編號：CCMP86-RD-049

中醫望診系統：
彩色舌診影像系統之研發

Development of color tongue viewing diagnosis system for Chinese medicine

蘇振隆

中原大學醫學工程研究所

摘　要

舌診是中醫望診的重要項目，中醫師在診斷病情時，主要觀察舌的神、色、形、態。如何利用電腦來進行舌診的定量分析，是近年來的趨勢。本計畫的目的，是利用彩色影像處理的技術，對舌診所要觀察的特徵如舌色、舌形、苔色做辨識，並藉由軟體與硬體的整合建立一個舌診定量分析系統。

系統中包含影像擷取、環境校正與舌特徵分析等流程。在利用彩色攝影機取得舌影像後，進行前處理工作。其工作包括整體的校正與 RGB 標準的校正，得到的結果，來補償不同環境下取像可能造成的偏差。在舌形的分析上，利用邊緣檢測的的方法，得到舌影像的邊緣，來算出舌長與舌寬，並算出舌面積。此外，利用合成舌影像算舌之厚薄。在特徵的分析上，利用 15 個健康人的舌影像進行分割後，建立辨識法。研究中，除了對整個舌影像作分析與辨識；也依據中醫舌診的原理，將舌影像分成四部份去分析舌的特徵分佈。

在系統完成後，由五十個人健康人的舌影像特徵的分析，歸納出健康人舌象分佈的特點及舌質與舌苔變化的規律性。在整體的舌特徵分佈的百分比結果上，整個舌影像舌色分佈在 50%以上，其中淡紅色佔 40%以上，紅色與暗紅色則分佈在 10%以下。在苔色的分佈上，大多數人之白苔為 20%

以上，黃苔則少於白苔。此外在分辨黃苔與白苔時，約僅有 0.5%無法確定，其效果良好。舌寬在 4 到 5 公分，舌長在 4 到 6 公分，而舌面積則分佈在 15 到 25 平方公分，是判斷舌形的依據。

在各部份舌特徵分佈的百分比上，在舌中部份舌色與苔色的分佈並沒有很大的差異，左右的部份則是舌色分佈約佔 40%，而在舌尖舌苔分佈是最少的在 20%之內。舌色的分佈上，舌尖紅色的分佈多達 40%外，其餘部份之分佈和整體分析中之分佈相似。黃苔分佈，舌中百分比分佈有到 50%是最多；舌的兩邊到 30%是其次；在舌尖的比例分佈在 0~10%之間，幾乎沒有黃苔的分佈。白苔分佈情形與黃苔相似，但較大。在系統限制方面，運算速度及分割技術仍有待進一步改進。

由以上結果顯示，本計畫之系統已具備初步舌診的功能，未來希望能配合中醫師蒐集更多臨床資料，擴大樣本之多元性，對系統再行修正，並建立資料庫，如此才能達到初步的目標－運用電腦來做影像處理分析，提供客觀的數據，做為中醫診斷時之參考，並成為中醫舌診科學化之基礎。

關鍵詞：關鍵字：影像校正、邊緣檢測、影像分割、舌影像特徵辨識

ABSTRACT

Tongue Diagnosis is a important item in observational determination of Chinese medicine diagnosis. Chinese medicine doctors mainly observe the color, movement, shape and properties of tongue when they are diagnosing. It's a tread that the quantitative analysis via computerlized Chinese tongue diagnosis in recently years. The purpose of this study is to recognize the color and shape of tongue, color of coat, by using color image processing techniques. A system was established for the quantitative analysis of tongue diagnosis by hardware and software integration.

In the study, the tongue image was grabbed and calibrated, the tongue characters were distinguished via our system. In pre-processing of tongue image, the calibration of environmental factors was emphasized, including global calibration and RGB standard calibration. The results that it could compensate image deviation which caused by different environments. In the analysis of tongue shape, the edge of tongue image was obtained then the length, width and area of tongue could be calculated by using boundary detection method. Also, the thickness of tongue was recognized by using stereoscopic imaging techniques. For the development of algorithms to

analysis the tongue's characters, tongue color and coat color were recognized by using segmented tongue image which were take from 15 health people. Besides, analyzing and recognizing of whole tongue image, the tongue image was partitioned to four parts to analysis the distributions of tongue characters according to the principles of Chinese tongue diagnosis.

After the system was constructed, the property of the distributions of tongue phenomenon and the regularity of tongue coat variation were generalized by testing 50 health men cases. In the global analysis of Tongue characteristic distribution, the percent of the color of tongue was more then 50% which light red tongue is beyond 40% and red and dark red tongue is less then 10%. In the distribution of the color of coat, white coat was almost beyond 20% and more then yellow coat. The result show that less than 0.5% case was without decision based on threshold histogram method for distinguishing yellow coat and white coat. Most of tongues were 4-5 cm for the width, 4-6 cm for the length, and 15-25 cm^2 for the area of the tongue by using the segmentation of image method.

The distribution of tongue characteristics in sub-regions, the color of tongue and the color of coat which located in the middle of tongue were not different, but distribution on the left and right region were 40% and the top of tongue are located almost within 20%, which was smallest. In sub-regions of the distribution, red and dark red tongue are almost within 10%, but top of red tongue increased to 40%, but the distribution of rest part was similar with distribution in global distribution. The distribution of yellow coat, 50% is the largest in the middle tongue, 30% are largest in the left and right tongue and 0-10% for the top of tongue. The distribution of white coat are likely to yellow coat, but which are more then yellow coat. In system restrictions, the speed of calculation and technique of segmentation got to be improved in further.

The result showed that our system supported achievement of a primer of tongue diagnosis. In order to accomplish primer purpose, more variation sampling should be obtained, this system was modified, then system database was established. Besides, analysis and process the image by using computers would provide the objective numerical data to support the science evidence for Chinese tongue diagnosis.

Key words: Image calibration, Edge detection, Image segmentation,
Tongue image character recognition

壹、前言

中醫學的精髓在於『辨証論治』[1]，辨証以望、聞、問、切四診為根據。依據不同的感覺，包括視覺的『望診』，聽覺、嗅覺的聞診，語言的問診，觸覺的切診，做診斷病症的依據。其中望診中的舌診，因為能集中反映舌中所顯現的病態與病理機序，因此格外受到重視[2]。舌為心之苗，脾之外候，舌象是反應體內狀態的鏡子。在中醫診斷中的氣血辨證，八綱辨證中，舌象都是診斷上重要的一部份。身體情況如氣血盛衰、寒熱虛實等，均可表現出來。舌診的內容主要是觀察舌質（substance of tongue）與舌苔（coating of tongue）[1]，舌質即指舌體，舌的肌肉經絡，舌質的診察，包括神、色、形、態；舌苔是舌體上附著的苔狀物質，舌苔的診察即觀察苔色、苔質。舌診是依據舌質與舌苔的綜合判斷作診斷，是現在中醫辨証中非常重要的一環。

舌診的歷史悠久，經過歷代的研究，現在舌診為中醫辯證中的一大要項，有其獨特的體系。而且舌診是千百年來，長時期累積的診斷經驗，至今仍有很高的臨床研究價值[4]。近年來，有關舌診的各種方法的數據分析與儀器的研發，在西醫配合之下，對各種疾病的診斷上，得到一些成果，在國內與中國大陸之臨床中醫舌診亦朝向科學化之分析。在計畫中，我們將運用彩色數位影像處理的技術與方法，去分辨舌象中舌質與舌苔的特徵，以對中醫舌診行科學化的分析。在本階段主要集中在舌色、舌苔與舌形等三方面。

在舌色與苔色特徵的分辨上，是根據顏色定量（color quantization）的理論。在 RGB 彩色模型（color modal）與 HIS 彩色模型（color modal）中[5]，每種色彩是用它的紅、綠、藍的基譜分量（primary spectral components），或色調（hue）、飽和度（sataration）、亮度（intensity）來表示。首先依據彩色舌影像的 R 值、G 值、B 值或 H 值、S 值、I 值的不同或相互間比例的不同，來分辨出舌色與苔色。其次個別對舌色與苔色的特徵，依據每一種色彩的 R 值、G 值、B 值或 H 值、S 值、I 值的不同或相互間比例的不同，去個別分辨出不同的舌色與苔色。

在舌質特徵中的舌形判斷上，首先運用邊緣檢測（boundary detection）[6]與影像分割（image segmentation）[7]的方法，配合距離與面積測量的公式，算出舌形的大小[8]。其次運用立體影像合成（stereo imaging）的方法[5]，配合距離測量公式，算出舌形的厚薄。提供中醫師客觀的數據，做臨床的診斷。

在舌苔與舌色的特徵的判斷上，運用統計的方法，瞭解舌苔在舌影像上所佔的比例，對舌苔與舌色做百分比的定量分析。並進一步分辨出舌苔特徵（少苔、多苔與膩苔）與舌色特徵（紅舌與淡紅舌）。並藉由前述的

方法，分析健康人的舌象分佈特點，演變規律。若能經由數位彩色影像處理的方法，得到中醫舌診所要觀察特徵的數據，不僅有助於瞭解中醫舌診特徵的辨識法則與臨床診斷依據，更有助於中醫舌診的科學化。

在本節中我們將對研究背景、文獻回顧與研究動機與目的作一個說明。

一、研究背景

中醫的診斷，長久以來較缺乏客觀的科學化研究，導致中醫在速效性與實用性上都比不上西醫受到肯定。但這一兩百年來的進展，發現西醫仍有其極限；相反的，利用現代的科技分析，也發現中醫有其特殊價值的一面。因此中醫科學化的潮流，不只出現在亞洲各國，也可由近年歐美國家大量投資於中醫研究發展及獲致的成果略窺一斑[4]。傳統的舌診侷限在直接以目視進行診斷，缺乏科學上的定量分析，使中醫舌診在診斷上還沒有一定的標準。其正確性往往取決於醫師的主觀經驗，容易造成人為主觀的判斷錯誤，因此中醫舌診電腦化的研究工作是必然的發展方向[18]。近年來，有關中醫舌診的電腦化工作，在國內與中國大陸都陸續的在發展中。本計畫以影像處理的方式，藉由辨識方法與資料庫之建立，期望能對中醫舌診建立客觀的數據資料，有助於中醫科學化的發展。其主要目標，第一是建立中醫舌診之標準，協助中醫師能快速而正確的診斷出病症。第二是希望提供數據性的客觀資料，找出中醫舌診的科學理論與證據。研究完成後，將醫師寶貴的臨床診斷經驗保存下來。並期望本計畫能成為中醫臨床的依據，協助中醫師臨床診斷的參考，也有助於中醫舌診資料的保存。

二、文獻回顧

十幾年來，中醫舌診的理論研究，在中醫學者與各學科的專才配合之下，為舌診科學化研究提供了理論與臨床診斷上的依據，至今已有一些應用於輔助診斷病症。本節中將就舌診理論與研究上的發展，及影像處理的技術與方法，做文獻的探討，以作為本計畫的研究基礎。

（一）、中醫舌診相關研究

舌診在中醫望診中占有極重要的地位，自公元 1~2 世紀，中醫診斷病情時，就已經增加了對舌頭的觀察[9]。在[9]中有對中國歷代的舌診的發展作了文獻上探討，說明了中醫舌診經長期的臨床醫療，從簡單的舌色診斷，發展到舌質、苔質的辨別。在經過歷代的人不斷整理歸納後，形成了一種獨特的診斷方法。在一般中醫診斷學的專書上，舌的診斷方法佔有一定的篇幅[3][10]，可見其重要性。另外，也有以不同的方向去探討關於舌診的方法。在舌診源鑒中介紹了一百八十種臨床舌象及其體證，對症狀

鑒別診斷做了重點闡述，並將其病理、診斷及治療方法做了詳細的解說[11]。也有運用舌象照片對舌診的意義，診斷方法做一個基本的介紹[1][2]。在[12]中是以各種不同的苔色，作為診斷的依據，說明舌苔之於陽明症或兩感症的重要。在大陸有利用舌象圖譜，說明舌與脾胃的消化道有密切的關係，消化情況容易反映於舌部，歸納了消化系疾病舌診圖像，並作了必要的註解和病理上簡略的分析[13]。在國內除了中醫亦有西醫對舌診作生理上的分析，還探討了舌診臨床上的診斷，說明舌診舌象是診斷惡性腫瘤與愛滋病的重要依據[14]。

近年來有關舌診科學化之研究，在國內外都受到廣泛的重視，在大陸有關科學化的研究很多。西藏軍區總醫院，上海第一醫學院華山醫院，上海第二醫學院中醫教研組，浙江嘉興地區人民醫院，都嘗試應用西醫臨床內視鏡診斷與中醫舌診舌苔對照觀察的研究，及其他舌像的臨床對照觀察，並獲得到一些成果[15]。但大都是以中醫師主觀的經驗來做歸納，缺乏客觀的科學化的儀器設備來做分析。天津中醫學院中醫醫學研究所，對中醫舌診做一系列的研究。包括有：為從事中醫舌診臨床、教學和科研工作者所建立的電腦化舌診文摘庫及檢索系統。對健康人舌象調查，初步掌握了健康人群舌象分佈特點、演變規律及影響因素。對舌溫、舌苔、舌血流灌注量及舌面 PH 值等等，做相關的舌象實驗研究。舌底診研究，運用色度學，比較舌色的差異。運用紅外線成像技術，對舌象研究，在心臟方面的疾病診斷上，有很好的效果，並做了系列舌診儀器研製，有相當好的成果[4]。但偏重於舌色與苔色的探討，缺乏舌形方面的探討，而舌形的診斷在舌診上是一個重要的依據。國內有關中醫舌診影像處理方面的研究僅有對 RGB 彩色影像，作初步舌影像（舌色、舌苔）紋理的辨識（texture recognition)[16]。並以彩色影像的 HIS 分量的特性，作舌色的辨識[17]。找出與中醫舌診診斷病症的關係，其缺點在沒有建立一個取像的參考標準，使分析舌影像，每次取像都沒有在接近相同的 R、G、B 亮度下，造成分析的資料沒有一個標準。中國醫藥學院與中山大學所研究的舌診影像擷取環境之探討，對取像的光源，影像的像素（pixel）的大小，影像的校正及環境因素做初步的研究。是從事中醫舌診影像研究者，一個不錯的參考的依據[18]。

本研究計畫期望以數位影像處理技術與方法，發展出科學化的舌診儀器。同時分析舌診的重要診斷特徵舌色、苔色與舌形，並在擷取舌影像之初建立 R、G、B 的參考值，改正了上述各研究的缺點。

（二）、影像處理與 Stereo 合成影像

關於彩色影像處理之方法有很多，本研究中以彩色攝影機擷取影像後，利用的影像處理方法，包括影像的平均（averaging）原理去除雜訊

(noise reduction)，邊緣檢測(edge detection)是利用遮罩運算子(mask operator) [5][7]，影像的分割 (segmentation) 技術，是利用取臨界值(thresholding) 的方法[5][20]。在我們的研究室中，歷年來對彩色影像做了一系列的研究，一些方法將在我們的研究中被採用。由於燈光本身與Camera 的特性，造成取像 R、G、B 值的不均勻，為了解決這方面的問題，在本研究室曾經發展的方法中，對燈光的校正有深入的探討與研究[20]。有關標準色的設定與校正，是本研究中重要的處理步驟[21]。在[8]中，提出影像 pixels 與 mm 之間的轉換。在影像分割中，利用遮罩 (Mask) 取閥值去除孤立點，並對各種遮罩做深入探討[7]。而 Antonio Francisco 提出，空間座標與成像平面間座標的轉換與三維空間影像如何顯示在二維顯示平面的研究[22]。在[23]中，對彩色影像的雜訊的去除，使用濾波的方法，研究之中提到的三維空間影像的投影，是非常值得參考的方法。

立體成像 (stereo imaging) 主要是利用是利用兩個以上攝影機，合成我們所看到的 3D 影像表面[21]。攝影機的兩成像平面的成像的架構與公式，分為兩種：第一種是兩個攝影機成像平面是對稱平行的[5][23]，第二種是兩個攝影機成像平面不平行並存在角度[24]。第一種方法雖然重疊部份較少，但由於運算較為快速，且誤差較小，將被本研究計畫所採用。而立體成像的兩平面如何去做一致性的匹配 (correspondence matching) ，是最困難的問題。匹配的方法大致分為三種：第一種是區域匹配 (area-based matching) [21]，主要是利用互相關 (cross correlation) 的原理，找出最大匹配。第二種是特徵匹配(feature-based matching) ，主要是利用 edge point 或 edge segments 的方法[25]，也有利用 smooth area 的邊緣做匹配[36]。第三種是利用硬體做匹配[27]。在匹配左右影像方面，為了更精確得到合成的影像，也有結合上述的方法，做影像 Match 的處理[28]。由於區域匹配較適合小區域的影像匹配，而特徵匹配在舌邊緣的匹配並不準確，因此本研究計畫中將採硬體的匹配。

三、研究的動機與目的

目前為止，中醫舌診沒有科學化的研究數據。使診斷上沒有客觀的標準，造成各種的舌診理論不一。目前舌診的正確性與否，往往取決於中醫師的經驗及當時環境的因素，診斷病情時容易造成人為主觀的偏差，尚且有醫術的中醫師的經驗也不易保存下來。因此中醫舌診電腦化的研究不但能改善上述的缺點，也將助於舌診的科學化。從過去的文獻中，在中醫舌診診斷特徵方面的研究，偏重在人為的歸納統計，造成人為的主觀因素影響診斷結果太大。而數位化影像處理是最直接對舌象作分析的方法，所得的結果最具科學的意義。而這方面的研究較少，而且目前的一些研究中，

也有許多缺失。

有鑑於此，本研究計畫嘗試建立一套舌診特徵數位影像處理系統。本研究以彩色攝影機擷取之舌頭影像，運用電腦數位影像處理的理論與技術，對中醫舌診所要觀察的特徵如：舌質及舌苔的顏色，舌質的形狀及舌苔的厚薄，做特性的分析與量化，並結合醫師之臨床經驗，建立一電腦化舌象分析及診斷系統。主要是以兩部 CCD 彩色攝影機，規畫與製作立體舌影像的取像架構，將收集的舌診觀察特徵的資料與擷取的彩色影像，用影像處理技術加以辨識，完成中醫舌診影像的特徵辨識。研究項目包括：舌診的資料收集、建立影像攝影擷取環境與架構、完成舌影像特徵處理方法與影像處理軟體程式的撰寫。並由分析健康人的舌影像特徵的分析，歸納出健康人舌象分佈的特點及舌質與舌苔變化的規律性，並再對系統架構作評估改進。

本研究計畫完成後，能保存中醫師臨床診斷的經驗，提供日後的中醫師，在舌診診斷上的幫助與研究。且可利用影像特徵辨識方法，來協助中醫臨床診斷工作的自動化，以節省醫療資源，進而達到最正確、最迅速、最有效的醫療效果。期望能成為中醫臨床診斷的依據，協助中醫師臨床診斷的參考，也有助於中醫舌診資料的保存。

貳、材料與方法

在計畫研究中的中醫舌診影像系統，主要是運用數位影像處理的方法，辨別舌診的特徵(舌色、苔色、與舌形)。並藉由硬體與軟體的整合，完成中醫舌診特徵（舌色、舌苔與舌形）的辨識系統。在本節中除了對計畫中所使用的方法的原理作介紹外，也對計畫的設備與實驗的方法作一個說明。

一、原理與方法

在本小節將對中醫舌診的原理、舌影像的特質、研究計畫所用到彩色座標系統、影像處理原理與方法及假體實驗誤差評估，作完整的介紹。

（一）、中醫舌診基本原理簡介

舌的構造：舌附著於口腔底、顎骨、舌骨，為柔軟的肌肉性器官，含有豐富的血管覆蓋有黏膜。舌的上面稱舌面，下面稱舌底。舌面有薄而透明的黏膜層，黏膜有無數的小突起，稱為乳頭（舌苔）。乳頭分為絲狀乳頭、茸狀乳頭、有廓乳頭及葉狀乳頭，各有不同的形狀，如圖 2-1 所示[1]。

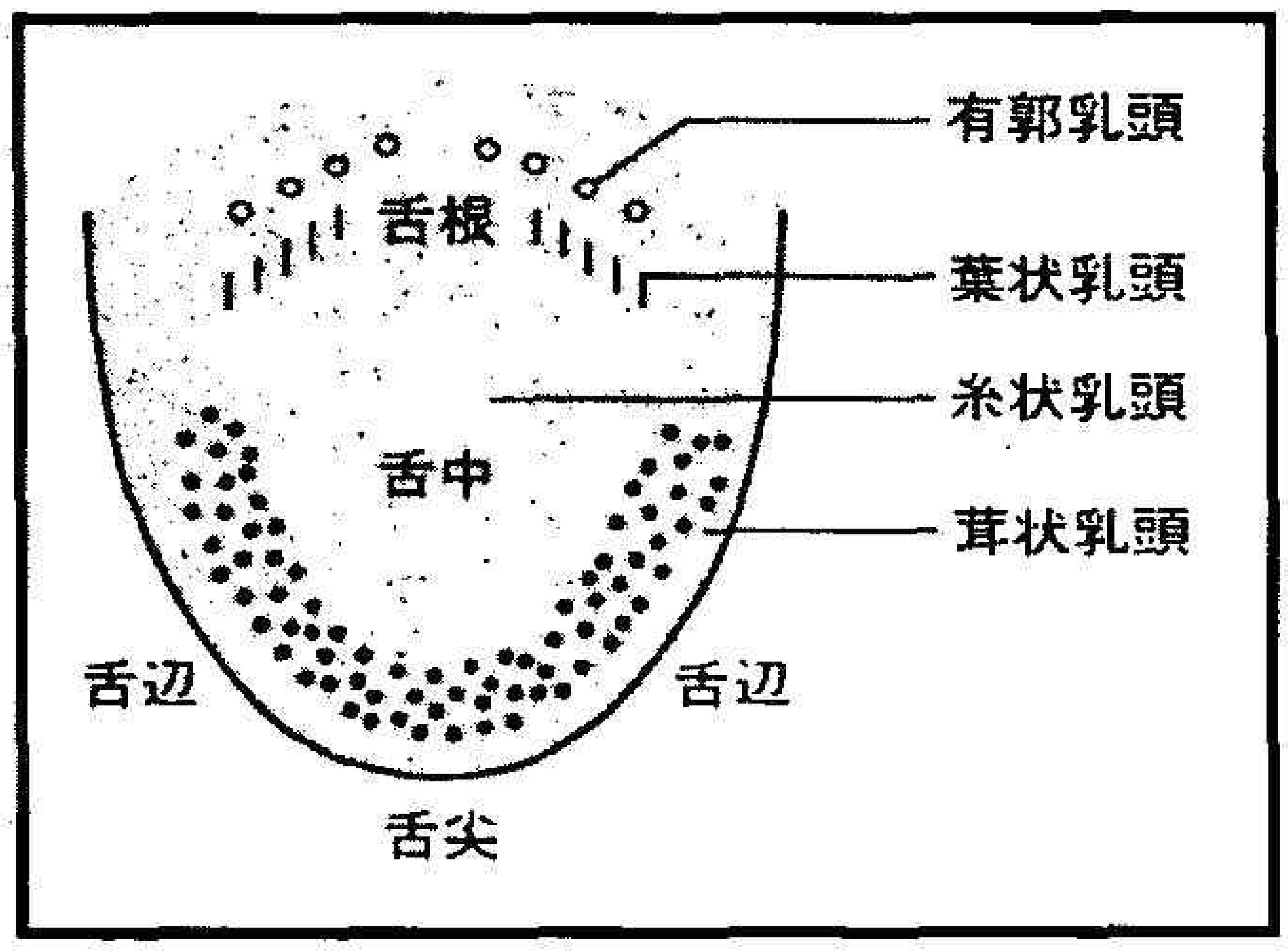


圖 2-1 舌面與乳頭形狀

舌診所要觀察的特徵[2]:主要觀察的特徵（一）舌質亦稱為舌體，由舌的肌肉脈絡組成：包括舌神（生氣）、舌色（色澤）、舌形（形狀）、舌態(動態)。(二)舌苔為黏著在舌體上的苔狀物質，包括苔色(色調)、苔質（形質）。依觀察到的舌質、舌苔作舌診的總和判斷，在本研究中將對舌色、苔色及舌形作分析。

舌診的臨床意義[1]：舌象能非常敏捷的反應體內的基準，可根據舌象的變化，作以下的判斷：（一）根據舌質的色調以及舌苔的有無來推測正氣之盛衰；(二)根據舌質的變化與舌苔的厚薄得知病情的輕重；(三)

病症的性質反映於舌苔與舌質；（四）舌苔顏色和性質的變化可用來推測病狀的轉好或惡化。

舌與臟腑的關係[1]：如圖 2-2 所示，舌藉由經絡與經筋直接或間接的與五臟六腑聯繫，所以臟腑之病變反映於舌象。

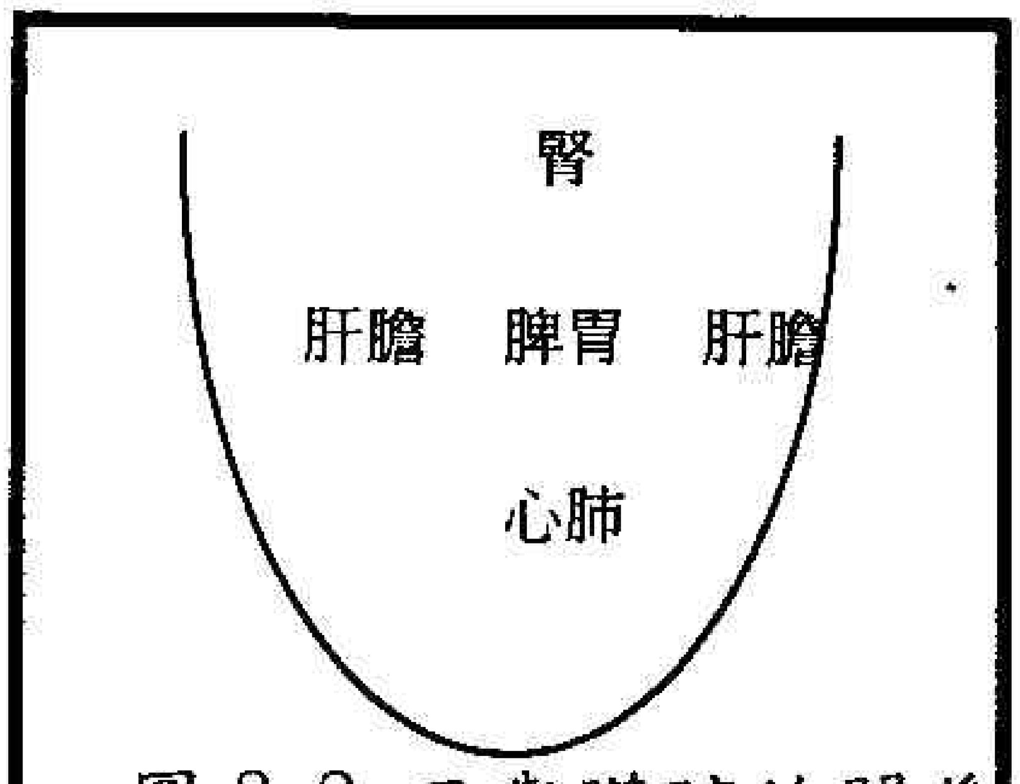


圖 2-2 舌與臟腑的關係

正常的舌象[2]：健康人的正常舌象，稱為「淡紅舌，薄白苔」 ，必須有下列具體條件。舌體柔軟，可以敏感圓滑自在的活動，舌色淡紅，生動鮮明，大小適中。舌苔為白色，顆粒均等，且薄薄地附著於舌面。具有適度的濕氣，不黏膩，有苔根，即使擦拭，也無法除去。但是臨床上，具備有上述舌象極少，因此健康未呈現異狀之舌，即可視為正常。

舌診的注意事項[1]：舌診的準確性必須具備下列幾點：（一）光線：同一色調也會因光線不同而感覺不同，所用燈光需使用明亮自然光，而非直射的柔和光。（二）姿勢：讓患者坐正，口張大，使其舌頭自然伸出口外，舌體用力會讓舌緊張、捲縮，舌伸出太久則舌的循環狀態會改變，而發生色調的改變。因此要使舌體鬆弛，舌尖朝下平坦的伸出。(三)順序：盡可能培養出一定觀察的習慣，一般觀察的習慣是從舌尖到舌根。（四）飲食舌苔和舌質會因飲食而產生變化，應注意。（五）季節、天候：即使是正常的舌象，也會因季節及天候而有些許的變化。在本研究計畫中參考上述的注意事項，作為擷取影像的依據。

（二）、舌影像的特質

在本研究中，我們用 CCD (charge-coupled devices) 彩色攝影機擷取的舌影像作分析，其影像包括整個口部與接近口部的臉部。就整個擷取的影像而言，舌與面部的邊緣在 R (red) 值、G (green) 值、B (blue) 值及灰階值 (gray level) 變化不夠明顯，有一些邊緣部份，不易看出。例如嘴唇與舌的顏色相同，甚至面部與舌的邊緣也有不易看出的部份，如圖 2-3。面部的色調 (hue) 是黃色系與舌是紅色系，因此在本研究中用色調的閥值 (threshold) 將面部的背景去除[5]，並做邊緣檢測。嘴唇的背景用手動分割的方法去除。

在擷取影像檔案的像素 (pixels) ，由於 CCD 攝影機的解析度上，對

太小的舌苔會造成擴散，影響淡白苔與舌色的分析。同時光線的一致性、舌頭伸出的的形式及攝影機的距離皆影響舌影像的分析。由於有的測試者有捲舌的現象，也造成分析上的困難，如圖 2-3。

（三）、彩色座標系統（color space system）

我們對彩色表示的方式，必須以某種標準來指定彩色，因此訂出一個座標系統或定義出彩色模型是必要的。實質上，一種彩色模型是規定一個三維座標系統和一個子空間，在子空間中每種彩色用一個點表示。

圖 2-3 捲舌的舌影像

圖中嘴唇與舌的 R 值、G 值、B 值相同，且邊緣也不易看出。
有捲舌，造成舌影像 R 值、G 值、B 值的差異太大，使舌色與苔色分析發生困難。

影像座標系統包括彩色電視攝影機所使用的 RGB 模型、對彩色電視傳輸的 YIQ 模型、彩色印刷的 CMY 模型、用於彩色影像操作的 HIS 與 HSV 模型及國際彩色標準聯盟（C.I.E.）所定的 XYZ 系統[5]。本節將對本研究計畫中所用的 RGB 模型、HIS 模型及 C.I.E. 的 XYZ 系統做一個簡單的介紹。

首先是最常見的 RGB 系統，如圖 2-4 所示。即紅、綠、藍的三個分量，優點有二：第一、因為適合一般彩色 R、G、B 螢幕，所以計算效率高。第二、座標空間與一般數學模式相符，所以特異性低，容易解釋與運算。

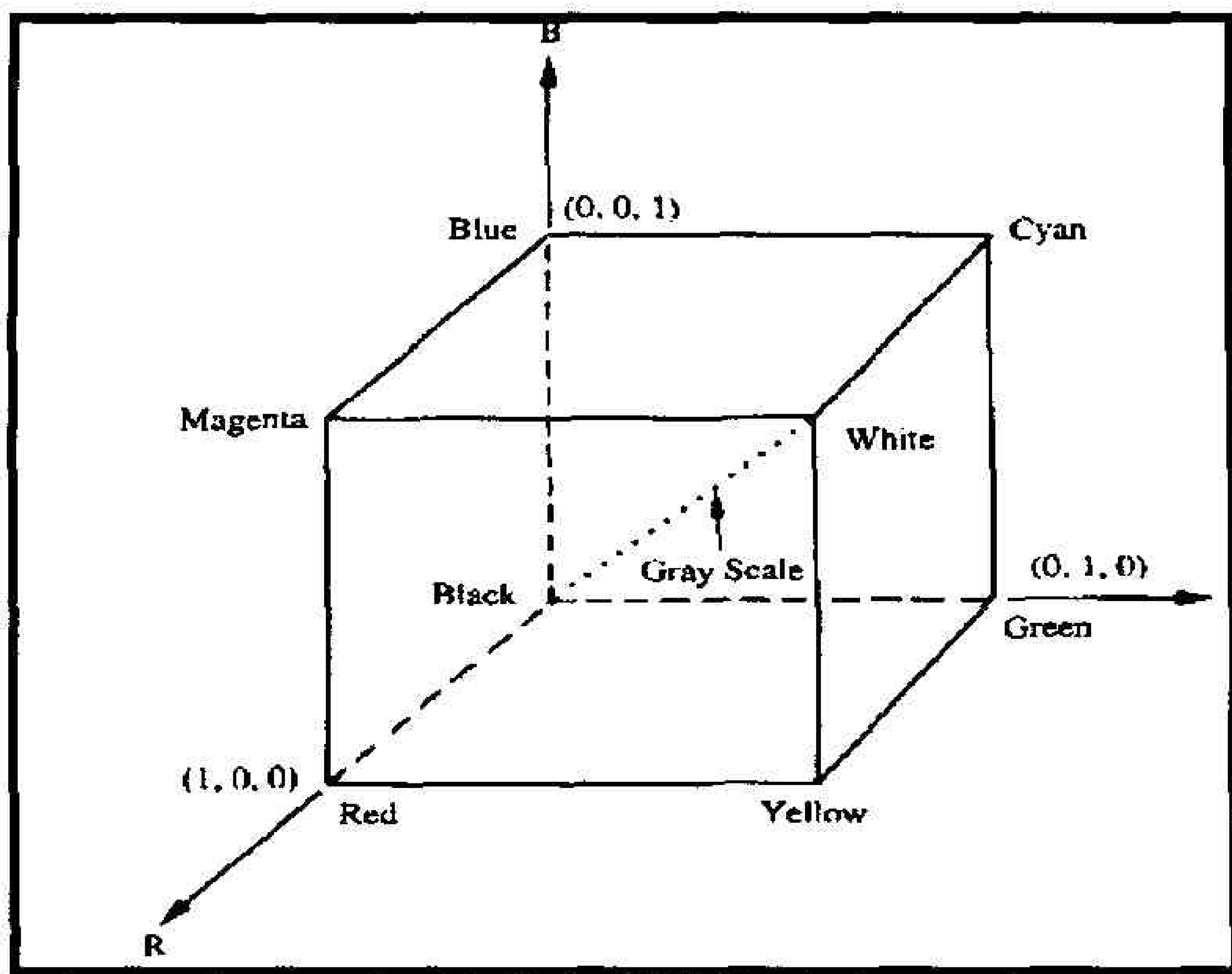


圖 2-4 RGB 模型

C.I.E. 的 XYZ 系統，假設彩色是紅、綠、藍所組成，其純量為 R、G、B，因此定義三激勵值（tristimulus value）為 R、G、B，並定義彩色分量（fraction of color）為 r、g、b，關係如式 2-1 所示：

$$r = R / (R+G+B)$$
$$g = G / (R+G+B)$$
$$b = B / (R+G+B)$$
$$\text{且 } r + g + b = 1 \qquad (2\text{-}1)$$

此種系統的優點，在於與人類的視覺有關，因為 C.I.E. 的色度圖的制定，乃由於不同人的眼睛視覺實驗比較而得[25]，如圖 2-5 所示。

HIS 模型中的彩色分量色調(hue)和飽和度(saturation)是用圖 2-6（a）中的顏色三角形來定義。顏色點 P 的色調 H 是向量相對於紅軸的角度。所以當 H=0 度，顏色是紅色。當顏色是黃色，H 是 60 度。而顏色 P 點的飽和度 S，是顏色未被白色沖淡的程度，與 P 點到三角形中心的距離成正比。

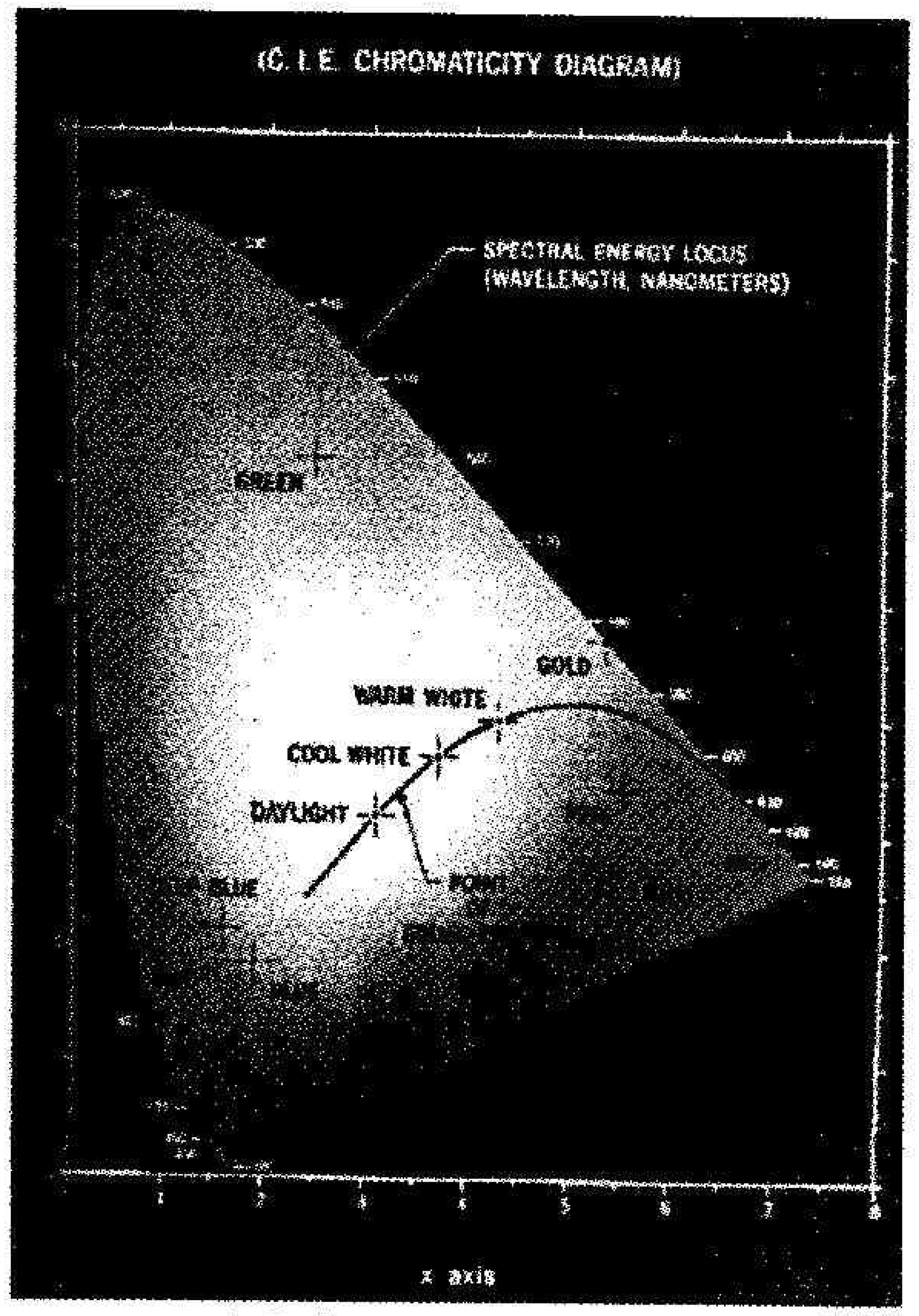


圖 2-5 C.I.E. 色度圖

將色調、飽和度和亮度（intensity）組合三維空間，給出三面稜錐結構，如圖 2-6(b) 所示：色調原理與前同，亮度取決於距離黑點的距離，而越接近垂直軸，顏色變得越不飽和[5]。

由於擷取影像是 R、G、B 值，因此必須用 2-2 式[5]，轉換成 H、S、I 值：首先將 R、G、B 值換算成彩色分量（fraction of color）為 r、g、b，關係如上頁式 2-1 所示。轉換 H、S、I 值用 2-2 式。

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)}\left[\min(R,G,B)\right]$$

$$H = \cos^{-1}\left\{\frac{\frac{1}{2}\left[(R-G)+(R-B)\right]}{\left[(R-G)^2+(R-B)(G-B)\right]^{1/2}}\right\} \qquad (2\text{-}2)$$

式 2-2 中，如果（B/I）＞（G/I），則 H＝360－H。如果 S=0，則 H 沒有意義。如果 I=0，則 S 沒有意義。所得的 H、S、I 值在[0，1]範圍內。在本研究中，為了容易分析資料，將 H、S、I 值換算到[0，100]範圍內。

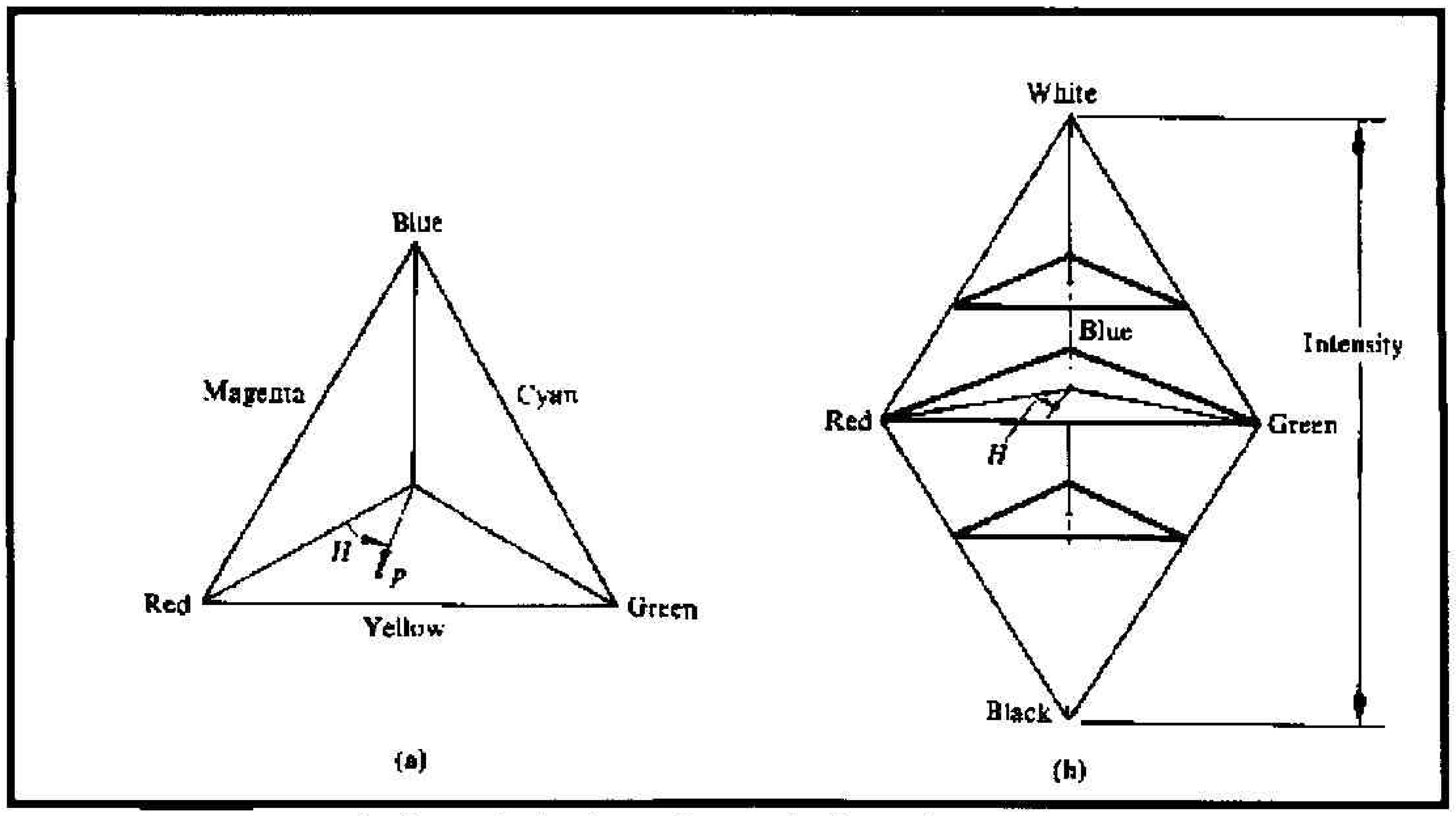


圖 2-6 (a) HIS 彩色三角形 (b) HIS 彩色立體圖

(四)、影像前級處理

影像做前級處理(Preprocessing)的主要功能是改善影像,以便增加處理的成功機會,在本論文中所用的前級處理包括標準影像格式的建立,影像的整體校正及 RGB 標準影像的校正。

1、標準影像的建立

影像擷取格式與內容,如圖 2-7 所示。在舌的兩旁有長 4 公分,寬 0.5 公分的 R、G、B 色板,並將色板的高度對齊及位置固定。建立舌影像的格式目的有三:一是利用 R、G、B 色板對舌影像做 RGB 標準影像的校正。二是由於色板的大小固定,且 R、G、B 值與背景顏色有很大的差異,因此可依據色板的長、寬(mm)與面積(mm^2),換算成數位影像檔案的單位像素(pixels)。三是固定等高線是為了做影像合成。實際擷取的舌影像如圖 2-8 所示。

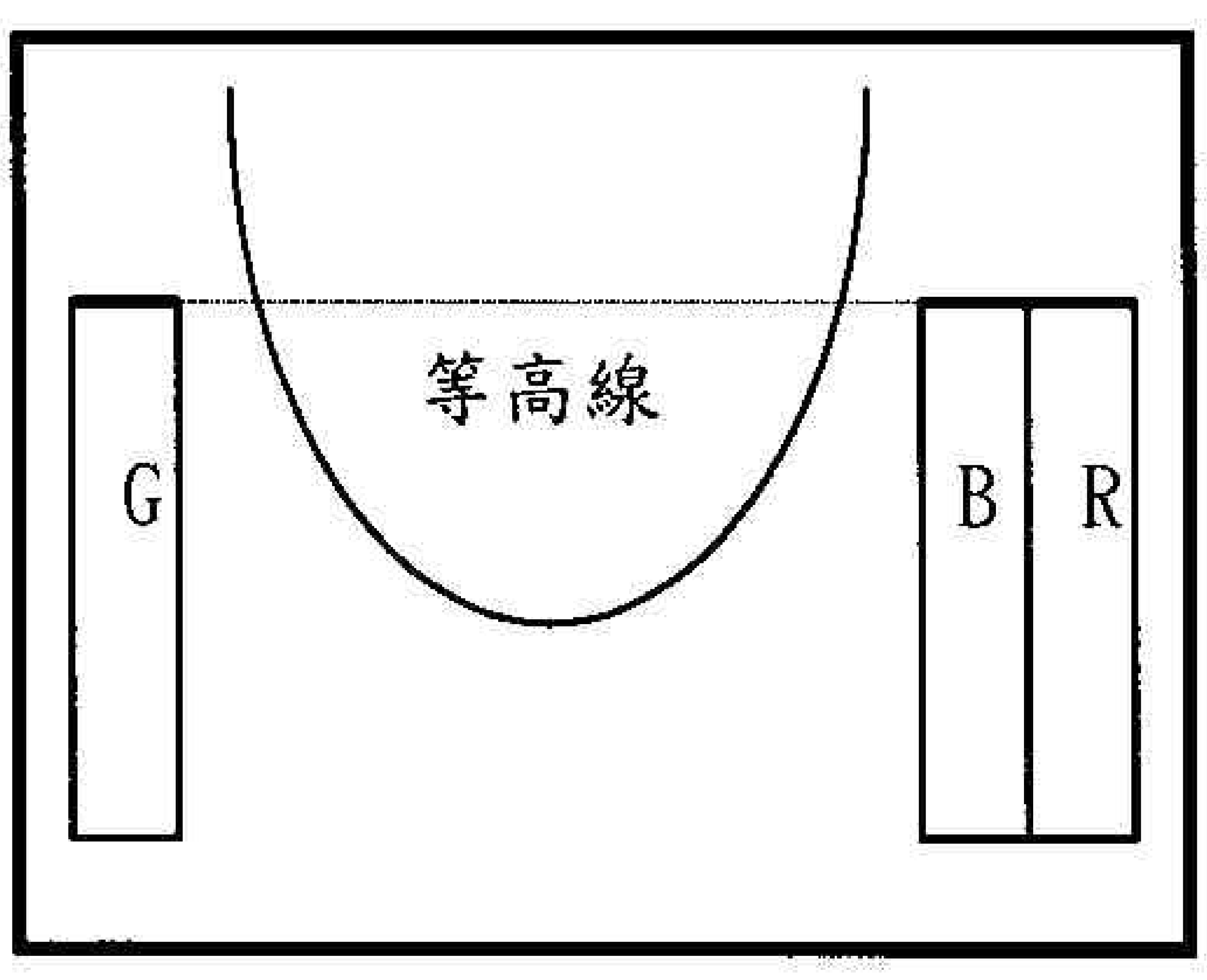


圖 2-7 擷取舌影像格式

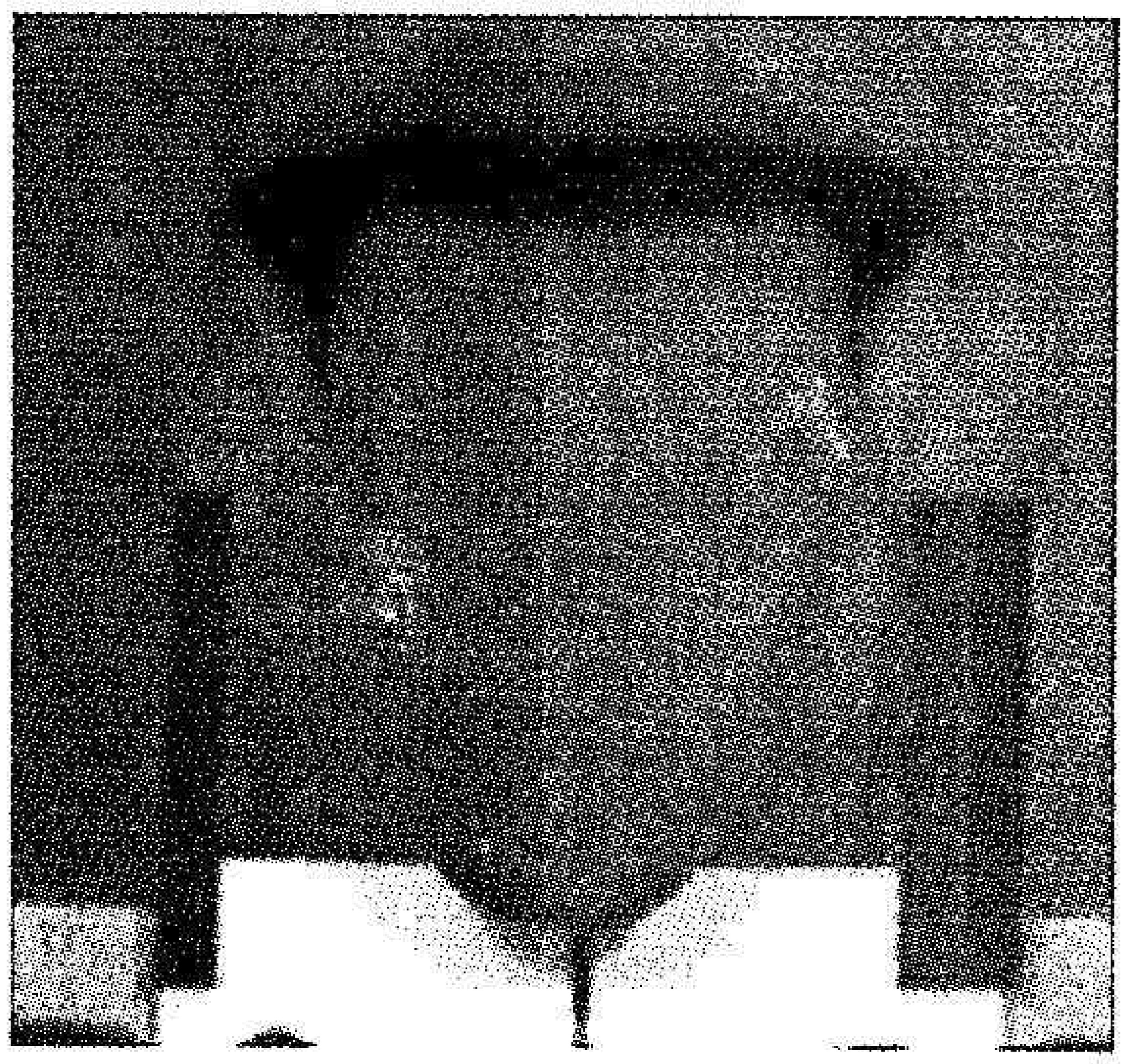


圖 2-8 實際擷取的標準格式

2、整體校正[20]

擷取舌影像時，因為燈光或 CCD 攝影機本身的不均勻度，造成影像攝入後，R、G、B 值不均勻。為了使影像均勻化，更接近我們所看到的舌影像，我們做整體影像的校正。整體校正是希望 R、G、B 值都能有相同的增益，也就是希望相同強度的 R、G、B 值影像，在攝入後能有相同的明亮度。首先取一張 R、G、B 值相同的灰階板，在燈光的控制下被攝入電腦中，應該有完全相同的 R、G、B 值。我們以此做校正。公式如 2-3 式[24]：

$$R_o = R_i \times (Max/ R_w)$$
$$G_o = G_i \times (Max/ G_w)$$
$$B_o = B_i \times (Max/ B_w) \qquad (2\text{-}3)$$

其中 R_i，G_i，B_i，是原始影像輸入三原色個別明亮度值

R_o，G_o，B_o，是處理後的三原色個別明亮度值

R_w，G_w，B_w，是分別表示參考灰階板三原色各畫面的平均明亮度值

Max 表示 R_w，G_w，B_w 中最大值。

在本研究計畫中，所採用 Kodak 公司出品的灰階板，反射係數（reflectance）為 18%（±1%），攝入後的灰階板影像當參考影像，如圖 2-9 所示。圖 2-10（a）是原始影像，圖 2-10（b）為校正後影像。經上述整體校正的處理，可使亮度不均勻性降低，以備後面的分析。

