

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031729

小兵立大功－網路攝影機在天文攝影上的應用

學校名稱： 高雄市立陽明國民中學

| | |
|---|---------------------|
| 作者： 國一 朱雅蘭 國一 吳庭蕙 國一 莊東益 國一 劉士瑋 | 指導老師： 林聖翰 洪英英 |
|---|---------------------|

關鍵詞：Webcam、天文攝影、自轉週期

摘要

網路攝影機（簡稱 webcam）應用在天文攝影上，可說是小兵立大功。我們將 webcam 與望遠鏡結合，利用 webcam 可以每秒鐘擷取數十張影像的功能，進行對木星的拍攝，再經電腦軟體將拍得的影像加以處理後，提供了最佳的影像，使我們得以推算出木星的自轉週期，約十小時，此結果相較於 NASA 公布的 9.933 小時，相差很小，得出這樣的結果著實令人興奮不已，因為我們學習到了一種好的方法可以測出行星的自轉週期，同時也認識到木星的大紅斑幾乎是跟著木星本體作自轉，是個穩定的、不太變動的大氣擾動現象。

壹、研究動機

南一版自然與生活科技第一冊第一章第一節太空之旅提及有關天文的一些知識，也介紹了九大行星的相關資料。原本我們就對天文方面有濃厚的興趣，於今在教材的輔助下，更激發了我們想要嘗試研究看看。然而學淺的我們在搜尋一些相關的資料之後，只好尋求老師的協助。老師介紹了一種比傳統攝影方式操作更方便、可得到更高品質的影像拍攝方式給我們，老師說此拍攝方式可以克服許多傳統攝影方式先天上的限制，例如大氣擾動、對焦困難等等問題。因此我們在老師指的導下學習這種拍攝方式，並由拍攝所得影像比對星體表面特徵的移動，來計算星球的自轉週期。

貳、研究目的

- 一、利用 webcam 與天文望遠鏡結合，以拍攝出清晰、高品質的行星影像。
- 二、研究分析所拍得的影像，試著計算出木星的自轉週期。

參、研究設備與器材

- 一、Webcam：PHILIPS ToUcam PRO II (PCVC840K)、1.25" 目鏡接管、膠帶
- 二、傳統式相機：CANON AE-1、快門線、底片
- 三、Vixen VC200L 施密特-蓋賽格林式天文望遠鏡、2X 巴羅鏡
- 四、NES 雙軸馬達赤道儀、赤道儀控制器、腳架
- 五、筆記型電腦、工程計算機
- 六、使用軟體：PHILIPS VLounge、Registax3、PhotoImpact10

肆、製作過程與研究方法

一、webcam 與望遠鏡連結，其過程如下所示：

準備一台 webcam (PHILIPS ToUcam PRO II)



旋下 webcam 的鏡頭



取 1.25" 目鏡接管套在小圓環上



取個口徑合適的小圓環置入 webcam 的卡口，並以膠帶纏繞，使兩者密合接連。



以膠帶加強固定目鏡接管與 webcam 間的連接



將完成的 webcam 置入望遠鏡的目鏡插槽即可



二、明瞭 webcam 如何能拍攝得清晰的影像

簡言之，主要是利用 webcam 所附的軟體，可將觀測到的影像錄製成一秒鐘約 15 張的影片檔，再利用 RegiStax 軟體把影片檔中一張張的影像分離、篩選以及最佳化處理後，疊合成為一張較清晰的影像。詳列其步驟如下：

