

科学の
峰々

75

取材日：2013年5月22日
東京科学機器協会会議室
2013年7月24日
工学院大学工学部機械
システム工学科

工学院大学工学部機械システム工学科教授

鈴木 健司 先生 に聞く

“バイオミメティクス”と
昆虫を規範とした

“マイクロロボット”の研究 下

聞き手：柴田 眞利 日本科学機器協会 広報副委員長
野木 賢一 同 広報委員
夏目知佳子 同 広報委員
藏満 邦弘 同 専務理事
岡田 康弘 同 事務局長

(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)



鈴木 健司先生のプロフィール

1984年 筑波大学附属高等学校卒業
1988年 東京大学工学部機械工学科卒業
1990年 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了
1993年 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了
博士(工学)
1993年 東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻 助手
1995年 同 講師
2004年 工学院大学工学部機械システム工学科 助教授
2007年 同 准教授
2009年 同 教授

〈研究分野〉

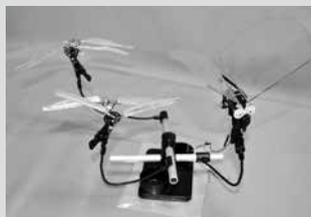
マイクロ・ナノ理工学、ロボティクス、トライボロジー
昆虫を規範としたロボット、機能性表面等の研究

〈学会活動〉

日本機械学会、電気学会、日本ロボット学会、日本トライボロジー学会、
精密工学会の会員
2013年 日本機械学会 情報・知能・精密機器(IIP)部門 部門長

〈賞〉

2009年度 日本機械学会教育賞
2010年度 日本機械学会賞(論文)



トンボ型ロボット

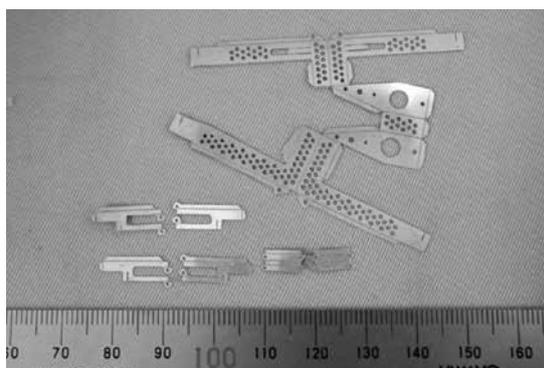


アリ型ロボット

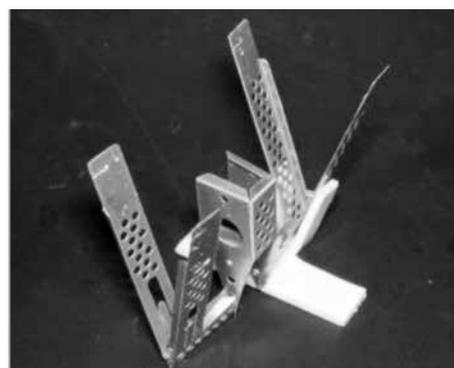
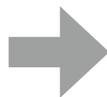


産学官との連携

折り紙構造で組み立てられる羽ばたきロボット（ロボット本体部分）



ロボットを平面に展開した部品を真鍮板のエッチング加工により製作



折り紙の要領で機体を立体的に組み立てるので容易で精度が高い

折り紙を折るように
小さな構造や部品を作る

— これまで鈴木先生には、昆虫に関する研究や、その成果を活かして開発したマイクロロボットをご紹介いただきました。ここからマイクロロボットをどのように製作しているのか、お話をお聞きしたいと思います。

鈴木 マイクロロボットの製作はクリーンルーム内で行うのですが、まず、マスクと呼ばれる透明な板に部品の形状を描いたものを作り、光を当ててその形状を金属の板に転写します。そこから不要な部分を、エッチングで取り除いたり、膜をつけたりして平面的な部品を作り、最後に板を折り曲

げることによって、立体的なロボットの構造を組み立てていきます。

例えば、トンボをまねたロボットであれば、トンボの羽をまねた網目のような形のマスクを作り、光で転写してアルミの骨格を作り、薄膜を付けて、最後に折り目を付けて羽の形に仕上げます。ロボットの本体は、平面に展開した形状を真鍮板に転写し、不要な部分をエッチングで除去し、最後に折り紙のように折り曲げて立体的なロボットに仕上げていきます。

