



高速化の代償—大事故を阻止せよ— ——轟研究室～機械宇宙学科——

現代社会にとって、新幹線や航空機などの輸送機器はなくてはならないものになっている。私達学生も帰省や旅行などで利用することが多い。これらの輸送機器は今まで高速化の一途をたどってきた。多くの物資や人間を、より速く運べるようになり、私達の生活は飛躍的に便利になった。そして将来的には、スペースプレーンやリニアモーターカーに代表されるように、さらに高速化していくことが考えられる。しかし、これらを実現するためには、様々な技術的問題がある。その中の1つが安全性の問題である。轟研究室では、この安全性の問題に取り組んでいる。



轟 章 助教授



人間だけじゃものたりない

安全性が問題になる理由は、輸送機器の構造や材料が複雑になり、人間の手で検査することが困難になるからである。検査できなくなると、未然に防げるはずの事故も防げなくなる。そこで、人間が検査する代わりに、輸送機器それ自体に検査する機能を持たせるという考え方がでてきた。こ

の考え方はスマートストラクチャー（知的構造）と呼ばれている。これは、輸送機器の構造に2つの機能を持たせることで実現できる。1つは亀裂などの破壊につながる欠陥を発見する機能。もう1つは発見された欠陥によって構造が破壊されるかどうかを判断する機能である。

そこで具体的には、構造を監視して破壊につながる欠陥を発見するセンサーの開発が進められている。また、構造が破壊されるかどうかを判断するための人工知能が研究されている。さらにこれらの基礎として、材料について次の研究が行われている。材料がどのように壊れるかということと、どれくらい壊れたら構造が破壊されるかということである。このようにスマートストラクチャーを実現するための研究は、材料・センサー・人工知能の3つの領域にわたっている。この3つのどれが欠けても、スマートストラクチャーを実現することはできない。