架設好望遠鏡，開啓赤道儀追蹤馬達。將目標物調整至視野中。

卸下望遠鏡的目鏡，安裝 2X 巴羅鏡於目鏡插槽。



安裝 Webcam 於巴羅鏡的插槽。



設定影像解析度、快門速率、對比度、白平衡、拍攝速率等等。

開啓電腦，開啓 Philips VLounge 程式、選擇 VRecord 選項。

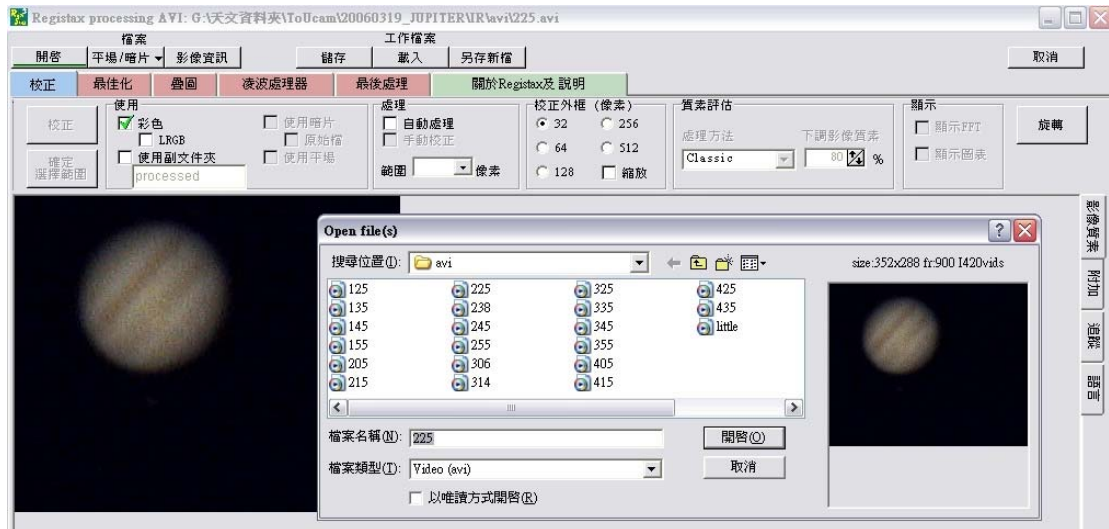
至 Capture 選項中，選取 Start Capture，預備擷取影像。

待出現確認視窗，按 OK 即可開始擷取影像，若要停止拍攝，按下 ESC 鍵即可。

