



## ブラシレス DC モーター

# 「回るもの，動くもの」 私たちの生活を支える 小型モーター

パソコンやハードディスクレコーダーの中には，1分間に5000回転から1万回転以上の超高速で回転する小型で精密なブラシレス DC モーターが入っています。今，このブラシレス DC モーターの技術が，小型から大型まで私たちの生活を支えるさまざまなモーターの技術を，大きく発展させようとしています。

## Let's Research

身の回りで使われているモーターの種類を調べてみよう。

## 身近なところで使われているモーター

家庭にあるモーターといえば、扇風機や換気扇がまず思いつきます。冷蔵庫やエアコンのコンプレッサー（ガスを圧縮するポンプ）、パソコンやテレビの冷却ファン、ハードディスクレコーダーに内蔵されたハードディスクやCD/DVD/ブルーレイなどのプレイヤーも、モーターでディスクを回転しています。携帯電話には、着信を知らせるバイブレーション用として直径数 mm の小さなモーターが入っています。

自動車にも、たくさんのモーターが使われています。窓を上げ下げするパワーウィンドウやワイパー、ハンドルを回す力を軽くしてくれるパワーステアリング、エンジンのオイルや冷却水を送るポンプ、高級車ではシートの位置を調整するモーターなど、1台の自動車には百数十個ものモーターが使われています。

身近なところではたらくモーター

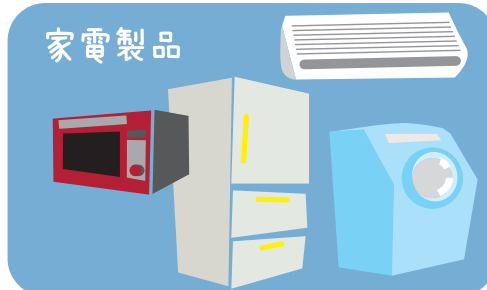
### 情報機器



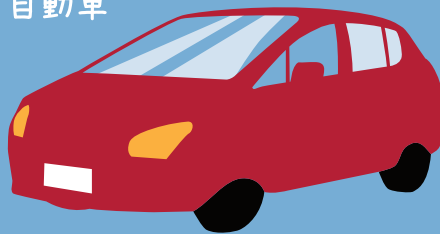
### 映像機器



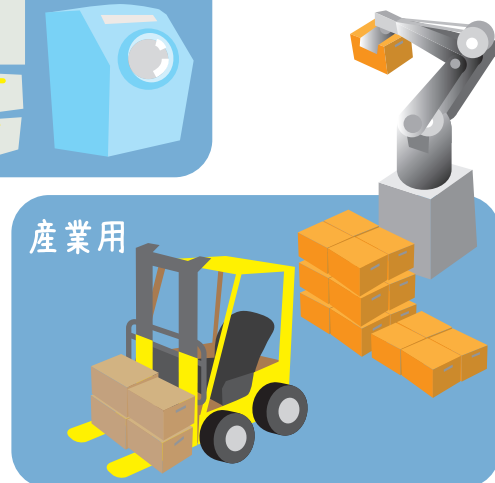
### 家電製品



### 自動車



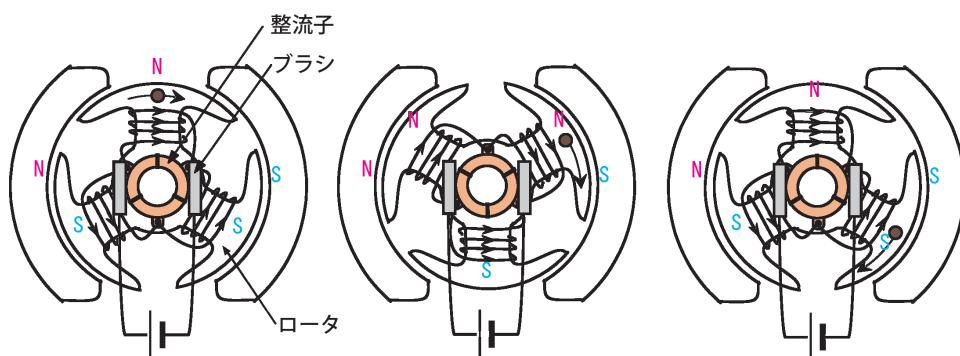
### 産業用



## モーターのいろいろ

モーター（電気モーター）は、電流によって発生する磁力と磁石（永久磁石または電磁石）を使って、回転運動をつくり出しています。使用する電流や磁石の種類、磁力を切り替える方式などによって、いろいろな種類があります。

## DC モーターの原理



ロータには巻いたコイルがあり、ブラシと整流子を通して電気が流れると周囲の磁石に引きつけられて回転する。ある角度になるとブラシの方向によって電気の流れる方向が変わり、次の磁石に引きつけられて回転し続ける。ロータがどの位置にあっても、時計方向に回転する。

## DC モーター (直流モーター)

DC モーターは、乾電池のような直流電流で動くモーターです。模型やおもちゃ、自動車の部品、冷却ファンなどで多く使われています。

DC モーターは、電圧を変えることで回転速度が変わります。ただし、負荷（モーターがものを回そうとするのに抵抗する力）によって回転数が変わってしまうことと、電流の向きを切り替えるためのブラシという部品がまさつによってすり減ってしまう欠点があります。

