

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080806

校園應用好幫手—圖文合一 QR Code

學校名稱：嘉義縣東石鄉龍港國民小學

| | |
|--------|-------|
| 作者： | 指導老師： |
| 小六 黃至弘 | 侯奎良 |
| 小六 蔡旻諺 | 廖慧雯 |
| 小六 黃邗勳 | |
| 小六 陳盈蓁 | |
| 小五 陳冠霖 | |
| 小四 陳盈蓉 | |

關鍵詞：App、矩陣式二維條碼、行動裝置

校園應用好幫手 — 圖文合一 QR Code

摘要

我們從日常生活中發現了一個新奇的條碼，稱作「QR Code」，因為現在的行動裝置越來越多，為了方便快捷儲存或連結資訊，有人便發明了它。我們先從 QR Code 條碼的由來、基本架構和製作方式加以觀察試作，接著探討改變它的各項元素：定位點、形狀、面積、容錯率以及測試讀取裝置的解碼軟體和鏡頭畫素，最後我們將這樣的符號運用在校園中，並實驗可能發生的狀況，用來瞭解這種新世代的條碼跟以往的條碼有什麼不一樣。

壹、研究動機

這一兩年來我們在食品包裝、廣告、宣傳單、電視中發現了一種特殊的圖案，我們上網查詢後，得知它的名稱叫做「QR Code」，QR Code 和我們在圖書館借書時所使用的條碼比較，功能更加強大；除了數字之外，還可以包含中文字及網址連結等內容，可以透過智慧型手機、平板電腦等行動裝置，快速讓使用者讀到資訊。

另外這個學年度我們參加了一場校園環境導覽的簡報比賽，整理了許多學長姊製作的校園環境影片，以及我們自己收集的校園環境資訊，所以想利用 QR Code 讓其他學生或是來參觀學校的人，在沒有人介紹時，可以自己利用行動裝置，瞭解我們的學校環境所發生的事情。

我們利用課本的單元，配合 QR Code 實驗的各項變因，完成這一次的主題，相關的單元如下表所示：

| 出版社 | 科目 | 年級 | 單元名稱 |
|-----|----|-----|-------------|
| 康軒 | 數學 | 三年級 | 第三單元 周長與面積 |
| 康軒 | 數學 | 五年級 | 第七單元 比率與百分率 |

貳、研究目的

| 研究目的 | 研究問題 |
|------------------------------|---|
| 一、調查 QR Code 結構與解碼軟體的關係。 | (一)QR Code 的形狀一定要正方形嗎 (二)QR Code 的定位點可以改變形狀嗎？ |
| 二、探討 QR Code 內容與行動裝置讀取解碼的關係。 | (三)行動裝置鏡頭畫素越高越容易讀取嗎？ (四)容錯率和自訂圖案的大小有什麼關係？ |
| 三、研究 QR Code 在校園應用時的情形。 | (五)QR Code 條碼是否能做為圖書條碼使用？ (六)室外 QR Code 褪色時是否還能正確解碼？ |

研究架構圖：

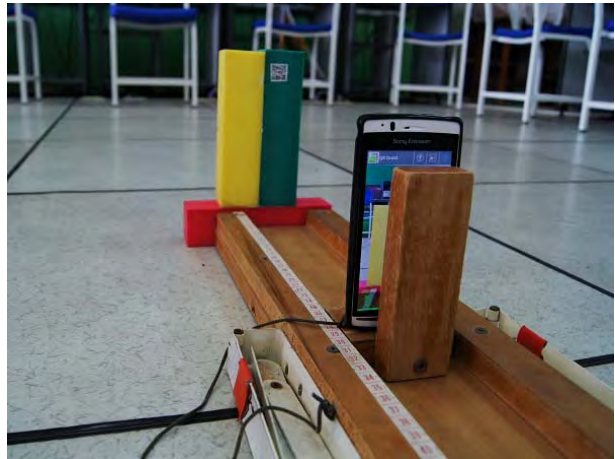


參、研究設備及器材

電腦、智慧型手機、平板電腦(ASUS TF101)、網路攝影機、線上版 QR Code 產生器(<http://www.quickmark.com.tw/>)、QR Code 解碼軟體、尺、繪圖軟體(PhotoImpact)、自製測量架、雷射印表機(實驗印出的標籤皆為同一台印製)。



研究設備



自製測量架

肆、研究過程或方法

| 實驗組別 | 實驗內容 | 操縱變因 |
|------|---------------------------------|-------------|
| 實驗一 | 當 QR Code 的形狀(邊長)改變是否能正確解碼? | 形狀(邊長)及面積。 |
| 實驗二 | 當 QR Code 的定位點形狀不同時是否能正確解碼? | 定位點的形狀及破壞。 |
| 實驗三 | 當鏡頭畫素越高時, QR Code 解碼讀取成功的機率越高嗎? | 鏡頭畫素的高低。 |
| 實驗四 | QR Code 的容錯率和自訂圖形位置的關係。 | 色塊遮蔽的面積與位置。 |
| 實驗五 | Code 39 與 QR Code 對於抗汙辨識能力的比較。 | 汙漬範圍與位置。 |
| 實驗六 | QR Code 顏色變淡是不是會影響解碼的效果? | 顏色的深淺。 |

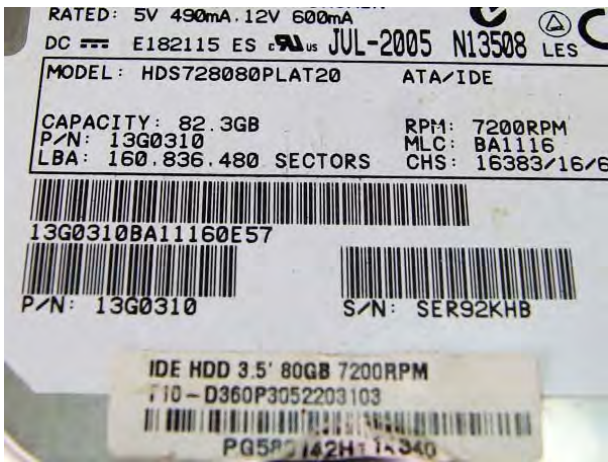
一、蒐集資訊

什麼是 QR Code ?

(一) QR Code 簡介

QR Code 是條碼的一種，與我們在日常生活所使用於物品或是書籍上的條碼類似，不過形狀和內容不盡相同，一般我們所使用的稱之為一維條碼(如圖 1-1)，而 QR Code 屬於二維條碼的一種(圖 1-2)，可以包含更多的內容。

QR Code 是由 Quick Response Code (快速響應矩陣碼)，於 1994 年由日本 DENSO WAVE 公司發明。QR 為英文 Quick Response 的縮寫，意思是「快速反應」，因為發明者希望 QR Code 可以讓其內容快速被解碼。QR Code 在日本最為流行，台灣在這幾年因為智慧手機和平板電腦的使用率快速成長，QR Code 的應用已經漸漸普及在我們的生活之中了。



一維條碼(圖 1-1)



二維條碼(QR Code) (圖 1-2)

