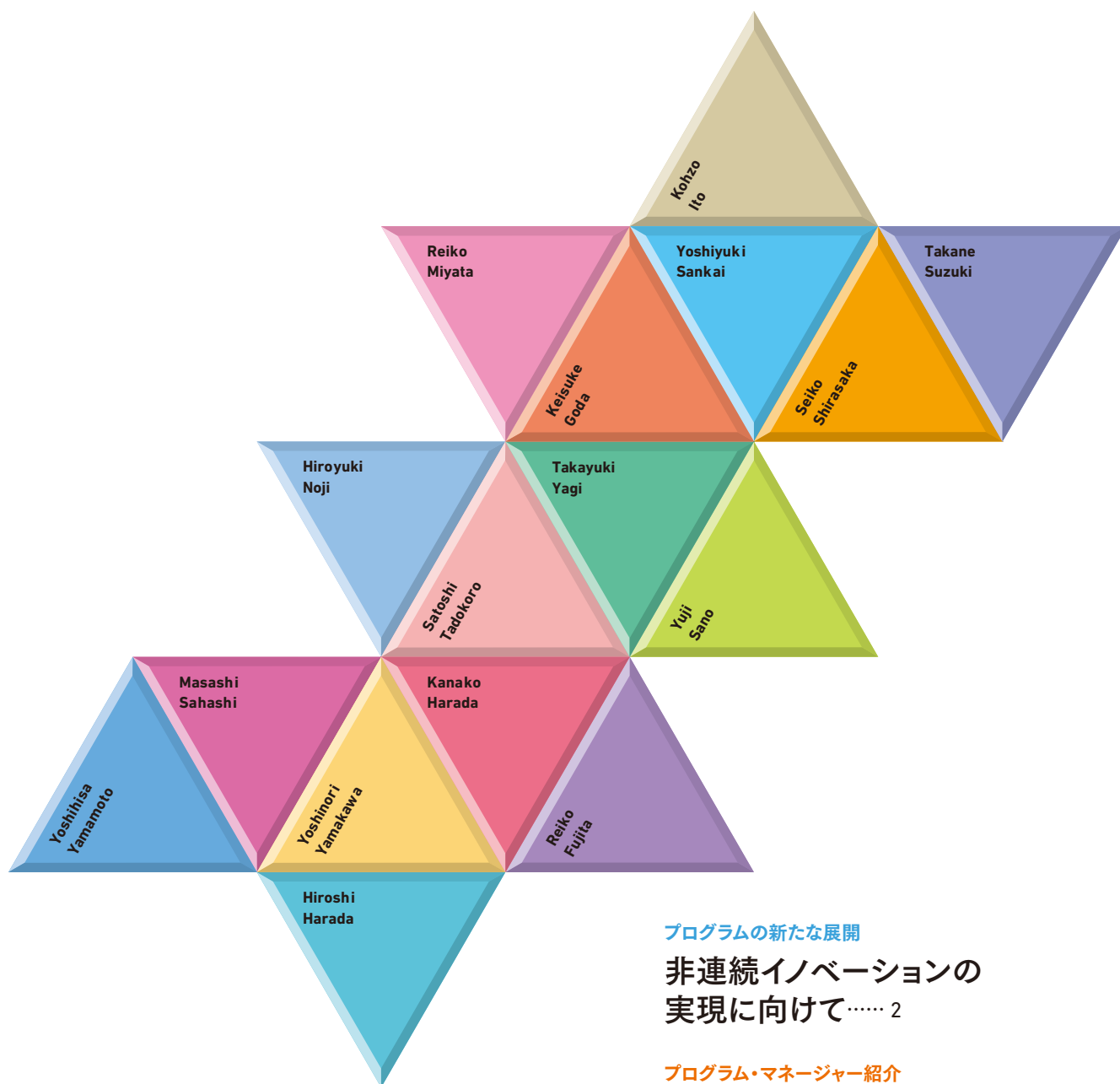


Impulsing
Paradigm
Change through Disruptive
Technologies Program

Vol. **6** July, 2016

ImPACT

NEWS LETTER



プログラムの新たな展開

非連続イノベーションの
実現に向けて…… 2

プログラム・マネージャー紹介

未来開拓者の系譜 6 …… 8

八木隆行 PM

山本喜久 PM



革新的研究開発推進プログラム
ImPACT
Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program

非連続イノベーションの実現に向けて

ImPACT (革新的研究開発推進プログラム) は、公募で選ばれた 16 名のプログラム・マネージャー (PM) を中心に、それぞれのプログラムが“ハイリスク・ハイインパクト”な研究テーマに挑み、日々、目覚ましい成果を上げています。そうしたプログラムの最新動向をご紹介します。

P M Yamakawa

公開シンポジウム・Brain Healthcare チャレンジ結果発表

本年3月、都内で山川プログラムの2015年度公開シンポジウムを開催しました。本プログラムでは、国民への活動の紹介や将来の新市場の担い手となる企業との関係構築を目的に、毎年度末に公開シンポジウムを開催しています。2015年度のシンポジウムでは、PMによるプログラムの進捗報告の他、3名の統括技術責任者による、「人工知能 (AI)」、「ロボット」、「ビッグデータ」といった関連するホットピックの概観やプログラムでの取り組みについての講演を行いました。また、企業や研究機関の参加をオープンに募った Brain Healthcare チャレンジの表彰式も開催しています。企業の参加者を中心に、一部 (講演他) に315名、二部 (意見交換会・ポスターセッション) に136名もの参加をいただき、大盛況となると共に、活発な意見交換が行われました。

Brain Healthcare チャレンジは、脳の健康促進の観点から、非医療分野の製品やサービスに関する革新的なアイデアを幅広く募集し、有望なアイデアについて実際に脳の状態を計測する実証トライアルを行い、その提案内容が脳の健康に与える影響について科学的

観点から評価する活動です (活動の目的・概要および昨年度の入選アイデアについてはNEWS LETTER Vol.3で紹介させていただきました)。

シンポジウムの表彰式では、入選アイデアの中から厳選した5件について実証トライアルを行った結果についても発表しました。具体的には、パブリカキサントフィル (江崎グリコ株式会社)、一般財団法人生産開発科学研究会、ビール苦味成分 (麒麟株式会社)、オフィスストレッチ (コクヨ株式会社) や臨床美術 (凸版印刷株式会社)、カラーレンズ (東海光学株式会社) について、それぞれ約1カ月の介入を行い、前後の脳の状態の変化を、脳MRIの撮像データを基に本プログラムで開発した独自の脳の健康指標 (BHQ) によって評価しています。

結果としては、脳の若々しさを示す脳の健康指標 (BHQ) に対して、実証トライアル前後で脳の容積の増加や神経繊維の増強の影響が示唆され、商材ごとに異なる結果が得られました。なかでも、オフィスストレッチは統計的に有意な結果を得られています。これらは今後さらなる研究開発を通じて、脳の健康維持・増進に

シンポジウムの様子

一部の様子



二部の様子



効果のある商材の開発につながると期待されます。(詳細はプレスリリース http://www.jst.go.jp/impact/hp_yamakawa/document/download/healthcarebrain_trial_result201603.pdf をご覧ください。)

山川プログラムでは、今回紹介しました公開シンポジウムや Brain Healthcare チャレンジの継続的な実施に加え、30社を超える企業が参加するコンソーシアムの運営も行い、本プログラムの成果を社会に展開するためのアウトリーチ活動を推進していきたいと考えています。また、社会実装の担い手として、一般社団法人ブレインインパクトを設立し、試験的なサービスの提供やプログラム外企業との共同研究のサポートを始めています。

脳の健康維持・増進を目的とした実証トライアルに選ばれたアイデアとその予備的結果

商材実証概要 (企業名)	パブリカキサントフィル 毎日ドリンク1回 (江崎グリコ)	ビール苦味成分 毎日コップ1杯分 (麒麟)	オフィスストレッチ 毎日運動5分 (コクヨ)	臨床美術 毎週ワーク1時間 (凸版印刷)	カラーレンズ 毎日装着3時間 (東海光学)
容積値(大きさ)の 増加者率	 47%	 60%	 37%	 59%	 52%
拡散度(太さ)の 増加者率	 40%	 44%	 70%	 55%	 62%

ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジフィールド評価試験会

2016年6月1日～3日にフィールド評価試験会を開催しました。

タフ・ロボティクス・チャレンジでは、3つの非連続イノベーションを目標として、タフでへこたれない災害ロボットの基盤技術を研究しています。1つ目は技術的イノベーションで、5種類のロボットプラットフォームに各種技術を搭載し、災害環境での効果を実証し、タフ・ロボティクスを確立することを目指しています。2つ目は、社会的イノベーションで、各現場の条件下での作業を可能にすることによって、災害予防・緊急対応・復旧に寄与することを目指しています。3つめは、産業的イノベーションであり、タフ技術が産業に波及し、新事業創出に寄与し、災害ロボットの技術と事業の技術循環をもたらすことが目標です。

このためにフィールド評価試験は重要な役割を果たしています。

災害問題に取り組むには、社会のニーズや問題の性質をよく知らねばなりません。現場の状況を模擬したモックアップ環境で試験することにより、



プラントのはしごを登る脚ロボット

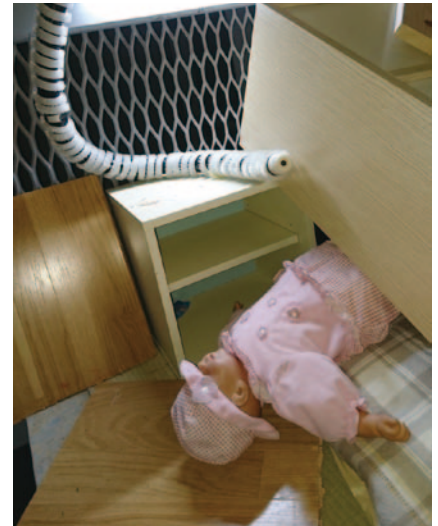


スタッフが手に持っているホース状のモノが索状ロボット

研究者は現場での種々の潜在的な問題を、体験を通して知り、研究開発にフィードバックできます。また、フィールド評価試験の場に防災専門家やロボットの潜在的ユーザを呼んでディスカッションを行うことにより、研究者がそれまで気づかなかった問題を知ることができます。

防災ユーザは必ずしもロボットの専門家ではないため、偏った先入観（使えるはずがない、何でもできそうなど）を持ちがちです。ユーザがロボットの能力と限界を正しく認識し、適切に導入を進めていくためには、現場模擬環境で性能を確認し、ユーザ課題にどのように適用できそうか、どこが問題になりそうか、を見極めることが大切です。そのために、フィールド評価試験は大きな役割を果たしています。

防災は市場が小さく、高度技術の維持が困難で、価格が高くなりがちです。この問題の解決策は、技術を平時の民生用途に活用し、市場原理で育て、維持していくことだと考えています。つまり、個々に研究した成果を防災以外の製品やサービスに組み込んでいくことが必要です。そのため、関連企業にフィールド評価会に出席していただき、ビジネス・インサイトを喚起すること



倒壊家屋の中に索状ロボットが入り、屋内に閉じ込められた人を探索

によって、新規事業を興し、既存製品を高度化することを検討していただいています。

6月1日の公開評価試験には、約150名の見学者に来ていただき、数十件のメディアに取り上げていただきました。そこでは、災害予防のためのプラント点検をテーマとして、脚ロボットがプラントのはしごを登って軽作業を行い、索状ロボットがプラントのパイプに巻き付いて移動していくところをデモしました。また、地震倒壊家屋瓦礫での要救助者搜索をテーマとして、サイバー救助犬のサイバースーツが瓦礫内に取り残された要救助者の搜索を支援すること、索状ロボットが熊本地震を模擬した瓦礫空間内に進入して騒音下で要救助者の声の聞き取りを行えるところを見ていただきました。さらには、暴風雨の環境下でドローンが安定に飛行できることをデモしました。

今後、年2回のペースでフィールド評価試験会を開催し、これをマイルストーンとして研究成果を着実に上げていく計画です。

P M Ito

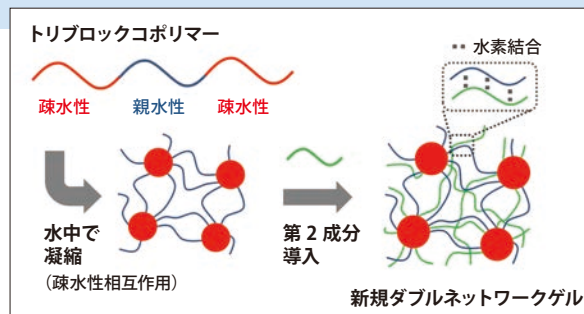
「トリブロックコポリマー」を用いた新たな高強度ハイドロゲルを開発

伊藤プログラムの一環として、新たな高強度ハイドロゲルを開発しました。ハイドロゲルは網目状高分子が水を含んだ材料であり、一般に生体適合性が高く、特に医療材料として期待されています。しかし、従来のハイドロゲルは一般にゼリーのように脆く、実用化は困難でした。今回、私たちは、疎水性—親水性—疎水性という構造のトリブロックコポリマーを水に溶解させて得た非共有結合性ハイドロゲルの内部にポリアクリルアミドを導入することにより、強靱な新規ダブルネットワークゲルを得ました。このゲルは、水を大量に含みながらもゴムに匹敵する強靱性（引張破断応力10 MPa、引裂エネ

ルギー 2850 J/m²）、こんなに多くの100倍もの硬さ（引張弾性率14 MPa）

などを有する、極めて丈夫な材料です。また破断歪の600%まで応力と歪が線形関係を保つ点も特徴的です。

本ゲルの強靱化には、ゲル内部に存在する2種類の非共有結合、すなわち、トリブロックコポリマー疎水部間の疎水性相互作用、およびコポリマー親水部とポリアクリルアミド間の水素結合が重要な役割を果たしています。本ゲルは、切断しても亀裂を簡単に修復できるほか、任意の形状（例えば薄膜状）への成型も可能です。さらに本ゲルは、生体内のような塩存在下でもその強さ



ダブルネットワークゲルの作り方

トリブロックコポリマーを水に入れると、両端の疎水性部分が凝集して網目構造を作り、ゲルとなる。本ゲルに第2成分を導入することで、ブロックコポリマーの親水部と第2成分が水素結合を形成し、新規ダブルネットワークゲルができる。

を維持できることから、生体埋入用材料としても有用だと考えられます。今後は、生体適合性のある分子を用いることにより、医療材料（特に医療用薄膜）への応用展開を目指します。

北海道大学大学院先端生命科学研究院
龔 剣澤、中島 祐

P M Ito

「切り紙」の高い伸長性を説明する美しい数式を発見

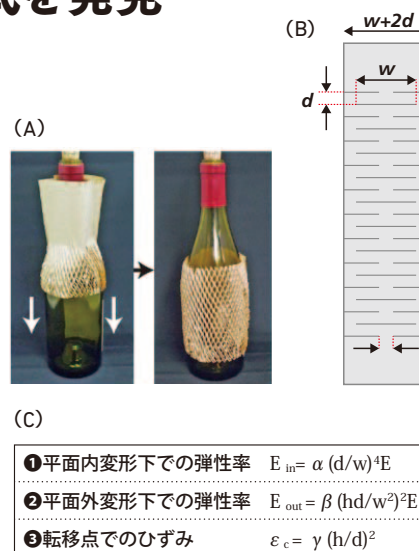
—工学応用・再生医療に向けた開発原理を示す—

お茶の水女子大学の奥村剛教授は、伊藤プログラムの一環として、「切り紙」の構造がもつ高い伸長性の鍵が、平面内変形（二次元的な平らな状態を維持したままの変形）から平面外変形（三次元的な立体的な構造を取る変形）への転移現象（突然の変化）にあることを見出し、その物理的な原理を明らかにしました。

「切り紙」構造は、シート状物質に規則的に穴を配置した構造で、引っ張ることで柔軟に変化し立体的な構造を創り出すことができます。身近な例としては、ワインボトルなどにかぶせる緩衝材があります。この構造は、フレキシブルな電極や太陽電池などの様々な工学応用や再生医療における細胞シ-

