

第四章 實驗結果

4.1 完整的系統架構

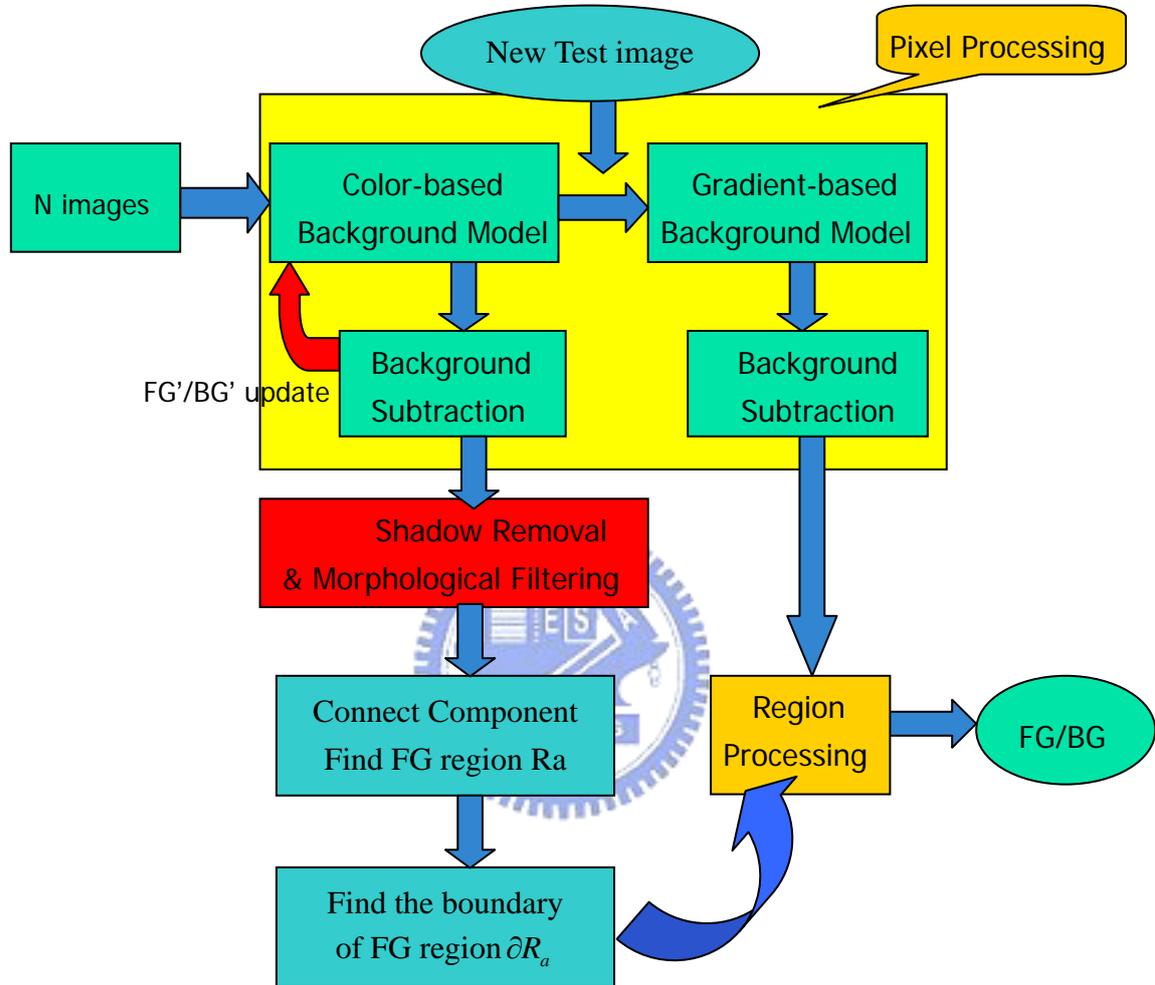


圖 4-1 整個系統的架構

圖 4-1 是我們整個系統的架構圖，這裡所有會用到的演算法，都已於第二章與第三章中詳細地說明，整體來說，我們的系統是先收集一段時間的影像，訓練出初始化的 GMM 背景模型(以顏色為基礎)，並利用此顏色模型再建立梯度的背景模型。當一張新的影像進來，同時分兩方面進行，一方面作顏色的背景濾除加陰影濾除，之後作形態學的濾波，以及找出前景的區域 R_a 及其邊界 ∂R_a ；另一方面作梯度的背景濾除，最後將這些資訊透過區域階

層的處理，得到最後屬於前景或背景的判斷。從圖 4-1 可以看出，顏色的背景濾除結果 FG'/BG'，皆須拿來更新顏色的背景模型，其中 FG'是所有與顏色模型有很大差距的狀況，包括真正的前景、Highlight、Shadow，至於最後系統的結果 FG/BG，因為有加入陰影濾除的機制，將 Highlight、Shadow 都併入 BG 中，所以 FG 即是真正的前景。

4.2 發展的平台

整個背景建立與濾除的平台，是在 CPU 3.2 GHz 的電腦上，Visual C++ 6.0 的環境下，以 MFC 的架構來完成整個演算法，並透過 Sony EVI-D30 的攝影機(圖 4-2(a))和 MIL Lite 6.1(Matrox)的影像擷取卡(圖 4-2(b))，去獲得每秒 30 張的影像序列，影像的大小是 320 x 240，格式是 bmp 檔，顏色的解析度是 RGB 各 8bits。



圖 4-2 (a)Sony 攝影機(b)影像擷取卡

在 MFC 視窗介面的對話盒中(圖 4-3)，具有 2 項主要的功能，一個是收集連續的影像序列，包括建立背景模型的影像，和作背景濾除的測試影像；另一個功能是開始執行整個系統的演算法，在開始執行之前，有一些參數可以透過此對話盒進行修改，像是一些門檻值的大小、學習的比率、建模型時初始的高斯數、以及之後可以增加的高斯數...等。其中比較重要的參數是調整影像的大小，攝影機預設儲存的影像大小是 320 x 240，但是在此解析度

下，做背景濾除的速度會很慢(因為我們的演算法是以像素為單位進行，所以空間解析度越大，所花的時間越久)，若希望能達到即時的效果，則可調整此參數為 0.25，讓解析度變成 80 x 60，如此每秒可以處理 10~15 張。

在我們的視窗程式中，具有將不同方法處理過後的影像序列，同時連續撥放出來的功能，以利於我們做觀察、比較和分析，顯示的方式如圖 4-4 所示，圖(a)顯示原始的影像，圖(b)顯示像素做分類後的結果影像，其中背景保持原來的顏色，紅色是 Shadow，藍色是前景，綠色是 Highlight，圖(c)顯示我們的演算法做背景濾除後的結果，圖(d)與圖(e)分別顯示單純以顏色與梯度為基礎所做出的背景濾除之結果，圖(c)(d)(e)都是二值影像，白色代表前景，黑色代表背景。

