

ドーナツ型シャボン玉は作れるのか？

西条市立神拝小学校 第6学年
指導教諭

久松 埜 亜
佐伯 知 子

1 研究の動機

シャボン玉を息ではなく、杵を動かして作る場合がある。杵に張ったシャボン膜は、杵を動かすことで風を受けて伸び広がり、シャボン膜の袋になる。この袋の口を閉じればシャボン玉ができるが、口を閉じずに、杵を大きく動かせば、膜の袋は細長く成長する（写真1）。このとき、杵を一回りさせて袋の先につなげればドーナツ型シャボン玉ができそうな気がする。しかし、シャボン玉イベントなどでドーナツ型シャボン玉に挑戦する人を必ず見かけるが、成功させた人を見たことはない。



写真1 膜の袋の成長

本研究では、なぜドーナツ型シャボン玉を成功させられないのか、本当に作れない形なのかを実験で判定し、その条件を明らかにした。

2 研究の方法

シャボン玉を作る姿をビデオ撮影し、シャボン膜の動きや形、失敗するパターンなどを分析した。シャボン液は、食器洗い洗剤：水：グリセリン＝1：10：0.5の分量で混ぜて作った。実験に使った杵は全て円形のを製作して使用した。

3 実験と結果

(1) 実験1 通常の方法の分析

- ① 方法 針金ハンガーを利用して直径19cmの杵を使ってドーナツ型シャボン玉を2種類の方法で作った。ア：杵を体と一緒に横回転させる場合（写真2）と、イ：杵を体の前で一回転させる場合（写真3）を行った。



写真2 杵の横回転



写真3 杵の前回転

- ② 結果 両方とも一度も成功しなかった。失敗は3つに分類できた。(A)膜が割れる。(B)膜が途中でくびれてちぎれる（写真4）。(C)膜が合体して丸くなる。



写真4 くびれてちぎれるシャボン玉

- ③ 分析 アは膜全体が見えないため、くびれや割れに気付きにくく、膜合体の部分をもつて見られないのであせって割れる。体の周りにシャボン玉を作るので(C)は起こらない。膜全体を見続けられる

イの方法が作りやすい。その方法によると(A)は偏って膜を伸ばしたときと膜の合体のときに起こる。まっすぐ伸ばしたときはよく伸びて(A)は起こらない。その代わりに、膜が長くなると(B)が起こる。(B)が起こらないよう枠の回転半径を小さくすると、膜同士が重なって(C)が起こる。

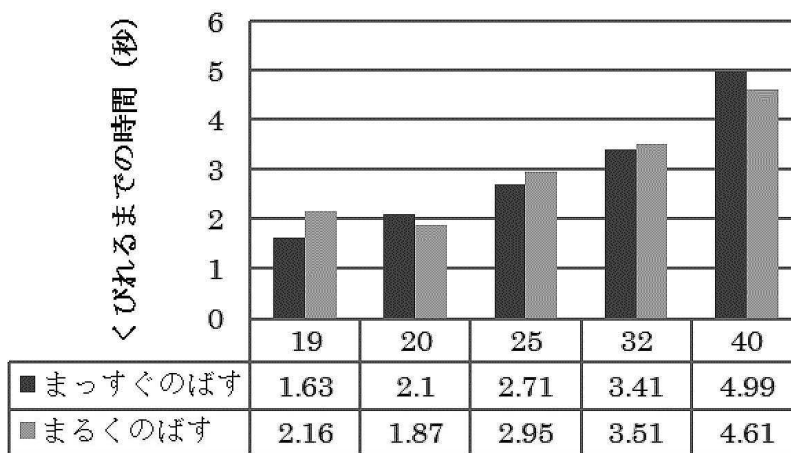
(2) 実験2 膜のくびれと枠直径の関係

① 方法 シャボン膜がくびれてちぎれるまでの時間を測定した。測定は10回ずつ行い、平均時間を記録とした。枠の直径は、19cm、20cm、25cm、32cm、40cmの5種類を用意して比較した。膜の伸ばし方は、まっすぐ引き伸ばす場合と大きく回転させて伸ばした場合について実験した。

