

身近な実験を通してみる非線形物理学 --- シャボン玉の世界

The world of non-linear physics around us

佐野 理[1]

Osamu Sano[1]

[1] 農工大・院工・物理

[1] Dept.Appl.Phys.,Tokyo Univ.Agri.Tech.

シャボン玉．上手に膨らんで風に吹かれて飛んでいくのに感動する子供，あるいはその傍で見ていて自分の人生を重ねている大人．身近にあって，これほど怪しい彩りを放つものはそう多くはないかも知れない．

「シャボン玉とんだ…」の歌では「すぐにこわれて消えた」ことになっているが，実験室で風のゆらぎを押さえ，また石けん液にグリセリンを加えたりすると，膜は1時間以上破れないで観察できる．石けん膜の厚さは大変薄く，ほぼ一様で，またその両側が空気に触れているだけなので，実は理想的な2次元流（膜の厚さ方向が一様になっている）の観測装置として使える．

図1は四角い枠に石けん膜を張って鉛直に立てかけ，下方からヒーターで熱したときの対流パターンである．熱対流は局所的に温度が上がって膨張し，密度が小さくなった流体に働く浮力で流れが生じる．ヒーター直上の上昇部分と遠方の下降部分とがつながって全体が循環するような流れができる．

写真では，同じ色の帯が繰り返し現れている．これは石けん膜の表面で反射する光と膜の中を往復して出てきた光とが干渉しているためで，後者の長さが光の波長の半整数倍のところが明るく見えている．したがって，同じ色の線を横にたどると同じ膜の厚さになっている．

ところで，すぐ分かるように，初めの図でまだ対流が起こっていないときでも，画面の下の方が帯の幅が狭まっている．これは石けん膜を鉛直に立てたときに膜の下の方が重力で厚くなっていることによる．見方を変えると，この状況は膜の厚さが一定で下の方が密度の大きくなった流体とみなすことができる．このような密度成層は地球大気に似ている．対流が進むと流体は鉛直方向よりも水平方向に広がる傾向が見られる．水平方向に熱が運ばれてほぼ一様な温度に上昇すると，そこが水平に広がった一様熱源のような役割をもち，やがてその上に再びブルームが立ち上る．初めのヒーターによる対流は依然として下層にっているが，上部の対流領域とは分離している(図1c))．

図2は回転するシャボン玉の上の流れである．回転台の上に半球状のシャボン玉を作り，全体をモーターで回転し，極の方向から見たもので，外側の円が赤道部分に対応する．

中緯度地域ではコリオリ力が効いて流れの向きが変わる．シャボン玉の膜厚と半径の比，回転速度などをうまく選ぶと，地球大気の動きと同様の流れが観測できる．

身近な実験でみる非線形物理の世界 —シャボン玉対流—

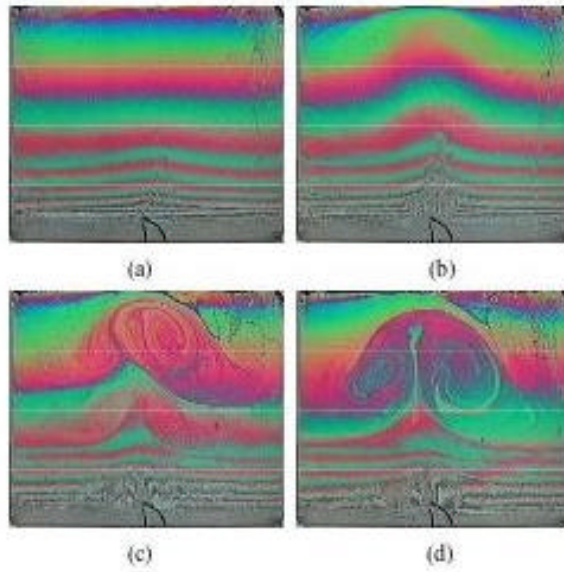


図1. 鉛直に立てた石けん膜上の熱対流

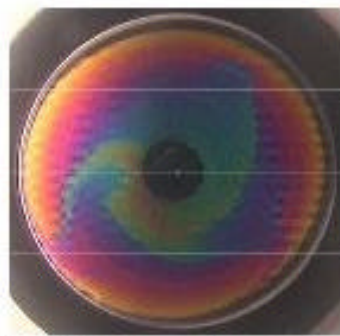


図2. 回転するシャボン玉の上の流