

「理科」「数学」が好きになる
楽しい数理実験

CONTENTS / 目次



はしがき……………1

第1章 「ねじね」と「くびね」

——シャボン膜のトポロジー 8

ウォーミングアップ シャボン膜でメビウスの輪をつくる……………8

1.1 シャボン膜の秘密……………10

実験 1 糸でつくった境界の形は？……………10

実験 2 鞍形シャボン膜の曲率を測る……………12

実験 3 変身シャボン膜で、くびねの曲率を見る……………14

解説 シャボン膜の法則……………16

1.2 シャボン膜のトポロジー……………18

実験 1 メビウスの輪のワクで、他の形をつくれるか？……………18

実験 2 らせん形のワクでできる膜は？……………19

実験 3 閉じていないワクで膜はつくれる？……………20

実験 4 入れ子にした輪に膜は張れる？……………21

実験 5 クローバー形のワクでは？……………22

解説 形の本質にせまる……………23

発展 自由な形のワクで遊ぼう……………24

第2章 折り紙は天才である

——折りと角度の幾何学 26

ウォーミングアップ 山折りと谷折りの数を数えると……! ……26

2.1 折り線間の角度の法則………28

実験1 「平面折り2回」の角度は? ……28

実験2 「最後に平面折り」では? ……29

実験3 6本以上の交点では? ……30

解説 なぜ角度の和が等しいのか? ……31

2.2 折り紙で作図する………32

実験1 折り紙で辺を3等分………32

実験2 折り紙で角を3等分………34

解説 折り紙で、なぜ不可能問題が解けるのか? ……36

発展 宇宙や建築で活躍する折り紙………38

第3章 万華鏡と手まり

——鏡でつくる立体図形 40

ウォーミングアップ 2枚の鏡を正確に直角にするには? ……40

3.1 「鏡よ鏡!! 像の数はいくつ?」………41

実験1 90°に置いた鏡、花は何個? ……41

実験2 60°では像はいくつ? 45°では? ……43

実験3 120°では像はいくつ? 72°では? ……44

実験4 45°, 45°, 90°の万華鏡………46

解説 見る角度によって異なる像ができる理由………48

3.2 手まりをまねた万華鏡………50

ウォーミングアップ 立方体は球面を何分割する? ……51

実験1 ジオデシック多面体のモデルをつくろう………52

実験2 ジオデシック八面体万華鏡 ……54

実験3 八面体万華鏡で立方体、正四面体をつくる………56

実験4 八面体万華鏡で正十二面体をつくる………58

実験5 八面体万華鏡で正二十面体をつくる………59

実験6 ジオデシック二十四面体万華鏡………60

解説 八面体万華鏡による像の不思議………62

発展 万華鏡と結晶構造………64

第4章 シャボン玉と縄張り

——平面の敷きつめと分割 66

ウォーミングアップ シャボン玉の変身……………67

4.1 シャボン玉の境界問題 …… 平面上にシャボン玉を並べる……………68

実験 1 2個の境界は？……………68

実験 2 3個, 4個の境界は？……………70

実験 3 大きさまちまちの集合では？……………72

解説 シャボン玉敷きつめの「なぜ？」……………74

4.2 準結晶のタイリングに挑戦……………78

ウォーミングアップ 文字で「規則的で非周期的」をつくる……………79

実験 1 ペンローズタイリングに挑戦……………80

実験 2 大きなペンローズタイリングに挑戦……………84

解説 準結晶は実在するか？……………86

4.3 縄張りの形——ポロノイ分割……………88

ウォーミングアップ 周期的な点配置のポロノイ分割……………89

実験 1 ポロノイ分割で県境を調べる……………90

実験 2 郵便局や学校で、地図をポロノイ分割……………91

解説 動物の縄張りとはポロノイ分割……………93

発展 学際的な研究の重要性……………94

第5章 ハチの巣とケルビン立体

——空間をうめつくすには？ 96

ウォーミングアップ 紙粘土でできるマラルディの角……………97

5.1 ひし形十二面体とハチの巣……………98

