

サイエンスショー「スーパー磁石～アルミが動く?～」実施報告

齋藤 吉彦*

概要

本サイエンスショーは「アルミは磁石に反応しない」という常識を覆し、アルミに生じる渦電流を紹介するものである。2012年6月～8月まで大阪市立科学館で公開されたものである。

1. はじめに

電気を流す物体の中で磁場が変化すると、その変化を打ち消すように誘導電流が流れる。アルミが磁石のそばで動くとき、あるいは磁石がアルミのそばで動くときは、アルミに渦電流と呼ばれる渦状の誘導電流が流れ、アルミは渦電流により電磁石になる。そして、磁石と、電磁石になったアルミが反応する。「磁石につかないはずのアルミが磁石に反応する。」を今回のサイエンスショーのテーマとした。

鉄以外の金属は磁石に着かないことを小学校3年生で習うが、多くの市民は、導体と磁性の概念を明確に区別することができていない。すなわち、「電気が流れる・流れない」「磁石につく・つかない」の2つの概念を混乱させたまま、正しい理解をしていないことが少なくない。このことに留意しながら、10cm角のネオジム磁石による大きな現象と身近な渦電流による現象とで、楽しく誘導電流を理解できるようサイエンスショーを企画した。

本稿では、2章で演示の概要を、3章で考察を与える。ただし、演示の善し悪しは、見学者と演者とが作り出す雰囲気が大きく左右される。これを文字で表すのは困難なので、この雰囲気も含めて詳しい内容は動画¹をご覧ください。

2. 演示

演示は、磁石の基礎、アルミと磁石でブレーキ、現象の原理、アルミを磁石で動かす、の4部で構成される。それぞれを以下に示す。

2-1. 磁石の基礎

	演示内容	留意点
①	小さなネオジム磁石で遊びながら(図1)、10cm角ネオジム磁石を導入。	「磁石」という概念に集中させる。そして、10cm角ネオジム磁石への期待をたかめる。
②	10cm角ネオジム磁石で磁石につくものをつかかないものを確認(図2)。	強烈な磁力が大人の興味も引く。ここで、アルミは磁石につかないことを定着させることが重要で、これが以降の演示の生命線になる。



図1 小さなネオジム磁石で遊ぶ



図2 10cm角ネオジム磁石。スチール缶は引き付けられるがアルミのヤカンには反応しない。

*大阪市立科学館 学芸グループ
saito[atmark]sci-museum.jp

2-2. アルミと磁石でブレーキ

	演示内容	留意点
①	アルミの空き缶やヤカンの速度が10cm角ネオジム磁石の上で減じる(図3)。	「アルミが磁石につかない」ことを意識させながら観察させる。
③	リング状のネオジム磁石がアルミ板の前面で減速する(図4)。	空き缶やヤカンの運動から現象を予想し、その後には観察する。ブレーキの原理として利用できることを想像する。
③	大型トラックなどに搭載されているブレーキシステム、永久磁石式リターダー ² の紹介	実用例を示すことで、現象を身近にする。
④	ヤカンの底を2-1①で用いたネオジム磁石がブレーキをかけたように滑り落ちる。	家庭でできる実験の紹介。

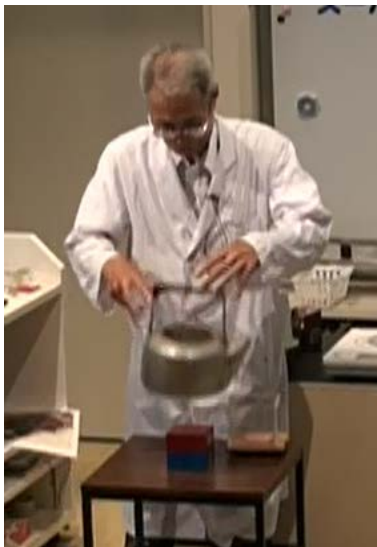


図3 アルミのヤカンをネオジム磁石の上に落とす



図4 ネオジム磁石がアルミ板の前で減速する

2-3. 原理説明

	演示内容	留意点
①	アルミに渦電流が流れて磁石になることをイラスト(図5)で説明	「渦電流→磁石」の概念を与える。
②	10cm×φ30cmのアルミ塊と10cm角ネオジム磁石との相互作用(図6)。	観察しながら、アルミ塊が磁石になっていることを納得する。



