

産学連携を目指す電気通信大学の研究室紹介誌

O PAL-RING

電気通信大学 研究推進機構 産学官連携センター

ダイジェスト版 **医療・ヘルスケア**
With SDGs

Ⅲ

共同研究

— はじめの 一歩 —



歩行やランニング、スポーツにおける身体運動の解析

岡田(英) 研究室



岡田 英孝
Hidetaka OKADA

活やスポーツにおける身体の動きを研究しています。なかでも、加齢に伴う歩行時の動作の変化や、その原因の究明を目指して長らく研究してきました。ここで前提となるのが、歩行動作の良し悪しの判断や基準となる歩行動作のモデルの作成ですが、従来はこれらの実現が困難だったのです。

的に若々しく歩くための啓発に「なげたい」と考えています。

成人女性を対象に実験

健康な200人以上の成人女性を対象に行った実験をご紹介します。まず、年齢別に若年群(18〜49歳)、中年群(50〜64歳)、高齢群(65歳以上)の三つのグループに分けます。その後、全員に対して、モーションキャプチャなどを使って身体につけたマーカーから個人の歩行時の動作を計測します。そこから、下肢の動作を示す「足関節」や「膝関節」、「股関節」のそれぞれの角度や角速度、トルク、パワーなどを求め、グループごとに歩行の特徴を導きます。年齢のほか、体重の違いも

考慮しています。ここで、若年群に対して、中年群、および高齢群の特徴を当てはめて比較したところ、個人差は大きいものの、「中年は離地時の足関節トルクが小さく、離地後に足を前方に振り出す際の股関節のトルクが大きくなる傾向にある」ことが分かりました。これは、「中年は足関節よりも股関節をよく

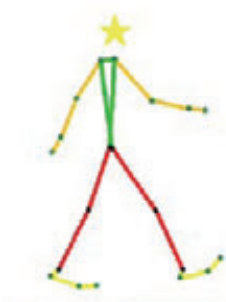
年齢を重ねてもいつまでも若々しく、健康でいることは多くの人のとって大きな願いでしょう。例えば、「歩行」とはあらゆる動作の根幹を担っていますが、加齢によって歩行にはどのような変化が生じるのでしょうか。こうした現象を科学的に解明しようとする試みは、意外にもこれまでほとんど行われてこなかった。

歩行動作のモデル作成

岡田英孝教授は、人間の日常生活

最終的に「個人の『歩行年齢』を算出することができる」と見込んでおり、このツールを将来、「継続

的に若々しく歩くための啓発に「なげたい」と考えています。



歩行動作解析

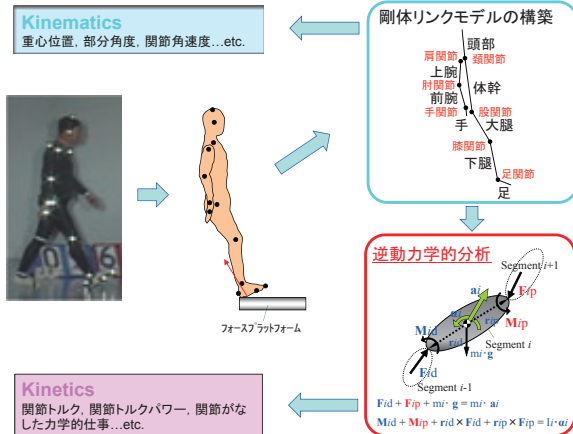


キーワード

バイオメカニクス、歩行、ランニング、スポーツ、長距離走、アスリート、超高齢社会、高齢者、ヘルスケア、フィットネス

所属	大学院情報理工学研究所 機械知能システム学専攻
メンバー	岡田 英孝 教授
所属学会	バイオメカニクス学会、ランニング学会、国際スポーツバイオメカニクス学会、国際バイオメカニクス学会、日本バイオメカニクス学会、日本体育学会、日本体力医学会、日本発育発達学会
E-mail	hidetaka@e-one.uec.ac.jp

動作解析(kinematics分析とkinetics分析)



使う、すなわち、若者に比べて足を蹴り出す力が弱い」ことを示しています。

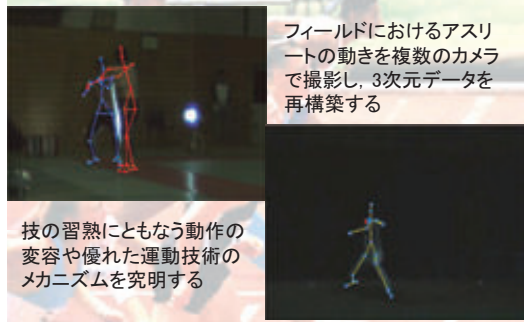
岡田教授によると、「また『歩行年齢』とまではいかないが、成人女性の歩行動作の加齢変化を総合的に判断する評価法ができた」ところで、これを「歩行動作加齢度指数」と呼んでいます。しかし、歩く速度が異なれば、動作も変化します。今後は速度のほか、身長など体格も考慮し、さらに評価精度を高めていく予定です。

合理的なランニング技術を明らかにする

また、歩行の延長として、ランニング(走行)動作も研究しています。長距離を速く走るために、「どうすれば効率の良い走りができるか」という視点で取り組んでいます。長時間にわたる下肢の動きや筋肉の活動、地面から受ける外力(地面反力)を解析することで、合理的なランニング技術を明らかにすることが目的です。

陸上長距離は日本が得意としてきた競技種目の一つですが、現在圧倒的に強いのが、ケニアやエチ

アスリートの運動技術の解明



オピアなどのアフリカ勢です。しかし、生理学的な比較調査によれば、ケニア人よりも日本人の方がむしろ、長距離走行時の「エンジン」の指標である最大酸素摂取量(有酸素パワー)は大きいそうです。そのため、岡田教授はランニング技術の改善によって日本人がケニア人の走りに近づくことは可能とみており、「いずれこうした基礎研究がフィールドに生かされればうれしい」と期待しています。

アスリートの動きを解析

岡田教授は実際に、アスリートの運動技術についても研究してい

アスリートのためのトレーニング器具の開発



ます。フィールドにおけるアスリートの動きをカメラで撮影し、3次元データを生成します。このデータを使って、技の習熟に伴う動作の変化や、優れた運動技術のメカニズムを解明しています。

こうしたスポーツ動作の研究として、これまでに、野球の投球動作や合気道の動きを研究してきました。合気道は試合がなく、勝敗を争わない武道ですが、達人の動きは素人とは全く異なります。この違いは何かを究明しています。

過去には、「金取れ(筋トレ)マシン」で国際競技力の向上を目指す」とのスローガンの下、他大学のチームと共同で研究成果を生か

した柔道のトレーニング器具を開発し、オリンピックの金メダル獲得につながったこともあるそうです。現在も、筑波大学などと共同で、2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けたプロジェクトに関わっています。

目標はヒューマンパフォーマンスの改善

このように、岡田教授は多様な活動に取り組んでいます。共通するのは、「身体運動を科学的に扱うことで、ヒューマンパフォーマンスの改善に役立たせたい」という思いです。生体を力学的に解析することで、競技スポーツだけでなく、人間の動作全体を対象にする「ヒューマンバイオメカニクス(人間生体力学)」という学問を浸透させたいと考えています。

