いところに流れていく。しかし水源に近寄ってみると、地面から水が湧き出しているの見えるでしょう。大きなものを見ているだけでは説明がつかない別の物理現象が、小さな世界では起こっている。ナノテクノロジーの本質とは、単に小さいものを作ったりすることではなく、そうした物理現象を積極的に応用していくことだと思うんです」

応用分野としてもっとも注目されているものの1つに「次世代高密度光メモリー」がある。10年前に今のギガバイト時代が想像もつかなかったのと同様、テラバイトの時代もすぐにやってくる。ある予測では、

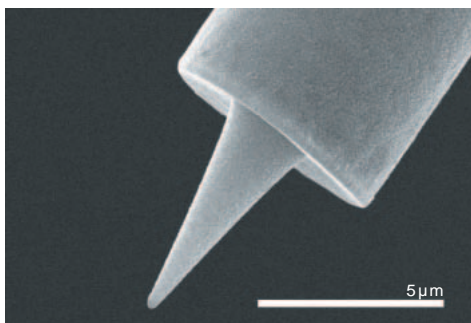
近接場光の作り方

プローブ先端部分にまとわりつくように広がっているのが「近接場光」。
光の存在する領域は小さいが、エネルギー密度は10kw/平方cmと非常に高い(太陽光(約1kw/平方m)の10万倍!)。ファイバー後端から送り込むレーザー光の周波数を変えることで、原子1粒1粒をくつつけたり離したりすることができる。こうした「原子ピンセット」としての利用も近接場光研究の大きなテーマとなっている。



ファイバークラップ

特殊な光ファイバーの先端をフッ酸で化学的に侵食させて尖らせた「ファイバークラップ」の電子顕微鏡写真。大津教授は当初から量産性の高い製造法を模索し、温度や時間などクラップづくりの諸条件、いわば「レシピ」を煮詰めてきた。ファイバーのコア(中心部)とクラップ(周辺部の円心度)や、コアのドーパント濃度分布がミソ。(写真提供/日本分光)



2010年頃までに1平方インチあたり1テラバイトの記録密度を持つメモリーが必要とされるようになるという。今のDVDが約10GB / 平方インチ、ハードディスクも実験室レベルのトップデータが100GB / 平方インチ。これを10倍にするためには、ディスク上の凹凸をレーザー光で拾ったり、磁気の変化をヘッドで読みとったりするのは次元の違うテクノロジーが必要になる。ここに近接場光の応用が期待され、さまざまな企業や研究機関がかかわり、実用化へ向けた競争が始まろうとしている段階なのだという。

また、数千本の光ファイバーの入出力を処理する光ルーターの心臓部としての応用も考えられている。光信号をいったん電気に変換することなく光のまま高速で処理するスイッチの重要性は誰もが認識しているが、いざそれをどんな技術で実現するのかということ、まだ本命は登場していない。

大津教授が構想する、近接場光デバイスも有力なプレイヤーとしてこの競争に加わろうとしているのである。

世界初のレーザー光は1960年、T.H.メイマンにより生み出された。20年余を経て1982年に登場した「コンパクトディスク」は、これを利用した最初の量産民生品だった。現在ではスーパーのレジのバーコードリーダーやページプリンターの心臓部、クルマの車間距離を測るレーザーなどにも応用されるようになっている。もちろん先端科学の分野でもレーザーは欠かせない道具であり、そして何より光通信で世界を結び、現代社会の基盤を支えるインフラとなっている。

大津教授が「小さな光」に取り組み始めてから20年経つ。今後20年、いや10年のうちに、この光を使った「世のなかを大きく変えるモノ」が登場することになるかもしれない。

研究所データ

大津「局在フォトン」プロジェクト
〒194-0004 東京都町田市鶴間 687-1
天幸ビル17 4階

uuu.ae.titech.ac.jp/index-j.html

uuu.just.go.jp/erato/project/okf_P/okf_P-j.html



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp