

2025年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號	130001
參展科別	行為與社會科學
作品名稱	The Effects of Background Color on Color Preference 探討不同背景顏色對色彩偏好的影響
得獎獎項	四等獎

就讀學校	臺北市立第一女子高級中學
指導教師	陳建中 吳雅嵐
作者姓名	洪羚家

關鍵詞 色彩偏好、背景顏色、色彩定義

作者簡介



我是北一女中科學班高三生洪羚家，很幸運在高一時找到自己有興趣的視覺神經科學，進入陳建中教授的實驗室，開始了長達三年的專題研究歷程。

除了最感謝的陳建中教授一直以來對我無條件的支持，還要謝謝北一女中吳雅嵐老師三年來的指導，也謝謝學姊徐一璇、楊丹妮、麥時暉，以及所有受試者及家人的幫忙，讓我能完成這份研究。

2025 年台灣國際科學展覽會 研究報告

區 別：

科 別：行為與社會科學科

作品名稱：The Effects of Background Color on Color Preference

探討不同背景顏色對色彩偏好的影響

關 鍵 詞：色彩偏好、背景顏色、色彩定義

編 號：

目錄

壹、前言.....	p2
貳、研究設備及器材.....	p5
參、研究過程或方法.....	p5
肆、研究結果.....	p10
伍、討論.....	p30
陸、結論.....	p32
柒、參考文獻資料.....	p33

摘要

色彩偏好影響生活的許多決策，對於背景對色彩偏好的影響，現行兩個色覺理論(對比理論與生態價理論)有不同的解釋，本研究以高中生為對象，旨在探討背景對色彩偏好影響與支持理論，並提出運用方向。

之前色彩定量方式缺乏對敏感度與視錐細胞的考量，本研究發展以中性灰為基礎對不同色彩的定量方法，並以此進行色彩偏好測試。實驗結果發現：顏色偏好會受到背景影響(支持對比理論)，背景對各色彩具不同影響力，偏黃偏綠顏色受背景影響較大；綠色與藍色背景提升偏黃與偏綠之顏色偏好而紅色背景則會下降(支持生態價理論)，背景亮度不影響顏色偏好。期望研究結果有助於青少年環境與產品設計配色參考，並對未來背景影響顏色的神經機制研究提供基礎。

Abstract

Color preferences influence many decisions in our daily lives. Regarding the effect of the background on color preferences, two current color vision theories—the Contrast Theory and the Ecological Valence Theory—offer different explanations. This study, focusing on high school students, aims to explore the influence of the background on color preferences and to support the corresponding theories, proposing practical applications.

Previous quantitative approaches to color lack consideration for sensitivity and cone cells. This study develops a quantitative method based on neutral gray to assess various colors and applies it to a color preference test. The experimental results show that color preferences are indeed influenced by the background (supporting the Contrast Theory), which exerts different levels of influence on each color. Colors with yellowish and greenish tones are more strongly affected by the background. Green and blue backgrounds increase preferences for yellowish and greenish colors, while a red background decreases them (supporting the Ecological Valence Theory). However, background brightness does not affect color preferences. It is hoped that the findings will provide a reference for color schemes in environments and product design for adolescents and offer a foundation for future research on the neural mechanisms underlying background influences on color preferences.

壹、前言

一、研究動機

生活中每天都可接觸多種不同的顏色，而這些顏色偏好對我們的生活影響深遠。無論是選購鞋子、糖果，還是挑選汽車和房屋，顏色都是影響我們購買決策的重要因素。然而，我們對於同一個顏色的感受可能因為該顏色所處背景不同而有所改變。因此，我們想探討**不同顏色背景是否影響人們對於顏色的喜好度**。

目前有兩個顏色辨識理論可以用來解釋背景對顏色偏好的影響，分別是**對比理論**(Katz,1999)與**生態價理論**(Palmer SE & Schloss KB,2010)，這兩個理論在人們對目標顏色處於不同背景下的偏好有不同解釋，對比理論認為顏色偏好受背景影響，而生態價理論則認為不會，因此我們想建立一個客觀的測試系統，藉由實驗探討台北青少年對目標顏色位於不同顏色背景的顏色偏好，並藉由測試結果分析對比理論與生態價理論的解釋合理性。

傳統的色彩偏好測試系統，通常使用色票來定義顏色，我們則選擇使用 DKL color space 定義顏色，更加符合視錐細胞的感知與調控。除此之外，本研究最重要的貢獻之一即是提出以下嚴謹定義測試顏色的方法，為了確定受試者可明確分辨目標顏色與背景顏色，我們先以中性灰作為對照組顏色，先測定受試者對不同顏色在中性灰背景中的敏感度，並根據敏感度換算閾值決定的其他背景顏色，之後，再進一步測定各個背景顏色不同顏色方向的敏感度，並以換算的閾值決定目標顏色。利用以上方法定義的顏色，可製作不同目標顏色置於不同背景的色圖，再呈現給受試者進行喜好度評分，檢核背景顏色是否影響受試者對目標顏色的偏好。

我們期望能藉由此客觀的測試系統，進一步建立可以預測青少年顏色喜好度的數學模型，為顏色偏好提供可量化的參考。透過研究顏色偏好與背景之間的關聯，我們可以在未來設計青少年環境與商品時，選擇偏好度較高的顏色搭配，從而提高環境的教育品質，或增加商品的應用價值；也期望研究結果能提供人類顏色偏好演化與顏色偏好相關的神經系統研究之基礎。

二、研究目的

(一) 檢核背景影響顏色喜好度理論(對比理論與生態價理論)之合理性

1.建立顏色偏好測試系統

(1)定量中性灰周圍的各顏色等敏感度範圍

(2)定量其他背景周圍的各顏色等敏感度範圍

2.探討台北青少年的顏色喜好度

(1)藉由實驗探討青少年在中性灰背景下的顏色偏好

(2)藉由實驗探討青少年在不同背景顏色下對顏色的偏好

(3)利用統計分析背景對顏色偏好之影響

(二) 建立預測顏色喜好度的數學模型

三、文獻回顧

(一) 對比理論

Martindale 和 Moore 在 1988 年發現先出現的顏色會影響受試者對其後出現顏色的喜好度 (Martindale, C., et al, 1988), 這個現象後來被稱為對比效應 (contrast effect), 其後科學家發現這可能與處理顏色所需的神經訊息量有關, 故將此理論稱為對比理論。對比理論(Katz, 1999)可以被視為美感偏好流暢理論(the fluency theory of aesthetic preference)的一個特例, 該理論認為, 觀察者會較喜歡需要較少認知資源去處理的刺激, 例如具有鮮明邊緣或圖像中不同區域之間的高對比度等易於被觀察者識別的刺激, 更容易讓觀察者從圖像中獲取信息, 需要較少的認知資源, 因此, 觀察者會更偏好高對比度的刺激。對比理論的含義是, 由於顏色偏好可以通過刺激的物理特性來確定, 因此顏色偏好可能是通過早期視覺機制進行調節的。

然而, 對比理論仍存在需解決的問題, 對於感受到的刺激, 關鍵問題是計算對比的參考點。錐對比計算 (cone contrast computation) 是使用背景作為參考點, 如果使用這種算法, 相同的目標在不同的背景上呈現, 其錐對比將不同。因此, 對比理論對不同背景下偏好的解釋是, 對目標的顏色偏好可以通過更改背景而變化。另一方面, 如果兩個不同的顏色目標與各自背景比較後有相同的對比度, 則它們對於觀察者來說應該有相同的偏好。

另外, 歐立成教授等人的研究 (歐立成, 2004) 曾將參考點設置為黃色, 這個參考點的亮度與他們實驗中使用的中性灰色背景相同。因此, 這個參考點可能也可視為一個相對的參考點, 顏色偏好也可能會隨著背景的亮度而變化。

(二) 生態價理論 (The ecological valence theory of color preference)

生態價理論 (Ecological Valence Theory; EVT) 是另一個解釋人類對顏色偏好的理論。由 Palmer SE & Schloss KB 在 2010 年提出。該理論認為, 人們對顏色的喜好與與顏色相關物體的平均情感反應有關。簡單來說, 人們喜歡與他們喜歡的物體較相關的顏色, 並且不喜歡與他們不喜歡的物體較相關的顏色。而該理論是建立在以下兩假設上, 第一, 人類對色彩的偏好是基於進化和生存的需要, 第二, 特定顏色可能與特定物體或環境的生態價值相關。相對於其他替代性理論, 生態價理論在數據擬合方面表現更好, 並且提供了更合理、更全面的顏色偏好因果解釋。並且減少了自由參數使其結果更加準確 (Palmer SE & Schloss KB, 2010)。

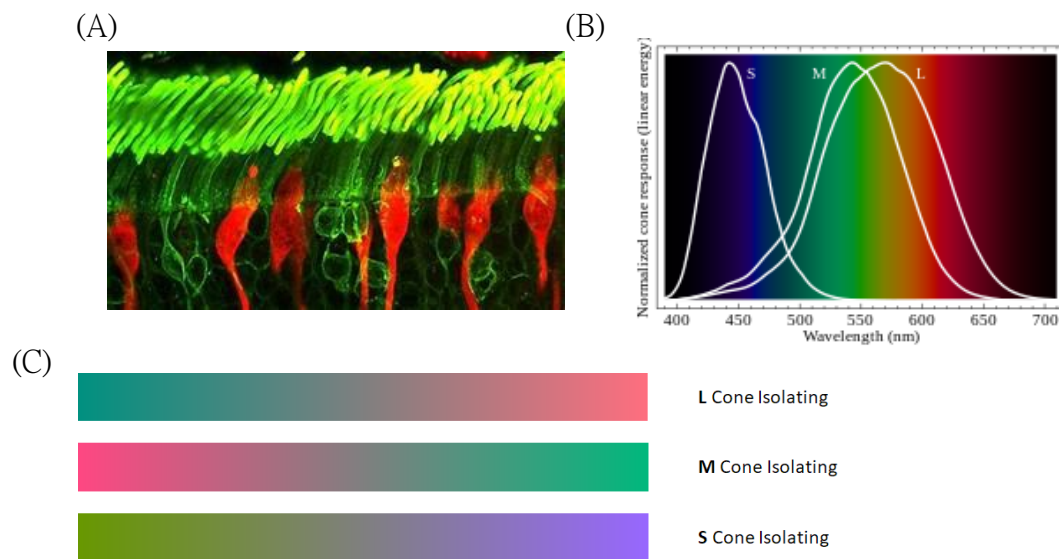
由 Palmer & Schloss (2010) 提出的 WAVE 模型可以說是這一方法中最全面且量化的模型。該理論源於演化理論 (Dissanayake, 1988; Pinker, 1997; Tooby & Cosmides, 2001)。人類傾向於偏好對其自身生存有益的刺激, 並厭惡對其有害的刺激。因此, 顏色偏好不僅僅是對顏色本身的偏好, 而是對與之相關聯的物體的偏好。因此, 正如上文所討論的, 顏色偏好可以從物體的情感價值中預測。但是, 顏色與物體之間的關聯 (例如天空是藍色, 蘋果是紅色) 是由物體本身的特性而非其環境所決定的。因此, 這個模型對不同背景下偏好的解釋是: 顏色偏好應該與背景無關。加權情感效價估計 (Weighted Affect Valence Estimation; WAVE) 是一種心理學中用來描述情感體驗的概念, 為 EVT 理論中的一種量化模型, 人們對顏色的喜

好源於對與顏色相關物體的平均情感反應。因此人們會較偏好跟自己喜歡物體相近的顏色，且對自己不喜歡物體相關的顏色比較反感。(Palmer SE & Schloss KB,2010)。

對比理論認為當背景與目標對比度提升時，顏色偏好會增加，生態價理論認為顏色偏好僅與相關情感記憶有關，背景無法改變，兩者解釋相反，因此我們設計實驗，透過收集同一顏色在不同背景下的顏色偏好，檢核兩個理論的合理性。

(三) 感光細胞

在視網膜上有兩種神經元特化的感光細胞分別是視桿細胞、視錐細胞(圖一(A))，人的視網膜約含有 1.2 億個視桿細胞和 600 萬個視錐細胞。視桿細胞主要負責感光，而視錐細胞則負責辨識顏色。其中視錐細胞分成 L、M、S 三種，分別吸收不同顏色的色光(圖三(B))(陳俊宏,選修生物Ⅲ(全)動物體的構造與功能)。



圖一、(A) 視桿細胞與視錐細胞 (每日頭條,2018)
(B) 視錐細胞感光分布圖 (kknews, 2019)
(C) 視錐細胞獨立感知色彩 (Li Alex Zhang,2020)

視覺感知中的紅綠對比主要涉及 L（長波長）和 M（中波長）錐體的相對活動水平，這種對比由於 L 錐體和 M 錐體的激發值相對大小而產生。當 L 錐體的激發值相對較高時，我們感知到紅色；當 M 錐體的激發值相對較高時，我們感知到綠色。此外，S（短波長）錐體與 L+M 錐體之間的相互作用也對紅綠對比產生影響。藍色（由 S 錐體激發）和黃色（由 L+M 錐體激發）之間的對比感知，受到它們的相對活動水平影響(圖三(C))。這種對比感知的形成主要表現為視覺系統對光譜的敏感性和不同波長光對感知的影響。然而，這種感知的形成受到多種錐體細胞之間的相互作用和複雜的神經網絡調控。

貳、研究設備及器材

一、研究器材

- (一) Matlab：使用 Matlab 撰寫及執行實驗需要的程式，包含呈現刺激呈現及收集受試者回覆等。
- (二) Psychtoolbox：利用 Psychtoolbox 中的各種函式進行實驗。
- (三) Microsoft Office Excel：以 Excel 來整理統計數據，包含目標色彩位置、背景色彩、顏色偏好的資料，並繪製圖表呈現所得結果。

二、器材規格

- (一) 螢幕：1920*1200 重整速度 59.95Hz
- (二) 處理器：Intel® Core™ i7-6700 CPU @ 3.40GHz
- (三) 顯示卡：Mesa intel®HD Graphics 530(SK L GT2)
- (四) 作業系統：Ubuntu 22.04.3 LTS 64-bit x 8
- (五) 應用程式：1. Matlab2022b 2. excel
- (六) 外加程式庫：psychtoolbox

