



宇宙開発に新しい風——宇宙ロボット

——梅谷研究室～機械物理工学科——



梅谷陽二教授

最近、バイオテクノロジーの技術が、植物の新品種や特効薬の発明などにとどまらず、日常生活品にまで使われている。それに似た言葉で、バイオメカニクス(生物力学)といって、生物の運動や構造をシミュレートし、ロボットなどに応用する学問がある。

今回は、このバイオメカニクスの研究を行われていて、その研究成果を宇宙ロボットの分野へ取り入れておられる機械物理工学科の梅谷陽二教授の研究室を訪ねた。現在、梅谷教授は工学部長をなさっており、研究方面以外でも多忙な毎日を送っておられる。

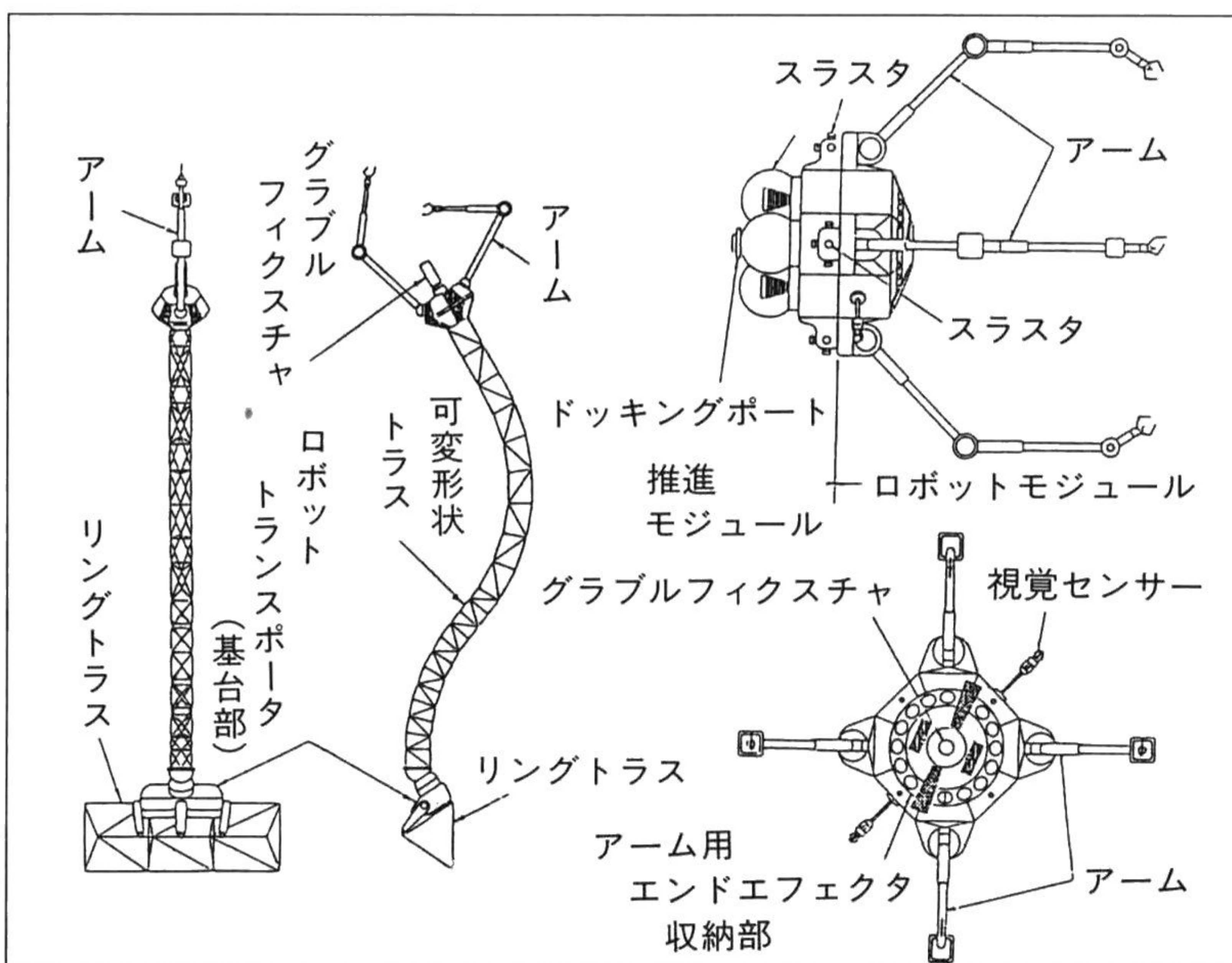


宇宙ロボットの提案～SFR・FFR

梅谷研究室では、宇宙ロボットの研究をなさっていると書いたが、地球上にあるロボットをそのまま宇宙で使ってはならないのであろうか。

