

# ズームミラー（凹面鏡）の光学的特性と使い方について

## The optical characteristic and usage of the concave mirror

鎌田貴身江

Kimie Kamata

（藤沢市民病院）

（Fujisawa City Hospital）

### 要旨：

凹面鏡（以下、ズームミラー）は整容動作において拡大を目的として使う鏡でありロービジョン者向け用品としても販売されている。ズームミラーにおいて得られる拡大像は焦点距離よりも鏡に近い点から鏡を見ることで得られる正立虚像である。拡大率は鏡面の曲率と視距離によって異なり、この関係性が変わると虚像の位置も大きく変化する。この光学的性質により屈折異常の程度によっては虚像にピントを合わせることができない場合もある。しかしながら市販品の多くは拡大率の表記はあっても表記倍率が得られる視距離や虚像の位置については記載がない。今回はズームミラーの曲率半径から拡大率や虚像の位置を計算し、屈折異常の程度と視距離、倍率の関係について検討した。視距離によっては表記倍率が得られない事や屈折異常の程度により使いこなせない場合が出てくる事など使用上の注意事項をまとめた。

**キーワード：**ロービジョン、ズームミラー（凹面鏡）、整容動作

### 1. 目的

ズームミラー（凹面鏡）は化粧やコンタクトレンズの出し入れなど整容動作において拡大を目的として使う鏡である。市販品の表記倍率は2倍から10倍程度でありロービジョン者向け用品としても販売されている。また、安価で販売店も多いため身近に入手しやすい道具である。身近な道具ではあるが拡大鏡と同様に光学的な補助具である。従って、拡大鏡と同様に使用上の注意点がある。

ズームミラーの拡大像を光学的に説明すると、得られる像は焦点距離よりも鏡に近い点から鏡を見たときの正立虚像である（図1参照）。ズームミラーに映る拡大率は以下の（1）から（3）の式のように求める。

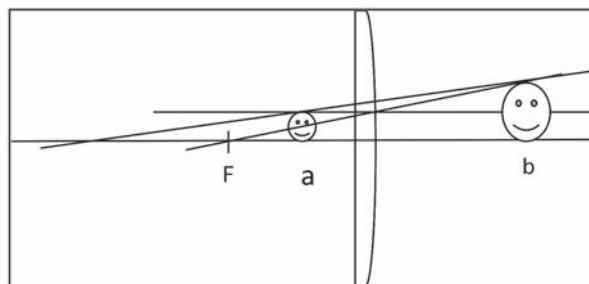


図1 ズームミラーの光学図

焦点距離を  $F$ 、ズームミラーの曲率半径を  $R$  とする。

$$F = 1/2R \quad (1)$$

視距離を  $a$ 、虚像のできる位置を  $b$  とする。

$$1/a + 1/b = 1/F \quad (2)$$

$$M \text{ (拡大率)} = |b/a| \quad (3)$$

図のうち  $F$  は焦点距離（鏡の曲率半径の  $1/2$ ）である。  $a$  は見る位置と視対象であり、  $b$  の位置に拡大された虚像ができる事を表している。式 (1) から (3) のようにして得られるズームミラーの光学的特徴を倍率と虚像の位置についてまとめると以下の通りになる。

#### a) 倍率

- ・同じ視距離で観察した場合、曲率半径が小さいほど倍率が大きくなる。
- ・焦点距離の範囲内で焦点距離に近づくほど、つまり焦点距離の範囲内で鏡から遠ざかると倍率は高くなる。理論上は曲率半径の大きい（表記倍率の小さい）ものでも拡大率は表記倍率の倍以上高くなる。実際には焦点距離に近づくにつれ歪みが生じて明瞭な拡大像を観察することは

