

目次

1	目的	2
2	実験機材	2
3	実験方法	2
3.1	ミューラーリヤー錯視に関する測定	2
3.2	測定結果の統計分析	2
4	結果	3
4.1	上昇系列と下降系列の錯視量の比較	4
4.2	矢羽の角度と錯視量の関係についての実験	5
5	考察	8
5.1	上昇系列と下降系列の錯視量の相違について	8
5.2	矢羽の角度と錯視量の関係について	9

1 目的

ミュラーリヤー錯視の実験を行い、矢羽の角度が同じ場合に上昇系列と下降系列で測定で錯視量に相違があるのかどうかの分析を行い、矢羽の角度と錯視量の関係性について考察を行う。また、認知特性に関する実験方法と分析方法を身に着ける。

2 実験機材

使用した機材は、Dell Inspiron 15 3535 である。OS は Windows11 Home であり、用いた R 言語は R version 4.3.2 である。また、配布物は 3cm の矢羽と 10cm の主線が印刷された、鉋角が $60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$ の 5 種類の標準刺激と、線とスケールが印刷された比較刺激である。標準刺激の例を図 1 に示す。

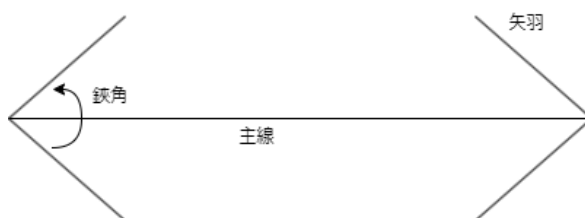


図 1 標準刺激の例

3 実験方法

3.1 ミュラーリヤー錯視に関する測定

まず、5 種類の標準刺激を比較刺激に差し込みスライドすることで比較刺激を調整して、標準刺激の主線と等しい長さに見える比較刺激の直線の長さ（主観的等価点, point of subjective equality:PSE）を求めた。測定の際、比較刺激が最も短く見える地点から調整を開始する上昇系列と、比較刺激が最も長く見える地点から調整を開始する下降系列について、それぞれ 4 回ずつ測定を行った。得られた測定結果を、2 つの系列について平均を求め、基準値 10 から引くことで錯視量を求め、2 班のデータを表計算ソフトにまとめた。

3.2 測定結果の統計分析

班のデータを用いて、5 種類の刺激条件毎に t 検定を行い、上昇系列と下降系列の錯視量の平均値を比較した。次に、上昇系列と下降系列を別にして、5 種類の刺激条件間の錯視量の平均値の比較を分散分析により行った。

4 結果

個人の PSE 測定の結果を図 2 に示す。なお、本実験では上昇系列を A、下降系列を D と表現している。

試行順	条件	PSE				
		240°	60°	300°	180°	120°
1	A	10.70	8.91	10.71	9.55	8.51
2	D	10.89	9.47	11.68	10.35	9.19
3	D	10.85	9.20	11.20	9.50	9.38
4	A	10.83	8.68	10.89	8.99	8.21
5	A	11.06	9.12	11.95	9.60	8.83
6	D	10.15	9.59	12.45	9.57	10.05
7	D	10.70	9.36	11.60	9.50	9.00
8	A	10.81	9.01	11.58	9.72	9.11
条件A	合計	43.40	35.72	45.13	37.86	34.66
	平均	10.85	8.93	11.28	9.47	8.67
	錯視量 (I)	-0.85	1.07	-1.28	0.54	1.34
条件D	合計	42.59	37.62	46.93	38.92	37.62
	平均	10.65	9.41	11.73	9.73	9.41
	錯視量 (I)	-0.65	0.59	-1.73	0.27	0.59

