



## 猶予はありません

先日(5/20), 野暮用のついでに、難波の旭屋書店に寄ってみると、店頭で「小学生がたった1日で、 $19 \times 19$ まで暗算できる本」をはじめ、2桁の掛け算、その他のインド式計算法などの紹介の本がうず高く積み上げられているのを見ました。購買者の目的は、中学受験で有利な立場を確保することです。筆者は、小学生のこうしたトレーニング自身を否定するものではありませんが、中学入試でこうしたテクニックが合否に影響することに、大いに疑問を持っています。

現行の中学入試では、多くの小学生は、こうしたテクニックの修得で有利になるからこそ、例え1日でも、そのためのトレーニングの時間を割くのです。算数の中学入試問題では、非常に多くのいわゆる難問が出題されます。ただ一度も類題を処理したことのないような問題など、とても時間内で処理できません。結局、入試対策(競争)は、多数の類題の解法を訓練し、最小の時間で正答する競争に尽きます。筆者の主張したいことは、そうしたことに明け暮れた大半の小学生は、将来、数学的側面での「知的創造的能力」の獲得に、重大な支障をきたす、と言うものです。

小学校で学ぶ算数では、物事の特性を「数」で表した時、課題をその数の演算(加減乗除)によって処理することを学びます。加減乗除のテクニックの修得は不可欠です。しかし、中学入試以外の一般の状況においては、必ずしも高速で処理する必要はなく、場合によっては、分数計算が行える電卓のような道具を利用できることもあります。高速で処理しなければならない、とは必ずしも言えません。

朝日新聞「EduA」5月号によると、4年に一度行われる世界各国の小中学が参加する国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)では、小学4年の算数の順位は2003年では3位だったのが、2011年以降は5位を続けており、「算数の勉強は楽しい」と答えた生徒は、国際平均に比べ、ずっと少ないという。

算数・数学教育を技能訓練にシフトすればするほど、多くの児童・生徒は、算数・数学に関心を持たなくなることを示しています。小学5年ぐらいからは、少しずつ数学的思考・数学的形式を整えながら、そのレベルを向上させていくことが重要です。小学上級の一般の児童では、四則の計算速度などに関わる訓練は少なめにし、その分可能ならば、より数学的な学習に取り組んだ方が良く、と考えられます。中学入試は、敢えてその逆に挑戦するものです。

「EduA」5月号には、「もっと算数が好きになる」工夫がいくつも紹介されており、その一つ一つは極めて効果的な処方となっています。しかし、そのほとんどは、現実に行われている中学入試の前に、無力さを露呈します。

一つだけ、取り上げてみます。小田敏弘・数理学習研究所所長の「図形のセンスは延ばせるか?」では

### ①空間認識力 →

スポーツや折り紙、積み木など立体物に触れる経験を

### ②様々な特徴を理解する力 →

フリーハンドで図を描いてみて、体で覚えよう

### ③概念をとらえる力 →

学習を進める中で、納得して自分の中に落とし込む

を提唱しています。小学生に限らず、極めて妥当な主張であり、例えば、『春夏秋冬 422号』の大阪公立入試の空間図形では、筆者は、4の図Iの空間図形の台形のそれなりの精度の展開図を描き、切り抜き、再構成しました(それだけでも、数分を要す)。ここまでやれば、少々の学力不足であっても、C問題の問題3に、殆どの生徒は時間さえかければ正解に到達できるでしょう。中学入試や高校入試であっても、そうしたことを許さない事こそ問題です。現実の入試は、間違いなく児童・生徒の成長の阻害要因です。

ここでは詳細な展開を避けませんが、AI・ICTの進歩、それらによる自動化の進展によって、人が欠かせない労働は大きく変化し続けています。筆者は、これからは、同世代の勤労者のうち、約3割の人が「知的創造的能力」を発揮しなければならない時代になる、と予想しており、教育はそれに備えなければならない、と判断しています。

小学5・6年生から一貫した「知的創造的能力」育成こそが、現代の

### 知的創造的能力 → 科学技術力 → 労働の生産性

の強い因果関係に呼応すると考えています。より「知的創造的能力」を目指す児童ほど、「\*\*算」などの訓練をしている時間をもったいなく、標準的な中1レベルの学習でその正当性(論理構造)をチェックする程度でいいのではないのでしょうか。

グローバル人材育成を目標とする人たちの中には、

今年2月、東京から1組の日本人家族がマレーシアにやってきた。5歳の娘が通うインターナショナルスクールを選ぶためだ。英語主体のプリスクールに通う娘が卒園する来春、母子で移住する計画だという。

などの記事が示すような選択を行う人たちが多くいます。第三者にそれを悪い選択と言う権利はありませんが、現代が要請する主要で大量の「知的創造的能力」の育成こそが重要である、という認識に立てば、随分時代錯誤の選択である、と言わざるを得ません。如何に英語が堪能であっても、それは知的創造的能力とは何ら関わりがありません。他の人が発想すらできないような知的個性は、自らのもつ多様性の一部であり、独創的・創造的な活動の源泉の一要素でもあります。その時点での万人に共通な知的認識は、AIにも展開できるでしょう。多くの人には、AIだけでは到達でき

