目　次

第2章　流体の静力学

2·1　静止流体の圧力の特質

2·2　圧力の測定

2·3　壁面に及ぼす液体の力

2.4　浮　力

2·5　流体の静力学の基礎式

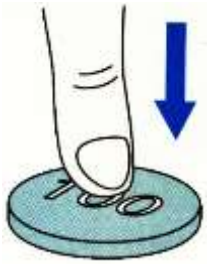
第2章　流体の静力学

この章のポイント

① 圧力の概念や水圧機の原理を理解する
② マノメータを用いた、圧力の測定を理解する
③ 平面壁に作用する全圧力と圧力中心の求め方を理解する
④ 液体中にある物体に働く浮力の意味を理解する

2.1　静止流体の圧力の特質 (p17)

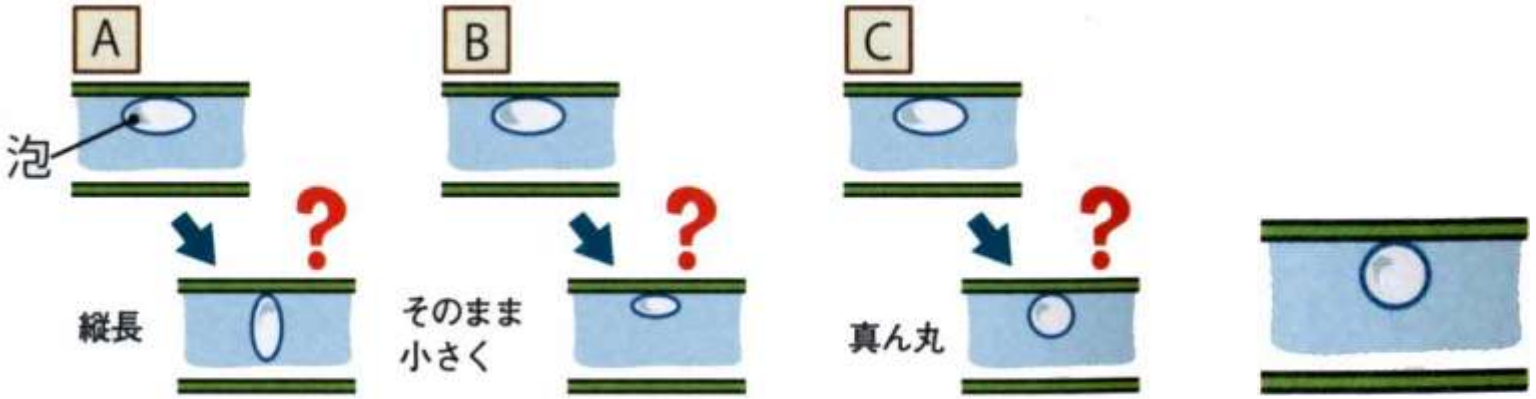
(1) 静止流体の圧力は面に垂直に作用する



机に対して垂直な力
ではコインは動かない

机に対して斜めの力　は
コインを動かす

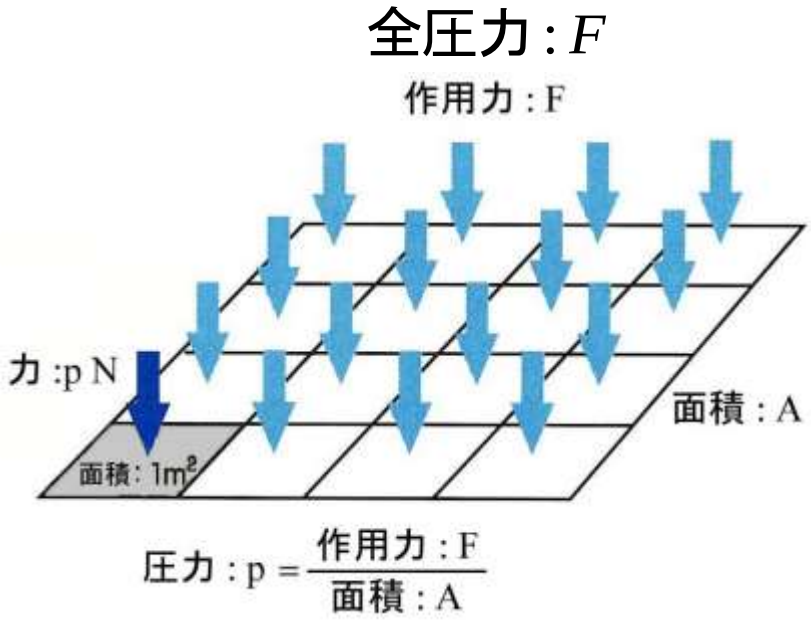
流体が静止するために　は、面に対して垂直力　だけが
作用しなければならな　い。



(a) 圧力および全圧力

　単位面積あたりに働く 垂直な作用力を圧力といい、 単位にはパスカル : Pa が用いられる

$$p = \frac{F}{A} \quad [Pa] \quad (2.1)$$



　単位面積あたりの力を 圧力$[Pa]$と呼ぶのに対し、作用力を全 圧力$[N]$と呼ぶ。
