

土星光環不見了

高小組地球科學科第三名

高雄縣中芸國民小學

作者：呂典陽、王榮利、許家程、李健濱
指導教師：謝慶堂、洪長明

一、研究動機

根據報導，在民國八十四年至八十五年間，土星的光環將會數次消失，引起我們很大的興趣，於是去請教老師，做了一系列研究。

二、研究目的

- (一)瞭解土星運行和土星光環相關知識。
- (二)熟練觀測土星的技能。
- (三)記錄比較土星光環消失前後的實際變化。
- (四)從觀測資料中探討土星光環變化的原因。
- (五)藉由本研究增進對天文星象探索的興趣。

三、研究設備

天文望遠鏡：Takahasi 口徑十五公分折光望遠鏡，焦距 170 公分

赤道儀：EM--2000

目鏡：Or-25 mm、Or-12.5 mm、Or-4 mm

觀測記錄紙（自製）

四、研究過程

(一)蒐集土星運轉與土星光環的相關資料

1. 關於土星、地球運行資料比較：（如表一）

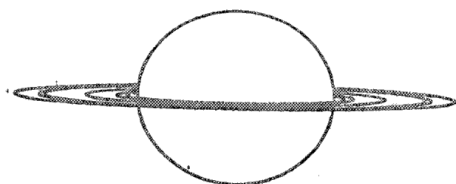
（表一）土星、地球繞太陽公轉情形比較

項 目 星 名	到太陽的距離	軌道傾角	公轉週期	赤道傾角(度)
地 球	1AU	0度	1年	23.44°
土 星	9.54AU	2.5度	29.5年	26.7°

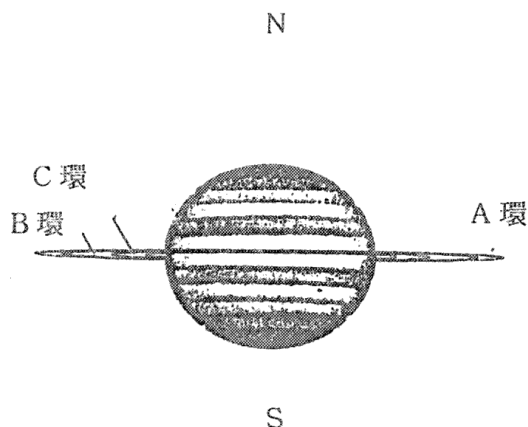
2. 關於土星光環的資料：

- (1) 光環的組成物質是岩塊、塵土、冰晶、氣體等。
- (2) 光環的寬度甚大，比土星的半徑稍大。(如圖一)
- (3) 土星光環的平面與土星的赤道面完全一致。(如圖二)

(圖一)



(圖二)



- (4) 土星光環非常薄，一般估算約二十公尺至六十公尺之間。

(二) 探討土星光環形狀變化的原因

已知：

1. 六上自然科學課本第九單元「地球的運動」裡，我們知道：

- (1) 產生四季變化的成因是地球赤道面和公轉軌道成 23.5 度的傾斜。
- (2) 地球在公轉軌道上不同的位置，南北半球受太陽照射面積產生變化。
- (3) 一年中，太陽直射地球的位置，會在赤道南北各 23.5 度間週期的變化。

推論：

1. 根據（表一）資料顯示、土星的運行情形和地球頗為相似：

- (1) 土星的地軸也沒有垂直於它的公轉軌道。土星赤道面和公轉軌道的傾角是 26.7 度，也會形成四季的變化。
- (2) 所以在公轉軌道的不同位置上，太陽直射土星的位置會在南北各 26.7 度間週期的變化。

假設：

由於土星光環與赤道面同一平面，會隨著四季的變化，使光環受光情形和光環傾斜面的大小，產生週期的變化。

實驗：

1. 器材與設備：

單方向照射燈罩的檯燈四盞、土星模型四個（自製）

五張長腳板凳椅子、遮光窗簾的暗室一間。

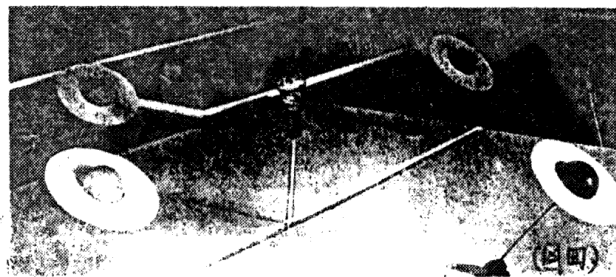
2. 方法：

- (1) 在暗室中，把四盞檯燈集中放在椅子上，分別成 90 度角的四個方位擺放。（如圖三）
- (2) 把四個土星模型分別放置距離檯燈適當相等位置，同同樣方位的椅子上，並分別對正各個檯燈的照射方向。

