

特集1

ハイパワーレーザーの 限らない可能性

世界最強レーザー開発と
日本のつながり
そして「量子メス」への期待

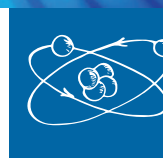
誰も見たことのない
高出力レーザーの開発を目指して

INTERVIEW with QST MEMBERS

夢はビームラインの自動調整

TOPICS

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

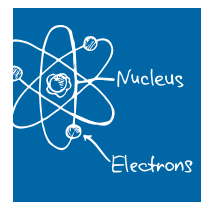


特集2

やさしく解説!
～量子って何ですか?～

Dr.Agui

「一家に1枚～量子ビームの図鑑～」
ひとこと解説



ハイパワーレーザーの 限らない可能性

量研/QSTでは2018年11月28日～29日 奈良市にある奈良春日野国際フォーラム”麓”において、第2回QST国際シンポジウム「高出力レーザーを用いた量子ビーム科学のフロンティア」を開催しました。シンポジウムを共催した大阪大学レーザー科学研究所 児玉了祐所長と、QST 関西光科学研究所 河内哲哉所長が日本のレーザー科学の可能性について語り合いました。

日本のレーザー科学の立ち位置

河内 今回のシンポジウムは、大阪大学レーザー科学研究所（以下、レーザー研）も共催になっていただきました、量研が高度化を進めておりました J-KAREN（ジェイカレン）レーザーがペタワットまで達し、それを用いた研究開発を、国内はもちろん様々な国の研究者との国際共同開発として展開していこうという、キックオフ的な意味合いを持つものと考えております。

ペタワット級のレーザーというのは、地球と同じくらいの大ささのレンズで太陽光を集めて、髪の毛一本の太さまで絞った時の光の強度と我々よく説明するのですが、ペタワットレーザーで出せる強度は、学術研究の非常に重要な部分も対象ですし、産業や医療にとってもペタワット級のレーザーがいかに新しい世界を拓いていくものであるかを、このシンポジウムで皆さんに知ってもらえたらと思っています。

児玉 ペタワットと非常に大きなエネルギーではありますが、原理的には小学生が虫眼鏡で太陽の光を集めると紙が燃えるのと一緒です。太陽の光だけではなにも起こらないけれど、光を集めれば「燃える」という、普通では起こらないことが起こることです。これが重要なことです。量研関西研のレーザーは、たくさんの光を集めて、それを絞って絞って、さらにすごく短時間にエネルギーをため込むという高強度レーザーを作られましたね。

河内 量研が進めているプロジェクトのひとつに、「量子メス」があ

ります。これは、量研放射線医学総合研究所にある重粒子線がん治療装置を小型化・高性能化するというものです。この高強度のレーザーは「量子メス」の開発にも利用できと思っていますが、エネルギーが非常に大きいレーザー研の LFEX（エルフェックス）を組み合わせることで開発を進めることが必要だと思っています。

児玉 今、レーザーというものは、エネルギーをどんどん上げることが世界の動きになっています。エネルギーを上げようとするところで今一番大きいのは、アメリカの核融合用のレーザーです。我々レーザー研でも、関西研のレーザーとは少し違う、エネルギーを上げるという方向で開発を行っています。

そして、今まさにこれからスタートしようとしているのがヨーロッパです。こちらは関西研と同じように強度がものすごく強いレーザーを作ろうとしています。この施設のスタートを切ったのが今年ノーベル物理学賞を受賞したジェラルド・ムルー博士です。

同じペタワットレーザーでも、エネルギーがたくさん出るものと、短時間でも高強度のものがあり、それぞれ違うフィールドで開発が進められていますが、案外ここが世界では連携できていません。そこを我々は連携していこうというのが、実は日本の取るべき方向性だと思っています。

このシンポジウムだけではなく、以前からレーザー研と量研関西研、さらに播磨にある理研の X 線レーザー SACLA が一緒に研究を展開させていただいていますが、このことが非常に大きなポイントです。つまり日本で、特に関西では、3者が連携することによって国際的

にも非常に強力な存在になります。しかもそれぞれ特徴の違うパワーレーザーの重要な拠点が、100 km圏内にあるのですから、連携もしやすく世界においても十分な競争力を持つ体制が確立します。量研の「量子メス」のプロジェクトにも、こうした連携は必須だと思います。

レーザー科学の大きな広がり

児玉 高強度レーザーの可能性として「量子メス」の話が出ましたが、高出力レーザーの可能性として、レーザーを使うともものすごく圧力が高い状態が作れるのです。高出力レーザーをドーンと当てるということは、ロケットのエンジンと同じように熱が吹き出していくわけですから、その反作用で内側に圧力の波が伝わっていきます。その圧力がどれくらいかという、今レーザー研のレーザーで生み出せるのが1000万気圧以上です。地球の中心が約500万気圧ですから、1000万気圧となるとレーザー以外では作れません。

1000万気圧になったら何がおもしろいかというと、実は今、惑星科学でもものすごく興味を持たれているのです。太陽系外の地球型の惑星で一番近いものが40光年先にありますが、その惑星はどうも炭素でできているのではないかとされています。地球型の惑星であるなら、その中心は炭素が高い圧力でダイヤモンドに、あるいは新しいダイヤモンドになっているはずだと想像されています。遠い宇宙のその状態を、実はレーザーを使えば現在の地球上でも作ることができるということです。

このような技術は途方もないように思えますが、10万気圧の世界はもう産業界で使われています。たとえば、鉄を金づちで叩いて硬くする技術と同じように、レーザーで圧力をかけて硬くする鍛造の鍋などもそのひとつです。

