

利用影像處理技術對舌苔性質 作定量分析之研究

The Study of Quantitative Analysis for Textural Properties of Tongue Using Imaging Processing Techniques

逢甲大學自動控制工程研究所

邱 創 乾

摘 要

舌象乃是中醫師於診斷病情的重要資訊之一，但是到目前為止，舌診不易以客觀標準觀察，其診斷的正確率往往取決於醫師的主觀經驗及當時所在環境的各種因素，如患者姿勢不良時難以取得正確之觀察，醫師觀察順序不當時難收迅速且全面之效果，光線控制不良時易使舌色生變，以及光源之選擇標準不一等；除此之外，醫師寶貴的臨床經驗亦不易保留下來。本研究的目的是使用高解析度彩色攝影系統記錄儲存舌影像，提供研究及醫學教學使用，並將舌苔特性量化，藉以提供客觀的診斷標準，並結合醫師的臨床觀察，對舌苔作定性及定量分析，以便探討中醫理論之舌與臟腑的關係，達到診斷之客觀化及量化的目標，其結果對中醫之基礎理論研究有十分正面的價值及影響。為將舌象特性量化，我們提出一種新型的舌象辨識法則，此法則乃基於舌體影像的顏色及空間紋理特性，將舌診中的重要舌象性質加以量化，這些性質是舌苔的厚薄以及是否有膩苔、腐苔存在。在本研究中，我們在顏色的判斷方面採用符合人眼感知方式之HSL 顏色模型(亦即色度、飽和度及亮度)，而舌苔的厚薄是比較舌質及舌苔的色差程度加以判斷。在舌苔性狀方面，膩苔及腐苔分別以灰階相依矩陣所導出的特徵參數及對舌影像取傅利葉轉換後之頻域特徵值加以量化，又以 Contrast、Correlation 及 Ring 作為特徵參數之選擇，並使用統計上之檢定與型樣識別中之階層式演算方法，找出最佳之區別函數。所獲得膩苔和腐苔之辨識率分別為 77.3% 和 100%。

關鍵詞：舌診，顏色，紋理，灰階相依矩陣，傅利葉轉換

Abstract

The principles of traditional Chinese medical diagnosis are based on the information obtained from four diagnostic processes, which are viewing, learning, inquiring, and examining. Among those diagnostic processes mentioned above, the examination of tongue is one of the most important approaches for getting significant evidences in diagnosing the patient's health conditions. However, in the past, the correctness of tongue diagnosis was affected by the experience and knowledge of the doctors who adopted the traditional Chinese medical diagnosis. Also, environmental factors such as the difference of light sources and brightness had great influence to the doctors in making good diagnostic results through tongue. In this research, a novel recognition approach based on certain image processing techniques has been developed for the purpose of examining the coating properties of tongues. The chromatic-related algorithms are employed to identify the thickness of coating, The textural-related algorithms are used to detect grimy and crusted coatings. Algorithms for determining the chromatic-related properties of tongue are based on the HSL (hue, luminance, saturation) model since the way it represents the colors is very suitable for describing the colors found in tongue, especially when the substance is covered by coating. From the textual point of view, the grimy and crusted coatings are described by certain features of SGTDM (spatial gray-tone dependence matrices) and FPS (Fourier Power Spectrum). The recognition rates for the grimy and crusted coatings are 77.3% and 100% respectively. Therefore, the knowledge of the tongue diagnosis can be kept by the computer for future reference both for research and education.

Keywords : tongue diagnosis, chromatic, textural, SGTDM, FPS

壹、前言

中醫的精髓在於「辨證論治」，辨證以望、聞、問、切四診為依據[1]。由觀察病人的外形、氣色及舌象為望診；以聽覺、嗅覺來診察為聞診；以言語來診察為問診；以觸覺來診察為切診。把握「四診合參」的原則，綜合各種的情報，加以分析總合歸納，辨明疾病的病態及病理機序是為「辨證」。特別在《傷寒金鏡錄》中提到：診斷之道，欲知其內者，當觀乎外，診察於外者，斯知其內。蓋有於內者，必形諸外，若不內外相參，而欲斷其病勢之逆順，不可得也[2]。故為醫者，誠能察其精微之色，診其微妙之脈，內外相參，則方舉萬全之功，可坐而致矣。然古人謂“望而知之謂之神”者，非只望其面色而已，凡舌苔、毛髮、筋、骨、齒、甲之類，俱包括於望字之中，但望色不及於驗舌。此外，舌藉由經絡和經筋直接或間接與五臟六腑聯繫，臟腑的精氣上升到舌頭，所以很多醫家認為舌乃心之苗竅，又為脾之外候，人體有很多經絡與舌有關係，故望舌可測其臟腑經絡之寒熱虛實。凡人體內部的變化，如臟腑的虛實、病情的深淺、津液的盈虧、氣血的盛衰、均可客觀正確地反映在舌象的變化上。因此舌診在四診中較其他診法更為重要，最能反應出人體的身心狀態，是中醫師於診斷病情時不可或缺的重要資訊。

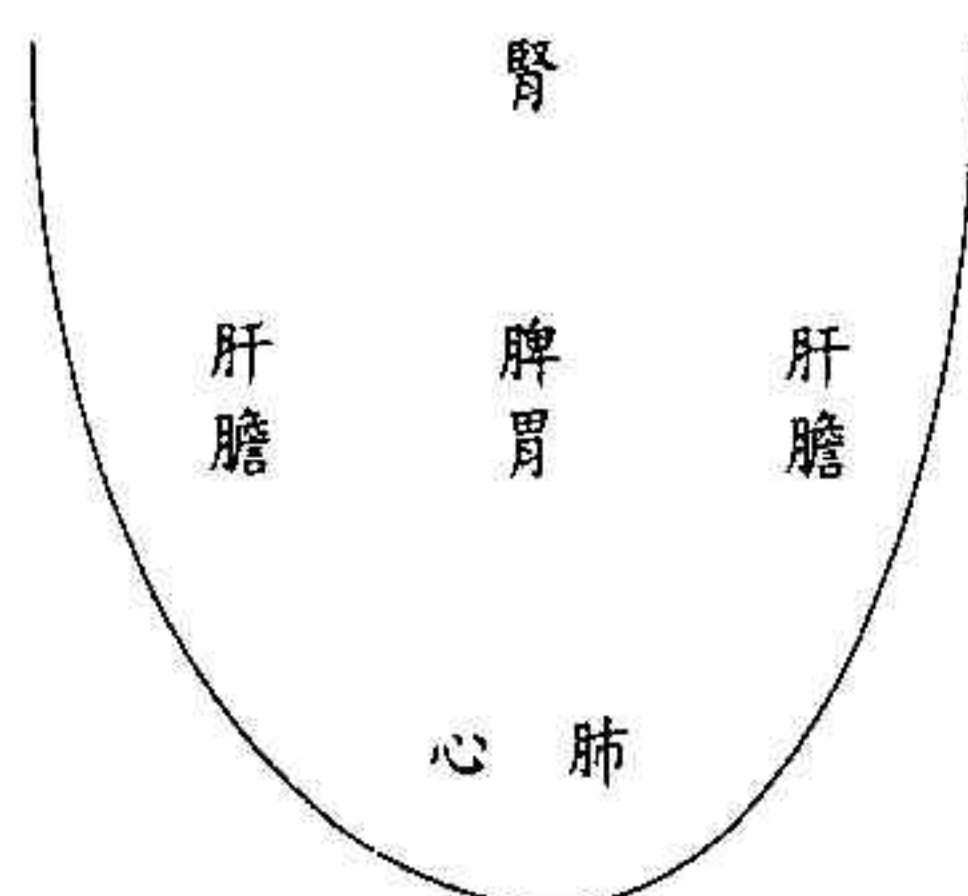
但是舌診至今尚缺客觀標準，其診斷的正確率往往取決於醫師的主觀經驗及當時所在環境的各種因素，如患者姿勢不良時難以取得正確之觀察，醫師觀察順序不當時難收迅速且全面之效果，光線控制不良時易使舌色生變，以及光源之選擇標準不一等，除上述因素外，醫師寶貴的臨床經驗亦不易保留下來，而這些因素將造成舌診在發展上的阻力。以下我們首先將對舌與臟腑的關係，舌診的基本原理，舌診的方法及注意事項，舌診現代化過程及困難點作一簡要的敘述。

一、舌與臟腑的關係與舌診的基本原理

舌黏膜上皮薄而透明，其血管神經分佈十分豐富，其變化亦十分明顯且與體內的各種變化同步，所以舌象是反映體內變化非常靈敏的標尺，也可以說舌象是窺測內臟變化的“窗口”，也有人比做反映內臟變化的“鏡子”。舌可劃分為舌尖、舌中、舌根及舌邊四部分，如圖一所示。根據中醫理論，舌尖反映心肺的病變，舌中反映脾胃的病變，舌邊反映肝膽的病變，舌根反映腎的病變。

舌的血管和組織接受迷走神經的支配，一般來說，支配舌尖的迷走神經纖維與支配心臟、甲狀腺和肺的迷走神經纖維可能來源於

中樞的同一部位；支配舌中的迷走神經纖維與支配胃、十二指腸、胰的迷走神經纖維可能來源於中樞的同一部位；支配舌邊的迷走神經纖維與支配肝臟、膽囊的迷走神經纖維可能來源於中樞的同一部位；支配舌根的迷走神經纖維與支配腎上腺、腎和性腺的迷走神經纖維可能來源於中樞的同一部位。簡單地說，舌尖的變化與心臟、甲狀腺、肺的功能有相關性；舌中的變化與胃、十二指腸、胰的功能有相關性；舌邊的變化與肝臟、膽囊的功能有相關性；舌根的變化與腎上腺、腎、性腺的功能有相關性。



圖一 舌體與臟腑對應圖

舌和臟腑的關係，主要是通過經絡和經筋的循行聯係起來的。例如手少陽心經之別係舌本，足太陰脾經連舌本，散舌下，足少陰腎經挾舌本，足厥陰肝經絡舌本…等等。再如足太陽之筋，其支者，別入結于舌本；足少陽之筋，入係舌本；上焦出於胃上口，上至舌，下足陽明…。這些說明五臟六腑都直接或間接地，通過經絡、經筋與舌相聯，臟腑的精氣上榮於舌，臟腑的病變也必然影響精氣的變化而反映於舌象。

在臟腑中，尤以心和脾胃與舌的關係更為密切。因為舌為心之苗竅，又為脾之外候，而舌苔乃胃氣之所薰蒸。舌質的血絡最豐富，與心主血脈的功能有關，舌的靈活運動可調節聲音形成語言，又與心主神志的功能有關。因此，舌象首先可反映心的功能狀態，而心為五臟六腑之大主，主宰全身臟腑氣血的功能狀態，所以心的功能狀態反映了全身臟腑氣血的功能狀態。可見臟腑氣血的疾病，必然通過心而反映於舌。此外，脾胃為後天之本，是氣血之化源，對全身各部分都有舉足輕重的影響。舌象不單單反映了脾胃的功能狀態，而且也代表了全身氣血津液的盛衰。所以由舌診來判斷正氣的盛衰、辨別病位的深淺、區別病邪之性質及推斷病狀之進退更形重要，其對臨床辨證的價值敘述如下：

(一) 判斷正氣盛衰

《辨舌指南·緒言》引用：舌為心之外候，苔乃胃之明徵，察舌可占正之盛衰，驗苔以識邪之出入。其實驗苔亦可察胃氣之存亡。如苔薄白潤、舌體柔和，是有胃氣；若舌光無苔，為胃氣衰敗，或胃陰枯竭；舌質紅潤，是氣血旺盛；舌質淡白，為氣血虛衰。凡病屬實證，舌質多堅斂蒼老，舌色必深，舌苔垢膩或堆積；病為虛證，其舌多浮胖嬌嫩，其色淺淡，舌苔剝脫、少苔或無苔。所以由舌質的顏色和苔的有無，可判斷正氣盛衰。舌質紅潤者，代表氣血充盛，反之則為氣血虛衰。舌苔薄白而潤者，表示胃氣旺盛，若無舌苔，則代表胃氣衰敗或胃陰枯竭。

(二) 辨別病位深淺

《辨舌指南》說：“辨舌質，可訣五臟之虛實。視舌苔，可察六淫之淺深”。無論外感、內傷，察其苔之厚薄，足以反映邪氣之深淺輕重。如苔薄多為疾病初期，邪入尚淺，病位在表；苔厚則為病邪入裡，病位較深；舌質絳則為熱火營血，病位更深，病情危重了。

(三) 區別病邪性質

不同性質的邪氣，在舌象上都能有所反映。對瞭解病因，也有間接的幫助。凡屬熱證，苔黃厚而乾，或焦黑起刺；凡屬寒證，舌多淡白，舌苔津潤或水滑；風濕傷表，苔多滑白不厚，寒濕傷裡，苔多白膩而厚；風熱無濕，苔多薄白，或白苔邊紅，外感風寒，苔薄白而潤；腐膩苔多是食積痰濁，黃厚膩苔多主濕熱，滑膩為濕邪，黏膩為痰凝；舌質板滯，紫暗少苔而濕潤，多為瘀血停滯，或紅紫雜現而色不均勻，或有瘀點瘀斑，皆為血瘀；舌質堅斂，苔黃厚而燥，多屬傷食胃實；舌歪、舌顫，多為風邪；舌紅苔乾，乃為燥熱。一般來說，舌苔多能反映邪氣性質與深淺，但亦需配合觀察舌色，不獨外因可察，內因亦可驗。

(四) 推斷病情進退

苔色與苔質，往往隨正邪消長和病情的進退呈相應的動態變化，特別是在外感熱病中，變化十分迅速，就是在內傷雜病中，舌象變化也同樣反映了病情的進退。如舌苔由白轉黃，又進一步變灰黑，說明病邪由表入裡、由輕變重、由寒化熱；舌苔由潤轉燥，多是熱漸盛而津漸傷；若苔由厚變薄，由燥轉潤，往往是病邪漸退，津液復生。

但是，臨床上有時也遇到某些特殊情況，如有時病重而舌象無大變化，有時正常人而舌象異常。正如《辨舌指南》所說：無病之舌，形色各有不同，有常清潔者、有稍生苔層者、有鮮紅者、有淡

白色者、或為緊而尖，或為鬆而軟，並有牙印者，…此因無病時，各有稟體之不同，故舌質亦異也。可見望舌時，必須四診合參，全面分析，才能做出正確的診斷。

二、舌診的方法及注意事項

傳統的舌診要獲得準確的結果，除熟悉其基本理論、掌握主要內容外，還必須講究診察方式。其注意事項如下：

（一）光線

察舌時，必須注意光線的強弱，否則會使我們對苔色發生錯誤的認識。因此，在觀察舌苔時，應盡可能選擇光線充足和避免有色門窗之處。患者一定要面向光線較強的一面，使光線直射口內，則舌尖及舌根均能看清。若在光線不明或夜間觀察舌苔時，以用較強的手電筒照明為宜。否則若在其他暗淡的燈光下，常使舌苔的黃、白二色不易分辨；若光線過弱，能使白苔類似灰白苔、紅舌類似紫舌，總之應注意避免外在環境而改變苔質的顏色。

（二）姿勢

舌伸口外，舌尖宜伸向前下方，舌面應向兩側展平舒張呈扁平形，使舌體放鬆，毫不用力。倘使舌體作圓柱形，則可使舌的顏色加深，如淡紅舌可變為紅舌，尤其是舌的尖部，更易如此。此外，在臨床也有如此經驗，若病人伸舌過分用力，時間久後，可使舌質漸呈青紫色，有時會使辨證發生錯誤。故醫生在察舌時，應力求迅速敏捷，如一時分辨不清，可讓病人休息後再伸舌觀察，以免伸舌時間太長，引起患者疲勞，同時使舌質顏色變深。

（三）注意察舌的順序

診察舌、苔的順序，一般可先看舌苔，後看舌質；先觀察舌尖、舌中、和舌根，然後再觀察舌的兩旁。如舌苔不厚，舌苔下面的舌質也要仔細觀察，然後再看舌苔的濕潤度及舌質的情況，必要時可再看一下舌腹面的靜脈。

（四）季節與時間

正常舌象，往往隨不同季節和不同時間而稍有變化。如夏季暑濕盛時，舌苔多厚，或有淡黃色；秋季燥氣當令時，苔多薄而乾；冬季嚴寒，舌常濕潤。再如晨起舌苔多厚，白天進食後則舌苔變薄；剛剛起床，舌色可見暗滯，活動之後，往往變得紅活。

（五）年齡與體質

在正常人群中，隨著年齡的不同與體質的差異，舌象也可呈現不同的情況。如老年人氣血常常偏虛，舌多現裂紋，舌乳頭也常見萎縮；小兒易患舌疾，出現白屑或剝苔等；肥胖之人舌多略大且質淡；消瘦之人舌體略瘦而質偏紅。諸如以上一些現象，在臨床上應

結合具體情況予以辨別。

(六) 注意飲食

飲食常使舌苔形、色發生變化。如某些食物或藥物，會使舌苔染色，稱為"染苔"。如飲牛乳或乳兒因乳汁關係，大都附有白苔；食花生、瓜子、豆類、桃杏仁等富含脂肪的食品，往往在短時間使舌面附著黃白色渣滓，好象腐膩苔；吃酸梅湯、咖啡茶、葡萄汁或酒，往往使舌苔呈黑裙色或茶褐色；食蛋黃、橘子、柿子及有色糖果等，或服用黃連粉、核黃素等藥物，都可使苔呈黃色；服用丹砂制成的丸散劑，常常染成紅苔。由於進食的磨擦，或刮舌習慣，往往使厚苔變薄；過冷或過熱的飲食及刺激性食物，常使舌色改變，張口呼吸或剛剛飲水，會使舌面潤燥情況改變。這些情況，應注意鑑別。

(七) 刮舌與揩舌

有時為了探察舌面的潤燥以及苔的鬆腐與堅斂、有根與無根等情況，往往需配合刮舌與揩舌。具體方法是用經過消毒的刮舌板或壓舌板，以輕重適中的力量，由舌根向舌尖慢慢刮，可連續三、五次；或用經過消毒的紗布一小塊，捲在食指上，蘸取少許生理食鹽水，使其濕潤，以適中的力量從舌根至舌尖，連續揩抹四、五次。兩種方法的目的，都是為了檢查舌苔是否亦刮或揩去，露出的舌體色澤情況，以及以後苔的再生情況等，也可瞭解舌苔是否燥裂或粗糙如砂石。較薄的浮松苔，可用揩法；較堅實的厚膩苔，可用刮法。

