



トピックス

ILCサポートロゴが完成しました



リニアコライダー・コラボレーション[※]は、ILCを応援してくださるみなさまにご利用いただける「ILCサポートロゴ」を制作しました。ウェブサイトや名刺、パンフレットなどにご利用いただけます。ご利用の際には、電子メールにて、communicators@linearcollider.org までお問合せください。

※ ILC 計画を推進する研究者組織。略称は LCC。

トピックス

ILC 科学少年団、放送中！

ケーブルテレビ番組「ILC 科学少年団」が放送中です。宇宙はどうやって始まったの？・・・物語の主人公は、宇宙に興味のある小学生。彼の叔父が研究している素粒子は、地球上すべてのものを形成する小さな小さな粒。小さなものが、なぜ限りなく広い宇宙の研究につながるのか。少年が「宙」と「粒」に出会いキーワードとなる「ILC」を追いかける、全 10 回のシリーズ番組。第 9 話のテーマは、巻頭記事の写真にもあった超伝導 RF 試験施設 (STF) と先端加速器試験装置 (ATF)。

< 放送チャンネル/時間 > 地デジ 11ch / 毎日 7:40~、17:50~ (10 分番組)
放送の実施また放送時間などに関してはお近くのケーブルテレビ局にお問合せください。

YouTube からでもご覧いただけます。

<https://www.youtube.com/watch?v=GYMlu4j8yQs&feature=youtu.be>

トピックス

カソクキッズ ILC 特番連載中

KEK のウェブサイトで開催中の科学マンガ「カソクキッズ」。ILC 特番 第二話は、ILC の心臓部ともいえる加速装置「超伝導加速空洞」をはじめとする、先端技術の実験や開発を行う STF。下記からご覧いただけます。

<https://www2.kek.jp/kids/comic/ilc-sp/02/index.html>



編集部より

ILC 通信各号の記事はウェブページでもご覧いただけます。紙版の送付をご希望されない場合や送付先、部数の変更等がございましたら、下記「ILC 通信編集部」までご連絡下さい。今後ともご愛読いただけますようよろしくお願い申し上げます。

コラム

ノーベル賞でたどる素粒子の発見物語 2

光子

光の正体は科学の歴史の中で大きな謎でした。時に粒子であると考えられたり、何かが伝える波であると考えられたり。19 世紀の半ばに整えられた電磁気学の理論「マックスウェルの方程式」が、電気の力や磁気の力のもととなる電場と磁場が、あざなえる縄のようになって空間を伝える「電波」の存在を明かしました。そしてその電波の速度が、当時ようやく正確に測れるようになった光の速度と一致していたことから、光の正体は電波であると結論づけられます。

しかし、1905 年にアインシュタイン博士が、光が光源から発せられて広がっていくときに、そのエネルギーは連続して広がっていくのではなく、光の波長に反比例した「かたまり」で伝わっていくという論文を発表します。エネルギーがとびとびの値をとるエネルギーの最小単位のことを「エネルギーの量子」と呼びますが、アインシュタインは光エネルギーの最小単位のことを「光量子」と呼びました。そして、この光量子は最小単位として分割されることなく運動し、発生するときも吸収されるときもそのかたまりのままで行われるとの仮説を提案したのです。この仮説により当時知られるようになった光電効果という金属に光が当たったときに電子が飛び出してくる現象の様子を正確に説明できると指摘しました。

アインシュタイン博士はこの光量子仮説により 1921 年にノーベル物理学賞を受賞します。そして 1924 年、光量子が存在する直接的な証拠となる現象が発見されます。光が電子と衝突して電子を跳ね飛ばす現象、コンプトン散乱現象です。このとき電子にあたって跳ねたあとの光自身の波長が長くなることが観測されました。これも光が波であるとする説明がつかず、光が光量子としてドスンとぶつかるという考えでしか説明がつかないことがわかったのです。それ以来光は「光子」という素粒子であると考えられるようになっていきます。そして、マックスウェルの方程式も光子の運動を扱う「量子電力学の方程式」へと進化します。

