

有朋自遠方來——專訪宮岡洋一教授



策劃：劉太平

訪問：翟敬立、陳榮凱

時間：民國 101 年 11 月 23 日

地點：中央研究院數學研究所

整理：甘濟維、陳麗伍

宮岡 洋一 (Yoichi Miyaoka), 1949 年出生, 1977 年東京大學博士, 1993 年至 2001 年擔任京都大學教授, 現為東京大學教授, 2011 年就任日本數學會理事長。主要研究領域是代數幾何, 重要工作包含 1977 年發表的關於 Bogomolov-Miyaoka-Yau 不等式的證明。

翟敬立 (以下簡稱「翟」): 這個專欄有個慣例, 在訪問中先談談數學的養成期 (formative years)。有人認為數學家是天生的, 這有兩種看法, 不過有趣的是人各有所異。

宮岡 洋一 (以下簡稱「宮岡」): 我是到了 20 歲才考慮成為數學家。起初我有興趣的是物理與天文, 對各種科學都非常喜歡。進東京大學的時候, 想要念物理, 但是發現自己沒有做實驗的天分。做實驗很費時, 而我每個實驗又都以失敗收場, 所以轉向數學。剛到數學系時, 興趣在偏微分方程, 直到遇見了我的老師小平 邦彥¹, 他 1968 年回到日本。我 1970 年到數學系, 請他當我的指導教授。這就是我成為數學家的過程。

翟: 你和小平 邦彥一起工作的經驗如何?

宮岡: 他的演講非常清楚, 說話聲音輕柔而低沉, 而他寫在黑板上的講義就像教科書一般清楚。

¹Kunihiko Kodaira 小平 邦彥 (1915~1997), 代數幾何日本學派的奠基人, 1954 年獲頒 Fields Medal, 是獲此榮譽的首位日本人。關於小平 邦彥之生平, 請見數學傳播第 25 卷 1 期。

一切都很清晰，很容易領會。

陳榮凱 (以下簡稱「陳」): 當時飯高 茂²和川又 雄二郎³都在那裡?

宮岡: 川又小我三歲。事實上，我念研究所時小平 邦彥當上院長，他太忙碌無法指導我們，由上野 健爾⁴指導。上野去德國的時候，專題討論由飯高負責。第一次專題討論的教科書是Morrow 和小平合著的 Complex Manifolds⁵; 那是給大四生的。我們念研究所的時候，先念 Pierre Deligne⁶寫的《Théorie de Hodge》的第二部份，後來念了幾篇論文，包括 Clemens⁷對於三次三維流形非有理性的證明⁸。

陳: 你拿到東京大學的文憑之後，去德國待了幾年。

宮岡: 碩士班畢業之後，我希望找到助理教授之類的職位，當時一般都是這樣。但是令人沮喪的是畢業後一年半都找不到工作。最後找到首都大學東京 (Tokyo Metropolitan University) 的職缺，1977年完成關於所謂宮岡不等式 (Miyaoaka inequality) 的博士論文。拿到博士學位之後四個月，到德國去待了兩年。日本大學以前有個很好的傳統，允許年輕的學者在國外待二到三年的時間。例如森 重文⁹在哈佛待了三年。

翟: 你做博士論文的經驗怎麼樣? 這通常是個好故事。問題是你自己找的吗?

宮岡: 1976年 Miles Reid¹⁰經由蘇聯訪日，帶了一篇 Bogomolov¹¹的論文給我，Bogomolov的論證很難懂，所以我認為應該會有比較簡潔的方法證明它。我找到了比較簡潔的證明，而這個證明可以給出更好的結果。

陳: 就是所謂的宮岡-丘不等式 (Miyaoaka-Yau inequalities) ?

