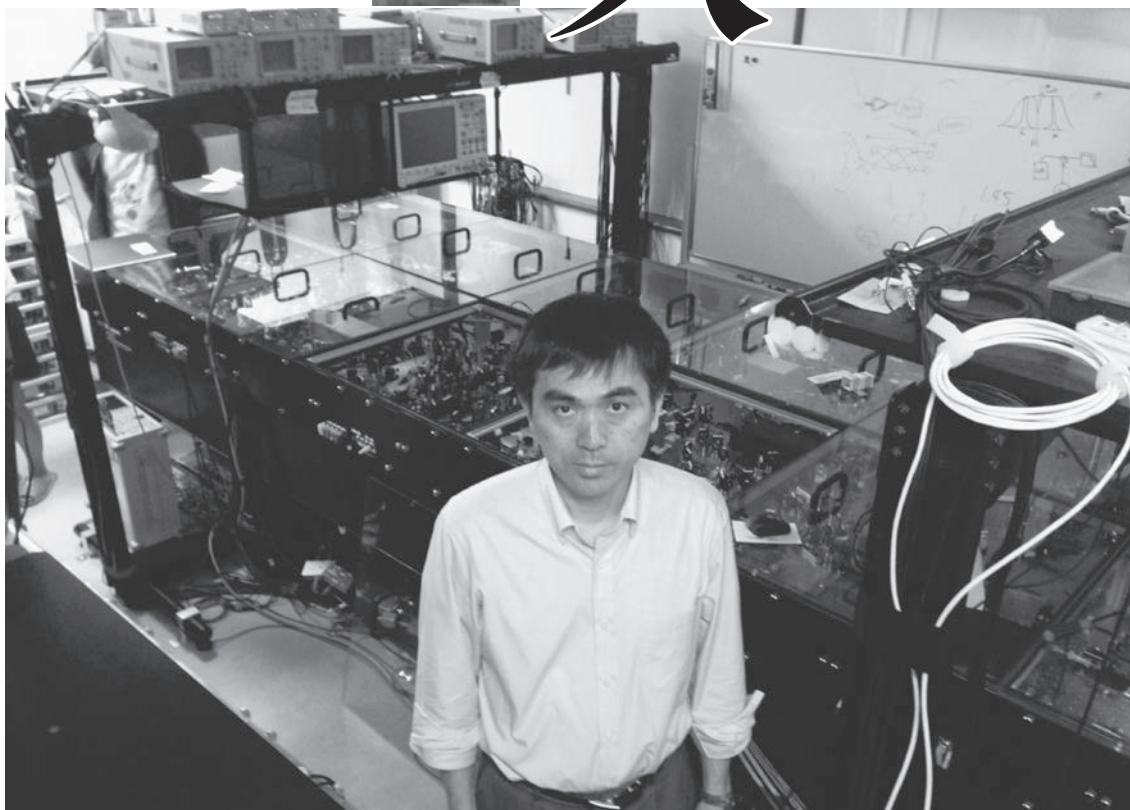


メカライフな No.32 人々



量子光学・量子情報研究者
東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻

教授 古澤 明氏

1. はじめに

PCの高性能化やスマートフォンなどのポータブルなデバイスの普及が進むにつれ、われわれの生活において処理される情報は飛躍的に上昇している。今後も一人当たりの情報量は増加の一途をたどることが予想される。このまま情報量が増え続けると物理的に処理不能な状態に陥ることが危惧されている。このような問題の打開策として量子テレポーテーションは非常に有効であると認識されており、近年急速に注目が高まっている。

今回は当該研究分野において世界的に著名な東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻の教授である古澤明氏にお話をうかがう。古澤教授は、1998年に留学先のカリフォルニア工科大学にて、世界初の量子テレポーテーション実験を成功させ、2004年には二者間だけでなく、三者間の量子テレポーテーション実験を成功させている。本インタビューでは、このように先駆的な研究をなされている古澤

氏に量子テレポーテーションの概要と今後の日本を支える機械系学生へのメッセージをうかがう。

2. 量子テレポーテーションとは？

量子テレポーテーションとは、量子コンピュータを実現するための基礎研究と位置づけられている。また、量子コンピュータとは、量子力学的な重ね合わせを用いて情報の並列性を実現することにより、従来のコンピュータに比べ処理能力を格段に飛躍させることができる次世代コンピュータである。本コンピュータが実現されれば、処理能力の向上だけでなく、大幅な通信容量の増大が期待されている。古澤教授は物理的な処理限界を超えた通信容量の拡大を目指し、量子テレポーテーション研究に取り組んでいる。

