

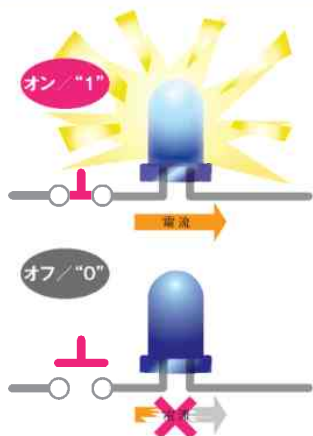


## 大容量 HDD とフラッシュメモリ

# なんでも“1”と“0”に 置き換えるデジタル技術

字を書いたり絵を描いたりする紙のノートには、音楽は録音できないよね。録音ができるカセットテープには、字を書いたり絵を描いたりできない。でも、コンピュータには、文字も写真も音楽も、いろいろなデータを入力して保存したり、印刷したり、メールで送ったりできる。これっていったいどうしてなんだろう。

### データのオンとオフ



コンピュータは、電流が流れているかないかで、「1」と「0」を判断しています。

### コンピュータがあつかえるのは「1」と「0」だけ

私たちが使っているコンピュータは原理的に、データのスイッチがオンの状態「1」になっているのか、それともオフの状態「0」になっているのかということしか判断できません。

それなのに、コンピュータが文字や画像や音楽など、さまざまな種類のデータをあつかえるのは、コンピュータの内部では、全てのデータを「1」と「0」とを組み合わせた「デジタルデータ」に置き換えているからです。

このような、「1」と「0」のいずれかの状態になれるデジタルデータをビットと呼んでいます。

またビットを8個まとめたものをバイトと呼びます。つまり8ビット=1バイトになります。

### 数字や文字をデジタルデータに置き換える

#### ビットの状態と数字の対応

10進数	ビット				2進数
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	10
3	0	0	1	1	11
4	0	1	0	0	100
5	0	1	0	1	101
6	0	1	1	0	110
7	0	1	1	1	111
8	1	0	0	0	1000
9	1	0	0	1	1001
10	1	0	1	0	1010
11	1	0	1	1	1011
12	1	1	0	0	1100
13	1	1	0	1	1101
14	1	1	1	0	1110
15	1	1	1	1	1111

ビットが1つしかなければ、あつかえるデータは1と0の2つだけになります。けれども複数のビットを用意することで、あつかえるデータを増やすことができます。例えばビットを4つ使えば、16種類の状態が表せるので、それぞれに数字を割り当てれば、0から15までの数があつかえるようになります。同じようにビットを8個使えば0から255までの数を、16個使えば6万5,535までの数を表すことができます。そ

8ビットあればアルファベット（大文字と小文字）とカタカナ、数字、記号を、16ビットあれば日本でよく使われる漢字まで一通り割り当てることができます。

### コラム アナログとデジタル

文字盤と針で時間を示すアナログ時計は、12時00分00秒から12時00分01秒に切り替わる間も針が動き続けています。これに対して数字で時間を示すデジタル時計は、数字切り替わる間の時間が表示されることはありません。

このように、時間や空間などの連続して変化する



データをアナログデータ、とびとびに変化するデータをデジタルデータと呼びます。

して、それぞれの組み合わせに漢字やひらがななどを対応させることで、コンピュータは文字や数字をあつかえるようになります。

このときビットの状態は、私たちが普段使っている数（これを10進数といいます）が10になると1桁繰り上がるように、あるビットが2になると、1桁繰り上がっています。このような数を2進数と呼んでいます。

