

編號：CCMP95-RD-042

光學脈診感測整合系統 (2-1)

張榮森

國立中央大學

摘要

當發生疾病時會造成生理機轉出現異常，如果可以有一套很精確，很便宜方便的對身體定性且定量的指標系統，可以對身體進行健康狀況的評估與診斷，那麼在醫院中甚至在家中能及早發現病況，對醫生能定量準確的告知病況，是現在社會尤其是老齡社會非常需要的工具。如西醫的溫度計，血壓計等都對社會提供了不少的貢獻。本計畫初步已完成利用中醫方面的把脈經驗加以科學化，並改製成自動量測的工具，可以精確，很便宜方便的對身體定性且定量的對身體進行健康狀況的評估與診斷。

中醫把脈是以經驗的傳承、古書的意會以及個人長期經驗的累積，才能隱約把出病灶。其方法頗不科學，不像西醫有數據佐證作為判斷依據，如能以科學儀器將中醫脈搏科學化量化，如此便可更容易去探討脈搏脈象所表的身體狀況訊號。本研究製造一光學脈診感測整合系統：利用疊紋法定位脈搏位置或寸關尺脈的位置，再用三角測量法量測人體脈搏大小及波形，頻率；首先我們先運用 MOIRE (疊紋)，可較準確定位出脈搏及穴道針灸位置，再利用紅外線雷射打在待測點上，並以 MATLAB 軟體計算影像感測器紀錄的光點質心的變化，由系統中三角關係可求出脈搏及穴道針灸振幅變化的大小，最後運用 FFT (Fast Fourier Transfer 快速傅立葉轉換) 求出脈搏及穴道針灸波的頻率，此一系統結構簡單且精確 (精確度可達 $7\mu\text{m}$)。目前已完成；自動化判斷疊紋條紋的位置並紀錄條紋變化的週期量，計算出待測物表面任一位置的地形高度與其高度位移量。依照中醫師把脈的步驟，對手腕內側把脈的關脈點做了 10 秒脈搏跳動的監測與紀錄。系統可計算出皮膚表面因脈搏跳動而振動的波形變化圖，進而得到其振幅與頻率，成功地完成了中醫把脈的數據化，幫助中醫脈診

的醫療輔助系統。本實驗提供了一種脈搏量測方式，且可以解析到 $7\mu\text{m}$ ，觀測靜態物體輕微振動頻率百分比誤差在 2.5% 以內，因本系統是全脈面每一點（共三十萬個點，同時量測）解析度高與一般壓力感測器（只感測一個小面積的平均壓力的單一值對時間的變化）的脈診儀互相比較，本系統更為方便、省時與準確。而且由於可看全脈面積的變化，因此可看到脈形（已看到弦脈的長條形狀）。此為本系統的獨創特殊的功能。

關鍵詞：光學疊紋、三角測量法、光學脈診感測整合系統

Number: CCMP95-RD-042

Optical Pulse Diagnostic Sensor Integrated System (2-1)

Rong-Seng Chang

National Central University

ABSTRACT

As the old aging society coming. More and more the doctors or people wish to have the simple convenient accurate medical diagnostic instruments such as thermometer or manometer. In Chinese medicine, the pulse diagnostic therapy is the most simple convenient way to diagnose patient. Although the doctor thinks the pulse to diagnose symptom is very important, but it all depend on the feeling of the doctor's finger. Here we hope to quantify the pulse state which is found in Chinese medicine. This study will conduct the design of the pulse measurement system and verify the pulse measurement accurately. Here the Moire pattern will be used to locate the top of the pulse, then the vibration and frequency of the pulse will be record with laser triangular measurement. Using the shadow moire' combing with the computer program, the movement of the pulse area's skin 3D profile can be calculated by the change of the moire' fringe, and monitored with the time graphically and rapidly. Then, taking advantage of the regional measurement of the moiré, we enhance the analysis form a point to an area. By this system, we can catch the information of the surface entirely and more efficiently. And further, we design a pulse measurement system by the moire measurement system given above. According to the steps of pulse diagnosis of Traditional Chinese Medicine, we can catch pulse waveform, amplitude, and frequency easily. And the waveform is calculated from the vibration of our skin at the position on our wrist called the Tsun, Guan.chih points. These results is verified and showed that our system is feasible to measure the arterial pulsation of our body. Up to now we have gotten the

7 μ m resolution and accuracy up to 2.5% by triangulation pulse measurement. Our system can measure 300 thousands points in the pulse area simultaneously, which is completely different from the old style pressure sensor measurement (only can measure one average value each time). More than that, we have gotten the shape change of the pulse such as the string pulse of music instrument which is coincided with the records of classic Chinese Medician book.

