



# 中研院訊

Academia Sinica Newsletter



第1760期 | 2022年03月10日發行



Humanities and  
Social Sciences

Mathematics and  
Physical Sciences

Life Sciences

# 本期目錄

## 當期焦點

- 01 比光合作用更快！中研院設計人工固碳循環 有助負碳技術研發
- 04 本院周元燊院士辭世
- 05 以色列駐臺代表賀獲獎 廖俊智：盼以科研邁向淨零碳排未來
- 07 本院對俄羅斯入侵烏克蘭之聲明

## 學術活動

- 08 2022年知識饗宴—王世杰院長科普講座「中式旋轉餐檯的誕生：傳染病、身體史、與身份認同」
- 09 展覽〉嶺南畫派歐豪年來臺半世紀個展
- 10 本院物理所通俗演講：Progress of observation in LIGO and challenge with Taiwanese gravitational physics research facility for future R&D
- 11 研討會〉「2017-2021年川普政府美中台關係及其影響」學術研討會

## 漫步科研

- 12 【專欄】流沙、地震、土石、與沙漏裡的物理：顆粒流的「動靜之間」
- 20 解密腦神經〉首次證明單一特定神經細胞 超過800種型態

## 生活中研

- 21 人事動態
- 22 新進人員介紹——經濟研究所許文泰研究員

### 編輯委員

洪子偉、湯雅雯、林子鈴  
吳岱娜、賴俊儒、陳玉潔  
吳志航、林千翔、曾國祥

### 編輯

陳竹君、黃詩雯、陳昶宏

### 電話

02-2789-9488

### 傳真

02-2785-3847

### 信箱

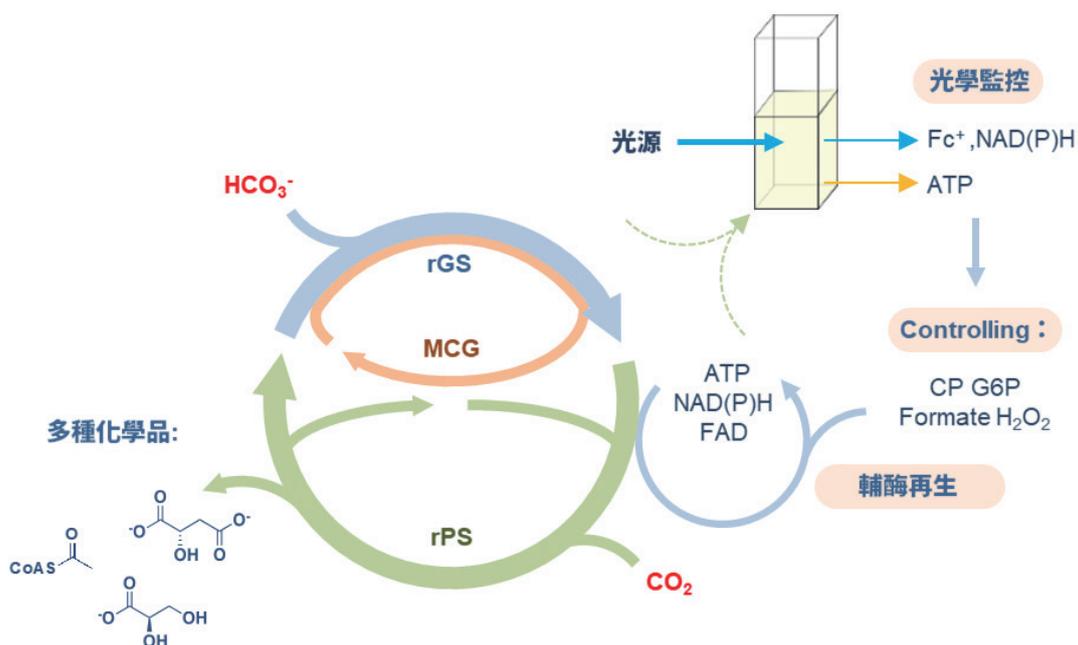
wknews@gate.sinica.edu.tw

### 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。

# 比光合作用更快！中研院設計人工固碳循環 有助負碳技術研發



▲人工固碳途徑示意圖

目前大氣中的二氧化碳，主要是經由植物行光合作用轉化為有機化合物，此過程稱為「固碳」(carbon fixation)，是目前空氣中捕碳最有效的方式，但是其速度仍不夠快。本院廖俊智院長費時7年，與團隊成功打造人工固碳循環，超越植物光合作用的效率，且能將二氧化碳轉化為再利用的化學品。研究成果已於本(2022)年2月發表於著名國際期刊《自然催化》(Nature Catalysis)。

廖院長表示，這是人類史上第二次創造出與自然界不同的固碳循環，此循環可在實驗室反應器中維持6小時，為目前人工固碳效率最高的方法。

## 以人工固碳途徑突破光合作用限制

大自然光合作用有三大限制，首先，其所伴隨的固碳過程，是透過植物吸收陽光，以固碳酶（RuBisCO）來固定二氧化碳，並轉化為有機碳儲存在植物體內。但這種固碳酶會受到環境中氧氣影響，產生光呼吸（photorespiration）作用，降低固碳效率。此外，植物只在生長期有明顯固碳效果；且白天捕捉的二氧化碳，其中一半又經由夜晚的呼吸作用釋放出來，也讓固碳效率打折扣。

廖院長研究團隊、本院生物化學研究所林柏亨博士表示，團隊設計出一個比光合作用更有效率的人工固碳途徑。首先，為解決植物固碳酶也會與氧結合的問題，他們選取2種不受氧氣影響的固碳酶，再加上19個微生物酵素（酶）共同組合而成，排除「光呼吸」作用干擾。此外，此途徑只利用微生物體內的酶，而不使用整個微生物，故能不受植物細胞生長限制與呼吸作用影響，打造高效的固碳效率。

## 負碳技術：不僅吸碳，還能儲存、轉化再利用

為解決日益嚴重的二氧化碳問題，除了要加緊佈建無碳再生能源之外，如何以負碳技術增加碳匯（註一）將是達到2050年淨零碳排的關鍵。林柏亨說明，團隊所設計的人工固碳循環正是一種負碳技術，能進一步將二氧化碳轉換為可再利用的化學品，不但減少碳排，同時也可以增加碳匯。

本研究配合光學即時監控以及輔酶（ATP、NAD(P)H及FAD）再生，提供持續固碳的能量，不斷將二氧化碳轉化為多種常見的化學先驅物（acetyl-CoA、pyruvate及malate），可用來製造多種化學原料，取代石化產品或藥品、食品。