図 2 実験者個人の錯視量の測定結果

班員の刺激条件毎の錯視量のデータを図 3 に示す。また、有意水準を 5% として統計分析を行った。

席番号	60A	60D	120A	120D	180A	180D	240A	240D	300A	300D
25	-1.34	-1.28	-1.31	-1.06	-0.148	-0.207	1.085	0.512	1.04	1.14
26	0.5525	0.52	0.5575	0.2625	0.005	0.015	-1.0575	-0.83	-1.285	-1.655
27左	0.575	-0.42	0.4775	-0.0525	0.22	-0.53	-1.1025	-1.845	-1.3525	-2.035
27右	0.8325	0.5825	1.375	1.1675	0.2175	0.2975	-0.33	-0.73	-0.87	-0.895
28	1.355	1.385	0.9225	0.75	0.6575	0.23	-0.4625	-0.5825	-0.865	-1.0225
29	-0.185	-0.4125	-0.0425	-0.295	-0.135	-0.1975	-1.055	-1.1775	-2.2575	-2.5775
31	1.8	1.43	0.99	1.185	0.5625	0.3225	0.3475	-0.5225	-0.5775	-0.8925
32	1.7775	0.96	1.44	1.0675	1.055	0.3325	0.69	0.07	0.235	0.37
33左	-0.205	0.1475	0.22	0.9675	0.1025	-0.065	0.975	0.4425	-0.5425	0.72
33右	1.78	1.7125	1.3425	0.735	0.3225	-0.13	-0.7525	-1.25	-1.1975	-0.9675
34	0.7525	0.48	1.19	0.9975	0.53	0.0025	-0.475	-0.8425	-0.885	-1.1675
35	1.2375	0.275	0.4225	0.095	0.27	-0.2975	-0.7	-1.5975	-1.51	-1.9475
36左	1.07	0.59	1.34	0.59	0.54	0.27	-0.85	-0.65	-1.28	-1.73
合計										
平均	0.769423077	0.459230769	0.686538462	0.493076923	0.323038462	0.003307692	-0.283653846	-0.692538462	-0.872884615	-0.973846154
標準偏差	0.919743031	0.833982279	0.772744391	0.672025199	0.341676044	0.274065726	0.788075593	0.712938913	0.82042789	1.113463822

図 3 刺激条件毎の錯視量のデータ

4.1 上昇系列と下降系列の錯視量の比較

鉋角が 60° , 120° , 180° , 240° , 300° の 5 種類の標準刺激毎に, 系列 A と系列 D の錯視量の平均値を対応のある t 検定により比較した結果を鉋角の昇順に図 4-図 8 に示す.

```
> with(data4t, (t.test(X60A, X60D, alternative = "two.sided", c
  Paired t-test
data: X60A and X60D
t = 2.7232, df = 12, p-value = 0.0185
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.06201035 0.55837426
sample estimates:
mean difference
 0.3101923
```

図 4 鉋角が 60° のときの, t 検定の結果

```
Paired t-test
data: X120A and X120D
t = 1.7568, df = 12, p-value = 0.1044
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.04647717 0.43340024
sample estimates:
mean difference
 0.1934615
```

図 5 鉋角が 120° のときの, t 検定の結果

```
Paired t-test
data: X180A and X180D
t = 4.1729, df = 12, p-value = 0.001293
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.1527905 0.4866711
sample estimates:
mean difference
 0.3197308
```

図 6 鉋角が 180° のときの, t 検定の結果

```

Paired t-test
data: X240A and X240D
t = 4.037, df = 12, p-value = 0.001648
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.1882072 0.6295620
sample estimates:
mean difference
 0.4088846

```

図7 鉄角が240°のときの、t検定の結果

```

Paired t-test
data: X300A and X300D
t = 0.74748, df = 12, p-value = 0.4692
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.1933279 0.3952509
sample estimates:
mean difference
 0.1009615

```

図8 鉄角が300°のときの、t検定の結果

4.2 矢羽の角度と錯視量の関係についての実験

2つの系列A,Dそれぞれに対して、分散分析を行った結果を図9-図12に示す.

```

> summary(AnovaModel.3)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
angle           4  24.14    6.035    10.44 0.00000174 ***
Residuals      60   34.69    0.578
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(data4A, numSummary(I, groups = angle, statistics=c('mean', 'sd')))
      mean      sd data:n
120A 0.6885385 0.7727444    13
180A 0.6250000 0.7478211    13
240A 0.2161154 0.4637918    13
300A -0.8728846 0.8204279    13
60A  0.7694231 0.9197430    13

