

ポリゴンミラーとプラキシノスコープを巡る話題から

From the topics about polygon-mirror and praxinoscope

桑山哲郎 Tetsuro KUWAYAMA (3D フォーラム)

2021 年 5 月 31 日投稿

1. はじめに

現在の社会状況の変化から、空中ディスプレイや VR/AR の技術に対する関心が高くなってきています。関係者の範囲が急拡大し、これまで 3D 映像表示にあまりかかわりが無かった方がコミュニケーションに加わってくることで、思いもよらない相互理解不足や誤解を生じる機会が増えていると思います。以下では、3D 映像との関係はやや薄いのですが、映像ディスプレイ技術を巡る話題をお伝えすることにいたします。

2. プラキシノスコープ劇場

図1は、1880 年頃に商品として発売されていた、「プラキシノスコープ劇場」(Praxinoscope Theatre)の使用状態の図です。円筒の内側に、横長の紙に表示する画像をプリントした紙を配置し、中央上部のロウソクを点灯して画像を照明します。垂直の回転軸の周りには、ポリゴンミラーが取り付けられています。ミラーと画像を一体に回転すると、観賞窓からは画像が連続的に動いて見えます。

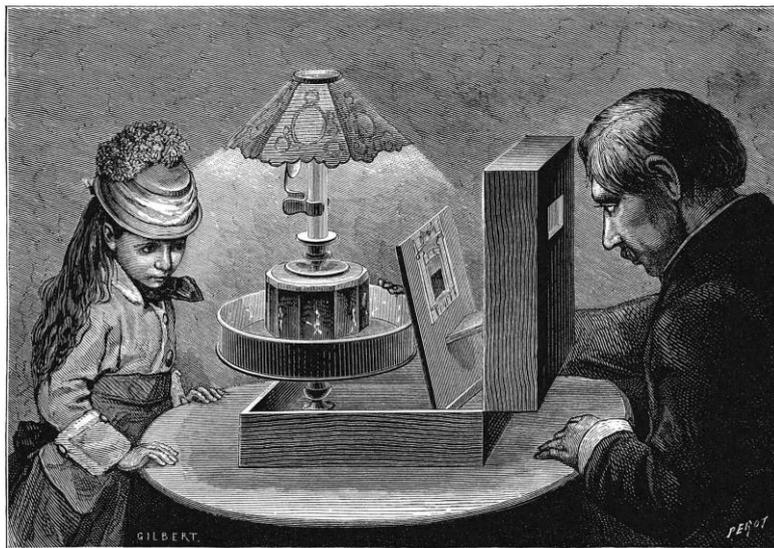


図 1 プラキシノスコープ劇場(1880 年頃)

3. 光学系の原理

この光学機器は、後の時代、1950～1970 年代の「テレシネ装置」つまり、毎秒 16 コマから 25 コマで上演されるフィルムを TV 放映のコマ数に変換する装置につながる技術です。ポリゴンミラーをゆっくり回転しても、また高速度で回転しても、像は左右に移動することなく順次入れ替わります。

結像光学に知識を持っている方にとっては、この光学装置の原理は図1を見れば明らかと思いますが、ここでは順を追って説明することにします。図2は、中学校(場合によっては小学校)レベルの光の反射の図です。水鏡あるいはテーブルの上に表面鏡を配置した状態を表しています。物体から発する光線は、鏡の面で反射されることで観賞者に向かい、鏡面の奥に虚像を作ります。このとき、物体と像(鏡像)は、面に対して