## ● 写真や音楽も2進数にして記憶する

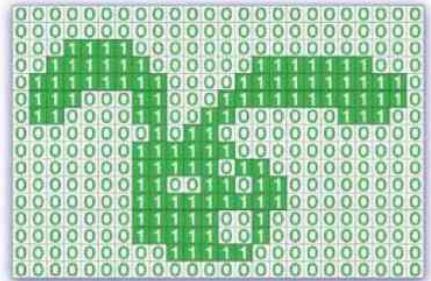
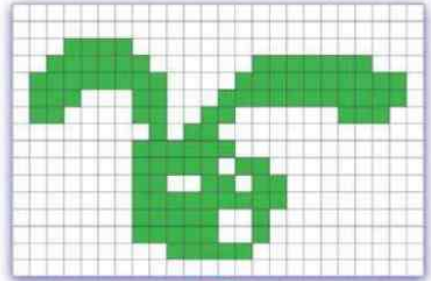
コンピュータの内部では、アナログデータである写真や音楽などのデータも2進数のデジタルデータに置き換えています。例えば、音は空気の振動なので、波の強さ（振れ幅）を振動数（周波数）ごとに区切って2進数に置き換えることで、1と0の組み合わせとして表現できます。写真も同じように、画像を細かく区切って、画面上の位置（座標）や色などを1と0の組み合わせに置き換えることができます。

このとき、データの区切りを細かくすればするほど、音声や画像の細かい部分まで表現できるようになりますが、それだけ必要なデータの量も大きくなります。

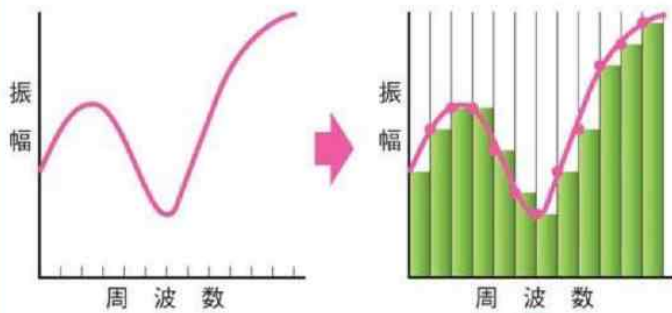
### Let's Research

アナログデータとデジタルデータの利点と欠点を調べてみよう。

画像をデジタルデータにする



音声をデジタルデータにする



5 : 0101  
 7 : 0111  
 8 : 1000  
 8 : 1000  
 6 : 0110  
 4 : 0100  
 ⋮



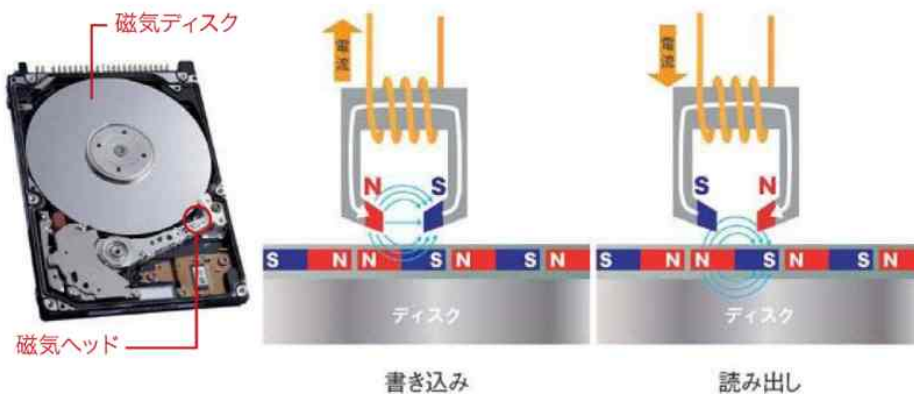
## 磁気でデータを記録する HDD のしくみ

コンピュータはデータを保存するため、多くの場合ハードディスクドライブ(HDD)を使っています。HDDの内部には回転する金属(磁石)の円盤(ディスク)が入っていて、表面には磁性体と呼ばれる磁化しやすい物資が薄い層になっています。ここにデータを書き込んだり読み出したりするときは、磁気ヘッドと呼ぶ電磁石を使います。

データを書き込むときは、コイルに電流を流します。すると磁界が発生してディスクの表面が磁化されて、磁石のような性質を持ちます。磁石に流れる電流の向きを反対に切り替えると、磁化される極性の向きも反転します。HDDは、この性質に“1”と“0”を対応させて、ディスク上にデータを書き込んでいます。

