

景文學報第二十卷第一期 中華民國九十九年三月出版 第 137–148 頁

## 以 CIELAB 顏色空間為基礎之智慧型顏色辨識系統

黃景東

蔡志仁

景文科技大學電子工程系 亞洲大學資訊工程系

林志餘

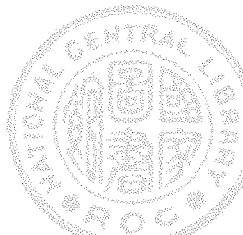
周彥臻

景文科技大學電子工程系 景文科技大學電腦與通訊研究所

### 論文摘要

本論文提出以電腦視覺為基礎之智慧型顏色辨識系統，此智慧型顏色辨識系統除了可以對於外在環境的顏色些微變化作出參數調整的反應外，當環境中原有物體顏色出現變化的時候，這個系統亦可以隨即察覺、辨認該物體顏色的變化，進而可以隨時修正相對應的其他物體之真正顏色。另外，本論文主要分為兩個部分：第一部分為模擬部分，針對所提出的以 CIELAB 顏色空間為基礎的動態偵測物體顏色的影像處理演算法，作各種狀況的模擬，以驗證此演算法的可行性。第二部分為實作部分，硬體的架構是由 USB 的影像感測器 CCD 以及個人電腦 PC 所構成。結果顯示：不論是靜態或者是動態的物體，其顏色都可以正確判斷出來且效果良好。

關鍵詞：電腦視覺、CIELAB 顏色空間、動態偵測、影像感測器 CCD



# The Intelligent Color Recognition System Based on CIELAB Color Space

Jiing-Dong Hwang

Department of Electronic Engineering, Jinwen University of Science and Technology

Zhi-Ren Tsai

Department of Computer Science & Information Engineering, Asia University

Zhi-Yu Lin

Department of Electronic Engineering, Jinwen University of Science and Technology

Yan-Zhen Zhou

Institute of Computer and Communication Engineering, Jinwen University of Science and Technology

## Abstract

This paper presents an intelligent color recognition system based on computer vision. The intelligent color recognition system can react to the parameter adjustment for the external environment minor color change. Besides, when the environment original object colors go changing, the system can immediately detect, and identify the object color change behavior. Forwardly, it can be amended at any time corresponding to the real color of other objects. In addition, this paper is divided into two parts: The first part is the simulation section, and it will focus on the image processing algorithm of dynamic detection based on the proposed CIELAB color space for the simulation of various conditions to verify the feasibility of this algorithm. The second part is the implementation section. The hardware architecture is composed of an image sensor CCD of USB, as well as PC. The results show that: whether the static or dynamic object, its color can be judged properly and effectively.

Key word: computer vision, CIELAB color space, dynamic detection, image sensor  
CCD



## 一. 文獻探討

以往，電腦視覺 (Computer Vision) 方面的論文，一直受到硬體效能的限制，擷取到的影像解析度不足，以至影像模糊不清，或者受到電腦處理速度的限制，導致無法做即時 (Real Time)。近年來，由於半導體製造技術的蓬勃發展，促使許多儀器設備的效能大大的提昇，像是USB CCD Camera已經可以擷取到畫質及解析度都不錯的影像，在搭配上現在電腦的處理速度已經相當的快速，而且價格也不再昂貴，所以電腦視覺(Computer Vision) 領域的論文無論在量或質方面發展得更加迅速，應用的範圍也愈加廣泛，像是在軍事方面的飛彈導引；工業方面的即時生產線系統、影像量測系統；醫學方面的自動皮膚腫瘤診斷、輔助腦部外科醫療；交通方面的自動駕駛系統；保全方面的人臉辨識、自動錄影；甚至是太空方面的人造衛星資料蒐集等等，不勝枚舉。

「電腦視覺」(Computer Vision)，顧名思義是以電腦來完成人類視覺連鎖過程，換句話說，除了在電腦視覺系統 (Computer Vision System) 的研發設計過程之外 [2]，這一連串的視覺的反應完全不需要人類的涉入干預的。在上述的過程中，有一個很重要的課題，也就是所謂的「影像分析」 (Image Analysis)，藉由這樣的過程，才能解決後續的視覺問題。影像分析 (Image Analysis) 涉及到兩個過程[2]：特徵擷取 (Feature Extraction) 和圖樣分類 (Pattern Classification)，前者是一種獲得較高階圖像資訊的過程，像是形狀或顏色等等；而後者則是利用前者所獲取的圖像資訊在影像中辨識出物體或目標 (Objects) 的行為過程。另外，在[3]也有類似的敘述，電腦視覺 (Computer Vision) 主要由兩個部分組成：影像處理 (Image Processing) 和影像解譯 (Image Interpretation)，前者是將影像裡面某些需要的特徵強化，像是運用在醫學影像處理等；而後者，常常被視為所謂的機械視覺 (Machine Vision)，常常運用在元件檢視 (Part Inspection) 或是品質控制 (Quality Control)。