お知らせ

科学技術週間 KEK 施設公開、4/22 と 23 に実施

発明の日 (4 月 18 日) を含む一週間は「科学技術週間」です。今年の科学技術週間は、4 月 18 日～24 日。KEK では、展示ホール公開や施設見学会などを企画しております。

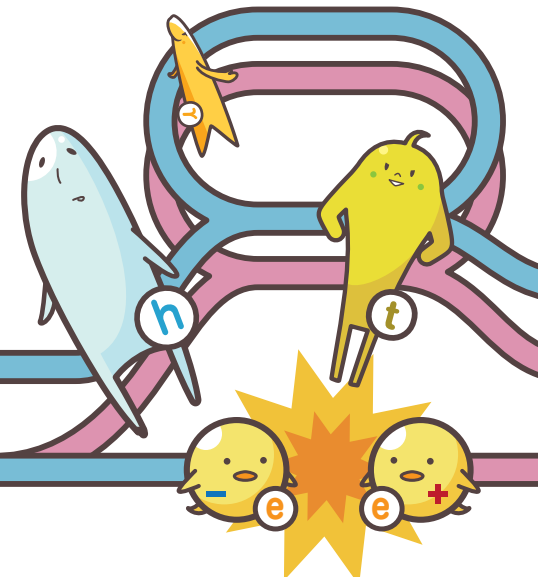
B ファクトリー実験施設と放射光科学研究施設を見学いただける施設見学ツアーは、4 月 22 日 (金) と 23 日 (土) に予定しています。みなさまのお越しをお待ちしております。詳細につきましては、決定次第、下記ウェブサイトに掲載いたします。

< お問い合わせ > KEK 広報室

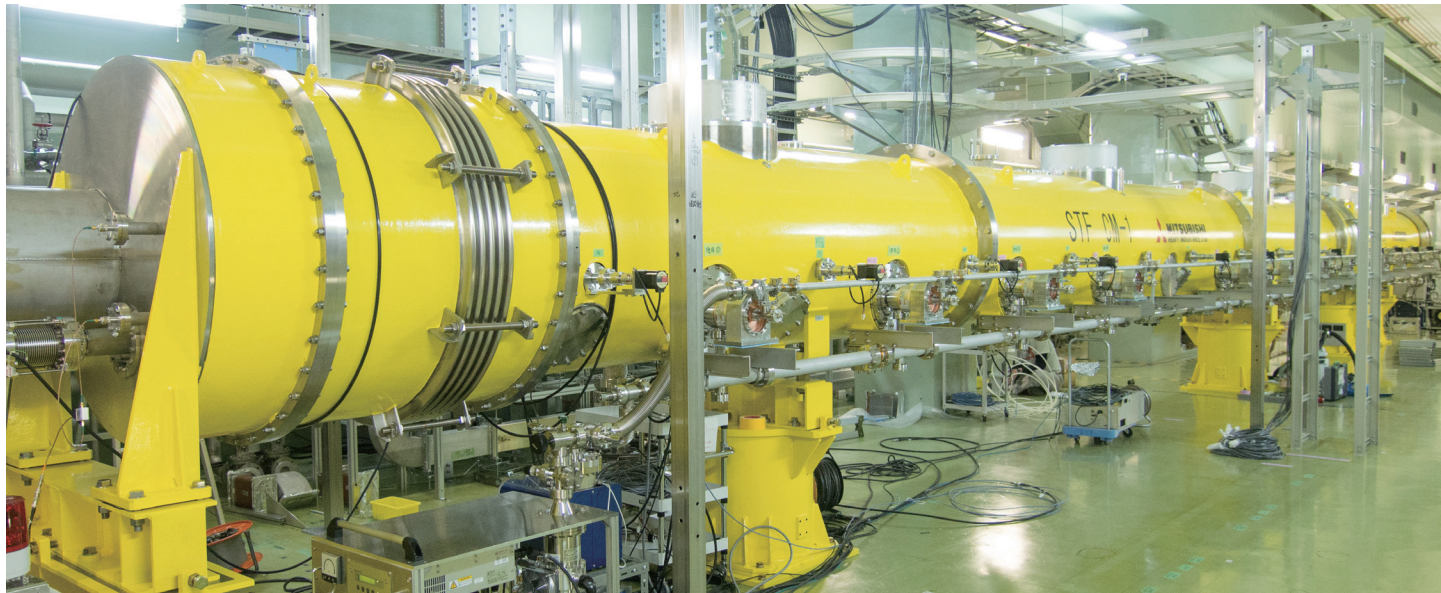
<http://www.kek.jp/ja/PublicRelations/Events/ScienceWeek/>