できなくなる。なお、歪みの程度については商品によってばらつきがある。

#### b) 虚像の位置

2) 式より焦点距離の範囲内で遠ざかるほど遠くに虚像ができる。その逆に、鏡に近づくと虚像はかなり近くにできる。

倍率と虚像の位置の二つの関係から、どの曲率半径の鏡であっても、拡大率を大きくするために鏡から遠ざかる虚像は遠くにできる。その逆に鏡に近づくと倍率は低くなり虚像は近くにできるという基本的な光学的特徴がある。虚像の位置が変わることでピントを合わせることでできる屈折状態が限られてくるということを大きな特徴として心得ておかなければならない（図2参照）。

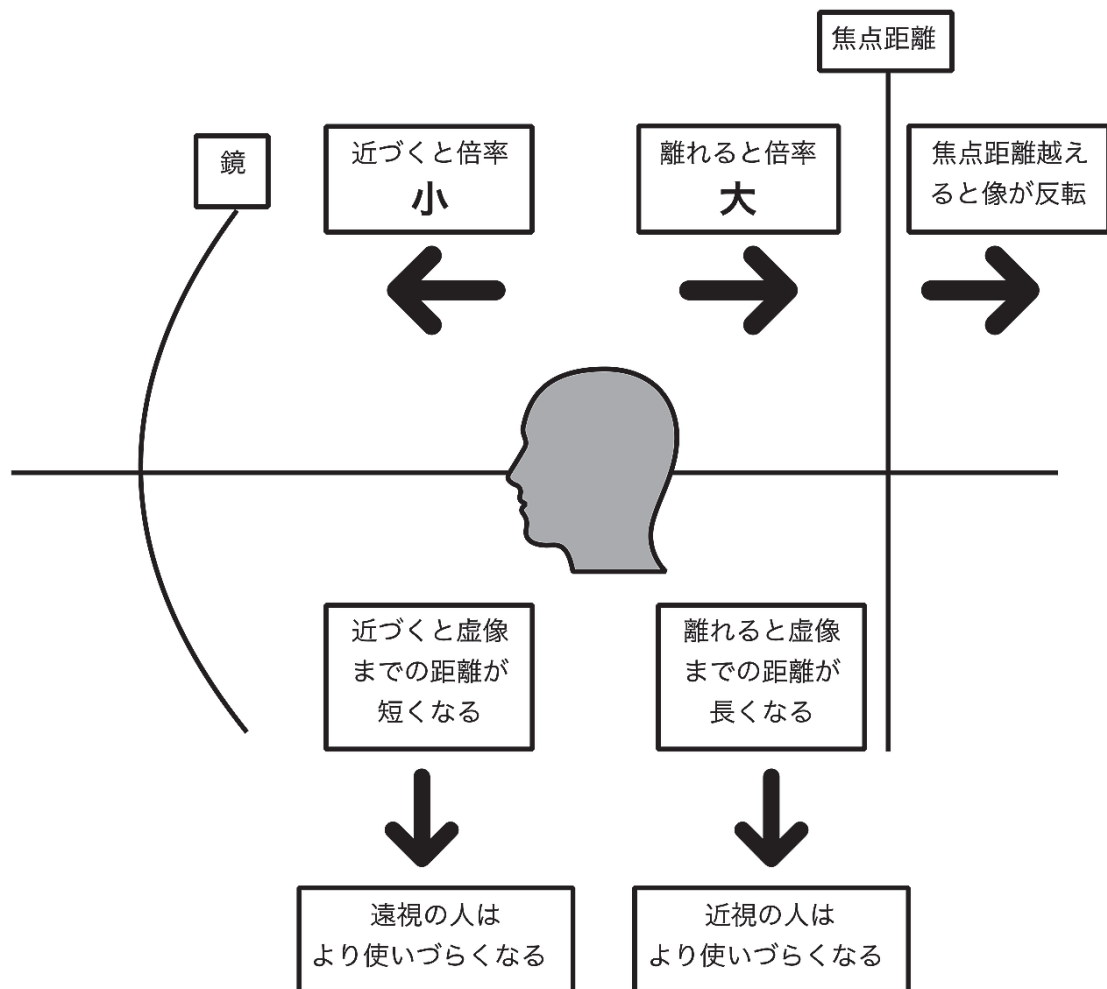


図2 ズームミラーの光学的特徴

つまり、同じ商品でも虚像の位置や倍率が変化するという事は、使用者の屈折異常や調節力を把握して、虚像にピントが合う時の観察距離と、その観察距離で見たときの拡大像がニーズに見合うものか評価して購入、使用する必要があることを示す。このことは、ズームミラーの倍率選択に関する問題でだけではなく、場合によってはズームミラーよりも他の拡大ツール（顔を映すことのできる拡大読書器やタブレットの鏡アプリ、平面鏡）を選択した方が良くても含むため身近な道具ではあるが適切な評価が求められるべきである。

市販のズームミラーは拡大率の表記はあっても表記倍率が得られる視距離や虚像の位置については記載がないものがほとんどであり（表1参照）適切なものを選択しづらい現状にある。

表1 市販品の拡大率、焦点距離、視距離の表記

販売元、メーカー	倍率表記	曲率半径	視距離
無印良品	約2倍		
塩川光明堂	3倍		
アイキャッチ社 真実の鏡 ec005za 5X	5倍		
アイキャッチ社 真実の鏡 ec005za 3X	3倍		
jerdon jeking d710	10倍		「10cmで見る」と記載
コイズミセイキ (KBE3000,3010,3040,3050,3051)	5倍		