圧力によってその面に 働く合力のこと。

〔練習問題 1〕

自動車の重量が $16.0\,kN(1630\,kgf)$で,
タイヤの空気圧 $200kPa\,(2.04\,kgf/cm^2)$のとき, 4 輪に荷重が平均にかか るとして,
1 輪当たりの接地面積を 求めよ。

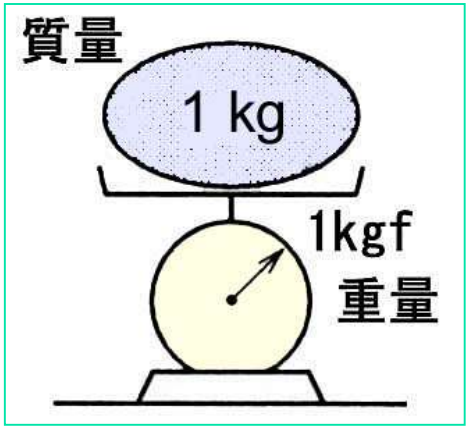
タイヤ空気圧 {kPa {kg/cm²}}		
タイヤサイズ	前輪	後輪
185/65R15 88S	200 {2.0}	200 {2.0}
応 急 用 タ イ ヤ		
T125/70D16 96M	420 {4.2}	

〔解〕 1 輪当たりの荷重（力）: $F=16.0\times10^3/4=4.0\times10^3\ N$,
圧力: $p=200\times10^3\,Pa$

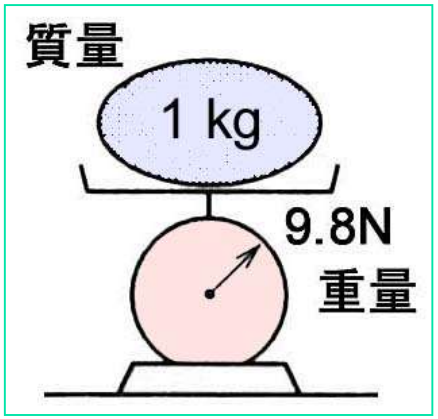
圧力 $p=\dfrac{F}{A}\rightarrow$ 面積 $A=\dfrac{F}{p}=\dfrac{4.0\times10^3}{200\times10^3}=0.02[m^2]$

例えば、タイヤの幅 $0.2\,m(200\,mm)$とすれば、接地長さは
$0.1\,m(100\,mm)$程度になる。$(\because 0.2\times0.1=0.02\,m^2)$

