

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 地球與行星科學科

051912

以影像函式庫輔助小行星辨識

學校名稱：國立羅東高級中學

作者： 高二 劉柏逸 高二 陳雨彤	指導老師： 蘇敬怡 邱柏翰
-------------------------	---------------------

關鍵詞：小行星辨識、影像函式庫、  
IASC (尋找小行星計畫)

## 摘要

以 python 函式庫優化尋找小行星之方法，傳統在尋找小行星計畫內接觸到的方法，Astrometrica 軟體經分析後，運用小行星在短時距內會產生與恆星的相對移動之原理，將四張短時距的圖片進行連續播放，並以人眼找出有無移動之亮點，若亮點在四張圖內都產生移動，則極有可能為小行星。但因此過程極費時，因此我們以影像函示庫將檔案分析後疊圖並輸出，此則能將小行星快速在像素高且解析度大的星空圖中所找出，並且輸出座標。大幅縮短尋找小行星之時間，另外，與中央大學碩士論文相比，其出發點同自於尋星計畫，但由於所取得的圖檔不同因此無法使用圖學分析。

## 壹、研究動機

在高一時有參加過 NASA 的 IASC 尋找小行星計畫，由主辦方給的四張圖片經由 Astrometrica 軟體初步處理後，同學們大多得利用肉眼在四張圖片快速的播放中逐一檢視是否有小行星的移動軌跡，經由標點定位後再寄給主辦方確認。由於圖片的精細度極高，即使使用 Astrometrica 軟體自動化的搜尋功能，但還是無法找出所有的小行星，還需要由人眼觀察來彌補軟體不夠精確的缺失。這樣繁雜且又得以人工的方式篩檢，我們覺得應以一有效率且更精確的方式來自動分析以找尋小行星的位置。

## 貳、研究目的

改良傳統以肉眼搜尋小行星的方法，並且將 Astrometrica 軟體亮點搜尋不夠精細的缺失，以圖片分析之分割、放大，並將圖片像素轉為矩陣元素以便電腦運算。利用恆星不會移動而小行星會移動的原理，將兩矩陣進行相減後即可得知小行星的移動軌跡，並將小行星座標送回 NASA 進行確認。

## 參、研究設備及器材

### 一、軟體

- (一)、 Python
- (二)、 Codelab
- (三)、 Astrometrica天體位置測量軟體

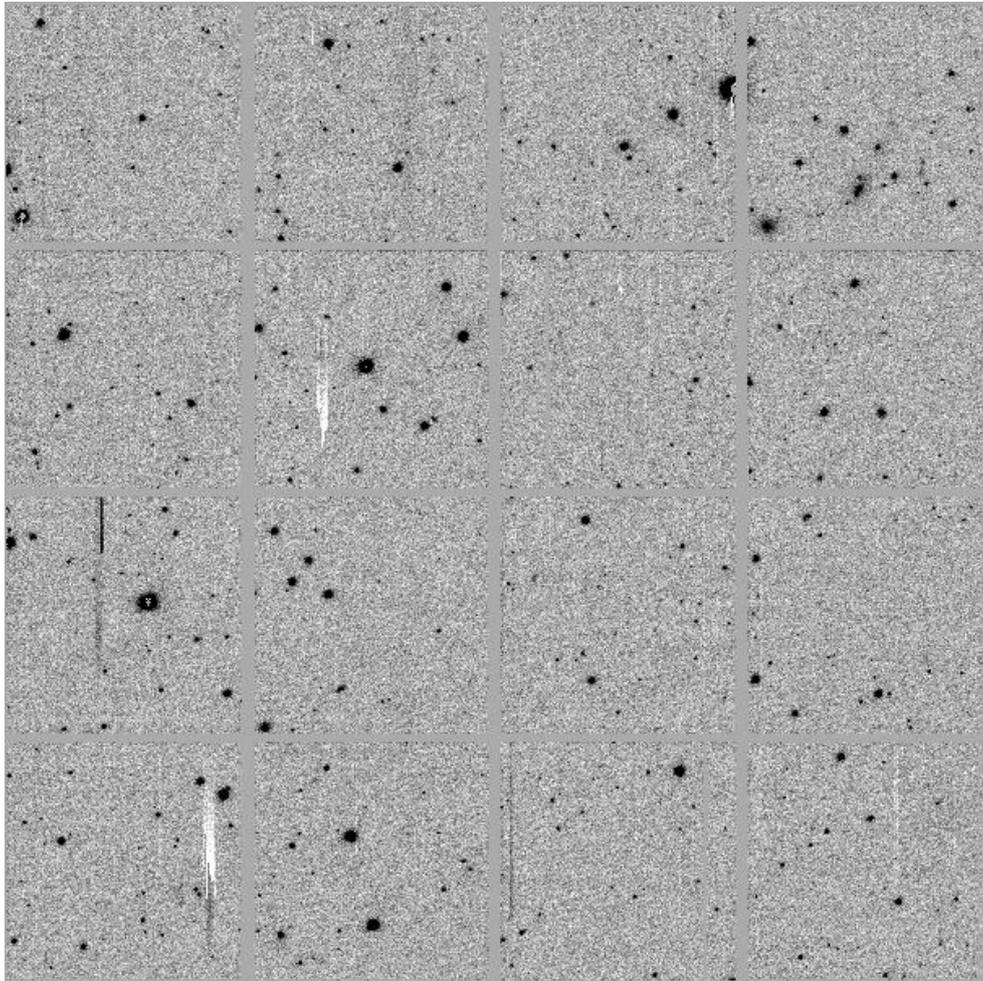
### 二、設備

個人電腦(CPU：Intel (R) Core(TM)i5-9300H、記憶體：8G、硬碟空間：238GB)