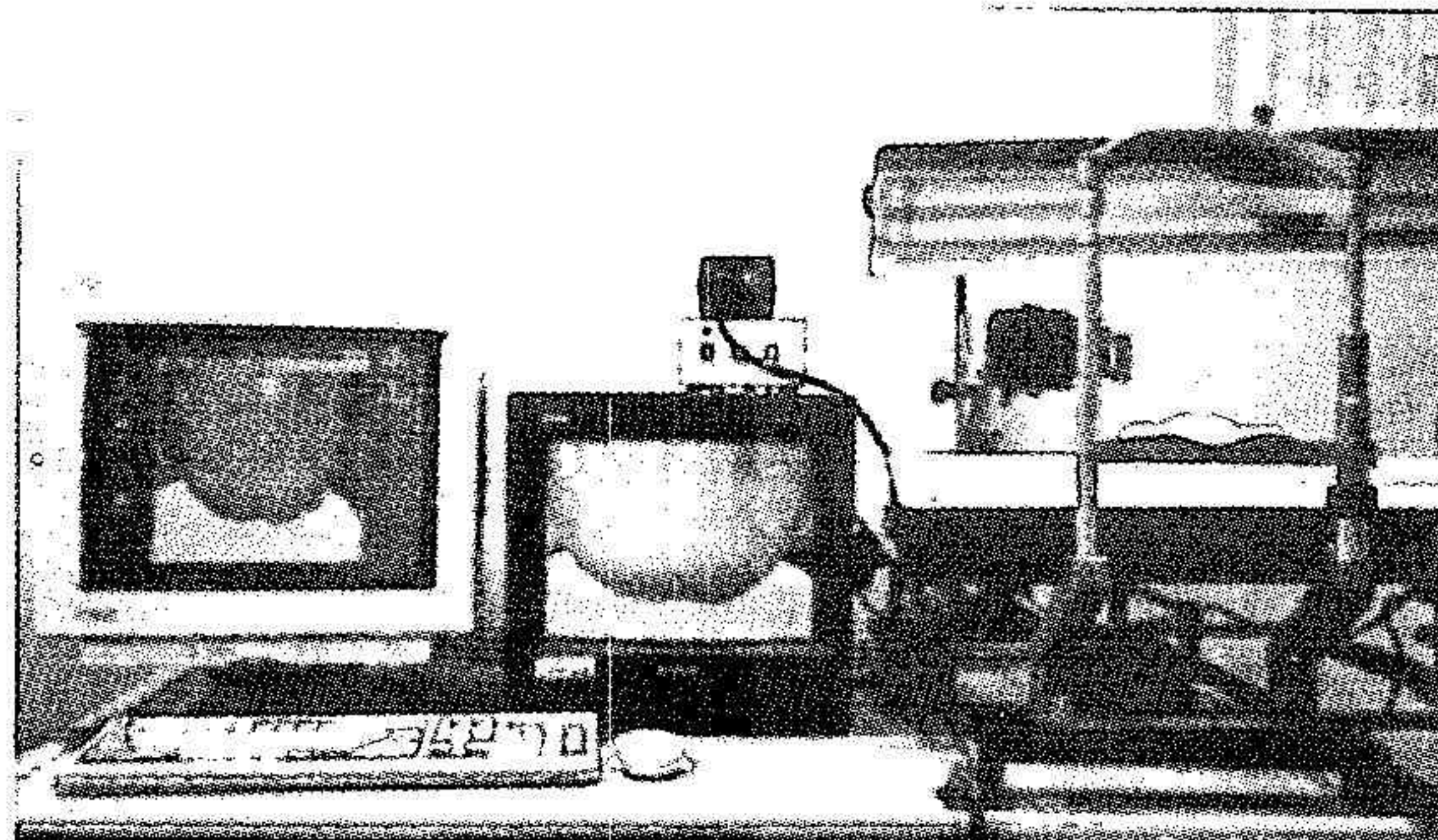
三、舌診現代化的發展

近年來，許多醫學研究單位均致力於舌診現代化的研究，努力地將先人“望舌”的智慧保存下來，並提供臨床診斷上客觀的參考依據，這些努力將使得中醫診斷科學化向前跨進一大步。1980年代，由於色彩感測器開發技術的進步，促使影像處理設備不斷地推陳出新，影像處理技術的應用範圍不斷擴大，因而吸引了有志之士投入電腦化舌象診斷研究之行列。1982年，上海陳澤霖醫師等對舌象進行大量的臨床觀察[14]，然尚未利用現代影像處理技術作定量分析。1985年，安徽中醫學院與中國科技大學合作進行了第一個舌象量化的實驗[4]。他們翻拍舌診圖譜上之影像，以RGB(redness 紅色、greenness 綠色、blueness 藍色)色彩模型表示，分析各影像之RGB平均值，發現有顯著差異。北京中醫研究所於1987年對舌象特性量化進行了一項實驗[5]，由經驗豐富的臨床醫師對胃腸病及肝病的患者進行診斷，並將其舌象以幻燈片拍攝下來，再以此幻燈片通過紅、藍、綠三種濾鏡而轉拍出三張舌影像，進而量化並儲存於電腦設備中。以RGB色彩模型分析的結果可知，可以對所選取之

某些像素的舌色進行分類，對膩苔等舌苔性狀亦可分類。由此實驗可知，以影像處理的技術進行舌象分析是可行的，但對舌苔性狀的分析則不能只以其顏色分析，必須進一步分析其紋理特性，方可能獲致較佳之結果。1990年，大陸製造了一部舌色比測儀，可用以比測出舌體的顏色[6]。利用此種儀器可以得知舌色，但臨床上使用則過於煩雜且無法記錄患者之舌象變化情形，無法達到療程追蹤的功能。

除了上述的研究成果之外，湖南醫藥學院於1989年以顯微鏡、攝影機及電腦組成一舌象微觀分析系統[7]，他們嚐試找出微觀之舌象特性及某些疾病之間的關係。這種方式提供舌診科學化研究的另一種途徑，但對於臨床的應用則不如前述方法來得方便。

最近在台灣，邱創乾等人，提出了一個結構型的紋理辨識法則[8]，此法則乃基於RGB顏色模型，將舌色分類，並利用空間灰階相依矩陣所導出的特徵值[9]及對舌影像取傅利葉轉換後之頻域特徵來量化舌苔性狀，其實驗雖有初步的結果，但就舌苔之厚薄判斷及腐膩分析仍有許多待探討之問題，而本研究即是此成果的進一步延伸，以一基於舌面影像的顏色及空間紋理特性所組成之舌象辨識法則將舌診中的重要舌象如舌苔之厚薄及腐膩加以量化。值得重視的是在過去的研究裡，已建立一套舌影像擷取系統，能穩定控制舌影像擷取環境，有效消除以往環境因素對舌診的影響，此舌影像擷取環境包括標準光源、高解析度彩色攝影機、舌象資料處理單元，以及頭部支撐架。其硬體架構如圖二所示。



圖二 舌診之硬體架構圖

本研究的目的是在於使用高解析度彩色攝影系統記錄儲存舌影像，供未來研究及醫學教學使用，並將舌象特性量化，藉以提供

客觀的診斷標準，並結合醫師的臨床觀察，對舌象作定性及定量分析，以便探討中醫理論之舌與臟腑的關係，其中包括判斷正氣的盛衰，辨別病位之深淺，區別病邪之性質及推測病狀之進退，達到診斷之客觀化及量化的目標，相信對中醫之基礎理論研究將有十分正面的價值及影響。為將舌象特性量化，我們提出一種新型的舌象辨識法則，此法則乃基於舌體影像的顏色及空間紋理特性，將舌診中的重要舌象性質加以量化，這些性質是舌苔的厚薄以及是否有膩苔、腐苔存在。在本研究中，我們在顏色的判斷方面採用 HSL 顏色模型(亦即色度、飽和度及亮度)，而舌苔的厚薄是比較舌質及舌苔的色差程度加以判斷，又舌苔的性狀如腐苔及膩苔則以灰階相依矩陣所導出的特徵參數及對舌影像取傅利葉轉換後之頻域特徵值加以量化。

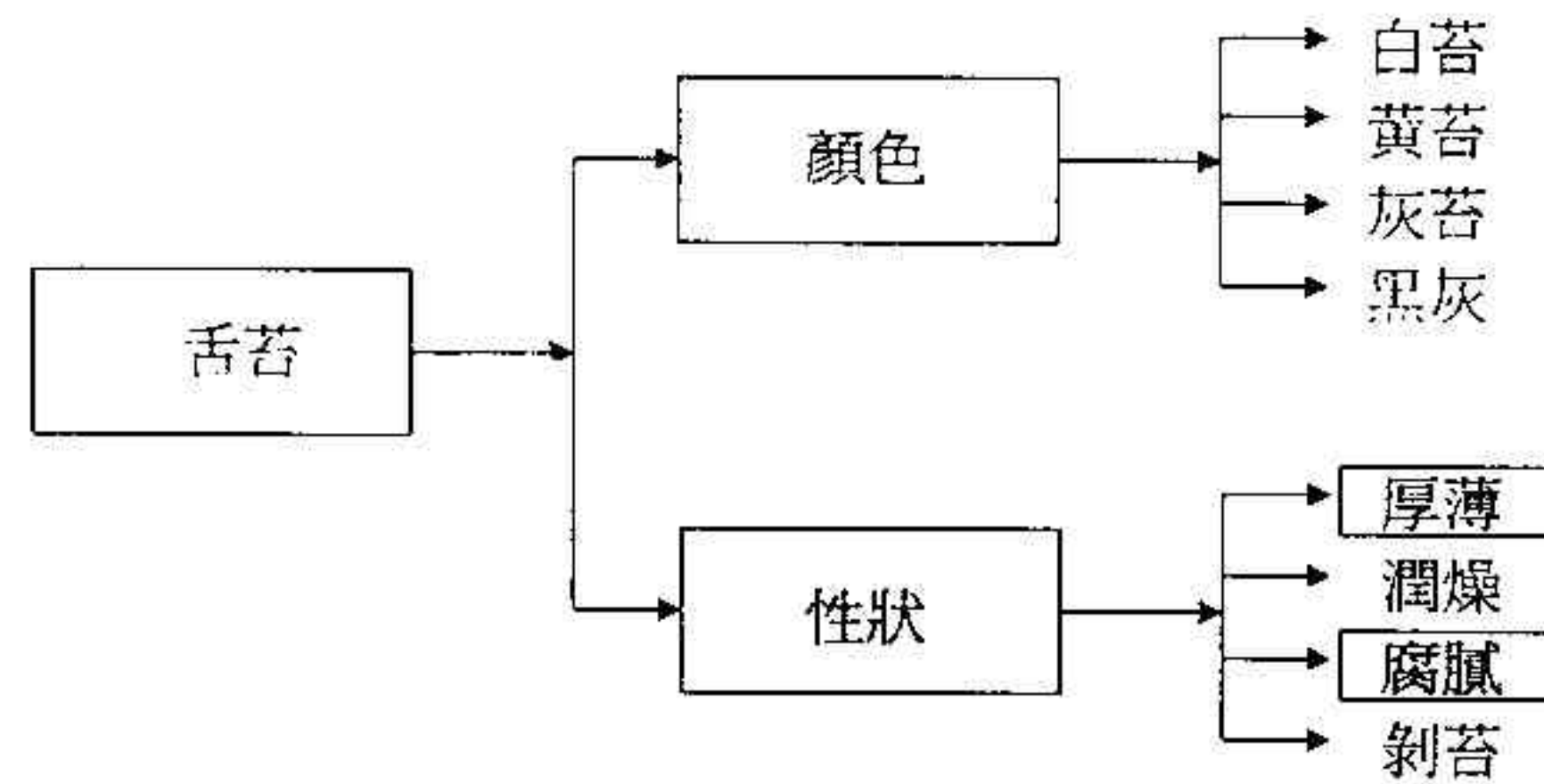
因此使用高解析度彩色攝影機建立電腦化舌診系統是有其前瞻性及實用性。它的重要性如下所示：

- (一) 減少或消除傳統診斷上環境因素對舌診的影響。
- (二) 可對舌象特性作定性及定量之分析。
- (三) 提供客觀的診斷標準，因此降低舌診的誤差。
- (四) 儲存的舌影像可建檔記錄，方便作療程追蹤。
- (五) 系統參數可方便作必要的修正，因此醫師在舌診上的寶貴經驗可保存下來。
- (六) 利用高解析度彩色攝影系統記錄儲存的病人舌影像亦可用作訓練醫學人員訓練之教材。

以下將對腐苔、膩苔、厚苔及薄苔之量化方法及統計結果與討論作綜合分析。

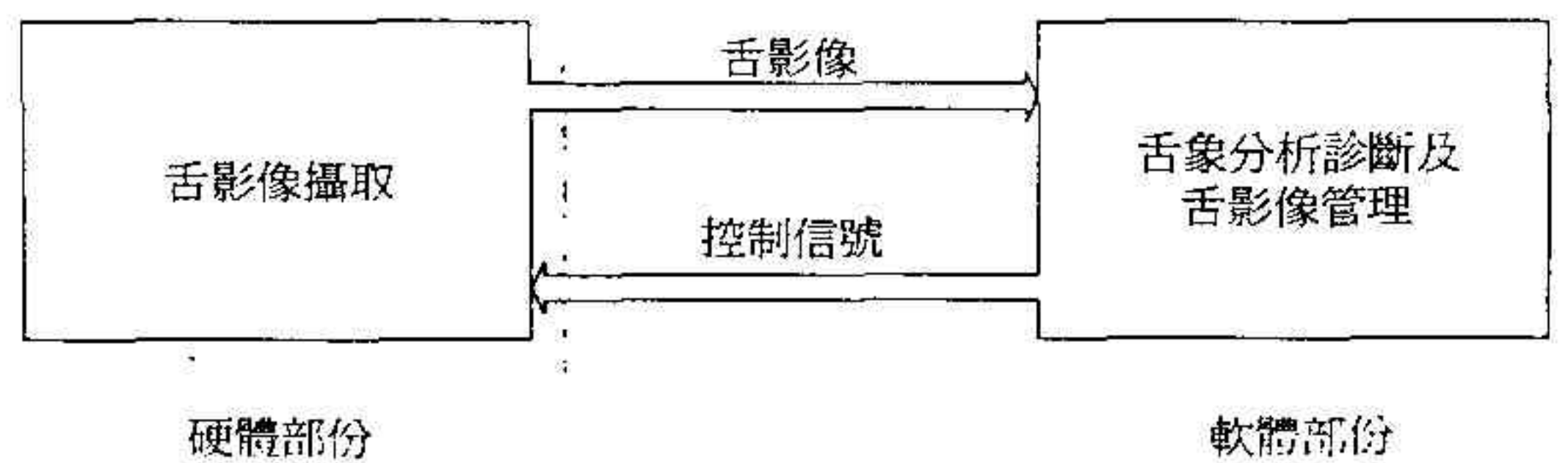
貳、材料與方法

一般而言，舌診乃觀察舌之舌質及舌苔。舌質部份包括舌體的顏色，形態及動態；舌苔則觀察其顏色及性狀，其內容如圖三所示。本研究之分析將專注於舌苔的顏色的判斷，及舌苔的厚薄及腐膩等性狀分析，其中舌苔潤燥的分析對目前的影像處理技術而言仍是一個挑戰，故留待未來再加以探討。

