

# 宇宙の謎を解くヒント

素粒子物理学ってどんな学問なんだろう？  
宇宙の謎を解くのに、望遠鏡もロケットも使わないの？  
不思議がいっぱいの素粒子の世界を紹介するよ。

## 素粒子ってなに？

この宇宙にあるものを、小さく、小さくしていくと、それ以上は小さくすることができない「この世で一番小さいもの」にたどり着くんだ。それが素粒子だよ。  
現在「電子」や「ニュートリノ」など全部で17種類の素粒子が発見されているよ。

## 素粒子と宇宙の深〜い関係

138億年前、生まれたばかりの宇宙は素粒子だらけだったんだ。でも、宇宙が成長するとともに、素粒子たちは互にくっついていたり、見えない所にかくれてしまったり、様々な姿に変わってしまったんだ。つまり、宇宙の最初の頃を知っているのは、一番最初に存在していた素粒子たちだ。宇宙がどうやってできたのか？素粒子を調べると、その謎が解けるんだ！

## 素粒子はどこにいるの？

君たちの体や地球上のすべての物を作っていたり、宇宙を飛び回っていたり。隠れているものもあるよ。隠れている素粒子を見つけるには、実験装置「加速器」が必要なんだ。

$$E=mc^2$$

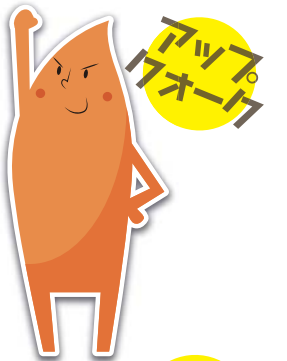
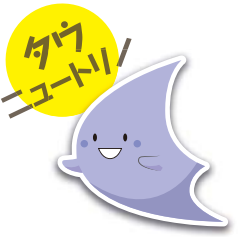
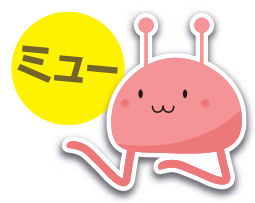
アインシュタインが考えた有名なこの式。Eはエネルギー、mは質量、cは光の速さです。この式を言葉に言い換えると「エネルギーは質量のあるものに変換できる」という意味になる。加速器の実験では、まさにそれを行っているんだよ。加速した電子と陽電子を衝突させるとエネルギーになって、そのエネルギーから、隠れている様々な素粒子が現れるんだ。

## クォークとノーベル賞

「クォーク」も素粒子の仲間。重さや電荷(でんか:持っている電気の量)が違う6種類があるよ。その中のアップとダウンは、この宇宙の全ての物質の元になっているんだ。あとの4つは、チャーム、ストレンジ、トップ、ボトム。これらのクォークは何のために存在するのかすら解っていないんだ。「クォークが6種類ある」という物理理論を考えた、小林誠博士と益川敏英博士の二人は、2008年にノーベル賞を受賞したんだよ！

他にも宇宙の謎はもりだくさん。  
ILCの実験で、色んなことを調べちゃおう！

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構(KEK) ILC推進準備室  
TEL: 029-879-6291 / FAX: 029-879-6246



## 宇宙の起源を探る

# ILC

## 国際リニアコライダー

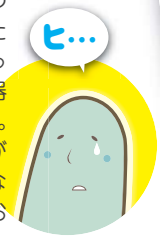
# ガイドブック

INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER GUIDE BOOK

## ヒッグス粒子

ボクはヒッグス君。こう見えて、この宇宙のぜんぶの質量の元になっているんだ。えっへん！「質量」は物に含まれる物質の量のこと、場所がどこでも変わらない重さのこと。ボクがいないと、全ての物は光の速さで飛び散ってしまうんだよ。どう？スゴいでしょ？

こんなにスゴいボクなのに、なかなか見つけてくれないだもん！心細くなったじゃないか…(涙)。2012年になって、やっとLHCっていうヨーロッパにある加速器がボクを発見してくれてホッとしたよ。でもLHCで撮ってもらった写真は、顔がピンぼけなんだなあ。もっとイケメンなのに、ILCでもっときれいに撮ってもらおうっと！



## アイエルシー ILC

宇宙の秘密を探り出す巨大な装置。31キロメートルの長〜い直線トンネルの中で、宇宙が生まれたばかりのビッグバンの状態を作り出す。ヒッグス君の秘密はもちろん、宇宙がどのように生まれて、どうやって今の姿になったのかを研究するんだ！International Linear Colliderの頭文字をとって「ILC」。日本語の名前は「国際リニアコライダー」だよ。

## 電子を取り出す(電子源)

電子はぼくたちの生活に無くてはならない粒子。「電流」というのは電子の流れのことなんだ。地球上の物質には、電子が含まれている。ILCの実験では、物質の中から取り出した電子を200億個のかたまり(パンチ)にして、そのかたまりを列にした「電子ビーム」を作るんだ。前段加速器という小さい加速器で5ギガ電子ボルトのエネルギーを持たせた電子ビームは、ダンピングリングに送られる。

