

しゃぼん玉のふしぎな力(2)

先月号の問題2.一刻も早く助けなければ!

あなたは海岸の砂浜のAの場所にいます。すると、海の中のBの場所でおぼれていきます。近くには他に誰もいないので、あなたが助けなければなりません。一刻も早く助けるには、どうやってBの場所に行けばいいのでしょうか?



先月号で書いたとおり海の中より砂浜の方が速く走れる、例えば砂浜で走るスピードを時速6km(秒速1.66...m)、海の中を泳ぐスピードを時速4.5km(秒速1.25m)とします。砂浜を走る距離をa、海を泳ぐ距離をbとすると、助けに行くのにかかる時間は $(La + 1.66... + Lb) \div 1.25$ [秒]となり、これが最も小さくなるようなコースを選ばなければなりません。

そこで今回は図4のような装置を作ってみました。上半分はアクリル板の間隔が0.6cm、下半分は0.8cmにしてあり、アクリル板の間隔が狭い部分のA点と広い部分のB点にそれぞれネジを通してあります。この2本のネジをつなぐようにアクリル板の間にしゃぼん液を張るとどうなるでしょう。しゃぼん液がアクリル板の間隔が狭い部分に張っている長さをa、広い部分に張っている長さをbとすると、しゃぼん液の膜の面積は $(La \times 0.6 + Lb \times 0.8)$ [cm²]となり、しゃぼん液の膜はこの面積が最も小さくなるような形に張ります。

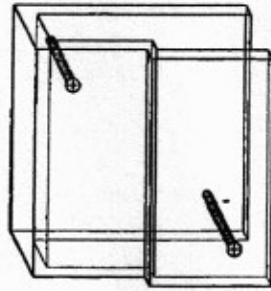


図3. 問題解決装置2号

ここで助けに行くのにかかる時間の式としゃぼん液の膜の面積の式を見比べてみましょう。この2式は一見違う形に見えますが、よく見てみると似ている...

どこも全く同じ式になっています。そこで実際にしゃぼん液の膜を張ってみましょう。すると、しゃぼん液の膜は写真2のような形になります。これが一番早く助けに行く経路でもあるのですが、この形どこかで見覚えはありますか? ちょうど光が水に入ったときに屈折する様子と似ているますね。

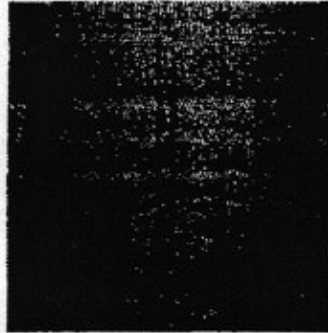


写真2. 装置に張ったしゃぼん液

光の屈折では入射角と屈折角の間には、 $\sin(\text{入射角}) = \text{屈折率} \times \sin(\text{屈折角})$ というスネルの法則が成り立ちます。しかしそもそも光には、水面を通るときを含めさまざまな状況のもと、最短時間で到達できるルートを進むという性質があります。光のスピードは真空中で秒速約30万kmもありますが、物質中では(屈折率)分の1に落ちます。例えば空気は屈折率はほぼ1(正確には約1.0003)なので、空気中の光のスピードは真空中とほとんど変わりません。しかし水は屈折率が約1.33ですので、水中での光のスピードは真空中の1.33分の1(秒速約22万5000km)になります。

実は左ページであげた例は、海を泳ぐスピードが砂浜を走るスピードの1.33...分の1になるように設定していて、光のスピードの変化にだいたい合わせてあります。つまりおぼれている人を助けに行く最速ルートは、本当に光が水面で屈折している様子と全く同じなのです。ですから写真2の入射角と屈折角に相当する角度を測るとそれぞれ55度と38度で、

$$\sin 55^\circ = 1.33... \times \sin 38^\circ$$

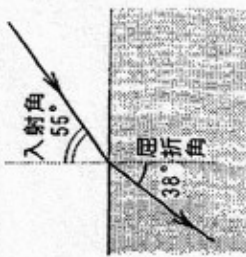


図4. 水面での屈折

と、スネルの法則をちゃんと満たしています。光が最短時間で到達するコースを通るということを使って、別の場合を考えてみましょう。夏の晴れた日、道路のアスファルトの上は気温が高いのですが、アスファルトから離れるにつれて気温は下がっていきまます。空気の屈折率は気温によって少し変化し、気温が高いと屈折率は小さくなり(1に近づき)、気温が低いと屈折率は大きくなります。

さて、この状況で100mくらい前を走っている車を見るときどうなるでしょう。100mもの装置を作るのはたいへんなので、屈折率の変化を強調した装置を作ってみました。その装置にしゃぼん液の膜を張ると、写真3のように膜の張り方が2種類あります。これは前の車が正面と正面より下の方の2方向に見えることを意味しています。下の方に見える車は、まるで道路に水たまりがあって反射

しているように見えますが、実際には水たまりがないので「逃げ水」と呼んでいます。また、反対に下の方の気温が低く、上の方の気温が高いと、普段は見えない水平線の向こうの景色が見える「蜃気楼」になります。



