

# 多光源影像白平衡演算法之研究

## An Improved Color Constancy Method for the Photographs under Multiple Light Sources

官怡秀 吳俊霖\*

國立中興大學 資訊科學與工程學系

jlwu@cs.nchu.edu.tw

### 摘要

白平衡演算法一般會做一個簡化的假設，即場景中光源是單一且均勻的分佈。然而，這個假設在現實中經常被違背，現實世界中往往同時存在多個光源。本論文將討論更接近現實會面臨的場景，即多光源白平衡。

首先我們將影像分割成多個區域性的補丁，並假設每個補丁上光源是單一且均勻的分佈，這個假設將符合傳統單一光源白平衡演算法之設定，因此可以在每個補丁上直接套用傳統的單一光源白平衡演算法估計出光源，再將這些小補丁上之估計光源利用分群、計算與群中心之相似度合併小補丁，更可靠地找到影響影像的主要光源，以進行最後的多光源影像白平衡。由人造影像和實際影像的實驗結果顯示，所提演算法可以弱化補丁尺寸設定上之需求，得到更好的多光源白平衡效果。

**關鍵詞：**色彩恆常性、白平衡、光源估計、影像分割。

### Abstract

The white balancing algorithm is generally based on a simplified hypothesis which supposes that the light in a scene comes from one single source and is evenly distributed in space. However, this theory is often against reality because there are different light sources existed in the real world. In this paper, we focus on a practical condition that white balancing for multiple light sources.

We first divide an image into individual patches and assume that the light in each patch comes from one source and is evenly distributed in space. The hypothesis fits the settings of traditional white balancing algorithm for single light source, so it is applicable for each patch to calculate its light source. The estimated light source in each patch is then grouped, we can obtain the major light source and the group average. To define accurately the major light source that affects the image, we combine patches in terms of their similarity to the group average and the estimated light source in each patch. Finally we use the white balancing algorithm for the image with multiple light sources. Both of the artificial and

authentic images are used to verify the proposed method. Experimental results show that the effectiveness of the proposed method.

**Keywords:** Color Constancy, White Balancing, Illuminant Estimation, Image Segmentation.

### 1. 前言

隨著數位相機價格的下降，數位攝影也愈來愈普及，加上社群網站的發達，人們愈來愈習慣在社群網站和用數位相機記錄下自己的生活點滴，分享給親朋好友們。數位照片除了記錄下珍貴的影像之外，人們也希望其能忠實的呈現原有的色彩，但受限於設備功能及外界環境光源的影響，拍攝下來的影像色彩與人眼看到會有所差別。

數位相機在擷取影像時，所得到之影像色彩與人眼所見會有差異，那是因為人類眼睛對色彩的感知會自動隨著光源的強度和色彩改變作出對應的調整，使人類的眼睛在不同的光源環境下對同一物體可以感知到相同的顏色，此種現象稱為「色彩恆常性」(Color Constancy)。但數位相機的 CCD/COMS 感覺器(sensor)並沒有此項功能，往往會受到拍攝當下的環境光源影響，擷取出之物體顏色隨著光源顏色之不同而不同，最後造成影像上會有色偏的問題。

為了解決上述色偏的問題，所以一般會進行所謂的「白平衡」(White Balancing)，即刪除不同強度和色彩光源照射在物體上時造成的影響。目前常見的白平衡演算法包括灰界理論法(Gray World Method)[1][2]、最大 RGB 值法(Maximal RGB Value)[1][2]等。但這些都是針對單一光源做白平衡處理。目前數位相機或後製軟體對多光源造成之色偏的自動處理方面，發展尚不成熟。加上，多光源之白平衡相對於單一光源白平衡也更難，例如室內場景可能會同時受到室內和室外照明的影響，這些照明都具有各自獨特的光譜功率分佈。此外，在交互反射(interreflections)下還可能帶來額外的“虛擬”光源。

當有一個以上的光源照亮現場時，例如，室內場景可能會同時受到室內和室外照明的影響。這幾年有一些多光源白平衡的演算法[9]被提出，其是延伸那些常用的單一光源白平衡演算法，將一張影像

分割成多個區域，這些小的區域稱之為補丁(patch)，而每個補丁尺寸如果夠小，那麼假設一個補丁上只有單一且均勻分佈的光源，這將會是合理的假設，也就是說這些補丁上的光源分佈符合灰界理論(Gray-World)、白色補丁法(White-Patch)、邊緣灰界演算法(Gray-Edge)等傳統的單一光源白平衡演算法光源單一且均勻分佈的假設。換句話說，將單一光源的假設套用在整張影像，假設可能會被違背，但將影像分割成多個小區域，每個小區域只有一個均勻的光源，單一光源白平衡演算法光源單一且均勻分佈的假設就可以成立。基於網格取樣時，補丁的大小會是一個影響結果的重要參數，一個較大的補丁尺寸邏輯上意味著有更多的影像訊息，但也意味著一個補丁可能涵蓋了一個以上的光照變化，因此為了區域地光源估計需要足量的影像資訊和光源涵蓋上存在著一個瓶頸。而這個補丁尺寸設定的問題，便是我們這次要解決的問題。