同時に、現場と研究の間に立ちふさがるギャップを埋める「ブリッジ・ザ・ギャップ」を目指すことも目標です。岡田教授は電気通信大学の陸上競技部の監督、およびコーチを務めており、研究成果をすぐに現場に生かせることは大きな強みかもしれません。

【取材・文】藤本信穂

UWB電磁波で壁や人間、煙の中をイメージングする

木寺 研究室



木寺 正平
Shouhei KIDERA

レーダの研究分野は産業に直結するため、企業の関心が特に高い領域の一つです。レーダとは電波を対象物に向けて発し、その反射波をとらえることで対象物までの距離や方向を測る装置です。ただ、一口にレーダといってもさまざまな種類があり、例えば、気象状況を観測する気象レーダや、情報収集衛星の一種であるレーダ衛星などはよく知られています。これらは主に数十メートルから数キロメートル離れた遠方の対象物をとらえる探知機です。

これに対して、数メートル以下の近距離の対象物をとらえる近距離レーダの研究が近年、ひととき活発になってきています。というのも、1990年代まで米国では機密技術であり、それまで軍事目的にしか使われていなかった無線通信方式である「超広帯域無線(Ultra Wide Band: UWB)」に対して、2002年に米連邦通信委員会(FCC)が民間利用にも門戸を開いたことで世界的に注目されるようになったのです。

UWBの定義は「500メガヘルツ(メガは100万)以上の広い帯域幅を利用する無線通信」です(図1)。近距離の高速通信に使えるほか、近距離の対象物を検知するレーダとしての利用が可能です。一般に、UWBレーダは数十メートル程度の距離内にある車や建物などの対象物を、数センチメートル程度の分解能で検知できるといわれています。近距離向けのため、従来のレーダと違って、屋外だけでなく、室内で使えることも大きな特徴です。

木寺正平准教授はUWBレーダが取得したデータを解析し高度な信号処理法によりレーダ3次元画像の分解能を5倍以上に高める研究に取り組んでいます。数センチメートル程度だった分解能が1センチメートル以下程度まで向上できれば、より小さな対象物まで見分けられるようになります。「レーダで計測したデータさえあれば、帯域幅で決まる分解能を新たな画像化法で超越することができる」と木寺准教授は自信をみせます。

これを実現する新しいレーダ画像化法として、木寺准教授が開発したのが、境界点抽出(Range Points Migration: RPM)法です(図2)。RPMは、対象の立体像を再構成する際に、対象の表面境界を再現することだけに処理を絞ることによって、3次元像の画像化に必要なデータ量を従来の数千分の1以下に圧縮する方法です。既存の合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)法では、対象が存在すると思われる範囲のすべてにおいて積分計算を行う必要があるため、計算処理に時間がかかっていました。RPM法は境界を抽出することに特化する



キーワード

近距離レーダ、レーダ信号処理、超広帯域(UWB)レーダ、非破壊計測、超高分解能イメージング法、多重散乱波イメージング法、非侵襲生体計測、ロボットセンサ、誘電率推定、偏波レーダ

所属	大学院情報理工学研究所 情報・通信工学専攻
メンバー	木寺 正平 准教授
所属学会	電子情報通信学会、米電気電子学会(IEEE)、電気学会
E-mail	kidera@ee.uec.ac.jp

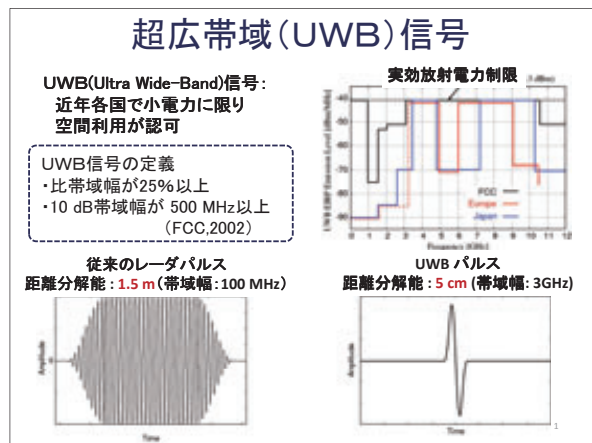


図 1

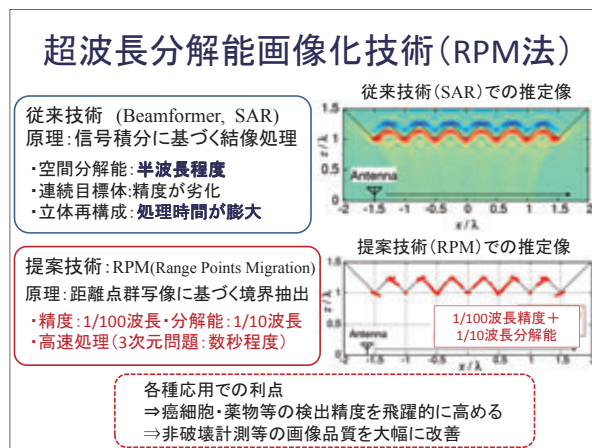


図 2

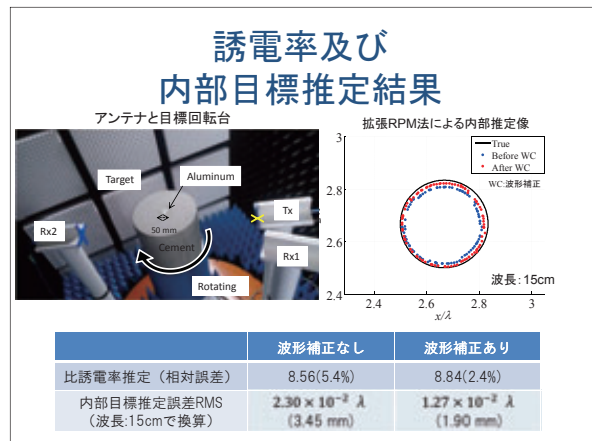


図 3

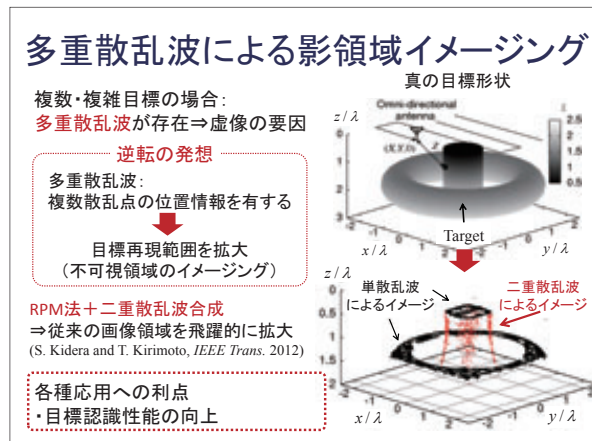


図 4

用すれば、これを1センチメートル程度まで高性能化できます。これは人を十分検知できるレベルです。また、位置の推定精度は1ミリメートル単位、即ち百分の一波長の精度で可能です(図3)。さらに、従来は虚像の原因となるため使っていなかった「多重散乱波」を積極的に利用することで、イメージング可能な領域を広げることにも成功しています(図4)。

高分解能のUWBレーダは、光学センサーやレーザが苦手とする粉塵や高濃度ガス、真空、暗闇、強い逆光などの環境下でも使えるため、特に災害現場で威力を発揮します。電磁波は壁を透過するため、がれきに埋もれている生存者を探し出す災害救助ロボットなどへの搭載が期待されています。地中の埋没物の探査や金属などの資源探査にも使えます。

