

サイエンス & テクノロジー

京都産業大学

理系学部からの
メッセージ

VOL.10

ポアンカレ予想から
位相幾何学の世界に触れる

4次元空間に浮かぶ3次元球面

山田 修司 教授

超高真空が見せる
物質表面の不思議な世界

中身と表面で異なる物質の性質を解き明かす

押山 孝 教授

肥満?
生活習慣、遺伝?

糖尿病を遺伝子から解明する

松本 耕三 教授

ソフトウェア泥棒を追いつめる!
プログラム指紋
による盗用発見

ソフトウェアをいかにして守るか

玉田 春昭 助教

より安全で快適な
認証システムを目指して

シングルサインオンによる認証革命

秋山 豊和 講師

私たちは何を
見ているのだろうか

錯視・錯覚から迫る脳の視覚情報処理メカニズム

伊藤 浩之 教授

ポアンカレ予想から 位相幾何学の 世界に触れる

4次元空間に浮かぶ
3次元球面



理学部・数理科学科

山田 修司

教授

理学博士

結び目理論、3次元多様体論

01

世紀の難問ポアンカレ予想

数学史上最大の難問の1つとしてクレイ数学研究所により「ミレニアム懸賞問題」として100万ドルの賞金をかけられたポアンカレ予想。フランスの数学者アンリ・ポアンカレが書き遺した予想で100年もの間、数多くの数学者の挑戦を退けてきました。

「多様体」とは？

巨大な球面は、球面に住んでいる人から見ると2次元ユークリッド空間と同じように見えます。このような図形を「2次元多様体」と呼びます。同じことが、私たちが住んでいる宇宙についても言えます。宇宙は、どこに行っても、x軸、y軸、z軸が無限にのびている、3次元ユークリッド空間のように見えますが、宇宙という3次元多様体の全体の形はどうなっているかはわかりません。

「基本群が単位元のみである」とは？

「基本群」というのは、多様体上に描けるループの集合のことで、多様体を分類する手がかりになります。なかでも、1種類のループしか持たない場合「基本群が単位元のみである（自明な群である）」と言います。

「3次元球面」ってどんな図形？

ポアンカレ予想は、基本群が自明な群である3次元多様体は3次元球面（とその連続的な変形）のみであるという予想でした。4次元空間のなかに描かれる3次元球面とはどのような多様体なのかを解説します。

超高真空が 見せる物質表面の 不思議な世界

中身と表面で異なる
物質の性質を解き明かす



理学部・物理科学科

押山 孝

教授

理学博士

表面物理学

02

ダウンサイズ化の果てに

表面物理学は、物事がダウンサイズ化する過程で生まれてきた学問です。IC技術のように、物事が極度にダウンサイズ化すると、表面の性質が全体の性質にとって重要な意味を持つてくるのです。

宇宙開発が拓いた学問

表面物理学は、1965年以降発展してきた、とても新しい学問です。歴史を振り返ると、アメリカが人類を月に到達させるアポロ計画が大きな転機となりました。アポロ計画と表面物理学の発展との間にある関係を説明します。

LEED

表面物理学の実験では実際にどのようなことが行われているのかを紹介いたします。低速電子回折 (LEED) 法という方法を用いて、物質表面の原子の状態を調べるのですが、非常に小さい原子の配列を調べる方法は意外にもみなさんもよく知っている原理に基づいています。

純粋な真理の探究

表面物理学の分野は、基礎的な研究が多く、すぐに役に立つものではないかもしれませんが、それでも、世界中で非常に多くの研究者が活躍していて、企業の研究所などでも大規模な実験が行われています。ナノスケールの視点で、原子の動きや構造を、実験データから読み取る純粋な真理の探究なのです。

メタボ

肥満？ 生活習慣、 遺伝？

糖尿病を遺伝子から解明する



工学部

松本 耕三

教授

獣医学博士

実験動物学

03

ここ数十年で急増！ 糖尿病はなぜ急増したのか？

日本では、糖尿病はここ20年で急速に増大した疾患の一つとされています。原因は、時を同じくして急速に蔓延した肥満の増大にあるといえます。肥満の増大には、リッチな食生活と、体を動かすことが極端に少なくなった生活習慣が大きく関与しています。もっとも、肥満の人すべてが糖尿病になるわけではありませんから、糖尿病には、肥満プラス何か遺伝的な素因も関与していることがわかります。

治療と予防に向けて、 原因となる遺伝子を探る

では遺伝学的に、肥満が糖尿病を発症させる分子機構とはどのようなものなのでしょうか。そもそも糖尿病などの、原因遺伝子が一つではない多因子遺伝性疾患は遺伝学的な原因解明が難しいとされています。そこでまず、いくつもの遺伝子を含む遺伝子座を同定していく研究が必要となります。

お助けラット OLETF

さいわい疾患モデル動物としては、OLETFというヒト肥満性糖尿病モデルである貴重なラットがいます。

注目すべき遺伝子座を発見

最初の成果としては、量的遺伝子座解析という手法で、糖尿病発症に関連する原因遺伝子座が、8本の染色体の中に11か所あることを同定しました。最近では、遺伝子座一つひとつについて調べ始めていて、既に、第14染色体上にあるNidd2遺伝子座が、肥満に伴い血糖値を著しく上昇させることを突き止めています。

ソフトウェア泥棒を 追いつめる！

プログラム指紋
(パースマーク) による
盗用発見



コンピュータ工学部・
コンピュータサイエンス学科

玉田 春昭

助教

博士(工学)

ソフトウェアセキュリティ・
ソフトウェア工学

04

増える盗用事例 “プログラム指紋”で 盗用を見つけ出す

増え続けるソフトウェアの違法コピーや盗用の事例に対して、さまざまな防御策が講じられているものの、今日ではソフトウェアの数が多すぎて、盗用を発見すること自体が難しくなっています。そこで私は、盗用発見の新しい技術として「パースマーク (Birthmark)」（提案当初は「プログラム指紋」）を提案しました。

パースマークから ソフトウェアの類似性をはかる

ソフトウェアが持つ特徴から4つのパースマークを提案して、どれだけ盗用を隠そうと修正してもパースマークに変化がない保存性と、盗用でなければ異なるパースマークとなる弁別性が満たされることを確かめました。インターネット上で公開している“stigmata”というツールでは、実際に比較することもできます。

ソフトウェアの保守と パースマークの応用

今後は、個々のパースマークの評価ではなく、パースマーク手法の評価ツールの開発にも力を入れていくつもりです。また、高速で、手軽に比較できるという利点を使って、プログラムの整理や、プログラミング課題のコピーを発見するといったパースマークの応用についても考えていきたいと思っています。

より安全で快適な 認証システムを 目指して

シングルサインオンによる
認証革命



コンピュータ工学部・
ネットワークメディア学科

秋山 豊和

講師

博士(工学)

情報工学

05

利便性も欲しい プライバシーの保護も大事

インターネットを利用したサービスが拡充されていますが、サービスが増えてくるに従って、利用者本人であることを確認する頻度も増えてきます。より安全で便利な利用方法が求められています。

安全で便利なシングルサインオン (Single Sign On: SSO)

SSOの機能を拡張すると複数のサービスを組み合わせることも可能になります。ユーザの権限をサービス提供側の間で受け渡すことにより、複数サービス間でのスムーズなサービスの実行を可能にするのです。具体例を使って説明します。

たくさんの計算機を 利用するためのSSO

権限の委譲という考え方は、インターネットによって接続されている多数のコンピュータを同時に使って計算を行う「グリッドコンピューティング」にも応用されています。その仕組みを見てみましょう。

認証システムの将来

認証をひとつの独立したシステムとして捉える時代を迎え、認証という情報技術のインフラが共通化され、エンジニアはよりサービス向上に力点を移すことができるようになるでしょう。

私たちは 何を見ている のだろうか

錯視・錯覚から迫る
脳の視覚情報処理メカニズム



コンピュータ工学部・
インテリジェントシステム学科

伊藤 浩之

教授

理学博士

神経科学・生体情報論

06

同じ色が違って見える！

物理的には同じ色が、私たちの目には異なる色に見えることがあります。実際の錯視図を見ながら、物を見る時に脳の中で行われている情報処理の不思議さを体感してみてください。

ないものが見えるアルゴリズム

次は、何も無いところに三角形が浮かび上がる有名な錯視図形を紹介します。

見ているのは目ではなく脳

錯視の体験から分かることは、外の世界の知覚について、その役割を担っているのは網膜以上に、脳が重要ということです。このことは、点字を読むときの脳を調べるとよりはっきりとします。

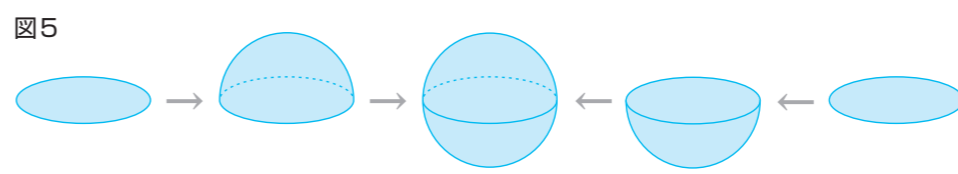
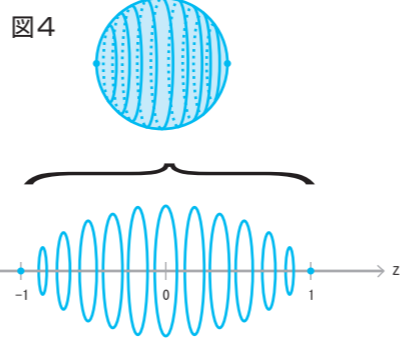
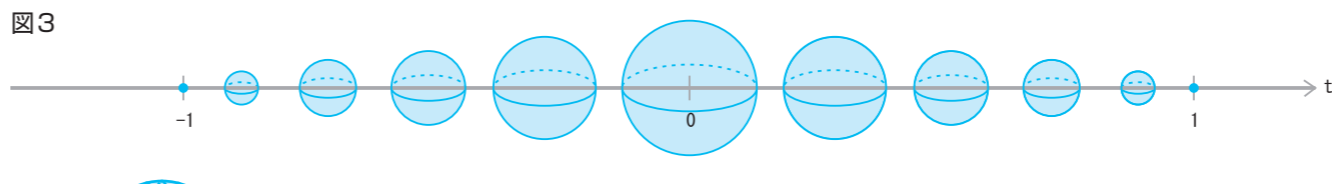
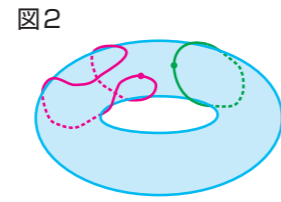
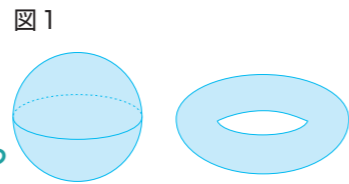
物理と知覚のズレを計算

