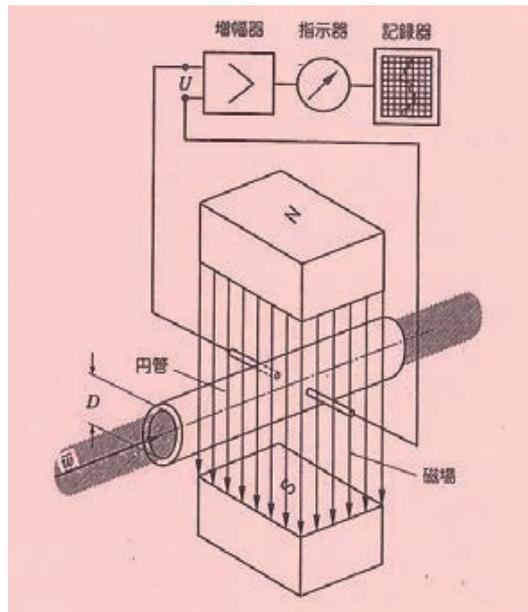


エンジニアのための

流れ学

第4巻

流れの計測



中川 武夫 (流水) 訳
ヴィリー・ボール 著



コロンブス大学出版局

Kingston • Melbourne • Göttingen • Bangkok • Kanazawa • Kaunas

6 流れの計測

6.1 圧力測定

6.1.1 序 論

流体力学においては静止している流体、気体および蒸気中のみならず、内部流である円管内あるいは周辺流物体の壁面において頻りに圧力測定が行なわれる。

一個の完結した圧力計測システム(図6.1)は、一般に圧力測定装置、圧力測定導管、および圧力測定孔より成り立っている。測定された圧力は、測定孔、導管を経て圧力測定装置に伝えられる。その際、測定誤差と応答遅れが発生する可能性がある。圧力計測システムを有効に機能させ、かつ使用に供するためには、適切な圧力測定装置の選択のみならず、計測場所に正しく圧力ゲージが取り付けられたかどうかにも依存する。圧力測定孔あるいは圧力測定穴の大きさや形状の影響、並びに圧力測定導管長さや断面の影響は非定常で、時間とともに振動する圧力の測定において顕著となる。圧力測定孔においてピックアップされた圧力が導管を経て、圧力ゲージの本来の測定装置に伝播するには、一定の応答時間 t_A が必要である。ここで、応答時間とは、精密測定において測定開始から測定場所における目標圧力の99.9%まで圧力計の値が増加するのに必要な時間として定義されている(図6.2)。

細心の製作、とりわけ圧力検出孔に角がなく、小さすぎることもなく、そして導管が長すぎることがなければ、測定誤差と応答時間は小さく保たれる。ほとんどの圧力測定において、測定場所における圧力と基準圧力(例えば、大気圧)との差が計られる。

多くの圧力計測定原理は未知の圧力により加えられた圧力と、これに等しい反力とを比較すると

いうものである。ここで、反力は通常流体柱の重さやバネ効果によって引き起こされる。

応用例に応じて、比較的大きな運転測定装置、微小測定装置、あるいは試験測定装置が用いられている。

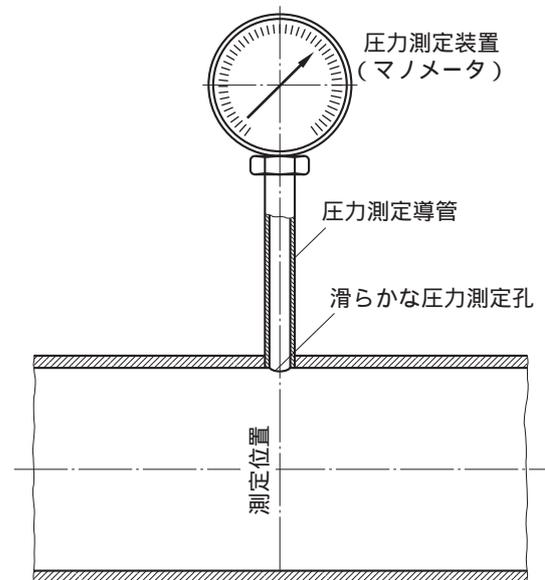


図6.1 圧力測定システム

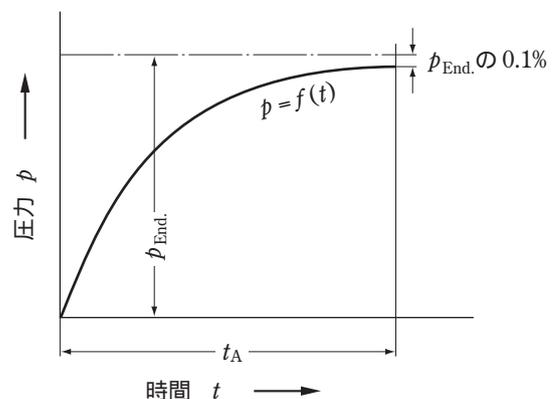


図6.2 応答時間 t_A

6. 1. 2 流体圧力計

流体マノメータは比較的小さい圧力、あるいは微小差圧の測定に適している。これらのマノメータは非常に正確であるので、簡単な運転圧力測定器としても、また精密圧力測定器として用いることが可能である。