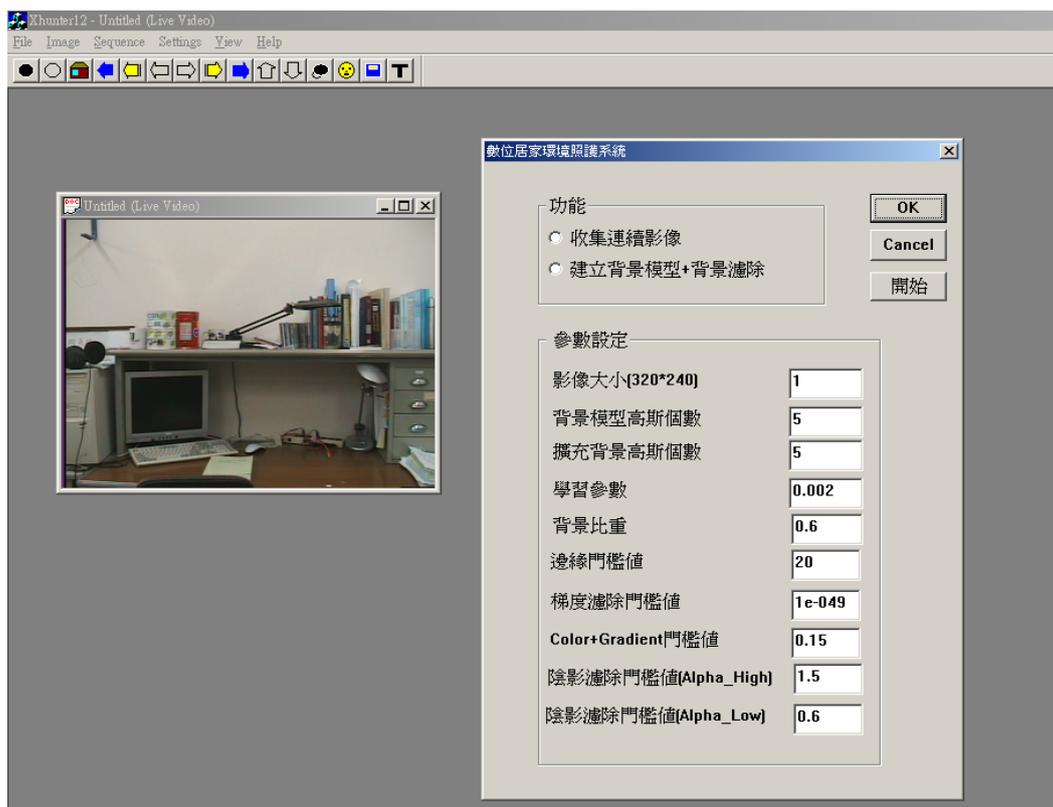


圖 4-3 可以收集影像序列、執行背景濾除、調整參數的對話盒

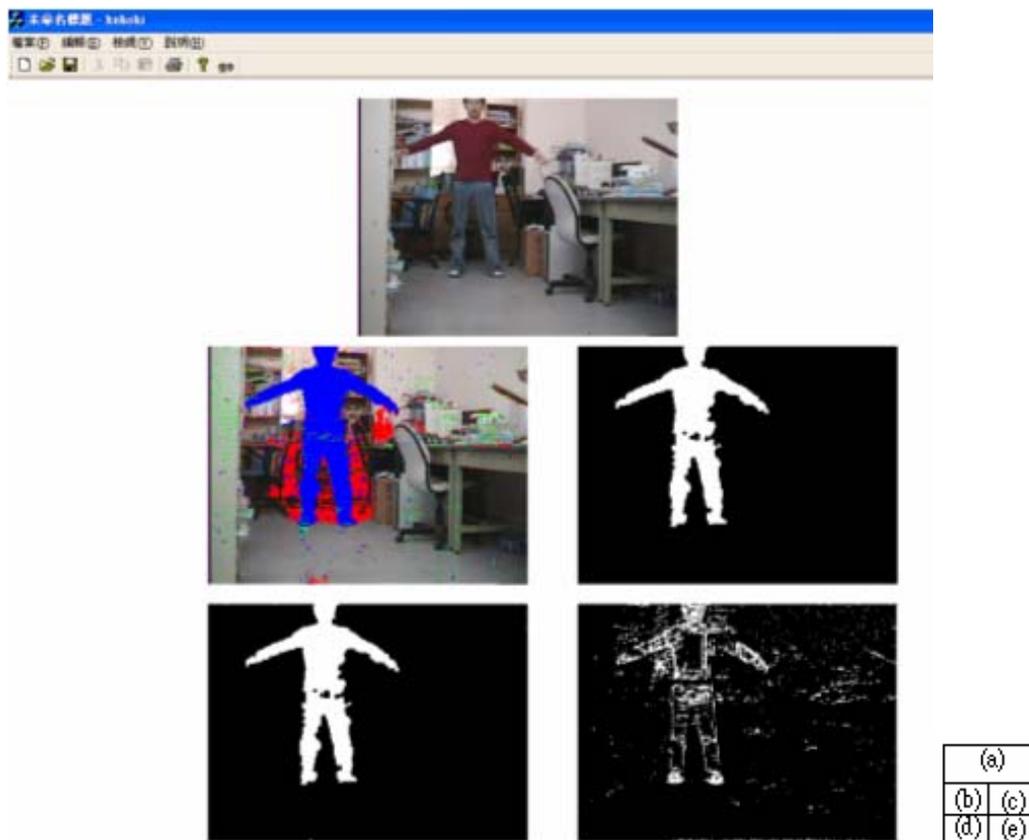


圖 4-4 可同時顯示 5 種不同狀況的影像序列

4.3 實驗的結果

我們的系統能夠解決下面這四種狀況，分別是照度上的改變(包括局部的區域或是整張影像)、非靜態的背景環境、物體的移動以及前景物體所造成 Shadow 和 Highlight，根據這些狀況，在室內的環境下進行實驗模擬，得到的實驗結果如下。所有的實驗都是取系統初始化後前 N 張影像當作背景影像(在不同的實驗 N 有所不同)，來進行背景 GMM 的建立，之後新進來的即測試影像，我們希望能將測試影像中，屬於背景的部分濾掉，只留下前景的部分，在我們的實驗中，移動的物體或是人都是我們所要的前景。下面各個實驗的影像圖，左排圖(a)的影像代表原始的測試影像序列，中間圖(b)則是經過顏色為基礎背景濾除和陰影濾除後，像素分類的結果，其中背景維持原來的顏色，紅色代表 Shadow，藍色代表前景，綠色代表 Highlight；右排圖(c)則是經過我們的演算法後，剩下屬於真正前景的二值影像。

在我們的系統中，我們是修改 Snp 陰影濾除的方式，提出一個與 GMM 結合的陰影率除機制，所以再接下來的每一個實驗，會拿我們系統與 Snp 作背景濾除後，所得到的前景、背景之二值影像結果，分別計算其正確率，並列表分析表較，由數字來證明我們系統有較高的正確度。前景區域偵測的正確率，可以當做評估背景濾除系統好壞的一項標準，本論文中正確率的計算，是將背景率除後的二值影像(前景為 1，背景為 0)，與真正前景、背景的二值影像，以像素為單位進行比較，具有相同值的像素個數為分子，整張影像的像素個數為分母，計算出正確率；至於如何決定真正的前景區域，是一件很困難的工作，本論文中是透過肉眼觀察的方式，以人工的方式標記前景的區域。

4.3.1 照度改變(Illumination Change)

4.3.1.1 整張影像的改變(檯燈的開關)

藉由 2 種不同顏色檯燈的開關，來模擬整張影像有照度變化的情況，下圖 4-5、4-6 分別是開關黃燈與白燈的實驗，背景皆是收集 300 張桌面上有一盞檯燈的靜態影像。圖 4-5 的第 480 張是剛打開黃燈，由中間圖(b)像素的分類可以明顯地看出，因為黃光使得背景整個變黃，所以大部分的地方變成前景，第 580 張則是調整亮度到最亮，由圖(b)看出整張影像都受到亮度的影響，但是這些受亮度影響變成前景的地方，因為它們在以梯度為基礎濾除的結果中並非前景，所以經過區域階層的處理後，皆如圖(c)所示全部變成背景；第 750 張是經過一段時間後，因系統會不斷地更新背景模型的參數，所以這些亮度的改變都已併入到背景中，只剩下部分變化較大的區域，如檯燈燈罩的邊緣附近仍是屬於前景；第 1030 張是開始調暗亮度，因為系統有短期模型的機制，與最近的影像相比較暗，所以將這些變化分類成前景(如圖(b))，但最後經由我們的系統區域處理後，可以將這些影響消除，第 1300 張，是檯燈關掉時的影像。第 1400 張則是再開一次檯燈，因為之前黃燈的

亮度分佈已被記錄到模型中，所以大部分的像素很快地被分類成背景，只剩少數變化較劇烈的需要較長的時間才能併入背景。

圖 4-6 的第 670 張是剛打開白燈，由圖(b)可以看出，燈管附近因亮度太亮，與原背景差距太大，被分類成前景，檯燈的後方與前方的區域因為白光影響顏色不大，只是亮度上的增減，所以分類成 Shadow 和 Highlight，只有少數因顏色變化過大而被分類成前景。經過一段時間，光線穩定後(第 860 張)，大部分的變化併入背景，只剩下檯燈燈管的邊緣仍是前景。與之前黃燈實驗中開關檯燈的順序相同，在第 1006 張關燈，瞬間整體亮度變暗，大部分的像素分類成 Shadow，第 1150 張是關燈後達到穩定的影像，之後第 1180 張再重開燈一次，與黃燈的實驗相似，大部分的像素很快地被分類成背景。從這兩個開關檯燈實驗的影像可以明顯地看出，因為有陰影濾除的機制，以及加入梯度濾除的區域階層處理，所以能克服整體性照度的改變。

下列表 4-1 與 4-2 是我們的系統與 Snp 作背景濾除後的正確濾比較表，這裡只從測試影像中選取 15 張當作代表，由表格可以看出我們的系統較 Snp 的正確度來的高，尤其在開黃燈的影像中(表 4-1 的第 480~1150)特別明顯。

Frame		476(剛開)		480(微亮)		500(再亮)		580(最亮)		650(最亮)	
Our System	Snp	100.00	94.05	99.84	36.40	99.93	22.50	99.91	15.38	83.96	23.42
Frame		750(最亮)		900(最亮)		1000(開始關)		1030()		1120(再暗)	
Our System	Snp	91.50	31.51	93.10	30.91	95.44	34.26	97.75	38.28	99.15	32.90
Frame		1150(全暗)		1300(全暗)		1330(再開燈)		1400(微亮)		1600(最亮)	
Our System	Snp	93.79	50.72	99.95	99.84	93.31	92.40	96.22	13.03	99.30	34.66

表 4-1 檯燈(黃燈)開關實驗中，背景率除正確率比較表

Frame		660(剛開)		665(開燈)		670(開燈)		860(開燈)		950(開燈)	
Our System	Snp	99.02	99.48	97.93	79.81	95.92	92.22	96.73	93.81	97.44	94.46
Frame		1006(剛關)		1020(關燈)		1150(關燈)		1180(再開燈)		1250(開燈)	
Our System	Snp	98.12	95.65	99.94	98.85	99.78	99.68	98.94	99.08	97.28	93.81
Frame		1300(開燈)		1375(開燈)		1377(關燈)		1380(關燈)		1445(關燈)	
Our System	Snp	97.49	95.26	97.73	87.50	98.83	98.92	99.73	99.32	100.00	99.71

