中研院訊

Academia Sinica Newsletter

第 1792 期｜2023 年 06 月 29 日發行

本期目錄

當期焦點

01 跨領域合作解開 250 年謎題：科學家在斑馬魚尾鰭發現「機械波」
03 本院 2 位青年學者獲選出席第 72 屆林島諾貝爾獎得主會議

學術活動

04 活動報名〉本院物理所通俗演講：Sustainability Science and its Global Flourishing
05 活動報名〉2023 大師講座：數位化對法秩序的影響（Influences of Digitization on the Legal Order）
06 本院「材料與分析科技探索計畫」公開徵求 113 年度研究計畫，即日起受理申請

漫步科研

07 嗜中性球胞外誘捕網及 CCL4L2 是影響氣喘類固醇治療效果的關鍵
09 寡醣作用機制現形 為癌症疫苗設計提供新契機
10 【專欄】塌縮型超新星爆炸：微中子與新物理
14 【專欄】從基礎研究到工業：John Martinis 談量子電腦工程現況與展望

生活中研

17 午餐這樣點！學術活動中心美食街「新」出發
19 人事動態

編輯委員
林千翔、吳志航、吳岱娜
陳玉潔、陳禹仲、詹楊皓
蔡宗翰、賴俊儒、曾國祥

編輯
陳竹君、陳昶宏、林彤

電話
02-2789-9488

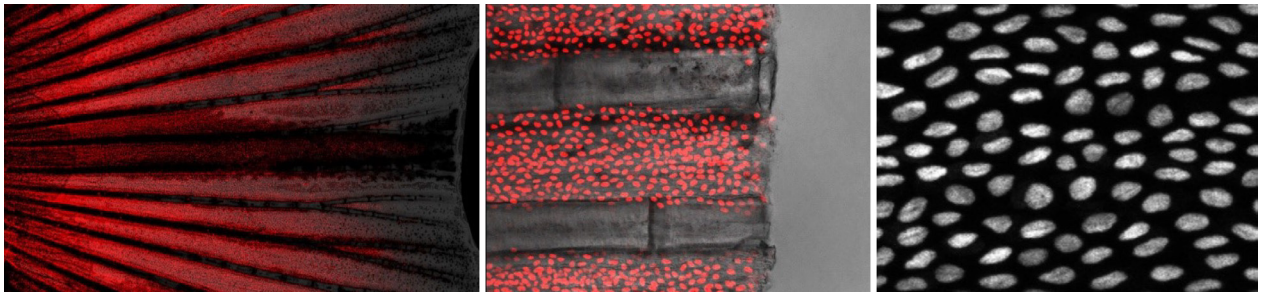
傳真
02-2785-3847

信箱
wknews@gate.sinica.edu.tw

地址
11529 臺北市南港區研究院路二段 128 號

本院電子報為同仁溝通橋樑，隔週四發行，投稿截止時間為前一週星期四下午 5:00，若逢連續假期則提前一天截稿，歡迎同仁踴躍賜稿。

跨領域合作解開 250 年謎題：科學家在斑馬魚尾鰭發現「機械波」



▲（左）斑馬魚成魚的尾鰭，紅色螢光標誌上皮細胞；（中）參與傷口癒合的上皮細胞；（右）斑馬魚尾鰭的上皮細胞

為什麼會再生的動物，再生速度總是跟受傷程度成正比？這是一個困擾生物學家超過 250 年的奇特現象。本院細胞與個體生物學研究所陳振輝副研究員及物理研究所林耿慧副研究員組成跨領域團隊，發現斑馬魚利用「機械波」及時偵測受傷發生的位置，以調控相對應的傷口癒合和再生反應。此研究成果於今（2023）年 6 月刊登於國際期刊《自然物理》（*Nature Physics*）。

18 世紀義大利生物學家 Lazzaro Spallanzani 首次發現某些脊椎動物（如：蜥蜴和蠑螈）具有很強再生能力，他仔細紀錄了一個奇特現象——受傷越重，再生越快。切除手臂引起的再生反應，比只切除手指所引起的再生反應要快上許多。這些動物如何偵測受傷發生的位置？複雜組織的再生速度如何調控？為什麼會再生的動物都可以觀察到類似的反應？因為研究模型和工具的限制，生物學家至今對此一現象仍然瞭解的很少。

發現「機械波」！波的傳遞距離與被切斷尾鰭的長度成正比

陳振輝團隊利用斑馬魚的尾鰭作為模型，開發活體影像工具，探究脊椎動物如何再生複雜組織。實驗室的博士生黎馬可（Marco P. De Leon）意外注意到，不同的受傷程度會產生不同的傷口癒合反應。在細胞的層級，失去的組織越多，參與傷口癒合的細胞就越多，快速移動的上皮細胞呈現出像是波的運動行為。經由與林耿慧及其團隊成員溫福來博士持續近六年的合作研究，他們發現波的傳遞距離，與被切斷尾鰭的長度成正比。但是這個波的本質是什麼？是化學波還是機械波？

林耿慧設計實驗，驗證波速會受到組織張力的影響，波的傳遞會互相干涉，支持這個波是機械波。溫福來建立理論模型預測波的行為，發現細胞之間有如彈簧的耦合，機械因素例如阻力的梯度變化，是限制波傳遞的關鍵。他們還發現上皮細胞裡過氧化氫的新功能。作為受傷訊號，過氧化氫可以反映受傷程度、即時控制上皮細胞的移動速度，進而影響波的傳遞距離。