(二) QR Code 構成要素

主要由五個主要的元素所構成(如圖 1-3)，一般我們常見的 QR Code 呈正方形，其中最重要的兩個部分：

一、「模塊」：編碼的數據常見的是黑白點構成的 QR 碼。

二、「定位點」：在 3 個角落有定位的圖案像「回」字的圖形，這是幫助軟體定位，使條碼無論以任何角度掃描，資料仍可正確被讀取。

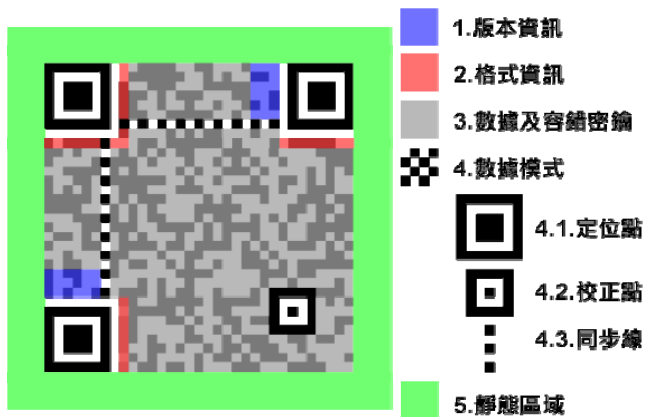


圖 1-3 QR Code 的基本要素及說明

(三) QR Code 儲存容量

以下是我們查詢維基百科(參考資料一)所得到的資料(表 1-4)，和一維條碼相比，例如我們圖書室所使用的 Code39 為條碼系統，只能使用 44 種字元(0~9 A~Z + - * / \$ % . |) (參考資料二)，一維條碼的資料容量受限於條碼寬度不能大於 48 個字元(參考資料三)，而且內容大多為數字和英文字母的結合，所以從條碼不容易看出所代表的內容，有些還要使用對照表才知道條碼所代表的意義。而 QR Code 能在同樣的面積儲存更多的資料，而且透過機器判讀出來的內容更詳細，還能用中文字表達。

表 1-4 QR Code 儲存容量

| 條碼種類 | 二維條碼(QR Code 儲存容量) | 一維條碼 |
|------|----------------------|----------|
| 數字 | 最多 7089 字元 | 最多 48 字元 |
| 字母 | 最多 4296 字元 | 最多 48 字元 |
| 中文漢字 | 最多 984 字元 (採用 UTF-8) | 無法判讀 |
| 中文漢字 | 最多 1800 字元 (採用 BIG5) | 無法判讀 |

QR 碼有容錯率設計，所謂的容錯率是指圖形破損但仍然可被機器讀取範圍的面積大小百分比，容錯率最低為 7%，最高為 30%，不過容錯率設定愈高，QR Code 程式產生器所產生的 QR 碼圖形的面積也愈大，所以一般都會使用 15% 容錯率為預設值。下面是相同內容不同容錯率的面積大小比較(表 1-5)：

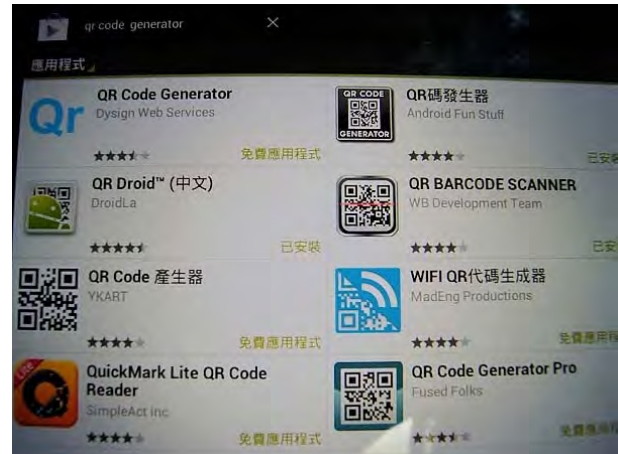
表 1-5 相同內容不同容錯率的面積大小比較

| 容錯率 | 錯誤修正容量 | 圖形(依比例列縮小 60%) |
|--------------------------------|------------|--|
| L | 7%的字碼可被修正 |  |
| M | 15%的字碼可被修正 | |
| Q | 25%的字碼可被修正 | |
| H | 30%的字碼可被修正 | |
| | | (L) (M) (Q) (H) |
| (圖形內含 52 個字元：內容為 26 個英文字母重覆兩次) | | |

二、觀察

(一)如何製作 QR Code

由於 QR Code 是由程式運算所得到的，因此可經由兩種方式得到符合自己需求的 QR Code；第一種方式就是使用線上產生 QR Code 的網頁(圖 2-1)，這類型的網站國內外都有，只要可以連上網站就可使用。第二種方式是下載到自己電腦的軟體或是行動裝置的 App (圖 2-2)。

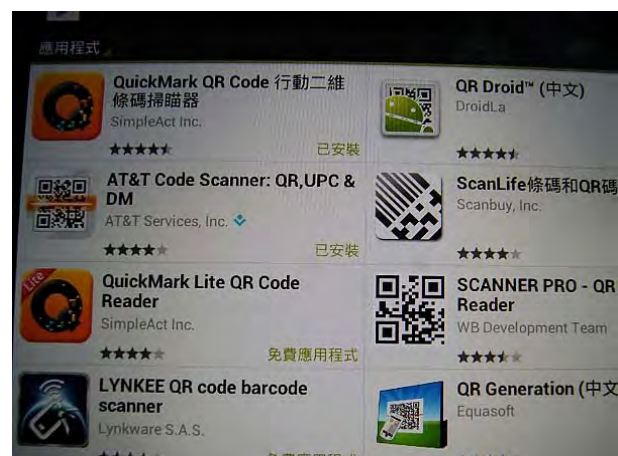
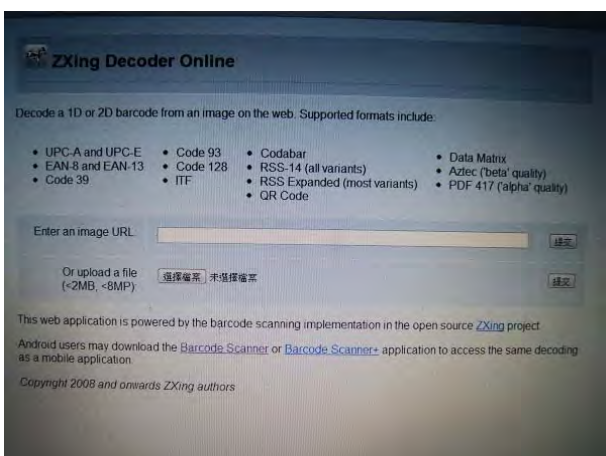


使用線上版製作 QR Code (圖 2-1)

使用軟體或 App 製作 QR Code (圖 2-2)

(二)如何解碼 QR Code

解碼 QR Code 也有兩種方式，線上版(圖 2-3)和安裝軟體或是使用 App (圖 2-4)，但是使用安裝軟體或是 App 比較方便，因為目前 QR Code 大多會附在印刷品上，而使用附加鏡頭的手機或是平板電腦是最方便的工具。



使用線上版解碼 QR Code (圖 2-3)

使用軟體或 App 解碼 QR Code (圖 2-4)

表 2-5 製作和解碼 QR Code 的工具分析

| 用途 | 工具 | 優點 | 缺點 |
|------------|------|--------------|----------------------|
| 製作 QR Code | 線上製作 | 只要連上網的裝置皆可用。 | 網站關閉或無網路無法用。 |
| | 安裝程式 | 無需使用網路就可以執行。 | 只能用於安裝程式的機器。 |
| 解碼 QR Code | 線上解碼 | 只要連上網的裝置皆可用 | 只接受 QR Code 圖檔上傳。 |
| | 安裝程式 | 無需使用網路就可以執行。 | 解碼後是連結到網頁時，裝置需要支援上網。 |

