

第五章、眼睛追蹤與眨眼偵測

由於眼睛偵測的工作無法判斷出駕駛者閉眼的狀態，於是需要藉由眼睛追蹤的方式偵測出駕駛者眨眼的狀況，以下將由兩小節分別介紹眼睛追蹤與眨眼偵測的部分。

5.1 眼睛追蹤

眼睛追蹤的部分需要兩個前置工作，第一是儲存上一張影像中已知的眼睛區塊，第二是得到目前影像中眼睛帶的影像，以便進行追蹤比對。第一個前置工作是在上一張影像偵測出成雙的眼睛後，紀錄其在影像中的座標位置，並且擷取出兩個眼睛區塊的原始影像，分別令為 Tc_1 與 Tc_2 ，再將 Tc_1 與 Tc_2 經過Sobel edge detection得到edge map，令為 Te_1 與 Te_2 ，作為追蹤時的template map。第二個前置工作是等到目前的影像輸入時，進行臉部偵測的工作，接著進行眼睛偵測的工作，直到擷取出眼睛帶（令為 F_B ）並且偵測眼睛帶的非膚色點（為non-skin color map，令為 F_n ）後，接著再對 F_B 進行Sobel edge detection得到edge map（令為 F_e ），以上的影像如圖 5.1 所示。等前面兩個前置工作完成，則開始進行比對追蹤的工作。

因為車輛行駛中光線變化大，顏色很容易受影響，所以使用較不受影響的邊線進行比對的工作，在 F_e 中分別找出與 Te_1 和 Te_2 最類似的區塊。觀察得知前後兩張連續影像的時間差距很小，即使車子有震動，駕駛者的兩隻眼睛的相對位置變化也是很小，所以比對時為兩個眼睛區塊同時進行比對，也就是在 F_e 中比對 Te_1 後，在兩個眼睛區塊的相對的位置上比對 Te_2 ，比對數學式如下：

$$V = \sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{n_1} \left\{ |T_{e1}(i, j) - F_e(x+i, y+j)| \right\} + \sum_{i=0}^{m_2} \sum_{j=0}^{n_2} \left\{ |T_{e2}(i, j) - F_e(x+p+i, y+q+j)| \right\},$$

$$x = 0, 1, 2, \dots, M, y = 0, 1, 2, \dots, N$$

其中 m_1 與 n_1 分別為 T_{e1} 的寬度與高度， m_2 與 n_2 分別為 T_{e2} 的寬度與高度， M 與 N 分別為 F_e 的寬度與高度， x 與 y 分別為水平座標與垂直座標， p 為兩個眼睛區塊的水平距離， q 則為垂直距離，示意如圖 5.2 所示， $T_e(x,y)$ 與 $F_e(x,y)$ 表示得到座標 (x,y) 上的像點的值。系統在眼睛帶內找出 V 值最小的區域，不過為了減少比對的區域及降低比對時間，僅在非膚色的區域內作比對，也就是在 F_e 內並且為 F_n 的非膚色點的位置上，才進行 T_{e1} 與 T_{e2} 的比對，差異值最低的區塊可能就是駕駛者的眼睛部位，結果如圖 5.3.(a)所示

5.2 眨眼偵測

當眼睛閉上時(如圖 5.1.(l))，因為眼睛成一條直線，使得原本眼睛的形狀改變太大，就可能會有兩種追蹤結果，一個是仍然追蹤到正確得眼睛位置，另一個是追蹤到別的部分。於是在追蹤到最相似的眼睛區塊後，觀察其追蹤到的位置與前一張影像中的位置是否相差很大，是則判斷為眨眼狀態，否則繼續由顏色上判斷。顏色上的比對方面，差異值是採用兩個像點的紅色值相減的值，加上綠色值相減的值，再加上藍色值相減的值，此差異值相差超過一個值時，則判定為閉眼狀態，不更新其 template map (如圖 5.1.(p) 與 (q))，偵測閉眼的結果如圖 5.3.(b)，而其他駕駛者連續影像的實驗結果如圖 5.4 所示。

