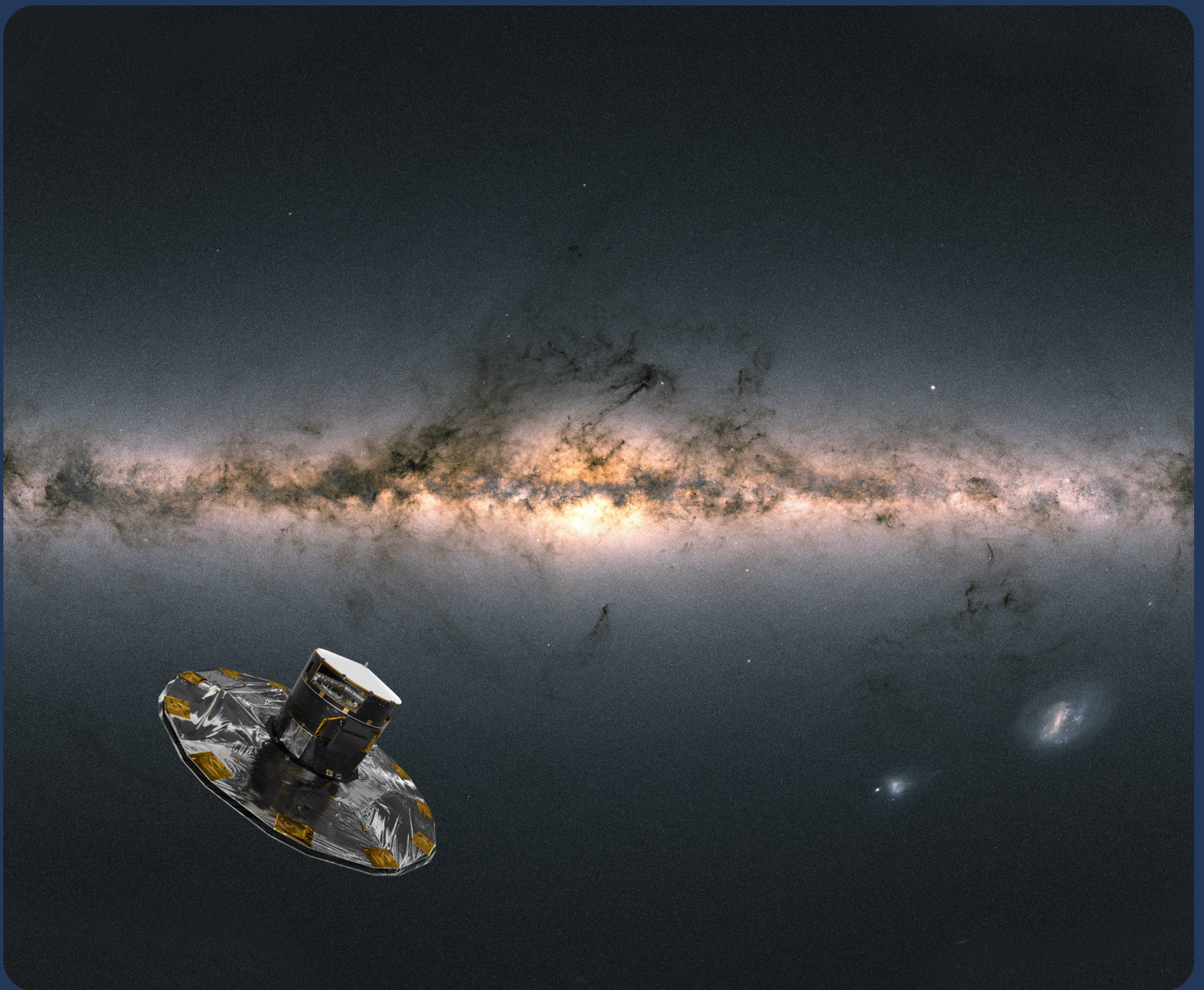


人類對銀河系結構的理解，經歷了數個世紀的探索與修正。從最初憑藉肉眼觀測星空的推測，到現今透過高精度太空望遠鏡與大數據分析測繪銀河系的細節，天文學家逐步揭開我們所在星系的真實面貌。以下將介紹三個關鍵階段，從18世紀赫歇爾的恆星計數，到20世紀沙普利對球狀星團的研究，最後到21世紀蓋婭任務，使銀河系測繪達到前所未有的精確度，並揭示多項重大新發現。