ない知的認識の獲得こそが要請されています。現代の学習の主要な意義はそこにあります。

ChatGPT など生成 AI が中等の基礎科学教育にどんな役割を果たせるのか、検討すべきです。

新井紀子氏 (国立情報学研究所教授, 元「東ロボ君」プロジェクトのマネージャー, RST = リーディングスキルテストの主導者) は, 5月29日の朝日新聞で, 「私に10代のこどもがいたら, 使わせませんね」「鉛筆を使う, 線を引く…原始的な体験を積んで」と言っています。

ユークリッド幾何学は「定規とコンパスを公法通り使って作図する」から成り立ち, 現代の数学の原点はそのユークリッド幾何学にあることを認識すれば, 新井氏の主張は数学学習の標準的な手続きであり, この数か月の『春夏秋冬』もその線で展開してきました。

基礎科学の主要な学習目標を「知的創造的能力の獲得」に置く限り, 現状の ChatGPT は有用ではありません。ChatGPT は, 自然や社会についての「真理の探究」を最重要課題とはしていないからです。しかしこれは, 筆者にとってもまだ確定的でないだけでなく, ChatGPT もどんどん進出し, 何時の日か AI は人の知恵を必ず超えるはずで

---

## 道は一つしか残されていない！

---

現行の教育政策は, 全くピントがずれている。筆者も, 人並みに,

「政治はケンカだ！ 明石市長の12年」

泉房穂, 鮫島浩著 講談社

を読んだ。読む人によって評価は大きく違うだろうが, そこには一貫して, 市政が市民の要望にどれだけ真正面から応えていくか, 結果が全てだ, という考え方が貫かれている。そして, 明石市民 (人口約30万) は, 泉氏の子育て・教育政策を支持し, 人口は増え, 健全財政の道を歩んでいる。詳細は, 「政治は…」を読んで頂きたい。

当塾がある泉南市 (4月末現在で, 人口59,249人) は, 殆どの市町村と同様に, 人口減少が続いている。そして, 若者人口の減少に対応するとして, 小中一貫教育の導入を決定している。

しかし, 如何に優れた小中一貫教育を行ったとしても, 高校入試が存在する限り, 中学教育は高校入試対策が重要な要素とならざるを得ない。入試対策は, 現代が要請する主要な教育目標「知的創造的能力の育成」の阻害要因である。したがって, 現行の高校入試が続く限り, 小中一貫教育は, 「知的創造的能力育成」の阻害要因である。間違いなく, 泉南市の人口減少に拍車がかかる。

市教育委員会だけでなく, 市議会議員・一般の児童生徒の保護者・一般の市民は, 泉南市や泉南市民の将来について, 真剣に考えて頂きたい。

筆者は, 現在のところ, 小中一貫校ではなく, 公立中高一貫校の導入しか道はない, と考えている。6万弱の人口の泉南市だけで閉じた議論が困難ならば, 阪南市・岬町・田尻町, さらに泉佐野市などを巻き込んだいくつかの公立中高一貫校を設立し, 全ての生徒に憲法の, 「すべて国民は, 法律の定めるところにより, その能力に応じて, ひとしく教育を受ける権利」を保証しなければならない。

とりわけ, 基礎科学教育においては, 誰もその生徒の能

力を正当に評価することは困難であり, 生徒の意欲・希望に応えるカリキュラムを準備しておかねばならない。生徒は, 講義が始まる半年前に発表されたシラバス, 詳細な講義要綱などを見て, どの授業に参加するかを自らの責任で決定すればよい。『春夏秋冬420号』を参照されたい。

---

## 創造性教育を！

---

以下では, 令和5年度大阪府公立高校入試 (2023年3月10日に実施) の理科, しかも, 問題2 (凸レンズ) について, 検討する。問題と解答は大阪府教育委員会のHPにあるから, 読者はまず, この問題2に自力で時間を気にせず解答し, その後, 大阪府教育委員会の解答を読んでおいていただきたい。ここでは, 読者はその作業を完了されたとして, 議論を進める。『春夏秋冬422号』の数学の問題の取り扱いと同様で, この作業を抜きには, 筆者の主張は到底理解されない, と考えている。数学の場合は, 何時間かかっても解けない人もあったかもしれない。申し上げにくいことではあるが, その人は, 標準的な中学数学の学習さえできていなかったと考えられる。なぜなら, 中学・高校レベルの数学で, この何十年で学習すべきことは, ほとんどかわってはいないからだ。

筆者の主張は, 全て, 現実に行われている具体的な事実・現実に基づいて展開している (つもりだ)。本来, 現実を知るためには客観的な調査が必要であるが, しかし, 現実に行われている調査は全く的を得ていない。したがって, この国の現代が要請する主要な教育目標「知的創造的能力の育成」に何の貢献もしていない。現代ではあってはならないと考える「高校入試」の具体的な内容を通して, 現状の教育批判を行っている。

