

## 世界疫情解封後的數學獎

### 第一位女科學家斬獲 2023 沃爾夫數學獎

2023 年 2 月 7 日星期二在以色列總統官邸宣布了 2023 年沃爾夫科學與藝術獎的得主名單，朵畢希 (Ingrid Daubechies)，美國杜克大學的杜克數學、電機與資訊工程名譽教授 (James B. Duke Distinguish Professor of Mathematical and Electrical and Computer Engineering)，因表彰她「在創建和發展小波理論 (wavelet theory) 和現代時頻分析 (time-frequency analysis) 的工作。」而成爲 10 萬美元獎金的新任沃爾夫數學獎得主。

她是自 1978 年開始頒發此獎項以來的第一位女性得主。順便一提，吳健雄是 1978 年沃爾夫物理獎第一屆的得主，也是迄今唯一一位沃爾夫物理獎的女性得主。

朵畢希是比利時的理論物理學家、數學家。1954 年出生於比利時林堡省 (Limburg) 的煤礦小鎮豪塔倫 - 海爾赫特倫 (Houthalen-Helchteren)。許多應用數學家最初都是理論數學家，後來開始將他們的數學技能應用於其他學科。然而，朵畢希是爲數不多的朝相反方向發展的人之一，她是從接受物理訓練開始，而不是數學。1975 年，她在布魯塞爾的自由大學獲得物理學學士學位。隨後，她繼續在同一所大學進行研究，並獲得物理學博士學位，論文題目是《量子力學算子在解析函數希爾伯特空間上的核的表現》 (*Representation of Quantum Mechanical Operators by Kernels on Hilbert Spaces of Analytic Functions*)。

1987 年對朵畢希來說是重要的一年。在 1980 年代初期，法國的地球物理學家、應用數學家莫雷 (Jean Morley) 發現了展現地球物理信號的新方法。他沒有以傳統的傅立葉變換來分析信號，而是

有了運用小波的直觀想法，後來，他與朵畢希的博士論文指導教授格羅斯曼 (Alex Grossmann) 合作，通過引入連續小波變換將他的直覺建立在堅實的數學基礎上。大約在 1985 年，朵畢希與梅耶爾 (Yves Meyer) 和格羅斯曼合作，引入了一種離散的方法，使函數能夠從離散的數值集合中被重建出來。1987 年，朵畢希取得了突破性進展，她構建了有光滑、緊緻支台的連續小波 (smooth, compactly supported continuous wavelet)，又建構了雙正交小波 (biorthogonal wavelet)。這些發現徹底改變了信號處理，導致了高效的數位化、儲存、壓縮和分析資料的方法，例如音頻信號、視訊信號、電腦斷層照影和磁振照影。這些小波的緊緻支台使得在長度上線性相依的信號的依時間數位化信號成爲可能。對於信號處理領域的研究人員和工程師來說，這是一個關鍵因素，能夠將信號快速分解爲各種尺度貢獻的疊加。之後，朵畢希與合作者更引進了對稱雙正交小波基底，這些小波基底爲了對稱性犧牲了正交性。這樣的基底更適合處理有限長度信號邊界處出現的不連續性並提高影像的品質。她的雙正交小波成爲 JPEG 2000 影像壓縮和編碼系統的基礎。朵畢希認爲因爲這些應用是在物理學之外的，她被認爲是一個數學家。

除了她的科學貢獻外，朵畢希教授還倡導科學和數學教育的平等機會，尤其是發展中國家。在 2011~2014 年她作爲第一位國際數學聯盟 (International Mathematical Union, IMU) 的女性主席，更致力於推動這一事業。她意識到女性在這些領域面臨的障礙，並致力於指導年輕的女科學家並增加她們在這些領域的代表性和機會。