## 肆、研究過程與方法

### 【第一部分：了解 Astrometrica 軟體如何分析圖片】

圖檔是由 IASC 統一分配給各校，四張圖檔為一組，其目的是透過連續播放以利於人們用肉眼尋找具有移動性的小行星，如圖（一）。



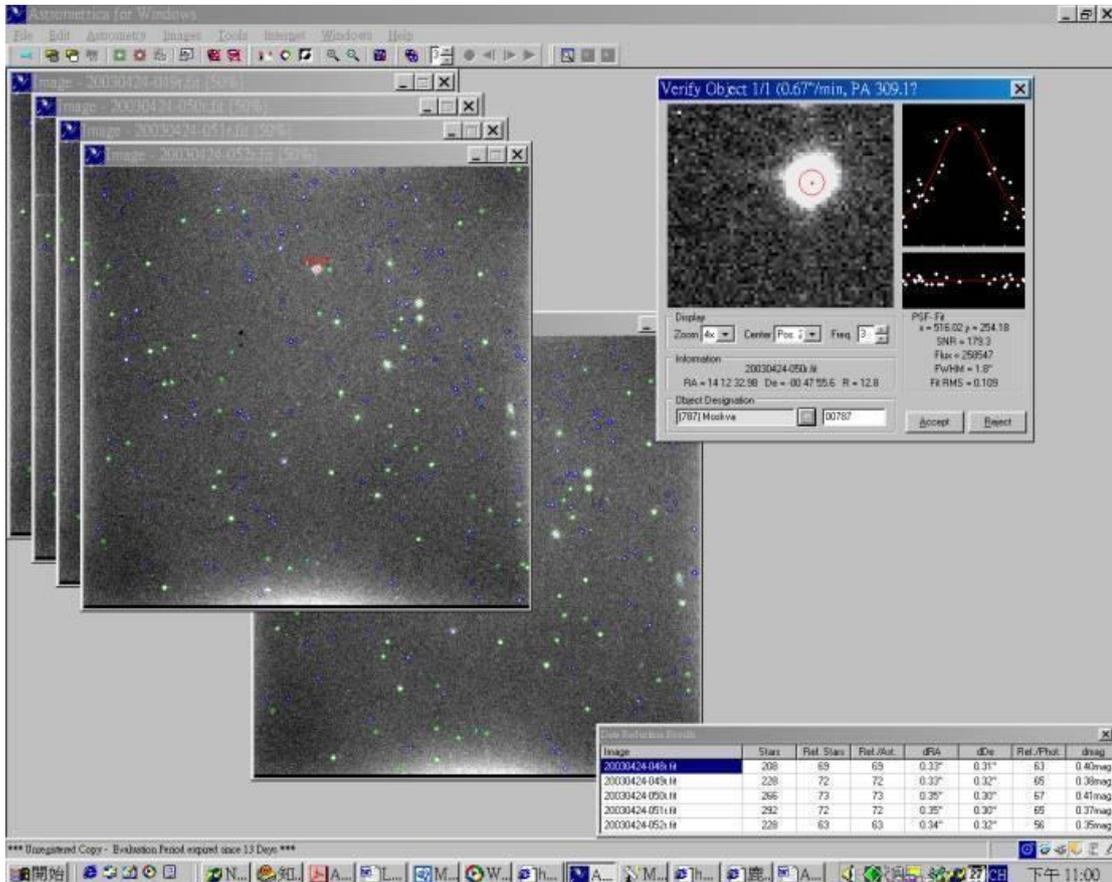
圖（一）

#### 一、匯入圖檔並分析座標

圖檔格式為 fits 檔，此檔為天文學運用甚廣，可儲存空間校準及測光等資訊。把圖檔匯入後，Astrometrica 軟體將會自動辨識出圖檔中較為明顯的星體（亮點）並以藍點標記，將其在圖片上的 X-Y 座標與已知的星表（座標系統為 RA-DEC）作比對，將得知約數十組星體位置（X-Y 及 RA-DEC 座標），最後進行數學運算以求出一方程式（X-Y 座標轉至 RA-DEC 座標）之各項係數，如此一來，往後再發現小行星時，即可直接將其 X-Y 座標裡用方程式直接轉換為 RA-DEC 座標。

## 二、以肉眼尋找小行星、標點定位並回報

將匯入的四張圖檔快速輪播，因小行星相對於恆星具有移動性，則人們可依此特性在圖片中尋找移動之星體，由於小行星之亮度相較於圖檔內之恆星來的低且圖檔的精細度高、範圍廣，必須將圖檔放大，分成多塊區域逐一檢視。在尋找到小行星後以滑鼠點擊標記如圖（二），軟體便會自動定位出星體的位置。