読者は多分, 全問正解されたと予想する (これは, 理科と数学との大きな違いを表している)。それほど易しい問題である。しかし, 筆者は, 読者の多くがその問題設定の意義を必ずしも正確に理解されているとは思わないだけでなく, 文科省の定める指導要領に基づく現行の検定教科書での教育は, 「知的創造的能力の育成」と言う視点からは, 全く的外れた教育が行われている, と判断している。まじめにやればやるほど, 無能な生徒・学生が育つと確信を持って言える。そして結局, 中等教育の中途段階での「競争と選抜の論理」が支配する高校入試自身は, 基本的人権の侵害であり, 直ちに撤廃すべきであることを主張せざるを得ない。順序を追って, 議論を進める。最後まで付き合っていたいただきたい。

1 真電荷のない (帯電していない) 誘電率  $\epsilon$ , 透磁率  $\mu$  の物質中の電磁波の伝播速度は  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$  である。真空の誘電率  $\epsilon_0$ , 透磁率  $\mu_0$  とすると真空での電波の伝播速度は  $c_0 = 1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0} (= 299792458\text{m/s} \approx 30\text{万 km/s}$ , これは長さ1mの定義) であり, 一般に  $\epsilon > \epsilon_0$ ,  $\mu \geq \mu_0$  であるから, 物質中では真空中に比べ光の伝播速度は遅くなる。

電磁波 (光) の反射, 屈折, さらに透過光と反射光の割合などを含め, 当塾のHPにある大学生教材『電磁気学メモ』 (pdf版) の p.52~p.54 に詳しく書いているから, 関心のあ

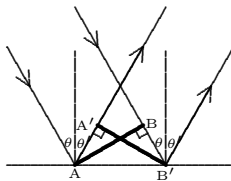
る人はそちらを参照頂きたい。

そのメモは、大阪工業大学、後には、大阪府立大学の大学1年生向けの筆者の電磁気学の講義の補助教材として、毎年改良し、HPに示しているのは、講義の最終年度のメモである。筆者の講義は、必ずしも学生による評価が良いものではなかったが、このメモは、他大学の多くの学生・教師にも読まれ、いくつかの引用もされた。筆者は、このメモを毎年、講義が始まる前に公開し、さらに、毎回の講義の1週間前に「電磁気学講義詳細」を公開し、学生に授業に十分備えるように促した。

筆者が数学を含む理系の中学・高校・大学学士課程の全ての科学教育を、講義が始まる半年前に、シラバス・講義要綱を公開し、希望する生徒・学生は、誰でも受講できるように教育制度を改めるべきだ、と主張しているのは、これらの経験に基づいた主張である。『電磁気学メモ』の展開をよく読んで頂ければ、無数に筆者の基礎電磁気学に対する固有の理解を含んでいることが分かるはずだ(この程度のテキストも書けない人に現代の中等教育・大学学士課程教育の教師は務まらない)。

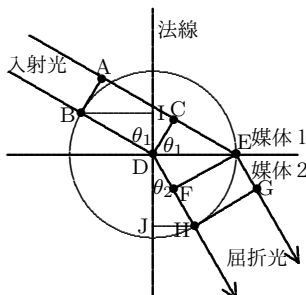
### 反射の法則

波面がABに達した後、点Bから発した素元波がB'に達する間に点Aで反射した素元波がA'に達したとすると  $BB' = A'A$  となり、 $\triangle ABB' \equiv \triangle B'A'A$ 。したがって、 $\angle AB'B = \angle B'AA'$  より、 $\theta = 90^\circ - \angle AB'B = 90^\circ - \angle B'AA' = \theta'$ 。



### 屈折の法則

入射面内で、進行方向に垂直な波の面ABは媒体1の中を直進し境界面に達しCDになる。光ACは更に直進しCEと進んで境界面に達するが、その間BDを進んだ光は媒体2の中をDFだけ進む。その後波は媒体2の中を波面EFに垂直な方向に進みGHとなる。



境界面に垂直な直線(法線)と入射光のなす角(図では  $\theta_1$ ) を入射角、法線と屈折光とのなす角(図では  $\theta_2$ ) を屈折角と言う。屈折光は入射光と法線のなす面内を進む。点B、点Hから法線への垂線と法線との交点をI、Jとすると  $\triangle DEC \equiv \triangle DBI, \triangle EDF \equiv \triangle DHJ$  より  $CE = BI, DF = HJ$  となる。

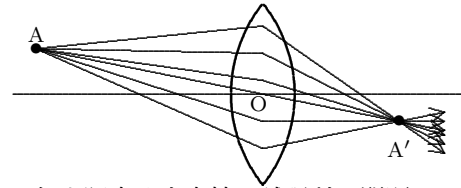
光は媒体1をCE進む間に媒体2をDF進むのであるから各々の媒体を進む光の速さを  $c_1, c_2$  とすると

$$n = \frac{BI}{HJ} = \frac{CE}{DF} = \frac{c_1}{c_2}$$

したがって  $n = \frac{BI}{HJ}$  (通常、円の半径を1にしておく) は入射角によらず一定となることがわかる(スネルの法則)。この比の値  $n$  を媒体1に対する媒体2の相対屈折率と言う。屈折率は媒体1, 2によるが、通常は、媒体1を真空にして、媒体2の屈折率(絶対屈折率)をいう。ところが空気の(絶対)屈折率は1.00028とほとんど1なので区別なく用いることができる。屈折率は物質によって変わるだけでなく、用いる光の色(波長)、温度などによっても変化する。水は1.3330、光学ガラスは1.46~2.0、ゲルマニウムは4.09、また結晶などには等方的でないものもある。

