

天生斜槓的數學物理學家 ——專訪程之寧

原文刊登於《研之有物》，中央研究院同意本刊轉載。

<https://research.sinica.edu.tw/mathematics-physics-miranda-cheng/>

採訪撰文：郭雅欣·簡克志

美術設計：林洵安·蔡宛潔

在學術與搖滾的多重維度上行走

還記得美劇《The Big Bang Theory》嗎？劇中常常出現的物理名詞「弦論」，是描述物理世界基本結構的理論。中央研究院「研之有物」專訪院內數學研究所程之寧研究員，她正是研究弦論的科學家，也是熱愛音樂的搖滾樂團鼓手，這種跨領域身份並不衝突，兩邊都需要創造力與紀律。由於天生斜槓的性格，讓程之寧在數學和物理領域大展身手，透過數學的深入探討，她試圖將弦論更往前推進。最近程之寧更跨足到人工智慧領域，為學界提供理論物理上的貢獻。



中研院數學所程之寧研究員，主要研究 $K3$ 曲面（特殊的四維空間）的弦論，她發現模函數和有限對稱群之間有 23 個新的數學關聯，稱之為「伴影月光猜想」（Umbral Moonshine）。圖來源：研之有物。

萬有理論和難以捉摸的「月光」

世界從那裡來呢？物理世界的本質是什麼呢？回答這樣的大哉問，一直是理論物理學家所追求的目標。從牛頓力學（日常應用）、廣義相對論（探討很重的物質）到量子力學（探討很小的物質），隨著物理學不斷發展，我們似乎一步步接近答案，但至今卻還未走到終點。

舉例來說，如果有個東西很重又很小，就像「黑洞」，或是大爆炸時的宇宙，我們要怎麼用數學描述？於是科學家試圖整合廣義相對論和量子力學，找出所謂的「萬有理論」（Theory of Everything）— 能完全解釋物理世界基本結構的核心理論。

程之寧研究的「弦論」就企圖發展成這樣一個萬有理論。弦論一如其名的「玄妙」，它設定宇宙所有的粒子都是由一段段「能量弦線」所組成，每一種基本粒子的振動模式不同，產生不同的粒子特性。

「人類一直以來的夢想之一就是，如果能用一句話解釋所有事情，那該有多麼美好。」中研院數學所研究員程之寧說道。

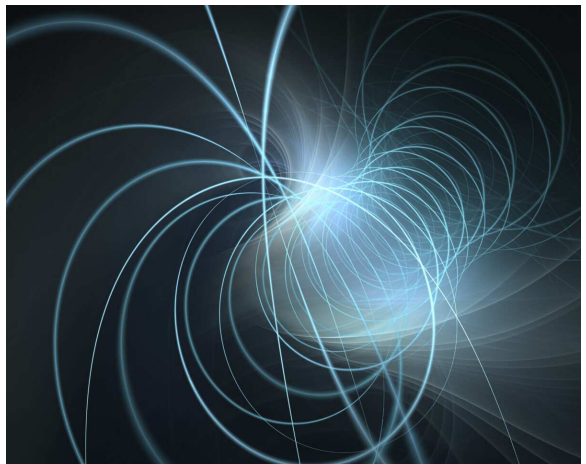
程之寧的研究牽涉到數學上的「月光猜想」（Moonshine）與弦論中 $K3$ 曲面的連結。月光猜想是存在於模函數係數與特殊群之間的數學關聯，程之寧與其研究夥伴共發現了 23 個新的關連，並稱之為「伴影月光猜想」（Umbral Moonshine）。

基於弦論的假設，我們的世界是十維的，除了人們在日常生活中可以感知到的 3+1 維（空間+時間），還有六維是因為尺寸太小而無法用肉眼觀察的，這些看不到的維度影響著物理世界，最終也產生了我們這個物理世界所需的各種條件與特性。

綜觀程之寧的研究，橫跨了物理與數學兩個領域，她笑稱自己「天生斜槓」。在學術上，程之寧原先喜歡文學，之後卻走上數理研究的道路；在音樂上，程之寧喜愛搖滾樂，至今仍在自己的樂團裡擔任鼓手。

她如何看待自己一路走來的各種轉折？游徇在數學與物理之間，她又對這兩個領域的連結有怎樣的體會？在與「研之有物」的訪談中，程之寧侃侃而談她的經歷、想法，以及對學術研究的熱忱所在。

在弦論的設定中，宇宙所有的粒子都是由一段段「能量弦線」所組成，每一種基本粒子的振動模式不同，產生不同的粒子特性。圖來源：iStock。



郭雅欣 (以下簡稱「郭」): 請問您是如何對數學及物理產生興趣? 從何時開始?

