

学問航海図

第6回

機械工学

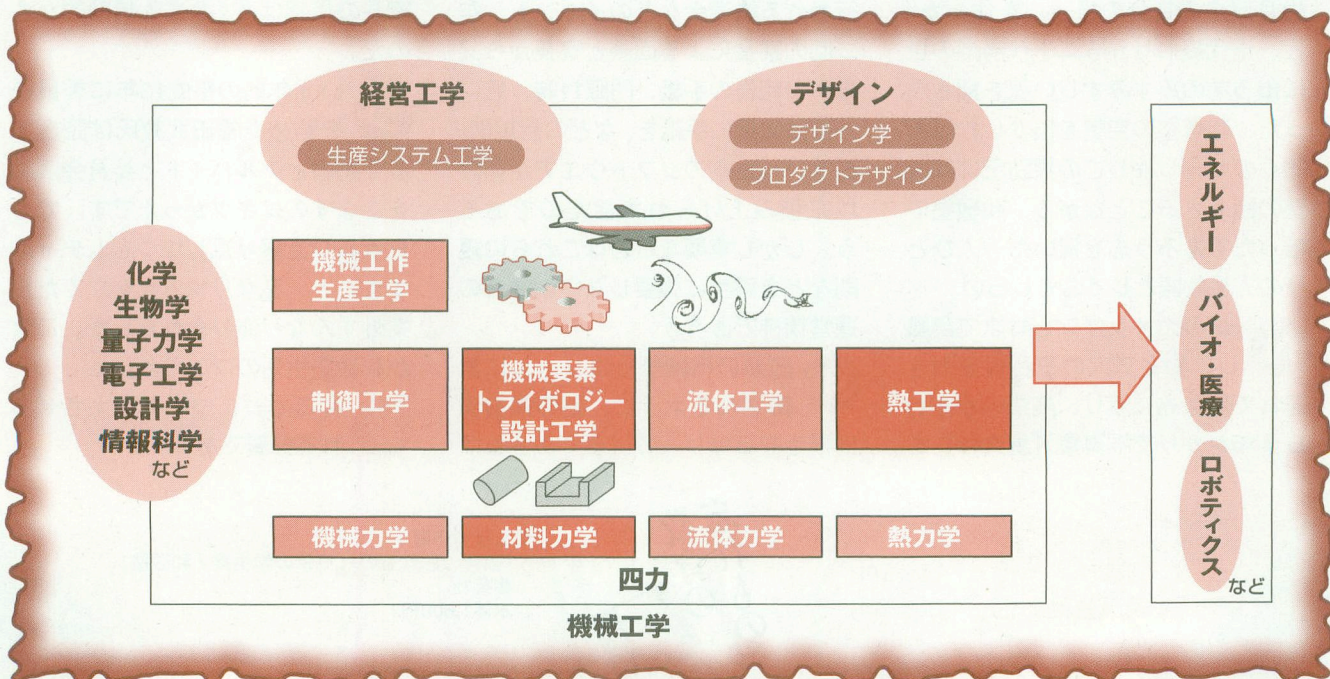
「ものづくり」の全体に関連する学問として、20世紀の私たちに便利で豊かな暮らしをもたらしてきた機械工学だが、一方で私たちは科学技術の進歩により、環境問題など新たな課題に直面している。こうした中、機械工学は、環境・エネルギー、未来型ロボット、安全・安心技術、バイオ医療など社会的要請の高いテーマにより積極的に取り組んでいる。

今回は、機械工学の全体像と、幅広い研究領域の中から「熱工学」では環境・エネルギー問題に貢献する研究、「材料力学」では安全・安心に関わる研究、医療に貢献する「医用工学」を紹介する。

Contents

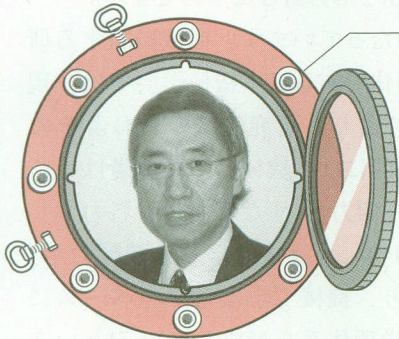
- 45 **機械工学の魅力**
笠木伸英 教授 (東京大学大学院工学系研究科)
- 機械工学の研究領域より**
- 48 「熱工学」
瀧本昭 教授 (金沢大学大学院自然科学研究科)
- 50 「材料力学」
菊池正紀 教授 (東京理科大学理工学部)
- 52 「医用工学」
生田幸士 教授 (名古屋大学大学院工学研究科)
- 54 オススメ大学一覧
- 59 研究室紹介
- 61 卒業後の進路
中谷裕子 氏 (キャノン株式会社)

