

## 走光式電流計の小学校理科授業への試用

菅野 僚\*・堀井 孝彦\*\*・田中 康善\*\*・石井 恭子\*\*\*・鎌田 正裕\*

理科教育学科

(2001年3月26日受理)

SUGANO, R., HORII, T., TANAKA, Y., ISHII, K. and KAMATA, M.: Trial usage of the ammeter, which indicates electric current by the movement of a spot of light, in science lessons of an elementary school. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Sect. 4, 53: 159-166 (2001) ISSN 0371-6813

### Abstract

The authors have investigated the educational effect of the new ammeter, which indicates measured current by the movement of a spot of light, for 6th grade pupils in elementary school. Although it was made clear that misconceptions on current flow in the circuit could not be removed easily even with the help of this ammeter, it is very possible that a combination of this ammeter and ordinary ones may help learners to obtain correct concepts of electricity very effectively.

**Key words:** ammeter, electric circuit, electric current, elementary school, PIKOPIKO

*Department of Science Education, Tokyo Gakugei University, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan.*

### 1. 緒言

単純電気回路における素朴概念は、オズボーンらによって衝突モデル、減衰モデル、単極モデル、科学的モデルに分類されている<sup>1)</sup>。また、河本らの小学校第3学年から中学校第2学年の子どもたちを対象にした調査によると、乾電池1個と豆電球2個(直列)からなる電気回路において、乾電池両端の電流の大きさを問う設問では平均すると約40%の子どもたちが誤った考え方(誤答の大半は減衰モデル)を示す<sup>2)</sup>。このように、多くの子どもたちが電気回路の電流の大きさを正しく捉えていない現状を見ると、小学校では電気に関する単元が3, 4, 6年と繰り返し出てくるにも関わらず、児童にとってその理解が容易ではないことがわかる。

そこで我々は、光の流れで電流を模擬する走光式電流計を開発し、この利点を生かした授業を行うことにより電気に関するさまざまな誤概念が払拭できると考え、小学校理科において走光式電流計を用いた授業実践を試みた。

本研究の先行研究として鎌田、新保らは、小学校第4学年を対象に、その学習効果を分析している<sup>3)</sup>。本研究では、調査対象を小学校第6学年にし、従来の簡易検流計を使用する授業と走光式電流計を使用する授業との学習効果の違いを比較分析すると共に、走光式電流計をどのように使用すれば、子どもたちが正しい電流概念を獲得できるようになるかについても考察した。

\* 東京学芸大学(184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)  
\*\* 東京学芸大学附属世田谷小学校  
\*\*\* お茶の水女子大学附属小学校

## 2. 走光式電流計

走光式電流計の外観を図1に示す。本体は、縦8

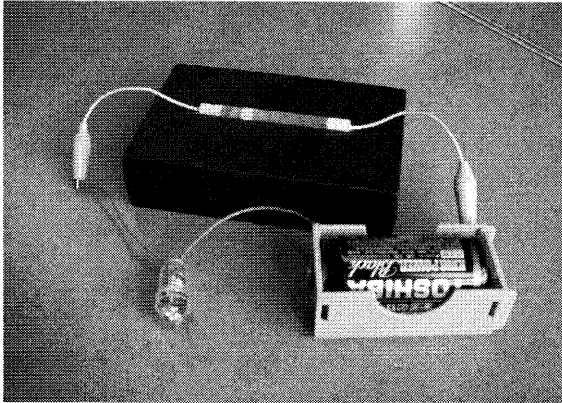


図1 走光式電流計

cm、横12cm、高さ3cmの黒色のプラスチックケースに組み込まれ、中央部分に10個の黄色発光ダイオードが1列に取り付けられ、その両端からは黄色のみの虫クリップの付いたリード線が出ている。外観が黒くなっているため、小学校の理科室にある黒いテーブルの上に置くと、黄色いリード線と発光ダイオードの部分だけが目立って見える。これを回路の中に入れると、一方のみの虫クリップに流入した電気が黄色の光点に変化して、10個の発光ダイオード上を次々に移動し、他方から再び電気になって流出していくように見える。そのため、学習者は実際に電気の流れを見ているように感じ、電気の流れをイメージしやすくなる。また、走光式電流計は光の流れに合わせてピコピコという音を発するため、同電流計を児童に提示する際には「ピコピコ検流計」（通称「ピコピコ」）と呼んだ。

