

学生の磁石と磁気に対する認識

—アンケート調査の集計結果による検討—

富山 哲之*

(平成12年3月15日受理)

A Study of Students' Recognition of Magnet and Magnetism

—An Analysis Based on the Results of Questionnaire—

Noriyuki TOMIYAMA*

(Received Mar.15,2000)

1. はじめに

近年、学校教育における理科離れ、物理嫌い等の諸問題¹⁾が様々に論議されており、その根深さが伺える。これからは科学リテラシーを目指す教育の重要性が強調されつつある²⁾。実際に自然科学に関わる教育に携わっていると学習者の様々な実態が浮き彫りにされることが多く、自らの授業内容や指導方法の改善を必要とするケースが非常に多くなってきている。これまで理科教育では、授業への方法改善に資するための、教師或いは学習者の実態調査や指導法の開発等が数多く行われてきた。

本研究は電気磁気分野について学習者の認識の実態を示そうとするものである。電気磁気分野では、場の概念がでてくるが、その実態が目に見えないので学習指導上でも無味乾燥になりがちである。小学校段階では抽象的なイメージである磁気は電気とともに基本的な事物概念である。堂面³⁾は、磁石の指向性に関連しては針金の磁化の手法等を取り入れた地球磁場(以下、地磁気という)の存在についてのある程度の体験学習が望まれると述べている。筆者ら⁴⁾が開発した地磁気を容易に検出できる磁場検出装置は、電磁誘導法則の検証に有用であり、地磁気そのものの認識も深められるものと思われる。一方、磁気の具体的内容に対する学習者の認識は十分に明らかにされているようではない。

磁石・磁気に関して、旧教育課程では小学校1年理科において磁石遊びを通しての学習が行われていたが、現行の教育課程では、低学年理科の廃止に伴い、磁気関係の学習は第3学年の単元“じしゃくにつけよう”から始まり第6学年の“電じしゃく”に続き、中学校理科では“磁石のまわりの磁界”，“電流と磁界”へ継続されている。そのなかで磁界の概念が導入され、磁界と電流との相互作用、電磁誘導現象の理解に発展する。磁気の根源は電流にあるとする立場は高校物理でも継承されている。しかし、磁石の指向性の学習は小学校理科で取り扱われているが地磁気と関連づけた学習指導はなされていない。現行では、

*長崎大学教育学部理科教育講座

中学理科教科書⁹⁾において初めて地磁気に関する記事が参考資料として掲載されている。実質的に地磁気の学習は高校地学⁹⁾で取り扱われている。

本稿は、学生の磁石・磁気に対する認識の特徴を明らかにしようとするものである。地磁気に関わる具体的項目を挙げて、学生を対象にした磁石ないし磁気の基本的な概念の理解を問う実情調査の概要を述べ、分析と検討を行った。

2. 調査方法

(1) 調査対象及び調査時期

調査対象者は、表1に示す大学及び専門学校に在籍する学生231名である。調査は、筆者の授業担当時間において実施し、それ以前には本調査内容に関わる事前指導は行わなかった。実施はクラス毎で、各20分間を充てた。学生に質問紙を配布し、授業時間内で記入させた後回収する方法で行った。

調査時期について、第I群は1998年6月、第II、III群は1997年5月である。

表1 回答者の内訳

	男子	女子	計
I. 大学1年(全学)	69	83	152
II. 大学2年(教育)	20	18	38
III. 専門学校1年(看護)	2	39	41
合 計	91	140	231

(2) 調査内容

質問紙法により、選択肢または自由記述の回答欄を設けた。図1に質問事項と回答例の一部を示す。

(3) 調査対象者の学習経歴及び学習内容

本調査では、1989年度～1991年度に小学校を卒業した学生を対象としている。つまり、調査対象学生は、小学校時代に1977年7月改定・告示の小学校学習指導要領(旧教育課程)に基づく教育、及び小・中・高校時代に、1989年3月改定・告示の小・中・高校の学習指導要領の移行措置期間中または全面実施後の教育を受けてきたことになる。調査対象学生に関わる小学校理科^{7,8)}及び中学校理科^{9,10)}の磁気関係の学習項目を表2に示す。

