

針金の輪に張る膜の形 (極小曲面)

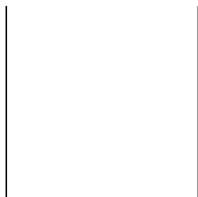
石鹸膜が張るとき、与えられた条件の下で、石鹸膜の面積はできるだけ小さくなる、のであった。

このことを、いくつかの単純な条件下で振り返っておく。

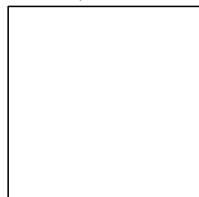
与えられた条件	一定量の空気を包む (膜の内側の圧力が外側の圧力よりも大きい)	空気を包みこまず、針金輪に張る (膜の両側の圧力が等しい)	
		一平面上にある 針金輪	U字形に折った 針金輪
膜の実例	 膜は球面	 膜は平面に張る	 膜はどんな形に張るか?

問 針金の輪が上の表の右端のような U 字形のとき、張られる石鹸膜はどんな形になるだろうか？

正面図

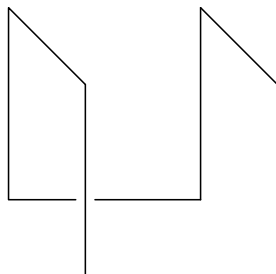


側面図 (右から見た図)



図のように、正面からも右からも正方形の1辺が欠けた形に見えたとする。膜の形を予想して、正面図と側面図と立体図に描いてください。

立体図



実験 問のような針金の形を作り、石鹼膜を張らせて膜の形を見る。

また、膜を張らせた状態で針金棒をゆがめると、膜の形がどう変化するかを見る。

実験から、石鹼膜は馬の鞍、あるいは峠の形に張ることがわかる。この形は、針金輪が一平面上になくて平面の膜を張れない場合に、それでも表面積をできるだけ小さくしようとして膜が作る形である。この形は、どの部分を見ても、山のようにふくらんだりクボミのようにへこんでいることが決してない形である。言い換えると、「馬の鞍」あるいは「峠」の形の物には、水がたまる場所はどこにもない、ということである。

さて、針金輪に張る石鹼膜のような曲面を、一般に極小曲面と呼ばれている。先の表で言うと、シャボン玉のように空気を包みこんでできる曲面ではなく、輪を縁として張る面積極小の曲面のことである。



(写真は、U字形針金輪に樹脂膜を張らせて固めたもの)

極小曲面の形は、身近には、テントに張られる膜の形などに見られる。

名古屋の市バス停留所 →

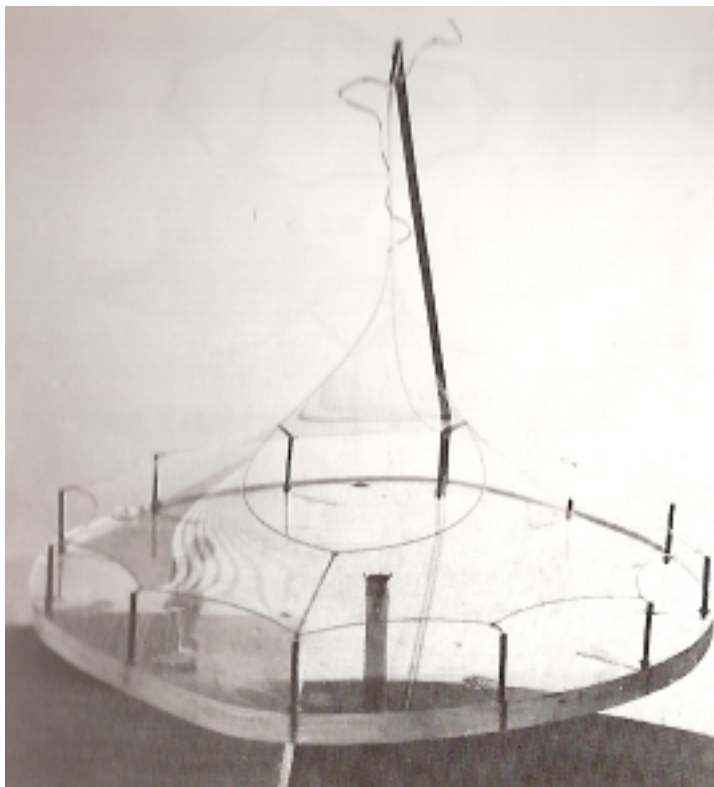


1950年頃、フライ・オットー (<http://www.freiotto.com/>) は、鞍形曲面に初期張力を導入した新しい膜構造を生み出し、石鹼膜実験をもとに、モントリオール万博パビリオン(1967年)、ミュンヘンオリンピックスタジアム(1972年)

その他多くの膜構造建築を作った。膜構造建築は、最小限の材料を使い軽量かつ経済的で、建設、解体、移動が容易である。

オッターの設計した軽量構造研究所（ヒルデブラント、トロンバ著「形の法則」より）

石鹼膜模型 →



懸垂ネット →



完成した建物 →



石鹼膜の替わりに樹脂膜を張らせて形を残す

石鹼膜の形を残すことは難しいが、ディップ液という名で市販されている樹脂液に針金輪を浸して樹脂膜を張らせると簡単に形を残すことができる。ディップ液は、アメリカンフラワーという工芸で葉や花びらを作るために作られた樹脂液で、株式会社トウペ (<http://www.tohpe.co.jp/index.html>) の製品である。(東急ハンズでも売っている)

実験 先の U 字型の形を針金で作り、ディップ液に浸して引き上げ樹脂膜を張らせてください。

他に、針金で自由に形を作り樹脂膜を張らせてみてください。

注意 ディップ液は有機溶剤をふくむのでよく換気すること。

参考 WEB ページ

樹脂膜工作各種(大内作) <http://homepage1.nifty.com/haniu/membrane.html>

参考図書

ヒルデブランド, トロンバ著「形の法則」東京化学同人

この本は極小問題をテーマにして一般向けに興味深く書かれており、実験や生物の写真なども多く美しい。

http://books.yahoo.co.jp/book_detail/19313377