圖（二）

## 【第二部分：以 python 達成自動化搜尋的目的】

### 一、匯入圖檔

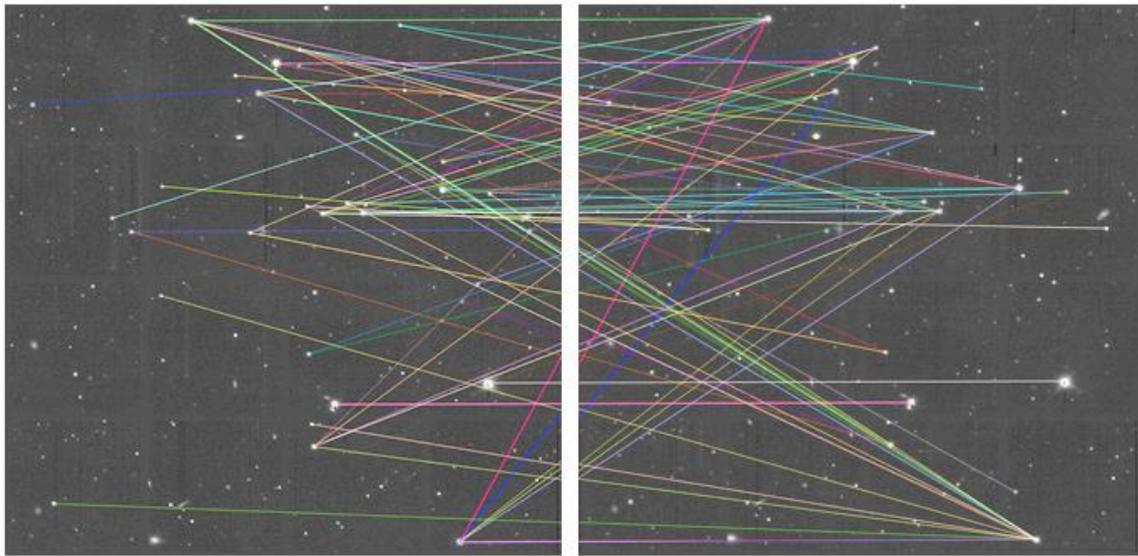
(一)、由於圖檔為 fits 圖檔，python 無法直接讀取該檔案，因此我們用 python 的 astrophysics 以及 pillow 函式庫將 fits 圖檔轉為我們可讀取且利用的檔案類型。

(二)、利用程式碼讀取重要資料如圖片中心之 RA-DEC 座標等等，並求得座標轉換之方程式，此方程式只需匯入將圖檔上的 x-y 座標即可得出 RA-DEC 座標。Astrometrica 軟體是將所有的點全數轉換成 RA-DEC 座標，而我們的方法只轉換所需點之座標，可減少時間。

## 二、圖檔分析

Astrometrica 軟體是將所有亮點分析座標，再看他有無位移，若有位移代表有可能是小行星，但這樣的分析使讀取的速度變的非常慢。為了處理以效率過差的問題，我們使用了圖學對比的方法如下：

(一)、以 python 中的 opencv 影像處理函式庫，運用恆星將圖形對齊（圖三），且小行星的相對位置並不會因此而改變。

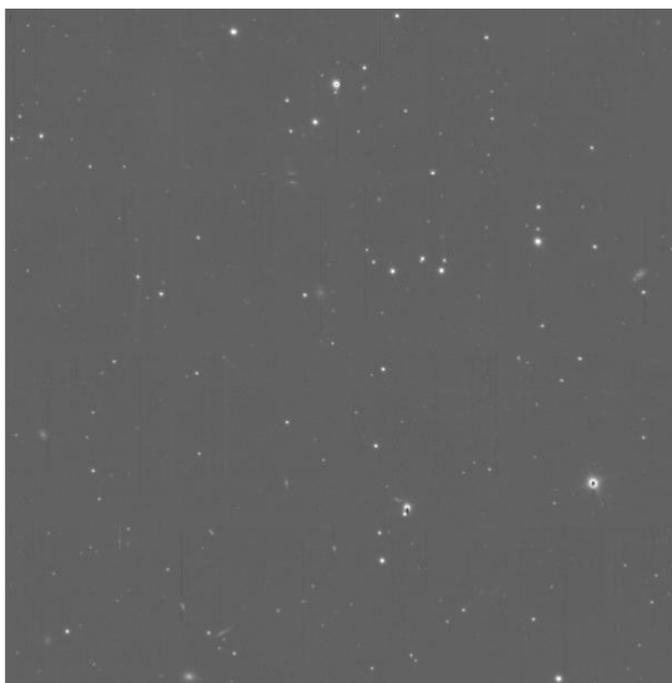


圖（三）

(二)、增加亮度，增加微小亮點被偵測到的機率。圖四為未處理過的圖，圖五為經處理過圖片。

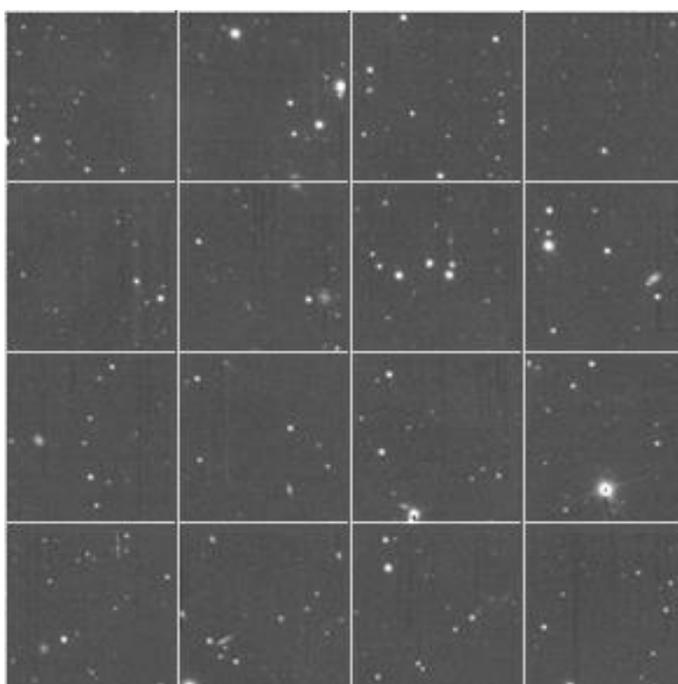


圖（四）



圖（五）

(三)、將一張圖檔分割為十六等份並放大如圖六，接著轉為矩陣元素。



圖（六）

將其已轉為矩陣元素的檔案進行相減，圖七圖八是在數秒內對同一方向的星空拍攝完圖片後將圖片放大分割後的示意圖，其中一格一格的為陣列元素。通常顏色會用 RGB 0~255 來顯示而這裡則是將圖片轉為灰階的格式，0 為黑色，255 為白色，0~255 區間則是灰色，其中紅色框中數字 255 則表示該格為白色，也就是小行星或恆