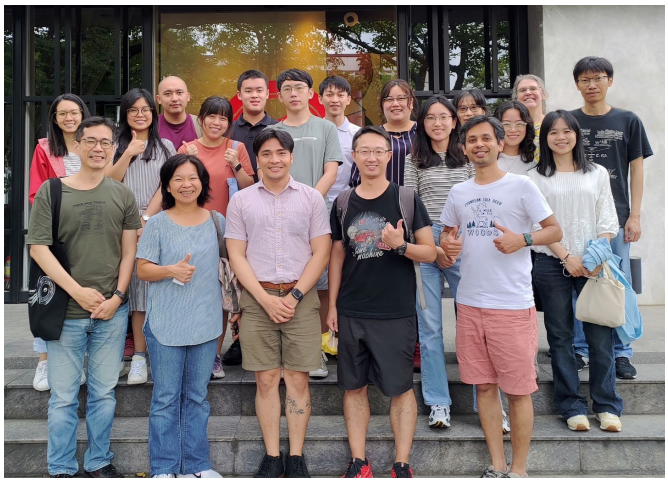
「不尋常的勇氣」：跨領域合作帶來解決關鍵問題的機會

陳振輝表示，跨領域的合作需要「不尋常的勇氣」，生物學家和物理學家講的是完全不同的學術語言，也有不同的思考方式。他說：「不知道開了多少次會，逐字逐句爭執論文裡的用字。但是神奇的是，物理學家有一種與生俱來的直覺，可以看到複雜生物現象背後的運作原理，設計出生物學家意想不到的簡單實驗來驗證」。共同通訊作者林耿慧表示，如果沒有理論模型，很難推論出複雜因素對於系統的影響；沒有精確的量化，無法看到趨勢和測試理論模型；沒有分子生物技術，無法操縱變因。

「當代生物學已經演進成量化的科學，要用數學模型來解釋生物現象；當代的生物物理也演進到在活體系統中尋找物理原則，這些新興的課題都不在傳統學科領域的範疇。整合性、跨領域的合作雖然深具挑戰性，但是也會帶來解決關鍵問題的機會」。這項研究是首次在活體動物身上驗證細胞群體運動之「機械波」的存在，解釋了 Spallanzani 發現的奇特現象——會再生的動物可以利用「機械波」偵測受傷發生的位置，以控制相對應的傷口癒合和再生反應。

本論文第一作者為本院國際研究生學程的博士生黎馬可和國立臺北教育大學的助理教授溫福來，研究團隊包括 Giovanni J. Paylaga、王盈婷、阮筱彧、王崇翰、蕭崇德、林耿慧、陳振輝。研究經費由本院細生所、物理所、本院前瞻計畫、iMATE 計畫，以及國科會支持。

論文連結：https://www.nature.com/articles/s41567-023-02103-6



▲本院細胞與個體生物學研究所陳振輝副研究員（左一）及物理研究所林耿慧副研究員（左二）組成的跨領域團隊

本院 2 位青年學者獲選出席第 72 屆林島諾貝爾獎得主會議

於本（2023）年 6 月 25 日舉辦的第 72 屆林島諾貝爾獎得主會議，共有來自全球各地的 635 位青年科學家，與 40 位諾貝爾獎得主對談交流，本院 2 位青年學者亦獲選出席此次會議，分別為生物醫學科學研究所蕭建靖博士後研究學者，以及應用科學研究中心劉遠萱博士後研究學者，2 人前往德國，把握難得的機會，與諾貝爾獎得主對談交流。

本院 2 位優秀年輕學者都參加過 2 年前第 70 屆線上會議，本次皆為第一次參與實體會議。蕭建靖博士表示，非常榮幸受邀與會，本屆會議與以往的跨領域主題相比更為聚焦，與會者可以在生理學和醫學領域更深入討論，接觸更多不同領域的專家。劉遠萱博士也藉與諾貝爾化學獎得主彼得・阿格雷（Peter Agre）的午餐聚會，了解更多 AI 在生物醫學研究上的輔助與應用，同時分享及討論研究經驗。

一年一度的林島會議專為傑出年輕科學家而舉辦，旨在激勵、啟發年輕學者，促進諾貝爾獎得主們和年輕科學家之間知識、觀念與經驗的廣泛交流，會議主題基本上由物理、化學、生醫三大領域輪替，今年為生醫領域。

本屆林島甄選委員會從 98 個國家中選出 635 位年輕科學家與會，獲選人皆為 35 歲以下傑出的學生、博士候選人及博士後研究學者，所有獲選的出席人員都必須通過多階段的申請與甄選流程，競爭激烈。

自從 1951 年創辦以來，林島諾貝爾獎得主會議聚集全球各地的科學家，結合成一個跨世代、多背景的國際團體，為當前最迫切的問題攜手找尋解決的方法。數十位諾貝爾獎得主每年與未來世代的科學菁英集會，促進了不同世代、文化與專業領域科學家的交流機會。本院在 2017 年與林島委員會及林島基金會簽署合作備忘錄，成為林島諾貝爾獎得主會議的學術合作機構。

