

色彩科学の学習を支援する3色キューブの開発 [1: 色材混色用]

Development of transparent tri-color cube to support learning color science [1: mixture of color material]

宮崎桂一

Keiichi Miyazaki

キュービクスデザイン

Keywords: 色彩科学, 学習支援, 減法混色, 色材, キューブ.

1. 概要

色をサイエンス（色彩科学）として学ぼうとすると、通常、光の物理だけでなく視覚の特性に関する様々な用語や定義を理解することが求められる。一方で、若者の科学離れが進む中、パナソニックのリスピースや秋山仁先生の数学体験館などの、面白さの体験を学習意欲向上につなげる取り組みがなされている。

本報告では、色彩科学の中でも印刷物や写真プリントなどに使われている YMC の減法混色の原理について、積木感覚でその面白さや美しさを体感できるような、透過型の三色キューブを作成した。また、従来の三色キューブの虹色混色の問題を解消できるコアシェル型キューブを試作した。

2. 減法混色学習ツールのアート・パズル化

減法混色を学ぶツールとしては、混色ガイドや混色実験キットなどが市販されているが、いずれも、印刷や写真の3原色のような科学的な内容というより、絵画やデザインの学習に活用できる実践的な内容を主眼としている。

図1には、見た目の美しさや面白さが目を引く知育ツールの一例として、ネフ社の積木を示したが、いずれも積木というより、アート作品のような外観を呈している。

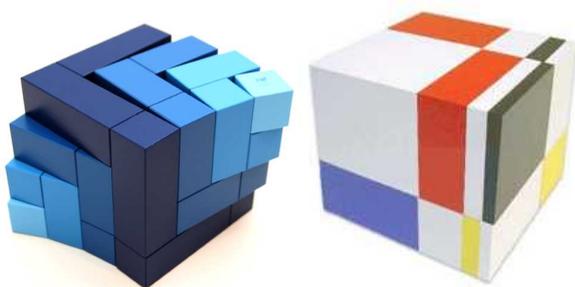


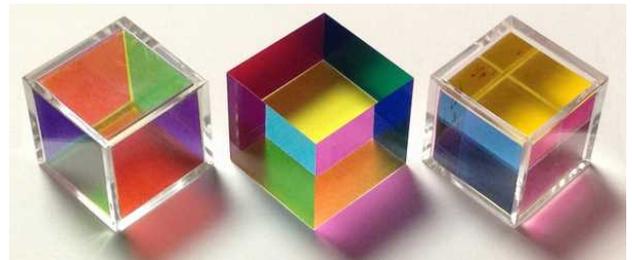
図1. ネフ社の Cubicus と Modulon

特に、Cubicus の方は、単に美しいだけでなく、パズル的な側面も持ち合わせて、思わず手に取りたくなる存在感も感じられる。そこで、色彩科学の学習を支援するツール開発の最初の試みとして、このようなアート・パズル的な要素を取り入れた減法混色用学習ツールが作成できないかと考えた。

3. 透過型3色キューブの光学設計

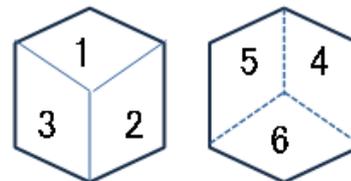
一般に、色の3属性（「色相」「明度」「彩度」）と3次元表示の相性は良く、色立体や色空間など、色を直感的に理解する助けとなっている。ここでは、キューブ表面の平行な2表面（サイコロの目で足すと7になる2表面）を一組として、3組を3原色に対応させたキューブを3色キューブと定義する。

キューブ表面の隣接する3表面を Yellow, Magenta, Cyan を3原色に着色した、ボックス型と内部充填型の3色キューブを作成した（図2）。



①ボックス型 ②内部充填型¹ ③コアシェル型

図2. 試作キューブの外観（うら→おもて）



おもて面

うら面

図3. ダイス面の番号（1-6,2-5,3-4が対面）

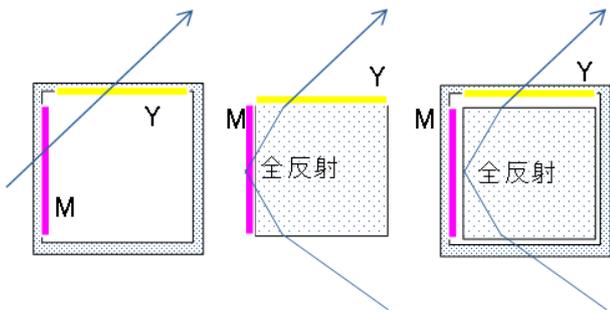
¹ 内部充填型の虹色混色は、単独の立方体として非常に魅力的な色合いを示し、Vasa Cube 等で知られている。