なお、走光式電流計の動作原理および回路図などについては既報<sup>4)</sup>を参照されたい。

## 3. 授業実践と調査

対象は、東京都23区内の公立小学校の6年生であり、1組26名、2組30名、3組28名の計84名である。授業者は、東京学芸大学教育学部附属世田谷小学校の堀井孝彦教諭であり、1999年10月25日(月)に1組と3組の授業と調査を、10月30日(土)に2組の授業と調査を行った。各クラスとも、4年時の学習を復習する内容で授業を進めていき、2時限続き(45分×2)で授業を行った。児童には、4年時に習った電気の学習について復習をすると伝え、導入時に「電池1個、2個(直列)で豆電球をつけよう!」という目

標を提示した。各クラスとも授業の流れは同じであるが、1組は従来の簡易検流計を、3組は走光式電流計を使用した。そして、これらのクラスでの授業の様子や調査結果を踏まえ、2組は走光式電流計(一部の児童は、簡易検流計も)を使用して授業を行うことにした。

10月25日(月)の授業実践では、いずれのクラスも3~4人でグループを作り、グループごとに実験を行った。はじめに、電池ボックス3個、乾電池3個、豆電球2個(ソケットつき)を渡し、それらを用いて各グループごとに、乾電池1個と豆電球1個からなる電気回路と、乾電池2個(直列)と豆電球1個からなる電気回路の2種類を机上で作らせた。さらに、1組では各グループに簡易検流計を2台ずつ、3組では各グループに走光式電流計を2台ずつ渡し、完成した2種類の回路で豆電球の前後を流れる電流の大きさを測定させた。

10月30日(土)に行った2組の授業では、使用する走光式電流計をグループで1台に限定し、児童が必要としたグループにのみ簡易検流計をさらに1台渡すという方法を取った。これは、3組の授業で走光式電流計を2台同時に渡したところ、回路に組み込んだ2台の走光式電流計で光が動く速さが微妙に異なるため、豆電球の前後で乾電池両端の電流の大きさは異なるという考えを持つ児童が多く出てしまったためである。そこで、児童に渡す走光式電流計は1台のみとし、実験中に光の動く速さに注目していると思われる児童には簡易検流計を渡し、走光式電流計と簡易検流計の両方を使用させることにした。なお、授業の展開については25日に行った2クラスの場合と同じである。授業時の児童の活動の様子を図2に示す。

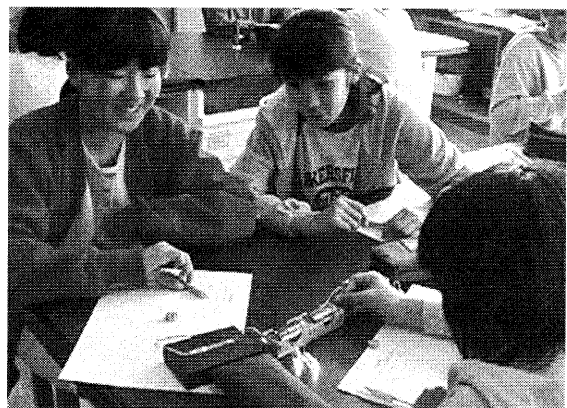


図2 児童の活動の様子

次に、調査方法について述べる。上で述べたように、児童に2種類の電気回路を作らせた後、1回目

のアンケート調査(事前アンケート)を行った。事前アンケートで用いた調査用紙は資料1に示す通りで、その内容は、乾電池2個(直列)と豆電球1個からなる回路中を電気がどのように流れているのかを、太さや濃さ等を使い分けて矢印で描き表すよう求めたものである。2回目のアンケート調査(事後アンケート)は豆電球の前後で電流の大きさを測定した後にいった。2組と3組が使用した事後アンケ