在本論文中我們的方法是希望影像分割尺寸設定是較小的，避免單一補丁被單一光源照射的假設被違反，但為了讓補丁可以取得更多的影像資訊，我們強化合併補丁的步驟，想辦法讓有著相似光源的補丁作出更大範圍的合併，兼顧單一補丁被單一光源照射的假設與補丁上更多影像資訊的取得。經由實驗證明，我們提出的演算法可以有效地改善多光源影像的白平衡結果。

## 2. 文獻回顧

影像環境被單一光源均勻地照射，是處理色偏問題的白平衡演算法中常見的假設，但這種假設常常會被違背，當有一個以上的光源照亮現場時，例如，室內場景可能會同時受到室內和室外照明的影響。於是多光源白平衡的演算法被提出，以下便分別介紹一些常見的單一光源演算法及多光源的白平衡演算法。

### 2.1 單一光源白平衡法-灰界法

灰界演算法(Gray World)[1][2]是常見的自動白平衡演算法之一，它提出的假設是：「人眼所感知之影像刺激量，紅綠藍光總刺激量相等」，即人眼所感知到的自然界影像色彩成分是分佈均勻的，紅、綠、藍三個色彩頻道的平均值是等量的，也就是一個灰值的 RGB 數值。

其校正的方法就是將有色偏的影像之 RGB 三個色彩頻道的平均值調成相等的。雖然這個值不同於原始的三個色彩頻道的平均值，但這微小的差異，是人眼無法辨視的。

此法之優點便是簡單，快速，當影像色彩豐富時，白平衡效果不錯。缺點則是，如果一張影像本身沒有色偏，例如影像中有一大片的草地時，就會被誤認為偏綠，而做出錯誤調整。

### 2.2 單一光源白平衡法-白色補丁法

白色補丁演算法(white-patch)[1][2]又被稱為最大 RGB 值演算法，即假設影像中一定有白色存在，其大小至少為一個像素點，故稱為白點，在此白點的定義是：「影像中各色點 R、G、B 三個色彩頻道像素值總和為最大值的點」，在影像中找出這個白點，並將它做為影像之「估測白點」，之後利用 von Kries 色適應模式來調整影像，將估測白點轉成純白點，調整後的影像即算是完成白平衡運算。

WP 在影像場景中真實存在有白點時，白平衡的效果是不錯的，但如果影像場景中沒有白色，而是類似白色的亮黃色，甚至是雜訊(Noise)時，就可能進行錯誤的調整了。為了避免這類的錯誤，一般會將此方法的「估測白點」修正成取整張影像 R，G，B 三個色彩頻道總和值最大的前百分之五數值之平均值作為估測白點。

### 2.3 單一光源白平衡法-邊緣灰界法

邊緣灰界演算法(Gray-edge)[3][5][6]，假定影像場景中平均邊緣差異(edge difference)是無色差的。也就是說，影像 R、G、B 三色彩頻道，其一階導數平均值是相等的，即一個灰值的 RGB 數值。用此假設作為估測光源，再套用 von Kries 色適應模式調整影像，使估測光源下的影像轉換成為白色光源下的影像，便可完成白平衡。另外，對於影像的衍生，除了影像的一階導數外，還可以用影像的二階導數，稱之為 2nd order Gray-edge 演算法。

另外此假說的作者還整理出一個公式，帶入不同的參數值，即可表示出灰界法、白色補丁法、一般灰界法、邊緣灰界法等多個單一光源白平衡法。公式如下：

$$e^{n,p,\sigma} = \left( \int \left| \frac{\partial^n f_{c,\sigma}(x)}{\partial x^n} \right|^p dx \right)^{1/p} = ke_c \quad (1)$$

其中 f 是影像值，|·|是指絕對值，c={R,G,B}。n 是指影像導數，n=0 為一般影像 RGB 值，n=1 為影像的一階導數，n=2 為影像的二階導數。p 是閔可夫斯基範數(Minkowski-norm)，而 k 是乘法量化常數，使得光源向量 e 具有單位長度。是空間平滑濾波器的尺寸，對於零階導數的灰界理論法或白色補丁法，代表對影像做高斯平滑運算；對於一階導數或二階導數的邊緣灰界演算法，是三色彩頻道與高斯一階導數或高斯二階導數做 convolution 的計算。

### 2.4 Kawakami 等人的多光源白平衡法

Kawakami 等人的方法[7]是一個基於物理的方式來估計和刪除照明顏色來達到顏色恆常性的方法。此法可用來處理室外場景，其主要是基於陰影

區域和非陰影區域，他們發現陰影區域是由天空的光線照亮，非陰影區域是由天空的光線和陽光的組合照亮。基於這種差異的照明，來估計照明的顏色（陽光和天空光），然後刪除它們。另外在自然的影像中，雜訊的存在是不可避免的，而此法還可以作雜訊分析，以便更有效的和強大的處理室外場景。

