

文藝復興時期的達文西曾經提出自己的色彩調和理論，而17世紀的牛頓更是開色彩科學研究的先河。藍柏德（Rumbord, 1797-1814）主張的調和論為「視覺均衡就能達到色彩調和，二色混合的結果若為無彩色，這二色的關係就是完全調和」，之後，主張以混色原理解釋色彩調和的學派逐漸形成。哥德提出「相對色學說」，傑福羅於1835年發表「色彩調和與對比法則」，其

色彩原論

Wolfgang Von Goethe, 1749-1832, 德國作家) 1810年以「說教篇」、「爭論篇」、「歷史篇」完成『色彩論』，其中「歷史篇」是以編年史的方式，介紹並評論從畢達哥拉斯、亞里斯多德至18世紀的色彩論述。在「爭論篇」中，哥德以古希臘「色彩是由光與黑暗的對峙與相互作用產生的」論點，抗衡牛頓的光學實驗，以科學與美學思想探究生理的色彩、物理的色彩、化學的色彩、鄰接色的關係、色感與神精的作用等。傑福羅（M.E.Chevreul, 1786-1889, 法國化學家）在法式壁毯製作廠中進行染色與織品的研究，發現許多關於色彩調和的重要原理，以此完成著作『色彩調和及對比法則』，不僅帶給當時印象派繪畫不小的啓示與影響，對於後世色彩調和的發展，更是奠定了厚實的研究基礎。路德（O.N.Rood, 1831-1902, 美國科學家）在1879年完成的著作『現代色彩學』，探討光學、混色、補色、色覺等原理，是19世紀後期最重要的色彩著作之一，其中在「色彩的自然連鎖」章節中，將自然界的秩序性配色，歸類為類似色相的配色，而色相的自然性明暗變化，定義為自然調和（Natural Harmony），為現代色彩調和論重要的原理。奧斯華德（Wilhelm Ostwald, 1853-1932, 德國化學家、諾貝爾化學獎得主）奧斯華德依據獨自開發的色彩體系，於1918年發表『色調的調和』，定義「調和與秩序相等」、主張「調和為法則的遵循」。畢蘭（Faber Birren, 1900-88, 美國色彩學家）精通色彩相關的各個領域，以色彩顧問的角色活躍於1940年代至1970年代之間，他不僅專注於學理的研究，在實務方面涉獵包括產品色彩、商業色彩、環境色彩等，工作內容更涵蓋市場分析、資訊整合、計劃執行等，堪稱現代主流色彩應用的理論家與實踐家。慕恩與史班瑟（P.Moon & D.E.Spencer, 美國建築家）慕恩與史班瑟夫婦研究過去包括哥德、傑福羅、奧斯華德等人的色彩調和論，以曼塞爾體系為基礎，於1944年在美國光學會的刊物中發表關於調和區分、色彩面積、色彩美度等三篇調和理論。慕恩與史班瑟的調和論與曼塞爾色彩體系，同樣重視明快的幾何學關係，將調和的種類區分為同一性調和、類似性調和、對比性調和，並且將曖昧關係的配色，列為不具調和特性的配色。另外，將調和與不調和關係以美度公式加以推算，是調和論中其最大的特色。傑德（D.B.Judd, 1900-72, 美國色彩學家）慕恩與史班瑟以算式方式解釋色彩調和理論，將過去先人的研究以獨特的方法加以整理，比起色彩理論本身的價值，他們全新的研究方法得到更高的評價。傑德也跟隨著前人的足跡，致力於色彩調和理論的整理與研究，曾於1955年的ISCC

林昆範 編著

全華科技圖書 出版

（Johannes Itten, 1888-1967, 德國藝 產生好感。伊登（Johannes Itten, 1888-1967, 德國藝 教育工作，1913年事師赫爾潔（Adolf 初期從事繪畫教育工作，1913年事師赫爾潔（Adolf 斯，擔任造形與色彩的教授工作，代表1919年加入包浩斯，擔任造形與色彩的教授工作，代表 各種論述，都是色彩調和理論重要基礎。 藝術』。以上各種論述，都是色彩調和理論重要基礎。