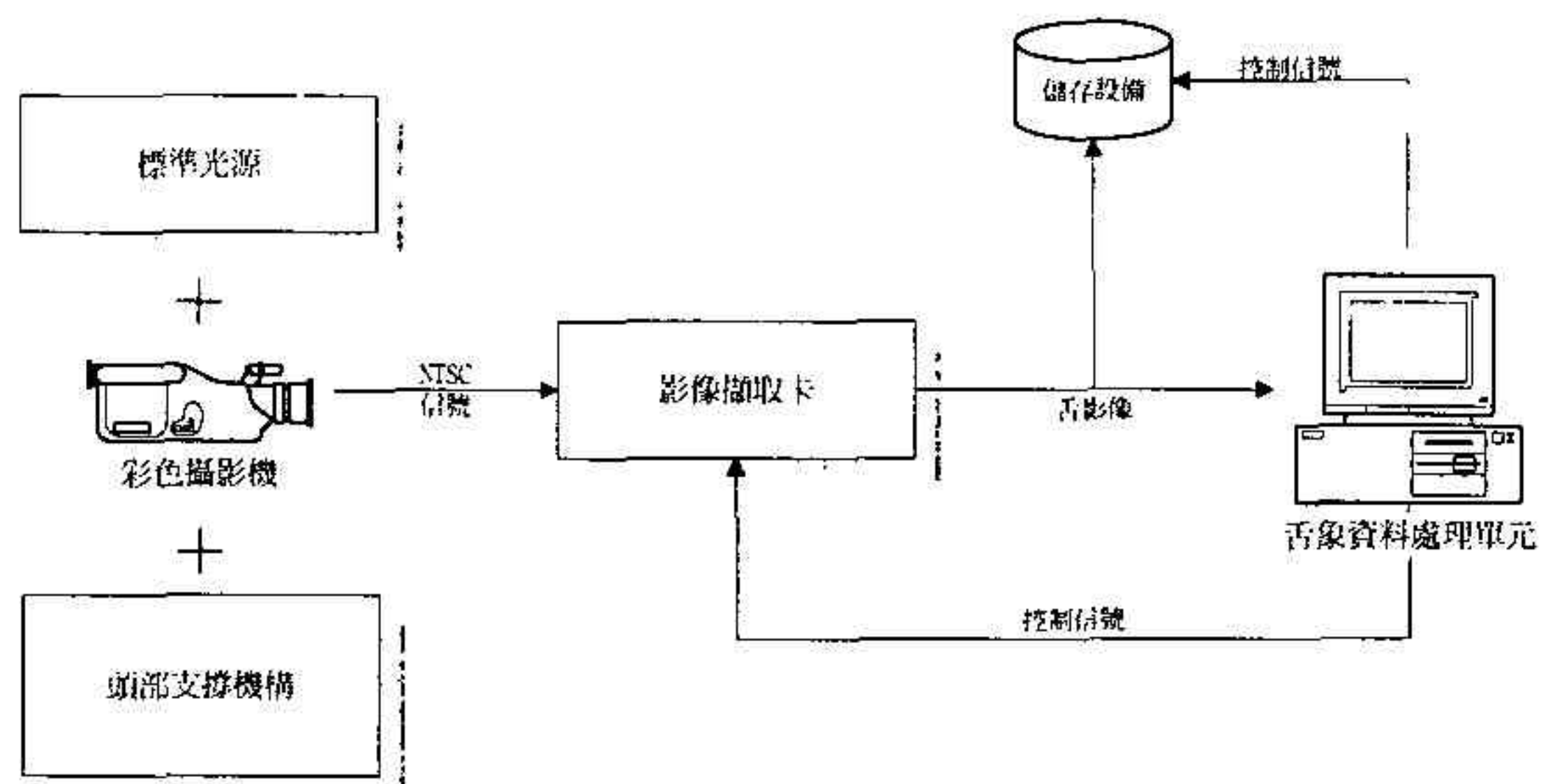


圖三 舌苔之主要內容，陰影之方塊為本研究之重點

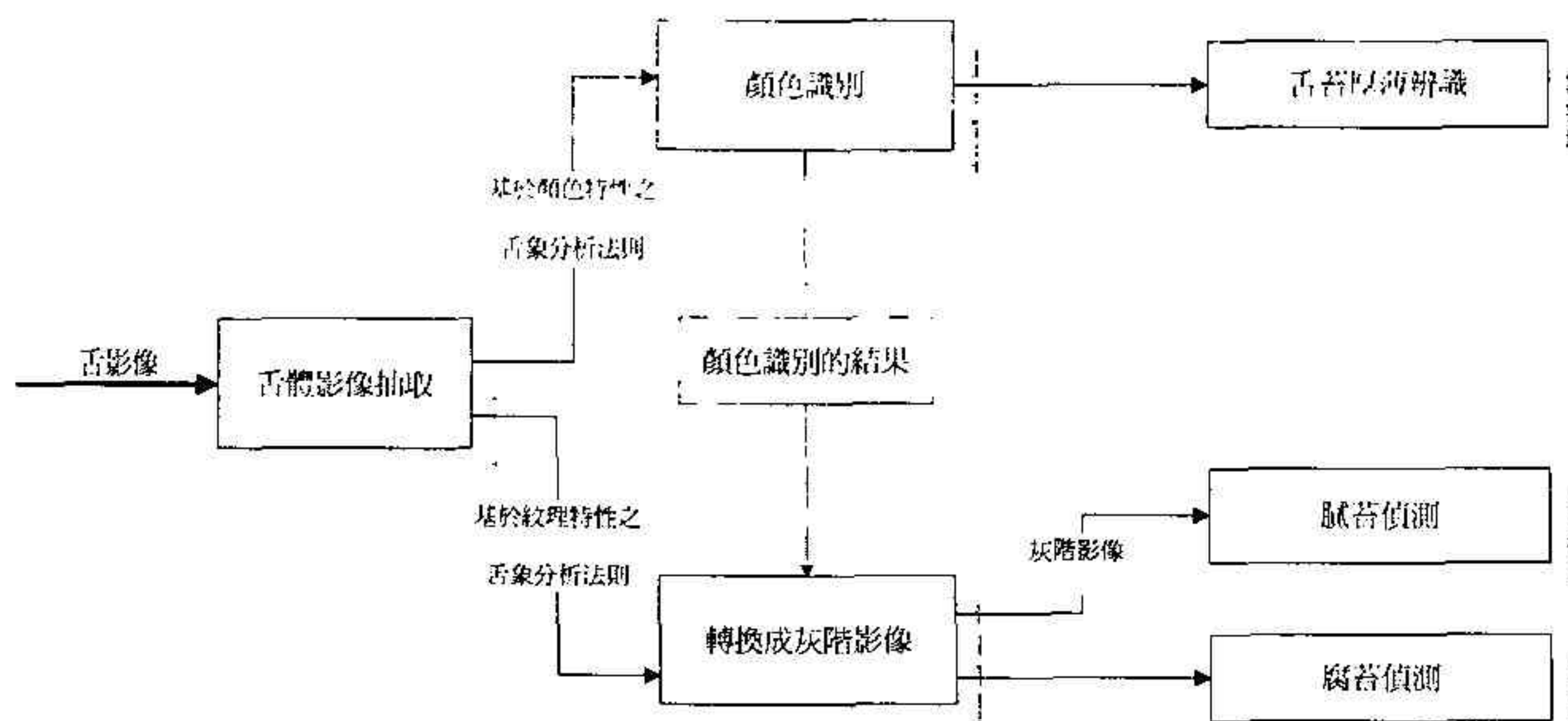
此舌象分析系統之主要架構如圖四所示，硬體之組成見於圖五，包括標準光源、高解析度彩色攝影機、自行設計之頭部支撐架、影像擷取卡及舌象資料處理單元，這些硬體的主要功能除攝取影像之外，並提供一個受良好控制的取樣環境，以消除環境因素對於舌診的影響。對於舌象特性的量化，提出的一個結構型舌象分析法則，其結構如圖六所示。此分析法則乃基於舌影像之顏色及空間紋理特性，將舌診中的重要舌象加以量化，這些舌象包括舌苔的厚薄以及是否有膩苔、腐苔存在。在過去的研究裏[8]，我們曾提出能對環境因素具有強健效果的顏色模型，然而用來辨別舌質及舌苔顏色時卻不易得到正確一致且有效的結果。而在本研究中，我們在顏色的判斷方面，將採用 HSL(hue 色度, saturation 飽和度與 luminance 亮度) 顏色模型[11][12]，其原因乃是此顏色模型較接近人類對顏色的感知方式，且對舌苔之厚薄判斷較易達成，因此舌苔的厚薄則以舌質及舌苔的色差程度加以判斷。舌苔的性狀如腐膩則以灰階相依矩陣(spatial gray tone dependency matrices)所導出的特徵值[9]及對舌影像取傅利葉轉換(Fourier transform)[10][11]後之頻域特徵值來加以量化。以下簡要敘述本研究所採用之方法：



圖四 電腦化舌象分析診斷系統之組成



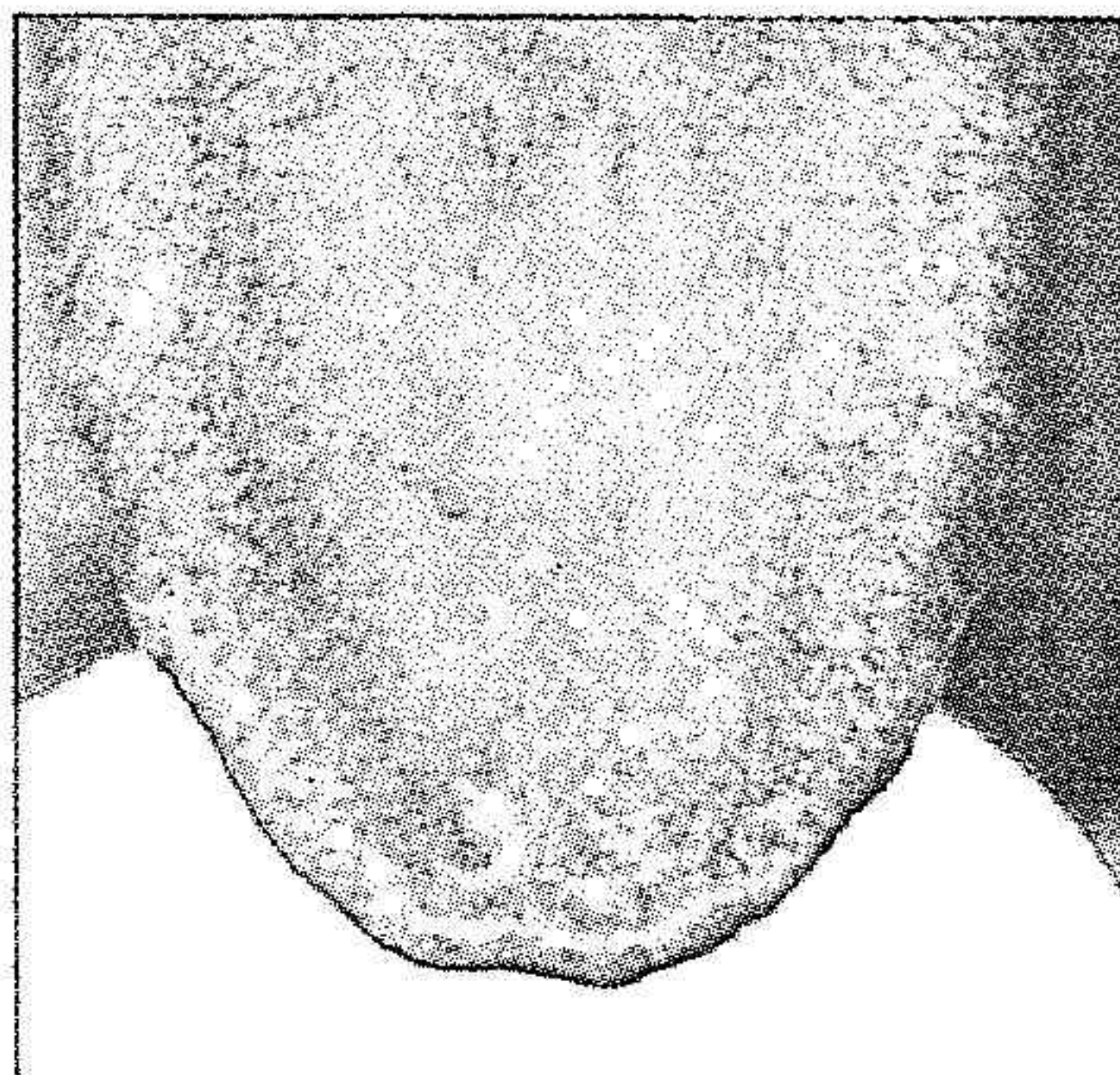
圖五 電腦化舌象分析診斷系統之硬體架構



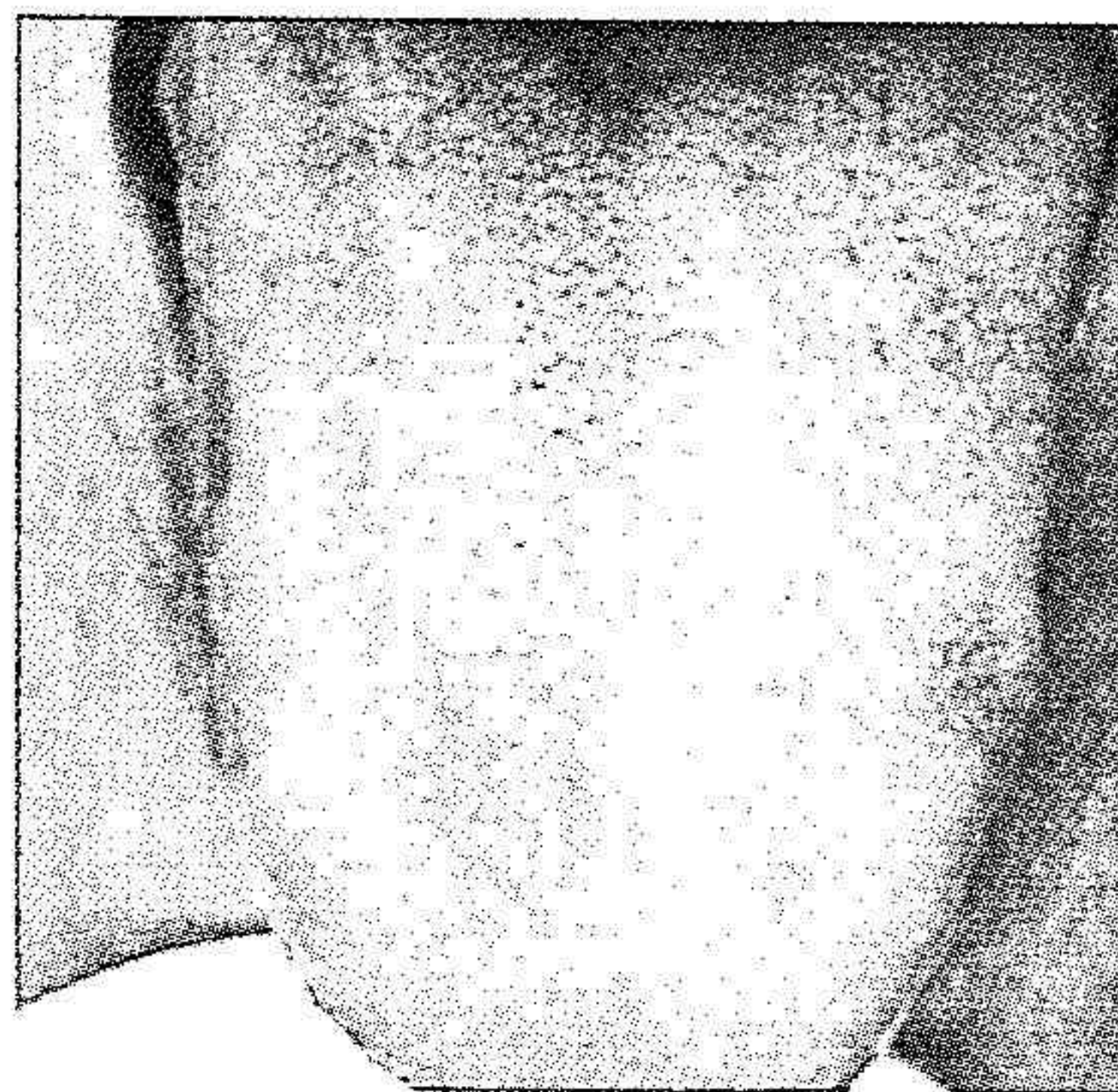
圖六 舌象辨識法則之組成關係

一、厚苔與薄苔的判斷

舌苔的形成主要是由於舌粘膜絲狀乳頭的分化。苔的厚薄，決定於絲狀乳頭增殖的程度。正常的舌苔應是薄而均勻地分布在舌面，中心稍厚。薄苔原本因胃氣上蒸而形成，有病時，舌苔薄表示病初起，病邪在表，病較輕淺，如圖七所示。厚苔多表示病邪較盛，由表入裏；或胃腸功能障礙，而有消化不良；或內有痰濕（多痰、疲倦、肢體活動障礙）。隨著病情進展薄苔可逐漸增厚。如圖八所示。



圖七 薄苔之舌影像



圖八 厚苔之舌影像

在電腦化舌象輔助診斷系統中，常見的苔色被分為白苔、薄黃苔、黃苔、灰苔及黑苔五種。其臨床意義簡述如下：

白苔：在舌面鋪上薄薄的、顆粒均勻、乾濕適中的白苔是正常的現象。一般認為，正常時由於咀嚼、吞咽動作和唾液的沖洗，可以清除絲狀乳頭間的物質和角化上皮，故舌苔僅表現為薄白苔。疾病時，凡舌見白苔，病情亦屬較輕，白苔一般表示表證、寒證、多見於外感風寒、風濕等病位在表的證候，亦見於有慢性炎症感染、陽虛內寒的證候等。在上述病理情況下，為什麼會出現白苔？答案是：可能由於表證初起發熱，身體代謝增高，舌部血流增多，導致舌乳頭增生，故現白苔；或者是由於病情尚輕，舌苔變化不大，仍屬白苔。白苔的顏色一般是均勻而恒定的，只有病邪由表傳裏，體內有熱時，苔色才會變黃、變黑。所以白苔是病邪在表尚未傳裏的表徵，在苔色的變化過程中，有一分白苔便有一分表證，白苔轉黃是體內有熱的徵象，亦表示病情加重。

黃苔：多屬裏熱證，表示邪在氣分，往往見於感染性疾病的極期，多見於實熱或濕熱之證，亦見於痰飲、食滯。由於高熱、體內水分不足、炎症感染、腸胃的功能遭受障礙等因素的影響，黃苔常較顯著。其病理實質是舌局部絲狀乳頭增殖，加上舌的局燥性炎症滲出和產包微生物的作用等，共同形成黃苔，從黃色的淺深，可作為判斷熱邪輕重的指證。一般來說，薄黃是微熱，深黃是大熱，老黃焦裂是熱極。

灰苔：是寒證或熱證發展至一定階段，病情較重的表現。灰苔潤滑的，是虛寒證；灰苔乾燥是實熱證。表示熱已入血分。

黑苔：臨床較少見，是由灰苔進一步發展而來，和灰苔的含義相同，但反映病情已達嚴重的階段。黑苔潤滑的，表示陽虛陰寒盛；黑苔乾燥的表示熱熾津枯（相當於體內較重的脫水）。灰苔和黑苔，無論是寒證或熱證引起，都是由於腎陽或腎陰不足，腎功能不全所致，可見於各種原因引起的氮質血症。

在整個舌象分析的過程中，藉由二階段分析演算的方式將分出屬於舌質與舌苔的顏色，因此顏色扮演著非常重要的角色。在此將對顏色與 HSL 模型作一簡單的介紹，並敘述本研究中所定義之舌象色盤，並說明厚苔與薄苔的判斷方法。

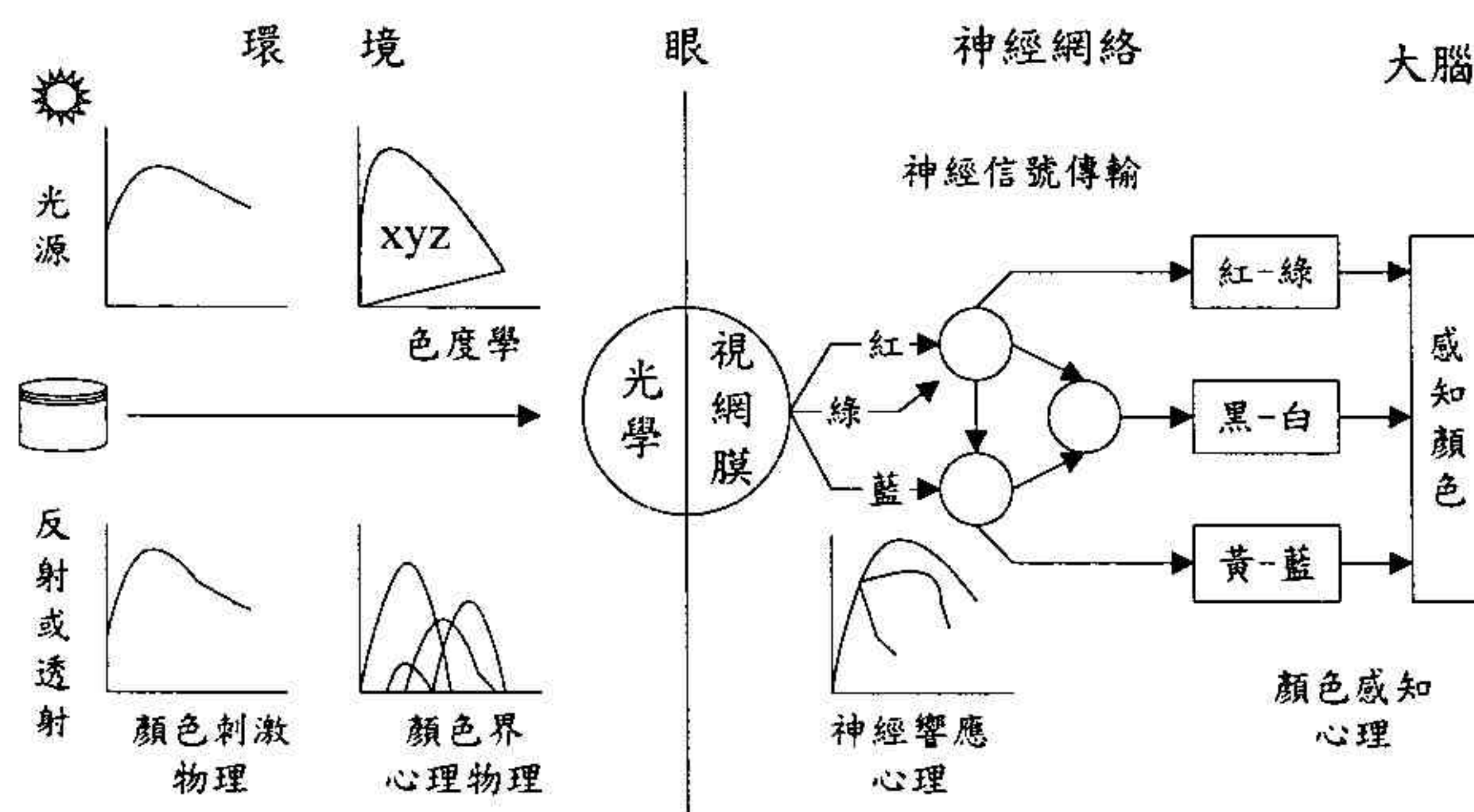
（一）顏色與 HSL 模型

人們要通過眼睛來感知五顏六色的世界，但有趣的是當人閉上眼睛時也能感知顏色。可見顏色感知並不是單純的物理或生理的過程，它還是心理等其它作用過程的結果。視覺的產生是眼睛與大腦間經由複雜互動過程的結果，光線在被感光細胞接收以前至少必須穿透 5 層膜，被接收的光將引起感光細胞的某些化學變化，產生電信號，這個信號經過視神經傳輸到大腦的視覺中心，在大腦中即呈

現所見物體的外貌，例如位置、形狀、大小、顏色、表面質地、透明或不透明等等。在相鄰的神經細胞之間存在著相互影響，使得落在視網膜上一部分的光會影響落在其上另一部分的光，這可用於解釋顏色的同時對比等現象。

此外，光對人眼的作用是一種刺激，它刺激我們的神經系統產生視覺反應，我們把向眼睛輻射光的照明體及所有色料，如顏料、染料或顏色樣品等看成是色刺激源，是使觀察者產生色感知的刺激源。色刺激是一個物理的過程，它並不是顏色，因此可以用儀器對其進行物理測量，而顏色是被眼睛接收到的色刺激經大腦翻譯所產生的結果。色度學的測量並不能測量顏色而只能測量顏色刺激，因為相同的顏色刺激在不同的背景上往往會產生不同的色感知，即被我們感知成不同的顏色，但是如果用儀器測量它們時，得到的只能是相同的結果。

