

美國數學社群的歷史剪影

Karen Hunger Parshall¹

翻譯：邱志灵

Morris Kline 在他的數學史巨作「Mathematical Thought from Ancient to Modern Times」詳述了從巴比倫埃及發源時期起到 1900 年以後，數學計算技巧上的發展，也大略言及二十世紀的情況。他提到超過 750 位數學家，其中不論就出生地或地緣關係而言，不到 4% 是美國人。十八世紀中沒有一位美國人在 Kline 的名單中，十九世紀初期上榜的只有翻譯 Piere Simon de Laplace (1749–1827) 著名而深奧的 *Traite de Mecanique Celeste* (天體力學) 五冊中的前四冊，新英格蘭自修有成的翻譯家兼數學評論者 Nathaniel Bowditch，在 Kline 的研究中十九世紀後葉美國有三人入列：Benjamin Peirce (1809–1880)，是哈佛學院天文學及數學的 Perkins 講座教授，他在 1870 年代致力於後來成為代數理論的基礎工作；耶魯大學的 Josiah Willard Gibbs (1839–1903) 於 1880 年代發展一套“向量解析”成為二十世紀的主流；航海年鑑事務所的 George Williams Hill (1838–1914)，於 1870 年代利用係數為週期函數的齊次一次微分方程式突破性的理論分析月球的軌道。如同 Kline 在總結“1900 的數學”這一章提到“數學家的人數，因為學習的開放而大量增加。雖然 1900 數學的主要中心在德國、法國及英國，義大利數學家也重新入列，美國因為有 Benjamin Peirce, G. W. Hill 及 Willard Gibbs 三人而第一次上榜。”在被提到的二十多位美國人當中，五位左右是同時期的，其他的人則集中在二十世紀前半段。從 Kline 書中得知美國在 1900 年以前，數學上並沒有突出的成果，反而是後來在數學教育史上有比較顯著的地位。但是“這種轉變是如何發生的？”這個問題超出了 Kline 歷史研究的範圍。答案不只與數學本身有關，也關係著數學在社會發展中做為一種（公民的）訓練，它的答案牽涉到更廣的層面不僅只是知識上的，它闡釋了數學歷史的重要觀點。讓我們看看是否能找出其它歷史上的關聯。

美國在殖民地時期及早期聯邦政府時代，也就是整個十八世紀，是一個建設中的國家。最初，一片蠻荒需要馴化，食物需要耕種，經濟需要建設，宗教，教育，文化傳統需要轉型。後來，因為政治經濟上與英國的差異而產生革命。這股能量產生了一個新政府，一個新經濟體，最後造就了美國特有的文化。儘管政治觀點上有所分歧，早期的領導者如 Thomas Jefferson 及 John

¹ An enlarged version of this talk appeared as “Historical Contours of the American Mathematical Community,” in *A History of School Mathematics*, 2 vols., ed., George Stanic and Jeremy Kilpatrick (Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2003), p.113-157.

² 本文譯自 K. Parshall 教授，2005 年 12 月 8 日在中研院數學所演講的講稿。

Admas 都同意既然科學的力量反映了相當的文化強度和活力，所以科學應該是新文化中完整的一部份。

營造成功的科學社群需要滿足一些條件。要有相當多志趣相投的人士，他們必須能夠直接透過旅行或間接經由出版交換意見；無論是從事明確的科學工作，或是有餘暇去追求科學興趣，他們的研究工作必需有財務上的奧援；需要教育資源——學院的訓練，書籍，器材，以達到專業的研究水準。雖然十九世紀初期一些變化正在悄悄進行，最終使得上述條件得以達成，但在當時的美國沒有科學團體的存在，一切尚在萌芽中，一個全國性數學團體的出現，更是遙不可及。美國 1776—1826 年的數學史，應納入一般科學社群的建立及專業化廣泛考量之下，包括高等教育的演變與其理想，科學社團和學報的產生，及聯邦政府、大專院校逐漸增加對科學研究的支持。

殖民地時代及聯邦政府早期，數學在大學課程中，是做為智力發展及邏輯思考的訓練，目標並不集中在數學本身知識的累積和加強。一部份歐基里德幾何原理，算術，一些三角，初步的代數形成大部數學教學的核心主題。也有特別的情況，如 1776 耶魯曾將牛頓的流數理論（即微積分）納入。若有教科書，則是幾何原理的全部或部分翻譯，或是節錄本如哈佛 Samuel Webber (1759—1810) 編纂的“數學”，[Mathematics, Compiled from the Best Anthors... (1801)] 涵蓋了許多基礎主題淺顯的層面，這樣的教育氛圍對美國學生而言，要瞭解同一時期歐洲深奧而複雜的數學工作，確實是困難的，那也不是大學教育的目標所在。

