

高校の物理クラブ発

「永久磁石による鉄球の空中浮上」はこうして発見された

岩手大学地域連携推進センター客員教授 佐々木修一

1. はじめに

私が岩手高校の教諭時代、物理部の顧問として心がけたのは、「ここを自由な発想の楽園にしたい」ということでした。

この思いは、私の子供時代に経験したこととつながるものです。

2. 子供時代に受けた衝撃

子供のころ、私は玄関の先で“ひとだま”(火の玉)が漂っているの見るという体験をしました(いまこんな話をしても、アブノーマルなことといわれそうですけれどね)。

また、夜になると外へ出て、星の観測をしては「美しいなあ」と、感動していました。星の集まりを見て、いろいろな動物やストーリーを頭に浮かべて夢想するような子供でした。

中学校に入ったころのことです。私はシーソーの動きをぼんやりと想像しているうちに、ふと、力のモーメントの概念について、ハッと思い浮かんだことがありました。さっそく理科の先生に、私の自論を話してみました。ところが、その理科の先生には私の自論を徹底的に無視されてしまいました。そればかりか、私のした質問を、他の人(勉強がいわばできる子)に答えさせたのです。そのときは涙が出るほどくやしい思いでした。

授業を受けていても、私は教科書に出てくる説明だけでは、イキイキワクワクとしたものを得ることができませんでした。ひとことふたこと自分の考えを言っただけで、すぐ先生に「だめだ」と言われるのが悲しく、失望してしまいました。たとえ生徒の発想がまちがっていたとしても、そこで意欲を失わせてはいけませんよね。

私の子供時代、学校では「協調性がだいじ」ということが言われていました。けれども、先生の御都合主義による協調性は人間の知的関心をそぐのではないのでしょうか。「だまっとれ」がまかりとおるような一方的な考え方で相手を思いやる気持ちがなければ、「やる気なんか起きない」と思います。

子供は心が自由になれば、関心や意欲もでてくるものです(自由になって、たださわいでいるという状態ではしょうがありませんが)。異質な意見が出れば、それを聞いてどよめいて、みんなうるさくなるかもしれません。が、そのあと、ひとりひとり自分で考えてその人の言わんとしたことを理解しようとするのはとても大切です。

異質な意見だとしても、「そういえばあのとき、あの人が変なことを言っていたなあ」と、けっこう引力のようにその人に引きつけられるものです。するとその人に対して見る目も変わって、新しい自分に気づくでしょう。

話がそれました。ある日突然、中学校の授業で思いついた力のモーメントの発想を黒板に書いて説明しました。これは、日頃おとなしく机にしがみついているほうだった私にとって、クラスの立場を悪くさせるものでした。バツが悪くなった雰囲気、中学1年が終わり、2年でクラスが変わったところ、救いがやってきました。なぜかだまってじっとしてただけで成績がよくなったのです。ですが「こんな社会では、夢も希望もないな」と思い、友人と離れて、雲を眺めながら川や山を歩き、ひとりで読書をしているような毎日でした。

高校に入って、中学時代にバツと浮かんだ私の力のモーメントの考えはまちがいでなく、真理であることを知りました。そのときにはじめて私は自己否定の概念から解放されたのです。

そのとき、真理とはなんなのかということを考えさせられました。そして、自分で情報を集めることの重要性に目覚めました。理科の先生の意見だけで自分の気持ちをクローズさせることのおろかしさを知ったのです。

3. 「先生、なにをやっているんですか」

話は岩手高校の教諭時代に戻ります。私は物理クラブを受けもつ前、野球部の顧問をしていました。ただ野球部の部員たちに対しては、どこかロボット集団のようでおかしいと思っていました(私自身、

逆に変だと言われていましたが)。

私は、ルールでいろいろと縛って自由にやらせてあげられないこと、またおしつけは、二重人格的な性格をつくりだすことにつながらないだろうかと、疑問に感じていました。いまさらながらですが、「良心が少しでもあれば」と、良心の呵責にさいなまれています。