最も需要が見込まれる用途は、道路や橋梁、トンネルなどの交通インフラの点検でしょう。UWBレーダはコンクリート内部の亀裂や金属物、水分などの対象物を3次元のイメージング像で可視化できます。特徴は「非破壊」かつ「リアルタイム」の検査が可能で、

高い分解能で測定できる従来の超音波検査は、対象物に接触させなければ計測できません。UWBレーダなら、例えば車にレーダを搭載し、すべての方向にレーダを出しながら、車で移動しつつ広い領域を一度に検査することが将来、可能になるかもしれません。

また、セキュリティセンサーとしてUWBレーダを使えば、高齢者や身障者の見守りにも使えます。プライバシーの観点では、従来の光センサーは細かいところまで見え過ぎてしまうという欠点があります。実際、企業からの問い合わせ

【取材・文】藤木信穂

ロボットを使った超音波診断・治療システムの開発と「医デジ化」の推進

小泉 憲裕 研究室



小泉 憲裕
Norihiro KOIZUMI

「医デジ化」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。小泉憲裕准教授が提唱した、「医療技能の技術化・デジタル化」という概念の略称です。医療やバイオ分野は現在、デジタル化によって大きな変革を遂げています。小泉准教授は、特にロボットを医療に導入すること、診断や治療を高度化する研究に取り組んでいます。

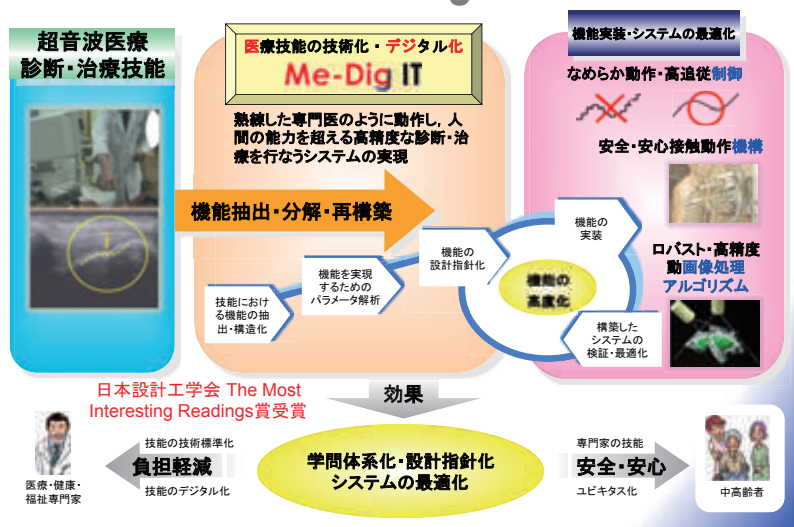
医デジ化の大きな目的は、『医師の世界観』をデジタル技術で再現し、全国どこにいても安全・安

心で質の高い医療を享受できるようにすること』だと小泉准教授はとらえています。医師の技能（スキル）を「機能」として抽出し、それをデジタル化してシステムに実装すれば、熟練医のように診断や治療が行える医療支援システムが実現できるという考え方です。

ロボット+超音波診断装置

小泉准教授が開発しているのが、ロボットを使った超音波診断・治療システムです。超音波診断装置は多くの病院にある一般的な医療機器ですが、近年では、エコーなどの画像診断だけでなく、超音波を一点に集めて患部に当て、開腹手術をせずにがんなどを破壊する治療法が普及しつつあり

医デジ化: Me-Dig ITalization



「医デジ化」の概念

一方、治療については、1ミリメートルの精度でがんなどの患部の位置を検出しながら、超音波を照射するシステムを開発しまし

ます。生体を傷つけないため（非侵襲）、患者の負担が比較的軽く、放射線と違って被ばくしないことなどが特徴です。小泉准教授は診断の分野において、約10キロメートル離れた場所にいる患者にロボットを使って遠隔で超音波診断を行うシステムを世界で初めて開発しました。現在、臨床評価を行っており、いずれこのシステムを自動化したいと考えているそうです。

機械が自動で人を診断・治療する時代に



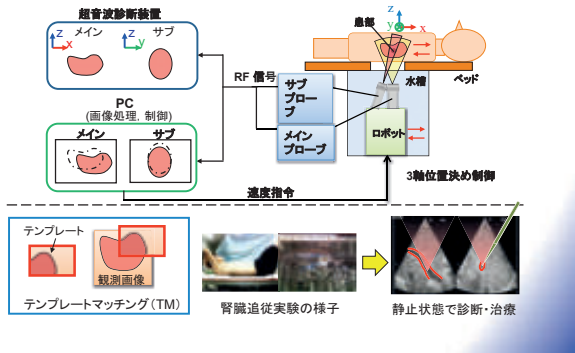
キーワード

医デジ化 (Me-DigIT)、超音波診断/治療ロボット、非侵襲超音波医療診断・治療統合システム (NIUTS)、遠隔超音波診断システム (RUDS)、強力集束超音波 (HIFU)、患部 (病巣) 追従、体動補償

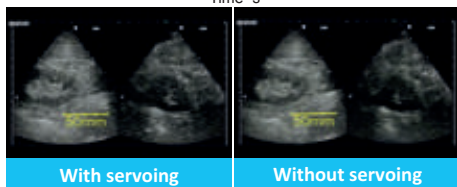
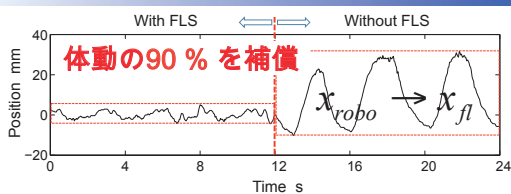
所属	大学院情報理工学専攻 機械知能システム学専攻
メンバー	小泉 憲裕 准教授
所属学会	米国電気電子学会 (IEEE)、 アメリカ機械学会 (ASME)、 日本超音波医学会、日本ロボット学会、 日本機械学会、日本コンピュータ外科学会、 精密工学会、日本音響学会
E-mail	nkoizumi@ieee.org

非侵襲超音波診断治療統合システム

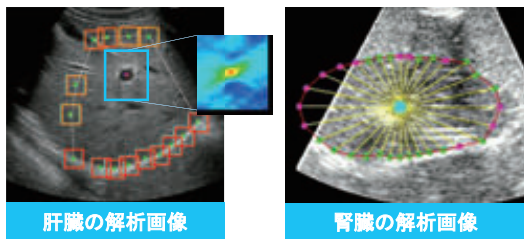
2方向からの超音波画像を基に3D的に患部に追従、体動補償



腎臓の体動補償能力



医師の世界観をロボットが再現



た。体動の約90%を補償しながら、患部の動きに追従してシステムを自動で動かすことで、既存の静止型の治療装置よりも、超音波を照射する際の位置合わせの精度を数倍に高められます。超音波を2方向から当てて、まず患部の位置をつかんだ上で、治療用の超音波を患部に当てる仕組みです。