河内 すごく興味深い話ですね。ピクサイエンスのために大きな加速器が必要な場合、すごくコストがかかります。それが、量子メスなどもそうですが、レーザーを使うことで小型化することができる。もちろんまだ我々が技術的には伸びていかなければならないことがたくさんありますが、将来的にはレーザーそのもののエネルギーは少ないけれども短いパルスで、イオンとか電子などの粒子を大きなエネルギーで加速する小型の加速器というのも、高強度レーザー利用の出口の一つだと思っています。

レーザーは、医療から材料とかいろいろな分野に、エネルギーや強度を変えながら利用できる多様性のあるツールです。レーザー溶接なども、自動車をはじめとする製造業ではかなり利用されてきています。ハイパワーのレーザーの用途というのはいよいよ広がりをみせているのではないかと思います。

また最先端のレーザー開発からスピノフしてくるレーザー技術があります。量研では、レーザーを利用したトピックが2つあります。1つはトンネルの検査をするためのレーザー装置です。強力なレーザーで壁を叩いて検査する方法ですが、繰り返しを高めても大丈夫なレーザーを開発しました。

もう一方、レーザーの波長変換技術を小さなレーザーで実現した例が、血液を採らずに血糖値を測ることができる装置です。こうした小さなレーザー技術はこれから医療関係で広がっていくと思います。この装置は2年後に製品化されることになっています。

さらに、最近医療関係で、レーザーが注目を浴びている理由として、レーザーは清潔であるという点があります。たとえば人工関節などがしっくりついているかどうかをレーザーで見るという技術があるのですが、道具を手術室に持ち込まずに済むので滅菌しなくてもいいし、レーザーは光を当てるだけなので衛生的だということです。

レーザー科学の次なるステップ —— ロボット・新量子線

児玉 まとめて、自動運転などでレーザーでスキャンして見る、これが目、レーザーで叩いて音を聞く、これが耳、そしてレーザー加工は手、というように、目、耳、手、全部できるということですね。そこにあとは人工知能であったり、情報科学の技術をいれてやれば、つまりロボットになるのです。実は今、「ロボットフォトリクス」という分野を関西から立ち上げようとしています。それは、レーザーで見て聴いて、人工知能や IoT の技術をいれて、形はヒト型はありませんが、まさにロボットを作ろうというものです。

最初にもどりますが、大切なことは integration（統合）です。レーザー科学は integration の科学で、それによって非常に可能性のある分野が広がると言えます。

河内 そうですね、いろいろな分野と連携することで、特に社会実装という点では計り知れない可能性がありますよね。

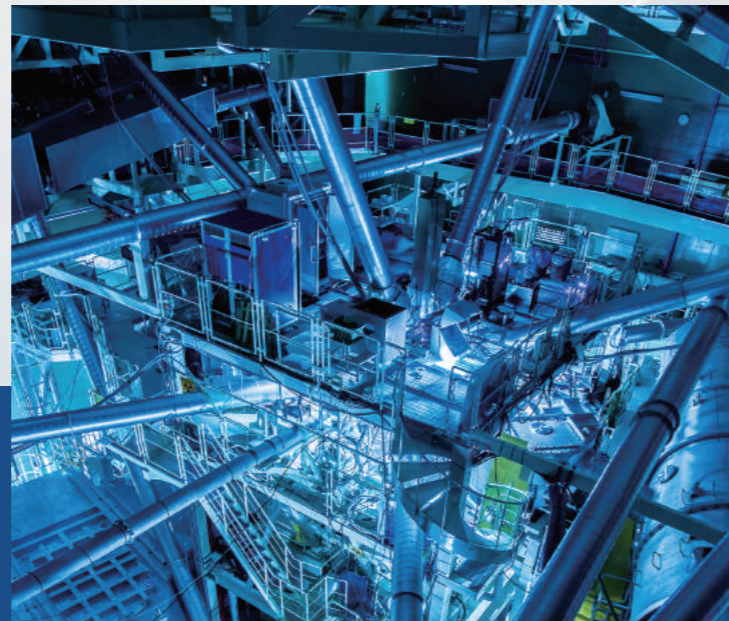
ものすごく基礎科学的なことですが、我々のレーザーは、現在1平方センチメートル当たり10²²ワットという世界トップクラスの強度が出せるんですが、もう一桁二桁上げられると、世界ががらっと変わってくると思います。レーザーと物質の相互作用が変わってくるのが今ちょうど見えてきています。つまり今見つかっている放射線ではないものが見つかる可能性があります。新しい量子線の発見ですから、それは我々量研としても一つのブレイクスルーになっていると思っています。

この研究にも児玉先生の協力が不可欠です。今から一桁二桁上げようと思ったらオールジャパンでやらなければなりません。まさに「連携」が今後のレーザー科学の重要なポイントだと思います。

大阪大学レーザー科学研究所

Ryosuke Kodama

児玉 了祐 所長



大阪大学レーザー科学研究所 提供

量子ビーム科学研究部門
関西光科学研究所

Tetsuya Kawachi

河内 哲哉 所長



J-KAREN

世界最強レーザー開発と 日本のつながり そして「量子メス」への期待

2017年1月、チェコ・ドルニー・ブルジェジャニのHiLASE(ハイレイズ)センターで世界最強レーザーが始動しました。より速く効率的な動作を可能とするこの高出力レーザーは、広範囲に渡る材料の表面機械加工を実現。例えば、航空宇宙産業における着陸装置といった高いストレス耐性を要求する検査部品に応用ができるようになりました。