— 小さなロボットを組み立てていくのは手間のかかる作業かと思いますが、心がけていることはあるのでしょうか。

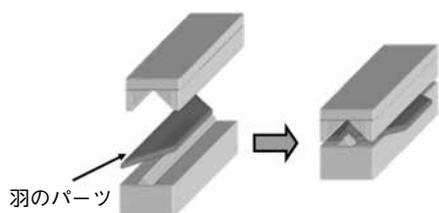
鈴木 小さな構造を手で組み立てていくので、1つ1つのパーツに

分けると組むのが難しくなります。そこで、なるべく折れば立体になるというような簡単な構造にし、組み立ての手間やコストを減らす工夫をしています。

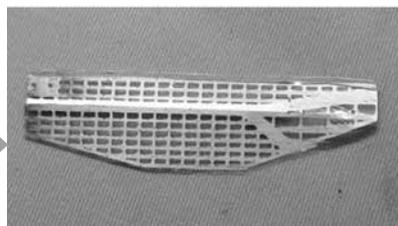
しかし、簡単な構造にしようとしても、なかなか思うようにはいかず、苦労しています。

— 小さな部品を作るといって、熟練した職人技のようなものをイメージするのですが、例えば、小さな歯切りなどで削っていくのでしょうか。

鈴木 歯車のような部品は、歯切りではなく、フォトリソグラフィ（形状を光で転写）とエッチング（形状に沿って材料を溶かす）という方法があります。しかし、小さな形状を作ることはできても、



①アルミの板に羽の形状を転写し、型に押し当てて折り目をつけて羽のパーツを製作



②翅脈（しみやく）と呼ばれる中空のすじから断面形状に至るまで忠実に再現



③トンボ型ロボットの小さな機体にはマイクロ加工技術が息づいている

全翼14cm質量2.5g

小さすぎると組み立てることができないという問題が出てきます。

— 組み立てる構造や部品は、小さいものになると、どのくらいの大きさなのでしょう。

鈴木 昔は1mmぐらいのものを組み立てていたこともありましたが、しかし、ものは小さくすることはできても、組み立てられなかったり、そのロボットを駆動させるためのエネルギー源がないという問題も出てきます。

マイクロロボットには動力源や素材も大切

— マイクロロボットの動力は何に頼っているのでしょうか。

鈴木 今はリチウムポリマーという電池を使っています。この電池は1~2gと軽いので室内で飛ばすマイクロロボットに使用するのに適していますが、バッテリーが10分ぐらいしかもたないのが難点です。

その点、蚊やハエのような昆虫は、小さな体であっても長時間飛び続けられるところはすごいと思います。

— マイクロロボットの材料はどのようなものを使っているのでしょうか。見せていただいた写真を拝見すると、真鍮（しんちゅう）のように見えますが…。

鈴木 そうですね、材料としては、真鍮、それとアルミ、銅などを使っています。

機能は「材料」と「構造」の2つの要素によって生まれるものです。マイクロロボットの研究にとって「材料」という要素はたいへん重要です。マイクロの構造はMEMS技術で作れますが、ナノの構造というのは材料の分子を集めて作り上げていくものなのです。

私は機械屋ですので構造を研究していますが、新しい材料を提供してもらえよう素材の研究者と連携することで、「材料」「構造」を兼ね備えたマイクロロボットを作っていきたいと思っています。

設計から組み立てまでロボット製作を自前を行う

— マイクロロボットを製作する際は、作業の一部を外部に依頼するなど、分業で行っているのでしょうか。

鈴木 いいえ、今は研究室の中ですべて自前で作っています。産

業として大量に作るのであれば分業にするべきなのでしょうが、基礎的な研究段階なので製作はすべて自分たちで行っています。

自分たちでマイクロロボットのプログラムを組み、自分たちで回路を設計し、自分たちで組み立て、自分たちでロボットを作り上げることを私たち機械システム工学科のコンセプトに掲げています。

昆虫の研究を応用し微細部品を扱う道具の開発も

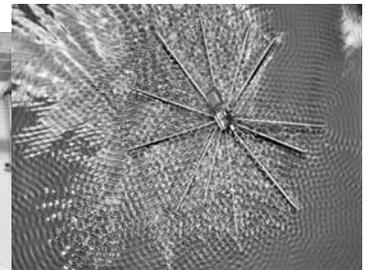
— 小さいロボットを作る上で、現在、問題となっていることや必要としている道具などはございますか。

鈴木 非常に小さいものを扱っているのですが、組み立てるときに顕微鏡を使いますが、小さいところを見ていると全体が見えなくなるなど、扱いにくいところがあります。そんなときは比較的焦点距離が長く、倍率が調整しやすい顕微鏡があると便利だと思うことがあります。

