

## 有朋自遠方來——專訪

### John Ball 教授



策 劃：劉太平

訪 問：劉太平、劉豐哲

時 間：民國 106 年 10 月 17 日

地 點：中央研究院數學研究所

整 理：李宣北

John Ball 教授 1948 年出生於英國薩里 (Surrey)。1969 年劍橋大學 (University of Cambridge) 學士, 1972 年薩塞克斯大學 (University of Sussex) 博士。曾受聘於 Heriot-Watt 等大學, 現為牛津大學講座教授。2003~2006 年任國際數學聯盟主席。2006 年受封英國爵士, 並得各項殊榮。Ball 教授在彈性力學與變分法, 以及材料力學的應用有重要的貢獻。由本次訪問中可約略得知其研究歷程, 和對第三世界科學研究的關注。

劉太平 (以下簡稱「劉」): 我還在回味你剛才的演講, 內容非常豐富, 你做變分學的研究有一段時間了?

John Ball (以下簡稱「B」): 嗯, 大概從 1973 年開始。

劉: 我記得早期你花了許多心力在 Morrey (Charles B. Morrey Jr., 1907~1984, 美國數學家, 在變分學及偏微分方程有根本的貢獻) 的工作上, 是這樣嗎?

B: 是的。

劉: 見過他?

B: 沒有。很遺憾, 1979~80 我在 Berkeley 那年, 他已經罹患失智。說來感傷, 有天我在數學系的信箱室裡看到 Morrey 所有的論文抽印本, 我拿了其中關於擬凸性 (quasi-convexity) 的論文, 但是從來沒見過他。

劉: 不過多年後, 你們針對他這項重要工作舉辦了學術研討會。

B: 是的, 是我在普林斯頓高等研究所那年。

劉: Morrey 發現了什麼那麼重要?

B: 從歷史的角度看, 可以說我在某種意義上重新發現了他的工作。我指的是他 1950 年的一篇論文以及後來在 1966 年出版的書 *Multiple Integrals in the Calculus of Variations* 中的工作。這本書的素材當然很引人入勝, 事實上逐字逐句地看, 寫得很好, 但是章節錯置, 其實他在前言已經說明: 「這本書不是依照邏輯順序寫的」。所以雖然他做了這麼出色的結果, 就我所知唯一引用它的是 Minnesota 大學 Norman Meyers 的論文, 將 Morrey 的工作推廣到高階的情形。說起來這個理論很漂亮, 但卻沒有好的例子。然而我發現彈性力學是闡述這個理論恰當的例子, 因此重新引發了大家對這個理論的興趣, 現在少說也有好幾百篇關於擬凸性的論文。不過, 我們還是不清楚它到底是什麼。

劉: 所以你重新發現了 Morrey 的工作, 這個故事好! Nirenberg 在台北時說了一個故事, Morrey 在義大利演講時, 說: 「沒有這個估計就上不了二壘」, Morrey 是棒球迷, 不過似乎在座的沒人懂得上二壘是什麼意思, 義大利人無法領略。言歸正傳, 你如何踏入彈性力學的?

B: 在劍橋念大學時我不太能應付考試, 最後落得到 Sussex 大學念研究所 (說來是我運氣好)。其實, 我希望到牛津念代數, 但只拿到一年 MSc 的獎助。加上我在劍橋考試成績不佳, 想想還是不去的好, 於是我做了個應該算是膽小的決定; 我的中學老師那時在 Sussex 大學擔任講師, 他是數學家但在應用科學系任教, 為我申請到三年的獎助。於是乎, 我來到應用科學系, 展開我的研究生生涯。這位老師是做什麼的呢? 應該算是彈性力學。我開始盡我所能地閱讀有關的東西, 包括 Truesdell (Clifford Truesdell, 1919~2000, 美國數學家、自然哲學家、科學史家, 詳數學傳播 165 期「有朋自遠方來」) 的工作等等, 我讀得很起勁, 但卻毫無方向, 這裡那裡到處瞎看, 因為這位前老師顯然根本不明白怎麼做研究。幸運的是, 有位他過去的學生, 這位學生當年設法走出同樣的困境拿到學位, 或許是覺得我還堪造就, 他跑去跟應用數學部門的院長說這樣下去不行。就在這時候, David Edmunds (英國數學家, 研究分析) 在數學系主持一個微分方程的課程, 請到許多高手, 比方說 Stampacchia (1926~1978, 義大利數學家, 以在變分學、橢圓偏微分方程等方面的工作著稱)。我和另一位同學跑去聽他的課, 事實上我們得到消息晚了, 去的時候已經是第二次上課, 下課後我倆私下說: 「簡直好極了, 可惜沒趕上第一次上課, 不論如何我們得想辦法拿到那堂課的筆記。」Stampacchia 聽到了我們的對話: 「要不要我為你們再上一次第一堂課?」我們當然

