

今日的な教育課題を受けた理科授業の改善

～人の視覚、太陽系の惑星に関する実験～

1 はじめに

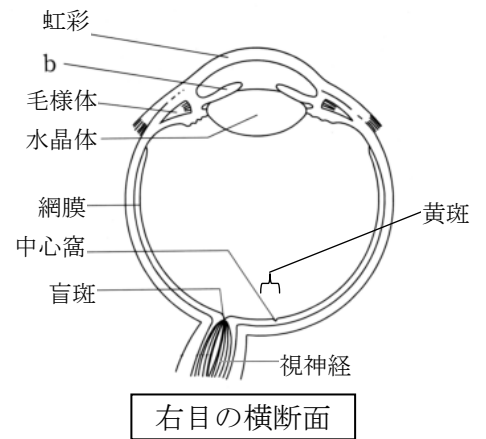
新しい科目「科学と人間生活」は、「身近な事物・現象に関する観察、実験などを通して、科学的な見方や考え方を養うとともに科学に対する興味・関心を高める」ことを目標とする科目であり、いかに観察、実験を行い、科学的な見方や考え方を養うかが重要である。また、理科の全分野を扱うため、他分野を専門とする先生方にも行いやすいことを鑑み、特別な方法や器具が不要で、簡単に行うことのできる実験を考えた。

今回、生物分野のヒトの視覚に関して盲斑を測定する実験と錯視を扱う実験、地学分野の太陽系の惑星を作図する実習を考えた。

2 実験

(1) ヒトの視覚（盲斑の測定）

盲斑とはヒトの目の中にあり、網膜に存在する視細胞（光刺激を受け取る細胞）から伸びる視神経が束になり脳に向かう部分で、視細胞が存在しないため、物を見ることができない。通常は、両目で物を見ているために、左右の目が相補的な役割をし、見えない部分を補っている。片目で見たときも、視覚に失われている部分はなく、視覚が目ではなく脳で発生するため、脳が見えない部分を補っている。この実験を通して、視覚の仕組みについて考える。



① 目的

- ・盲斑の存在を確認する。大きさや形を確認する。
- ・見えない部分を補う仕組みについて考える。
- ・盲斑の大きさを測定し、その存在を科学的に捉える。

② 準備

印を付けた紙、定規又はメジャー

③ 方法

(予備実験) 盲斑試験用紙で、盲斑の存在を確かめる。

- 1 左目を閉じて右目で「+」を見て、○が見えなくなる時の目と実験書との距離を測定する。() cm = () mm
- 2 ○側の中心から、○を縦横斜めに16分割する線を引く。
- 3 二人で組になり、Aは○が見えない状態を準備し、Bは○の中心に赤い印を付けた紙の赤い部分を、2で引いた線を中央から外に向かって、ゆっくり動かす。
- 4 Aは赤い印が見えたら合図をする。Bは、その場所に印をする。
- 5 2で引いた16方向に行い、終わったら、AとBを交代する。
- 6 付けた印をつなげると、見えない部分の形が分かる。再度、見えないかを確認する。

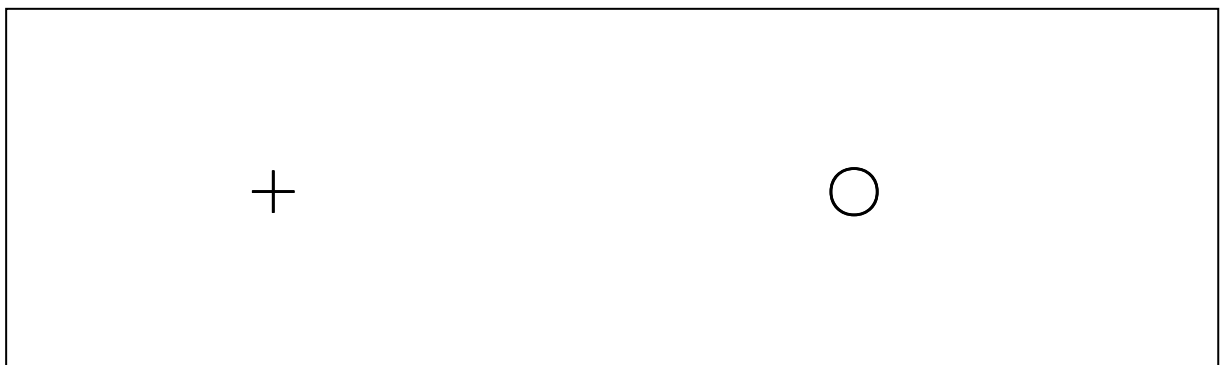
【盲斑試験用紙】



(発展1)

