

人造衛星的實際觀測法

何耀坤 編譯

臺南市私立光華女中

最近國人對太空，尤其對人造衛星的關心提高，許多科學界人士呼籲我們應提倡太空科技，積極注意太空發展。太空是屬於全人類的，利用太空以利厚生是全人類的權利。太空蘊藏着無窮的機會和價值，我們正步入開發國家之時，應提升眼光和自信心，時常注意太空。最近有許多人希望觀測人造衛星，本文介紹觀測人員應準備的工具，觀測要領，觀測結果的記錄方法，盼望大家有機會參與太空科學。

一、最近各國發射的人造衛星

現在發射有人造衛星的國家，包括美國，蘇俄，日本，澳洲，中共，墨西哥，歐洲聯合宇宙中心和巴西等國。現在太空的衛星中，蘇俄發射的 Cosmos 衛星占最多數，其大部分是軍事用衛星。根據英國太空科學雜誌 Spaceflight，Cosmos 1670，1677，1682，1736 是用雷達的海上偵察衛星，其中 1670 和 1677 是用核子電源，高度 950 公里，是圓軌道。1671，1673，1676，1679，1683，1685，1696，1699，1702，1705，1706，1715，1724，1728，1730，1731，1734，1739，1740 是攝影偵察衛星，其中 1731，1734，1739 可長期使用能變更軌道。1672，1678，1681，1689，1708 有探查資源機能，1674 是用電子的偵察衛星，1680，1741 是軍事通信用，1688 可能是軍用雷達校正衛星，1690～95，1716～23 是戰略短距離通信用，1697，1703，1709，1726，1733，1735 是電子情報搜集用，1704，1709，1710～12，1725，1727 是航空衛星，1713 是宇宙工學用，1732 是測量衛星，1738 是通信用。

「虹」是蘇俄通信衛星，16，17，18 號各停止於東經 45°，35°，25° 地方，重

2 噸，直徑 2 m，長 5 m 圓筒，突出一對太陽電池板，他端有天線。

美國的奧斯卡 24 和 30 號是航空衛星，直徑 46 cm，高 25 cm，八角柱形，重 55 公斤，具四枚太陽電池板。STS-51I 曾乘五名人員，放出三個通信衛星。STS-51J 曾乘五人的軍事衛星，放出兩個軍事通信衛星在靜止軌道。STS-61A 曾乘員八名（其中西德兩名，荷蘭一名），兼作 ESA（歐洲宇宙中心）的實驗。STS-61B 曾乘員七名（其中墨西哥人一名）放出三個通信衛星。STS-61C 曾乘七名（其中一名為美國參議員）放出通信衛星一個，作戰略防衛實驗。

日本宇宙科學研究所發射行星一 A，直徑 1.4 m，高 0.7 m，重 139.7 kg，先鋒號（1985—1A）和彗星號是去年三月接近哈雷彗星觀測氫冕。

中共發射的中國—17是軍事兼資源探查攝影為目的，外殼在發射後五天收回。中國—18靜止於東經 103° 的通信衛星，長度和直徑約 2 m 的圓筒，用太陽電池，重 400 kg。