三、提出問題及實驗

透過以上的資料蒐集和操作之後，我們對於 QR Code 有了基本的認識，不過對於這樣有趣的符號，心裡也有些疑問，我們將問題以實驗的方式來做驗證。

(一)問題：QR Code 一定要正方形嗎？

實驗一：當 QR Code 的形狀大小改變是否能正確解碼？

我們看到有人將 QR Code 印在衣服上(如右圖)，(<http://goo.gl/9b2px>)，但是 QR Code 都是以正方形呈現，衣服的質料有彈性，拉扯一下就會變形，QR Code 會不會因為一點點形狀的改變，就失去 QR Code 的功能呢？



※操縱變因：QR Code 的邊長大小。

※實驗器材：平板電腦、線上版 QR Code 產生器、解碼軟體五種、QR Code 條碼。

※測量方式：

我們以表 3-1-1 所呈現的 QR Code 為邊長縮放的標準，用每百分之 10 的方式縮小及放大它的邊長(圖 3-1-2、圖 3-1-3)，並且使用同一部平板電腦安裝五種解碼軟體(表 3-1-4)，軟體的選擇為 Android App 商店中 QR Code 回饋評分人數及分數最高的前五大解碼軟體，每組 QR Code 測試 3 次、每次 10 秒鐘，記錄下是否能解碼並顯示正確內容(○為成功解碼並顯示正確內容、×為無解碼反應)。


| 圖形 | 尺寸大小 | 容錯率% | 內容文字 | 像素大小 |
|---|--------|------|----------------------------|----------|
|  | 3.49cm | 15% | 25 位元 (內容為英文 字母 A~Y) | 4x4 平方像素 |

表 3-1-1 實驗一使用正常尺寸的 QR Code 基本資訊



實驗一所使用依比例
縮小邊長的 QR Code(圖 3-1-2)



實驗一所使用依比例
放大邊長的 QR Code(圖 3-1-3)

| 解碼軟體 |  |  |  |  |  |
|------|---|---|---|---|---|
| 編號 | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | 解碼 4 | 解碼 5 |
| 回饋人數 | 78448 人 | 22876 人 | 15352 人 | 10801 人 | 312457 人 |
| 評分 | 4.5 分 | 4.1 分 | 4.4 分 | 4.0 分 | 4.2 分 |

表 3-1-4 App 商店中 QR Code 回饋評分人數及分數最高的前五大解碼軟體

| | 解碼 1 | | | 解碼 2 | | | 解碼 3 | | | 解碼 4 | | | 解碼 5 | | |
|--------|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|
| 縮小 10% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 縮小 20% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 縮小 30% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 縮小 40% | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 縮小 50% | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 縮小 60% | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |

表 3-1-5 解碼軟體與 QR Code 圖形邊長縮小的關係

| | 解碼 1 | | | 解碼 2 | | | 解碼 3 | | | 解碼 4 | | | 解碼 5 | | |
|--------|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|
| 放大 10% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 20% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 30% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 40% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 50% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 60% | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放大 70% | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 放大 80% | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |

表 3-1-6 解碼軟體與 QR Code 圖形邊長放大的關係

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. QR Code 圖形的邊長，可以有彈性的縮小或放大，但需要考慮解碼軟體辨識的能力。
2. QR Code 圖形邊長放大時，能被讀取解碼的可容許範圍大於邊長被縮小的範圍。像衣服這類有彈性伸縮的物品，QR Code 被撐大的時候，被解碼的機率很高，不會失去 QR Code 功能。推測原因，當黑白的模塊被縮小時，會讓模塊越來越不清楚。
3. 在相同機器設備條件下，解碼軟體的不同，對於判讀資訊有影響。從表 3-1-5、表 3-1-6 可以看出，每一種軟體的解碼能力不同，並不是同一部機器，安裝不同的解碼軟體後，所能成功解碼的極限都一樣。

(二)問題：定位點一定要正方形的嗎？

實驗二：當 QR Code 的定位點形狀不同時是否能正確解碼？

QR Code 有三個角落有像「回」字的正方形圖形，稱作為定位點，它的功能是讓條碼 360 度都能被讀取，但是如過破壞定位點就一定無法讀取嗎？

我們在網站上看過有圓形的定位點(如右圖)，定位點是不是還能變成其他形狀？



※操縱變因：QR Code 的定位點的形狀和破壞位置。

※實驗器材：平板電腦、線上版 QR Code 產生器、解碼軟體五種(表 3-1-4)、QR Code 條碼(圖 3-2-1)、繪圖軟體。

※測量方式：

使用繪圖軟體，將部分 QR Code 條碼(圖 3-2-1)定位點的圖形做破壞(A~I)，有些定位點則用其他圖形取代(J、K、L)，並且使用同一部平板電腦安裝五種解碼軟體(表 3-1-4)，軟體的選擇為 Android App 商店中 QR Code 回饋評分人數及分數最高的前五大解碼軟體，每組 QR Code 測試 3 次、每次 10 秒鐘，記錄下是否能解碼並顯示正確內容(○為成功解碼並顯示正確內容、×為無解碼反應)。