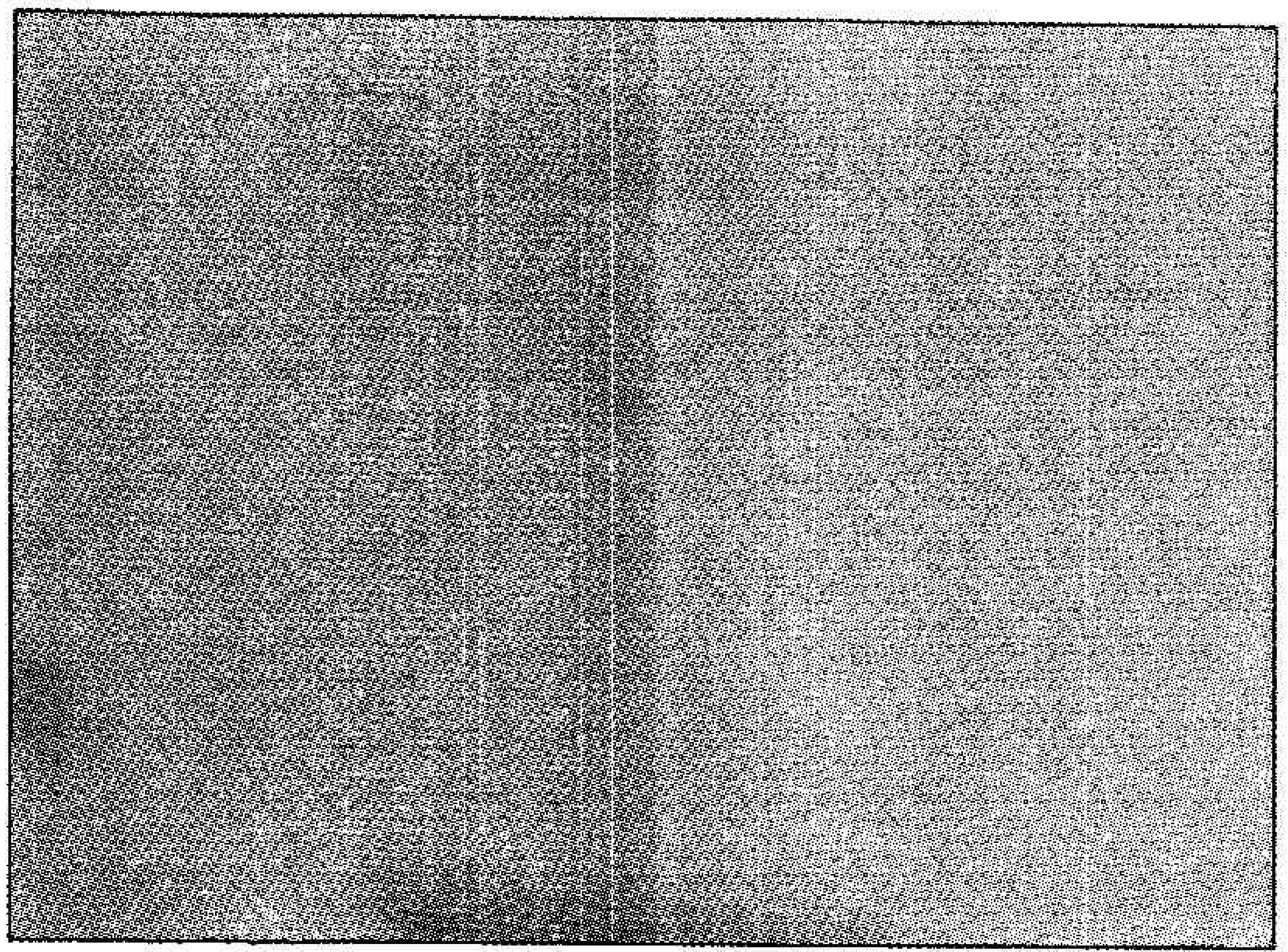


圖 2-9 參考灰階板影像

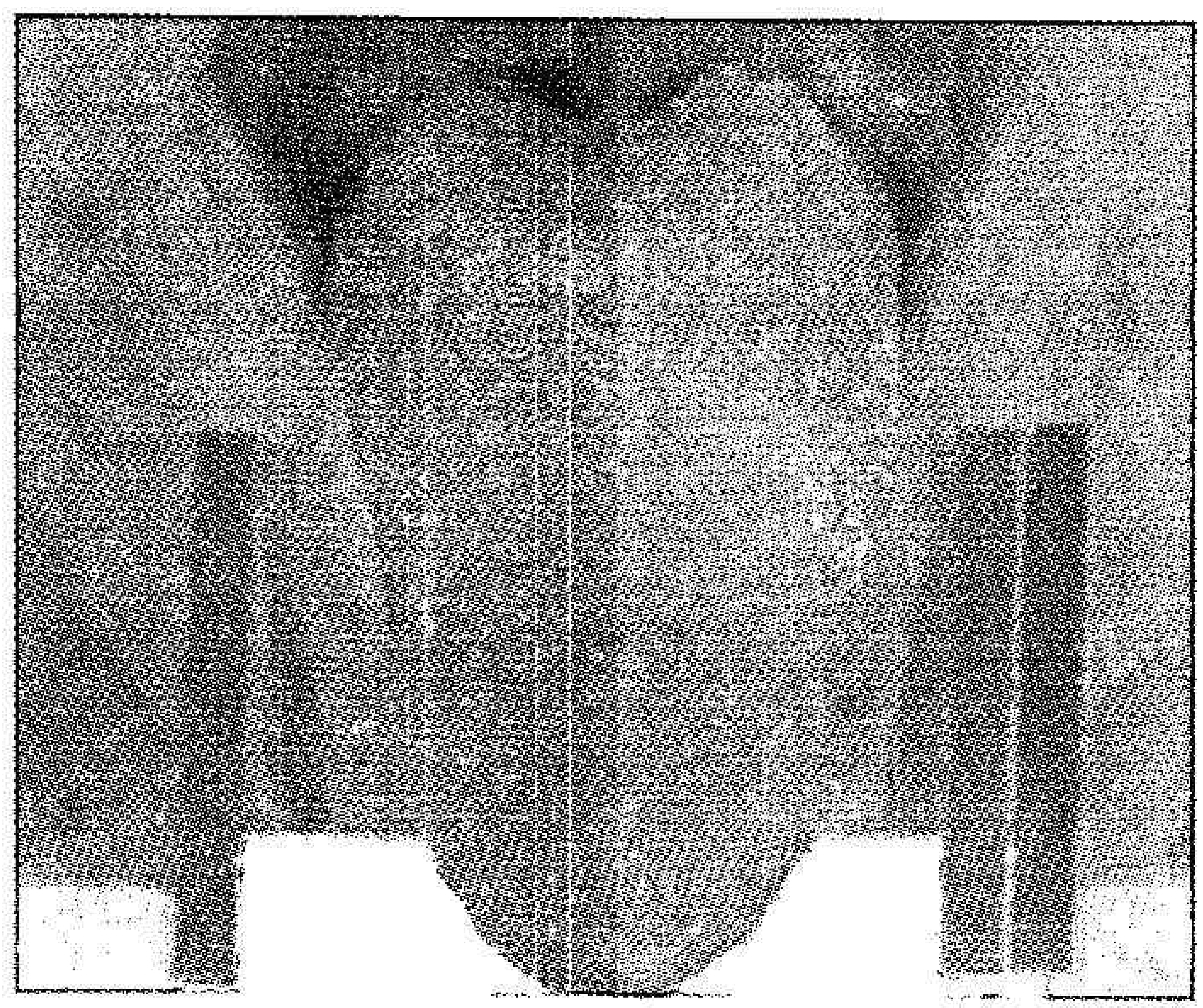


圖 2-10 (a) 原始影像

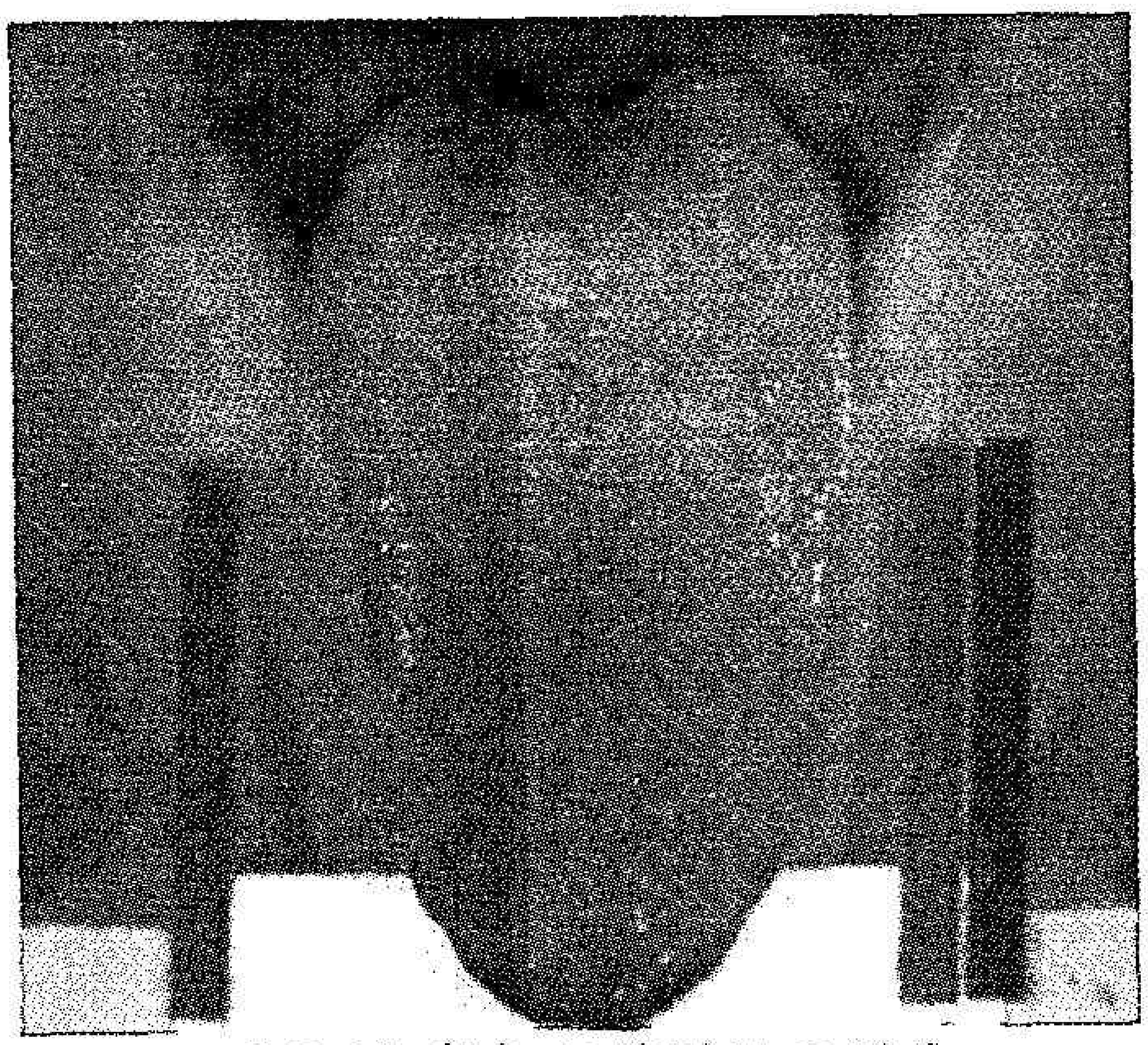


圖 2-10（b）經整體校正影像

3、RGB 標準影像的校正

在不同的環境下取像時，由於燈光強度的不同，造成取得的影像在不同的環境下的紅、綠、藍亮度值，分析上沒有相關連性，使分析的結果並不能適用在每一個環境。為了改進這個缺點，在本研究計畫中，用紅、綠、藍的色板對每次取得的影像做一個校正。在擷取影像之初，先建立一參考影像，如 2-4-1 節所述。利用參考影像的色板，對每次擷取的影像做校正，公式如 2-4 式所示：

$$R_o = R_i \times (R_{w\,\text{標準值}} / R_w)$$

$$G_o = G_i \times (G_{w\,\text{標準值}} / G_w)$$

$$B_o = B_i \times (B_{w\,\text{標準值}} / B_w) \qquad (2\text{-}4)$$

其中 R_i，G_i，B_i，是原始影像輸入三原色個別明亮度值。

R_o，G_o，B_o，是處理後的三原色個別明亮度值。

$R_{w\,\text{標準值}}$、$G_{w\,\text{標準值}}$、$B_{w\,\text{標準值}}$ 為參考影像各 R、G、B 板明亮度的平均值。

R_w、G_w、B_w 為現在原始影像各 R、G、B 板明亮度的平均值。

圖 2-11（a）中顯示一張原始由 CCD 攝影機攝入的影像，而（b）中則是一做為校正用的參考影像。（c）圖中是利用圖（b）中的色板，與圖（a）中的色板的比例關係做校正。使圖（c）與圖（a）的 R、G、B 值更

接近。

每次影像處理前，用參考影像對影像作R、G、B值的校正處理，使每次影像所取的R、G、B值接近同一個標準，使分析和歸納舌色與苔色的資料，更有相關連性。

(a)

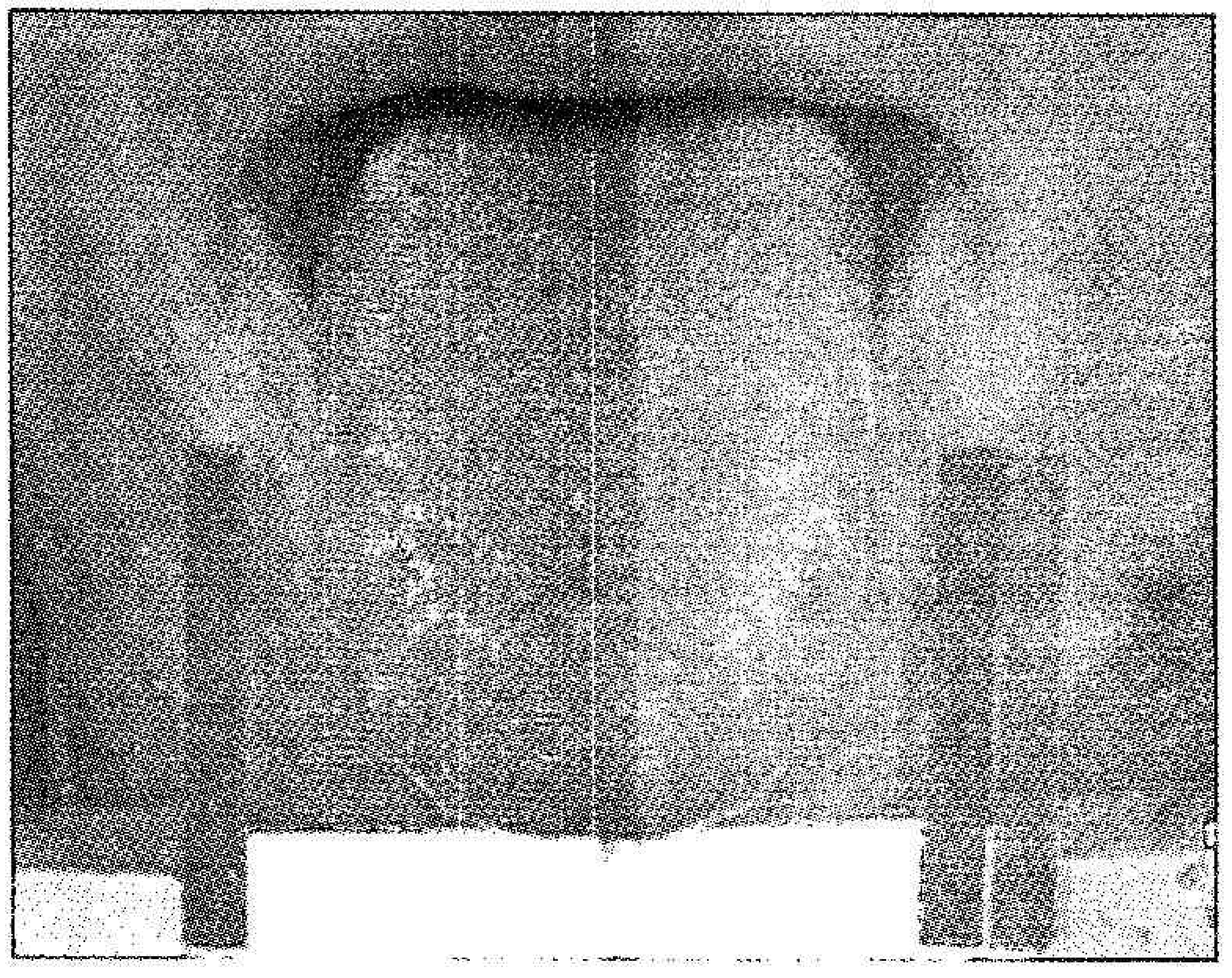


圖 2-11 (a) 原始影像

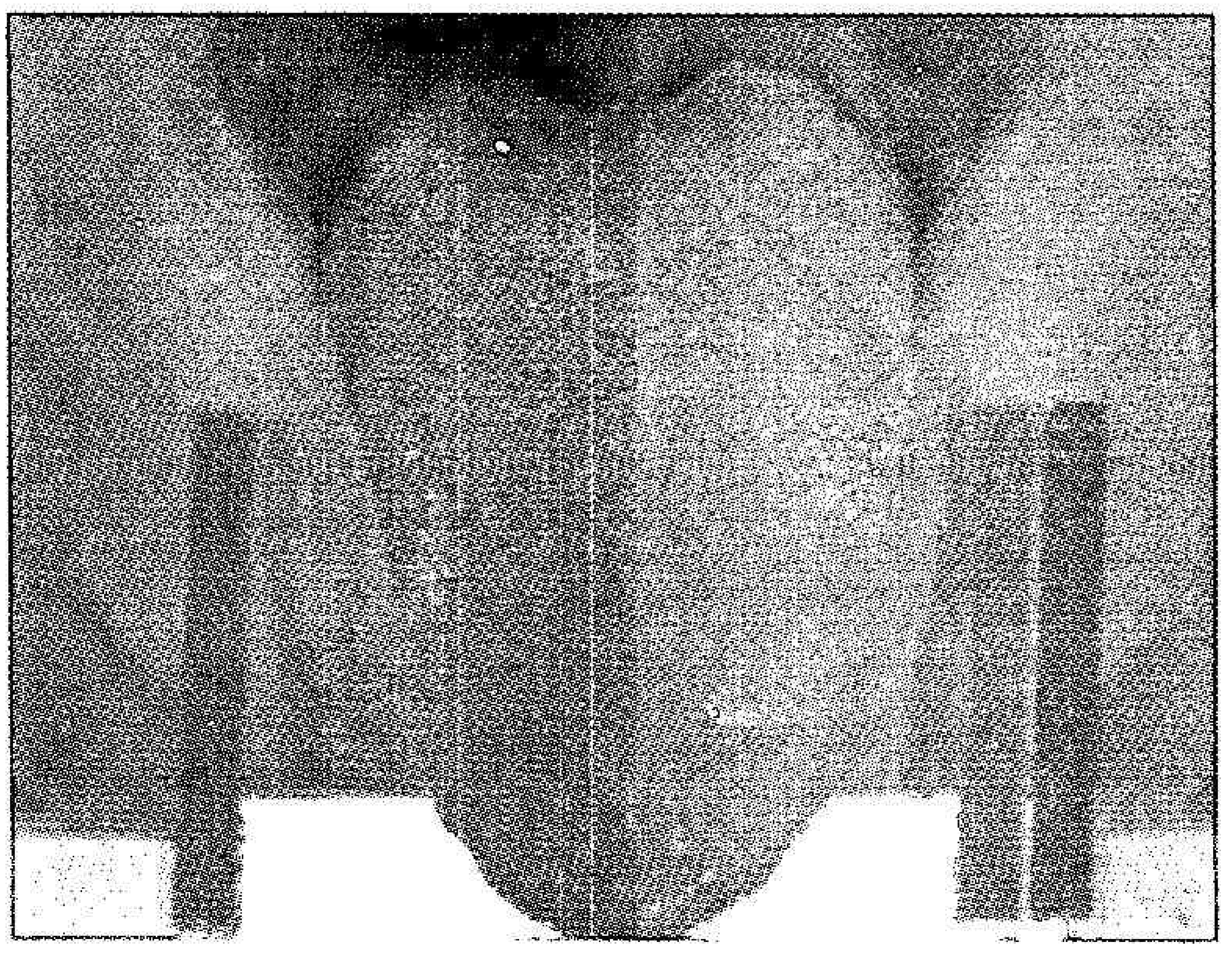


圖 2-11 (續) (b) 參考影像

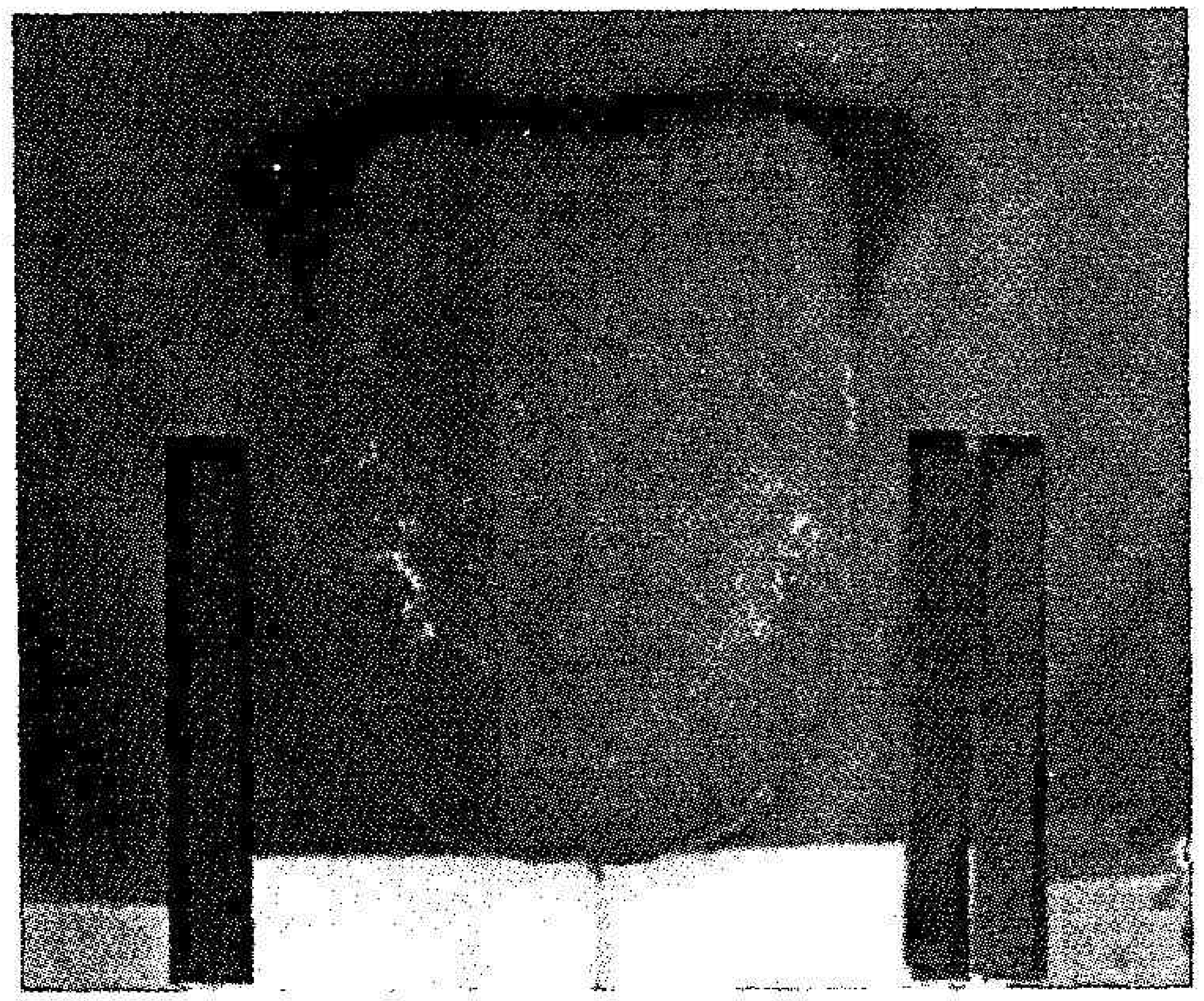


圖 2-11（續）（c）經校正影像

（五）、影像處理

在本研究計畫中，影像處理的目的在辨別舌診的特徵舌色、苔色與舌形。所用到的影像處理的理論與方法有：長度單位與影像檔案單位 pixels 間的轉換、邊緣檢測、影像分割與舌色與苔色的辨別。

1、pixels 單位換算

單位換算的目的，在於將我們實際量測的公分單位換算成以 pixel 為單位[8]。由於在系統處理中長度、大小扮演重要的角色。為便於計算，本研究中使用的方法，如圖 2-12 所示：色板為長 4 cm、寬 0.5 cm，與物體一起照入影像平面，因為色板的 R、G、B 值與影像其他的部份有明顯的差異，且色板在固定位置。當影像源在數位化後，程式會自動以色板區域明顯、規則的亮度值變化，得到實際面積的單位面積（mm^2）與周長的單位長度（mm）應有的像素（pixels）數目。

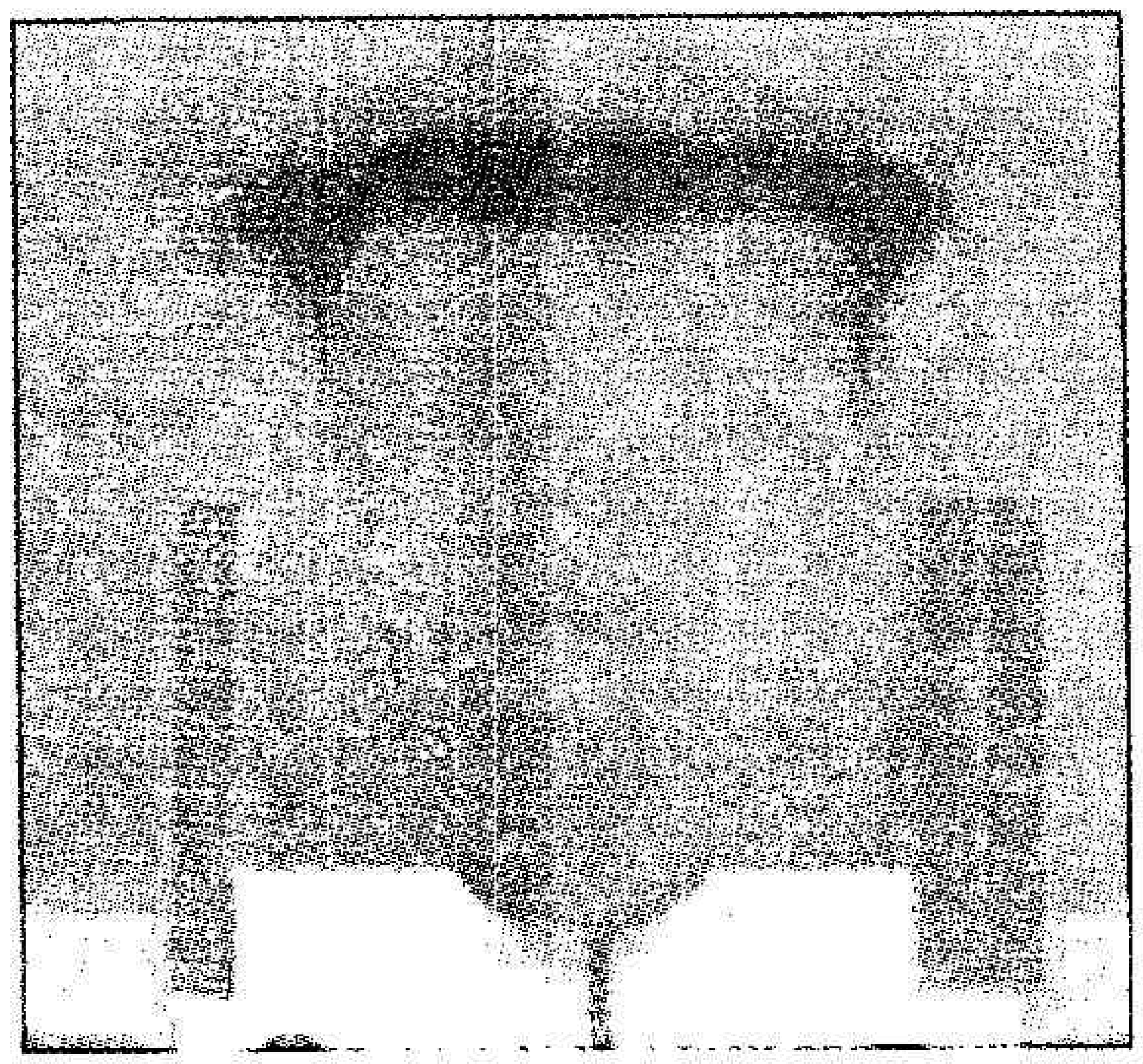


圖 2-12 利用影像中左邊的綠色板，做 mm 與 pixels 的換算

2、邊緣檢測

邊緣檢測主要是利用在像素間亮度值的突然改變，將兩不同物體的邊界位置給突顯出來，也就是計算每個像素與它的相鄰像素之間的亮度值的變化關係[7]。在邊緣檢測中通常是以一階差分（first-order differece）函數來求得灰度的梯度值（gradient），當梯度值越大，表示像素灰度值差異越大時，在影像中就表示這兩像素在不同的區域內；反之則視為屬於同一區域。由此類演算法推衍出的數位式遮罩（mask）有 Robert、Sobel、Compass 運算子。另外也有二階差分的遮罩運算子，如 Laplacian 運算子。在研究中邊緣檢測的目的在找出舌的邊緣[24]。

sobel 運算子作邊緣檢測，利用兩個遮罩如圖 2-13（a）（b）（c），計算式如式 2-5[5]。此方法的好處在於有良好的差分表示式和平滑的效應，對影像中高頻雜訊不靈敏[24]。

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

（a）3×3 image region

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

（b）G_x Mask

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

（c）G_y Mask

圖 2-13 Sobel 運算子遮罩

$\nabla f = |G_x| + |G_y|$ 其中∇f 為邊緣檢測梯度向量的強度大小

$\nabla f = \mathrm{Sqrt}\,(G_x^2 + G_y^2)$

3×3 的 Sobel 運算子遮罩的導數：

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \qquad (2\text{-}5)$$

Laplacian 運算子主要是藉著偵測影像灰度梯度值變化差異，來強化其邊緣的特徵。其數學式如 2-6 式，遮罩如圖 2-14。由於 Laplacian 具有高通濾波特性，故對高頻的雜訊相當敏感，且有雙邊效應（double edge）的效應，故無方向性可言，但對所有方向的空間頻率都均等強化。所以 Laplacian 一般主要目的是判斷灰階度變化是由暗變亮，或由亮變暗。

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

圖 2-14 Laplacian 三種遮罩

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$ 其中∇f 為邊緣檢測梯度向量的強度大小

$$\nabla^2 f = 4z_5 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8) \qquad (2\text{-}6)$$

3、影像分割

彩色舌影像分割，所用的方法是臨界值法[5]。基本概念是利用物體與背景的 R、G、B 值，H、S、I 值或 r、g、b（三色激勵值的彩色分量）的不同，將我們有興趣處理分析的影像部份，從背景中提取出來，基本公式如式 2-7 所示。在本研究中由於背景的面部與舌的 R、G、B 值和 r、g、b 相近，無法取臨界值。而在色調（Hue）上，面部屬於黃色系，舌部屬於紅色系，有很大的差異，很容易去除面部背景。

$$g(x,y) = \begin{cases} f(x,y) & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) <= T \end{cases} \qquad (2\text{-}7)$$

其中 g(x, y)為臨界值化後的影像，f(x, y)是點(x, y)的明亮度值，T 為

背景臨界點。

經過了上述的分割方法後，在背景部份還有孤立點存在。用一個 5×5 的平滑（smooth）遮罩（mask），對分割影像做處理[24]。經過處理後，影像背景的孤立點亮度值很小，再以取臨界值的方法，很容易去除背景的孤立點。但是在嘴唇的背景去除上，由於其顏色與舌部相同，上述方法無法有效分割，所以使用滑鼠以手動分割的方法去除嘴唇背景。

4、舌色與苔色的辨別

在本研究計畫中，擷取的影像經由前面幾節所述的方法處理後，背景部份被去除，只剩舌的部份。先分舌色與苔色兩部份，再個別對舌色與苔色作分析。利用的方法包括前一節的取臨界值的方法外；另外有如圖 2-15（a）所示的灰階直方圖（hisogram）對應於影像 f(x,y)，利用臨界值 T，將影像中明顯能分離的兩個主要灰階分佈區域區分出來，如 2-8 式。 圖 2-15（b）中區分三個主要區域，基本方法也是一樣[5]。

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) <= T \end{cases} \qquad (2\text{-}8)$$

其中 g(x,y)為臨界值化後的影像，f(x,y)是點(x,y)的明亮度，T 為臨界值。臨界值法可以看成是一種依據函數 T 檢測的運算，T 的形式為 2-9 式：

$$T = T[x, y,\ p(x,y),\ f(x,y)] \qquad (2\text{-}9)$$

其中 f(x.y)為點(x,y)的灰階，p(x,y)代表了這點的區域性質。

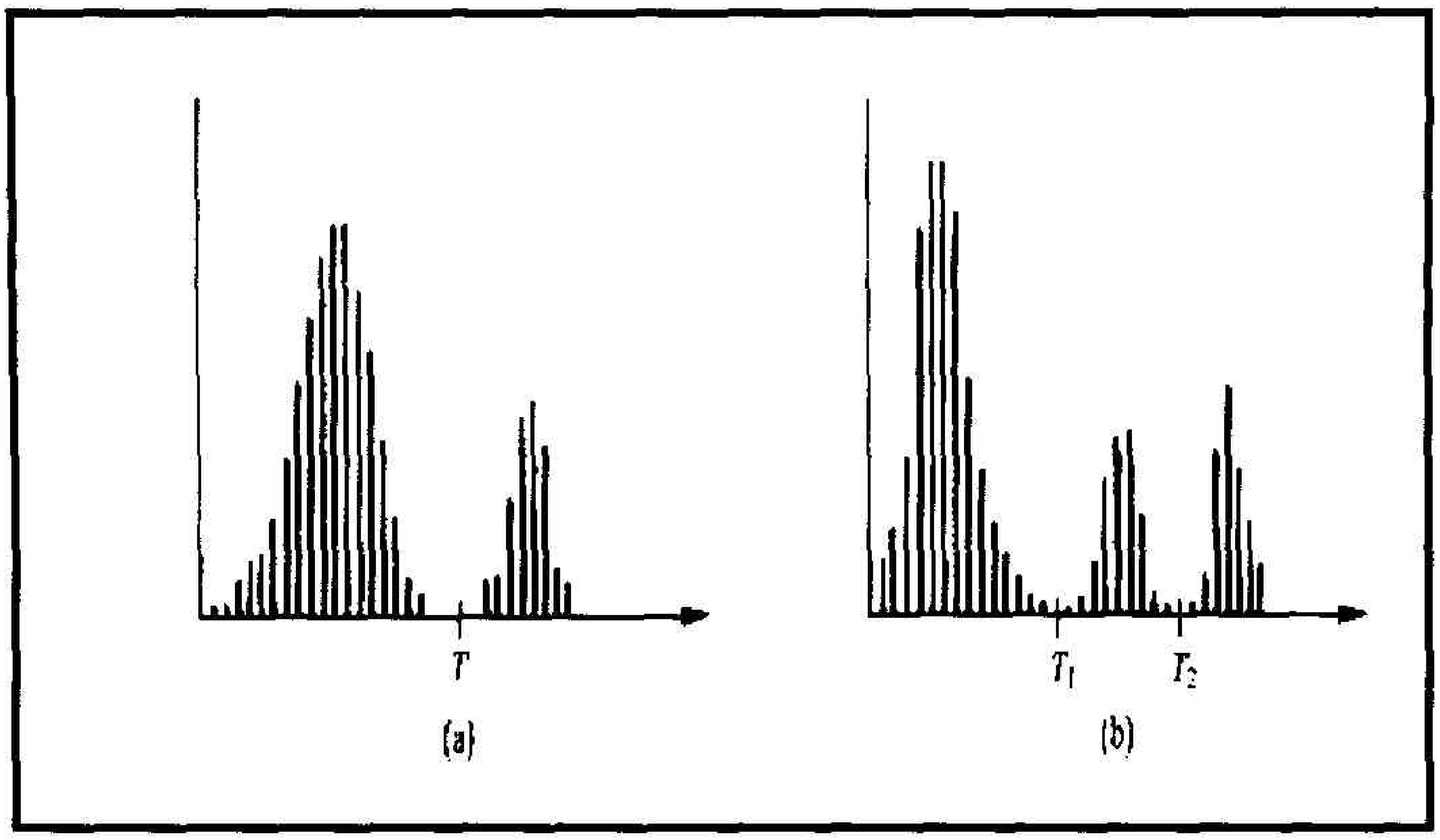


圖 2-15　可以分離成（a）單臨界值與（b）多臨界值的灰階直方圖

（六）、合成影像原理

Stereo imaging 的方法[25]：成像原理與影像擷取架構，如圖 2-16 所示模型，圖中 w 是實體座標、λ是攝影機焦距、而 B 是兩個攝影機中心的距離。利用相同兩個攝影機的影像求得點 w 的實體座標（X，Y，Z）影像，即利用 w 點投影到兩影像點座標（ x_1 ， y_1 ），（ x_2，y_2 ），來計算 w 點的座標（X，Y，Z）。第一部攝影機座標與世界座標系統一致，如此攝影機的 x y 座標與世界座標 X Y 重合，z 與 Z 完全一致，但圖示相對佈局不變，得 2-10 式。

$$X_1 = x_1(\lambda - Z_1)/\lambda \qquad (2\text{-}10)$$

同理處理第二部攝影機，得 2-11 式

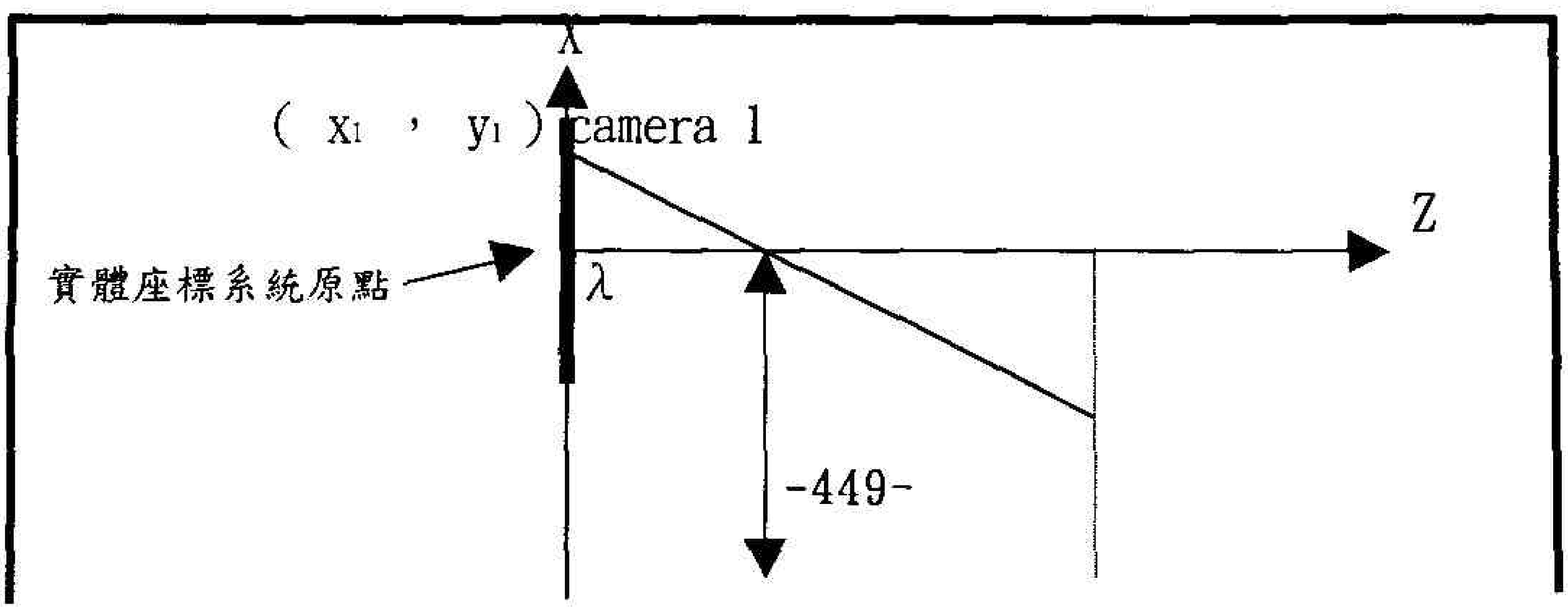
$$X_2 = x_2(\lambda - Z_2)/\lambda \qquad (2\text{-}11)$$

又因兩攝影機中心相距 B，得 2-12 式

$$X_2 = X_1 + B \;,\; Z_2 = Z_1 = Z \qquad (2\text{-}12)$$

所以求得 w 的世界座標，如 2-13 式：

$$Z = \lambda - \lambda B/(x_2 - x_1)$$
$$X = x_1(\lambda - Z)/\lambda$$
$$Y = y_1(\lambda - Z)/\lambda \qquad (2\text{-}13)$$



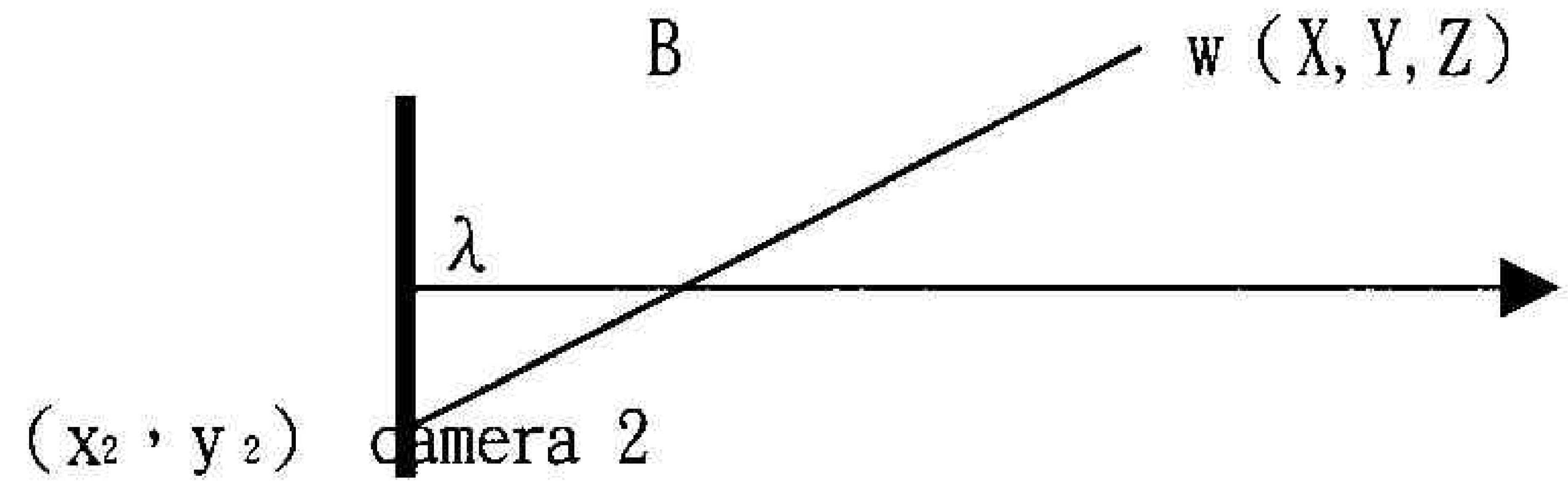


圖 2-16　　立體成像架構圖

由上面公式中，我們可以從兩個影像求得物體在空間中的相對座標(X,Y,Z)。為簡化計算，而且能找到兩平面影像相對稱的兩點去合成 stereo image。我們將用下列的方法來校準 CCD Camera 的位置。

實際依據立體取像架構圖，所做的實行步驟為：將兩個 CCD Cameras 放在如圖 2-16 之對稱位置。擷取影像如圖 2-17 所示，再設立影像參考點。由於要找出兩影像對稱的 X 軸座標，將利用影像格式中置於舌兩端的等高位置的色板作參考座標，來對的影像合成公式作計算。座標間的轉換目的在使兩影像平面的座標,與舌頭的座標一致，使計算時不必考慮影像座標的轉換。

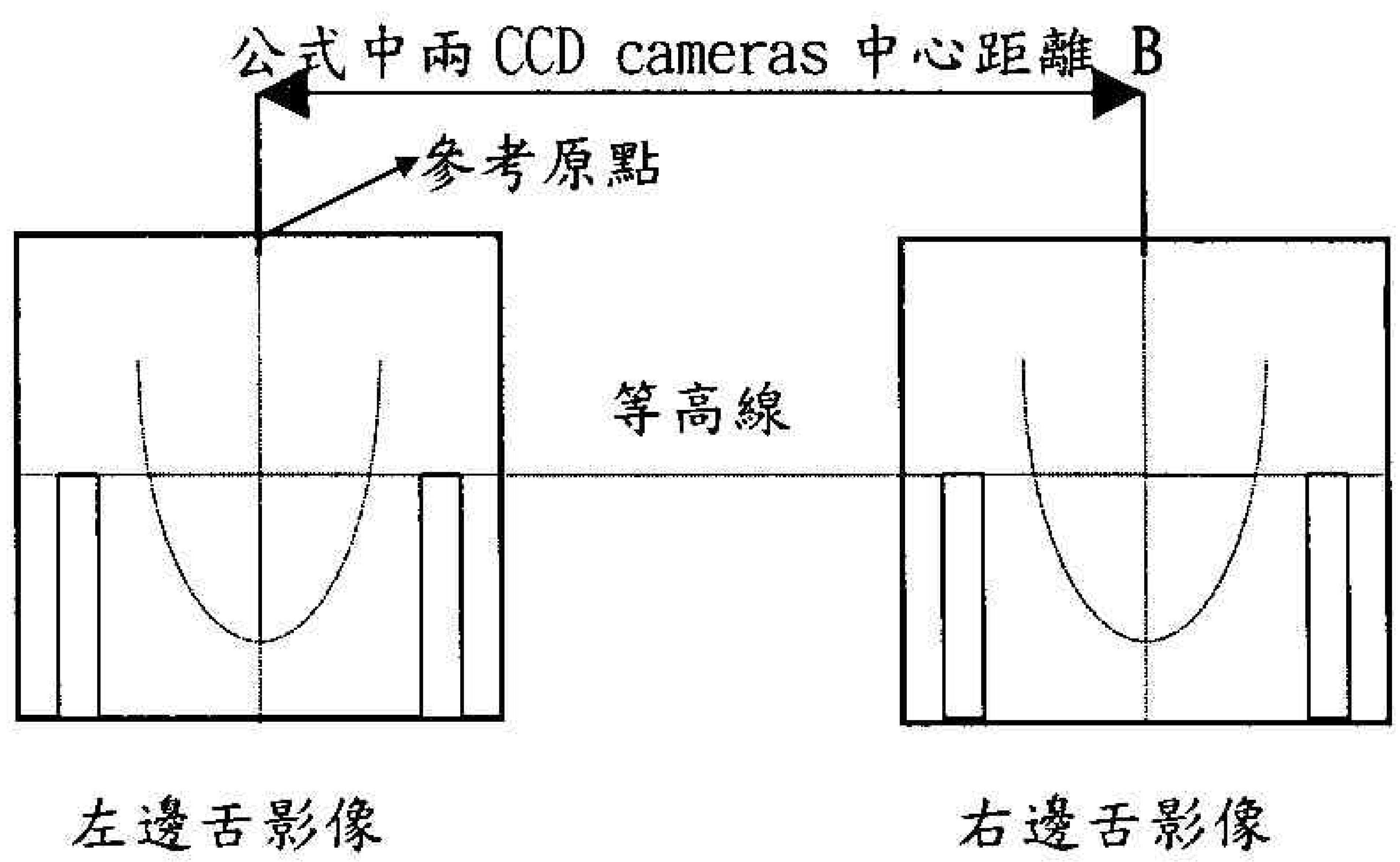


圖 2-17 擷取合成影像之平面圖

接著依 stereo imaging 的公式，由左邊與右邊的影像中央的基準線向外依序，找對稱的（x_1，x_2）來計算 Z 值，進而求出相對於參考原點舌影像的(X ,Y ,Z)座標。最後由於求出的舌影像的(X ,Y ,Z)座標,是由左右兩邊舌影像的的影像點（x_1，x_2）組合而成。因此該點(X ,Y ,Z)的影像的值是由 x_1，x_2的影像值來求取。再將(X ,Y ,Z)座標用 3D 投影到 2D 平面的公式,投影到 2D 平面上(x ,y)，並將(X ,Y ,Z)點上的值,放到(x ,y)上，

顯示到螢幕上，得到一個 stereo image 的結果影像。

（七）、誤差的評估

為了評估整體校正與 RGB 標準影像的校正方法，是否能有很好的效果，在本研究計畫中做了假體實驗。對校正後的假體影像做誤差評估的參數有四個，如下說明：

1. 平均值：將影像的每一點的 R 值、G 值、B 值個別加起來，除以所有的影像點，得到 $R_{平均值}$、$G_{平均值}$和 $B_{平均值}$。算平均值的目的在評估影像整體的校正程度。
2. 平均差：算出校正前與校正後兩影像每一點 pixel 的 R 值、G 值、B 值的差，相加後除以影像 pixels 的總數。
3. 均方根百分比誤差（root mean square error）Erms[5]：公式如 2-14 式。為一般訊號評估誤差的方法，Erms 越小，表示兩影像越相近。f（x,y）表示校正前影像，$\hat{f}$（x,y）為校正後影像，M、N 表示影像大小為 M×N 矩陣。

$$E_{rms}=\left[\frac{1}{M*N}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}\left[\hat{f}(x,y)-f(x,y)\right]^2\right]^{1/2}/255 \qquad (2\text{-}14)$$

4. 訊號雜訊比（single noise ratio）SNR[29]：公式如 2-15 式。

SNR 在影像上主要是用來評估兩影像誤差的方法；SNR 越大，表示兩影像越相近。f（x,y）表示校正前影像，$\hat{f}$（x,y）為校正後影像，M、N 表示影像大小為 M×N 矩陣。

$$SNR=10\log\frac{\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}\left[\hat{f}(x,y)\right]^2}{\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}\left[\hat{f}(x,y)-f(x,y)\right]^2} \qquad (2\text{-}15)$$

二、實驗設備與方法

計畫中的中醫舌診舌特徵辨識系統中，可以分為兩大部份：一是硬體的影像擷取設備，二是影像擷取與處理程式。本章除了對整個架構做介紹外，也將針對實驗的方法與步驟作一個完整的說明。

（一）、系統整體架構

本研究計畫的系統架構如圖 2-18 所示，主要分為兩部份，即舌影像擷取的硬體部分和舌影像擷取與處理程式兩部份。其中影像處理程式是我們研究的重心，用來分析與辨別中醫舌診的病症特徵。整個系統有自製的燈光固定架，並可用來固定攝影機，還有由眼科檢查使用之頭部固定架改裝而成的檢查架。藉由程式控制影像擷取卡，透過彩色攝影機擷取舌影像，

將數位化舌影像輸入電腦。數位化的舌影像，經由舌影像分析程式的分析與處理，得到舌影像的舌診特徵。

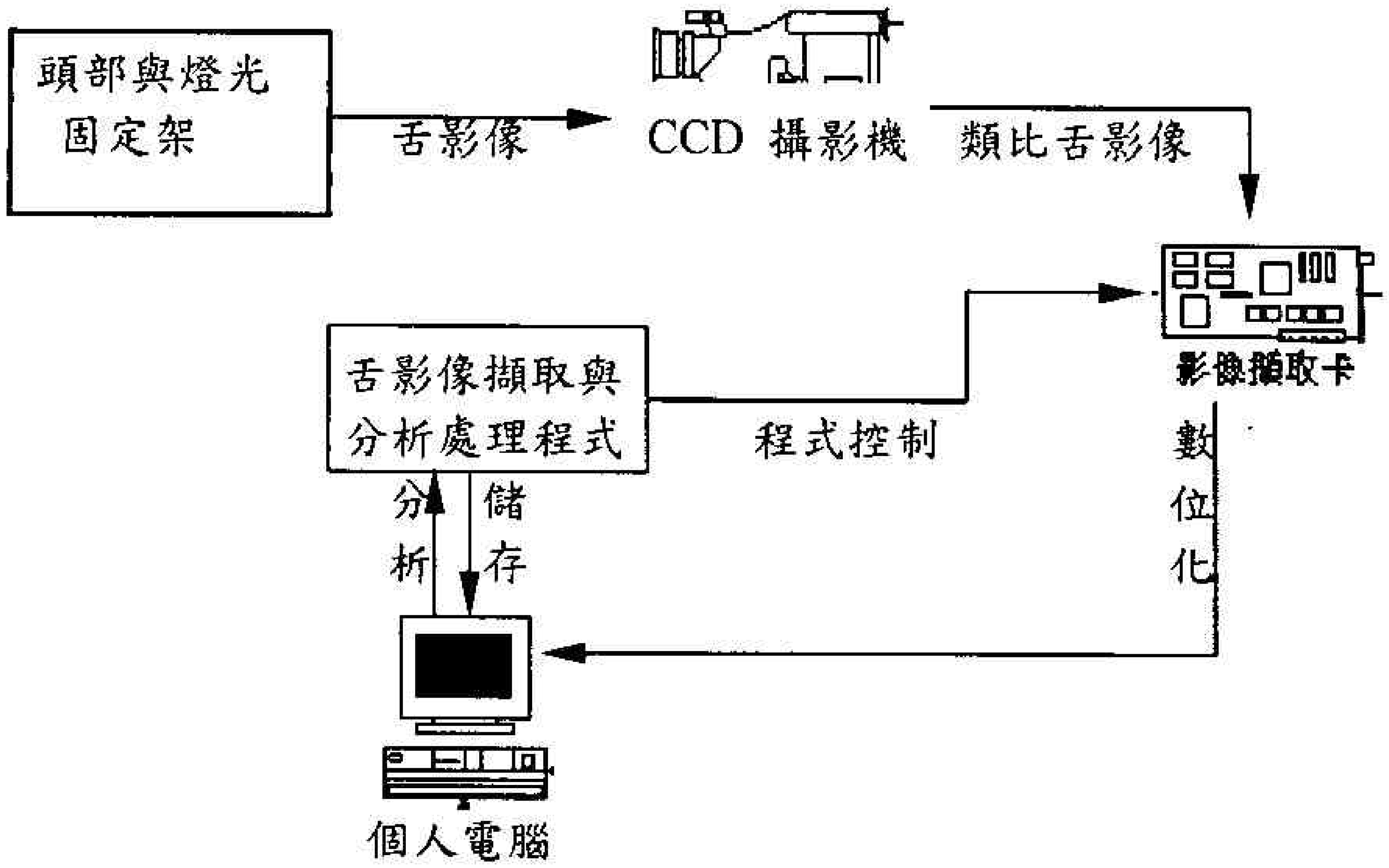


圖 2-18 系統架構圖

1、系統硬體

我們所使用的硬體部份，是與舌影像擷取有關硬體設備，功能及用途描述如下：

（1）、自製的固定架如圖 2-19 所示，主體由鋼管組成，藉由 S 形的三孔接頭固定，每一根鋼管皆能自由上下左右移動，可用來調整燈光與 CCD 攝影機的位置。燈光用 Philips 省電燈泡兩個，燈光不易發熱且光源穩定，不會影響取像時的舌頭溫度與色調。燈泡由燈夾固定，燈夾可上下左右任意轉動，可用來調整燈光的角度。CCD 攝影機接頭也是特製的，可在鋼架上自由上下左右旋轉並移動，用來調整的 CCD 攝影機角度與位置。在鋼管與 S 形的三孔接頭，噴上不反光的黑漆，避免燈光，經由鋼管與 S 形的三孔接頭，反光到要擷取的舌影像上。影響舌影像的 R、G、B 值，使分析的結果不正確。在鋼管的下方劃上刻度，固定設備的位置。