說不用。但是，這是多麼非同小可的事：他們請到 Stampacchia 和 Fichera (Gaetano Fichera, 1922~1996, 義大利數學家, 研究數學分析、線性彈性、偏微分方程, 多複變分析) 這樣的大師, 即便他倆很不對盤。其他還有 Felix Browder (1927~2016, 美國數學家, 以在非線性泛函的工作著稱) 等等, 課程進行得非常好。

劉: 這是在 Sussex?

B: 在 Sussex 的數學系, 當時還有 Serrin (Jim Serrin, 1926~2012, 美國數學家, 研究 Continuum Mechanics、非線性分析及偏微分方程) 和 Finn (Robert Finn, 1922~, 研究非線性分析)。總之, 我明白自己並不瞭解這些大師們研究的是什麼, 但是我確實知道他們是在研究, 而且研究的和我想嘗試的有關。來自 Edinburg 的 Robin Knops (Robin J. Knops, 英國數學家, 研究彈性力學) 主持一個討論班, 結束後, 我和他提起自己還沒有一個研究計畫, 他把這事告訴 Stuart Antman (Stuart Sheldon Antman, 美國數學家, 研究 Continuum Mechanics、彈性力學及非線性偏微分方程)。然後, 有一個 Stuart Antman 與會的會議, 記得我的朋友駕駛一部迷你車從學校到火車站, 前座坐著 Avron Douglis (1918~1995, 美國數學家, 研究偏微分方程, 和 Stuart Antman 都任教 University of Maryland), 後座是我和 Stuart Antman, 他對我說: 「Robin Knops 告訴我, 你在找研究題目, 這是你可以做的 — 你去看 Dickey (R. W. Dickey, 美國數學家, 研究非線性彈性力學) 這篇文章, 這些是他做的, 這些是你可以做的。」在這之前, 我從來沒遇見像這樣指點我的人, 我不知道有人可以對研究如此精熟, 指著某篇論文告訴你這篇文章做的是什麼, 針對它你可以做什麼, 真是讓我難以置信, 眼界大開。於是我著手研究 Stuart Antman 建議的題目, 另一方面中學老師的前學生幫忙安排 David Edmunds 非正式指導我, 最後得的是力學工程的博士學位。這是我與某種彈性力學最初的邂逅。

劉: 你怎麼知道要看 Morrey 的書?

B: 拿到學位之後, 我得到研究委員會 (Research Council) 的獎學金, 到 Brown 大學訪問 6 個月, 跟隨 Constantine Dafermos (1941~, 希臘裔美國數學家, 研究 Continuum Mechanics、彈性力學、雙曲偏微分方程, 詳見數學傳播 165 期「有朋自遠方來」) 做研究。從 Stuart Antman 的演講以及他的工作, 我已經曉得彈性力學中有這個關於解是否存在的問題。我和 Constantine 討論, 他告訴我其中的關鍵大致是什麼。於是我到圖書館去找資料, 那個年代得親自上圖書館找書, Brown 的 Science Library 非常好, 我長時間待在那裡, 上窮碧落下黃泉尋找任何可能有關的東西。不記得怎麼找到 Morrey 的書, 不過應該是在對如何著手已經有些想法, 而且瞭解在某種意義上這個問題其實是 Morrey 結果的特例之後。

劉: 我想這個關鍵是無法說明的, 你有這個直覺。



劉豐哲 (以下簡稱「哲」): 我在 1965 年到美國留學, Morrey 的書 1966 出版, 那時我正徬徨該做什麼, 所以書一出來就買了一本, 我能理解前面四章, 關於 Sobolev 空間以及一些簡單的估計, 我覺得這些部分非常有意思, 其它的就不是當時的我能力所及, 完全無法瞭解, 就此止步。所以聽到你重新發現 Morrey 的工作, 我覺得真了不起。你曾在劍橋好幾年, 請問劍橋怎樣訓練應用數學家?