電腦視覺的顏色辨認系統，很重要的一環是在於如何擷取 (Extract) 出影像中所透露的資訊，來下達正確的判斷，以便完成所期望的結果，所以「如何擷取」便成為眾多已發表的相關論文的重點所在，方法眾多不勝枚舉，有預先設定簡化視覺問題的方式，例如：以人為的方式，將目標物體設定為特定單一顏色[4][5][6][7]；有「特定任務」(Task Specific) 的方式，例如：對於移動物體的偵測或者如水果篩選系統挑出特殊顏色的水果[8]。其實，從外界接收進來的影像當中，在設計顏色辨認系統時，只有一小部分是我們真正需要的，假如可以利用某種方式定義出特殊的顏色空間，以進一步求出此顏色空間的群聚中心，我們在對於影像的顏色分類的處理時間便可以大幅的縮短，這樣的方式主要有幾個優點：(1)影像處理計算大幅簡化 (2)可忽略照度或亮度的影響使得顏色辨識較為容易(3)可只擷取及分類所需要的顏色，另外，此方式也意味著在執行電腦視覺的顏色辨認的第一步，其實就在於須先決定出影像當中哪幾部份是真正需要的 (Feature Selection)[9]。

以影像顏色為基礎的論文中，最需要的是有一套合適的影像顏色處理演算法，所以，本論文重點即在於建構一套可以對移動中的物體[1]或靜止中的物體作顏色辨認的演算法並以硬體實現之，首先說明經常被使用的「CIELAB演算法」[10-13]，接著提出本論文所使用以CIELAB顏色空間為基礎的動態偵測



演算法，兩演算法基本上相當類似，差別在於本論文所提出的演算法，是以顏色動態偵測為出發點，可允許同一件物體因光線或影像裝置在工作的時候有晃動或移動的狀況或CCD本身顏色感測器或顏色前處理過程不穩定所造成的顏色誤差。最後，並以模擬的方式驗證所提出的演算法。

以RGB三個階層值來作影像處理，以這樣方式的影像處理所需要面對的是更為龐大的影像資料量，所以此項論文並不直接處理RGB三個階層值，而是將焦點放在CIELAB演算法是否可實現的問題上及VGA影像感測器的RGB演算法之研製，希望能取出當前影像感測器所感知的各種顏色合理參考值，理論上各顏色參考值差異愈大，愈適合作顏色辨識及分類。智慧型顏色辨識系統的實作，目的是以提供當前電腦(PC)對於外界顏色的認知能力，意即為：若可處理多少種顏色即PC就具有多少種顏色的辨識或認知的能力。在不同的環境或光線條件下，希望能大大提昇PC端顏色正確辨識的成功率，使其成為一個具實用價值的顏色辨識系統，以供其他各項PC-Based產品的應用基礎。

## 二. 顏色辨認的動態偵測演算法及硬體實現

為了正確地使用顏色，需要建立顏色模型。一種顏色可用三個基本量來描述，所以建立顏色模型就是建立一個3D坐標系統，其中每個空間點都代表某一種顏色。

目前常用的顏色模型可分兩類：一類偏向諸如彩色螢幕顯示器或印表機之類的硬體設備。另一類偏向以顏色處理為目的的應用，如動畫中的彩色圖形。偏向硬體設備的最常用彩色模型是RGB模型，而偏向顏色處理的最常用模型是HSI模型，其中H表示色調(Hue)、S表示飽和度(Saturation)、I表示強度(Intensity, 對應成像亮度和影像灰度)。這二種顏色模型是影像技術中最常見的模型。而RGB模型有數學式可以將它轉換成HSI模型，所以我們選擇RGB模型來做VGA的轉換，再將RGB轉換成所要研究的顏色模型。首先，有關影像感測器(Sensor)在此略述如下：

VGA： Sensor 奇數 Line 1,3,5,7.....119 為 BGBGBGBG.....

