慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	多様な領域を研究し極限環境で活動するロボットを開発 : 研究成果をもとに、災害や農業、物流などに役立つロボットも
Sub Title	
Author	平塚, 裕子(Hiratsuka, Yūko)
Publisher	慶應義塾大学理工学部
Publication year	
Jtitle	新版 窮理図解 No.30 (2019. 3) ,p.2- 3
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究紹介
Genre	Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000030-0002

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究紹介

今回登場するのは、宇宙、火山、災害現場などで活動するロボットを開発している、
石上玄也准教授です。

多様な領域を研究し 極限環境で活動するロボットを開発

研究成果をもとに、災害や農業、物流などに役立つロボットも

「人を助けるロボットを作りたい」という石上さん。月や火星、災害現場など、人間が行くことの難しい場所で、人間の代わりに調査や活動をするロボットをはじめ、重い荷物を運ぶなど、人間の負担を肩代わりしてくれるロボットの開発も進めている。

ロボット研究の基盤となる 4つの分野

1台のロボットには、機械工学、電子工学、制御工学、情報工学などさまざまな分野の技術が注ぎ込まれている。それぞれの領域に特化する研究者が多いなか、石上さんはロボットの様々な側面について研究開発をしている。

「最初は、“テラメカニクス”という、まさにロボットの足元の力学をやりました」と石上さん。ロボットが月面を走行するとき、その足元は平坦ではない。砂地や岩石が散らばる月面などで車輪はどういう状態になるのか、力学的な考察が必要であった。

足元がわかると、ロボット全体の挙動が気になった。障害物を乗り越えるときにロボット車体がどのように揺れるのか、あるいはひっくり返るのか、そうしたことを解析してコンピュータの中で再現する、“マルチボディダイナミクス”という分野にも取り組んだ。これは、惑星や衛星の表面に探査機が着陸するときのシミュレーションにも使われている。

体の次は知能に関心が向く。「どう動けばいいかをロボット自身が選択できるように」と考え、“自律移動システム”の分野に進む。車輪をコントロールするためにはどうしたらいいか、どの走行ルートを走れば最も安全かなど、自動運転につながるような研究だ。情報学を基盤とする分野だが、それまで扱ってきた力学の知識が役に立ち、効率のよい解析や結果の正確な解釈ができた。

様々な分野を手掛けてきた経験は、知能をもった車輪「センサーホイール」の開発に結実する。それは足の裏のような感覚を持つ車輪で、車輪自身が、地面の固さや自分の沈み具合、滑り具合を認識することができる。また、走行データを蓄積し機械学習を介することで、走るたびに賢くなっていく可能性がある。これはテラメカニクスの分野では画期的な研究成果として評価されている。

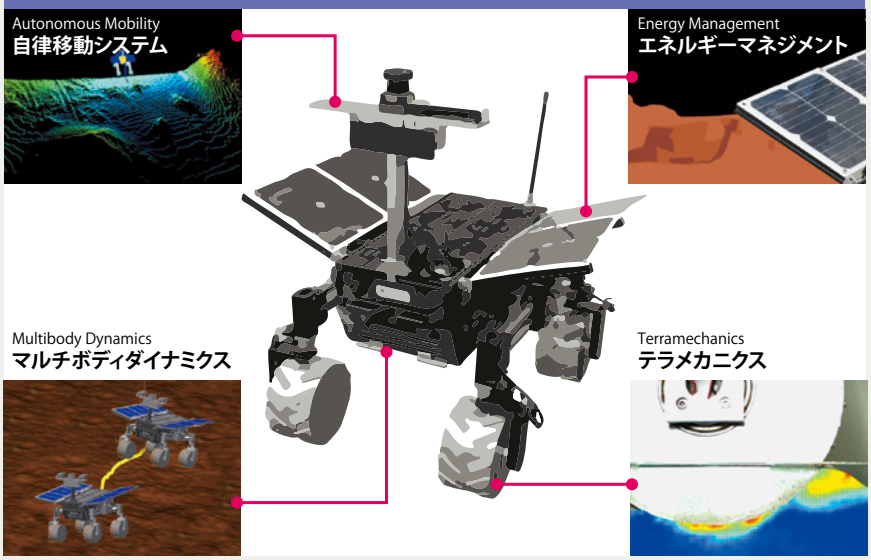
もう1つ欠かせない課題は“エネルギーマネジメント”だ。月面など極限環境では、ロボットの電力消費を抑えて、効率よく動くことが至上命題となる。太陽電池パネルを搭載したロボットの最適な発電制御手法を機械学習で導き出したり、発電量やエネルギー消費量を考えたルートやロボットの動作を生成したりする。エネルギーロスの少ない走行を実現するためには、テラメカニクスの知見が必要で、ここでも石上さんが横断的に研究を進めてきた強みが発揮されている。