B: 不過我在那裡只是大學生, 一畢業就到 Sussex 去了。在劍橋時我修了一門變分學, 蠻有趣的, 後來才發現, 課上教的, 嚴格說來並不正確, 但是我樂在其中, 也從中學到東西。當然, 劍橋的純數學與應用數學壁壘分明。有個我以前的學生, 雖然拿到永久職位卻辭職了。離開前他說了個關於劍橋很傳神的笑話, 他在 Bonn 討論班上演講, 我的另一個學生 Stefan Müller 也在場, 可能是在座唯一能理解這個笑話的人, 轉述給我聽: 他邊擦黑板邊說: 「你們知道嗎, 在劍橋, 黑板旁邊都會放一桶水, 爲了兩個目的 — 清潔黑板; 還有, 證明 Navier-Stokes 方程有平滑解。」

哲: 我當研究生時, 1967 到 68, 曾經在倫敦一年, 印象中大家講的應用數學, 其實指的是力學。

B: 主要是流體力學, 由於 G. I. Taylor (Geoffrey I. Taylor, 1886~1975, 英國物理學家、數學家, 流體力學的重要人物) 的關係, 流體力學強勢主導英國的應用數學, 當然 G. I. Taylor 才氣縱橫, 所以某種意義上是他留下的學術傳承, 這方面的大家還有 Batchelor (George K. Batchelor, 1920~2000, 澳洲出生英國數學家, 研究流體力學) 和 Lighthill (James Lighthill, 1924~1998, 英國應用數學家, 以 aeroacoustics 的研究著名)。Brooke Benjamin (T. Brooke Benjamin, 1929~1955, 英國物理學家、數學家, 以數學分析、流體力學, 尤其是非線性微分方程應用的工作著名) 是牛津大學在我之前的講座教授 (Sedleian Professor of Natural Philosophy)。他看到法國偏微分方程的進展, 而這些在劍橋卻絲毫不受重視, 因此離開劍橋而就牛津。我自己作研究生時, 嘗試做嚴謹的力學就頗受挫折, 在當時的英國要得到肯定很不容易, 一般認爲做這些很無趣 — 要緊的是物理的直觀, 而不是如他們所認爲的在枝節上吹毛求疵下功夫。

劉: 我明白了, 我開始懂得那個笑話的意思 — 所以看著桶裡的水就可以證明 Navier-Stokes equations 有大域平滑解...

B: 我懷疑即便到了 1970 年代, 劍橋響噹噹的流體力學學派, 有任何人知道或者關注過 Leray (Jean Leray, 1906~1998, 法國數學家, 研究偏微分方程、代數拓撲) 在 Navier-Stokes equations 的工作, Brooke 也許是第一個考慮到這些的。

劉: 你曾經擔任國際數學聯盟 (IMU) 的主席, 我聽你說起嘗試爲第三世界做些事, 比方說非洲等等, 進行得如何?