表2 学習指導要領にみる磁気関係項目と学年配当

告示年度 学年配当	1977					1989		
	小1	小3	小4	小6	中	小3	小6	中
①磁石に付く物と付かない物	○					○		
②磁極の存在	○	○				○		
③磁極相互間の磁力の働き	○	○			○	○		○
④磁極からの距離と磁力の大きさ					○			○
⑤物を隔てて働く磁力	○				○	○		○

⑥磁化			○				○	○	
⑦方位磁針			○	○		○	○		○
⑧地磁気									
⑨電磁石					○			○	
⑩モーター						○		○	○
⑪磁石のまわりの磁界(磁力線)						○			○
⑫電流がつくる磁界						○			○
⑬磁界中の電流が受ける力						○			○
⑭電磁誘導						○			○

○印は該当学校種(学年)を示す

磁石と磁気に関する質問事項

下記について、○印またはご記入ください。

学部[工]

学年[/] 性別；男[○]、女[]

質問事項

(1) これまでに磁石に関する実験・観察をしたことがありますか。

① はい 2) いいえ

“はい”と答えた人は、どこで何について実験・観察しましたか。

学校種を○で囲み、内容を記入してください。

① 小学校、(○) 中学校、(ハ) 高校、(ニ) 大学、(ホ) その他()

実験・観察の内容(磁石で砂鉄の動きを観察)

(2) 磁石には磁極がありますか。

① はい 2) いいえ

“はい”と答えた人は、

(イ) 一個の磁石について最少の磁極数は、磁極NまたはSが単独で存在する。

① (○) 一個の磁石について最少の磁極数は、磁極N-Sが一对で存在する。

(3) 地球は磁気を帯びた天体であると思いますか。

① はい 2) いいえ

“はい”と答えた人は①、及び②へ

① (イ) 地球の磁気は微弱である。

① (○) 地球の磁気は強力である。

② (イ) 地球の磁極は赤道側に存在する。

② (○) 地球の磁極は北極(南極)側に存在する。

(4) 方位磁針(磁石)が南(北)方向を指す理由を知っていますか。

① はい 2) いいえ

“はい”と答えた人は、磁石が南北方向を指す理由を記入してください。

磁針が南北方向を指す理由(地球が磁気を帯びている)から

(5) 磁気と電気は深い関わりがあることを知っていますか。

① はい 2) いいえ

“はい”と答えた人は、知っている事柄を記入してください。

知っている事柄(電磁石)

図1 調査用紙と回答例

3. 調査結果

調査した学生の内訳は、教育学部生109人(47.2%)、工学部生31人(13.4%)、経済学部生30人(13.0%)、その他(他学部生)20人(8.7%)、看護学校生41人(17.7%)、計231人である。性別比は、男子が39.4%、女子が60.6%を占める。調査用紙の回収率は100%であった。

(1) これまでに磁石に関する実験・観察をしたことがありますか。

表3-(1) 学校種別, 男女別の集計結果

	I. 大学生 (全学1年)	II. 大学生 (教育2年)	III. 専門学生 (看護1年)	IV. 男子	V. 女子	VI. 全体
1) はい	80.9(123)	92.1(35)	87.8(36)	78.0(71)	87.9(123)	84.0(194)
2) いいえ	19.1(29)	7.9(3)	12.2(5)	22.0(20)	12.1(17)	16.0(37)
“はい”と答えた人は、学校種を○で囲む						
(イ) 小学校	93.5(115)	82.9(29)	100(36)	85.9(61)	96.7(119)	92.8(180)
(ロ) 中学校	22.8(28)	45.7(16)	36.1(13)	36.6(26)	25.2(31)	29.4(57)
(ハ) 高校	9.8(12)	11.4(4)	0(0)	16.9(12)	3.3(4)	8.2(16)
(ニ) 大学	0.8(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0.8(1)	0.5(1)
(ホ) その他	0.8(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0.8(1)	0.5(1)