Sensor 偶數 Line 2,4,6,8.....120 為 GRGRGRGR.....

所以由此可知：直接取用 Sensor 所提供的影像圖騰並無法映射至 RGB 的顏色模型，所以須經由 VGA 轉成 RGB 的演算法來取得 RGB 的顏色模型。由於 VGA 影像感測器所取得的 RGB 影像空間並不適用於作為辨識顏色的參考，因此，本計劃擬提出另一顏色空間 **CIELAB** 來加以實現顏色辨識的智慧型功能，或使 PC 具有認知顏色的能力。

整個硬體的架構大致上可以分為三個部分：移動物體(可設計成用馬達帶動的物件)、影像感測器及處理器和個人電腦(PC)。本論文中，是以 *Matlab* 軟體來作為程式的開發環境。而將 Raw Data 轉成 RGB 之演算法如下：

當外界光線入射至感測器上，感測器隨即將接收到的類比訊號轉換為數位訊號，這樣的數位訊號未經過任何方式處理過，所以被稱為 Raw Data，它的排列方式如圖(1)，由於上面的每個點只具備單一顏色值，和我們演算法所使用的 RGB 不同，因此需要經過處理才能使用，做法是將每個點所缺少的顏色值補齊，譬如：第二排第二行的像素點本來的值為紅色(R)，缺少了綠色(G)及藍色(B)，所以需要設法將缺少的顏

色值找到，其他的點皆依此類推，待全部的點皆處理完畢之後，即為我們所需要的 RGB 圖形了。

設 RR1、GR1 和 BR1 為第二排第二行的 RGB 值：

$$R_{R1}=R1,$$

$$G_{R1}=(G_1+G_3+G_4+G_5)/4,$$

$$B_{R1}=(B_1+B_2+B_3+B_4)/4.$$

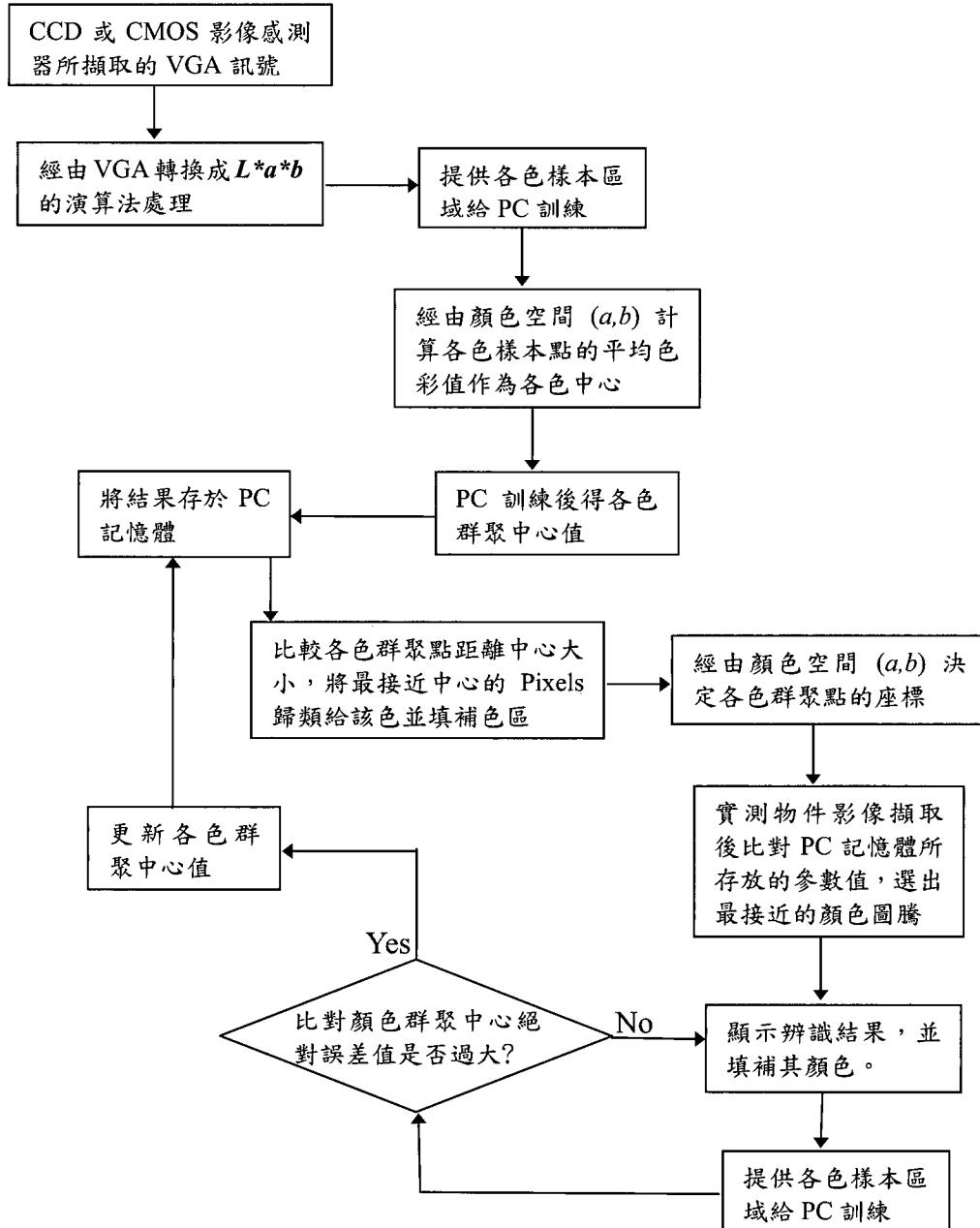
	1	2	3	4		157	158	159	160
1	B1	G1	B2	G2		B	G	B	G
2	G3	R1	G4	R2		G	R	G	R
3	B3	G5	B4	G6		B	G	B	G
4	G7	R3	G8	R4		G	R	G	R
117	B	G	B	G		B	G	B	G
118	G	R	G	R		G	R	G	R
119	B	G	B	G		B	G	B	G
120	G	R	G	R		G	R	G	R