B: 接下主席後, 首先讓我吃驚的事之一, 是開發中國家的計畫在 IMU 預算裡少得可憐, 不記

得數目，大概一年一萬美金之類，根本無濟於事。我設法增加，事實上 Abel 基金捐助了這個項目，我們做了些較好的規劃，儘管如此，距離應該有的不過是杯水車薪而已。

劉：如果可以讓你放手做，打算在非洲做些什麼？在那裡做事困難重重。

B：我們運作的原則其實是由 IMU 負責這個項目的 Herb Clemens 擬定：所有我們想做的事必須與在地人一起規劃。換句話說，不能以一種殖民的心態來處理國外的捐助，下指導棋說這樣對你們好等等，必須與他們共同推展。在那裡我們參與 AMMSI (the African Mathematics Millennium Science Initiative)，這是 Phillip Griffiths(1938~，美國數學家，研究幾何，尤其是複流形的代數幾何) 主持的 Mellon Foundations 出資捐助，而我現在仍然參與由此而生的倫敦數學學會的計畫；尋找合適的研究人員，大部分是英國，也有其它國家，指導非洲的研究群，主要是去那裡幫忙指導學生等等，安排這些很費功夫。我認為重要的是讓年輕人參與，能到不曾去過的國家、講課並且和那邊的人討論，對於許多人，不論年長或年輕，都是求之不得的。所以真正的問題在於經費與規劃。

劉：就像你剛剛說的，組織規劃應該由當地人來啟動，這是困難的部分，對吧？

B：必須這麼做。當然，如果這個國家已經有一些非常好的數學家會有幫助。我最近到越南去，Ngô Bảo Châu (吳寶珠，1972~，越南-法國數學家，研究數論，2010 菲爾茲獎得主) 也許不是經常在，但一年裡總有幾個月待在那裡，他是國家英雄，主持一個成功的高等研究所，所以他真正能夠有一番作為。不過越南的數學可以說已經在水準以上，非洲的情形困難得多。網路對開發中國家提供了很大的機遇，原則上如果有好的網際網路，就能部分解決資訊取得的問題，我說的是部分解決——在我們的領域，數學，只要不怕麻煩，幾乎所有東西都能透過網際網路取得，也許不像在哈佛這些地方那麼方便，可是總可以找到並且到手，不過這不表示到手之後懂得如何運用這些素材，這是問題的一部份。我覺得當前必須做的事之一就是有一個真正好用的網際網路讓交流可以開始。在非洲旅行不是那麼容易，但是可以讓研究群經由 skype 空中會面討論等等，這是可以做的。

劉：你在這些方面的關懷讓人敬佩。過去你到西藏也曾試著幫助那裡的數學家，你似乎以此作為個人的使命。

B：很遺憾，目前我做得不多，希望能多做些，現在時間多了點也許我可以多做些。

劉：IMU 主要是舉辦 ICM (國際數學家大會)？

B：主辦 ICM 並且頒發菲爾茲獎以及其它獎項，它是眾多國際科學聯盟之一，像 IMU 這樣的組織有存在的必要，因為需要有個代表數學的機構。

哲：你嘗試提昇第三世界數學家的養成，是在 IMU 主席任內？還是在此之前就已經開始了？

B：成為主席之前，我並不在執委會 (executive committee) 裡，一般多是在擔任過執委之後，

我則是進入執委會直接擔任主席。就任後第一件事就是草擬一份文件列出我認為 IMU 可以做的事,其中之一就是籌募資金。最終當然就是 IMU 有了永久會址,不過是在一段時間之後。

哲: 延攬有能力的人參與計畫不是簡單的工作,你還提到贊助資金的機構也很重要,這些基本上是公立、還是私人機構?

B: 你是指捐助第三世界的機構? 確實,必須動用所有的管道找尋任何可能的資源,比方說,我們和倫敦數學學會的計畫得到 Leverhulme 基金會的贊助,錢用完了之後,部分由倫敦數學學會,部分由 IMU 有限的資金繼續。AMMSI 支助亞撒哈拉非洲數學的計畫經費來自 Mellon 基金會,後來也用罄了。所以可以說我們一直四處找錢。

劉: 能不能告訴我們一些在你擔任主席期間發生的、關於菲爾茲獎的故事?

