

蓋亞太空望遠鏡第三期資料 開放大眾使用

今年 2022年6月13日，歐洲太空總署（European Space Agency, ESA）的蓋亞太空望遠鏡第三期巡天資料（Gaia DR3）完整版終於開放大眾下載使用，天文學家們藉由分析這份前所未有的大數據，揭開了銀河系中更多神秘的面紗。

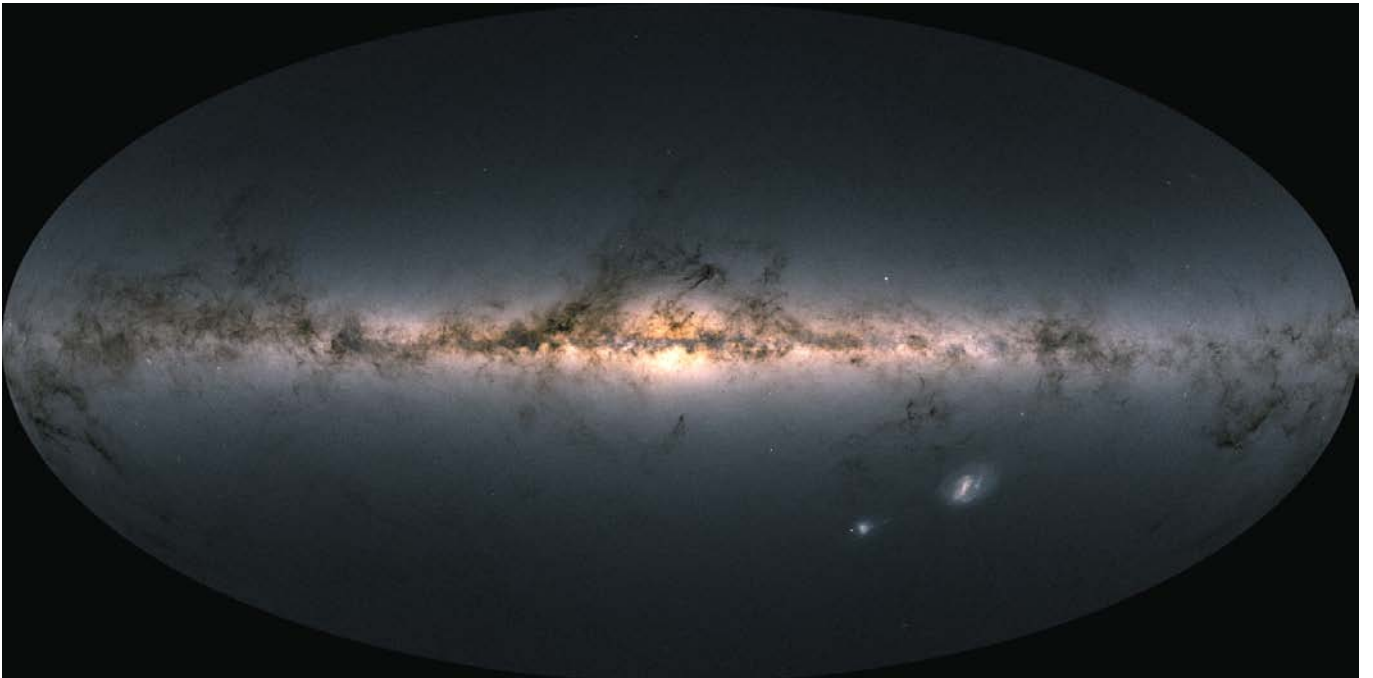


圖1. Gaia DR3的全天星圖。該資料庫包含超過了18億顆星體的位置和亮度，近15億顆恆星的視差距離和自行運動，以及超過15億顆恆星的顏色，它也包含超過160萬個河外星系。圖中較亮的天區代表較密集的恆星分布，而較暗的天區代表觀察恆星數較少或恆星偏暗的區域。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

其實蓋亞第三期部分資料在2020年12月3日已經開放，相關新聞請參見《[臺北星空97期](#)》[天文新聞追蹤報導](#)。Gaia DR3（圖1）彙整了約34個月（2014年7月25日—2017年5月28日）的觀測資料，除了包括去年底公布的18億個星體（幾乎都是恆星）的基本物理參數，例如：座標、視差距離、自行運動、星等亮度等，今年的資料包含時序數

據，因此可以分析出恆星的光度或位置變化，包含週期、自行速度、視向速度等參數；另外透過光譜分析，就像對每個星體做基因檢測，得到更多星體的天文物理參數，包括顏色、溫度、表面重力、重金屬豐度等。天文學家們藉由分析這份前所未有的大數據，揭開了銀河系中更多神秘的面紗。

星星從哪來？打哪去？

我們從地球觀測銀河系的恆星來了解銀河系結構，就像從亞馬遜森林裡觀察每一棵樹來了解亞馬遜森林結構般，也可以利用空拍機觀測亞馬遜森林，不過人類科技有限，還無法離開太陽系，更別說是到銀河系外觀測了。蓋亞太空望遠鏡的主要目的之一，就是精準的測量恆星位置