ートの調査用紙を資料2に、1組が使用したものを資料3に示す。

#### 4. 結果及び考察

事前アンケートと事後アンケートの設問1の正答率を表1に示す。同表から、正答率そのものについては走光式電流計と簡易検流計を使用したクラスと

表1 事前アンケートと事後アンケート問1の正答率

	6-1 簡易検流計	6-3 走光式電流計	6-2 走光式電流計 +簡易検流計
事前アンケート 正答率	8/26 (31%)	2/28 (7%)	12/30 (40%)
事後アンケート 正答率	6/26 (23%)	4/28 (14%)	12/30 (40%)

の間に顕著な差は見られなかった。そこで、事前調査と事後調査の設問1の誤答の内訳について調べる

と、表2に示す結果が得られた。同表から、走光式電流計を使用した3組と2組では衝突説が減少して

表2 事前アンケートと事後アンケート設問1の誤答内訳

	6-1 簡易検流計		6-3 走光式電流計		6-2 走光式電流計+ 簡易検流計	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後
減衰	7	7	13	8	5	7
衝突	7	8	4	1	9	4
逆	2	5	0	3	0	0
その他 白紙	2	0	9	12	4	7

- ・表中の数字は、回答人数を示す。
- ・表中の減衰は、乾電池の一方から電気が出て、豆電球に使われて電流量が減ると考える誤概念。
- ・衝突は、乾電池の両極から電気が出て、衝突した結果、豆電球が光ると考える誤概念。
- ・逆は、-から+に電気が流れていると考える誤概念。

いることがわかる。これは走光式電流計が光の動く向きで電気の流れを模擬しているため、児童が電気の流れを視覚的に捉えたことによるものと考えられる。しかし、減衰説に注目すると走光式電流計と簡易検流計を使用したクラスとの間で顕著な差は見られない。このことは、走光式電流計を使っても、減

衰説などの誤概念の払拭には限界があることを示している。

次に、事後アンケートの設問2について述べる。電流の向き(走光式電流計の図が描かれたアンケートでは走光式電流計の光の動く向き、簡易検流計の図が描かれたアンケートでは簡易検流計の針の向

表3 事後アンケート設問2の正答率

	電流の向き	電流の大きさ
6-1 簡易検流計	6/26 (23%)	17/26 (65%)
6-3 走光式電流計	20/28 (71%)	2/28 (7%)
6-2 走光式電流計 +簡易検流計	16/30 (53%)	11/30 (37%)

き)についての正答率と、電流の大きさについての正答率を表3に示す。電流の向きについて、正しい回答をした児童は、走光式電流計を使用した3組が71%、走光式電流計と簡易検流計を使用した2組が53%となっており、簡易検流計のみを使用した1組の23%と比べ、正答率が高い。そこで、電流の向きを正答・誤答した人数について直接確率計算を行った結果、1組と3組の差は有意であり( $p=.0008$ , 両側検定)、1組と2組の差も有意であった( $p=.0399$ , 両側検定)。よって、走光式電流計を使用したクラスは、簡易検流計を使用したクラスよりも電流の向きについての正答率が高いことが確認できた。

一方、電流の大きさについての正答率は、簡易検流計を使用した1組が65%、走光式電流計と簡易検流計を使用した2組が37%、走光式電流計を使用した3組が7%であり、走光式電流計を使用したクラスよりも、簡易検流計を使用したクラスの方が正答率が高い。先程と同様に、電流の大きさを正答・誤答した人数について直接確率計算を行ったところ、1組と3組の差は有意であり( $p=.0000$ , 両側検

定)、1組と2組の差にも有意傾向がみられた( $p=.0597$ , 両側検定)。よって、電流の大きさについては、電流の向きの場合とは異なり、走光式電流計よりも簡易検流計を使用したクラスの方が正答率の高いことがわかった。