超音波治療は昨今、前立腺がんや子宮筋腫の治療などに導入されていますが、現在使われている装置は海外製です。ただ、既存の装置では、呼吸によって臓器が動くのを抑えるために、患者に呼吸を一時的に止めてもらって患部に超音波を当てる必要があります。これに対して、ロボットシステムによって患部を精度よく追従できれば、あたかも臓器が静止しているかのような状態で治療が行えます。正常な組織を傷つけることなく、また医師のスキルにもよらずに、誰がやっても一定水準の高度な治療が施せます。現在、肝臓がんや腎臓がんの患者を対象に、システムの機能を確かめるための臨床研究を進めています。近い将来、現行の医療体系に大きな革新がもたらされ、「器用な手」と高

精度な目を持つロボットが、高い水準で人を診断・治療する時代が到来する」と小泉准教授は予測しています。そうすれば、人がマニュアルで治療する現在の治療風景は一変してしまうかもしれません。

医療画像からAIで症状を把握
医療ロボットの構築には機械工学的な動作機構や制御技術の開発から、医療向けの画像処理、アルゴリズムといった多様な技術開発まで必要です。例えば、遠隔操作や患部の追従の手法、臓器の3次元形状モデルを使ったモニタリングや画像中の生体組織の抽出など、それぞれが高度な技術であり、これらを融合することで医療ロボットとして機能します。

最新の研究では、人工知能(AI)技術の一つである機械学習を使って、肝臓を撮影した画像から、肝硬変の症状を定量的に把握できるようにしました。最終的な診断は医師が下しますが、医療画像をどのように解釈するかといった、まさに「医師の世界観」をロボットが再現できれば、医師の負担が大きく軽減され、医療技能の底上げにもつながります。そのほか、小泉准教授は超音波を使って内臓脂肪の面積を測るシステムも開発しており、医療だけでなく、ヘルスケア市場での幅広い活用も見込めます。今後、多様な疾患や健康分野において、診断と治療を一体化した超音波ロボットシステムを適用していく予定です。

「医デジ化」が医療に革命を起す

医デジ化は、メディカル(医療)とデジタル技術(IT)の融合という意味で、英語では「Me-Digit(メディジット)」という造語で表現されています。世界三大発明の一つである「活版印刷術」が情報の複製(コピー)技術を生み出し、今日の情報革命につながったように、「医療技能をデジタル化し、それをコピーすることによって、知識が共有化され、医療における新たなイノベーションにつながるのではないか」と小泉准教授は期待しています。

【取材・文】藤木信穂

知的エージェントシステム

高玉 研究室



高玉 圭樹
Keiki TAKADAMA

研究概要

人を超える知能を目指して

「社長が交代すると倒産寸前の会社が立ち直る」、「プロ野球の監督が変わると優勝できるようになる」—高玉研究室では、このような不思議な創発現象の謎を解き明かすとともに、その知見を工学的に応用している。例えば、「3人寄れば文殊の知恵」のように人数以上の結果を導く知能をはじめ、人間の思いつかない解を提示するエージェントを開発している。こ

のような分野は「人工知能」と呼ばれており、その中でも当研究室では「エージェント」という側面から、システム設計を展開している。以下、4つの事例を紹介する。

CADのプリント基盤配置

図1に示す自律分散型最適化によるCADのプリント基盤配置システムの研究は松下電工との共同研究であり、当研究室では部品(抵抗やコンデンサなど)の適切な配置位置を決定するエージェント技術を開発した。これは、プリント基盤上に配置される複数の部品(エージェントに相当)をシステムが決定するのではなく、部品自らが行動(上下左右の移動、回転、ジャンプなど)を決定しながら、部品間の配線長をできる限り短



図1 CADのプリント基盤配置システム

く、かつ速く配置する技術である。この技術により、商品化されるまでの基盤設計時間を一気に短縮することも、設計者の手間も省けるようになり、専門家の成果を

超える部品配置を見出すことに成功した。
HTVカーゴインテグレーション
宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、スペースシャトルのかわりに国際宇宙ステーション(ISS)に荷物を輸送する宇宙機(HTV)を開発しているが、当研究室ではそのカーゴインテグレーション業務の実用化に着手した。具体的には、図2に示すように、HTVに搭載される荷物(ク

ル)の食料や備品など)自らが適切な配置位置を見出すエージェント技術を考案した。HTVの重心が機体の中心からずれると、適切な姿勢の制御に必要な以上の燃料を

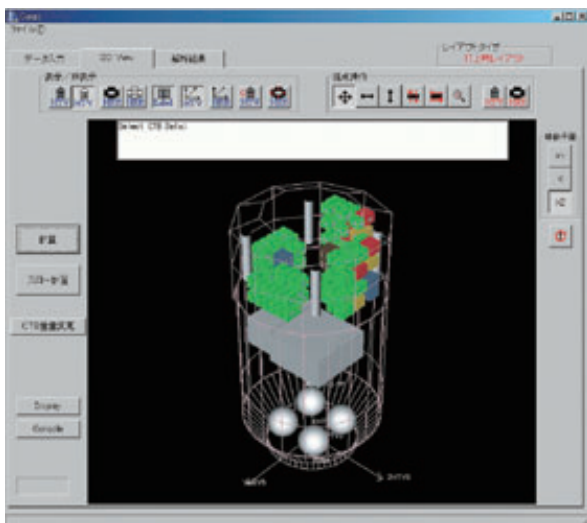


図2 HTVにおける荷物配置システム



キーワード

エージェント、人工知能、最適化、シミュレーション、自律分散システム、宇宙システム、機械学習、創発的計算

所属	大学院情報理工学研究所 総合情報学専攻
メンバー	高玉 圭樹 教授
所属学会	IEEE、計測自動制御学会、 情報処理学会、人工知能学会、 日本航空宇宙学会、組織学会
E-mail	keiki@inf.uec.ac.jp
研究設備	PCクラスタ(10台)、人工衛星 製作環境

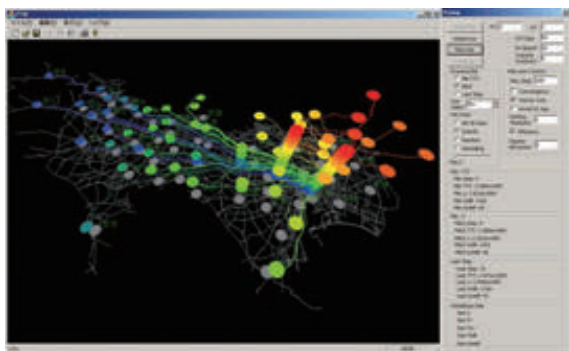


図3 災害時用に最適化されたバス路線網

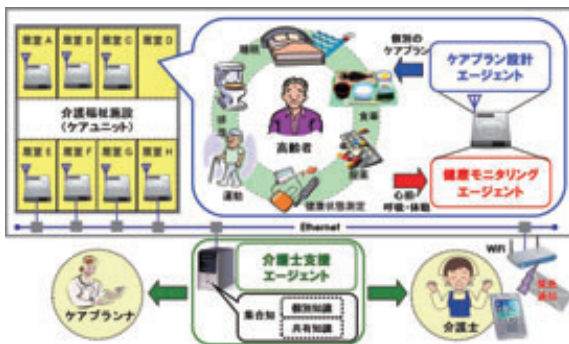


図4 高齢者毎にあわせるケアサポートシステム

費やすため、H.T.Vの重心は機体のほぼ中心に収まる必要がある。この問題に対し、瞬時に計算できるシステムを開発し、NASAや国際的な発表の場で高い評価を得ている。また、そのシステムは実際のH.T.Vカーゴレイアウト計算に採用され、2009年9月のファーストフライト以降、連続して成功している。合計10回の打ち上げに使用されることになってい