100人が100人とも正解を出すような例では、どこに問題があるのか分かりません。物理的なデータと脳が計算した結果である知覚との間に生じるズレによって、アルゴリズムの特徴が分かり、脳はどのように世界を解釈しているかを研究することができるのです。錯覚が起こるということは、人間の「見る」能力が優れていることの証拠なのです。

脳科学の可能性

脳が行う情報処理のメカニズムを明らかにすることで、脳つまり人間について理解が進みます。脳のアルゴリズムが明らかになり、コンピュータ科学への応用が可能になれば、コンピュータがより人間に近づき、人間を主体としたコンピュータ社会の実現が期待できるようになるでしょう。

2002年11月、世界中の数学者、特に幾何学の研究者を驚かせる論文がウェブサイトに掲載されました。その論文の内容は、2000年にアメリカのクレイ数学研究所が数学史上最大の難問として100万ドルの賞金をかけた7問のうちの1つ「ポアンカレ予想」を証明したものでした。1904年、ポアンカレ予想が世に出されてから、多くの一流の数学者がこの難問に挑んでは敗れてきました。そのなかにはもちろん日本の数学者も含まれています。それは、宇宙のあり得る形についての予想と捉えることもできます。いったい、どんな予想だったのでしょうか。山田修司先生に分かりやすく解説していただきました。



世紀の難問ポアンカレ予想

始まりは、フランスの数学者アンリ・ポアンカレ (Jules-Henri Poincaré, 1854-1912) が論文のなかで「未解決の疑問がひとつ残る」と前置きして書き出した次の一文でした。

多様体の基本群が単位元のみでありながら、その多様体が3次元球面と同相でない可能性はあるのだろうか？

この一文が後に、クレイ数学研究所によって「ミレニアム懸賞問題」として100万ドルの賞金をかけられた数学史上最大の難問の1つ「ポアンカレ予想」です。

「多様体」や「基本群」、「3次元球面」など高校生のみなさんには聞きなれない用語が出てきます。ひとつずつ説明していきましょう。

「多様体」とは？

n次元多様体とは、図形のどの点においても、そのごく近くだけを考えると、普通のn次元ユークリッド空間と同じように見える図形のことです。身近な図形で例をあげると、図1のような球面（球の表面の曲面、球の内部は含まれない）や浮き輪の表面（数学ではトーラスと呼ぶ）が代表的な2次元多様体です。

たとえば、私たちは地球という巨大な球面に住んでいることを知っていますが、昔の人は平らな大地の上に住んでいると思っていました。自分の近くだけを考えると、それはまさにx軸、y軸で表される2次元ユークリッド空間と同じように見えるからです。ですから、球面は2次元多様体なのです。同じ意味で、浮き輪の表面も2次元多様体です。この他にも、2次元多様体は、無限に種類があります。そのため多様な形をしている、という意味で、多様体というのです。

ここで「球面やトーラスは3次元の図形ではないのか？」という疑問が出てくることと思います。確かにその図は3次元空間の中に描かれていますが、それは外側の空間が3次元だというだけで、図形そのものは2次元なのです。

昔の人が大地は平面だと誤解していたのと同じことが、私たちが住んでいる宇宙について

4次元空間に浮かぶ3次元球面

ポアンカレ予想から位相幾何学の世界に触れる

も言えます。私たちには、どこに行っても、x軸、y軸、z軸が無限にのびている、普通の3次元ユークリッド空間に住んでいるように見えますが、でも、宇宙という3次元多様体の全体の形はどうなっているかはわかりません。

「基本群が単位元のみである」とは？

「基本群」というのは多様体の性質のひとつで、多様体上に描けるループの集合のことです。位相幾何学を専門とする数学者の興味は、どの図形とどの図形が仲間と呼べるのか、というところにあります。そのために基本群という性質を使って多様体を分類する手がかりとしているのです。

2次元球面と2次元トーラスとの違いを考えると、2次元球面ではいかなるループも連続的な変形によって1点に縮めることができます。つまり、1種類のループしか持たないということです。これを「基本群が単位元のみである（自明な群である）」と言います。

糸を持って球面を旅する人を考えます。始点で糸を固定し、自由にループを描きます。糸は移動距離に応じていくらでも長くなりますが、多様体の外に出ることはできません。そして始点まで戻ってきたら同じ点に固定します。その後、糸を手繰り寄せるとループは徐々に縮まり、最後には必ず1点に集まります。

2次元トーラスの場合は事情が異なります。トーラス上のループは球面上のループと同じように1点に縮めることができるものもあれば（図2ピンクの線）、中央の穴に引っかかり決して1点には縮まらないループもあります（図2緑の線）。

このように、2次元球面と2次元トーラスとは基本群に違いがあり、違う種類の多様体として分類できるのです。

「3次元球面」ってどんな図形？

ポアンカレ予想の最後の「同相」とは、図形

を切ったりつないだりしないで、伸ばしたり縮めたりの連続的な変形に移りあえるような、同じ種類の図形であるという意味です。これでポアンカレ予想を読み解くことができました。分かりやすく言い換えてみると

すべてのループが1点に縮められるような3次元多様体は、3次元球面（とその同じ種類のもの）以外にあるのだろうか？

それでは、3次元球面とはどのような多様体なのでしょうか。私たちが日常的に思い浮かべる球面（ボールの表面、地球の表面など）は、見てきたように2次元の球面です。3次元球面とは、2次元球面の特徴を備えつつ次元が1つ多いもの、ということができます。

いきなり3次元球面の形を思い浮かべるのは難しいため、次元を1つ落として2次元球面から考えましょう。2次元球面を3次元空間に描く場合、原点から等距離（たとえば1）にある（すなわち $x^2+y^2+z^2=1$ とする）点の集合が2次元球面になります。

3次元球面を描く場合は、2次元球面の場合から次元を1つ上げ、4次元空間内で原点から等距離にある点の集合として描きます。x、y、zの3次元に加え、wを4つ目の座標軸とすると、 $x^2+y^2+z^2+w^2=1$ となる点の集合が3次元球面なのです。

「w軸？ そんなものこの世界にないから想像できない」という苦情があるかもしれません。確かに私たちが住んでいるこの空間は3次元し

かありませんが、4次元を想像する方法はあります。私たちに馴染みが深い「時間」を4つ目の座標として考えると想像しやすくなります。

時間なのでwの代わりにtと記しましょう。時刻tが-1から1まで動く間、3次元ユークリッド空間を思い浮かべ、そのなかにある原点中心で半径が $\sqrt{1-t^2}$ の2次元球面を想像します。その式は $x^2+y^2+z^2=1-t^2$ ですから、先ほどと同じ $x^2+y^2+z^2+t^2=1$ となります。t=0のとき半径1の2次元球面になり、t=±1のときには、半径0の2次元球面（つまり点）になります。連続的に見ると、時間が-1から0まではだんだんと球面が大きくなり、時間0で最大になり、時間が0から1まではだんだんと小さくなります（図3）。このt=-1からt=1までの2次元球面をすべて足し合わせたものが3次元球面です。

“すべて足し合わせる、というのが想像しにくいかもしれません。想像しにくいときには次元を1つ落として考えます。1次元の円周を足し合わせて2次元球面を作るのは想像しやすいと思います（図4）。

もう1つの3次元球面の作り方は、中身がつまった球（球面ではない）を2つ用意し、それらの球面同士を貼り合わせるという方法です。「球面を貼り合わせる」のが3次元空間では不可能なので想像しにくいかもしれません。こ

こでも次元を下げて考えます。中身がつまった円盤を2つ用意し、それらの円周同士を貼り合わせます。円周を貼り合わせるためには、円盤の中身を3次元方向に曲げてお椀のような形にする必要があります。そうして、2つのお椀の縁（円周部分）同士を貼り合わせると2次元球面ができあがります（図5）。同様に、2つの球の球面同士を貼り合わせるためには、球の中身を4次元方向に曲げる必要があります。中身が4次元方向に曲げられた球は、元の3次元空間から見ると球面だけが残っているように見えます（お椀も元の2次元空間から見ると円周だけが残っているように見えます）。その球面同士を貼り合わせるのです。

宇宙はどんな形をしているのか？

ポアンカレ予想は7つあるミレニアム懸賞問題のなかで初めて解かれた問題です。解いたのはロシアの数学者グリゴリー・ペレルマン (Grigory Yakovlevich Perelman, 1966-) です。彼はその功績で2006年にフィールズ賞を授与されていますが、受賞は辞退しました。ミレニアム懸賞の賞金100万ドルにも興味を示していないそうです。

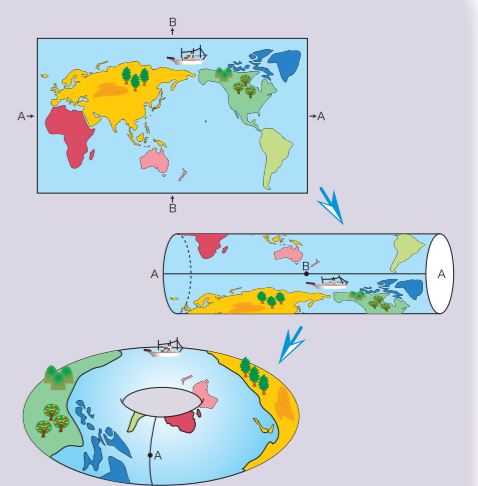
しかし、ポアンカレ予想の証明が人類にとって大きな知的進歩であることは間違いありません。私たちの宇宙がビッグバンによって生まれたものであれば、宇宙の大きさは有限である可能性が高く、かといって「宇宙の果て」は無さそうなので、3次元多様体を用いて宇宙の形を説明できるかもしれません。ちょうど、有限だけれど「地の果て」が無い地球が2次元球面であったのと同じように、ポアンカレ予想が証明されたことで、宇宙の形についての理論にさらなる発展が期待されます。

トーラスクエスト

みなさんはRPG（ロールプレイングゲーム）など、画面の中の世界を冒険するゲームで遊んだことがあるでしょうか？

それらの多くは1つの方向にずっと進むと、画面がスクロールして、やがて元の位置に戻って来ます。東にずっと進むとマップの東の端から西の端へ出てきます。これは、私たちが住む地球と同じなのですが、北にずっと進むとマップの北の端から南の端へ出る場合が多く見られます。東西方向に進んで出発点に戻ってくる道筋と、南北方向に進んで出発点に戻ってくる道筋とが、出発点以外で交わらないのです。少し考えると、これは私たちの地球とは違っています。地球では、南北方向に進んで一回りする道筋と、東西方向に一回りする道筋とは、必ず2回交わるからです。

それでは、東西にも南北にもマップが続くとき、そのマップはどんな形をした天体を表わしているのでしょうか。まず、マップの北の端と南の端が同じと見せるので、これらを貼り合わせます。すると、



筒のような形になります。さらに筒の東の端と西の端が同じなので貼り合わせると……トーラスが出来上がりました。多くのRPGの主人公たちはトーラスの上を冒険しているのです。

ダウンサイズ化の果てに

表面物理学は、物事がダウンサイズ化する過程で生まれてきた学問です。IC技術のように、物事が極度にダウンサイズ化すると、表面の性質が全体の性質にとって重要な意味を持つてくるのです。どういことか説明していきましょう。