数値は%, ()の数値は人数

表4-(1) I.大学生(全学1年)の内訳

	I A. 教育 (69)	I B. 工学 (31)	I C. 経済 (30)	I D. その他 (20)
1) はい	81.2(56)	71.0(22)	90.0(27)	80.0(16)
2) いいえ	18.8(13)	29.0(9)	10.0(3)	20.0(4)
(イ) 小学校	100(56)	77.3(17)	100(27)	100(16)
(ロ) 中学校	17.9(10)	31.8(7)	11(3)	37.5(6)
(ハ) 高校	5.4(3)	36.4(8)	3.7(1)	0(0)
(ニ) 大学	0(0)	0(0)	0(0)	6.3(1)
(ホ) その他	1.8(1)	0(0)	0(0)	0(0)

実験・観察の内容を記入[複数回答可能, ()内の数値は該当者数]

- | | |
|------------------------|--------------------|
| a) 磁石につくもの探し (4) | b) 砂鉄集め (76) |
| c) 鉄粉散布模様 (20) | d) 鉄釘の磁化 (6) |
| e) 方位磁針(方位磁石)の使い方 (12) | f) 浮き磁石 (5) |
| g) 磁極の確認 (7) | h) 磁力調べ (7) |
| i) 磁石のおもちゃ作り (3) | j) モーター作り (5) |
| k) 電磁石作り (8) | l) 磁界(磁力線)の観察 (14) |
| m) 電磁誘導 (11) | |

(2) 磁石には磁極がありますか。

表3-(2)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.
1) はい	92.1(140)	97.4(37)	97.6(40)	93.4(85)	94.3(132)	93.9(217)
2) いいえ	7.9(12)	2.6(1)	2.4(1)	6.6(6)	5.7(8)	6.1(14)
“はい”と答えた人は						
(イ) 一個の磁石について最少の磁極数は、磁極NまたはSが単独で存在する。						
	10.0(14)	8.1(3)	15.0(6)	7.1(6)	12.9(17)	10.6(23)
(ロ) 一個の磁石について最少の磁極数は、磁極N-S一対で存在する。						
	90.0(126)	91.9(34)	85.0(34)	92.9(79)	87.1(115)	89.4(194)

数値は%，()の数値は人数

表4-(2)

	I A.	I B.	I C.	I D.
1) はい	89.9(62)	96.8(30)	90.0(27)	95.0(19)
2) いいえ	10.1(7)	3.2(1)	10.0(3)	5.0(1)
(イ)	6.5(4)	10.0(3)	14.8(4)	10.5(2)
(ロ)	93.5(58)	90.0(27)	85.2(23)	89.5(17)

(3) 地球は磁気を帯びた天体であると思いますか。

表3-(3)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.
1) はい	95.4(145)	97.4(37)	97.6(40)	98.8(89)	95.0(133)	96.1(222)
2) いいえ	4.6(7)	2.6(1)	2.4(1)	2.2(2)	5.0(7)	3.9(9)
“はい”と答えた人は①、及び②へ						
① (イ) 地球の磁気は微弱である						
	35.2(51)	29.7(11)	35.0(14)	34.8(31)	33.8(45)	34.2(76)
(ロ) 地球の磁気は強力である						
	64.8(94)	70.3(26)	65.0(26)	65.2(58)	66.2(88)	65.8(146)
② (イ) 地球の磁極は赤道側に存在する						
	9.7(14)	2.7(1)	2.5(1)	3.4(3)	9.8(13)	7.2(16)
(ロ) 地球の磁極は北極(南極)側に存在する						
	90.3(131)	97.3(36)	97.5(39)	96.6(86)	90.2(120)	92.8(206)

数値は%，()の数値は人数

表4-(3)

	I A.	I B.	I C.	I D.
1) はい	91.3(63)	100(31)	100(30)	95.0(19)
2) いいえ	8.7(6)	0(0)	0(0)	5.0(1)
① (イ)	27.0(17)	38.7(12)	33.3(10)	57.9(11)
(ロ)	73.0(46)	61.3(19)	66.7(20)	42.1(8)
② (イ)	12.7(8)	3.2(1)	13.3(4)	5.3(1)
(ロ)	87.3(55)	96.8(30)	86.7(26)	94.7(18)