TEL : 029-879-6047

E-mail : proffice@kek.jp



STF : KEK で進む超伝導加速技術の実証



国際リニアコライダー (ILC) に不可欠な技術が「超伝導加速技術」。超伝導加速とは、ニオブ等の超伝導材料でつくられた「超伝導加速空洞」にマイクロ波を送り込んで電場をつくり、電子や陽電子のビームを加速する方式です。-271℃まで冷却すると、ニオブ製の空洞が超伝導状態になり、電気抵抗が生じません。そのため、電力損失や加熱が起こらないため、空洞の中にマイクロ波のエネルギーを無駄にすることなく効率よく加速することができるのです。

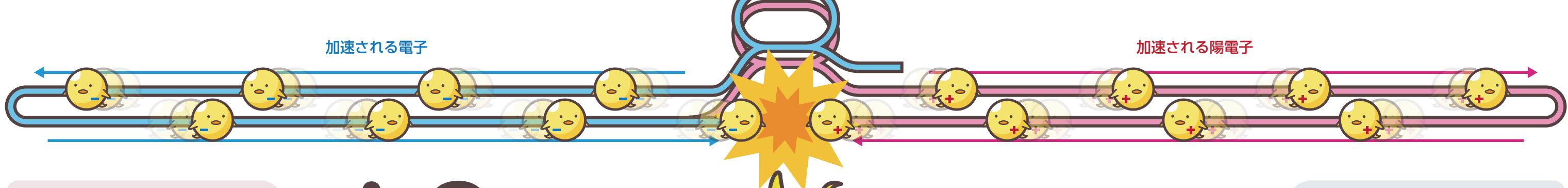
高エネルギー加速器研究機構 (KEK) では、空洞の製造・性能試験や、冷却、大電力マイクロ波発生、空洞の保冷、電子ビームの発生など、総合的な超伝導加速システムの研究開発を行っています。それら技術を確認するための総合試験を行う場所が、超伝導 RF 試験施設 (STF) です。今、STF の地下トンネルには、ILC 仕様のクライオモジュール 1.5 本分の設備がつけられています (写真)。このクライオモジュールには空洞のみならず四極磁石も組み込まれており、実機さながらの仕様になっています。

クライオモジュールは、外気の熱を遮断する保冷容器に、ILC の心臓部となる超伝導加速空洞を 8~9 台 (8 台のものには四極磁石が入る) を入れたユニットモジュールのこと。実際の ILC には、このクライオモジュールが約 1850 台必要になります。これらは世界で分担して製造されるため、

STF と同様の試験施設が米国のフェルミ国立加速器研究所にもあり、実証試験が行われています。ドイツでは、同じ技術を用いた放射光施設「欧州 XFEL」の実用的な運転が始まります。欧州 XFEL 建設からは、大量生産の技術や産業化の手法など、ILC の実現に役立つ知識や経験も蓄積されました。STF の試験装置は、ILC の仕様としては最も長いクライオモジュール。2016 年度後半にはビームを通した試験を行う予定となっており、試験に向けた準備が着々と進んでいます。