通常、物質の性質は内部に存在する原子の数で決まります。

金の小判を例にとって見てみましょう。小判の場合、表面にある原子よりも、内部にある原子のほうが圧倒的に多い。そのため、小判全体の性質は、内部にある多くの原子の並び方により規定されます。

ところが、小判をどんどん薄くしていき、原子の層が三枚になったとしましょう。この状態では、内部にある原子の層は一枚になって、外部にある原子数のほうが多くなってしまいます。こうなると、もう小判と言えないかも知れませんが、“小判”の性質に外側の原子が大きく影響します。そこで、表面の原子の性質を知る必要が出てきます。これを調べるのが、表面物理学という学問なのです。

内部の原子と異なり、表面の原子は物質の外側に結合する相手(原子)がいません。通常は表面に並んだ原子に空気が当たっている状態なのですが、空気も原子、分子の集まりです。そのため、物質表面の本当の姿を見ようとしたら、空気を一切取り除く必要があります。そこで、スペースシャトルが飛ぶような高度の高い宇宙空間くらいの、空気が非常に希薄な空間を人工的に作るのです。

こうして物質の表面に当たる空気を無くしてしまうと、空気と結合していた手が新たな結合相手を探すため、原子同士が近寄りたり遠ざかったりして並び方が全く異なってくるのです。特に半導体のシリコンでは、配列の変化が著しく見られます。一方で鉄やニッケルといった金属類はそれほど変化しません。結合の手が少なくなるからです。

このようにして見えてくる、とても身近な、しかし新しい表面の世界——それが、表面物理学の対象とするフィールドなのです。

宇宙開発が拓いた学問

みなさんにとって表面物理学は聞きなれない

ADVICE

物理学では難しい数式を使うことが必要になってきますが、そういった技術よりも一番大切なのは自然現象をありのままに正しく捉えることです。“なぜ虹ができるのか、といった「何故」の気持ちを大切にしてください。「科学の芽」という言葉があります。何に対しても不思議だと思う気持ちを持つことの重要性を表した言葉です。たとえば、夏に黒い服を着ている人が少ないのは何故か。黒い服は光エネルギーを吸収しやすいからです。こういった身近なことから、「なぜそうなっているんだろう？」と考える習慣があれば、その後の学びも大きく変わってくると思います。不思議なことを「常識」の一言で片づけてはいけません。服の色一つとっても、世の中は結構合理的に動いているのです。

超高真空が見せる物質表面の不思議な世界

中身と表面で異なる物質の性質を解き明かす

私たちの身の周りには、様々な物質が存在します。

通常それらの性質を決めるのは、物質の内部にある原子です。

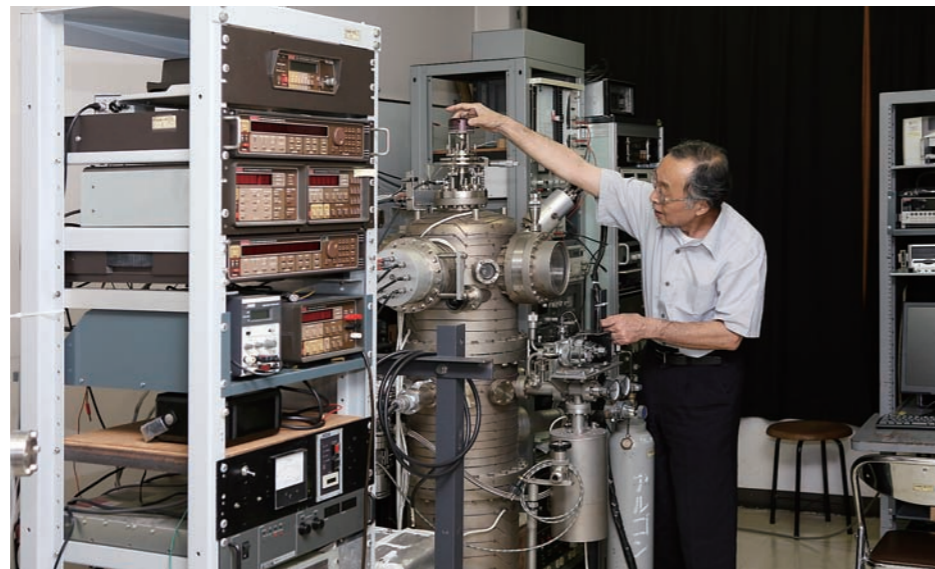
しかしながら、物質が極端に薄くなると、その常識は通用しません。

そこでは、物質の”表面の性質”が大きな鍵を握ります。

この領域を切り開くのが、表面物理学という学問です。

大がかりな実験を通して見えてきた、表面という物質の新たな側面。

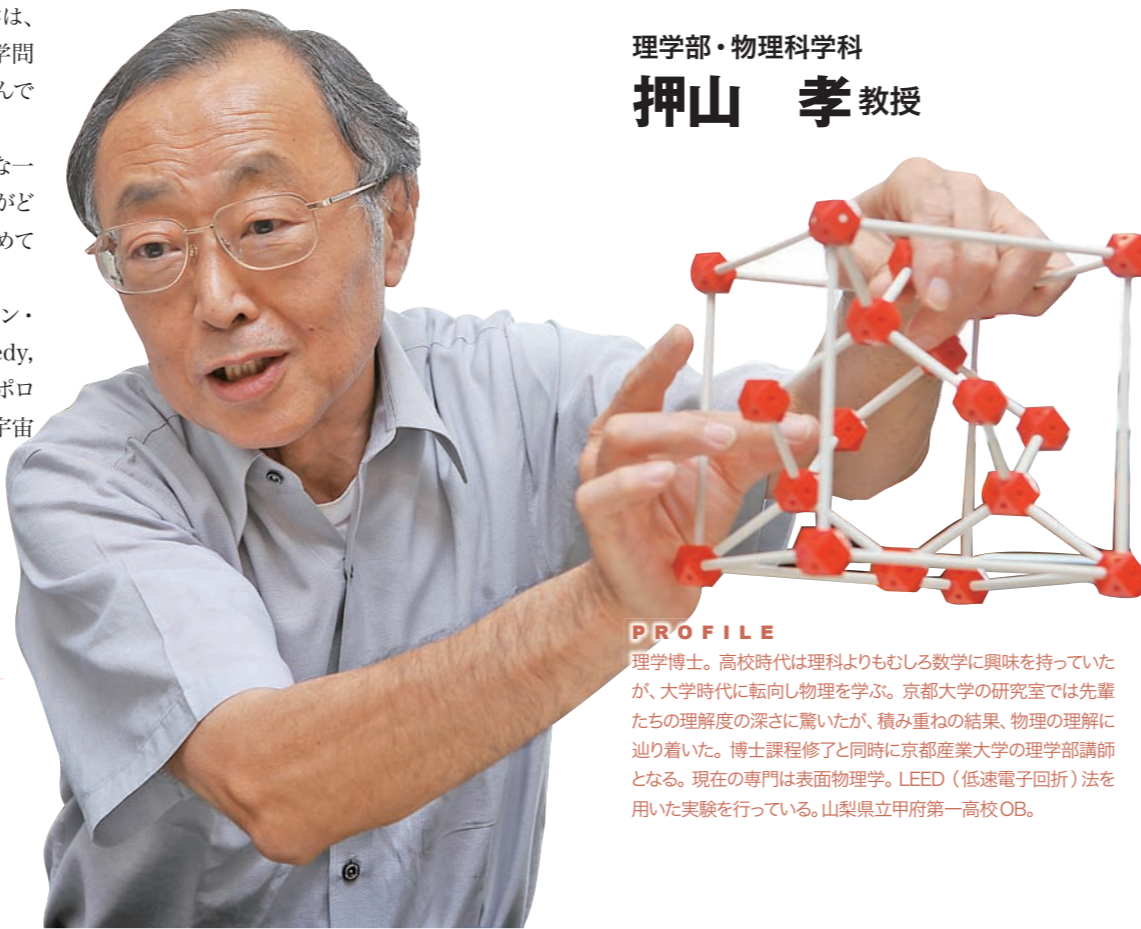
その発展の歴史から実験方法まで、幅広く押山孝先生にお話をいただきました。



い学問かもしれません。実際表面物理学は、1965年以降発展してきた、とても新しい学問です。私が学生時代の頃にはまだありませんでした。

しかしながら、この学問の成立には明確な一連の流れが存在するのです。表面物理学がどのように発展してきたのか、その歴史を眺めてみましょう。

今から50年以上前、アメリカ大統領ジョン・F・ケネディ (John Fitzgerald Kennedy, 1917-1963) が、人類を月に到達させるアポロ計画を立てました。この計画が進む中で、宇宙



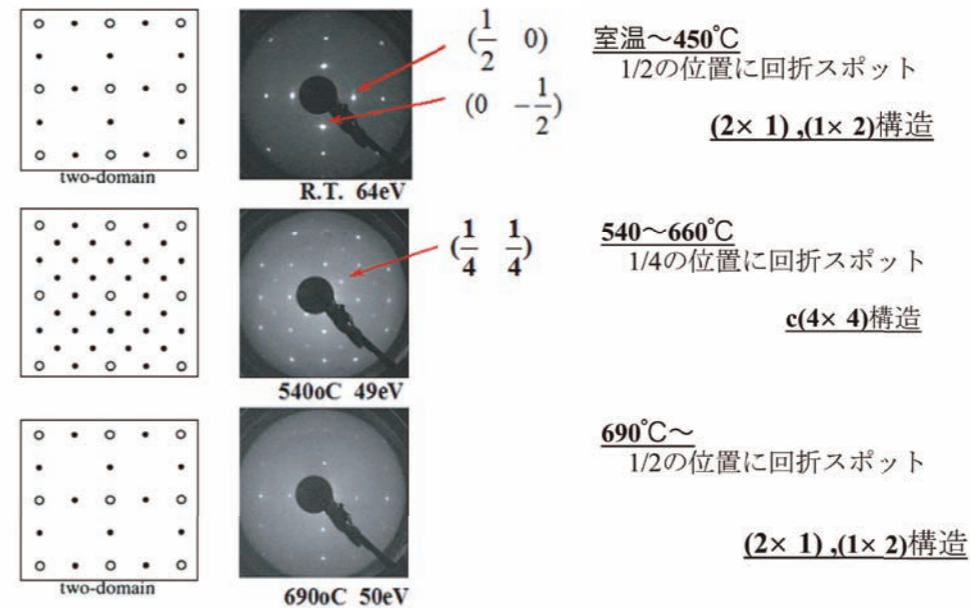
理学部・物理科学科

押山 孝 教授

PROFILE

理学博士。高校時代は理科よりもむしろ数学に興味を持っていたが、大学時代に転向し物理を学ぶ。京都大学の研究室では先輩たちの理解度の深さに驚いたが、積み重ねの結果、物理の理解に辿り着いた。博士課程修了と同時に京都産業大学の理学部講師となる。現在の専門は表面物理学。LEED (低速電子回折) 法を用いた実験を行っている。山梨県立甲府第一高校OB。

