

サイエンスショー「ストロボであそびまショー」実施報告

久松 洋二*

A working report "Apparent motion caused the blinking flashlight"

Yoji Hisamatsu

Under the blinking flashlight, a motion changes into another looks. Turning between the periodic motion and the flashing frequency presents various figures and another motions that are after-image, a changing soft into hard, vibrational modes, and so on. It is reported that the substance of the demonstration of various figures caused blinking light in Ehime pref. science museum.

1 はじめに

目に見えることはいつも正確ではない。錯覚を語る上でよく聞く言葉である。そして日常生活の中では思ったより多くの錯覚が登場する。そのことは静止画に関してよく知られている。当館でも錯覚に関する展示を行った時に、来館者同士で議論している姿をしばしば見かけることができた。しかし、ほとんどの人にとって目の不正確さは、動画として日常的に体験している。たとえばテレビの画面、それが不快感を伴わないあまりにも当たり前の見え方であって、かつ実際の姿を認識できないことが、たとえ視覚の不確かさを利用して知っていることであっても、不思議に感じない理由である。

静止画の錯視では、客観的な位置関係の不正確さより、不快さのない位置関係が自然に選択される。いわゆる錯視図形のように客観と主観を認識できる形で展示しない限り、客観的な位置関係の不正確さには気づかない。この錯視図形と同じことを立体かつ動画で行うことが今回のサイエンスショーのねらいである。立体や動画について客観的な姿と主観的な姿を提示して、その2つの差を体験する機会を提供するようにショーは構成されている。実験により姿や動き、質感まで変化することが提示される。その延長でテレビの画像が視覚のしくみによって作られた姿であることを解明する。方法は点滅するフラッシュライトを用いて行った。客観的な姿を見せた後に、動きと点滅周波数との同調でその姿の奇妙さを浮かび上がらせた。

本稿は愛媛県総合科学博物館において、平成11年3月から6月の間に行われたサイエンスショー「ストロボで

あそびまショー」の実施報告である。実験は1回15分程度行われた。来館者一般が対象で、3ヶ月の間に約200回実演された。

2 実験項目

- ・姿を写す
- ・ぎこちない動き（動きの抜き取り）
- ・見え方が違う（点滅周波数の変化）
- ・動きをつくる光（同調）
- ・アニメーション

3 実験の構成と内容

フラッシュライト（ストロボ）を使用した視覚の実験である。実験は心理学的な話を避け、光の当て方による様々な見え方を楽しむことで構成した。点滅する光が見せる、本来とは違った動きを主だって実験した。来館者はカメラのフラッシュライトには馴染みがある。

普通フラッシュライトは、姿を写すために1回だけ光らせるのだが、点滅した場合動きまで見ることができる。どのように光らせれば、なめらかな動きに見えるのか、そもそも動きを見ることはどういうことか、光と動きの関係を解き明かすように実験は構成されている。

使用したフラッシュライトはどれも強い印象を与えるので、客席に向けての発光は行っていない。観客が実験に参加するときも光に背を向けさせた。特に、導入部のフラッシュライトは直視すると目に害を与えるので、発光を天井に向けたうえで観客には目をつぶることをすすめた。

*愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学技術研究科
Dept. of Science and Technology Ehime Pref. Science Museum

導入

実験はすべて点滅するフラッシュライトを使用するので、フラッシュライトの紹介から始めた。昔のフラッシュライトと現在のものという対比で行った。クセノンランプを1回発光させ、カメラのフラッシュを来館者に思い出させた。初期のフラッシュライトとしてマグネシウムの燃焼を行った。続いて閃光電球を発光させた。ともに、燃焼型で1回限りの閃光である。現在は放電による発光であり、電源がある限り幾度となく使用できるように発展した。

姿を写す

一般的な使用は写真撮影で、1回の発光で姿を写し取るものである。体験希望者を募り、蓄光シートの前に立ってもらいフラッシュライトを発光させた。影が姿となって写し取られる。動いていても1回の発光で一瞬の姿が写し取られる。どちらも通常の使用法で、よく知られている。

ぎこちない動き

発光を周期発光に変えて実験を続けた。低い発光周波数で動くものを照らす。ものを動かすのは司会である展示案内員が行った。彼女たちの体の動き自体も観察対象にしたので、白衣を着用してもらった。使用した動くものは以下のとおり。