參、研究過程或方法

一、研究方法

(一) 受試者條件

共招募 32 位青少年(高中生)透過石原式色盲測試判定為正常色覺，並且視力正常或矯正視力至利用 Snellen chart 測試視力高於(20/20)的受試者，其中 4 位受試者進行實驗一及實驗二(測定等敏感度範圍)，30 位受試者進行實驗三及實驗四(測定顏色偏好)。

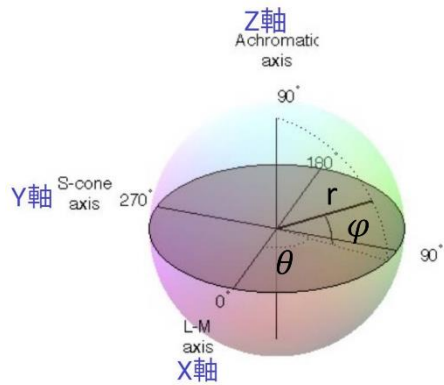
(二) 定義色彩

1. 顏色定義

MB-DKL 色彩空間 (Macleod Boynton Derrington Krauskopf Lennie color space)

MB-DKL 色彩空間(Derrington, A.M., Krauskopf, J., & Lennie, P., 1984)是一種定義色彩的座標系統，此色彩座標共分為三個軸向(圖二(A))，以中性灰為原點，x、y 軸組成平面極座標控制色彩方向(chromaticity)，z 軸控制顏色亮度(luminance)。x 軸對應視錐細胞(L-M)，正向偏紅(L cone 刺激增加)，負向偏綠(M cone 刺激增加)，y 軸對應視錐細胞(S)，正向偏藍(S cone 刺激增加)，負向偏黃(L cone、M cone 刺激增加)；z 軸對應視錐細胞(L+M+S)，正向為亮(L cone、M cone、S cone 刺激增加)，負向為暗(L cone、M cone、S cone 刺激降低)(圖二(B))。我們以三個參數(r, θ, φ)定義顏色， r 代表空間中色彩點與原典的直線距離，與顏色的對比度有關， r 越小代表顏色越接近中性灰色， θ 代表顏色投影到 xy 平面後與 x 軸的夾角，單位為(rad)，與顏色的色相相關， φ 則代表顏色與 xy 平面的夾角，單位也為(rad)，與顏色亮度相關。透過定義這三個參數，我們可以精準的描述一個顏色在 DKL 色彩空間中的位置，並計算與呈現顏色。

(A)



(B)



圖二、定義色彩的座標系統

(A) DKL 色彩空間(PsychoPy, n.d)

(B) DKL color space 軸向顏色

(Li Alex Zhang,2020)

2. 中性灰周圍色彩

以下是本研究選用的基礎顏色方向，標示出 θ (代表實驗選用的顏色方向)， $\varphi = 0$ (位於 xy 平面)， r 將由實驗一定義。

表一、中性灰周圍色彩定義表(作者自行整理)

θ	中文名稱	θ	中文名稱
0π	紅色	1π	綠色
0.25π	紫色	1.25π	黃綠色
0.5π	藍色	1.5π	黃色
0.5625π	純藍色	1.53π	純黃色
0.75π	藍綠色	1.75π	橘色

3. 背景代號定義

實驗中會需要定義除了中性灰之外的 7 個背景顏色，我們使用代號來表示這些背景，代號分為兩個字母（如：AB），首個字母代表該背景顏色存在的亮度平面，以中性灰為基準的標準亮度平面為代號 A，以亮灰計算的亮平面為代號 B。第二個字母代表背景顏色，分為灰色 A、藍色 B、紅色 R、綠色 G、黃色 Y，由此我們能表示出 7 個背景 AA、AB、AG、AR、AY、BA、BB、BY。

4. 其他背景顏色周圍色彩

我們在實驗中還會用到 56 個以其他背景為基準點的顏色，我們會以偏向顏色的背景顏色命名，例如：紅色背景下的 0π 顏色定義為偏紅方向的紅色，正藍色背景下的 0.25π 定義為偏紫方向的正藍色，按照此命名原則，我們可以定義出如表二的 56 個顏色。

表二、八個方向角的目標顏色命名 (作者自行整理)

顏色位置	命名	顏色位置	命名	顏色位置	命名
AB 0 π	偏紅方向的藍色	AG 0 π	偏紅方向的綠色	AR 0 π	偏紅方向的紅色
AB 0.25 π	偏紫方向的藍色	AG 0.25 π	偏紫方向的綠色	AR 0.25 π	偏紫方向的紅色
AB 0.5 π	偏藍方向的藍色	AG 0.5 π	偏藍方向的綠色	AR 0.5 π	偏藍方向的紅色
AB 0.75 π	偏藍綠方向的藍色	AG 0.75 π	偏藍綠方向的綠色	AR 0.75 π	偏藍綠方向的紅色
AB 1.0 π	偏綠方向的藍色	AG 1.0 π	偏綠方向的綠色	AR 1.0 π	偏綠方向的紅色
AB 1.25 π	偏黃綠方向的藍色	AG 1.25 π	偏黃綠方向的綠色	AR 1.25 π	偏黃綠方向的紅色
AB 1.5 π	偏黃方向的藍色	AG 1.5 π	偏黃方向的綠色	AR 1.5 π	偏黃方向的紅色
AB 1.75 π	偏橘方向的藍色	AG 1.75 π	偏橘方向的綠色	AR 1.75 π	偏橘方向的紅色
顏色位置	命名	顏色位置	命名	顏色位置	命名
BA 0 π	偏紅方向的亮灰色	BB 0 π	偏紅方向的亮藍色	BY 0 π	偏紅方向的亮黃色
BA 0.25 π	偏紫方向的亮灰色	BB 0.25 π	偏紫方向的亮藍色	BY 0.25 π	偏紫方向的亮黃色
BA 0.5 π	偏藍方向的亮灰色	BB 0.5 π	偏藍方向的亮藍色	BY 0.5 π	偏藍方向的亮黃色
BA 0.75 π	偏藍綠方向的亮灰色	BB 0.75 π	偏藍綠方向的亮藍色	BY 0.75 π	偏藍綠方向的亮黃色
BA 1.0 π	偏綠方向的亮灰色	BB 1.0 π	偏綠方向的亮藍色	BY 1.0 π	偏綠方向的亮黃色
BA 1.25 π	偏黃綠方向的亮灰色	BB 1.25 π	偏黃綠方向的亮藍色	BY 1.25 π	偏黃綠方向的亮黃色
BA 1.5 π	偏黃方向的亮灰色	BB 1.5 π	偏黃方向的亮藍色	BY 1.5 π	偏黃方向的亮黃色
BA 1.75 π	偏橘方向的亮灰色	BB 1.75 π	偏橘方向的亮藍色	BY 1.75 π	偏橘方向的亮黃色

二、研究流程

我們共設計四個實驗，其中實驗一與實驗二為測量不同顏色的色覺敏感度，作為定義後續使用顏色的基礎，用於建立測試系統；實驗三與實驗四則用以收集顏色偏好數據。

(一)實驗一：測定中性灰周圍的等敏感度範圍

目的：本實驗是用於測定中性灰參考點周圍的等感度範圍。這些資料將用於確定之後實驗的測試顏色和背景顏色。

方法：

在這個實驗中螢幕上會呈現刺激，每次試驗中的刺激物包括一個 $2^\circ \times 2^\circ$ 的圓形色塊放置在一個 $20^\circ \times 20^\circ$ 的背景上，測試目標與背景之間的尺寸差異應確保顏色視覺基準點基本上由背景確定，並且目標對其影響可忽略。本實驗的背景將是上述 DKL 色彩空間原點的中性灰色。測試目標共有 11 種測試顏色，其中包括十種在標準亮度平面上 ($\theta = 0$) (圖一(A))，其 ϕ 值可以是 0° (L-M)、 45° 、 90° (+S)、 135° 、 180° (M-L)、 225° 、 270° (-S) 或 315° ，還有 101.25° (unique blue) 及 275.4° (unique yellow) 另外一種在亮度軸正方向上。

我們將使用時間上的兩個強迫性選擇(必須做出選擇，不可空題)來測量目標閾值。在每個試驗中，200 毫秒的聽覺提示音將標誌試驗的開始，然後依序是第一個間隔的 295 毫秒刺激呈現，600 毫秒的刺激間隔，第二個間隔的 295 毫秒刺激呈現，然後是持續到記錄到受試者回應的響應間隔。下一個試驗將在響應後的 800 毫秒內開始，目標將隨機出現在以上兩個間隔中的一個，觀察者的任務是指示哪個間隔包含目標，藉此判斷受試者是否能觀察出顏色差異。每次試驗中的目標對比度將由 Ψ 閾值尋找算法 (Kontsevich & Tyler, 1999) 確定，該算法用於測量 75% 正確響應水平的閾值。每個運行中的兩次練習試驗後，將進行 40 次試驗，每個條件將重複四次。測試條件和重複的順序將全部隨機排列。

(二)實驗二：測定其他背景周圍的等敏感度範圍

目的：根據實驗一，我們測量中性灰色周圍的顏色樣本閾值。這將有助於確定其他背景的顏色，從而測量其他背景周圍的顏色樣本閾值。

方法：

在這個實驗中螢幕上也會呈現刺激，與實驗一類似，每次試驗中的刺激物包括一個 $2^\circ \times 2^\circ$ 的圓形色塊放置在一個 $20^\circ \times 20^\circ$ 的背景上。本實驗中將使用 7 種不同的背景。藍色和黃色背景的方向分別為 $(\phi, \theta) = (101.25^\circ, 0^\circ)$ 和 $(275.4^\circ, 0^\circ)$ 。這些背景到中性灰色參考點的距離，將根據它們在實驗一中各自測得的檢測閾值的十倍來確定。

灰色+背景位於無彩色亮度軸上 $(\phi, \theta) = (0^\circ, 90^\circ)$ ，其距離與在實驗一中測得的自身檢測閾值的十倍相同。這實際上是一個具有比整體參考點更高亮度設置的另一個中性灰色背景(代號 BA 背景)。增加亮度的藍色(代號 BB 背景)和黃色背景(代號 BY 背景)，分別標記為藍色+和黃色+，將位於方向 $(\phi, \theta) = (101.25^\circ, 45^\circ)$ 和 $(275.4^\circ, 45^\circ)$ 。藍色+背景與整體參考點之間的距離是灰色+和藍色之間距

離的平方和開根號，黃色+背景也使用相同的計算公式。

對於每個背景，將有 8 種測試顏色位於標準亮度平面，其 φ 值在 0° 至 315° 之間以 45° 為間隔遞增。請注意，測試的顏色方向和對比度將與相應的背景相關，而不是整體中性灰色參考點。

測試的方法與程序和實驗一相同。

(三)實驗三：中性灰背景下各顏色偏好

目的: 根據實驗一，我們將能夠建立中性灰背景周圍的等感度範圍，進而確定這些測試顏色相對於背景的距離。然後，我們將測試受試者對這些顏色的偏好。

方法:

螢幕上呈現的刺激物與實驗一類似，每次試驗中的刺激物包括一個 $2^\circ \times 2^\circ$ 的測試區域放置在一個 $20^\circ \times 20^\circ$ 的背景上。我們使用中性灰背景下的八個顏色，每個測試顏色與相應背景之間的距離將是其在實驗二中測得的自身檢測閾值的十倍。因此，在實驗中，我們會有 8 個目標圖片給受試者進行評分。

在每個試驗中，200 毫秒的聽覺提示音代表試驗的開始，然後是刺激呈現，然後是持續到記錄到有效響應的響應間隔。下一個試驗將在響應後的 800 毫秒內開始。觀察者的任務是按下鍵盤上的按鍵，以指示他/她對測試目標的偏好，評分為 6 點李克特量表，其中 1 表示極不喜歡，6 表示極喜歡。鼓勵觀察者在評分上均勻分佈，每個條件將重複兩次，測試條件和重複的順序將全部隨機排列。

(四)實驗四：不同背景的目標顏色偏好

目的: 根據實驗一和二，我們將能夠建立每個背景周圍的等感度範圍，進而確定這些測試顏色相對於背景的距離。然後，我們將測試受試者對這些測試顏色的偏好。

方法:

螢幕上呈現的刺激物與實驗一類似，每次試驗中的刺激物包括一個 $2^\circ \times 2^\circ$ 的測試區域放置在一個 $20^\circ \times 20^\circ$ 的背景上。在實驗一中使用的 8 種背景將全部用於本實驗。每個六種背景都有八個顏色方向，因此共有 64 種測試顏色。每個測試顏色與相應背景之間的距離將是其在實驗二中測得的自身檢測閾值的十倍。每種顏色的位置，雖然是相對於相應的背景計算的，但可以通過三角法轉換為基於整體中性灰色參考點的坐標。因此，在實驗中，我們可以有 64 （目標） $\times 8$ （背景） $= 512$ 種組合。

在每個試驗中，200 毫秒的聽覺提示音代表試驗的開始，然後是 1000 毫秒的刺激呈現，然後是持續到記錄到有效響應的響應間隔。下一個試驗將在響應後的 800 毫秒內開始。觀察者的任務是按下鍵盤上的按鍵，以指示他/她對測試目標的偏好，評分為 6 點李克特量表，其中 1 表示極不喜歡，6 表示極喜歡。鼓勵觀察者在評分上均勻分佈。每個條件將重複兩次。測試條件和重複的順序將全部隨機排列。