(圖三)



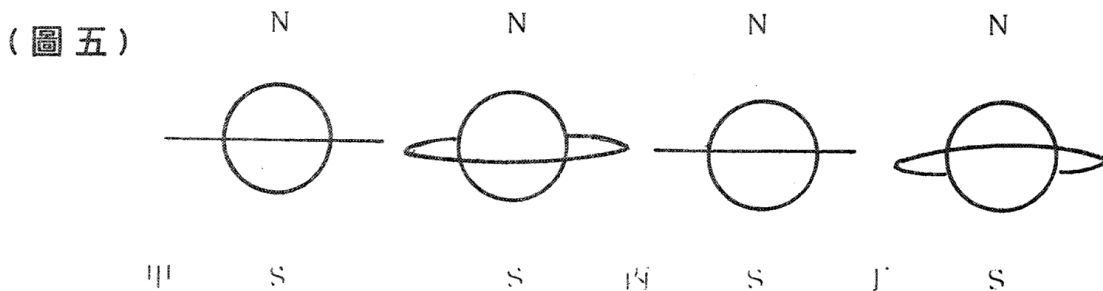
(圖四)



- (3) 每個土星模型的赤道（光環面）與椅面保持同方向 26.7 度傾斜角。（如圖四）
- (4) 從檯燈位置，平視土星模型光環形狀的不同情形。
- (5) 關掉室內燈光，輪流打開燈光，詳細觀察光環受光位置。

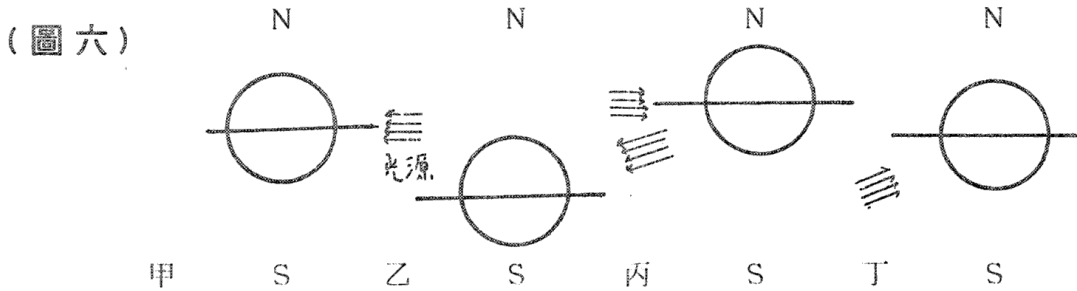
3. 發現：

- (1) 從檯燈位置平視，光環面形狀形成如下變化：（如圖五）



- A. 在甲、丙位置，光環幾乎成一直線，此時只見到光環的側邊；在乙、丁位置，光環面最大，此時正是光環的最大傾斜角度。
- B. 從甲位置到乙位置，見到光環北側面，且逐漸擴寬；從乙位置到丙位置，見到光環北側面，且逐漸細窄。
- C. 從丙位置到丁位置，見到光環南側面，且逐漸擴寬；從丁位置到甲位置，見到光環南側面，且逐漸細窄。

(2)光環受光位置的變化如下：（如圖六）



- A. 在甲、丙位置，太陽直射土星光環側邊。
- B. 從甲→乙→丙之間，土星光環北面受到日照。
- C. 從丙→丁→甲之間，土星光環南面受到日照。

(三)土星光環消失的原因探討

討論：

1. 土星公轉週期約 29.5 年，而且光環厚度只有幾十公尺，根據以上實驗，從地球上要看到光環「消失」的可能情形有二：

第一種情況：

「光環的側邊對著地球」。如圖五的甲、丙位置，也就是地球正好包含於土星光環面的無限擴展平面中。這時我們只能見到光環的側邊，卻因為厚度太薄，距離地球至少有十億公里之遙，致使光環「消失」了。