## 2 『中学理科基礎』の凸レンズの展開

凸レンズは、下図のように点Aを発しレンズを通過する全ての光は必ず点Aの位置に応じた一つの点A'を通るように設計されたものである。これは凸レンズの定義だ。

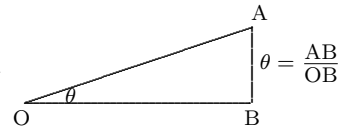


令和5年大阪府公立高校入試理科の問題2の【Rさんが光の進み方と凸レンズのはたらきについて調べたこと】や設問(3)は、この凸レンズの定義に関わる議論を行ったものであり、多くの入試問題などと一線を画する優れた問として、高く評価できる。

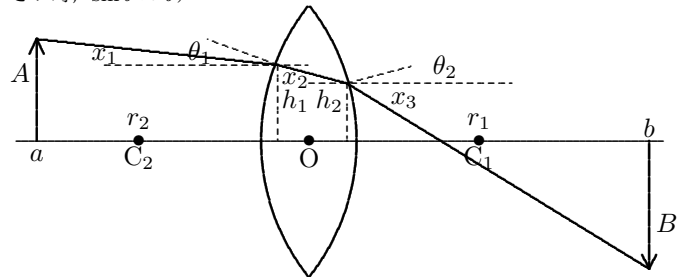
はじめに、こうした凸レンズの製作可能性について触れておく。著者の力不足でわかりやすい説明ではなく、ちょっと辛抱が必要で、急ぐときは読み飛ばし、時間があるときにすっきりさせてくれてもよい。

屈折率が  $n$ 、半径  $r_1, r_2$  の球面からなる薄いガラスの凸レンズが真空中にあるとする。計算を伴う議論では多くの場合、角度の表現を通常の数値法ではなく、(運動のところで学習する)弧度法が便利である。しかし、光が進む角度は全て非常に小さいから、角度が小さい場合弧度法と同じとなる次のような表現を用いることができる。

図のような直角三角形の  $x = \frac{\text{高さ}}{\text{底辺}}$  で表す。角度が小さいから、底辺を斜辺と読み替えても良い。また、角度は



小さいから、和はそのまま適用できる。角度はギリシャ文字  $\theta$  がよく用いられる。(中学では、三角関数を学んでいない。『中学数学発展』では、正弦定理、余弦定理、加法定理をはじめ、かなり詳しく三角関数を学ぶ。ただし、『中学数学発展』は、現在、塾生以外には非公開である。 $\theta$  が十分小さい時、 $\sin \theta \approx \theta$ )



球面の中心  $C_1, C_2$  から球面までの半径の横軸とのなす角をそれぞれ  $\theta_1, \theta_2$  としておく。レンズの中心Oから距離  $a$  にある物体の大きさを  $A$  とし、球面  $C_1$  に軸と角度  $x_1$  で入射し、屈折した後、もう一つの球面  $C_2$  に軸と角度  $x_2$  で入射し、角度  $x_3$  で像に向かう。屈折の法則より、

$$\theta_1 - x_1 = n(\theta_1 - x_2), \quad \theta_1 = \frac{h_1}{r_1} \text{ より } nx_2 = x_1 + g_1 h_1, \quad g_1 = \frac{n-1}{r_1}$$

$$\theta_2 + x_3 = n(\theta_2 + x_2), \quad \theta_2 = \frac{h_2}{r_2} \text{ より } x_3 = nx_2 + g_2 h_2, \quad g_2 = \frac{n-1}{r_2}$$

$d$  をレンズが光が通過する巾とすると、 $h_1 - h_2 = x_2 d$ 、薄いレンズでは  $d \approx 0$  で、 $h_1 \approx h_2$ 。よって

$$x_3 = x_1 + g_1 h_1 + g_2 h_2 \approx x_1 + g h_1, \quad g = g_1 + g_2 = \text{一定}$$

軸に平行に入射する場合、 $x_1 = 0$  だから、 $x_3 = g h_1$ 、入射光が軸と交わる点は  $f = \frac{h_1}{x_3} = \frac{1}{g}$  となる。これが焦点距離である。

後の議論より、 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  を満たさなければならない。

問題は、距離  $a$  の大きさ  $A$  から発した光が、一般の角度  $x_1$  で入射し

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad B = \frac{b}{a} A$$

にしたがって、レンズの後方  $b$  の軸から  $B$  のところを通るかどうかが、と定式化できる。いいかえると、 $ax_1 = A - h_1$  のとき、像の大きさが  $B' = \frac{b}{a}A$  となるかどうかである。

$$\begin{aligned} B' &= bx_3 - h_2 \approx b(x_1 + gh_1) - h_1 \\ &= \frac{b}{a} \left\{ ax_1 + \frac{ah_1}{f} - \frac{a}{b}h_1 \right\} \\ &= \frac{b}{a} \{ ax_1 + h_1 \} = \frac{b}{a}A \end{aligned}$$