でもよく考えてみれば、ルールはルールだからと生徒におしつけて、無駄なエネルギーを使うことに疑問も覚えてきたのです。人を批判するより、自分のことを考えたほうがいい。自分のことを考えることは、相手のことを考えること。それは自分のことをどう理解してくれているのだろうかということにつながるのだと考えるようになったのです。

物理クラブの顧問となってからも、それを心にもちながら活動しました。教師の立場ではありましたが自分のほうから積極的に実験を行いました。クラブの生徒たちがたとえ遊んでいたとしても、私はひとりごとを言いながら「ああ、失敗したなあ」とか「大成功、ノーベル賞だ」とか言いながら楽しみながら物理クラブを続けていきました。

そうしていると、ひとりの生徒が「佐々修(私のあだ名です)、なにをやっているんですか」とニヤと笑って覗き見て、人なつこく近づいてきました。チャンスが訪れたのです。「いろいろな失敗をくり返して、このようなことができたんだ」と私は答えました。これが全国高校で初めてできた「ピン止め効果のある超伝導体」です。私を中心となり、いつのまにか超伝導体作製グループができあがり、最後にはオリジナルな長距離のスタンス(5cm)で釣り下がるデモンストレーション装置の完成に至ったのです。1991年のことです。

4. きっかけはビデオと馬蹄型磁石

そのような経緯が、世界で初の「超伝導体を利用しない鉄球浮上」の大成功をおさめることにつながるとは、考えもしなかったのです。

この浮上は、「極低温世界」というビデオを物理クラブの生徒たちに見せたことが最初のはじまりでした。2001年のことです。強い磁場をもっている超電導磁石が、まわりの鉄球をおもしろいように引きつける様は、生徒たちにとっては驚異の世界だった

●「永久磁石を使った鉄球浮上」について●

2003年12月25日の全国・地方新聞各紙に、「空中に鉄球ふわり 世界初 磁石使い安定浮上」などの見出しが一齐に飾られた(上記は岩手日報)。

1842年イギリスの理論物理学者アーンショウが発表した論文は、重力場、電場、磁場において静止物体を安定に浮上させることは不可能ということを示した。この論文がもととなり、後世の研究者によって、この理論は「アーンショウの定理」として定着するようになった。この定理により、普通の永久磁石を使って鉄球などを空中に安定して浮上させることはできないと考えられていた。

ところが2001年、本稿執筆者・佐々木修一先生が顧問をしていた岩手高校物理部で、普通の永久磁石と鉄球を使った実験の最中に鉄球が浮上するのが発見された。

この発見を受け、佐々木先生は岩手大学教育学部・八木一正教授、芝浦工業大学工学部・村上雅人教授とともに研究を続け、2003年12月24日、岩手県庁で、この発見に関する記者発表を実験を

交えて行うに至った。

また、2004年2月には、米国学会誌“Journal of Applied Physics”に、佐々木先生を筆頭執筆者としてこの発見に関する論文が掲載された(February 15, 2004 — Volume 95, Issue 4, pp. 2090-2093。論文名は“Levitation of an iron ball in midair without active control”。共同執筆者は八木教授と村上教授)。同誌で高校の教諭(当時)が筆頭執筆者になるのは日本で初めてのこと。“Journal of Applied Physics”のサイトでは、無料で要約を閲覧でき、また有料で全文をダウンロードできる。サイトのURLは、<http://jap.aip.org>(サイト・論文ともに英語)。

現在、佐々木先生は岩手大学地域連携推進センターの客員教授として活動している。

<参考文献> 芝浦工業大学村上雅人ホームページ
<http://moniko.s26.xrea.com/tekkyuuhujou>

/arnshownoteiri.pdf

ようです。

そこでみんなの意見を聞いて、鉄球を磁石に引き寄せる実験をすることにしました。強い磁石がなかったので、馬蹄型磁石を束にして、鉄球をビデオで見たようにくっつけようとしたのです。束ねた磁石は最初、常識的にすべてを引き付けましたが、手に力がない子は、束ねた磁石を保つことができず、磁石がずれてしまい、まわりの生徒からひんしゅくを買っていました。そのとき、異常な現象が目の前で起こったのです。