及運動，藉此能夠描繪出太陽附近的結構，進而推估銀河系的結構。蓋亞任務之前公布的版本已經可以看到幾條在我們附近的銀河旋臂特徵，而Gaia DR3使我們對太陽附近的銀河系旋臂有更清楚的了解。透過Gaia DR3的恆星參數可以區分出年輕恆星（OB型星）和年老恆星（紅巨星分支星）。在圖2，年輕恆星樣本從底部到右上角延伸的黃白色高恆星密度區域，即獵戶座旋臂，然而年老恆星分布相對均勻。主要是因為恆星大多成團誕生，而成團恆星之間的引力束縛，會受銀河系的潮汐力影響，隨著時間慢慢瓦解，使得恆星年老之後分散到銀河系各處。Drimmel等人分析Gaia DR3的最新結果證實，靠近太陽位置的獵戶座旋臂比以前認為的要長，且可能不是另一個銀河系旋臂分支，我們對銀河系中旋臂的確切形狀或分布可能因為這些新發現需要做一些修改了。

恆星的視向速度可藉由分析恆星光譜線的都卜勒偏移得知，恆星譜線偏紅是遠離，而譜線偏藍則朝向我們移動。目前最大的視向速度目錄是由蓋亞任務發布的第二期巡天資料（Gaia DR2），不過，Gaia DR3已經將此目錄從700萬擴增到近3,400萬筆。當我們往天空不同方向觀測時，銀河盤面的旋轉以及太陽的公轉運動會導致測量的視向速度有正有負，圖3顯示Gaia DR2及Gaia DR3的視向速度比較圖，Gaia DR3有了更多細節。圖中可以看到有幾個物體的視向速度與其周圍的速度不同，圖右下部分的兩個亮點是大麥哲倫星系和小麥哲倫星系，而在圖中心下方有一條幾乎垂直的微弱條紋則是銀