表 4-2 檯燈(白燈)開關實驗中，背景率除正確率比較表

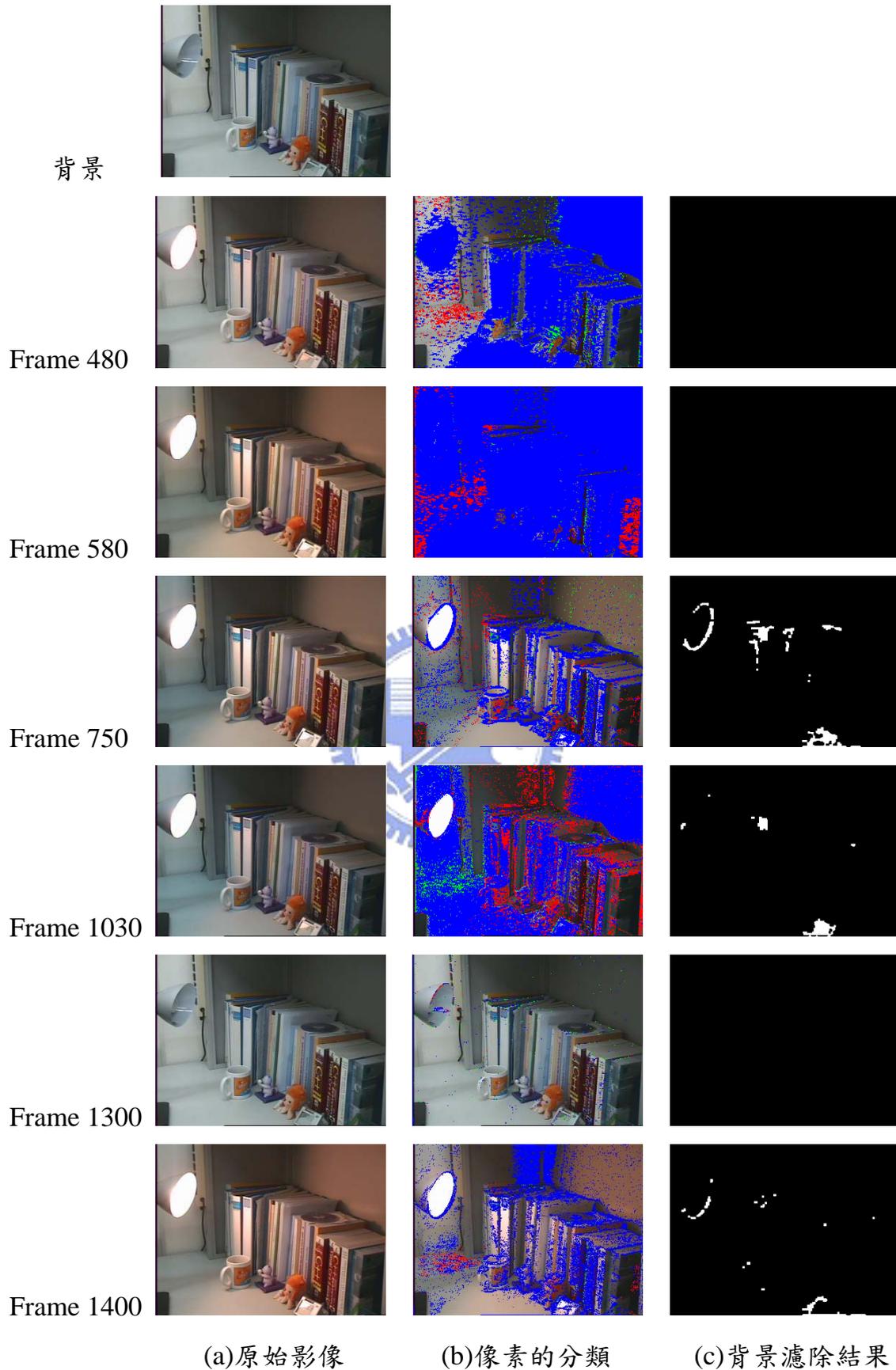


圖 4-5 檯燈(黃燈)開關的影像序列

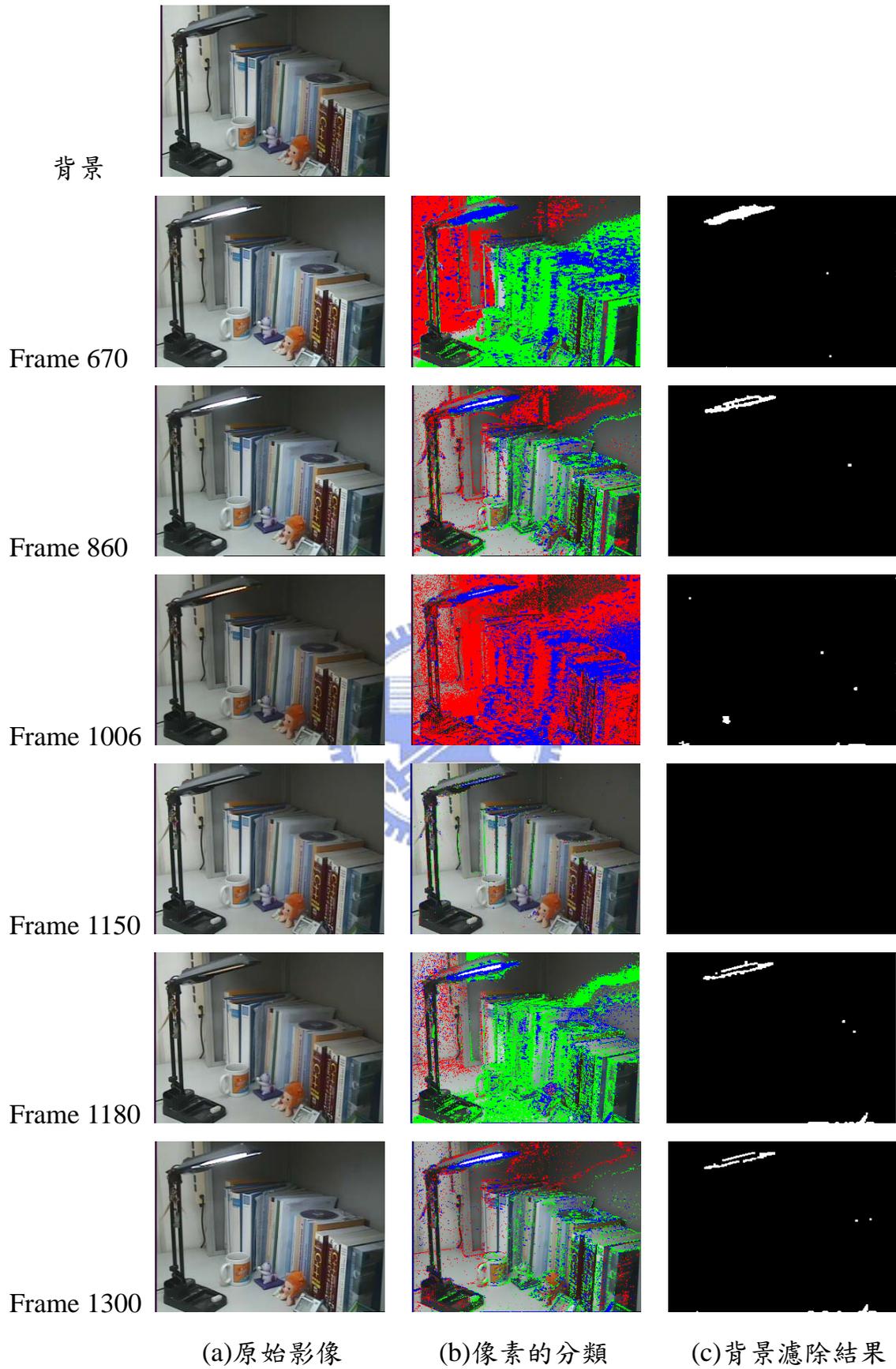


圖 4-6 檯燈(白燈)開關的影像序列

4.3.1.2 整張影像的改變(日光燈的開關)

圖 4-7 是在室內依序開三盞日光燈的連續影像，背景是取影像序列中前 300 張沒有開任何一盞日光燈時的影像，第 385 張是先開左上角的第一盞燈，由像素的分類結果(b)可以看出靠近日光燈的地方，因顏色差距過大，被判定成前景，其他地方則是 Highlight 或 Shadow，第 430 張則是顯示隨時間增加，光線的影響擴張到整張影像，前景、Highlight、Shadow 的區域都增加，在這段時間內，因為前景區域邊緣的梯度值夠高，所以我們無法透過區域處理，將此光線的變化所造成的前景消去。經過一段時間，背景模型不斷地被更新，這些變化都併入了背景中，所以由第 630 張影像可以看出紅色及綠色的區域變少，即 Highlight、Shadow 的影響併入背景模型中。之後再開右上角的第二盞燈(第 660 張)和場景中正上方的第三盞燈(第 920 張)，像素分類的結果都顯示只造成亮度上的改變，所以只有 Highlight 和 Shadow，因此都不會影響背景濾除的結果，開第二和第三盞燈後，光線的變化亦會隨著時間被併入模型中(第 890 和 1114 張)。

從表 4-3 可以看出，因為我們的系統具有記錄變化的 GMM 模型，亮度的變化會隨著時間併入模型內，所以隨著模型的更新，正確率也跟著提高(第 430~700)，但是因 Snp 仍是與原背景的靜態模型作比較，並沒有更新模型的機制，所以隨著亮度的改變越多，其正確率相對地也越低。

Frame		381(一盞)		385(一盞)		405(一盞)		430(二盞)		560(二盞)	
Our System	Snp	98.24	93.54	88.35	82.14	83.85	78.24	56.50	68.42	66.85	69.82
Frame		565(二盞)		570(三盞)		580(三盞)		650(三盞)		700(三盞)	
Our System	Snp	79.87	69.30	96.88	69.69	99.08	69.55	99.23	45.62	99.49	46.22
Frame		845(三盞)		910(三盞)		1000(三盞)		1050(三盞)		1110(三盞)	
Our System	Snp	99.56	46.18	99.39	53.58	99.85	57.87	99.93	60.83	99.64	60.32

表 4-3 日光燈開關實驗中，背景率除正確率比較表

背景



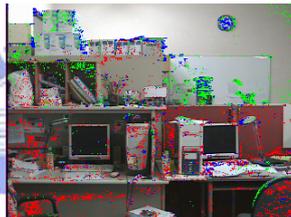
Frame 385



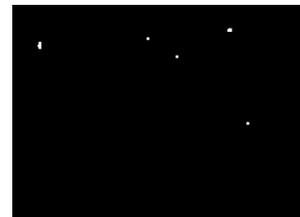
Frame 430



Frame 630



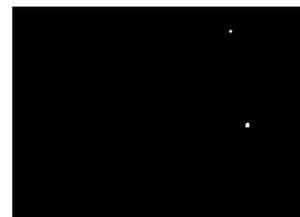
Frame 660



Frame 890



Frame 920



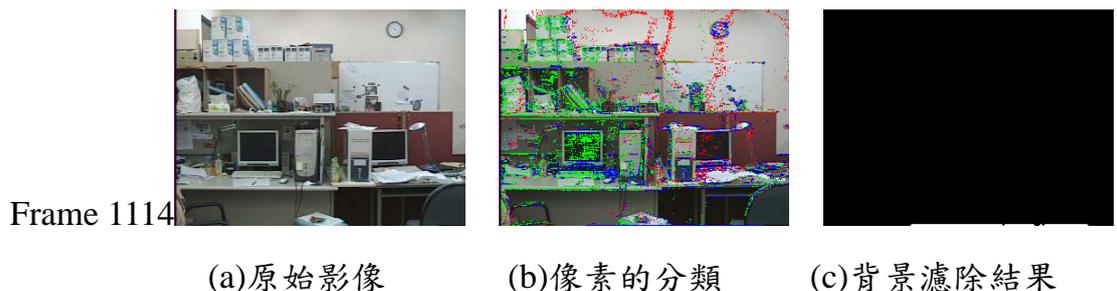


圖 4-7 開日光燈產生照度改變的影像序列

4.3.1.2 局部的改變(手電筒的照射)

