

セレンディピティの磨き方

— ファイバフューズ研究に至った縁と偶然 —

【第1回】光ヒューズの開発 — 偶然は手を動かして掴むもの

物質・材料研究機構 轟 眞市*

連載開始にあたって

セレンディピティの本来の意味は「当てにしていなかったものを偶然にうまく発見する才能」である[1]。これに対し、「想定外」の要素が外れたもの、すなわち「追いかけていた目的への道を偶然に発見する才能」を擬セレンディピティとする提案がある[2]。さらに意味を拡大し、「発見」の要素を外した「偶然をとらえて幸運に変える力」[3]とする解釈もある。

本誌2006年12月号でその一端を紹介した筆者の光ヒューズおよびファイバフューズに関する研究[4]は、これらのセレンディピティが絶えず働いて到達したものであった。この内幕を掘り下げて、筆者がセレンディピティを発揮できた理由を考えてみたい。よく目にするセレンディピティ論は、時を経た有名な事例で語られることが多いが、本稿は、現役プレイヤーの声で、マイナーではあるが新鮮な事例で語ってみたい。読者の方々が何らかの偶然をとらえられることに繋がれば幸いである。

3回の連載を通じて研究の進展を追いつつ、セレンディピティに結び付いた3種類の偶然をひとつづつ取り上げていく。その3種類とは、偶然をもたらす主体で分けたものである。すなわち、偶然を引き起こしたのが、自分なのか、自分以外の人間なのか、人間以外のなにかなのか、で分類する。今回は、筆者がファイバフューズの世界に足を踏み入れるきっかけになった、光ヒューズの発明に関するエピソードの中から、自分自身がもたらした偶然に注目する。

光ヒューズの開発

たいていの電気製品に装着されている「ヒューズ」は、電気回線に挿入して過電流注入から機器を守る素子であるが、「光ヒューズ」はその光

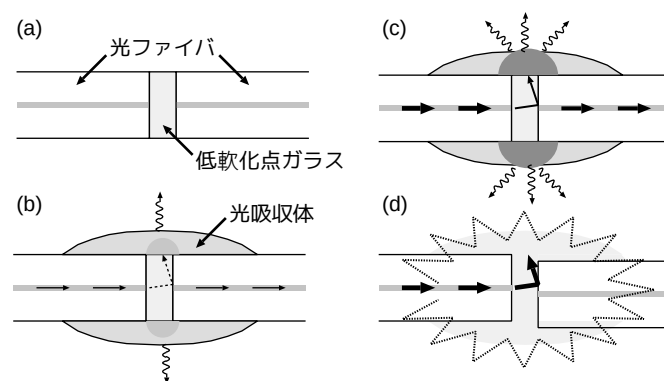


図 1: 光ファイバ回線に低軟化点ガラス層を導入した構造 (a) と光ヒューズの動作の仕組み (b～d)。ガラス層は透明であるが光閉じ込め構造が存在しないので、そこを通過する光の一部が洩れて外側の光吸収体に到達する (b)。通過する光が弱い場合は、光吸収体に達した光によって発生する熱は小さい。強い光が通過すると発熱も大きくなり (c)、その熱で低軟化点ガラス層が変形することで回線が切断される (d)。実際の動作を撮影したビデオ映像を、http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node7.html で公開している。

回線版に相当する。筆者が光ヒューズに使える現象に出会ったのは、研究がゆき詰まって捻り出した、苦し紛れのアイデアを試していた時であった。その状況は、3重の意味でのゆき詰まりであった[5]。

ひとつ目は転職して5年が過ぎ、前の会社でお取り潰しになった研究テーマを仕切り直してのゆき詰まり。ふたつ目は、その流れで立案しては失敗してきた光デバイス構造の第三の提案のゆき詰まり。みつ目は、その提案の再起をかけた光ヒューズ実現の試みのゆき詰まりである。

その第三の提案とは、図1(a)に示す構造を作って光デバイスを作ろうというものであった。シリカガラス製光ファイバを途中で切断し、その隙間に低軟化点ガラスを挿入するハイブリッド構造をつくれば、光ファイバに何か新しい機能を付加することができる、という目論見であった。

しかしこの青写真、分かる人から見れば相当怪しいのである。まず、熱膨張係数が1桁違う材料を加熱急冷して張り付けたら、残留応力で壊れ易くなる。また、挿入ガラス層には光閉じ込め構造を導入できないので伝搬光が洩れる。その洩れを抑制するためにガラス層を薄くすれば、ガラス層が光と相互作用する区間が短くなり機能が発現しにくくなる、と分が悪いことが容易に想像がつく。

それでもこの提案にしがみついていたのは、長年のテーマを諦めたくない意地と、「手を動かしていたら何かが引っかかってくるはず」という楽観からであった。実際、この構造を再現性良く作製する装置を手作りで完成させ、出来た素子は恐れていたほど脆くなく、光損失もそこそこ小さいものを作れるまでにはなっていた。しかし、肝心の光機能を付与する良いアイデアがなかなか見つからない、という情けない状況に陥っていた。

丁度その頃、光ファイバ通信に関する国際会議に参加した。時差の影響で早朝に目が醒めたので、その日の聴く講演の予稿を読んでいた。印を付けておいたものの一つに、高強度光による光部品の損傷に関する講演があった。読み進むうちに、ふと気がついた。皆、素子が壊れることを避けたがっているが、壊すことが目的の素子があっても良い。光ヒューズだ。それには私のハイブリッド構造が役に立つ。

帰国後、たまたま研究所内での研究課題募集があり、渡りに船とばかりに提案したところ、すんなり認められた。獲得した資金でレーザーを購入し、早速素子に高強度光を注入してみた。しかし、期待した変化は何も起こらなかった。さてどうする？

挿入ガラス層を破壊するのに必要なエネルギーをどうやって通過する光から取り出すか？せっかく光が洩れているのだから、使わない手は無い。捻り出した答えは、ホームセンターで買ってきた黒い水彩絵の具だった。融着点に塗り付けて(図2(b)参照)、強い光を注入すると、素子は一瞬赤く光って(c)焼き切れてしまった(d)。ようやく尻尾を捕まえた瞬間だった。