此法的優點是在戶外大型物件上應用，可以得到很好的白平衡結果，但因為用到普朗克公式，所以首先物體表面要符合黑體輻射這個條件，因此光源色溫也被限定住了，所以無法應用在其他光源類型的多光源色偏處理上。

## 2.5 Hsu 等人的多光源白平衡法

Hsu 等人的方法[8]，估計混合光源的主要精神是估計出每個像素上每個光源顏色的相對貢獻，其中場景上的光源類型是由使用者指定，但因為只有一張輸入影像，要找出每個像素上每個光源顏色的相對貢獻是有困難的，所以先假設場景主要是由一小部分的材質顏色組成，再利用投票制度和內插法(interpolation method)，對每個像素上的混合光線作恢復之動作。因為此方法實際計算出兩個光源類型的混合比例，所以還可以被用來實現曝光後的二次照明效果。

Kawakami 和同事們 2005 年提出的方法[7]假設所有陰影是剛硬的，即從一個光源急劇過渡到另一個光源，且光線要屬於黑體輻射才能正常運作；而 Hsu 等人的方法[8]則可以處理更多種類的光源類型不論是剛硬還是柔和的陰影。而此法的缺點就是光源類型是要人工介入，若指定不恰當會直接影響到影像的處理結果。

## 2.6 Gijssen 的多光源白平衡法

顏色恆常性演算法一般會做一些簡化的假設，即在整個場景內只有一個光源，且這個光源的光譜分佈是均勻的。然而，在現實中這個假設經常被違背，因為現實場景常存在多個光源。Gijssen 的多光源白平衡法(簡稱 MLCC)[9]是延伸那些常用的單一光源白平衡演算法，將一張影像分割成多個區域，這些小的區域稱之為補丁(patch)，而每個補丁尺寸如果夠小，那麼假設一個補丁上只有單一且均勻分佈的光源，這將會是合理的假設，也就是說這些補丁上的光源分佈符合灰界理論(Gray-World)、白色補丁法(White-Patch)、邊緣灰界演算法(Gray-Edge)等傳統的單一光源白平衡演算法光源單一且均勻分佈的假設。換句話說，將單一光源的假設套用在整張影像，假設可能會被違背，但將影像分割成多個小區域，每個小區域只有一個均勻的光源，單一光源白平衡演算法光源單一且均勻分佈的假設就可以成立。

影像分割成多個小區域(即補丁)後，對這些補

丁各自套用灰界理論(Gray-World)、白色補丁法(White-Patch)或邊緣灰界演算法(Gray-Edge)等傳統的單一光源白平衡演算法估計出補丁上的光源後，但這些補丁上的估計光源不一定是正確的，因為小尺寸的補丁上資訊不足，可能做出錯誤的估計，所以對這些補丁上的估計光源做分群的動作，透過群集的動作，找出較多補丁支持的估計光源，作為整張影像的主要之估計光源，再用這群集出的主要估計光源來校正影像，達成多光源影像的白平衡。

在室外的影像中，有從蔚藍的天空散射的光源及被陽光直射造成的光源，這兩個光源下，可以清楚的區分陰影邊界。然而，對於一些影像，不同光源之間的邊界可能不是那麼地明顯。在這種情況下，真正的光源位於兩個光源之間，算是這兩個光源間的線性混合。如果直接實施一個鮮明的區別，將導致不僅是量的錯誤，而且還是嚴重地質的錯誤，因此為了克服這一問題，即光源重疊處的混合光源，此法作者另外提出一個計算補丁上估計光源與整張影像分群估計出來的主要的光源間相似度的遮罩圖，以作為光源混合比率的參考。

MLCC 作者經過一些測試後，發現影像用網格取樣(grid-based sampling)，而補丁上套用灰界理論(Gray-World)，之後再用 k-means 分群，可以得到相對較好的結果。另外，MLCC 相較於其他多光源白平衡演算法還有一個優點，也就是除了可以處理多光源色偏影像外，也可以直接套用在單一光源的色偏影像上，用其得到的效果與灰界理論等單一光源白平衡法類似。

## 3. 所提多光源白平衡演算法

MLCC 多光源白平衡演算法，一般來說有不錯的表現，但是其在影像分割尺寸，這個參數的設定會直接影響到最後白平衡的效果。影像分割尺寸設得較小時，單一補丁被單一光源照射的假設是可以成立的，但是很容易因為補丁太小，使得補丁上的光源估計，因為無法取得太多的影像資訊，而不是那麼的準確，進而影響最後白平衡的結果。然而，如果影像分割尺寸設得較大時，相較於小補丁，雖然可以獲取更多的影像資訊，但單一補丁被單一光源照射的假設很可能會被違反。於是在影像分割尺寸上出現了一個瓶頸。本論文要提出一個改進的方法來解決此問題。

我們的方法是希望影像分割尺寸設定是較小的，避免單一補丁被單一光源照射的假設被違反，但為了讓補丁可以取得更多的影像資訊，我們強化合併補丁的步驟，想辦法讓有著相似光源的補丁作出更大範圍的合併，兼顧單一補丁被單一光源照射的假設與補丁上更多影像資訊的取得。經由實驗證明，我們提出的演算法可以有效地改善多光源影像的白平衡，所提演算法的流程圖如圖 1 所示。