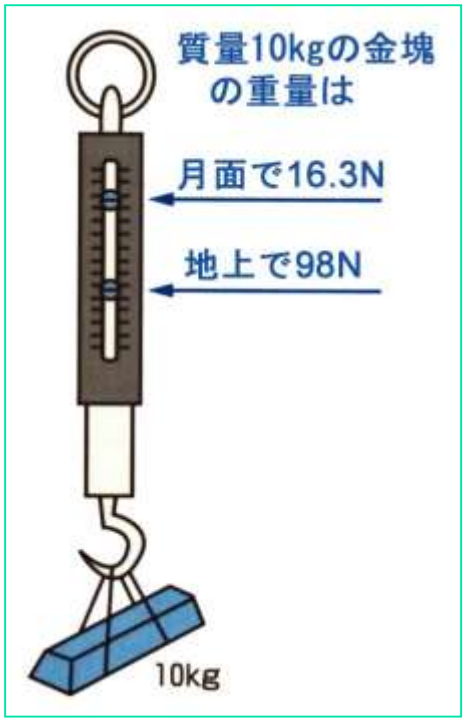
重力単位系（工学単位）



工学単位系



SI 単位系



重量：$1\,kg\,f$ ＝質量$1\,kg$×重力加速度$9.8\,m/s^2$

$= 9.8\,N \quad (1.2)$

質量

force

$$2.04\,kg\,f/cm^2 = 2.04\times 9.8\,N/cm^2 = 20.0\,N/cm^2$$

$$= 20.0\times 10^4\,N/m^2 = 200\,kPa$$

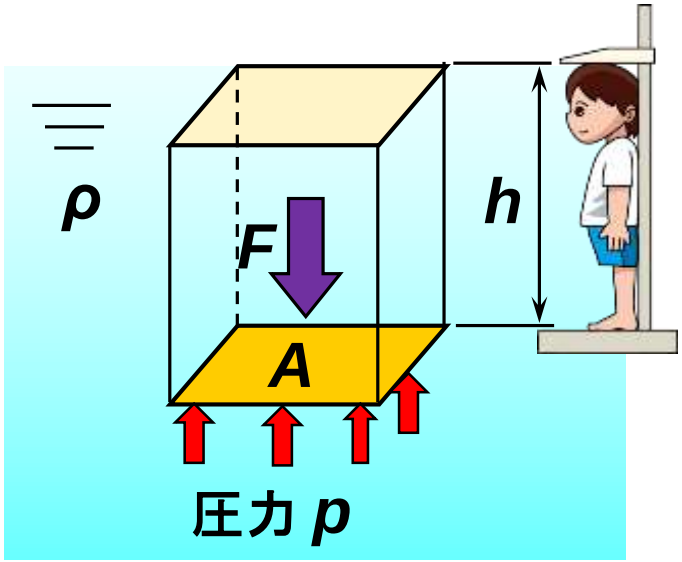
(*b*) 圧力差およびヘッド

水面から深さ $h\,m$ のところに底面の面積が $A\,m^2$ の物体があるとき、水の密度を $\rho\,kg/m^3$ とすれば、

物体の体積：$V = hA \;\; m^3$

物体の質量：$m = \rho V = \rho hA \;\; kg$

物体の重量(力)：$F = mg = \rho ghA \;\; N$



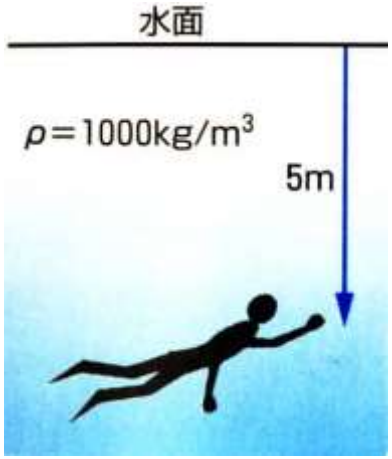
平面が受ける圧力は

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\rho ghA}{A} = \rho gh \quad [Pa] \quad (2.5)$$

水面下での圧力は面積に関係なく、水面からの深さ：h のみで決定され、h を圧力ヘッドと呼ぶ。

〔練習問題 2〕

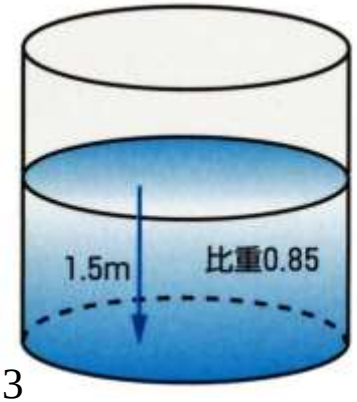
(*a*)　水面下 $5\,m$ における圧力を求めよ 。ただし、水の密度を $10^3\ kg/m^3$ とする。