圖(1) 未經過任何方式處理過的數位訊號 (Raw Data)

接著將 RGB 模型轉成  $L^*a^*b$  顏色空間，並定義各色樣板區。當畫面上的物體各色辨識完畢之後，接下來就是一連串的顏色辨識動作，首先，即是要移動物體，如果經自動判斷移動的物體顏色變化範圍不在可容許的範圍裡面，則需要更新該樣板區的顏色群聚中心點值。本論文是以個人電腦 (PC)，由於影像感測器的靈敏度相當的高，只要外界的光線稍有變化，其所擷取到的影像數值就會跟著變化，為了避免這個因素存在，所以，本論文提出了動態顏色偵測演算法來達到補償顏色的目的。

驗證的過程中，以各色的磁鐵為移動物體，一開始磁鐵是靜止地被擷取到顏色後辨識，並以其中一種顏色為顏色樣本中的顏色參考代表，當物體移動的時候，顏色自動偵測裝置便注意到有動靜，且一直判斷及標示出移動物體的顏色，也就是在螢幕上追蹤著該移動的物體，並將所判斷的顏色填補到移動的物體上。由實驗可知，我們可以清楚的看出偵測裝置可以正確的判斷出移動物體的顏色，並可以追蹤移動物體。詳述顏色辨識實驗流程圖如圖(2)。其中 **CIELAB** 演算法如下：

使用  $L^*a^*b$  顏色空間來做顏色區分或識別，因此演算法首先要求單張的影像上具有所需的樣板色圖，然後轉換 RGB 為 CIELAB 的 tristimulus 數值如下式(1)，接著利用 CCD 系統來做連續物件的顏色辨認。



圖(2) 顏色辨識實驗流程

$$\begin{aligned} X &= 0.4303R + 0.3416G + 0.1784B \\ Y &= 0.2219R + 0.7068G + 0.0713B \\ Z &= 0.0202R + 0.1296G + 0.9393B. \end{aligned} \quad (1)$$

**CIELAB** 式子(2)含有以下的轉換：

$$\begin{aligned} L^* &= 116f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - 16 \\ a^* &= 500\left[f\left(\frac{X}{X_0}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_0}\right)\right] \\ b^* &= 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_0}\right)\right] \end{aligned} \quad (2)$$

其中

$$\begin{aligned} f(q) &= \sqrt[3]{q} \quad q > 0.008856 \\ f(q) &= 7.787q + \frac{16}{116} \quad q \leq 0.008856. \end{aligned}$$

$X_0, Y_0$  和  $Z_0$  是關於光源 D65 的 tristimulus 數值，以上的等式(1-2)被用於解析度為  $352 \times 288 \times 24$  bits 像素點。