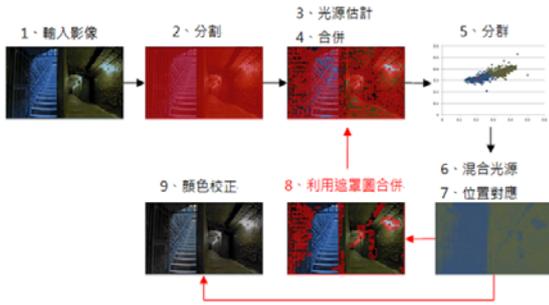


圖 1 所提多光源白平衡演算法的流程圖

每個步驟的詳細介紹如下：

- (1)是輸入有兩種光源顏色造成的色偏影像。
- (2)對影像作網格狀的分割，每個區塊我們稱之為補丁。
- (3)在各個補丁上套用傳統的單一光源白平衡法灰界法。
- (4)檢視補丁上估計出來的光源，相似的就作合併。
- (5)因為補丁上的影像資訊有限，補丁上估計出來的光源可能不是那麼準確，所以利用群集的力量，找出多數補丁支持的主要光源顏色。在此是利用 k-means 分群，將群集的中心點作為影像的主要光源。此例分為兩群，便得到兩個主要光源。
- (6)與(7)將像素分群的資訊對應回像素的影像位置上，並計算像素上的估計光源和影像的各個主要光源之相似度，作為各光源在該像素上之貢獻比例。記錄各個主要光源貢獻比例，我們稱之為混合光源遮罩圖。
- (8)接著利用混合光源遮罩圖上，各個主要光源貢獻比例和分群資訊，每個光源群組各自找出一個光源貢獻比例的門檻值，將光源貢獻比例高於門檻的補丁進行一次比較大規模的補丁合併。因此我們可以看到有兩個主要光源的影像，就合併出兩個比較大的補丁。
- (9)接著重新對補丁作光源估計、分群、計算光源混合比例，最後是校正。

為了克服光源重疊處的混合光源問題，MLCC 作者有提出了一個計算補丁上估計光源與整張影像被估計的主要的光源間相似度的遮罩圖，用以作為光源混合比率的參考。混合光源用的遮罩圖的計算公式如下：

$$\begin{aligned}
 d'_j(x) &= \frac{\sum_x d_j(x)}{d_j(x)} \\
 m_j(x) &= \frac{d'_j(x)}{\sum_{k=1}^N d'_k(x)} \\
 L_e(x) &= \sum_{i=1} L_{e,i} m_i(x)
 \end{aligned} \tag{2}$$

令  $d_j(x)$  代表在影像中位於空間坐標  $x$  的像素，其上的估計光源與整張影像估計出的第  $j$  個主要光源(其中  $j \in \{1, \dots, N\}$ ) 之色彩距離(本法使用歐幾里德距離)。首先，利用距離  $d_j(x)$  來計算  $d'_j(x)$ ， $d'_j(x)$  代表

的是位於影像中空間坐標在  $x$  的像素，其所屬補丁上之估計光源和整張影像估計出的第  $j$  個主要光源間的相似度。然後，遮罩圖  $m_j(x)$ ，是指被整張影像估計出的第  $j$  個主要光源照射的比率。

其中  $L_e(x)$  是影像中位於空間坐標  $x$  的像素，其最後在場景中之估計光源。 $L_{e,i}$  是整張影像估計出的第  $i$  個主要光源，及  $m_i(x)$  是第  $i$  個主要光源估計對於影像中位於空間坐標  $x$  的像素所做的貢獻。此法籍由此公式控制一個光源的線性混合：當  $m_i$  的值較大時，表示對這個像素而言第  $i$  個主要光源的影響是較大的，換句話說，當  $m_i(x) = 1$  時，代表像素  $x$  完全由光源  $i$  所照亮。

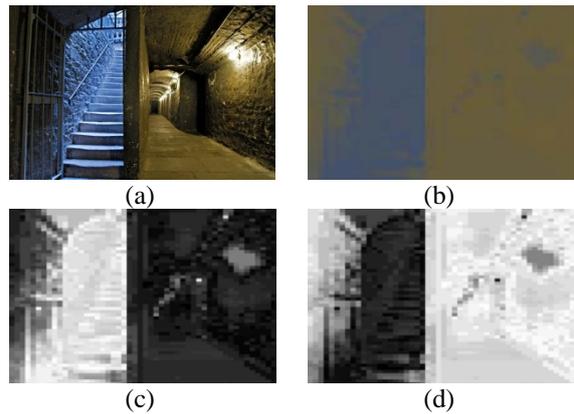


圖 2 (a)有兩種光源顏色的影像。(b)混合光源遮罩圖。(c)左邊光源的遮罩圖。(d)右邊光源的遮罩圖。

在此我們的方法除了用上述產生的遮罩圖作為光源混合比率的參考的功能外，因為此遮罩圖是計算補丁上估計光源與整張影像被估計的主要的光源間相似度所得，因此我們將利用其再作一次較大規模的補丁合併。