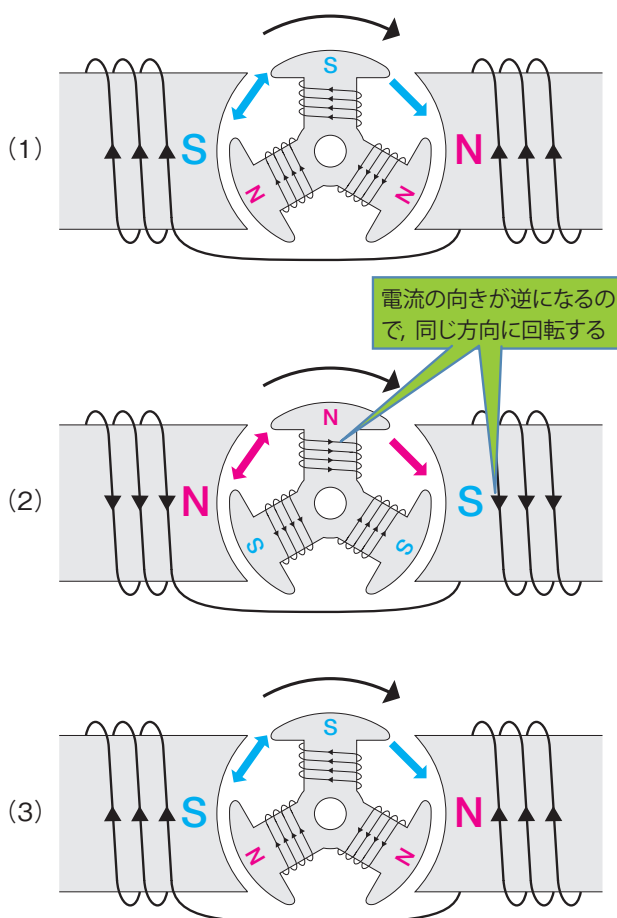
## AC モーター (交流モーター)

AC モーターは、家庭のコンセントのような交流電源で動きます。扇風機や換気扇といった、家庭で使用するモーターで使われています。

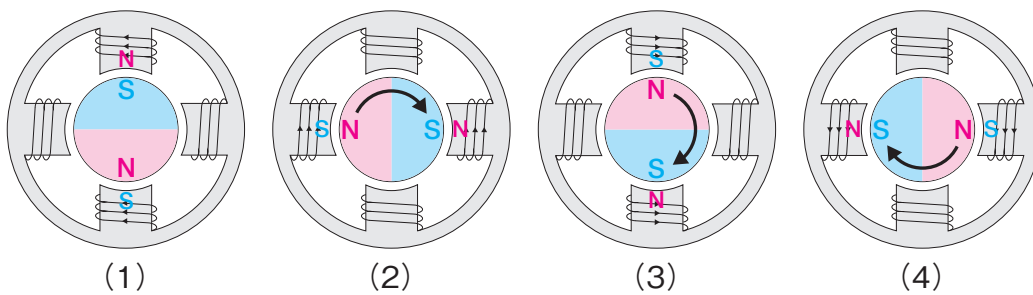
交流は一定の周期（周波数）で電流の向きが切り替わるので、DC モーターのようなブラシを必要としません。また、回転数は交流の周波数で決まるため、周波数が安定していれば回転数が安定します。回転数を変えられない点や、動きはじめるときに電気を多く使う欠点がありますが、インバータと呼ばれる電気回路を組み込むことで欠点を解消しています。

最近のエアコンや冷蔵庫、さらには電車などにもインバータを搭載することで運転速度を変えて電気の消費量を少なくするようになっています。

## AC モーター (交流整流子モーター) の原理



2 組の電磁石の中央にロータを置き、電磁石に交流を流すと、電流の向きによって磁界が反転して回転し続ける。



周囲の磁石に引きつけられて、1つのパルスごとに1ステップずつ回転する。

## ステッピングモーター

回転する角度が信号のパルス（波）によってステップ状に変化するので、ステッピングモーター（パルスモーター）と呼ばれます。1つのパルスで回転する角度があらかじめ決まっているので、プリンターの紙送りなど、正確な動作が必要な用途で使われています。

