

踏上

探索 宇宙奧秘之旅

文 / 許淵明

歷經

了兩年半，從開始進入中研院天文所到論文正式刊登。

這是

一個推敲宇宙之理的過程，也是個探究自我人生方向的旅途。

作者介紹：

臺大物理系，許淵明。升大二暑假進入中央研究院天文及天文物理研究所參與暑期計畫，研究領域為星系演化與星際塵埃，並於大四時發表論文於皇家天文學會月報。

- 緣起 - 進入中研院天文所

想做研究就必須先了解學術研究在做甚麼，參加學術活動是一個接近學術界很好的方式。以天文物理學為例：系學會所舉辦的教師座談會、中研院天文所給大學生的演講等等，都是能讓大家接觸教授、研究員的好機會。我就是在參與後者時認識了我的老闆——平下博之研究員。

中研院天文所每年暑假都會有開給大學生的暑期計畫，在為期八週的時間跟著研究員進行專題研究，研究內容通常是老闆研究領域內主題的延伸。除了練習進行學術研究以外，因為所上有滿大一部分比例的外籍人員，以英語交流是很常見的一件事，因此參與計畫也是練習英語的好機會。最後，這個計畫也提供還不錯的補助，用以支付在台北的生活所需。對於已經在台北生活的台大學生而言，因為很可能不須額外租屋，補助金也是一筆還不錯的額外收入。我在暑期計畫中的研究主題，是關於高紅移星系中星際塵埃的粒徑分布組成對其星系消光性質的影響，也是日後我發表論文的主題。

這個研究利用 IllustrisTNG 宇宙學模擬中的高紅移星系作為樣本，再以塵埃演化模型中不同生成來源的塵埃的粒徑分布作為變量進行輻射傳遞模擬，藉此得到不同塵埃在該星系的消光曲線與消光係數。希望藉由比較模型計算與真實觀測所得的消光係數，我們能揭示早期宇宙中星際塵埃的形成機制，進而對星系的演化有更深入的了解。技術細節上，我要利用中研院天文所的計算主機進行模擬計算，建立一個高效的工作流程，利用有限的計算資源完成模擬。

在暑期計畫結束後，我的老闆詢問我是否有將研究內容寫成論文發表的意願，我欣然接受了。畢竟一來可以累積自己的學術經驗與技能，為未來出國深造做準備；二來有優渥的薪餉可以支撐自己其他興趣的開銷。一石二鳥，何樂而不為？

- 旅程 -

學術研究與技能組

如果說要我列舉進行學術研究工作最重要的三項技能，我會說是電腦使用能力（包括程式撰寫）、口語表達能力、文句撰寫能力。

對於電腦使用能力——包含撰寫程式、使用終端機、建立工作流程。寫程式的部分應該不用多說，不管是分析實驗數據還是跑模擬都要用程式分析。除了自己從頭開發外，使用別人開發的套件、應用程式介面也是很重要的，畢竟使用現成且經過驗證的程式可以為我們省下不少功夫。使用終端機是指有辦法使用 Linux / Unix 等系統，並且能活用批次檔進行批次執行。因為許多分析計算（尤其是跑模擬）所需要的計算量都十分龐大，個人電腦很難達到效能需求。這時就會需要使用計算主機，而他們通常使用 Linux 作為作業系統，並且沒有圖形化介面。最後是建立工作流程（work flow），大家對這個詞可能較為陌生，工作流程是指把一組輸入變成一組輸出的過程，例如把儀器讀出的實驗數據處理成待測的物理量含誤差值，或是把一組初始條件變成模擬結果的影像並自動以相對應格式的檔案名稱儲存於特定資料夾。建立良好工作流程的好處是可以避免不必要的人為失誤，並可以增加工作效率。對於學習這些技能，我認為最好的方式是直接去做與請教他人。通常第一次會耗費十分龐大的時間而且成果不甚明朗，但再多嘗試幾次就會漸入佳境。這算是一個學習門檻高，但效益巨大的技能。

對於口語表達能力，我認為最重要的目標是要能達成有效的溝通，讓他人知道你研究的內容，並回答他人的疑問。對於同學們而言，語言上最大的障礙通常會是不敢去說。我認為要克服這個障礙，最直接的方法就是放膽開口說就對了，不用管文法對不對，遇到卡住講不出來的詞就當場用翻譯查。只要你展現出積極的態度，通常對方是會有耐心去聽的。況且對方也很可能不是英語母語者，甚至英文能力也不是很好。所以真的只要拼湊詞彙能達成溝通就好。