Keywords : Moire, triangular measurement, the pulse measurement system

壹、前言

當發生疾病時會造成生理機轉出現異常，如果可以有一套很好的對身體定性且定量的指標系統，那我們將可以對身體進行健康狀況的評估與診斷，尤其在脈搏及穴道波方面更可以給我們很多的身體信息如血壓等。

在本研究所量測的脈搏及穴道波在中醫方面脈學很早就有很豐富的典籍，《難經》中獨取寸口脈，形成寸口脈法，《脈經》辨識的二十四種脈象，《瀕湖脈學》記載二十七種脈象，清朝李士林著《診家正眼》，清《醫宗金鑑》中，加上疾脈，共二十八種脈象。

西醫有關脈搏波方面的研究，則是從一九四四年始有研究報告發表，對不同動脈，再不同狀況下的脈搏波形做了詳細的描述與比較。隨後脈搏波量測與波形分析的相關文獻陸續的發表，其中有描述正常人與患高血壓（Hypertension）、動脈硬化（Arteriosclerosis）等各種心臟血管疾病的病人的脈波搏波形特徵。

本研究製造一光學脈診感測整合系統：利用疊紋法定位脈搏位置或寸關尺脈的位置，再用三角測量法量測人體脈搏；首先我們先運用 MOIRE（疊紋），可較準確定位出脈搏及穴道針灸位置，再利用紅外線雷射打在待測點上，並以 MATLAB 軟體計算影像感測器紀錄的光點質心的變化，由系統中三角關係可求出脈搏及穴道針灸振幅變化的大小，最後運用 FFT（Fast Fourier Transfer 快速傅立葉轉換）求出脈搏及穴道針灸波的頻率，此一系統結構簡單且精確（精確度可達 $10\mu\text{m}$ ）。脈搏及穴道點之電性亦是非常重要之數據，如 EEG 及皮膚電阻及 EMG，本計畫為多訊號平台故亦同時量測 EEG 及 EMG 之值。

貳、材料與方法

利用 SRD 的光點成像在皮膚上，再經 CMOS 影像感測器擷取影像。完整的架構圖如圖 1、2。當皮膚位移 δX ，相當在 CMOS 影像感測器中位移 d ；當 θ 越大相同位移 δX ，會得到較大的 d ，這樣我們才容易觀測到變化。由原理推倒的式子可知： L 要越大越好， Z 要越小越好，所以一開始要依上述的取法固定位置。再來只要 L 、 X 的長度不變此系統像素與實際位移之間的關係亦不變，在量測上，因為每人手厚度不一，所以我們做一平移台可以改變 SRD 鉛直位置，但不改變其三角關係（ L 、 X 長度不變），以求在皮膚面上都是最小成像點，減少質心法運算誤差⁽¹⁾。

實驗定 $L=93.03\text{mm}$ ， $X=101.50\text{cm}$ ；所以依原理： $\delta X = \frac{Z^2}{Lf} \cdot d$ ，

其中 $\frac{Z^2}{Lf} = 6.79$ ；依校正結果 $1\text{pixel} = 70.42\mu\text{m}$ （可測最小位移），即

$\frac{Z^2}{Lf} = 8.80$ ，與預測相近，導致其差異的原因為 CMOS 影像感測器是由

一個一個像素堆疊而成，取像時，偵測到的移動不是很精確，線性度不高，移動一個像素，就移動 $8\mu\text{m}$ ，雖然我們可達 subpixel 的準確性，依然是線性度不高。另外主要是受限於校正平台的準確度及校正環境⁽²⁻³⁾。

