

サイエンス & テクノロジー

京都産業大学

VOL.18

01 古典的な物理学に現れる 調和関数

物理的現象に記述する関数の1つ

正岡 弘照 教授

02 京都の街中から世界に挑む 神山天文台

学生の活躍で世界初の大発見!

河北 秀世 教授

03 脳の現象を自ら 再現する回路

動的再構成可能LSIで
神経系の現象をコピーする

鳥飼 弘幸 教授

04 ネット情報との 上手なお付き合いを目指して

情報の客観的根拠の検索

宮森 恒 教授

05 視覚の解明から コンピュータビジョンへ

脳視覚系を数理モデルで模倣する

田中 宏喜 准教授

06 ヒアルロン酸 合成酵素の 活性を高めて老化と戦う

人類普遍のテーマ健康長寿の実現へ向けて

板野 直樹 教授

07 進化と品種改良の鍵 遺伝的多様性

品種改良によって生態系を守る

野村 哲郎 教授

08 免疫系の視点で ハチミツを見る

ジャングルハニーに負けない

国産ハチミツを探せ

竹内 実 教授

古典的な物理学に 現れる調和関数

物理的現象を記述する
関数の1つ



理学部
数理科学科

正岡 弘照
教授

理学博士
ポテンシャル論

0011

歴史的にみると調和関数は、多くの古典物理学の現象を表現する数学的ツールとして、役立ってきました。

調和関数とは、各々の変数について（偏）微分を2回して、それを足し合わせた式が0になる関数です。

調和関数は、1次元では1次関数しかありませんが、2次元以上では1次関数（2次元ではそのグラフは平面を表す）以外にも無数に存在します。

現在、比較的良好に理解されている調和関数は正の値をとる調和関数です。この調和関数は自然数が素数の積で表されるように特殊な正の値をとる調和関数によって積分を用いて表されることがわかっています。調和関数についてのいくつかの話題をご紹介します。

京都の街中から 世界に挑む 神山天文台

学生の活躍で
世界初の大発見！



理学部
物理科学科

河北 秀世
教授

博士（理学）
天文学、惑星科学

0022

私は、京都産業大学・神山天文台の台長を務めています。私立大学としては珍しい施設で、しかもキャンパス内にあることから、学生や若手研究者の活躍の場となっています。

神山天文台の武器は装置の開発。決して大きくない望遠鏡ながら、学生が開発した自前の装置で世界レベルの研究成果を挙げています。

今回、神山天文台では世界初となる発見を成し遂げました。これも学生が中心となって活躍した快挙でした。この発見についてお話ししましょう。

脳の現象を自ら 再現する回路

動的再構成可能LSIで
神経系の現象をコピーする



コンピュータ理工学部
コンピュータサイエンス学科

鳥飼 弘幸
教授

博士（工学）
非線形回路工学

0033

脳で起きている現象を電子回路で再現することが技術的に実現する段階に来ています。これまでも大雑把には実現されていましたが、私は非線形力学系理論を回路工学に応用することで、脳のより精妙な働きの再現を目指しています。

その基盤となるのは、動的再構成可能LSIと呼ばれる脳の学習機能をハードウェア的に真似ることができるチップ。

これらのチップと非線形理論の応用から、どこまで小さく省電力な人工神経ができるのか、型やぶりの研究に挑戦しています。

ネット情報との 上手なお付き合いを 目指して

情報の客観的根拠の検索



コンピュータ理工学部
ネットワークメディア学科

宮森 恒
教授

博士（工学）
マルチメディアデータ工学、
パターン認識、情報検索

0044

ネット上では、誰もが気軽に情報発信できるようになり、そこには膨大な情報があふれています。

一見便利に思えますが、現状は「情報を発信する手段」ばかりが普及し、「信頼度の高い情報を見分ける手段」は十分整備されているとはいえません。

情報の信頼度を的確に判断するには、多角的な観点から調べることが大切です。当研究室では、テレビ番組で用いられる図表画像を利用し、情報の客観的根拠の有無を、効率よく確認するシステムを開発しました。

統計データなどの客観的根拠を調べる場合に比べ、探す手間が軽減され、視認もしやすく、人にかかる手間を大幅に削減できるメリットがあります。

視覚の解明から コンピュータ ビジョンへ

脳視覚系を数理モデルで
模倣する



コンピュータ理工学部
インテリジェントシステム学科

田中 宏喜
准教授

博士（理学）
脳視覚情報科学、
ブレインマシン・インターフェース

0055

私たちが普段、当たり前のように感じている視覚。実は、脳では、その大部分を占める視覚領野において、高度な情報処理が時々刻々に行われているのです。

この情報処理は、生物の脳が行うものでありながら、数理モデルで近似できる場合も多く、この仕組みをコンピュータビジョンに応用する研究も多く行われています。

逆に、視覚情報処理の数理モデルとして構築したものが、実際に脳で見つかるということもあります。

視覚の基本的な仕組みと、私が構築し、生理学的にも実証した、境界検出の数理モデルについて説明します。

ヒアルロン酸 合成酵素の活性を 高めて老化と戦う

人類普遍のテーマ
健康長寿の実現へ向けて



総合生命科学部
生命システム学科

板野 直樹
教授

博士（薬学）
生化学、分子生物学、分子腫瘍学

0066

化粧品などでその名前が広く知られるようになったヒアルロン酸。美容だけではなく、高齢化社会に健康な老後を送るためにも重要な生体高分子です。

ただ、サプリメントなどでは体内の合成量を十分に増やすことができず、老化によって減少したヒアルロン酸を補うためには、直接注射するなどの治療法しかありませんでした。

私は、ヒアルロン酸を体内で作りに出しているヒアルロン酸合成酵素の遺伝子クローニングに成功しました。ヒアルロン酸合成のメカニズムを解明することにより、酵素の働きを活性化させる新たな治療法の開発に挑んでいます。

進化と 品種改良の鍵 遺伝的多様性

品種改良によって
生態系を守る



総合生命科学部
生命資源環境学科

野村 哲郎
教授

農学博士
動物育種学、集団遺伝学、
統計遺伝学

0077

同じ種の中でも、大きさが違ったり、色が違ったりするのは遺伝的多様性があるからです。進化の原動力となってきた遺伝的多様性は、品種改良という畜産資源の向上にも重要な役割を果たします。

私は、これまで黒毛和牛やナミントウの遺伝的多様性を調べてきました。現在は、北海道の在来種エゾオオマルハナバチを花粉交配に使えるよう品種改良を行うことで、北海道の生態系を外来種から守る研究に取り組んでいます。

免疫系の視点で ハチミツを見る

ジャングルハニーに負けない
国産ハチミツを探せ



総合生命科学部
動物生命医科学科

竹内 実
教授

医学博士、獣医学博士
免疫学、応用健康科学

0088

アフリカのシャーマンが治療に使うジャングルハニーというハチミツがあります。日本のハチミツとは見た目からして大きく異なっていますが、調べた結果、免疫力を高める効果があることがわかりました。

免疫とハチミツという視点から、日本のハチミツにも同様の効果が期待できるのか、どんな種類のハチミツにその効果があるのか、そして、私の従来研究であるタバコによってダメージを受けた免疫機構を回復させることはできるのかについて研究を進めています。

物理的現象を記述する関数の1つ

ある関数を変数ごとに2回(偏)微分し、足し合わせ、その値が0になる関数を調和関数といいます。電磁気学における電圧の分布を表すなど、物理的現象を記述する際に重要なツールになっています。ポテンシャル論を研究する正岡弘照先生に、調和関数の基本と面白い性質を教えてくださいました。

古典的な物理学に現れる 調和関数

調和関数とは

調和関数は、古典的な物理学における多くの現象に登場します。例えば、熱の平衡状態である(時間に関して、熱的状态が変化しない)空間における温度の分布であったり、電磁場における電位の分布であったり、重力場における重力の分布であったりします。

それは、各々の変数について(偏)微分を2回して、それを足し合わせた(これをラプラシアンを作用させるといいます)式が0になる関数です。これはいったい何を表しているのかというと、我々は3次元の世界に住んでいるので、本来なら、3次元で話を進めるべきではありますが、話を簡便に把握していただくために、まず、1次元で説明していきます。

この場合、関数 $f(x)$ のラプラシアンは $f''(x)$ を2回微分した $f''(x)$ です。したがって、 $f''(x)$ が調和関数であるとは、 $f''(x)=0$ をみたす関数、すなわち、 $f(x)=ax+b$ で、 $y=f(x)$ のグラフは直線を表します。調和関数がどのような関数かを理解するために、 $f''(x)>0$ ($f''(x)<0$) をみたす $f(x)$ がどのような関数かみてみると、 $y=f(x)$ のグラフは下に出っ張って(上に出っ張って)います(図1)。これは、曲線 $y=f(x)$ 上の任意の2点 $A(a, f(a))$ 、 $B(b, f(b))$ を選び、 $f(x)$ が下に出っ張っている場合は、 $y=f(x)$ のグラフが線分 AB より下にあり、上に出っ張っている場合に、 $y=f(x)$ のグラフが線分 AB より上にあることを表しています。また、 $f''(x)=0$ の場合は、 $y=f(x)$ のグラフは線分 AB と一致します。というわけで、このことを2次元で考えてみると、直感的には、調和関数のグラフはある意味で出っ張っていない非常になめらかな曲面と考えられます。3次元以上

ADVICE

数学を勉強する際は、まず教科書に書いてあるような基本的なことをしっかりと勉強してください。その中で面白いと思った単元が出てくるでしょう。そうした時は先生に聞くなりして、その分野について深く書かれた本を紹介してもらおうとよいでしょう。きっかけは問題が解けるのが面白いということでもいい。ある程度自信をつけたらそういう本を読み、授業や受験を超えた勉強をして深めてほしいと思います。その時には理解できなくとも時間がたって読み返したらわかることもあります。

では、グラフを描くことはできませんが、感じは、1次元、2次元の場合から類推してください。

ディリクレ問題

数学史上の調和関数に関する問題として、ディリクレ問題、正確には、内部ディリクレ問題があります。すなわち、境界上の関数が与えられた領域の内部で調和となる関数を求める問題のことです。

ディリクレ問題において、円(球面)のような境界がなめらかな曲線(曲面)の場合や境界に与えた関数が単純な場合は具体的に解を示すことができるのですが、境界の形状が複雑な場合や境界に与えた関数が複雑な場合は、解をどのように求めてよいか、当時の数学者を悩ませました。この問題の解については、有名な数学者ガウスが与えています。後に、整数論などで著名な業績を残しているディリクレ(Johann Peter Gustav Lejeune Dirichlet 1805-1859)もディリクレ原理という方法を用いて、解を与えています。

