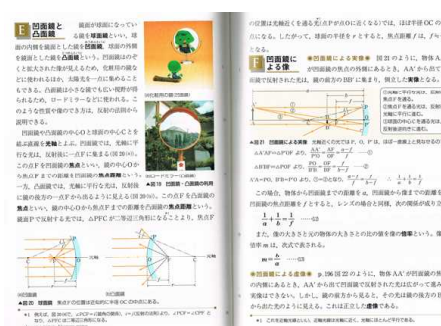


100円ショップの「おたま」を使った球面鏡の実験と授業展開

by m.sato

はじめに

ご存知のように、一昨年から導入された新しい学習指導要領の「物理」の内容は、標準単位が1つ増えたことに伴い、剛体やドップラー効果、波の干渉などが（物理Ⅰから）上がってきました。ところが、教科書を見ると、学習指導要領には特に記述がありませんが、従来より明らかに詳しく書かれている単元があったりします。たとえば半導体や球面鏡です。私の使っている教科書（啓林館）はなんと球面鏡に5ページも割いています。（写真参照）



半導体については、まあ板書だけで済ましちゃおうと思いましたが、球面鏡を板書だけでというのはちょっと…。でも教材として球面鏡はあまり見たことがありません。それならば、何か球面鏡の代わりになるものはないかなと気にかけていたところ、ある日、100円ショップ（ダイソー）でよさそうな物をみつけました。いわゆる鏡ではありませんが、料理で使う「おたま」です。比較的光沢があって像もそこそこ映ります。しかも表裏がそれぞれ凹面鏡と凸面鏡になっているではないですか！これってまさに球面鏡の生徒実験のためにつくられたようなものですよ？



授業展開

では早速、授業についてお話をします。私は以下のような順で展開してみました。生徒実験と最後に演習も含めれば1～2時間というところでしょうか。生徒実験を先にやり探求学習の形にするのもありだと思います。

1. 凹面鏡、凸面鏡とも焦点を1つ持っていることを説明
2. 凹面鏡、凸面鏡の特徴的な反射光の進み方の説明
3. 生徒実験（「おたま」の登場です。）
4. 凹面鏡の倒立実像と正立虚像の作図と公式の導出
5. 凸面鏡の正立虚像の作図と公式の導出
6. 問題演習？

詳細

1. 凹面鏡、凸面鏡とも焦点を1つ持っていることを説明（7°リト参照）

レンズと違い鏡面を透過できないので片側の光だけを考えるためです。

2. 凹面鏡、凸面鏡の特徴的な反射光の進み方の説明（7°リト参照）

光軸に平行な光、焦点を通る光、球面の中心を通る光の進み方を提示します。

3. 生徒実験（「おたま」の登場です。）（7°リト参照）

①凹面鏡

まず「おたま」の凹面を斜め上向き、持つところが手前にくるように机の上に置きます。綿棒の先を凹面鏡の中心に当てた状態から徐々に光軸に沿って離していきます。すると、正立虚像がどんどん大きくなり（常に1倍以上）、あるポイント（焦点）で鏡全体に広がりぼやけて像ができなくなります（2つめの図）。そこを通り過ぎると倒立実像になり徐々に像が小さくなります。まるで凸レンズの実験の様です。凹面から綿棒の先端までの距離は、割り箸にサインペンで **0.5cm** ずつ印をつけて測ります。使った「おたま」の焦点距離はおおよそ **5cm** でした。



②凸面鏡

「おたま」の凸面が斜め上向き、持つところが奥にいく様に机の上に置きます。（ややバランスが悪いです。）綿棒の先を凸面鏡の中心に当てた状態から徐々に光軸に沿って離していきます。正立虚像のままどんどん小さくなるだけです（常に1倍以下）。凹面鏡のようなドラマはありません。まるで凹レンズの実験の様です。



4. 凹面鏡の倒立実像と正立虚像の作図と公式の導出（7°リト参照）

プリントで倒立実像の作図をさせて、その図を使って公式を導出します。物体と凹面鏡との距離を3段階に分けて倒立実像の大きさの変化も確かめます。次に物体が焦点に来ると光が収束せず実像も虚像もできないことを確認します。