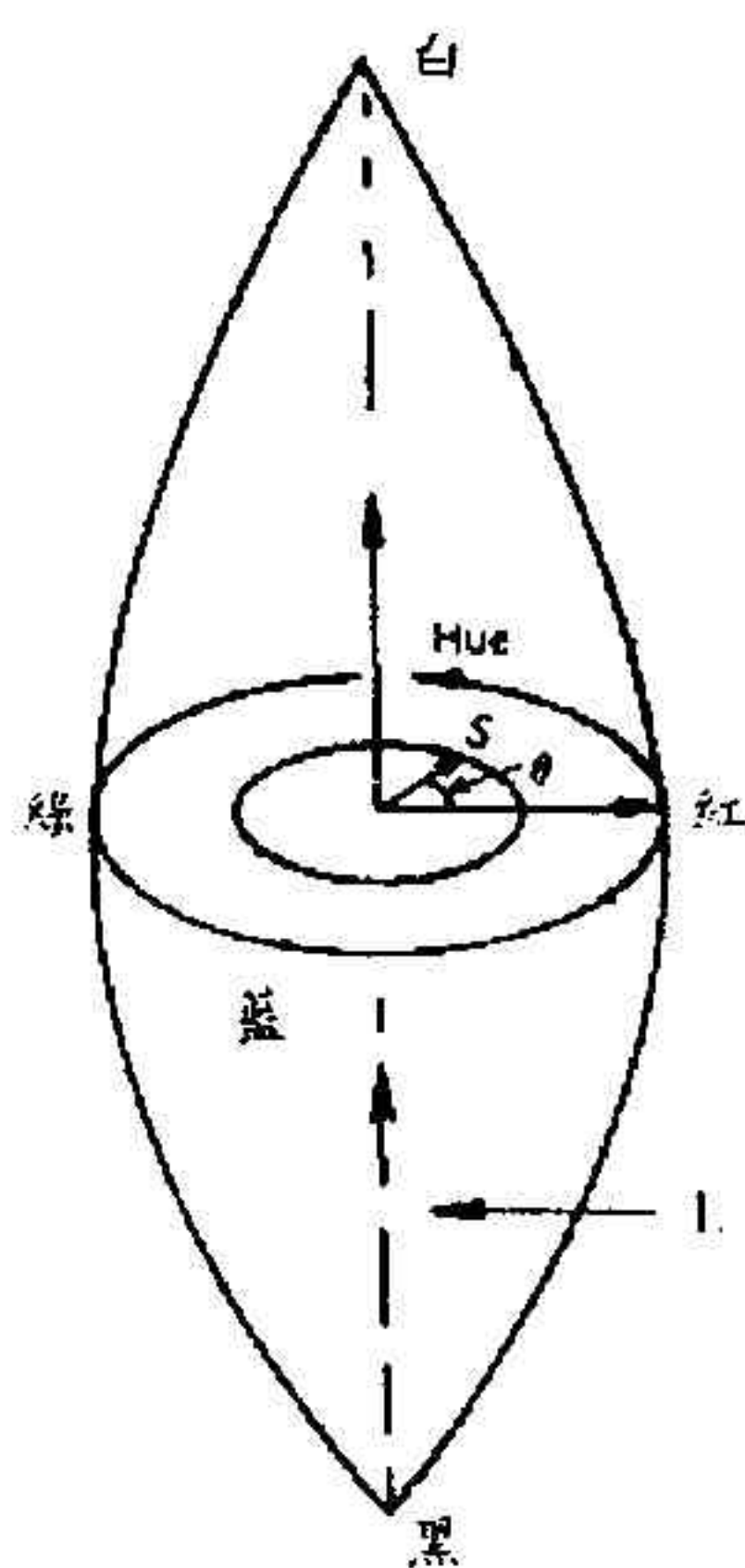
綜合以上所述，即形成了現代顏色視覺的"階段理論"。第一階段為三色機制，三種不同的錐狀細胞分別對三段可見光譜區敏感，並且同時產生亮暗感覺；第二階段為四色機制，發生在顏色視覺信號向大腦傳輸的過程中，它同時傳遞了亮暗信號；第三階段則是大腦中產生的心理反應，即感知各種不同的顏色。其顏色感知過程如圖九所示。



圖九 顏色感知過程示意

所以，人的眼睛是俱有在不同光源下依仍分辨色彩的能力，即所謂視覺恆常性。正好 HSL 顏色模型是非常符合目視感知的結果。

採用 HSL 模型來識別舌色的原因，除此模型表示顏色的方式非常符合人類對色彩的感知模式之外，亦能恰當地反應出舌苔覆蓋於舌質之上時，對舌質顏色的改變。其顏色模型如圖十所示，可了解紅、綠、藍是落在同一個平面上的，此一特性對顏色色盤的定義是非常好的一個特性由色彩的理論中指出 H、S、L 分別代表：顏色的波長、色彩的濃淡（飽和度高低）、色彩強度（光源的能量），其值皆介於 0~100 [5][6]。由 HSL 模型來定義各種顏色範圍，是非常容易了解的，因人對顏色已有基本的感知存於腦海裡，如顏色是否偏亮、偏紅、偏藍、偏綠及色彩濃淡的感覺，所以調整顏色時，可預先定出 L 的範圍，再調整 S、H 的值，以符合某一種顏色的需求。



圖十 HSL 顏色模型

（二）舌象色盤

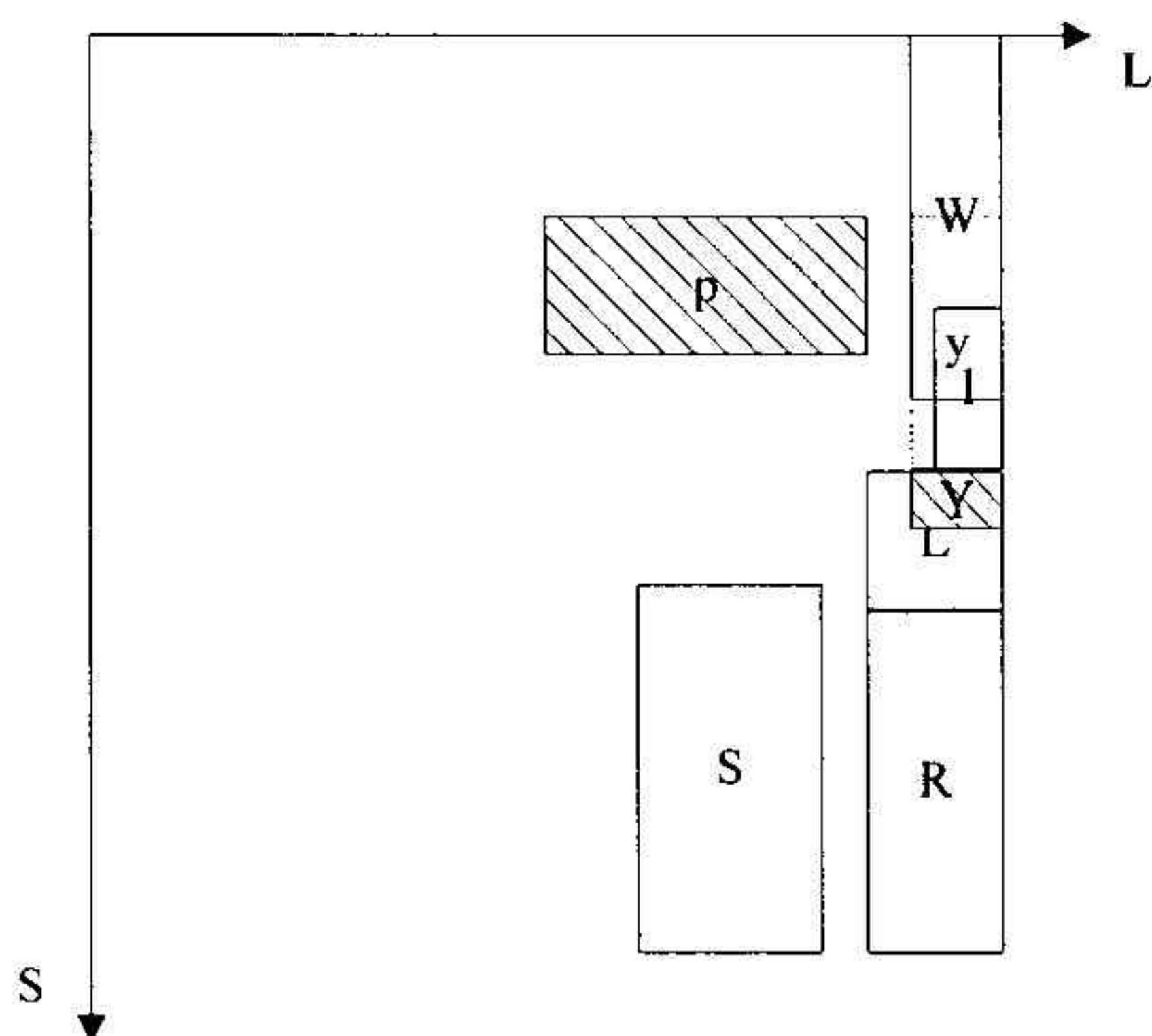
在傳統中醫學裡指出，舌象之顏色可分為舌質和舌苔的顏色，其中舌質顏色可分為淡白、淡紅、紅、絳、紫幾種，舌苔之顏色可分為白、黃、灰、黑四種，每一種顏色均有深淺濃淡之分，此一分別代表疾病深淺不同之意義。故本研究中，將針對淡白舌、淡紅舌、紅舌、紅絳舌、青紫舌、白苔、薄黃苔、黃苔、灰苔、黑苔幾種顏色作量化分析，此一量化數據將直接提供臨床診斷上判斷正氣盛衰、辨別病位深淺、推斷病情進退之重要參考依據。

所謂淡白舌其顏色較淡紅舌淺淡，白多紅少；淡紅舌表現白裡

透紅，不深不淺，淡紅適中；紅舌其色鮮紅，較淡紅舌為深；絳舌之絳為深紅色之意，代表較紅舌顏色更深濃之舌；青紫舌之舌色為紫中帶青而淡；灰苔即淺黑色苔之表現，常由白苔晦暗轉化而來的。藉由以上對顏色之定性描述，再配合顏色之色盤對應各種顏色的分布情況，從而定出各種質苔顏色之 H、S、L 範圍。

採用之舌色的量化方式是基於 HSL 顏色模型，亦即以顏色判斷的方式來區別舌質和舌苔的存在，利用色彩對應的方式，並進一步修正的二階段分析演算法，於第一階段中將舌質和舌苔的顏色以映射的方式識別出來，而在第二階段時將鄰近像素之顏色加入考量，判斷該像素屬於舌質或舌苔的顏色，以確定該顏色之合理性[3]。所謂映射的方式即是將該像素的顏色和所定義各種舌質和舌苔的顏色作對應，以此來判斷該像素是落於何種舌質顏色或舌苔顏色的色盤範圍，以確定其顏色，若此一像素不能被識別，即發生質苔重疊的現象，則需於第二階段演算時，將該像素鄰近周圍之舌質或舌苔分佈面積的大小加入考量，若周圍之舌質分佈面積較大，則將該像素歸類為舌質的顏色，反之則歸類為舌苔的顏色。

所以色盤定義的好與壞，將直接影響整個分析結果。除此之外，在顏色映射的過程當中，顏色的先後比較順序亦對分析結果有所影響，因為在舌象色系當中，舌質和舌苔的顏色必定會相互重疊在一起，如白苔和青紫舌。本研究當中所定義的各種顏色範圍如圖十一所示：



圖十一 舌象色盤示意圖

表一 各種質苔顏色範圍

舌苔顏色範圍			舌質顏色範圍		
W	白苔	$S \leq 40$ $90 \leq L \leq 100$	l	淡白舌	$H \leq 3$ $30 \leq S \leq 45$ $92 \leq L \leq 100$
y	薄黃苔	$4 \leq H \leq 10$ $20 \leq S \leq 46$ $90 \leq L \leq 100$	L	淡紅舌	$46 \leq S \leq 63$ $85 \leq L \leq 100$
Y	黃苔	$4 \leq H \leq 10$ $47 \leq S \leq 53$ $90 \leq L \leq 100$	R	紅舌	$64 \leq S \leq 100$ $85 \leq L \leq 100$
			S	紅絳舌	$61 \leq S \leq 100$ $60 \leq L \leq 80$
			p	青紫舌	$90 \leq H \leq 99$ $20 \leq S \leq 35$ $50 \leq L \leq 85$

(三) 厚苔與薄苔的判斷方法

由觀察臨床的舌象可以得知，舌苔愈厚則其與舌質的顏色差異愈大，即代表愈多的舌苔存在於舌質之上，若將所有舌苔顏色之色度、飽和度和亮度相加必將大於所有舌質顏色之色度、飽和度和亮度相加。根據此種現象可以定義一參數用以表示舌苔的厚度，如下所示：

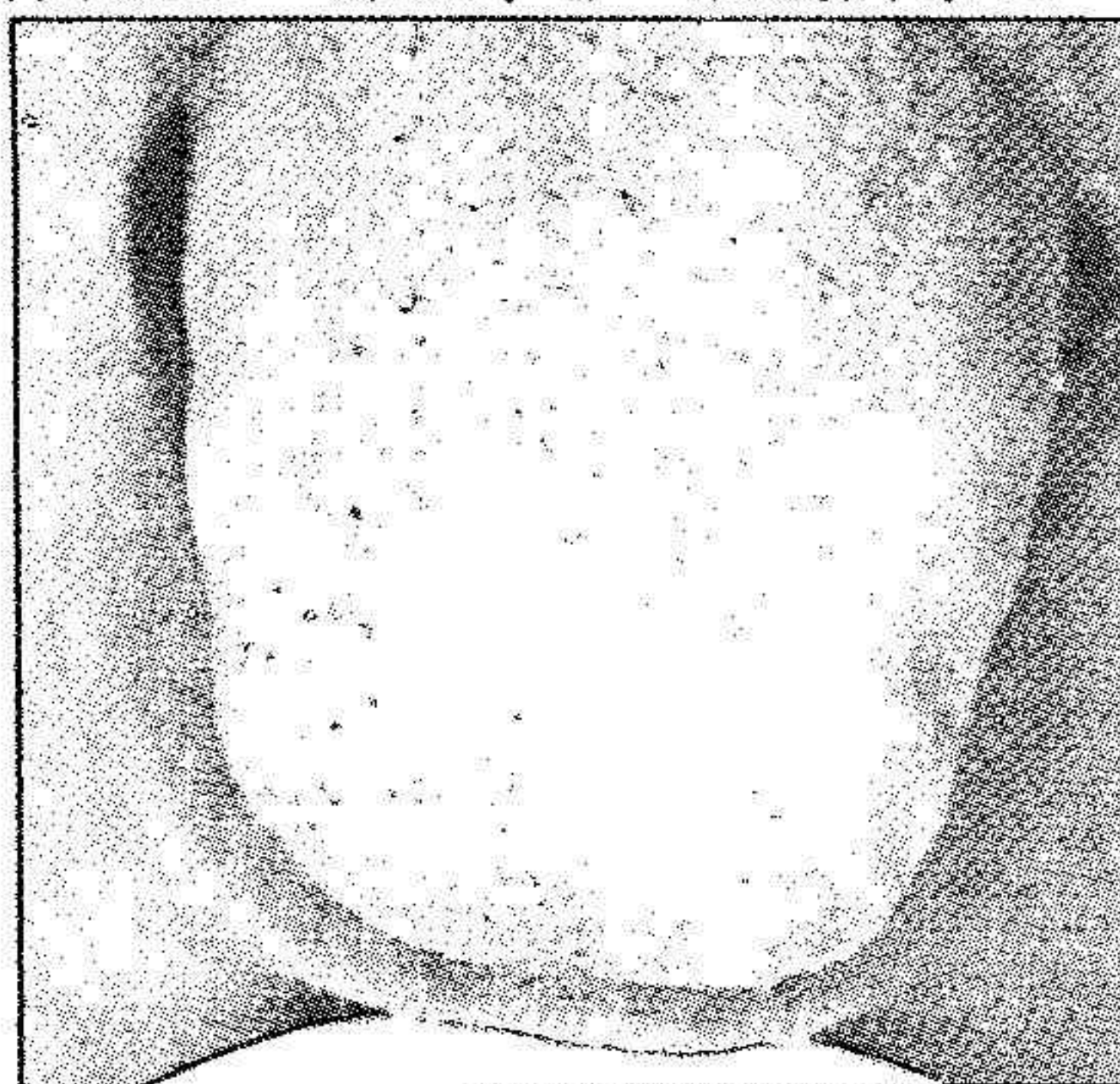
$$T_i = \text{Thickness Index} = \sum_{i=1}^3 \Delta_i, \quad w_i \in R^+, \Delta_i \in N$$

R^+ 為正實數， N 為自然數， Δ_i 表示色度、飽和度及亮度舌質與舌苔之間的差值絕對值。在本研究中將舌苔的厚薄程度由薄至厚分成三個等級，即薄、微厚及厚， T_i 愈大者表示其舌苔愈厚，只要比較其臨界值 (threshold)，即可判斷出舌苔之厚薄程度。在定義各種苔厚或苔薄時，必須考量到實際存在之舌質顏色和舌苔顏色為何，不同顏色之舌質和舌苔存在時，所需設定的臨界值參數也有所不同。

二、膩苔之偵測

膩是舌中心及根部較厚，舌的邊尖部稍薄，顆粒細小致密，緊貼舌上，揩之不去，刮之不脫，舌面罩著一層粘液呈油膩狀，舌質大多被其遮蓋而不能見。如以放大鏡觀察，可見膩苔的絲狀乳頭數目及其分枝均增加，各乳頭的角化樹相互糾結纏繞，不易脫落，其

中包埋著很多粘液及食物顆粒，中醫認為是陽氣被陰邪所抑，必有濕濁痰飲或食積頑痰為病。《辨舌指南》提道：腐者無跡，揩之即去，為正氣將欲化邪；膩者有形，揩之不去，為穢濁盤踞中宮。腐與膩不同，腐者如腐渣、如腐筋、如豆腐堆鋪者，其邊厚為陽有餘，能鼓胃中腐化濁氣上升，故有此象；膩者則中心稍厚，其邊則薄，無毛孔，無顆粒，如以光滑之物，劇刮一過，也有刮而不脫，此謂厚膩之常苔，為陽氣被陰邪所抑，必有濁濕痰飲、食積瘀血、頑痰為病，宜宣化。苔黃而膩，為痰熱、濕熱；黃膩而垢，為濕痰出結，府氣不利及食滯；滑厚而膩，為熱未盛，結未定，宜清下之；…白滑而膩者，濕濁與痰也；滑膩厚者，濕痰與寒也。如圖十二所示



圖十二 膩苔之舌影像

所以膩苔乃體內之熱累積而產生，於舌苔表面呈現平滑的紋理。從影像的觀點而言，此類舌苔性狀其灰階變化緩慢，只有少量的區域性灰階變化。此種紋理特性可以空間灰階相依矩陣所導出之特性參數來加以量化，在此論文中將採用 ASM (angular second moment) 此特徵參數來偵測膩苔，因為此特徵參數的分辨能力經實驗得知具最高的辨識率。空間灰階相依矩陣的定義如下：

$$p(i, j; d, 0^\circ) = \# \{ ((k, l), (m, n)) \in (L_y, L_x) \times (L_y \times L_x) \mid k - m = 0, \\ |l - n| = d, I(k, l) = i, I(m, n) = j \} / T(d, 0^\circ)$$

$$p(i, j; d, 45^\circ) = \# \{ ((k, l), (m, n)) \in (L_y, L_x) \times (L_y \times L_x) \mid \\ (k - m = d, l - n = -d) \text{ or } (k - m = -d, l - n = d), \\ I(k, l) = i, I(m, n) = j \} / T(d, 45^\circ)$$

$$p(i, j; d, 90^\circ) = \# \{ ((k, l), (m, n)) \in (L_y, L_x) \times (L_y \times L_x) \mid k - m = d, \\ m - n = 0, I(k, l) = i, I(m, n) = j \} / T(d, 90^\circ)$$

$$p(i, j; d, 135^\circ) = \# \{ ((k, l), (m, n)) \in (L_y, L_x) \times (L_y \times L_x) \mid (k - m = d, \\ l - n = d) \text{ or } (k - m = -d, l - n = -d), I(k, l) = i, \\ I(m, n) = j \} / T(d, 135^\circ)$$