```

図9 系列Aに対する、一元配置分散分析の結果

```

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = I ~ angle, data = data4A)

Linear Hypotheses:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
180A - 120A == 0 -0.06154    0.29823   -0.206  0.99958
240A - 120A == 0 -0.47042    0.29823   -1.577  0.51744
300A - 120A == 0 -1.55942    0.29823   -5.229 < 0.0001 ***
60A - 120A == 0  0.08288    0.29823    0.278  0.99866
240A - 180A == 0 -0.40888    0.29823   -1.371  0.64828
300A - 180A == 0 -1.49788    0.29823   -5.023 < 0.0001 ***
60A - 180A == 0  0.14442    0.29823    0.484  0.98853
300A - 240A == 0 -1.08900    0.29823   -3.652  0.00488 **
60A - 240A == 0  0.55331    0.29823    1.855  0.35242
60A - 300A == 0  1.64231    0.29823    5.507 < 0.0001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```

図 10 系列 A に対する，多重比較の結果

```

> summary(AnovaModel.4)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
angle           4  23.15    5.788    9.743 0.00000386 ***
Residuals      60  35.64    0.594
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(data4D, numSummary(I, groups = angle, statistics=c('mean', 'sd')))
      mean      sd data:n
120D 0.493076923 0.6720252    13
180D 0.003307692 0.2740657    13
240D -0.692538462 0.7129389    13
300D -0.973846154 1.1134638    13
60D  0.459230769 0.8339823    13

```

図 11 系列 D に対する，一元配置分散分析の結果

```

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = I ~ angle, data = data4D)

Linear Hypotheses:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
180D - 120D == 0 -0.48977    0.30232   -1.620  0.49074
240D - 120D == 0 -1.18562    0.30232   -3.922  0.00206 **
300D - 120D == 0 -1.46692    0.30232   -4.852 < 0.001 ***
60D - 120D == 0  -0.03385    0.30232   -0.112  0.99996
240D - 180D == 0 -0.69585    0.30232   -2.302  0.15861
300D - 180D == 0 -0.97715    0.30232   -3.232  0.01645 *
60D - 180D == 0   0.45592    0.30232    1.508  0.56136
300D - 240D == 0 -0.28131    0.30232   -0.931  0.88392
60D - 240D == 0   1.15177    0.30232    3.810  0.00290 **
60D - 300D == 0   1.43308    0.30232    4.740 < 0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```