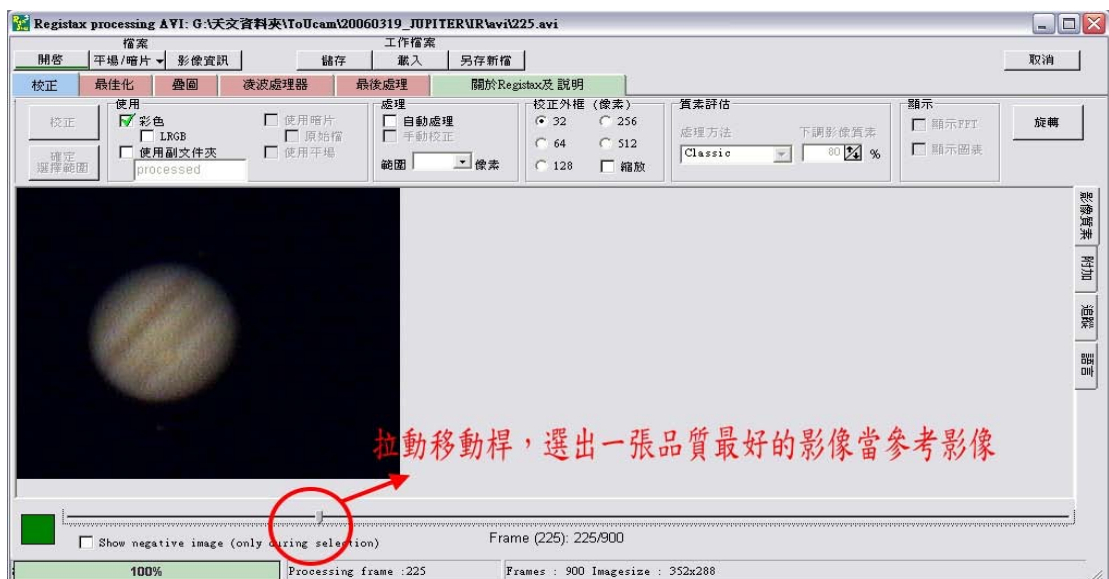


錄製完成行星的影像之後，電腦會將影像以 AVI 格式的视频儲存在指定的資料夾中，完成行星影片檔。

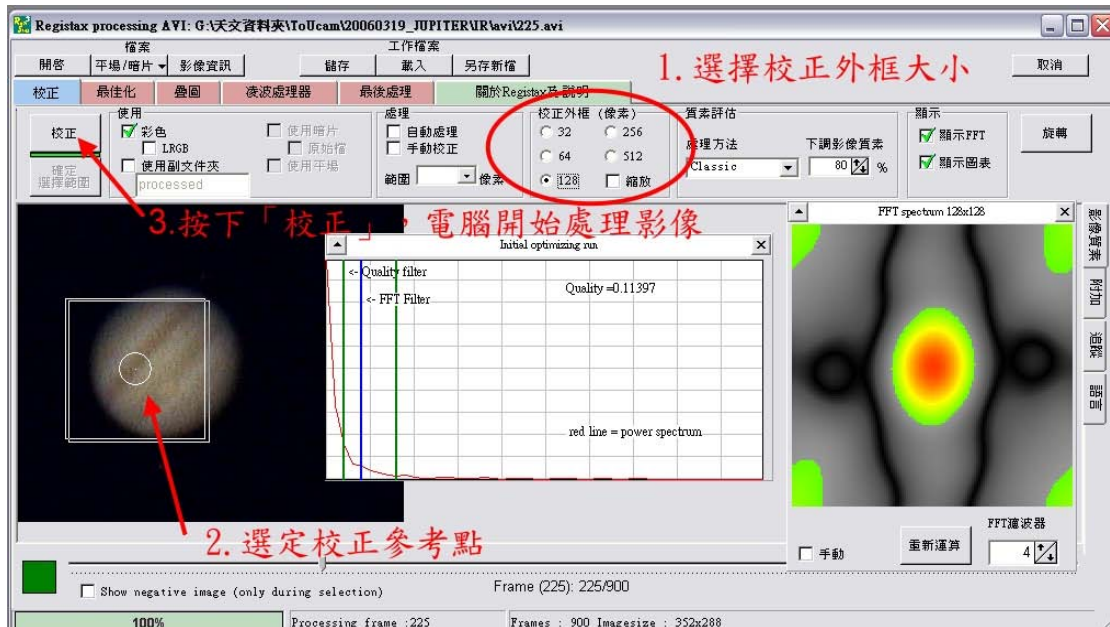
開啓 Registax3 程式，點選左上角的開啓，選擇剛錄製好的行星影片 AVI 檔。



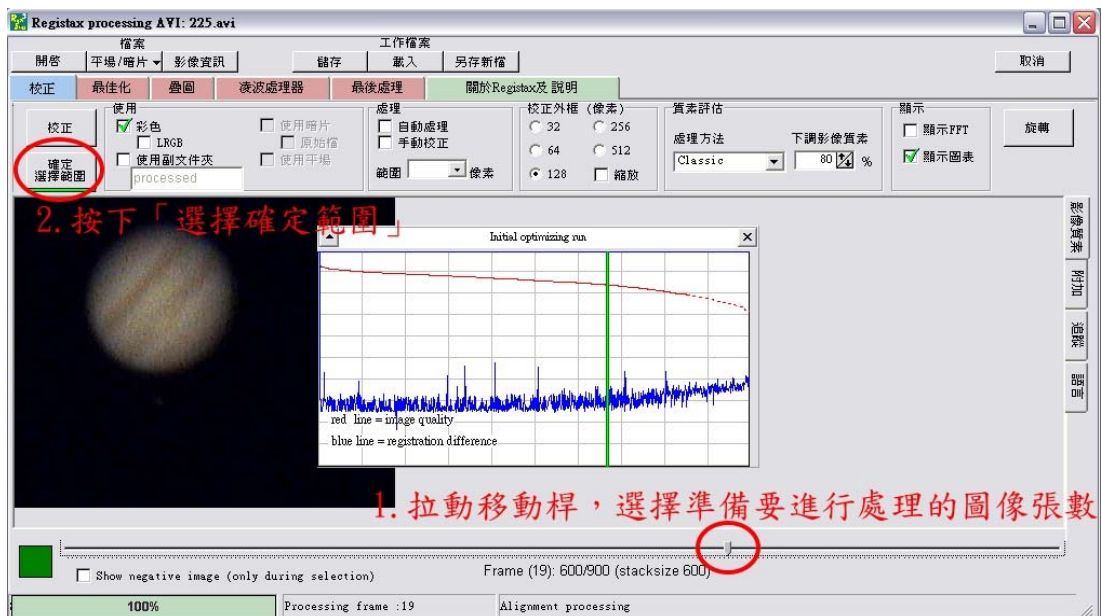
Registax3 將所錄製的视频分成一張張靜態的影像。
可拉動移動桿，從中挑選出一張品質最好的影像當參考影像。