1820 年代後期，有些美國數學教育者體認到，過去居於領先的英國式的教學內容及方式，已經是無可救藥的過時了。他們主要是參照法國，從十八世紀晚期 Lacroix (1765—1843)，Bezout (1739—1783) Legendre (1752—1833) 的著作中發現法國代數，幾何，三角學，微積分的教學方法比英國的教材更新穎而進步。美國人於是以翻譯和改編的方式，把“新”數學引進課堂中。1820 年代將法國數學引進美國並不很普及，不過哈佛是例外。

接下來，從 1830 到 1870 的數十年，有更廣泛的歐陸式數學課程引進美國大學，不過這個轉變僅提昇美國學院的整體教育水準，對研究水準只有些微的助長，美國的高等教育還沒有把研究水準的提昇當做目標的一部分。但是看看歐洲大陸，先是法國，後來是德國，美國人逐漸認知到自己國家科學與數學的潛力以及如何將潛在力量轉化為現實。美國從嚮往歐陸的科學中究竟看到什麼？他們看到一個高度發展且制度化的努力；政府出資的動植物園區中，有受過訓練的動植物學家；大學和軍校聘請數學家，物理學家和化學家；皇家學院贊助學術出版，促成科學活動，助長科學交流；政府允諾支持天文學觀察，地質測量，以及商業和科學的航海探險。換言之，科學活動在這個愈趨分流且專業化時受到相當高度的支持。

在美國，大學是第一個回應這個專業化趨勢的機構。相較於殖民地時期的大學，可能只有一位數學及自然哲學的教授來教導數學，物理學，及天體力學等，十九世紀中葉，大學不僅增加了包括地質學，植物學，礦物學及化學等科學的課程，也增加了師資陣容，提供專業知識，教導

新課程。這個工作需求的成長，提供了科學家所需要的財力支援。事實上 1846—1876 年間，大約 45% 的美國科學家以教育為生。

在對科學更精細的定義之下，大學科系師資不僅包括科學教師還應包括科學家如數學家，化學家，植物學家，地質學家等的認知越來越普遍。伴隨著這些變化，學院中許多科學領域快速成長日益茁壯，超越大學部原有的水準。進一步的訓練需要周詳的準備，有些學校如耶魯在 1846 年，哈佛在 1847 年，分別成立特別學科的學院，加強師資陣容及強調更高層次科學訓練。例如哈佛的 Lawrence Scientific School, Benjamin Peirce 在 1848 年規劃的數學及天體力學的課程，就融合了一些這方面最新的研究工作。他的學生不僅讀到 William Brown Hamilton 爵士 (1805—1865) 1840 年代四量元 (quaternions) 的研究，也讀到 John Couch Adams (1819—1892) 及 Urbain Leverrier (1811—1877) 各自獨立以數學推導出海王星存在的著作。這一點標示了一個轉變的開始使得大學院校成為美國主要訓練及授與科學家專業身份的機構。

當學院在 1846—1876 的三十年間僱用了大部分的科學家，仍有 30% 的人在聯邦或州政府內工作。由聯邦撥款贊助科學工作，經過了一段憲法上不確定的時期（科學在憲法只提到一次，再就是在專利條款中提及），美國政府逐漸經由早期的一些機構，間接地提供科學的基金。這些機構如美國軍校在十九世紀前半段推動許多工程導向的數學訓練，而美國海岸測量機構支援應用方面的數學工作。海軍觀測所公布高品質、高精確度的天文計算，而對手的航海年鑑事務所在 Benjamin Pierce 督導下，將海岸測量機構蒐集的資料進行整合。由於從事測地學的工作人員，須要精通物理，數學及天文學，觀測所自家經營一所學校，有效地提供與測地學有關，相當於研究所的課程。

十九世紀中期，儘管在學院及政府中，增加許多科學家的工作，但沒有一個科學專業學群有足夠的人數發行專業期刊或成立專業社團。無論如何，1878 年，一個新的模式出現了——支持研究性質期刊。它在區分美國的數學及科學團體上面扮演了關鍵的角色。那一年，Johns Hopkins 大學在來自英國的數學家 James Joseph Sylvester (1814—1897) 主導編輯下，發行了“美國數學學報” (American Journal of Mathematics)。這可說是美國高等教育改變的徵兆，十九世紀末二十五年間數學研究社群的成立已是刻不容緩。

