



Tracker軟體 安裝與使用教學

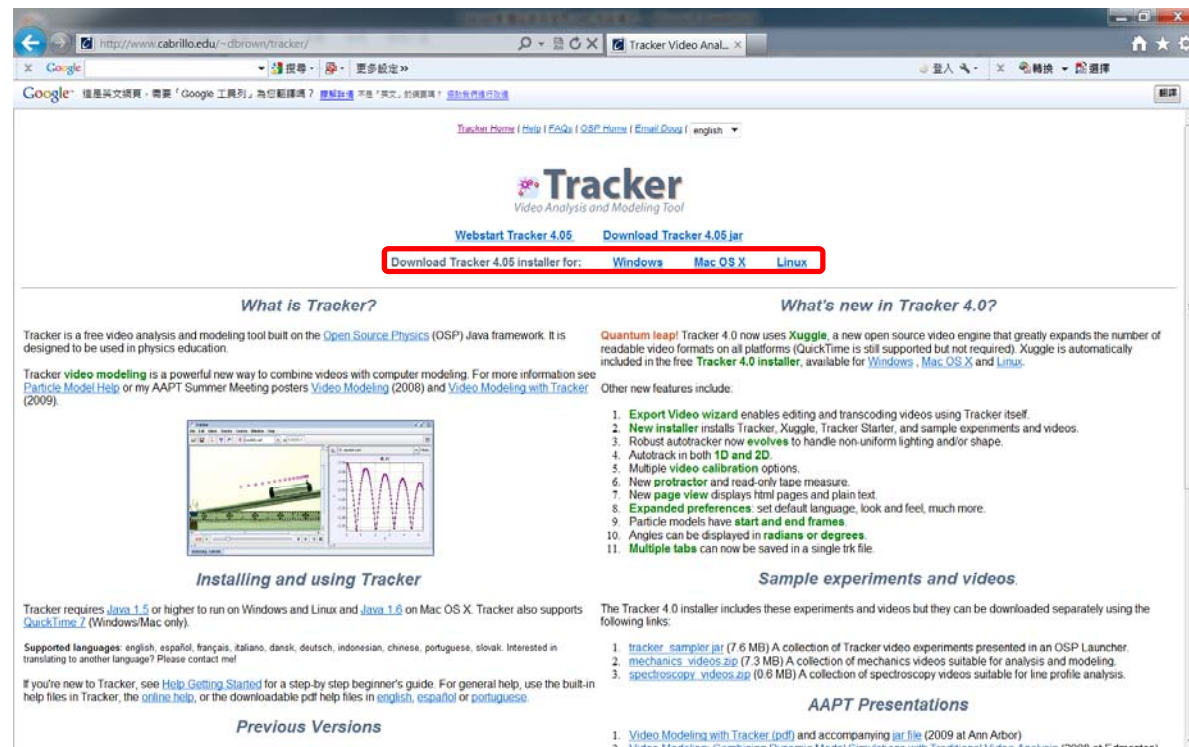
楊仲準
中原大學物理系

Department of Physics, Chung Yuan Christian University



Tracker軟體的取得與安裝

1. Tracker軟體是一個建立於Open Source Physics (OSP) Java 架構下的免費的影像分析與建模工具。
2. Tracker軟體可以由”<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>”網頁下載。
適合的作業系統有Windows、MacOS、Linux。



Tracker軟體的取得與安裝

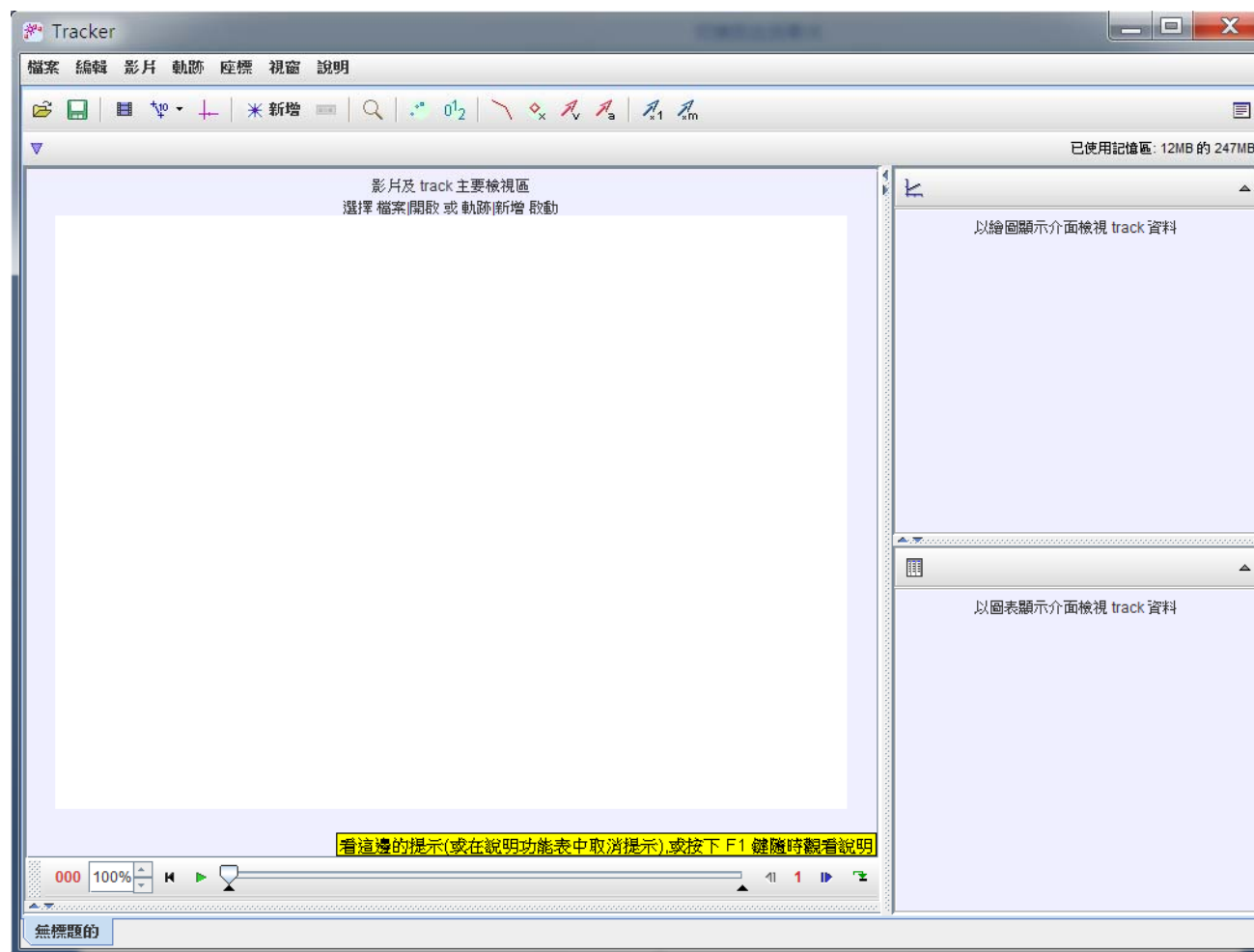
Tracker軟體需要準備一個良好的錄影檔案。在一般的運動學實驗中，大至需要準備如圖：



其中Webcam與數位相機只要有其中一個可供錄影即可。電腦中需要Tracker軟體與一個可以錄影的程式(使用Webcam的話，一般Webcam均有附)，如果用數位相機就不需錄影程式。