### Let's Research

ほかの種類のモーターについて調べてみよう。

## 小型モーターのトップメーカー

精密な小型モーターのトップメーカーである日本電産は、2014年に「中央モーター基礎技術研究所」を幸区新川崎に開設しました。同社が製造するハード

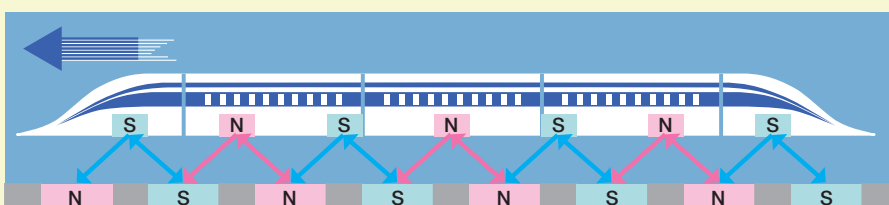


ハードディスクに使われているブラシレスDCモーター

## コラム 回転しないモーター

モーターは電気エネルギーを運動エネルギーに変換する機械ですが、回転だけが運動ではありません。リニア中央新幹線で注目されているリニアモーターは、

電磁石と磁石が引き合う／反発する力で車両を前に進めます。回転はしなくても、その原理は回転するモーターと同じです。



リニアモーターのしくみ

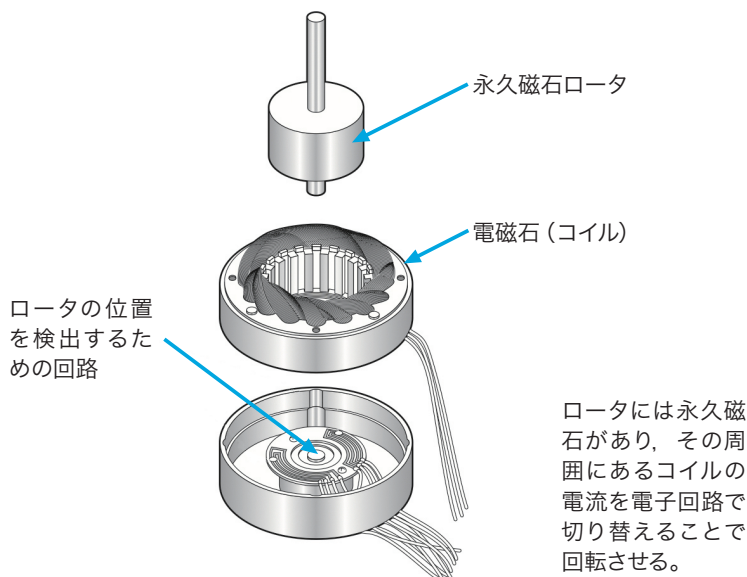


ディスク用のモーターは、実に全世界のハードディスクの80%に使われています。また、CDやDVD、ブルーレイディスクなどの光ディスク用のモーターでも75%、携帯電話やスマートフォン用の振動モーターでは40%に、同社が製造したモーターが搭載されています。

## 小型で高性能なブラシレス DC モーター

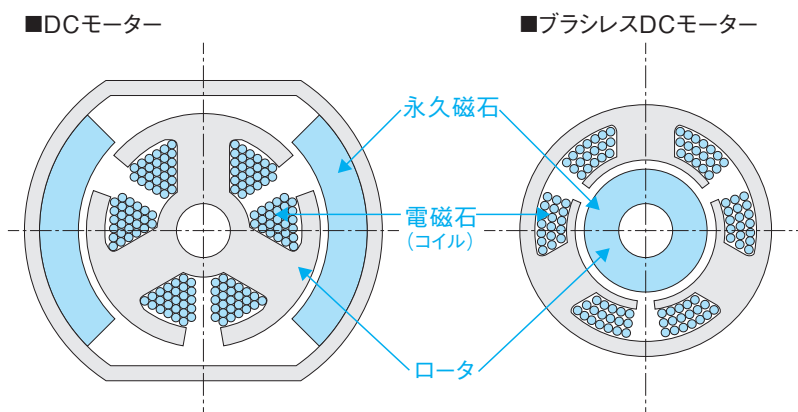
ハードディスクは、高速で回転する金属のディスク(円盤)に磁気を使ってデータを記録します。データを書き込んだり読み出したりする速度を高くするため、毎分5000回転から1万回転以上という高速で回転しています。また、正確にデータを書き込み/読み出すには回転数は正確で安定していなくてはなりません。

### ブラシレス DC モーターの構造

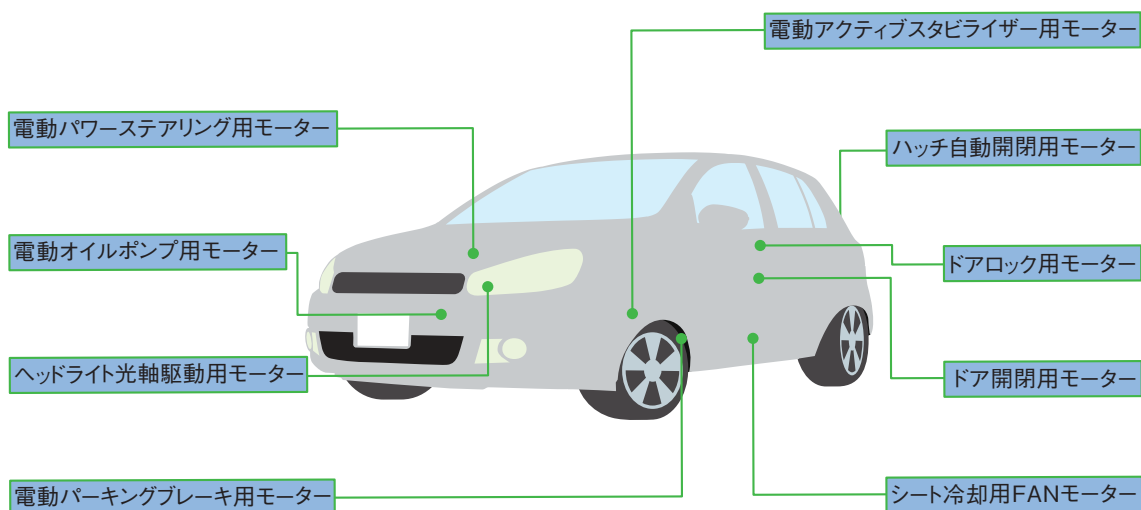


出典:「最新小型モータのすべてがわかる」(技術評論社)

### DC モーターとブラシレス DC モーターの違い



ブラシ付きのDCモーターは電磁石が回転するが、ブラシレスDCモーターは永久磁石が回転する。



ん。このような用途に適しているのが、ブラシレス DC モーターです。

ふつうの DC モーターの場合は、磁石が固定されていて、コイルが回転しています。それに対してブラシレス DC モーターは、コイルが固定されていて、磁石が回転する構造になっています。そのため、電流を切り替えるブラシを使わないのが最大の特徴です。まさつですり減るブラシをなくしたことで耐久性が上がり、音も静かになりました。また、ブラシの代わりに電子回路を使って電流の向きを切り替えることで、電圧によって回転数が決まるふつうの DC モーターよりも正確で精密な動作が可能になります。