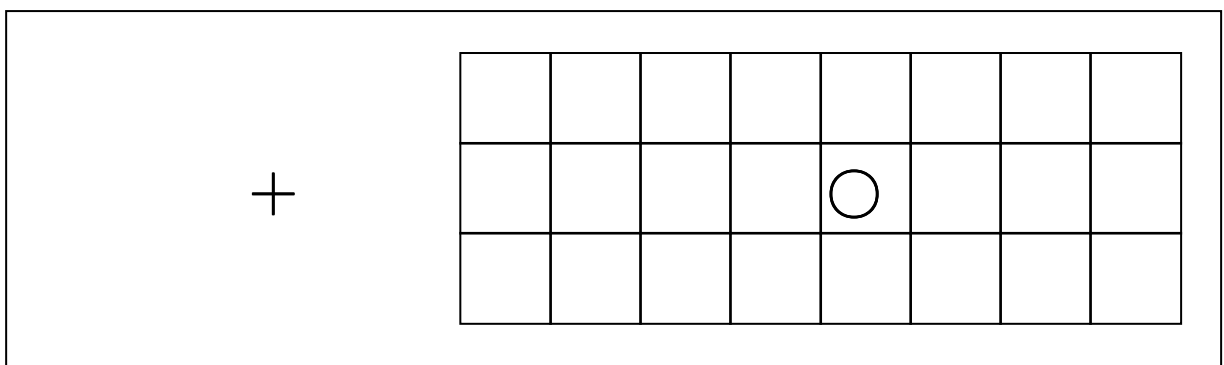
実際に片目でも見えない部分はない。では、見えない部分はどのように認識しているのだろうか。図を利用して、見えないはずの部分がどのようにになっているのかを実験して考察しよう。

上下に分けて色を付けたとき、どのように見えるだろうか。



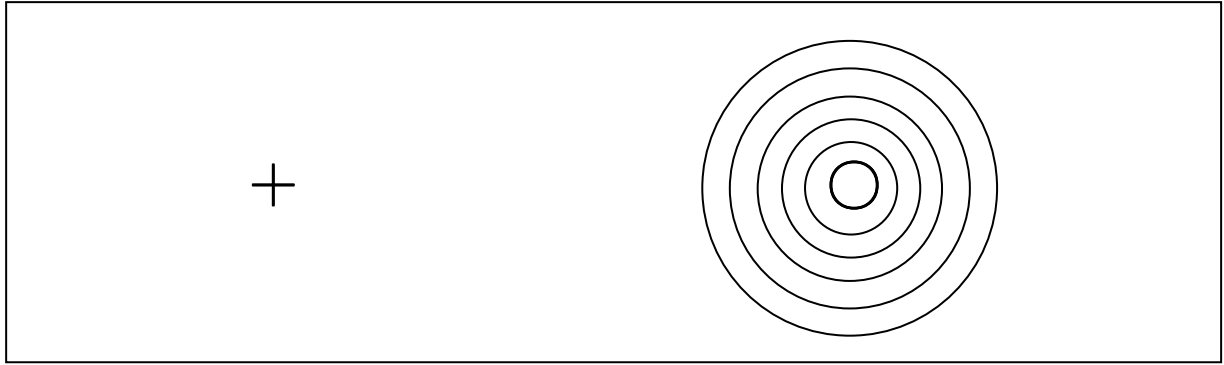
見え方 ()

一マス一マス塗り分けたとき、どのように見えるだろうか。



見え方 ()

円に色を付けたとき、中心部は何色に見えるだろうか。

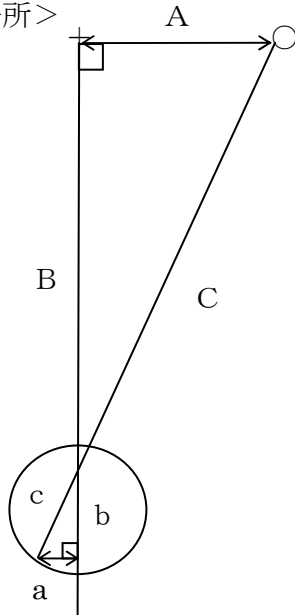


見え方 ()

