

両眼視する手持ち式拡大鏡の条件

○ 日本ライトハウス養成部

田邊正明

【目的】

両眼視できる者は単レンズの手持ち式拡大鏡を両眼視で使用するほうが快適である。そこで単レンズで両眼視する場合の条件を考察する。

【方法】

両眼視の条件として右図のように、瞳孔間距離(L)60mmの人が物体(新聞の文字が5文字入程度の長さ)(2h)2cmを観察していると仮定し、そのほかのパラメータとしてレンズの半径(y)、眼とレンズ間距離(d)、眼と虚像間距離(q)、参照距離(p)、倍率(m)を用いた次の公式からレンズの屈折力(F=1/f)と半径(y)の関係を導いた。

$$y \geq 0.03 \left(1 - \frac{d}{q} \right) + 0.01m \frac{d}{p}$$

$$m = \frac{p}{f} \left\{ 1 + (f - d) \frac{1}{q} \right\}$$

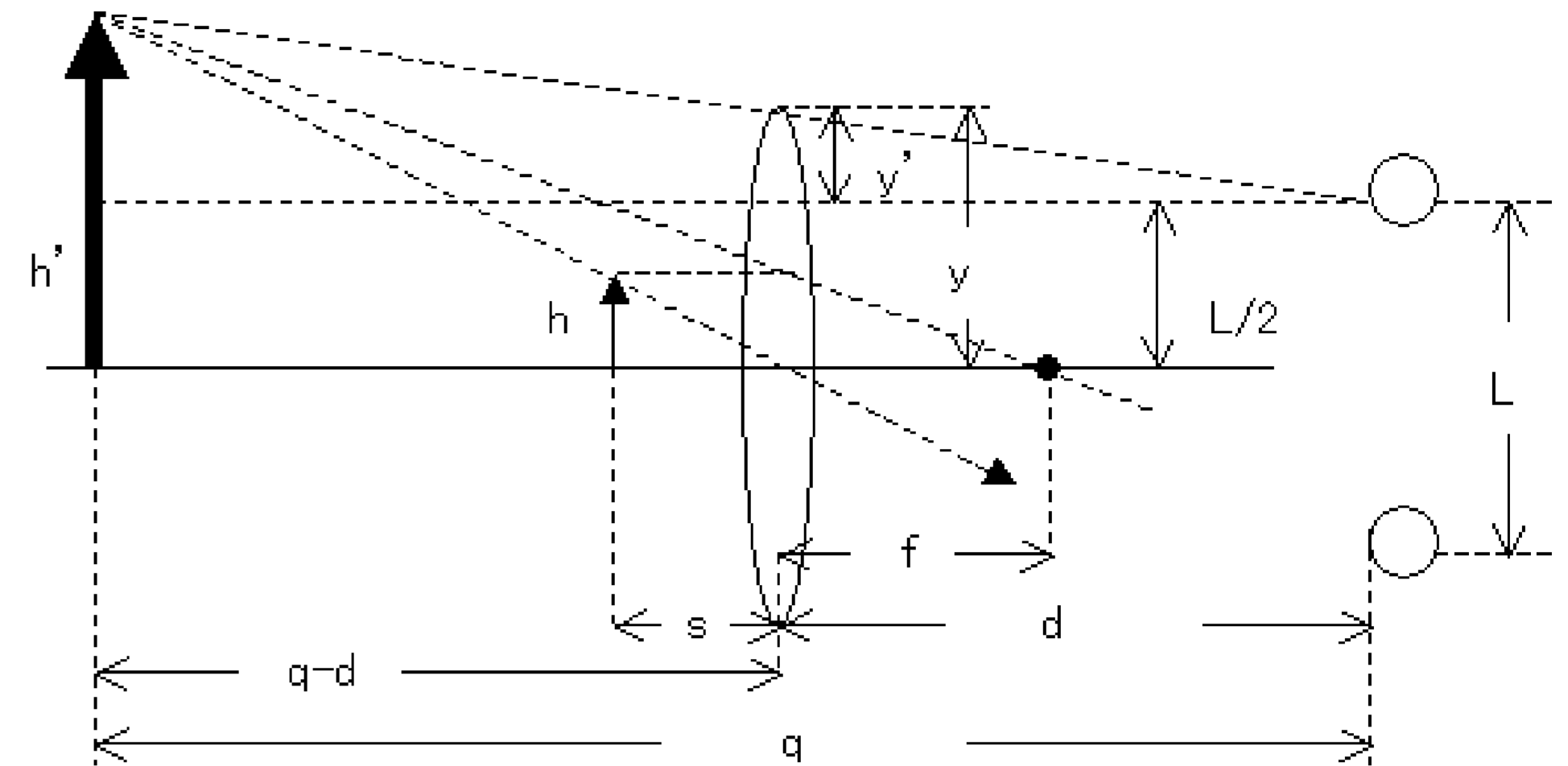


図1 両眼視で使用するルーペ

h:物体、h':虚像、f:焦点距離、s:物体とレンズの間の距離、q:眼と虚像間距離、d:眼とレンズ間距離、L:瞳孔間距離、y:レンズ半径
ただし、全ての数値は正(>0)で表す

【結果】

表1の黄色部分に示したように、例えば参照距離0.250m、眼と虚像間距離を0.500m、眼とレンズ間距離0.200mとしたときの倍率1.5×、2.0×、2.5×、3.0×、6.0×の場合に両眼視可能な屈折力(F)、両眼視が可能な視野の横幅となるレンズ直径(2y)はそれぞれ、6.7D(0.060m)、10.0D(0.068m)、13.3D(0.076m)、16.7D(0.084m)、36.7D(0.132m)、さらに眼とレンズ間距離0.05mとしたときにはそれぞれ4.4D(0.060m)、6.7D(0.062m)、8.9D(0.064m)、11.1D(0.066m)、24.4D(0.078m)となった。

表1. 屈折力とレンズ直径

m (×)	q(m) d(m)	0.250				0.500				10000.000			
		0.000	0.050	0.100	0.200	0.000	0.050	0.100	0.200	0.000	0.050	0.100	0.200
1.5	F(D)	2.0	2.5	3.3	10.0	4.0	4.4	5.0	6.7	6.0	6.0	6.0	6.0
	s(m)	0.167	0.133	0.100	0.033	0.167	0.150	0.133	0.100	0.167	0.167	0.167	0.167