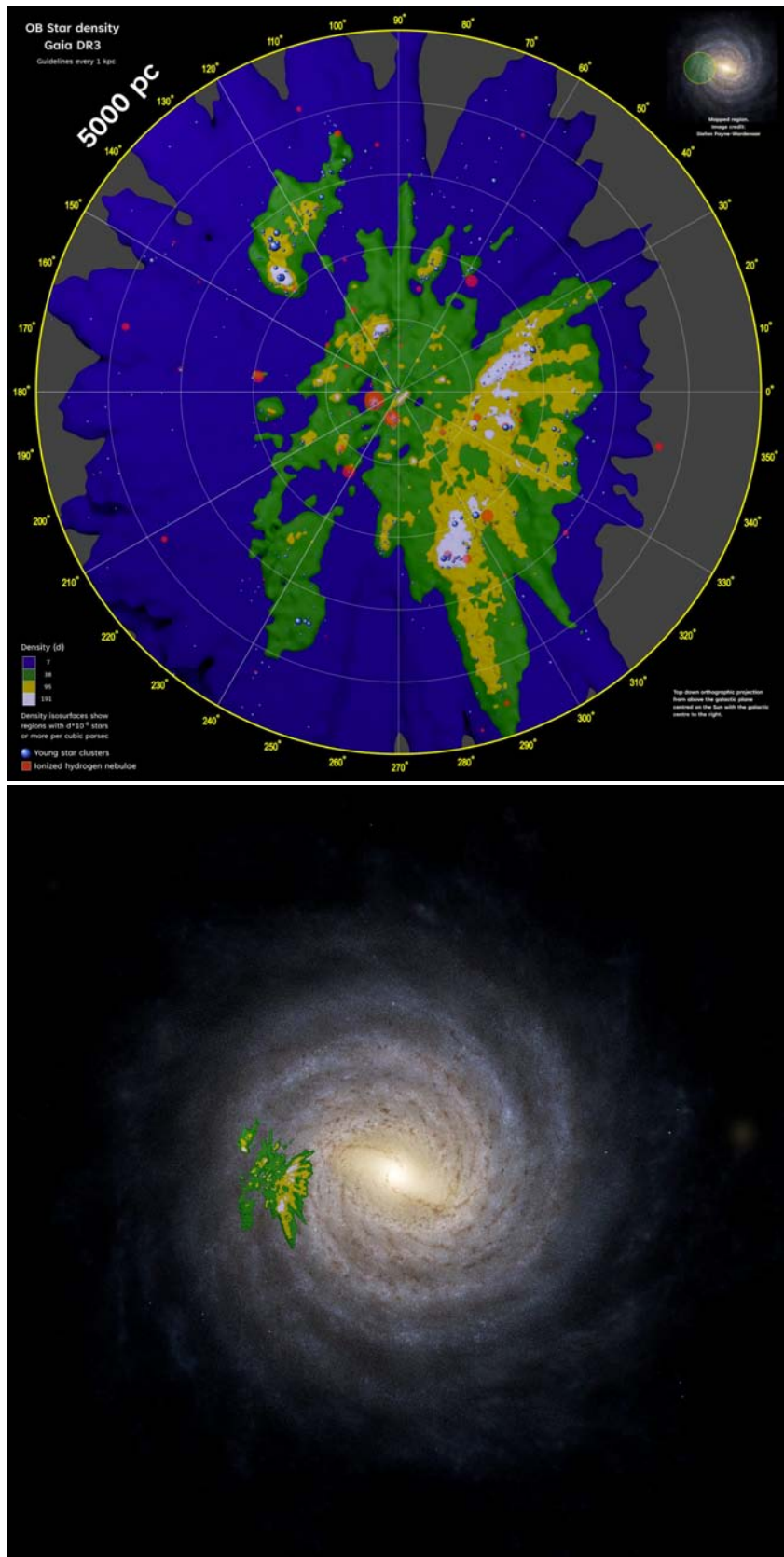


圖2. 上圖是Gaia DR3以太陽為中心，半徑五千秒差距（約1萬6千光年）內恆星分類出的OB型恆星密度分布圖，顏色從藍綠黃到白顯示密度越來越高。恆星密度能使我們了解銀河系的結構，此圖可以發現OB型恆星密度較高的區域跟年齡小於四千萬年的年輕星團（藍色泡泡）分布有明顯的相關，顯示這些OB型恆星大多分布在恆星形成區附近且較年輕，下圖是太陽及這些星在銀河系相對位置的參考圖。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

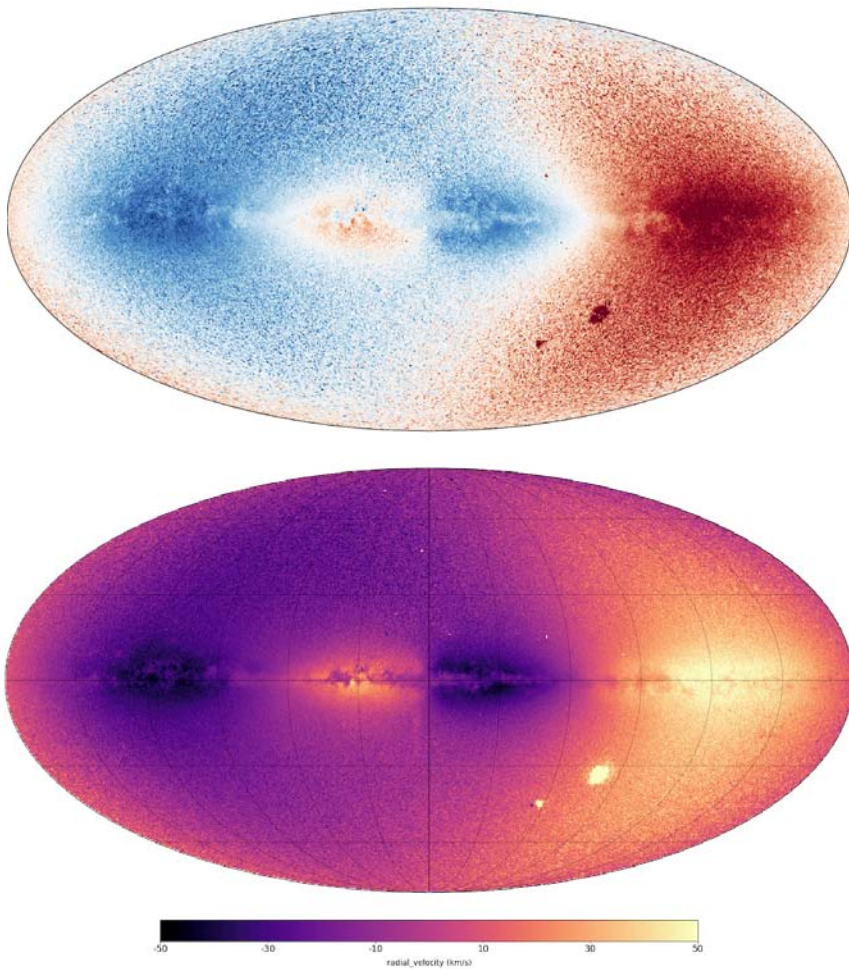


圖3. Gaia DR2 (上) 及Gaia DR3的視向速度 (下) 全天分布圖，紅色及亮色顯示遠離太陽移動，藍色及深色顯示朝向太陽移動。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

河系另一側的人馬座矮星系，另外有幾個球狀星團，例如杜鵑座47在小麥哲倫星系左側的黑點，以及半人馬座 ω 在銀河中心上方右側的小亮點。

除了恆星的視向速度，Gaia DR3還提供了恆星自行運動的資料，總共約3,300萬顆恆星有完整的速度資料，恆星的運動數據對於研究銀河系動力學有相當大的助益。圖4紅色表示恆星遠離我們，藍色表示恆星正朝著我們而來，另外白色線條描繪恆星在天空上運動的投影，也稱為自行運動，這些線方向顯示恆星自行運動隨著銀河座標不同而變化，不過這些觀測速度都是相對於太陽而言。如果考慮太陽自身的運動，可以將恆星的視向速度加上自行運動，便可轉換為相對