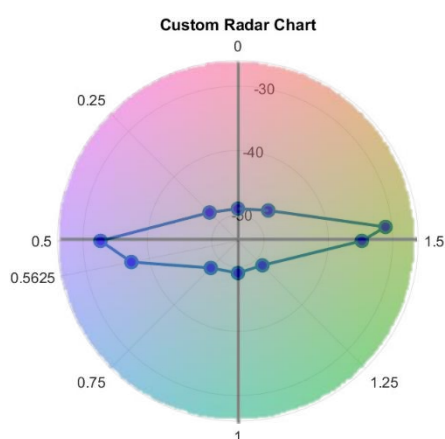
肆、研究結果

一、實驗 1A：測定中性灰周圍的等敏感度範圍

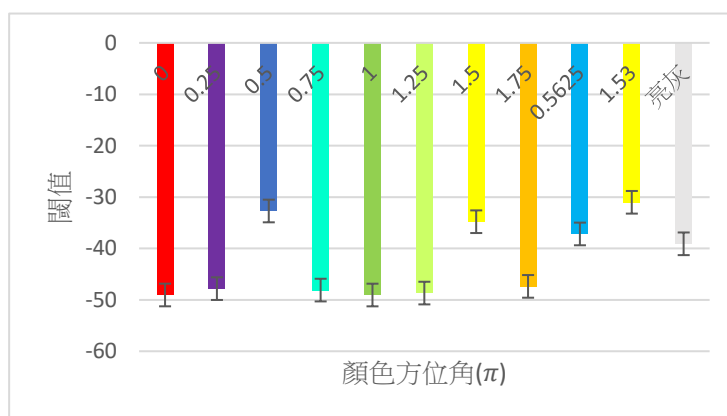
在這個實驗中，我們共有 4 名受試者進行測試，表三中數據為所得之視覺閾值，實驗過程中測試呈現圖的背景與目標顏色差異不斷降低，直到受試者分不清是否存在目標為止，記錄下當下的閾值，並將結果整理於表三中。

表三、 中性灰附近顏色閾值(單位：dB)

受試者 編號 顏色 方位角(* π)	一	二	三	四	平均	標準誤	r 值
0	-49.04	-48.86	-49.26		-49.05	0.1148	0.03
0.25	-48.91	-47.75	-46.78		-47.81	0.6175	0.04
0.5	-34.15	-30.47	-33.50		-32.70	1.1348	0.23
0.75	-49.00	-47.97	-47.31		-48.09	0.4919	0.03
1	-48.63	-48.92	-49.62		-49.06	0.2958	0.03
1.25	-49.20	-48.030	-48.80		-48.67	0.3445	0.03
1.5	-35.95	-33.968	-34.45		-34.79	0.5989	0.18
1.75	-49.38	-46.30	-46.44		-47.37	1.0062	0.04
0.5625 (unique blue)	-38.56	-34.38	-37.34	-38.42	-37.17	0.9710	0.14
1.53 (unique yellow)	-33.26	-29.33	-29.04	-32.41	-31.01	1.0692	0.28
$\theta = 0\pi$, $\varphi = 0.5\pi$	-39.79	-39.37	-38.11		-39.09	0.5040	0.11



圖三、中性灰附近顏色閾值
(作者自行繪製)



圖四、各背景與中性灰間的閾值
(作者自行繪製)

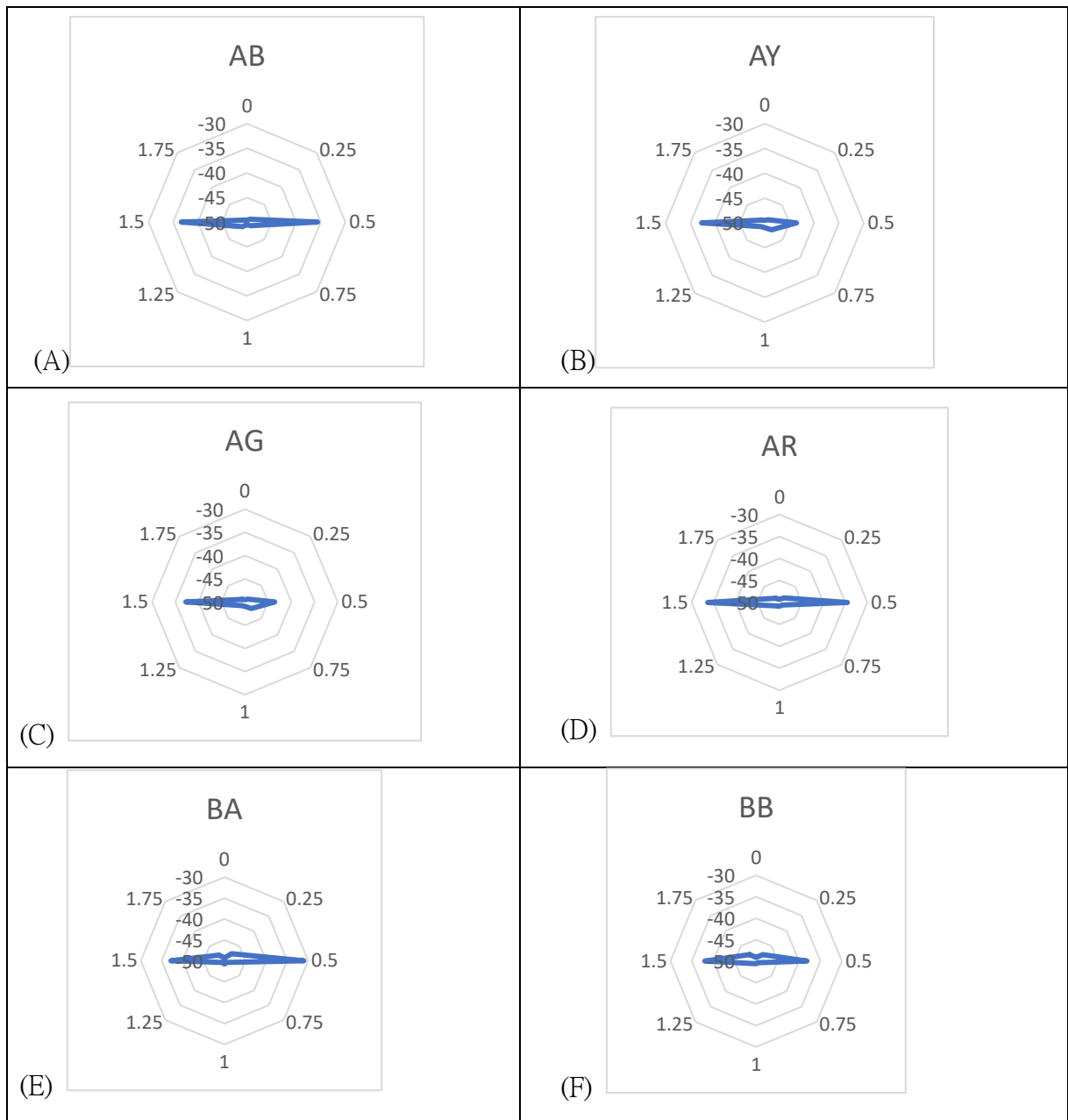
將表三數據轉換成雷達圖(圖三)，從圖三可以發現紅綠附近的敏感度最高，而對藍黃較不敏感。根據 DKL 定義的藍色 0.5π 與視覺看到的藍色 0.5625π 略有差異，故我們增加測定 0.5625π 方向的閾值(同理 1.5π 與 1.53π 為黃色系之考量)，表三數

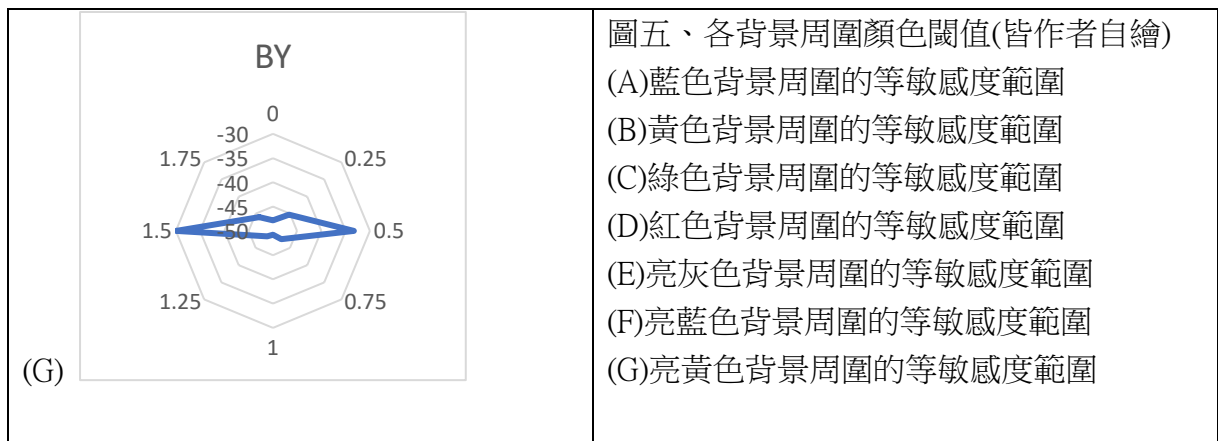
據顯示 0.5π 與 0.5625π 間、 1.5π 與 1.53π 間，閾值仍有所差別，即使顏色相差不大，但敏感度卻有明顯的差異，代表視錐細胞的感知與實際大腦的色彩感覺需要分開討論，也顯示 DKL 色彩空間是個可客觀定義顏色的系統。

將閾值代入公式： $r=10^{[(\text{閾值}+20)/20]}$ (修改自 Franco,2006)，可算出實驗二所需背景顏色的 r 值(取原顏色距離的十倍為 r)(表三)，可定義出實驗二所需的背景顏色。其中 BB 與 BY 的 r 值藉由該色與亮灰的 r 平方合開根號結果定義，得到背景顏色的 r 值分布(r 值愈高，顯示受試者對該顏色敏感度愈低)。

二、實驗 1B：測定其他背景周圍顏色的等敏感度範圍

我們在實驗一中取得了 7 個顏色背景，後續根據新定義出的 7 個背景取其為參考點，測定平面上 8 個方向角的等敏感度範圍，其結果如圖五(A)~圖五(G)(作者自行繪製)。

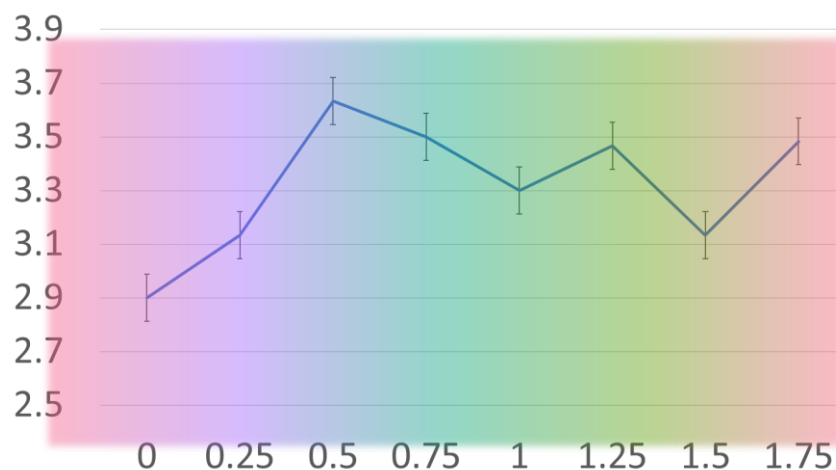




由圖五可發現：同基準點所得出之顏色，紅綠方向敏感度仍較高，藍黃方向敏感度亦較低。在有色背景中，往同顏色方向的閾值會上升(代表敏感度降低)，亮黃背景往紅方向與黃方向的閾值最高，綠背景往綠方向閾值最高，亮灰背景往藍方向閾值最高。

三、實驗 2、中性灰背景下各顏色偏好

藍色($\theta=0.5 \pi$)的喜好度最高、橘色($\theta=1.75 \pi$)次之，而紅色的喜好度最低 ($\theta=0 \pi$)，在滿分為 6 的李克特量表中，顏色喜好度大多落在 3 附近(圖六)。



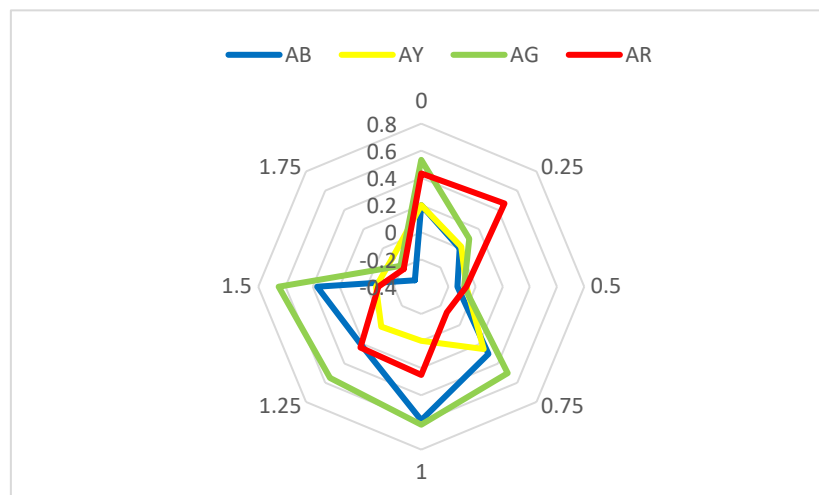
圖六、中性灰下各顏色喜好度
(作者自行繪製)

四、實驗 3、不同背景的目標顏色偏好

(一)、實驗 3A、目標顏色(來自不同背景基準)在標準亮度背景(AB~AR)之偏好

以下圖中呈現的喜好度數據，皆以 AA 背景之喜好度為參考點，意即數據為其他背景喜好度減去 AA 背景之喜好度。

1.AA 背景

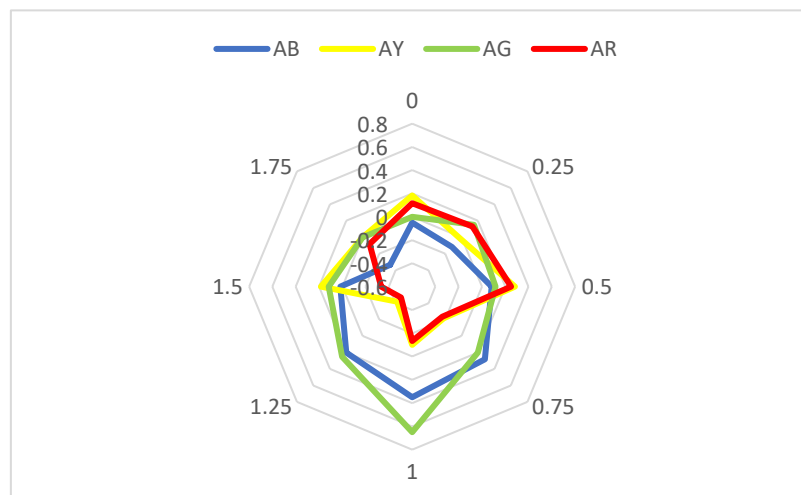


圖七、中性灰周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖七為 AA 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，可以發現藍色($\theta=0.5 \pi$)及橘黃色($\theta=1.75 \pi$)幾乎不會受到背景的影響，而綠色($\theta=1 \pi$)、黃綠色($\theta=1.25 \pi$)、黃色($\theta=1.5 \pi$)受背景影響明顯。

