

文/ 李見修

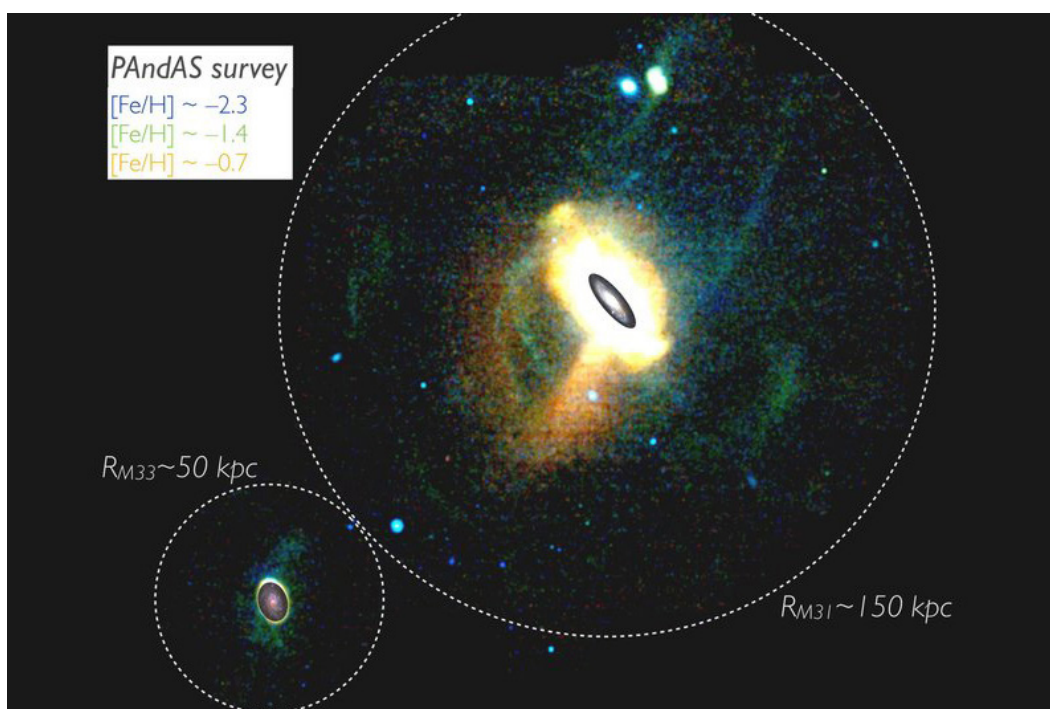
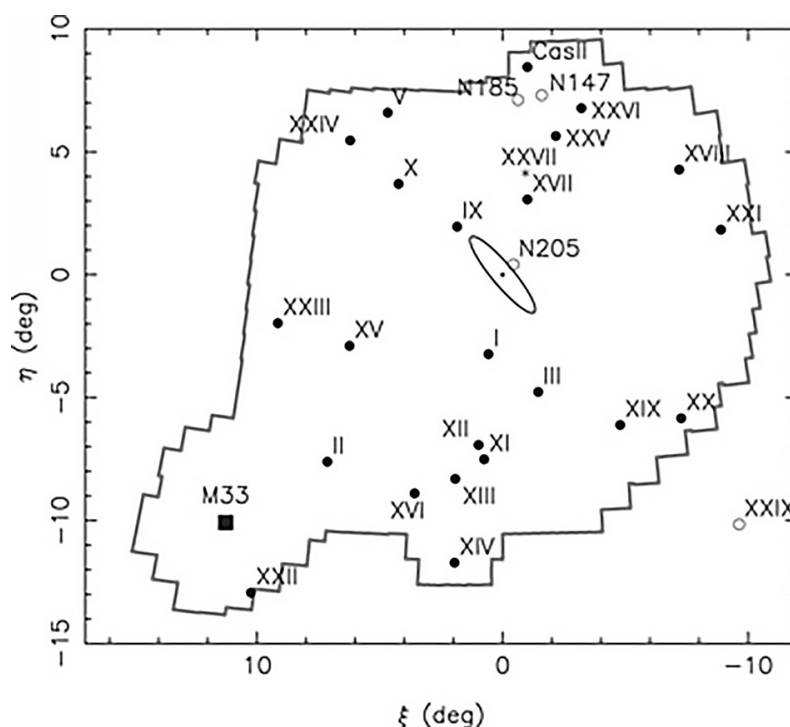
仙女座星系的前世今生

