



# 東京大学工学部 広報誌

Volume 32 | 2009. 8

## ▶▶▶ contents

- 1 | 回転体で支えるモバイル時代
- 2 | 手術室に立つロボット研究者
- 3 | サービスを科学する。～もの消費からサービス消費へ

## 1 | 回転体で支えるモバイル時代

今回特集する精密工学科では精密加工やメカトロニクスなどに加えて知能システムやサービス工学に至るまで幅広いテーマで研究が行われています。

その中でもユニークな「皿回しロボット」を扱っている保坂寛教授に研究から工学者はどうあるべきかという点までお話を伺いました。

**Q. 先生の研究室ではどのようなテーマに取り組まれているのでしょうか？**

移動体センシングです。その中でいろいろな手がけています。第一に、人や物の位置を屋内外シームレスに測定する無線探査です。これは無線機の研究ではなく、電波情報に含まれるノイズの規則性を見つけて、位置を計算するソフトウェアの研究です。開発した技術は、物流用に企業化されています。

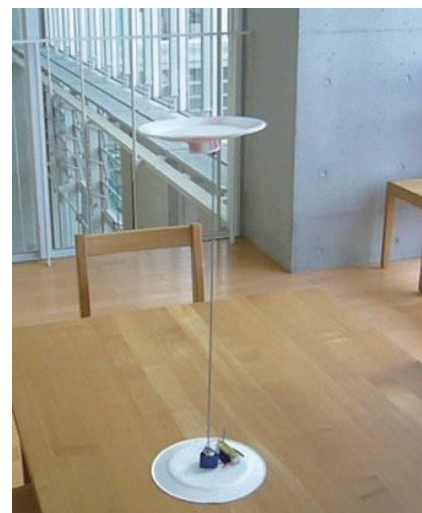
第二に、腕時計や携帯電話に組み込んだセンサで人の行動を把握するウェアラブル行動認識です。主としてハードの研究ですが、過去の行動履歴から次の行動を予測するソフトも研究しています。第三に、これらモバイル機器用の電源として、ジャイロ型発電機を研究しています。

**Q. 「皿回しロボット」というものを研究されているそうですが、それはどのようなものなのでしょう？**

模型用モーターで棒を回転させ紙皿を回すものです。ハサミとドライバだけで短時間で出来るので、五月祭や研究室公開で訪問者に作ってもらっています。今年は200台作りました。元々は精密工学科（前身のシステム創成学科）の3年生の「応用プロジェクト」で、学生のアイデアで開発し、理論解析を行ったものです。研究というより教育として取り組みました。現在では理論が完成し、単に回るだけでなく、コストや作り易さの改良も進み、最良と言える形が出来上がったので授業では扱っていません。

**Q. どのような経緯で現在の「皿回しロボット」が出来上がったのか教えてください。**

30年前、当時の精密機械工学科の3年生（佐々木健・現精密工学科教授ら）が五月祭で皿回しロボット作ったのが始まりです。彼らは芸人の皿回しを観察し、手を



安定した回転を続ける皿回しロボット。模型用モーターや紙皿など、どこでも手に入るものだけで作られている。

離しても皿が回ることから、機械的な振動でも回せると考えました。電磁石で棒を自励振動させるといふ手法で見事成功しました。とは言え、五月祭に間に合わせるのが精一杯で、回転条件の解明とまでは行かず、安定性にも難がありました。

時は流れ2002年に「応用プロジェクト」でかつての佐々木先生の皿回しロボットを再現することになりました。ここでも最初は安定性が悪かったのですが、棒の根元を柔らかいもので支えると安定することが分り、ばねでモータ

を吊るし、基本構成が定まったのです。その翌年には、皿の動きを運動方程式を解いて求めました。その結果、①皿が扁平で糸底が小さい、②モータが自由に傾くように弾性支持する、③棒の回転数が棒の共振周波数より高い、という条件を満たせばどのような機構でも安定に皿を回せることが分かりました。

以後はこの条件下で改良を重ね、特注品や高価なパーツを安価な市販品に換え、加工や組み立ても簡単にして現在の形になりました。

皿回しは3次元の回転運動で、力学の中では直感的な理解が難しい分野です。一度深く勉強した経験がないと、どこにどういう力が働くのか、見当が付きません。このあたりはジャイロの研究が役に立ったと思います。