這裡我們利用手電筒的照射，來模擬局部性照度的改變，如下圖 4-7 所示，背景是取只有一面白牆，沒有任何物體進入的前 300 張影像，然後將手電筒照射到一片白牆上(第 528 張)，同時一個人走入場景中(第 700、770 張)，由這個實驗可以看出，因為手電筒的燈光其邊緣缺少梯度的資訊，而人的邊緣有較大的梯度值，所以經過我們的系統後，手電筒所造成的前景就消失了(第 528~770 張)。從 4-4 的比較表可以看出，我們的系統在有手電筒燈光出現的影像中，幾乎都較 Snp 高出 5~7% 的正確率，其原因是我們的系統有加入梯度的資訊，所以能克服手電筒的光所產生的誤判。

Frame	340(只有燈)		450(只有燈)		670(燈+人)		680(燈+人)		690(燈+人)		
Our System	Snp	98.89	91.34	99.73	91.18	99.11	92.28	98.31	91.10	97.68	91.25
Frame	700(燈+人)		730(燈+人)		760(燈+人)		790(燈+人)		800(燈+人)		
Our System	Snp	97.15	90.90	95.85	90.45	95.91	89.53	95.77	89.31	95.65	86.82
Frame	810(燈+人)		820(燈+人)		830(燈+人)		900(只有燈)		1000(白牆)		
Our System	Snp	96.74	89.87	97.31	91.75	98.23	91.97	99.03	93.39	99.99	99.74

表 4-4 手電筒照射實驗中，前景(人)偵測的正確率比較表

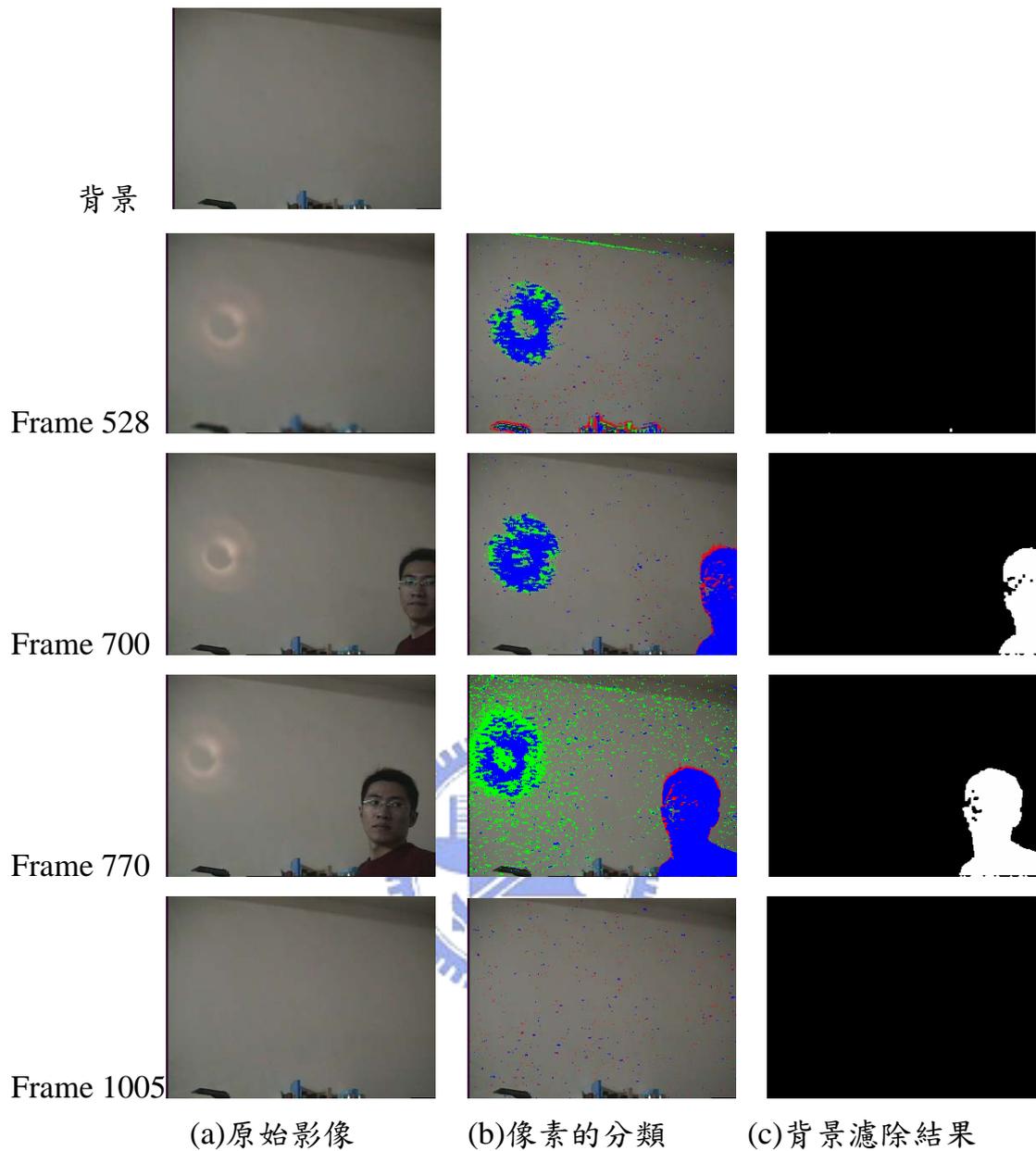


圖 4-8 手電筒照射產生照度改變的影像序列

1.3.2 非靜止的背景

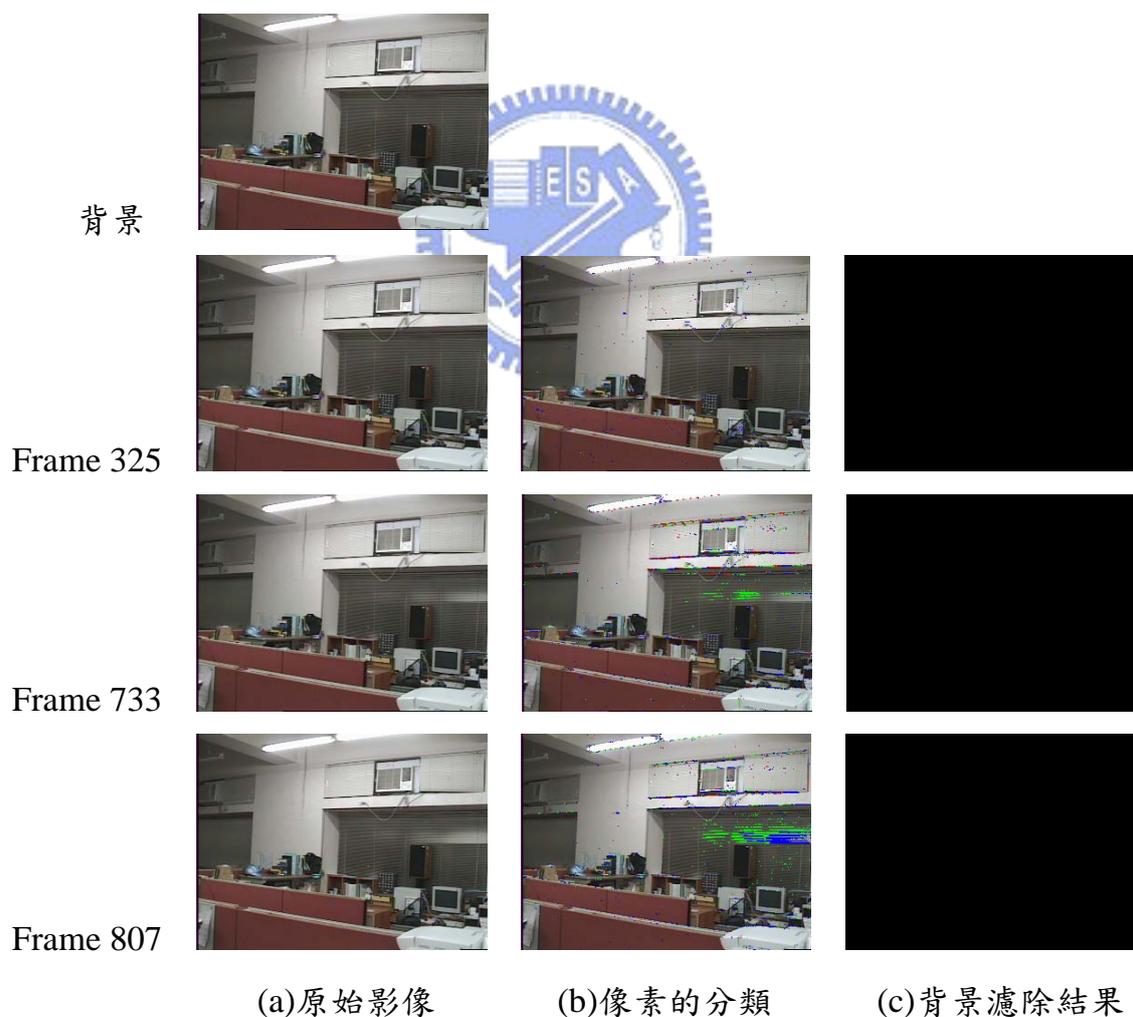
4.3.2.1 百葉窗的晃動

這個實驗中，背景場景的窗簾是一直在晃動的(圖 4-9)，所以用 GMM 的分佈去代表背景是合適的，取序列中前 300 張當背景影像，在新的測試影像(第 325 張)進來，窗簾的晃動並不會被當成前景，但是若晃動的程度過大，大於背景模型的分佈，則可能會變成前景、Highlight 或 Shadow(第 733、807 張)，但是經過我們的系統處理後，仍將這些影響歸類為背景。