(発展2)

盲斑の場所と大きさを考察しよう。

<盲斑の場所>



眼球の直径は、約 23~24mm
 +から○までは、() mm
 $\triangle ABC$ と $\triangle abc$ は相似なので、
 $B : A = b : a$

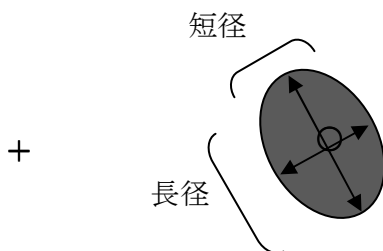
B (○が見えなくなったときの紙と目の距離)
 A (+から○までの距離)
 b (眼球の直径)
 a (眼球の中心 (黄斑) から盲斑の距離)

《計算》

* 盲斑の位置 a は眼球の中心から () mm 内側のところにある。

<盲斑の大きさ>

実験で求めた盲斑の形の中心を通過して、一番長い部分 (長径) と一番短い部分 (短径) を測る。



x : 長径 () mm
 y : 短径 () mm
 盲斑をだ円とすると、だ円の面積は
 $S = \pi \times (x / 2) \times (y / 2)$ で求められるので、
 《計算》

* だ円の面積は (①)) mm^2 である。

実際の盲斑は、眼球中にあるので、大きさの比は、〈盲斑の場所〉より $B : b$ になるので、眼球内の盲斑の大きさは、だ円の面積①の b/B 倍となるため

$$① \quad () \times (b/B) = ()$$

* 盲斑の大きさは、() mm^2 となる。

<まとめ>

盲斑は、眼球の中心の() mm 内側にあり、() mm^2 の大きさで存在している。

④留意点

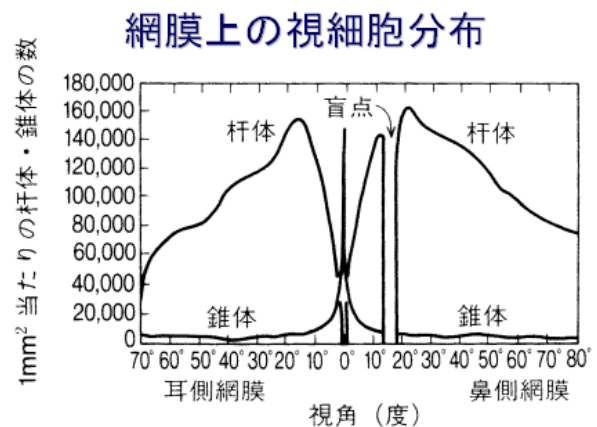
- ・盲斑を見付けることができない生徒には、「+」に集中して「○」を気にするよう指示する。集中力が必要であり交代したり、休みながら行うとよい。
- ・盲斑の形や大きさは人により異なる。
- ・見えていない部分を、どのように補っているか。(発展1)
→何色に見えたか。どの色を塗った部分が、見えていない部分の補完かが分かる。
- ・盲斑の位置と大きさ(発展2)

→個人差はあるが、盲斑は網膜の中央に位置する中心窩から鼻側に約 15 度 (5mm) ずれている。長軸が垂直方向にある円に近いだ円形で、1~数 mm^2 程度である。

⑤補 足

- ・ヒトは無意識に視点を移動させ、全体を見渡しているため、見えない部分が感じられないようにしている。
- ・ヒトの視細胞には、錘体細胞と桿体細胞があり、錘体細胞は赤、青、緑の光の三原色を受け取ることができ、網膜の中心部分である黄斑に集中している。桿体細胞は、それ以外の部分(盲斑を除く)に広がっており、光の強弱を受け取る。

ヒトは視覚の中心部でしかカラーで映像を受け取っておらず、それ以外の部分は白黒であるが、脳が補完するため、視覚はカラーになっている。



感覚・知覚ハンドブック 924ページ 図18.5.1

(2) ヒトの視覚 (錯視)