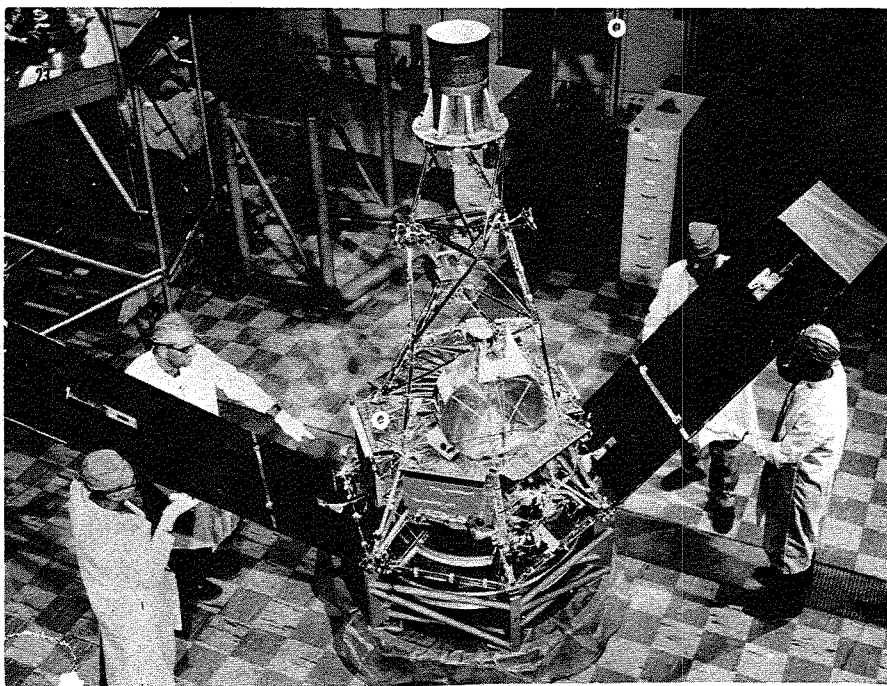


圖 1 「轉播者」通訊衛星裝備，裝有太陽電池板的摺合和伸展

二、觀測人造衛星應有的準備

發射人造衛星的火箭須用各種方法誘導到正確的預定軌道上，這種作業相當困難，必須正確計算才能把握衛星的運行軌道。太空中心的精密裝置也要事先靠大略上的軌道決定後才能作業，所以發射以後隨時要動員業餘觀測人員在各地組織觀測網，根據各地的觀測資料先計算大略上的衛星軌道。下列介紹盼望協助衛星工作的一般業餘人員的觀測方法。

(1) 觀測用具

人造衛星觀測組織人員一人或兩三人為一組，不使用特殊儀器只用一般望遠鏡和星圖，先選擇觀測地點。因為人造衛星通過天頂附近機會甚少，大多通過地平線附近，所以要在四周展望瞭闊地方，放一張小桌子為觀測站，桌子必須穩定不動搖。然後在地圖上測定該地點的經度和緯度，使用 200 萬分之 1 地圖較方便，再來準備鉛筆和筆記簿。用 2B 鉛筆 2 至 3 支，不使用橡皮擦，寫錯時上面以鉛筆畫一條線而在旁邊寫更正，這樣事後才能判別是非。筆記簿要準備兩本，一本作觀測記錄（稱觀測簿），另一本整理觀測結果。觀測簿上寫日期和時間，觀測者姓名，觀測地點，天氣，雲狀及其他。觀測的時間不可隨便記在星圖上，應記在觀測簿上，在觀測簿上不可寫和觀測無關的事。手電筒不必用太亮的，可能妨礙觀測。在野外有風，筆記上放文鎮，尤其冬季的野外寒冷，必注意防寒。

(2) 鐘錶

觀測記錄人造衛星運行用的鐘錶必有秒針，易讀出一秒內的精細時間，將來計算軌道經路才有用。若單獨一人觀測時要用能發出秒音的，兩人一組時有一人負責計時，出聲讀秒數。例如在日本有賣能發出秒音鐘錶，另用 JJY 報時信號，由東京小金井電波研究所整天發射出 2.5 MHz (Mega)，5 MHz，10 MHz 和 15 MHz 四種，用全波長收音機可收到。秒的讀法平時要練習，以手打節拍，另用秒錶 (stop watch) 合併使用盡求精密。

(3) 望遠鏡

人造衛星本體用肉眼看不見，必用望遠鏡，主要目的要識別人造衛星和飛機。實際觀測人造衛星時，很容易看錯飛機，兩者速度和光度極相似。若是飛機可看到紅藍的尾燈和翼燈，又有點滅情形。觀測人造衛星比較方便使用的，是視野較廣闊而倍率低的望遠鏡。使用倍率高的，能看見的星數較少，不能比較其光度。使用的望遠鏡視野直徑最