- ・ボール（カラーボール、ピンポン玉を弾ませる）
- ・タオルをはためかせる
- ・太鼓をたたく
- ・棒を振る
- ・手（手首から先）振る

低周波数の発光は動きをなめらかに見せない。動きの途中を抜き取る効果があることを印象づけた。

見え方が違う（点滅周波数の変化）

周期発光が実際の動きと全く違う姿を見せる実験を行った。ゴム動力で羽ばたく鳥の模型を明るい場所で飛ばした。羽ばたく時、大きな音をたてることを確認する。次に、あらかじめ羽ばたく速さに同調させた周期発光をあてながら、模型を手を持って羽ばたかせた。羽ばたく音はしても羽は止まっている。または音に関係なくゆっくり動く。

蛍光色に塗った棒を振りながら、600回/分～10000回/分の間の何種類かの周期発光をあてた。同じ運動でも、周波数によってその姿は全く違って見える。周期発光は本来の動きと全く違う姿を見ることが出来る。動きと周期発光をうまく組み合わせると、新たな動きを意図的に作り出すことが可能になる。

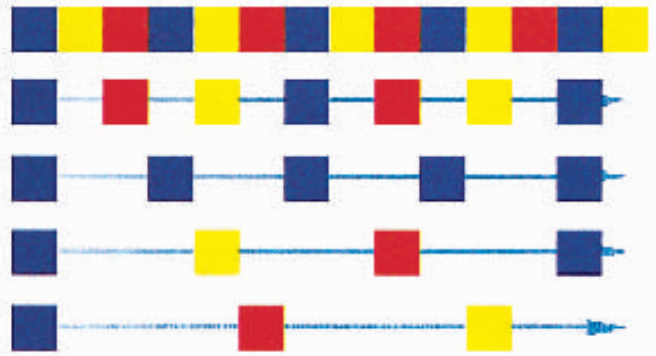


図1 解説パネル、周期発光で運動状態が変化して知覚されることを説明するために使用した。横軸が時間軸、発光周期は運動の変化時間より長い場合の図である。形状の変化時間、像の認識時間、発光のシャッター時間などは説明を簡単にするために無視して描いている。

動きをつくる光（同調）

動きを作り出す最も簡単な例を実験した。周期運動と周期発光を組み合わせると、運動速度やその方向を調節して見せることができる。バイブレーターにアクリルで作った輪を固定して低周波の音を出力しながら周期発光を当てると、輪の振動モードを観察できる。

羽根に蛍光テープを貼り付けた扇風機を動かしながら周期発光を当てる。周波数を調節しながら順回転から逆回転まで観察し、簡単な解説を行った。解説にはパネルを使用した。（図1）

アニメーション

最後に周期発光が利用される例を実験した。大きな円盤に少しずつ違う絵を貼りつけて周期発光を当てることで簡単なアニメーションを実験した。

4 実験機材

今回の実験は重量物が多い。女性による機材の搬入出は大変であったようだ。実験とその機材は以下のとおりである。

マグネシウムの燃焼

歴史的にはマグネシウム主体の閃光粉を燃焼させたが、今回は実験の簡便さからマグネシウムリボンを燃焼させた。

閃光電球（写真1，2）

発光器と合わせて現在でも入手が可能である。電球を拡大してテレビカメラで映しだし、その内部が通常の電球と全く違うことを見せた。発光させると金属酸化物の塊が球の表面に付着する。直後は球から煙が出て燃焼を強く印象づけることができる。燃焼による発光であり、電球は非常に高温になる。電球装着時に過って通電させると危険である。

蓄光シート（写真3，4）

1800×900ミリの板全面に蓄光シートを貼りつけたものを使用した。実験直前まで黒布を覆い被せて、演出上不要な感光を避けるようにした。

デジタルストロボ装置

周期発光させることのできるフラッシュはストロボと称することが多いようである。* 当館では手元で発光のON/OFFができるものを使用した。対象物を見ながらスイッチを入れることができ便利である。

演示者4人に配布した点滅に関する資料を表1に、実験時の発光周波数と対象物の見え方に関する資料を表2に記す。

ピンポン玉は蛍光色のものを用いた。うなり棒は教材店で手に入るプラスチック製の筒である。回転速度によって音階を刻むため、音の高さと見える像の数が対比できて興味深い。ただし、広範囲に明るく照らすことができるストロボ装置が必要である。

