

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

智慧型照度分佈量測之研究

Study of intelligent photodetection for acquiring two-dimensional illumination distribution

計畫類別：任務型計畫 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：

執行期間：101年 01 月 01 日至 101年 09 月 30 日

計畫主持人：馬心怡

共同主持人：

計畫參與人員：

處理方式：公開於校網頁

執行單位：明新科技大學

中 華 民 國 101 年 10 月 30 日

明新科技大學校內專題成果報告 公開授權書

(提供本校辦理紙本與電子全文授權管理用)

本授權書為明新科技大學校內專題研究計畫成果報告授權人：

在明新科技大學 管理 學院 工業工程與管理 系所 101

年度校內專題研究計畫。

研究計畫編號： must101 工管 6

研究計畫名稱：智慧型照度分佈量測之研究

計畫類型： 個人型

執行期限： 101 年 01 月 01 日 至 101 年 09 月 30 日

茲同意將授權人擁有研究之上列成果報告：紙本授權全文公開陳列於本校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限；成果報告之電子檔（含摘要），本校圖書館保留以供文獻典藏使用，但可依使用權限授權於網路公開，提供讀者非營利性質之免費線上檢索、閱覽、下載或列印。

成果報告之電子檔案使用權限授權，請勾選下列一項：

- 校內外立即公開全文(含摘要)
- 校內外立即公開摘要，校內立即公開全文，一年後校外公開全文
- 校外僅於公開摘要，校內立即公開全文，校外永不公開全文

授權人：

(請親筆正楷簽名)

E-Mail： hsma@must.edu.tw

中 華 民 國 101 年 10 月 30 日

摘要

本計畫利用數位相機抓取物體表面的影像，計算出該影像灰階的二維分佈關係，並以影像實際的照度值為基準，校正原始的圖檔灰階使其正確的灰階，使用 CCD 光電取像系統對受光表面攝影，藉以快速取得待測的受光表面的影像，並在包含了類神經網路的校正流程的運作下，該受光表面影像的各像素的灰階值會被計算與校正成正確的照度值，藉此可獲得待測表面上的照度值分佈，甚至是在使用不同類型的燈具或是在不同待測表面的照明條件下，仍然可以取得待測表面上正確的照度分佈。在實驗過程中將利用市售的單點照度計所量測的照度值作為量測對照組，藉以瞭解智慧型照度分佈量測儀相對於傳統的單點照度量測法之誤差大小與分析誤差來源，以改進量測設備與修正校正的技術與方法流程。

關鍵詞：神經網路，照度分佈量測，CCD 攝像機

ABSTRACT

The most common method of determining the two-dimensional (2-D) illumination distribution of a plane is to use a point photometer such as the Minolta CS10 to acquire numerous point measurements above the lighting surface. However, the point-by-point approach is time-consuming and lacks precision in measuring the illumination distribution across the surface. While the camera photometer does indeed save time, it has more problems than the point photometer does. Factors such as the camera viewing angles, lens aberrations, lens vignetting, and the CCD noise can cause poor measurement results. Therefore, it falls upon the user to accurately calibrate the camera photometer. The conventional calibration technique for the camera photometer is based on the ratio of the values measured by it to those measured by a point photometer. However, the accuracy of the approach is affected by the driving current, the location, or the light intensity distribution of light source. In this study, we propose a fault-tolerable two-dimensional illumination measuring instrument using a commercially available CCD camera and a method based on neural network for calibration. Our experiments will demonstrate that the proposed setup can result in precise measurements.

Keywords : **neural network, measurement of two dimensional illumination distribution**

1 前言

目前全球之新興建築空間除了以節能省碳為本，對於打造舒適之照明環境的要求標準更是與日遽增，在此世界潮流之引導下，在照明方面，除了要採用高效率與低眩光之燈源與燈具之外，在燈源照度的調節與控制的技術上，亦有必要做進一步提升，才能打造出優質的照明環境，以提升人類的生活品質與達到節能減碳的目的。目前在燈源的控制調整方面，雖有輔以紅外線光電偵檢器感知之機制藉以增加自動開關燈源之功能，但是仍不能對受照環境做全面的探知，因此無法反饋足夠的資訊至燈源的控制器上，以對受照表面上之光度做較準確的控制，以致目前商業化燈源的自動控制系統，至今僅擁有開與關兩種能力，因此，本研究著力於智慧型照度分佈量測儀的技術發展，期望能建構出一全區域性照明與感知能力的系統，以期能增加空間之照度分佈的監控能力，以期為未來的建築或道路提供兼具智慧與環保的優質照明環境。

本計畫採用前述量測與校正技術，並將其應用到二維照度分佈的探索研究上。

照度與輝度是光度學裡兩項重要但具不同意義的重要度量，輝度與觀察者的角度有關，但是照度則與觀察者的角度無關，因此，二維照度與二維輝度方面的量測技術發展所要面對與克服的問題大不相同，目前室內外照明的法規或光度標準多與照度有關，例如家庭照度需求：讀書 300~500 Lux、客廳 150~300 Lux，在重要的城市道路上，就國際照明標準而言，照度要求在 20 Lux，均勻度則要求 0.4 Lux 以上等等，因此，如能快速探知室內或室外環境之照度分佈，不但有助燈具的設計與發展，並能對室內外照明的規劃、設計與模擬的準確性多有所幫助，如此對產業技術層次的提昇都將有正面的助益。

2 以往研究

在二十年前，Radiant Imaging 公司推出了第一款以 CCD 相機為核心的輝度量測設備(如圖一)，其工作原理是先由 CCD 擷取待測表面的影像，再由軟體來做分析，進而獲得待測表