廖院長指出，此研究開創了新的反應器固碳途徑，可於室溫環境中進行，彈性運用於不同的場域；未來可配合電化學反應，以綠電達成碳再利用的負碳效果。

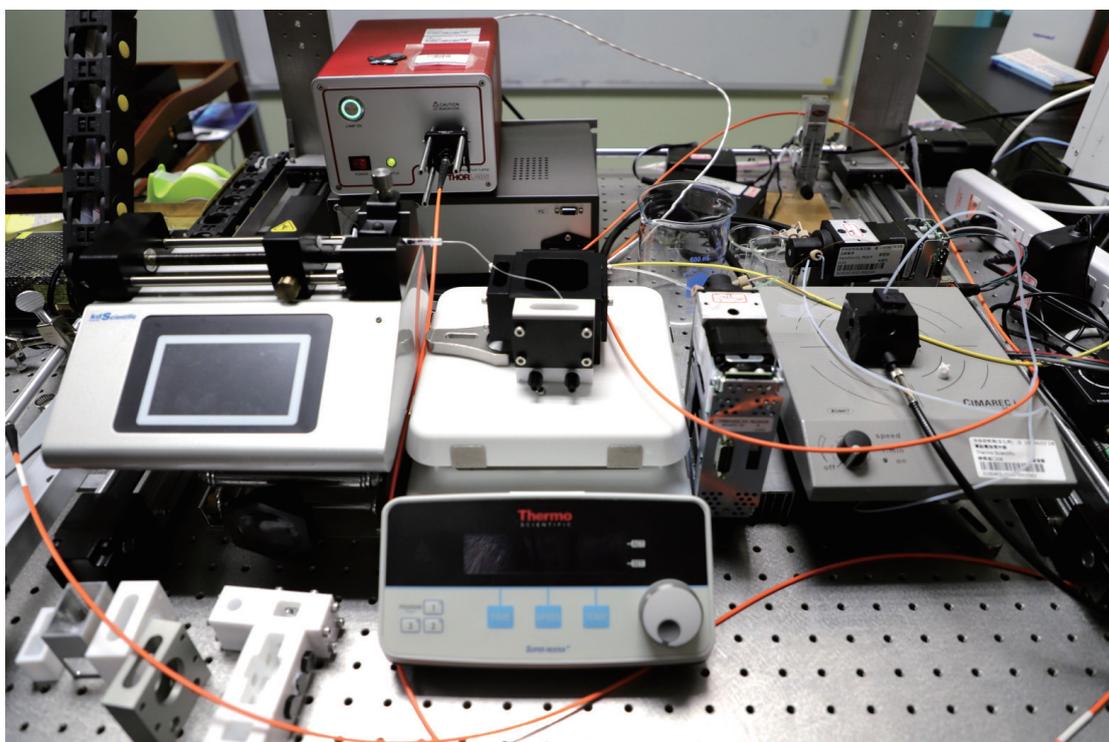
面對氣候變遷的嚴峻挑戰，廖院長運用合成生物學，創造出可持續固碳的人工碳循環路徑，陸續於《自然》（*Nature*）、《科學》（*Science*）、《細胞》（*Cell*）等頂尖期刊上，發表多篇成果；也於去（2021）年獲得以色列總理獎，表彰他在生質能源研究的重大突破。本次成果有助於負碳技術的發展，解決全球暖化問題。

## 本研究所需設備 皆為本院跨領域團隊協助打造

此技術從2014年著手開發，自2019年加入團隊的林柏亨回顧這幾年來的研發過程，認為本院跨領域資源的協助至關重要。研究團隊自己畫設計圖，請物理所機械工廠製作反應器，到應科中心團隊協助建置光學系統，有效監控輔酶再生。這些人員資源的投入，讓團隊費時7年後，終於完成此項突破性成果。

本論文共同第一作者為本院生化所林柏亨博士，通訊作者為廖俊智院長，研究成員包括本院應用科學研究中心陳祺助研究員及其團隊。

論文全文〈A cell-free self-replenishing CO<sub>2</sub>-fixing system〉，  
網址：<https://www.nature.com/articles/s41929-022-00746-x>



▲上圖是反應器及光學設備等，皆為本院跨領域團隊（物理所、應科中心）協助打造

---

（註一）碳匯（carbon sink）是能夠儲存碳化合物（特別是二氧化碳）的天然或人工「倉庫」，例如森林、土壤、海洋等。

# 本院周元燊院士辭世

本院周元燊院士於今（2022）年3月3日於中國辭世，享耆壽98歲。

周元燊院士為國際知名數學及統計學家，專長為機率與統計領域，包含鞅論（martingale theory）、最佳停止理論（optimal stopping theory）及序貫分析（sequential analysis）等，對該領域影響深遠。周院士師承著名機率學家Joseph Doob，1958年取得美國伊利諾大學數學博士後，先後任職於IBM公司、加州大學柏克萊分校及普渡大學，1968年至1993年任教於哥倫比亞大學，為該校榮譽退休教授。

周院士學術成就卓越，並於1970年受邀返國擔任本院數學研究所所長，任內推動機率論及統計學的研究，並開展數學推廣及支援國內數學教育的改革工作。其後分別於1974年及1980年偕同多位院士提案成立本院資訊科學研究所及統計科學研究所，對本院學術發展助力甚深。周院士曾獲選為國際數理統計學會會士（IMS Fellow）及國際統計學會榮譽會員（ISI Elected Member），於1974年當選為本院第10屆院士。



## 本院 周元燊院士辭世

# 以色列駐臺代表賀獲獎 廖俊智：盼以科研邁向淨零碳排未來



▲左為以色列駐臺代表柯思畢（Omer Caspi），右為本院廖俊智院長。

由於在生物能源領域領先全球的重大突破，本院廖俊智院長去（2021）年2月榮獲以色列總理獎（The Samson-Prime Minister's Prize for Innovation in Alternative Energy and Smart Mobility for Transportation）。頒獎典禮於去年11月在以色列特拉維夫（Tel Aviv）舉行，惟受COVID-19疫情影響，廖院長改為線上出席並致詞。以色列駐臺北經濟文化辦事處本月（2）日為廖院長於臺北舉辦慶祝儀式，由以色列駐臺代表柯思畢（Omer Caspi）代表該國總理親自頒獎。

氣候暖化已是人類面臨的重大危機之一，以色列總理10年前設立此獎項，以表彰新能源研究，成為去碳研究的重要推手。廖院長表示，近年來他的研究重點在結合生物及化學方法以減少二氧化碳，藉由重新設計代謝路徑，將二氧化碳等溫室氣體轉化成燃料或化學品，以便更有效地利用碳源。廖院長希望運用各項科研成果，共同邁向淨零碳排（net zero carbon emission）的未來，解決全球暖化問題。

