

加齢に伴う ML 錯視の減少の研究 (II)

— 眼球のエイジングを ND フィルター及び
Y2 フィルターでシミュレートして —

浜 口 恵 治*
(人文学部文学科心理学研究室)

A Study of the Age-Related Decrement in the Magnitude of the Müller-Lyer Illusion, part II

—On the Effect of the Simulated Visual Receptor Aging
by Using the ND (Neutral Density) Filters and the
Y2 (Yellow) Filters—

Keiji HAMAGUCHI
(*Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities*)

Abstract: Pollack has proposed that the decreasing of illusory effect of Müller-Lyer illusion with age is produced by visual receptor aging. The ND filters and the Y2 filters were used to simulate receptor aging by decreasing the visual sensitivity of the Ss. The simulation of a sensitivity decline in either manner did not produce an illusion decrement.

幼年期から青年期にかけてミュラー・リャー（以下MLと略す。）錯視は加齢に伴い減少する（安藤¹⁾、Piaget²⁾、Pollack^{3),4),5)}、Weintraub, Tang & Smith⁶⁾、Ebert⁷⁾、Ahluwalia⁸⁾、浜口⁹⁾）。この現象（以下年齢傾向と略す。）の原因として Pollack³⁾は眼球のエイジング（aging）による網膜照度の低下による図地明度対比の減少を主張している。このいわば眼球エイジング説たる Pollack 説は Weale¹⁰⁾の研究、つまり眼球はエイジングにより瞳孔径の縮小（加齢に伴い暗順応時瞳孔がしだいに十分に拡大しなくなる。）、水晶体の黄化等を引き起しその結果網膜照度が低下するという研究に基礎を置いている。又、自らも fundus pigmentation（検眼鏡 ophthalmoscope により測定）の粗密とML錯視との関係を実験し、fundus pigmentationの密なる被験者の方が錯視が少ないことを見出し、自らの説の証拠であると主張した^{11),12)}。これは眼球のエイジングに伴い fundus pigmentation が密になって、その結果網膜照度を低下させると仮定したのであろう。

さらに Ebert & Pollack¹²⁾は地の明度を一定にし、ML錯視図の明度を変化させて図地明度対比を減少させることにより、眼球のエイジングによる図地明度対比をシミュレートした実験を行い、それによるML錯視の減少を見出し、Pollack 説を支持する証拠とした。同様の結果は Ebert¹³⁾も得ている。

浜口⁹⁾は Ebert & Pollack¹²⁾、Ebert⁷⁾の結果が非常に特殊な条件（0.5 秒提示）でしか

* 本研究は、実験 I A・I Bを中村光児氏、実験 II A・II Bを原田清美氏の協力により行われたものである。ここに深く感謝の意を表します。

Pollack 説を支持していなくて、1.5 秒¹²⁾、4.5 秒及び 9.0 秒¹³⁾では支持していないことに疑問を持ち、ML錯視の年齢傾向は刺激提示の長短・図形の大小にかかわらず見出しされており、果して Pollack 説を一般化してこれを説明できるかどうかを検証するため、眼球のエイジングをシミュレートした図地明度対比実験を組織的に行ったが、Pollack 説を支持する結果が得られなかった。そしてさらに図地明度対比による眼球のエイジングのシミュレートに疑問を投げかけ、エイジングによる網膜照度の低下は図地明度対比でなく図地明度差の減少を引き起こすわけだから、フィルターか照明光の変化でエイジングをシミュレートすべきであると主張した。

Weintraub等⁶⁾はND (neutral density) フィルターにより光の透過率を100~10%まで変化させることにより眼球のエイジングをシミュレートした実験を行ったが、透過率の低下に伴い逆にML錯視が増大するという結果を得て Pollack 説を否定した。Weintraub 等は1.5秒刺激提示で実験を行っている。Ebert & Pollack¹²⁾の1.5秒提示の場合は図地明度対比の減少に伴うML錯視の増大を見出ししており、むしろ、Ebert & Pollack と Weintraub 等は一致した結果を得たことになる。Weintraub 等の実験をさらにいろいろな刺激提示時間で行う必要がある。