程之寧 (以下簡稱「程」): 一開始考大學時, 其實我想去念中文系 (笑)。不過, 因為我高中是選理組, 而且只念了一兩年, 對文科考試比較沒把握, 加上對工程科系沒興趣, 最後就選擇臺大物理系就讀。

後來發生兩個轉折, 第一個是我很認真的去修了大學中文系的課, 結果發現真的沒有想像中容易。第二個就是我發現物理系的課還蠻有趣的, 像量子力學和相對論, 讓我覺得還想再多學一點、多知道一點。

我開始覺得如果念完臺大物理系就停下來, 好像有一種小說沒讀完的感覺, 所以就想繼續讀碩士班。那時還沒有覺得自己會走上學術研究的路, 單純抱著想把故事看完的想法。

郭: 後來是如何接觸到弦論? 弦論是如何引起您的興趣?

程: 後來我去荷蘭念碩士, 指導教授是諾貝爾物理獎得主 Gerard 't Hooft。他其實蠻不認同弦論, 但他對於如何處理量子力學與相對論很有興趣。

當時 't Hooft 教授在建議我碩士題目時就說: 「你也知道我不太認為弦論是一條正確的道路, 不過聽說弦論最近真的在量子重力這一塊有一些成果。不如妳去讀一讀, 看看是不是真的有一些東西在那裡, 也可以比較一下其他量子重力理論。」

在我很認真的比較各個量子重力理論之後, 就變成弦論派了 (笑)。¹ 't Hooft 教授對此也保持開放態度, 他有幾個不錯的博士生後來也變成弦論學家, 之後我在 Erik Verlinde 的指導下念博士時, 就完全以弦論為研究主題了。

郭: 研究理論物理會影響您對現實世界的理解嗎?

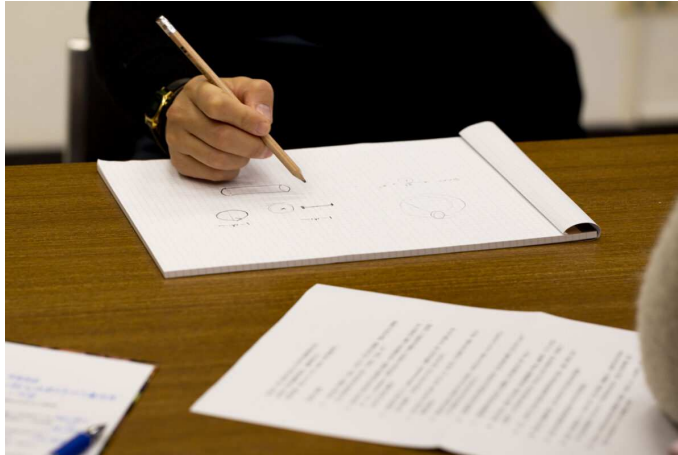
程: 蠻多人會問我說, 妳學了量子力學, 是不是就會比較了解這個世界不是非黑即白? 或問我量子力學跟宗教是不是有關? 可是我覺得我分得很開, 我不會去做這樣的連結, 我還是活在現實裡, 走路時大部分都在專注於自己不要跌倒之類的。

如果真的要講, 我蠻感激我們的存在, 因為我所學的東西讓我知道這是沒有必然性的。我們能這樣以一種人形的很奇怪的生物的形式存在, 然後在這樣一個環境過一輩子, 是機率很低的事情, 而且我還蠻開心我是當人, 而不是奇怪的阿米巴蟲或外星生物! 有些人會從這裡連結到宗教或轉世, 但我不會, 我就停在這裡。

郭: 來談談您的研究, 伴影月光猜想與 $K3$ 曲面弦論之間是什麼關係?

程: 弦論中有很多的可能性, 我們可以挑選特定的四維, 然後假設這四維空間是個 $K3$ 曲面。例如說, 我們可以把兩個甜甜圈乘起來, 在上面做特殊的奇異點, 來製造出一個 $K3$ 曲面。這個曲面有一些很有趣的對稱性。從弦論的角度來講, 我們可以透過這個過程, 找出一個解釋為何有伴影月光猜想的框架。

「把維度乘起來」這個概念很難想像，但這在數學上是成立的。我舉例一個我們能想像的「乘起來」：如果有一個空間是一條線，另一個空間是一個圓，乘起來就變成一個圓柱形，從一個方向剖面可以切出圓，另一個方向則切出線。而在數學上，不管幾維，能不能在紙上畫的出來，都可以這樣操作。



