



# 人にやさしい機械をめざして

—— 林・岩附研究室～機械知能システム学科 ——



(左) 林 巖 教授

(右) 岩附 信行 助教授

ここ林・岩附研究室では、主にふたつのテーマを中心にして研究を行っている。ひとつは「サイレントテクノロジー」、そしてもうひとつは「超精密ロボット」についての研究である。いずれの研究からも、機械知能システム学科の目標である「人間にやさしいものを産み出す」という姿勢が取材を通して感じられた。今後は人間と技術がいかに共存していくかがますます問われる時代になる。この研究室で行われている研究は、そんな時代の要請を先取りしたものといえるだろう。それでは具体的な研究内容について、これから紹介していくことにしよう。



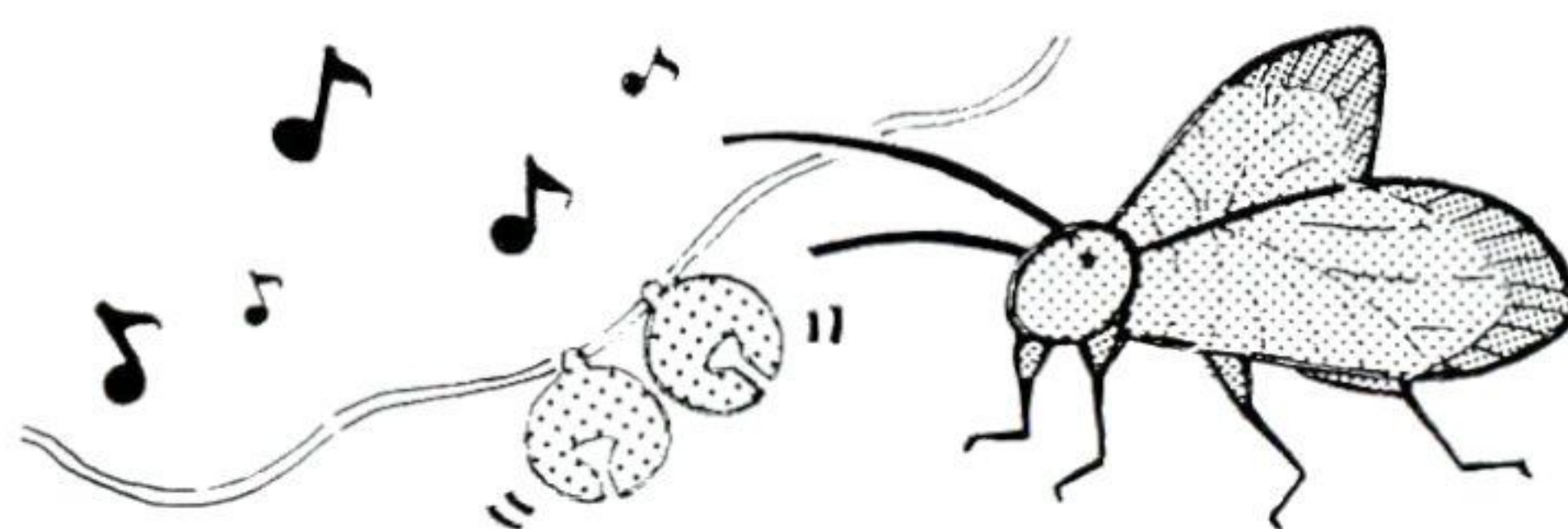
## 振動を見ながら騒音をなくそう

われわれの身の回りでは、実に様々な機械が使用されている。皆さんの中には、これらの出す騒音に悩まされた経験のある人もいるだろう。たとえば、掃除機の音で目を覚ましたり、町中を走る車や電車に耳をふさいだり……。ましてや、工場など騒音の大きな所で働く人の中には、耳に障害を起こしてしまう人さえいる。このように、われわれの生活の中では、あらゆる場面でいろいろな機械が騒音を出している。この機械が出す音を制御して、人間が快適に仕事や生活をできる環境の実現を目指すのが「サイレントテクノロジー」である。

これらの騒音は、ほとんどが機械が作動することによる振動が原因となっている。したがって、この音を小さくし、快適なものにするには、物体がどのように振動しているかを知ることが必要となってくる。そのためにこの研究室では「モード解析」という手法で物体の振動の様子を調べている。この方法を用いると、いろいろな振動を加えたときに、物体のどの部分がどのように振動するかを、手に取るように知ることができる。