活動報名〉本院物理所通俗演講：Sustainability Science and its Global Flourishing

時間：2023 年 7 月 11 日（星期二）14 時至 16 時

地點：本院物理研究所 1 樓演講廳

主講人：陳于高主任（本院環境變遷研究中心）

主持人：張嘉升所長（本院物理研究所）

活動網址：https://www.phys.sinica.edu.tw/lecture_detail.php?id=2741

聯絡人：鍾艾庭，（02）27898365，aiting@gate.sinica.edu.tw

活動報名〉2023 大師講座：數位化對法秩序的影響（Influences of Digitization on the Legal Order）

時間：2023 年 8 月 3 日（星期四）10 時至 12 時 30 分

地點：本院人文館北棟 9 樓第一會議室

主講者：Matthias Knauff 教授（德國耶拿大學）

主持人：李建良所長（本院法律學研究所）

報名網址：

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd08YVrWxXwtX6n8ly68YsTZycWLBxGbWLWrKEpXVxcaWpWYg/viewform?usp=sf_link

注意事項：本演講以英文進行

內容：

「數位化對法秩序的影響」是一個持續發展的議題，需要不斷的調整與完善法律和政策，以維護社會秩序和公正。Knauff 教授將以自身在學術與實務領域的底蘊，分享其獨到且精彩的想法與見解。

Knauff 教授於實務面曾於 2016 年擔任德國圖林根邦法官，並於今年起擔任德國聯邦數位與交通部科學諮詢委員會成員；於學術面，Knauff 教授並著有眾多具有影響力之著作，如：《公經濟法導論（Öffentliches Wirtschaftsrecht. Einführung）》、《規範集合：多層次體系中的法與軟法（Der Regelungsverbund：Recht und Soft Law im Mehrebenensystem）》等書籍，為德國公法學界之著名學者。

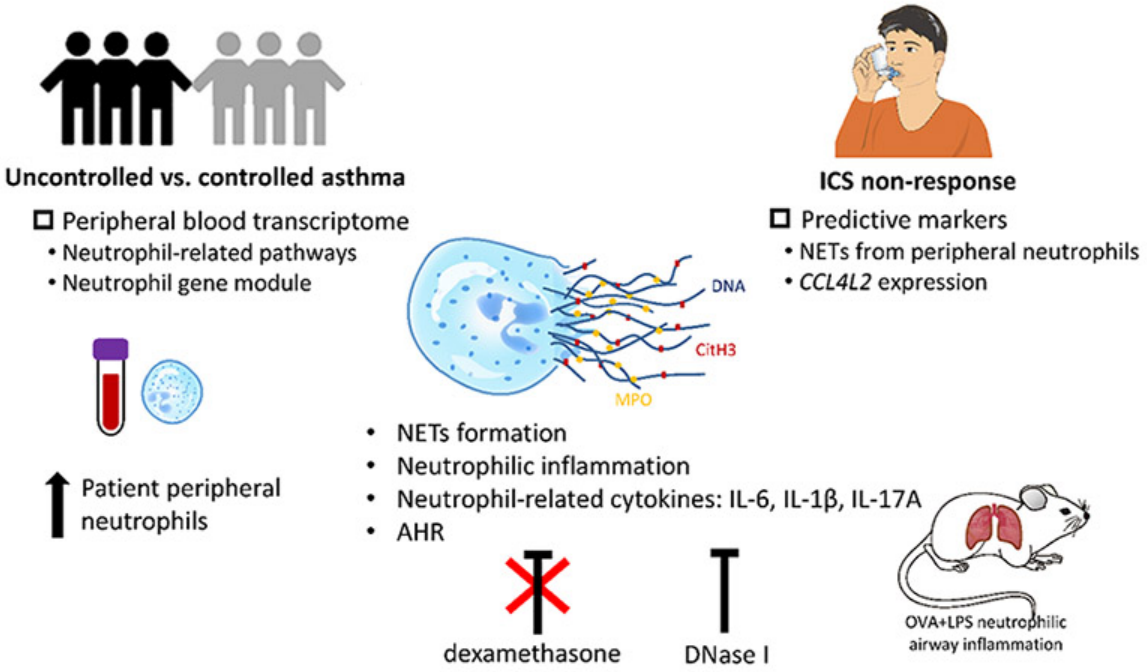
本院「材料與分析科技探索計畫」公開徵求 113 年度研究計畫，即日起受理申請

本院「材料與分析科技探索計畫」公開徵求具有重要原創性或突破性之探索型「材料科學」和「分析科技」研究計畫。請申請人於 112 年 8 月 21 日前將計畫申請書寄至：wylin@gate.sinica.edu.tw。

經審查通過之研究計畫，須俟本院預算正式通過後始得執行。詳情及計畫書格式請參閱：https://imate.iams.sinica.edu.tw/proposalcall

聯絡人：原子與分子科學研究所林小姐，（02）27873226，wylin@gate.sinica.edu.tw

嗜中性球胞外誘捕網及 CCL4L2 是影響氣喘類固醇治療效果的關鍵



NETs: neutrophil extracellular traps; ICS: inhaled corticosteroids; CitH3: citrullinated histone H3; MPO: myeloperoxidase; OVA: ovalbumin; LPS: lipopolysaccharide; AHR: airway hyperreactivity response.