宮岡: Bogomolov 原來的結果是第一陳示性類小於等於四倍的第二陳示性類¹² ($c_1 \leq 4c_2$)，基本上是由2階向量叢的半穩定性 (semistability) 而來。但實際上他用了所謂的 De Franchis 定理，這個定理成立是因為每個投影異形 (projective variety) 上的廣域 1-形 (global 1-form) (或更一般的廣域 r -形 (global r -form)) 都是 d -封閉的 (d -closed)。如果你能證

²Shigeru Iitaka 飯高 茂 (1942~), 日本數學家, 主要研究領域為代數幾何學。

³Yujiro Kawamata 川又 雄二郎 (1952-), 日本數學家, 主要研究領域為代數幾何學。

⁴Kenji Ueno 上野 健爾 (1945~), 日本數學家, 主要研究領域為代數幾何學。

⁵James Morrow 和 Kunihiko Kodaira, Complex Manifolds, 1971年由 AMS Chelsea 出版。

⁶Pierre Deligne (1944~), 比利時數學家, 1978年菲爾茲獎得主、2008年沃爾夫獎得主、2013年阿貝爾獎得主, 以在 Weil conjectures 的研究聞名。

⁷C. Herbert Clemens, 美國數學家, 主要研究領域為代數幾何學。

⁸Clemens, C. Herbert and Griffiths, Phillip A. The intermediate Jacobian of the cubic threefold. Ann. of Math. (2) **95**(1972), 281-356.

⁹Shigefumi Mori 森 重文 (1951~), 日本數學家, 詳《數學傳播》33卷第4期「有朋自遠方來」專訪。

¹⁰Miles Reid (1948~), 英國數學家, 主要研究領域為代數幾何。

¹¹Fedor Bogomolov (1946~), 俄國及美國數學家, 以代數幾何和數論的工作聞名。

¹²數學上以 c_1 和 c_2 表示第一及第二陳示性類。

明 d -封閉, 就能證明任何包含在餘切叢 (cotangent bundle) 的線叢 (line bundle) 不可能很大。也就是說以曲面為例, 包含在 Ω^1 的線叢有非正的自交, 這樣自然就導出了宮岡不等式 (Miyaoka inequality)。當然某種意義上丘的不等式更好, 但他的證明難而且複雜得多。他可以得到在等式成立時 universal cover 是球的結果。在這個情形下, 這是更好的結果, 不過我的論證基本而且簡單得多。

陳: 可以請你試著比較代數方法和分析方法?

宮岡: 一般而言, 代數方法比較簡潔, 比較容易理解, 但有些例子的結果牽涉到純分析層面 (例如關於 universal covering 的資訊), 在某種意義上微分幾何方法自然得多。

翟: 曾經有「靈光乍現 (eureka)」的時刻嗎? André Weil¹³說過每個稱職的數學家都有這樣的經驗。當你做某個東西卡住很久, 一直思考, 然後在某個時間點得到啓示。爾後你對這種感覺上癮, 努力使那個經驗再現。我想你一定有過這種時刻。

宮岡: 那是非常快樂的時刻。其實爲了瞭解 Bogomolov 的論證, 我花了很大的力氣, 用了好幾個月的時間試著改善它, 然後在一次大約 72 小時不眠不休地工作之後, 明白了一件事: 應該考慮 branched covering of surfaces, 如此所有的東西都會成爲一個 sections 的聯集, 那就非常、非常容易, 之後的 6 個小時之內我就完成了證明。那是非常令人興奮的經驗。

翟: 72 小時當中有一個特別的時刻嗎?

宮岡: 現在看來那 72 小時微不足道。全心投入工作是很好的感覺。

陳: 大約 25 年前, 你證明了三維的 abundance 猜測 (abundance conjecture), 這是 minimal model program 裡很重要的一步。你怎麼看近來代數幾何的發展, 特別是關於 minimal model program (又稱 Mori program)。

宮岡: 至少 Birkar¹⁴-Cascini¹⁵-Hacon¹⁶-McKernan¹⁷已經建立了一個里程碑。尤其他們證明了 canonical 環一定是有限再生成的 (finitely regenerated)。某種意義上來說可能已經解決了 Mori program 一半的問題。當然我們需要把 abundance 定理推廣到四維以上。怎麼做我還沒有想法, 但是做的方向應該是找出構造廣域形 (global form) 的方法, 不必一定是最高權的形 (highest weight forms), 也許只要 intermediate 微分形就可以。可以的話希望有兩種方法, 其一也許是微分幾何, 不過我不知道如何運用它, 另外的方法是宮岡-丘