図1は、直径20cmの半球殻に、ある周波数の振動を加えたときの様子を表している。この図は、振幅の様子を実際よりも誇張して表現しているので、どの部分が大きく振動しているかが一目で分かるだろう。こうして得られたデータをもとにして、どのような形にすれば振動、すなわち騒音を小さくできるかを調べていくのである。

このモード解析には「理論モード解析」と「実験モード解析」のふたつの方法がある。前者は、主に数学的な手法を用いて、物体の振動の様子を探っていく。したがってその性質上、球殻や円筒のような単純な形のものにしか用いることができず、複雑な形のものに対しては威力を発揮することができない。しかし、結果が数式で得られるため、物体のどの部分を変形すれば理想的な振動が得られるかを比較的把握しやすい。先ほどの図1





は、理論モード解析によって得られたものである。

これに対して後者の実験モード解析は、物体の各点の動きを実際にセンサで測定しながら、振動の様子を探るという方法を取る。この手法を用いると、形の複雑なものでも振動の様子を把握することができる。しかし、測定点の数を多くすると、データの分析に時間がかかりすぎてしまい、一方で測定点の数が少なすぎると、全体の振動の様子を知ることができないという欠点もある。

このように、どちらの方法にも一長一短があるが、この研究室では主に理論モード解析の方を中心に研究を行っている。というのも、物体の振動がどのように起こるかについての一般的な法則を把握することを目指しているからである。

ふつう機械を作ろうとする際には、設計の段階でどこに大きな力がかかる可能性があるかを予測し、なるべく壊れないような機械を作る。これと同様に将来は、機械を設計する段階から、どのような音が出るかが分かるようにすることを目指している。これが実現すれば、機械から出る音を思い通りに設計することができるのだ。

これがさらに進むと、ただ単に音を小さくするだけでなく、人間が心地よく感じるような音を出すことも可能になる。むしろ、完全に音がなくなるよりも、心地よい音に囲まれている方が、人間

