

Frontier Simulation Software for Logistics

機械工学概論 2014 流れの設計

担当 大島伸行 機械宇宙工学部門

6/19 流れに働く力
7/3 乱流入門
7/10 自動車の空気力学 **変更**
7/17 小さな装置の流れ
(7/24 予備日)


機械工学概論 ー流れの設計ー

6/19 流れに働く力
●翼の原理 ~ 飛行機が飛ぶために
●流の抵抗 ~ ゴルフボールのディンプルの謎
7/3 乱流入門
7/10 自動車の空気力学
7/17 小さな装置の流れ

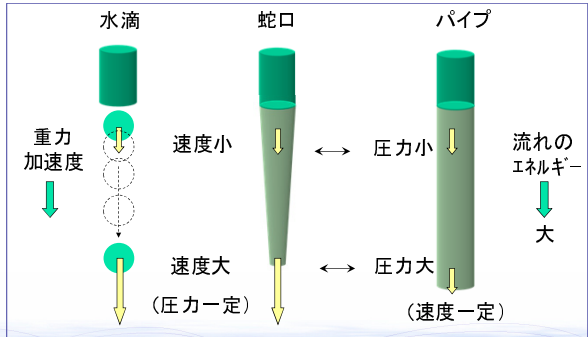
翼の原理ー飛行機が飛ぶために

エアバスA380が飛ぶために翼にかかる力
翼面積 約850m² (スパン80m × 翼幅 11 m)
離陸時重量 約560,000 kg

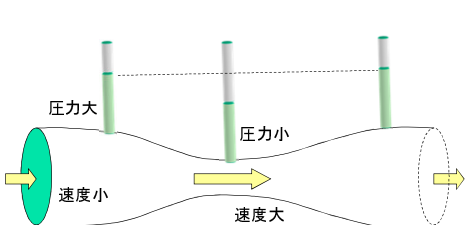
**1m²あたり0.65トン !
(大気圧は約10トン)**



速度と圧力の関係



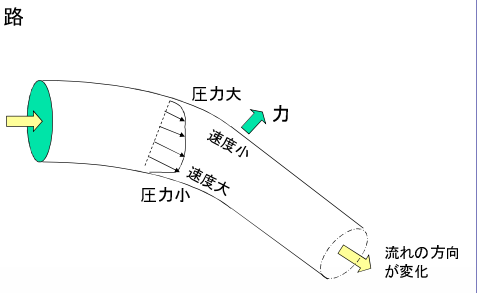
速度と圧力の関係



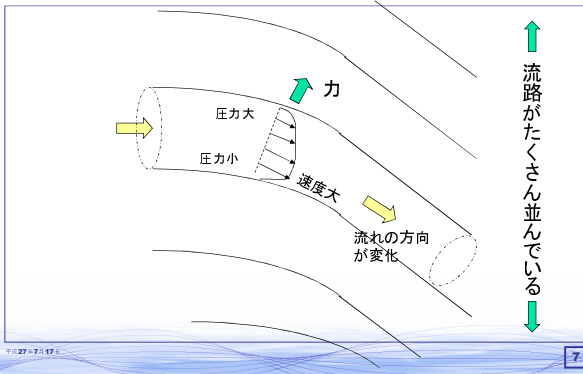
$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const.} \quad (\text{ベルヌイの定理})$$