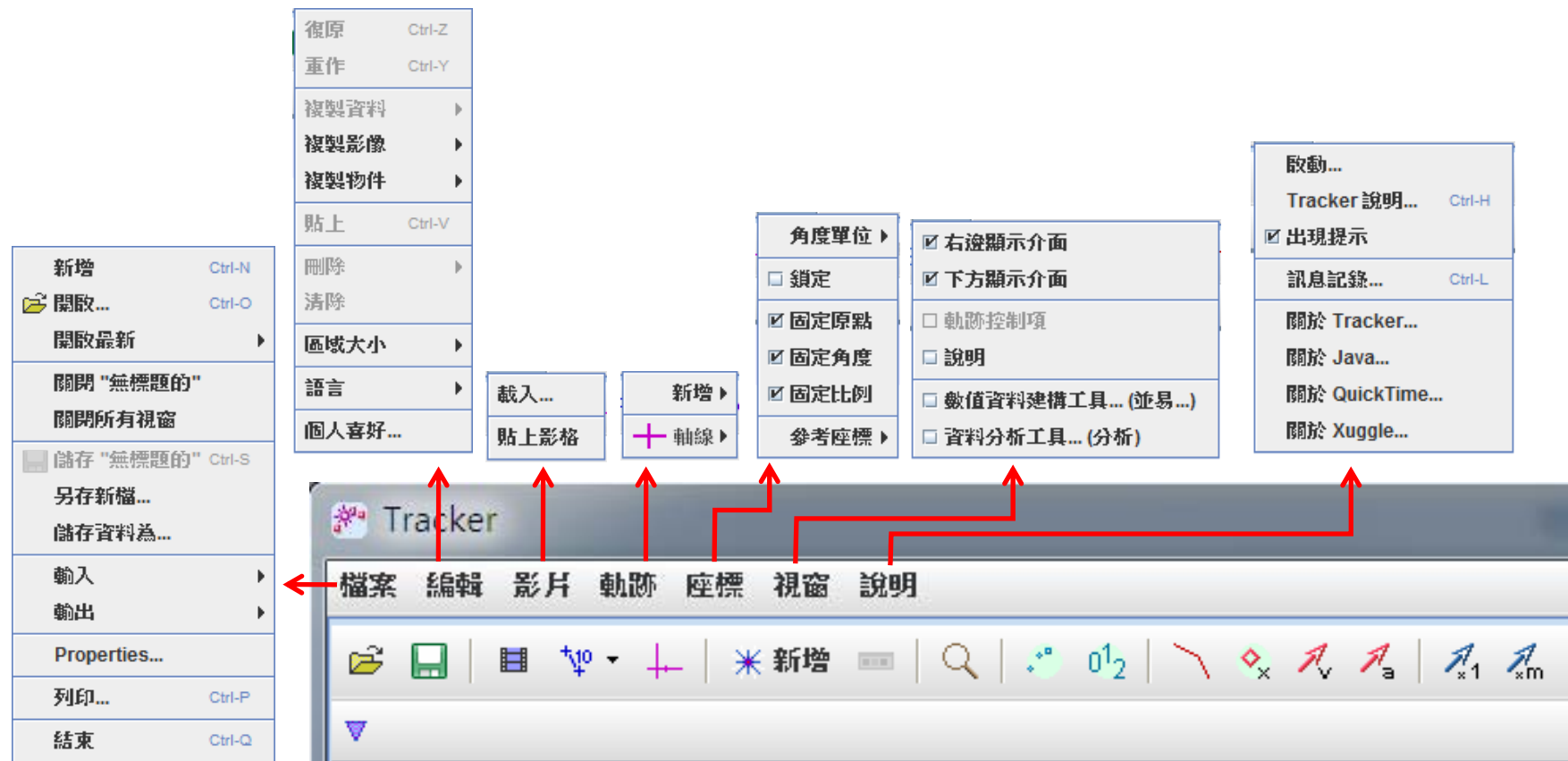
Tracker軟體的使用方法

1. Tracker的主要使用介面。



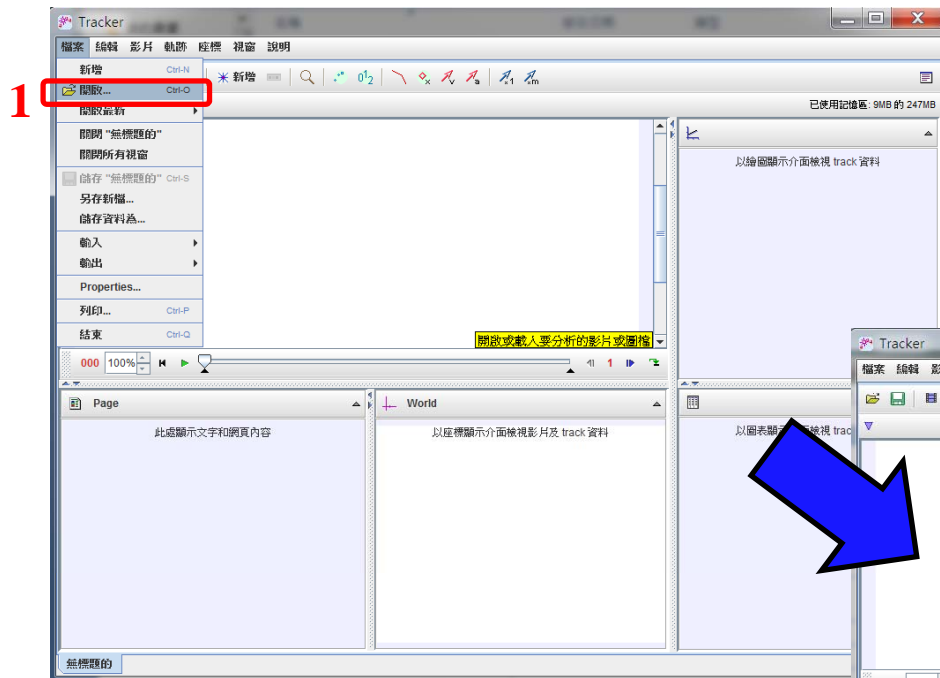
Tracker軟體的使用方法

1. Tracker的主要使用介面。

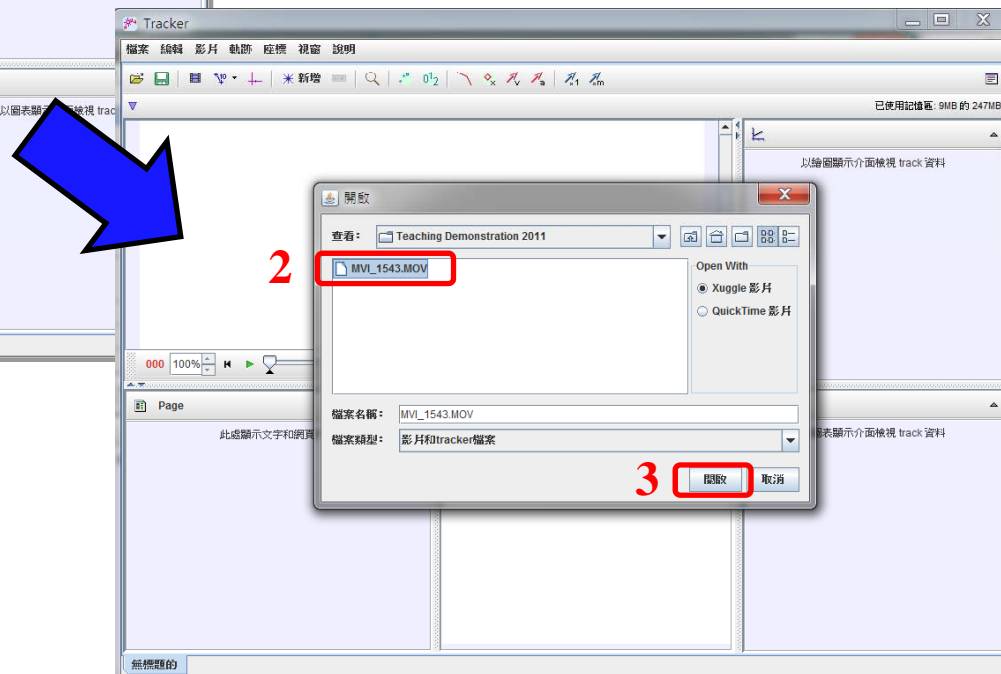


Tracker軟體的使用方法

2. 開啟影像檔

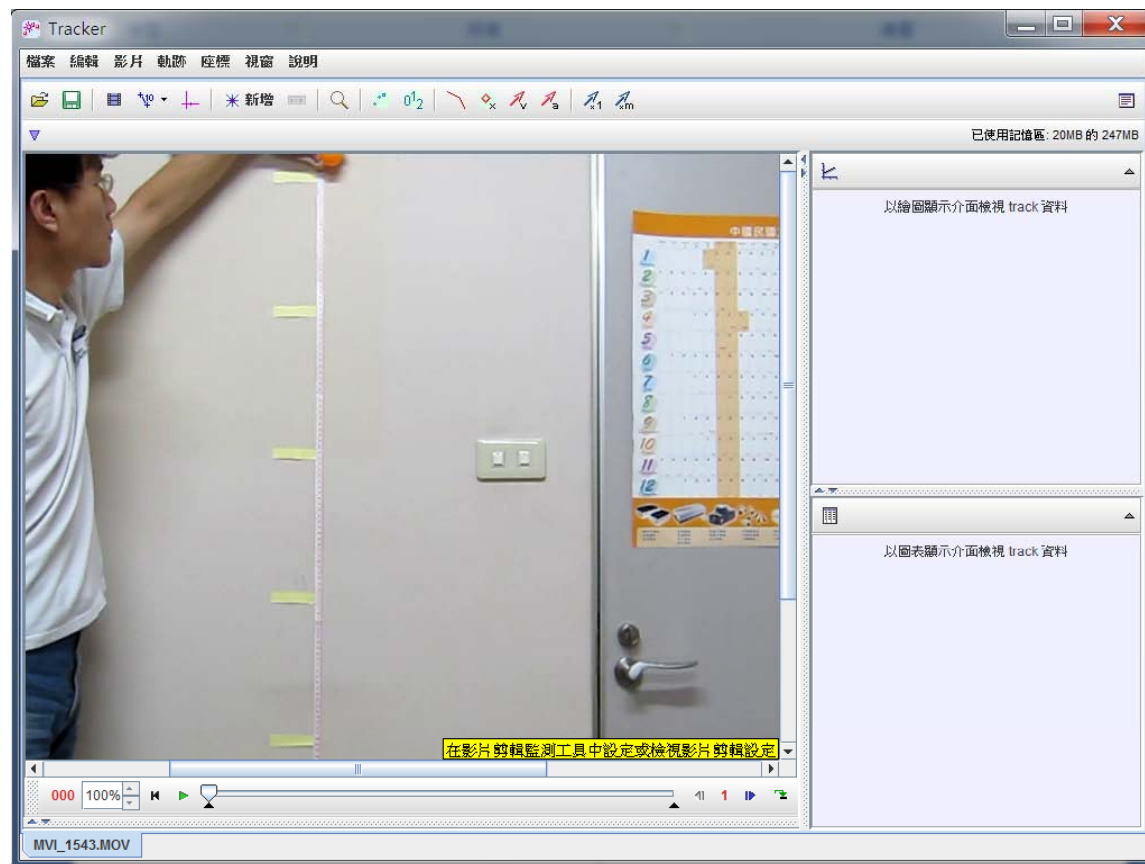


影像檔格式可以是mov、avi、mp4、flv、wmv
或者是動畫式的gif以及一系列的jpg、png



Tracker軟體的使用方法

2. 開啟影像檔



這是載入影像後的樣子



Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統

分析原理：

在分析影像前，就如同物理學一開始分析運動體系的方法，首先必須處理的是先建立一個可供量度的時空座標和尺規。

雖然時空的原點不一定要與物體運動的原點相同，但是為了方便起見，還是常常將物體位置的起點，與運動開始的時間點作為時空的原點。

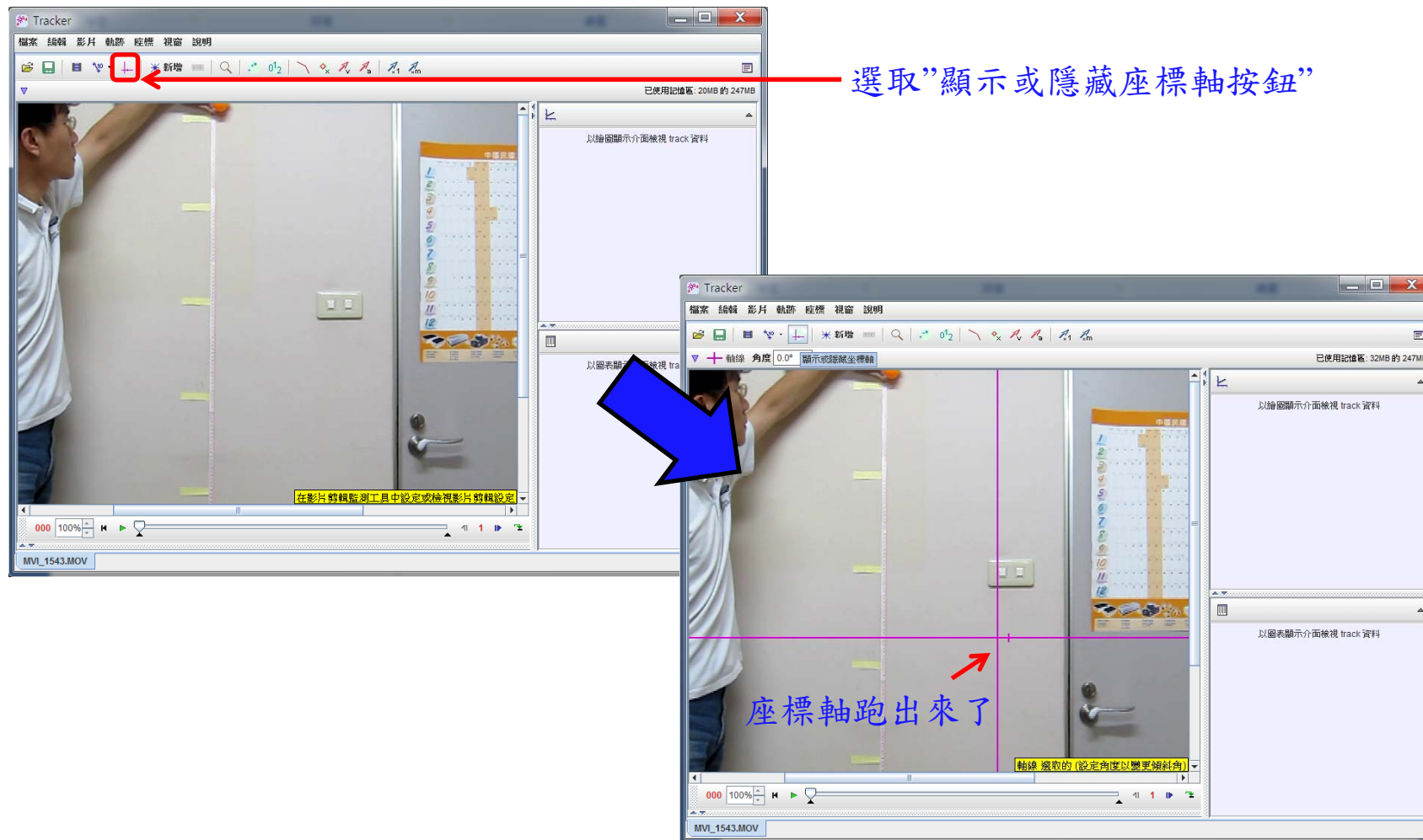
再者，量測必須要有單位，才能在不同運動事件間，有一個比較的標準。

在時間的尺規上，由於影片拍攝時已經利用了畫格或是秒為單位。因此不需再設定時間的尺規。

在空間的尺規上，由於會受到拍攝場景的距離與角度影響，而產生改變。因此需要在靠近被測物的地方，放上一個標準的長度單位。這樣，便可以校正物體運動的實際距離。

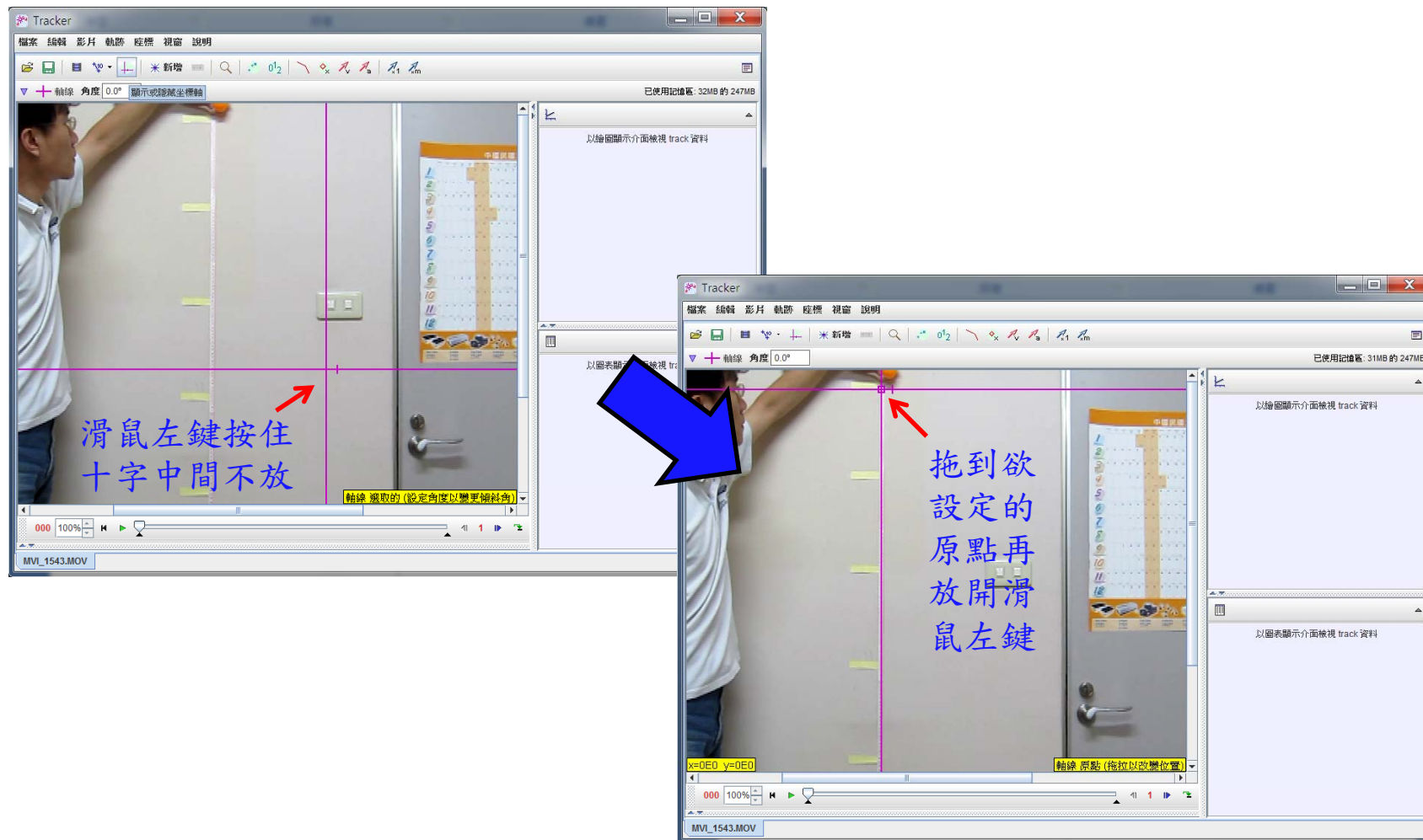
Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



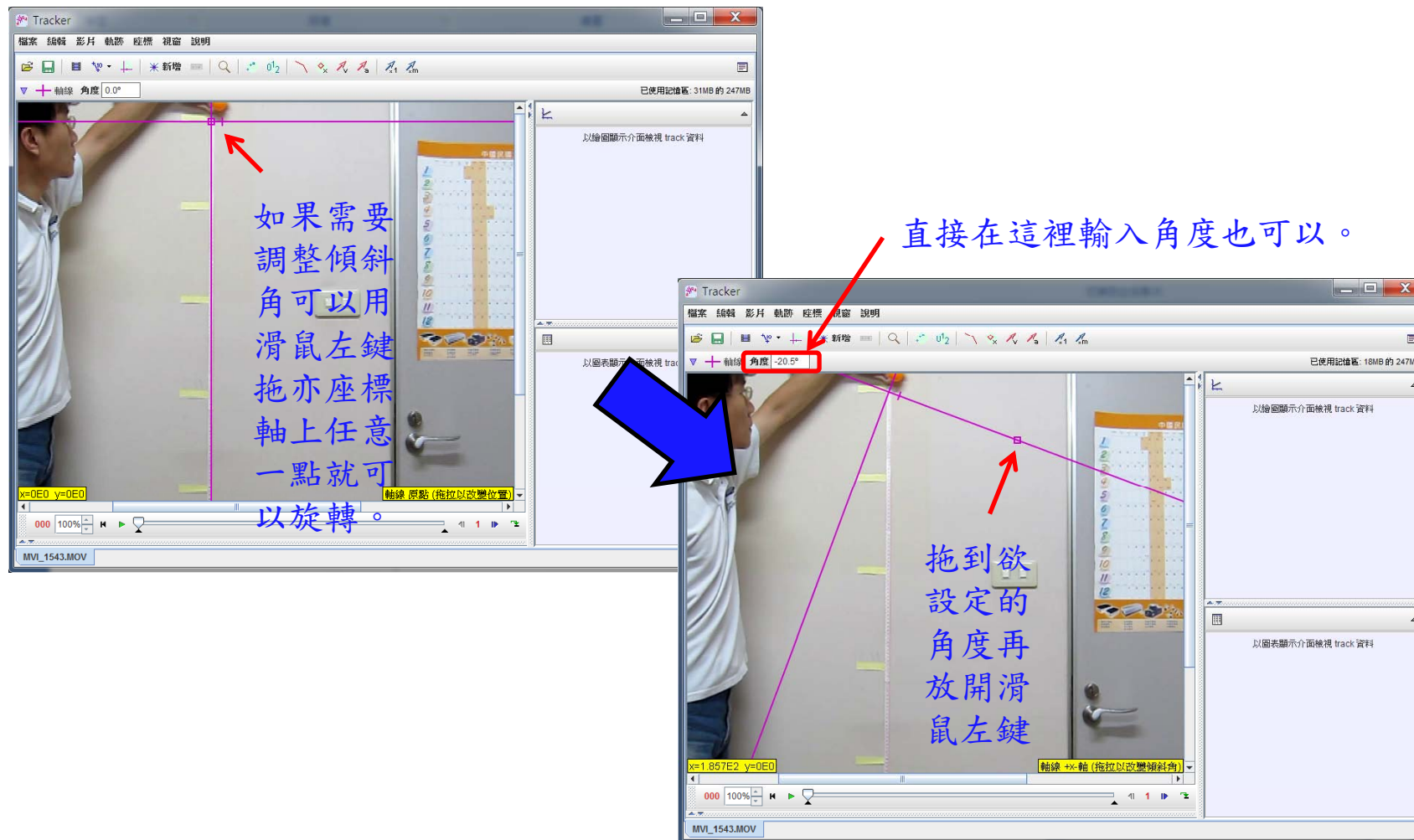
Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



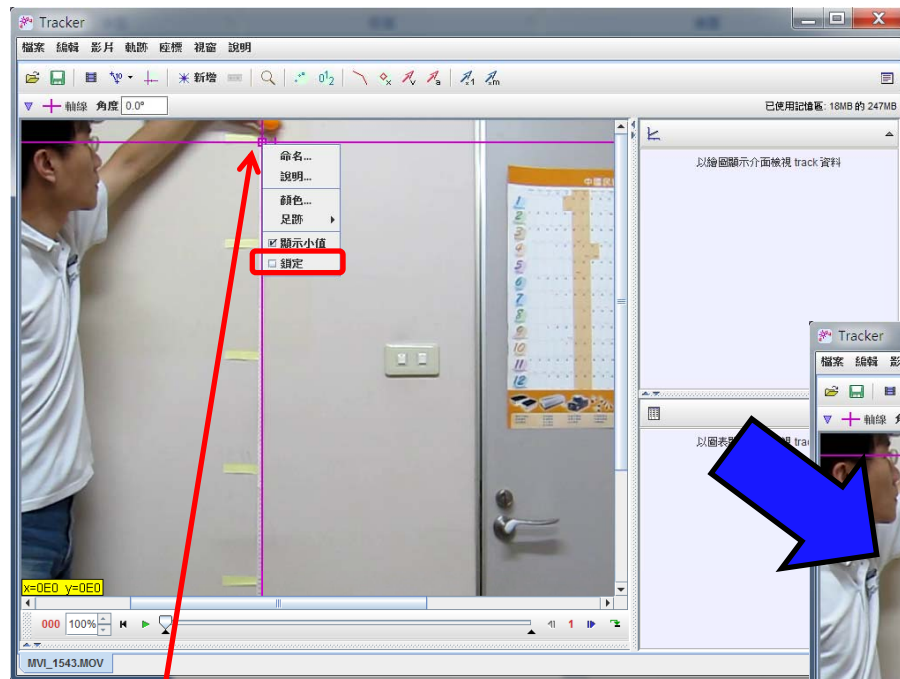
Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統

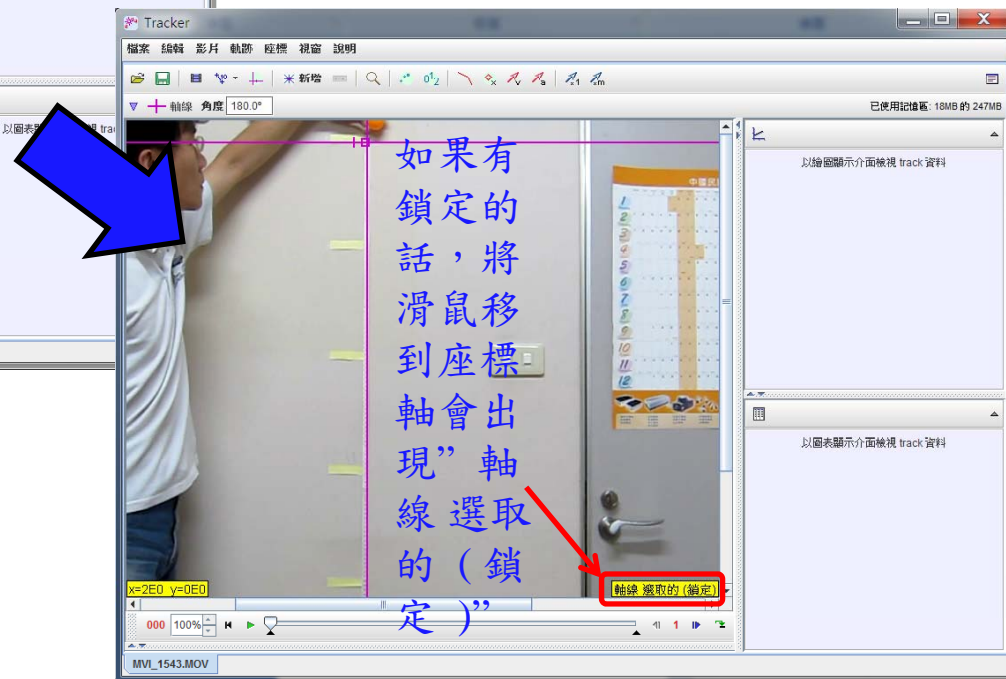


Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



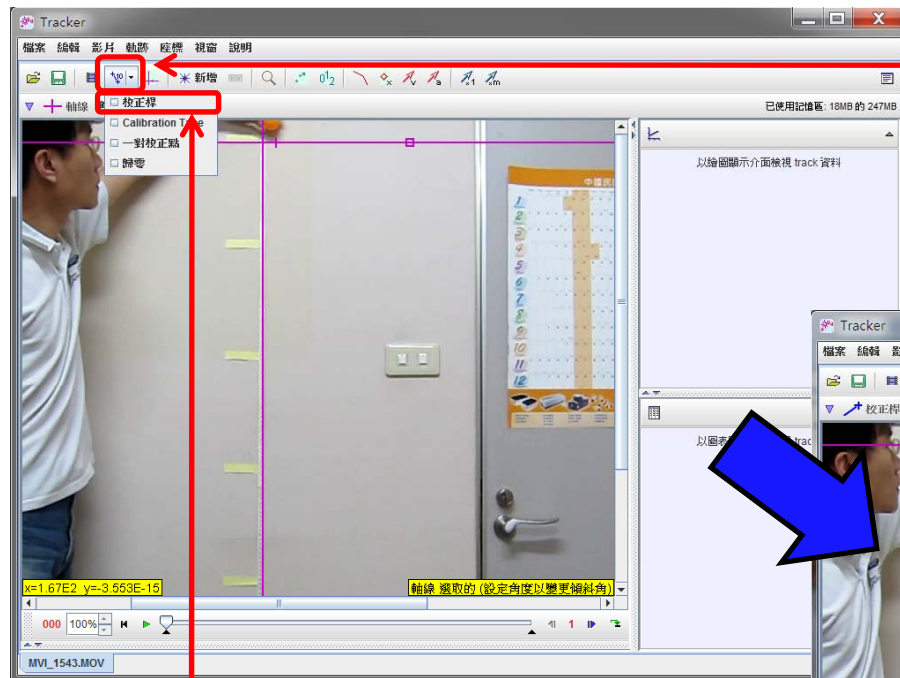
當原點、旋轉角度都設訂好後
可以在十字中間按滑鼠右鍵，
此時會出現選單，把”鎖定”打
勾這樣就不會不小心移動到座
標軸。



Tracker軟體的使用方法

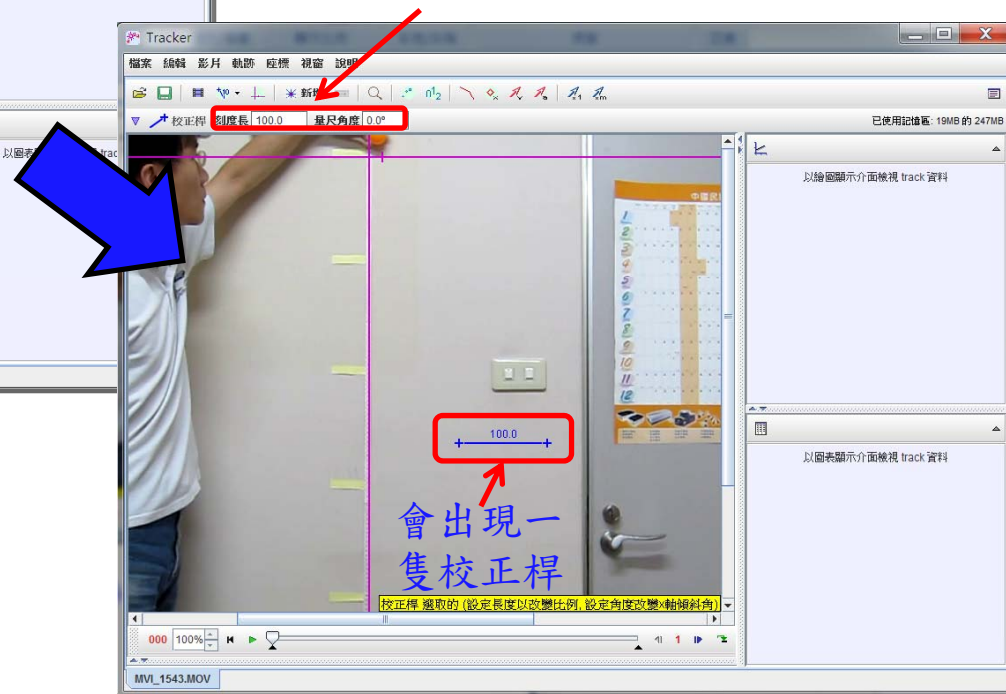
3. 設定時空座標系統

當原點、旋轉角度都設計好後
再來便需要設定尺規，也就是
定義標準長度。首先選取框框
的按鈕。



再來選取校正桿。

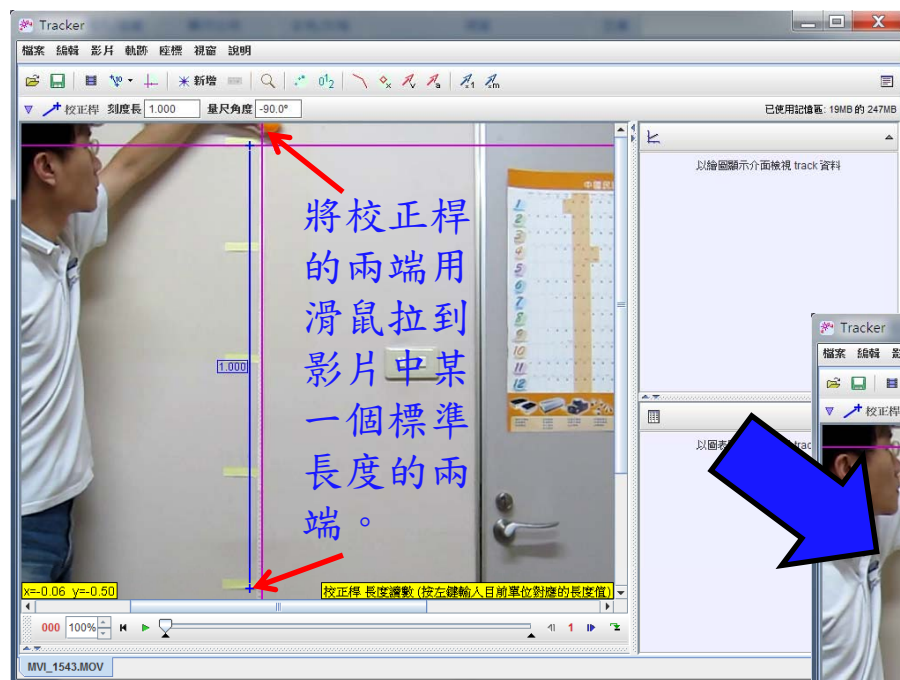
校正桿的長度(單位：m)與角度(單位：度)



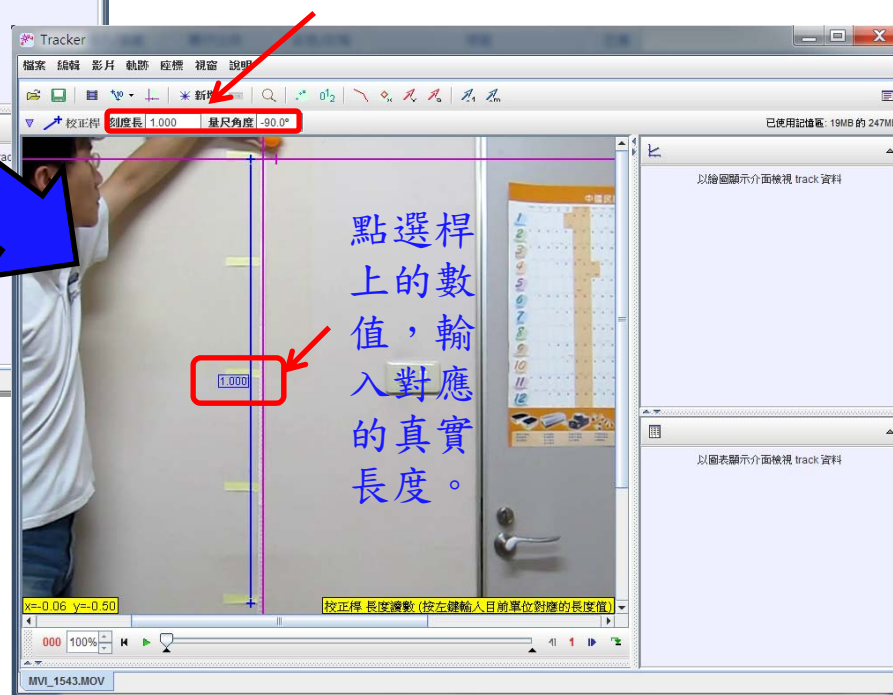
會出現一
隻校正桿

Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



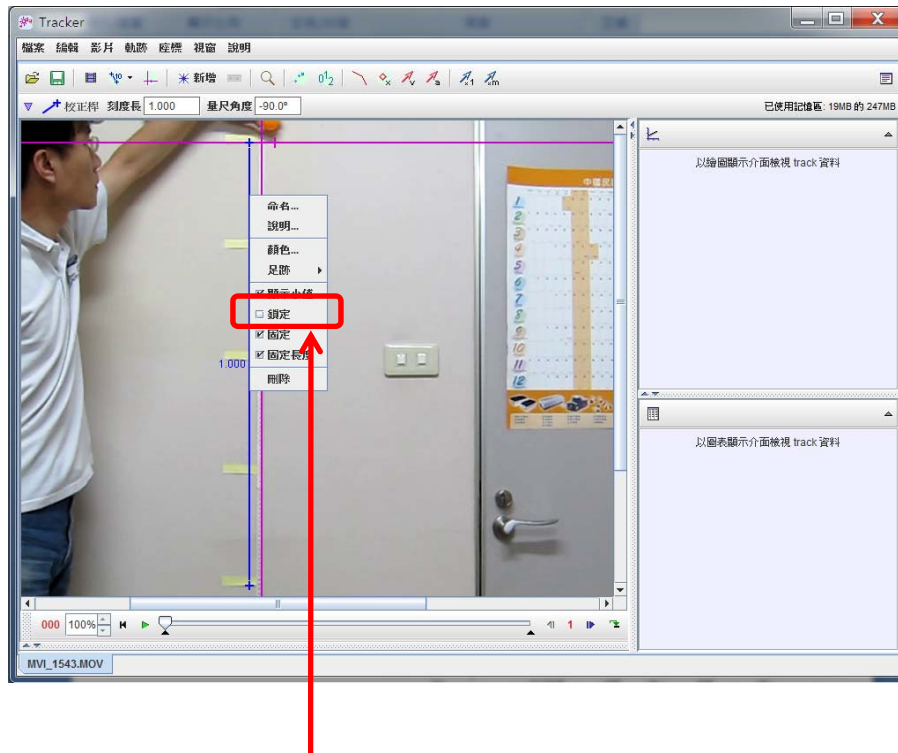
也可以在這裡直接輸入校正桿的長度
(單位：m)與角度(單位：度)