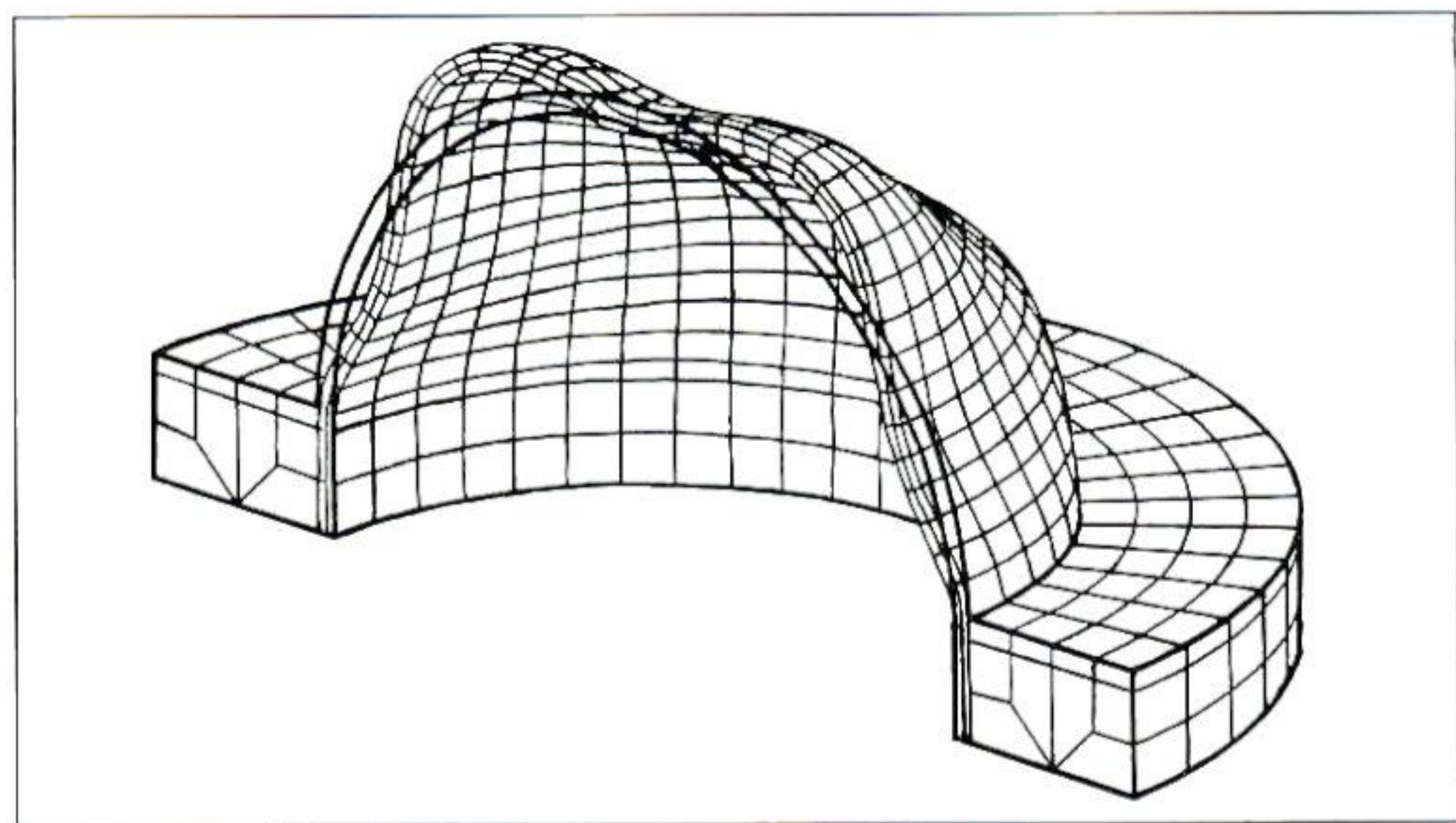


図1 理論モード解析

にとっては快適な環境といえるだろう。

それでは、心地よい音とはいったいどのようなものであろうか。たとえば、秋になると聞こえてくる虫の音色があげられるだろう。この研究室では、虫たちの出すきれいな音色に着目して、すず虫がどのような仕組みできれいな音を出しているのかを解明しようとする、ユニークな研究も行っている。すず虫の発音の仕組みを参考にして、どのような構造にすれば人間が心地よく感じるような音が出るのかを明らかにし、これを実際の製品に応用していこうというのである。今まで機械の出す騒音でうるさかった場所が、もし秋の夜の草原にいるような音に包まれるとしたら、どんなに快適に作業ができるであろうか。そのような理想的な環境を目指して研究を行っている。



## 暗やみを進む小型ロボット

さて、ここ林・岩附研究室では、もう一つの主な研究テーマとして「超精密ロボット」を取り上げている。ロボットというと、アニメに出てくるようなものや、工場にあるものなどの、大きなものを想像する人も多いだろう。しかしこの研究室では、主に人間にとって身近な生活空間で活躍できるような、比較的小さなロボットを対象に研究している。その中から水道管やガス管などのライフラインの補修を目的に作られた「ねじ型ロボット」と「ミミズ型ロボット」を紹介しよう。

私達の日々の生活を支えているライフライン。もしこれに異常が起これば、私達の日常生活に重大な支障を来してしまう。しかし、異常が起こったときにどの部分を修理すればいいのか知ること、は、なかなか容易なことではない。たとえば、水道から出た水が濁っていたら、どこか水道管が破

れているのではないかと考えるだろう。しかし、水道管は通常家の壁の中や地中に埋められているので、やみくもに穴を開けて調べることはできない。そこで、その異常を外側からではなく、内側から調べられるようにできないかということで、超精密ロボットの応用が考えられたのである。

水道管やガス管は、もっとも細い所では直径が20mm程度しかない。これは、水道の蛇口を思い出せば、どの程度細いものかが分かるだろう。しかもそれらは必ずしもまっすぐであるとは限らず、かなり急に曲がっているところも多い。こういった管の中をロボットがスムーズに移動するためには、ただ小さいだけではなく様々な工夫が必要となってくる。これから紹介するロボットには、細管内をスムーズに移動するためのユニークな工夫がなされている。