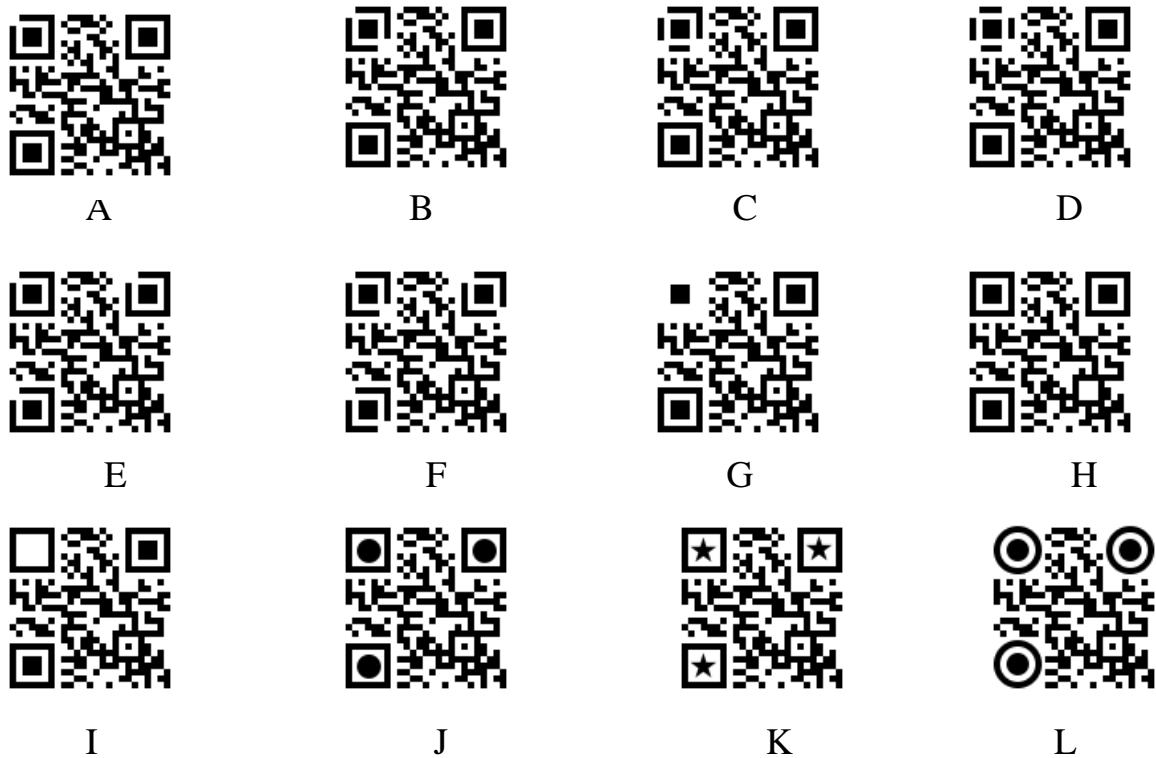


圖 3-2-1 定位點被破壞及不同形狀的定位點

表 3-2-2 解碼軟體對定位點被破壞及不同形狀的定位點的讀取紀錄

| 編號 | 說明 | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | 解碼 4 | 解碼 5 |
|----|---------------|------|------|------|------|------|
| A | 右上定位點，1 點破壞 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| B | 右上定位點，2 點破壞 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| C | 右上定位點，3 點破壞 | × | ○ | ○ | × | ○ |
| D | 右上定位點，4 點破壞 | × | ○ | ○ | × | ○ |
| E | 三個定位點，各 1 點破壞 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| F | 三個定位點，各 2 點破壞 | × | ○ | ○ | × | ○ |
| G | 右上定位點，外邊框破壞 | × | × | × | × | × |
| H | 右下校正點，內部破壞 | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| I | 右上定位點，內部破壞 | × | × | × | × | × |
| J | 三個定位點，內部圓形 | × | × | ○ | ○ | ○ |
| K | 三個定位點，內部星形 | × | × | ○ | ○ | × |
| L | 三個定位點，內外皆圓形 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. 定位點完全消失則解碼軟體皆無法讀取。從編號 G、I 可以看出，只要有一個定位點不管是外框或內部消失，則都無法解碼。
2. 對定位點、校正點進行破壞是否能被讀取，需看解碼軟體的支援程度。從編號 A、B、C、D、E、F、H 中發現，定位點只容許一點點破壞，破壞的部分越多，就要看解碼軟體的設定，如同實驗一的情形。
3. 定位點的形狀改變是否能被讀取，需看解碼軟體有無支援。從編號 J、K、L 的定位點的形狀改變得知，定位點的形狀是可以改變的，但是改變的形狀是不是符合使用者的解碼軟體，是要考慮的因素，如同實驗一的情形。

(三)問題：鏡頭畫素越高越容易讀取嗎？

實驗三：當鏡頭畫素越高時 QR Code 解碼讀取成功的機率越高嗎？

根據網站裡有提供 QR Code 連結服務的使用說明建議(<http://goo.gl/Xypje>)，使用 QR Code 進行掃描需要「擁有 30 萬以上的畫素，因為畫素的高低、近拍功能的有無，或是條碼的大小，往往會影響到讀取成功的機率。」那麼是不是鏡頭的畫素越高越好呢？

我們在廣告傳單發現一個尺寸很小的 QR Code(如右圖)，有些手機讀的到內容，有些則不行，於是找到一篇 QR Code 的製作尺寸的建議大小(參考資料四)，提到要至做最小尺寸的 QR Code 最好不要小於 1.74 cm，這樣能讀取並解碼的機率會比較高，QR Code 太小真的就無法讀取嗎？



※操縱變因：鏡頭畫素的高低。

※實驗器材：不同鏡頭畫素的裝置五台(表 3-3-1)、線上版 QR Code 產生器、解碼軟體(Quick mark)及 App(Quick mark)、自製測量儀、QR Code 六張(表 3-3-2)。

※測量方式：

QR Code 的內容是由黑白方格所構成的，我們以邊長 1 像素，面積 1 平方像素和邊長 2 像素，面積 4 平方像素的 QR Code 來做實驗，因為不同內容數量也會影響 QR Code 的大小，於是我們製作六種相同內容，不同像素大小類型的

QR Code(表 3-3-2)，每一種裝置都安裝相同的解碼軟體，以每次 1 公分的方式，由 30 公分向前掃描測試，以能成功解碼的距離記錄下來(表 3-3-3)。

表 3-3-1 五種不同類型及畫素的行動裝置規格


| | | | | | |
|------|---|---|---|--|---|
| 圖片 |  |  |  |  |  |
| 讀取裝置 | 網路攝影機 裝置 1 | 平板電腦 裝置 2 | 智慧型手機 裝置 3 | 智慧型手機 裝置 4 | 智慧型手機 裝置 5 |
| 鏡頭畫素 | 30 萬 | 500 萬 | 500 萬 | 800 萬 | 810 萬 |

表 3-3-2 六張不同像素大小及內容的 QR Code







| | | | | | | |
|------|--|--|--|---|--|--|
| 圖片 |  |  |  |  |  |  |
| 編號 | A 碼 | B 碼 | C 碼 | D 碼 | E 碼 | F 碼 |
| 尺寸大小 | 0.78cm | 0.99cm | 1.2cm | 1.55cm | 1.98cm | 2.4cm |
| 內文容量 | 1 位元 | 50 位元 | 100 位元 | 1 位元 | 50 位元 | 100 位元 |
| 內容內容 | A | 英文字母 A~Y 兩遍 | 英文字母 A~Y 四遍 | A | 英文字母 A~Y 兩遍 | 英文字母 A~Y 四遍 |
| 像素大小 | 1 平方像素 | 1 平方像素 | 1 平方像素 | 4 平方像素 | 4 平方像素 | 4 平方像素 |

表 3-3-3 不同鏡頭畫素的行動裝置與 QR Code 大小及內容的實驗數據

| | | | | | |
|-----|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 網路攝影機 裝置 1(30 萬) | 平板電腦 裝置 2(500 萬) | 智慧型手機 裝置 3(500 萬) | 智慧型手機 裝置 4(800 萬) | 智慧型手機 裝置 5(810 萬) |
| A 碼 | × | 2-10cm | 7-10 cm | 5-10cm | × |
| B 碼 | × | 4-7 cm | 7-8 cm | 6-8 cm | × |
| C 碼 | × | 6-8 cm | 7-8 cm | 6-8 cm | × |
| D 碼 | 3-12 cm | 2-22 cm | 4-22 cm | 3-24 cm | 8-27 cm |
| E 碼 | 3-12 cm | 3-22 cm | 4-12 cm | 3-24 cm | 9-24 cm |
| F 碼 | 3-12 cm | 4-22 cm | 4-9 cm | 3-24 cm | 9-24 cm |