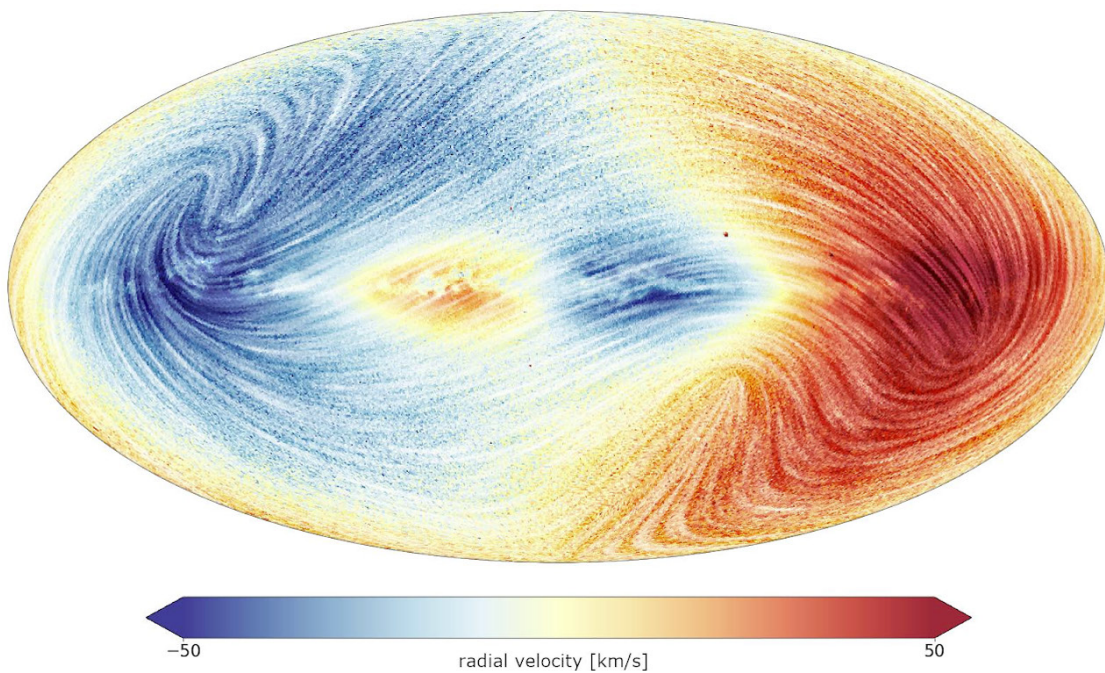


圖4. Gaia DR3視向速度加上自行運動全天分布圖，紅色及亮色顯示遠離太陽移動，藍色及深色顯示朝向太陽移動，白色線條是恆星在天空中移動方向的投影，這些自行運動向量線條產生的左上及右下集中的現象，主要是反應出太陽與周遭恆星的相對運動。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

於銀河中心的運動，如圖5所示，銀河系中的恆星都圍繞它的中心運行，像一個很薄的旋轉圓盤，不過每個地方的旋轉速度不太相同，太陽附近三千秒差距裡的恆星繞行銀河中心速度約每秒220公里，靠近銀河中心的軌道速度則減慢到只剩每秒80多公里。

星星由什麼組成？

研究恆星的組成有助於了解恆星演化以及銀河系歷史。恆星是從氣體和塵埃雲因重力塌縮形成，恆星中心的核融合反應使它們得以發光發熱，然後就像煉金術士一樣製造新的化學元素。接著在它們生命盡頭，這些新元素因為恆星爆炸又回到了氣體和星際塵埃雲中，然後形成了新一代的恆星，而這些新一代的恆星會從上一代恆星遺傳到這些新元素。天文學家將氫和氦（大爆炸後的前三分鐘左右形成）以外的所有化學元素通稱為「金屬」。恆星的平均金屬豐度通常以相對於太陽的數值來表示，太陽金屬豐度定義為零。如果恆星的金屬豐度低，那麼它的化學成分就比較原始；如果恆星富含金屬，那麼它的化學成分通常較新，屬於新一代的恆星。圖6是Gaia DR3測量的全天金屬豐度分布圖，顏色越紅恆星富含越多金屬，該圖顯示銀河盤面的恆星金屬豐度值較高，而銀河系中心及銀暈區域，則存在較多貧金屬恆星，換句話說就是在銀河盤