星位置，如果在短時距內白色的點有移動，則表示該點有可能為小行星。圖七紅色框的矩陣座標為(2,2)，而圖八的座標則為(3,3)，代表該亮點有移動，則可能為小行星。而另一紅色框點沒有移動則該點可能為恆星。

36 (0,0)	<b>225</b> (1,0)	41 (2,0)	43 (3,0)	45 (4,0)
30 (0,1)	35 (1,1)	40 (2,1)	42 (3,1)	44 (4,1)
25 (0,2)	27 (1,2)	<b>225</b> (2,2)	37 (3,2)	36 (4,2)
25 (0,3)	21 (1,3)	21 (2,3)	23 (3,3)	27 (4,3)
20 (0,4)	35 (1,4)	33 (2,4)	33 (3,4)	36 (4,4)

圖(七)

41 (0,0)	<b>225</b> (1,0)	36 (2,0)	36 (3,0)	45 (4,0)
30 (0,1)	28 (1,1)	37 (2,1)	45 (3,1)	47 (4,1)
27 (0,2)	45 (1,2)	40 (2,2)	43 (3,2)	33 (4,2)
25 (0,3)	43 (1,3)	37 (2,3)	<b>225</b> (3,3)	37 (4,3)
23 (0,4)	24 (1,4)	23 (2,4)	28 (3,4)	31 (4,4)

圖(八)

(四)、將兩圖相減並尋找出差異，也就是陣列的值相減後取絕對值，由於小行星發生過位移而恆星則否，因此恆星在前後兩張圖片的位置不變，其相減過後的值即為 0（藍色），至於小行星因為移動過的關係，相減並取絕對值後能得出較高的數值（橘色）。

5 (0,0)	0 (1,0)	5 (2,0)	7 (3,0)	0 (4,0)
0 (0,1)	7 (1,1)	3 (2,1)	3 (3,1)	3 (4,1)
2 (0,2)	18 (1,2)	185 (2,2)	6 (3,2)	3 (4,2)
0 (0,3)	22 (1,3)	16 (2,3)	202 (3,3)	10 (4,3)
3 (0,4)	11 (1,4)	10 (2,4)	5 (3,4)	5 (4,4)

圖（九）

(五)、讀取陣列數值並輸出疑似小行星的點，也就是數值較高的陣列元素。

## 伍、研究結果與討論

將此方法實際運用在圖片上後發現了以下幾點狀況：

狀況 A：由於恆星亮度在兩圖上不一定會一樣而導致程式誤判為小行星。

狀況 B：圖片是由天文望遠鏡所拍攝，圖上出現橫豎狀的灰色條狀區域便是感光元件所造成的，由於恆星有時會進到條狀區域內，而造成一張圖上有存在而另一則無，造成程式判斷錯誤。

狀況 C：程式的對齊部分出問題，由於是利用恆星對齊，因此當恆星亮度有所改變時會造成程式判斷錯誤。

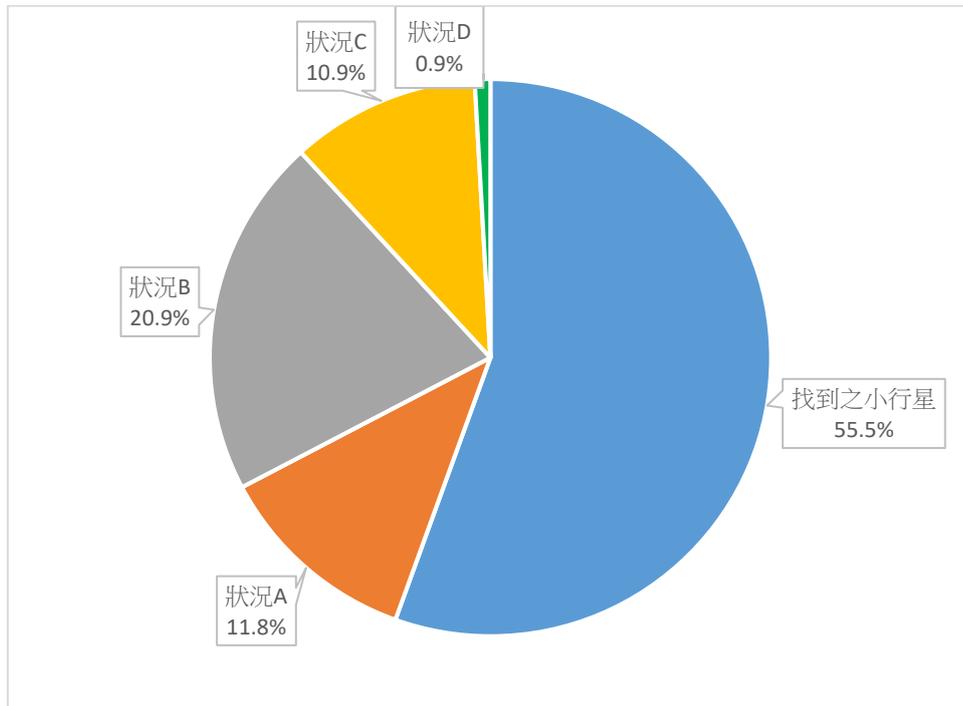
狀況 D：圖片經過 NASA 處理，若有人造衛星經過或是國家機密則會用灰色地帶遮蔽住，其造成程式判斷錯誤原因如問題 B。