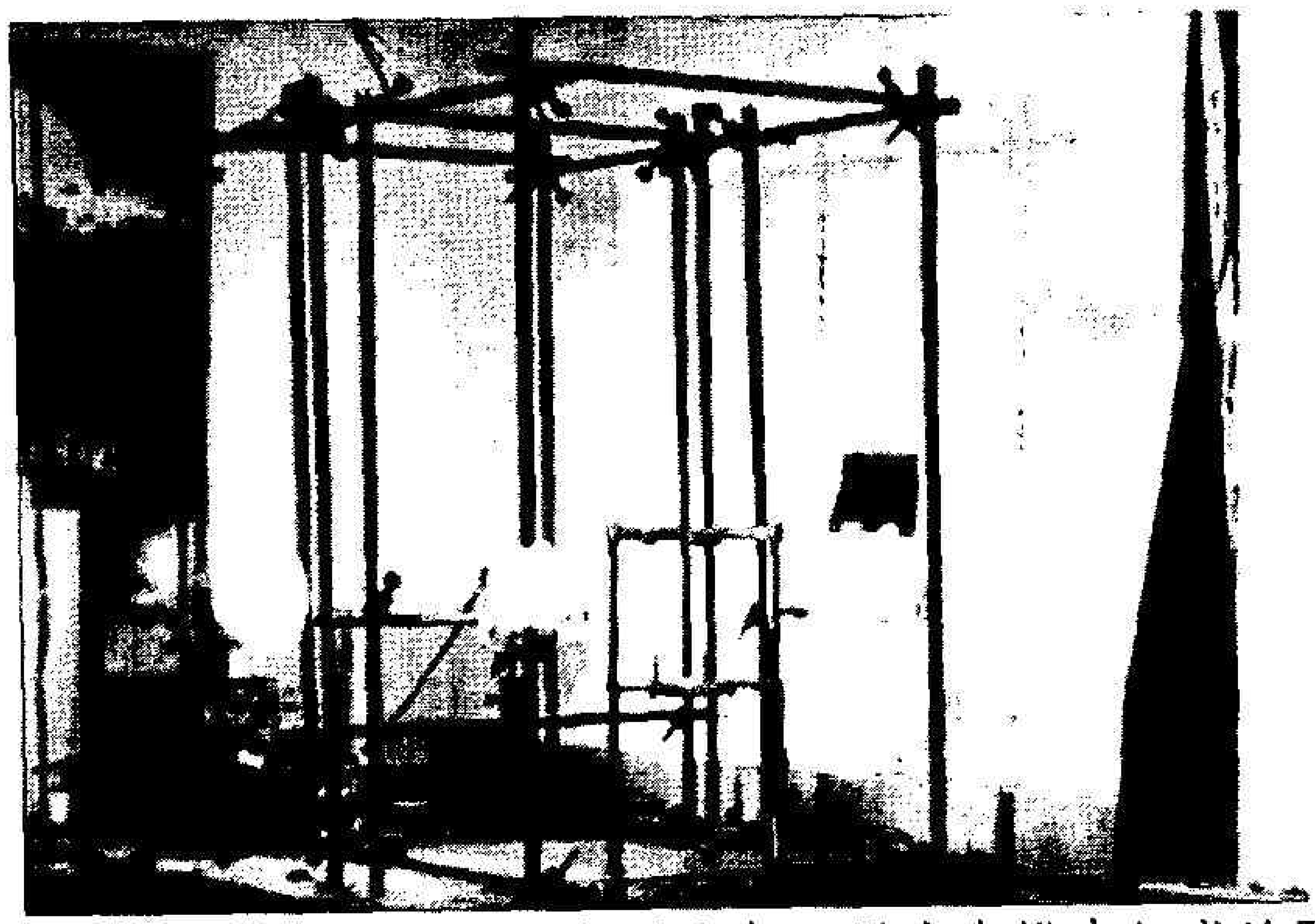


圖 2-19 由鋼管、S 接頭、頭部固定架、燈光與燈夾組成的固定架

（2）、頭部固定之檢查架：由於取的影像是靜止的，所以用頭部的固定架固定受測者的頭部。固定架可上下移動，能依據受測著的高矮做調整。

（3）、CCD 彩色攝影機與影像擷取卡：採用 Watac wat-202B CCD 彩色攝影機與 Coreco 公司的影像擷取卡。影像擷取卡有兩個輸入 Channal，可連接兩台 CCD 彩色攝影機，並且本身具有 VGA 顯示卡，內建記憶體為 4MB，可以在 1024×768 的解析度下有 32bits True Color 的顯示模組。在影像擷取卡的限制下，解析度至少要 800×600×32bits 的顯示模組，才能擷取 RGB 的彩色影像。在我們的研究計畫中，經過擷取卡擷取的影像，是 640×480×24bits 的彩色影像。

4、黑幕式暗房：為使燈光能在我們的控制之下，以避免外來的光線或物體的反光對舌影像造成干擾。在本研究計畫中，製作了外為銀色，內為黑色的暗房如圖 2-20 所示。

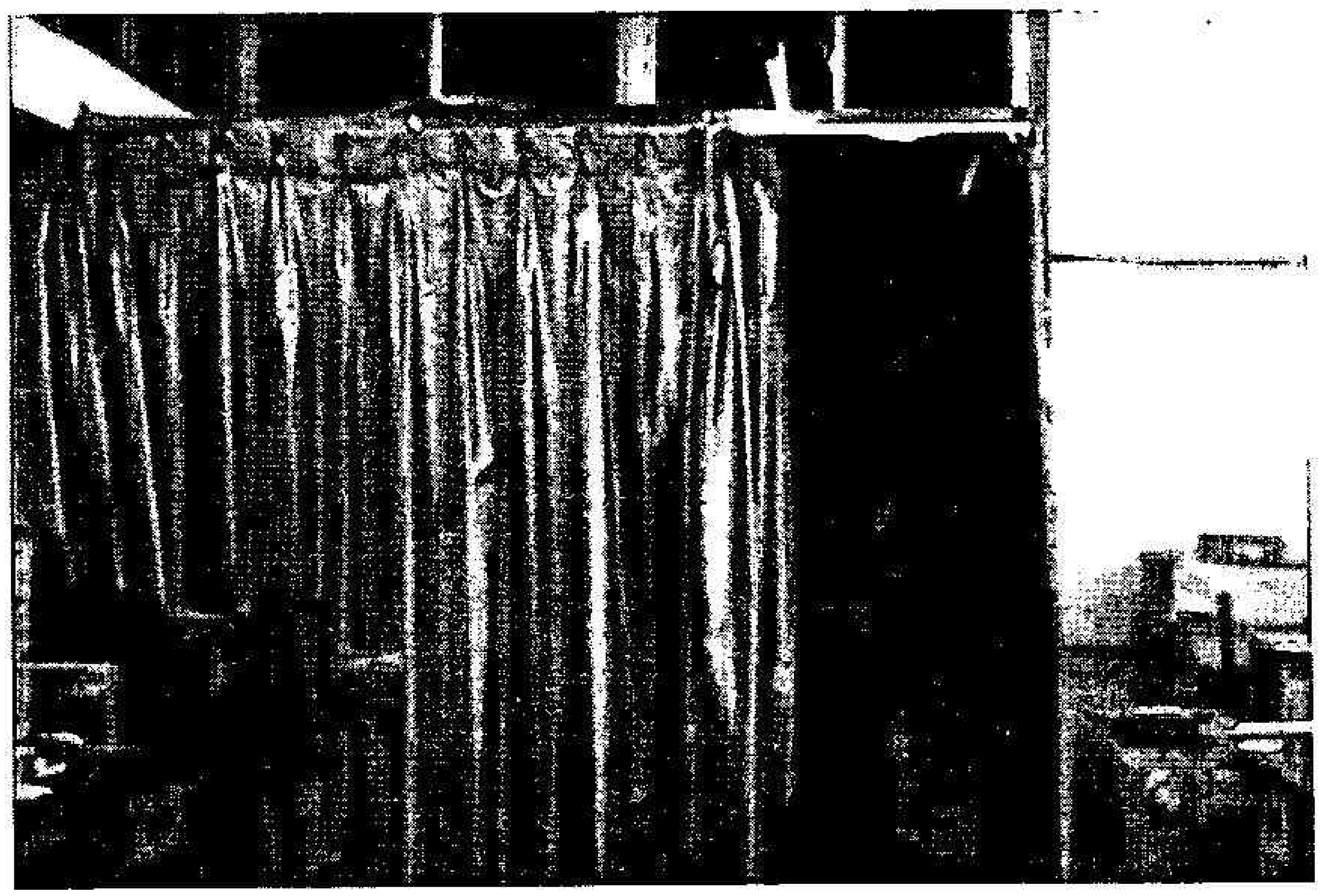


圖 2-20　由鋼架、外銀內黑的窗簾布隔出的暗房

5、個人電腦：具備了 Pentium 90 CPU，32M DRAM，硬碟 2.5GB 來儲存受測者的舌影像。21 吋顯示螢幕使舌影像顯示更清楚，並採用 Windows 95 作業系統為作業平台。由於擷取的影像是 640×480×24bits 的彩色影像，所以我們使用的是 1024×768×32bits 的 True Color 的顯示模組。一方面可以顯示最多的影像數目，另一方面是為了要配合影像擷取卡的需求。

2、系統軟體與影像處理流程

在研究計畫中的，影像處理軟體架構分為兩部份，一是影像處理程式，二是影像擷取程式。程式的主體是影像處理程式，包括良好的使用著介面，使用者透過使用者介面，控制舌影像的擷取，並對中醫舌診所要分辨的特徵做相關的分析與處理。影像處理程式部份將用 Borland Delphi 2.01 for Windows 95 程式語言撰寫[29]。包括整體校正程式，RGB 參考值程式，影像單位換算程式，邊緣檢測程式，影像分割程式，stereo image 合成程式，舌形判斷程式，自動辨別舌色與苔色程式。所有影像程式寫成多視窗程式，提供系統使用者良好的使用者介面。並在實驗分析階段，對系統再評估與改進。在分析上有邊緣檢測分析程式與舌色與苔色分析程式。

在影像擷取程式部份，改寫 CORECO 公司影像擷取卡的 Source code，用 Visual C++ 程式語言，採傳統 SDK(software Development Kit)for windows 程式設計的方式[30][31]，將所要擷取功能加入 source code 中，去撰寫影像擷取程式。寫此程式的目的，是為了同步擷取兩個 CCD cameras 的舌影像，做影像合成，並將影像擷取程式加入影像處理程式的使用著介

面。

程式整個舌影像處理流程，如圖 2-21 所示。分為兩個流程，一是舌色與苔色辨別流程，如圖 2-21 的實線箭頭所示。經由影像擷取程式，控制影像擷取卡擷取舌影像，隨後擷取灰階板影像，並存入電腦，影像大小皆為 640×480。存入的舌影像經由灰階板影像的整體校正，使舌影像更接近我們所看到的。為了能使分析的資料一致，接著做 RGB 標準的校正。在對舌影像做完校正後，兩旁的色板已經沒有作用，用滑鼠取有舌頭的部份，將之分割為 400×400 的影像，使後面的計算與程式處理更快。影像為了能判斷舌形，做影像單位的換算，我們利用 Mask 運算子，做舌邊緣的檢測，由檢測的邊緣求得舌影像的長寬與大小。並且我們用影像分割，去除背景後，將分割後剩下舌頭的部份的整個影像，依照比例分成四部份，再依據舌頭的辨識特徵，完成舌色與苔色的分析。

二是影像合成的流程，如圖 2-21 的虛線箭頭所示。由影像擷取程式透過影像擷取卡，控制兩 CCD 攝影機同步擷取舌影像，再經由影像合成後成為立體（stereo）的舌影像，用來要判斷舌頭的厚薄。

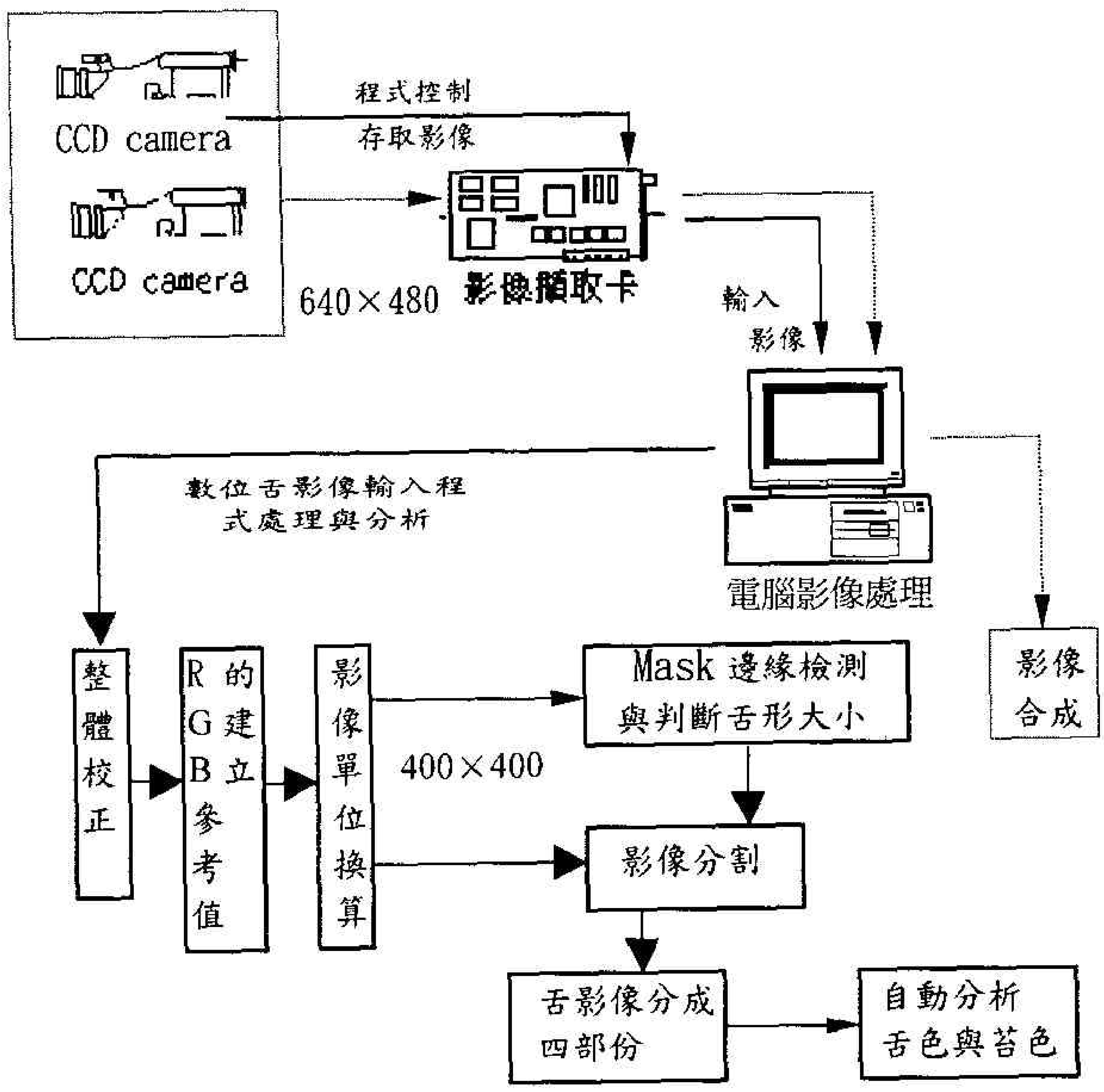


圖 2-21 舌影像擷取與處理流程圖

（二）、實驗限制

中醫舌診電腦化的研究工作是必然的發展方向，但是在影像擷取的過程中，必須注意環境的控制與必須注意的事項，才能保證舌診影像的準確與真實性，分析的結果才有意義。在我們的研究計畫中，依據中醫舌診應注意的事項，在對實驗的環境與對象有一些基本的限制，在本節中將做一個說明。

在光線上的控制，在考慮燈光的溫度，本研究採明亮的自然光省電燈泡，以及照射的角度，並盡量避免其他光源的干擾，會反射光源的物體以黑布或黑紙包覆[19]。在姿勢上，由於舌用力伸出，會影響舌之色調，且為了能擷取到整個舌影像，要使受測者坐正、口張大、舌體鬆弛並舌尖朝下平坦的伸出。由於飲食會造成舌質與舌苔的改變，所以要注意受測者受測前有無飲食。通常取像時間在上午十點、下午四點及晚上九點以後，已經距離吃飯時間有一段時間。

因為受測者的健康與睡眠，影響舌色、舌苔與舌形。在本研究中，著重的是健康人的舌象分析，所以受測者的健康狀況，也是必須考量的因素，不擷取患有疾病與睡眠嚴重不足的人舌影像作分析。

運動會造成舌影象因為血液循環的加快而改變，所以在擷取受測者的舌象時，注意受測者是否有運動，如果有，讓受測者有充分的休息，再做舌影像擷取的動作。

由於口水過多，會造成舌苔的反光變成亮點，因此在擷取舌影像時，受測者必須先吸口水後，再伸出舌頭。

（三）、實驗方法

在本節，將對研究中的實驗方法與分析程式作一個說明。包括影像的分割與面積換算，邊緣檢測的舌影像的長寬換算，舌影像的舌色與苔色辨別的方法與分析程式。

1、影像分割的方法

在舌影像的分割上，分為兩步驟，一是臉部與嘴部背景的去除，剩下舌頭的部份。二是依據中國醫藥學院副院長張永賢教授(中醫師)的建議，將整個影像分成四部份作分析。

在背景的去除上，由於面部背景與舌頭部份 R、G、B 值與 r、g、b 的臨界值很接近，造成背景去除的困難，所以我們用 RGB 的臨界值去除較為明顯的背景。由實驗發現在色調（Hue）上面部的的 H 值約在小於 16

(57.6°)，而舌部的 H 值約在大於 80（288°）有很大的差別，可作為分割的依據。但黃苔的部份 H 值小於 30（108°）所以有一些黃苔會被去除，但黃苔分佈在舌中間，並不影響舌的邊緣。H 值大於 30 的的影像值保留，得到舌頭的影像，用 5×5 的平滑（smooth）取閥值（60）去除孤立點[7]。圖 2-22 為原始影像，圖 2-23 所示為去除孤立點的結果影像。由於嘴唇的的彩色成分與舌頭的彩色成分是非常相似，我們用滑鼠以手動分割的方法去除，結果如圖 2-24 所示。

由於影像中舌頭部份黃苔有被去除，但在舌中間，並不影響邊緣。所以分割的最後部份，是掃瞄每一列舌的邊緣點記錄起來，再對舌影像作分割，可得到只剩下舌頭的影像，如圖 2-25 所示。將舌頭的部份與用面積換算，得到舌頭的面積（Cm^2）。

在舌影像上，由於口水會造成舌影像的亮點。而舌根部的影像很暗，並不是真正舌的顏色，會造成分析的錯誤，用取閥值的方法去除。舌影像經過上述的處理後，剩下舌頭的部份。用滑鼠點舌頭的最寬與最長的部份，記錄四點座標值，將之分四個部份，如圖所示：在上方的三個影像比例分別為舌寬的 1/5、3/5 及 1/5，上下的影像比例分別為舌長的 1/4 及 3/4，如圖 2-26 所示。分割後舌影像的四部份，如圖 2-27 所示。

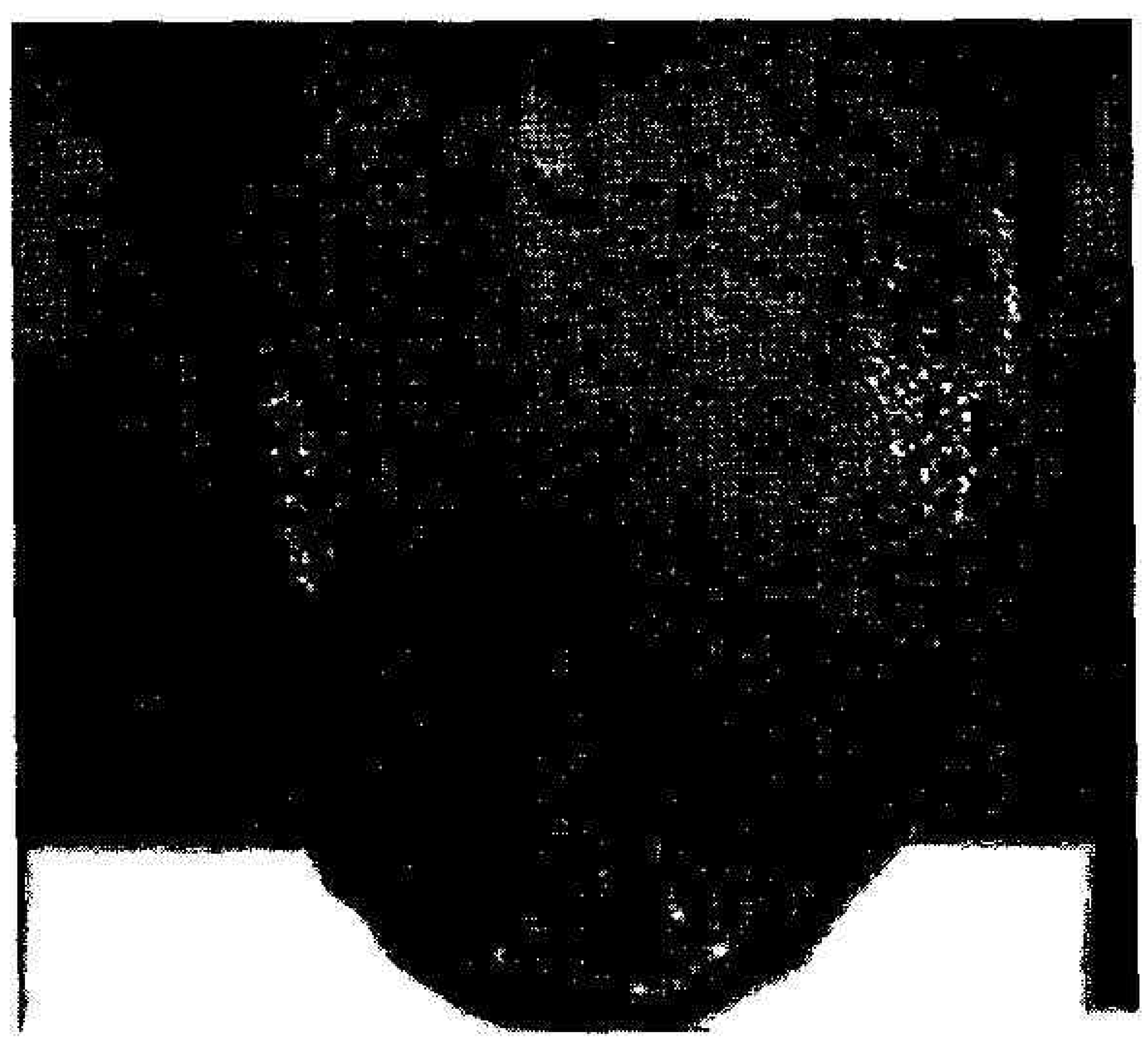


圖 2-22 400×400 的原始影像

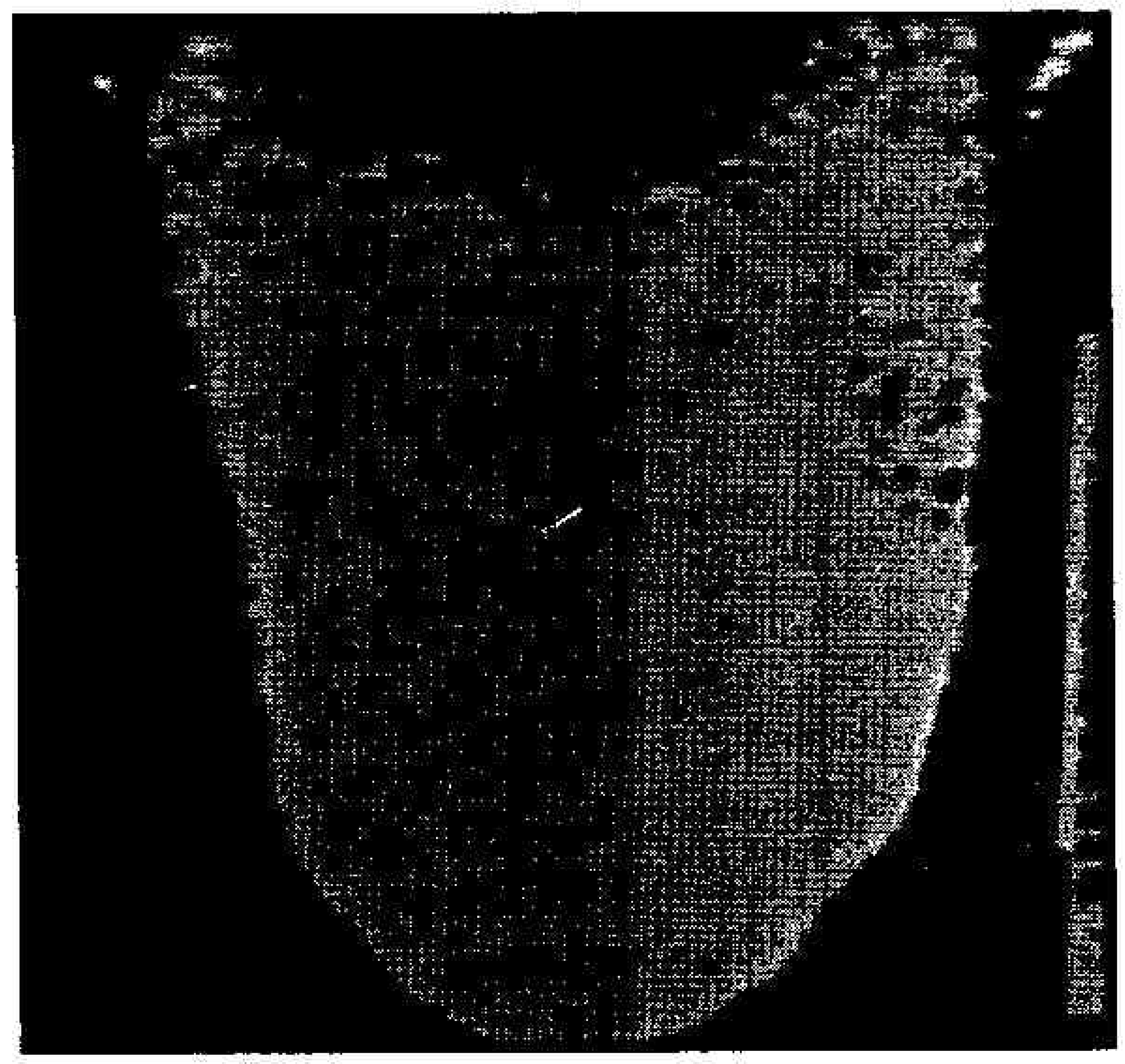


圖 2-23 400×400 的取 H 閥值分割面部
並去除孤立點後影像

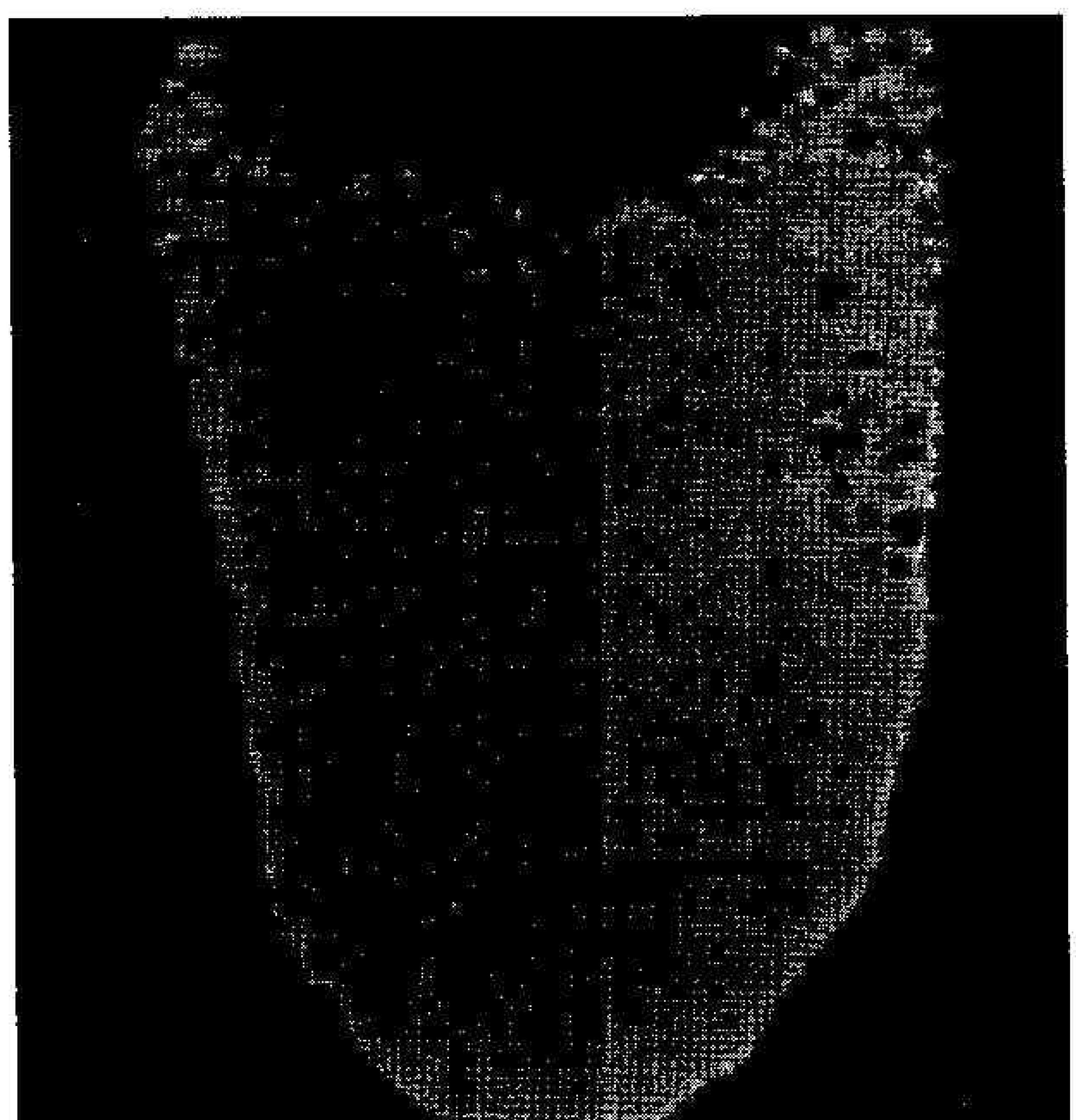


圖 2-24 400×400 用手動分割並去除嘴唇部份影像
並用滑鼠補斷點

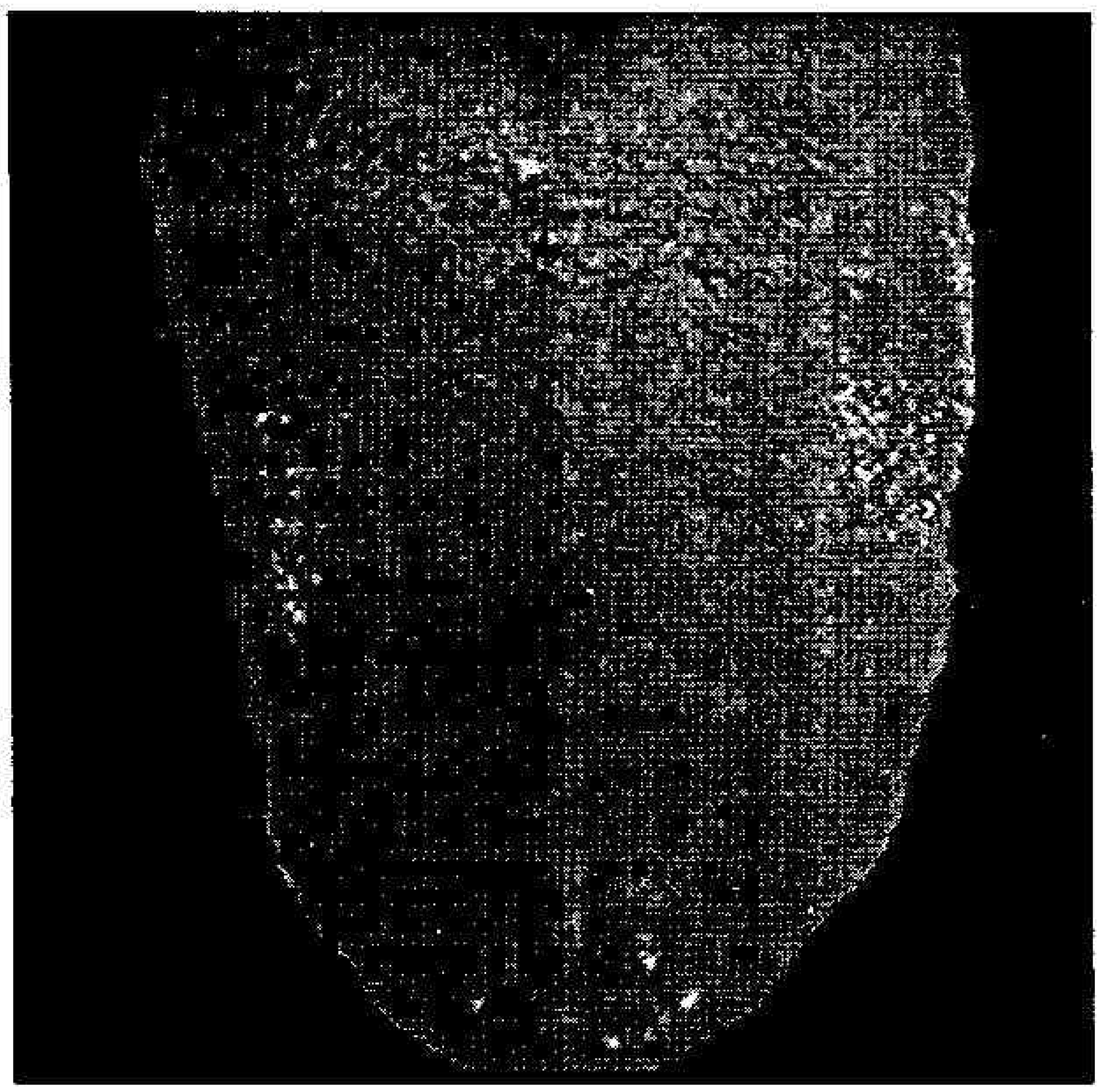


圖 2-25 400×400 記錄邊緣點，用邊緣點再分割的影像

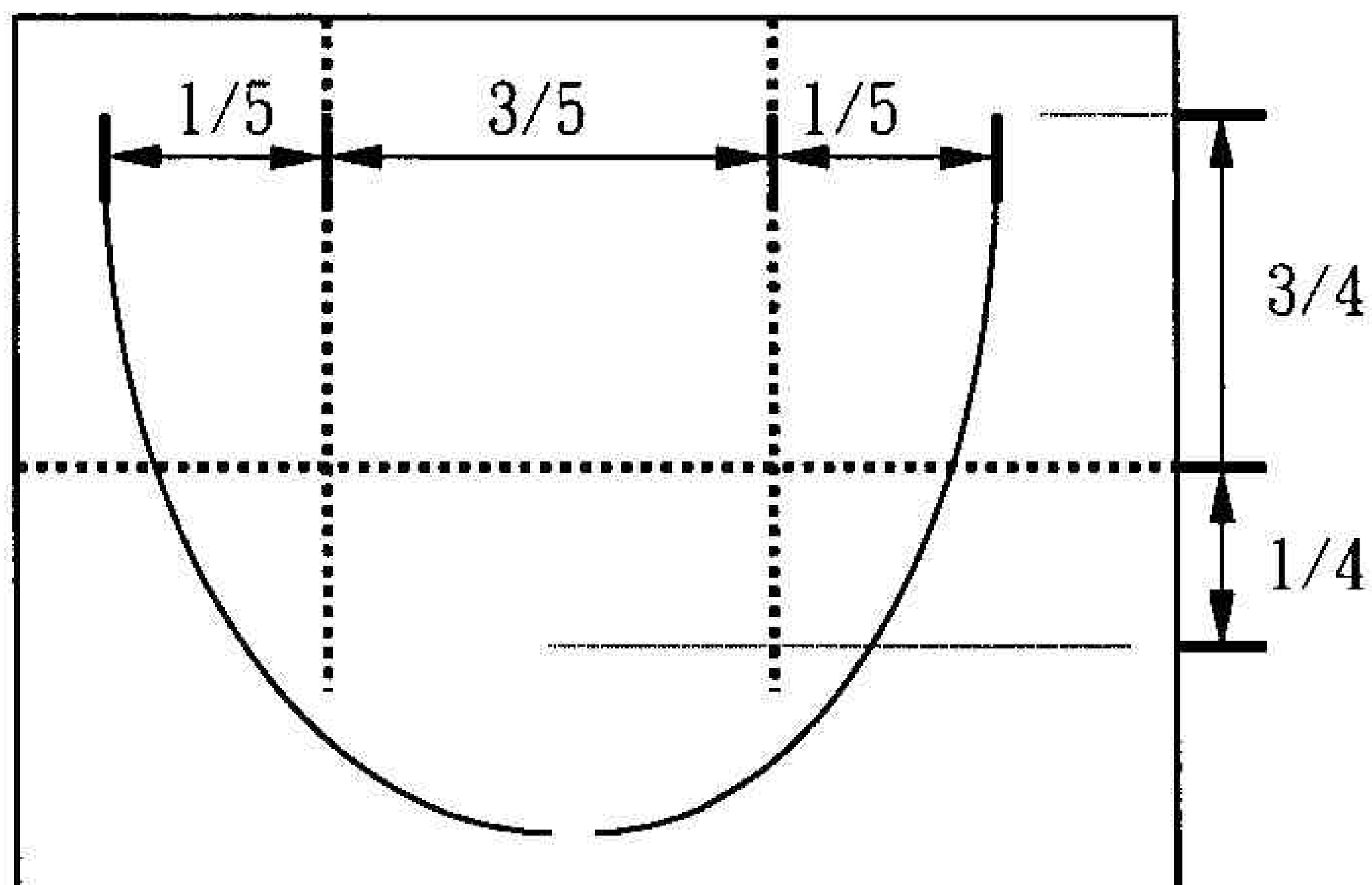


圖 2-26 舌影像分成四部份比例圖

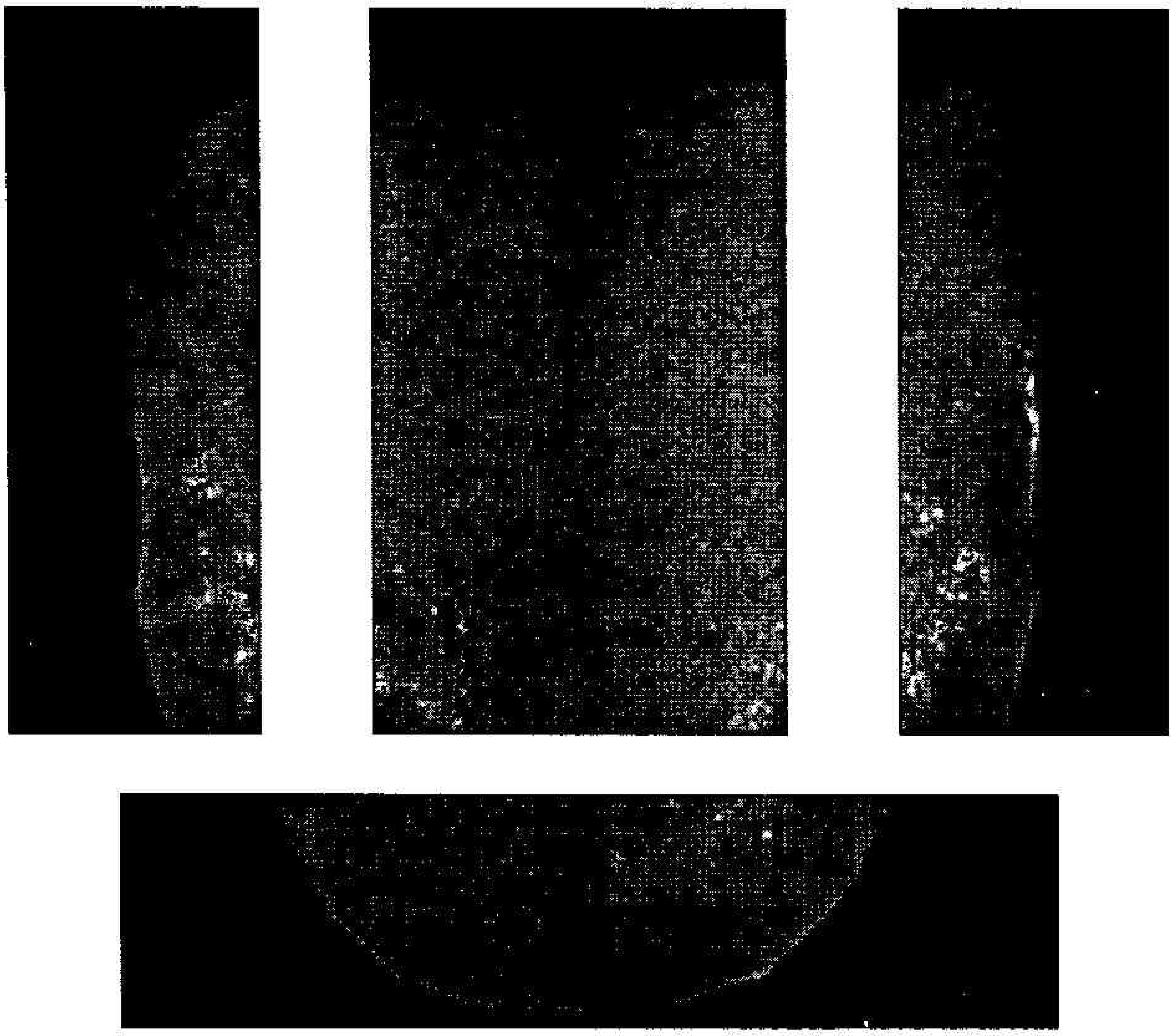


圖 2-27　實際依比例分出的舌影像

2、邊緣檢測的方法

在本研究計畫中，運用 sobel 運算子做邊緣檢測，來求得舌的邊緣，並利用滑鼠點舌的邊緣部份，得到舌的長寬是以像素為單位。利用程式中單位換算，將像素單位換算成以公分為單位的長寬。圖 2-28 為 400×400 原始影像，圖 2-29 為以灰階值用 sobel 運算子做邊緣檢測的結果。

由實驗發現，用 R、G、B 值個別分出的邊緣，也與灰階值求出的邊緣相近，圖 2-29 中有少許邊緣不明顯，造成無法獲得舌影像的整個邊緣。圖 2-30 為以 H (Hue) 值用 Laplacian 運算子分出的邊緣，較圖 2-29 明顯但邊緣成鋸齒狀，在影像下方靠近白板的邊緣不易測出。所以在本研究中用這兩個方法相加的方法找出舌的邊緣，結果如圖 2-31 所示。我們可以從圖 3-31 看到，灰階值不明顯的邊緣，已經被色調所測出的邊緣增強了，而灰階值的邊緣使結果影像邊緣較為平滑，可測出整個舌影像邊緣。

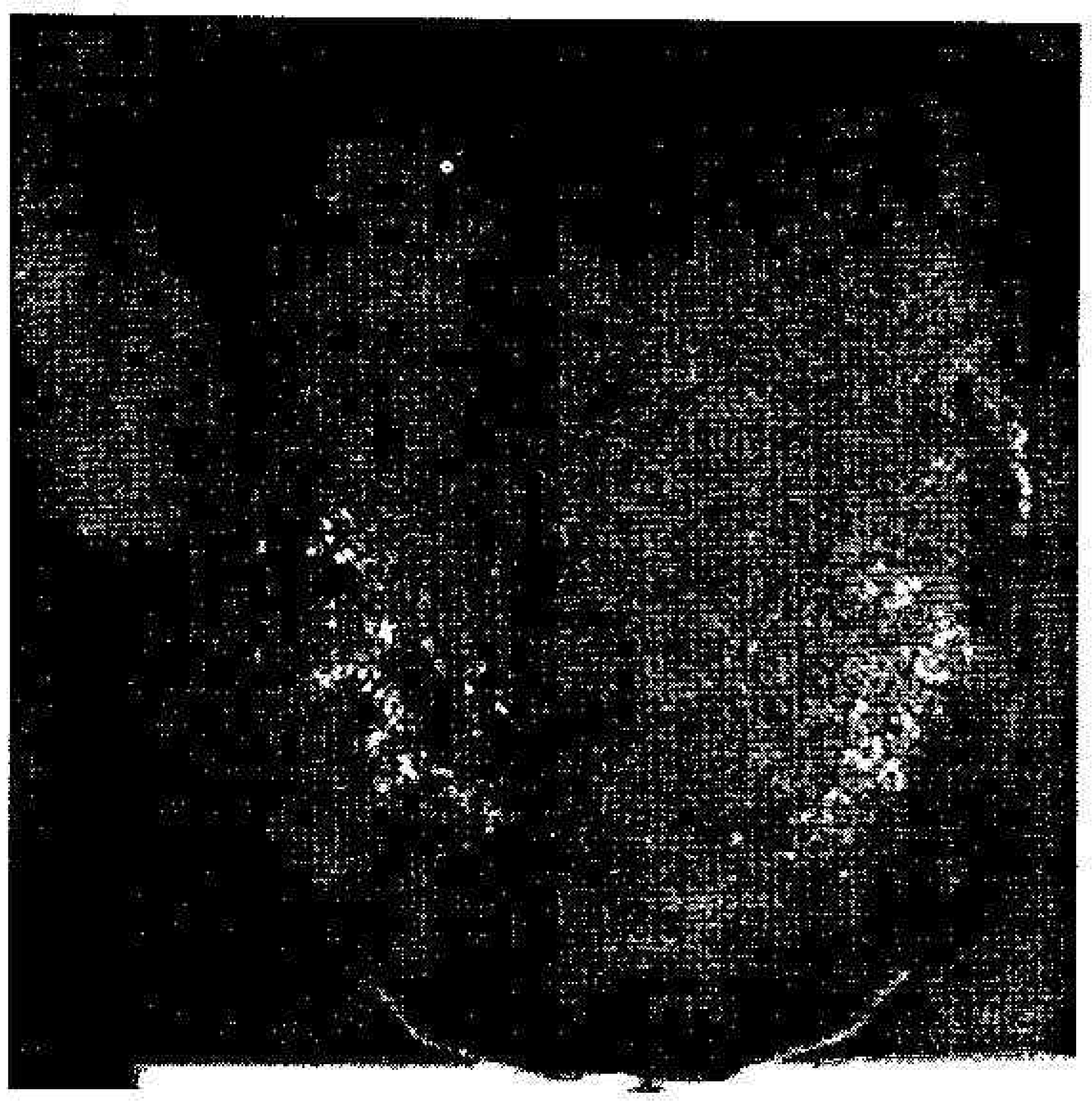


圖 2-28 為 400×400 原始影像

圖 2-29 為用灰階值做邊緣檢測的結果（sobel）

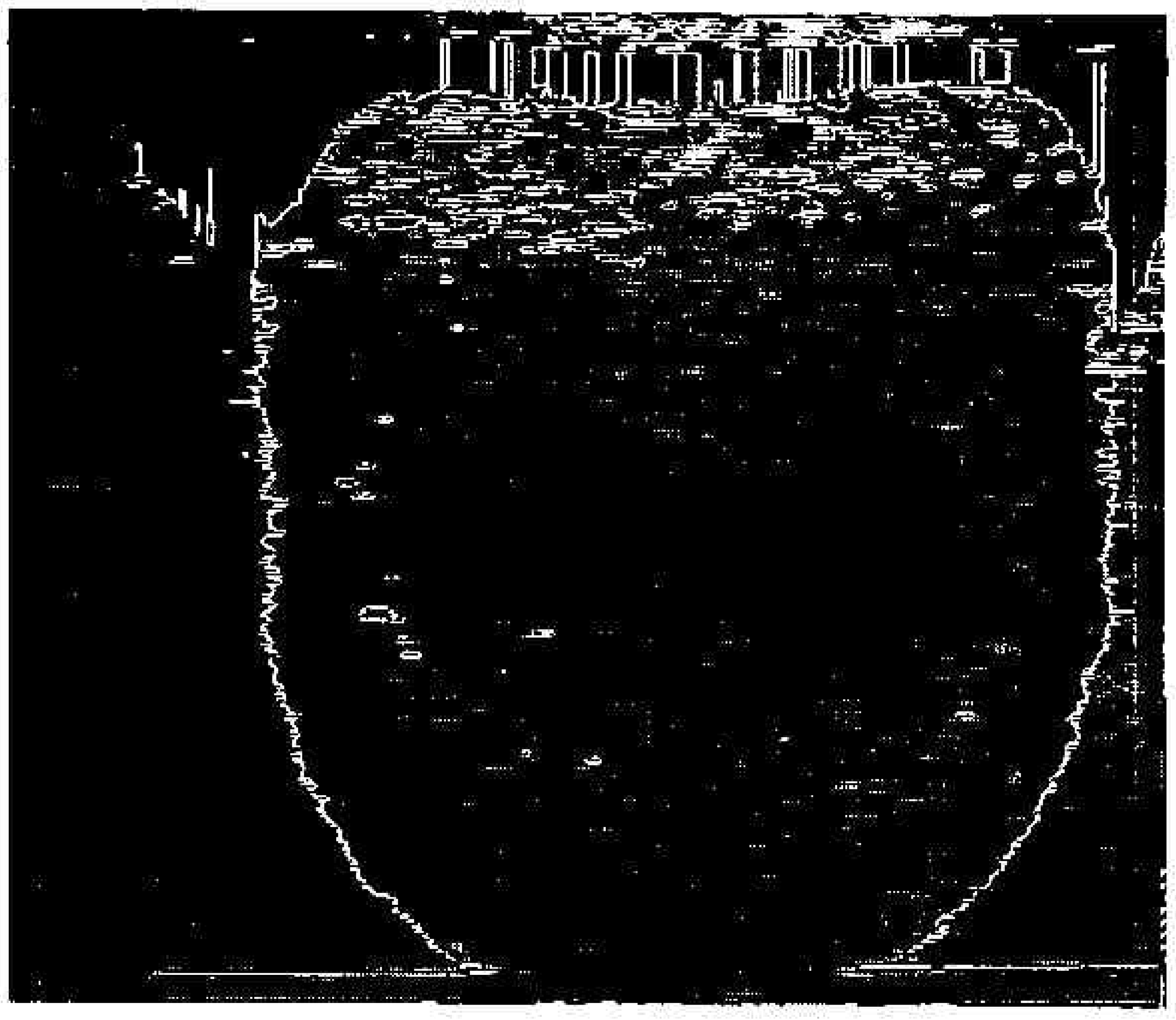


圖 2-30 為用 H 值分出的邊緣 (Laplacian)

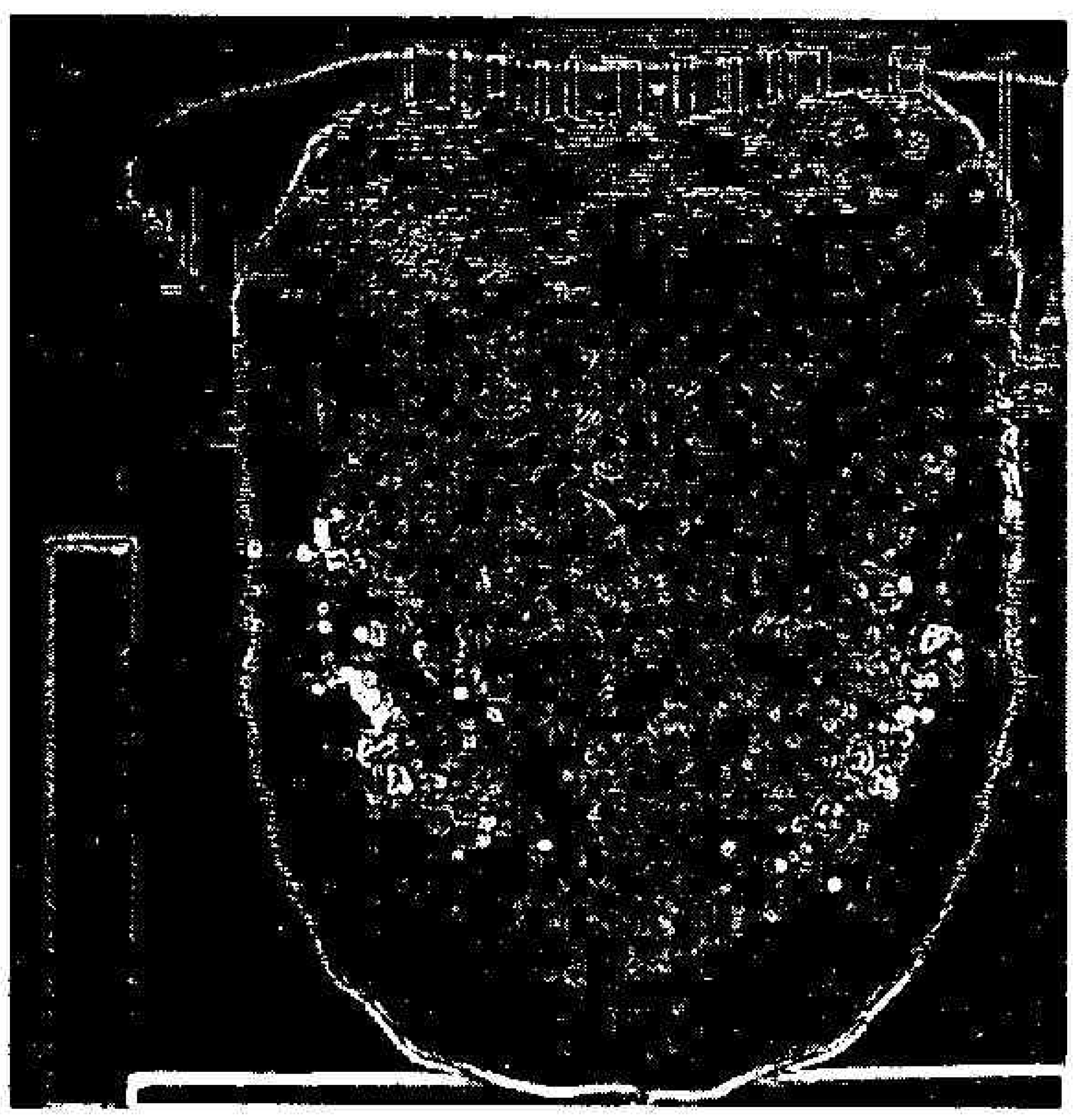


圖 2-31 將圖 2-29 加上圖 2-30 的結果，為研究中所用的方法

（四）、舌色與苔色的分析

中醫師在用中醫舌診的方法去診斷病症時，最重要的依據就是舌色與苔色的觀察與分辨。在本節，我們將對研究計畫中舌色與苔色的分析流程作一介紹，並對所用到的辨識方法作說明。

1、舌色與苔色的分析程式

在我們的研究中，整個舌色與苔色的分析流程，都藉由舌色與苔色分析程式來進行，因此在介紹流程前，對此程式作一介紹。程式的用途，是用來觀察與記錄舌色與舌苔的彩色分量值。包括在圖 3-15 右方的滑鼠點的座標、灰階值及 RGB 三個彩色分量，圖 3-15 下方 HIS 值、比例一為三色激勵值的彩色分量 r、g、b 值（公式在 2-3 節中）、比例二為 rl、gl、bl 值，如 2-16 式，為 RGB 值當中的一個除以其中的兩個。

$$rl = R/(G+B)$$
$$gl = G/(R+B)$$
$$bl = B/(R+G) \qquad (2\text{-}16)$$

程式主畫面如圖 2-32 所示，當我們將滑鼠指向舌影像，Edit 框會顯示出該點的值。在右下角有舌色與苔色取點的按鈕，按下後，可利用滑鼠左鍵與右鍵，分別記錄十一點舌影像中不同特徵的彩色值（例如舌色與苔色），作為分析時取閥值的依據。程式共有八頁，有 RGB 值的記錄、HIS 的記錄、比例一與比例二的記錄，如圖 2-33。程式並可依據記錄的點，將影像分成兩部份，顯示在舌色頁與舌苔頁。