速度と圧力の関係

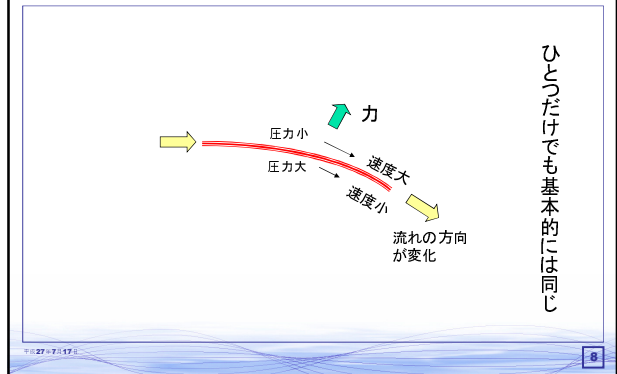
曲がり管路



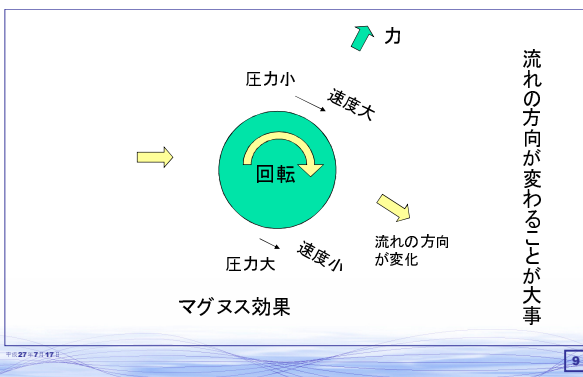
速度と圧力の関係



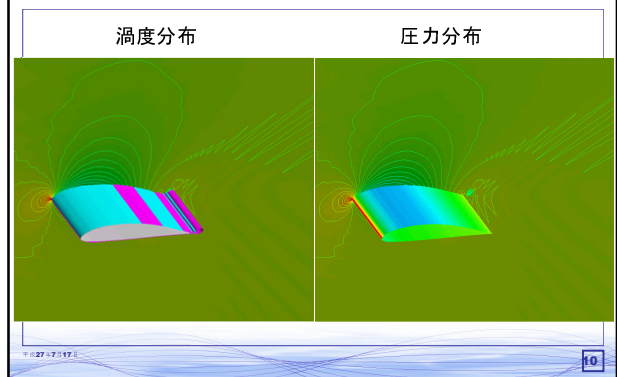
速度と圧力の関係 = 翼の原理



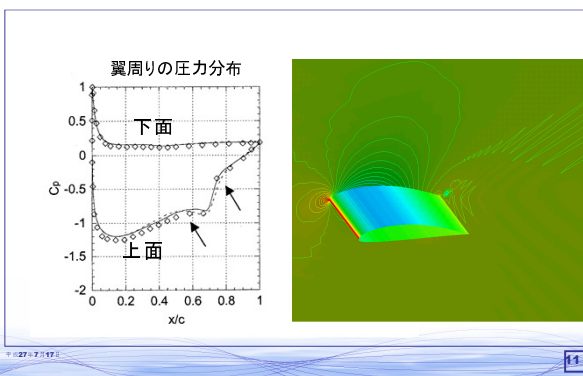
速度と圧力の関係 = 変化球の原理



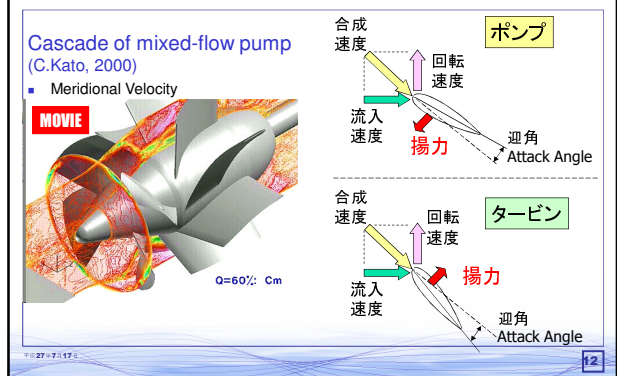
翼周りの流れと圧力分布



翼周りの流れと圧力分布



Design of Turbomachine



おまけ

ボートのオールは「揚力」で漕ぐ

オール速度 流れ速度 合成速度

ここで頑張っても無駄

オール速度 流れ速度 揚力 迎角

ボート

復習 (ニュートンの運動法則)

力 \times 距離 = 仕事(エネルギー)
 [N=?] [m] [J=?]

力 \div 面積 = 圧力
 [N=?] [m²] [Pa=?]

エネルギー \div 体積 = 圧力
 [J=?] [m³] [Pa=?]

加速度 \times 質量 = 力
 [m/s²] [kg] [N=?]

