

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 3 回 助成期間：平成 18 年11月1日～平成 19 年10月31日

テーマ：身近な相転移現象の理解を目指して —— シミュレーションとビジュアル化

氏名： 磯田 誠 所属： 香川大学教育学部

1. 課題の主旨

身近にある“もの”、物質、の性質を知ることは、物作りにも劣らず、子供たちの精神的な育成にとって重要なことである。また、最近では、理科離れを背景に、「おもしろさ」で関心を集めた科学実験イベントがたくさん行われているが、「おもしろい」だけで終わってしまうことが多いと思われる。実験の楽しさから、“なぜ”に答える”認識の楽しさ”を結びつける教材開発や実践がより重要であると考えられる。本課題では、その方向性を持って実験教材と計算機シミュレーションを対応付け、実験事実をシミュレーションにより物質の微視的な状態を再現・可視化して表示することで、“おもしろさ”を科学として”深化”させることを目的とした。

題材としては、物質の性質として身近なものの一つである、磁石の相転移を扱うこととし、実験と計算機シミュレーションを対応付けるように工夫した実験装置およびシミュレーションの結果の表示法に工夫を行い、高校教員の研修での検討およびイベントでの実践を行った。

2. 準備

- ① 実践としてのイベントのための準備として、模造紙に興味を喚起し、疑問を投げかける内容の掲示物を作成、掲示した。
- ② また、実験的な原子磁石のモデルとして、フェライト磁石を粉末状に砕き、試験管に入れたものを、磁石に近づけて磁化する、試験管を振って消磁することの予備実験を行った。
- ③ 実験の手伝いを依頼した学生3人に対する教育訓練を実施した。

3. 指導方法

イベントに参加した児童には、「なぜ？」の疑問を喚起するように心がけ、それに答える形で計算機シミュレーション結果を提示した。さらに、粉状の磁石による実験で、念を押す形で実験的な説明を与えた。

4. 実践内容

行った2つの実践は、次のとおりである。

- ・ 香川県教員十年研修における演示と議論(対象は、県立高校理科教員3名、数学1名)
- ・ 香川大学教育学部主催のイベント「未来からの留学生」のなかの、理科教育講座主催のテーマの一つとして、主として低学年児童を対象として実践した。

内容は、“もの”の性質の理解として、相転移を取り上げ、その典型例として、磁石(磁性)を扱った。



写真左は、今回作成した磁石の実験装置と磁石のシミュレーション結果の微視的状态の可視化した表示をする PC である。写真中央は、上記香川県教員十年研修において、本システムを説明、検討しているところであり、写真右は、上記イベント「未来からの留学生」において、手伝いを依頼した学生たちが子供たちに説明する様子。

これらの実践の機会に提示したことの内容は、以下のものである。

- 1) スライドックを介した回路にニクロム線をつなぎ、電流を流す。ニクロム線がしだいに赤熱していくと、近づけた永久磁石からニクロム線が離れる。これを1～2度繰り返し、磁石にひつつくニクロム線の中はどのようなになっているかの疑問を喚起する。
- 2) 金属磁性体試料(Ni-Cu 合金)を用いた同様の実験(後述)では、試料に直接貼り付けたヒーターで試料の温度を上げると、ネオジウム磁石から試料が離れ落下するようにセットされている。このときの温度は熱電対で測定され、装置に取り付けたデジタル温度計で表示される。
- 3) 実験で金属試料が落下する温度を相転移点に設定した計算機シミュレーションでスピン(原子磁石)の上向き、下向きをそれぞれ○と●で表示し、試料が落下した温度(Ni-Cu 合金のキュリー温度)より低温と高温での違いを可視化した。
- 4) また、フェライト磁石を粉末化したものを原子磁石と見立て、試験管に入れた。磁石に近づけると磁化してクリップを引き付けるが、試験管を振って粉末をばらばらにすると、クリップを引き付けない。これをシミュレーションに対応した実験的な検証のプレゼンテーションとした。

5. 成果・効果

科学実験を単に楽しむだけの教材でなく、実験で生じる“なぜ？”に答えるシミュレーションや実験を可視化する形で提示できた。「未来からの留学生」に子供さんを連れてこられた他大学の教員からは、「生物分野では、“見せる”ようにすることはよくやるが、物理ではあまりやられないようで、この試みは良いですね」と賛辞をいただいた。また、子供たちにも、楽しみながら「へ～！」と思う、科学的な認識の驚きを経験してもらえたと思う。