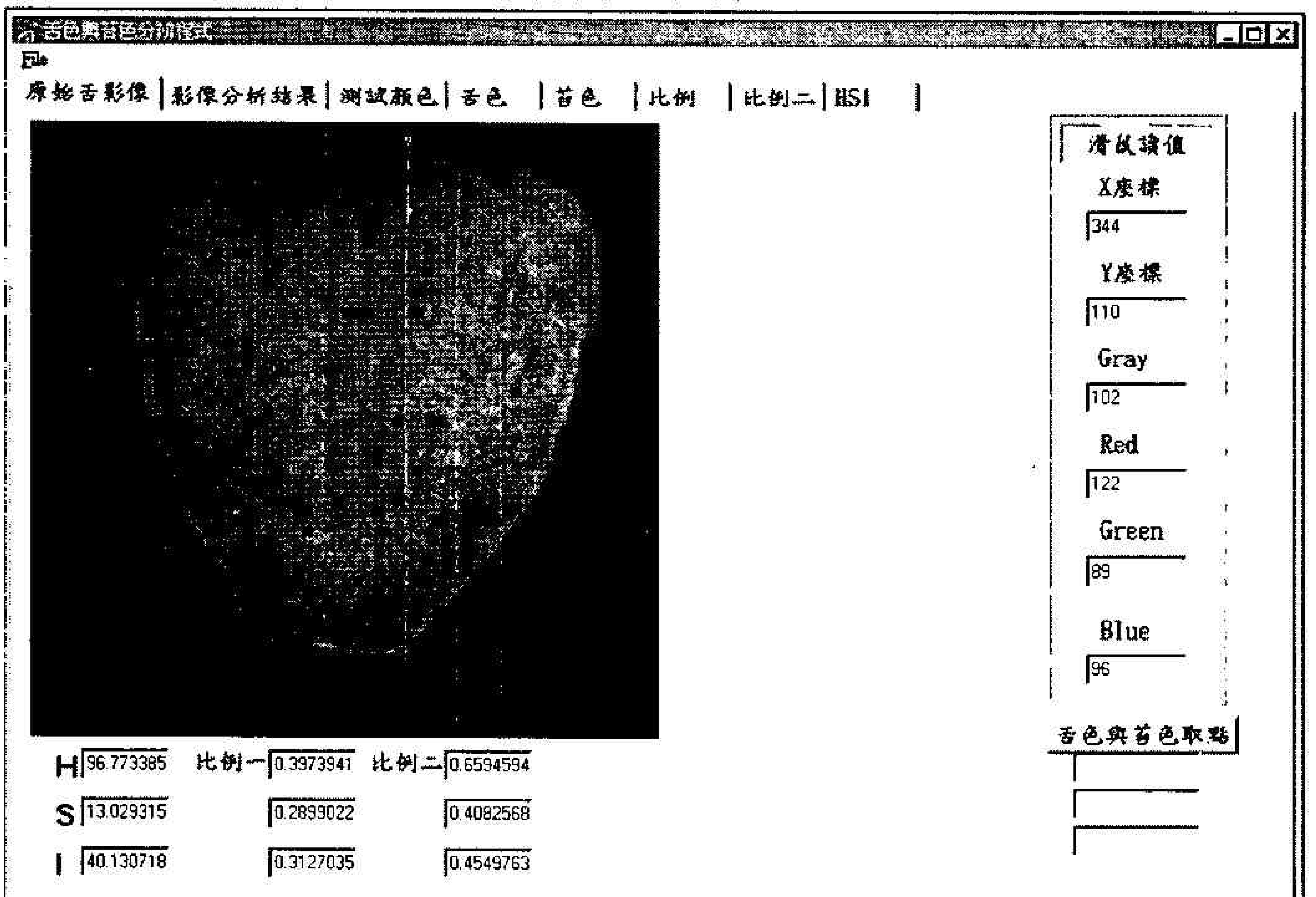


圖 2-32 舌色與苔色的分析程式主畫面

2、分析流程與方法

舌色與苔色的分析流程，如圖 2-34 所示。分割後的影像利用舌色與

苔色程式，取點與記錄後，找適當的臨界值。同時利用 Histogram 取臨界值的方法，分舌色與苔色。

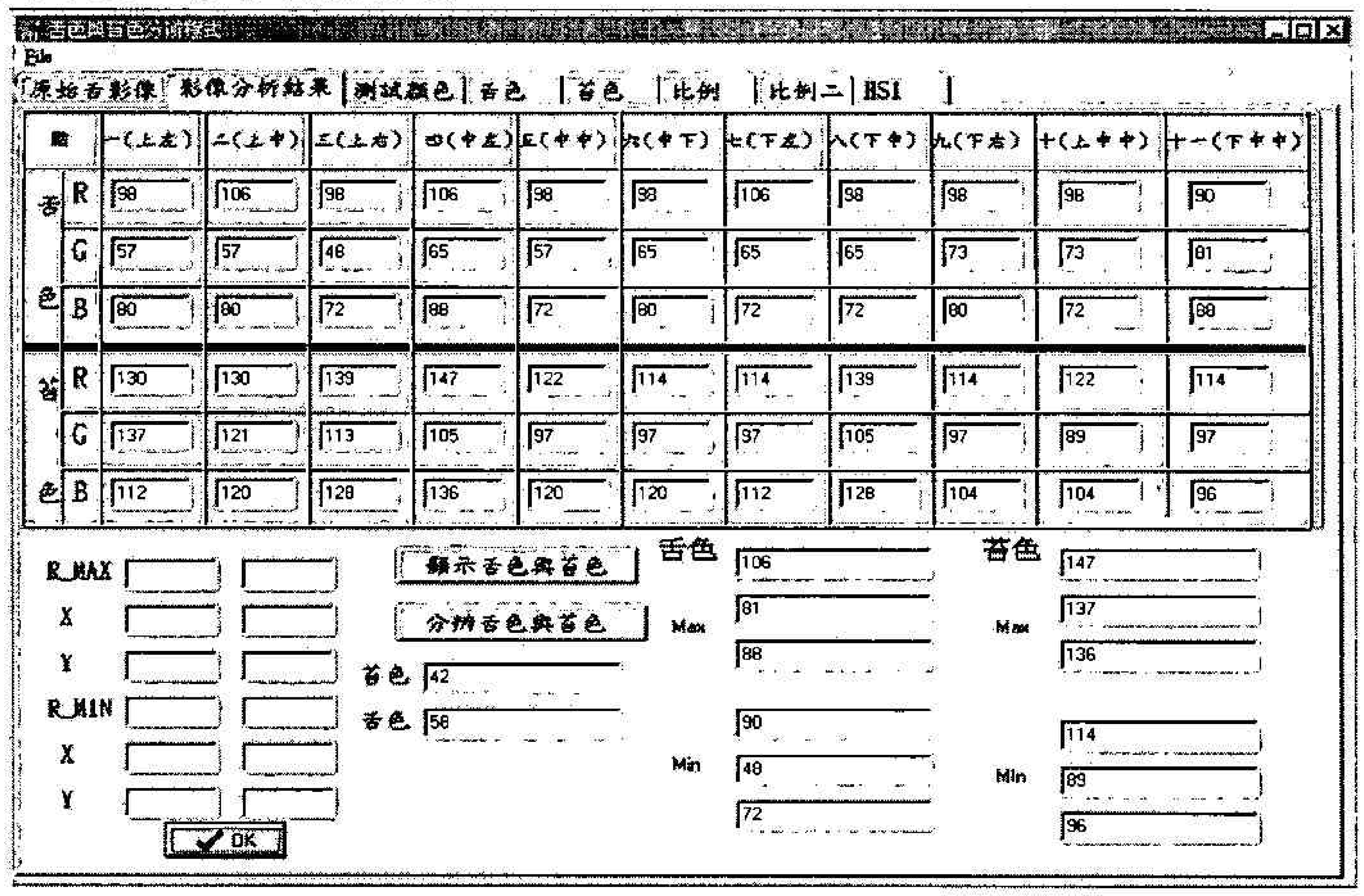


圖 2-33 用滑鼠左鍵記錄 11 點舌色的 RGB 值與用滑鼠右鍵記錄 11 點苔色 RGB 值的顯示頁

在苔色的分析上，由於淡白苔與黃苔都有紅色的成分，但是淡白苔並沒有黃色的成分。利用色調（Hue）黃色系與紅色系的不同，以色調來分黃苔與淡白苔。在舌色的分析上，主要是以分析程式對紅色、淡紅與暗紅色色板影像作分析，觀察其彩色值，並與實際觀察舌影像的紅色、淡紅與暗紅色的值做比較，取一個適合的臨界值，分出紅色、淡紅與暗紅色，並觀察 Histogram 是否有臨界值。

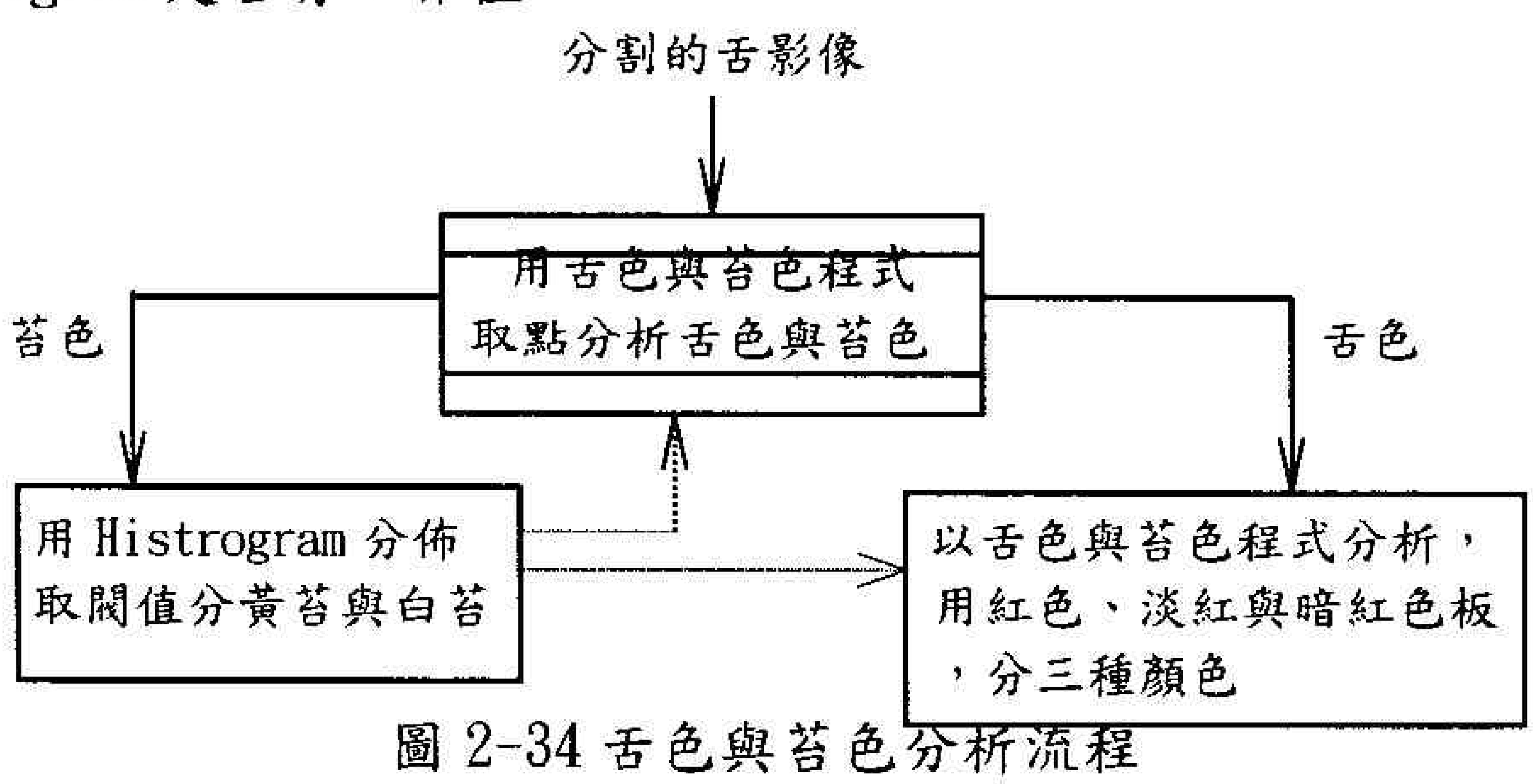


圖 2-34 舌色與苔色分析流程

（五）、舌影像校正假體實驗方法

在我們的研究中，擷取的舌影像，因為燈光或攝影機的不均勻，造成

舌影像與實際的舌影像，在 R、G、B 值有差距，因此我們對舌影像做整體校正。為了使每次取像不會因為環境的改變，造成彼此的差異太大，使分析結果沒有一個標準而造成錯誤，我們對舌影像做 RGB 標準校正。為了評估這兩個校正方法，對舌影像的校正程度與極限，在本研究中做了假體實驗，評估校正後的影像是否達到我們所希望的效果。在本節中將對假體的製作、假體分析程式、實驗步驟，作一個說明。

研究中使用與人頭一樣大的保力龍球，割出一個舌頭形狀的假體，為避免假體表面過於凹凸不平，用補土將其補平。假體噴上粉紅的噴漆，目的在模擬人的舌頭，如圖 3-4 所示。

在評估校正的結果上，用了四個參數：平均值、平均差、訊號雜訊比與均方根誤差，如 32 頁所述。分析程式中除計算這四個參素，並利用圖形的顯示評估校正結果。程式的主畫面如圖 2-35 所示。

假體的實驗步驟是：分別在室光下、燈光完全在實驗控制下、控制燈光與室光下及強光下，四種不同的環境下擷取灰階板影像及假體影像。

整體校正方面，有平面灰階板的校正與立體的假體實驗。將四種不同環境的灰階板影像與假體影像，作整體的校正後，影像輸入假體分析程式作分析。這一部份的影像分析上，著重在影像本身校正前與校正後的比較。

經過整體校正的影像，我們再對其作 RGB 參考校正。第一步將燈光完全在實驗控制下的假體影像當標準影像，以其色板為基準，對其他環境的假體影像作校正。目的在使其他環境的假體影像，經過校正後更接近標準影像。將校正後的影像輸入假體分析程式作分析。這部份的影像分析上，著重在將校正前與校正後影像與標準影像的比較。

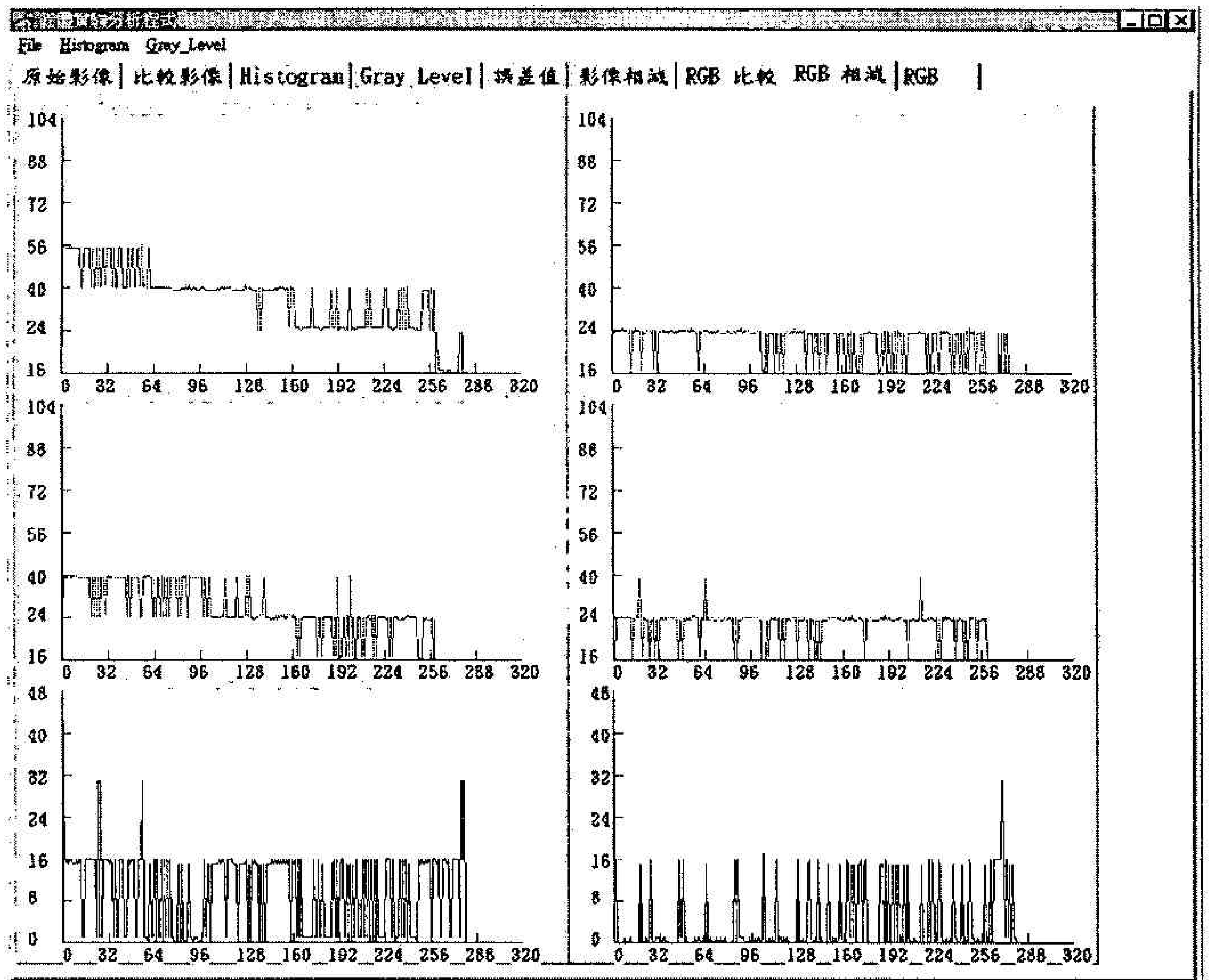

File Histogram Gray_Level
原始影像
比較影像
Histogram
Gray Level
誤差值
影像相減
RGB 比較
RGB 相減
RGB

圖 2-35 假體分析程式

參、結果與討論

一、影像校正的假體實驗

影像校正的假體實驗分為兩部份，一是整體校正假體實驗；二是 RGB 標準校正假體實驗，本節將就實驗的結果作一個討論。整個實驗有四種的測試環境。包括 1、在室光下，即實驗室的燈光下。2、室光與控制光，即實驗室燈光與固定架的兩個燈泡。3、控制光，即固定架的兩個燈泡下。4、藍光（強光），即 500W 照相用藍色燈泡。研究中以頭部檢查架下方的白板中心線頂端為參考原點，白板是 XY 方向，座標單位是公分。兩燈泡座標分別為（22,5,76）與（-22,5,76），藍燈在座標（0,16,87）的位置，攝影機在座標(0,10,40)的位置，焦距為 35 公分。

（一）、整體校正假體實驗結果

整體校正的實驗分成兩部份，一是平面灰階板的校正實驗；二是立體的假體校正實驗。

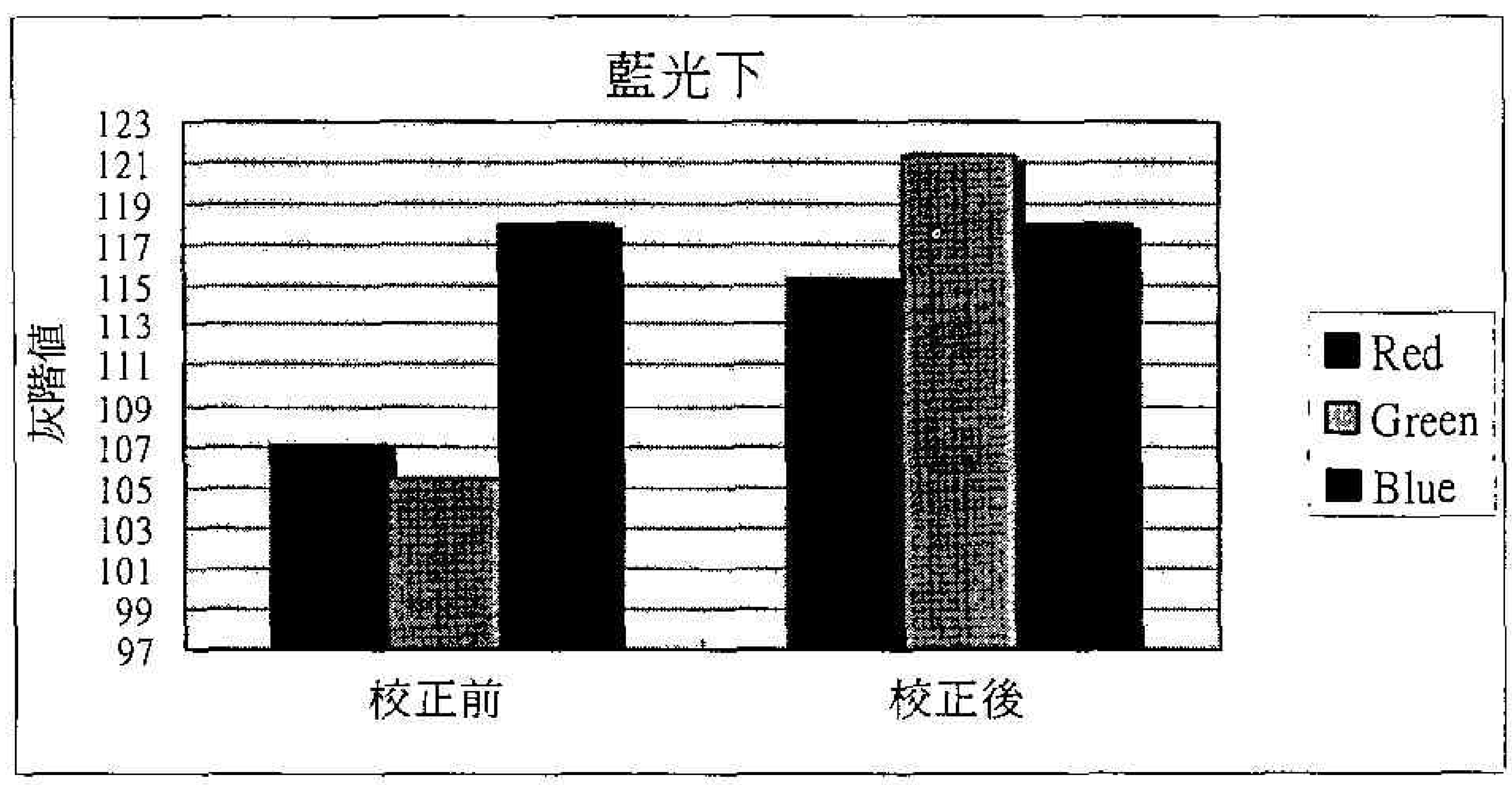
1、灰階板的校正實驗：利用灰階板本身對灰階板影像做校正。擷取灰階板影像後，再以整體校正公式對影像校正。表 3-1 為四種環境擷取影像校正前與校正後，R、G、B 平均值的比較。表 3-1 中劃底線的部份是 Max 值，用來校正其他兩個平均值。由表 3-1 發現當校正值與被校正平均值相差在 2 灰階值（gray level）之內，並無法校正效果，相差在 2-4 灰階值，校正只有少許的效果。當相差四個灰階值以上，我們可得到很好的校正效果。如藍光下的校正中，校正前的 R、G、B 平均值，與 Max 值相差 11 及 13 個灰階值，校正後只相差 3 個灰階值，有很好的效果，也就是說，校正後影像的 R、G、B 平均值值更接近了，如圖 3-1 所示。室光、室控與控光下，由於被校正值與 Max 值很接近，校正的效果較不顯著，而藍光下的校正可得到很好的效果，見表 3-1。而灰階板 R、G、B 平均值太接近造成無法校正，是因為影像數位運算的限制，也是本研究中校正的限制。

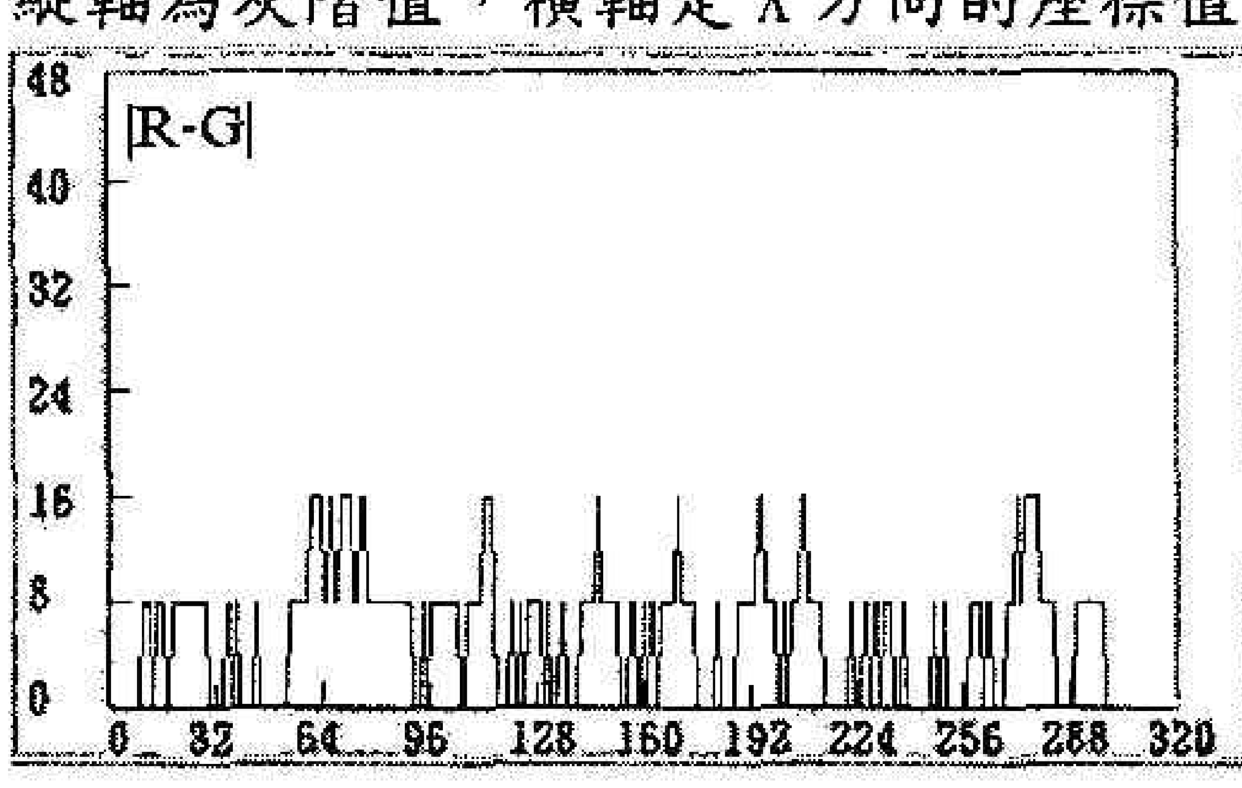
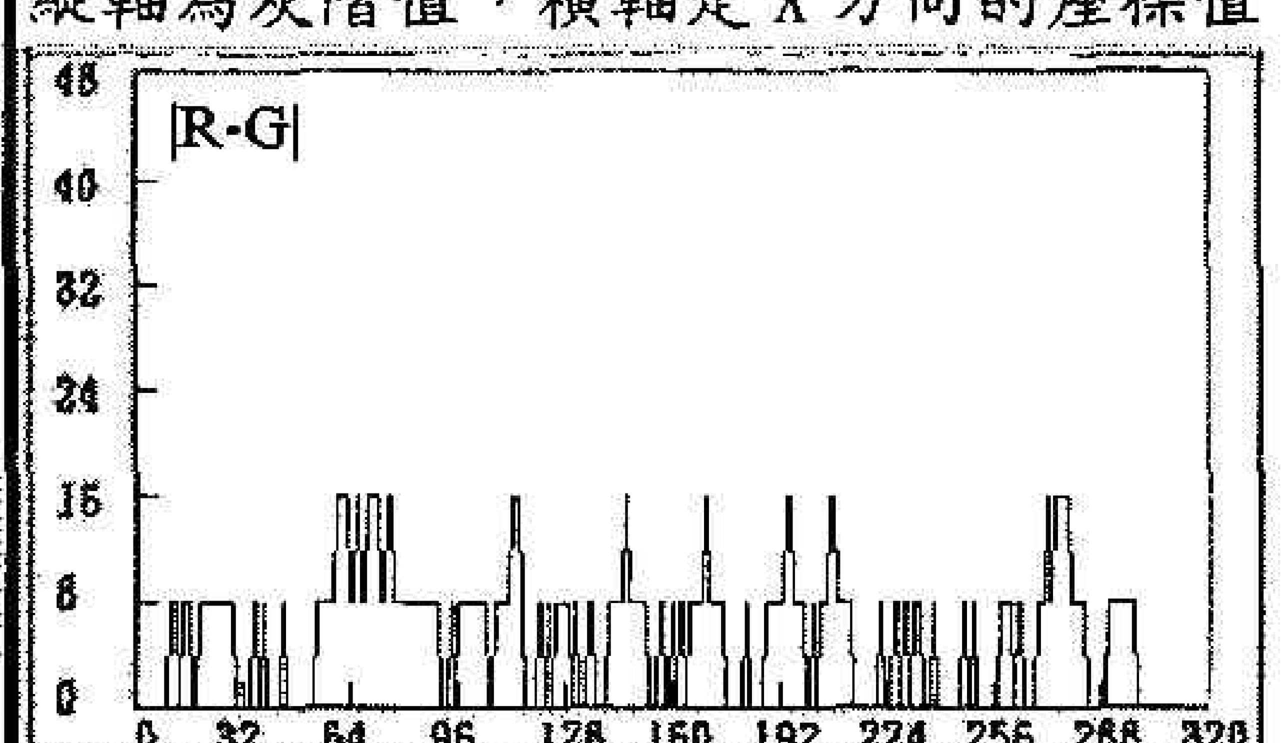
由於室光下的校正是利用 R 平均值對 G 平均值與 B 平均值做校正，因此校正後影像的 G 平均值與 B 平均值會和 R 平均值更接近，見表 3-1。為了顯示出這個現象，我們觀察校正前與校正後影像座標（0,300）到（300,300）直線上每一點的影像值。校正前影像 R 值減 G 值與 B 值減 R 值，取絕對值，如圖 3-2 左邊的圖。校正後 G 值減 R 值與 B 值減 R 值，取絕對值，如圖 3-2 右邊的圖。發現沒有顯著的校正效果，控光與室控下也是一樣。圖 3-3 是用同樣的方法觀察藍光下校正的效果，由圖中發現，校正後影像中的每一點的 R-B 與 G-B 的相減值都變小了很多，表示校正後影像中的每一點的 R、G、B 值更接近了。

表 3-1　灰階板整體校正，校正前與校正後 R、G、B

平均值比較表。

		R 平均值	G 平均值	B 平均值
室光	校正前	*91.15*	90.56	88.05
	校正後	91.15	90.56	88.20
室控	校正前	107.56	110.04	*110.88*
	校正後	107.77	110.04	110.88
控制	校正前	104.7	106.62	*108.04*
	校正後	106.62	106.62	108.04
藍光	校正前	107.11	105.41	*118.05*
	校正後	115.33	121.34	118.05



校正前	校正後
縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值 	縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值 

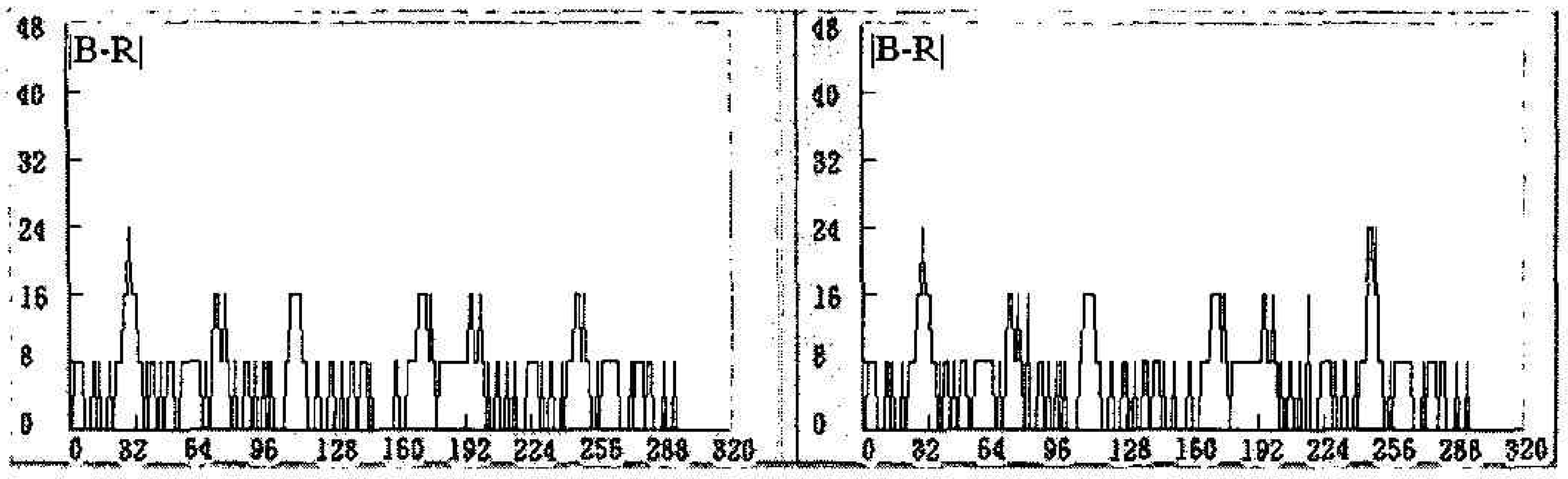


圖 3-2 為室光下校正前與校正後影像之座標(0, 300)-(300, 300)的 RGB 相減比較圖。上圖為 R-G，下圖為 B-R 的絕對值。由於 Max 值與校正值很接近，並沒有顯著的校正效果。

校正前	校正後
縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值	縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值

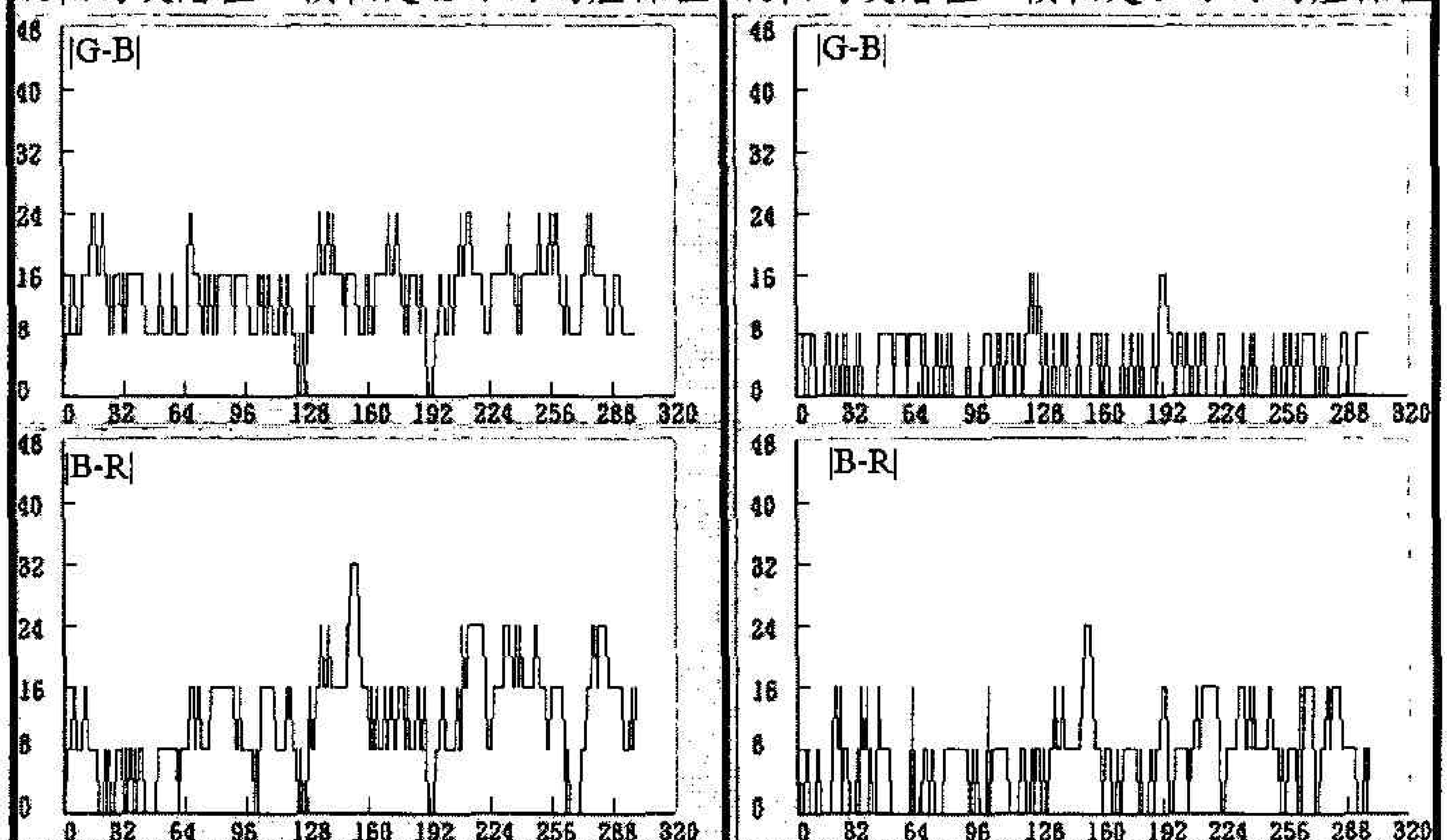


圖 3-3 為藍光下校正前與校正後影像之座標(0, 300)-(300, 300)的 RGB 相減比較圖。上圖為 G-B，下圖為 B-R 的絕對值。利用 B 平均值對 R 與 G 的平均值做校正。從 G-B 與 B-R 的圖形中皆可得到，經過校正後的影像，G 與 R 的值較接近 B 值。

2、假體校正實驗：分別在室光下、控制光下、室光與控制光下及藍光下（強光），擷取 640×480 淡紅色假體影像與灰階板影像，利用灰階板對假體做整體校正後。去除做完整體校正假體影像與校正前假體影像的色板，成為 360×280 的影像作分析，如圖 3-4，這部份實驗是利用灰階板對假體做整體校正，公式如 2-3 式。

表 3-2 為四種燈光強度下，灰階板影像與假體影像校正前及校正後的 R、G、B 平均值比較表。表 3-2 中劃底線的部份是灰階板影像的 Max 值，用來校正假體其他兩個平均值。由表 3-2 發現當灰階板影像的校正值與被校正平均值相差在 2 灰階值 (gray level) 時，是無法校正的；相差在 3 灰階值以上，灰階板對假體已經有明顯的校正效果。

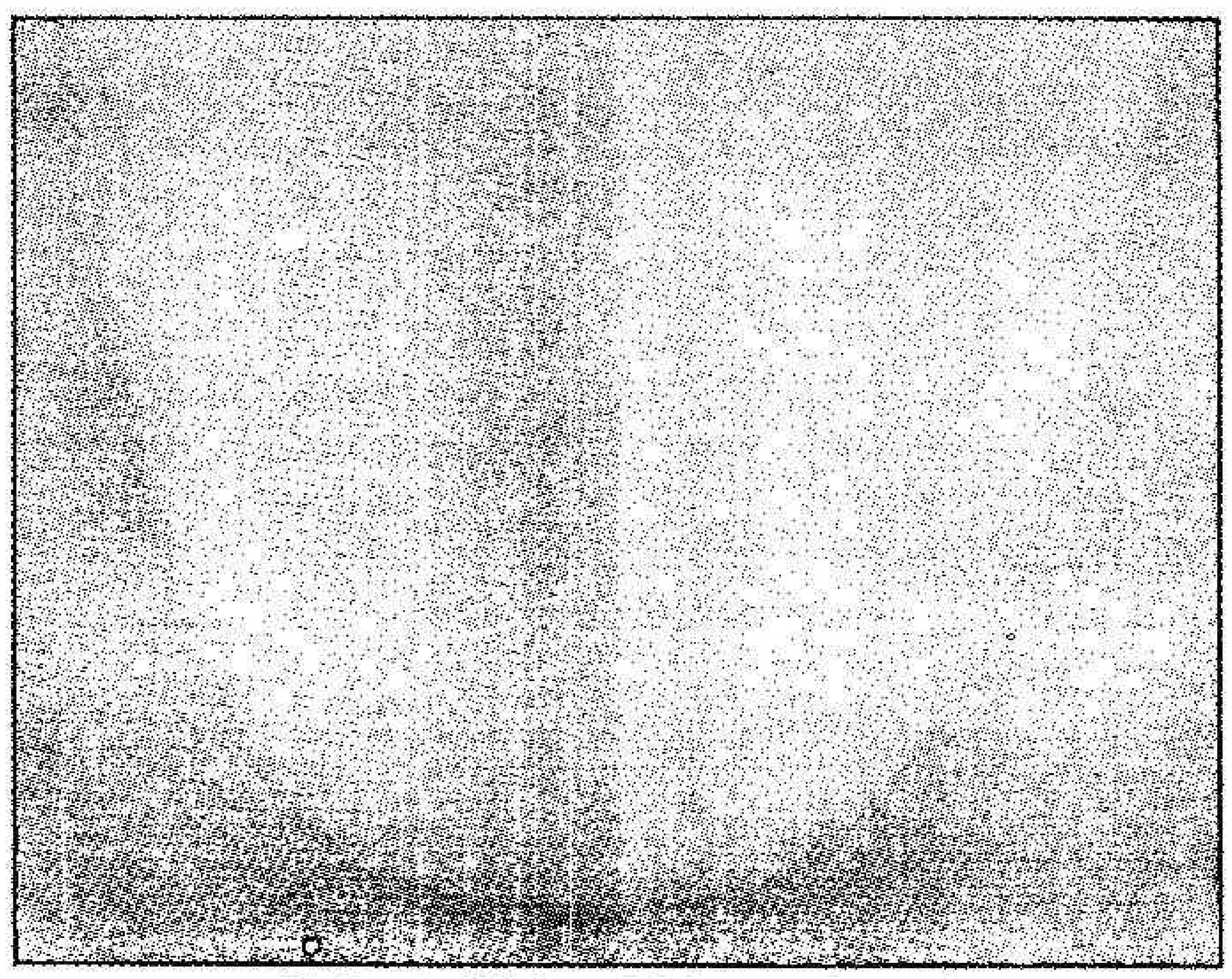


圖 3-4 360×280 假體影像

如藍光下的校正中，利用灰階板 B 平均值對假體做校正，假體在校正後的 R 平均值與 G 平均值皆有明顯的增益，如圖 3-5 所示。同樣對其他三個環境的校正，只要灰階板影像的 Max 值與其他兩個值相差 3 個灰階值時，皆有校正的效果，而校正限制的因素與前一小節的灰階板校正相同。

由於室光下的校正，是利用 R 平均值對 G 平均值與 B 平均值做校正，因為 R 平均值與 G 平均值相差一個灰階值，並沒有效正的效果。因此我們觀察假體影像座標 (0,100) 到 (300,100) 直線上每一點校正前影像 B 值減校正後 B 值，取絕對值，如圖 3-6。發現假體 B 值有明顯的校正的效果。控光、室控下與藍光下也有相同的校正情形。圖 3-7 為藍光下，假體座標 (0,100) 到 (300,100) 直線上每一點的影像值，校正前影像 R 值減校正後 R 值，取絕對值，如圖 3-7 上；校正前影像 G 值減校正後 G 值，取絕對值，如圖 3-7 下。可以看到，校正後假體影像的 R 值與 G 值皆因為校正而有增益。

表 3-2 灰階板對假體整體校正，校正前與校正後 R、G、B 平均值比較表。

		灰階板			假體		
		R 平均值	G 平均值	B 平均值	R 平均值	G 平均值	B 平均值
室光	校正前	*88.39*	87.15	85.39	110.96	86.65	103.12
	校正後	88.39	87.15	85.41	110.96	86.65	108.54
室控	校正前	105.82	107.32	*109.28*	151.93	120.69	147.90
	校正後	113.43	107.32	109.28	159.72	120.69	147.90
控制	校正前	104.52	106.14	*107.95*	137.07	106.88	132.42
	校正後	106.17	106.14	107.95	143.34	106.88	132.42
藍光	校正前	107.11	105.41	*118.05*	182.62	144.60	185.92
	校正後	115.33	121.34	118.05	196.95	152.70	185.92

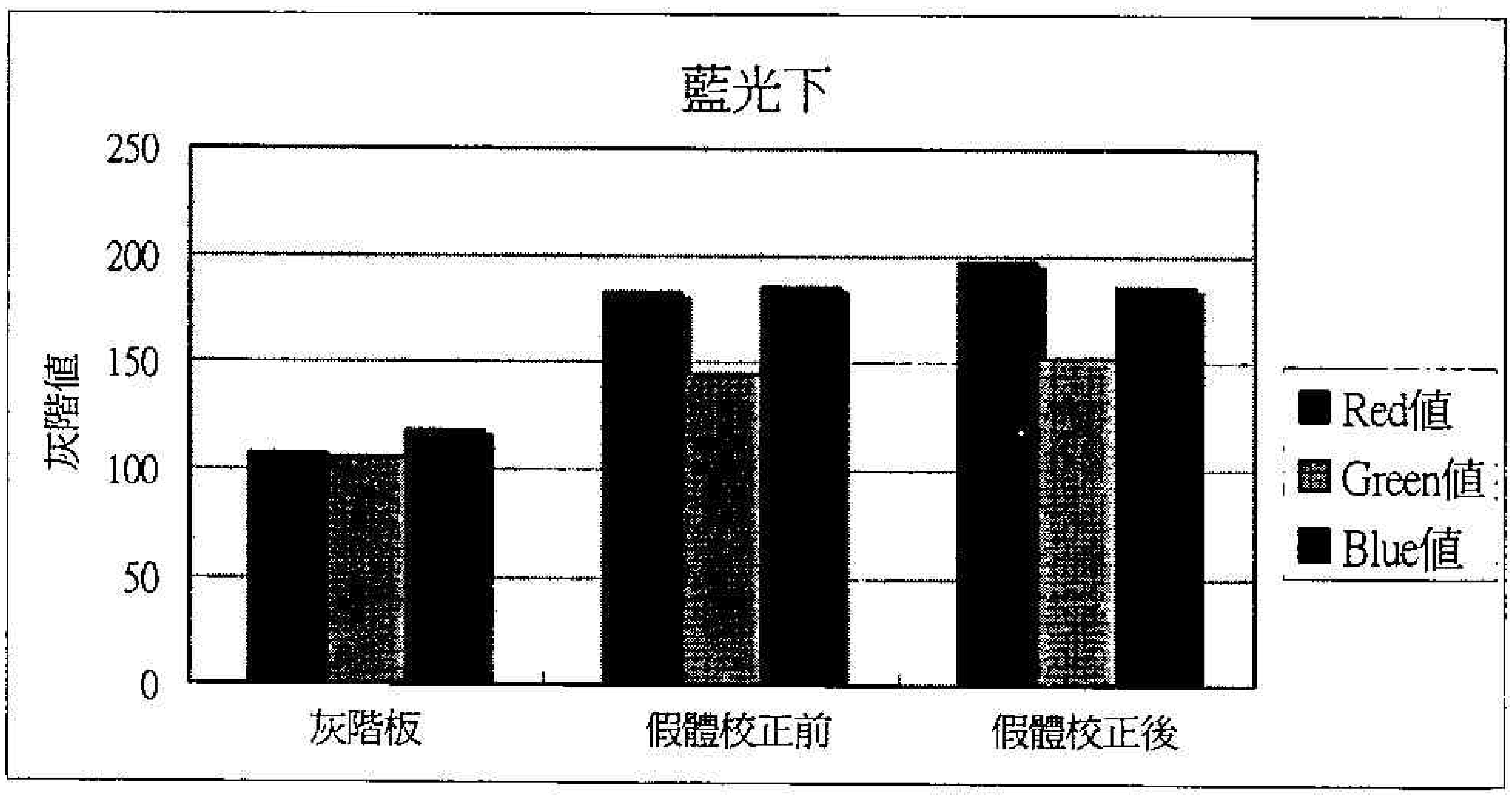


圖 3-5 藍光下，灰階板對假體，校正前與校正後 R 、 G 、 B 平均值比較圖。

灰階值

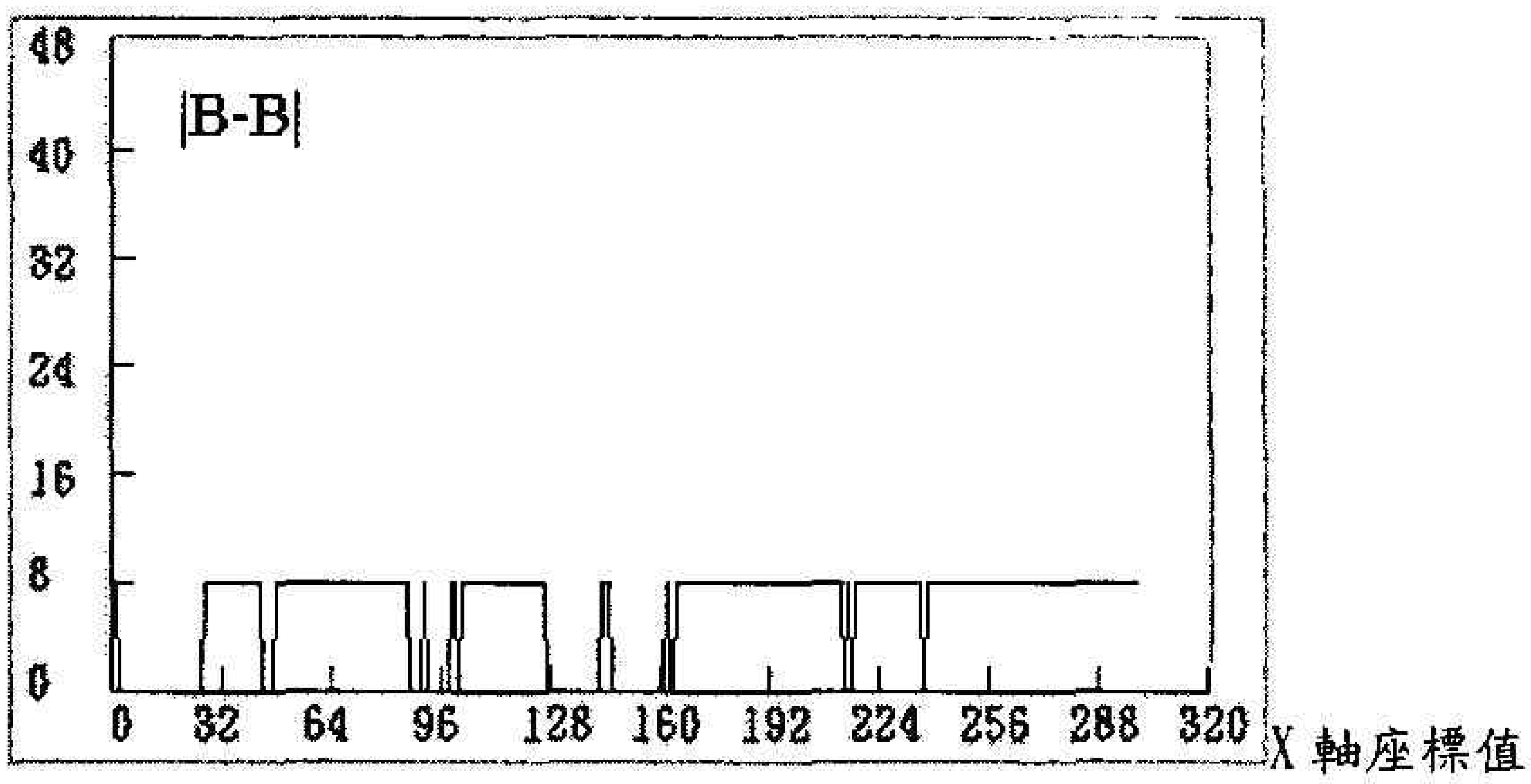


圖 3-6 為室光下假體校正前與校正後影像之座標(0,100)-(300,100)的 B-B 的絕對值比較圖。在室光下、室光與控制光下、控制光下及藍光下，假體 R、G、B 值的校正，皆可獲得較平面的灰階板還要顯著的效果。圖形與上圖相似。

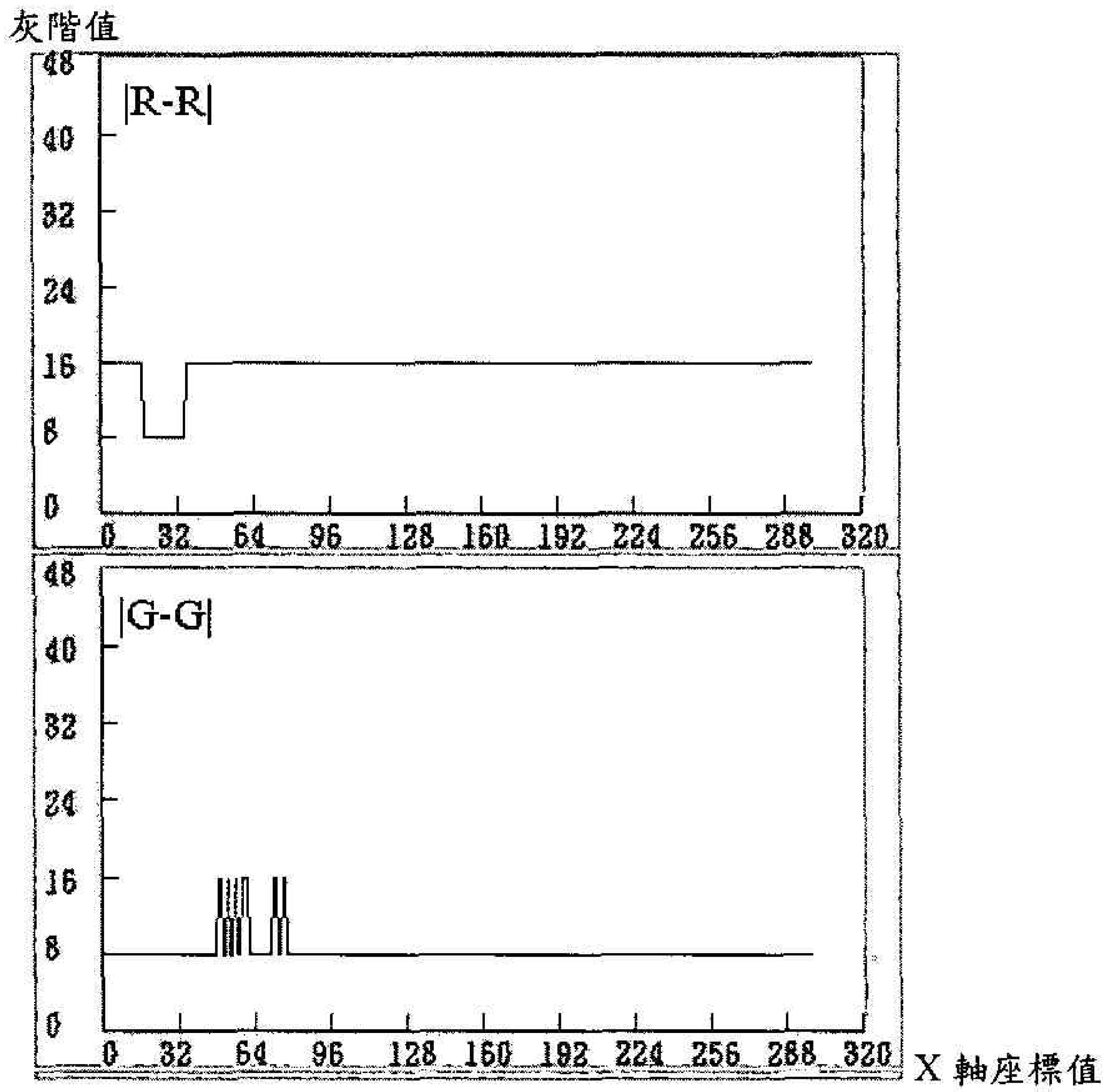


圖 3-7 為藍光下，假體校正前與校正後影像之座標(0,100)-(300,100)的 RGB 相減值比較圖。上圖為 R-R，下圖為 G-G 的絕對值，我們可以發現校正後假體影像的 R 值與 G 值，皆獲得明顯的增益。

（二）、RGB 標準校正假體實驗結果

在我們的研究中，建立一個參考影像，對每一個擷取的舌影像做 RGB

標準的校正。在色板的選擇上，R 色板的 R 值、G 色板的 G 值、B 色板的 B 值必須在相近的值，避免 R、G、B 增益後，造成舌顏色的改變太大。在假體實驗中，所利用的假體與整體校正的假體一樣。分別在室光下、控制光下、室光與控制光下及藍光下（強光），擺設位置也與整體校正相同。擷取 640×480 假體影像，先經過整體校正，因為控制光（實驗設備的光源）是影響擷取影像上最重要的光源，所以在假體實驗中，利用控制光下所擷取的假體影像，當作標準影像。用標準影像的色板對其他環境擷取的假體影像，做 RGB 標準的校正。去除做完 RGB 標準校正的假體影像色板與校正前假體影像色板，成為 360×280 的影像作分析，如上節之 3-4 圖。同時為了做分析比較，參考影像也取同樣大小，同樣位置的 360×280 的影像。

表 3-3 為室光與控制光下，校正前及校正後假體影像，分別與標準影像比較的誤差評估參數值。標準影像的 R、G、B 的平均值分別為 143.34、106.08、132.42。表 3-3 中 R、G、B 的平均值在校正前與標準影像的值，分別相差了約 16、14、15 個灰階值；校正後則約為 2、3、2 個灰階值。在平均差上，也由原先的 16.38、13.81、15.47 個灰階值，校正到分別為 5、3.75、4.4 個灰階值。均方根誤差變小，訊號雜訊比變大。我們發現有非常好的校正效果。同時假體在經過校正後，假體影像也不會有顏色改變的現象。圖 3-8 為校正前及校正後影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的差值。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值，從圖形上我們可以發現，校正後影像的 R、G、B 值與參考影像的 R、G、B 值差值很小，表示校正後影像與參考影像已經非常相近。由數據與圖形，可看到在 R 值、G 值與 B 值的校正上，皆有明顯效果。