さらに正立虚像も作図させて公式を導出します。

5. 凸面鏡の正立虚像の作図と公式の導出（7°リト参照）

プリントで正立虚像の作図をさせて、その図を使って公式を導出します。物体と凸面鏡との距離は2段階にして大きさの変化を確かめます。

生徒の反応

この授業を行って、授業後の質問もほとんどなく生徒はすんなりと受け入れてくれました。理解できて安心したか、質問できないほど分からなかったか、判断はむずかしいですが…。少なくとも実験は興味を持ってやっていた様にみえました。これで私の球面鏡の悩みが解消されたかもしれません！？

<実験および授業プリントへ>

→

・未記入プリント

・記入プリント

球面鏡の焦点と光の進み方

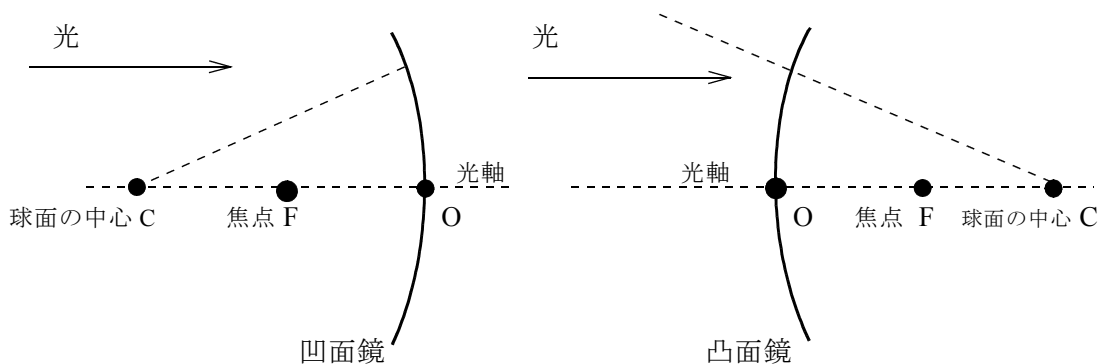
鏡面が球面になっている鏡を球面鏡といい、凹面鏡と凸面鏡がある。凹面鏡は光を集める反射望遠鏡や大きな虚像を得る化粧鏡などに使われ、凸面鏡は広い視野が得られるためカーブミラーや自動車のバックミラーなどに使われる。

[焦点] 凹面鏡、凸面鏡とも焦点を1つ持っている。

※球面鏡の光軸に平行に入射する光（無限に遠い点からの光）を考える。

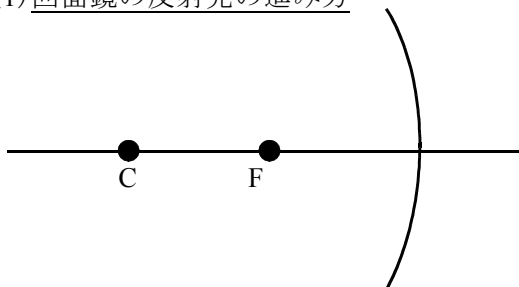
凹面鏡…反射後にその光が集まる点が焦点

凸面鏡…反射した光があたかもある一点から出てくる様に見えるその点が焦点



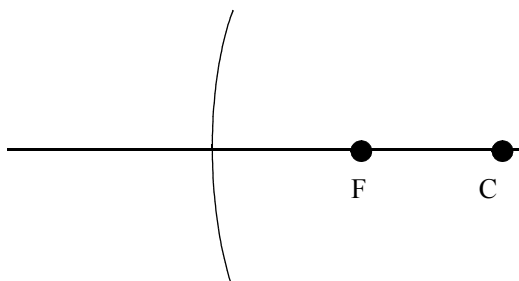
(注) 実際には、球面ではなく放物面のときに光は焦点に集まる。しかし光軸からあまり離れていない光はほぼ焦点に集まる。ここでは光軸の近くの光のみを考える。