本論文では、Weintraub 等と同じくNDフィルターにより眼球のエイジングをシミュレートし、Pollack 説の一般化を検証するために外向ML錯視ばかりでなく内向ML錯視に対しても、又、0.5秒提示だけでなくさらに長い提示時間条件に対しても実験を行うことを目的とした。

実験 I A

外向ML錯視に対して実験 I Aを、内向ML錯視に対して実験 I Bを行う。

被験者 大学生10名(男: 8名, 女: 2名)を用いた。

刺激 標準刺激は主線 6 cm (視角 4.2°), 斜線 2 cm, 鈍角 300° の外向ML錯視図である。比較刺激は 4.8~8.8 cm まで 2 mm ステップで変化する直線である。これらは白ケント紙上に 0.5 mm の線巾で黒インクで前者をや、左上, 後者をや、右下側にそれぞれ垂直に描かれた。

装置 刺激提示のためDP-6型タキスト・スコープ(竹井機器K.K.製)を用いた。第1チャンネルは刺激提示, 第3チャンネルは凝視点(白ケント紙中央の線巾 2 mm, 長さ 1 cm, N=1.5のX印)提示のために用いた。刺激提示条件は0.5, 1.0, 2.0秒であった。眼球のエイジングのシミュレートのために用いたNDフィルターは、ND 2 (可視光線全域にわたって50%の透過率), ND 4 (同25%) の2種であり、タキスト・スコープの接眼部に装着された。フィルター条件は、フィルターなし, ND 2, ND 4 の3条件であった。これにより刺激面(白ケント紙)の輝度は、8.87, 4.75, 2.24 cd/m² (東京光学K.K.製, 色彩輝度計, BM-5にて測定)となった。又、凝視点付近の白ケント紙上の輝度はそれぞれ 4.52, 2.36, 1.19 cd/m² であり、刺激面の約半分であった。

手続 極限法の変法の1つである上下法(up and down method)を用いた。上昇・下降系列1回ずつで、その順序は条件ごとにランダムに行った。各系列は4回の判断の逆転よりなり、PSEは各逆転ごとに求められ、合計 2 × 4 = 8 個のPSEの平均をもって各条件のPSEとした。被験者は、刺激提示時間条件 3 (0.5, 1.0, 2.0秒) × フィルター条件 3 (0, ND 2, ND 4) = 9 条件がランダムに与えられた。実験者の「ハイ」の合図の後、0.5~1.0秒後に刺激が提示された。刺激間隔時間(被験者のペースに合わせて2~3秒)の間は常に凝視点が提示されていた。刺激提示が終わった直後に判断が求められた。判断は左側の標準刺激の主線の見かけの長さに対して右側の比較刺激が短く見えるか、等疑か、長く見えるかの3件法で行わせた。実験所要時間は、24~51分で平均33.5分であった。

Table 1. 種々なるNDフィルター条件および刺激提示時間条件におけるML錯視のPSE (Ss10人の平均・cm)

NDフィルター	フィルターなし			ND 2			ND 4		
	0.5秒	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0
(A) 外向 M L	6.60	6.53	6.62	6.67	6.62	6.62	6.64	6.55	6.57
(B) 内向 M L	5.65	5.69	5.61	5.63	5.70	5.69	5.69	5.74	5.74