成し遂げてしまえば、当初の青写真は光ヒューズにとって全てプラスに働いた。壊れ易いとい

うことは、破壊に至るエネルギーが小さくて済む。光が洩れるから、破壊に至るエネルギーを供給できる。光との相互作用長が小さいから、エネルギーを集中させることができる。頭だけで考えて手を動かさずに撤退していれば、たどり着けなかった成果である。

偶然に手を動かして掴むもの

このエピソードでのセレンディピティの働きは、永続的に使う機能を探していて、使い捨ての機能に気づいたことである。きっかけとなった偶然は、自分が予稿集を読んでいる時に、光損傷の論文に出会ったことである。この偶然を拾えたのは、例のハイブリッド構造への固執があったためだが、固執し続けた理由は、先に述べた意地と楽観の他にもう一つある。ハイブリッド構造を作製する装置を手作りで組み上げることが、単純に楽しかったからである。

図2は、図1(a)に示す構造を作るために組み立てた装置の略図である。市販の光ファイバ調芯装置に、秋葉原で売っている一番小さなセラミックヒータを取り付けたのだが、ただ取り付けただけでは目的は達成できない。2本の光ファイバの端面を向かい合わせに配置し、高温のガラス融液を間に挟んだ後に(図2(a),(b))、光ファイバの軸合わせを済ませて冷却する(c)、というガラス細工のような工程で作製する。このプロセスが実現出来る様に、ハードウェアを改造し、それを制御するソフトウェアを書かなければならない。

そこで、土台となる光ファイバ調芯装置は、ハードウェアからソフトウェアまで、全てを自分の手で管理できるものを選んだ。その装置を構成する部品は全て規格化され、個別に供給されているので、部品の交換や追加によってその場で改造していくことができる。いわゆる「ブロック遊び」の感覚であり、図面を引いて外部に改造作業を依頼する必要は無い。

制御ソフトウェアは、標準添付品では役不足であることが分かっていたので、自作した。せっかく自作するのだから、プログラミング言語は、自分にとって最もストレスを感じさせないものを選んだ。Ruby と呼ばれるフリーソフトウェア

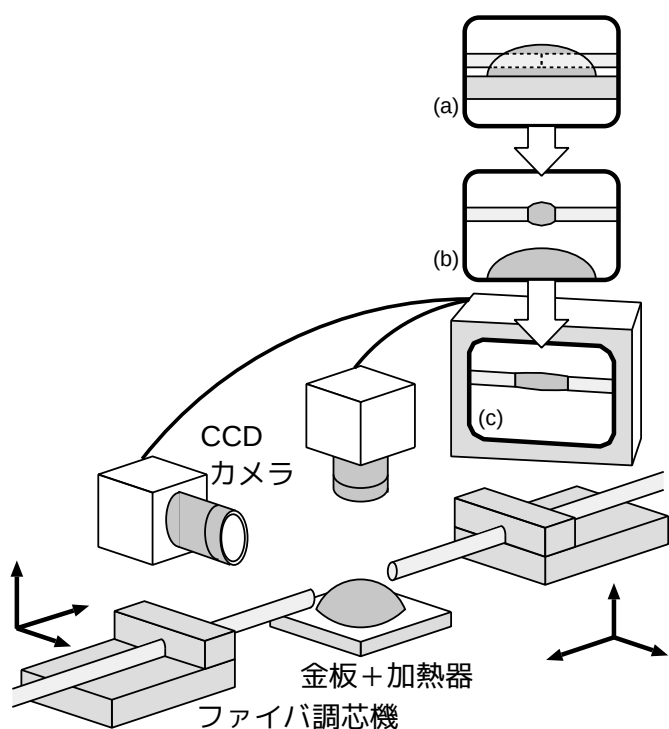


図 2: 一对の光ファイバを低軟化点ガラスで融着する装置の構成図。ヒーターで温めた金の板上に一滴だけガラスを融かし、その両脇から光ファイバを挿入する(a)。続いてガラス融液を板ごと下降させて、光ファイバ対の間に少量の融液を残す(b)。融液を所定の形状になる様にまとめ、光ファイバ対の軸合わせを済ませてから冷却する。実際の動作を撮影したビデオ映像を、http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node7.html で公開している。