5. 異常な現象を見捨てないという直感が働いた

鉄球が、ずれた馬蹄型磁石のほうに吸い寄せられようとしたそのとき、逆の方向へ、その球は反発して飛んでいったのです。生徒のみんなは、その現象についてひとりひとり、ちがった考えをもっていました。興味のある子は、再現実験を何度もくり返したのですが、同じことは起きませんでした。

この現象はなにかの偶然だったというのが大部分の意見になったとき、私の中で直観が働きました。たとえ実験が失敗しても、そういうときほど異常な現象を見捨てないことを生徒に伝えることが必要であると感じていました。

それから一年がたちました。ついに結論が出たのです。あの忘れもしない2002年1月27日のこと。理科準備室でひとりどうしたらいいものかと考えて

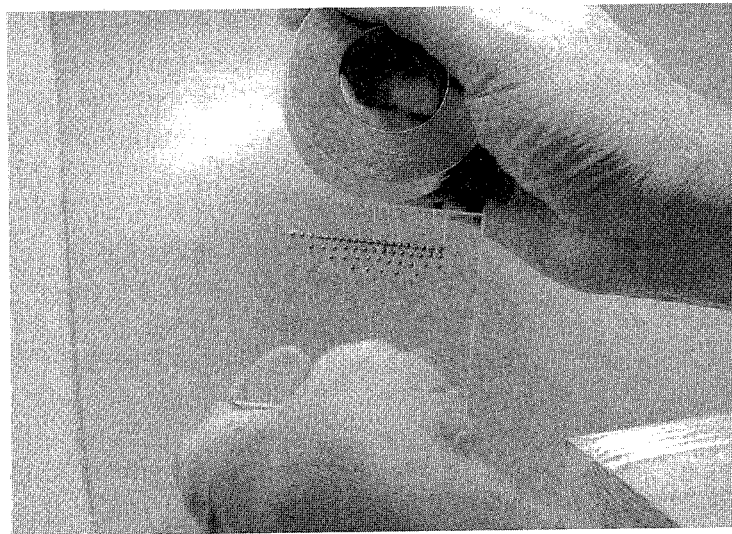


写真1 永久磁石を使った鉄球浮上の全体図。プラスチックケース内の鉄球を円形ドーナツ磁石で引き付ける。下層の鉄球が浮いているのがわかる

いると、新しく買った円形ドーナツ磁石にCDケース、鉄球(パチンコ球)がふと目に付きました。CDケースごしに鉄球を磁石に引きつけてみると、鉄球の集合がパスカルの三角形の逆の形のようにみごとに釣り下がったのです。

このことから、磁石をちょっとだけずらすことにより、磁石を浮上させることができる。そう、確信を得たのでした(写真1~3)。

6. 「なんかあるかな」が未来の科学をつくる

この磁場によるフラクタル自己相似浮上は、世界で初めてアメリカの有名な学会誌に取り上げていただきました(2004年2月)。共同執筆者である芝浦工業大学教授の村上雅人先生には経済面、英文作成でたいへんお世話になり感謝しております。また岩手大学教育学部教授の八木一正先生には、物理教育面でご協力いただき、ありがたいと思っています。

高校を離れてから、いろいろとプラスチック・反磁性効果の反論を受けてもいましたが、いまはそれをくつがえす実験にも成功しております。

独創。クリエイティビティ。これは周

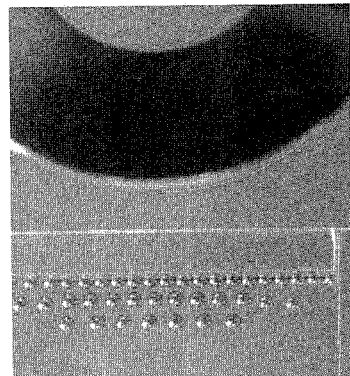


写真2 鉄球は3層

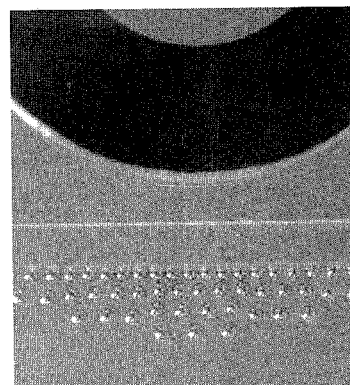


写真3 鉄球は4層

囲の環境にかなり影響されるものですし、個性という問題もあるでしょう。これからのサイエンスを良いものにしていくためには、「なんかあるかな」を許容する社会でないといけないでしょう。私も心がけています。