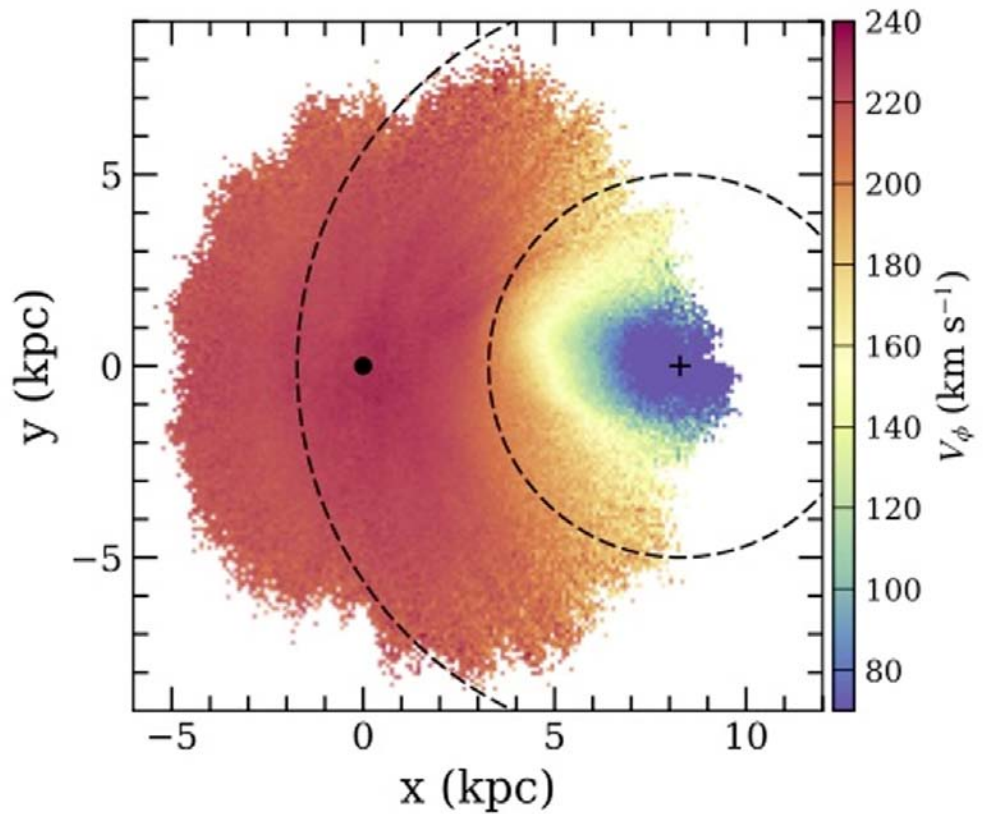


圖5. 恆星相對銀河中心的切線速度分布圖。恆星的切線速度由快到慢，顏色由紅到藍，黑點表示太陽附近繞行銀河中心速度大致相同，越靠近銀河中心速度越低（顏色越藍）。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

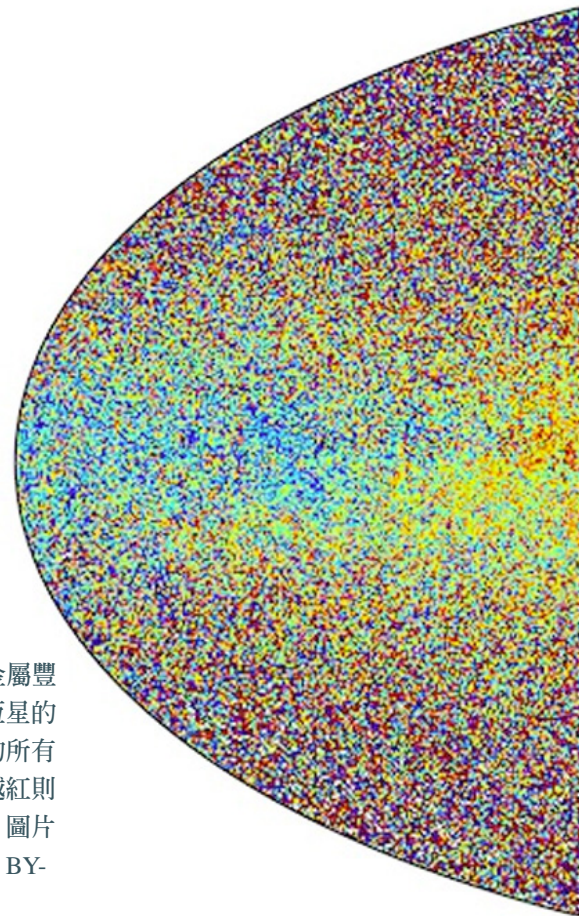


圖6. Gaia DR3測量的全天金屬豐度分布圖，不同顏色表示恆星的金屬豐度（即氫和氦之外的所有化學元素的平均豐度），越紅則金屬豐度越高，反之越藍。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

面組成的恆星相對年輕，而銀暈及銀河中心是由老一代的恆星所組成。

星星之間有什麼？

恆星之間並非完全空無一物而是充滿了塵埃和氣體，一般稱為星際介質。當星光穿過這些物質時，部分波長的光被散射，因此觀測到的恆星亮度通常會比實際上暗，這種效應稱為消光。一般來說恆星的消光效應會隨著觀測波段有所不同；較短波長的光（偏藍色）比較長波長的光（偏紅色）容易受星際介質散射。藉由消光與波長有關的特性，便能

