



東京大学工学部 広報誌

Volume 22 | 2007. 12

▶▶▶contents

特集：ヒトと機械をつなぐ研究

- 1 | 高速動作ロボットの研究
- 2 | 工学者と医者の二つの視点を持つ先生！
- 3 | 人と人のつながりを見る～複雑ネットワークの科学～
- 4 | 暗号技術が支える、安心・安全な情報化社会

◀◀◀ 1 | 高速動作ロボットの研究

◀◀◀

1 | 速すぎて動きが見えない・・・高速動作ロボットの研究

計数工学科の石川正俊教授の研究室では、ペン回しロボットやバッティングロボットなど、ユニークなロボットの研究が行われている。高速ロボットと一言で言うが、実際どのようなものなのか？石川研究室を訪問し先生に直接お話を伺った。

Q. 石川先生の研究しておられるロボットの特徴は何ですか？

私たちの研究室では、単に機械的な動作を速くするだけでなく、認識や制御に関する処理も高速化したロボットの研究をしています。一般的に、ロボット研究における最終的なゴールは「人間の動作を真似る」という点にあります。しかし、本研究室では「人間よりも遙かに器用で、人間がその動きを追跡できないくらい高速動作する」ロボットを目指しています。

Q. 高速処理と高速動作をもつ高速ロボットを使って、最終的にどのようなことが実現できるのですか？

まず一つ目は、高い人件費のために海外移転をした製造工場を呼び戻すことができます。時間当たりの人員費が高いなら、10倍の早さでロボットを稼働すれば、トータルの作業効率が上がります。このことによって、ロボットの導入における費用対効果が高まり、人件費の安い外国に進出していた日本の工場を日本にもどすことができます。次に、日本の熟練技術者たちの技術をロボットによって再現出来るようにすることで、より日本の伝統的な産業が日本の中に根付くようにしたいと願っています。ただ、怖いくらい速



ボールキャッチロボットがボールを受ける瞬間をとらえた写真（左）と改良中の
ボールキャッチロボットと石川先生（右）。日々、改良が重ねられている。

く動くので、個人的にはあまりそばに置きたくはないですね（笑）。

Q. 読者へ一言、メッセージをお聞かせください。

特に工学では、教科書に載っていることはあくまで我々が現時点でたどりついている物事の見方です。新しい発見によってこれらの見方を修正したり、更に深めていくのは読者のみなさんのがんばってください。

パントマイムなどで表現されるように、ロボットの動作はぎこちなく、非常に遅い。しかし近い将来、器用に素早く動くロボットの浸透によって、こうした私たちのロボットに対するイメージはがらりと覆されるだろう。

（インタビュア 山戸一郎・國分朝菜）

鰯はゆったりと泳ぐが、水中の微生物たちは絶え間なく高速でランダムに泳いでいる。そこで、ミクロの世界を観察するには、速い速度で現象を追跡する必要がある。

教授に見せていただいた、顕微鏡と高速度ロボットを組み合わせた装置のデモ画像では、ゾウリムシがあたかも視野中心で止まっているかのように見えていた。ゾウリムシの観察といえば理科II、III類なら避けては通れない実験である。ランダムに動きまわるゾウリムシを懸命に追いかけることだけでも職人技だというのに、スケッチや体内の食胞の動きの観察もするため目まぐるしく変わる視野を凝視しなくてはいけない。教養学部時代、酔いによって再起不能になったことを思い出した。ロボットの目が狙ったゾウリムシを完璧に追いかけることができる。みごとに感服してしまった。（國分）

▶▶▶

2 | 工学者と医者の二つの視点を持つ先生！

工学部が対象とする領域は、多岐にわたっており、ユニークな研究が日々行われている。その中でも、最も奇抜といつても過言ではない研究が満渕先生の行っているブレインマシンインターフェースだ。満渕先生は、医師の経験を持つ特殊な経歴の持ち主で、その経歴を生かし、神経系を介した生体と機械の融合を図る研究をすすめている。計数工学科の満渕邦彦先生に話をうかがった。