る (<http://www.uec.ac.jp/research/information/column/04.html>)。災害時におけるバス路線最適化 東日本大震災後、当研究室では

図3に示す災害時におけるバス路線最適化に取り組んでいる。災害時は道路の状況が頻繁に変化し、既存路線の運行は確約できないため、どの道路が寸断されてもバス路線網に大きな影響を与えないロバストな路線網最適化技術を考案した。さらに、この手法を帰宅困難者のためのバス路線網最適化への展開にも成功している。この研究は電通大のプロジェクトであり、災害を減災に変える技術を数多く生み出している。

図4に示すような介護の質を向上させるケアサポートシステムを構築している。具体的には、高齢者毎に適切なライフスタイルを設計するケアプラン設計エージェント、高齢者の健康データ(体温や血圧など)から健康状態を能動的に推定し、個々の健康状態に応じた介護を支援する健康モニタリングエージェント、介護データから有用な知識を介護士間で共有させる介護士育成支援エージェントに取り組んでいる。その一例として、非接触で高齢者の心拍データを取得した後、そのデータから睡眠段階を推定する技術を考案し、実際の介護施設に導入している。

その一環として、当研究室の学生たちは、図5に示す、日本発の知能を積んだ宇宙探査機「ローバ」と人工衛星の開発に取り組んでいる。このプロジェクトは、社会に出たときに求められるシステム設計能力を養うと同時に、宇宙業界をはじめ多くの業界で必要とされている知的・小型化技術の開発を目的としており、毎年米国ネバダ州でロケットによる打ち上げ実験をしている。2009年には、ARLISという世界大会で開発したローバが優勝し、その成果が評価され、IAC2009という国際会議に招待されている (http://www.hc.uec.ac.jp/activity/research/20091027_3/index.html)。また、2010年には、JAXAの人工衛星「あかつき」と一緒に我々が開発した小型人工衛星UNITEC-1を金星に向けて打ち上げた。大学が開発した人工衛星として金星に打ち上げたのは、世界初である。特に当研究室では、宇宙線が基盤に当たれば当たるほどプログラムが進化するというユニークなアイデアを実装している。

アドバンテージ

使える技術の考案と日本発の技術開発を目指して

当研究室のモットーは「インパクトのある研究をしよう。いいものを作ろう」である。そのために、宇宙航空研究開発機構や海上技術安全研究所をはじめとする国の機関や数多くの企業との共同研究から、真に役立つ技術を探求するとともに、研究から開発に至るまで世界をリードする成果を目指して

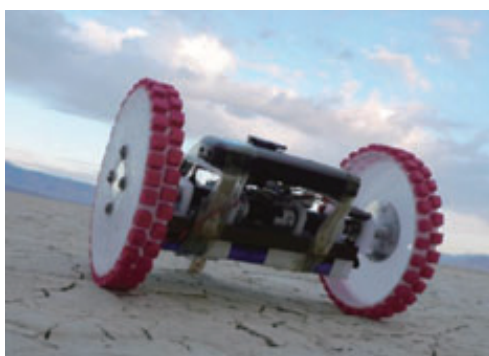


図5 宇宙探査機「ローバ」と人工衛星「UNITEC-1」

このように当研究室では、本プロジェクトを通して役に立つものを作るといった学生教育を達成させ、日本から発信する技術を探求している。

学習機能を備えた初の国産筋電義手、国内への普及を目指す

横井 浩史 研究室



横井 浩史
Hiroshi YOKOI

「筋電義手」は一般にはあまりなじみのない技術かもしれませんが、筋肉が発する微弱な電気信号(筋電位)を読み取って、自分の意思で手を動かせるようにした電動義手、いわゆるロボットハンドです。先天性障害や事故・災害、疾病などで手を失った人が装着する装置で、欠損した手の役割と機能を担う、文字通り「身体の一部」となるものです。

筋電義手は1960年代にソ連で実用化され、その後、欧米や日本でも相次ぎ製品化されました。しかし、海外に比べて、日本では普及が圧倒的に遅れている現状があります。日本では片側の腕を失った人が筋電義手を利用する割合が数%にとどまるのに対し、米国では約30%、ドイツは70%以上、イタリアでも20%近くあるというデータがあります。

なぜでしょうか。最大の問題は、義手に対する日本の公的支援制度の未整備にあります。日本には労働者災害補償保険法として筋電義手の給付制度がありますが、長らく両腕を失った人の「片側の腕」だけにしか支給されませんでした。実際には多数を占める、片腕だけを失った人は制度の対象外だったのです。それがようやく2013年になって、両腕を失った人だけでなく、片側のみを失った人に対しても支給されるようになりました。

当事者にとっては長年望み続けてきたことで、これは画期的な前進です。欧米に遅れること30年以上、筋電義手がついに日本でも一般化されることとなります。労災保険に加えて、障害者総合支援法においても、筋電義手の分類が「基準外補装具」から「特例補装具」へ変わるなど、普及に向けての道が開かれました。筋電義手は今まさに、時代のニーズに適合した技術だといえるでしょう。

3Dプリンタでオーダーメイド こうした背景の中で、横井浩史教授が開発したのが、モノづくりの革命といわれる3Dプリンタを使って、低コストかつ高速にオーダーメイドで作製できる筋電義手です。一つの義手を24時間で仕上げ、サイズも幼児から大人まで自由自在です。従来は150万円程度だった高価な筋電義手が、3Dプリンタで量産すれば50万円程度まで安価にできます。

横井研究室の筋電義手の最大の特徴は、個々人の筋肉の動きを義手に覚えさせることができる「適応学習機能」を備えていることです。市販の海外製の筋電義手にはこうした機能はありません。あらかじめ「握る」「開く」「モノをつかむ」といった動作をするときの感覚で力を入れ、その時に筋肉が発する電気信号を義手に記憶させて

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



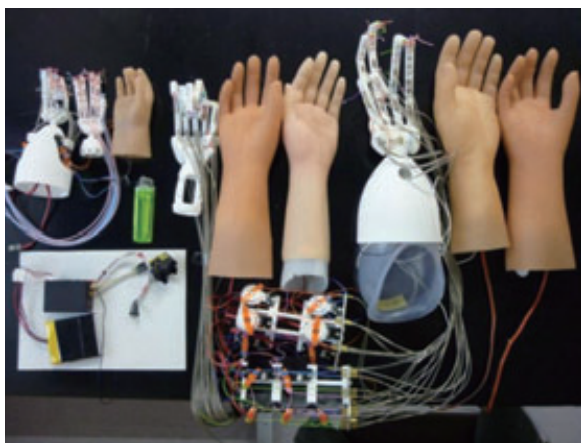
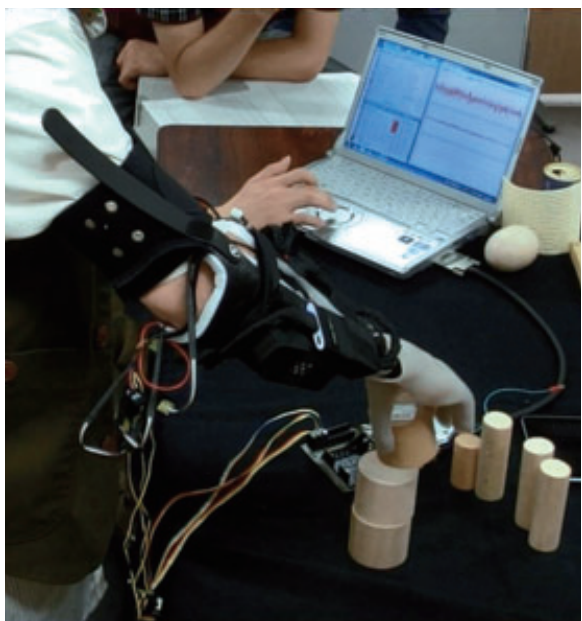
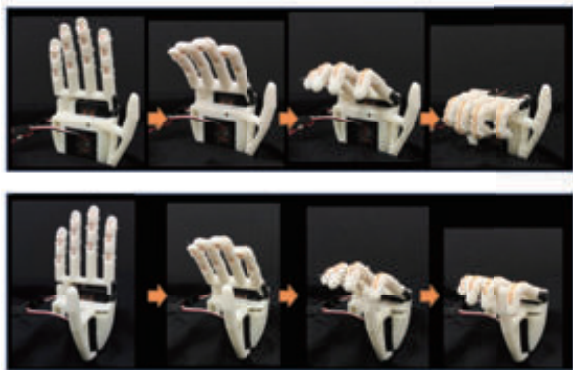
キーワード