其中 # 表在集合中的像素對數目， L_x 與 L_y 是影像水平及垂直的定義域， $I(x, y)$ 是位於影像 (x, y) 位置像素的灰階值， $T(d, \theta)$ 則是影像中距離 d 及角度 θ 之像素對的總數。 $P(i, j; d, \theta)$ 若以矩陣形式表示，則如下式所示，其中 $M(d, \theta)$ 即是空間灰階相依矩陣：

$$M(d, \theta) = [p(i, j; d, \theta)]$$

在本研究中，將藉由此一空間灰階相依矩陣所推導出之特徵參數值來量化舌影像，找出最有效之特徵參數值作為判斷的指標。所選用之特徵參數分別為 f_1 (Angular Second Moment)、 f_2 (Contrast)、 f_3 (Correlation)、 f_4 (Variance) 與 f_5 (Entropy)，其在影像當中所代表的意義分別是代表影像之同質性、影像之灰階值相差程度、影像中像素間灰階調彼此之相依程度、影像中之像素間的變易程度及代表影像亂度的指標。其公式如下所示：

$$\text{Angular Second Moment : } f_1 = \sum_i \sum_j \{p(i, j)\}^2$$

$$\text{Contrast : } f_2 = \sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{\substack{i=1 \\ |i-j|=n}}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \right\}$$

$$\text{Correlation : } f_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (ij) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$\text{Variance : } f_4 = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - \mu_x)^2 p(i, j)$$

$$\text{Entropy : } f_5 = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \log(p(i, j))$$

其中 μ_x 、 μ_y 與 σ_x 、 σ_y 分別為 p_x 與 p_y 的平均值與標準差。

三、腐苔之偵測

苔厚而顆粒粗大疏鬆，形如豆腐渣堆積舌面，揩之可去，稱為腐苔。其舌象如圖十三所示。腐苔可能是由於絲狀乳頭角化樹增長，且角化程度完全，中間填有黏液和食物顆粒所致。由於角化樹的角化程度較高，故容易脫落。



圖十三 腐苔之舌影像

腐苔乃以鬆散、塊狀的舌苔組成，從空間頻率的觀點而言，此種影像主要是由低頻成份所組成，因此以空間頻率的特徵來量化衡量此種舌象將是合理的，當影像中所帶有的成份愈低頻，則經過轉換以後可在這些低頻的區域附近，求出較大的振幅。在此研究中，採用傅利葉轉換之後的特徵值來偵測腐苔，定義如下，其判斷之閾值可由實驗中獲得。

$$\Phi_{r_1, r_2} = \sum_{r_1^2 \leq u^2 + v^2 \leq r_2^2} |F(u, v)|^2, \quad 0 \leq u \leq M-1, 0 \leq v \leq N-1$$

參、結果

本計畫中之舌象取得方式，乃是配合中醫理論由中醫師協助抽樣，均由逢甲大學學生和中國醫藥學院附設醫院門診病患中所挑選出來的，其樣本之抽樣均由醫師作臨床診斷，以排除可能影響實驗量化結果之因素。所有攝取之舌影像當中共選出膩苔影像 12 張、正常舌象 11 張、腐苔 2 張、薄苔和厚苔各 10 張，其中腐苔、膩苔和厚苔屬於不正常之舌象；正常舌和薄苔屬於正常之舌象。唯腐苔之舌象不易由一般門診病患中取得，若有則多為臥病之重度患者，且病房至診察室尚有一段距離，基於此一考量和患者之配合度不高等因素，均造成腐苔之樣本數量減少的原因。

在利用影像處理技術對舌苔性質作定量分析之研究中，所獲得之結果多以腐苔和膩苔為主。對厚苔和薄苔之研究則著重在對不同之舌質顏色和舌苔顏色之厚薄的臨界值定義，以求得一個合理之分析結果。腐苔和膩苔分別由空間灰階相依矩陣和傅利葉轉換值分別量化而得到的結果，其中所包含之特徵參數和傅利葉轉換值有需多地方是值得在探討的，在此先將所獲得之初步結果分述於下。

一、膩苔之統計結果

膩苔之偵測乃經由空間灰階相依矩陣所推導出之特徵參數判斷而得的。本研究中將五種不同的舌象，包括膩苔、正常舌、腐苔、薄苔及厚苔，作膩苔分析，所得到之結果如下。詳細之數據如附錄二所示。

(一) 特徵參數之平均值與標準差

在本研究中所選取的幾組舌象，可大致歸納為正常舌象和不正常舌象兩類，正常舌象組包括正常舌和薄苔，不正常舌象組包括腐苔、膩苔和厚苔。其統計特徵值之平均比較如下：

ASM：膩苔 > 厚苔 > 腐苔 > 薄苔 > 正常舌

Correlation：腐苔 > 厚苔 > 膩苔 > 正常舌 > 薄苔

Variance 厚苔 > 腐苔 > 膩苔 > 正常舌 > 薄苔

Contrast：正常舌 > 薄苔 > 厚苔 > 膩苔 > 腐苔

Entropy：正常舌 > 薄苔 > 腐苔 > 厚苔 > 膩苔

由以上所述可推論出 ASM、Correlation 和 Variance 應該是屬於同一性質之特徵參數；Contrast 和 Entropy 之特徵參數應具有相同的性質。所以就影像之特性來考量，正常舌和薄苔之間的特性較膩苔、厚苔和腐苔更為相近。

表二 特徵參數之平均值與標準差

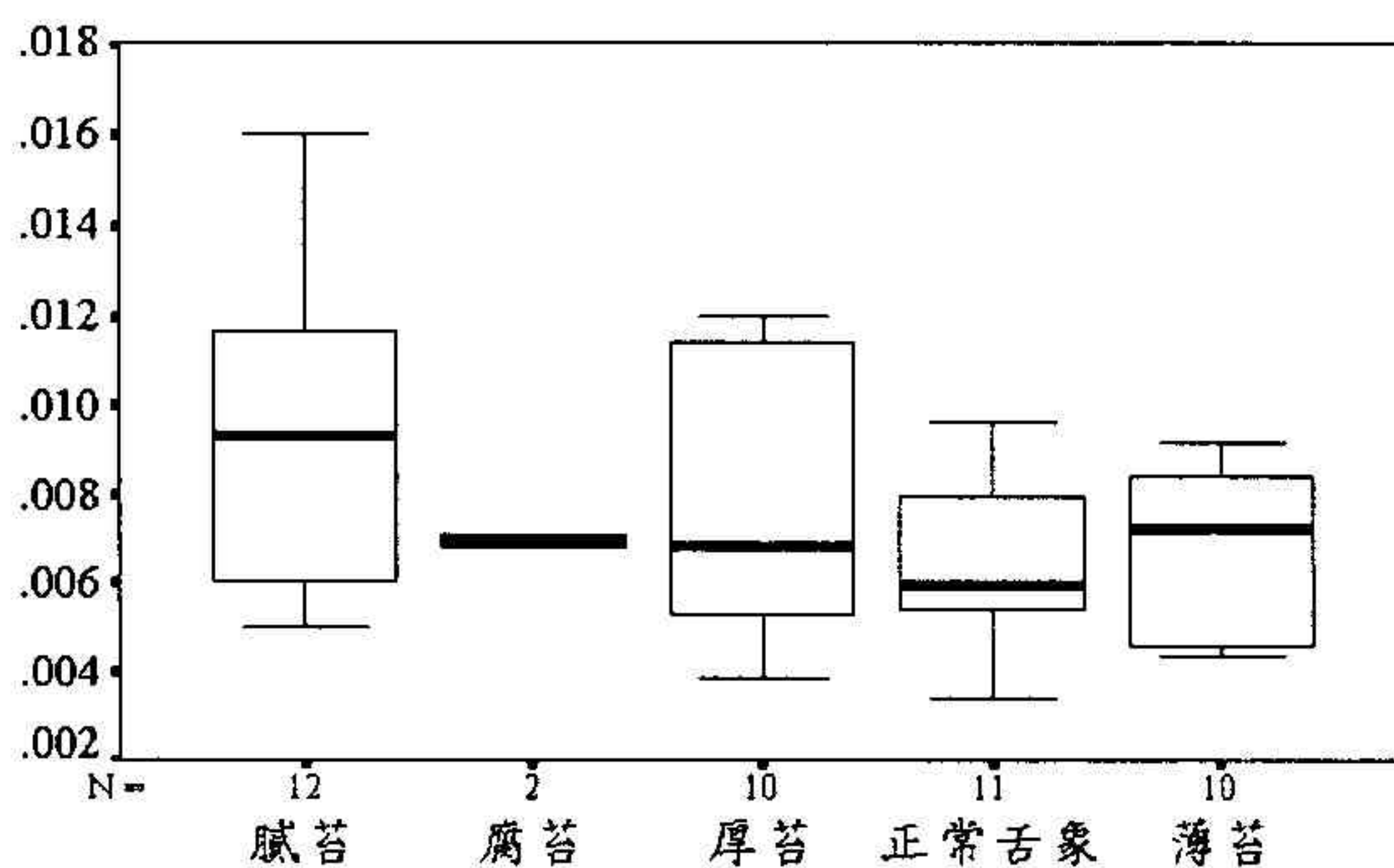
m±SD	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Correlation
正常舌	0.00647±0.00181	17.04752±6.50064	0.50242±0.11008
膩苔	0.00925±0.00333	10.44818±4.29401	0.66080±0.15660
厚苔	0.00776±0.00286	11.14154±5.16887	0.71403±0.12420
腐苔	0.00699±0.00017	8.51491±0.43077	0.80136±0.02642
薄苔	0.00689±0.00183	16.65814±6.19671	0.46499±0.11713

m±SD	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
正常舌	17.5566±5.79065	2.33729±0.1221
膩苔	18.82684±11.60654	2.20779±0.14963
厚苔	22.15085±9.98951	2.28081±0.14733
腐苔	21.69667±1.81383	2.29567±0.00993
薄苔	15.83297±5.65761	2.31037±0.12111

(二) 特徵參數之盒狀分佈圖

1.ASM (Angular Second Moment)

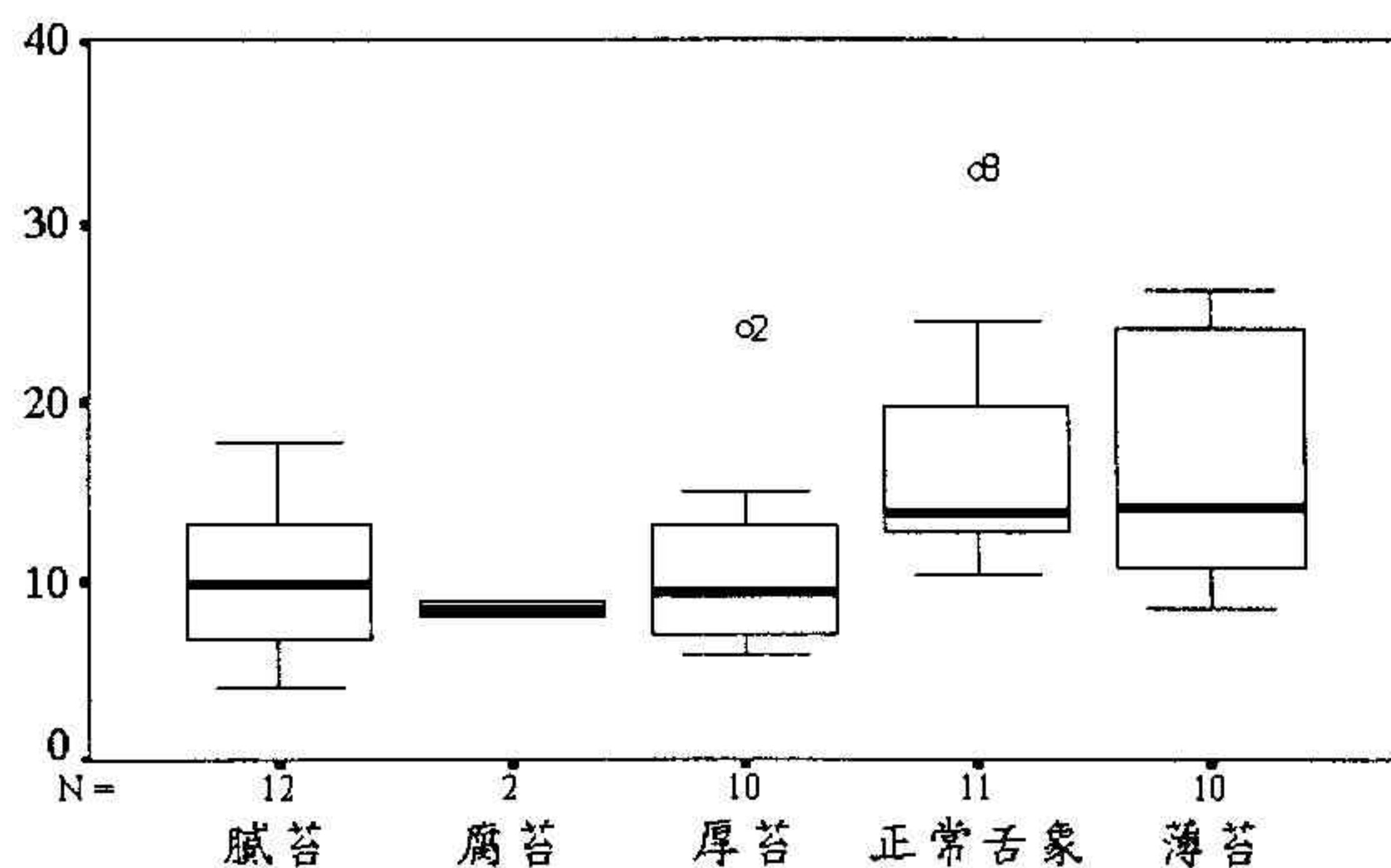
ASM 代表影像之同質性，亦即代表影像之像素間彼此相同程度的指標。以特徵參數 ASM 量化統計值所求出各舌象之分佈情況如圖十四所示，可看出膩苔和厚苔之統計值較其它舌象之統計值為高，因為膩苔之組織細密，所以該影像之像素間相同程度高所致，相較之下正常舌和薄苔之量化統計值則明顯偏低。除此之外，雖然各個舌象之統計分佈重疊性非常高，但還是可由重疊性看出膩苔和厚苔之相關連高於其它舌象，且明顯地正常舌和薄苔的相關連性亦非常的高。



圖十四 ASM 之量化統計盒狀圖

2.Contrast

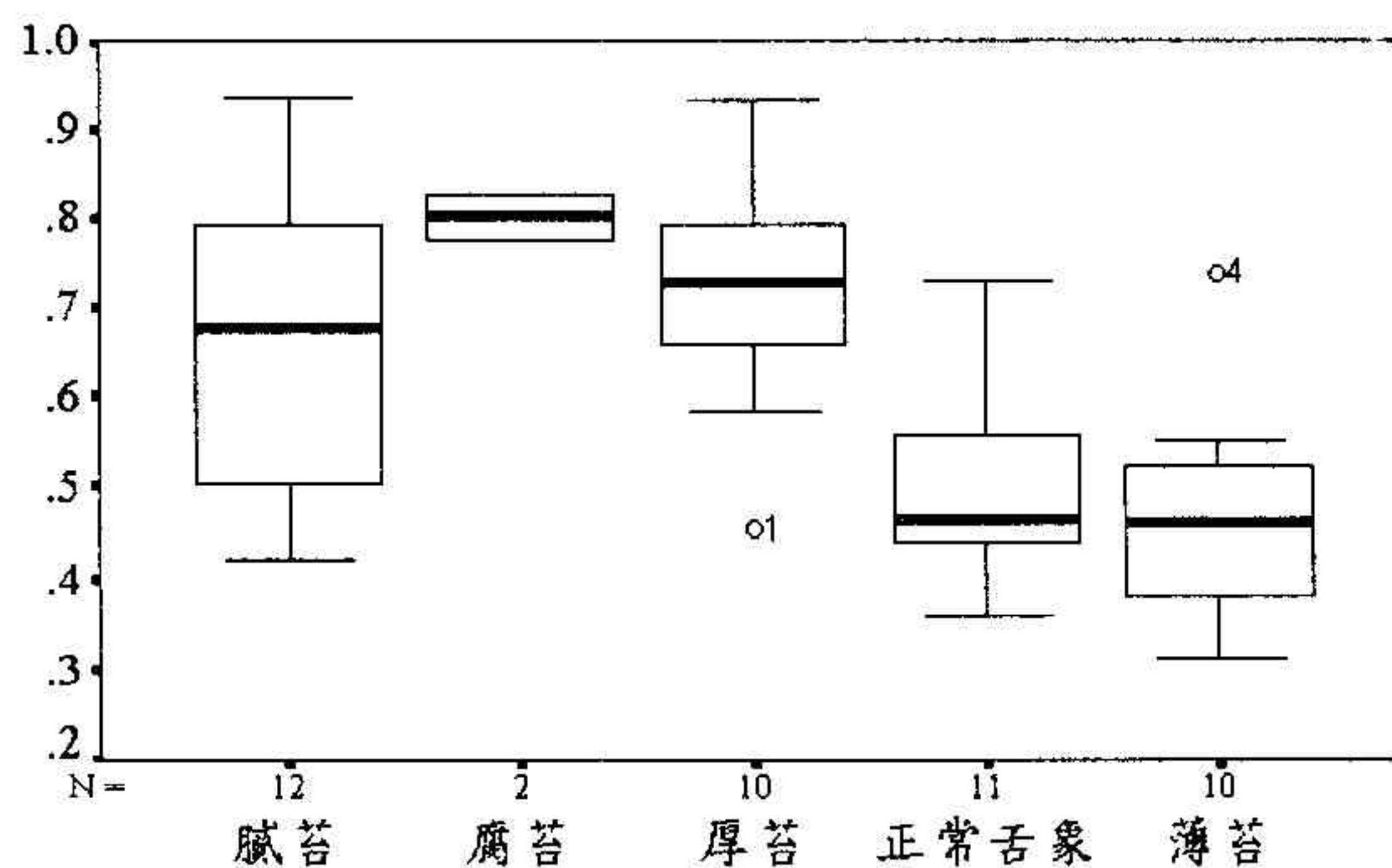
Contrast 代表該影像之灰階值相差程度。以特徵參數 Contrast 量化統計值所求出各舌象之分佈情況如圖十五所示。顯示膩苔、厚苔和腐苔之統計值較正常舌和薄苔之量化統計值明顯偏低。相較於上一個特徵參數之分佈情形，以 Contrast 所獲得之各個舌象之統計分佈重疊性低了許多，但還是可由重疊性看出膩苔、厚苔和腐苔之相關連高於其它舌象，且明顯地正常舌和薄苔的相關連性亦非常的高。似乎從其盒狀分佈圖可將其概略地分為兩類。此外圖十四和圖十五亦可看出二個分佈圖之表現完全相反，也代表著 ASM 和 Contrast 是完全不同性質之特徵參數。



圖十五 Contrast 之量化統計盒狀圖

3. Correlation

Correlation 代表影像之像素彼此間灰階調的相依程度，以特徵參數 Correlation 之量化統計值所求出各舌象之分佈情況如圖十六所示。可看出膩苔、厚苔和腐苔之統計值高於正常舌和薄苔之量化統計值。相較於 ASM 特徵參數之分佈情形，以 Correlation 所獲得之各個舌象之統計分佈重疊性低了許多。從盒狀圖分佈可將膩苔、厚苔和腐苔大致歸為一類，但膩苔和正常舌之統計分佈結果重疊情況亦非常的大，其相關的特性有待討論。