顧客のニーズに合わせた特別なレーザーの提供

世界には、たくさんのレーザー関連企業がありますが、私たちは、これらの企業と競合しているわけではありません。私たちが作っているのは、市場には売り出されていないレーザーを供給しています。

特別な目的の達成のために、特別なレーザーが必要になります。私たちは、顧客が必要とする目的に合わせてカスタマイズされたレーザーを提供しています。それはいわば手作りの特別なフェラリを作るようなものです。ハイレイズのレーザーは世界最強ですので、材料の広範囲にわたる表面加工などを、市場に存在するどのレーザーよりも効果的に行うことができます。

日本とは特別なつながりのある ハイレイズ研究所

ハイレイズは新しくできた組織で、日本とは特別なつながりがあります。

ハイレイズ立ち上げ当初の2011年から、遠藤 彰(早稲田大学理工学研究所客員教授)先生に参画いただきました。彼のおかげでハイレイズは、日本の様々な研究機関とつながりを持つことができました。そのうちの 하나가、関西光科学研究

所(当時、原子力機構の一部)でした。特に関西研の桐山博光さんは、過去5年に渡り、私達の諮問委員会の一員として貢献くださいました。

「量子メス」への興味

関西研には、J-KARENがあり、多くの科学的成果をあげてきました。ただ、長期的に見れば、J-KARENは、世界との競争力はなくなっていくでしょう。今やペタワットレーザーは、商業ベースのものがすでに世界中にあるからです。

もしがん治療などの医療用にレーザー加速を行うのであれば、全く既存のものとは異なる開発をしなければなりません。

量子メスの1.0よりも2.0の方に大きな関心があります。まだまだずっと先のことになると思いますが、社会のためにも素晴らしいことだと思います。

量子メス(Quantum Scalpel)とは、いいネーミングですね。ぜひそのアイデアを、現実に変えてほしいと思います。

今後も続けたい

日本のレーザー関係機関との関り

これまでも、QST以外にも、東大、早稲田大、理研、東北大などとコラボレーションはしてきました。関西研とも情報交換を続けていき、モデリング・データなど、科学的・技術的な知見を交換したりしていきたいです。

奈良でのシンポジウムは是非毎年続けてほしい

私は、日本に来るときはいつも楽しいです。特に奈良は日本で特別な場所です。

日本での滞在は、いつも東京や大阪が多いのですが、奈良は歩くペースからしてリラックスでき日本の他の場所と比べれば、気分もリフレッシュできます。静かで美しく、学術会議を開くには最適な場所ではないでしょうか。

毎回、奈良でシンポジウムを開いてくれたら嬉しいです。



Dr. Tomas Mecek

トーマス・モチェク博士

チェコ共和国
HiLASE(ハイレイズ)
センター長

2001年 工学博士(チェコ工科大学)、理学博士(韓国 KAIST、2000年)
専門はレーザー工学、X線光学
2002年-2004年 フランス エコールポリテクニック研究員
2004年 チェコ物理学研究所上席研究員
2012年より現職

地球上に宇宙を創る——

誰も見たことのない 高出力レーザーの開発を目指して

今まで誰も見たことがないレーザー技術

レーザー自体は光です。レーザーは光のエネルギーで物質を切るという加工などが産業用に広く利用されています。我々が研究しているものは、そういうものではなく、光であるレーザーを別な物質に変換してそれを取り出すという技術です。つまり、レーザーが当たると別な物質が出てくるという二次的な発生です。レーザーが持っているエネルギーを非常に小さな原子核とか原子のレベルにエネルギーを与え、エネルギーを変換させて、それを取り出すということをめざしています。これは今までにない技術です。

たとえば量子メス

我々の研究の応用の一つとして「量子メス」の開発があります。量子メスは、非常に大きな加速器で発生させた重粒子線ががん治療を行う「重粒子線がん治療装置」をコンパクトで、高性能な装置にするという取り組みです。量子メスの中をよくよく覗いてみるとレーザーを使って、量子メス用のイオンを発生させるという誰も考えたことのない新しい原理が想定されています。

具体的には重粒子を取り出すのですが、電子などの軽いものに比べ、重い元素である重粒子を取り出すのは非常に難しい技術です。

こうしたレーザーイオン加速の原理はすでに実証はされていますが、それを何かに応用するということは実現されていません。

量子ビーム科学研究部門関西光科学研究所
光量子科学研究部 高強度レーザー科学研究グループ

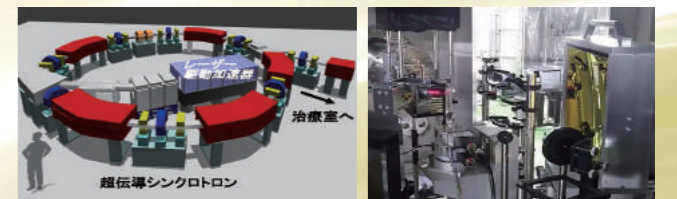


ささき ひろなお
榊 泰直 上席研究員

Hironao Sakaki

Mamiko Nishiuchi

まだ基礎研究の段階ですが、これが量子メスなどの医療機器に実際に利用できる見通しがついたら、それは大きなブレイクスルーになります。



量子メスの加速器(イメージ) 関西光科学研究所のイオン加速実験装置

レーザーイオン加速器の可能性

我々が研究しているレーザーイオン加速手法は、非常に高エネルギー・高密度のイオンビームを作り出すことができる可能性を持っています。例えば、このビームを用いると、宇宙創成期におけるエネルギーが極限状態のプラズマを作り出すことが可能となると考えられます。

