

物理チャレンジ2018 第1チャレンジ 実験課題レポート

実験優秀賞 講評

【1】 1804002 宮城県 宮城県仙台第二高等学校 3年生 安藤 一真

「輪ゴムの応力ひずみ曲線 ～ひとの感性と実験値の相関～」

輪ゴムの弾性を高精度に測定するために、ばねばかりや距離計を組み合わせた装置を製作して、さまざまな種類の輪ゴムの応力ひずみ曲線の測定を行っている。実験を進める中で色つき輪ゴムの触ったときの感触から種類によって“かたさ”に違いがあるように感じ、これは色をつける過程での混ぜ物や処理によりゴムの特性に変化するのではないかと考えて研究を進めている。考察では、輪ゴムの特性はヤング率のみでは表せないとしてランダムフライトモデルに基づき解析している。この解析から、ヤング率とゴムの架橋数に関するパラメーターにより、ひとの感触の違いが説明できることを示した。また輪ゴムの着色は製造会社ごとにその方法が異なることを明らかにしている。

以上のように、輪ゴムの弾性の高精度な測定から、色つき輪ゴムの感触の違いのひとの感性が実験から求められる物理的パラメーターによる説明できることを示した。丁寧な実験や考察とともに物理的パラメーターとひとの感性を結び付けた着想も新鮮であり、大変に優れた研究である。

【2】 1828002 岐阜県 岐阜聖徳学園大学付属中学校 1年生 窪田 煌志

「網目バネを用いて解析したヒステリシスとマーリンズ効果について」

はじめに、輪ゴムの伸びが荷重の増加と減少では異なる曲線を描くヒステリシス現象と伸びの履歴が残るマーリンズ効果について観測している。その後、これらの性質の理解のために、ばねとスポンジで作った網目ばねのモデル実験を行っている。モデル実験の結果、網目ばねは伸びと張力の関係は輪ゴムと比較して非線形性は大きいもののヒステリシスとマーリンズ効果を示すことができた。考察ではこれらの効果がばねとスポンジとの摩擦によるものであることを明らかにし、簡単なモデル計算により網目ばねの振る舞いを説明している。網目ばねの伸びと荷重の振る舞いが輪ゴムと異なる点についても、さらに考察することでゴム弾性の特徴がより明確になったであろう。

以上のように、ゴム弾性の特徴であるヒステリシスとマーリンズ効果に着目し、ばねとスポンジの網目ばねを作製し実験に取り組んだ。作製した網目ばねはヒステリシスとマーリンズ効果を示し、それらには摩擦が重要な役割を担っていることを明らかにした。モデル実験で研究する着想も興味深く、優れた研究である。

【3】 1832017 三重県 三重県立四日市高等学校 3年生 長谷川 竜大

「輪ゴムの特有な張力と伸びの関係」

【4】 1832021 三重県 三重県立四日市高等学校 3年生 横川 侑恭

「輪ゴムの張力と伸びの関係 ―張力の原因を探る―」

輪ゴムの弾性の特徴を明らかにするために、応力とひずみの関係を引っ張り速度や温度を変化させて測定する実験、時間経過により張力が低下する現象の実験、急激に輪ゴムの長さを変化させて温度変化を測定する実験を行っている。これらの実験のためにさまざまな工夫をした実験装置を作製している。たとえば、輪ゴムの温度変化の測定では熱容量の小さい輪ゴムの温度変化を正確にかつ高速に測定するためにダイオードの電圧降下を温度計として利用している。この工夫により急激な伸張でも収縮でも温度変化を明瞭に測定している。またそのときの温度変化が伸びの2乗にほぼ比例することを見出している。考察ではそれぞれの実験ごとに丁寧に行われ、たとえば、温度と張力の関係からゴムの張力は主にエントロピーによるものであること、急激な伸張ではその温度変化が伸びの2乗と予想され実験をよく説明することを報告している。

以上のように優れた実験装置を製作し、丁寧な考察により、ばねとは異なるゴムの弾性の特徴を明らかにした大変に優れた研究である。なお、本研究は上記2名の共同研究として行われたものである。