顏色中心的偏移誤差量定義如下：

$$\Delta E = \sqrt{\left(\Delta a_i^*\right)^2 + \left(\Delta b_i^*\right)^2}$$

其中， $i = 1, 2, \dots, I$ ， $I$  是使用者自定的顏色中心數，而  $i$  是 **CIELAB** 顏色中心點索引變數。

動態顏色偵測演算法之狀況模擬：

為確保此演算法的可行性及試圖找出可能發生的錯誤狀況，假設幾種測試狀況，以驗證演算法有無錯誤情形出現。

狀況一：物體的五種代表色擷取至 PC 後，在光線良好的情形下，辨認出靜止物體及背景的顏色。

狀況二：物體的五種代表色擷取至 PC 後，在光線稍微有變化的情形下，辨認出靜止物體及背景的顏色。

狀況三：物體的五種代表色擷取至 PC 後，在光線良好的情形下，辨認出運動中物體及背景的顏色。

動態顏色的偵測演算法完整處理過程如下：

假設： $t1, t2, t3$  為針對靜止物體取像的三個不同的 CCD 取像時間，

$t4, t5, t6$  為針對動態物體取像的三個不同的 CCD 取像時間。

$f1 \sim f6$  分別為擷取到的影像和處理過程中的影像，其中， $f1$  和  $f5$  分別為圖(3.1)和圖(4.1)。以 Matlab 為影像擷取處理界面來驗證本論文所提出的顏色辨識演算法。

步驟一：以 USB CCD 影像感測器擷取的 VGA 訊號(在擷取時間點  $t1 \sim t6$  之影像  $f1 \sim f6$ )。



步驟二：經由 VGA 轉換成  $L^*a^*b$  的演算法處理。

步驟三：提供各色樣本區域（黑、黃、紅、藍及綠）給 PC 來進行顏色訓練，以建立顏色參考值。

步驟四：經由顏色空間  $(a, b)$  計算各色樣本點的平均色彩值作為各色中心。

步驟五：PC 訓練後得各色群聚中心值，將結果存於 PC 記憶體。

步驟六：比較各色群聚點距離中心大小，將最接近中心的 Pixels 歸類給該色並填補其色區。

步驟七：經由顏色空間  $(a, b)$  決定各色群聚點的座標。

步驟八：將待測試物體的顏色取出與已儲存於記憶體內之各顏色參考值進行比對，取出比對相似率最高的各顏色參考值，顯示辨識結果之顏色（紅、黃、綠、藍、黑）。意即：實測物件影像擷取後比對 PC 記憶體所存放的參數值，選出最接近的顏色圖騰。

步驟九：顯示靜態及動態的辨識結果，如圖(3.2-3.5)和圖(4.2-4.5)，並填補其顏色及合計各色個別的面積大小，如圖(3.6)。

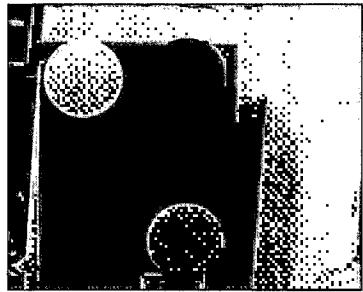
步驟十：提供線上的各色樣本區域給 PC 訓練，並比對同一個動態或靜態物件顏色群聚中心絕對誤差值是否過大？

步驟十一：若是，則更新靜態或動態影像的各色群聚中心值，如圖(3.7, 4.6)。

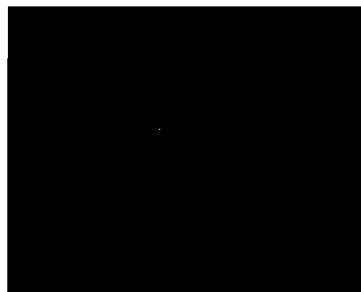
步驟十二：若否，將線上的影像作顏色簡化，並動態地追蹤顏色參考的物件。

顏色簡化的用意是在實際應用的問題上，往往只需要幾個代表性顏色來模糊分類，或者要針對影像擷取裝置，對於相同的景物，即在完全不更改任何因素的狀況下，連續擷取影像會出現同一像素點(Pixel)有數值些微變化的狀況，加以處理，這樣的些微變化，難以估計其正確範圍。例如： $(R,G,B) t1 = (255,210,150)$ ,  $(R,G,B) t2 = (252,216,142)$ ，其中，R 為紅色、G 為綠色及 B 為藍色。從圖(3.7, 4.6) 中可得不同時間點的靜態及動態影像的 **CIELAB** 顏色中心點值差異所在，如果不同時間點的影像中沒有變化的地點，經由 **CIELAB** 演算法算過之後，顏色群聚中心點必定沒變，相反的，如果有變化的，一定是顏色前後不一。在此，以最後時間點影像顏色群聚中心點的差異地方當作依據，分別補償或修正 CIELAB 影像中的顏色變異量。