## 陽電子をつくる(陽電子源)

陽電子は電子の「反粒子」。反粒子というのは、素粒子が持っている「相棒」粒子。質量などの性質は全く同じなのに、電荷という電気の性質が反対なんだ。電子はマイナスの電気を持っていて、陽電子はプラスの電気を持っている。電気の性質が反対だから、衝突すると物質は消えてなくなり、エネルギーへと姿を変えるんだ。電子と違ってほとんど地球上には存在しないので、人工的に作り出す。作った陽電子を集めて、電子と同じようにパンチをつくり、陽電子ビームをダンピングリングに送るんだ。

## ビームを整える(ダンピングリング)

パンチには200億個もの電子や陽電子が含まれている。でも電子も陽電子もとても小さいから、パンチの中はスカスカなんだ。ILCではパンチの中の小さな粒子ともうひとつのパンチ中の小さな粒子を衝突させて実験するんだけど、スカスカなビームだと、なかなか上手にぶつかってくれない。衝突しやすくするためには、パンチのサイズを小さくして、中の粒子の密度を高くしないとイケない。ここで活躍するのが「ダンピングリング」なんだ。ダンピングリングでは1周3.2キロメートルのリングの中をぐるぐる回すことで、パンチの中で、色々な方向に拡がるようにする電子を整列させる。ビームがダンピングリングを通過する時間はたったの0.2秒。でもビームはその間にリングを2万周もするんだ！ここでキレイに整えられたビームは、メインライナック(主線形加速器)へと運ばれるよ。

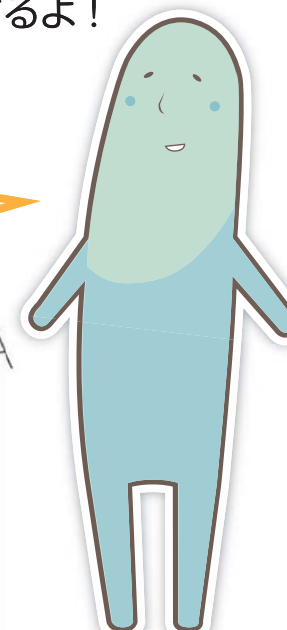
## 徹底解説

# ILC 国際リニアコライダー

ここでは、ILCがどのようなしくみで動くのかを紹介するよ！

1から6までの番号をたどってみよう。  
青は電子、緑は陽電子の流れを表しているよ。

動画でも見られる！



## ビームを絞り込む(ビーム収束システム)

ダンピングリングできれいに整えられて、メインライナックでほぼ光の速さに加速されたビームは、衝突させる前にとっても小さなサイズにする。そのサイズはなんと、高さ6ナノメートル、幅300ナノメートル。1ナノメートルは髪の毛の太さの1万分の1だから、すごく小さいビームだよ！虫眼鏡で光線を絞り込むのと同じしくみをつかって、2キロメートルにわたってずらりと並んだ磁石を使ってビームを小さく絞るんだよ。

## ビームを加速する(メインライナック)

電子と陽電子は、それぞれ11キロメートルのメインライナック(主線形加速器)という直線の加速装置の中に送り込まれた電磁波に乗って、ほぼ光の速さまで加速される。加速装置の本体は、ニオブというレアメタルでつくられた加速空洞だ。加速空洞は、クライオモジュールという冷却装置の中に設置されて、液体ヘリウムでマイナス271℃まで冷やされる。すると加速空洞は「超伝導」という電気抵抗がゼロの状態になるんだ。電気抵抗は電流が流れるのをさまたげるから、電気の一部が熱に変わって逃げてしまい、エネルギーを失ってしまう。これはもったいないので、ILCは超伝導を使ってとても効率的に加速するんだよ。ビームは250ギガ(ギガ=10億)電子ボルトのエネルギーまで加速されるよ。

## 反応を測定する(粒子測定器)

ILCの真ん中でほぼ光の速さで衝突すると、電子と陽電子は物質から500ギガ電子ボルトのエネルギーへと変わる。このエネルギーからは、またすぐに色々な種類の新しい粒子が生まれるんだ。それらの粒子には、宇宙が生まれた直後にはあったけれど、今の宇宙には存在しないものがたくさん含まれている。どんな粒子が生まれて、それからどうなるのか、その様子を記録するのが粒子測定器だ。衝突した反応は目には見えないので、電気信号としてつかまえるんだよ。ILCでは2種類の粒子測定器を使って、間違いが無いかな確認しながら実験を進めるよ。「電子ボルト」は粒子のエネルギーを表す単位。ILCの衝突エネルギーは500ギガ電子ボルト。なんだかすごいエネルギーみたいに聞こえるけれど、実は蚊と蚊が衝突するよりも小さいエネルギーなんだって！



これが測定器！人の身長と比較してみよう。

ぼくらが光速の99.999999999%の速さまで加速されるよ



早く見つけて～ ヒッグス君はいつばいるらしい？本当に隠れているんだろうか？

