サンプルテキスト

CAE実験室−流体力学編

サイバネットシステム株式会社

CYBERNET

CAE UNIVERSITY

サンプルテキストについて

- 各講師が「講義の内容が伝わりやすいページ」を選びました。
- テキストのページは必ずしも連続していません。 一部を抜粋しています。
- テキストの複写・複製・無断転載・転用は固く禁じます。

© 2024 CYBERNET SYSTEMS CO., LTD. All Rights Reserved.

＜複写厳禁＞
見本

本実験室の背景・ねらい

【背景】

- CAE Univ.で流体力学の関連講座を担当．座学だけではなく，実験を実際に体験したいという声
- 通常の部屋（≠専用の実験室）で比較的手軽に可能な実験を自身で行うことで流体力学に関する知識を習得し，流体力学を学ぶハードルを下げ，解析の勘所を身につけられないか？

【ねらい】

- 「流れの中に置かれた物体に働く力（抗力）の測定」という，基本的な流体力学の現象を取り上げ，特別な実験機器を利用せず実験を実施し関連事柄について学び，流体力学の理論や予測される値との比較・考察を通して流体力学の考え方や理論に対する理解を深めるとともに，解析における勘所を押さえる（≠高精度な測定・実験）

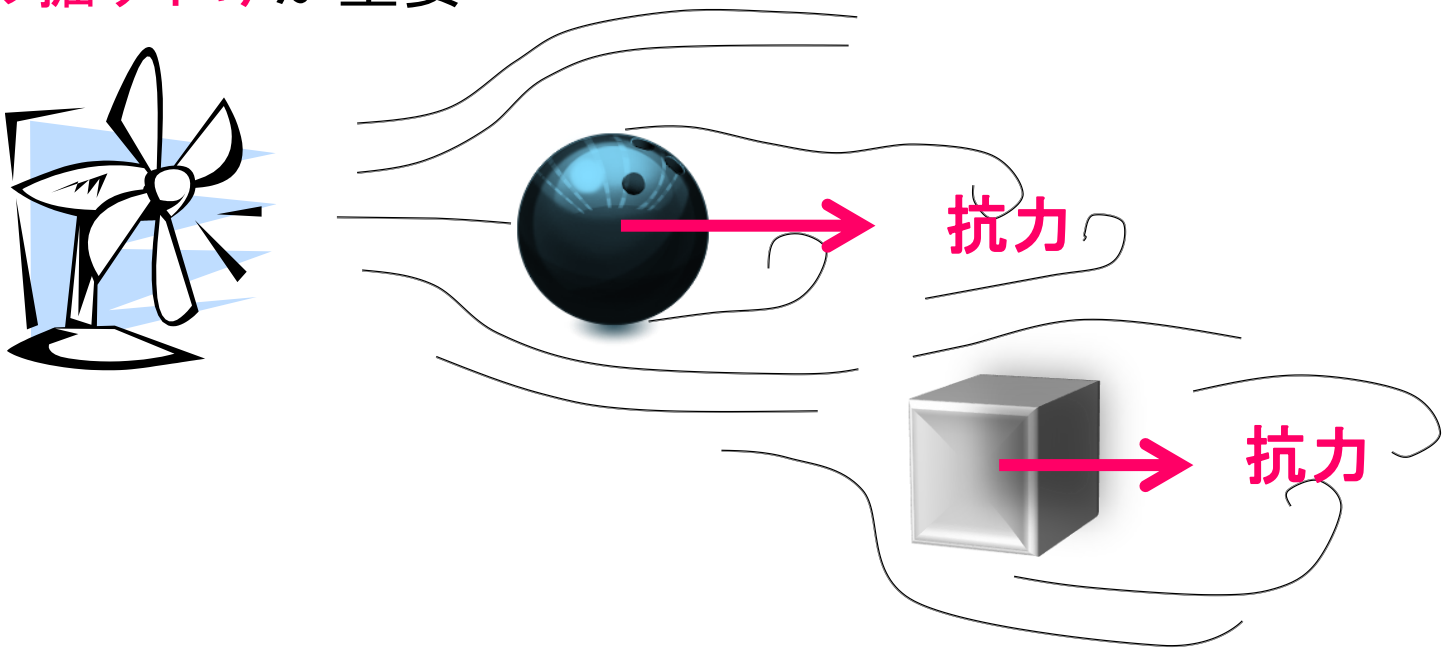
【ポイント】

- 「実験の勘所」と「CFD解析おける勘所」には多くの共通点
- 「流体力学の理解や知識」，「現象の把握」の重要性
- 簡単（と思える）現象にも，流体力学に関する多くの事項が関連