1. シリコンのLEED像の温度変化



図左枠内の白点が空気中のシリコンが示す回折パターン。黒点は超高真空および加熱によって現れる回折パターン。超高真空では表面構造が変化していることが分かる。さらに温度変化によっても構造の変化が見られる。

空間という空気の無い状況で宇宙服が破れないかといった様々な実験が行われました。国家による莫大な資金を背景に、人工的に空気を抜く、すなわち超高真空を作る技術が急激に発展していきました。空気の無いところで物質はどうなっているのか？ その疑問に答えるための手段が、宇宙開発のおかげで成立したと言えるでしょう。さらにダウンサイズ化も重なって、表面物理学は70年代に爆発的に世界中へと拡大していきました。現在では、あらゆる大学がこの分野の研究を行っています。

LEED (Low Energy Electron Diffraction)

ここで、私たちが実際行っている表面物理学の実験について見てみましょう。

まず実験装置の空気を丸一週間かけて抜き、超高真空状態を作った後、実験対象となる試料の表面を高温で溶かして、ゆっくりと時間をかけて冷却します。こうすることで、不純物がなく原子の配列が保たれた表面の状態を実現できます。

こうして磨かれた物質の表面に電子をぶつけ、跳ね返ってくるエネルギーを失わない電子を観測します。これは低速電子回折 (LEED) 法と呼ばれる手法です。一見難しそうな名前ですが、ここで用いられているのは、高校時代に学ぶ波の原理そのものです。物理の授業で、多重スリット (回折格子) による光の回折の実験をするでしょう。スクリーン上の回折パターンの明るい線の間隔を測定することで、スリットの間隔を求めることができたことを思い出してください。

電子も光同様、波としての性質を備えています。その波長は光よりも遥かに短いのですが、物質の原子間の距離程度になります。そのため、物質の表面にぶつかった電子線は、スリットを通った光のように回折を起こします。こうして跳ね返ってきた電子の波は、光と同じように干渉・回折しあいます。この干渉・回折パターンを確認することにより、スリットの間隔のように原子の間隔を知ることができます。電子の波長や入射角度を変えて実験を繰り返すことで、表面全体の原子の配列情報が得られるのです。

純粋な真理の探究

私たちのやっていることは、空気の無い、ある

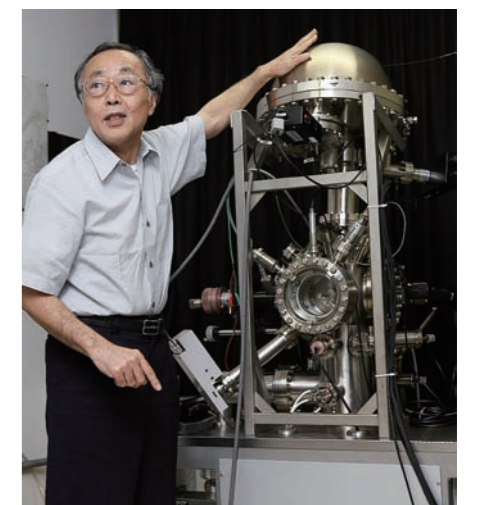
物理実験は大変!?

新しい実験をやろうとすると、既製品ではなかなか難しい。まず装置から自分で作らなければいけません。そこでまずは、装置の図面を試行錯誤しながら自分で書いて、業者に発注し、ようやく実験装置の部品が得られます。実験を始めるまでには何カ月もかかるのに、実験自体は1日か2日。もちろん失敗したらやり直します。実験は体力的には辛いですが、結果から判断してモデルを考えるという点では、前提から筋道だけで導かなければならない理論的方法より精神的に楽かもしれませんね。大抵の実験は90%近くが準備で、そこで手を抜かなければ、あとの10%くらいは大体うまくいきます。いちから始めた実験が成功したときの達成感は大いいですね。

意味では理想的な状態における研究なので、現実にはそのまますぐ応用されることはあまりありません。機能性のいい膜や新しい物質を作るための基礎的な研究になることはありますが、何か新しいものを作ろうというよりは、実験を行い、その上でなぜこういうパターンが出てきたのかといった基本的な問題に着目する学問です。一見ただけでは直接世の中への役に立っていないようにも思われるかもしれませんが、それでも、世界中で非常に多くの研究者が活躍していて、企業の研究所などでも大規模な実験が行われています。

もともと、表面の性質自体はいろいろな所で利用されています。たとえば、触媒。自動車から出る排気ガスは、触媒によって二酸化炭素等が取り除かれ浄化されます。冷蔵庫に入っている脱臭材なども、鍾乳洞のように表面が入り組んでいて、その表面に匂いの成分を捉えています。これらはすべて、表面の性質の研究により可能になった技術です。

私たちがやっているのは、原子配列などに着目したよりミクロな、すなわちナノスケールの研究です。目に見えない原子の動きや構造を、実験データから読み取る。そういった、純粋な真理の探究なのです。



ここ数十年で急増！ 糖尿病はなぜ急増したのか？

甘い清涼飲料水に、ジューシーなハンバーガー、油で揚げたジャガイモのスライス、実においしそうな取り合わせですが、危険もいっぱい。それは肥満。中でもメタボ(内臓脂肪)に象徴される腹腔脂肪※1によるものは、糖尿病※2の大きな要因となります。

日本の場合、1995年に181万人だった糖尿病患者は、2002年時点で326万人と、わずか7年で実に2倍に増加していて、その数は今でも毎年増大するなど、糖尿病はここ20年で急速に増大した疾患の一つとされています※3。実は時を同じくして肥満が急速に蔓延しだしていますから、疫学的に云うと、肥満の増大がその原因であると云えます。

肥満の増大の原因には、高度成長期とともに急増した欧米型の食生活と科学技術の発達による便利で体をあまり使わなくてすむ生活習慣が大きく関与しています。長年、野菜中心の食生活を営んできた日本人や東アジアの人々は、エネルギーが余ればそれを効率よく脂肪で蓄えるといったように、元々少ないエネルギーを効率よく使うような体質になっていると思われ。これは食料が不足気味の時代にはとても良いシステムでしたが、飽食の時代といわれる現在では、食べた大半のものが脂肪となって蓄えられるためかえって逆効果です。それでもまだ体をよく動かしていれば何とかありますが、その最後の望みも交通機関の発達と、コンピュータネットワークの普及で、働く人の多くにとっては動く必要性が極端に減ってしまいました。

リッチな食生活と動くのが極端に少ない生活。肥満の増大は必然的な結果といえそれまでですが、問題は肥満になると極端に糖尿病になりやすくなるという点です。

※1 横隔膜や腸管、精巣につく脂肪も含む。皮下脂肪とは違う。
 ※2 糖尿病には子供に散発性に発症する1型糖尿病と生活習慣病による2型糖尿病がある。ここでは2型糖尿病について述べている。
 ※3 実際に通院している患者ではなく、糖尿病を疑われる人については1999年調査で680万人、予備軍を入れると1,320万人と予想され、2006年に至っては糖尿病を強く疑われる人820万人、予備軍を入れると1,870万人と予想されています。

治療と予防に向けて、 原因となる遺伝子を探る

もともと、肥満は糖尿病を誘発しますが、肥満の人全てが糖尿病になるわけではありません。ただ、そのようなラッキーな人は少数派であることは確かです。西洋では糖尿病患者の8割近くが、わが国でも6割程度は肥満が原因ではないかと思われ。肥満になると糖尿病になりやすい人と、なりにくい人がいることも確かです。実際、糖尿病は家族性の強い病気、家系に糖尿病患者がいると発症率が高まりま

す。即ち、肥満プラス、何か遺伝的な素因も関与していることが分かります。そこでもし、糖尿病の原因遺伝子を遺伝学的手法で決定できれば、糖尿病の予防と治療に役立つはず。ところが糖尿病では、こうした遺伝学的原因の解明が難しいとされています。それは糖尿病が単一の遺伝子ではなく、環境と複数の遺伝的要因によって引き起こされるからで、このような多因子遺伝性疾患は単一遺伝子による遺伝性疾患とは比べ物にならないほど解析が複雑です※4。

メタボ 肥満？生活習慣、遺伝？ 糖尿病を遺伝子から 解明する

2008年4月から義務化されたメタボ(内臓脂肪)検診。
 そのメタボが原因で引き起こされる代表的な疾病の一つが糖尿病です。
 太らないために、食事や生活習慣を改善し予防を心掛けることと、
 早期発見が欠かせませんが、根本的な治療へ向けた原因究明も急務です。
 モデル動物を使って原因遺伝子を探る松本耕三先生に
 最新の成果をお話しいただきました。

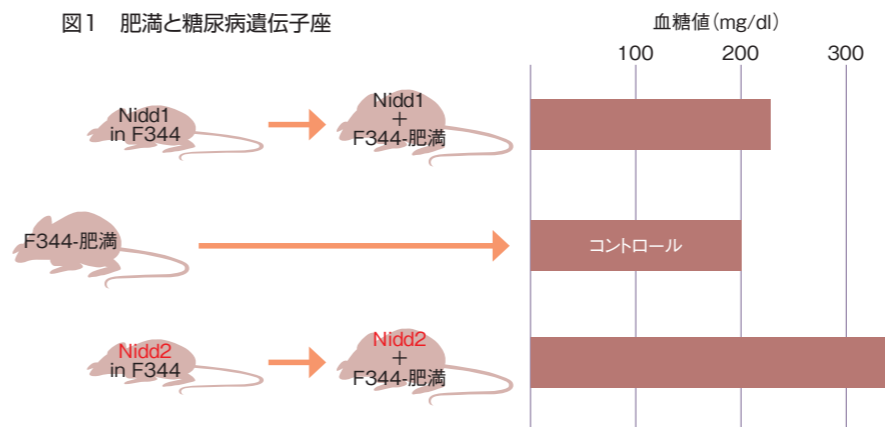
工学部 松本 耕三教授

PROFILE
 「好きなことさえ見つければそれまであまりしなかったとしても、そこから本格的な勉強がスタートできるはず」と、大切なことは好きなことを見つけることが信条の松本先生。高校時代の生物は退屈できらいだったとのこと。大学で生化学というものを知って俄然生物に興味をもち、それも動物での研究ということで獣医学部へ。「生命の研究には、動物から細菌、ウイルスに至る幅広い知識が欠かせません。しかも学部の勉強は大学院へ進学するにしても基礎としてたいへん重要。工学部から改組される新学部ではそのあたりも踏まえて体系立てて生命科学の面白さを伝えていきたい。」

確かに最近では、人の糖尿病原因遺伝子を、糖尿病患者群と非患者群とに分けて、大量の遺伝子マーカー※5を駆使して、糖尿病患者に特有の遺伝子を統計学的に探索する方法が可能で、いくつかの糖尿病遺伝子が世界中から報告されています。しかしこの方法は膨大な解析を必要とするため小規模の研究室ではできません。また、遺伝解析のように連鎖を見ているものではありませんから別の検証も必要となります。また、人種差も大きいようです。