実験 1 紙粘土を押しつぶして十二面体……………98

実験 2 ハチの巣構造を紙でつくる……………100

実験 3 シャボン膜でマラルディの角……………102

実験 4 シャボン膜で3つのひし形……………104

解説 シャボン膜の第3の法則……………106

5.2 ケルビンの立体（十四面体）をつくる……………110

実験 1 立方体からケルビン立体をつくる……………111

実験 2 ケルビン立体を紙でつくる……………112

実験 3 ケルビン立体で空間を充填する……………114

解説 ケルビン立体は、なぜ空間を充填できる？……………115

発展 将来役立つ多面体の知識……………118

第6章 サイコロと酔っぱらい

——でたらめを実験する 120

ウォーミングアップ 人工乱数と、サイコロ乱数……………120

- 6.1 サイコロの目の規則性……………122
- 実験1 ゆらぎの規則……………122
- 実験2 ゆらぎとゾロ目の確率……………124
- 解説 でたらめの数理的規則性……………125
- 6.2 ランダムウォークを実験する……………126
- 実験1 一直線上でランダムウォーク……………126
- 実験2 方眼紙上でランダムウォーク……………128
- 解説 ランダムウォークの法則性と拡散……………130
- 6.3 サイコロで磁性体をつくる……………132
- 実験1 磁化の過程を実験する……………134
- 実験2 磁化に対する温度の影響……………136
- 実験3 強く加熱した場合の磁化の変化……………136
- 解説 サイコロの実験から現実の強磁性体へ……………138
- 発展 社会で役立つ「でたらめの規則性」……………140

第7章 アルキメデスとオーム貝とヒマワリと

——いろいろならせんを描く 142

ウォーミングアップ ヒマワリのらせんは全部で何本?……………143

- 7.1 アルキメデスらせんを描く……………144
- 実験1 アルキメデスらせんを簡単に描く……………144
- 実験2 アルキメデスらせんをもっと正確に描く……………146
- 解説 アルキメデスらせんを特捜せよ……………148
- 7.2 等角らせんを描く……………150
- 実験1 オーム貝の貝殻で等角らせんを確認する……………150
- 実験2 計算によって等角らせんを描く……………152
- 解説 等角らせんの数学的基礎づけ……………154
- 7.3 ヒマワリらせんを描く……………156
- 実験1 丸い鉛筆をつかってヒマワリらせんを描く……………158
- 実験2 ボールペンの芯をつかってヒマワリらせんを描く……………160
- 解説 ヒマワリらせんの正体……………161
- 発展 実験—理論—シミュレーション……………162

第8章 美の中の数理

——黄金比をさがそう 164

- ウォーミングアップ 指関節の長さの比を測る……………165
- 8.1 フィボナッチ数列と黄金比……………166
- 実験1 ウサギの増殖からフィボナッチ数列を求める……………167
- 実験2 フィボナッチ数列と黄金比……………168
- 実験3 ルカの数列と黄金比……………169
- 解説 ウサギの増殖—フィボナッチ数—黄金比……………170
- 8.2 黄金比コンパス……………172
- ウォーミングアップ 黄金比コンパスのつくり方……………172
- 実験1 正五角形の対角線を測る……………173
- 実験2 指関節の長さの比を測る……………174
- 実験3 手のひらと腕の長さの比を測る……………175
- 実験4 人体の写真に黄金比をさがす……………176
- 実験5 土偶や仏像に黄金比をさがす……………177
- 実験6 美術作品に黄金比をさがす……………178
- 解説 正五角形の対角線と辺の長さの比が黄金比になるのはなぜか……………179
- 8.3 葉序のひみつ……………180
- 実験1 パイナップルの葉序を調べる……………182
- 実験2 チンゲンサイの葉序を調べる……………184
- 解説 黄金比葉序の役割……………186
- 発展 ヨーロッパではなぜ黄金比が尊重された？……………188

索引……………190