こうして、おおよそ、薄い両球面凸レンズは凸レンズの条件を満たしていることが証明できた。これらはすべて、光源が軸に近い、という近似で成り立っている。したがって、以上の議論は、「近軸光線近似」と呼ばれている。さらに、原理的には、光色によって屈折率が違い、結果として色収差が発生する問題もある。

以上の展開は、筆者のオリジナルではなく、あちこちで行われている議論を踏襲したに過ぎない。すでに記した通り、凸レンズの定義は極めて明確なものであるが、実用的なレンズの設計は、非常に複雑なしかも多くの条件を同時に満たしながら行なわれる極めて高度な作業であり、われわれは、「凸レンズ」そのものについては、ほとんどその原理を知らない、と考えておいた方がよい。近軸光線近似をはじめ、凸レンズの設計についてより詳しくは、インターネットで自分で調べてほしい。多くの情報が得られる。筆者も必ずしも、それらを十分には理解しているとは言えない。

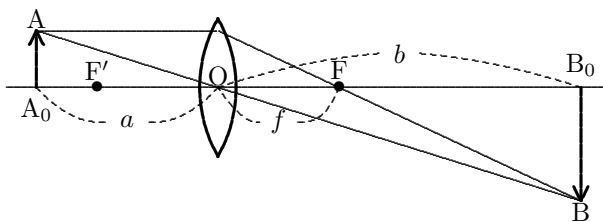
3 しかし、凸レンズによる像の作図は、凸レンズの「定義」から、凸レンズの性質の一部を利用して行うことができる。すなわち、明らかにわかっている光線

(1) 軸に平行に入射した光は全て焦点を通る

(2) レンズの中心を通る光はそのまま直進する

を利用して作図すればよいことがわかる。しかし、それはあくまで便宜的なことであり、「凸レンズ」は他の光線を用いても同じ像を結ぶことを保証しているのである。このことを明確に自覚しておかないと、たとえば、顕微鏡で対物レンズの倒立の実像の接眼レンズによる虚像を見る、ということが理解できない。

焦点距離  $f$  の凸レンズの前方  $a$  のところに物体  $A_0A$  があり、凸レンズの後方  $b$  に像  $B_0B$  ができたとする。中心  $O$  に関して、焦点  $F$  に対称な点  $F'$  も焦点という。



相似の考えから、

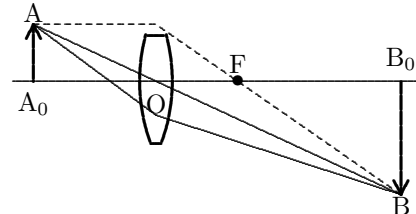
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad \text{拡大率} = \frac{B_0B}{A_0A} = \frac{b}{a} = \frac{f}{a-f}$$

が得られる。これを「レンズの公式」という。

物体  $A_0A$  に対して、 $B_0B$  を  $A_0A$  の像という。点  $B_0$  を含み、軸  $A_0OB_0$  に対して垂直な平面にスクリーンをおくと、像  $B_0B$  がスクリーンに投影されるため、像  $B_0B$  を「実像」といい、また像  $B_0B$  は物体に対して逆立ちしているから、倒立であるという。したがって、その意味で像  $B_0B$  は「倒

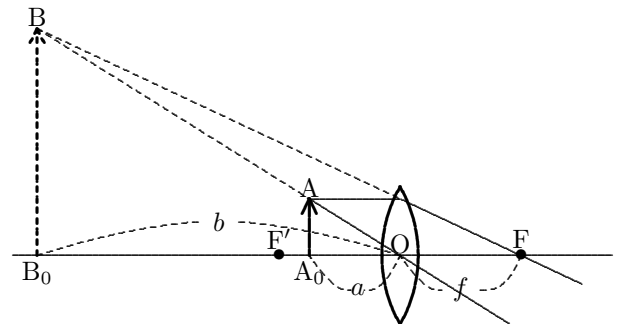
立の実像」という。上下、左右は見方(座標の選び方)の問題だから、倒立の実像では左右も逆転する。

点  $A$  の像が点  $B$  であるということは、レンズを通る点  $A$  を出ていく全ての光は点  $B$  を通ることを意味する。したがって、たとえレンズの一部が軸に平行な面で何か所か破損していても、同じところに、集まる光の量が少なくなるから暗くはなるが像ができることも意味する。たとえば下図のように、点  $A$  を発した光は点線のように点  $B$  を通る。



凸レンズによるこうした像は、カメラに利用されている。レンズより後方は暗室にし、像ができるところに感光体(フィルム、電荷結合素子 CCD など)を置く。感光体のところに撮影したい対象物の像ができるように凸レンズの位置を前後に動かすことができるようになっている。また光の量はレンズの前方に「絞り」を設置して適度な光量を確保する。一般に対象物やカメラの位置が動くこともあるから、レンズの前方にシャッターを設け、光を感光物に照射する時間を短くして、鮮明な像が得られるようになっている。