火星や月、火山などで 活躍するロボット

石上さんはこれらの4つの基盤研究を様々な応用分野に生かしている。現在携わっている宇宙関係のプロジェクトは3つあるそうだ。1つは宇宙航空研究開発機構（JAXA）が主導する火星探査計画で、この計画では火星表面や表層下（地下）でサンプルを採取して生命の痕跡をはじめ様々な科学探査を立案している。石上さんは、科学探査装置を搭載する移動ロボットの仕様やシステム設計に携わっている。

2つ目は、同じくJAXAの火星衛星探査計画MMX（Martian Moons eXploration）。これは2020年代前半の探査機打ち上げを目指している。フォボスとダイモスと呼ばれる火星の2つの衛星でサンプル採取を行い、小惑星探査機はやぶさのように地球にサンプルを持って帰るプロジェクトだ。石上さんのチームでは、衛星に着陸する際の探査機

ロボット技術の 4 つの基盤研究

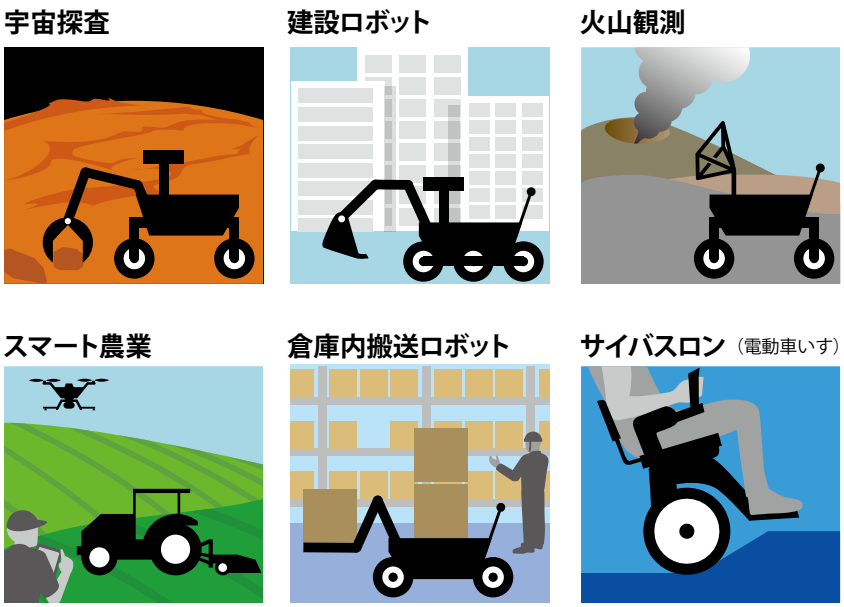


の挙動のシミュレーションを行っているとのこと。

そして、3つ目は月面に発見された縦孔と呼ばれる地下空洞の探査。月面のすぐ下には富士山麓にある風穴のような大きな洞窟がある。将来、人が月に行ったとき、宇宙の放射線を防いでくれる場所として期待できる。この縦孔へ投入する小型ロボットも検討しているとのことだ。