＜ねじ型ロボット＞

普通ならば、ロボットを移動させる最も簡単な手段として、車輪を使用することが思い浮かぶだろう。しかし自動車などと同じように、進行方向と車軸が垂直なもの（進行方向に車輪が回転するもの）だと、モーターをロボットの内部に組み込まなければならない。ところが、モーター自身を小さくすることには限界があるので、必然的にロボットそのものを小さくすることに限界が生じてくる。また、モーターが故障してしまった場合に自力で移動することができないため、管内から取り出すことが非常に困難になる。こういった問題を解決するものとして考えられたのが、図2に示すような、ねじの原理を利用した「ねじ型ロボット」である。

この移動機構は、ねじが外側からまわされるだけで前に進んでいくのとはよく似ている。図2は、ロボットに取り付けられた車輪と管との位置関係を示したものである。通常とは違って、車軸が進行方向と平行な状態から少しだけ傾いているのが分かるだろう。この車輪が回転することで、まるでねじを回したときのように、ロボットが回転しながら管内を前進するのである。しかし、この車輪はモーターを使って直接回転させているわけではない。

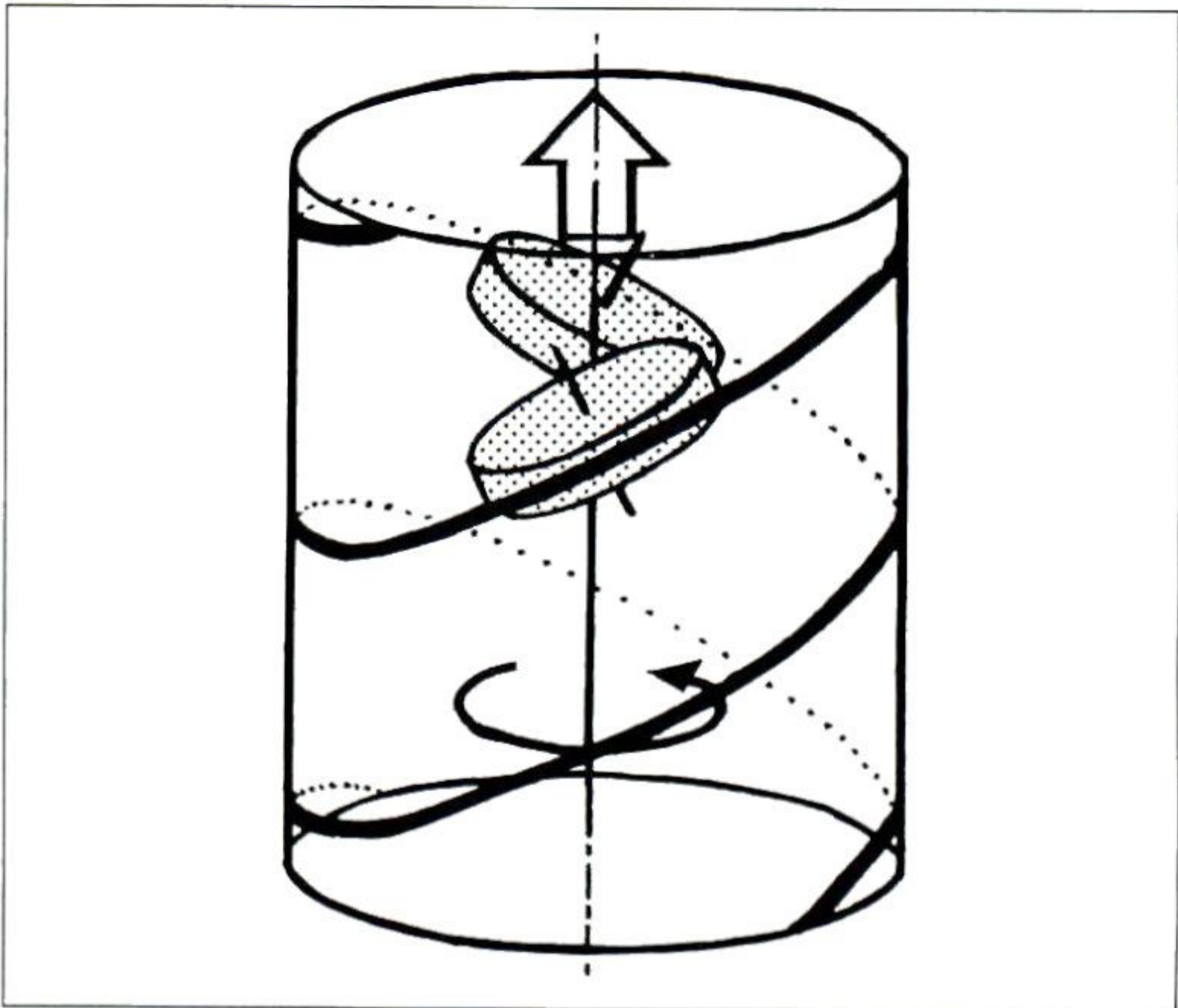


図2 ねじ型ロボットの車輪