そのため、我々はQSTとして「量子メス」という重要な応用に挑戦することはもちろんですが、高強度レーザーを用いる基礎研究も並行して進めて、20年後、30年後に使われる応用技術の種の創成にも挑戦しています。それにより、いろいろな分野のブレイクスルーが期待できると考えています。

すぐには実現が難しい技術ですが、基礎研究というのは続けていけば必ず「芽」が出ます。レーザーイオン加速器の実現も決して夢ではないと信じています。



シンポジウムで講演中の西内氏

量子ビーム科学研究部門関西光科学研究所
光量子科学研究部 高強度レーザー科学研究グループ

にしうち まみこ
西内 満美子 上席研究員

INTERVIEW with QST MEMBERS

夢はビームラインの自動調整

研究のサポートは私の性に合った仕事です

今年の4月から QST の職員になりました。QST での仕事は技術員として、研究者が放射光で実験するための光の調整の作業を行っています。現在 BL11XU と BL14B1 という 2 つのビームラインを担当しています。

また解析のソフトウェアを作る仕事もしています。大学では4年生の時から博士課程まで X 線を用いて実験する研究室にいたので、その頃から頻りに Spring-8 に来て実験していました。当時の私の研究テーマは単結晶の超精密構造解析でしたが、非常に膨大なデータを複雑に計算処理する必要がありますため既存のソフトウェアではなかなか解析がうまくいかず、自分でプログラミングを勉強して必要なソフトウェアを作って解析していました。

現在 QST の中でも、一番ホットな話題に関係のあるソフトウェアを作らせて

もらっているのが、やりがいを感じています。研究のサポートは自分には性に合っていると思っています。

高校時代の物理への興味は今の仕事に繋がりました

今のような技術や研究に対して興味を持ったのは、高校時代に物理が好きになったのがきっかけです。私は暗記がすごく苦手なので、2つか3つの数式を数学の法則や計算に当てはめていくと物事が予測できたり結果がわかったりという物理の世界が、当時本当に美しく魅力的だと思いました。

日本人の言語は日本語ですが、物理は数学が世界共通の言語になっているので、それもすごいと思いました。

将来の夢は、ビームラインの調整の自動化

放射光のビームラインの調整はけっこう職人技的なところが多く、長年携わっている技術員の技はなかなかマニュアル



放射光を実験に合わせて最適な条件へ加工

にすることはできません。

今ビームラインを2本担当させてもらっていますが、私は自分が学んだ技術をシステム化して、ユーザーさんがビームラインを使いたい時に自動で調整ができるようにしたいと思っています。これが将来の私の夢です。

趣味は映画鑑賞とランニング

映画が好きです。仕事の後、姫路までレイトショーに週1くらいかよっています。

今までで一番好きな映画は1997年のイタリア映画「ライフ イズ ビューティフル」です。この映画は第二次世界大戦下のユダヤ人迫害（ホロコースト）を、ユダヤ系イタリア人の親子の視点から描いた作品で、父親の愛情にものすごく感動しました。

それと小学校の頃から大学まで長距離走をやっていました。名古屋大学は陸上部が相当強かったので、一度もレギュラー選手にはなれずいつもサポート役でした。こちらに来てからは運動を全くしていないので、そろそろまた走り始めようかと思っています。



播磨に来て重度の花粉症が収まりました！

実は私は昔から熱が出るほど重症の花粉症に悩まされていました。でもこちらに住んでから一度も花粉症にならず、マスクもつけたことがありません。杉もたくさんあるはずなのに不思議です。花粉の絶対量ではなくて、空気の汚れが原因だと実感しました。

TOPICS

QSTからの主なお知らせ
プレスリリース、各拠点の
行事などをご紹介します。

次世代放射光施設に関する 連携協力協定の締結

<http://www.qst.go.jp/information/itemid047-004598.html>

量研は、「官民地域パートナーシップ」による次世代放射光施設を具体化する「整備・運用の検討を進める国の主体」とされています。一方で、一般財団法人光科学イノベーションセンターを代表とし、宮城県、仙台市、国立大学法人東北大学及び一般社団法人東北経済連合会が地域及び産業界のパートナーとして選定されました。

平成30年9月12日(水)に、「次世代放射光施設(軟X線向け高輝度3GeV級放射光源)の整備・運用等に係る詳細の具体化に関する連携協力協定」をパートナーと締結しました。この協定の締結を期に、量研とパートナーとの間で、施設の整備・運用に関する検討・調整を開始しました。



文部科学省における、
量研とパートナーとの
連携協力協定締結式

次世代放射光施設
(完成イメージ)



PRESS RELEASE

被ばく後の乳がん 妊娠・出産経験によってリスク低下 —乳がんリスクを低減する創薬のてがかりに—

妊娠・出産経験が乳がんのリスクを下げることは、医学的に知られています。一方、高線量の放射線被ばくが乳がんリスクを高めることも知られています。しかし、放射線被ばく後の乳がんリスクと妊娠・出産経験の関係は、よく分かっていませんでした。

量研放射線医学総合研究所の高島賢研究員は、ラットを使った実験によって、思春期前に高線量の放射線に被ばくすると、妊娠・出産を経験しないラットでは乳がんリスクが増加するものの、その後妊娠・出産を経験したラットではリスクがほとんど増加しないことを明らかにしました。この発見は、妊娠・出産経験後におこる体内の変化を模擬することで、放射線被ばく後に乳がんのリスクを低減する創薬の手がかりになると期待されます。