一方、石上さんはこれまでに伊豆大島の三原山や阿蘇山で、移動ロボットを使った火山観測実験も行ってきた。現在は、火山の調査方法として注目されているミュオグラフィ（宇宙空間から降り注ぐ素粒子ミューオンを観測する手法）の観測装置をロボットに搭載して、火山の空洞調査を行うことを検討しているとのことで、これにより火山の水蒸気爆発の規模を推定することが可能になるかもしれない。

応用研究の 6 分野



この 6 つの応用研究それぞれどれもが、4 つの基盤研究に支えられている。

災害現場や運搬作業の負荷軽減に貢献するロボット

ロボットの遠隔操作技術は災害現場などでも威力を発揮する。内閣府が推進する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）の1つ、「タフ・ロボティクス・チャレンジ」は、人間が近づくことが困難な災害現場で活躍する、タフなロボットの実現を目指すプロジェクト。石上さんは建設車両を使い、災害地での大量の土砂や岩石などの除去作業、震災で倒壊した家屋の屋根を持ち上げて、中の人を救出する作業などのシミュレーション検討を担当している。

このほか自律移動システムを使って農薬の散布や農産物の収穫を補助するロボットも手掛けている。例えば、搭載したカメラで作業者を認識するロボットが、その作業者の後ろについて一定の距離を保って追従し、収穫した農作物を運んでくれるといったものがある。「足場が柔らかく不安定な農場をスムーズに走行させる技術はまかせてほしい」と石上さん。ここでも研究してきた基盤技術が生かせるそうだ。

「同じ仕組みは物流倉庫にも使える」という。1人の作業員が1日に何トンもの荷物を運んでいる倉庫で、荷物のピックアップや運搬をロボットが手伝えば、負荷軽減、人手不足の解消にもつながる。このようなロボット導入は、ときとして「人の仕事がロボットに奪われる」と警戒されるそうだ。そのようなとき石上さんは、「人から仕事を完全に奪うのではなく、人が出来ること、ロボットが出来ること、それぞれを協調して仕事を効率化する、それを実現していくことがロボットのあるべき姿になる」と伝えているそうだ。

電動車いすの技術を競う国際大会に出場

電動車いすの開発は、さらに積極的に人を助ける研究である。ある日、理工学部長の伊藤公平教授と偶然同じ電車に乗り合わせたときのこと。「石上さん、サイバスロンに出てみない？」と教授から持ち掛けられたのがきっかけだ。サイバスロンは、障がい者に対してロボット技術を役立てることを目的とした国際コンペティション大会で、電動車いすレースがある。

このレースの課題は、「狭いところを走る（スラローム走行）」「坂を登る」「車いすに乗ったままロボットアームが自動でドアを開ける」「車道から段差のある歩道に上がる」など、車いすを使う人が直面している現実的な問題を障害物とするものだった。石上さんはその場で参加を決断、2019年5月に開催される電動車いすシリーズ日本大会に出場することになった。

“研究のための研究”に終わらせてはならない

「ロボットの研究者が気を付けなければならないのは、研究のための研究だけであってはならないということです」と石上さん。基盤研究を大事にしつつも、自分の研究が実際の現場でどう使われるかまで見据える必要があるといい、研究室の学生にも、研究の背景を常に意識するように指導している。

それを強く意識したきっかけは、東日本大震災だった。福島第一原子力発電所の事故が起きたとき、日本製の探査ロボットはすぐ実働できる状況にあったにもかかわらず、最初に探査に入ったのはアメリカ製の軍用ロボットだった。技術的にはアメリカ製よりも日本製が優れていたのに、すぐに貢献できるはずのタイミングを失い、多くのロボット関係者が歯がゆい思いで見守っていたそうだ。

石上さんが作りたいのは、実際の現場で人の役に立つ、人を助けるロボットだ。

（取材・構成　平塚裕子）