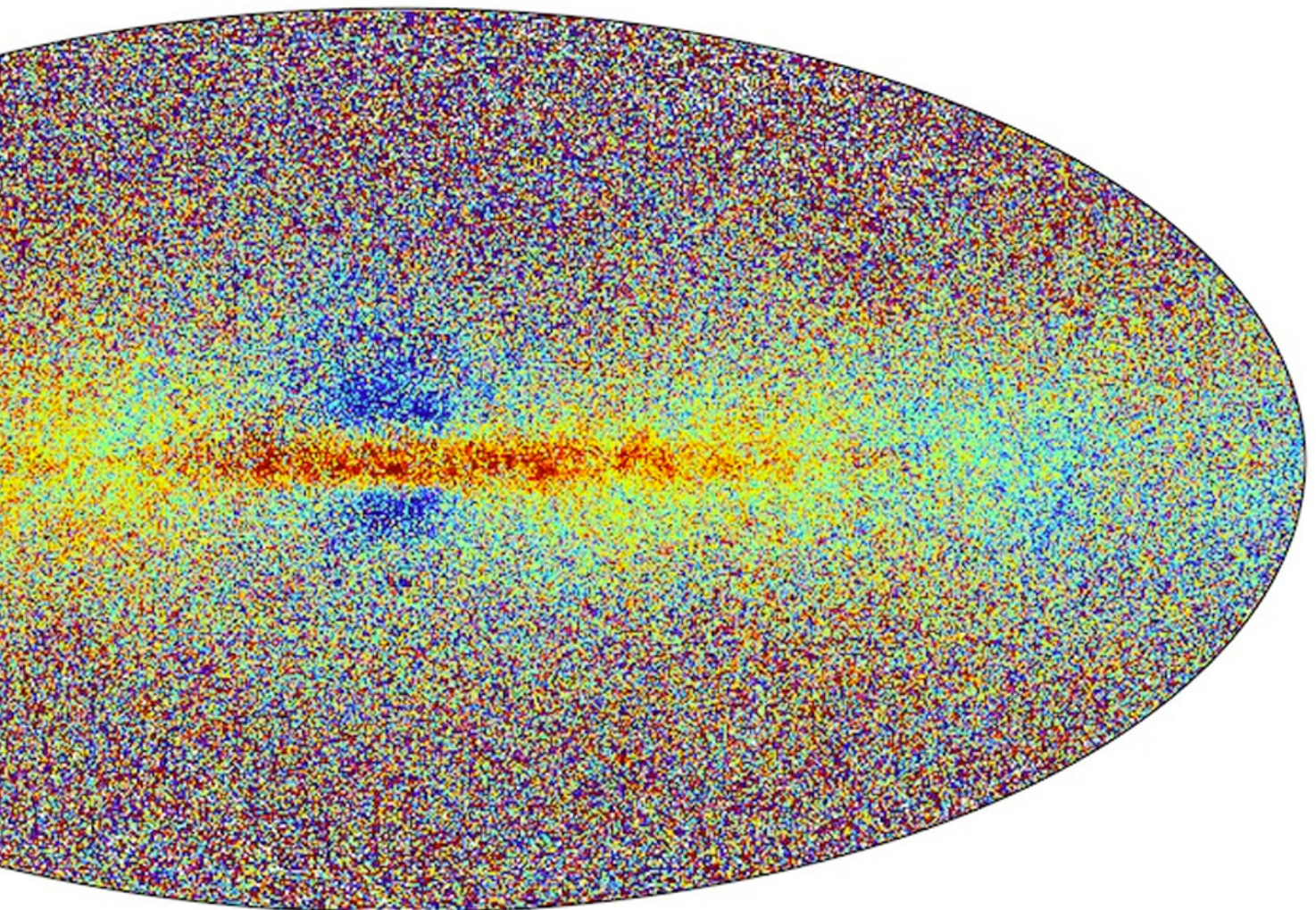
推估每顆星的星光消光值，而消光值與太陽和那顆恆星之間有多少塵埃和氣體恰好有關係。

透過分析Gaia DR3的觀測資料能夠得知恆星與太陽之間的消光值，圖7是分析Gaia DR3的觀測資料得到的全天星光消光分布圖。不過只有消光值是不夠讓我們知道恆星與太陽之間的雲氣、塵埃分布在什麼位置，為了回答這些問題，必須加上Gaia DR3用視差法測量恆星所得到的距離資料，才能解析出太陽與周遭恆星之間星際介質的分布。圖8便是透過分析Gaia DR3的恆星資料重建出恆星消光的三維分布，以進一步了解星際介質在恆星之間的分布狀況。此圖可以發現在太陽

附近也許過去有超新星爆發，這些爆炸事件將氣體和塵埃推開，因此現在含有非常少的氣體和塵埃。

結語

天文學家不僅僅想要了解銀河系的過去，也想要更準確的預測銀河系未來。現在，多虧了蓋亞太空望遠鏡任務對恆星參數有更精準的測量，透過分析最新的Gaia DR3資料，可以持續修正對銀河系結構、形成與演化的認知，甚至也可以從大量跟太陽類似的質量、組成成分相同的恆星，進一步研究太陽過去如何來，未來怎麼去。