在生物能源領域，廖院長的研究包括結合基因編輯技術與人工演化，研發出世上第一株合成嗜甲醇菌，此菌可利用由溫室氣體轉換成的甲醇，生產出原料藥、燃料、人造樹脂材料，以及生物可分解性塑膠材料等，開闢新的綠色碳循環；亦可使甲醇取代醣類，成為生物工程原料，避免佔用糧食資源。此項成果也登上國際頂尖期刊《細胞》（*Cell*）。廖院長期盼，藉由深入的研究，解決人類面臨的重大挑戰。

柯思畢代表於致詞時指出，以色列總理獎是全球替代能源與智慧移動研究最重要的獎項，很榮幸能代表總理頒獎。昨日出席與會者包括科技部吳政忠部長、經濟部王美花部長，本院周美吟副院長、劉扶東副院長、黃進興副院長及本院主管；另有以色列辦事處公共事務主任，同時也是柯思畢代表的夫人柯海瀾（Galit Cohen Caspi），儀式簡單而溫馨。雙方對各項臺以合作議題交換意見，尤其是能源方面的機會，同時也討論到世界局勢及當前烏克蘭的狀況。

## 本院對俄羅斯入侵烏克蘭之聲明



近日，俄羅斯入侵烏克蘭，對該國人民生命及財產造成重大傷害。在武力侵犯下，不僅烏俄雙方人民是受害者，且沒有人可以是局外人。自由民主與人道關懷是我們珍視的普世價值，也是自由開放學術研究所以可能的前提。本院作為全球學術社群的一員，反對任何以暴力方式破壞世界和平、侵害人權的行為，更特別關注烏克蘭學者和學生的人身安全，呼籲各界在可能的範圍內支持烏國學者及學生。希望透過各方努力，以和平方式儘速恢復世界秩序。

# 2022年知識饗宴—王世杰院長科普講座 「中式旋轉餐檯的誕生：傳染病、身體史、與身份認同」

時間：2022年3月22日（星期二）晚上7時至8時30分

地點：本院生物醫學科學研究所B1C會議室

講者：雷祥麟研究員兼所長（本院近代史研究所）

主持人：黃進興副院長

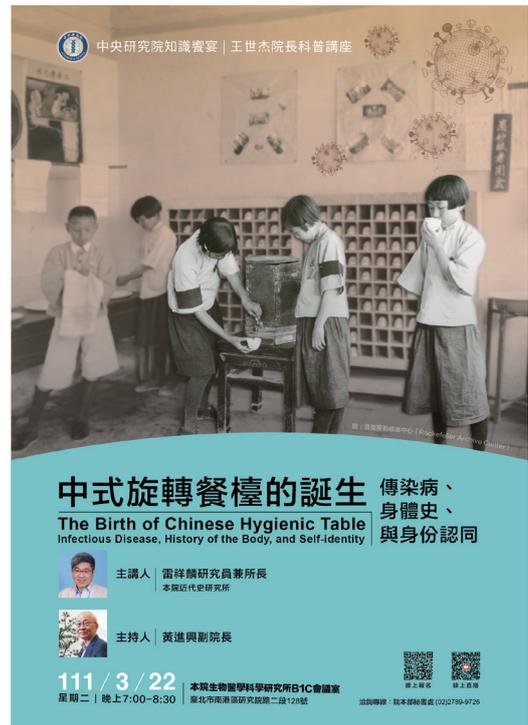
活動網址：<https://youtu.be/hwrEPBauKgw>

聯絡人：院本部秘書處吳小姐，（02）2789-9726

注意事項：

請於3月20日前報名：

1. 曾以網路報名本活動系統會員，於接獲本院邀請函後，點選連結即可進入個人專屬網址報名；報名截止日前，個人資料如有異動，請至該網址更新。
2. 第1次參加者，請至網址：<https://goo.gl/vbBJZq> 報名。
3. 歡迎院內外人士及高中生以上同學報名參加。注意事項如下：
  - (1) 演講活動採線上報名及實聯制報到入場。
  - (2) 現場開放30位名額，活動日晚上6時起於接待處登記，額滿為止。
  - (3) 若因故無法出席，敬請於3月20日前自行於線上取消報名，以利主辦單位掌握現場人數，避免影響他人權益。
  - (4) 敬請配戴口罩，並配合活動中心當日入館防疫措施。
4. 報名成功至現場參加者將提供：
  - (1) 填答完成線上問卷禮品每人1份。
  - (2) 學生憑證領取《聯合文學》或《科學人》雜誌過刊每人1本（數量有限送完為止）。
  - (3) 活動期間免收停車費（請主動告知警衛）。
  - (4) 公務人員簽到可獲得終身學習認證及研習時數1小時，教師1.5小時。



# 展覽〉嶺南畫派歐豪年來臺半世紀個展

展期：2022年3月2日至9月28日

展區：本院歷史語言研究所歷史文物陳列館二樓205室

聯絡電話：林小姐，(02) 2789-9937

展覽網址：<http://museum.sinica.edu.tw/exhibitions/86/>

展覽簡介：

「曩邁陽九，隨行在所至於台員，雖亂離愠結，顧崇尚書畫，結習未忘，猶時復求其友聲。以職守之故，用是初識江茶原氏於故宮，嗣歐豪年氏越海來台，葉公超先生與予同為歐氏畫展作介，遂彼此時相往還。蓋茶原專擅水墨山水；豪年則山水花鳥之屬，無不兼擅；予雖拙於繪事，然亦時時苦吟，間復作篆隸自娛，因之有同契焉。後此張大千先生以盛名返國，定居故宮左近，與二三子莫逆，用是摩耶精舍，每聞談笑。大千先生又往往俯同歐江合作，予則偶有詠歌互答，樽俎杖履，輒忘年焉。其後大千先生上仙，茶原亦忽忽化鶴，獨豪年秀挺，畫益進，書益肆，涉

筆益無復涯岸，初不甚為詩，偶得句，即雋逸矯健，奇氣橫溢，於是詩書畫金石卓犖交美，儼然今日嶺南畫派之大宗師。

豪年之始來，莫逆二三子之外，尤難得之遇合，為立談間即獲張曉峰先生之激賞，既典藏其畫作於中山樓，於華岡博物館，並禮聘其為學院院士，大學教授，又延譽海內外，廣受歐亞學府博物館邀請展覽演講，因之豪年自笑為『盡攜書畫到天涯』云。」

前國立故宮博物院院長

秦孝儀



2022  
3/2 — 9/28

嶺南畫派歐豪年來臺半世紀個展

展覽地點：歷史文物陳列館 二樓205室

開館時間：每週三、六及日 09:30-16:30

開館日逢國定假日、選舉日及連續假期不開放

地址：臺北市南港區研究院路二段130號

網址：<http://museum.sinica.edu.tw/>

電話：(02) 26523180

主辦：中央研究院歷史語言研究所歷史文物陳列館

中央研究院嶺南美術館

協辦：歐豪年文化基金會

中央研究院歷史語言研究所  
歷史文物陳列館  
Museum of the Institute of History and Philology, Academia Sinica

