

臺日聯合觀測3200號小行星法厄同掩星

文·圖—林志隆

小行星掩星觀測是一項非常適合大眾參與的天文觀測研究，這樣的觀測需要每次在不同的地方架設多部望遠鏡同步觀測，固定式的大型天文臺做不到這樣的機動性，反而適合擁有中小型望遠鏡的業餘天文同好來觀測。但是觀測結果又必須經過專業天文學家的處理才能產生科學價值，因此便成為專業天文學家與業餘天文同好之間交流合作的好主題。

掩星觀測的歷史非常悠久，古代的人最容易看到的就是有一些亮星(例如金牛座的牛眼畢宿五)被月亮遮蔽，一般稱為月掩星。月掩星其實經常發生，但是因為月亮很亮，所以除非掩到的恆星非常亮，否則一般不容易看得到。歷史上首次大量招募業餘天文學家參與的掩星觀測活動是阿波羅登月計畫，由於當時月球軌道的計算誤差還很大，因此美國太空總署徵集了散布在全美各地的業餘愛好者參與月掩星事件的定時工作，透過這樣的觀測精確測定月球位置，並以此修正月亮的軌道參數以確保太空船能飛在正確位置。

在月球軌道被精確修正後，天文學家下一個想到的是校正行星軌道，尤其是對當時太空船還沒飛到過的外圍行星，如天王星、海王星和冥王星等。最為經典的一次是1977年3月10日的天王星掩星事件，在事件前後35分鐘內那顆恆星

出現多次閃爍現象。之後再於1978年用當時最大的5米望遠鏡追蹤觀測，才確定這是天王星的環遮蔽了那顆恆星所造成的現象，由此發現不是只有土星才有環。甚至，2013年也是用掩星方式發現連小行星(10199號Chariklo)也可以有環。

另一個重大發現是1985年在以色列的一次冥王星掩星觀測，發現冥王星也有大氣層。之後，掩星觀測更被廣泛使用於小行星和海王星外天體(有一些大小和冥王星相近或更大)的大小推估。由於這個方式可以在數10億公里之外的距離量測到幾百公尺的精確度，可以彌補一般望遠鏡解析力不足的缺憾。

臺灣的掩星觀測團隊也曾在2006年的一次聯合觀測中，綜合科博館和中央大學及中研院在鹿林天文臺的數據分析後，發現那一次被掩的恆星其實是一組望遠鏡分辨不出的近距雙星，並推算出這兩顆恆星之間的相對位置(距離、方位)以及個別亮度。

2021年的10月初，臺灣的團隊收到一封來自日本Destiny+太空計畫的吉田二美(Fumi Yoshida)助理教授的邀請函。Destiny+是日本一個小行星探測的太空計畫，計畫發射太空船在2028年飛越一顆編號3200叫做法厄同(Phaethon)的近地小行星，法厄同的直徑非常小，預估只有大約5公里，所以預測和觀測難度很高。這個計畫希望在太空船發射之前儘量精確定位出小行星的軌道，並透過多次多點掩星觀測來推算它的立體形狀。當時他們才剛於10月3日

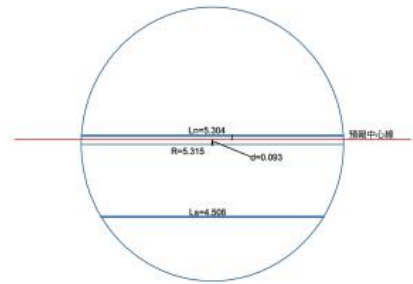


圖3 根據本次觀測結果繪製的圖示。紅線為IOTA預報中心線，上面的較粗藍線是科博館林志隆博士的觀測結果，推算掃過的弦長L1約5.304公里，下方的較細藍線L2是謝翔宇先生的觀測結果，估計掃過弦長約4.508公里。這兩條線的距離約1.58公里，根據這些數據推算的正圓直徑約R=5.315公里，這個圓的圓心和預報中心線距離只有0.093公里=93公尺，顯示IOTA對這一顆小行星的軌道已經精確掌握到只有100公尺的誤差了。

實際路線南北誤差可能不到100公尺，這對於一顆距離地球幾千萬公里的小行星來說幾乎是不可思議的精準。

這一個觀測的難度在掩星裡算是很高的，雖然被掩星亮度有9.9等，但是小行星直徑只有5公里多，以IOTA的專家Steven Preston先生預報的影子速度每秒22.1公里來說，整個過程只有大約0.23秒而已，真的是眨一下眼就錯過了，所以必須用高速錄影事後重複回放檢查的方式才能有效觀測。這樣的觀測一般來說會需要口徑15公分或更大的短焦望遠鏡，這對業餘的天文同好來說有點嚴苛，但是臺灣有這種望遠鏡的業餘同好，其實也並不少。

