

サンプルテキスト

基礎から積みあげて学ぶ・学びなおす エンジニアのための流体力学講座

サイバネットシステム株式会社

CYBERNET

CAE
UNIVERSITY

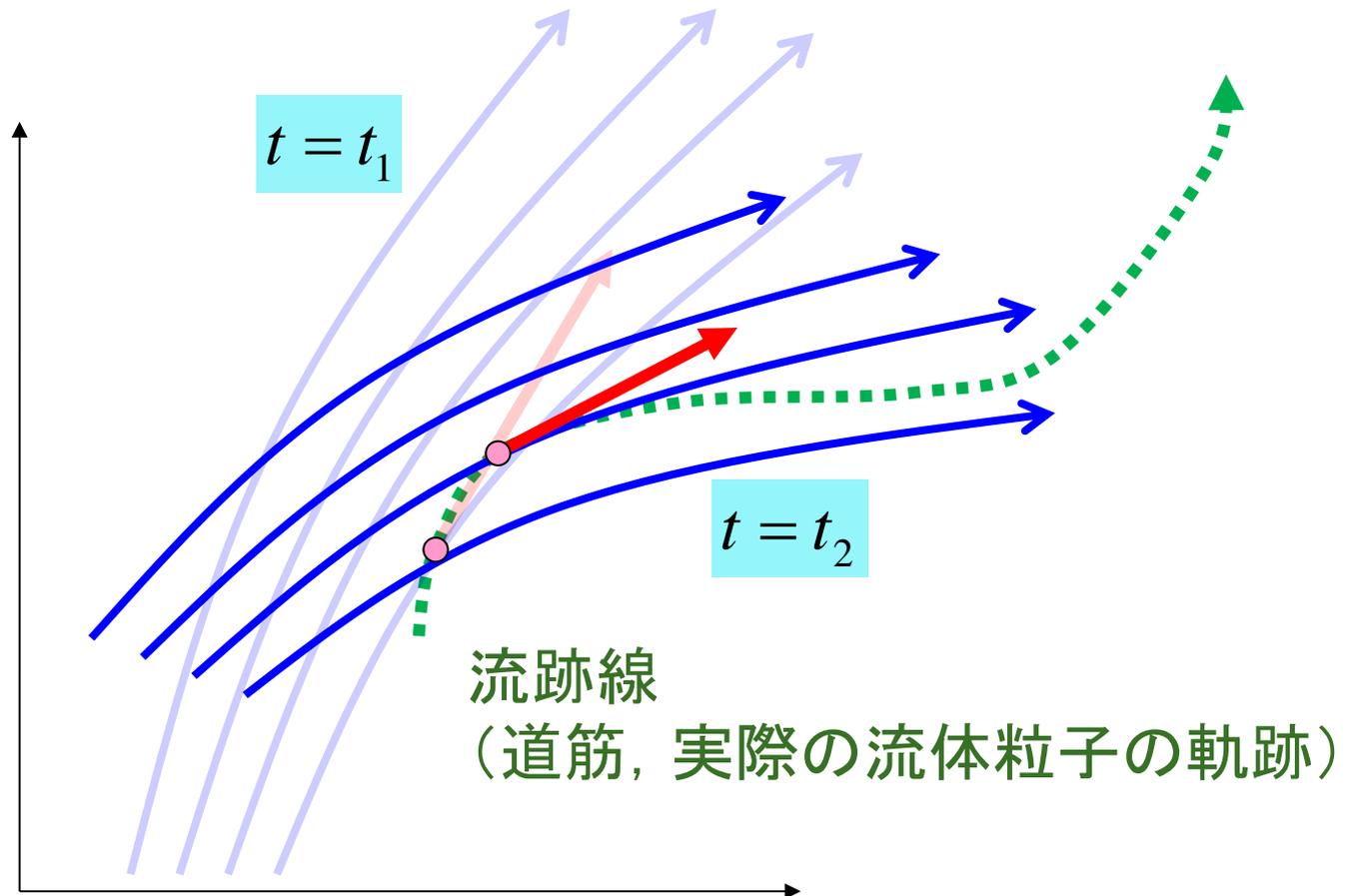
サンプルテキストについて

- 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。

流線 (streamline)