ILC の超伝導技術は、強い電場を実現して短い距離で大電流のビームを加速できます。この技術は加速器の小型化にも役立てることができるため、様々な応用が考えられます。例えば、従来の広大な敷地を必要とする加速器を、可動式の装置にすることも可能になるため、走りながらトンネルの亀裂を見つける車両型非破壊検査装置や、移動式の医療用治療装置などの開発も期待されています。また、超伝導技術を使った放射光施設の開発は、生命科学研究、ナノ構造解析、創薬、医療診断、マイクロリソグラフィなど、多くの分野へ画期的な波及効果をもたらすと考えられています。

ILC の実現、そして未来の技術応用にむけて、STF では研究者・技術者が挑戦を続けています。



トップクォーク って一体なんだろう？

この宇宙にある物質の元となっている素粒子、クォークとレプトン。それぞれ、電荷が2種類、世代と呼ばれるグループ分けで3種類、あわせて6種類が存在しているのですが、実はこの宇宙の物質のほとんどはそのうちの3つ、アップクォーク、ダウンクォーク、電子によってできてしまっています。



宇宙の物質の
大部分を
構成する素粒子

そのように存在の偏りのあるクォークですので、もともとアップクォーク、ダウンクォーク、ストレンジクォークの3種類しか見つけていませんでした。そんな時、小林誠博士と益川敏英博士が次のような理論を主張します。「現在の宇宙のような状態になるためには、あと3種類、全部で6種類のクォークが存在しないといけない！」、これが小林・益川理論と呼ばれるものです。



その後、実際にチャームクォーク、ボトムクォークが発見され、1995年には最後のクォーク、トップクォークがアメリカのテバトロン加速器で発見されました。そして2001年、日本のKEKB加速器とアメリカのPEP-II加速器を使った実験の成果によって、小林・益川理論の正しさが証明されたのです！この業績により、2人は2008年にノーベル物理学賞を受賞しました。

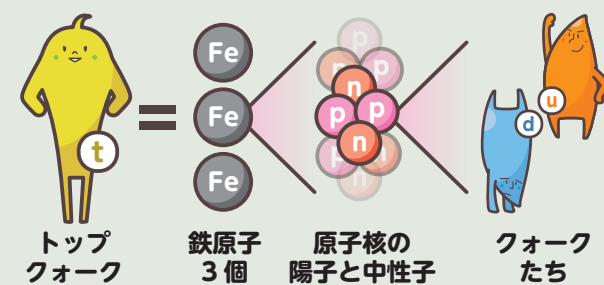
ILCでわかること 第2回

東京大学大学院理学系研究科 秋本祐希

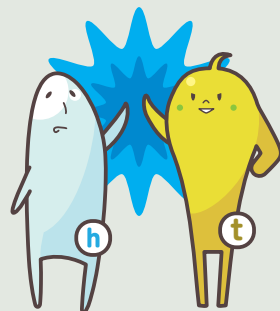
最後に発見されたクォーク、トップクォークは、他の素粒子に比べてなぜかとても重く、今でもわかっていないことがいっぱいある不思議な素粒子なのです。

トップとヒッグスの不思議な関係？

そんなトップクォークですが、他のクォークにはない特別な特徴を持っています。それは「とても重い」ということ。その重さはなんと鉄原子3個分にもなります。鉄原子の原子核を構成するのが陽子と中性子、陽子と中性子を形作っているのがアップクォークとダウンクォーク、そのクォーク仲間であるはずのトップクォークが鉄原子3つよりも重い。なんだかとても不思議な関係になっていますね。