(1) 凹面鏡の反射光の進み方



- ① 光軸に平行に入射した光は、反射後焦点 F を通る。
- ② 焦点 F を通って入射した光は、光軸に平行に進む。
- ③ 球面の中心 C を通って入射した光は、反射後再び C を通る。

(2) 凸面鏡の反射光の進み方



- ① 光軸に平行に入射した光は、反射後、焦点 F から出たように進む。
- ② 焦点 F に向かう光は、反射後、光軸に平行に進む。
- ③ 球面の中心 C に向かう光は、反射後、C から出たように進む。

「おたま」の表と裏は、それぞれほぼ凹面鏡および凸面鏡になっている。「おたま」を使って、以下の確認をせよ。

〔実験準備〕 おたま、綿棒、定規（箸に目盛りを付けたもの）

〔実験〕

1. 凹面鏡の実験

(1) 綿棒の先を凹面鏡の中心から数 mm まで近づけてみよ。
できる像は実像か虚像か、 また、正立か倒立か。



(2) 綿棒の先をゆっくり遠ざけると像ができなくなる点がみつかる。このとき凹面鏡の中心からの距離はおよそ何 mm か。 *これが焦点距離である。

(注) 綿棒の先が凹面鏡いっぱいに広がりぼやけてしまう点を探す。

(mm)

(3) 綿棒の先をさらに遠ざけると、実物の綿棒の先とほぼ同じ大きさの像が見える。
できる像は実像か虚像か、 また、正立か倒立か。

(4) (3) のとき、凹面鏡の中心からの距離はおよそ何 mm か。 *これが球面半径である。
(mm)

(5) さらに綿棒の先を遠ざけると、できる像の大きさはどうなるか。

2. 凸面鏡の実験

綿棒の先を凸面鏡の中心に近づけたり遠ざけたりして像を観察せよ。

(1) できる像の種類は変わるか。また、できた像は実像か虚像か、正立か倒立か。

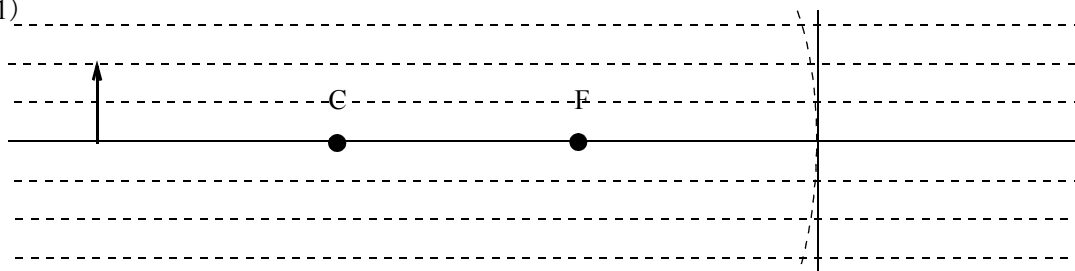


(2) 遠ざけると、像の大きさはどうなるか。

[凹面鏡の像]

下の物体（矢印）は、反射してどこに像を結ぶか作図せよ。実像か虚像か記せ。

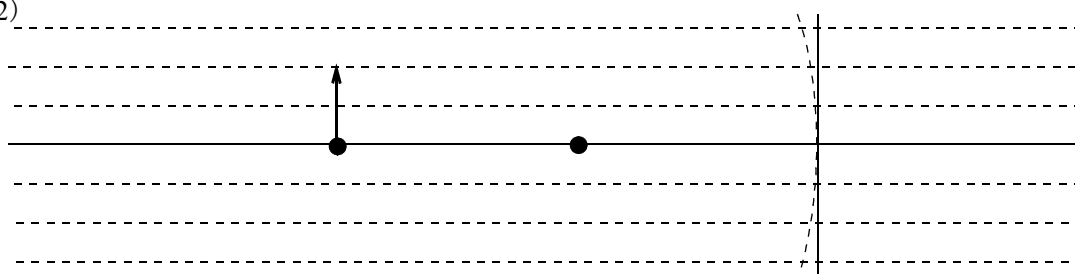
(1)