■今回紹介する機械工学の研究領域



機械工学の魅力

社会と環境に責任を持ち、技術革新を進めながら「ものづくり」と「ことづくり」に貢献する



■ 笠木伸英教授 東京大学大学院工学系研究科

20世紀は科学技術が急速に発展した時代であり、その中心にあったのは、機械とそれらを統合したシステムであった。そのおかげで我々の生活は豊かで便利になったが、科学技術の進歩は、環境問題や人口問題をはじめ多くの難問を生み出した。社会と技術の関係が根本的に問われ始めているのだ。機械工学の世界もこのことと無縁ではない。これまで同様、未踏領域を目指して先進的な技術の開発や学術の深化を追求する一方で、人間や社会に対する自らの責任も全うしていかななくてはならない。機械工学は今、大きなパラダイムの転換期にある。

生活のあらゆる部分に関わり 幅広い応用分野を持つ機械工学

—機械工学は現代社会において、どのように位置づけられるのでしょうか。

笠木 機械工学、機械技術は、主要な技術領域のひとつですが、極めて重要な役割を果たしていると思います。ここではまず、技術と社会の関係をみてみましょう。

全米工学アカデミーは、20世紀の20の代表的な技術革新を選んで報告しています<図1>。これらの技術の全てに機械工学が関係し、結果として災害を防止し、医療を進歩させ、肉体労働を軽減させました。先進国の平均寿命はこの100年間で30年も伸びています。しかし、技術によって獲得した豊かな生活は、人口問題や食料問題、エネルギー問題、環境問題など困難な課題を引き起こしました。その結果、物質的な豊かさを追求するだけでなく、福祉や倫理、個の内的充足などによって「よりよく生きる」ことを目指す社会への変化が求められています。

一方で、特に日本では、高度な知識や技術に支えられた「知識基盤型社会」への移行が急務とされています。そのような社会を支えるのは、高度の専門知識によって独占的かつ自律的にサービスを提供する専門職(Profession)と呼ばれる人たちで、医者や弁護士などと共に技術者も属します。技術者は専門職の1人として、技術を発展させると同時に、知識基盤型社会の

■ 図1 20の技術革新

- | | |
|-----------|------------|
| ● 電力・電化 | ● 高速道路 |
| ● 自動車 | ● 宇宙船 |
| ● 航空機 | ● インターネット |
| ● 上下水道 | ● 画像技術 |
| ● 電子機器 | ● 家庭用電気製品 |
| ● ラジオ・テレビ | ● 医療健康技術 |
| ● 農業機械化 | ● 石油・石油化学 |
| ● コンピューター | ● レーザー・光技術 |
| ● 電話・通信 | ● 原子力技術 |
| ● 空調・冷凍 | ● 高機能材料 |

※図 笠木伸英先生 (出典: National Academy of Engineering)

コアメンバーとして、社会に対する責任を果たしながら、人間がよりよく生きられる社会の建設に貢献していくことになるのです。

—社会の変化に際して、機械工学はどのような役割を果たすのでしょうか。

笠木 私たちの生きる世界は、「時間」をベースにして、ものを構成している「物質」、ものの運動や活動を生み出す「エネルギー」、ものの形やエネルギーの形態などを決める「情報」という要素で構成されています<図2>。相対性理論により物質とエネルギーは等価であり、「熱力学第1法則」(エネルギー保存則)によりエネルギー保存が規定され、「熱力学第2法則」(エントロピー増大の原理)によりこれらの状態変化

やプロセスの方向性が決められます。

それらの構成要素自体の研究は、物理学や数学、化学、生物学、情報科学などのサイエンスが主に担当していますが、そこで得られた知識をもとにして、人間の生活に必要な技術として具体化する方法論が、工学ということになります<図3>。機械工学は、エネルギーの発生から利用、物質の加工、機械の設計、生産…と、あらゆる分野に関わっています。つまり機械工学は、新しい社会を形成する過程において、幅広い応