Q. 医学部を卒業し、工学部で研究をするようになった経緯を教えてください。

鉄腕アトムなどを見て育った世代の私は、そのようなロボットを作りたいと思い、医学部と工学部の両方で学びました。医学部を卒業した後、工学部計数工学科に学士入学し、卒業後は、一旦臨床に戻り、その後、博士課程では医学系の医用電子研究施設という所で人工心臓の研究を行いました。人工心臓は、現在でもそうですが、制御系の構築が大きな問題の一つです。生体における心臓の制御系の一つの柱に自律神経系による制御系がありますが、その研究を通して神経系に興味を持ってきたのが神経工学に手を染めたきっかけです。

その後、その技術を運動神経系や感覚神経系にも応用しようと思い、随意運動機能や感覚機能を持った義手の開発を始め、更にこれが発展して、現在

行っているブレインマシンインターフェース(BMI)の研究に至っています。

Q. 先生が研究しているらっしゃるブレインマシンインターフェース(BMI)について教えてください。

BMIは、感覚や運動指令などの情報を脳と機械間で双方向にやり取りすることにより、生体が機械を自分の体の一部のように制御・利用できる神経インターフェースシステムの一種です。情報のやり取りは電極などを用いて生体の脳(神経系)と外部の機械の情報

ラインを直接接続して行っています。

Q. どのような神経インターフェースを研究しているらっしゃるのですか？

現在、3つの神経インターフェースを研究しています。まずは感覚機能があり、随意に動かす事のできる義手です。基本的な原理は、手足を動かす指令の信号は、大脳皮質の運動野から出、末梢神経を経て筋肉に伝わります。一方、感覚情報は皮膚の受容器で発生して、末梢神経を経て大脳の感覚野に伝わり感覚を発生させます。この経路の途中の末梢神経に電極を装着し、脳からの運動神経の指令情報を読み出して、この情報で義手を動かし、感覚神経線維に電気刺激を入力する事により、感覚を発生させるというものです。実験では図1のように、人間とロボットハンドの間で運動機能と触覚機能を共有する事ができます。しかし末梢神経は、神経線維の数が万単位があるので、情報の抽出に大変苦労しています。

この義手では、末梢神経で信号の入出力をしていますが、もっと上位で神経が傷害された人のために、脳での情報の入出力をを目指したものとして、RatCarプロジェクトがあります。これはRatCarと我々が呼んでいる車に脳に電極を装着したラットを乗せ、ラットが動こうとする方向や速度の情報を大脳皮質運動野の活動から解析し、その通りに車を走らせるというものです。自分自身の足と同様に制御できる義足や車椅子への応用を目指すものです(図2)。

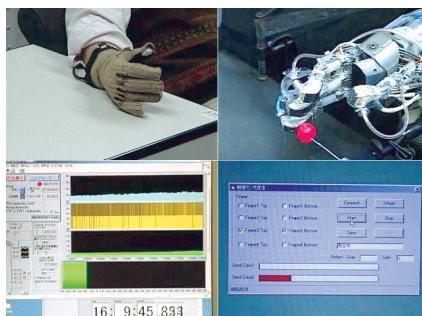


図1 義手の触覚と運動指令が遠隔地で送受信された実験

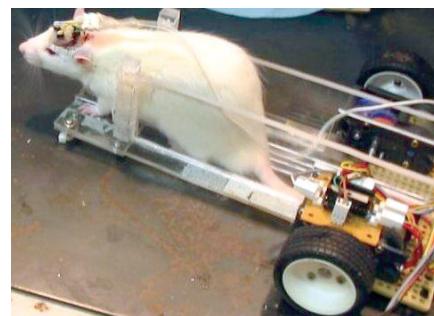
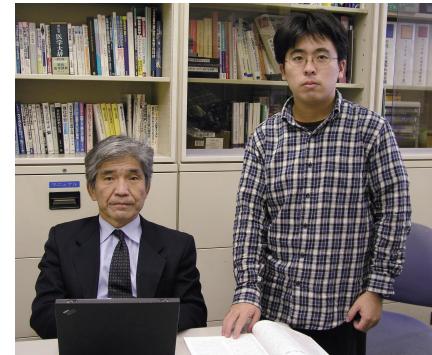