詳細はホームページをご覧ください。

量研 乳がんリスク低下 プレスリリース

検索

<http://www.qst.go.jp/information/itemid034-004937.html>

第3回 MRI アライアンス 国際シンポジウムを開催しました

<http://www.qst.go.jp/information/itemid047-004809.html>

核磁気共鳴イメージング(MRI)は、臨床に幅広く普及し、多くの疾患診断に欠かせない技術です。また、生物医学研究や創薬を支える技術としても発展してきました。

量研は、創薬分野での産学連携を加速するための「量子イメージング創薬アライアンス『次世代MRI・造影剤』(MRIアライアンス)」という枠組みを発足させ、企業及び学術機関との産学連携による共同研究を実施しています。

これら研究成果の普及を目的として、平成30年10月12日(金)に日本科学未来館(東京・台場)にて、MRIアライアンスに関するシンポジウムを開催しました。



シンポジウム参加者の
集合写真

青森からフランスの装置を遠隔操作して 実験を行いました

量研では、核融合エネルギーの早期実現に向けて、日本とEUが幅広くアプローチする「BA (Broader Approach) 活動」を実施しています。BA活動はITER計画の次の原型炉実現を目指すための重要な活動です。この活動の一環で、量研六ヶ所核融合研究所に、「国際熱核融合実験炉遠隔実験センター」というシステムを整備しました。11月28日(水)には、このシステムを10,000km離れたフランスにある「WEST」と呼ばれる核融合実験装置に接続し、遠隔操作でプラズマを点火する実験に成功しました。また、この実験の様子は、ニコニコ動画で中継配信されました。



実験を行った
「国際熱核融合実験炉遠隔実験センター」

2013年 名古屋大学工学部物理工学科 卒業
2015年 名古屋大学大学院工学研究科
マテリアル理工学専攻 博士課程前期課程修了
2018年 名古屋大学大学院工学研究科
マテリアル理工学専攻 博士課程後期課程修了
同年 量子科学技術研究開発機構技術員

Kento Sugawara

菅原 健人
技術員

量子ビーム科学研究部門
関西光科学研究所
放射光科学研究センター
装置・運転管理室

やさしく解説!

～量子って何ですか?～

2018年度文部科学省「一家に1枚」ポスター「量子ビームの図鑑」を監修した放射光科学研究センター・安居院あかね上席研究員が、量子についてやさしく解説。意外に身近な量子の世界を覗いてみてください。

量子ってなに?

安居院 まさに、この質問が「一家に1枚ポスター 量子ビームの図鑑」を作りたいと思った動機です。量子ってなに?と質問されるたびに、なにか誰にでも伝えやすいものがあればいいと思いました。

私たちの世界の物質をどんどん細かくみていくと、量子の世界にたどりつきます。量子は、目で見ること、触ることもできない、漠然とした存在ですが、たくさんの種類があります。原子や分子などはものを作る量子の仲間、光などは力を伝える仲間、また重力のもとになる仲間など、いくつかに分類することができます。さらに原子一つをとってみても、その中の中性子や陽子も量子ですし、量子を構成しているクォークも量子、それを結び付けているグルオンなども量子というように、とてもたくさんの種類があって「この世は量子で満ちている!」のです。

量子は重さや大きさ、寿命などの性質によっていろいろな種類に分けられます。「量子ビームの図鑑」では、原子核や重粒子、陽子、中性子など、ものを作る量子の仲間をポスターの上の方に、下の方には電子や光の仲間を紹介しています。

私たちに一番身近な量子の仲間として「電子」や「光」を挙げるすることができます。たとえば、電子は電気の素になる量子です。電話やTV、照明など、まさに私たちの生活に欠かせない量子です。また、太陽から常にたくさん届いている光も量子の仲間です。私たちは太陽からの光が体にあたるとぼかぼか暖かく感じます。これが光の量子のエネルギーです。私たちが最も恩恵を受けている量子といえるかもしれません。

光の量子のエネルギーはポスターの下中央くらいに紹介しているように、「量子の発見」と深く結びついています。



マックス・プランク

量子の発見 —量子はエネルギー—

安居院 今からちょうど100年前、マックス・プランクが「量子仮説」でノーベル賞を受賞しました。

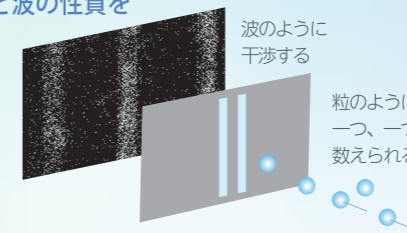
その少し前の19世紀末、キュリー夫妻やベクレルたちは天然鉱物から、目に見えない未知の「何か」が放射されているのを発見し「放射線」と名付けました。科学者は未知のものを見つけたら、それがなにか調べようとします。たとえば、レントゲンは、目に見えない光のような「何か」を調べているときに、それがものを通り抜ける性質を持つことに気づき、手の骨を写真に写すことに成功しました。そしてすぐに、体を診断することに利用したのです。今で言う、X線画像診断の始まりです。

量子仮説は、「エネルギーには最小単位があり、エネルギーはこの単位でやり取りされる」ということを数学的に表したものです。プランクの量子仮説によって、それまで個別に「放射線」や未知の「何か」と説明されていたものが、初めて「量子」という言葉で体系化されたといえます。

量子は、宇宙が誕生したときからずっと私たちのそばにあったのですが、数学的に定義されたこの考え方によって「量子」として認識されたとも言えます。その後も様々な量子が次々と発見され、それぞれの性質を利用して幅広い分野で利用されるようになってきました。

「量子」という考え方は、それ以前の科学にはない全く新しい考え方でした。プランクたちの活躍がなければ今日のような量子科学の発展はなかったかもしれません。

粒子の性質と波の性質を 合わせもつ



二重スリット実験 —量子は粒子であり波であることを実証

安居院 「量子」を特徴づける性質に、波と粒の両方の性質があるということは、数学的にはかなり早い段階からわかっていました。光が波のように干渉する性質をもっていることや、エネルギーの粒のように一つ一つ数えられる性質をもっていることは、それぞれ測定されていましたが、同時にその2つの性質を持っているということはなかなか実証されませんでした。1980年代に、電子を一つ一つ操れる技術が開発されたことで、この理論が初めて実証されました。かの有名な二重スリット実験です。

この実験により本当に量子の粒が干渉することが明らかになりました。この実験は世界で一番美しい実験とも呼ばれているんです。

量子ビームとは?