## 2023 阿貝爾獎

阿根廷才於 2022 年 12 月 18 日舉國歡騰慶賀贏得了 2022 年在卡達舉辦世足賽的冠軍。3 個月後，阿根廷更迎來了重磅喜訊：2023 年 3 月 22 日挪威科學與文學院宣布本年度的阿貝爾獎 (Abel Prize) 頒給卡法瑞里 (Luis Caffarelli)，以表彰「他對非線性偏微分方程 (包括自由邊界問題和蒙日／安培方程式 [Monge-Ampère equation]) 的正則性理論的開創性貢獻。」

卡法瑞里 1948 年出生和成長於阿根廷首都的布宜諾斯艾利斯，一直到 1972 年從布宜諾斯艾利斯大學獲得博士學位後，1973 年才到明尼蘇達大學任博士後。爾後在美國度過長達 50 年的職涯，其中歷經了紐約大學的庫朗研究、芝加哥大學和普林斯頓的高等研究院，他現在是德州大學奧斯汀分校的 Sid W. Richardson 首席數學講座教授。他是首位出生在拉丁美洲的阿貝爾獎得主。他也於 2018 年獲頒沃爾夫獎。

作為一名數學家，卡法瑞里已經發表了 320 篇論文，曾與 130 餘人共同撰寫論文，指導博士生 30 餘人。是公認的橢圓型偏微分方程的泰斗。在 40 多年的時間裡，卡法瑞里在排除或刻劃奇點 (singularity) 方面做出了開創性的貢獻。卡法瑞里證明的定理從根本上改變了我們對具有廣泛應用的非線性偏微分方程類的理解。結果觸及問題的核心，這些技術同時表現出精湛和簡單，涵蓋了數學及其應用的許多不同領域。

無論是描述水的流動還是人口的增長，偏微分方程都是依自然法則自然產生的。自牛頓和萊布尼茨時代以來，這些方程一直是人們深入研究的對象。然而，儘管幾個世紀以來數學家們的努力，關

於穩定性甚至唯一性的基本問題，以及一些關鍵方程的奇點的出現和類型，仍然沒有得到解決。1977 年，卡法瑞里在《數學學報》 (*Acta Mathematica*) 發表論文〈高維自由邊界的正則性〉 (*The regularity of free boundaries in higher dimensions*)，取得他的第一個重大突破而獲得廣泛認可。此後，他被認為是自由邊界問題和非線性偏微分方程領域中的世界領先專家之一。1984 年他、孔恩 (Robert Kohn) 和尼倫伯格 (Louis Nirenberg，2015 年阿貝爾獎得主) 在《純數學與應用數學通訊》 (*Communications on Pure and Applied Mathematics*) 合作論文〈納維爾／史托克斯方程合適的弱解的部分正則性〉

(*Partial regularity of suitable weak solutions of the Navier-Stokes equations*) 討論了源自 150 年前的流體力學中納維爾／史托克斯方程解中奇點的維度性質。這篇論文的技术細節很複雜。不過納維爾／史托克斯方程解的存在性與光滑性仍是千禧年大獎難題的未解問題。他、尼倫伯格和施普拉克 (Joe Spruck) 在 1984 ~ 1988 年間的 5 篇關於蒙日／安培方程合作論文，是他 1990 年代發展完全非線性橢圓方程黏性解 (viscosity solution of fully nonlinear elliptic equations) 部分正則性理論的起點。他與其他合作者還將其應用到蒙日／康托羅維奇最優傳輸問題 (Monge-Kantorovich optimal transportation problem)，並獲得了深刻的結果。為對均勻化的貢獻而聞名。

此外，卡法瑞里對均質化理論 (homogenization theory) 也做出了開創性的研究貢獻，在均質化理論中，人們試圖了解具有微觀結構介質的有效或宏觀行為，一個典型的問題是多孔介質——比如油氣儲存在有一塊帶孔隙的固體岩石，在很大程度上構成了流體流動的複雜且未知的結構。