トへの展開が期待されます。

今回、奥村教授らは、「切り紙」の柔らかさを表す量（弾性率）と「切り紙」が平面内変形から平面外変形に転移する条件を、シンプルで美しい数式により表すことに成功しました。数式は、実験データとよく整合し、特に平面内変形の場合の弾性率の式と転移の条件式は極めて精度よく成立し、切り紙構造を応用展開する際の明確な指導原理となります。今後、最先端の自動車技術としてリチウムイオン電池などに組み込まれる多孔性高分子膜の強靱化などへの展開も期待されます。なお、これらの結果は、Sci.Rep.誌に発表し、特許出願も行い、新聞・Webなどでも報道されました。



(A) 切り紙構造を利用した緩衝材 (Sci. Rep. 6, 24758; CC BY4.0)。 (B) 本研究で着目した本質を損なわずにシンプル化した切り紙パターン。 (C) 切り紙構造の高い伸長性の物理的本質を表す3つの数式。弾性率は、「切り紙」の柔らかさを、「ひずみ」は切り紙ののびを表す。d、h、wは切り紙のパターンを表す量（hはシートの厚さ）。Eは素材の弾性率（ α 、 β 、 γ は数値係数）。



油を多く産生するユーグレナ変異体を 選抜する品種改良法の開発に成功

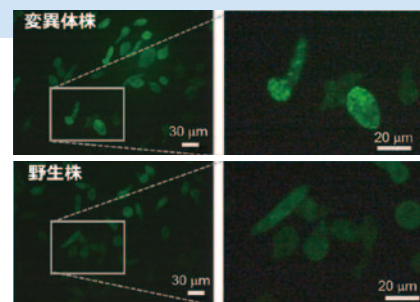
株式会社ユーグレナの岩田修主任研究員の研究チームでは、膨大な数の細胞集団に刺激を与え、有用な細胞の創出やそれを見分けるための技術を開発しています。本チームと東京大学大学院理学系研究科の合田圭介教授らは、ミドリムシ（学名：ユーグレナ）変異体を効率的に作出し選抜する品種改良法を開発したことを発表しました（<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20160523/index.html>）。本研究は2016年5月23日にネイチャー・パブリッシング・グループの電子ジャーナルScientific Reportsで公開されました。

ユーグレナはバイオ燃料への応用が進められていますが、個体ごとに僅か

に特徴の異なる膨大な集団から目的の特徴をもつ個体を選抜することは困難です。本チームで開発した効率的な選抜の手法により、重イオンビームを照射して作出した様々な特徴をもつ集団から、これまでよりも油脂を多く含むユーグレナの取得に成功しました。

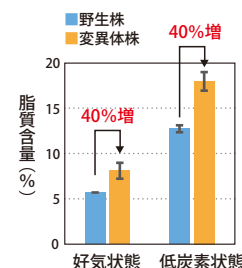
本手法を現在開発中のセレンディピター（膨大な数の細胞集団から希少な単一細胞を迅速かつ正確に取り出して解析する装置）と組み合わせることで、さらに膨大な集団から有用な特徴をもつユーグレナを取得することで、バイオ燃料研究の加速が期待されます。

産業利用を想定したユーグレナの品種改良はこれまでほとんど報告されていませんでしたが、本成果はセレン



蛍光が強い細胞ほど油脂を多く含む

染色した本来のユーグレナ（野生株）と変異体ユーグレナの顕微鏡画像および油脂含有量の比較

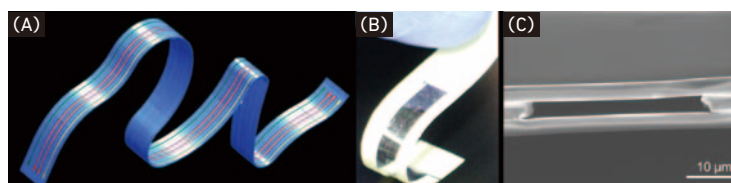


ディピターでより有用なユーグレナを品種改良により取得できる可能性を示しています。今後、油脂を超高生産するスーパーユーグレナを見つけられるようにプログラムを推進していきます。

フレキシブルな世界最薄の ガラス流体チップを開発

理化学研究所生命システム研究センター集積バイオデバイス研究ユニットの田中陽ユニットリーダーとヤリクン・ヤシャイラ特別研究員らのチームは、膨大な細胞集団から高速で正確に細胞を計測分取するために必要な薄い流体チップの作製技術を開発しています。本チームは、超薄板ガラスを用いた柔軟な次世代型流体チップの作製技術を開発したことを発表しました（<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20160526/index.html>）。本研究は、2016年5月26日に英国の科学雑誌Lab on a Chipオンライン速報版に掲載されました。

ガラスは小型の次世代型流体チップ



(A) 超薄型ガラス流体チップのイメージ図。薄くて柔軟で、リボンのように扱える。(B) 今回開発した技術で作製した超薄型ガラス流体チップ写真。(C) 超薄型ガラス流体チップの断面を電子顕微鏡で観察した結果。上、中、下の三層構造で、厚みは12 μm。

の材料として期待されていますが、厚い、重い、硬いなどの性質が問題でした。本チームは、近年市販されている厚さ4 μmの超薄板ガラスに着目しましたが、従来の技術ではこのような薄いガラスの加工ができませんでした。

そこで、奈良先端科学技術大学院大学の飯野特任助教らと共同して開発した超短パルスレーザーを用いた高精度な加工技術と、これまでに開発した接合技術を用いて、従来のガラスチップより格段に軽く柔軟な、世界最薄（12

μm）のガラス流体チップを作製し、次世代のガラスデバイス作製の基盤技術を確認しました。

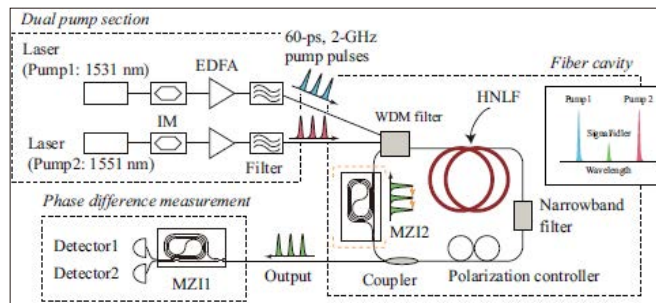
今回の成果は、現在開発中のセレンディピター（膨大な数の細胞集団から希少な単一細胞を迅速かつ正確に取り出して解析する装置）の流体チップの基礎技術として重要な役割を果たすほか、個別化医療、生命科学研究、エネルギーデバイスなど幅広い分野への貢献も期待できます。

PM Yamamoto

光による大規模スピンネットワークの実現

現代社会の様々な分野に登場する大規模な組み合わせ最適化問題や機械学習は、現在のデジタルコンピュータにとって最も困難なタスクの1つとなっています。一方、多くの組み合わせ最適化、機械学習の問題は、磁性やスピンガラスを記述するイジングスピンモデルにマッピングできることが知られています。そこで、大規模なイジングモデルを実装できる量子系を超伝導回路、トラップイオン、冷却原子、機械振動子などで実現し、これを現代コンピュータの一部（アクセレータ）として用いる量子計算スキームが世界各国で研究されています。しかし、いずれの系でも、大規模化・高密度接続は容易ではありませんでした。

NTT基礎研究所（武居弘樹研究開発責任者）は、 $N \sim 10,000$ のイジングス



縮退型光パラメトリック発振器による $N=10,000$ スピンの実現

ピンを持つ縮退型光パラメトリック発振器（DOPPO）を、長さ $\sim 1\text{km}$ の光ファイバー共振器中に時分割多重光パルスという形で埋め込む技術を開発しました（図）。このDOPPOは、発振閾値以下のポンプレートでは量子アナログ素子として動作し、解の量子並列探索を可能にします。一方、DOPPOは発振閾値以上のポンプレートでは古典デジタル素子として動作し、確定させた解を安定に出力することを可能にします。研