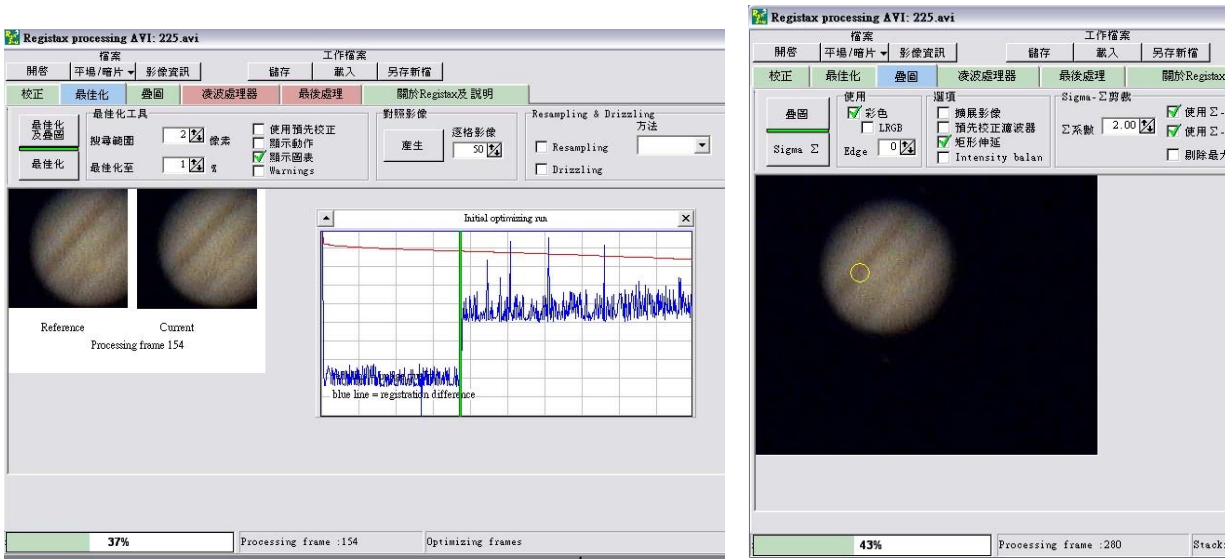
選定校正外框的大小，之後再勾選「自動處理」，讓電腦自行運算後續的動作。



篩選要處理的影像張數，並按下「確定選擇範圍」



按下左上角的「校正」，開始進行一連串的電腦運算：對齊、最佳化、疊合。



都處理完畢後，選擇左下方的「儲存」，一張無懈可擊的影像便大功告成！

疊合完成後，接著處理最終圖像的細節，進入所謂「凌波處理器」階段，調整目標影像的銳利度。



三、選取拍攝、研究的目標與時間

(一) 我們表列出自地球憑肉眼可見到的行星之距日距離、表面特徵、自轉週期、公轉週期以及可觀測的時間(如下表)。其中水星和金星是非常近日的行星，能觀測的時間只在接近日出或日落的時候，故不適宜觀測。火星是個很好的觀測對象，但在經過摸索階段到可以用 webcam 來拍攝的時候，我們已錯失了火星大接近的時機，這時的火星大約晚上十二點左右就西落，可觀測的時間很短，而且與地球漸行漸遠的小身影，只能被拍攝得很模糊的影像，故不予以考慮。土星也是個很適合拍攝的行星，因為有最顯著的土星環特徵，但我們難以從土星的條紋間看出有轉動的跡象。我們在一番相互比較後，考量木星離地球越來越近，有明顯的大紅斑可當作參考點，自轉週期短，是非常適合也配合我們的研究所需，所以木星成了今日被觀測、研究的目標。

| 行星 | 水星 | 金星 | 火星 | 木星 | 土星 |
|----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| 距日 (AU) | 約 0.4 | 約 0.7 | 約 1.6 | 約 5.4 | 約 9.1 |
| 距地 (AU) | 約 0.6 | 約 0.6 | 約 1.5(遠離中) | 約 4.7(接近中) | 約 8.5 |
| 特徵 | 隕石坑 | 濃厚的大氣 | 水手谷 | 大紅斑 | 土星環 |
| 出現於天頂的時間 | 11 : 15 am | 9 : 08 am | 5 : 08 pm | 3 : 20 am | 8 : 40 pm |

附註：本表格以 3 月中旬為參考時間；1AU (天文單位) = 1.5×10^8 km

- (二) 剛開始進行拍攝之初，木星很晚才出現在天空，待升上達最佳觀測位置時，已是凌晨三四點了。所幸，隨著物換星移，進入三月後，木星較早東升，我們才能在較不犧牲睡眠時間下，可以好好地進行觀測與記錄，不過，若要記錄整個大紅斑轉動的情況，還是得徹夜守候，這真是個體力大考驗。