一、光源

採用 Super Radiance Diode (SRD) 為光源，並定影響擷取在曝光時間 $ET=5$ ，圖 3 為其打在平面物體上的聚焦情形，有內外兩光帶，外圈可以利用 MATLAB 設定灰階閾值濾掉，經聚焦後的光點大小大約 112pixels。圖 4 和 5 是 SRD 三原色的分強度分佈情形，可明顯看出外面那一圈圓強度不高，容易濾掉。圖 6 是光點在平面上強度分佈型態越中心越強，大致還算對稱。越對稱 centroid 取得的位置越接近強度最強的位置⁽⁴⁾。

二、影像感測元件

影像感測元件原理：影像感測裝置在非接觸式光學量測上站很重要的地位，他的影像品質、精準度都是影響量測的關鍵原因，並且影響整個系統體積微小化程度。

目前應用在數位影像擷取單元的面形感測器為電耦合元件 (Charge Coupled Device, CCD)、互補式金氧半導體 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)、電荷注入元件 (Charge Injection Device, CID) 等感測元件。而我所採用的 CMOS 取像機制為光點經掃描裝置擷取影像，透過 USB1.0 將影像傳輸至電腦；USB1.0 的傳輸速度最快為 12Mbps。建議用來延長電纜線的 USB 延長纜線長度不要超過 5 公尺。掃描裝置是利用 Hynix 公司提供的 HV7121B CMOS Image Sensor 配合傑霖公司提供的 JL2001B Sensor Controller 組合成的掃描裝置。HV7121B 的 pixel size 為 $8 \times 8 \mu\text{m}^2$ ，解析度為 640×480 像素，靈敏度為 $2.5V/\text{lux} \cdot \text{sec}$ ，fill factor 為 30%，為低消耗功率、低操作電壓，可與 JL2001B 共用 USB 的電源 (5V)。JL2001B 是不需外加記憶體或其它為處理器的高積體化單晶片 IC，直接可用來控制感測器，讀進 8 位元的影像資料，經雙線性插補法 (bilinear interpolation) 作色彩重建，為了達到 RGB 全彩的資料輸出 JL2001B 必須再對原始資料做插補運算，最後壓縮影像資料傳至電腦。

參、結果

實驗定 $L=93.03\text{mm}$ ， $X=101.50\text{cm}$ ；所以依原理： $\delta X = \frac{Z^2}{Lf} \cdot d$ ，其中 $\frac{Z^2}{Lf}=6.79$ ；依校正結果 $1\text{pixel}=70.42\mu\text{m}$ （可測最小位移），即 $\frac{Z^2}{Lf}=8.80$ ，

與預測相近，導致其差異的原因為 CMOS 影像感測器是由一個一個像素堆疊而成，取像時，偵測到的移動不是很精確，線性度不高，移動一個像素，就移動 $8\mu\text{m}$ ，雖然我們可達 subpixel 的準確性，依然是線性度不高。另外主要是受限於校正平台的準確度及校正環境。

肆、討論

本實驗提供了一種脈搏量測方式，且可以解析到 $7\mu\text{m}$ ，觀測靜態物體輕微振動頻率百分比誤差在 2.5% 以內，與接觸式的脈診儀互相比較更為方便、省時，接觸式的脈診儀在取脈時的壓迫，通常會讓受試者卻步，而且取脈時間也較為長，在此因為還沒量測夠多症狀、夠多人數來統計，不過當樣本數及測量狀態夠多，便能像接觸式脈診儀一樣可應用，不過更能讓人廣為接受。

伍、結論與建議

雖然本系統的觀測有限，但如改良 CMOS 的取像速度，及更好的固定穩定手晃動技巧，應該能取出更好的波形，因為脈管震動產生一個波，經組織傳遞到皮膚，經過組織的過程難免會反射回去，然後再反射回來，下一個正常波也一起跟著來，真正的跳動情形在取像速度快的影像感測器越能真實呈現，再作帶通後的波形也會更接進皮膚表面震動狀態。如與中醫師合作，依中醫理論分類病人，測量更多樣本，依中醫理論比對建立齊全的資料庫，假以時日資料庫齊全，將系統再改良到更精準、更方便，比如可以將該功能整合至掀蓋型手機，利用手機增設光學三角量測系統，讓一般民眾可自行在家做預診，時時注意自己的健康狀態。計畫執行上在未來當更加努力用心。