¹³ André Weil (1906~1998), 法國數學家, 在數學許多領域都做出實質的貢獻, 是二十世紀最有影響力的數學家之一。

¹⁴ Caucher Birkar, 庫德數學家, 主要研究領域爲代數幾何。

¹⁵ Paolo Cascini, 數學家, 主要研究領域爲代數幾何。

¹⁶ Christopher Derek Hacon (1970~), 數學家, 因爲對代數幾何做出卓越的貢獻在 2009 年與 James McKernan 一起獲頒柯爾獎 (Cole Prize)。

¹⁷ James McKernan (1964~), 英國數學家, 因爲對代數幾何做出卓越的貢獻在 2009 年與 Christopher Hacon 一起獲頒柯爾獎 (Cole Prize)。

不等式 (Miyaoka-Yau inequality) 的再精煉; 三維的時候, 我們需要一個關於 c_1, c_2 的不等式, 但在一般的情形應該有一個很精準的不等式包含更高的陳示性類 (higher Chern classes)。

陳: 包含 c_3 和 c_4 。

宮岡: 由松阪 輝久¹⁸的大定理 (Matsusaka's Big Theorem) 和丸山 正樹¹⁹ (Masaki Maruyama) 關於半穩定向量叢的結果, 如果固定 c_1, c_2 , 並且假設某些穩定性, 那麼高階陳示性類就是有界的。但是我們並不知道那個明確的界正確公式是什麼, 所以我們應該努力嘗試, 針對高階陳示性類找出這樣的不等式。比方說, 如果 c_1 和 c_2 都是零而且向量叢穩定, 則每個高階陳示性類都必須為零。但是如果 c_1 是零而 c_2 為正, 我就不知道高階陳示性類該是什麼。如果有這樣一個不等式, 比方說在四維, 能證明某些很明確的, 有關 c_4 的不等式, 那麼應該可以預期有些結果。

陳: 所以你預期陳類中的某些不等式會很有用?

宮岡: 我想是的, 不過遺憾的是我沒有陳述這個不等式絕對正確的方式。

陳: 那麼 Shokurov²⁰ 提議的另一個利用 ACC 猜測的方向如何?

宮岡: 我不確定 ACC 猜測本身是否能夠證明所有的情形。也許他的想法在某些情形有效。不論如何如果能證明至少有一個 section, 然後用歸納法會很有效。用歸納法來論證或是能有一些好的流形都是好的, 只是我不知道如何去構築這樣的好的流形。

陳: 所以你認為 minimal model program 仍然是代數幾何的主流? 你對 Gromov-Witten 理論那類的幾何有什麼看法?

宮岡: 這問題很有意思。我對於證明在 Calabi-Yau three-fold 上存在有理曲線 (rational curve) 很感興趣, 不過這個問題實際上非常困難。起初我的想法是利用辛幾何 (symplectic geometry) 和變形理論 (deformation theory) 把解析的變形理論推展至辛幾何的範疇。另一方面, 很容易造出一個擬全純 (pseudoholomorphic) S^2 浸入 (immersed) 到辛流形。如果可以將一個在 Calabi-Yau 上的一般辛結構平滑地變形回到原先的複結構, 而且把這個浸入的擬全純 S^2 變形回到全純曲線, 那麼就應該有一個投影有理曲線 (projective rational curve), 不過這裡有個因為定向 (orientation) 所引起的、非常微妙需要小心處理的地方, 假設現在有一對 S^2 , 它們在變形中可能遭反方向的定向抵消而忽然消失, 這是問題所在。

陳: 所以有另一個與森 重文很不一樣的方向來證明有理曲線的存在。

¹⁸Teruhisa Matsusaka 松阪 輝久 (1926~2006), 數學家, 以在代數幾何的研究而為人所知。

¹⁹Masaki Maruyama 丸山 正樹 (1944~2009), 日本數學家, 以在代數的研究而為人所知。

²⁰Vyacheslav Vladimirovich Shokurov (1950~), 俄羅斯數學家, 以在代數幾何的研究而為人所知。

宮岡：也許在一般的 Calabi-Yau 的情形是如此。但是這比森 重文的方法困難。當然也許還有些經由調和映射 (harmonic map) 不同的幾何方法，不過在技術面上，這非常，非常困難。