図5 渦電流のイラスト



図6 アルミ塊(10cm×φ30cm)と10cm角ネオジム磁石との相互作用

2-4. 磁石でアルミが動く

	演示内容	留意点
①	1円玉を小さなネオジム磁石で動かす。	現象が小さいことで、大きな現象を見たいという欲求を与える。
③	コイルに大電流を流し、1円玉を飛ばす ³ 。1円玉が金属板に衝突する音でその勢い実感する(図8)。	客席からは現象が見えにくいので、事前にスロービデオ ⁴ を見せて(図7)、イメージを持たせておく。
③	ネオジム磁石でアルミ缶を回転させる(図9)。	洗濯機や扇風機など身近なものの原理として紹介。

④	家庭用電源からコイルに電気を流し、小磁石を入れた容器を近づける。容器の中で小磁石が飛び跳ね続ける(図 10)。	交流が流れるコイルは回転する磁石と同等であること。
⑤	アルミ缶を④の交流電磁石で回転させる ⁵ (図 11)。	洗濯機や扇風機などの誘導モーターの仕組みを理解。
⑥	電磁調理器のコイルを紹介しながら原理解説(図 12)。	1円玉飛ばしや誘導モーターと比較しながら解説する。
⑦	電磁調理器で閉回路に結線した電球を灯す ⁶ (図 13)。	渦電流で電球が灯ることを推測させてから実演する。
⑧	電磁調理器でアルミ箔を浮かせる ⁶ (図 14)	演示前に②⑤からアルミ箔が電磁調理器の上に浮くことを予想させる。
⑨	アルミのヤカンと10cm角ネオジム磁石との相互作用を再度観察。	「どうなってる?」の問いかけに見学者が「渦電流で磁石」と声を発する。