② 結果 枠の直径とくびれてちぎれるまでの平均時間(秒)をグラフにした(図1)。

③ 分析 膜がくびれてちぎれるまでの時間は、枠の直径に比例して長くなった。実験1の結果に反し、引き伸ばす方向にはほとんど無関係と分かった。大きく円を描くようにシャボン膜を伸ばせば割れにくいことも分かった。

図1 枠の直径とくびれ時間の関係



(3) 実験3 直径の大きな枠による実験

① 方法 直径が32cm、40cmの枠を使って、ドーナツ型シャボン玉を作った。作り方は実験1と同じく、ア：枠の横回転と、イ：枠の前回転を行った。

② 結果 アの方法はほとんど成功しなかったが数十回に1度、ドーナツ型シャボン玉が成功した。成功したシャボン玉はポンデリングのように丸くなったシャボンが並んだ形になった(写真5)。完成したポンデリングシャボン玉の直径は2m程度の大きさだった。成功した後全て、すぐに触れて割れた。イの方法は50%以上の成功率でドーナツ型シャボン玉が完成した(写真6)。その直径は1.5m~2m程度だった。完成したドーナツ型シャボ



写真5 ポンデリングシャボン玉の成功



写真6 ドーナツ型シャボン玉の成功

ン玉は約1秒で穴を閉じてあんドーナツ型のシャボン玉になった(写真7)。穴の両端が閉じることで内部に小さなシャボン玉が生まれる。このとき、穴の閉じがきっかけになって全体が割れることもある。内部の小さなシャボン玉はすぐに割れるか、大きなシャボン玉に触れて取り込まれる。全体の大きなシャボン玉はあんドーナツ型から球形に変形する。

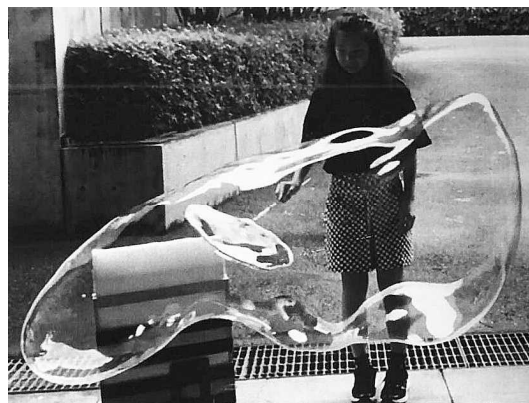


写真7 穴の閉じたあんドーナツ型シャボン玉

- ③ 分析 直径の大きな枠を使って、大きく円を描くように一回転させることでドーナツ型シャボン玉を作ることができる。このとき、枠は1秒から2秒程度の短い時間で回転させる必要がある。アの方法では膜の端を合体するとき割れやすい。スムーズな合体のためには体の回転に3秒程度必要となり、その間に膜がくびれて失敗することも多かった。体の回転で膜の長さや状態、合体位置が分かりにくくなることに加えて、体に触れやすいこともイの方法に比べ成功率を低くさせた。

4 考察

(1) ドーナツ型シャボン玉が難しい理由は

今まで誰もドーナツ型シャボン玉を成功させられなかったのは、枠の直径が小さいことが原因だと分かった。直径が小さいと膜を一回転させる前に膜がくびれてしまう。同じ半径で同じ高さなら円筒の側面積と球の表面積は等しくなる。そのため、長く伸びたシャボンの筒はシャボン玉を作った方が面積は小さく済むので、表面張力で膜がくびれる。このとき、くびれてシャボン玉ができるまでにかかる時間は枠の直径が大きいほど遅くなる性質があることが分かった。普通のシャボン玉イベントなどで使われる針金ハンガーによる枠の直径(約20cm)は、ドーナツ型シャボン玉を完成させるに適さない大きさだった。小さな球の方が大きな球より早く縮むのは、風船の縮み方と同じである。ゴムとシャボン膜、どちらも表面積を小さくする力で変形するため、同じ動きになったと考えられる。

(2) ドーナツ型シャボン玉は完成させられる

ドーナツ型シャボン玉を作るには、膜を一回転させる時間を作る大きな直径の枠が必要だった。その回転時間から考えて、おおよそ直径30cm以上の枠が必要である。枠の回転を見守るために、体の前で回転させて縦型にドーナツを作る前回転法が適している。枠の回転半径は0.8mから1mと大きくする必要があるので(写真8)。回転半径が小さいと膜同士が合体してドーナツを作れない。枠は勢いよく動かしても膜はスムーズに伸びるが、膜の端同士を合体させるときだけ優しく