下表 4-5 中系統與 Snp 的正確率差距不大，系統的正確率幾乎都將近 100%，而 Snp 也都有 99% 以上，可能是百葉窗的振動幅度並未大到誤判成前景，但是比較起來系統的正確率還是都高於 Snp。

Frame		601		630		690		720		750	
Our System	Snp	99.99	99.81	100.00	99.98	99.99	99.96	100.00	99.95	100.00	99.92
Frame		780		810		840		870		900	
Our System	Snp	100.00	99.81	99.99	99.74	100.00	99.97	99.99	99.96	100.00	99.76
Frame		930		970		1000		1030		1080	
Our System	Snp	100.00	99.76	99.99	99.76	100.00	99.72	100.00	99.77	100.00	99.78

表 4-5 百葉窗晃動實驗中，背景率除的正確率比較表



(a)原始影像 (b)像素的分類 (c)背景濾除結果

圖 4-9 背景是一值晃動的窗簾

4.3.2.2 手扶梯的移動

在這個實驗中，背景是取前 800 張移動中的手扶梯(圖 4-10)，手扶梯部分的像素會在兩種不同的顏色作分佈，所以用 GMM 的分佈去代表背景是合適的，新的測試影像(第 920、1200 張)幾乎沒有偵測到前景，只有 Highlight 或 Shadow，可見利用 GMM 來建立背景模型對於此種狀況有很高的穩健性。由表 4-6 看出正確率都在 99% 以上，用單一分佈來決定背景模型的 Snp 仍有這麼高的正確率，是因為手扶梯的兩種顏色分佈差距不大，在像素分類時可以分類成 Shadow 或 Highlight，所以誤判成前景的機率就不大。

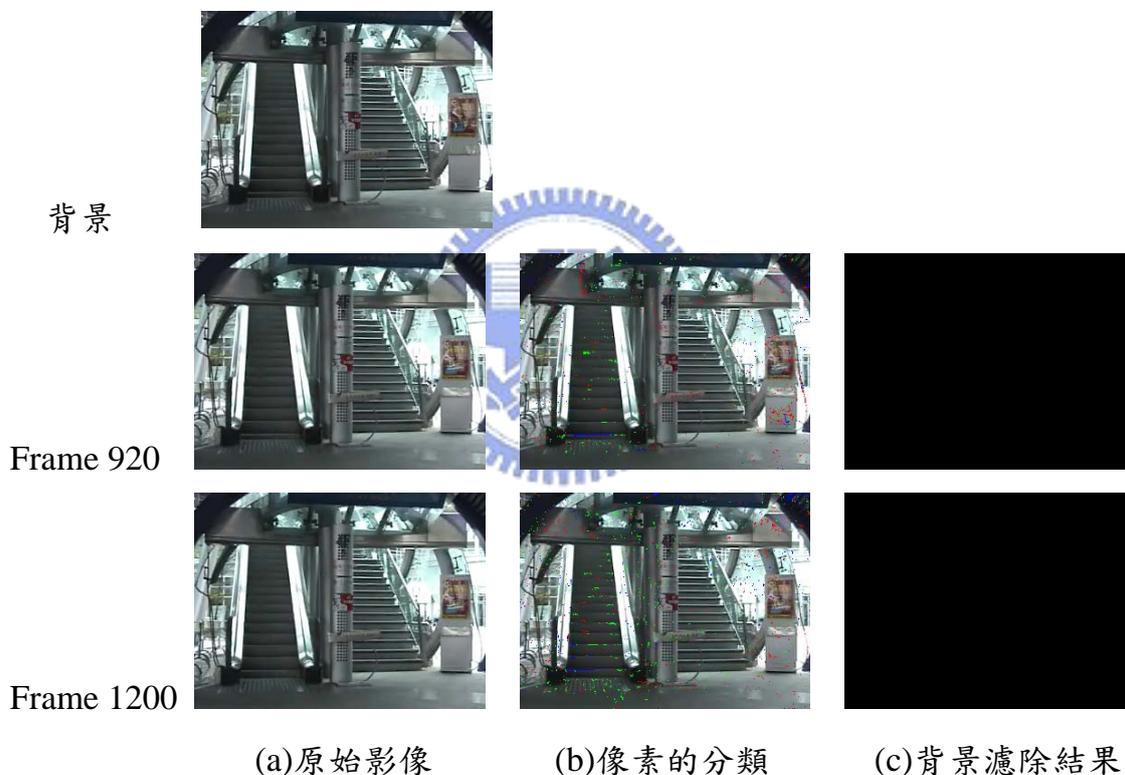


圖 4-10 背景是移動中的手扶梯

Frame	800	840	880	920	960
Our System Snp	100.00 99.23	100.00 98.82	100.00 98.83	100.00 99.28	100.00 99.44
Frame	1000	1040	1080	1120	1160
Our System Snp	100.00 99.38	100.00 99.34	100.00 98.75	99.99 99.00	99.99 99.05
Frame	1200	1240	1280	1320	1360
Our System Snp	99.99 99.16	99.99 99.10	99.99 99.36	99.99 99.58	100.00 99.71

表 4-6 手扶梯移動實驗中，背景率除的正確率比較表

4.3.2.3 晒衣場衣服的飄動

在這個實驗中，背景場景是在室內的曬衣間（圖 4-11），取前 1000 張影像來訓練模型，因衣服隨著風吹跟著飄動，所以造成衣服部分的像素可能有多個顏色分佈，從第 1200 張和 1560 張的圖(b)看出，襪子飄動過大造成誤判成前景，以及衣服飄動所造成周圍的亮度改變，但是這些誤判經過系統的區域處理後都能被消除，如圖(c)所示只剩下一些變化較大的部分。因為此實驗中，因為衣服的飄動較大，所以從表 4-7 可以看出 Snp 的正確率，相對地和之前的實驗相比就較低，而我們的系統都仍有將近 100%的正確率。

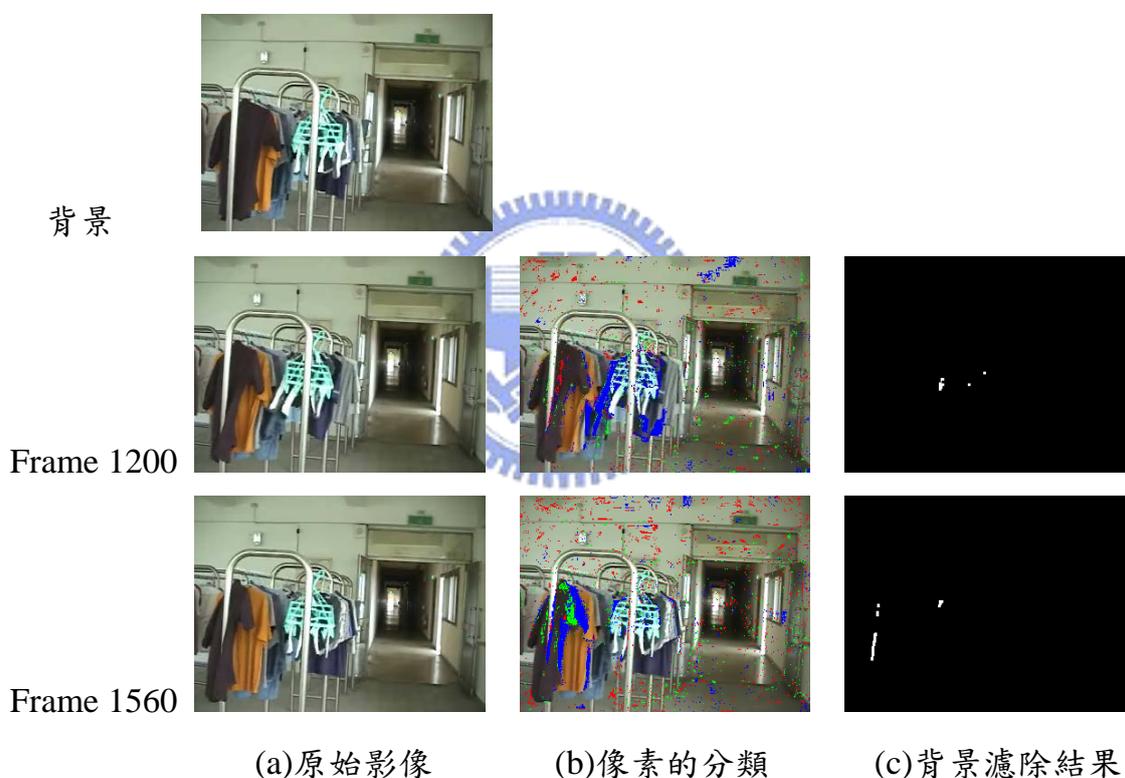


圖 4-11 背景是飄動中的衣服

Frame		1000		1040		1080		1120		1160	
Our System	Snp	99.94	97.44	100.00	97.55	99.95	97.73	100.00	96.55	99.99	99.00
Frame		1200		1240		1280		1320		1360	
Our System	Snp	99.91	96.69	99.75	96.69	99.73	96.00	100.00	96.57	99.83	94.53
Frame		1400		1440		1480		1520		1560	
Our System	Snp	100.00	96.04	99.91	97.60	99.99	97.11	99.90	98.20	99.79	96.25

表 4-7 衣服飄動實驗中，背景率除的正確率比較表

4.3.3 陰影和內部反射(Inter-Flections)造成的 Highlight

4.3.3.1 遠距離拍攝(人的進入並做原地運動)

圖 4-12 是人進入場景中，並在原地作伸展及抬腳的動作，由影像的序列可以清楚的看出，人的進入(第 380 張)會使得周遭因為光線的反射而變亮，而當人在原地作運動時，也會在其附近產生陰影(第 450 到 680 張)，我們的系統能準確地將這些變化偵測出來，將它們濾除掉，只留下真正的前景部分-人的身體。第 735 張是人走進攝影機，並準備離開場景，因為前景佔場景的比例增加，造成 Highlight 的影響也跟著增加。