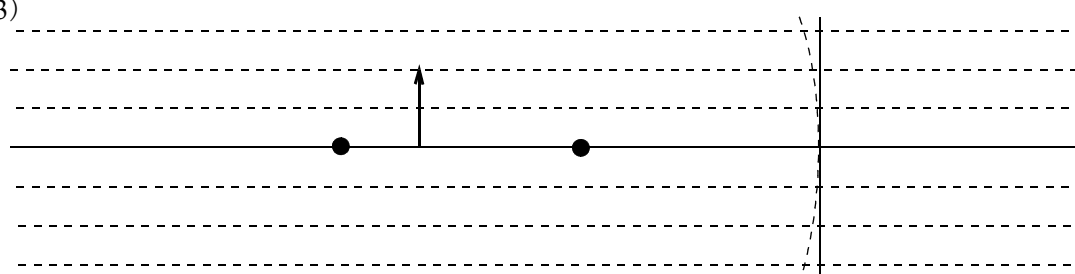
(凹面鏡の実像の公式)



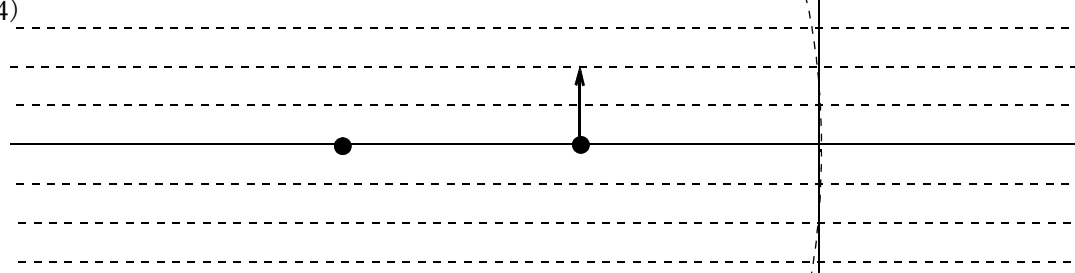
(2)



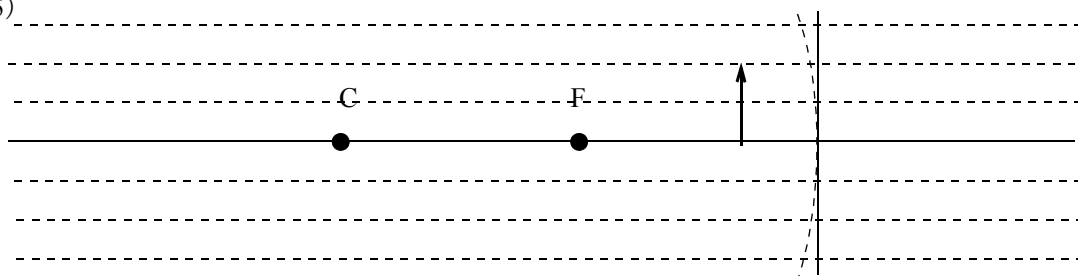
(3)



(4)



(5)



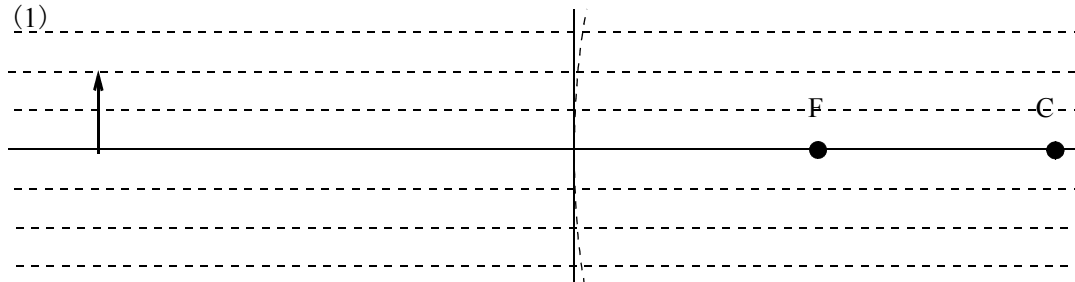
(凹面鏡の虚像の公式)