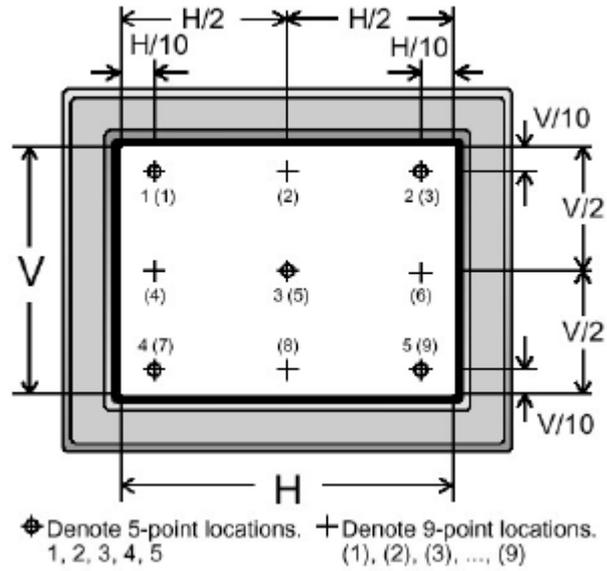
面的輝度分佈的輸出結果，目前這種量測設備常被稱為“相機光度計”，但由於該設備所使用的 CCD 相當昂貴，因此目前並不普及。



圖一 Radiant Imaging公司率先推出以CCD相機為核心的輝度量測系統

日本 Minolta 與台灣阿瑪光電等公司都有研發與上市類似的商品，我國的儀科中心也提出過一套類似的輝度量測系統，係以機器視覺為架構的自動化光學量測系統，量測系統則由 CCD 照相機、量測平台、控制電腦及操作軟體所組成。使用者可輸入量測點數、視角及符合允收的標準值，可針對光源進行輝度或均勻度的量測。

目前關於“相機光度計”常使用的校正方式，在 Radiant Imaging 公司所發表的文獻中有清楚的說明[1]：“相機光度計”欲得到正確的二維輝度分布，必須先使用一台輝度均勻的平面光源（例如一台標準的 CRT 顯示器）做為標準光源，以取得正確的輝度，並要分別選擇光源上之九個特徵點作為輝度的校正測試點（如圖二），在未校正前，距離量測範圍（例如一只 LED 背光模組或 LED 液晶電視）之中心愈遠，“相機光度計”所量測到該點的輝度值的誤差愈高，這是由於相機取像時之視角或鏡頭像差所造成的誤差。針對上述九個特徵點，可分別計算出九個正確的輝度與量測輝度的比值，而形成一組 3x3 的校正值矩陣，如進一步利用內差法，便可推估出待測光源上所有像素點的校正值，進而形成一組例如 512x512 的校正矩陣。由文獻得知，如果使用以上描述的校正流程，Radiant Imaging 公司生產的“相機光度計”的量測誤差約達 4%。



圖二 量測平面上 9 特徵點位置圖

上述“相機光度計”的校正流程已沿用多年，過去一直都沒有專家學者試圖提出新的校正方法，然而由於各待測光源本身的特性並不相同，如果僅選擇一種光源擔任標準光源，那麼在針對不同種類的光源樣品量測時，便容易造成較為嚴重的誤差。利用神經網路參與校正的流程，可成功減少了由於相機硬體元件與待測燈源本身條件不同所造成的量測的誤差 [2]。

3 研究方法

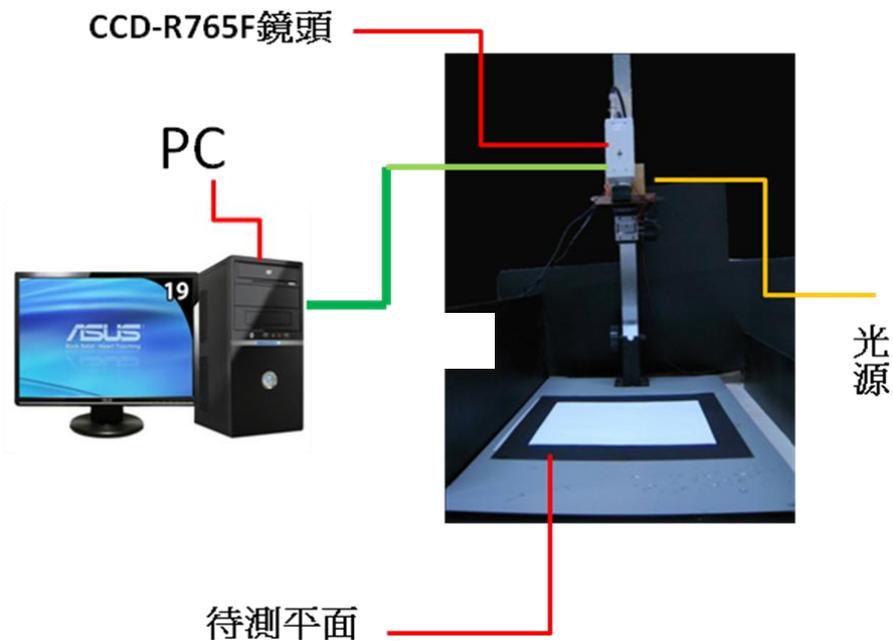
在本計畫提出智慧型照度分佈量測的概念，並將搭建其硬體架構與作實驗分析，智慧型照度分佈量測儀之硬體架構與“相機光度計”，因此量測時仍然會受到鏡頭的視角、像差與漸暈等因素影響，所以除了取像之中心點以外，在取像平面上之其他位置所量測得到的數值均較行使單點逐一量測方式的“單點照度計”（如 Minolta CS 10）的誤差明顯，因此智慧型照度分佈量測儀需要一套優良的校正程序輔助，才能獲得精準的二維照度分佈。