轟研ではリニアモーターカーと航空機にスマートストラクチャーを適用する研究をしている。以下、これらの研究を紹介していく。

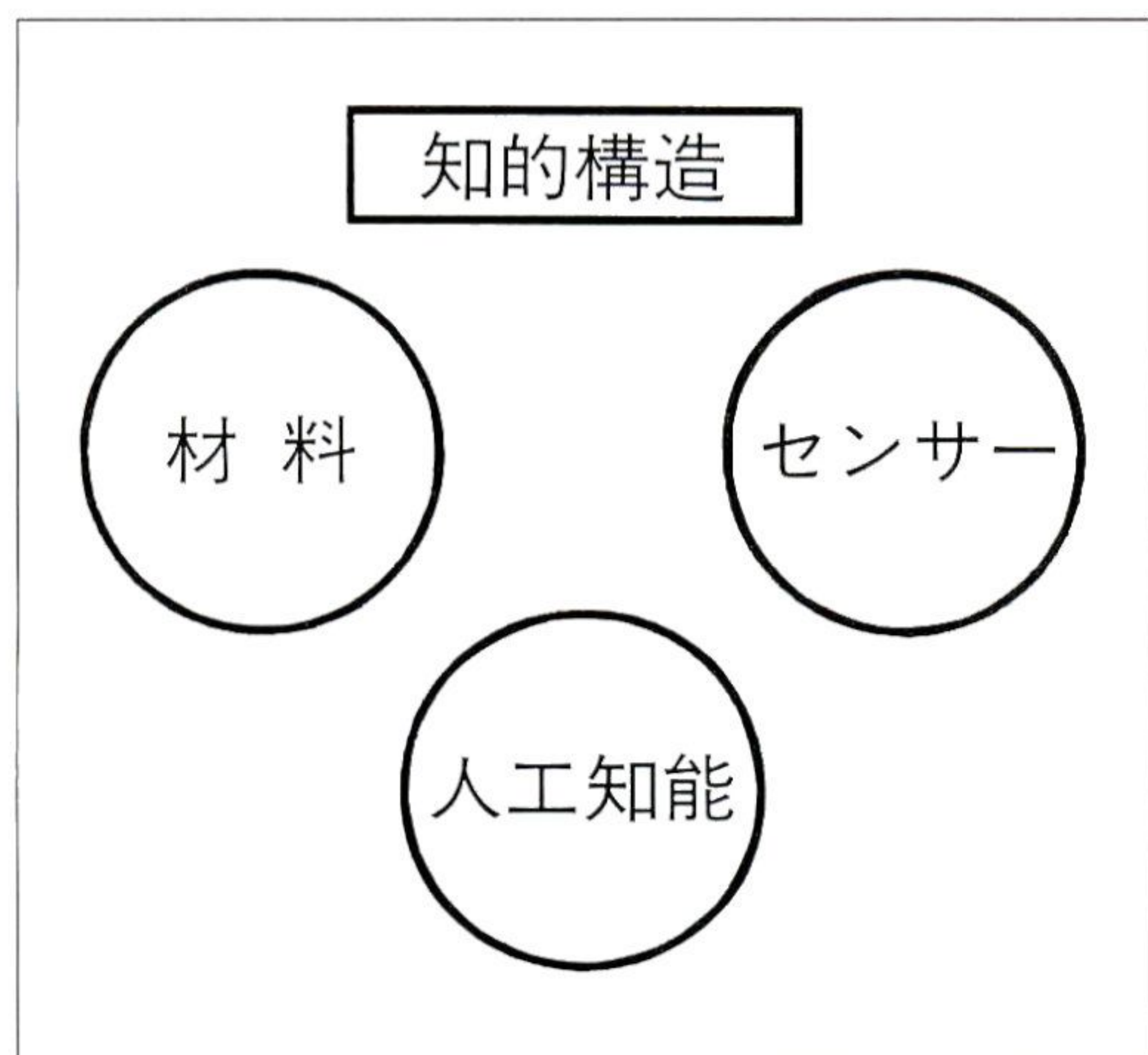


図1 知的構造



「夢の乗り物」を実用化するために

リニアモーターカーの推進には超伝導コイルが必要である。車体内のコイルはコイル支持体によって支えられている。この支持体に使われる材料として、アルミナ繊維強化プラスチック（アルミナ FRP）が注目されている。アルミナ FRPとはプラスチックの中に多数のアルミナでできた繊維を埋め込んで、強度を増したものである。

コイル支持体は、その故障が重大事故につながりかねない重要な部分である。しかし、コイル支持体はコイルとともに断熱シールドの中に入っているため、外から見て検査できない。このため、コイル支持体にスマートストラクチャーを適用することが考えられている。

そこでまず、破壊につながる欠陥を発見する機能をコイル支持体に持たせることを考える。ところが、支持体に使われているアルミナ FRPは壊れ方が複雑なので、どの欠陥が破壊につながるのかわからない。しかし、アルミナ FRPがどの程度まで壊れたかは、ひずみを測定すれば知ることができる。アルミナ FRPは壊れていく過程でひずみが大きくなるためである。

ひずみを測定するセンサーとして、光ファイバーが使用される。これは、図2のような形でアルミナ FRPに埋め込まれている。光ファイバーには曲げられるとファイバー内の光の伝達量が変わる性質がある。そのため、この部分にひずみが生じると光ファイバーの曲がり方が変わり、光の伝達量が変わる。これを測定すれば、ひずみの大きさ