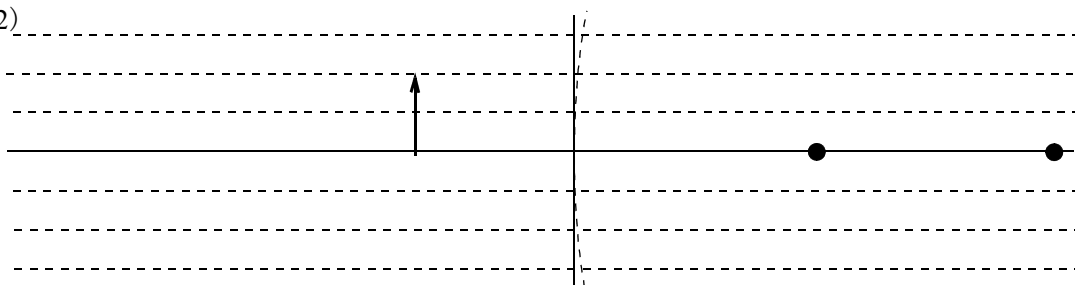
[凸面鏡の像]

下の物体（矢印）は、反射してどこに像を結ぶか、作図せよ。実像か虚像か記せ。

(1)



(2)



(凸面鏡の公式) …虚像のみ



球面鏡の焦点と光の進み方（記入例）

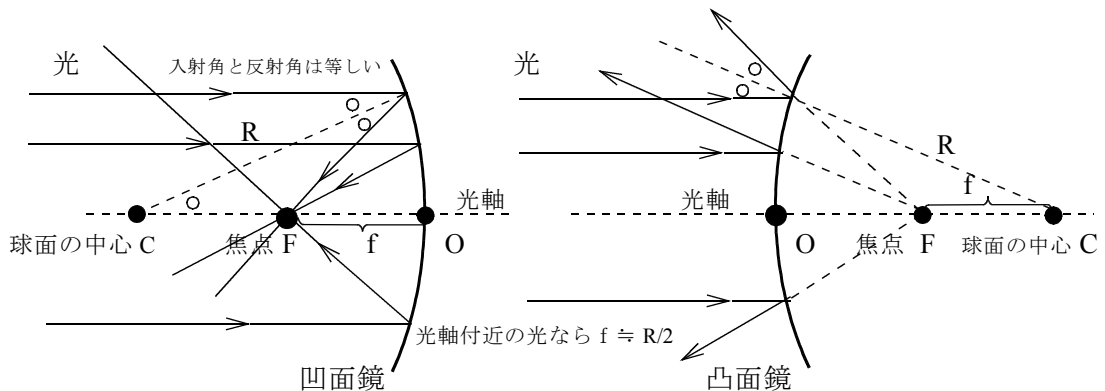
鏡面が球面になっている鏡を球面鏡といい、凹面鏡と凸面鏡がある。凹面鏡は光を集める反射望遠鏡や大きな虚像を得る化粧鏡などに使われ、凸面鏡は広い視野が得られるためカーブミラーや自動車のバックミラーなどに使われる。