首先是決定各群的合併門檻，我們希望這個門檻可以盡可能取得混合光源遮罩圖中，各光源群組裡光源貢獻比例高的部份，也就是與所屬光源群組相似度高的部份，之後再將對應到這些光源貢獻比例高之位置上的補丁再次合併成一個補丁。

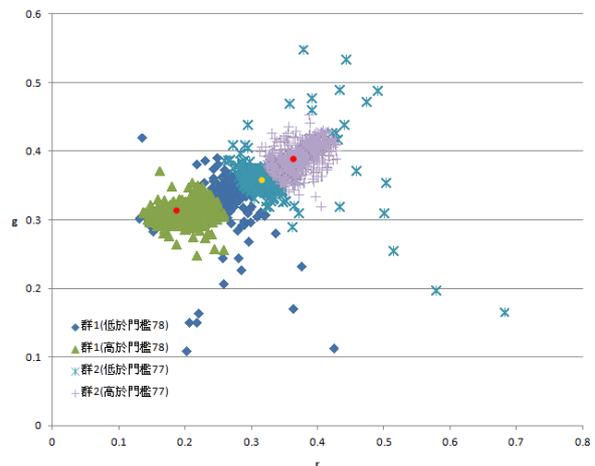


圖 3 影像像素上估計光源的統計分布示意圖

每個像素上都含有三個資訊，估計光源的(R,G,B)、所屬的光源群組和該像素所屬群組的光源對其之貢獻度。對各群組*i*分別作以下動作：

當門檻依序設定為  $t=1\%, 2\%, 3\%, \dots, 99\%$ ，將群組中光源貢獻度低於門檻  $t$  的像素剔除後，重新計算光源貢獻度高於門檻  $t$  的像素中心點  $C_i(t)$ ，之後計算中心  $C_i(t)$  和全影像像素中心  $C_{all}$  的距離，挑出  $C_i(t)$  和  $C_{all}$  距離最遠的當作該群補丁合併的門檻值。

透過各影像的觀察，各群光源貢獻度低的像素一般會分佈在全影像像素的中心  $C_{all}$  的兩側，各群光源貢獻度高的像素則離全影像像素的中心  $C_{all}$  較遠，當一個群組剔除光源貢獻度較低的成員時， $C_i(t)$  和  $C_{all}$  間的距離就會愈大，這距離會在過了某個門檻  $t$  後會趨緩，之後距離又會愈來愈小。這個距離變化的原因是，一個群組若粗略分成高、中和低三種光源貢獻度，那麼有低光源貢獻度的像素會分佈在兩個群組中間，有高和中兩種光源貢獻度的像素，是中光源貢獻度的包圍著光源貢獻度高的。

如果光源貢獻度為中的像素被剔除後，就會使群組的中心往全影像像素的中心  $C_{all}$  移動，而我們的目的就是將有中光源貢獻度和高光源貢獻度的像素補丁合併成單一補丁，彌補補丁尺寸太小無法獲得足夠資訊的問題。而剔除光源貢獻度低於門檻  $t$  的像素，只計算光源貢獻度高於門檻  $t$  像素的群組中心點  $C_i(t)$  和全影像像素的中心  $C_{all}$  的距離趨勢如圖 4 所示。

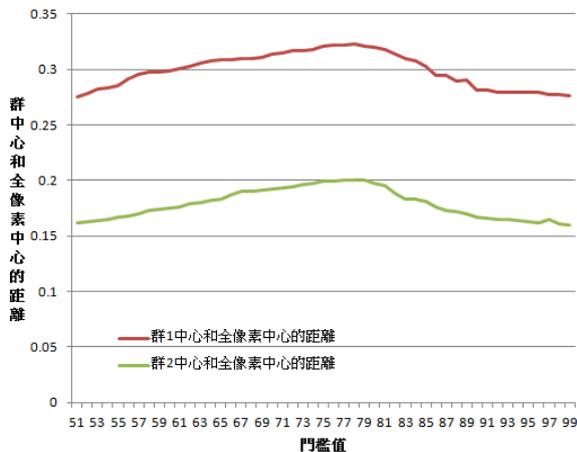


圖 4 各群中心和全影像像素中心的距離

將光源貢獻度達  $t$  的像素其所屬補丁進行合併的動作，如果分群是分成兩群，那麼將產生兩個較大的補丁，與其他未被合併的低光源貢獻度的小補丁，補丁合併狀態如圖 5 所示。

補丁再合併的工作完成後，重新對每個補丁做光源估計與分群，但因為有較大且光源單一的補丁存在，所以可以得到較正確的光源估計，因此再次找到的主要光源比原 MLCC 用多個不那麼準確的小補丁找到的主要光源更接近真正光源的顏色，進