B: 大事當然就是 Perelman 得到菲爾茲獎囉! 真是非常非常有意思。顯然,他極有可能得獎,而且顯然也極有可能拒領。所以執委會在菲爾茲獎委員會召開前就開會商量,如果 Perelman 得獎但拒絕該如何因應。很快的就得到結論——如果得獎,不論如何我們都頒給他,他若選擇不接受,那是他的問題。我們排除了其它選項——我是指總不能少頒一座獎而不提那座獎的得主是誰,這樣做會顯得很荒謬。同時他的工作有可能是數學上極為重要的成果,應該得到肯定。這是當時第一件大事之一。

接下來另一件對我很重要的事,是我逐漸意識到這事可能成為大新聞,儘管如此,我還是低估了它的新聞性。還好我請教了 Marcus du Sautoy (1965~, 英國數學家、作家並從事數學與科學的推廣普及),他是牛津大學這方面的專家,有許多和媒體打交道的經驗,他教我如何與媒體應對: 如果你先聲明這些事「不在記錄上 (off the record)」,他們決定不能報導、引用; 如果你說這事「不指明來源 (un-attributable)」,他們可以引用你的話,但是不能說出自於誰; 不然的話,他們可以毫無保留的報導任何你講過的話。所以我非常、非常謹慎,別人就沒那麼小心,比方說,他們接受 Sylvia Nasar (1947~, 美國新聞工作者, “*A Beautiful Mind*” 的作者) 的訪問,內容登在她為『紐約客』撰寫的報導 (The New Yorker, August 21, 2006)。我在處理 IMU 的這件事情上沒有出這樣的紕漏。總之,蠻刺激的。另外一件事是在決定 Perelman 是否能拿菲爾茲獎的時候,我們還不確定他已經證明了 Poincaré 猜測,但是我們認定不管怎麼樣,以他現有的成果得獎是實至名歸。其實如果去看 ICM 頒獎時對他的工作的介紹,並沒有提到 Poincaré 猜測,因為當時我們還不知道他已經做出來了。

劉: 所以你和他聯絡?

B: 是啊,我打電話給他,他說不會接受,「那麼,我可不可以到聖彼得堡和你談談,至少讓我瞭解為什麼。」他說好。我就去了,在聖彼得堡和他談了兩天,他仍然不肯接受。



劉：你還飛到日本去見 Ito (Kiyosi Ito 伊藤清, 1915~2008, 日本數學家, 隨機積分與隨機微分方程的先驅)。

B：是, 不過不一樣, 那是因為他身體不好無法遠行親自領取 2006 ICM 頒發的高斯獎 (Gauss Prize)。

劉：他思慮還清楚嗎?

B：是的。他的女兒代表他到馬德里 ICM 大會上接受, 然後我到日本當面頒獎給他。儀式原本要在大學裡舉行, 但他的體力沒辦法負荷。他住在安養院, 所以我到安養院去頒獎, 場面隆重, 所有的醫生護士都到場, 他非常感謝也非常高興能得到這個獎。他的兩個女兒, Junko 代表他到西班牙接受, 另一個女兒招呼我非常周到。過程很圓滿。

哲：我想繼續我先前的問題。在英國, 應用數學家多半對力學比較感興趣, 是不是因為這樣, 所以變分學一直是英國分析的主力之一。

B：不, 已經不是了。幾乎沒人在做, 我不認為自己當研究生時, 知道英國有任何人真正從事嚴謹的變分學研究。多年來, 整個英國沒有任何人研究偏微分方程的正則理論 (regularity theory)。變分學的研究可以說是空白。

劉：Morrey 做的這件大事是他有個理論, 這個理論還需要恰當的例子, 對吧? 那麼他是如何設想、推導出這個理論的?

B：應該就是想推廣已知的結果。我猜想所有純量情形之下半連續 (lower semi-continuity) 的結果他都了然於心, 於是試著找出多維變分學中相對應的條件。Morrey 在擬凸性的工作為什麼難懂, 一個原因是擬凸性本來就不容易瞭解, 這不是一般看到的那種條件, 是不能驗證的, 至少到現在為止。目前我們知道的是它不是「被積分部分 (integrand)」的局部條件。初次讀時, 我正在做與 Jacobians 有關的東西, 我在他的書中看到相關的東西, 我讀了書中擬凸性的部分, 完全不懂, 但是我一遍兩遍反覆玩味, 終於瞭解他在做什麼。他實際的定理因為有增長條件 (growth condition) 並不能完全適用到彈性力學的情形。

哲：似乎他對幾何比對分析更感興趣, 是吧?