用分野で必要となるのです。

力学をベースにした学術の体系を持ち 他の学問分野との協働も進む

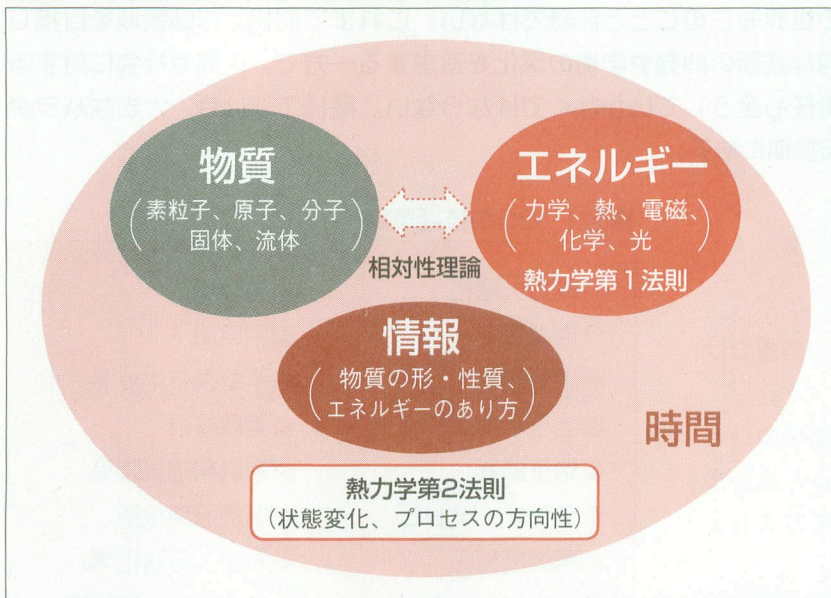
—機械工学には、どのような分野があるのですか。

笠木 非常に多岐にわたっています。機械に関する研究者、技術者の学術団体である日本機械学会では、現在21の部門を設置しており、研究領域のおおよその目安になります。学問的には、機械工学の基礎はいわゆる「四力」、すなわち「材料力学」、「熱力学」、「流体力学」、「機械力学」であり、機械工学は力学をベースにした学術体系を形成しているといえます。ただし最近では、非常に微小な世界を対象とすることも多くなってきたため、「量子力学」のウエイトも高くなっていますし、機械の知能化に不可欠な「情報学」も重要になってきています。さらに、技術の当然の帰結として、具体的なものやシステムを創造するという意味では「設計学」も必須の要素です。

—機械工学の研究は、私たちの生活や社会に、具体的にどう関わっているのですか。

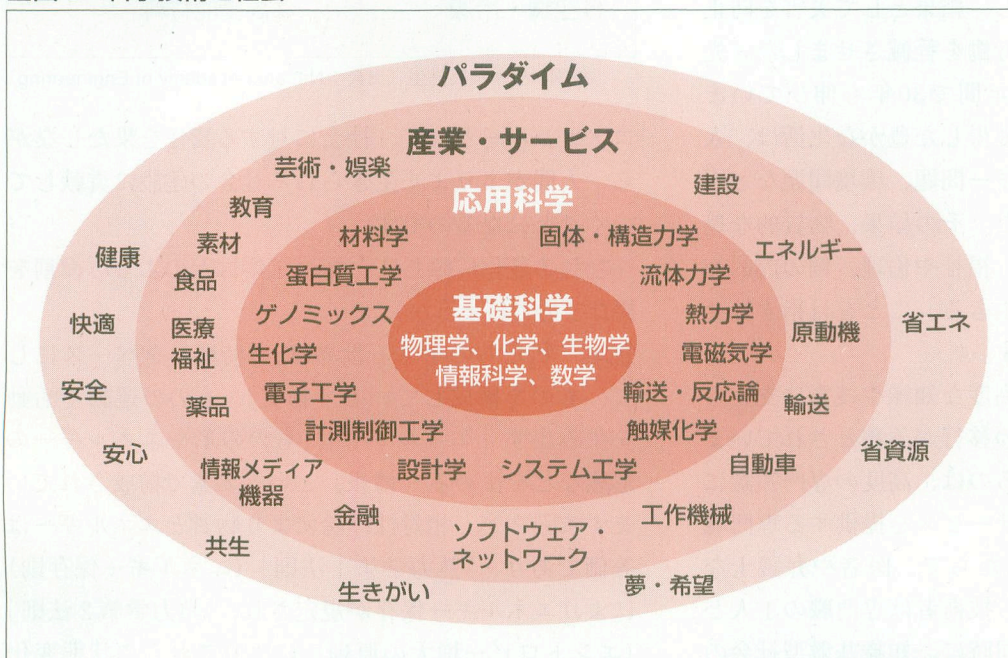
笠木 数えきれないくらい例がありますが、例えばエネルギーを取り出す装置という意味で、発電所などは好例でしょう。もともとのエネルギーは石油や天然ガスなどの化学エネルギー、核エネルギーなどですが、それらのエネルギーを熱に変え、運動エネルギーに変換し、さらに電気エネルギーに変換しています。これらすべての過程に機械工学は関わっています。エネルギ