表 3-4 為藍光（強光）下，校正前及校正後假體影像，分別與標準影像比較的誤差評估參數值。標準影像 R、G、B 的平均值分別為 143.34、106.08、132.42。表 4-4 中 R、G、B 的平均值在校正前與標準影像的值，分別相差了約 52、46、53 個灰階值，校正後則約為 3、2、1 個灰階值。在平均差上，也由原先約為 53、47、54 個灰階值，校正到分別為 12、8、10 個灰階值。均方根誤差變小，訊號雜訊比也變大，我們發現有非常顯著校正效果。同時假體在經過校正後，假體影像也不會有顏色改變的現象。圖 3-9 為校正前及校正後影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的 R、G、B 差值。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值。從圖形上我們可以發現，校正後影像的 R、G、B 值與參考影像的 R、G、B 值差值很小，表示校正後影像與參考影像非常相近。從數據與圖形，可看到在 R 值、G 值與 B 值的校正上，與室控光的校正一樣，皆有明顯的效果。

表 3-3 室光與燈光控制下，校正前及校正後影像與參考影像比較的誤差參數值比較表

	$R_{平均值}$	$G_{平均值}$	$B_{平均值}$	$R_{平均差}$	$G_{平均差}$	$B_{平均差}$	R_{RMSE}	G_{RMSE}	B_{RMSE}	R_{SNR}	G_{SNR}	B_{SNR}
校正前	**159.72**	**120.69**	**147.90**	**16.38**	**13.81**	**15.47**	**0.068**	**0.057**	**0.065**	**18.44**	**20.04**	**18.83**
校正後	**145.58**	**109.47**	**134.48**	**5.00**	**3.75**	**4.40**	**0,030**	**0.023**	**0.025**	**25.50**	**27.81**	**26.89**

參考影像的 $R_{平均值}$ = 143.34、$G_{平均值}$ = 106.88、$B_{平均值}$ = 132.42

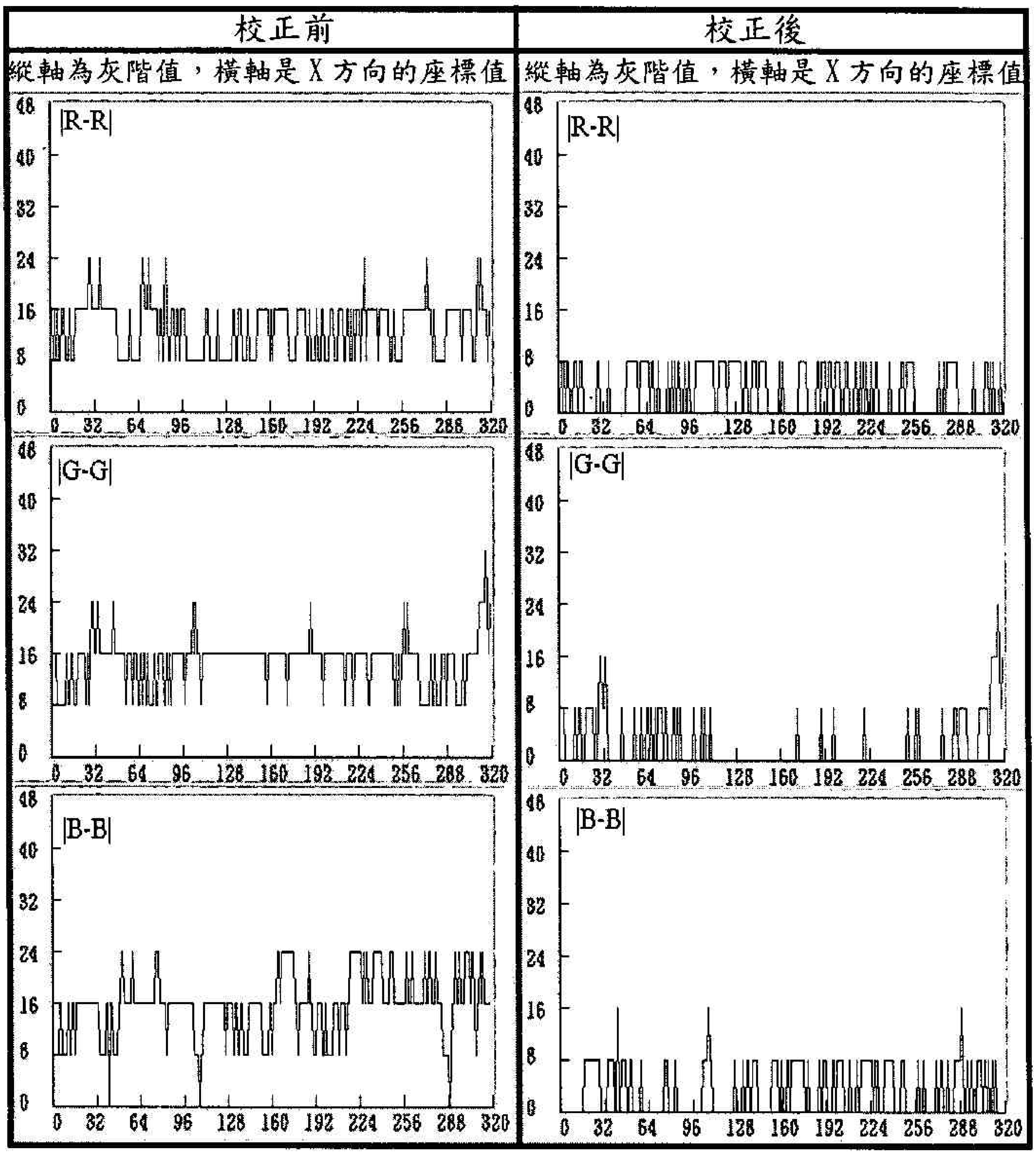


圖 3-8 室光與控制光下，校正前及校正後影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的 RGB 差值比較圖。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值。校正後影像的 R、G、B 值與參考影像的 R、G、B 值差值很小，表示校正後影像與參考影像非常相近。

表 3-4 藍光（強光）下，校正前及校正後影像與參考影像比較的誤差參數值比較表

	$R_{平均值}$	$G_{平均值}$	$B_{平均值}$	$R_{平均差}$	$G_{平均差}$	$B_{平均差}$	R_{RMSE}	G_{RMSE}	B_{RMSE}	R_{SNR}	G_{SNR}	B_{SNR}
校正前	**196.19**	**152.10**	**185.92**	**53.38**	**46.81**	**54.47**	**0.220**	**0.189**	**0.225**	**8.30**	**9..64**	**8.09**
校正後	**140.44**	**108.82**	**133.30**	**12.22**	**8.52**	**10.40**	**0.062**	**0.051**	**0.062**	**19.24**	**20.90**	**19.20**

※參考影像的 $R_{平均值}$＝143.34、$G_{平均值}$＝106.88、$B_{平均值}$＝132.42

校正前	校正後
縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值	縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值

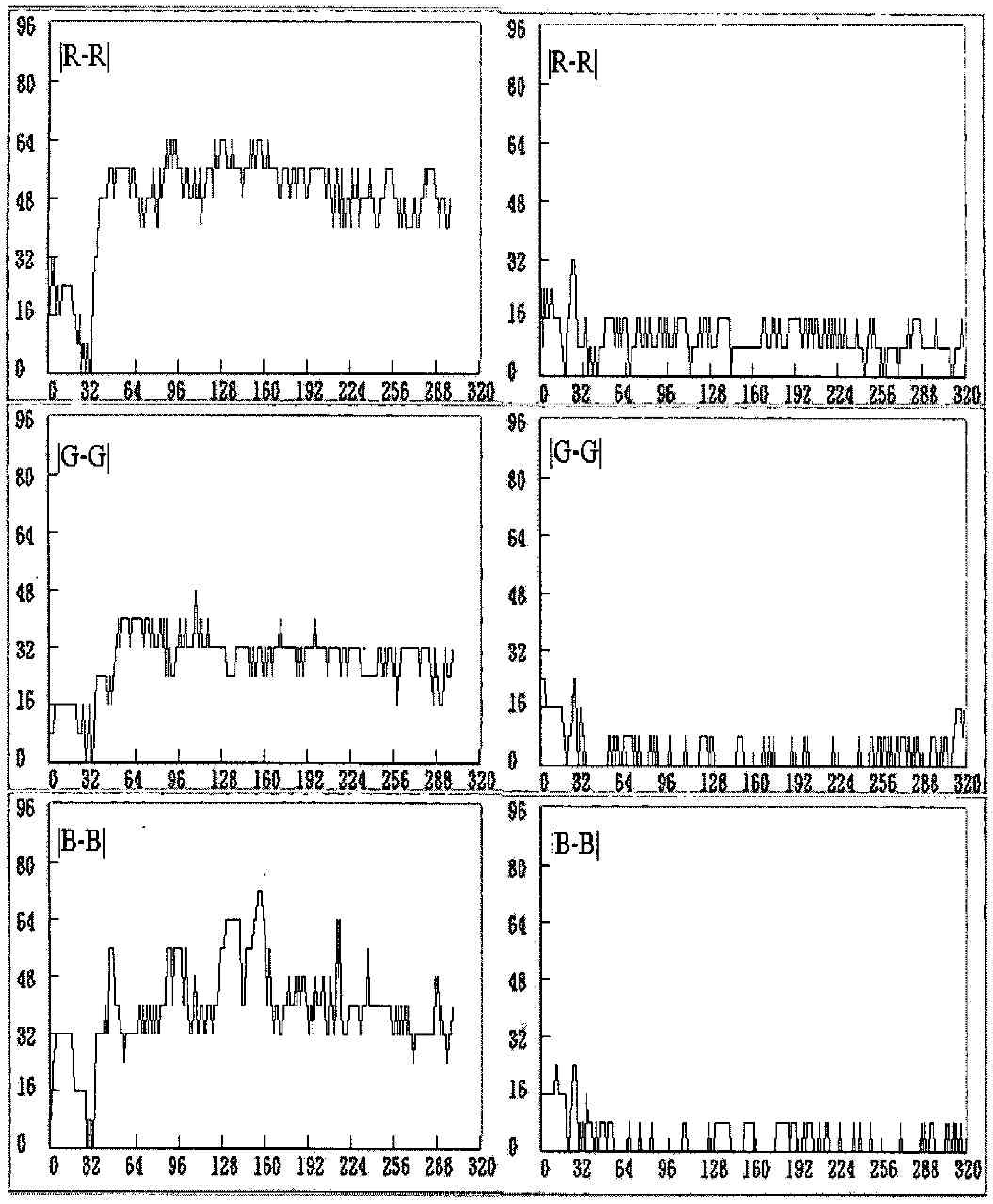


圖 3-9 藍光（強光）下，校正前（左）及校正後（右）影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的差值比較圖。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值。

表 3-5 為室光下，校正前及校正後假體影像，分別與標準影像比較的誤差評估參數值。標準影像的 R、G、B 的平均值分別為 143.34、106.08、132.42。表 4-5 中 R、G、B 的平均值在校正前與標準影像的值，分別相差了約 33、20、24 個灰階值，校正後則約為 25、12、16 個灰階值。在平均

差上校正後，還是沒有很大的改善，均方根誤差變小，訊號雜訊比也變大。我們發現在對室光的校正上，是有校正假體影像，但是並不能有很明顯的效果。圖 3-10 為校正前及校正後影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的差值。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值。從圖形上我們可以發現，校正後影像的 R、G、B 值與參考影像的 R、G、B 值差值並沒有很大的改變，表示校正後影像與參考影像相差還是很大，並不能達到校正的效果。從數據與圖形，可看到在 R 值、G 值與 B 值的校正上，都沒有明顯的校正效果，無法達到本研究的要求。原因是因為在室光下，假體影像變暗，分別造成 R 值、G 值與值變小，遠遠超過色板改變的幅度，使校正上無法達到我們所預期的效果校正的效果。

表 3-5 室光下，校正前及校正後影像與參考影像的誤差參數值比較表

	R 平均值	G 平均值	B 平均值	R 平均差	G 平均差	B 平均差	R_{RMSE}	G_{RMSE}	B_{RMSE}	R_{SNR}	G_{SNR}	B_{SNR}
校正前	**110.96**	**86.65**	**108.54**	**35.90**	**23.60**	**28.99**	**0.160**	**0.104**	**0.128**	**11.05**	**14.77**	**12.96**
校正後	**118.97**	**94.65**	**116.55**	**30.61**	**18.38**	**23.76**	**0.136**	**0.083**	**0.108**	**12.42**	**16.75**	**14.47**

※ 參考影像的 R 平均值＝143.34、G 平均值＝106.88、B 平均值＝132.42

校正前	校正後
縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值	縱軸為灰階值，橫軸是 X 方向的座標值

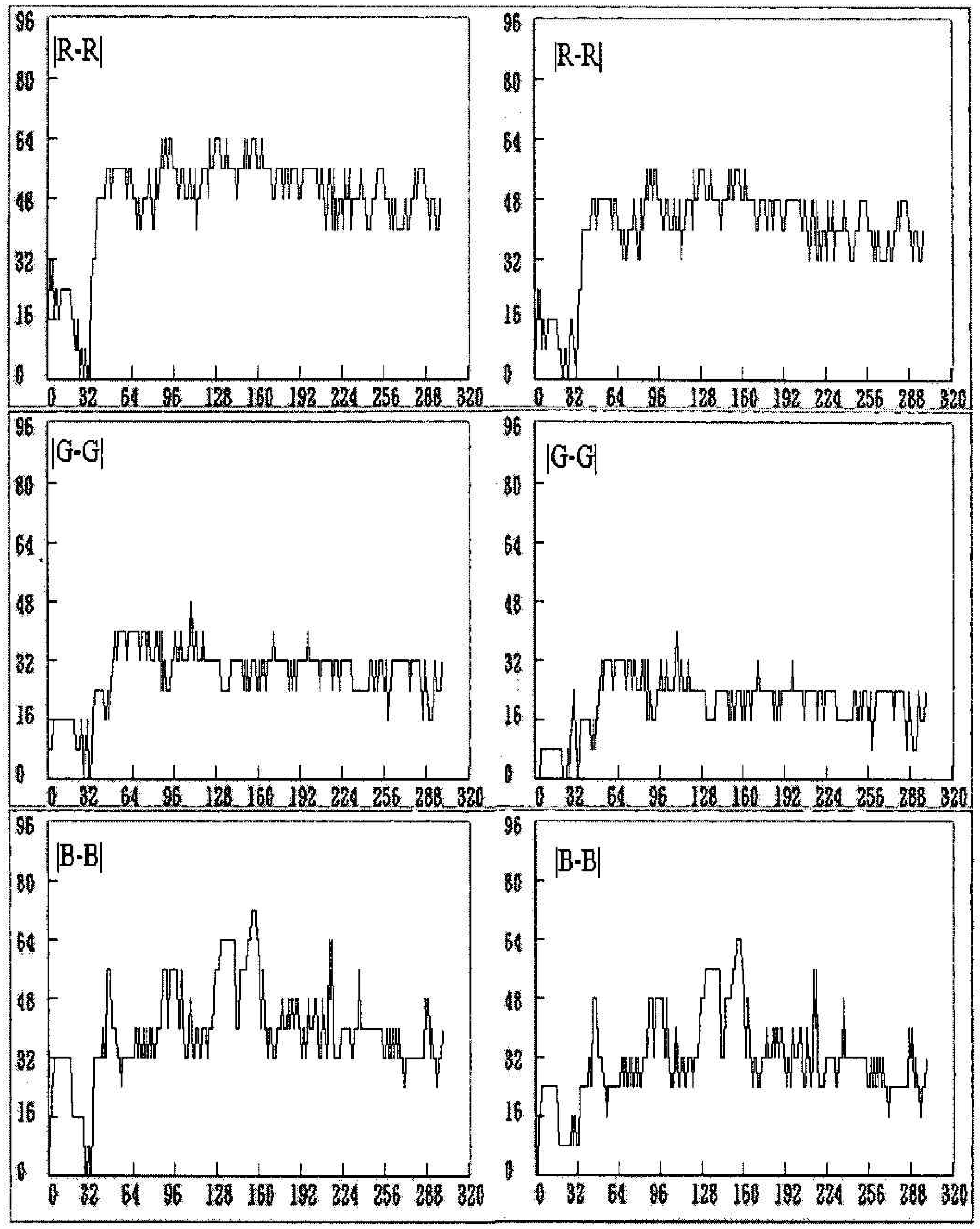


圖 3-10 室光下，校正前及校正後影像與參考影像之座標(0,100)-(300,100)的 RGB 差值比較圖。上圖為 R-R，中圖為 G-G，下圖為 B-B 的絕對值。

（三）、假體實驗結果討論

在整體校正上，灰階板的 R、G、B 值相差兩個灰階值內，在校正上沒有明顯的效果。但是由於灰階板 R、G、B 值只相差兩個灰階值，表示擷取

的影像是一個均勻性的影像，並不需要做整體的校正，對灰階差異較大的影像，則能達到校正的效果。

在R、G、B標準的校正上，在藍光（強光）下與室光與控制光下，校正的效果非常好；而在室光下（較暗），並沒有明顯的校正效果。也就是說，只要有我們研究中的控制光源，就能達到我們所希望的校正效果，將做為我們擷取舌影像時，校正的依據。由假體實驗，我們可以確定這兩種校正方法，能在我們的研究中被採用。

二、舌特徵的分析結果

在舌色與苔色的分析中，我們在三種不同光源下，擷取了 15 張舌影像做測試影像，作為建立舌特徵分析之初步依據。先經影像的校正，再區別舌特徵，其中包括舌色與苔色的區別、舌色中的紅色、淡紅色與暗紅的區別與苔色中黃苔與白苔區別。三種光源環境，一是用三個省電燈泡當光源，研究中以頭部檢查架下方的白板中心線頂端為參考原點，白板是 XY 方向，座標單位是公分。三個省電燈泡位置座標分別為（22,5,76）、（-22,5,76）與（0,5,76），擷取五張影像。二是用兩個省電燈泡當光源，位置座標分別為（22,5,76）與（-22,5,76）擷取六張影像。三是與二的光源一樣，燈光的座標為（22,-16,76）與（-22,-16,76），擷取四張影像。攝影機在座標(0,10,40)的位置，焦距為 35 公分。本節中將對分析的結果作一個說明。研究中是從舌影像中先分舌色與苔色兩部份，再個別分出舌色中的顏色與苔色中的顏色。

（一）、舌色與苔色的分析

在舌色與苔色的區別上，主要是用舌色與苔色分析程式來分析。分析結果分為兩部份，一是將十五張測試影像依照第三章所述的分割比例，每張分成舌左、舌中、舌右與舌尖四張影像，共 60 張影像作分析。二是觀察整張影像的直方圖作分析。由於攝影機擷取的舌影像中舌苔會有擴散的現象，造成影像中太小的舌苔並不明顯，而舌色受到舌苔擴散的影響，也有與舌苔較為相近的舌色。研究中將不明顯的舌苔與受影響的舌色，定義為不明顯的舌色與苔色；而其他的舌色與苔色定義為明顯的舌色與苔色。

在第一部份，將分割舌影像的四個部份，分別用舌色與苔色分析程式取樣舌色與苔色各 11 點做記錄。例如我們用左邊的舌影像，如圖 3-11 所示，使用滑鼠點在左邊影像中舌色與舌苔各取 11 點記錄之。觀察記錄點R、G、B值，H、S、I 值，公式 2-1 中所述的比例一值與公式 2-16 中所述比例二值，找出相關的臨界值，作為區分舌色與苔色的值。再將十五張測試影像的左邊影像臨界值記錄，找出適合每一個影像的臨界值。我們發現在 G 值上，能區分較為明顯的的舌色與苔色的臨界值，如表 3-6。在表中

舌色一列是 11 點舌色記錄中的極大值，共有 15 個測試影像的舌左影像舌色極大值。苔色一列是 11 點苔色記錄中的極小值，共有 15 個測試影像的舌左影像苔色極小值。圖 3-12 為表 4-6 的曲線分佈圖，由圖中我們發現，苔色的極小值皆大於舌色的極大值，且 G 值為 80 為很好的臨界值。大於 80 為苔色；小於 80 為舌色。我們用同樣的方法對舌影像舌中、舌右與舌尖的部份作分析，取得 G 值的臨界值，區分其他部份的舌色與苔色，數據在附錄一中。

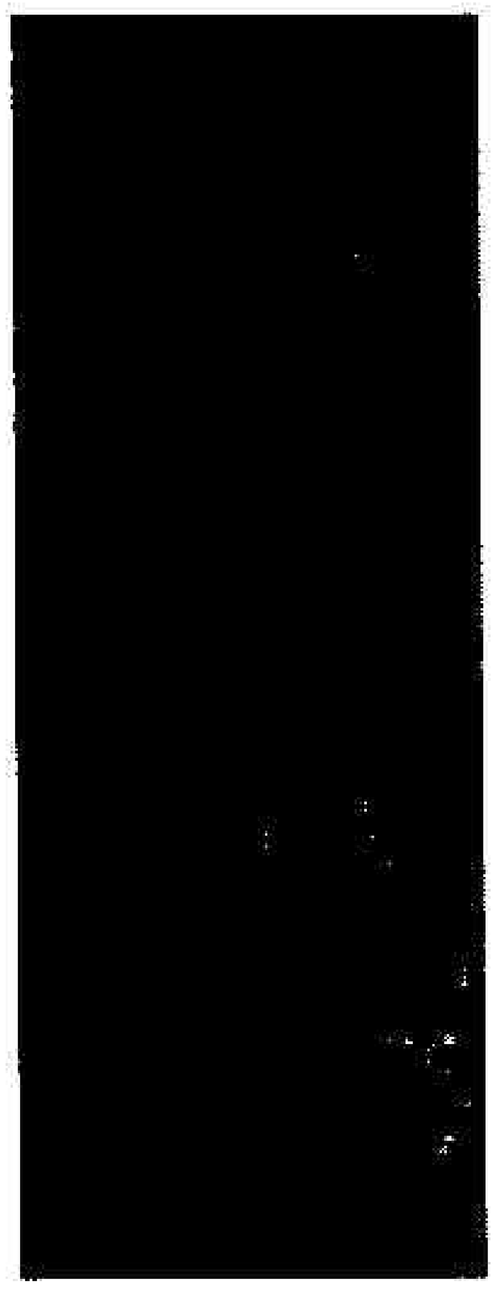


圖 3-11 舌色與苔色的分析中，第一個測試影像左邊影像部分。

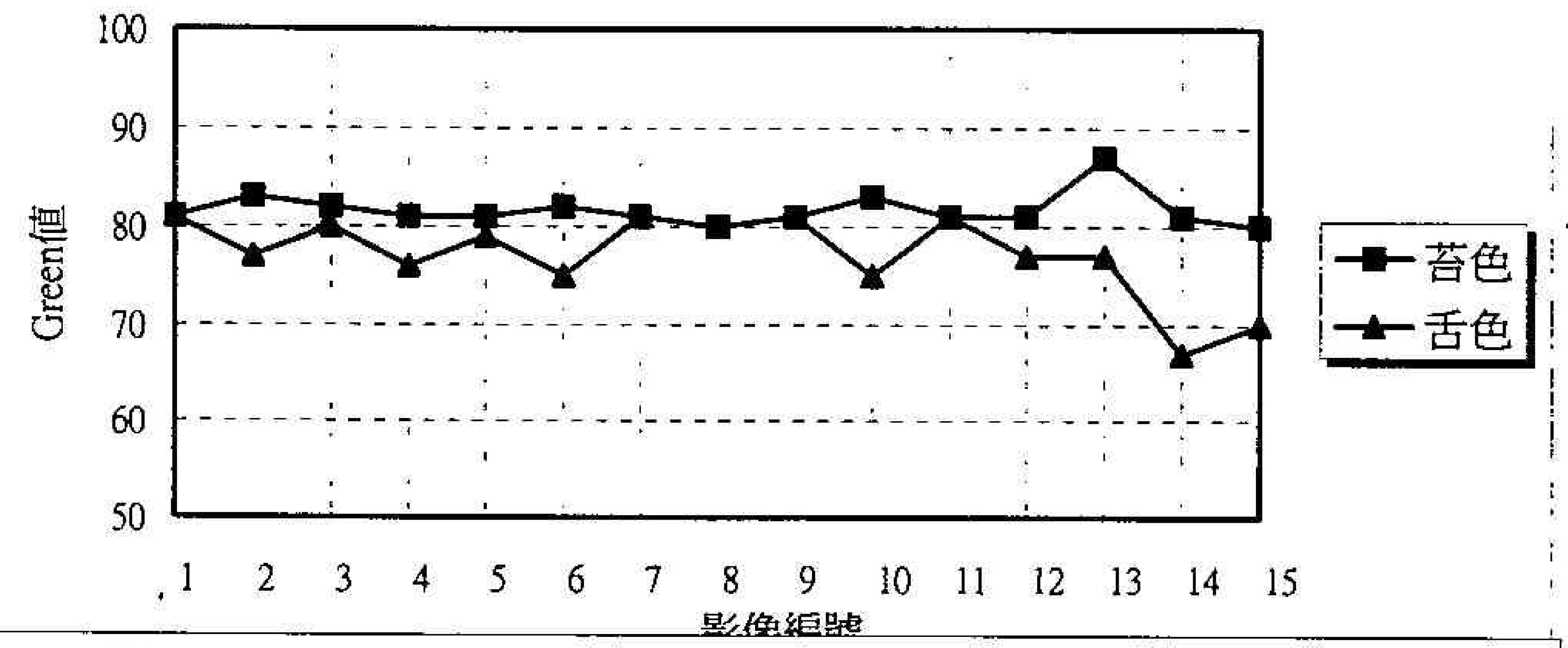
在較為不明顯的舌苔與舌色的分析上，發現 B、I 值也是可以來區分舌色與苔色，但沒有像 G 值如此明顯。我們運用與區分 G 值相同的方法，記錄 11 點舌色與苔色，發現並不像 G 值有明顯的分界，但對大部份的記錄點而言，是舌苔值大於舌色值。我們記錄能分成苔色的最小臨界值，在最小臨界值以上沒有舌色的記錄點，只要大於最小臨界值 B 與 I 值為苔色。例如圖 3-11 左邊舌影像苔色的 B 與 I 的最小臨界值數據如表 3-6 第一欄。15 個測試影像的左邊部份苔色臨界值分佈曲線如圖 3-13 與 3-14，在分佈圖曲線以下的灰階值為舌色，以上為苔色。研究中採用曲線中 15 個左邊測試影像 I 與 B 最小的臨界值，B 值的臨界值是圖中第十三個影像為 93，I 值的臨界值是圖中第六個影像為 36，由於取測試影像中最小的臨界值，所以運用”和” (and) 的方式，當作區別的臨界值。其他部份的分析表在附錄一中。

表 3-6 十五張測試影像左邊部份，區分舌色與舌苔的臨界值表

影像代碼		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Green	舌	81	77	80	76	79	75	81	80	81	75	81	77	77	67	70
	苔	81	83	82	81	81	82	81	80	81	83	81	81	87	81	80
Blue	舌															
	苔	96↑	96↑	98↑	100↑	99↑	97↑	96↑	96↑	96↑	101↑	96↑	99↑	93↑	96↑	95↑
I	舌															
	苔	37↑	38↑	38↑	38↑	37↑	36↑	39↑	39↑	38↑	38↑	38↑	38↑	39↑	38↑	37↑

表中 B與I值的苔色為最小臨界值，↑表示在臨界值以上是苔色，舌色並沒有可區分的值，所以表中是空白。

※ 在本研究中之 I 值，在[0,100]之間



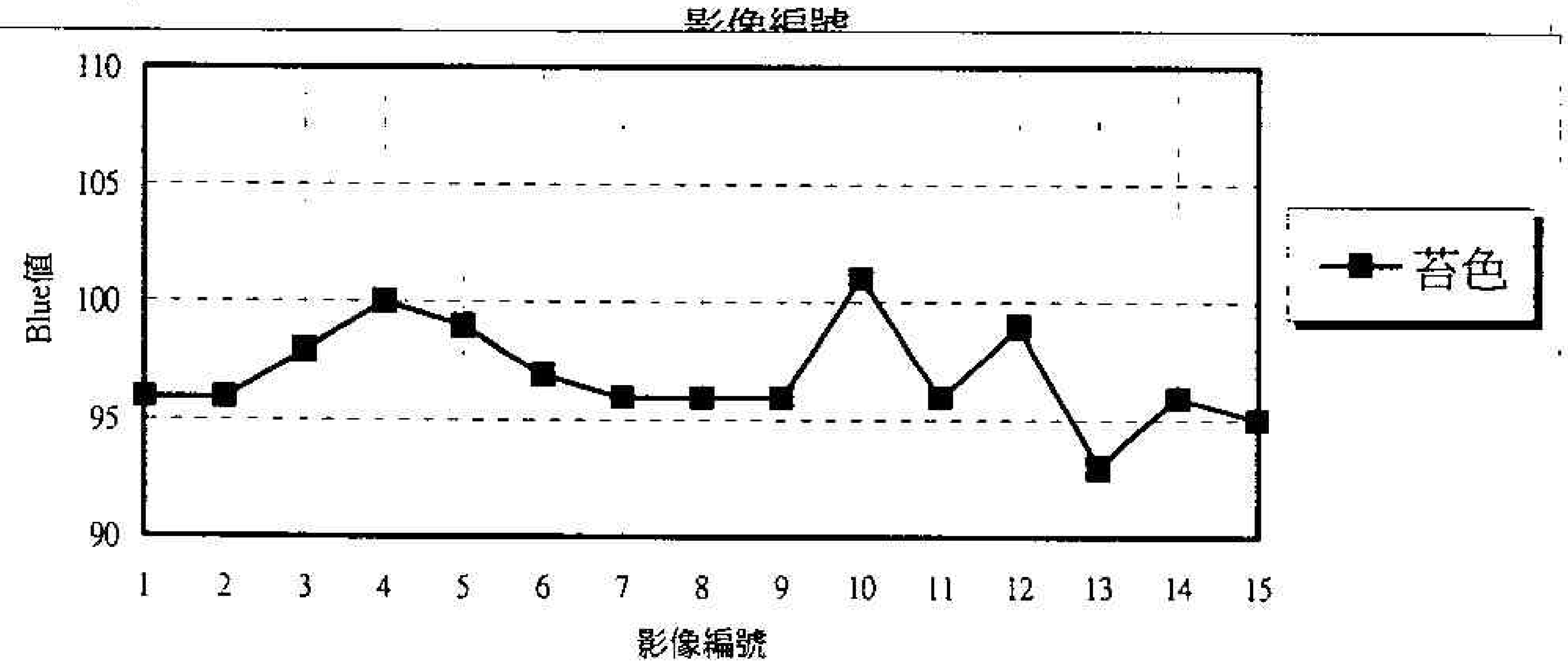


圖 3-13 區分舌苔的B值最小臨界值曲線圖。在曲線以上為苔色，以下為舌色

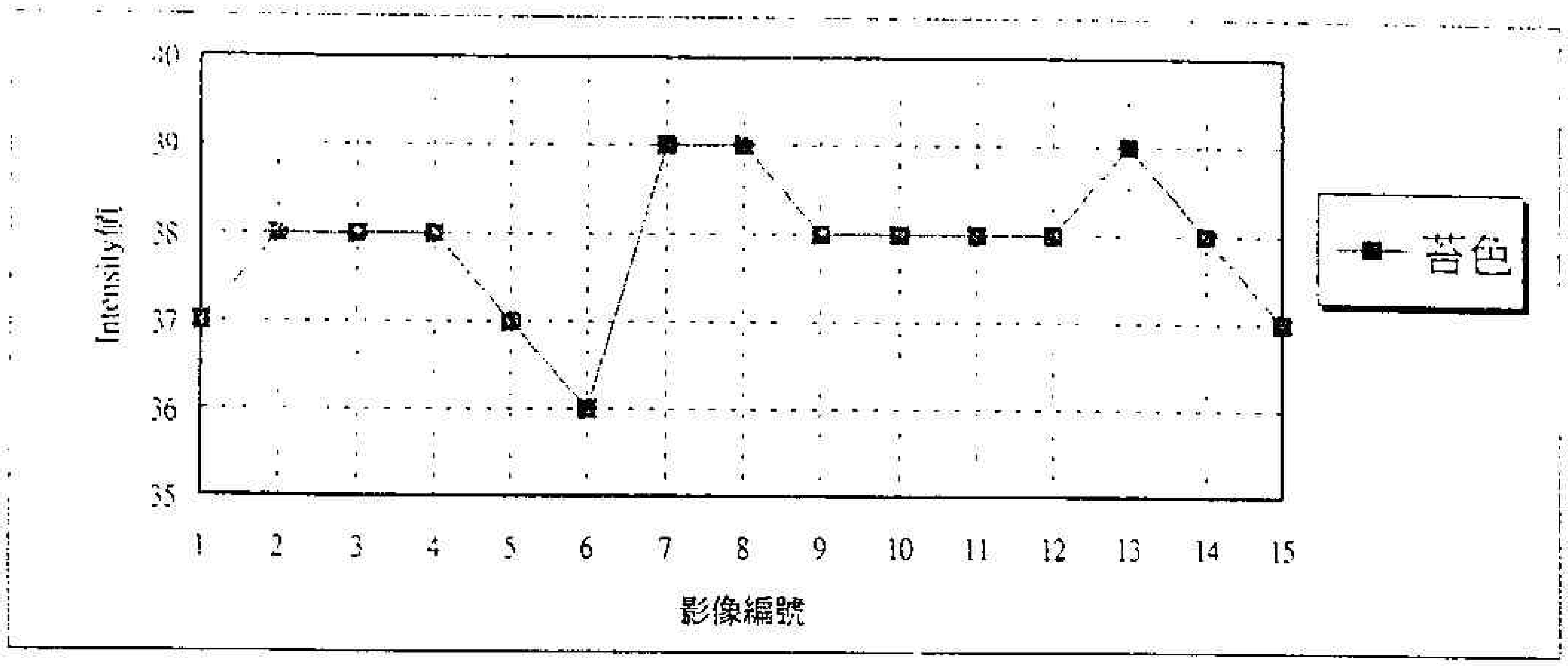


圖 3-14 區分舌苔的 I 值最小臨界值曲線圖。在曲線以上為苔色，以下為舌色

※ 在本研究中之 I 值，在[0,100]之間

第二部份是觀察整個舌影像的直方圖(Histogram)，我們共觀察的 R、G、B 值與 H、S、I 的直方圖分佈情形。在 R、G、B 值的直方圖上，並不能區分出兩個不同的區域，所以無法取得臨界值區分。在 H (Hue) 值上的直方圖上發現有明顯的兩個臨界值，如圖 3-15 所示。圖 3-15 是測試影像中，第一張影像有關 H 的直方圖，我們用臨界值去區分兩部份影像時，在分割 H 約小於 30（108°）的部份，發現是黃苔。在第一章中的 HIS 模型中，H 小於 30 是在黃色系，而 H>70（252）在紅色系。而舌頭中的舌特徵中，只有黃苔是黃色系。表 3-7 為十五張測試影像的直方圖臨界值區分，圖 3-16 為直方圖臨界值曲線圖。在我們的研究中，H 的臨界值被利用來分舌苔。圖 3-17 為原始影像，圖 3-18 是利用 H<30 分出的黃苔，圖中有少許舌色 H 值小於 2，所以我們取黃苔的臨界值在小於 33、並大於 2。

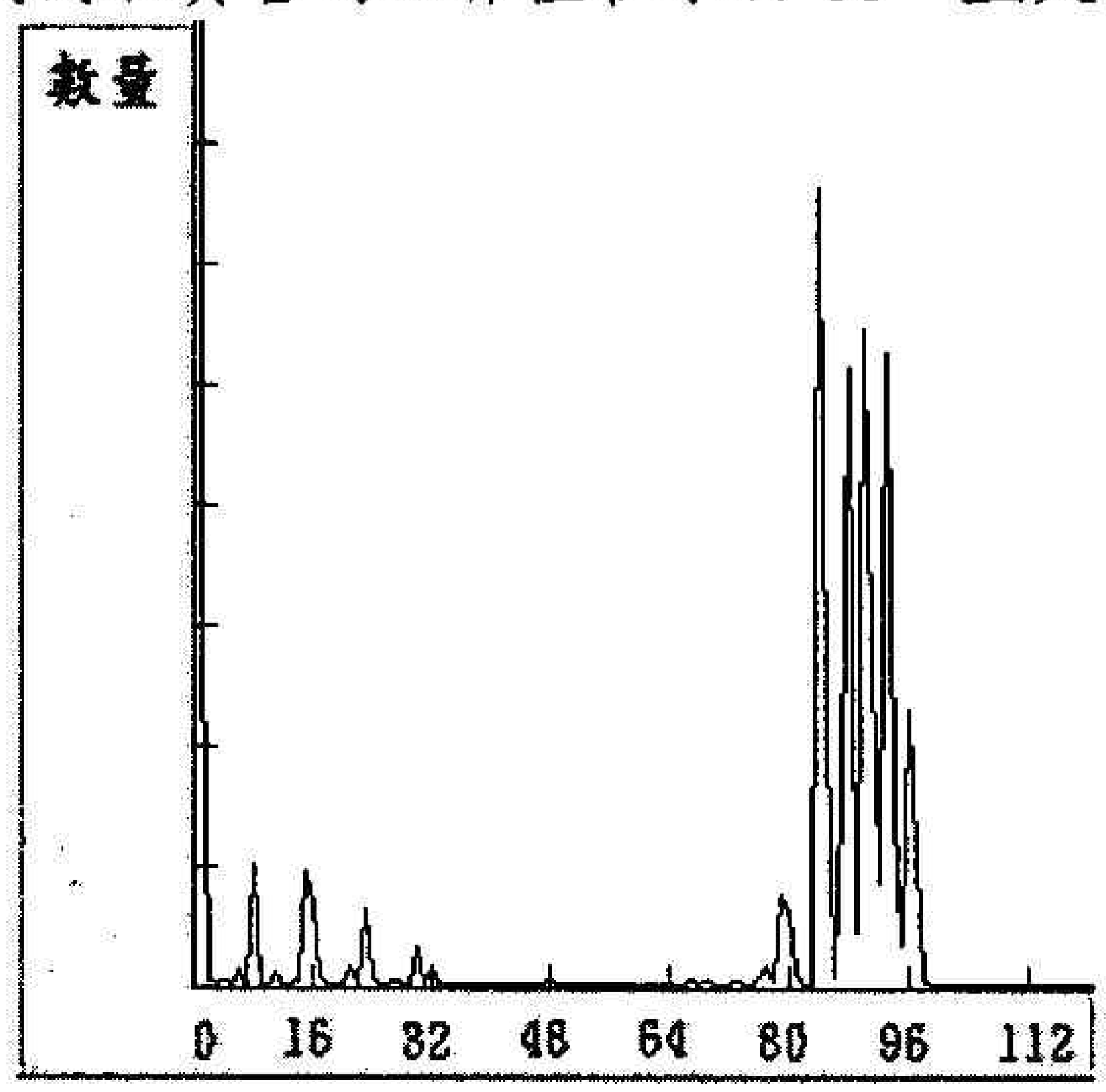


圖 3-15 測試影像中，第一張影像H值的直方圖

表 3-7 十五張測試影像的H值直方圖的臨界值表

H值	影像	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	黃苔	33	8	8	28	33	33	8	18	12	17	33	14	28	30	25
	其他	68	75	72	66	67	66	70	70	75	66	66	70	66	66	72

※ 在本研究中H是在[0,100]之間

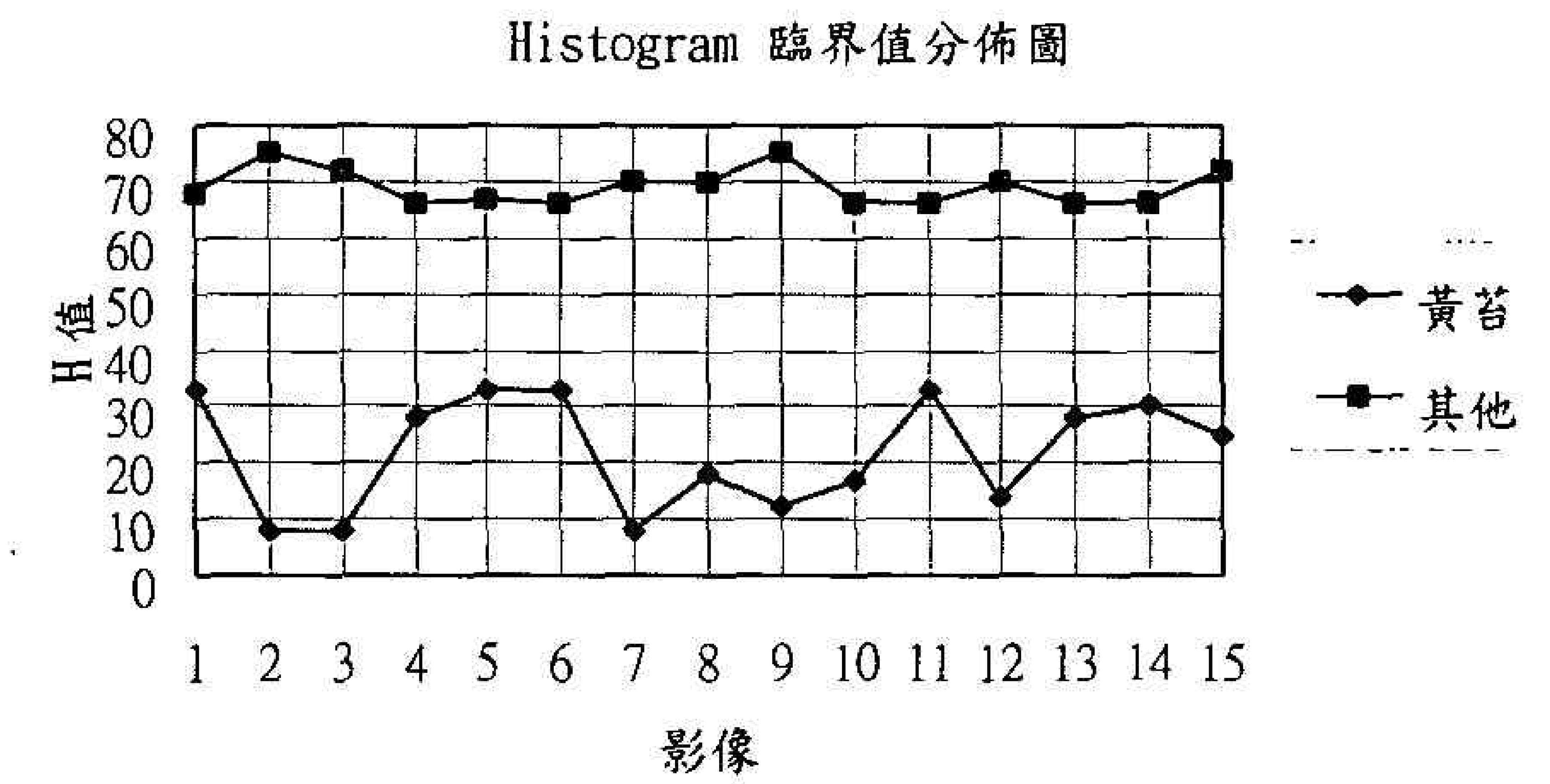


圖 3-16 測試影像H值直方圖臨界值曲線圖

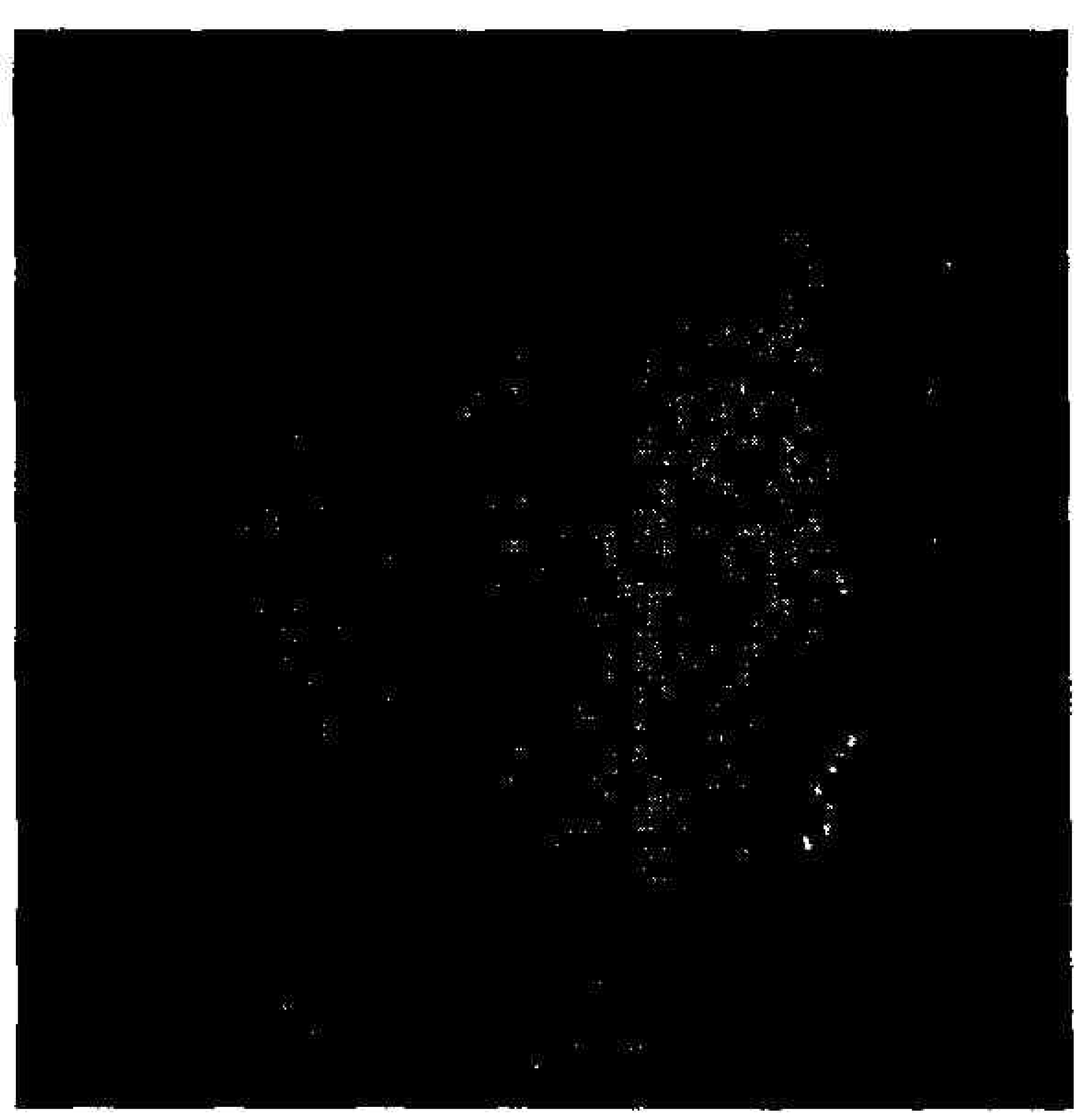


圖 3-17 為原始影像

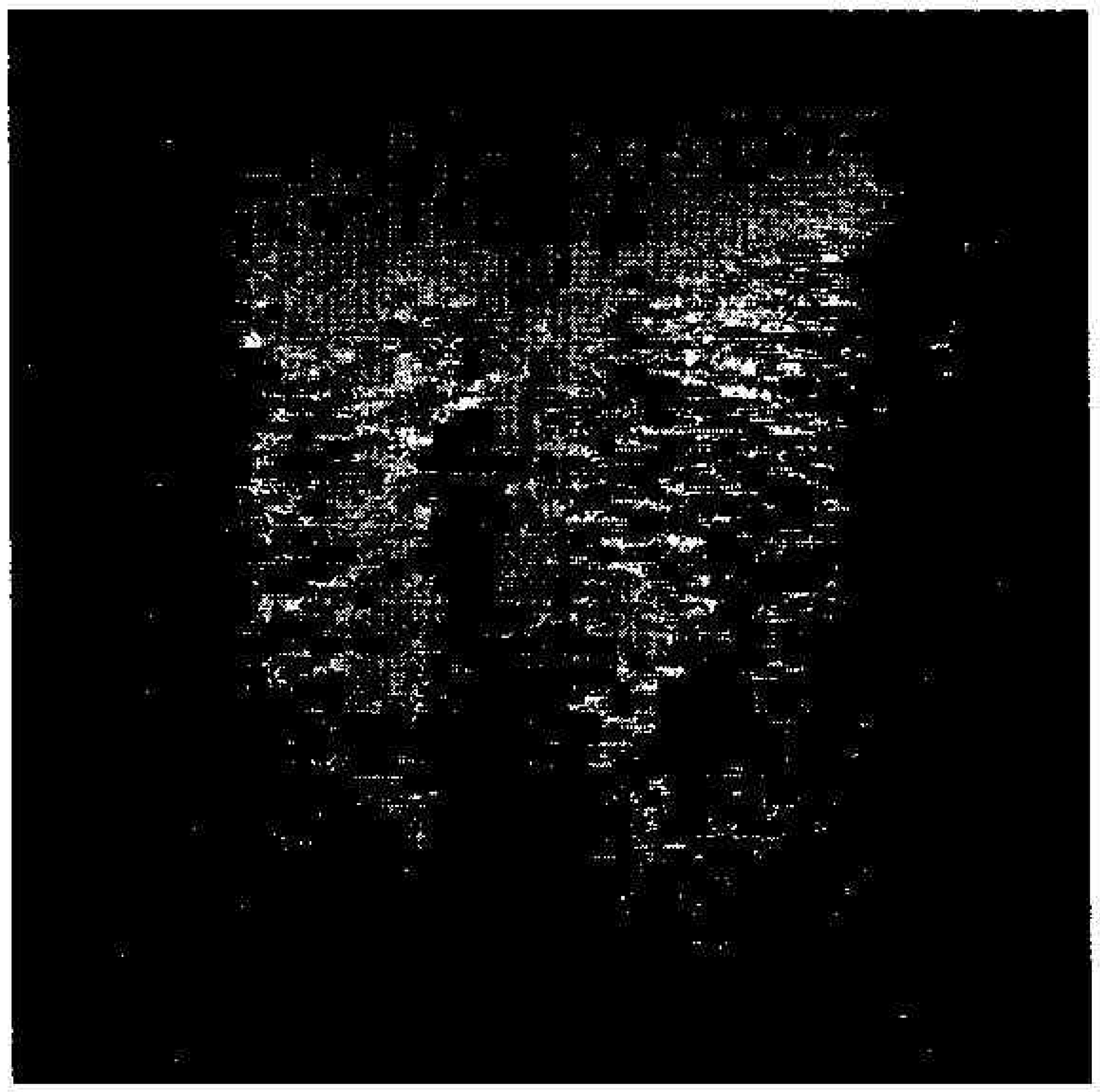


圖 3-18 是利用 H<30 分出的黃苔圖

綜合上述的三種舌色與舌苔的區分結果，我們利用 G 值的臨界值分出較明顯的舌色與苔色。利用 B 值與 I 值"和"(and)的關係，分出較不為明顯的舌色與苔色。利用直方圖的 H 值，將黃苔由舌影像中分出。三種方法的是用"或"(or)的關係所組合。舌影像的四個部份經過上述的處理後，有四部份的臨界值，來區分舌色與舌苔兩部份。

(二)、舌色與苔色的個別分析

在我們的研究中，對苔色的分析與上一小節的直方圖分出黃苔的方法是一樣的。當 H 小於 33(118˚)，我們將舌苔歸類為黃苔；H 大於 66(237˚)歸類為白苔。

對於舌色的分析，我們利用舌色與苔色分析程式，對淡紅色色板、紅色色板與暗紅色色板的彩色值作分析。發現紅色色板的 g (G/(R+G+B))值是在 0.19~0.23 之間；而淡紅色色板的 g 值是在 0.25~0.27 之間；紅色色板與淡紅色色板的的 b (B/(R+G+B)) 值分別在 0.23~0.29 之間與 0.34~0.35 之間，與舌影像的 g 與 b 值很相近。兩種色板的其他的彩色值，雖然也有明顯的差異，但是與舌影像的值差距較大，無法作為區分舌色與

苔色的依據。所以我們利用 g、b 值作為區分淡紅舌與紅舌的依據。表 3-8 對十五張測試影像，用分析程式滑鼠取淡紅與紅色的舌色各 11 點，記錄之，取淡紅色 g 的極小值與紅色 g 的極大值比較，找出適合的臨界值。圖 3-19 為臨界值的曲線圖。

在本研究中以 g>0,26 and b>0.33 為淡紅舌，來區分紅與淡紅舌。

表 3-8 十五張測試影像的淡紅與紅舌的 g 值的臨界值表

影像代碼		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
G/(R+G+B)	淡紅	0.26	0.27		0.27	0.27	0.31		0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.25	0.27	0.27
	紅	0.26	0.26		0.26	0.26	0.25		0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.26	0.25

沒有值表示為粉紅舌

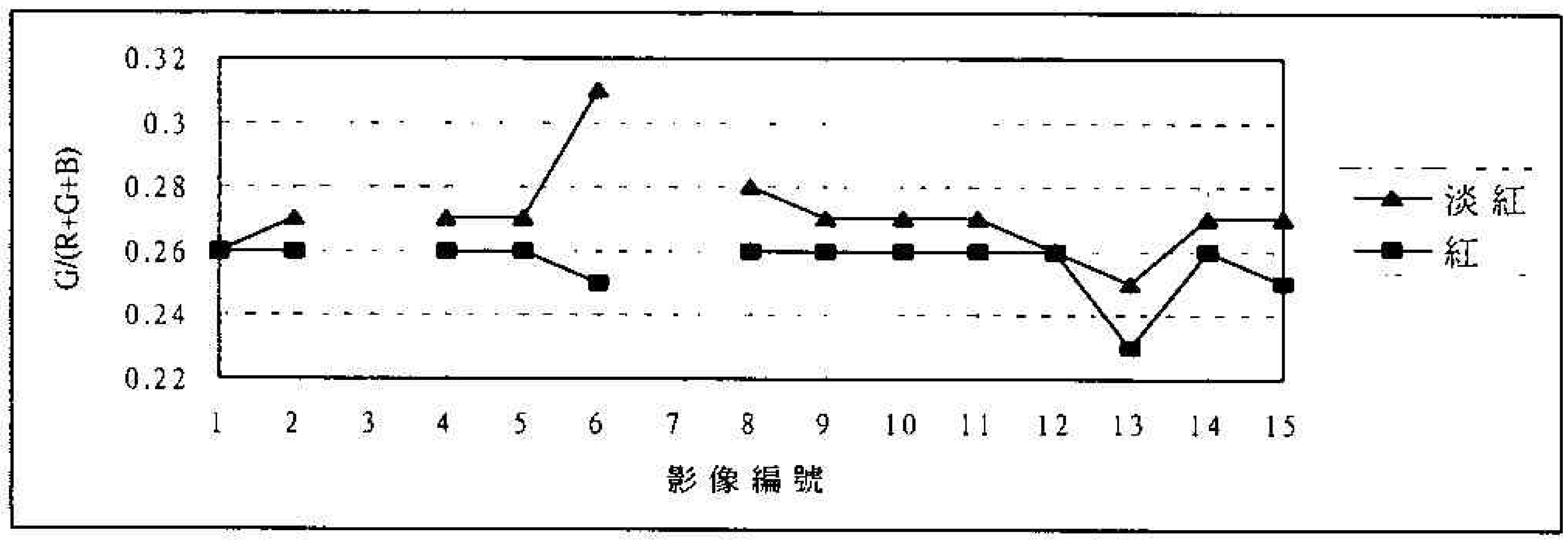


圖 3-19 十五張測試影像的淡紅與紅舌的 g 臨界值的曲線圖。沒有值表示為粉紅舌

在暗紅舌的區分中，色板的 g 與 b 值在淡紅色與紅色間，無法作為區分的標準。測試影像的暗紅點也非常少，並且在舌根部的舌色因為光源，使舌色變暗，造成分析上的困難。在研究中我們根據暗紅色的 R、G、B 值(and 的關係)小於紅色與淡紅色，分出暗紅舌。表 3-9 是 15 張測試影像，用分析程式記錄 11 點的暗紅舌，取記錄中 11 點暗紅色 R、G、B 極大值的結果。只要影像小於表中的值為暗紅色，表中空白部份，是沒有明顯的暗紅色可分的影像，無法取道暗紅色的點。圖 3-20 是暗紅色 R、G、B 極大值的曲線圖，在曲線下方為暗紅色。由於我們是採用"和"(and)的關係，所以在研究中暗紅色的臨界值，取十五個影像中最大的臨界值，即表中第八個影像的臨界值是(84，68，72)。為了配合上述紅色與淡紅色的區分方法，在舌色的區分上，我們先分出暗紅色，臨界值為 R、G、B 值小於(84，68，72)，再用 g 與 b 值去區分出淡紅舌與紅舌，臨界值分別為 g>0,26"和"(and) b>0.33 為淡紅舌。