6. 所 感

楽しいだけでなく、「なぜ」に答える教材を準備、提示することの重要性を考えてきた。最近よく言われる科学リテラシー教育においても、単に科学に興味を持ってもらうといったほんの入り口に止まったものでなく、自然認識を文化として捕らえる豊かさの教育として、何をなすべきかを考えるべきだということをますます感じている。今後も、さまざまなイベントの機会に、このような方向性を持った企画を試みて行きたい。

7. 今後の課題や発展性について

今後は、計算機シミュレーションの結果の表示に関して、できるだけ多くのことを対話型で実行できるように改良したい。

また、発展としては、相転移の最も身近なものは、水、特に水の沸騰による気化であるので、これをシミュレーションによって可視化した教材の開発を行いたいと思っている。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

物理教育関連学会での発表、論文投稿を予定している。

【教材制作方法】

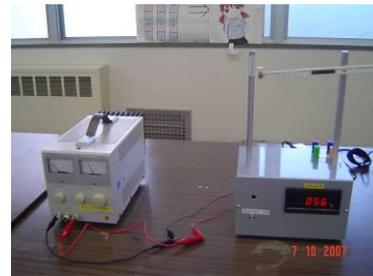
- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

本課題で開発した教材の作製方法について記述する。

1) 温度可変による強磁性-常磁性相転移の観察装置

装置概要:物質の強磁性状態から常磁性状態への相転移が分かりやすく観察できる装置を作製した。強磁性体と呼ばれる一群の物質は、強磁性状態では永久磁石に引き寄せられるが、常磁性状態では磁気が失われ永久磁石に反応しなくなる。本装置では、温度上昇によってこの強磁性-常磁性相転移が誘起されることを示すために、対象となる物質の実際の温度をデジタル温度計で表示させた。臨界温度(キュリー温度)に達すると、細長板の先端に固定された強磁性物質が永久磁石から力学的に離れ、細長板の取り付け軸の周りに回転する様子が観察される。

装置全体図:装置の全体図を右下の写真に示した。市販のアルミニウムケース(200×120×150 mm³)の上面に2本のアルミニウム角棒を立てた。左角棒上部に小型ネオジウム磁石を固定し、右角棒上部には試料回転板の回転軸を設けた。回転板の他端にはストレインゲージを貼り付けた強磁性体試料を固定した。試料温度はクロメル-アルメル熱電対線で検知し、ケース正面にとりつけたデジタル温度計で表示させた。



装置各部の詳細:

- ① 強磁性物質の調製:室温で強磁性を示す Ni-Cu 合金を対象物質として選定した。素材の Ni と Cu は比較的安価であり、それらの合金の強磁性キュリー温度の調整が容易である点を考慮した。本研究では、約 50 °C に強磁性キュリー温度を有する Ni_{0.725}Cu_{0.275} 合金をアーク溶解して作製した。質量は約 1.5 g、形状は直径 6 mm のボタン状であった。
- ② 試料回転部と永久磁石:軽量薄細長板の端近くに回転軸を通すための穴をあけた。他端にはボタン状 Ni_{0.725}Cu_{0.275} 合金試料を固定した。強磁性状態の試料を引きつけるために必要な永久磁石には、市販のネオジウム磁石(Φ6×5 mm³)を用いた。
- ③ 試料温度加熱機構:市販のストレインゲージ(120 Ω)を試料上面にエポキシ接着剤で固定し試料温度を制御した。外部直流電源から 12 V(約 0.1 A)を印加し、約 70°Cまで加熱することができた。
- ④ 温度計測と温度表示部:試料温度は自作した熱電対で検知した。線径Φ0.2 mm のクロメル線とアルメル線(約 20 cm の長さ)を寄り合わせガスバーナーで溶解し、熱電対回路を形成した。温度の計測と表示は、文字高さ約 14 mm の赤色 LED 表示機能をもつデジタル温度計で行った。温度分解能は1 °Cであった。

2) シミュレーション結果の可視化

C 言語でプログラム化されていたイジング磁石のシミュレーション結果を、各イジング原子磁石の様子を可視化して表示するために、ビジュアルベーシックに移植し、以下の点を教材化するための改良点とした。

- ① 実験に対応する温度での 2,500 個のスピンの上下の向きのスナップショットを表示可能にした。
- ② 磁化(磁石の強さに相当)の大きさが、温度によってどのように変化するかをグラフで示した。