筋電義手、筋電センサ、サイバネティクス、サイボーグ、触覚フィードバック、脳機能評価、パワーアシスト、ブレインマシンインターフェース、リハビリテーション、ロボット工学

所属	大学院情報理工学研究科 共同サステナビリティ研究専攻 機械知能システム学専攻 脳・医工学研究センター
メンバー	横井 浩史 教授
所属学会	日本機械学会、精密工学会、 計測自動制御学会、 日本ロボット学会
E-mail	yokoi@mce.uec.ac.jp
研究設備	近赤外光イメージング装置 島津製作所 Force3000(8)、脳波計 48c 日本光電、超音波診断装置、Spectratech OEG-16、EMG 計測システム 160ch 全身の筋活動計測、筋音図計、モーションキャプチャシステム、床反力計、3次元プリンター



モノをつかむ機構(4指並列屈曲機構)



おきます。その上で義手を装着し、同じように力を入れると、自分の意思で義手の手首や手先を操れるようになるのです。近年では、指の自由度も格段に向上しています。

人工皮膚に触覚を付与

従来の筋電義手は、手の機能を代替することを重視するあまり、外観は二の次になっていました。しかし、自分の身体の一部になるのですから、利用者は機能以上に見た目やつけ心地にこだわるはず。服の袖からロボットハンド

が飛び出していたら、必要以上に

注目されてしまうでしょう。横井研究室では、筋電義手にかぶせて使う人工皮膚も併せて開発しています。最新モデルは、導電性の柔らかいシリコーンゴム製の人工皮膚に触覚フィードバックが可能な圧力センサを内蔵しています。リアルな手のしわや質感を再現しつつ柔軟で、義手の動作を妨げません。将来は、指先の痛みを体のどこかに感じさせることも可能だそうです。爪を付けたモデルも開発しており、コインなどを正確につまめるようになっていきます。

これらは科学研究費補助金をは

じめ、科学技術振興機構(JST)の「A-STEPハイリスク挑戦」など公的な研究費に基づく成果です。2018年には厚生労働省の義肢装具等完成用部品の指定を受け、国内初の筋電義手として製品化できる道筋が整いました。これに合わせ、横井教授は研究開発向けの製品開発と販売を行う大学発ベンチャー、MuBORO(ミューボロ、東京都調布市)を立ち上げ、実用化に向けて前進してきました。

軽量化で子どもも使いやすく

最近の大きな進展は、センサの

小型化やモータ数の削減、また高強度で軽いカーボンファイバーの採用などにより、義手を大幅に軽量化したことです。子ども用の筋電義手は、大人用の約3分の1の重さとなる190グラム程度まで軽くし、快適に使いこなせるようにしました。

義手の手指の操作はほぼリアルタイムに行え、じゃんけんなどの手遊びやスポーツなどもスムーズに行えるようになってきました。その結果、それまで人前では装着を嫌がっていた子が学校に付けていって人気者になるなど、「プライドを持って義手を装着できるよ

うになりつつある」と、横井教授は手応えを感じています。

義手は究極の直感的インターフェース

身体障害という点、一般には身体機能の毀損、あるいは劣化と捉えられがちですが、その「機能は身体の中に残っており、ロボット技術を使えばうまく引き出すことができるのです。横井教授は「将来、究極の直感的インターフェースであるこのロボットハンドを使いこなす」新人類が、人の手を超えた機能を獲得し、新たなモノを創造できるようになれば素晴らしい」と考えています。

筋電義手を身に付ければ、生活の質(QOL)が改善するだけでなく、就労の機会も拡大し、スポーツや趣味の楽しみも広がります。筋電義手はロボットなどの高性能化にも役立つでしょう。「機能と外観を両立した、安価で使いやすい個性適応型の筋電義手を日本に普及させたい」というのが、20年以上義手を研究してきた横井教授の思いなのです。

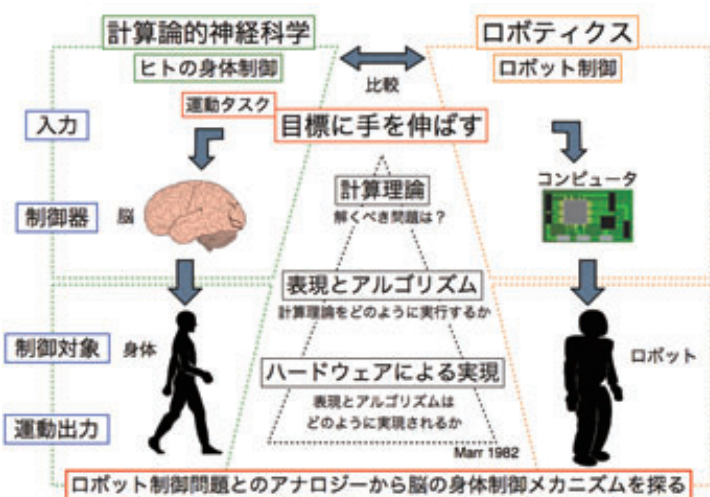
【取材・文】藤本信穂

ヒトの身体制御メカニズムを解明し、ロボット開発に応用する



東郷 俊太
Shunta TOGO

ロボットをヒトのように巧みに動かすには、ヒトの身体制御のメカニズムを知る必要があります。東郷俊太助教は、脳の理解を通じてヒトの身体制御機構を明らかにし、これを応用してヒトと協調するロボットを開発することを目指しています。知能機械学の領域において、「ロボット工学」と「計算論的神経科学」を組み合わせて研究しているのが特徴です。



研究概要

脳とコンピュータを比較する
計算論的神経科学とは、脳を情
報処理の機械に見立て、その機能
を計算論に基づいて理解しようと

する脳研究の領域です。「脳とコンピュータを対比させることで、ヒトの身体のようにロボットを制御させたい」と東郷助教は考えています。そのため理工系分野はもちろん、心理学などの文科系や医学系の専門家のほか、病院などとも組んで幅広い観点から研究しています。