在這裡我們從影像序列中任選 10 張影像，並用肉眼的方式標記出真正前景區域的二值影像，再與背景濾除後的結果影像(圖 4-12)進行比對，由得到各自的正確率，來分析背景濾除的效果，如下表 4-6 所示，人在不同的位置或是不同的姿勢，其前景偵測的正確率都在 80% 以上，且都較 Snp 的正確率來的高。

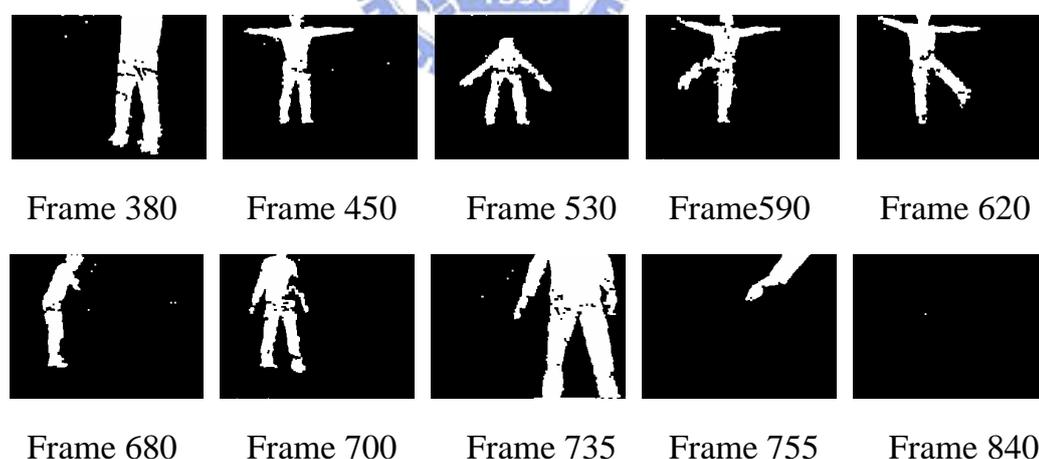


圖 4-12 挑選 10 張測試影像(人)背景濾除的結果

Frame		380		450		530		590		620	
Our System	Snp	90.45	89.18	86.50	85.80	89.38	88.87	88.45	87.72	88.67	88.76
Frame		680		700		735		755		840	
Our System	Snp	91.07	90.62	85.63	85.15	82.76	80.71	92.44	92.46	100.00	99.61

表 4-8 遠距離拍攝實驗中，前景(人) 偵測的正確率比較表

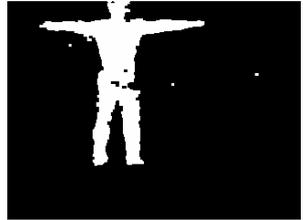
背景



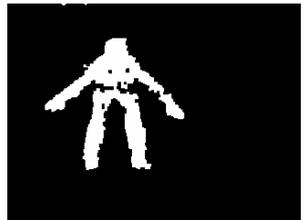
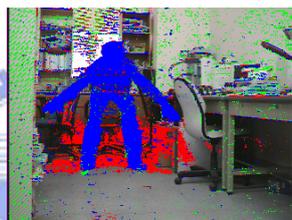
Frame 380



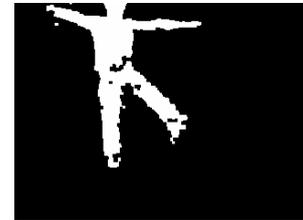
Frame 450



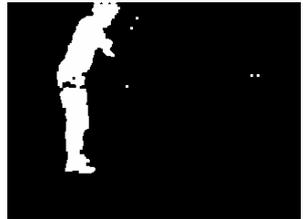
Frame 530



Frame 620



Frame 680



Frame 735



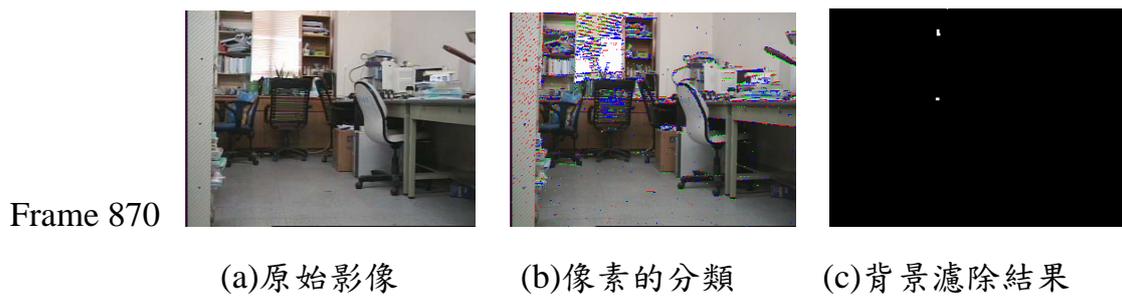


圖 4-13 人進入場景造成 Shadow 和 Highlight 的影像序列

4.3.3.2 近距離拍攝(手放到椅背前)

圖 4-15 是另一個因物體進入場景所造成光影變化，第 301 張是手還未進入場景中，但是已造成場景亮度的改變，偵測出來的結果大多是陰影，之後手進入了場景中(第 340~425 張)，在手的下方會有大量的陰影，上方則是有 Highlight，有些較暗的陰影會被誤判成前景，但這些雜點，都可以透過形態學的濾波加以濾除，所以我們的系統能完整正確的偵測出手的部分。

下圖 4-14 是選取的 10 張測試影像之濾除的結果，利用同 4.3.3.1 的方式可以得到如表 4-7 前景偵測的正確率，正確率較低的原因是許多較暗的陰影誤判成前景所致。

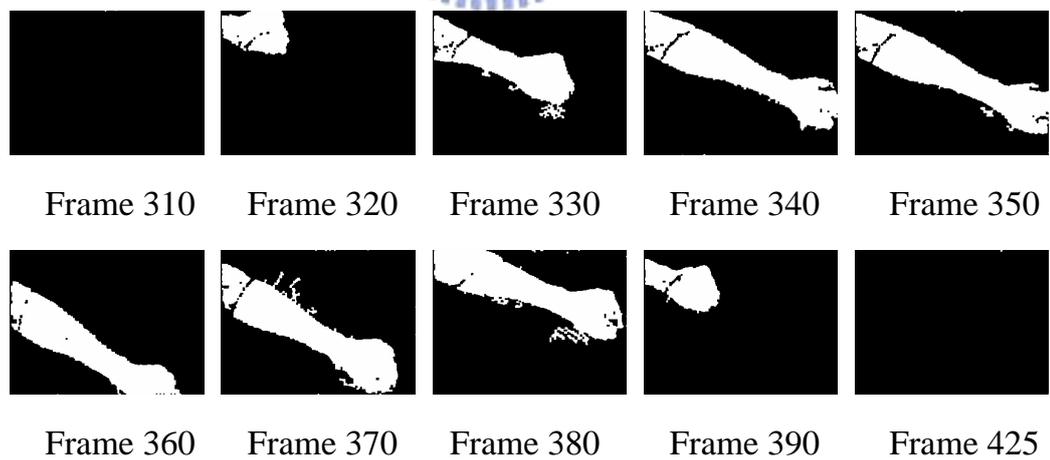


圖 4-14 挑選 10 張測試影像(手)背景濾除的結果

Frame	310	320	330	340	350
Our System Snp	100.00	99.95	76.83	75.64	77.93
Frame	360	370	380	390	425
Our System Snp	90.06	89.42	78.52	79.54	74.69
					69.09
					86.29
					84.81
					100.00
					99.94