Hopkins 在 1876 年成立於 Baltimore，首任校長 Daniel Coit Gilman (1831—1908) 參訪各國，致力於研究英國，法國，德國及各地的教育機構。他擁有當時最多的資源供他運用成立一所他理想中的大學，這是史無前例的機會。

Gilman 基於他對外國大學優缺點的分析，及高等教育的需要，打造了一個新的美國教育機構的模式。他的大學除了通才教育的傳統目標外，更明確地將發展有原創性的研究及訓練研究人員做為任務的一部份。這是美國大學首次從一成立就同時擁有研究所及大學部。面對這個

雙重挑戰，Gilman 的師資陣容包括已有成就的以及有潛力的研究者，提供他們和學生一個可以達到明確目標的學術環境。

Gilman 聘請 J. J. Sylvester (六十一歲的英國代數學家) 為數學教授，他主要以發展不變量定理的奠基工作而享譽國際。為了讓教授能致力於研究所的課程，他規劃了一個助教，一方面督導大學生的學習，同時也協助研究生的課程。William E. Story (1850–1939)，剛從德國萊比錫得到博士學位，回到母校哈佛，於 1876 年搬到 Baltimore 得到那份職位。Sylvester 和 Story 合力於 1876–1883 年間，完成研究所的數學課程規劃。即使，1848 年 Benjamin Peirce 的 Lawrence School 的計劃，在數學領域上也無法與之抗衡。

共同分享這份數學資源的學生發現，Sylvester 創造的是極有個人特色的方式，不管他多努力，他就是沒法子照著定好的課題授課，他對於授課當時正在積極研究的题目的興趣，幾乎總是超越事先選定的教科書或主題。他會走進教室，告訴學生們他曾經考慮過的想法，向學生解釋他認為可以證明的定理，告訴他們在證明中遭遇的困難，也挑戰他們去解決。他也會介紹學生們一個數學領域，例如曾讓他在 1882–1883 學年間迷惑的分割理論，也以解決待解問題的方式與他們一同證明新理論。Sylvester 的課堂，在“做中學”的氣氛中，有如一個數學實驗室。

Sylvester 和 Story 融合德國大學如 Berlin, Gottingen, Konigsberg, 萊比錫等訓練研究生的研討會，成為他們自己主要的研究生訓練方式。Hopkins 數學研討班是一個結合書籍，學報，數學模型的教室，學生可以在裡面讀書和工作，也每月舉辦演講，討論以及評論新的研究發現。這是一個交換意見，切磋和釐清爭議，以及培養成熟研究人員的重要場所。

Sylvester 在 Hopkins 七年半期間，有十六位獲得獎學金贊助的研究生。他們在不同的領域中各有成就，如 Thomas Craig 在橢圓函數理論，Halstered 及 Stringham 在幾何學，Fabian Franklin 在不變量及分割理論，Oscan Mithchell, Chritine Ladd 在代數邏輯，後者 (Christine) 是非正式的學生，Sylvester 歡迎並鼓勵她在這所只收男性的學術機構中學習研究。他們的數學成果，以及美國各地和海外數學家的研究結果，都呈現在美國第一份具有研究水準的數學學報 “The American Journal of Mathematics” (美國學報) 中。

就如我先前提過的，“美國學報”以及發行它的新大學代表美國支持研究的新作法。既然 Gilman 首要目標是要教師和學生發展有原創性的研究，他了解必須讓這些原創性的結果有發表的園地。雖然在 1870 年代之前，曾經有發行純粹刊登數學的期刊的嘗試，但因為出版的費用太貴，潛在的訂閱者也很有限，結果是幾乎立即遭到失敗的命運。美國學報擁有一個資源豐沛的大學為後盾，有來自全國數學教授全面的支持，J. J. Sylvester 的編輯領導和他在國際上的聲望，以及其師生所提供的有出版價值的研究論文。美國學報能生存且興盛的這項事實顯示，到 1880 年，美國數學家已經開始蓄積極為可觀的能量。

足夠數目的成員只是形成一個數學研究社群的要素之一，得到對新數學更積極廣泛的支持，也是必要的。Hopkins 將研究納入制度，但是其他大專院校則必須在美國整體的高等教育中，為