程之寧向「研之有物」採訪團隊解釋「把維度乘起來」的概念。圖來源：研之有物。

郭：如何透過計算，發現捉摸不定的「月光」？

程：有時候這看似湊巧，一個數學上的函數正好就是弦論某個問題的答案。但其實並不是真的那麼巧，弦論看起來很有彈性，好像什麼都可以解釋，但它其實有非常多結構及限制。

當我在計算一個弦論理論時，它的內部結構可能原本就具有某些特定的性質，然後我再去觀察數學中，有這樣性質的函數可能就只有一兩個，只要再初步算一下，就能知道哪一個是答案。弦論學家日常的計算常常是這樣的，所以這是巧合嗎？是也不是。

郭：您曾經發現 23 個新的伴影月光猜想，您對這類題目特別有興趣嗎？

程：我覺得數學有兩種，有些數學家喜歡系統性的事情，就像蓋房子一樣，在數學裡建造一個很美麗、非常有系統性的結構，可以把很多事情都放入這個結構來理解。

另一種比較少數的，就是喜歡獵奇，去收集分類奇奇怪怪的特殊東西，例如有這些性質的函數在哪裡？可能你算出來就是 5 個，你也不知道為什麼。月光猜想很明顯就屬於這一類。

兩種的樂趣感覺是不一樣的，我覺得應該都很棒，但我可能是屬於偏好獵奇的這種。

郭：您的研究連結了物理上的弦論與數學上的月光猜想，您怎麼看待這兩個知識體系的互動？

程：弦論是一個需要很多數學理論配合的物理理論，它是一個有點繁複的框架，我們什麼都要會一些，才能看懂這個理論。當你把許多不一樣的學門的知識加起來，有時候就會在某一個學

門——例如幾何——有意想不到的收穫。

弦論在數學上也扮演探索與找尋新方向的角色，讓數學家有新的發現。雖然最後數學定理的證明還是得仰賴傳統數學方法，但在這二三十年間，我們一直從弦論身上找尋數學研究的新方向或有趣的猜想，看到了弦論與數學之間的互動。



數學家有兩種，一種人喜歡建立美麗又有系統性的結構，另一種人喜歡尋找和收集奇怪特殊的數學物件（比如函數），程之寧表示自己屬於後者。圖來源：研之有物。

郭：剛才一開始提到，您高中只念了一兩年，是因為對學校沒有興趣嗎？

程：其實我一直都覺得上學很無聊。我小時候臺灣教育和現在很不一樣，一班 50 幾個人，老師必須盡量軍事化管理，大家最好都一模一樣，比較好管理。我和學校一直處於互相磨合的狀況，我自認已經努力配合學校，但學校一直覺得我在反抗，這可能是一個認知上的差別。舉例來說，我小學的時候不想睡午覺，可是老師說大家都一定要睡午覺，不睡午覺的人要罰抄課文，所以我早上到學校時就會把已經抄好的課文交給老師。我覺得我這樣做是在配合老師的規定，可是以老師的立場會覺得我在反抗，學校教育中我遇到了很多類似的情況。還有就是不喜歡高中的升學氛圍，同學和老師好像都只有一個活著的目標，就是「考大學」。我當時無法習慣升學氛圍，感覺好像活在平行宇宙一樣。

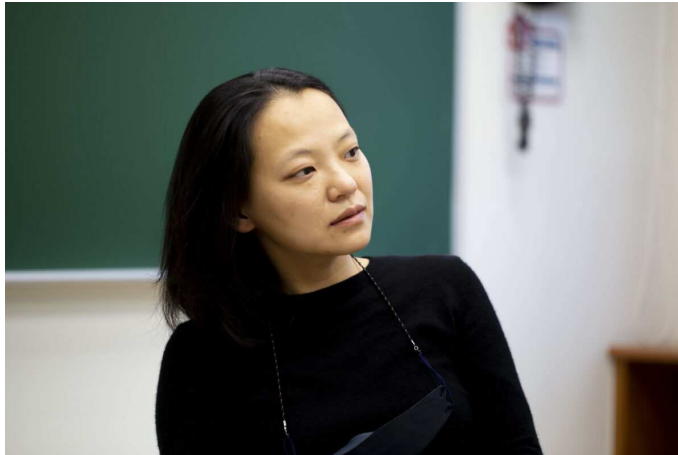
郭：高中休學後，您去唱片行工作，可否談談當時的想法？

程：我國中開始聽音樂，這是我除了看書之外的重要興趣，我也很快就喜歡上了搖滾樂。高中休學的時候，我唯一的謀生技能可能就是我對音樂的各類知識吧！所以我就去了唱片行，這是唯一一個我會做又有興趣的工作，還好那時候還有很多唱片行（笑）。

郭：對音樂的熱忱，讓您與朋友共組了樂團，並擔任鼓手。您是否比較過樂團生活和學術研究之間的異同之處？

程：有些人覺得我這樣很跳 tone，但我自己覺得還好。音樂和學術都是我發自內心覺得好玩的東西，兩者也有相同之處，例如它們都需要創造性，也都有需要了解的框架。數學需要嚴謹的證明，音樂演奏也需要遵循結構，例如不能掉拍。