在藍色及綠色背景中，綠色($\theta=1 \pi$)、黃綠色($\theta=1.25 \pi$)、黃色($\theta=1.5 \pi$)的偏好度明顯提升。藍色及綠色背景有助於提升偏黃及偏綠等顏色的喜好度，黃色背景則會下降大部分顏色喜好度。

2. AR 背景

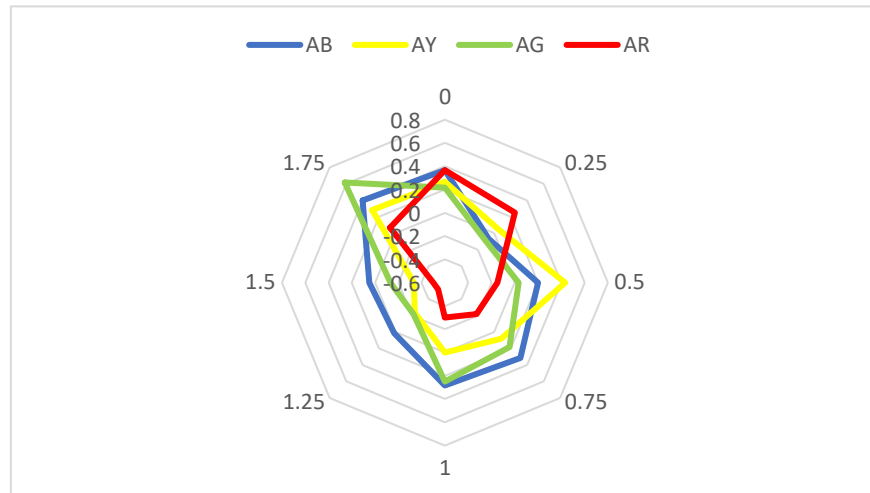


圖八、紅色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖八為 AR 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，可以發現偏藍方向的紅色($\theta=0.5 \pi$)、偏橘方向的紅色($\theta=1.75 \pi$)、偏紅方向的紅色($\theta=0 \pi$)、偏紫方向的紅色($\theta=0.25 \pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向

的各個顏色則受背景影響明顯，在藍色及綠色背景中偏綠方向的紅色($\theta=1\pi$)、偏黃綠方向的紅色($\theta=1.25\pi$)喜好度明顯提升。而對於 AR 背景的 8 個顏色，放在藍色及綠色背景下，會使偏黃綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

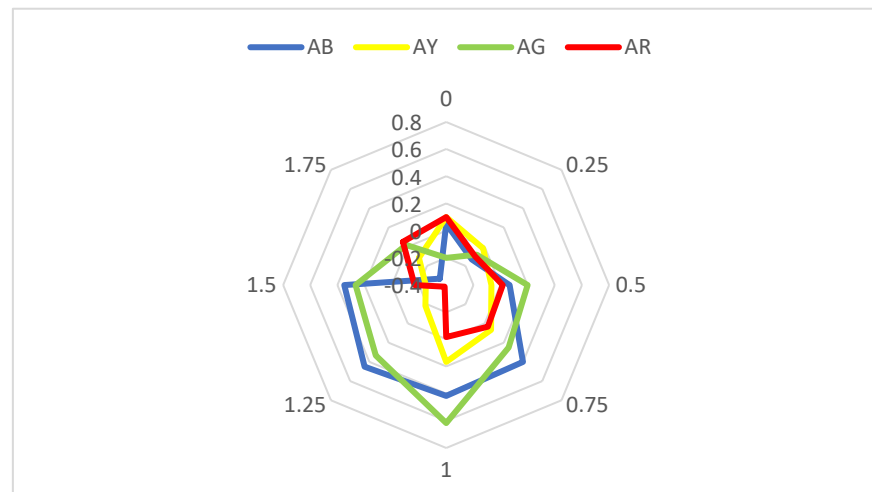
3. AB 背景



圖九、藍色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖九為 AB 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，此圖顯示偏紅方向的藍色($\theta=0\pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在藍色及綠色背景中偏綠方向的藍色($\theta=1\pi$)、偏黃綠方向的藍色($\theta=1.25\pi$)喜好度明顯提升。而對於 AB 背景周圍的 8 個顏色，藍色及綠色背景有助於提升偏黃及偏綠等顏色的喜好度，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

4. AG 背景

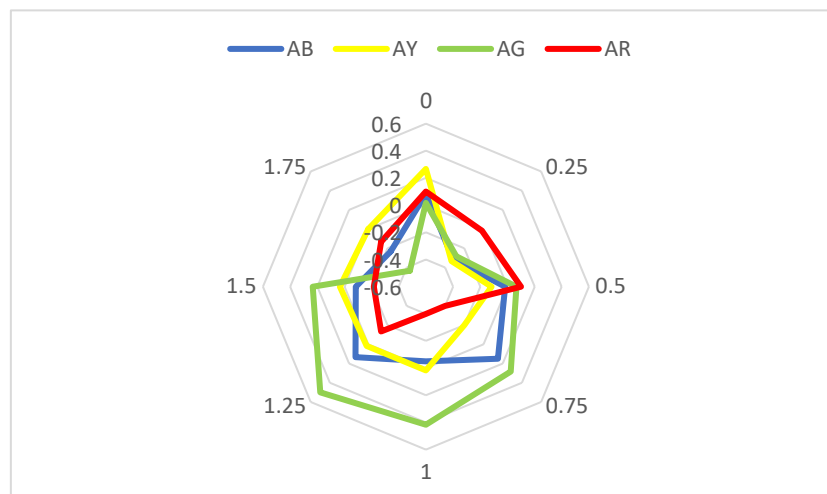


圖十、綠色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十為 AG 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，此圖顯示偏藍方向的綠色($\theta=0.5\pi$)、偏橘方向的綠色($\theta=1.75\pi$)、偏紅方向的綠色($\theta=0\pi$)、偏紫方向的綠色($\theta=0.25\pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向

的各個顏色則受背景影響明顯，在藍色及綠色背景中偏綠方向的綠色($\theta=1\pi$)、偏黃綠方向的綠色($\theta=1.25\pi$)、偏黃方向的綠色($\theta=1.5\pi$)喜好度明顯提升。而對於 AG 背景周圍的 8 個顏色，放在藍色及綠色背景下會使偏黃綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

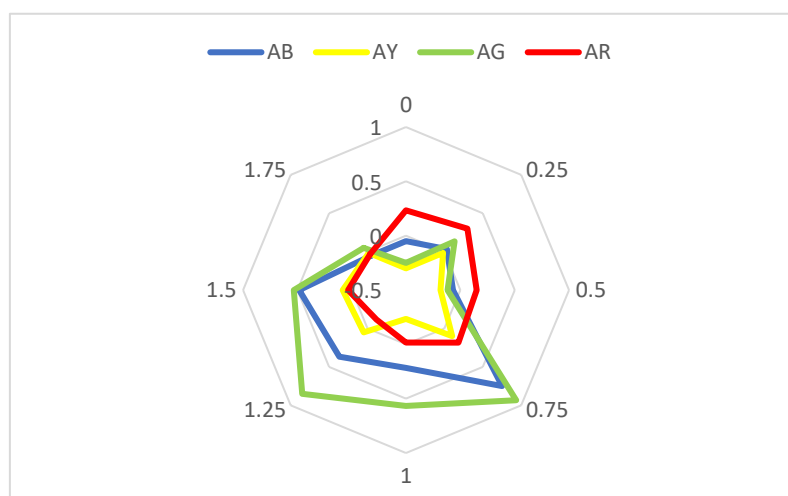
5. AY 背景



圖十一、黃色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十一為 AY 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，此圖顯示偏藍方向的黃色($\theta=0.5\pi$)、偏橘方向的黃色($\theta=1.75\pi$)、偏紅方向的黃色($\theta=0\pi$)、偏紫方向的黃色($\theta=0.25\pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向的各個顏色則受背景影響明顯，在綠色背景中偏綠方向的黃色($\theta=1\pi$)、偏黃綠方向的黃色($\theta=1.25\pi$)、偏黃方向的黃色($\theta=1.5\pi$)喜好度明顯提升。而對於 AY 背景周圍的 8 個顏色，放在綠色背景下會使偏黃綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

6. BA 背景

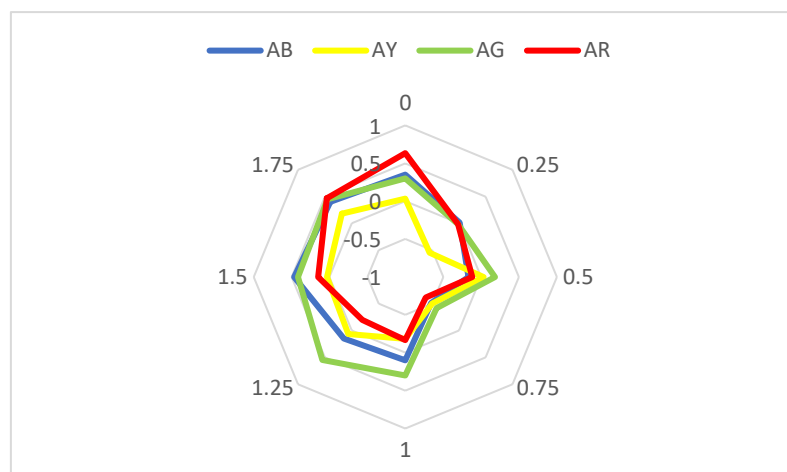


圖十二、亮灰色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十二為 BA 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布

圖，由圖可發現偏藍方向的亮灰色($\theta=0.5 \pi$)、偏橘方向的亮灰色($\theta=1.75 \pi$)、偏紅方向的亮灰色($\theta=0 \pi$)、偏紫方向的亮灰色($\theta=0.25 \pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向的各個顏色則受背景影響明顯，在藍色及綠色背景中偏綠方向的亮灰色($\theta=1 \pi$)、偏黃綠方向的亮灰色($\theta=1.25 \pi$)、偏黃方向的亮灰色($\theta=1.5 \pi$)、偏藍綠方向的亮灰色($\theta=0.75 \pi$)喜好度明顯提升。而對於 BA 背景周圍的 8 個顏色，放在藍色及綠色背景下會使偏黃綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

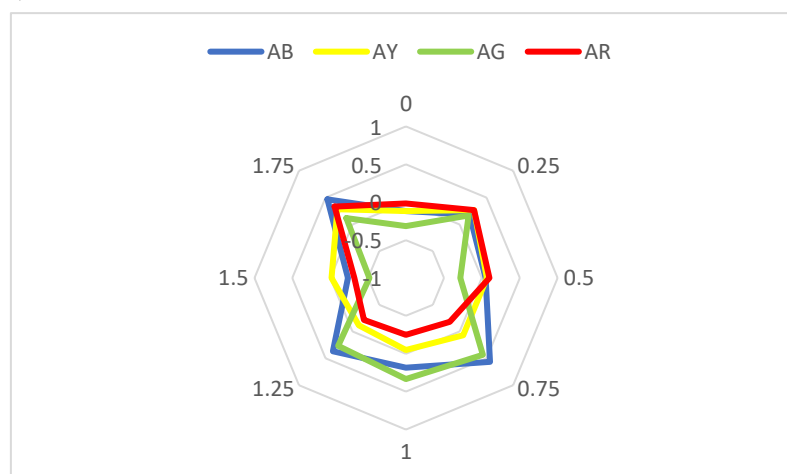
7. BB 背景



圖十三、亮藍色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十三為 BB 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面各色背景中的偏好分布圖，可以發現偏藍方向的亮藍色($\theta=0.5 \pi$)、偏藍綠方向的亮藍色($\theta=0.75 \pi$)、偏紫方向的亮藍色($\theta=0.25 \pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向的各個顏色則受背景影響明顯，在綠色背景中偏綠方向的亮藍色($\theta=1 \pi$)、偏黃綠方向的亮藍色($\theta=1.25 \pi$)、偏黃方向的亮藍色($\theta=1.5 \pi$)喜好度明顯提升。而對於 BB 背景周圍的 8 個顏色，放在綠色背景下會使偏黃綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

8. BY 背景

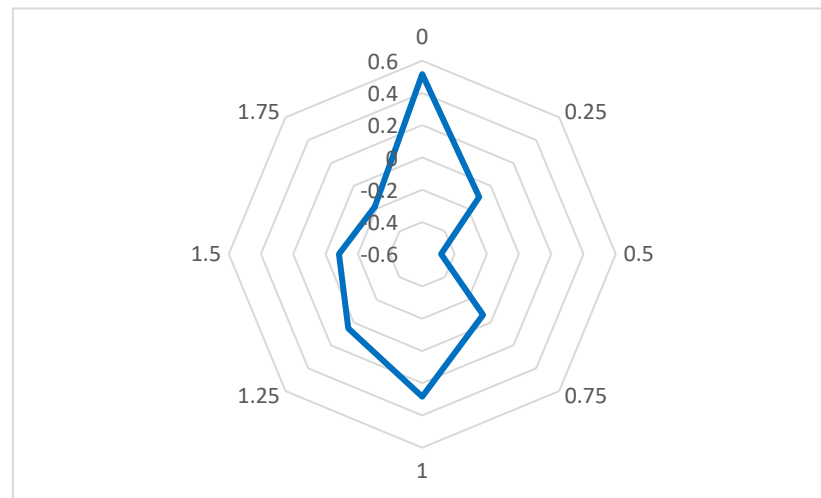


圖十四、亮黃色背景周圍顏色在標準亮度平面上各背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十四為 BY 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面的各色背景中的偏好分布圖，圖中我們可以發現偏紅方向的亮藍色($\theta=0\ \pi$)、偏紫方向的亮黃色($\theta=0.25\ \pi$)、偏紫方向的亮藍色($\theta=0.5\ \pi$)以及偏橘方向的亮藍色($\theta=1.75\ \pi$)幾乎不會受到背景的影響，而在偏黃綠方向的各個顏色則受背景影響明顯，在藍色及綠色背景中偏綠方向的亮藍色($\theta=1\ \pi$)、偏黃綠方向的亮藍色($\theta=1.25\ \pi$)喜好度明顯提升。而對於 BA 背景周圍的 8 個顏色，放在藍色及綠色背景下會使偏綠方向顏色喜好度提升，紅色背景則會降低偏黃及偏綠等顏色的喜好度。