皿回しロボットは産業上の応用がなく、理論的にもほぼ完成してしまったので、研究テーマにはしていません。しかし3年生の教育としては、工夫次第で性能が上がり、理論としてもモノづくりとしても良いテーマだったと思います。

**Q. ジャイロの研究というのはどのようなものですか。**

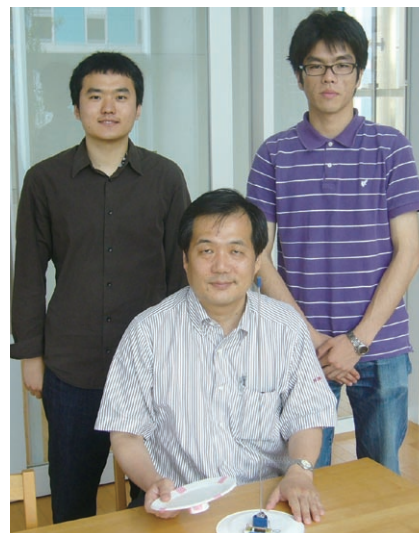
2次元の回転自由度をもったジャイロを使った振動発電機です。(下図) 通常、人の動きによる振動を発電に利用すると、出力は1mWが限界です。しかしこの発電機は、ジャイロで低速の振動を

高速な回転運動に変えて、1Wを発電します。携帯電話も充電できます。現在はまだ安定性が低く、すぐに止まってしまうのですが、改良すればいろいろな使い道があると思います。

**Q. 幅広い分野を研究されているようですがそれはなぜなのでしょう？**

私の専門は機械振動で、応用分野は情報機器です。大学で研究を始めた頃に世の中のモバイル化が始まり、私は光ディスクの小型化をテーマにしました。しかし記憶装置のような、トレンドが決まった装置の改良は企業の方が得意で、数年で太刀打ち出来なくなりました。そこで新しい分野を探し、モバイル機器の電源に注目しました。回転体の振動を使うと面白い発電機が作れることに気づき、専門を変えずにテーマを変えることが出来ました。

一方、無線探査はニーズに基づく研究です。企業の方が、物流に使える安くて小さい無線機はないかと相談にきました。当時は携帯電話が普及し始めた頃で、それを使えばハードはどんどん安くなり、消費電力が低いPHSを使えば一番小さくなくなると考えました。市販品の電池や外装を変え、余計な部品を省き、パレットの追跡用に実用化しました。カラスの追跡にも使われました。この時点では学術的な新規性はありませんでした。



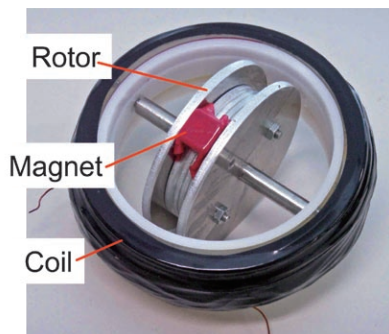
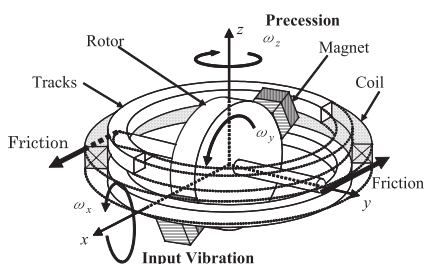
保坂寛教授 (中央)  
工学部 精密工学科  
新領域創成科学研究科  
人間環境学専攻

しかし商品化したPHSのデータを調べるうちに、物流機器の移動軌跡に規則性があることが分かり、これを使って誤差を補正する方法を思い付きました。その後は、商品の改良が新たな研究テーマを生むサイクルに入りました。皿回しロボットと同じ、試作・観察・改良です。

**Q. 読者にメッセージをお願いします。**

工学は役に立つものを作る学問です。世の中のニーズに応じてテーマを変える必要があります。それをうまくやるコツは、一つ分野を深く研究することです。成功パターンを一つ知れば、2つ目に要する時間は半分以下、3つ目はさらに半分以下です。また、専門が異なるために新しいアイデアが出ることもあります。異分野との交流は大事ですが、自分で異分野を体験することはより重要です。まずは一つの分野を徹底的に深くやり、その後は世の中の動きを見て、専門を広げて下さい。

(インタビューー 藤島 孝太郎)