〔焦点〕 凹面鏡、凸面鏡とも焦点を1つ持っている。

※球面鏡の光軸に平行に入射する光（無限に遠い点からの光）を考える。

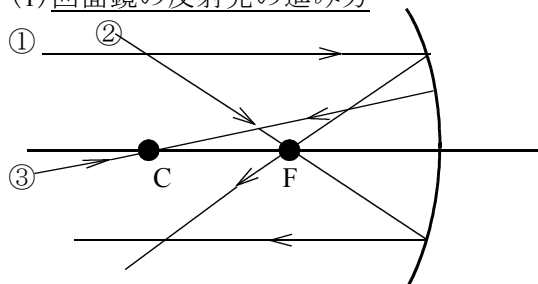
凹面鏡…反射後にその光が集まる点が焦点

凸面鏡…反射した光があたかもある一点から出てくる様に見えるその点が焦点



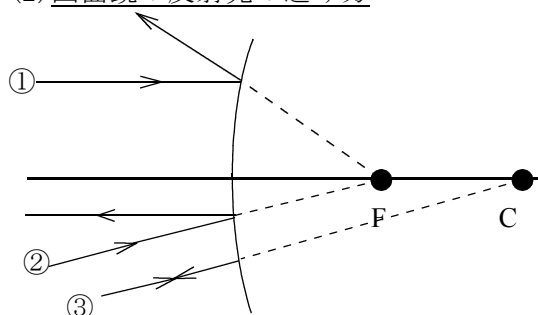
（注）実際には、球面ではなく放物面のときに光は焦点に集まる。しかし光軸からあまり離れていない光はほぼ焦点に集まる。ここでは光軸の近くの光のみを考える。

(1) 凹面鏡の反射光の進み方



- ①光軸に平行に入射した光は、反射後焦点 F を通る。
- ②焦点 F を通って入射した光は、光軸に平行に進む。
- ③球面の中心 C を通って入射した光は、反射後再び C を通る。

(2) 凸面鏡の反射光の進み方



- ①光軸に平行に入射した光は、反射後、焦点 F から出たように進む。
- ②焦点 F に向かう光は、反射後、光軸に平行に進む。
- ③球面の中心 C に向かう光は、反射後、C から出たように進む。

「おたま」の表と裏は、それぞれほぼ凹面鏡および凸面鏡になっている。「おたま」を使って、以下の確認をせよ。

〔実験準備〕 おたま、綿棒、定規（箸に目盛りを付けたもの）

〔実験〕

1. 凹面鏡の実験

- (1) 綿棒の先を凹面鏡の中心から数 mm まで近づけてみよ。
できる像は実像か虚像か、また、正立か倒立か。

正立虚像



- (2) 綿棒の先をゆっくり遠ざけると像ができなくなる点がみつかる。このとき凹面鏡の中心からの距離はおよそ何 mm か。 *これが焦点距離である。

(注) 綿棒の先が凹面鏡いっぱいに広がりぼやけてしまう点を探す。

(25 mm)

- (3) 綿棒の先をさらに遠ざけると、実物の綿棒の先とほぼ同じ大きさの像が見える。
できる像は実像か虚像か、また、正立か倒立か。

倒立実像 ← 天井の蛍光灯の像が紙に映るので実像と分かる

- (4) (3) のとき、凹面鏡の中心からの距離はおよそ何 mm か。 *これが球面半径である。

(50 mm)

- (5) さらに綿棒の先を遠ざけると、できる像の大きさはどうなるか。

小さくなる

2. 凸面鏡の実験

綿棒の先を凸面鏡の中心に近づけたり遠ざけたりして像を観察せよ。

- (1) できる像の種類は変わるか。また、できた像は実像か虚像か、正立か倒立か。

変わらない 正立虚像 (1 倍以下)

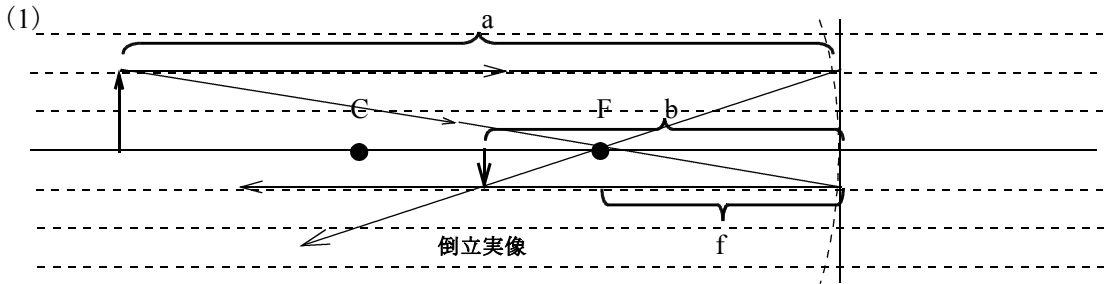


- (2) 遠ざけると、像の大きさはどうなるか。

小さくなる

[凹面鏡の像]