表 3-9 測試影像暗紅舌的R、G、B的極大值表

影像代碼	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
R				81	84	73	80	80	72	72	84	79		71	78
G				57	58	48	43	68	54	54	58	63		58	62
B				72	76	56	57	75	62	62	67	65		66	71

小於臨界值為暗紅色，表中沒有值表示沒有明顯的暗紅色可取

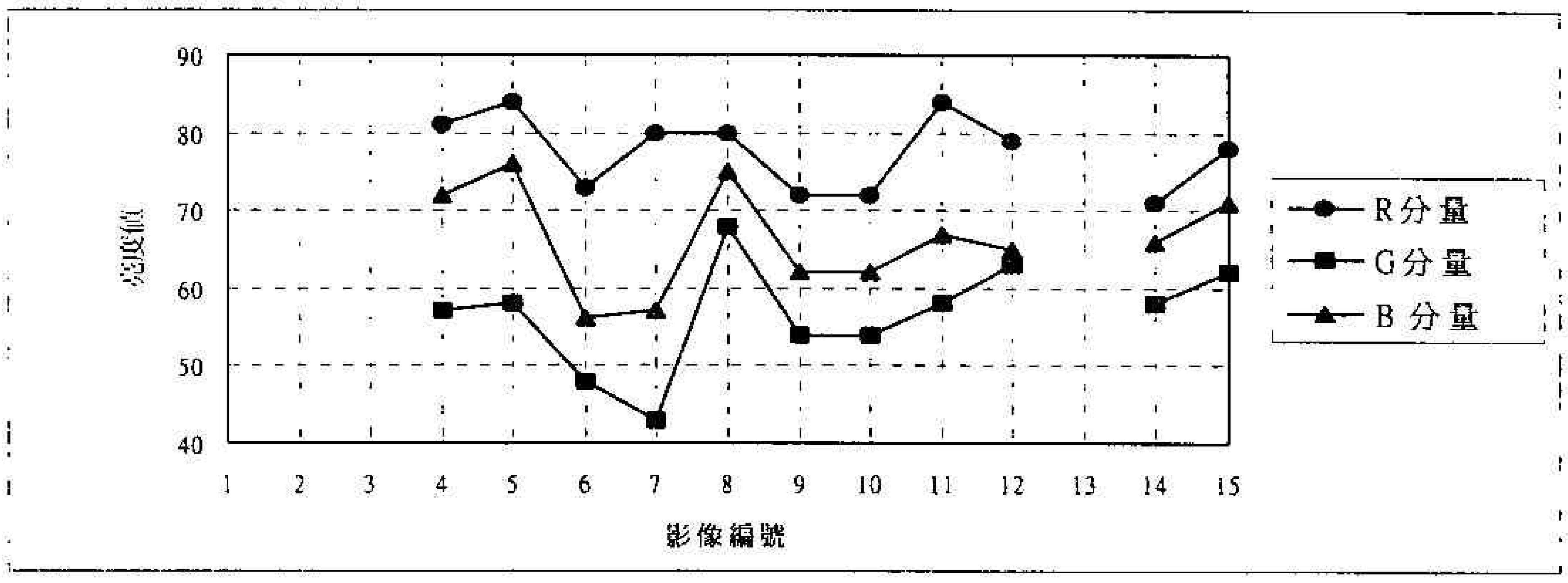


圖 3-20 測試影像暗紅舌R、G、B極大值的曲線圖。
在曲線下方為暗紅色，圖中表中沒有值表示沒有明顯的暗紅色可取

（三）、舌色與苔色區分流程與結果

綜合上節之結果，本研究訂定了舌色與苔色的區分流程如圖 3-21 所示。將舌影像的四個部份做經過舌色與苔色處理流程後，得到各部份的舌特徵結果與整體舌影像的舌特徵結果。圖 3-22 左邊部份舌影像先分出舌色與苔色兩部份，苔色分出黃苔、白苔與無法分析的影像點（error），舌色先分出暗紅，再分紅色與淡紅色，最後得到結果。舌中、舌右與舌尖也是用同樣的方法區別，但在舌色與苔色的區分是用不同的臨界值，舌特徵的結果是以百分比例表示。

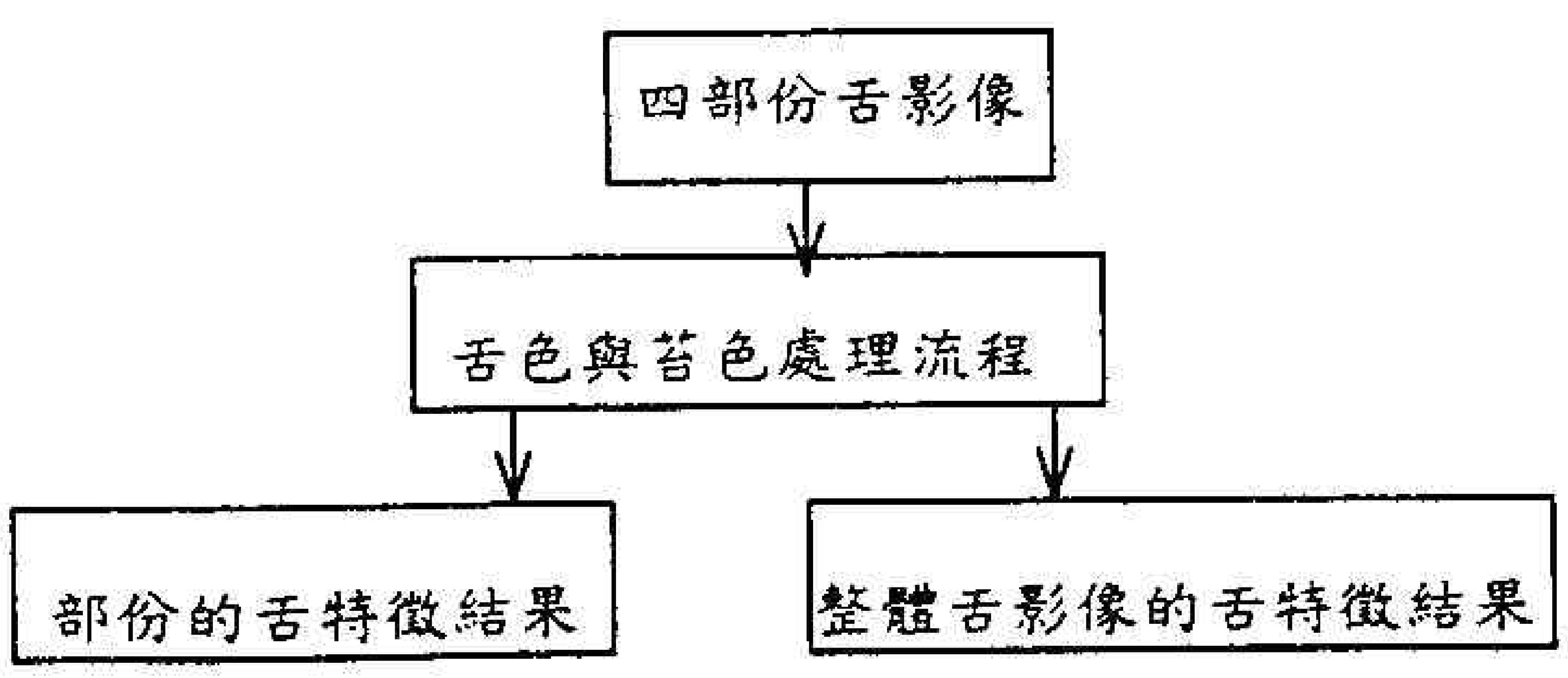


圖 3-21 舌色與苔色的區分流程圖

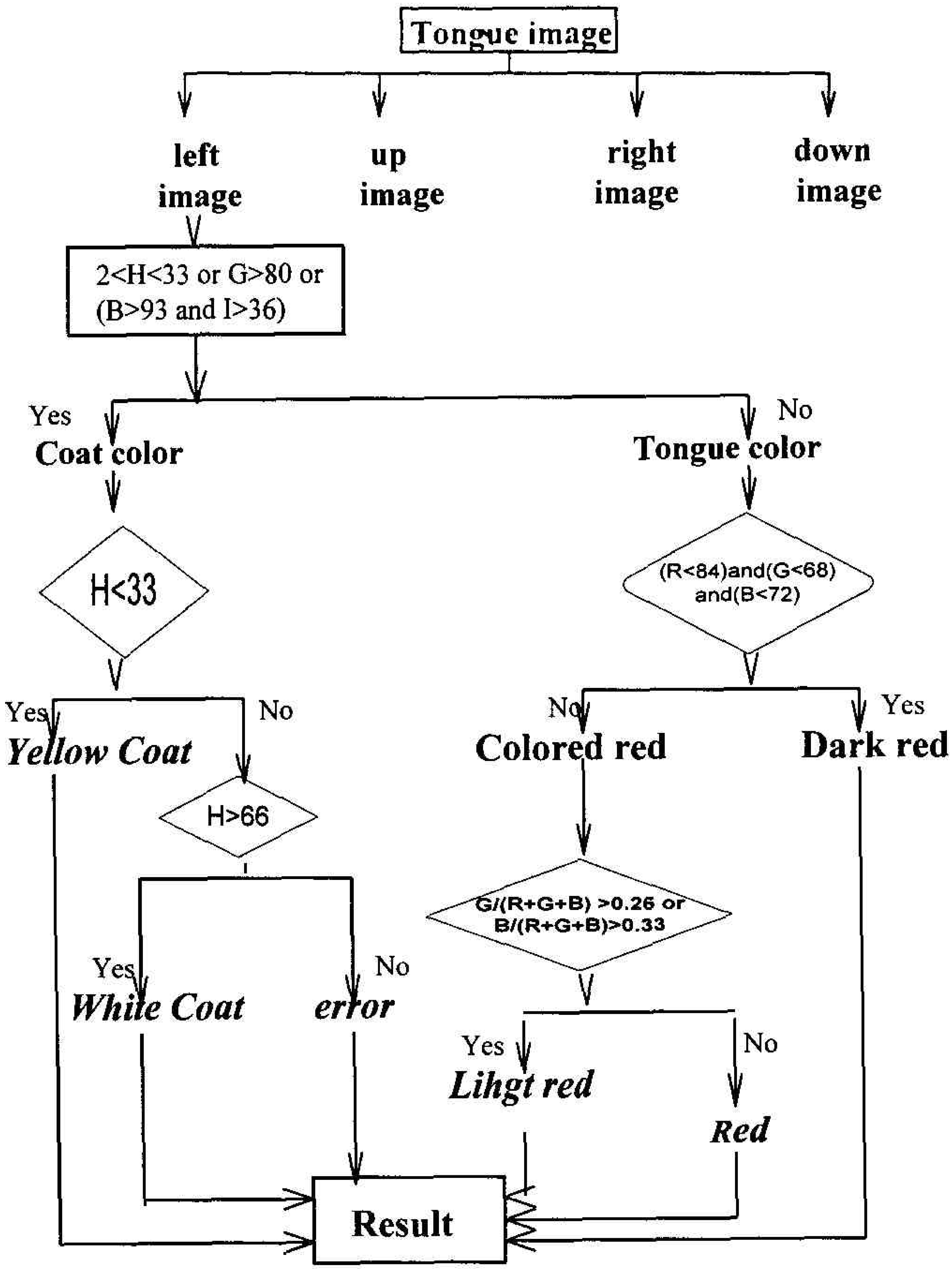


圖 3-22 左邊部份舌影像的區分流程圖

區分處理後，我們得到的整體結果，分別以影像圖表示。如圖 3-23 為原始影像，圖 3-24 為舌色圖，圖 3-25 為舌苔圖；圖 3-26 為淡紅舌圖，圖 3-27 為紅舌圖，圖 3-28 為暗紅舌圖，圖 3-29 為黃苔圖及圖 4-30 為白苔圖。

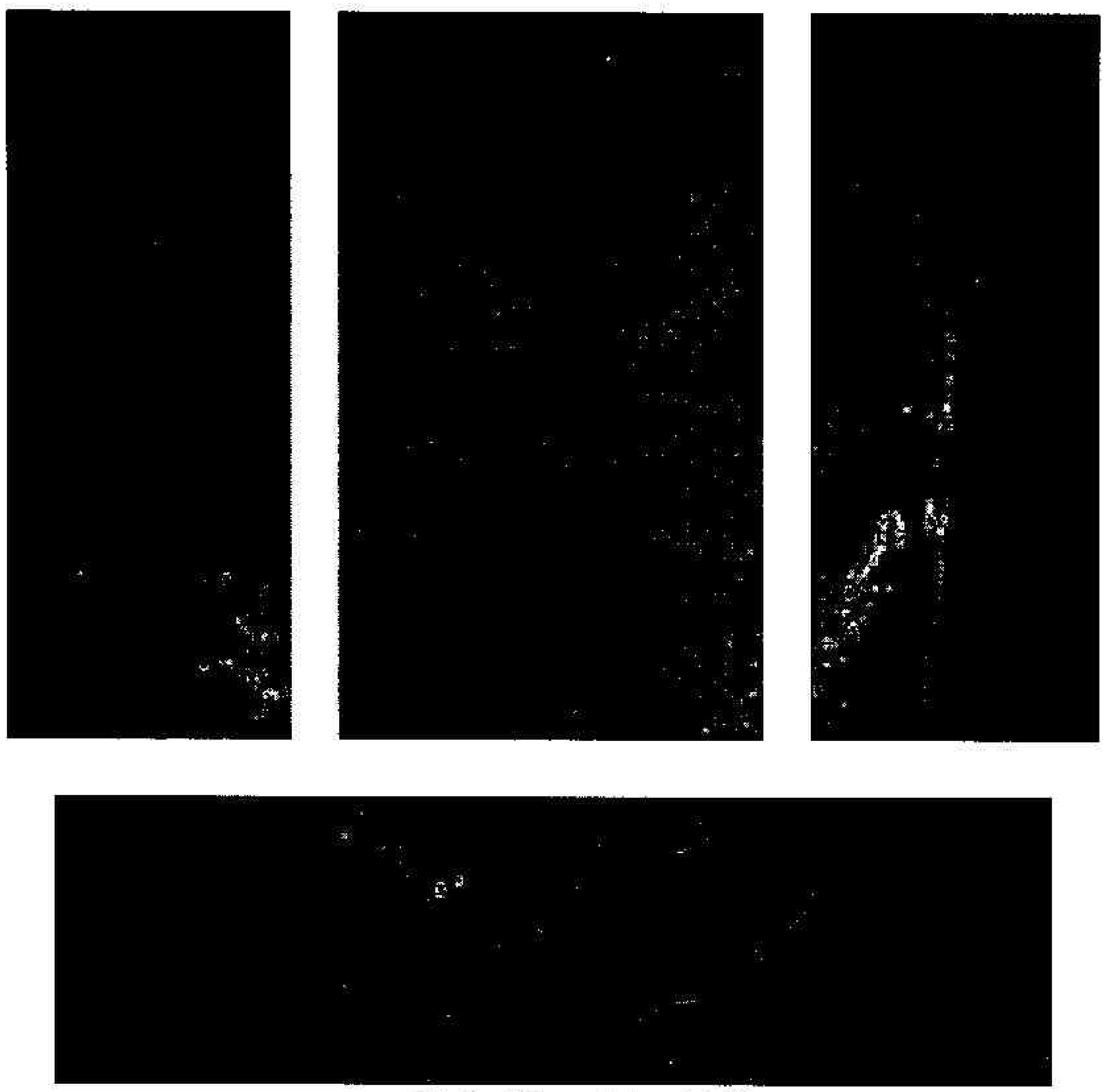


圖 3-23 原始影像

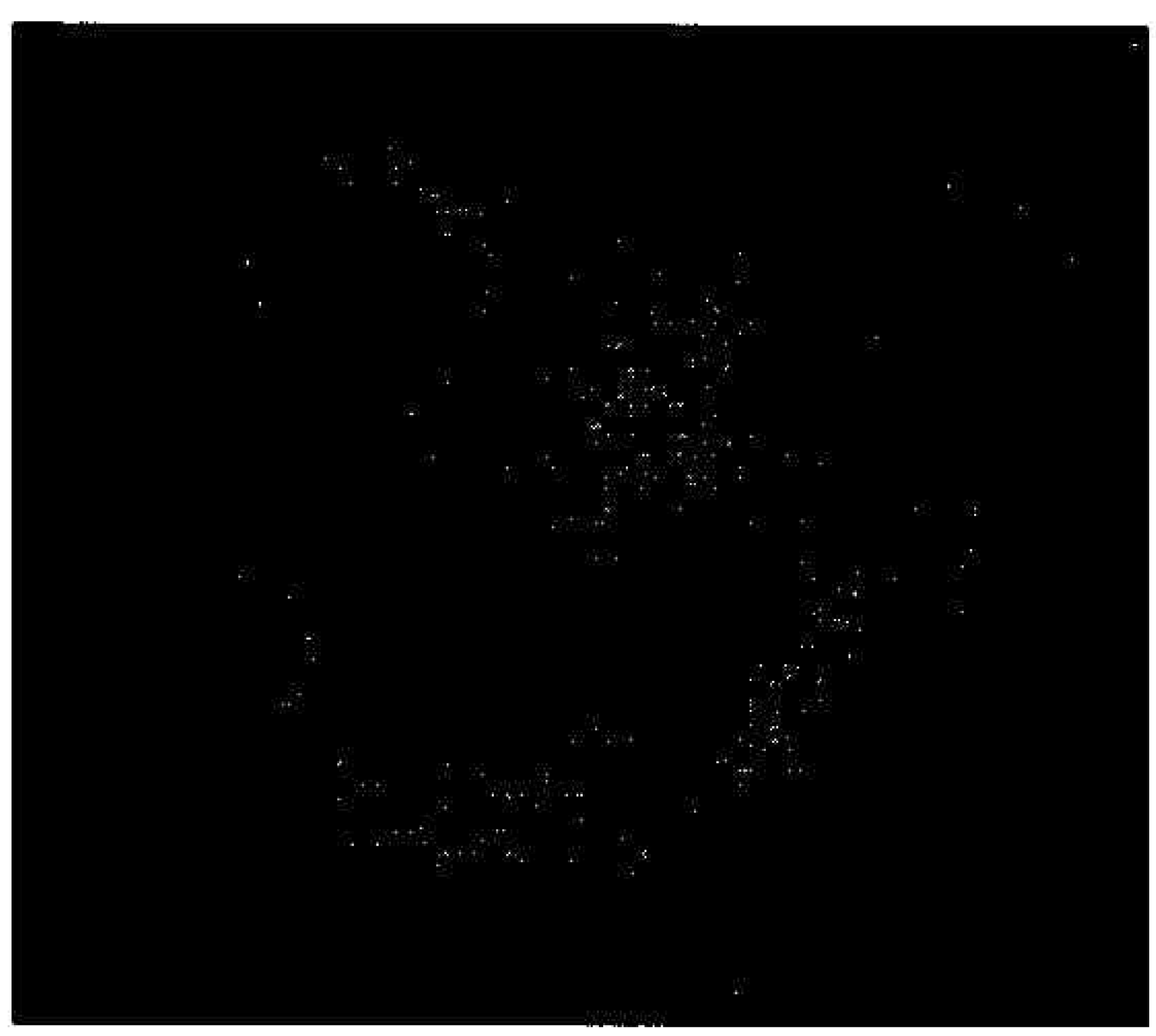


圖 3-24　舌色圖

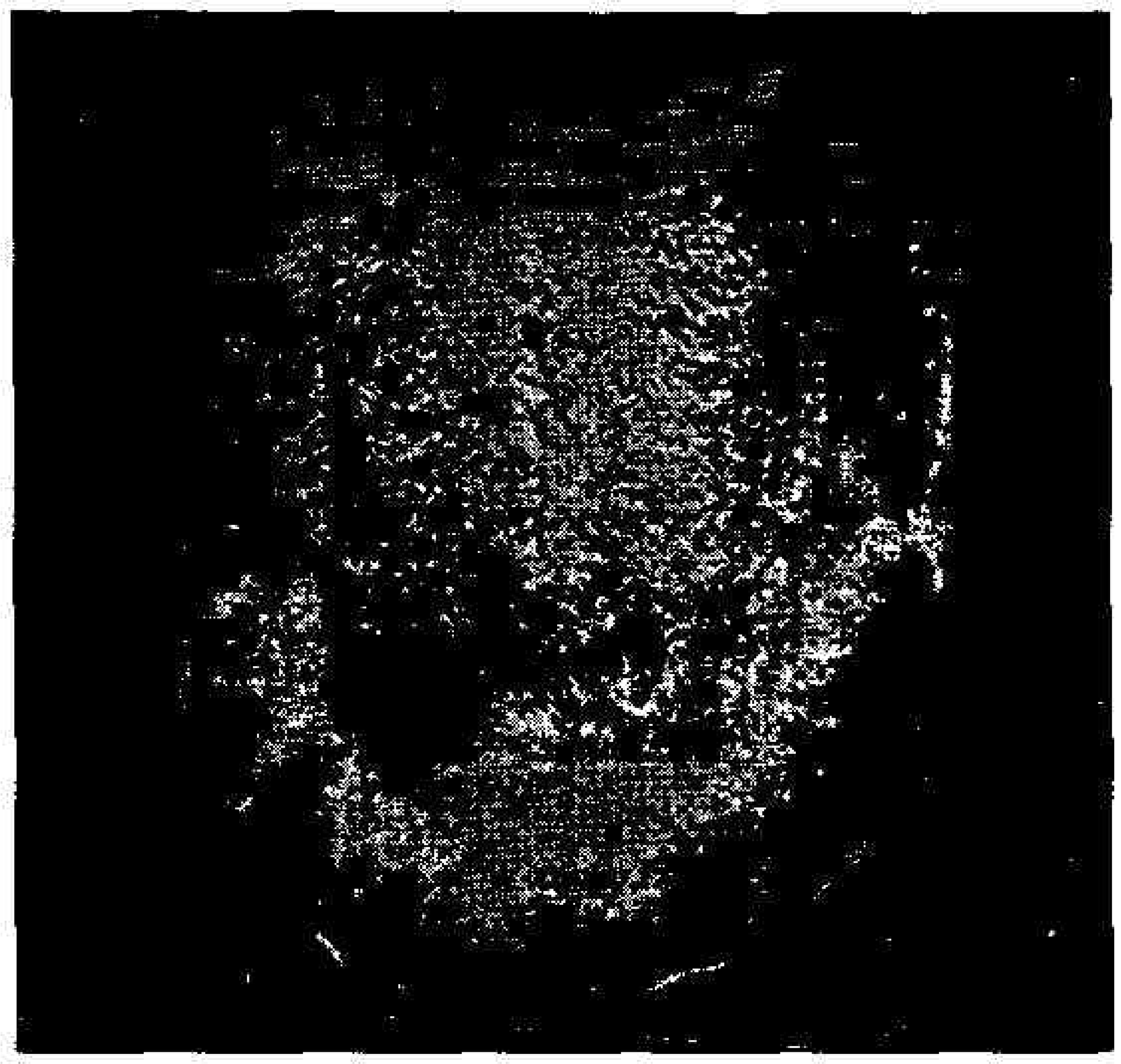


圖 3-25　舌苔圖

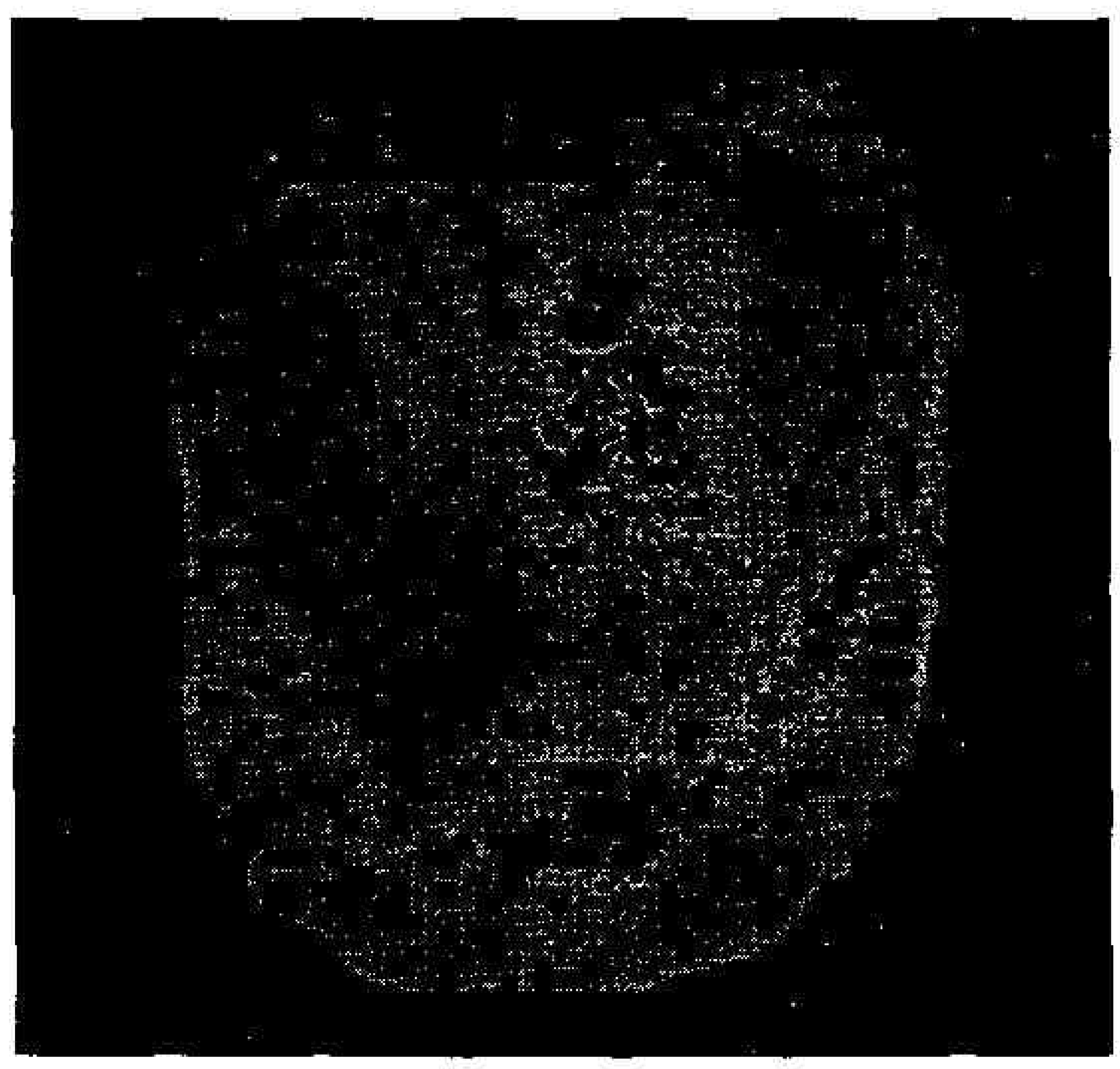


圖 3-26 淡紅舌圖

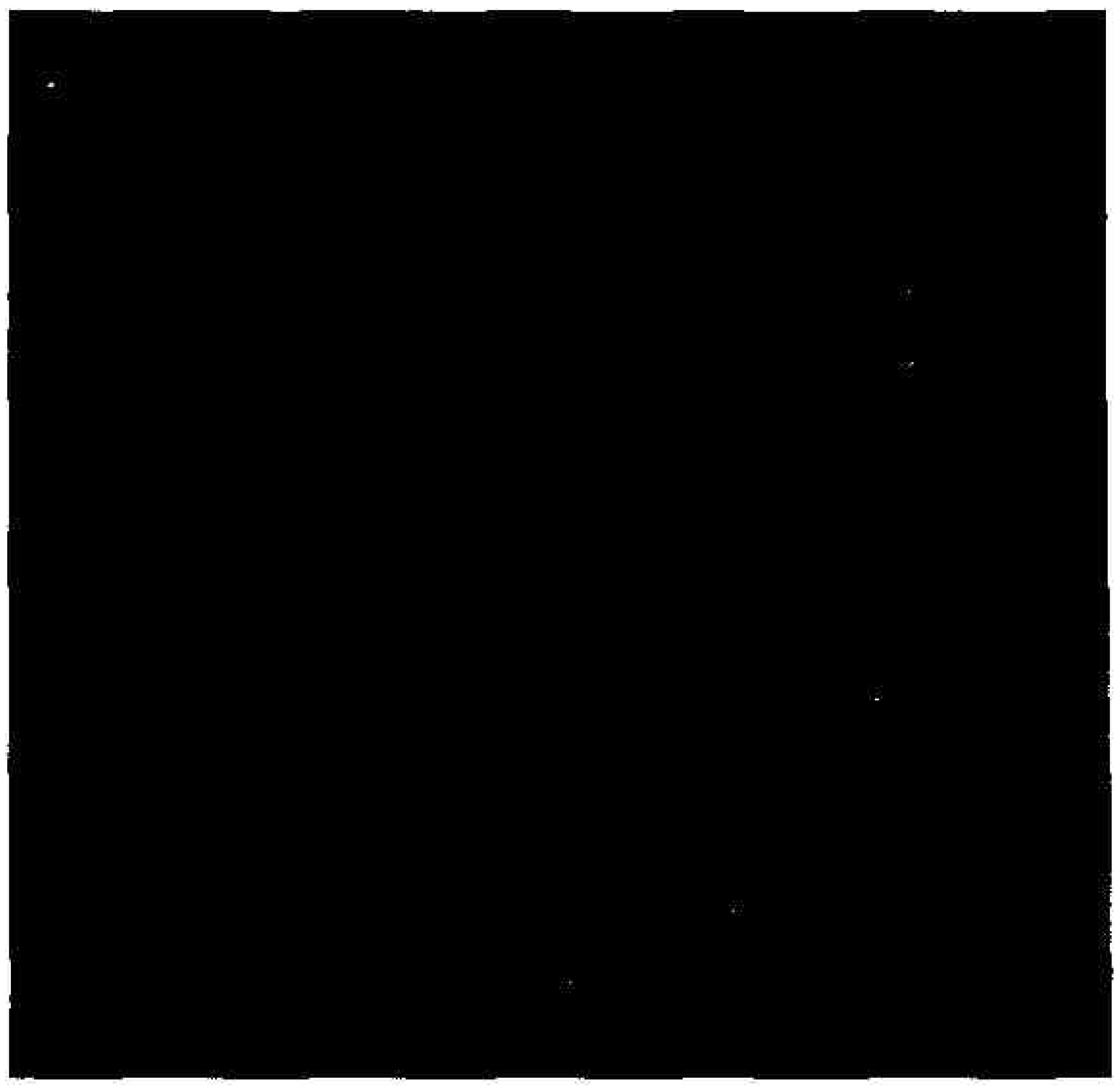


圖 3-27 紅舌圖

圖 3-28 暗紅舌圖

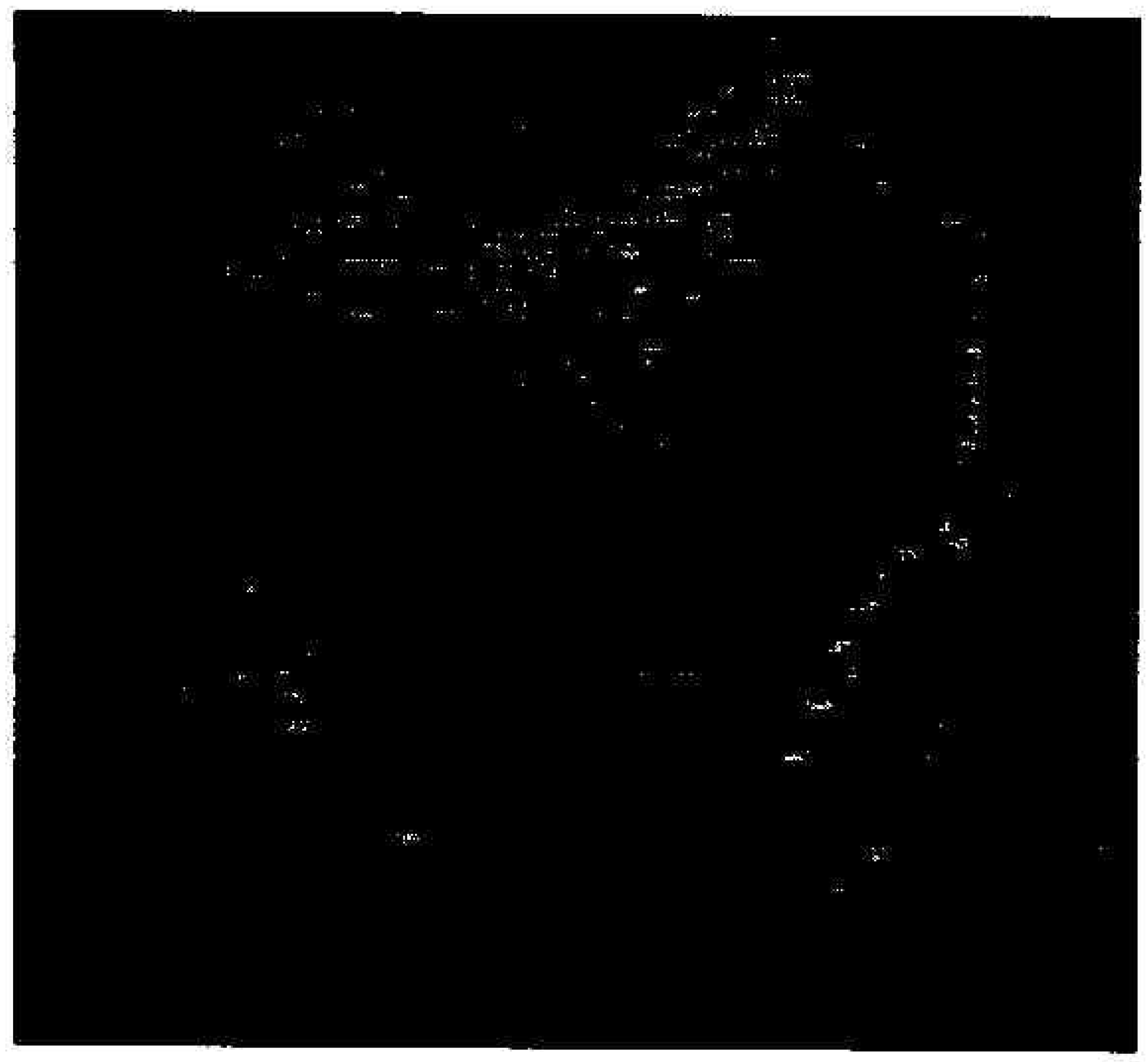


圖 3-29 黃苔圖

圖 3-30 白苔圖

（四）、舌色與苔色的結果討論

上節中區分的舌特徵的結果，在舌色圖中的只有非常少的舌苔未被區分掉，而在舌苔圖上還是有少許的舌色存在。在舌色的個別分析上，紅舌與淡白舌的區分上有很好的效果，我們可以從淡紅舌圖與紅舌圖看出。在暗紅舌圖中，發現大部份的暗紅色是在舌根，只有少部份的分佈在舌的其他部份，而舌根部份的暗紅色是因為光源的影響，並不是真正原來舌色的顏色。用H值的臨界值區分黃苔與白苔，是可以很明確的區分黃苔與白苔，我們可以從黃苔圖與白苔圖中看出。

在研究中舌色與苔色會有少許無法區分的現象，主要是彩色攝影機解析度，造成舌苔點有模糊的現象，使少許舌色與苔色的彩色值非常接近，使區分上有少許誤差。

（五）、舌形的分析結果

在舌形的分析上，主要是利用色板的長寬與面積的公分單位來換算影像單位 pixels。R、G、B 色板的長皆為 4 公分，寬為 0.5 公分，面積為 2 平方公分。為了驗證我們所用的方法，研究中用五張測試影像的 R、G、B 色板，計算換算成 pixels 為單位的長、寬與面積值，如表 3-10。由表 3-10 中，我們可以看到 R、G、B 色板長 4 公分換算成的 pixels 範圍在 255.6 到 257.6 之間，只相差 2 個 pixels，假設舌影像長 6 公分，只相差約 3 個 pixels, 約 0.5mm，是很準確的方法。R、G、B 色板寬 0.5 公分換算成的 pixels 範圍在 31.3 到 32.3 之間，只相差 1 個 pixels，假設舌影像寬 5 公分，只相差約 10 個 pixels, 約 1.5 mm，也是很準確。R、G、B 色板面積 2 平方公分換算成的 pixels 範圍在 7731 到 7611 之間，相差 120 個 pixels，約為 3 平方公釐，假設舌影像面積為 15 平方公分，約相差 22 平方公釐，約 1.5%，是可以接受的值。

表 3-10、色板大小與面積單位換算比較表

		1	2	3	4	5	meam±S.D.
R色板	寬（pixels / 0.5cm）	31.9	32.3	31.3	32.3	31.7	31.9±0.42
	長（pixels / 4cm）	256.4	256.4	256.4	256.4	256.4	256.4±0
	面積（pixels / 2cm^2）	7665	7717	7645	7648	7656	7666.2±29.4
G色板	寬（pixels / 0.5cm）	32.3	32.3	31.3	32.3	31.3	31.9±0.55
	長（pixels / 4cm）	256.4	256.4	256.4	257.6	257.6	256.9±0.66
	面積（pixels / 2cm^2）	7611	7669	7595	7655	7622	7630.4±30.8
B色板	寬（pixels / 0.5cm）	31.3	32.3	31.3	32.3	31.3	31.7±0.55
	長（pixels / 4cm）	256.4	256.4	256.4	256.4	255.6	256.2±0.36
	面積（pixels / 2cm^2）	7731	7644	7613	7661	7679	7665.6±43.9

表中為 RGB 色板的固定大小及面積與影像檔案單位換算結果

（六）、影像結果頁所顯示的比例結果

為了讓使用者容易得到舌影像的分析結果，故設計了影像結果頁，如圖 3-31 所示。在圖面中右邊的結果頁有整個舌影像的舌色、苔色、紅舌、

淡紅舌、暗紅舌、黃苔、白苔與不能分出黃苔與白苔的 error 佔整個舌影像的百分比例。在舌形的判斷上有舌長、舌寬與舌面積的測量結果。在右上角有一個個別結果的按鈕，按下後會出現如圖 3-32 的個別結果頁，顯示舌影像的四部份舌特徵百分比例。圖 3-33 是舌影像辨識的結果頁，顯示如上一小節所例的舌特徵影像圖。

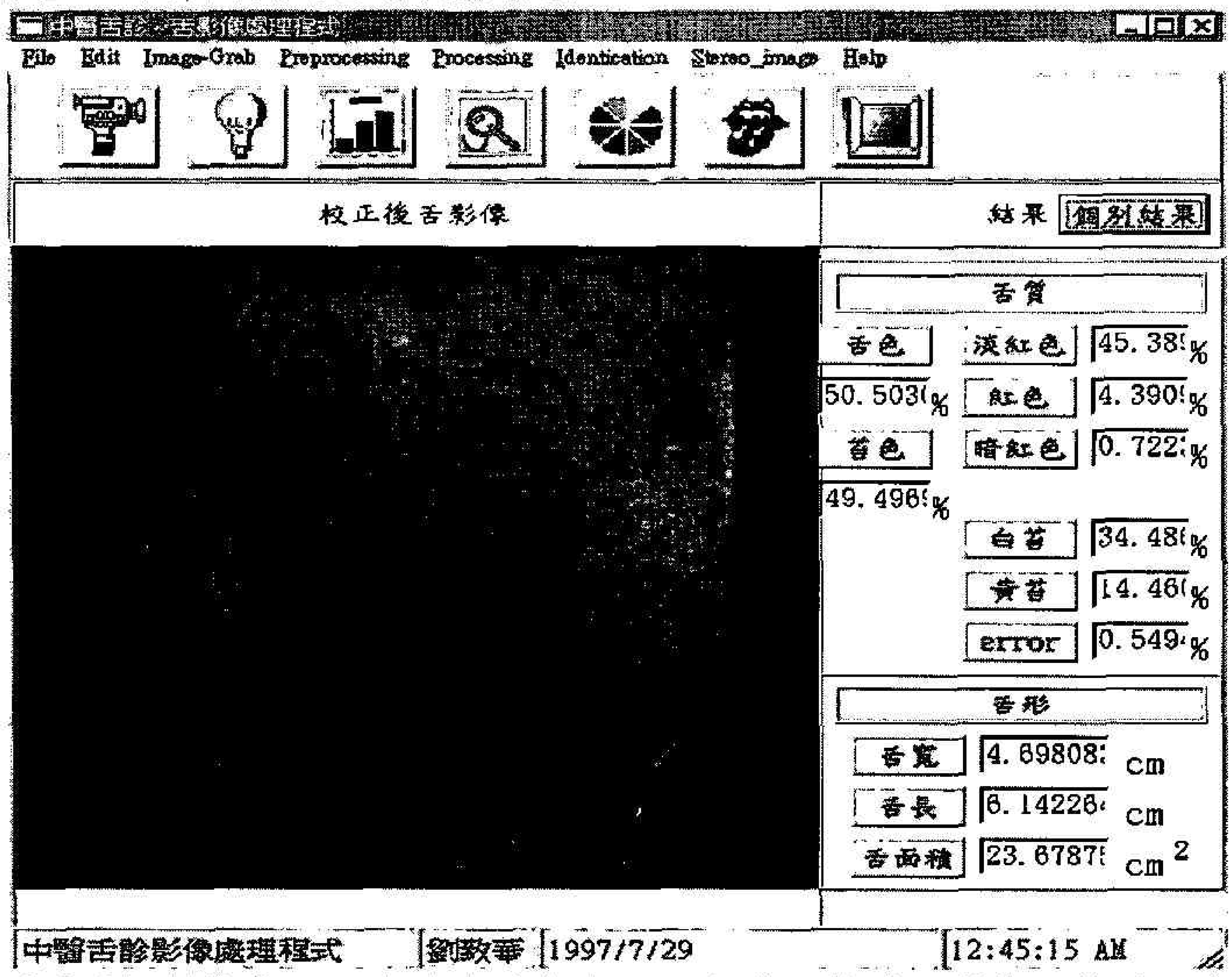


圖 3-31 影像處理程式的使用者介面，右邊的整體舌影像舌特徵百分比例結果頁。

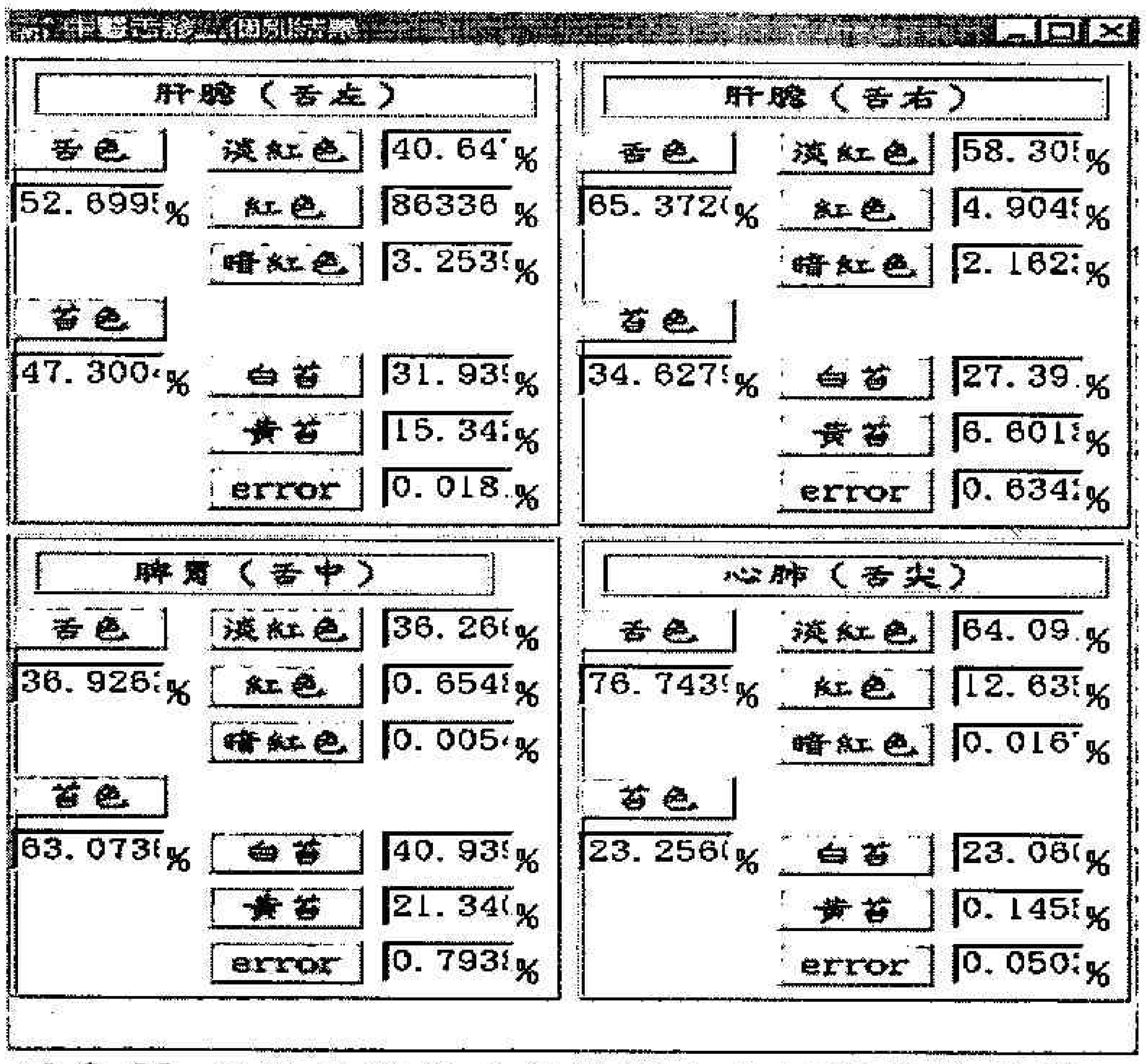


圖 3-32 部份舌影像舌特徵百分比例個別結果頁。

圖中 error 是用 H 值直方圖臨界值分不出的舌苔部分

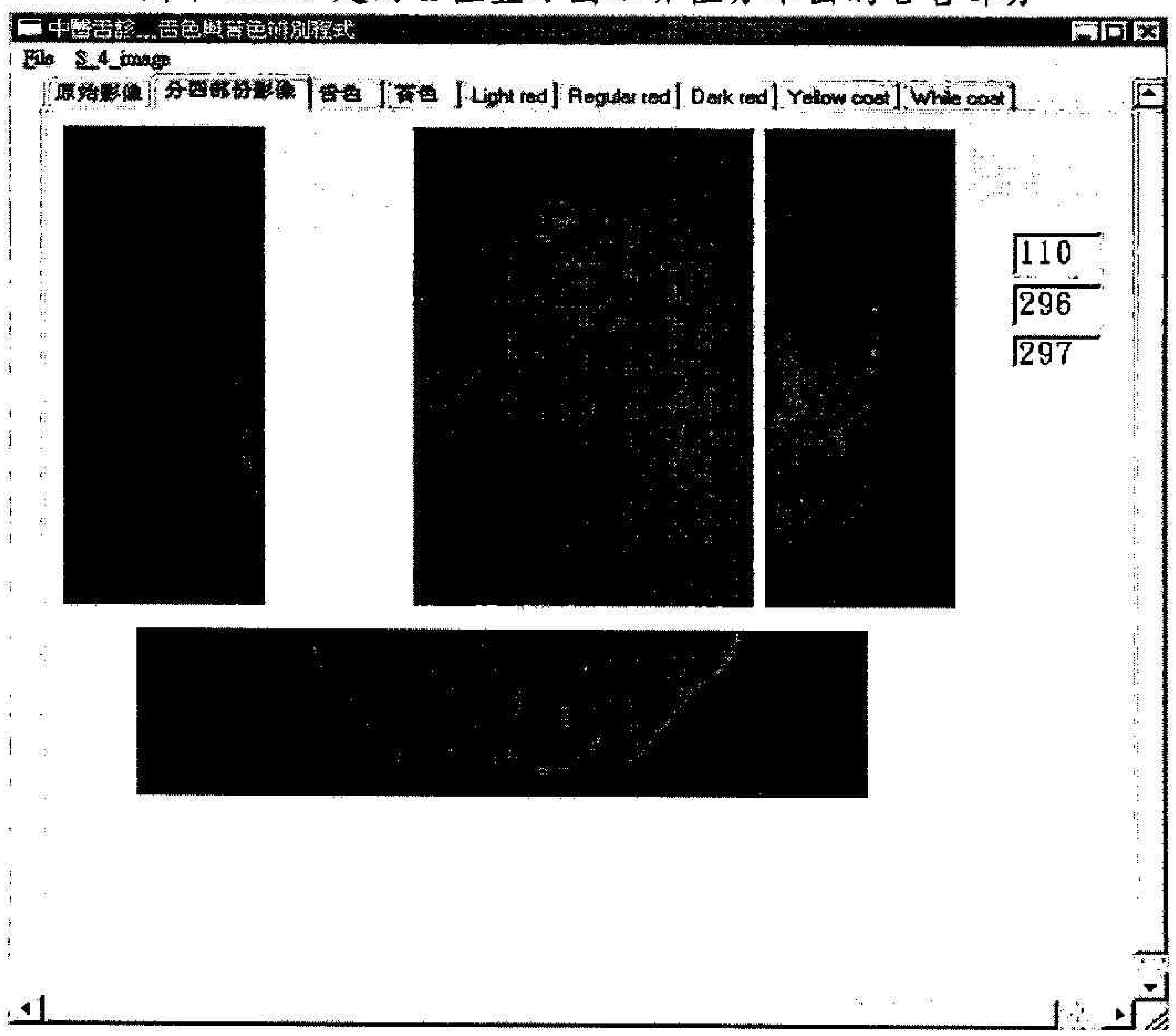


圖 3-33 舌影像辨識的結果頁，顯示舌特徵圖。

三、健康人舌特徵結果與討論

在我們的研究中，在完成整個系統後，取 50 個健康人的舌影像作分析。由影像校正、邊緣檢測、影像分割到舌色與苔色的辨別，得到圖形與數據上的結果，並對健康人的舌影像特徵分佈作一個探討。中醫師在用中醫舌診的方法診斷病症時，除了觀察整個舌頭的舌特徵，也根據觀察特定部分的舌頭，來判斷病症。因此在我們的研究中，除了對整個舌影像作分析，也依據中國醫藥學院副院長張永賢教授（中醫師）的建議，將舌影像分成舌左、舌右、舌中與舌尖的部份作分析。在舌色與苔色的結果數據上，我們採用百分比例的方法做定量的分析，期望能提供中醫師作為參考。在舌形上的分析，我們算出舌長與舌寬，是為了判斷舌頭的胖瘦，算出面積，可用來判斷舌的大小。

（一）、整體的舌特徵

表 3-11 是五十個健康人影像，舌色與苔色百分比例分佈的個數值。圖 3-34 為表 3-11 的比較曲線圖，由圖形上我們可以得知，舌色在 50%以上的影像有 32 個，相反的舌苔在 50%以下有 32 個。其中（4/50）舌苔會大於 80%，大都是因為舌影像是淡白舌，造成舌色偏白被分到舌苔。一般健康人舌色的比例約在 40% ~60%之間，苔色的比例約在 30% ~50%之間，是舌色多於舌苔。

表 3-11 五十個健康人，舌色與苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
舌色百分比影像個數	4	4	3	7	13	9	4	6
苔色百分比影像個數	6	4	9	13	7	3	4	4

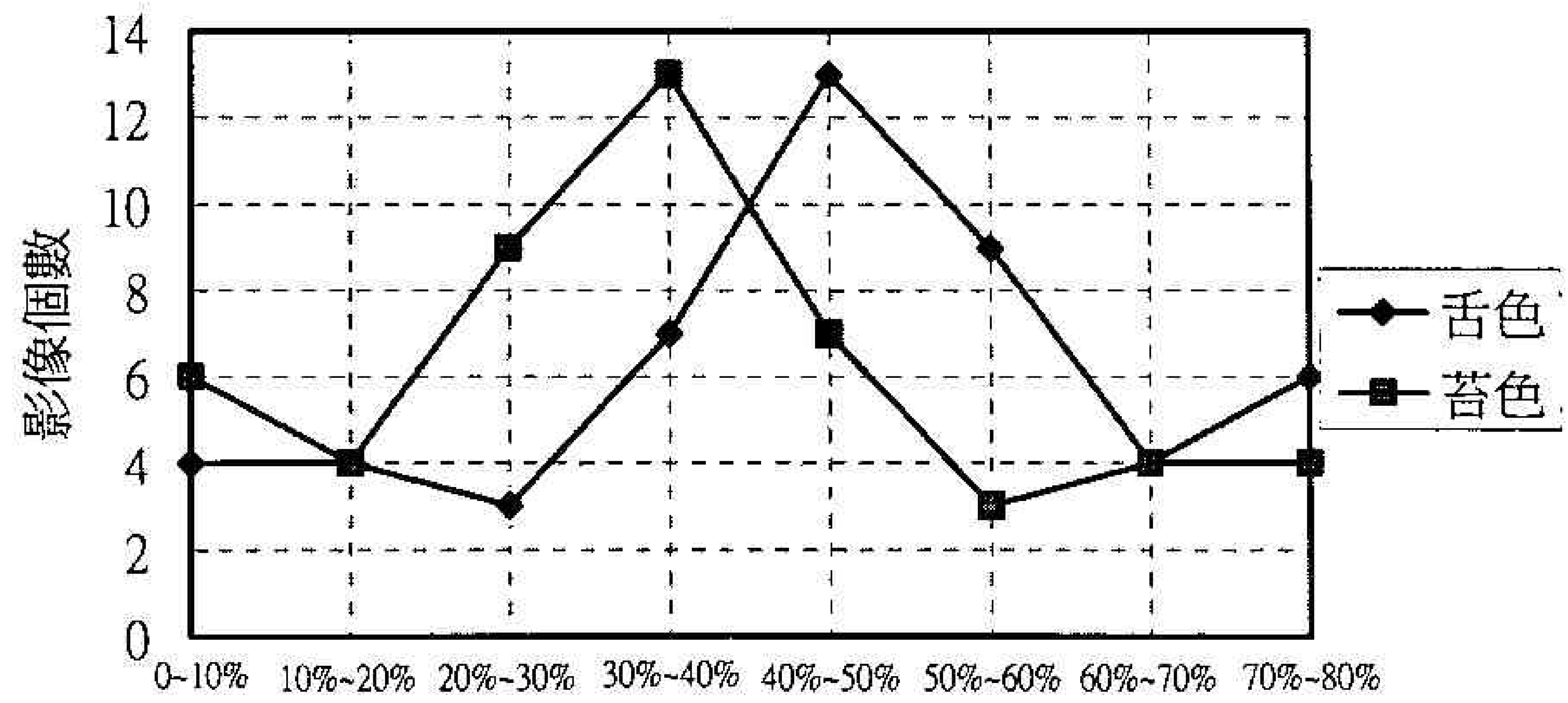


圖 3-34　五十個健康人，舌色與苔色百分比例的比較曲線圖
數據請看附錄二。

表 3-12 是五十個健康人影像，舌色百分比例分佈的個數值。圖 3-35 為表 3-12 比較曲線圖，我們可以清楚的看到，淡紅色的舌影像大部份分佈在 40%以上，而紅色與暗紅色則分佈在 10%以下。由三種舌色的分佈，健康人舌色中，淡紅色遠遠超過紅色與暗紅色。而暗紅色的分佈，我們觀察其暗紅舌圖，發現主要是在舌根部，受光源的影響較大，所以暗紅點並沒有像曲線上的那麼多，此部份在未來仍可以技術來克服。我們從紅舌圖中可以看出，紅色大多分佈在舌的周圍。