現在

在浩瀚無垠的宇宙中，仙女座星系是離我們最近的螺旋星系，讓我們能夠近距離的觀察星系的形成與演化。

在天文學上，我們依星系的形狀，將它們大略分成螺旋星系以及橢圓星系。星系在形成的過程中會不斷吞噬其他較小的星系，慢慢長大。而巨大的橢圓星系則是由螺旋星系彼此碰撞合併的產物。在吞噬的過程中，我們會看到被吞噬的星系留下殘骸，散落在大星系的銀暈之中，就好像邊走路邊啃麵包，一路留下麵包屑一樣。

早在2001年，天文學家們使用位於西班牙加納利群島的2.5米艾薩克牛頓望遠鏡（Isaac Newton



圖一、
↑熊貓計畫所搜尋的天區，以及找到的矮星系。

←熊貓計劃透過數星的方式，找到的星流。較大的圓形虛線標出所搜尋的仙女座星系銀暈範圍，在仙女座星系下方偏左的是巨大的星流。

圖片來源：<http://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/833/2/167>

Telescope)，搭配30x30平方角分的相機，透過數星星的方式，發現在仙女座星系的銀暈有一道巨大星流，為仙女座星系吞噬其他星系提供有力的證據。

基於這個發現，天文學家們對仙女座星系的銀暈進行地毯式的搜索，企圖找到其他的星系殘骸。但是仙女座星系的銀暈範圍極廣，裡頭的星星又黯淡，搜尋起來頗費周章。於是加拿大與法國的團隊，便發起了「熊貓計畫」（Pan-Andromeda Archeological Survey, PAndAS），使用加拿大—法國—夏威夷共同建造，位於夏威夷毛納基峰的3.6米望遠鏡，搭配1度x1度的廣角相機，對仙女座星系周遭，包括三角座星系在內約350平方度的範圍，進行詳細的觀測。

熊貓計畫不止發現更多的殘骸，還找到了數十個矮星系，提供我們仙女座星系銀暈的全貌。

過去

詳細的觀測資料，提供天文

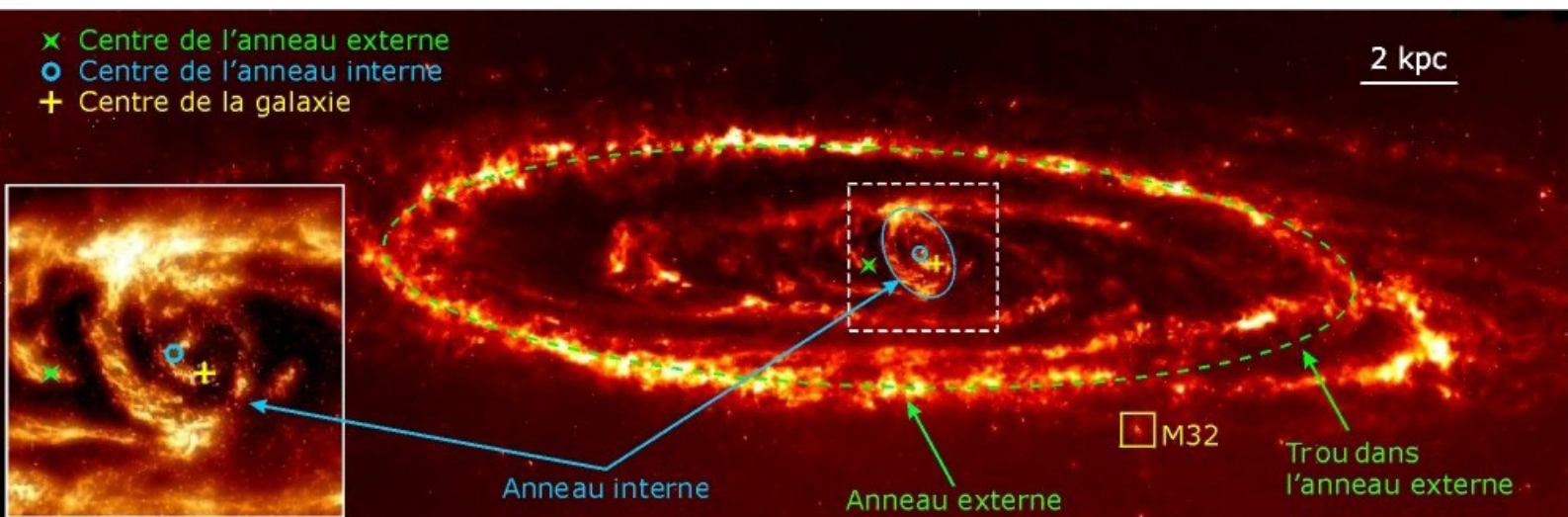
學家們探究星系吞噬過程的線索，像是被吞噬的星系到底有多大，以及吞噬發生的時間點。雖然我們沒有辦法回到過去，但是可以透過電腦模擬，來比對觀測結果，重現吞噬的過程。