ある系の中では常に運動量と角運動量が保存されるので、物体が動けばその反作用で周りの物体が動く。地球上では、この反作用を地球が吸収してしまう場合が多いので、あまり問題にならない。しかし、宇宙空間で宇宙船などに取り付けたロボットでは、宇宙船の質量が相対的に小さいのでその影響を無視することはできない。だから宇宙ロボットは、このような影響を加味して設計されなければならないのである。

梅谷研究室では、これらを考慮した2つの宇宙ロボットを提案されている〔図1〕。まず左側のロボットは、スキャフォールドロボット(SFR)といって、根元を宇宙構造物などの物体に取り付けるようになっているが、アームの先端のマニピュレータ(遠隔操作できるアームのこと)を動かしても、それらに影響を



〔図1〕 SFR(左側)とFFR(右側)の概念図

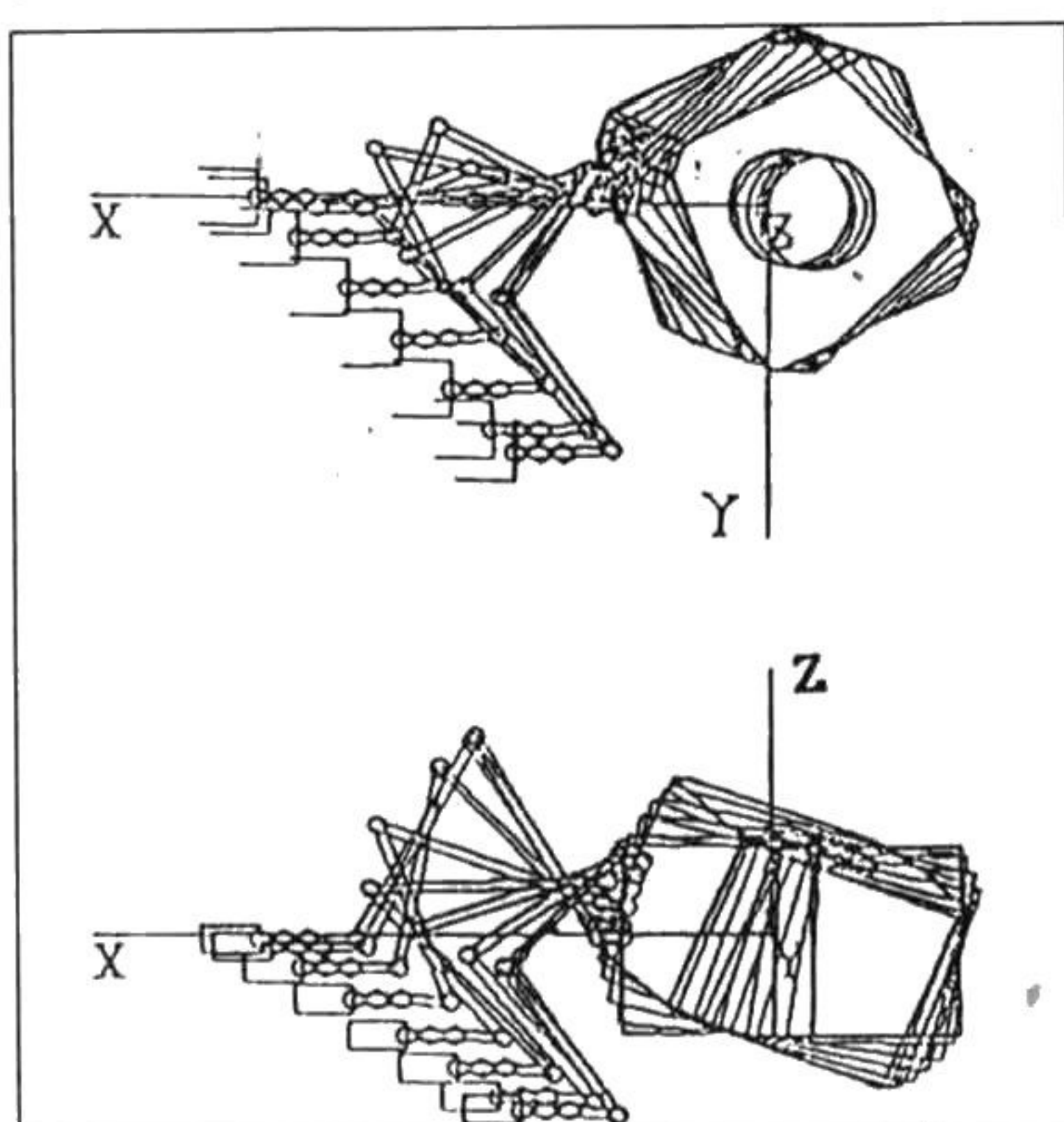
及ぼさないように設計されている。これは、マニピュレータを動かしたときに起こる反作用を、自分の体を動かして未然に防ぐように出来ているのだ。しかし、SFRには宇宙空間を自由に動き回ることができない