流体圧力計の原理は、求める圧力によって引き起こされる圧力と流体柱の重さとを比較することにほかならない。ここで、釣り合い状態にあれば、両者の圧力は互いに等しいことになる。したがって、求める圧力はこの流体柱の長さとして直接、または間接に読み取られることとなる。

マノメータに用いられる流体は封液と呼称されている。マノメータの測定範囲に応じて、封液として水、アルコール、水銀、油、四塩化炭素あるいは四臭化エタンといった種々の密度を有する液体が選択され用いられる。

とくに非常に正確な測定の場合には、封液並びに装置の膨張に対する温度の影響および毛管現象と表面張力(1.6節参照)の作用を考慮しなければならない。

流体マノメータの装置構成は、その測定範囲と精度上の要求の程度に応じて大きく異なる。

最も単純な流体圧力測定装置は、2本のガラス管とこれらの中に読み取り目盛の付いた等辺のU字管である(図6.3)。

ミニスカスの間の距離から次のように求められる。

$$(p_1 - p_2)A = \rho_{Sp} \cdot g \cdot h \cdot A - \rho_M \cdot g \cdot h \cdot A \quad (6.1)$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_{Sp} - \rho_M) \cdot g \cdot h$$

ここで、左のガラス管を占める流体が、気体または蒸気状態である場合には ρ_M は ρ_{Sp} と比べて無視しうるほど小さくなる。

仮に、目盛差 h_{max} が与えられたとすれば、密度 ρ_{Sp} の増加に伴って、測定範囲 $p_1 - p_2$ も密度とともに線形に増すことがわかる。

絶対圧を測定する際には、一方のマノメータ端

部が密閉され、空気が取り除かれることとなる(図6.4)。例えば、水銀気圧計はこの原理に基づいて作動している。

読み取り精度は、パーニア(副尺)付きの特製読み取り装置(図6.5)、または光学式拡大器を使用することにより向上させることができる。非常

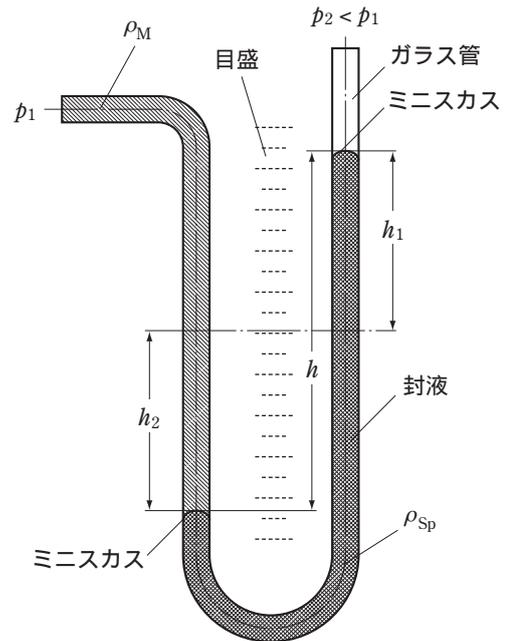


図6.3 等辺U字管マノメータ

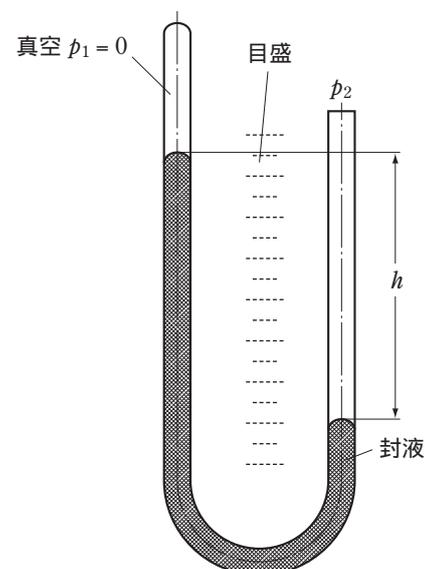


図6.4 片方密閉U字管マノメータ

に正確に検定されたガラス管の場合のみ、管の断面積が全体にわたって等しくなるので、高压部のミニスカス降下量 h_1 は、低压部のミニスカス上昇量 h_2 とが等しくなる。したがって、圧力差 $p_1 - p_2$ の値を求めるためには一方の管の液面変化量のみを読み取れば十分である。