舉例來說，Fardal (2006)等人就透過數值模擬，與巨大星流交叉比對，得出被吞噬的星系質量應為仙女座星系的千分之一左右。除了巨大星流之外，另一個明顯的特徵是與仙女座星系盤面非常接近的緻密矮橢圓星系M32，一般相信這是另一次吞噬過程中所留下的殘骸。Block (2006)等人就透過數值模擬的方式，比對史匹哲望遠鏡在紅外波段觀測到仙女座星系盤面上離核心10 kpc的年輕環狀恆星形成區，相信M32的前身星系，在約20億年前直接迎面撞上仙女座星系的核心，一方面促發仙女座星系10kpc的環狀恆星形成區，另一方面在碰撞過程中瓦解了M32的前身星系，僅留下M32這個緻密星系殘骸。

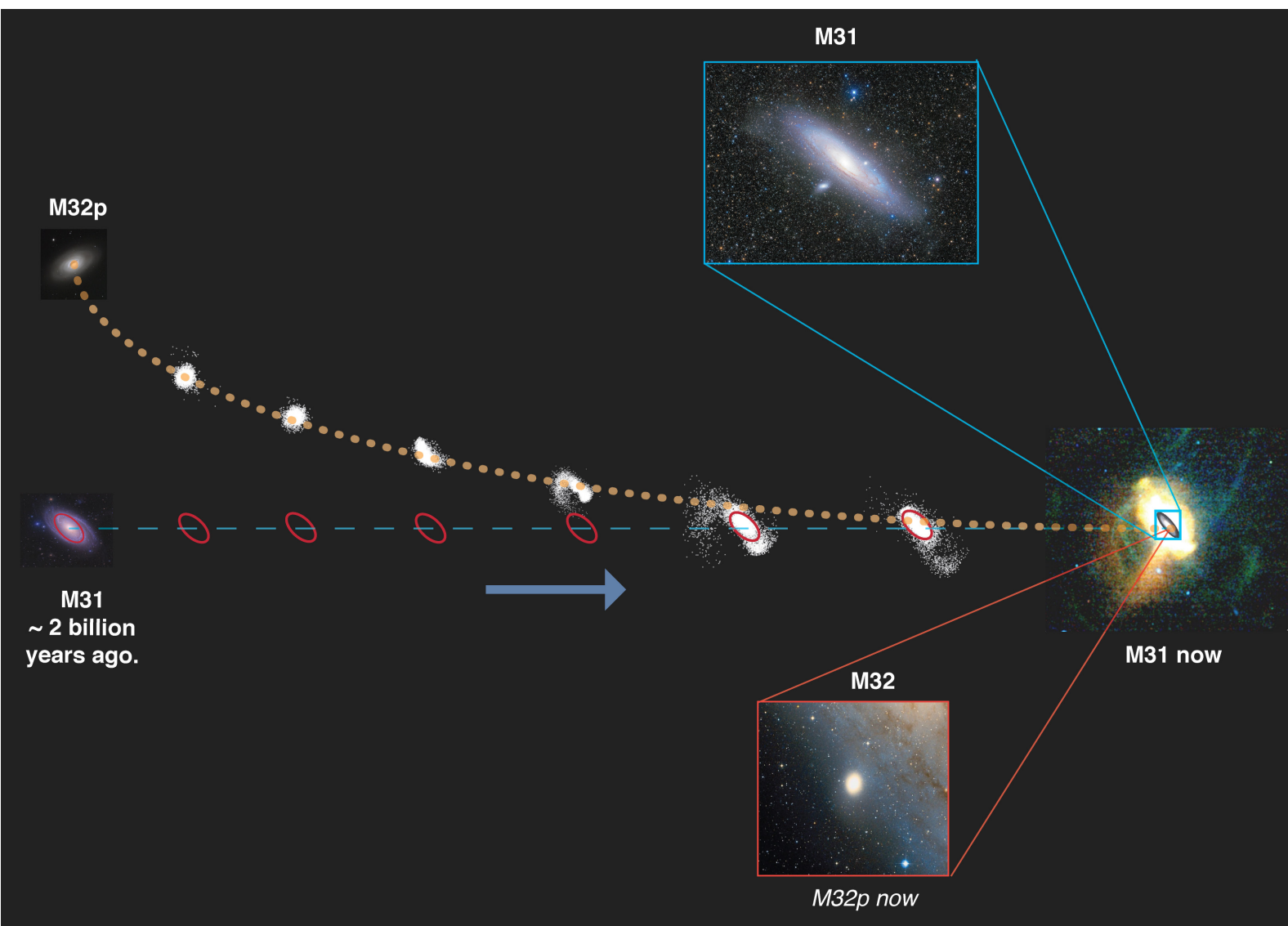
不過這些過去的數值模擬，都只集中在個別殘骸，像是巨大

星流、或是M32，而不能解釋所有觀測到的殘骸。基於此，美國密西根大學的D'Souza與Bell (2018)進行更詳細的數值模擬，試圖找到能統整解釋所有熊貓計畫觀察到的資料。根據他們最新的數值模擬交叉比對，發現巨大星流以及M32最合理的解釋，是來自單一吞噬事件：仙女座星系在20億年前吞噬了約1/10銀河系質量的螺旋星系，在吞噬過程中，這個螺旋星系的物質被拋射出，形成巨大殘骸。而螺旋星系僅存的核心，就是現在座落在仙女座盤面附近的M32。

這結果顛覆了我們對本星系群以及星系吞噬/合併的想像。首先，1/10銀河系質量的螺旋星系，其大小僅次於我們的銀河系，比三角座星系還要大。這告訴我們兩個大質量的螺旋星系彼此吞噬合併後，並不一定會直接形成橢圓星系。再者，觀測證據表明仙女座星系的盤面結構早在吞噬前就已形成，這說明即便吞噬這麼大質量的螺旋星系，也不會破壞仙女座星系的盤面結構。