色彩原論

林昆範 編著

全華科技圖書 出版

色彩原論

作者 / 林昆範

美術編輯 / 朱凱莉

封面設計 / 林昆範

發行人 / 陳本源

出版者 / 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2F

電話 / (02)2507-1300

傳真 / (02)2506-2993

郵政帳號 / 0100836-1 號

印刷者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

登記者 / 局版北市業字第〇七〇一號

圖書編號 / 05835

初版一刷 / 2005 年 9 月

定價 / 380 元

ISBN / 957-21-5104-5(平裝)

有著作權 侵害必究

。全華科技網

<http://Opentech.chwa.com.tw>

<http://www.chwa.com.tw>

book@ms1.chwa.com.tw

作者序

a preface

色彩研究與其實務應用的領域甚為廣闊，而相關書籍多以屬性或目的區分的方式分別呈現，作者有感於今日的色彩學已逐漸發展成為跨越文化認知、專業領域或媒體種類的學門，因此以原論（基礎理論）為名，期望建構更為完整、多元，且具備堅實基盤的色彩學理。

本書規劃色彩的形成於第一章「色彩與光」，色彩的心理作用於第二章「色彩與生理」，色彩的標準化於第三章「色彩的傳達」，色彩的系統化建立於第四章「立體概念的色彩體系」，數位媒體適用的數值化色彩於第五章「數值概念的色彩體系」，色彩的混合原理於第六章「混色」，色光的科學與其實務於第七章「照明與色彩」，色彩視覺呈現的解析於第八章「色彩的視覺作用」，色彩的心理作用與意象的產生於第九章「色彩與心理」，配色應用的形式與方法於第十章「色彩調和法」，配色學理的形成與探討於第十一章「色彩調和論」，色彩的規劃與適性發展於第十二章「色彩計劃」，色彩語彙與其多元表現於第十三章「色彩的語言」，主要色彩樣本的對照於第十四章「印刷色樣與色票」，色彩研究相關年表於第十五章，色彩專業用語查詢於第十六章。

如上述之規劃，本書力求色彩領域的完整性與專業性，但是研究或實務可能集中在少數部分，對大多數的讀者而言，內容或許複雜繁多，建議在閱讀順序或章節項目，可依照個別的專業或需求調整。

本書經由中原大學獎助出版，特此銘謝。

林昆彰

目錄

Index

前言	2
----------	---

一、色彩與光

(一) 光與色彩	4
(二) 物體色的產生	5

二、色彩與生理

(一) 眼睛的作用與色彩知覺 ...	8
(二) 色彩知覺的原理	9
(三) 色彩感覺的異常	14

三、色彩的傳達

(一) 色彩命名法	18
(二) 色名法的標準化	20
(三) 色彩表示法	22

四、立體概念的色彩體系

(一) 曼塞爾體系	28
(二) 奧斯華德體系	32
(三) PCCS 體系	36

五、數值概念的色彩體系

(一) 牛頓的混光研究	46
-------------------	----

(二) 葛萊斯曼的混光法則	47
(三) 近代的混光實驗	48
(四) CIE 的色彩體系	50

六、混色

(一) 加法混色	60
(二) 減法混色	64
(三) 加減法混色	66

七、照明與色彩

(一) 光色與色溫	70
(二) 標準光與色彩	71
(三) 視覺順應	73
(四) 演色性	74
(五) 光的計測	75

八、色彩的視覺作用

(一) 色彩的機能	78
(二) 色彩的對比	82
(三) 色彩的同化	87
(四) 其他視覺效果	89

九、色彩與心理

(一) 色彩的心理性質	92
-------------------	----

(二) 色彩的意象與聯想	95
--------------------	----

十、色彩調和法108

(一) 自然界的色彩調和	108
(二) 色彩調和的原理	109
(三) 三屬性色彩調和法	111
(四) 學理的色彩調和法	115
(五) 生活的色彩調和法	118

十一、色彩調和論124

(一) 哥德	125
(二) 傑福羅	125
(三) 路德	127
(四) 奧斯華德	128
(五) 畢蘭	130
(六) 慕恩與史班瑟	131
(七) 傑德	132
(八) 伊登	133