データを読み出すときは逆に、磁化されたディスクの磁界によって磁気ヘッドの電磁石に発生する電流を利用します。この電流の向きは磁界の極性によって反転するので、電磁石に流れる電流からディスク上の“1”と“0”のデータを読み出すことができます。

### ハードディスクの構造とデータの書き込みと読み出しのしくみ



## HDD は超・精密加工技術でできている

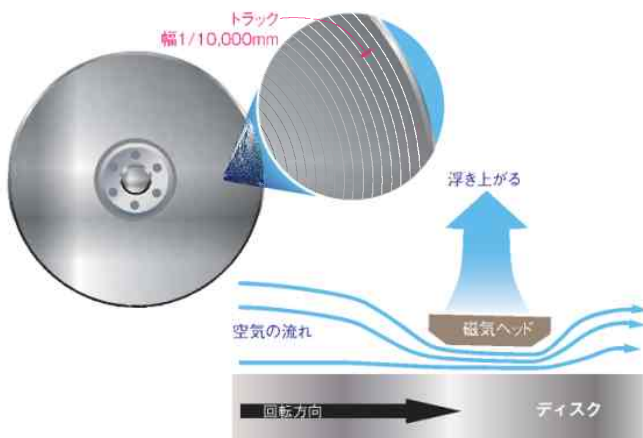
大量のデータを効率よく記録するために、HDDのディスクは円周状のトラックに細かく区切られています。ディスクの半径はわずか3~4.5cm程度ですが、そこに数万本ものトラックが並びます。最近のHDDでは、1本あたりのトラックの幅は1/10,000mm以下にまで細かくなっています。

また磁石が金属に近づけば近づくほど磁界は強くなるため、HDDの磁気ヘッドとディスクの間隔はわずか数nm(ナノメートル、1nmは1/1,000,000mm)しかありません。

これは、例えばジャンボジェット機が地上約数mmを時速数百kmで飛行しているような状態に相当します。ディスクが回転すると表面に空気の流れができるので、ヘッドはわずかに浮き上がっています。

毎分数千回転のスピードで回転するディス

### トラックとヘッド



ク上の指定されたトラックにあるデータを読み出すため、HDDの磁気ヘッドは非常に精密なコントロールが必要になります。

## Let's Research

磁石を近づけると金属が磁化するしくみを調べてみよう。

## HDDの記憶容量を増やした巨大磁気抵抗効果

幸区に研究開発センターを持つ東芝は1998年、HDDに記憶できるデータを大きく増やす技術を開発しました。この技術は、コバルトや鉄などと銅を交互に重ねた厚さ1/100,000mm程度と非常に薄い膜の電気抵抗（電流の流れやすさ）が、磁界により大きく変化することを利用して、ディスクに記録した情報を電気的な信号に変換しています。この現象は巨大磁気抵抗効果（GMR）と呼ばれていて、1998年に東芝が世界に先駆けてHDDに応用しました。GMR技術によってHDDの容量が爆発的に増大して、パソコン以外にもDVDレコーダーや携帯音楽プレーヤーなど、世の中の多くの製品に使われるようになりました。

GMRの発見者（ドイツ、フランス）は、2007年にノーベル物理学賞を受賞しています。

## さらなる大容量化を目指して

音楽や動画をあつかうようになって、データの量は大きく増えました。けれどもHDDはむしろ、ノートパソコンなどへ収めるため小型化する傾向にあります。

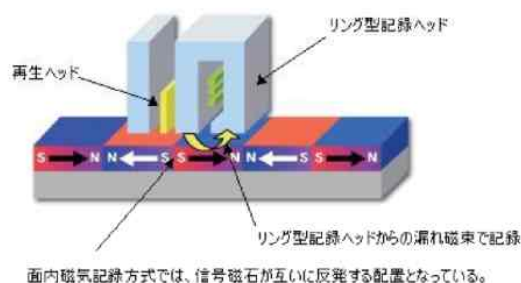
限られた大きさの中で、HDDに記憶できるデータ量を増やすには、磁気の密度を上げる必要があります。そのためには、磁化される領域を小さくしなければなりません、これには限界があります。

