アイラインの厚さによる二重瞼の目の大きさ錯視効果

An Optical Illusion of Double Eyelid Eye Size Due to Eyeliner Thickness

大栗 玲奈[†], 正会員 小玉 周平^{††}, 正会員 高橋 時市郎^{†,††}

Rena Okuri[†], Shuhei Kodama^{††} and Tokiichiro Takahashi^{†,††}

あらまし メイクアップ方法のひとつであるアイラインには目を大きく見せる錯視効果があり、それにより女性の魅力を向上させている。アイラインには決まった形状がなく、厚さや長さは自由である。本研究では、アイラインの厚さと錯視量の関係を実験的に検証する。

キーワード：化粧, アイライン, 錯視, 顔, 目

1. ま え が き

近年では、顔の美と魅力に関する関心の高まりに伴い、顔画像研究は多分野にわたり、活発に研究が行われている。顔の形態に関する実験研究によると、大きい目は女性の顔の魅力を増す特徴のひとつであると言われる¹⁾。目を大きく見せ、女性の顔の魅力を向上させる方法にアイメイクがある。Matsushita ら²⁾ は、まつ毛の生え際辺りに線を引くメイクアップ法であるアイラインには、デルブーフ錯視によって目を大きく見せる効果があることを明らかにし、アイラインの色や範囲（上瞼のみ、上瞼+下瞼）と、それらによって生じる錯視で目がどれくらい大きく見えるか（錯視量と呼ぶ）測定した。筆者ら⁴⁾ はアイラインの厚さが錯視量に影響することに着目し、予備検討を行った。本研究では、アイラインの厚さと錯視量との関係を明らかにするために、心理物理学的測定法を用いて、アイラインの厚さと二重瞼の目の大きさの間の錯視量を測定したので報告する。

2. 先 行 研 究

Jones ら³⁾ の研究により、顔の特徴のうち、目においては自分でメイクアップをした場合とプロがメイクアップをした場合のどちらにおいてもメイクアップ後の方が大きく知覚されることが明らかとなっている。このように、目にメイクアップをすること（以下、アイメイク）によって、目が大きく見える。アイメイクの中でも、特にアイラインについて、心理物理学的実験からその効果を明らかにする研究が行われている。Matsushita ら²⁾ は、デルブーフ錯視に基づき、アイラインには目を大きく見せる錯視の効果があ

図 1 デルブーフ錯視

ること、アイラインの色や範囲によって錯視量が変わることを実験的に明らかにした。彼らはアイラインの色や範囲が目の大きさの錯視に及ぼす効果は検証したが、アイラインの厚さと錯視の効果については検証していない。デルブーフ錯視とは、図 1 に示すように、単独円と二重円（内円は単独円と同じ大きさ）を並べて比較すると、単独円よりも二重円の内円の方が大きく見える錯視である。この錯視は、二重円の外円と内円が同化するために生じる。

筆者ら⁴⁾ は、アイラインの厚さが目の大きさの錯視に及ぼす影響を測定する予備実験を行った。その結果、アイラインが厚くなると錯視量が増加する傾向にあることが示唆されたが、アイラインの厚さのバリエーションが十分でなかった。

本研究では、筆者らの予備実験をもとに、アイラインの厚さのバリエーションを増やし、その錯視量への影響を実験的に検証する。

3. 錯視量測定実験

アイラインの厚さを変化させた時、目の大きさの錯視量の変化を測定する実験を行った。

3.1 被験者

被験者は、視力・色覚が正常な 33 人（平均年齢 22.7 歳、 $SD = 1.48$, 男性 17 人、女性 16 人）である。口頭および書面にて実験内容を説明し、被験者の同意を得た上で錯視量測定実験を行った。

2021 年 3 月 6 日受付, 2021 年 8 月 14 日再受付, 2021 年 9 月 13 日採録

[†] 東京電機大学

(〒 120-8551 東京都足立区千住旭町-5, TEL 03-5284-5340)

^{††} アストロデザイン株式会社

(〒 145-0066 東京都大田区南雪谷 1-5-2, TEL 03-5734-6300)

3.2 実験環境および実験装置

感染症流行により被験者を集めての実験が困難であったので、実験プログラムを配布し、被験者各自で実験プログラムの実行環境を整えた上で、以下に述べる照明とディスプレイの使用条件を守って実験を行うよう指示した。使用する照明は、住宅用の寒色系照明とする。測定中に照明の明るさと方向は変更しない。使用するディスプレイは、位置と向きを固定する。ディスプレイの輝度は、被験者の所有するPCのディスプレイ輝度を筆者らがあらかじめ色彩輝度計（CS-100A, コニカミノルタ）で測定し、約 250 cd/m^2 となるようにディスプレイの輝度調整スライダーの調整率を被験者に調整するよう指示した。使用するディスプレイの画面の高さ H に対し、観察距離は $3H$ とするよう指示した。被験者は全員 IT リテラシーに堪能であり、指示通りに実験環境を整えた。実験中は、使用条件と実験手順を順守して実験を行った。