少要 5° 以上，所以一般天體望遠鏡不適合觀測人造衛星，用雙筒望遠鏡效果較好。

(4) 星圖

觀測人造衛星必需攜帶星圖，若用高級的精細星圖，易混亂，所以要使用記有明亮的恒星正確位置的星圖。另應注意該星圖上所使用的分點，最好使用新的分點星圖，因為天球上的恒星赤經和赤緯有歲差現象，每年有變化。其變化之數值各星星不同，歲差最大的於近十年來在天球上的角距離有 0.13 度。現在一般仍在使用 1950 年分點。

普通星圖上天球的北極和南極部分使用極座標圖形，所以赤道附近的星星畫帶狀。在星圖中央部分的星座和我們平時看的星座形狀一樣，但是邊緣部分歪。為彌補這缺點，以中心投影圖法編畫的恒星圖（日本恒星社有出版），對天體位置表示很方便，各星圖中重覆部分畫得很寬濶，能將人造衛星在天球上的徑路全部在星圖上表示出來。所謂中心投影圖法，是將投影的中心放在球面的中心，如圖 2 之 A，將球面上的 A 點投影在平面上的 a 點。用中心投影畫出的星圖，是從圓的中心向紙面的垂直線上的適當之點看

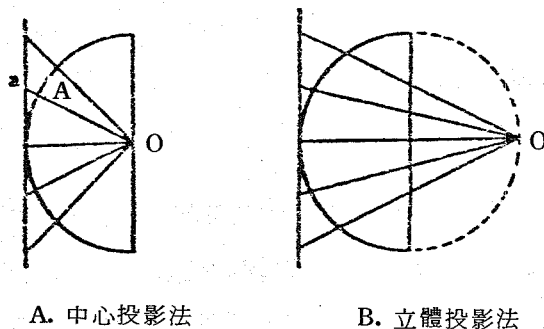


圖 2

去，所以天球上的星座形狀看起來很整齊無歪曲，而且在天球上的大圓在圖上可表示直線。例如流星在發光的短時間內以直線走空間，但是從我們看來，其經路走天球上的大圓，所以流星經路在中心投影圖上能畫成直線。

我們觀測人造衛星經路時，能把握天球上的兩個點，將這兩點連結就能畫出。例如某流星通過仙后座的 α 和 γ 星之中間，更通過英仙座 α 和 β 星之中間時，在星圖上將這兩點以直線連結，就是流星經路圖。可是人造衛星和流星不同，除非通過天頂之外在天球上的經路非大圓。可是通過偏離天頂時，其軌道曲率半徑很大，並且我們從近距離觀望，所以其在天球上的經路幾乎可視為大圓，在中心投影星圖上，人造衛星經路可畫直線。當然不用中心投影星圖也可觀測，最重要是其分點位置，不可用太舊的圖，若星球的赤經和赤緯大致正確就行。

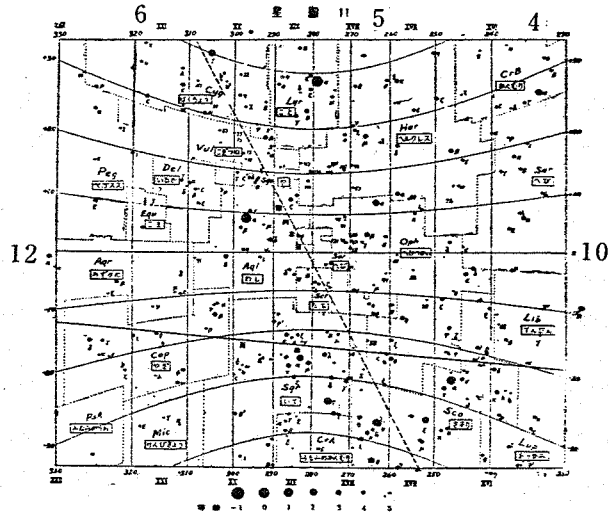


圖 3 以中心投影法所畫的恒星圖（日本恒星社）

三、實際觀測方法

(1) 觀測小組

以上的準備完成後，就等待觀測消息。如果接到能看人造衛星的消息，假設在某日的傍晚能看到，應該可連續五天能觀測，這樣觀測算開始。觀測前能知人造衛星出現的大略時間和經路就很方便，可向天文台查尋或看雜誌報導。人造衛星的長期預測很困難，天文台也不詳知，預報也不能正確，所以天文台方面對人造衛星的監視常要求業餘觀測人員的協助。