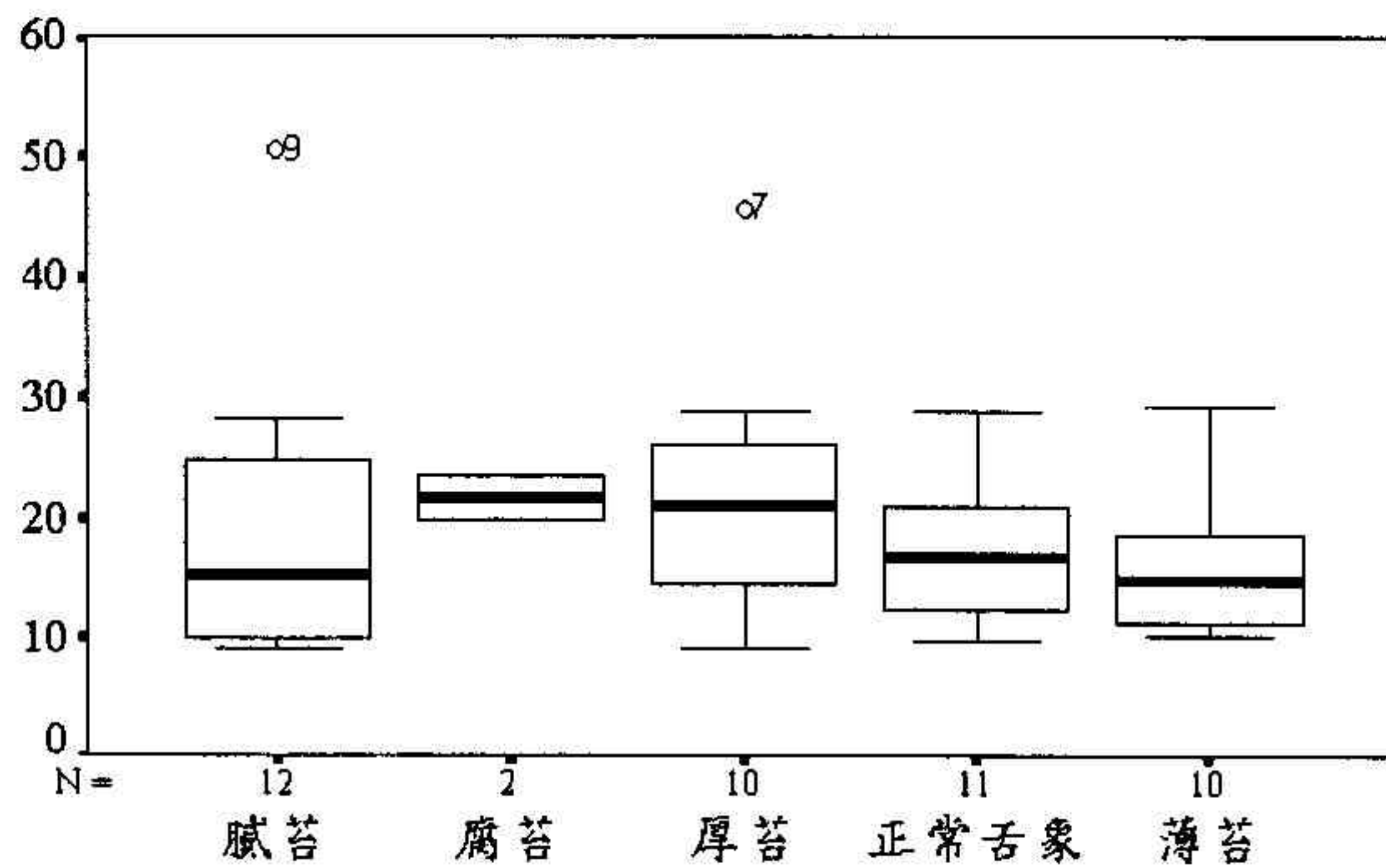


圖十六 Correlation 之量化統計盒狀圖

4. Variance

Variance 代表影像之像素彼此間變異程度的指標，以特徵參數 Variance 之量化統計值所求出各舌象之分佈情況如圖十七所示。其

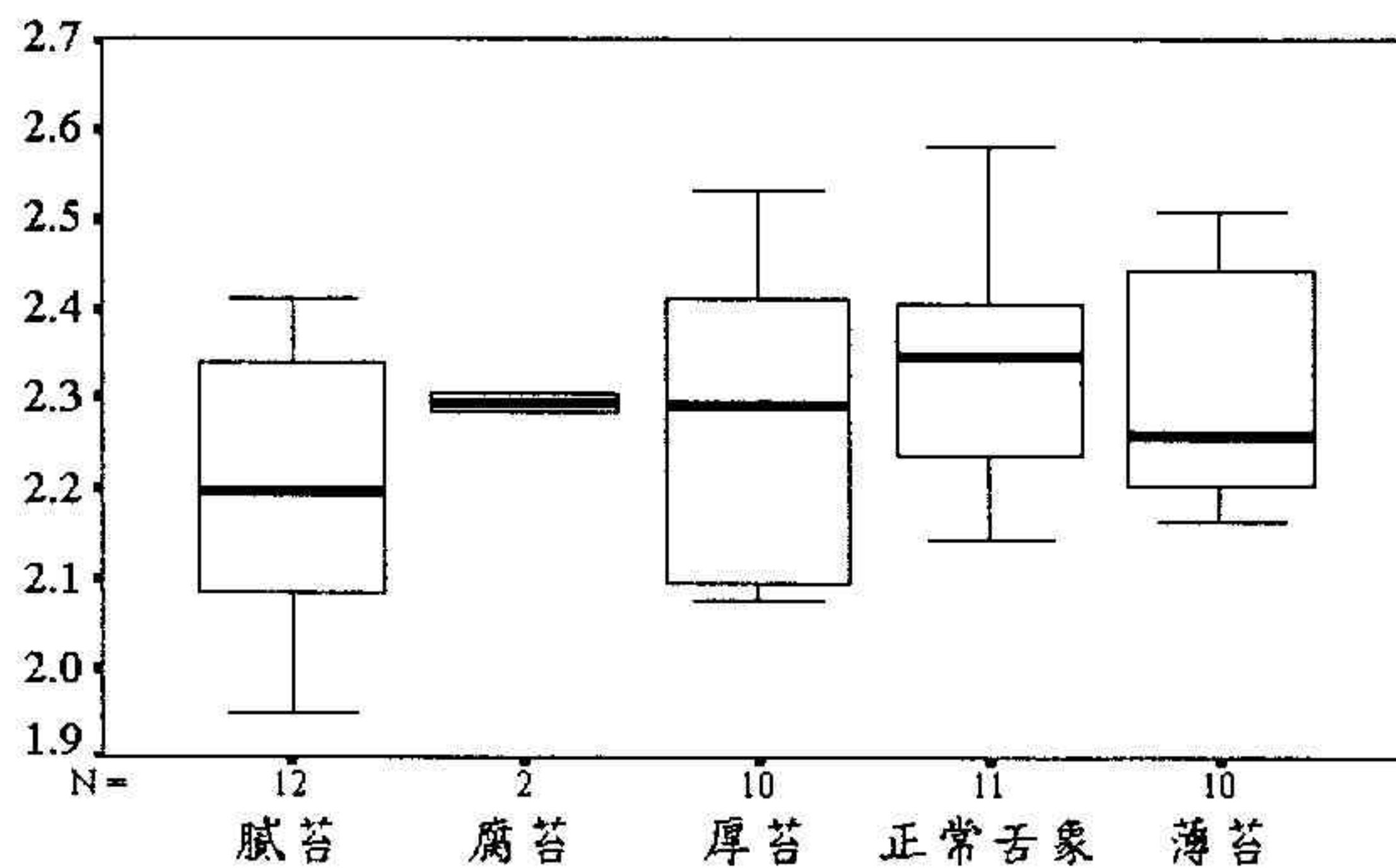
重疊性非常的高，似乎代表著此特徵參數對舌象的分類不具有任何的貢獻，有必要再以統計檢定的方法驗證之。



圖十七 Variance 之量化統計盒狀圖

5. Entropy

Entropy 為影像亂度的指標，以特徵參數 Entropy 之量化統計值所求出各舌象之分佈情況如圖十八所示。統計結果分佈除了膩苔以外，均是非常接近的；但是厚苔和膩苔的重疊情況也是很高。



圖十八 Entropy 之量化統計盒狀圖

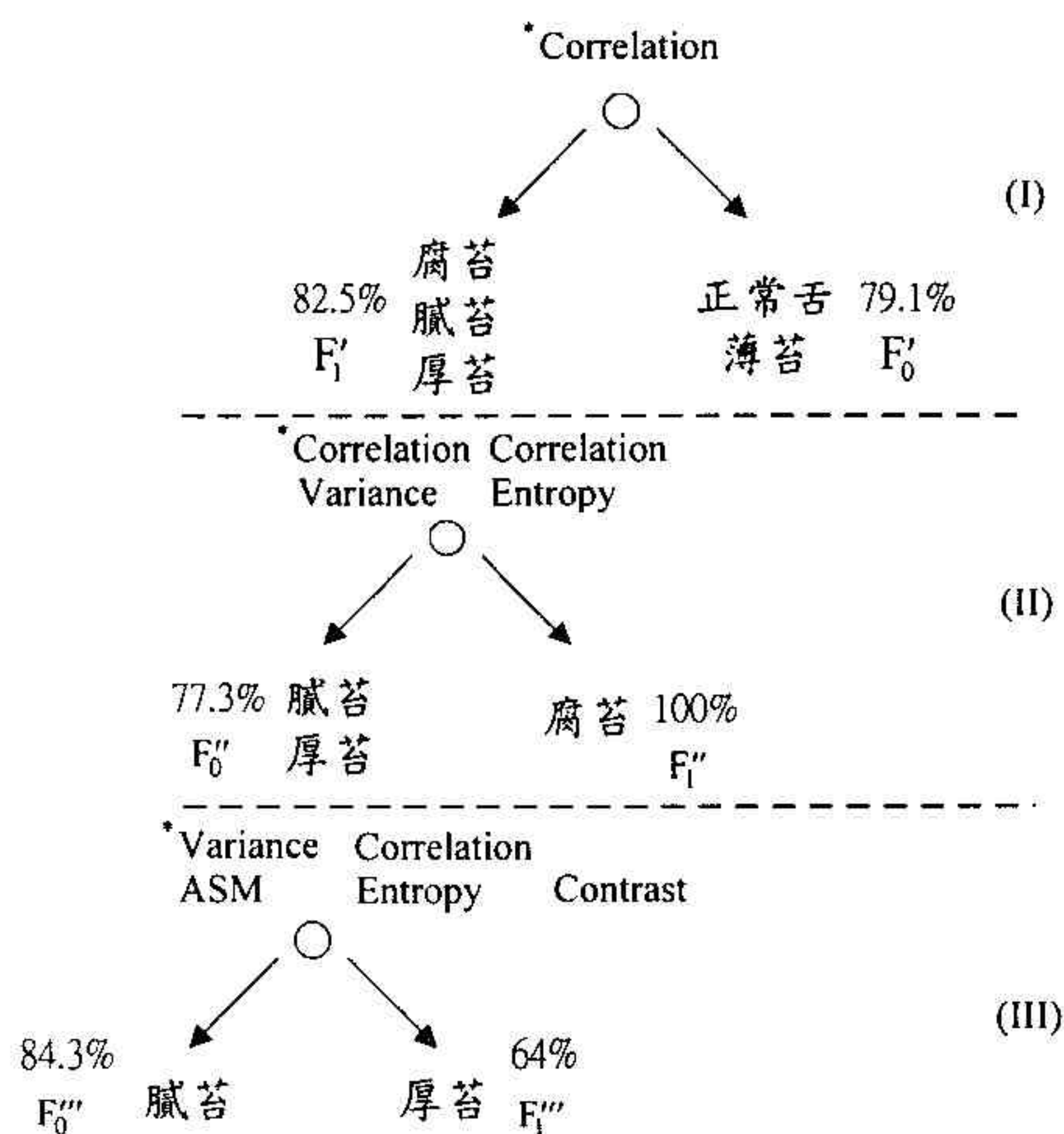
(三) 檢定與區別函數

在本研究當中，利用空間灰階相依矩陣所求出之資料是屬於統計的結果，其資料型態為連續且非敘述性資料的數值，不同於一般之身高、體重的資料型態。我們所要的結果是在這幾個特徵參數當

中，找出何者所能區別出不同舌象之能力最好，亦即哪一個特徵參數於不同舌象間其所統計出的數值差異性最大來區別舌象。以單變量方法 (one-way ANOVA) 檢定之，以輔助區別不同舌象間其特徵參數的統計結果為何，並配合盒狀圖之結果找出最好的指標。所用之檢定方法包括 T test (LSD)、Duncan's Multiple Range test、Tukey's Studentized Range (HSD) test、Bonferroni (Dunn) T test。在此將重要之結果分述如下：

1. 檢定方法與顯著性

在膩苔之偵測當中，須由所有舌象當中分出屬於正常組的舌象和不正常組的舌象，再由不正常組舌象逐步偵測出膩苔的存在與否。故此一問題屬於兩階段的演算方法，需應用到階層式的群化分析找出不同的區別函數，以有效的辨識出屬於膩苔的舌象。整個分析結構如圖十九所示：



圖十九 膩苔之階層式群化分析架構

本研究中之檢定方法所使用之 Alpha 值均為 0.05，值得注意的是在針對不同舌象作分類時，需找出最有效的特徵參數。如圖十九之第 I 層檢定中使用 *Contrast 將舌象區分為二群，*代表該特徵參數作權重調整，以找出最佳之結果；第 II 層檢定中使用 *Contrast、Correlation、Variance、Entropy 作為區別膩苔和厚苔與腐苔的不同；

第Ⅲ層檢定結果使用 *Variance、Entropy、Contrast、Correlation、ASM 作為特徵參數將有最好的結果。於第Ⅰ層之檢定分析中，其 ASM、Contrast、Correlation、Variance 與 Entropy 之 P-value 分別為 0.1393、0.0174、0.0001、0.5923、0.2658。可以看出在空間灰階相依矩陣中所選用之特徵參數 ASM、Variance 與 Entropy 其物理意義在影像識別當中是非常有用的，但經過檢定以後這些特徵參數卻對整個判斷結果影響很小。相較之下，所選用之 Contrast 和 Correlation 其意義是非常顯著的，所以這二個特徵參數是適用於膩苔的偵測。若將 Alpha 值降為 0.01，則可以看出 Correlation 的表現更是優於 Contrast，也就是說 Correlation 會是一個好的指標，反過來說，從影像的觀點來看，影像之像素之灰色調相依的程度用於膩苔的偵測，將會是一個更好的選擇。

所以上述之各種檢定方法對不同特徵參數之分群能力作檢定，在 ASM、Entropy 和 Variance 幾組特徵參數中其檢定結果均認為無法作分群，亦即認定在不同舌象當中其統計出之數值沒有任何的差別，這種檢定結果也可以由盒狀圖的數值分佈情形看出，結果應該是可以預期的。如表三所示 Contrast 之分群檢定結果，其中 Grp 0、Grp 1、…、Grp 4 分別代表著正常舌、膩苔、厚苔、腐苔、薄苔等幾種舌象。LSD 與 Duncan 的檢定方法認為可將該舌象分作二類，且其結果均相同，但若使用 Bonferroni 和 Tukry 之方法檢定，則認為沒有辦法將其作區分。表 之檢定結果透露著重要的訊息，橫向之網狀標記部份表示哪幾種舌象被歸為一類，並且代表彼此間關係程度，如 Grp 3、Grp 1 和 Grp 2 雖然被歸類為一群，但是 Grp 3 和 Grp 2 所表現的差異性遠遠大於 Grp 3 和 Grp 1 之間的差異性；若和縱向之網狀標記部份作比較則可看出哪幾種舌象在不同的群組間何者的關係是相近的。以 LSD 之檢定方法來作說明，判斷使用 Contrast 之特徵參數可將該舌象區分為二群，但是群體之間是有相互重疊的區域存在，由其中可以判斷 Grp 3（腐苔）的特性完全不同於 Grp 4（薄苔）和 Grp 0（正常舌）的表現。

綜合表四之檢定結果，可以看出使用 Contrast 的特徵參數來區分舌象的效果並不明顯，但 Grp 3 的特性和 Grp 4 與 Grp 0 是截然不同的。根據結果顯示 Grp 3、Grp 1 和 Grp 2 應該是較相近的舌象，且 Grp 4 和 Grp 0 應該是較相近的舌象。被檢定方法判定無法作分群的結果也透露著相似程度之順序：Grp 3、Grp 1、Grp 2、Grp 4、Grp 0。所以可試著使用 Contrast 作為特徵參數來區別腐苔、膩苔、厚苔與正常舌、薄苔。

若使用 Correlation 作為特徵參數來區別舌象，所表現之效果更

為明顯，且更為穩定。其結果可由表 Correlation 之檢定結果應證。由 LSD 和 Duncan 之檢定結果顯示可將五種舌象分作三群，就連 Bonferroni 和 Tukey 更為嚴謹之檢定方法也顯示相同的結果。且表中更明白的顯示膩苔、腐苔和厚苔之特性是相近的；相對的正常舌和薄苔在 Correlation 所表現的特性是相近的。同理，此一分析過程也將用於第 II 層和第 III 層之檢定分析當中，以輔助找出最佳之特徵參數，提高舌象之辨識率。

表三 Contrast 之分群檢定結果

檢定方法		分群結果					
LSD	set1	group mean	Grp 3 8.5149	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415		
	set2	group mean	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415	Grp 4 16.6581	Grp 0 17.0475	
Bonferron	set1	group mean	Grp 3 8.5149	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415	Grp 4 16.6581	Grp 0 17.0475
Duncan	set1	group mean	Grp 3 8.5149	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415		
	set2	group mean	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415	Grp 4 16.6581	Grp 0 17.0475	
Tukey	set1	group mean	Grp 3 8.5149	Grp 1 10.4482	Grp 2 11.1415	Grp 4 16.6581	Grp 0 17.0475

表四 Correlation 之分群檢定結果

檢定方法		分群結果			
LSD	set1	group mean	Grp 4 0.4650	Grp 0 0.5024	
	set2	group mean	Grp 0 0.5024	Grp 1 0.6608	
	set3	group mean	Grp 1 0.6608	Grp 2 0.7140	Grp 3 0.8014
Bonferron	set1	group mean	Grp 4 0.4650	Grp 0 0.5024	Grp 1 0.6608
	set2	group mean	Grp 0 0.5024	Grp 1 0.6608	Grp 2 0.7140
	set3	group mean	Grp 1 0.6608	Grp 2 0.7140	Grp 3 0.8014
Duncan	set1	group	Grp 4	Grp 0	

		mean	0.4650	0.5024	
		group	Grp 0	Grp 1	
		mean	0.5024	0.6608	
		group	Grp 1	Grp 2	Grp 3
		mean	0.6608	0.7140	0.8014
Tukey	set1	group	Grp 4	Grp 0	Grp 1
		mean	0.4650	0.5024	0.6608
	set2	group	Grp 0	Grp 1	Grp 2
		mean	0.5024	0.6608	0.7140
	set3	group	Grp 1	Grp 2	Grp 3
		mean	0.6608	0.7140	0.8014

2.區別函數

若該群組所屬之區別函數大於另一群組之區別函數，則此一舌象將被歸為該群組，各組之區別函數分別表示如下：

(I)

$$F'_0 = -7.9259902 + 28.258891 \times \text{Correlation}$$

$$F'_1 = -15.1651642 + 39.9725513 \times \text{Correlation}$$

(II)

$$F''_0 = -765.4748999 - 12.9870838 \times \text{Contrast} - 7.7418679 \times \text{Variance} + 813.0903976 \times \text{Entropy}$$

$$F''_1 = -825.5498785 - 13.6986401 \times \text{Contrast} - 8.0217024 \times \text{Variance} + 845.2379331 \times \text{Entropy}$$