十二、色彩計劃138

(一) 色彩計劃的對象	138
(二) 色彩計劃的適用範圍	140

十三、色彩的語言147

(一) 色彩的文法	148
(二) 海報的色彩	150
(三) 書頁的色彩	153

(四) 地圖的色彩	155
-----------------	-----

(五) 環境導引的色彩	159
-------------------	-----

(六) 包裝的色彩	161
-----------------	-----

十四、印刷色樣與色票 166

(一) 色彩調查與記錄用	166
(二) 色彩指定與配色檢視用	166

十五、色彩年表180

十六、色彩用語183

主要參考書目194

作者簡介194

Basic Color Theory 色彩原論

前言

前言

色彩，從字典中可以查閱到多重的解釋或意含。在科學性質上定義為「經由光線（光波）中不同的光譜組成所產生的視覺」：當物體受到陽光照射，不被吸收而反射進入眼睛所呈現出物體的色彩，因為波長的差異，便產生了紅、橙、黃、綠、藍、紫等色彩視覺。

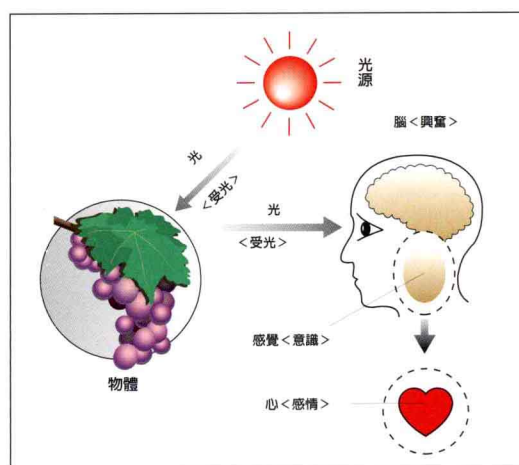
在眼睛的視網膜中，名為錐狀體的視覺細胞受到波長380～780nm的光線（此範圍為人類的可視光線）刺激而產生作用。讓我們感受到色彩的光波，包含在太陽光之中，也就是說，太陽光經由分光器的分離，呈現出來的是波長各異的光譜（spectrum）。

其他包含色彩意義，還包括表達具體狀態的氣色、臉色，傳達抽象概念的情色、形形色色等豐富的含意，而英文則以單純的color一詞概括了色彩、著色、狀態等多重意義。如此，色彩除了科學層面之外，也富含著歷史、文化、民族、風俗等多重面貌。

圖1-1說明人類感覺色彩的路徑：光線經由物體的反射後為眼睛所接收，此一階段為色彩的物理過程（光學的部分），接著，網膜受到光的刺激後傳達至腦部讓人感受到色彩，此一階段則為色彩的生理學的部分，此外，根據接收來自外部的視覺訊

息，在腦部認知色與形的同時，也一併產生了暖或冷、柔或剛、愉悅或不適等印象與情感，此刻便是進入了色彩的心理階段（心理學的部分）。這種視覺訊息最後會與腦中原本的記憶訊息相互對照，判斷自身與訊息的關係，進而理解其中的意含。

因此，本書內容廣泛涉獵色彩的光學、心理、生理與其應用等層面。



◎圖1-1 色彩感覺的路徑

Basic Color Theory 色彩原論

一、色彩與光

一、色彩與光

當日暮低垂，隨著光線的轉弱，色彩也逐漸難以辨識，這表示正因為光線的存在，我們才能感覺到色彩。對於太陽光的疑問，17世紀的物理學家牛頓（Isaac Newton，1642～1727）從光學實驗中解釋了光的物理意含。