以下為我們的程式及 Astrometrica 自動偵測發現小行星數之比較:

備註為 Astrometrica 所發現之小行星內我們也有發現之相同小行星數。

圖檔名稱	我們的研究					Astrometrica 自動偵測	
	找到之小行星數	狀況 A	狀況 B	狀況 C	狀況 D	找到之小行星數	備註
SET 1	4	0	2	0	0	4	1
XY35 P00	15	2	4	2	0	1	0
XY37 P10	9	2	2	1	1	2	1
XY37 P11	17	0	6	7	0	2	2
XY40 P00	16	3	5	0	1	0	0
XY40 P10	15	1	3	8	0	2	1
XY40 P11	20	0	6	2	0	0	0
XY41 P01	11	6	11	3	0	1	1
XY34 P11	10	11	5	0	0	1	1

我們的程式所發現之小行星與 Astrometrica 軟體自動偵測之比較表



圖(十)

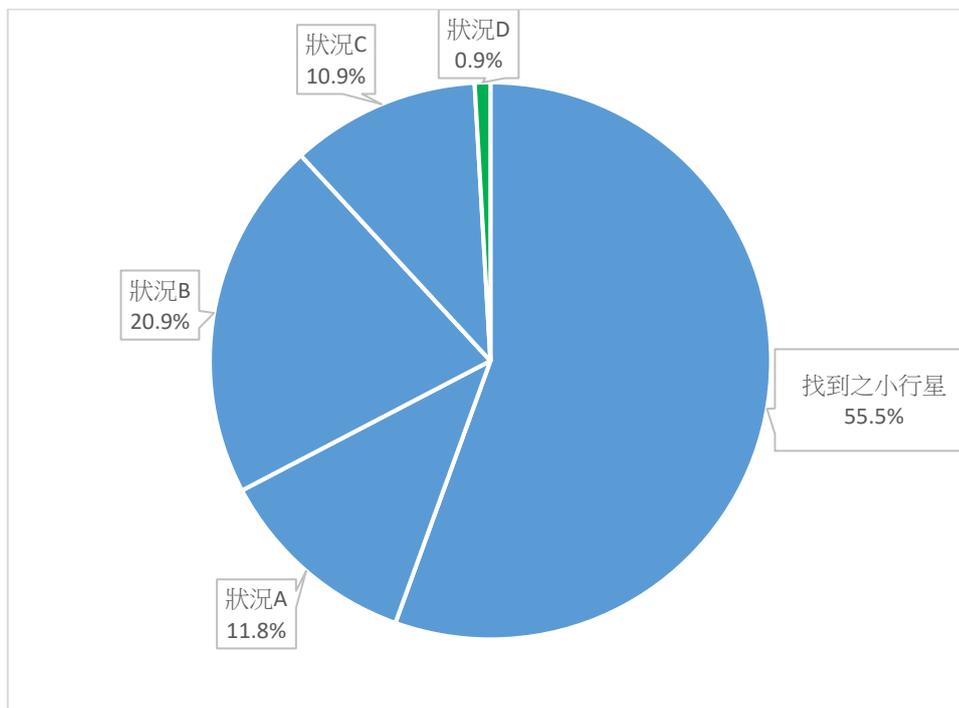
我們定義發現率為程式所發現之小行星數（排除判斷狀況錯誤之小行星數）：

Astrometrica 軟體所發現之小行星數。經上述數據計算後發現率為 117:13，也就是說我們的研究發現的小行星數比 Astrometrica 多了 9 倍。

由以上結果得知比起使用 Astrometrica 軟體自動偵測功能尋找小行星，運用我們的方式能更快速找出小行星的位置，且發現率極高。此外，以傳統人眼尋找來達到此目的，所耗費的時間及精力必定遠大於使用程式所需。

## 陸、未來展望

一、結合恆星資料庫，即可排出被誤認為小行星的可能。



圖(十一)

如圖(十一)所示，結合恆星資料庫後，狀況 A 跟 C 可完全改善，狀況 B 可達到部分改善，如果在狀況 B 內判斷錯誤的亮點為恆星就可以直接利用恆星資料庫做確認，但如果亮點是小行星則沒辦法確認，由於是小行星的機會非常小，所以將狀況 B 視為完全改善。則錯誤的機率會只剩下狀況 D，也就是 0.9%(綠色區域)。

二、將程式改進，同時進行多張圖的對比進而縮短時間。

## 柒、參考資料

- 一、黃柏軒 (2015) 對於大量天文資料之分散式小行星軌跡探索 ( Distributed Asteroid Track Discovery for Large Astronomical Data ) 中央大學碩士論文 <https://reurl.cc/j71v5y>
- 二、演算法筆記 <http://www.csie.ntnu.edu.tw/~u91029/Image.html>
- 三、對齊圖檔 opencv <https://www.itread01.com/content/1542447550.html>
- 四、疊圖對比 opencv <https://reurl.cc/z8Z6be>
- 五、python 資料包 <https://reurl.cc/Mv0ydn>