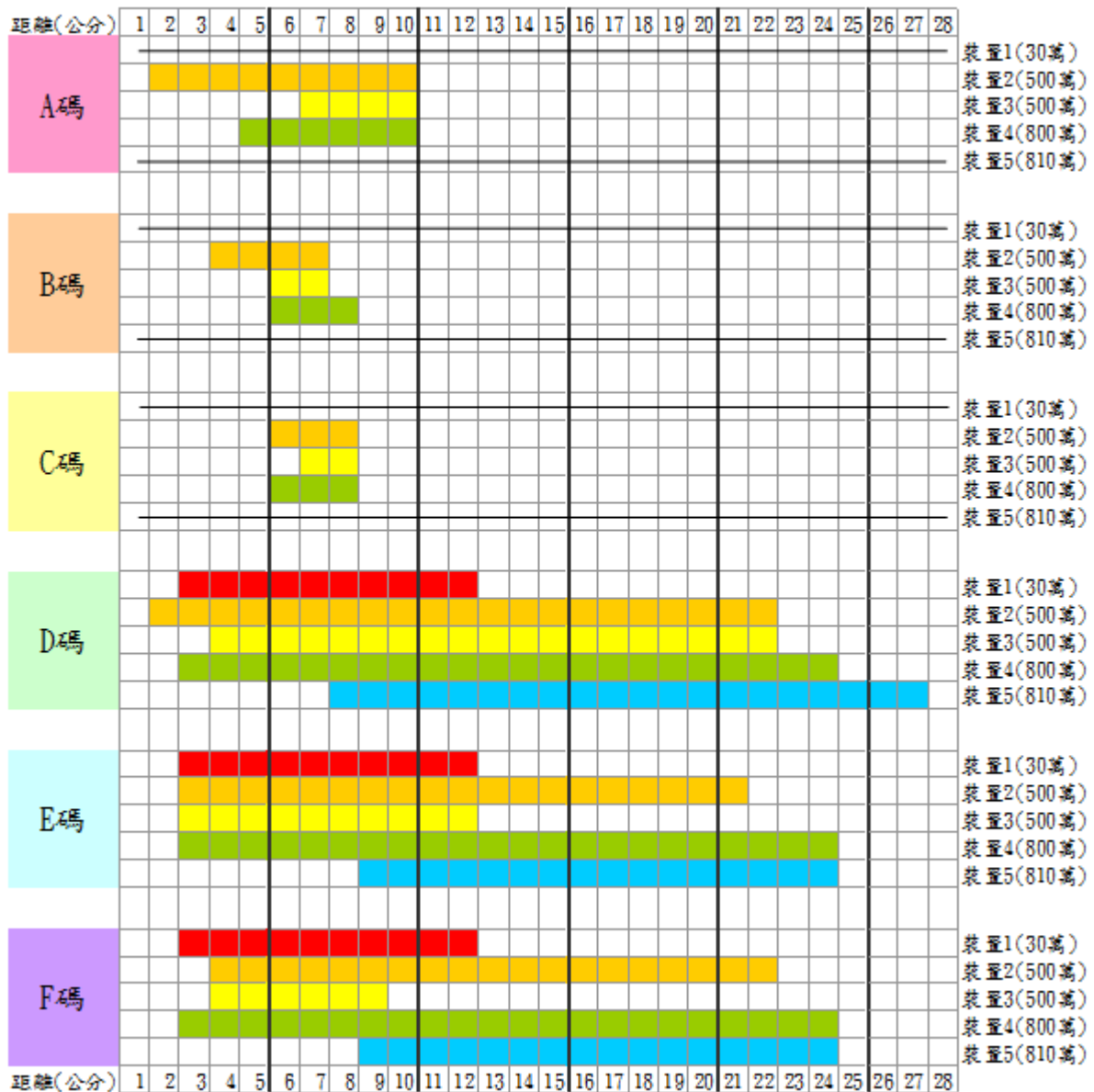


圖 3-3-4 不同鏡頭畫素的行動裝置與 QR Code 大小及內容的距離比較

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. 鏡頭畫素越高不一定能解碼成功。實驗過程中我們發現其實鏡頭本身硬體的解析的能力高低才是關鍵，裝置 1 和裝置 5 在測試 A 碼時，即使不管距離是多少即使影像在螢幕上看起來很清楚，一樣無法解碼。
2. 相同內容的 QR Code，模組大小越大能讀取到的距離範圍越廣。從圖 3-3-4 中可知，A 碼和 D 碼、B 碼和 E 碼、C 碼和 F 碼在裝置 2、3、4 的讀取到的距離範圍都有明顯的變大。
3. 以能讀取到 QR Code 內容來比較，畫素越高距離可以越遠。可從從圖 3-3-4 中發現 D 碼、E 碼、F 碼和各裝置所讀取到最遠距離比較出來。



實驗情形(圖 3-3-5)



解碼成功測量距離(圖 3-3-6)

(四)問題：為什麼 QR Code 裡面可以有其他圖形？

實驗四：QR Code 的容錯率和自訂圖形的大小位置有什麼關係？

一些特別的 QR Code 裡面會有圖案出現，來增加圖案的美觀和用途說明，例如右邊的 QR Code 就能清楚明白的瞭解 QR Code 裡的相關內容，這樣的設計是利用 QR Code 裡的容錯率特性來製作，我們在之前所蒐集的資料裡，在 QR Code 儲存容量裡提到「QR 碼有容錯率，所謂的容錯



率指的是，圖形破損但仍然被機器讀取的面積大小百分比，容錯率最低為 7%，最高為 30%。」原本是為了預防條碼破損所設計的，現在由此發展出新功能，不過，這樣自訂的圖形要怎麼放才不會影響原本的效果呢？

※操縱變因：色塊遮蔽的大小及位置。

※實驗器材：平板電腦、解碼軟體五種、繪圖軟體、QR Code 條碼。

※測量方式：

首先我們先製作四個內容文字相同但容錯率不同的 QR Code(表 3-4-2)，利用繪圖軟體製作正方形的遮蓋面積置於 QR Code 中央，以邊長 1 像素增加，實驗至五種解碼軟體都無法解碼為止。(以下表格 3-4-3~3-4-6 擷取重點部份呈現)

另外我們對於遮蓋的位置很好奇，於是又增加遮蓋位置的不同以及分散遮蓋的實驗。(以下表格 3-4-7、3-4-8 擷取重點部份呈現)

我們計算遮蓋面積看看和容錯率是否有關係，計算遮蓋面的算法是將 QR

Code 的總面積減去定位點和校正點後(參考實驗二中定位點、校正點不可以遮蓋的原則)，如右圖綠色(總面積)減紅色(定位點和校正點)，在與遮蓋面積相除，計算遮蓋面積所佔 QR Code 的總面積的百分比，

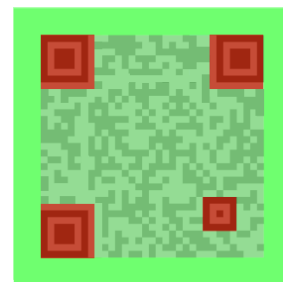


表 3-4-2 內容文字相同但容錯率不同的 QR Code

| 圖形 | 尺寸大小 | 容錯率% | 內容文字 | 像素大小 |
|---|--------|------|----------------------------|-------------------------|
|  | 3.07cm | 7% | 25 位元 (內容為英文 字母 A~Y) | 4x4 平方像素 116x116(面積) |
|  | 3.49cm | 15% | 25 位元 (內容為英文 字母 A~Y) | 4x4 平方像素 132x132(面積) |
|  | 3.49cm | 25% | 25 位元 (內容為英文 字母 A~Y) | 4x4 平方像素 132x132(面積) |
|  | 3.92cm | 30% | 25 位元 (內容為英文 字母 A~Y) | 4x4 平方像素 148x148(面積) |

表 3-4-3 容錯率 7% 的 QR Code 和不同遮蓋面積的紀錄

| 圖形 | 遮蓋面積 (平方像素) | 遮蓋面積百分比 | 解碼軟體 | | | |
|---|----------------|--|------|------|------|---|
| | | | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | |
|  | 22x22=484 | 116x116=13456(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 484/(13456-2352)=4.7% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 23x23=529 | 116x116=13456(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 529/(13456-2352)=5.1% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 24x24=576 | 116x116=13456(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 576/(13456-2352)=5.5% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 25x25=625 | 116x116=13456(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 625/(13456-2352)=6.0% | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | 26x26=676 | 116x116=13456(總面積) 32x32x3=2352(定位點) 676/13456=6.5% | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |

表 3-4-4 容錯率 15% 的 QR Code 和不同遮蓋面積的紀錄

| 圖形 | 遮蓋面積 (平方像素) | 遮蓋面積百分比 | 解碼軟體 | | | |
|---|----------------|---|------|------|------|---|
| | | | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | |
|  | 30x30=900 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 900/(17424-3072-144)=6.3% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 31x31=961 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 961 (17424-3072-144)=6.7% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 32x32=1024 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1024/(17424-3072-144)=7.1% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 33x33=1089 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1089/(17424-3072-144)=7.6% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | X |
|  | 34x34=1156 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1156/(17424-3072-144)=8.1% | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |

表 3-4-5 容錯率 25% 的 QR Code 和不同遮蓋面積的紀錄


| 圖形 | 遮蓋面積 (平方像素) | 遮蓋面積百分比 | 解碼軟體 | | | |
|---|----------------|--|------|------|------|---|
| | | | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | |
|  | 34x34=1156 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1156/(17424-3072-144)=8.1% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 35x35=1225 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1225/(17424-3072-144)=8.5% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 36x36=1269 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1269/(17424-3072-144)=9.0% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 37x37=1369 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1369/(17424-3072-144)=9.5% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | X | ○ |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | 38x38=1444 | 132x132=17424(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 1444/(17424-3072-144)=10.0% | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |

表 3-4-6 容錯率 30% 的 QR Code 和不同遮蓋面積的紀錄

| 圖形 | 遮蓋面積 (平方像素) | 遮蓋面積百分比 | 解碼軟體 | | | |
|---|----------------|--|------|------|------|---|
| | | | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | |
|  | 46x46=2116 | 148x148=21904(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 2116/(21904-3072-144)=11.2% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 47x47=2209 | 148x148=21904(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 2209/(21904-3072-144)=11.7% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 48x48=2304 | 148x148=21904(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 2304/(21904-3072-144)=12.2% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | 49x49=2401 | 148x148=21904(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 2401/(21904-3072-144)=12.7% | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | X | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | 50x50=2500 | 148x148=21904(總面積) 32x32x3=3072(定位點) 12x12=144(校正點) 2500/(21904-3072-144)=13.3% | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |

表 3-4-7 遮蓋面積相同但位置不同的紀錄

表 3-4-7 與表 3-4-8 進行實驗的對照組(表 3-4-4 容錯率 15%的第三個圖形)

| | | | |
|---|-----------------------|---|--|
|  | $32 \times 32 = 1024$ | $132 \times 132 = 17424$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $12 \times 12 = 144$ (校正點) $1024 / (17424 - 3072 - 144) = 7.1\%$ | 選擇此圖為進行以下實驗原因，因為這樣的尺寸、文字容量、容錯率是符合我們要用在圖書室與標示牌上的規格。 |
|---|-----------------------|---|--|

| 圖形 | 說明 | 解碼軟體 | | | |
|---|--------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | 遮蓋區域靠左 | 解碼 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 2 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 3 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 4 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 5 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | 遮蓋區域靠上 | 解碼 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 2 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 3 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 4 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 5 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | 遮蓋區域靠下 | 解碼 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 2 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 3 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 4 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 5 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | 遮蓋區域靠右 | 解碼 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 2 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 3 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 4 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | | 解碼 5 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

表 3-4-8 遮蓋區域分散的紀錄

| 圖形 | 遮蓋面積 (平方像素) | 遮蓋面積百分比 | 解碼軟體 | | | |
|---|--------------------------------|---|------|------|------|---|
| | | | 解碼 1 | 解碼 2 | 解碼 3 | |
|  | $16 \times 16 \times 4 = 1024$ | $132 \times 132 = 17424$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $1024 / (17424 - 3072) = 7.1\%$ | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | $15 \times 15 \times 4 = 900$ | $148 \times 148 = 21904$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $900 / (21904 - 3072) = 6.3\%$ | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | $14 \times 14 \times 4 = 784$ | $148 \times 148 = 21904$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $784 / (21904 - 3072) = 5.5\%$ | 解碼 1 | X | X | X |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | X | X |
| | | | 解碼 5 | X | X | X |
|  | $13 \times 13 \times 4 = 676$ | $148 \times 148 = 21904$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $676 / (21904 - 3072) = 4.7\%$ | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | X | X | X |
| | | | 解碼 3 | X | X | X |
| | | | 解碼 4 | X | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |
|  | $12 \times 12 \times 4 = 576$ | $148 \times 148 = 21904$ (總面積) $32 \times 32 \times 3 = 3072$ (定位點) $576 / (21904 - 3072) = 4.0\%$ | 解碼 1 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 2 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 3 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 4 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 解碼 5 | ○ | ○ | ○ |

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. 容錯率越高，可以使用自訂圖案的面積也可以越大。其中 3-4-4、3-4-5 在相同面積但不同容錯率之下，容錯率高遮蓋的面積的確可以更大。
2. 遮蓋面積的百分比低於容錯率。表 3-4-3、3-4-4、3-4-5、3-4-6 中所計算的遮蓋面積百分比對照容錯率，顯示遮蓋面積的百分比並不等於容錯率。
3. 可被解碼 QR Code 若遮蓋圖形原本在中央，不管移到左、右、上、下，任一個位置，皆不受影響。表 3-4-7 中的實驗結果得到證明。
4. 容錯率、尺寸、文字容量相同的情況下，遮蓋是分散情形的總面積小於遮蓋面積集中的 QR code。從表 3-4-7 實驗的對照組 QR code，和表 3-4-8 的最後一個圖形比較，兩者的可覆蓋面積少了 3.1%
5. 透過容錯率的設計可以在 QR Code 裡加上自製圖案，但自製圖案面積要低於容錯率；如過要有最大的自製圖案面積，則圖案要集中。

四、校園應用再實驗

(一)圖書室裡的書籍條碼

QR Code 的用途越來越廣，在學校裡我們可以用在哪些地方？第一個想到的就是原來有使用條碼的圖書室，因為我們擔任圖書小義工在學校幫忙借閱書籍，有時會遇到明明有條碼但是卻沒辦法掃瞄的情形，於是我們想到 QR Code 是不是能降低發生類似情形的機率？

我們蒐集無法掃瞄的條碼，推測能的原因(如圖 4-1-1)，發現他它們共同的現象就是條碼模糊、白色的部分消失，因此我們想要了解 QR Code 是不是也會因為這樣的原因而失去作用呢？

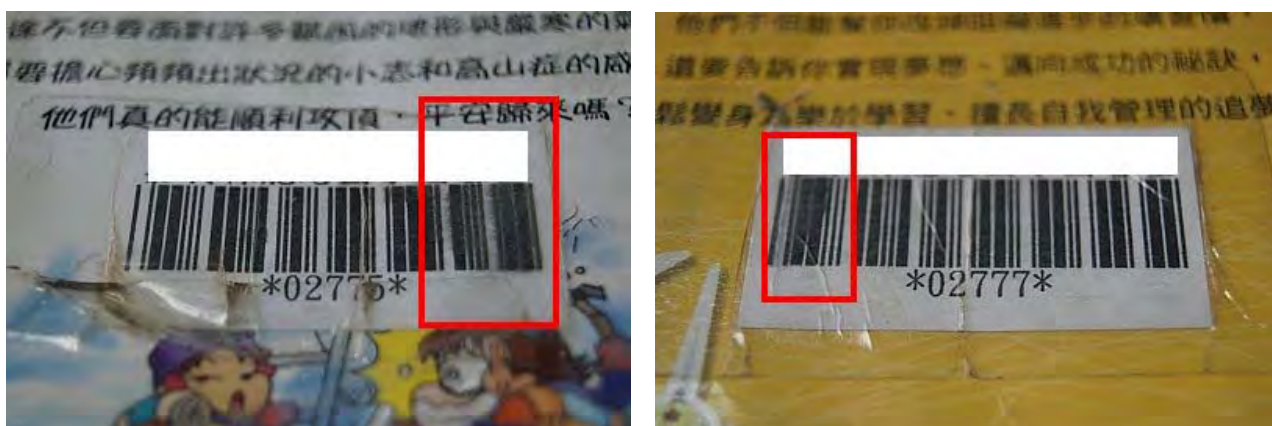


圖 4-1-1 圖書室無法掃瞄的條碼

實驗五：Code 39 與 QR Code 對於抗汙辨識能力的比較。

※操縱變因：汙漬範圍與位置。





※實驗器材：電腦、網路攝影機、解碼軟體(Quickmark)、Code39、QR Code。

※測量方式：

圖書室條碼的種類為一維條碼 Code 39，呈長方形，QR Code 為二維條碼，呈正方形。實驗時以圖書室目前使用 2.5 x 5 公分的 Code 39 條碼和相同寬度 2.5 公分的正方形 QR Code 來比較。