下の物体（矢印）は、反射してどこに像を結ぶか作図せよ。実像か虚像か記せ。



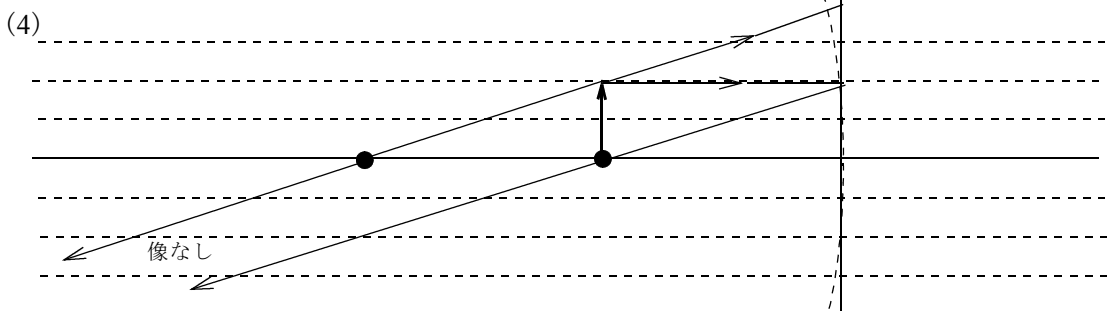
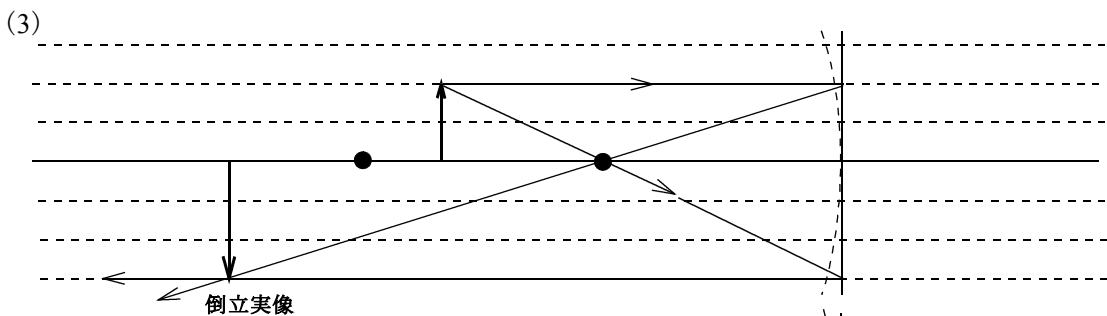
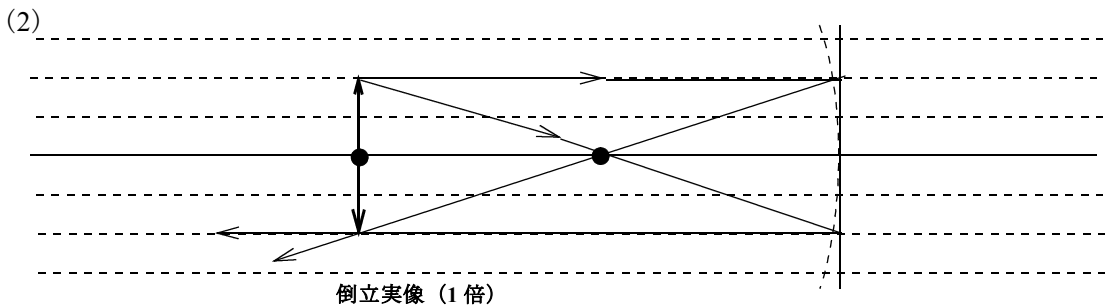
(凹面鏡の実像の公式)

