

製品・システムの複合化に対応した設計を支援

対話形式で解きほぐす Modelica活用法

第11回 流体系のモデリング（その1）

明治大学 大富 浩一*

Modelica Association 平野 豊**

*おおとみ こういち：理工学部機械情報工学科 客員研究員

**ひらの ゆたか：1984年、トヨタ自動車㈱入社、シャシー設計、車両運動制御、モデルベース開発、人工知能、ロボット、人間特性などの研究開発に従事。現在は、自動運転、スマートシティ関連の新事業、新技術開発に従事。自動車技術会、日本機械学会、計測自動制御学会、Modelica Associationの会員。

過去4回、振動系のモデリングを扱った。振動が扱う物質は固体であるが、今回対象とする流体はこれとは性質を異にし、したがってモデリングの方法も異なってくる。今回と次回の2回にわたって流体系のモデリングを説明する。今回は、流体の性質について説明、流体に関する製品を紹介する。続いて、流体の理論的取扱い、いわゆる流体力学の基本を学ぶ。流体力学の基本をベースとしたいくつかの具体例を通して流体のモデリングのイメージをつかんでいただく。

そして次回は、流体系のモデリングの具体的手法として流体回路網解析を電気系、伝熱系のモデリングと対比させることにより、その手順を理解、実際の事例に関して定式化、Modelica スクリプトによる解析を行う。最後に、Modelica 標準ライブ

러리 (MSL) を用いた流体系のモデリング例を紹介する。今回は流体の理論的説明が主体でModelicaの話は出てこないが、流体の性質を理論的側面できち理解していただければと思う。



流体(流れ)とはどういうものですか？

物質の状態には固体、液体、気体の三形態があり、例えば、水の場合、水分子がつながっている状態が固体(氷)、水分子が緩やかにつながっている状態が液体(いわゆる水)、水分子が完全に離れた状態が気体(いわゆる水蒸気)である。このうち、液体と気体を流体と呼ぶ。空気も気体の一種なので流体に含まれる。

図1に固体と流体の比較を示す。固体の場合に

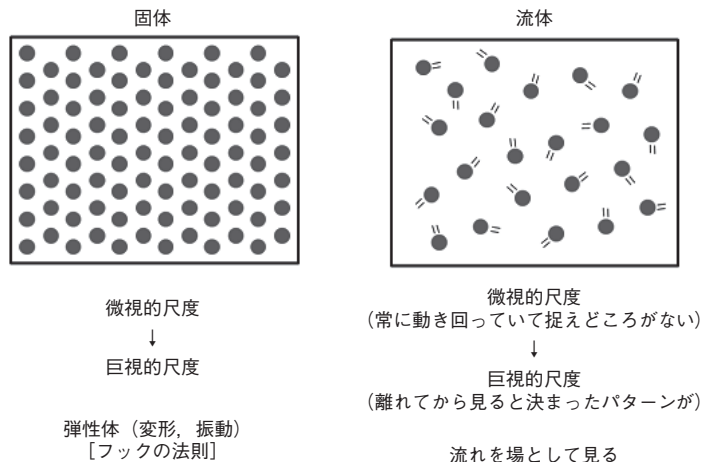


図1 固体と流体の比較

は、外力によりこれが変形してもつながっている
ので連続体として扱え、いわゆるフックの法則が
成り立つ。一方、流体の場合には常に移動してい
る(止まっている場合もあるが)。微視的には捉え
どころがないが、巨視的に見ると(離れて観測す
ると)ある決まったパターンが見えてくる。した
がって、流体のモデリングを考える場合には流体
(流れ)を“場”として見ることになる。これは電
磁気も同様である。



流体はどのような製品で遭遇する現象ですか？

製品で扱う流体の多くは空気、水である。また、
大きな力を必要とする建設機械では油を流体とし
て使用する油圧システムが採用されている。図2
に流体に関する製品例を示す。

扇風機はファンにより部屋の空気を循環させる
とともに、その風を直接物体(人)に当てること
により、その熱を除去する効果がある。掃除機は内
部に強力なファンを装着、これが高速回転するこ
とにより大きな圧力(負圧)を発生、これが高速吸
込み流れを誘発、吸込み口からごみを吸い取る装
置である。内部に大きな負圧(大気圧より低い圧
力)を発生させることにより、真空掃除機と呼ばれ
ることもある。ドライヤーは熱と流体の融合製品
である。電気をヒータで熱に変換、ここにファン

により発生させた流れを通すことにより、流れの
温度を常温から高温に変換して、高温、高速流れ
を髪の毛に当てて、乾かす装置である。

一方、水を扱う装置(システム)として上水道シ
ステムがある。一般には、家庭で蛇口を回すと水
が出てくる。この水が家庭に供給されるまでには、
例えば、川の水→浄水場→大口径配管で水を移動
→各家庭入口で分岐→蛇口というプロセスを経て
いる。この際、水を移動させるのがポンプである
(空気の場合のファンに相当する)。また、蛇口か
ら出る水の量を調整するために蛇口を回転させる。
これは蛇口の中に弁(バルブ)が入っていて、蛇口
の回転角度により弁開度に変化、これによりいわ
ゆる流体抵抗が変更して流量も変化するという原
理に基づいている。これについては後述する。



流体(流れ)の理論的取扱いについて教えてください

現象を本質的に理解するには物理の視点から捉
えることが有効である。これは流れという現象を
特殊なものと考えのではなく、ほかの現象、例
えば電磁気、弾性体と対比して考える¹⁾ことが可
能だからである。とほいうものの、流れは種々の
物理現象の中で最も複雑な現象の一つである。し
たがって、未解明の部分も多く、逆に言うとも興
味深い分野とも言える。ファインマンの物理学では

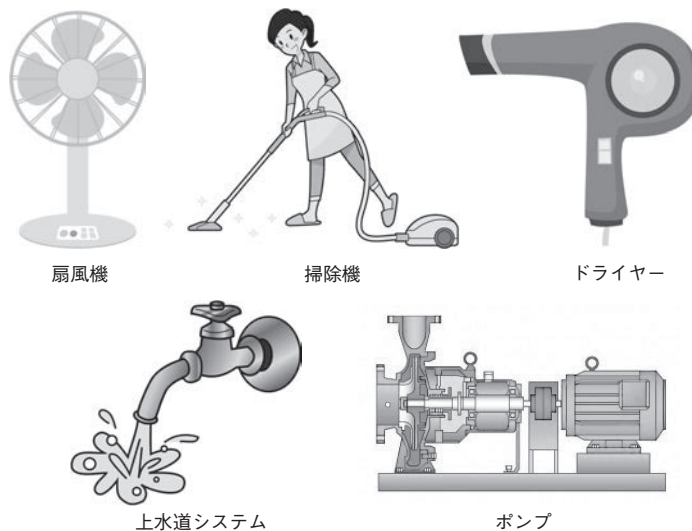


図2 流体に関する製品例