安居院 レントゲンがX線を発見してすぐ画像診断に利用したように、量子は私たちの身近なところで使われています。今回のポスターの主角を、量子ではなく「量子ビーム」としたのは、私たちが量子をどのように利用しているかを紹介したいと思ったからです。

量子はビームにすると、より強力に使いやすくなります。ポスターでは、量子をビームにするための加速器という装置や、どのように利用されているかを写真や図を使って紹介しています。「量子」はある程度専門的な勉強をしても、なかなかわかった気にならないところがあるんですが、現代の私たちの暮らしは量子抜きには成り立たないといえるので、是非、興味をもって欲しいと思います。

量子ビームは、科学が作り出した最も効果的な量子利用の方法の一つですが、私たちはまだ量子そのものを利用しきってはいないと思います。量子の発見者たちがその性質や特徴をいち早く利用したように、現代も様々な方法で量子の利用が進められています。

私自身は、加速器を使って作られる放射光という非常に強力なX線、つまり量子ビームを使って、ものの性質を研究しています。ものの中の電子のほんの少しの振る舞いの変化で、金属や磁石の性質が変わってしまいます。そのような量子の働きを、新しい機能をもった材料の開発につなげたいと思っています。



2018年11月9日(金)～11日(日)サイエンスアゴラ2018で「一家に1枚」ポスターを使って量子ビームの世界を紹介

わたしたちの世界を
ずうっと、細かくみていくと



ガンマ線バーストでみた「ゴジラ座」



ちょっと
余談

最近、NASAがガンマ線を放射している天体をつなげてゴジラ座を作りました。ガンマ線も量子ですし、ゴジラが誕生した1950年代、放射線の人体への影響や予防、また利用への関心が高まった時代です。ゴジラと「量子」には意外な関係があるんですよ。



放射光科学研究センター
安居院あかね 上席研究員



QST Facebookで出題中!

量子や量子ビームに関連したクイズを出題しています。毎週金曜日に出題し、翌週火曜日に解答を発表します。ぜひ、ご家族、ご近所など皆さんと一緒に全問正解目指して挑戦してください。





Dr. Aguiの「一家に1枚~量子ビームの図鑑~」ひとこと解説

量子にはたくさんの種類があります。このポスターで紹介しているのは、ほんの一例です。

量子の世界は、まさにワンダーランド。レインボーカラーはその象徴です。

放射線医学総合研究所の重粒子線回転ガントリー。医薬品医療機器等法による医療機器承認を得ています。より小型で高性能な「量子メス」など、さらなる研究開発が期待されています。

放射線医学総合研究所の静電加速器施設で描かれました。海の本質は「波」なのか、水の「粒」なのか、二重性を問うとともに、波間の小舟にはリョウシ(漁師⇄量子)が!? 米粒写真の撮影秘話は、QST-Facebookで「米粒写真」と検索してみてください。

最近、量子といえば量子計算や量子情報が話題です。オマージュとして背景に0101...がデザインされています。

子どもの顔ほどもあるゴージャスな菊の花。愛知県農業総合試験場と高崎量子応用研究所の共同研究で開発されました。種苗法の品種登録出願がされています。

関西光科学研究所(播磨地区)は、大型放射光施設SPring-8サイトにあります。私たちは、日々、ここで実験を行っています。

レーザーを利用した血液を採らずに血糖値を測定できる装置。針を刺さずに、血糖値を測定できます。関西光科学研究所(木津地区)で開発されました。

レーザー光も光であり、量子の仲間です。

「一家に1枚」

量子仮説ノーベル賞受賞から100年

この世界は量子で満ちている!

量子ビームの図鑑

ワンダーランド

量子ビームのふたつ

私たちが自身をめぐってすべての物質は、原子やその原子をつくる素粒子などの量子からできています。量子はとても小さく、たとえば原子は1億分の1cmくらいの大きさです。原子より小さな世界では、量子はボールのように一つ一つと数えられたり、ぶつかったりする粒としての性質のほかに、強め合ったり弱め合ったりする波としての性質も現れるようになります。大きさを質量をもたない光なども量子として扱われます。これかとても不思議な量子の世界です。

量子ビーム

身近にある量子を量子ビームにすることで効率的に利用できます。利用するために様々な装置や施設が開発されました。

新元素はこのビームで作られた

原子核ビーム
他の原子核などと強力に衝突。物質のなりたちや新しい元素の研究などには欠かせないビームです。

がん治療、材料や植物の改良に力を発揮
重粒子ビーム・イオンビーム
衝突により大きな影響を与えるビームです。炭素イオンなどの重粒子ビームはがん治療に利用されます。また植物の品種改良、半導体や樹脂の改質などにも幅広く利用されています。