有充分準備後觀測時間接近時，可打開星圖對照天空的恒星位置，如果夜空上有月球或行星出現時，將其位置記在星圖上，但是以後整理觀測資料時，尤其月球和行星位置而求算人造衛星位置時應根據更正確資料，如天文年鑑或理科年表。人造衛星不容易和飛機識別，但容易和流星分別。流星非常快速，其角速度一秒鐘 5° 以上，但是人造衛星的角速度在一秒鐘 1° 以下，一出現能看到一分鐘以上，應該不會有錯誤。人造衛星和飛機的識別方法有下列三點。

① 飛行方向不同

人造衛星的飛行方向只有兩種：①從西南向東北，②從西北向東南。以軌道傾斜角來說如蘇俄的人造衛星角度那麼大時，看起來都從北向南或從南向北飛行。在美國的人

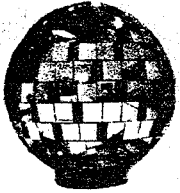


圖 4 GS-1 衛星本體
直徑 2.15m



圖 5 GS-1 衛星過夜空，光
度一等級，每 0.005 秒
發光。

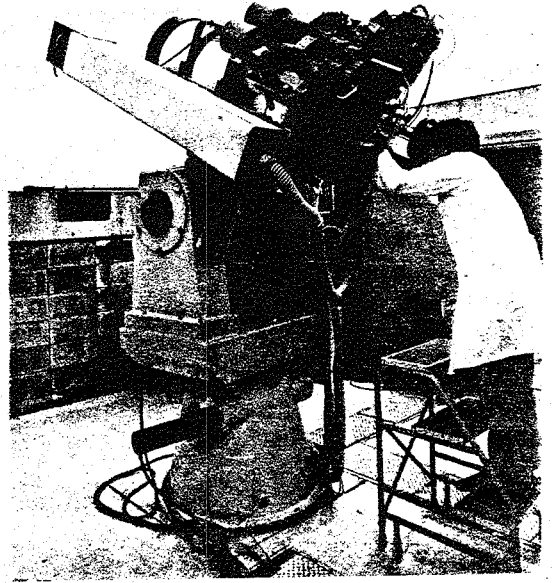


圖 6 天文台專觀測人造衛星用的望遠鏡

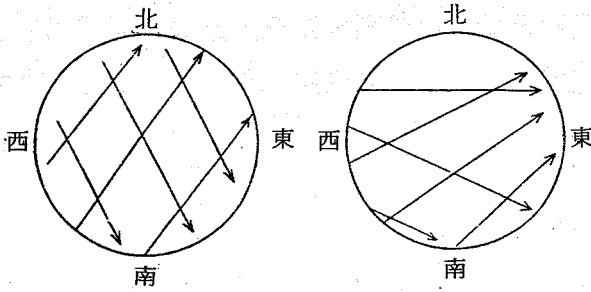


圖 7

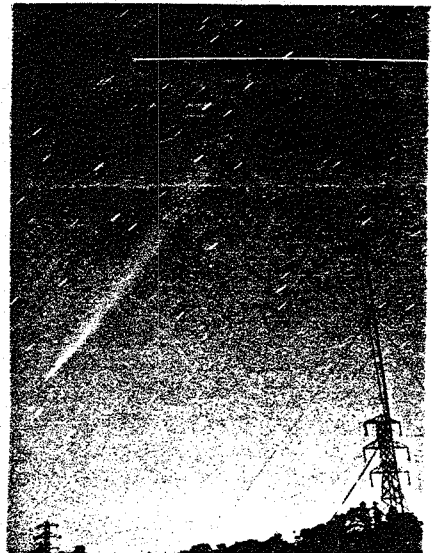


圖 8 橫過池谷、關彗星的人造衛星

造衛星時，看起來都從西向東飛行，因為其軌道傾斜角小。飛行方向若今天在傍晚向某方向飛時，明天的傍晚一定向同方向飛。以這方法判別飛行方向時，若有相異方向飛行的不是人造衛星，也應注意人造衛星並不可能飛行途中方向轉彎。