(二)、實驗 3B、目標顏色(來自不同背景基準)在中性灰與亮灰背景之偏好

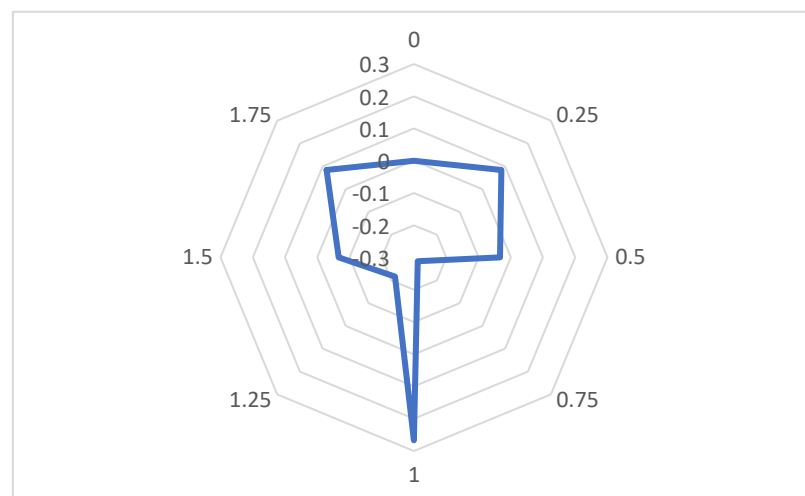
1. AA 背景



圖十五、中性灰周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十五為 AA 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，大多數的顏色受背景亮度影響不大，但紅色($\theta=0\ \pi$)、綠色($\theta=1\ \pi$)在亮背景下的喜好度略有提升，藍色($\theta=0.5\ \pi$)略有降低。

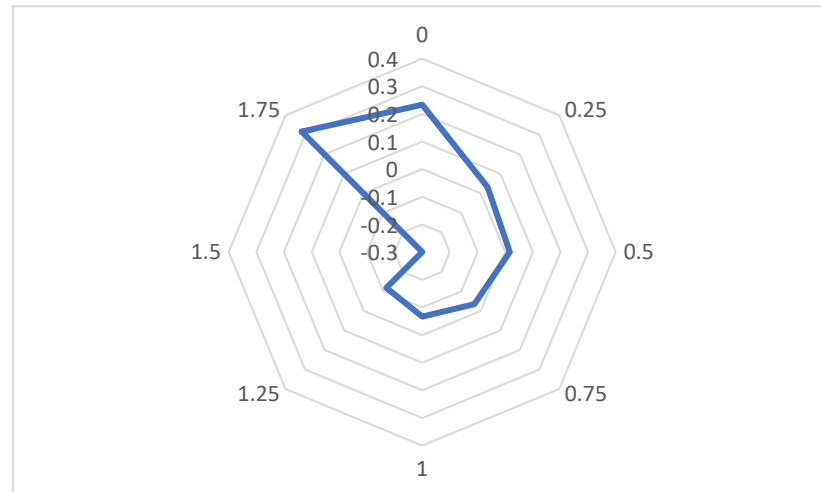
2. AR 背景



圖十六、紅色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十六為 AR 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響，唯偏綠方向的紅色($\theta=1\ \pi$)在增亮時喜好度提升。

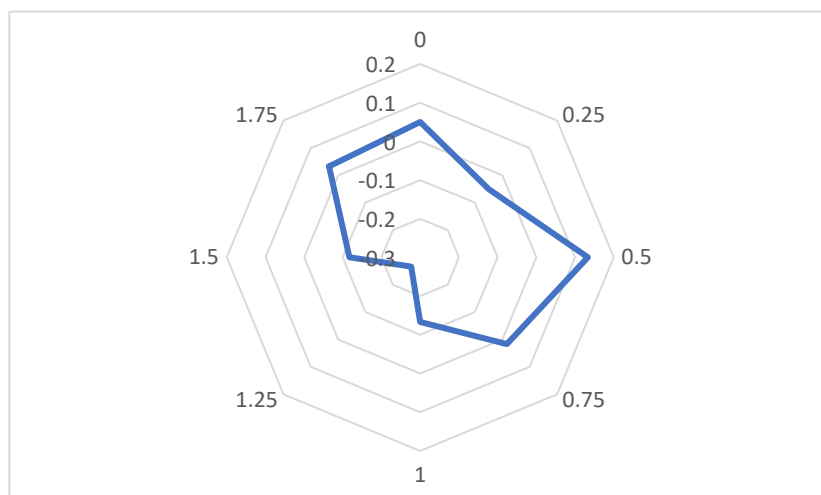
3. AB 背景



圖十七、藍色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十七為 AB 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

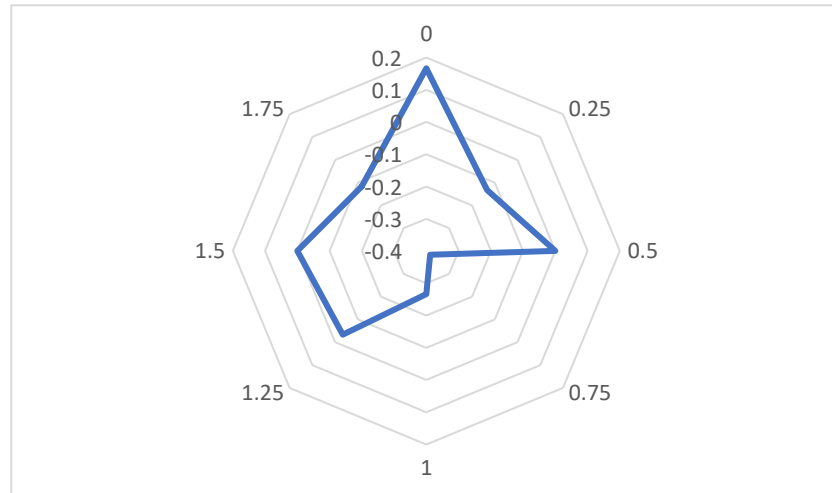
4. AG 背景



圖十八、綠色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十八為 AG 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

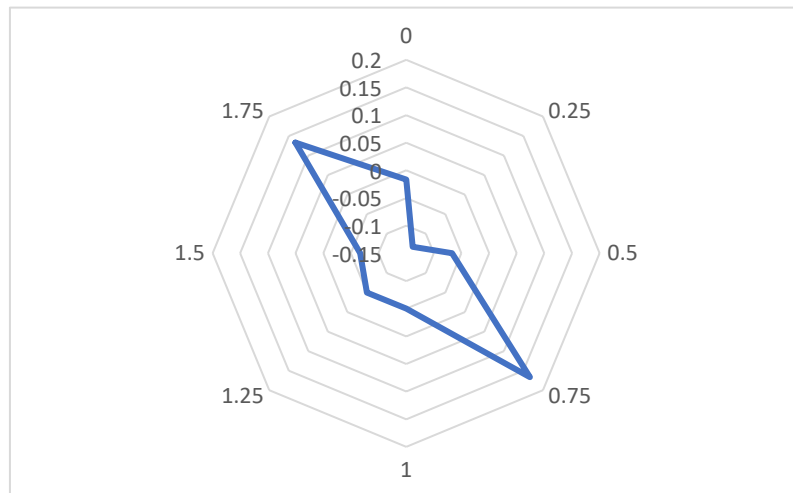
5. AY 背景



圖十九、黃色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖十九為 AY 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

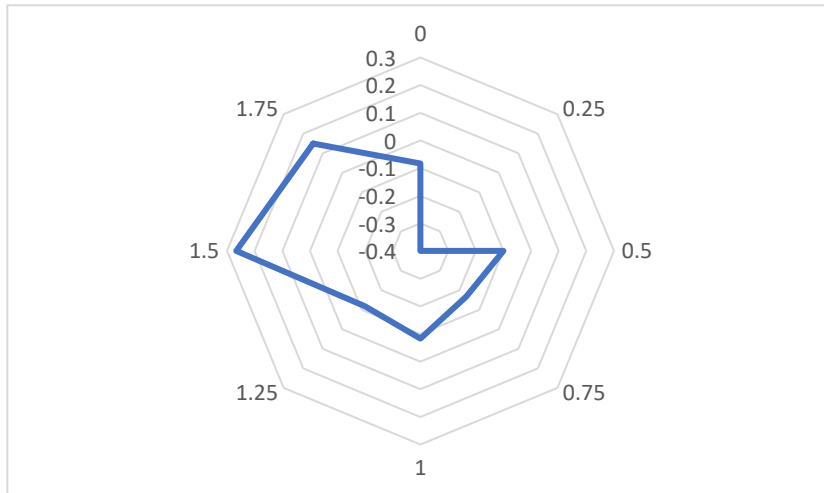
6. BA 背景



圖二十、亮灰色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖二十為 BA 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

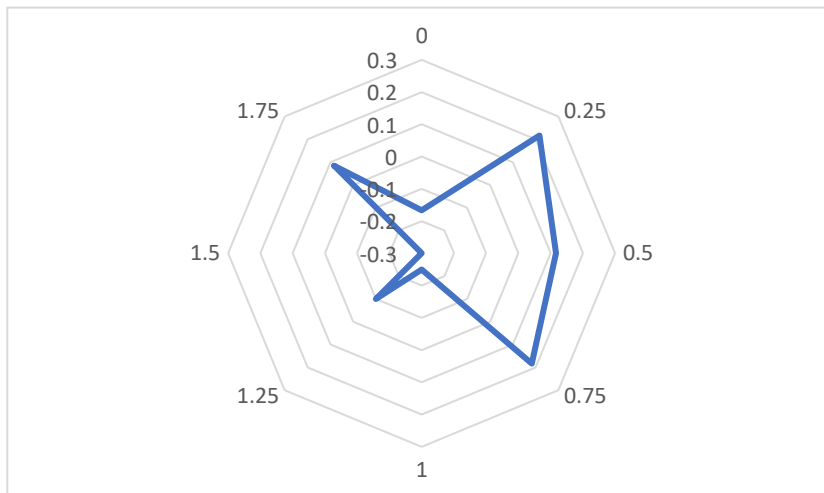
7. BB 背景



圖二十一、亮藍色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖二十一為 BB 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

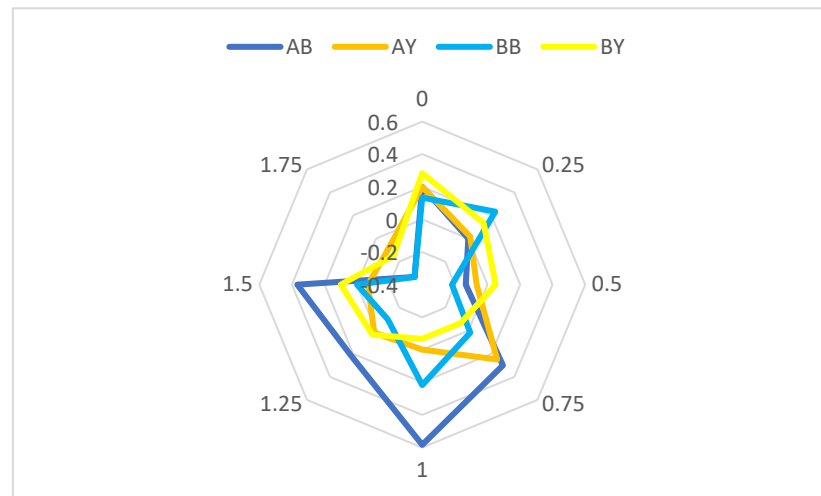
8. BY 背景



圖二十二、亮黃色背景周圍顏色在中性灰與亮灰背景中的喜好度(作者自行繪製)

圖二十二為 BY 背景下的 8 個顏色在中性灰背景與亮灰背景中的偏好分布圖，由圖我們可以發現，基本上顏色偏好不受背景亮度影響。

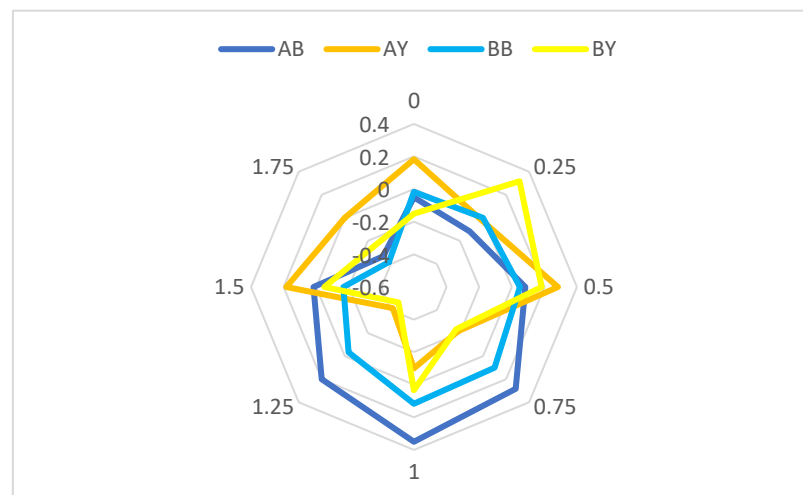
(三)、實驗 3C、目標顏色(來自不同背景基準)在藍黃背景(標準亮度、增亮)之偏好
1.AA 背景



圖二十三、中性灰周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十三為 AA 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，藍色背景增亮與否多半不影響色彩喜好度。但在藍色背景下的綠色($\theta=1 \pi$)、黃綠色($\theta=1.25 \pi$)、黃色($\theta=1.5 \pi$)，會因背景增亮而降低喜好度。