ブラシレス DC モーターは、ハードディスク以外にも、工場の機械や電気自動車、ハイブリッド自動車などでも使われています。

### Let's Research

レアアースが何に使われているのか調べてみよう。

## ● 中・大型モーターへの挑戦

これまで小型モーターを中心に手掛けてきた日本電産は今、電気自動車の動力やさまざまな車載用モーターなどに使用する中・大型モーターとして、SR (Switched Reluctance) モーターの研究と開発に取り組んでいます。

SR モーターは永久磁石を使用しないため、レアアース(希土類)を必要としないことで注目を集めています。構造がシンプルで壊れにくく、低速から高速まで速度の範囲が広いので、電気自動車やハイブリッド自動車の動力に適しています。アメリカでは建築機械や大型のポンプ、農業機械にも使われています。

一方で、強い磁気のために振動と騒音がやや大きい欠点もあり、その克服のための研究が行われています。この研究が進めば、SR モーターは洗濯機や掃除機など家庭用機器にも応用できることが期待されています。



永久磁石を使用しないSRモーター  
SRモーターの構造は簡単だが、その制御には高度な技術が必要になる。



SRモーターのロータ

## コラム 世界選手権で優勝したラジコングライダー用モーター

日本電産は、小型軽量で出力の大きいモーターへの技術的な挑戦として、ラジコングライダー選手権用のモーターを試作したことがあります。「F5B」と呼ばれるラジコングライダー競技は世界のラジコン飛行機競技の最高峰で、小さなモーターと限られた電力の電池で滑空時間や速度を競います。その速度は時速200km（垂直上昇時）にもなります。

機体は全長1.5m、両翼端長2m、重さ1.5kgと小さく、搭載されたモーターは直径3.9cm、長さ11cmで重さはわずか300gながら、最高1分間に8万4000回転という高速で回転します。その出力は小型オートバイのエンジンとほぼ同じで、重量あたりの出力はF1のエンジンよりも大きくなります。

このプロジェクトは2005年にスタートし、2007年には日本選手権に初参戦で優勝、2010年には世界選手権で優勝しました。これらから得られた技術と経験が、同社のモーターの基礎研究にいかされているのです。



大会で使われたグライダーと世界一を獲得したF5Bモーター

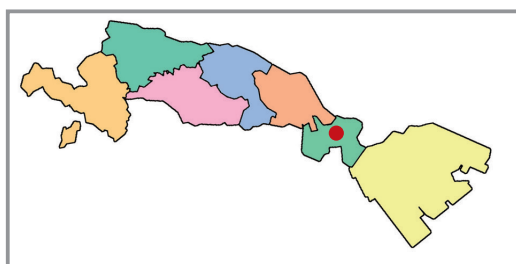
# 日本電産株式会社 中央モーター基礎技術研究所



場所：〒212-0032 川崎市幸区新川崎 2-8

<http://www.nidec.com/ja-jp>

問い合わせ先：044-381-1111 (代表)



## Keywords

次のキーワードを組み合わせ、インターネットの検索エンジンで調べてみよう。  
磁界/ローレンツ力/フレミング左手の法則/直流モーター/交流モーター/  
リニアモーター/ブラシレスモーター/整流子/電磁誘導/発電機

### インタビュー 夢を叶える

私が所属する研究部は、まだ世の中に広まっていない新しい製品向けのモーターの開発や、最先端のモーター技術の研究にゼロから関わることが魅力です。

今は軽くて高出力な産業用ドローンモーターの研究開発に取り組んでいて、アメリカの家電展示会に出展した製品がニュースでも取り上げられました。この時に「未来で活躍する製品に携わっているのだな」と実感できたことが嬉しかったです。

「すごいロボットをつくりたい」「カッコいい車をデザインしたい」という夢を実現するには、学問に触れることが大切です。みなさんも胸に秘めた好奇心を解き放って、チャレンジを楽しんでください。

日本電産株式会社  
中央モーター基礎技術研究所  
研究第1部  
LE BA LUAN さん



### インタビュー 興味を持つ事の大切さ

私は、小さなモーターを動かすための回路の研究や開発をしています。みなさんの生活の近くには、いろいろなところでモーターが使われています。それらは使う目的も場所も違うので、モーターや回路に求められる性質もさまざまです。そのため解決しなければならぬ課題や困難な問題も多いのですが、だからこそ、やりがいがあると感じています。

私は子どもの頃、たくさんの本を読んで色々なことを知り興味を持ちました。その中の一つを学校で勉強して、それが現在の仕事と結び付いています。みなさんも、ぜひ色々なことに興味を持ち、納得できるまで考えてみてください。きっと楽しいと思いますよ。

日本電産株式会社  
中央モーター基礎技術研究所  
研究第1部  
池田 明子さん







## 視線検出技術

# 使う人の意図を 読みとる インターフェイス

パソコンや携帯電話などの情報機器，テレビや洗濯機，冷蔵庫などの家電製品を使うときには，いろいろなスイッチやボタンを押したり，ダイヤルをまわしたりします。新しい機械を買ったときには，複雑な操作を覚える必要があり大変です。そこで，人間が苦勞しなくても機械を使える技術が研究，開発されています。