表 4-9 近距離拍攝實驗中，前景(手)偵測的正確率比較表

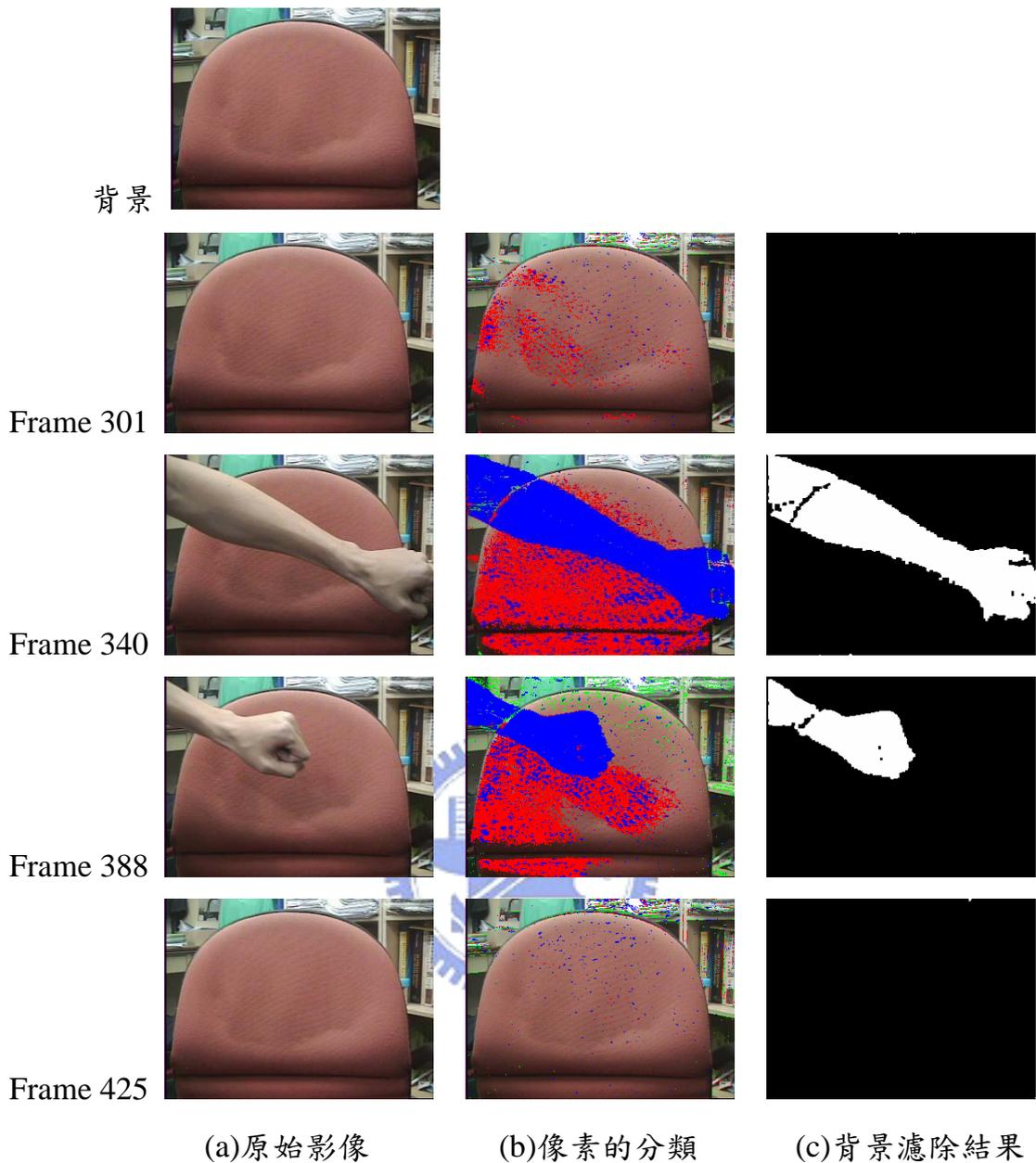
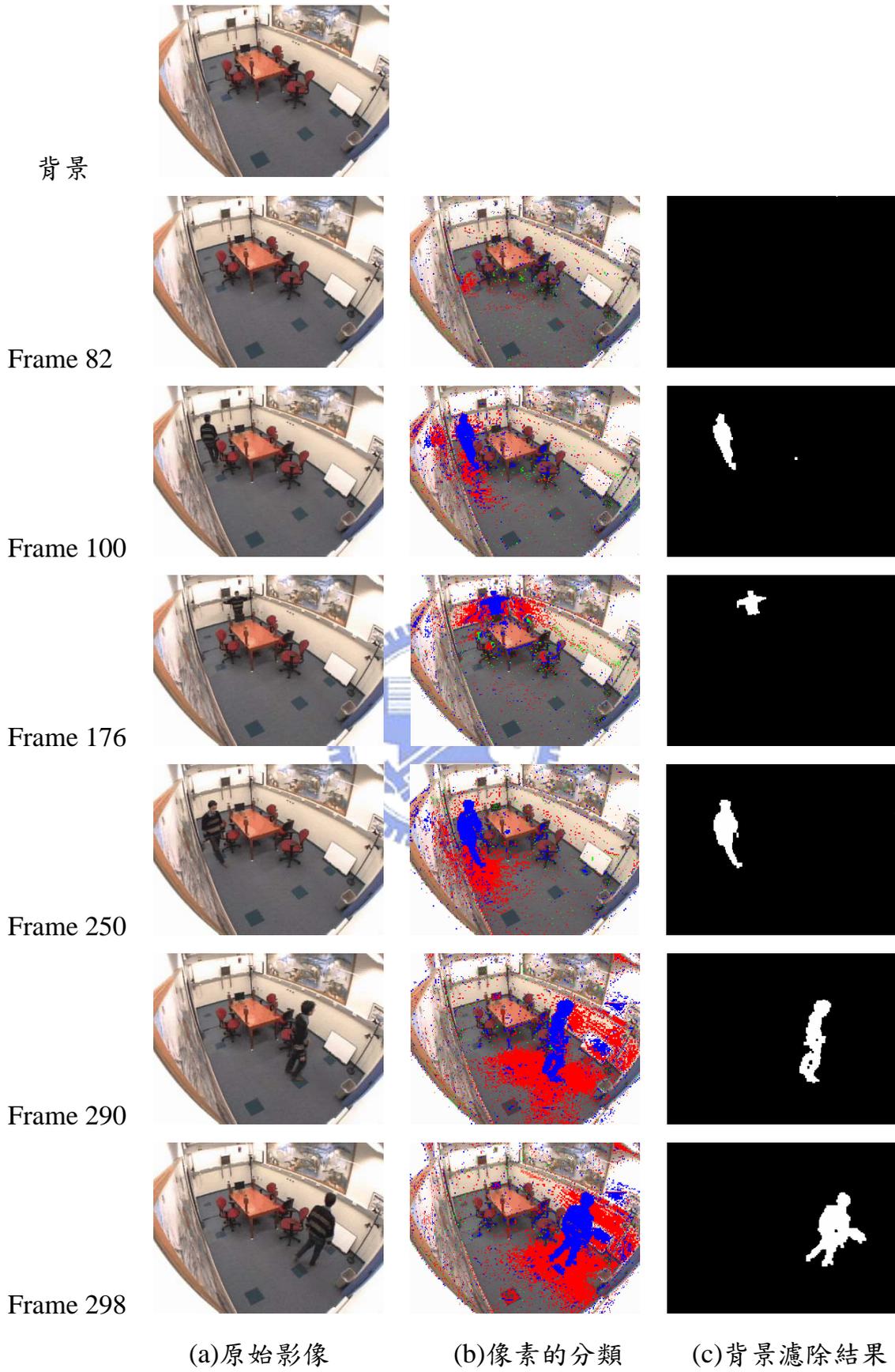


圖 4-15 手放到椅子前產生 Shadow 和 Highlight 的影像序列

4.3.3.3 從上方拍攝(人走進房間)

前面兩個實驗，從像素的分類圖都可以發現有 Highlight 與 Shadow 的部分，此節我們模擬真正的監視攝影系統，從上方拍攝室內的環境，收集前 80 張當背景模型影像，當人走進場景(第 82~250 張)，由圖(b)可以看出幾乎沒有 Highlight，只有人本身以及人投影到地上或是周圍牆壁的 Shadow，至於投影到白板的 Shadow，因顏色差距較大而被誤判成前景(第 290、298)。



(a)原始影像

(b)像素的分類

(c)背景濾除結果

圖 4-16 人走進房間幾乎只產生 Shadow 的影像序列

Frame		82		92		100		120		150	
Our System	Snp	99.83	99.81	96.31	96.11	96.76	96.64	96.26	96.22	97.86	98.03
Frame		176		200		250		290		298	
Our System	Snp	97.33	97.60	97.23	97.27	95.56	95.23	97.83	97.30	97.13	97.08

表 4-10 從上方拍攝實驗中，前景(人) 偵測的正確率比較表

從上表的比較發現，兩種方法的差距都不到 1%，一方面是因為背景沒什麼變化，使用這兩種方法的效果差不多；二來前景佔畫面的比率較小，所以造成的誤判機率整體來說也較小，雖然差距不大，但從數字上仍可看出我們的系統正確率較高。

4.3.4 背景物體的移動

背景的场景中有一個袋子，人進入场景中將它拿走(第 290~306)，則原來的位置(R_x)會可能會變成前景，但是此位置在影像中已無邊緣的資訊，所以在我們的系統中並非前景(第 309 張)，之後人再提袋子進入场景中，走過原來的位置 R_x ，因為原位置 R_x 在顏色的濾除中還未變成背景，且此時的影像中有人所造成的邊緣資訊，所以 R_x 會變成前景(第 415 張和 460 張)；最後，把袋子從新的位置 R_y 放回原來的位置 R_x ， R_y 因為沒有邊緣資訊，所以很快變成背景(第 554 張)，而 R_x 則是因為原來背景模型中，屬於袋子的分佈並未消失，所以它仍是背景(第 608 張)。

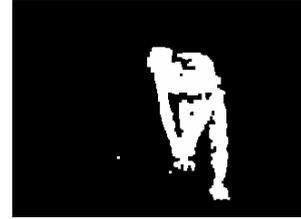
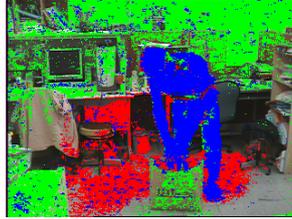
Frame		290		306		309		415	
Our System	Snp	91.23	91.15	87.17	85.95	91.13	87.50	84.18	83.97
Frame		460		554		608		700	
Our System	Snp	81.76	80.83	92.08	89.20	92.80	92.03	100.00	99.90