翟：我對高維代數幾何知道得很少。不過做研究生時，森 重文把問題化約到用特徵 p 的方法去證明特徵零的結果，他的證明真讓我著迷。

宮岡：真正是令人矚目、讚歎的方法。

陳：你是日本數學學會 (Mathematical Society of Japan, MSJ) 的會長，怎麼看日本數學會在東亞數學界的角色？

宮岡：衆所周知東亞的數學發展迅速，尤其在中國大陸、台灣和韓國，現在培養出許多好的數學家。然而，日本發展數學的歷史最爲久遠，我們非常樂意藉由合辦專題討論、研討會等等來協助東亞地區發展數學。中國大陸是個很大的國家，而韓國、台灣和日本若能組成聯盟，在某種意義上進行良性的抗衡，或許很好。

翟：日本的數學發展史很吸引人，在相對很短的時間裡提升到很高的水準。

宮岡：事實上花了不少時間。日本現代數學開始於 1870 年代，第一個具原創性的成果是高木 貞治²¹ 在 1920 年代做出的，所以經過了 50 年的時間。不過高木的工作一支獨秀，第二代在 1940 年代二戰期間開始有原創性的工作，代表人物是小平 邦彥、伊藤 清²² 等，因此花了 70 年。以應用科學來說，例如應用化學或醫學科學，銜接的時間短多了。醫學科學上，日本在 1900 年代初期在醫學上就有高水準的進展，所以在應用科學上只花了 30 年就達到高水準，可是在數學上時間長多了，理論物理也一樣。

陳：你認爲理論和應用科學主要的分野是什麼？

宮岡：一般人能夠輕易理解應用科學、科技和工程的重要性，卻不明白純粹或理論科學的真正意義。必須有好的學生申請數學系，才会有好的數學家，如果不瞭解基礎科學的重要性，一般人會傾向念醫學或工學院，而非理學院。

陳：當時的日本學生似乎不常出國留學。

宮岡：事實上在 1950 和 1960 年代，大部分有才華的學生在碩士畢業後，或在剛拿到助理教授職位後到美國去留學。其實大約從 1880 年代以來，讓年輕研究者留學一、兩年，在日本是標準的作法。

陳：由政府補助的？

宮岡：是的，不過二戰之後日本非常拮据窮困，所以受到美國機構的資助。

²¹Teiji Takagi 高木 貞治 (1875~1960)，日本數學家，最出名的是證明類域論中的高木存在定理。

²²Kiyoshi Ito 伊藤 清 (1915 - 2008)，日本數學家，被視爲隨機分析的創立者，除了對數學的貢獻，對社會科學也有很大的影響，1987 年沃爾夫獎得主，1998 年京都基礎科學獎得主，2006 年第一屆高斯獎得主。

陳：目前如何？

宮岡：現下年輕研究者不願意留學，日本太舒服了。這不好，他們應該出國，交些朋友。他們需要接觸國際社群、有國際經驗。

陳：政府依舊支持這類方案嗎？

宮岡：政府鼓勵人們，可是很難強迫他們出國。此外，我們的教學負荷比以往重，因為日本政府的財政危機與預算赤字，教師的名額刪減，因而教學量變大，造成年輕人無法出國久待。現在年輕人比較忙，而且日本的工作比以往難找，這意味著需要當更久的博士後，如果想要待在日本，需要申請很多所大學的職缺。

翟：戰後有一整個世代的代數幾何學家和數論學家，像是井草 準一²³、岩澤 健吉²⁴、志村 五郎²⁵，還有其他許多，都去了美國。他們的工作對於數論的影響甚鉅，如果他們待在日本，影響會...？

宮岡：影響或許會比較小，他們留在美國可能是件好事，接收比較多刺激，如果留在日本，會太滿足於教書。志村 五郎可能還是會很活躍，但是有些人留在日本可能會更樂在作育英才。