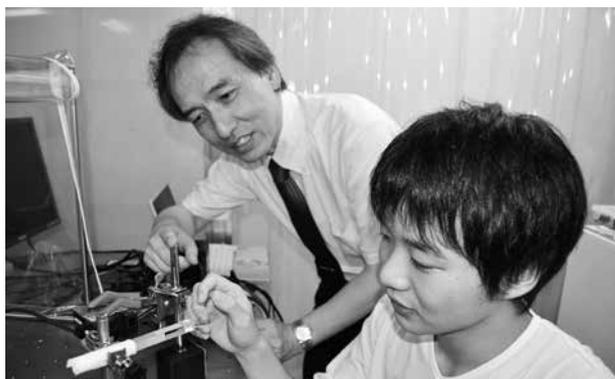
組み立てるときの道具に関して



大学院生が設計から組み立てまで自前で行ったアメンボ型ロボットにやさしいまなざしを送る鈴木先生



産学官との連携



マイクロロボット研究用に緻密な作業を行うための道具の開発にも意欲を燃やしている

言う、ピンセットは小さな部品を掴むことは容易なのですが、表面張力の影響で部品がくっ付いてしまい、離すことが難しいときがあります。

そこで、今後は昆虫の研究を活かして、小さいものを自在に動かせる道具の開発にも取り組みたいと思っています。例えば、ロボットにも応用したアリの足の構造を取り入れて、小さいものを簡単に掴んだり離したりする道具ができないものか、と考えているところです。

— 先生の研究室ではクリーンルームもお持ちなのでしょうか。

鈴木 クリーンルームは、大学の設備として、ほかの研究室と共用で使用しています。

— クリーンルームや加工装置に関しては、いかがでしょうか。使用されている感想などを伺えればと思います。

鈴木 クリーンルーム内での作

業は、全身を服で覆って行きますので、少なからずストレスになります。それとマイクロ加工装置も慣れるまでは大変でした。

私の学生時代に、クリーンルームやマイクロ加工装置が研究室に導入されたときも、慣れるまでには時間がかかり、はじめのうちは加工装置のお守りをしているようなところがありました。

他大学の研究者と協力し 研究の拠点形成を

— バイオミメティクスやマイクロロボットの研究に関して、他大学や他分野との共同研究などの取り組みが行われているのでしょうか。

鈴木 現在、学内外の研究者が互いに協力し合い、文部科学省の私学助成金の申請を行っています。そのためにも研究の拠点形成が求められており、さまざまな研究者との連携強化を図っているところです。

— 具体的にはどのような連携

があるのでしょうか。

鈴木 私学助成は5年ごとのプロジェクトで、私たちも次の5年に向けていろいろと計画を練っています。

このプロジェクトにはさまざまな先生が関わっており、研究の範囲も広く、応用分野も多岐にわたっています。そこで現在は、ミクロの構造によって発現する機能、表面の構造と機能を研究するプロジェクトを立ち上げようと計画しています。

こうした共同研究から、抵抗の少ない表面構造を応用して、機能性の高いスポーツウェア、スポーツ用品、ボールなどを開発することも可能になると考えています。

また、摩擦を減らす表面を使うことで、効率のいい機械の開発、人工臓器などの設計、あるいは、小さな構造で音が鮮明に聞こえる補聴器の開発など、さまざまな製品への応用が期待されています。

— マイクロマシンやマイクロロボットの研究が盛んな大学というと、どんなところがあるのでしょうか。

鈴木 マイクロマシンは多くの大学で研究されています。特に、東北大学や立命館大学などは研究が盛んです。

マイクロマシンの研究者の中には機械工学からだけでなく、電気回路から発展させていくうちに

機械を研究するようになった先生や、材料系や材料工学から入ってきた先生も多くいらっしゃいます。ちなみに材料系の研究では、以前から生き物に学ぶという考え方があったようです。