ディリクレ問題およびディリクレ原理の名称はディリクレの弟子であるリーマン予想で著名なリーマンによって与えられました。しかしながら、ガウスやディリクレの示した方法に従えば、ディリクレ問題の解の存在が従うというのですが、その方法自体、当時は問題なく明白であるということでした。ワイエルシュトラスはその方法自体に論理的欠陥があることを指摘しました。その後、ヒルベルトは境界および境界上の関数に制限をつけることにより、ディリクレ原理の論理的欠陥は解消されました。

図1

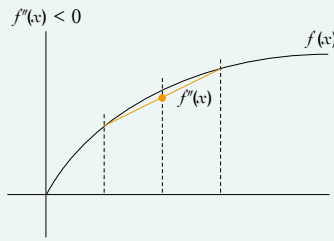


図2

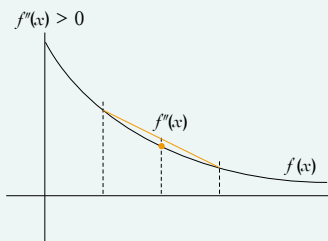
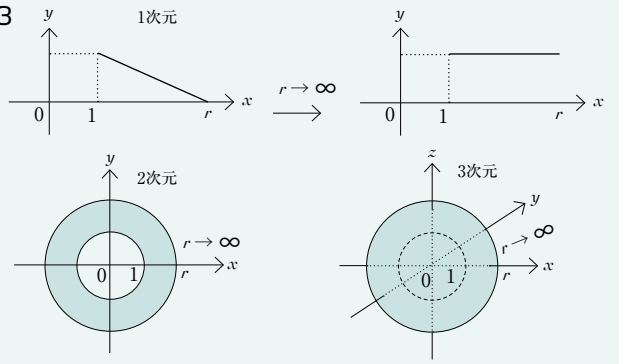


図3



素数に対応する特殊な調和関数 (ミニマルなマルチン関数)

1次元の調和関数のグラフは直線しかありませんが、2次元、物理学での応用の場面が多い3次元では、調和関数のグラフは単純ではありません。調和関数のうち、比較的よく理解されている調和関数は、正の値をとる調和関数です。整数が素数の積で表せるように、正の値をとる調和関数はある特殊な正の値をとる調和関数(ミニマルなマルチン関数と呼ばれています)によって、(ある測度に関する)積分を用いて表現されます。平面内の定義域におけるミニマルなマルチン関数は、ある意味である1点で無限大で、その1点を除く、境界の点で0となります。このことを中心が原点で半径1の円で確かめてみましょう(図2)。

円周上の点 $P(x_0, y_0)$ で無限大、他の点では0となる関数 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ は

$$F_{(x_0, y_0)}(x, y) = \frac{1}{2\pi} \frac{1 - (x^2 + y^2)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

と表すことができます。 $P(x_0, y_0)$ は円周上の点であるので、 $x_0^2 + y_0^2 = 1$ をみちますが、 $Q(x, y)$ が線分 OP に沿って、 $P(x_0, y_0)$ に近づくと、分

子、分母ともに0に近づいていくので、いわゆる、不定形になりますので、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ の挙動がどうなるかわかりませんが、計算すると無限に大きくなるのがわかります。実際、原点から点 (x, y) までの距離を r とおくと分子は $1 - r^2$ 、分母は

$$\begin{aligned} & (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \\ &= x^2 - 2x_0x + x_0^2 + y^2 - 2y_0y + y_0^2 \\ &= x^2 + y^2 + x_0^2 + y_0^2 - 2x_0x - 2y_0y \\ &= r^2 + 1 - 2x_0x - 2y_0y \end{aligned}$$

ここで $(x, y) = (rx_0, ry_0)$ から、

$$\begin{aligned} & (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \\ &= r^2 + 1 - 2rx_0^2 - 2ry_0^2 \\ &= r^2 + 1 - 2r(x_0^2 + y_0^2) \\ &= r^2 - 2r + 1 \\ &= (1 - r)^2 \end{aligned}$$

したがって、

$$F_{(x_0, y_0)}(x, y) = \frac{1}{2\pi} \frac{(1-r)(1+r)}{(1-r)^2} = \frac{1}{2\pi} \frac{1+r}{1-r}$$

となり、 r が1に近づくと、分子は2に近づき、分母は0に近づき、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ が無限に大きくなります。一方、 $Q(x, y)$ が円周上の点 $P'(x_1, y_1)$ ($\neq P$) に近づくと、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ の分子 $1 - (x^2 + y^2)$ は0に近づき、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ の分母 $2\pi((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)$ は $2\pi((x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2)$ ($\neq 0$) に近づきます。よって、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ は0に近づきます。したがって、 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ は1つのミニマルなマルチン関数になります。

この単位円盤上のミニマルなマルチン関数 $F_{(x_0, y_0)}(x, y)$ はボアソン核として知られています。

理学部 数理科学科

正岡 弘照 教授

PROFILE

理学博士。専門はポテンシャル論。もともと解析学(微分積分学)に興味があり、漠然と関数論(大ざっぱにいうと複素数を変数とする関数の微分積分学)を研究しようと思っていたが、大学院でポテンシャル論の話聞き、この分野に進むことを決意。現在取り組んでいるのは、調和空間におけるマルチン境界に興味をもち、グラフ(ソリー構造のネットワーク)のような離散的な対象からリーマン面のような複雑な曲面上の調和関数を統一的に扱える広義の調和空間(散掃空間)で、調和関数の諸性質を考察すること。私立修道高等学校OB。

次元によって異なる性質

ディリクレ問題は、境界上の関数が与えられた境界(ここでは、ある曲線)の「内側」を定義域(境界で囲まれた部分)とする調和関数を求める問題としましたが、境界の「外側」を定義域(ある曲線の外側であり、その広がりが無遠までの部分)とする調和関数を求める問題を考察することもできます。これを外部ディリクレ問題と呼んでいます。

外部ディリクレ問題として、境界上に1という値をもつ関数を与えて、境界の外側では、調和で、以下の意味で無限遠では0であるような関数がどうなるかという問題を考えてみると、次元によって解が変わるという面白い性質があります。

この問題の解は、まずは有限な定義域で(内部)ディリクレ問題の解を考えて、定義域を拡張していく方法で得られるものと解釈することにして(図3)。以下で具体的にみてみましょう。1次元の場合、簡単のため、境界は2点集合 $\{-1, 1\}$ としてよいでしょう。 $\{-1, 1\}$ の外側は区間 $(-\infty, -1)$ と $(1, \infty)$ の合併集合になります。 $(-\infty, -1)$ においても、同様の考察ができますので、 $(1, \infty)$ に限定して考察ことにします。 $x=1$ で1の値をとり、 $x=r$ で0の値をとる調和関数のグラフは、2点 $(1, 1)$ と $(r, 0)$ を結ぶ直線になります。 r をどんどん大きくしていくと傾きが0に近づき、 x 軸と平行な直線に近づきます。そして、無限遠点までのばすと調和関数は定数1になります。2次元でも外側の円の半径 r を無限大に近づけていくと調和関数は定数1に近づきます。しかし、3次元では外側の球面の半径 r を無限大に近づけていっても、調和関数は定数1とは異なる調和関数に近づいていきます。

この事実は、ブラウン運動における粒子の動きと関係しています。直線(1次元)、平面(2次元)の場合、その上のブラウン運動の粒子は確率1で何回でも原点付近に戻ってきます。しかし、空間(3次元)では、その上のブラウン運動の粒子は確率1で無限遠点に向かって飛んで行くのです。

ここで、上で述べた外部ディリクレ問題の解が次元によって異なるという性質が、確率論という分野の研究対象であるブラウン運動の性質が対応する次元によって異なるという事実に

翻訳されることが興味深いと思います。

離散的な対象も含めて 統一的な理論へ

これまで私は、平面を一般化したリーマン面上で、いま挙げたような調和関数について、調べてきました。最近では、調和関数を抽象的に考察する公理的なポテンシャル論の研究対象である「調和空間」に興味をもっており、「調和空間」上の調和関数について諸性質を研究したいと考えています。

より広義の「調和空間」(正確には、「掃散空間」)としては、離散的な対象も考えることができます。離散的な対象としては、グラフなどが研究対象となります。ここで言うグラフは、ソリー状の無限ネットワークのことですが、これは近年注目を集めている分野です。

離散的な対象では、極限がとれず、微分の代わりに差分を用いるなど、従来からある調和関数とは異なるところもありますが、より広義の「調和空間」の研究を通して、次世代への贈り物となるような考察を残していけたらよいと思っています。

数学者の「貢献」とは

数学だけでなく物理学を含めた科学全般に言えることですが、数学者は数理現象を解明することを主眼に数学をやっているものであり、物理学者は物理現象を解明することを主眼に物理をやっており、工学的な意味における現実社会への応用は副次的なものです。「役に立つ」から数学を研究するというよりも、自分に興味があるから行っているのです。

しかしながら、数学は、科学の発展の重要な節目で役に立ってきました。例えば、アインシュタインが一般相対性理論を完成できたのも数学の貢献があつてのことでした。一般相対性理論にはリーマン幾何学が不可欠でしたが、そもそもリーマンは物理理論のためにリーマン幾何学を作ったわけではありません。

私は、数学者はとにかく論文を書くことが大事だと思います。そのことが、未来の数学者への貢献になると考えています。彼らが、私の論文を読んでくれて、ほんのわずかでも、お役に立てば、よいと考えています。後世の科学や技術の進歩発展のために貢献できれば、それにこしたことはありませんが。

ものづくりを武器に 世界に挑む天文台

本学の天文台は学生に教育をし、そして研究をする場です。ここでいう教育とは単に勉強に限らず、さまざまなスキルや就業力を身につけさせ、人を育てるということです。一口に研究といっても、いろいろな側面がありますが、この天文台ではオリジナルな装置の開発研究とそれを活用した観測的研究を重視しています。他の研究者がやっていないオリジナルな研究をやるには、それに合ったオリジナルな観測装置が必要だからです。そのため、天文台内には実験室や装置を設計するための部屋が設けてあり、この天文台の特色になっています。世界

学生の活躍で世界初の大発見！

皆さんは天文学というどのようなイメージを持たれるでしょうか。夜な夜な星を眺めるロマンチストな天文学者の学問でしょうか。神山天文台長の河北秀世先生が描いてくれた現在の天文学は、「観測」「理論」「技術」が三位一体となって宇宙の謎を解き明かしていく、全く想像もしていなかったような魅力的な学問の世界でした。

京都の街中から世界に挑む 神山天文台

理学部 物理科学科

河北 秀世 教授

PROFILE

博士(理学)。専門は天文学、惑星科学。修士課程、社会人と情報工学の道を歩むが、幼いころからの天体への夢は捨てきれず、余暇を使って天文学の研究に没頭。28歳で群馬県立天文台の職員に採用されると、次々に業績を重ね国際宇宙研究委員会COSPARよりZeldovich賞を受賞するなど国際的な成果を挙げる。現在は、神山天文台長として、天文台全体の管理運営と学生や若手研究者の教育・育成に力を注ぐ。大阪府立高等専門学校OB。