※4 複数の遺伝子支配を受ける血糖値や血圧の遺伝解析を行うと連続的な値を取り、質的形質を取り扱うメンデル遺伝のようにどちらかへ分離しない。そのことから血糖値のようなものを量的形質と呼ぶ。
 ※5 ある性質を持つ個体特有の遺伝子配列。

図1 肥満と糖尿病遺伝子座



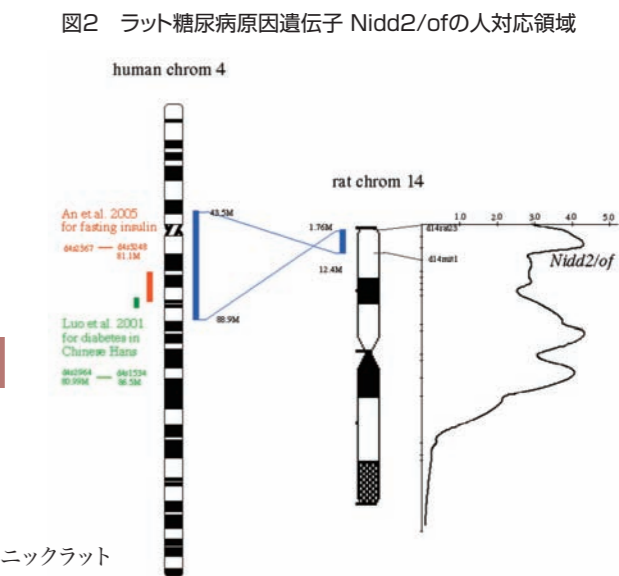
お助けラットOLETF

こうした状況の中で、私は現在、肥満が糖尿病を発症させる分子機構、肥満に伴って血糖値を上げる体内機構の遺伝学的な解明のために、疾患モデル動物を使用した遺伝子の解析を行っています。

モデル動物であるためには、ヒトと同様の病気を発症していること、即ちいくつかのヒトと共通する症状を示していることがとても大切ですが、糖尿病の遺伝子解析にあたっては、たいへん貴重なモデル動物がいます。ある製薬会社で作ったOLETFというラットです。通常、哺乳類では兄妹交配を続けると劣性致死遺伝子が蓄積して数代で絶えてしましますが、多くのラットはなぜか何世代でも兄妹交配が可能。この性質を使って血糖値の高めの兄妹ラットばかりを20世代以上も交配して、血糖値が高く、しかも同時に遺伝的背景が均一になるようにしたのがOLETFラットです※6。このラットは肥満性傾向を持ち、およそ600gを超えたあたりから多くの個体が糖尿病を発症します(通常のラット体重は400gから500g)。ところがよく運動させるなどして、体重を600g以下にコントロールすると血糖値は下がりはじめ、糖尿病が治ってきます。あたかも、ヒトの肥満性糖尿病と同じような変化を示すわけ。面白いことに、このラットと遺伝的によく似ているLETOというラットは、いくら太らせても糖尿病にはなりません。このことは肥満に伴い糖尿病を発症するのには、遺伝的因子が大きく関係していることを物語っています。

私たちの最初の成果は、このOLETFを使い量的遺伝子座解析という手法で、糖尿病発症に関連する原因遺伝子座が、8本の染色体の中に11か所あることを同定(マッピング)したことです。これは多因子遺伝解析の草分け的研究と評価されています。次に行ったのは、それらの遺伝子座一つずつがどう糖尿病発症に寄与するのか、どう肥満に絡むのかを解析することでした。最終的には、それらが人間のどの遺伝子座に対応するのかを調べたいわけ

図2 ラット糖尿病原因遺伝子 Nidd2/ofの人对応領域



です。そのためには、まずコンジュニックラットを作るという膨大な作業が必要となります。

※6 こうしてできた一系統を近交系という。

注目すべき遺伝子座を発見

コンジュニックラットとは正常な遺伝的背景(バックグランド)を持つラットの中に、病気を起こす遺伝子座が一つだけ入った状態をいいます。このケースでは、OLETFと普通のスリムなラット(Fisher344)を交配して(バッククロスという手法で行う)、第2世代(F1)の中から遺伝子マーカーセレクション法で求めるオスを選び、そのオスを再度Fisher344へ交配するといった具合に、同様の手順を5世代程度繰り返します。そして、最終的にはFisher344のバックグランドにOLETFの糖尿病原因遺伝子座が一つだけ入った系統を作出します。通常法ですと10世代、5年ぐらいかかりますが、この遺伝子マーカーセレクション法を使うことで2~3年でできるようになりました。それでも11の遺伝子座を単独に持たせるためには11の新たな系統を作らなければなりませんから、費用も時間も相当かかります。

コンジュニックができ上がったところで、今度はそれぞれの系統ごとに、肥満による血糖値の上昇を調べました。その結果、11の遺伝子座がすべて入っている場合ほどではないものの、半数以上の遺伝子座で、概ね10%程度の血糖値の上昇を示しました。ただ、スリムなFisher344のバックグランドでは折角のOLETFの糖尿病遺伝子も活躍しにくいかもしれません。

そこで、やはり同じスリムなFisher344のバックグランドに肥満遺伝子を上記と同じようにして導入しました。肥満Fisherラットの登場です。次に、肥満Fisher344ラットと個々の糖尿病遺伝子を持つコンジュニックを交配して、肥満と糖尿病遺伝子座の両方を持ったダブルコンジュニックラットを作ります。そして11のラインそれぞれについて、肥満の下でそれぞれの遺伝子座が血糖値の上昇にどう影響するのかを調べるのです。

現在のところ、まだ二つの遺伝子座しか確認できていませんが、そのうちの第14染色体上にあるNidd2遺伝子座が、肥満に伴い血糖値を著しく上昇させることを私たちは突き止めました(図1)。その領域は、人間では第4染色体の長腕セントロメア側に相当するところで、糖尿病原因遺伝子座やインスリンに関連する遺伝子座がマッピングされています(図2)。現在私たちは、この領域内に肥満に伴い糖尿病を発症させる遺伝子がある可能性はきわめて高いと考えています

この遺伝子座の中からいかに原因遺伝子を取り出すかが次の課題ですが、的確な予防と根本治療への第一歩となる糖尿病遺伝子の解明へ、着実に前進しているのは間違いありません。

肥満と糖尿病との関連

肥満という現象は脂肪が異常に蓄積していくことですが、それは脂肪細胞が肥大していくこととある意味同じです。糖尿病は文字通り尿に糖が出てくる病気ですが、それは血液中に異常な量の糖があるためです。即ち糖尿病の本態は高血糖にあります。高血糖になるのは、血糖を下げる唯一の物質、インスリンの働きに異常が生じ、細胞が血中の糖を正常に取り込めなくなるためです。肥満になるとこのインスリンの効きが悪くなります。効きが悪くなると、すい臓のランゲルハンス島にあるβ細胞はさらにインスリンを出すようになり、結果として高インスリン血症となります。いわゆるインスリン抵抗性と云われている状態で、その分子的機構は複雑で単一ではないようです。一方、正常な脂肪細胞は体を正常に保つための一種のホルモン、サイトカインの中でも、アディポネクチンなどに代表される良いサイトカインを分泌しています。ところが脂肪細胞が肥満してしまうと良いサイトカインの分泌が減少し、代わりにインスリンの効きを更に悪くするようなサイトカインが分泌されるようになり、悪循環に陥ってしまいます。

ソフトウェア泥棒を追いつめる! プログラム指紋による盗用発見

(バースマーク)

ソフトウェアをいかにして守るか

ワードやエクセルといったアプリケーションソフト、電子メール、インターネットブラウザから映像、音楽、ゲームソフトといったコンテンツにいたるまで、ソフトウェアは生活のあらゆる場面で欠かすことのできない存在になっています。ソフトウェアを対象とする「ソフトウェア工学」の中でも、ソフトウェアやその内部の秘密情報を保護する「ソフトウェアセキュリティ」の分野で活躍される玉田春昭先生に、盗用発見の新技术として世界で初めての提案となる「バースマークによるソフトウェアプロテクション」についてお話をいただきました。

増える盗用例 “プログラム指紋”で盗用を見つけ出す

今年の6月には、Xbox 360 専用ゲームソフトにおいて、PlayStation 2 専用ゲームソフトのプログラムソースコードからの盗用があったことが明らかになりました。その他にも、エプソンコーワのLinux向けのスキャナソフトなどで、フリーソフトウェアの規約であるGPL※1に違反する部分が見つかるなど、意図しないものを含めて、ソフトウェアの違法コピーや盗用の事例は後をたちません。

これまで、プログラムを暗号化する、簡単に読めないように難読化する、といった保護手段が多数考え出されてきましたが、新しい防御方法を考え出しては破られる、というたちごっこが続いています。また、数え切れないほどのソフトウェアが開発されていますから、盗用を発見すること自体も難しくなっています。

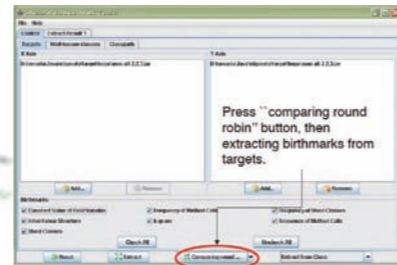
そこで私は、ソフトウェアの実行に不可欠な特徴に注目して、これを使った盗用発見の新しい

技術「バースマーク(Birthmark)」を提案しました。推理小説からヒントを得て、“指紋”をソフトウェアに応用できないかと考え出した方法で、2003年の提案当初は「プログラム指紋」という名で研究を行っていました。ところが、ニュージーランドのある先生から「これはバースマークだね」と教えられて、Groverが定義していた「バースマーク」を盗用発見の道具として定義し直して使うことになったのです※2。

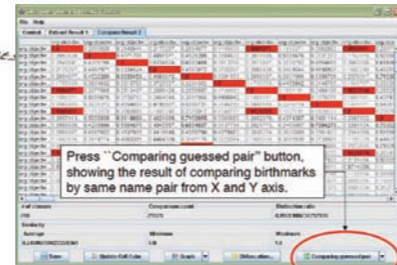
バースマークからソフトウェアの類似性をはかる

盗まれたことを証明する手段としては、著作権情報やユーザIDなどの情報をソフトウェアに密かに埋め込んでおく「電子透かし」の技術がよく知られています。しかし、1つのソフトウェアに1つしか埋め込むことができない電子透かしは、壊される可能性があることや、あらかじめ埋め込んでおかなければいけないといった点から、「盗用発見」の手段としては十分ではありません。ソフトウェアの設計図であるソースコードの類似度を

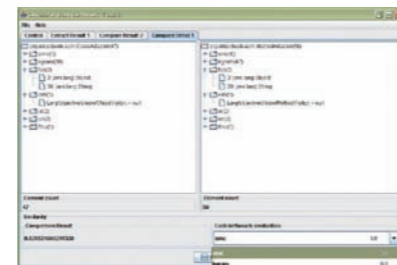
図 Stigmataの比較画面



Stigmataで2つのソフトウェアの類似度を測定するインターフェース



ソフトウェアの部品の総当たり比較結果。赤い部分がコピーの疑いが高いもの(対角線状に赤くなっているのは同じ部品同士を比べているため)



類似性計算の根拠となる情報を表示する画面



ADVICE

国語力のある人はプログラミングも得意!