下図のように、物体を焦点  $F'$  より近づけたとき、正立の虚像ができることは次のように作図できる。



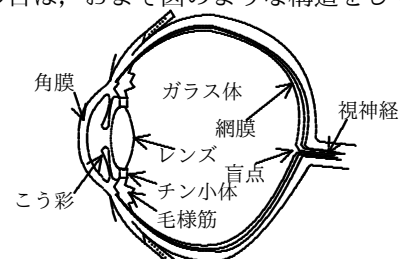
点  $A$  を発した光はレンズを通過した後、あたかも  $B$  を発したように進行する。すなわち、レンズの後方から見ると、光は  $B$  からきたように見える。これは「虫眼鏡」の原理である。この像  $B_0B$  を「正立の虚像」という。

図から、相似の考えで

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad \text{拡大率} = \frac{B_0B}{A_0A} = \frac{b}{a}$$

となる。これは、虚像の場合  $b \rightarrow -b$  と見なすと凸レンズと同じ公式がなりたつことがわかる。

4 これ以降が通常解説には欠けている視点である。人間の目は、およそ図のような構造をしている。



水晶体・・・レンズともいい、弾力のある透明な組織で、

力がかからなければ球形に近づこうとする。

チン(小)体・・・水晶体の周りにつき、放射状に伸びる組織。

毛様(体)筋・・・チン小体の外側に、環状についている筋肉。

左方から入射した光がレンズ(水晶体)を経て、ガラス体を通り、後方の網膜面上に像を結び、この光を網膜の視覚細胞が刺激を受け、これを視神経を通して、大脳に伝え、認識する。

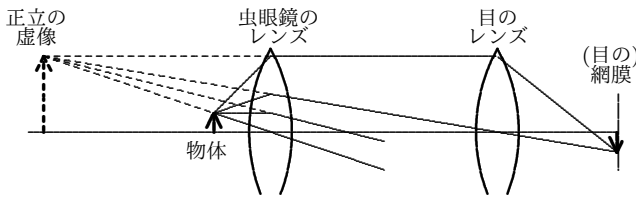
眼球(ガラス体)の大きさを変えてレンズ(水晶体)と網膜の距離を変えることができない代わりに、自律神経によってたとえは近くのものを見るときは毛様体筋が緊張(収縮)し、もりあがり、チン小帯がゆるみ、それに連結しているレンズは弾力性によって厚み(曲率)が増加し、焦点距離を小さくし、ちょうど網膜に像を結ぶようにする。逆のように思いがちだが、このように少し複雑な構造をしている。軽度の近視は、この毛様体筋が緊張したままの場合で、遠くを見るときでも、水晶体が厚くなったまま戻らなくなる。

網膜には約1億3000万の光受容体(杆細胞、錐体細胞というそうだが)があり、視神経はこの情報を約100万の神経繊維を通して脳の視中枢に伝えるそう。人間には赤、緑、青の錐体があるそうですが、犬・猫には赤、青のみ、鳥には赤、緑、青の他に紫外線を感じる錐体もあるそう。視神経には、約100万本の光ファイバーがあるのと同じようなことになっている。

物体が見えるのは、網膜に投影された物体の倒立の実像の情報を視神経を通して、大脳に伝え、大脳がこれを「物体」として認識するからである。1点が「見える」とは、対象の物体の1点からでた光が、水晶体の凸レンズによって網膜上の1点に実像を結ぶことである、と定義できる。

2年ほど前、見ようとする方向に顔を向ければ、光源の像を網膜に直接レーザー照射するメガネが発売された。網膜走査型レーザーアイウェア  
これがさらに改良されれば、自動車免許更新時の視力検査の様相はがらりと変わるだろう。

「見える」をこう定義すると、鏡に映った虚像や、虫眼鏡での虚像を「見る」ことができることも理解できる。虫眼鏡を通る、物体から出たすべての光は、虚像から出た光のように進む。したがって、目のレンズはその光をそこに物体があるのと同じように光を屈折させ、網膜上に倒立の実像を結び、「虚像」を物体と認識することになる。



図のように、網膜には、倒立の実像が描写される。脳は、これを正立の実像と解釈する。網膜上の像は、物体を直接目で見た像より、大きくなる。これが、虫眼鏡の原理であり、「虚像は見える」の証明になっている。

虫眼鏡は、物体に対して、正立の虚像を見ている。顕微鏡やケプラー式望遠鏡で微生物や天体が見えるのも、虚像を見ているのであり、その虚像は倒立である。顕微鏡や望遠鏡は対物レンズで、倒立の実像を作る。対物レンズを通した物体から出た光はすべて、その倒立の実像から出た光のように振る舞う。したがって、その接眼レンズを通してできる像は倒立の虚像である。すなわち、倒立の実像を虫眼鏡の原理で覗くと、見えるのは、倒立の虚像である。