- (三) 我們得把握木星大紅斑出現於可觀測面的時間，在可觀測的時間內，從大紅斑轉出到消失的這段期間，依照前述錄影加疊圖的方法，約每隔十分鐘拍攝一張木星影像。自資料表中(如下表)，大紅斑出現於面上可視範圍正中央的時間以世界時 3 月 18 日 18:40 為最佳，此時間換算為台灣時間(+8 小時)是 3 月 19 日凌晨 2:40，對我們來說，這是最適合觀測的時機了。

March (木星大紅斑於三月時出現正中央的世界時 UT)







1, 9:44, 19:40; **2**, 5:35, 15:31; **3**, 1:27, 11:22, 21:18; **4**, 7:14, 17:09; **5**, 3:05, 13:00, 22:56; **6**, 8:52, 18:47; **7**, 4:43, 14:39; **8**, 0:34, 10:30, 20:25; **9**, 6:21, 16:17; **10**, 2:12, 12:08, 22:04; **11**, 7:59, 17:55; **12**, 3:50, 13:46, 23:42; **13**, 9:37, 19:33; **14**, 5:28, 15:24; **15**, 1:20, 11:15, 21:11; **16**, 7:06, 17:02; **17**, 2:58, 12:53, 22:49; **18**, 8:45, 18:40; **19**, 4:36, 14:31; **20**, 0:27, 10:23, 20:18; **21**, 6:14, 16:09; **22**, 2:05, 12:01, 21:56; **23**, 7:52, 17:47; **24**, 3:43, 13:39, 23:34; **25**, 9:30, 19:25; **26**, 5:21, 15:16; **27**, 1:12, 11:08, 21:03; **28**, 6:59, 16:54; **29**, 2:50, 12:46, 22:41; **30**, 8:37, 18:32; **31**, 4:28, 14:24.