中央研究院  
嶺南美術館  
Lingnan Fine Arts Museum, Academia Sinica

# 本院物理所通俗演講：Progress of observation in LIGO and challenge with Taiwanese gravitational physics research facility for future R&D

時間：2022年3月22日（星期二）15時至17時

地點：本院物理研究所1樓演講廳

講者：井上優貴助理教授（國立中央大學物理學系）

主持人：王子敬研究員（本院物理研究所）

活動網址：[https://www.phys.sinica.edu.tw/lecture\\_detail.php?id=2577&eng=T](https://www.phys.sinica.edu.tw/lecture_detail.php?id=2577&eng=T)

聯絡人：鍾艾庭，（02）2789-8365，[aiting@gate.sinica.edu.tw](mailto:aiting@gate.sinica.edu.tw)

活動內容：

The observations of gravitational wave provide us the new possibility to approach the fundamental physics. Our group have studied the gravitational science in LIGO. We have played a role for calibration and coating studies. We will start the next observing run from 2022 Dec. Recently, we are also focusing on the development of new gravitational wave technology. To establish these technologies, the construction of the Academia Sinica Gravitational physics research facility (ASGRAF) was started from last year. In this facility, we will operate the interferometer system with cryogenic technology. In this talk, we will discuss the activity of LIGO and progress of R&D with new facility.




**通俗演講** **2022 COLLOQUIUM**


**Mar. 22** Tue. **15:00**  
 1F Auditorium, Institute of Physics  
 物理研究所1F演講廳

**Dr. 井上優貴**  
**Yuki Inoue**  
 Assistant Professor,  
 Department of Physics, National Central University

**Progress of observation in LIGO and challenge with Taiwanese gravitational physics research facility for future R&D**

The observations of gravitational wave provide us the new possibility to approach the fundamental physics. Our group have studied the gravitational science in LIGO. We have played a role for calibration and coating studies. We will start the next observing run from 2022 Dec. Recently, we are also focusing on the development of new gravitational wave technology. To establish these technologies, the construction of the Academia Sinica Gravitational physics research facility (ASGRAF) was started from last year. In this facility, we will operate the interferometer system with cryogenic technology. In this talk, we will discuss the activity of LIGO and progress of R&D with new facility.

( Language: English / 演講語言: 英文 )

接待人 | 王子敬博士  
 Host | Dr. Henry Tsz King Wong

連絡人 | 鍾艾庭小姐 02-2789-8365  
 Contact | Ms. Ai-Ting Chung

# 研討會〉「2017-2021年川普政府美中台關係及其影響」學術研討會

時間：2022年3月22日（星期二）至3月23日（星期三）

地點：報名來賓以視訊參與

主辦單位：本院歐美研究所

活動網址：<https://forms.gle/4UEv9JwhaBh9RJUh9>

報名時間：至2022年3月16日（星期三）18時截止。

活動內容：請參閱研討會議程（pdf）及海報



中央研究院  
歐美研究所

## 2017-2021年川普政府 美中台關係及其影響

學術研討會

主題演講 吳玉山 院士  
論文發表 盧業中 張登及 林正義 宋燕禪  
李大中 蔡季廷 吳崇涵 焦興鎧  
王宏仁 姚宏旻 陳鴻鈞 裘兆琳

時間 2022年3月22日~3月23日  
地點 中央研究院歐美所一樓會議室  
報名來賓以視訊方式參與  
(報名截止日：3/16 下午18:00)

報名網址   
議程下載 

## 【專欄】流沙、地震、土石、與沙漏裡的物理：顆粒流的「動靜之間」

作者：蔡日強副研究員（本院物理研究所）

顆粒體的流動（Granular flows）到處可見，例如古埃及人建造金字塔、漢人蓋長城，涉及了建築工地處理砂石；還有廚房裡洗米選豆子、餐桌上加糖加鹽、精密製藥如何均勻攪拌，甚至火星探測器著陸後要怎麼行進，都有顆粒體的流動。

然而，關於顆粒體的研究，可以說一直處於三不管地帶，並不像流體力學、固態結構力學在西方科學各有上百年的傳統。物理學家積極參與顆粒體研究大概也是近幾十年，尤其在「非線性力學」的熱潮之後才開始。這種困境當然有它的歷史因素，且光是觀念上的出發點以及使用的語彙，就足以陷入無止境的爭論（圖1a）。

但是對局外人而言，一門仍然在草創階段的學問，卻是個一窺科學家如何試圖化繁為簡，在困境中尋找出路的大好機會。舉例而言，顆粒體流動的方式有很多，我們不妨將沙漏（hourglass）上半部常見的「緩慢」流動現象，對照讓人聞之色變、「快速」流動的流沙（quicksand），就可輕易提出第一個問題：我們憑什麼來定義「快／慢」？

除此之外，還有一種特別的流動：間歇流（intermittent flows），瞬間爆發的能量往往造成極大的災難——在土石流及地震時有所聞的臺灣，更是不可忽略的議題。但是科學家們對這些顆粒體的瞭解，相較於傳統的流體或固體，若說仍然束手無策並不為過（圖1b）。

## 何謂「流動」？「主角」是誰？——純粹思考vs. 現實世界

話雖如此，有一些自古以來的「套路」還是可以用的。在此我們介紹兩個概念，應足夠大家貫通以下要談的小故事。

首先，是關乎怎麼「描述」流動。舉個最簡單的例子，如圖2a所示，假如要從上面驅動下方的一大堆物質——可以是一大塊能夠變形的橡膠、或是一堆沙子，甚至只是純粹的流體（例如：水），會產生位移，並且不同深度位移不一樣。

因此談到「流動」，我們關心的是位移（ $\Delta x$ ）隨著深度（ $z$ ）的「差異」。這個差異，內行話叫做位移的梯度（gradient），可以視為形變的程度——更精確的說，若排除「轉動」成分，這個梯度描述了所謂切應變（shear strain）。很多情形下，我們更關心這個應變隨時間的變化率，也就是「速度」的梯度，簡稱為切變率（shear rate），單位是時間的倒數。

換句話說，切變率告訴我們「要花多少時間（的倒數）」來看到這些物質「已有相當程度的流動」：正如圖2a原先垂直排列的圓球「流動」到大約45度傾斜（shear strain $\sim$ 1）。切變率的大／小，形容的已然是一種快／慢的趨勢——但這樣只能叫做「趨勢」的描述，還談不上已界定出快或慢的本質「意義」是什麼……

若要討論「意義」，就要先能把互相影響、甚至競爭的各種因子整理出可用的「評分指標」，這觀念叫做建立「無因次量（dimensionless parameter）」，這些指標不帶物理單位，是絕對的數字——但有趣的是，物理學家的首要工作幾乎可以說就是在定義這些不帶物理單位的數字！

