



國立勤益科技大學
電子工程系碩士班

碩士論文

使用圓心掃描之象棋影像辨識研究

**Chess Pattern Recognition Research by
Using Circle Scanning**

研究生：謝昇原

指導教授：陳文淵 博士

中華民國 九十九 年 七 月

國立勤益科技大學
研究所碩士班
論文口試委員會審定書

本校 電子工程系 碩士班 謝昇原 君

所提論文 使用圓心掃描之象棋影像辨識研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

論文口試委員會：

召集人：

王周汀

委員：

王崇文

王周汀

王崇文

指導教授：

王崇文

所

長：

電子工程系主任 陳文淵

中華民國九十九年七月

使用圓心掃描之象棋影像辨識研究

研究生：謝昇原

指導教授：陳文淵 博士

中文摘要

在遊戲中為了公正性會排除人類當作裁判，而改用電腦機器取代，而電腦機器以影像辨識技術來完成裁判的任務。本文發展一種圓心掃描技術來正確的辨識所有的象棋文字，並達到 100 % 的正確率。

本演算法為兩個階段，第一個階段將象棋影像作能量轉換。其方法為將輸入的影像經過前處理得到二值化影像，再進行切割，切割出圓與文字兩種物件。分割出圓物件後，再計算圓心到文字輪廓的距離。在計算方面採分割三百六十等份，每等份為一度角，每一度角計算一次半徑與距離的比，作為量測值。我們發現影像在縮放時是等比例的，所以確信影像放大、縮小或著棋子傾斜都可以利用等比法來辨識的。第二個階段為樣本比對。將上個步驟所得之三百六十個量，進行斜率計算，用以找出最適合的起始比對點。並利用門檻值篩選出第一個能量點來進行樣本比對。此方法能有效辨識出旋轉後之文字。

本研究有三項優點:(1)本實驗採用的比例法能抗文字的變形，如放大、縮小和傾斜等。(2)本文採用三百六十度的取樣計算能抗文字的旋轉。(3)本文只需一台 Webcam 就能辨識整張棋盤，成本低。

Chess Pattern Recognition Research by Using Circle Scanning

Student: Sheng-Yuan Hsieh Advisors: Dr. Wen-Yuan Chen

**Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Institute of Electronic Engineering National
Chin-Yi Institute of Technology**

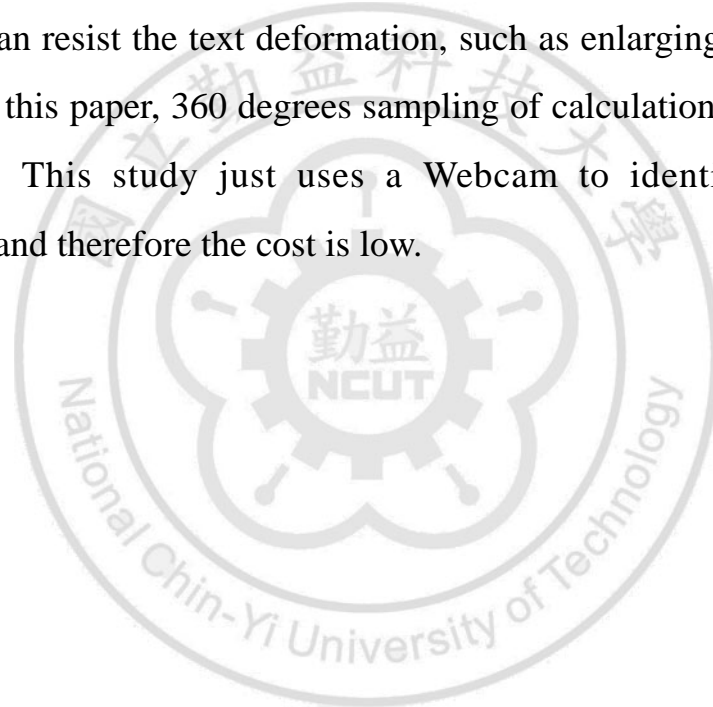
ABSTRACT

In the game, to rule out human beings as judges for justice, and replacing by using computers to avoid cheating, computer machines are used to accomplish the task of judges by a mage recognition technology. This study develops a circle scanning technology to correctly identify all the chess texts so to achieve 100% accuracy.

The algorithms used in this study are divided into the two phases. The first phase does the energy conversion for the chess images; the method pre-treats the input images to obtain the binary images, which are conducted through cutting into two objects: circles and texts. For segmented circular objects, the distance from the circle center to a text outline is calculated. Its calculation is adapted by dividing the circular object into 360 equal parts, each part for one degree angle; the ratio of radius and distance is calculated for each degree, and is used as the measured value. We found that when images are shrieked or enlarged, the scale is proportional so that it is confident to use the proportion ratio to

identify for enlarged images, shrink images or tilt chesses The second phase does the template matching. The 360 values obtained in the previous phase are conducted for the slope calculation to identify the most appropriate starting point of comparison. By using the threshold value, the first energy point is selected for template matching. This method can identify the after-rotation texts.

This study has three advantages: (1) the ratio method used in this experiment can resist the text deformation, such as enlarging, shrinking, or tilting. (2) In this paper, 360 degrees sampling of calculation can resist text rotation. (3) This study just uses a Webcam to identify the entire chess board, and therefore the cost is low.



致 謝

這兩年裡非常感謝陳文淵老師給予的人生地圖，在想法與態度上給予指引，在任何選擇中不迷失方向或盲目轉圈，真的非常感謝。也感謝口試委員王圳木副教授、王敬文副教授和王周珍副教授百忙抽空來參加學生的畢業口試，且校閱學生的論文，提供寶貴的建議。

感謝實驗室的邱奕禮學長和張智欽學長在研究所期間的幫助，以及相處兩年的同學昆暢、柏樑、殷宗和冠男生活及課業上的幫忙。感謝學弟証兆、秋宇、璿祐和智群帶給實驗室歡笑。最後感謝父母和家人的支持與支出，讓我能專心努力於課業上，謝謝。

僅將此文獻給曾經陪伴我的每一個人，願大家能平安順心。

謝 昇 原 謹 致

于國立勤益科技大學電子工程系研究所

中華民國九十九年七月十二日

目 錄

中文摘要	iii
英文摘要	iv
致 謝	vi
第一章 緒論	1 -
1.1 研究背景	1 -
1.2 研究動機與目的	2 -
1.3 章節概要	3 -
第二章 數位影像處理	4 -
2.1 色彩空間轉換(Color Transfer)	4 -
2.2 二值化(Binarization)	8 -
2.3 影像濾波器(Filter)	11 -
2.4 形態學(Morphology)	15 -
2.5 拓撲學(Topology)	17 -
第三章 象棋辨識演算法	19 -
3.1 象棋辨識演算法	20 -
3.2 影像前處理	22 -
3.3 特徵額取-文字能量轉換	25 -
3.4 目標樣本建立	27 -
3.5 量測樣本比對	28 -
第四章 實驗結果	29 -
4.1 實驗環境	29 -
4.2 棋子大小測試	29 -
4.3 棋子旋轉測試	39 -
4.5 雜訊測試	64 -
4.6 與其他方法比較	65 -
第五章 結論與未來方向	66 -
5.1 結論	66 -
5.2 未來方向	66 -
參考文獻	67 -
作者簡介	69 -

圖目錄

圖 1.1 象棋示意圖	- 1 -
圖 2.1 色彩系統	- 5 -
圖 2.2 RGB色彩模型	- 6 -
圖 2.3 RGB影像轉YIQ影像	- 8 -
圖 2.4 Y平面整體門檻值	- 10 -
圖 2.5 空間濾波運算流程	- 12 -
圖 2.6 遮罩運算	- 11 -
圖 2.7 3×3 低通濾波遮罩	- 13 -
圖 2.8 3×3 高通濾波遮罩	- 13 -
圖 2.9 中值濾波	- 14 -
圖 2.10 膨脹運算	- 16 -
圖 2.11 侵蝕運算	- 16 -
圖 2.12 使用拓撲學將區塊分別用號碼編號	- 18 -
圖 3.1 樣本比對示意圖	- 19 -
圖 3.2 象棋辨識演算法	- 20 -
圖 3.3 影像前處理步驟	- 21 -
圖 3.4 影像二值化結果	- 22 -
圖 3.5 影像閉合運算結果	- 23 -
圖 3.6 目標區塊篩選	- 23 -
圖 3.7 影像前處理步驟結果	- 24 -
圖 3.8 影像文字轉換成能量波形之步驟結果	- 26 -
圖 3.9 比例法的概念示意圖	- 26 -
圖 3.10 能量波形圖	- 27 -
圖 4.1 目標樣本十四張圖	- 30 -
圖 4.2 量測樣本十四張圖-拍攝距離約 30cm	- 30 -
圖 4.3 象棋影像大小辨識的結果	- 38 -
圖 4.4 象棋旋轉角度-帥	- 42 -
圖 4.5 傾斜角度 40 度	- 56 -
圖 4.6 傾斜角度 40 度-Red	- 60 -
圖 4.7 傾斜角度 40 度-Black	- 63 -
圖 4.8 胡椒鹽雜訊 20% -馬	- 65 -

表目錄

表 3.1	樣本比對錯誤率和次數.....	-31-
表 4.1	個人電腦資料.....	-32-
表 4.2	目標樣本和任意三種旋轉角度影像.....	-43-
表 4.3	與其他方法比較.....	-65-



第一章 緒論

1.1 研究背景

象棋，是中國傳統的二人對弈棋類遊戲。玩法非常多變，主要是從規則、排列、棋盤形狀、棋手人數等方式改變下棋方法。一般最常拿來對奕的玩法如圖 1.1 的棋盤方式，其勝負判定是由吃掉對方王(將、帥)的一方獲勝，或著直到有一方認輸。排列方面最著名的是暗棋，僅使用正規棋盤的一半，而棋子置於框線中而非線上，且利用了中國象棋正反文字與空白的差異反蓋棋子，產生了帶運氣成份的變體。

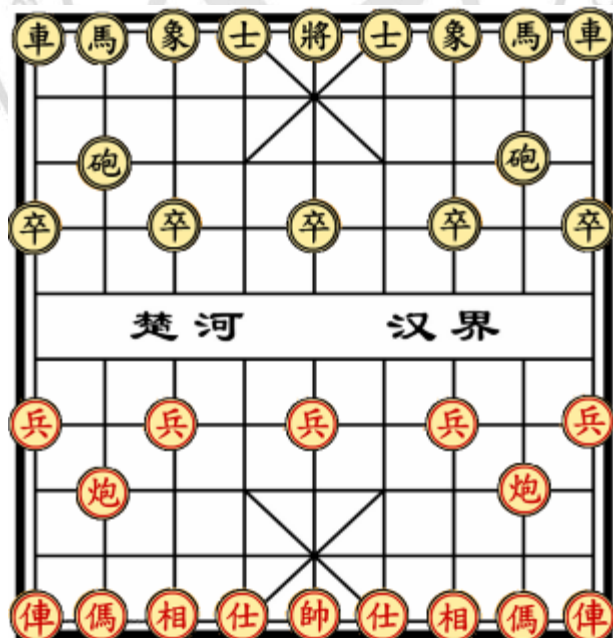


圖 1.1 象棋示意圖

兩人象棋對奕時，所記錄下來的棋局發展流程，稱為棋譜。電腦象棋，又稱人工智慧象棋，其設計的演算法主要也是依據流傳下來的棋譜作撰寫。從 1988 年由宏碁電腦開始舉辦電腦象棋比賽開始，到最近的中國機器博弈錦標賽 2006 年起開始每年舉辦，都顯示象棋對奕遊戲的普遍性和歡迎度。

電腦對局(Computer Game)在人工智慧領域裡，已經引起一波濃厚的研究興趣，象棋、五子棋、圍棋、西洋棋為目前主要研究的棋類，已有不少專家設計出相當優秀的程式。最引人關注的是 IBM 團隊研製的西洋棋程式 Deep Blue，當時打敗西洋棋棋王，引起相當多的關注，也帶起了人工智慧領域裡其他棋類的研究。

1.2 研究動機與目的

在象棋的研究領域中，有很多的研究針對棋形佈陣來討論，卻很少有研究探討其文字的辨識。象棋對弈複雜度極高，在很多象棋機器人研究中，都排除棋子的辨識[1-3]。本文研究目的有二，一為建立棋譜。傳統的棋譜建立方式為人為的記錄方式，若結合影像辨識的部份，可以降低人力資源及快速有效建立棋譜資料，尤其是在建立暗棋或三國棋，這種開局無固定位子更顯得重要。二則是為了增加玩家的另一種視覺感受，結合擴增實境(Augmented Reality)呈現 3D 影像，所以在辨識部分需為 100% 準確度，以便結合各種不同的元素。

1.3 章節概要

本論文共分為五章，除第一章緒論外，其餘各章分別敘述如下：

第二章 相關原理介紹

介紹影像處理中常見的工具和基本原理，色彩系統原理及色彩空間之轉換方法，影像濾波器、形態學和拓撲學。

第三章 象棋辨識演算法

說明演算法的流程，第一個部份影像前處理取得乾淨的影像；第二個部份目標樣本的建立；第三個部份則描述如何比對量測樣本。

第四章 實驗結果

本章節討論所有環境下的測量結果：鏡頭架設的遠近、象棋水平旋轉、棋子傾斜度數和胡椒鹽雜訊干擾。

第五章 結論與未來方向

闡述本論文的結論、演算法未來可以改進的地方、及未來可能發展的方向。

第二章 數位影像處理

2.1 色彩空間轉換(Color Transfer)

本文所採用的原始影像格式皆為 RGB 格式，由於人眼對這三種顏色的感應能力並不是相同的，最敏感的是綠色其次是紅色最弱的是藍色，若以同樣比重記錄這三原色則儲存空間的利用效率並不高。所以在作影像處理時，皆將原始 RGB 影像轉為其他的色彩空間，無論是在影像的儲存空間或是影像處理的運算量都減少許多。接著將介紹色彩系統的概念和本文使用的色彩空間。

2.1.1 色彩系統(Color System)

以數學的向量空間來解釋色彩系統，則原色在空間內可作為一組基底向量，並且能組合出一個「色彩空間」。原色定義上是指不能透過其他顏色的混合調配而得的「基本色」。當原色以不同比例混合時，會產生其他顏色。在不同的色彩空間系統中，有不同的原色組合。主要可分為「疊加型」和「消減型」兩種系統，如圖 2.1 色彩系統類型所示。一般來說，疊加型(Additive Color Method) 的三原色是紅色、綠色、藍色，如電視機、投影儀等發光設備；而消減型(Subtractive Color Method) 的三原色是洋紅色、黃色、青色，如書本、雜誌等。

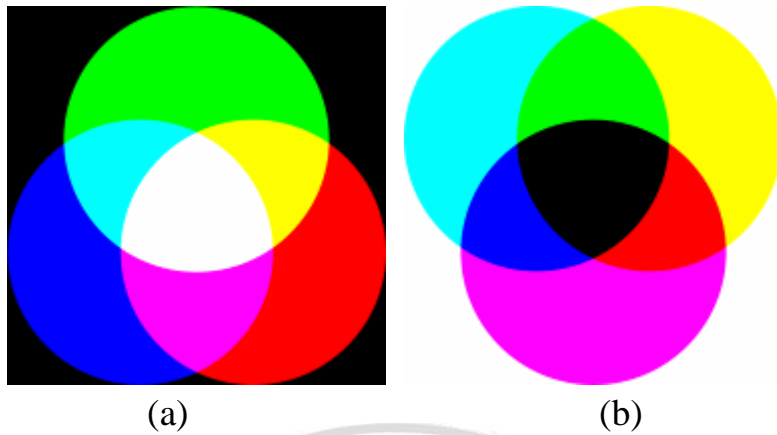


圖 2.1 色彩系統:(a)疊加型系統和(b)消減型系統

2.1.2 RGB 色彩空間

RGB 色彩空間又稱原色系統，是屬於疊加型，此系統中包含了紅、綠、藍三種原色，使用 0 到 1 之間的非負數作為立方體的坐標值，如圖 2.2 所示，每個頂點都是由紅、綠、藍三種原色組合而成(R, G, B)，黃色由紅色和綠色組合而成，標記為Yellow(1,1,0)，R和G標示為 1，B 則標為 0，表示沒有藍色元素；Cyan(0,1,1)表示青綠色由兩個 1 綠色和藍色組成，0 表示沒有紅色元素；Magenta頂點則為品紅色由紅色和藍色組成，沒有綠色元素，所以標記為Magenta(1,0,1)。若將三原色都設為 0，就好比空間內沒有任何光源是黑暗的，所以原點(0,0,0)為黑色，強度值沿坐標軸方向遞增到達位於對角線(1,1,1)處的白色，整個線段稱為灰階梯度(Gray Degree)。當這三種原色以等比例疊加在一起時，會變成灰色；若將此三原色的強度均調至最大並且等量重疊時，則會呈現白色。

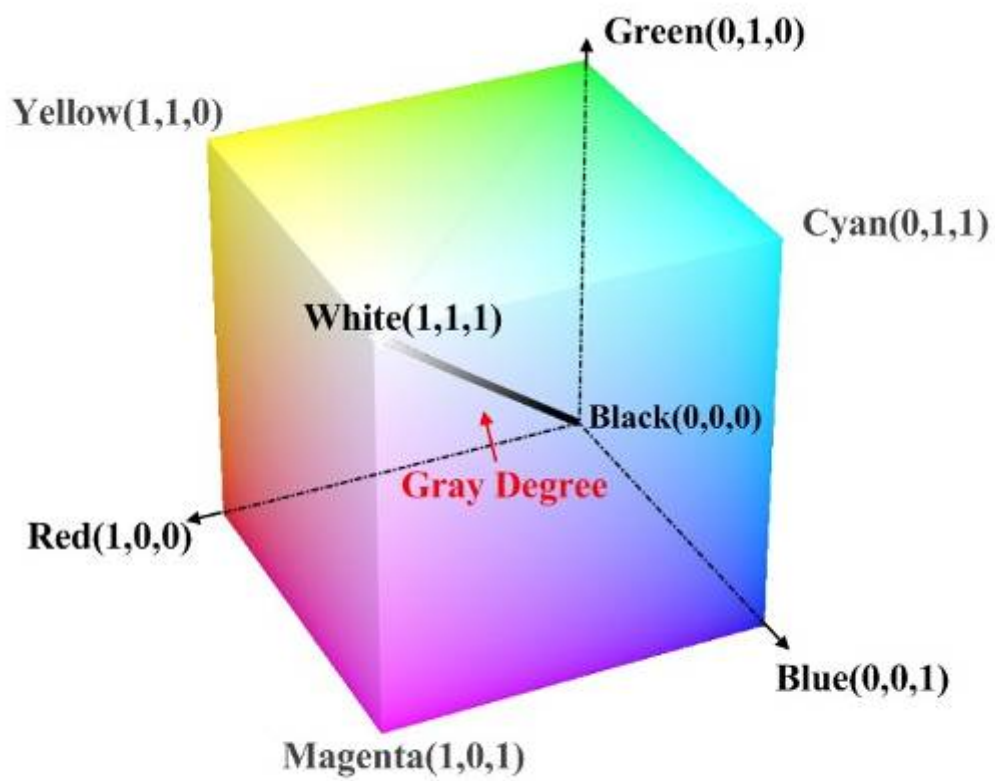


圖 2.2 RGB 色彩模型

2.1.3 YIQ 色彩空間

YIQ 是 NTSC (National Television Standards Committee) 國家電視系統委員會傳送影像時所使用的規格，其中 Y 為黑到白之間的強度值，稱為亮度 (Brightness) 或流明度 (Luminance)，I 與 Q 為色彩資訊。RGB 格式轉為 YIQ 格式之轉換公式如下：

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

YIQ 格式轉為 RGB 格式之轉換公式如下

:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.106 & 1.703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

根據上述關係，可以將 RGB 彩色影像轉換成 YIQ 影像，其中 Y 平面表示灰階影像(Gray Image)，轉換公式為：

$$Y(x,y) = 0.299 \times I_R(x,y) + I_G(x,y) + 0.114 \times I_B(x,y) \quad (2-3)$$

$Y(x,y)$ 表示在像素 $I(x,y)$ 轉換完之後對應的灰階值。 x 和 y 為相對應的像素點座標， I 為 RGB 原始影像， $I_R(x,y)$ 、 $I_G(x,y)$ 、 $I_B(x,y)$ 分別代表著此像

素 R、G、B 的原始值。

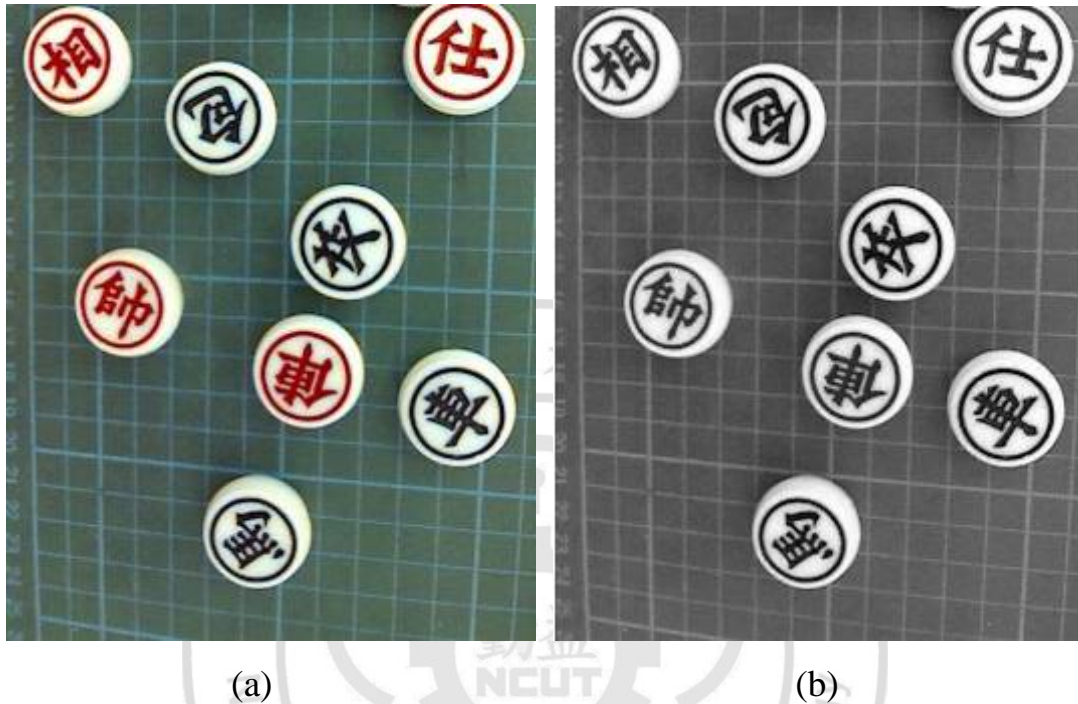


圖 2.3 RGB 影像轉 YIQ 影像:(a)RGB 全彩影像；(b)Y 平面影像

2.2 二值化(Binarization)