氣喘是一種常見的慢性呼吸道疾病。儘管吸入性類固醇藥物已被廣泛的作為第一線氣喘治療用藥，但是部分病人即使已經正確的使用藥物，氣喘症狀卻不一定能夠得到緩解。近年來，嗜中性球及其分泌的胞外誘捕網（neutrophil extracellular traps; NETs）被發現與氣喘症狀的嚴重性有關聯，而本研究目的即是為瞭解嗜中性球胞外誘捕網在氣喘中扮演的角色。

在本院生物醫學科學研究所李永凌博士與張雅貞博士團隊合作下，運用群集分析等生物資訊技術來分析氣喘病人血液的基因轉錄體數據，並結合細胞及小鼠氣喘動物模式實驗，來探討基因、嗜中性球胞外誘捕網、氣喘的關聯。研究發現造成氣喘控制不良的基因群與嗜中性球的生物路徑有關，而嗜中性球胞外誘捕網的生成量，可以用來預測氣喘病人對吸入性類固醇治療是否可以緩解氣喘症狀，同時也證實了去氧核醣核酸酶 I（DNase I），透過阻礙嗜中性球胞外誘捕網的生成，比吸入性類固醇更能有效抑制嗜中性球所引發的呼吸道發炎反應。針對嗜中性球基因轉錄

體的分析也發現，對吸入性類固醇治療反應不佳的患者有較高的 CCL4L2 基因表現，且 CCL4L2 的表現量也與嗜中性球胞外誘捕網的生成量呈現顯著的正相關性。本研究的成果顯示，對吸入性類固醇藥物治療反應不佳的氣喘病人，嗜中性球胞外誘捕網及 CCL4L2 是可發展的潛在治療標的。

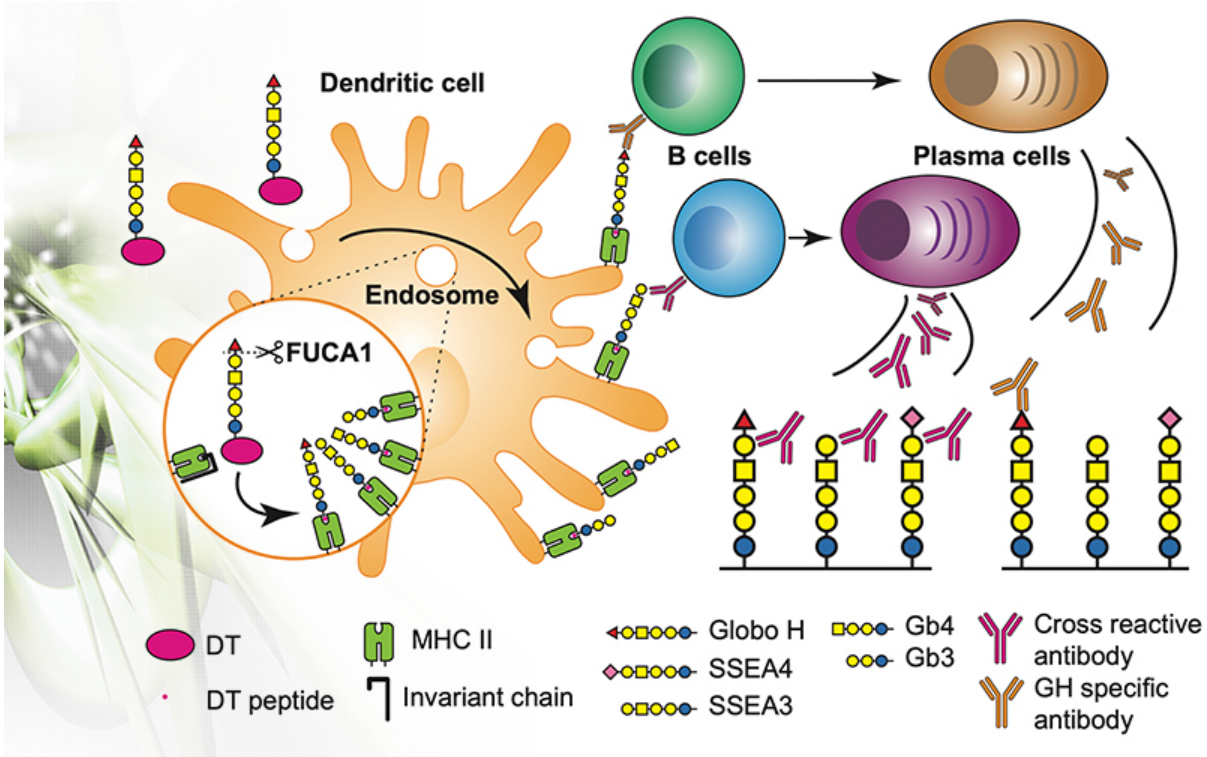
本研究主要由生物醫學科學研究所李永凌博士、張雅貞博士合作完成，參與的人員有蔡靜慧博士、賴傳穎博士。台大醫院、輔大醫院、馬偕醫院協助臨床收案，University of Amsterdam、Brigham and Women’s Hospital 及 Harvard Medical School 亦參與基因大數據資料合作。此研究感謝中研院、國科會及國衛院研究經費的支持，本研究成果發表在國際期刊《科學轉化醫學》（*Science Translational Medicine*）。

論文連結：https://www.science.org/doi/10.1126/scitranslmed.adf3843

寡醣作用機制現形 爲癌症疫苗設計提供新契機

寡醣癌症疫苗 GH-DT 能誘發對癌細胞上數種特殊醣分子具辨識力的抗體，然而寡醣疫苗在樹突細胞中的作用過程仍尚待釐清。為了解該疫苗誘發抗體的機制，本院基因體研究中心特聘研究員翁啟惠及林國儀團隊，針對 Globo- 系列寡醣癌症疫苗，解析出位抗原上之醣分子如何被樹突細胞剪切而呈現抗原的機制。本研究成果已刊登在《美國化學會誌》（*JACS*）。