	2y(m)	0.060	0.054	0.048	0.036	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.066	0.072	0.084
2.0	F	4.0	5.0	6.7	20.0	6.0	6.7	7.5	10.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	s	0.125	0.100	0.075	0.025	0.125	0.113	0.100	0.075	0.125	0.125	0.125	0.125
	2y	0.060	0.056	0.052	0.044	0.060	0.062	0.064	0.068	0.060	0.068	0.076	0.092
2.5	F	6.0	7.5	10.0	30.0	8.0	8.9	10.0	13.3	10.0	10.0	10.0	10.0
	s	0.100	0.080	0.060	0.020	0.100	0.090	0.080	0.060	0.100	0.100	0.100	0.100
	2y	0.060	0.058	0.056	0.052	0.060	0.064	0.068	0.076	0.060	0.070	0.080	0.100
3.0	F	8.0	10.0	13.3	40.0	10.0	11.1	12.5	16.7	12.0	12.0	12.0	12.0
	s	0.083	0.067	0.050	0.017	0.083	0.075	0.067	0.050	0.083	0.083	0.083	0.083
	2y	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.066	0.072	0.084	0.060	0.072	0.084	0.108
6.0	F	20.0	25.0	33.3	100.0	22.0	24.4	27.5	36.7	24.0	24.0	24.0	24.0
	s	0.042	0.033	0.025	0.008	0.042	0.038	0.033	0.025	0.042	0.042	0.042	0.042
	2y	0.060	0.072	0.084	0.108	0.060	0.078	0.096	0.132	0.060	0.084	0.108	0.156

Nikon社製ラケットタイプルーペ10D(レンズ直径0.060m)の両眼の見え方を撮影した状態を図2から図5に示した。両眼視可能な状態は図2(物体とレンズ間距離0.033m、眼とレンズ間距離0.200m、倍率1.5×)と図3(物体とレンズ間距離0.100m、眼とレンズ間距離0.000m、倍率2.5×)であった。図4と図5では左右の像が大きく違っており、両眼視はできない。