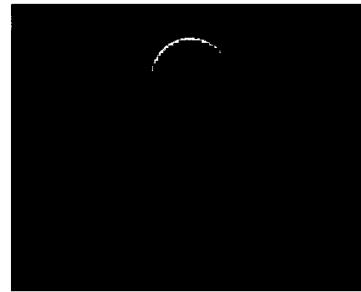




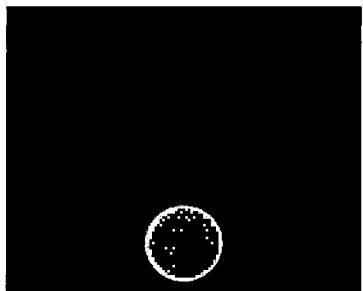
圖(3.1)各色試驗之用的靜止物體 CCD 取像



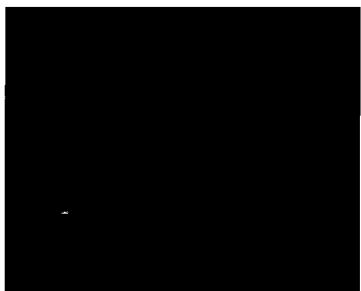
圖(3.2)藍色填補試驗之結果



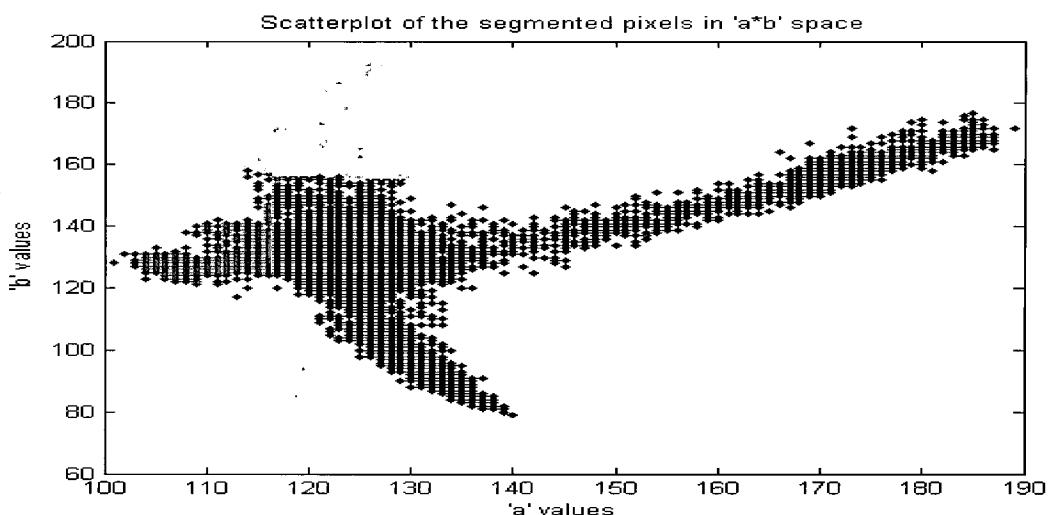
圖(3.3)紅色填補試驗之結果



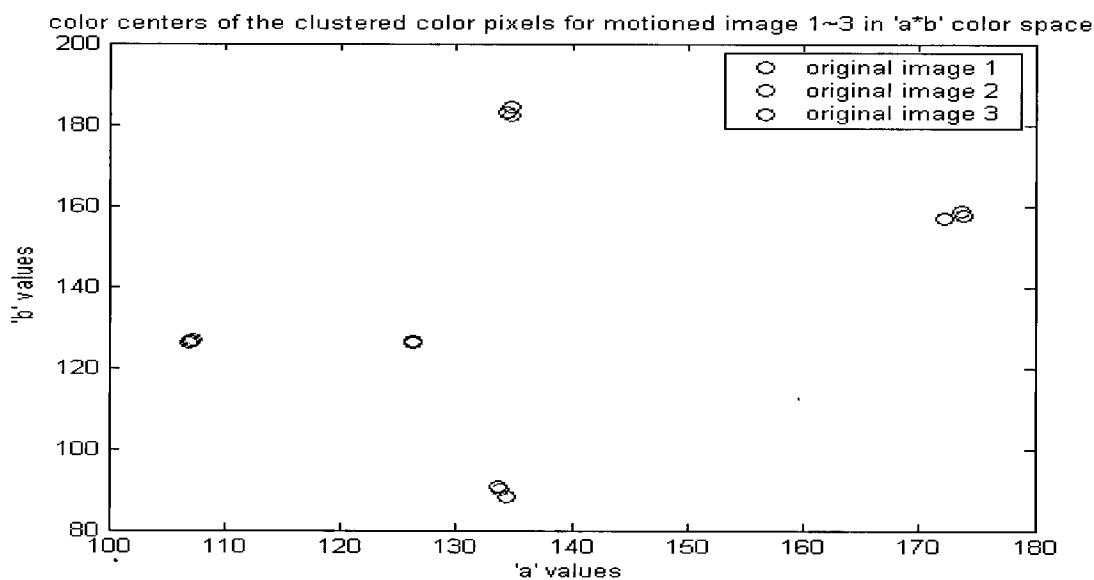
圖(3.4)黃色填補試驗之結果



圖(3.5)綠色填補試驗之結果



圖(3.6) *CIELAB* 顏色空間的 *a,b* 分量的靜態影像分色情形



圖(3.7) 靜態影像取樣時，些微光線變化的 *CIELAB* 顏色中心的偏移情形



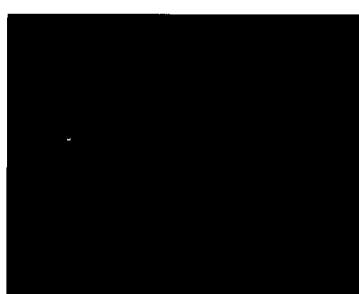
圖(4.1)各色試驗之用的動態物體 CCD 取像



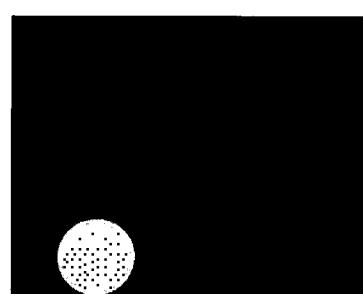
圖(4.2)紅色填補試驗之結果



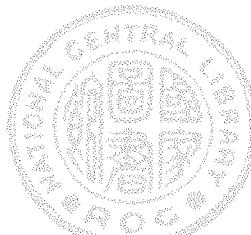
圖(4.3)綠色填補試驗之結果

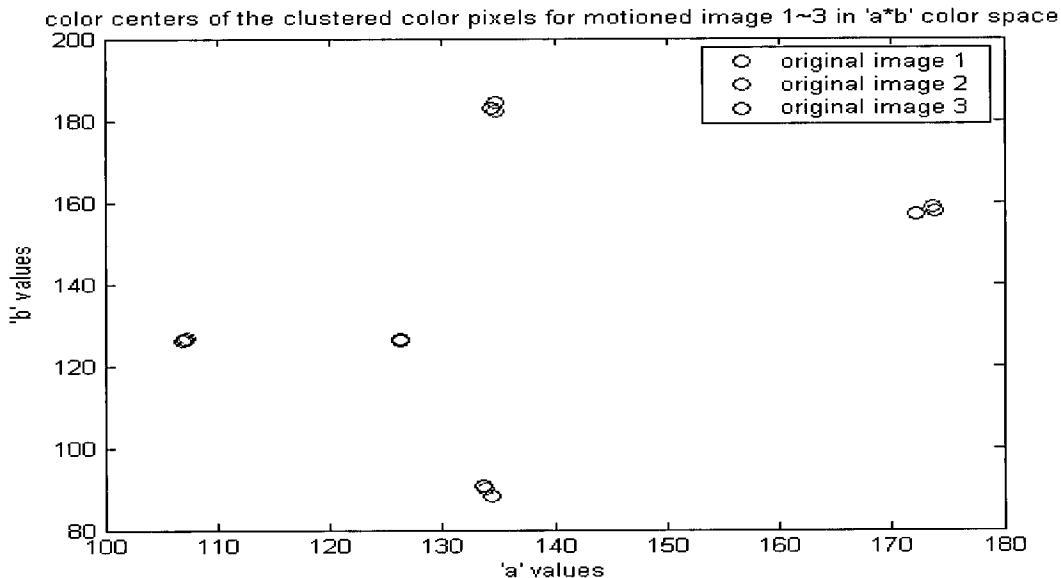


圖(4.4)藍色填補試驗之結果



圖(4.5)黃色填補試驗之結果





圖(4.6) 動態影像取樣時，*CIELAB* 顏色中心的偏移情形

### 三. 結論

根據實體驗證，從影像擷取、顏色定義、顏色判斷，顏色追蹤，到每間隔一段時間或不同周遭環境下更新辨認顏色所需的顏色群聚中心參數是可行的。本論文是以顏色作依據的視覺系統，核心為一顆 PC 處理器及 Matlab 程式碼，搭配一個解析度為  $352 \times 288 \times 24\ bits$  像素點的 USB 影像感測器，並透過螢幕來監視移動中的物體影像。在演算法方面，不僅可以保有「CIELAB 演算法」的優點，也可以應用於動態顏色的偵測及該顏色所佔面積的計算、CIELAB 顏色中心點參數修正與移動的物體追蹤問題上。總之，以 CIELAB 顏色空間為基礎的動態偵測物體顏色的影像處理演算法，所開發的智慧型顏色辨識，可進一步做更複雜的推廣應用，如利用膚色與髮色的不同等所做的人臉辨識系統。



#### 四. 參考文獻

- [1] F. Chevrier, A. Goryashko, "Moving object surveillance and analysis for camera-based security systems," in Proc. Inter. Conf. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Sanderstead, pp. 67-71, 1995.