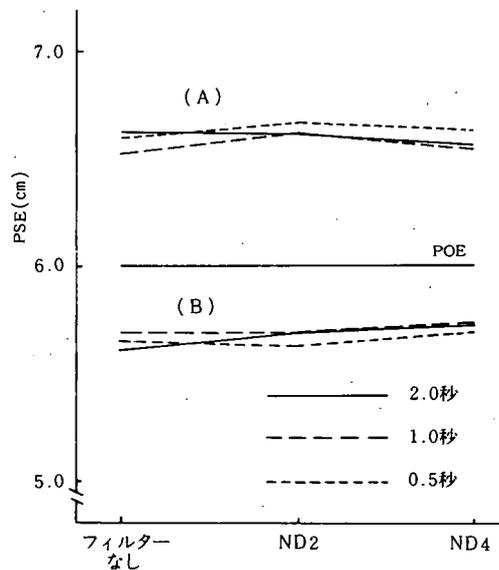


Fig.1. 外向ML錯視(実験I A)および内向ML錯視(実験I B)の種々なる刺激提示時間におけるNDフィルターの効果

Table 2. 実験I A (外向ML錯視)の分散分析

要因	SS	df	MS	F
NDフィルター(A)	598.87	3 - 1 = 2	299.435	1.09 <i>N S</i>
刺激提示時間(B)	770.87	3 - 1 = 2	385.435	0.38 <i>N S</i>
被験者(C)	176065.51	10 - 1 = 9	19562.834	37.41 **
A × B	296.86	2 × 2 = 4	74.215	0.14 <i>N S</i>
A × C	4958.02	2 × 9 = 18	275.446	0.53 <i>N S</i>
B × C	18240.02	2 × 9 = 18	1013.334	1.94 <i>N S</i>
A × B × C	18824.25	2 × 2 × 9 = 36	522.896	
全体	219754.4	3 × 3 × 10 - 1 = 89		

(** $P < 0.01$)

結果

Table 1 の(A)の如き結果を得た。それを Fig. 1 の(A)に示した。さらに分散分析したところ Table 2 の如くになった。フィルター条件・時間条件・それらの交互作用は統計的に有意でなかった ($F = 1.09$ $df = 2 / 18$ NS , $F = 0.38$ $df = 2 / 18$ NS , $F = 0.14$ $df = 4 / 36$ NS)。これらの結果から解釈すると刺激提示の長短にかゝらず図地明度差の減少は何ら外向ML錯視に影響を及ぼさなかったことになり、この実験結果は Pollack 説を支持しなかったことになる。

実験 I B

内向ML錯視に対して実験 I Aと同様の実験を行った。

被験者 新たに大学生10名(男: 8, 女: 2名)を用いた。

刺激 内向(60°) ML錯視図を標準刺激に用いた。比較刺激の範囲は 3.4~8.6 cm であった。他は全て実験 I Aと同じである。

装置・手続 実験 I Aと同じである。実験所要時間は29~38分, 平均32.6分であった。

結果

Table 1 の(B)の如き結果を得た。それを Fig. 1 の(B)に示した。さらに分散分析したところ

Table 3. 実験 I B (内向ML錯視) の分散分析

要因	SS	df	MS	F
NDフィルター(A)	812.47	3 - 1 = 2	406.235	2.00 NS
刺激提示時間(B)	431.67	3 - 1 = 2	215.835	0.72 NS
被験者(C)	16403.17	10 - 1 = 9	1822.574	8.57 **
A × B	318.26	2 × 2 = 4	79.565	0.37 NS
A × C	3650.86	2 × 9 = 18	202.826	0.95 NS
B × C	5388.99	2 × 9 = 18	299.388	1.41 NS
A × B × C	7657.08	2 × 2 × 9 = 36	212.700	
全体	34662.5	3 × 3 × 10 - 1 = 89		

(** $P < 0.01$)

Table 3 の如くになった。フィルター条件・時間条件・それらの交互作用は統計的に有意でなかった ($F = 2.00$ $df = 2 / 18$ NS , $F = 0.72$ $df = 2 / 18$ NS , $F = 0.37$ $df = 4 / 36$ NS)。内向ML錯視においても実験 I A同様 Pollack 説は支持されなかった。

実験 II A

Weale¹⁰⁾は眼球のエイジングは瞳孔径の縮小と水晶体の黄化等を引き起こすと述べている。実験 I A・I BのNDフィルターによるエイジングのシミュレートは主として瞳孔径の縮小に対応する。もう1つの方法として水晶体の黄化を黄色フィルターでシミュレートすることが考えられる。Sjostrom & Pollack^{14), 15)}は黄色フィルター(Kodak Wratten gelatin filter 8 K 2)を用いてデルブッフ錯視の年齢傾向のシミュレート実験を行い、Pollack 説を支持する結果を得た。

水晶体の加齢に伴う黄化は可視光線の短波長部の透過率を減少させる。これは網膜像の色収差によるボケを減少させる。このボケの減少によりML錯視は減少しないであろうか。Ward & Coren¹⁶⁾, Coren, Ward, Porac & Freaser¹⁷⁾, Stuart & Day¹⁸⁾はプロジェクターの焦