圧力振動が起こり易い場合には、封液が振動するために、両方のミニスカスの値の読み取りが実に難しくなる。未検定のガラス管または封液振動の場合には、両方のミニスカスの読み取りは避け、密閉型マンノメータ(図6.6)を使用することを推奨する。このマンノメータの場合には細い方の管のミニスカスの読み取りは十分にできる。

圧力差 $p_1 - p_2$ は、細管の方の封液上昇量 h_2 に比例する。

$$\begin{aligned}
 p_1 - p_2 &= (\rho_{Sp} - \rho_M) \cdot g \cdot h \\
 &= (\rho_{Sp} - \rho_M) \cdot g \cdot (h_1 + h_2) \\
 h_1 \cdot A_1 &= h_2 \cdot A_2 \\
 h_1 &= h_2 \frac{A_2}{A_1} \\
 p_1 - p_2 &= (\rho_{Sp} - \rho_M) \cdot g \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{A_2}{A_1}\right)}_{\text{装置定数 } K_G} \cdot h_2
 \end{aligned}$$

装置定数 K_G

(6.2)

$$p_1 - p_2 = (\rho_{Sp} - \rho_M) \cdot K_G \cdot h_2$$

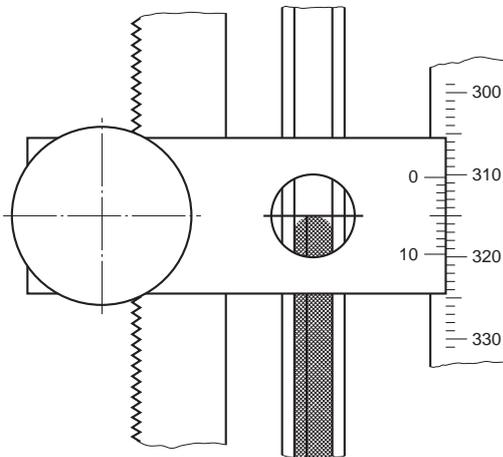


図6.5 副尺付き読み取り装置

装置定数 K_G を読み取り目盛板のゆがみと考えれば、圧力差 $p_1 - p_2$ を直接読み取ることが可能である。

密閉型マンノメータの原理から発展して、より正確な圧力測定のためにプラントルの直角管マンノメータ(図6.7)やベッツの投影マンノメータ(図6.8)のような種々の精密マンノメータが開発された。

プラントルのマンノメータの場合には、その測定範囲は45 mbarで、測定精度は0.005 mbarである。封液としてはアルコールまたはトルエンが用いられる。ミニスカスの高さを読み取るために、歯車駆動を用いた可動接眼レンズ内の測定拡大鏡中において、真のミニスカス像が凹面鏡中において形成された垂直なミニスカス鏡像と接触するようになされる。

ベッツの投影マンノメータには、封液として蒸留水が用いられる。測定範囲は80 mbarまでであり、その測定精度は全尺度の1‰である。フロートの鐘に釣り下げられた、刻印された目盛り付きのガラス棒は、対象とする圧力差 $p_1 - p_2$ に応じて封液で満たされた中央円管内を上下に動くこととなる。光学レンズによって十分拡大された目盛の断面は