見本

- ▶ 非定常な流れでは流線は毎時刻異なる
- ▶ 流体粒子は時々刻々異なる流線を「乗り換えて」いく



連続の式 (Continuity equation) の一例

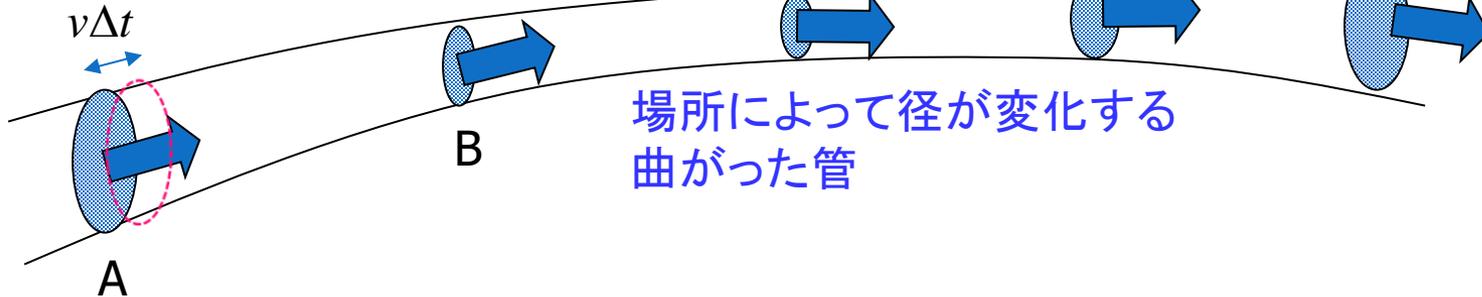
見本

- ▶ 特別な一例：管内の準一次元定常流れを考える

これは一例であって、一般的な連続の式ではないことに注意

断面を通り抜ける質量： $\rho v S \Delta t$

断面を通り抜ける体積： $v S \Delta t$



- ρ : (断面の) 平均密度
- v : (断面の) 平均流速
- S : 断面積

この場合の連続の式は...

$$\rho v S = \text{const.}$$

$\rho = \text{const.}$ の場合は、「 $v S = \text{const.}$ 」
「ホースの先をつぶすと流速が増す」
という経験的な事実と対応

密度のLagrange微分

- ▶ ここで密度 ρ のLagrange微分 $D\rho/Dt$ について考える
- ▶ 実は、**非圧縮性流れ**とは、 $D\rho/Dt=0$ が成り立つ場合
- ▶ これは、 $\rho = \text{const.}$ とは異なる(「const.」は定数の意味)
 - もちろん、 $\rho = \text{const.}$ であれば必ず $D\rho/Dt=0$
 - しかし、 $D\rho/Dt=0$ は、必ずしも $\rho = \text{const.}$ ではない
- ▶ $D\rho/Dt=0$ は、**流れに沿って**密度 ρ が変化しないことを意味する
- ▶ 空間的に密度 ρ の分布があっても、**非圧縮性流れ**と
いうことはあり得る
 - 例： **分離したドレッシング**を振った時の流れ

非圧縮性流れにおける連続の式

- ▶ 非圧縮性流れの条件は $\frac{D\rho}{Dt} = 0$ であるから、非圧縮性流れの連続の式は

$$\operatorname{div} \boldsymbol{v} = 0$$

流速ベクトルの正味の流出量
(つまりわき出し)がないことを意味

となる. 3次元直交座標系では次のようになる

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

逆に, $\operatorname{div} \boldsymbol{v} = 0$ が成り立てば, 質量保存則から $D\rho/Dt = 0$ となるため, 両者はいずれも非圧縮性流れの条件であると言える

※質量保存則は常に成り立つことに注意

Bernoulliの定理

見本

- ▶ (前ページの仮定のもとでの) Bernoulliの定理は次のように表される
 - Bernoulliの定理は、前提とする仮定によっていくつものバリエーションがあるので注意

$$\underbrace{p}_{\text{圧力エネルギー}} + \underbrace{\frac{1}{2} \rho |\mathbf{v}|^2}_{\text{運動エネルギー}} + \underbrace{\rho g z}_{\text{位置エネルギー}} = \text{const.} \quad (\text{流線に沿って})$$

正確には、単位体積あたりのエネルギー
(微小体積 ΔV を乗じるとエネルギーの単位に)

$$\rho \Delta V = \Delta m$$

$$p \Delta V + \frac{1}{2} \Delta m |\mathbf{v}|^2 + \Delta m g z = \text{const.}$$

Bernoulliの定理

見本

$$p + \frac{1}{2} \rho |\mathbf{v}|^2 + \rho g z = \text{const.} \quad (\text{流線に沿って})$$

圧力エネルギー 運動エネルギー 位置エネルギー

正確には、単位体積あたりのエネルギー
(微小体積 ΔV を乗じるとエネルギーの単位に)

- ▶ **異なる流線**では右辺の「const.」の値は異なる
 - **同一流線上で**, $\rho g z$ が同じなら, 流速が大きければ圧力は小さく, 逆に流速が小さければ圧力は大きくなる
 - **異なる流線上の各点ではこのような比較はできない**
 - 異なるジェットコースターでは力学的エネルギーの一定値は異なる
 - **ただし, 異なる流線でも, 上流が同一流速・圧力である場合に限り比較可能**
(右辺の「const.」の値が同じになるので)

上流は一様流