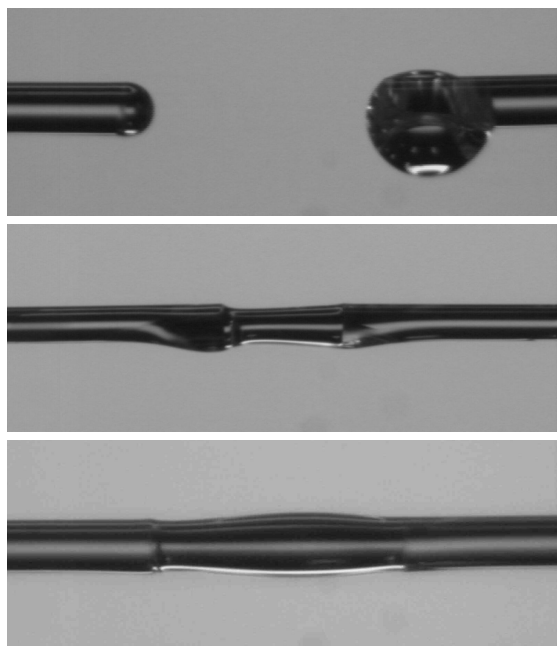


図 3: 図 2 の装置を使ってガラス細工をした結果。溶融温度やタイミングを調整して形を整えていく。

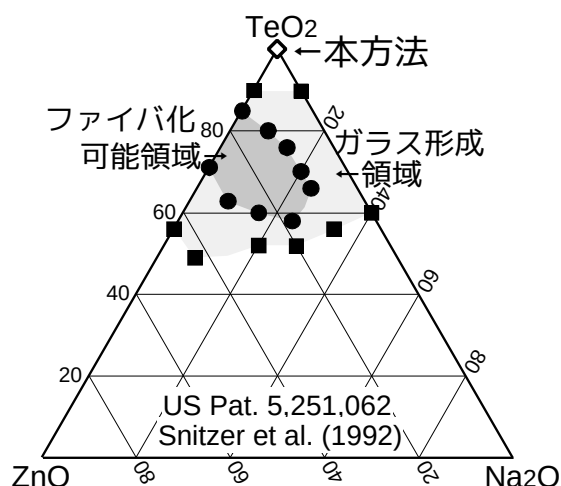


図 4: TeO_2 - ZnO - Na_2O 三成分系におけるガラス形成領域とファイバ化可能領域。

[6]であり、若い日本人技術者が開発し、今世紀に入って世界的に使われるようになった言語である。ストレスを感じさせない理由を一言で言えば、プログラムが「書き易く読み易い」ことに尽きる。別の言い方をすれば、ソフトウェアを部品化する技術(オブジェクト指向)が徹底されているので、これも「ブロック遊び」の感覚で組んでいくことができる。

最初のうちは、光ファイバにガラス融液を絡め取っても、すぐに泣き別れてしまい(図 3(a))、安定に保持できる条件を決めるのに苦労した。改造を重ねるうちに、望みの構造を安定して作製できるようになった(図 3(b),(c))。

ここでもセレンディピティが働いた。一般にガラス製光ファイバを作製するには、融液を冷却する時に結晶が析出し難い組成を選ぶ必要がある。しかし、この方法で融液を冷却すると、結晶化し易い組成の融液でも、ガラス状態を保ったまま光ファイバに挿入できることが分かった。その理由は、光ファイバに絡めとられたガラス融液の体積は極めて小さいので、ヒーターを遠ざけると、すぐに芯まで冷却され、結晶が析出する暇を与えないからである。

図 4 に示す様に、 TeO_2 系のガラスやファイバを得るには、別の成分を加える必要があが、この方法を用いれば TeO_2 単成分でもガラス化する。あらかじめ多成分のガラスを準備しておく手間が不要になり、融着工程数を削減することができた。

おわりに

セレンディピティを発揮するには、偶然が起きなければ始まらない。そのためにはまず自分の手を動かして偶然を拾うことである。自分の苦にならない領域で人並以上に手を動かすことがポイントになろう。好きこそものの上手なれ、である。加えて研究開発においては、手を動かす対象にオリジナリティが必要である。さしあたっては、異質なものの組合せを取り扱うことが手っ取り早い。上述した筆者の経験から拾うなら、(1) 工業製品として信頼性を確立したシリカガラス製光ファイバと、実験室から外に出たことのない低軟化点ガラスの組合せ、(2) 静的な光デバイス組み立て工程に、動的なガラス細工を組み込むこと、(3) 材料研究者のスキルとプログラマーのスキルの同居、などが挙げられる。

連載第1回は、セレンディピティを磨く方法として、自分が苦にならない領域で人並以上に手を動かし、異なる2つのものを結びつけること、を引き出した。次回は他人の行動がもたらす偶然に、最終回は人の関与が及び難い偶然に注目する。

参考文献

- [1] 沢泉 重一：“偶然からモノを見つけだす能力 — 「セレンディピティ」の活かし方”，角川書店 (2002). ISBN 4-04-704095-9
- [2] ロイストン M. ロバーツ：“セレンディピティー — 思いがけない発見・発明のドラマ”，化学同人 (1993). ISBN 4-7598-0249-5
- [3] 宮永 博史：“成功者の絶対法則 セレンディピティ”，祥伝社 (2006). ISBN 4-396-68112-7
- [4] 轟 眞市：“光ファイバの“路芯” 溶融伝播 — ファイバヒューズ現象とその対策”，工業材料, **54**, 12, pp. 48–51 (2006). <http://pubman.mpg.de/pubman/item/escidoc:33144>
- [5] 轟 眞市：“窮すれば光ヒューズ — 綱渡りを支えたのは、こだわり、手作り、Linux”，未来材料, **4**, 11, pp. 71–74 (2004). <http://pubman.mpg.de/pubman/item/escidoc:28485>
- [6] Ruby ホームページ: <http://www.ruby-lang.org>

セレンディピティの磨き方

— ファイバフューズ研究に至った縁と偶然 —

【第2回】世界初の超高速撮影

— 人を動かすプレゼンテーション —

物質・材料研究機構 轟 真市*

はじめに

この連載では、本誌 2006 年 12 月号でその一端を紹介した筆者の光ヒューズおよびファイバフューズに関する研究 [1] の内幕を掘り下げて、セレンディピティ(偶然を契機にして道を切り開く能力)を磨く方法の抽出を試みている。先月号では、光ヒューズ開発のエピソードを通じて、自分の行動がもたらす偶然を拾う方法のひとつとして、自分が苦にならない領域で人並以上に手を動かし、異なる 2 つのものを結びつけることが有効と結論した。今回は、ファイバフューズを世界で初めて直接観察したエピソードの中から、他人の行動がもたらす偶然に注目する。

ファイバフューズの直接観察

光ヒューズが防止し得る事故の一つとして、ファイバフューズがある。この現象については以前に論文で読んで知っていたが、筆者自身がその研究に手を染めることになるとは思ってもみなかった。きっかけは、超高速カメラメーカーの営業マンが飛び込みで訪ねてきたことであった [2]。彼は私を廊下に誘い出し、張り出してあった光ヒューズの動作写真(図 1 参照)を指差して提案した。この現象を新製品で撮ってみてください、機材を持ち込んでデモンストレーションします、と。

その時頭に浮かんだのは、ファイバフューズの方だった。光ファイバを扱う人なら誰でも知っている現象なのに、これをきちんと撮影した人はまだ居ないはずだ。準備ができれば連絡する

