



ようこそ
私の研究室へ

研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】

「マイクロロボットによるオンチップ高速除核・分注技術の開発」
チームリーダー

新井史人



細胞から核を除去するマイクロロボットを開発 バイオとロボットの微細技術を融合させて未来の医療を切り開きます。

PROFILE

新井史人 (あらいふみひと)
名古屋大学大学院 工学研究科 教授

1988年東京理科大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了。富士写真フイルム株式会社を経て名古屋大学工学部助手となり、同大学講師、東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻教授などを経て、2010年より名古屋大学大学院工学研究科マイクロ・ナノシステム工学専攻教授。工学博士。主な研究分野は

マイクロ・ナノロボット工学と微細作業システム、マイクロ・ナノバイオシステムなどで、マルチスケールのバイオロボティクス研究に取り組んでいる。09年よりJST研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】要素技術タイプの開発課題「マイクロロボットによるオンチップ高速除核・分注技術の開発」チームリーダー。



数センチ四方のチップの上に 機能をもつロボットを搭載

「卵子の核を除去するなどの細胞操作は、畜産や創薬、医療などで重要な技術です。しかし、複雑で高度な作業が要求されるため、一部の熟練した技術者に頼っているのが現状です。そこで、マイクロ流体チップに小さなロボットを組み込めば、簡便で確実な細胞操作ができるのではないかと考えました」

マイクロ流体チップとは、数センチ四方の基盤上に幅数十～数百μm(1マイクロメートルは100万分の1メートル)という微細な流路を形成したもので、高速で確実・簡便な実験や検査を可能にする。新井史人さんは以前から、そんなチップ上に搭載するロボット＝オンチップ・ロボット＝の研究を続けてきた。

ロボットというと、人間と同じかそれ以上の

大きさというイメージがある。しかし、微細加工技術の発達により、マイクロ・ナノサイズのロボット作製が可能となった。新井さんはこれまでの研究で、オンチップ・ロボットにさまざまな機能をもたせることに成功してきた。そうした技術を使って細胞操作に使える装置の開発に取り組みはじめたのだ。

大きな課題になったのは、操作の精度だった。卵子から核を取り出す操作に必要な力などの条件から、磁気駆動マイクロツール(MMT)が最適だと判断したのだが、ロボットを直接動かす場合に比べて精度が劣り、さらに磁力によってチップとMMTが密着して摩擦が生じるため、正確な操作が困難だった。しかし、試行錯誤の末に、2つの工夫でこの課題をクリアした。

「1つはMMTを動かすための磁石の向きを変えたこと。もう1つはチップに超音波で振

動を与えて摩擦を軽減できたことです。どちらも理論的には改善につながると確信していましたが、実際にその通りに精度が格段に向上したときは、うれしかったですね」

細胞操作は、不妊治療や再生医療などの最先端の研究で不可欠なものだが、従来の技術には世界中の多くの研究者が不満を抱いていた。そんな時に発表された新井さんの画期的技術は注目され、成果の一部を含む動画(*)が、2011年5月に上海にて開催された世界最大級のロボット工学分野の国際会議(ICRA2011)で最優秀学会ビデオ賞を受賞するなど、一躍、脚光を浴びた。



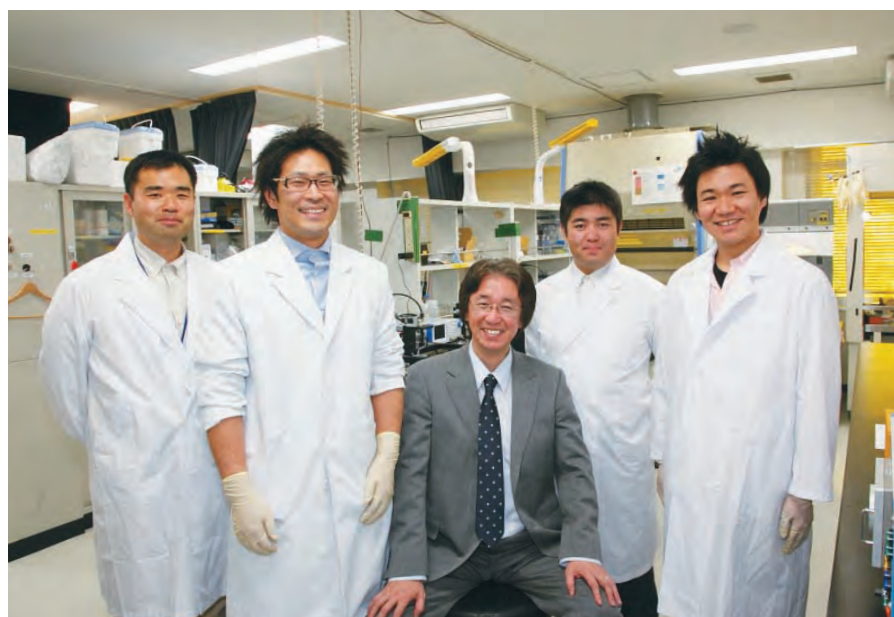
ものづくりの道を進むうちに もたげてきた生物への興味

「子どものころからものづくりが大好きで、特に動くものの勉強をしたいと思い、大学は機械工学に進みました」

初めて所属した大学の研究室で見かけたのが、振動を“自動”で感知して止めるロボットだった。センサーを内蔵した機械が、その情報をもとに判断して動く“自動化”に興味をもち、研究を進めた。大学院修士課程修了後は企業に就職し、激しい競争を繰り広げていたデジタルカメラの開発に取り組んだが、1年後、学生時代の恩師から声をかけられたのを機に、再び大学での研究の道に戻った。