汙漬的測試是以黑筆模擬汙漬的顏色，以線段的方式模擬汙染區域，Code 39 和 QR Code 的條碼判讀，是以可同時辨識 Code 39 和 QR Code 條碼的軟體，搭配相同的電腦和網路攝影機，以能成功解碼的距離記錄下來。(每個標籤由 3 人輪流各測試 3 次，○為成功解碼並顯示正確內容、×為無解碼反應)

表 4-1-2 Code 39 和 QR Code 條碼的汙漬紀錄

| 圖片 | 汙漬的位置 | Code 39 | | | QR Code | | |
|---|------------------------|---------|---|---|---------|---|---|
|  | 編號：A1 中間一條橫線 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
|  | 編號：A2 五條橫線 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
|  | 編號：A3 一條粗橫線 | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| | | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| | | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
|  | 編號：A4 一條對角線 左上右下 | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | × | × | × | ○ | ○ | ○ |

| | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | <p>編號：A5 一條對角線 右上左下</p> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | <p>編號：A6 交叉線</p> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | <p>編號：A7 一條直線中間</p> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | <p>編號：A8 一條直線偏右</p> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | <p>編號：A9 一條直線偏左</p> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | <p>編號：A10 頂端一條橫線</p> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|  | <p>編號：A11 底部一條橫線</p> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|---|
|  | 編號：A12 右邊一條直線 | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
|  | 編號：A13 左邊一條直線 | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | | × | × | × | ○ | ○ | ○ |

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. Code39 和 QR Code 對於抗汙的讀取能力各有所長。
2. Code39 對於粗橫線汙漬抗汙效果較 QR Code 好，直線則抗汙漬能力弱。從表 4-1-2 中圖 A3 粗橫線已超過 QR Code 的容錯率，而 Code39 的讀取是靠線條和間格的粗細為主，所以黑色直線會造成無法讀取(A7~A9、A12、A13)。
3. QR Code 在直線及斜線抗汙能力較 Code39 強，但直線通過定位點內側邊框則無法順利讀取。圖 A9 直線通過 QR Code 與實驗二定位點被破壞情形類似。

(二)校園內的 QR Code 連結條碼

這個學年度我們參加了一場校園環境導覽的簡報比賽，在學校 Youtube 發現許多學校學長姊製作的校園環境影片，我們想利用 QR Code 的方式，在植物標示牌黏上 QR Code 的方式，希望讓其他學生或是來參觀學校的民眾，在沒有人介紹時，利用行動裝置，瞭解我們的校園環境。

不過這類植物標示牌通常都會因為太陽照射，顏色漸漸變淡，我們在想 QR Code 會不會顏色變淡，就無法讀取呢？



實驗六：QR Code 顏色變淡是不是會影響解碼的效果？

※操縱變因：QR Code 顏色的深淺。

※實驗器材：不同鏡頭畫素的裝置五台(如 3-3-1)、解碼軟體 App(Quickmark)。















※測量方式：

我們使用三種相同像素大小的模組，內容字元分別為 25、100 及 150 個字元的 QR Code，並且以每次降低百分之五的透明度來模擬被陽光照射後變淡的情形(圖 4-2-3)，使用實驗三的五種裝置，測量當顏色變淡是不是會影響 QR Code 的效果。

表 4-2-1 內容文字不同而容錯率相同的 QR Code

| 編號 | 圖形 | 容錯率% | 內容文字量 | 內容 | 像素大小 |
|----|--|------|--------|---------------|----------|
| A |  | 15% | 25 位元 | 英文字母 A~Y | 4x4 平方像素 |
| B |  | 15% | 100 位元 | 英文字母 A~Y×4 | 4x4 平方像素 |
| C |  | 15% | 150 位元 | 英文字母 A~Y×6 | 4x4 平方像素 |

表 4-2-2 各種裝置讀取透明度最低的 QR Code

| 編號 | 網路攝影機 裝置 1(30 萬) | 平板電腦 裝置 2(500 萬) | 智慧型手機 裝置 3(500 萬) | 智慧型手機 裝置 4(800 萬) | 智慧型手機 裝置 5(810 萬) |
|----|--|--|--|--|--|
| A |  10% |  10% |  25% |  15% |  15% |
| B |  30% |  35% |  30% |  35% |  30% |
| C | 無碼解碼 |  40% |  50% |  45% |  50% |



實驗六依比例設定透明度的 QR Code (圖 4-2-3)

根據以上的實驗數據，我們歸納結果為：

1. 當黑色褪色時，QR Code 文字量越多，可解碼的顏色就要越深。從表 4-2-2 中發現各種裝置在編號 C 的顏色比在解碼 A 還要深。
2. 當黑色褪色的速度一樣 QR Code 文字量少，能比文字量多的 QR Code 張貼使用的時間久。

伍、研究結果

1. QR Code 圖形的邊長，可以有彈性的縮小或放大，但需要考慮解碼軟體辨識的能力。
2. QR Code 圖形的邊長放大，能被讀取的範圍大於縮小邊長時，像衣服這類可彈性伸縮的物品，在 QR Code 被撐大時，被解碼的機率很高，不會失去原有的功能。
3. 在相同機器設備條件下，解碼軟體的不同，對於判讀資訊有影響。
4. 定位點完全消失則解碼軟體皆無法讀取。
5. 對定位點圖形破壞的大小是否能被讀取，需看解碼軟體的支援程度。
6. 定位點圖形的形狀不同是否能被讀取需看解碼軟體有無支援。
7. 鏡頭畫素越高不一定能解碼成功。
8. 相同內容的 QR Code，模組越大能讀取到的距離範圍越廣。
9. 以能讀取到的 QR Code 內容來比較，畫素越高則讀取的距離可以越遠。
10. 容錯率越高，可以使用自訂圖案的面積也可以越大。
11. 遮蓋面積的百分比需低於容錯率。
12. 可被解碼 QR Code 若遮蓋圖形原本在中央，不管移到左、右、上、下，任一個位置，皆不受影響。

13. 容錯率、尺寸、文字容量相同的情況下，遮蓋是分散情形的總面積小於遮蓋面積集中的 QR code。
14. 透過容錯率的設計可以在 QR Code 裡加上自製圖案，但自製圖案面積要低於容錯率；如過要有最大的自製圖案面積，則圖案要集中。
15. Code39 和 QR Code 對於對抗汗漬讀取的能力各有所長。
16. Code39 對於粗橫線的汗漬抗汗效果較 QR Code 好，直線則抗汗能力弱。
17. QR Code 在直線及斜線抗汗能力較 Code39 強，但直線通過定位點內側邊框則無法順利讀取。
18. 當黑色褪色時，QR Code 內文字越多，可解碼的顏色就要越深。
19. 當黑色褪色的速度一樣 QR Code 文字量少，能比文字量多的 QR Code 張貼使用的時間久。

陸、討論

這次實驗是為了做圖書室的條碼和在植物標示牌上張貼影音連結，所以實驗 QR Code 的尺寸大小都選擇 3 公分左右，為了確保 QR Code 能被大多數的人讀取，又能有特殊的標記，於是進行了六種實驗項目，我們將實驗的結果和應用紀錄如下：

