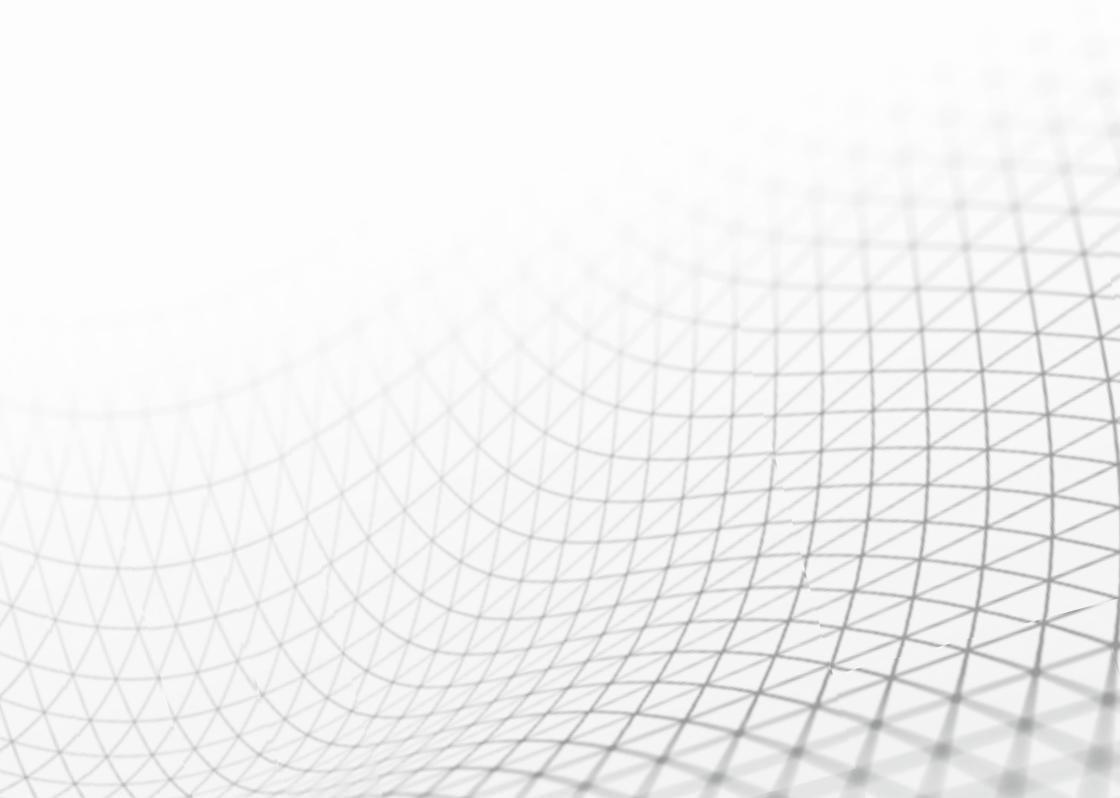


第 1 章

流体力学とは どんなものか



1-1

四力学はどんなところで役立つか

ポイント

1. 四力学とは？
2. それぞれの力学の目的は？
3. 四力学は設計でどのように役立つのか？

機械工学には、力学のファミリーとして四つの力学があります。「**機械力学**」「**材料力学**」「**熱力学**」そして「**流体力学**」です。それぞれの学問の内容は、機械力学は物体に働く力を計算してその運動や振動の制御を解析する学問、材料力学は固体材料の変形や剛性を解析する学問、熱力学はエネルギーや熱の状態変化、移動や伝わり方を解析する学問、そして**流体力学は自由に変形する流体の運動を解析する学問**です。また機械工学便覧（日本機械学会編、丸善、2007年）では、工学的に応用するという立場から次のように定義されています。

機械力学：機械の機構と構造に現れる力学現象、すなわち機械における力と運動の関係を扱う学問である。おもな内容は機械の駆動系と運動状態の安定性、機械の振動（耐震設計、振動制御を含む）などに関わる諸問題である。

材料力学：材料の変形特性や強度などの性質を調べる学問である。もっと詳しく言えば、機械や構造物に加わる外力が各構成部材にいかなる作用を及ぼすか、特に部材の各部分にはどのような力や変形が生じるかを、理論と実験の両面から調べる学問分野である。