ディスクの表面を磁化させることは、S極とN極を持つ磁石を並べて置くようなもので、記録するデータによってはN極同士、S極同士が並ぶことがあります。このとき、同じ極同士は反発しますが、ディスク上では離れることができません。そのため時間の経過にしたがって磁気が弱まってしまいます。磁化する領域が小さくなればなるほど、この現象によって記録したデータが不安定になってしまいます。

この問題を解決するために、東芝が開発した技術が垂直磁化方式です。従来は、ディスクの表面に水平に加えていた磁界を垂直に加えることで、垂直方向に磁化します。この技術により狭い領域でも磁力が安定するようになり、同じ面積に従来の2倍以上のデータが記録できるようになりました。また、垂直磁化方式には、隣り合う極同士が磁性を強めあうように作用する利点もあります。

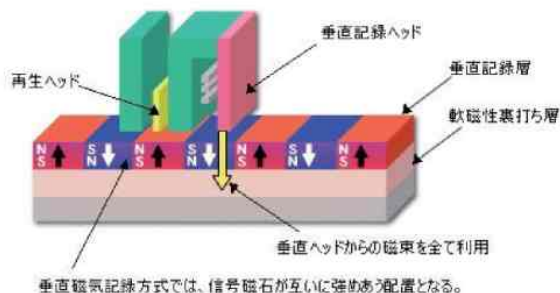
### 面内記録方式と垂直磁気記録方式

面内磁気記録方式（従来のもの）



面内磁気記録方式では、信号磁石が互いに反発する配置となっている。

垂直磁気記録方式（東芝が開発したもの）



垂直磁気記録方式では、信号磁石が互いに強めあう配置となる。

※矢印は磁界の向き

## Let's Research

フラッシュメモリには NAND 型と NOR 型がありますが、どのように違うのか調べてみよう。

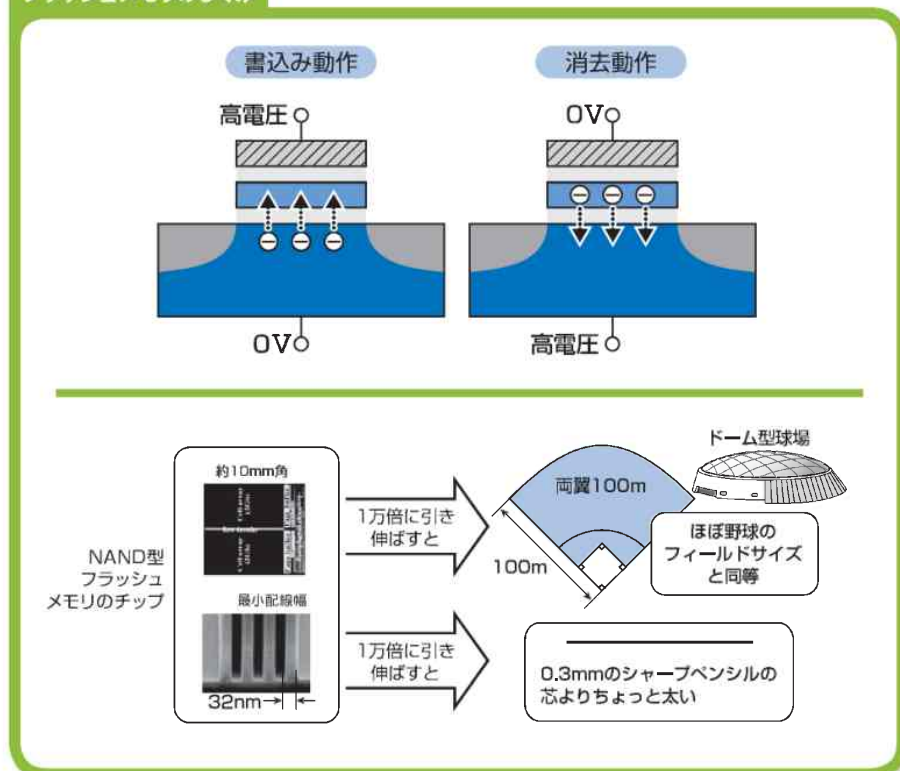
## “電子”を使ってデータを記録するフラッシュメモリ

音楽や写真、動画データの記録には、HDD だけでなくフラッシュメモリも使われています。特に携帯電話やデジタルカメラなど持ち歩く機器で使うメモリカードには、フラッシュメモリが入っています。実は、このフラッシュメモリを発明したのも東芝なのです。