在本計畫提出的照度分佈量測儀的硬體設備包含一簡易的 CCD 攝像機以及一含有影像擷取卡的個人電腦（如圖三），該 CCD 攝相機在擷取室內或室外的光照平面的影像後，將透過模擬軟體與電腦將該影像像素的灰階資訊轉換成正確的照度值，藉以形成該待測平面之照度分佈影像，不過，由於 CCD 攝相機取像時會受到視角、鏡頭像差、燈源與受照表面種類差異等因素的影響，因此，量測儀會受到上述主客觀因素的影響，無法正確產生對應正確照度值的影像灰階的輸出，致使二維照度分佈的量測產生誤差；為了克服這樣的問題，以神經網路為核心基礎，研究發展出一種包容性與適應性較佳的校正流程與方法，藉由使用各種不同反射狀況的表面或不同條件的 LED 燈源之下，CCD 攝像機所獲得的灰階作為輸入資訊，訓練出可輸出正確表面照度分佈的校正神經網路，使得該神經網路在被訓練完成後，即使是在不同的光源或不同的照射表面條件下，仍能進行正確的量測校正工作，進而克服因光源與照射表面的差異性所造成的量測誤差，即使是其他如相機的電氣雜訊及其鏡頭的像差或漸暈現象所帶來的誤差，亦能一併因該校正流程而獲得解決，藉以提升智慧型照度分佈量測儀的精確性與適用範圍。

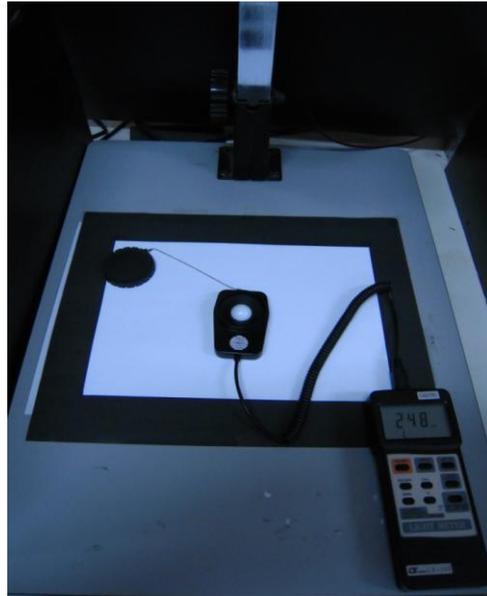
本計畫能完成：

- ✓ 影像灰階對照度函數關係之計算，照度計算誤差需在4%以內
- ✓ 影像處理軟體影像灰階轉照度程式撰寫：影像解析度320×240灰階圖像需以100%的精確度完成照度的對應轉換
- ✓ 神經網路程式撰寫，使反射率落差在20以內的照射平面，照度量測誤差在5%以內

為了要研究出智慧型照度分佈量測儀拍攝影像的灰階值與照度值之對應關係，使用一工作電壓設定為 10 伏特的 LED 光源模組作為標準環境光源，並以其下方 60 公分處之照射面的中心點做為參考標的，黑白 CCD 以上述的中心點作為取像的中心，並拍攝下該受光面之影像，接著使用計算軟體將該影像檔案轉換成灰階矩陣，以找出與記錄該影像正中心點之灰階值，接著，在固定每次增加 0.4mA 電流的條件下，以單點照度計（如 LX 105 或 Minolta CS10 ）量測該中心點之照度值（請見圖四），在不同工作電流下，在正中心點的各影像灰階值與對應的照度值在透過曲線擬合的計算過程之後，由智慧型照度分佈量測儀所產生的影像的灰階值與照度值之數學關係便可推算出來。



圖三 以 CCD 相機對準待測平面中心點拍攝其影像



圖四 以單點照度計量測 CCD 正下方之待測平面中心點之照度值

考慮到因 CCD 鏡頭視角、像差、漸暈、光源與受照平面之反、散射特性不同所可能造成的量測誤差，透過對多種不同特性的光源與多種不同特性的受照平面的訓練與學習，藉以訓練出可適應各類工作條件的神經網路，稱此神經網路為二維照度校正網路；網路輸入端是由表面照度分佈量測儀拍攝出有待校正的影像灰階值，在訓練過程中，輸出端則是相對應位置的正確的照度值，這些正確的照度是以單點照度計量測之值為基準。假如在多種不同種類光源照射下與多種不同受照表面特性下，欲使該網路仍具備校正照度量測的能力，則學習的樣本必須包含這些不同的光源與不同的受照表面特性。

過去修正“相機光度計”誤差的方法大多是以光度分佈均勻的平面光源做為標準光源，並選定光源上的幾個特定的位置作為標準的量測位置；在這些位置上，以單點光度計所量測到的光度值作為各量測點的參考值，校正前的所量測出的數值則作為各點的量測值，這些參考值與量測值的比例便形成了各量測點的校正因子，這些量測點的校正因子如組合成一個矩陣，即形成二維光度校正矩陣；就過去傳統的校正方法而言，在二維光度校正矩陣裡的校正因子都是常數，但是，事實上，如果要得到更為精確的量測結果，這些校正因子應該必須隨待測光源的種類或光源組件結構等因素的不同而調整，如果不這麼做，即使是使用昂貴的精密取像設備，仍將無法精確掌握待測表面之二維光度的數值與分佈，為了克服上述的問