表1. 各試作キュービックにおけるダイスの表面色と2面透過光色の関係

試作品 No.	キュービック 構造	表面色						透過光色 (平行2面)		透過光色(直角2面)												
		おもて			うら					おもて→うら						うら→おもて						
		1	2	3	6	5	4	1→6 6→1	2→5 5→1	3→4 4→3	1→4	1→5	2→4	2→6	3→5	3→6	4→1	5→1	4→2	6→2	5→3	6→3
-	ボックス型	Y	M	C	なし			Y	M	C	Y	M	Y	C	M	C	Y	M	Y	C	M	C
①		Y	M	C	Y	M	C	YY	MM	CC	G	R	B	R	B	G	G	R	B	R	B	G
②	内部充填	Y	M	C	なし			Y	M	C	Y	Y	M	M	C	C	G	R	B	R	B	G
③	コアシェル (①+②)	Y	M	C	なし			Y	M	C	Y	Y	M	M	C	C	C	M	C	Y	M	Y

※1→2はダイス1の表面からダイス2の面を見ることを示している

表1には、図3のダイス番号に沿って着色した図2(①②)のキューブについて、様々な2つのダイス面を組み合わせた場合に観察できる、透過光色を示した。図2の①と②のキューブは、いずれも「うら→おもて」の透過光色の中には、2つの表面色が混色したBGR光が含まれていることがわかる。この混色によるBGR色は、図4①②で示した光線の軌跡によって説明できる現象で、虹色混色と呼ぶことにする。虹色混色は、透過型キューブを積木のように重ね合わせて減法混色する場合、XYZ3平面間で独立性が保てないことから、減法混色の結果に予測誤差を生じる。



① $T=Y*M$ ② $T=Y*M^2$ ③ $T=Y$

図4. 試作キューブによる光線軌跡の相違
(①②は $Y+M=R$ 光だが③は Y 光のみ観察)

4. コアシェル構造による虹色混色の回避

虹色混色を回避する方法として、3色キューブの構造を改良し、全反射面と着色層の間に空気界面を設けたコアシェル構造を考案した(図2③)。その結果、表1の透過光色の結果に現れているように、どの方向からの観察光でも虹色混色が発生しておらず、YMC各表面の色材色の独立性が保たれていることがわかる。

5. 新キューブによる減法混色の検証と課題

③YMC コアシェルキューブを使った減法混色の検証の一つとして、8個のYMCキューブを積み上げたBGRキューブを図5に示した。その結果、RGBキューブ内に虹色混色が無いことが確認できた。しかし、単独のキューブでは見られない新たな光漏れが観察された。この光漏れの原因は、シェル構造部にクリアな素材を使用したことと、シェルとコア間に数ミリの隙間があるために、キューブ内で多重反射光が発生していることによるものと推定している。

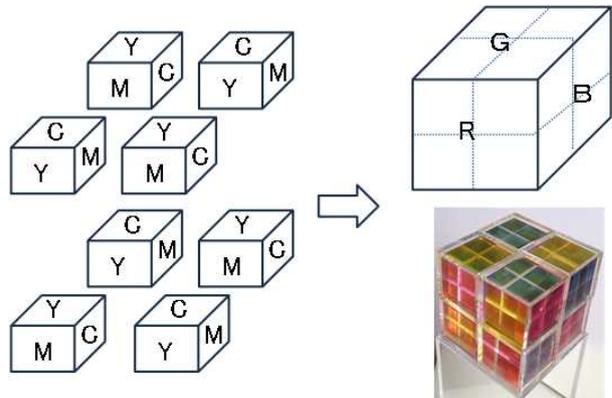


図5. ③YMCキューブ×8個→BGRキューブ

6. 今後の展開

コアシェル構造のYMC透過型キューブは、積木のように簡単に減法混色を可視化できることが確認できた。色光吸収以外の光学特性も透過型キューブの3平面に適用も可能と考えており、他の色彩光学の学習へも適応したいと考えている。

本研究を進めるにあたり、丁寧かつ熱心にアドバイスを頂いたRIT大田登教授に感謝します。