＜複写厳禁＞
見本

実験の概要（1）

- 流れの中に置かれた物体に働く力（抗力）を測定，抗力係数を算出し，既知の結果と比較
  - 関連するキーワードの理解
- 形状や大きさをはじめ，諸条件が結果に与える影響とその理由について考察，確認
- 精密な実験が目的ではなく，得られた実験結果から考えられることの掘り下げが重要



＜複写厳禁＞
見本

【キーワード】抗力と抗力係数

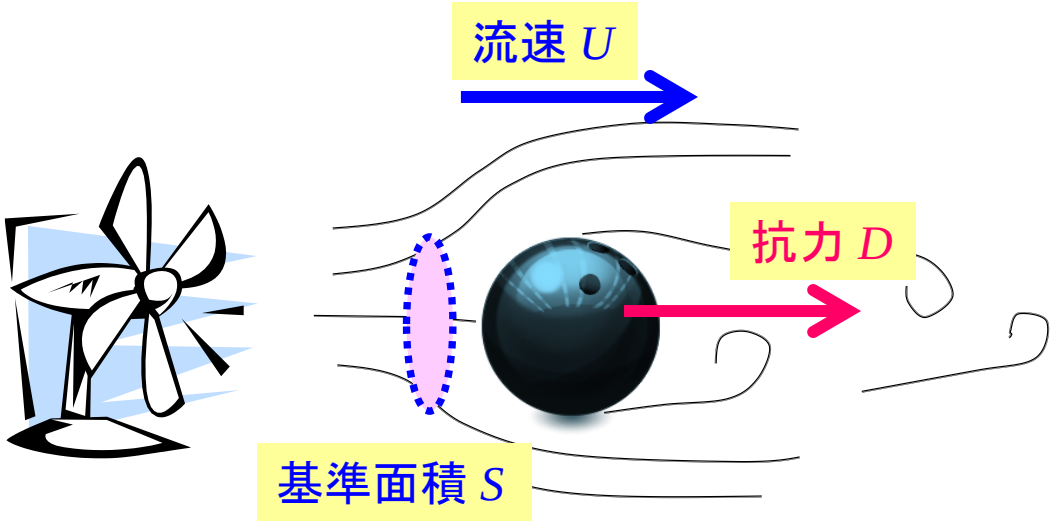
- 抗力 D と抗力係数 C_D の関係
  - 抗力係数は抗力を動圧 $\frac{1}{2}\rho U^2$ と基準面積 S で無次元化したもの
  - 一般に先に抗力が求まり，無次元化することで抗力係数が決まる

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 S}$$

動圧

（右辺分母全体で「力」の単位）

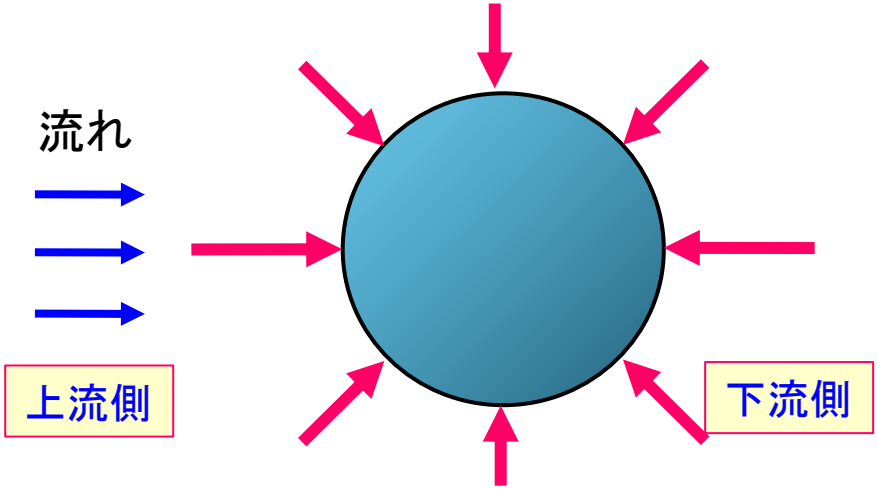
- D: 抗力
- C_D: 抗力係数
- ρ: 流体の密度
- U: 物体と流体との相対速度
- S: 基準面積