影片中兩條黃色貼紙的間距為25公分

Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



同樣可以鎖定校正桿，至此影片的空間座標系統便已設定完成。

Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統

點進去可以設定要使用的開始與結束影格。

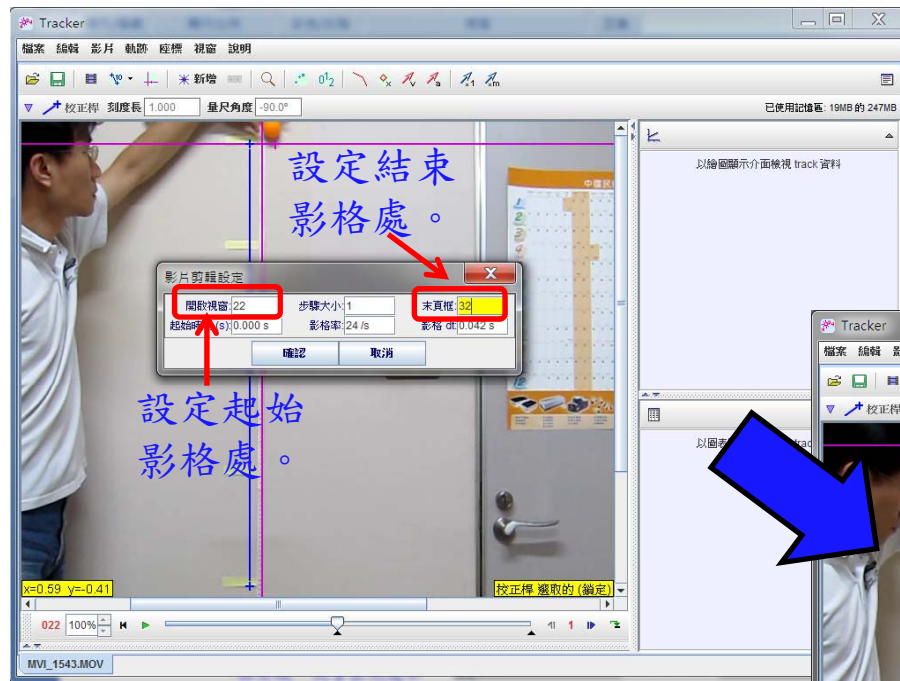
可以使用拖曳的方式，來找到精確的影格編號

影格編號。接下來使用播放，找出欲觀測物體移動的開始影格與結束影格編號。並記錄下來。

在撥放時間條上任意處按右鍵，就會出現選單

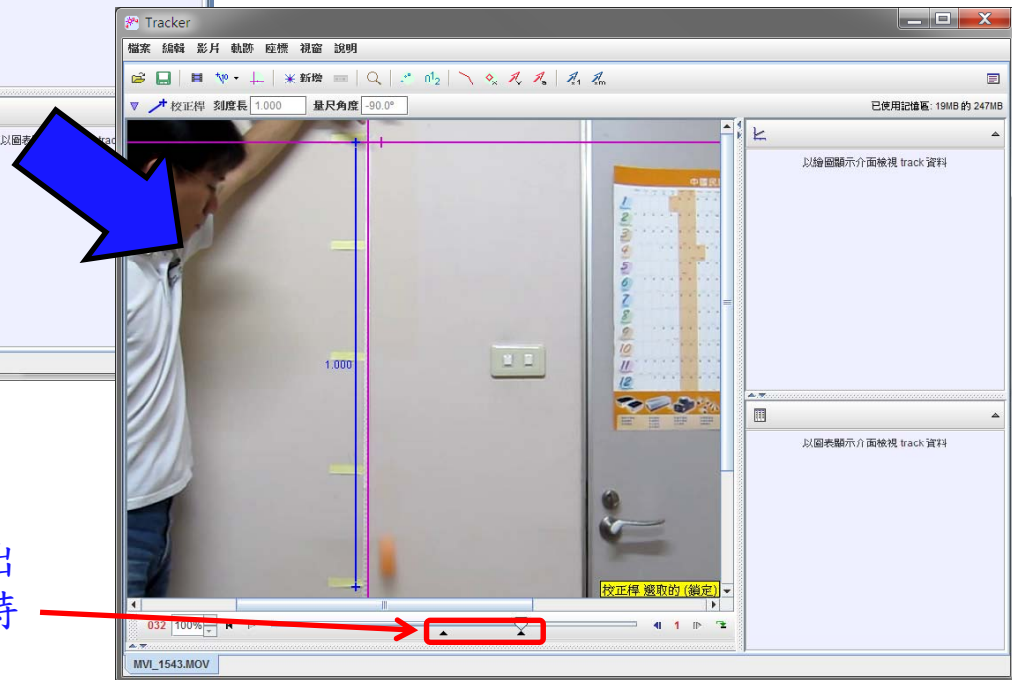
Tracker軟體的使用方法

3. 設定時空座標系統



至此，時空座標系統就設定完成！

可以看到在撥放時間條上任意處出現兩個上三角形，分別表示起始時間(設定為第0秒)與終止時間。



Tracker軟體的使用方法

4. 追蹤運動軌跡

The image displays two screenshots of the Tracker software interface, illustrating the steps to set up a point mode for tracking motion.

Left Screenshot: The main window shows a video of a person standing next to a door. The 'Tools' menu is open, and the 'Point Mode' (質點模式) option is selected. A red arrow points to the 'Point Mode' option, with the text '設定為質點模式。' (Set to point mode). Another red arrow points to the 'New Point' (新增) button in the top toolbar, with the text '設定軌跡追蹤處。' (Set tracking location).

Right Screenshot: The main window shows the same video. A 'Track Control' (Track 控制項) dialog box is open, showing 'Point A' (質景 A) as the selected track. A red arrow points to this dialog box, with the text '出現了質點的控制項。' (The point control item appears). A large blue arrow points from the 'Point Mode' option in the left screenshot to this dialog box. The right side of the window shows a graph titled '質量 A (t, x)' (Mass A (t, x)) and a data table titled '資料' (Data). The graph shows a plot of position (x) versus time (t). The data table has columns for time (t), position (x), and velocity (y).

Tracker軟體的使用方法

4. 追蹤運動軌跡

The image consists of two screenshots of the Tracker software interface, illustrating the steps to set up automatic tracking for a video.

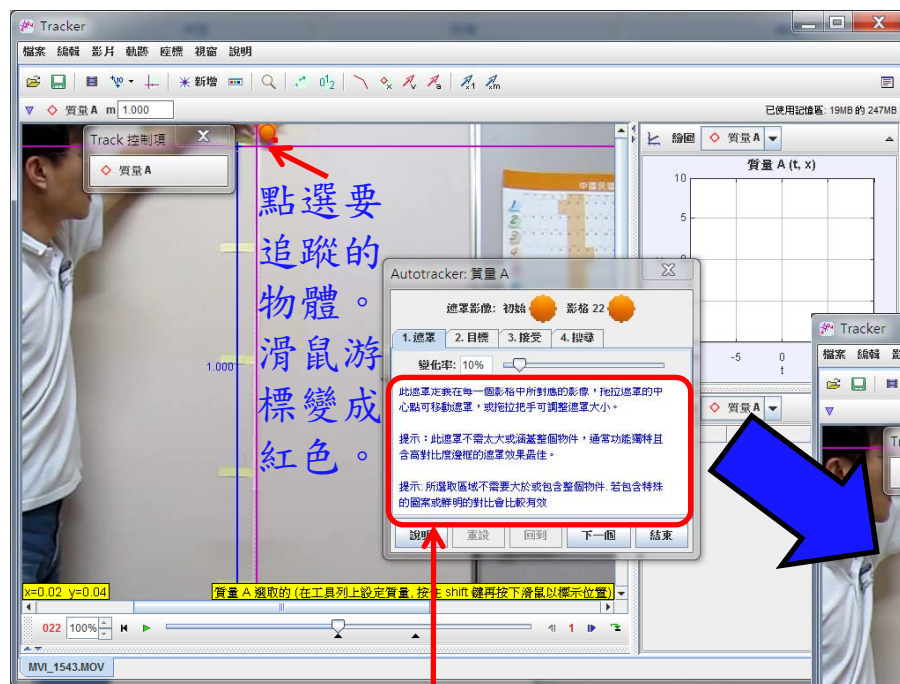
Left Screenshot: The 'Track 控制項' (Track Controls) window is open. The '質量 A' (Mass A) track is selected. The '自動追蹤軌跡...' (Automatic Track...) option is highlighted. A red arrow points to the '質量 A' track, with the text '按下滑鼠左鍵。' (Click the left mouse button). Another red arrow points to the '自動追蹤軌跡...' option, with the text '選這一個來追蹤物體軌跡。' (Select this one to track the object's trajectory). A blue arrow points from this screenshot to the right one.

Right Screenshot: The 'Autotracker: 質量 A' (Autotracker: Mass A) window is open. The '1. 選擇' (1. Select) step is active. A red circle is drawn around the object in the video frame. A red arrow points to the circle, with the text '滑鼠游標變成圓圈。可以用來圈選欲追蹤的物體。' (The mouse cursor becomes a circle. It can be used to select the object to be tracked). Another red arrow points to the 'Autotracker: 質量 A' window, with the text '質點自動追蹤的控制項。' (The control item for automatic tracking of the particle).

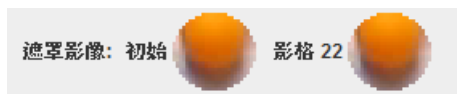
Both screenshots show a video of a person standing in a doorway. The Tracker interface includes a menu bar, a toolbar, a video frame, a coordinate system, and a data table.

Tracker軟體的使用方法

4. 追蹤運動軌跡

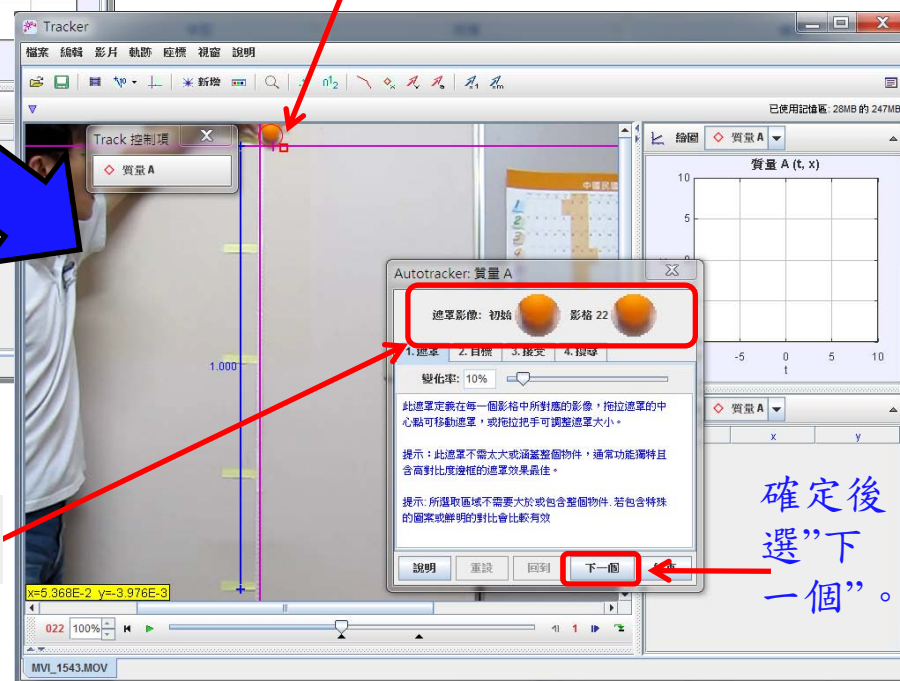


這個視窗出現每一個步驟的說明。



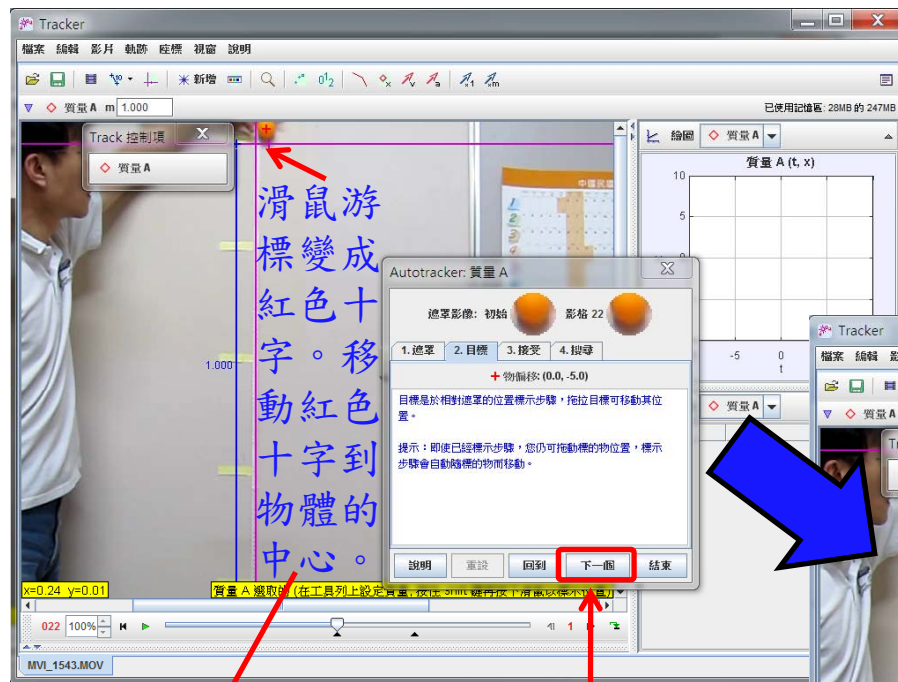
移動遮罩的原則，需使遮罩包含的物體邊緣，具有較高的對比與確切的形狀。

移動圓圈(遮罩)圈選欲追蹤的物體，並利用圓圈右下方的正方形調整遮罩的大小與形狀。



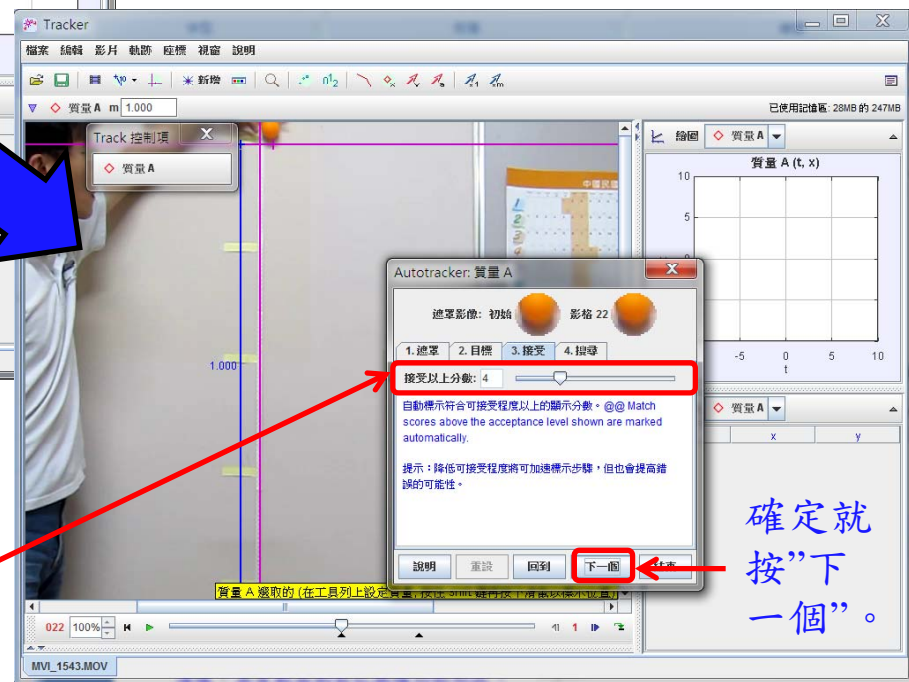
Tracker軟體的使用方法

4. 追蹤運動軌跡



設定好按下一個。

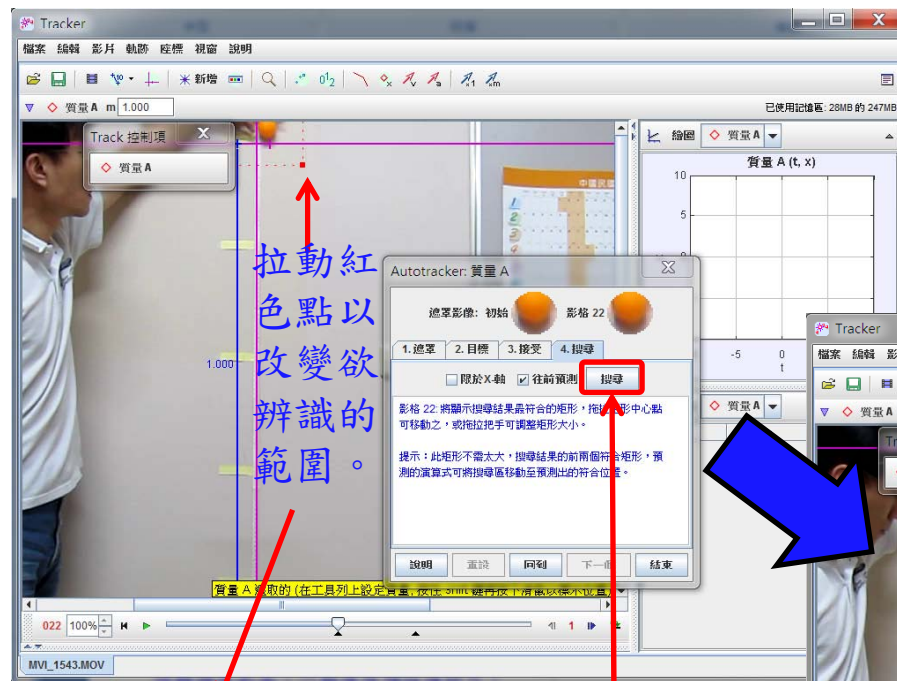
辨識遮罩內物體位置的指標，可以調整數字改變其容忍度。數字小容忍度高，但錯誤率也高。一般使用預設值即可。