“研究”找尋一個自然的地位。1880 年代早期, Sylvester 的學生離開 Hopkins 資源豐沛的環境去其它院校任職, 那些地方, 教學的份量很重, 圖書不足, 而且對原創性工作的誘因也不存在。

更有甚者, Sylvester 於 1883 年離開 Hopkins 回到英格蘭的牛津擔任幾何學教授。Gilman 並沒有找到一個在數學成就上相當的教授取代他。這樣一個美國真正的研究所課程, 對認真追求研究的學生, 不再具有吸引力。在這個時刻, 許多美國人到歐洲去, 尤其是德國的 Gottingen 大學及 Felix Klein, 那裡提供了家鄉已經不存在的訓練水準。因此, 他們發現了很多 Sylvester 始終沒有教他們的數學, 也使他們體驗了一個想引入美國的教育環境。

做為數學家及教師 Felix Klein 與 Sylvester 非常不同。Sylvester 可說是第一位純代數數學家, 而 Klein 是幾何學家。Sylvester 傾向不讀他人的作品, 而 Klein 則吸收前人及同時代的數學。Sylvester 用高度計算的, 歸納的方式, 來處理一組相當不相容的數學問題, 而 Klein 則尋求大的原則, 由此推導出特定定理並且找出看似不同的定理之間的關連。

在講堂中, Sylvester 意氣風發即興而無條理, Klein 則嚴肅, 按部就班有明確而有條理的課綱。Sylvester 將現在正在做的課題教給學生, Klein 則著重於十九世紀豐富的數學, 但加上自己的詮釋。Sylvester 在 Hopkins 的時期是已屆六十的耆老, Klein 在 1880 年代中期到 1890 年代中期, 則是數學界公認的年輕之星。

1880 年代中期到 1890 年代中期在德國 Klein 等人創立的數學環境中學習並成長的美國學生, 回國後不僅擁有新的數學知識, 而且還強烈意識到理想的高等教育應該如何: 教授必須有選擇他們研究領域的自由並能得到大學院校對學術活動真正的支持; 另一方面必須將訓練未來的研究人員納入他們正式學術任務的一部份。這些當然是 Gilman 1876 年在建立 Hopkins 就已經落實的想法。在 Klein 的學生回國前, 一些美國其他的大學院校, 已經開始接受這個哲學。耶魯及哈佛已於 1840 年代晚期, 開始進階的科學課程, 在各種領域中實際強化課程並將之擴充到研究所的課程。隨著 1862 年國會通過 Morrill 法案, 新的高級教育機構, 就是所謂的“政府撥地興建的大學”成立, 強調在傳統人文科學之外如工程, 礦冶及農業等的實用科學, 但也把研究所的訓練和研究納入, 成為學術任務的一部份。最後, 私立大學採用 Hopkins 的模式, 仿效 Hopkins 當年經由一些在金色年代致富人士的捐贈得到資金。Klein 的學生不像十年前 Sylvester 的學生, 他們進入一個全面性教育的環境, 更能引導他們向他們的研究理想邁進, 因此學術生涯可以延續而且成功, 然而 Sylvester 的學生則陷入困境。

Klein 的學生在全國各教育機構尋求或發現並幫助營造志同道合的工作環境。在這個過程中, 遍及全國教育機構中的 Klein 學生們, 可說是為數學研究團體的建立打下基礎。

到了 1890 年代中期, Klein 已經花了大約十年的時間來訓練研究生, 他把目標轉移到普魯士境內的學術教育政策等更廣泛的主題上。當 Klein 的身影基本上從美國數學場景抽離時, 美國已然接手自己訓練研究生的工作。Klein 的學生回到美國並在全國成立研究生的養成計畫。

但是,更重要的是克拉克大學(1889)和芝加哥大學(1892)先後成立,並且把研究所的教學及研究列入他們的首要課題。芝加哥大學的數學系,在出身耶魯的 Eliakim Hastings Moore (1862–1932) 及 Klein 的學生 Oscar Bolza, Heinrich Maschke 這些人的努力下,幾乎立即成爲研究所教育以及科學社群組織的龍頭。