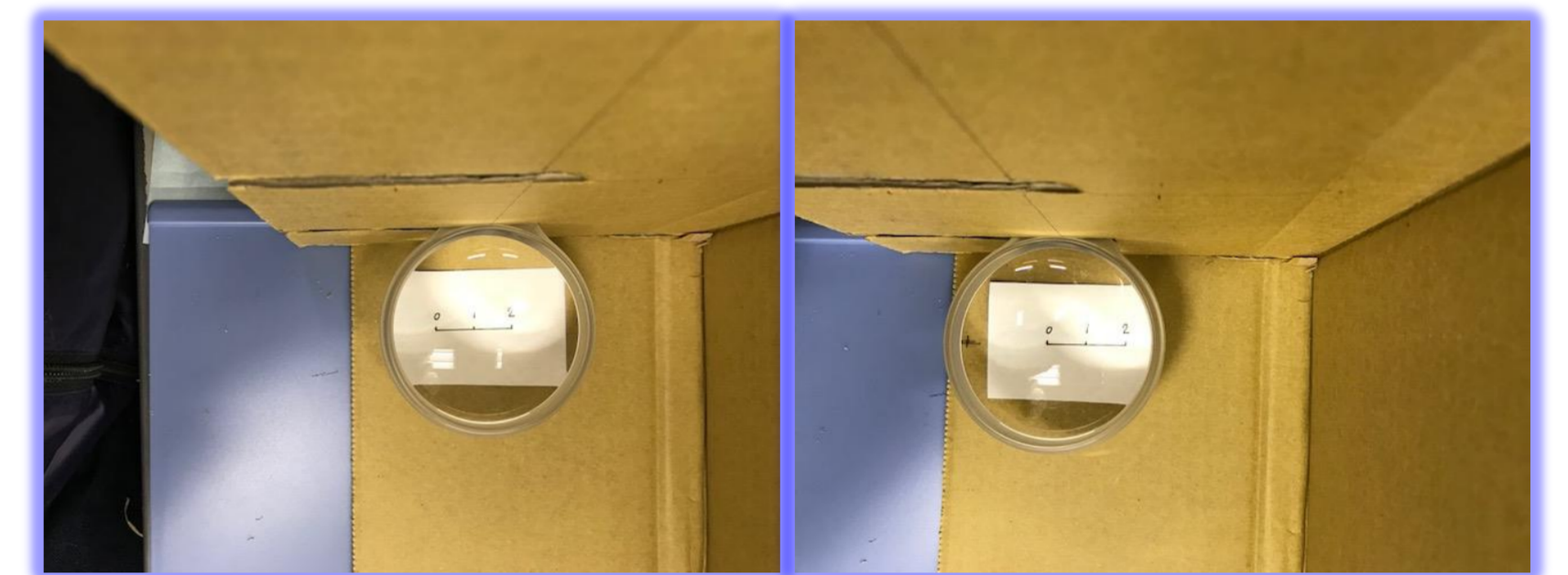


図2. 左眼 右眼
物体とレンズ間距離: 0.033m、眼とレンズ間距離: 0.200m

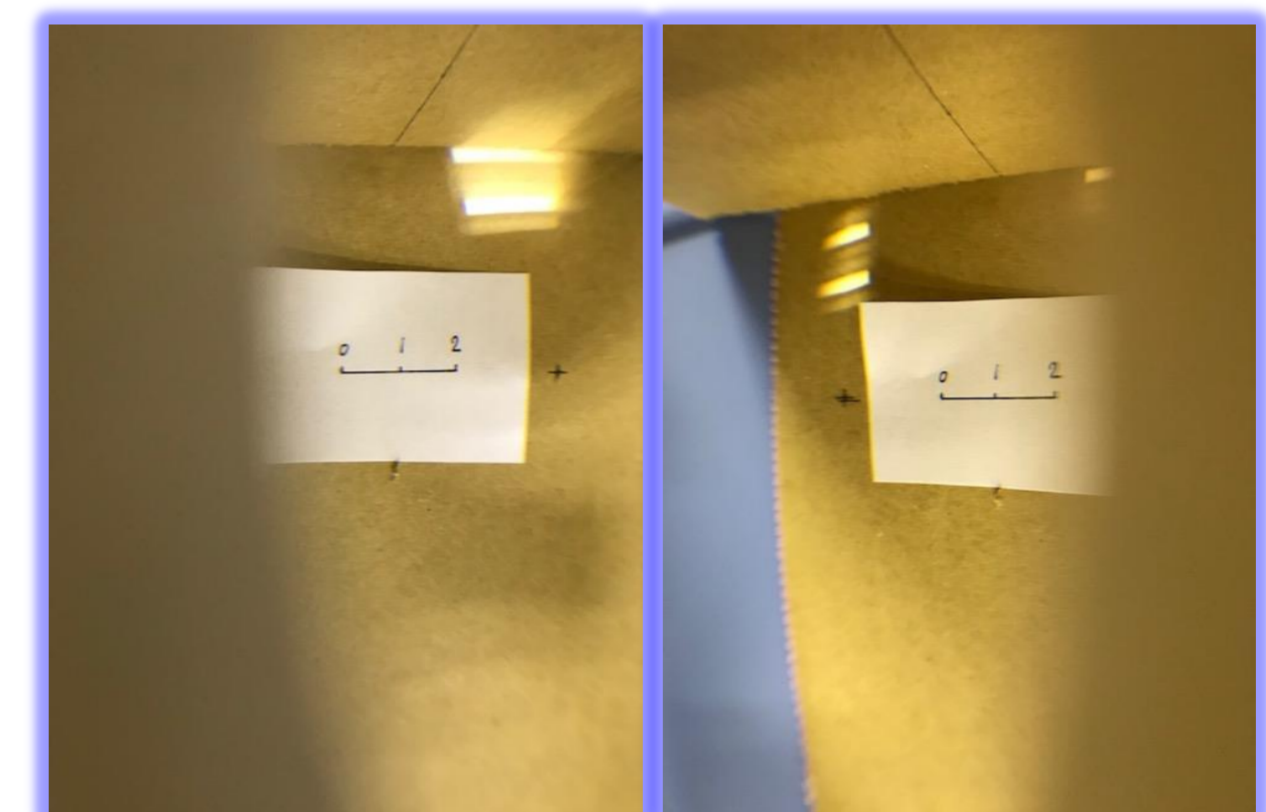


図3. 左眼 右眼
物体とレンズ間距離: 0.100m、眼とレンズ間距離: 0.000m

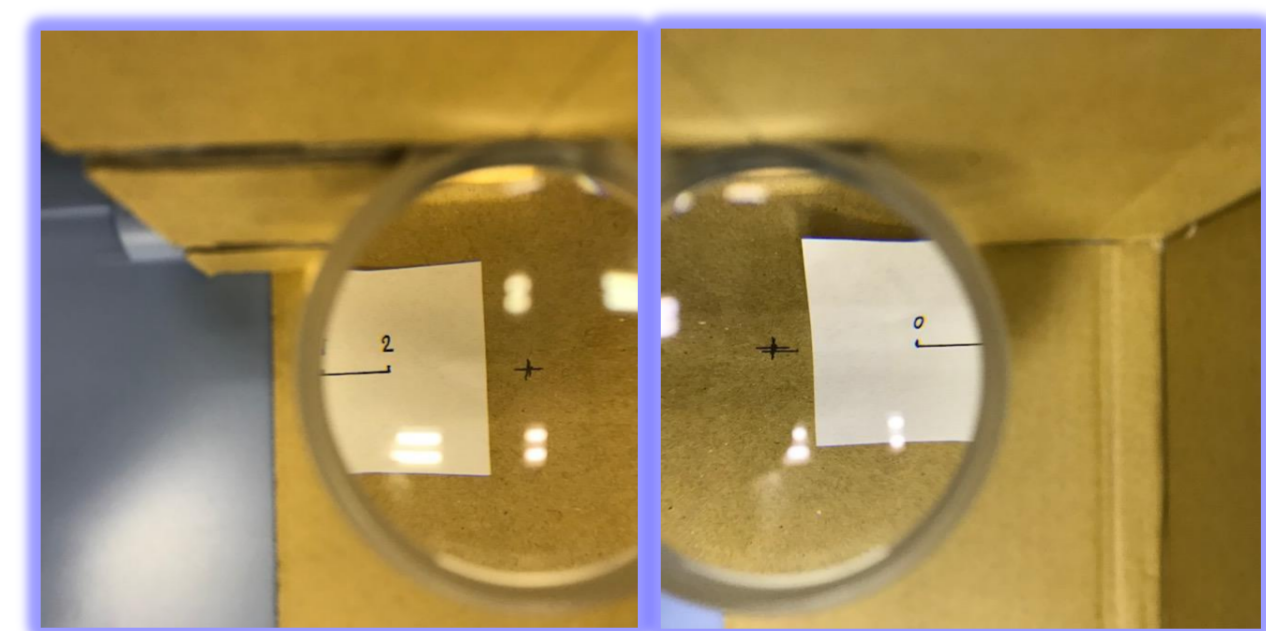


図4. 左眼 右眼
物体とレンズ間距離: 0.100m、眼とレンズ間距離: 0.100m

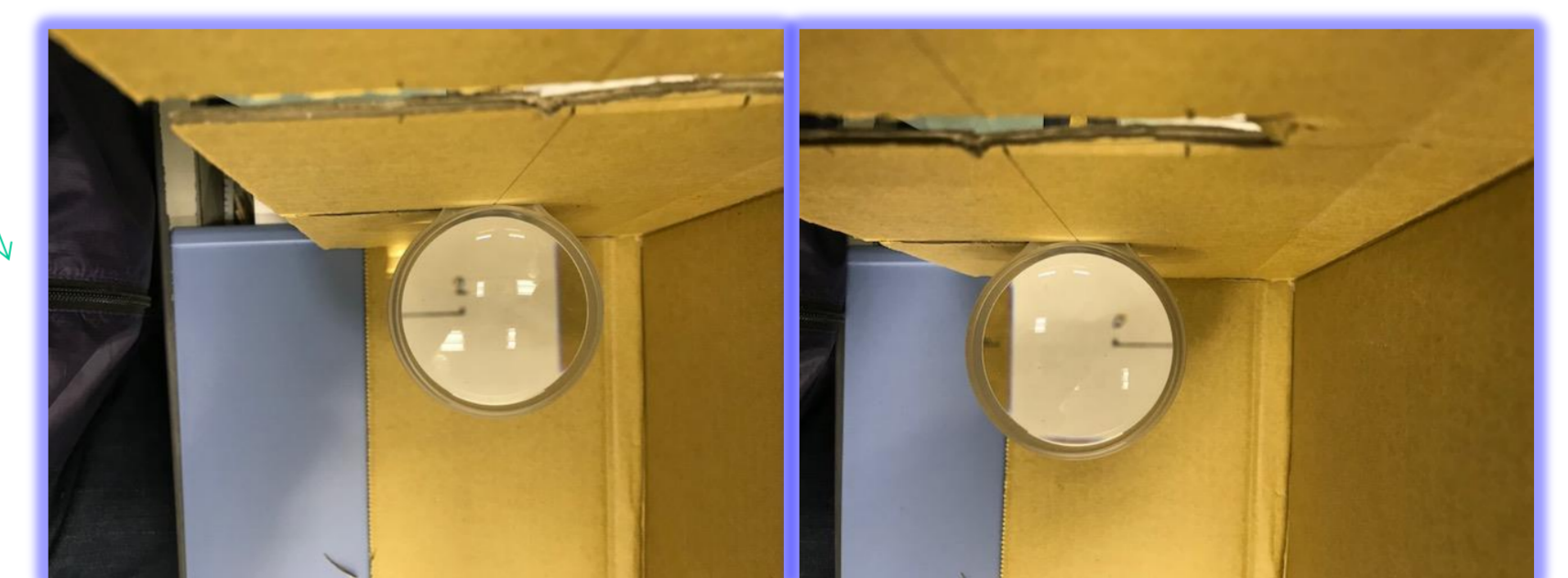