對於文句撰寫能力，這主要是在將研究成果寫成論文時會用到。如同中文一般，撰寫論文要使用正式的用詞構句，因此語句會與口語差異甚大。要學習學術論文的行文方式，最好的方式是大量閱讀同領域的其他論文，觀察它們的架構、語句等等。這樣除了能幫助我們習慣學術論文的文體，更能使我們更了解該領域的發展和透過他人的引用認識至關重要的論文，甚至能藉由閱讀他人的研究方式發現自己研究的盲點。

對於我個人而言，除了程式撰寫能力之外，其他能力幾乎都是藉由在中研院的研究工作學到的。對比起台大提供的課程，我覺得實際進行研究工作是學習這些技能的最好方法。只要有心學習，不太需要擔心自己因為技能不足而無法勝任工作。正當一切都有條不紊的進行時，看似從暑期計畫開始只要一年多的時間就能將論文發表，但事情沒有想像中的順利……

的順利……

- 中繼站 -

克服困難與挫折

就在大三上學期，論文幾乎接近完成之時，我一時興起決定來從頭到尾檢查工作流程的每個細節。接著，就在一個不起眼的角落，我發現一個參數設定錯誤，讓模擬的換算差了 5.5 倍，最後導致星際塵埃的密度增加了 1000 倍之多……於是，整篇論文的結論、討論都要重寫，所有模擬也要重新跑一遍。

這時候良好的工作流程就派上用場了。將單位換算係數修正以後，我只要調出過往模擬執行紀錄裡的參數組，就能輕鬆的把多種參數組合重新執行一次。執行後對照結果，發現解釋數據的方法變得合理許多，也跟其他論文有更類似的結果。這時候「只要」把大半論文以新的結果重新撰寫就完成了。

比起能力上的不足，更多是心裡對自我的懷疑。不知道大家有沒有發現一件很奇怪的事——即使在產出的成果完全是出於單位換算嚴重錯誤的初始條件的情況下，我還是能完成一篇完整的論文。那這樣我的研究到底有甚麼意義？即使我已經做了許多檢驗，例如檢查各種收斂性與能量守恆等等，我又要怎麼知道我重新跑過的成果是科學上正確的？這個問題困擾了我許久，也讓我喪失了持續進行研究工作的動力。最後我的解答是：因為研究的系統過於複雜，我們總是要先做出許多假設以擬定大方向，等待觀測資料越來越齊全與精細以後，再對那些大致訂出的假設做微調，而這可能需要整個學界好幾十年的時間來達成。畢竟我研究的系統不是自由落體或單擺，而是一種複雜系統。我當然不應該期望我能在短短幾年內就找出一條簡單的關係式去解釋系統。非常大機率的，我的論文最後只會成為茫茫論文海中微不足道的一篇，但不代表這是沒有貢獻的，這篇論文依舊會提供其他學術工作者些許參考價值，代表著有那麼一個人曾經嘗試了這種方法得到這種結論。這是學術研究的必經之路。

- 尾聲 - 發表論文

再延宕了一年，升大四暑假，我將論文初稿投給期刊，並且在過了一個多月後得到審查結果，還好只是一些很溫和的建議與疑問。接著又再花了兩個月把一些驗證做好以回應同儕審查的提問。然後再過了一個多月被通知論文已被期刊接受。最後是期刊的編輯會校稿，把我的錯字跟文法錯誤改掉。從初稿投稿到正式刊登大概花了半年，終於在 2023 年 1 月 3 日，我的第一篇論文〈**Effects of dust sources on dust attenuation properties in IllustrisTNG galaxies at $z \sim 7$** 〉發表於 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society。在得知終於正式發表的那一刻，心情不如想像中的雀躍，而竟是：終於告一個段落了啊！

- 後話 - 再啟程

走上了學術這條道路後，怎麼樣才算是成功呢？我們的社會對於成功的定義無不是爬到高位、走到「最後」。但對於現在的我而言，成功是開心的走著自己想走的路，將精力付出於自己認為有意義的事上；成功的走在學術路上不一定要走到當上教授、研究員直到退休，而是在這條路上看見不一樣的風景，並體驗站在人類知識前緣的感受。若走累了或覺得無趣，暫時或永久離開也無妨呀～

我的下一步要走向哪裡還充滿了未知，要繼續做天文嗎？要直接出國讀博士班嗎？我不知道，但我的人生因為充滿不確定性而更令我期待。