実像は、そこにスクリーンなどをおくとそこに像が投影されるから、それを見ることができる。スクリーンに投影された像を見るには、入射の側から見る場合と、スクリーン後方から見る場合の2通りがあるから、注意が必要である。また、実像は、勿論、直接後方から見ることもできる(これは、必ず自分で確かめておいて欲しい)。なぜなら、実像の後方に目をおけば、目の凸レンズは、実像から光を発したように網膜にその実像の倒立の実像を投影できるからである。しかし光学機器では、たまにしかこうした使い方をしない。次の問題は、こうした取り扱いの例になっている。

〔問題〕 大きな鏡の前で、Aさんが「上」という記号を書いた紙を胸元につくように持って立っています。そばにいるBさんがAさんの持っている紙を直接見ると文字はちゃんと「上」という記号に見えました。以下の問いに答えなさい。ただし、レンズの直径は7cmぐらいとします。(09天理高改)

(1) Aさんが持つ紙をBさんが凸レンズを通して見ました。Bさんと凸レンズとの間が、焦点距離の3倍ぐらいでした。次の①、②の場合、紙に書かれた文字はそれぞれどのようにBさんに見えますか。次のア～エから適するものを1つずつ選び、記号で答えなさい。

- ①レンズとAさんとの間が焦点距離の3倍ぐらいのとき。
- ②レンズとAさんとの間が焦点距離の半分ぐらいのとき。

ア.上 イ.下 ウ.下 エ.上

(2) Aさんが鏡にうつる自分の姿を見るとき、胸元の文字はどのように見えますか。次のア～エから適するものを1つ選び、記号で答えなさい。

ア.上 イ.下 ウ.下 エ.上

(3) Aさん自身が凸レンズを通して、鏡にうつる自分の姿を見ました。Aさんとレンズとの間および鏡とレンズとの間が両方とも焦点距離の3倍ぐらいのとき、胸元の紙の文字はどのように見えますか。次のア～エから適するものを1つ選び、記号で答えなさい。

ア.上 イ.下 ウ.下 エ.上

(4) 次の文中の(a)～(c)に適する用語の組み合わせはどれですか。次のア～クより1つ選び、記号で答えなさい。

レンズを通して見える像は、問(1)の①の場合(a)像であり、問(1)の②の場合(b)像である。問(2)のように、鏡の中にうつって見える像は(c)像である。

- |    |      |      |      |    |      |      |      |
|----|------|------|------|----|------|------|------|
| ア. | (a)実 | (b)実 | (c)実 | イ. | (a)実 | (b)実 | (c)虚 |
| ウ. | (a)実 | (b)虚 | (c)実 | エ. | (a)実 | (b)虚 | (c)虚 |
| オ. | (a)虚 | (b)実 | (c)実 | カ. | (a)虚 | (b)実 | (c)虚 |
| キ. | (a)虚 | (b)虚 | (c)実 | ク. | (a)虚 | (b)虚 | (c)虚 |

答え (1) ①エ ②ア (2) イ (3) ウ (4) エ

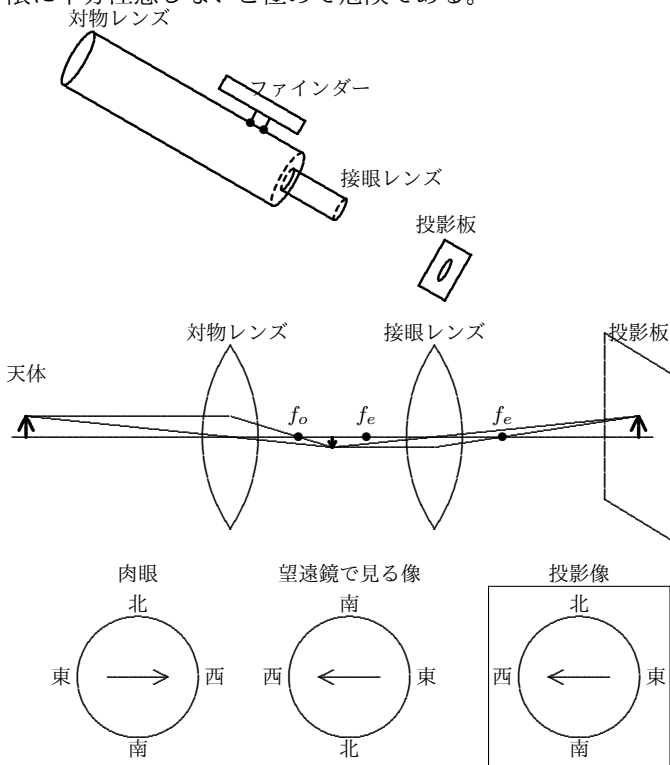
2013年度関西大倉高校は同様な問題を出題した。最近のことは知らない。

5 顕微鏡もケプラー式望遠鏡も、対物レンズでできた倒立の実像を、接眼レンズを通して、虫眼鏡の原理で倒立の虚像にして見た。詳細は、『中学理科基礎』を参照されたい。しかし、望遠鏡で太陽の黒点観測の時は、対物レンズの実像と接眼レンズの距離を接眼レンズ焦点距離より長くしておき、接眼レンズの後方に、「投影板」をおき、これに太陽の正立の実像を投影する。このスケッチは左右(東西)が入れ替わる。「宇宙と天体」を参照頂きたい。