第二種情況：

「光環的側邊對著太陽」。如圖六的甲、丙位置，也就是太陽光正直射在土星的赤道，正好是土星的春分和秋分。此時光環只有側邊受到陽光直射，卻因厚度太薄，使光環「消失」。

2. 由於土星公轉週期約 29.5 年，赤道面和公轉軌道有 26.7 度傾角。每週期春分和秋分各一次，所以每隔十五年左右就會發生光環「消失」的景象，可說土星光環「真正消失」。

(四)本週期土星光環消失預測情形

結果：

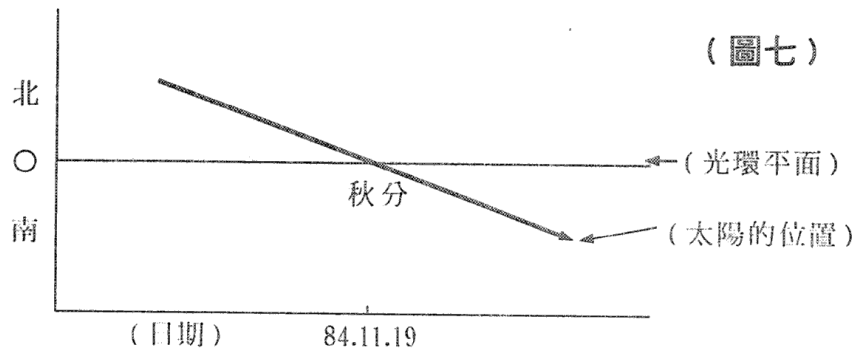
1. 參考 1995 年相關天文資料，本週期土星光環消失情形表列於下：

(表二)

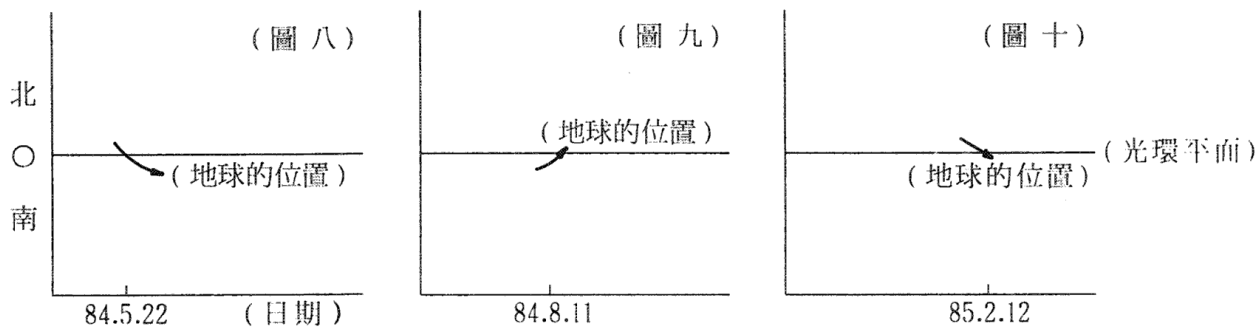
現象 日期	光環側邊 正對情形	地球穿越 光環情形	太陽與光環 的相對位置	土星出沒時刻
84.05.22	正對地球	N → S	太陽在光環北側面	出 01:30 沒 13:30
84.08.11	正對地球	S → N	太陽在光環北側面	出 20:20 沒 08:18
84.11.19	正對太陽	地球在光環的北側	太陽正對光環側邊	出 13:30 沒 01:10
85.02.12	正對地球	N → S	太陽在光環南側面	出 08:13 沒 20:00