熱工学：熱に関する学問と熱関連機械に関わる技術的・工学的知識の体系をいう。熱工学で扱われる分野は熱力学を中心として、熱物性・伝熱・燃焼・エネルギー変換などを含む。

流体工学：流れに関する学問と、管路・噴流・翼列など実際の流体機械に関わる技術的・工学知識の体系をいう。歴史的には水路・管路・水力機械に現れる現象を扱う経験的色彩の濃い水力学と、流体の運動を数理物理学的に解析する理論的色彩の濃い流体力学、およびその応用に大別される。

工業製品に限らず、およそ世の中のすべてのものを設計、製造するためにはこの四力学（工学）が不可欠です。例えば自動車が走るためのエンジンの効率化には**熱力学**が、走行中の車体まわりの**空気抵抗の計算**には**流体力学**が、走行中の**振動制御**には**機械力学**が、そして、様々な部品を支える**車体構造の設計**では**材料力学**がそれぞれ使われています。四力学はものづくりの基本であり、エンジニアが製品を設計する際に必要不可欠な理論であり有用な道具なのです。

自動車設計にみる四力学の役割

流体力学

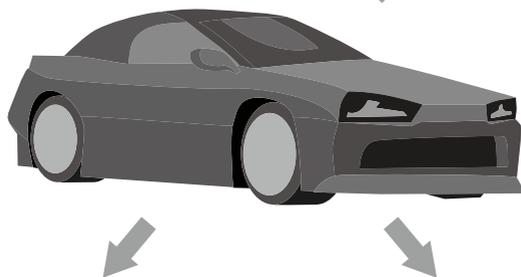
車体周りの空気の流れと抵抗を調べる

→ 空気抵抗を減らして燃費を向上させる

機械力学

走行中の運動や振動を調べる

→ 安全に走行できる車を作る



材料力学

さまざまな部品に働く力と変形を調べる

→ 十分な剛性と強度を持つ車体进行設計する

熱力学

エンジン内の熱の発生や伝わり方を調べる

→ 効率の良いエンジンを開発する

ポイント

1. 私たちの身のまわりの流体とは？
2. 流体の利用方法は？
3. 流体機械と作動流体とは？

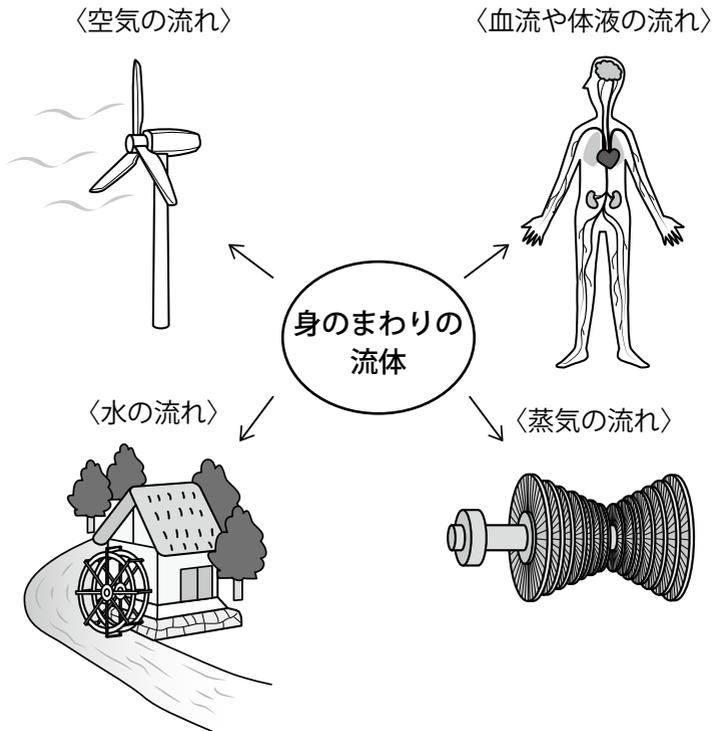
私たちの身のまわりは、気体と流体で満たされています。気体である空気がなければ私たちは呼吸ができません。また、人間の体は体重の65%（約2/3）が血液と体液で構成されています。空気（酸素）や血液が体の中を流れて循環することで私たちは生命活動を維持しています。気体や流体の流れは人間の身体活動にとって重要な役割を果たしています。