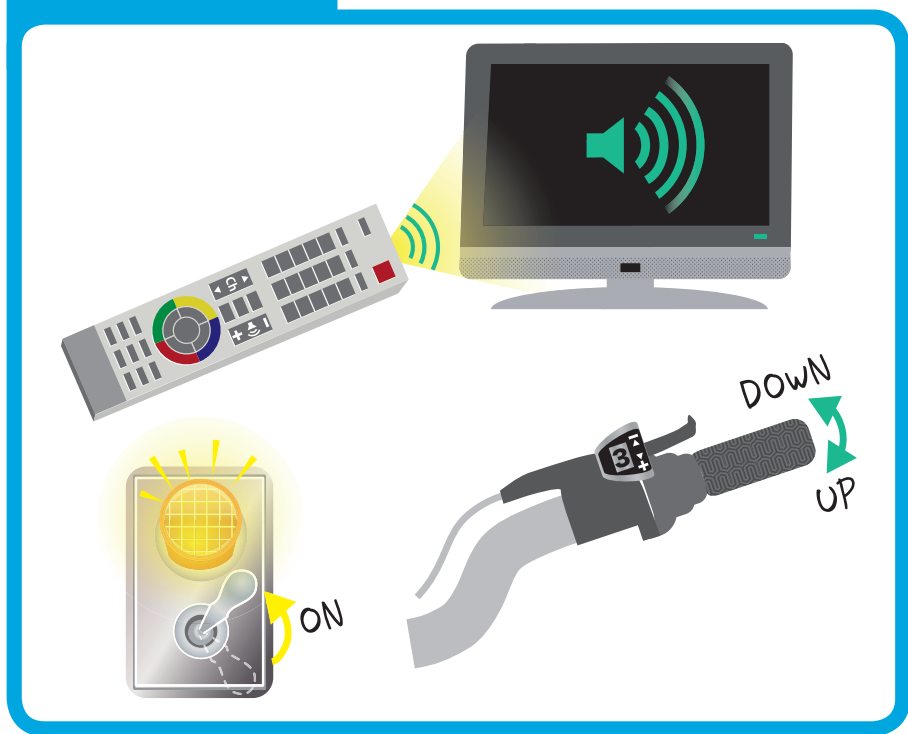
## ● 人間の意図を機械に伝えるインターフェイス

部屋の照明をつけるには、壁のスイッチを押します。テレビのチャンネルを切り替えたり音量を調整したりするには、リモコンのボタンを押します。自動車を運転するには、ハンドルを回しアクセルやブレーキを踏みます。このような機械の操作は、人間が何をしたいのかという「意図」を機械に伝えるものです。

機械は、人間が操作することで表示が切り替わったり、ランプが点滅したり、あるいはメーターの針が動いたりして、機械の状態などの「情報」を人間に知らせています。

このように、人間が機械に対して意図を伝え、機械がいろいろな情報を人間に伝える機能を、「人間と機械の境界面」を意味するユーザー・インターフェイスまたはマン・マシン・インターフェイスと呼んでいます。

### ユーザー・インターフェイスの例

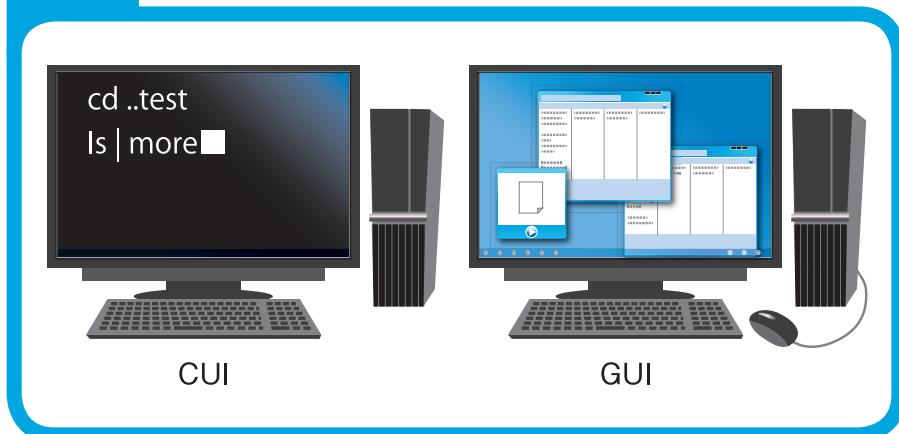


## ● パソコンのユーザー・インターフェイスの進化

機械が複雑になるほど、操作は複雑になり、機械が伝える情報も複雑になります。その代表とも言えるのがパソコンです。

初期のパソコンでは、画面に表示できるのは文字だけでした。パソコンを操作するには、コマンドと呼ばれる命令文を、キーボードを使って入力していました。そのため、パソコンを使いこなすには、数多くのコマンドを覚えなければなりません。このような操作方法はキャラクター・ユーザー・インターフェイス (CUI) と呼ばれていました。

やがて、技術が進歩して画面に画像が表示できるようになると、画面上のアイコンやボタン、メニューなどをマウスでクリックしたりドラッグしたりして操作



するグラフィック・ユーザー・インターフェイス (GUI) が登場しました。ボタンやレバーなどを使って操作するゲーム機も、GUI の一種です。

GUI では、操作する対象があらかじめ画面に表示されているので、たくさんのコマンド名を覚えていなくても直感的に操作できます。その場合でも、たとえば、マウスを使うならばクリックやドラッグといった、独特の操作を身につける必要がありました。

## 進化したより自然なユーザー・インターフェイス

特別な知識や操作を覚えなければ使えない機械は、使いこなせるようになるまでに時間がかかったり、使っていてストレスを感じたりすることがあります。誰でも特別な知識や操作を覚えることなしに使えるのが理想ですが、そのようなユーザー・インターフェイスを目指して、いろいろな技術が開発されています。

たとえば、タッチパネルがついたスマートフォンやタブレット PC は、指で直接画面をタッチして操作します。複数の指を使って画面を拡大したり縮小したり、回転したりできるなど、より直感的な作業が可能になっています。