メカライフ編修委員（以下、**メカ**）量子テレポーテーションがどのような研究分野であるか教えてください。

古澤先生（以下、敬称略）量子テレポーテーションで何を

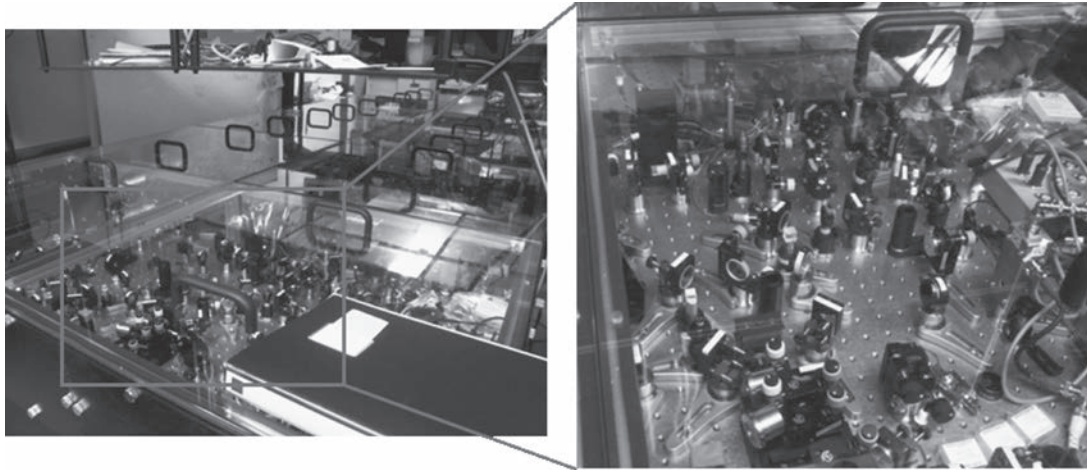


図1 実験装置の一部

しているかをひとりで言うならば、情報処理です。一般的なコンピュータがしている情報処理とは、0, 1の情報 NANDゲートという論理ゲートを用いて演算しています。そして、演算した結果を取り出すことがコンピュータにおける情報処理です。一方で、われわれが目指す情報処理は、0, 1の情報を量子の状態にコードすることです。従来の情報処理との相違点は、情報を量子状態にマッピングする、すなわちエンコードすることにあります。これにより、通信容量を格段に増大させることができます。私は、これを光通信に適用したいと考えています。

現状の光通信の容量を増やすためには、光を強くするという手段が考えられますが、光ファイバそのものが溶けてしまう可能性があります。また、シングルモード・ファイバやマルチモード・ファイバを工夫するというアプローチもありますが、根本的な問題解決には至らないと認識しています。このような物理的な問題を解決する手法が、量子テレポーテーションだと考えています。

3. 研究室見学

メカ こちらにある巨大な実験装置（図1）について説明していただけますか。

古澤 私の研究室では、ミラーやレンズをたくさん並べて光の回路を構築しています。この光の回路を構築する際に非常に重要なことは、異なる角度から来る光を同時刻に干渉させることです。そのために、これだけの多くのレンズやミラーを配置しています。光路長は物理的な長さ×屈折率で決まります。空気の屈折率は1に近いのですが、声などが入ってしまうと屈折率にムラが生じてしまいます。したがって、空気の振動が可能な限り入らないように密閉しています。また、この建物自体も厳密には揺れていますので、そのような外乱を排除するために光学定盤はエアサスペンションで常に浮いています。このように光路長が外乱により変動しないようにしていますが、われわれの目指す精度は1ミクロンすなわち1000分の1であるため、どうしても誤差が出てしまいます。そのため、光路長を常にモニタリングし、その信号をピエゾ素子に電氣的にフィードバックすることにより、二つの光路差が極力0になるように制御しています。現在はこのような大規模な装置での実験ですが、将来的にはIC化することも考えています。