点を変化させてスクリーンにボケた(blur)ML錯視図を投影し、ボケた像ほど錯視量が増大することを見い出している。したがって、水晶体の黄化による色収差の減少による網膜上のML錯視図のボケの減少がML錯視の年齢傾向の原因になっている可能性がある。

次なる実験において黄色フィルター(ケンコー製・Y2)を用いて眼球のエイジングによる水晶体の黄化をシミュレートして、実験ⅠA・ⅠBと同様にPollack説の一般化を検証することを目的とした。実験ⅡAは外向ML錯視に対して、実験ⅡBは内向ML錯視に対して実験を行った。

被験者 新たに大学生10名(男:6名,女:4名)を用いた。

刺激 実験ⅠAと全て同じである。

装置 実験ⅠAのNDフィルターに変えてY2フィルター(SY-48, 480 nm以下をシャープ・カットオフする。)を用いた。フィルター条件は、フィルターなし、Y2×1、Y2×2の3条件であった。これにより刺激面のケント紙の輝度は、8.87、8.50、8.60 cd/m²となった。又、凝視点付近の白ケント紙上の輝度は、4.52、4.30、4.25 cd/m²であった。写真の感光ならば、このY2フィルターは露光を半分に減じるのであるが、人間の視感度には殆んど影響を及ぼさないことになる。その他は全て実験ⅠAと同じである。

手続 全て実験ⅠAと同じである。実験所要時間は32~45分、平均38.8分であった。

結 果

Table 4の(A)の如き結果を得た。それをFig. 2の(A)に示した。さらに分散分析したところ

Table 4. 種々なるY2フィルター条件および刺激提示時間条件におけるML錯視のPSE (Ss10人の平均・cm)

Y2フィルター	フィルターなし			Y2×1			Y2×2		
	0.5秒	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0
(A) 外向ML	6.65	6.69	6.77	6.78	6.74	6.91	6.77	6.86	6.70
(B) 内向ML	5.69	5.70	5.64	5.68	5.68	5.58	5.74	5.66	5.61

Table 5の如くなった。フィルター条件・時間条件・それらの交互作用は統計的に有意でなかった($F=1.53$ $df=2/18$ NS, $F=0.30$ $df=2/18$ NS, $F=1.75$ $df=4/36$ NS)。この実験結果もPollack説を支持しなかった。

実 験 Ⅱ B

内向ML錯視に対して実験ⅡAと同様の実験を行った。

被験者 実験ⅡAを経験した男:2名,女:2名を含む大学生10名(男:6名,女:4名)を用いた。

刺激 実験ⅠBと全て同じである。

装置・手続 実験ⅡAと全て同じである。実験所要時間は26~43分、平均33.8分であった。

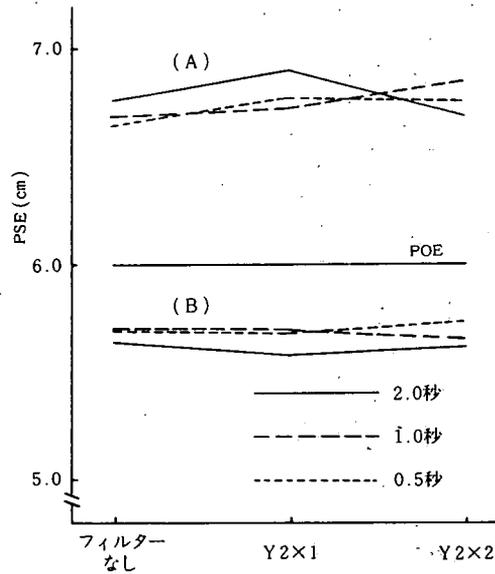


Fig.2. 外向ML錯視(実験II A)および内向ML錯視(実験II B)の種々なる刺激提示時間におけるY2フィルターの効果

Table 5. 実験II A (外向ML錯視)の分散分析

要因	SS	df	MS	F
Y 2 フィルター(A)	1666.47	3 - 1 = 2	833.235	1.53 NS
刺激提示時間(B)	552.87	3 - 1 = 2	276.435	0.30 NS
被験者(C)	78910.4	10 - 1 = 9	8767.822	20.76 **
A × B	2955.86	2 × 2 = 4	738.965	1.75 NS
A × C	9814.86	2 × 9 = 18	545.27	1.29 NS
B × C	16837.13	2 × 9 = 18	935.396	2.21 NS
A × B × C	15204.81	2 × 2 × 9 = 36	422.356	
全体	125942.4	3 × 3 × 10 - 1 = 89		

