



成大研發處  
NCKU ORD



# 研發文訊

NCKU Research Digest

第1期 2023/8

Issue 1 Aug, 2023



國立成功大學

# 研發文訊目錄 (第 1 期)

總編輯的話	02
特刊 傑出成大-國科會 111 年度傑出研究獎特輯 (依姓氏筆畫順序)	05
- 國科會111年度傑出研究獎 成大教授獲5席 人文領域首度得獎	06
- 吳玫瑰教授 台灣文學系	08
- 吳致平特聘教授 土木工程學系(所)	10
- 吳恭儉教授 數學系暨應用數學所	20
- 陳則銘特聘教授 物理學系(所)	23
專題報導 特色領域中心 (依理工醫農順序)	25
- 前沿量子科技研究中心	26
- 跨維綠能材料研究中心	28
- 前瞻醫療器材科技中心	31
- 奈米醫學研究中心	33
- 前瞻蝦類養殖國際研發中心	35
- 蘭花研發中心	37
成大R&D報告 (依姓氏筆畫順序)	39
- 朱宏杰副教授 測量及空間資訊學系	40
- 蔡耀賢教授 建築學系	42
- 簡聖芬副教授 建築學系	45

---

發行單位：國立成功大學  
發行人：沈孟儒 校長  
總編輯：劉全璞 研發長

主編：曾淑芬 副研發長、謝旻甫 副研發長  
副主編：吳尚蓉 組長、李國榮 組長  
執行編輯：國立成功大學研究發展處



# 總編輯的話



## 寫在《研發快訊》改版之際

《研發快訊》自民國96年8月24日發行的第1卷第1期至111年的第34卷第5期，一共歷時15年，9位研發長。雖歷經各種組織、人事與經費的異動，也曾有短暫的停更。但歷年來的總編輯，不管外界的更迭或困境，均仍持續堅定著延續成功大學對研究成果的報導與散播的這個傳統。

我在擔任研發處計畫管考組的組長時，有幸和當時的研發長曾永華教授共同催生《研發快訊》。正如前校長賴明詔，在第1卷第1期中所提到的：「研究品質的提昇除了靠個人的努力之外，更需要和相同或不同領域的研究人員溝通，交換資訊，激盪腦力，創新思維。除此之外，受社會資源大力支持的大學也有義務把研究成果散播，才能讓社會分享。」這也正是研發處經過15年，至今仍堅持發行《研發快訊》的責任，也是我上任研發長之後積極推動的責任。

近年來，不論在國科會國際合作計畫數量或者是簽約合作國家數量，以及產學合作的補助金額，成功大學都有顯著成長。111年度的產學計畫金額為55.3億，是近5年來最高。校內教師獲取各項重要研究獎項的數量，也都持續維持在全國前3-4名。根據英國《泰晤士高等教育》(Times Higher Education, THE) 公布2023世界大學影響力排名 (2023 THE Impact Rankings)，本校相比去年，進步9個名次，榮獲第24名，創下連續4年全臺第一的亮眼成績。其中的「SDG9工業、創新與基礎建設」部分，本校已經連續3年以近滿分的分數蟬聯世界第5，這顯現出成大不僅以培育人才、創新研發為目標，還展現出能更進一步鏈結產官學研端的能力，攜手產業協助轉型升級，並透過產業的實踐，激發出更多的研發能量。

## 2022 研究結果



圖源：國立成功大學研發處官網 (2023.07.07查詢)

所以為了能與時俱進，並緊扣本校發展願景「Future Positive」；也為了能繼續積極定期宣傳本校之學術研究成果，讓社會大眾與學界，可以更簡便與完整的瞭解成功大學在研發上的成果，《研發快訊》的改版再出發，是一種必然，也是與學校一起迎向未來的承諾。

將這份責任與承諾的落實，正是《研發快訊》改版為《研發文訊》的初衷。我期許改版後的《研發文訊》能重新再出發，在與全世界共同激烈競爭的研究環境裡，為成功大學研究的量能，提供一個積極宣揚研究成果的園地。也因為這個園地，能讓更多國內外的研究機構及企業界對成功大學的研究成果而感到興趣，進而更建立彼此合作的關係，激發出更多燦爛研究的火花。希望大家能繼續支持全新改版後的《研發文訊》。

國立成功大學研究發展處  
研發長 劉全璞

# 特刊



## 國科會 111 年度傑出研究獎特輯

- 國科會111年度傑出研究獎 成大教授獲5席 人文領域首度得獎
- 吳玫瑛教授 台灣文學系
- 吳致平特聘教授 土木工程學系(所)
- 吳恭儉教授 數學系暨應用數學所
- 陳則銘特聘教授 物理學系(所)

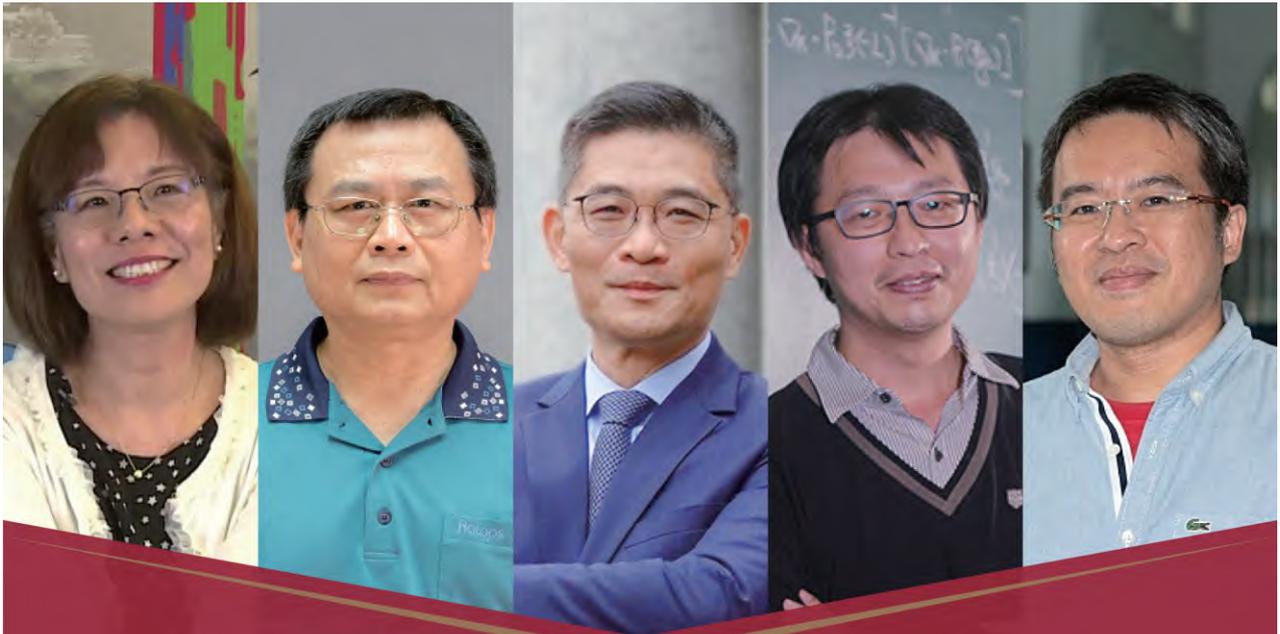
(依姓氏筆畫排序)