Moore, Bolza, Maschke 爲新成立的數學系以及剛成形的美國數學研究社群,建立起一個有活力而且互補的領導中心。在制定大學和研究所的課程上,他們各自發揮所長而以“專業”爲重心。在芝加哥大學的前十年,Moore 以快速簡明扼要的方式主講代數及基礎議題,Bolza 也是快節奏但較有條理地以全面的觀點處理 hyperelliptic 函數以及變分學,Maschke 則在幾何學上有諸多貢獻,他在意聽衆是否理解,小心地以較慢的速度授課確保學生跟得上。他們課程的焦點放在傳授內容,他們經營的“數學俱樂部”則致力於提昇研究工作者的訓練。這是一個讓人聯想到 Sylsvester 在 Hopkins 經營的“數學研習會”以及哥廷根(Gottingen)的 Mathematische Gesellschaft,並且至少有部分參照德國討論班的模式。數學俱樂部提供了一個平台介紹文獻中的新成果,發表新的研究工作及經由數學史及教學的講解提昇數學文化。

十八世紀末至十九世紀初,數十位年輕數學家,在這個環境中成長,其中有代數的 Leonard Eugene Dickson (1874–1954),幾何的 Oswald Veblen (1880–1960),拓樸學的 R. L. Moore (1882–1974),分析學的 George D. Birkhoff (1884–1944),這幾位及其他學生作了扎實的研究工作,以此爲基礎繼續發展爲芝加哥大學的研究主題。他們同時也活躍在美國的數學研究社群中。

從大的角度來看,他們從芝加哥大學的前輩中學習到公民職責的觀念。早在 1893 年藉著芝加哥舉辦全球美洲博覽會,E. H. Moore, Bolza, Maschke 及西北大學的 Henry Seely White (1861–1943) 等人籌辦數學家大會,Felix Klein 從 Gottingen 以普魯士政府的官方代表身份與會,四十五位出席人士中,其中有四位來自海外,他們聽到不只當代傳奇的 Klein,還有其他四十個講演,並且有來自美國和特別是德國的五十件論文發表。Klein 帶來許多來自德國最傑出數學家的論文如: David Hilbert (1862–1943), Hermann Minkowski (1864–1909), Max Noether (1844–1921), Heinrich Weber (1842–1913) 及其他學者,刻意突顯德國在數學上的優勢。Klein 有意在大會以他的出席建立他是德國數學領導者的聲譽。然而,數學大會不僅只是彰顯民族主義或是達到個人的目標。Moore 及他的同僚也在這個會議看到機會讓他們在芝加哥大學的作法得到重視並且形塑他們成爲美國數學界呼風喚雨的人物。

他們這些人,尤其是 E. H. Moore 的行動作風,很快地得到區域性及全國性的迴響。1888 年紐約數學學會(NYMS),在六巨頭的就職典禮中於哥倫比亞成立。到了 1891 年學會人數已超過二百人,而且開始發行集刊,報導每年的活動。在 Moore 及數學大會其它創辦人於 1894 協助 NYMS 出版“國際數學大會發表論文集刊”之後,學會改名爲美國數學學會“American Mathematical Society (AMS)”以反映它的新的“全國或美洲大陸”的特質。

名稱改變之後，Moore 及其同僚在芝加哥，而學會的活動在紐約。於是他們遊說官方得到認可他們是 AMS 的芝加哥分部 (1897)，其會議獲得集刊整篇的報導。西海岸的數學家在 Irving Stringham 及 Mellen Haskell 領軍下，於 1902 年成立舊金山分部，四年後大平原的數學家們成立了西南分部，經由這些努力，將分散於美國各地的數學團體，整合成一個全國研究人員的社群。

在某種意義上，Moore 鼓吹社群成立的行動，於 1901 年一月，他當選第一位中西部出身的 AMS 會長時達到最高峰。在 1902 年十二月的卸任演說中，他強調數學教育是他長期以來最掛心的任務。儘管 Moore 的 AMS 成員們對他的想法絕無反對之意，但是，他們並沒有把他的教學議題當作主要課題的一部份。他們於十九世紀最後四分之一的時光裡，戮力於為美國實現一個成功的研究社群。既然他們終於擁有了這樣的社群，他們要用它來專注於收割其利益和報酬，也就是讓它成為推動研究的動力。當然，有些數學家回應 Moore 的呼籲。他的學生 Herbert Slaughter (1861–1937)，擔任自 1907 年發行的“美國數學月刊”(American Mathematical Monthly) 的編輯，這是偏重於教學的雜誌。他於 1914 年嘗試說服 AMS 擴大範圍接收月刊的出版，1915 年 AMS 拒絕他的提案，促成是年“美國數學協會 Mathematical Association of America”(MAA) 的成立，重心放在大專院校數學老師關切的議題上。五年後 (1920)，全國數學教師會“National Council of Teachers of Mathematics”成立，提供了一個大專以下數學老師發聲的管道。雖然大多數 AMS 成員選擇將焦點專注於研究上，研究成果一流的數學家如 Moore, Dickson, 以及其他數學家如 Slaughter 共同參與和奉獻各個層級數學社群的形成，贏得來自各階層對數學的支持。