B：是的, 書中對幾何著墨甚多。

哲：這部分對我而言很難, 當然還有擬凸性的概念也是。

B：這在科學上至關重要, 因為我們已經有擬凸性針對材料微結構的應用, 加上不能刻畫擬凸函數的事實, 直接影響我們對材料所能做的預測, 因此這是一個真正緊要需要突破的問題。目前知道的擬凸函數, 為數較多的是多凸 (polyconvex) 函數, 也有其它的例子, 但是必須非常、非常努力去找。而我們也知道多凸函數的集合距離最一般的擬凸函數集合還遠得很, 至少我們認為如此, 不過目前沒有任何更大的集合, 其中的函數既是擬凸又可以實際計算, 真

讓人納悶。

劉: 對於未來可能的研究方向你有什麼看法?

B: 我們有這個大方向, 試著對擬凸性做更好的瞭解, 我認為第一個重大的突破是 Sverák 的反例, 這個工作是他在我那裡做博士後研究時做的。在二維有 Székelyhidi, Faraco 和 Kirchheim 做的一系列進一步的工作, 還有 Iwaniec 與合作者嘗試發展擬正則對應 (maps) 與幾何函數理論之間的連結。在  $2 \times 2$  的情形, 一階凸性 (rank one convexity) 是否與擬凸性是同一回事, 我們還是不知道, 能知道就太好了。另外, 如果能夠將函數和集合擬凸化, 將會非常有用, 因為這與微結構等等有關。當然目前仍無法瞭解擬凸函數, 這些都還是奢談。還有, 彈性力學中 minimizer 的正則性, 基本上我們一無所知。事實上針對任何給定的能量函數, 我們沒有辦法證明它在一般的邊界值問題中的 minimizer 是平滑的。唯一能做到的情形是在邊界數據非常接近無壓力 (stress free) 狀態, 這時可以用隱函數定理證明 Euler-Lagrange 方程有平滑解, 再經由輔助的論證說明, 這個解就是這個情況以及另外一些條件下的 minimizer。但是既要證明能量函數的 minimizer 是平滑的, 又要函數本身符合彈性力學要求的條件, 這樣的能量函數連一個都沒有。同時, 我們不希望有奇異點 (singularities)。當然, 會看到奇異點, 像在合金的微結構中我們就看到奇異點, 不過那是由於能量函數不是擬凸。其次還有些東西, 像是漩渦真空, 這些以及裂縫是與函數空間和能量增長的變化梯度有關。但是應該有些好的條件, 在這些條件之下, 我們能夠證明每一個 minimizer 都是平滑的。

劉: 好的條件對應某些實際的自然材料。

B: 是的。

劉: 我們談到變分學等等, 但整體來說英國的科學一直都很傑出。

B: 是蠻強的。我覺得英國數學過去二十年來改變很大。現在分析越來越出色, 而且過去定理出現在應用數學中是例外, 現在比較是一種常態。

劉: 大英帝國基本上已經走入歷史, 對吧? 但是英國科學的優勢仍然持續, 該歸功於...

B: 英國數學有多好? 比方說, 它不比法國好, 對吧? 以人均來計, 法國應該是數學最好的國家, 所以我們並不是樣樣都好, 也許數學是在領先群中, 但不是最好。我認為好或不好在於「人」, 在不同的領域、不同的發展階段, 出現關鍵的人, 他們又吸引其他關鍵人物。

劉: 你也是其中之一。

B: 我存疑, 不過 G. I. Taylor 以自身為中心發展出重要的學派, 他是關鍵人物的典範。

劉: 你與不少頂尖的數學家在學術上交往, 有誰是你現在想到可以一談的?