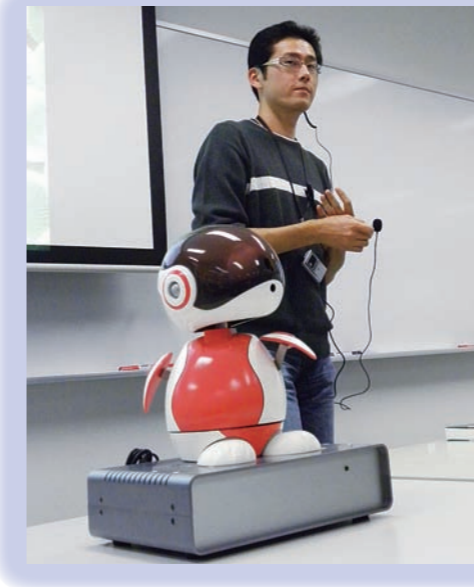
数学は基礎能力として必要ですが、すごいプログラムを組む人というのは、国語力のある人が多いようです。この分野を目指す人には、本や新聞をたくさん読むなどして、高校生の間に国語力をしっかり身につけてきてほしいですね。また、趣味でもいいので「これだけは人に負けない」という分野が持っているといいと思います。これからの時代、どんな分野へ進むにしてもコンピュータを使いますし、ソフトウェアにも触れますから、自分の得意な分野でソフトウェアを活かせるようになれば、他の人にはない強みになるはずです。

プログラミング初心者も安心—ロボットが助けるプログラミング教育

ソフトウェアをいかに読みにくくするかという研究は「いかに読みやすくするか」にもつながります。プログラミングでつまづく大学生が多いことから、最近では大学教育の分野での研究も進めています。プログラミング教育は、100人程度が一同に学ぶことがほとんどで、学生はそれぞれのパソコンで課題に取り組みます。プログラミングを学ぶ上で避けられないC言語では、特に頻繁にエラーが起こりますが、英語表示の上に原因を推測しにくい仕組みで、エラーを正確に理解できないことで必要以上にプログラミングを難しく思い込む人が多いのが現状です。そこで、コンパイル※5エラーを翻訳してわかりやすく学習者に伝える学習支援法と、同時に個々のエラー情報を集めて教授者が教育サポートに利用できるシステムを考え出しました。本学の上田博唯先生と荻野晃大先生との共同研究です。学習支援のインターフェースには、3才の子どもをモデ

ルとしたPhyno (S&T vol.7 上田先生の記事参照)を使用。特定の条件でPhynoが動くように設定しておくことで、学習者にはシステムを意識させずに済みます(学習システムを使っていることを意識すると学習効率が下がるため)。ゲーム感覚を取り入れることで、楽しみながら学習できる工夫もしています。スペル間違いやコロンが抜けているなど、単純なエラーはPhynoが自動で内容を解説するなどのサポートを行い、一方で個々のエラーデータの蓄積が教授者へ届く仕組みを作っておくことで、クラス全体で間違いが多く、理解が行き届いていない内容などについて教授者が対応できる環境を築いています。今後、実際の授業にも取り入れて、結果を検証していきたいと考えています。

※5 ソースコードをコンピュータが実行することできる「0」、「1」という機械語(バイナリコード)に変換すること。



測る方法やソースコードからコピーを見つける方法も提案されていますが、ほとんどのソフトウェアはソースコードをコンピュータ上で実行可能なバイナリコード※3に変換した形で出回っています。ですから、変換された状態で比較できることが求められるのです。

そこで私は、①難読化も含めたプログラム変換を行っても変化しないこと(保存性)、②全く同じように機能するプログラムであっても、別の人が独立して作った場合、正しく区別できること(弁別性)、という2つの性質を満たすべきものとして、バースマークを定義しました。具体的な内容は省略しますが、ソフトウェアが持つ特徴に着目して4種類のバースマークを提案し、上記の性質が満たされることを確かめました。

現在、17のバースマークをJavaクラスファイ

ルから抽出して比較できるツール“stigmata”を、インターネット上で公開しています※4。平均的なサイズのソフトウェアであれば、10秒かからずに比較ができます。stigmataを使って市販ソフトウェアの盗用が発見されたという報告はまだありませんが、他大学で、学生のプログラミング課題の中から、いくつかのコピーを見つけ出したとの報告はあります。

ただ、バースマークは比較によって類似性を見るものですから、一致したとしても、プログラムがコピーであるとは必ずしも断定できません。全く別々に作られたプログラムのバースマークが偶然一致する可能性もゼロではありません。盗用を証明する手段として100%ではありませんから、証明する手がかりにはなるものの、断定する手段としては「電子透かし」の方が適しているでしょう。

ソフトウェアの保守とバースマークの応用

現在、バースマークは、日本はもちろんのこと、アメリカや韓国、ドイツなどでも提案されていて、合わせて30以上存在しています。しかし私としては、今後は新しいバースマークを考え出すのではなく、バースマークの評価方法と、応用について考えていきたいと思っています。

バースマークの種類が増えることで互いに弱点を補うことができますが、比較にかかる時間も長くなってしまいます。他の手法より処理にかかる時間は短いとはいえ、“どういう種類のソフトウェアには、どういった組み合わせのバースマークで比較するべきか”を選択できるようにして、より高速で無駄なく比較することができるバースマークの評価ツールを開発していきたいと考えています。

プログラム内にある実行に不可欠な情報から抽出するため、後から手を加える必要がなく、手軽に扱えるという特性を活かして、盗用発見以

外の方法も考えています。ソフトウェアはメンテナンス時に、元のデータのコピーに手を加えることで再開発を行うことが少なくありません。そうして開発したものをリリースする際に、新しい部分に不具合がないかどうかを確かめたい場合、これまでは人の記憶や感覚的なもので作業がされてきました。しかし、stigmataを使えば、元データと比べることで、どの部分でどの程度古いものを流用しているかを数値で表すことができるので、新しくなった部分を特定して、重点的にテストすることが可能になります。

高速で、手軽に比較できますから、プログラムを整理する際に、ソフトウェア内からよく似た集団を探し出して、1つにまとめる作業にも使えます。前述のように、プログラミング課題のコピーの発見にも使えます。事例にあるような、リリース前に他のソフトウェアの盗用がないかを調べるためにも使えますが、この場合、開発側であればソースコードを見ることができると、バースマークよりも認識率が高いソースコードによる比較が行われます。

現在、あらゆる分野でソフトウェアが使われています。今後、その数はさらに増えるでしょう。こうした中で、他人の作成したソフトウェアを許可なく自分のソフトウェアに組み込んだり(盗用)、内部の秘密情報を改ざんしたり(クラック)することを抑止・防止するソフトウェアプロテクションの分野は、ますます重要な役割を担うようになると思います。

※1 The GNU General Public Licenseの略で、フリーソフトウェアライセンスの一種。再配布や改良を自由に行うことができるが、その際にソースコードの開示を義務づける、著作権を明記するなどの条件がつけられている。

※2 Derrick Groverの『The Protection of Computer Software - its Technology and Applications』(1989年)の中で「ソフトウェアが元来持っている特徴」といった意味で定義づけられている。

※3 「0」と「1」で構成される、機械(コンピュータ)が実行可能な表現形式。

※4 <http://stigmata.sourceforge.jp>で公開されている。

利便性も欲しい プライバシーの保護も大事

情報技術の進展によりインターネットを利用したさまざまなサービスが拡充されています。買い物や銀行振込、学会などへの参加申込み、DVDのレンタル、ブログの更新、寄付や政治献金まで、もはやインターネットへの接続環境のない生活を想像できないほどです。

ところが、サービスの種類と数が増えてくるに従って、利用者本人であることを確認する頻度も増えてきます。みなさんもサービスごとに複数のIDとパスワードを持っていて、どのIDがどのサービスのものだったか、忘れてたり混同したりしていませんか？ 混同することがないとしても、新たなサービスに登録するたびに氏名から住所、生年月日、電話番号と入力する手間はたいへんなものだと思います。また、初めて利用するサービスに氏名や住所といった個人情報を教えて本当に安全なのかという心配も出てきます。

IDやパスワードを複数回入力することなく、インターネット接続時に信頼できるサイトで1度サインインしたら、あとはずっと「確かに本人」としてサービスを利用できれば、飛躍的に便利になるはずですが、本人であることを証明する情報がサービス間で自由にやり取りされると、個人情報に危険に晒されてしまいます。利便性を高めれば安全性が犠牲になり、安全性を重視すると不便になってしまうというジレンマがありました。

このジレンマをうまく解決したのが「シングルサインオン (Single Sign On: SSO)」と呼ばれる技術で、今後の情報社会で必須となる考え方のひとつです。

安全で便利なシングルサインオン (Single Sign On: SSO)

SSOには本人認証を行うコンピュータ (Identity Provider: IdP) と、世界中のサービスを提供するコンピュータ (Service Provider: SP) が登場します (図1)。ユーザは利用したいSPにアクセスし、そこにサインインします。するとSPはIdPに問い合わせをします。IdPは「確かに本人であることを保障するチケット」のようなものを発行し、パスワードなどユーザの個人情報をSPに知らせることなく、確かに本人であるという情報だけを知らせることができるのです。SPが個人情報を要求する場合、ユーザが許可すれば必要な情報をSPに渡すこともできます。IdPとSPの情報のやり取りは自動的に行われるため、ユーザはSSOの仕組みを意識する必要はありません。SSOを利用することで、本人認証とインターネット上のサービスを分けて考えることができるようになり、個人情報を守るだけでなく、1度の登録でいくつのサービスを利用できるようになります。

SSOには、googleやyahooなどの商業サービスが取り入れている「OpenID」や大学や研究機関が使っている「Shibboleth」などがあり、既に実用に供されています。これらを用いれば、1度の登録と1つのパスワードによって、いくつのサービスを利用することができます。OpenIDでは10000サイト以上が利用できるようになります。また、Shibbolethでは、本人が大学や研究機関に所属していることが確認されているため、より信頼性の高い本人認証となっています。

複数のサービスを 組み合わせるためのSSO

SSOの機能を拡張すると複数のサービスを組み合わせることも可能になります。それを実現しているのが図2にある「OAuth」という技術です。OAuthは、ユーザの権限をSP同士で受け渡すことにより、複数サービス間でのスムーズなサービスの実行を可能にします。

より安全で快適な 認証システム を目指して

シングルサインオンによる 認証革命

ウェブサイトのサービスを利用するとき、IDとパスワードを設定して、氏名や住所などの本人情報を入力、また別のサービスを利用するときにも同じようにIDとパスワードを……というように延々とIDとパスワード、本人情報を入力し続けなければサービスを受けられない、といった経験のある人は少なくないでしょう。もっと簡略に、しかもプライバシーやセキュリティは守られたまま、インターネットの世界に点在するサービスへの認証を行う方法はないのでしょうか？ このような複数のサービスをより簡単に利用するための認証システムを研究・開発している秋山豊和先生に、最先端の認証システムについてお話を伺いました。