影像二值化，是將原本全彩影像或灰階影像僅用黑色與白色來表示。也就是將原本影像各像素的灰階值轉化為 0 或 1 組成的圖形資料，1 代表白色，0 代表黑色。在圖形辨識中，其最大用途在於分離觀測的目標物和背景影像。為何可以將觀測目標物與背景分離出來，主要是利用圖形資料中的灰階度差異特性，利用適當的灰階門檻值(Threshold)當成轉換圖形資料的標準，判斷資料中灰階像素(Pixel Value)是屬於 0

或 1。常用的二值化公式為：

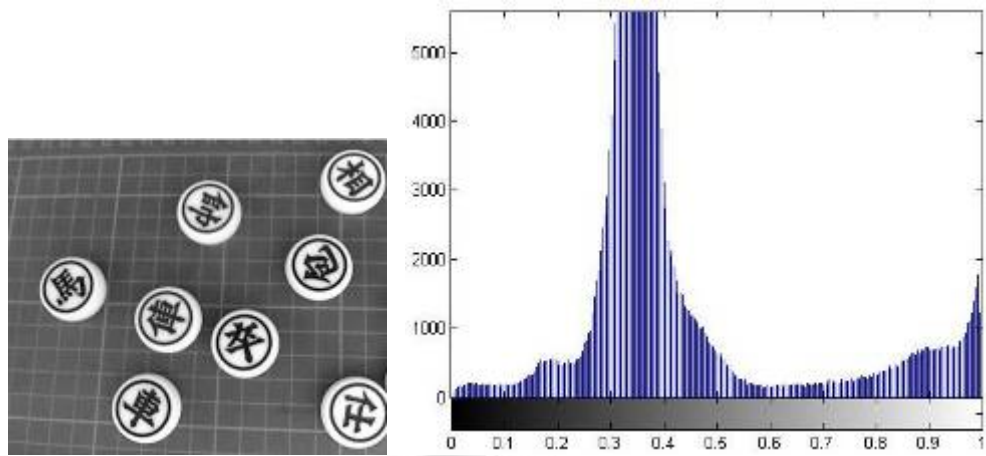
$$T(p) = \begin{cases} 0, & p \geq T_0 \\ 1, & p < T_0 \end{cases} \quad (2-4)$$

$$T(p) = \begin{cases} 0, & x \leq T_0 \leq y \\ 1, & \text{other} \end{cases} \quad (2-5)$$

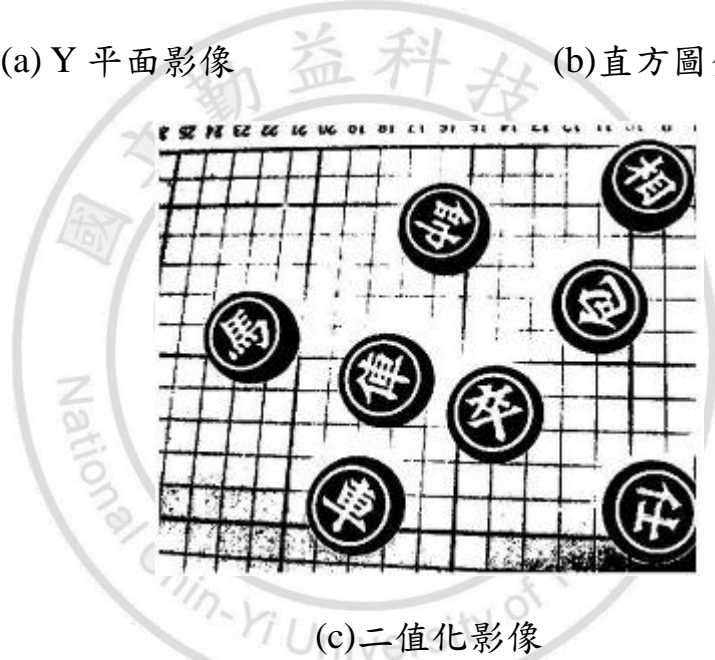
其中圖形資料灰度為 p ，灰度門檻值為 T_0 ， x 和 y 也為圖形資料灰度， $T(p)$ 為轉換函數。灰度門檻值分為兩種，整體門檻值 (Global Threshold) 和適應性門檻值 (Adaptive Threshold)。

1. 整體門檻值 (Global Threshold)

此門檻值為整張影像的門檻標準，取得的方法可直接設一個經驗值，或是採取直方圖 (Histogram) 分析；將所有的像素值 0 至 255 畫成直方圖。圖 2.4Y 平面整體門檻值所示，本文使用 YIQ 色彩空間，以 Y 平面亮度為例，如果將 Y 亮度值正規化 (Normalize) 成為介於 0 與 1 間的實數，我們將二值化門檻值設在 0.4 可以得到圖 2.4(c) 的結果。



(a) Y 平面影像 (b)直方圖分析



(c)二值化影像

圖 2.4 Y 平面整體門檻值：(a)原始影像取 Y 平面；
(b)Y 平面之直方圖分析；(c)二值化影像結果

2. 適應性門檻值(Adaptive Threshold)

影像的背景可能有很多種情況，最好的方法就是用動態門檻值，針對不同的區域，設各區域的門檻值，此種設定的方法稱

為動態(Dynamic)門檻值設定，設定方法為將資料分為數個影像區塊，就每個區塊取其區塊門檻值，再將每個區塊的區塊門檻值選中間值作為整張影像的二值化門檻值。

2.3 影像濾波器(Filter)

影像濾波基本上是對像素值作一些數學運算。取一遮罩(Mask)對原始的影像作迴旋積(Convolution)處理，得到影像特徵。

線性濾波器的運算，是將指定像素與其鄰域像素去跟遮罩作相乘之後再相加的運算，其運算流程如圖 2.5 所示。使用遮罩的目的是將處理的像素作為遮罩中心點並參考其鄰近的像素點作處理提高精確度，一般的遮罩大小為 3×3 ，而相對應的像素值如圖 2.6 所示，然後進行相乘與相加的運算如公式 2-6，當遮罩加大至 5×5 ， 7×7 的大小時，運算速度變慢但可提高精確度。可依問題需求作恰當的調整。

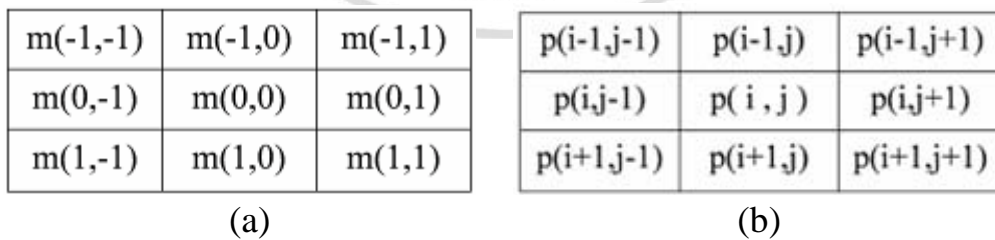


圖 2.5 遮罩運算(a) 3×3 大小遮罩; (b) 對應的像數值

$$\text{輸出像素 } P = \sum_{s=-1}^1 \sum_{t=-1}^1 m(s,t)p(i+s, j+t) \quad (2-6)$$

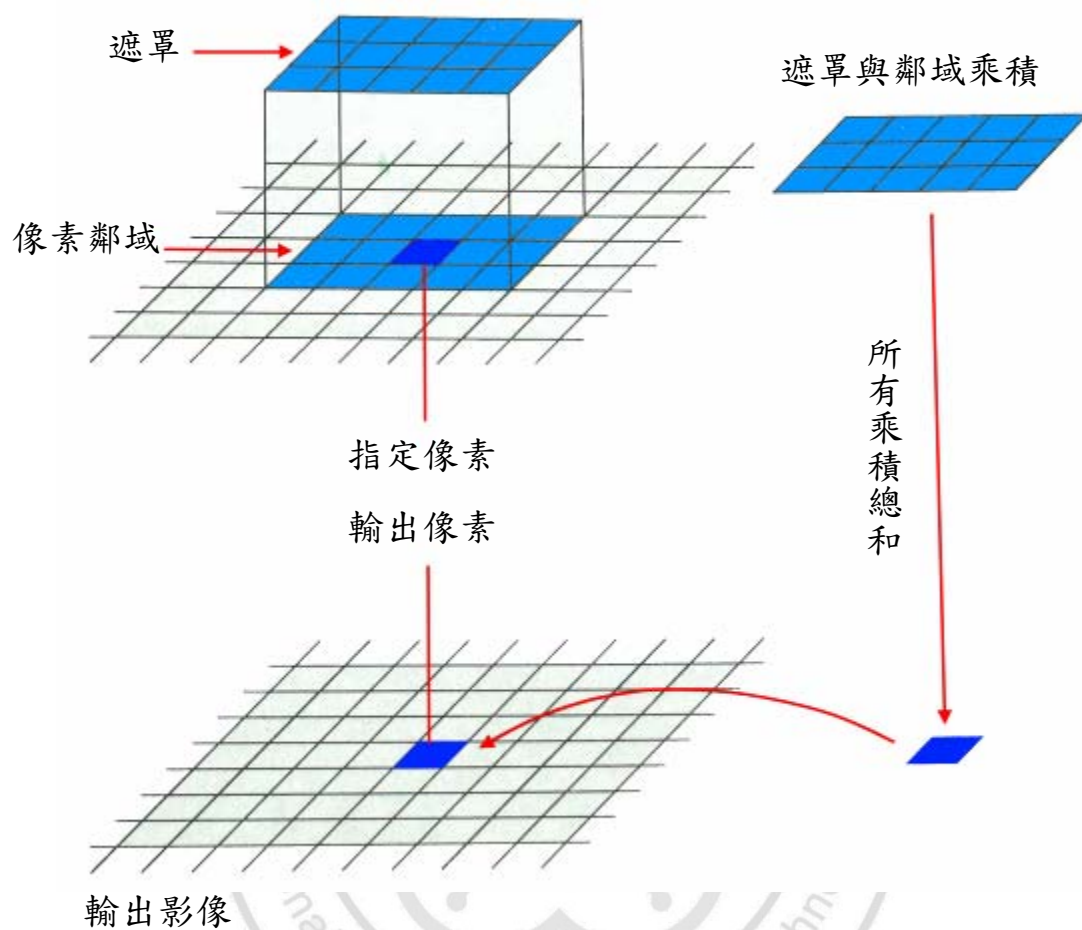


圖 2.6 空間濾波運算流程

空間濾波器包含了低通、高通、中值、排列、邊緣強化...等。其運算方式為對每一個像素參考周圍鄰近像素來運算，以下列出一些常用的空間濾波器：

1. 低通濾波 (Low Pass Filter)

低通濾波器主要用來消除影像上高頻變化的部分，可以使影像的變化均勻。這種濾波器能消除高頻雜訊 (Noise)，使影像變

化較平緩(及強化低頻部分)，一般可以去除對比強烈的雜點。

遮罩為：

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

圖 2.7 3×3 低通濾波遮罩

2. 高通濾波 (High Pass Filter)

高通濾波器可突顯影像中的高頻及邊緣部分，能將一個模糊的影像處理成較清晰的影像，使影像中的特徵更明顯。此濾波器會使影像變化較大部分強化，及強化高頻部分。其作法可以將原始影像減去低通濾波之影像。

遮罩為：

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

圖 2.8 3×3 高通濾波遮罩

3. 中值濾波 (Median Filter)

中值濾波器可以用來除去孤立的雜訊，以保持影像本身的銳利度。其方法是使用 3×3 的遮罩下，將 9 個像素依大小排序後取出對應於中間值的點來取代原影像點。

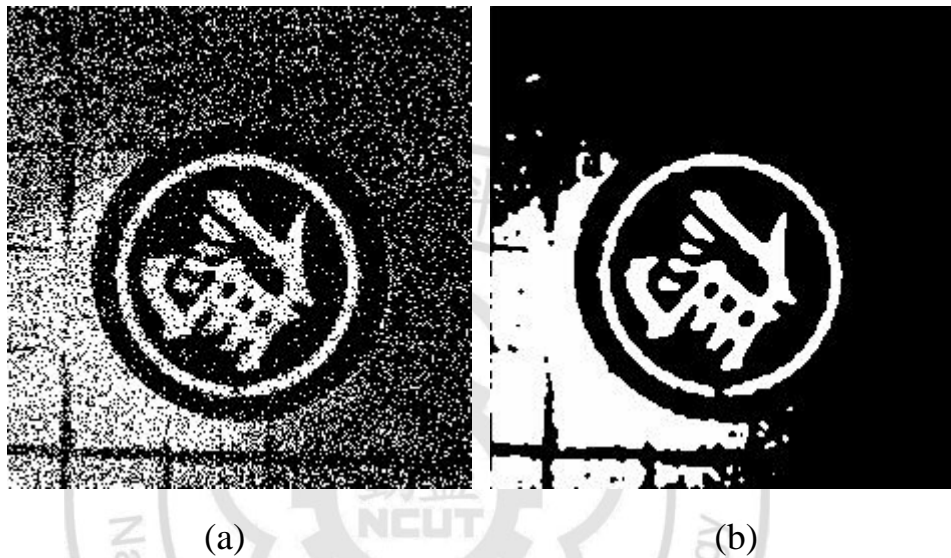


圖 2.9 (a)執行中值濾波前之影像; (b)影像執行中值濾波後

2.4 形態學(Morphology)

接下來的章節主要描述在二值影像後所過濾出來的影像物件所做的後續處理增強二值化影像提供更好的判斷效果。

2.4.1 膨脹(Dilation)與侵蝕(Erosion)

在影像處理上形態學是把它當作抽取影像成份的工具，而這些成分在區域形狀(如邊界、骨架)的表示和描述是非常有用的，這節特別提出在本文用來加強分離出物件時所用到的兩種型態學工具-膨脹與侵蝕：

1. 膨脹(Dilation)

將二值影像中使物體增大或增厚的效果，此方式依結構元素(Kernel)的形狀來控制；在數學上，膨脹以集合的聯集運算的形式來定義，A 藉由 B 的膨脹記為 $A \oplus B$ ，如下列公式：

$$\begin{aligned} A \oplus B &= \{ z \mid (B)_z \cap A \neq \Phi \} \\ &= \{ z \mid [(B)_z \cap A] \subseteq A \} \end{aligned} \quad (2-6)$$

其中 Φ 為空集合，B 為結構元素，A 為二值物件影像陣列，圖 2.10 為膨脹運算示意圖，二值影像陣列經過 X 型結構元素的運算平移後，聯集所有平移得到膨脹結果。

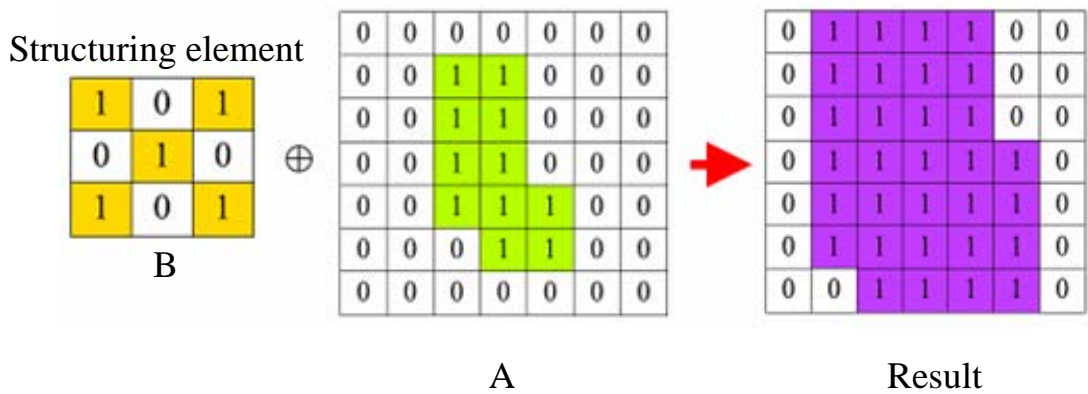


圖 2.10 膨脹運算

2. 侵蝕(Erosion)

使二值影像中的物件收縮或是變薄，其收縮方式和程度與膨脹一樣由結構元素所控制。在數學上，侵蝕以集合的差集運算的形式來定義，A 藉由 B 的侵蝕記為 $A \ominus B$ ，如下列公式：

$$A \ominus B = \{ z \mid (B)_z \subseteq A \} \quad (2-7)$$

其中 B 為結構元素，A 為二值影像陣列。

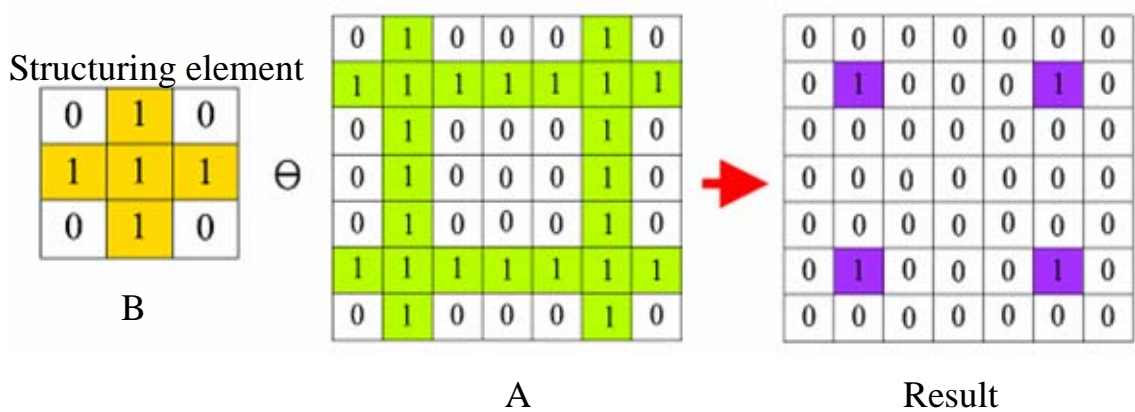


圖 2.11 侵蝕運算

2.4.2 斷開(Opening)和閉合(Closing)

在影像處理中，膨脹與侵蝕最常用來以各式各樣的組合來使用，一個二值影像會用相同或不同的結構元素來進行膨脹或閉合的組合，而斷開、閉合是最普遍的結合方式。

1. 斷開

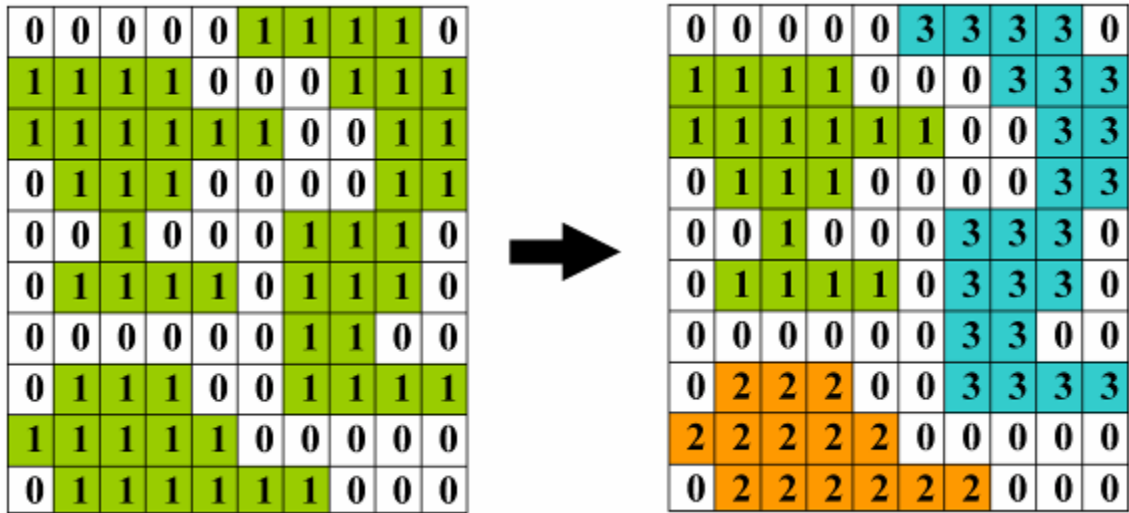
將二值影像與結構元素先侵蝕後膨脹，目的是將細突出物或朝外不規則邊界移除。表示為 $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$ 。

2. 閉合

與斷開相反，將二值影像與結構元素先膨脹後侵蝕，目的是將缺口與不規則處與小洞移除。表示為 $A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$ 。

2.5 拓撲學(Topology)

在二值影像裡，所有的元素皆以 0 和 1 組成，拓撲作用就是將個別相連的區塊統一編號為一樣的元素，將區塊切割(Segment)來，就像是將個別區塊作編號的動作，而不是全部用 1 元素來代表，此動作又稱為聯通標記。