（一）光與色彩

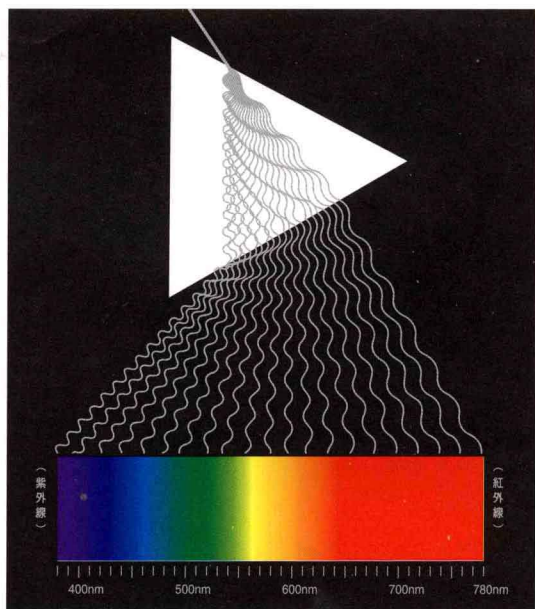
西元1666年，牛頓使用原為改良天文望遠鏡之用的三稜鏡進行分光實驗，發現了太陽光是由不同波長的電磁波所集合而成的。牛頓選擇在晴朗的天氣，於暗室的牆上鑿出一個小孔，然後導入太陽的白色光照射在三稜鏡上，透過三稜鏡的白色光被分光

成為光譜（即彩虹的組成），如圖1-2所示，光譜映照在放置於後方的簾幕之上，這證明了光線中含有紅、橙、黃、綠、藍、紫等色光，相對的也證明了集合所有光譜中的色光，便能產生如太陽光一般的白色光。

進而將光譜中單一波長的色光，如以單純的紅色光通過三稜鏡，在後方簾幕上呈現的依然為紅色，由此可知，紅色光是無法進行二次分光的單色光（其他單一色光亦同），於是牛頓解釋了太陽光（白色光）之中包含了紅、橙、黃、綠、藍、紫等不同波長的色光。所謂白色光，為太陽光在380～780nm（nano meter之縮寫，1nm等於10億分之1m）的範圍中各色光混合而成的光，如一般在戶外白晝時所感覺到呈現白色的光。

光線中引發人類色彩視覺的範圍，也就是太陽所發射電磁波的光譜部分，稱為可視光。人類的可視光只是電磁波的一部分，是指除去看不到的紅外線、紫外線，波長在380～780nm範圍內的電磁波，其中，藍色光的波長較短，紅色光的波長較長，綠色光則為中波長。圖1-3為各種電磁波的波長與類型。