六、天球角度 <https://github.com/phn/angles>

七、IASC 官網 <https://reurl.cc/Mv0ydm>

## 【評語】 051912

本作品展現優越的程式設計能力，進行處理影像，分析星點移動，來指認可能的小行星。試圖提升現有套裝軟體 Astrometrica 於影像中辨識小行星之能力與速度，參展者改以 Python 語言，自行撰寫程式，將影像圖檔予以分割、放大，再將圖片像素(色皆)轉為矩陣元素以便電腦運算後，使其數值化，提升影像亮點辨識能力。宜更瞭解影像數據性質（原本影像已經是數值），與現有軟體使用限制（偵測星點或移動點，參數由使用者設定）。是很好的程式設計訓練，也有結果，值得繼續發展，但應提升科學內容。

以撰寫程式達到  
自動尋找小行星  
之目的

了解Astrometrica軟體及  
人工尋找小行星  
之方式

探討如何利用  
圖學分析達到  
自動化

將圖學分析之  
方法實行

對比我們的方式  
及人工尋找小行  
星之差異

## 壹、研究動機

在高一時有參加過IASC尋找小行星計畫，由主辦方給的四張圖片經由Astrometrica軟體初步處理後，同學們大多得利用肉眼在四張圖片快速的播放中逐一檢視是否有小行星的移動軌跡，經由標點定位後再寄給主辦方確認。由於圖片的精細度極高，即使使用Astrometrica軟體自動化的搜尋功能，但還是無法找出所有的小行星，還需要由人眼觀察來彌補軟體不夠精確的缺失。這樣繁雜且又得以人工的方式篩檢，我們覺得應以一有效率且更精確的方式來自動分析以找尋小行星的位置。

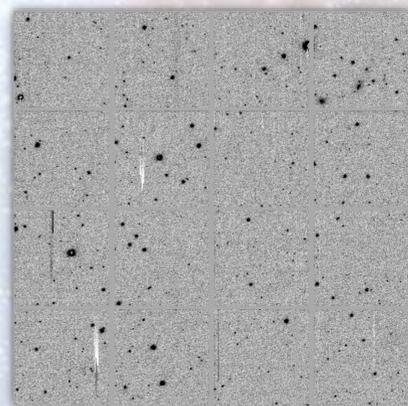
## 貳、研究目的

改良傳統以肉眼搜尋小行星的方法，並且將Astrometrica軟體亮點搜尋不夠精細的缺失，以圖片分析之分割、放大，並將圖片像素轉為矩陣元素以便電腦運算。利用恆星不會移動而小行星會移動的原理，將兩矩陣進行相減後即可得知小行星的移動軌跡，並將小行星座標送回IASC進行確認。

## 肆、研究過程及方法

### 【第一部分：了解Astrometrica軟體如何分析圖片】

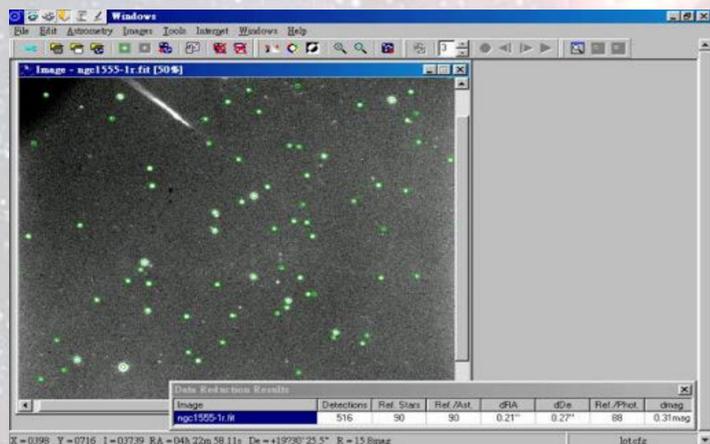
圖檔是由IASC官方統一分配給各校，一張圖檔大小為2424\*2434，11MB，四張短時距內拍攝之圖檔為一組，其四張為一組目的是透過連續播放以利於人們用肉眼尋找具有移動性的小行星，如圖(一)。



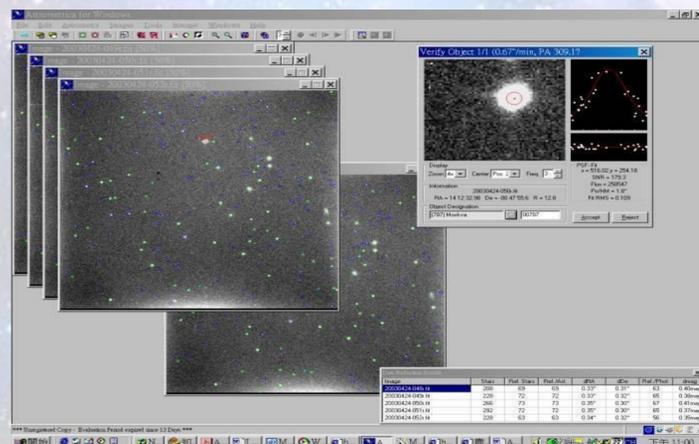
圖(一)

### 一、匯入圖檔並分析座標

圖檔格式為fits檔，此檔為天文學運用甚廣，可儲存空間校準及測光等資訊。把圖檔匯入後，Astrometrica軟體將會自動辨識出圖檔中星體（亮點）以藍點標記，並將已知的小行星用紅點標記，而用綠點標記星表的對應星(用以座標轉換解析)如圖(二)，將其在圖片上的X-Y座標與已知的星表（座標系統為RA-DEC）作比對，將得知約數十組星體位置（X-Y及RA-DEC座標），最後進行數學運算以求出一方程式（X-Y座標轉至RA-DEC座標）之各項係數，如此一來，往後再發現小行星時，即可直接將其X-Y座標裡用方程式直接轉換為RA-DEC座標如圖(三)。