「無因次量」聽來神奇，其實並不罕見。大家也許常常聽到用雷諾數（Reynolds number）來描寫流體紊亂（turbulent）／平穩（laminar）的程度，而這正是物理學家分析過慣性力（inertia）與黏滯力（viscosity）的相對比例後所歸納出來，告訴我們什麼情況之下流體力學該以哪些作用為首要考量——畢竟如果把所有可能的作用都一視同仁地算進去，很可能連近似的樣貌都猜不出來，更遑論「完整」解答！

另一個，軍事迷必定聽過的例子，叫做馬赫數（Mach number）——具體的定義是移動物件的速度相對於聲波行進速度的比值，而其隱藏的意義則是在這種運動狀態下流體可能被壓縮的程度——這數值如果很小，前輩們給我們的保證是把這些流體當作「不可壓縮」的介質來處理就綽綽有餘了。

然而，流體力學經過了兩百餘年的耕耘，這些指標已經多到不勝枚舉。反觀顆粒體的流動，我們又知道多少呢？

在學術界，過去二十年來對顆粒流歸納出的無因次量，較為人接受的不外乎以下兩者：Inertia number 通常被用來描述乾顆粒的物理 [1]，考慮顆粒之間「完全沒有」液體的情況；相反的，Viscous number ( $J$ ) 則是用在固體顆粒完全浸在液體裡面，且這些液體對整體的流動以及作用力有相當程度的影響（甚至成為主角） [2]。

然而，現實往往介於兩者之間，不是非黑即白。更常見的情況是一大堆顆粒緊緊地被壓在有液體的環境裡頭：這些液體雖然可以影響固態顆粒表面而有「潤滑」的效果，但是就「力的傳遞」來看，主角還是顆粒與顆粒之間的直接接觸，更精確地說是其錯綜複雜的「網路」，且不難想像緊密度一旦下降到一定的程度，這些液體又可能變回主角——這不正是自然界很常見的狀態嗎？

## 「奇怪」的發現，也可能是撿到遺落的貝殼……

過去幾年，我們在物理所的小團隊發展的實驗就是基於這樣的概念 [3]：我們使用自己合成的公分大小「軟」顆粒圓球——其彈性只比文具用的橡皮擦略硬，將它們緊緊地壓在特製的兩個錐形之間。在保持「總體積不變」的條件之下，我們藉由轉動來施以恆定的切變率。同時顆粒之間填有液體：液體在顆粒被緊壓的情況下，不會是「力」的主角，但在適當的調配下，可讓其對光的折射率和這些固體圓球一致。換言之可見光在經過顆粒之間的時候就不再折射的現象，讓我們可以只用肉眼或光學攝影機就「看見」內部的顆粒在各種轉速下的動態——典型的例子可參見網站所附影片 [4]。

採用這種「軟」顆粒的用意是即使在「緊壓」的狀態下，仍讓我們可有足夠的動力及機械強度來維持快慢相差可達數百倍或更大的「定速轉動」。

圖2b顯示我們使用完全相同的液體及顆粒密度，所測量出要維持三個不同轉動速度時，系統所需承擔的轉矩的起伏：在「低」轉速下 ( $\Omega=0.0001\text{rps}$ )，轉矩最高；在「高」轉速下 ( $\Omega=0.05\text{rps}$ )，轉矩偏低。更值得注意的是，在「中等」轉速，轉矩呈現了不規則且形似於「地震」的劇烈起伏，拍攝到的光學影像也證實了在轉矩陡降的同時，系統內部發生大規模的集體崩動——這些該怎麼解釋呢？

後見之明是，我們在學基礎物理時將「摩擦係數」當作是與運動狀態無關的常數這個概念，雖已習以為常，卻和事實相差甚遠！話說回來，「摩擦係數並非常數」並不是新發現，但為了讓理論簡單的確是常被採用的簡化。這雖無可厚非，卻使得數十年來前輩們的理論模型都不知不覺地排除了以上觀察到的諸現象！

於是，透過其他獨立實驗，確認這些固體顆粒表面之間的「摩擦係數」在達到一定的速度（ $V_c$ ，和材質及液體都有關）之上確實會呈現顯著下滑之後，我們提出了專屬於緊密顆粒流動所需的無因次量——姑且稱之為 *slipperiness*（圖2c）：即使我們難以預知所有顆粒之間相對的速度，但是顆粒的大小（ $d$ ）及「速度梯度」（即前述 *shear rate*）兩者的乘積，至少給出了這些相對速度大致的「量級」。

這個「量級」和  $V_c$  組成的比值，就預告了系統裡顆粒之間摩擦係數因為相對速度超過  $V_c$  而減損的程度。其實，地質學家在數十年前也早已認定岩石間他們普遍稱之為“*velocity weakening*”的現象正是地質不穩定的必要因素，所以這仍然不算「新聞」……。

## 曙光乍現：前輩的肩膀&海平線的另 一邊

故事進行到這裡，我們終於有機會將看似互不相容的「劇情」融入一個統整的框架裡。

參考圖3，在「夠緊密」的情況下，*slipperiness* 這個新參數，連結了我們稱之為「固態（*granular solid*）」以及「液態（*granular liquid*）」兩種極端：兩者分別代表了「摩擦完全沒打折」（因此需要很高的轉矩才能夠推動），以及顆粒間摩擦力喪失殆盡以致「完全液化」的相反狀態——就如在流沙的掙扎恰使得砂粒之間在靜止時還可能存在的摩擦力完全失效[5]。

居於兩極端之間的，則是更「危險」的局面，也就是間歇流。顆粒間或許有相當比例的接觸是處於高摩擦的狀態而形成壅塞，且在系統被外力驅動的同時，顆粒間的接觸力以及能量持續累積上升——但驅動的轉速又不可能允許大多數的接觸永遠維持低於  $V_c$  的相對速度；一旦有相當比例的接觸，滑動速度超越  $V_c$ ，使得該處的摩擦力開始下降，就很容易觸發更大規模的快速移位，直到新的壅塞組態再度形成。

然而這短暫的遽變，往往釋放驚人比例的能量。這相當於我們得以在實驗室裡用穩定的轉速持續製造「地震」來做統計研究——至少概念上如此。

除此之外，我們也釐清了為何前輩們使用Viscous number的典範在顆粒「足夠緊密」的情況下往往失效。因為在該「*J*-rheology」的思維之下，顆粒間被想像成一直包裹著某種厚度以上的液體，當然也斷不可能容納因「接觸」而讓摩擦生效，也談不上此摩擦是否隨相對速度有所改變。

然而，在我們提出的這個圖像裡，顆粒的這種懸浮態（granular suspension）可視為是「第三態」，但又和此圖右上方「完全液化」的狀態無縫相連，兩者可併稱為和固態相對的「流態（granular fluid）」，卻不像前述兩種極端情形之間會有「間歇流」這道涇渭分明的界線。