ADVICE

とことん突き詰めること

物理学の基本的なところや、基本的な計算力は身につけておいて損はないと思います。知識も持っていて損はないので、いろんなこと、自分が興味を持ったことを一生懸命にやってください。そして、自分が興味を持っていることを、とことん突き詰めてやるという経験を早いうちからしておくと思います。特に、多少苦手なことも、本当に好きなことをやるために頑張るという経験は重要だと思います。

突き詰めてやったという経験は将来必ず生きてきます。必ず失敗もありますし、挫折もありますが、適当なところであきらめていたら何もできません。ある天体のある現象を研究したいならどうしてもある理論や数式を理解しなければならないという状況も出てきます。そういう時に、石にかじりついてでもそれを乗り越えていける精神的なタフさや、そういった経験が力になるのです。

を相手にトップを目指すには、装置自体に工夫を凝らさなければいけません。この望遠鏡は決して大きいわけではないので、装置の特徴を極めることで世界と勝負しています。もちろん、私たちが開発した道具や装置を他の大きな望遠鏡で活用してもらうことも計画しています。

一例を挙げると、この天文台では学生が主体となって、光を波長によって分ける分光器というものを作っています。特に力を注いでいるのが赤外線を観測する分光器で、現在、3万色にまで光を分ける能力を達成しています。これは世界でも10m口径クラスの大望遠鏡に搭載されている観測装置が有する性能に匹敵しています。さらに、現在世界最高性能となる10万色の分光能力を、来年あたりには発揮で

きる目途が立ってきました。10万色まで分光できるようになると、観測の質が大きく向上します。これは、あたかも視力が良くなるようなものです。今まで、ぼんやりとしか見えずに、何だかわからなかった現象が極めてクリアに見えるようになり、具体的に何であったか特定できるようになります。すでに、この天文台で学生が行った開発・研究の中から、論文として世界に向けて発信したり、国際学会で発表できるよう成果も次々として出てきています。

学生が成し遂げた 世界初の発見

この天文台で力を入れている観測の一つが、新星や超新星など、急に星が明るく輝き出す現象の観測です。天体が突然明るくなったということを、多くのアマチュア天文家が見つけて報告を世界に向けて行うのですが、その正体はすぐにはわかりません。そこで、未確認天体が報告されたらすぐに、確認のための分光観測を行います。これは学生が中心になってやっています。これまでに多くの未確認天体



神山天文台では学生が主体となったものづくりが行われる

の確認を行い、また、継続的な観測を実施して研究を行ってきました。

その中で、新星の観測において世界初となる発見がありました。新星というのは星の爆発現象です。白色わい星を含む連星系において、白色わい星表面にふりつもった水素ガスが爆発した瞬間、火の玉のようなガスの塊になり、明るく光るのですが、この時、天体の温度は1万℃くらいになります。そして、一気に明るくなった後はだんだん暗くなります。この爆発で周りに温度の高いガスを噴き出すのですが、このような高温下では、ガスは原子がバラバラになった状態か、イオンというプラスの原子核とマイナスの電子が分離した状態のガスになります。1万℃にもなると、原子と原子が結合している分子は容易にはできないのです。しかし、80年ほど前に、炭素(C)と窒素(N)の原子が結合したCNという分子が新星中に初めて発見されており、



新星中のC₂を発見した長島雅佳さん
(大学院理学研究科)

その生成については謎となっていました。それ以来、全く同様の発見報告はなく、新星中の分子生成については、研究が進んでこなかったのです。こうした状況で、本学学生が、新星爆発で放出されたガスの中に、炭素が二つ結合したC₂とCNを同時に検出しました。このC₂という分子の検出は世界初となる快挙です。また、CN分子の検出も世界で2例目となる貴重なものでした。この時の観測に使った観測装置も、この天文台で学生が主体となって作った可視光線の分光器でした。また、C₂やCNといった分子は、新星爆発の際にできてはますます壊れているようです。最近、多くの研究者は、爆発初期に分光確認をして未確認天体が新星だと確認されたら、その後はあまり観測を続けてい

キャンパスの中にある天文台

キャンパスの中に天文台があることにはメリットがたくさんあります。特に大きいのは、学生のアクセスのしやすさです。学生がここで装置を開発し、ここで成果を挙げるためには、学生がすぐに出入りできる場所の方が有利なのです。

しかし、本学のキャンパスは京都の市街地から近いので、その街明かりが観測のハンデにならないように工夫が必要です。例えば、市街地の光に多い蛍光灯の明かりは幾つかの特定の色の光を混ぜて白く見えるように作られています。そこで、分光して蛍光灯に使われている色の光を避けたり、街明かりに影響されにくい赤外線を使った観測をすれば、市内にあることがデメリットにならないのです。

ませんでした。今回のこの発見は、学生が何日も粘り強く新星を継続的に観測したからこそ検出できたものなのです。

太陽系誕生の様子を探る 貴重な手掛かり

私は以前から彗星の研究を続けていますが、その研究と今回の発見が思わぬ形につながりました。原子にはそれぞれに重さ(原子量)があります。窒素の原子量は普通14ですが(¹⁴Nと表します)、自然界には15のもの(¹⁵N)が僅かながら存在します。いわゆる同位体と呼ばれているものです。これは非常に微量で宇宙ではなかなか作られないのですが、新星爆発時の元素合成によって比較的容易に作られると考えられています。理論的には、窒素の同位体¹⁵Nが効率よく作られるのは新星爆発の時だけだと言われていました。今回の新星におけるCN分子の観測結果から、本当に新星において¹⁵Nが効率よく作られているのかどうか確かめることができると考えています。一方、これまでの観測から、彗星における¹⁵N/¹⁴Nの比率が太陽における値よりも大きいとわかっています。その原因については未だ明確になっていませんが、太陽系の材料になった粒子の中に、¹⁵N/¹⁴N比が非常に大きなものがあり、新星起源ではないかと言われてきました。今回の新星分子の発見は、こうした謎を解き明かす鍵にもなると考えています。

これまで、新星爆発時に生成される窒素のうち、どの程度の割合の窒素が¹⁵Nなのかは今まで観測的には全く手掛かりがありませんでした。しかし、地道に観測すればCNという分子を検出することができ、そこから¹⁵Nの割合がわかるという道筋が見えてきました。¹⁵Nの存在比率は天文学的には非常に重要で、太陽系の起源の問題にも関連し、銀河系の化学的な進化の手掛かりにもなるのです。新しい研究方法として、これからの発展が期待できます。

脳の現象を自ら再現する回路

生命の仕組みは非線形

私が行っているのは、脳の神経細胞などをハードウェア上で再現しようという研究です。

先行研究の例では、ラットの脳の、短期記憶や脳内の地図を司る部位の機能を停止させて、代わりに脳の情報処理を真似る回路を接続する実験がありました。脳内の地図と短期記憶能力を失えば、エサを取ることはできないはずですが、回路がその部位の代わりになって、ラットは無事再びエサを取れるようになるのです。

この研究では、古典的なある意味大雑把な手法で成功しましたが、より精密に脳を再現しようと思えば、実際の神経細胞と同等な動作をする非線形システムを採用する必要があります。

線形システムでは、入力と出力が比例関係になります。例えば、Aを入れたらxが出てくる場合、2Aを入れば2xが出てきます。非線形システムは、これが成り立たないシステムです。

生物の世界では、非線形性があらゆる所で見られます。神経細胞はイオンのやりとりをしています、イオンが一定量を超えた時に電気信号を発信します。これも非線形です。イオンの量が倍になったからといって、情報処理の能力が倍になるわけではありません。こうした非線形システムを記述しようすると、線形システムよりも遥かに複雑な数学が必要になってきます。

私が目指しているのは、脳や細胞の非線形な仕組みの本質を真似られるハードウェアを、低コストで小さく作るということです。そのためには、私が行っている3つの研究背景、回路工学、非線形力学系理論、神経科学が全て必要になるのです。

動的再構成可能LSIで神経系の現象をコピーする

——脳の現象を回路上に再現する。

そう聞くとSFの世界の話のように思うかもしれませんが、

鳥飼弘幸先生の研究室では、まさにそのような研究が行われています。

脳や内耳といった生物の器官が持つ高度な機能を、小さく省電力な回路で再現する研究。

それを可能にするのが、回路自身が自らを組み替えていく

「動的再構成可能LSI」という次世代LSIです。

回路工学、非線形力学系理論、神経科学、3つの分野にまたがって、

最先端の応用研究をされている鳥飼先生に、詳しくお話を伺いました。

脳を模倣する回路

脳を持ち運べるような小さなハードウェア上で再現するために用いるツール、それが動的再構成可能LSIです。イメージとしては、どんなものにもなれる汎用の回路が用意してあって、刻一刻と回路図を書き換えていろいろな機能を実現していくものです。脳の学習機能を真似ることができるハードウェアとも言えるでしょう。

皆さんが使っているPCやスマートフォンのCPUは再構成“不可能”なLSIです。ユーザーは、この回路の中身を書き換えることはできません。一方、“静的”再構成可能LSIでは、ユーザーが回路を書き換えることができます。さらに、動的にそれを行える（機器を動かしながら回路を書き換えられる）のが動的再構成可能LSIの特徴です。

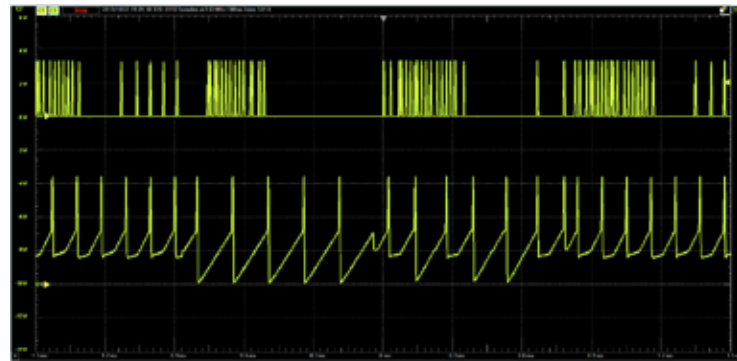
こう聞くと複雑なことのように思えますが、実はこれは私たちの脳が普段やっていることと同じです。脳では常に情報処理をしながら、細胞同士の結合相手を変えたり結合の強度を変えたりして自ら神経の回路を書き換えています。この

ような特徴の一部を可塑性と呼びますが、動的再構成可能LSIは、生物の神経系が持っている可塑性をハードウェアで再現できるのです。

動的再構成可能LSIに適切な学習機能を実装すると、神経細胞や脳の一部の動作の本質をLSI上にコピーすることができます。例えば生きている神経細胞の電気信号を私たちが開発している動的再構成可能LSIに送ります。するとそのLSIは自分自身のハードウェアの構成（回路図）を変えていきます。「この素子と素子を今はつないでいるが、このつなぎ方をやめて別の素子につなごう」という処理を高速で繰り返して、細胞の振る舞いを真似ていくのです。