眼睛感覺光的路徑如圖1-4所示，分為光源色（如光源呈現黃色或藍色等）、透過色（光線透過物體後呈現光的色彩），及表面色（反射物體表面所呈現的色彩）三大類型，這

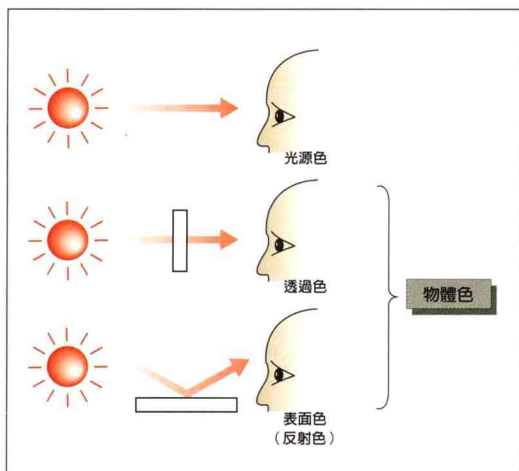


◎圖1-2 三稜鏡分解的白色光與光譜

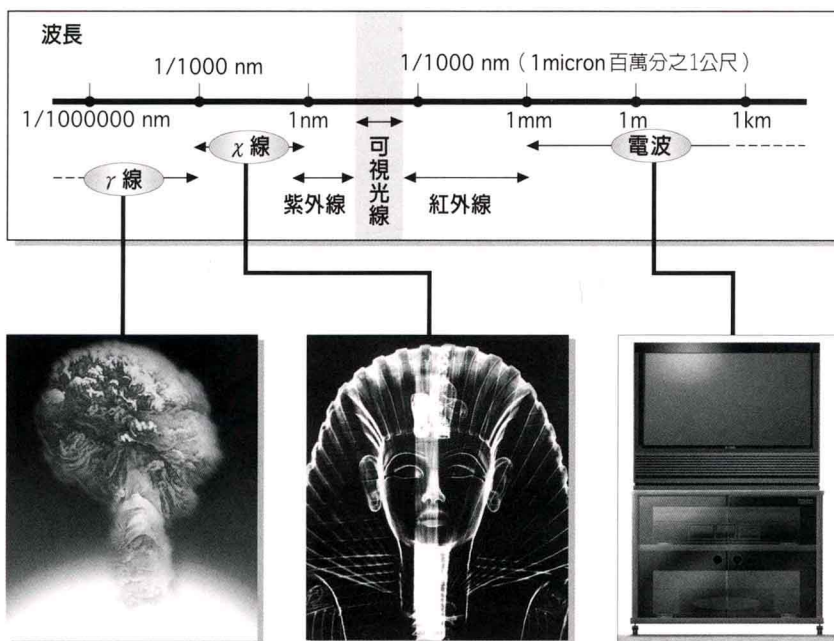
些光線直接或間接映入我們的眼睛，進而產生了色彩的視覺。

(二) 物體色的產生

圖 1-5 表示光線經反射後顯色（呈現色彩）的原理：當太陽光照射在物體表面，若是所有波長的光均被反射時，如圖 1-5 最上方所示，物體表面呈現出白色。在其右方的分光曲線圖中，橫軸表示可視光從短波長（藍紫色區域的 380nm）到長波長（紅色區域的 780nm）範圍，縱軸則表示光的反射率，此圖說明了產生白色視覺的原理，是因為各區域的波長都呈現出高度的反射率。



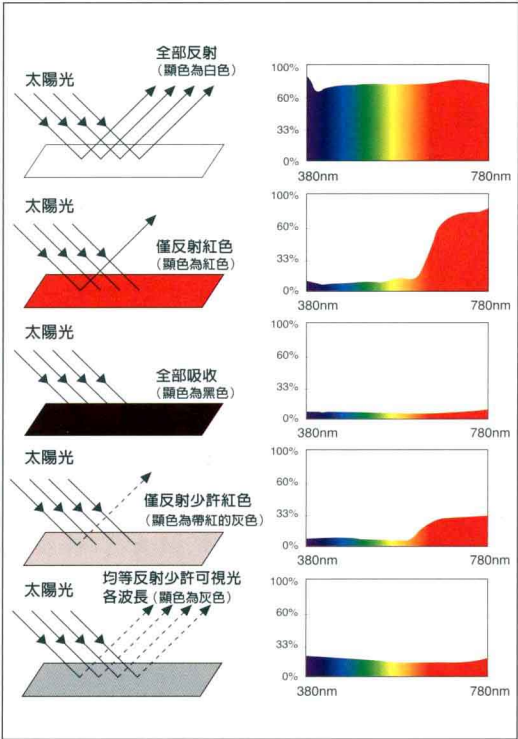
◎圖 1-4 受光路徑



◎圖 1-3 電磁波的波長與種類

第二個圖例表示物體反射了紅色光（長波長區域），其他波長的光均被物體吸收而產生紅色視覺。第三個圖例說明所有的照射光都被物體吸收而呈現黑色視覺。第四個圖例表示反射了些微的長波區域（紅色光），而中、短波區域幾乎被吸收，呈現出「帶紅色味灰色」的視覺。第五個圖例則表示因為各波長區域的光線被均等、部分反射而呈現灰色。