B: 在我的合作者中, 與 Dick James (Richard D. James, 1952~, 美國力學家、材料科學



家，以相變的研究著稱)的合作是非常有趣的例子。他是 Ericksen (Jerald L. Ericksen, 1924~，美國數學家，研究 Continuum Mechanics) 的學生，從 Ericksen 身上學到一件事——對數學要有信心，我也多少受到這個態度的啟發與影響。數學家在研究特定情況的應用數學問題時，大多有種傾向，認為他們做的那些假設並沒有任何實質的意義。但是有個讓人矚目的情形來自我與 Dick 的工作，我們推導出某種相容條件，但有例外，發生在轉換應變 (transformation strain) 的中間固有值為 1，而且某些條件成立時。當時的論文我們提到可能有特殊的材料它的中間固有值為 1，不過通常並不是這樣，我以為這只是個沒有太大意思的情形。沒料到，大概 25 年之後，Dick 和他的研究團隊真的造出了些令人驚歎、具備所有條件的材料。一般來說材料相變時，在特定溫度發生遲滯 (或磁滯) 現象 (hysteresis)，例如從立方晶體轉換成斜方晶體，通常必須先降溫到略低於遲滯臨界溫度，讓材料變化，反過來則需加溫至略高於它，這個溫度大約是攝氏 30 度。至於 Dick 他們所造出的材料，如果調整它使得所有特殊條件都滿足，臨界溫度僅是攝氏 2 度，還有前所未見的微結構！總之，這些正是來自於相信數學、相信數學確實可以應用，再加上不輕易放過看似病態的情形。

劉：你喜歡 Ericksen？

B：當然，他是一位我仰慕的英雄。

劉：談談他吧，他現在在哪兒？

B：一年前我們才參加了慶祝他九十歲生日的會議。他很早就從 Minnesota 退休，早先他在 Johns Hopkins，後來到 Minnesota，應該是 60 歲左右就退休了，因為他不喜歡大學，不喜歡它的走向，他搬到 Oregon 繼續做研究。對於我，他毫無疑問是二十世紀力學裡最偉大的人物，他做了許許多多奠基的工作，和數學家互動頻繁，我認為他的成就真正讓人讚歎。

劉：他瞭解物理。

B：當然，不過他非常非常有創見。你問個問題，他總會反問你個問題。有時候很難理解他，因為他以不同的方式思考。我接觸他在彈性力學的工作、彈性晶體，然後是液晶，這些絕對是核心的東西。

劉：他和 G. I. Taylor 像嗎？

B：不像，因為 G. I. Taylor 是偉大的實驗家，而 Jerry 並不真的做實驗。我的意思是他和做實驗的人往來密切，對實驗也很感興趣，但他做的是理論。

劉：你有什麼計畫，繼續研究液晶、彈性力學這個大方向？任何特定的方向？

B：過去幾年，我大約有一半的時間花在固體結晶的微結構上，另一半則在液晶，我想繼續如此。在微結構方面，我對多晶體 (polycrystals) 越來越感興趣，由於每個顆粒與鄰近顆粒彼此的微結構互相作用，難度更高。我和 Carsten Carstensen (德國數學家，任教柏林

Humboldt 大學, 研究數值分析) 在這方面合作很多, 有篇關於推廣 Hadamard jump 條件的論文, 三十年來我們持續擴充加入新的結果, 到現在還沒有發表, 我們想把它們應用到多晶體上。至於液晶方面, 我感興趣的是進一步瞭解一般的彈性常數 (elastic constants) 的情形。在 Oseen - Frank 理論以及 Landau - de Gennes 理論裡關於一個彈性常數的情形, 結果多得驚人, 這些結果大多不能推廣到一般情形, 所以我試著多瞭解一點。我也對近晶裡的圖樣 (patterns in smectics) 非常有興趣, 可以用到一個關於 director jumps 的理論, 我認為這樣的理論用在這裡適得其所, 我已經嘗試在這方面做點什麼。接下來, 因為至少有部分時間我會待在 Edingburg, 說不定有什麼新的課題也未可知。

到底什麼讓人動念而跨入新的課題, 這是很可以探究的事, 對吧? 雖然早些年, 我聽了不少 Frank Leslie (Frank M. Leslie, 1935~2000, 蘇格蘭數學物理學家, 研究 Continuum 力學) 這些人液晶方面的演講, 不知怎麼就是不感興趣, 即便它們與彈性力學明顯有關, 也從不覺得有什麼意思。直到擔任 Apala Majumdar 博士論文審查委員, 她做的是液晶方面的東西, 我又聽了她在牛津的演講, 開始思考定向 (orientation) 問題, 然後不知不覺地就踏入這個領域。起初思索的只不過是一個小東西, 卻燃起了對整個領域的興趣。