(a) 連通標記前 (b) 連通標記後

圖 2.12 使用拓撲學將區塊分別用號碼編號：

(a) 連通標記前；(b) 連通標記後



第三章 象棋辨識演算法

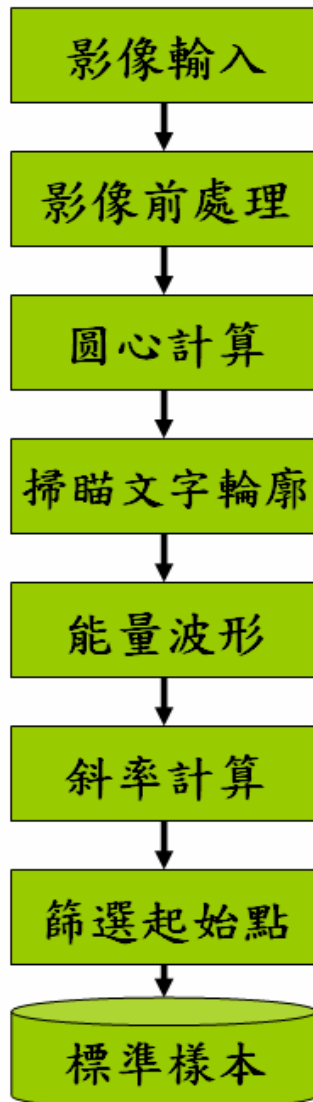
本論文使用圓心掃描的方式來分類象棋。在擷取影像的部份，使用網路攝影機(Webcam)抓取影像。辨識象棋中的十四種棋子類型過程中，必須先建立一組標準樣本，來當作演算法辨識的標準。比對樣本則有:棋子旋轉、雜訊大小、傾斜角度等樣本，如圖 3.1 為樣本比對示意圖。



圖 3.1 樣本比對示意圖

3.1 象棋辨識演算法

A. 標準樣本建立



B. 象棋辨識演算法

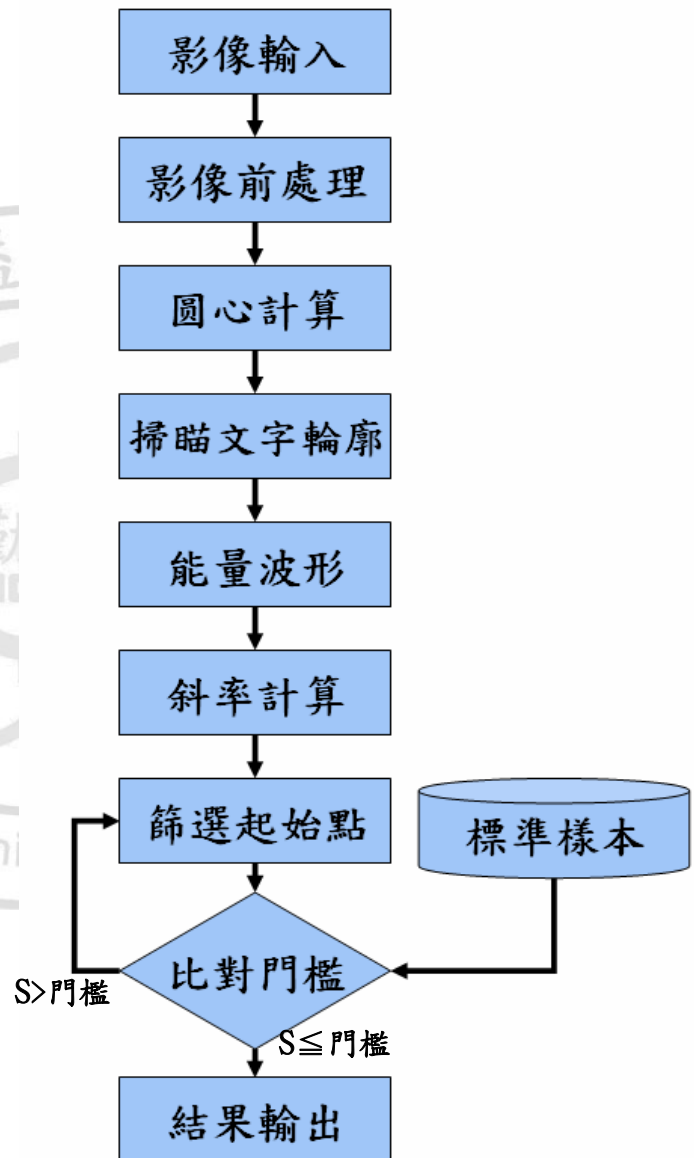


圖 3.2 象棋辨識演算法

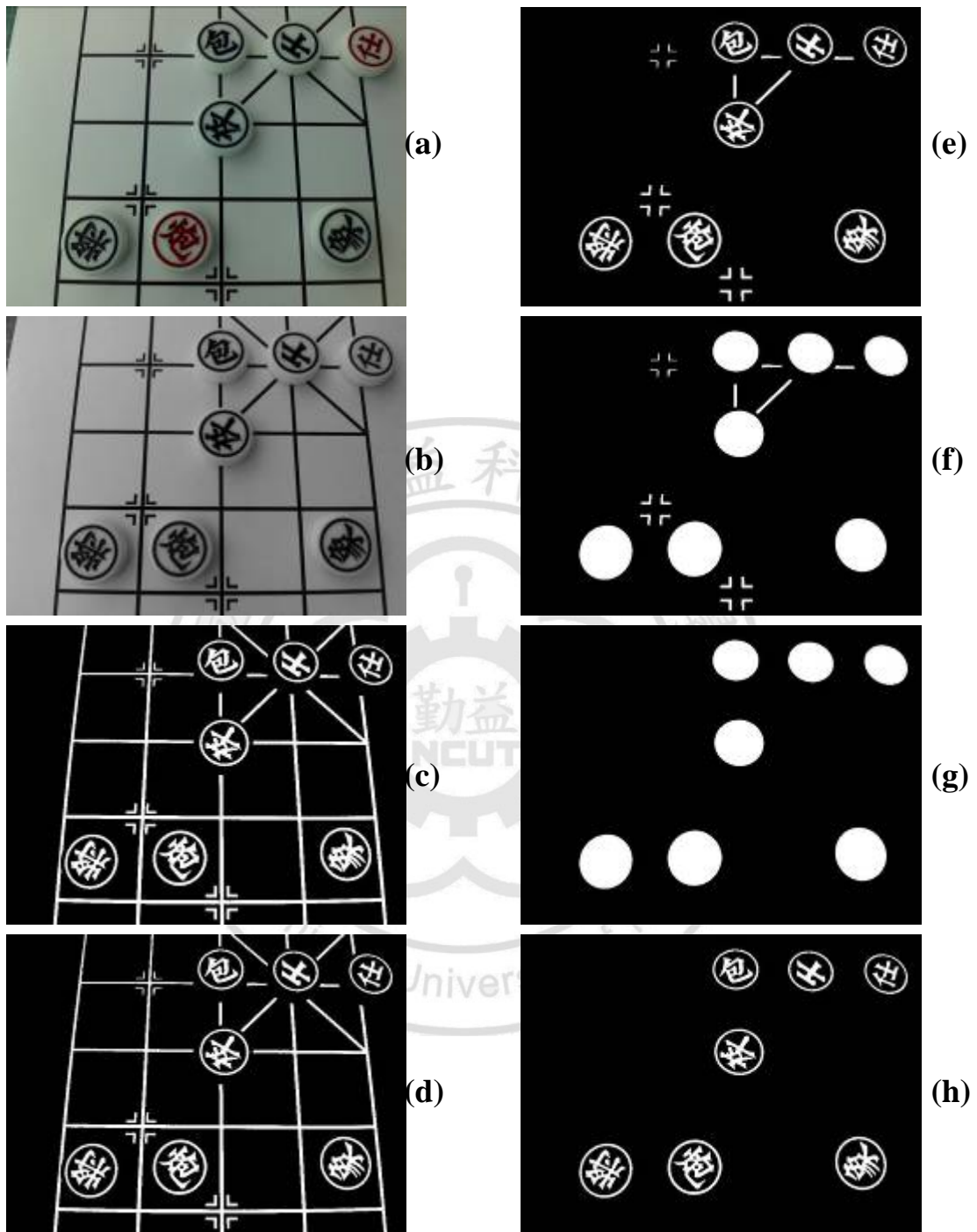


圖 3.3 影像前處理步驟:(a)原始影像;(b)Y 平面影像;(c)二值化;
(d)形態學;(e)(f)雜訊去除;(g)候選區確定;(h)影像前處理結果

3.2 影像前處理

影像前處理主要分成三個步驟:(1)色彩空間轉換;(2)雜訊去除;(3)框取文字後選區。

3.2.1 色彩空間轉換

首先將輸入的 RGB 影像轉換到 YIQ 色彩空間，然後選取 Y 平面作特徵擷取，Y 代表亮度(Luminance)。本研究的色彩空間選擇單一 Y 平面便能分離出文字與背景，不考慮棋子顏色，黑子與紅子使用相同的判斷式。判斷式的調整，則依照環境做微調。二值化結果如圖 3.4 影像二值化結果，門檻值設在 Y 為 0.4，公式如下：

$$Y(p) = \begin{cases} 1, & Y < 0.4 \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (3-1)$$

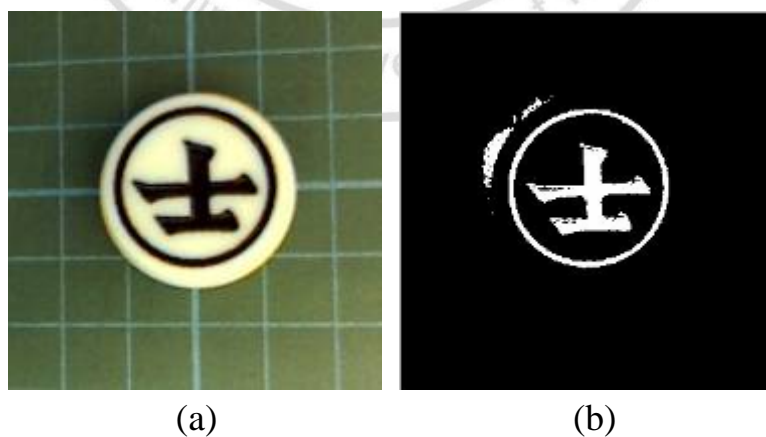


圖 3.4 影像二值化結果:(a)原始影像;(b)二值化

3.2.2 雜訊去除

影像中非目標物(Target)都視為雜訊，使用中值濾波來去除小斑點雜訊，針對剩下的雜訊則透過形態學運算(Morphological Operation)來消除。先使用閉合(Closing)填補目標內部的裂縫結果如圖 3.5 所示。可以發現格子的細線也會縫合，減少了區塊數目，再下一個步驟-面積去除，可以更容易的排除雜訊。首先進行標籤化(Labeling)，計算各區塊的面積，保留面積於門檻內的區塊結果如圖 3.6 所示。此步驟是要篩選出符合標準的目標區塊。

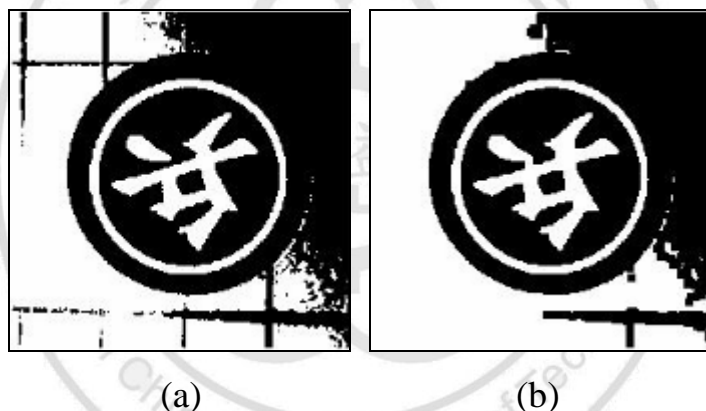


圖 3.5 影像閉合運算結果: (a)閉合運算前; (b)閉合運算後

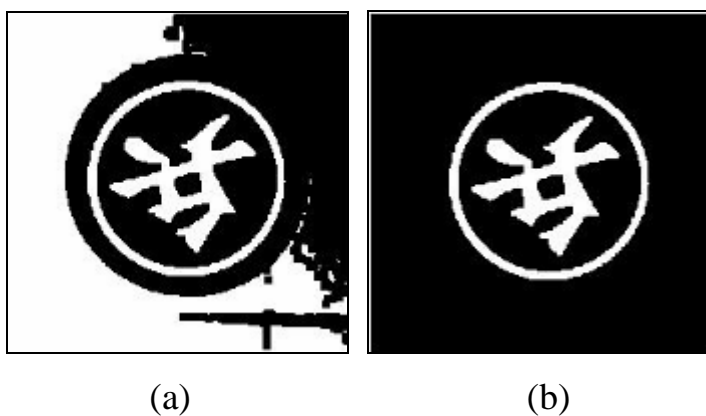


圖 3.6 目標區塊篩選: (a)區塊大小判斷前; (b)雜訊去除結果

3.2.3 框取文字後選區

框取文字後選區主要降低影像處理的運算量，針對惡劣環境所產生的雜訊作消除圖 3.7 加入了胡椒鹽雜訊後，無法使用上一小節的方法來排除。所以當我們確定文字後選區，剩餘的區塊就直接刪除。圖 3.7(f)框取文字後選區的結果，是經由圖 3.7(c)與圖 3.7(e)兩張圖作及閘(AND)的結果，並且縮小影像範圍減少製作樣本時的資料量。

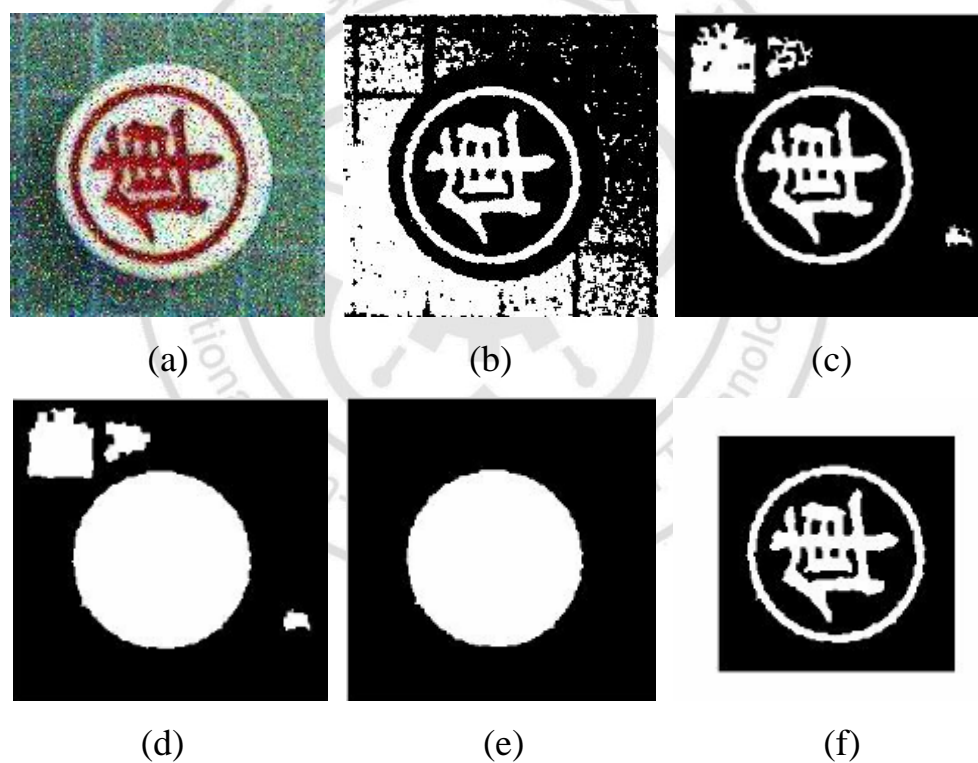


圖 3.7 影像前處理步驟結果: (a)輸入影像; (b)二值化運算;
(c)雜訊去除; (d)區塊填滿; (e)選取後選區; (f)文字範圍框取

3.3 特徵額取-文字能量轉換

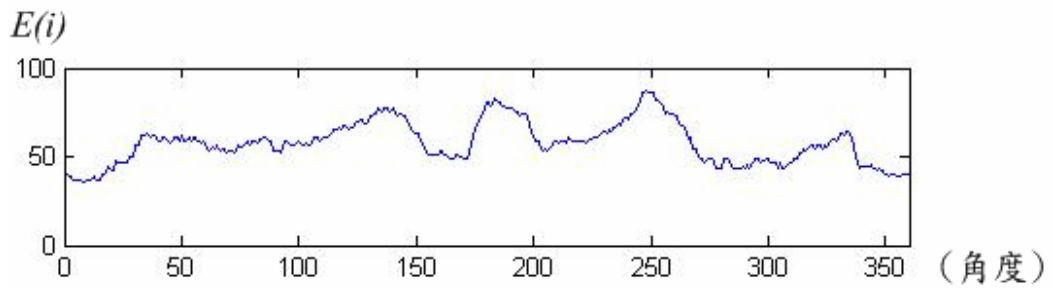
本小節主要描述如何把影像文字轉換成能量波形，步驟結果如圖 3.8 所示。首先經過前面影像的前處理後，可以得到乾淨的目標影像如圖 3.8(b)。我們在圓上取三百六十個能量點，每一度換算出一能量值。此能量值的取得是計算半徑與文字輪廓的一個比值。我們稱能量波形是把轉換出來的數值當作一個能量，連續整個能量點，所呈現出來的結果如圖 3.8(e)，好比一個波形。換算公式如下：

$$E(i) = \alpha \times \frac{\text{Max}[W\text{Contours}(i)]}{R} \quad (3-2)$$

E 為能量點 (Energy)， α 為放大係數，預設值為 100，R 為半徑距離 (Radius)，WContours 為文字輪廓 (World Contours)。算出圓心，朝周圍三百六十個方向做運算如圖 3.8(d)，每一個方向都經過兩個物件：物件一文字和物件二圓框，分別取其最大值，即可得到能量波形如圖 3.8(e) 水平軸單位為三百六十個角度方向，垂直軸單位為能量，大小介於 0 到 100 之間。



(a) (b) (c) (d)



(e)

圖 3.8 影像文字轉換成能量波形之步驟:(a)原始影像;(b)影像前處理後之結果;(c)圓心;(d)掃描示意圖;(e) 影像文字轉換成能量波形結果。

採圓心到邊緣距離的比例，好處是在影像受到變形時，它的比例是固定的，如圖 3.9 比例法的概念示意圖。

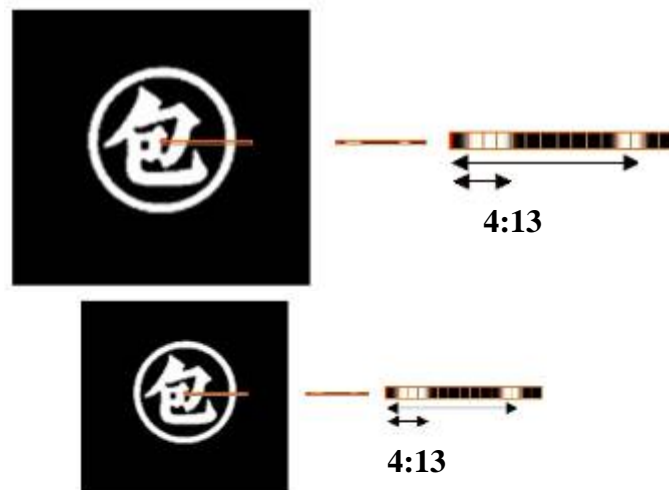
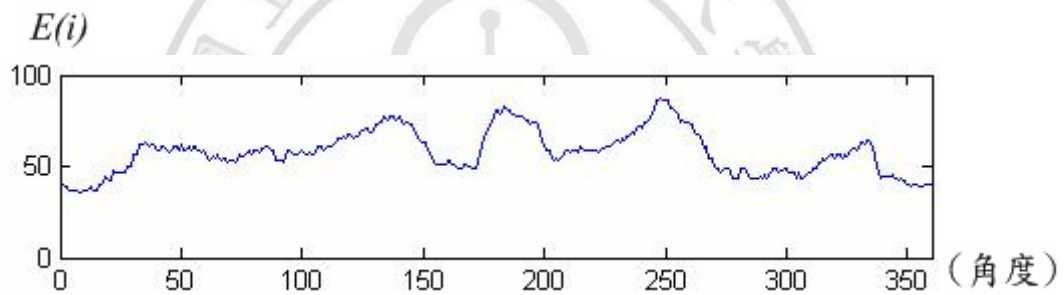


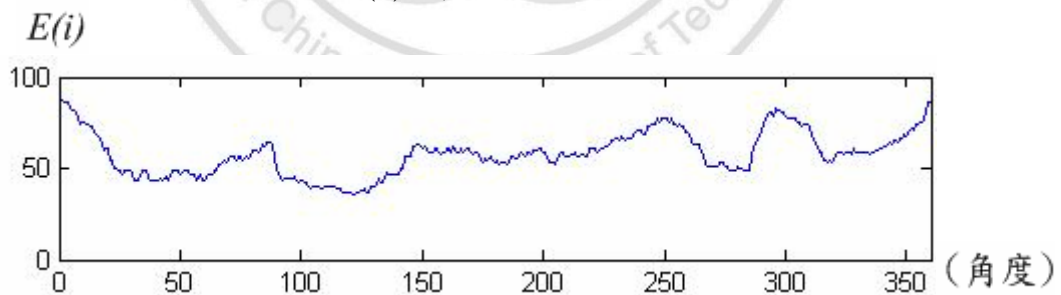
圖 3.9 比例法的概念示意圖

3.4 目標樣本建立

我們對象棋十四種棋子使用相同的方法建立樣本，由於無法判定棋子是否有擺正，導致第一點的比對就產生錯誤。爲了避免此問題，使用斜率求出連續最陡長的線段，在正負斜率中，連續取 6 點之和，最大之正值爲起始點。選取多個連續點是爲了排除若取單一點斜率相同各數太多，無法唯一。圖 3.10 爲黑包之能量波形起始點重心定位的結果。



(a) 原始能量波形



(b) 起始點重心定位的能量波形

圖 3.10 能量波形圖: (a)原始能量波形; (b)起始點重心定位的能量波形

3.5 量測樣本比對

比對樣本主要分成兩個部份：(1)點對點的誤差率和(2)整體的誤差率。當量測目標的誤差小於上述兩個誤差門檻，及分類到對應的類別。在點對點的誤差率中，最大值 100，最小值 0，兩個樣本第一點相減，誤差大於 10 就視為一個錯誤點。整體的誤差率則是統計這三百六十個點中有多少個錯誤點。一般在沒有雜訊的影響下，整體容忍的錯誤率門檻約在 25%，也就是小於 90 個錯誤點，見表 3.1 樣本比對錯誤率和次數。