表 3-12 五十個健康人，舌色百分比例分佈表

	0~5%	5%~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
淡紅百分比影像個數	0	0	2	6	1	9	14	10	8
紅色百分比影像個數	32	15	3	0	0	0	0	0	0
暗紅百分比影像個數	25	21	4	0	0	0	0	0	0

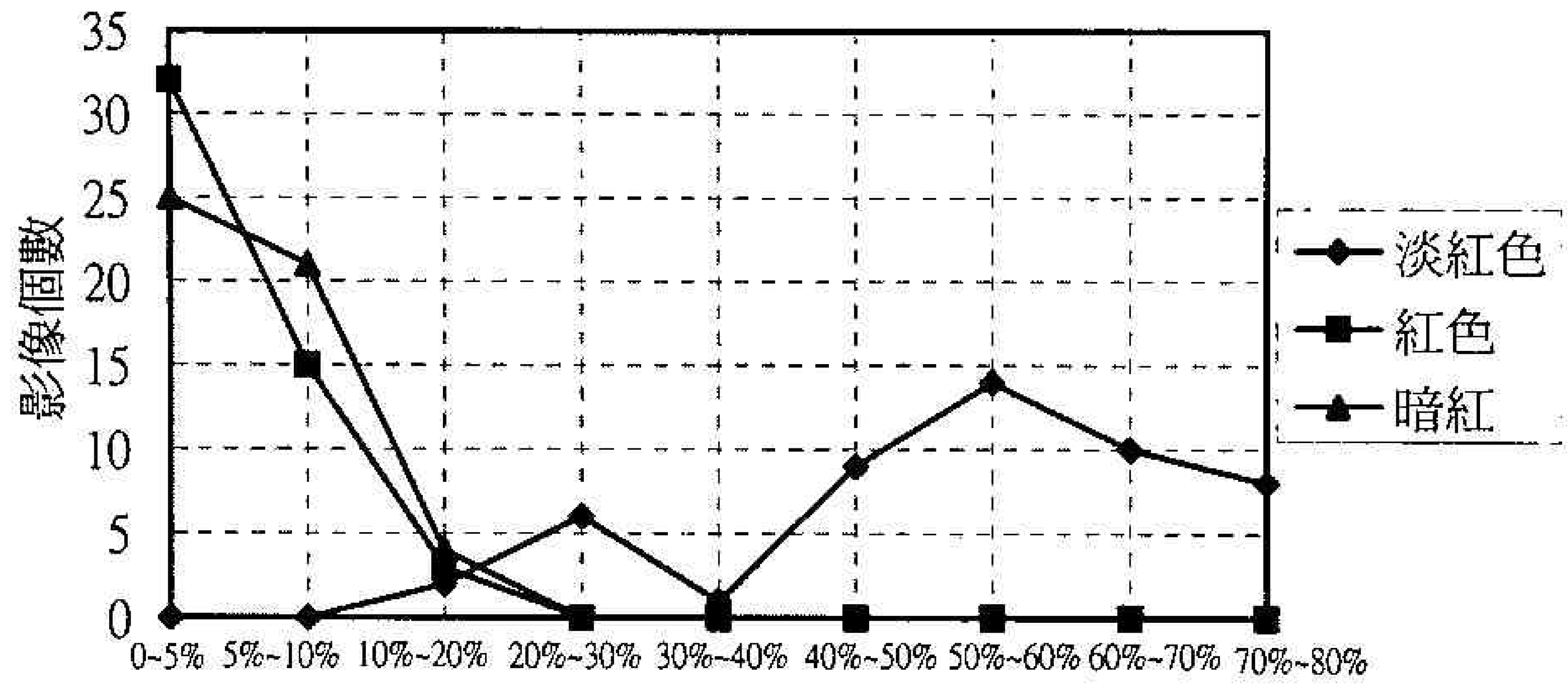


圖 3-35　五十個健康人，舌色百分比例的比較曲線圖
數據請看附錄二。

表 3-13 五十個健康人影像，苔色百分比例分佈的個數值。圖 3-36 為表 3-13 比較曲線圖，在圖中我們可以看到，健康人的白苔比例分佈較黃苔的分佈大；而黃苔大都分佈在 20%以下，甚至沒有黃苔的部份；只有少數的人是黃苔大於白苔，是屬於黃膩苔舌。

表 3-13　五十個健康人，苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
黃苔百分比影像個數	4	5	13	8	11	6	3	0
白苔百分比影像個數	26	12	8	3	0	1	0	0

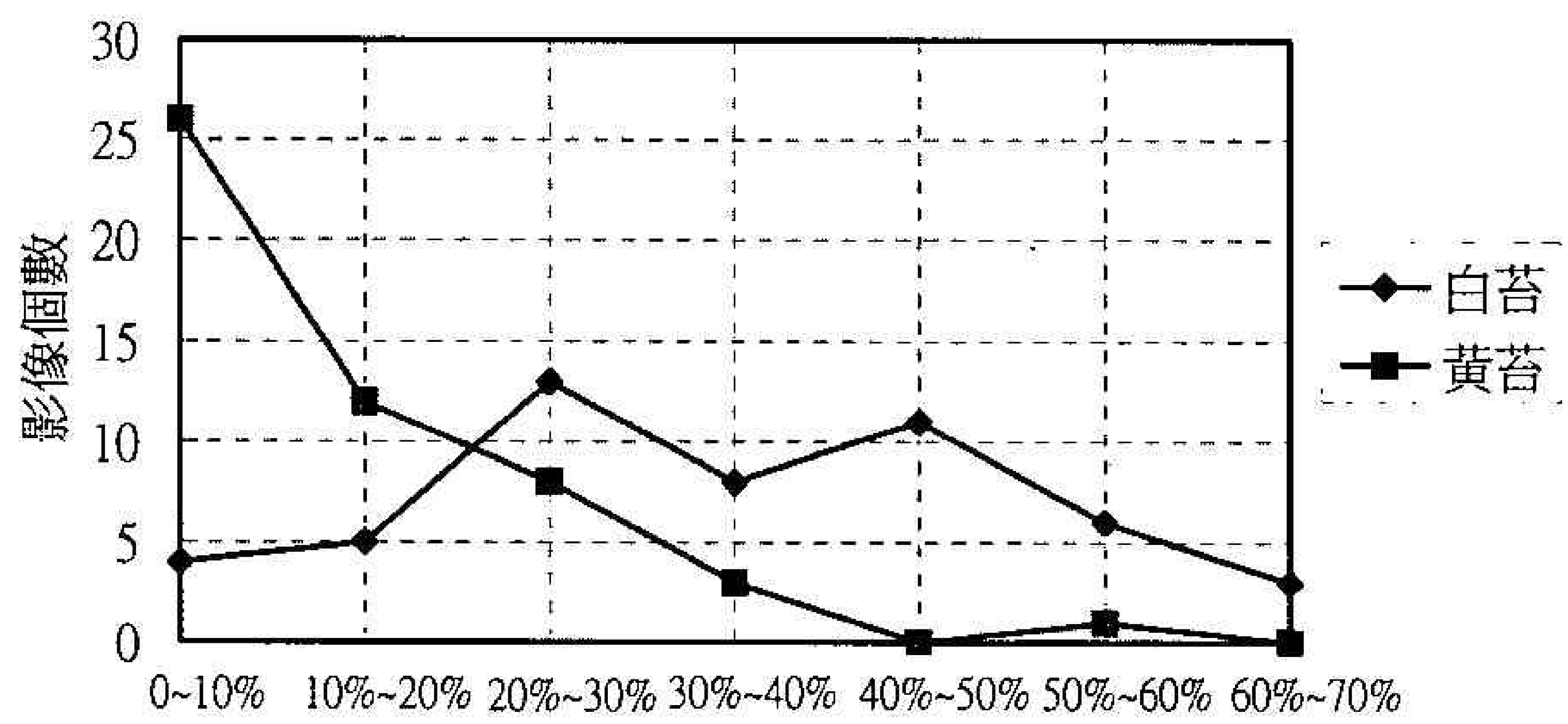


圖 3-36　五十個健康人，苔色百分比例的比較曲線圖
數據請看附錄二。

表 3-14 是五十個健康人影像，舌苔分辨上的 error 百分比例分佈的個

數值。圖 3-37 為表 3-14 比較曲線圖，因為我們在取舌苔時，用了兩個臨界值區別白苔與黃苔，中間的值我們視為無法分析的點，即為 error。在這裡我們藉由健康人的結果分析，對誤差率（error rate）做一個討論。我們能看到，大部份的舌影像 error 非常小，只有幾個影像的 error 是稍大的。所以對舌影像而言，用 Histogram 臨界值法區分黃苔與白苔，是非常適用的。

表 3-14 五十個健康人，error 百分比例分佈表

	0~0.5%	0.5%~1%	1%~1.5%	1.5%~2.0%
error 百分比影像個數	42	5	1	2

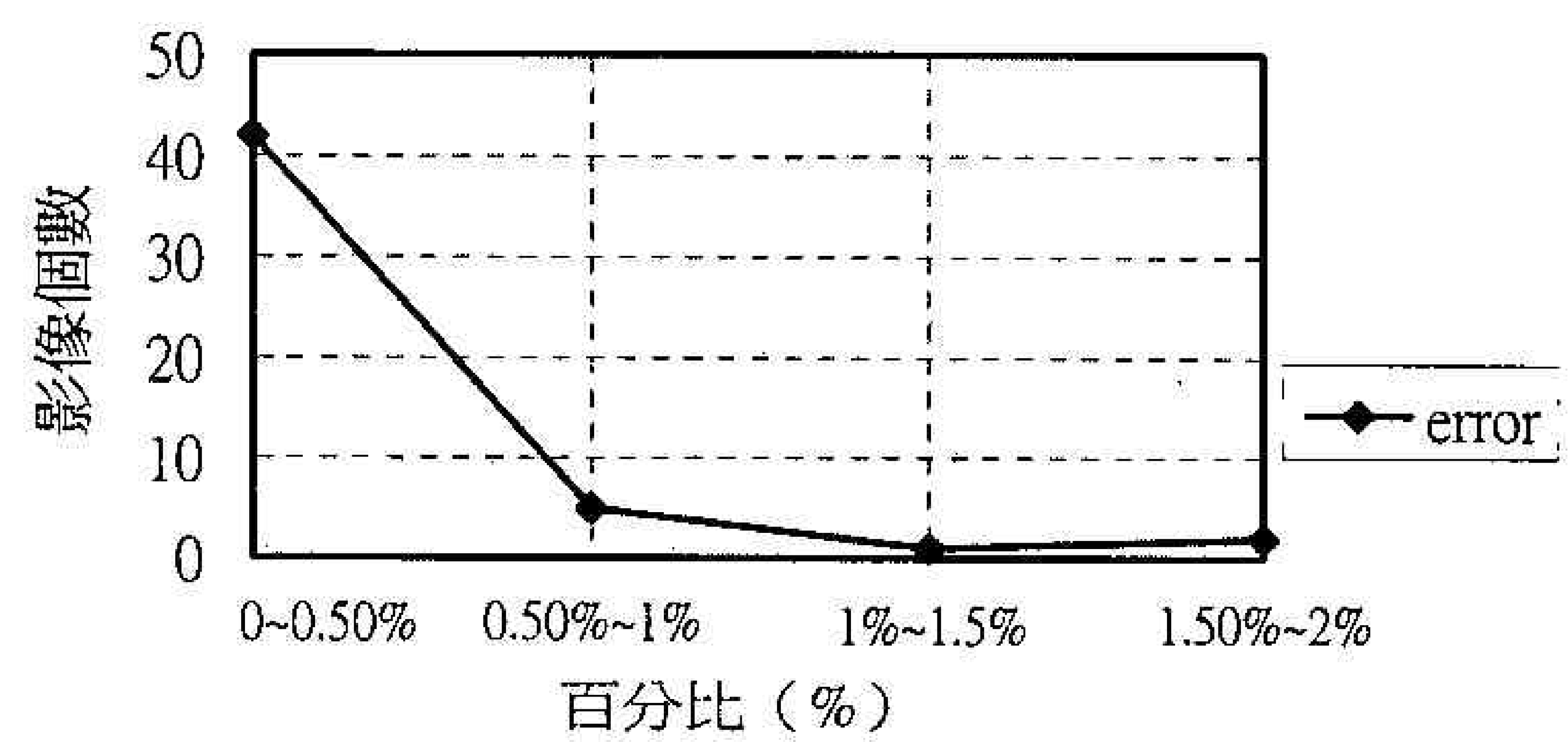


圖 3-37 五十個健康人，error 百分比例的曲線圖
數據請看附錄二。

在舌形上，我們對長寬作分析。表 3-15 是五十個健康人影像，舌長寬分佈的個數值。圖 3-38 為表 3-15 比較曲線圖，圖中舌長分佈在 4~6 cm，舌寬大致分佈在 4~5 cm 之間，五十個健康人的舌形大部份是舌長大於舌寬。影像中有舌長大於舌寬相差較大的，可視為中醫舌診舌形特徵中的瘦舌；有的舌影像是舌寬大於舌長，可視為中醫舌診舌形特徵中的胖舌。表 3-16 是五十個健康人影像，舌面積分佈的個數值。圖 3-39 為表 3-16 比較曲線圖，分佈在 15 到 25 之間，我們以舌的面積的大小，作為判斷舌形的大小。

表 3-15 五十個健康人，舌長寬分佈表。

	3.5~4	4~4.5	4.5~5	5~5.5	5.5~6	6~6.5

舌長百分比影像個數	0	6	9	12	14	9
舌寬百分比影像個數	3	14	23	6	4	0

舌長與舌寬單位為公分

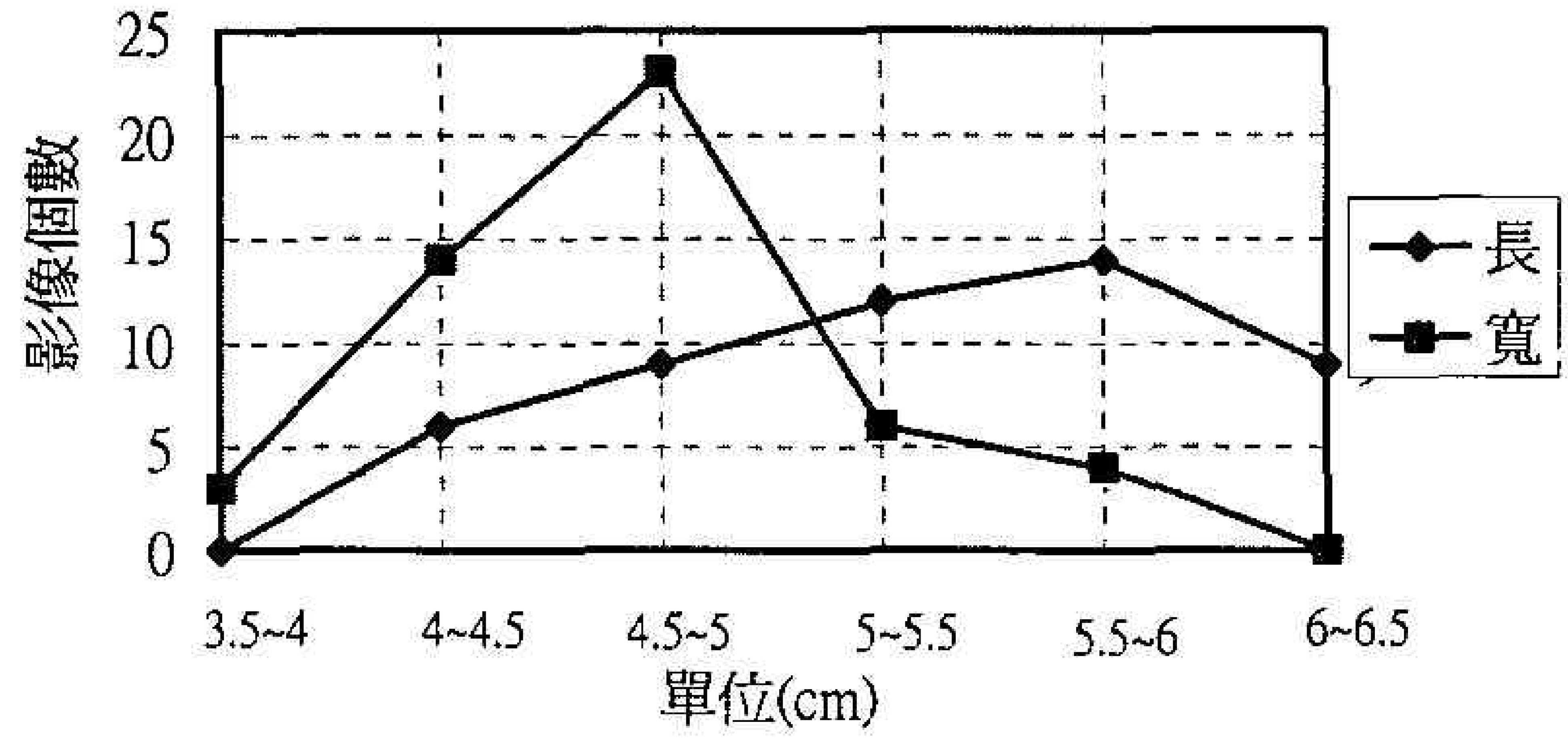


圖 3-38 五十個健康人，舌長寬的分佈曲線圖
數據請看附錄二。

表 3-16 五十個健康人，舌面積分佈表

	14~15	15~20	20~25	25~30
舌面積百分比影像個數	3	20	21	6

舌面積單位為平方公分

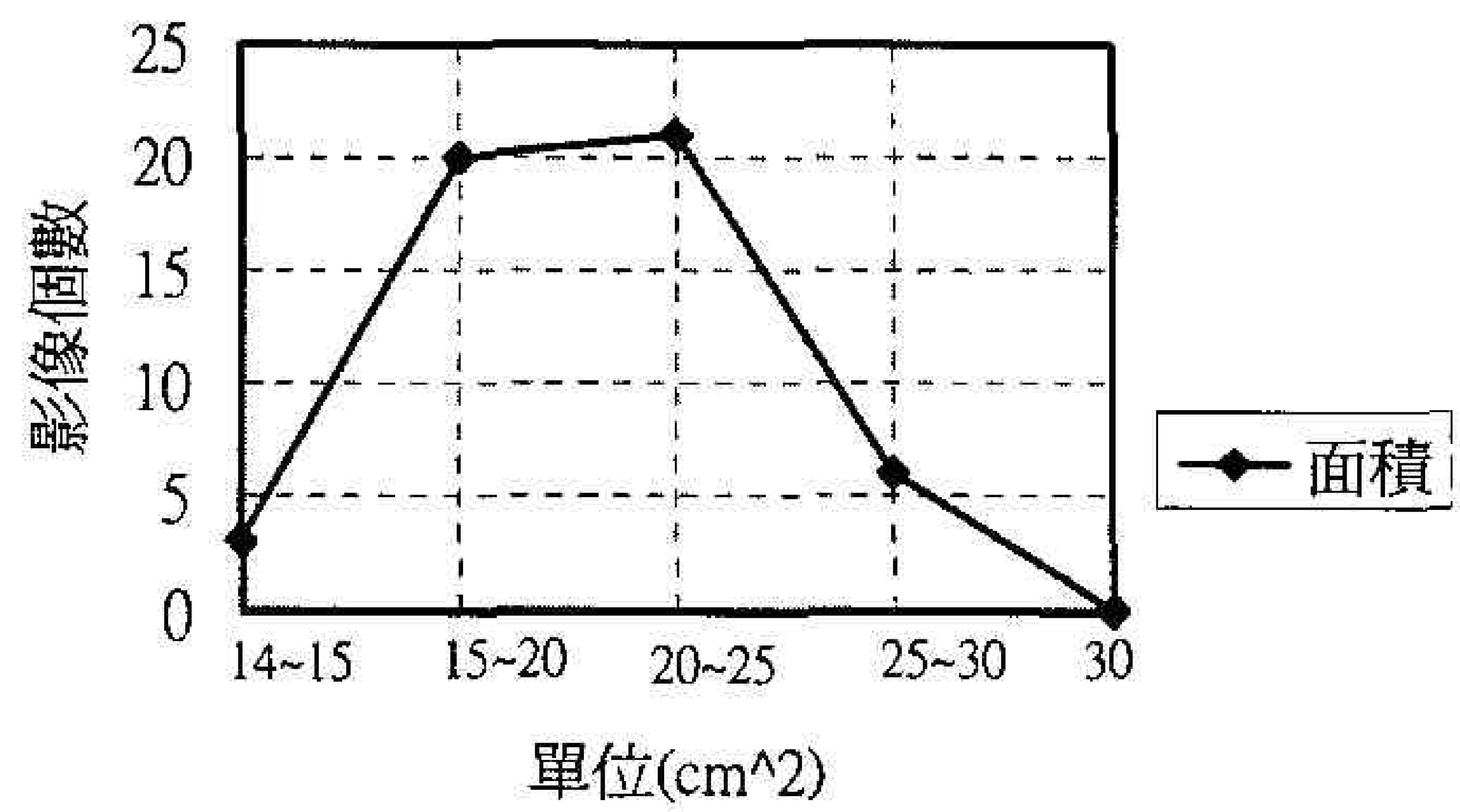


圖 3-39 五十個健康人，舌面積的曲線圖
數據請看附錄二。

（二）、部份影像的舌特徵

在本節，我們將討論舌四個部份舌影像特徵分佈的分析，在舌色與苔色的分析，由於左邊部份的舌影像舌色與苔色數據與右邊相似，因此我們觀察健康人左邊、舌中與舌尖的舌色與苔色百分比例圖。

表 3-17 是五十個健康人影像，左邊影像舌色與苔色百分比例分佈的個數值。圖 3-40 為表 3-17 比較曲線圖，我們能看到舌色與舌苔百分比分

佈的相差，比整體的舌色與苔色百分比分佈的相差還大，表示在舌右邊與左邊的舌苔是較少的。表 3-18 是五十個健康人影像，舌中舌色與苔色百分比例分佈的個數值。圖 3-41 為表 3-18 比較曲線圖，發現有很多人舌苔與舌色的分佈並沒有很大的差異，表示舌苔集中在舌中間。表 3-19 是五十個健康人影像，舌尖舌色與苔色百分比例分佈的個數值。圖 3-42 為表 3-19 比較曲線圖，分佈情形是與舌中相反，舌苔的分佈多集中在 20%之內 。由以上所述，我們可以得到健康人的舌苔，大部份集中在舌中，其次是左邊與右邊，在舌的下方，舌苔的分佈是最小的。

表 3-17 五十個健康人，左邊影像舌色與苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~100%
舌色百分比影像個數	1	4	1	2	5	7	9	7	10	4
苔色百分比影像個數	5	9	7	9	7	4	3	4	1	1

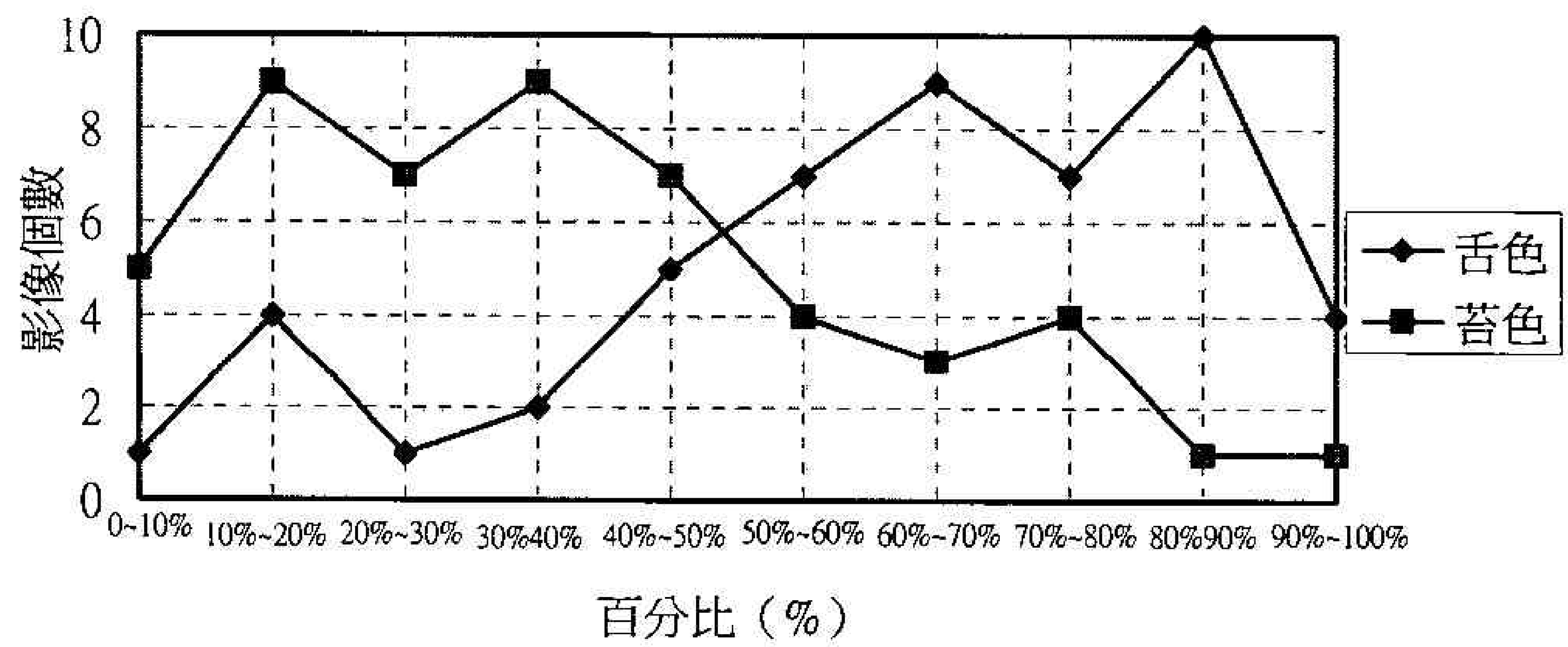


圖 3-40 五十個健康人，左邊影像舌色與舌苔百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-18 五十個健康人，舌中影像舌色與苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~
舌色百分比影像個數	1	5	4	10	6	8	4	6	4	2
苔色百分比影像個數	2	4	6	4	8	6	10	4	5	1

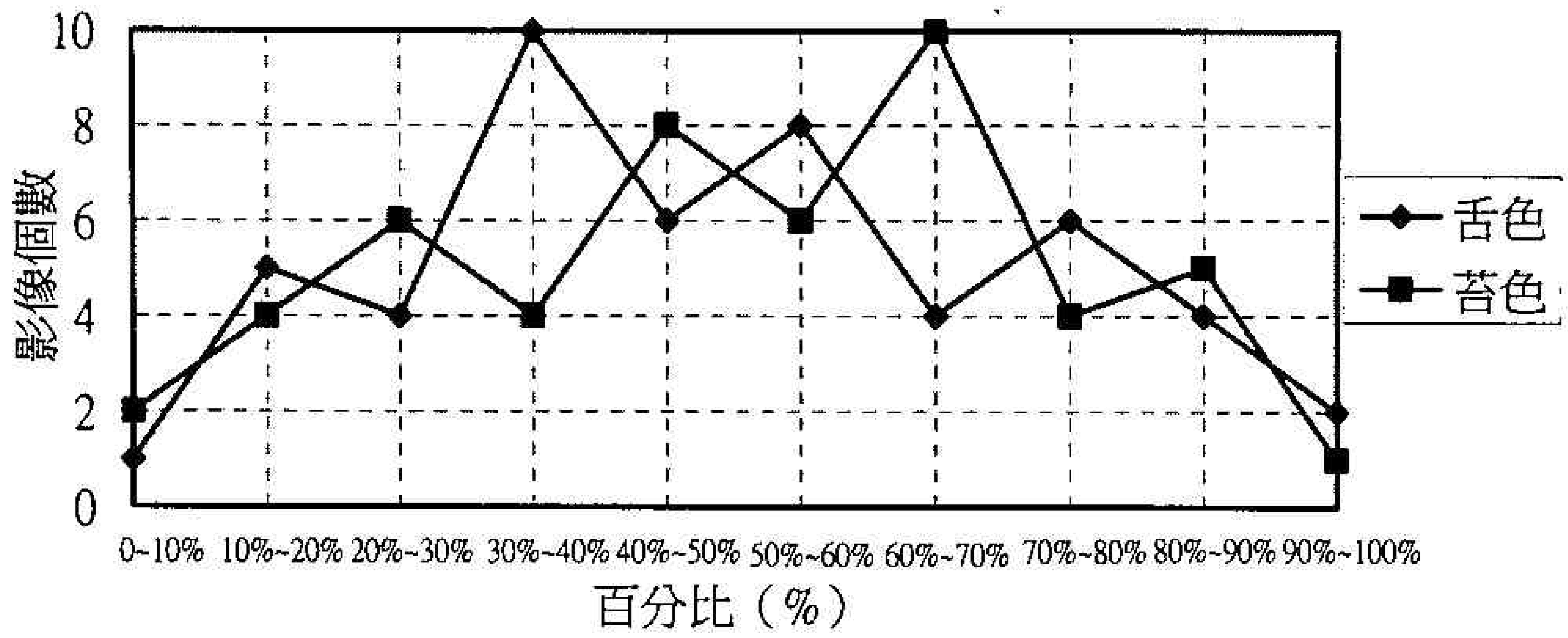


圖 3-41 五十個健康人，舌中影像舌色與舌苔百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-19 五十個健康人，舌尖影像舌色與苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~
舌色百分比影像個數	0	3	1	0	3	5	3	10	14	11
苔色百分比影像個數	11	15	8	4	6	3	1	0	2	0

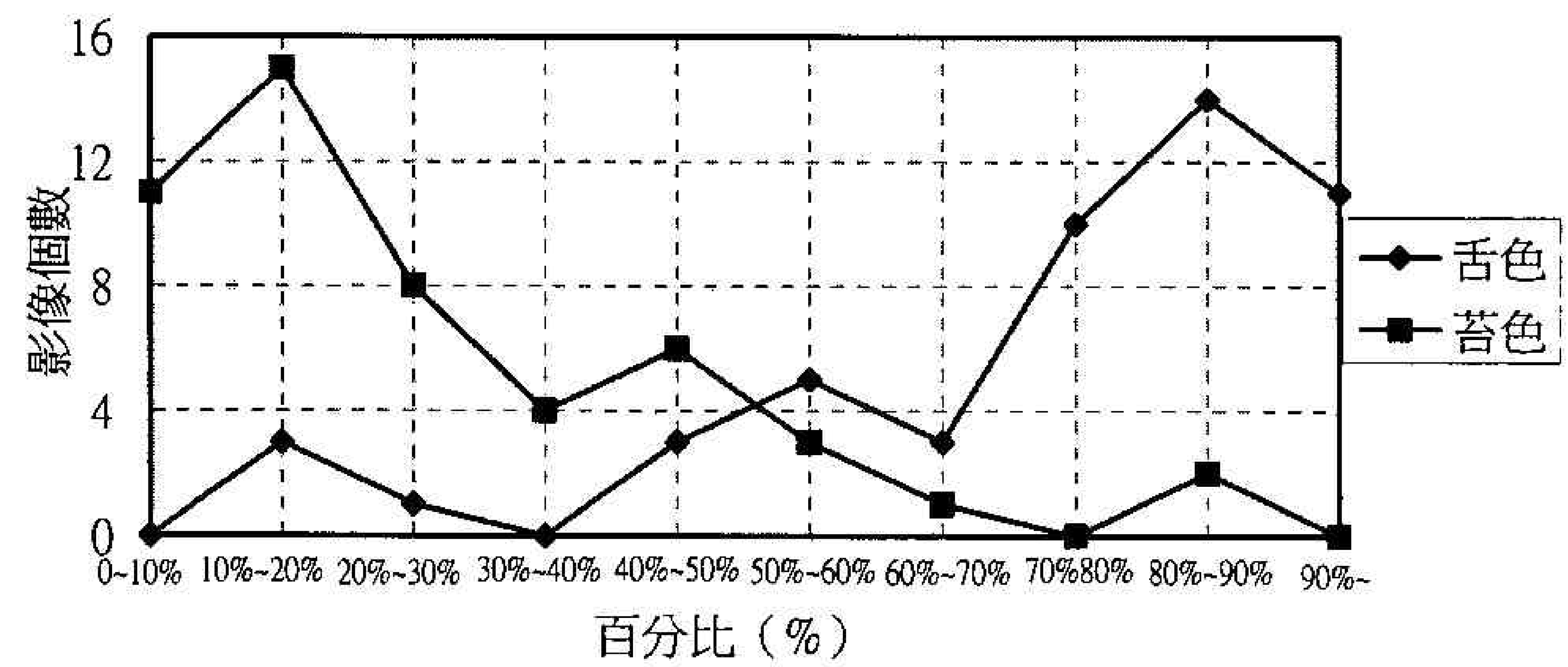


圖 3-42 五十個健康人，舌尖影像舌色與舌苔百分比曲線圖
數據請看附錄三。

在健康人的舌色分析上，各部份的淡紅舌，在左與右邊部份比例多分佈在 40%以上，如圖 3-43 所示。在舌中的部份淡紅色比例分佈較小，也有很多影像分佈在 20%與 30%內，是由於舌色是分佈較少，如圖 3-44 所示。而舌尖部份，淡紅色的比例是與舌左右的比例相近，如圖 3-45 所示。紅色與暗紅色比例分佈在 20%以內，其中有半數以上在 0~10%之間。在這四部份舌影像中，淡紅色的比例分佈是高過紅色與暗紅色的，所以健康人

的舌色大多是淡紅色。我們也可以從下面三個圖中看出，紅色部份是舌尖的百分比例分佈最高，其次是舌左與舌右部份，在舌中幾乎沒有紅色的分佈。而暗紅則大部份在舌左與舌右，舌尖部份幾乎沒有暗紅色。也就是說，在舌色上的分佈上，淡紅色在四部份皆有一定的值，紅色則多在舌周圍與舌尖，暗紅色多在舌根部，是因為光源不足，並不是舌影像中真正的彩色值，應該視為不可分析的影像點。

表 3-20 五十個健康人，左邊影像舌色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
淡紅百分比影像個數	2	4	3	5	7	14	12	3
紅色百分比影像個數	35	11	2	2	0	0	0	0
暗紅百分比影像個數	41	9	0	0	0	0	0	0

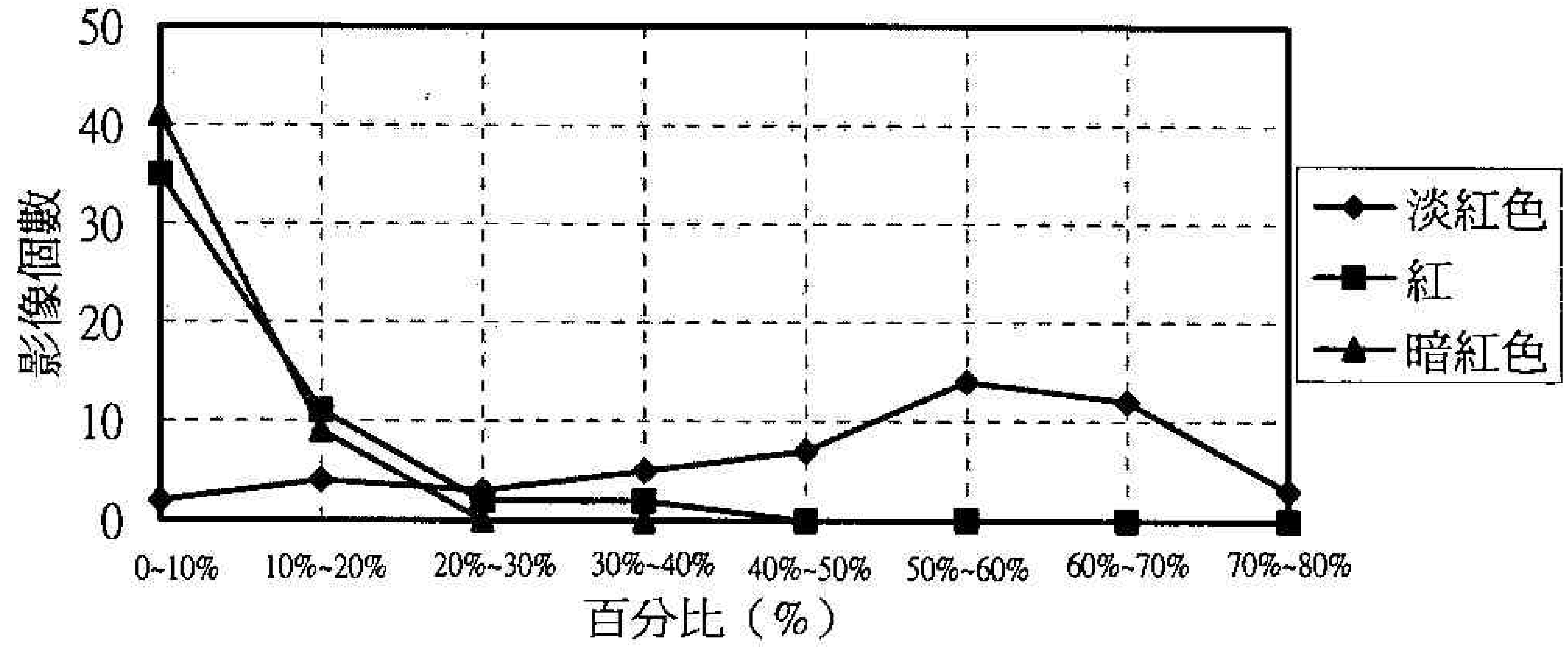


圖 3-43 五十個健康人，左邊影像舌色百分比曲線圖

數據請看附錄三。

表 3-21 五十個健康人，舌中影像舌色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
淡紅百分比影像個數	4	3	8	9	7	7	7	5
紅色百分比影像個數	43	4	3	0	0	0	0	0
暗紅百分比影像個數	46	4	0	0	0	0	0	0

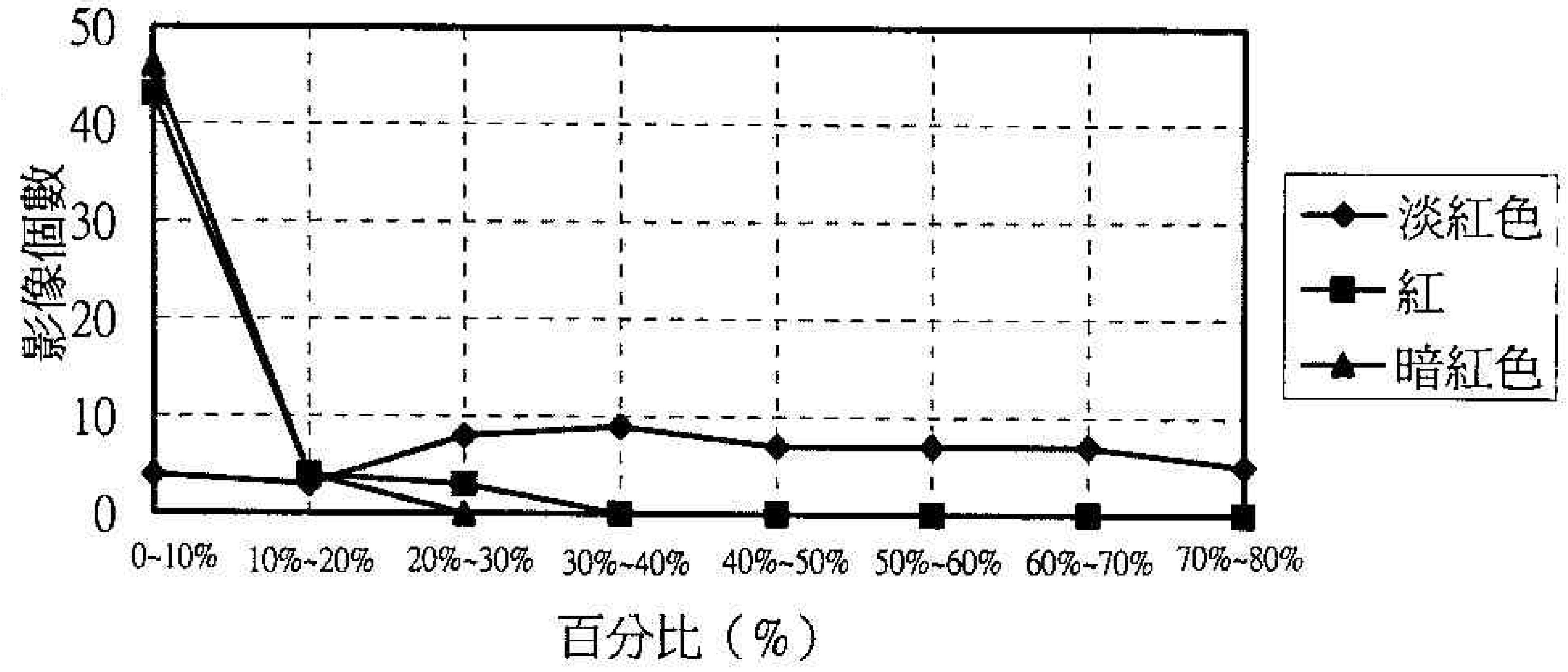


圖 3-44 五十個健康人，舌中影像舌色百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-22 五十個健康人，舌尖舌色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~90%
淡紅百分比影像個數	1	3	1	2	8	8	17	8
紅色百分比影像個數	43	4	3	0	0	0	0	0
暗紅百分比影像個數	46	4	0	0	0	0	0	0

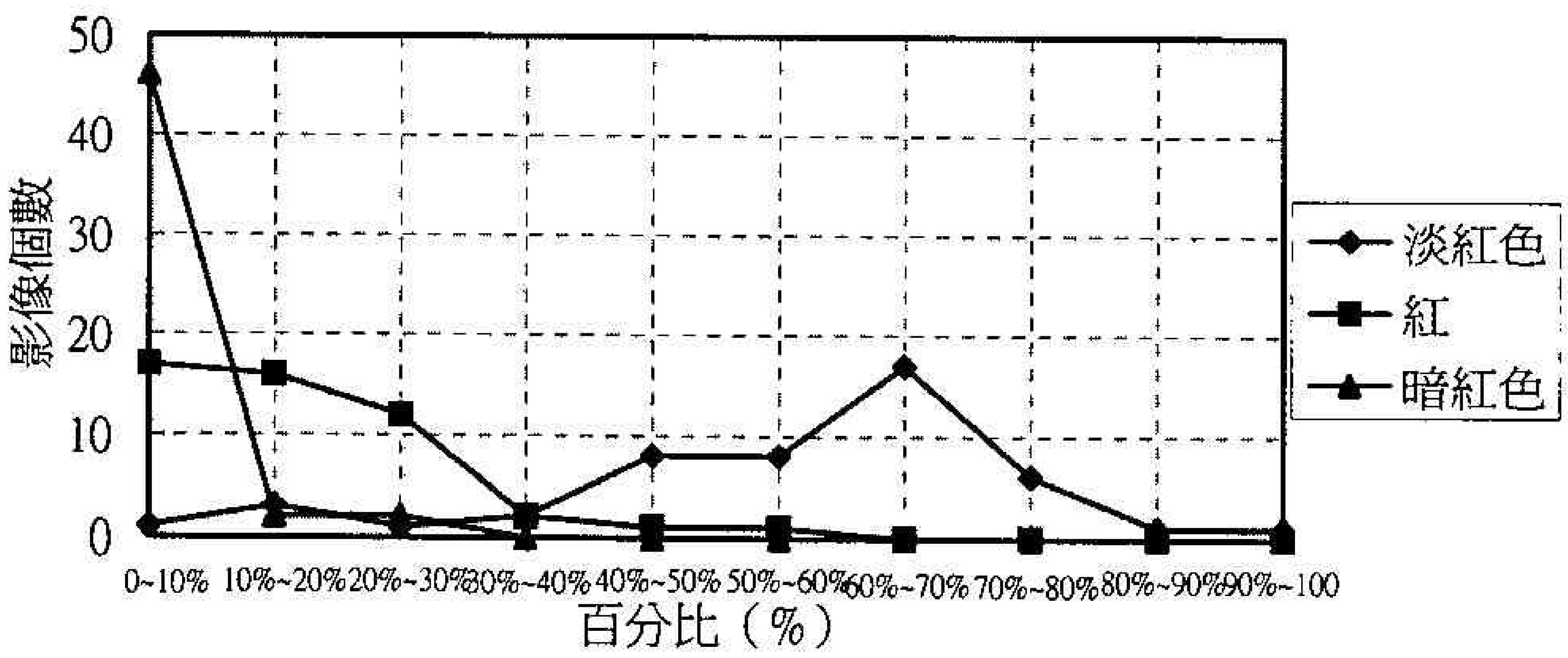


圖 3-45 五十個健康人，舌尖影像舌色百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-23、3-24、3-25 分別是五十個健康人影像，左邊、舌中與舌尖影像黃苔與白苔百分比例分佈的個數值。圖 3-46、3-47 與 3-48 分別為左邊、舌中與舌尖的黃苔與白苔百分比例比較曲線圖，圖中健康人的黃苔分佈，舌中百分比分佈有到 50%是最多，舌的兩邊到 30%是其次，在舌尖的比例分佈在 1~10%之間，幾乎沒有黃苔的分佈。白苔的各部份分佈情形也與黃苔在各部份的分佈情形相似。在黃苔與白苔的比較，在圖中，四個部份的

白苔都多過黃苔，所以健康人的舌苔是白苔的分佈佔大多數。

表 3-23 五十個健康人，舌左影像苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%
黃苔百分比影像個數	37	6	5	0	0	1	1
白苔百分比影像個數	7	10	11	7	10	3	2

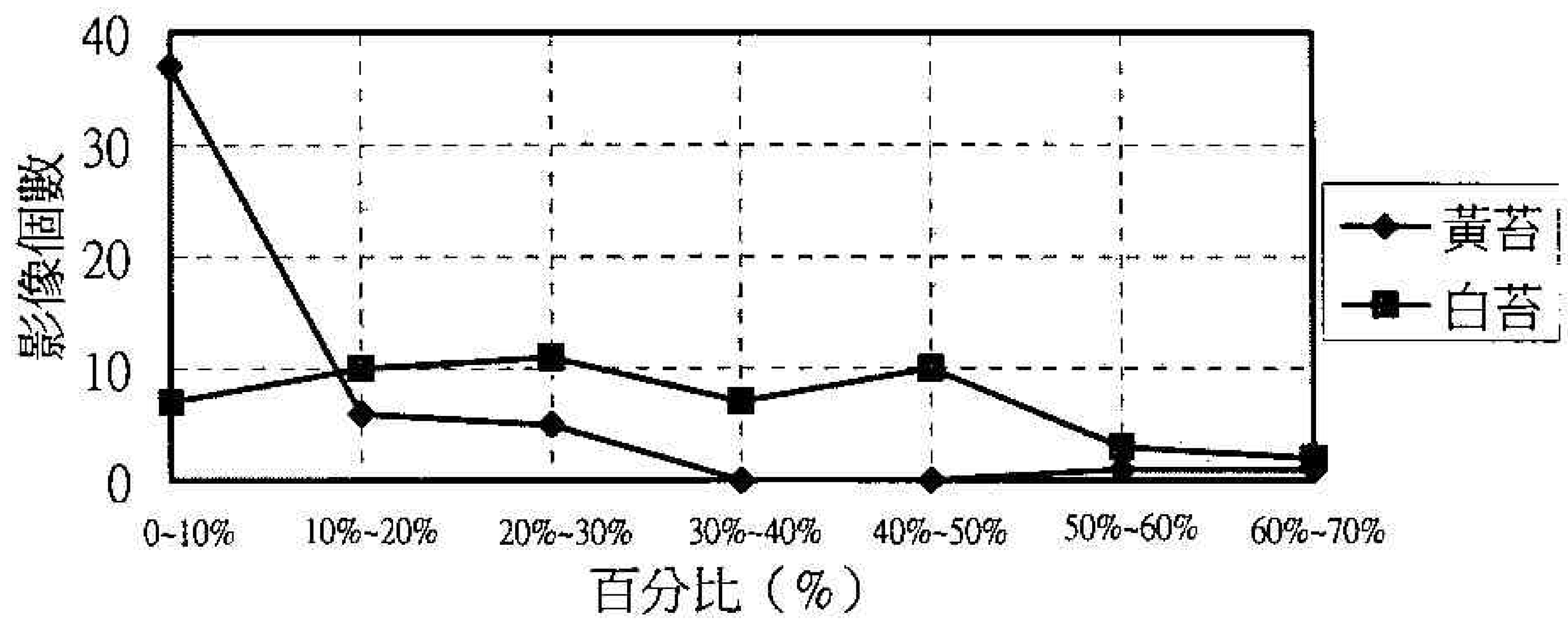


圖 3-46　五十個健康人，舌左影像苔色百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-24 五十個健康人，舌中影像苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
黃苔百分比影像個數	27	9	6	4	2	0	0	2
白苔百分比影像個數	5	6	9	7	9	9	2	3

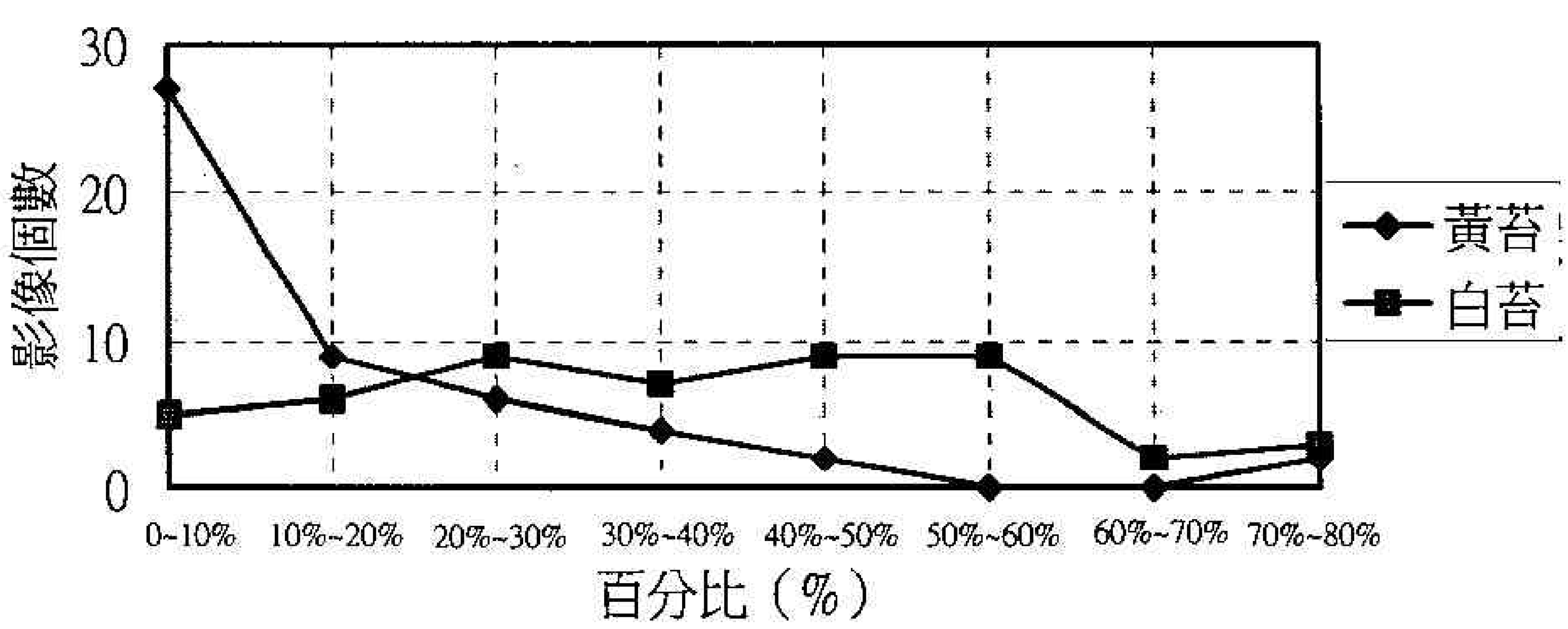


圖 3-47　五十個健康人，舌中影像苔色百分比曲線圖
數據請看附錄三。

表 3-25 五十個健康人，舌尖影像苔色百分比例分佈表

	0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%
黃苔百分比影像個數	48	0	1	0	1	0	0	0
白苔百分比影像個數	12	16	9	2	9	1	1	0.