ADVICE

今からでも始められる情報の分野

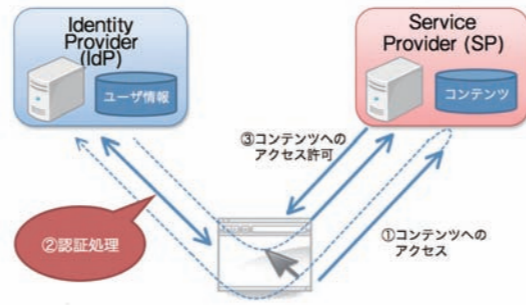
大学生になるまで、コンピュータに詳しくないわけではありません。現在の研究に必要なことは入学後に学びました。大学生になってから始めても決して遅くないです。また、情報の分野というのは他の分野と違って、興味さえ持てば大学生になる前でも始められます。コンピュータさえ手元があれば、いくらかでも実践することができます。今では、ほとんどの家庭からインターネットに接続することもできるでしょう。ウェブを見るだけでなく、その裏側に触れてください。自分が行動して体験したことは自分自身の能力を飛躍的に伸ばしてくれます。どんどん挑戦して欲しいですね。

コンピュータ理工学部・
ネットワークメディア学科
秋山 豊和 講師

PROFILE

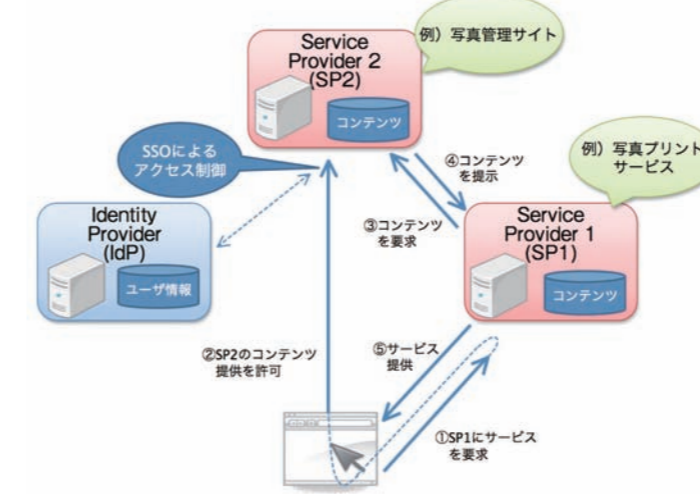
博士 (工学)。専門は情報工学。大学では電気系を学んだが、ウェアラブルコンピューティングの塚本昌彦先生をはじめ、誕生して間もない情報工学の分野にユニークな先生方が多くいたことから、情報の分野に進む。最初は分散データベースシステムの処理の高速化について研究を行ったが、研究対象である分散データベースシステムの構築に苦労したことから、より使いやすく利便性の高いミドルウェアに興味を抱く。大阪府立三國ヶ丘高校OB。

図1 シングルサインオンの技術



ここでは写真管理サイトに保存してある写真をきれいにプリントする場合を例に挙げて説明します。ユーザは写真プリントサービスを提供しているSP1にサインインして写真管理サイトSP2にある写真のプリントを要求します。しかし、SP1がSP2から勝手に写真を取ってくることはできま

図2 サービスへの権限委譲 (OAuth)



せん。そこで「権限委譲」と呼ばれる手順を行います。SP1はユーザを経由してSP2にアクセス、ユーザはSP2からSP1への権限委譲を許可します (この場合は写真の提供許可)。するとSP1がSP2にある必要な写真だけ受け取れるようになり、SP1はプリントサービスをユーザに提供できるのです。

このときSP2がSP1に対して発行するのは「一定時間だけユーザが許可した写真にアクセスする権限がある」というチケットであり、それ以上の情報がSP1に渡されることはありません。そのため、仮に悪意のある人物が写真プリントサービスに乗っ取ったとしても、写真管理サイトからユーザの写真を自由に取得することは難し

く、安全性が高くなっています。もちろん、SP1とSP2はあらかじめ提携しておくなどの準備が必要です。しかし、ユーザはあらかも単一のサービスを利用しているかのように2つのサービスを同時に使え、利便性が向上します。権限の委譲にはさまざまなサービスの組み合わせが考えられるため、今までにない新たなサービスが創り出されることも期待されています。

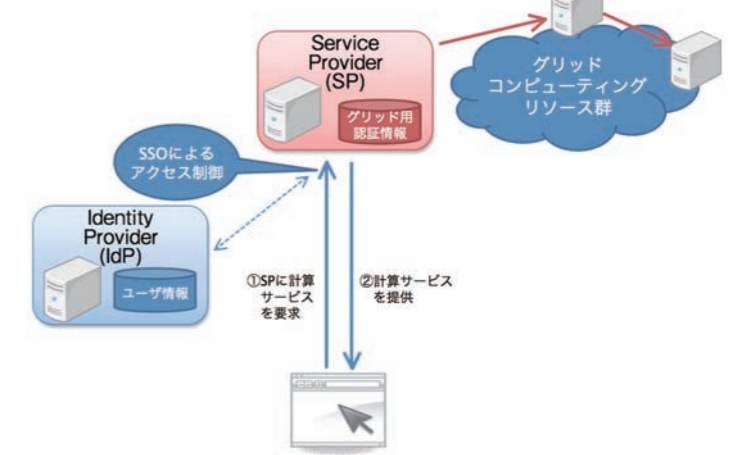
たくさんの計算機を 利用するためのSSO

権限の委譲という考え方は、OAuthのような独立したSP間で行われる以外に、インターネットによって接続されている多数のコンピュータを同時に使って計算を行う「グリッドコンピューティング」にも応用されています。

グリッドコンピューティングとは、異なる組織間に分散するコンピュータたちを1つのチームと見なし、計算結果を受け渡ししながら協力して高度な計算を実行したり大規模な記憶領域を作り出したりするコンピュータの利用方法です。

多数のコンピュータを同時に利用しているため、計算結果の受け渡しの度にユーザに対して認証を行っていたのでは手間も無駄も大きすぎますし、インターネットを介して分散しているコンピュータ群に認証用の個人情報をばら撒くのも危険です。そこで、IdPが発行したチケットを「公

図3 サービスへの権限委譲 (Proxy証明書)



鍵暗号」の技術を利用した「Proxy証明書」 (図3) を使って、グリッド内の各コンピュータがリレーのバトンのように受け渡ししながら、計算結果もリレーするという方法が採られています。そして、最後にユーザのもとに計算結果が提供されるのです。「Proxy証明書」は異なるコンピュータに処理を依頼するたびに発行される、より限られた権限のみをもつチケットなので、途中で奪われたとしても被害を最小限にとどめることができます。

認証システムの将来

現在、サービスごとに認証を行うのが一般的であった時代から、認証をひとつの独立したシステムとして捉える時代に移り変わりつつあります。これまで取り組んできたのは、教育機関の認証システムです。従来は学部ごとに分かれていた認証システムをできるだけまとめる課題に取り組んできました。

今後は、各大学で閉じてしまっているサービスを大学間で共通化する方向に向かっていくでしょう。また、同じことが企業間でも可能となっていくます。

認証という情報技術のインフラが共通化していくことで、エンジニアがインフラ整備からサービス向上に力点を移すことができるようになるでしょう。そのために、どうすればいいのか、さらに考えていきたいと思っています。

文系の人が作ったプログラム言語

みなさんは「コンピュータを学ぶのは理系」と決めつけていませんか？ 「Ruby」というプログラミング言語がありますが、この言語を開発したのは文系出身者 (しかも日本人) なのです。実はプログラミング言語の設計は言語学の研究に近く、文系の人得意とする分野だったりします。また、アプリケーションを作るときに必要なのは、コンピュータについての知識も重要ですが、そのアプリケーションが対象としている分野の知識が必要になります。もちろん、その対象分野が理系分野であることも少なくありませんが、いずれにせよコンピュータ以外の分野についてしっかりと知識がないと、肝心の情報技術が生かせないのです。情報への興味だけではなく、広くさまざまなものに興味を広げてください。他分野への興味と情報技術が合わさったときに面白いアイデアが生まれるものです。

錯視・錯覚から迫る脳の視覚情報処理メカニズム

「見る」これは誰でも日常的に無意識に行っている行為です。目を開ければ物が見え、閉じれば見えなくなります。物に目を向ければそれが見え、何であるか分かります。しかも瞬時に分かります。物が見えるとは、目から入った画像の情報が脳に受容されることですが、実は「見る」というメカニズムは非常に発達し、脳の中で複雑な情報処理が行われているのです。脳における情報処理の解明はコンピュータへの応用に対する関心も手伝い、近年さかに行われています。視覚情報処理という視点から脳の研究をしている伊藤浩之先生に、「見る」とは何か、「見る」時に私達の脳では何が起きているのか、お話をうかがいました。

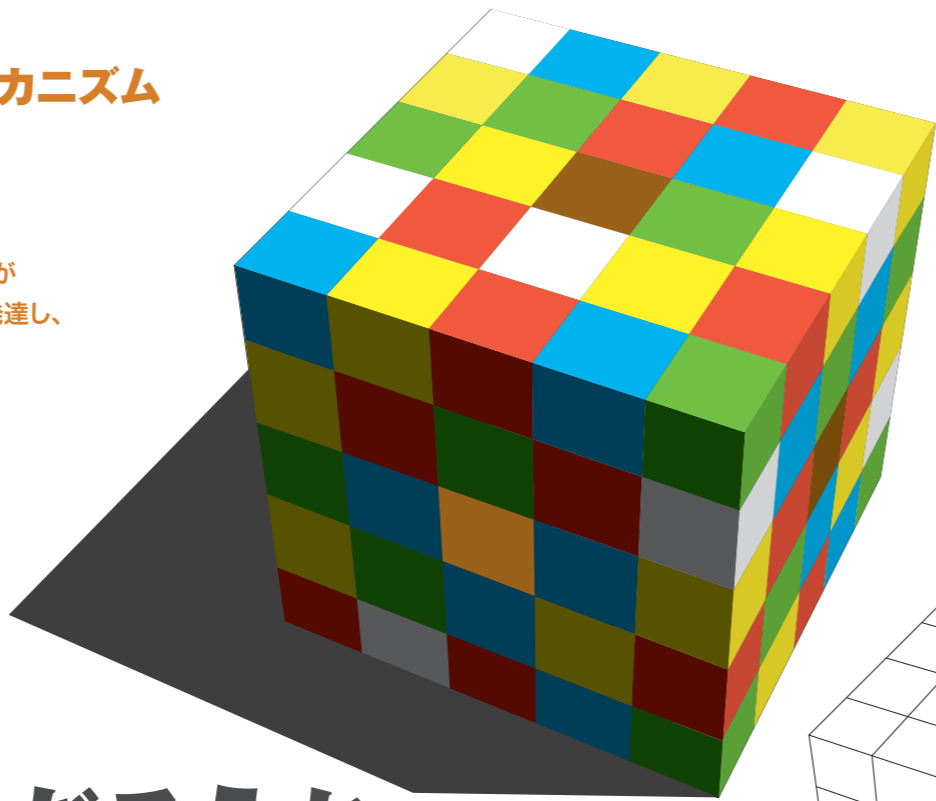


図1
図原案
nature neuroscience
vol.2 no11, november 1999

私たちは何を 見ているのだろうか

同じ色が違って見える!