(III)

$$F'''_0 = -16235.6234158 + 491812.8181347 \times \text{ASM} - 91.387675 \times \text{Contrast} + 13260.5488156 \times \text{Entropy} - 21.1740586 \times \text{Variance}$$

$$F'''_1 = -16349.195113 + 493234.1086820 \times \text{ASM} - 91.804852 \times \text{Contrast} + 13308.9186712 \times \text{Entropy} - 21.3059678 \times \text{Variance}$$

二、腐苔之統計結果

腐苔之影像主要是由低頻成分所組成，因此在本研究當中採用傅利葉轉換之後的特徵值來偵測腐苔之存在與否。所得到之詳細數據請參考附錄三。以下將所得到的結果分述如下。其中 Min 代表傅利葉轉換後特徵值之最小的值，Ring 表示在一個單位影像中所有傅利葉轉換後之特徵值的總和。

(一) 特徵值之平均與標準差

利用傅利葉轉換後之特徵值來偵測腐苔之存在，所獲得統計結果如下表所示。以 Min 特徵值之平均作比較：正常舌 > 膩苔 > 薄苔 > 厚苔 > 腐苔；由 Ring 特徵值之平均作比較：腐苔 > 膩苔 > 厚苔

> 正常舌 > 薄苔。因腐苔之低頻特性而帶有較大之特徵轉換值，故其 Ring 最大是很好的結果。

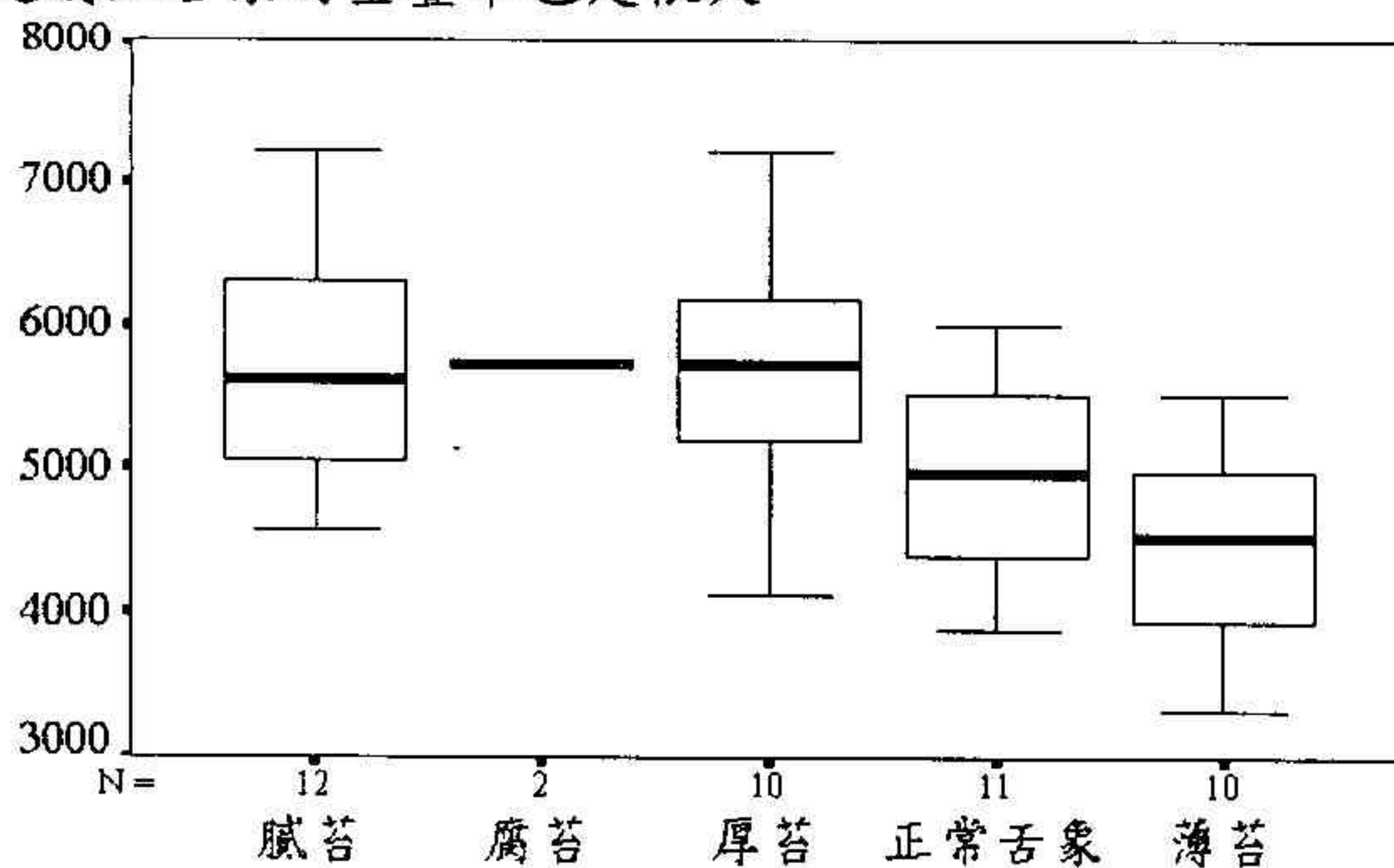
表五 特徵值之平均與標準差

m±SD	Min	Ring
正常舌	0.000349±0.000125	4954.89±715.57
膩苔	0.000227±0.000121	5707.37±821.33
厚苔	0.000224±0.000112	5633.84±837.23
腐苔	0.000158±0.000112	5720.35±9.31
薄苔	0.000266±0.000129	4519.21±700.96

(二) 特徵值之盒狀分佈圖

1. Ring

以特徵值 Ring 之量化值所求出各舌象之分佈情況如圖二十所示。很明顯的可以看出膩苔和厚苔幾乎重疊，且膩苔、腐苔和厚苔其平均值幾乎相同，明顯高於正常舌象和薄苔之平均值。綜合來說，這幾組舌象的重疊率也是很大。

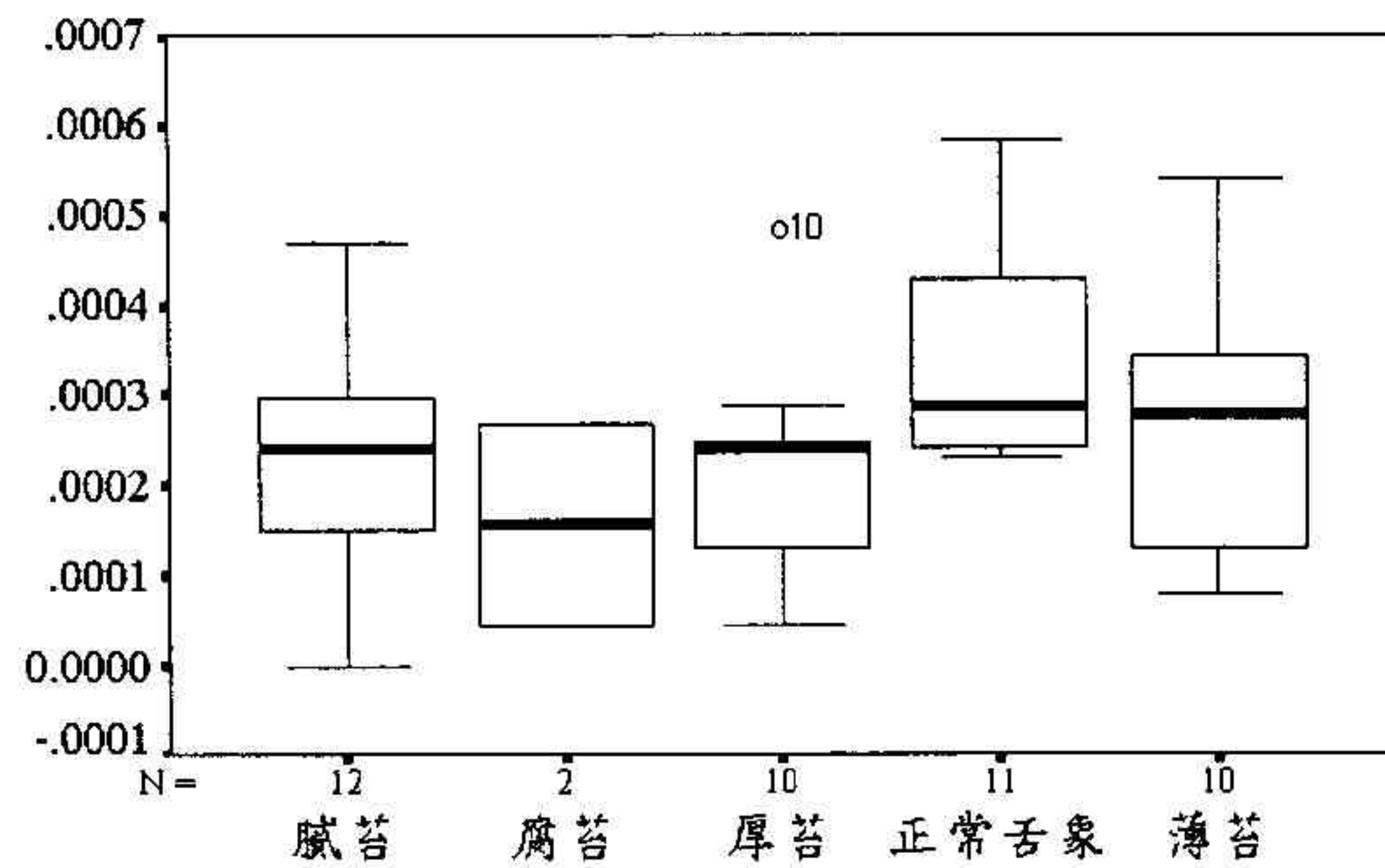


圖二十 Ring 之量化統計盒狀圖

2. Min

以特徵值 Min 之量化值所求出各舌象之分佈情況如圖二十一所示。很明顯的可以看出膩苔、腐苔和厚苔幾乎重疊，且膩苔和薄苔之重疊性亦很高。從盒狀圖之分佈情形看不出有何明顯的異同性

存在。



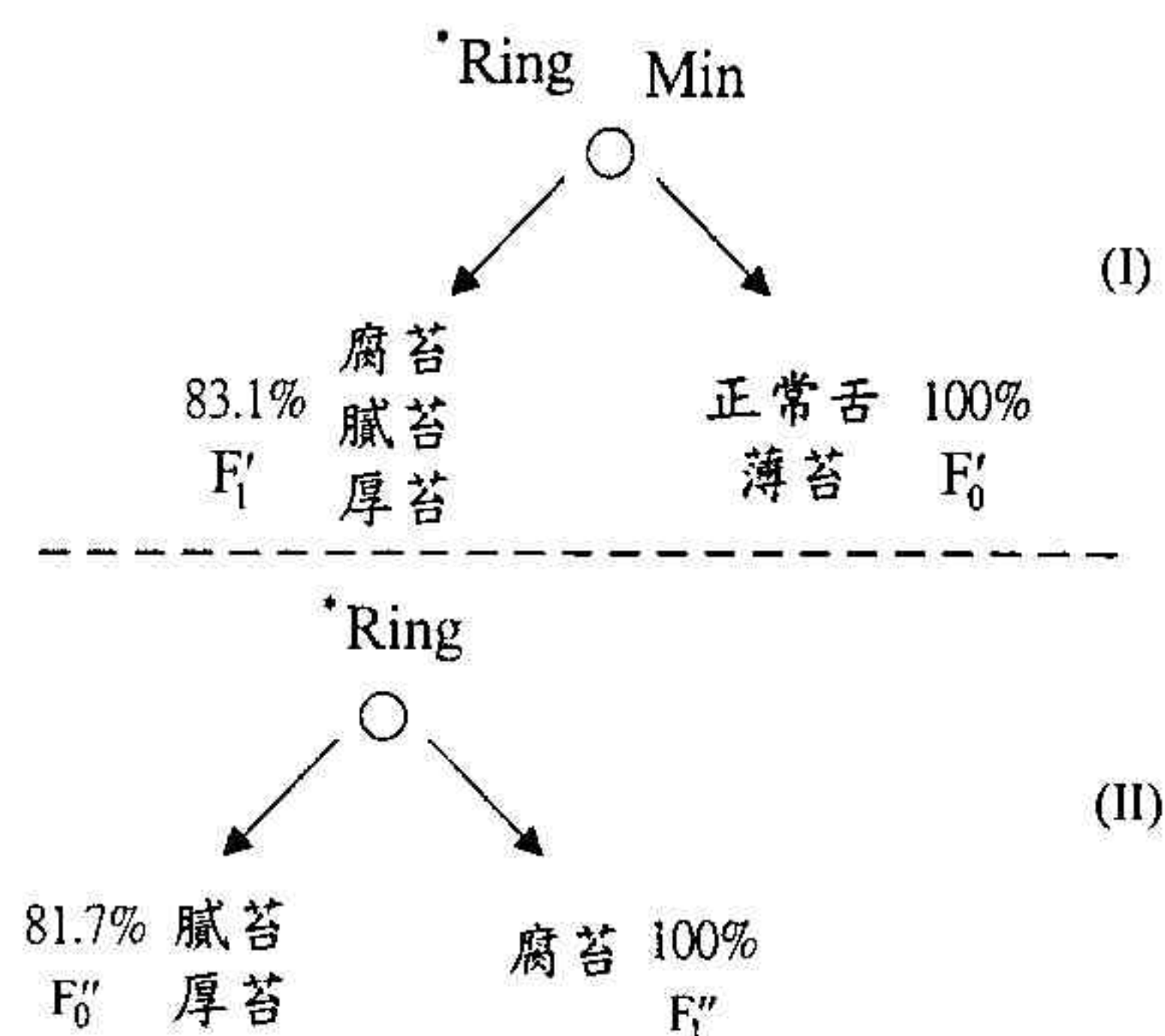
圖二十一 Min 之量化統計盒狀圖

(三) 檢定與區別函數

在本研究當中，利用傅利葉轉換所求出之特徵值，其資料型別是屬於連續且非敘述性資料的數值，不同於一般之身高與體重之資料。我們所要的結果是探討這二個特徵值區別舌象的能力。以單變量方法檢定之，以 LSD、Duncan、Tukey 及 Bonferroni 等檢定方法並配合盒狀圖之結果作綜合判斷其好壞與否。其重要之結果分述如下：

1. 檢定方法與顯著性

在腐苔之偵測當中，須由所有舌象當中分出屬於正常組的舌象和不正常組的舌象，再由不正常組舌象逐步偵測出膩苔的存在與否。故此一問題屬於 two-phase 的演算方法，需應用到階層式的群化分析找出不同的區別函數，以有效的辨識出屬於腐苔的舌象。整個分析結構如圖二十二所示：



圖二十二 腐苔之階層式群化分析架構

本研究中之檢定方法所使用之 Alpha 值均為 0.05，值得注意的是在針對不同舌象作分類時，需找出最有效的特徵參數。Min 與 Ring 之 P-value 分別為 0.1086、0.0064，似乎只有 Ring 特徵值對腐苔之偵測有貢獻，且其值小於 0.01，是非常有意義的，但是 Min 還是有其貢獻的，從表之檢定結果顯示，LSD 與 Duncan 之檢定方法認為利用該特徵值可將舌象大致區分為二類，亦即腐苔、厚苔、膩苔和薄苔一組；而另一組為厚苔、膩苔、薄苔漢正常舌，雖然經檢定後之效果沒有預期的將不正常舌和正常舌象區分開，但也是透露出腐苔和正常舌的特性應該是這幾組舌象當中差異性最大的。若使用 Ring 特徵值，其效果比使用 Min 特徵值還要好，已明顯地將正常舌、薄苔和其他舌象分開，除此之外在 LSD 和 Duncan 之檢定結果當中，腐苔、膩苔和厚苔存在著顯著的差異。同理此一分析過程同理，此一分析過程也將用於第 II 層之檢定分析當中，以輔助找出最佳之特徵參數，提高舌象之辨識率。

表六 Ring 之分群檢定結果

檢定方法 分群結果							
LSD	set1	group	Grp 4	Grp 0			
		mean	4519.2110	4954.89			
	set2	group	Grp 0	Grp 2	Grp 1	Grp 3	
		mean	4954.89	5633.837	5707.3742	5720.35	
Bonferron	set1	group	Grp 4	Grp 0	Grp 2	Grp 1	Grp 3
		mean	4519.2110	4954.89	5633.837	5707.3742	5720.35

Duncan	set1	group	Grp 4	Grp 0			
		mean	4519.2110	4954.89			
	set2	group	Grp 0	Grp 2	Grp 1	Grp 3	
		mean	4954.89	5633.837	5707.3742	5720.35	
Tukey	set1	group	Grp 4	Grp 0	Grp 2	Grp 1	Grp 3
		mean	4519.2110	4954.89	5633.837	5707.3742	5720.35

表七 Min 之分群檢定結果

檢定方法 分群結果

LSD	set1	group	Grp 3	Grp 2	Grp 1	Grp 4	
		mean	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	
	set2	group	Grp 2	Grp 1	Grp 4	Grp 0	
		mean	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	
Bonferron	set1	group	Grp 3	Grp 2	Grp 1	Grp 4	Grp 0
		mean	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
Duncan	set1	group	Grp 3	Grp 2	Grp 1	Grp 4	
		mean	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	
	set2	group	Grp 2	Grp 1	Grp 4	Grp 0	
		mean	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	
Tukey	set1	group	Grp 3	Grp 2	Grp 1	Grp 4	Grp 0
		mean	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003

2. 區別函數

若該群組所屬之區別函數大於另一群組之區別函數，則此一舌象將被歸為該群組，各組之區別函數分別表示如下：

(I)

$$F'_0 = -21.1563395 + 7772.4028965 \times \text{Min} + 0.0078944 \times \text{Ring}$$

$$F'_1 = -29.1199943 - 2618.0001477 \times \text{Min} + 0.0099192 \times \text{Ring}$$

(II)

$$F''_0 = -27.0279942 + 0.0090885 \times \text{Ring}$$

$$F''_1 = -26.3523483 + 0.0089712 \times \text{Ring}$$

肆、討論

在利用影像處理技術對舌苔性質作定量分析之研究當中，主要是探討舌苔的厚薄以及是否有膩苔與腐苔的存在。這些量化的方法，乃是基於舌影像之顏色及空間紋理特性加以量化。在這裡我們將對所獲得之結果及問題的困難點分別於以下幾點作討論。

一、厚苔與薄苔

厚苔與薄苔的判斷方式，乃是比較舌象之舌質和舌苔的顏色差異程度而判斷的。如果說顏色差異的程度愈大，則苔厚的表現則愈明顯，反之則判斷為苔薄。由此可見顏色在舌象分析中所扮演的角色是相當重要的。但是每一個人對色彩的判斷能力卻不盡相同，造成這個原因的因素包括生理方面功能的不同和心理的感知不同。在生理方面，視網膜上主掌低亮度環境視覺的桿狀細胞和主掌高亮度環境視覺的錐狀細胞，彼此調節相互配合，而使得眼睛可隨環境亮度的不同而作適度的改變，但畢竟每個人的調節能力都不完全相同的；在心理方面，人眼在不同光源下仍能分辨色彩，但是每個人對色彩的基本認知還是有一定的差異存在。除此之外，舌象之顏色表現與日常生活中大家所認知的顏色也有所不同，所以建立一套屬於舌象的顏色色彩更是重要。在顏色之研究當中，我們定義一套屬於舌象顏色的標準色彩，當然色彩之認定是經由醫師觀察、電腦分析和研究人員目視結果，三方面的結果相同才能被定義。在我們的色盤裡，顏色不再被當作單一種顏色的認知，因為在舌象裡面的顏色是多種顏色相混合所表現出來的結果。如黃苔並不是真正只有“黃”的色澤存在當中，它是黃色和紅色相混合的結果，青紫舌是帶一點紫、一點暗紅相混和所表現出來的結果；白苔有時候也許不是真正的苔白，而必須考量到顏色和其周圍的顏色間對比差異的存在，而看起來是白苔的感覺等等。基於以上這些理由，顏色判斷的合理性是必須加以重視的。