フラッシュメモリは、非常に小さく作り込まれた電子回路で、電圧をかけると回路の中にある小さな箱に電子が流れ込んでたまり、電流を止めても電子がそこに留まる性質を利用しています。その箱に電子があるかないかは、周囲の回路の電流の流れ具合で知ることができ、これを1ビットのデータの記録に利用しています。電子は非常に小さいため、切手や指の爪ぐらいの大きさの 64GB フラッシュメモリには、CD 80 枚分ものデータを記録できます。

1辺が1cm もない小指の爪ほどの大きさのメモリカードが野球場だとすると、1ビットを記憶する回路のサイズは、シャープペンシルの芯の太さ程度になります。それをびっしりと数十億個敷き詰めるほど精密な回路が、フラッシュメモリの中に作られているのです。

### フラッシュメモリのしくみ



## 小さくて軽いフラッシュメモリの特長

HDD のように、ディスクを回転させたりヘッドを動かしたりする必要のないフラッシュメモリは、小さく軽く作ることができます。また、動く部品がないため衝撃を受けても壊れにくい利点があります。このため、携帯電話などの小さな

機器で多く採用され、大量のデータがあつかえるようになりました。HDD のように利用できるフラッシュメモリを使ったソリッドステートドライブ (SSD) も開発されていますが、現在はやや値段が高めなので、大量のデータを保存するサーバーや家庭用パソコンでは、まだまだ HDD が使われています。

フラッシュメモリを使った機器のいろいろ



インタビュー 最先端の技術をいち早く市場に



株式会社 東芝  
研究開発センター  
記憶材料・デバイスラボラトリー  
参事  
岩崎 仁志さん

巨大磁気抵抗効果を実用化に結びつけた結果、HDD の容量が爆発的に増大して、パソコン以外にも DVD レコーダーや携帯音楽プレーヤー等、世の中の多くの製品に使われるようになったことは、感慨深いものがあります。理論や基礎研究が実際の製品商品にこれほど速く応用されることは珍しく、それだけ HDD の大容量化は、最先端研究を市場に活かせる分野と言えるでしょう。



株式会社 東芝  
研究開発センター  
LSI 基盤技術ラボラトリー  
主任研究員  
村岡 浩一さん

子供の頃から研究者を目指していました。大学で研究していた原子力関係は、十数年もかかって実用化するのに対し、コンピュータ関係だと、研究開発の数年後には製品になるという驚くほどのスピードで進みます。それだけに、大変ですがやりがいのある仕事だと言えます。特に、何かを小さく作り込む技術は、職人技のようなものなので、若い人たちにも伝えていきたいですね。

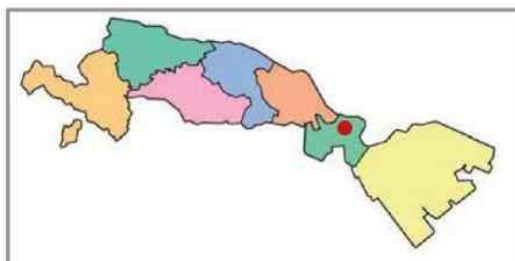
# 株式会社東芝 研究開発センター



場所：〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1

[http://www.toshiba.co.jp/rdc/index\\_j.htm](http://www.toshiba.co.jp/rdc/index_j.htm)

問い合わせ先：(044)549-2056



## 東芝科学館

<http://kagakukan.toshiba.co.jp/>

場所：〒212-8582

川崎市幸区小向東芝町1番地

TEL.044-549-2200

開館時間 9:00-16:45

休館日：日曜日・祝日・特定休日

## More Information



カンガエル先生の日立おもしろ科学教室（日立製作所）

<http://www.hitachi.co.jp/inspire/kaeru/harddisk/index.html>

HDD のしくみや特長を楽しみながら勉強できます。

世界初の NAND 型フラッシュメモリ（東芝科学館）

[http://kagakukan.toshiba.co.jp/manabu/history/1goki/1991memory/index\\_j.html](http://kagakukan.toshiba.co.jp/manabu/history/1goki/1991memory/index_j.html)