討論：

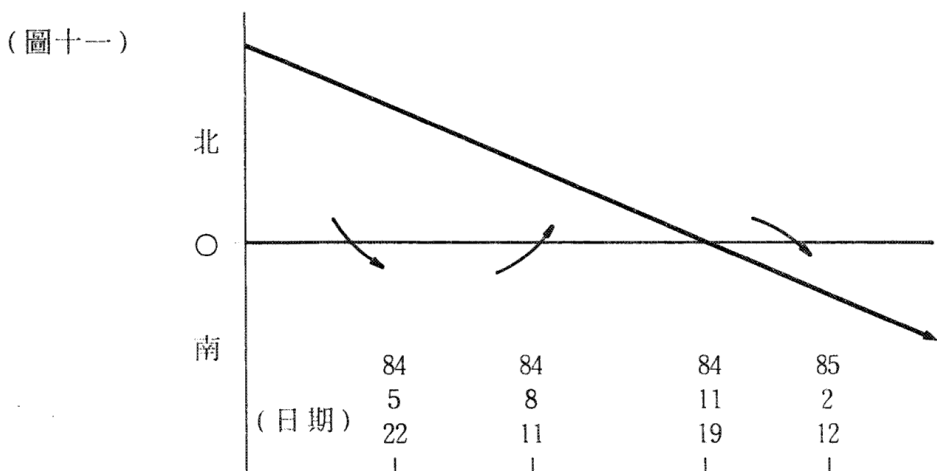
1. 本週期共有四次土星光環消失的觀察機會，前後長達將近九個月。
2. 五月二十二日那一次因土星出現於凌晨以後，非常不適合小朋友觀察。十一月十九日那一次土星出現在前半夜，最適合觀測。
3. 從太陽與光環的相對變化情形，八十四年十一月十九日正是土星運行到秋分點位置，這種屬於第二種情況的現象，每十五年左右僅發生一次。在此之前十五年左右，光環北側面是受光面；在此之後的十五年左右，光環南側面是受光面。（如圖七）



4. 發生於土星秋分點前後的三次光環消失原因，是屬於第一種情況，即是地球正對著光環側邊，但過程有所不同。
 - (1) 84年5月22日是地球由北而南穿越光環。（如圖八）
 - (2) 84年8月11日是地球由南而北穿越光環。（如圖九）
 - (3) 85年2月12日是地球由北而南穿越光環。（如圖十）



5. 把圖七、圖八、圖九、圖十合併（如圖十一），可看出四次光環消失過程中，太陽、地球、光環面之間的相互位置關係。



(五) 土星光環消失現象實際觀測

方法：

用尋星鏡找到土星後，再接上不同焦距的目鏡觀察。

觀測限制：

1. 84.5.22 前後因出現在凌晨之後，沒做觀測。
2. 84.8.11 雖然晚上九點以後就適合觀測，卻一直陰雨。
3. 84.11.19 前後土星出現在上半夜，非常適合觀測，但常受天氣不佳影響。
4. 85.2.12 天暗後土星即將西落，18 日以後幾乎不能觀測。

主要觀測階段：

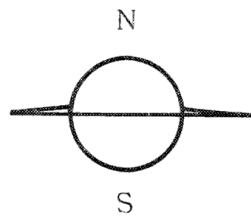
1. 受到土星出沒時刻及天候影響，我們觀測記錄從 84.11.15 走，到 85.2.18。
2. 這期間可以分成二個主要階段：
 - (1) 84.11.15 至 84.12.31，觀察光環側邊正對太陽前後變化情形。
 - (2) 85.1.1 至 85.2.18，觀察地球正對光環側邊前後變化情形。

發現與討論：

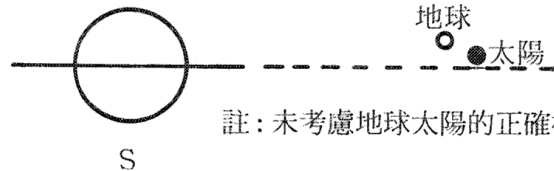
1. 第一階段的發現：

- (1) 11.15 此時土星未到秋分點，太陽照射光環的北側面。光環幾成一直線，橫過土星本體的是暗線，隱約能見到北側光環（如圖十二），證實地球也在光環面之北側。（如圖十三）

(圖十二)



(圖十三)

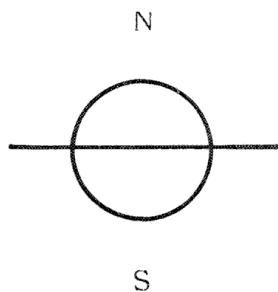


註：未考慮地球太陽的正確相互位置

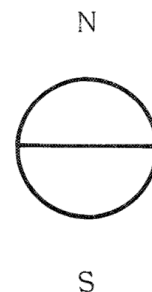
- (2) 11.17 光環成暗細線條。（如圖十四）。

- (3) 11.19 光環不見了，只在土星赤道附近留下一條暗線（如圖十五）

(圖十四)