圖(二)



圖(三)

### 二、以肉眼尋找小行星、標點定位並回報

將匯入的四張圖檔快速輪播，因小行星相對於恆星具有移動性，則人們可依此特性在圖片中尋找移動之星體，由於小行星之亮度相較於圖檔內之恆星來的低且圖檔的精細度高、範圍廣，必須將圖檔放大，分成多塊區域逐一檢視。在尋找到小行星後以滑鼠點擊標記，軟體便會自動定位出星體的位置。

#### 人工尋找小行星方式

匯入四張圖檔至  
Astrometrica軟  
體

軟體自動辨識出  
已知天體並利用  
星表定位位置

將匯入的圖檔  
快速輪播

以肉眼尋找有無  
移動之星體

## 【第二部分：以python函式庫 達成自動化搜尋的目的】

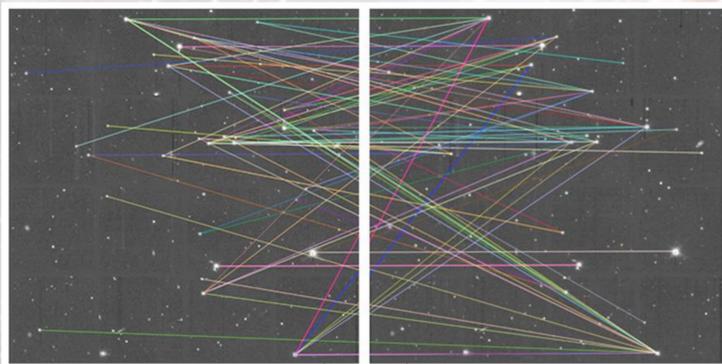
### 一、匯入圖檔

- (一)、由於圖檔為fits圖檔，python的基礎函式庫無法直接讀取該檔案，因此我們用python函式庫的astropy以及pillow函式庫將fits圖檔轉為我們可讀取且利用的檔案類型。
- (二)、利用程式碼讀取重要資料如圖片中心之RA-DEC座標等等，並求得座標轉換之方程式，此方程式只需匯入將圖檔上的X-Y座標即可得出RA-DEC座標。Astrometrica軟體是將所有的點全數轉換成RA-DEC座標，而我們的方法只轉換所需點之座標，可減少時間。

### 二、圖檔分析

Astrometrica軟體是將所有亮點分析座標，再看有無位移，若有位移則代表有可能是小行星，但這樣的分析使讀取的速度變的非常慢。為了處理效率過差的問題，我們使用了圖學對比的方法如下：

- (一)、以python中的opencv影像處理函式庫，運用恆星將圖形對齊（圖四），且小行星的相對位置並不會因此而改變。



(圖四)

- (二)、增加亮度，增加微小亮點被偵測到的機率，圖五為未處理過的圖，圖六為經處理過圖片。

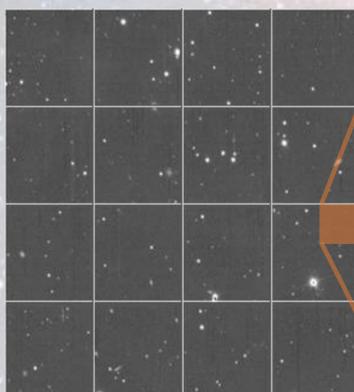


(圖五)



(圖六)

- (三)、將一張圖檔分割為十六等份並放大如圖七，接著將圖片放大分割並轉為矩陣元素如圖八。其中一格一格的為陣列元素。通常顏色會用RGB 0~255來顯示而這裡則是將圖片轉為灰階的格式，0為黑色，255為白色，0~255區間則是灰色，其中紅色框中數字255則表示該格為白色，也就是小行星或恆星位置。



(圖七)

36	255	41	43	45
30	35	40	42	44
25	27	255	37	36
25	21	21	23	27
20	35	33	33	36

(圖八)

- (四)、將兩圖相減並尋找出差異，也就是陣列的值相減後取絕對值。如果在短時距內白色的點有移動，則表示該點有可能為小行星。圖九紅色框的矩陣座標為(2,2)，而圖十的座標則為(3,3)，代表該亮點有移動，則可能為小行星。而另一紅色框點沒有移動則該點可能為恆星。由於小行星發生過位移而恆星則否。

36	255	41	43	45
(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)
30	35	40	42	44
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
25	27	255	37	36
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
25	21	21	23	27
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
20	35	33	33	36
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)

(圖九)

41	255	36	36	45
(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)
30	28	37	45	47
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
27	45	40	43	33
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
25	43	37	255	37
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
23	24	23	28	31
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)

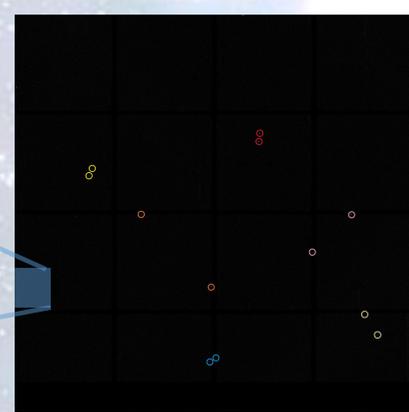
(圖十)

- (五)、恆星在前後兩張圖片的位置不變(圖十一)，其相減過後的值即為0（藍色），至於小行星因為移動過的關係，相減並取絕對值後能得出較高的數值（橘色）。

5	0	5	7	0
(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)
0	7	3	3	3
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
2	18	215	6	3
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
0	22	16	232	10
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
3	11	10	5	5
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)