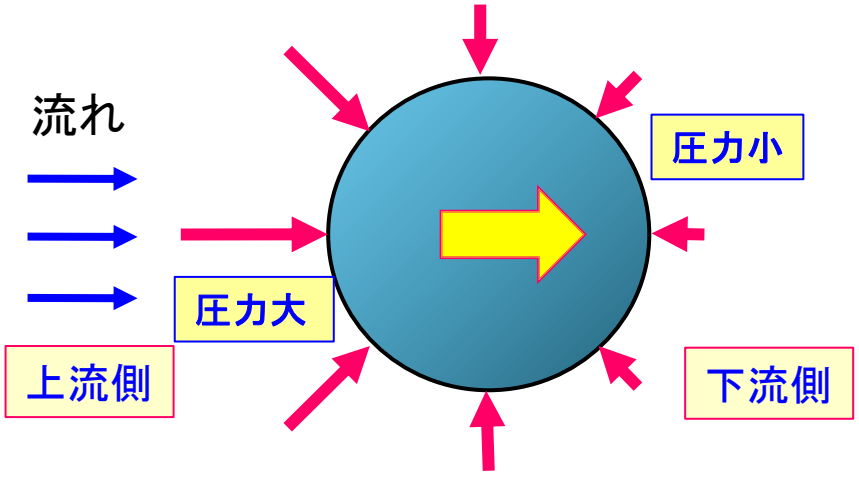
＜複写厳禁＞
見本

圧力分布と圧力抗力

- 物体に働く圧力が対称であれば，打ち消しあうので圧力による力は働かない（下図左）
- 圧力分布が非対称だと「圧力大→圧力小」の方向に物体は力を受けることになる（下図右）
  - 圧力分布に起因して生じる抗力を圧力抗力という
  - はく離が生じると，下流側の物体表面の圧力分布は上流側とは異なる



対称な圧力分布



非対称な圧力分布

【ポイント】
物体に働く力は，物体後方の圧力分布（＝流れの様子）にも依存する

圧力は絶対的な値ではなく，「差（圧力差）」が重要！

＜複写厳禁＞

見本

空気の密度，粘性係数の補正

- 抗力係数の計算式
  - D: 抗力
  - C_D: 抗力係数
  - ρ: 流体の密度
  - U: 物体と流体との相対速度
  - S: 基準面積

$$D = \frac{1}{2} C_D \rho U^2 S$$

- 空気の密度の計算式（温度，気圧依存性）

$$\rho[\mathrm{kg/m^3}] = \frac{1.293}{1 + 0.00367 \cdot t[℃]} \cdot \frac{H[\mathrm{torr}]}{760} \qquad (1\mathrm{atm} = 760\mathrm{torr})$$

- Reynolds（レイノルズ）数の確認（空気の粘性係数も計算）

$$\mathrm{Re} = \frac{UL}{\mu / \rho}$$

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_0 + C}{T + C} \right) \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} [\mathrm{Pa \cdot s}]$$

Sutherland（サザーランド）の式

$$\mu_0 = 1.72 \times 10^{-5} [\mathrm{Pa \cdot s}]$$

$$T_0 = 273.15 \quad [K]$$

$$C = 117$$

＜複写厳禁＞

見本

流速と抗力の具体的計算（1）

22℃の空気中の直径10cmの球に働く抗力を求めてみる

$$D = \frac{1}{2}\rho U^2 S \cdot C_D, \qquad Re = \frac{LU}{\mu/\rho}$$

既知　既知

$$\rho \approx 1.196[\mathrm{kg/m^3}]$$

$$\mu \approx 1.829\times10^{-5}[\mathrm{Pa\cdot s}]$$

$$L = 0.1[\mathrm{m}]$$

$$S = 0.0025\pi[\mathrm{m^2}]$$

流速UとReynolds数の関係
（今，Reynolds数は速度だけに依存）

$$Re = \frac{0.1\times U}{1.829\times10^{-5}/1.196} \approx 6539.1U$$

C_D値がほぼ一定の範囲

$$1\times10^3 \le Re \le 3\times10^5$$

$$\Leftrightarrow 0.15 \le U(\mathrm{m/s}) \le 45.9$$

$$D = \frac{1}{2}\rho U^2 S \cdot C_D \approx 0.0046943U^2 \cdot C_D[\mathrm{N}]$$

既知

速度と抗力係数の関数として表現