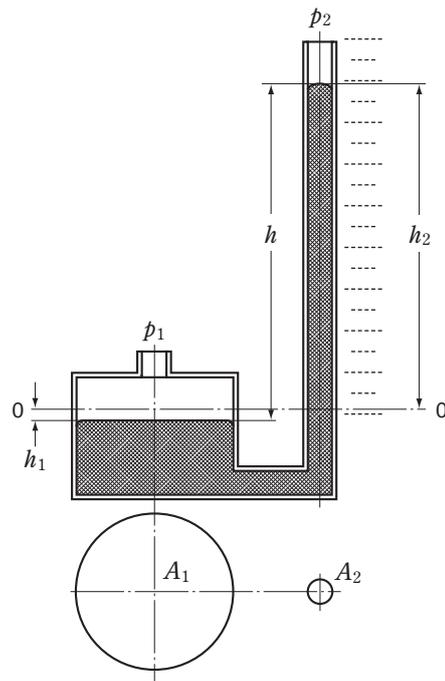


図6.6 密閉型マンノメータ

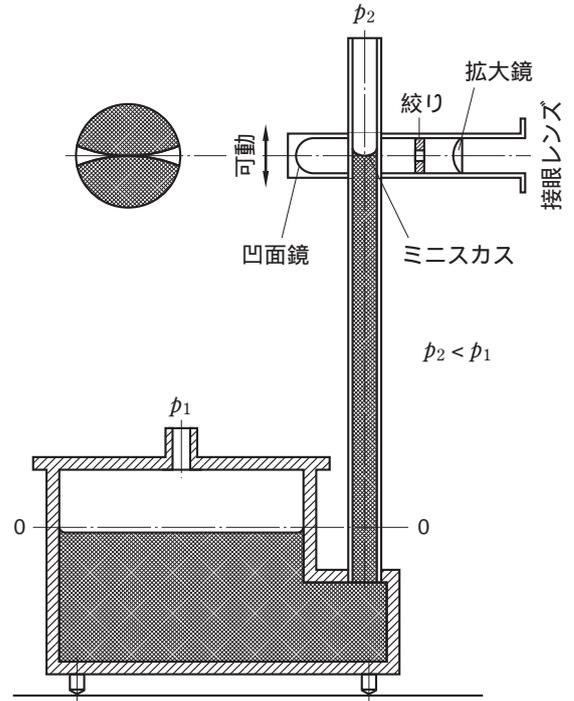


図6.7 プラントルの精密マンノメータ（原理）

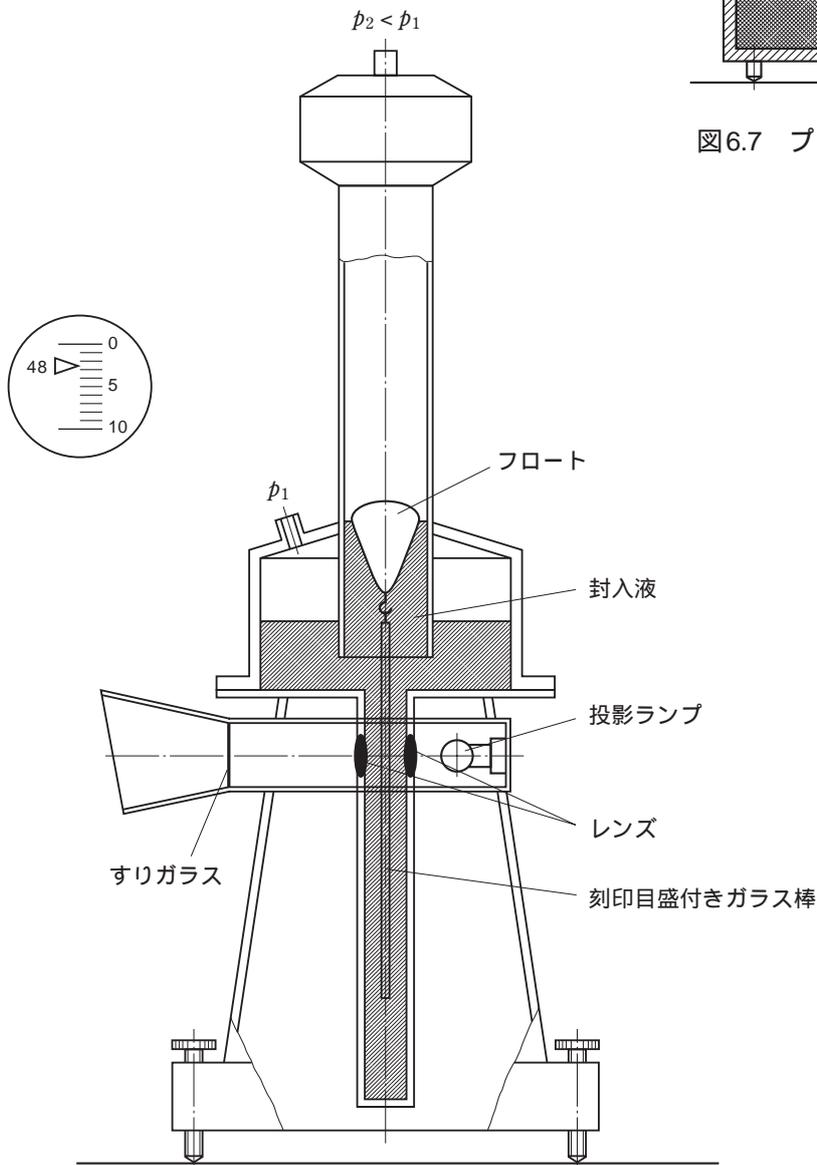


図6.8 ベッツの精密マンノメータ

続きは
完成版で
お楽しみ下さい。