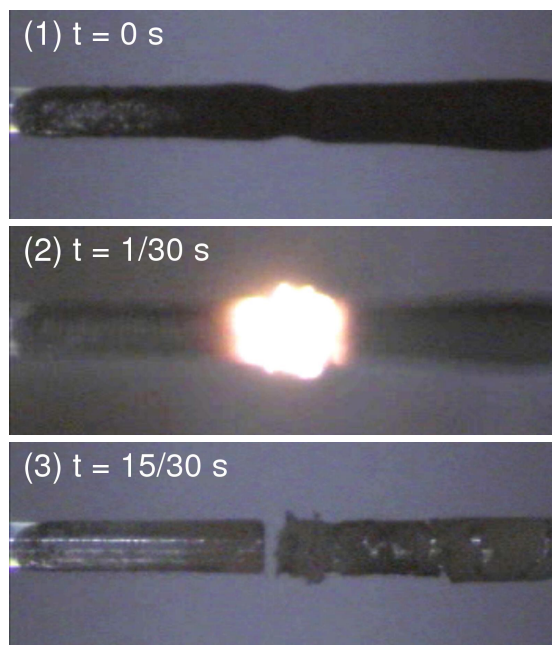


図 1: 研究室の廊下に掲示してあったポスターに大きく掲載した光ヒューズの動作写真。(1) 光ファイバ回線の途中に低軟化点ガラス層を挿入し、光吸収体を塗布したもの。(2) 強い光を注入すると、低軟化点ガラス層から洩れた光が光吸収体に達し、熱を発生させる。(3) その熱が低軟化点ガラス層を変形させ、回線の切断に至る。この動画は、http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node7.html で公開している。

と約束し、まだ見たこともないファイバフューズを自在に発生させるために、試行錯誤の実験に取り掛かった。

1ヶ月が過ぎて準備が整い、デモ撮影の手配をした。毎秒約 1m で動き回る被写体を幅約 1mm の視野に収めて撮影するのは困難を究めたが、運良く世界初と思われる写真を手にすることができた(図 2 参照)。折しも、ある国際会議のポストデッドラインペーパー締切の 5 日前であったので、急いで原稿をまとめ、応募してみた。ポストデッドラインペーパーとは、通常の講演申

*とどろき しんいち: 光材料センター 主幹研究員
〒 305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
URL: http://www.geocities.jp/tokyo_1406/

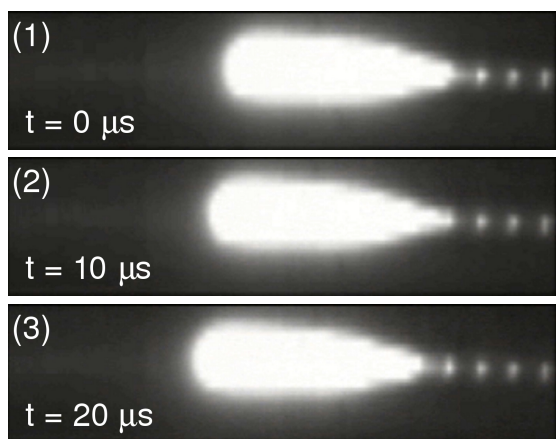


図 2: 超高速カメラで撮影した、ファイバフューズの連続写真。火の玉に見えるのは、光ファイバのコア領域に閉じ込められたまま進むプラズマであり、その背後に生じた空孔列からの散乱光が写っている。空孔列の間隔は、約 $22\ \mu\text{m}$ 。この動画は、http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node7.html で公開している。

込とは別に、会期直前に論文を受け付け、その中の特に優れたものに口頭発表の機会を与える制度である。だめで元々と考えていたが、意外にも採択され、注目を浴びることとなった。翌年には、別の国際会議で招待講演をする事態にまで発展した。

後から分かった話なのだが、私の論文がポストデッドラインペーパーに採択されたのは、さる大物研究者が動いたからであった。審査委員会のメンバーだったその教授は、私の論文を強力に推してくれたのだという。彼のグループも同様の実験を行っていたのだが、結果として私の方が3週間早い発表となった。彼は私の論文を落して、自分達を一番乗りさせることもできたのだが、それをしなかった公正さには敬意を抱いている。

このエピソードでのセレンディピティの働きは2つある。ファイバフューズの実験をする機会を得たこと、およびポストデッドラインペーパーに選ばれたことである。きっかけとなった偶然は、営業マンがデモ撮影を提案してきたことと、期せずして研究ライバルとなった人物が審査委員会で筆者の論文を推薦したことである。これらふたりの行動がなければ、私はファイバフューズの研究者として認められることは無かっただろう。彼らの行動は全くの偶然だったのだろうか？

いや、私は事前に種を蒔いていたのである。その結果は予測し得なかったにせよ、。その種とは、効果的なプレゼンテーションである。本稿で言うプレゼンテーションとは、人前で話すことに限らず、ポスターや論文などの印刷物を準備することも含んだ話である。

人を動かすプレゼンテーション

あの営業マンは廊下に掲示されていた研究発表ポスターを見て、私に具体的な提案を持ち掛けてきた。あの教授は私の予稿を読んで、自分達の不利益を承知で審査委員会で票を投じた。ポスターと予稿が私の手を離れ、ひとり歩きした様な出来事である。

話はまだ続く。上述のエピソードを軽い読み物にまとめ、とある業界団体の機関誌に寄稿した[2]。あの営業マンにも報告がてらコピーを渡したところ、彼はそれを社長に報告した。目を通した社長は、私への協力を惜しまないように、と告げたという。そのお陰で、その後も数回、機材を拝借することができた。

プレゼンテーションの目的は、伝える相手に行動を起こさせることにある[3]。それがポスターや論文などの書き物であれば、自分に代わってひとり歩きすることもある訳で、それが偶然につながっていく。今回私が紹介したエピソードは、全て私の知らなかった人が、私の書いたものを読んで動いてくれた結果である。他人の行動がもたらす偶然を拾い易くする方法のひとつは、プレゼンテーション技術にあると言えるだろう。

基本の実践から見えてきたこと

私は、あのポスターや予稿に、特に何か仕掛けをしたわけではない。図1に示した写真は、何より先に見て欲しいものだったので、A0判1枚紙の中央に大きく据えた。予稿執筆の際には、2組しか撮れなかった連続写真の重要性を直ちに理解してもらえる様に気を配った。プレゼンテーションの基本に忠実に従っただけである。