由上述可知，表面色（物體光）的呈現決定於物體反射光線的波長。關於光源色或透過色等色光的呈現，請參閱第七章「照明」。



◎圖 1-5 顯色的原理

Basic Color Theory 色彩原論

二、色彩與生理

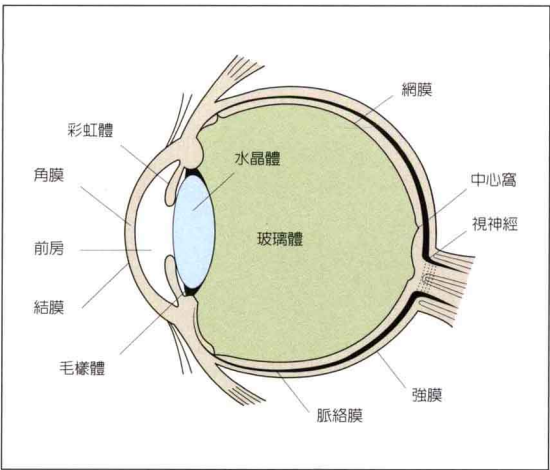
二、色彩與生理

眼睛看到物體的感覺作用統稱為視覺，是一種以明暗、形狀、色彩、運動與遠近認知為主的總合知覺。

(一) 眼睛的作用與色彩知覺

如圖 2-1 所示，眼睛是處理視覺訊息的窗口，其結構近似相機顯像的原理，彩虹體如同光圈，水晶體如同鏡頭，而網膜如同底片。處理視覺訊息的步驟為：

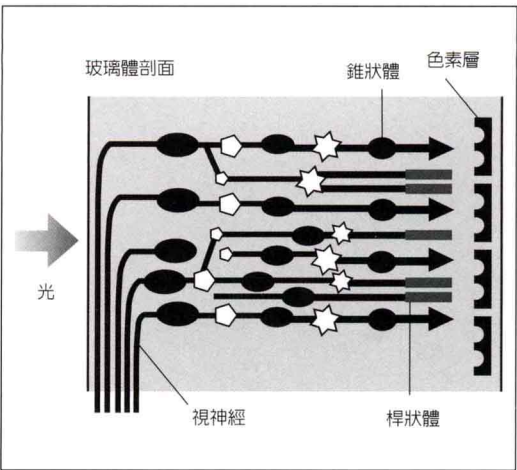
- ◎彩虹體調節進入眼睛的光量，其採光的結構為調節在 3mm～8mm 之間的黑色瞳孔。
- ◎通過瞳孔的光訊息經由水晶體的厚度變化進行焦距調整，而水晶體的厚薄變化則取決於毛樣筋的鬆弛或緊繃。



◎圖 2-1 眼睛的構造

- ◎經由水晶體折射的光訊息，透過果凍狀組織的玻璃體後將影像集結在網膜上。
- ◎集結在網膜上的光訊息轉換成為電氣化訊息後，由視神經傳到腦部產生視覺。

如圖 2-2 所示，物體所反射的光進入眼睛到達網膜時，光線通過視神經的間隙，接觸到色素層而反射，反射光被視細胞的桿狀體（柱狀體）與錐狀體（圓錐狀體）轉變成電氣訊息，由視神經傳達至腦部。網膜的中心窩附近密集了許多感知色彩的錐狀體視神經，主要活躍在明亮處，約有 650 萬個錐狀體執行作用，負責色彩（色光的 R 紅、G 綠、B 藍）的感知，而處於暗處仍然活躍的，是約有一億二千萬個平均分布在網膜上的桿狀體視神經，專責明暗的感知作用。



◎圖 2-2 網膜的構造

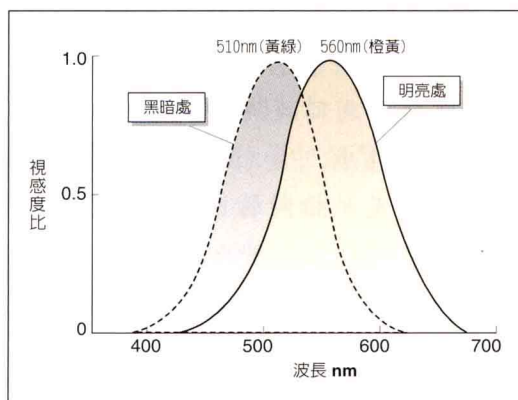
表示可視光（380～780nm的電磁波）的各波長在眼睛（更精確的說法為視神經）感度變化的曲線，稱為視感度曲線。如圖 2-3 所示，在亮處以錐狀體的作用為主，最高感度在 560nm 左右，在暗處以桿狀體的作用為主，最高感度在 510nm 左右，換言之，視神經的感知程度會因為身處亮處或暗處而產生視覺偏差，相同的色彩，在暗處感知的藍色相對於在亮處顯得更為明顯，而紅色卻顯得更加晦暗，這種現象為 19 世紀的生理學家伯金傑（Purkinje）所發現，故稱之為伯金傑現象。這個發現正說明了在傍晚天色轉暗時，紅色招牌顯得深沉，而藍色依然明顯的原因。