3.3 標準刺激画像と比較刺激画像

実験で用いる比較刺激画像と標準刺激画像は、次のようにして作成する。比較刺激画像、標準刺激画像の画素数はいずれも $520 \text{ px} \times 140 \text{ px}$ で、画像の 1 px が 0.2 mm （小数点第2位を四捨五入）になるように画面に表示する。

まず、図2(a)に示すような、アイメイクが施されていない二重瞼の日本人女性の、鼻根から（画面に向かって）左側の左目の画像を用意し、これを原画像とする。目の大きさは、日本人女性青年層の平均的な内眼角幅 36.6 mm と外眼角幅 90.0 mm ⁵⁾ から、片目の横幅を約 30.0 mm とした。

次に、原画像を左右反転させた画像を作成し、（画面に向かって）右目の画像（図2(b)）とする。原画像（図2(a)）と右目の画像（図2(b)）を合わせた左右対称の両目の画像を T_0 （図2(c)）とする。

標準刺激画像として、アイメイクなしの両目の画像 T_0 （図2(c)）に、厚さ $6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 \text{ px}$ （実寸で $1.2, 1.8, 2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8 \text{ mm}$ ）のアイラインをペイントソフトで描いた7種類の画像 $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7$ を作成する。つまり、 i 番目の画像 T_i は、厚さ $(i \times 3 + 3) \text{ px}$ あるいは $(i \times 0.6 + 0.6) \text{ mm}$ のアイラインがペイントソフトで描かれた画像である。 T_0 と標準刺激画像（ $T_1 \sim T_7$ ）の左目部分のみを図3に示す。

比較刺激画像として、 T_0 の各目周辺の領域（図2(d)）を $88\% \sim 116\%$ まで 2% ずつ拡大縮小した画像を作成する。その際、目の大きさは、水平・垂直方向にアスペクト比を変えずに $88\% \sim 116\%$ まで 2% ずつ拡大縮小する。比較刺激画像の 100% は T_0 となる。拡大縮小によって生じた画像内のギャップについては、つなぎ目が不自然にならないように画像の縁をぼかしてつなぎ、比較刺激画像を作成する。

アイラインは上瞼の縁の形に合わせて滑らかな曲線を描いたとき、その曲線から垂直に上方向へ伸ばした距離をアイラインの厚さとした。目頭、目尻に向かってアイラインは徐々に細くなり、目の形状に合わせる。ここで、目頭は

図2 アイメイクなしの両目画像（ T_0 ）の作成手順と比較刺激画像の拡大縮小範囲

図3 T_0 と標準刺激画像（ $T_1 \sim T_7$ ）

図4 目とアイラインの定義

内眼角点と内眼角点から内側に 18 px の点の間とした。目尻は外眼角点と外眼角点から外側に 6 px の点間とした。目とアイラインの定義を図4に示す。

3.4 手順

標準刺激と等価の比較刺激、すなわち、主観的等価点を求めるための錯視量測定実験の手順を図5に示す。

錯視量の測定には階段法を用いた。まず、 7000 ms の間、

図5 錯視量測定実験の手順

灰色 ($R=G=B=153$) の画像1が表示される。次に、3000 msの間、白色の背景に標準刺激と比較刺激を画面の左右に並べた画像2が表示される。標準刺激と比較刺激が画面の左右どちらに表示されるかはランダムとした。被験者は両刺激画像を見比べて、画面に向かって「右側の画像の目が大きいと感じる」、「左側の画像の目が大きいと感じる」、「等しい/わからない」のいずれであるかを判断して回答する。その後、再び4000 msの間、灰色の画像1が表示される。以下、画面の左右に表示される刺激画像の目の大きさを比較して回答する作業と、灰色の画像表示が繰り返される。