題，透過電腦與軟體建立二維照度校正網路，並加以訓練，二維照度校正網路中的各個權重最終可被計算出來，藉此完成二維照度校正網路的學習工作，學習完成的二維照度校正網路就可以被使用在多種不同種類光源的樣品（例如各式 LED、省電燈泡、鹵素燈與日光燈管等等）與多種不同種類照射表面（例如各式地磚、水泥地與木質地板等等）工作條件組合下的待測面的二維照度分佈的量測，只要輸入數位相機所拍攝到的影像的灰階值，藉由二維照度校正網路便可輸出校正後的正確照度值，如此，不僅智慧型照度分佈量測儀適用的範圍增加，準確度也將可因此而提昇，例如要使儀器可以精確地量測出在四種不同表面材質地面上的二維照度分佈（如紫檀木板、水泥、柏油與白色拋光磁磚），那麼，在本實驗裡，首先要用單點照度計量測出在某固定燈源照射下，在待測表面之各特徵點的照度數值，這些照度數值將作為在照度校正程序中神經網路的輸出向量；接著將一張開有 35 (7×5) 孔的黑紙（請見圖五）放在不同材料的待測表面上（例如有四種材料），並以單點照度計取得各孔位置（特徵點）的照度值，藉以形成 A, B, C, D 四組 7×5 的標準照度矩陣，在每次使用單點照度計對特徵點逐點量測後，便以 CCD 視野中心對準待測表面中心點位置拍下照片，該照片資訊為內含 640×480 像素的灰階矩陣，並可以由其中擷取出 A'、B'、C'、D' 四組之各 35 個特徵點位置的灰階值，稱此 35 孔灰階值所組成之矩陣為未校正灰階矩陣，經過先前藉由曲線擬合所得到的灰階對照度的曲線函數，可將此未校正灰階矩陣轉換成未校正照度矩陣，至此獲得了四組在特定光源照射下的標準照度矩陣與其相對應的未校正照度矩陣。接著透過軟體裡面的類神經網路工具箱內建的神經網路功能-倒傳遞神經網路架構解決我們的問題，以 A' B' C' D' 四組 7×5 未校正照度矩陣作為訓練向量，而 A, B, C, D 四組 7×5 標準照度矩陣則作為各訓練向量之目標向量，在對該網路進行訓練後，形成照度分佈量測儀之二維照度校正網路。

3. 實驗架構以及量測方法

3.1 實驗流程

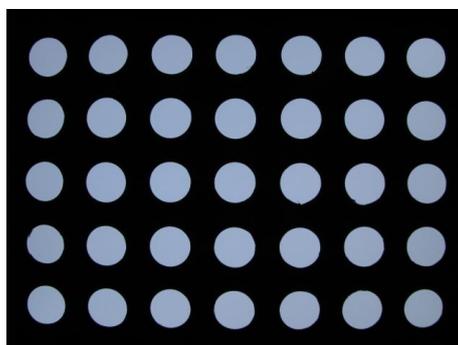
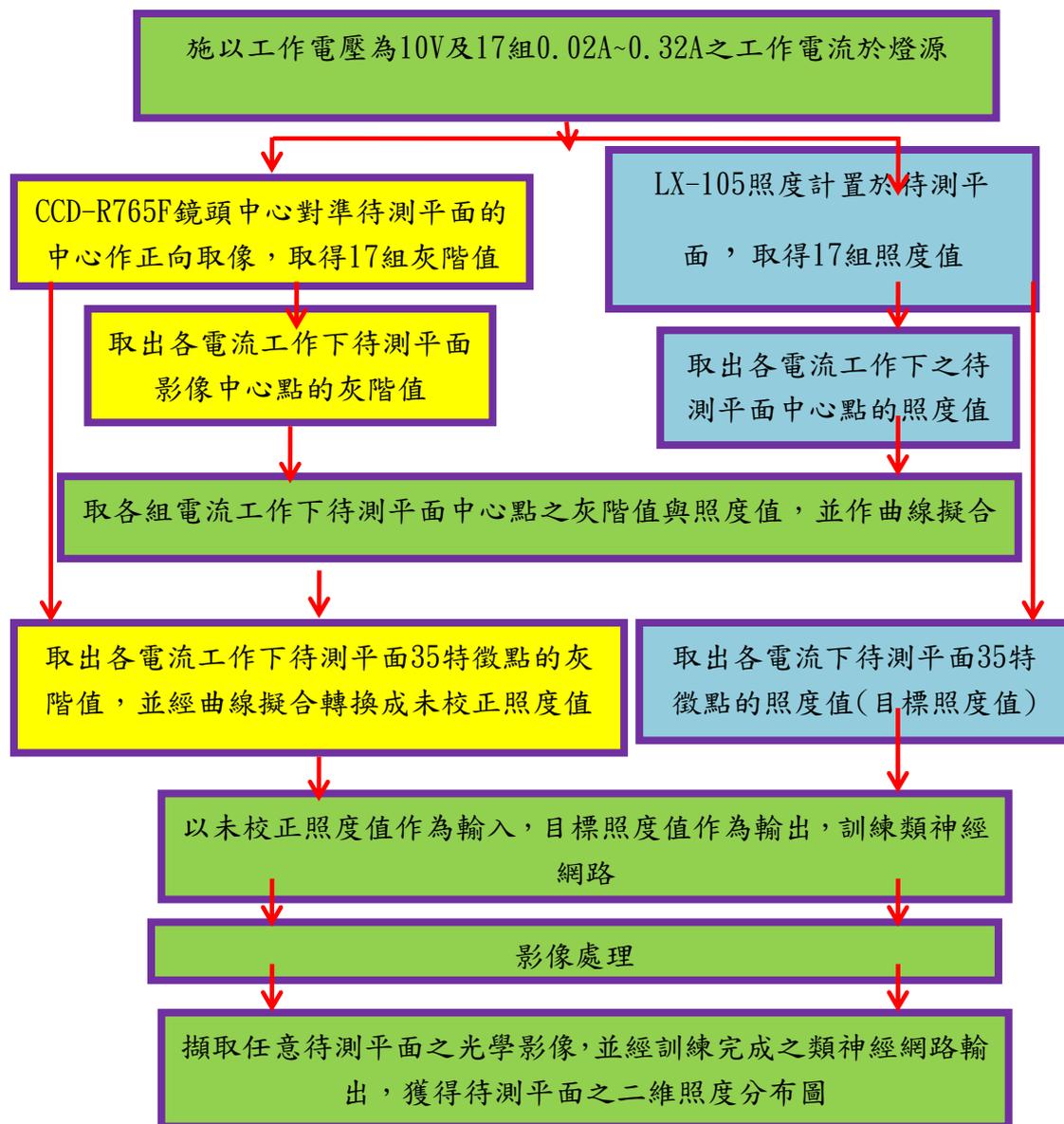
在二維照度校正網路訓練完成後，以黑白 CCD 相機拍攝任意待測受照表面的照片（如圖六），透過灰階值與輝度值之對應關係，可將該照片影像之灰階值矩陣轉為照度值矩陣（未