表 3.1 樣本比對錯誤率和次數

	第一組樣本		第二組樣本		第三組樣本	
	誤差個數	比較次數	誤差個數	比較次數	誤差個數	比較次數
帥	31	1	56	1	27	1
仕	14	1	15	1	25	2
相	58	1	44	1	20	1
俥	59	1	40	1	24	1
馮	33	2	24	1	58	1
炮	33	1	12	1	51	1
兵	29	1	19	1	37	1
將	16	1	90(59)	1(2)	33	1
士	33	3	41	6	25	2
象	35	1	20	1	12	1
車	38	1	36	1	85(59)	1(2)
馬	32	1	23	1	16	1
包	7	1	48	1	8	1
卒	28	1	50	1	53	1

第四章 實驗結果

實驗結果首先以一般正面拍攝辨識下的結果，再增加四個部份作測試，分別為鏡頭遠近拍攝、棋子旋轉、棋子傾斜角度和雜訊測試，以檢測演算法的強度。

4.1 實驗環境

影像擷取使用網路攝影機(Webcam)，型號為 ASUS BrightCam AF-200/MF-200，和一台個人電腦，個人電腦資料如表 4.1 所示。

表 4.1 個人電腦資料

個人電腦	
中央處理器	Intel(R) Core(TM) i5 2.27G
主記憶體	2GB DDR3
顯示卡	ATI Mobility Radeon. HD 5470

4.2 棋子大小測試

棋子大小是指 Webcam 架設的遠近，而拍攝到的象棋影像大小作辨識。圖 4.1 為標準樣本，也就是目標樣本，拍攝距離約 15cm。圖 4.2 為第一組量測樣本-棋子大小樣本，拍攝距離約 30cm。

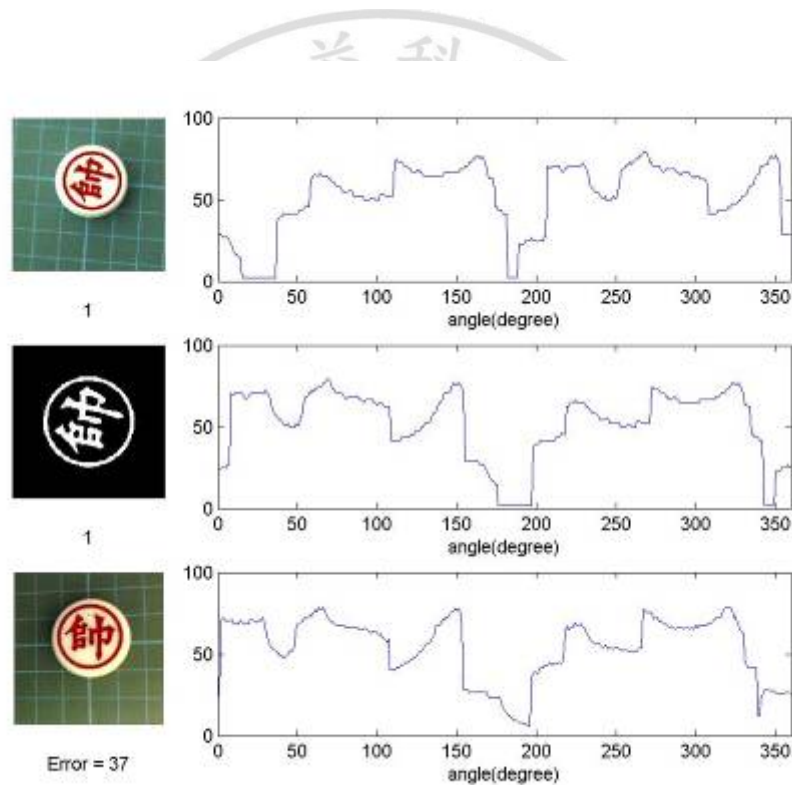


圖 4.1 目標樣本十四張圖

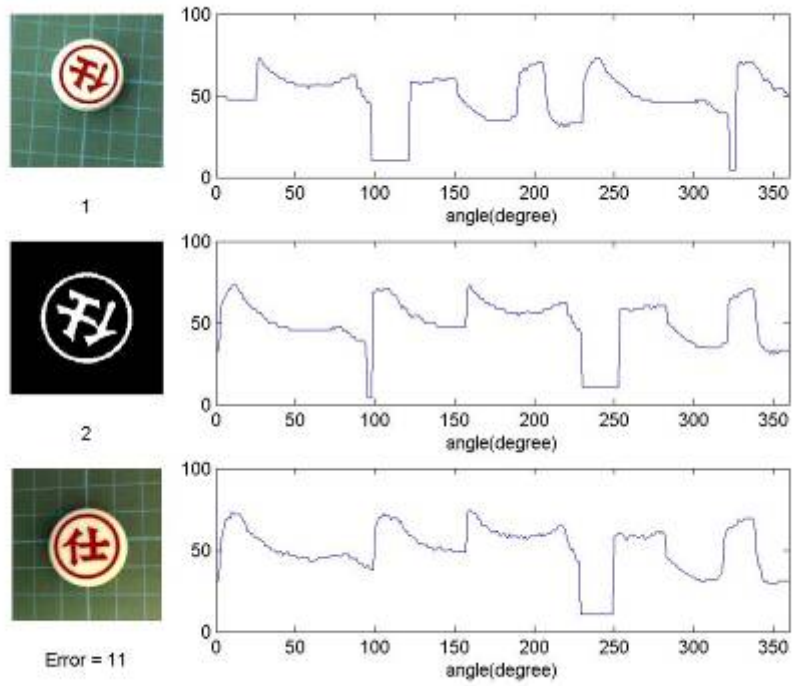


圖 4.2 量測樣本十四張圖-拍攝距離約 30cm

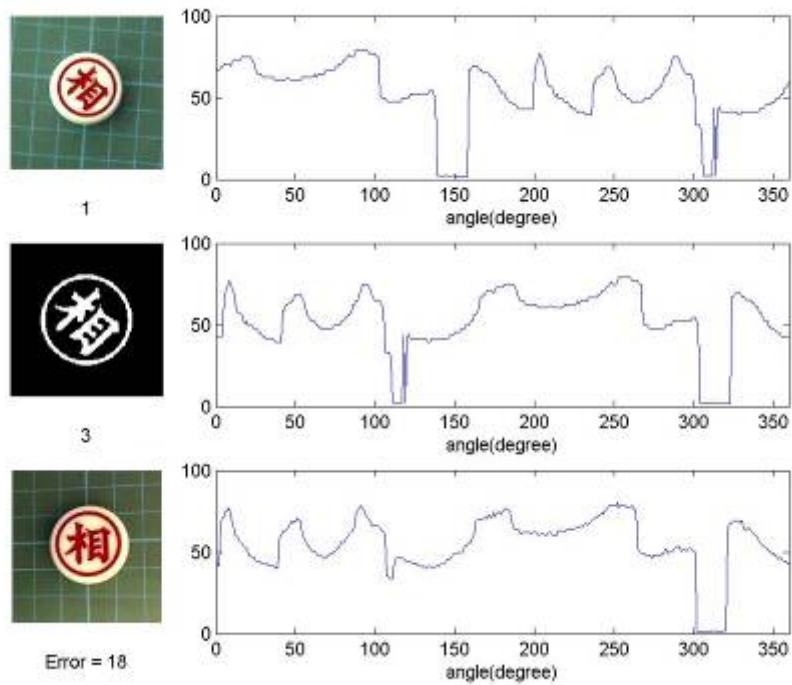
圖 4.3 為象棋影像大小辨識的結果，十四張影像圖 4.3(a)-(n)分別為帥、仕、相、俥、馮、炮、兵、將、士、象、車、馬、包和卒。每張影像包含了三個部份:頂層、中間、底層。頂層為輸入影像和其能量波形；中間部分為影像前處理後的二值影像和重心定位起始點的能量波形；底層為結果輸出，結果的顯示會從目標樣本區找尋符合的能量波形。



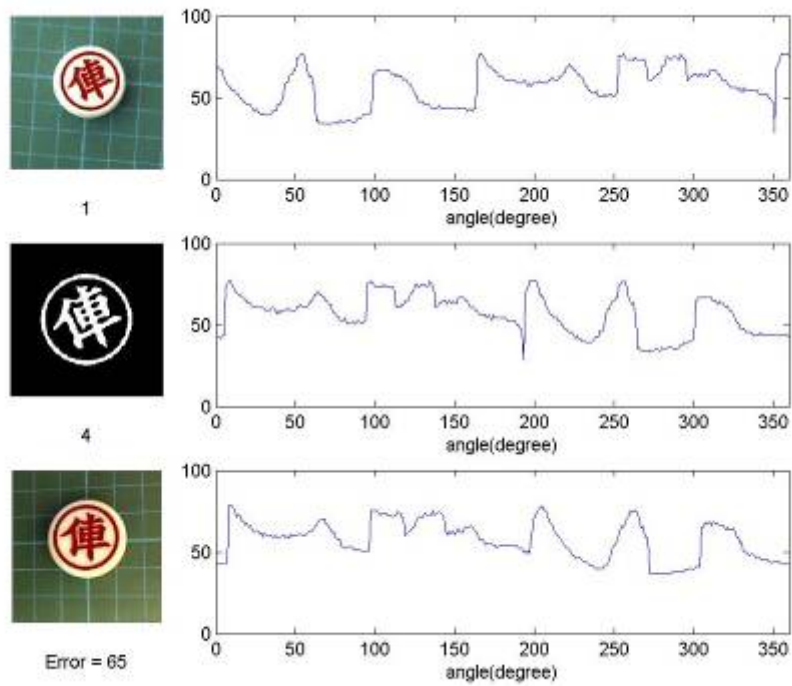
(a)



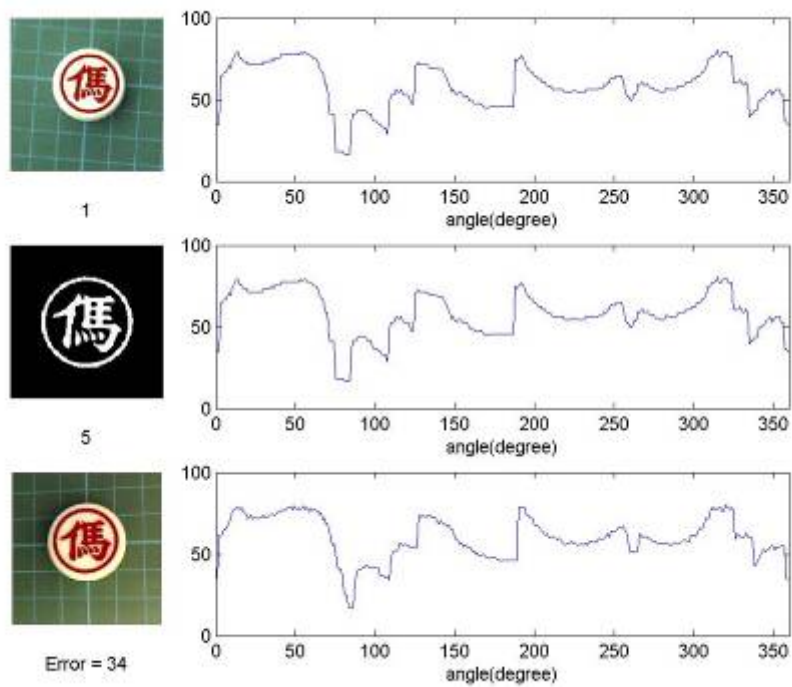
(b)



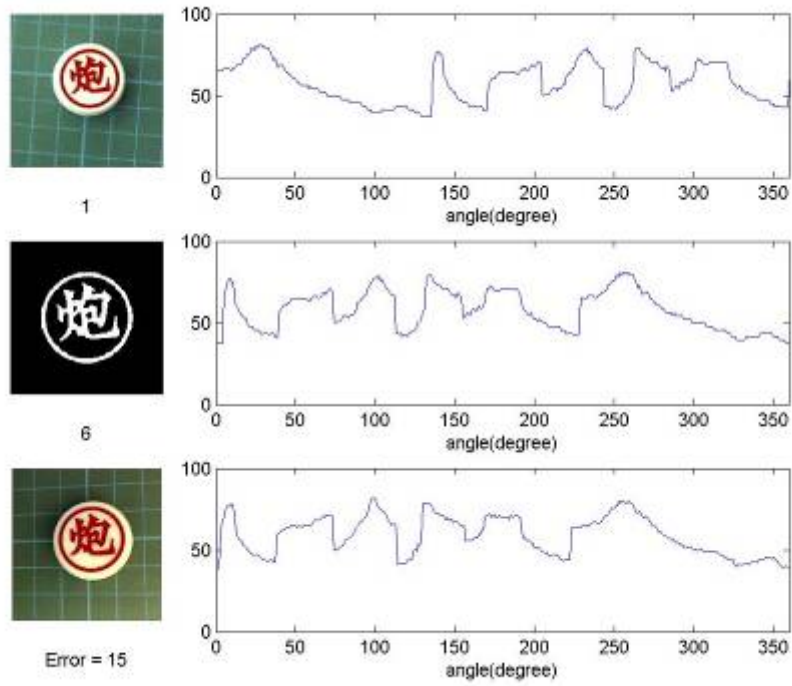
(c)



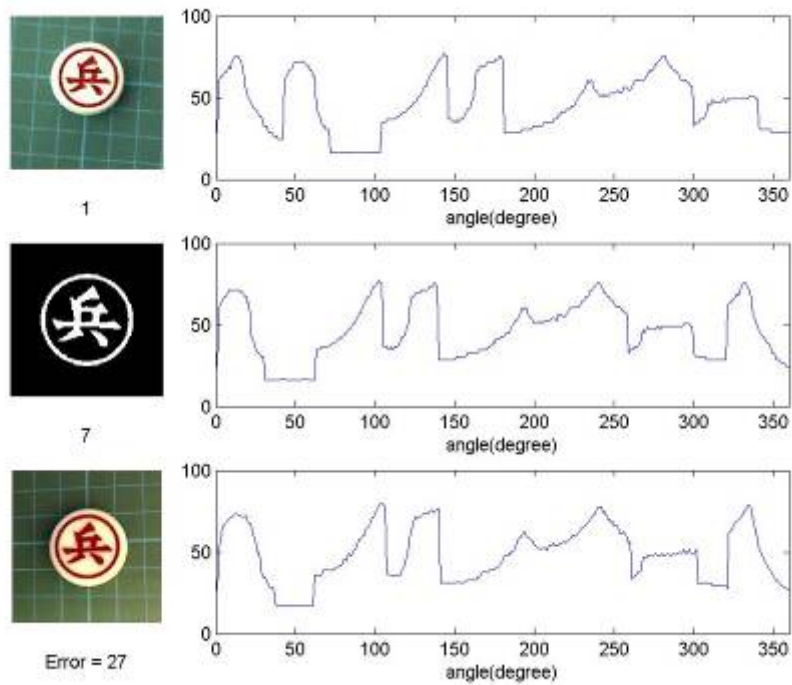
(d)



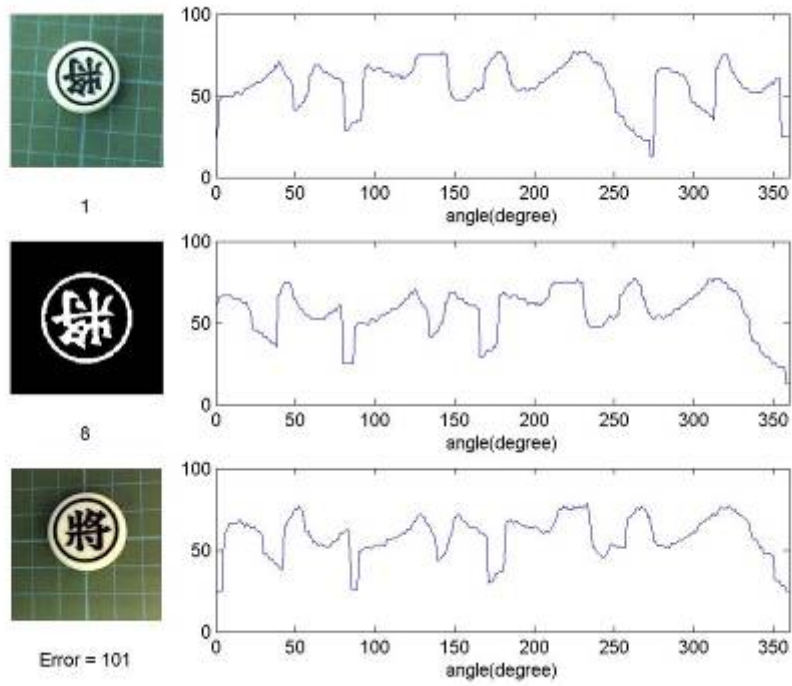
(e)



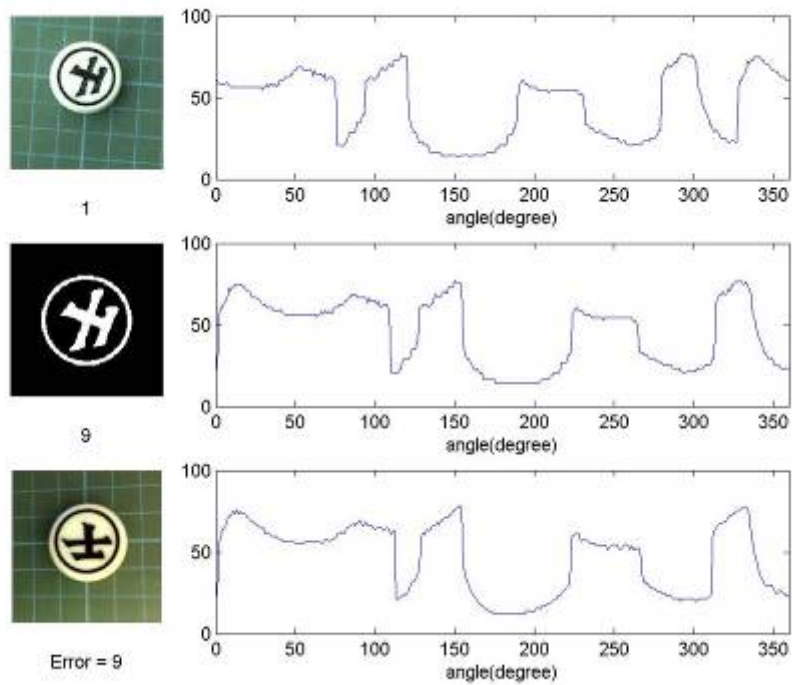
(f)



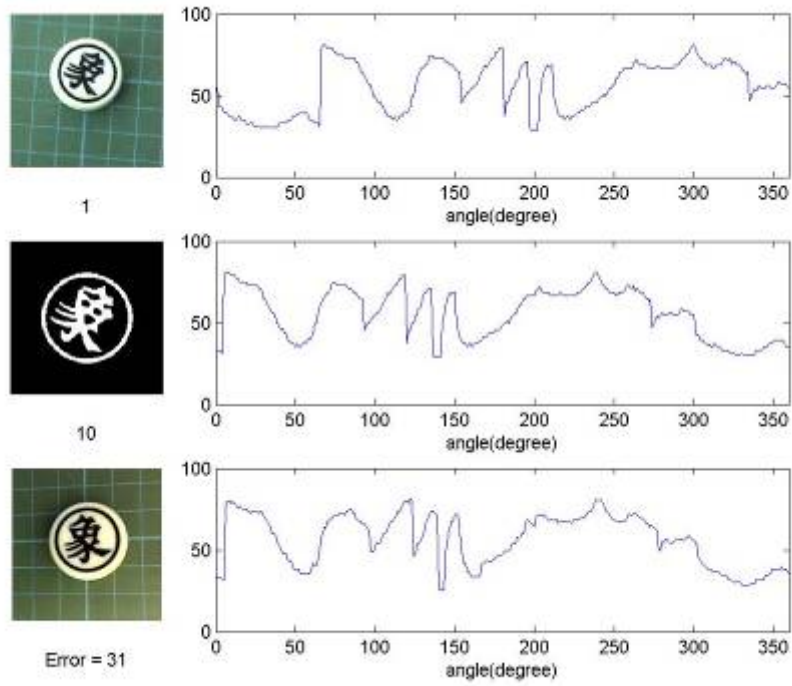
(g)



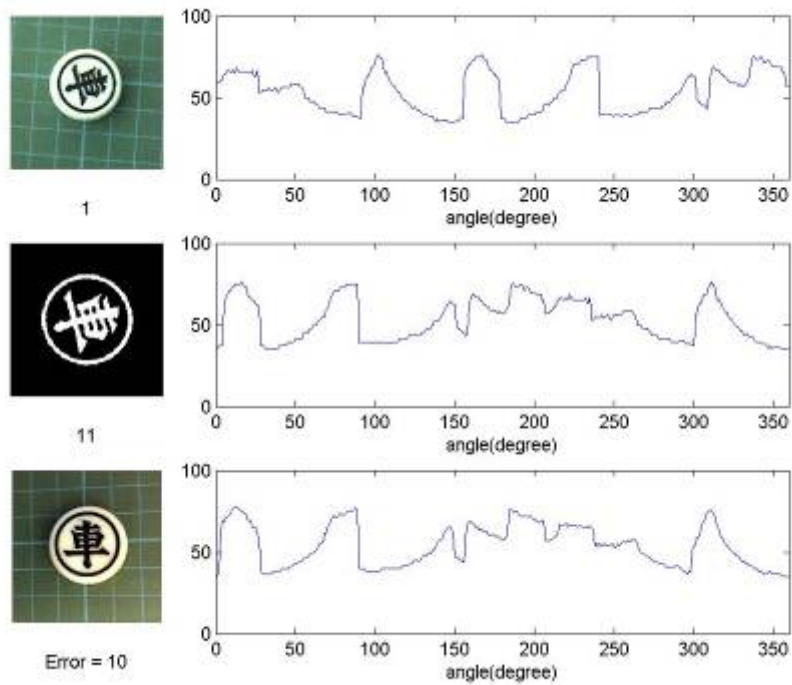
(h)