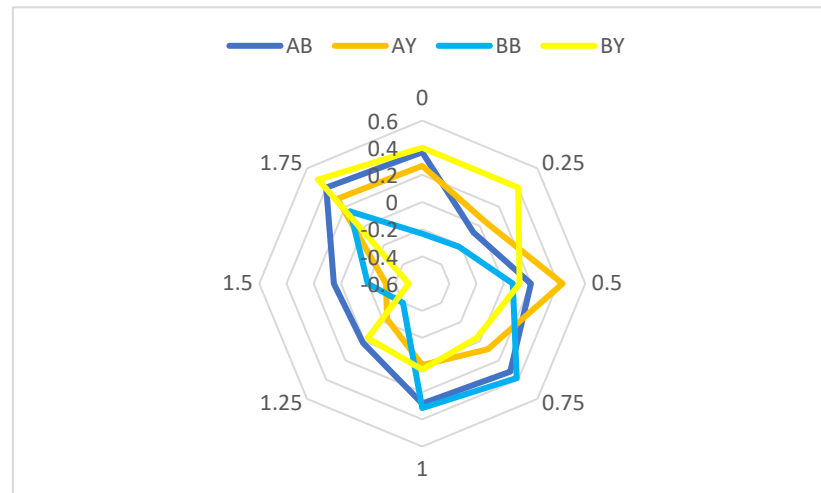
2. AR 背景



圖二十五、紅色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十五為 AR 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，在偏橘方向顏色，會因黃色背景增亮而下降喜好度，而偏藍方向顏色會因藍色背景增亮而下降喜好度。

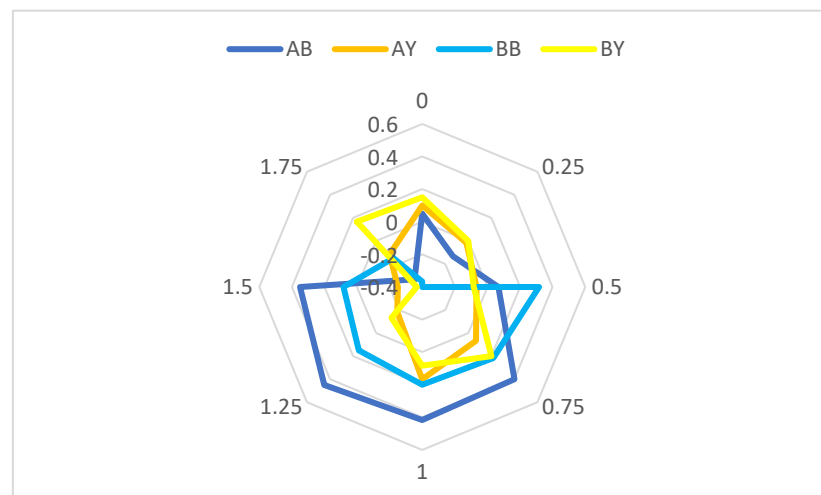
3. AB 背景



圖二十四、藍色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十四為 AB 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，不管是黃色背景還是藍色背景，背景是否增亮，對顏色的偏好大多沒有顯著的影響，只有在偏紫方向的藍色($\theta=0.25\pi$)在黃色增亮時有明顯的提升。

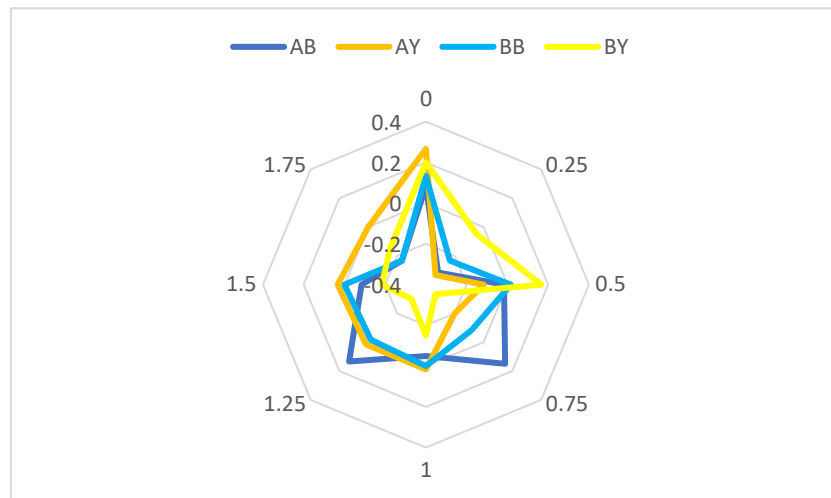
4. AG 背景



圖二十六、綠色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十六為 AG 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，在偏橘方向顏色，會因黃色背景增亮而下降喜好度，而偏藍方向顏色會因藍色背景增亮而下降喜好度。

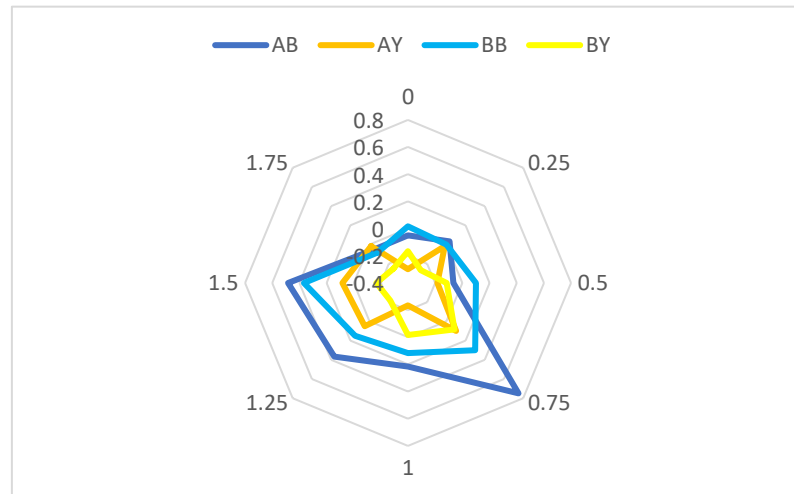
5. AY 背景



圖二十七、黃色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十七顯示大多數顏色不管在黃色背景還是藍色背景，背景是否增亮，對顏色的偏好都沒有顯著影響，在偏橘方向顏色，會因黃色背景增亮而下降喜好度，而偏藍綠方向顏色會因藍色背景增亮而下降喜好度。

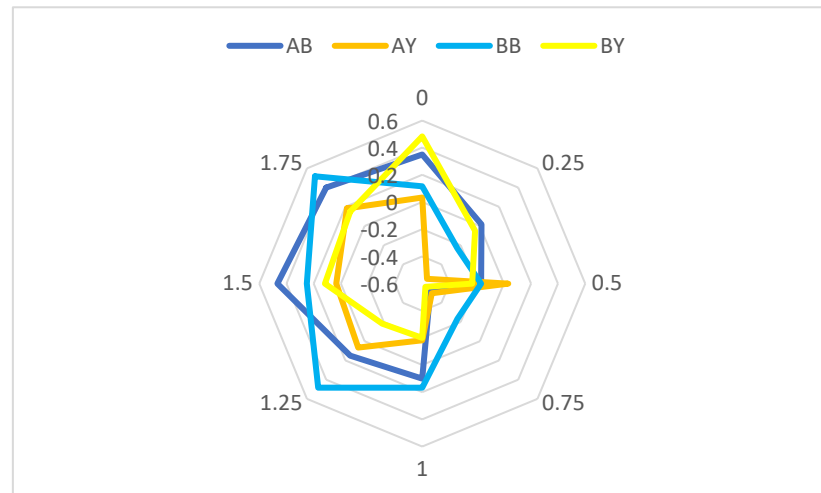
6. BA 背景



圖二十八、亮灰色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度(作者自行繪製)

圖二十八為 BA 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，大多數顏色不管在黃色背景還是藍色背景，背景是否增亮，對顏色的偏好都沒有顯著的影響，但是在偏藍綠方向顏色會因藍色背景增亮而下降喜好度。

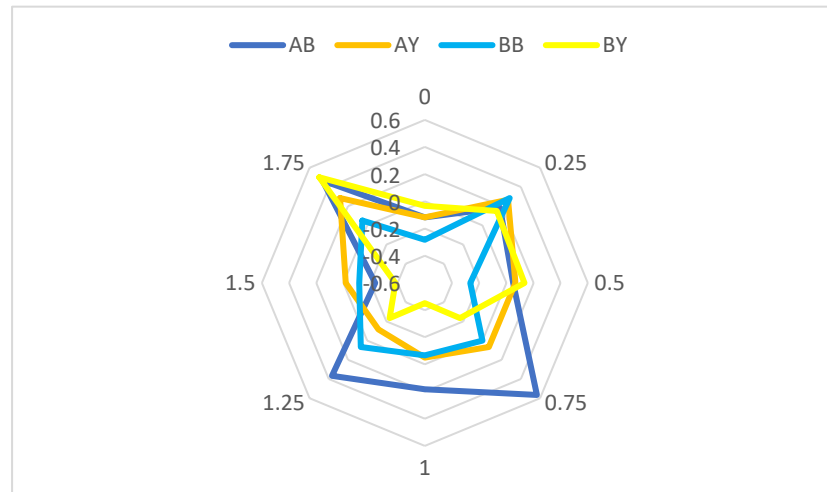
7. BB 背景



圖二十九、亮藍色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖二十九為 BB 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，大多數顏色不管在黃色背景還是藍色背景，背景是否增亮，對顏色的偏好都沒有顯著的影響，但在偏黃綠方向的亮藍色 ($\theta=1.25 \pi$)，藍色背景增亮會提升、黃色背景增亮會降低顏色偏好。

8. BY 背景



圖三十、亮黃色背景周圍顏色在藍黃背景(標準亮度平面及增亮平面)的喜好度
(作者自行繪製)

圖三十為 BY 背景下的 8 個顏色在標準亮度平面藍黃背景與增亮平面藍黃背景中的偏好分布圖。由上圖中我們可以發現，大多數顏色不管在黃色背景還是藍色背景，背景是否增亮，對顏色的偏好都沒有顯著的影響但在偏藍方向的顏色會因背景增亮而降低顏色偏好。

(四)結果統整

將(一)~(三)結果統整為表四。

表四、不同顏色背景對顏色偏好的影響

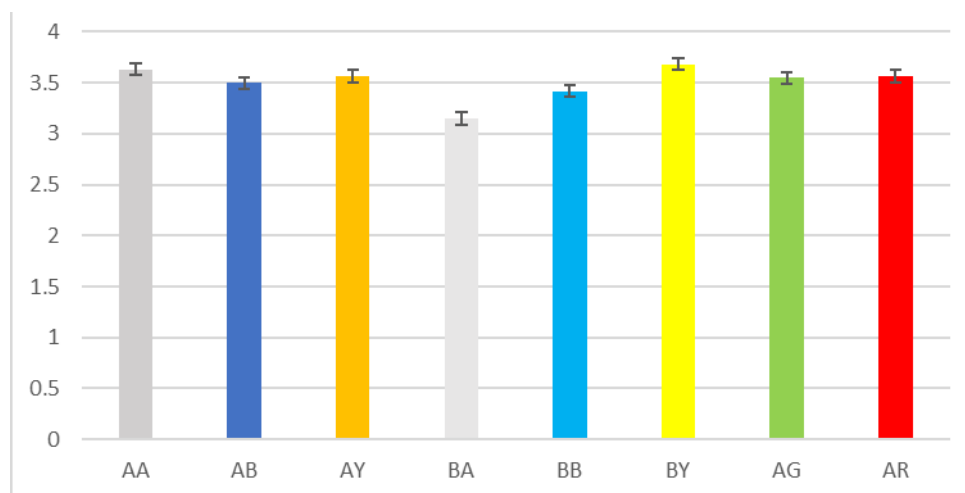
色彩 基準背景	不受背景影響偏好 的顏色方向	喜好度明顯提升的 顏色	提升喜好度之背景	降低喜好度的 背景
AA	$(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$ 、 $(\theta=1.5 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	黃色
AR	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
AB	$(\theta=0 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
AG	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$ 、 $(\theta=1.5 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
AY	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$ 、 $(\theta=1.5 \pi)$	綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
BA	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$ 、 $(\theta=1.5 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
BB	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$	綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$ 、 $(\theta=1.5 \pi)$	綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)
BY	$(\theta=0 \pi)$ $(\theta=0.25 \pi)$ $(\theta=0.5 \pi)$ $(\theta=1.75 \pi)$	藍色及綠色背景中 $(\theta=1 \pi)$ 、 $(\theta=1.25 \pi)$	藍色(偏黃偏綠) 綠色(偏黃偏綠)	紅色(偏黃偏綠)

由表四可歸納以下重點：偏紅與偏綠的顏色喜好度，較不容易受到背景影響，而偏黃及偏綠的顏色較容易得到喜好度明顯的提升；在大多數情況下，綠色與藍色背景則有助於提升偏黃偏綠等顏色之喜好度，紅色背景則會降低。

五、統計分析

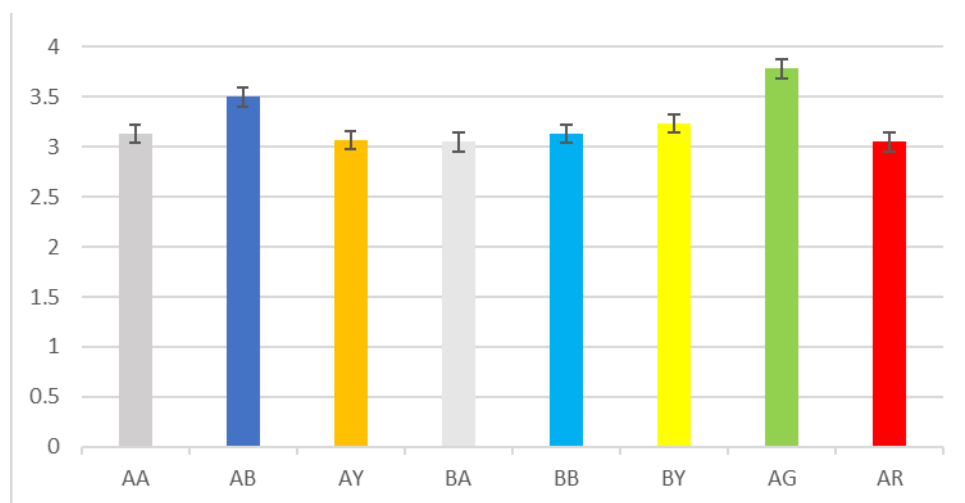
為了更加客觀的呈現結果，我們將同一顏色在不同背景下的偏好平均值作圖，並以標準誤差做為誤差線，以誤差線是否有重疊區域，觀察顯著提升顏色偏好的背景顏色。