物を見る時、脳の中ではどのような情報処理が行われているのでしょうか。それを考えるために、錯視・錯覚を起こす図を用意しました。まず、図1を見てください。ここに、一面にタイルをそれぞれ25枚貼った立方体があります。上の面の中央のタイルの色は茶色です。それでは手前の側面の中央のタイルの色は何色に見えるでしょうか。オレンジ、うす茶色などに見えるのではないのでしょうか。ではその2つ以外のタイルを隠した図を見てください(図2)。実は、上面の色も側面の色もまったく同じ茶色なのです。さらにもう一度、図1で2つの色を比べてみてください。やはり、側面はオレンジやうす茶色に見えるでしょう。どうしてこのようなことが起こるのでしょうか。

人間は光の刺激に応じて色を感じます。光は電磁波の一種で、いろいろな波長を持っています。光自体に色は付いておらず、どの波長を反射するかによって色が決まります。この図の中の同じ塗料を塗った2つのタイルの波長はまったく同じです。しかし異なる色に見えます。ここから分かるのは、私たちは目に入った物理的な波長そのものを見ているわけではない、ということです。

この立体図形の側面は上面に比べ、色がくすみ濃い色になっています。これを見て私たちは上面に光が当たり、手前の側面は影になっていると認識します。青といっても上面と側面の色は違い、そういった色の対応関係から、どの程度暗くなっているかを無意識に判断し、物

理的には違う色でもこれとこれが同じ色だという結論を導きます。ですからその際に、影になっている部分にあるにもかかわらず、物理的に同じ色のものがあればおかしいと感じます。つまり影となっている暗い部分でこの色になるのなら、明るいところではもっと薄い色であるはずだと計算しているため、オレンジやうす茶色に見えるのです。この計算は一瞬と断言していいほどのスピードで行われます。またこの計算は無意識のうちに行っているため、種明かしを聞いた後でもやめることができません。

ないものが見えるアルゴリズム

図3を見てください。これは有名な錯視図形で「カニツツアの三角形」と呼ばれています。明らかに空間の何もないうちに三角形の辺が見えています。しかも三角形の中の白い部分は、その背景の色よりも明るく見えます。

切れ込みが入った3つの円をランダムに動かし、一直線が3つできることは0に等しい確率です。それよりも、3つの円の上に三角形が乗って、円の一部分を隠していると考えた方が確率が高い。脳には確率の高い方に認識するようなアルゴリズム(問題を解くための効率的手順を定式化した形で表現したもの)が備わっているようです。

見ているのは目ではなく脳

私たちが外の世界を知覚するとき、その役割を担っているのは脳以外にはありません。網膜ではないのです。網膜は光センサーですから、入ってきたデータを視神経を通じて脳に伝

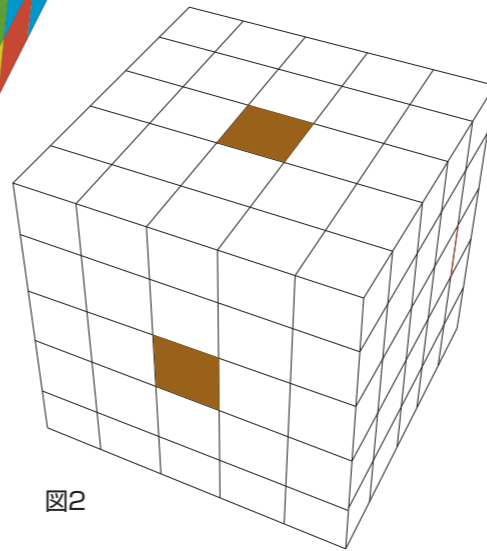


図2

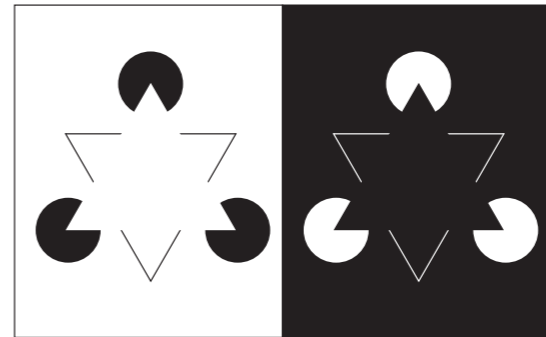


図3 カニツツアの三角形

えるだけなのです。実は目の見えない人にも視覚皮質はあります。目からは情報は入ってきませんが、イメージング技術(脳の活動を外から計測・画像化する方法)を用いて調べてみると、点字を読んでいるときに視覚皮質が活動し、「見る」行為をしています。物が見えているのは学習の結果です。ですから網膜に問題があっても目の見えない人でも光センサーによって脳に直接にデータが入力されるようにすれば、外の世界と中をつなぐように脳が変化し、目の見える人とは違う回路かもしれませんが、結果としては同様な視覚体験ができるだろうと考えられています。

物理と知覚のズレを計算

私たちは視覚体験をしていく中で、脳は様々な学習をしています。脳の神経活動の回路がどんどん出来上がっていき、やがて、目に入ってきたデータに対して計算を自動的に行うようになり、周りにある物への知覚に適応していきます。このアルゴリズムは通常の物の知覚に対しては最適化されていますので、うまく答えを出



コンピュータ理工学部・
インテリジェントシステム学科
伊藤 浩之 教授

PROFILE

理学博士。大学・大学院では理論物理学を専攻。物質を研究対象としていたが、環境の変化に柔軟に適應する生物と非生物の現象面での違いに関心を持つ。博士号取得後、カナダに留学し、心臓麻痺のメカニズムを数値シミュレーションモデルで解析。しかし、人工心臓が開発されているように、心臓の動きは機械的で知性があるものには感じられなかった。人間にはまだ同じレベルのものを創造することができず、かつ知性のある生体器官は脳しかなかったことから脳科学の道へ進む。本来意味のない物理化学現象の連鎖から、なぜ、やわらかさや知性が発現してくるのかが究極的な研究目標。脳科学のおもしろさを伝える本としては『脳のなかの幽霊』(ラムチャンドラン著、角川書店)がおすすめです。愛知県立千種高校OB。

します。しかし、錯視絵のようなトリックのある絵ですと、この最適化されたアルゴリズムの癖のために、間違った答えを出すのです。つまり錯覚が起こるということは、人間の「見る」能力が優れていることの証拠なのです。私たちが普段不自由なく暮らせるのはこの能力のおかげです。もしも脳にこのような機能がなく、単に物理的に物を見ることしかできなければ、限られた情報から柔軟な認識を行うことは出来ず、また単純な対象であっても認識するのに非常に時間がかかってしまうでしょう。

あるシステムのメカニズムを調べる時に、100人が100人とも正解を出すような例では、どこに問題があるのか分かりません。錯覚は、どのようなときに入力された物理的なデータと脳が計算した結果である知覚との間にズレが生じるのかを教えてください。このズレによって、アルゴリズムの特徴が分かり、脳はどのように世界を解釈しているかを研究することができるのです。

脳科学の可能性

よく間違われるのですが、視覚情報処理の研究は目のレンズの構造の研究ではありません。脳が行う情報処理のメカニズムを明らかにすることで、脳つまり人間を理解する研究なのです。

現在ではコンピュータの技術的な限界によって人間とコンピュータの関係が規定されている部分がありますが、脳のアルゴリズムが明らかになり、コンピュータ科学への応用が可能になれば、コンピュータがより人間に近づき、人間を主体としたコンピュータ社会の実現が期待できるようになるでしょう。

ADVICE

脳科学を勉強したい、と思ってどこに進学すればいいか分からない、という高校生は多いのではないのでしょうか。外国ではすでに30~40年前に神経科学部が創設され、医学部でも工学部でもなく、脳科学に必要な多種多様な知識を学ぶ、脳科学者を育てるための学部があります。日本にはそういった学部がほとんどないため、日本の脳科学者の出身学部は医学部が最も多く、ほかに文学部心理学や理学部生物学科、工学部などに分散しています。逆に言うと、脳科学はさまざまな分野からのアプローチが可能です。脳科学はコンピュータ科学への応用をはじめ、さまざまな分野と関わりがあります。また脳を理解することは人間の知的活動の習慣や本質を理解することです。脳を理解することにより、例えば人間とコンピュータのよりよい関係をデザインしていくことができるでしょう。コンピュータ理工学部インテリジェントシステム学科では、コンピュータ科学・プログラミング技術のほかに、心理学、生理学、計測技術、数学・統計解析学など、脳科学を学ぶために必要な知識が系統的に学べます。脳科学を目指すならコンピュータ理工学部インテリジェントシステム学科です。

先端領域に広がる理系3学部の学びのフィールド。

理学部

大自然の真理を
明らかにする。

数理科学科

2つのコースにわかれて学び、
数学的思考力と発想力を修得。

〈基礎数理科学コース〉〈応用数理科学コース〉
代数学 自然と社会の数理系
幾何学 プログラムの数理系
数学解析学
複素解析学

物理科学科

ミクロの世界から宇宙まで、
物理的現象にアプローチ。

天体・宇宙物理
素粒子・原子核
地球・気象と環境科学
物性物理/理論
レーザー・電波物性
結晶・表面物性

工学部*

バイオテクノロジーの
最先端に挑む。

生物工学科

バイオテクノロジーの
フロンティアをめざす。

分子機能科学
細胞機能科学
植物遺伝・育種学
生物保全科学

※2010年4月 総合生命科学部に改組。

コンピュータ 理工学部

ITのフロンティアを
開拓する。

コンピュータサイエンス学科

基礎から段階的に学び、
コンピュータの先端領域を追究。

情報科学
コンピュータシステム
情報基盤技術

ネットワークメディア学科

ネットワークを自由に構築し、
利用できる実践力を養う。

インターネットの応用
webアプリケーション

インテリジェントシステム学科

脳科学の領域にも踏み込んで
情報処理の世界を探究。

ユビキタス
知能情報処理
人間科学・脳科学

大学院 高度な専門領域を探究し、研究者・エンジニアに必須の力を養成。

数学専攻
物理学専攻

理学研究科

博士前期課程

博士後期課程

工学研究科

情報通信工学専攻
生物工学専攻



お問い合わせ先

POWER UNIV.

京都産業大学 連携推進室

〒603-8555 京都市北区上賀茂本山 TEL075-705-2952

http://www.kyoto-su.ac.jp/

E-mail:renkei-suishin-jim@star.kyoto-su.ac.jp

■理学部事務室 TEL:075-705-1463

■工学部事務室 TEL:075-705-1466

■コンピュータ理工学部事務室 TEL:075-705-1989

■入学センター TEL:075-705-1437