音樂領域還有一點和數學類似 — 玩樂團的圈子也是以男性為主。我們樂團則是只有一個男生，其他都是女生，可能我真的天生對框架有點遲鈍，玩團之後才發現：「怎麼大家都是男生？」。



程之寧表示，學術界仍有許多性別不平等問題未受重視。圖來源：研之有物。

郭：也就是說，目前數學學術圈仍是男性主導，在研究路上，您有因為性別而感受到一些衝擊或眼光嗎？您怎麼面對？

程：有。那感覺很明顯，日復一日地要去面對，尤其是年紀還比較輕、還必須每一天去證明自己的能力的時候，特別有感。

我遇到時的反應就是，在心裡暗罵一句髒話，然後繼續做我要做的事。我不會想改變別人的想法，感覺那是浪費時間，就算環境給我的阻礙是這樣，我還是繼續去做該做的事。

可是有些事情沒那麼簡單，現在我也當過老師，有時候會看到年輕女生在學術界因為性別而被欺負，或遭到不公平待遇、甚至騷擾。

對此我感到心痛，覺得為何我們學術領域還是這樣的狀況？甚至為什麼性騷擾至今還是一個議題？可以確定的是，學術界許多性別不平等問題未受到重視。

郭：您現在已經有傑出的研究成果，還會因為性別而遭受質疑嗎？

程：我現在比較會遇到一個狀況反而是來自學生的質疑。我在荷蘭阿姆斯特丹大學教書時，有時候學生會因為我是女教授，而且我的外表在許多歐洲人眼中看起來就像小妹妹，所以比較容易去挑我的毛病。

在課堂上，下面坐的可能都是男學生，只有一兩個女學生，那個氣氛就會變得很奇怪。例如說偶爾會聽到學生評論我的身材或樣貌。

我有和其他一些在歐洲或美國的女性教授聊過這樣的問題，似乎不少人都有類似的不太愉快的經驗。感覺不是很好。

郭：看到您最近的研究和人工智慧(AI)有關，為何會想往這個方向發展？

程：我有兩個動機。一個就是我真的想深入了解人工智慧。我也可以像普羅大眾，看看 AI 下圍棋，讚嘆「哇！好厲害！」這樣就好，可是我覺得我一定可以真的去理解它，這可能就是數學家的自大吧！

另一方面，我知道對科學研究來說，未來 AI 將會是一個非常重要的工具。這是「在職訓練」的概念，我可能會用到這個新工具，或以後我可能會需要教這樣的課，因為學生是下一代的科學家。因為這些原因，我覺得我需要去訓練自己使用新的工具。在我的領域裡，也有一些有趣的、還沒被解答的科學問題，是 AI 有可能幫得上忙的，我看到了一些潛力。

郭：弦論和 AI 感覺差距很大，AI 也可以應用到弦論的研究嗎？

程：乍看之下，弦論的確比較抽象，也不像其他許多實驗會產生大量數據。但其實弦論有大量的可能性，我認為使用 AI 來在這些巨量的可能性當中搜尋特別有趣的理論，是一個有潛力能夠加深我們對弦論理解的新的研究方法。

而且 AI 的應用絕不僅限於巨量資料。如果是面對一些比較新的挑戰，在沒有現成的演算法可以用的情形之下，可以自己做出需要的功能嗎？這過程我覺得也非常很有趣，而且應該是會有成果的一條路。這種不是那麼顯而易見的事情，我覺得很有挑戰性，也蠻好玩的。

除了用 AI 來幫助物理跟數學的研究之外，我也試著物理研究當做靈感來源，找出新的 AI 的可能性，我覺得這也是一個很有趣的研究方向。我現在有和 AI 的學者合作，嘗試做出一些創新的演算法，真的還蠻有趣的。

郭：AI 對您而言是全新的領域，您如何面對跨領域遇到的門檻？

程：一開始會覺得真的要去碰這個新的領域嗎？其實現在也還是偶爾會有這樣的懷疑。我在弦論領域可能已經是專家，但去了一個新的領域，我學得不會比二十歲的人快，要怎麼去跟人家競爭？是不是在浪費時間？

但也會想，與其想這麼多，不如先做再說。到目前為止我做了兩年多，感覺還蠻好的，我有學到東西，也有做出小小的貢獻。

其實我還蠻感激有這樣的學習機會。對我來說當科學家最大的好處就是，去搞懂一個新的東西就是工作的一部分。當科學家雖然蠻辛苦，但就結果論來說，我還蠻開心能當一位科學家！