當然，這一切只是個開始。我們的初步成果解讀了「動靜之間」的局勢消長。但若要完整地理解這個圖像，還需要進一步釐清「鬆緊之辯」——這是否意味著另一個無因次量的出現，以及這思維能否讓我們為理解間歇流，乃至於真實的地震現象，貢獻棉薄之力，就請各位拭目以待吧！

[1] Forterre and Pouliquen, *Annu. Rev. Fluid Mech.* 40(1), 1 – 24. (2008)

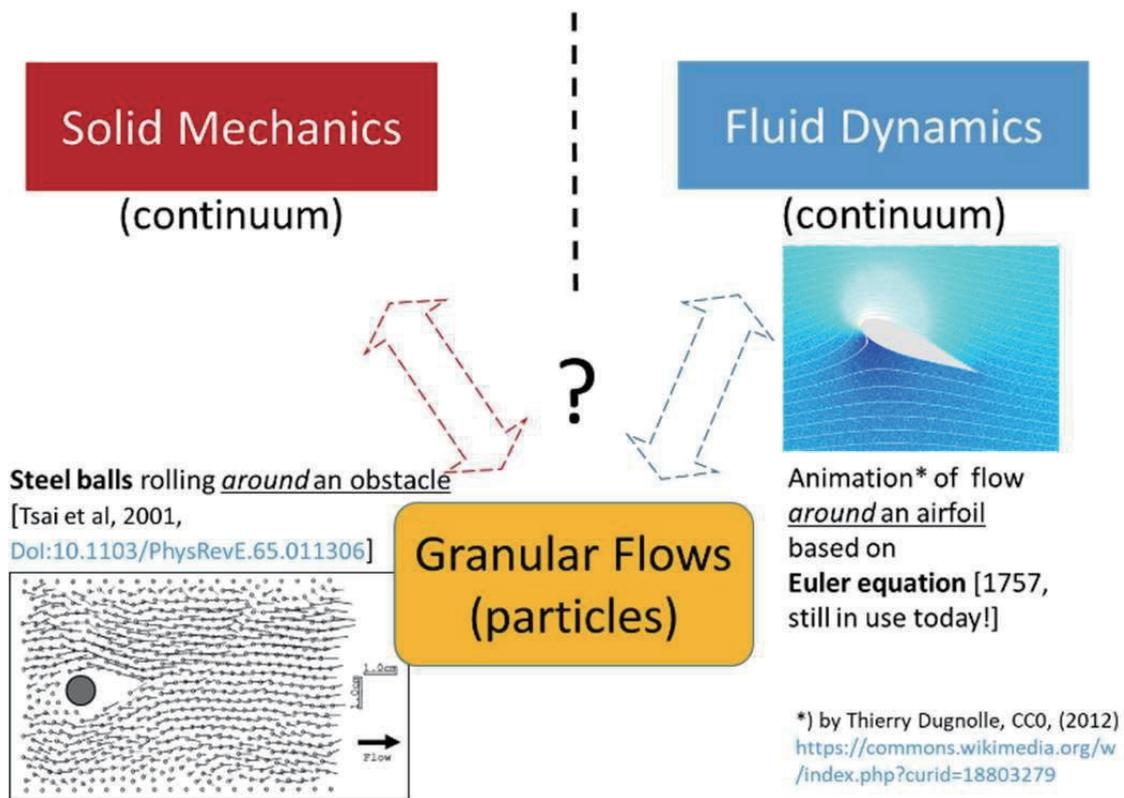
[2] Guazzelli and Pouliquen, *J. Fluid Mech.* 852, P1 (2018).

[3] Jih-Chiang Tsai, Guan-Hau Huang, and Cheng-En Tsai, “Signature of Transition between Granular Solid and Fluid: Rate-Dependent Stick Slips in Steady Shearing”, *Phys. Rev. Lett.* 126, 128001 (2021)

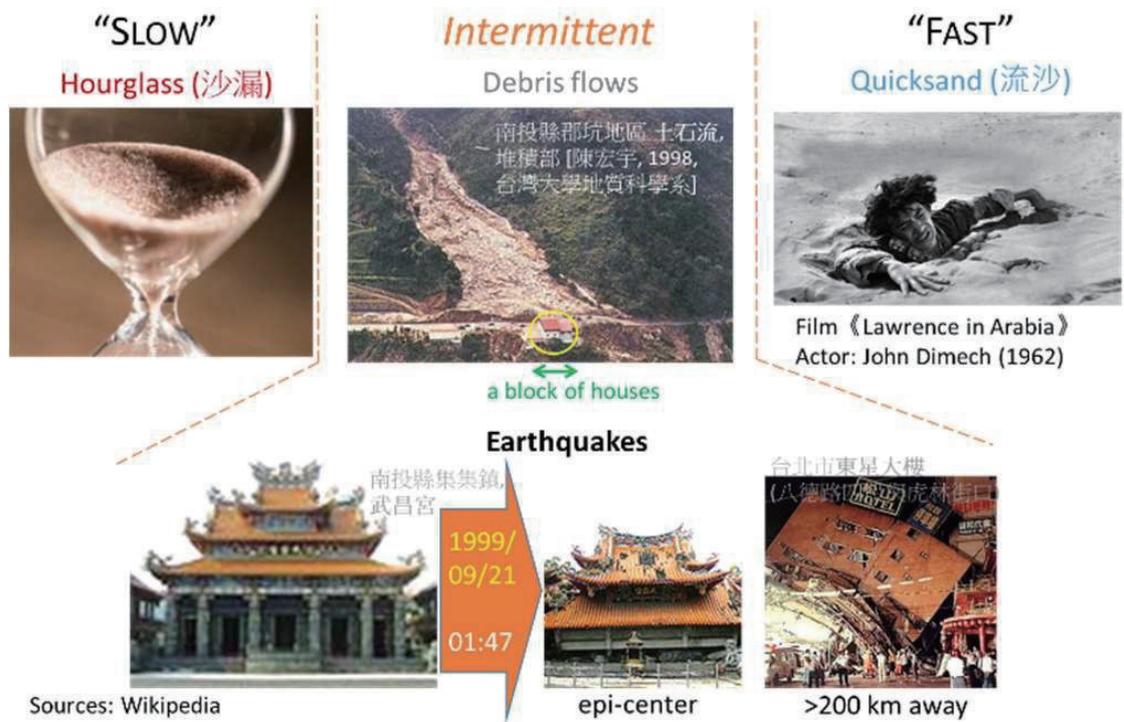
[4] <https://www.phys.sinica.edu.tw/jctsai/brittle/>