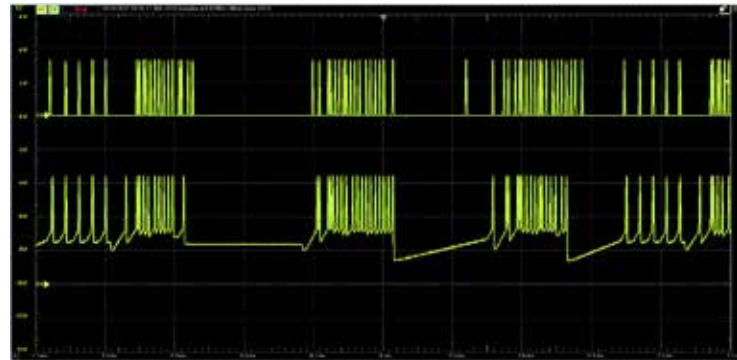
単に可塑性を再現できるだけでなく、私たちが開発しているLSIでは、使う回路の数が少なくなくて済むのも大きなメリットです。コンピュータシミュレーションによって脳を真似ようとする、スーパーコンピュータのような巨大なシステムが必要になります。生体内に埋め込もうとした時に、それでは実用的ではありませんので、小型・省電力に作れることはとても重要です。

現在は、LSIを用いて100個程度のまとまっ



生きている
神経細胞の信号

動的再構成可能LSI
神経細胞の信号
(学習前)



生きている
神経細胞の信号

動的再構成可能LSI
神経細胞の信号
(学習後)

神経細胞から測ったデータと、動的再構成可能LSIの電圧を比較したもの。データを測り始めたころはまだ、神経細胞の特性を動的再構成可能LSIが十分に再現できていない(図上)。ここから神経細胞のデータを元に、背後にある非線形を再現しようと回路を自動で組み替えていく。時間が経過すると、動的再構成可能LSIが神経細胞の特性をコピーして、二つの波形がほぼ一致する(図下)。

た神経細胞をコピーすることに成功しました。細胞数が増えるほどつながりのパターンは指数関数的に複雑になっていきます。もし1万個くらいの規模の神経細胞を回路上に再現できれば、脳を構成する最小単位をコピーできることになります。これを5年以内に実現するのが今の私たちの目標です。

次世代の人工内耳

私たちが取り組んでいるもう一つのテーマは、人工内耳です。人間の耳というのは一見単純な器官に見えますが、実は一つの細胞を作るより再現が難しいのです。

内耳は非線形性が強く、例えば違う高さの二つの音を聞かせると存在しないはずの低い音が聞こえたり、逆に一つしか聞こえなかったり、聞いている音の高さが変化したり、複雑な非線

形応答をすることが知られています。現在使われている人工内耳は、そうした非線形性に配慮せず、古典的な音声信号処理の手法で作られています。これでは母音くらいは聞き取れても、子音の判別までは困難です。そこで私たちは、内耳の非線形性にまで目を配って、それを真似られるように人工内耳を作っています。

内耳には、膜がリンパ液に浮いており、その膜の上に毛が生えた細胞（有毛細胞）がたくさん生えています。風の中に立っていると髪の毛が揺れますが、それと同じように、膜の上に並んだ毛も音の振動によって揺れます。この毛が振動を電気信号に変換して、神経細胞を通じて脳に伝えるのです。

この毛が抜けてしまうと、音を伝えることはできなくなります。このパターンの難聴の場合は、より奥の中枢系までつながっている神経細胞は生きていることが多いのです。そこで、膜とリンパ液と毛の細胞の代わりをする人工器官を埋めてやると、また元と同じように音が聞こえるようになるのです。

ここで重要なのが、膜とリンパ液と毛の細胞の一つ一つの動きにきちんと目を配ることです。粘性のある流体の方程式や膜の運動方程式、毛の運動方程式や、イオンの方程式、これらはいずれも非線形な方程式で記述できます。全てを厳密に計算するのは困難ですが、できるだけ本質を失わないようにしてシミュレーションした結果、「聞かせてない音が聞こえる」という内耳の特性とそっくりな応答の再現に代表されるいくつかの内耳の非線形応答特性を再現できました。これは次世代の人工内耳を実現するための第一歩です。

将来的には、前述の脳の一部を再現する動的再構成可能LSIを用いてアルツハイマー病を治療したり、クラシック音楽まで楽しめるような非線形人工内耳を実現するなど、治療の場面に応用できる器具が作れれば嬉しいと考えています。その一方で、純粋な知的好奇心から「ネット越しの人工的な脳=Brain over IP」を作るような研究も並行して進めています。三本の軸を元に、これから「型やぶり」な研究に挑戦していきたいと思います。

Brain over IP

Brain over IPとは、いわば「IP(インターネット・プロトコル)でつながった人工的な脳」です。動的再構成LSIを用いた脳現象再現専用チップと人工的に培養された神経細胞ネットワークを、インターネット越しに脳のような構造でつないでいくことで、従来の計算機を越えた超並列脳型計算機を創りだすことができる、という壮大な構想です。現在の計算機は離散状態と離散時間を持つシステムですが、計算機と有機物をつなぐことにより、現在の計算機が持つ性能の限界を超えることができると期待しています。SFのような話ですが、技術的には不可能ではないと信じています。このような計算機をネットワークで並列的につないでいった時、そこに意識に相当するようなものが芽生えてくるのか。これから取り組んでいきたいテーマです。

コンピュータ理工学部
コンピュータサイエンス学科

鳥飼 弘幸 教授

PROFILE

博士(工学)。専門は非線形回路工学。回路工学を学ぶべく大学に進むが、配属された研究室で扱っていたのは、回路は回路でも非線形の回路。そこで非線形力学系に興味を持ち、数学の教科書などを読み漁る。神経科学へ目を向け始めたのは就職してからだが、神経系は非線形システムの例としてよく取り上げられる題材で、人間も非線形系なのかと興味があった。その経歴から回路工学、非線形力学系、神経科学の3分野にまたがる研究に取り組む。東京工業大学付属工業高等学校OB。

ADVICE

物理や数学などの基礎が上辺だけではなくちゃんとわかることが大事です。中高での勉強の時、自分の興味がある分野で何が必要かを気にすることがいいと思います。オープンキャンパスなどで大学に来てみて、「自分はこういう分野に進みたいが何が必要か」と教員に尋ねれば、高校の時点の科目の中で何が大事かを教えてくれるでしょう。

例えば私の分野なら回路で数学を使います。受験生が「こんなの一生使わない」と思うような三角関数の公式や微積分の公式なども、実は回路設計では欠かせません。理工系の研究者・技術者の立場から見れば、高校の数学のカリキュラムはとてもよくできています。受験や定期試験を乗り越えるためだけではなく、自分の将来にきちんと役立つんだということをわかって勉強してもらえればと思います。

ネット情報との 上手なお付き合いを目指して

情報の客観的根拠の検索

FacebookやブログにTwitter。
ネットの世界では、日々膨大な情報が発信されています。
一見便利になっているようにも見えますが、
実際は、それらの情報は内容の検証や精査を
されないままネット上に放置されているようなもの。
「情報を発信する手段」が普及する一方で、
「信頼度の高い情報を見分ける手段」は十分に整っていないのが現状です。
そんな状況を改善しようと「次世代検索技術」をテーマに
研究されている宮森恒先生に、最新の研究内容についてお聞きしました。

増え続ける情報の中で 信頼できる情報を見分けるには？

現在、ネット上では、膨大な情報が発信・蓄積され続けています。利用できる情報が増え続けているので、一見すると便利になっているようにも思えますが、実際は、それらの情報の中身は、何の検証も整理もされないまま、ネット上で放置され続けているようなものです。情報が増えれば増えるほど、どれが正しい情報なのかを選別することはどんどん難しくなっていくします。FacebookやTwitter、ブログなど、情報発信手段は急速に発達する一方で、信頼度の高い情報を見分けるための手段は十分に整っていないのが現状です。

では、どうすれば信頼度の高い情報を見分けることができるのでしょうか？ 例えば、迷惑メールにあるような明らかに怪しい表現があれば、比較的簡単に「有害だ」「無用だ」と判断できるでしょう。でも、例えば、次のような記述であればどうでしょうか？

A:「近視を治すなら、若者に人気で手術数増加中のレーシック手術がおすすめです」※1

明らかに怪しい表現は見当たらないため、パッと見ただけでは何とも判断できないのではないのでしょうか？ 書いてあることも特におかしなことはないし、「同年代の人が多く受けているなら安心だし、手術を受けてみようかな」と納得してしまうかもしれません。

このように信頼度を一目で見分けるのが難しい情報に対して、上手に信頼度を判断するには、

- ☑ 発信者に着目する＝その情報を「誰が書いて」「誰が発信しているのか」を確認する
- ☑ 社会的意見に着目する＝その情報について

「他の人はどんな意見を述べているか」を確認する

☑ 情報外観に着目する＝その情報に「参考文献や連絡先が明記」されているか確認する
といった多角的な観点で眺めるという方法が一つ挙げられます。

例えば、上記Aを「眼科医」が書いて「大学病院」が発信しており、世間の多くのネットユーザが「肯定的意見」を述べていたとしたら、「信頼度は高そうだな」となり、「匿名のネットユーザ」が書いて、「匿名掲示板」で発信し、世間の多くのネットユーザが「否定的意見」を述べていたら、「信頼度はあまり高くなさそうだな」という具合です※2。

私の研究室では、現在、上記で挙げた観点とは別の観点からのアプローチ、すなわち、
☑ 客観的根拠の有無に着目する＝ある情報の「客観的根拠の有無」を確認し、信頼度判断を助けるという方法

に着目した研究を進めています。ここでは、テレビ番組で使用された図表を利用した研究についてご紹介します。

※1 あくまで例文です。レーシック手術の是非について述べたも

ADVICE

大学では、目標を持って勉強する人としなない人とで、卒業時に大きな差が生まれます。自由な時間が増える分、遊びも勉強も本気で取り組むことが大切です。失敗しても粘り強く、常に進化し続けられるような人になってほしいと思います。

私の研究室では、統計解析やパターン認識を用いてデータを分析し、いかに新しい価値を生み出す応用につなげられるかを常に議論しています。地味な作業も多いですし、忍耐も必要ですが、新しい知識やスキルを身につけた時の喜びを積み重ねることを大切にしています。卒業生は、統計解析やデータマイニング、Webアプリケーションなどの知識とスキルを身につけて、システム開発やプログラミングなど、IT分野で活躍する人が多いですね。

ではありません。
※2 ただし、ここで注意する必要があるのは、その信頼度は、あくまで他の類似した情報に比べて「相対的に」信頼度が高いか低いかであり、100%正しいとか誤りということではありません。膨大な情報の中から、無用で有害な怪しい情報を上手に除くことができれば、有用で正しい情報に到達しやすくなるという考えに基づく方法です。