校正照度矩陣)，將此未校正照度矩陣輸入至訓練完成的類神經網路（二維照度校正網路）之後，便可以得到待測表面的校正後照度矩陣。

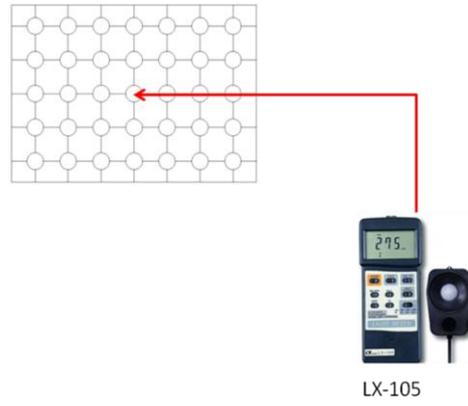
在我本研究實驗中，主要項目如下：

1. 待測面中心點之灰階值量測
2. 待測面中心點之照度值量測
3. 將 1~2 步驟所得到的灰階值與照度值做曲線擬合(Curve Fitting)
4. 類神經網路訓練
5. 以類神經網路校正與處理智慧型照度分佈量測之影像

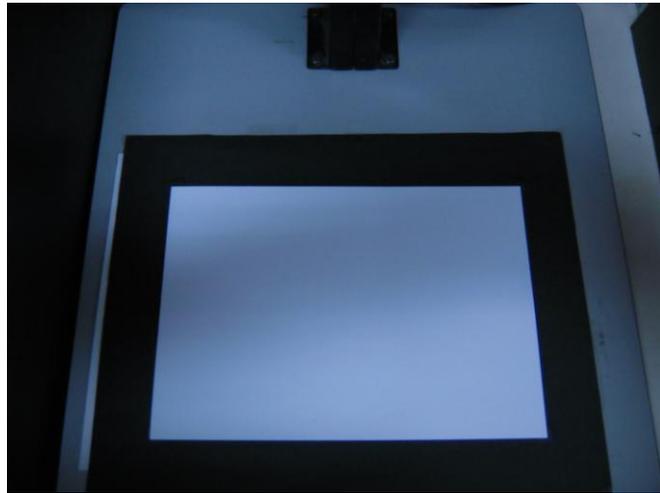
以下是訓練量測儀，使其能在不同照明條件中之任何一種條件下皆能做出精確照度量測的流程。



圖六 放在待測照度表面上開有35孔特徵點的光罩



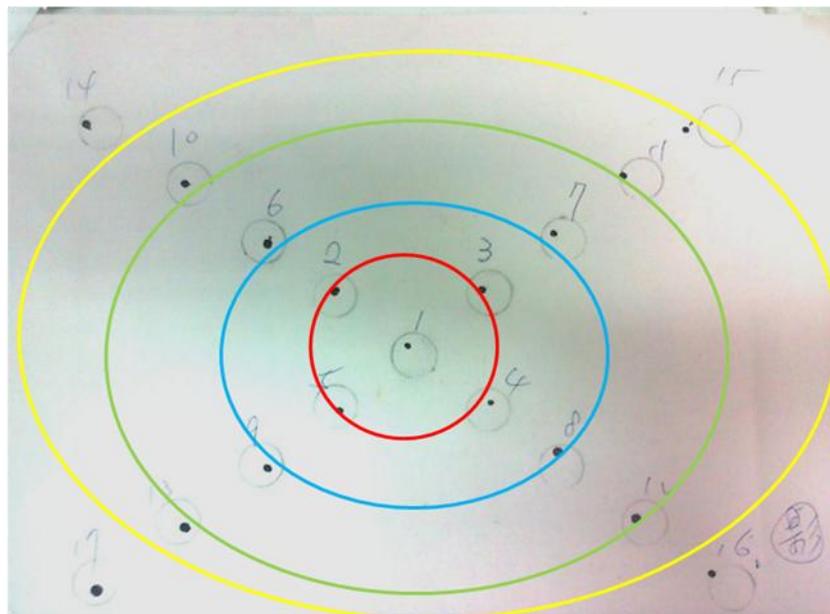
圖七 移動單點照度計，藉以取得各孔位置的照度值



圖八 待測受光表面

4 實驗結果

我們在不同驅動電流下，分別用單點照度計量測在圖九中之各圓圈區之各點照度，並用圖三之設備抓取圖四之影像，並利用軟體取得各圓圈區之各點灰階，接著利用數學軟體計算出各圓圈區之灰階對照度之關係曲線，並利用該關係曲線計算出各點之未校正照度，接著把各區之各點的未校正照度作為神經網路的輸入向量，並把點照度計量測各圓圈區之各點照度作為神經網路的目標向量，接著展開網路訓練，訓練完成後，將各點之未校正照度輸入，得到校正後照度。(請參考表)