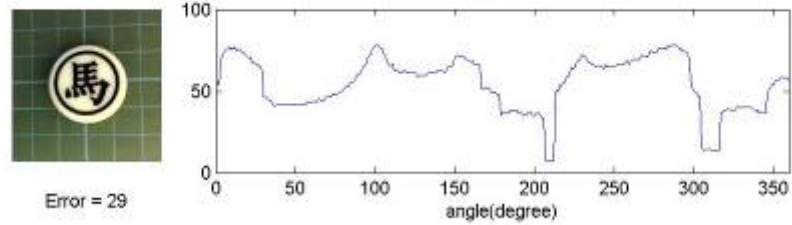
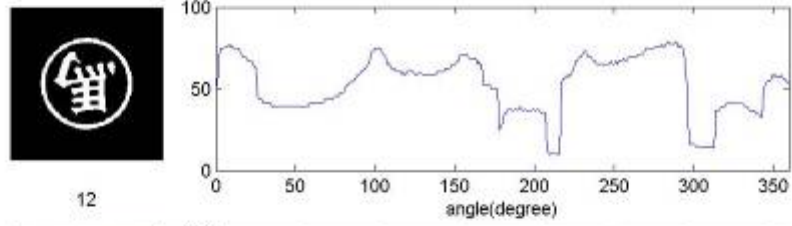
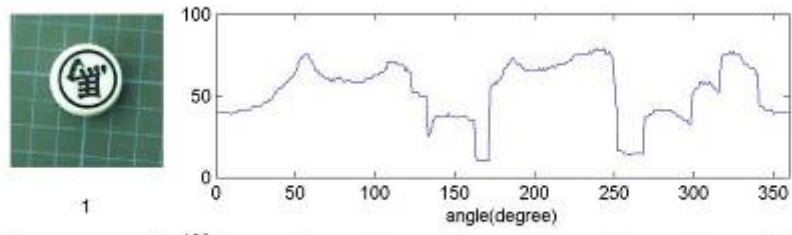
(i)



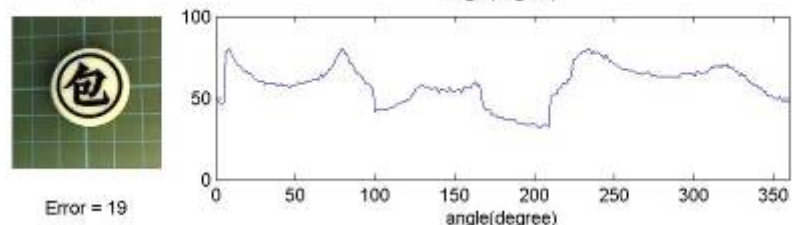
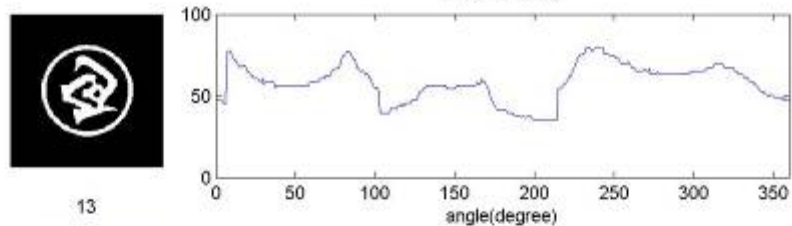
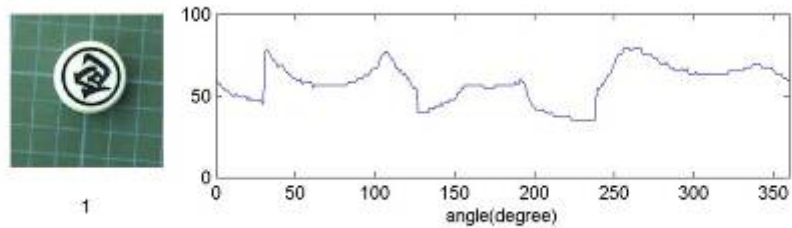
(j)



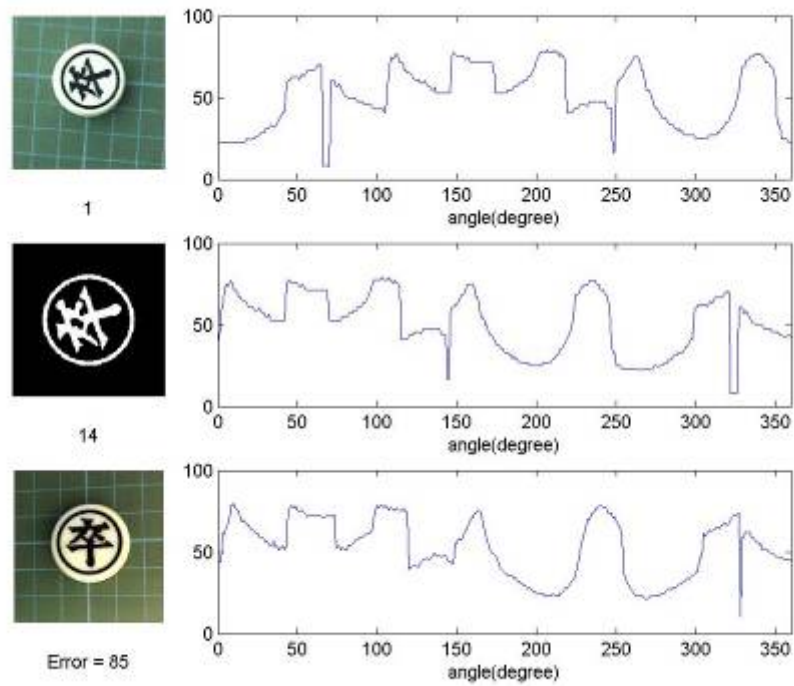
(k)



(l)



(m)



(n)

圖 4.3 象棋影像大小辨識的結果: (a)帥;(b)仕;(c)相;(d)俥;
(e)馮;(f)炮;(g)兵;(h)將;(i)士;(j)象;(k)車;(l)馬;(m)包;(n)卒

4.3 棋子旋轉測試

由於象棋圓形的形狀，導致在辨識時無法像麻將或撲克牌使用其方形的形狀加以定位，所以增加了辨識的困難度。由於本論文的演算法採掃描一周的方法，只要找到起始點便能輕易分辨出來。本實驗對每個象棋都任意旋轉三個角度進行辨識如表 4.2 目標樣本和隨意三種旋轉角度影像。

結果顯示棋子不管有正對玩家或固定擺設方向，都能正確的辨識出結果如圖 4.4(a)-(n)。每張旋轉結果影像包含了五個部份：輸入影像、二值影像、能量波形、正規化和分類結果。頂層為輸入影像和影像前處理後的二值影像；中間部分為能量波形和重心定位起始點的能量波形-正規化；底層為結果輸出，結果的顯示會從目標樣本區找尋符合的能量波形顯示。

表 4.2(a) 目標樣本和任意三種旋轉角度影像-紅

目標影像	量測影像-旋轉		
			
			
			
			
			
			
			

表 4.2(b) 目標樣本和任意三種旋轉角度影像-黑

目標影像	量測影像-旋轉		

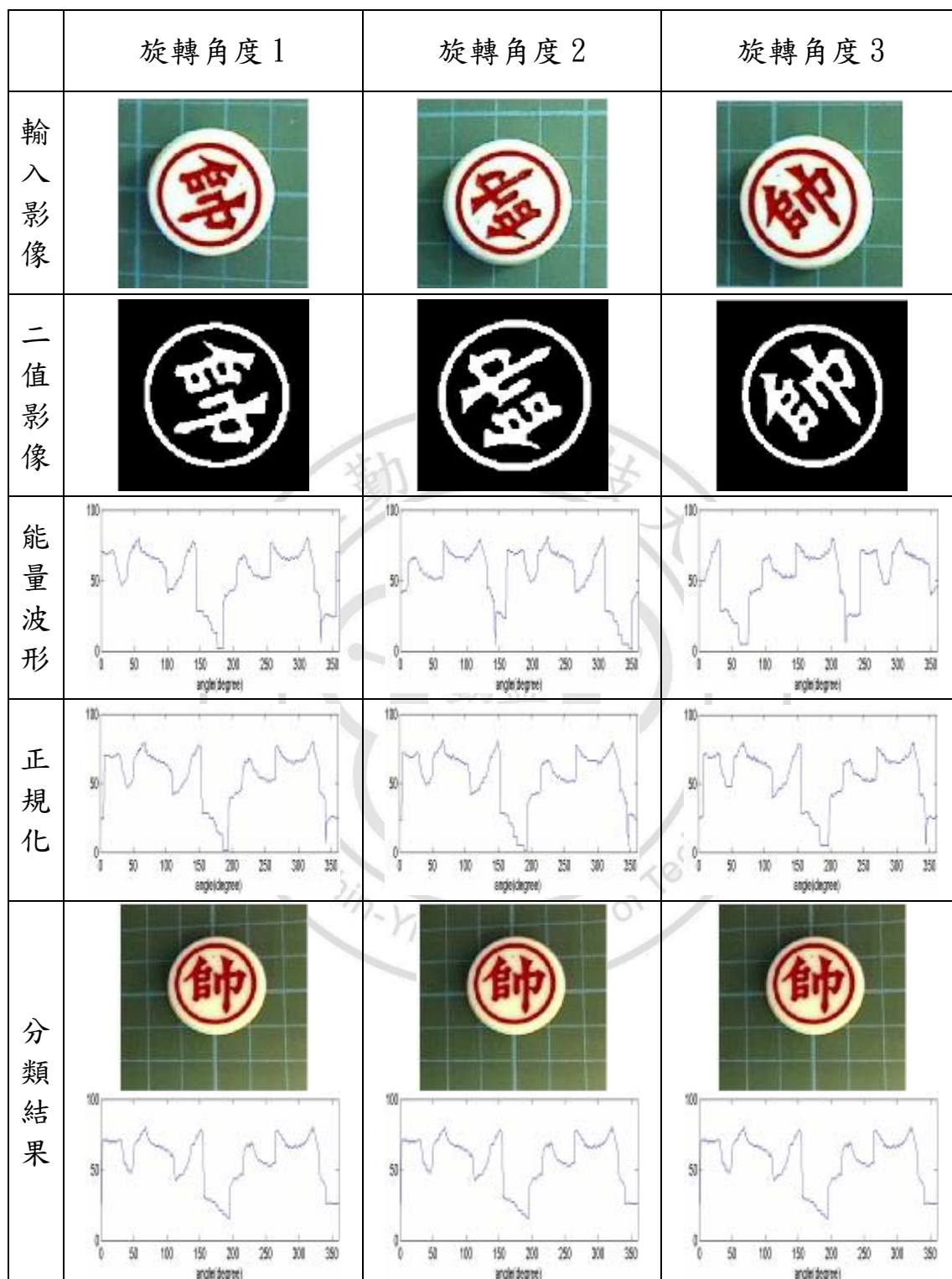


圖 4.4(a) 任意三種旋轉角度-帥







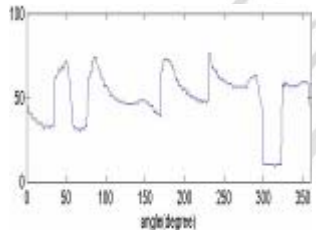
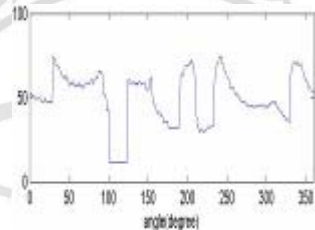
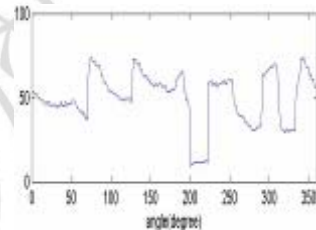
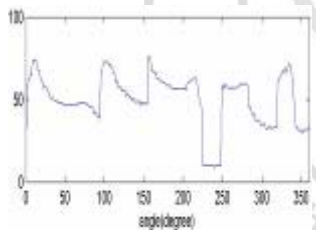
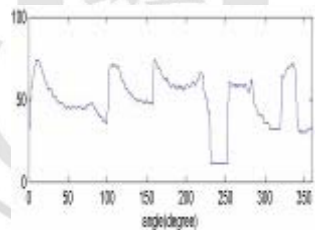
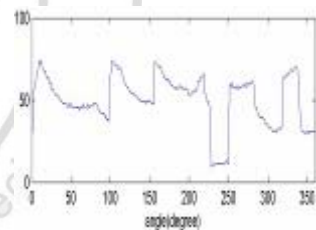



