

# 全反射を用いる裸眼立体像表示

桑山哲郎(3D)フォーラム

ある日、リサイクルショップの中を歩いているとき棚の上で何か変化が起こった感じがしました。元の場所に戻り、店の中を慎重に進むと。その訳が分かりました。人気キャラクター「バーバパパ」のスノードームが置かれていたのですが、見る角度を変えるとピンクの体が消えてしまい、空中には目、口、手だけが浮かぶのです。この印象ができるだけ伝わる様、Fig.1を撮影してみました。

このスノードームの商品名は「フォトフレーム バーバパパ」で、新品は現在入手できない様です。ドーム中央のピンクのカードは、薄い空気層の中に置かれていて、臨界角を超える角度から見ると全反射でスノードームの外側の景色が映り込み、バーバパパの体が透明になる仕掛けです。この形のスノードームは他に2点持っていますが、最高の、コンテンツと光学の効果との組み合わせだといえます。



Fig. 1 「お化けの体が消える」全反射を利用した フォトフレーム スノードーム

光学系に薄い空気層を組み込み、全反射を用いたものとしては、立体像の裸眼表示を可能とした立体鏡(ステレオスコープ)があります。かなり以前入手した科学博物館の収集物リスト[1]の記載が気になっていたのを改めて読み返し、説明図をトレースしました(Fig. 2)。十分な知識をお持ちの方にこの図だけですぐに理解していただけたと思いますが、全反射の光学にあまりなじみがない方のため、光学系の断面図(Fig. 3)と、媒質1(ここでは屈折率 1.50 のガラス)中の点光源から発する光線が媒質2(ここでは空気)との境界で屈折する様子の図(Fig. 4)を加えます。

全反射の光学原理を用いることで、裸眼での立体像表示を実現する立体鏡は、「Swan Casket Portrait」あるいは「Henry Swan's Crystal Cube」と呼ばれています。英国と米国の特許[2,3]が知られています。また1865年頃販売されていた商品をweb上で見つけることができます。実物があちこちにあるので、装置構成について詳しい説明を読むことができます。ステレオ写真の撮影はコロディオン湿板の感光材料を用いて行われます。2台のカメラを撮影基線長だけ左右に並べ、あるいは1台のカメラを左右に移動して2回撮影を行います。撮影・現像後に密着焼付によりガラス湿板のポジ像を作り出します。

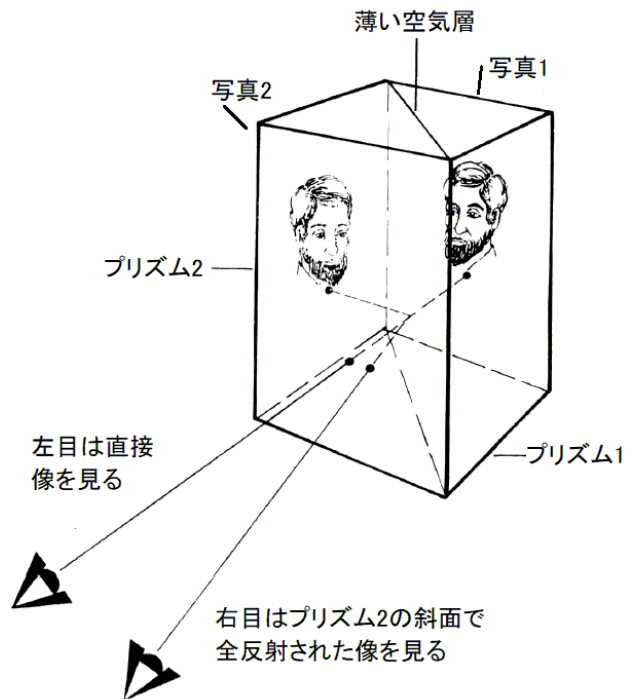


Fig. 2 裸眼で用いる立体鏡の説明図

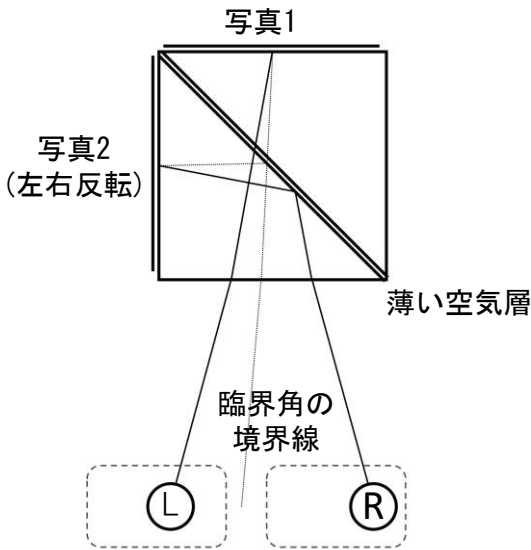


Fig. 3 全反射を用いるプリズム光学系の光路図

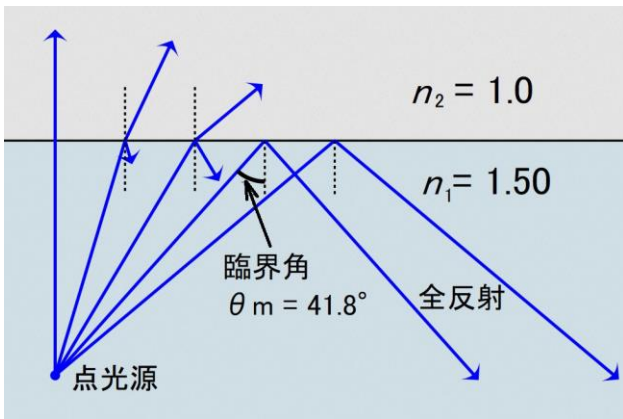


Fig. 4 全反射の説明

ガラス湿板の背後には乳白色のガラス板を配置し、バックライト照明とします。またガラス湿板なので、写真2は裏返しにセットしています。ガラスの屈折率を1.50として計算すると、臨界角は $41.8^\circ$ になります。つまり、プリズムの斜面に対して臨界角よりも小さな角度で入射する光束は空気層を通過し、またこれよりも大きな角度で入射する光束は全反射となり反射します。Fig.3には臨界角の境界線を追記していますが、図に見える様に、左の目の側の領域が狭い事には気を付ける必要があります。

この裸眼で立体像を表示できる光学系は、裸眼表示の一番古い例です。文献を調べると、裸眼表示についての総合報告の多くに、1862年のこの光学系が最初に取り上げられています。代表例としてベントン氏による解説[4]をあげます。メガネなし、裸眼の立体像表示について、以前は正しく知られていた事実が忘れ去られがちなのは不都合と思い、今回この文章をまとめました。

■参考文献

- [1] “The Science Museum Photography Collection”, Her Majesty’s Stationery Office, 1969.
- [2] 発明者：Henry Swan, 英国特許 No. 3,249, “Improvements in Stereoscopic Apparatus”, issued 4, December 1862.
- [3] 発明者：Henry Swan, 米国特許 No. 51,906, “Stereoscopic Apparatus”, Patented January 2, 1866.
- [4] Stephen A. Benton: “Autostereoscopic Photos – Old and New” IS&T’s 2001 PICS Conference Proceedings, pp19. [リンク\[pdfファイル\]](#)