確定就按「下一個」。

Tracker軟體的使用方法

4. 追蹤運動軌跡



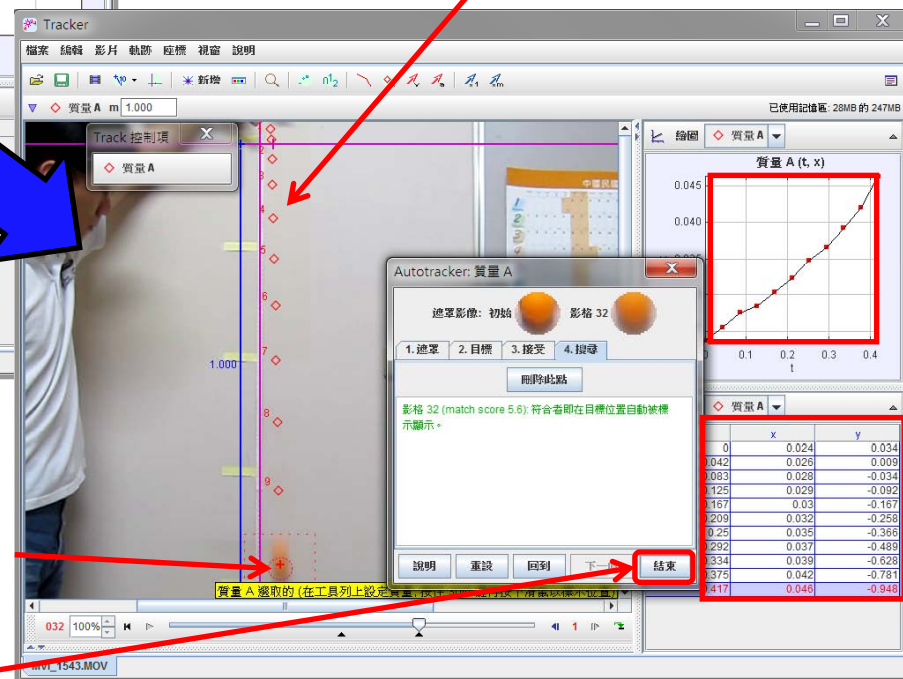
拉動紅色點以改變欲辨識的範圍。

設定好按"搜尋"。

辨識有問題的話，可以移動點上的十字到正確位置。數值與圖點會自動跟著變更。

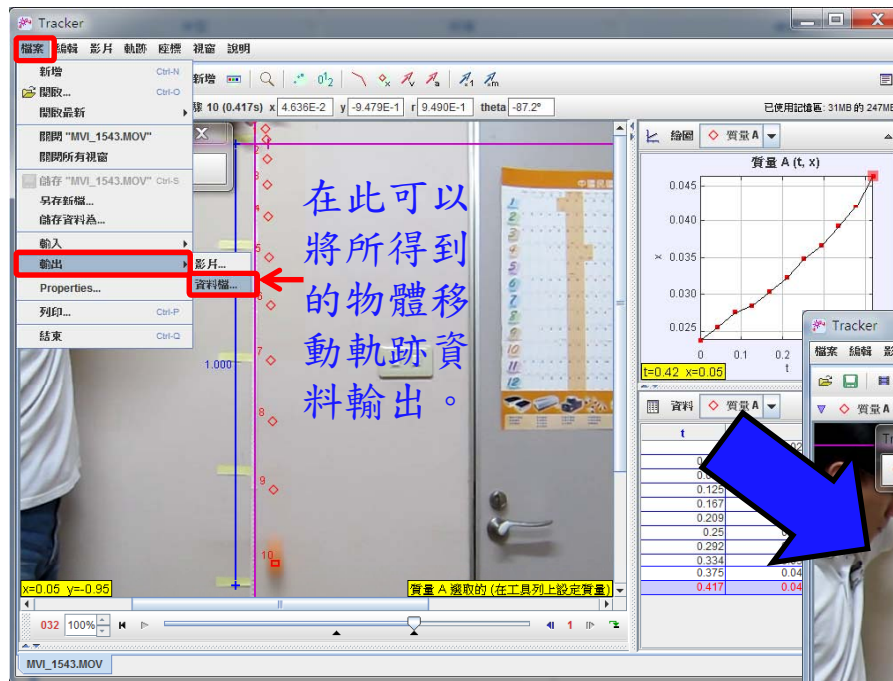
確定所有的點無誤的話就按"結束"。

自動搜尋會標示出每一個影格中物體所在的位置(圓圈)。同時也會在圖與表同步秀出對應的位置與數值。



Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析



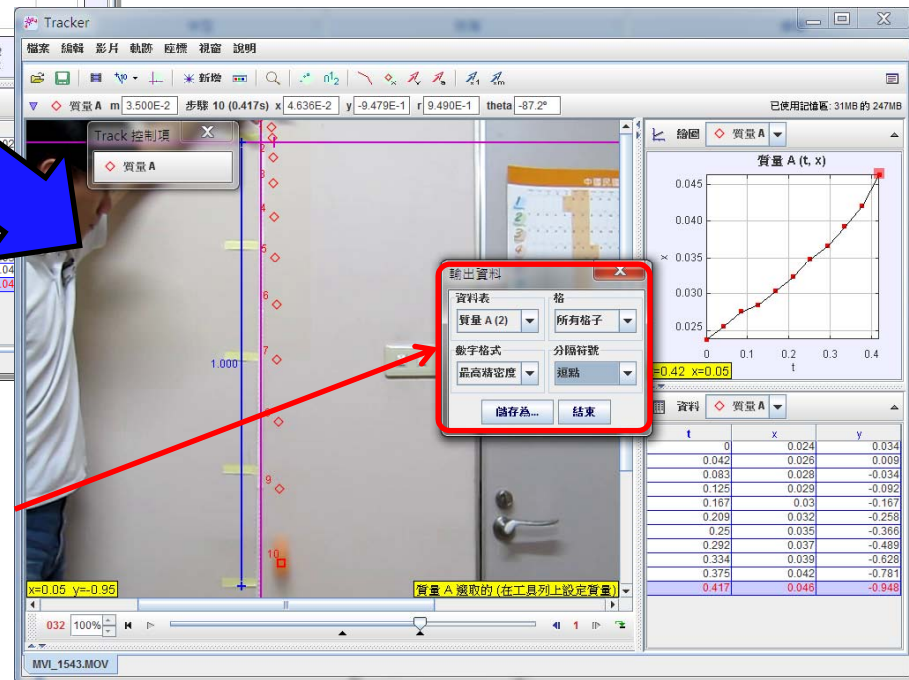
這個視窗下分別設定各參數為：

1. 資料表：設定成質量A(2)
2. 數字格式：最高精密度
3. 格：選成所有格子
4. 分隔符號：

數據的分析可以分成兩個部分：

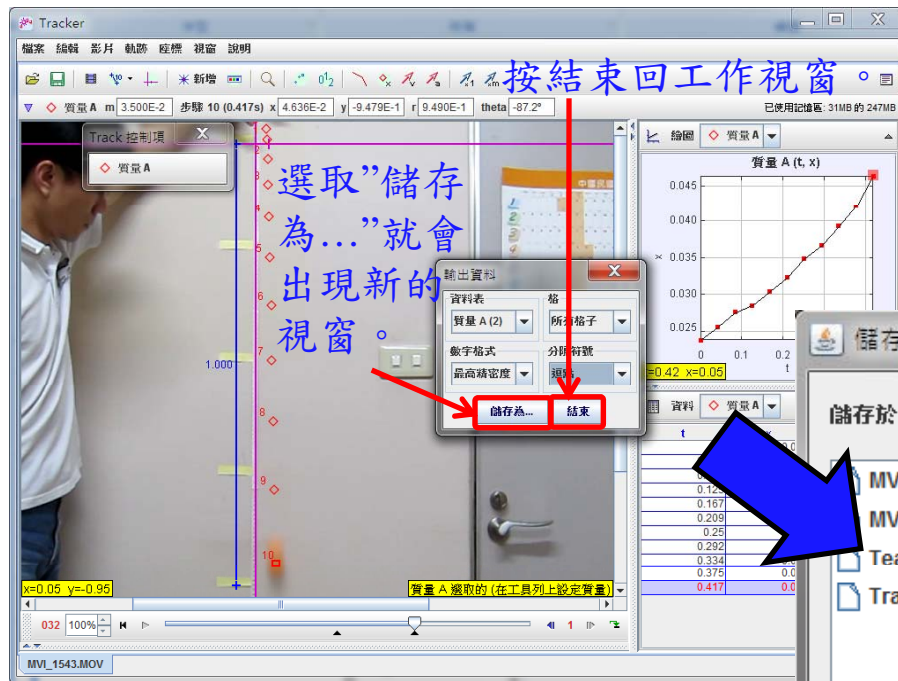
1. 使用外部軟體。
2. 使用內建分析程式。

外部軟體部分可以將先前追蹤物體運動所得到的數據輸出成通用格式的Raw data。

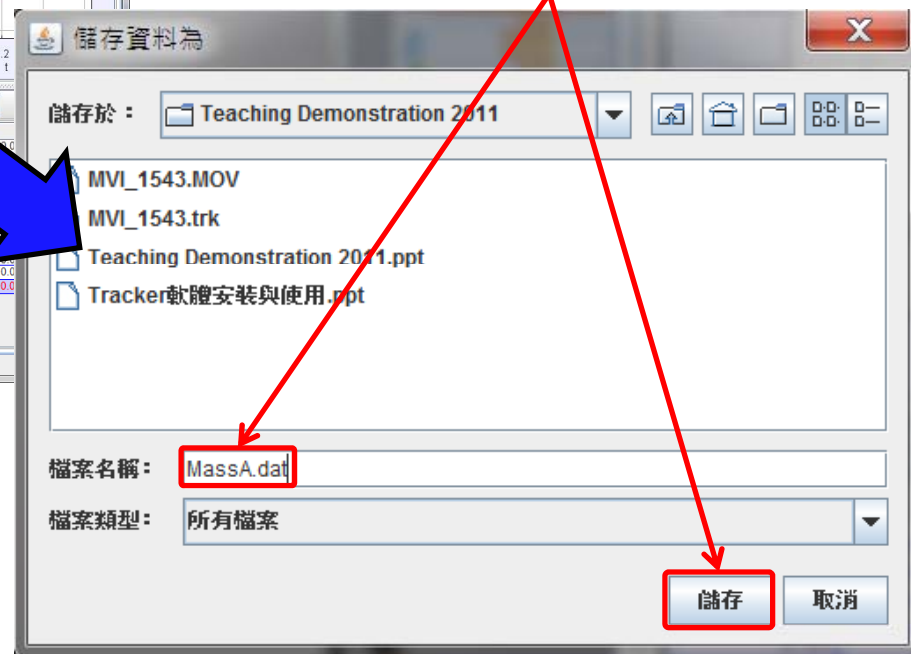


Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析



鍵入名稱按"儲存"就會馬上寫入檔案並回到左圖的視窗。



這是節錄的檔案輸出格式。此類型資料便可使用外部程式來從事分析工作。

MassA.dat - 記事本

檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

質量_A

t,x,y

0.000000000E+0,2.385685885E-2,3.379721670E-2

4.170833333E-2,2.560488799E-2,8.984708988E-3

8.341666667E-2,2.759795393E-2,-3.365501777E-2

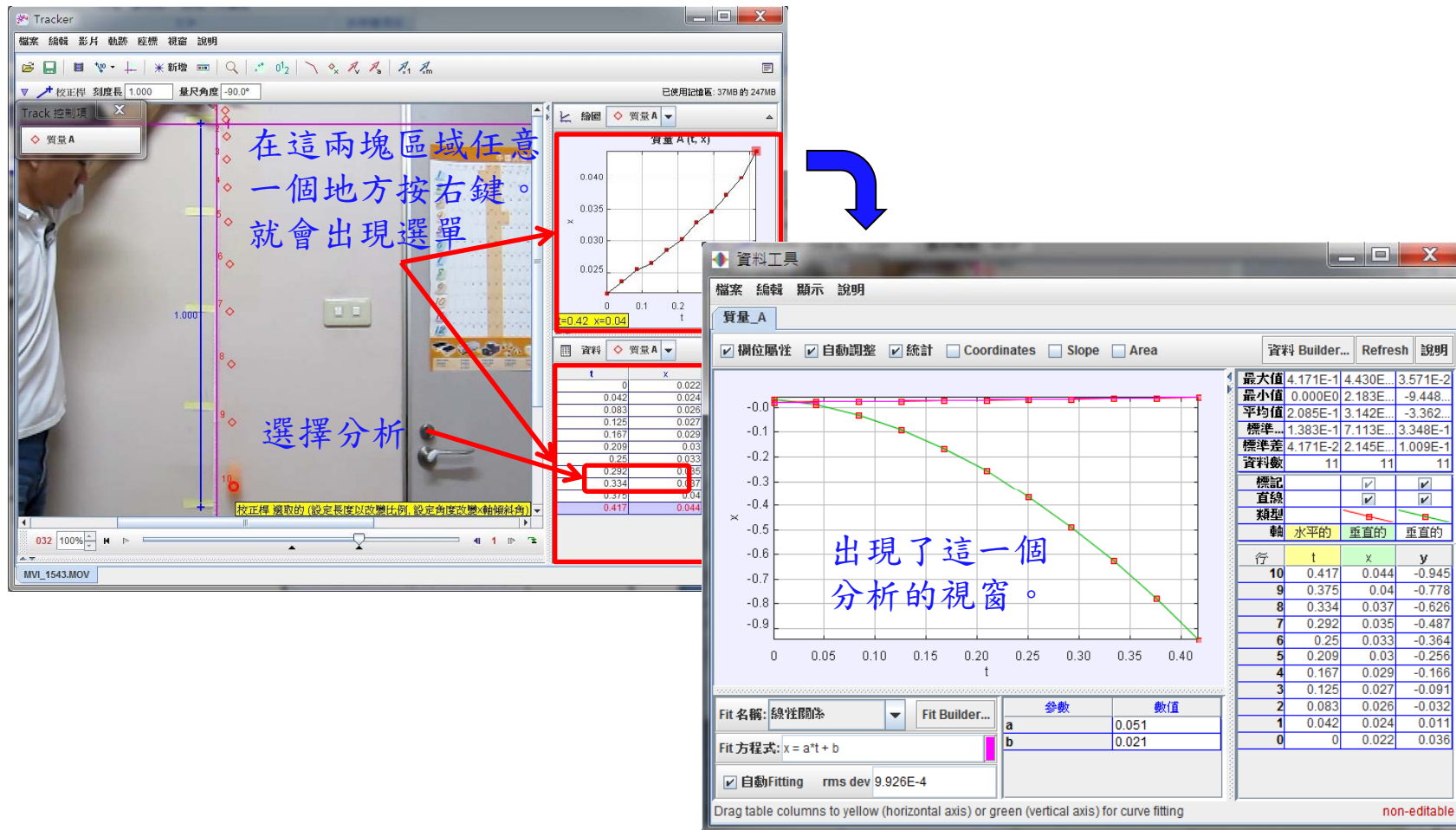
1.251250000E-1,2.852805168E-2,-9.218505061E-2

1.668333333E-1,3.043772365E-2,-1.670454001E-1

2.085416667E-1,3.233422189E-2,-2.576829589E-1

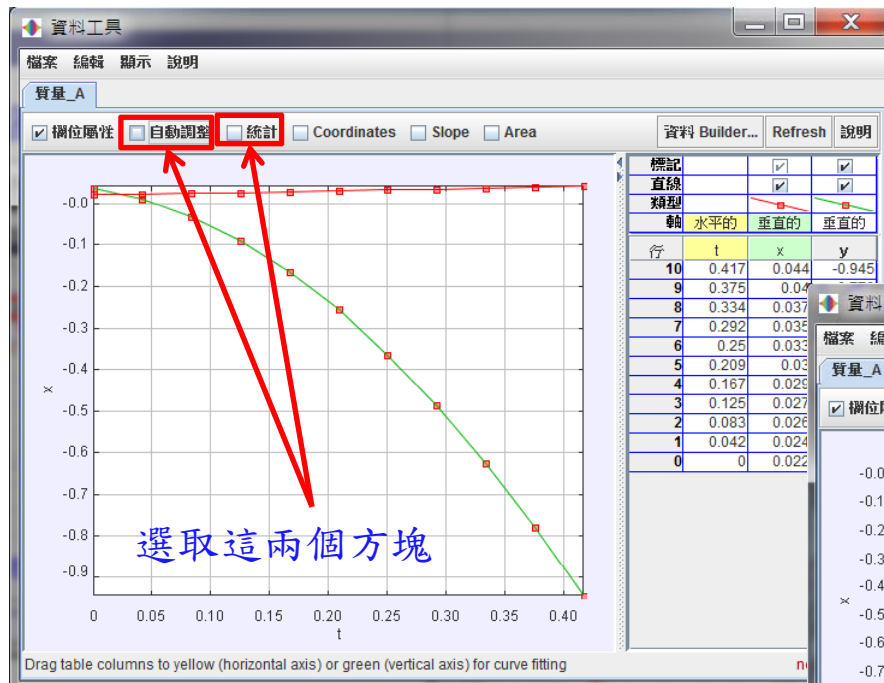
Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析

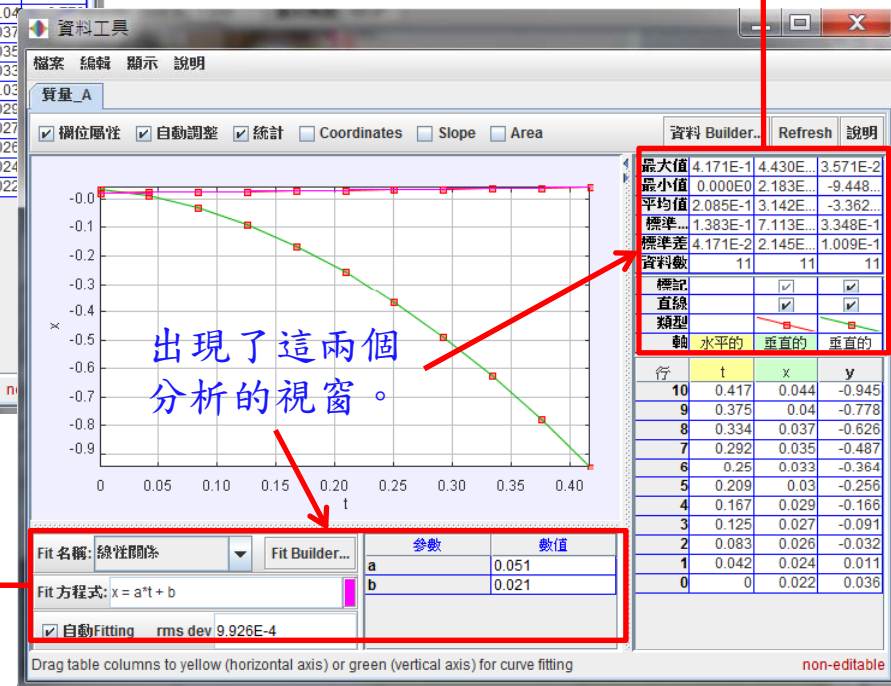


Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析



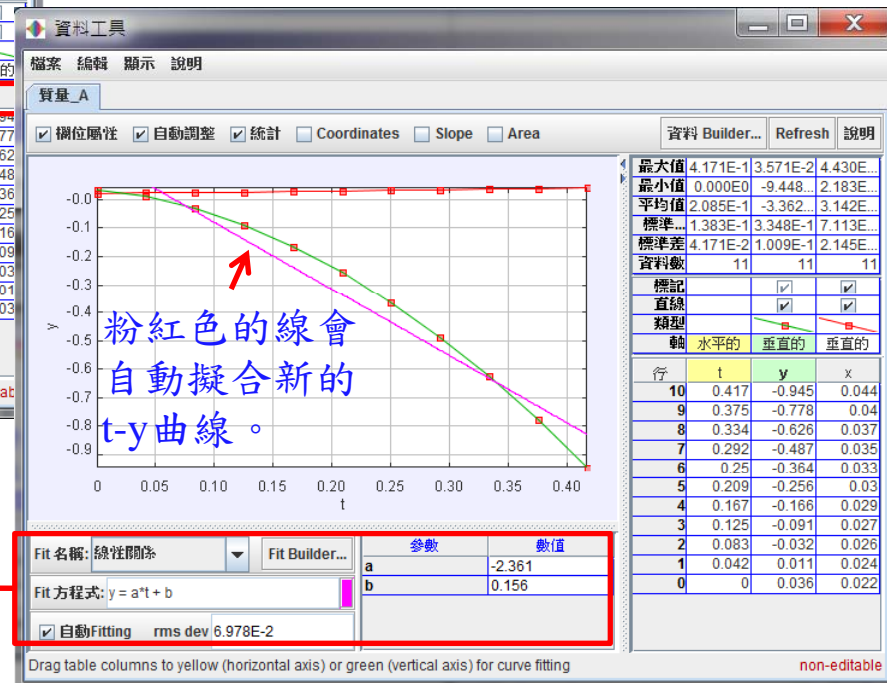
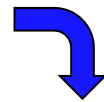
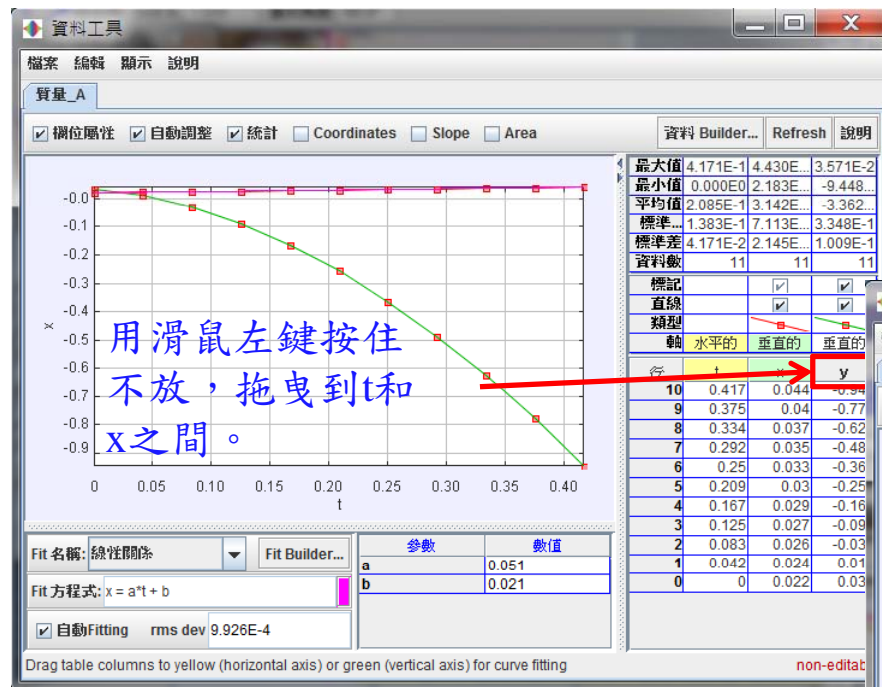
這個視窗，分析了對應的下面各行的統計數據。