特刊

# 國科會111年度傑出研究獎 成大教授獲5席 人文領域首度得獎

文／新聞中心葉佳彬執行長 圖／識別溝通組



**賀** 111年度國科會傑出研究獎  
—— 本校五位獲獎學者 ——

成功大學111年度國科會傑出研究獎獲獎教授，由左至右為吳致平特聘教授、吳致平特聘教授、沈孟儒特聘教授／校長、吳恭儉教授、陳則銘特聘教授



國家科學及技術委員會公布111年度傑出研究獎，國立成功大學共獲得5席，包括台灣文學系吳玫瑛教授、土木工程學系(所)吳致平特聘教授、數學系暨應用數學所吳恭儉教授、藥理學科暨研究所沈孟儒特聘教授、物理學系(所)陳則銘特聘教授。其中包括新上任校長沈孟儒，特別的是吳玫瑛教授為成大第一位人文領域得獎者。每位獲獎人將由國科會頒發獎勵金新台幣90萬元及獎狀1紙。

國科會傑出研究獎是為了獎勵研究成果傑出之科學技術人才，長期從事基礎或應用研究，以提升我國學術研究水準及國際學術地位，創造社會發展與產業應用效益，展現研究成果之多元價值，增強國家科技實力。111年度傑出研究獎共有80名學者及研究人員獲獎。

根據遴選作業要點，申請人除應符合科技部補助專題研究計畫主持人資格外，「基礎研究類」的研究成果以突破科學問題為主，並具備學術原創性或具重要學術價值，或是研究成果具學理創新性，對學術發展有重大影響及貢獻。「應用研究類」研究成果則以解決實務問題為主，對經濟、社會、民生福祉、環境永續、產業效益等具前瞻科技創新，改善人類生活之知識與技術，具有重大貢獻及有具體事實者。

成大教授獲5席，依姓氏筆畫排序介紹如下：

台灣文學系吳玫瑛教授研究專長為兒童文學、青少年文學、跨國文學與文化研究、圖像敘事、檔案研究、性別研究，現任成大華語

中心主任。吳玫瑛教授是成大第一位在人文領域得到國科會傑出研究獎的老師。

土木工程學系(所)吳致平特聘教授研究專長為計算力學、有限元素法、多壁奈米碳管和多層石墨烯板力學分析、智能材料板殼力學分析、無網格方法、三維局部和非局部彈性力學／壓電力學。這是吳致平教授二度獲得國科會傑出研究獎。

數學系暨應用數學所吳恭儉教授專長領域是偏微分方程，在校主要教授氣體動力學方程的數學理論，包含波茲曼collision operator及傳輸方程的基本性質。曾獲106年吳大猷先生紀念獎。

藥理學科暨研究所沈孟儒特聘教授是成大新任校長，並曾任成大醫學院附設醫院院長，其專長領域是基因體醫學、藥物開發、分子生物學、細胞生物學。曾獲得台灣藥理學會李鎮源教授傑出研究獎、財團法人雷射醫學文教基金會優秀論文獎、科技部傑出研究獎、中華民國醫師公會全國聯合會109年防疫特殊貢獻獎等。

物理學系(所)陳則銘特聘教授研究專長為介觀物理、奈米電子、量子元件，研究興趣主要為量子傳輸相關領域，著重於開發各式新穎量子元件以探索物理問題並使其能運用於未來科技。曾獲得科技部「吳大猷先生紀念獎」、中央研究院「年輕學者著作獎」、傑出人才發展基金會「年輕學者創新獎」等榮譽。

## 台灣兒童文學國際研究的推手：吳玫瑛

本文摘寫自〈人文研究新天地—臺灣兒童文學研究在國際〉，《人文與社會科學簡訊》24卷3期112年6月，並獲國立成功大學台灣文學系吳玫瑛老師同意刊登。



### 作者介紹

吳玫瑛現任國立成功大學台灣文學系教授兼華語中心主任，專長領域為兒童文學、青少年文學、童年研究及跨文化研究。2014-15年獲傅爾布萊特資深學者研究獎助，曾出版《主體、性別、地方論述與（後）現代童年想像：戰後台灣少年小說專論》（2017），並合編專書《跨界、成長、間／介：當代兒童文學研究思潮》（2022）。

國家科學及技術委員會公布111年度傑出研究獎，國立成功大學共獲得5席，其中台灣文學系吳玫瑛教授是成大第一位人文領域得獎者。吳玫瑛教授的「兒童文學」研究之路，約莫是由2001年赴美攻讀博士開始，在那個大眾對於兒童文學的概念，仍停留在「兒童讀物」及「童年純真」的美好想像的年代。受惠於當時美國開放的研究環境，加上指導教授歷史學者的背景，吳老師大量閱讀了指導教授推薦的新馬克斯主義及文化批評理論相關的書單書籍，也由此開啟她的理論批判的研究路徑。

吳老師回憶起，在2005那年，她接到國際知名兒童文學學者諾德曼(Perry Nodelman)教授回覆的電郵時，心中那份悸動，久久未平，至今難忘。因為那是她首度以博士生身分參加美國兒童文學學會(Children's Literature Association, 簡稱 ChLA)所舉辦的國際學術研討會。之後便一直積極地參與該學會的國際研討會與活動，也結識來自世界的兒

文學者。在2008年獲得提名、且當選該學會國際委員會委員，進而在2011年籌劃「臺灣主題國家論壇」(Taiwan focus country panel)。從2001到2011這十年之間，吳玫瑛老師從兒童文學研究領域的新手，逐步蛻變為「臺灣兒童文學研究」對外傳播的推手。

2017年出版學術專書《主體、性別、地方論述與（後）現代童年想像：戰後台灣少年小說專論》，可謂是吳老師從事臺灣兒童文學研究，尤其臺灣少年小說相關研究的重要成果。這本專書以戰後出版的臺灣少年小說為關注焦點，內容爬梳以1960年代兩部臺灣少年小說濫觴之作—林鍾隆《阿輝的心》與謝冰瑩《小冬流浪記》為起點，及至跨世紀之交及二十一世紀之初張大春《少年大頭春的生活週記》與袁哲生《倪亞達》系列小說為止。文本探勘約莫橫跨半世紀，其中涉及不同世代作家的少年小說作品—例如，戰後遷臺且是成人文壇名家謝冰瑩、琦君、畢璞於1960年代由臺灣省教育廳兒童讀物編輯小組所出版的少年

小說作品，以及1970-80年代由洪建全兒童文學創作獎所培植的「戰後世代」作家如林立、曾妙容、陳玉珠的少年小說得獎作品。書中細論臺灣戰後自六〇年代以降，不同世代作家少年小說作品中的「兒童」形構與「童年純真」觀的歷史轉折與童年地景變貌。

在這之後，吳玫瑛老師研究重心轉向關注戰後初期臺灣兒童文學的建制發展及其中所透顯的「跨文化生產」意涵。接續發表的中、英文學術論文，大抵環繞1960年代中期所設立的「兒童讀物編輯小組」及其中關鍵人物。亦即，以「兒童讀物編輯小組」的總編輯潘人木和文學編輯林海音的兒少論述與相關兒童文學作品為探討核心，同時也關注六〇年代中期來臺的美國兒童文學代表人物孟羅·李夫(Munro Leaf)與海倫·石德萊(Helen Sattley)兩人的兒童文學與兒童教育相關論述。從中探查、考掘臺灣戰後初期兒童文學萌芽、成形之際，在臺、美文化交流／交錯下所呈顯的「跨國」文化流動與兒童文學的跨文化生產軌跡。