これらのことを踏まえて、設問2については次のように考察できる。走光式電流計を使用したクラスの方が、電流の向きについての正答率が高くなっているのは、走光式電流計を使用することで、電気の流れを視覚的に捉えることができたためと考えられる。また、簡易検流計を使用したクラスの方が電流の大きさについての正答率が高くなっているのは、児童にとって簡易検流計の方が電流の大きさを量的に捉えやすいことを示しているものと考えられる。この点は、走光式電流計にはない簡易検流計の特長である。したがって、電気の流れやその向きを理解するためには走光式電流計の方が簡易検流計よりも効果的であり、その大きさを理解するためには簡易検流計の方が効果的であると考えられる。

最後に、事後アンケートの設問3の結果を表4示す。回答数を見る限り、簡易検流計を使ったクラス

表4 事後アンケート設問3の回答

簡易検流計を使用したクラス(6-1)

針が 動く向き	・電流の流れる向き 5 ・一と+のちがい 1 ・左に振れるのは+のある方向にあるとき、-につなげば逆 1	・電池から送られている電流 1
針の 振れ幅	・電流の大きさ 6 ・流れる電気の量 3 ・電池の力 1	・電流の強さ 1 1 ・電気が通る時の勢いの強さ 1 ・電流の数値 1 ・電池の数と豆電球の関係 1

走光式電流計を使用したクラス（6-2，6-3）

	6-2	6-3
光の 動く向き	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電流の流れる向き 1 1</li> <li>・電流 5</li> <li>・電池の流れる方向 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電流の流れる向き 5</li> <li>・電流 1 0</li> <li>・電気が通っている 2</li> <li>・電池の＋で向き、動き 2</li> </ul>
光の 動く速さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電流の強さ 4</li> <li>・電流の速さ 1 3</li> <li>・＋や－の方に動いて速さを変えていることを表わしている 1</li> <li>・速さは－の方は速いのかな？ 1</li> <li>・電池の多さや豆電球のつき方 1</li> <li>・電池がどのように動いているか 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電流の強さ 4</li> <li>・電流の大きさ 2</li> <li>・電流の速さ 7</li> <li>・電気の勢い 1</li> <li>・電気の量 2</li> <li>・Aは豆電球で電気を使っていないからAのが速い。Bは豆電球で電気を使ったからBのが遅い。 1</li> <li>・電気がいっぱい通ると、ピコピコが速くなる。 1</li> </ul>

回答の後ろの数字は人数（のべ）を表す

では、電気の流れや電流の方向について記した回答より、その大きさや強さについて記した回答の方が多い。これに対し、走光式電流計を使用したクラスでは、流れや方向について回答した児童の数が、簡易検流計の場合の2倍以上いることがわかる。また、針の振れ幅や光の動く速度については、前者が電気の強さ、あるいは電流の量として捉えられているのに対し、後者は電流の速さとして捉えられているのが特徴的である。

## 5. 授業展開例

上で述べた授業実践及び調査を踏まえ、児童が正しい電流概念を獲得するためには、次のような授業展開が効果的であると考えられる。

電気回路を扱う授業の際、導入時から走光式電流計を使用し始める。児童は走光式電流計を回路に組み込み、光の動き（電気の流れ）を見ているうちに、走光式電流計のLEDの光の動きを数え始める（児童のこの動きは上述の授業実践時と、その前年度に行った予備調査時のいずれでも観察することができた）。児童は、走光式電流計の光の動きを見ると、「数値を知りたい」という欲求を持ち始めるので、この時点で簡易検流計を渡す。これは、初めから簡易検流計だけを渡しても児童は好奇心を示さないと

いう経験に基づくものである。簡易検流計だけでは、児童はただ数字が出る道具という認識しか持てない。そこで走光式電流計を渡して光の動きや光が動く速さに興味を持たせ、「数値を知りたい」という意識が表われてから、簡易検流計を渡す方法が効果的であると考えられる。