這個視窗，以方程式 $x=a \cdot t+b$ ，擬合(fitting)了右邊前兩行數據： t 和 x 。

Tracker軟體的使用方法

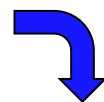
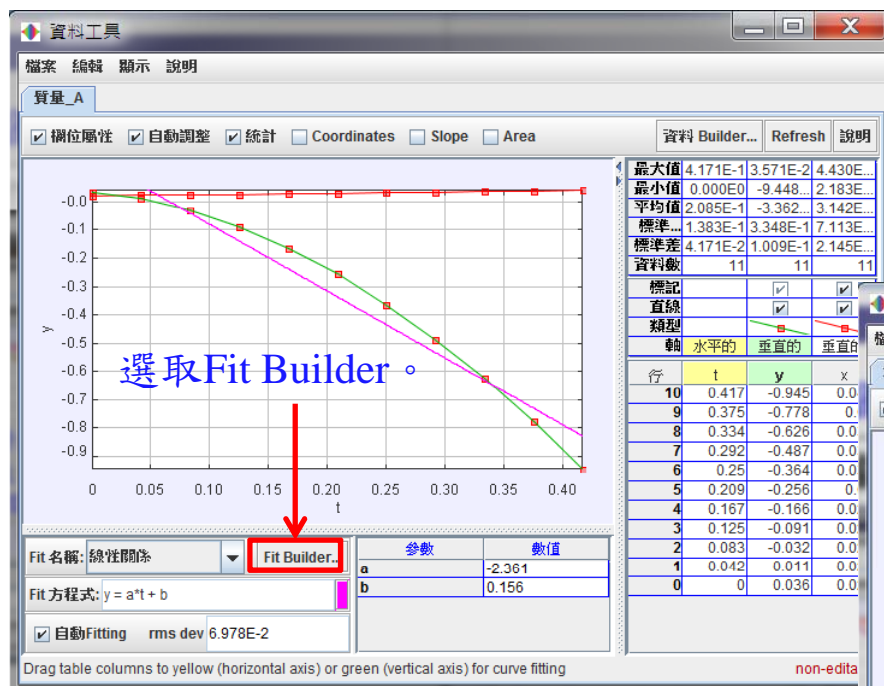
5. 數據處理與分析



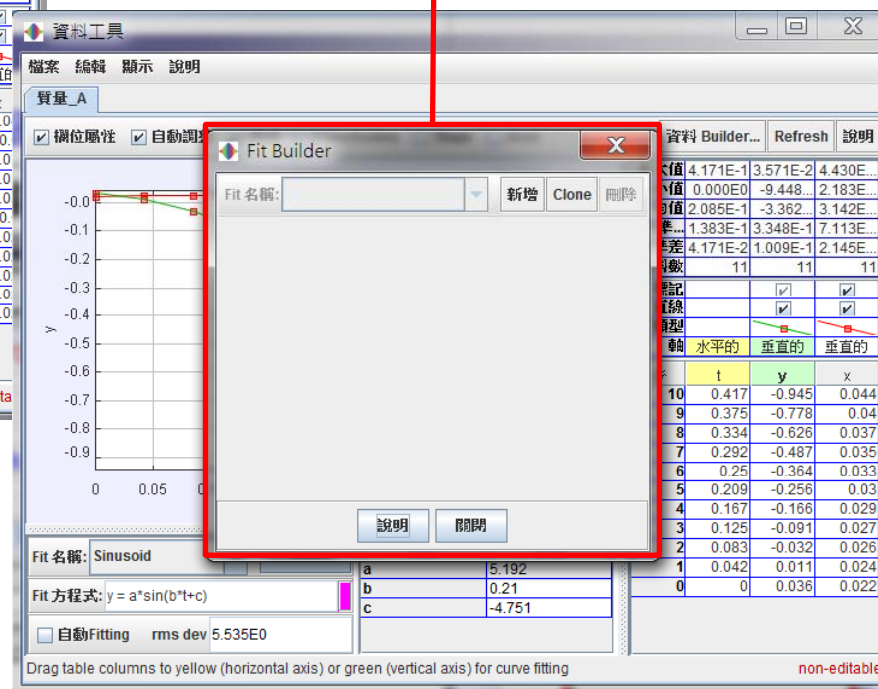
為了符合運動學的方程式，必須修改擬合的公式。

Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析



出現這一個編輯視窗



Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析

選取新增。

增加定義函數中所需的變數。

滑鼠雙擊可以變更函數的名稱，如自由落體。

要使用的數學公式表示式。

Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析

由於需要 s_0 、 v_0 、 g ($y=s_0+v_0t+\frac{1}{2}gt^2$) 這三個變數，因此先按三次新增。

雙擊可以更改變數名稱。
更改完按Enter確定。

公式為 $y=s_0+v_0t+\frac{1}{2}gt^2$ 。此時自變數 $x=t$ ，應變數 $y=y$ 。在“表示法”中僅需描述“ $s_0+v_0t+\frac{1}{2}gt^2$ ”部分，因此鍵入“ $s_0+v_0x+0.5gx^2$ ”。

輸入完成，如果沒有錯誤，便如此圖，可以按關閉。

The screenshots show the Tracker software interface. The left window shows the 'Fit Builder' dialog with three parameters: 'param', 'param1', and 'param2'. The right window shows the same dialog after the parameters have been renamed to 's0', 'v0', and 'g'. The equation field is set to 's0+v0*x+0.5*g*x^2'. The 'Close' button is highlighted with a red box and an arrow.

行	t	y	x
0	0	0.036	0.022
1	0.042	0.011	0.024
2	0.083	-0.032	0.026
3	0.125	-0.091	0.027
4	0.167	-0.166	0.029
5	0.209	-0.256	0.03
6	0.25	-0.364	0.033
7	0.292	-0.487	0.035
8	0.334	-0.626	0.037
9	0.375	-0.778	0.04
10	0.417	-0.945	0.044

Tracker軟體的使用方法

5. 數據處理與分析

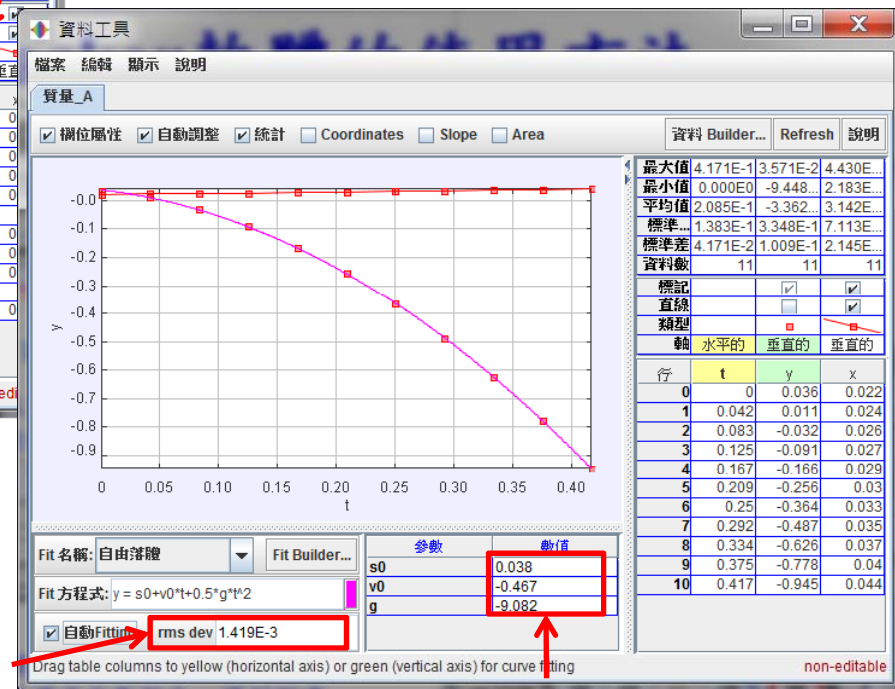


去除到資料點間的連線後將這裡打勾，程式將會自動擬合。得到對應的 s_0 、 v_0 、 g 值。

擬合的方均根誤差出現在這一個方框中。

取消打勾。以免擬合線與資料連線混淆。

初始位置 $s_0 = 0.038 \text{ m}$
初始速度 $v_0 = -0.467 \text{ m/s}$
重力加速度 $g = -9.082 \text{ m/s}^2$
擬合方均根誤差 $\sigma = 1.419 \times 10^{-3}$



所有擬合值出現在這一個方框中。



Tracker軟體的進階使用



Tracker軟體的進階使用

Tracker的進階功能

在前面的部分，介紹了Tracker的基礎操作與資料處理。接下來以前面之概念為基礎，將接著介紹Tracker的進階應用包括：

1. 二維運動：如拋體運動
2. 軌跡分析：利用擬合的方程式做軌跡預測
3. 週期運動：單擺
4. 多體問題：二維碰撞
5. 光譜分析



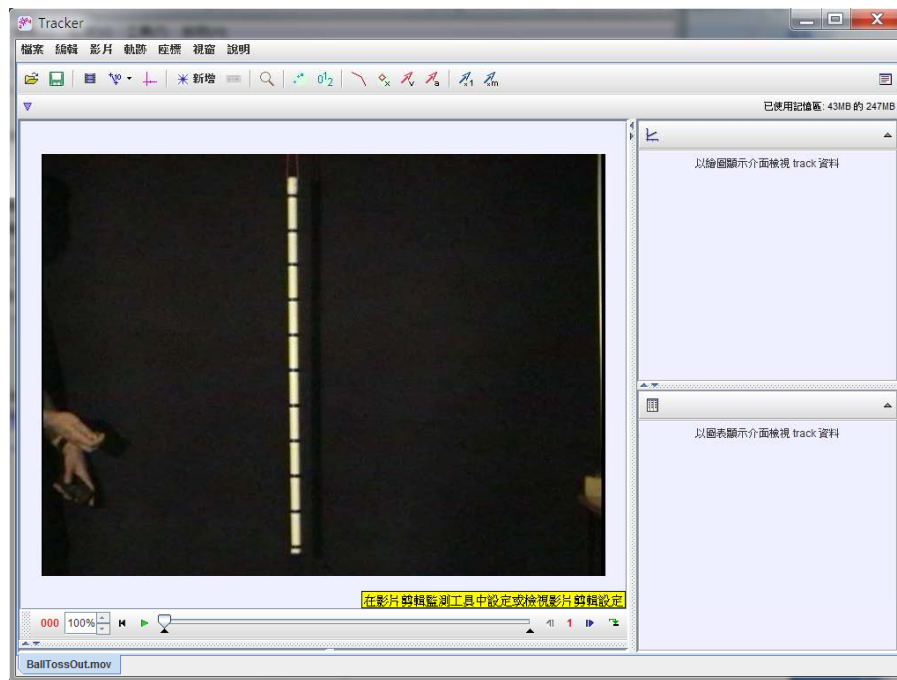
二維問題：拋體運動

Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動

這次使用<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>網站的運動學錄影檔：[mechanics_videos.zip](#)來作為範例。

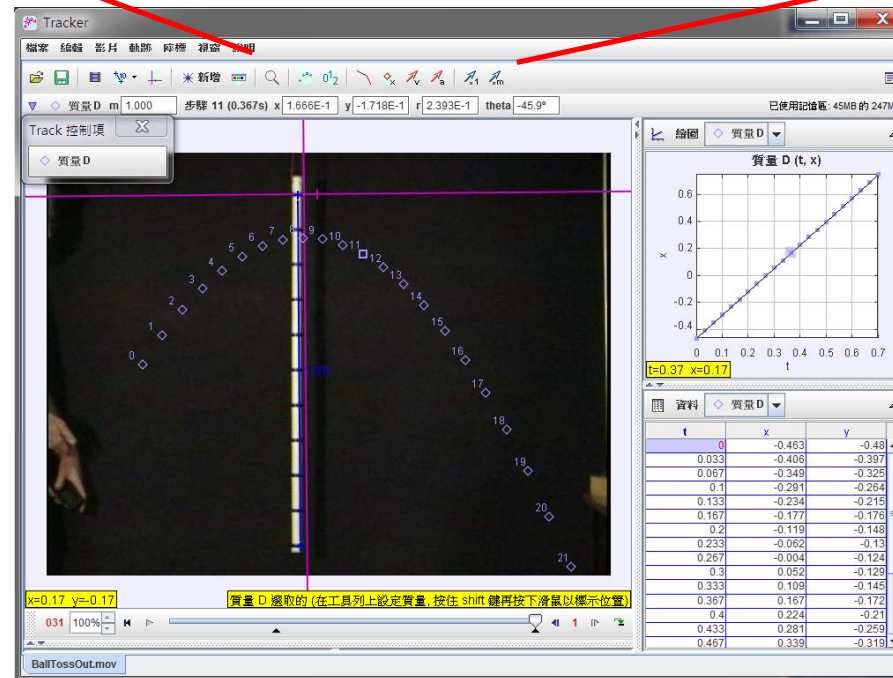
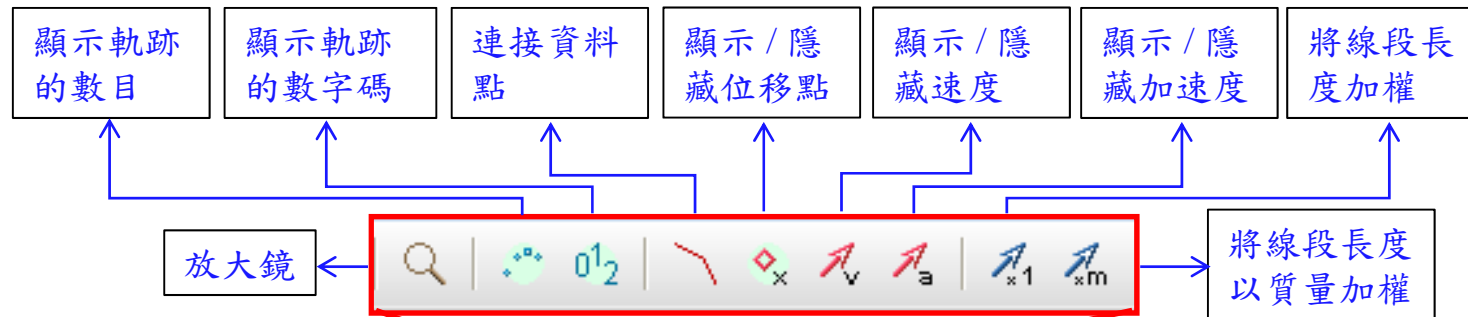
這個檔案中包含了許多錄影片段。為了研究為拋體問題，因此選擇了[BallTossOut.mov](#)這一個丟球的錄影檔，來做為分析的影片。同時透過此一案例的分析，可以進一步針對Tracker所具有的運動模擬功能，加以說明。



首先載入BallTossOut.mov檔，並依照前面自由落體的方式，設定時間、空間尺規。追蹤小球移動的軌跡。圖中的尺，一節為10 cm。

Tracker軟體的進階使用

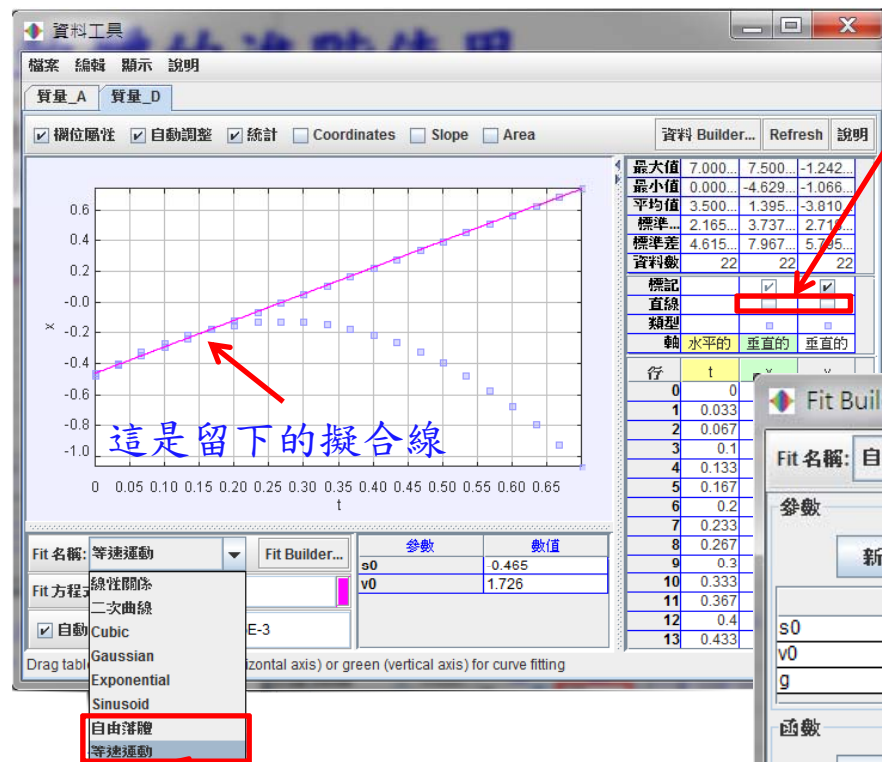
1. 二維問題：拋體運動



由於此檔得到的軌跡點比較多，因此需要使用進一步的工具列功能。

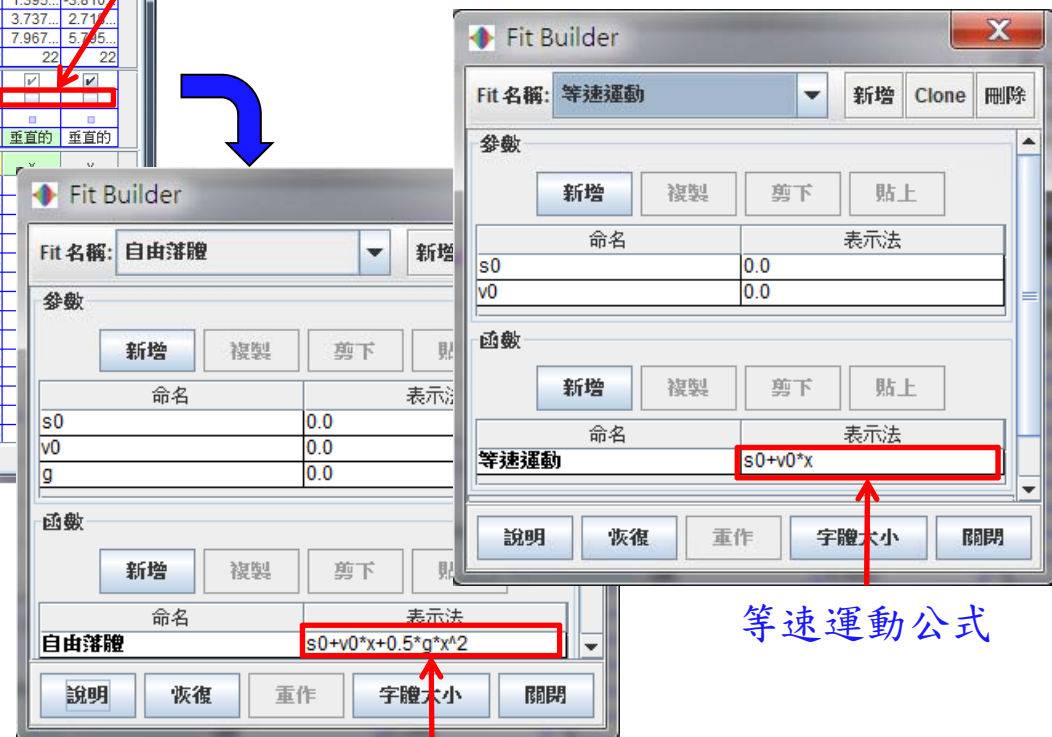
Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動



