

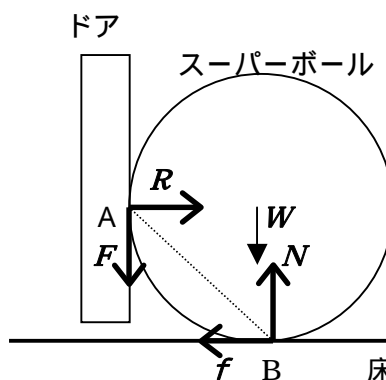
# スーパーボール・ドアストッパーの原理

神奈川県立柏陽高校 山本明利

スーパーボールをドアストッパーがわりに使えるという裏ワザが日本テレビ「伊東家の食卓」で紹介され、話題になったことがあります。スーパーボールを床と開いたドアの双方に接するように置くと、ドアがボールに引っかかって閉まらなくなるというものでした。その際オンエアされた説明図と某工学部教授の説明はいただけないものでしたが、現象自体は大変興味深いものだったので、ここにその原因解明を試みます。

現象としては、ドアに押されてもボールが転がらないことを説明すれば十分ですから、ボールにはたらく力のつりあいを考えます。

ボールにはたらく力は、ボールとドアの接点 A ではたらく垂直抗力(ドアがボールを押す力)  $R$  と静止摩擦力  $F$ 、ボールと床の接点 B ではたらく垂直抗力  $N$  と静止摩擦力  $f$ 、およびボールにはたらく重力  $W$  です。後に述べるように、重力  $W$  はこの現象では主要なはたらきをしていませんが、一応メンバーに入れておくことにします。



ドアに押されたボールは、右に進もうとしますが、床からの摩擦力  $f$  があるので時計回りに転がることとなります。すると、ドアとの接点 A で摩擦が発生します。ドアとのこすれ方から考えてこの摩擦力  $F$  は下向きです。

ボールにはたらく力のつりあいの式は

$$\text{水平方向： } R = f \quad (1)$$

$$\text{鉛直方向： } N = F + W \quad (2)$$

また、B 点を中心とした力のモーメントのつりあいの式は、球の半径を  $r$  として

$$F r = R r \quad (3)$$

となります。式(3)はボールが転がらない条件です。

条件として与えられている力は、 $R$  および  $W$  ですが、上記 3 式からただちに、

$$F = R \quad f = R \quad N = R + W \quad (4)$$

が得られます。これで問題は解けました。

$W$  が他の力に比べて十分小さいものとする、他の 4 つの力はすべて大きさが等しくなり、床からの力の合力と、ドアからの力の合力とは、線分 AB に沿って互いに同

一作用線上で向き合い、つりあうこととなります。つまり、このボールは、滑らないつかい棒をA B間に施したのと同じ効果をもたらしていることとなります。このときボールは線分A B方向に圧縮力を受けて若干斜めに縮んでいるのでしょう。

さて、静止摩擦力  $F$  および  $f$  は最大摩擦の条件を満たさなければなりません。すなわちドアとボール、床とボールの間の静止摩擦係数をそれぞれ  $\mu_A$ 、 $\mu_B$  として

$$F = \mu_A R \quad (5)$$

$$f = \mu_B N \quad (6)$$

が成り立っていなければなりません、(4)の結果と合わせると、

$$\mu_A = F / R = 1 \quad (7)$$

$$\mu_B = f / N = R / (R + W) \quad (8)$$

が要請されます。静止摩擦係数が1以上（摩擦角  $45^\circ$  以上）というのはかなりの滑りにくさということになりますが、スーパーボールの素材が、この条件を満たす極めて滑りにくい物質であるということが、この裏ワザのポイントです。式(7)(8)の条件が満たされる限り、力  $R$  が大きくなっても滑りは生じないこととなります。ほぼ完璧なドアストッパーの機能です。

なお、驚くべきことに、上図を  $90^\circ$  時計回りに回転した配置、すなわち床を壁に、ドアを上板に置きかえても、この現象は起こります。下の写真の通りボールをつっかい棒にして、板が水平に宙に維持されるのです。

重力  $W$  が主要なはたらきをしていないことは、こうして確認できます。また、スーパーボールの弾性が強いことも、ここでは主要な条件ではないと考えられます。一番のポイントは大きな摩擦係数なのです。



2004/12/01 書き下ろし