而後更以典藏於美國費城公共圖書館特藏室的李夫手稿(the Munro Leaf papers)為基礎材料，並以「檔案研究」為路徑，進一步探討孟羅·李夫於六〇年代在美國國務院所推行的文化交流政策下，成為美國兒童文學基礎教育專家，至亞洲、歐洲和中東地區等將近26個國家參訪，植入美式兒童教育觀及童書出版概念，由此所形成的戰後兒童文學的「跨國」連結與「跨域」相關。試圖由此窺探二戰後在冷戰框架下以美國為主導的「跨國」兒

童文學形成的脈動連結，以及在此由美國推行的「文化交流」政策中，臺灣兒童文學與／在亞洲兒童文學的(相互)生成關係。

近期吳玫瑛老師的研究焦點轉向了「世界文學」論述，以臺灣繪本《Guji-Guji》為例，探討臺灣文學文本作為世界文學想像所涉及的語言翻譯、跨國獨立出版社的出版策略、國際／大型圖書館協會的推薦書單與文學獎機制，以及繪本的戲劇改編和再製所牽涉的跨國文化生產，以及文學文本的跨國／世界流通所形成的文化馴化與文化混雜等複雜議題。

吳玫瑛老師這一路的研究，得力於國科會計畫補助，以及傅爾布萊特資深學者研究獎助，這與她在全世界兩大兒童文學學術組織——國際兒童文學研究學會(International Research Society for Children's Literature, 簡稱IRSCL)及上述美國兒童文學學會參與學術服務的經歷相關。在2013-2017年擔任國際兒童文學研究學會理事期間，也與歐洲和北美當地學者建立研究夥伴關係，將「臺灣兒童文學研究」進一步推向國際，成為焦點。2019年在瑞典斯德哥爾摩國際兒童文學研究學會第24屆雙年會上發表專題演講，以臺灣和亞洲國家為案例，探討兒童文學的檔案研究，指出看似「悄然無聲」的檔案往往存藏歷史生成動力。透過吳玫瑛老師分享她研究歷程的點滴心得，提供大眾參考，期許讓更多人瞭解兒童文學學術場域的國際生態，進而勇於參與、繼續開拓臺灣兒童文學研究的國際空間。

# 3D Static Bending Analysis of Complete Functionally Graded Toroidal Shells using the Finite Annular Prism Method Based on Reissner's Mixed Variational Theorem

吳致平特聘教授 土木工程學系(所)



Professor Chih-Ping Wu obtained his Ph.D. in Engineering Mechanics, at Ohio State University, USA 1988. Since then, he worked as an associate professor at the Department of Civil Engineering (CE), National Cheng Kung University (NCKU), Taiwan. In 1993 and 2003, he was promoted to full professor and distinguished professor at NCKU. From 2003 to 2006, he served as the head of the CE department at NCKU. He was awarded the National Science Council Outstanding Research Award in 2019 and 2022. He majored in research areas, including modified and consistent couple stress theories, nonlocal continuum mechanics, finite element methods, meshless methods, perturbation methods, various energy principles, and three-dimensional elasticity/piezoelectricity.

## 中文摘要

本文介紹了新近由吳致平教授研究群基於Reissner混合變分定理(Reissner's mixed variational theorem, RMVT)發展的有限環形柱體元素法(Finite annular prism method, FAPM)的新穎性和優勢。在實例驗證中顯示本FAPM不僅收斂迅速,且其結果與文獻中已發表的三維精確解非常一致。之後,將本FAPM應用於參數分析,檢核一些基本因素對功能性同心圓環殼的三維靜態撓曲行為的影響,其中包括半徑-厚度比、圓周半徑-子午線半徑比、和不均勻性指數等參數之影響。

## Abstract

This article introduces the novelty and benefits of the finite annular prism method (FAPM) based on Reissner's mixed variational theorem (RMVT) developed by Wu's research group. Implementing the RMVT-based FAPM shows that it converges rapidly, and its results are in excellent agreement with the accurate solutions reported in the literature. Afterward, the FAPM is applied to a parametric analysis examining the impact of some essential factors on the three-dimensional static bending behavior of functionally graded toroidal shells, including the radius-to-thickness ratio, the ratio of circumferential- and meridian-radii, and the inhomogeneity index.

## Introduction

In 1984, a Japanese scientist, Niino, proposed the concept of functionally graded (FG) materials for use in thermal barrier materials at the National Aerospace Laboratory of Japan [1, 2]. These FG materials are composed of two or more phases of dissimilar materials in such a manner that the material properties vary gradually and continuously in one or more directions. One of the most prominent applications of FG materials is the ceramic-metal two-phase FG composite materials, which can have the low thermal conductivity property of ceramic materials and the high toughness and strength properties of metallic materials. On the one hand, FG structures can be designed to optimize their specific structural performances by changing the volume fractions of the constituent materials [3, 4]. On the other hand, it can form various sandwiched and multi-layered FG structures to prevent delamination failure, which often occurs at the interface between adjacent layers of conventional laminated composite structures, in which the material properties suddenly change [5-10]. As a result, the development of these FG materials progressed rapidly, and their application in various advanced industries has become increasingly popular.

## Material properties

This work analyzes the 3D static bending behavior of a complete FG toroidal shell. The shell of interest is composed of a metal and a ceramic material. The material properties are assumed to obey a power-law distribution function that is dependent on the volume fractions of the constituent materials, i.e.,  $\Gamma_m(\zeta)$  and  $\Gamma_c(\zeta)$ , where the subscripts  $m$  and  $c$  represent the metal and ceramic materials, respectively, through the thickness direction of the toroidal shell and are given as follows:

$$\Gamma_c(\zeta) = \left[ (1/2) + (\zeta/h) \right]^{K_{pr}} \quad (1a)$$

$$\Gamma_m(\zeta) = 1 - \Gamma_c(\zeta) \quad (1b)$$

where  $-h/2 \leq \zeta \leq h/2$ , and  $K_{pr}$  denotes the inhomogeneity index.

The rule of mixtures is used to estimate the effective material properties of the complete FG toroidal shell, which are expressed as follows:

$$m_{ij}(\zeta) = m_{ij}^c \Gamma_c + m_{ij}^m \Gamma_m = m_{ij}^m + (m_{ij}^c - m_{ij}^m) \Gamma_c, \quad (2)$$

where  $m_{ij}^m$  and  $m_{ij}^c$  are the material properties of the metal and the ceramic materials, respectively.

### Finite annular prism method

With the popularization and application of FG materials and structures, proposing an efficient numerical method for analyzing their mechanical behaviors has attracted considerable attention. In this work, we employ Wu and Li's finite annular prism method (FAPM) [11] based on Reissner's mixed variational theorem (RMVT) to analyze the 3D static bending behavior of an FG toroidal shell subjected to a uniformly distributed load as shown in Figure 1 (drawn from Wu and Li[11]).

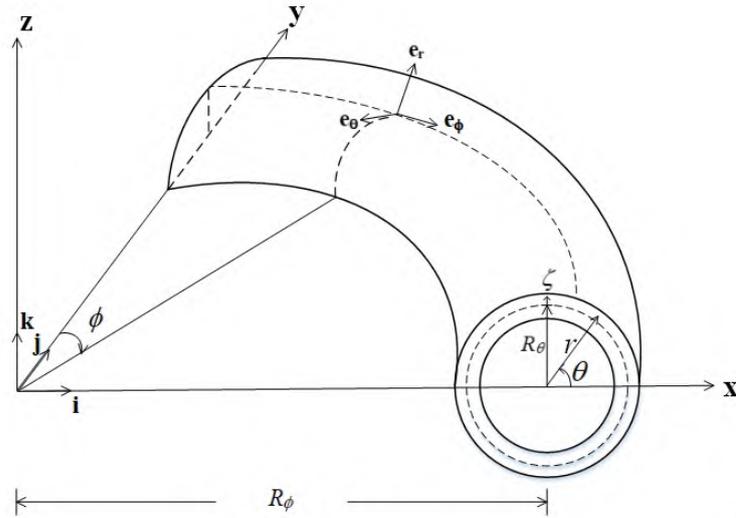


Figure 1. One segment of an FG toroidal shell and the toroidal coordinate system (drawn from Wu and Li[11]).