という欠点がある。

これに対し、右側のロボットはフリーライニングロボット(FFR)と呼ばれるもので、宇宙空間を自由に動き回れることが特徴である。

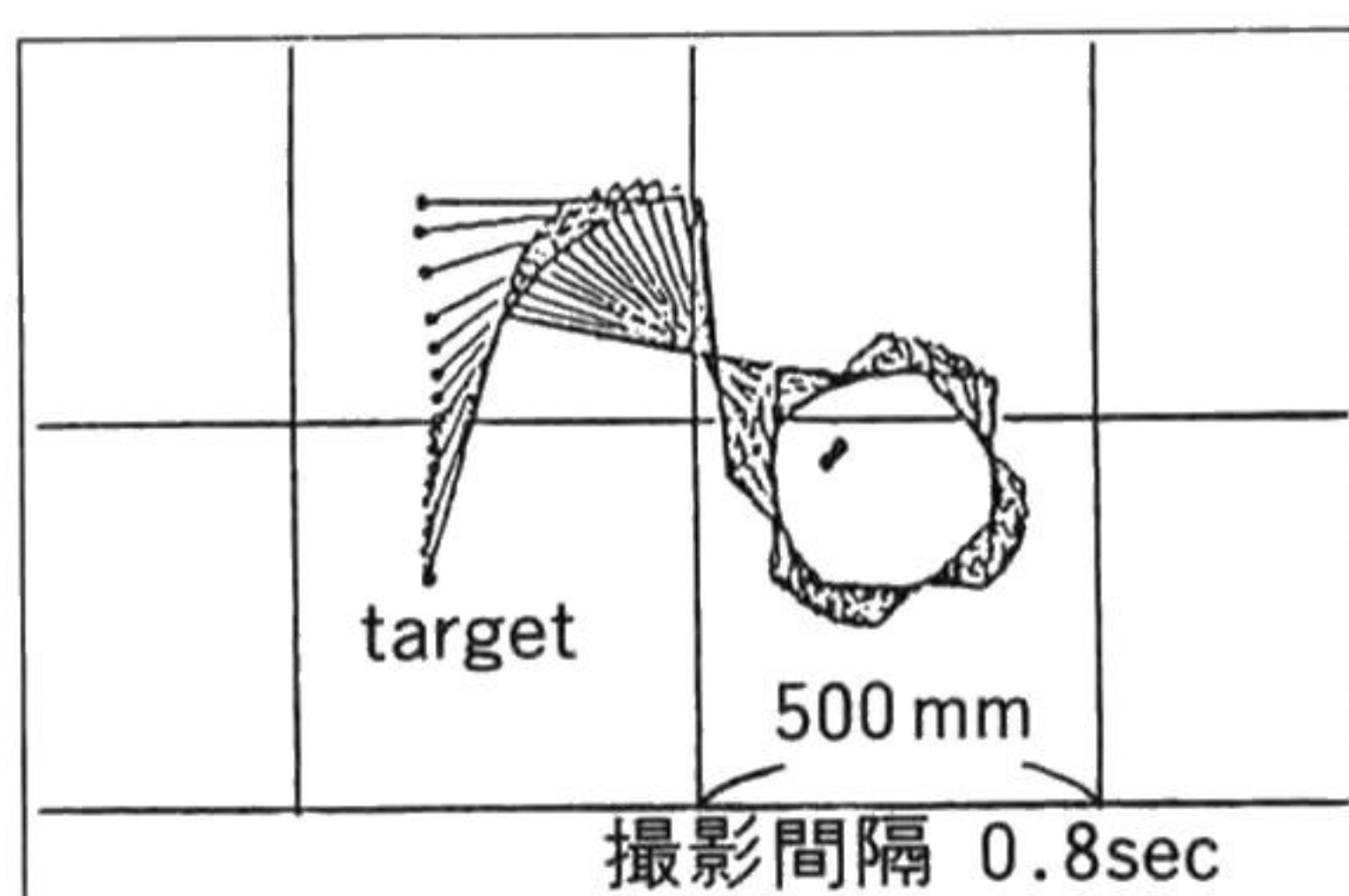


FFRの制御システムの研究



〔図2〕

3次元シミュレーション結果



〔図3〕

エアスライドによる実験結果

梅谷研究室では、この2つのロボットのうちFFRの方を重点的に研究されている。これは、SFRよりFFRの方が数多くの問題点を持っているからだそうである。

その中でも、マニピュレータを目標軌跡に沿って進ませるようにすることが、かなり難問であった。地上のロボットと同じように、マニピュレータをターゲットに向けて動かすと、本体が反作用を受けて廻ってしまうので目標点にたどり着くことができないのである。そこで梅谷研究室では、本体は動いても、アームがターゲットを捕らえることのできる制御方法の研究をされて、〔図2〕のようなシミュレーション結果を出した。この結果を見ると、反作用の影響で本体の向きが変わっても、マニピュレータの先端部がターゲットへ一直線に向っていることがよくわか

る。そしてこの結果をもとに、エアスライドという装置を用いて実験された。この装置はFFRの2次元モデルであって、摩擦のない平面を作ることによって擬似的な無重力状態を作り出すというものである。まずガラスの上にFFRの2次元モデルを乗せる。次に、このモデルからガラス面に空気を吹き出させて、2次元の無重力状態（摩擦のない平面）を作り出す。エアホッケーと同じような原理だと思えばよいであろう。そして、アームの先端をターゲットに向けて先程のシミュレーション通りに動かして、その過程を実験結果として上部からカメラで撮影する〔図3〕。これを見ると、本体が回転してもアームの先端がほぼまっすぐに進んでいることがわかりただけである。