(4) 方位磁針(磁石)が南(北)方向を指す理由を知っていますか。

表3-(4)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.
1) はい	17.8(27)	31.5(12)	24.4(10)	25.3(23)	18.6(26)	21.2(49)
2) いいえ	82.2(125)	68.4(26)	75.6(31)	74.7(68)	81.4(114)	78.8(182)

数値は%, ()の数値は人数

表4-(4)

	I A.	I B.	I C.	I D.
1) はい	17.4(12)	29.0(9)	10.0(3)	10.0(2)
2) いいえ	82.6(57)	71.0(22)	90.0(27)	90.0(18)

“はい”と答えた人は磁石が南(北)方向を指す理由を記入 [()の数値は該当者数]

- a)地球の中心部に巨大な磁石が存在し、地球の北極側にS極が、また南極側にN極がそれぞれ存在している (13)
- b)地球の北極と南極に磁極が存在する (18)
- c)地球が磁気を帯びている (9)
- d)地球は巨大な磁石である (2)
- e)磁力線に沿って方位磁針の針が動く (7)

(5) 磁気と電気は深い関わりがあることを知っていますか。

表3-(5)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.
1) はい	35.5(54)	47.4(18)	24.4(10)	46.2(42)	28.6(40)	35.5(82)
2) いいえ	64.5(98)	52.6(20)	75.6(31)	53.8(49)	71.4(100)	64.5(149)

数値は%, ()の数値は人数

表4-(5)

	I A.	I B.	I C.	I D.
1) はい	29.0(20)	48.4(15)	26.7(8)	50.0(10)
2) いいえ	71.0(49)	51.6(16)	73.3(22)	50.0(10)

“はい”と答えた人は知っている事柄を記入[複数回答可能, ()内の数値は該当者数]

- | | |
|-------------------|---------------------|
| a)電磁石 (16) | b)導線を通る電流が作る磁界 (3) |
| c)フレミングの左手法則 (8) | d)モーター (5) |
| e)ローレンツ力 (3) | f)電磁誘導(誘導起電力) (9) |
| g)ファラデーの法則 (6) | h)コイル (7) |
| i)発電機 (4) | j)リニアモーターカー (6) |
| k)オーロラ (2) | |

4. 調査の分析と考察

項目(1) 表3-(1)に示すように第I群から第III群までの調査対象者が磁石に関する実験・観察をしたことがあると回答した比率は84.0%であり、小学校段階に限れば全体の77.9%を占め、実験・観察項目の記憶が多くの割合で再生されていることが分かる。男女別にみると、小学校段階における比率は、女子が男子よりも1割ほど高いのに対し、中学・高校段階では逆に男子の方が1割ほど高い。女子が小学校段階の実験・観察の記憶の再生比率が高いことを示している。全体的に学年が進むに従って想起された件数は小学校段階に比べて激減している。中学段階では24.7%、高校段階では6.9%となる。表4-(1)に示すように、第I群の工学部生については高校段階における実験・観察項目の回答率が高い。高校段階では物理履修者が比較的多いことによると思われる。

調査対象者が自由記述した実験・観察内容は、永久磁石に付く物と付かない物、砂場での砂鉄集め、磁石の周りの鉄粉の模様調べ、磁石の極調べ、磁石(方位磁針)の指南性、磁石作り、等の小学校時代の所謂“磁石遊び”が大半を占める。砂鉄集めを記入した学生は被調査者総数の32.9%を占める。これらは表1に示すように旧教育課程の小学校第1学年または第3学年で取り扱われた内容である。また、磁力線の観察、電磁誘導は中学校の学習内容である。このように学生の記憶内容と旧教育課程で扱われた内容とはよく対応している。想起された件数のうち約半数は小学校低学年での学習内容に関わるものである。小学校時代に初めて体験した磁石遊びのインパクトの大きさを物語っている。鉄粉散布模様または磁界の観察を挙げた学生も多いが、磁力線を鉄粉模様だけで二次元的に現すのは静的であり、力の作用する空間というイメージはなかなかでてこないと考えられる。