而得到更好的白平衡效果。在找到主要光源後，依舊製造出混合光源用的遮罩圖，這次真得是用於混合光源的計算了。最後在計算出每個像素上主要光源間的貢獻比例，得到每個像素上的估計光源後，便可以進行最後的顏色校正。



圖 5 (a)分群前的補丁合併狀態。(b)分群後利用混合遮罩圖進行合併的補丁合併狀態。

在得到估計光源的顏色後，便是利用它轉換輸入影像的光源，猶如影像中的物體是在一個標準的光源(即白光)下，通常是用 von Kries 模式進行光源顏色的校正。唯一的不同是，因為影像是多光源，而我們的方法會得到各個補丁的估計光源，也就是多個估計光源，而不是一個影像一個光源，該光源的調整直接套用到影像的所有像素上，最後我們針對影像中每個像素上的估計光源一一校正即完成多光源影像的白平衡校正。

#### 4. 實驗結果

由於目前尚未針對多光源顏色恆常演算法定義出標準的效能估計方法，亦無人提供有多光源顏色色偏影像的資料集，因此我們將一些不具色偏或色偏不大的影像上加入兩種顏色的色偏，再分別套用灰界法、MLCC 和我們的方法，觀察各方法的執行效果。

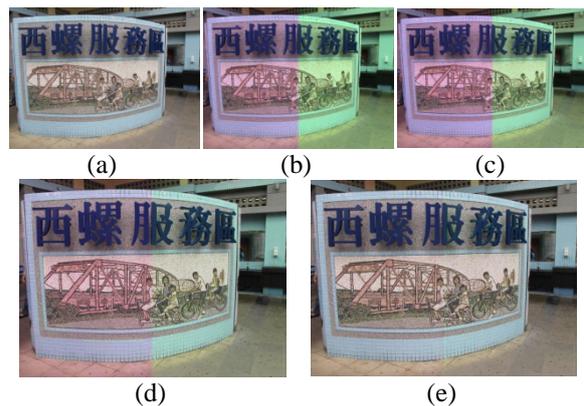


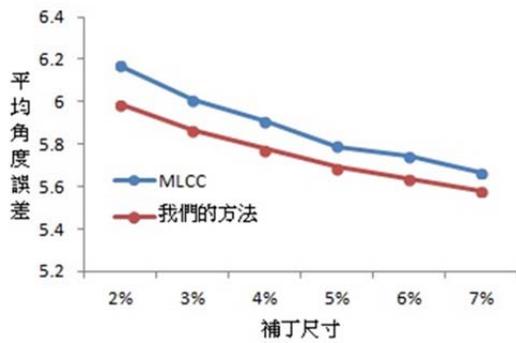
圖 6 各方法之比較圖。(a)原圖。(b)加入兩種色偏。(c)灰界法。(d)MLCC。(e)我們的作法。

加入色偏的方式是，選定兩個光源色彩，將色彩的 R、G、B 值正規化成  $r=R/(R+G+B)$ ， $g=G/(R+G+B)$ ，及  $b=B/(R+G+B)$ ，接著將 r、g、b 各乘上 3，製成一張多光源遮罩圖，為了讓兩光源色彩間平滑過渡，因此對此多光源遮罩圖加上高斯

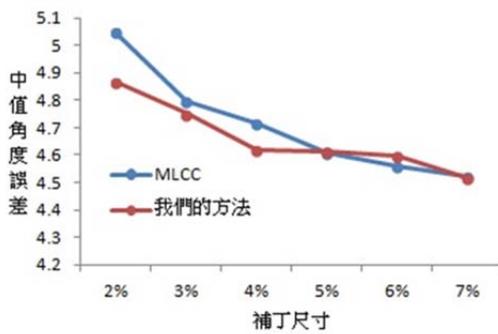
濾波。最後，將原始無色偏之影像乘上這張多光源遮罩圖，即完成以灰界法理論為基礎的，兩種顏色的色偏影像之製作。

由圖 6 中，可以看出傳統單一光源白平衡方法灰界法，完全無法處理有一種色偏以上的影像；MLCC 雖然右邊淡綠的色偏有拿去，但左邊紫色的色偏仍舊明顯，而我們的作法則是左邊紫色的色偏幾乎沒有殘留。

由於目前尚未有人提供混合光源下的真實影像資料集，所以我們選用一個來自 Ciurea 和 Funt 的真實影像資料集[4]。雖然這個資料集是用於均勻且單一之光源的白平衡方法測試，但有些影像是在混合光源之下。混合光源的影像中，我們挑選了 698 張影像，而這些影像主要出自 SFU, CIC2002, Metrotown 和 Granville\_Island\_Market1 這些資料夾，影像中有室內/室外，室內/週遭的混合光源。



(a)



(b)

圖 7 MLCC 和我們的方法在各補丁尺寸上得到之角度誤差。(a) 補丁上用灰界法估計光源得到的平均角度誤差。(b)補丁上用灰界法估計光源得到的中值角度誤差。

在此我們用白平衡常見的衡量方法角度誤差作為測量方法的基準，角度誤差愈小代表估計出來的光源愈接近真實的環境光源，代表該白平衡方法效能會是較好的，但由於影像是多個光源，所以 MLCC 提出的角度誤差計算是針對每個像素上的光源，一一與資料集提供的真實環境光源做角度誤差的計算，最後再平均所有像素的角度誤差，得到一個角度誤差值。雖然這不能算是一個很準確的衡量方法，但因為目前尚未看到有人提出關於多光源影