しかし改めて自分が見聞きするプレゼンテーションを観察すると、基本を疎かにしているケー

スが如何に多い事か。例えば、学会のポスターセッション会場を歩くと、PowerPoint から出力した A4 の紙十数枚をそのまま張り付けている人が多い。この様なポスターからは、何が一番アピールしたいものなのかを読み取るのに時間がかかる。広い会場をそぞろ歩く人々の足を止めるためには、30 秒以内に「これは面白そうだ」と思わせなければならない。さもなければ、そのポスターは存在しないのと同じである。またポスターを一枚紙で作っておけば、用事の済んだ後でも、研究室の廊下等に再び掲示する気も起こる、というものだ。

基本を外したプレゼンをしている人達は、次の3つのケースのどれかに当てはまると思う。自分のプレゼンの内容は相手にちゃんと伝わっていると盲信している人、実験データを取るのに忙しくてプレゼンを準備する余裕が無い人、あるいは、良いプレゼンをするものの見返りの価値が分からない人、である。

実は私は、6年前から年に数回、若手向けにプレゼンテーション技術の講義をしている[4]。人に講義をする以上、自分が行なうプレゼンテーションはその見本とならねばならない。必然的に、全ての発表に気が抜けなくなる。ポスターや論文・読み物も、情報を効率的に伝えるという点で本質は共通しており、それらがひとり歩きすることも期待して、全力投球してきた。

すると最近、機会が機会を呼ぶという流れが実感できるようになってきた。この連載も、本誌担当者が私のホームページに目を止め、私がかつて書いた文章を読んだことがきっかけになった、と聞いている。

良いプレゼンテーションが偶然を拾うことに繋がるのであれば、やらないのはセレンディピティを発揮する機会を逃しているに等しい。準備する時間が充分取れないという人には、私はこう答える事にしている[5]。プレゼンテーションには「型」があり、それを利用することが早道である。また、準備する時間はつくり出すものである。私の場合、日常の仕事の中で頭を使う必要の無い定型的な作業は、パソコンにやらせる電子化・自動化体制を構築した。前回触れた、好きこそものの上手なれ、にも繋がる話があるので、その一部を紹介する。

ブログが取り持つ偶然

数年前から実験ノート電子化して利用しており、この連載で紹介しているエピソードを正確に再現するのも役立っている。そして、この話もセレンディピティが絡んでいる[6]。

ある時、研究開発プロセスを高速化する手法を討論する国際ワークショップへの参加要請を受けたので、「ブログ[†]を利用した実験ノート」の紹介を行ない、全文検索や実験データから実験ノートへの自動リンクが有用であることをアピールした。ワークショップの本題から少しずれたトピックではあったが、当時、ブログの認知度はまだ低かったことが幸いし、興味を引くことが出来た。

折角の発表を形に残したく思い、英文のプロシーディングスを提出した。これが学術雑誌上でオンライン公開されると、意外な所からの反響が静かに広がっていった。私の論文[7]が複数のブログで紹介されたのである。

最初はフランスの大学図書館の公式ブログだった。次は、スイスの現役研究者。そして米国の図書館職員も取り上げてくれた。それらのブログを読んで自分のブログに取り上げたオランダ人とブラジル人も現れた。その総数は8人にのぼる(図3参照)。半年後、その雑誌のダウンロード数ランキングで、私の論文は11位につけることとなった。材料科学が主題のその雑誌において、異質な論文が異例な人気を博したことになる。

もちろん私は世界で初めてブログで実験ノートをつけた訳ではない。その便利さを、わざわざ英語で同業者達に説いた物好きに過ぎない。しかし、人を動かすプレゼンテーションを実践することで、偶然を引き寄せたのである。

[†]インターネット上で公開する個人の日記。実験ノートとして使う私の提案では、パスワード認証を掛けて運用する。

表 1: ブログを利用した実験ノートを紹介した筆者の論文 [7] の公開日程と、それを各自のブログ上で紹介してくれた人達。各ブログへのリンクは http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node8.html にまとめている。

論文の公開	ブログで紹介してくれた人
'04 年 12 月 10 日: ワークショップで発表	
'05 年 9 月 28 日: オンライン公開	
30 日:	→ パリ第 5 大学の薬学系図書館
10 月 5 日: 和訳をホームページで公開	
20 日:	→ 名古屋大学の大学院生
'06 年 1 月 24 日: 正式発行	
27 日:	→ スイスの研究者
2 月 4 日:	→ 米国の電子学習コンサルタント
17 日:	→ 米国の図書館司書
22 日:	→ オランダの図書館職員
3 月 18 日:	→ ブラジルの研究者
4 月 20 日:	→ 東京大学の大学院生
ダウンロード数 11 位 (1 月～3 月)	

おわりに

セレンディピティを発揮するには、偶然が起きなければ始まらない。そのためには、自分の仕事をひとり歩きさせ、偶然を拾うことである。人を動かすプレゼンテーションを常に心がけ、自分の仕事に接した人に行動を起こさせるのである。良いプレゼンテーションをするための準備に割く時間をつくり出す工夫も必須である。最終回は、ファイバフューズの空孔生成メカニズム解明のエピソードから、人の関与が及び難い偶然に注目する。

参考文献

- [1] 轟 眞市: “光ファイバの“路芯” 溶融伝播 — ファイバヒューズ現象とその対策”, 工業材料, **54**, 12, pp. 48–51 (2006). <http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:33144>
- [2] 轟 眞市: “先んずれば人を制す、写真撮らばファイバヒューズ”, 電気ガラス, **35**, pp. 14–18 (2006). <http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:33126>
- [3] 杉田 敏: “人を動かす！ プレゼンテーション”, PHP 研究所 (2005). ISBN 4-569-64690-5.
- [4] 轟 眞市: “プレゼンテーションと情報検索の技術”, セラミックス大学 (日本セラミックス協会教育委員会). http://www.ceramic.or.jp/ikyoku/index_j.html
- [5] 轟 眞市: “プレゼンテーションと情報管理”, <http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:28491> (2004).
- [6] 轟 眞市: “Blog と Google は使えよう — 実験ノートと研究業績リストの電子化とその効用”, 応用物理, **75**, 10, p. 1269 (2006). <http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:28475>
- [7] 轟 眞市, 小西 智也, 井上 悟: “ブログを基にした実験ノート: 個人の研究活動を効率化する情報環境”, <http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:33128> (Appl. Surface Sci., **252**, 7, pp. 2640–2645 (2006)).