文／段皓元



藝術家筆下所展現的蓋婭（Gaia）探測器與銀河系。於2013年發射升空的蓋婭至2015年耗盡燃料為止，已繪製出人類迄今最精確的銀河系地圖。圖片來源：ESA

赫歇爾與銀河系的最初輪廓

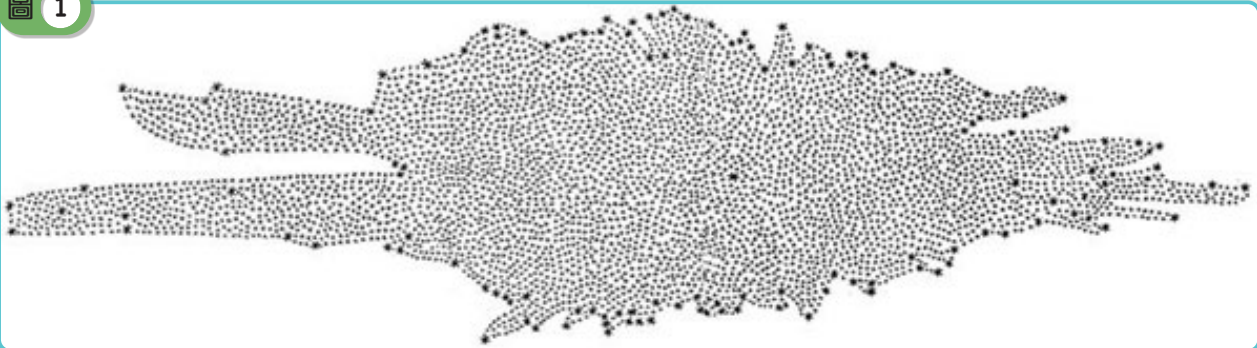
1785年，英國天文學家威廉·赫歇爾（William Herschel）透過「數星法」（star gauging）繪製了銀河系的恆星分布圖。他在超過600個不同的天區進行觀測，統計各個方向上的恆星數目，試圖確定太陽在銀河系中的位置。他的觀測結果顯示，恆星的分布呈扁平的橢圓形，據此推測太陽所在的系統是一個盤狀結構，並認為太陽位於該盤面的中心。赫歇爾假設所有恆星具有相同的光度，藉此推算每顆

恆星與地球的相對距離。然而，他並未考慮星際塵埃消光的影響，導致對太陽附近結構的理解出現偏差。儘管如此，這張圖仍是人類歷史上首張銀河系地圖，如圖1。

沙普利與銀河系中心位置的重塑

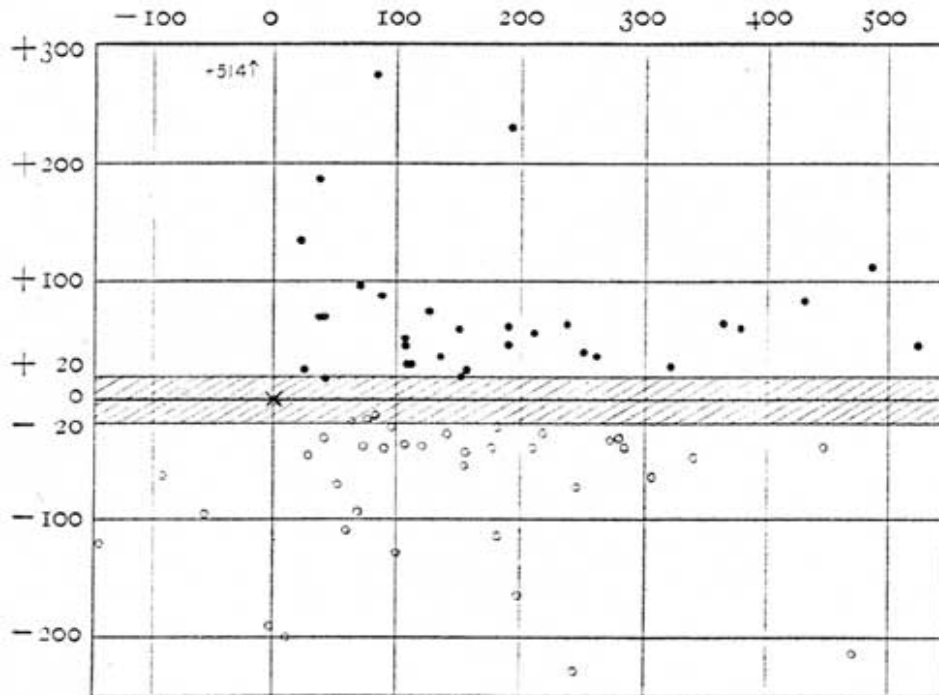
進入20世紀，天文學家開始利用新的觀測方法，突破先前的限制。1918年，美國天文學家哈羅·