〔解〕　圧力: $p=\rho gh=10^3\times9.8\times5$

$=49\times10^3\,[Pa]=49\,[kPa]$

(*b*)　直径 $2m$ のタンクに、比重 0.85 の液体が $1.5\,m$ の深さで貯蔵されている。タンク底面に発生する圧力を求めよ。



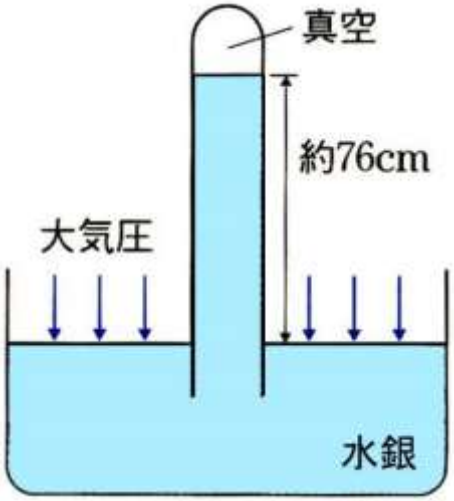
〔解〕　圧力: $p=\rho gh$

比重: $s=0.85\rightarrow$ 密度: $\rho=s\times10^3=0.85\times10^3\ kg/m^3$

$p=\rho gh=0.85\times10^3\times9.8\times1.5=12.5\times10^3\,[Pa]=12.5\,[kPa]$

(c) 圧力の単位

トリチェリのマノメータ（液柱計）
（大気の圧力を測定するもの）