(** P < 0.01)

結果

Table 4 の(B)の如き結果を得た。それを Fig. 2 の(B)に示した。さらに分散分析したところ Table 6 の如くなった。フィルター条件・時間条件・それらの交互作用は統計的に有意でなかった (F=0.48 df= 2 / 18 NS, F= 3.02 df= 2 / 18 NS, F= 0.50 df= 4 / 36 NS)。

Table 6. 実験ⅡB(内向ML錯視)の分散分析

要因	SS	df	MS	F
Y2フィルター(A)	114.69	3 - 1 = 2	57.345	0.48 NS
刺激提示時間(B)	1448.42	3 - 1 = 2	724.21	3.03 NS
被験者(C)	120567.35	10 - 1 = 9	13396.372	105.91 **
A × B	251.38	2 × 2 = 4	62.845	0.50 NS
A × C	2135.75	2 × 9 = 18	118.653	0.94 NS
B × C	4302.69	2 × 9 = 18	239.038	1.89 NS
A × B × C	4553.51	2 × 2 × 9 = 36	126.486	
全体	133373.79	3 × 3 × 10 - 1 = 89		

(** P < 0.01)

考 察

ML錯視の年齢傾向は青年期以後はどのようなのであろうか。Warpner, Werner & Comalli¹⁹⁾は6~20才にかけてML錯視は減少し、20~39才は一定のレベルを保ち、それ以後は増大するとの傾向を見出ししている。さらに Comalli²⁰⁾は80~90才にかけて増大を続けることを見出ししている。又、Eisner & Schaie²¹⁾も55~75才にかけてML錯視の増大を見出ししている。しかし、Porac & Coren²²⁾は上述の青年期以後及び中年期以後の傾向は、標準刺激に外向か内向ML錯視図を、比較刺激に他方のML錯視を用いているために生じたものであるとして、外向・内向ML錯視をそれぞれ独立に5~70才まで測定し、幼児期から青年期にかけて減少、青年期から中年期にかけては一定、中年期以後は再び減少するとの結果を得ている。Atkeson²³⁾も同様の方法で外向ML錯視だけ20~79才まで測定したが、Porac等と異なり、20~70才にかけて増大、それ以後は減少するとの結果を得た。

Weale¹⁰⁾によれば20才以後の眼球のエイジングは60才にかけてほぼ直線的に進行し、網膜照度は約3分の1に低下する。又、水晶体の黄化を8~79才まで測定したCoren & Girgus²⁴⁾は正の加速曲線で黄化が進行(20才を基準にすると60才では、約2.83倍)することを見出ししている。もしPollack説が正しければ、青年期以後はさらに顕著なML錯視の減少が見られるはずであるが、上述の研究でそのような傾向を見出したものはなくPollack説は青年期以後のML錯視の変化をよく説明しない。

当実験では眼球のエイジングをNDフィルター及びY2フィルターでシミュレートし、Pollack説の一般化の検証実験を行なったが、それを支持する結果が得られなかった。又、上述の如く、青年期以後のML錯視の傾向は、Pollack説に合致しないことにより、ML錯視の年齢傾向を眼球のエイジングにより説明しようとするPollack説は大いに疑問である。

References

- 1) 安藤照子 対象認知における方向規制の発達の研究 奈良女子大学文学会研究年報, 1961, 4, 79-99.
- 2) Piaget, J. 久保田正人訳・知覚の年齢による発達。(ピアジェ・フレス編・波多野・南監修・現代心理学Ⅳ, 知覚と認知, 白水社, 1971, 所収)
- 3) Pollack, R. H. Contour detectability threshold as a function of chronological age. *Perceptual and Motor Skills*, 1963, 17, 411-417.
- 4) Pollack, R. H. Simultaneous and successive presentation of elements of the Mueller-Lyer figure and chronological age. *Perceptual and Motor Skills*, 1964, 19, 303-310.
- 5) Pollack, R. H. Mueller-Lyer illusion: Effect of age, lightness contrast, and hue. *Science*, 1970, 170, 93-95.