翟：就如你方才提到的，志村 五郎依舊從事絕對原創性的研究，他們提出的想法仍然在很多方面都引領理論的發展。小平 邦彥也是。

宮岡：小平 邦彥回日本之後擔任理學院院長，忙得沒空寫論文，最後一篇論文在1972年完成，但如果他留在美國，最後一篇論文可能寫於1976年，或再晚個五、六年。

陳：對，不過我想小平 邦彥對日本新世代數學家的影響，在現今過了二十年之後，依舊很大。

宮岡：對於我們他就像是燈塔的存在。他固定主持星期六的專題討論，非常多人來參加，他其實不多問問題，也不多作評論。代替他的是飯高 茂、上野 健爾、塩田 徹治²⁶和堀川 穎二²⁷，他們向年輕研究者提出許多嚴謹的問題及評論。小平只說：「啊，這很有趣。」但是專題討論上有他和他短短的評論，的確讓人振奮。

陳：你如何比較小平 邦彥在研究上和在教育年輕世代上的貢獻？

宮岡：教學和研究同等重要。或許對小平 邦彥而言，至少在研究上美國比較好。不過事實上小平並不很喜歡美式風格，因為他的英文不是很好。他的寫作很強，可是在口語表達上有些困難。另一個可能不重要的因素，是他不開車。

²³Junichi Igusa 井草 準一 (1924~)，日本數學家，以其對代數幾何與數論的貢獻出名。

²⁴Kenkichi Iwasawa 岩澤 健吉 (1917~1998)，日本數學家，以其對代數數論的影響出名。

²⁵Goro Shimura 志村 五郎 (1930~)，日本數學家，以其對代數的影響而為人所知。

²⁶Tetsuji Shioda 塩田 徹治，日本數學家，以其在代數幾何的研究而為人所知。

²⁷Eiji Horikawa 堀川 穎二 (1947~2006)，日本數學家，以其在代數幾何的研究而為人所知。

翟：不開車!那個年代如果不開車，必定很麻煩。

宮岡：而志村 五郎完全是相反的例子。

翟：我不大認識他，只是曾經有機會跟他互動，不過不是什麼深刻的互動。

宮岡：順便提一下，志村 五郎對於中國文學很熟稔，包括一些長篇小說，他讀了很多中文原著小說。

翟：你似乎也是屬於這一類的學者。

宮岡：不，我只能讀很經典的作品，不讀小說。

陳：你怎麼看日本和台灣的互動與結盟？

宮岡：我們的成員之間已有固定的交流、參加彼此的年會。但無論如何，明年（2013）將舉行亞洲數學會議²⁸，也許是某種東亞數學家的協會的開始，至少東南亞已經有一個東南亞數學協會²⁹。

陳：你指的是新加坡等國家組成的。

宮岡：對，說不定我們應該要由中國、台灣、韓國、日本、香港組成東亞數學家協會，將是不錯的協會，因為我們有好多數學家。

翟：關於培養中學生對數學的興趣、鼓勵大學生選擇學習數學，這些教育議題，你有什麼樣的看法？

宮岡：很幸運的，我們有很多真正對數學感興趣的年輕學生。例如在東大可能有四、五個很好的學生對數學真正有興趣，有些人可能在高中就讀過 EGA³⁰。

翟：高中？是懲罰吧！

宮岡：有時候會有這樣的情形。我們的問題是想念數學的女學生很少。我不知道為什麼會這樣，不過其中一個癥結可能是高中老師傾向鼓勵女生念醫學院、藥學、或生物科學，而不是數學或物理。

陳：原因是什麼？

宮岡：也許他們對女性從事的職業有某些既定印象，而這並不正確，因為對女性來說數學是很好的職業。數學不用做實驗，可以在家，甚至在醫院做。即使照顧幼兒，依舊可以念書、做數學研究，可是如果是做嚴謹的實驗，照顧幼兒的時候什麼也沒法做。所以其實數學對於女性而言是很好的工作，但是我們系上很少女生。

²⁸2013年亞洲數學會議，6月30日至7月4日在韓國釜山舉辦。

²⁹東南亞數學會，官網 <http://www.seams-math.org/>。

³⁰Jean Dieudonné 與 Alexander Grothendieck 著，《代數幾何的元素》(Éléments de géométrie algébrique)，從 1960 至 1967 由法國高等科學研究所 (Institut des Hautes Études Scientifiques) 出版。