在繪製各顏色圖表後，我們發現圖表分成兩類，一類為背景間幾乎無差別，如圖三十一，幾乎所有誤差線相交，代表其顏色偏好不受到背景影響，大多出現在 $\theta < 0.75\pi$ 或 $\theta > 1.75\pi$ ，也就是偏紅及偏藍的顏色。



圖三十一、藍色在不同顏色背景下的顏色偏好(作者自行繪製)

而另一類的圖表如圖三十二，我們可以發現，藍色及綠色組別誤差線明顯與其他組別不相交，代表顏色偏好受到背景的影響，且藍色及綠色背景明顯提升顏色偏好，此類圖形大多出現讚 $1.75\pi > \theta > 0.75\pi$ ，也就是在偏黃及偏綠的顏色。



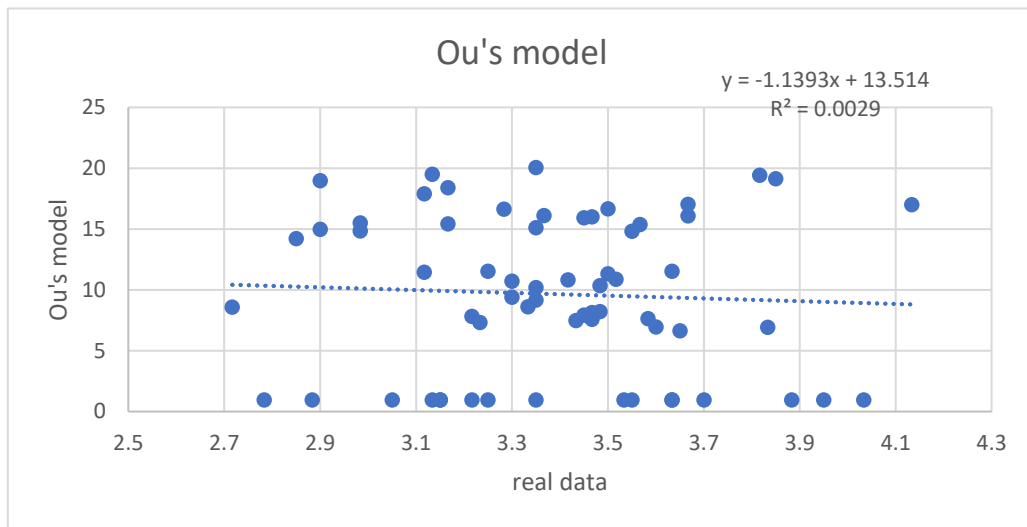
圖三十二，黃色在不同顏色背景下的偏好(作者自行繪製)

綜合 64 個不同目標顏色繪出的圖表結果，我們可以發現，在偏黃與偏綠方向 (0.75π 、 1π 、 1.25π 、 1.5π) 較易出現顯著差異，顯示這些方向顏色較易受到背景影響顏色偏好，而 (0.25π 、 0.5π) 未出現任何顯著差異組別，顯示這些顏色方向較不易受到背景影響。而在表中標準亮度平面中綠色背景，可以有效提升顏色偏好，而藍色背景也有出現提升，但大多出現於偏黃與偏綠的顏色。而在增亮平面的部分，亮藍有助於提升部分顏色喜好度，而亮黃則會顯著降低部份顏色喜好度，但組數不多。

六、模型建構

為了能預測我實驗中未測得之顏色偏好，我進行模型建構。我先查找文獻資料，探討了歐立成教授提出的模型與我的數據的相關性，這個模型是基於顏色外觀屬性開發的，用於量化單一顏色的偏好。在這個模型中，顏色偏好是通過測試顏色與參考顏色（ L^* ， a^* ， b^* ）之間的顏色差異來確定的(使用 CIELAB color space)。參考顏色被設置為（50，-8，30），以便與測試顏色進行比較。此模型是為了通過顏色外觀屬性來預測顏色偏好，提供了一種基於客觀測量的方法來評估顏色的受歡迎程度。通過這種方法，研究者可以更準確地了解觀眾對不同顏色的喜好，並且可以在研究中應用這種模型來進行顏色偏好的量化分析(Ou et al,2004)。

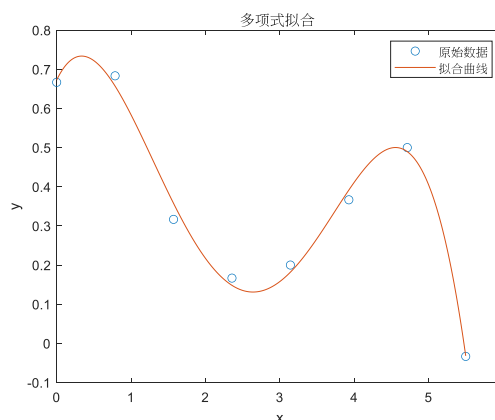
為了讓數據可以順利計算我們將原本的顏色由 DKL color space 轉換至 CIELAB color space。以下是模型預測值的相關性分析結果



圖三十三、文獻模型相關性分析(作者自行繪製)

在圖三十三中，相關係數僅 0.0029，顯示其並不能很好的解釋我所測得之數據，因此我進行了自己的模型建構。

我先利用 matlab 撰寫程式尋找適合的擬合函數，以同基準點且位於同背景顏色為一組進行函數擬合，使用顏色角度 θ 作為 x 值，喜好度與對照組的差值為數據輸入與預測目標(y 值)，圖三十四為其中一組數據與函數的擬合狀況。



圖三十四、多項式函數擬合模型(作者自行繪製)

擬合曲線方程式： $-0.024141 x^4 + 0.24233 x^3 - 0.69681 x^2 + 0.38969 x + 0.6726$

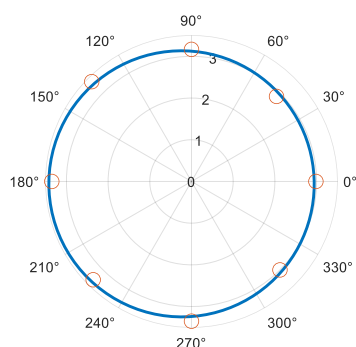
由上圖與方程式，我們可以輸入任意顏色角度計算顏色偏好，作為未知顏色的喜好度參考，其中我們只需要更換擬和曲線方程式的係數，即可擬合不同背景下的顏色偏好，為顏色搭配提供參考值。

之後我們更換了不同種類的擬合函數，包括心型函數、橢圓方程式與三角函數，最後我們選擇使用 sin 函數來進行擬合，並以 SSE 值作為函數優劣的判斷標準，以下為結果

方程式：Preference = a * sin(b * theta + c) + d

範例圖形與參數：

1. AY in BB

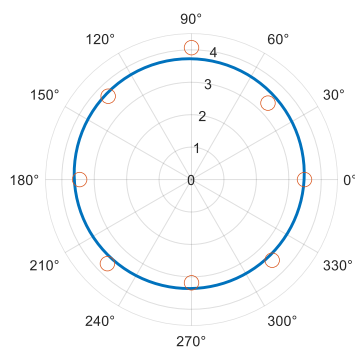


圖三十五、sin 函數擬合模型(高擬合度)(作者自行繪製)

a = -0.24583 b = 1 c = 1.3342 d = 3.1812 SSE = 0.040183

圖三十四為擬合度較高的圖形，SSE 值較低，擬合函數幾乎通過所有數據點，可較良好的預測顏色偏好。

2. BB in AY



圖三十六、sin 函數低度擬合模型(低擬合度)(作者自行繪製)

a = 0.19593 b = 1 c = -0.37199 d = 3.5417 SSE = 0.33033

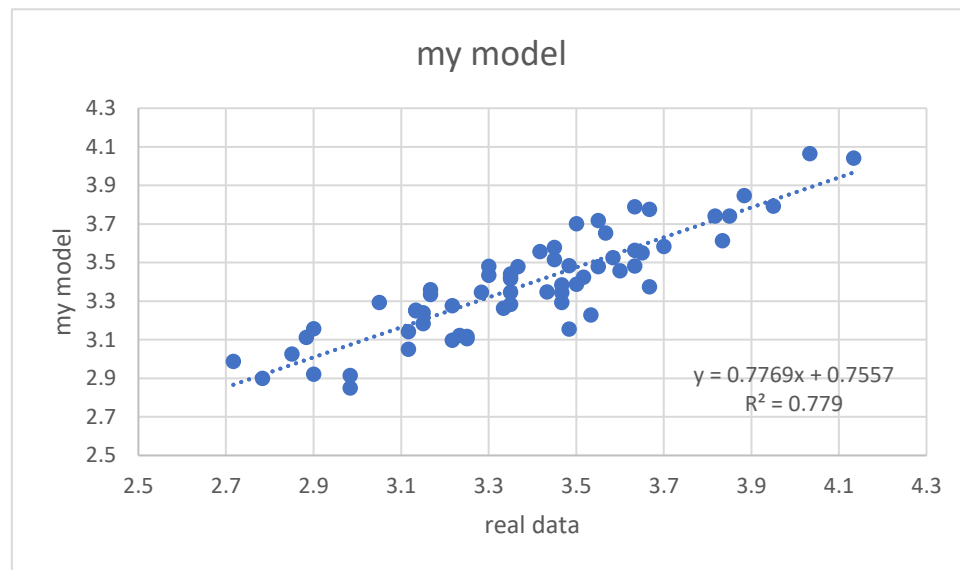
圖三十五為擬合度較低的圖形，SSE 值較高，擬合函數與數據點偏差較大，較不能良好的預測顏色偏好。

根據不同的色系基準點，與呈現背景，對照表五數據，我們可以找出適合使用的參數，搭配色彩方向，再帶入模型方程式進行計算後，我們就可以得到色圖的顏色偏好值，而不需要真的進行色彩偏好測試。

表五、不同呈現背景與計算基準點的預測模型參數表

色系 背景	AA	AB	AG	AR	AY	BA	BB	BY
AA	a = 0.17597 b = 1 c = -1.1677 d = 3.3187	a = 0.11713 b = 1 c = -0.21143 d = 3.6771	a = 0.32628 b = 1 c = 1.0819 d = 3.4292	a = -0.34357 b = 1 c = 1.202 d = 3.2354	a = -0.21344 b = 1 c = 1.3343 d = 3.2333	a = 0.10036 b = 1 c = -0.39609 d = 3.3854	a = 0.43456 b = 1 c = -0.32114 d = 3.6521	a = 0.32252 b = 1 c = -1.7642 d = 3.1667
AB	a = 0.40835 b = 1 c = -1.5275 d = 3.4687	a = 0.12262 b = 1 c = -0.03057 d = 3.8729	a = 0.11484 b = 1 c = -0.32223 d = 3.5875	a = 0.58796 b = 1 c = -1.6631 d = 3.2896	a = 0.32463 b = 1 c = -1.7102 d = 3.1917	a = 0.30804 b = 1 c = -1.4485 d = 3.5958	a = 0.093535 b = 1 c = 0.75073 d = 3.7521	a = 0.44163 b = 1 c = -1.5841 d = 3.35
AG	a = 0.38996 b = 1 c = -1.7593 d = 3.6542	a = 0.11907 b = 1 c = 0.57058 d = 3.7833	a = 0.10869 b = 1 c = -0.28939 d = 3.6042	a = 0.54642 b = 1 c = -1.7664 d = 3.4208	a = 0.58193 b = 1 c = -1.7495 d = 3.3333	a = 0.52728 b = 1 c = -1.6476 d = 3.7229	a = 0.13117 b = 1 c = -0.69637 d = 3.8729	a = 0.55375 b = 1 c = -1.5082 d = 3.1917
AR	a = 0.15716 b = 1 c = -0.60606 d = 3.4292	a = 0.43592 b = 1 c = 0.85071 d = 3.5521	a = 0.44465 b = 1 c = 0.98396 d = 3.3708	a = 0.16133 b = 1 c = -0.8902 d = 3.1417	a = 0.014968 b = 1 c = -1.3928 d = 3.0958	a = 0.24108 b = 1 c = 0.24782 d = 3.4771	a = 0.3421 b = 1 c = 0.99396 d = 3.6687	a = 0.089117 b = 1 c = -1.1515 d = 3.1312
AY	a = 0.21753 b = 1 c = -0.92514 d = 3.35	a = 0.34533 b = 1 c = 0.37825 d = 3.7458	a = 0.37437 b = 1 c = 0.79956 d = 3.3917	a = -0.15553 b = 1 c = 1.1293 d = 3.2229	a = -0.25207 b = 1 c = 0.74832 d = 3.1937	a = 0.094428 b = 1 c = -1.1938 d = 3.3208	a = 0.19593 b = 1 c = -0.37199 d = 3.5417	a = 0.22741 b = 1 c = -1.6223 d = 3.2146
BA	a = -0.15512 b = 1 c = 1.3308 d = 3.3104	a = 0.21056 b = 1 c = 0.71978 d = 3.6875	a = 0.45142 b = 1 c = 0.98094 d = 3.3875	a = -0.29786 b = 1 c = 1.1291 d = 3.2146	a = -0.13432 b = 1 c = 0.54558 d = 3.1375	a = 0.098064 b = 1 c = -0.54706 d = 3.375	a = 0.25158 b = 1 c = -0.54898 d = 3.5854	a = 0.28224 b = 1 c = -1.1479 d = 3.1396
BB	a = 0.22993 b = 1 c = -0.93978 d = 3.3125	a = 0.30685 b = 1 c = -0.59078 d = 3.6604	a = 0.17985 b = 1 c = -0.08716 d = 3.4354	a = 0.43389 b = 1 c = -1.5209 d = 3.1937	a = -0.24583 b = 1 c = 1.3342 d = 3.1812	a = 0.17169 b = 1 c = -1.1688 d = 3.5062	a = 0.15186 b = 1 c = -1.2429 d = 3.7646	a = 0.33103 b = 1 c = -1.784 d = 3.125
BY	a = 0.11406 b = 1 c = -0.67667 d = 3.3583	a = 0.34602 b = 1 c = 0.7467 d = 3.7854	a = 0.41015 b = 1 c = 0.9044 d = 3.4312	a = 0.24293 b = 1 c = -1.2531 d = 3.1583	a = 0.065665 b = 1 c = -0.7219 d = 3.1333	a = 0.21169 b = 1 c = -0.748 d = 3.2458	a = 0.28808 b = 1 c = 0.69249 d = 3.5917	a = 0.015853 b = 1 c = -1.2299 d = 3.0979