錯覚とは、ヒトが見た情報が実際と違って知覚される現象であり、ものの形や大きさ、明暗、色、動きなど、ものが見掛け全般にわたって現れる。見た影響が後に残る残効という現象もある。目で見たと情報を脳が処理する際に上手に処理をしまい、実際に見たものと異なる認識をするために起こる現象といわれている。

①目 的

錯視図形を自ら作図し、錯視の起こる仕組みを知る。

②準 備

方眼紙 (1 mm)、黒ペン又はボールペン、定規

③方 法

見本の図形を参考に作図を行う。

【ミュラー・リャー錯視】(図 a)

同じ長さの線分が、端の矢印の角度によって異なって見える。

- 1 同じ長さの線分を引く。
- 2 線分の端に矢印を付ける。

(発展) 矢印の角度により、線分の長さに違いはあるか。

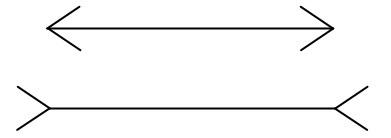


図 a

【フィック図形】(図 b)

同じ長さの線分でも、縦と横に配置することにより、異なった長さに見える。

(発展) 線分でない場合どうなるか。(長方形等)

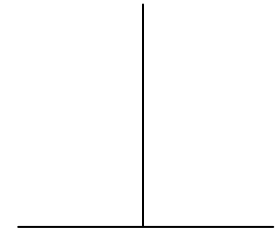


図 b

【ツェルナー図形】(図 c)

平行線に斜線を入れることにより、平行線が斜めに見える。

- 1 平行線を引く。
- 2 平行線に斜線を入れる。

(発展) 斜線の角度や密度により、感じ方は変わるか。

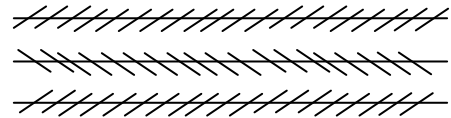


図 c

【ヘリング図形 (図 d) ・ ヴント図形 (図 e)】

平行線に焦点を持った線を入れることで曲がって見える。

- 1 平行線を引く。
- 2 焦点をもった線を入れる。

(発展) 平行線の幅、加える線の数により、平行線の曲がり具合は変わるか。

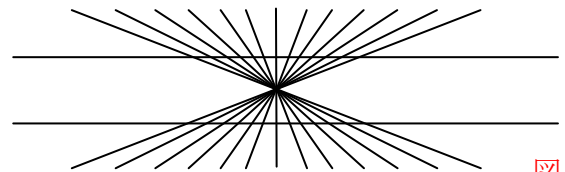


図 d

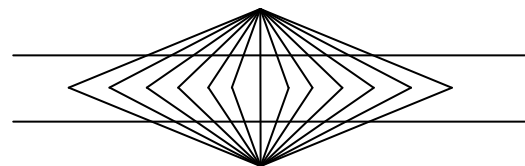


図 e

【ポンゾ錯視】(図 f)

角の頂点に近いほど、中にあるものが大きく見える。

- 1 角を描き入れる。
- 2 縦の平行線を引く。

(発展) 角度により、大きくなる見え方は変わるか。また、平行線を円や四角の図形に置き換えたらどうか。

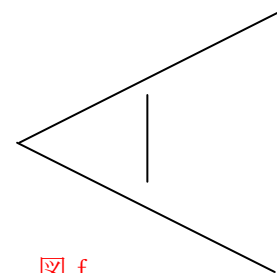


図 f

【エーレンシュタイン錯視】(図 g)

角の頂点に近いほど、中にあるものが大きく見える。

- 1 正方形を描く。
- 2 放射線を描き入れる。

(発展) 正方形でなく、円やその他の図形にしたらどうか。

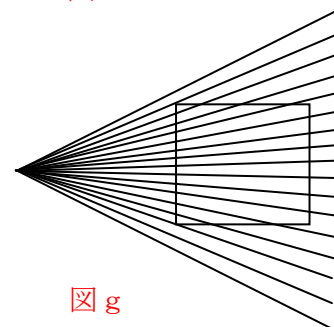


図 g

【ヘルムホルツの正方形】(図 h)