ここでは、「太陽の黒点の観測」を例に議論する。

天体望遠鏡は接眼レンズを通して、天体の倒立の虚像を観測する。

しかし、太陽の黒点の観測では、天体望遠鏡の接眼レンズの後方に投影板を取り付け、その上の観測用紙に投影された像をなぞる。投影板上には、太陽の、対物レンズ (objective lens) でできた倒立の実像の、接眼レンズ (eyepiece) による倒立の立像、すなわち 正立の実像 が投影される。太陽系は1つの起源を持っていることから推察されるとおり、惑星の公転や自転と同じように、太陽も北を向いて右回りに自転している。日本では、南の空に太陽を観測するから、太陽は東から西への回転となり、それに応じて黒点も移動する。東西の隅に黒点があるときは縦長の楕円に見える。各観測を模型的に描くと以下の図ようになる。ただし肉眼、望遠鏡による直接の観測ではフィルターなどを用いた光量の制限に十分注意しないと極めて危険である。



更に『中学理科基礎』には、古い東大寺学園高校の入試問題をを通して、望遠鏡による金星の満ち欠け、(金星が太陽の前面を通過する) 日面経過の観測の問いに答えている。

6 ここで、現在泉南市で採用されている中学理科の検定教科書「未来にひろがるサイエンス 1 2 3」(啓林館)で凸レンズがどのように扱われているかを概観してみよう(再三にわたって、泉南市立図書館には世話になった。市井の人間にとっても、身近にある公立図書館の在り方は、地域の文化に重要な影響を与える。地域文化は人の多様性の重要な因子だ。人の多様性は、人の「知的創造的能力」の重要な源泉である)。

- 1 では、軸に平行な光とレンズの中心に向かう光のみ図に現れる。
- 2 では、顕微鏡の取り扱い方が示されている。
- 3 では、力試しとして、5で議論した天体望遠鏡による太陽黒点の

投影版での動きが示されている。

検定教科書は、どうして凸レンズを用いた道具によって、実像あるいは虚像ができ、直接それを見たり投影版に映すことができるのかの疑問には全く応えていない。一体凸レンズとは何なのか、さえ全く答えることなしに、いくらその利用法を説明しても、議論は全く深まらない。

現実の凸レンズの設計・製作には高度な議論が必要であり、筆者も詳しくは全く理解していないが、凸レンズの定義さえ中抜きした凸レンズを用いた光学機器の議論・取り扱い法を、いくら詳しくしかも繰り返して説明しても、いつまで経ってもそれは創造的知性には結びつかない。全ての中学生の将来を否定した不遜な展開であると言わざるを得ない。理科(科学)を、低レベルのロボットに教えるようなやり方では、知的創造的な能力を育成することはできない。数学であれ、自然科学であれ、常に学習者を、その学力に応じた原理的な理解に関心が向くように導くことが重要である。より深く、より一般的な原理に基づく理解は、「知的創造性」の重要な要素である。事実・現実と真正面から向き合う姿勢こそ、基礎科学の学習に不可欠である。検定教科書には、その姿勢が決定的に欠けている。『春夏秋冬 422号』で書いた通り、基礎科学の学習には、(計画を含む)設計・製作・実験・観察・資料の整理・議論(ディベートも含む)は、日常的な学習過程の基本要素である。教師を含む学友との協働なしに、「知的創造的能力」の獲得は不可能である。検定教科書と「競争と選抜」の論理の強行＝「即興力」検定の入試には、その姿勢が欠けている。

7 さらに、『春夏秋冬 422号』や『春夏秋冬 423号』の上記の議論を「知的創造的能力」の育成の見地から見れば、現実の高校入試の反社会性が非常に明確となる。将来児童・生徒がどんな生き方をするにしても、中学教育と高校教育の間に、何らかの区切りを設ける合理的・原理的根拠などどこにも存在しない。況してや、中等教育の途上に生徒を分別する入試などが行われることなど断じて許されない。既に、どんな状況にある生徒にも高校教育を受ける権利を有している、と見なされている。そして憲法第26条には、「すべて国民は、法律の定めるところにより、その能力に応じて、ひとしく教育を受ける権利を有する」とある。

精神的あるいは肉体的特性によって殆ど知的あるいは肉体的作業ができない人、主に肉体的特性を活かしてスポーツのプロになろうとする人、特別の感性や能力を活かして芸術家や芸能人になろうとする人、幼少のころからの訓練によって獲得しえる特殊なあるいは伝統的なスキルを活用した職業に就こうとしている人、そして「知的創造的能力」を活かした科学者・技術開発者になろうとする人、それら全ての人に中等教育は それぞれの人に最適な一貫した教育 を実施する責任がある。本来、中等教育の途中に、「競争と選抜の論理」が支配する高校入試など断じて許されるものではない。現代では、中学教育と高校教育は一体のものでなければならない。