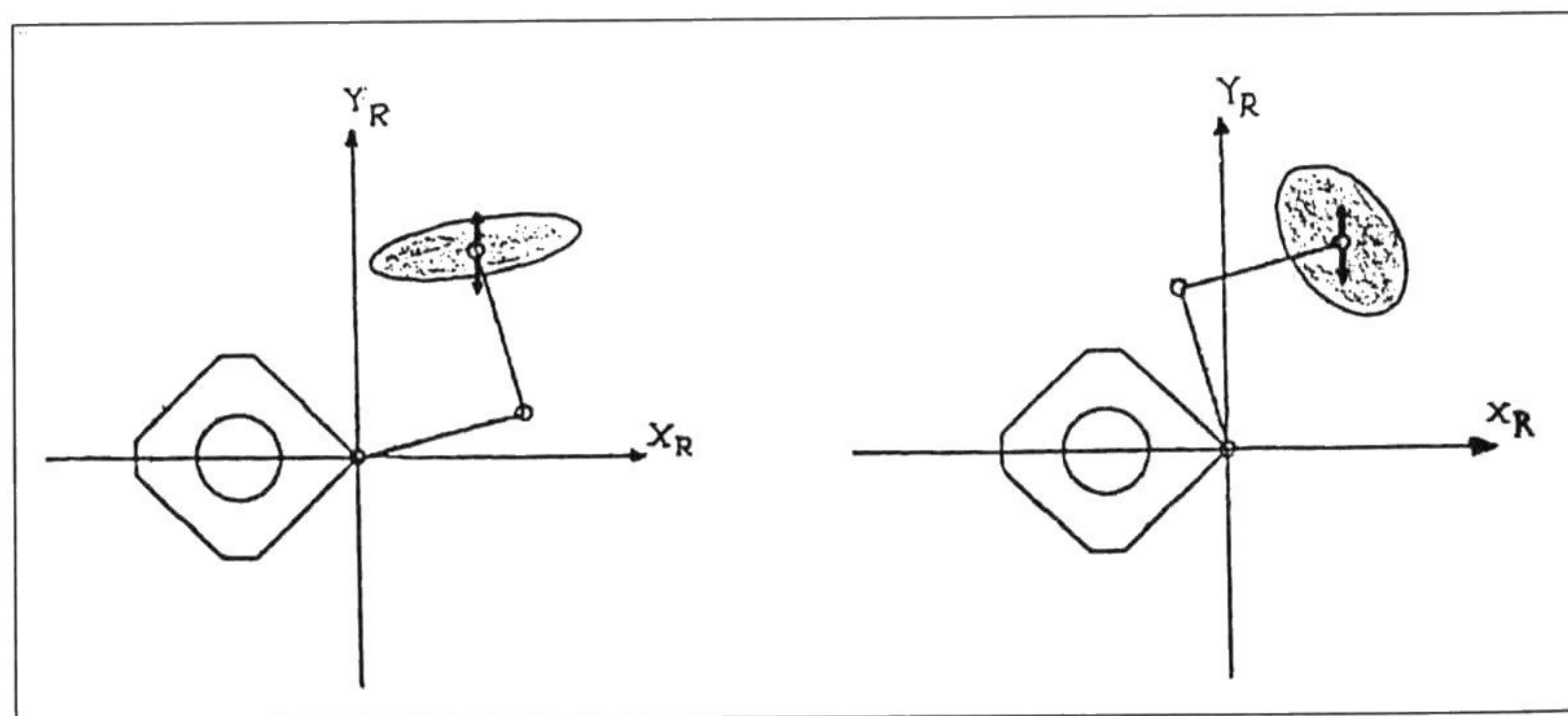
反作用を受けにくい形に～ロボット・デザイン

梅谷研究室では、このようなFFRの制御方法の研究だけでなく、理想的な形、デザインの研究もされている。例えば、〔図4〕には2つのロボットがあるが、関節（エルボ）の位置が違っただけで本体と先端部は全く同じ位置にある。ここで、アームの先（ハンド）にある楕円に注目してみよう。これは、ハンドを操作しやすい範囲（可操作範囲）を示しているが、明らかに右図の楕円の方が広い。このことから、アームと本体の重心が近いほどハンドは操作しやすくなる、言い換えれば本体が反作用を受けにくいのである。