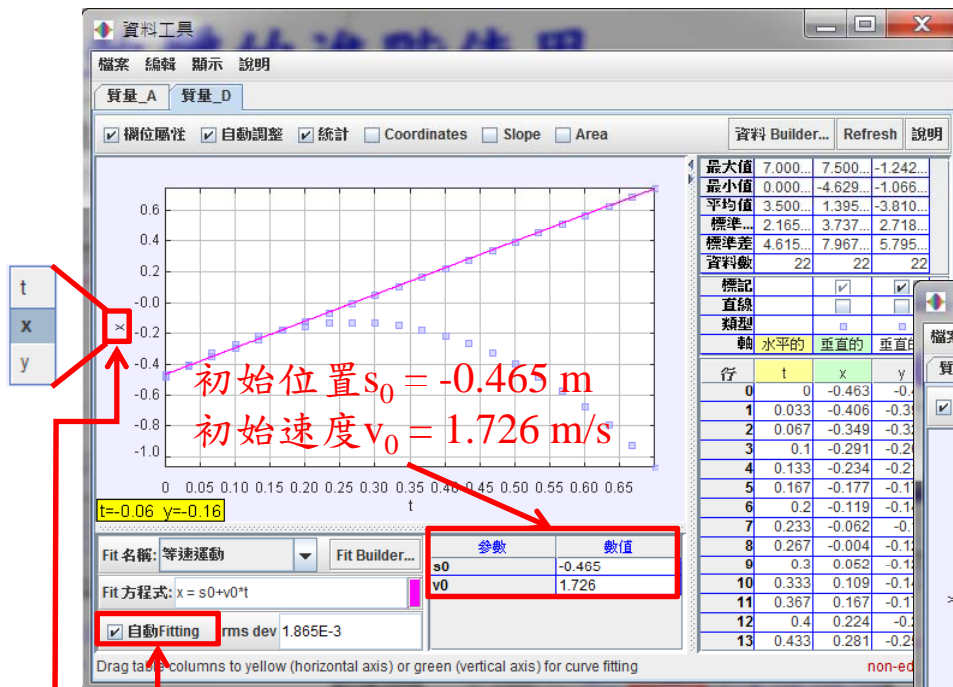
取消兩者的打勾。以免擬合線與資料連線混淆。

依照前面的方法，編輯自由落體與等速運動兩個方程式



Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動

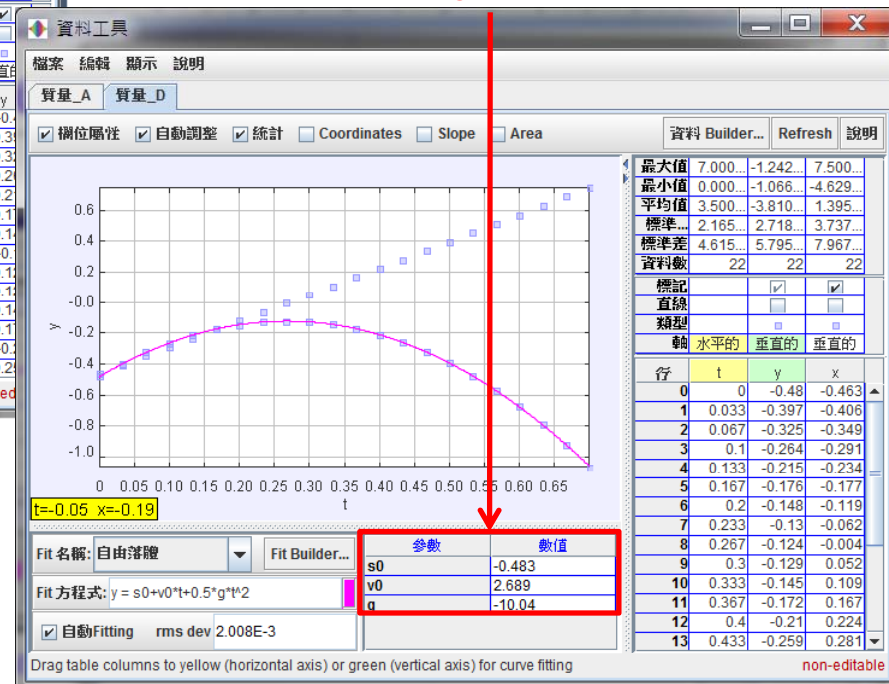


將這裡打勾，程式將會自動擬合。
得到對應的 s_0 、 v_0 值。

滑鼠左鍵點取 x 會出現左圖的框框，
選取 y 可改變對應的資料點為 y - t 圖

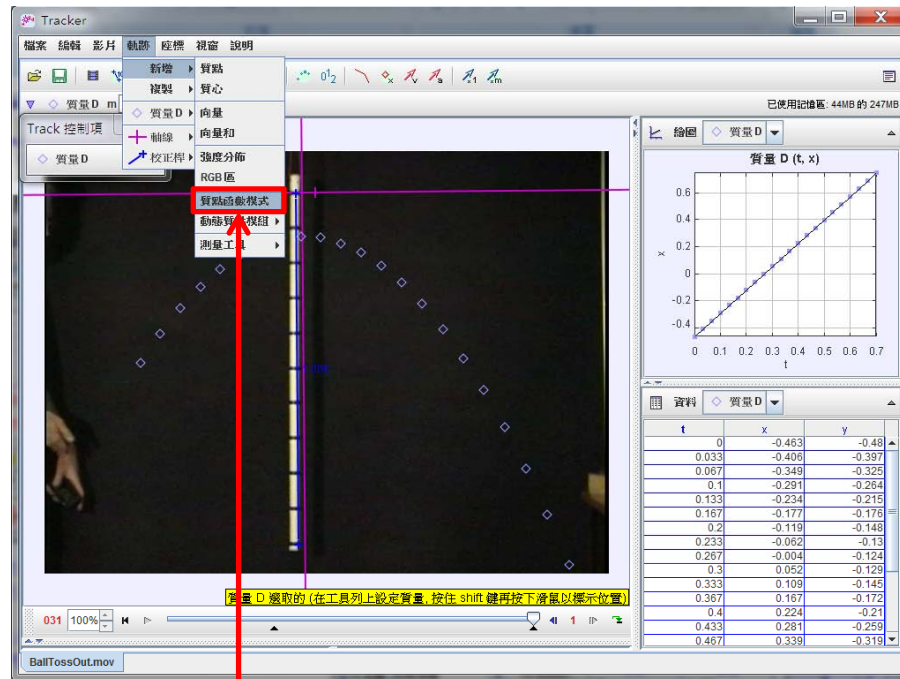
將縱座標切換為 y 後會
馬上自動擬合併繪圖

初始位置 $s_0 = -0.438$ m
初始速度 $v_0 = 2.689$ m/s
重力加速度 $g = -10.04$ m/s²



Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動



先不要關閉分析視窗，並回到這個影片的視窗。選取質點函數模式。

增加變數名稱。依據前面擬合的結果，需要分別對x方向與y方向新增 s_{x0} 、 s_{y0} 、 v_{x0} 、 v_{y0} 、 g 等5個變數，與擬合所得到之值

模組建構工具

命名	表示法
m	1.0

初始值

命名	表示法
t	0.0

位置函數

命名	表示法
x	0.0
y	0.0

時間起始值，若不為零可以變更

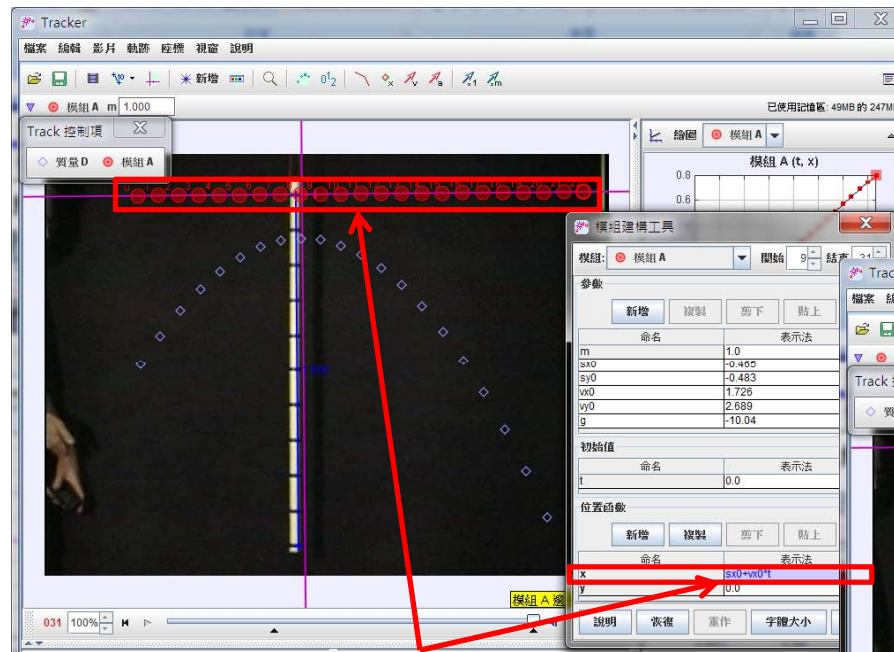
分別輸入x方向與y方向的運動公式(即擬合所用的公式)

Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動

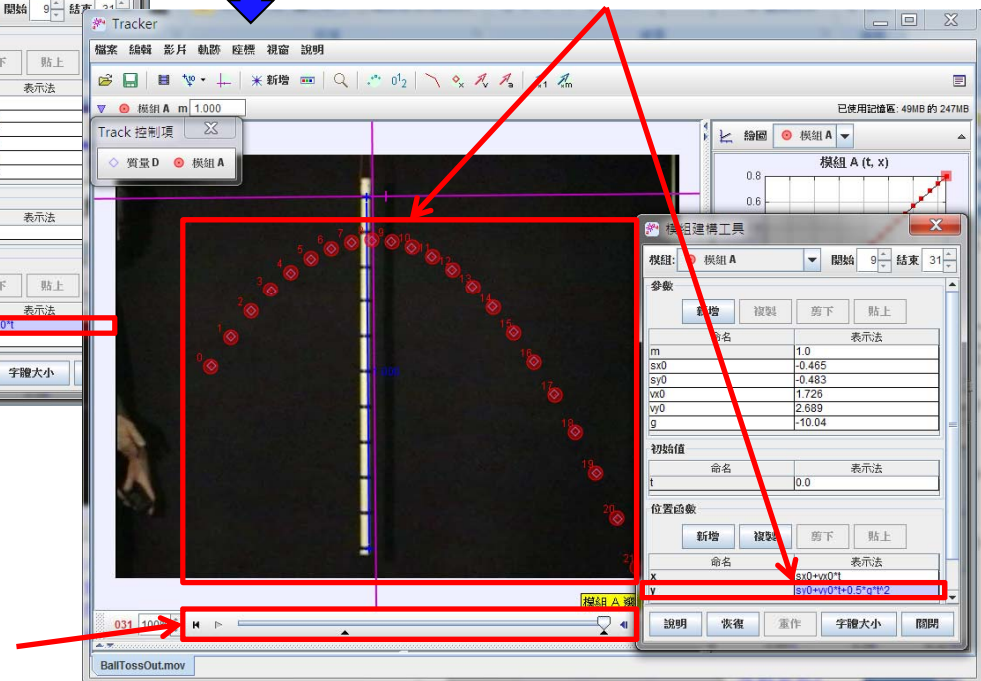
在輸入之前，不要忘記此時不論是x或是y都是自變數，而t才是應變數。 $y(t)$ 、 $x(t)$ 。

當輸入完整的x與y方向地運動方程式後，圖上也會完整地模擬出拋體的軌跡。



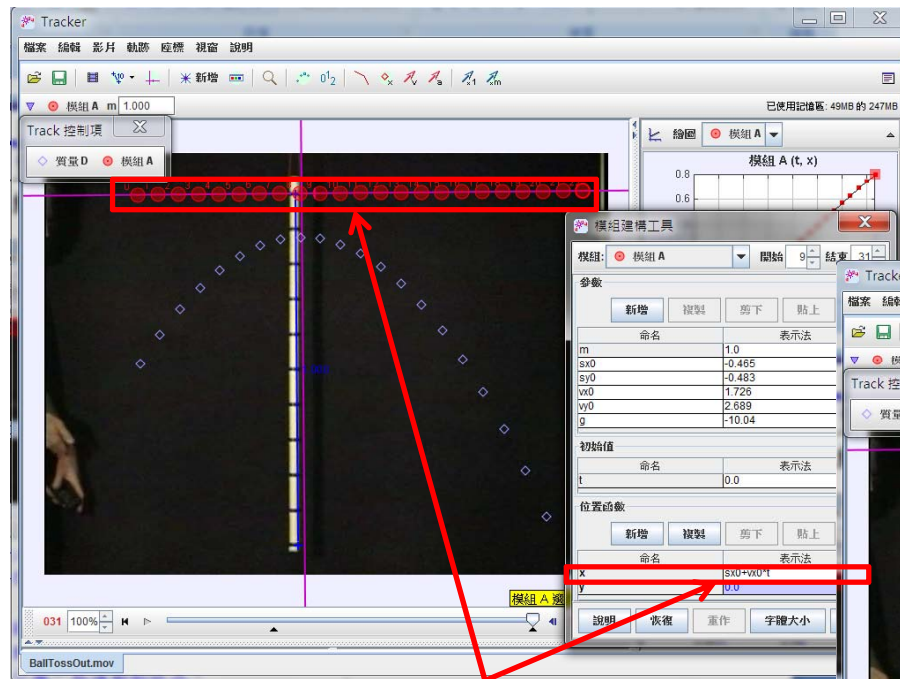
當輸入完x方向時，上方就會出現一排隨時間變化，物體位置的模擬對應。

此時將播放時間游標移到起始畫格按下播放鍵，便可以看到物體與對應的模擬小圈一起運動的狀況。



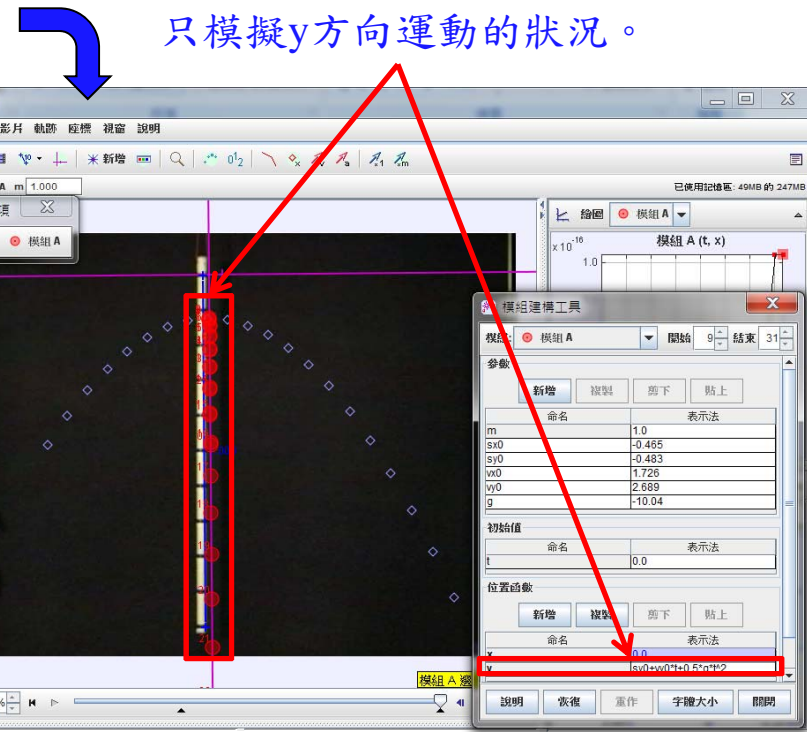
Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動



只模擬x方向運動的狀況。

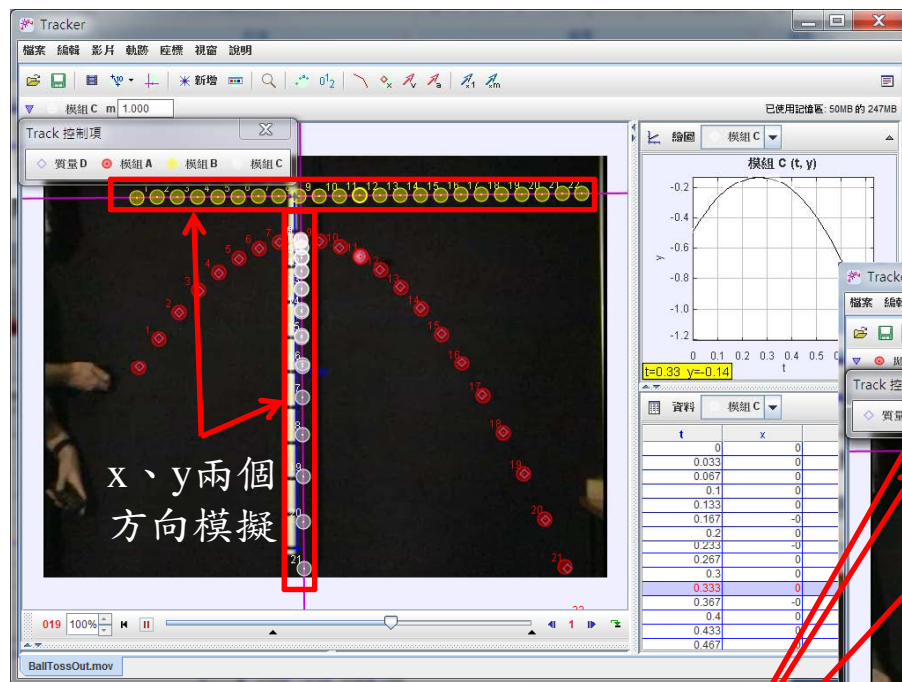
想要同時顯示x、y與拋體的運動軌跡，就必須在同樣的選單，多增加兩個質點函數模式，一個專司x方向，一個專司y方向。加上原有的拋體，便可完整描述拋體運動。



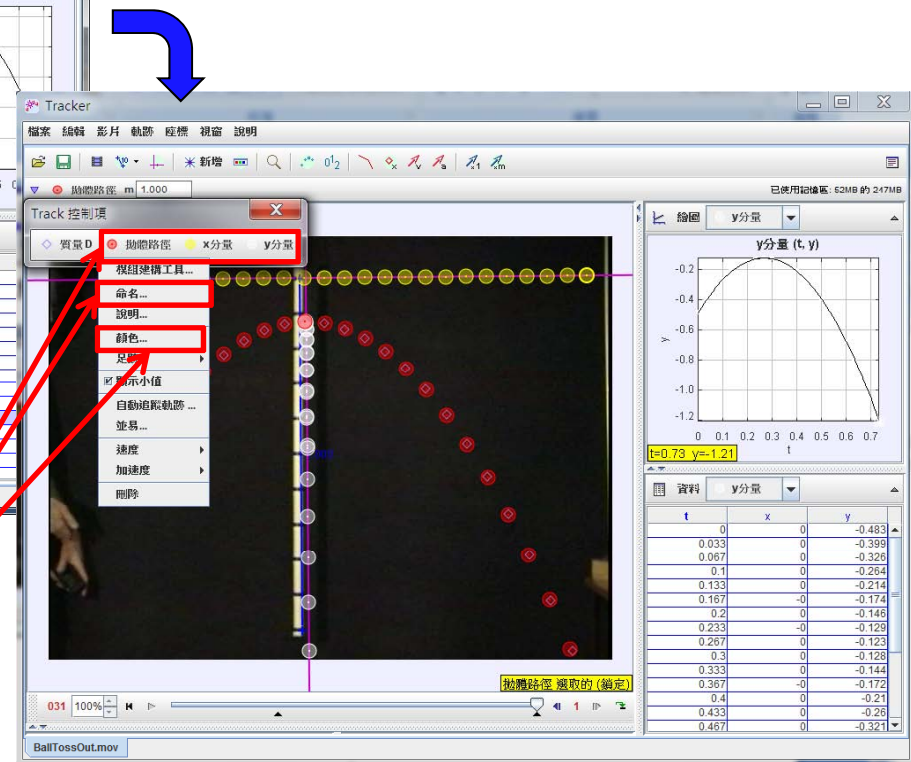
只模擬y方向運動的狀況。

Tracker軟體的進階使用

1. 二維問題：拋體運動



為了方便辨識起見，可以在Track控制項的模組名字(原來叫模組A、B、C...)上按滑鼠左鍵，更改命名與顏色



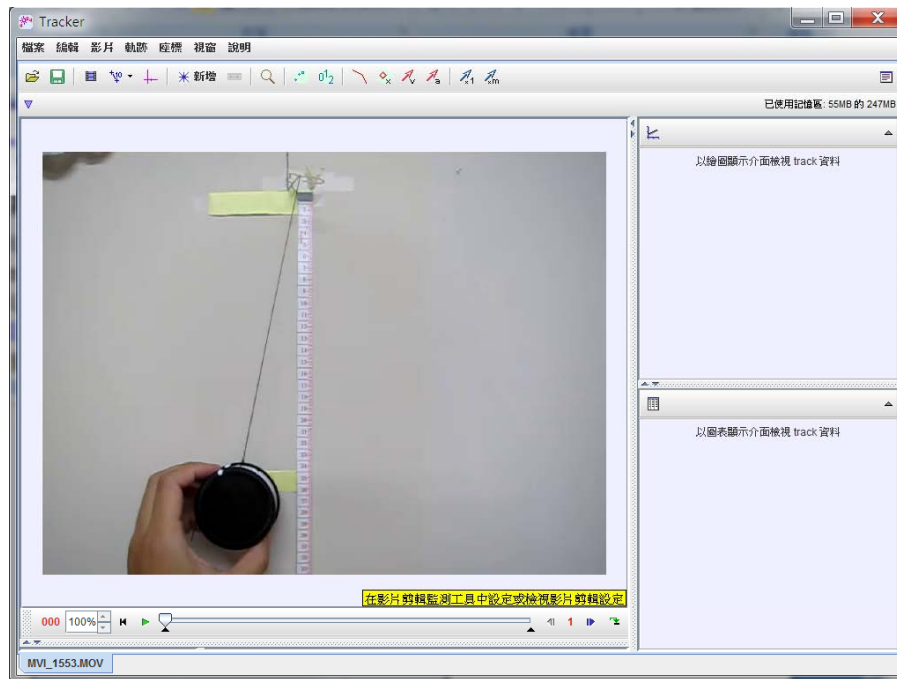


週期運動：單擺

Tracker軟體的進階使用

2. 週期運動：單擺

單擺為週期運動最常見的範例。依據 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，若要得到週期為1秒的擺長，在 $g=9.8 \text{ m/s}^2$ 下，經計算所得到的擺長應為24.8公分。

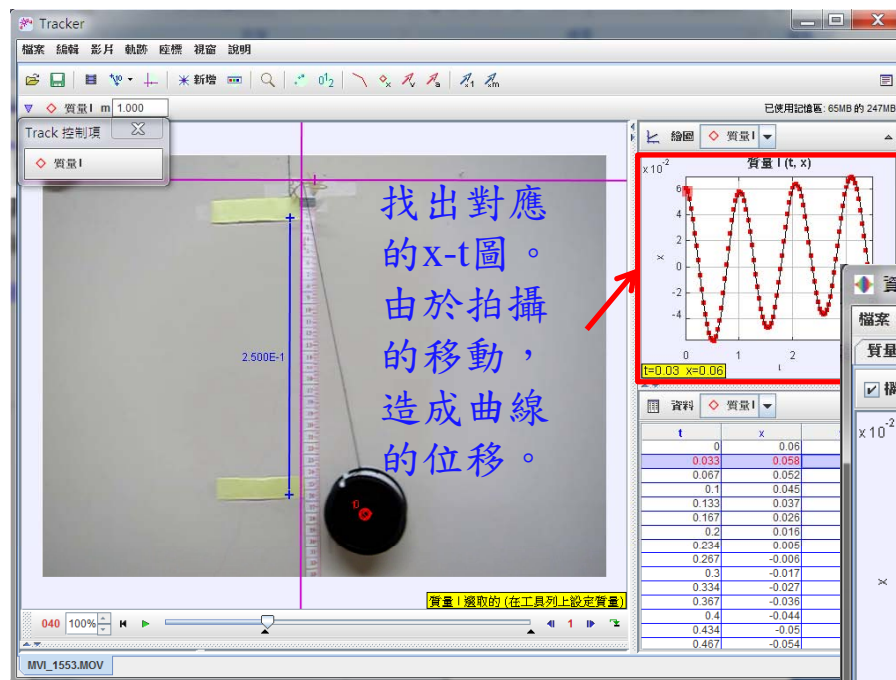


首先載入MVI_1553.MOV檔，並依照前面自由落體的方式，設定時間、空間尺規。追蹤黑色圓盤移動的軌跡。圖中的兩個黃標低部的間距為25 cm。

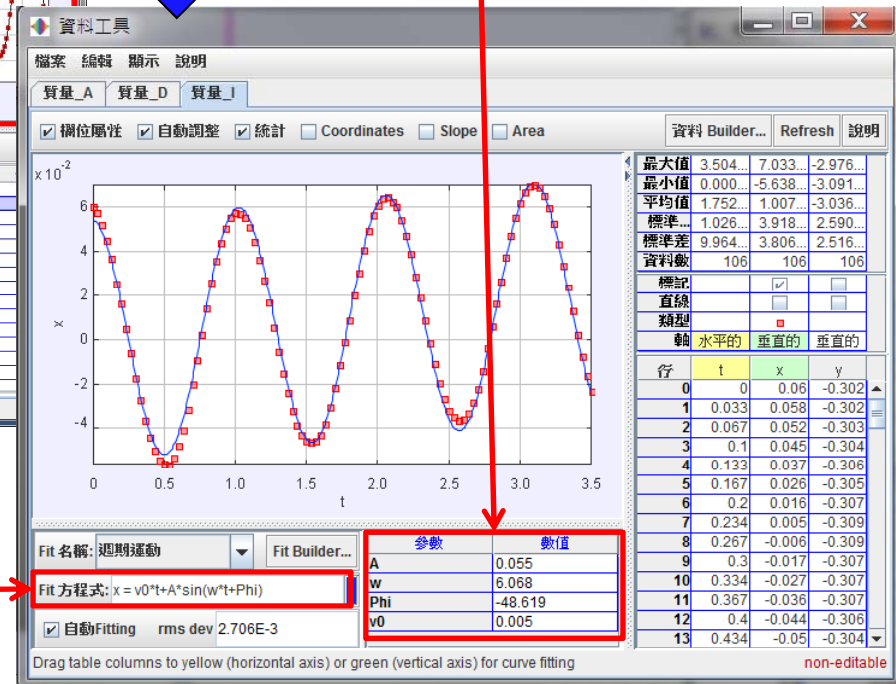
Tracker軟體的進階使用

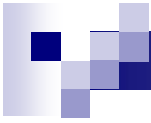
2. 週期運動：單擺

由所獲得的參數，再透過 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 計算。由於擬合所得到的 ω 為 6.068 rad/s，因此此一 25 cm 單擺的週期為 1.035 秒，與預期相近。



