

理工学部電気電子情報通信工学科／知能遠隔制御システム研究室
ロボット工学、宇宙工学

國井 康晴 准教授



【プロフィール】 國井 康晴（くにい やすはる）▷1969年、東京生まれ。1988年、中央大学理工学部電気工学科卒業。1994年に中央大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士前期課程を修了し、1997年に東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。1997年に中央大学理工学部電気電子工学科・専任講師、1999年より同大学電気電子情報通信工学科及び同大学大学院理工学研究科・助教授（2007年より准教授）。ローバ、マニピュレータの遠隔知能やシステムアーキテクチャなどの研究に従事。博士（工学）。

人間が行くのが不可能な未知の世界で、 思い通りにロボットを操縦しながら、 ミッションに的確に伝えていく。

レバーを動かしながら巨大ロボットを操縦し、敵を撃退する。誰もが知っているそんな人気アニメさながらに、ロボットを自由に動かしていく遠隔制御技術が國井先生の研究分野です。設計・製作から始め、できあがったロボットが目指すのは、状況が謎に包まれた自然環境。そのフィールドは、火山から惑星まで人間が行くのが不可能な場所に及びます。自分の周囲の環境を計測し、得た情報をもとに動きを変える頭のいいロボットをつくりながら、主役はあくまで操縦する人間というのが先生の研究の基本。皆さんが子供の頃にアニメを見ながら見た夢が、中央大学理工学部のキャンパスでかなう。それがまさに現実となる場が、國井先生の研究室に用意されています。

分身のロボットが実現する 人間の能力を超えた作業

國井先生は、自然環境を「未知環境」と言い換えます。人間が行ったことがなくて、事前情報がない場所。木や草が生えている程度の情報や、惑星を撮影した画像はあっても、実際の細かな状況は分からない場所は全て対象になります。

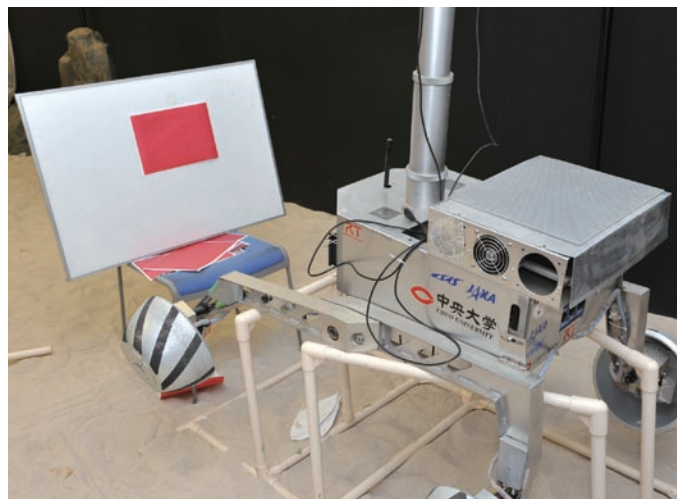
「自分の代わりにロボットの分身が行って、その世界にふれたり、旅や冒険ができる。そんなイメージです。そのときに、分身が見ているものを自分が見ているように見たいし、自分が動きたいように制御したい。そのために大切になるのが、周囲の環境を知る『環境計測』と、自分の思い通りに動かせる『遠隔制御技術』です。ロボットという道具を介して人間の能力を拡張し、自分では不可能なことができたり、時空の壁を超えて自分には行けない場所に行ける。もちろん被災地の調査など、災害対策としての活用も視野に入れていますが、原点は“未知の世界への冒険”です」

AIを搭載し、人間のように 状況判断を行うロボット

人間が視覚や聴覚を使って周りの状況を判断するように、ロボットも自分の目で見つめ、周囲との距離を計測しながら動きます。それが『環境計測』です。

「このロボットのカメラは首があって動くようになっています。

撮影された画像は、三次元データや計測データと共に操縦者に送られるので、データを重ね合わせて操縦を微妙にコントロールしていきます。ただ、移動するうちに状況は変化しますし、方向転換時に角度がズレたり、タイヤのスリップ時に位置が変化するなど、ロボットの側でも現実を再解釈しながら進みます。指示通り動くのがロボット、というイメージですが、AI（人工知能）を搭載し人間と同じように状況に合わせた判断ができるようにしているのです。ただ、複雑な自然環境のなかで全てロボットに任せるとは危険なので、環境計測のデータをもとに人間が判断するようにしています」