在視覺細胞的研究方面，1850 年代的科學家以顯微鏡觀察網膜組織時，發現了桿狀細胞與錐狀細胞，1866 年，許爾傑（M. Schultze）發表的論文之中，明確的指出視細胞的功能與作用。在此之前，許爾傑從科學家奧柏（H. Aubert）的研究得知，人類辨視形狀與感知色彩的能力，多集中在網膜的中心部分，越離開中心，辨知能力（視力）則越弱。許爾傑進而發現錐狀細胞多集中在網膜的中心部分，越離開中心，錐狀細胞的比例漸減，而桿狀細胞的比例漸增。與奧柏的研究前後呼應，許爾傑的結論為：錐狀細胞為感知色彩的媒介，而桿狀細胞是感知細部造形的基礎。

許爾傑也發現夜行性動物，如蝙蝠的錐狀細胞不發達，晝行性動物如壁虎的桿狀細胞極少的現象，加上人類在黑暗處難以感知色彩，但可以辨識形狀的事實，由此推斷錐狀細胞主要在亮處作用，桿狀細胞主要在暗處作用。

（二）色彩知覺的原理

關於眼睛（錐狀細胞）是如何感知色彩、辨識色彩？其結構又是如何？從 17 世紀物理學家牛頓的分光實驗以來，許多以生理學與物理學研究為主的科學家進行一連的假設、推論與實驗，這一些論述爾後成為現代色彩學理及應用發展的重要根基，以下就其代表性與論述的內涵加以說明。



◎圖 2-3 在明亮處與黑暗處的視感度曲線

(1) 楊格的三原色說

楊格（Thomas Young，1773～1829）是位在英國開業的醫生，同時也從事物理、生物、生理、考古等研究，在物理學方面，研究的主要對象為光，提倡光的波動學說。楊格於1801年提出紅黃藍三原色的論述，紅黃藍確實是色料的三原色，但是無法說明眼睛內部的感色組織（色光）也是如此，翌年的1802年，楊格修正三原色為紅綠紫，成為視覺三原色說的創使者。

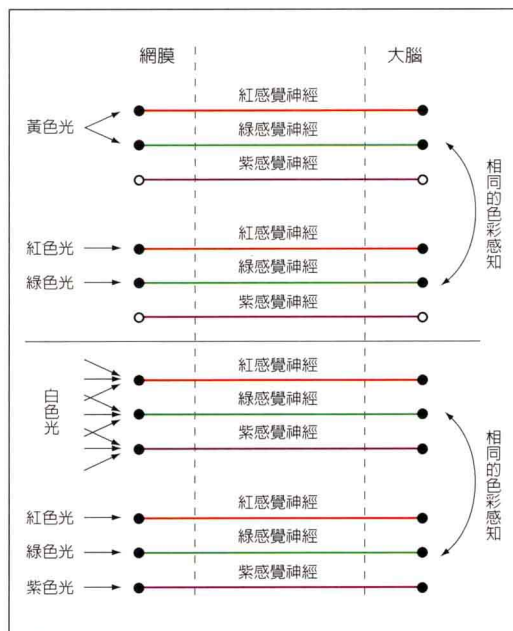
楊格推定網膜上布滿著感知三原色的三種不同感覺粒子，感色神經則由不同的感覺粒子所組成，感知紅、綠、紫粒子的振動大小比例為7：6：5，這些感色粒子依照映入網膜的視覺訊息產生比例性振動，振動波傳送到大腦產生色彩知覺。如圖2-4所示，當接收到紅色光與綠色光時，紅、綠的感色神經開始進行振動作用，而在只接收到單純黃色光時，仍然由紅、綠的感色神經進行振動作用，並且在作用同時產生混光過程。在牛頓的分光實驗中，黃色光可分解出紅、綠色光，相對的，紅、綠色光的混光可以得到黃色光。色彩（色光與色料）的混合請參閱第六章。