図2 RatCar の実験



満渕邦彦教授(左)と深山理さん(右)
計数工学科・システム情報学専攻

生物と向き合う学生

満渕先生の研究室でRatCarの研究を行っている博士課程の深山理さんが、研究について以下のように語ってくれました。「満渕先生の研究室は、数学の普遍性を生物というシステムに適用することのできる数少ない研究室だと思います。工学部生にとってラットなど生物を扱うことは、戸惑いがあるかもしれません、適性さえあれば、新たな可能性を広げることができます。また、同じように生物を扱っている医学部の学生と一緒に実験や議論をすると、彼らとは研究のとらえ方や解釈などで違和感を覚えることがあります。しかし、それは工学部生が独自の視点を持っている結果であり、その視点を大事にして研究を行っています。」

最後に、感覚や運動のように意識と関係する神経系ではなく、内臓などを無意識的に制御している自律神経系とのインターフェースとして人工心臓の神経情報による制御の研究を行っています。

Q. RatCarは、人間でも可能ですか？

人間でも可能と思います。実際に脳からの信号でコンピューターのカーソルを動かすという実験はすでに行われていますが、脳で意図した動作をどこまで詳細かつ忠実に実現できるかに関しては難しい点があります。電極数を増やすのは一つの方法ですが、それだけ刺入による傷害も大きくなってしまいます。

Q. 読者にメッセージをお願いします。

研究にも流行があり、特に日本では、誰かが「右」と言うと皆が一齊に右を向いてしまう傾向がある様に思います。流行に流されず、本当に自分のやりたい事は何かを良く考えて、研究の道に入って下さい。

(インタビューア 坂田修一)

3 | 人と人のつながりを見る ~複雑ネットワークの科学~

人と人とのつながりを数学的に見る、複雑ネットワークの研究の先駆者である計数工学科・数理情報工学専攻の増田先生に、一風変わった複雑ネットワークの科学のお話と、その研究への意気ごみについてお聞きしました。

増田直紀講師
計数工学科
数理情報学専攻



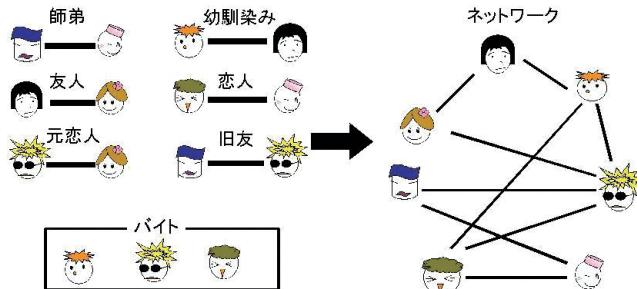
複雑ネットワークとは

ネットワークとは、モノのつながり方のことです。では、複雑ネットワークとはなんでしょうか？ 1000人ぐらいの高校の友人関係を思い浮かべて下さい。人と人は友人関係を通してつながっていますよね？ では、この友達関係は、どのようにつながっているのでしょうか？ 一人あたり決まった数の友達しかいないというわけではありませんし、全くでたらめにつながっているわけでもありません。本当によく分からない、複雑なつながり方をしていますよね？ 人と人とのつながりを数学的にあらわすと、複雑ネットワークとなります。

複雑ネットワークには大きな特徴が二つあります。スモールワールド性とスケールフリー性です。スモールワールド性とは、「実は世の中って狭い」を数学的に表したことです。高校で、全然知らない別のクラスの赤の他人でも、友達の友達をたどっていくと、案外簡単にその他人に行き着くことってありませんか？ 実際にやってみるとわかりますが、二人か三人の友達をたどっていくと大体の他人とでもつながってしまうものです。全世界をとっても、たった6人の知り合いをたどるだけで世界中の誰にでも行き着くことってあります。