エネルギー \div 質量 = (速度)²
 [J=?] [kg] [m²/s²]]

流れの抵抗

抗力 \sim 流れの抵抗

風 抗力

摩擦による力
 流れが受ける力 速度分布
 物体上で速度ゼロ 物体が受ける力

圧力による力
 圧力大 抗力 圧力小

車両周り流れのシミュレーション

車両周り非定常渦の可視化

車両表面圧力変動の可視化

Suzuki, GSV-R

摩擦力による抵抗

乱流の効果

境界層

管路流れ

(a) 層流 (時間的に定常)

(b) 乱流

摩擦力による抵抗

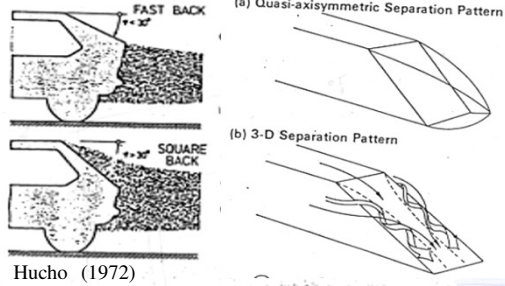
エアバスA380の翼にかかる摩擦力
 翼面積 約 850m² (スパン79m \times 翼幅 11 m)
 離陸時速度 288km/h (\sim 80m/s)

$$D = 2 \times C_f \frac{1}{2} \rho u^2 lb = 0.0024 \times \times 1 \times 80^2 \times 850 = 13056 \text{ [N]}$$

おおよそ1トン!
 (それでも重量の1/50)

圧力の抵抗 - 自動車空力の例-

車両形状と流れの関係

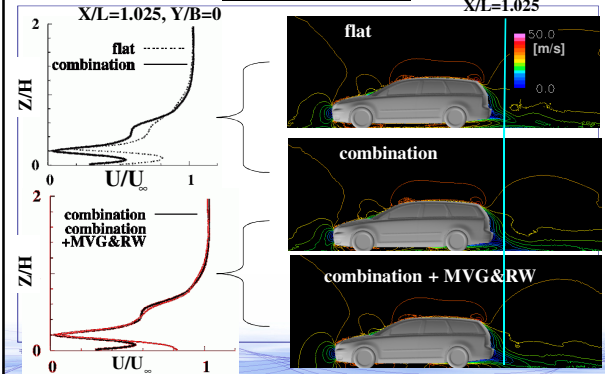


Hucho (1972)

19

車両周りの流れと空気抵抗

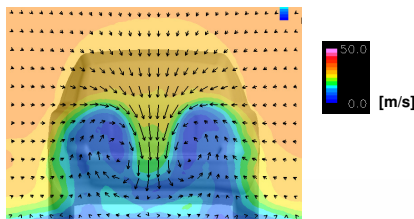
平均速度分布 Y/B=0



車両周りの流れと空気抵抗

平均速度分布 X/L=1.05

- 後流域に強い渦とダウンウォッシュが存在している
- 強い渦の中心部に低速領域が生じている

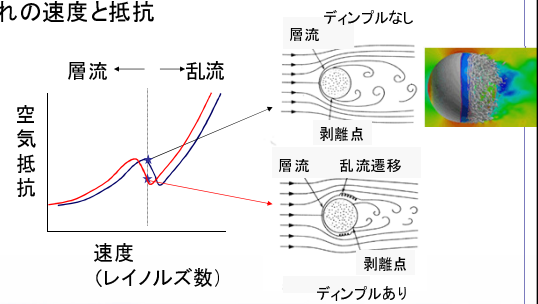


LES, X/L=1.05, YZ cross-section

21

ゴルフボールのディンプルの謎

流れの速度と抵抗



22

予習 (乱流)

流れが速く、物体が大きいとき「乱流」となる

層流(滑らかで一様な流れ)
乱流(ランダムに乱れた流れ)

ゴルフ : 4.2cm 250km/h
野球 : 7.3cm × 150km/h ÷ 粘性係数 $\sim 2.0 \times 10^{-5}$
サッカー : 22.3cm 50km/h (空気 $1.5 \times 10^{-5} [m^2/s]$)

レイノルズ数

表面が滑らかならボールの近くは層流(滑らかな流れ)

↓ 抵抗が小さくなる

表面が凸凹ならボールの近くも乱流(乱れた流れ)

23

本日のまとめ

- 流れの方向を変えると「揚力」を得る
- 揚力を設計するには速度と圧力の関係を知る
- 流れの抵抗は壁面の摩擦力と圧力分布が要因
- 抗力を設計するには「乱流」を知ることが必要

24