接著進行數據與模型預測值的相關性分析，結果如圖三十七。



圖三十七、新建模型相關性分析(作者自行繪製)

我們可以發現相關係數達到 0.779，代表其在一定程度之內可以很好的解釋所測得的顏色偏好，在色彩搭配上具有一定運用性及可信度。

伍、討論

一、研究方法創新—建立客觀測試系統

在本研究中我們創造了一種新的顏色偏好測量系統，我們採用不同定義和選擇色彩的方式，我們是利用 DKL 色彩空間來定義色彩，此方法雖較不接近直觀的色彩，但更符合視錐細胞的獨立感知與拮抗，並透過測定感知閾值，以等敏感度標準定義目標顏色，確保受試者對每個顏色的敏感度是相同的，不會因為顏色不清晰等敏感度因素影響喜好度評判。

這個新的顏色偏好測試系統藉由暗室減低環境對色彩感知之影響，更利用有系統的色彩定義方式精準的定義顏色，也排除相關誤差，使結果比過去的顏色偏好調查更加具有可信度與代表性，可以更明確精準地呈現結果，也可做更多的分析與討論，增加未來實驗的拓展性。

二、人眼對各個顏色的敏感度差異

在實驗一與實驗二中我們的到各背景附近顏色的等敏感度範圍，我們可以發現，在所有背景下，紅綠方向的敏感度都明顯高於藍黃方向的敏感度，而在大多數背景中，黃方向的敏感度又明顯低於藍方向的敏感度。

在色覺敏感度的演化上，我們更易於辨認紅色及綠色，因為在環境中紅色與綠色的辨別有助於找到植物或果實等食物，減少餓死的風險，而紅色的辨別也有助於我們辨別動物的社交訊息（臉部血管顏色變化）以及危險訊號（有毒動植物通常帶偏紅的鮮艷顏色）(James p higham ,2018)。從神經系統來看，眼睛對色彩敏感度的差異可能暗示視網膜不同種類視錐細胞數量與分佈，惟此部分仍須進一步實驗驗證。

三、中性灰背景下紅色喜好度偏低

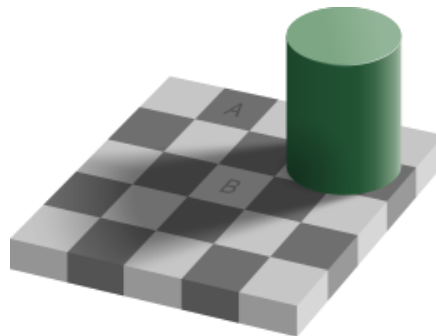
紅色部分呈現了與過去研究(Kaur, S,2023)與(Saito, M.,1996)不同的結果，在大多數研究成果中，黃色的喜好度應低於紅色，但在本次實驗結果中，紅色卻成為喜好度最低的顏色，可能因本研究採用了新的顏色偏好測試系統，採取確切顏色與方法不同造成結果呈現不同，對於本實驗採取的這些顏色，我們所得之結果應該更具精確度；另一個產生差異的原因可能來自受試者不同，不同年齡、族群與文化也可能影響顏色的偏好(Taylor et al.,2013)，故本實驗先將焦點放在青少年，以期研究結果能達到更有效率的運用。

四、不同背景可影響顏色偏好

在實驗四中，我們可以發現，偏黃方向與偏綠方向的顏色喜好度容易受背景影響，而偏紅藍方向的顏色喜好度則不受背景影響，而大部分情況下，背景是否增亮不影響顏色的偏好。

本實驗結果顯示：顏色偏好確實會受到背景的影響，此結果較支持對比理論，意即人們會因為採取的基準點不同而對顏色有不一樣的感知與偏好。本實驗並未發現因為呈現相同顏色，即使背景改變亦保持相同顏色偏好的趨勢，這個結果較不支持生態價理論。

我們認為其中一個背景影響顏色偏好的可能原因是顏色恆常性，顏色恆定性是主觀恆定性的一種，也是人類顏色感知系統的一個特徵，它確保人們對物體的感知顏色在不同照明條件下保持相對恆定，因此我們的會自主性修正某些光線與顏色，造成對同一顏色的不同感知。例如，一個蘋果在中午（主要照明是白色陽光）對我們來說看起來是紅色的，在日落時（主要照明是紅色）對我們來說也是紅色的。圖二是經典的例子，恆常性使方塊 A 看起來比方塊 B 更暗，而實際上它們的顏色完全相同。



圖三十四、 顏色恆常性示例 (WirelessDoc,2008)

由顏色恆常性，眼睛在觀察顏色時會自動根據背景而修正一些顏色，使感知的顏色偏離真正呈現的顏色，因此在不同背景下的同一顏色，也可能被判斷成不同的顏色，進而產生不同的顏色偏好。而在提升或降低色彩偏好的部份，藍色和綠色背景會提升顏色偏好，推測可能是因為藍色及綠色是原本自然界中較常見或較適居的環境(藍天、綠地)，而紅色通常在自然中是帶有警訊的意味(沙漠、有毒動植物)，可能因此在演化上我們會較偏好藍色或綠色背景下的顏色，但仍需更多研究以解釋其關聯性與作用機制。

陸、結論

一、結論

(一) 本研究成功建立顏色喜好度的客觀測試系統

(二) 探討台北青少年的顏色喜好度

- 1.受試者對顏色的敏感度為紅綠>藍>黃
- 2.受試者對顏色的偏好為藍>綠>黃>紅
- 3.偏黃綠方向顏色偏好受背景影響
- 4.偏紅藍方向顏色偏好不受背景影響
- 5.藍色背景能提升偏黃偏綠顏色的喜好度
- 6.綠色背景能提升偏黃偏綠顏色的喜好度
- 7.紅色背景會降低偏黃偏綠顏色的喜好度
- 8.背景是否增亮對大多顏色偏好不造成影響

(三) 檢核背景影響顏色喜好度的假說合理性

本研究結果較支持對比理論，即背景顏色可影響受試者對目標顏色的偏好；而在喜好度的解釋部分，則可支持生態價理論，即偏好背景顏色相關事物可能會影響對人們對目標顏色的喜好度。

二、運用

根據監察院 2021 年調查報告，青少年族群自殺死亡率已連續 20 年持續攀升，而根據臺灣自殺防治中心公布的 2019 年自殺相關統計資料顯示，2019 年 15 至 24 歲的青少年自殺身亡人數較 2018 年增加 47 人，增幅為 22.4%，而且已經連續 6 年都呈現升高趨勢，自殺通報個案也以 15 至 24 歲的 22.6% 占比最多。自殺目前在青少年十大死因中占第二位，僅次於意外，顯示青少年自殺的問題已不容忽視(監察院，2021)。而我的班級在上個學年度，進行了教室改造計畫，透過改變教室牆壁與擺設的色調使我們的教室更加溫馨，也安定我們煩躁的心靈。在改造教室上課 3 個月後，經由 Google 問卷調查成效，我們發現改變後教室帶給我們心靈的歸屬感，富有美感的設計安撫了生活壓力，我們待在教室的時間變長，上課的專注度也提升，打掃態度與效率也都改善，一切來自安心的學習環境。所以我們認為，通過研究結果可改變輔導室、諮商室、少年心理衛生門診診間等環境顏色，可能有機會幫助青少年更容易被幫助與治療，進而減少青少年的心理壓力，給予他們放鬆舒適的感覺，降低自殺或自殘等憾事發生的機率。

另外(Anuardi, Adilin & Shinohara, Hideyuki & Yamazaki, Atsuko, 2016)研究表示，人們在除了白色之外的各色平板電腦螢幕背景下，執行圓圈計數任務會有更高的平均正確率，因此配合本研究成果，我們或許可以利用改變平板電腦螢幕的背景色彩與搭配，來增進使用者的閱讀效率與使用舒適度，讓使用者在使用平板電腦時，眼睛與腦部的壓力可以有效地降低。

此研究之結果也可運用於以青少年為目標客群的相關產品設計，例如課本封面與插圖設計、補習班宣傳品配色，手機遊戲主題色彩等，透過適當的選用顏色與配色，有機會可增加青少年對此商品的使用效益。各種學習網站也能透過色彩搭配增加青少年學習意願，讓同樣本質事物在顏色作用下，影響青少年的想法與偏好。

三、未來展望

未來將招募受過兩年以上色彩教育之台北青少年進行偏好測試，並改進預測偏好模型

(一)增加擬合度

(二)降低所需參數量

(三)增加模型運用性(如:將色彩轉換至標準座標，直接以標準座標預測偏好)也量化及解釋背景顏色對色彩偏好的影響。

柒、參考文獻資料

- Anuardi, Adilin & Shinohara, Hideyuki & Yamazaki, Atsuko. (2016). A Pre-study of Background Color Effects on the Working Memory Area of the Brain. *Procedia Computer Science*. 96. 1172-1178.
10.1016/j.procs.2016.08.160.
- Dissanayake, Chandra & Jayasena, Hetti Arachchige. (1988). Dissanayake, C.B. and Jayasena, H.A.H., 1988. Origin of Geothermal Systems of Sri Lanka. *Geothermics*., 17(4): 657-669.. *Geothermics*. 17. 657-669.
10.1016/0375-6505(88)90050-8.
- Franco (October 3, 2006) Why is dB defined as 20log 10?
https://murray.cds.caltech.edu/Why_is_dB_defined_as_20log_10%3F
- James p higham. (2018, February 6).The Red and Green Specialists: Why Human Colour Vision Is so Odd. Aeon.
<https://aeon.co/ideas/the-red-and-green-specialists-why-human-colour-vision-is-so-odd>
- Katz, B.F. (1999). Color contrast and color preference. *Empirical Studies of the Arts*, 17(1), 1 – 24.
<https://doi.org/10.2190/9GAY-VKPK-A55U-E3HR>
- Kaur, S., Sharma, S., Kaur, A., Jain, S., Gupta, S., & Pandey, N. (2023, February 12). Survey data on the colour preferences between teenagers vs adults. <https://doi.org/10.31234/osf.io/dfxvw>
- Kontsevich LL, Tyler CW. Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision Res*. 1999 Aug;39(16):2729-37. doi: 10.1016/s0042-6989(98)00285-5. PMID: 10492833.
- Ou L-C. Quantification of Colour Emotion and Colour Harmony. Derby, UK: University of Derby, UK; 2004.
- Pinker, S. (2009). *How the Mind Works* (1997/2009) (2009th ed., 1 –). New York, NY: W. W. Norton & Company.
- Saito, M. (1996), Comparative studies on color preference in Japan and other Asian regions, with special emphasis on the preference for white. *Color Res. Appl.*, 21: 35-49. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199602\)21:1<35::AID-COL4>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199602)21:1<35::AID-COL4>3.0.CO;2-6)
- Schloss, K. B., & Palmer, S. E. (2015). Ecological aspects of color preference. In A. J. Elliot, M. D. Fairchild, & A. Franklin (Eds.), *Handbook of color psychology*(pp. 435 – 453). Cambridge University Press.
- Taylor, C., Clifford, A., & Franklin, A. (2013). Color preferences are not universal. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1015 – 1027. <https://doi.org/10.1037/a0030273>
- Tooby, J., & Cosmides, L. (2001). Does Beauty Build Adapted Minds? Toward an Evolutionary Theory of Aesthetics, Fiction and the Arts. *SubStance*, 30(1/2), 6 – 27. <https://doi.org/10.2307/3685502>
- (February 09, 2008) A most excellent optical illusion. *WirelessDoc*.
<https://billkoslosky.md.typepad.com/wirelessdoc/2008/02/a-most-excellent.html>
- (February 21,2019) 後期基礎：不懂這些，後期白學（一），kknews.
<https://kknews.cc/photography/agvorqn.html>
- (February 21,2019) 復旦學者 Natue 子刊新成果：有望實現視覺恢復, kknews.
<https://kknews.cc/health/v2jk894.html>
- 陳俊宏. (n.d.).選修生物Ⅲ(全)動物體的構造與功能. 龍騰文化.
- 監察院。2021 年 8 月 28 日。調查報告。 <https://www.cy.gov.tw/CyBsBoxContent.aspx?n=133&s=17592>

【評語】 130001

此研究探討背景顏色是否會影響色彩偏好的主觀評量，希望能應用在環境與產品色彩配置上。

文獻回顧很完整，四個實驗中。實驗一，二分別測定中性灰色參考點，以及其他背景周圍的等敏感度範圍，以做為後續研究的標準。實驗三，四則分別以實驗一的中性灰色，實驗二的其他顏色做為背景，利用李克特量表。收集受測者的主觀顏色偏好度。

實驗設計與統計分析很詳盡。圖表的製作也很用心。結果討論與未來的應用都很豐富，是很完整的科學研究。

建議可以增加以下說明：

1. 增加如何解讀 Custom radar Chart 的說明，幫助讀者理解這些數據。
2. 說明喜好度的變化，採取與特定背景相減，在八個向度上的變化，如何鑑定這些差異是否達顯著，並採用適當的統計分析方法。
3. 受試者的特性（例如年齡和性別分布）以及實驗進行的回合數應更清楚地描述，以增加研究的透明度和可重複性。

4. 在實驗 3 中的結論“藍色及綠色背景有助於提升偏黃及偏綠等顏色的喜好度，黃色背景則會下降大部分顏色喜好度”，這與顏色的 contrast 是否相關。
5. 目前的資料顯示，不論性別或是有無接受過色彩教育，在不同的背景下對於特定顏色偏好度有類似的趨勢，這是否與神經生理機制的特係應有關，建議可以進一步探究相關神經機制？例如 retina 在 color contrast 的偏好機制？