提示する比較刺激の刺激強度(拡大縮小率)は、標準刺激の方が大きいと被験者が判断した時に2%上昇方向 ($88\% \Rightarrow 116\%$)へ、比較刺激の方が大きいと判断した時に2%下降方向 ($116\% \Rightarrow 88\%$)へ変更し、次の試行で表示する。また、等しい/分からないと判断した場合は、比較刺激の上昇・下降の方向をそのまま保持して刺激強度を変更し、次の試行で表示する。比較刺激の上昇・下降の方向が反転した際に、比較刺激の刺激強度を記録した。Matsushitaら²⁾の実験方法を参考に、8回反転したときに、主観的等価点に達したとして測定を終了することとした。そして、8回分の比較刺激の刺激強度の平均値をその標準刺激の条件における錯視量とする。本実験における階段法による錯視量の測定方法の例を図6に示す。

この手順を、標準刺激を変更してT1～T7の7条件で実施した。また、次の条件に移る前には、短くても1分間の休憩時間を設けた。

4. 実験結果と解析

4.1 実験結果

錯視量測定実験の結果を図7に示す。標準刺激画像T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7において、それぞれ約102.8%, 103.9%, 104.7%, 104.9%, 104.6%, 103.4%, 103.3% (面積比でそれぞれ約105.7%, 107.9%, 109.6%, 110.1%, 109.4%, 107.0%, 106.8%)の錯視量が測定された。

4.2 錯視量の測定結果の解析

錯視量測定実験の結果に対して、分散分析と効果量から

図6 階段法による錯視量の測定の例。 $t_1 \sim t_8$ における刺激強度の平均値を錯視量とする。この例の場合錯視量は約107.3%となる。

アイラインの厚さ要因が錯視量に影響を及ぼしているかを解析した。次に、多重比較法と95%信頼区間、効果量に基づいて、水準間比較を行った。その結果を以下に記す。

(1) アイラインの厚さ要因の影響

二重瞼の目の大きさの錯視におけるアイラインの厚さの影響を分析するために、正規性と水準間の等分散性を確認し、被験者内要因の一元配置分散分析を行った。分散分析の結果、アイラインの厚さの効果は有意であった ($F(6, 32) = 3.80, p = .00 < .05$)。標本サイズに影響されず、実質的效果の大きさを表す指標となる効果量 η^2 より、錯視量とアイラインの厚さの関係の強さはやや中程度⁶⁾ ($\eta^2 = 0.04$)であった。つまり、二重瞼の目の大きさを知覚する際にアイラインの厚さが影響するという結果が得られた。

(2) 水準間比較

T1～T7の各水準間を比較することで、錯視量の変化の傾向を把握できる。まず、多重比較法 (Tukey-Kramer 法) によって水準間の平均値の差を比較したところ、T1に対してT3, T4, T5は有意に大きいことが示された。したがって、T1からアイラインの厚さが厚くなる程、錯視量が徐々に大きくなり、T4付近で最も大きくなると言える。一方で、その他の水準間では有意差がなかった。しかし、0を含まないことで有意差がある指標となる95%信頼区間を見ると、T4に対してT6 (平均値の差-1.52, 95%CI[-3.28, 0.24])とT4に対してT7 (平均値の差-1.61, 95%CI[-3.36, 0.15])はわずかに0を含んでいる。このことから、T4以降のアイラインの厚さ (3.0 mm以上) では、錯視量が徐々に小さくなる傾向にあることがわかる。つまり、アイラインを厚くしても、目は期待するほどには大きく見えないことになる。

続いて、効果量 dD (水準間の相関を考慮した効果量) を用いて各水準間の効果の大きさを測る。効果量はT1に対しT2, T2に対しT3ではどちらもやや中程度⁶⁾ (それぞれ $dD = 0.35, dD = 0.34$) の効果があったため、T1か

図 7 アイラインの厚さと錯視量の変化
(エラーバーは 95%信頼区間)

ら T3 まで錯視量は単調増加することを支持できる。また、T5 に対し T6 でもほぼ中程度⁶⁾ ($dD = 0.43$) の効果があったため、同じく T5 から T6 では錯視量が減少していることが支持できる。一方、T3 に対し T4、T4 に対し T5、T6 に対し T7 ではほぼ小～非常に小程度⁶⁾ の効果であったため、T3 から T5、T6 から T7 の錯視量の変化は微小なものであったと言える。

5. 考 察

アイラインの厚さを变化させた時の錯視量測定実験の結果から、アイラインの厚さが 1.2 mm から 2.4 mm までは錯視量が単調増加する。2.4 mm から 3.0 mm まではわずかな増加傾向となり、3.0 mm 付近で最も目が大きく知覚されることが示された。さらに、3.0 mm から 3.6 mm まではわずかに減少傾向に転じ、3.6 mm から 4.2 mm では減少、4.2 mm から 4.8 mm までは極めて小さな減少傾向が見られた。