— ところで、鈴木先生の研究室では、何名ぐらいの学生さんがマイクロロボットの研究に取り組んでいるのでしょうか。

鈴木 私の研究室では、卒論生である大学4年生が10人ぐらい、そして、年によって変わることがありますが、大学院生が7人ほどいます。

— 先生の研究室の卒業生の進路先は、どのようなところが多いのでしょうか。また、マイクロロボットの研究を活かして、起業などをされる卒業生がいたりするのでしょうか。

鈴木 クリーンルームを使っていた学生は、装置メーカーや真空機器メーカーなどを就職先として興味を持ったりしているようです。

一方、現在のマイクロロボットの技術が学生の起業に結びつくかという点、まだまだ厳しいように思います。

大学の研究室では、基礎研究や学生が興味を持ちやすい研究を中心に進めることが多く、産業への応用や社会の役に立つ研究を優先して進めていくには難しいところもあります。

機能性表面の研究を まずはビジネスへ

— お話をお聞きしていると、マイクロロボットは玩具メーカーなどが興味を持ちそうにも思いますが、そのようなメーカーとの共同研究や商品化の提案などはございませんか。

鈴木 マイクロロボットの研究を面白いと言ってくれる企業はあるのですが、産業への応用となると、今のところ実現に至るまで道のりがある感じです。

産業への応用では、先ほど述べたように、バイオミメティクスの研究から生まれた機能性表面の活用の方が早いように思います。私たちも、ぜひその方向で産業界と協力していきたいと思っており、今、協力していただけそうな企業を探しているところです。

— ニュースなどを見ていると、アメリカでは軍が中心になって、小型の無人偵察機などを開発しているようですね。

鈴木 アメリカでは軍が研究費を出し、大学に研究を依頼することがあります。マイクロ・エア・ビークルと呼ばれる小型飛行機の研究を軍の資金でいろいろな大学が進めているようです。

大学と産業界との 良い連携の仕組みを

— ロボットの研究というと、多くの人が二足歩行の人間型ロボットをイメージするように思いますが、マイクロロボットは目的も発想もかなり異なるということですね。

鈴木 マイクロロボットは小さなものですから、人間の代わりになることはありません。小ささを活かして、人の行けないようなところや危険な場所で、その場所の状況を把握するような役割を担う存在だと思います。

紹介したトンボ型ロボットやアメンボ型ロボットなどは、福島第一原発の内部や汚染水の調査などに役立てたいと思っています。そのほかの場面での用途を挙げるとすれば、口から体内に取り



若い学生たちの熱気に包まれた研究室

産学官との連携

込んで異常のある部分を映し出すようなマイクロカプセルなどができれば、医療の分野でも大きな貢献ができるでしょう。

— 今後の研究の目標、あるいは課題としていることがあれば、お聞かせいただけますか。

鈴木 研究として取り組みたいことの1つは、これからも継続して昆虫の仕組みを調べていくこと。トンボなどの昆虫をさらに研究していくことで、より飛びやすい羽ができて、これまでとは違う小さな飛行機を作ることができるかもしれません。

もう1つはさまざまな連携を通して、社会の役に立つものを作っていくことです。課題を挙げるとすれば、大学の弱いところとして、アイデアは出ても、実際に製品化されたときにそれを壊れないようにしたり、長持ちさせたり、信頼性を高めたりすることがなかなかできないことです。産業化を考えるとのであれば、質の面をより高めていく必要があると思っています。



「原発事故などマイクロロボットが果たす社会貢献は今後ますます大きくなる」モノづくりへの強い思いは尽きない

— 鈴木先生の一連の研究は、国が目指すモノづくり社会に貢献するものになると思いますが、国や政策に望むことはございますか。

鈴木 難しい質問ですが、国には基礎的な研究にも、もっと予算をつけてほしいと思います。それと産業界との連携は、大学の教員個人の方では難しいところがあります。課題はあるでしょうが、大学と産業界との何か良い連携の仕組みができればと思います。

現在のところ、マイクロロボットをそのままビジネスにするのは難しいでしょうが、その技術を別

の分野に応用すると、面白い使い道があるように思います。

— 最後に、科学機器業界に身を置くメーカーやディーラー、団体に対し、ご意見やご要望がありましたらお願いいたします。

鈴木 これまでクリーンルームや各種の機器を通して、科学機器業界にはたいへんお世話になってきました。研究室で指導をしている立場から言わせていただくと、撥水面を作るときに使うピペットひとつをとっても、使い慣れていない学生だと一定量を取ることができません。これでは研究にも支障をきたしてしまいます。専門的な科学機器はもちろんですが、学生たちが練習をしなくても簡単に使えるような扱いやすい機器の開発や製品化を望みます。

本日はお忙しいところ貴重なご意見・お話をいただきありがとうございました。

今後の開発ならびに製品づくりの参考とさせていただきます。



マイクロロボットが描かれたパネルを前に未来を担う若きエンジニアたちと