究グループでは、すでに $N \sim 1,000,000$ という大規模DOPPOパルス（イジングスピン）を同時に発生させることにも成功しています。

PMのコメント：今回、ImPACTプロジェクトが目指している量子人工脳ハード技術の半分が開発されたこととなります。今後は、残りの半分である量子測定フィードバック回路の開発に注力し、早急に量子人工脳を仕上げたいと考えています。

PM Ito

「G7 科学技術大臣会合特別展」に出展

伊藤プログラムでは、5月14日～17日の間、つくば国際会議場で開催された「G7科学技術大臣会合特別展」に出展し、パネルや動画、各種サンプルなども使って、「しなやかなタフポリマー」の実現やその応用展開に向けた取り組み、これまでの主な成果について紹介するとともに、昨年9月の「総合科学技術・イノベーション会議」の時と同様の、自己修復性ポリマーや高強度ジェルに関する演示実験を行いました。

期間中、伊藤PMは連日説明に立たれましたが、苦勞の甲斐あって、カルロス・モエダス欧州委員（研究・科学・イノベーション担当）、駐日英国大使館一等書記官、内閣府事務次官、日経

やNHKといったマスコミ関係者、茨城県職員、会合運営スタッフ、他の出展者など、多数の方々にお立ち寄り頂きました。皆さんどなたも、伊藤PMの説明に熱心に耳を傾ける一方で、演示実験においては、「安倍総理も叩かれたタフポリマーサンプルと、その時使用されたハンマーです」との説明に、熱心に何度もサンプルを叩いていたのが印象的でした。

また、15日には、開催記念シンポジウムの一般参加者もお立ち寄りになりましたが、特に、中高校生は、一度切り離れたポリマーが瞬時に復元する現象を間近に見て、強烈なインパクトを受けた様子でした。



このように、今回の出展によって、タフポリマーの画期的特性や材料分野における日本の科学技術力の高さを国内外にアピールすることができましたが、併せて、演示実験を見た中高校生が、これをきっかけに、優れた科学者に育っていくことになれば、日本の未来にとっても実りある出展になったと言えるでしょう。

「第16回総合科学技術・イノベーション会議」にて進捗を報告

2016年3月28日に開催された「総合科学技術・イノベーション会議」において、最近の科学技術の動向として田所諭プログラム・マネージャー（PM）が進める「タフ・ロボティクス・チャレンジ」についてのプレゼンテーションが行われました。

最初に田所PMより、現在のロボティクスの課題として整えられた実験環境では優れた性能を発揮するものの、環境条件が整わないと性能を発揮できないことが提示され、この課題に対して、災害現場のように環境条件が悪くてもその能力を発揮できるタフ・ロボットの実現を目的に、中心となる5種類のロボット・プラットフォームおよびそこに集約していく基盤技術の開発を進めていることが説明されました。続いて、東北大学大野和則准教授より、ロボット・プラットフォームの1つとして本プログラムで開発を進めるサイバー

救助犬についての説明が行われました。サイバー救助犬は、GPSや無線カメラなどのIT機器を備えたサイバースーツを災害救助犬に装着することで、犬の優れた知覚・運動能力と、IT技術を使った位置把握・遠隔認識を融合させる取り組みで、当日は日本救助犬協会の井田訓練士がサイバー救助犬“ゴン太”とともに登場し、デモンストレーションを行いました。

安倍総理も興味をもたれた様子で、最後に「本日拝見した『サイバー救助犬』は、動物と機械やITを組み合わせ、世界でも珍しい取り組みです。救助犬の嗅覚や身体能力に、計測・記録・解析と情報伝達の機能を組み合わせ、人命救助を迅速かつ効率的に進めることができます。こうした独創的な発想に基づく研究開発が、社会に新たなイノベーションを生み出すことを期待しています」とのご発言がありました。



発言する安倍総理 出典：首相官邸HP



田所PM、大野准教授よりサイバー救助犬の説明を受ける安倍総理と島尻大臣(写真上 左から島尻大臣、安倍総理、田所PM、大野准教授 写真左下：井田訓練士) 出典：首相官邸HP

今後の イベント予定

イベント名	公開シンポジウム「クモ系研究の最前線：進化・生態・機能」 鈴木PM
開催日	2016年8月20日(土)
開催場所	東京大学 柏キャンパス 新領域環境棟 1階FSホール
備考	本シンポジウムは日本蜘蛛学会と共催し、日本蜘蛛学会第48回大会中に開催しますが、本シンポジウムのみ、一般の方も無料でご参加いただけます。詳細は、下記HPを参照してください。 http://www.arachnology.jp/meeting.php?n=2
イベント名	ImPACT 原田博司プログラム 「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」 キックオフシンポジウム 原田(博)PM
開催日	2016年9月12日(月)
開催場所	ベルサール神保町アネックス
イベント名	InterOpto 2016 佐野PM ブース出展
開催日	2016年9月14日~16日
開催場所	パシフィコ横浜
イベント名	国際シンポジウム 佐橋PM
開催日	2016年9月30日(金)
開催場所	つくば国際会議場

申し込み方法等詳細は、ImPACTのHPにて随時ご案内いたします
URL:<http://www.jst.go.jp/impact/>

痛くない、傷つけない

「リアルタイム 三次元可視化技術」で 安全・安心な社会を目指す

超高齢社会となった現在、八木隆行PMは、光超音波を使ったまったく新しい可視化技術の開発・実用化によって、より安全・安心な社会の実現を目指している。企業の研究者として、いくつもの先端技術を社会に送り出してきた八木PMとはどのような人物なのか。その話から人柄とプロジェクトを成功させるシナリオが垣間見えた。

Takayuki YAGI



プロジェクト成功の秘訣は
ほとんどユーザーを巻き込むこと。

八木隆行

1983年 東京工業大学大学院修士課程修了
1983年 キヤノン株式会社入社
2005年 同社・先端融合研究所 所長
2008年 同社・総合R&D本部 上席担当部長
2014年～ ImPACT プログラム・マネージャー

演劇・美術にはまった大学時代

「僕は文系の方が向いていたかもしれませんが」と、いきなり衝撃的な発言をした八木PM。自然の法則に興味をもち上智大学の物理学科に進学したものの、2年生ですべての単位を取ってしまったからは、劇場や美術館に足しげく通うようになったという。夢の遊眠社、つかこうへい事務所、新宿花園神社の状況劇場……。いずれも当時を代表する劇団ばかりだ。大学時代の思い出は演劇、美術など文化にかかわるものが多い。時代の空気を敏感に感じながら青春時代を過ごしてきたことが伺える。

群馬県出身の八木PMは、上智大学に入ると四谷にあった学生寮に入った。「まさに、井上ひさしの小説“モッキンボット師の後始末”の世界でした」と当人が話すように、神父さんや寮仲間との生活でも貴重な体験をしたようだ。今でも興味があって調べることがあるという西洋美術史にも、この頃に出合った。「西洋美術史は特に面白くて、美術部に入ったくらいです。キャノンに入社後も絵を描いて、知人の紹介で喫茶店など幾つかの店に飾って貰いました」見たもの聞いたものを鋭くとらえる心は、この頃に大きく育ったのだろう。

就職するために選んだ イメージング研究

大学卒業後、八木PMは東京工業大学大学院の物理情報工学科に進むことを決めた。物理情報工学では“イメージング”といった情報の画像化・視覚化を扱う。さまざまな研究分野がある中で“画像の世界”を選んだことは、演劇や美術に親しんだ八木PMにはごく自然なことだったのではないだろうか。そしてこのイメージング技術が、今ImPACTで取り組むテーマへとつながっていく。

新しい技術として、画像処理や光記録、印刷技術が急成長を遂げた1970～80年代。所属した井上英一、小門宏、清水勇研究室は、日本の複写機産業を興したといっても過言ではない研究室で、教授2名と助教授1名(当時)のところに、キヤノン、富士フイルム、大日本印刷、凸版印刷、コニカなど写真、複写機、印刷技術を扱う企業から20名近い派遣研究者が常在籍する活気のある場所だった。八木PMは、新材料の光導電性メカニズムを研究テーマにしており、後に、液晶テレビや太陽電池に使われる非晶質半導体“アモルファスシリコン”を扱っていた。