圖九 受照表面照度分佈量測儀硬體架構

其中，待測面之照度值量測結果詳列於下頁表一，各點在不同驅動電流下灰階值則列於表三，各點在不同驅動電流下照度值列於表四。

表一 校正後照度

灰階	訓練結果	實際照度	誤差
175.436	180	180	0
192.6327	262.3	262.3	0
207.5411	334	334	0
216.9886	400	400	0
230.5234	462	462	0
232.6462	526	526	0
238.0042	586	586	0
239.2914	649	649	0
240.9709	699.28	703	-0.00529
242.3288	762	762	0
243.3122	814	814	0

表二 各點照度誤差百分比

(A)	0	0	0	0	1.772366	0.808618	0.051239	0.036898
0.2	0	0	0	0	0.142905	0.22158	0.203775	0.080057
0.25	0	0	0	0	0.21151	0.001583	0.095637	0.112885
0.3	0	0	0	0	0.170012	0.092922	0.074617	0.112167
0.35	0	0	0	0	0.288687	0.00654	0.216154	0.022082
0.4	0	0	0	0	0.197802	0.017902	0.068468	0.065035
0.45	0	0	0	-0.93284	0.359026	0.01362	0.071287	0.01954
0.5	0.023156	-0.00022	0.003466	-0.02703	0.24527	0.019254	0.03758	0.049989
0.55	0.015815	-3.3E-05	0.000749	-0.02581	0.183142	0.017095	0.019789	0.036235
0.6	0.022124	4.55E-05	0.000722	-0.02291	0.156487	0.038832	0.083664	0.051708
0.65	0	0	0	0	0.110563	0.02207	0.039429	0.061173
0.7	0	0	0	0				

訓練後

訓練前

(A)	0	0	0	0	0.621793	0.292214	0.346289	0.307972
0.2	0	0	0	0	0.860887	0.203065	0.532044	0.20174
0.25	0.052979	0.019287	0.014118	-0.03963	0.910957	0.124665	0.505631	0.289866
0.3	0	0	0	0	0.882516	0.101129	0.394519	0.293114
0.35	0.000113	0.013439	0.020875	-0.01672	1.277076	0.096952	0.381285	0.18879
0.4	0	0	0	0	1.056109	0.018342	0.222945	0.218082
0.45	0.025449	-0.00217	0.020485	-0.04327	1.363493	0.060671	0.195745	0.176574
0.5	0	0	0.04078	0	1.188313	0.087117	0.115806	0.213084
0.55	0.071779	-0.01192	0.025579	-0.04168	1.085169	0.112117	0.083421	0.220503
0.6	0.014163	-0.00371	0.004653	-0.10651	1.044481	0.030099	0.009075	0.217488
0.65	0.012312	-0.00024	0.000418	-0.10714	0.884538	0.185884	0.011941	0.234493
0.7	0	0	0	0				

訓練後

訓練前

(A)	0	0	0	0	0.689169	0.670313	0.692094	0.351806
0.2	0	0	0	0	1.111577	0.539812	1.583364	0.249469
0.25	0	0	0	0	1.237709	0.392089	207.8324	0.290441
0.3	0.093806	0.000191	0.000483	-0.0934	0.953288	0.329685	4061.822	0.336698
0.35	0	0	0	0	1.031753	0.169346	616156.6	0.29615
0.4	0.069299	-0.00011	0.000449	-0.09312	0.947554	0.234622	3293337	0.2785
0.45	0.101351	-9.6E-05	0.000286	-0.09278	1.497797	0.19239	12223882	0.066335
0.5	0.082803	0.005558	0.027174	-0.09797	1.483187	0.207962	38897123	0.162195
0.55	0	0	0	0	1.5677	0.3741	1.11E+08	0.23268
0.6	0.118254	-0.02181	-0.01564	-0.13728	4.699929	0.233826	2.06E+08	5.943965
0.65	0.114464	0	0	0	21.0272	0.219487	3.74E+08	28.99979
0.7	0	-0.02014	-0.01133	-0.1439				

訓練後

訓練前

表三 各點在不同驅動電流下灰階值

(A)

0.2	173.4214	152.488	192.3371	176.5911
0.25	191.1259	173.5671	209.0052	193.4329
0.3	205.5473	188.9511	224.9688	208.5744
0.35	214.6805	197.6972	232.461	217.9438
0.4	228.6285	211.6753	239.5911	231.128
0.45	231.127	214.7669	240.2144	233.6015
0.5	237.5588	223.6566	242.4475	238.2674
0.55	238.7534	228.0593	243.9074	239.5151
0.6	240.4558	233.3715	245.385	241.1727
0.65	241.8065	236.6296	247.2133	242.5671
0.7	242.7076	237.5442	248.001	243.462

(A)