最後に、上で述べた結果と考察を踏まえ、小学校理科授業の電気に関する単元において、児童が正しい電流概念を獲得する上で効果的であると考えられる授業展開例を資料4に示す。

## 6. 結論

本研究の結論は、以下の通りである。

1. 小学校理科授業で、電流の向きを理解するためには走光式電流計、電流の大きさを理解するためには従来の簡易検流計を使用することが有効であることが分かった。
2. 授業実践での児童の行動観察や調査を通して、児童は走光式電流計を好意的に受け止め、これを用いた学習に積極的に取り組んでいることが分かった。
3. 以上の結論を踏まえ、走光式電流計と簡易検流計の両方を利用する授業展開を提案した。

なお、授業実践や各アンケート調査では、走光式電流計に対して「楽しい」「おもしろい」など児童の好意的な意見が目立った。

**参考文献**

参考文献

1) 森本 信也ら、子ども達はいかに科学理論を

構成するか、東洋館出版社, pp.27-45. (1988)

2) 河本 隆弘ら、科学教育研究Vol.16, No. 2, pp.44-50. (1992)

3) M. Kamata et al, Physics Education Vol.36, No. 3, pp243-249. (2001)

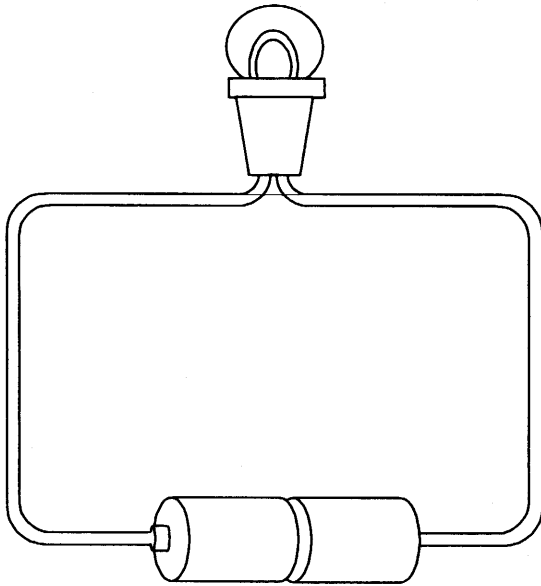
4) 鎌田正裕ら、物理教育45, 326-327 (1997)

**資料1 事前アンケート**

これは、テストではありません。あなたが思った通りに書いて下さい。

6年 組 番 名 前 ( )

1. 下の図のように、電池2個と豆電球1個がつながっています。このとき、電気はどのように流れているでしょう。下のどう線の中に、電気がどのように流れているか、電気の流れをやじるして書いて下さい。

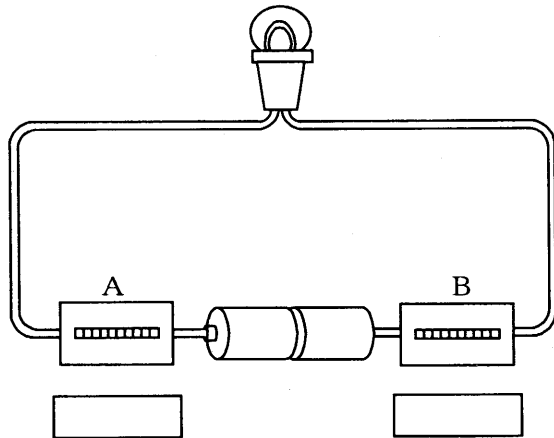


資料2 事後アンケート (走光式電流計使用クラス向け)

これは、テストではありません。あなたが思った通りに書いて下さい。

6年 組 番 名前 ( )

1. 略 (事前アンケートと同じ)
2. ピコピコを下図のようにつなぎました。AとBのピコピコではどちらの方が速く動きますか。(1)~(3)のうち、あてはまるものに○をつけて下さい。また、AとBのピコピコの光の動く向きを□の中に、やじるしで書いて下さい。