画像ではなく、音声を使ったユーザー・インターフェイスも登場しています。カーナビゲーションシステムでは、音声入力で目的地の設定や地図の拡大ができた

### 人間にとって自然なインターフェイス



### Let's Research

いつも使っている製品に、どのようなユーザー・インターフェイスが使われているか調べてみよう。

り、運転中によそ見をしなくてもすむように音声で曲がりたい交差点を教えてください、運転中によそ見をしなくてもすむように音声で曲がりたい交差点を教えてください。スマートフォンでも、普通の話し言葉を認識して検索したりメールを書いたりできるものが登場しています。テレビでは、カメラを搭載して利用者の身振り（ジェスチャー）を認識してチャンネルの切り替えや音量の調整ができるものが、商品化されています。

このように、音声や身振りといった人間にとって自然な方法で、機械を操作する技術の研究が進められています。

## 画面を見るだけでパソコンを操作

中原区上小田中にある富士通研究所は、使っている人の視線を検出して画面のスクロールなどができる「視線検出技術」を開発して、パソコンに搭載しました。

人間がどこを見ているのかを調べる技術は、これまでにありました。事故や病気による障がいなどで手足の不自由な人が操作する福祉機器や、自動車を運転している人の行動を研究する実験、テレビコマーシャルを見ている人がどの部分に興味をひかれたかを調べる実験などに利用されていましたが、装置が高額であったり、利用者が特殊なセンサーやカメラつきのメガネのような装置を身につける必要がありました。

富士通研究所が開発した技術は、パソコンやスマートフォンなどに搭載されているような小型カメラと赤外線を出すLEDを使って、利用者が画面のどこをみているのかを検出します。利用者は特別な装置などを身につける必要がないので、身近なユーザー・インターフェイスとして利用できます。



視線検出技術を搭載したパソコン

### Let's Research

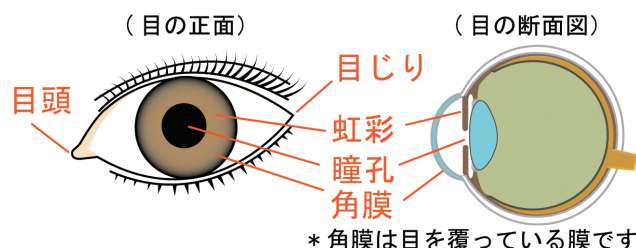
虹彩や角膜の役割について調べてみよう。

## ひとみの位置で視線を検出

人間の眼は瞳孔（黒目）という穴を通して外からの光を取り入れているので、眼全体の中で瞳孔の位置関係がわかれば視線の方向がわかります。

瞳孔の位置を検出する方法はいくつかあります。一つは目頭や目じりの位置を基準として、これに対する虹彩の位置から視線を検出する方法です。この方法

### 人間の眼の構造

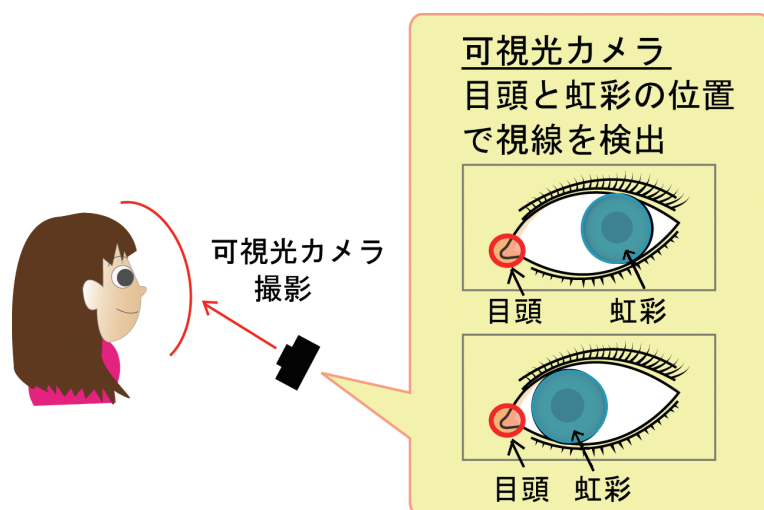


は、普通のデジタルカメラでも可能な反面、基準となる目頭や目じりが表情の変化などで移動するため視線検出の精度が上がりにくいという欠点がありました。

もう一つは、赤外線を使ってユーザーの顔を照らして角膜上に赤外光の反射（角膜反射）を発生させ、これと瞳孔の位置関係を利用する方法です。角膜は眼のレンズ部分のもっとも外側にあたる部分です。パソコンのディスプレイの下に赤外線 LED と小型のカメラを取りつけて、LED から出た目に見えない赤外線が角膜で反射された光を小型カメラでとらえるわけです。

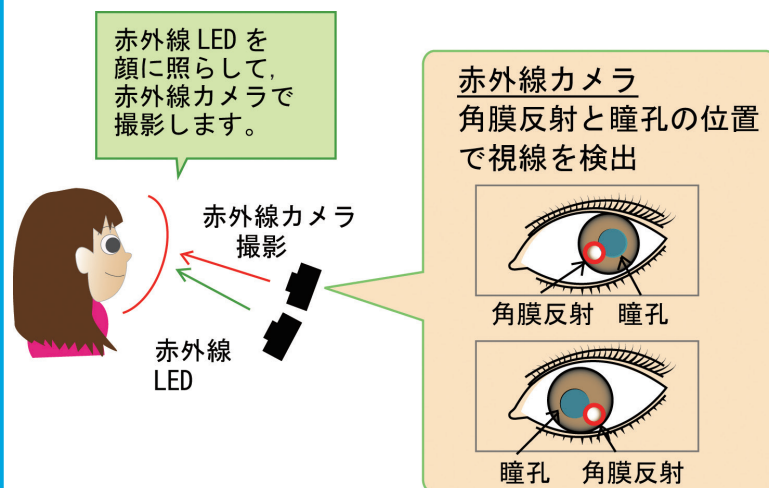
眼球はほぼ球体で表情変化などの影響を受けないので、角膜反射を基準に瞳孔の位置から視線の方向が検出できます。また、赤外線を使うことで、周囲の明るさなどに影響されずに高い精度で視線の方向を検出することができるのです。