- 一、 由於黏貼的位置有時不一定能貼上正方形的圖案，而 QR Code 因為有定位點的關係，張貼時不用考慮方向，所以從實驗一的結果可以得知，QR Code 邊長在適當合理範圍拉寬縮小是沒關係的，可以更符合張貼時的區域。
- 二、 我們在網路上發現特殊的定位點，也想使用這樣的造型，經由實驗二之後發現，雖然這樣的定位點可以改變，有些解碼軟體也能順利讀取，但是使用的人並不一定會裝可以解碼成功的軟體，因為以基本「回」字造型的定位點才是最好的選擇。
- 三、 想要將 QR Code 當作借書條碼使用，無法使用一般的紅外線條碼掃描機。若要購買可以支援讀取二維條碼的紅外線條碼描機，要花費 8000 元以上，因此我們想用網路攝影機加上解碼軟體取代。經過實驗三發現，很久以前買的 30 萬畫素的網路攝影機就可以成功解碼，而且 QR Code 邊長大於 1.55cm 就可以順利讀取，還有發現安裝在電腦上的解碼軟體不僅可以掃描 QR Code，連 Code39 也支援，如此一來網路攝影機加解碼軟體的費用不用 500 元，比一般紅外線條碼描機費用便宜一半以上，也比支援二維條碼的紅外線條碼描機便宜上十幾倍。

四、 QR Code 在圖書室應用時，我們想在上面加上分類圖書的文字和位置，這樣可以加快圖書室小義工將書歸位的速度。校園的植物標示牌上的 QR Code，我們想要在 QR Code 裡標示這個條碼是影片、文字，方便使用者選擇，從實驗四「QR Code 的容錯率和自訂圖形的關係」中我們發現，提高容錯率就可以讓 QR Code 上標示文字，達到我們的目的。



五、 實驗五 Code 39 與 QR Code 對於抗汙能力的比較發現，圖書室的條碼不能讀取都發生在條碼的左右兩側，假如使用 QR Code，在相同位置和大小貼紙下，可以避免這樣的情形。

六、 QR Code 可以支援多種顏色，這一次的研究我們只做黑白兩色，因為我們觀察到當顏色放到室外一段時間，都有褪色的情況，其中只有用雷射印表機印出來的黑色可以維持很長的時間，但是也會發生黑色漸漸變淡的現象，因此做了實驗六的設計，不過實驗中並無考慮到陽光下白紙會變黃的情況發生，因為白紙變黃和黑色變淡的時間和速率沒有固定的關係。我們也發現，當顏色越淡時，想要讀取 QR Code 的光線就要越充足，否則就越難讀取。

柒、結論

一、QR Code 的形狀一定要正方形的嗎？

QR Code 的形狀不一定要正方形，可以有條件的將邊長放大或是縮小，在可以被解碼的情形下，放大邊長倍可被解碼率的高於縮小的倍率。

二、QR Code 的定位點可以改變形狀嗎？

QR Code 的定位點可以改變形狀，但是要配合解碼軟體是否支援不同形狀的定位點，而當定位點消失或是被破壞，就不能被解碼軟體所接受。

三、當鏡頭畫素越高時 QR Code 解碼讀取成功的機率越高嗎？

畫素越高不一定讀取容易，實驗中也發現，面積較大文字內容較少的 QR Code 能被最多裝置讀取，而最低的 30 萬畫素就可以使用了。

四、容錯率和自訂圖案大小有什麼關係？

容錯率越高，可以使用自訂圖案的面積也可以越大，但容錯率的百分比不等於可以遮蓋的面積百分比。

五、QR Code 條碼是否能做為圖書條碼使用？

QR Code 條碼也能當作圖書條碼使用，Code39 和 QR Code 兩者的抗汙效果各有所長，Code39 對於橫線的抗汙效果優於 QR Code，而 QR Code 對於直線的抗汙效果優於 Code39。

六、室外 QR Code 褪色時是否還能正確解碼？

QR Code 褪色時能被解碼，但有一定的範圍，顏色越淡時，QR Code 內含文字內容少的能被解碼的機率高於內含文字多的。

經過以上的實驗，我們對於在生活之中製作和解碼 QR Code 提出以下的建議：

一、如何製作可以快速辨識的 QR Code：

目前產生 QR Code 的方式幾乎都用電腦程式產生出來，對於一般使用者來說，只需要填入文字內容就可以產生，根據我們做實驗的過程中，我們發現 QR Code 並不是越大，就能越快辨識，內含文字量的多寡才是重點。QR Code 可以包含純文字、網頁連結、簡訊、電子郵件…等許多的應用，比其他編碼還能容納更多數量，但是相對的要考慮因素就更多，如圖形會更大，使得擺放的空間不足，因此**建議 QR Code 的內容簡潔則辨識的速度越快且圖形擺放的空間可以更彈性**，例如：同一個網址連結原始網址變成短網址，就可以將 QR Code 的圖形縮小，並且反應更快。(原始網址：<http://www.youtube.com/watch?v=M3D2jKDIYFc&hd=1> [47 個字元] 短網址：<http://goo.gl/fd47r> [19 個字元])

二：如何挑選 QR Code 解碼軟體及解碼裝置鏡頭：

從實驗三可知，同一種裝置，安裝不同解碼軟體，會有不同效果，這表示辨識 QR Code 時不只是需要考慮裝置的硬體能力高低，解碼軟體內的程式判讀也是重點，我們建議安裝軟體，可以參考 APP 的下載次數和回饋分數來評斷外，或是列印我們從實驗中所挑選集合而成的「**QR Code 測驗紙**」(附件一)來測試，**這樣不僅可以馬上判斷解碼軟體的能力的高低，也可以知道解碼裝置鏡頭解析的能力。**

捌、參考資料及其他

一、維基百科。QR 碼。民 102 年 1 月 4 日。取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/QR%E7%A2%BC>。

二、條碼資訊網。條碼基本常識。民 102 年 1 月 4 日，取自：

http://www.a8.com.tw/LinkAsp/know_list_2.asp。

三、石岳峻(民 95)商業自動化編選 第七單元商品條碼系統。民 102 年 1 月 11 日，取自：http://203.68.0.44/stone/ea/unit_07/unit_07_1.htm。

四、Mike Chen (民 101) QR Code 最小尺寸可以做到多小？。民 102 年 1 月 11 日，取自：<http://quickmarkapp.blogspot.tw/2012/11/qr-code-barcode-size.html>。

五、Mike Chen (民 101)造型 QR Code 要如何設計才容易讀？。民 102 年 1 月 11 日，取自：<http://quickmarkapp.blogspot.tw/2012/11/qr-code-how-to-design.html>。

QR Cdoe 測驗紙

(附件一)

[QR Cdoe 軟體測試]



以上圖形內容皆可以順利讀取，代表該軟體解碼符合一般水準



以上圖形內容皆可以順利讀取，代表該軟體解碼能力優良



以上圖形內容可以順利讀取，代表該軟體解碼可接收特殊造型

[QR Cdoe 硬體測試]



試試看解碼裝置可以成功讀取上面 QR code 的最近距離是多少？(實驗中最佳 2 公分)

試試看解碼裝置可以成功讀取上面 QR code 的最遠距離是多少？(實驗中最佳 27 公分)



能讀取左邊 QR code 的裝置鏡頭解析效果優於只能讀取到右邊的 QR code 裝置鏡頭。

【評語】 080806

研究主題符合潮流，頗具實用性。選用各項研究變項，透過合適的研究流程設計，測試出各項條件的優化和限制，但歸納出的研究結果可更進一步回饋到與主題有關的應用建議。