0.2	170.1457	132.6056	207.2924	174.0864
0.25	188.6108	153.6181	225.7575	191.6046
0.3	202.8231	171.462	238.3351	206.1446
0.35	212.2404	181.5036	240.2477	215.7055
0.4	226.5817	195.0499	244.1061	229.5161
0.45	228.59	197.5682	244.282	231.538
0.5	236.41	206.7086	247.2633	237.7627
0.55	238.1051	212.0437	248.179	239.0364
0.6	239.5286	218.7971	250.001	240.3278
0.65	241.0957	223.7638	251.23	241.8814
0.7	242.0989	226.7128	251.8647	242.8418

(A)

0.2	165.7388	118.078	223.6025	169.6015
0.25	184.9438	137.3559	238.6327	188.4381
0.3	199.4787	155.9834	242.4932	202.1384
0.35	208.1009	166.924	244.616	211.6556
0.4	223.3819	182.563	248.4745	225.9011
0.45	225.5026	184.9823	249.1634	228.0832
0.5	233.2872	193.4922	251.1915	235.9667
0.55	237.1134	198.8241	252.3767	237.9188
0.6	238.6805	204.5858	253.5109	239.282
0.65	239.9136	210.2435	254.1748	240.8439
0.7	240.9688	214.0271	254.8678	241.8335

表四 各點在不同驅動電流下照度值

(A)	187.3	182.6	191.8	198.1
0.2	251.7	245.2	259.1	267.2
0.25	321	312	329	340
0.3	385	374	395	408
0.35	444	432	456	472
0.4	507	492	518	36
0.45	577.06	548.88	579	578.92
0.5	635.9	608.98	641.48	643.94
0.55	693	660.03	693.5	699.6
0.6	734	713	749	774
0.65	782	761	798	824

(A)	172.7	169.1	183.4	198.5
0.2	245.66	231.48	250.69	256.42
0.25	296	290	314	341
0.3	355.04	350.65	384.87	399.21
0.35	410	402	436	471
0.4	479.91	456.01	505.14	511.85
0.45	521	510	573.47	596
0.5	620.56	560.24	628.68	634.41
0.55	635.88	611.72	665.08	639.74
0.6	687.36	665.84	718.3	689.29
0.65	723	710	762	822

(A)	156.6	154	171.4	193.8
0.2	210	207.8	228.2	259.1
0.25	293.14	262.05	290.14	298.27
0.3	321	316	347	393
0.35	396.71	366.96	401.18	412.63
0.4	464.77	416.96	454.13	469.94
0.45	510	468.59	519.75	519.57
0.5	523	519	562	641
0.55	634.05	550.72	598.49	597
0.6	686.51	608	658	746
0.65	655	637.89	693.06	678.03

單位:lux

將所得到的灰階值與照度值做曲線擬合(Curve Fitting)，將距離當做 x (pixel) 方向座標，將平均值當做 y 方向座標，帶入 MATLAB 軟體內。會得到曲線擬合之後的方程式(式 1)

$$f(x) = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4 \quad (1)$$

其中 $p1 = 1.086e-009$ ， $p2 = 2.605e-006$ ， $p3 = -5.079e-005$ ， $p4 = 1.06$

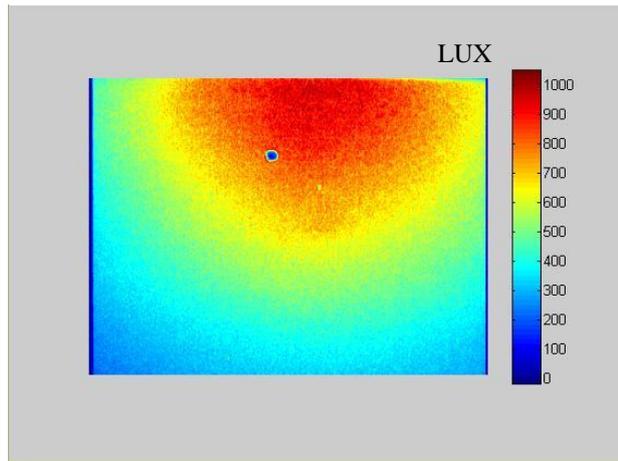
完成曲線擬合之後，將數位相機拍下，因為當初就設定好拍攝的畫數為 480x640，所以取出照片上所有畫數(約 30 萬點)並取得各畫數與中心點得距離，將取得的距離配合上曲線擬合方程式(式 1)，修正所有畫數的照輝度值，並將所有畫數上的照輝度值，轉為圖形輸出，方可得到最後之二維照輝度分布圖。

表五 各點實際照度值

(A)	187.3	182.6	191.8	198.1
0.2	251.7	245.2	259.1	267.2
0.25	321	312	329	340
0.3	385	374	395	408
0.35	444	432	456	472
0.4	507	492	518	536
0.45	564	549	577	595
0.5	626	609	641	661
0.55	678	660	693	716
0.6	734	713	749	774
0.65	782	761	798	824

0.2	172.7	169.1	183.4	198.5
0.25	233.3	227.1	247.2	267
0.3	296	290	314	341
0.35	355	346	377	406
0.4	410	402	436	471
0.45	468	457	495	535
0.5	521	510	551	596
0.55	579	567	613	662
0.6	627	614	662	716
0.65	679	666	718	772
0.7	723	710	762	822

0.2	156.6	154	171.4	193.8
0.25	210	207.8	228.2	259.1
0.3	268	262	290	329
0.35	321	316	347	393
0.4	371	367	401	455
0.45	422	417	454	518
0.5	471	466	506	576
0.55	523	519	562	641
0.6	567	563	608	692
0.65	616	608	658	746
0.7	655	651	701	792