図 12 系列 D に対する，多重比較の結果

また，系列 A と系列 D の分散分析結果のグラフを図 13, 図 14 に示す．

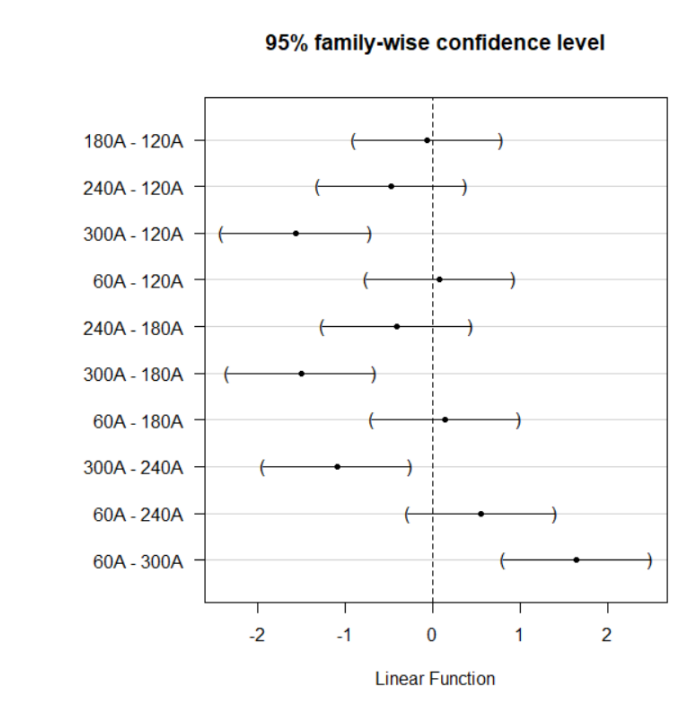


図 13 上昇系列 (A) の分散分析の結果

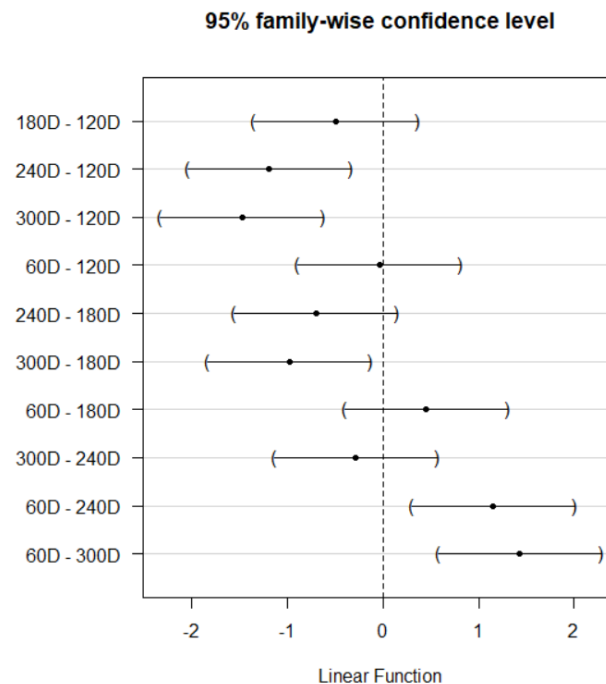


図 14 上昇系列 (D) の分散分析の結果

5 考察

5.1 上昇系列と下降系列の錯視量の相違について

図 4 より，鋏角が 60° のとき，上昇系列と下降系列で錯視量に有意な差が見られ ($t(12)=2.72$, $p=.019$)，図 3 より系列 A よりも系列 D の方が錯視量が小さい。

図 5 より，鋏角が 120° のとき，上昇系列と下降系列で錯視量に有意な差が見られない ($t(12)=1.76$, $p=.104$)。

図 6 より，鋏角が 180° のとき，上昇系列と下降系列で錯視量に有意な差が見られ ($t(12)=4.17$, $p=.0013$)，図 3 より系列 A よりも系列 D の方が錯視量が小さい。

図 7 より，鋏角が 240° のとき，上昇系列と下降系列で錯視量に有意な差が見られ ($t(12)=4.04$, $p=.0016$)，図 3 より系列 D よりも系列 A の方が錯視量が小さい。

図 8 より，鋏角が 300° のとき，上昇系列と下降系列で錯視量に有意な差が見られない ($t(12)=0.75$, $p=.47$)。

これらの結果から，鋏角が $0-180^\circ$ のとき，上昇系列よりも下降系列の方が精度よく測定でき，鋏角が $180-360^\circ$ のとき，下降系列よりも上昇系列の方が精度よく測定できると考えられる。

5.2 矢羽の角度と錯視量の関係について

上昇系列における一元配置分散分析の結果（図 9），5 つの刺激条件間の錯視量の差は有意であった ($F(4, 60) = 10.44, p < .001$)。Turkey の多重比較の結果（図 10），鋏角 60° と 300° ，鋏角 120° と 300° ，鋏角 180° と 300° ，鋏角 240° と 300° の間に有意差が見られた。

また，下降系列における一元配置分散分析の結果（図 11），5 つの刺激条件間の錯視量の差は有意であった ($F(4, 60) = 10.44, p < .001$)。Turkey の多重比較の結果（図 12），鋏角 60° と 240° ，鋏角 60° と 300° ，鋏角 120° と 240° ，鋏角 120° と 300° の間に有意差が見られた。

したがって，どちらの系列においても，鋏角が $0 - 180^\circ$ のときは短めに錯視してしまい，鋏角が $180 - 360^\circ$ のときは長めに錯視してしまうことが分かった。

参考文献

- [1] 西崎友規子．プロジェクト実習Ⅰ ヒューマンインターフェース 実験テキスト．京都工芸繊維大学，2024 年