In Wu and Li's formulation, three displacement and three transverse stress components were selected as the primary field variables. Variations in the primary field variables over the meridian-thickness nodal surface (i.e., the  $\theta$ - $\zeta$  surface) and in the circumferential direction (i.e., the  $\phi$  direction) were assumed to be separable, and for a typical annular prism of the  $m^{\text{th}}$ -layer, they were thus given by

$$\left\{ \begin{bmatrix} u_{\theta}^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \\ u_{\phi}^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \\ u_r^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \end{bmatrix}^{(m)} \right\}^T = \sum_{i=1}^{n_d} [\psi^{(e)}(\theta, \zeta)]_i \left\{ \begin{bmatrix} u^{(e)}(\phi) \\ \nu^{(e)}(\phi) \\ w^{(e)}(\phi) \end{bmatrix}^{(m)} \right\}_i^T, \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{bmatrix} \tau_{\theta r}^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \\ \tau_{\phi r}^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \\ \sigma_r^{(e)}(\theta, \phi, \zeta) \end{bmatrix}^{(m)} \right\}^T = \sum_{i=1}^{n_d} [\psi^{(e)}(\theta, \zeta)]_i \left\{ \begin{bmatrix} \tau_{13}^{(e)}(\phi) \\ \tau_{23}^{(e)}(\phi) \\ \sigma_3^{(e)}(\phi) \end{bmatrix}^{(m)} \right\}_i^T \quad (4)$$

where  $(u^{(e)})_i$ ,  $(\nu^{(e)})_i$ ,  $(w^{(e)})_i$ ,  $(\tau_{13}^{(e)})_i$ ,  $(\tau_{23}^{(e)})_i$ , and  $(\sigma_3^{(e)})_i$  with  $(i=1,2,\dots,n_d)$  are the nodal displacement and transverse stress components of a typical annular prism of the  $m^{\text{th}}$ -layer of the toroidal shell;  $n_d$  denotes the total number of nodes of a specific annular prism, so the values of  $n_d$  are eight and 12 for the quadratic and cubic finite annular prisms with quadrilateral cross sections, respectively. The symbols, Q8 and C12, are thus used to represent eight-node quadratic and 12-node cubic finite annular prisms, respectively. A typical Q8 parent annular prism in natural coordinates  $(\xi, \eta)$  and a typical mesh of  $(n_\theta \times n_r) = (8 \times 2)$  are shown in Figure 2, in which the mapping relations between the global and natural coordinates of each point in the prism domain (i.e.,  $\theta^{(e)} = \sum_{i=1}^{n_d} \theta_i^{(e)} \psi_i^{(e)}(\xi, \eta)$  and  $\zeta^{(e)} = \sum_{i=1}^{n_d} \zeta_i^{(e)} \psi_i^{(e)}(\xi, \eta)$ ) are also shown. They represent the degree of approximation used to describe the coordinate transformation for the isoparametric finite annular prism, where  $\psi_i(\xi, \eta)$ ,  $i = 1 - n_d$  denote the shape functions of a typical  $n_d$ -node annular prism.

In the formulation, the FG toroidal shell is divided into several finite annular prisms with quadrilateral cross-sections, for which trigonometric function and Serendipity polynomials are used to interpolate the circumferential direction and meridian-radial surface variations in the primary field variables of each prism, respectively. The material properties of the toroidal shell are considered to obey a power-law distribution according to the volume fractions of the constituent materials through the thickness direction. As a result, the homogeneous isotropic toroidal shells and laminated cross-ply toroidal shells can be regarded as special cases in this work. A typical C12 annular prism element and a typical mesh  $(n_\theta \times n_r) = (8 \times 2)$  are shown in Figure 2 [12], where  $n_\theta$  and  $n_r$  denote the number of prisms in circumferential and thickness directions.

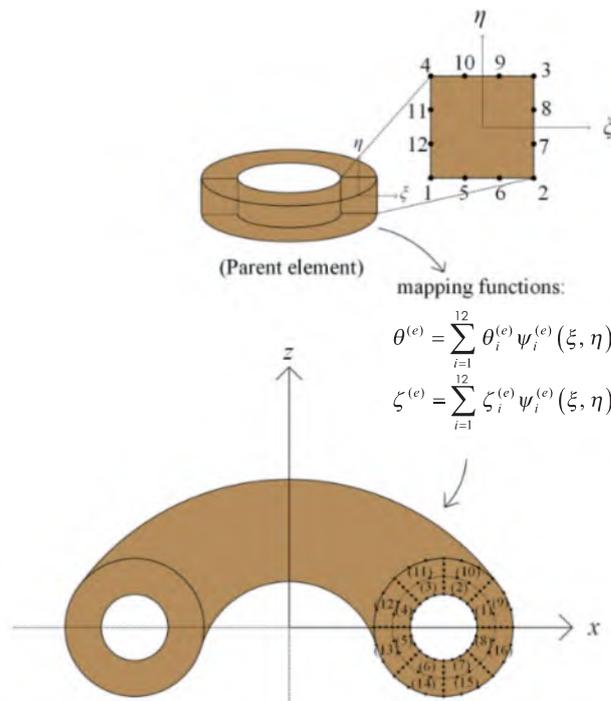


Figure 2. The schematic diagram for a typical C12 element, an  $(n_\theta \times n_r) = (8 \times 2)$  mesh, and the mapping transformation between a typical C12 element in the real domain of a toroidal shell and the parent element in the natural coordinate domain (drawn from Wu and Hung [12])

The linear constitutive equations of the  $m^{\text{th}}$ -layer are given as

$$\sigma_{ij}^{(m)} = c_{ijkl}^{(m)} \varepsilon_{kl}^{(m)}, \quad (5)$$

where  $\sigma_{ij}^{(m)}$  is the stress tensor;  $\varepsilon_{kl}^{(m)}$  is the strain tensor; and  $c_{ijkl}^{(m)}$  is the elastic coefficient, which is variable in the thickness direction of the finite annular prism (i.e.,  $c_{ijkl}^{(m)}(\zeta)$ ).