量子ビームの利用

量子であるX線は、発見されてすぐに医療分野で利用されました。また、量子としての波の性質や粒子の性質、物質の原子配列や結晶構造の研究や、電子の状態の研究に活用され、役立つ新材料を生み出しました。X線だけでなく、電子や中性子などの移り動く量子が、それぞれの特色を活かし、物質の検査や加工、医療診断・治療など私たちの生活を豊かにするために活用されています。

また、量子の向きを整えてビーム状にすると、ばらばらな向きも使いやすくなります。現在、私たちはそれを量子ビームとして、安全に利用する配慮をしながら様々なものに利用されています。

量子ビームの図鑑
量子ビームは、発見されてすぐに医療分野で利用されました。また、量子としての波の性質や粒子の性質、物質の原子配列や結晶構造の研究や、電子の状態の研究に活用され、役立つ新材料を生み出しました。X線だけでなく、電子や中性子などの移り動く量子が、それぞれの特色を活かし、物質の検査や加工、医療診断・治療など私たちの生活を豊かにするために活用されています。

また、量子の向きを整えてビーム状にすると、ばらばらな向きも使いやすくなります。現在、私たちはそれを量子ビームとして、安全に利用する配慮をしながら様々なものに利用されています。

量子が拓く未来

私たちは多くの分野で様々な量子を利用しています。量子の性質には、「粒子性と波動性の二重性」のほかにも、「状態のむつれ」や「状態の重ね合わせ」などの性質があります。これらの性質を利用して、量子の利用分野をさらに広げます。例えば、「状態のむつれ」や「状態の重ね合わせ」という性質を利用した量子コンピュータの開発や、周りの状況にとても敏感で影響を受けやすい性質を利用した計測・センシング技術、超長距離通信技術の開発などが期待されています。さらに、生命現象を解明する量子生物学、原子核の融合や分裂に伴うエネルギーを利用する量子エネルギー工学など、私たちの未来を描いています。

量子の性質には、「粒子性と波動性の二重性」のほかにも、「状態のむつれ」や「状態の重ね合わせ」などの性質があります。これらの性質を利用して、量子の利用分野をさらに広げます。例えば、「状態のむつれ」や「状態の重ね合わせ」という性質を利用した量子コンピュータの開発や、周りの状況にとても敏感で影響を受けやすい性質を利用した計測・センシング技術、超長距離通信技術の開発などが期待されています。さらに、生命現象を解明する量子生物学、原子核の融合や分裂に伴うエネルギーを利用する量子エネルギー工学など、私たちの未来を描いています。

量子の発見者たち

138億年前に誕生した量子に私たちは100年前にやっと出会えました。

量子論の父
マクス・プランク
「エネルギーには最小単位がある」とする量子仮説は量子論の発端となり、1918年ノーベル賞を受賞しました。2018年は、それから100年目になります。

陽子の発見
アーネスト・ラザフォード
1918年α(アルファ)線と窒素の実験から、陽子を発見しました。

中性子の発見
ジャームズ・チャドウィック
α線をベリリウムに当てる実験から、中性子を発見しました。

中間子の予言
湯川秀樹
1935年陽子や中性子が互いに結合するのを助ける中間子の存在を予言し、日本人として初めてノーベル賞を受賞しました。

電子の発見
ジョゼフ・ジョン・トムソン
1897年真空中で金属板に電圧をかけた時に発生する流れの研究から、電子を発見しました。

X線の発見
ヴィルヘルム・レントゲン
1895年透過力の高い未知の光を発見しX線と名付けました。

光は量子
アルバート・アインシュタイン
1905年光を粒のようなエネルギーの塊であるという量子仮説を唱えました。

量子の誕生と発見

宇宙は今から138億年くらい前にビッグバンという大爆発で誕生しました。その時、物質をつくる量子や光(光子)などこの世界にある様々な量子ができていきました。やがて原子などの量子ができ、その原子を材料に太陽や地球など星ができ、生命や私たち人類も生まれました。この世界は量子で満ちています。100年ほど前、現代物理学が急速に発展するなかで私たちは量子の存在を発見しました。

粒子性と波動性の二重性
量子は粒のように数えられ、また、波のように強め合ったり弱め合ったり干渉します。これを「粒子性と波動性の二重性」といいます。これは量子のもつ大きな特徴の一つです。

干渉縞が現れる(波動性)
量子を1つずつ打ち込む(粒子性)

量子の二重スリット実験の動画をみることができます。
<http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/quantum/doubleslit/index.html>

+でもーでもない中性な特徴

中性子ビーム
+や-の電荷を持たないので強い透過力があります。非破壊検査などのほか、水や磁石の性質を観察することができ、薬や生命科学、材料の研究などにも利用されています。

ミュオン
ミュオンは電子より約210倍重い

火山の中も、ビルの中も突き抜ける強い透過力
ミュオンビーム
ミュオン粒子とも呼ばれ、宇宙からも降り注ぎ透過力が強い。火山や建物の内部調査のほか、磁石の研究などにも利用されています。

電子ビーム
小さなものを観察する電子顕微鏡や、超微細加工などに使われます。金属の電子ビーム溶接などでも利用されています。

原子を見る、超微細な加工ができる

電子ビーム
小さなものを観察する電子顕微鏡や、超微細加工などに使われます。金属の電子ビーム溶接などでも利用されています。

X線・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

体の中を見る、物質の中を見る
X線ビーム・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

私たちが一番利用している光のビーム
レーザー光
レーザー光ビーム
広がらずにまっすぐ進む光です。通信や加工などのほか、手術や治療など医療分野での利用など、生活には欠かせない光のビームです。