[5] 有一種說法是：其實一旦流沙底部的地下水被攪拌到上層，只要能夠不驚慌，仰躺保持口鼻在沙水面之上，其實人體的總密度是略小於水的，因此並不會持續下沉。但能這樣自救的前提是身上沒有重物，更重要的是在驚慌之中沒有失足踩入深層的爛泥或者其他黏性更高的東西。然而後者一旦發生，若想抽離是非常困難的。換言之，在流沙裡發生的不幸事件，通常不真的是「沉下去」，而是被自己硬「拉下去」——詳見<https://www.nature.com/articles/437635a>

(a)

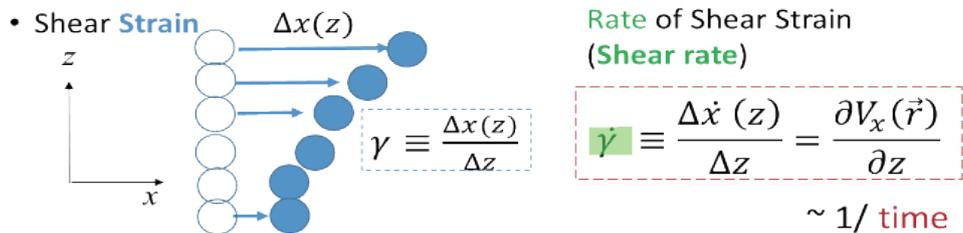


(b)



▲圖1：顆粒流（granular flows）研究的困境及現象的多樣性

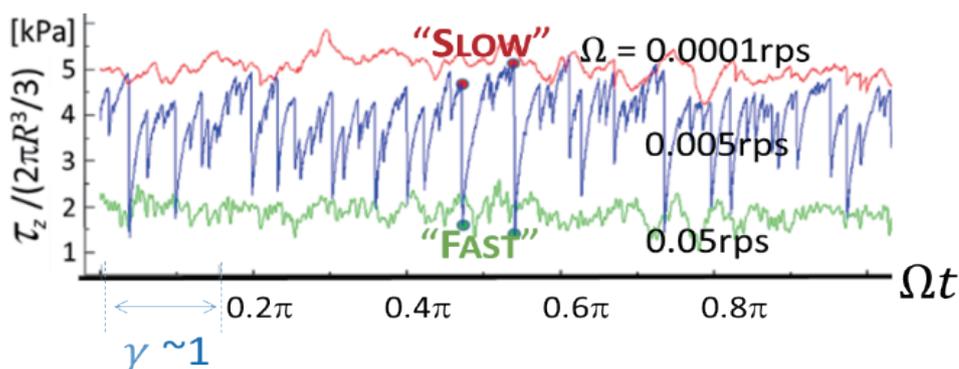
(a)



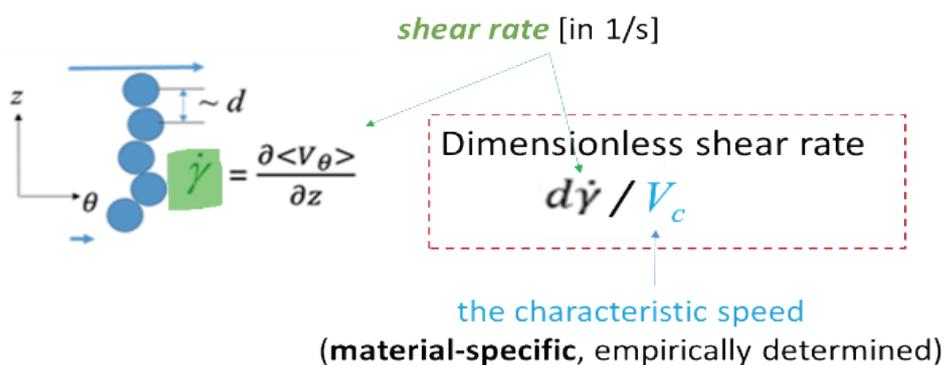
- **Stress**  $\equiv$  Force transmitted / Cross-sectional area , in average  
 e.g. **Shear stress** (tangential):  $\sigma_S$   
**Normal stress** (perpendicular):  $\sigma_N \sim$  or “pressure”

• both as a *tensor* in 3D, strictly speaking.....

(b)

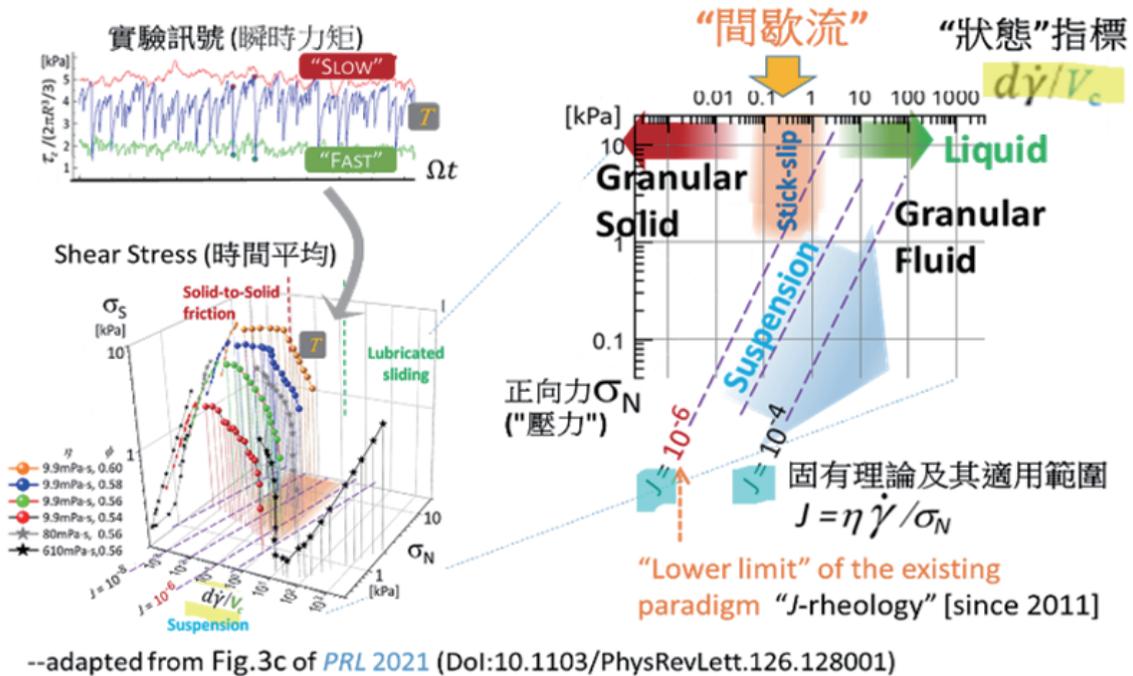


(c)



▲圖2：(a) 何謂「流動」；(b) 本團隊的實測例；(c) 無因次量slipperiness。

砂石顆粒“固態(Solid)”、“液態(Liquid)”及“懸浮態(Suspension)”的整合觀 ---connected by a *stick-slip zone*