- 6) Weintraub, D. J., Tong, L., & Smith, A. J. Müller-Lyer versus size / reflectance-contrast illusion: Is the age-related decrement caused by a declining sensitivity to brightness contours? *Developmental Psychology*, 1973, 8, 6-15.
- 7) Ebert, P. Effects of lightness contrast and fundus pigmentation on age-related decrement in magnitude of the Mueller-Lyer illusion. *Perceptual and Motor Skills*, 1976, 42, 1276-1278.
- 8) Ahluwalia, A. An intra-cultural investigation of susceptibility to 'perspective' and 'non-perspective' spatial illusions. *The British Journal of Psychology*, 1978, 69, 233-241.
- 9) 浜口恵治 加齢に伴うML錯視の減少の研究(1) ——眼球のエージングを明度対比の減少でシミュレートして—— 高知大学学術研究報告, 1982, 31, 137-146.
- 10) Weale, R. A. Retinal illumination and age. *Transactions of Illuminating Engineering Society (London)*, 1961, 26, 95-100.
- 11) Pollack, R. H., & Silvar, S. D. Magnitude of the Mueller-Lyer illusion in children as a function of pigmentation of the fundus oculi. *Psychonomic Science*, 1967, 8, 83-84.
- 12) Ebert, P. C., & Pollack, R. H. Magnitude of the Mueller-Lyer illusion as a function of lightness contrast, viewing time, and fundus pigmentation. *Psychonomic Science*, 1972, 26, 347-348.
- 13) Ebert, P. C., & Pollack, R. H. The effect of lightness contrast, tachistoscopic duration, and fundus pigmentation on the magnitude of the Mueller-Lyer illusion. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 1973, 50, 872-878.
- 14) Sjostrom, K. P., & Pollack, R. H. The effect of simulated receptor aging on two types of visual illusions. *Psychonomic Science*, 1971, 23, 147-148.
- 15) Sjostrom, K. P., & Pollack, R. H. Simulated receptor aging in the study of ontogenetic trends of visual illusions. *Proceedings of the Annual Convention of the American Psychological Association*, 1971, 6, 173-174.
- 16) Ward, L. M., & Coren, S. The effect of optically induced blur on the magnitude of the Mueller-Lyer illusion. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 1976, 7, 483-484.
- 17) Coren, S., Ward, L. M., Porac, C., & Fraser, R. The effect of optical blur on visual-geometric illusions. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 1978, 11, 390-392.
- 18) Stuart, G. W., & Day, R. H. The effect of blurring on intersecting-line illusions. *Perception*, 1980, 9, 537-548.
- 19) Wapner, S., Werner, H., & Comalli, P. E. Perception of part-whole relationships in middle and old age. *Journal of Gerontology*, 1960, 15, 412-416.
- 20) Comalli, P. E. Cognitive functioning in a group of 80-90-year-old men. *Journal of Gerontology*, 1965, 20, 14-17.
- 21) Eisner, D. A., & Schaie, K. W. Age changes in response to visual illusions from middle to old age. *Journal of Gerontology*, 1971, 26, 146-150.
- 22) Porac, C., & Coren, S. Life-span age trends in the perception of the Mueller-Lyer. Additional evidence for the existence of two illusions. *Canadian Journal of Psychology*, 1981, 35, 58-62.
- 23) Atkeson, B. M. Differences in the magnitude of the simultaneous and successive Mueller-Lyer illusions from age twenty to seventy-nine years. *Experimental Aging Research*, 1978, 4, 55-66.
- 24) Coren, S., & Gergus, J. S. Density of human lens pigmentation: In vivo measures over an extended age range. *Vision Research*, 1972, 12, 343-346.

(昭和58年9月5日受理)

(昭和59年3月10日発行)