

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

量子ビームのワンダーランド

私たち自身を含めてすべての物質は、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二つと数えられたり、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。大ききや質量をもたない光なども量子として扱われます。これがとても不思議な量子の世界です。

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
マックス・プランク

プランクが唱えた「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。

天然鉱物からの放射線の発見
アンリ・ベクレル、ヒェール・キュリー、マリー・キュリー

19世紀の終わりに、天然鉱物から放射線が発見されることが発見されました。のちに、これがα線などであることがわかり、量子論の発展につながりました。

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るのです。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。

量子を一つずつ打ち込む(粒子性)と二重スリット実験の動画をみる事ができます。
<http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/quantum/doubleslit/index.html>

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。

加速器



日本の原子核物理の父、仁科芳雄は1937年、日本で初めてサイクロトロン加速器を建設し、原子核、素粒子研究の基礎を築きました。



原子核

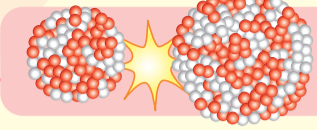
新元素はこのビームで作られた

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。



超伝導リングサイクロトロン(SRC)加速器
原子核ビームをつくる加速器。理化学研究所 RI ビームファクトリー (RIBF) にあります。



RIBFでは、垂鉛の原子核ビームをビスマスの原子核に衝突させて、新しい113番元素が合成されて二ホニウムと名付けられました。二ホニウム合成経路の動画が見られます
<http://www.nishina.riken.jp/113/approach.html>

重粒子・イオン

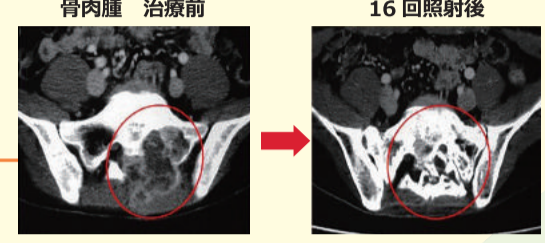
がん治療、材料や植物の改良に力を発揮

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。



重粒子線がん治療室
治療室の外にある加速器から重粒子ビームが送られ、がん細胞をねらい撃ちします。



骨肉腫の重粒子線治療結果
手術困難とされた仙骨(骨盤の骨)の骨肉腫(黒い部分)に重粒子線照射治療を実施した結果、骨肉腫が消えました(白い部分)。

陽子

がん治療も、他の量子の発生もおまかせ

陽子ビーム

精密なビーム制御が身体深部のがん治療に利用されます。また、中性子やミュオンなど、ほかの量子の発生にも利用されます。



陽子加速器(円形加速器)
陽子を光速近くまで加速します。J-PARCでは加速した陽子を金属のターゲットに衝突させて、中性子などを発生させます。



米粒と比較した板の大きさ。赤丸の板に精密な絵が描かれています。

マイクロビームの微細加工で描いた絵ビームを精密に制御する技術を駆使し、0.83mm×1.2mmの板に16万個以上の陽子を照射して描かれました。

中性子

+でも-でもない中性なのが特徴

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。



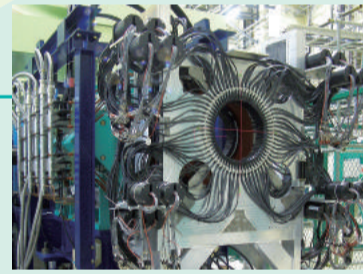
中性子利用実験施設
物質科学や生命科学の研究などが行われています。

ミュオン

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

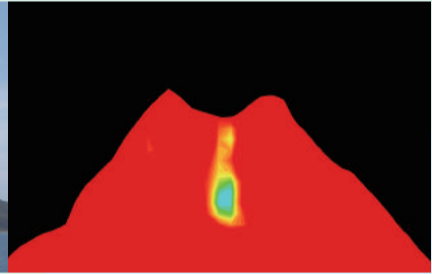
ミュオン粒子とも呼ばれ、宇宙からも降り注ぎ透過力が強い。火山や建物の内部調査のほか、磁石の研究などにも利用されています。