- [2] Scott E Umbaugh, "Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIPtools", Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ 07458, page(s):4
- [3] Peter I Corke, "Visual Control of Robots", Research Studies Press LTD., page:123 1997.
- [4] A. C. Sanderson and L. E. weiss, "Image-based visual servo control using relational graph error signals," in Proc. IEEE Inter. Conf. Cybernetics and Society, pp. 1074-1077, 1980.
- [5] J. Feddema and O. Mitchell, "Vision-guided servoing with feature-based trajectory generation," IEEE Trans. Robot. Automat., vol. 5, pp. 691-700, Oct. 1989.
- [6] A. Castano and S. A. Hutchinson, "Visual compliance: Task-directed vision servo control," IEEE Trans. Robot. Automat., vol. 10, pp. 334-342, June 1994.
- [7] A. Rizzi and D. Koditschek, "An active visual estimator for dexterous manipulation," in Proc. IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation, 1994
- [8] R. L. Anderson, "Dynamic sensing in a ping-pong playing robot," IEEE Trans. Robot. Automat., vol. 5, no. 6, pp.723 739, 1989.
- [9] P. K. Allen, A. Timcenko, B. Yoshimi, and P. Michelman, "Automated tracking and grasping of a moving object with a robotic hand-eye system," IEEE Trans. Robot. Automat., vol. 9, no.2, pp. 152-165, 1993.
- [10] Xuemei Zhang; Silverstein, D.A.; Farrell, J.E.; Wandell, B.A. "Color image quality metric S-CIELAB and its application on halftone texture visibility" Compcon '97. Proceedings, IEEE , 23-26 Feb. 1997 Pages:44 – 48.
- [11] Connolly, C.; Fleiss, T. "A study of efficiency and accuracy in the transformation from RGB to CIELAB color space" Image Processing, IEEE Transactions on Volume: 6 , Issue: 7 , July 1997 Pages:1046 – 1048.
- [12] Albuz, E.; Kocalar, E.D.; Khokhar, A.A. "Quantized CIELab\* space and encoded spatial structure for scalable indexing of large color image archives" Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2000. ICASSP '00. Proceedings. 2000 IEEE International Conference on Volume: 6 , 5-9 June 2000 Pages:1995 – 1998.
- [13] Fahmy, G.F.; Karam, L.J. "Prediction of the quality of JPEG-compressed color images based on the SCIELAB metric" Signals, Systems and Computers, 2000. Conference Record of the Thirty-Fourth Asilomar Conference on Volume: 2 , 29 Oct.-1 Nov. 2000 Pages:1054 – 1057.

#### 五. 致謝辭

本研究接受國科會大專生專題研究計畫之補助(計畫編號：92-2815-C-228 -002 -E)，特此致謝。