東芝が開発した世界初のフラッシュメモリの紹介。

てくのろじい解体新書フラッシュメモリ（東芝）

[http://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/private/tec\\_book/html/tec201008.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/private/tec_book/html/tec201008.htm)

てくのろじい解体新書 SSD（東芝）

[http://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/private/tec\\_book/html/tec200907.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/ir/jp/private/tec_book/html/tec200907.htm)

フラッシュメモリと、フラッシュメモリを使った記憶装置 SSD について調べてみよう。

## Keywords

次のキーワードを組み合わせて、インターネットの検索エンジンで調べてみよう。  
磁性体、薄膜、アモルファス、レコード、トラック、ランダムアクセス、ROM、RAM、NAND 型フラッシュメモリ、NOR 型フラッシュメモリ、ビット、バイト、メガバイト、ギガバイト、SSD





川崎市内の大学・研究機関の研究室から

# まだまだあるよ！ 川崎の先端科学技術

これまで紹介した先端科学技術以外にも、川崎市には世界に誇る技術や研究がたくさんあります。とくに理工系の学部を持つ大学や研究機関では、将来私たちの生活に密接に関わり、産業の中心になるかも知れないさまざまな未知の技術に取り組んでいます。ここではそうした未来技術にスポットを当てて、その施設とともにみなさんに紹介します。

### 渡邊敏幸社長とベアリングボール



株式会社イスマンジェイ  
場所：〒210-0855  
川崎市川崎区南渡田町  
1-8 Think 未来工房  
<http://www.ismanjey.com/>  
問い合わせ先：  
044-873-3335

## 鉄より軽く、鉄より硬い、地球上に無尽蔵にあるケイ素を使った新技術 鉄に代わる夢の超合金、シリコン合金

丈夫で加工しやすいため、さまざまな製品に使われている鉄。しかし、鉄鉱石から鉄を取り出す際にコークスを燃やすなど、二酸化炭素を多く発生させます。また、錆びてしまう、磁化してしまうといった弱点もあります。さらには、色々な国の発展とともに、鉄鉱石の価格が上昇し、確保するのが年々難しくなっています。

そんな鉄からの代替えを目指し、地球上に豊富に存在する、窒素とケイ石からできるケイ素（シリコン）を主成分として作り上げたのがシリコン合金です。シリコン合金は、作る際に二酸化炭素を発生させません。また鉄よりも軽く丈夫で、熱にも強く、錆びることもなく磁化もしないという、画期的な素材です。渡邊敏幸社長率いる株式会社イスマンジェイでは、そのような夢の素材シリコン合金の量産化に、燃焼合成という新技術を開発することで成功しました。燃焼合成は電力をほとんど使わない、エコロジーな素材合成方法です。

イスマンジェイで作られたシリコン合金は、欧米で作られている大型風力発電機のベアリングボールとして採用される予定です。

## エネルギーを効率的に使うことで、地球環境の改善をめざす 大型リチウムイオン電池

私たちの生活を見回すといろいろな場所で『リチウムイオン電池』を見つけることができます。小型で軽量、長寿命で継ぎ足し充電ができることなど多くの面で優れた特性を持つことから、携帯電話や携帯ゲーム機、ノートパソコン、デジタルカメラ等、さまざまな機械に使われています。これらに使用されている電池は「小型リチウムイオン電池」と呼ばれ、とても身近なものになりました。しかし「大型リチウムイオン電池」となると、あまり知られていません。これまでは主に航空、宇宙、海洋などの特殊な機械に使われているだけでした。

川崎区に工場のあるエリーパワー株式会社が開発しているのは、一般的な携帯電話の電池容量の約60倍の容量がある大型リチウムイオン電池です。この電池は直列、並列に組み合わせることで多くの場面で活用できます。そのことから、これからの社会を支える重要なエネルギー源としてさまざまな分野で注目されています。