論文全文：https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.3c02003



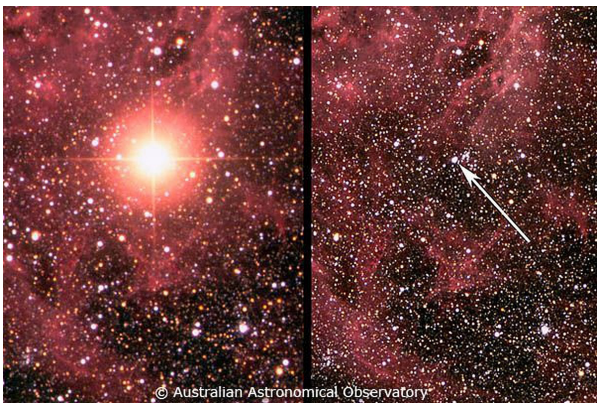
【專欄】塌縮型超新星爆炸：微中子與新物理

作者：吳孟儒副研究員
（本院物理研究所）

吳孟儒博士於 2012 年自美國明尼蘇達大學取得博士學位，曾於德國達姆施塔特工業大學與丹麥哥本哈根大學波爾研究所擔任博士後研究員，現為本院物理研究所副研究員。其研究專長為理論粒子天文及核天文物理。

在西元 1987 年 2 月 24 號，地球上三個當時的大型微中子實驗 ——日本第二代神岡探測器（Kamiokande II）、美國 IMB 偵測器（Irvine-Michigan-Brookhaven detector），以及俄羅斯的 Baksan 微中子觀測所（Baksan Neutrino Observatory）——在 12 秒內共紀錄到 24 個帶有數百萬電子伏特的電子反微中子反應事件。

這些短時間內大量的微中子反應事件數，與同日三小時後由天文學家所觀測到，距地球約 16 萬 8 千光年外，大麥哲倫星雲內的大量超新星爆炸電磁輻射，為當時仍發展不久的塌縮型超新星（core-collapse supernova）爆炸理論，提供了前所未有的觀測基礎。此事件命名為「SN1987a」（圖一），也是在物理學史上第一次觀測到源於太陽系外的微中子，替近代微中子天文學的發展寫下了新的一章。此觀測也證實了塌縮型超新星爆炸除了會放出高達太陽亮度的數億倍，持續上百天的大量電磁幅射，更會放出總能量是電磁幅射千倍以上的大量微中子。此事件發生後，時至今日，物理及天文物理學家仍持續透過此觀測，對微中子物理、超新星物理，及粒子物理做出新的詮釋及解讀。



▲圖一：超新星 1987a 發生前後光學影像之比較。左／右圖為發生後／前。圖片來源：Wikimedia Commons（https://www.maas.museum/observations/2012/02/24/25-years-since-sn1987a-was-discovered/）

本文將簡短介紹目前物理學家對超新星爆炸的過程，及微中子在其中所扮演的重要角色的了解，討論目前微中子相關理論上仍待解決的重要問題及近期進展，超新星爆炸對新物理可能的揭示，以及科學家預期下一個銀河系內超新星會在何時到來。

塌縮型超新星爆炸

在 SN1987a 發生的 36 年後，物理及天文學家仍致力研究這種帶有極大爆炸能量的事件究竟是如何發生的。目前理論學家的理解是，當大質量恆星（約大於 8 倍太陽質量）演化到最後階段，其中心會逐漸形成一個半徑約數千公里，質量約 1.4 倍太陽質量的緻密「鐵核」。鐵核內無法再有核融合反應的進行，而是僅靠電子量子減併壓（quantum degeneracy pressure）來對抗重力。在鐵核質量超過 1.4 倍太陽質量時，因量子減併壓再也無法支撐重力，鐵核在重力支配下開始向內塌縮。在塌縮約 100 毫秒之後，鐵核內部被重力壓縮到半徑僅有數十公里，內部物質質量密度超越原子核密度時，核子之間的強作用力發揮作用，阻止進一步的塌縮，造成急速的反彈，並進一步產生帶有高能量，往外傳遞的震波（shockwave）。

此震波初期以約百分之一的光速往外傳遞。然而，震波一開始帶有的能量被拿來將鐵分解成核子（質子與中子），再加上經由電子補獲產生的電子微中子所導致的能量消耗，震波最後停在離鐵核中心約 100 － 200 公里處，形成所謂的「駐震波（standing shockwave）」。在駐震波停滯的階段，震波外面的原恆星內部物質仍不斷受重力影響，掉進震波內部剛透過前述塌縮過程形成的原型中子星（proto-neutron star）。

駐震波如何從「停止」狀態到重新被注入能量再次向外傳遞，最後引發觀測上看到的爆炸，仍是超新星理論發展上的關鍵議題。世界上多個研究群組，運用高度平行化的高速電腦計算，試圖花費上百萬計算小時（cpu-hour），進行包含：廣義相對論、強作用力、弱作用力，及電磁作用力的高度複雜三維流體力學計算，重現塌縮後約 1 秒中內所發生的現象。最新的研究成果顯示，超新星爆炸極有可能是透過從原型中子星表面輻射出的大量微中子，將其帶有的巨大能量的一部份，透過弱作用反應「儲存」到駐震波下方，再透過在三維下的對流現象的輔助，重新啟動駐震波並引發爆炸[1]。