このロボットには、図2のような位置関係にある車輪が計3個付いている。このような車輪の付いたロボットには、細長いチューブが取り付けられている。このチューブを外側からねじるように回すことによって、ロボットはまるでねじが進むように前進するのである。取り付けられたチューブは、ねじる力には変形しにくい、曲げる力には比較的に変形しやすい性質を持つ。したがって、曲がった管の中でもロボットにねじる力を伝えることができる。また、管内は金属が腐食したりして凹凸ができることもあるが、車輪は管の内側にきちんと接触するように工夫されている。

このねじ型ロボットであれば、本体を小さくすることも可能だし、管内から取り出せなくなるような心配もない。また、実際にこのロボットは、毎秒52mmの速さでまっすぐな管の中を進むことができ、速さの点では十分実用の段階に達している。しかし現段階ではまだ、緩やかなカーブを描いた管の中しか進むことができない。今後は改良を加えて、水道の蛇口と同程度に曲がった管内でも進めるようにできることを目標としている。

＜ミミズ型ロボット＞

そしてもう一つ、管内作業用のロボットとして研究されているミミズ型ロボットを紹介しよう。こちらは、先ほどのねじ型とは違い、車輪を全く使わずに前進することができる。

ミミズは前進する際に、体の一部分を縮めて太さを変えて、その部分を順次移動させていくことによって前進する。その動きをモデル化したものが図3である。太くなった部分が1・2、2・3、