例えば、太陽光発電や風力発電など、自然のエネルギーを電気に変えて大型リチウムイオン電池に蓄電することができます。また、発電所の夜間発電の電力を大型リチウムイオンに蓄電すると、昼間に利用したりすることができるので効率がアップします。

さらに、急冷、急暖房、急加熱など短時間で大量の電力を利用する場合も、貯蔵しておいた電力を利用することで設備や機器の負担が減り、石油火力発電の利用を抑えることができます。その結果、二酸化炭素削減の効果も大いに期待できます。

### リチウムイオン蓄電システム “パワーイレ”



エリーパワー株式会社  
(川崎事業所)  
場所：〒210-0866  
川崎市川崎区水江町  
4-7  
<http://www.eliipower.co.jp/>  
問い合わせ先：  
044-276-8113

## 狭いところもなんのその、曲がるプラスチックの中を光が走る 世界最高速 プラスチック光ファイバー

光の速さで情報を伝えることでインターネットなどの通信速度を上げた、光ファイバー。光ファイバーはもともとガラス繊維できていました。しかしガラスという素材だけに、曲げると折れてしまいます。そのためこれまでは、家庭の外までは光ファイバーが来ていても、家庭内は銅線や無線が使われていて、せっかくの速度が減速してしまっていました。

慶應大学の小池康博教授の研究チームは、光を操る特殊なプラスチック（フォトリソグラフィ）を利用した世界最速のプラスチック製の光ファイバーを開発しました。プラスチック製の光ファイバーは、曲げるなどの加工が簡単にできます。これにより、家庭内での細かな配線も光ファイバーでつなぐことができ、速度を落とすことなく通信ができるようになります。また、値段も安くすむところも特徴の一つです。

プラスチック製の光ファイバーは、ガラス繊維に比べて透明度が低いため、遠くまで光が届かない弱点がありました。小池康博教授たちは、プラスチックにナノレベルの不純物を入れることで、遠くまで光が届くような技術を開発しました。

小池教授とプラスチック製光ファイバー



慶應義塾大学  
新川崎タウンキャンパス  
新川崎先端研究  
教育連携スクエア  
場所：〒212-0032  
川崎市幸区新川崎 7-1  
<http://www.k2.keio.ac.jp/>  
問い合わせ先：  
044-580-1580

## コンピュータが切り拓く、新たな世界 コンテンツデザイン&デジタルミュージック

コンピュータが身近なものになった現在、新たな芸術もコンピュータを用いて生み出されています。ホームページ上の表現も見る人の目をひくように、単純なものからどんどん高度なものへと進化しつづけています。そのような表現を学び、新たに開発する人材を育てるために各大学でも新たな学部が設置されています。

多摩区にある専修大学では、2000年よりネットワーク情報学部が設置されています。例えばコンテンツデザインプログラムでは、情報技術と認知科学を駆使した、人に優しい情報のデザインを行うことができる人材を育てることを目指しています。

麻生区にある昭和音楽大学の作曲学科では、デジタルミュージックコースを設置しています。ここでは、コンピュータを始めとするデジタルテクノロジーを駆使した作品の制作ができる作曲家を育てることを目指しています。クラシックおよびポピュラー音楽の作曲技術を習得しながら、コンピュータを使った音楽制作を中心に、創作能力を高める教育活動を行っています。

専修大学ネットワーク情報学部  
場所：〒214-8580  
川崎市多摩区東三田 2-1-1  
<http://www.senshu-u.ac.jp/index.html>  
問い合わせ先：  
044-911-7132

昭和音楽大学  
場所：〒215-8558  
川崎市麻生区上麻生 1-11-1  
<http://www.tosei-showa-music.ac.jp/>  
問い合わせ先：  
044-953-1121(代)

コンピュータで作曲活動に挑戦 (昭和音楽大学)