### 視線を検出する技術①



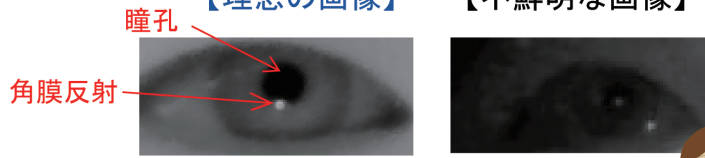
たとえば、左の図のように虹彩が眼頭から離れていれば、ユーザーは目じり側を見ています。

### 視線を検出する技術②

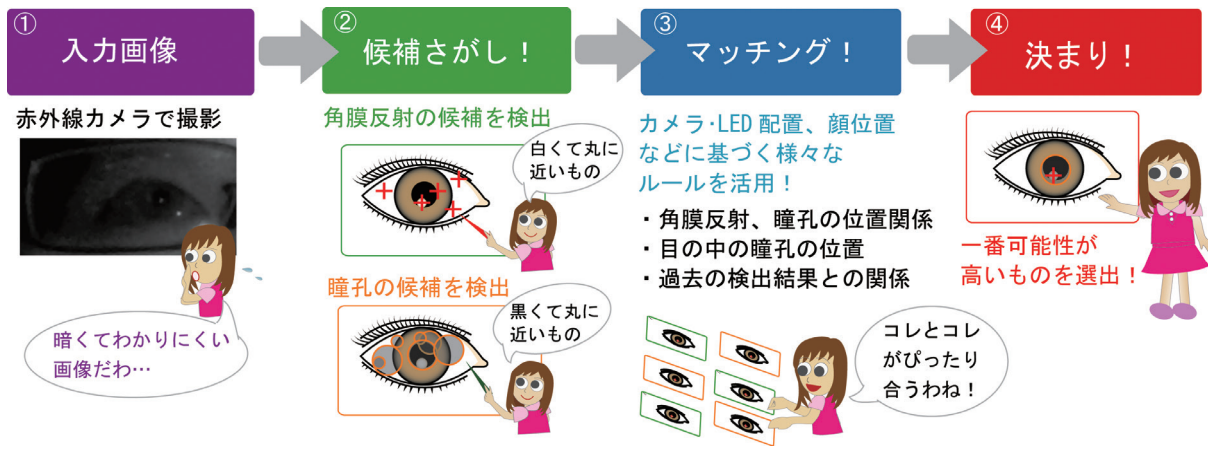
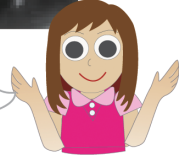


たとえば、左の図のように角膜反射よりも瞳孔が目じり側にあれば、ユーザーは目じり側を見ています。

【理想の画像】      【不鮮明な画像】



「角膜反射」と「瞳孔」が検出しやすい理想の入力画像が  
いつも撮影できるわけではありません！  
撮影した画像の明るさに関係なく視線を検出できるようにしました！



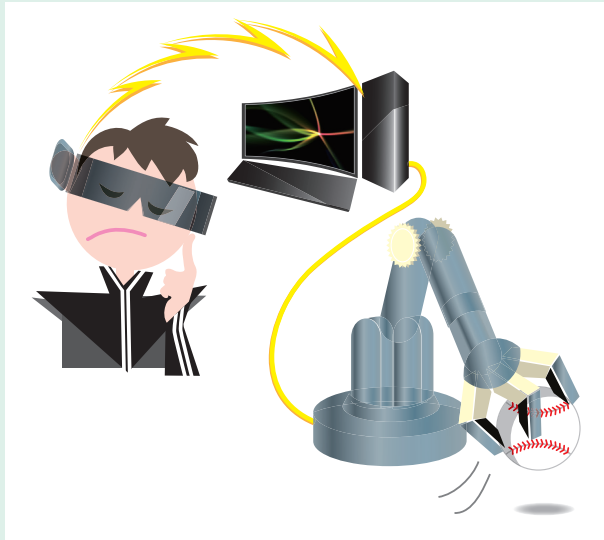
**コラム** 人間の心を読み取るブレイン・インターフェイス

人間と機械とのコミュニケーションの理想系を目指す試みに、人間の心を読み取る「ブレイン・インターフェイス」があります。以前から研究が進められ、運動や五感のはたらきにおける脳のはたらきはわかってきました。わずかな電気や磁気の動きを感知するセンサーが開発されたことで、脳のどの部分がどのような役割を果たしているのかが、次第に理解されてきました。

現在でも脳波（脳が出す微弱な電磁波）を測定することで、考えただけで義手や車いすを動かすための研究が行われています。

また、アメリカやヨーロッパでは、脳の神経構造をすべて解き明かしてコンピュータ内で再現してみようという研究プロジェクトが進められています。プロジェクトの終了まで10年近くかかる予定ですが、実用化されるのは、さらに先のこととなるでしょう。