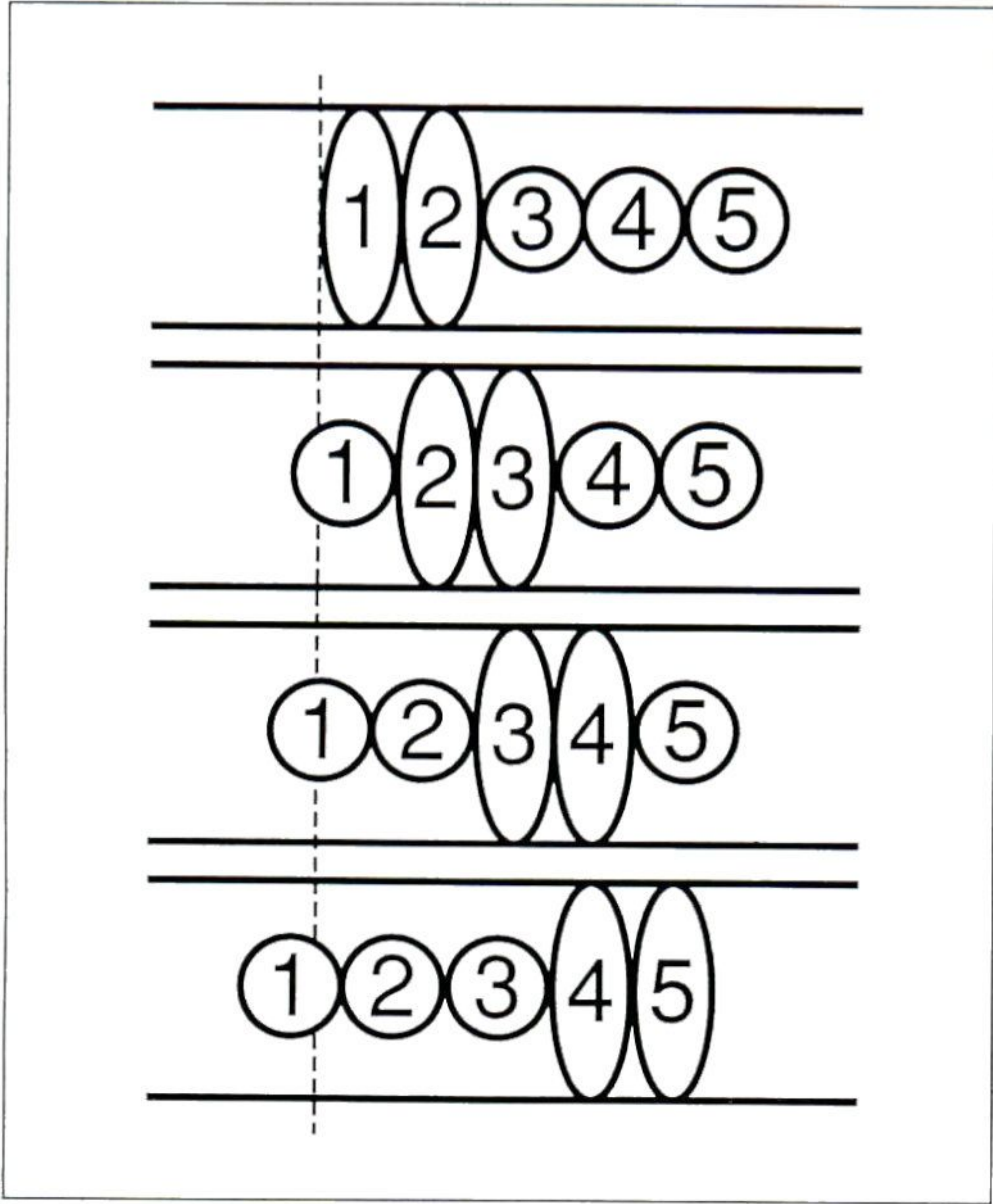


図3 ミミズの移動のしくみ



3・4、……と移動していくことによって、先頭の1の部分少しずつ前に進んでいるのが分かるだろう。ミミズ型ロボットは、この原理を利用して管内を前進するのである。

このロボットは、図4に示したようなユニットが3つつながったもので、全長は約80mmある。それぞれのユニットは、2枚のプレートをゴムとリンク（関節）でつなげた構造になっており、リンクには管の内側を捕らえるための足のようものが付いている。ゴムの内部は、図のように3つに別れた空洞になっていて、管の外からつなげられたチューブを用いて中に空気を出し入れすることができる。これによってゴムの内部の圧力を調節し、2枚のプレートの距離を変化させて、先ほどの図3のような動きを実現させているのだ（ただし、図3では縮んだときに管の内側を捕らえているのに対して、このロボットは伸びたときにリンクに付いた足が管の内側を捕らえることになる）。ゴムの内部が3つに別れているのは、それぞれの内部の圧力を微妙に変えることによって、曲がった管に沿っても伸び縮みができるように工夫されているためだ。

このミミズ型ロボットは、今のところまだ毎秒2mmの速さでしか進むことができず、先ほどのねじ型ロボットには、速さの点で全く及ばない。しかし、今までにない全く新しい移動機構であり、今後の改良次第では様々な用途に使用されることが期待される。ビデオでこのロボットを見せていただいたが、けなげに前進してゆくその姿は大変ユーモラスなものであった。