写真8 大きな回転半径でドーナツ型シャボン玉を作る

合わせる必要がある。およそ2秒以内に膜の合体を完成させると成功率が高くなる。回転が遅すぎると膜がくびれてちぎれることが多い。

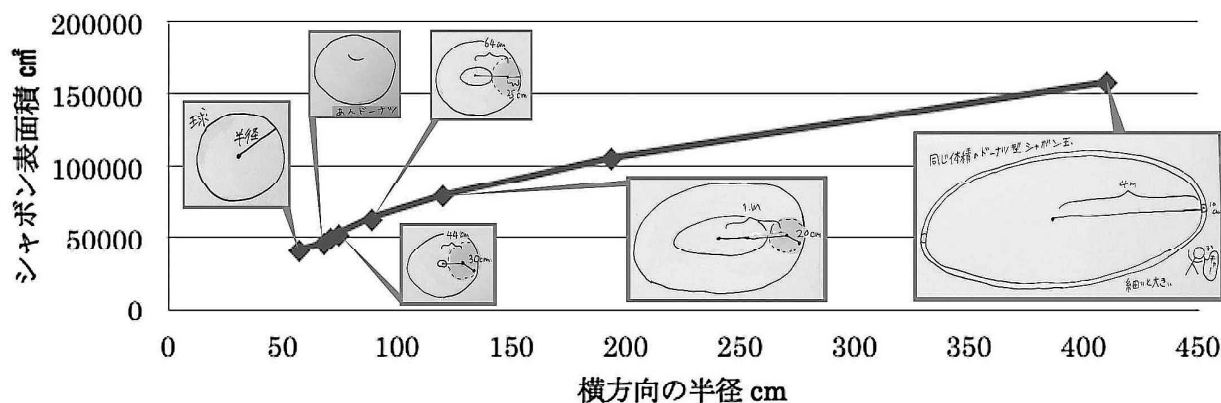
体を回転させる横回転の作り方は前回転より速度を遅くしなければならない。膜の状態や合体位置が見えにくいので、丁寧な合体を要求されるからだ。およそ3秒での回転となるため、シャボン膜のくびれの成長との戦いとなる。成功率は前回転に比べ、何十倍も低くなった。偶然にくびれが進まなかった場合のみ、膜の合体ができる。くびれが進まないとは、膜がひとつの場所で大きくくびれるのではなく、いろんな位置で同時にくびれを作って面積を小さくすることである。そのため球が並んだポンデリングシャボン玉になったと考えられる。

(3) ドーナツ型シャボン玉のその後

ドーナツ型シャボン玉はそのままの形で浮かび続けることができず、必ず変形を始める。穴が細く小さくなって、ついに穴が閉じることで内外大小2重のシャボン玉になる。外側のシャボン玉はさらに球に近づくように変形する。内側のシャボン玉は小さく、生まれてすぐ球形となり、その後割れるか、外側のシャボン玉に取り込まれる。

この変形はシャボン膜の面積で説明できる。(図2)ドーナツ型の面積は、体積が同じならドーナツの穴が小さいほど面積が小さい。内側の穴がつぶれたドーナツ型より穴のないあんドーナツ型の面積のほうがより小さい。あんドーナツ型より球の方がさらに面積が小さい。

図2 ドーナツ型シャボン玉の形と面積



このように、くびれもドーナツ型の変形も全て面積を小さくするように力が働いた結果だと説明できる。低い成功率の中、せっかく作ったポンデリングシャボン玉も、穴を小さくするシャボン玉の変形で体に触れるため、その面白い形をゆっくり楽しむ間もなく割れてしまう運命にあった。

5 おわりに

私は小さいときからドーナツ型シャボン玉に挑戦し続けては失敗していた。今回ようやくその失敗の理由が分かり、実は成功させられること、成功に必要な条件も明らかにすることができた。そこにはシャボン玉の意外なヒミツがいっぱい詰まっていることが分かった。これからもシャボン玉の面白い性質を解き明かしてみたい。