我覺得與不同領域的互動很有趣。我與材料科學方面曾經有兩次這樣的經驗, 探討晶體的微結構。說起來, 在這些合作中他們對數學接受度高, 反應很快, 也很愉快等等, 但是過程中必定會有些抗拒、抵制: 為什麼你要忽略界面能量? 為什麼不是做這個, 這樣不是比你說的更複雜嗎? 等等。液晶也許是比較能接受數學的領域, 因為它傳統上具有拓樸的特點, 研究者明白數學對他們而言非常重要。身為數學家涉入一個新領域 — 生物或其它什麼領域, 讓人興味盎然, 但是自己過去不曾修過生物的學位, 或是材料科學的學位, 必須投入大量的時間試著瞭解這裡面到底講些什麼, 漸漸地開始對某些小小的地方, 就說材料科學好了, 有所知覺。雖然只是如此, 總覺得自己擁有的數學知識可以派上用場, 所以一方面, 必須有一定的信心認為自己可以貢獻有用的東西, 不然可能會在遭到對方抗拒時怯步; 另一方面, 因為所知有限, 必須傾聽他人虛心受教。

哲: 液晶裡的缺陷 (defects) 是一般的現象還是... ?

B: 這個現象極為重要。當然在許多應用裡我們極力避免缺陷, 但在很多有趣的情形, 缺陷其實是重要、需要好好認識的。比方說, 有雙 — 穩定顯示。標準的液晶顯示器, 切斷電源影像消失, 如果想讓畫面停留, 例如搭火車通勤紐約, 瀏覽隨身電子設備, 希望影像停留在電子紙上或 Kindle 上, 那麼, 是不是可以利用液晶造出影像, 在電源關掉後仍然停駐, 這是很讓人感興趣的。所以這是一個情況, 靠著缺陷來穩定影像。另一方面圍繞著粒子有些有趣的缺陷, 有人就著眼在液晶中嵌入的小粒子, 甚至想利用與缺陷相關、有趣的工法將訊息貯藏在裡面; 此外還有線性缺陷, 可以纏繞甚或打結等等。這些有不少是出於好奇心驅使, 想知道通過缺陷會發生什麼意想不到的奇事。不過也有人專門從事如何應用這些的研究。

劉：我想 Morrey 以及你重新發現他的工作，有部分是出於這種好奇心。

B：是的。某種意義上，他追求的是數學結構。我覺得純數學與應用數學之間這種互動很有意思。應用數學、某些科學、或是某些現象明示暗示某些事，於是有些數學應運而生，未必出於數學家，後來不知怎的由專業數學家接手，推而廣之，根據美、簡約、一般化等等，發展成數學的一部份，然後再將它轉化應用到其它事物。

劉：你的經驗非常獨特而真實。下星期你將出席一場會議，議程很吃重？

B：是的。這是關於國際科學理事會 (International Council for Science) 與國際社會科學理事會 (International Social Science Council) 是否合併的會議，兩個組織分別討論後再共同研議。

劉：你接下來的工作繁重，我們就此打住。歡迎你不久後再度來訪。

B：好啊。

—本文訪問者劉太平任職中研院數學所，劉豐哲為中研院數學所退休研究人員，整理者李宣北為中研院數學所退休研究人員—

## 107學年度周鴻經獎學金即日起開始申請

截止日期：2018年10月31日止 (以郵戳為憑)

申請辦法：檢附周鴻經獎學金申請書、志向說明書、在學各學年之成績單 (碩士班一年級研究生須繳大學之成績單)、周鴻經獎學金推薦書、及數學相關系所之教授二人以上之推薦書，由校方函送中央研究院數學研究所申請。

詳見中研院數學所網頁 <http://www.math.sinica.edu.tw/www/>

備註：本獎學金只限在台就讀學生申請。