筋電肩義手の制御性を向上

ロボット分野で主に取り組んでいるのが、「筋電肩義手システム」の開発とその評価です。筋電義手とは、筋肉が発する微弱な電気信号(筋電)を利用して制御するロボット義手で、事故や災害、疾病などで手を失った人が装着する道具です。その中でも、肘から下の手を欠損した患者が装着する「前腕義手(ロボットハンド)」はすでに製品化されていますが、肩から下をすべて失った患者向けの「肩義手(ロボットアーム)」は、動作の自由度が高いことから、制御が難しく、いまだ研究レベルにとどまっています。

そこで東郷助教は、肩義手の制

キーワード

協調運動、シナジー、運動計測、運動解析、冗長性問題、最適制御、ヒト機械協調システム、冗長ロボット、計算論的神経科学、心理物理学

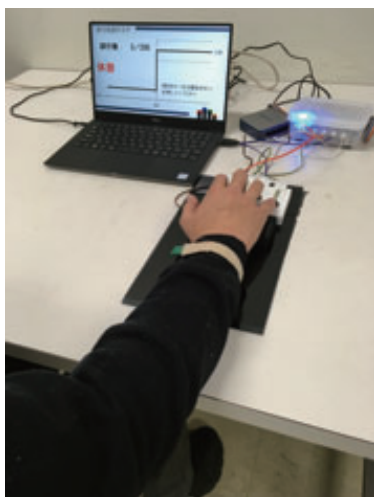
所属	大学院情報理工学研究所 機械知能システム学専攻
メンバー	東郷 俊太 助教
所属学会	日本ロボット学会、日本神経回路学会
E-mail	s.togo@uec.ac.jp

御に適した筋電の計測位置を調べ、実験を行い、肩、胸、脇、背中の4カ所の筋電を取れば、肩周りの筋群の動作時の筋電パターンが取得できることを示しました。今後、この箇所に自作の電極を貼り付けた上で、肩義手の試作機を患者に装着してもらってその性能を検証する予定です。将来は、「電極よりも取り付けが容易な」筋電計測スーツの開発も含めてシステムを最適化していく「そう」です。

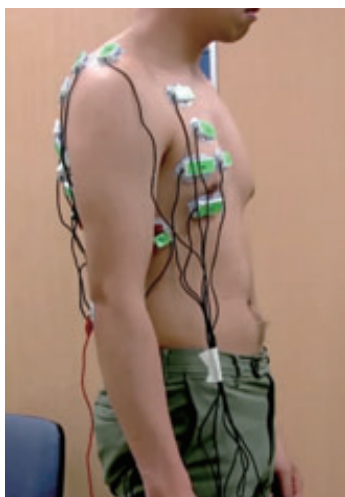
脳と運動、疾患との関係を探る
一方、神経科学の分野では、日常的な動作である「多指を使った運動」の問題を扱っています。複数の指でモノをつかむような場



患者に装着した筋電肩義手システム



多指間協調運動の評価実験



筋電の計測位置を調べる実験の様子



「筋シナジー」仮説を検証するための測定機器

合、例えば、コップを持つ瞬間には、親指と、そのほかの4本の指にかかる力の合計が釣り合っていると考えられます。この際、4本の指にかかる力の組み合わせは無限に存在しますが、その時に脳はどのような指令を送り、このバランスをどうコントロールしているのでしょうか。

東郷助教はコミュニケーション

力や想像力、社会性の問題に加え、発達性の協調運動障害を伴うことが多い「自閉症スペクトラム障害(ASD)」の患者に対して、多指間の協調運動の実験を行いました。その結果、ASD患者と健常者では、多指運動のパターンに異なる傾向がみられました。この違いを利用すれば、「ASDの簡易な診断指標として使えるかもし

れない」と東郷助教は期待しています。

筋シナジー仮説の検証も

そのほか、ロボットと神経科学を融合した三つ目のテーマとして、「筋シナジー(シナジー:共動作用)」の仮説の検証にも取り組んでいます。筋シナジーとは、生物が身体をどのように制御しているかという問題に対して、全身にある筋が一つ一つ独立に制御されて

いるのではなく、複数の筋が束ねられたユニットごとに階層的に制御されているとする考え方です。

この筋シナジーについて、東郷助教は、現在主流のモデルから予測される現象を実際に計測実験で確かめ、筋シナジーという仮説を検証することを目指しています。

筋シナジーが本当に働いていることが実証できれば、「例えば、脳損傷の評価やリハビリへの応用などのほか、低自由度で多くのモノを動かすロボットの制御にも使える」と見込んでいます。

このように、ヒトの身体制御の仕組みを理解した上でロボット開発に応用すれば、将来、ヒトと同じようなメカニズムで動くロボットが実現するかもしれません。ロボットと神経科学、これらを両輪として手がける研究者は珍しく、東郷助教は「基礎研究から応用研究への橋渡しをしたい」と考えています。今後は、企業など共同で、実用化に向けた装置開発にも取り組みたいそうです。

【取材・文】藤木信穂

脳における「体内時計」と「匂い」の研究

仲村 厚志 研究室



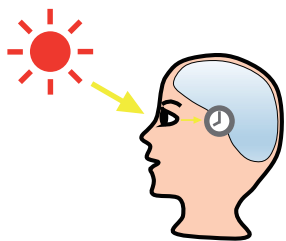
仲村 厚志
Atsushi NAKAMURA

ヒトはなぜ、毎日決まった時間に眠くなり、決まった時間に目覚め、決まった時間におなか为空くのでしょうか。これは、単に日が沈んだり昇ったりするからではなく、環境の変化のない条件下でも体内活動のサイクルが維持されているからです。したがって、例えば、夜更かしや不規則な食事などが続くと、途端に体の調子やリズムが狂ってしまいます。

体内時計はどのように時を刻むのか

我々ヒトをはじめ、地球上のほぼすべての生物は、体の中に約24時間の周期で時を刻む「体内時計」を持っています。海外に行ったときに「時差ぼけ」に苦しむのも、この体内時計が一時的に乱れてしまったためです。

心臓や肝臓、腎臓などすべての臓器が体内時計を持っており、こ

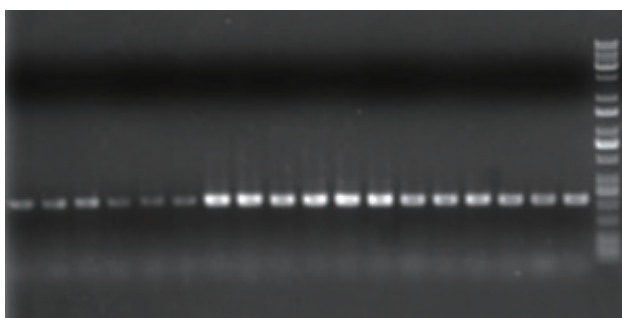


ヒトは皆、体内時計を持っている

れを調整するのが時計遺伝子と呼ばれる、一連の遺伝子群です。遺伝子工学の発展によって、体内時計の仕組みはだいぶ明らかになりつつありますが、一方で、体内時計の周期的なリズムをどのように正確に保っているのかは、まだよく分かっていません。

仲村厚志助教は、ヒトと同じ哺乳類であるマウスを使って、特に難しいとされている「脳」の体内時計がどのように時を刻んでいるのかを解明しようとしています。最近、マウスの脳の視床下部にある体内時計の中枢(時計中枢)を培養し、その中の時計遺伝子の発現リズムを測定する実験を行いました。その結果、時計中枢は予想通り約24時間のリズムを刻んでいます。