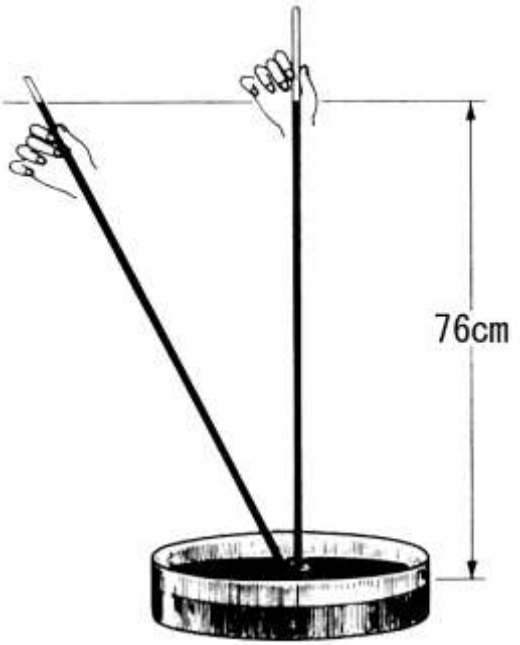
標準大気圧: $p_0 = 760\,mmHg$（水銀柱）

$= \rho gh = 13.6\times10^3 \times 9.8 \times 0.76$

$= 101.3\times10^3\,[Pa] = 101.3\,[k\,Pa] (= 1013\,[h\,Pa])$

∵ 水銀の密度: $\rho = 13.6\times10^3\ kg/m^3$

水銀柱の高さは、ガラス管の角度によらず約 $76\,cm$ である。



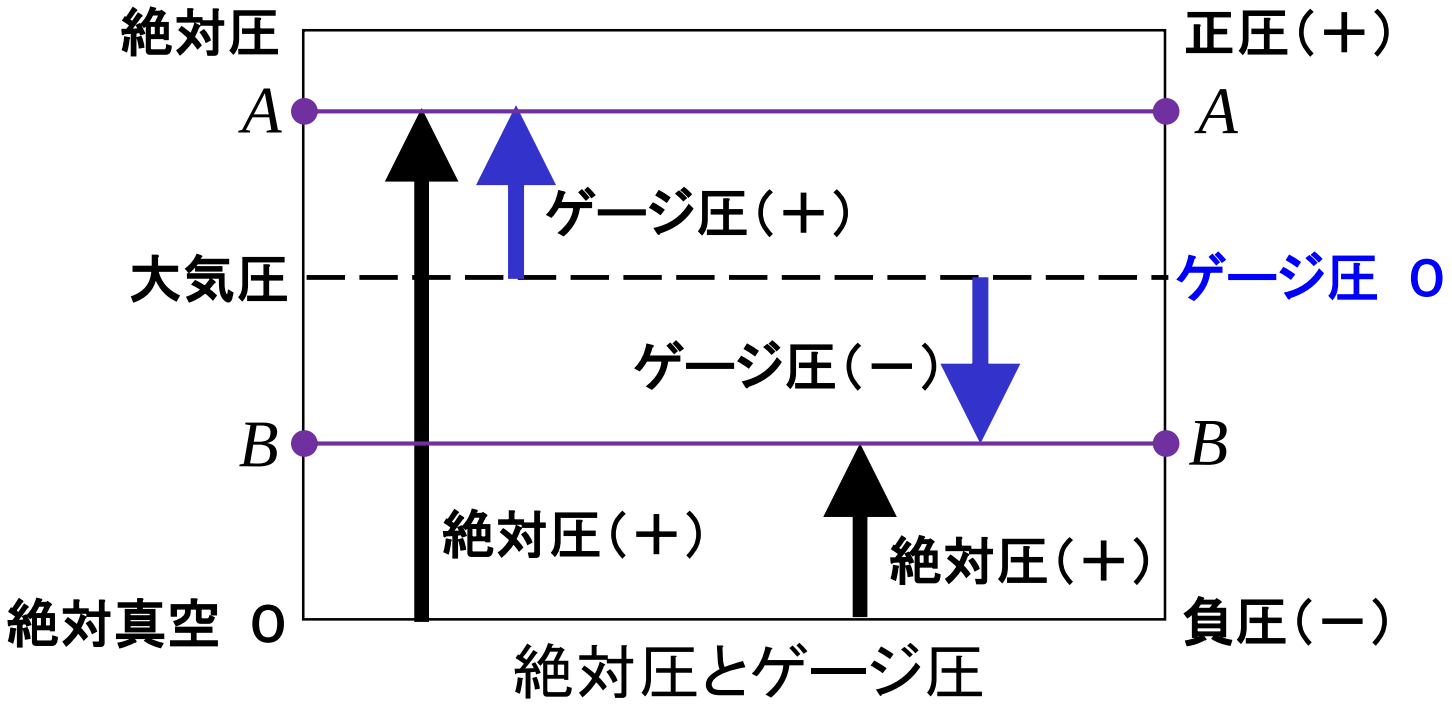
血圧: $h = 120\,mmHg$ の圧力は、

$$p = \rho gh = 13.6\times10^3 \times 9.8 \times 120 \times 10^{-3}$$
$$= 16000\,[Pa] = 16.0\,[kPa]$$