像白平衡方法更好的衡量方法，所以我們仍舊沿用 MLCC 的測量方法。

由圖 7 中這兩張圖表，可以看出我們所提之方法的平均角度誤差在各補丁尺寸之設定上都比 MLCC 來得好，重點是整體趨勢也是較平緩的。這相對較平緩的趨勢證明了補丁尺寸大小的設定，對我們的方法而言，並不像 MLCC 那樣具影響力。另外，中值角度誤差上，我們方法之整體趨勢在補丁尺寸 4% 之後都是較 MLCC 平緩的，再次證明了補丁尺寸大小的設定，對我們的方法而言，並不像 MLCC 那樣具影響力。

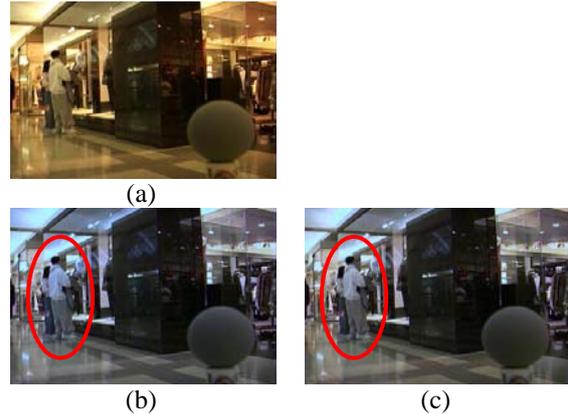


圖 8 所提演算法與 MLCC 法的結果比較。(a)多光源影像。(b)MLCC 角度誤差是 4.91。(c)我們的作法角度誤差是 3.03。

圖 8 是 Ciurea 和 Funt 的真實影像資料集[4]中的影像，櫥窗前路人身上的衣服我們的作法比較白，MLCC 的比較偏藍，MLCC 的角度誤差為 4.91，而我們作法的角度誤差為 3.03，所提演算法確實有較好的結果表現。

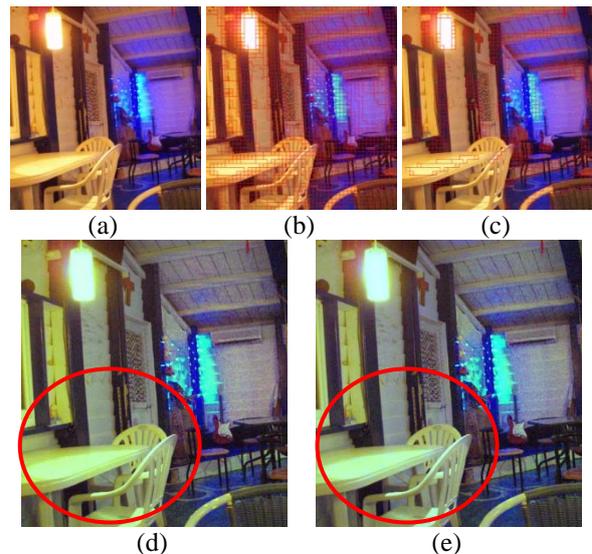


圖 9 所提演算法與 MLCC 法的結果比較。(a)多光源影像 (b) MLCC 的補丁狀態。(c)我們作法的補丁狀態(d)MLCC，區域光源估計用 GW (e)我們的作法，區域光源估計用 GW。

Ciurea 和 Funt 的真實影像資料集[4]中的混合光源影像畢竟是為了單一光源的測試而存在，多光源的情況不是那麼明顯，所以接下來看一下真實的多光源影像測試，並看一下補丁合併的狀況。圖 9 中白色塑膠桌椅的部份和我們的作法看起來比 MLCC 來得白，MLCC 看起來比較偏黃。

