

“逆さコップの実験”のコップ内の圧力

元立教大学理学部 佐々木研一

“逆さコップの実験”

(図 1) で紙が落ちず水がこぼれない理由は NEWS LETTER¹⁾ に詳述したが、コップ内の空気圧はどうなっているのだろう。紙の下側が 1 気圧なので、水面上の気圧はそこから数センチの水圧を引いた気圧のはずであるが、実感とはなかなか結びつかず、よく本当ですかと聞かれる。そこで、中の気圧を圧力計に連結し、圧力を直視する方法を 2 つ紹介する。

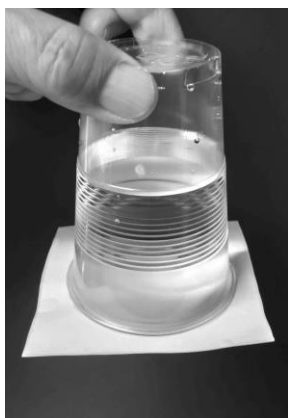


図 1 紙一枚で水がこぼれない“逆さコップの実験”。

①逆さコップの空間の気圧を直接測定

コップの底に 4 mm 弱の穴を開け、太さ 4 mm のシリコンチューブを挿入し、それにストローをつなぐ。それとは別に、水を 1/3 程入れたコップを用意し、そこにストローを差す。チューブを挿入したコップを正立させ、水を入れ、プラ板(この実験には紙よりしっかりした板がよい)でふたをし、逆さにする。ストローを差したコップの水面とふたの高さをそろえると、ストロー内の水位は逆さコップの水位とほぼ一致し(図 2)、気圧は外圧より中の水圧分だけ下がっていることがわかる。

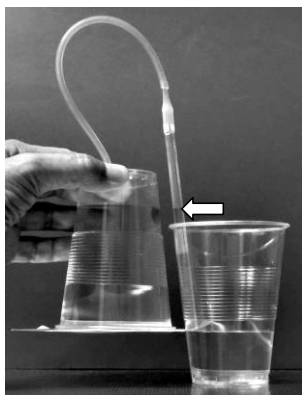


図 2 逆さコップの空間に繋いだ水位計。両者の水位が一致。

ところが、圧力計

の水位差の方が大きめに出ることがある。理由はふたををするとき、ふたをつい押し過ぎ、中が若干減圧になるから。これを回避するにはふたを使わない逆さコップ(②)を使う必要がある。

②ふたなしでこぼれない“等価逆さコップ”の空間の気圧測定

コップの底に 12 mm 径の穴を開け、穴を指で塞ぎ、水をたっぷり入れる。別途、1.5 mm の塩ビシートに針で穴を開け、0.9 mm の針金のフックを通した塩ビシートを用意し、これでコップにふたをし、穴を塞いでいた指を離すと、穴からの水のこぼれはすぐに止まり、フックで全体を吊下げることができる(図 3、穴の部分の拡大図が図 4)。このコップは逆さではないが、原理的には逆さコップのふたなし版であり、“等価逆さコップ”とみなせるのでこの空間の圧力を測定すればよい。



図 3 底に 12 mm の穴を開けたコップを 1.5 mm 塩ビシートで吊り上げた“等価逆さコップ”。



図 4 図 3 の底部を拡大。穴から水が垂れそう。

そこで、塩ビシートのふたにシリコンチューブを貫通させ、それにストローで作った U 字水位計(図 5)を接続し、ふたなしの“等価逆さコップ”

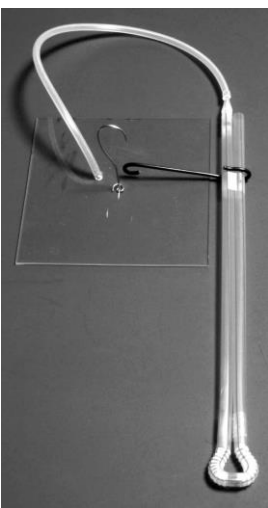


図 5 塩ビシートに付けた U 字水位計。

中の気圧を測定する(図6)。

この場合は、外と中の水位は再現性良く一致する。これにより、中の気圧は水深の水圧分だけ低下していることが明らかである。水圧で10 cm 低下ならば中の気圧は $(1034 - 10) / 1034 = 0.990$ 気圧である。“真空”とは程遠い。

付録:

① “等価逆さコップ”(図3)を吊り下げる簡単な方法

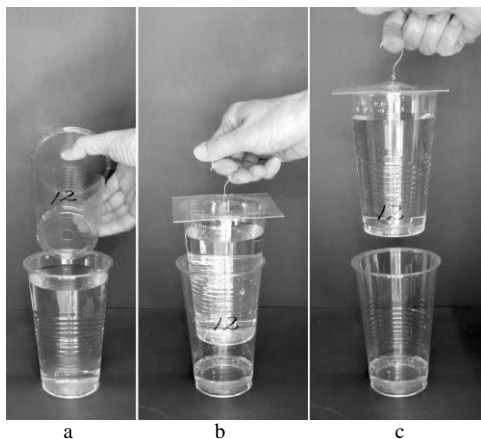


図7 “等価逆さコップ”(図3)を簡単に吊り下げる方法。コップの容積は公称520 ml。内側のコップの穴はφ12 mm。塩ビシートの厚みは1.5 mm。本文のようにa→b→cの順に操作すれば失敗なく吊り下げられる。

図7 aのようにコップを二つ用意し、片方には底に穴を開け、もう一方には水をたっぷり入れる。b: 穴あきコップを水にゆっくり沈ませ、フック付きの塩ビシートでふたをし、揺らして隙間を十分水でぬらし、気密を確認し、フックで吊り上げる。

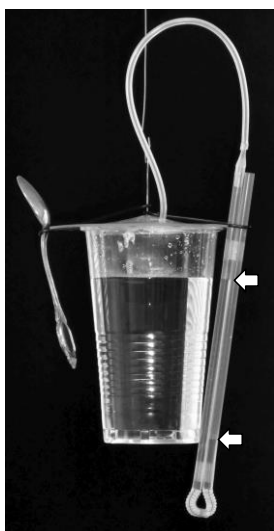


図6 “等価逆さコップ”中の気圧測定。スプーンはカウンター・バランス。コップの底が上がっているので水位はそれに合わせた。

ぶら下げると底の穴は自動的に水平となり、水面から離れる際に水はほとんどこぼれない。c: 成功した状態。

② 塩ビシートでどんなものが吊り上げられるか

1) 上端にはペットボトルの肩から上の部分を切り取ったものを逆さまに、下端には13 mmの穴を開けたプラスチック板を接着した、長さ1 m、内径20 mmの亚克力管の“等価逆さコップ”に水を満たし(一時的に指で穴を塞いでおく)、1.5 mm 塩ビシートのふたで吊り上げる(図8)。

2) 10 lのバケツ(底に穴は開けず)に水を満たし、引き出しの“引手”をネジ止めした3 mmの塩ビシートで吊り上げる(図9)。バケツのふちには大抵小さな傷があり、ふたとの接触面にたっぷり水を含ませても気密は10分程度しか保てないので

落下に注意。屋外などで低い位置を推奨。



図8 長さ1 mの“等価逆さコップ”。下端は13 mmの穴。



図9 10 lの水を入れたバケツを3 mm 塩ビシートで吊る。