図5. 左眼 右眼
物体とレンズ間距離: 0.100m、眼とレンズ間距離: 0.200m

表2. 市販レンズの屈折力とレンズ直径

製品名	屈折力(D)	直径(m)	縦径(m)
Nikonラケットタイプルーペ 1.5×	4	0.107	0.052
Nikonラケットタイプルーペ 2.5×	10	0.060	
Nikonラケットタイプルーペ 3.5×	14	0.046	
Nikonラケットタイプルーペ 5×	20	0.046	
Nikon ポケットタイプルーペ 2×	8	0.035	
Nikon ポケットタイプルーペ 3×	12	0.035	
Nikon ポケットタイプルーペ 5×	20	0.035	
Coil 3x	8	0.080	
Coil 4x	12	0.080	
Ooil 6x	20.75	0.050	

【考察】

- 物体を焦点上に置いた場合、両眼視するためにはレンズから眼を離していくにしたがって瞳孔間距離より広い直径のレンズが必要となる。
- 市販の代表的な拡大鏡の仕様を表2に示したが、12Dを超える市販レンズの直径は0.060m以下がほとんどである。
- 両眼視するためには物体とレンズ間距離を焦点距離より短くして虚像位置を書物に近い位置にする必要があり、倍率は製造業者による表示倍率より低下すると考えられた。