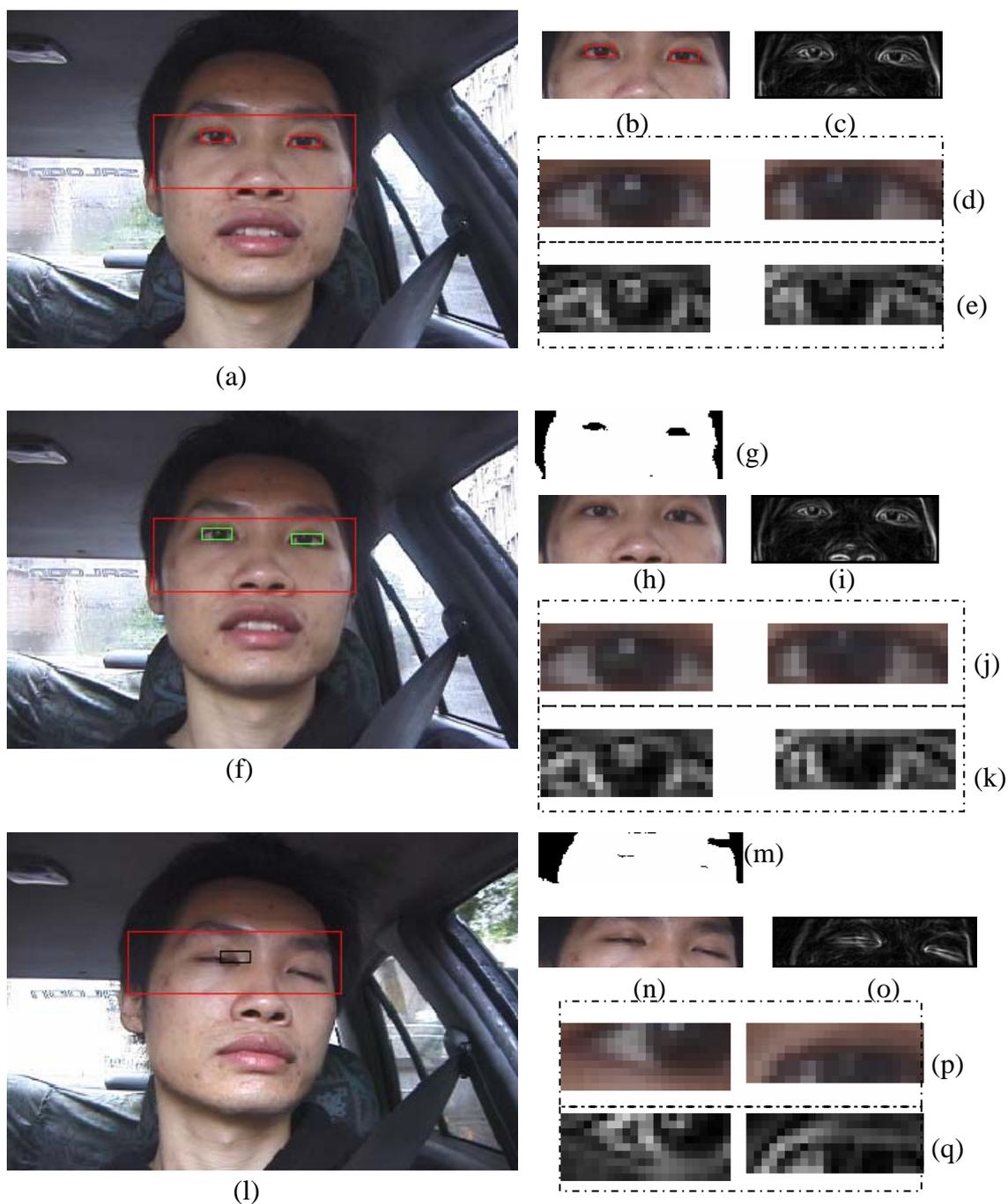


圖 5.1 眼睛追蹤所需的資訊。(d)與(e)為 template map，在下一張影像(f)的眼睛帶(h)中及 edge map(i)比對，找出最相似的眼睛，(j)和(k)即為追蹤到的眼睛，當作新的 template map。 (g)與(m)為非膚色點，以黑色表示。(l)為駕駛者閉眼的狀態，因其眼睛呈現一條線，所以比對的結果無近似的眼睛之下判斷成閉眼，其 template map 沿用上一張成功追蹤到眼睛的 template map。