## 2 | 手術室に立つロボット研究者

医者はロボット操作もできなくてはならない、そんな時代がやってくるかもしれません。いま、ロボットをもっと医療の現場に導入しようという“医工連携”の動きが広がってきています。今回お話を伺った小林英津子准教授は、そんな流れの先陣を切る“医療工学者”です。多彩なアイディアで外科手術を支援するロボットを続々と生み出している小林先生に、ご研究の内容をわかりやすい言葉でお話していただきました。

**Q. 先生のご研究について教えてください。**

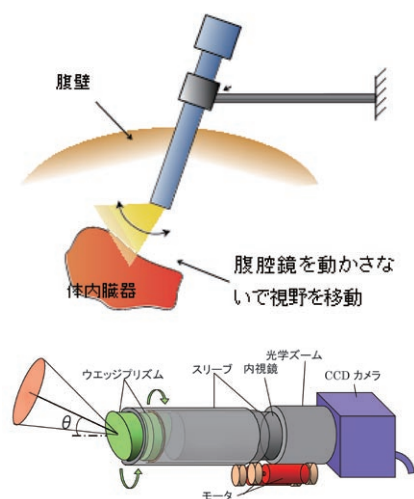
外科手術において医師の支援をするロボットの研究をしています。

ロボットの強みはその「正確さ」です。人間の手だけでは難しい繊細な作業を高い精度で行うことができます。こうしたロボットと治療具を組み合わせることで、高度な手術をよりスムーズに行うことができます。

また、従来の外科手術に比べて患者さんの体の負担が小さくなります。これは、ロボットを使うことで、切る範囲を減らしたり、手術時間を短くしたりすることが可能だからです。結果として患者さんが術後、早く社会復帰することが可能です。

**Q. 具体的にはどのようなロボットがあるのですか？**

これ（下図）は私がポストドクターのときにつくった内視鏡です。従来の内視鏡では視野を変えるために、内視鏡自体を動かさなくてはならず、体内を傷つけてしまう恐れがありました。しかし、この内視鏡の中には直径1 cmほどのウェッジプリズムが2枚組み込ま



ウェッジプリズム内視鏡のしくみ

れています。このプリズムを外部からコントロールすることで、内視鏡自体を固定したままでプリズムの±19度ほどの視野を得ることができます。

**Q. 手術支援ロボットに特に求められている機能はなんですか？**

第一に安全性です。患者さんの命がかかっている外科手術において、これは当然です。第二に扱いやすさです。スピードが求められる手術現場においては、器具をぱっと手にとってすぐ使えなくてははいけません。セットアップに時間がかかったり、重くて扱いづらかったりというのでは困ります。

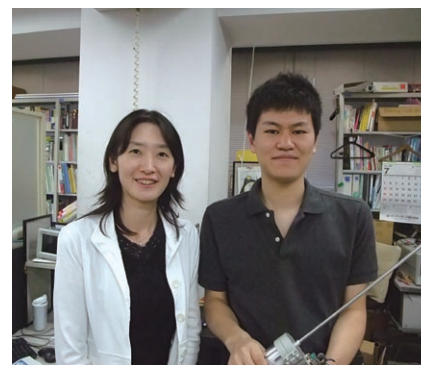
また、今は人ができる作業をロボットにさせている段階ですが、今後はロボットにしかできない機能を使って手術を支援できればと思います。

**Q. ロボット作りはどのようにするのですか？**

現場の医師の先生方とのディスカッションから始まります。そこで先生方からこういうロボットをつくれなかと相談を受けたり、逆にこちら側からこういうロボットをつくったら実用化できないかと提案したりと医学、工学2つの分野の知見を交換します。

どういうロボットを作りたいかきまったら設計に入ります。まずは、どのくらいのサイズ、パワー、精度、駆動範囲が必要なのかを考えます。次にそれらを実現するモーター、センサ、機構を決め、それらを制御する方法を考えます。普段から世の中のモノがどのような仕組みで動いているのか注意していると、このときとても役に立ちます。

最初に思い描いていたイメージが、実際にロボットの形になるの



小林英津子准教授

精密工学科・精密機械工学専攻

はとても面白いです。このような具体的な目的があるとそれに必要な知識も楽しく勉強することができますね。

**Q. 工学と医学の結びつきが少し意外な感じがします。こうした試みは最近始まったのですか？**

そんなことはありませんよ。工学は古くから医学の発展に寄与してきました。たとえば100年ほど前に発明されたX線による診断方法は、人体を切らずに診察することを可能にしました。