コイズミセイキ (KBE3030)	7倍		
鏡ファクトリー 2倍鏡	2倍	1000R	
鏡ファクトリー 3倍鏡	3倍	600R	
鏡ファクトリー 7.2倍鏡	7.2倍	400R	
ニトリ3倍鏡付きコスメミラー	3倍		
アイメディア 10倍拡大鏡	10倍		「10cmで見る」と記載
カインズホーム u60	3倍		
タイムズコーポレーション (D2078,D1601)	10倍 / 1倍		
堀内鏡工業 (ナビュアミラー)	2倍	1000R	
	3倍	600R	
	5倍	400R	
	7倍	300R	

ズームミラーの曲率半径やその倍率が得られる視距離の記載がないことに起因する問題点は2点ある。

問題点1. 視距離が変わることによって倍率が変わり、適切な視距離でないと表記倍率が得られないことがある。

問題点2. 表記倍率の拡大像ができる虚像位置

によっては屈折異常や調節力の程度により焦点が合わずに期待する拡大像が得られないという問題点がある。

眼鏡装用やコンタクトレンズ装用により虚像にピントを合わせることはできるかもしれないが、化粧や、コンタクトレンズの着脱など、基本的には裸眼で使う事が想定される。用途とその時の屈折異常の矯正状態を考慮して選定する必要がある。

焦点を超えて遠くから観察すると像は反転するので、その位置から曲率半径を推測する事もできるが焦点距離に近づくと像にかなりな歪みが生じてくるため反転像なのかどうかを判断することが難しく、おおよその距離しか推測できない。

今回は曲率半径と倍率表記があったメーカー1社の曲率半径と拡大率からズームミラー拡大率と虚像の位置を計算し、屈折異常の程度と視距離、倍率の関係について検討した。

## 2. 方法

曲率半径と倍率表記があったメーカー1社の曲率半径と拡大率（表2参照）を参考に下記のような検討を行った。

1. 各曲率半径で表記倍率が得られる視距離を調べた。
2. 視距離を変えることで倍率がどのように変わるか評価した。
3. 虚像のできる位置を調べ、虚像にピントが合う屈折状態を調べた。