二、膩苔

在膩苔之偵測當中，最理想的狀況是希望藉由空間灰階相依矩陣所推導之特徵參數 ASM、Contrast、Correlation、Variance 及 Entropy，能夠將本研究當中所選用之舌象，包括正常舌、膩苔、腐苔、厚苔和薄苔完全的區別開來，但實際情況卻不是如此。因為在所挑選的舌象當中正常舌和薄苔之舌象是相近的，因為正常舌必包含薄苔（就苔之厚與薄來考量，而不考量其顏色和種類為何）。而在選擇之正常舌的影像中有 5 張影像和薄苔之影像是相同的；而厚苔之舌影像中有 6 張影像是和膩苔相同的、有 1 張和腐苔相同，即

存在著厚膩苔和後腐苔的影像。這個選擇是合理的，因為在臨床上這兩種舌象常常伴隨著出現。

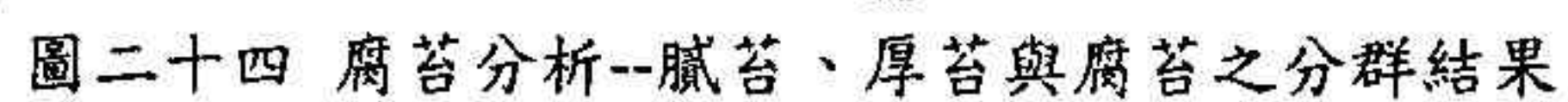
利用舌影像的分析與 LSD、Bonferroni、Duncan、Tukey 不同方法檢定測試結果顯示，Contrast 及 Correlation 二個特徵參數較具有區分不同舌象的能力，從影像之性質來分析，影像之灰階值相差程度與影像像素間灰階調彼此之相依程度來探討膩苔的存在與否，是比較具有可行性。但是在找出不同舌象間之區別函數時，還是要將其他特徵參數加入考量才能求得最佳之方程式，作為判斷分析所用。

綜合整個分析結果，顯示正常舌和薄苔之性質差異性較小，而膩苔、腐苔和厚苔彼此間差異較另一群為小，這個結果是可以預期的。就正常舌和薄苔這一組而言，其舌象之特性本來就比較接近（可從舌影像和另一組影像比較出）；若從 Contrast（影像之灰階值相差程度）與 Correlation（影像之灰階調相依程度）觀點來考量，其色調（屬於淡黃色和白色）較另一群舌象色調（帶有黃、偏暗）之灰階值或灰階調相依程度明顯有所不同，所以此一結果是合理的。此外在 Contrast 之 LSD 和 Duncan 的檢定方法中認為正常舌和薄苔之舌象當中，雖然被分為一類，但其資料之分布存在著顯著的差異，其原因應該是在薄苔之舌象當中，所選擇的並不完全是薄白苔，而導致所求出之資料特性有所差別，這是可以理解的。

就膩苔、腐苔和厚苔這一組而言，比較其舌影像彼此間之特性，在顏色（屬於黃偏暗）均很接近，所以其 Contrast 和 Correlation 之特徵參數值結果是比較相近的。此外在 Correlation 之所有檢定方法中，認為腐苔和厚苔存在著非常顯著的差異，而膩苔則存在著顯著的差異，可見得這一群組內之舌象雖被分在同一群，但其特徵值還是有明顯的不同。

在膩苔之辨識結果中，以費雪檢定算出正確率達 77.3%，即在不正常舌象當中可將四分之三以上的厚膩苔，這是非常好的結果，因為在臨床上膩苔多以厚的舌象出現，可見得以舌象之影像性質為考量所選擇之特徵參數，能夠有效的將膩苔偵測出來，是非常好的選擇。

由以上所討論分群之結果可由下圖簡單表示其分辨之結果，其中 1 代表膩苔與厚苔之舌象、2 代表腐苔之舌象。圖二十三中明顯地舌象分類為二群，是一個相當好的結果。證明此二種特徵參數的選用是相當好的指標。



伍、結論與建議

在電腦化舌象輔助分析系統中，我們提供一個穩定的光源照明系統，並經由高解析度彩色攝影機將舌影像擷取下來，在這一個受良好控制的取樣環境下，消除環境因素對系統可能造成的影響，避免舌影像之失真。對於舌象的量化，乃是為了提供客觀的診斷標準，以探討中醫理論之舌與臟腑的關係，其中苔的厚薄與腐膩，可為判斷正氣盛衰、病位深淺、病邪性質及病狀進退之參考。本研究利用所提出的結構型舌象分析法則來量化舌影像，此法則乃基於舌影像之顏色及空間紋裡特性的不同，將舌診中之腐膩厚薄舌象加以量化，在顏色的判斷方面採用 HSL 顏色模型，此一模型非常符合人的眼睛在視覺上的感知方式，且在顏色色系、色彩的濃淡和色彩強度上的認知是非常直接的，在顏色之判斷和定義上，扮演著非常重要的角色。基於這些特性，只要比較其顏色的差異程度，即顏色之飽和度和亮度的差值，就可以很直接的判斷舌苔是為厚苔或是薄苔。

在膩苔和腐苔之偵測方面，採用空間灰階相依矩陣和傅利葉轉換之特徵參數是有其價值的，所辨識的正確率分別為 77.3%、100%。此一方法的選擇乃基於膩苔和腐苔之影像上的特性來考量的，所獲得之結果更具參考價值。

在整個分析過程當中，使用到型樣分類之識別方法，更有效率地分辨出腐苔和膩苔，不僅如此，我們更利用此一結果找出每一種舌象所對應的區別函數，我們將利用此一結果取代程式中判斷腐膩苔之方法，更有效率地將舌象分辨出來。

陸、參考文獻

- [1] C. Y. Den and Y.K. Lou, *Chinese Viewing Diagnosis with Illustrations*, (Chinese Version), Nan-Teng Publishing, 1988.
- [2] 洪禎徽, 舌診, 觀察舌質、舌苔的辨證, 立得出版社, 1992。

- [3] C. C. Hsing, *Synopsis of Chinese and Western Medical Diagnostics and Treatment*, (Chinese Version), Cheng-Chung Publishing, 1972.
- [4] *Journal of Traditional Chinese Medical*, (Chinese Version), Anhwei Province, 1986.
- [5] *Traditional Chinese Medical, Communication*, (Chinese Version), Peking, 1987.
- [6] *Traditional Chinese Medical, Communication*, (Chinese Version), Peking, 1990.
- [7] *Journal of Health Word*, (Chinese Version), Whonan Province, 1989.
- [8] C.C. Chiu, H.S. Lin, and S.L. Lin, "A structural texture recognition approach for medical diagnosis through tongue," *Biomedical Engineering & Application, Basis, Communication*, vol. 7, NO. 2, pp. 11-16, April 1995.
- [9] R. M. Haralick, K. Shanmugan, and I. Dinstein, "Texture Features for Image Classification", *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, SMC-3, NO. 6, November 1973.
- [10] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [11] Ioannis Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, 1993.
- [12] Anil K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989.
- [13] 宋天彬,中國舌苔圖譜,人民衛生出版社, 1994。
- [14] 陳澤霖,陳梅芳,舌診研究,上海科學技術出版社, 1982。
- [15] Bearen and Brooks, *Colour Atlas of the Tongue in Clinical Diagnosis*, Wolf Medical Publications Ltd, 1988.
- [16] 辛瑛,中醫舌診知識,人民衛生出版社, 1996。
- [17] 何裕民,舌象測病祕訣,渡假出版社, 1997。
- [18] 鄧中炎,羅益寬,望診彩色圖譜,南天書局, 1988。

- [19] 陳澤霖,陳梅芳,舌診研究,上海科技出版社, 1979。
- [20] 陳澤霖,貝潤浦,舌苔與疾病,人民衛生出版社, 1995。
- [21] 王季黎,李玉玲,舌診源鑒,中國醫藥科技出版社, 1988。
- [22] 翁維良,臨床舌診圖譜與疾病治療,學苑出版社, 1997。
- [23] 宋天彬,實用中醫舌診彩色圖譜,安徽科技出版社, 1994。
- [24] 李乃民,中國舌診大全, 學苑出版社, 1995。
- [25] 李靜文,常見消化系疾病舌像圖譜,人民衛生出版社, 1993。
- [26] 鄧鐵濤,郭振球,中醫診斷學,上海科技出版社, 1983。
- [27] 宋天彬,中醫舌苔圖譜,人民衛生出版社, 1994。
- [28] 季鍾樸,現代中醫生理學基礎,學苑出版社, 1991。
- [29] 費兆馥,顧亦棣,新編中醫診法圖譜,上海中醫藥大學出版社, 1995。
- [30] 顧亦棣,費兆馥,中醫診法圖譜,上海中醫藥大學出版社, 1986。
- [31] 汪宏〔清〕,望診遵經,五洲出版社, 1996。
- [32] 林子皓,望診舌苔辨別總論,立得出版社, 1992。
- [33] 許鴻源,中國醫藥概念,中醫藥委員會出版, 1973。

附錄

中醫舌診影像記錄

日期：_____ 編號：_____

姓名：_____ 性別：☐男 ☐女

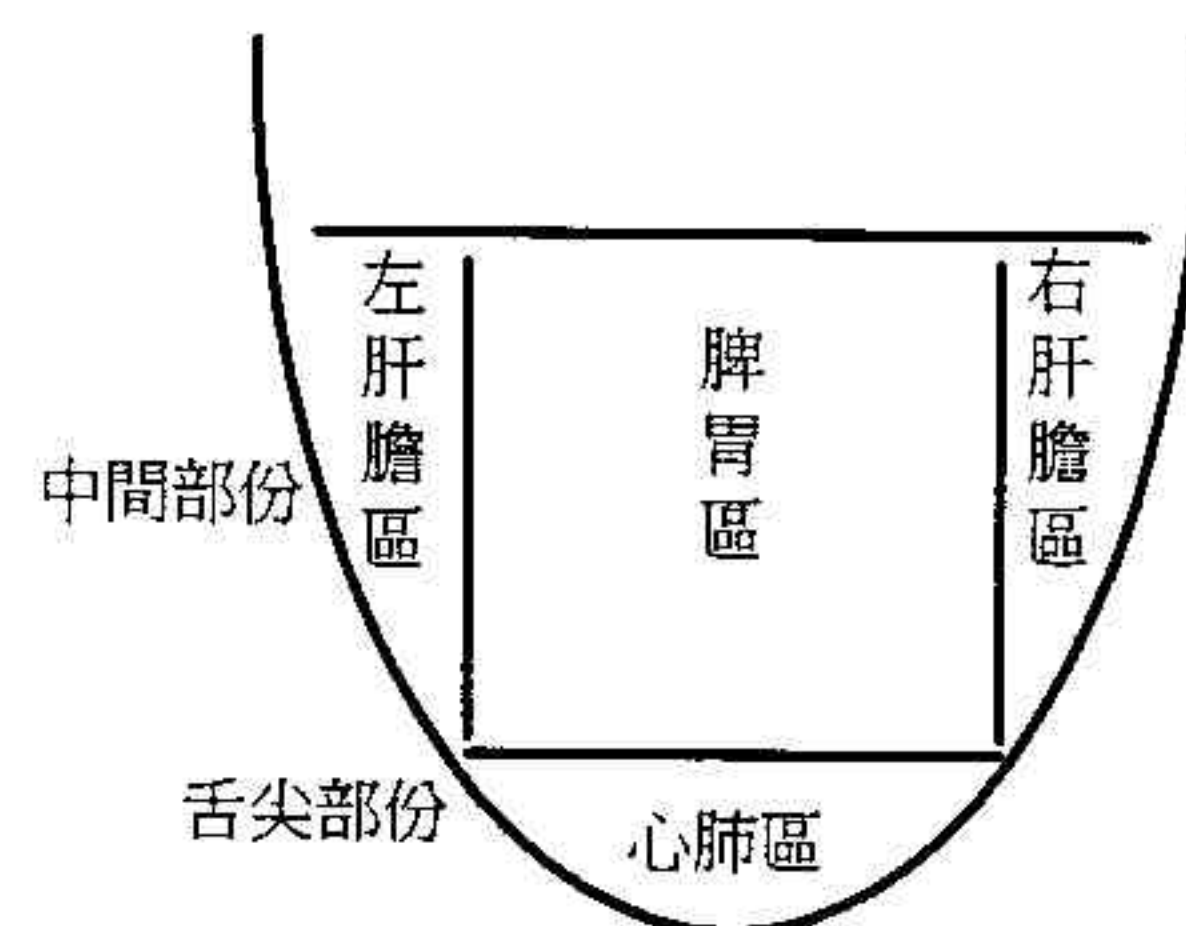
年齡：_____歲 身高：_____cm 體重：_____kg

診斷：_____

主訴：_____

備註：_____

醫師臨床診斷							
舌苔				舌質			
顏色	程度(厚薄)		性狀	顏色	程度(深淺)		
白			薄厚	淡白舌			
黃			潤燥	淡紅舌			
灰			腐膩	紅舌			
黑			剝苔	青紫舌			
			鏡面舌	絳舌			



電腦分析結果												
舌象	左肝膽區			脾胃區			右肝膽區			心肺區		
舌質比例												
深淺程度	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
淡白												
淡紅												
紅舌												
青紫												
舌苔比例												
深淺程度	I		II	I		II	I		II	I		II
黃苔												
白苔												
灰苔												
黑苔												
結果												

附錄二
膩苔分析原始數據

膩苔舌象	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Correlation	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
ca0006	0.01166	10.03588	0.45301	9.17234	2.09227
ca0007	0.01162	4.84508	0.81754	13.25409	2.07257
ca0018	0.01600	4.01874	0.78464	9.35772	1.95090
ca0022	0.01201	7.12585	0.65807	10.42617	2.07597
ca0032	0.00569	17.49886	0.69178	28.35833	2.4087
ca0043	0.00636	9.61679	0.7971	23.73172	2.308
ca0057	0.00503	13.23281	0.74621	26.10264	2.41302
ca0067	0.00682	13.3867	0.61853	17.56397	2.30603
D01	0.00558	6.62201	0.93444	50.55715	2.37012
D14	0.00768	17.85085	0.48231	17.24327	2.27974
D22	0.0115	11.30017	0.42171	9.78224	2.10229
A20	0.01099	9.84436	0.52421	10.37241	2.11386
Avg	0.00925	10.44818	0.66080	18.82684	2.20779
Std_dev	0.00333	4.29401	0.15660	11.60654	0.14963

正常舌象	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Corr	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
D02	0.00591	13.41805	0.7293	24.87704	2.39254
D05	0.00766	13.9508	0.4727	13.23781	2.25147
D06	0.00652	12.83682	0.6159	16.71041	2.30574
D07	0.00837	14.79199	0.3588	11.53188	2.23044
D12	0.00583	18.10128	0.451	16.47969	2.36728
D20	0.00848	12.00317	0.4518	10.95122	2.20088
D25	0.00595	12.79838	0.6586	18.74886	2.34709
D26	0.00342	32.93114	0.4289	28.82368	2.5814
D31	0.0044	24.59614	0.3983	20.43396	2.4715
D39	0.00499	21.67685	0.4987	21.6218	2.41802
D40	0.00965	10.41812	0.4628	9.7062	2.14379
Avg	0.00647	17.04752	0.50242	17.55660	2.33729
Std_dev	0.00181	6.50064	0.11008	5.79065	0.12210

腐苔舌象	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Corr	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
ca0045	0.00682	8.94567	0.7749	19.88284	2.28574
crusted2	0.00715	8.08414	0.8278	23.5105	2.3056
Avg	0.00699	8.51491	0.80136	21.69667	2.29567
Std_dev	0.00017	0.43077	0.02642	1.81383	0.00993

薄苔舌象	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Correlation	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
ca0001	0.00844	14.03674	0.3268	10.42453	2.20621
ca0009	0.00677	14.02937	0.4748	13.35628	2.27291
ca0021	0.00451	25.53468	0.3133	18.58826	2.44469
ca0068	0.00773	8.50426	0.7388	16.2802	2.24915
ca0072	0.00898	10.70061	0.5214	11.18747	2.1887
D07	0.00846	14.4789	0.3827	11.73101	2.22711
D12	0.00584	17.9994	0.4554	16.52776	2.36731
D26	0.0046	26.34707	0.5519	29.38487	2.51016
D31	0.00439	24.09637	0.4158	20.62231	2.47301
D40	0.00918	10.85398	0.4691	10.227	2.16448
Avg	0.00689	16.65814	0.46499	15.83297	2.31037
Std_dev	0.00183	6.19671	0.11713	5.65761	0.12111

厚苔舌象	(f ₁)ASM	(f ₂)Contrast	(f ₃)Correlation	(f ₄)Variance	(f ₅)Entropy
ca0006	0.01166	10.03588	0.45301	9.17234	2.09227
ca0016	0.00386	24.10657	0.58158	28.83961	2.53083
ca0022	0.01201	7.12585	0.65807	10.42617	2.07597
ca0045	0.00682	8.94567	0.77494	19.88284	2.28574
ca0057	0.00503	13.23281	0.74621	26.10264	2.41302
ca0074	0.00691	8.73891	0.79792	21.61682	2.29912
D01	0.00581	6.28585	0.93123	45.73965	2.34823
D04	0.00883	11.78417	0.71117	20.48377	2.24876
D14	0.00527	15.17019	0.6941	24.82858	2.41911
TG75_2	0.01141	5.9895	0.79207	14.41606	2.09507
Avg	0.00776	11.14154	0.71403	22.15085	2.28081
Std_dev	0.00286	5.16887	0.12420	9.98951	0.14733

附錄三
腐苔分析原始數據

膩苔舌象	Min	Ring
ca0006	0.000242	5201.27
ca0007	0.000083	5517.21
ca0018	0.000356	4562.50
ca0022	0.000243	5709.30
ca0032	0.000468	6968.85
ca0043	0.000178	5855.90
ca0057	0.000248	6177.44
ca0067	0.000000	5178.84
D01	0.000190	7214.16
D14	0.000124	6447.31
D22	0.000345	4746.45
A20	0.000248	4909.26
Avg	0.000227	5707.37
Std_dev	0.000121	821.33

正常舌象	Min	Ring
D02	0.000245	4769.23
D05	0.000583	5724.16
D06	0.000241	3882.09
D07	0.000287	4025.52
D12	0.000343	5518.59
D20	0.000233	4809.13
D25	0.000498	6001.89
D26	0.000540	5512.05
D31	0.000282	4972.35
D39	0.000359	5369.94
D40	0.000232	3918.84
Avg	0.000349	4954.89
Std_dev	0.000125	715.57

腐苔舌象	Min	Ring
ca0045	0.000046	5729.66
crusted2	0.000269	5711.04
Avg	0.000158	5720.35
Std_dev	0.000112	9.31

薄苔舌象	Min	Ring
ca0001	0.000354	3945.44
ca0009	0.000132	4289.26
ca0021	0.000274	4754.00
ca0068	0.000305	4984.30
ca0072	0.000080	3337.28
D07	0.000117	3960.00
D12	0.000343	5518.59
D26	0.000540	5512.05
D31	0.000282	4972.35
D40	0.000232	3918.84
Avg	0.000266	4519.21
Std_dev	0.000129	700.96

厚苔舌象	Min	Ring
ca0006	0.000242	5201.27
ca0016	0.000246	5735.66
ca0022	0.000243	5709.30
ca0045	0.000046	5729.66
ca0057	0.000248	6177.44
ca0074	0.000131,	5359.86
D01	0.000190	7214.16
D04	0.000288	4124.39
D14	0.000124	6447.31
TG75_2	0.000484	4639.32
Avg	0.000224	5633.84
Std_dev	0.000112	837.23