テレビ番組の図表を利用した 情報の客観的根拠の検索

再度、記述Aについて考えてみましょう。

A:「近視を治すなら、若者に人気で手術数増加中のレーシック手術がおすすめです」※1

この記述の客観的根拠とは、どのようなものでしょうか？ 例えば、官庁や業界団体が発表する、レーシック手術の施術数に関する統計データが挙げられます。今仮に、この統計データを調べたところ、2008年をピークにそれ以降は減少し続けていたとしましょう※3。すると、記述Aの「増加中」という部分とは矛盾しており、それをもとに手術をおすすめしている

コンピュータ理工学部 ネットワークメディア学科 宮森 恒 教授

PROFILE

博士(工学)。専門は、マルチメディアデータ工学、パターン認識、情報検索。もともと電気系のことに興味があったが、大学では、放送や通信といったフォーカスがはっきりしていると感じた「電子通信」を専攻。4年次では、映像を扱う研究室に入り、現在、iPodなどで用いられているMPEG規格に関連した研究に携わった。大学卒業後は、研究所にて、映像シーン検索、テレビ番組とインターネットの融合的利用、情報の信頼性評価支援の研究に従事。2008年より、京都産業大学にて次世代検索技術の研究を進めている。大阪府立北野高等学校OB。

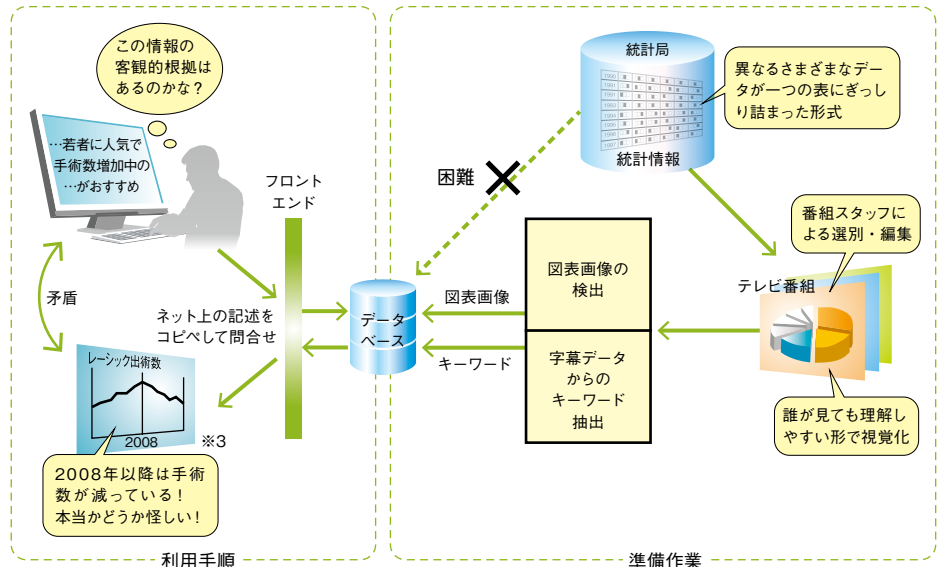


図1 客観的根拠の検索システムの概要

記述Aの主張自体にはそもそも根拠がない＝怪しい、と言い切ることができます。

私の研究室で開発したのは、この統計データを調べるという作業を、テレビ番組で用いられる図表の検索に置き換え、根拠を探す手間を軽減したシステムです。

なぜ統計データではなく、テレビ番組の図表を利用したのか？ これには理由があります(図1)。

まず、統計局で公開されている統計データ

は、多くのデータが一つの表にぎっしりと詰め込まれた形になっており、今調べたいことに最も合致したデータを自動的に選び出すのは非常に難しいためです。

一方、テレビ番組の図表は、予め番組スタッフがそのような複雑な統計データ表から、最適なデータを選び出し、視聴者の誰が見ても理解しやすいように噛み砕いた形に視覚化されているため、一目で確認するという作業にはうってつけです。

さらに、テレビ番組は、プロの番組制作者によって作られており、公共性を保つ必要があるため、一定の信頼度が担保された情報源と考えることができます。

以上の理由から、テレビ番組の図表を利用して、情報の客観的根拠を検索できるシステムを構築しました。以下では、そのシステム概要について説明します(図1)。

※3 2013年10月22日現在、統計局(<http://www.stat.go.jp/>)で公開されているデータには、レーシックに関する統計データは含まれておりません。本稿では、週刊ダイヤモンドの記事(<http://diamond.jp/articles/-/33088>)を参考としました。

・テレビ番組からの図表画像の検出

テレビ番組の図表を客観的根拠として検索するには、まず準備として、番組から図表画像

を検出しておく必要があります。

テレビ番組を録画し、一定間隔おきに画像を取り出し、各画像に図表が含まれるかどうかを図表画像の識別器を使って判断します。この識別器は、最近のデジカメに搭載されている人物顔の識別器と基本的に同じ原理で動作します。ただし、識別対象が「図表」ですから、どのようなものが「図表」なのかを機械に教え込む処理(機械学習)が必要になります。

例えば、図表を円グラフとする場合、円グラフの画像と、円グラフでない画像をなるべく多く集めます。そして、円グラフ画像と非円グラフ画像を区別するのに役立つような「特徴」を抽出します。今回は、一枚の画像をいくつかのブロックに分け、各ブロックでHoG特徴と呼ばれる、ものの境界線の方向(縦か斜めか横か)に着目した特徴を利用しました。このようにすることで、円グラフ画像の場合に形作られる全ブロックの特徴と、非円グラフの場合に得られる特徴とで、傾向の差が浮かび上がってくるわけのです。

今回は、円グラフ以外にも棒グラフや折線グラフについても機械学習を行い、図表を認識する識別器を構築しました。

・与えられた情報を入力とした客観的根拠の検索

図表が検出できたら、次はそれを検索できるようにデータベース化します。検索キーワードとして与えられるのは、記述Aにあたる文(文字データ)となるため、それをもとに関連する図表(画像データ)を検索する必要があるのですが、文字と画像を直接結びつけることはできません。そこで、ここでは、テレビ番組で用いられる字幕データ(クロズドキャプション)を利用して、画像にキーワードを付与するようにしました。例えば、図表画像を検出した時刻の前後N秒間に出てくる字幕データ(文字データ)を取得し、そこから単名詞と複合名詞を抽出することで、図表を表すキーワードとしてデータベースに登録します。

以上の準備ができれば、記述Aをもとに、図表を検索します。検索する際は、記述Aからも単名詞と複合名詞をキーワードとして取り出し、キーワード同士の近さを計算することで、関連する図表を客観的根拠として検索できるようになります。

今後の展望

今回は、テレビ番組の図表を使って、情報の客観的根拠を検索するシステムを開発しました。今後は、膨大な情報の中から、無用で有害な怪しい情報を上手に除き、有用で正しい情報に効率よくたどり着くための支援システムを発展させ、誰もがネット上の情報とうまくお付き合いしていける社会に貢献していきたいと考えています。

ものを見るというのは
実はすごいこと

私たちは普段、見たものが何であるかわかることを特段すごいこととは思っていません。雑然とものが置かれた机の上であっても、その上に乗せた手を手だと見分けることができますし、手の一部が別の物で隠されていても、手と認識できます。

「そんなの当たり前じゃないか」と思う人もいるでしょう。しかし、実はこういった複雑な背景から対象を切り分けて認識する能力、遮蔽に影響されずに認識する能力は、生物が長い年月をかけて発達させてきた非常に高度な脳の情報処理なのです。

デジタルカメラなどで顔認識の技術が利用されているとはいえ、一般の物体を背景から切り分けて認識する能力はまだまだの段階で、コンピュータを使っても、人間の視覚情報処理能力

には及びません。

このことは、逆に考えると、人間の視覚の仕組みを解き明かし、その仕組みをコンピュータに応用できれば、とても効率のよい画像情報処理が可能になるということでもあります。

画像処理にも応用される
ガボール関数

このような発想はすでに一部実際の技術として実践されています。

目から入った視野の映像が脳に送られると、視野の場所ごとに図1のような縞パターンに分解されて、その情報が運ばれるようになります（図1には分解される縞パターンの一部だけを示しています）。このパターンはガボール関数とよばれる関数で表すことができます。

ガボール関数に分解されたものは、足し合わせると元の画像に戻せることが数学的に知られています。したがって、脳は、元の画像情報を

図1

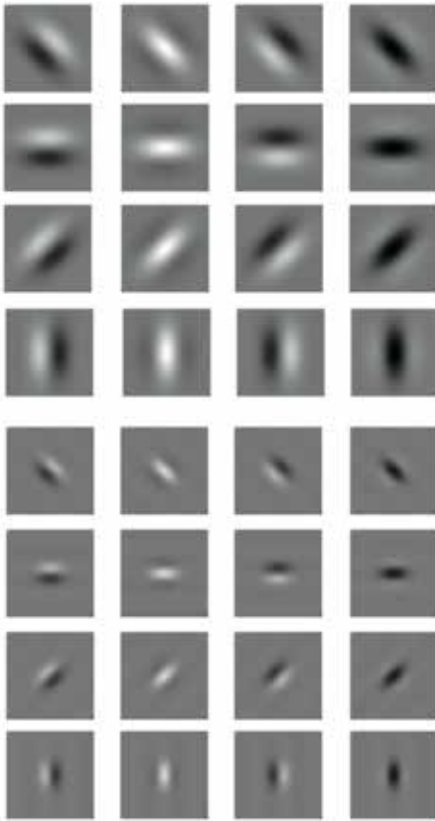
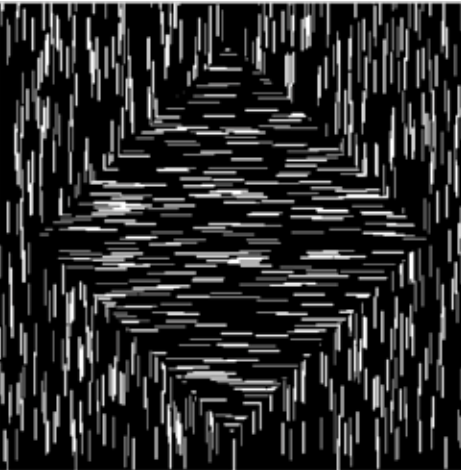