「ガテン系の先生が指導教官でした。その清水勇助教授(当時)がしゃにむに研究する姿を見て、自分も寸暇を惜しんで研究しました」当時の研究室は、材料研究だけをすればいいのではなく、製造装置や測定装置、解析プログラムもほとんど市販されていなかったため、自前でつくらなくてはならなかった。成果を出すには、こうした作業も含めてどうしても長時間の研究が求められた。八木PMも連日研究室に泊まり込んでいたという。

これほど熱心に向き合った研究だったが、「博士に残るか」という誘いを断り、キヤノンに就職した。その理由を、「企業から来た人たちを見ていて、企業の方が研究費も潤沢にあって大きな研究ができると思ったから」と話す。

インクジェットプリンタで 最初の成功体験

「30歳代半ばになるまで、研究成果が製品になることはありませんでした。その頃に、これでキヤノン在職中分の研究成果を出したと思う出来事がありました」今では、“若気の至り”だったと振り返るが、開発したものの大きさを考えたら、若かった八木PMがそう思ったのも無理はなかったかもしれない。

1990年代、プリンタメーカーはその技術を競い合っていた。そこへ某社が写真画質で印刷できるプリンタを発売し、大きな市場を占めるようになった。八木PMのいたキヤノンは、世界最高画質奪還のために、バブルジェット方式プリンタのバブル発生メカニズムから見直し、インクのサイズを極限まで小さくして写真画質を得ることを目指していた。画像はつくれるものの、プリンタを製造するには、いつも同じインクジェットヘッドがつくれるわけではなかったため、製品化に結びつかないという状況だった。求められる技術の難しさから、社内にもバブルジェット方式ではできないのではと考える人たちも出始めていた。そこへ、八木PMがプリンタヘッドにMEMS(微小電気機械システム)を使ってインクヘッド構造を変えたことで、インクの吐出を安定化させることに成功。製品化の「デスバレー(死の谷)」を越えることができた。そしてバブルジェット方式の写真画質プリンタが誕生し、それが会社に大きな利益をもたらした。

こうして「一生分は働いた」と思ったわけだが、その思いとは裏腹に仕事はいっそう忙しくなっていた。

プロジェクト成功の法則

「室長にならないかという話が出てきて、それは嫌だと一度は断りました。事業成果を出すのは大変であり、室長になるということは部下の数に見合った成果を出す、食べさせなくてはならないということです。家族まで含めればその責任は大きなものです」と八木PM。社内での出世をそれほど望んではいなかったようだ。しかし、やりたくないからといって逃れられるものではない。結局、室長になったことで覚悟が決まり、以後、本格的にプロジェクトを成功させるための“作戦”を考えるようになったという。



キヤノンに入社した頃に描いた風景画。
喫茶店やアンテナショップに展示した。



幹事を務めた恩師の清水教授の退官記念会
(1999年)

室長として最初に取り組んだのが、カメラのピント板の開発だった。ピント板とはピントが合っているかどうかを確認するためのもので、プロのカメラマンはファインダーを覗いて真っ先にボケ味と明るさを確かめるといわれるほど、ユーザーがカメラ選びで大事に思っているパーツだ。当時、キヤノンのピント板の評判はかなり高かったが20年間同じ技術を使用しており、少し暗いという欠点があった。アナログからデジタルカメラに移る時期から、改善したいという動きが社内に生まれた。「この仕事を成功させた後、家電量販店に出かけた時、自分たちが開発したカメラビューファインダー(ピント板)を覗きこんでいる人を見かけるのが嬉しかったですね」

八木PMは、開発を成功に導くことができた理由を「ユーザーと一緒に取り組んだから」と言い切る。ピント板開発におけるユーザーとは、カメラを良くしたいと考えるカメラ開発のメンバーのことだ。研究開発の成功のポイントは、「(1)技術の将来性(伸び代)、(2)商品の市場性、(3)研究開発リソース」であり、(1)と(2)はユーザーの協

力が重要だ。ユーザーが求めているものをつくれれば良いのではなく、ユーザーの協力が製品化につながることを学んだという。「スタートの段階で技術レベルがそれほど高くなかったとしても、それを求めるユーザーがいれば、その人たちは技術を育ててくれますし、技術が完成すればそれを使ってくれます」それほど、ユーザーは大事な存在である。

その後は、部長、所長となって、より多くのメンバーとともにハイリターンを狙う大型プロジェクトにもチャレンジするようになっていった。その中では、研究資源をどこに集中させるか、研究テーマの将来性をどう評価するかなど、難しい課題に直面することがますます増えたという。

勝ち残るのには理由がある

企業の研究開発は、社内他部門と社外技術のコンペがあり、そこで勝ち残らなくては実際のプロジェクトを動かすことはできない。そうした環境があるから、企業の技術は高いレベルを保っている。そしてこの環境の中で、八木PMも勝ち残るための戦略を習得していった。「リービッチの最少律という法則があります。植物の生長には酸素、水素、窒素、リン、カリウムなどの10の必須元素が必要ですが、そのうちもっとも少ない元素によって生長の度合いは決まるというのです。これがプロジェクトを進める際にも当てはまります」八木PMが考えるプロジェクトを成功させるためには、将来性と市場性と研究開発リソースを構成する要素をそろえることだ。研究開発のリソースには、研究資金や研究者のレベルも含まれる。物を進める上で網羅することが必要であり、必須元素のどれか1つでも欠けていたら、プロジェクトの成功は初めからないのだという。

「インクジェットプリンタの開発に

成功した頃から、なぜ成功したのかを考え続けてきました。この時にも、ユーザーがいて市場性があったし、この技術を開発すればインクジェットプリンタが飛躍的に進化するという技術の発展性がありました。今では、当時のインク液滴のサイズの10分の1以下まで小さくなった。それを可能にする技術が育ちました。こうした経験を通して、勝ち残るための戦略がだんだんわかってきました」

偶然的発見がImPACTのプロジェクトに

数々のプロジェクトを成功に導いてきた八木PMがImPACTで取り組むのは、「痛くなく、傷つけることもないリアルタイム三次元可視化技術」だ。どうしてここに目を付けたのだろうか。

ImPACTに参加する直前まで、八木PMはキャノンと京都大学が共同で進めていた「高次生体イメージング技術の確立」を目指す、CKプロジェクトに加わっていた。医療用のイメージング機器は、超高齢化社会の生活の質の向上には欠かせない技術だとその将来性を感じてはいたが、一方で、新たに医療機器の開発をキャノン単独で行うのは難しいとも感じていた。そこで始めた京都大学との連携だった。

その中で、これまでのX線を使ったマンモグラフィ（乳房X線撮影装置）に代わり光超音波イメージングを使った新しいマンモグラフィを開発しようと提案した。というのも、現在のマンモグラフィは、人体への影響は少ないとはいえ、X線による被曝があるため頻繁に撮影できないという問題があるからだ。開発過程で八木PMはふとした思いつきから、自分の手を光超音波イメージングで撮影してみた。「僕は医者ではないので本当のところはわかりませんが、自分の手の撮像を見て、血管はこんな風に見えるのか、凄いなと純粋に思いました。そこで、



共同研究プロジェクトで訪れたイギリスのケンブリッジ大学にて



光超音波イメージングによって立体画像化された手の血管網。この写真がImPACTに応募するきっかけとなった。

いろいろな専門医に見せたのです」

乳腺外科はもとより解剖学や放射線科で世界的に有名な医師には、「これほど精緻な血管像を見たことがない」と驚かれた上に、「この技術が実用化したらぜひ使いたい」ともいわれ、この技術の新規性と市場性を確信した。さらに、この技術が医療に限らず、健康や美容さらにはスポーツなど広い領域に応用できることから、どう開発するのがいいか、当時キャノンの副社長だった生駒氏に相談した。そして、「それほど大規模な展開が見込まれる技術ならば、内閣府のプロジェクト・ImPACTに応募してはどうか」とアドバイスを受けた。計測産業への応用を加え、ImPACTでの「リアルタイム三次元可視化技術」の開発が始まった。