同調実験（写真5）

厚さ0.5ミリのアクリル板で作った、幅20ミリ直径150ミリ程度の円環に蛍光塗料を塗り、バイブレーターに接続した。低周波発信器の信号をアンプで増幅しバイブレーターに出力した。観客は振動モードの多彩さより、奇妙に上下運動するアクリル環の姿に興味を持った。

扇風機は羽に蛍光テープを貼り付けた。羽の1枚に蛍光テープと違うシールを貼り、同調したときの周波数の倍数関係を観察することに利用した。

アニメーション実験器（写真6）

直径1200ミリの円盤を持つ当館収蔵の回転台を用いて実験した。円盤の周囲に10ミリ角、30枚の絵を貼りつけた。実験器具と観客との距離は近くて1.5メートル、遠くになると5メートル近く離れるが、全体照明をなるべく暗くすることで充分アニメーションを見ることができ。フラッシュは明るければ明るいほど映像を鮮明に見せることができるが、高い周波数で明るい光を得るのは難しい。動画であり細部を見るわけではないので、絵の鮮明さよりは変化を見やすくなること、つまり同調を早くそして長く続けることに注意した。

5 まとめ

光で見ることは正しい姿を見ている。私たちはいつもこのような固定観念を持っている。そのため、点滅光で動き自身を変えることは、観客を少なからず驚かせたようである。材質の固さが変わって見えること、一度に多くの像が見えること、動きの方向が逆転することは毎回歓声が上がるといった。錯視図形と同じで「見ることは疑うことである」という少し意地の悪い実験である。

点滅光を使わずとも、回転している羽はその回転速度が変わるにつれて順回転から逆回転へと変わるように見え、最終的に像が流れて見えるようになる。このように、実際の運動に反して運動の方向が変わるように見える例は、多くの人が体験し実感しているはずである。今回の実験はその延長上にあり、本来の動きは分かっているけど違って見える。そのずれを楽しんでもらうことを中心に据えた。光で見ている。光を見ているからこそ起こる奇妙なこと、一方でかならず本来の姿は知っている。知っていることがショーを見る観客の心に余裕を作り、目に見える奇妙なことを楽しむことができる。その上で姿と事実、2つの対比で光の当て方という問題の本質を際立たせることができたのではないと思われる。

目に関わらず光を受け取るものはすべてその弁別域を問題にする必要があり、その考え方こそ理論や技術的な多くの発展を理解する上で重要な位置を占める。実験は視覚的なことに重きを置いていない分、感覚的な説明になり、光を受け取ることで説明できない。ショーであるため細かいことの多くを語るができないからだ。この点を語ることのできる、より直感的な実験を作り出していくことが今後の課題になった。

参考文献

- 佐藤正治（1994）：ストロボ。「新アサヒカメラ講座4」。朝日新聞社、東京.163-184
 松田隆夫（1995）：運動の知覚。「視知覚」。培風館、東京.168-194
 大山正ほか編（1994）：運動知覚。「感覚・知覚 心理学ハンドブック」。誠信書房、東京.802-844

注* 「ストロボ」は米国ストロボリサーチ社の商品名が一般的な呼称になったもので、エレクトリックフラッシュが正確な呼称である。スチルカメラの場合、最近ではフラッシュと呼ばれることが多くなったが、点滅するフラッシュに関してはストロボと称することが多いようである。

表1 周期発光の点滅周波数と実験する際の注意点

点滅周波数	刺激と注意点
400-600	点滅による刺激が強い。不快感を伴う。実験は短時間にする。
600-900	刺激は強いが、不快感は減少する。長時間の実験は避ける。
900-1500	視覚的に良好な点滅になる。
1500-2000	点滅が気にならなくなる。
2000-3000	点滅を意識しなくなる。点滅を強調する実験を行う。
3000-	点滅が消失する。点滅を強調する実験を行う。