■図2 人類社会と環境の構成と状態変化



※図 笠木伸英先生

■図3 科学技術と社会



※図 笠木伸英先生

一の変換という点では、自動車や航空機、鉄道など乗り物はすべて当てはまります。燃料の化学エネルギーを運動エネルギーに変換し、そのエネルギーを効率よく推進力に変換していくのは、まさに機械工学が大活躍するフィールドです。

また、ロボットも機械工学の貢献が大きな分野です。ロボットを壊れないようにする（材料・構造）、スムーズに動かす（潤滑）、動きをコントロールする（制御）など多くの研究領域があります。ロボット研究は日本が世界をリードしており、今後も牽引していくことが期待されています。

近年、医療分野に機械工学が貢献する場面が増えています。これまで医療は医学と薬の専門家だけの世界でしたが、より高度な治療のための技術として機械工学との協働が活発に行われるようになっていきます。微細な部分の手術を助けたり、遠隔手術を行うにはロボットの技術が有効ですし、内視鏡手術や超音波による結石粉碎などの低侵襲医療・無侵襲医療を実現する技術の開発も進んでいます。究極の治療といわれている再生医療では、免疫反応を回避するため自分の体の幹細胞を取り出して培養し、再び自分の組織に戻すことが考えられていますが、ごく少量の幹細胞を抽出するのにマイクロ流体力学による技術を使うなど、今後も医療分野と機械工学の関係は密接になっていくはずで、医療の分野以外でも、生物学や化学、情報工学、電子工学など、他の学問分野との協働は日常的になっています。

機械を出発点に社会の仕組みを考える 「ことづくり」への発展を目指して

一機械工学の研究は、これからどんな方面へ発展していくのでしょうか。

笠木 大きく2つの方向性が考えられます。第1は、社会に対してきちんと責任を取るという方向です。例えば、エネルギー問題が典型的です。大量消費による物質文明から脱却するために、いかに省エネルギーを進めるか、新しいエネルギー源をどう開発するかなど、機械工学がやるべきことはたくさんあります。燃料電池は、現在は触媒にプラチナを使うものが主流ですが、資源に限りがあるため、普及させるには代替物質を使ったシステムを開発する必要があります。発電所の排熱を効率よく利用するため、大規模な集中型プラント

ではなく、分散型の発電システムを構築する研究も進んでいます。エネルギー源として水素を利用しようという動きもあります。ただし、水素の生産に大量のエネルギーを使うようでは意味がありませんし、燃料電池が本当に未来のエネルギーのあり方として良いのかを、広い視野から議論していくことも大切です。社会と協調しながら解決を図っていかなくてはなりません。

第2は、未踏領域の開拓、新しい価値の創造を目指す方向です。例えば、ロボット技術です。人型ロボット（ヒューマノイド）の研究に関心が集まっていますが、機能的に考えれば、人の形をしていなくても良いのかもしれませんが。未来社会で何が求められるのかを考えること、夢を描くことが重要です。また、ナノ・テクノロジーなどと結びついて、先進的な技術開発を目指す研究が進んでいます。例えば、乱流の制御という課題があります。流体の抵抗を小さくする技術で、航空機や車両、船舶、パイプラインなどのエネルギーロスの減少につながります。燃焼の制御に用いれば、エネルギーの有効利用のための完全燃焼、NO_xなどの有毒ガスの排出量の軽減が達成できます。

このように、機械工学は将来とも「ものづくり」には必須の学問ですが、さらにより良い社会や生活の構想自体にも役割を果たすべく変化しつつあります。ウォークマンが世界を席巻したのは、小型化技術にあったのではなく、「歩きながら好きな音楽を聴く」という行為、文化を創出したからだといえます。同様に、今後はロボットをつくるにしても、ロボットと人間の関係、すなわちロボットを利用した新しい生活のスタイルを創出していかなければなりません。つまり機械工学は、機械を中心にしたものごとのあり方、社会の仕組みまで考える「ことづくり」の学問へと、大きく広がっていくのです。

笠木伸英教授●プロフィール

1947年生まれ。東京大学大学院工学系研究科教授。東京大学工学部船用機械工学科卒。同大学大学院工学系研究科船用機械工学専攻博士課程修了。東京大学助教授、スタンフォード大学客員研究員等を歴任後、1990年より現職。2006年に日本機械学会長に就任。工学博士。日本学術会議、王立スエーデン科学アカデミー会員。専門は、熱流体力学、エネルギーシステム工学、乱流工学、熱流体シミュレーション工学など。共著に『岩波講座 現代工学の基礎 (15) 設計の理論 (設計系2)・計算熱流体力学 (空間系3)』(2002年、岩波書店)、編著に『流体実験ハンドブック』(1997年、朝倉書店)など。