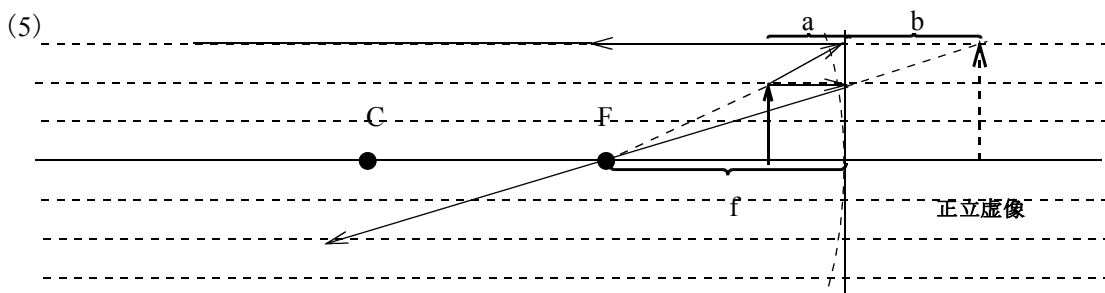
倍率 $m = \frac{b \cdot f}{f}$... ①

倍率 $m = \frac{f}{a - f}$... ②

①式=②式より求める（計算略）

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$





(凹面鏡の虚像の公式)

倍率 $m = \frac{f}{f-a}$... ①

倍率 $m = \frac{f+b}{f}$... ②

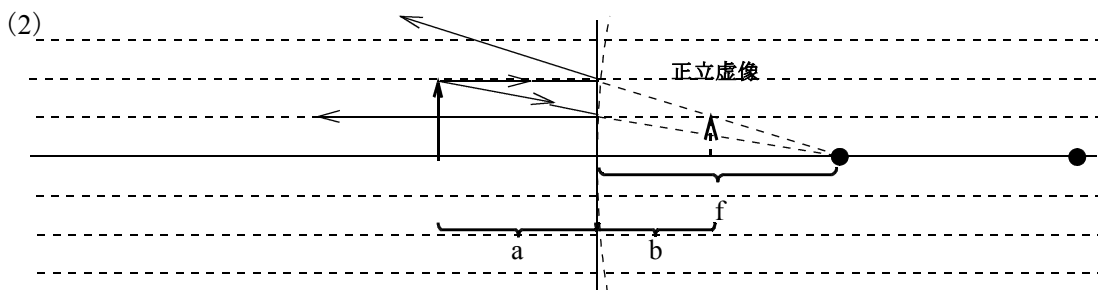
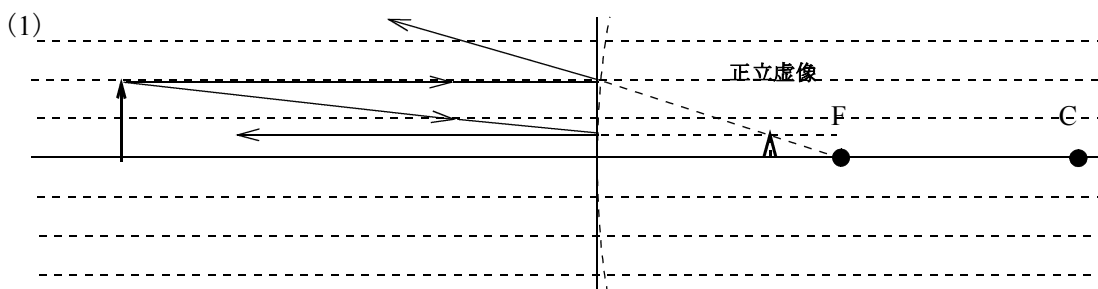
①式=②式より求める (計算略)

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

※像が球面の奥にできるときは負となる

[凸面鏡の像]

下の物体 (矢印) は、反射してどこに像を結ぶか、作図せよ。実像か虚像か記せ。



(凸面鏡の公式) ... 虚像のみ

倍率 $m = \frac{f}{f-a}$... ①

倍率 $m = \frac{f+b}{f}$... ②

①式=②式より求める (計算略)

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}$$

※凸面鏡の焦点距離は負となる