セレンディピティの磨き方

— ファイバフューズ研究に至った縁と偶然 —

【第3回】ファイバフューズの真剣白刃撮り —

天は自ら助くるものを助く

物質・材料研究機構 轟 真市*

はじめに

この連載では、本誌 2006 年 12 月号でその一端を紹介した筆者のファイバフューズに関する研究 [1] の内幕を掘り下げて、セレンディピティ (偶然を契機にして道を切り開く能力) を磨く方法の抽出を試みている。先月号では、ファイバフューズの直接観察に関するエピソードを紹介し、他人の行動がもたらす偶然を拾う方法のひとつとして、効果的なプレゼンテーションを常に心がけ、自分の仕事に接した人に行動を起こさせることが有効と結論した。最終回は、ファイバフューズの空孔生成メカニズム発見にまつわるエピソードを紹介し、人の関与が及び難い偶然に注目する。

真夜中のサンクトペテルブルグ

「そうか、あのカメラをもう一度借りればいいんだ。」

帰国日の未明、とうとう時差に身体が順応しないまま目が醒めた。昨日の招待講演を終え、肩の荷を下ろして以来、ずっと頭から離れなかった問題の解決法が、今、頭の中にある。

「締切まで残り 20 日。拝み倒してでも借りなければ。」

締切とは、私の投稿論文に対する査読結果の回答期限である。昨日新たに発表したことを世の中に発信するためには、なんとしても越えなければならないハードルだ。ホテルのビジネスセンターが開くのを待って、超高速カメラメーカーの花香さん宛に、ローマ字で綴った窮状を

訴える電子メールを出した。あとは帰国してから考えよう。

前年の夏、花香さんからお借りしたカメラで世界初の映像を撮影し、続く秋の国際会議で認められたことが縁で、招待講演を頼まれ、春のサンクトペテルブルグを訪れる機会を得たのだった [2]。カメラの手柄だけしか話せないのは癪なので、研究を進めていったところ、興味深い発見をした。そこでロシアに出かける 1ヶ月前に論文を投稿しておいたのだった。

残されていた謎

ファイバフューズとは、数 W の光を伝搬している光ファイバの一部を加熱すると、そこにプラズマが発生し、それが光ファイバの中心に閉じ込められた状態で、光源に向かって進んでいく現象である [1]。毎秒約 1m で火の玉のが走る様子は壮観なのだが、残された光ファイバは破壊されて使いものにならない。放っておくと、光ファイバ回線が全滅してしまう恐ろしい現象なのである。

ファイバフューズにはもうひとつ奇妙な一面がある。火の玉の通った跡には、空孔が等間隔に並んでいて、しかもその形が弾丸状なのである (図 1 参照)。どのようにしてこんな奇妙な空孔列が生成するのか、誰も説明できていなかった。火の玉がまぶし過ぎて、その内部で何が起きているのか、知るすべが無かったからである。

その日私は、ファイバフューズを発生させては止めて、残された空孔を観察する実験を繰り返していた。光ファイバの消費量をなるべく少なくするために、ファイバフューズが停止した点を探して、そのすぐ先で切断し、次の実験に回していた。なんの気なしに、停止した点を顕微

*とどろき しんいち: 光材料センター 主幹研究員
〒 305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
URL: http://www.geocities.jp/tokyo_1406/

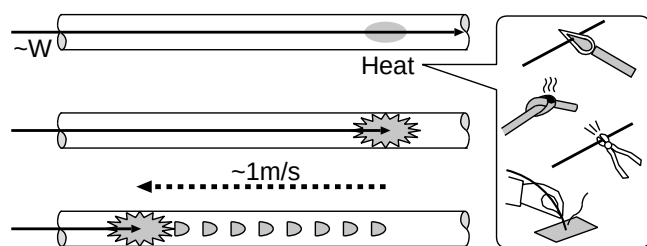


図1: ファイバフューズ発生プロセス。数Wの光が伝搬されている光導波路の一点を局所的に加熱すると、輝点が見え、光源に向かって毎秒1m位の速度で移動を始める。輝点の通った跡には、弾丸形状の空孔が周期的に並んでいる。

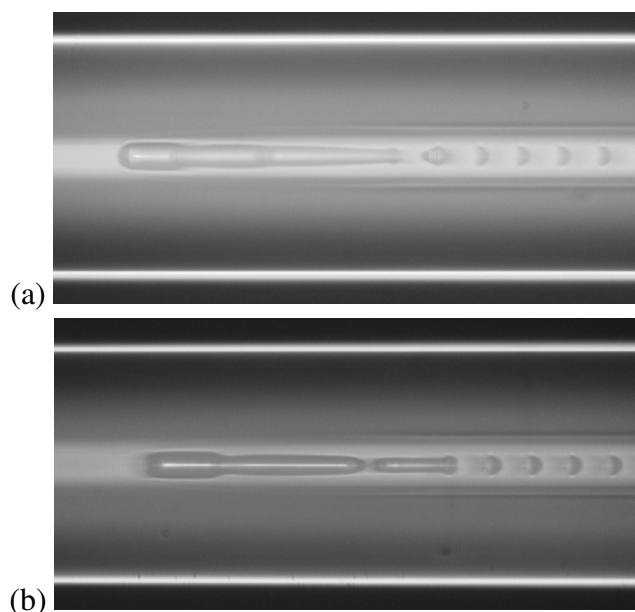


図2: 1480nm, 9.0 Wのレーザー光の注入により生成した損傷の光学顕微鏡写真。屈折率液に浸さずに撮影したので像が歪んでいるが、当時見たままの映像である。写真の上下に写る白い線は、直径125μmの光ファイバの輪郭。