図2

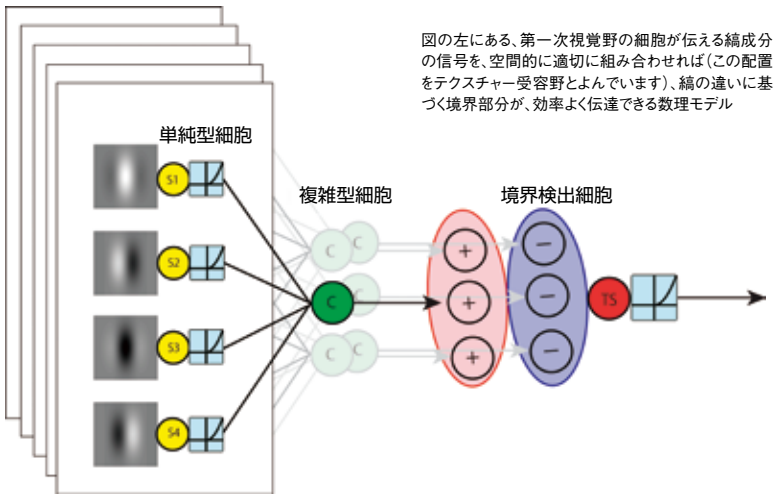


す。図の左に示すように、網膜から入った視覚の情報は、脳で、縞パターンにまず分解されます。このことは先ほど説明したとおりですが、ここでは縦縞パターンに注目しています。

縞パターンの情報を伝えるのは、単純型細胞とよばれる脳の第一段階の細胞です。細胞により、伝えている縞パターンの白黒の位置関係は異なります。

次の処理段階である複雑型細胞では、視野の場所ごとに、縞の向きの情報がまとめられて、

図3



図の左にある、第一次視覚野の細胞が伝える縞成分の信号を、空間的に適切に組み合わせれば（この配置をテクスチャー受容野とよんでいます）、縞の違いに基づく境界部分が、効率よく伝達できる数理モデル

その次の処理段階である境界検出細胞へと送られます。この細胞が、視野の各場所から、どのように縞の入力を受け取るのかは、図の中央のピンクと紫で描かれています。この細胞では、プラスの部分に縦縞（縦線）があると強く反応し、同時にマイナスの部分に縦縞（縦線）があると反応を抑えるような仕組みになっています。

このように入力を受け取ることで、この境界検出細胞は、縦縞（縦線）と横縞（横線）が隣接している場合により強く信号を発することができます。

さらに、私は、このような神経回路モデルと合致した働きをする細胞が実際に存在するかどうかを、生理学の実験により確かめました。これにより、この数理モデルの妥当性が裏づけられました。

視覚情報処理研究の展望

ガボール関数や私の作った境界検出細胞の数理モデルなど、形状認識についての理解は進みましたが、さらに高次の段階で、どのような

情報が運ばれているのかは、いまだ解明されていない部分が多くあります。例えば、顔、手、机といった実際の物体の情報がどのように運ばれているのか、また、識別する脳の仕組みについてもよくわかっていません。

脳の働きを調べる技術は近年、急速に高度になってきました。高次の情報を扱う神経回路モデルを構築する新しい数理的枠組みも提案されつつあります。

これらを融合すれば、脳の物体認識の仕組みが解明されて、それをコンピュータビジョンに応用することも可能になるでしょう。

この分野は今とても面白い時代に入っています。脳を調べる技術とコンピュータの性能の向上で、10年前では考えられなかった研究が行えるようになっていきます。コンピュータビジョンによる自動運転車など、新しい技術が次々と実現しつつあり、そこでの応用を見据えた脳の仕組みの解明は、今後ますます重要で注目されるようになるでしょう。

ADVICE

皆さんが進路を考える際に「この分野は面白そうだ」「この学問は退屈そうだ」などさまざまな印象を持つと思います。しかし、知っておいてもらいたいのは、魅力的な研究の裏には、地道な作業や頭を悩ませる問題が必ず隠れているということです。このことは、研究者だけではなく、世の中のあらゆる職業にも当てはまることです。

どんな分野に進むにせよ、粘り強く、継続して、やり抜かなければ、面白い成果には到達できないものです。中途半端で投げ出さず、最後までやり抜く粘り強さを持ってください。

視覚の解明から コンピュータビジョンへ

脳視覚系を数理モデルで模倣する

「一目瞭然」という言葉があるように、私たちは目でものを見て、それが何かを判断する能力を持っています。

例えば、手を見た時に、壁やテーブルの模様とはっきりと区別し、瞬時に手と認識することができます。

実は、この能力は生物が進化の過程で発達させてきた優れた能力なのです。

神経生理学、心理学、数理科学の3つの観点から、視覚の仕組みを研究する田中宏喜先生に、視覚情報処理の数理モデル化についてお話しいただきました。

完全に再現できるように、うまく分解して伝達しているわけです。千差万別のあらゆる画像が、全てこのパターンの組み合わせで表すことができるというのは不思議に感じるかもしれません。

私自身も、あらゆる画像がこのパターンに分解でき、しかも数学的に逆変換を行うと元の画像を復元できることを初めて知った時には感動を覚えました。

さらに、このガボール関数によって画像データを表現することは、非常に効率のよい方法であると証明されていて、コンピュータの画像データ圧縮の方式にも応用されています。脳が進化の中で身につけた方法を学べば、それをコンピュータに応用できることを示す一つの例といえます。

物体表面の境界を検出する 機能をモデル化

ものの形を認識するためには、物体とその周囲の境界を決定することが重要となります。これを行うための強力な機構が脳に備わっていることは、図2のようなパターンからも示唆されます。この図は、縦線と横線から構成されているだけですが、私たちは、その境界となっている菱形を知覚します。

この境界の菱形は、実線で描かれていないにもかかわらず、瞬時に、そしてはっきりと知覚されます。このような機能が、複雑な背景から対象を切り分けて認識するのに役立っていると考えられます。

私は、この脳が行っている境界検出の数理モデルを構築しました。図3がその概念図で

コンピュータ理工学部
インテリジェントシステム学科
田中 宏喜 准教授

PROFILE

博士（理学）。専門は脳視覚情報科学、ブレインマシン・インターフェース。大学入学までは心理学や社会学といった人間の行動を説明する分野に興味があったが、大学で脳科学が心を調べる分野として発展しつつあるのを見て「これからは脳だ」と脳科学の分野へと進む。脳の仕組みを調べる神経生理学、数学による脳のモデル化、知覚を扱う心理学の3分野にまたがる研究に取り組む。奈良県立奈良高等学校OB。

ヒアルロン酸の減少が寝たきりの要因に

日本は長寿国です。しかし、高齢化が急速に進んでおり、中でも寝たきりの高齢者が多いことが問題となっています。このような社会においては、長生きすることが必ずしも幸せにつながっていません。

現在、日本の人口における65歳以上の高齢者は4人に1人の割合ですが、いま大学に入ってくる学生たちの親が高齢者になるころには、3.3人に1人の割合になると予測されています。高齢者を支えるのは若い世代。寝たきりの高齢者が増え、本人だけでなく社会の負担が増え、社会全体が停滞することが予想されます。個人の幸せ、そして社会の活性化のためにも、長寿の質を確保することが非常に重要になります。私は、健康長寿の実現へ向けて、ヒアルロン酸という物質に着目した研究を行っています。

寝たきりになる大きな要因に、膝関節が機能しなくなるということが挙げられます。骨の末端には軟骨があり、さらに軟骨のあいだを関節液が埋めています。この関節液がクッションや潤滑剤の役目をして関節をスムーズに動かしているのですが、加齢によって関節液が減少し、かつ軟骨の層も薄くなると軟骨同士、さらに進行すると骨同士が直接ぶつかります。そうすると膝を動かしにくくなるだけでなく、炎症が起り痛みを伴うようになります。炎症が長引くと骨自体が変形し、多くの高齢者を悩ませ、寝たきりの要因になる変形性関節症を引き起こすのです。この関節液の主成分がヒアルロン酸です。ヒアルロン酸は化粧品などにも配合されているので、ご存知の方も多いでしょう。

ヒアルロン酸はN-アセチルグルコサミンとグルクロン酸が交互につながってできており（図）、それが水の中で絡まり合ったり互いにくっついて、どろりとした粘性のある水溶液状になっています。ヒアルロン酸は生体高分子の中でも

極めて巨大な分子で、加齢によって合成量が減少し、高齢者になると急激に低下します。化粧品には皮膚表面の保湿成分として含まれていますが、巨大分子なので細胞間をすり抜けて組織の内部まで到達できず、洗顔すると流れ落ちてしまいます。関節についても同様で、外から与えた場合、軟骨の組織に浸透することはない（困難で）、体の中で代謝されるため定期的に関節内に直接注射するなどの治療を受け

る必要があります。

グルコサミンやN-アセチルグルコサミンといったサプリメントがありますが、これらはヒアルロン酸合成の材料であるUDP-N-アセチルグルコサミンに代謝されるため、ヒアルロン酸の合成量を増やす効果が期待されています。しかし、経口摂取では吸収される量はごく一部。どの程度の効果があるのかははっきりとわかっていません。またヒアルロン酸のもう一つの材料である

UDP-グルクロン酸の量も増やさなければ合成量の増加には限りがあります。

ヒアルロン酸合成酵素遺伝子のクローニングに成功

ヒアルロン酸は70年以上前に発見された生体物質です。しかし、その合成を触媒するヒアルロン酸合成酵素が動物細胞で同定されたのは、ヒアルロン酸発見から約60年を経た1996年です。私は、この合成酵素遺伝子のクローニングを、世界で初めて成功させました。ヒアルロン酸が発見されてから長い間、合成メカニズムやその働きが解明されていませんでしたが、これにより研究が大きく躍進しました。

現在行っている研究では、ヒアルロン酸合成酵素を、人工的にリン脂質に埋め込んだ試験管内ヒアルロン酸合成系を作って、いろいろな薬品を与えてヒアルロン酸合成の変化を調べています。合成を高めるもの、逆に抑えるものも

見つかっています。まだ完全に合成のメカニズムが解明されてはいませんが、将来的には加齢とともに衰えてくるヒアルロン酸合成能力を再度高めたいと考えています。実用化されれば、全く新しい医療や医薬品、化粧品の開発につながるでしょう。また、発症してから治療するのではなく、病気を予防することも可能となるでしょう。そのためには、ヒアルロン酸合成のメカニズムを完全に解明しなければいけません。

がんと共存する新治療法

私の研究課題のもう一つが、がん幹細胞を標的としたがん治療の基盤研究です。がんは寝たきりと並び高齢化社会の大きな問題で、基本的に高齢者の病気と言われています。がんは、発がん物質や紫外線・放射線などによって生じるDNAの傷が少しずつ積み重なってがん細胞となりますが、多くの場合、それが10～20年の歳月をかけて徐々に大きくなります。つまり、

年をとればとるほどリスクが増えるということです。高齢化が進み、がんで亡くなる方は今度も増えていくと予想されます。

がんは早期発見できれば治療効果もかなり期待できます。がんがどのように発生するかというメカニズムについては、長い研究の歴史があり、がん遺伝子、がん抑制遺伝子などについても解明されてきました。しかし、発見が遅れて進行している場合や悪性のがんの場合の治療率は非常に低い。さらに転移や再発という問題は解決されておらず、いまだ完治の難しい病気です。