超高齢化社会に必要な光超音波イメージング

八木PMが開発しようとしている



「リアルタイム三次元可視化技術」とはいったいどのような技術なのだろうか。「肉眼では見えない体や物体の内部を、三次元でかつ瞬時に可視化する技術です。原理はとても古くて、電話の発明で知られるグラハム・ベルが1880年に考えていました。今は世界中でこれを応用しようと研究が盛んになっています。残念ながらこの分野の日本人研究者の数が海外に比べて圧倒的に少ないのです」

その原理はこうだ。レーザー光を物体に当て、その際に発生する超音波を検出し、その情報を元に画像をつくる。これまでも医療や計測への応用に向けた研究が行われているが、結局、実用化に至らなかった。八木PMはその理由を「PCの処理速度、センサの感度、レーザーの出力など要求される技術レベルはかなり高度です。今、ようやく満足できる技術が揃ってきました」と説明する。

この技術で目指すのは、血管ネットワークの可視化だ。血管を流れる血液は体温を維持し、水分や酸素、栄養素を各細胞へ届けている。つまり体に何らかの異常があれば、それは血流や血液状態に現れる。実際、国際疾病分類で250種類に大別される病気のうち癌や糖尿病、関節症など60程度が血管に症状が現れる疾病である。「血管を見て病気の診断をするだけでなく、健康をモニタする、という新しい学問が生まれるかもしれない」と八木PMも期待している。

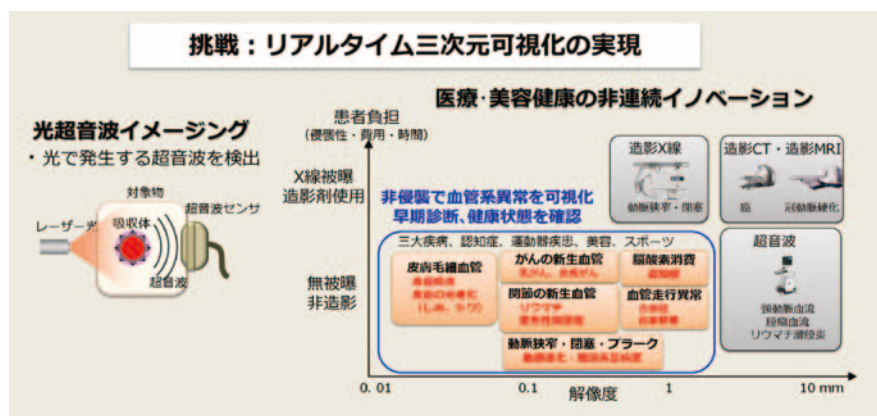
血管については、美容業界も注目している。資生堂は、皮膚とシミ、シワの原因とされる光老化との関係を研究してきており、これまでの研究を毛細血管をイメージングすることで発展させられると考えている。

PMの果たすべき役割

研究委託先は、現在13機関。いずれもプロジェクトを成功させるために



光超音波イメージングによるリアルタイム三次元可視化技術でできること



光超音波イメージングの原理(左)とそれによって起こる医療・美容健康分野のイノベーション

欠かせない要素を満たすために集められたメンバーたちだ。もともと八木PMがいたキヤノンはもちろん、システム開発では日立に加わってもらった。そして、この技術の価値を理解し、実際に使用し応用開発するメンバーとして資生堂や京大附属病院が参加する。

「ImPACTが始まって2年経ち、要素技術ができてきました。残る3年で、レーザーや超音波センサの実用化、ユーザーと協力してシステムの開発に力を注ぎます。イノベーションを起こすのに5年という期間は短いですが、技術を完成させ価値の実証ができれば、アプリケーションはユーザーがどんどん開拓してくれるはずですよ」と、まずは小規模でも産業として成り立つ土壌をつくることだと意気込む。その土壌をつくるためには企業間と大学との協力が必要で、このチームが同じビジョンをもち切磋琢磨して進んで行けるように心を砕くのがPMの役割だ。

今後は、光超音波イメージングを非破壊検査に使いたいと考えている工業材料メーカーにも加わってもらう予定だ。

最後に、プログラム・マネージャーをやることの喜びについて聞いてみた。

「やはり成功の面白さなのだと思います。チーム全員が歓声を上げるような瞬間があり、ほかと比べようがありません」と、これまでに誰もやったことのない世界へ到達した時の高揚感を語る。「この時、マネージャーが果たした役割は、どれだけ良いチームをつくったかということに尽きます。そして、良いチームが良い雰囲気で動き出した時、そこには“みんなでこのプロジェクトを成功させたい”という思いが芽生え、失敗するかもしれないなどという不安はなくなるのです」という。

このプロジェクトが終わる時、八木PMはどんなチームをつくり、どんな技術を世に送り出し、どんな未来を私たちにを見せてくれるのだろうか。

極微の世界の法則を 等身大の世界に移植したい 実用的で、シンプルな 量子コンピュータ

小さな世界に入り込むと、びっくりするような事が待ち受けている。1つの粒子が“ある状態”と“ない状態”との重ね合わせで存在したり、粒子のペアの一方が“右回転”だと決まった途端に、もう一方がたとえ宇宙の果てにあったとしても“左回転”に決まったりする。山本PMは、この不思議な量子力学の世界をあやつり、そのエッセンスを量子コンピュータという革新的な技術として形にしようとしている。

技術として

筋のよいものは美しい

研究生活は、ずっと「光」とともにあったという山本PM。まず、東京工業大学電気工学科4年の時に、卒業論文の指導教官となったのが末松安晴教授、光通信の世界的なパイオニアだ。

「コーニング社が光損失の非常に少ない画期的な光ファイバを開発して、それまでは光ファイバの中に光を通して1mも光が通らなかったのが1kmも通せるようになった、実に画期的な時期でした」

光通信は、光の点滅（レーザパルスの有無）を信号として情報を担い、これを光ファイバのような信号の通り道（導波路）で伝えていくシステムだ。

卒論として与えられたテーマは「単一モード光ファイバをつくり、その性能を評価する」だった。

光はファイバの中を反射しながら伝わっていくが、その反射パターンが単一モードでは1つだけで、多モードでは複数になる。単一モードは信号が劣化しにくく、長い距離でも伝えることができるが、高純度の石英を使って非常に細いファイバをつくらねばならないという難しさがあり、単一モードファイバはまだ先の技術だと考えられていた。

山本PMには自由に使える実験室やレーザなどが与えられ、卒論生としては破格に自由で恵まれた研究環境の中で、一人で実験システムを設計し、それをつくり上げた。そして、光ファイバのコアとなる液体の屈折率をいろいろ変えてレーザ光を通し、白い紙でつくったスクリーンに映る放射パターンを観察していた。ある日、スクリーン上に美しい放射パターンがピタッと止まって現われた。単一モード光ファイバが実現された瞬間で、『シンプルで美しく、技術としての筋の良さ』を感じた一瞬でした」と山本PMは述懐する。

量子コンピュータの実現は、
光の研究から始まった
私の研究開発の集大成です。

Yoshihisa YAMAMOTO



山本喜久

1973年	東京工業大学卒業
1978年	東京大学大学院博士課程修了(博士・工学)
1978～2003年	NTT(現在 R&D フェロー)
1992年～2014年	スタンフォード大学 教授(現在 名誉教授)
2003年～2014年	国立情報学研究所 教授(現在 名誉教授)
2012年～2014年	理化学研究所
2014年～	ImPACT プログラム・マネージャー





この技術観が、山本PMの研究の根幹をなしている。

見通しの甘さや知識の浅さから、失敗した研究の連続であった

学部の卒業研究で見事に単一モード光ファイバを実現した山本PMは、東京大学の大学院に進み、ファイバの中心にある細い芯(コア)をきちんと合わせて繋いでいくという接続技術に挑んだ。鉛筆のように先が尖った構造の結合器で接続する技術を完成させ、接続損失低下の世界記録をつくり、論文発表にもち込んだ。しかし、同時期に電電公社(現NTT)武蔵野電気通信研究所(武蔵野通研)が、融着接続という素晴らしい技術を開発してしまった。

