

「ベンハムのこまと錯視の研究」

1 研究の動機

名古屋のおもちゃ屋に「ベンハムのこま」が売られていました。ベンハムのこまは白と黒の模様がついていて、回すと不思議なことに赤や青や緑の色が見えました。白と黒からいろんな色が見えることに、ぎもんを持ちました。絵の具の白色と黒色では、灰色しか作れません。それが、こまにして回転させると、赤や青などの色が見られます。父に聞くと、これは目の錯覚だと教えられました。錯覚とは、目がだまされることで、錯視とも言うそうです。西にしずむ夕日が大きく見えるのも周りの景色とによって起こる錯視です。そこで、ベンハムのこまに色がついたように見える仕組みといろいろな錯視について調べてみようと思いました。



2 研究の内容

(1) ベンハムのこまについて

①色のよく見える回転速度を調べる。

変圧器にせん風機をつなげ、電圧を変えることにより、回転速度を変え、色のよく見える回転速度を見つける。このときにつかうもようは右図のものとする。



<結果 1>

- ・せん風機のスイッチ微風（弱）で、変圧器が 70V を示していたときが一番多くの色が見えた。見えた色は、中央から赤→黄→緑→青だった。
- ・70V 以上の電圧をかけると、回転が速くなりすぎて、外側の青色が黒色に変わってしまった。
- *これ以降の実験では、せん風機のスイッチ微風（弱）、変圧器が 70V で行うこととした。

②色のよく見える角度を調べる。

せん風機の首を調節して、

A 正面 B 45° C 真横

で、どの角度の時色がよく見えるかを調べる。

<結果 2>

見る角度が変われば、見える色も変わると思ったけど、あまり大きな差はなく中央から赤→黄→緑→青と見えた。

③もよう板（盤）の大きさと色の見え方を調べる。

A 直径 12 cm

B 直径 8 cm

C 直径 5.5 cm

の盤を使い、色の見え方を調べる。



<結果 3>

盤の大きさが変わっても、見られる色に大きな違いはなく、中央から赤→黄→緑→青の順になっていた。

④回転の中心と色の見え方を調べる。

回転の中心をずらし色の見え方を調べた。

A 1 cm ずらす B 2 cm ずらす C 3 cm ずらす

<結果 4>

中心をずらすと色を見ることができなかった。もようの線の軌道がずれるから色が見えないのだと思う。

⑤回転方向と色の見え方を調べる。

写真のようなブンブンごまを作り、盤の回転を反対にして色の見え方を調べる。



<結果5>

回転方向が変わると中央と外側で見える色が反対になる。

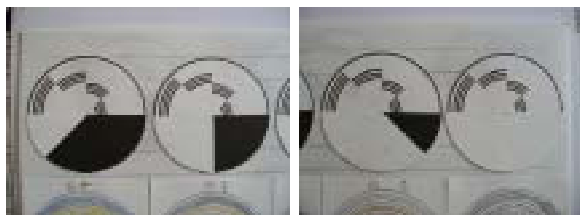
時計回りの時 中央から 赤→黄→緑→青

反時計回りの時 中央から 青→緑→黄→赤

⑥盤の黒と白のわり合と色の見え方を調べる。

黒と白のわり合を

A 3:1 B 1:1 C 1:3 D 白のみ



<結果6>

黒の部分が少なくなると見える色がだんだん少なくなる。D では黒色のみで他の色が見えなくなった。

⑦盤の黒い線の数と色の見え方を調べる。

黒い線を図のように変え、色の見え方を調べる。

A 1本 B 2本 C 3本 D 線なし

資料 1 を入れる

<結果7>

黒い線が少なくなると見える色も少なくなる。D の線なしでは、黒色のみで他の色が見えなくなった。

⑧盤のもよう和色の見え方を調べる。

盤もようを下のよう和組みかえ色の見え方を調べる。

A 組みかえ B 2ぶんかつ C 4ぶんかつ

資料 2 を入れる

<結果8>

Aは中央が青く見えた。

Bは茶色と黒色の2色だった。

Cは黒色のみで他の色は見えなかった。

⑨盤の色和色の見え方を調べる。

黒色の盤のかわり和、もようは同じで色が赤、青、緑、黄の盤をつくり色の見え方を調べる。

<結果9>

赤の盤・・・赤と少し黄が見えた。

青の盤・・・青と少し緑が見えた。

緑の盤・・・緑と少し黄緑が見えた。

黄の盤・・・黄のみ

赤、青、緑の盤でも、他の色を見ることができたが、黒い盤ほど多くの色は見られない。

⑩光源の種類和色の見え方を調べる。

光源として

A けい光灯

B ハロゲンライト

C ろうそく

D 太陽光

和4つの光を盤に当て、その色の見え方を調べる。

<結果⑩>

けい光灯、ハロゲンライトは同じ見え方（中央から赤→黄→緑→青）であるが、太陽光は中央が紫で外側が緑と違った。ろうそくは光の量が十分でなく、全体に黒っぽくなった。光源の種類によっても見え方がちがうようだ。

【ベンハムのこまについて分かったこと】

- ・色のよく見える回転速度があること。この実験では、せん風機のスイッチ弱、変圧器 70V がよく、それより速かったり遅かったりすると見える色の数が減った。
- ・色の見え方は盤の大きさや見る角度に左右されない。
- ・回転の方向を逆にすると見える色の順番が反対になる。
- ・盤の半分が黒くぬりつぶされていることや黒い線があることが色がよく見える条件になる。
- ・黒い盤でなくても、他の色でも色が見えるが黒い盤にくらべると見える色は少ない。
- ・光源はけい光灯が一番よく見える。

(2) 錯視について調べる

インターネットや本を使って錯視の例を調べ、その理由を考えた。

<錯視とは>

目の錯覚のことで、大きさや長さや方向などが本当のものとは違った見え方をすること。たとえば地面の方向に現れた満月が、空の上の方に上ったそれよりも大きく見えるのも錯視である。

<例 1> ミュラーリヤーの錯視

資料 3 を入れる

同じ長さなのに下の方が長く見える。



線の矢羽根をホワイトで消すと同じ長さになる。

<例 2> シェルナー錯視

資料 4 を入れる

横線は平行なのにななめに見える。



斜めの短い線を消すと平行に見える。

<例 3> ヘルマンのこうし錯視

資料 5 を入れる

白の交差点が黒く見える。



白い紙をおくと交差点の黒い点が消える。

<その他の例>

- ・ふちかざりエッジの錯視
- ・フレーザーの錯視
- ・水彩効果 など

3 研究のまとめ

- ①白と黒の絵の具から、赤、黄、緑、青色を作ることとはできないこと。
- ②回転速度や盤のもようによって色が見えたり見えなかったりすること。
- ③回転方向を逆にすると見える色が反対になること。
- ④光源によって見え方が変わる事

このことからベンハムのこまは目の錯覚、すなわち錯視と考えられる。目がだまされることによって色が見えることになる。これはヘルマンのこうし錯視で、白の交差点に黒い丸が見えるのに似ている。回転という複雑な動きを白と黒に加えることによっていろいろな色が見えると考えられる。

4 研究を終えて

目に見えているものは、すべて本物だと思っていただけ、この研究をして目も時としてだまされるということが分かりました。ぼくは、ゆうれいを見たことはないけど、「見たことがある。」と言う人がいるのにもうなずけます。ぼくには、ベンハムのこまの色がよく見えたけど、人によっては見えないかもしれません。目に見えるというのは、心や頭で見ているということかもしれません。この研究をしてものが目に見えるということとはとても不思議なことだと思いました。