微中子風味振盪與超新星爆炸

然而，目前所有的超新星爆炸的模擬，仍然缺少了一個重要的已知的量子現象——微中子的風味（flavor）振盪。在過去數十年間，粒子物理學家透過對太陽微中子，宇宙射線穿越大氣層所製造的微中子，以及從加速器和核反應爐內產生的微中子的觀測及實驗，確立了微中子風味振盪此一獨特的特性。簡單來說，經由弱作用反應所產生的每個微中子，都帶有其獨特的「風味」，標示著該反應中同時參與的帶電輕子是電子、緲子，還是濤子。

然而，在產生之後，微中子的風味會在其於時空中旅行時產生變化。也就是原本是電子微中子的粒子，在其產生處之外的某個距離量測其風味時，會有一定的機率發現該微中子變成了緲子微中子或濤子微中子。在所有已知的粒子物理標準模型內，微中子是唯一一種帶有這種風味振盪特性的獨特粒子。證實此現象的物理學家也在 2015 年獲得至高的諾貝爾獎的榮譽。

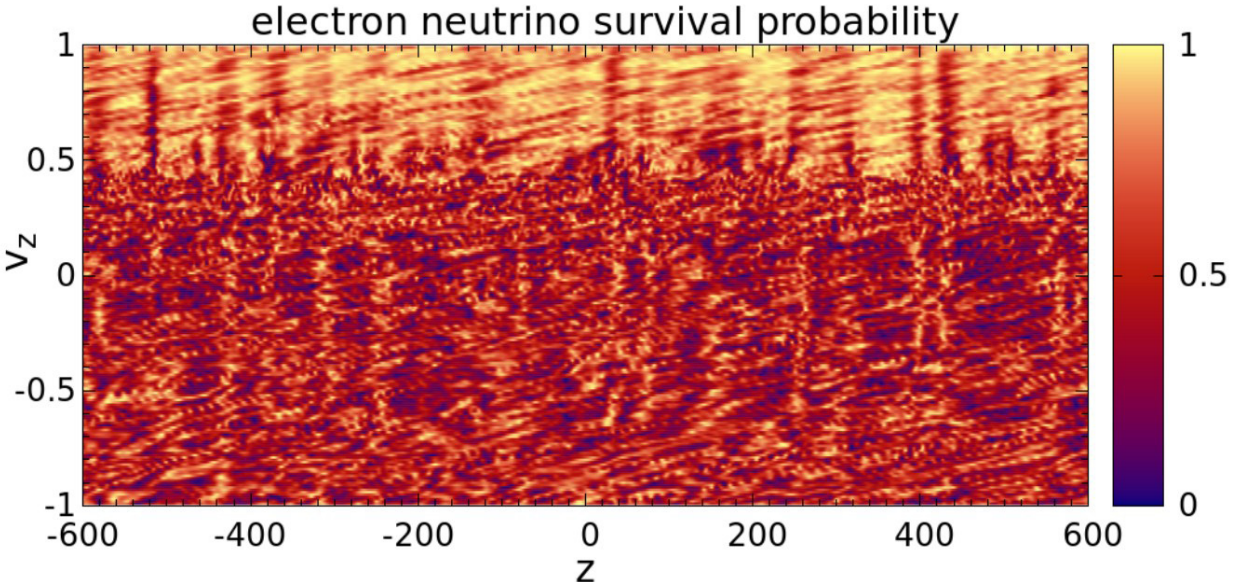
[1] A. Burrows and D. Vartanyan, *Nature* 589, 29（2021）。

然而，儘管我們對微中子風味振盪在真空、地球內部或太陽內部內的行為有一定的理解，但是在超新星爆炸內部，微中子風味振盪如何發生，至今對於物理學家仍是一個未解的謎團。追根究底，其原因是因為在超新星爆炸中會產生極大量的微中子。由於每個微中子的風味振盪歷史，皆會影響其他微中子的風味振盪行為，物理學家需要解決一個超大型的非線性非平衡態的多維度量子傳播系統。

在這系統中，我們發現微中子的風味振盪和一般凝態實驗的強關連系統類似，會產生非常有趣的集體性及同調性的行為[2]。更有甚者，初步研究顯示，這種集體性微中子風味振盪可能會在超新星駐震波內部，甚至是原型中子星的內部發生，進而大幅影響我們對微中子如何重啟超新星駐震波的了解。因此，近幾年內在世界上數個研究群組，包含本院筆者建構的團隊在內，皆致力於發展模擬此一量子傳播現象的大型程式[3]（其中一模擬結果如圖二）。期待在未來的幾年內，能夠對此現象做出進一步的理解，並釐清微中子在超新星爆炸機制中所辦演的重要角色。

利用超新星爆炸探索新物理

除了致力了解於超新星報炸中微中子扮演的角色外，物理學家也試圖透過利用我們對超新星爆炸的了解，研究是否可利用此一天文現像的觀測來探索超越標準模型的新物理存在的線索。筆者及其合作者和研究團隊在過去幾年之間也致力於此一研究方向，提出了諸多嶄新的可能性。2019 年，我們提出了可透過天文學家對超新星爆炸能量的觀測，對於可能從原型中子星的內部產生，但在逃離超新星星體前衰變的新粒子，如：暗光子、軸子、惰性微中子等特性做出限制[4]。此外，於 2022 年，我們更提出了透過超新星微中子所加速的銀河系