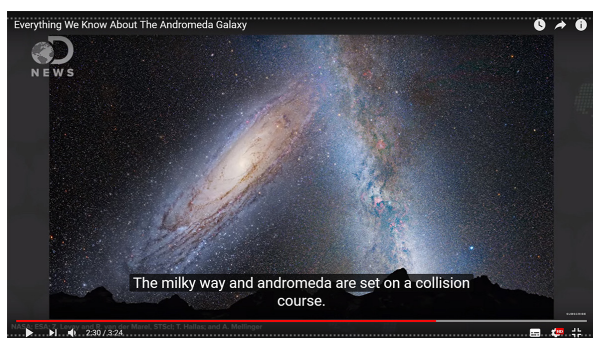


圖二、史匹哲太空望遠鏡所拍攝的仙女座星系紅外線影像。在10kpc（Outer ring）的地方出現強烈的恆星形成區，排列成環狀。圖片來源：<https://www.nature.com/articles/nature05184>



圖三、D'Souza與Bell的數值模擬結果，顯示仙女座星系與M32的前身星系遭遇與合併得過程。圖片來源：<https://sites.lsa.umich.edu/ericbell/2018/08/07/the-andromeda-galaxys-most-important-merger-about-2-billion-years-ago-likely-gave-rise-to-m32/>。圖片中仙女座星系的影像是由中研院天文所王為豪研究員所提供。

YouTube相關影片：



關於仙女座星系

<https://www.youtube.com/watch?v=TrUq1F4ImXc>



仙女座與銀河的邂逅

<https://www.youtube.com/watch?v=qnYCpQyRp-4&t=31s>

未來

透過觀測與模擬，我們發現仙女座星系不斷的在吞噬或大或小的其他星系。而這個過程也將持續下去。

事實上，van der Marel (2012)等人透過哈伯望遠鏡的超高解析度相機，分析了仙女座星系的運動，發現它正不斷地朝銀河系前進，並且將在38億年後與銀河系碰撞合併。而在約40億年後，我們將看不到仙女座星系或是銀河系，而只剩下一個橢圓星系。不過不用擔心，雖然兩個星