表2 メーカー記載の曲率半径と表記倍率（1社のみ）

ズームミラーの曲率半径	表記倍率
100cm	2倍
60cm	3倍
40cm	5倍
30cm	7倍

## 3. 結果

### 3.1. 各曲率半径で表記倍率が得られる鏡からの視距離について

焦点距離は曲率半径の半分である。表記倍率が得られる鏡からの視距離は曲率が高い（曲率

半径が小さい) と焦点距離付近に設定されている。曲率半径の大きい 100cm のものでは焦点距離の半分の距離に設定されている (表 3)。

表 3 表記倍率が得られる視距離と虚像の位置

曲率半径 (表記倍率)	焦点距離	表記倍率が得られる視距離 (cm)	計算上の倍率
100cm (2倍)	50cm	25	2倍
50cm (3倍)	25cm	20	3倍
40cm (5倍)	20cm	16	5倍
30cm (7倍)	15cm	12.85	6.98倍

### 3.2. 視距離による倍率変化について

鏡からの視距離を表記倍率の得られる視距離よりも短くすると倍率は表記倍率よりも低くなる。例として鏡から 8cm の視距離で観察すると表記倍率 5 倍以下の鏡では倍率は 2 倍未満に減ってしまう。(表 4)。表記倍率 7 倍のものでも倍率は 2.14 倍であり、表記倍率の 1/3 以下になってしまう。

表 4 鏡面に表記倍率の視距離よりも近づいて見た時 (8cm) の倍率

曲率半径 (表記倍率)	鏡から 8cm のところで見た時の倍率
100cm (2倍)	1.19倍
50cm (3倍)	1.36倍
40cm (5倍)	1.67倍
30cm (7倍)	2.14倍

逆に表記倍率の得られる視距離よりも遠ざかり、焦点距離に近いところから見ると倍率は高くなり、表記倍率 2 倍、3 倍のものでは表記倍率の 2 倍以上になる。また曲率半径の小さい 5 倍、7 倍のものでは観察距離がわずかに数センチ変わるだけで倍率が大きく変わることもわかる (表 5)。ただし実際には鏡の性能により焦点距離に近い点から見るとかなり歪んで見える商品もある。

表 5 表記倍率の得られる視距離よりも焦点距離に近い視点から (鏡から遠ざかって) 見た時の倍率

曲率半径 (表記倍率)	表記倍率が得られる視距離 (cm)	焦点距離の近くに設定した観察距離 (cm)	a の位置から見たときの拡大率
100cm (2倍)	25	40	5倍
50cm (3倍)	20	25	6倍

40cm (5倍)	16	17.5	8倍
30cm (7倍)	12.85	13.5	10倍

### 3.3. 虚像の位置にピントを合わせるのに必要な調節力や屈折状態について

虚像の位置は表記倍率の得られる視距離では正視眼が裸眼で使用するには概ね 1D 前後の調節力が必要である。遠視眼はそれ以上の調節力が必要であるし、調節力のない例では虚像にピントを合わせるのに老眼鏡が必要となる。近視眼では曲率半径の大きなものであっても -1.5D 以上の近視眼では裸眼では遠点を超えるため矯正しないとピントが合わない (表 6 参照)。

表 6 表記倍率が得られる視距離での無調節でピントの合う屈折状態 (D)

ズームミラーの曲率半径	表記倍率	表記倍率の視点での眼から虚像までの距離 (cm)	無調節で虚像にピントの合う屈折状態
100cm	2倍	75	-1.33 Dの近視
50cm	3倍	80	-1.25 Dの近視
40cm	5倍	96	-1.04 Dの近視
30cm	7倍	110.5	-0.90 Dの近視

また、視距離を近づけるほど虚像は近くにでき近視眼では裸眼で見やすくなるが倍率は表記倍率ほど得られない。(表 7 参照)。

表 7 鏡からの視距離を 8cm まで近づけた時の無調節でピントの合う屈折状態 (D)

ズームミラーの曲率半径	表記倍率	鏡から 8cm のところで見た時の倍率	親から所蔵までの距離 (cm)	無調節で虚像にピントの合う屈折状態
100cm	2倍	1.19倍	17.52	-5.71 Dの近視
50cm	3倍	1.36倍	18.91	-5.29 Dの近視
40cm	5倍	1.67倍	21.33	-4.69 Dの近視
30cm	7倍	2.14倍	25.14	-3.98 Dの近視