圖 1



赫歇爾於1785年發表的首張銀河系地圖，根據他對天空各區域的恆星計數結果繪製而成。圖中顯示銀河系的扁平盤狀結構，太陽位於中央偏暗的黑點。圖片來源：William 1785

圖 2

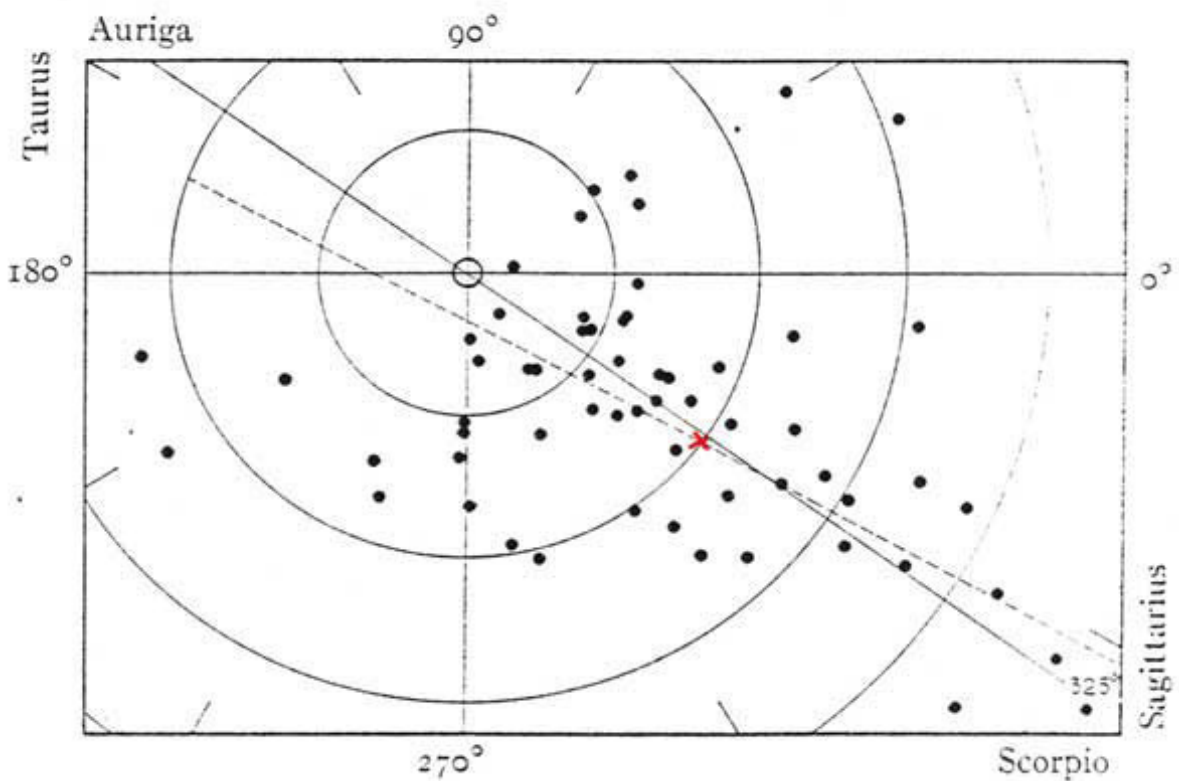


沙普利測定的球狀星團分布圖（側視圖），顯示球狀星團在銀河系內的垂直分布。陰影區域代表銀河系的盤面，太陽的位置以「X」標示，位於盤面內靠近左側。黑色圓圈表示位於盤面上方的球狀星團，白色圓圈則代表盤面下方的星團，兩者數量大致相當。圖片來源：William 1785