ミュオン実験装置



煙を上げる薩摩硫黄島硫黄岳



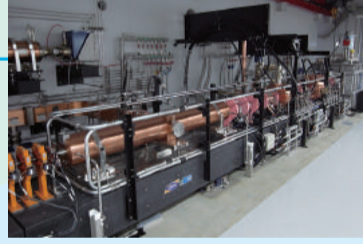
薩摩硫黄島のミュオングラフィイ透視像
宇宙からのミュオンが火山を通過する状態を調査。火口下で大量のマグマの様子が写っています。ミュオングラフィイは、日本で初めて実証され、日本で名付けられた技術です。

電子

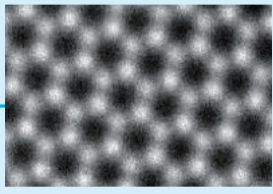
原子を見る、超微細な加工ができる

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。



電子加速器(直線加速器)
電子を光速近くまで加速します。自由電子レーザー SACLA では電子ビームを用いて、極短波長のレーザー光を発生させています。



グラフェンの電子顕微鏡写真
電子の波の性質を利用して、原子レベルまで観察できます。炭素原子の並びがわかります。

ここに紹介したのは量子の姿のほんの一部です。さらなる量子の世界へGO→
http://stw.mext.go.jp/series/quantum_wonderland.html



X線

X線の発見

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。
ヴィルヘルム・レントゲン

X線

体の中を見る、物質の中を見る

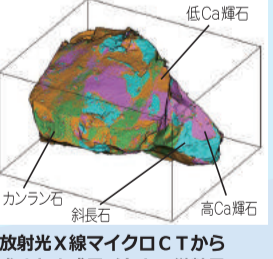
X線ビーム・放射光

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。



大型放射光施設 SPring-8

放射光は電子の運動の変化などで発生するX線を含む光のビームです。SPring-8で発生する放射光は太陽の100倍も明るい光です。



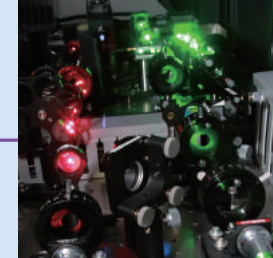
放射光X線マイクロCTから求めた小惑星イトカワ微粒子
宇宙から持ち帰った小惑星イトカワの微粒子に含まれるカンラン石、輝石などの鉱物の3次元分布が得られました。

レーザー光

私たちが一番利用している光のビーム

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。



大強度レーザー発振器
小型のものはCDやパソコンなど身近に使われていますが大強度のレーザー光を発生させる技術開発も進んでいます。



レーザーを利用した血糖値センサー
従来のものより10倍も強い中赤外レーザーを利用して、血液を探ることなく指をかざすだけで血糖値が測定できる装置の開発が進められています。



X線を利用した診断
X線画像診断はもっとも古くから行われている量子の利用です。

製作・著作：文部科学省
企画・制作・監修：安医院あかね、鈴木國弘、足立恵美子(量子科学技術研究開発機構)
画像提供：愛知県農業総合試験場、茨城県、茨城大学フロンティア応用原子科学センター・日下謙弘教授、株式会社日立製作所研究開発グループ、京都大学大学院工学研究科分子工学専攻白川研究室、京都大学大学院理学部山田明教授、高エネルギー加速器研究機構、J-PARCセンター、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設、東京大学地産研究所田中宏幸教授、兵庫県立大学高度産業技術研究所松井真二氏、物質・材料研究機構、理化学研究所、量子科学技術研究開発機構(50音順)
編集・デザイン・イラスト：有限会社オズクリエイティブルーム、長谷島妙子、三浦由美