The RMVT is used to derive the Euler-Lagrange equations for an FG toroidal shell, and the corresponding functional ( $\Pi_R$ ) of the shell is written as follows:

$$\begin{aligned} \Pi_R = & \sum_{m=1}^{n_l} \left\{ \sum_{e=1}^{n_e} \int_0^{2\pi} \iint_{A_e} [\sigma_{ij}^{(e)} \varepsilon_{ij}^{(e)} - B(\sigma_{ij}^{(e)})]^{(m)} h_\theta h_\phi h_r d\theta d\zeta d\phi - \delta_{mn_l} \sum_{e=1}^{n_e} \int_0^{2\pi} \int_{s_e}^{s_{e+1}} \bar{q}_r^+(\theta, \phi) (u_r^{(e)})^+ h_\theta h_\phi d\theta d\phi \right. \\ & \left. + \delta_{m1} \sum_{e=1}^{n_e} \int_0^{2\pi} \int_{s_e}^{s_{e+1}} \bar{q}_r^-(\theta, \phi) (u_r^{(e)})^- h_\theta h_\phi d\theta d\phi \right\} - \sum_{m=1}^{n_l} \int_{\zeta_{m-1}}^{\zeta_m} \int_{\Gamma_\sigma} (\bar{t}_k^{(m)} u_k^{(m)}) d\Gamma d\zeta - \sum_{m=1}^{n_l} \int_{\zeta_{m-1}}^{\zeta_m} \int_{\Gamma_u} [(u_k^{(m)} - \bar{u}_k^{(m)}) t_k^{(m)}] d\Gamma d\zeta, \end{aligned} \quad (6)$$

where  $n_e$  and  $A_e$  denote the number of annular prisms in each layer and the cross-sectional area of a typical annular prism, respectively;  $\Gamma_\sigma$  and  $\Gamma_u$  denote the portions of the edge boundary where the surface traction and displacement components (i.e.,  $\bar{t}_k^{(m)}$  and  $\bar{u}_k^{(m)}$  ( $k = \theta, \phi, \text{ and } r$ )) are prescribed. The positive directions of external loads ( $\bar{q}_r^+$ ) and ( $\bar{q}_r^-$ ) applied on the outer and inner surfaces of the shell are defined as outward and inward, respectively, following the conventional sign in the 3D local elasticity theory.  $B(\sigma_{ij}^{(e)})$  is the complementary energy density function, and  $\delta_{ij}$  denotes the Kronecker delta symbol, the value of which is 1 when  $i=j$ , while it equals zero when  $i \neq j$ .

Substituting the kinematic and kinetic assumptions (i.e., Eqs. (3) and (4)) in Eq. (6) and requiring the first-order variation of  $\Pi_R$  to be zero lead to the prism element equilibrium equations. Afterward, by imposing the continuity conditions of each node's nodal primary variables at the nodal lines between adjacent prisms, the local stiffness matrix of each prism element can be assembled as their corresponding global stiffness matrix for the FG toroidal shell as follows:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K}_{11} & \mathbf{K}_{12} & \mathbf{K}_{13} & \mathbf{K}_{14} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_{16} \\ \mathbf{K}_{21} & \mathbf{K}_{22} & \mathbf{K}_{23} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_{25} & \mathbf{K}_{26} \\ \mathbf{K}_{31} & \mathbf{K}_{32} & \mathbf{K}_{33} & \mathbf{K}_{34} & \mathbf{K}_{35} & \mathbf{K}_{36} \\ \mathbf{K}_{41} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_{43} & \mathbf{K}_{44} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{K}_{52} & \mathbf{K}_{53} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_{55} & \mathbf{0} \\ \mathbf{K}_{61} & \mathbf{K}_{62} & \mathbf{K}_{63} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{K}_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{v} \\ \mathbf{w} \\ \boldsymbol{\tau}_{13} \\ \boldsymbol{\tau}_{23} \\ \boldsymbol{\sigma}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{P} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Equation (7) represents a common algebraic problem that can be readily solved, so the stress and displacement components induced in the loaded FG toroidal shell can be obtained.

### Numerical examples

In this section, the stress and deformation behavior of an FG toroidal shell under a uniformly distributed load is studied, where  $\bar{q}_r^+ / \sigma_0 = -5$ , and  $\bar{q}_r^- / \sigma_0 = -2$ . The FG toroidal shell is made of a metal material (aluminum) and a ceramic material (alumina), and its material properties are assumed to obey a power-law distribution through the thickness direction according to the volume fractions of the constituent materials. As mentioned above, the volume fractions of the metal and ceramic materials are given in Eqs. (1a) and (1b) for a complete FG toroidal

shell. The effective material properties of the FG toroidal shell can be estimated using the rule of mixtures, the corresponding formula for which is given in Eq. (2). The material properties of the metal and the ceramic materials are given as  $E_m=70\text{GPa}$ ,  $\nu_m=0.3$ ,  $E_c=380\text{GPa}$ , and  $\nu_c=0.3$ . A set of dimensionless field variables is defined as those used in Wu and Li [11].

Table 1 shows various FAPM solutions for the dimensionless displacement and stress components induced at the positions  $(\theta = \pi/4, \zeta = 0)$  in the FG toroidal shell, where the material property gradient indices are taken as  $\kappa_{pr}=5$ , and where  $R_\theta/h = 5/2$  and  $R_\phi/R_\theta = 4$ . It can be seen in Table 1 that the convergence rates of the displacement components are more rapid than those of the stress components, where the convergent solutions of the displacement components are obtained when meshes (16x4) and (8x2) are used for the current Q8 and C12 FAPMs, respectively. Those stress components are obtained when meshes (64x16) and (32x8) are used for the current Q8 and C12 FAPMs based on the current C12 FAPM solutions, with an allowable relative error of 0.2%.

Table 1. Various RMVT-based FAPM solutions for the dimensionless displacement and stress components induced at specific positions  $(\theta = \pi/4, \zeta = 0)$  in an FG toroidal shell under a uniformly distributed load.

Various FAPMs with ( $n_\theta \times n_r$ ) meshes	$\bar{u}_r$	$\bar{u}_\theta$	$\bar{\sigma}_\theta$	$\bar{\sigma}_r$
Q8 FAPMs ( 8x2)	-13.0774	6.3811	-27.2705	-7.6819
Q8 FAPMs (16x4)	-13.0570	6.3794	-26.9421	-8.0024
Q8 FAPMs (32x8)	-13.0525	6.3794	-26.8607	-8.1255
Q8 FAPMs (64x16)	-13.0514	6.3794	-26.8403	-8.1614
C12 FAPMs ( 8x2)	-13.0523	6.3797	-27.2250	-8.3741
C12 FAPMs (16x4)	-13.0509	6.3794	-26.9313	-8.1397
C12 FAPMs (32x8)	-13.0510	6.3794	-26.8580	-8.1702
C12 FAPMs (64x16)	-13.0510	6.3794	-26.8396	-8.1737
Q8 FAPMs ( 8x2)	-24.2884	11.7207	-15.1669	-8.2283
Q8 FAPMs (16x4)	-24.2439	11.7196	-18.1459	-8.0108
Q8 FAPMs (32x8)	-24.2334	11.7198	-18.7430	-7.9257
Q8 FAPMs (64x16)	-24.2308	11.7198	-18.8829	-7.9043
C12 FAPMs ( 8x2)	-24.2272	11.7207	-15.2995	-8.1228
C12 FAPMs (16x4)	-24.2297	11.7199	-18.2083	-7.9170
C12 FAPMs (32x8)	-24.2299	11.7199	-18.7605	-7.8973
C12 FAPMs (64x16)	-24.2299	11.7199	-18.8874	-7.8972

Figure 3 shows the variations in the through-thickness distributions of various stress and displacement components with the ratio of circumferential- to- meridian- radii (i.e.,  $R_\phi/R_\theta$ ), where  $\kappa_{pr}=5$ ;  $R_\phi/R_\theta=2, 5$ , and  $10$ ;  $R_\theta/h=5$ , and  $R_\theta=1\text{m}$ . It can be seen in Figure 3 that the effect of the  $R_\phi/R_\theta$  ratio on the transverse displacement and the transverse shear stress components are more significant than those on the in-surface stress and transverse normal stress components. The transverse displacement components increase, and the transverse shear stress components decrease as the ratio  $R_\phi/R_\theta$  becomes greater, which represents a lessening of the gross stiffness of the shell and a weakening of the shear deformation effect on the bending behavior of the shell. The ratios among the maximum values of the dimensionless in-surface stress, transverse shear stress, and transverse normal stress components are  $49.1950 : 0.047042 : 5$  (i.e.,  $9.8 : 0.009 : 1$ ),  $47.398 : 0.1137 : 5$  (i.e.,  $9.5 : 0.022 : 1$ ), and  $42.597 : 0.1611 : 5$  (i.e.,  $8.5 : 0.032 : 1$ ) for the cases of  $R_\phi/R_\theta=2, 5$ , and  $10$ , respectively. The variations in the changes in the in-surface normal stress and the transverse normal stress components with the values of  $R_\phi$  are minor.