▲圖二：快速集體微中子風味振盪區域模擬結果。橫軸：空間坐標（無單位）。縱軸：速度坐標（單位：光速）。顏色：相空間內電子微中子經過風味振盪後的存活機率。

[2] F. Capozzi and N. Saviano, *Universe* **8**, 94（2022）。

[3] S. Richers, H. Duan, M.-R. Wu, et. al., *Phys. Rev. D* **106**, 043011（2022）。

[4] A. Sung, H. Tu, M.-R. Wu, *Phys. Rev. D* **99**, 121305（2019）。

內的暗物質的過程，有機會在下一個銀河系內超新星爆炸時，對質量小於百萬電子伏特的暗物質性質，作出近一步的釐清[5]。（延伸閱讀：〈搜尋宇宙暗物質的嶄新實驗訊號〉）

下一個銀河系內超新星爆炸何時到來？

當下一個銀河系內超新星爆炸時，物理學家預計可以透過目前已有的超級神岡探測器 Super Kamiokande，或是即將運作的大型（總重量數十至數百千噸）的微中子實驗——江門地下微中子實驗觀測站（Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO）、深地底微中子實驗（Deep Underground Neutrino Experiment, DUNE），及超巨型神岡探測器（Hyper Kamiokande）——偵測到上千至上萬個超新星微中子事件。透過分析這些包含詳細能譜及時間演化相關的數據，預期可以對諸多超新星相關的未解議題，帶來突破性的進展。然而，科學家是否能預期下一個系內超新星爆炸會在何時到來呢？

在公元一千年後的歷史上天文觀測紀錄，共記載了 6 次系內超新星爆炸事件，其中塌縮型超新星爆炸共有三次（分別為 1054、1181 及 1680 年）。然而，透過包含對銀河系內經由超新星爆炸所釋放出的長半衰期鋁 26 同位素衰變的伽碼射線觀測，超新星爆炸殘骸（supernova remnant），爆炸後所留下的中子星數量，以及銀河系臨近的大質量恆星或超新星數目的觀測，科學家預測目前的系內塌縮型超新星爆炸頻率約為每百年「1.63+-0.46 次」[6]。因此，可以期待在未來的數十年間，有很大的機率會有系內超新星爆炸的發生。屆時，除了上述的大量微中子訊號，也會有包含各種電磁訊號及重力波訊號的到來。將會帶來百年一見的多信始天文學及物理學上的重大盛會。

[5] Y.-H. Lin, W.-H. Wu, M.-R. Wu, H. T.-K. Wong, *Phys. Rev. Lett.*, **130**, 111002（2023）。

[6] K. Rozwadowska, F. Vissani, E. Cappellaro, *New Astronomy* **83**, 101498（2021）。

【專欄】從基礎研究到工業：John Martinis 談量子電腦工程現況與展望

作者：蔡俊逸博士後研究人員（本院物理研究所）

▲美國加州大學聖塔芭芭拉分校約翰．馬汀尼斯教授至本院演講

「中央研究院講座」於 2023 年 4 月邀請美國加州大學聖塔芭芭拉分校（University of California, Santa Barbara）的約翰．馬汀尼斯教授（John Martinis）至本院演講。馬汀尼斯教授主要研究超導量子元件，並在 2019 年帶領 Google 團隊，實現世界上第一次的量子優越性（Quantum advantages，亦稱「量子霸權 Quantum supremacy」）實驗 。其團隊發展出新的演算法，相較使用古典電腦的演算時間能顯著地加快運算的結果，立下量子電腦運算的重要里程碑。

回過頭來看，計算器從早期的算盤開始，經機械式、真空管到當今的積體電路，其計算能力已有大幅進步。撇開不同計算載體而言，計算原則依舊照著國小時期所學的加減乘除，從基本運算規則與邏輯出發，堆疊出的計算程式造就了如今的資訊爆發時代。近年來，人們應用量子力學，開啟了新一輪計算大賽，正悄悄的在全世界的科學研究團隊與科技公司間進行著。

我們是否能利用量子力學中的特性，大幅縮短特定問題計算的所需時間，甚至達成目前古典電腦在短時間內無法完成的計算任務？首先，需要了解究竟什麼是量子電腦？和古典電腦差異在哪？

古典電腦採用位元（bit）記錄與操作資訊，相較於日常使用的十進位，只用二進位 0 與 1 的表示法，在物理系統中容易紀錄與計算。實際操作時，如中央處理器的高低電位，或硬碟當中的磁力方向等等的方式。從簡單的 1+1=2，到各種電子遊戲中的精彩畫面，皆是由 0 與 1 編譯而成。

另一方面，量子電腦則使用量子位元（qubit）攜帶資訊，量子位元可以處在 0 與 1 的非古典疊加狀態，亦稱量子疊加（Quantum superposition），表示在測量前同時存在 0 與 1 的狀態，類似於硬幣同時存在著 0 與 1。同理可推，兩個量子位元，可以處在四種基本狀態（00、01、10、11）的疊加，如果有 53 顆，則可以處在 2^53 個基本狀態的疊加。量子計算的優勢在於可以同時處理所有的疊加態，因而大幅提升運作的資訊量。

在古典電腦中，一個步驟只能修改系統的一個狀態，但在量子電腦中，存在著兩個量子位元 A、B 之間量子糾纏（Quantum entanglement）的特性，換言之，位元 B 的狀態可以依據位元A之狀態做有條件的改變。前面提及的疊加態又可與更多量子位元產生糾纏，提供量子平行性的機制。可以說量子算法優於古典算法的特性便是利用糾纏與疊加，加速運行過程，其運算思維與古典算法完全不同。