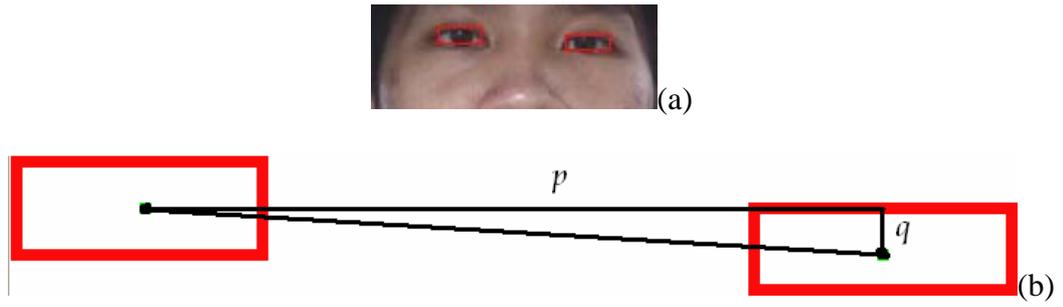


圖 5.2 兩個眼睛區塊的相對距離。(a) 影像中駕駛者的眼睛帶部分，偵測到的眼睛區塊以矩形框出；(b)兩個眼睛區塊的相對位置示意圖，以左邊的眼睛區塊的中心點為原點，距離右邊眼睛區塊的水平距離為 $+p$ ，垂直距離為 $+q$ ，單位為像點數。

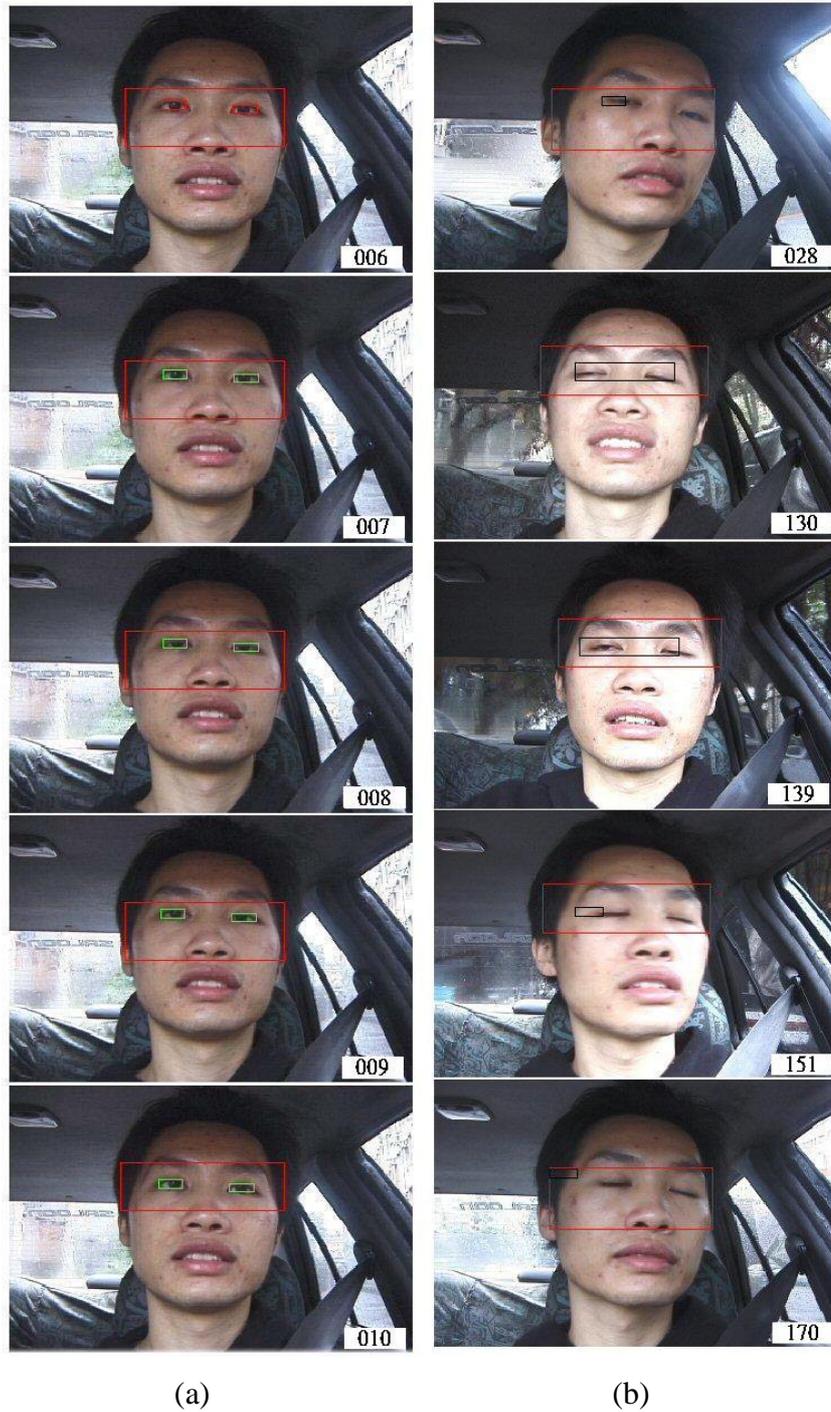


圖 5.3 影像中追蹤眼睛及眨眼偵測的結果。(a)為連續的影像，時間差約為 0.23 秒，編號 006 的影像是藉由追蹤眼睛的方式找到眼睛（在眼睛帶中使用紅色框表示），之後編號為 007 至 010 的影像使用眼睛追蹤的方式偵測出眼睛位置（用綠色框表示）。(b) 表示不同時間偵測到的閉眼狀態，系統以黑色框表示眨眼中。