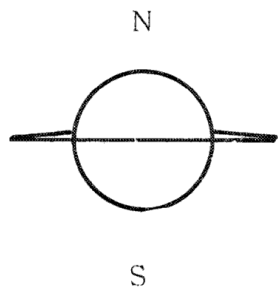


(圖十五)

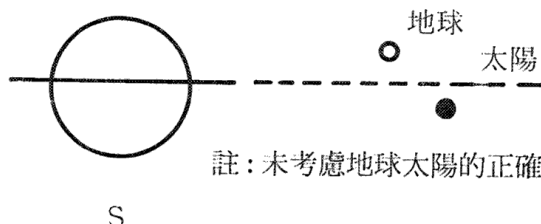


- (4) 11.26 見到光環，但很黯淡，可辨別出見到光環的北側面（如圖十六），12.14 則更明顯。此時地球仍在土星光環面北側，但太陽光已在光環面南側（如圖十七）。顯然陽光從光環南側面透出，使北側面仍然間接受光，證實土星光環厚度很薄且稀鬆。

(圖十六)



(圖十七)



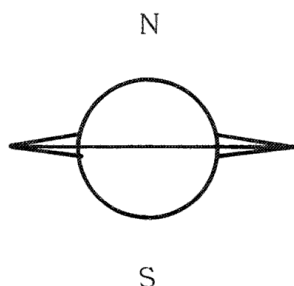
註：未考慮地球太陽的正確相互位置

2. 第二階段發現

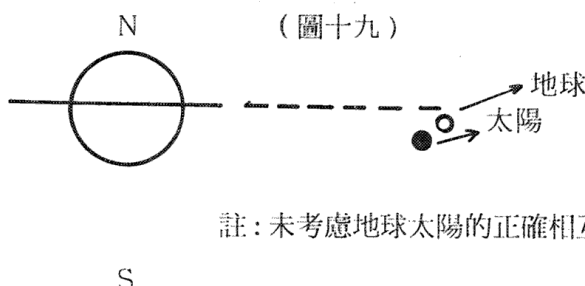
- (1) 1.2 到 1.26，天候經常不好。
- (2) 2.7 土星光環成一直線，但視相不好，難以辨出光環面。
- (3) 2.12 地球正對土星光環，真的又見不到光環，只有一條黑線橫切土星成兩半。此後，地球位於光環面南側。

(4) 2.16 光環又復出，幾乎成一直線。2.18 詳細觀察，已能確認見到南側面（如圖十八）。證實地球已在光環面南側，而土星已越過秋分點三個月，太陽也在土星光環面南側（如圖十九）。

(圖十八)



(圖十九)



註：未考慮地球太陽的正確相互位置

五、結論

- (一)土星有寬廣的光環環繞赤道之外，是一顆漂亮行星，但光環厚度卻非常薄。
- (二)由於土星遠在地球之外，繞太陽一週需要 29.5 年，赤道與公轉軌道面成 26.7 度交角，形成如地球公轉產生四季的現象。
- (三)當土星運行到春分和秋分時，細窄光環側邊遙遠的正對著太陽，使得光環難以見到，形同「消失」，這種情形約每十五年各一次。
- (四)土星光環消失現象是由細窄逐漸成細線，逐漸消失，再漸復出。
- (五)光環消失時，土星赤道仍留一條細黑線，宛如把土星分成兩半。
- (六)另一種土星光環消失現象發生於春分或秋分附近，是因為地球正好走到正對著土星光環側邊時，本次共發生三次這種情形。
- (七)雖然太陽、地球分處於土星光環南北面，地球上仍可看到光環面的亮光，可證實土星光環厚度真的很薄，而且稀鬆。

六、參考資料

- | | |
|-----------------|---------|
| 1995 天文年鑑 | 誠文堂新光社 |
| 1995、1996 年天文年鑑 | 臺北市天文臺 |
| 太陽系的故事 | 中芸國小天文館 |
| 民國 84 年天文日曆 | 中央氣象局 |
| 民國 85 年天文日曆 | 中央氣象局 |
| 天文快報 (381 期) | 臺北市天文臺 |
| 天文快報 (395 期) | 臺北市天文臺 |

評語

運用簡單模型說明當光源或觀測者在土星的赤道（光環）面時會發生光環消失的現象，並利用十五年難得一見的時機及小型望遠鏡，觀察記錄此一事件，可惜未留下影像清晰的照片為更好的記錄。