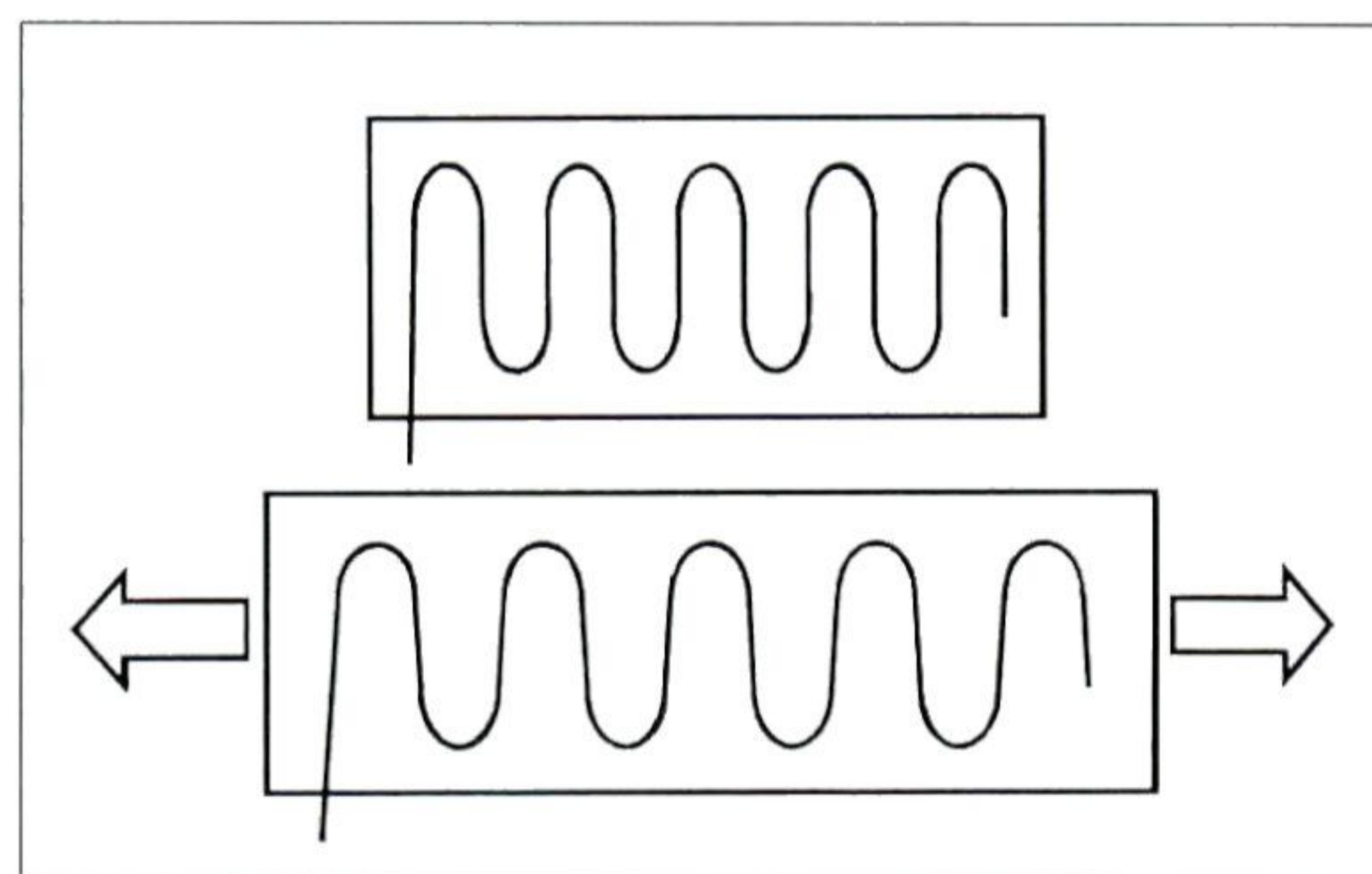


図2 光ファイバーの埋め込み方

を測定したことになる。

アルミナ FRPがどの程度壊れたかわかれば、次に、それがリニアモーターカーの運行に支障をきたすかどうかを判断する機能が必要になる。そこで人工知能によってこの判断を行うことが検討されている。

コイル支持体にスマートストラクチャーを適用する研究はある程度進んできたが、まだ解決しなければならない問題がある。特に光ファイバーとプラスチックとの接着性の悪さや、それにともなうアルミナ FRPの強度低下を解決しなければならない。また、コイル支持体が運行に支障をきたす状態になっているかどうかを適確に判断するために、アルミナ FRPの壊れ方を詳しく調べる必要がある。リニアモーターカーの実用化には、スマートストラクチャーが必要であり、これらの問題を早急に解決することが望まれている。



材料をセンサーとして利用する

航空機の主翼に使われている材料は、一般に金属である。しかし近年、これに代わるものとして、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) が注目されている。CFRPは金属に比べて軽いため、航空機の大幅な軽量化が見込まれている。

ここで使われる CFRPは、薄い CFRPのシートを積み重ね、圧力をかけて固めた積層板といわれているものである。この積層板には金属に生じるような亀裂がほとんど発生しない。しかし、層と層の間にすき間が生じてしまう。これは層間はく