量子の誕生と発見

宇宙は今から138億年くらい前にビッグバンという大爆発で誕生しました。その時、物質をつくる量子や光(光子)などこの世界にある様々な量子ができていきました。やがて原子などの量子ができ、その原子を材料に太陽や地球など星ができ、生命や私たち人類も生まれました。この世界は量子で満ちています。100年ほど前、現代物理学が急速に発展するなかで私たちは量子の存在を発見しました。

粒子性と波動性の二重性
量子は粒のように数えられ、また、波のように強め合ったり弱め合ったり干渉します。これを「粒子性と波動性の二重性」といいます。これは量子のもつ大きな特徴の一つです。

干渉縞が現れる(波動性)
量子を1つずつ打ち込む(粒子性)

量子の二重スリット実験の動画をみることができます。
<http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/quantum/doubleslit/index.html>

量子の誕生と発見

宇宙は今から138億年くらい前にビッグバンという大爆発で誕生しました。その時、物質をつくる量子や光(光子)などこの世界にある様々な量子ができていきました。やがて原子などの量子ができ、その原子を材料に太陽や地球など星ができ、生命や私たち人類も生まれました。この世界は量子で満ちています。100年ほど前、現代物理学が急速に発展するなかで私たちは量子の存在を発見しました。

粒子性と波動性の二重性
量子は粒のように数えられ、また、波のように強め合ったり弱め合ったり干渉します。これを「粒子性と波動性の二重性」といいます。これは量子のもつ大きな特徴の一つです。

干渉縞が現れる(波動性)
量子を1つずつ打ち込む(粒子性)

量子の二重スリット実験の動画をみることができます。
<http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/quantum/doubleslit/index.html>

原子を見る、超微細な加工ができる

電子ビーム
小さなものを観察する電子顕微鏡や、超微細加工などに使われます。金属の電子ビーム溶接などでも利用されています。

X線・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

体の中を見る、物質の中を見る
X線ビーム・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

私たちが一番利用している光のビーム
レーザー光
レーザー光ビーム
広がらずにまっすぐ進む光です。通信や加工などのほか、手術や治療など医療分野での利用など、生活には欠かせない光のビームです。

原子を見る、超微細な加工ができる

電子ビーム
小さなものを観察する電子顕微鏡や、超微細加工などに使われます。金属の電子ビーム溶接などでも利用されています。

X線・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

体の中を見る、物質の中を見る
X線ビーム・放射光
X線は医療でのレントゲンのほか、物理学、化学、工学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など幅広い分野で私たちの生活を支えています。

私たちが一番利用している光のビーム
レーザー光
レーザー光ビーム
広がらずにまっすぐ進む光です。通信や加工などのほか、手術や治療など医療分野での利用など、生活には欠かせない光のビームです。

量子ビームは日本で作られた言葉で、15年ほど前から広く使われるようになった、関西光科学研究所にゆかりの深い言葉です。今や世界中でquantum beamという表記が使われています。

19世紀末~20世紀初頭、たくさんの量子が発見されました。

量子が粒であり波であることを、世界で初めて実証した二重スリット実験





きつづ光科学館ふおとん

The Kids' Science Museum of Photons

見て、触れて、「きつづ光科学館ふおとん」で
光の不思議を体験しよう。



3つの展示ゾーンと全天周映像ホール、さまざまな実験・工作イベントで光の不思議な性質から利用技術まで、楽しく学べます。



光と音の パラボラ

家のベランダに取り付けられている、おわんの形をしたパラボラアンテナは、放送衛星(BS)から送られてくる波長の短い電波を受信しています。BSに積まれているパラボラアンテナは、地上の放送局からの弱い電波を集めて、強く(増幅)してマイクロ波で地上に送る働きをします。そのマイクロ波をベランダのパラボラアンテナが受信して、一点に集まるような仕組みになっています。科学館2階の「光の科学ゾーン」には、左右の壁に直径1.6mのパラボラの鏡が向かい合って立っています。光と音がどのように伝わるかを体験してみてください。

<http://www.kansai.qst.go.jp/kids-photon>



はてな？の科学

冬芽

休眠・越冬して、春になると葉や花になる芽を冬芽と言います。木々は、冬になると気温が下がり、乾燥した地中から水を吸い上げにくくなるため、水分が出ていきやすい葉の部分や落として体の水分が失われるのを防いでいます。また、動物のように不要なものを尿として出すことができないので、葉に不要物をためて葉とともに落とします。葉を落とし、冬芽を付けた状態で休眠に入っている樹木の眠りを解くのは、最も気温が低くなる厳冬の寒さです。木々にとって冬は美しい花を咲かせるために大切な季節です。

寄附金のお願い QSTの活動をご支援ください

量研本部の正面玄関に、「QST未来基金」に御支援いただいた皆様のお名前を紹介する銘板を設置いたしました。量研の研究開発活動に日頃より御支援をいただき、厚く御礼を申し上げます。今後とも量研への御力添えのほど、何卒よろしく願いいたします。

◆ 問い合わせ先

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
イノベーションセンター研究推進課

TEL: 043-206-3023 (ダイヤルイン)

Email: kifu@qst.go.jp

<http://www.qst.go.jp/about/contribution.html>

(オンラインでもご寄付いただけます。また、「QST未来基金」による活動報告、寄附者のご芳名等についても掲載しています。)



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

QST NEWSLETTER 2018 No.7 通巻9号 平成30年12月

企画・発行

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

経営企画部広報課

〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1 (本部)

TEL 043-206-3026 (広報課直通) Email: info@qst.go.jp

〒100-0011 東京都千代田区千代田2-2-2 富国生命ビル22F (東京事務所)

URL <http://www.qst.go.jp/>

制作 有限会社オズクリエイティブルーム