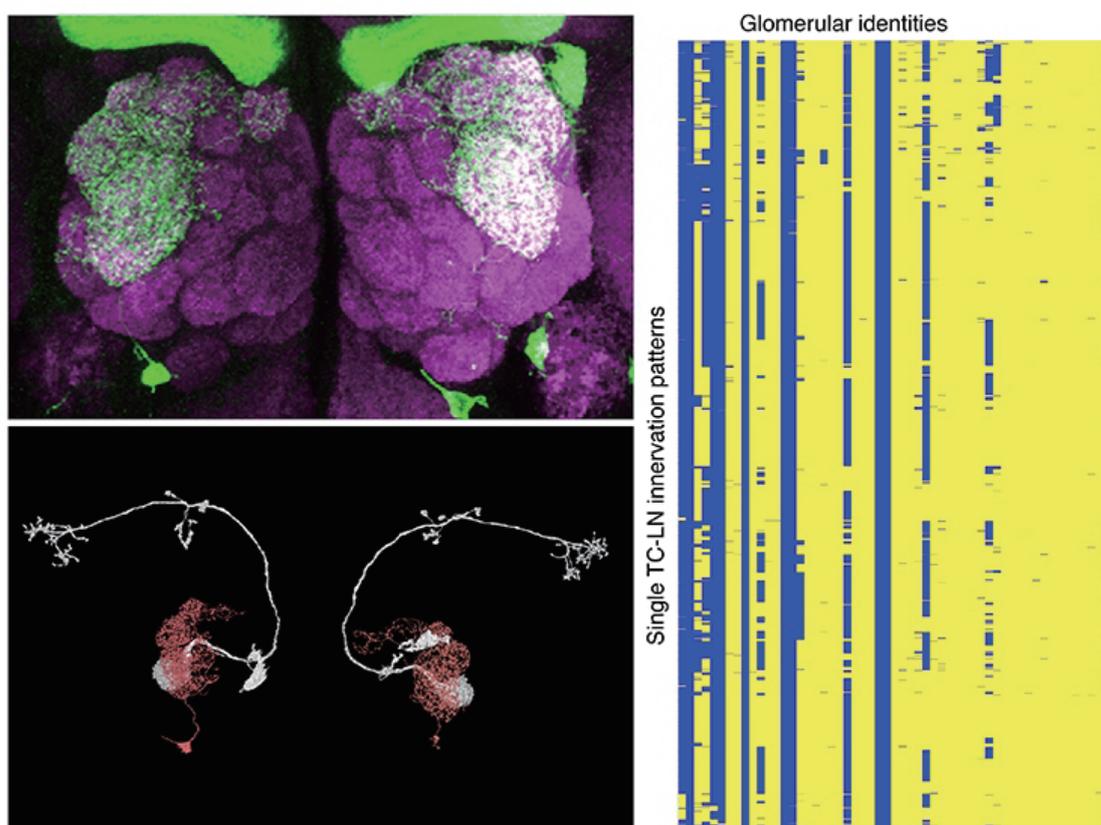
▲圖3：顆粒流「三態」的初步整合。

# 解密腦神經〉首次證明單一特定神經細胞 超過800種型態

大腦內有數以萬計的神經細胞以及上億個神經連結，截至目前為止，尚未有任何一個系統能大規模證明及量測單一特定神經細胞的變異性。本院細胞與個體生物學研究所副研究員周雅惠團隊建立一個獨特系統，可標定果蠅的一個特定嗅覺中介神經元（TC-LN），證明TC-LN存在至少849種不同的型態。不同型態的TC-LN神經元，所參與的局部神經迴路連結也會隨之改變，最終影響果蠅的行為決策。本研究推論此類神經變異，不但可讓大腦即時因應環境變化、做出最佳決策，也可能是造成個體差異的原因之一。研究成果已於今（2022）年2月刊登在《科學前緣》（*Science Advances*）。

研究說明：[http://icob.sinica.edu.tw/Information/research\\_more?id=cd3cdfcf463f464ebb68be369b30a59b](http://icob.sinica.edu.tw/Information/research_more?id=cd3cdfcf463f464ebb68be369b30a59b)

論文全文：<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abm7723>



## 人事動態

1. 基因體研究中心研究員張典顯先生核定兼任學術諮詢總會副執行秘書，聘期自111年3月7日起生效。
2. 李世炳先生奉核定為物理研究所兼任研究員，聘期自111年2月1日起至112年7月31日止。
3. 村岡大志先生奉核定為政治學研究所助研究員，聘期自111年5月1日起至116年7月31日止。
4. 何政衛先生奉核定為數學研究所助研究員，聘期自111年7月1日起至116年7月31日止。

# 新進人員介紹—— 經濟研究所許文泰研究員

許文泰先生於美國明尼蘇達大學取得經濟學博士學位。曾先後任教於香港中文大學、新加坡國立大學與新加坡管理大學。主要研究領域為都市與區域經濟學與國際經濟學，擅長之研究方法為個體應用理論與量化分析。其研究題材廣泛，包含都市規模的分配（city size distribution）、中地理論（central place theory）、經濟活動集聚（agglomeration）的理論、交通政策、土地政策、貿易利得、貿易與經濟成長的關係、貿易與所得不均的關係等。

許博士2012年發表於*Economic Journal*之文章獲得了Austin Robinson Memorial Prize，該文章建構了新的中地理論模型來解釋都市規模分配的著名現象——幂次律（power law）。2020年，其發表於美國國家科學院院刊（*PNAS*）之文章進一步證實地理空間上跨區域「共同幂次律」（common power law）的存在，並解釋該律來自於地理空間上的某種碎形結構。其關於貿易利得與廠商成數（即廠商市場力量的指標）之理論與量化分析研究，分別於2014年與2020年發表於國際經濟學頂級期刊*Journal of International Economics*。

許文泰博士自2022年1月起於經濟學研究所擔任研究員一職。



× 快問快答 ×

Q. 用一句話形容自己的研究？

A. 人類社會經濟行為紛擾雜亂，期待用經濟學的理论與實證工具去蕪存菁、直指核心。

Q. 除了做研究以外的興趣？

A. 唱歌、聽音樂、旅行、讀佛經、讀時事思考社會與人生、觀察小孩的成長。

Q. 學術路上影響自己最深的一句話或是一段故事？

A. 求學時與我的經濟學啟蒙師——臺大經濟系的古慧雯老師——聊天的時候，她說：「假設越假越好。」多數人的常識與直覺反應都是模型假設必須貼近現實。然而，好的經濟學家，在於其經濟直覺既大膽又能直指核心。當年，這句話讓我想了很久。不斷地練習經濟學家的思維模式之後，發現這確實是可以訓練的。但前提是心靈與思維必須不受限，不害怕做很假的假設。