# 川崎市内にある大学，公設研究機関等



①再生医療・新薬開発共同研究センター  
【平成23年度運営開始予定】  
【川崎区殿町3丁目】  
\*再生医療



②川崎市衛生研究所  
【川崎区大島5-13-10】  
\*公衆衛生学



③川崎市公害研究所  
【川崎区田島町20-2】  
\*環境科学



④慶應義塾大学  
新川崎タウンキャンパス  
【幸区新川崎7-1】  
\*理工学，先端技術



⑤川崎市立看護短期大学  
【幸区小倉1541-1】  
\*保健福祉



⑥日本医科大学  
老人病研究所  
【中原区小杉町1-396】  
\*医学



⑦洗足学園音楽大学  
【高津区久本2-3-1】  
\*音響デザイン，音楽療法



⑧財団法人神奈川科学技術  
アカデミー (KAST)  
【高津区坂戸3-2-1】  
\*触媒化学，先端科学



⑨聖マリアンナ医科大学  
【宮前区菅生2-16-1】  
\*医学，難病治療研究



⑩川崎市青少年科学館  
【多摩区枳形7-1-2 生田緑地内】  
\*自然科学



⑪専修大学 生田キャンパス  
【多摩区東三田2-1-1】  
\*情報科学



⑫明治大学  
生田キャンパス  
【多摩区東生田1-1-1】  
\*理工学，農学



⑬日本女子大学  
西生田キャンパス  
【多摩区西生田1-1-1】  
\*人間社会科学



⑭昭和音楽大学  
【麻生区上麻生1-11-1】  
\*デジタル音楽



⑮日本映画大学  
【麻生区万福寺1-16-30】  
\*メディア

\*は設置学部や学科，研究分野や取り扱い領域のうち，本書のテーマに準じたもの。

## ◆監修委員

財団法人神奈川科学技術アカデミー 理事長	馬來義弘 (委員長)
東京理科大学 学長	藤嶋 昭 (副委員長)
国立大学法人横浜国立大学教育人間科学部 教授	森本信也
川崎市教育委員会 学校教育部長	渡邊直美
川崎市教育委員会総合教育センター 担当理事・所長	竹田文夫
川崎市立中学校教育研究会 理科部会長 (川崎市立塚越中学校長)	海老沢衛
川崎市経済労働局 産業政策部長	伊藤和良
川崎市経済労働局 産業振興部長	原田津一

## ◆監修委員会事務局長

財団法人神奈川科学技術アカデミー教育情報センター センター長	江澤 洋
--------------------------------	------

## ◆編集委員

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構総務企画部広報室 室長	保坂尚子
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構総務企画部広報室	大宮俊孝
財団法人神奈川科学技術アカデミー教育情報センター教育情報グループ 主幹	佐藤昌平
財団法人神奈川科学技術アカデミー教育情報センター教育情報グループ 主幹	半田義行
川崎市教育委員会学校教育部 指導課長	高梨憲爾 (副委員長)
川崎市教育委員会総合教育センターカリキュラムセンター 指導主事	網屋直昭
川崎市教育委員会青少年科学館 指導主事	米倉竜司
川崎市立南大師中学校 総括教諭	小林久直
川崎市立東高津中学校 総括教諭	伊井豊彦
川崎市立菅中学校 総括教諭	高橋 泉
川崎市立犬蔵中学校 教諭	佐藤美雪
川崎市経済労働局産業振興部工業振興課	田口垂紀子
川崎市経済労働局産業振興部商業観光課 担当係長	小沢正勝
川崎市経済労働局産業政策部 企画課長	川村真一 (委員長)

(監修委員及び編集委員の所属等は第3版第1刷作成時のものです。)

**この先端科学技術副読本の発行に御協力いただいた企業等研究開発機関の関係者の方がたに感謝の意を表します。**

発行日	第3版第1刷 平成23年4月1日
監修	川崎市先端科学技術副読本監修委員会
編集	川崎市先端科学技術副読本編集委員会
発行	川崎市 〒210-8577 川崎市川崎区宮本町1番地 経済労働局産業政策部企画課 電話：044-200-2111 (代)
特別協力	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
監修協力	財団法人神奈川科学技術アカデミー (KAST)
編集・製作・印刷	株式会社リアライズ理工センター