被調査者総数のうち文系学生が多数を占めており、入試科目の関係もあって高校物理とは事実上殆ど無縁で、小・中学校の理科学習の内容を微かに記憶しているのである。学生の記憶に依存していることもあり、数値として幾分曖昧なところもあると思われる。学生が想起した実験・観察の件数の中学校段階から激減する原因として、小学校理科では事物や現象を定性的に捉える学習から、特に中学校の物理領域では抽象的なものを概念化した学習内容が増える。中学校での感動を与えないような実験・観察、そして理科離れ、高校物理の履修率の低さ等を反映しているようである。

項目(2) 表3-(2)によれば、磁石の磁極についての質問に対して調査対象者の84.0%が正しく回答している。表4-(2)では、理系(I B、I D)と文系(I A、I C)学生間の認識率の大きな差は生じていない。

磁石の磁極は、最少、N、S一対で存在する。ほぼ1割の学生は磁石に単一磁極が存在すると回答している。一個の磁石が単一磁極ではあり得ない。N-S磁極の存在及び磁極相互間の磁気力の働きについては、旧教育課程の小学校第1及び3学年で配当されていた学習内容である。

項目(3) 表3-(3)に示すように調査対象者の96.1%は地球は磁気を帯びているとし、89.2%は磁軸極の方向を理解していることが分かる。地磁気は微弱であることを理解している学生は32.9%に過ぎない。表4-(3)に示すように理系の学生が文系学生よりも正しく回答した比率が1割程度高いことが分かる。

地球表面における地磁気の水平分力は 3×10^{-4} nT程度¹¹⁾である。地球が一つの磁石であるということを初めて言い出したのは W. Gilbertで1600年頃のことである。このことによって、磁石の南北指向性の問題が解決したといわれる。現在、地磁気発生の原因としてはダイナモ理論¹²⁾が有力な学説である。地球磁極の双極子軸と地球の自転軸のなす角度は約 11° である。自転軸から傾いている地球直径の方向に一樣に磁化したものと見做すことができる。このゆえに、磁氣的南北方向は地理学的南北方向とやや異なるのが普通である。この点については、理科学習では方位磁針を使用するに当たり無視して差し支えないと思われる。

項目(4) 方位磁針(磁石)が南北方向を指す理由について、表3-(4)に示すように正しく回答した学生は21.2%に過ぎない。磁気コンパスが一定の方向を、または北を向くことの理由を説明できない学生が約8割を占める。このことは、前項(3)の結果を勘案すれば予想外の結果である。第II群または表4-(4)の第I群の工学部生については正しく回答した比率が全体の平均値をやや上回る。

自由記述した内容は理由説明文の充足の度合いにより前項(4)にa)からe)まで分類している。方位磁針つまり小さい磁石が地磁気の流れである磁力線に沿って南北方向を指すことへの理解に及んでいるようである。磁気力が作用する空間をイメージとして捉えているが地球磁極の極性の取り違えと磁極が回転しているという誤謬が二、三あった。

調査対象の約8割が方位磁針がある特定の方向を指して止まったとしか捉えられず、小さい磁石と地球磁石の二物体の有する磁気力の相互作用によって生じたという認識の深まりは見られないようである。このことは空間を隔てて作用する力、所謂、遠隔力の概念の形成が不十分であることを示唆している。小・中学校時代において磁石の指南性を取り扱うにも拘わらず、表1に示すように学習指導要領では地磁気は取り扱われていないこともあり、地磁気との明確に関連させた学習指導が軽視されていたことは否めない。地磁気の内容は高校の地学において初めて学習指導が行われるが、多数の高校生が学ぶことには繋がらない。高校理科の内で地学の履修率1割程度であり物理履修率よりも少ない¹³⁾。