▲機能美を優先した國井研究室設計のロボット。ボディには、中央大学と（共同で技術検討を行っている）JAXAのロゴが描かれる。写真は、カメラの調整作業中。

インターネットを使って 9,000km離れたロボットを操縦

ロボットを遠隔操作するメカニズムはどのように構築されているのでしょうか。國井先生は、岩石が散乱する伊豆大島の三原山で、火山探査を主に研究を重ねていますが、同じ操縦を日本から9,000km離れたハンガリーでも行っています。

「中央大学の実験室にロボットを置き、私がハンガリーから遠隔操作しました。ロボットの構成は、いわばパソコンに通じるところがあり、通信はブラウザを介さないインターネットによって実現され操縦が行われます。長距離のため回線スピードが遅いなかで、いかに正確に動かせるかが重要ですが、モーターの回し方のような「モーションコントロール技術」から、環境計測技術やに関する「ヒューマンインターフェイス技術」、さらに人にとっての扱いやすさに関する別の「ヒューマンインターフェイス技術」まで階層的に組み合わせられています」

ロボットを正確に動かすには技術的な精度を高めるのが重要と考えがちですが、國井先生は別な見方もします。

「現実的に多くの障害がある未知環境で、どれほどの精度が必要でしょうか。確かに高精度なのはよいことですが、精度を上げて必ず誤差は出ますし、想定外の要素は必ず発生します。コンビニに行くのと同様に“いま家から何メートルの距離にあり地図上でこの地点にいる”などという地図情報の精度を高めるより『最初の角を曲がったところ』程度のレベルがあれば問題はないと考えます。もちろん地図情報の精度が重要な研究も存在しますが、目的を達成するためには、むしろ精度がそれほど高くなくても動く技術が大切なのです。

したがって精度にこだわるよりは、情報収集のチャンネルを増やして複数の情報から総合的に正しく判断すること、さらにその判



▲研究室に設けられた、ロボットの遠隔操作実験室。ここで“未知環境”を想定した実験を随時行うことができる。ハンガリーから遠隔操作を行う実験もここで実施された。

断をもとに修正し続けていく技術が重要になります。また、1つの情報に付加情報を組み合わせデータの情報量を膨らませる技術も視野に入れています。ただ、AとBの情報を組み合わせたときに、判断するうえで矛盾する内容があった場合の対処法など、解決すべき課題は残されています」

遠隔制御技術で大切なのは 様々な面のバランス感覚

國井先生の研究では、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) を中心とするワーキンググループに参加した技術検討をはじめ、地質学や惑星物理学の分野で活動する第三者との間で進められるケースも多く見られます。

「もちろん純粋な研究も並行して行っていますが、それよりもミッションを実現したい気持ちが強いです。与えられたミッションに対し、それを可能にするにはどのような方法があるか、ロボット技術によっていかに応えられるかを考える過程に興味をもっています。

現実におけるロボット制御で難しいのは、理論やアルゴリズムなどソフトウェア的な部分のみならず、ロボット自身がハードウェアとして環境と物理的な接触を生じ、そこから様々な拘束が生じる点です。ソフトウェアだけなら設計通りに動くでしょうが、そこに物理環境との接触がある場合、思い通りに動くとは限りません。

その面ではソフト・ハードのバランスを保つことが何より大切です。ミッションを目指す場合も、自分のこだわりの技術があったりするので、最終的な目的のためには何を優先すべきかを判断することが重要で、その結果、こだわりを諦めることも必要です。このように、ロボットやシステムにおける研究やミッションを成功させるためには“バランス感覚”が重要になります」

バランス感覚という意味では、人とロボットの関係もバランスで成り立っていると考えるかもしれません。

「私が『人間機械協調システム』と呼んでいるように、ロボットをあたかも人間のように動く完全自立型にするよりも、あくまで人間をトップに据えて基本的な判断を行わせ、そのうえでロボット自身の賢さが発揮されるように、知的な遠隔制御技術を高めていきたいと考えています。

それが必然的にミッションに応え、社会に貢献できる方法になって行くと思います」

Message ~受験生に向けて~

以前は、やってみたい夢について学生と語り合うことができました。しかし最近、自分のやりたい夢を言える人が少なくなっているような気がします。まず高校時代に自分が楽しいと思う夢を探してみてください。そして自分が本当にやってみたいと思えることが見つかったら、面倒くさいなどと言わず突き進んでください。すべてが自分の未来のための投資だと思えば、損得抜きにチャレンジできると思いますし、目の前の困難も乗り越えられると思います。