沙普利 (Harlow Shapley) 發表研究，他透過測量球狀星團在銀河系內的分布來探討銀河系的大小與結構。他利用球狀星團中的變星測定其距離，並繪製這些星團在空間中的分布圖。結果顯示，球狀星團並非以太陽為中心分布，而是環繞著人馬座方向的一個點呈球狀分布。這表明銀河系的中心位於該方

向的球狀分布中心，而非太陽所在的位置。沙普利估算銀河系的直徑約為30萬光年，太陽距離銀河系中心約5萬光年。他的研究顛覆了當時對銀河系結構的認識，證明太陽並不位於銀河系中心，而是處於偏遠位置。他的研究方法與結果為後續天文學對銀河系結構的探索奠定了基礎，如圖2、圖3。

圖 3



沙普利測定的球狀星團分布圖（俯視圖），呈現球狀星團在銀河系盤面上的投影，描繪銀河系的形狀與範圍。太陽系以小圓圈標示，虛線代表銀河系的長軸，中心位置以紅色「X」標記。大圓的半徑以每1萬秒差距（約32,600光年）為間隔遞增，顯示球狀星團的空間分布特徵。圖片來源：Shapley 1918

蓋婭任務：精確繪製銀河系的時代

21世紀的銀河系測繪，已經進入高精度及大數據的時代。歐洲太空總署 (ESA) 於2013年發射蓋婭 (Gaia) 探測器，開啓人類迄今最精確的銀河

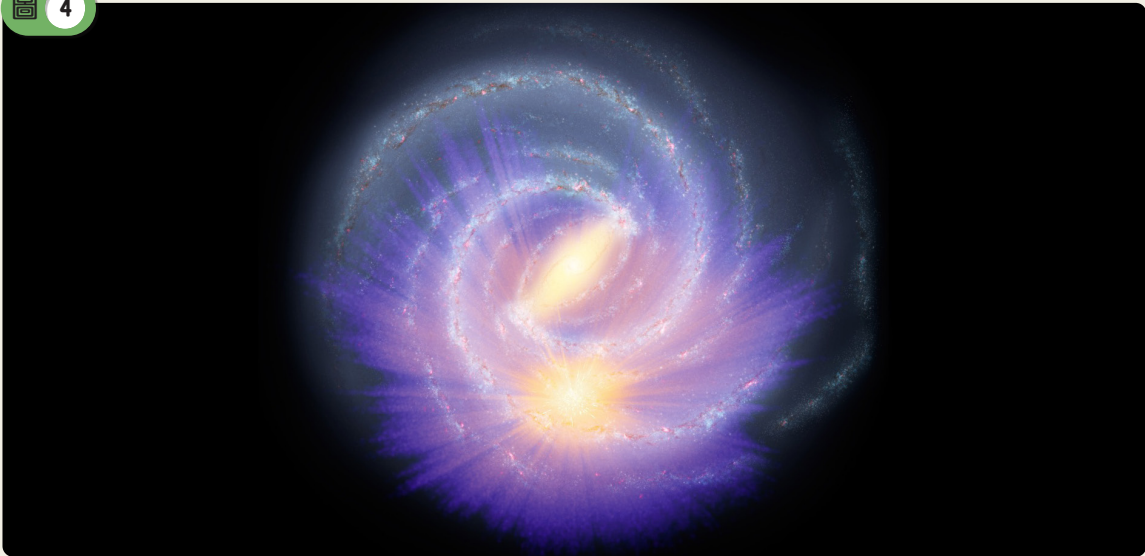
系測繪計畫，旨在測量銀河系內約20億顆恆星的位置、距離與運動，以建立前所未有的三維銀河系地圖。蓋婭的數據精確描繪銀河系的主體結構，並修正先前模型。蓋婭揭示銀河系中央的棒狀結構與旋轉特性，解析螺旋臂的細節與盤面扭曲現象，並藉由發現至少19個恆星流，驗證銀河系過去與其他星