項目(5) 表3-(5)に示すように磁気と電気に関連性認識の平均の比率は35.5%である。これも意外に低い数値である。表4-(5)に示すように理系学生の認識の比率は文系学生よりも2割ほど上回る。この差は理系学生が大学入試に関わる分野の既習経験の影響によるものと考えられる。性別では、男子の認識の比率は46.2%である。これに対して、女子は28.6%である。男子は磁気と電気に関連を高く認識していることが分かる。このように女子

の関連性認識の低さについては、女子は一般に関心が薄く苦手であるとされる物理領域の一面を具現していると考えて不自然ではないようである。

自由記述した内容は、それぞれ密接に関わる内容であるが、前項（5）に記述された内容を項目別に纏めた。物理用語は知っていても、それがどういうことなのか正しく把握されているとは限らない。小学校教材の電磁石を挙げた学生は被調査者総数の7.0%で割合が最も高い。中学・高校教材に関する項目が多く挙げられていることが分かる。最先端の科学技術の成果としてのリニアモーターカー、宇宙空間における壮大な規模の電磁誘導現象としてのオーロラの例を挙げた学生は数人いた。

M.Faradayは、電流が磁石へ作用するのであれば、磁気から電気への作用も見出せるのではないかと考えた。周知のように、M.Faradayの電磁誘導現象の発見(1831年)であった。旧教育課程では、小学校では電気と磁気は最初全く別のものとして取り扱われている。第6学年“電磁石”の単元で、初めて電気と磁気を統一的に扱うことになる。電磁石の強さの学習として、多くの教科書は、電磁石の吸引力を測定する実験を扱っている。この方針は現行の教育課程でも変わらない。電磁石作りの体験は発展的に電磁誘導現象の基礎となる。電磁気の基本法則に関わる電磁誘導の初歩及びその応用としての発電機の仕組みについては中学理科の学習内容である。高校物理では、フレミングの法則、ローレンツ力、ファラデーの法則等の諸法則の検証が行われる。

5. おわりに

本調査結果から、磁石と磁気に対する学生の認識について以下のことが明らかとなった。調査対象学生の大多数は小学校段階の理科実験・観察の記憶を再生しているが、中学校段階から想起される件数は激減している。地球が磁気を帯びた天体であること、及び磁極中心の位置については学生の大多数が正しく理解している。だが、磁石の南(北)指向性についてその理由の説明ができない学生が多くを占めている。また、磁気と電気の関わりについても認識の度合いが低いことが明らかである。学校種別または男女別に対するそれぞれの調査項目の回答率の間には顕著な差異は見られなかった。今後、本稿に示した学習者の認識の実態を踏まえて教授学習過程の検討を行うことにしたい。

参考文献

- 1) 青木健一他：日本物理学会誌 42 (2000) 41.
- 2) 中山正敏：科学リテラシーと物理教育・学習指導要領ワーキンググループ資料集（笠耐編）(1995) 15.
- 3) 堂面春雄：山口大学教育学部研究論叢 第30巻，第3部 (1980) 63.
- 4) 富山哲之，山本和佳，近藤貴子，谷本光穂：長崎大学教育学部教科教育学研究報告，第7号 (1984) 47.
- 5) 戸田盛和他：中学校理科 1分野下（大日本図書，1992）41.
- 6) 高橋景一，山極 隆，江田 稔共編：高等学校学習指導要領の展開・理科編（明治図書，1990）272.
- 7) 高野恒雄，武村重和共編：小学校学習指導要領の展開・理科編（明治図書，1977）53.

- 8) 奥井智久, 草野保治共編: 小学校学習指導要領の展開・理科編 (明治図書, 1989) 66.
- 9) 文部省編: 中学校指導書 理科編 (大日本図書, 1986) 30.
- 10) 小暮陽三, 山極 隆, 江田 稔共編: 中学校学習指導要領の展開・理科編 (明治図書, 1989) 81.
- 11) 国立天文台編: 理科年表, 第73冊 (丸善, 1999) 868.
- 12) 地学団体研究会編: 新版地学教育講座第1巻・地球をはかる (東海大学出版会, 1994) 115.
- 13) 笠 耐他共編: 物理教育 第47巻, 第6号 (1999) 355.