最後に、岩手大学の工学部長・森邦夫先生，同地域連携推進センター助教授・今井潤先生，同じく地域連携推進センターのみなさんのご協力に対する感

謝の念で本稿を終わらせたいと思います。

参考文献

- (1) M. Murakami, et al. *Jpn. J. Appl. Phys.*, Part 2 29, 1991 (1990)
- (2) S. Earnshaw, *Trans. Cambridge. Phil. Soc.*, 7, 97 (1842)
- (3) A. K. Geim, M. D. Simon, M. I. Boamfa, and L. O. Heflinger, *Nature* (London), 400, 323 (1999)
- (4) S. Sasaki, I. Yagi, and M. Murakami, *J. Appl. Phys.*, 95 (4) 2090 (15 Feb 2004)

◆これまでの磁石による浮上についての定理や実験◆

(a) アーンショウの定理 (約160年前)

経験で合点がいくものと思いますので、イメージをかいつまんで説明します。

図1のように糸がうまく安定に鉄クリップを浮上させる実験をご存知だと思います。糸から手を離すとクリップは下に落ちるか、磁石に吸着するからです。つまり糸の張力がなければ安定した浮上は無理だということをその定理は物語っていたのです。

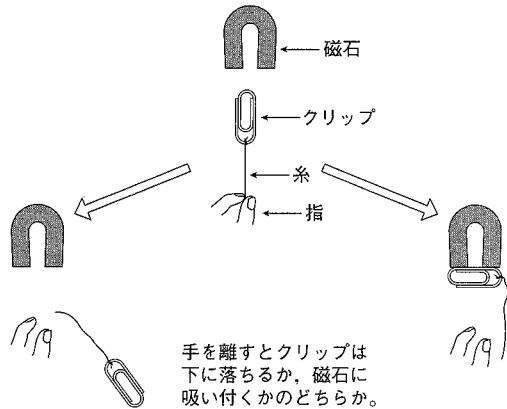


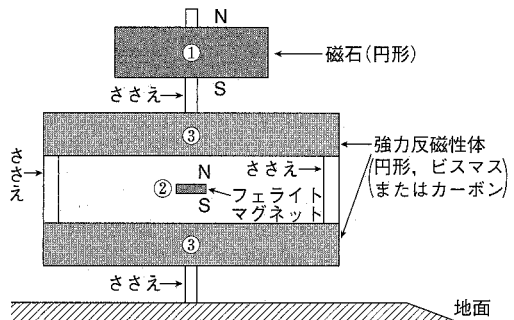
図1 アーンショウの定理のイメージ

(b) 安定浮上を目指したファラデー (約150年前)

物質の中には、ほんのわずかですが水にも磁石の力が働くことをご存知ですか。水だけではなく、ガラス、プラスチック、セラミックス、木のようなものでさえ一般に非磁性とされている物質すべてに、磁石の力が働いています。アーンショウの定理を信じていたファラデーは図2のような装置を考案したのです。

①は大きなドーナツ状の磁石，②は磁石(フェライトマグネット)，③は反磁性が強い黒鉛。③は②より10倍以上の広さと大きさ，厚みがあり，それで②は左右上下安定に磁力でサンドイッチのようにされ浮上しています。①の大きなドーナツ状の磁石で，地球に対する引力とつりあい，その

結果安定浮上が実現されたのです。反磁性はあまりに弱いため，150年前から無視されてきました。



③で②を安定させて(サンドイッチ力)，②の重力を①の磁石で引き上げ，浮上させる。

図2 ファラデーの実験

(c) 現代では

- ・安定化電子コントロール技術(センサーを利用)
 - ・超電導による強い磁力を利用した技術
- 以上，アクティブコントロールやパッシブコン

トロールといわれる技術が知られています。