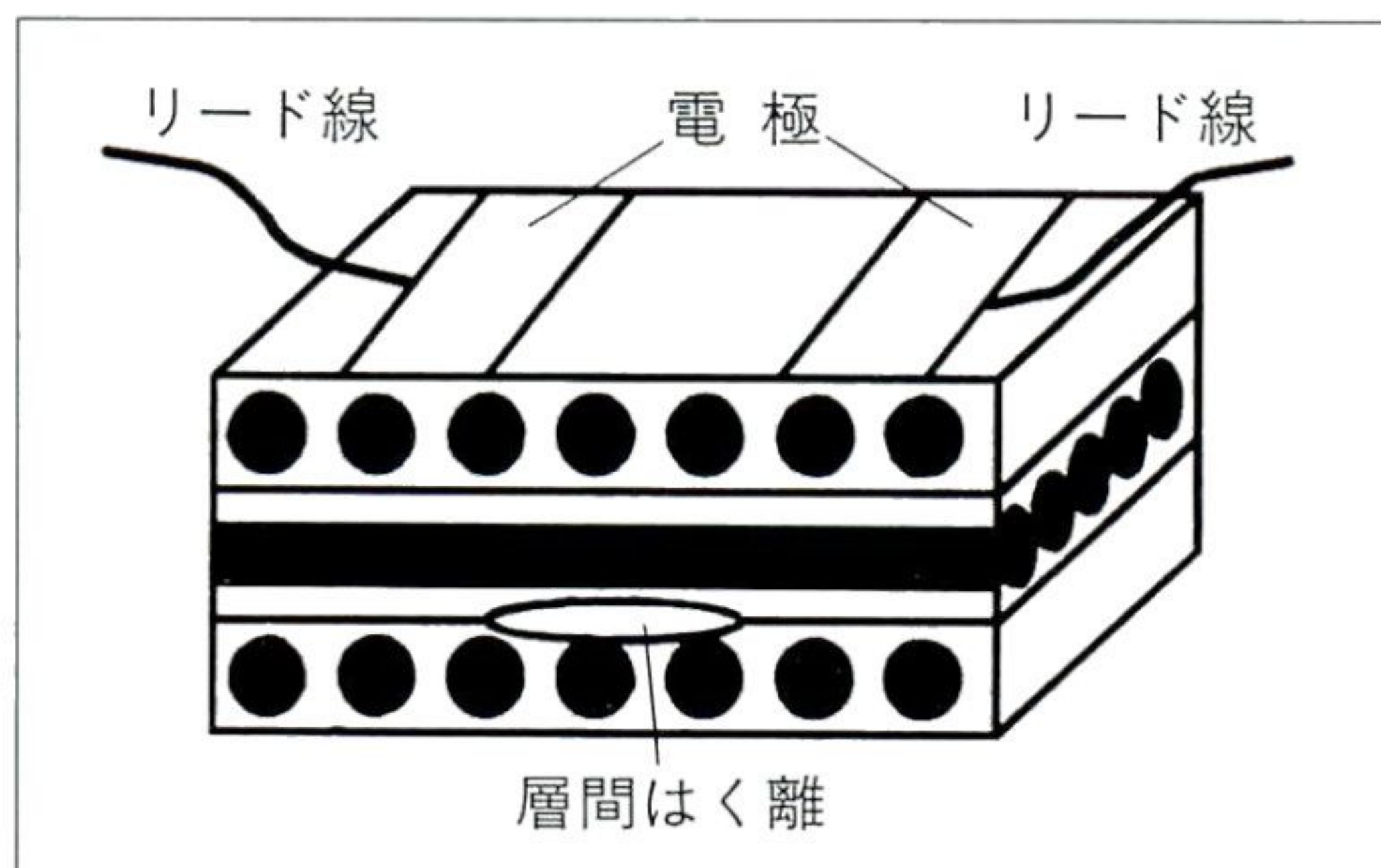


図3 電気ポテンシャル法

離といわれるものである。このはく離が生じると重ねた層がはがれやすくなる。したがって、層間にはく離を発見することがCFRPを使用する上で重要になってくる。ところが、層間にはく離は人間の目で見つけることは難しい。そこでスマートストラクチャーの適用が考えられている。これにより、主翼自体が層間にはく離の存在を知らせることができる。

層間にはく離を発見する方法として、電気ポテンシャル法というものが研究されている。この方法では、図3のように主翼の内側部分にいくつかの電極を取り付ける。電極の間に定期的に電圧をかけて、抵抗値を測定する。層間にはく離が生じると、その部分の抵抗値が変わる。したがって、抵抗値が変化したところを見つければ、そこに層間にはく

離があるということがわかる。

この先研究を進めていくには、耐久性などの面において電極の性能をよくしていくことが必要になる。また、電極の配置数や配置場所をどうするのかといった問題もある。配置数が少なければ、層間にはく離があるかないか程度のことしかわからない。逆に配置数が多ければどこに発生したかまでわかるが、数多くの情報を処理しなければならなくなる。

発見されたはく離によって構造が破壊されるかどうかを判断するためには、人工知能が必要となる。しかし、主翼にスマートストラクチャーを適用する研究は始まったばかりであるため、人工知能を利用する段階までは至っていない。