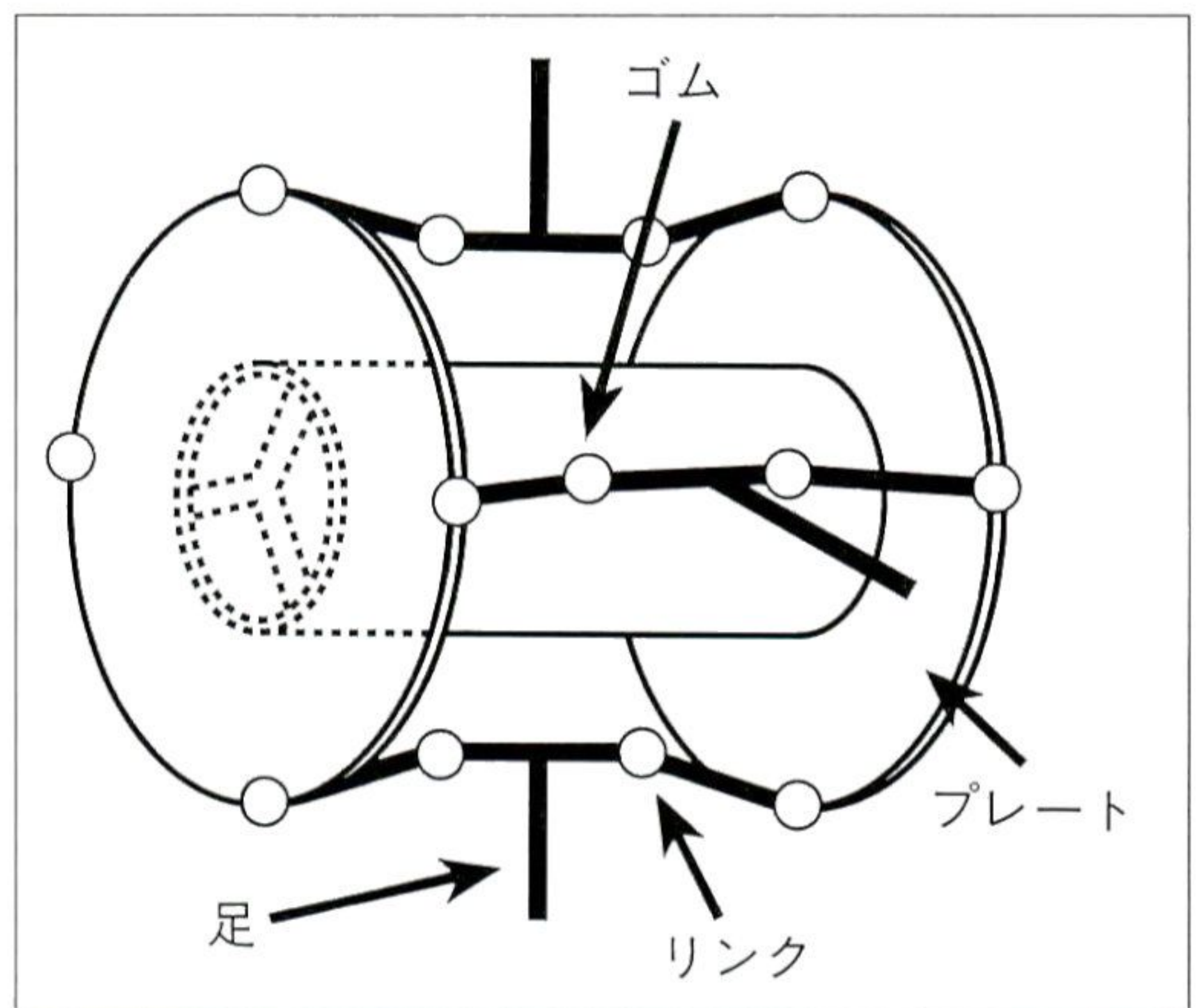


図4 ミミズ型ロボットのユニット



## 人間とロボットが共存できる日

この研究室では、今まで紹介した管内作業用ロボット以外にも、いろいろな角度からロボットについての研究を行っている。その中から「アメーバロボット」というちょっと興味深いものを紹介しよう。

現在使われているロボットは、固いアームが大きな力を出して動くものがほとんどで、人間が近づくには危険なものが多い。このようなロボットでは、病人の看護をすることもできないし、子どもが安全に使用することもできない。人間の生活空間で使用するためには、ロボットがアメーバのように、自由に自分の形を変えられる柔らかい構造を持つことが理想である。そのような発想で現在制作が構想されているのがアメーバロボットである。

たとえば、全体を網の目のような構造にして、自由に動く部分を多くすれば、柔らかい動きを実現できる。しかし、動く部分が多くなると、それだけ各部分を動かすための動力源がたくさん必要

になる。また、全体の動きを思い通りに制御することも困難になる。他にも様々な問題点があるため、このロボットの実現までにはまだ多くの時間が必要だそうである。しかし「人間と共存できる」ロボットを実現しようという夢に向かって研究が進められている。ひょっとしたら今年入学した新入生の中から、将来この研究に携わって、この夢を実現する人が出てくるのではないだろうか。



今回の取材では、林・岩附両先生にお忙しい中時間を割いていただきお話を伺いました。取材中には、ロボットのビデオを見せていただき、また、実験設備も見学させていただくなど、取材を忘れて楽しくお話を伺うことができました。ここに、取材に協力してくださった研究室の皆様にお礼を申し上げますとともに、今後の研究が実を結ぶ日が来ることをお祈りします。

(星 義克)