使用 $x = A \sin(\omega t + \phi)$ 的公式來描述擺的週期。但由於攝影的偏移，可以看到振盪的振幅不斷的增高，因此加入一個 $v_0 t$ 的項。

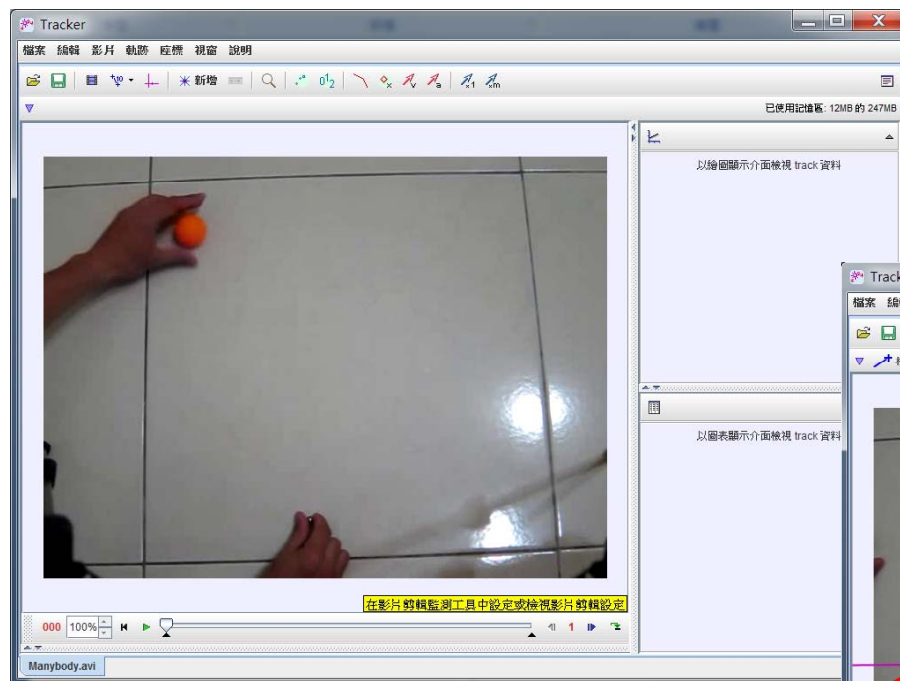




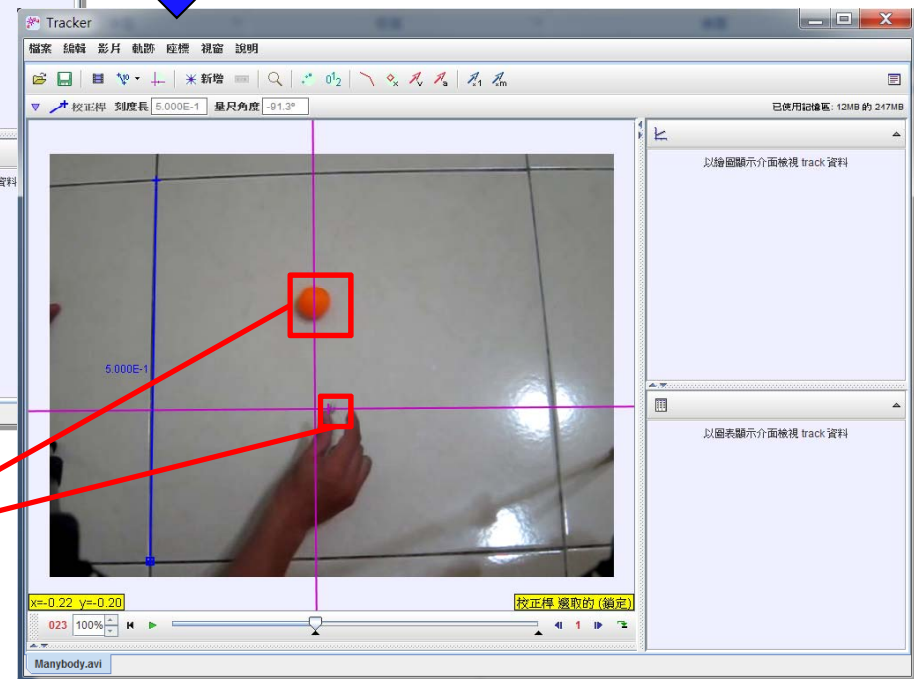
多體問題：二維碰撞

Tracker軟體的進階使用

3.多體問題：二維碰撞



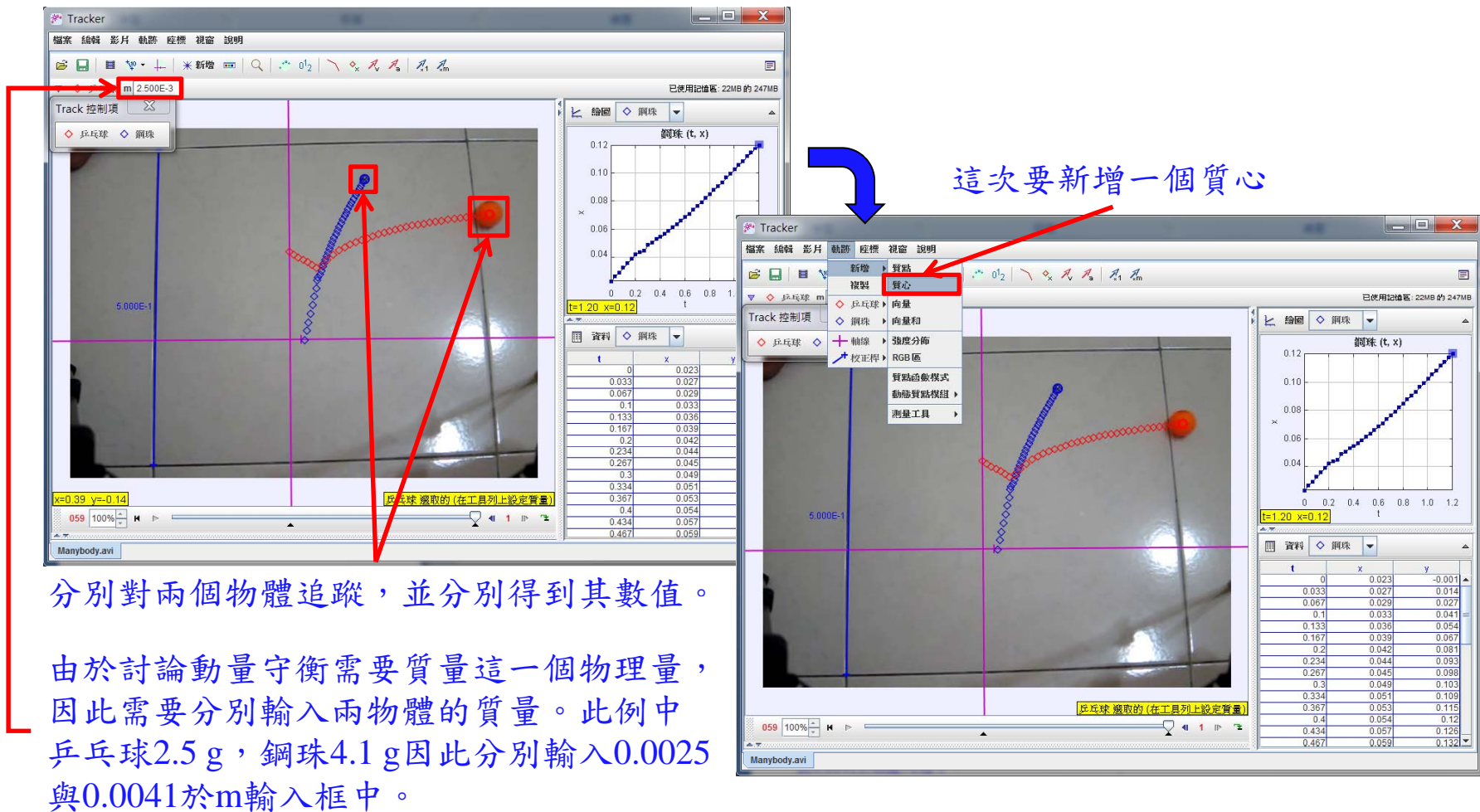
載入影片後，同樣設定時間與空間座標。



由於系統有兩個運動的物體，因此需要新增兩個質點，並分別追蹤其軌跡。

Tracker軟體的進階使用

3.多體問題：二維碰撞



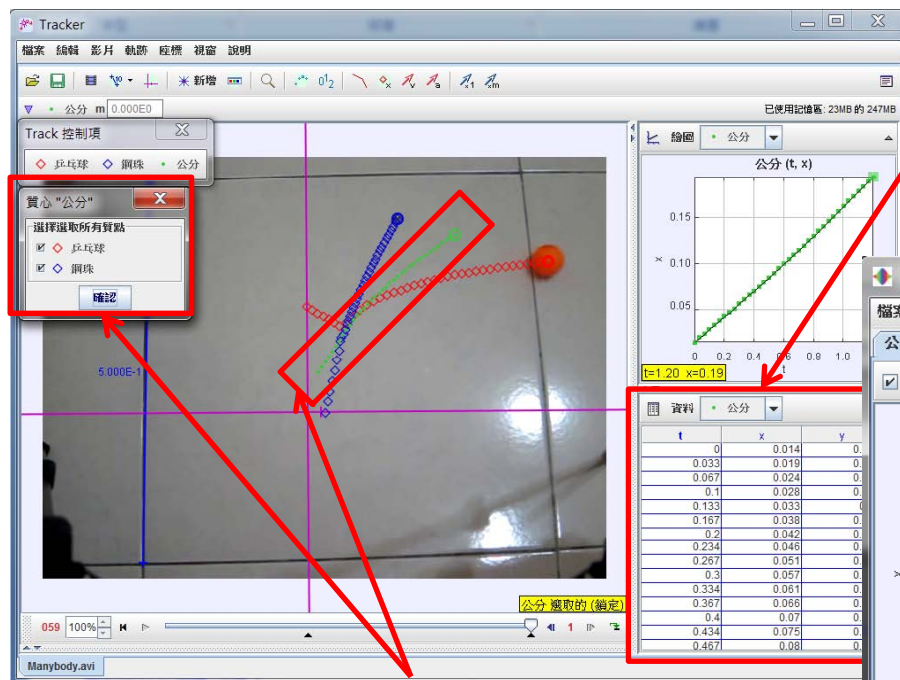
分別對兩個物體追蹤，並分別得到其數值。

由於討論動量守衡需要質量這一個物理量，因此需要分別輸入兩物體的質量。此例中乒乓球2.5 g，鋼珠4.1 g因此分別輸入0.0025與0.0041於m輸入框中。

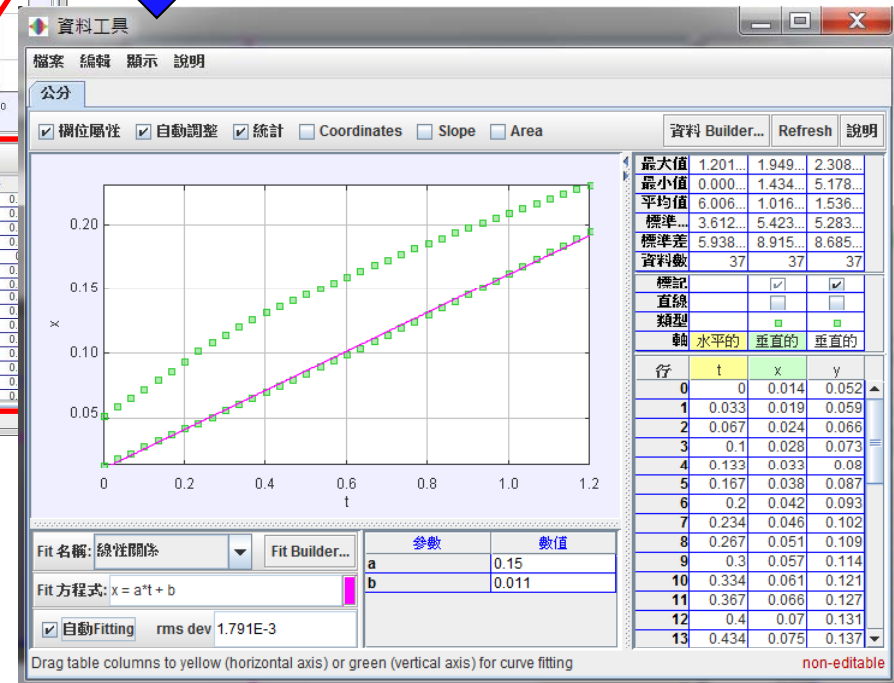
這次要新增一個質心

Tracker軟體的進階使用

3.多體問題：二維碰撞



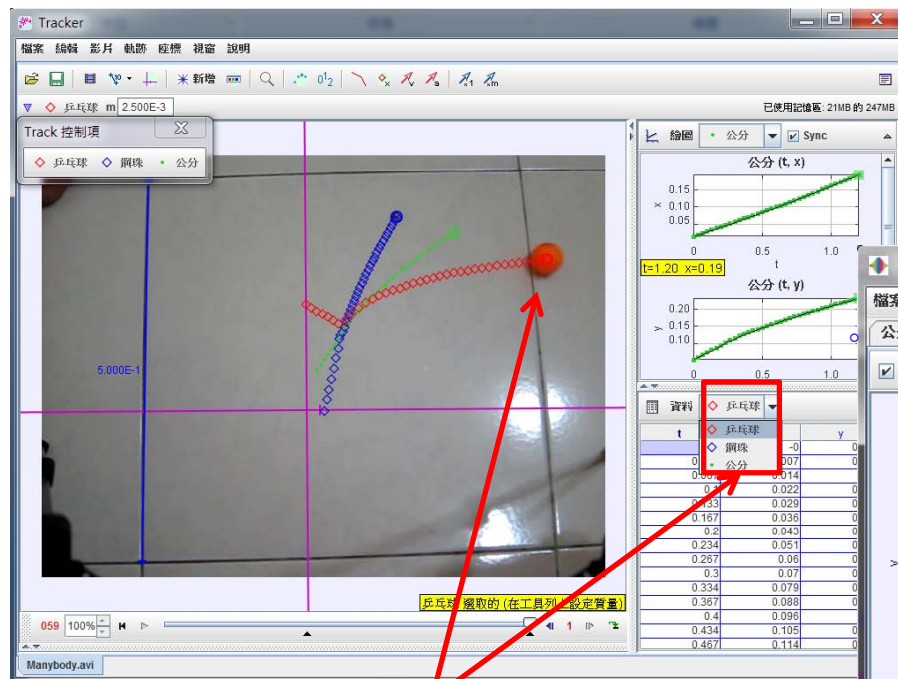
對於質心，一樣可以分析其運動模式。



選取質心後會跳出這一個視窗，如果已經有多個物體的軌跡，則都會列在上面待選。本例中因為只有兩個物體，因此將兩個物體的選取欄打勾，就會出現質心的軌跡(記得要設定物體的質量)。

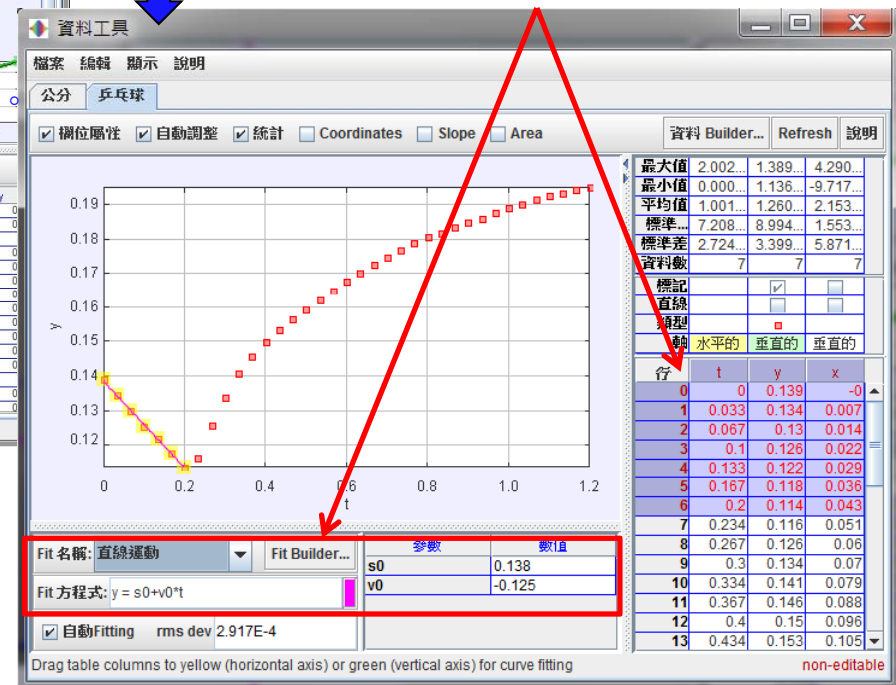
Tracker軟體的進階使用

3.多體問題：二維碰撞



如果要分析碰撞前後的運動軌跡，可以分段擬合。首先選取要分析的資料。在此先分析乒乓球的路徑。在這一個下拉窗格按下乒乓球後，一樣在資料上按滑鼠右鍵→分析，進入乒乓球的分析視窗。

先選取對應的公式，然後在資料列選取要擬合的資料範圍，最後在將自動Fitting打勾，就會出現擬合值。同樣地，也可以選取不同區塊用不同的公式擬合。便可分別得到碰撞前後的資訊。





光譜分析

Tracker軟體的進階使用

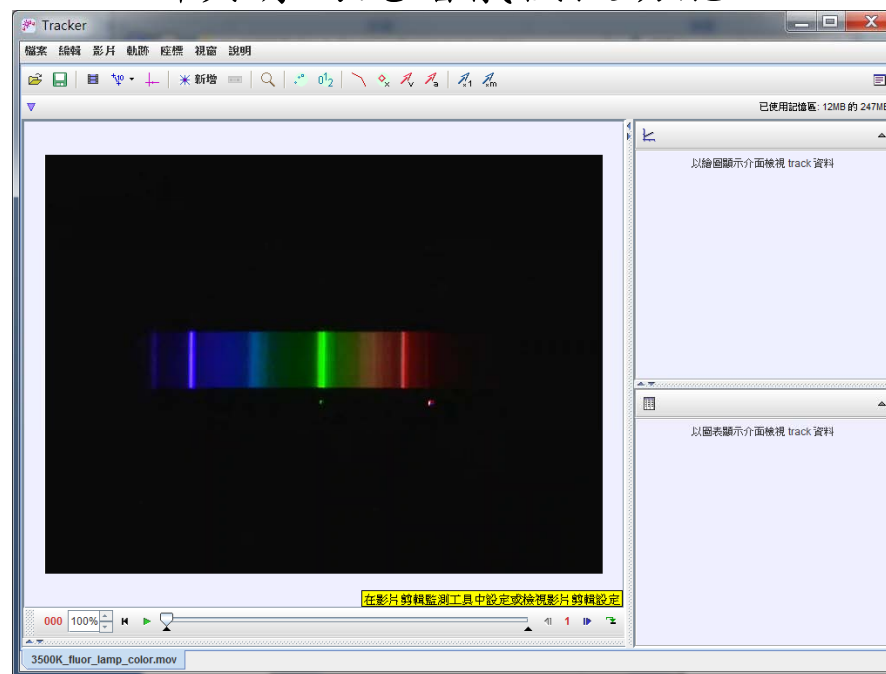
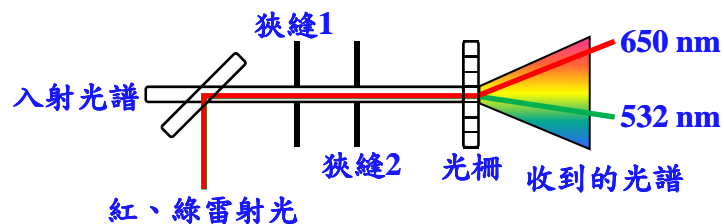
4. 光譜分析

這次使用<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>網站的運動學錄影檔：[spectroscopy_videos.zip](#)來作為範例。

這個檔案中包含了許多錄影片段。為了研究為光譜問題，因此選擇了[3500K_fluor_lamp_color.mov](#)這一個螢光燈的光譜，來做為分析的影片。同時透過此一案例的分析，了解Tracker所具有的光譜儀模擬功能。