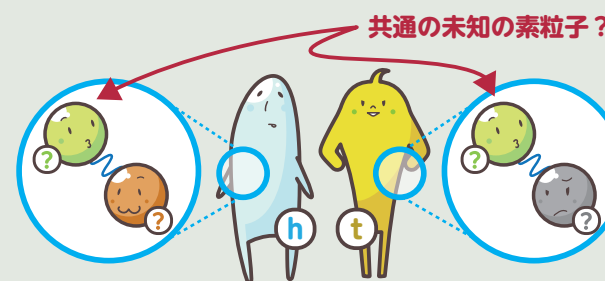
そして重いということはヒッグス粒子にそれだけ好かれているということ。トップクォークはヒッグス場ととても強く相互作用します。ヒッグスを詳しく知るために、トップクォークを調べることは重要なことなのです。



トップクォークについて



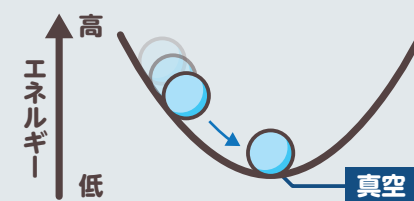
前回、ヒッグス粒子が複合粒子かもしれない！というお話をしましたが、実はトップクォークも複数の未知の素粒子によって作られている複合粒子であるかもしれません。ヒッグス粒子と仲がいい理由が、ヒッグス粒子とトップクォークが同じ未知の素粒子を含んでいる、兄弟のような粒子だからかもしれないのです。



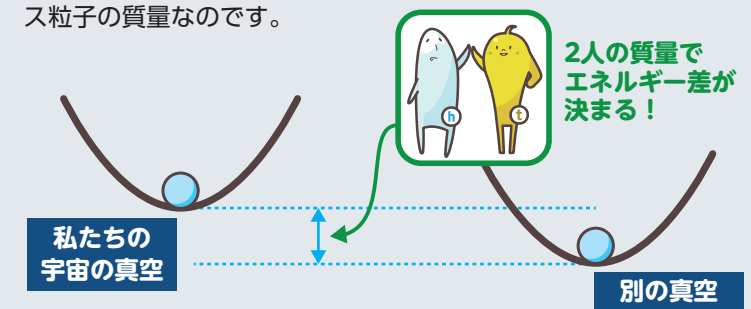
そしてトップクォークが複合粒子だとすると、トップクォークが一つの粒子に見えてしまうほど元となる素粒子をくっつけるための、とてもとても強い、私たちが知らない力が存在することになるのです。現在、トップクォークを作ることができる加速器はLHCだけ。ですが、LHCではトップクォークの性質を詳しく調べるのには向いていません。そこでILCの出番です。電子と陽電子の衝突で実験するILCでは、トップクォークを詳しく調べることができ、そしてそれは、ヒッグス粒子、未知の新しい素粒子、新しい力を調べることにつながっていくのです。

トップクォークが 宇宙の運命を決める？

温かい紅茶は時間が経つと冷めてしまうように、エネルギーの高いものはエネルギーの低い方に勝手に状態を変えていきます。そして最後は一番エネルギーの低い状態で安定します。この一番エネルギーが低くて、一番安定した状態のことを素粒子物理学の世界では「真空」と呼んでいます。



安定している私たちの宇宙の真空ですが、実は別の安定した真空が存在することが標準理論によって予想されています。その別の真空のエネルギーが私たちの宇宙の真空のエネルギーよりも高いのか低いのか、それを決めるのが、実はトップクォークとヒッグス粒子の質量なのです。



別の真空のエネルギーが私たちの宇宙の真空のエネルギーよりも低くなったなら、さあ大変。私たちの宇宙の真空は、もっと安定した状態になろうとするために、いつかその別の低いエネルギーの真空に変わろうとします。その時、高かった分のエネルギーが開放されて熱などになり、宇宙はビックバンのような火の玉になってしまうのです。これを真空相転移による宇宙の寿命と呼びます。その寿命がいつなのか、わかっていません。2人の素粒子が宇宙の運命を握っているのです。



真空相転移による
宇宙の寿命