根據IOTA的預報資料，法厄同的影子會由東向西掃過雲林縣的古坑、大埤、元長和四湖等鄉，因此臺灣的團隊就開始組織起來討論觀測計畫。最後有吳秉勳、謝翔宇、沈宗麟、林志隆、江雲祺、洪景川等6組機動觀測隊和鹿林天文臺、臺中一中天文臺等2個固定天文臺參與觀測。

最終，在預報中心線北側的林志隆以及南側的謝翔宇都成功傳出捷報。北側觀測點量到的掩星開始時間是8日清晨0點54分55.1186秒，結束時間是55.3586秒，掩星過程約0.240秒。南側觀測到的時間則是54.772秒到54.976秒。經過換算，切過北側的這條弦長約5.304公里，而切過南側觀測點的弦長約4.508公里。我們以一個正圓來推估(因為只有兩個點的資料)，這個圓的直徑約5.315公里，這跟之前觀測所得的5公里多還蠻吻合的。本次觀測結果整理後如圖3。

掩星觀測對業餘愛好者來說是一種有挑戰性又不難入門的觀測，而且觀測中可能會獲得很有趣又有科學價值的發現(例如行星、小行星的衛星和環系統)。臺灣從早期臺北圓山天文臺的月掩星觀測，1990年代中研院和中央大學天文所推動的臺美(海外天體)掩星觀測計畫(TAOS)，自2000年代起開始帶動業餘愛好者的參與並獲得不少成果，未來將有更多機會獲得各國邀請參與一些重要的觀測，讓業餘同好也能在科學的發展上做出貢獻。

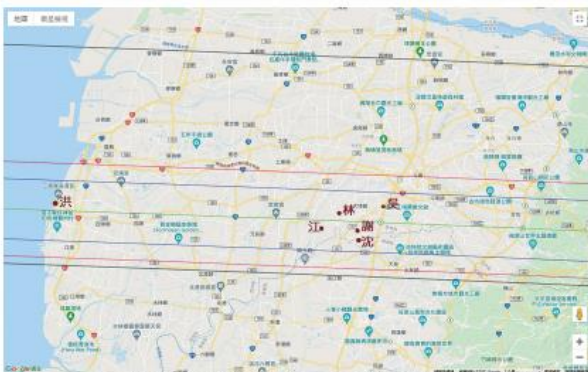


圖1 根據IOTA提供資料繪製的本次小行星預報路線圖，中間線是中心線，兩側藍線是預報掩星發生南北邊緣，兩側紅線是考慮誤差後極可能也會看到掩星的範圍(學術上稱1σ誤差)。圖中的6個點是本次參加觀測的6位同好所在位置，另外還有鹿林及臺中一中的天文臺雖然在預報路線之外也參加了本次觀測。

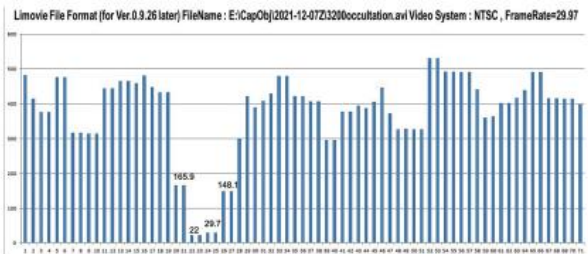


圖2 科博館前往大埤鄉觀測的紀錄經過光度測定繪製的變化圖，圖中橫向每一格是0.0333秒，由圖中可見掩星發生時的光度下降非常明顯。

理技術，也就是裡面搭建小方倉並配置除濕設備，或者是將木構件以單體的方式打包，每個被打包的構件以吸濕劑來調節濕度，所耗費的人力與費用會相當高。因此有空調技師提出折衷的辦法，以為將蒐藏櫃架拆開緊貼牆壁的狀況，距離至少60公分，並在牆上裝置空氣櫃，讓空氣到牆

面時進行對流，在空氣流通的狀況下，黴菌也就不易孳生。

博物館進行蒐藏的第一個目的是為了做研究，博物館在進行蒐藏時，是依據某個既定的目標，將收集所得的文物進行分類與保存。蒐藏的過程反映了蒐藏者期望庫房裡的知識往哪一個領

域擴展，因此蒐藏行為被視為研究工作中材料蒐集的一部分。只是當博物館的研究或是蒐藏的方針做了調整，某些藏品在庫房裡的定位就會變得弔詭，而此時也意味著館方需要對原來的蒐藏政策與方針重新思考與調整，以期更符合未來的運作。