- (1) Aの方が速く動く
- (2) Bの方が速く動く
- (3) AとBは同じ速さで動く

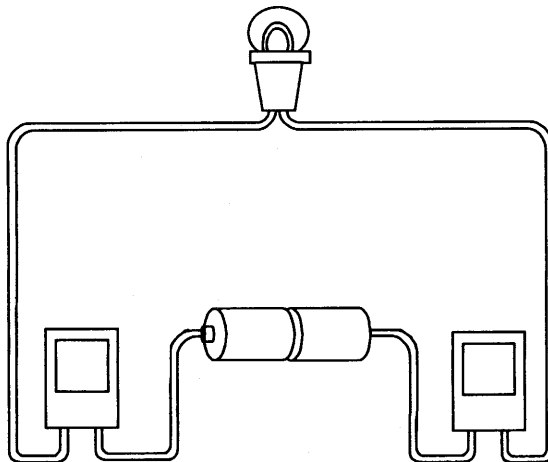
3. ピコピコの光の動く向きや速さは、何を表していると思いますか。
4. 今日の感想や、楽しかったこと、ふしぎに思ったことなど、何かあったら書いて下さい。

資料3 事後アンケート (簡易検流計使用クラス向け)

これは、テストではありません。あなたが思った通りに書いて下さい。

2年 組 番 名前 ( )

1. 略 (事前アンケートと同じ)
2. 検流計を下図のようにつなぎました。AとBの検流計ではどちらの検流計の針が大きく振れますか。(1)~(3)のうち、あてはまるものに○をつけて下さい。また、AとBの検流計の針はどちらの向きになるか、針の絵をかいて下さい。



- (1) Aの方が大きく振れる
- (2) Bの方が大きく振れる
- (3) AとBの振れ方は同じ

3. ピコピコの光の動く向きや速さは、何を表していると思いますか。
4. 今日の感想や、楽しかったこと、ふしぎに思ったことなど、何かあったら書いて下さい。

## 資料4 授業展開例

学習活動、予想される児童の活動	教師の支援、指導上の留意点
<p>1. 乾電池1個、乾電池2個を直列つなぎにして、豆電球を1個つける。</p> <p>・乾電池には直列つなぎと並列つなぎがあったよ。          ・乾電池2個の方が明るくなったよ。          ・乾電池1個の時の方が暗いよ。</p> <p>2. ピコピコ（本電流計）を使い、乾電池1個の回路と2個の回路を比較する。</p> <p>・黄色い光がピコピコ動いているよ。          ・この光は何だろう。          ・光は電気が流れている証拠だよ。          ・乾電池1個と2個では、速さが違うよ。          ・光が～個動いたよ。</p> <p>3. 簡易検流計も使って、乾電池1個の回路と2個の回路を比較する。</p> <p>・簡易検流計は数字が読めるよ。</p> <p>4. 本時のまとめをする。</p> <p>・ピコピコ（本電流計）は電気の流れを見るのに便利だよ。          ・簡易検流計は数字がしっかり読めて、電流の大きさが分かりやすくなるよ。          ・両方の道具を使うと電流の向きと大きさがはっきりするよ。</p>	<p>・豆電球1個、乾電池1個の回路と豆電球1個、乾電池2個の各々の回路を板書し、児童が視覚的に捉えやすいようにする。          ・各班に以下の実験道具を渡す。          〈実験道具〉          乾電池3個、電池ホルダー3個、豆電球2個、ソケット2個</p> <p>・比較しやすいよう、2種類の回路を作るよう指示する。</p> <p>・各班に本電流計を1台ずつ渡す。          ・本電流計の使い方、注意点を説明する。</p> <p>・実験中の児童の様子から、光の動く速さ、本電流計のLEDの数を数え始めた児童がいたら、簡易検流計を渡す。</p> <p>・電流の大きさを量的に測定できることが、簡易検流計の特徴であることに気づかせる。</p> <p>・双方の道具の利点に気づかせる。</p>