転移や再発の問題を考える上で、近年非常に重要な概念が提唱されています。それが「がん幹細胞」です。幹細胞はiPS細胞でも話題になりましたが、私たちの体をつくっているあらゆる組織に分化できる、全能性（多能性）の細胞です。実は、がんにもがんの種になるがん幹細胞があり、それががん細胞を生み出しているのではないかと考えられています。がん細胞が増えることによって臓器が正常に機能しなくなっていくわけですが、がん細胞が悪さや転移をせず眠っておいてくれたら、天寿をまっとうするまで健康に生きられるかもしれない。この方法では、がんは必ずしも取り除く必要はないのです。がんと共存しながら、日常生活に支障のないようにできれば、それも一つの治療になるのではないのでしょうか。

がん幹細胞は微小環境（幹細胞ニッチ）内で生存し、その幹細胞性を維持しています。私たちは、まだ研究途上ではありますが、がん幹細胞ニッチの形成を支配している細胞成分や分子を同定し、その形成をコントロールすることによりがんを休眠に導く新規技術「休眠療法」の確立を目指しています。

高齢化が進めば進むほどクローズアップされる、寝たきりとがんの問題。この二つの問題が、私の研究でありライフワークです。また基礎研究だけでなくとどまらず、医薬品、機能性食品、化粧品の開発と普及に至るまで、さまざまなスペシャリストや企業と連携しながら、健康長寿の実現を目指していきたいと思っています。



ADVICE

“興味を見出せる力”が研究者としての資質

高校生の皆さんにはぜひ、視野を広げて興味を持てる何かを見つけたいと思います。コンテストにチャレンジする、留学をする、フィールドワークなどを行う団体に入るなど、学校の枠にとらわれず社会を見る機会を持つのもいいと思います。いろんなものに触れて、体験することで、もし「自分にはこれだ!」というものに出会えたら、とことん突き詰めること。研究はうまくいかないことのほうが多いのですが、興味のあることならモチベーションを貫くことができるはず。とはいえ、これからの人生において、興味だけで仕事ができるわけではありません。自分に与えられた環境の中で見出せる興味もあります。その“興味を見出す力”は、研究者の大切な資質の一つです。

総合生命科学部
生命システム学科

板野 直樹 教授

PROFILE

博士（薬学）。専門は生化学、分子生物学、分子腫瘍学。学部と修士課程では理学を専攻するも、基礎医学の分野に転進。大学病院の研究員なども経験して、現在は、理学、薬学、医学の3分野にまたがる研究を展開している。岡山県立玉野高等学校OB。

がんの休眠療法とは

がんの増殖をくい止める、もしくは速度をゆるめることで、症状の進行を遅らせるという、現在の標準治療とは一線を画する治療法です。現在の標準治療は、がんを消滅または小さくするための外科手術や放射線、抗がん剤による化学療法ですが、体への負担が大きく、転移や再発の問題に対する抜本的な治療法は確立していません。一方、休眠療法は根治を目指すのではなく、がん細胞の種となるがん幹細胞を見つけ、コントロールすることにより、がんを悪化させず共存しながら、通常の日常生活を営むことを目的とします。

進化と品種改良の鍵 遺伝的多様性

歴史を変えた アイルランドのジャガイモ

地球上の生物は、さまざまに変化する自然環境の中で、その変化に応じて進化を繰り返し、途絶えることなく生命の営みをつないできました。それを可能にしたのが遺伝的多様性です。

例えば、私の研究対象の一つであるナミントウというテントウムシには、背中が2つのもの、4つのもの、斑のもの、紅地に黒い星のもの、紅一色のものなどさまざまな模様が見られますが、これらは全て同じ一つの種です。このように、同じ種の中においても遺伝子の違いによって多様性が生まれることを、遺伝的多様性と呼びます。

遺伝的多様性は、種が環境に適応して生きのびる上で、または人間が生物の品種改良を行う上で、非常に重要になります。

遺伝的多様性を失った場合の顕著な例が、19世紀にアイルランドで起きたジャガイモ飢饉です。当時のアイルランド人にとって主食であるジャガイモが、たった一度の病気の流行により全滅。200万人以上が死亡、多くの人がアメリカやイギリスに移り住みました。元アメリカ大統領J.F.ケネディはこの移民の子孫であり、まさに「歴史を変えた大飢饉」と呼ばれています。

ジャガイモはクローンによって増えていきますが、当時アイルランドで栽培されていたジャガイモは全てたった一種のジャガイモのクローンで、遺伝的に均一だったのです。そのため、全てのジャガイモが同じ疫病にかかってしまったのです。もしもこの時、アイルランドのジャガイモに遺伝的多様性があれば、疫病に抵抗力のあるものが生き残り、飢饉の被害を食い止めることが

ADVICE

高校生のうちから、ぜひ「マクロ」な視点を持つことを意識してもらいたいと思います。

現代では、科学をはじめ、あらゆることの細分化・専門化が進んでいます。その中で、特定の分野を「ミクロ」に見ることを得意とする人が増えてきました。その一方で、物事をマクロに捉えられる人が減っているように思います。

マクロな視点を持てる人は、これからの社会において重要になっていきます。私が専門とする生物学も、一見細かな研究が中心となりそうな分野ですが、マクロな見方というのが実はとても重要です。

総合生命科学部には、自分の専門分野における「ミクロな視点」と、物事を大局的に見る「マクロな視点」の両方を磨くことができる環境があります。今後の社会で重要な人間になっていくことを目指している方は、ぜひ進学を検討してみてください。

品種改良によって生態系を守る

犬は品種改良によってオオカミから生まれたことはご存知でしょうか。しかし、チワワやブードルとドーベルマンや土佐犬が同じオオカミという一つの種の子孫だというのは、信じられないという人もいるかもしれません。なぜ、そんなことが可能だったのでしょうか？その鍵を握るのは、遺伝的多様性。テントウムシや黒毛和牛の遺伝的多様性に詳しく、現在はマルハナバチの品種改良に取り組む、野村哲郎先生にお話をお聞きました。

できていたかもしれません。

同様の危機に直面しつつあるのが黒毛和牛です。1990年代以降、黒毛和牛の品種改良において遺伝学の利用が急速に進みました。ある雄牛の遺伝子が鮮やかな霜降りを作ることがわかると、その牛の精液をたくさん採取してさまざまな雌牛と交配させ、霜降り牛をたくさん生むことが可能になったのです。

しかし、少数の優秀な遺伝子を長年にわたって利用した結果、2000年代以降に生まれた黒毛和牛の半数以上が、たった5頭の雄牛の精子を利用して生産されるようになりました。黒毛和牛の遺伝的多様性が急速に失われているのです。

現在、黒毛和牛の優秀さは霜降りの鮮やかさですが、近年の健康志向などから人々の嗜好が変化してくれば、和牛も霜降り重視から変えなくてはなりません。そのため、さまざまな性質を作り出す和牛を残しておき、将来の品種改良に備えることが急務になっています。



セイヨウオオマルハナバチ

総合生命科学部 生命資源環境学科

野村 哲郎 教授

PROFILE

農学博士。専門は、動物育種学、集団遺伝学、統計遺伝学。少年時代を琵琶湖の東の豊かな自然に囲まれて過ごし、さまざまな生物に興味を持ち、魚釣りや昆虫採集に明け暮れる日々を送った。コンピュータを利用した遺伝や品種改良の理論の構築が研究の中心である中で、自ら現地に赴きフィールドワークも精力的にこなす現在の姿勢は、そんな少年時代に培われた。新設されたミツバチ産業科学研究センターのセンター長を務める。滋賀県立彦根高等学校OB。



エゾオオマルハナバチ

幸い、アイルランドのジャガイモとは違い、全ての和牛の遺伝子が全く均一になっているわけではないのが救いです。現在、全国和牛登録協会と協力して、さまざまな雄牛の遺伝子の採取・保存を進めています。それによって遺伝的多様性を確保し、更なる品種改良に取り組もうとしています。

遺伝的多様性というのは、生物の品種改良にとって、欠かせないものなのです。

北海道が直面する 在来種の危機

近年私は、遺伝的多様性とそれを利用した品種改良を通じて、ある重要な問題の解決に取り組んでいます。その問題とは、北海道の生態系が、なんとたった一種類のハチによって破壊されているという事態です。

そのハチは、セイヨウオオマルハナバチという本来は北海道に存在していなかったハチです。それが今では北海道全土に生息し、生態系を脅かしています。セイヨウオオマルハナバチが北海道に生息するようになったのは、花粉の運び手として非常に優秀なため、1991年ごろから、外国から取り寄せてハウス栽培のトマトなどの花粉交配に利用し始めたことがきっかけで

した。

セイヨウオオマルハナバチは、確かに植物や野菜の花粉交配には貢献しました。しかし、強靱で繁殖力も強かったために、野外に逃げだしたハチがすぐに生息地を拡大し、他の生物の生存を圧迫し始めました。

生態系には、多くの「パートナー関係」があります。全く異なる生物種が、お互いの習性を利用することで生存を維持しているのです。蜜を提供するハナと花粉を運ぶハチの関係がまさにそうです。

このパートナー関係は、片方が絶滅してしまうと、もう片方の生存も脅かされます。花粉を運ぶハチがいなくなれば、ハナは受粉できなくなって子孫を残すことができません。セイヨウオオマルハナバチが勢力を拡大させることで、在来種であるエゾオオマルハナバチが圧迫され、彼らとパートナー関係を結んでいる植物を絶滅の危機へと追い込んでしまうのです。

現在、北海道の各地でセイヨウオオマルハナバチの駆除活動が行われています。そして、花粉交配においても新たな手段が求められています。

生態系への影響が少ない 品種を生みだす

そこで現在、私が取り組んでいるのが、エゾオオマルハナバチを品種改良することで、北海道の生態系を壊さない優れた花粉の運び手を作り出そうという試みです。

エゾオオハナマルバチは室内飼育が可能で、働きバチをたくさん生むことから、セイヨウオオマルハナバチに対抗できる品種を作ることができるのではないかと期待しています。

現在、京都産業大学の飼育施設において、実際にエゾオオマルハナバチの品種改良の実験を行っています。私の本来の専門はコンピュータを利用した品種改良のシミュレーションですので、実際の品種改良には難しさを感じますが、同時にやりがいと楽しさも覚えます。

今までの研究や黒毛和牛の問題などを通じて培ってきた、遺伝的多様性や品種改良に関する知識と経験を生かして、北海道の生態系の回復に貢献したいと思っています。

キリンの首とダーウィン

ダーウィンは、著書『種の起源』において、生物の進化がどのようにして起こるのかについて基本的な考え方を示しました。キリンの首を例にして考えてみましょう。首の短かった祖先のキリンが、高い枝の葉を食べようと努力して首が長くなり、それが子孫に伝えられたから今のキリンができあがったと考えるのは間違いです。正しくは、祖先のキリンの中には、首を長くする遺伝子や短くする遺伝子などさまざまな遺伝子があった（つまり、遺伝的