また他の例として、本体の形についての研究がある。まず、カニやザ

リガニの体の形と大きなハサミの動かし方を思い出してもらいたい〔図5〕。カニは、平らな形をしていて自分の口の周りでハサミを動かしていることが多い。またザリガニは、細長い筒のような形で、自分の口か

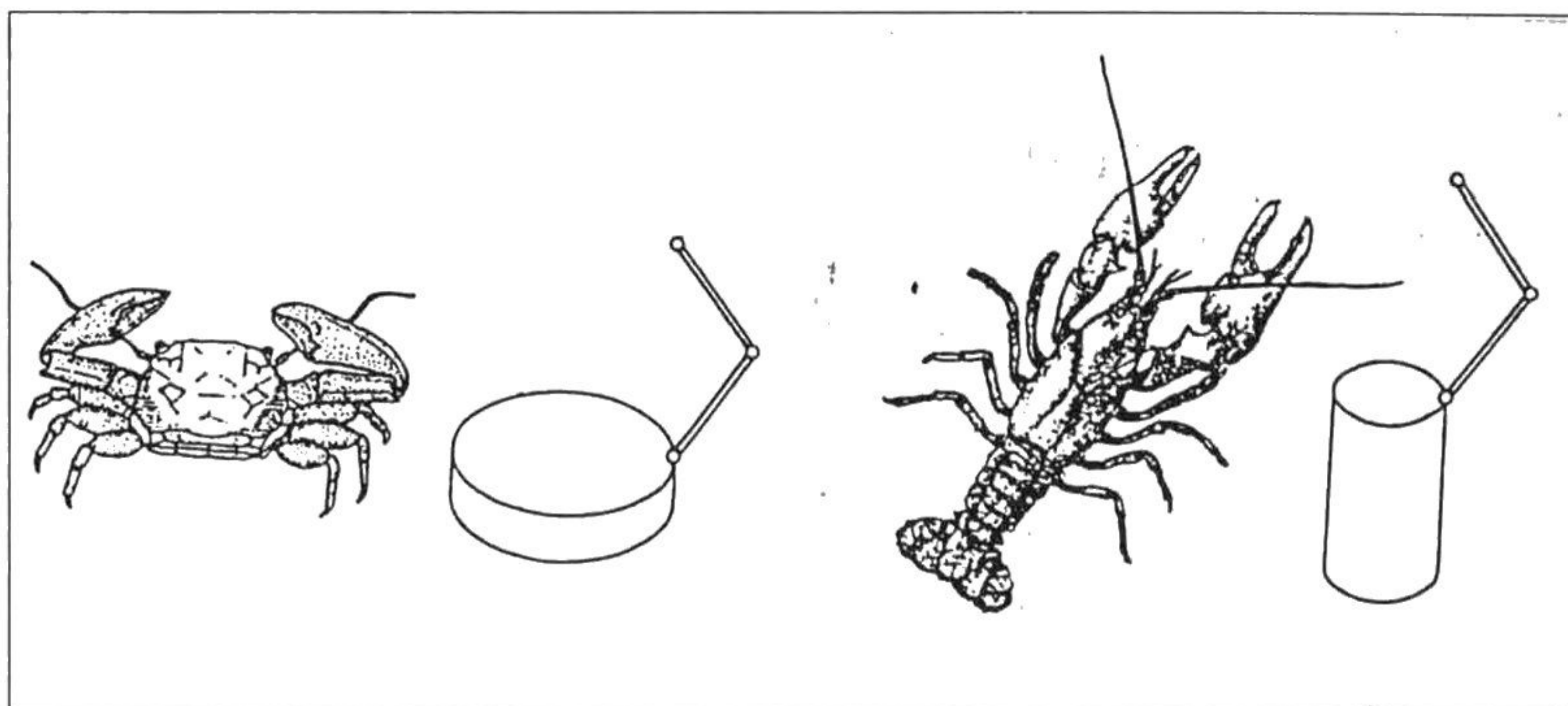
ら離れたところでハサミを動かしていることが多い。梅谷研究室では、この二生物が手を動かしたときに反作用を受けにくくするために、このような形になったのではないかと考えられた。そこで、FFRにこれら