翟：我從沒發覺日本有這樣的性別差距。我對於台灣的狀況不是很清楚，但就以往的經驗，有不少來自台灣的女數學家。

宮岡：Jean-Pierre Bourguignon³¹告訴我法國大約百分之三十的數學家是女性。在義大利超過一半是女性。在美國呢？

翟：我想美國的情況漸入佳境，性別差距依然存在，情況並不好。台灣1970年代的女性數學家比例一定比美國1990年代或本世紀初的比例來得高，但還是有問題。我覺得你們高中生能念很高階數學這件事很讓人神往，他們有教師從旁協助嗎，還是自修的？

宮岡：都是自修的，例如齋藤毅³²就是其中之一。

翟：至少他們必須知道EGA的存在，所以我想書本幫了忙，不知道他們怎麼發現那些書的。

宮岡：有些特殊的高中有非常好的圖書館，而有的教師或許了解一些深刻的數學。我不是這種學校出身的。

翟：是菁英學校嗎？

宮岡：是，好幾所私立的六年制完全中學。例如其中之一所是武藏高等學校中學校³³，他們訂了美國的《數學年刊》³⁴。

翟：他們一定有優良的教師，我猜想他們也給學生很多自由。我不知道台灣有沒有類似的學校，美國有，可是我知道的不多。

宮岡：日本也只有少數幾所而已。

陳：高中太強調考試而不是知識本身。

翟：在美國，史岱文森高中³⁵(Stuyvesant)和布朗士科學高中³⁶(Bronx High)很多科學教師擁有頂尖大學的博士學位，我想日本也一樣。

宮岡：事實上，雖然日本有很多數學系，培養真正從事數學的“serious 數學家”的卻只有幾個。他們百分之九十五到九十九來自大約十個數學系，例如東京大學、早稻田大學，以及幾所其它的學校。

翟：十個！那是很好的數目了。

宮岡：不過這要看“serious 數學家”的定義為何。

³¹Jean-Pierre Bourguignon (1947~)，法國數學家，從事微分幾何的研究。

³²Akeshi Saito 齋藤毅 (1961~)，日本數學家，從事數論的研究。

³³Musashi Junior & Senior High School 武藏高等學校中學校 <http://www.musashi.ed.jp/>。

³⁴《數學年刊》(The Annals of Mathematics)，普林斯頓大學和高等研究院出版的雙月刊。

³⁵史岱文森高中 (Stuyvesant High School) <http://stuy.enschool.org/>。

³⁶布朗士科學高中 (The Bronx High School of Science) <http://www.bxscience.edu/>。

翟：我不大確定台灣的數目。

宮岡：我們有很多數學系，或許數百個。

翟：我想有好幾百個。

宮岡：也沒那麼多，因為小型學院根本沒有數學系。

翟：這意味著那些學生也沒什麼機會接觸數學？

宮岡：他們只教人文學科等等，或只教簡單的東西。日本大專院校的總數大約七百，不過大部份原來是專科。

陳：所以有多少位“serious 數學家”？

宮岡：我得提醒兩位，這不是很嚴格的估計。日本數學學會有大約五千名會員，其中三千位任職學術界，如果寬鬆的定義，“serious 數學家”的人數大約三千。

翟：是個好數目。

宮岡：假設“serious 數學家”的定義嚴格一點，也就是只算現在從事嚴謹研究的研究者，那麼人數可能介於五百和一千之間。

翟：我覺得那已經相當不錯了。

陳：比台灣的人數多了很多。

宮岡：因為日本的人口是台灣的五、六倍。

陳：不過數學家的人數比我們的五倍還要多。

翟：下面這個說法可能不盡正確，不過高中生的學習受到太多入學考試體制的箝制與領導，將會影響日後從事創意的工作。

宮岡：在日本入學考試一直是個問題，不過入學考試也不是一無是處。對頂尖的學生來說沒這個必要，但對於一般人或平凡的學生卻是很好的學習的理由。日本比較嚴重的問題是制度很死板，不准太年輕的學生進大學，必須年滿十八歲。

陳：所以學生無法提早上大學。不過如果他們能夠自修 EGA 的話，那也不是問題。

翟：謝謝你。這訪談很愉快。希望未來日本與台灣之間有更多交流。

宮岡：我想我們應該致力發展更緊密的聯繫。

—本文訪問者翟敬立任職中央研究院數學研究所，陳榮凱任教台灣大學數學系，整理者甘濟維、陳麗伍為中央研究院數學研究所助理—