② 聲音

看到像人造衛星物體時，注意若有聲音的非人造衛星，但是飛越高空的飛機有時也聽不見聲音。

③ 注意翼燈和尾燈

能發出藍紅光的非人造衛星。

如果確定為人造衛星時，隨時開始作業。觀測小組普通有三人，一人負責觀測，一人擔任測時，另一人作識別工作。識別者用雙筒望遠鏡，發現的是飛機時隨時通知觀測者，若沒有特別報告時觀測者繼續觀測。識別者看到飛機後不可放鬆，往往繼之有人造衛星出現。人造衛星一出現，觀測者迅速打開和人造衛星出現部分有關天空的星圖，同時注意人造衛星的進行方向的前面。假設如圖9情形，可在星和星之間假設連線。圖9是中心投影恒星圖，觀測記錄是1957年12月23日傍晚，由東京天文台觀測的。人造衛星出現於月球和金星中間的A附近，漸漸增光變三等星，向北進行，前面有天鷹座和天琴座。在天鷹座的 θ 和 δ 星以及 α 和 δ 星連結線，在此線上所通過的位置B和C的時間記在星圖上，各為03.5秒和10.0秒。人造衛星經過天箭座附近時變暗，但到天琴座附近再變為二等級。更延至天鵝座的 γ 星和天琴座 α 星間畫延線，通過時間為52.8秒，一共取了三點，觀測算成功。普通能把握兩點就算觀測成功，為了正確取三點更能正確。

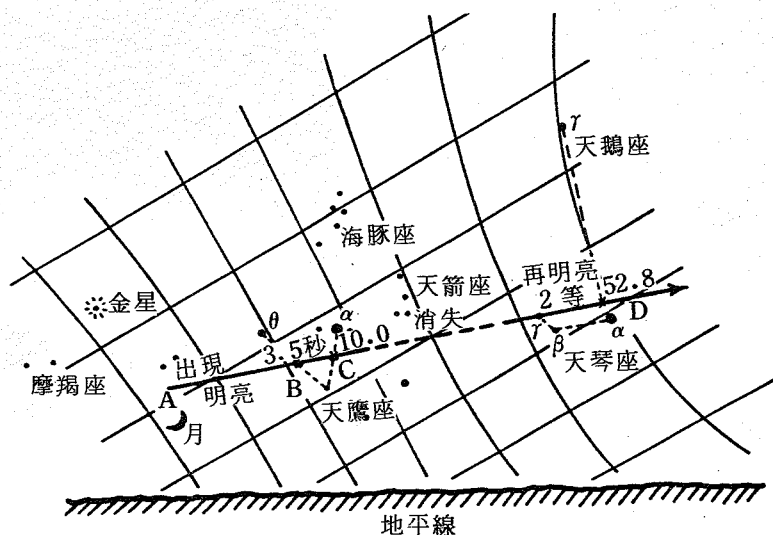


圖9

如果當天看不清楚附近的星星，無法畫衛星經過的路線時，可如圖 10 將 A 和 B 兩星連結，和其延長交點為 P，設 P 為 AB 之 $\frac{1}{2}$ 。絕不可將地面上的任何東西為目標，因為眼視時說：「在某星之下面」是可了解，但是在星圖上說在某星下面方向，到底指那裏無法知道。所以人造衛星的位置，必須以星位置為依據。人造衛星

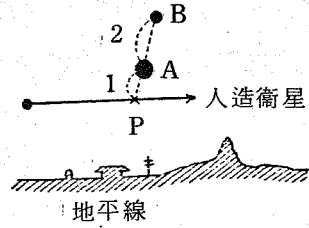


圖 10

在一般情形下，從出現後可看到兩分鐘左右，要在星圖上記錄所經過的三點並不困難。決定了三點後必查衛星的光度，這是和旁邊已知等級的星比較可決定其等級，並將之記在星圖上。同時注意衛星到那位置時變亮或變暗，也要記錄衛星光消失的位置和時間，這也許無法很正確。在星圖上記正確位置時用秒數，消失時間分記，消失後隨時檢查在星圖上所記的位置有無錯誤。星圖上記有五等星的看起來繁雜，但在旁晚或拂曉時出現於天空的只有二至三等星以上的，若在星圖上畫線容易錯誤，所以乘有印象時檢查其位置盡求正確。