牛頓發現眼睛外界的光是振動的電磁波，楊格則對眼睛內部的感色過程提出延續性的波動學說，這種原理

與聲音在空氣中振動傳播相似，只是接收視覺與聽覺的神經各有不同，19世紀初的慕樂（Johannes P. Muller）據此提出五感神經的學說，分別為視覺、聽覺、嗅覺、味覺與觸覺。

(2) 賀姆何茲的續三原色說

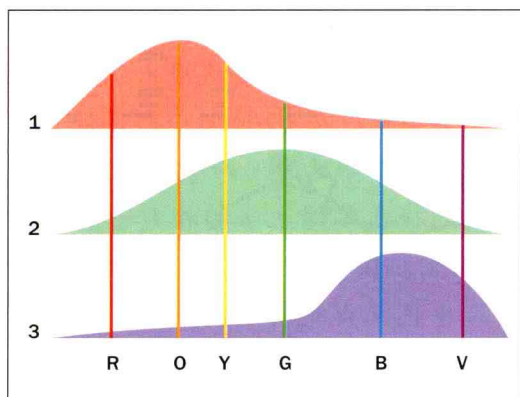
德國人賀姆何茲（Hermann von Helmholtz，1821～94）為一位從生理學投身物理學研究的19世紀代表性科學家，在生理學方面提出神經傳輸速度的計測，物理學方面則提出能量不變定律，其著作『視覺論』三卷及『聽覺論』一卷，至今仍然被廣泛引用，為感覺生理學與實驗心理學的研究奠定重要的基礎。



◎圖2-4 三原色說的混色說明

在『視覺論』第二卷的『色覺論』之中，賀姆何茲闡述他的色彩感知主張，其主要架構幾乎延續了楊格的三原色說，但是對於感覺粒子共振的概念有不同的論點，如圖2-5所示，賀姆何茲主張三原色的感知來自於三種感色神經的作用特性，圖中1、2、3的曲線分別表示紅、綠、紫的特性，橫軸由左至右分別為R紅、O橙、Y黃、G綠、B藍、V紫的可視光譜，各曲線在光譜中不同的高度，表示各感色神經對不同色光的作用程度，例如：眼睛接收到綠色光時，主要以第2種神經（曲線）的作用為主，但是第1及第3種神經（曲線）也會產生一定程度的作用。

在此，值得注意的是第1種紅感色神經，在橙色部分的作用高於紅色，而且橙色部分在其他第2、3種神經的作用也高過於紅色，這是說明橙色因不同感色神經的混光作用，增加



◎圖2-5 賀姆何茲假定三個神經纖維的作用曲線

了明度（明亮程度），但是紅色光主要以紅感色神經的作用為主，色彩的純粹度（可理解為彩度）較高。日後發展的各種色彩體系理論，大多符合賀姆何茲的這項論點，如在曼賽爾（Munsell）色彩體系中，黃色的明度為8，高於紅色的4，而紅色的彩度為15，高於黃色的12。關於色彩體系，請參閱第四章「立體概念的色彩體系」。

賀姆何茲的三原色說，不僅解釋了由紅、綠、紫三種不同的感色神經可以感知無限的色彩，並進行色光混合的感色現象，而且也為色盲或色弱的成因，提供了相當具有說服力的論證，換言之，在這三種感色神經之中，只要其一發生損害，就會影響到整個感色與混色功能，造成對某些色彩辨識能力的障礙。

（3）亨利的相對色說

亨利（Ewald Hering, 1834~1918）在捷克的布拉格大學擔任生理學教授之初，於1872年開始提出色彩知覺的相對色說，與紅綠藍三原色說最大的差異點在於，相對色說加入黃色成為四原色。在賀姆何茲的三原色說之中，黃色光為綠色光與紅色光混合的二次色光，但是亨利主張黃色在視覺上的感覺既不偏向綠色，也不偏向紅