(*d*) 基準で異なる絶対圧とゲージ圧

圧力は基準の取り方によって、2 つの表し方がある

- ゲージ圧：大気圧を基準のゼロとしたもの（タイヤの空気圧）
- 絶 対 圧：絶対真空を基準のゼロとしたもの（天気 予報）



絶対圧とゲージ圧

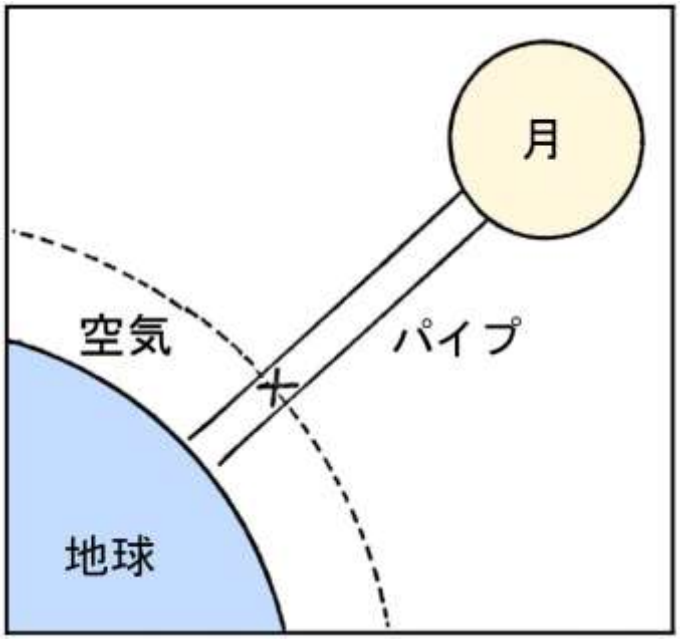
絶対圧で示される低気圧や高気圧は、ゲージ圧の負圧や正圧に相当する。

絶対圧: p_{abs} = 大気圧: $p_0(101.3\,kPa)$ + ゲージ圧: p_{gage}

温度の絶対温度と摂氏温度の関係に似ている

絶対温度: $T\ K = 273.15$ + 摂氏: $t\ ^\circ C$

＊一般の場合の「圧力」という言葉は「ゲージ圧」を示す



空気は地表表面の大気がなくなるところ（図の×）までしかいかない。

〔練習問題 3〕

走行前に自動車のタイヤの温度と空気圧を測定したところ

$20\,°C$ で$200\,kPa\,(2.04\,kgf/cm^2)$ であった。

走行後、温度を測定したところ $50\,°C$ に上昇していた。

タイヤの容積は変化しないものとして圧力を求めよ。

〔解〕　大気圧を $p_0 = 101.3kPa$ とすると

$p_1 = 101.3\times10^3 + 200\times10^3 = 301.3\times10^3\ Pa$（絶対圧）

$T_1 = 273+20 = 293\,K,\ T_2 = 273+50 = 323\,K$(絶対温度）

ボイル･シャルルの法 則から

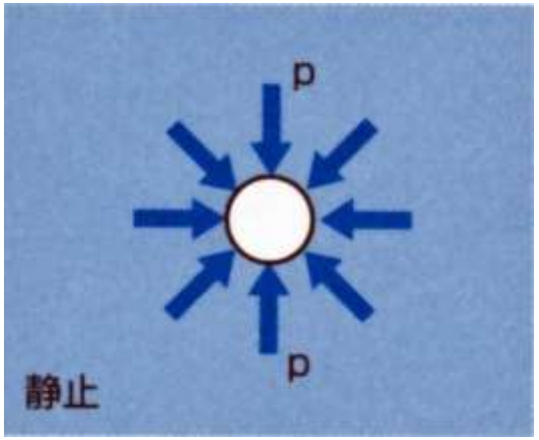
$P\upsilon = RT \rightarrow P/T = R/\upsilon = C$（一定）

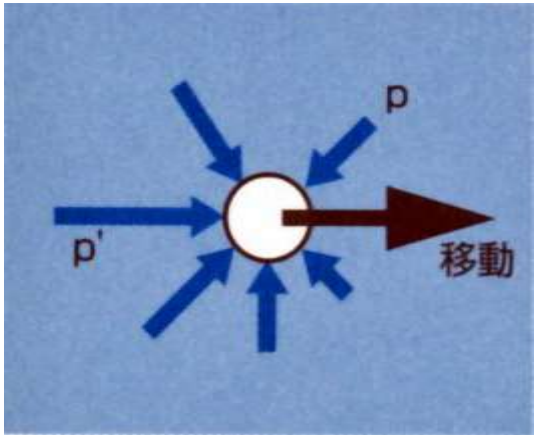
$$\therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1 = \frac{323}{293}\times301.3\times10^3 = 332.1\times10^3\ Pa$$（絶対圧）

$P_2 = 332.1\times10^3 - 101.3\times10^3 = 230.8\times10^3[Pa] = 231[kPa]$（ゲージ圧）

(2) 圧力の非方向性

静止している流体の各点の圧力は、全ての方向に等しい





圧力が異なれば、質点は移動してしまう