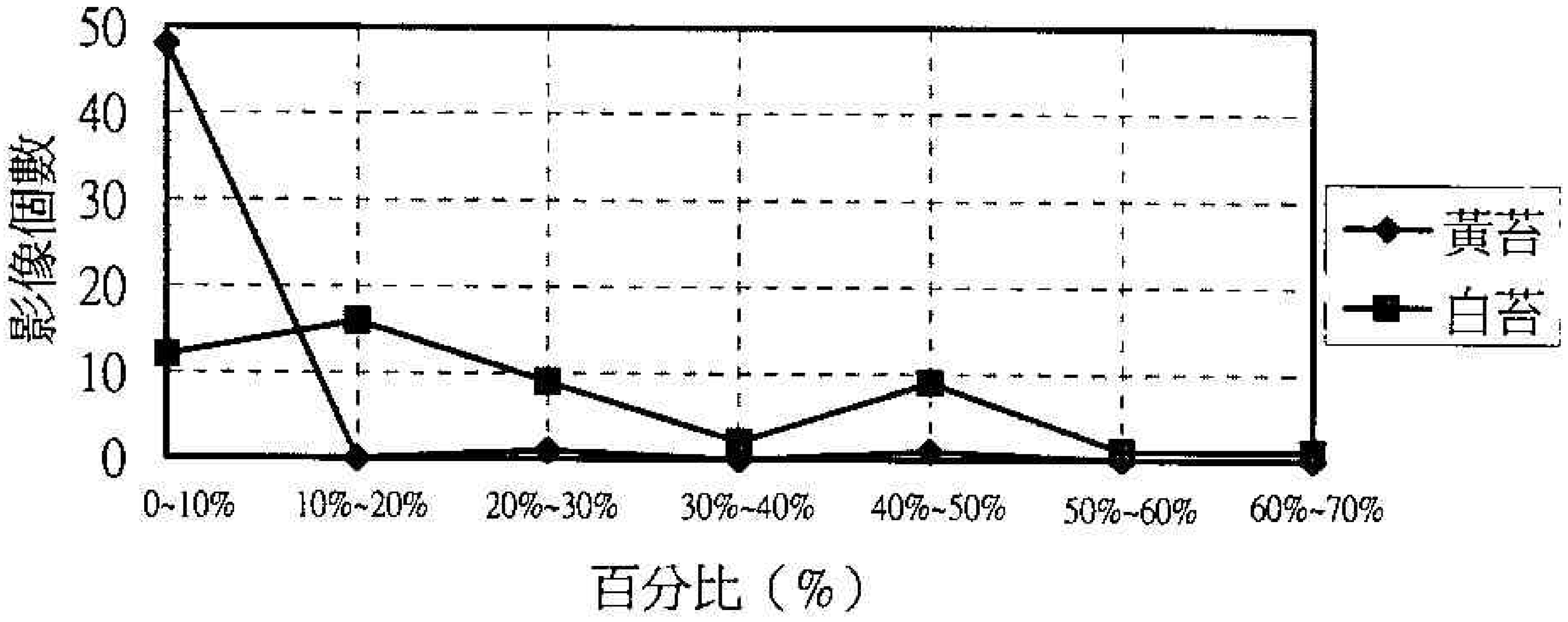


圖 3-48　五十個健康人，舌尖影像苔色百分比曲線圖
數據請看附錄三。

四、醫師評估結果

在本研究中，請中國醫藥學院張永賢教授（中醫師），對使用者介面顯示結果頁做評估，所得數據結果亦先作評估。在結果顯示頁的評估上，醫師建議在個別結果頁（圖 3-32）四部份結果的排列方式，是左右舌影像數據放在同高度，使中醫師更方便去參考。在整體的結果頁上(圖 3-31)，能放原始影像供中醫師參考，但由於本研究分析的舌影像皆經過校正，為了避免誤導中醫師，所以在整體結果頁上，放上校正後影像，使中醫師在參考結果數據時，也有影像可以對照。並建議在顯示數據時，百分比例大於一定的數值時，用別的顏色顯示數據，使中醫師能快速看到舌特徵的分佈情形。針對已校正之舌影像，其顯示及分析結果，張副院長亦對其作初步的滿意度評估，共評估了 29 個舌影像，滿意的有 19 個，還算滿意的有 7 個，不滿意有兩個。有九成以上的分析結果是能被接受的。

五、合成影像的初步結果

我們利用兩台攝影機擷取兩張影像做影像合成，期望能藉由合成的立體影像得到舌的厚度。為了使兩台 CCD 攝影機能同步取舌影像，改寫擷取卡原始碼；直接控制擷取卡，連續擷取兩張舌影像，此功能已經完成。如圖 3-49、3-50 所示，是左右攝影機兩張舌影像；為了運算快速，只擷取舌頭影像部份做合成，初步結果如圖 3-51 所示。在判斷 Z 值時，發現 Z 值並沒有變化，無法判斷舌影像厚薄，原因是我們還不能非常準確找到兩舌影像的同一點。

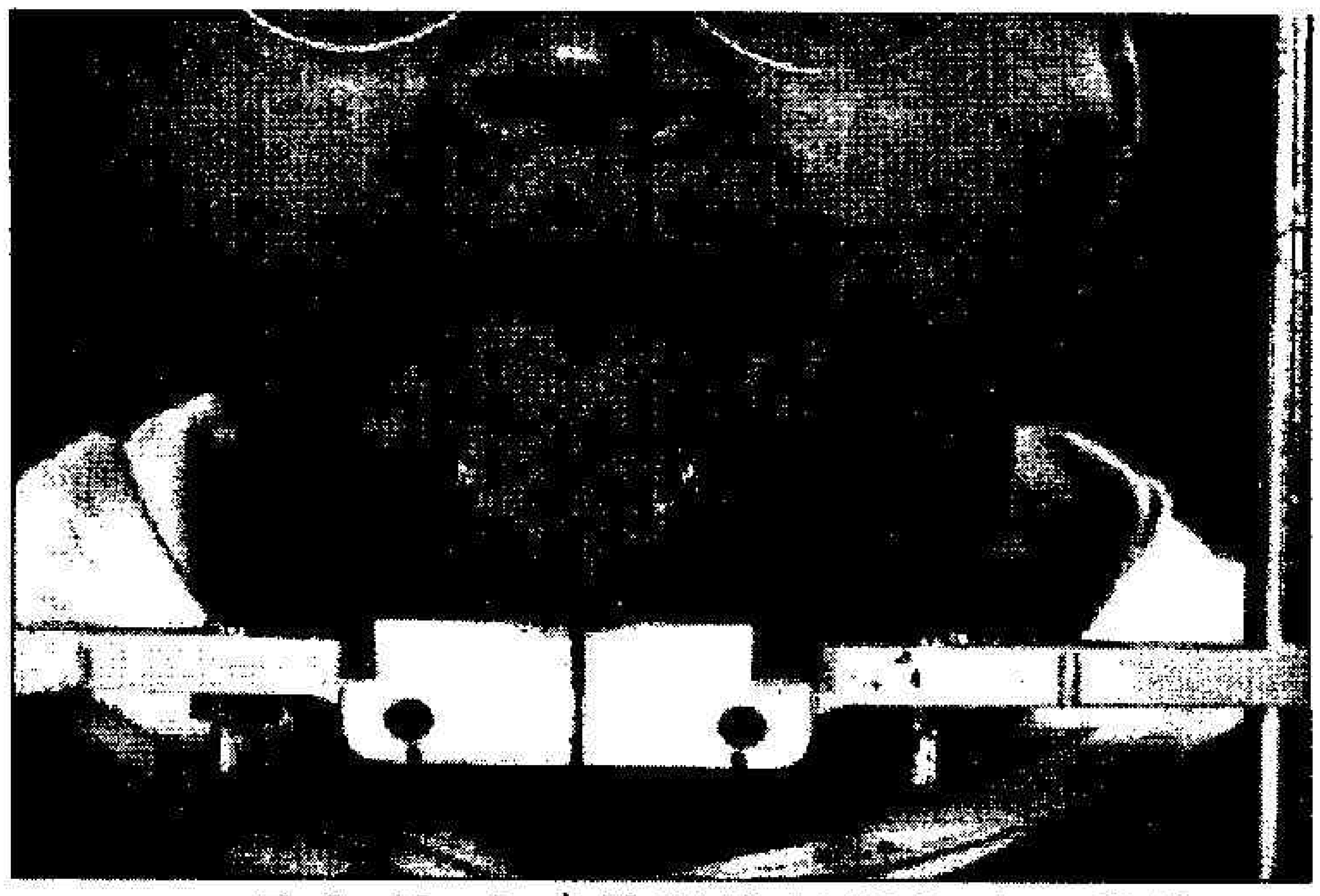


圖 3-49 左邊攝影機所擷取的舌影像

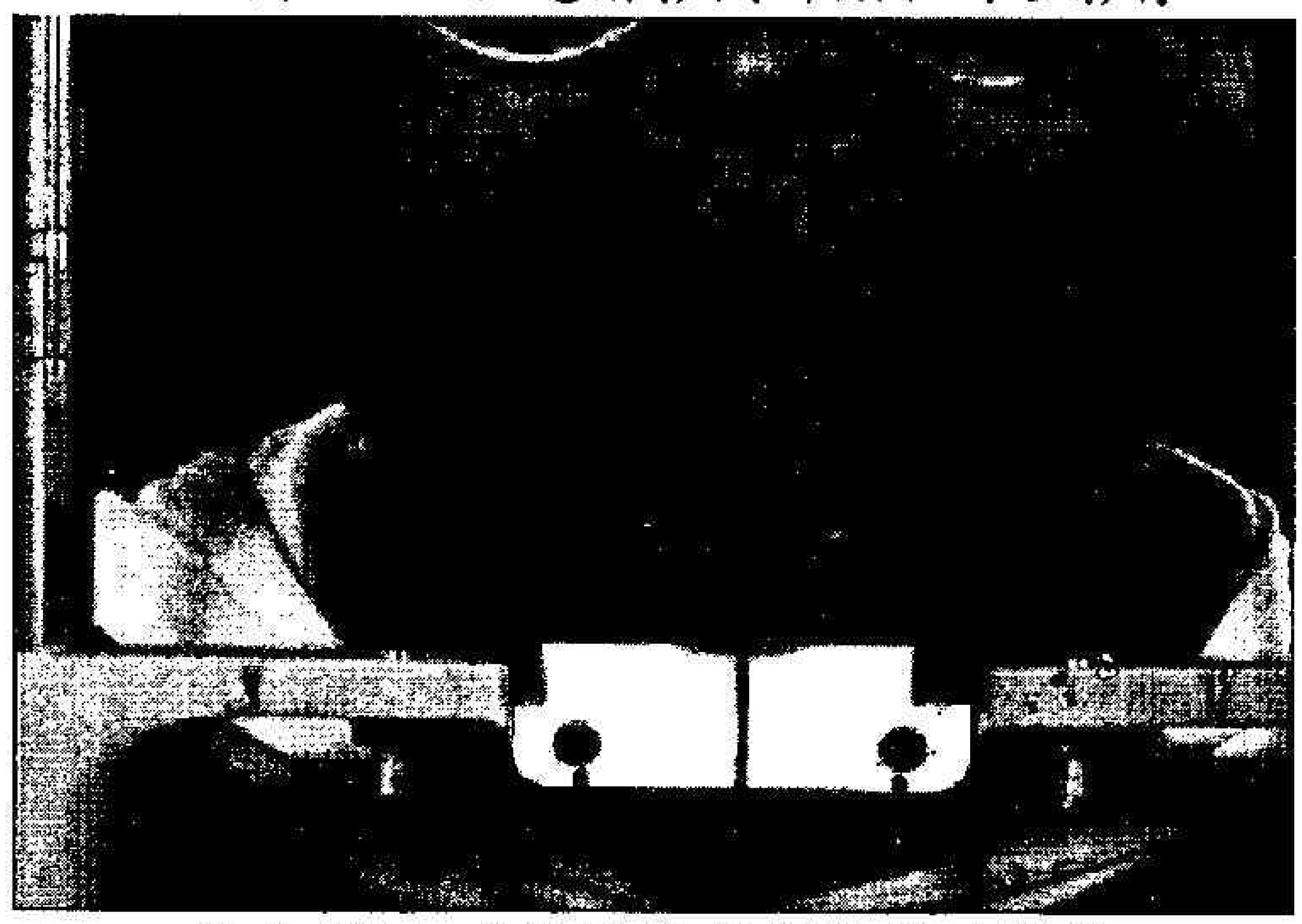


圖 3-50 右邊攝影機所擷取的舌影像

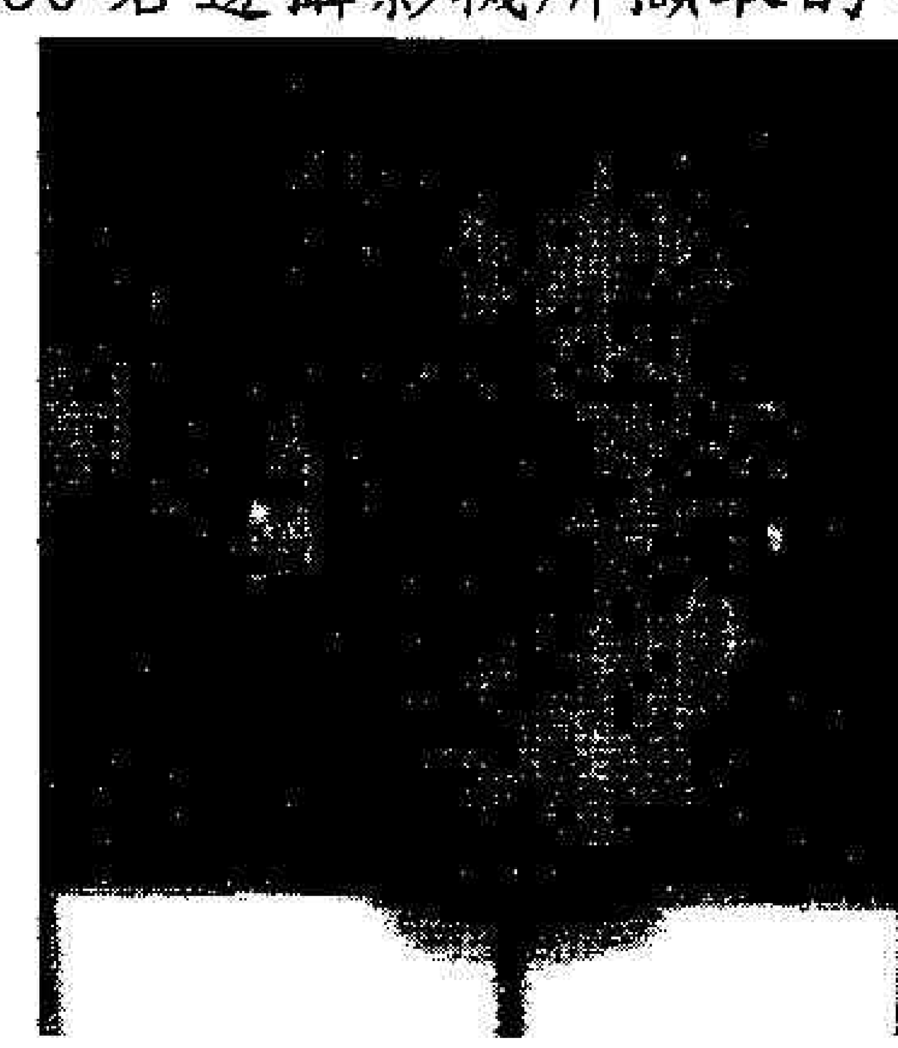


圖 3-51 合成的舌影像

為了能判斷厚薄，我們用假體做了一個測試；程式如圖 3-52 所示。在假體邊界有厚度的地方，點上兩點，用兩台攝影機擷取假體影像，如圖上畫圈的地方。我們利用滑鼠準確的找到兩個影像上這兩點的位置，利用

合成公式算出兩點的 Z 值，在程式介面右上角有 Z1 與 Z2 表示這兩點。我們可以從 Z1 減 Z2 的值為 1.21 cm ，而與假體的兩點的垂直距離（Z）為 1.1 cm，兩者非常接近。由以上的測試，我們可以得到一個結論，即如果能準確找到舌頭在兩影像的點，此方法是可以來判斷舌頭厚度的，此部份有待更進一步的克服。

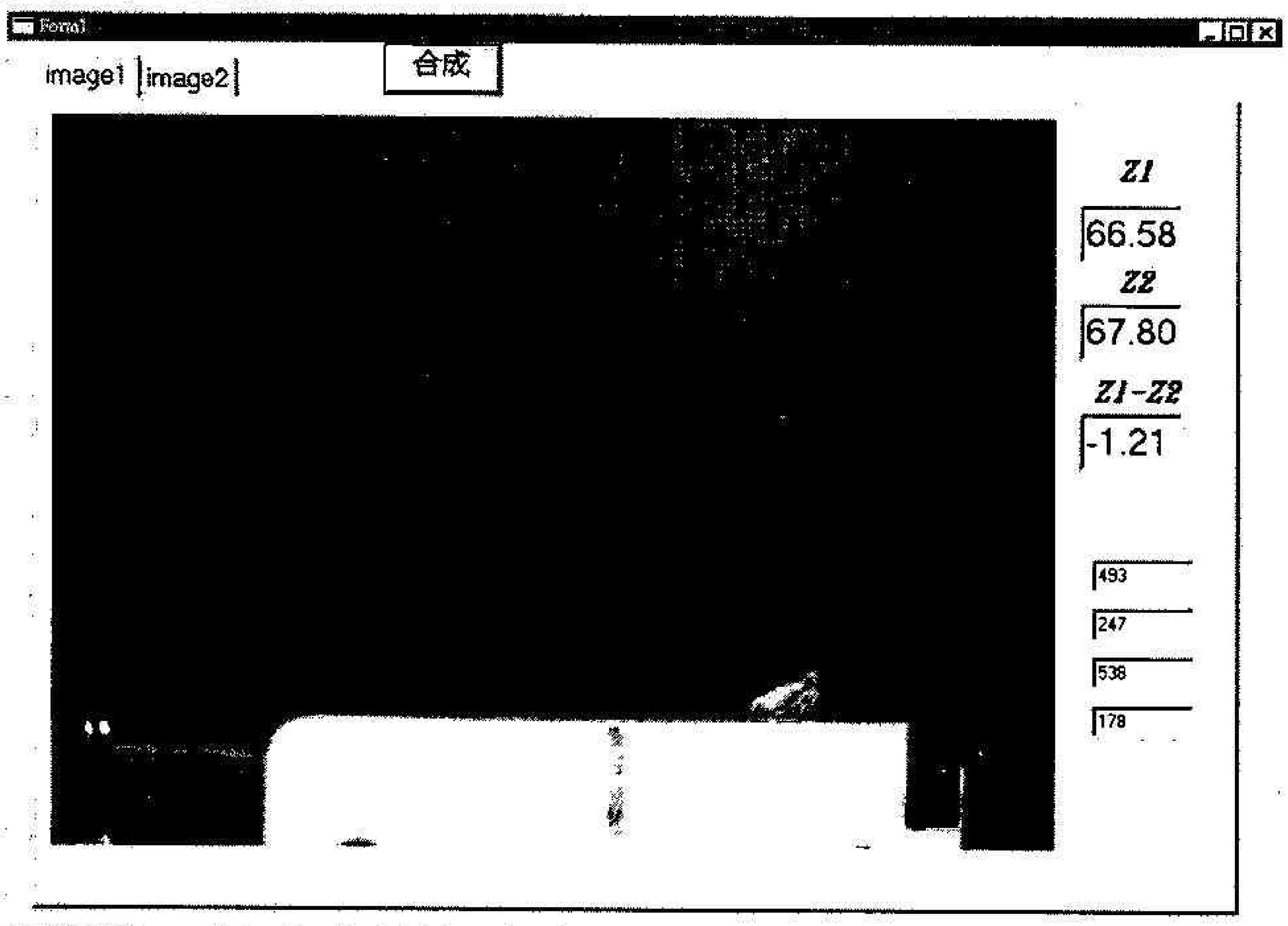


圖 3-52 合成厚度測試程式

六、與紅外線中醫望診系統的初步整合

在未來，我們的研究將與本系中正在進行的紅外線中醫望診系統整合成一套系統，在整合的初期，已經完成初步的硬體與軟體整合。在硬體上，紅外線望診系統的固定架，已經燒上鋼管，可將本研究的固定架，組裝上紅外線系統，共同取像。在影像擷取卡上，本研究室擷取靜態影像，而紅外線是擷取 AVI 動態影像，因此用兩張擷取卡。在擷取卡的整合上，兩張擷取卡已經能安裝在同一台電腦上，進行同時擷取影像的動作。但是由於本研究的擷取環境是 1024×768×32bits 的 Ture color 顯示模組，使紅外線系統在擷取影像時，造成延遲畫面的現象，無法在螢幕上看到即時動態影像，因此無法確定擷取的影像是正確的。但是紅外線系統的擷取卡有 S 端子，可輸出擷取影像到電視上，是可以解決上述的問題。

在軟體的初步整合上，兩者的系統程式皆是以 Borland 公司的程式語言 Delphi 發展，使未來軟體非常容易整合。

肆、結論與建議

一、結論

在中醫舌診的發展上，電腦化的彩色影像處理技術與方法，用來對所要觀察的舌特徵做定量的分析，是必然的趨勢。在擷取影像時的環境與限制，是影響分析結果成敗的最重要因素。在我們的研究中除了對舌影像擷取時做限制外，在影像的前處理上，也著重在對環境光源的校正，研究中利用灰階板R、G、B值均等的概念，對擷取的舌影像作整體的校正，除去影像因攝影機或燈光偏紅或偏綠或偏藍的不均勻現象。同時為了使舌影像間在分析上能有一個標準，我們利用R、G、B色板對影像作標準校正，使每次取到的舌影像在經過校正後，影像與影像間R，G，B值的範圍都很接近。由假體的校正實驗，我們得到校正上的限制，即對較暗的舌影像校正的效果並不明顯。在有研究中的控制光源下（50頁），能有很好的校正效果，使我們更確定了兩種校正方法的效能，是可以達到校正舌影像的目的。

在我們的研究中，從硬體設備的建立到軟體程式的發展完成，已經初步架構了中醫彩色舌診影像分析系統。舌影像的處理上，包括上述的兩種校正方法，影像的邊緣檢測，分割與舌特徵的分析。我們用 Mask 邊緣檢測的方法得到舌的邊緣，運用色板固定的大小，作公分與 pixels 之間的換算，來求得舌形的大小。分割後的舌影像，也運用色板換算，求得舌的面積。在邊緣檢測與分割上，由於舌影像與背景部份的R、G、B值很相近，例如嘴唇的部份，造成邊緣檢測與分割上的困難。所以在分割上採用半自動的分割方式，造成處理的時間較長。

在舌特徵的區分上，藉由 15 個不同燈光環境的測試影像的分析與運用彩色影像的處理技術，建立了舌診上舌色、舌苔與舌形的辨識之初步模式。在整個舌影像特徵分析主要利用區分程式（47頁）記錄舌特徵的值，找出個個不同的臨界值，來區分舌特徵。研究中先對舌色與舌苔作區分，再從個別的舌色分出紅色、淡紅色與暗紅色，並對區分出的苔色分出黃苔與白苔。在舌色與苔色的區分上，研究中發現G值約在 80 左右能分出明顯的舌苔與舌色，大於G的臨界值區分為舌苔。B值與I值用”和”（and）的關係，能分出較不明顯的舌苔與舌色，臨界值約為 95 與 36（研究中 I 值的範圍在[0,100]之間），大於臨界值為舌苔。由 H 值直方圖臨界值的觀察，我們可以把黃苔從舌影像中區分出來，H約小於 30、大於 2 為黃苔（研究中 H 值的範圍在[0,100]之間）。而 H 的臨界值，也用來區分舌苔的黃苔與白苔，臨界值分別是約小於 33 與大於 66。我們依據上述的三種區分舌色與舌苔的臨界值，G值，B值”和”(and)I值與H值的臨界值，用”或”（or）的關係組合，來區分舌色與苔色。在這部份的區分方法，我們

是對分割後四部份舌影像，作個別的臨界值分析。在舌色的分析上，測試影像的暗紅點也非常少，並且在舌根部的舌色因為光源，使舌色變暗，造成分析上的困難。我們據暗紅色的 R、G、B 值（and 的關係）小於紅色與淡紅色，先從舌色中區分出暗紅色，臨界值分別為（84，68，72）。接著我們運用色板值來區分紅色與淡紅色，發現 g 大於 0.26 與 b 值大於 0.33 能區分淡紅色。在結果的顯示上，除了有各舌特徵的影像圖，在數據上也用百分比例，分析出整體舌影像的舌特徵分佈情形與舌左、舌右、舌中與舌尖的舌特徵分佈情形。在特徵圖中舌苔圖會有少許的舌色
無法區分出來，是由於舌苔在影像中有擴散的現象。

在系統完成後，對 50 個健康人做中醫舌診舌特徵分析。在健康人的舌特徵的分析中，我們分別分析了整體舌影像特徵與個別舌影像特徵的分佈。在整體的舌特徵分佈的百分比結果上，舌色多分佈在整個舌影像的 50% 以上，苔色分佈在 50%以下，而舌色的分佈上，淡紅色大都分佈在 40%以上，紅色與暗紅色則分佈在 10%以下。在苔色的分佈黃苔是分佈在 20%以下，白苔 則在 20%以上佔大多數。研究發現健康人是舌色多於舌苔、淡紅舌、白苔者佔大多數。在分別黃苔與白苔所用的色調的 Histogram 臨界值法中，不能區分的誤差大部份在 0.5%內，有很好的效果。舌寬在 4 到 5 公分，舌長在 4 到 6 公分，而舌面積則分佈在 15 到 25 平方公分，是判斷舌形的依據。

在各部份舌特徵分佈的百分比上，舌色與苔色的分佈在舌中部份兩者並沒有很大的差異，左右的部份百分比分佈是舌色分佈較大，而在舌尖舌苔分佈多集中在 20%之內，是最小的。舌色的分佈上，淡紅色的分佈在各區域都遠較紅色與暗紅色多。紅色與暗紅分佈在 10%以下佔大多數，但舌尖紅色的分佈卻到 40%，是紅色分佈最多的區域。黃苔分佈，舌中百分比分佈有到 50%是最多；舌的兩邊到 30%是其次；在舌尖的比例分佈在 0~10%之間，幾乎沒有黃苔的分佈。白苔分佈情形與黃苔相似，但較大。

在舌影像合成的部份，由於無法準確找到舌頭上的點對應到兩影像中的兩點，使合成的舌影像 Z 值並沒有變化，無法判斷舌影像厚薄。我們用滑鼠準確取得假體固定點投影到的兩影像的點，作運算的 Z 值為 1.21 cm，而與假體實際的兩點的垂直距離（Z）為 1.1 cm，兩者非常接近。由以上的測試，此方法是可以來判斷舌頭厚度的，此部份有待更進一步的克服。同時為了發展中醫望診系統，也與紅外線舌診系統做初步的整合，期望在未來，能架構出結合彩色與紅外線影像的望診系統。

我們利用電腦來做舌診舌特徵的影像分析，提供了科學化的數據；減少了人為主觀的判斷，使中醫師在舌診診斷上，有一個正確的參考依據。

二、建議

中醫舌診的彩色影像處理方法，在近幾年才被研究，因此在影像處理的方法上，有很大的發展空間。選擇適當的影像處理方法，將更有助於舌診特徵的區別與辨識。

在我們的整個系統中，發展軟體分為兩部份，影像擷取程式是用 Visual C++程式語言 SDK for Windows 95 程式設計的方法撰寫。目前研究中用 Delphi 的程式撰寫。目前研究中是用 Delphi 的函式，呼叫影像擷取程式。在未來的整合程式，可用 DLL 動態連結的技術，與影像擷取程式流程連結，使參數能相互傳遞，並加快影像擷取時間。目前程式依據流程，用分開的程式介面做各部份的處理，造成處理較為繁瑣，也費時較多。在未來，將整個處理流程整合到同一個介面，並簡化流程，是必然的發展方向。

在分割舌影像上，研究中是用半自動的方式，也造成處理時間較久，因此尋找一個自動的分割方式，有助於處理時間的縮短。在舌色與苔色的分析上，由所分析出的舌苔圖中，還有少數的舌色。在未來，從舌苔圖中將少量的舌色區分出來，使舌色與舌苔的區分更準確。在我們的研究中，對健康人常見的舌色與舌苔作分析，在舌形上，本研究只對舌長、寬與面積做定量的分析。在中醫舌診上，各種病症有各種不同的舌色、苔色與舌形。在未來與醫院結合，取得病患其他的舌色、苔色與舌形作辨識。使整個系統，舌特徵的分析更廣，判斷結果更多元化，能舌診系統真正運用到臨床診斷上。中醫舌診系統可與舌診病症資料庫結合，建立一個中醫舌診的專家系統，並保存中醫師的舌診經驗。

在我們的研究中，對舌特徵做百分比例的定量分析，在未來與中醫師合作，由區分出的百分比例，得到實際的舌診病症分析特徵。例如紅色的比例大於多少，稱為紅舌，舌形長寬比例大於多少，稱為胖舌。並藉由中醫師的認定，對系統中辨識舌特徵的臨界值，做修正與改進。

在影像合成去判斷舌厚薄的方法上，如何能找到左右兩邊舌影像的同一點，使 Z 方向有值來判斷厚薄，也將是研究未來的發展方向。如果不能準確的找到相同的點，其他 3D 運算方法，也是可以考慮的。

在與紅外線舌診的整合方面，同時擷取的舌影像，做舌特徵相關的判斷與每一種系統觀察到的舌特徵，整合成一個相關的辨識結果，使整合有意義。

伍、参考文獻

[1]洪禎徽:*中國醫藥小百科 26 ：舌診ㄧ觀察舌質、舌苔的辨識*，台北:立得出版社，1992。

[2]神戶中醫學研究會編著,傅玉香譯：*舌診與脈診*，*台北*：旺文社股份有限公司，1996。

[3]馬建中：*中醫診斷學*，台北：國立編譯館，1982

[4]張伯禮：中醫舌診客觀化系列研究，*長庚紀念醫院二十週年慶中醫、中西醫結合學術研討會*，1997.2；39~44。

[5]Gonzalez RC , Woods RE：*Digital Image Processing, Addison Wesley.* New York：1992.

[6]Jain AK：*Fundamentals of Digital Image Processing.* New York ：Pren-tice-Hall, Inc, 1992.

[7]楊國璽：*大白鼠腦中結構之影像分割*，中壢：中原大學醫學工程研究所碩士論文，1993。

[8]王震寰：*影像處理在骨齡估定上的應用*，中壢：中原大學醫學工程研究所碩士論文，1994。

[9]北京醫學院中醫系：*中醫舌診*，台北：合記圖書出版社，1995。

[10]鄭鐵濤主編，郭振球副主編：*中醫診斷學*，上海：上海科學技術出版社, 1989。

[11]王季藜，李玉玲：*舌診源鑒*，北京：中國醫藥科技出版社，1992.

[12]林子浩：*中國醫藥小百科 27：望診ㄧ舌苔辨別總論*，台北：立得出版社，1995。

[13]李靜文：*常見消化系疾病舌像圖譜*，北京：人民衛生出版社，1994

[14]孫安迪：舌頭鏡中鏡ㄧ凡病具見於舌：*中國時報*，1996.12.16，第 39 版

[15]徐復霖，田維，吳士九：*脾胃理論與臨床*，湖南：湖南科學技術出版社，1986。

[16]Chiu CC, Lin HS, Lin SL, et al:A structural texture recognition approach for medical through tongue. *Biomedical Engineering Applications, Basis&Communications* 1995;7:11-6.

[17]Chiu CC, Chen WS:An initial study of quantitative analysis on tongue image. *The Biomedical Engineering Society 1995 Annual Symposium* 1995;33-4.

[18]陳建仲, 蔣依吾：*舌診研究中影像擷取環境之探討*，台中：中國醫藥學院研討記錄，1997

[19]Dhond UR , Aggarwal JK:Structure from stereo－a review. *IEEE*

Tranctions on Systems, Man, and Cybernetics , 1989;19:1489~510.
[20]陳國祥：*眼底影像之電腦化色彩及濃度分析*，中壢：中原大學醫學工程研究所碩士論文，1991
[21]許遵愚：*雷射掃瞄眼底鏡之眼底多頻影像之校準與彩色重建*，中壢：中原大學醫學工程研究所碩士論文，1992
[22]Francisco A: Continuous principal distance change for binocular depth perception. *Image and Vision Computing* 1995;13:101-9.
[23]Kang CY, Chen YS, Hsu WH, et al: Automatic approach to mapping a lifelike 2.5D human face. *Image and Vision Computing* 1995;12:5-14.
[24]Papandimitriou DV, Dennis TJ:Epipolar line estimation and rectification for stereo image pairs. *IEEE Transactions on Image Processing* 1996;5:672-6.
[25]Chen LH, Lin WC：Visual surface segmentation from stereo. *Image and Vision Computing* 1997;15:95-106.
[26]Hoff W, Ahuja N:Surfaces from stereo:integrating feature matching, disparity estimation, and contour detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1989;11:121~36.
[27]Wei GQ, Arbter K, Hirzinger G, et al:Real-time visual servoing for laparoscopic surgery. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 1997;40~5.
[28]Cochran SD, Medioni G, et al:3-D surface description from binocular stereo. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1989;14:981~94.
[29]顏陳河：*階層式組合編碼在醫學影像之表現*， 中壢：中原大學研究所碩士論文，1995
[30]黃睎暐：*Windows 95 程式設計 (I) (II)*，台北：松格出版社，1996
[31]蔡碧洲：Delphi for Windows 95 程式設計基礎，台北：松崗電腦圖書資料股份有限公司，1996

附錄一 測試影像臨界值數據

表中 B與 I 值的苔色為最小臨界值，↑表示在臨界值以上是苔色，舌色並沒有可區分的值，所以表中是空白。

※ 在本研究中之 I 值，在[0,100]之間

十五張測試影像右邊部份，區分舌色與舌苔的臨界值表

影像代碼		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Green	舌	81	81	74	70	79	62	81	80	73	75	81	73	76	69	77
	苔	81	85	80	81	89	78	81	88	81	83	81	81	82	78	78
Blue	舌															
	苔	104↑	102↑	87↑	94↑	106↑	88↑	96↑	104↑	104↑	101↑	104↑	87↑	100↑	96↑	98↑
I	舌															
	苔	39↑	40↑	36↑	36↑	39↑	36↑	38↑	40↑	39↑	38↑	38↑	36↑	37↑	39↑	38↑

十五張測試影像舌中部份，區分舌色與舌苔的臨界值表

影像代碼		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Green	舌	81	84	84	83	84	86	89	88	89	83	89	77	75	70	78
	苔	89	85	89	86	91	86	97	89	89	91	98	88	83	92	84
Blue	舌															
	苔	104↑	106↑	110↑	106↑	108↑	106↑	104↑	104↑	104↑	109↑	104↑	101↑	104↑	105↑	101↑
I	舌												37			
	苔	40↑	39↑	40↑	41↑	41↑	39↑	40↑	40↑	40↑	40↑	40↑	40↑	39↑	40↑	40↑

十五張測試影像舌尖部份，區分舌色與舌苔的臨界值表

影像代碼		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Green	舌	73	71	66	71	76	79	73	80	72	75	73	79	73	78	74
	苔	81	79	78	81	82	83	81	88	81	83	81	81	78	79	82
Blue	舌															
	苔	96↑	95↑	94↑	97↑	103↑	97↑	96↑	104↑	96↑	101↑	96↑	99↑	97↑	98↑	100↑
I	舌															
	苔	37↑	37↑	37↑	36↑	37↑	36↑	37↑	39↑	36↑	38↑	39↑	39↑	36↑	37↑	36↑

附錄二、五十個健康人整體舌特徵百分比例結果數據

第一個到第二十個健康人整體舌特徵百分比例結果數據

影像			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
整體舌特徵結果	舌色%	比例	50.4	53.4	39.5	28.5	53.4	41.4	81.6	57.1	58.8	53.8
		淡紅	45.3	45.7	31.5	17.8	40.9	38.8	61.7	45.3	48.4	43.1
		紅	4.4	4.6	4.8	8.9	9.4	0.5	14.6	8.9	7.0	3.2
		暗紅	0.7	3.1	3.2	1.8	3.1	2.1	5.3	2.9	3.4	7.5
	苔色%	比例	49.6	46.6	60.5	71.5	46.6	58.6	18.4	42.9	41.2	46.2
		黃苔	14.5	18.0	2.4	28.0	17.9	10.6	2.6	10.0	0.8	3.8
		白苔	34.6	28.6	58.1	42.6	28.7	48.0	15.8	32.9	40.4	40.4
		error	0.55	0.0065	0.02	0.82	0.02	0.077	0.04	0.0179	0.0685	1.63
	舌形	長 cm	6.1	4.9	5.1	5.6	4.8	6.0	4.7	4.6	5.6	5.6
		寬 cm	4.8	4.8	4.5	4.6	4.3	5.3	3.8	4.4	4.3	5.6
		面積 cm^2	23.6	17.9	17.8	21.2	16.2	26.9	15.6	16.7	20.3	25.9

影像			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
整體舌特徵結果	舌色%	比例	72.0	54.6	53.5	57.5	69.5	60.6	63.1	49.4	66.8	48.6
		淡紅	60.8	47.7	47.8	50.9	57.9	47.3	54.9	39.5	49.1	39.3
		紅	0	2.9	1.4	0.9	7.2	7.5	4.7	6.5	7.6	4.9
		暗紅	11.1	4.0	4.3	5.7	4.4	5.8	3.5	3.4	10.0	4.4
	苔色%	比例	28.0	45.4	46.5	42.5	30.5	39.4	36.9	50.6	33.2	51.4
		黃苔	1.3	1.9	7.1	7.9	23.5	19.3	23.8	6.3	2.5	21.4
		白苔	26.7	43.4	38.8	33.1	6.9	20.1	13.1	44.3	30.7	29.6
		error	0	0	0.57	1.5	0.07	0.03	0.02	0.04	0.03	0.4
	舌形	長 cm	6.0	6.2	5.7	6.0	5.9	5.9	6.1	6.5	5.8	5.8
		寬 cm	4.4	4.2	5.4	5.8	4.6	4.9	4.6	5.1	4.7	3.8
		面積 cm^2	21.3	21.8	26	27.7	25.0	23.9	20.6	21.6	19.8	17.6

第二十一個到第四十個健康人整體舌特徵百分比例結果數據

影	像		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
整體舌特徵結果	舌色%	比例	80.2	65.6	44.8	41.6	86.9	43.1	63.4	19.5	22.9	9.2
		淡紅	53.3	54.9	35.4	32	75.5	37.2	54.2	13.7	17.6	7
		紅	3.0	7.1	0.9	4.9	5.9	3.6	3.7	0.1	2.4	0
		暗紅	3.8	3.6	8.5	4.7	5.5	2.8	5.6	5.7	2.8	2.2
	苔色%	比例	39.8	34.4	55.2	58.3	13.1	56.9	36.6	80.5	77.1	90.8
		黃苔	5.6	2.7	10.6	11.3	0.3	4.7	0.5	21.6	15.4	37.5
		白苔	34.2	31.7	44.6	47.0	12.7	52.3	36.1	58.8	61.6	53.2
		error	0.038	0.017	0.042	0.11	0	0.01	0.03	0.04	0.034	0.016
	舌形	長 cm	6.1	4.3	5.5	5.8	5.0	5.1	6.1	4.2	4.1	5.1
		寬 cm	4.7	4.7	5.5	4.2	4.2	4.6	4.8	5.3	4.3	4.8
		面積 cm^2	24.7	16.2	24.1	19.5	17.0	19.4	22.6	17.5	14.0	20.4
影	像		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
整體舌特徵結果	舌色%	比例	21.7	19.7	53.4	17.8	47.4	25.3	58.2	88.7	57.2	85.6
		淡紅	16.2	15.9	47.8	9.4	34.7	17.3	48.6	63.8	47.3	62.0
		紅	3.6	0.3	1.7	0	4.4	1.5	1.2	18.9	2.3	7.2
		暗紅	1.9	3.5	3.9	8.5	8.3	6.5	8.4	6.0	7.6	16.4
	苔色%	比例	78.3	80.3	46.6	82.2	52.6	74.7	41.8	11.3	42.8	14.3
		黃苔	12.1	25.4	4.6	53.8	24.4	34.3	21.3	1.7	34.9	3.8
		白苔	66.1	54.8	41.3	28.1	28.2	40.2	20.4	9.4	7.9	10.4
		error	0.03	0.13	0.7	0.3	0.08	0.2	0.04	0.2	0.03	0.06
	舌形	長 cm	5.8	4.2	5.6	5.3	4.9	5.2	4.1	4.0	5.1	5.5
		寬 cm	4.9	3.9	4.4	4.4	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	4.5
		面積 cm^2	22.7	14.4	22.0	20.6	16.6	16.1	14.8	16.8	21.0	18.6

第四十一個到第五十個健康人整體舌特徵百分比例結果數據

影像			41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
整體舌特徵結果	舌色%	比例	62.6	67.9	62.6	38.2	53.3	75.2	71.9	33.9	89.2	73.5
		淡紅	51.8	57.3	55.7	30.1	46.0	64.5	60.4	26.8	68.8	56.8
		紅	5.7	8.8	1.3	2.4	1.3	4.6	6.0	5.6	13.1	2.6
		暗紅	5.1	1.9	5.6	5.7	6.1	6.2	5.6	1.5	7.2	14.1
	苔色%	比例	37.4	32.1	37.4	61.8	46.7	24.8	28.1	66.1	10.8	26.5
		黃苔	5.5	7.2	11.8	10.4	4.1	2.0	0.7	2.4	3.9	0.3
		白苔	29.9	24.8	25.5	51.2	41.8	22.3	26.8	63.7	6.9	25.9
		error	1.5	0.1	0.01	0.15	0.07	0.5	0.6	0.06	0.03	0.2
	舌形	長 cm	4.6	4.7	5.9	5.3	5.6	4.9	5.1	4.9	5.5	5.7
		寬 cm	4.9	4.8	4.4	5.3	5.2	4.7	4.2	4.2	5.6	4.8
		面積 cm^2	18.8	18.5	20.4	22.5	22.6	17.9	17.0	15.4	25.5	22.5

附錄三、五十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

第一個到第十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

影像			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
左邊舌特徵結果	舌	比例	52.3	45.5	47.1	42.3	65.5	64.4	89.2	70.8	49.2	65.7
	色%	淡紅	40.1	36.2	36.1	22.4	35.0	60.3	63.9	52.1	31.5	52.5
		紅	9.0	2.7	9.3	17	27.9	0.9	17.8	12.9	11.3	5.2
		暗紅	3.2	6.5	1.6	2.8	2.5	3.2	7.5	5.8	6.5	8.0
	苔	比例	47.7	54.5	52.9	57.7	34.5	35.6	10.8	29.2	50.8	34.3
	色%	黃苔	15.4	13.2	3.0	20.1	8.0	3.2	1.8	2.1	1.7	2.8
		白苔	32.3	41.3	49.9	37.6	26.5	32.4	9.0	27.1	48.9	31.5
		error	0.018	0	0	0.021	0.028	0	0	0	0.22	0
右邊舌特徵結果	舌	比例	66.0	60.1	50.2	67.4	65.4	40.0	75.2	69.9	83.7	79.2
	色%	淡紅	58.9	52.4	44.4	43.5	47.9	37.9	61.8	57.1	67.8	64.6
		紅	5.0	2.1	2.5	17.1	16.7	0.4	6.4	9.3	8.5	6.1
		暗紅	2.1	6.6	3.4	6.8	0.7	1.7	7.0	3.6	7.4	8.5
	苔	比例	34.0	39.0	49.8	32.6	34.6	60.0	24.8	30.1	16.3	20.8
	色%	黃苔	6.5	6.8	5.7	8.4	7.7	8.3	3.9	4.6	1.0	2.4
		白苔	26.8	32.2	44.1	24.1	26.9	51.7	20.7	25.4	15.3	18.4
		error	0.64	0	0	0.077	0	0	0.26	0.08	0	0.15
舌中舌特徵結果	舌	比例	37.5	42.2	27.1	3.5	38.9	24.8	75.6	38.0	53.9	34.7
	色%	淡紅	36.9	39.4	22.8	2.6	36.0	22.5	65.9	34.7	49.0	25.4
		紅	0.6	0.9	0.4	0	1.4	0	4.3	0.4	2.3	0
		暗紅	0.01	1.8	3.9	0.9	1.5	2.3	5.4	2.9	2.6	9.3
	苔	比例	62.5	57.8	72.8	96.5	61.1	75.2	24.4	62.0	46.1	65.3
	色%	黃苔	21.1	26.4	2.0	46.2	27.3	15.7	3.2	16.9	0.6	5.7
		白苔	40.7	31.4	70.8	48.7	33.8	59.4	21.2	45.1	45.5	56.4
		error	0.78	0	0.031	1.62	0.02	0.1	0.005	0.01	0.073	3.12
舌尖舌特徵結果	舌	比例	76.6	95.2	70.1	54.8	81.2	72.0	95.8	91.4	58.3	76.1
	色%	淡紅	63.6	70.6	49.2	35.1	57.9	69.3	50.3	60.5	42.8	66.5
		紅	13	22.5	19.5	19.3	12.5	1.7	43.0	30.4	15.3	8.2
		暗紅	0.02	2.1	1.4	0.4	10.9	1.0	2.5	0.5	0.23	1.4
	苔	比例	23.4	4.8	30.0	45.2	18.8	28.0	4.2	8.6	41.7	23.9
	色%	黃苔	0.2	0.4	0.5	2.3	3.9	1.2	0.6	0.2	0.7	0.6
		白苔	23.2	4.4	29.5	42.9	14.8	26.8	3.6	8.4	41.0	23.3
		error	0.05	0.05	0.017	0.01	0	0.061	0	0	0	0

第十一個到第二十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

影像			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
左邊舌特徵結果	舌色%	比例	63.6	70.2	61.9	87.2	81.1	76.8	86.2	87.6	82.1	79.4
		淡紅	51.4	58.9	58.9	75.2	56.4	58.2	64.7	65.3	66.0	65.8
		紅	0.1	4.0	0.4	1.8	18.1	11.5	13.5	12.0	8.7	4.7
		暗紅	12.9	7.4	2.6	10.1	6.6	7.0	8.0	10.3	7.4	8.9
	苔色%	比例	36.4	29.8	38.1	12.8	18.9	23.2	13.8	12.4	17.9	20.6
		黃苔	0	2.4	0.6	0.4	6.2	9.5	2.7	1.7	0.4	7.1
		白苔	36.33	27.4	37.4	12.5	12.6	13.7	11.1	10.7	17.5	13.5
		error	0	0	0.103	0	0.13	0	0	0	6.0	0.06
右邊舌特徵結果	舌色%	比例	46.8	84.6	69.7	95.6	85.3	66.7	64.6	58.4	83.8	55.0
		淡紅	30.8	73.0	57.5	79.1	56.7	48.4	47.7	49.0	62.4	44.5
		紅	0	1.3	1.0	2.5	15.1	6.9	4.8	6.2	11.9	4.8
		暗紅	16.0	10.3	11.3	13.9	13.5	11.7	12.1	3.2	9.5	5.7
	苔色%	比例	53.2	15.4	30.3	4.4	14.7	33.0	35.4	41.6	16.2	45.0
		黃苔	0.5	0.7	1.3	0.7	1.9	18.2	18.4	3.4	1.8	11.4
		白苔	52.7	14.7	29.0	3.7	12.7	14.8	17.0	38.2	14.8	31.8
		error	0	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0.043	1.81
舌中舌特徵結果	舌色%	比例	73.8	33.7	33.5	32.6	61.4	42.3	53.2	32.5	54.3	30.4
		淡紅	61.5	32.1	31.3	29.0	58.5	36.0	50.7	27.3	38.5	26.0
		紅	0	0.3	0	0	0.2	0.5	1.0	2.1	1.9	0.2
		暗紅	12.3	1.2	2.2	3.6	2.7	5.8	1.5	3.1	13.9	4.2
	苔色%	比例	26.2	66.3	66.6	67.4	38.6	57.7	46.8	67.5	45.7	69.6
		黃苔	2.2	2.5	13.1	16.0	11.2	28.8	15.4	9.4	3.7	32
		白苔	24.0	63.8	52.4	48.5	27.4	28.9	31.4	58.1	42.0	37.5
		error	0	0.015	1.1	2.9	0.02	0	0.03	0.07	0.02	0.04
舌尖舌特徵結果	舌色%	比例	92.8	83.4	89.4	65.8	69.8	93.3	84.7	81.4	83.6	74.4
		淡紅	89.5	66.7	77.6	62.9	58.6	68.7	71.3	60.8	61.2	54.5
		紅	0.3	13.1	6.4	1.2	11.1	24.0	13.1	20.7	22.4	19.8
		暗紅	3.0	3.6	5.4	1.8	0.2	0.6	0.2	0.0	0.0	0.1
	苔色%	比例	7.2	16.6	10.6	34.2	30.2	6.7	15.3	18.6	16.4	25.6
		黃苔	0	0.5	0.4	0.22	0.4	2.6	0.3	0.2	0.5	8.8
		白苔	7.2	16.1	10.2	33.7	29.5	4.0	15.0	18.4	15.8	16.2
		error	0	0	0.07	0.2	0.18	0.15	0.007	0	0.07	0.6

第二十一個到第三十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

影像			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
左邊舌特徵結果	舌	比例	58.9	69.0	68	52	97.0	51.4	75.7	13.8	22.6	7.6
	色%	淡紅	52.2	55.4	59.1	44.7	77.2	44.8	64.8	13.1	18.4	4.6
		紅	0.4	10.4	0.3	3.3	11.4	2.1	1.9	0	0.9	0
		暗紅	6.1	3.2	8.6	4	8.4	4.5	9	0.6	3.3	2.9
	苔	比例	41.2	31	32	48	2.9	48.6	24.3	86.2	77.4	92.4
	色%	黃苔	8.3	1.8	10.1	4.7	0.2	3.7	1	60.6	28.6	51.6
		白苔	32.9	29.2	21.8	43.3	2.8	44.9	23.3	25.6	48.8	40.8
		error	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
右邊舌特徵結果	舌	比例	47.8	69.1	57.4	68.7	87.4	37.3	69.5	15.8	34.2	9.5
	色%	淡紅	44.7	54.5	47.2	56.9	77.8	32.7	61.1	8.7	23.5	6.7
		紅	0.7	4.3	0.6	4.9	2	0.8	2.7	0	0.1	0
		暗紅	2.4	10.3	9.7	6.9	7.6	3.8	5.7	7.1	10.6	2.9
	苔	比例	52.2	30.9	42.6	31.3	12.6	62.7	30.5	84.2	65.8	90.5
	色%	黃苔	8.4	5.8	11.8	6	1.3	4.1	1.8	33.5	18.8	37.3
		白苔	43.9	25.1	30.7	25.3	11.3	58.6	28.7	50.6	47	53.1
		error	0	0	0.045	0	0	0	0	0.1	0.02	0.13
舌中舌特徵結果	舌	比例	94.2	81.5	77.7	72.5	91.5	78.5	80.7	48.3	58.5	18.8
	色%	淡紅	78.7	56.4	73.5	50.7	65.9	62.6	62.7	47.7	44.4	18.8
		紅	14.8	24.8	4.2	21.8	25.6	15.8	17.9	0.6	14.1	0
		暗紅	0.7	0.3	0	0	0.03	0.1	0	0	0	0
	苔	比例	5.8	18.5	22.3	27.5	8.5	21.5	19.3	51.7	41.5	81.1
	色%	黃苔	1	1.3	2.9	1.3	0.3	0.8	0.3	5.7	2.6	29.3
		白苔	4.9	17.2	19.3	26.1	8.1	20.7	18.9	46.0	40.0	51.8
		error	0.02	0.06	0.04	0.2	0.03	0	0.2	0	0	0
舌尖舌特徵結果	舌	比例	94.2	81.5	77.7	72.5	91.5	78.5	80.7	48.3	58.5	18.8
	色%	淡紅	78.7	56.4	73.5	50.7	65.9	62.6	62.7	47.7	44.4	18.8
		紅	14.8	24.8	4.2	21.8	25.6	15.8	17.9	0.6	14.1	0
		暗紅	0.7	0.3	0	0	0.03	0.1	0	0	0	0
	苔	比例	5.8	18.5	22.3	27.5	8.5	21.5	19.3	51.7	41.5	81.1
	色%	黃苔	1	1.3	2.9	1.3	0.3	0.8	0.3	5.7	2.6	29.3
		白苔	4.9	17.2	19.3	26.1	8.1	20.7	18.9	46	40	51.8
		error	0.02	0.06	0.04	0.2	0.03	0	0.2	0	0	0

第三十一個到第四十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

影像			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
左邊舌特徵結果	舌色%	比例	36.5	22.5	66.8	23.0	83.8	29.7	56.0	95.2	61.2	90.5
		淡紅	27.7	17.8	54.5	8.9	67.7	18.4	47.5	52.9	52.8	47.9
		紅	6.3	0.2	4.8	0	0.5	0.3	0.1	34.5	3.3	22.6
		暗紅	2.6	4.5	7.5	14.0	15.7	11.0	8.4	7.8	5.1	19.0
	苔色%	比例	63.5	77.5	33.2	77.0	1. 12	70.3	44.0	4.8	38.8	9.5
		黃苔	1.5	11.4	5.2	29.6	9.2	19.2	20.7	0.3	26.4	0.4
		白苔	61.9	66.0	27.3	47.4	6.9	51.0	23.2	4.6	12.4	9.4
		error	0.02	0	0.7	0.1	0	0.02	0.12	0	0	0
右邊舌特徵結果	舌色%	比例	29.1	6.2	78.8	21.9	39.4	38.9	55.5	79.6	49.1	94.2
		淡紅	24.1	4.6	61.4	13.7	26.2	23.7	48.0	52.3	41.3	64.5
		紅	0.7	0	3.4	0.1	0.2	0.2	0.9	21.2	3.1	8.0
		暗紅	4.3	1.6	14.0	8.0	13.0	15.0	6.3	6.1	4.6	21.7
	苔色%	比例	70.9	93.8	21.2	78.1	60.6	61.1	44.5	20.4	51.0	5.8
		黃苔	10.1	46.3	2.35	29.6	13.9	21.5	13.5	4.1	26.7	2.5
		白苔	60.7	46.6	18.7	48.3	46.6	38.9	30.8	16.2	24.1	3.2
		error	0.04	0.8	0.2	0.3	0.1	0.7	0.2	0.04	0.2	0.04
舌中舌特徵結果	舌色%	比例	13.0	13.8	41.5	14.2	28.6	13.3	46.4	85.8	53.5	78.8
		淡紅	11.1	8.6	39.8	3.0	20.1	7.9	41.6	77.1	50.4	66.5
		紅	0.3	0	0	0	0.2	0	0.3	1.6	3.0	1.7
		暗紅	1.6	5.1	1.2	11.2	8.3	5.4	4.5	7.1	0	10.7
	苔色%	比例	87.0	86.2	59.0	85.8	71.4	86.7	53.6	14.2	87.3	21.2
		黃苔	17.7	29.3	7.0	75.4	37.5	35.5	30.5	1.8	77.9	5.2
		白苔	69.3	56.8	50.7	10.3	33.8	51.0	23.1	12.0	6.8	15.8
		error	0.04	0	1.3	0.04	0	0.2	0	0.4	2.6	0.1
舌尖舌特徵結果	舌色%	比例	37.1	45.9	78.8	15.7	84.3	44.2	93.6	99.5	12.7	96.8
		淡紅	19.0	44.6	61.4	15.7	62.7	36.8	68.3	43.8	7.5	49.5
		紅	18.1	1.3	3.4	0	21.4	7.2	4.5	54.2	5.1	20.3
		暗紅	0	0	14.0	0	0.2	0.2	20.8	1.5	0	27.0
	苔色%	比例	62.9	54.1	46.1	84.3	15.7	55.8	6.4	0.5	12.7	3.2
		黃苔	0.8	6.7	0.3	42.0	5.2	9.8	3.4	0.3	7.5	1.2
		白苔	62.1	47.4	45.8	41.4	10.1	46.0	3.0	0.2	5.1	1.9
		error	0	0	0.1	0.2	0.32	0.02	0	0	0	0.03

第四十一個到第五十個健康人四部份舌特徵百分比例結果數據

影像			41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
左邊舌特徵結果	舌	比例	72.7	50.9	70.6	30.7	46.3	89.5	88.7	50.1	97.5	87.5
	色%	淡紅	60.8	43.1	58.2	23.4	37.2	74.1	63.9	41.9	51.6	65.6
		紅	4.1	4.9	3.1	0.3	0.8	4.5	15.3	5.2	39.1	2.5
		暗紅	7.8	2.8	9.3	7.1	8.4	10.8	7.5	3.1	6.8	19.4
	苔	比例	27.3	49.1	29.4	69.3	53.7	10.5	13.3	49.9	2.4	12.5
	色%	黃苔	2.3	5.3	6.9	11.8	2.8	0.8	0.4	1.8	1.7	0.02
		白苔	24.4	43.9	22.4	57.5	50.9	9.8	12.5	48.1	0.7	12.4
		error	0.6	0	0.02	0	0	0	0.4	0.02	0.05	0
右邊舌特徵結果	舌	比例	86.1	57.9	42.7	32.0	29.1	75.8	90.2	35.4	89.7	97.9
	色%	淡紅	73.6	45.8	34.2	24.0	20.4	66.2	66.8	30.3	67.1	43.5
		紅	2.0	6.1	0.2	0.1	0.3	2.2	12.0	2.2	12.9	2.3
		暗紅	10.5	6.0	8.2	7.9	8.4	8.5	11.5	2.9	9.6	52.0
	苔	比例	13.9	42.1	57.3	68.0	70.9	24.2	9.8	64.6	10.3	2.1
	色%	黃苔	3.5	3.5	10.0	11.7	4.4	3.0	1.1	3.8	2.9	0.9
		白苔	10.1	38.6	47.3	56.2	64.9	20.6	8.0	60.6	7.3	1.2
		error	0.3	0	0.05	0.1	1.6	0.5	0.6	0.13	0.1	0
舌中舌特徵結果	舌	比例	45.9	78.9	55.1	36.1	55.8	67.6	56.4	21.5	89.4	63.1
	色%	淡紅	42.7	75.6	49.7	29.5	49.1	60.9	52.1	19.7	78.0	54.1
		紅	0.1	2.1	0	0	0	0.6	0.2	0.6	2.3	1.2
		暗紅	3.1	1.2	5.4	6.6	6.7	6.1	4.1	1.2	9.1	7.8
	苔	比例	54.1	21.1	44.9	63.9	44.2	32.4	43.6	78.5	10.6	36.9
	色%	黃苔	1.8	9.0	17.1	12.1	5.6	2.4	42.0	1.7	5.7	0.5
		白苔	42.5	12.1	27.8	51.6	37.7	29.2	0.9	76.7	4.9	36.1
		error	0.9	0.02	0	0.2	0.9	0.8	0.8	0.06	0	0.4
舌尖舌特徵結果	舌	比例	86.4	58.9	97.8	56.5	71.3	87.4	89.9	66.1	82.9	80.1
	色%	淡紅	54.3	27.3	91.5	42.9	64.5	67.3	76.2	36.2	55.7	65.3
		紅	27.3	31.6	5.1	13.6	6.6	20.0	10.3	29.9	27.1	7.7
		暗紅	4.9	0	1.2	0	0.3	0.1	3.4	0.01	0.12	7.1
	苔	比例	13.6	41.1	2.2	43.5	28.7	12.6	10.1	33.9	17.1	19.9
	色%	黃苔	1.3	6.5	0.7	2.5	0.2	0.7	0.04	4.1	1.2	0
		白苔	12.1	34.1	1.5	40.8	28.5	11.8	10.1	29.8	15.9	19.9
		error	0.2	0.5	0	0.2	0.1	0.1	0	0.03	0.01	0