	旋轉角度 1	旋轉角度 2	旋轉角度 3
輸入影像			
二值影像			
能量波形			
正規化			
分類結果			

圖 4.4 (b) 任意三種旋轉角度-仕

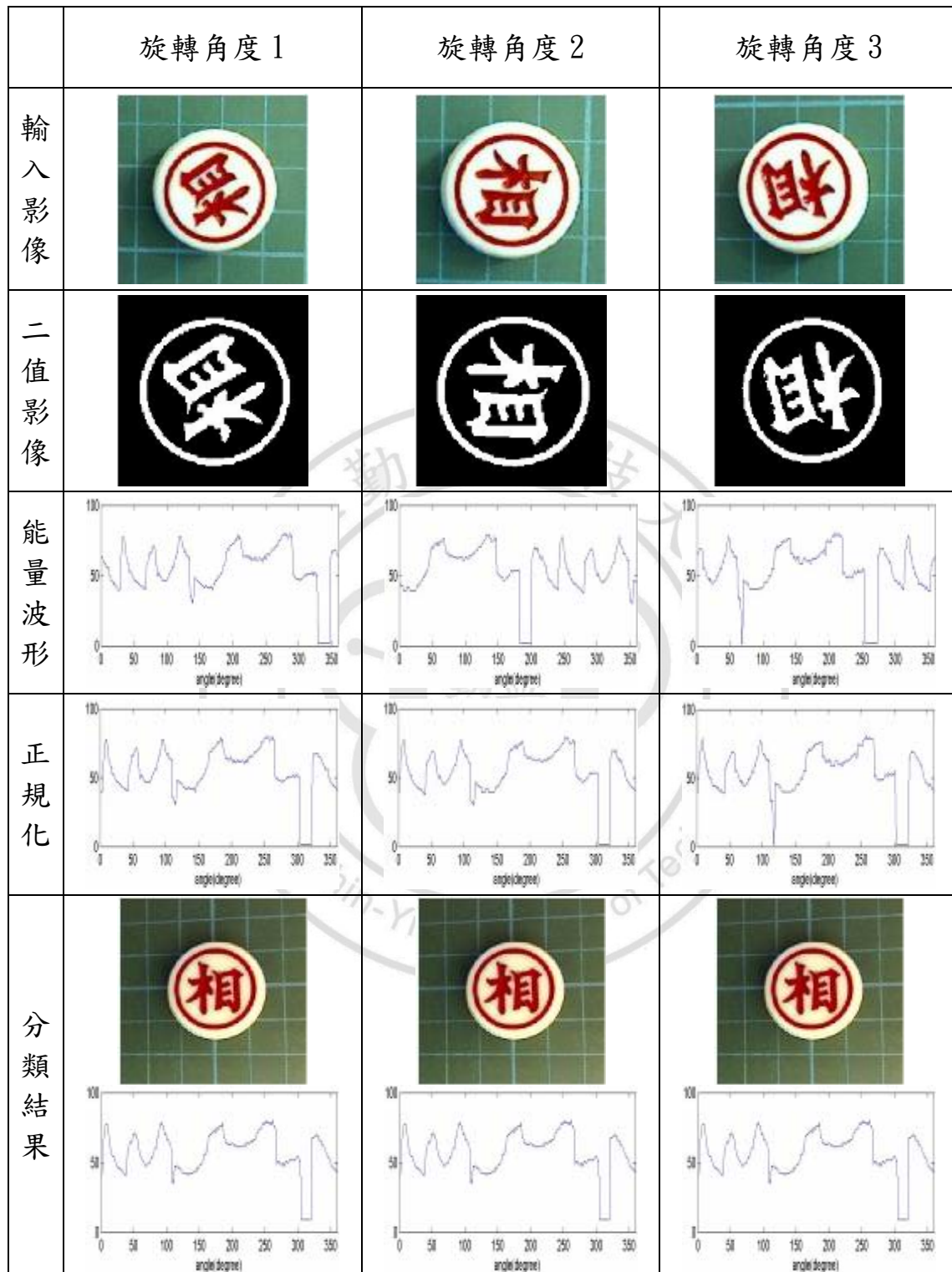


圖 4.4 (c) 任意三種旋轉角度-相

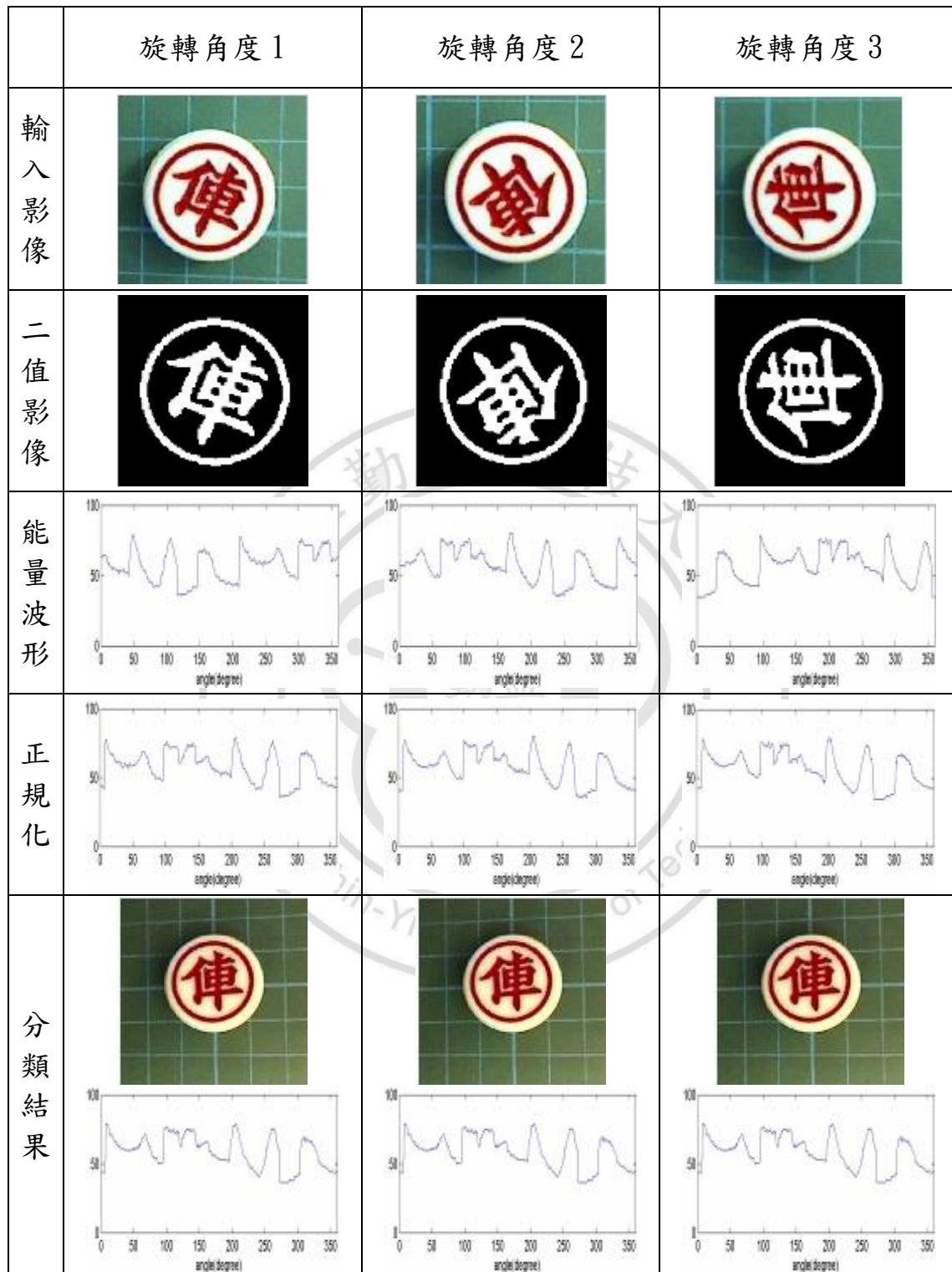


圖 4.4 (d) 任意三種旋轉角度-傳

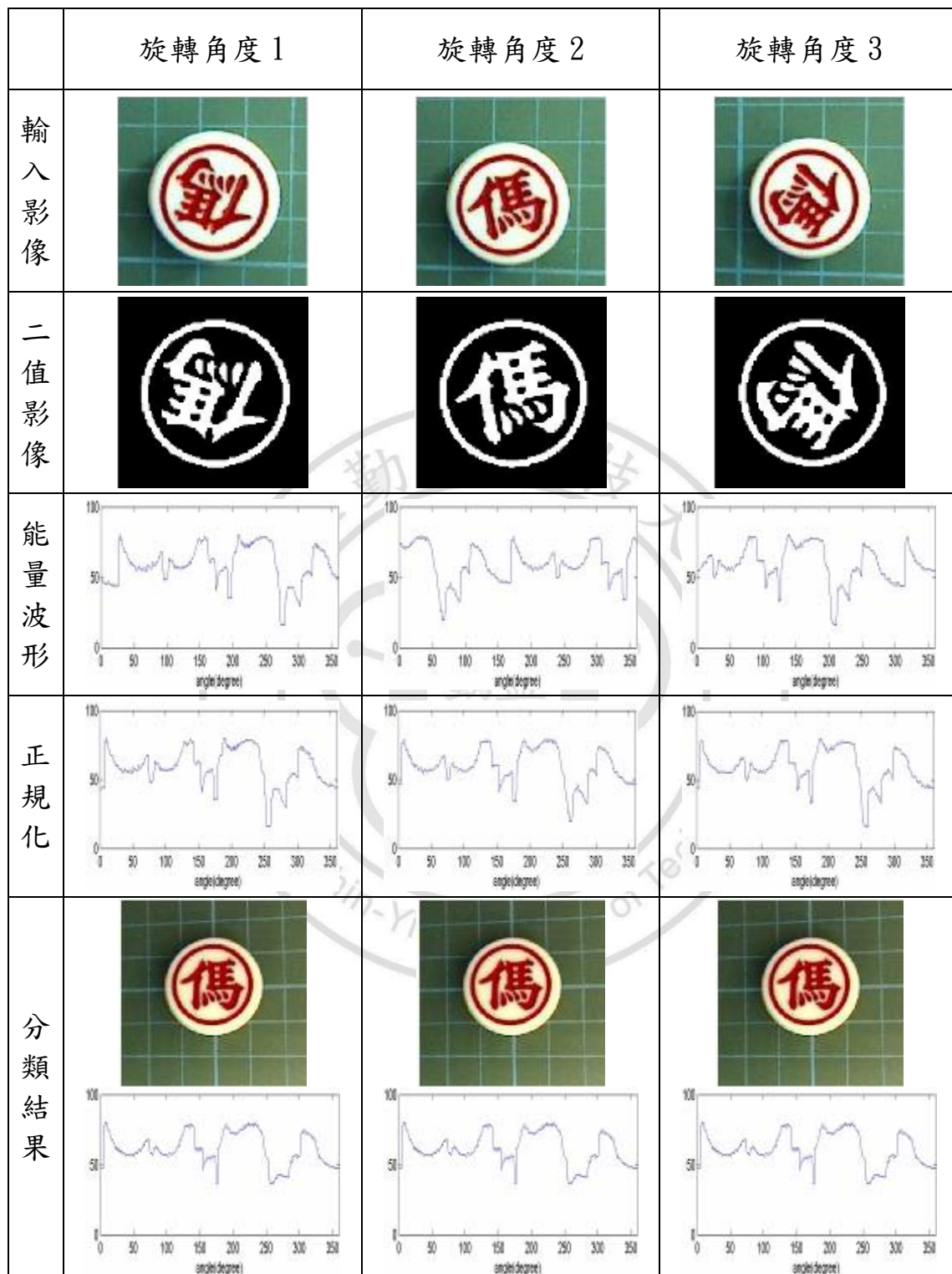


圖 4.4 (e) 任意三種旋轉角度-馬

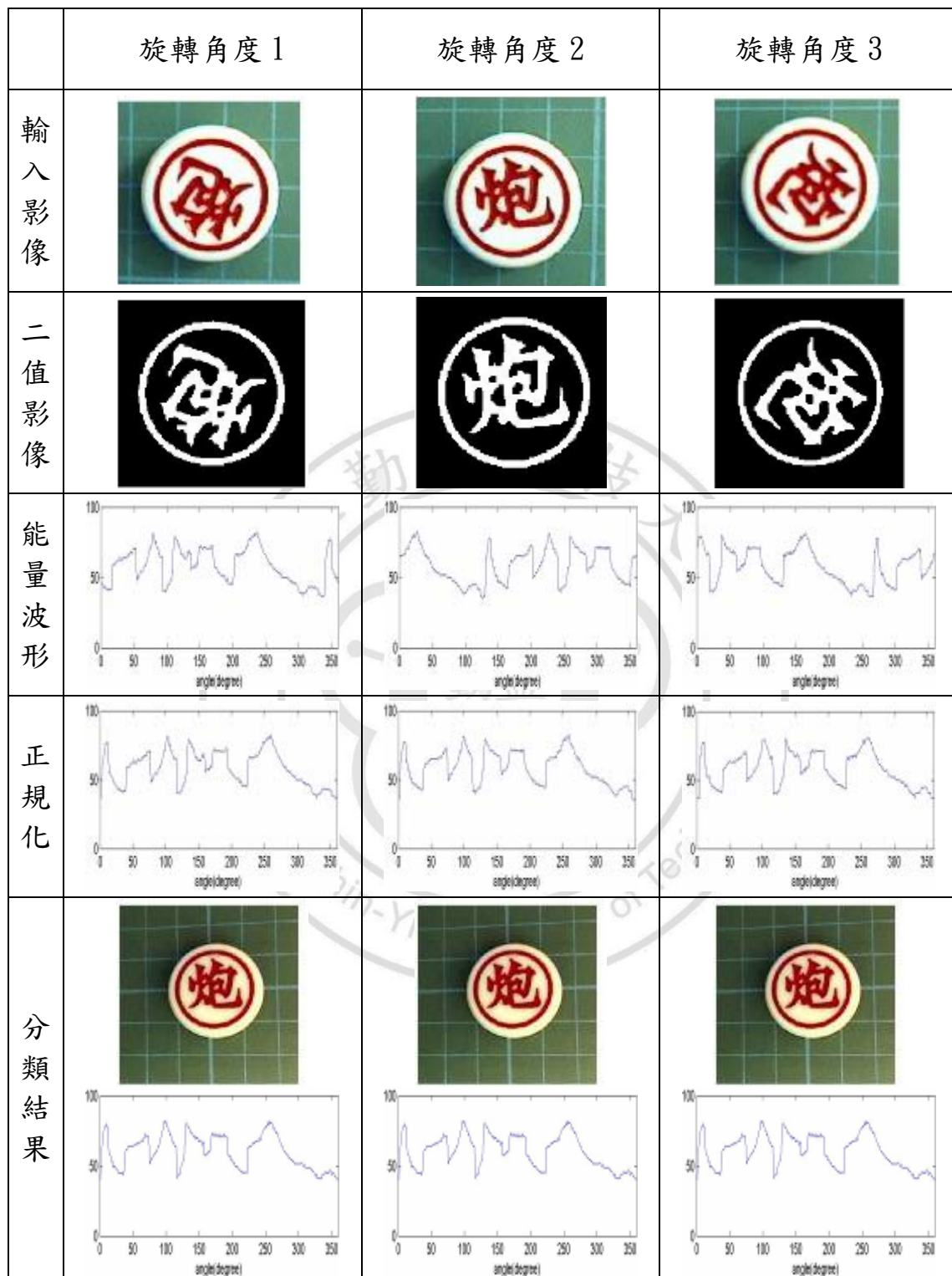


圖 4.4 (f) 任意三種旋轉角度-炮

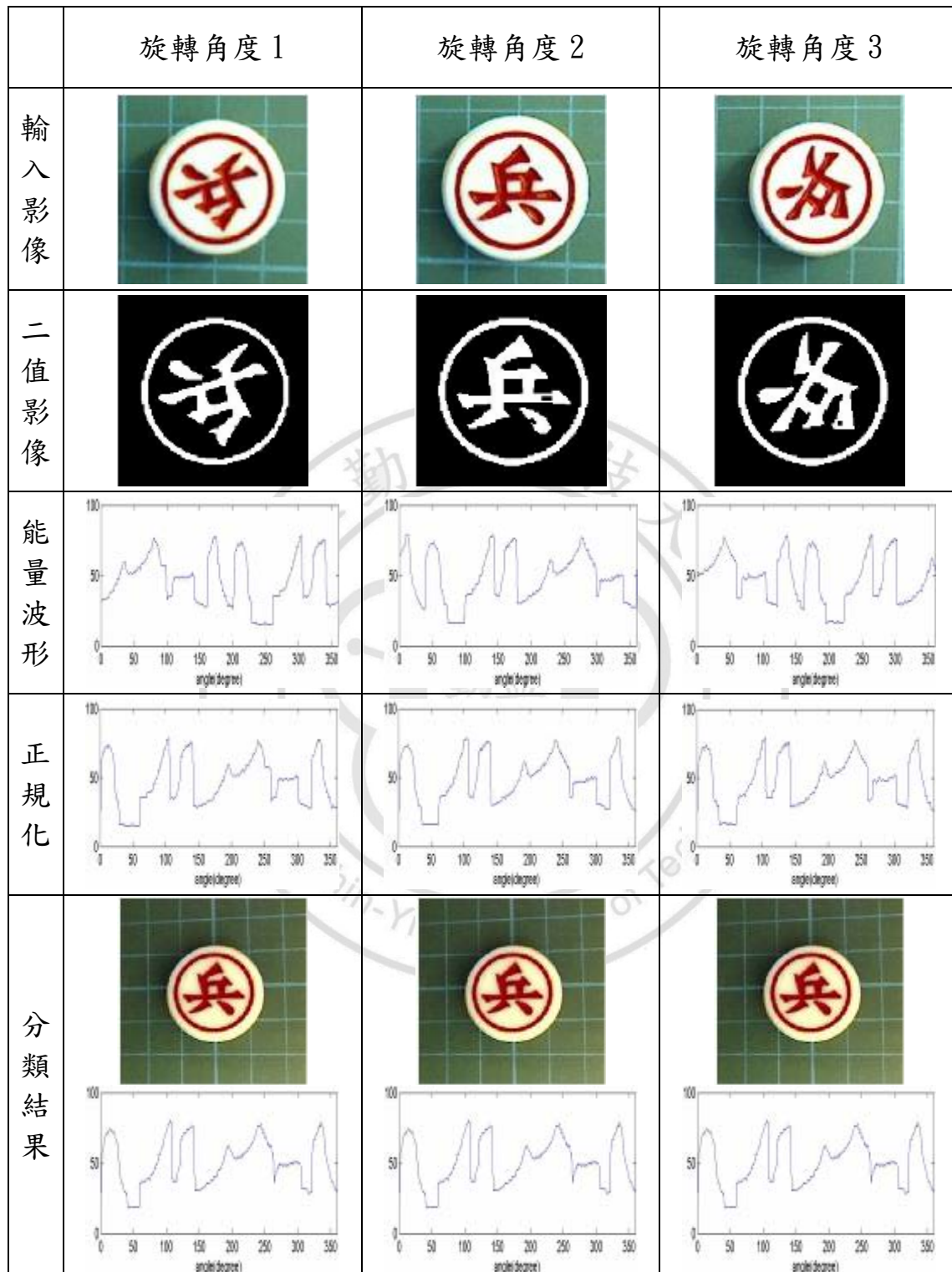


圖 4.4 (g) 任意三種旋轉角度-兵

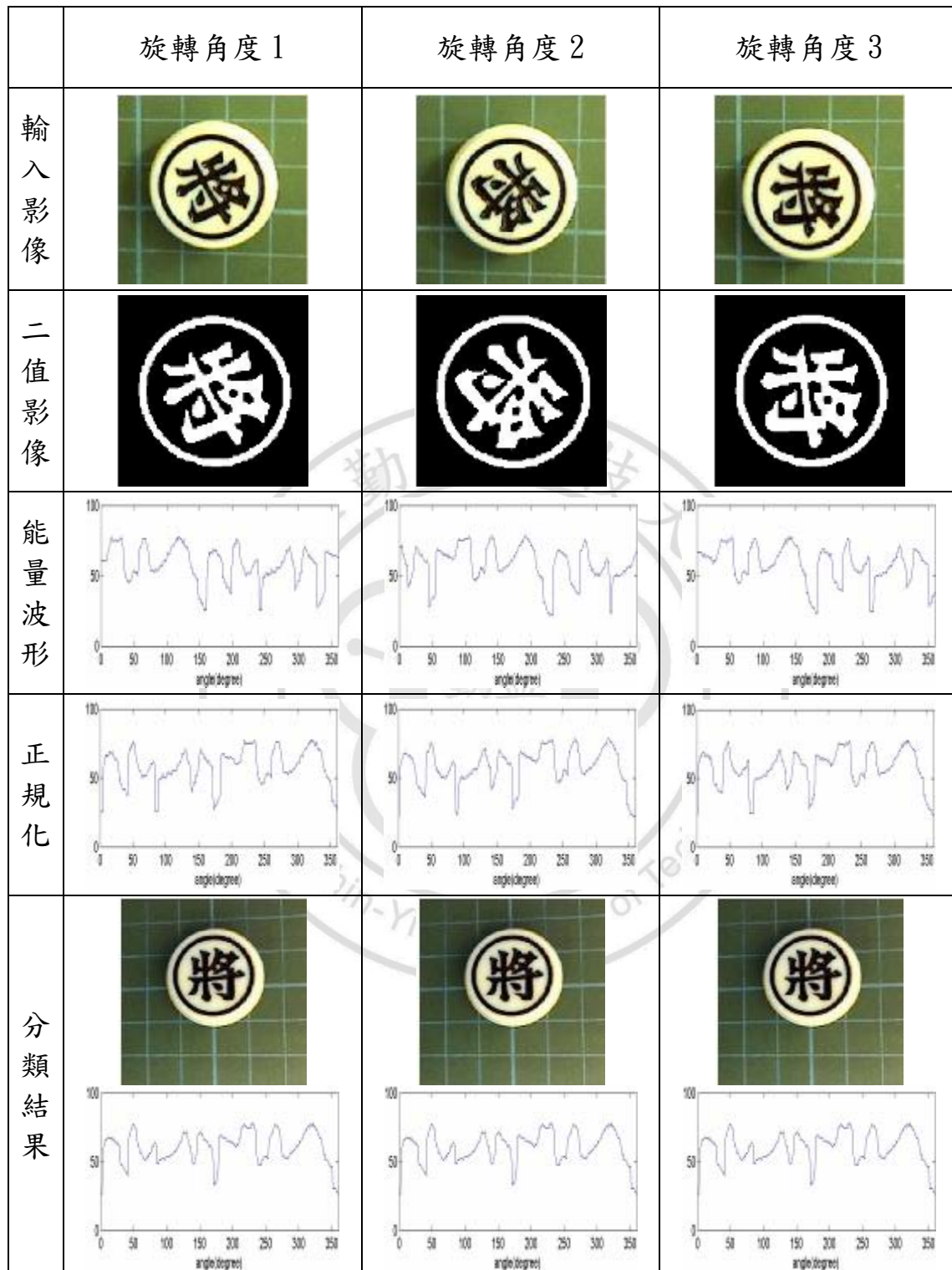


圖 4.4 (h) 任意三種旋轉角度-將

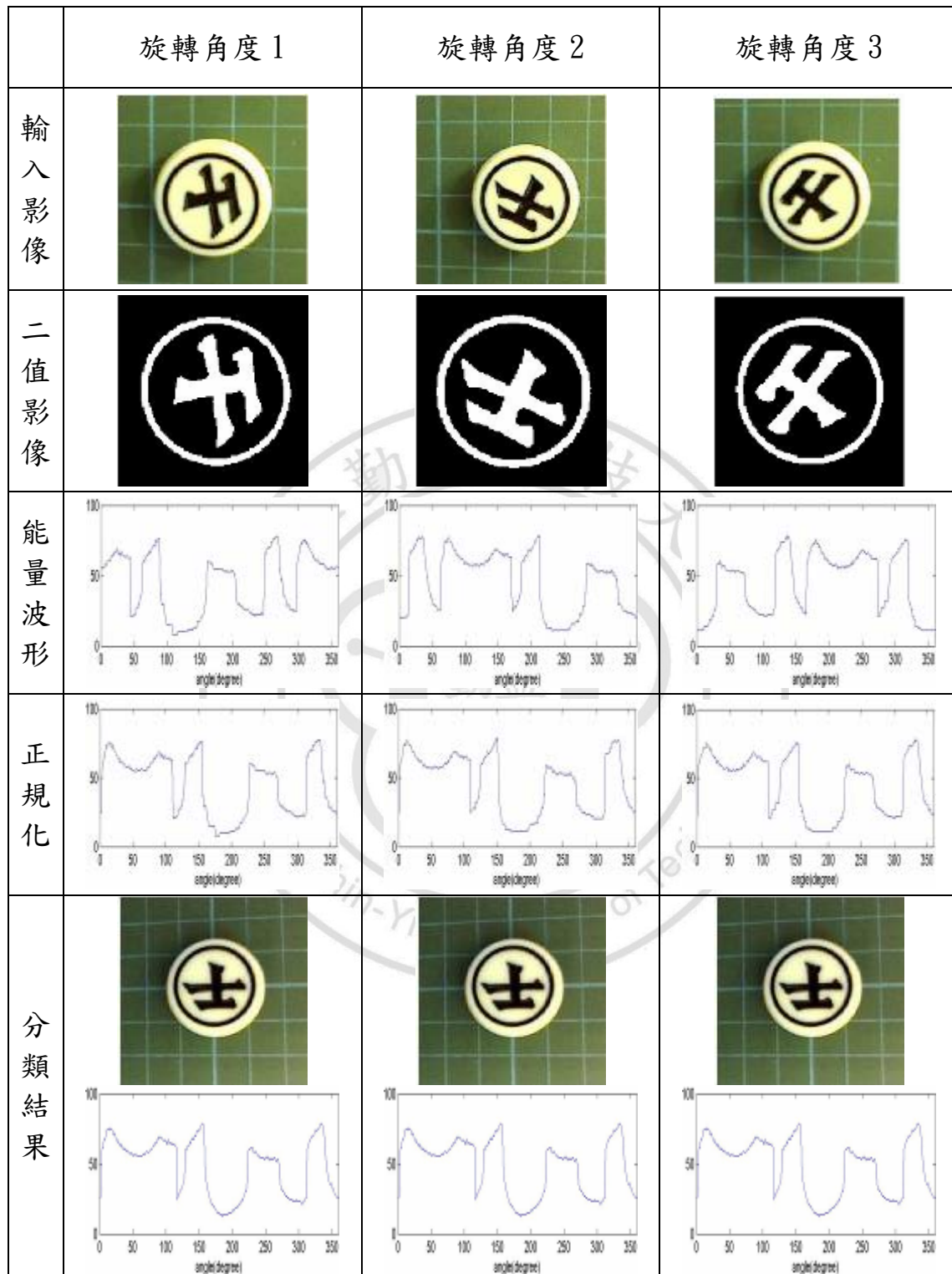


圖 4.4 (i) 任意三種旋轉角度-士

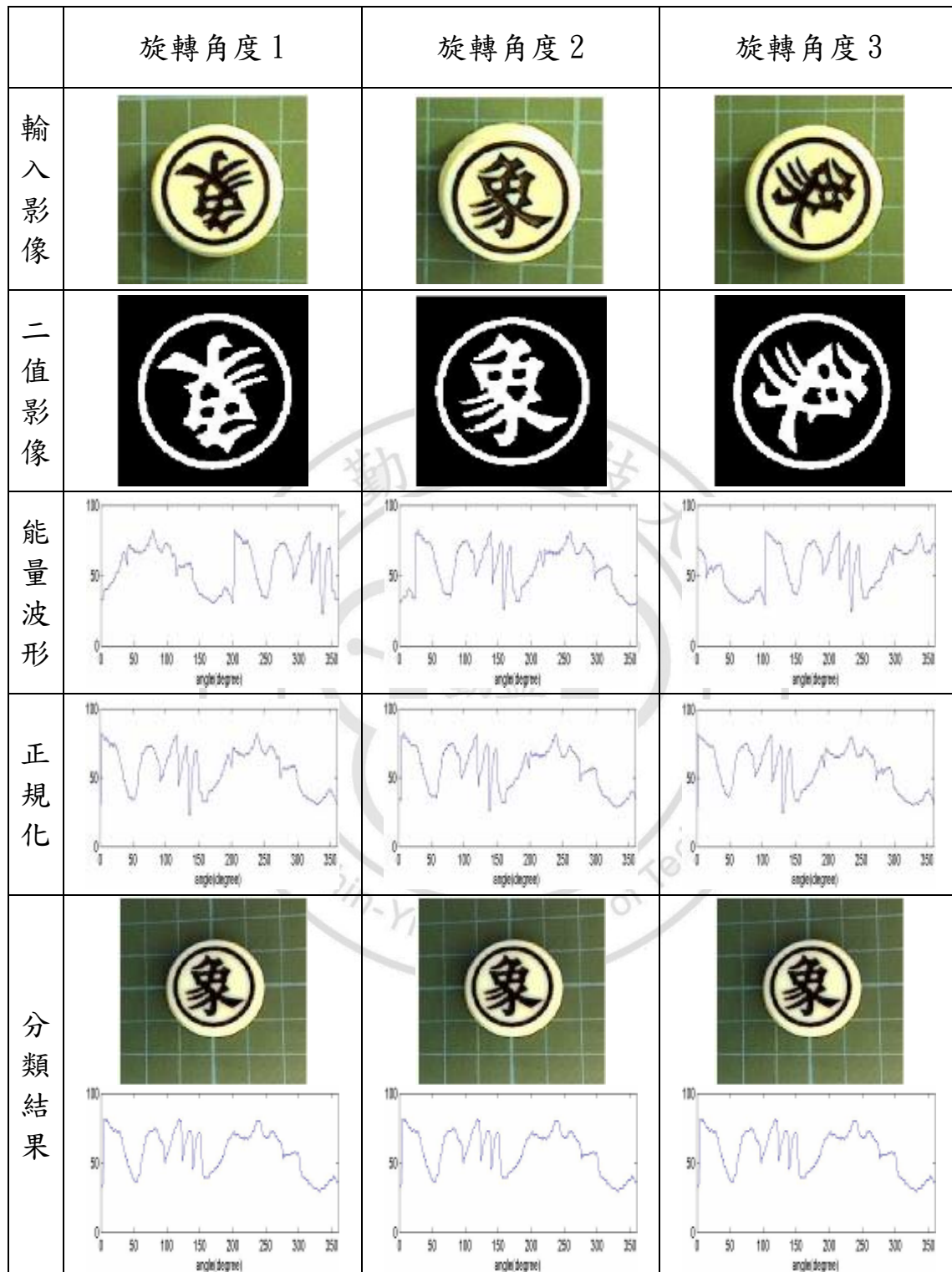


圖 4.4 (j) 任意三種旋轉角度-象

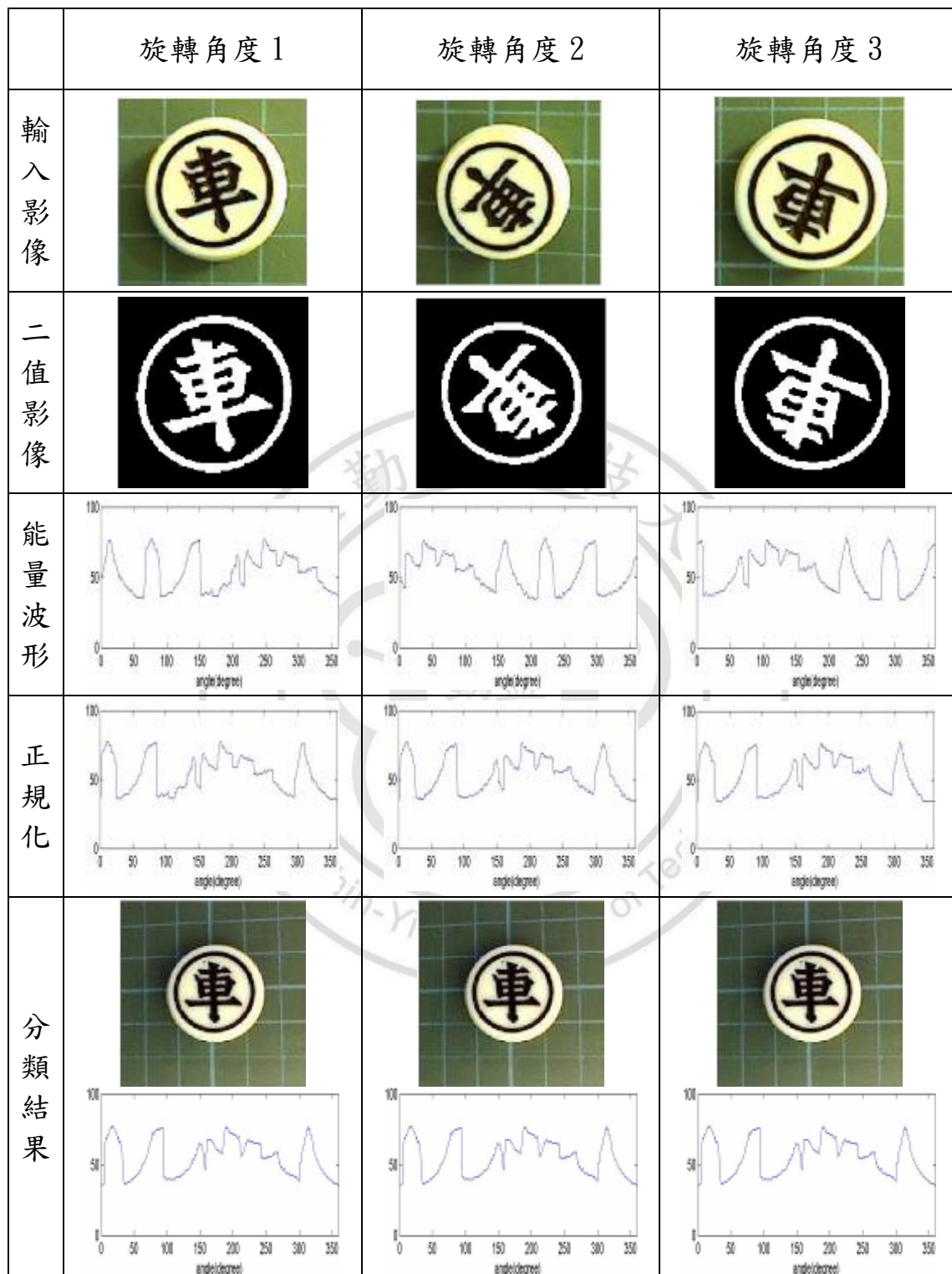


圖 4.4 (k) 任意三種旋轉角度-車







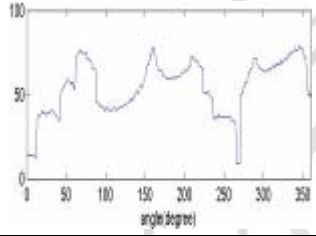
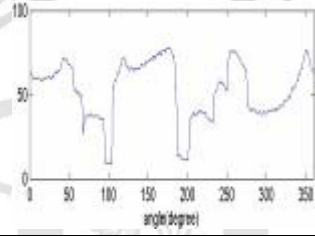
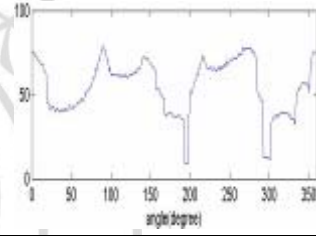
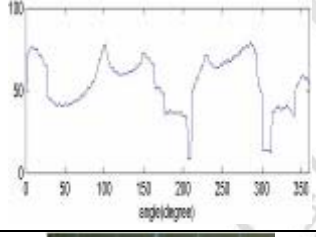
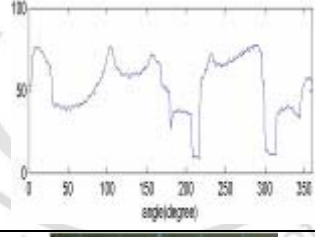
