

ロボット・スパイラル

鈴木高宏

この文章を書いているこの平成20年5月、新聞一面に「宇宙の軍事目的利用可能に」なんて見出しが出たことを、今これを読んでいる読者の皆さんはどれだけ気付かれていただろうか。暫定税率、道路特定財源、後期高齢者医療制度、「ねじれ国会」で審議が空転することもしばしばな中で、この宇宙基本法なる法案だけは自民・民主とも賛成のもとですんなり可決されたのである。はや宇宙戦争時代の幕開けか、ガンダムのプロローグのような画が頭に浮かんだりもするのは、まあ自分の世代に特定のこともかもしれないが、南極、深海、宇宙、といったフロンティアは、人類史上常に未開発の資源と領土から各国の争いの火種を秘める一方で、また同時に科学技術にとって先端の地でもあるのだ。

この宇宙基本法、5/1付の日経BPネットのコラム「技術経営戦略考」で参議院議員・早大客員教授の藤末健三氏が述べているような、文科省から宇宙開発関連の権益を切り離すため、という理由が本当なのかどうかは分からないが、報道等でよく聞かれる説明としては、北朝鮮から飛んでくるかも知れない弾道ミサイルの防衛のための偵察衛星（早期警戒衛星）などを可能とするため、ということである。誤解を招きたくはないが、私も戦争には絶対反対と思っている。ただ、憲法9条でさえ、いくら言ったところで実質的には既に形骸化しているというのが多くの国民の実感だと思うし、物事はそう単純ではないのが本当のところだろう。実際、今や新しく店頭にあるケータイには全てついているGPS、この恩恵を受けたことのない人はまずいないと思うが、これはもともと軍事目的で米国が打ち上げた衛星のおかげであることは、どれだけ意識されているだろうか。少なくともその恩恵を十二分に感じている私には、宇宙の防衛目的利用に関して、頭ごなしに反対することが果たして正しいのか若干の疑問を感じてしまう。結局のところ、実際の利用が適切か、今後常に注意して見ていく必要があるというところではないだろうか。

昨秋、佐倉先生に依頼されて科学技術社会論学会というところで拙いお話をさせていただいた時にも指摘したのだが、そもそも私が身を置いているロボット分野というのは、日本でこそそんな空気はまず感じられないが、一歩海外に出れば、軍事目的利用というのが常につきまとうところである。自動操縦技術は無人の偵察機や偵察車両のため、装着型ロボットスーツは重装備の兵

士が長時間疲れずに行軍するため、通販などで見たことのある人も多であろう米国i-Robot社製の自動掃除ロボット「Roomba(ルンバ)」は、やはりそうした軍事予算による開発成果が民生利用された典型例だ。

もちろん、軍事以外の人類の幸福に役立てる応用例は他にもごまんとあるのだが、巨額の軍事予算に支えられて急速に進展する研究開発を無視することはなかなか難しいのが現実だ。そのようなわけで、このことから同時に頭に浮かぶのは、「夢」だけではなかなか納税者（はたまた財務省か）を納得させるのが難しい宇宙関連の研究開発に、今後は違った風が吹いて来るのでは、などというやや罰当たりな期待であったりもする。ただこのことがどちらに転ぶかはまだ分からない。しかし、少なくとも「宇宙」というフィールドを取り巻く状況がこれまでと変わることだけは間違いないだろう。もともと、卒論で取り組んだテーマが宇宙ロボットであり、それ以降の研究では表向き特に現していないものの、常に研究の応用先の一つに宇宙を考えてきた自分にとっては、この話はどうも単純には片付けられないのである。

さて、私が卒論で取り組んだそのテーマというのは、宇宙ロボットの「スパイラル・モーション」というものであった。

宇宙飛行士の毛利さんや土井さんらが見せてくれたように、宇宙の無重力環境では、手や脚を振り回したりすることで体の姿勢を回転させる、という"技"が可能である。同様の現象として、猫を逆さに落としても、体をうまくひねることでちゃんと足を下に着地できる「猫ひねり」というのも挙げられるし、体操選手が空中で月面宙返りをしたりするのもそうだ。これは別に勢いをつけて回るだけではなくて、角運動量保存則、という法則をうまく利用した現象である。

無重力で浮遊している状態では、手や脚などを動かすと、その反動で体の向きが動いてしまう。そのため、体の向きを変えないように手や脚を動かすのは、地上と違って簡単ではない。しかし一方で、手や脚を“円”を描くように動かすと、同じ姿勢に戻っても体の向きだけ回転している、ということが起こる。これが、宇宙飛行士の"技"のしくみだ。

このしくみを、ロボットアームを搭載した人工衛星（すなわち宇宙ロボット）に応用しよう、というのが上述の「スパイラル・モーション」だ。人工衛星は、太陽電池パネルは常に太陽を向いていないと電力が保てないし、アンテナは常に地球を向いていないと通信が切れて迷子になってしまう。スペースシャトルに搭載されていたような巨大なロボットアームをこうした人工衛星に搭載すると、そのアームをちょっと動かすだけで電力やら通信が切れてしまう、というのでは使い物にならない。そのため、通常は姿勢を一定に保つために、ジェットを吹かししたりするのだが、それでは燃料が切れてしまうと、ジ・エンドである。