同じ大きさの正方形を、縦の線と横の線とで表した時、大きさが異なって見える。

- 1 正方形を鉛筆で二つ描く。
- 2 縦線と横線で塗り、鉛筆の線を消す。

(発展) その他の図形ではどのように見えるか。

また、線の太さを変えると変わるのか。

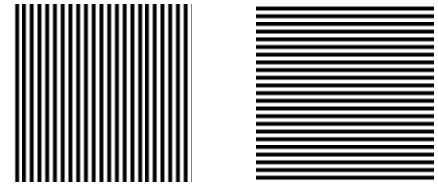


図 h

【エーレンシュタイン図形】(図 i)

線の交点を切り取ると、その部分が丸く明るく見える。

(発展) 交点の切り取り部分の大きさを変えるとどう変わるか。

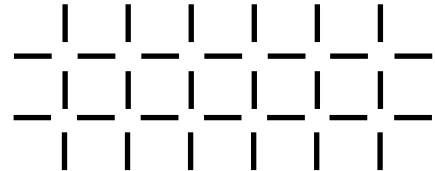


図 i

【ヘルマン格子錯視】(図 j)

白の交差点部分が暗く見える。

この図形は、方眼紙を使用すると方眼の線が邪魔をしてうまく見えない可能性がある。

(発展) 白の幅を変えるとどのように変わるか。

また、白と黒を入れ替えるとどのように変わるか。

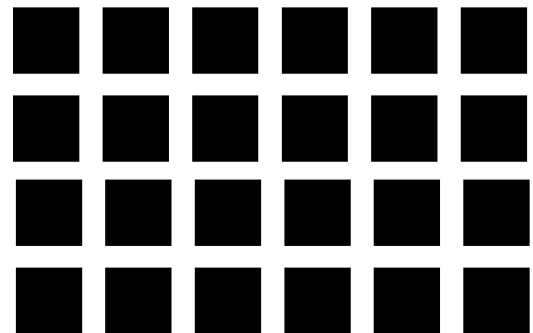


図 j

④留意点

- ・白紙に作図することが最良であるが、できるだけ薄い線の方眼紙を利用する。
- ・誰もが影響を受けやすく、作図しやすい錯視を中心に選択したが、個人差があるため錯視に見えないことがある。

⑤参 考

- ・錯視のページ (北岡明佳) <http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/index-j.html>
- ・イリュージョンフォーラム <http://www.brl.ntt.co.jp/IllusionForum/index.html>

(3) 惑星の距離と大きさの関係

惑星の大きさや位置を、グラフなどで表す演習があるが、太陽系内の惑星を位置関係とともに、一枚の紙に自ら描くことにより、大きさや位置についての実感が強くなり理解が深まるのではないかと考えた。また、手元に図が残り、授業の資料として利用できると思った。惑星だけでなく小惑星や衛星を加えていけば、更に興味・関心が増すと考える。

①目 的

- ・太陽系の惑星の位置を理解する。
- ・縮尺について理解する。
- ・太陽系の惑星の中で、地球型惑星と木星型惑星の違いを理解する。

②準 備

A 3用紙、電卓、定規、コンパス、色鉛筆、分度器

③方法

- 1 A3用紙を縦長半分の中央に線を引く。(これを黄道面とする。)
- 2 中央の線の左端から2cmのところから太陽の位置を取り、これを起点に下の表を基に、1天文単位=1cmとして各惑星の位置をプロットする。
- 3 下の表を基に、地球を1とし、各惑星の大きさを求める。
- 4 地球の直径を1cmの円とし、3で求めた惑星を円で描き、惑星の名前を書く。
(発展 さらに、自転軸の傾きを描く。)
- 5 教科書を参考に、各惑星に色を塗る。例えば、木星の大赤斑は、地球3個分の大きさであり、宇宙の大きさが実感できる。

(注意) 惑星の大きさの比率と、太陽からの距離の比率は等しくない。

	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
赤道半径(km)	2440	6052	6378	3397	71492	60268	25559	24764	1137
地球を1としたときの大きさ			1						
太陽からの距離(天文単位)	0.39	0.72	1	1.52	5.2	9.5	19.2	30.1	39.5
自転軸の傾き(°)	0	177.4	23.4	25.2	3.1	26.7	97.9	27.8	120

☆自転軸の傾きは黄道面に対する傾き

(発展)

- ・太陽を描く。中央の線の紙の左端から2cmのところに向かって、紙の角から曲線を描く。地球の大きさを1cmとすると、太陽の大きさは109cmとなる。
- ・土星の輪を描く。土星の輪の大きさは半径13.5万kmである。輪の大きさを計算し土星の輪を記入する。輪は赤道上にある。