人造衛星很容易和飛機認錯，相反地我們平時可利用夜間飛行的飛機來練習觀測人造衛星，因為這種工作要熟練。這種觀測比較使用望遠鏡時精度有差，但是位置誤差只有 1° 左右，時間差 1 秒而已。

(2) 觀測班的組織及工作

人造衛星觀測班組員約二十名，一人為班長。準備十五架視野廣闊的低倍望遠鏡（直徑 11° ，倍率 5 倍左右）。望遠鏡排放於南北子午面或和子午面傾斜 90° 或 45° 面，調整使各視野重覆。如美國的人造衛星軌道傾斜角小時，望遠鏡排放在子午面內較方便。若蘇俄人造衛星其軌道傾斜角大，望遠鏡排放和子午面 45° 或 90° 面上。將望遠鏡排放在一個面上的方法有兩種：①立垂直桿，上面掛向南北的水平棒，用望遠鏡看時調

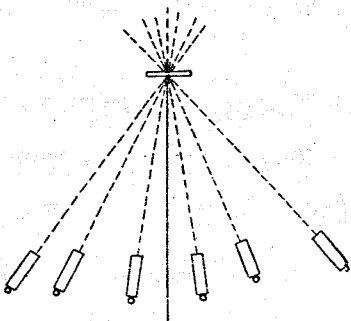


圖 11

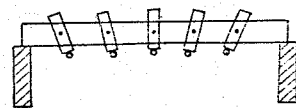


圖 12

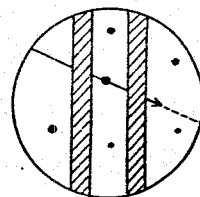


圖 13

整為恰好可看到桿和水平棒所作的平面（如圖 11）。②用一支角木材鑽洞裝上望遠鏡，這支角木架位置如圖 12，因為人造衛星觀測常以同姿勢長時間等看望遠鏡。人造衛星觀測專用的望遠鏡，在視野中有設兩支棒（如圖 13），可增高觀測精度。若在許多並排的望遠鏡視野裏，有一架視野中出現人造衛星，並進入那兩支棒中間時觀測者就叫一聲「有」然後報告自己姓名和衛星的光度。用望遠鏡能看到十等級星（圖 14），所以能觀測到很暗的人造衛星。

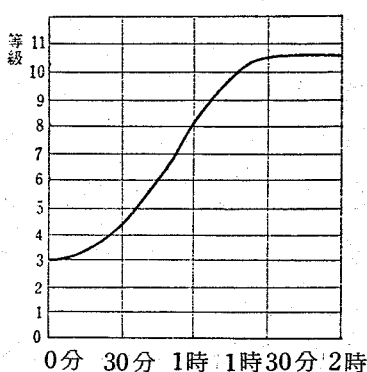


圖 14 日沒後經過的時間

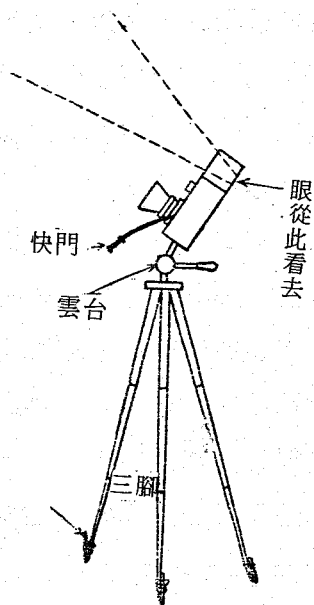


圖 15

(3) 人造衛星攝影法

攝影觀測比眼視更能正確決定衛星之位置，如果衛星光度為一等時對業餘觀測者不會難，過去也有許多業餘者用攝影觀測成功的例子。如果業餘者拍攝的相片缺少正確時間的記錄，那麼對計算決定人造衛星軌道方面無法幫助。使用的攝影機口徑要 F 4.5 以上的，特用明亮鏡頭，底片用高感度的，如 SSS 片。人造衛星觀測是位置的觀測，相機必有穩定的三腳架，腳基應固定。