資料來源：http://skyandtelescope.com/observing/objects/planets/article_107_2.asp

四、計算木星的自轉週期

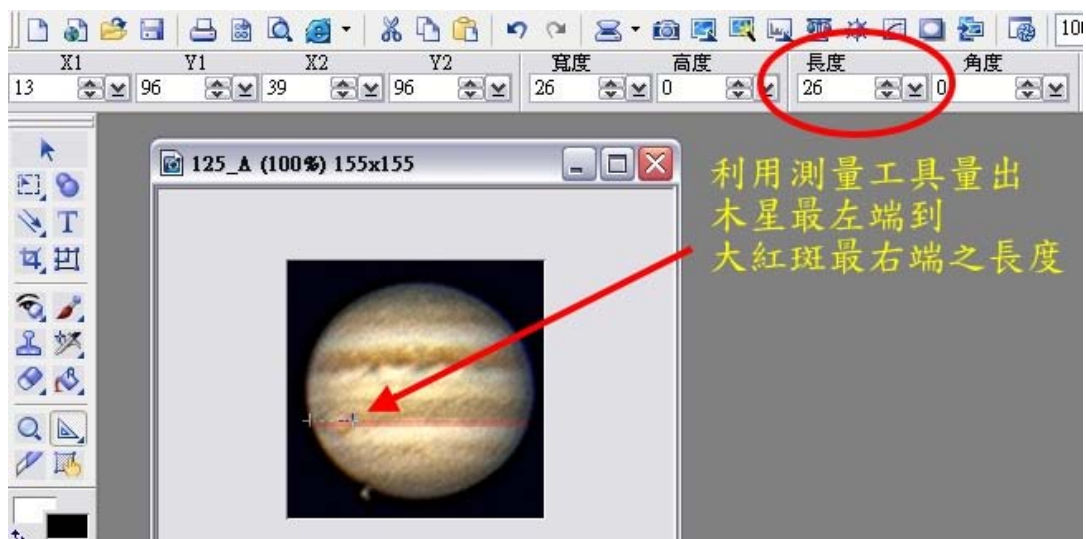
進行計算木星自轉週期時，我們先假設木星的大紅斑與本體同步自轉，利用同一次觀測所得影像隨意取樣兩張不同時間拍攝的影像，來算出木星大紅斑在間隔時間內運轉的角度，即可求出木星自轉一圈所需的時間。我們在 2006 年 3 月 19 日所拍攝的影像，以擷取其中六張品質較好的影像為例，其作法詳列於下：

(一) 選取出六張品質較好的影像依時間先後排列之，並編上 A~F。

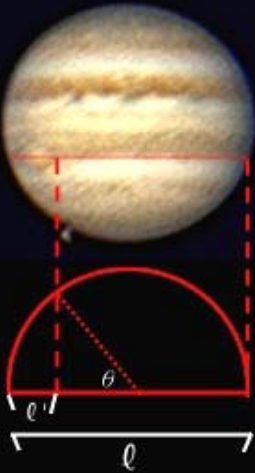
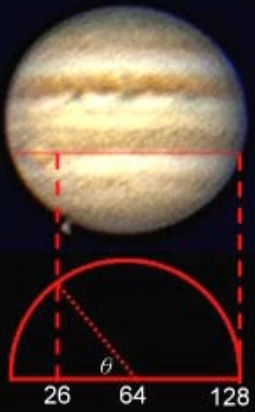
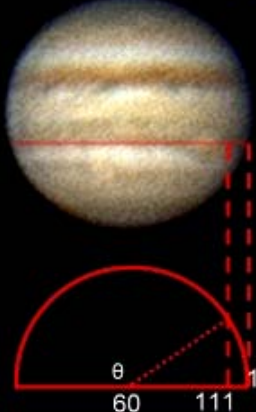
| 編號 | A | B | C | D | E | F |
|------|---|---|---|--|---|---|
| 拍攝時間 | 1 : 28 : 05 | 1 : 46 : 09 | 2 : 26 : 10 | 2 : 56 : 05 | 3 : 36 : 22 | 3 : 56 : 15 |
| 影像 |  |  |  |  |  |  |

(二) 我們取樣 A-F，B-D，C-E 三組來計算木星的自轉週期。

(三) 以 A-F 為例，先利用 PhotoImpact 的測量工具測出與大紅斑同緯度之木星平面總長度，以及量出該緯度從木星最左端到大紅斑最右端（參考點）之長度。（圖示於下）