【5】 1834007 京都府 京都市立西京高等学校 2年生 後藤 啓文

「輪ゴムの弾性変形に関する基礎的実験」

十円玉をおもりとし方眼紙を目盛とした簡易な装置を利用して丁寧に精密な測定を行った研究である。測定では、フックの法則は小さい荷重にのみで成り立つこと、大きな荷重では荷重の増加と減少でのヒステリシスや残留変形があること、また荷重を加えてから伸びに時間遅れがあることなどゴム弾性の基本的な特性を観察している。考察では、ゴムが高分子鎖が架橋された網状の構造モデルにもとづき解析を行っている。測定と解析の比較から、伸長率が4まで荷重と伸びの測定結果はゴム弾性の非フック型曲線でよく説明できることを示した。また、より大きな伸長率については標準的なゴム弾性の理論よりも簡単な導出で補正項を求めている。さらに、伸びの時間遅れの測定結果は時間スケールの異なる2つの直列のフォークトモデルで良く表されることを見出し、その起源について議論している。

以上のように簡易な装置ながら精密な測定を行い、測定結果をゴム弾性の理論に基づき丁寧に解析した大変に優れた研究である。

【6】 1835021 兵庫県 甲陽学院高等学校 1年生 小野 祐

「輪ゴムの内部構造が伸びに与える影響について ―高分子と架橋に注目して―」

おもりともものさしを使って輪ゴムの伸びと荷重の関係を丁寧に測定している。測定では荷重の増加と減少での輪ゴムのヒステリシスが最大荷重により変化すること、荷重の増加と減少を繰り返すことでヒステリシスが変化し多数回ではヒステリシスループが小さくなり、ある一定の振る舞いに収束することを観測している。考察では、観察されたヒステリシスは輪ゴムの高分子の絡まり合いと高分子間の架橋にあるとし、ある荷重以上では架橋が破断することで定性的に説明できると議論している。

以上のように、輪ゴムの伸びと荷重の関係を丁寧に測定することで荷重の増加と減少の繰り返しによるヒステリシスの変化を観察し、その機構について議論している。測定のグラフは輪ゴムの弾性の特徴を捉えて良くまとめられており、優れた研究である。

【7】 1842008 岡山県 岡山県立倉敷天城高等学校 2年生 川端 一弘

「輪ゴムの伸長変形における力学挙動」

天然ゴム 95%以上の輪ゴムの伸びと張力の関係をフォースゲージとおもりを用いて測定している。はじめの実験では、輪ゴムのひずみ率と応力の関係は折径により異なること、またひずみ率が 20%まではフックの法則が成り立つことを確認している。引き続いた実験では、最大の伸びを変えながらひずみ率と応力のヒステリシスループを測定し、ヒステリシスループの面積からエネルギー損失を求めている。測定したエネルギー損失はひずみ率が4を超えるあたりから急激に増加する。さらに考察としてエネルギー損失が熱になるとして輪ゴムの温度上昇を見積もっている。これらの研究に加えて、輪ゴムを振動させその周期から張力をも求め、ひずみ率と応力の関係を調べている。振動周期から求めた応力は、フォースゲージの測定結果と比較すると、ひずみ率が4あたりまではほぼ同じ値を示すが、ひずみ率がさらに大きくなると応力が小さく評価される。この食い違いは応力緩和によるものではないかと推測している。

以上のように、ひずみ率と応力曲線をいくつかの実験方法を利用して測定し、それぞれ良くめられた大変に優れたレポートである。

【8】 1869001 埼玉県 埼玉県立浦和高等学校 3年生 植木 誠

「分子間相互作用を考慮したゴム弾性の定性的考察」

輪ゴムの伸びと張力の関係を丁寧に実験している。測定から、荷重が小さいときはフックの法則が成り立つこと、荷重が大きくなると伸びが張力と比例しない非線形な振る舞いを報告している。また、実験では荷重をゆっくり加えたときと急激に加えたときの振る舞いの違いに着目し、ある荷重以上を急激に加えることで伸びが大きくなることを観測している。最後に、温度の違いによって輪ゴムの伸びと張力の関係がどのように変わるかを確かめるために -5°C と 90°C での測定を試みている。実験の結果、低温では荷重に対して伸びが大きくなることを報告している。温度を変化させた実験では一定の温度のもとで測定をする工夫でさらに興味深い結果がえられたであろう。考察ではゴムの構造に着目して実験結果の説明を試みている。

以上のように着目する内容を明確にして実験を計画し、それぞれの実験結果がよくまとめられている優れたレポートである。