到 1900 年，美國已有一個能自我延續的多層次的數學團體。由於 1876–1900 年所造就出來的第一代受教育的美國人，正在全國逐漸重視研究的大專院校發展研究志業，所以，美國學生可以輕易在自己國內得到具競爭性，有研究水準的數學訓練。

第一次世界大戰之前，儘管 1908 年 Maschke 過世，1910 年 Bolza 回到德國，芝加哥大學的數學系仍然扮演領導的角色。Moore 依然擔任系主任的職務，加上之前芝加哥大學的學生，如 Dickson, Gilbert Bliss, 和柏林出身的幾何學家 Ernest J. Wilczynski (1876–1932)，彌補了這些教授的空缺。後三者分別繼承延續芝加哥大學的研究傳統：理論代數，變分學，幾何。而二十世紀初期，Moore 則轉往“General Analysis”，以抽象、公理化的方式研究泛函分析。不過，芝加哥大學不再如 1890 年一般，全面主導美國數學界。

第一次世界大戰以前，美國人仍然繼續出國接受博士生和博士後的訓練，雖然人數比以前減少，Göttingen 依舊是數學之旅的焦點。不過二十世紀早期，Felix Klein 的講堂不再是吸引美國年輕人的地方，David Hilbert (1862–1943)，特別是他於 1900 年在巴黎的國際數學會議中發表二十三個公開問題 (open problems) 後，成為新的數學大師。

第一次世界大戰在歐洲爆發，有效地摧毀了在 Göttingen 深造的美國學生形成的這一塊“美國殖民地”。然而，至少有一段短時間內，有一批美國學生，把注意力集中在更實用與戰爭有關的研究上。例如 Hilbert 的另一位學生 Max Mason (1877–1961)，在新成立的 National Research Council (1916) 研究潛水艇的探測技術，Veblen, Bliss, Marston Morse (1892–1977) 和其他數學家幫助亞伯丁基地的軍械研究。這場戰爭之後，美國數學家不再將德國視為追求知識文化理想的地方，他們把加強研究計畫的精力，放在自家本土上。

戰爭期間有許多學校，向高層次的數學研究邁進。MIT 邁開大步，從第二代數學界獲取師資，中西部仍然以芝加哥大學為主。如 Saunders MacLane 所說，芝加哥大學已經在 1920–1930 年代，成為 Ph.D 的生產工廠。但是它要在 1946 年，來自哈佛的 Marshall Stone 主持的 Stone 年代，才重回先前的卓越地位。

總的來看，使 Stone 成為數學大師的哈佛大學，是因 G. D. Birkhoff 而有了生機。Birkhoff 如同他的指導教授 Moore，在 1920 年代不僅在自己的系裡及美國數學界，擔任主要領導者的角色，同時也指導了一群傑出的學生。

普林斯頓大學在 Henry Fine 擔任具有影響力的理學院長加上兩位積極推動數學的 Veblen 和 Luther Eisenhart 持續努力下，擴大並強化戰前的科系。1920 年代，這三個人同心協力爭取基金，支持在普林斯頓進行數學研究。Veblen 在 1923–1924 擔任 AMS 主席的期間，也將此募款的努力擴及全國，於 1924 年達成使國家研究委員會開始頒發研究獎助給數學家。

數學在普林斯頓生根成長，更因在此任教及曾在此受教的數學家的研究及對數學社群的參與，得到進一步強化。例如，Veblen 協助建立一個獨一無二的機構贊助美國國內的研究，這就是 (普林斯頓) 高等研究所。這個機構於 1930 年獲得捐贈，以學者自由獨立，追求其研究和興趣為宗旨。與其他研究大學不同，以致力於研究為唯一宗旨。