写真3. 問題解決装置3号に張った2種類の蜃 (長谷川龍三: 科学館学芸員)

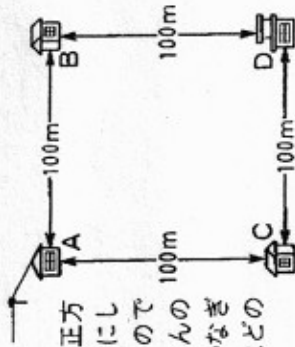
BUBBLE

しゃぼん玉のふしぎな力(1)

この「うちゅう」が皆さんの手元に届く頃には、少しは涼しくなっているでしょう。原稿を書いている時点では、毎日うだるような暑さが続いています。そこで気分だけでも涼しく...というわけでもないのですが、サイエンスショーでは毎日しゃぼん玉作りにいそいそと遊んでいます(8月30日までです)。「そういえば子ども頃にはしゃぼん玉を作ったなあ」なんて方も多いいと思います。しゃぼん玉には難しい問題を解いてしまおう不思議な力があるのです。

問題1. 電線を短くしたい!

右の絵のように4軒の家が100mずつ離れて正方形に並んでいます。ところが、まだAさんの家には電線(電話線でも水道でも道路でも構わないのですが...)がつながっていません。そこで、Aさんの家を経由してB・C・Dさんの家にも電線をつなぎたいのです。なるべく電線を短くするにはどのようなつなぎ方がいいでしょうか?



4軒の家すべてに電気を送るには、例えば図1(a)のように電線をつなぎますが、300mも電線をはらなければなりません。また、(b)のつなぎ方でもやはり300mの電線が必要です。では、図1(c)のようなつなぎ方はいかがでしょう? ピタゴラスの定理により、Aさんの家とDさんの家の間やBさんの家とCさんの家の間の距離は $100 \times \sqrt{2} \text{m}$ つまり約141.4mあります。ですから必要な電線の長さは282.8mということ、さきほどより17mほど短くてすみますね。でも、もっと短くならないでしょうか?

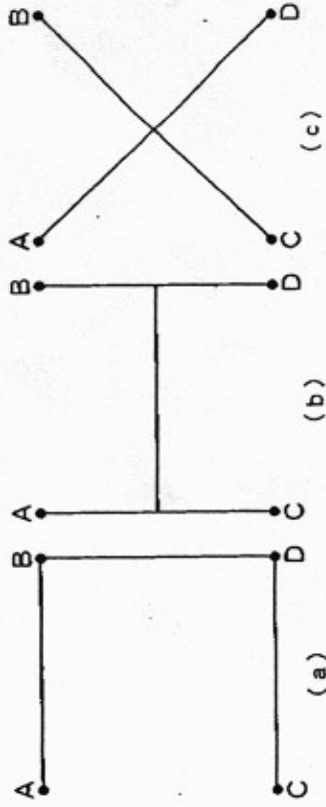


図1. 電線のつなぎ方の例

そこで登場するのがしゃぼん玉です。しゃぼん玉が丸い形をしているのは、表面張力がはたらくいて、しゃぼん玉の膜が小さくしようとすからです。体積(中に入っている空気量)はそのまま、表面積(しゃぼん玉の膜)が一番小さくなれるのは球形なのです。

そこでアクリル板とネジで図2のような装置を作ってみました。4本のネジをつなぐようにアクリル板の間にしゃぼん玉の膜を張ってみます。すると前後はアクリル板で囲まれていますので、しゃぼん玉の膜は4本のネジを一番短くつなぐ形になるのです(写真1)。このとき、3つのしゃぼん玉の膜がつながっているところは、角度がちょうど120度ずつになります。計算してみると、4軒の家との間をこのような形に電線をつないだ場合、電線の長さは $100 \times (1 + \sqrt{3}) \text{m}$ つまり約273.2mとなって図1(e)の場合よりもさらに10mほど短くなります。これが4軒の家をつなぐ一番短いつなぎ方なのです。

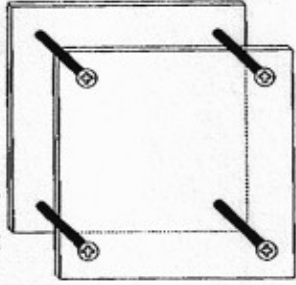


図2. 問題解決装置



写真1. 装置に張ったしゃぼん玉の膜

問題2. 一刻も早く助けなければ!

あなたは海岸の砂浜のAの場所にあります。すると、海の中のBの場所でおぼれています。近くには他に誰もいないので、あなたが助けなければなりません。一刻も早く助けるには、どうやってBの場所に行けばいいのでしょうか?

おぼれている人を目指して一直線に走っていきそうになりますが、冷静に考えてみましょう。砂浜は足をとられるとはいえ、やはり海の中を泳ぐスピードよりは速く走れます。とすると、一直線に助けに行きよりは、多少砂浜を走る距離が長くなっても、海の中を泳ぐ距離が短くなった方が、早く助けることができるのではないのでしょうか?

さて、どのように助けに行けばいいのでしょうか? 答えは来月号で...

(長谷川龍三: 科学館学芸員)