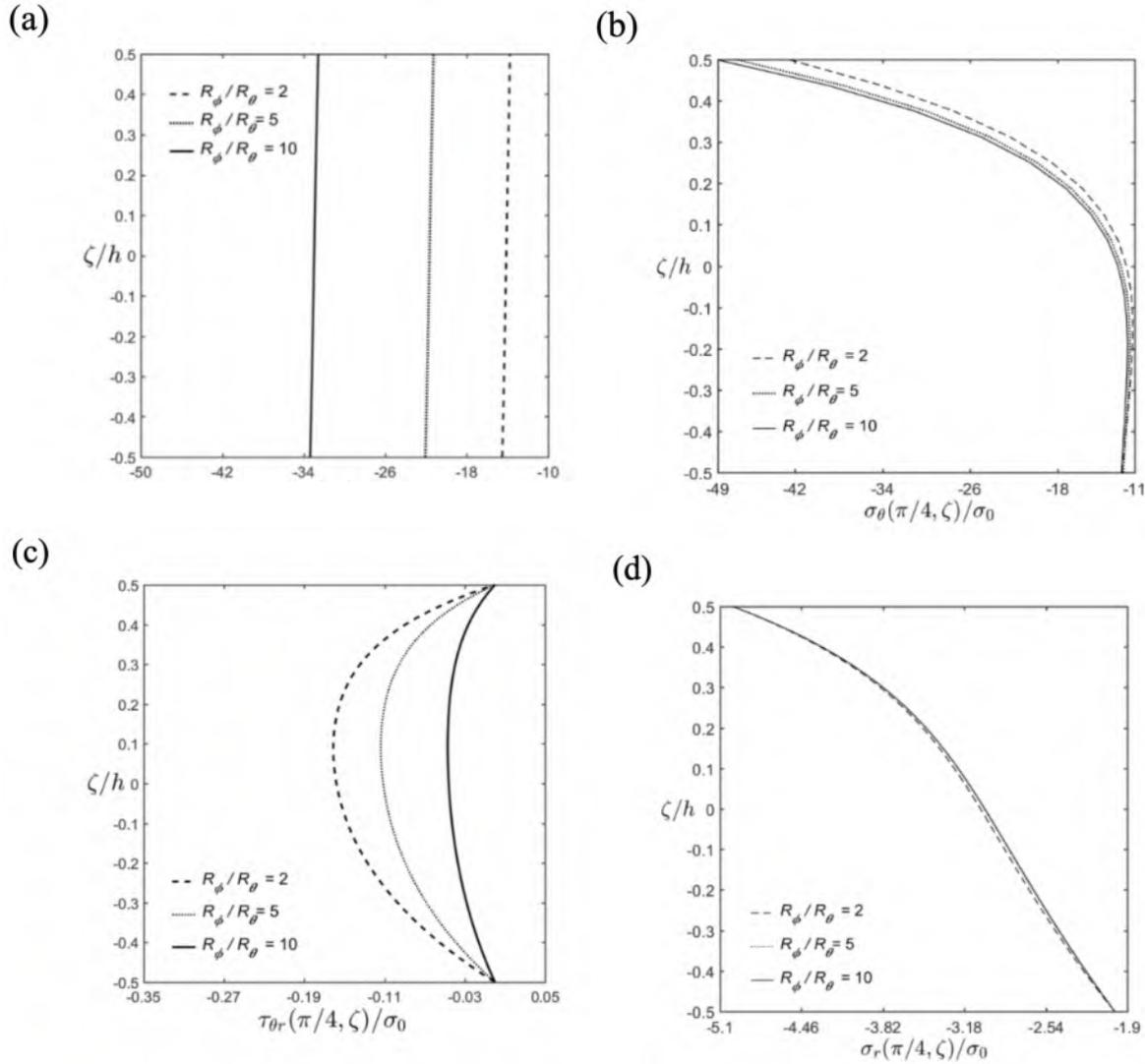


Figure 3. Variations in the through-thickness distributions of various stress and displacement components induced in an FG complete toroidal shell under radial pressure with its  $R_\phi / R_\theta$  ratio (drawn from Wu and Li [11])

Figure 4 shows the contours of various stress and displacement components induced at the cross-section  $\phi = 0$  in a single-directional FG complete toroidal shell, where  $\kappa_{pr} = 5$ ;  $R_\phi / h = 5$ ; and  $R_\theta / h = 3/2$ . It can be seen in Figure 4 that the distributions of the various stress and displacement components over the meridian-radial surface are symmetric with respect to the axis because both the configuration of the toroidal shell and its material properties are symmetric with respect to the axis. The maximum values of the in-surface normal stress, transverse shear stress, and transverse normal stress components occur at the positions  $(\theta, \zeta/h) = (\pi, 1/2)$ ,  $(0.8\pi, -0.0625)$ , and  $(\theta, 1/2)$ , respectively, for which the corresponding values are  $-19.58\sigma_0$ ,  $-0.1618\sigma_0$ , and  $-5\sigma_0$ .