「痛みを感じる」ということ

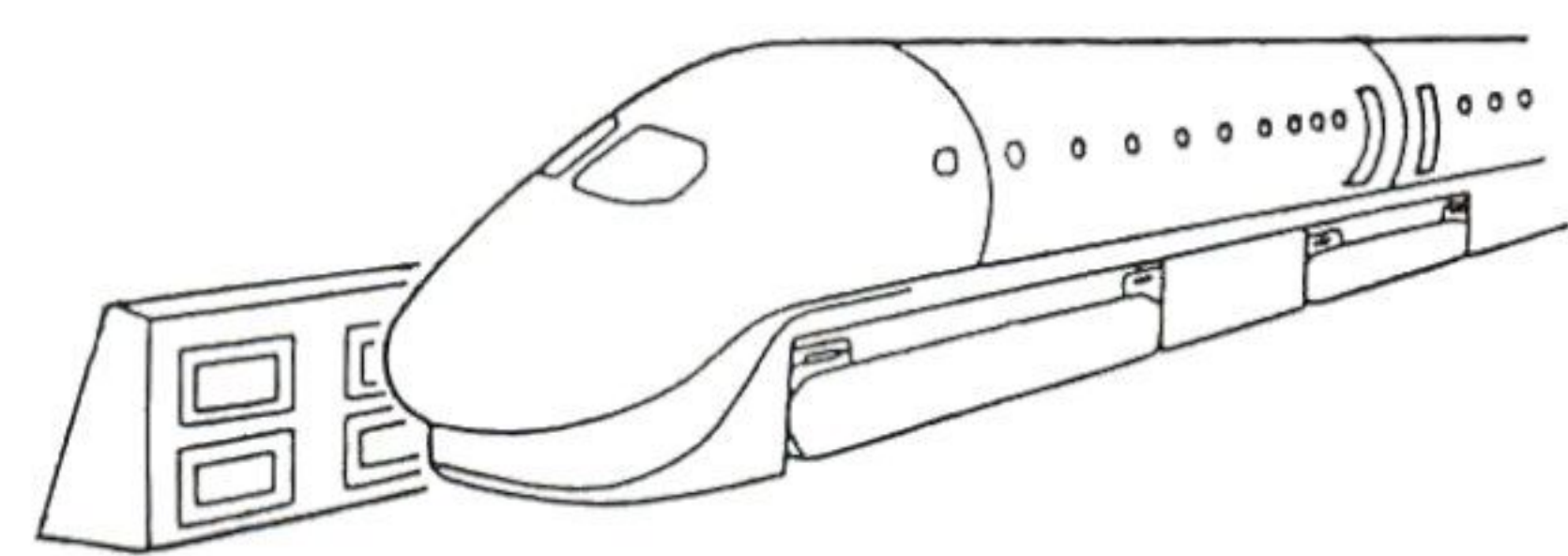
轟研におけるスマートストラクチャーを実現する研究は、現在のところ、材料とセンサーの領域が中心となっている。人工知能の領域については、まだ計算機上の実験をする程度であり、統合化はなされていない。轟先生は、今後は実際に人工知能を使った統合化されたシステム開発も行っていきたいと言っていた。

スマートストラクチャーの最終的な形は、構造に生体の機能を持たせることである。この観点から材料・センサー・人工知能の3つの領域を見ると、これらは生体の以下の部分に相当する。材料は構造を構成するものであり、生体でいえば骨や肉、皮膚に当たる。センサーは感知器であり、生体では感覚器や神経に相当する。人工知能は生体の脳と同じ役割を果たす。

生体では皮膚が傷ついたとき、感覚器がそれを感知する。その情報は神経を通して脳に送られ、痛みを感じる。それと同じように、スマートストラクチャーでは破壊につながる欠陥が材料に生じ

たとき、センサーがそれを発見する。そして、その情報が人工知能に送られ、構造が破壊されるかどうかを判断する。つまりスマートストラクチャーとは、構造に生体の痛覚を持たせるという考え方でもある。

ところで、生体には自然治癒の能力もある。これにならって、破壊された部分を自ら修復する機能を構造に持たせる。スマートストラクチャーにはこの考え方も含まれている。現時点では構造にここまでの機能を持たせるめどは立っていない。しかし将来、自然治癒の機能を兼ね備えた構造が、私達の生活をよりいっそう便利にしてくれるであろう。



轟先生には、研究を始められたきっかけや学科についてのお話もうかがったが、紙面の都合上、載せることができなかった。しかし、その中でどうしても紹介したかったことは、先生が「自分の専門外の学問にも目を向けてみよう」と言われた

ことである。今回の取材を通して、このことが最も強く印象に残った。

最後に、お忙しいところ不慣れな取材に快く応じてくださった轟先生に深く感謝いたします。

(村社 裕之)