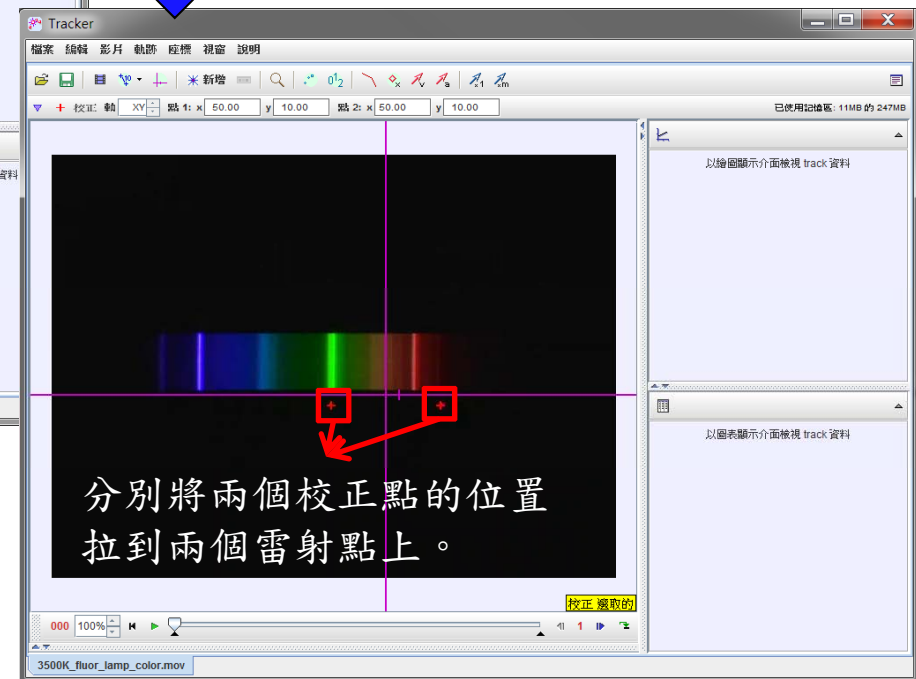
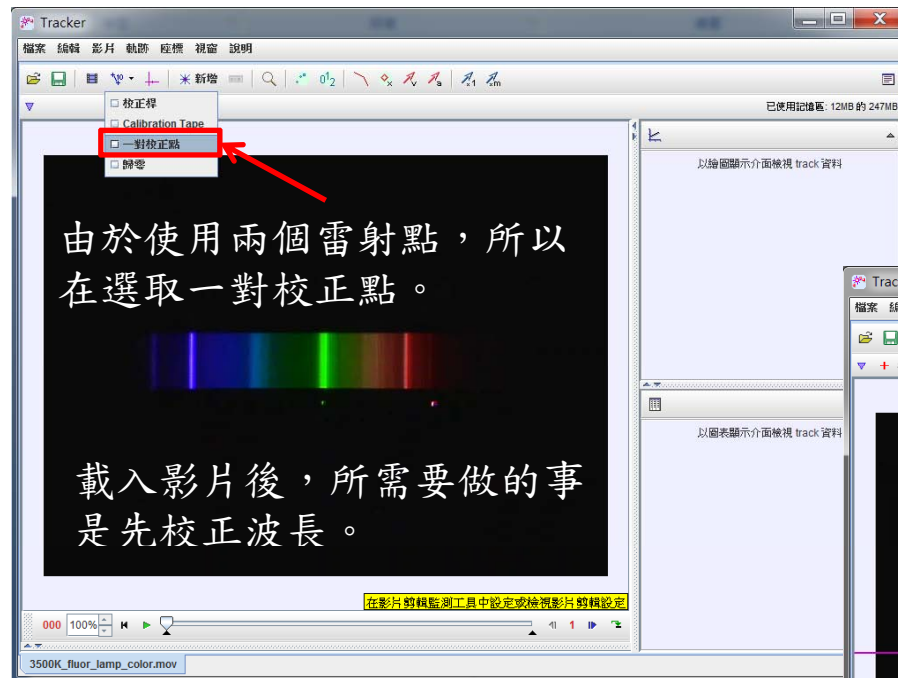
基礎的概念為，使用紅光(650 nm)與綠光(532 nm)雷射代替傳統的汞燈特徵光譜。去校正所收集的光譜波長。

一般可將待測入射光與紅綠雷射光同時透過狹縫組，並入射到光柵或是三稜鏡將光譜分光。



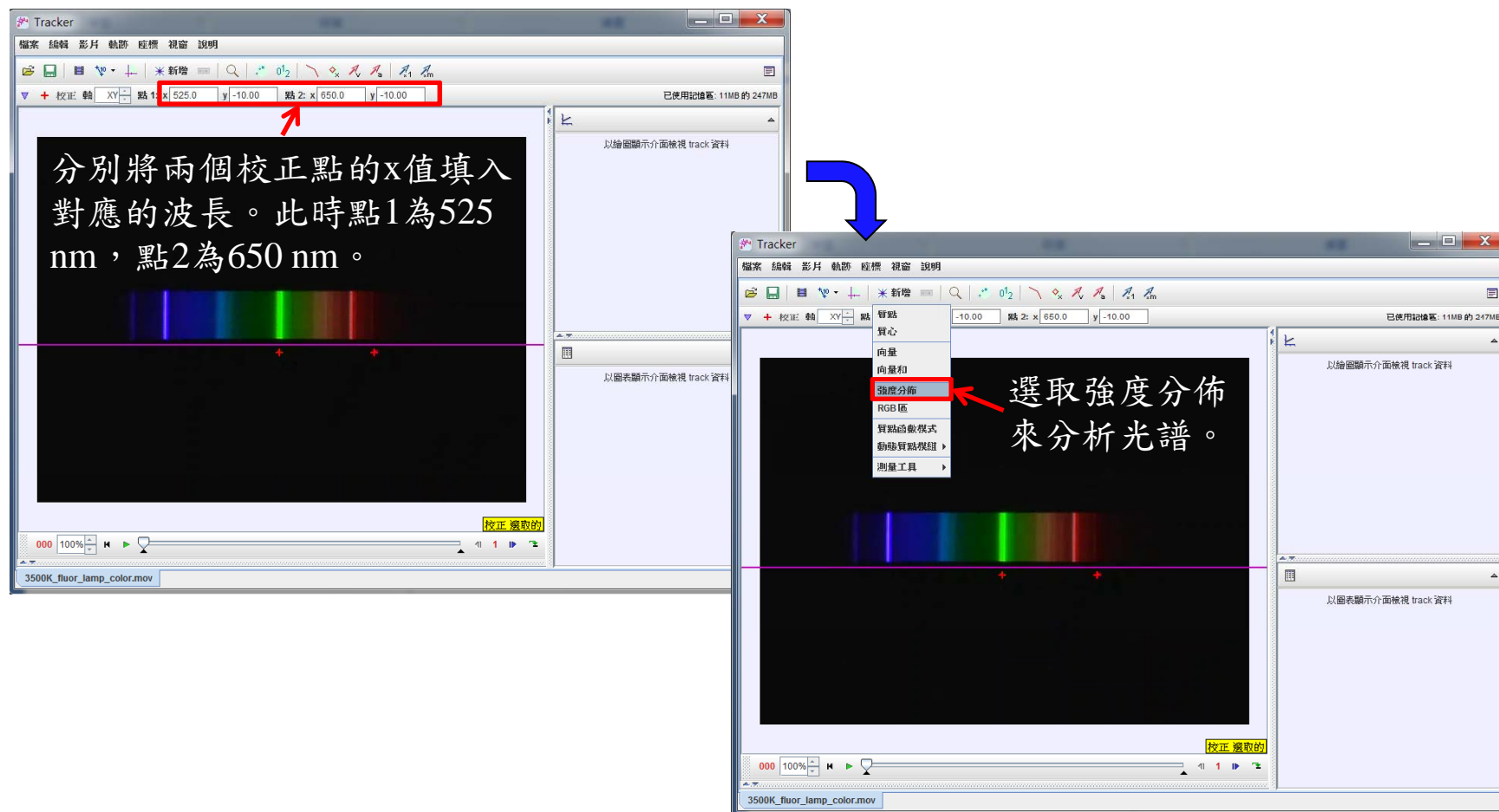
Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析



Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析



Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析

出現這一條線上的光譜強度圖。

出現這一條面積中的光譜強度圖。

按下強度分析後會出現這一個視窗。

此時按住鍵盤的"shift"鍵，便可在螢幕上拖曳出一條線。請將此線涵蓋全光譜。

可以設定涵蓋光譜的寬度。

設定完框架變寬。

Tracker會將同一個x位置上的光譜強度積分，然後秀在小圖上。如同一般光譜儀CCD在空間上積分的原理。

Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析

選取資料，會跳出顯示表格單位的視窗。這裡x與luma(luminance)才是要的。

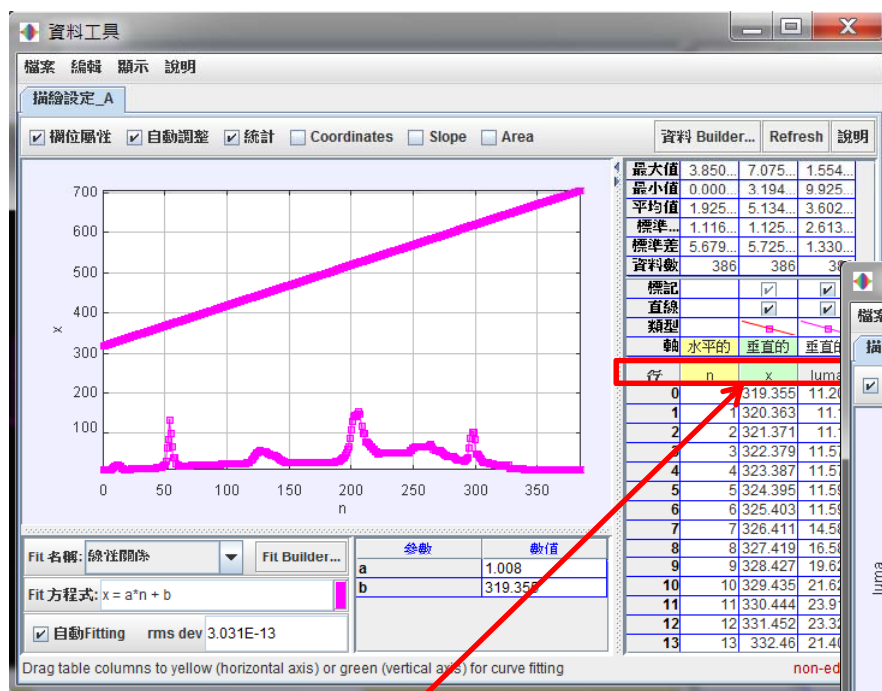
一樣按右鍵可以進入分析。

n	x
0	319.355
1	320.363
2	321.371
3	322.379
4	323.387
5	324.395
6	325.403
7	326.411
8	327.419
9	328.427
10	329.435
11	330.444
12	331.452
13	332.46
14	333.468

n	luma
0	319.355
1	320.363
2	321.371
3	322.379
4	323.387
5	324.395
6	325.403
7	326.411
8	327.419
9	328.427
10	329.435
11	330.444
12	331.452
13	332.46
14	333.468

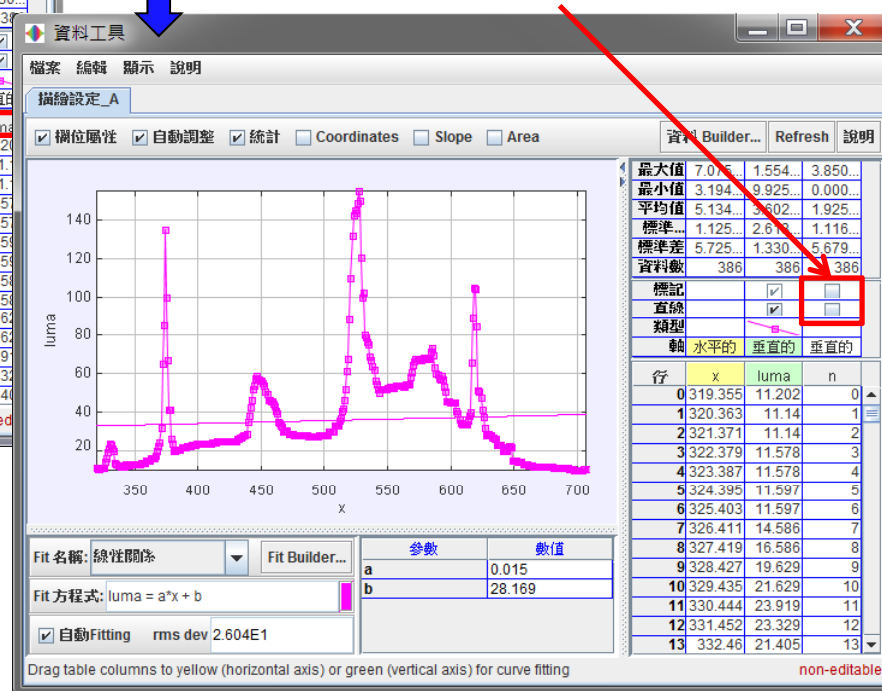
Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析



這裡x對luma作圖才是要的。因此將x與luma拖曳到前兩個

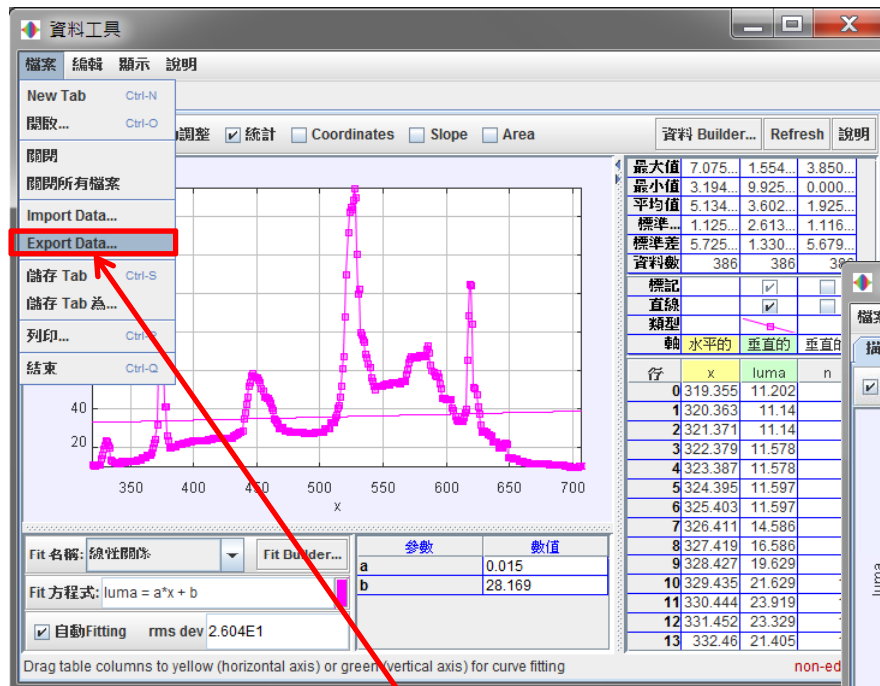
取消n對x的作圖，因為n代表第幾個位置，並無實質的意義。



Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析

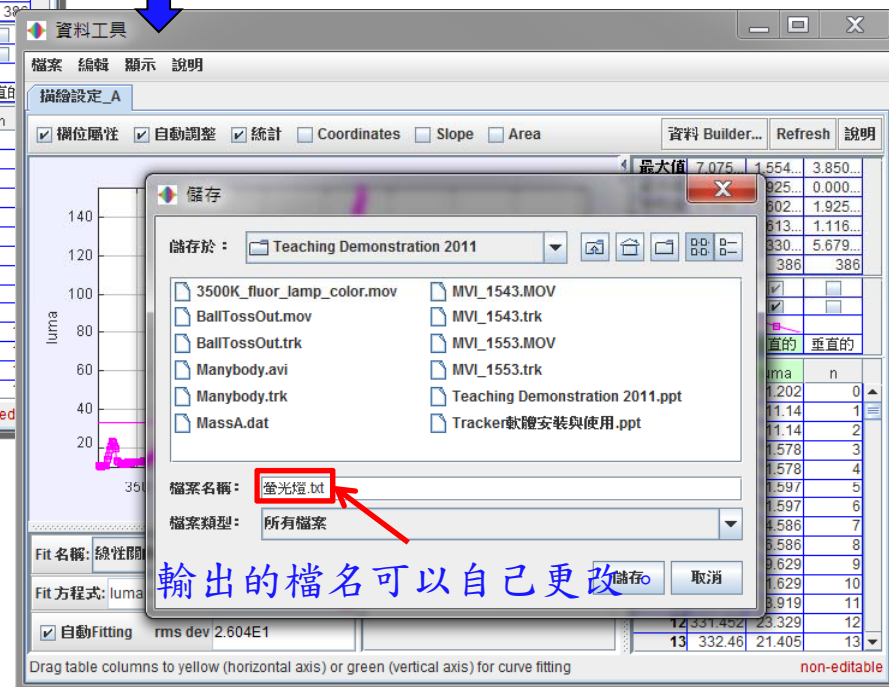
raw檔格式，分別為x(波長, nm)、
luma(強度, 任意單位)、n。



可以將得到的光譜輸出成純文字的raw檔，
再交由其他軟體來分析。

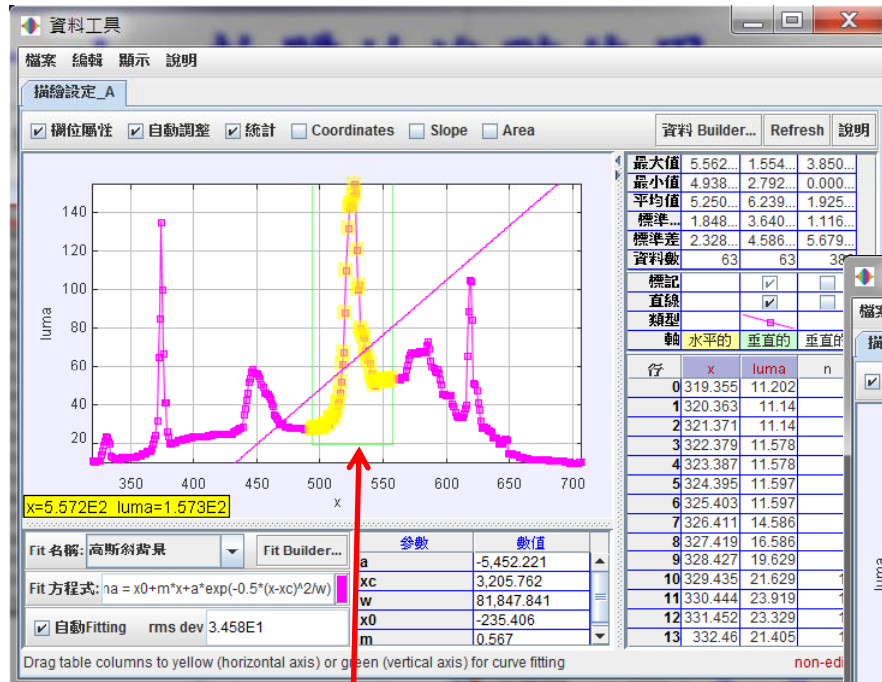
描繪設定_A

```
x luma n
319.35483870967744 11.202295081967211 0.0
320.36290322580646 11.139770491803278 1.0
321.3709677419355 11.139770491803278 2.0
322.3790322580645 11.578295081967214 3.0
323.3870967741936 11.578295081967214 4.0
324.3951612903226 11.59704918032787 5.0
```



Tracker軟體的進階使用

4. 光譜分析

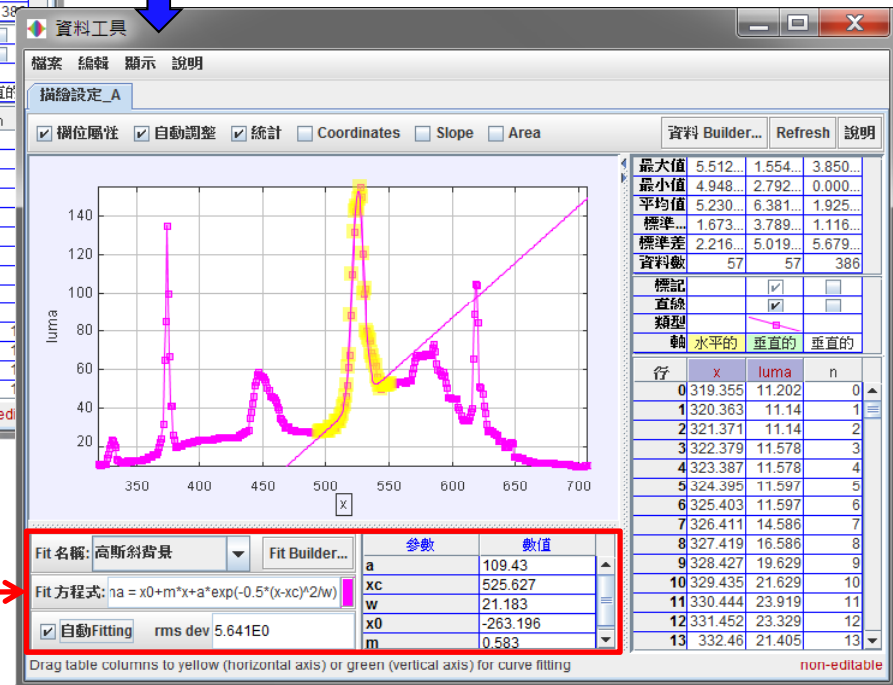


使用滑鼠框選欲擬合的區域。

使用自訂函數擬合單一Peak。

Tracker軟體可以擬合單一Peak。
但無法處理多重Peak。

遇到較複雜的光譜，還是建議輸出以專業軟體分析。





感謝您的耐心與指教！