そこで、アームを直線的に動かすと姿勢が変わってしまうのを、アームを円を描くように動かすことで姿勢が変わることで打ち消し、両者の複合による動きで姿勢変化のないようにする。す

なわち、直線+円で、らせん（スパイラル）というわけである。

もちろん、これは当時の先生からいただいたアイデアなのだが、このスパイラル、色々な示唆に富んだ考えであり私にはなかなか浅からぬ縁があるようである。

生産技術研究所に任官してしばらくして、同僚から東大病院の先生を紹介されて人工食道を作ってほしい、というテーマをいただいたとき、提案されて作った試作1号機の機構は、スパイラル形状のスクリーをモータで回転させて、食べた物を胃まで運ぼう、というものであった。このテーマでは（曲りなりにだが）学会で奨励賞をいただいた。色々問題点もあり、また諸事情に恵まれないこともあって、その後の開発が進んでいない面もあるが、色々期待が含まれる研究テーマと思っている。

現在行っている、ひもの運動制御の研究においても、新体操のリボン競技におけるように、ひもを回転させることで、スパイラル状に3次元空間内で2次元の曲面を保持することができると考えている。これは、本年3月に学府を修了した修士学生が取り組んだ、「3次元超柔軟ディスプレイ」の開発で用いられた考えである。

また、位置を横軸に、速度を縦軸にとった位相平面では、スパイラル状の挙動が多くの力学系で見られる。これは短周期の運動と長周期の運動が重畳することで現れるのだが、こうした系の制御の場合、短周期の運動は平均化して、長周期の運動のみを抽出してそこに合わせた方が、少ない労力で効率的に制御を行うことができる。これは、日常的に身の回りで見られる様々な制御に対しても示唆に富んでいる。

また“スパイラル”は、学環という“環”が進んでいく、回りながら上に登っていくことを表すとも言える。今年度から務めることとなった企画広報委員長の初仕事の一つとして行った、学環・学府ニューズレターの表紙改訂において、全くのたまたまだったが、“スパイラル”を採用することになった。

平成10年に任官して以来、まる十年になるが、正直なところロボットを専門にしていると言っても、上記の一連の研究テーマから分かるように、その分野の中心からは随分外れたことばかりやって来て、いわば回り道ばかりしてきたようにも思う。（いやもちろん、これらのテーマは、一般には狭いイメージで固定化しているところがある「ロボット」に対して新たなイメージを提案する意義を持つと信じているのだが。）しかし、その間に学会活動なども含めて色々視野も広がったと感じている。特に、学環に来たことで文理を越えた目を多少なりと持てるようになった。そしてその上で、改めてロボットらしい研究テーマへの取り組みが進み始めている。まだどうなるかは分からないのだが、自分にとってはただまっすぐ進んでいたのではたどり着けなかった視界のもとに、他にはない独創性をもって進めていけそうな実感を持っている。それらのテーマの詳細はおそらくまだ今の段階で述べるべきではないのだが、その中には、卒論以来離れていた宇宙ロボットに関わるものもあり、場合によって大きな流れの中に巻き込まれるようなことも

あるかも知れない。自分としては、人類の不幸につながらないよう、科学者・研究者の良心にもとることないよう、微力でも力を尽くしていく必要があるだろう。その点でも、科学技術と社会との関わりを考え、そうしたテーマに取り組む機会が持てる学環というこの場に身を置いていることは、非常に意義深いと感じている。スパイラルの進む方向が負ではなく、正の方向であるように心がけたい。

さて、こうして書いていたら依頼された字数をいつの間にか過ぎていたようである。例によって、当初書こうと思っていたことの半分ほどは結局含まれていなかったりするのだが、これ以上このような駄文に読者の皆さんを付き合わせるのも限界だろうから、この辺りで筆、いやキーを擱(お)くこととしよう。



鈴木高宏 (すずき たかひろ)

1970年7月生まれ。

【専攻領域】 ロボティクス

【著書・論文】

超柔軟ロボットシステムの開発, 『パートナーロボット資料集成』第2.2.7節, エヌ・ティー・エス, 2005. 「柔らかい機械」をつくる — 超柔軟ロボットシステムの運動制御, 渡辺正編『バイオに学びバイオを超える — 工学からバイオへのアプローチ』第13章, 日本評論社, 2004. 非ホロノミック自由関節マニピュレータの制御, 日本ロボット学会誌19巻4号499-509頁, 2001年5月. 非ホロノミック宇宙ロボットのスパイラルモーション, 日本ロボット学会誌13巻7号1020-1029頁, 1995.

【所属】 東京大学大学院情報学環/(兼) 生産技術研究所・准教授

【所属学会】 日本ロボット学会, 日本機械学会, 計測自動制御学会, 自動車技術会, IEEE