「会社での仕事はとてもおもしろく、不満はありませんでした。しかし、以前から興味のあったバイオとロボットを結びつけた研究をしたと思ったのです」

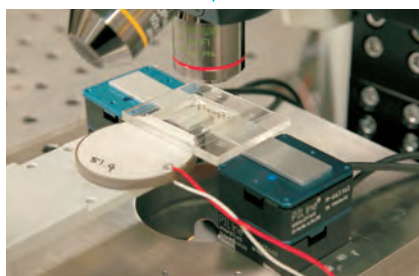
子どもの頃から、ものづくりと同じく生物にも興味をもっていた。小学生のときに父親から「天体望遠鏡と顕微鏡、どちらか買ってやる」と言われたときも迷わず顕微鏡を選び、身近な植物や昆虫を飽きもせず眺めていた。そんな思いが再び頭をもたげていたのだ。



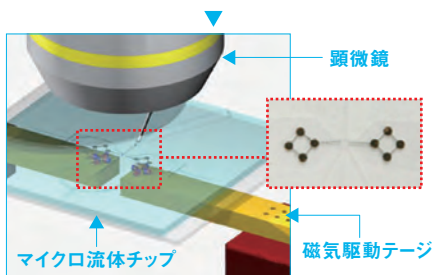
研究室のメンバーと。「目標を決めたら最後まであきらめない。そうすれば成果は出ると、学生から学びました」



MMTによる細胞操作のための顕微鏡システム。顕微鏡自体は一般的なものだが、観察対象を置く部分に磁気駆動ステージが設置され、そこにMMTを組み込んだマイクロ流体チップをセットする。



透明な板がマイクロ流体チップ。円形の部分は圧電セラミックスで、超音波振動を起こして操作精度をアップさせる。



マイクロ流体チップの中央に2つあるMMTは、磁気駆動ステージ上の永久磁石により非接触で駆動できる。細胞はマイクロ流体チップ内の細い溝を流れて移動し、中央のMMT操作部において分断などの操作が行われる。

「企業にいてもいつかはそうした仕事はできたかもしれませんが、チャンスだと思って会社をやめる決心をしました」

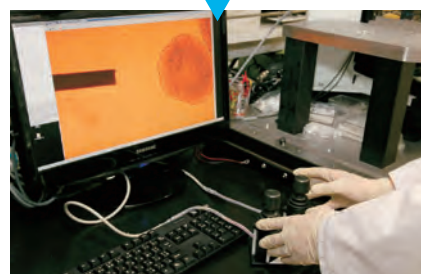
当初は、超小型センサーを先端に仕込んだマイクロマニピュレータを研究していた。しかし、センサーが壊れたらすべて再調整をしなければならず、効率が悪いことはなほだしい。そんなあるとき、「チップの中に小さなロボットを入れればいいんだ」と気づいた。このときからオンチップ・ロボット研究を始め、2000年にはJSTさがけに採択され、現在はJST【先端計測分析技術・機器開発プログラム】で、さらなる技術開発を進めている。



人の役に立つ喜びと フロンティアを走る志

「以前のさがけプロジェクトを通じて、バイオ分野の先生との交流の大切さを学びました。苦労して開発した技術や機器も、使われなければ意味がありません。ユーザーとなる人たちの意見を聞くことで、本当に役立つモノができるのです」

開発した技術や機器が実際に使われ、論文が評価されて、先生から感謝の言葉をもらう。そこには、子どもの頃のプラモデルや工作で得



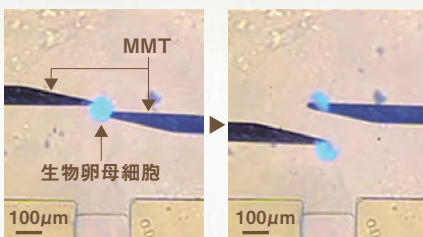
画面を見ながら手元のジョイスティックを使ってMMTのアーム(画面内の棒のような部分)を動かし、細胞を操作する。アームの種類を変えることで、細胞を動かしたり分断したりできる。

た自己満足とは違う「人の役に立つ喜び」がある。そこにやりがいを感じると同時に、「研究のフロンティアを走る志も抱いていた」という。

「新しい法則や仕組みを生み出すことが、役に立つ技術や機器の開発にもつながると思います。そのために必要なのは、学生たちとのディスカッションですね。磁石の向きを変えたり、超音波による振動を与えたりといった、今回の成果につながった工夫も、ディスカッションのなかから生まれました。そんな機会を逃がさないためにも、実験の現場に行っている目で確かめる姿勢は、忘れてはいけません」■

研究の概要

卵から核を除去し(除核)、細胞を含む液体を正確に指定の場所に移す(分注)技術はバイオ分野で極めて重要だ。しかし、その操作は複雑で高度なため、オペレーターの技能が研究の成否に大きく影響することが問題となっている。JST【先端計測分析技術・機器開発プログラム】の開発課題では、磁気駆動マイクロツール(MMT)をマイクロ流体チップ内に組



アームの形を工夫したマイクロロボットにより、細胞を高精度に切断することができる。

み込んで、非接触操作によって高速で除核することに成功した。チップは使い捨てで、使いまわしによる汚染の心配もなく、後処理も容易である。また、インクジェット技術を応用した卵子の分注技術も開発している。これらの技術は従来に比べてはるかに簡便で、畜産や創薬、医療分野の研究の進展に寄与するほか、細胞に限らず微小物体の操作や各種計測などを可能にする期待されている。

今後は、MMTの自動制御により、細胞操作を自動で行うロボットの実用化を目指す。