私たちの研究室では80年代から、ロボットを使って医学を支援する研究をしています。私ももともとはロボットを使って何かをしたいという漠然とした思いを持って精密工学科に入り、この分野に出会いました。研究は大変ですが、自分が作ったものが実際の現場で使われることはとても嬉しいですね。

ものづくりの面白さと医療の向上に貢献したいという思い、この2つが先生のご研究を支える根幹であると感じました。

工学と医療という全く異なる分野に通じておられる小林先生の見識の広さには、ただ驚くばかりでした。

（インタビュアー 北野 美紗）





### 3 | サービスを科学する。～もの消費からサービス消費へ～

サービスという一見主観的なものを新たな工学的な研究分野として体系化する研究が近年おこなわれています。しかし、この分野が一般的に受け入れられるようになったのはここ2、3年であり、それまで多くの研究者からの批判がありました。サービス工学の初期よりこの分野に携わり、第一人者である新井民夫教授にお話を伺いました。

**Q. なぜサービスを研究分野として取り上げることにしたのですか？**

20世紀は大量生産の論理を人々が信じ、人工物に満ちあふれていた世紀でした。これからは物質的にたくさんの物を消費することはやめて、サービス・機能を消費しようと考えました。必要なのはコンテンツであって、それを運ぶメディアではないからです。そこでサービスが提供する機能を評価して、新しいものを設計する方法論を考えました。すると、ものの設計とサービスの設計は同じ考えでできるのです。そこで我々は設計の方法論を考えることにしました。

**Q. 研究内容について教えてください。**

実際にものやサービスを消費す

るとき、買って良かったと思う度合いが顧客満足度です。これは消費者本人の心理的な状態あるいは過去の経験によって評価が変わる主観的なものです。ですから、客観性がなく、工学では扱ってこなかったのです。そこで、典型的な人間を仮定して、評価内容を推察します。この方法で主観性を固定化し、サービスを多項目にわたって評価する枠組みをコンピュータの上で作ったのが我々の研究です。

**Q. これからサービス工学は拡大していくとお考えですか？**

サービス産業は今や雇用でもGDPでも7割を占める産業です。ですから、サービスの設計生産を体系化することが必要なのです。なぜ体系化しなければいけないのか。それは体系化によって同じ間違いをなくし、良いサービスを作



新井民夫教授  
精密工学科・精密機械工学専攻

り出せるからですね。客観的な記述と顧客満足度の定量化により、サービス工学が十分に研究されていくことによって、我々が受けるサービスが良くなるだろうというのが基本的な考え方です。

**Q. 読者へのメッセージをお願いします。**

私はサービスの体系化という新分野開拓ができ、幸せだと思っています。みなさんも、まったく新しいことに取り組むチャンスがあったら、果敢にアタックして下さい。新しいことは待っていてもできません。自分が一歩前に出なくてははいけません。

(インタビュアー 西村 知)

#### 広報室から

##### 編集後記

Ttime! 32号をお送りします。今回は精密工学科におけるアクティビティの中で、私達の日常生活に身近なトピックであるロボット・サービスを紹介しました。「精密工学」は設計・生産システム、加工、計測、メカトロニクスを基盤として、古くから日本の産業を支え続けてきている学問です。近年では、医用や人・環境といった内容にも力を注いでおり、今回は基盤技術からこれらの新しい分野への発展を紹介したいと考えました。単純な動作原理により稼働する装置に始まり、医療の現場で人の命を預かるロボットへ発展させ、そしてそれらの技術を用いてどのようにして効率的にサービスを作り出していくか、といった流れで紹介しました。精密工学にご興味を持ってもらえればうれしく思います。



最後に、お忙しい中取材にご協力していただいた方々に感謝いたします。どうもありがとうございました。  
(大竹 豊)

##### (広報アシスタント)

坂田 修一、塩野 拓、伊與木健太、北野 美紗、  
郷原 浩之、小室 淳史、柴田 明裕、大嶽 晴佳、  
寺内 悠、西村 知、藤島孝太郎、森西 亨太

##### (広報室)

大竹 豊 (工学系精密機械工学専攻)  
大久保達也 (工学系化学システム工学専攻)

# Ttime!

平成 21 年 8 月 21 日 発行

編集・発行 | 東京大学  
工学部広報室

無断転載厳禁

▶▶▶ logo-design | workvisions



この印刷物は、FSC森林認証用紙を使用しています。