もう一つの特徴のスケールフリー性は、すごくたくさんの友達を持っているスターみたいな人がいると言うことです。高校にも、誰とでも仲がいい、みんなの人気者っていますよね？ 友達があまりいない人もいれば、スーパースターもいることがあります。このような不平等が成立してしまうのも、複雑ネットワークの特徴の一つなのです。

(右) スケールフリーネットワークの図。人気者と友達が少ない人たちが見えるでしょうか？

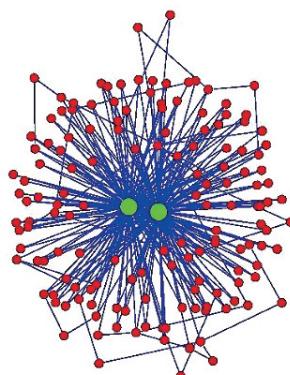


(上) 人と人の関係が、ネットワークを作る様子

色々と登場して使えちゃう複雑ネットワーク

スモールワールドやスケールフリーなつながり方は、インターネットのコンピューター同士のつながり方から空港や道路の交通ネットワーク、たんぱく質などの化学物質の相互依存関係から会社の組織網まで、実に色々なところで見られるのです。複雑ネットワークは、友人関係の中でしか見られないものではないのです。

そして、色々なところで見られると言うことは、それだけ工学的応用が出来るということです。ネットワークの理論は、会社の中での効率のよい人間関係の構造の研究や、電車や道路の交通網の配置の決定などの工学の分野に応用できます。勿論、インターネットの世界ではウィルス対策や検索エンジンの開発などで絶大な威力を発揮しています。最近では、薬品の作成の戦略に使われるなど、複雑ネットワークの科学の応用は広がるばかりです。



人間の行動を数学的に解決する、その楽しさ！

人と人との関係の研究は、本来は社会学や経済学などの文系側の研究分野です。しかし、コンピューターの

進化により様々な大規模のデータを扱えるようになったことも関係して理系の人も参入するようになってきました。私も、人の相互関係に興味があって、数学を使って人間の行動を研究しようと思っている研究者の一人です。勿論、数学的なモデルは机上の空論でしかないと言われることもあります。しかし、人間が関わってくる実際の問題は、色々と混みあっていてキチンと実験をしたりすることも難しいのです。そのため、どうしても理論が必要となり、数学が活躍します。経済学や社会学でも数学は使われることはありますが、そのような既存の枠組みにとらわれず、自分の勘とセンスで現象の本質を数式に表していく作業は非常に楽しいものです。

読者への一言

何になるにしても、まずは自分自身を好きになくなって欲しいです。だから、自分が格好いいと思える仕事を見つけ(研究者は一つの選択肢です)、そして精一杯遊んでください。その上で、自分に厳しくして、コミュニケーション能力を身につけることにより、より強い、より楽しい人材になれると思います。

人が好きだから、人の研究がしたい。そう語る先生は、本当に楽しそうでかつプロフェッショナルで、憧れてしまうばかりでした。

(インタビューア 中桐良太)

4 | 暗号技術が支える、安心・安全な情報化社会

私たちは、日々気付かぬうちに暗号技術のお世話になっている。情報化社会の縁の下の力持ち的存在である暗号技術について、山本先生にお話を伺った。

Q. 暗号は、どのようなところで使われているのですか？

外交や軍事における情報伝送、企業や役所における秘密情報の伝送といったきわめて重大な場面から、銀行のATM端末と本店とのやり取り、インターネットショッピング、電子マネーの利用、衛星放送の受信といった身近な場面まで、あらゆるところで使われています。

暗号技術がなかったら、通信情報を盗聴されたり改ざんされたりする危険性があるので、インターネットなどの通信を利用した商取引や秘密情報の伝送を行うことができません。いまや、暗号無しでは現代社会は1秒たりとも成り立ちません。

Q. 先生が研究を行っている暗号技術について教えてください。

大切な情報を安全に管理するために

は、情報を失わないようにする故障対策と情報を盗み見られないようにする漏洩対策の2つが求められます。故障対策としては情報のコピーをたくさん作っておくのが良く、漏洩対策としてはなるべくコピーを少なくするのが良い。この相反する2つの要求をクリアする、秘密分散法という暗号技術について研究しています。(詳しくは下のコラム参照)