対象の位置にあります。図 3 は、平面鏡の手前に三次元物体 ABC を置いたときの鏡像との関係です。私は高校時代の数学の教科書でこの図を見た記憶があります。

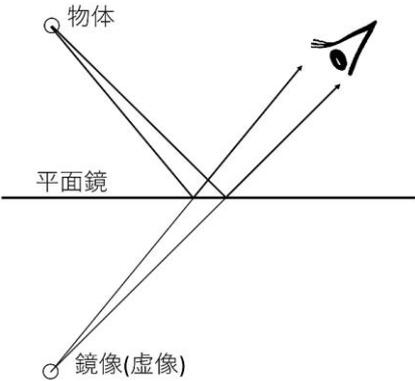


図 2 平面鏡による反射

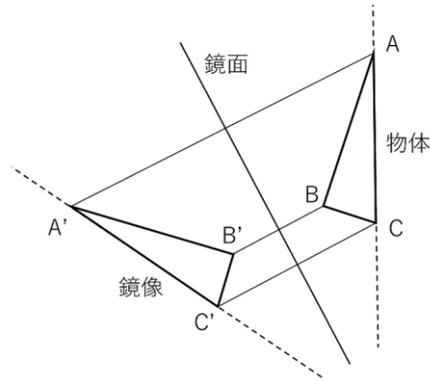


図 3 三次元物体と鏡像

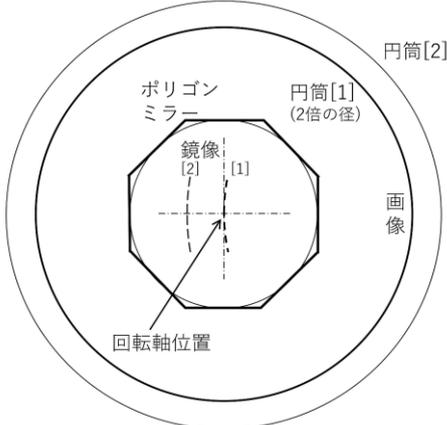


図 4 プラキシノスコープの光学原理

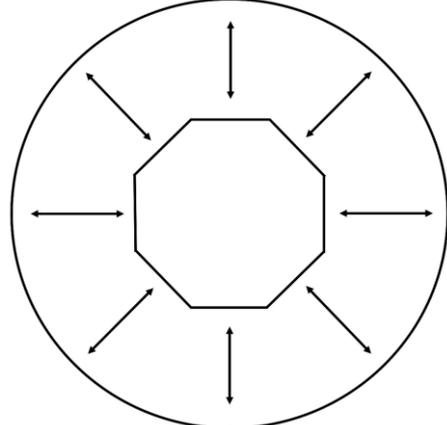


図 5 ある著者が持つイメージ

こういう準備をした後で、図 4 を用いてこの光学装置の原理を説明します。商品として販売されているプラキシノスコープは、ポリゴンミラーに内接する円筒の径の 2 倍の大きさの円筒にコンテンツを配置する設計になっています。コンテンツをプリントした横長の紙を円筒の内側に配置すると、一つ一つの像はポリゴンの鏡に正対し、それぞれの鏡像は機械的回転軸の位置に生じます。この結果、ポリゴンミラーと円筒を一体に回転するとき、画像の中心線は回転軸上に静止し、連続的な動画の表示が実現します。

図 4 には、不適切な径の円筒も描いています。少し大きな径の円筒では、鏡像は回転軸から離れた位置に生じ、回転に伴い左右方向に移動します。

この装置については、少し大変困った状況があります。動く絵のしかけ、映面前史に強い興味を持っている方の多くが、鏡像が静止する原理を理解していない様なのです。図 5 は、ある著者の著作にある著者が持っているイメージの図です。著者は、ゾートロープやプラキシノスコープが動く絵を表示できる原因を、暗黒に時間によると考えています。「プラキシノスコープでは像はずっと明るいままで、暗黒の時間が無いのにどうして動画が表示できるか分からない。」という記述で本が出版されているのです。著者は、プレキシノスコープの実物を手にして、真剣に向き合っているのですが、高校生レベルで単純(と思える)原理を理解し

ていない状況は、私にとっては想像外でした。

4. あるとき出会った状況

ここで、あるとき私が出会った状況についてご紹介したいと思います。この種の状況は、3D 映像ではあちこちで発生していると思われます。できるだけ正しい知識を共有し、関係者全員に進歩があればと思います。

登場する関係者は、ある美術館の学芸員、その上司である課長あるいは部長格の人物、そして造作を制作する事業者です。ある日、美術館で新たにスタートした映画前史の展示を見学して担当の学芸員と話す機会がありました。そのとき、大型のプラキシノスコープには内径の異なる 2 段の円筒が組合せられていました。下側の円筒の径は、ポリゴンミラーの径のほぼ 2 倍で、鏡に映った像は左右に移動することなく正常に動画を映し出していました。ところが上段では、円筒の径が大きいので、ポリゴンミラーに写った像はいつも左右に流れている状態でした。

私は「これは科学教育の教材に適している。画像を描いた円筒の径を 2 倍にすると反射像は動かないが、異なった系の円筒状の画像は流れてしまう。これを説明に加えましょう。」と提案したのですが、拒否されてしまいました。この件では、組織の正しい運営としては何の落ち度もありません。この美術館ではどんな発注でも公開入札を行っていて、このプラキシノスコープでも複数の会社の競争入札を行っているとのことでした。また、この種の展示の造作を行う平均的な会社は、平面鏡による光の反射について知識を持っていないのが通常なのです。こんな事情が揃い、展示では正しく静止した像といつも左右に流れる像が展示され続けることとなりました。

話は多少異なりますが、最初に理想的な反射鏡を考えるレーザー、ホログラフィー、光学機器を扱う人たちと、一般の人々は「鏡」という言葉でかなり異なる物を思い浮かべることに注意が必要です。キチンとした光学機器を扱う人にとって、鏡はユークリッド幾何学に従う存在で、原理通りの働きをします。まず理想的な挙動で設計あるいは想定が行われ、次に実在の光学部品を用いることになり、どの程度まで光学部品としての不完全さ、誤差を許容できるかという手順になります。ところが日常体験だけから始まる発想では、歪んだ像が写る窓ガラスや、汚れた洗面所の鏡(裏面鏡なので反射像も多重になる)だけしか考えが及ばず、光学機器の本来の原理に従った像を見出すことができないのだろうと思います。

5. おわりに

3D 映像表示を説明するとき、なかなか原理が理解してもらえない経験に関連し、プラキシノスコープの例を紹介しました。光学系の原理がスッキリと分かっていると、理解に到達できていない方の心情はなかなかわからないものです。相手の知識と理解の様子を丁寧な解説で推測し、適切な説明が(困難ですが)必要と思われます。

■参考文献: 桑山哲郎: 光学系の図を正確に描こうーその 2: 相手の中のイメージに注意を払おう, 光技術コンタクト, Vol. 56, No. 5, pp. 1 (2018) [リンク](#)