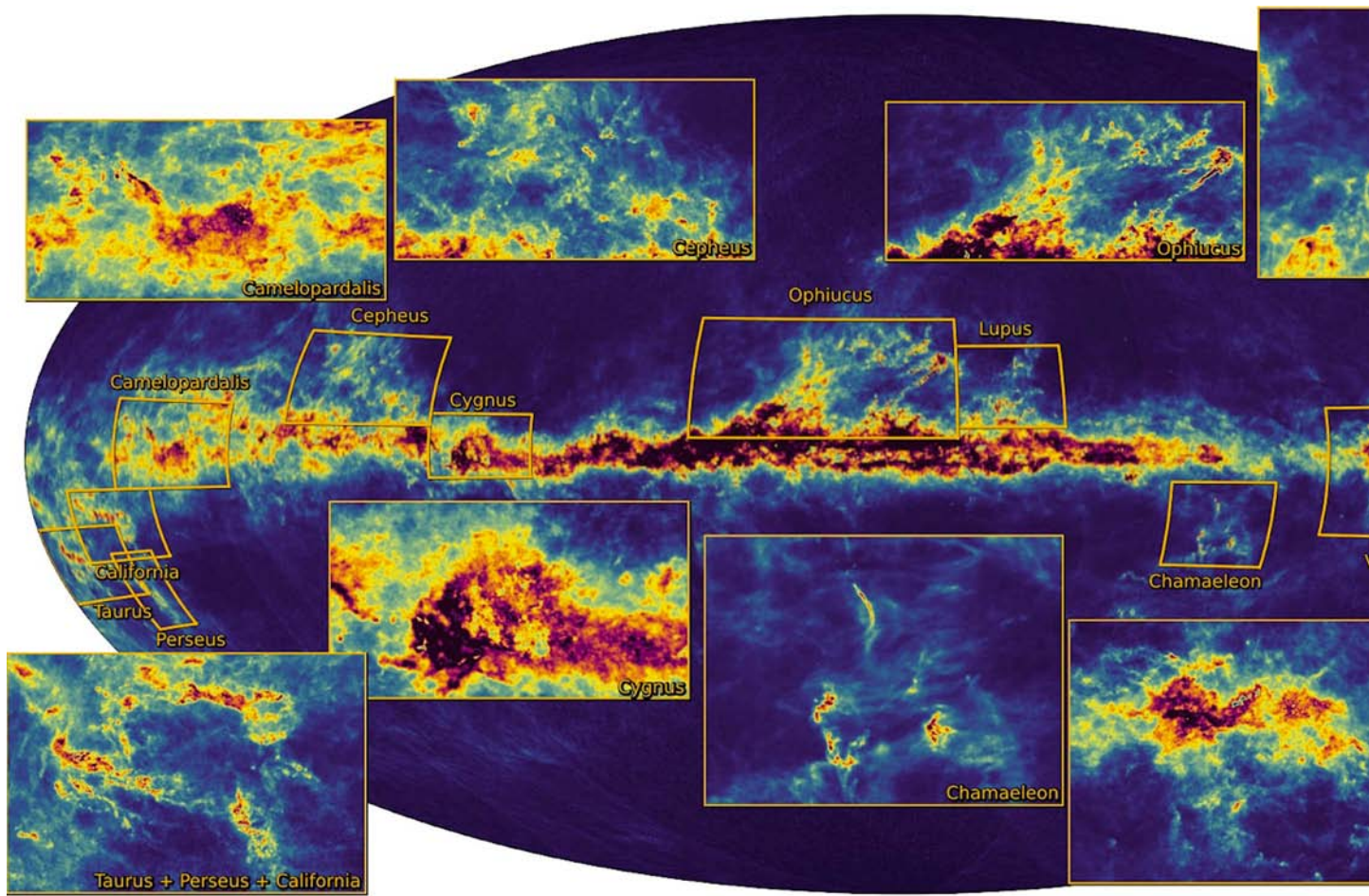


圖7. Gaia DR3的全天星光消光分布圖。從藍到紅表示消光值越來越大，如果是可見光觀測消光值大的區域，觀測到的恆星亮度會比實際上暗的許多。Gaia DR3使用了大約4.7億顆恆星建構出此分布圖，其中有幾個放大區域是已知的恆星形成區。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