(圖十一)

- (六)、讀取陣列數值並輸出疑似小行星的點(我們以不同的顏色進行圈選)，也就是數值較高的陣列元素。



(圖十二)

## 伍、研究結果與討論

將此方法實際運用在圖片上後發現了以下幾點狀況：

狀況A：由於恆星亮度在兩圖上不一定會一樣而導致程式誤判為小行星。

狀況B：圖片是由天文望遠鏡所拍攝，圖上出現橫豎狀的灰色條狀區域便是感光元件所造成的，由於恆星有時會進到條狀區域內，而造成一張圖上有存在而另一則無，造成程式判斷錯誤。

狀況C：程式的對齊部分出問題，由於是利用恆星對齊，因此當恆星亮度有所改變時會造成程式判斷錯誤。

狀況D：圖片經過IASC處理，若有人造衛星經過或是國家機密則會用灰色地帶遮蔽住，其造成程式判斷錯誤原因如狀況B。

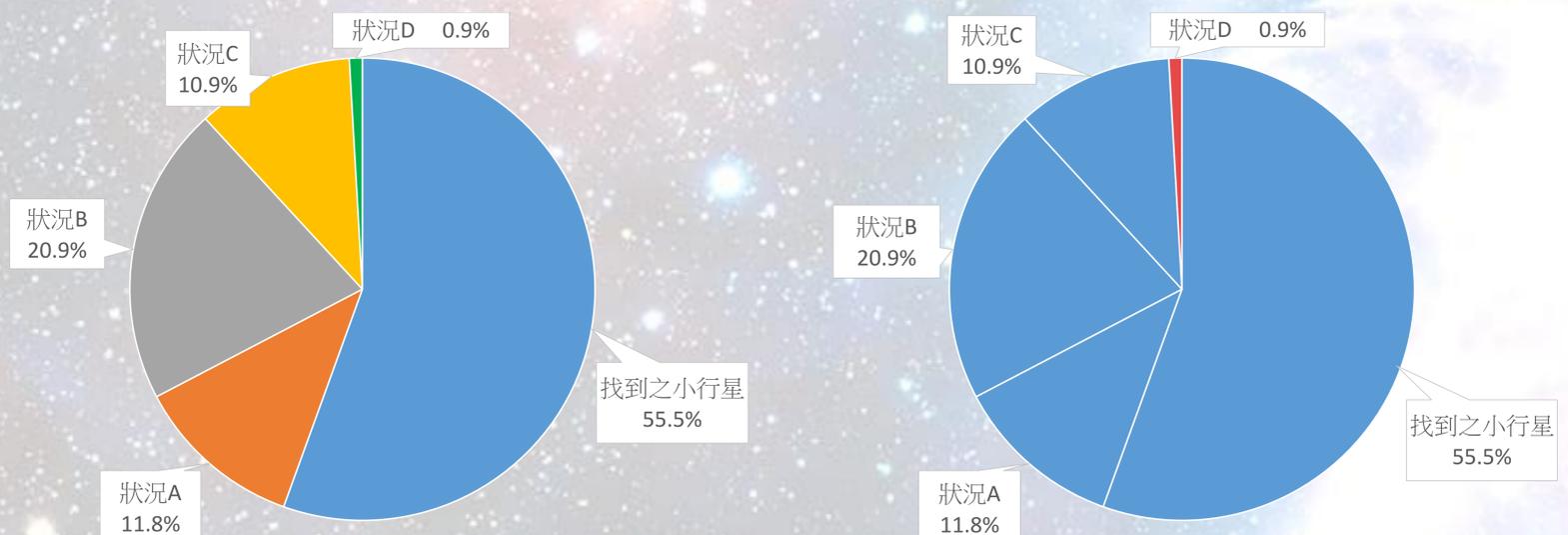
### 我們的程式及Astrometrica自動偵測發現小行星數之比較表：

圖檔名稱	我們的研究					Astrometrica自動偵測	
	找到之小行星數	狀況A	狀況B	狀況C	狀況D	找到之小行星數	備註
SET 1	4	0	2	0	0	4	1
XY35 P00	15	2	4	2	0	1	0
XY37 P10	9	2	2	1	1	2	1
XY37 P11	17	0	6	7	0	2	2
XY40 P00	16	3	5	0	1	0	0
XY40 P10	15	1	3	8	0	2	1
XY40 P11	20	0	6	2	0	0	0
XY41 P01	11	6	11	3	0	1	1
XY34 P11	10	11	5	0	0	1	1

備註為Astrometrica所發現之小行星內我們也有發現之相同小行星數。

我們定義發現率為程式所發現之小行星數（排除判斷狀況錯誤之小行星數）：Astrometrica軟體所發現之小行星數。經上述數據計算後發現率為117:13，也就是說我們的研究發現的小行星數比Astrometrica自動偵測所發現的小行星數多了9倍。

由以上結果得知比起使用Astrometrica軟體自動偵測功能尋找小行星，運用我們的方式能更快速找出小行星的位置，且發現率極高。此外，以傳統人眼尋找來達到此目的，所耗費的時間及精力必定遠大於使用程式所需。



## 陸、未來展望

- 一、結合小行星及恆星資料庫，可直接比對出是否為恆星，如此一來恆星亮度所造成的狀況A及狀況C即可改善，且可以直接與資料庫作圖的對比，即可對比出是否為已知的小行星。
- 二、與資料庫直接作圖的對比，即不需要兩張圖檔，只需一張圖檔與資料庫作比對即可尋找出有無疑似之小行星。
- 三、將程式改進，同時進行大量圖的對比進而縮短時間。