系碰撞，但是星系裡面的個別恆星其實距離極遠，所以太陽（以及地球）不會因此毀滅。屆時的夜空將會非常精彩—前提是人類文明還能存續到那個時候。

參考資料

仙女座星系巨大星流：Ibata et al. (2001), *Nature*, 412, 49

熊貓計畫：McConnachie et al. (2009), *Nature*, 461, 66

Fardal等人的巨大星流模擬：Fardal et al. (2006), *MNRAS*, 366, 1012

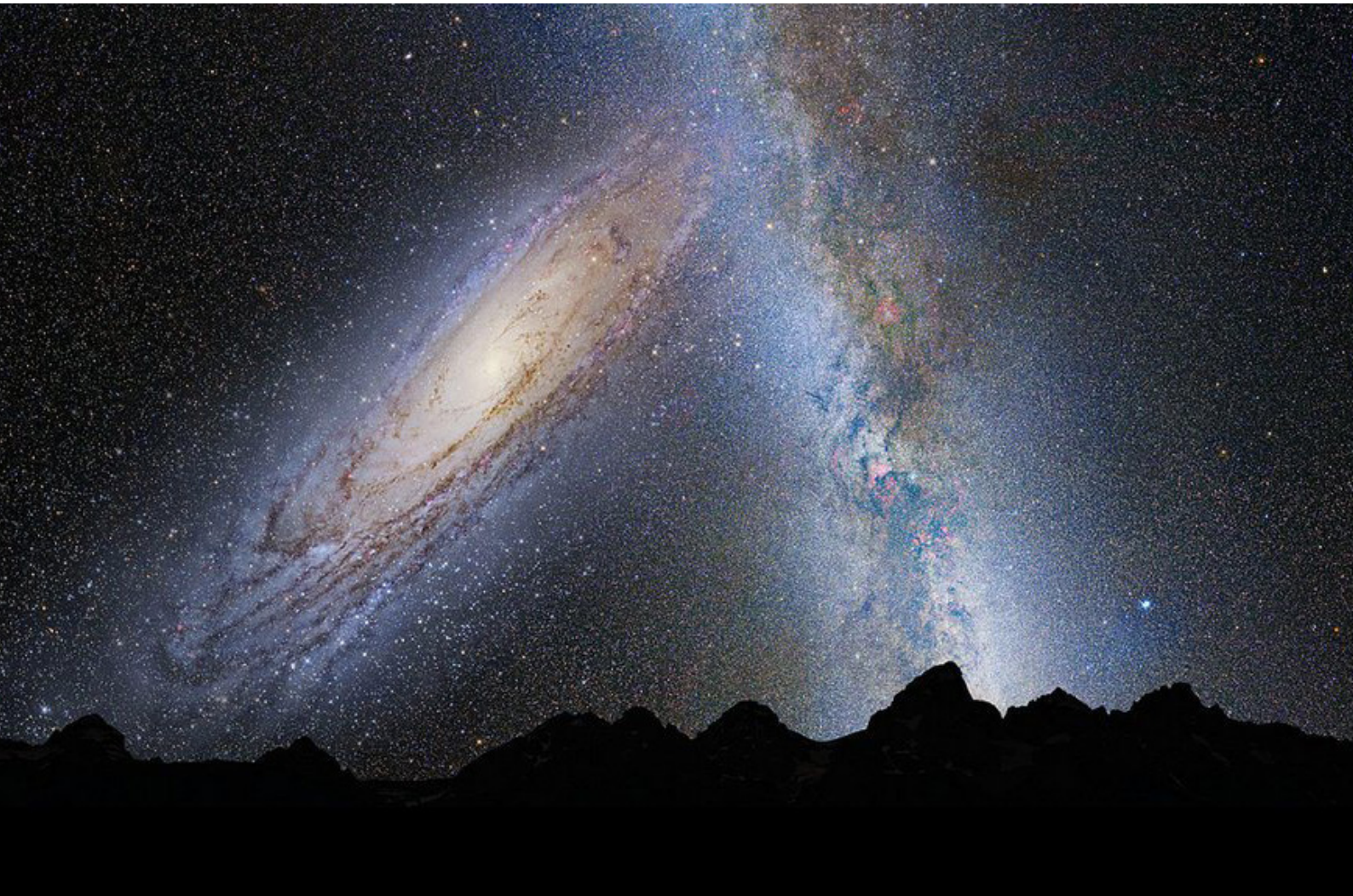
Block等人的仙女座星系與M32碰

撞模擬：Block et al. (2006), *Nature*, 443, 832

D' Souza與Bell的模擬：D' Souza & Bell, (2018), *Nature Astronomy*, 2, 737

Van der Marel等人的仙女座星系與銀河系碰撞預測：van der Marel et al. (2012), *ApJ*, 753, 9

李見修：現任美國國家光學天文臺助理科學家



圖四、37.5億年後，仙女座星系將與銀河系碰撞。圖片為屆時地球上所看到的夜空想像圖。圖片來源：NASA; ESA; Z. Levay and R. van der Marel, STScI; T. Hallas; and A. Mellinger。 https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/milky-way-collide.html