系的交互作用，如圖4、圖5。2025年1月15日，蓋婭因燃料耗盡停止科學觀測，但這並不代表任務的結束。在進入退休軌道前，蓋婭計畫仍將進行多項技術測試，並於2026年及之後發布更多數據，持續深化我們對銀河系的認識。其龐大數據將影響未來數

十年的天文學發展，推動我們對銀河系的理解邁向新紀元。

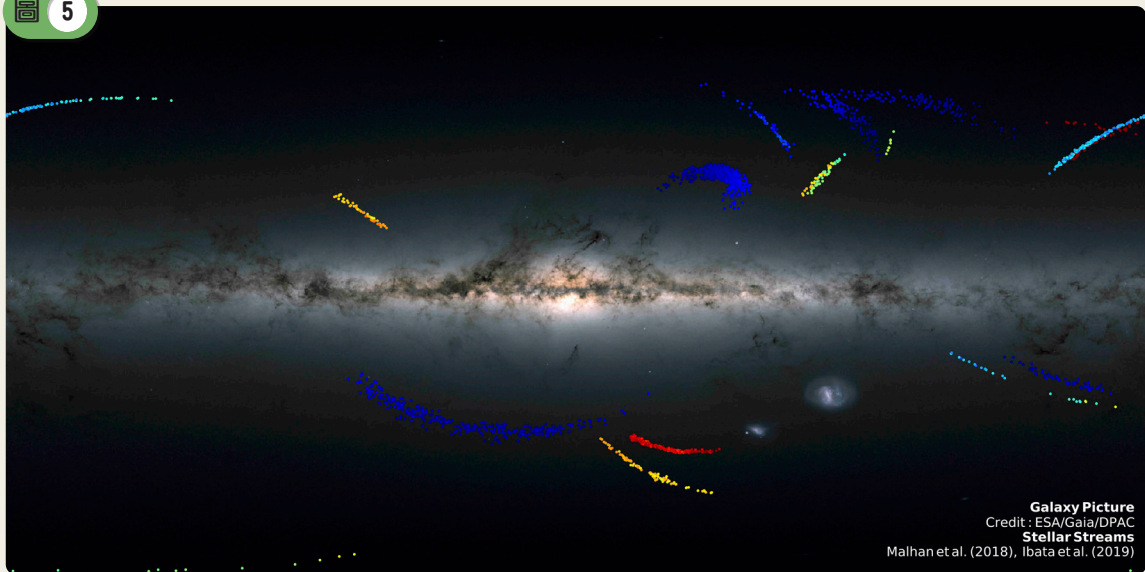
段皓元：臺北市立天文科學教育館

圖 4



這張圖展示了銀河系中約1.5億顆恆星的分布，數據主要來自蓋婭任務自2014年7月至2016年5月的觀測。圖中黃色區域代表恆星密度較高的區域，這些數據被疊加在一幅銀河系的藝術俯視圖上。圖中下方較大的黃色區域並非因為該處實際上有更多恆星，而是反映了觀測上的限制，距離太陽越近，我們能獲得的數據越多，因此該區域的恆星分布特別清晰。然而，在銀河系中央還能看到一個龐大且延伸的恆星聚集結構，這是首次透過幾何方法確認銀河中心棒狀結構的存在。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, A. Khalatyan (AIP) & StarHorse team; Galaxy map: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech)

圖 5



這張圖顯示了透過蓋婭任務數據結合其他大數據分析後，在銀河系內發現的多條縱橫交錯的恆星流。圖中每一個色點代表位於恆星流中的一顆恆星，不同顏色對應不同的恆星流。這些恆星流是銀河系與矮星系或星團交互作用的遺跡。當這些相對小型天體接近並穿越銀河系時，銀河系的重力會牽引並扭曲它們，使其拉長並形成環繞銀河系的細長星流。也就是說，恆星流是由矮星系或星團在潮汐力作用下解體後形成的細長恆星群，為銀河系過去與其他矮星系的交互作用提供了直接證據。圖片來源：ESA/Gaia