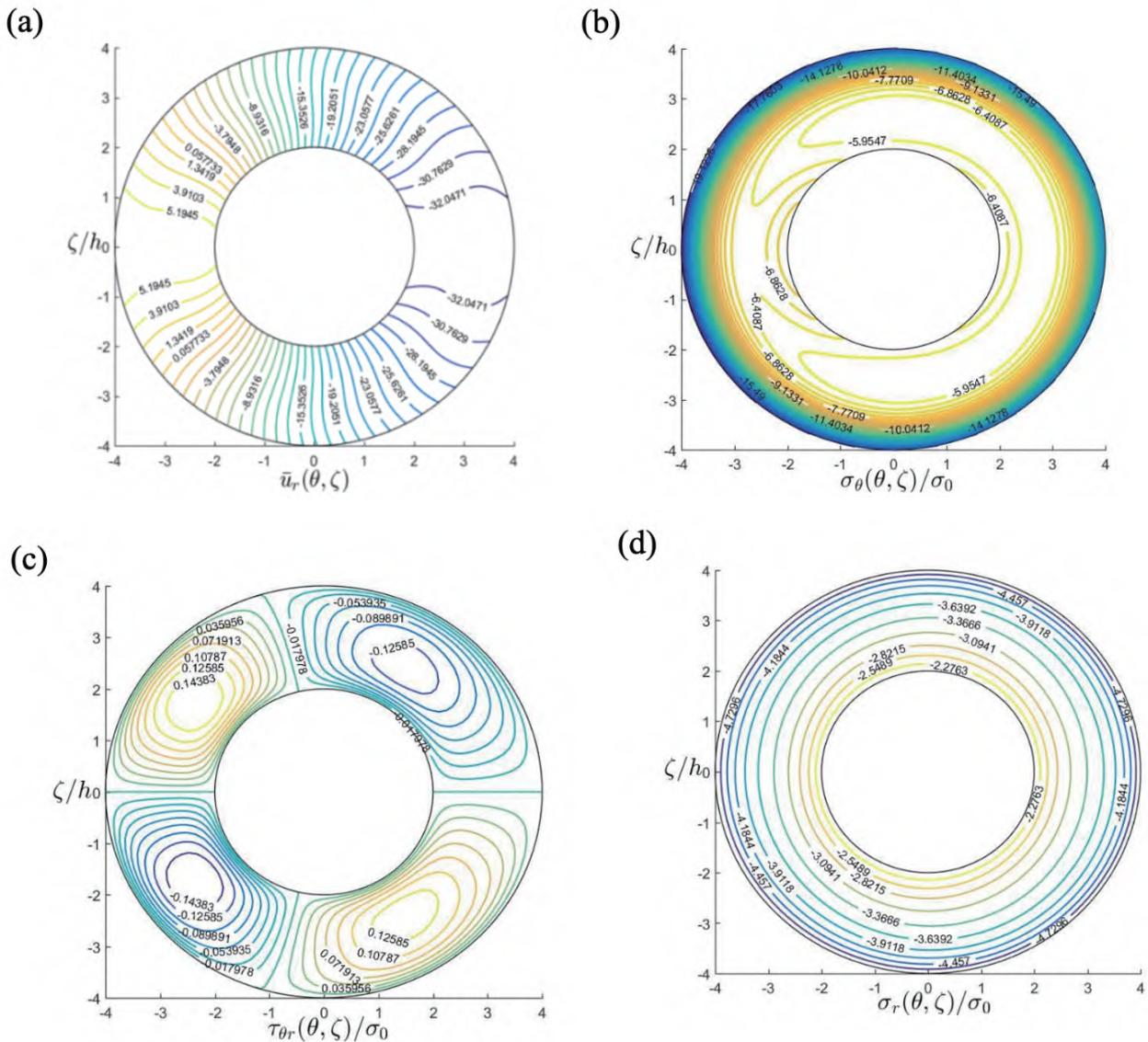


Figure 4. Contours of various stress and displacement components induced in an FG complete toroidal shell under radial pressure (drawn from Wu and Li [11]).

## Conclusions

In this work, we employed Wu and Li's RMVT-based FAPM to analyze the 3D static bending behavior of FG toroidal shells subjected to uniform radial pressure.

It is noted that the RMVT-based FAPM differs from the conventional finite shell element (FSE) methods. In the former, the RMVT was used, where three displacement and three transverse stress components were regarded as the primary variables, such that the displacement and transverse stress continuity conditions at each nodal point were automatically satisfied as each discrete finite annular prism was

assembled to form the entire structure. In the latter, the principle of virtual displacements was used, where only the displacement continuity conditions were satisfied at each nodal point, such that they obtained discontinuous solutions for the transverse shear and normal stresses at the interfaces of the adjacent layers in the multi-layered structures and obtained poor predictions of the transverse shear and normal stresses induced in the FG structures. In addition, in the RMVT-based FAPM, the trigonometrical functions and Serendipity polynomials were used to interpolate the circumferential direction and meridian-radial surface variations in the primary variables. They could thus obtain the 3D solutions for the stress and deformation induced in the revolution of various FG shells using a 2D finite element mesh on the meridian-radial nodal surface. A two-dimensional shell theory was used for the conventional FSE methods, where a set of displacement components varying in the thickness direction were defined in priority. Assorted stress components and their cross-sectional moment inertias were integrated through the thickness direction of the shell to form the generalized force and moment resultants, and they were applied on the meridian-circumferential surface (i.e., mid-surface). Serendipity polynomials were used to interpolate each shell element's displacement component variations in the mid-surface. Thus, The FSE methods were used to obtain 2D approximate solutions rather than 3D ones.

The major novelty of these FAPM was that they could obtain the 3D solutions for mechanical analyses of various revolutions of FG plates and shells, including FG circular and annular plates, FG cylindrical shells, spherical shells, FG toroidal shells, FG conical shells, FG hyperboloid shells, and FG paraboloid shells, with using a 2D finite element mesh on the meridian-thickness nodal surface.

## References

- [1]Koizumi, M. FGM activities in Japan. *Compos. Part B* 1997, 28, 1-4.
- [2]Koizumi, M. Recent progress of functionally graded materials in Japan. *Crete. Eng. Sci. Proc.* 1992, 13, 333-347.
- [3]Ding, S., Wu, C.P. Optimization of material composition to minimize the thermal stresses induced in FGM plates with temperature-dependent material properties. *Int. J. Mech. Mater. Des.* 2018, 14, 527-549.
- [4]Wu, C.P., Li, K.W. Multi-objective optimization of functionally graded beams using a genetic algorithm with non-dominated sorting. *J. Compos. Sci.* 2021, 5, 92 (28 pages).
- [5]Wu, C.P., Chiu, K.H., Wang, Y.M. A review on the three-dimensional analytical approaches of multilayered and functionally graded piezoelectric plates and shells. *CMC-Comput. Mater. Continua* 2008, 8, 93-132.
- [6]Wu, C.P., Liu, Y.C. A review of semi-analytical numerical methods for laminated composite and multilayered functionally graded elastic/piezoelectric plates and shells. *Compos. Struct.* 2016, 147, 1-15.
- [7]Wu, C.P., Jiang, R.Y. The 3D coupled analysis of FGPM circular hollow sandwich cylinders under thermal loads. *Int. J. Intell. Mater. Syst. Struct.* 2011, 22, 691-712.

- [8]Wu, C.P., Yang, S.W. RMVT-based meshless collocation and element-free Galerkin methods for the approximate 3D analysis of multilayered composite and FGM circular hollow cylinders. *Compos. Part B* 2011, 42, 1683-1700.
- [9]Reissner, E. On a certain mixed variational theorem and a proposed application. *Int. J. Numer. Methods Eng.* 1984, 20, 1366-1368.
- [10]Carrera, E. An assessment of mixed and classical theories on the global and local response of multilayered orthotropic plates. *Compos. Struct.* 2000, 50, 183-198.
- [11]Wu, C.P., Li, E. A semi-analytical FE method for the 3D bending analysis of nonhomogeneous orthotropic toroidal shells. *Steel Compos. Struct.* 2021, 39, 291-306.
- [12]Wu, C.P., Hung, Y.C. Three-dimensional free vibration analysis of functionally graded graphene platelets-reinforced composite toroidal shells. *Eng. Struct.* 2022, 269, 114795 (16 pages).