## 4. 考察

ズームミラーは視距離によっては表記倍率と同じ拡大率にはならず、鏡に近づくと倍率表記の高いものでもかなり倍率が小さくなってしまいう一方、鏡から遠ざかると、その逆になることもあることが分かった。また虚像の位置については屈折状態や調節状態によってはピントが合わないことが分かった。必要な拡大率の条件が合うロービジョン者であれば裸眼で化粧ができ

るので便利な道具である。しかし屈折状態や必要な拡大率によってはタブレットの拡大鏡アプリや平面鏡で近づいて見た方が良い場合もある。

これまでにまとめた光学的な特徴と市販品の曲率半径を参考にして、使用者の屈折異常や調節状態と使いやすさの例を以下に挙げる。

#### 使用例 1.

3 倍の拡大率は曲率 30cm から 100cm のどのズームミラーでも得られる。同じ拡大率でも曲率半径が小さい方（表記倍率の高い方）が虚像が近くにできるため、近視眼では曲率半径が小さい方がよい。正視眼や遠視眼では曲率半径の大きいものを選んだ方がよい（表 8 参照）。

**表 8 拡大率 3 倍が得られる時の各曲率半径と視距離、虚像の位置の関係**

凹面鏡の曲率半径	視距離 (cm)	虚像までの距離 (cm)	無調節でピントの合う屈折状態 (D)
100cm	33	130.1	-0.77 Dの近視
60cm	20	80	-1.25 Dの近視
40cm	13.5	55	-1.82 Dの近視
30cm	10	40	-2.50 Dの近視

#### 使用例 2.

近視眼では虚像が遠点を越えるためピントが合わないことがある。例えば -7D の近視眼を想定する。遠点は約 14cm である。曲率半径 40cm のズームミラーを使うと 8cm まで鏡に近づいた時で虚像は 20cm のところになるので遠点を超えてしまう（表 4 参照）。なおかつ倍率も 1.67 倍しか得られない。もっと近づけば虚像の位置は遠点に近づくと倍率はさらに低くなる。曲率半径が大きいズームミラーを選べば遠点が虚像の位置に近くなるが、この場合も拡大率はさらに小さくなってしまふ。このように近視が

強くなるとズームミラーを使用するよりも裸眼でタブレットに近づき、タブレットの鏡のアプリで拡大する方法を選択した方がクリアな拡大像を得ることができる。つまり近視眼ではズームミラーの倍率を選択する前に、まずは道具として平面鏡やタブレット、自分の顔を映し出すことできる拡大読書器とズームミラーと比較して、裸眼で見た時にどちらが使いやすいかを比較することが重要である。

#### 使用例 3.

屈折異常の少ない老視眼では手元に置いたタブレットの鏡アプリを見るには老眼鏡が必要であり、虚像が遠くにできるズームミラーの方が使いやすい場合がある。例えば正視眼で調節力 1D を使うと近点は 1m である。タブレットを 30cm 視距離で使うためには +2D から +2.5D の老眼鏡を要する。一方、表 6 より、曲率半径 30cm のズームミラーを使い、鏡から 13cm の視距離から見ると虚像が 110.5cm にできるため、1D の調節力を使った状態でちょうどピントが合い、拡大像も 7 倍近く得られるため使いやすい。

これらの使用例は様々な視機能の状態にあるロービジョン者の使用の一例に過ぎない。ズームミラーの倍率及び、使用に適している道具かどうか選択するためにはルーベと同様の光学的補助具としてズームミラーを認識し、曲率半径や焦点距離が分かるものでロービジョンケア担当者が屈折や調節状態の評価と合わせて選択し、使用上の指導をする必要があると考える。また、その前提として倍率表記だけでなく、表記倍率が得られる観察距離と焦点距離の記載が求められる。