鏡で覗いてみた。長細い空孔がひとつ横たわっていて(図2(a)参照)、その背後に見慣れた周期的空孔列が続いていた。初めて見る映像だったが、「そうか、この中に火の玉が存在していたんだな。」と納得して、それ以上は深入りしなかった。

数日後、同様の実験を繰り返していて、ふと手が止まった。停止点を観察している時だった。「なんだろう、このクビレは？」(図2(b)参照)その瞬間、閃いた。これはアニメーションのひとつコマを見ているのでは無いか？このクビレが末尾に移動し、続いて尻尾を切り離すことで、周期的空孔が生成するのではないかと。

しかしそれを検証するには、空孔を1個生成す

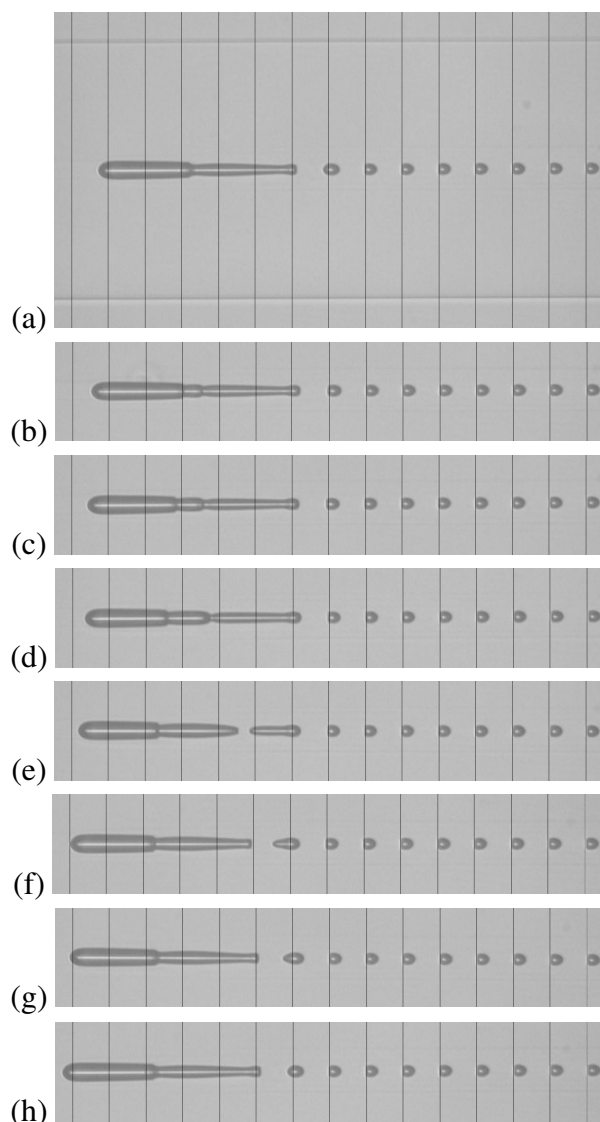


図3: 1480nm, 5.0 Wのレーザー光の注入により生成した損傷の光学顕微鏡写真。縦線の間隔は17.8 μm。一番下の写真は一番上のものと同じだが、左に17.8 μmずらしてある。これを動画に編集したものを、http://www.geocities.jp/tokyo_1406/node7.htmlで公開している。

る周期のうち、異なるタイミングで止めた写真を撮影し、時間順に並べなければならない。ファイバフューズが停止するタイミングは、レーザー光源のスイッチを切る手の動きで決まる。精密な制御など不可能だ。運の良いことに、ファイバフューズは停止したタイミングを比較できる基準点を残してくれている。周期的空孔そのものだ。

後日、同じ条件で多数の試料を作製し、撮影した写真を、基準点から細長い空孔の先頭までの距離が長くなる順に並べ替えた(図3参照)。予想通りの組写真を得ることができた。

審査員との一期一会

論文をまとめる際に、ひとつだけ神経を鋭くした箇所がある。この連続写真は、生きた火の玉をその場観察したものではなく、抜け殻を集めて並べたに過ぎない点だ。光ファイバ内部を融かす様な高温の状態が冷えて固まるまでに、短いながらも有限の時間が経過するわけで、その間に構造が変化してもおかしくない。その可能性は小さいことを示す状況証拠を、注意深く盛り込んでおいた。

三人の審査員のうち、一人は無条件に採択可としてくれた。もう一人も好意的で、建設的なコメントをくれた。しかし、残る一人は弱点を見逃さなかった。レーザー光源を切る際、強度が0になるまでの時間を示せ。それが長ければ、冷却までに空孔の構造が変化している可能性がある、と。

反論の機会は1回限り。期限は30日。しかしその1/3はロシア出張で潰れてしまう。必要なデータを取る装置は持っていないし、借りるアテも思いつかなかった。しかたがない。出張中にへ理屈を考えて反論することにして、旅立った。そして出した答が、もう一度、あの超高速カメラを借りることだった。

帰国すると、花香さんからのメールが届いていた。回答期限の10日前に、私が必要としている機材と全く同じものを、つくばの別の研究所でデモンストレーションするという。その前に2時間だけ、立ち寄ってくれることになった。有難い。これで首が繋がった。

しかしまだ一つ問題が残っていた。用いるレーザー光は赤外線なのでカメラに写らない。目に見える光に変換する手段を考えておいたのだが、予備実験をしてみると、うまくいかないことが分かった。すると残された手段はただ一つ。ファイバフューズが停止する瞬間を、カメラに収めることである。

ファイバフューズの真剣白刃撮り

これは難しい実験になる。毎秒500mm程度で走る火の玉が、カメラの前、幅5mm程の視野に入ったらすぐ消えるよう、レーザー光源のス

イッチを切らねばならないのである。しかも手動で。1/100秒のタイミングを制御できるような手がかりは一切無い。失敗すれば、論文は切り捨てられる。粛々と準備を進め、カメラの前で火の玉が確実に止まるよう、気合いを入れて練習を重ねた。