誌謝

本研究計畫承蒙行政院衛生署中醫藥委員會，計畫編號 CCMP95-RD-042 提供經費贊助，使本計畫得以順利完成，特此致謝。

陸、參考文獻

1. Warren J. Smith, "Modern Optical Engineering", 1784, p227-p230.
2. Brian F. Alexander, "Elimination of Systematic Error in Subpixel Accuracy Centroid Estimation", Optical Engineering, September 1991, Vol.30 No.9.
3. Jean Pierre Fillard, "Subpixel Accuracy Location Estimation from Digital Signals" Optical Engineering, November 1992, Vol. 31, No.11/2465.
4. 陳俊吉，利用三角測量法量測人體脈搏，中央大學碩士論文，民 94。

柒、圖

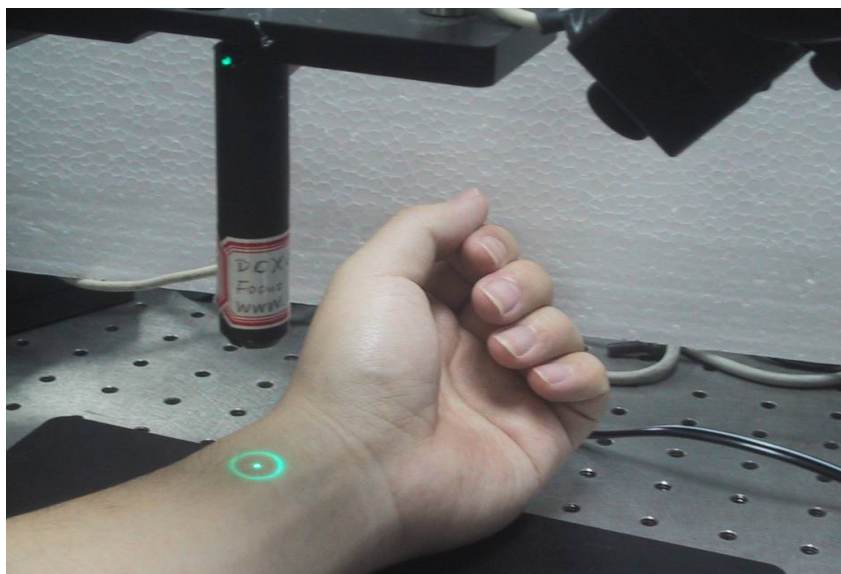


圖 1 實際架構圖

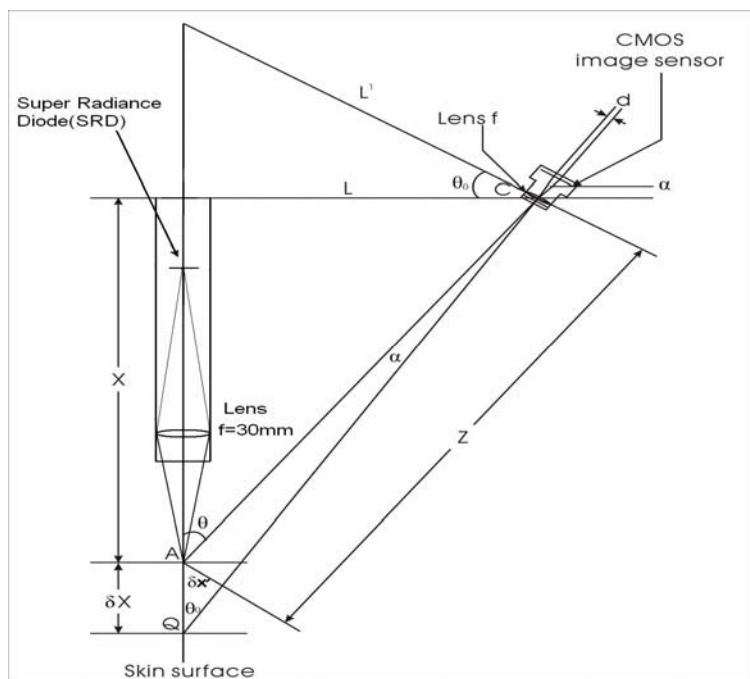


圖 2 架構圖

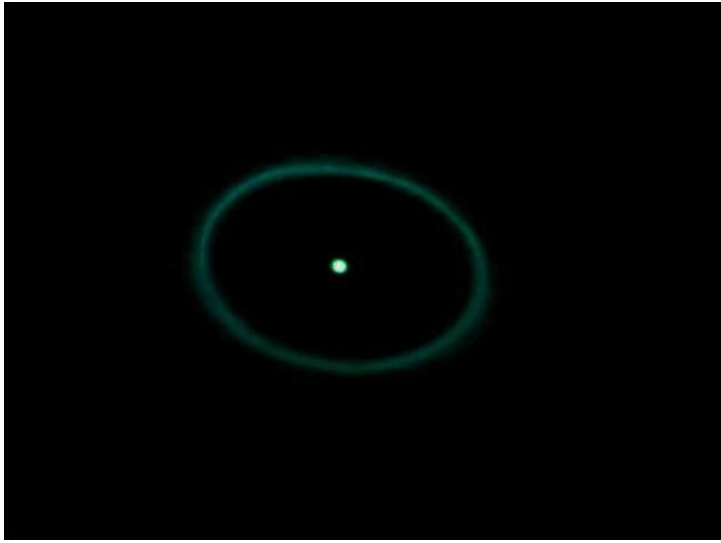