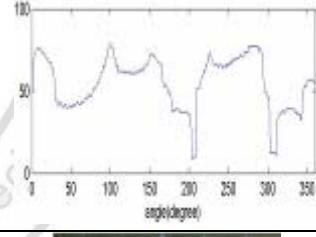
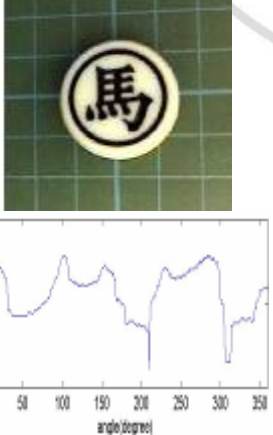
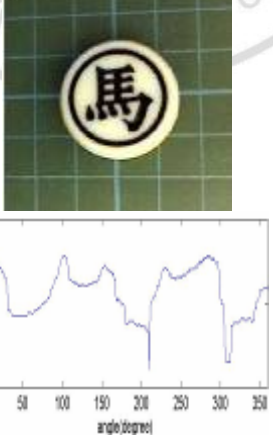
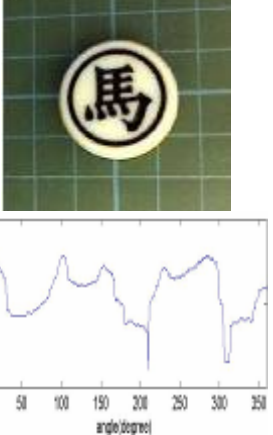
	旋轉角度 1	旋轉角度 2	旋轉角度 3
輸入影像			
二值影像			
能量波形			
正規化			
分類結果			

圖 4.4 (1) 任意三種旋轉角度-馬

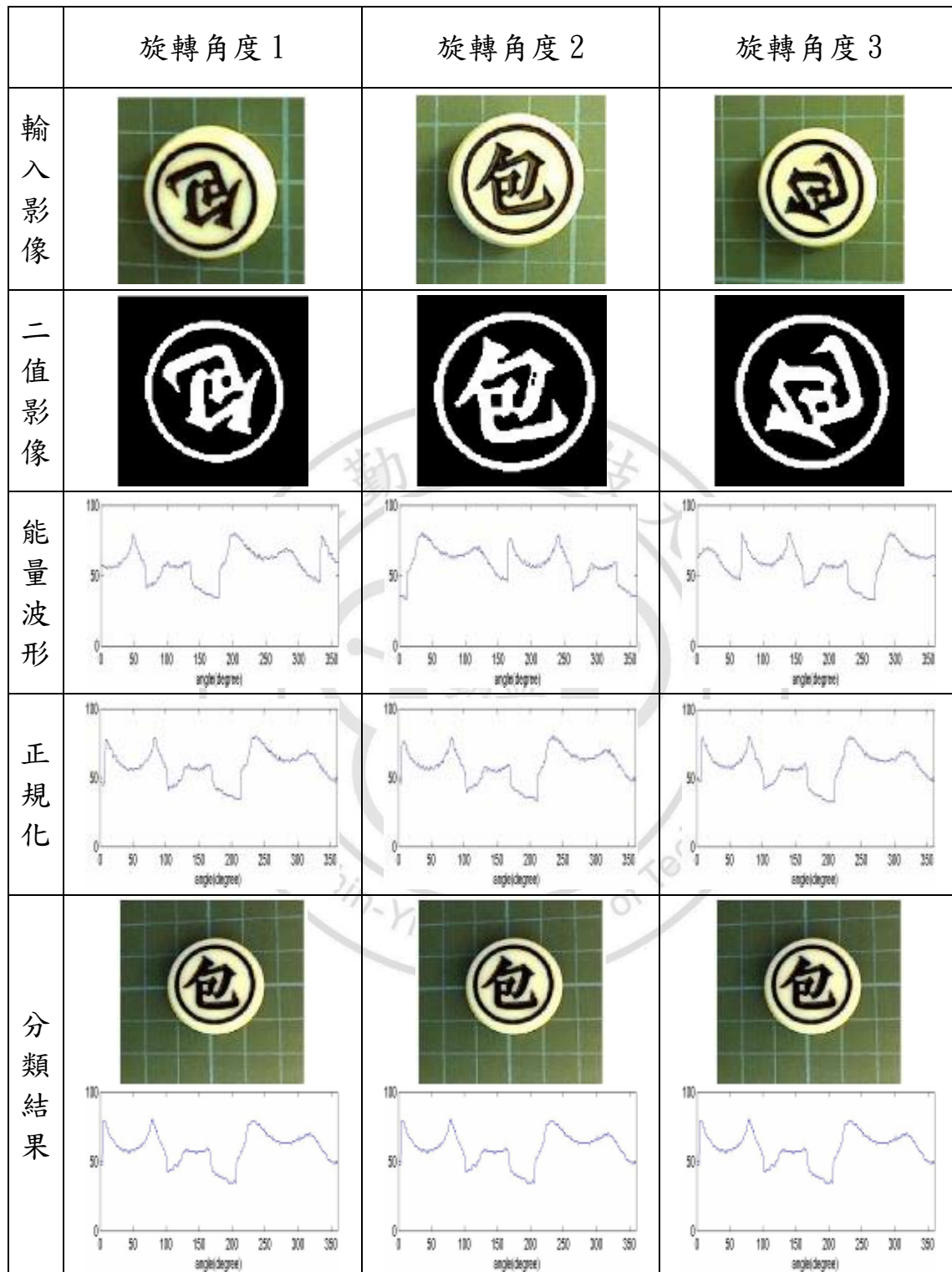


圖 4.4 (m) 任意三種旋轉角度-包

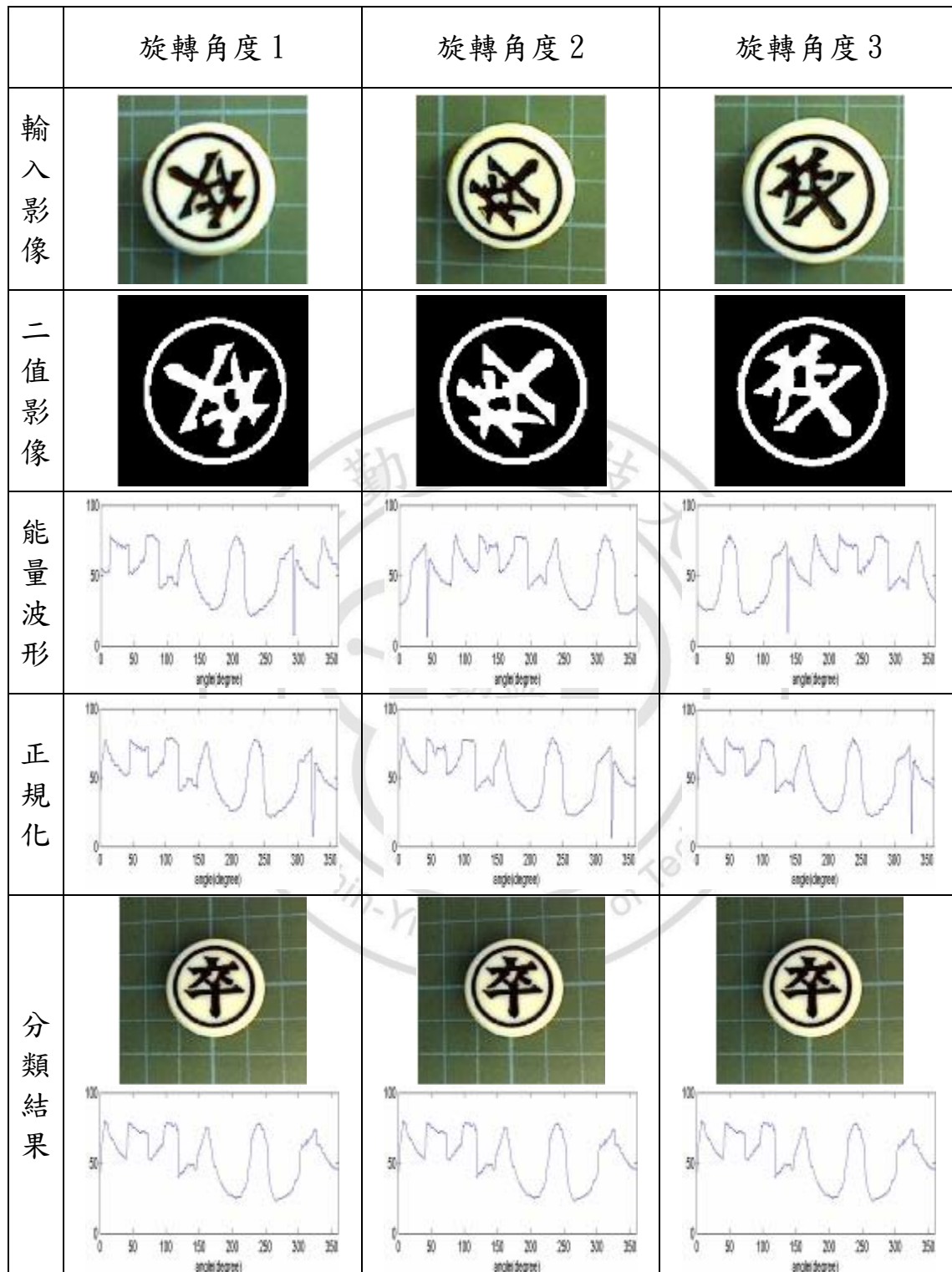


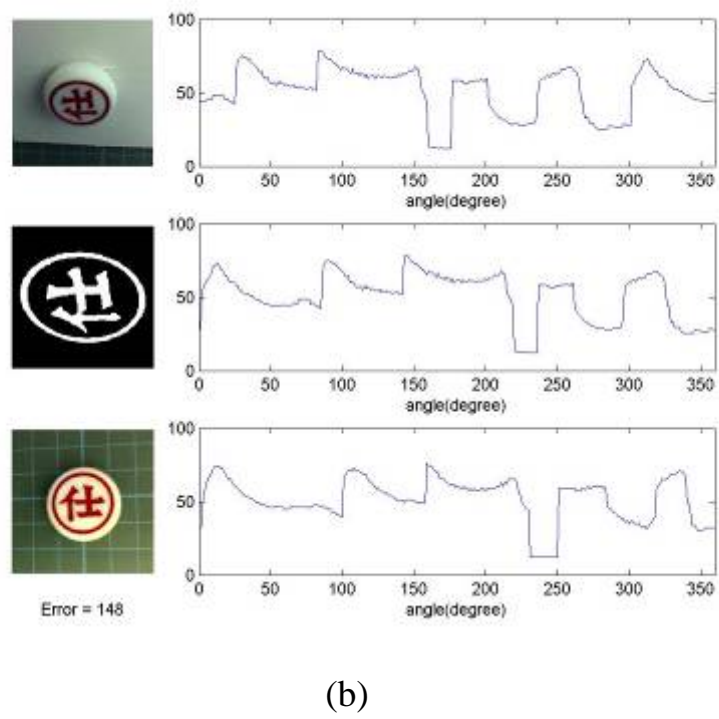
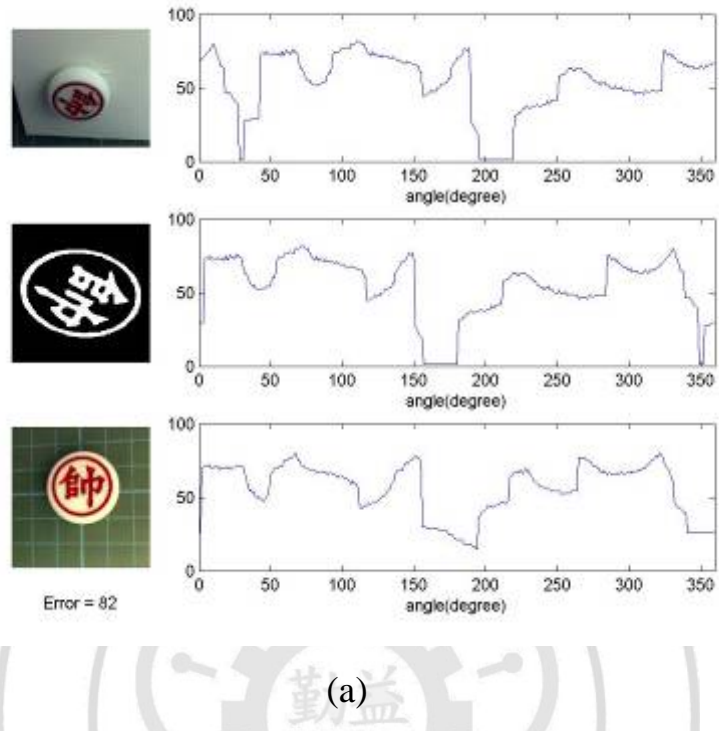
圖 4.4 (n) 任意三種旋轉角度-卒

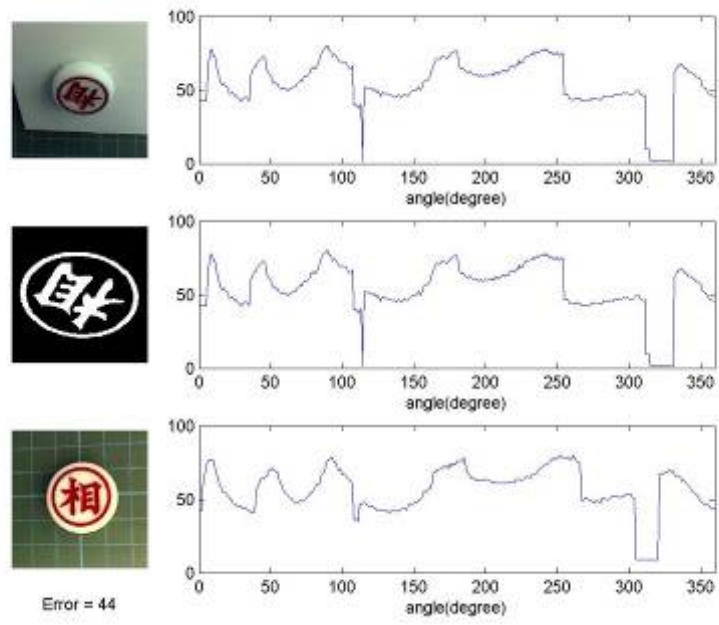
4.4 棋子傾斜角度測試

本小節的實驗，針對了棋子沒有位於鏡頭的正下方，而產生的角度問題作測試。一般為了減少硬體成本花費和架設便利，採用一台 Webcam 來擷取影像。若把 Webcam 架設在整張棋盤的正上方，那麼邊緣的棋子會有無法正式鏡頭而產生傾斜的問題。本演算法可以辨識象棋傾斜角度達到 40 度如圖 4.5 傾斜角度 40 度。結果顯示出來皆為正確無誤，如圖 4.6(a)-(g)紅子和圖 4.7(a)-(g)黑子傾斜角度 40 度。

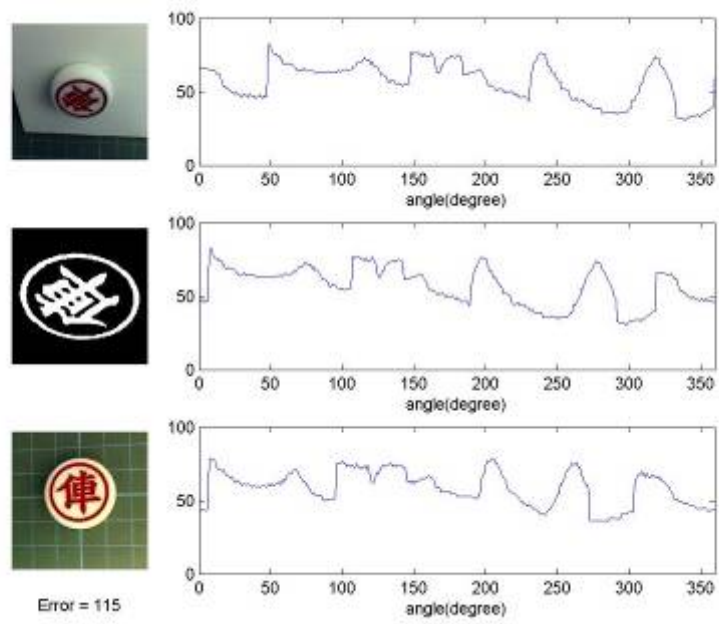


圖 4.5 傾斜角度 40 度

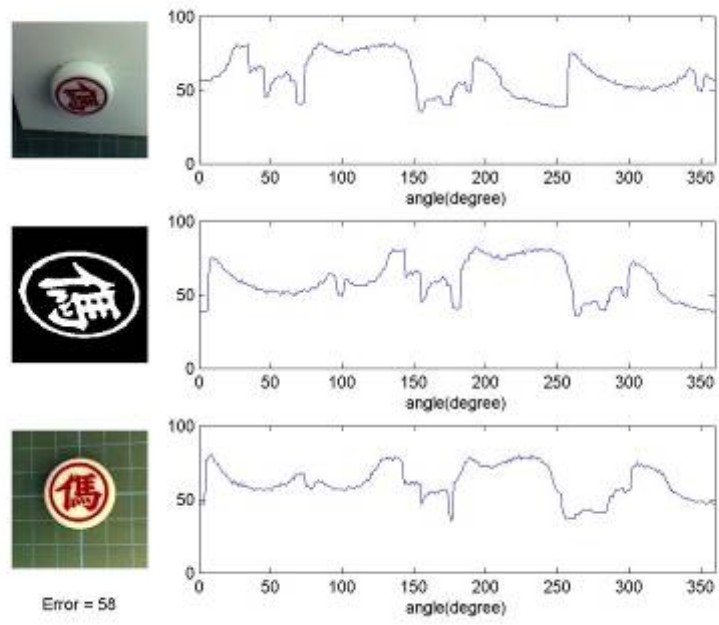




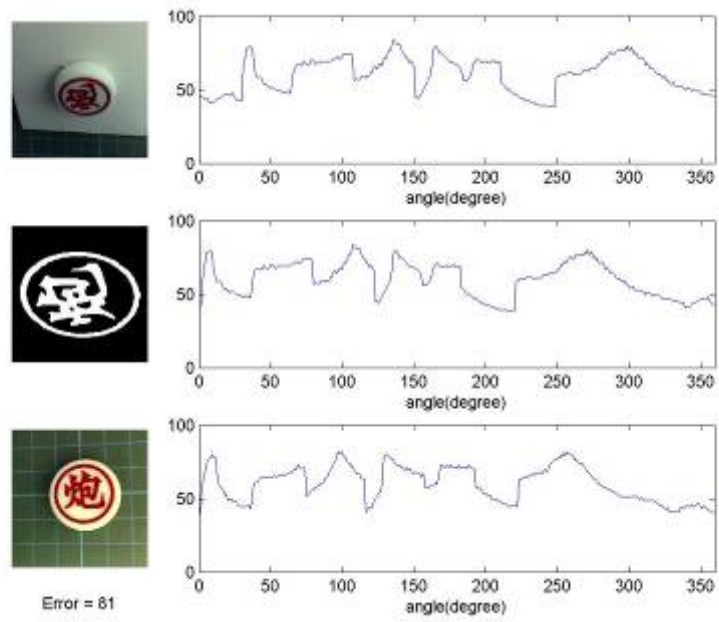
(c)