全ての演示アイテムにおいて、図 5 を示しながら演じる。渦電流の概念に慣れさせる。

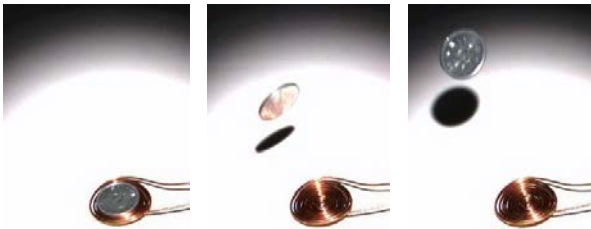


図 7 1円玉飛ばし



図 8 1円玉が金属板に衝突する。



図 9 ネオジム磁石でアルミ缶を回す

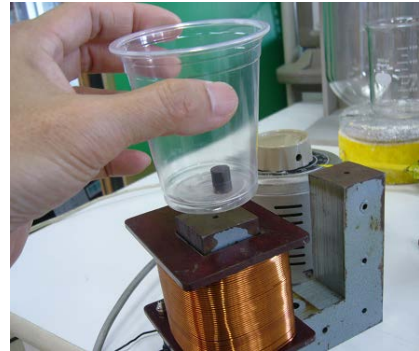


図 10 交流電磁石で小磁石が飛び跳ねる



図 11 誘導モーターの原理実験

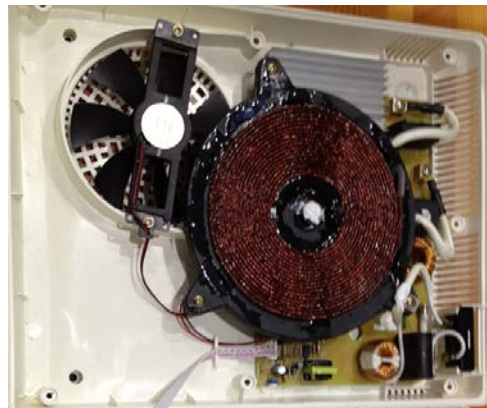


図 12 電磁調理器内のコイル



図 13 電磁調理器で電球を灯す実験。左のように結線した電球の上に金属鍋を置く。

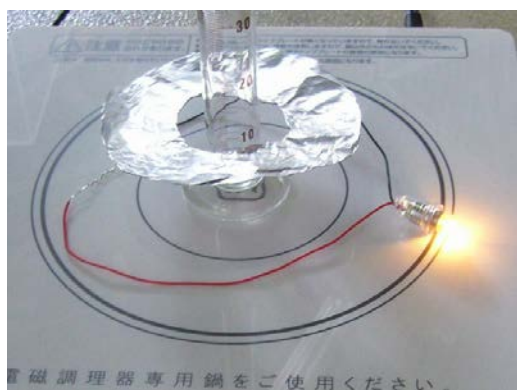


図 14 電磁調理器の上でアルミ箔が浮き、電球が灯る

3. まとめ

3-1. 常識を与える

前回企画した「ロケットのドキドキ実験」¹は飛び上がるというダイナミックな運動で好評であった。今回は、アルミが減速するという地味な運動にもかかわらず、アルミが磁石の近傍で減速する様子に「エエーッ！」との声があがった。これは、第1章に書いたように「アルミは磁石につかない」は見学者の常識ではないということを前提にして演じたからであろう。すなわち、「2-1. 磁石の基礎」において、10cm角ネオジウム磁石の強烈な磁力でもアルミはつかないという体験を与えたからで、もしこの体験がなかったら、上記の感嘆の声はあがらなかったと思う。

3-2. 原理実験か解説か

「アルミに渦電流が生じてアルミが磁石になる」が本サイエンスショーの最も本質的な部分である。そこで、

著者以外の演示者は、発電と電磁石の現象を実際に見せながら、この部分の解説をした。当初は著者もそれを行ったが、見学者の納得を得るまでには至らなかった。そこで、2-2のように概念の提示だけにとどめ、これに続く2-3で、常に「アルミに渦電流が生じてアルミが磁石になる」と声に発しながら、そして図5を見せながら現象観察を行った。また、閉回路に結線した電球が灯ること(図13)を渦電流の証拠とした。その結果、図14を観察する段階では、この概念に充分慣れているので、見学者は現象を予想しながら観察できた。発電と電磁石のデモンストレーションはかなり時間を要するので、「アルミが減速」の観察から次への展開の妨げになるかもしれない。見学者にとっては、アルミの現象観察を続けながら渦電流の概念を確認することの方が自然なリズムであったと思われる。

3-3. 概念の確認

最後に、図3を再度行い、「アルミに何が起こったの？」と問いかけに「渦電流!」、「渦電流でなにになるの？」に対して「磁石!」との声を大人も含めて発していただいた。「2-3. 原理解説」では腑に落ちないでいた見学者も、2-4で繰り返し渦電流による現象を観察するうちに、概念を習得し、自らその概念を声に発するまでになったものと思う。

謝辞

本サイエンスショーの関連資料として紹介した永久磁石式リターダーおよび演示資料として使用したアルミ塊は住友金属工業株式会社から寄贈いただいたものです。この寄贈にあたっては特に、同社の花田保氏および齋藤晃氏にお世話になりました。ここに同社および両氏に厚く御礼申し上げます。また、サイエンスショー道場やサイエンスショー研究会で有益な意見を数多く頂き、企画段階で参考にさせていただきました。ここに謝意を表します。

¹ http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~saito/sshow/s_magnet.htm

² 本サイエンスショーの関連資料として住友金属工業株式会社から寄贈いただき、実施前から展示場で公開している。

³ 栃木県総合教育センター:平成22年度調査研究 高等学校における教科指導の充実 事例4 演示実験「コインとばし」

⁴ <http://youtu.be/GnT2wUvrKYA>

⁵ 「いきいき物理わくわく実験」新生出版(株)212 ページ(1990)

⁶ 長戸基:RikaTan 2011年7月号

⁷ <http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~saito/sshow/rocket2.htm>(動画)

齋藤吉彦;大阪市立科学館研究報告 22,75-76(2012)