量出 A-F 的結果以及演算於下：



| 圖例 | A | F |
|--|--|--|
|  | <p>2006.3.19 1:28:05am</p>  | <p>2006.3.19 3:56:15am</p>  |
| l (與大紅斑同緯度的木星平面長) | 128 | 120 |
| l' (木星最左端到大紅斑最右端) | 26 | 111 |
| $\cos \theta = \left(\frac{l}{2} - l'\right) \div \left(\frac{l}{2}\right)$ | 0.5937 | -0.85 |
| $\theta = \cos^{-1}\left[\left(\frac{l}{2} - l'\right) \div \left(\frac{l}{2}\right)\right]$ | 53.576° | 148.212° |

附註： l 、 l' 為比例長，故無單位。

(四) 大紅斑由 A 轉到 F，經演算後求出轉動了 $148.212^\circ - 53.576^\circ = 94.636^\circ$ ，而拍攝時間間隔為 $3:56:15 - 1:28:05 = 8890$ 秒，由此進一步可算出木星自轉一圈需時為 9.394 小時。

伍、研究結果與討論



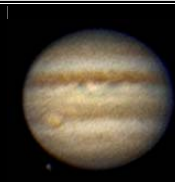
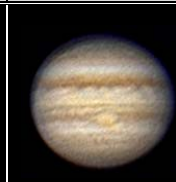

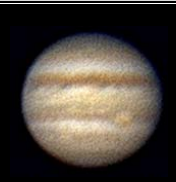
一、從這次採用 webcam 攝影所拍攝得到的影像來看，顯而易見，webcam 相較於傳統相機攝影有諸多的優點，兩者間的比較表列於下：

| 攝影系統 | | Webcam | 傳統相機 |
|---------------|----|---|--|
| 所需花費 | | 一千元有找 | 數萬元(不含底片) |
| 大氣擾動 | | 可以克服 | 難以克服 |
| 對焦難易 | | 容易 | 困難 |
| 拍攝速率 (樣本數) | | 極多 | 極少 |
| 即時修正 | | 可以做到 | 無法做到 |
| 曝光控制 | | 容易 | 不易 |
| 影像比較 | 土星 |  |  |
| | 木星 |  |  |
| | 月表 |  |  |

附註：拍攝日期、地點、拍攝者、望遠鏡器材、天氣狀況、空氣品質等為控制變因。

二、我們以木星為觀測目標，並以大紅斑作為參考點，雖說木星是氣體組成的行星，氣體是不穩定的，理論上這樣的星體是無法直接以觀測表面特徵來推算自轉週期。但我們卻假設木星上最明顯的大紅斑特徵是個很穩定的大氣系統，因遠從伽利略觀測木星時，即已存在，算算至少已有三百多年的歷史，從未消散，雖然大紅斑可能會隨著木星本體的轉動而有些微錯動的情況產生，不過在短時間尺度的觀測上，這是可以被忽略的。

三、2006年3月19日拍攝所得影像的測量結果：

| 組別 | A | F | B | D | C | E |
|----------------|---|---|---|--|---|---|
| 影像 |  |  |  |  |  |  |
| 拍攝時間 | 1 : 28 : 05 | 3 : 56 : 15 | 1 : 46 : 09 | 2 : 56 : 05 | 2 : 26 : 10 | 3 : 36 : 22 |
| l | 128 | 120 | 131 | 132 | 132 | 132 |
| l' | 26 | 111 | 35 | 82 | 64 | 109 |
| θ | 53.576° | 148.212° | 62.248° | 104.03° | 88.263° | 130.656° |
| 轉動角度 | 94.636° | | 41.782° | | 42.393° | |
| 時間間隔 | 8890 秒 | | 4196 秒 | | 4212 秒 | |
| 自轉週期 | 9.394 小時 | | 10.043 小時 | | 9.936 小時 | |
| 與 NASA 公布數值的偏差 | 5.426% | | 1.107% | | 0.026% | |