〔図4〕 アームの位置による可操作範囲のちがい

のことを応用して、本体の近くで作業するならCRAB（カニ）型を、離れた場所でならLOBSTER（ザリガニ）型のロボットを選べば、より反作用を与えにくいという結論が出されたのである。

このデザインの研究を見て、皆さんはFFRでもバイオメカニクスが貢献していることに気づかれたであろう。そもそもFFRは、アリなどの昆虫をモデルにしているのだ。昆虫の足は、体のサイズにくらべ非常に細くなっているが、体重がだんだん増加して人や象になるにつれて、太くなっていく。これは、重力の影響を足で支えるためであるが、宇宙空間ではそのような影響をほとんど



〔図5〕 カニ、ザリガニの図とそれらをモデルにした宇宙ロボット

受けないので、ロボットの重さに合わせて足を太くする必要はない。だから梅谷教授は、重力の影響をほとんど受けていない昆虫の形をモデルに推奨されている。



これからの目標～“COSMO-LAB”構想

梅谷教授は、他大学の教授たちや宇宙開発事業団や一般企業の研究者たちで作られた「スペースロボットフォーラム」の代表世話人をつとめておられる。ここでは、無人宇宙実験施設“COSMO-LAB”を軌道上で作成することを提案していて、その中で先程のSFR、FFRを使おうと考えている。〔図6〕を見てもらいたい。これは、“COSMO-LAB”の作成過程であるが、おもにSFRが宇宙施設の組み立てに、FFRが地球からおくられてきた資材の収集に使われている。

しかし、これはまだ提案の段階でこれから研究や実験を重ねていく予定だそうである。

軌道上 展 開	リソース系、ファン デーション系の組立 て・組付け	ミッション系の 組立て・組付け	展開 収納作業 機能点検	後処理
《FFRのタスク》				
機能確認 収集・運搬 係 留	収 集 ・ 運 搬 ・ 係 留 組 立 て 作 業 支 援		展開 収納支援 外観モニタ	飛散物 回 収
《SFRのタスク》				
（まだ運び 込まれて いない）	機 能 確 認 組立て・組付け 搬 装 作 業	組立て・組付け 搬 装 作 業	展開 収納作業 機能確認	工具の 撤 収

〔図6〕 無人宇宙実験“COSMO-LAB”組立て過程

「“21世紀は宇宙時代”と、よく世間では言われているが、僕はそのようには思わない。実際に宇宙時代と呼べるのは2020-30年代で、それ以後はどうなるか見当がつかない。」と梅谷教授は、最後に話された。確かに“先のことを言うと鬼が笑う”と

いうことわざの通り、1年後でもどうなるか本当にわからないが、そのような先の見えないことに打ち込むのも、なかなかいいと思う。株や貯金などにお金を投資するよりも、夢に投資する方が人間として生き生きとした生活を送れるのではないだろ

うか。

最後に、今回の取材にお忙しいなか快く応じてくださった梅谷教授と助手の吉田さんに心からお礼を申し上げます。

（小野沢）