多様性があった）と考えます。木の高いところの葉も食べることができる首の長いキリンのほうが有利なために、首を短くする遺伝子は長い時間をかけて少しずつ「ふるい」にかけられて、ついには今の首の長いキリンができ上がったのです。

もし祖先のキリンの中に首の長さについて遺伝的多様性がなかったら、今のキリンの姿は見られなかったでしょう。このように、進化にも遺伝的多様性は不可欠なのです。

アフリカ生まれの ジャングルハニー

私がハチミツに興味を持ち始めたのは10年ほど前のことです。ある日、授業で免疫機構について話した時、ナイジェリア出身の聴講生に声をかけられました。彼によると、アフリカで伝統的に医療に携わるシャーマンが、治療の際に必ず使う「ジャングルハニー」というハチミツがあると言うのです。

ジャングルハニーは日本のハチミツとは見た目からして大きく異なり、まっ黒な色をしていて、食べてもあまりおいしくありません。しかし、傷口に塗ったり、薬として飲んだりと治療薬として使われています。

ところが、どういう仕組みでジャングルハニーが効果を生むのかはよくわかっていませんでした。おそらく免疫に関係しているだろうと考えて、ナイジェリアからサンプルを送ってもらい、調べてみることにしました。

マウスを使っでの実験で、ジャングルハニーを投与したマウスの細胞を試験管の中で観察して、免疫力がどう変化するかを調べました。

免疫というのはその名のとおり疫（疫病・病気）を免れさせる（防ぐ）ことですが、その実体は体内のさまざまなところにいる免疫細胞（図下）の働きです。この細胞たちは、侵入し

てきた細菌やウイルスを直接食べて殺したり、侵入者を攻撃するための抗体を作ったりします。

実験の結果、ジャングルハニーは、細菌を殺す細胞の一つである、好中球の機能を活性化させることがわかりました。さらに抗体を作るという面でも、ジャングルハニーを投与されたマウスは能力が高くなりました。両方の結果から、ジャングルハニーにはおそらくマウスの免疫力を高め、感染を防ぐ効果がある、ということが言えます。マウスと人間の免疫の仕組みはほぼ同じですから、人間にとっても同じ効果を期待できるでしょう。

ミツバチ産業科学 研究センター

現在、ジャングルハニー以外のハチミツでも同様の効果があるのかを調べています。すでに日本の国産のハチミツでも何種類かは同じような効果があることがわかってきました。

もっとも、アフリカのジャングルハニーと国産のハチミツとは成分に違いもあります。アフリカと日本では蜂の種類も、蜜の源となる咲いている花の種類も違うからです。さらに、同じ国産のハチミツでもどの花から蜜を取るかによって違ってきます。

どんなハチミツが最も効果的なのか、それが

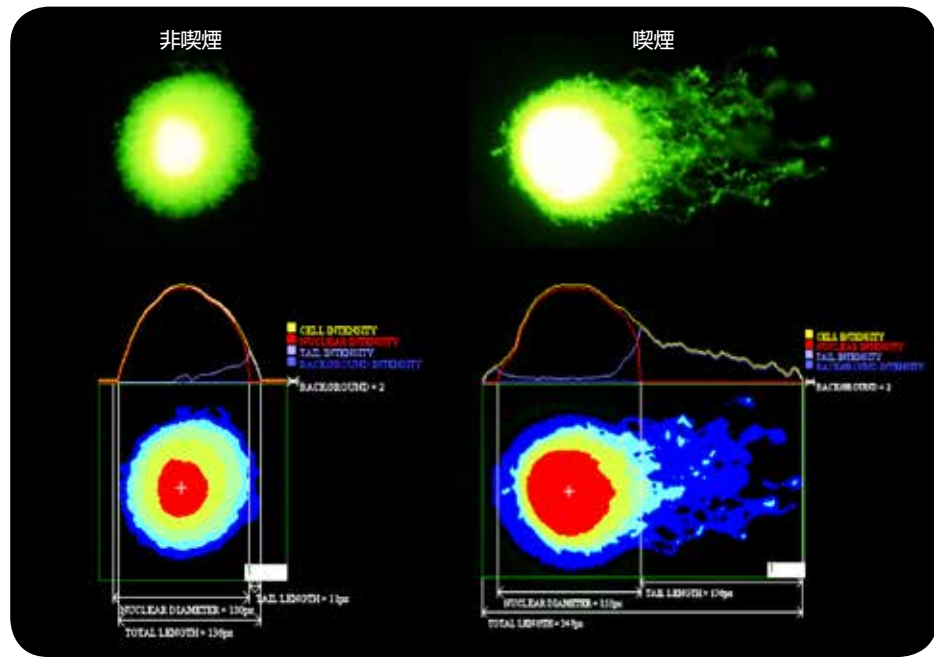
わかれば、どんな成分が効果を生んでいるのかを突き止めることもできるでしょう。また、現在わかっていること以外の点でも、ハチミツには免疫作用があるかもしれません。こうしたことを調べていくのが今後の課題です。

昨年、京都産業大学ではミツバチ産業科学研究センターが開設され、ミツバチの品種改良とハチミツの効能という二方面から研究が進められています。ミツバチの研究とハチミツの研究を並行して行う研究機関は国内では珍しく、免疫回復に有効なハチミツを作るミツバチに品種改良していく、といった連携が期待されています。

タバコの害を 科学する

私の従来からの研究テーマは「喫煙が免疫系に与える影響」です。タバコを吸うことが免疫力を低下させることを実証してきたのですが、ハチミツに興味を持ったことはこのことと無関係ではありません。長年の喫煙によって低下した免疫力を、ハチミツの効能によって回復させるということが期待できるからです。

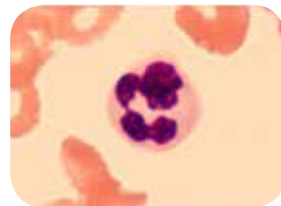
タバコの害はさまざまですが、言うまでもなく一番影響を受けやすいのは肺です。肺というのは特殊な臓器で、絶えず外気と接触しながら、絶えず動いています。例えば心臓なら外



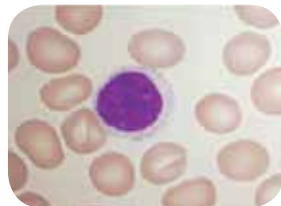
タバコ煙による肺胞マクロファージのDNA損傷

免疫細胞

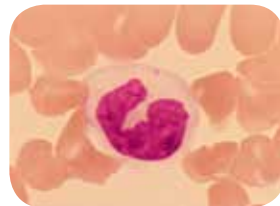
血液の中を覗くと、白血球（免疫細胞）を見ることができる。ヒトの全白血球の中で40～70%を占める好中球（neutrophil 写真上左）は、細菌を食食後、殺菌する感染防御に重要な細胞。次に多いリンパ球（lymphocyte 写真上中）は全白血球の20～45%で、全ての免疫防御機構で中心的役割を演じる。そして、最大の細胞である単球（monocyte 写真上右）は組織に移動し定着するとマクロファージとなる。他にも好酸球（eosinophil）や好塩基球（basophil）がいる。



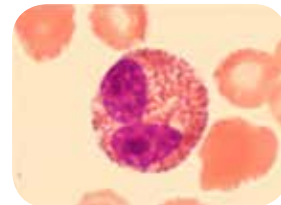
好中球 (neutrophil)



リンパ球 (lymphocyte)



単球 (monocyte)



好酸球 (eosinophil)



好塩基球 (basophil)

免疫系の視点で ハチミツを見る

ジャングルハニーに負けない国産ハチミツを探せ

ハチミツはただ食べておいしいだけではなく、近年ではその効能からハンドクリームへと加工されるなど、各方面から熱い注目を集めています。その一つにハチミツが免疫を活性化させるという研究結果があります。免疫系の観点からハチミツに着目する竹内実先生に詳しいお話を伺いました。

総合生命科学部
動物生命医科学科
竹内 実 教授

PROFILE

医学博士、獣医学博士。専門は免疫学、応用健康科学。子供のころから自然に親しみ、大学院にいるうちから付属動物病院で獣医師として活躍。やがて医療面での免疫学の成果に関心が移っていき、研修員を経て非常勤講師、助手として京都大学胸部疾患研究所（現在のiPS細胞研究所）に勤める。そこで喫煙患者のまっ黒になった肺胞マクロファージを見た衝撃から、喫煙の影響についての研究を始める。セントルイスVAメディカルセンター、カリフォルニア大学デービス校 (UCD) での留学経験があり、現在でもUCDとの共同研究を進めている。京都府立洛東高等学校OB。

ADVICE

高校生の皆さんには、一つでもいいので自分が興味を持てることを見つけてほしいと思います。「楽」という漢字には「らく」という意味と「たのしい」という意味の二つがありますが、私は「楽をせずに、でも楽しんで」ということを言いたい。なぜ楽をするのがよくないかと言えば、やはり楽をしていては成果は出ないからです。社会に出て、仕事をして生きていくためにはしんどいことにも耐えなければいけません。それでも自分が楽しい、面白いと思えることなら自然にがんばれるでしょう。ですから高校、そして大学に在る間に、自分が「楽せず、楽しく」取り組んでいけるものを探すこ

とに挑戦してみてください。どうも最近の学生を見ると、楽をすることの方に重点が置かれているようなのですが、できるだけ高い目標は持っていてもらいたいですね。そして妥協をせず自分が納得いくまで目標を追求するためには忍耐力が必要です。ネバーギブアップでいくしかない。教員である私たちは、よいタイミングで「やる気」を起こさせるような一言や言葉をうまくかけてやるのが大事だと思います。一生懸命に努力をしなければならぬのは、結局は自分なのですから。

先端領域に広がる自然科学系 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習得。

〈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
地球科学と環境科学
物性物理/理論
レーザー・電波物性
結晶・表面物性

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。

コピキタス
知能情報処理
人間科学・脳科学

総合生命科学部

生命科学関連の幅広い領域に
柔軟に対応する。

生命システム学科

総合システムとして生命を捉え、
最先端の研究・実験に取り組む。

細胞生物学
生命システム概論

生命資源環境学科

21世紀の注目分野、
食糧・環境問題の解決に向け、
マクロな視点から探究する。

生命資源環境学概論
生物統計学

動物生命医科学科

食の安全や福祉の分野を支える
国内有数の実験施設と
国際ネットワーク。

動物医科学概論
動物遺伝学

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。

理学研究科

数学専攻
物理学専攻

博士前期課程

博士後期課程

工学研究科

生物工学専攻

博士後期課程

生命科学研究科*

生命科学専攻

修士課程

先端情報学研究科

先端情報学専攻

博士前期課程

博士後期課程

※2014年4月生命科学研究科生命科学専攻修士課程開設



Keep Innovating.
京都産業大学
2015年、50周年を迎えます

お問い合わせ先

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

■コンピュータ理工学部事務室 TEL:075-705-1989

■総合生命科学部事務室 TEL:075-705-1466

■入学センター TEL:075-705-1437