アイラインが厚くなると錯視量が増える要因は、アイラインの領域を目の領域と誤認あるいは錯覚するためと考えられる。また、厚いアイラインによって、目がアイラインで囲まれていることを知覚しやすくなり、デルブーフ錯視が起こりやすくなるとも考えられる。

しかし、過度な厚さのアイラインを施した目は、顔と目の境界がはっきりすることで、目が顔から浮いているように見えてしまう。すると、顔と目との対比が起こり、顔の大きさに対して、反対に目が小さく見える「大きさの対比錯視」が生じる可能性がある。目の全周を囲うように施したアイラインにおいても、同じようにこの錯視が生じる⁷⁾。

また、デルブーフ錯視では、内円と外円の直径比が 2:3 の時に錯視が極大になるとされている⁸⁾。しかし、今回の実験で、デルブーフ錯視の外円をアイラインと見立てると、目とアイラインの直径比がおおよそ 3:4 (それぞれ 18.0 mm, 24.0 mm) で錯視の極大となった。このように、アイラインの錯視は、様々な錯視や刺激の知覚の仕方による効果が相互に関連しており、単純な図形の組み合わせであるデルブーフ錯視の効果のみでは説明できないとも考えられる。

6. む す び

本研究では、アイラインの厚さによって二重瞼の目の大きさ、すなわち錯視量を測定した。測定実験の結果、アイラインの厚さの増加に伴い、錯視量は一定レベルまで単調増加した後、減少した。この結果より、厚いアイラインは目の領域誤認を引き起こし、目を大きく見せることができるが、厚すぎるアイラインでは逆効果となることが明らかとなった。今後は、アイラインが引き起こす錯視の要因についても検討を進める。また、アイメイクとして違和感がないアイラインの厚さを調査し、目を大きく見せることができる実用的なアイラインについても検討する。

謝 辞

本研究を進めるに際し、ご意見賜った東京電機大学 未来科学部 井ノ上寛人助教に感謝致します。

〔文 献〕

- 1) J. Y. Baudouin and G. Tiberghien: "Symmetry, Averageness, and Feature Size in the Facial Attractiveness of Women", *Acta Psychologica*, **117**, 3, pp.313-332 (2004)
- 2) S. Matsushita, K. Morikawa, and H. Yamanami: "Measurement of Eye Size Illusion Caused by Eyeliner, Mascara, and Eye Shadow", *J. Cosmetic Science*, **66**, 3, pp.161-174 (2015)
- 3) A. L. Jones, A. Porcheron and R. Russell: "Makeup Changes the Apparent Size of Facial Features", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, **12**, 3, pp.359-368 (2018)
- 4) 大栗玲奈, 小玉周平, 高橋時市郎: "アイラインの厚さが目の大きさ錯視に及ぼす効果", *顔学フォーラム* 2020, P1-2 (2020)
- 5) M. Kouchi and M. Mochimaru: "Anthropometric Database of Japanese Head 2001", *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*, H16PRO-212 (2008)
- 6) J. Cohen: "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)", Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (1988)
- 7) 森川 和則: "化粧による顔の心理効果: 顔錯視研究の観点から", *映像情報メディア学会誌*, **69**, 11, pp.842-847 (2015)
- 8) 鈴木 正弥: "同心円錯視と図地関係 第一報告", *日本心理学会*, **35**, 3, pp.133-139 (1964)

おおくり 玲奈
大栗 玲奈 2020 年, 東京電機大学未来科学部卒業。同年, 同大学院未来科学研究科入学。現在に至る。顔画像処理の研究に従事。

こだま しゅうへい
小玉 周平 2014 年, 東京電機大学未来科学部卒業。2016 年, 同大学院未来科学研究科修了。2018 年 3 月から 6 月までモントリオール大学招聘研究員。2019 年, 同大学院先端科学技術研究科修了。博士 (工学)。同年, アストロデザイン株式会社に入社。2021 年より東京電機大学未来科学部助教。現在に至る。ノンフォトリタリステックレンダリングの研究に従事。正会員。

たかはし ときしろう
高橋時市郎 1977 年, 新潟大学工学部卒業。同年, 電電公社入社。NTT 基礎研究所, ヒューマンインタフェース研究所, サイバーソリューション研究所において, パターン認識, コンピュータグラフィックス, 学習科学の研究開発に従事。2003 年より東京電機大学工学部教授。2007 年同大学未来科学部教授。現在に至る。ビジュアルコンピューティングの研究に従事。2017 年よりアストロデザイン株式会社 客員研究員。博士 (工学)。正会員。