「初めての敗北でした。しかし、これがきっかけとなって融着接続を開発した武蔵野電気通信研究所の土屋治彦室長補佐ご本人から、『武蔵野通研に來ないか』と誘いがあったのです。私の研究を認めていただけたのだと思います。さらに最先端の研究をやりたいとの思いから就職することにしました。1978年です」

最初の1年間の新人研修が終わった後は、何でも好きな研究をやってよいということになった。「当時の武蔵野通研は、米国の電話会社AT&Tの有名なベル研究所に強烈なライバル意識をもっており、『ベル研に勝つ!』が存在意義になっていました。ですから、勝てるものなら何をやってもいいという雰囲気溢れ、若い研究者にとっては願ってもない環境でした」

若き山本PMが、将来の光通信の在り方を考えた上で選んだのは、「光増幅中継」と「コヒーレント光通信」という2つのテーマで、7、8人のグループを率いて研究開発に挑んだ。

光信号は光ファイバの中を伝わっていくうちにだんだん弱まってしまう。従来は、光信号を電気信号に変えてから増幅したり、オン・オフを識別した

り、パルス形状を整えたりしていたが、電気信号に変えることなく、光信号のまま増幅できれば効率がいい。これが光増幅中継で、現在の国際インターネットの99%は光増幅中継で行われているという。「最初に光増幅を提案したのは私たちなので、本来ならその業績のクレジットを武蔵野通研が一手に引き受けるはずだったのですが…」

山本PM たちは光信号の増幅を半導体レーザーで行っていた。ところが、6年ほどたった1986年に、スタンフォード大学のシャー(John Shaw)教授やサザンプトン大学のペイン(David Payne)教授たちが、光ファイバにエルビウム(Er)という元素を少量入れたErドープ光ファイバ増幅器を開発し、これが本命となってしまった。その後、3、4年の間に、この技術を用いて、大西洋横断、太平洋横断の光ファイバのケーブルが敷かれた。「半導体レーザーは光を出す発振器としては非常に優れていますが、その優れた特性が光増幅器としては欠点になることを、30歳ちょっとの私は理解していなかった。知識も知恵もまだまだ浅く、思い込みだけで研究をやっていたのです」

もう1つ実施した「コヒーレント光通信」のテーマも当時の最先端をいくものだった。大量の光情報を伝送するためには、1本のファイバで1つの光だけでなく、波長が少しずつ異なる複数の光を同時に送受信できるようにすることが望ましい。そのために、光同士が強め合ったり弱め合ったりする「干渉」現象を利用して光信号を検波するので、コヒーレント(干渉のしやすさ)という名がついている。

「1982年当時、私たちのグループは、世界的に見ても、コヒーレント光通信研究の最先端に行く最も大きなグループでした。どこにも負けない技術を持っていたと思います」

グループの全員が強い自負をもって、研究開発を進めていたが、そんな中、

会社から「マサチューセッツ工科大学(MIT)に留学を」という指示が出た。

量子の世界に魅かれて

そもそも武蔵野通研で研究を始めてすぐに、量子力学の分野と向き合わざるを得なくなった。「雑音1つとっても、電気通信なら熱雑音が問題ですが、コヒーレント光通信では量子的なゆらぎのほうシステムの性能にとって大きな要因になるのです」

通信媒体としての光の性能をとことん引き出そうとすると、量子的な原理や量子的な限界を理解していないと、デバイスの設計もシステムの設計もできないのだ。「光増幅で失敗したのも、レーザー物理の理解が浅かったことが一因でした」

そこで、MITで過ごした1982～83年の1年間は量子力学・量子光学の基礎知識を身につけようと、論文を読み漁った。同時に、関連する基礎的な実験や理論研究も行った。「当時、MITは量子力学の基礎研究のメッカでした。会社の方針で行かせてもらったのですが、研究人生の基盤をつくることができた、とても有意義な1年間でした」

量子関連の勉強・研究に没頭する日々の中で、帰国したらこれを生かして、さらにコヒーレント光通信の研究開発を進めていこうと思っていた。

量子コンピュータ事始め —ただし量子の基礎研究の1つとして

帰国した山本PMを待ち受けていたのは、コヒーレント光通信の研究は電電公社の横須賀電気通信研究所のグループが引き継ぐことになったという通達であった。「唖然としました。しかし社の方針でどうしようもないので、MITで研究していたテーマを中心に量子光学に関連した基礎研究を行うことにしました」

当時は、量子光学の理論と実験の両方の研究を行うグループは世界でも少なく、山本グループの他には、米国のMITとロチェスター大学、ドイツのマックスプランク研究所にあるくらいだった。

山本PMが量子光学の研究を始めてから2年後の1985年、オックスフォード大学の物理学者ドイッチュ(David Deutsch)が、量子コンピュータに関する画期的な論文を発表した。

現在のコンピュータは、素子1個が「1」または「0」の状態をとり、N個の素子があっても、1個の状態しか表せない。一方、ドイッチュは、量子力学の重ね合わせの原理を用いれば、1つの素子を「1」と「0」の重ね合わせ状態にでき、この素子をN個集めれば、 2^N 個の状態を同時に表すことができるとした。そして、こういう素子を使えば同時に 2^N 個の計算をすることが可能で、超高速のコンピュータができる可能性を示したのだ。例えば、 $N=10$ の場合は $2^N=1024$ 、 $N=20$ になると $2^N=1048576$ と、膨大に大きくなっていく。

「すごく魅力的な新しい視点でした。私たちのグループも量子コンピュータの研究に1人ぐらい当てようかということになり、確か修士課程を修了したばかりの新入社員を当てました」

ただ研究を開始したとはいえ、ドイッチュが示した量子コンピュータの可能性について、山本PMは腑に落ちない部分もあった。

「私自身は、発表当初からドイッチュのコンセプトは不自然で筋が悪いと感じていました」

素子が重ね合わせ状態をとるためには周囲の環境から孤立していなければならない。つまり、エネルギーも情報も何のやりとりもしてはいけないのだ。周囲と関係をもった途端に、重ね合わせが壊れてしまう。そんな素子をつくって、膨大な数を集積することが現実にはできるのか、できたとしても、脆

弱ですぐに壊れるのではないかなど大きな疑問だらけだった。

「私だけでなく、量子光学の研究者やデバイスの技術者たちの中にも、そう感じていた人が結構いたようです」

この頃から山本PMの脳裏に「ドイッチュとはまったく違うコンセプトで量子コンピュータができないだろうか」との思いが生まれた。

スタンフォード大学の教授に

1992年にNTT(電電公社は1985年に民営化)を退職し、スタンフォード大学に教授として赴くことになった。

「ある日突然『うちの大学に来ませんか』という手紙が来たのです。当時はスタンフォードがどこにあるかも知らなかったのですが…」

行ってみると、光増幅のときに完敗したシャー教授が同僚として待ち受けていた。「本当に初めて顔を合わせました。何だかおかしかったですね」

スタンフォードでは、1993年から始まった科学技術振興機構のERATOの「山本量子ゆらぎプロジェクト」を実施した。NTTを退職した時点で、入社以来の研究グループは他の研究者の傘下に入ってしまったので、新たに大学や企業の研究者に声をかけてプロジェクトの研究員を募り、日本の浜松ホトニクスとNTT武蔵野研究開発センター(旧武蔵野通研)、そして米国のスタンフォード大学に研究グループをつくって、研究を進めた。

98年まで5年間続いたプロジェクトの中で、山本PMたちは量子光学の最先端の課題を、理論と実験の両面から解き明かしていった。このプロジェクトへの評価は非常に高く、事後評価報告書には、その成果に対し、国内はもちろんのこと海外の研究者からも賛辞が寄せられている。

またプロジェクトの運営に対しても、「プロジェクトの基本的な方向性を明示しつつ個々の研究者の自主性を十分



MIT留学時のメンターであったハーマン・ハウス教授一家と山本家



1997年ERATO量子光学ワークショップ(スタンフォード大学)における山本PMと共同研究者(右からカレッジ・ド・フランス教授セルジュ・アロシュ、ENSパリ教授ジャン＝ミシェル・レイモンド、ENSパリ教授ミシェル・ブルーノ)