表 4-11 背景物體移動實驗中，前景(人+袋子) 偵測的正確率比較表

背景



Frame 290



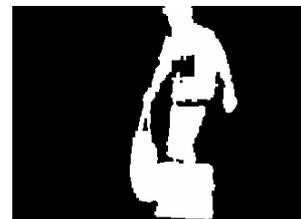
Frame 306



Frame 309



Frame 415



Frame 460



Frame 554



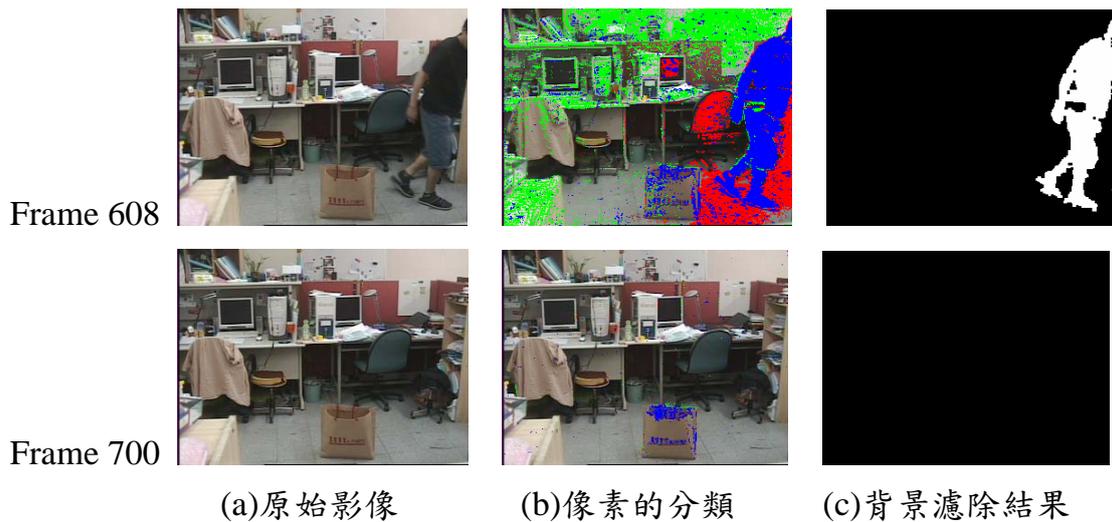
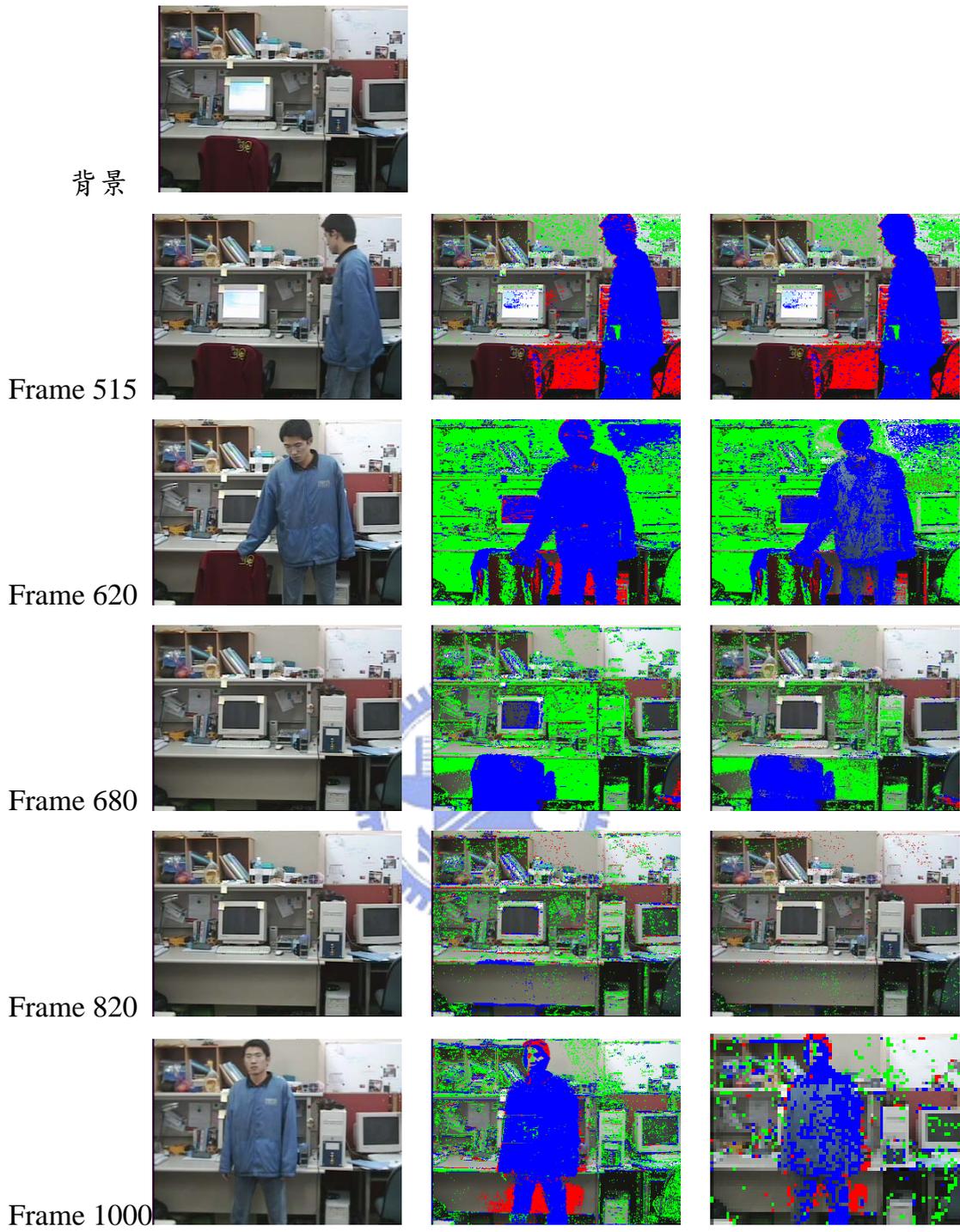


圖 4-17 移動背景物體的影像序列

4.4 有無特定機制之比較

4.4.1 調整學習比率的機制

在這一節我們將有無調整學習比率機制的影像序列做一個比較，圖 4-18 是一個簡單的實驗，(a)排是原始影像序列，(b)排是可根據像素點的活動程度(activity-level) A ，調整學習比率的影像序列，(c)排是固定學習比率的影像序列。此實驗中，人穿著均勻顏色的衣服，進入場景中關電腦螢幕和拉椅子離開，因為我們希望螢幕與椅子都能快速地併入背景，所以提高學習的比率，但從第 620 張的(c)影像可以看出，一旦人停留的時間一久，也會被併入背景，而加入可調整學習比率的機制，因人的活動程度 A 較大，降低其學習比率，使其併入背景的速度降低，所以第 1000 張(b)的人不會變成背景。



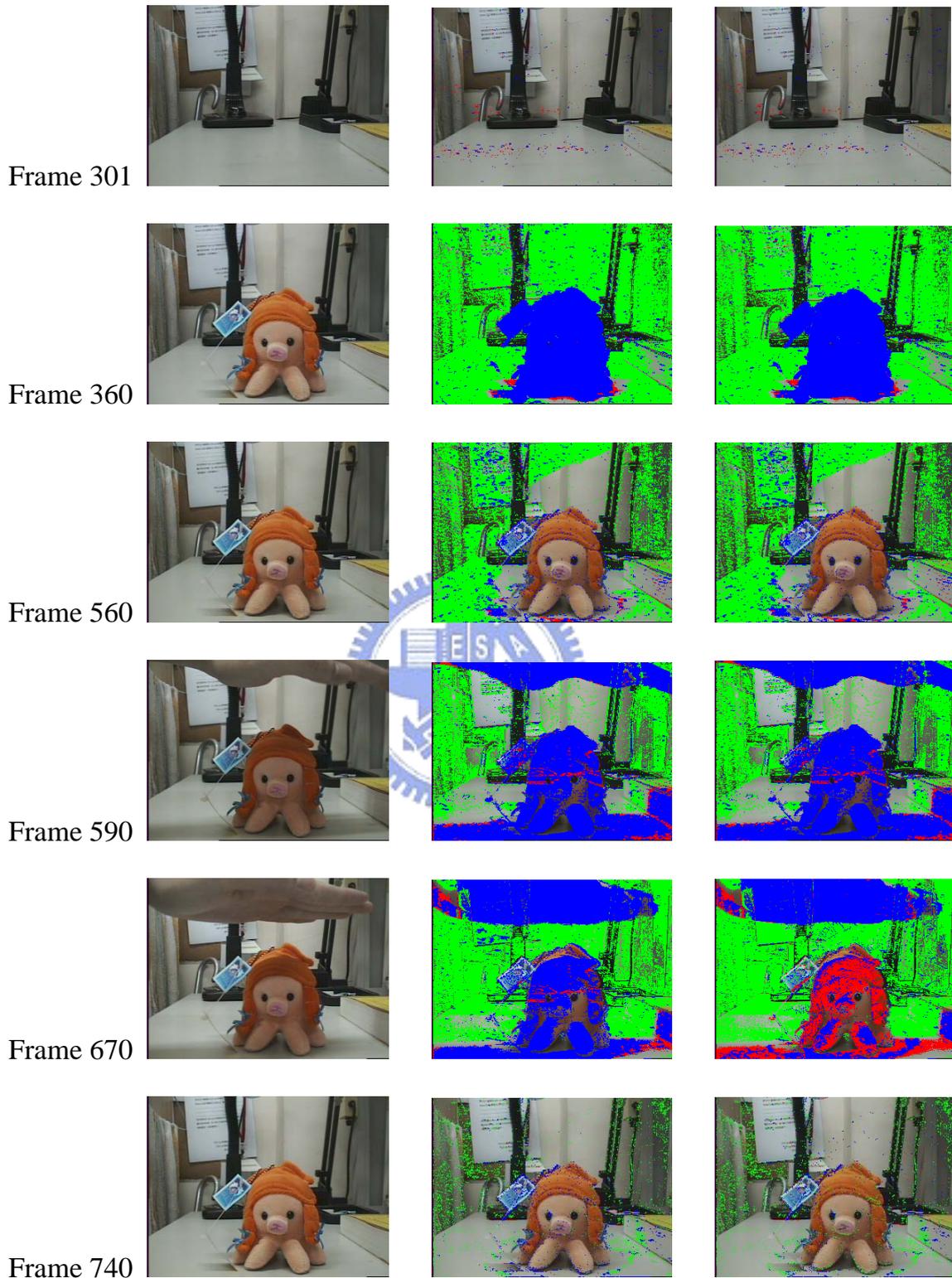
(a)原始影像 (b)可調整學習比率 (c)固定學習比率

圖 4-18 有無調整學習比率機制的影像序列比較圖

4.4.2 結合短期模型的機制

前面理論已經說明了只使用長期模型可能發生的情況，這裡我們做一個實驗證明它是可能發生，並與我們結合短期模型的方法，來進行比較，下圖 4-19 中，(a)排是原始影像，(b)排是只記錄長期模型所做的結果，(c)排則是結合兩個模型所做出的結果。一開始(第 301 張)背景中沒有東西，之後放了一個娃娃於場景中(第 360 張)，娃娃被判斷成前景，經過一段時間，娃娃的顏色分佈比重已達到併入背景模型的大小時，娃娃就變成背景的一部分(第 560 張)。因為此實驗我們採用的短期模型時間是 300 張，在第 590 張時，還未開始採納短期模型的資訊，且屬於娃娃那群的分佈比重仍不是模型中最大的，造成手掌投影到娃娃上所造成的陰影，因為是與原本桌面顏色的分佈去比較，所以誤判成前景；在第 600 張後，短期模型開始運作，採用最近最常出現的分佈(娃娃)當作 E，所以投影到娃娃的陰影就可以被正確的偵測出來(第 670 張)。





(a)原始影像

(b)只有長期模型

(c)結合短期模型

圖 4-19 有無結合短期模型機制的影像序列比較