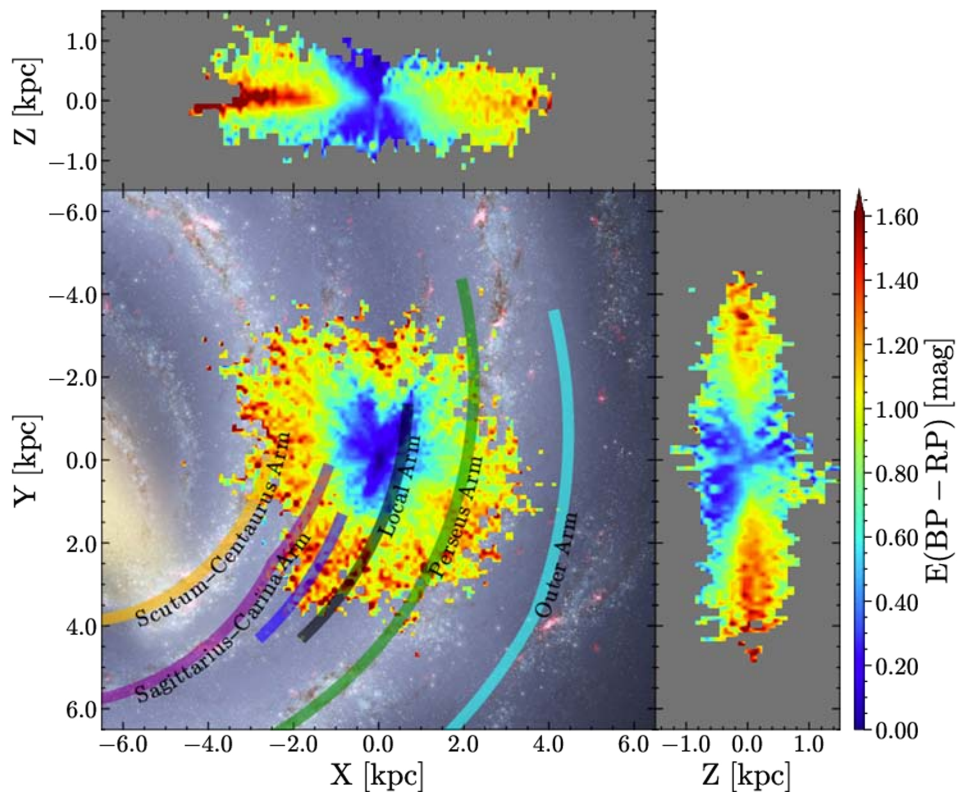
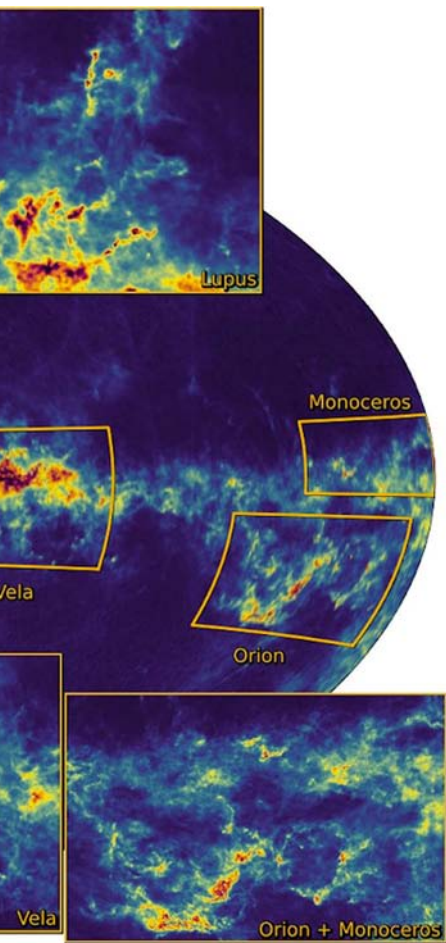


圖8. Gaia DR3的三維消光分布圖。背景銀河系是藝術家想像圖，銀河系旋臂是目前天文學家公認的位置。太陽位於中心，銀河中心位於太陽左側約8kpc的位置。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO



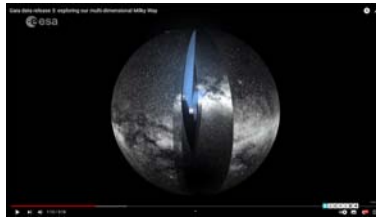
參考資料：

<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/data-release-3>

<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3-stories>

林建爭：美國夏威夷大學天文研究所泛星計畫博士後研究員
王品方校稿：美國夏威夷專案文物修復師

YouTube相關影片：



Gaia data release 3: exploring our multi-dimensional Milky Way
<https://www.youtube.com/watch?v=x6MGF0BhckE>



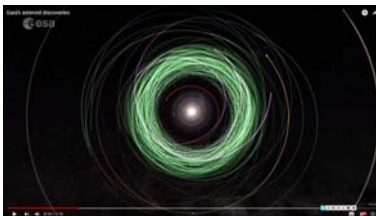
Zoom into the Milky Way
https://www.youtube.com/watch?v=BC9mBhgV_b8



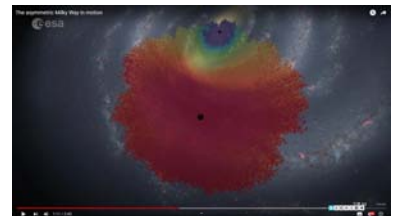
Orbits of the nearby stars around the galaxy
<https://www.youtube.com/watch?v=z6xdKs9KICQ>



Gaia's stellar motion for the next 1.6 million years
<https://www.youtube.com/watch?v=hNGC8qDEntM>



Gaia's asteroid discoveries
<https://www.youtube.com/watch?v=4jIpWheMklU>



The asymmetric Milky Way in motion
<https://www.youtube.com/watch?v=S9ipbsdxwvA>



The chemistry of our Milky Way
<https://www.youtube.com/watch?v=L7WnIJEJXFo>



Gaia's extinction map □ Gaia Data Release 3)
<https://www.youtube.com/watch?v=aOevXQqLRgE>