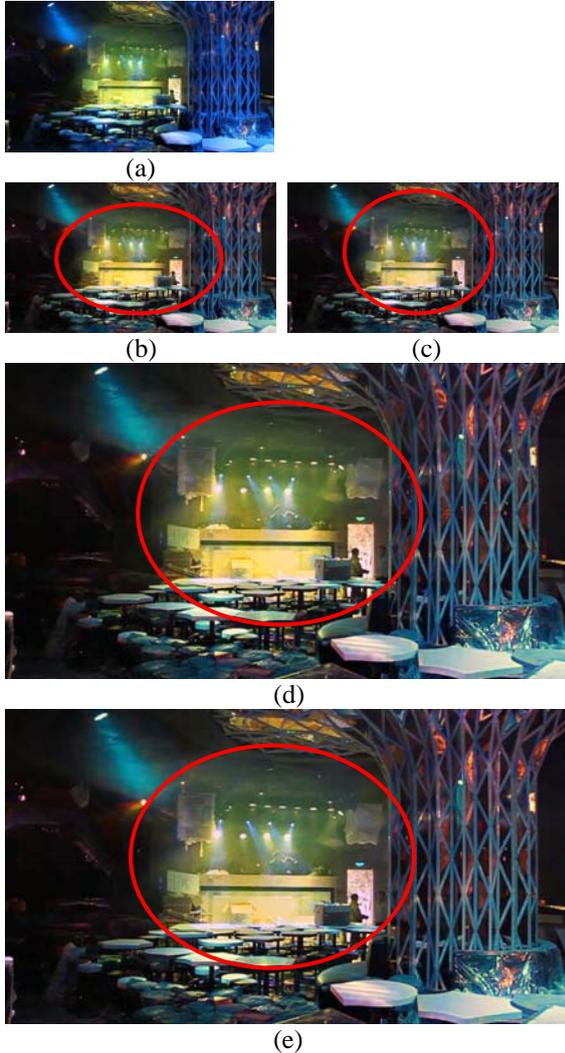


圖 10 所提演算法與 MLCC 法的結果比較。(a)有三種光源類型的影像[9]。(b)MLCC，分群數為 2。(c)我們的作法，分群數為 2。(d) MLCC，分群數為 3。(e)我們的作法，分群數為 3。

圖 10 中(a)是有三種光源類型的色偏影像，分別是最右邊的藍光，中間的黃光，最右邊偏暗的光源。(b)和(c)是我們將 k-means 分群數定為 2 時，MLCC 和我們的作法之白平衡效果，可以看到在黃光的處理上，MLCC 比較黃，而我們的作法去掉較多的黃光。(d)和(e)是我們將 k-means 分群數定為 3 時，MLCC 和我們的作法之白平衡效果，可以看到同為 MLCC，白平衡效果(d)比(b)好，而我們的作法也是設定正確分群數的(e)比(c)好。另外我們觀察到三個光源中，如果是將光源分成兩群，會是較相近

的兩個光源為一群，剩下的那個光源自己為一群，所以如果這相近的兩個光源間差異不大，分群數設定是否準確，影響就不算太大，反之，差異愈大，則分群數設定是否準確的影響力就愈大，幸運的是現實中，同時出現三個有著明顯差異的光源顏色之機率不大，而且一張影像有兩個光源顏色算是比較常見的情況，所以一般將 k-means 分群數定為 2 已可以處理大部份的色偏影像。

## 5. 結論

在本論文中，我們提出一個針對多光源造成的色偏之白平衡處理，用補丁光源與分群後之主要光源間的相似度合併小補丁，使合併後之補丁盡可能符合單一補丁只有一個光源之假設，又能改善小補丁沒法取得太多影像資訊而造成補丁上之估計光源與實際光源差異太大之缺點，有效改善 MLCC 對於補丁尺寸設定太小或太大可能造成白平衡效果上差異的弱點。

我們的方法是使用 k-means 分群找影像的主要光源，但 k-means 分群需要事先設定光源數目，無法自動找到影像上的主要光源數，而能自動且準確找到影像上的主要光源數是未來可以再努力的方向。另外，我們提出的方法在遇到光源間差異小於影像表面顏色的差異時，無法準確透過分群找到光源分佈的位置，這也是未來可以再努力的方向。

## 參考文獻

- [1] 陳柏翰, "影像亮度變化對白平衡演算法影響之研究", 北台灣科學技術學院機電整合研究所, 碩士論文, 民國九十七年六月。
- [2] 陳炳旭, "數位相機自動白平衡: 結合灰界理論與色域對應之研究", 世新大學平面傳播科技學系, 碩士論文, 民國九十二年六月。
- [3] "Data for Computer Vision and Computational Colour Science," <http://www.cs.sfu.ca/~colour/data/>
- [4] F. Ciurea and B. Funt, "A large image database for color constancy research," in Proc. IS&T/SID's Color Imaging Conf., Scottsdale, pp. 160-164, Nov. 2003.
- [5] J. van de Weijer, T. Gevers, and A. Gijsenij, "Edge-based color constancy," IEEE Trans. Image Process., vol. 16, no. 9, pp. 2207-2214, Sep. 2007.
- [6] J. van de Weijer, T. Gevers, and A. Gijsenij, "Improving Color Constancy by Photometric Edge Weighting," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 34, no. 5, pp. 918-929, May 2012.
- [7] R. Kawakami, K. Ikeuchi, and R. T. Tan, "Consistent surface color for texturing large objects in outdoor scenes," in Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis., pp. 1200-1207, 2005.
- [8] E. Hsu, T. Mertens, S. Paris, S. Avidan, and F. Durand, "Light mixture estimation for spatially varying white balance," ACM Trans. Graph., vol. 27, no. 3, pp. 70:1-70:7, Aug. 2008.
- [9] A. Gijsenij, R. Lu, and T. Gevers, "Color Constancy for Multiple Light Sources," IEEE Trans. Image Process., vol. 21, no. 2, pp. 697-707, Feb. 2011.