## 2023 邵逸夫數學科學獎

2023 年 5 月 30 日邵逸夫獎基金會在記者會中宣佈 2023 年的第 20 屆邵逸夫數學科學獎由美國芝加哥大學的賈德森傑出服務數學教授 (Harry Pratt Judson Distinguished Service Professor of Mathematics) 狄林費德 (Vladimir Drinfeld) 與中華人民共和國清華大學的丘成桐數學科學中心主任丘成桐 (Shing-Tung Yau) 共享，獲獎的原因是表彰他們對數學物理、算術幾何、微分幾何和凱勒幾何 (Kähler geometry) 的貢獻。頒獎儀式定於 11 月 12 日在香港舉行。

在邵逸夫獎基金會的新聞稿中說到：

「他們對數學物理有著共同的關注。狄林費德與貝林森 (Alexander Beilinson) 一起推動了幾何朗蘭茲綱領 (geometric Langlands program)，引用韋頓 (Edward Witten) 的觀點，這項綱領與量子場論頗有共通之處，但卻源於數論。丘成桐致力於研究相對論和弦論所產生的數學問題。

狄林費德早年發想了 shtukas (源於德文 Stück，是「瓣」的意思) 的概念，其結構與物理的 KdV 方程有關。狄林費德因此解決了秩 2 函數體上的算術朗蘭茲綱領，並獲得 1990 年費爾茲獎。當時專家已經注意到，他的解法也同時證明了秩 2 的  $\ell$  進相容系統存在性的德利涅猜想。令人矚目的是，隨着拉弗格 (Laurent Lafforgue) 於 2002 年證明任意秩函數體上的朗蘭茲綱領，按照狄林費德的方法，狄林費德便可將任意秩  $\ell$  進相容系統的存在性，由函數體推廣到高維解形的情況。狄林費德完全解決德利涅猜想，導致包括複幾何在內的許多推論。

正如舒茲 (Peter Scholze) 在 2018 年國際數學家大會 (ICM 2018) 的大會演講中所提及的猜想，

在現今的  $p$  進霍奇理論，以及眾人夢想「期待」的數體朗蘭茲綱領研究中，大家預期狄林費德的 shtukas 會是一個關鍵概念。此外，狄林費德關於巴特／舒茲稜柱上同調 (Bhatt-Scholze prismatic cohomology) 及其係數系統的觀點，亦導致了對該理論的新理解和應用。

狄林費德的研究是算術幾何的骨幹，也是該領域新發展的核心。

丘成桐系統性的發展了微分幾何偏微分方程的方法。據此，丘成桐解決了卡拉比猜想，並因此獲得 1982 年費爾茲獎；他與烏倫貝克 (Karen Uhlenbeck) 合作，證明了厄爾密特的楊／米爾斯聯絡的存在性；他與孫理察 (Richard Schoen) 合作，利用最小曲面理論證明了正質量猜想。丘成桐引入幾何方法解決廣義相對論的重要問題，譬如孫／丘黑洞存在定理和廣義相對論中擬局部質量的內稟定義。

丘成桐對凱勒／愛因斯坦度量存在性的研究，導致卡拉比猜想的解決，也引入卡拉比／丘流形的想法，成為弦論和複幾何的基石。而史聰閔格／丘／扎斯洛的構造則對鏡對稱研究產生重大影響。

丘成桐與李偉光在熱核估計和微分哈納克不等式方面的研究改變了流形幾何方程的分析方法，也影響了最優運輸理論的發展，以及漢密爾頓關於瑞奇流的研究。

丘成桐為幾何與分析的融合貢獻良多，如今這個學門已被稱為「幾何分析」。他的研究對數學和理論物理學都有著深遠而持久的影響。」

另外，特別值得一提的是 20 年前的第 1 屆邵逸夫數學科學獎得主是丘成桐的博士論文指導教授陳省身。(編輯部)