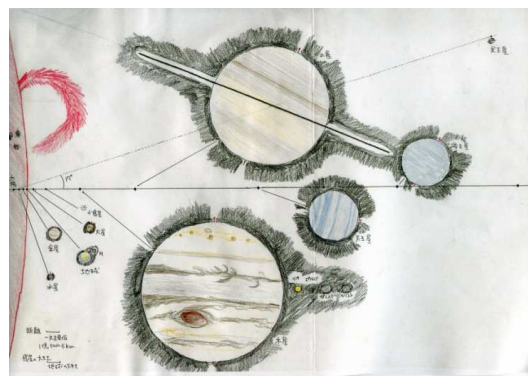
土星の輪の大きさ

- ・地球の衛星「月」を描く。月の赤道半径は1735km、地球の近くに描く。

月の大きさ

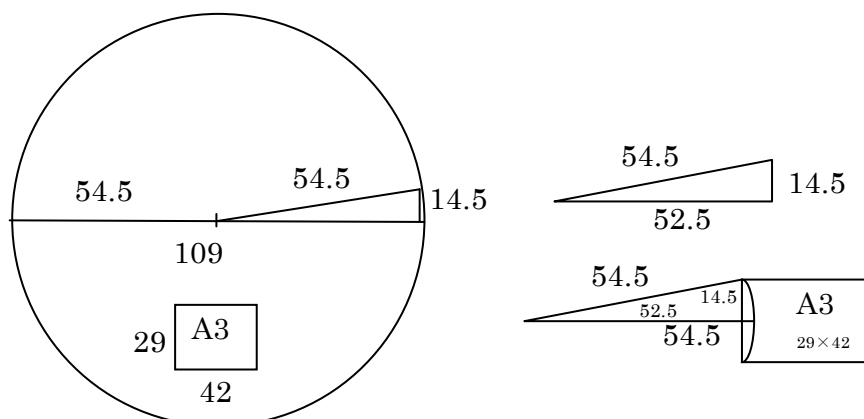
④留意点

- ・A3用紙で作成すると、1天文単位=1cmとして縮小なしで作図できる。
- ・黄道面上に作図をすると、重なりができるため、引き出し線を出し作図する必要がある。
- ・小さな惑星は、フリーハンドかスケールを利用する。
- ・各惑星の表面の様子は、教科書その他、インターネット等を利用するとよい。
- ・自転軸の傾きは、惑星の回転方向に関係するため、書き入れた場合は、表面の模様向きにも注意が必要である。
- ・距離の縮尺と惑星の大きさの縮尺は等しくない。



⑤補 足

- ・太陽の描画について（発展）



太陽の赤道半径は、696000km であり、地球の赤道半径を 1 cm とすると、太陽の赤道半径は 109 cm となる。A 3 用紙の短辺は約 29 cm なので、上記の計算の結果、A 3 用紙に 2 cm 円弧が張り出した形になる。

- ・冥王星について

冥王星は、2006 年 8 月に I A U（国際天文学連合）によって、準惑星とされた。起源は、海王星の衛星だったという説や、カイパーベルト天体などに存在する小惑星が太陽の引力により系内に閉じ込められたという説がある。

他の惑星は黄道面に対し、ほぼ同一面上にあるのに対して、冥王星は約 17° の傾きで公転し、その公転軌道はだ円で、ときに内側の海王星の軌道より内側を通る。

⑥参 考

- ・太陽系シミュレーター（講談社）CD-ROM 付ブルーボックス
- ・C E L E S T I A <http://www.shatters.net/celestia/>
- ・M i t a k a <http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

3 終わりに

身近な事物・現象に関する観察、実験を通して、科学的な見方や考え方を養うことは、理科教育において必要不可欠なことである。

今回、理科の先生方が全分野を指導するという前提で、専門としない分野の実験であっても興味をもって実験してもらえるように工夫をした。実感が得られる実験、実験結果がはっきり分かる実験、驚きや新しい発見がある実験、手元に残り更なるアプローチができる実験が、この科目の目標に合うと考えた。

生徒へのアプローチの仕方や、実験方法などを見直し、改めて自分の授業を見直すことができた。