圖九 經過神經網路校正後之待測受光表面之照度分布圖

5. 結論

由輸出結果可以看出，本研究將網路在被訓練完成後，即使是在不同的光源或不同的照射表面條件下，仍能進行正確的量測校正工作，進而克服因光源與照射表面的差異性所造成的量測誤差，其他如相機的電氣雜訊及其鏡頭的像差或漸暈現象所帶來的誤差，亦能一併因該校正流程而獲得解決，藉以提升表面光度分佈量測技術的精確性與適用性。

未來我們不僅要繼續研究更精確的量測結果，降低誤差率，並且朝向大尺寸方面著手。

參考資料：

1. D. R. Jenkins, D. C. Beuzekom, G. Kollman, C. B. Wooley, and R. F. Rykowski: *Proc. SPIE* 4295 (2001) 176.
2. Jian-Shian Lin, Hao-Shun Wei, Ke-Hao Liao, Hsin-Yi Ma and Hsiao-Yi Lee “Detecting Two-dimensional Luminance Distribution of Planar Light Source by Use of Neural Network and Digital Camera,” *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol 33, No.5, pp-769~773. (2010)
3. G. R. Pedeville and R. F. Rykowski: U.S. Patent 2007/0058044 A1 (2007).
4. D. R. Jenkins: U.S. Patent 6982744B2 (2006).

明新科技大學 101 年度 研究計畫執行成果自評表

計畫類別： <input type="checkbox"/> 任務導向計畫 <input type="checkbox"/> 整合型計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 個人計畫 所屬院(部)： <input type="checkbox"/> 工學院 <input checked="" type="checkbox"/> 管理學院 <input type="checkbox"/> 服務學院 <input type="checkbox"/> 人文社會科學院 執行系別：工業工程與管理系(中心) 計畫主持人：馬心怡 職稱：副教授 計畫名稱：智慧型照度分佈量測之研究 計畫編號：must101 工管 6 計畫執行時間：101年01月01日至101年09月30日									
計畫執行成效	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">教學方面</td> <td style="padding: 5px;"> 1. 對於改進教學成果方面之具體成效： <u>增進教師專業智能</u> 2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： _____ 3. 其他方面之具體成效：_____ </td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">學術研究方面</td> <td style="padding: 5px;"> 1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否 計畫名稱：_____ 2. 該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/>已發表 <input checked="" type="checkbox"/>預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/>否 發表期刊(研討會)名稱：_____ 發表期刊(研討會)日期：____年__月__日 3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否 請說明衍生項目：_____ </td> </tr> </table>	教學方面	1. 對於改進教學成果方面之具體成效： <u>增進教師專業智能</u> 2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： _____ 3. 其他方面之具體成效：_____	學術研究方面	1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 計畫名稱：_____ 2. 該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/> 已發表 <input checked="" type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱：_____ 發表期刊(研討會)日期：____年__月__日 3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 請說明衍生項目：_____				
教學方面	1. 對於改進教學成果方面之具體成效： <u>增進教師專業智能</u> 2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： _____ 3. 其他方面之具體成效：_____								
學術研究方面	1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 計畫名稱：_____ 2. 該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/> 已發表 <input checked="" type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱：_____ 發表期刊(研討會)日期：____年__月__日 3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 請說明衍生項目：_____								
成果自評	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">計畫預期目標：</td> <td style="padding: 5px;">設計演算法則，計算出正確的照度輝度分布</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">計畫執行結果：</td> <td style="padding: 5px;">「應用最佳化演算法」、「架設智慧型照度分佈量測儀」、「量測實驗與校正」等量測過程重點達到要求水準</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">預期目標達成率：100 %</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">其它具體成效：</td> <td style="padding: 5px;">完用簡易的設備數位相機取代傳統量測設備計量測平面照度 節省傳統量測時間與成本</td> </tr> </table>	計畫預期目標：	設計演算法則，計算出正確的照度輝度分布	計畫執行結果：	「應用最佳化演算法」、「架設智慧型照度分佈量測儀」、「量測實驗與校正」等量測過程重點達到要求水準		預期目標達成率：100 %	其它具體成效：	完用簡易的設備數位相機取代傳統量測設備計量測平面照度 節省傳統量測時間與成本
計畫預期目標：	設計演算法則，計算出正確的照度輝度分布								
計畫執行結果：	「應用最佳化演算法」、「架設智慧型照度分佈量測儀」、「量測實驗與校正」等量測過程重點達到要求水準								
	預期目標達成率：100 %								
其它具體成效：	完用簡易的設備數位相機取代傳統量測設備計量測平面照度 節省傳統量測時間與成本								

(若不敷使用請另加附頁繕寫)

明新科技大學 101 年度校內專題研究計畫 運用於教學成果記錄表

計畫類型	<input checked="" type="checkbox"/> 個人型 <input type="checkbox"/> 整合型 <input type="checkbox"/> 任務導向型		計畫編號	must101 工管 6	
計畫名稱	智慧型照度分佈量測之研究				
計畫主持人 資料	姓名	馬心怡		職稱	副教授
	學院	管理		系所	工業工程與管理
聘用助理	系科班級	學號	姓名	聘僱起訖時間	工作內容
融入課程	開課班級	課程名稱		修課人數	課程內容概述
指導專題或 碩士論文	指導班級	專題(論文)名稱		分組人數	專題(論文)內容概述
指導學生參與活動或競賽	活動或競賽名稱			參與人數	活動或競賽成果概述

製作教材與 教具	教材與教具名稱		教材與教具概述
其他促進教 學之成果說 明			