拍攝時應注意燈光，並防止鏡頭上有夜霧。開始時先試看能拍攝到的範圍，最少能拍攝到三等星。用 SSS 底片，在 F 3.5 時曝光一分鐘，焦點調為無限遠，光圈全開，快門調為 T 或 B。人造衛星出現時間（有預告）到時，開始算鐘錶的秒數。衛星出現時將攝影機朝向衛星的前進方向的前方而固定，用黑厚紙（20 cm²）蓋鏡頭前面，打開快門，然後取除黑厚紙而開始拍攝。然後算秒數，在適當時用黑厚紙蓋鏡頭前面，這種作

業稱記時 (time mark)，五秒鐘一次，共三次，拍攝時儘量使人造衛星到畫面中心附近。人造衛星離開畫面後，開快門 1～2 分鐘拍攝恒星。曝光完畢後在觀測簿上記錄，自曝光開始到最後時間以及記時時間，盡求正確。

四、整理觀測結果

下表是東京天文台的關口直甫氏的觀測記錄表，值得參考。我們填寫時特別注意下列四點：①人造衛星位置記到秒（角度"），一般時以角度記到 10 分之 1 度，經度要看地圖記到分位。②天氣狀況：主要記當時雲的位置，例如北方有雲。③記觀測點：記出現點第 1，第 2，第 3 及消失點的光度，時間，赤經，赤緯。光度應抄寫記在星圖上的

觀測年月日 1957 年 12 月 23 日 夕		觀測者 關口		
觀測場所 天文台圖書館屋上				
東經 9 時 18 分 秒 (139° 5' ")				
北緯 35° 7' " 海面高度 60 m				
天候狀態 雲全くなし (完全沒有雲)				
	光度	時刻 (J, S, T)	赤經	赤緯
出現点	一等	17 時 52 分 50 秒	302.度	-18.度
第 1 位置	3	17 53 03.5	296.2	01.2
第 2 位置	3	10.0	294.3	06.4
第 3 位置	2	52.8	282.5	39.0
第 4 位置				
消滅点	一	17 54 20.-	260.-	60.-
その他注意事項 矢座附近で一時的消滅(於天箭座附近一時消失)				

光度，時間也是用星圖上所記的秒數，消失點用時和分記。

④看星圖上所記的點之赤經和赤緯。

在圖 16 中 AB 和 CD 為緯度線，AD 和 BC 為經度線，S 為觀測點。那麼從 S 畫和經度線和緯度線略平行的線，和緯度線和經度線交點各為 PP' 和 QQ'，然後用尺量 AB 和 QB 以及 AD 和 AP 之長度。假設 AB 線是赤經 0° 之線，CD 是赤緯 10° 之線，AD 是赤經 300° 之線，BC 是赤

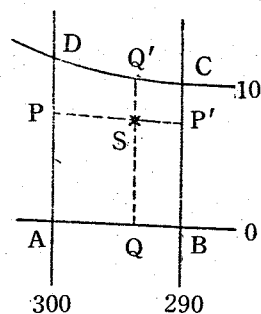


圖 16

經 290° 之線，那麼 S 點的赤經和赤緯如下式：

$$\text{赤經} = 290^\circ + 10^\circ \times \frac{QB}{AB}$$

$$\text{赤緯} = 0^\circ + 10^\circ \times \frac{AP}{AD}$$

赤經和赤緯要讀到 1° 之 10 分之 1。

【主要參考書】

- 人工衛星之觀測法……………關口直甫（恒星社）
飛翔體……………井戶剛（日本經濟新聞社）
現代的火箭……………井戶剛（岩崎書店）
天文ガイド……………誠文堂新光社