メカ IC化とはこれらのレンズやミラーを縮小すれば実現できることなのですか。

古澤 いえ、全く異なる構造になります。現状の実験装置はミラー等を使って、光を制御していますが、導波路を用意できればミラー等は unnecessary になる。このようにして、小型化を進めていくつもりです。したがって、動作原理から異なるものになると考えています。

メカ 小型化したとしても、光路長はアクティブに制御す

ることは可能なのですか。

古澤 小型化しても、アクティブ制御は可能だと考えています。導波路に電圧をかけると屈折率が変化するという導波路変調器というものがあります。この導波路変調器を用いて屈折率を動的に制御し、光路長を調整することにより、アクティブ制御を実現するつもりです。

メカ このような実験装置を構築するのにどの程度の年月をかけたのですか。

古澤 一つ一つの部品から作製していくので、平均で5, 6年がかかります。全ての部品をチューニングしていく必要がありますので、辛抱強く、根性があり、手先の器用な人種でなければ難しいかもしれません。つまり、この分野の研究は日本人がもともと有している特性が非常に大きなアドバンテージになります。

メカ 技能的な差もあるのでしょうか。

古澤 技能的な差よりも大きいのは根気だと思っています。ミラーマウント一つから自分たちで開発し、特許を取得しています。われわれの実験装置では、二つの光を誤差なく干渉させる必要がありますので、ミラーマウントの角度の高い安定性が求められます。そこで、世界一と言われているミラーマウントを購入しましたが、アライメント中の誤差を解消できなかったため、自ら開発するというのをしたのです。このようにすべての要素に対して徹底的なチューニングをするためには根気が必要なのです。結果として、既存製品の組合せでは構築不可能な実験装置となり、他の研究機関に対しても非常に高い参入障壁になります。加えて、日本は非常に高い技術力を持った会社を多く有しています。彼らと共同研究ができることがわれわれの独自性を高めていることを考えると、日本語を話すことができるということも強みの一つになりますね。

4. これまでの研究の経緯

メカ 現在、量子光学という分野を専門に研究されていますが、この分野に興味を持ったきっかけをお教え下さい（図2）。

古澤 大学院で修士号を取得した後、会社に入り光メモリに関する研究を始めました。研究成果も出て、ある程度の満足感がありました。しかし、これまでの1000倍の記憶容量を実現するためには、従来の1000倍の読み出し速度が必要となります。これには物理的な限界があると感じました。たとえばDVDの円盤であれば、ディスクの回転数を上げることで読み出し速度を上げますが、回転数をあげるほど1ビット当たりの光量が減少します。そうすると光のショットノイズの影響により適切に読み出すことが非常に困難になります。したがって、ショットノイズをなくすことが鍵と考えました。そもそもショットノイズとは光子がランダムであることに起因するため、この



図2 古澤教授へのインタビュー風景

フォトン制御できればショットノイズをなくすことができます。このように光の状態を操作するためには、量子光学の知識が必須であったので、本分野に興味を持ちました。

メカ 大学の博士課程に進まずに、企業に就職した理由をお教え下さい。

古澤 今では、会社の研究職といえば大学院で修士号や博士号を取得した学生が就職する職種という認識が一般的ですが、われわれが学生の時代は、修士号以上を持っている学生はそれほど多くはありませんでした。したがって、修士号を持っていた私は十分に研究者としてやっていけると思っていました。加えて、当時の大学は研究費に余裕がなく、一方で企業は非常に多額の研究費を毎年計上しているような状況でした。以上を踏まえて、会社に就職するという道を選択しました。しかし、もし現在私が学生であるなら、間違いなく博士課程に進むことを選択すると思います。

メカ 光メモリに関する研究と量子光学の研究は非常に内容が異なる研究と思いますが、難しかった点がありましたか。

古澤 私の中では、二つの研究分野は非常に関連性が強いと思っていますので、あまり新しい研究を始めたという感覚はありませんでした。専門分野の延長線上に異なる名前が付いた研究分野が出てきたという感覚でした。

メカ 研究をするうえで企業と大学の相違点をお教えください。

古澤 年齢によってメリット、デメリットは変わってくると思います。私の経験から言えば、30代までは会社のほうがよいと思います。大学ですと、学生の教育、授業の準備や各種委員会などに多くの時間を割かれてしまいます。一方会社は、比較的自分の研究に注げる時間が長いと思います。また、根本的な違いは、上司を選べるか否かにあると思います。企業では上司を選ぶことができませんが、大学であれば上司（指導教員）を選ぶことができます。