表2 器具ごとの周波数と効果。記号“～”は付近をあらわす。

#	器具	実験	周波数 (回/分)	効果
1	カラーボール・ピンポン玉	床にたたきつける・弾ませる	400-500	ボールの軌跡を追えない
2	タオル	はためかせる 乱雑に動かす	600-1000	固い素材に見える
			-2000	残像が残る
			3000-	柔らかい質感が回復する
3	手のひらや腕	いろいろな速さで振る	～700	同調できる
			～1200	指の像が薄くなる
			4000～5000	指の本数が多い
4	棒	いろいろな速さで振る	～700	同調できる
			1200-2000	棒の分身が面白い
			～5000	6, 7本の棒が見える
			～1000	ゆっくり振ると扇形に見え、早く振ると消える
5	うなり棒	いろいろな速さで振る	～600	残像本数に変化なし
			～2000	残像の本数4本
			～5000	回転速度と残像の本数を比較すると面白い
			～10000	像が薄い
6	はと模型	羽ばたかせる	～730	同調する
7	ループ	20Hz, ボリウム2	～1000	実演に適した静止
			～1200	きれいな像が得られる
8	扇風機	弱風, ゆらぎなし	～600	同調
			～750	同調
			～1000	同調
			～1500	同調
			2500-3000	羽の数2倍の同調
4000-4500	羽の数3倍の同調			



写真1 閃光電球. 内部に金属ワイヤー（アルミニウム、ジルコニウム）が封入されているのが見える. 発光時にこの金属ワイヤーが燃焼し、球にひびが入り、内表面には球形の酸化物が付着する.



写真2 閃光電球用フラッシュガン. 傘の裏に点灯用のスイッチがあり、電球装着時に事故がよく起こった.



写真3 蓄光シート. 表面には全面にシートを貼りつけている. 台は木製.



写真4 蓄光シート裏面. 木製枠は大きく重量があり持ちにくいので、運搬用の手すりをつけている.

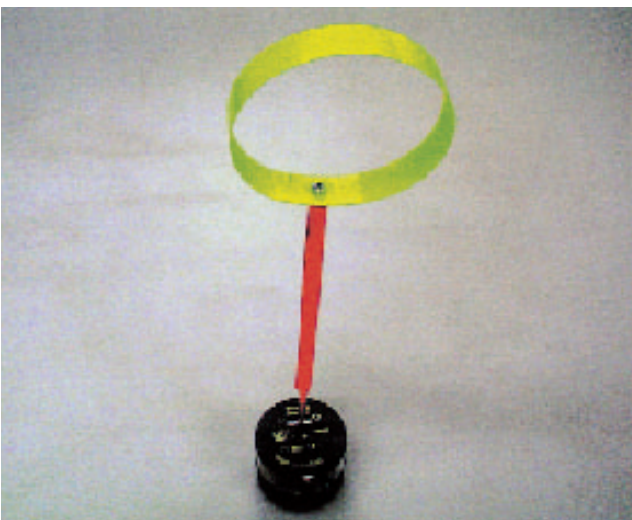


写真5 同調装置. 装置下にバイブレーターが取り付けられている. バイブレーターの振動数と発光周波数を同調させると、輪の変形が観察できる. 輪の形は3角形から6角形まで、ショーで充分観察に耐える程度にはっきり見える.

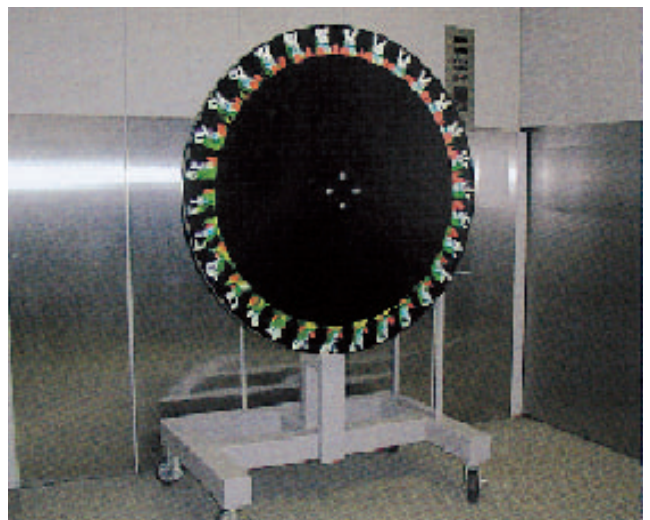


写真6 アニメーション実験器. 大型の回転台に30枚の絵が描かれている. コンピュータで処理した絵を環状に並べ、1200φの用紙に出力して貼りつけている.