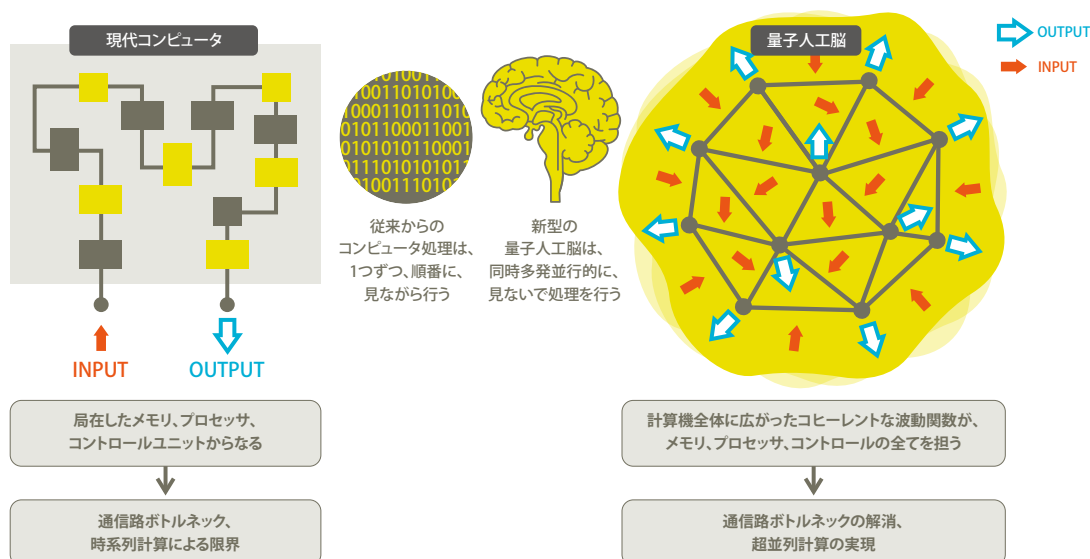


スタンフォード大学での山本PMと研究グループのメンバー(前列右、山本PMのとなりから現在グーグル研究員チャールズ・サントリ、スタンフォード大学教授エレナ・プロビッチ、MIT教授ウィリアム・オリバー、パリ大学教授エレニ・ディアマンチ、後列右から大阪大学教授井上恭、インスブルック大学教授グレッガー・ワイス、LEIA社ファウンダーデビッド・ファタル、グーグル研究員サイラス・マスター)

に尊重したこと、また研究者の資質を見極めて適切な共同協力関係を設定したことなどによって、研究者たちの能力を最大限に引き出すことに成功している」という一文が記されている。いつも穏やかな山本PMの内には、リーダーとしての卓越したマネジメント能力があることが示された。

さらに研究を進める中でまったく新

従来のコンピュータと 量子人工脳の比較



しい量子コンピュータの発想も得られた。その源は長年親しんできたレーザーだ。電球やLEDから出る光は波長も位相もバラバラだ。レーザー発振器では、ある値以上のエネルギーを入ると、決められた波長で同じ位相をもった光だけが進行方向を揃えて出てくる。

「レーザー発振器には、共振器という光を閉じ込める共鳴箱があります。この中には、いろいろなモードの光が存在できるのですが、ある値以上の電流を入れた途端に、1つのモードの光だけが選ばれ、すべての光子がそれに同調する。そういう量子的な波動関数が一瞬にして全体に広がるような現象を情報処理の原理として利用できないかと考えました」

どんな波が選ばれるかは共振器の形による。そこで、共振器の形を問題に合わせて変えることができれば、その答えは自動的に選ばれた光として出てくると考えたのである。

「ある数学的な問題がある共振器の形に展開すると、答えが出力する光の波動関数として出てくる量子コンピュータがイメージとして生まれたのです」

従来のコンピュータとはかけ離れたイメージだが、山本PMはこの発想を熟成させ、2010年頃に実際にどうやればこれが実現できるかの具体的なアイデアを得た。それがImPACTで開発

が進められている「量子人工脳」である。

量子人工脳は 光のニューラルネットワーク、 スパコンでも処理できない 難問に挑戦する

量子人工脳は光のネットワークでできている。1kmくらいの光ファイバの中に同時にたくさんの光パルスが発生している。光パルス同士をどう組み合わせ、どんな強さで繋ぐかが、ちょうど共振器の形をどうするかと同じことになるという。

量子人工脳が目指すのは、従来のコンピュータが苦手としている「組み合わせ最適化問題」を解くこと。その1つに、例えば、「巡回セールスマン問題(TSP)」がある。セールスマンが多数の都市を回るときにどのような順番に回ればいちばん効率的かという問題で、場所数が増えると組み合わせが膨大になる。例えば16都市回るだけでも6500億以上の順路を調べなければならない。そのため最高性能のスーパーコンピュータを使っても膨大な時間がかかる。量子人工脳では、これを短時間で解くことができる。

光パルスの1つ1つが都市と訪問順を表していて、それをどのような強さでどう繋ぐかという「アルゴリズム」が

計算の神髄になる。アルゴリズムをハードに実装できれば、最もエネルギー損失の少ない解で発振が生じる。その時の発振状態を読み解くと、どういう順番に行くべきかが得られる。

「現在は発生するパルスが2000個くらいですが、これをImPACTの最終年となる3年後には2万から10万にしたいと思っています」

人間の脳に例えるなら、2000個のパルスは2000個のニューロンとなり、これが400万本のシナプスで全結合されていることになる。2万個のニューロンともなれば4億本のシナプス全結合に相当する。

いったいどういうことができるようになるのだろうか。山本PMは、従来のコンピュータでは計算量が多すぎて実施できない計算創薬などの分野で大きな力を発揮すると考えている。

「量子コンピュータは、今は創薬などでの利用を想定していますが、できたらこんな使い方もあったという面白い分野が出てくるかもしれません。さらに言うと、量子を使うことで圧倒的な計算力が得られ、また量子を使うことによりセキュアなコンピュータネットワークも構築できることから、これからの高度知識社会の基盤をなす技術となっていくのではないかと考えています」と山本PMは今後の抱負を語っている。

革新的研究開発推進プログラム [ImPACT]

ImPACT は、実現すれば社会に変革をもたらす「非連続的なイノベーションを生み出す新たな仕組み」です。成功時に大きなインパクトが期待できるような、ハイリスク・ハイインパクトなチャレンジを促し、企業風土を醸成することを特徴としています。また、内閣府「総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）」が設定するテーマについて優れたアイデアをもつ 16 名のプログラム・マネージャー（PM）を厳選し、大胆な権限を付与し、優秀な研究者とともにイノベーション創出することも特徴のひとつです。



プロジェクト マネージャー [PM]	プロジェクト
伊藤 耕三 Kohzo Ito	超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現
合田 圭介 Keisuke Goda	セレンディピティの計画的創出による新価値創造
佐野 雄二 Yuji Sano	ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現
佐橋 政司 Masashi Sahashi	無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現
山海 嘉之 Yoshiyuki Sankai	重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム
鈴木 隆領 Takane Suzuki	超高機能構造タンパク質による素材産業革命
田所 諭 Satoshi Tadokoro	タフ・ロボティクス・チャレンジ
藤田 玲子 Reiko Fujita	核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化
宮田 令子 Reiko Miyata	進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム
八木 隆行 Takayuki Yagi	イノベティブな可視化技術による新成長産業の創出
山川 義徳 Yoshinori Yamakawa	脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
山本 喜久 Yoshihisa Yamamoto	量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現
白坂 成功 Seiko Shirasaka	オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム
野地 博行 Hiroyuki Noji	豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ
原田 香奈子 Kanako Harada	バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命
原田 博司 Hiroshi Harada	社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム



企画・編集・発行

国立研究開発法人 科学技術振興機構 [JST] 革新的研究開発推進室

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's五番町

電話：03-6380-9012 E-mail：impact@jst.go.jp URL：http://www.jst.go.jp/impact/