空気や水の運動はエネルギーを生み出します。人類が最も古くから利用している風車や水車は風や水の流れによって羽根を回転させて運動エネルギーを得ています。動力が存在しなかった時代には、船は帆が風を受けることによって進んでいました。18世紀半ばから19世紀にかけて起こった産業革命では、水を沸騰させて発生する蒸気を利用した蒸気機関によって大きな動力を得ることができるようになりました。この動力のおかげで大きな工場を運用することが可能となり、機械工業の発展に寄与しました。現在、世の中の電気は、燃料を燃やして水を沸騰させ、発生した蒸気でタービンを回すことによって発電機を作動させて得られています。

また重量のある機械を動かすために圧縮空気や油圧が利用されています。新幹線のドアは圧縮空気によって、飛行機の翼に付いているフラップは油によって動かされています。流体機械に用いられる液体や気体は「作動流体」と呼ばれます。様々な種類の作動流体によってエネルギーを発生させ、そのエネルギーを利用して、それぞれの機械の目的に合った仕事をさせるのが流体機械です。作動流体の種類は、水や空気、油や蒸気など様々です。作動流体は、運動することによってエネルギーを生み出します。したがって、流体力学によって流体の運動を解析することは流体機械の設計において重要な役割を果たします。

また、流体力学によって身のまわりの現象を深く理解することができます。例えば、レーシングカーの車高はなぜ低いのか、野球の球や台風はなぜ曲がっていくのか、川の流れは源流では速く川幅の大きい下流では遅くなるのはなぜか、など身近な問題を流体力学によって明快に説明することができます。なおこれらの質問の解答については後の章で説明します。

エネルギーの発生・伝達と流体



流体機械と作動流体

機械	流体
ポンプ、水車、船	水
風車、飛行機	空気
発電、ボイラ	蒸気
ドア開閉機構、ジャッキ	油

1-3

たったこれだけ流体力学の全体像(1) 何を求める道具か

ポイント

1. 流体力学の目的は？
2. 解析に必要な方程式は？
3. 圧縮性、非圧縮性とは？

流体力学はその名の通り、**流体の運動を理論的に把握する「力学」**です。力学は質量を持った物体に外力が作用したときの運動を解析して、ある時刻における速度や位置を求める学問です。流体力学も同様です。対象となる物体が固体ではなく、流体（水や空気）となります。学問体系は同じですので、力学で習った運動方程式や保存則をそのまま適用することができます。

流体の質量（密度）×加速度 = 流体が受ける外力

上記の運動方程式を解くことによって、流体運動の解析を行うことが流体力学の目的です。解析で求めなければならない未知数は「密度」「X方向の流速」「Y方向の流速」「X方向の流速」「圧力」の5つです。

流体の密度は水などの液体であればほとんど変化しませんが、空気などの気体は力や温度によって容易に変化します。**密度が変化しない流体を非圧縮性流体、変化する流体を圧縮性流体と呼びます。**圧縮性流体では、場所によって密度が異なっているために密度も変数となります。一般に、空気の圧縮性は流れの速さが音速よりも十分に早いときに問題となります。本書では、日常扱う頻度が高かるかに多い水など非圧縮性流体の運動解析を中心に説明します。

非圧縮性流体では密度は変化しないので、求めなければならない未知数の数は4個となります。したがって下記のように方程式が4つ必要になります。

- ① X方向の運動方程式
- ② Y方向の運動方程式
- ③ X方向の連度方程式
- ④ 連続の式（質量保存側）

流体力学の基本は、**運動方程式（X, Y, Z方向）と連続の式（質量保存側）を連立させて、対象となる流体の流速（X, Y, Z方向）と圧力を求めること**です。

力学と同じように流れの解析も1次元、2次元、3次元の3種類があります。1次元の流れは例えば配管内で一方方向（X方向）に流体が運動している場合を指します。その際には、運動方程式はX方向の1個であり、連続の式と連立させて、X方向の流速と圧力を求めます。