馬汀尼斯教授的演講也提及，目前的量子系統技術上以超導電路、離子、光子、電子等量子系統為主，大部分的技術皆已證明可以產生量子疊加與量子糾纏。而目前的超導電路系統，已達到一百多顆量子位元的階段，而量子計算領域期望能在幾年內成熟用於中度規模「量子雜訊世代（NISQ era, Noisy Intermediate Scale Quantum era）」的計算應用，例如：金融上做金融投資組合選擇最佳化，簡單的化合物或藥物合成模擬或計算。但量子位元以目前的製造工藝，仍舊會在計算過程中產生錯誤，因而需要用多個量子位元來協助糾錯。

以目前量子晶片製程與量測技術（錯誤率接近千分之一），如果要達成量子糾錯（Quantum Error Correction），需要用至少 1,000 個物理量子位元來組成一個邏輯量子位元（logical qubit）。若到達了有多個邏輯量子位元的階段，可更廣泛應用於各種領域包含量子密碼學、藥物與化學研發 、金融投資組合模擬等。

而前述提到 Google 的量子優越性（量子霸權）實驗，使用 53 位元的 Sycamore 的量子晶片執行多個量子位元的隨機量子電路，就像雷射打在玻璃上由於散射造成的光斑，仔細看有部分較為黯淡有些則較為明亮，如同一連串的隨機電路運算結果並進行多次量測後，統計量測結果會有一定的機率分布。為了證明量子優越性，Google 使用橡樹嶺美國國家實驗室（Oak Ridge National Laboratory）的「高峰超級電腦 Summit supercomputer」做量子電路模擬作對比，使用量子電腦計算所需 200 秒，而超級電腦則需要約 10,000 年。雖然隨後 IBM 聲明，

用其古典電腦可以在 2.5 天中完成其演算，但此結果對整個量子計算領域而言，仍舊是證明了量子計算的可行性與未來發展性。

馬汀尼斯教授指出，若是要達成一個大型的工程任務，不能只單靠科學探索的方式解決問題，而是要利用系統工程（System engineering）方法達成任務目標。舉例來說，將量子系統開放給全世界使用者，並收集使用資料來確認系統的可靠性。緊接著從收集回報的錯誤資料之中改善系統，就是一種利用系統工程的方式去做測試與調校。此外，由於量子電腦需要整合多方的技術，從量子晶片製造，訊號量測系統的建立與校正，甚至到後端軟體整合，都需要大量的專業技術人力投入，使量子計算系統建造難度不亞於任何的新技術科技。

馬汀尼斯教授也提到個有趣概念：量子電腦的「技術完備度（Technology Readiness Level, TRL）」。TRL 係用來衡量一個技術發展的成熟指標，從 1（發現到其基本原理）至 9（經由測試後可順利操作之系統）。而目前量子電腦約略在 5，表示有原型（prototype）展示使用量子電腦作為計算的可行性，但尚不足以解決實際上傳統電腦無法解決的實際問題。

量子電腦在許多應用層面上皆有加速運算的潛力，也因此除了私人企業的投注外，各國政府也相繼投入龐大資金進入研發，期待能早日建立起一台能解決實際問題的量子電腦。

參考資料

1.「量子電腦與量子霸權」，Dr. John Martinis，2023 年中央研究院講座

2.「My trek from fundamental to industrial research: quantum systems engineering」，Dr. John Martinis，2023 年中研院物理所通俗演講

3. Demonstrating Quantum Supremacy（Youtube, Google）
https://www.youtube.com/watch?v=-ZNEzzDcllU&ab_channel=Google

4. “Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor”, *Nature* 574, 505–510（2019）

午餐這樣點！學術活動中心美食街「新」出發

穀雨過後的清新，踏著夏至的步伐，本院學術活動中心餐廳也將在夏天的氣息中翻開新的篇章。

一樓美食街於今（2023）年 7 月 3 日起，將有 6 個櫃位提供餐飲服務，其中 2 個櫃位由不同廠商定時販售多種口味便當，其餘 4 個櫃位則將分別提供中式、日式、美式、蔬食等不同種類之料理。美食街後續也將有自助餐廳進駐，盼使本院員工及來訪賓客能有更多元、精緻的用餐選擇及環境。另為歡慶美食街開幕，商家提供多種餐點優惠，期待大家的蒞臨。

開幕促銷活動：

櫃位	名稱	活動日期	活動內容
A03	波奇家&旎饕	7/3~7/14	放感情牛腩飯、醬香薄切嫩肩牛飯85折
A08	義猶未盡	7/3~7/20	消費滿100元贈飲料1杯
A09	青青蔬食	7/3~7/14	消費滿100元贈飲料1杯，滿200元贈小份招牌香香雞1份
A10	學徒豬排	7/3~7/11	每份餐點送冷飲1杯

更多餐廳菜單、營業時間、開幕優惠活動等資訊，請詳總務處網站：

https://dga.sinica.edu.tw/pages/1391

人事動態

1. 楊中薇女士奉核定為中國文哲研究所助研究員，聘期自 112 年 8 月 1 日起至 117 年 7 月 31 日止。
2. 林暐翔先生奉核定為分子生物研究所助研究員，聘期自 112 年 9 月 1 日起至 118 年 7 月 31 日止。