四、推算木星自轉週期還時可被忽略的有：(一) 公轉移動所造成的誤差：因星體公轉可能會使觀測者所觀測到的自轉情形比實際自轉情形來得更快或更慢而造成誤差。然而，此種誤差對於公轉週期較短且自轉週期較長的星體，例如月球，影響較為顯著；所以，對公轉週期長達約十二年且自轉週期約十小時的木星，我們可以忽略公轉所造成的誤差。

(二) 測量木星影像的長度：因我們以相對長度來表示各張影像中的長度，並不是絕對的長度，即使每一影像中測出來的長度不一，也不會影響計算結果。

五、從我們搜尋的資料中，我們彙整出天文學家如何精準地測定出行星自轉週期的方法有：

(一) 行星表面上長期存在的特徵或大氣中有穩定不變的特徵者，例如木星、土星，可直接觀測後作推算。(二) 行星表面無明顯特徵者，例如天王星、海王星，可利用其赤

道兩端自轉速度相反的特點，測量該處因都普勒效應所造成的譜線位移來推算。(三) 利用行星自轉造成無線電回波之波段加寬來推算，例如金星和水星。(四) 有射電輻射的行星，例如木星，可測量其因自轉引起的射電偏振周期性變化來推算。(五) 對表面反照率不均勻或形狀不規則的行星，例如冥王星，可測量其亮度變化的周期性來推算。以上的方法，我們採用的是第一種，但特別的是，我們利用 webcam 拍攝後來推算，這可是一個很棒的拍攝輔助工具。

陸、結論

- 一、利用 webcam 作行星攝影，可以解決許多傳統攝影所無法克服的障礙，能夠協助我們拍攝得非常清晰且利於研究的行星影像，非常值得我們去善加利用。
- 二、從幾次的拍攝過程中，我們深刻的理解到，欲完整地紀錄大紅斑轉過半顆木星的過程，是非常需要時機與運氣的配合。就公轉方面來說，木星需運行到可以出現在夜空的位置，且可被觀測的時間要夠長。就自轉方面來說，同一天可觀測的時間內，大紅斑轉至木星正面的時間不宜太早或太晚。就大氣條件來說，拍攝時，天空不能有雲恰好遮住木星，另外，也需有良好的視相度(seeing)，才能得到清晰的影像。
- 三、我們所求出的木星自轉週期，相較 NASA 官方網站所公布的數據 9.933 小時，是非常接近的，居然能得出這樣的結果，真令我們振奮，表示我們使用的這個方法，是測量木星自轉的好方法之一，同時也確認了大紅斑會隨著木星本體自轉。
- 四、未來 webcam 在天文上的展望：如果以後還有機會，我們想利用 webcam 所帶來的不平凡效果繼續深入研究，例如可以運用 webcam 來計算衛星的公轉週期，或拍攝行星凌日、掩星、日月蝕的過程，甚至與望遠鏡、筆記型電腦以及無線網路相結合，達到遠端觀測的境界。

柒、後記

在老師們竭盡心力的指導下，使我們獲益匪淺，除了增加許多課本以外的知識，也擁有可貴、又難忘的經驗，最重要的是，有機會能認識 webcam 這個好用又便宜的研究輔助工具，所以說，webcam 是不是小兵立大功呢？在此也特別向指導老師們致上我們最誠摯的感謝。

捌、參考資料及其他

1. 吳昌任、林詩怡著，聯經出版。追星族的天空奇緣。2005 年出版
2. 陳培堃著，百通圖書。天文攝影入門。1998 年出版
3. 大紅斑的自轉參考時間：http://skyandtelescope.com/observing/objects/planets/article_107_1.asp
4. NASA 木星基本資料：http://www.nasa.gov/worldbook/jupiter_worldbook.html
5. 行星相關資訊：<http://samuel.lamost.org/basic/dict/baike/twdbk28558.html>

評 語

031729 小兵立大功-網路攝影機在天文攝影上的應用

1. 能運用科技新產品進行觀測，值得嘉許。
2. 如果本研究重點在於比較新設備與傳統方法優劣點之比較，宜再進一步設計。