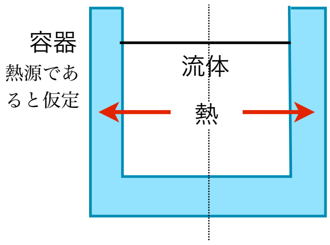
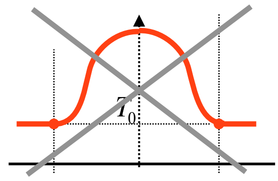
問題３　題意（底からの抜熱がない）により容器底の影響は無いので，半径方向rのみの関数として考えればよい。



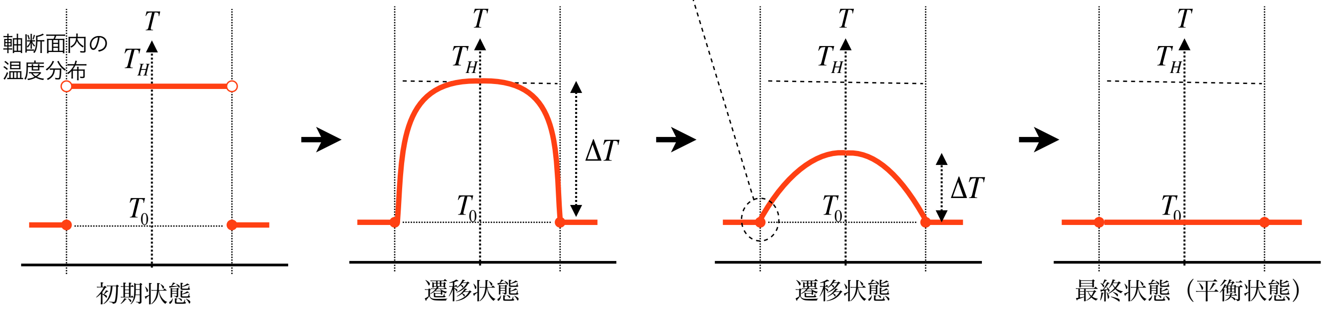
容器：大きな熱源→，　容器内の温度は均一でかつ一定

熱移動は流体内部の熱移動が（ 律速 ）過程となっている。

熱の発生がなければこのような途中で変曲点をもつような分布にはならない



これらの点では微分不可能となっている。実際にはあり得ないが、もともと、熱源（熱伝導度が∞）という仮想的な設定なのでこうなっている。実際にあり得ないが、ほとんどこれに近い状態は十分あり得る。律速過程を考える意味はそこにある。



温度分布の経時変化

横軸は半径方向ということになるが、ここでは上の容器内の温度分布の断面図と考えてよい。
つまり、中心軸を中心にこの分布を回転して、空間的な温度分布をイメージできるようにしよう。

流体内に生じる現象

遷移状態の流体内に生じる現象は温度によって密度が異なることから密度差に起因すると考えられる。温度が 高い場合に密度が（　小さく　），温度が低い場合に密度が（　大きい　）ので，中心と壁面の間で循環流れが生じる。これを（　自然　）対流といい，　冷却初期に（　強く　），時間経過とともに（　弱く　）なる。

自然対流における浮力は温度差に比例する。

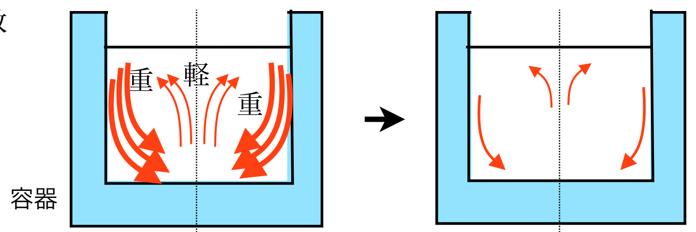
$$g\beta\Delta T$$

g：重力加速度
β ：熱膨張係数

それぞれの状態で

初期　　浮力：大　　　　時間経過後　浮力：小

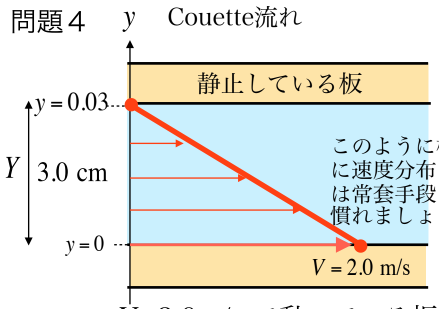
対流：強い　　　　　　　対流：弱い



強い対流は，矢印を長く多く太く密に描いて表現する

弱い対流は，相対的に短く細く描いて表現する

問題４



V=2.0m/s で動いている板

このように模式図中に速度分布を描くのは常套手段なので，慣れましょう。

ニュートンの式

$$\tau_{yx} = -\mu \frac{dv_x}{dy}$$

ニュートンの式で粘性せん断力を計算する。この問題の設定では，勾配を偏微分で表現する必要はない。常微分でよい。
粘性せん断力の添字はこの場合、yの面に作用するx方向の力を示す。
ここで，材料力学で定義するせん断力の方向とは逆になっていることに注意しよう！　Text,P7のEx.2-1で考えているように，流体力学も同じように逆の符号となる。これは移動速度論では運動量の移動する方向を材料の正の方向と一致させるためである。詳細は後述。

速度勾配の計算

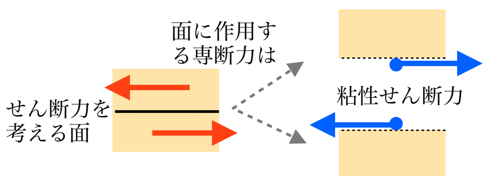
$$\frac{dv_x}{dy} = \frac{0-2.0}{0.03-0} = \boxed{-66.71/\mathrm{s}}$$

せん断力の計算

$$\tau_{yx} = -(0.00085)(-66.7) = \boxed{0.0567\ \mathrm{Pa}}$$

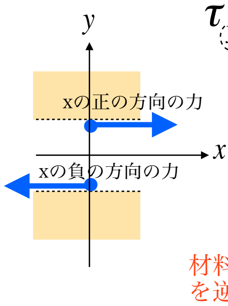
符号には意味がある

さて，面と面で作用するせん断力は作用-反作用でそれぞれの面で逆向きとなっている。その際の向きは下の図のようになっている。



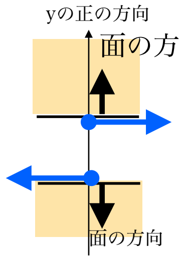
粘性せん断力は面に作用し，単位面積あたりの力，単位はPa（パスカル）となっている。

座標の方向を併せて描くと



τ_{yx}

面の方向がyの正の方向ならば力の正の方向はxの正の方向



面の方向：物質の内向き

せん断力が作用する面の方向は正なのでそのせん断力の方向もxの正の方向となる。

下の面では，逆になって，せん断力はxの負の方向となる。

材料力学や流体力学ではニュートンの式の負号がないが，面の方向を逆にするので，結果として，せん断力の方向は一致する。