高等研究所在普林斯頓大學的合作下於 1933 年正式成立，和普林斯頓數學系共同使用空間直到 1935 年，Veblen 及研究所所長 Abraham Flexner 集合了一個明星陣容，包括自歐洲避難而來的 Albert Einstein (1879–1955) 及 Hermann Weyl (1885–1955)，出生於匈牙利在普林斯頓大學訪問的 John Von Neumann (1903–1957)，普林斯頓大學教授 James Alexander 和哈佛數學家 Marston Morse，再加上被稱為“member”的各年的訪問學者。這些人為博士後的研究營造出生氣勃勃的環境。這在美國是史無前例的。

當高等研究所首度聘任六位終生教授後，另外一個現象開始在 1930 年代影響美國的數學——逃避政治迫害的外國數學家大批湧入美國。在美國，Oswald Veblen 及 1921–1940 擔任美國數學學會秘書的 Brown 大學數學教授 Roland G. D. Richardson (1878–1949)，兩人共同努力不懈地安置這些數學家。所謂的“大移民”(Big Migration) 帶來了大批致力於應用數學，統計學及或然率的移民。因為數學界的領導者多數是純數學出身，美國過去在這些領域實力不強，移民的到來，幫助美國數學界樹立第一、二代新的研究傳統。

美國在這批大移民熱潮之後加入第二次世界大戰，數學家再度為戰爭效力。領導動員的主角是 Warren Weaver (1894–1979)，他原是威斯康辛大學的教授兼數學系系主任，1932 年主持洛克斐勒基金會自然科學部門。1942 年“科學研究發展室”(OSRD) 在 Vannevar Bush (1890–1974) 手中成立“應用數學小組”(AMP) 提供數學上的援助給其分支機構。小組中的數學家如 Samuel Wilks, John Von Neumann 的努力，開啓了新的領域如 Sequential Analysis 和 Operations Research。在一個快速轉向支持基礎研究的氛圍中，AMP 更進一步讓數學在戰爭中的角色公開化，因此提昇未來持續的重要性。它經由支持如紐約大學的 Richard Courant 及 Brown 大學的 Richardson 的研究群，使得這些學校能將戰時的動員轉化為戰後對應用數學的支持，因此加速應用數學系所的成立。

戰爭結束前，美國數學研究景觀的輪廓，已經被戲劇性地重塑。一流的計劃已進行全國性的發展及合併，加入來自歐洲的菁英，美國現在已經在純數學或應用數學的許多領域擁有實力堅強的中心。聯邦政府承諾給予基礎科學和數學研究的外在的支持，美國社會及高等教育內在的發展過程和外在因素，影響了這些變化的產生。

戰後數年間，數學家在全國大專院校中，回歸他們承平時的工作。同時，在戰爭期間扮演重要角色的統計學，也有了可觀的成長。這些年間許多軍事機構繼續支持科學研究，也將戰爭期間的撥款，轉化成和平用途，而企業也增加對研發的投入。例如，海軍的“海軍研究所”在 1946 年成立，成為聯邦支持學術研究的主要機構。其中之一與數學有關的是它支持以任務為導向的 Operations Research。1950 年還有一個重大的轉變，聯邦贊助科學研究的基金成立了國家科學基金會 (NSF)。雖然在 1957 年蘇聯發射 Spunik 太空船之前，贊助款並不多，之後，則迅速成為美國數學研究團體主要的外在資金來源。軍方及 NSF 對科研的支持都在學術機構中。然而，工業界如美國電話電報公司，持續支持的研發機構如紐澤西 Murray Hill 的貝爾實驗室就不是學術性的。貝爾實驗室中聘請數學家及統計學家，如 Walter A. Shewart (1891–1967) 和 Thornton C. Fry (1892–1981)，為數學家提供了可以維持生活的非學術工作及研究機會，使追求數學研究有了更寬廣的定義。這些因素及數學界其它的演變所造成的影響及他們對研究成果的影響仍有許多數學史上可探討的工作。

如同我在上文試著指出的，美國數學研究界的景觀地圖有了諸多輪廓，其歷史也可就各種史料編纂法及各種方法的組合來描述。大定理技術上的突破及重大的理論，對於這個重要領域的了解是很關鍵的。但是，這個發展並非憑空而來。有關社會的，制度上的，及更廣泛的數學上的努力的種種分析，都有助於我們了解和欣賞這個領域豐富而錯綜複雜的歷史全貌。

參考文獻

1. Kline, Morris. *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, Oxford University Press, New York, 1972.

—本文作者為 Virginia 大學歷史系和數學系教授—