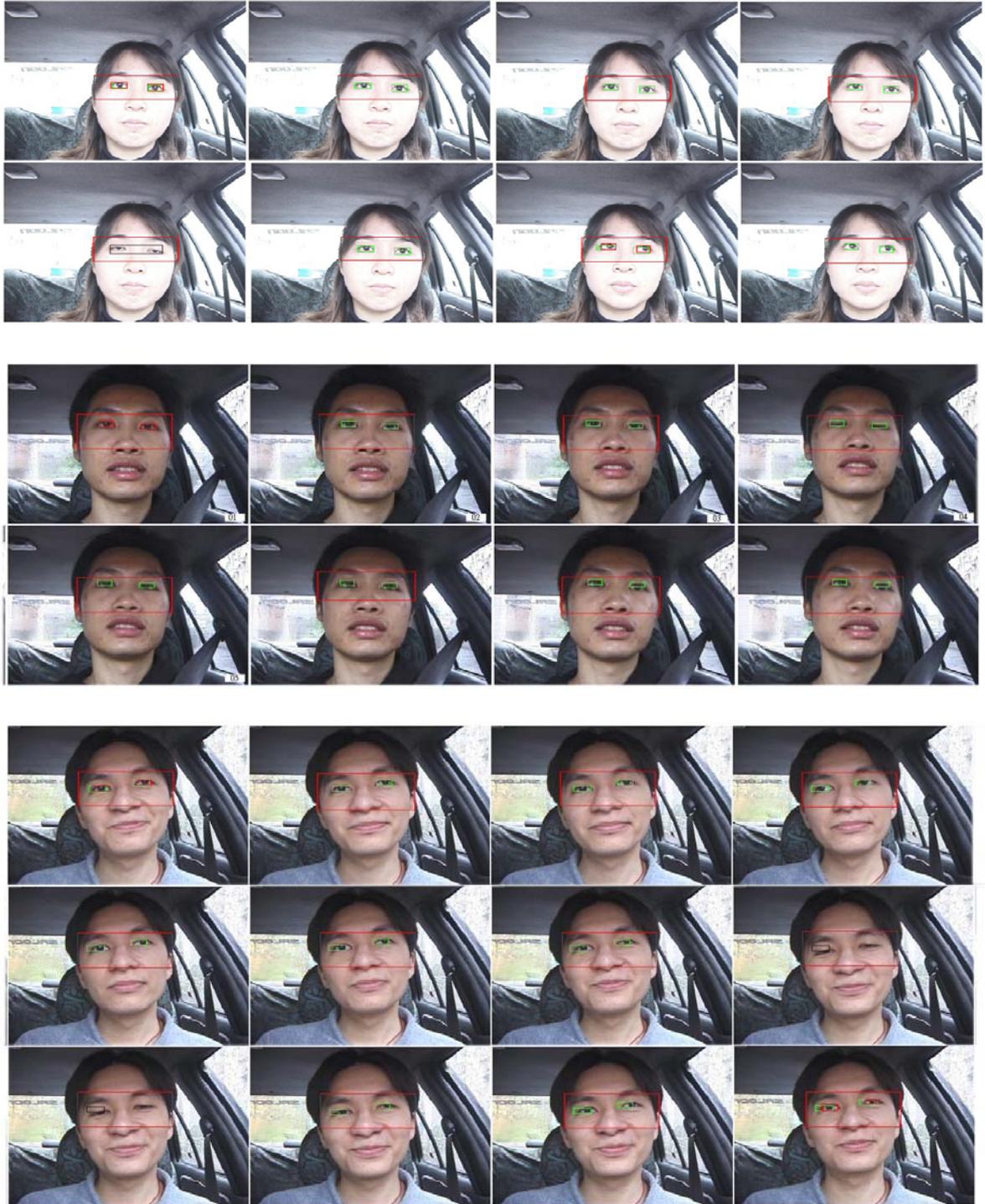


圖 5.4 連續影像中追蹤眼睛的實驗結果，圖片各由左至右為連續影像，其中紅色矩形表示眼睛偵測工作的結果，而綠色矩形為眼睛追蹤的結果，黑色矩形出現表示其駕駛者在眨眼。