## 臺灣 108 課綱與 STEM 教育面臨的挑戰

STEM 一詞源於英文，指的是 science（科學）、technology（技術）、engineering（工程）和 mathematics（數學）四大學科領域的字首縮寫語。STEM 教育強調訓練學生不受單一學科思維的侷限，整合四大領域的專業知識，並將課程與真實生活中的情境做結合，運用多元管道的知識來源，做全面性的思考來解決問題。自 2013 年 5 月，美國總統歐巴馬發佈了《聯邦政府 STEM 教育五年戰略計劃》並投入了超過 10 億美金經費，用於 STEM 教育推廣和教師培訓等工作後，在世界各國掀起一片熱潮。STEM 教育的議題不僅在學校教育場域受到討論，許多民間教育場域也熱烈推出 STEM 團隊、課程與教具，從幼兒園、國小、國中、高中到大學各學習階段，皆不難發現 STEM 教育受到很大的關注。

可是臺灣在教育政策上不但未明確的提出具體的政策推動與落實 STEM 教育，且十二年國民基本教育的 108 課程綱要中的核心素養、學習重點中，也並未有系統的規劃與實施 STEM 教育。108 課綱中的數學與自然領域的必修學分數更是腰斬 50%。

根據行政院主計總處 2022 年 8 月底「事業人力僱用狀況調查」結果，臺灣工業及服務業專業人才短缺數 4 萬個中約 66% 是 STEM 領域的。隨著 AI、能源等新興科技發展，是否有充足 STEM 專業人才成爲了產業的升級、轉型與競爭力的關鍵因素。臺灣半導體產業領先全球的地位衆所皆知，STEM 相關專業人才短缺，將不利產業升級轉型，在許多半導體產業從業人士的眼中半導體人才危機已明顯浮現。尤其加上少子化因素，臺灣 STEM 領域大專院校學生數相較於 10 年前減少約 8 萬人。2021 年 7 月 23 日，108 課綱推出的第 2 年，臺灣 IC 設計龍頭聯發科董事長蔡明介投書自由時報以「談數理教育與大學甄試」爲題，表達他的憂心及

建議。依據 104 人力銀行與國際半導體產業協會 2022 年出版的《半導體產業與人才白皮書》發現「少子化趨勢持續嚴重，人才供給數量不足、速度不及。」若未來仍依此趨勢變化，STEM 領域畢業的學生勢必會大幅的下降，連帶的，STEM 相關專業人才亦會弱化和數量銳減，對於科技與經濟發展將會產生不利的影響。

早在 2014 年 5 月 16 日中華民國數學學會就與多位數學系系主任召開媒體記者會，同年的 6 月也有 93 位中研院士共同發表公開信反對「十二年國教總綱草案之修正案」；108 課綱首屆學生目前是大一生，臺灣大學、清華大學、陽明交大等校皆觀察到大一生有微積分、普通化學等表現較前一屆下滑傾向。臺灣大學電資學院院長張耀文在接受《今周刊》專訪時表明「108 課綱大砍自然領域的學分數，與大一學生基礎學科成績降低有不少關聯。……臺灣要想清楚未來國家的發展方向，如果半導體是未來國家的發展命脈，那國家政策是不是要適度配合，讓這個領域的學科有基礎，才能有足夠人才支撐這個產業。」

在 108 課綱推出的前後期，無論產業界或學界皆多次針對課綱的缺失提出呼籲與建言。然而，規劃與執行教育政策和大學考招制度的教育部或主導訂定十二年國教總綱的國家教育研究院都尚未有回應或提出具體可行的解決方案。

爲因應在課綱沒有明確的引導下，高中端無法開出足以與 STEM 相關的大學數、理、化銜接的課程，許多大學皆推出或規劃了暑期「先修」或「銜接」數、理、化線上課程，鼓勵 108 課綱第 2 屆的「準大學生」補足落差；例如臺灣大學的「大學數理預備課程試辦計畫」、陽明交通大學的 OCW「大學先修課程」。（編輯部）