晴れわたった初夏の早朝。清々しい気分で、花香さんと待ち合わせた駅前に降り立った。この日初めて顔を合わせる若手、相澤さんの運転する車に乗り込み、職場を目指した。用意した試料は11個。許された2時間ではこれが限度である。しかし、不思議と失敗を恐れる気持ちは湧いてこなかった。必ず成功させてやる、といった気負いも無く、ただ時の流れに身を任せている様な気分だった。

撮影条件を決めるために、2回流した。撮影本番では、停止点が明らかに視野を外れたもの以外は、記録した映像を低速再生して確認しないと、成功か否かが分からない。何も写っていないもの、視野を通り過ぎてしまったもの、いくつか続いた。7回目の撮影結果を見ている時、画面の端から現れた火の玉が視野を横切り始めてすぐに、フッと消えた(図4参照)。

やった！成功だ！！

三人で固い握手を交わした。成功の余韻を味わう暇もなく、二人は次の訪問先へと出かけていった。

天は自ら助くるものを助く

光が消える時間は「7 μ 秒以下」と算出できた。論文は無事採択が決まった。あの真剣白刃撮りをもう一度やれ、と言われても、できるかどうか分からない。背水の陣にあって、雑念無く向かい合えたからこそ成功したのだ。いわば、氣の問題である。禅でいう「水の心」とは、ああいう心境を言うのかも知れない。

この境地は、前回までに触れた2種類の偶然—自分が引き起こした偶然と他人がもたらした偶然—があつてたどり着いたものである。手を動かしているうちに、たまたま見付けたクビレのある空孔写真をみて、空孔生成機構のアイデアを思いついた。ロシアからの電子メールの訴えに応じて、たまたま必要とする機材によるデモ

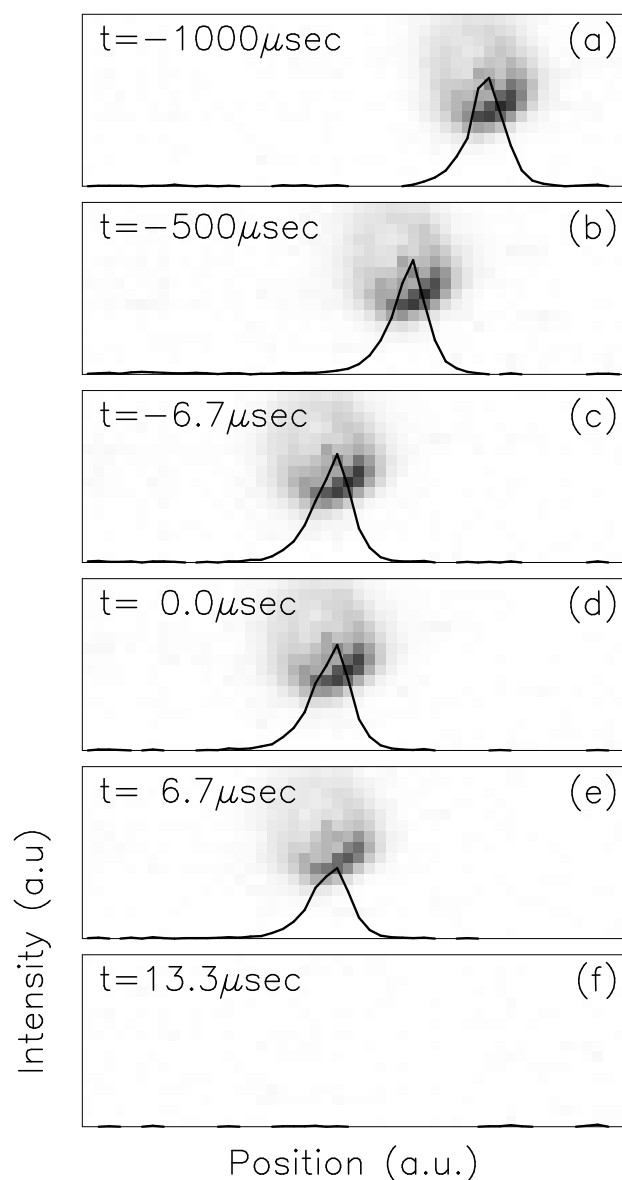


図 4: ファイバフューズが消える瞬間を捉えた連続写真。ピントが僅かにずれているので、ドーナツ状の映像になっている。折れ線は、強度が最大の点を横切る、ファイバ軸方向の強度分布。視野を横切るファイバフューズ(a~d)の強度が突然減少し(e)、次のコマでは消えてしまった(f)。

を近所で行うことが分かり、機材を回してもらった。天の采配に臨んで平静を保てたのは、セレンディピティによる流れを感じられたからだと思う。

改めて振り返れば、こんな曲芸まがいな実験に全てを賭けなくとも、しかるべき実験科学者の門を叩き、指摘された通りのデータを取ることでもできたであろう。しかし、これはこれで良かったと思っている。かつてファイバフューズの最初の撮影を成功させた同志と、再び成功の瞬間を共有できたのだから。ここに改めて、花香さんと相澤さんに感謝の意を表したい。

おわりに

セレンディピティを発揮するには、偶然が起きなければ始まらない。自らの手を動かしたり、人を動かすプレゼンテーションを心がけたりすることで、偶然を拾い続けてゆけば、それが流れとなって、ついには天をも味方に付けることが出来るのではないか？ たった一つの事例からでは一般論にはなり得ないが、この問題提起が、読者諸兄姉のセレンディピティを磨くきっかけになることがあれば幸いである。

おしらせ

3月末の応用物理学関係連合講演会(神奈川県相模原市)にて、「ランダム系フォトエレクトロニクスのセレンディピティー」と題したシンポジウムが開催され、筆者も登壇します(3月28日 2:25~、28p-ZW-3)。

参考文献

- [1] 轟 眞市：“光ファイバの“路芯” 溶融伝播 — ファイバヒューズ現象とその対策”，工業材料, **54**, 12, pp. 48–51 (2006).
<http://pubman.mpgdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:33144>
- [2] 轟 眞市：“先んずれば人を制す、写真撮らばファイバヒューズ”，電気ガラス, **35**, pp. 14–18 (2006).
<http://pubman.mpgdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:33126>