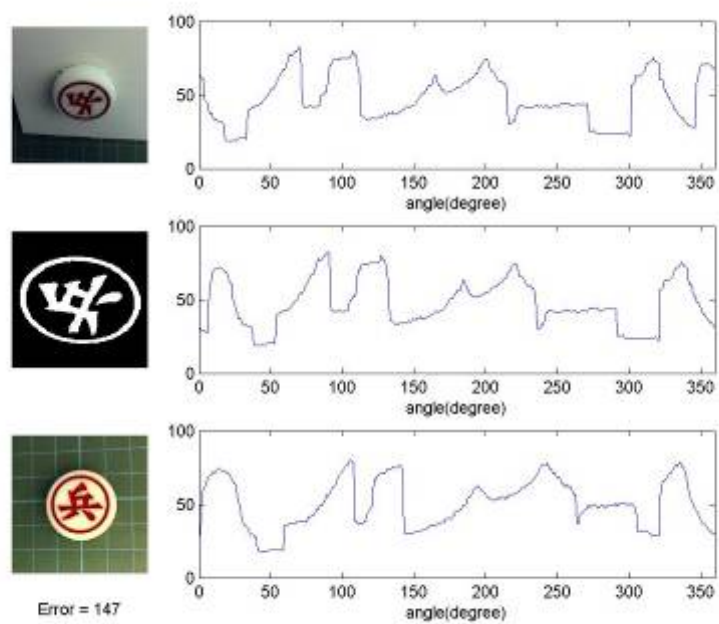
(d)



(e)

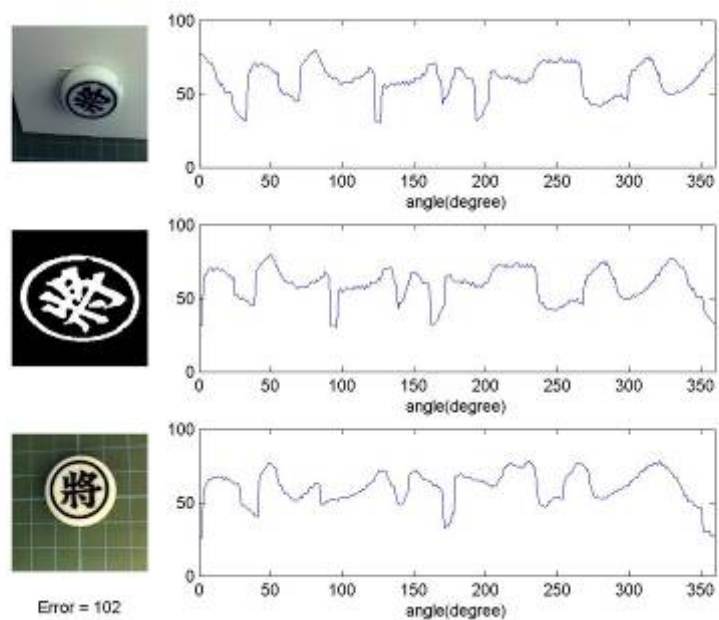


(f)

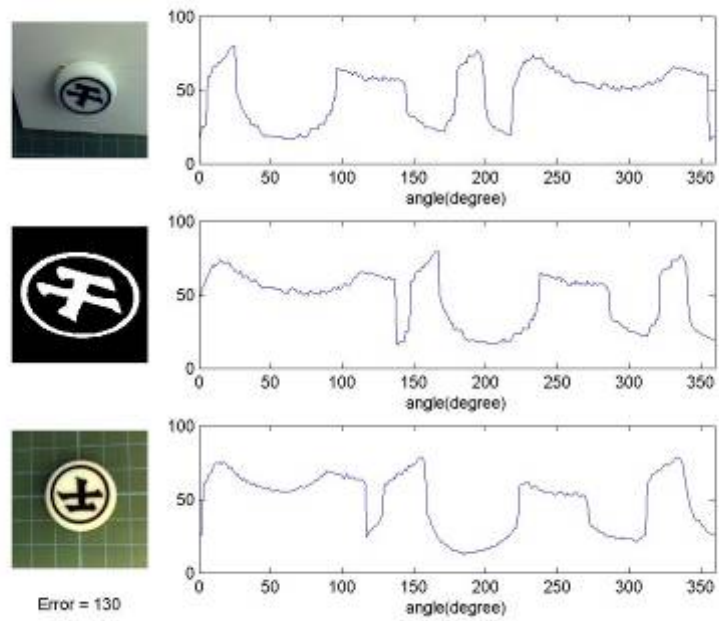


(g)

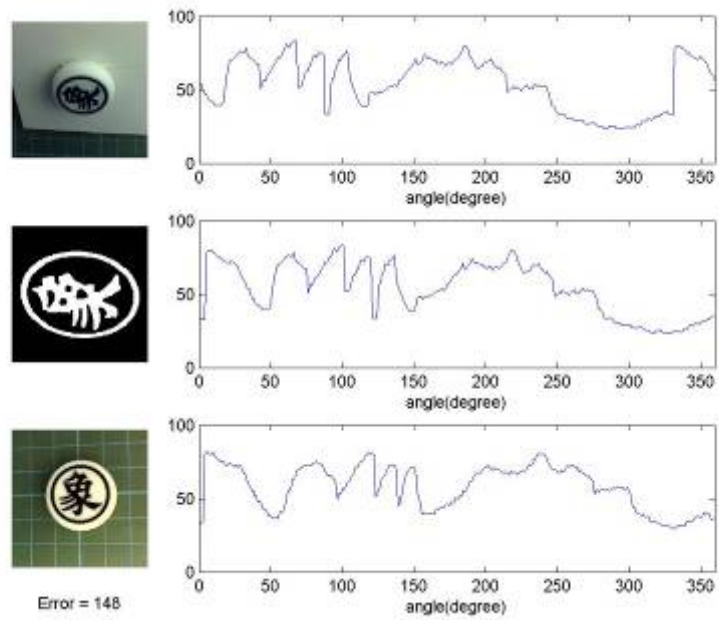
圖 4.6 傾斜角度 40 度-紅子:(a)帥(b)仕(c)相(d)俾(e)僂(f)炮(g)兵



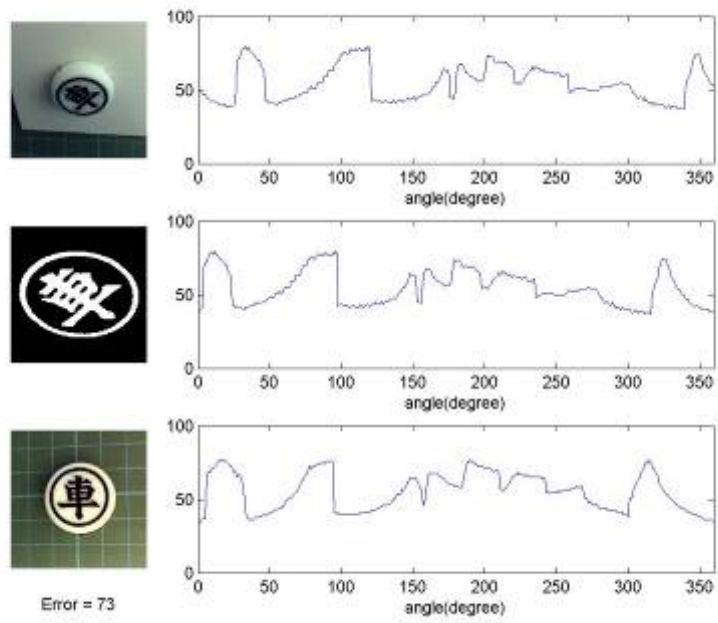
(a)



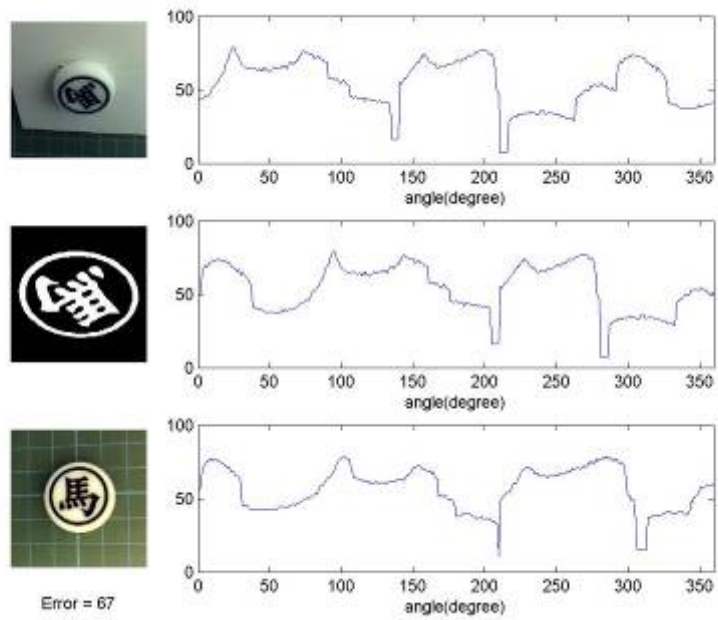
(b)



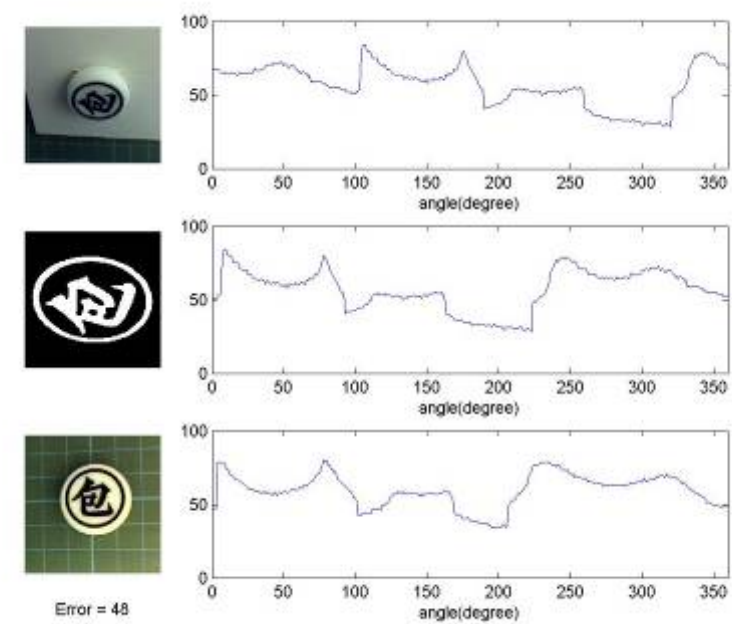
(c)



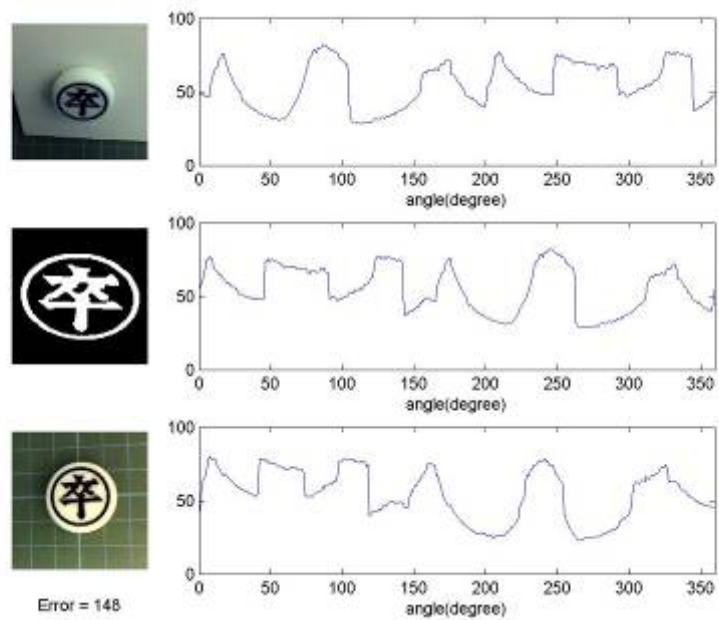
(d)



(e)



(f)



(g)

圖 4.7 傾斜角度 40 度-黑子(a)將(b)士(c)象(d)車(e)馬(f)包(g)卒

4.5 雜訊測試

本小節實驗，我們直接對全彩象棋影像的三個平面 RGB 加入胡椒鹽雜訊。整個演算法可以容忍 20%胡椒鹽雜訊的干擾。我們使用表 4.2 的四十二張圖作實驗，每張圖分別作兩千次的胡椒鹽雜訊干擾辨識。在實驗過程中，雜訊的干擾常使目標影像殘缺破裂，如圖 4.8 偽的圓框已經斷開，但本論文的演算法允許這些破裂的情況，皆能正確的判斷出棋子的類別。主要是演算法掃描整個圓，對於一小段的資料流失，是可以接受的，這一小段的資料流失，對本文演算法來說，只會略為增加一些錯誤點各數，也就是說他還是有一定的正確率。



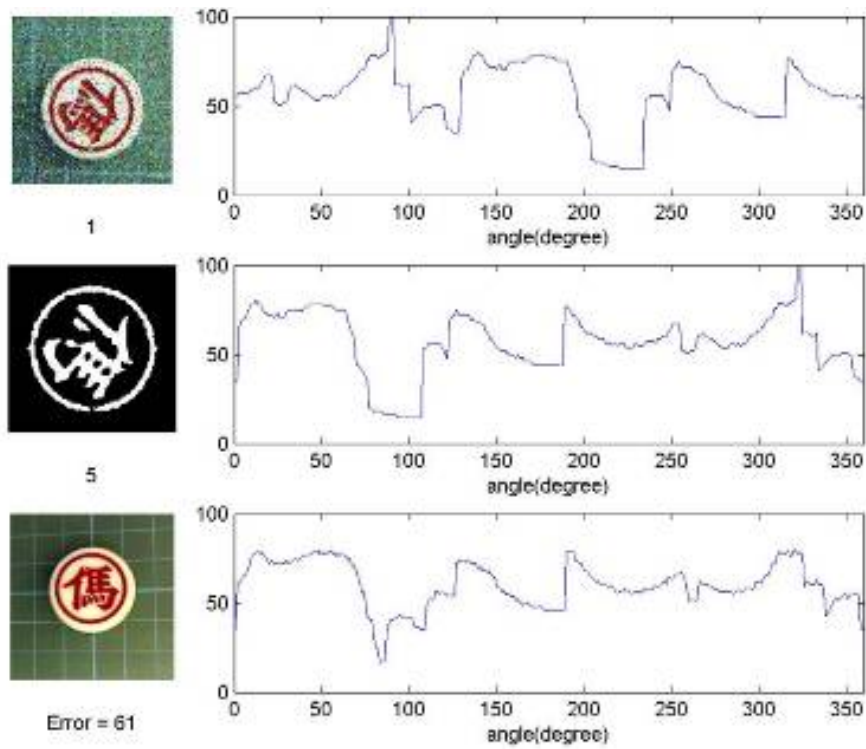


圖 4.8 胡椒鹽雜訊 20% - 馬

4.6 與其他方法比較

表 4.3 與其他方法比較

	項目	Hu, P. [4]	AISYS VISION[17]	本論文方法
1	抗水平歪斜辨識能力	無	最大達 30 度	最大達 40 度
2	抗旋轉辨識能力	可	可	可
3	抗縮放辨識能力	無	可	可
4	抗胡椒鹽雜訊攻擊	無	無	20%

第五章 結論與未來方向

5.1 結論

本論文設計一演算法可抗水平歪斜、旋轉、雜訊干擾和縮放的辨識系統。不論象棋擺放是否水平，皆能穩定辨識，可允許傾斜最大角度達 40 度。而旋轉的部份，平面 0 度到 360 度旋轉皆可辨識。雜訊干擾，只要文字與圓兩個物件沒有相連，皆能全部辨識。Webcam 架設的遠近，皆能穩定辨識。

本演算法在作傾斜的實驗，當傾斜角度大到某個程度，其波形片段被水平擠壓或水平拉長，其波形起伏不變，可以針對此特性抓取特徵點，提高傾斜角度的辨識。

5.2 未來方向

由於 3D 遊戲和虛擬實境的產品與日俱增，我們透過影像辨識技術，結合擴增實境(Augmented Reality)呈現 3D 影像給玩家視覺的震撼力外，也推廣中國象棋。不再單單於紙上談兵，而是使玩家身歷其境，增加下棋的樂趣。

參考文獻

- [1] Tong, G., Qu, Y., Cheng, T., *Human-Computer Interactive Gaming System-A Chinese Chess Robot*, Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference, pp. 984 – 987, 2009.
- [2] Lin, C.Y., Jo, P.C., Tseng, C.K., *Multi-Functional Intelligent Robot DOC-2*, Humanoid Robots, 2006 6th IEEE-RAS International Conference, pp. 530 - 535, 2006.
- [3] Wang, J., Dong, L., Gao, X., Xu, C., Wang, F., Zhang, C., *Research and Development of Super-Master-like Chess Playing Robot*, Control and Decision Conference, pp.1332 - 1335, 2009.
- [4] Hu, P., Luo, Y., Li, C., *Chinese Chess Recognition based on Projection Histogram of Polar Coordinates Image and FFT*, Pattern Recognition, 2009. CCPR 2009. Chinese Conference, pp.1-5, 2009.
- [5] Zhu, H., Lei, J., Tian, X., *A Pattern Recognition System Basd on Computer Vision The method of Chinese chess recognition*, Granular Computing, 2008. GrC 2008. IEEE International Conference, pp.865 - 868, 2008.
- [6] Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K., and Hughes, J. F. *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, second ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 1990.
- [7] Hall, R. A., *Illumination and Color in Computer Generated Imagery*. Springer-Verlag, New York, 1989.
- [8] Hall, R. A. and Greenberg, D. P., *A testbed for realistic image synthesis*,

- IEEE Computer Graphics and Applications,3:10 – 20,1983.
- [9] Richard W.Hall, Parallel Connectivity-Preserving Thinning Algorithms, in T.Y. Kong and Azriel Rosenfeld, eds, *Topological Algorithms for Digital Image Processing*, pp.145-180, Elsevier North-Holland,1996.
- [10] Haralick, R. M., Shapiro, L. G., *Computer and Robot Vision*. Addison-Wesley, 1993.
- [11] Oppenheim, A. V., Schafer, R.W., Schafer, *Discrete-Time Signal Processing*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, pp. 311-312, 1989.
- [12] Soille, P., *Morphological Image Analysis*. 2nd ed. New York: Springer, 2003.
- [13] Van den, B., Van, B., *Image Transforms Using Bitmapped Binary Images*, Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, pp. 254-258, Vol. 54, No. 3, May, 1992.
- [14] 方浩任， “電腦象棋殘局知識庫系統製作與應用”，台灣大學資訊工程學系，碩士論文，1997。
- [15] 董昱騰， “電腦象棋程式達亦設計與製作”，東華大學資訊工程學系，碩士論文，2003。
- [16] 許俊彬， “象棋棋形辨識之研究”，國立交通大學資訊工程系，碩士論文，2006。
- [17] AISYS VISION, 2008, AISYS ChessReader 象棋辨識, Retrieved May 3, 2010, from http://www.aisys.com.tw/web/product/product.php?product_id=38

作者簡介

	
姓名	謝昇原 Sheng-Yuan Hsieh
出生日期	民國七十五年六月九日
學歷	國立勤益科技大學 電子工程系 研究所碩士班 97/9 – 99/6 國立勤益科技大學 電子工程系 四技日間部 93/9-97/6
專長	影像辨識
E-mail	zalston0204@gmail.com
著作： <ol style="list-style-type: none"> 1. Wen-Yuan Chen , Sheng-Yuan Hsieh, Chih-Yuan Tu, and Ching-Hai Cheng, “A DWT-Based Digital Audio Watermarking Scheme Using Majority Energy Distribution Technique”, 第十二屆人工智慧研討會(TAAI), pp.1-8, Nov. 16-17,2007 2. Chin-Ho Chung, Sheng-yuan Hsieh, Wen-Yuan Chen, “Energy Saving Scheme Using Image processing Techniques,” 2008 The 2nd Cross-Strait Technology, Humanity Education and Academy-Industry Cooperation Conference, NCUT, Taichung, Taiwan, pp.511-516, Dec. 4-5, 2008.(ISBN:978-957-21-6668-0) 2008THE第二屆海峽兩岸科技與人文教育暨產學合作研討會 3. Wen-Yuan Chen, Sheng-yuan Heish, and Chiou-Kou Tung, “Poker Image Identification Scheme Using Fourier Description Technique”, 	

The 17th National Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, pp.480-487, Dec.18-19, 2009.

4. Wen-Yuan Chen, Yue-ran Chang, **Sheng-yuan Heish**, and Chin-Ho Chung,” Dart Game image Identification Techniques”, 2009 Workshop on Consumer Electronics, NCUT, Taichung, Taiwan, Nov. 06, 2009, submitted
5. Wen-Yuan Chen, **Sheng-Yuan Hsieh**, Chiu-Yu Yen, and Chiou-Kou Tung, “The Chinese-Chess Image Identification Techniques on Spatial Domain”, The 2010 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence TAAI 2010,Nov. 18-20, 2010.
6. Wen-Yuan Chen, Bor-Liang Lin, **Sheng-Yuan Hsieh**, and Chiu-Yu Yen, “The Speed and Orientation Detection Techniques of the Bicycle Image”, International Conference on High-Speed Circuits Design (HSCD2010), NCUT, Taichung, Taiwan, Aug., 2010 , submitted.