さらに、技術開発だけでなく、暗号の安全性や効率の限界を理論的に求める研究もしています。科学技術の絶え間ない進歩により、暗号技術の安全性や効率の記録もどんどん塗り変えられていきます。しかし、「この先どんなに科学技術が発達してもここまでしかできない」という究極的限界は、永遠の真理です。真理は、決して変化したり廃れたりすることはありません。科学



ゼミでの山本博資教授（右から二人目）
計数工学科・複雑理工学専攻

技術が将来どのように発達しても、その真理はずっと残ります。また、究極的限界を求める過程での理論的研究から、新たな技術開発のヒントが生まれることもあります。

Q. 読者にメッセージをお願いします。

この分野の面白さは、高校で学んだような基礎的な数学でもアイディアさえあれば実用的に役立つ暗号方式を作ることができます。また、数学的な理論や、プログラミング技術、人間をどう動かすかというマネジメントなど多くの研究領域が絡み合っていることも魅力です。多くの方に、情報理論や暗号技術、暗号理論の研究に興味をもってもらえたたらと思います。

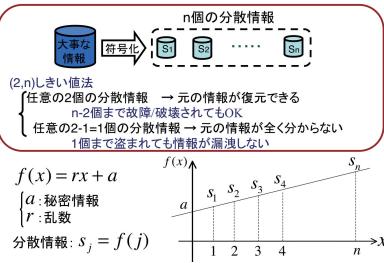
(インタビュア 宮負菜穂子)

秘密分散法の原理 一しきい値法

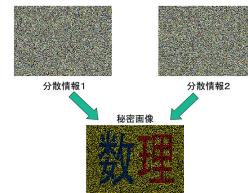
大事な情報を n 個の情報に分散しておき、任意の k ($k < n$) 個の分散情報から元の情報を復元する方法を (k, n) しきい値法といいます。この方法は、 $n-k$ 個の分散情報が消失しても残りの k 個の分散情報から元の秘密情報を復号でき、かつ $k-1$ 個の分散情報が盗まれても元の秘密情報は全く漏洩しないという特徴を持っています。

$(2, n)$ しきい値法の例

1 点だけでは、直線が一意に決まりませんが、2 点が決まると直線を引くことができます。実は、この直線の縦軸の切片が、 $(2, n)$ しきい値法の「秘密情報」になっています。実際には、コンピュータが処理できるように数式を変換しますが、基本的な考え方は同じです。



視覚的な暗号の例



秘密分散法の理論をもとにした視覚的な暗号の研究も行っています。秘密情報が分散化された画像からは何も読み取ることはできませんが、2つの画像を重ね合わせると秘密情報が明らかになります！

広報室から

編集後記

Ttime!12月号は、異色の広がりが特色的計数工学科の先生方に取材しました。速すぎて見えないロボットやブレインマシンインターフェースのように、誰も考えない前から先を見て始めるという研究スタイルは、複雑ネットワークや暗号などの数理的な研究にも共通しています。未来に現れるであろう仕組みや構造を大胆に切り取り、理論的ひらめきでその姿や振る舞いを指し示してゆく。こんなことができたら、うらやましくらいに格好いいですね。みなさんも大学にきたら頭脳とセンスを磨いてどんどんチャレンジしてください。

計数工学科 安藤 繁



(広報アシスタント)

山戸 一郎 (工学部 電子工学科 4年)
國分 朝菜 (工学部 システム創成学科 3年)
坂田 修一 (工学部 マテリアル工学科 4年)
中桐 良太 (工学部 計数工学科 4年)
宮負菜穂子 (工学系 化学システム工学専攻 修士2年)
松本 理恵 (情報理工学系 知能機械情報学専攻 修士1年)
(広報室)
安藤 繁 (工学部計数工学科)
堀井 秀之 (社会基盤学科)

Ttime!

平成 19 年 12 月 25 日発行

編集・発行 | 東京大学
工学部広報室

無断転載厳禁