圖 3 光源投影到平面聚焦情形

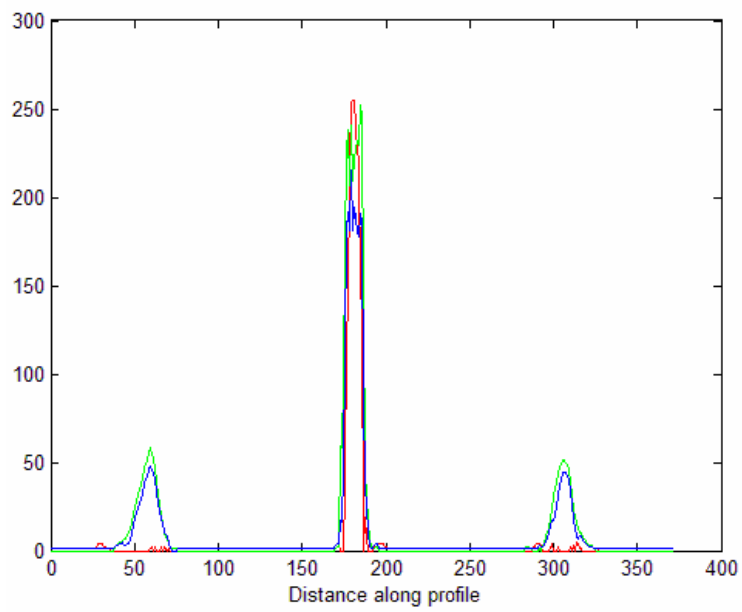


圖 4 光源三原色強度分析圖

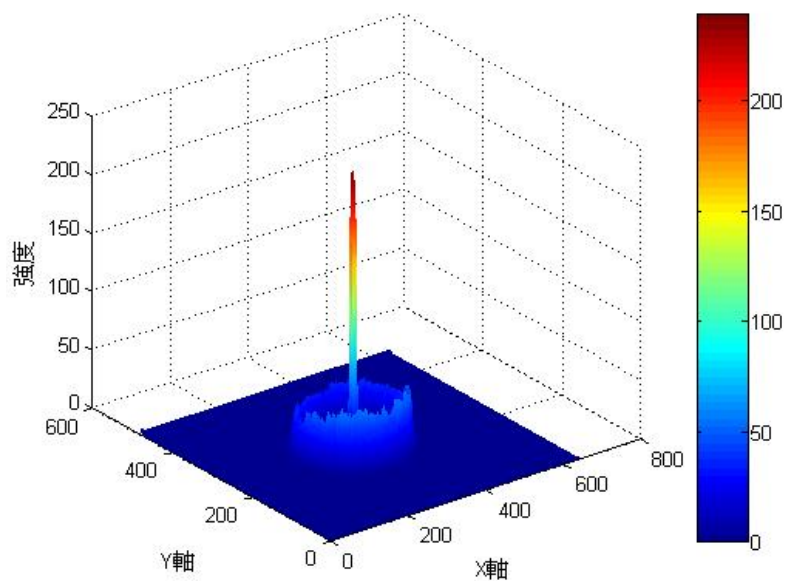


圖 5 光源強度 3D 圖

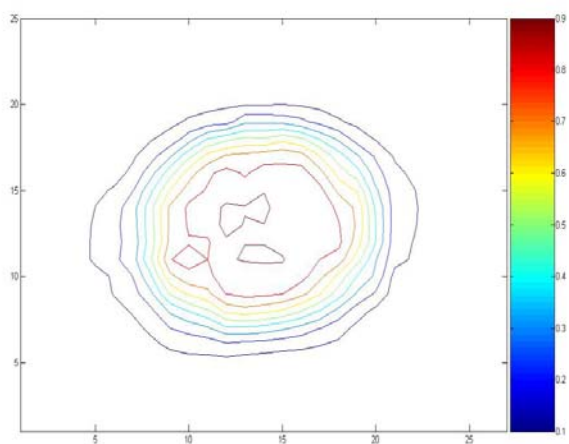


圖 6 光源強度 2D 分佈圖

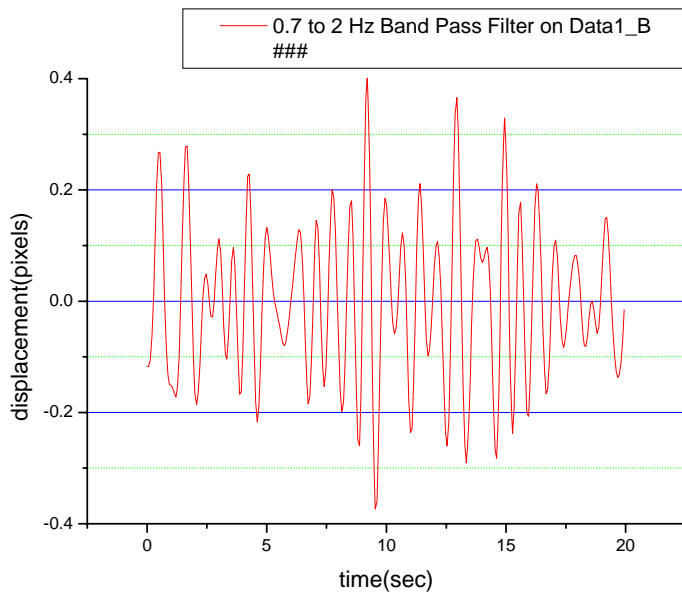


圖 7 帶通後振幅

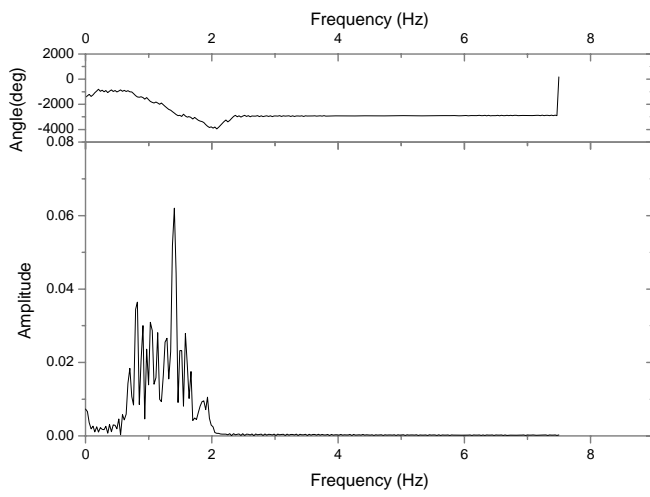


圖 8 帶通後頻譜圖