脳のはたらきを解明する研究は、脳やこころの病気



脳波インターフェイスのイメージ

の治療に役立つとともに、体の障がいを補う機器の開発や、コンピュータと人のコミュニケーションの未来にも重要な一歩となるでしょう。



## 検出精度を高める技術

富士通研究所の技術では、パソコンやスマートフォンに内蔵されているテレビ電話用などに使われる比較的安価なカメラを利用します。高価な専用の赤外線カメラに比べると不鮮明な画像から角膜反射像を検出するために、いろいろな画像処理を行っています。

人間の視線はひとつの部分にずっと見つめていることは少なく、常に画面内や画面外にさまよっています。そのような無意識な視線の移動と意味のある視線の移動とを判断する技術も重要になります。

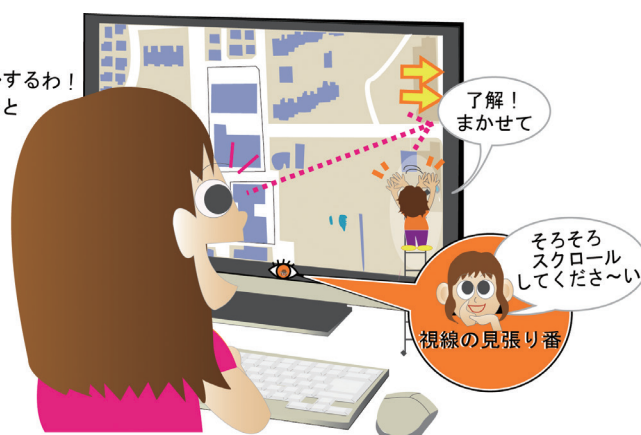
## 操作する人間の意図を読み取ってスクロール

視線検出技術を搭載したパソコンでは、画面の端に眼を向けると自動的にメニューを表示したり、視線に合わせて地図アプリやインターネットブラウザの画面をスクロールして表示したりすることができます。マウスのような細かな操作を行うわけではありませんが、地図であればもうちょっと端のところが見たいとき、インターネットのページであれば最後まで読んだときなどに、パソコン側が自動的に人間の意図を読み取って動いてくれるわけです。

### 視線検出技術の応用例

わあ～  
自動的にスクロールするわ！  
もう少し右をみたいと  
思っていたの！  
便利ねえ～

人が意識して操作するのではなく、人の行動を見て次に要求される情報をパソコンが予測して用意する。



## 人間が操作する機械から人間の行動をサポートする機械へ

これまでのユーザー・インターフェイスは、人間が意識して操作するものでした。けれども、視線検出技術は明らかな「操作」ではなく、人間がパソコンを使うときの自然な動作を機械が読みとって、そのサポートをすることができます。人間が近づくと開く自動ドアや、人間が入ってくると自動的につく照明、手をかざせば水の出る蛇口なども、同じように人間が機械を操作するのではなく、機械が人間の意図を読み取っているといえます。

このような、機械が使う人間の意図を読み取るしくみが発展していけば、やがて人間が操作しているという感覚なしにパソコンやスマートフォンがインターネットで天気を調べて教えてくれたり、撮った写真を友達に送ってくれたりするようになるかもしれません。また、テレビを見ているときに電話がかかってきたら、自動的にテレビの音量を小さくして録画をはじめるといったことが、できるようになるかもしれません。

### Let's Research

未来のユーザー・インターフェイスを考えてみよう。

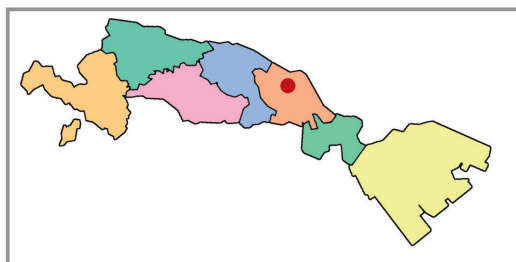
# 株式会社富士通研究所



場所：〒 211-8588 川崎市中原区上小田中 4-1-1

<http://www.fujitsu.com/jp/labs/>

問い合わせ先：044-754-2613



## Keywords

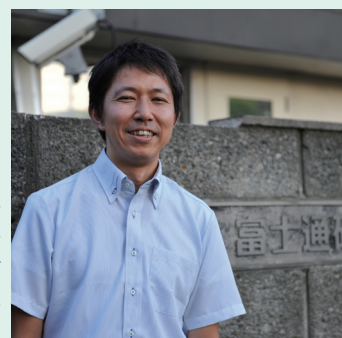
次のキーワードを組み合わせ、インターネットの検索エンジンで調べてみよう。  
ユーザー・インターフェイス / GUI / ポインティングデバイス / 可視光線 / 赤外線

## インタビュー 人間をサポートする機械をつかっていきたい

子どもの頃からテレビや映画、写真といった映像に興味があって、画像を処理する技術を勉強していました。会社に入ってからはいろいろな部署でさまざまな仕事を体験しましたが、結局現在は画像処理の仕事に戻って、視線検出技術の研究開発部のとりまとめを担当しています。

今の仕事では、開発チームをまとめあげて、製品を製造する部門の人たちともやりとりをする必要があるので、コミュニケーションが重要になります。

視線検出は人の行動を知る技術であり、パソコンをはじめとした機械が人間の行動に合わせ必要な情報を



株式会社富士通研究所  
メディア処理システム研究所  
イメージコンピューティング  
研究部  
小田切 淳一さん

先回りしてそろえて提供するという次世代のユーザー・インターフェイスの<sup>かため</sup>要です。パソコンや機械が人間に対してこのボタンを押せと要求するのではなく、あくまで人間中心の社会をサポートする機械を作っていききたいと思っています。