メカ 量子テレポーテーションを実現する際に難しかった点と、それを克服した秘訣をお教えください。

古澤 ひと言でいえばすべてが難しい課題でした。しかし、克服する秘訣は、根性を持って取り組むことができるか、すなわち研究を楽しめるか否かであると思います。本当におもしろいと思えば、寝食を忘れてのめり込むものです。私の研究室の学生には、そのような感覚を体験してほしいと思っています。

メカ 研究を進めるうえでの信念は何ですか。

古澤 「ブラックボックスは一つも作らない」ということです。研究室でお見せした実験装置もフルチューンで1から構築しています。自分が触ることができない要素は絶対にあってはならないと思っています。なので、仮に既存製品を使用する場合であっても、分解してその構造を把握するようにしています。このように徹底的に作り込むことにより、唯一無二の装置ができていきますし、その実験結果は誰にも真似することができません。以上に述べたことを実践してきたことが、私の研究成果を生んだ最大の要因と

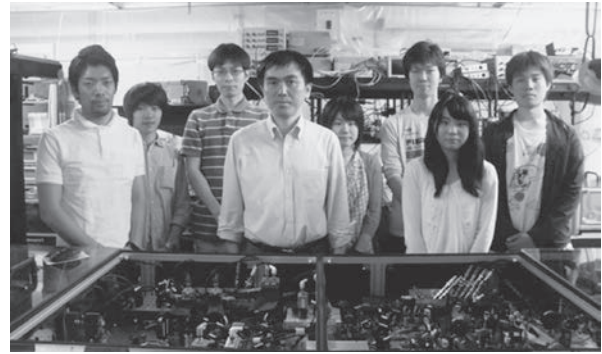


図3 古澤教授とメカライフ編修委員（研究室にて）

考えています。

5. 機械系学生へのメッセージ

メカ 近年、日本の製造業は厳しい状況であると多くのメディアが報道していますが、どのようにお考えでしょうか。

古澤 先日ロシアに滞在した際に、ロシアにある車の3割近くが日本車であるのに不況であるはずがないと言われました。すなわち、考え方の問題だと思います。もう少し自信をもつべきだと思いますし、私は全く悲観していません。日本国内に閉じこもって日本のメディアだけに触れているとそのようなネガティブな思考に陥りやすいですが、一步国外に出ればそうではないことに気づくと思います。日本のような小さな国の中で、世界的なブランドがこんなにも多く存在する国はほかにないと思います。

円高や円安でももちろん影響を受けますし、リーマンショックの後には確かに低迷した期間がありました。しかし、そのようなことは忘れればよいと思います。つまり言いたいことは、一時的な低迷に右往左往する必要はないということです。

現在のメディアの根幹を担当しているのはバブルを経験した世代であり、どうしても当時のよい面と現状を比較してしまうため、ネガティブな情報発信になってしまっていると考えられます。しかし、これから時代を作っていくのは皆さん自身です。情報が氾濫している現代ですが、しっかりと取捨選択をし、これからの日本を創り上げてほしいと思っています。

メカ 励ましのお言葉ありがとうございます。日本人らしさを武器に頑張っていきます。

古澤 日本人らしさが非常に重要だと思います。握手を求められてお辞儀をしてしまうような日本人らしさは好きです。無理に相手の土俵で戦う必要もないですし、日本人らしくコツコツやっていれば必ず世界から評価されると思います。私は今後もそのような若者を応援したいと思っています。

6. おわりに

今回は量子光学の分野で世界的に著名な研究者である古澤明教授にインタビューを行った（図3）。本研究テーマの内容だけでなく、古澤教授の研究への取り組み方やわれわれ機械系の学生に対するエールをうかがうことができた。メカライフ編修委員一同、これからの日本を支える一員であることを強く再認識し、残りの学生生活を意義あるものにすべく邁進する所存である。最後に、本インタビューをご快諾いただいた古澤明教授、ならびに我々学生にこのような貴重な機会を与えて下さった日本機械学会の関係者の皆さんに深く御礼申し上げる。

（文責 メカライフ編修委員 栗田雄介、小野恭代、近藤瑠歩、酒井康徳、田尻聡太郎、富山好子、前田直輝）