したが、あるタンパク質の機能を変化させると、リズムの周期や振幅が変化することが分かりました。



体内時計の遺伝子の1日の変化量を示した電気泳動の図

キーワード

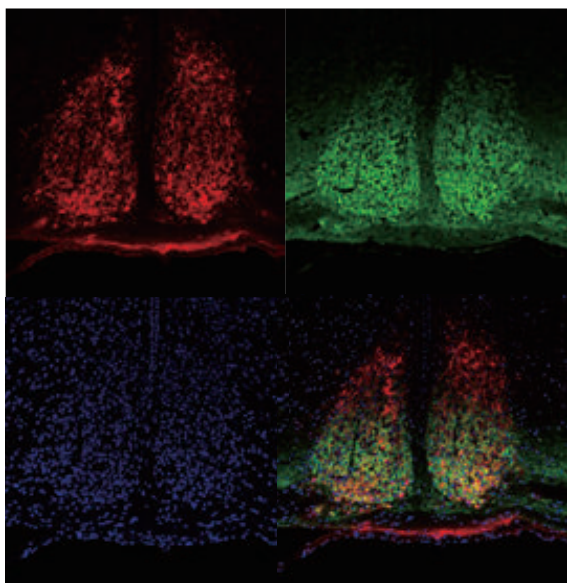
体内時計、匂い、食欲、記憶・学習

所属	大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻
メンバー	仲村 厚志 助教
所属学会	日本動物学会、日本比較生理生化学会、日本味と匂学会、日本時間生物学会、日本生物物理学会
E-mail	atsushi-nakamura@uec.ac.jp

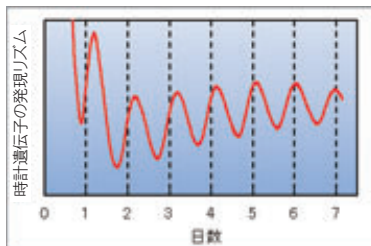
さらに、そのタンパク質の時計中枢内での分布を顕微鏡で観察したところ、これは特定の領域のみに存在するタンパク質であることが分かり、また、夜の時間帯に光を当てた場合には、その活性が大きく減少することを見いだしました。夜に光を浴びると体内時計が乱れることから、このタンパク質は体内時計の時刻の調節に関わっている可能性があるかと仲村助教は考えています。

ズレってしまった時計を整える仕組み

それでは、一度乱れた体内時計はどのようにして整えればよいのでしょうか。一般に、朝に日光など強い光を浴びると体内時計がリ



マウス脳の時計中枢の顕微鏡写真



マウス脳の時計中枢を培養し、遺伝子発現リズムを測定。脳から切り離しても数日間も24時間のリズムを維持し続ける

セットされるといふことが広く知られていますが、仲村助教は、「匂いを刺激として与えて体内時計を調整できないか、という観点で研究に取り組んでいます。

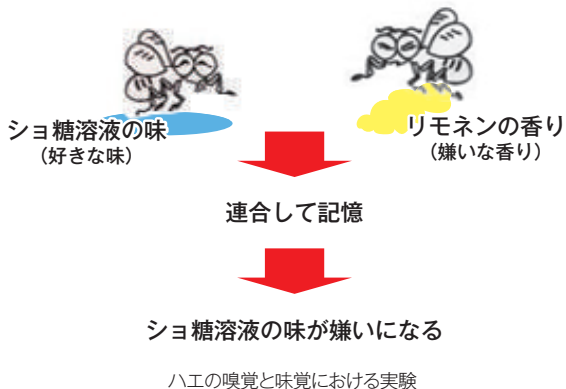
リモネンやラベンダーといった芳香成分を自動で与えるシステム

を完成させており、今後、光によってあらかじめ体内時計をずらした遺伝子改変マウスにこうした匂いを与える実験を行う予定です。香りには体の代謝を高める効果があることが知られており、それによってホルモンのバランスが整えば、「香りに体内時計を正常に動かす作用を持たせられるかもしれない」と仲村助教は期待しています。

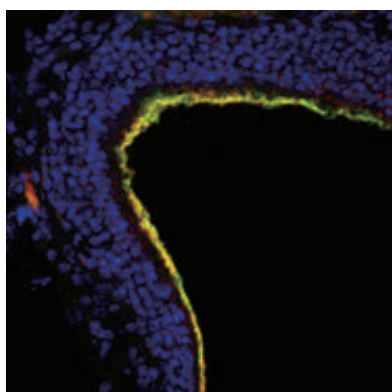
好物十嫌いな匂い!!?

一方、体内時計との関わりだけでなく、匂いの研究も突き詰めようとしています。その一つが「匂いと食欲との関係」を探る研究です。単純な脳構造を持つハエに、好物の糖を与えながら、嫌いな匂いを嗅がせるといふ実験を行いました。

クロキンバエ嗅覚-味覚連合学習



するとどうなるでしょうか。ハエは大好きな糖を嫌いになってしまふのです。好きな食べ物と嫌いな匂いをセットで学習させた結果、好物でも嫌いになってしまふことが分かりました。その時のハエの脳を遺伝子レベルで調べたところ、匂いによって変化する遺伝子が特定できました。さらに解析を進めていけば、「匂いがどのように食欲に影響を与えるかの一端が



匂いを感じる鼻の中の嗅上皮という部分の顕微鏡写真

明らかになるだろう」と仲村助教は見通しています。

その先には、「匂いへの慣れ」がどのようにして起こるのか」といったテーマも検討しています。これは、マウスに具体的な匂いを嗅がせ続けたときの変化を遺伝子レベルで調べる実験です。鼻の中には匂いの情報を運ぶタンパク質があり、「そのタンパク質の量や場所が変わることで、匂いが分からなくなるのではないか」と仮説を立てて研究を進めています。

食欲と体内時計の関わりを追究

このように、「体内時計」と「匂い」という「二大研究」を手がける研究室は世界的に見ても珍しいです。

うです。食事にも一日のリズムがあり、食欲と体内時計は密接に関わるとされています。将来は、食欲を調整する遺伝子と体内時計との関わりに匂いを結びつけた研究に発展させたいそうです。

遺伝子工学やタンパク質工学だけでなく、細胞生物学や解剖学、薬理学、行動学など、あらゆる分野にまたがる研究を行っているのも特徴です。分子生物学的な手法から生化学的な手法まで幅広く手がけているため、「新しいタンパク質の精製や、体内のタンパク質の働きの特定といった研究もできる」と企業にもアピールしています。

【取材・文】藤木信穂

Unique & Exciting Campus

OPAL-RING

ダイジェスト版 医療・ヘルスケア With SDGs

OPAL-RING

共同研究 - はじめの一歩 -

歩行やランニング、スポーツにおける身体運動の解析

UWB電磁波で壁や人間、煙の中をイメージする

ロボットを使った超音波診断・治療システムの開発と「医デジ化」の推進
知的エージェントシステム

3Dプリンターで作る筋電義手、臨床応用を目指す

ヒトの身体制御メカニズムを解明し、ロボット開発に応用する

脳における「体内時計」と「匂い」の研究

岡田 英孝 教授

木寺 正平 准教授

小泉 憲裕 准教授

高玉 圭樹 教授

横井 浩史 教授

東郷 俊太 助教

仲村 厚志 助教

電気通信大学 研究推進機構 産学官連携センター

<http://www.sangaku.uec.ac.jp/>

onestop@sangaku.uec.ac.jp