# 動力學方程的回顧與進展

吳恭儉教授 數學系暨應用數學所



## 作者介紹

吳恭儉2010年畢業於國立交通大學應用數學系，服兵役後於2011年前往劍橋大學擔任博士後研究員，2013年回國任教國立高雄師範大學，並於2015年轉任本校，其研究領域為氣體動力學。

## 波茲曼方程簡介

波茲曼方程是氣體動力學中最具代表性的方程，它是用來描述稀薄氣體的碰撞情形，其未知量 $f(t,x,v)$ 是一個機率密度函數(density distribution function)，代表的是在時間 $t$ ，位置 $x$ ，可測得氣體分子微觀速度為 $v$ 的機率，他滿足一個微分方程式

$$\frac{df}{dt} + v \cdot \nabla_x f = Q(f, f).$$

方程式左邊代表的是分子用等速度 $v$ 的方式來直線運動，而方程式右邊是波茲曼在1872年所引入的碰撞項，描繪兩粒子間的碰撞情形，依據其碰撞狀態可分為硬球(hard sphere)，硬勢(hard potential) 及軟勢(soft potential)。需要一提的是，因為碰撞算子有一些奇異點(singularity)，基於數學上的考量，我們必須將之截斷，這樣的截斷稱之為Grad截斷假設(Grad cut off assumption)。這個方程式滿足了質量守恆，動量守恆及能

量守恆，並且entropy是非遞增的，這也能讓我們推出平衡態的形式。

## 波茲曼方程的回顧

有關波茲曼方程的數學研究，由於我們已經有了一個穩態解的形式，因此很自然地就會考慮解在穩態附近的行為。在過去的文獻中[2]，我們知道對動力學方程做一些漸進展開(就是所謂的Hilbert展開)，他就會近似到一些流體力學的方程式，例如Euler方程或Navier-Stokes方程，因此，了解波茲曼方程中的流體結構，是一個相當重要的研究主題。波茲曼方程的研究一直到1960年代才開始有突破性的進展，主要是1963年由Grad給出了有截斷假設下的硬勢碰撞算子的完整譜結構[1]。在此之後，整個波茲曼方程的研究開始有了快速的進展，人們對波茲曼方程的時間行為開始有了初步的認識。然而，真正的在波茲曼方程的解中看到流體結構，一直要到2004

年劉太平與尤釋賢[3]構造出硬球線性化波茲曼方程的格林函數，這才首次的看到波茲曼方程的解包含流體的型態，後來他們並成功地運用到邊界問題。

### 研究成果

一般而言，處理偏微分方程的方法不外乎是能量估計與Sobolev不等式，但這樣的處理方式基本上是得到解的平均行為(解經過積分後的行為)，最多就是看到解的時間行為，然而這樣的結果並無法說明解的局部狀況，也就沒有辦法看到解的傳播狀況是否跟流體相關。如上所說，在波茲曼方程中，第一個能得出逐點行為的結果就硬球的情形，那是劉太平與尤釋賢在2004年所得出[3]，那個結果能完整的將波茲曼方程的解精準的拆解成流體部分、粒子部份及剩餘部分。其中最關鍵的部分就是混和引理(Mixture Lemma)，該引理是將方程內在的速度正則性轉為空間正則性。混和引理起的最大的作用就是能將方程式初值所需的假設弱化到不需任何正則性假設。近期筆者與其合作者運用這樣的想法得出兩個重要成果：

(1) 與上海交大王海濤，中原大學呂明杰及成功大學林育竹合作，我們構造出完全非線性波茲曼方程在硬勢及部分軟勢的空間漸進行為[5]，我們發現了空間漸進行為相當依賴於初值的速度衰減性。

(2) 與上海交大王海濤及成功大學林育竹合作，我們引進了非正整數次微分的概念，將混和引理成功推廣到所有軟式的情形，這個推

廣成功解決了所有軟式的適定性問題[6]。

我們雖然對波茲曼方程有部分的刻畫，但對於除了硬球之外的流體結構理解仍然很少，這是我們接下來需要努力的目標。

除了古典波茲曼方程，筆者也對相對論波茲曼方程有一些研究。當粒子速度接近光速時，相對論效應便不可忽略。假設光速 $c=1$ ，粒子靜止質量 $m_0=1$ ，相對論波茲曼方程可寫成

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{v}{v_0} \cdot \nabla_x f = Q_R(f, f)$$

其中 $x$ 為位置、 $v$ 為粒子動量， $v_0 \equiv (1+|v|^2)^{1/2}$ 為羅倫茲因子(Lorentz factor)，而 $Q_R(f, f)$ 為相對論性的碰撞算子。相對論波茲曼方程的數學發展相較於古典波茲曼方程，歷史並不長，過去研究大多專注在相對論性動力學方程式的適定性與長時間的漸進行為，筆者注意到相對論波茲曼方程具有有限的傳播速度(小於光速 $c=1$ )，在數學上和古典的波茲曼方程(速度非有界)不同。基於這個觀察，筆者與中原大學呂明杰，成功大學林育竹等，利用加權估計的方法，證明在初始值對於空間有緊緻集的情況下，非線性相對論波茲曼方程的解僅會在一個時空座標形成的圓錐內傳播，這是一個完全異於古典的現象[4]。

### 結語

關於波茲曼方程的研究，至今還是有很多未解決的問題，因此這是一個豐富的研究



領域。有別於以往的單打獨鬥，現代科學更重視的是團隊合作，很多重要成果是靠團隊內成員發揮各自專長而獲得的成果，期待在團隊的努力下，能夠有更好的成果。

Reference:

- [1] H. Grad (1963), Asymptotic theory of the Boltzmann equation, *Phys. Fluids* 6, 147–181.
- [2] D. Hilbert (1912), *Grundzüge einer Allgemeinen Theorie der Linearen Integralgleichungen* (Teubner, Leipzig).
- [3] T.P. Liu and S.H. Yu (2004), The Green function and large-time behavior of solutions for the one-dimensional Boltzmann equation, *Comm. Pure Appl. Math.*, 57 1543–1608.
- [4] Y.C. Lin, M.J. Lyu and K.C. Wu, Relativistic Boltzmann equation: large time behavior and finite speed of propagation, *SIAM J. Math. Anal.*, 52 (2020), 5994–6032.
- [5] Y.C. Lin, M.J. Lyu, HT. Wang and K.C. Wu, Space-time behavior of the Boltzmann equation with soft potentials, *J. Differential Equations*, 322 (2022), 180-236.
- [6] Y.C. Lin, HT. Wang and K.C. Wu, Mixture estimate in fractional sense and its application to the well-posedness of the Boltzmann Equation with very soft potential, *Mathematische Annalen*, available online (2022).

# 量力大有作為??

陳則銘特聘教授 物理學系

## 作者介紹



陳則銘教授任教於國立成功大學物理學系，目前並在該校的前沿量子科技研究中心 (QFort) 擔任副主任（今年八月為中心主任）。陳教授為凝態物理實驗頂尖研究學者，其專長為先進奈米製程及前瞻量子材料及元件之開發，研究範疇包括介觀物理、量子電子學、自旋電子學以及量子系統工程等。曾多次獲得國科會傑出研究獎（2019年和2023年）等學術獎項肯定。

“Think Different”一直是陳則銘教授研究團隊的核心價值，而這條看似不起眼的觀念卻深深影響並啟發團隊成員在科學研究上的創造力及多元性，更是研究團隊探索量子材料、元件物理，以及開發嶄新量子科技的一大利器。在如此觀念的驅使下，該團隊開創了許多量子元件設計架構及科學新發現，例如全球首創的全電性自旋電晶體及新型態自旋量子干涉儀的開發、一維維格納晶體 (Wigner crystal) 的證實與相變研究、新型態量子感測元件開發……等。

近年來，科學家透過類似玩積木的概念，將薄到只有一個碳原子層的石墨烯以錯位或扭角方式堆疊起來。利用日常生活常見的莫爾紋 (moiré pattern) 原理來調控原子排列並創造所謂的超晶格結構，藉此將石墨烯從零能隙半導體轉變成超導體、絕緣體，或將其變成像磁鐵般具有鐵磁性。這方法看似簡單

美麗，但因需將薄到僅有單原子層厚度的二維材料在特定精確角度扭角堆疊，其實際操作及未來產業應用都有著不小的難度與挑戰。陳則銘教授團隊則試著另闢蹊徑，思考著是否有其他簡單方式來調控原子排列，甚至是否能隨心所欲地創造任意圖案的超晶格結構，並進而改變或開創全新的物理特性呢？

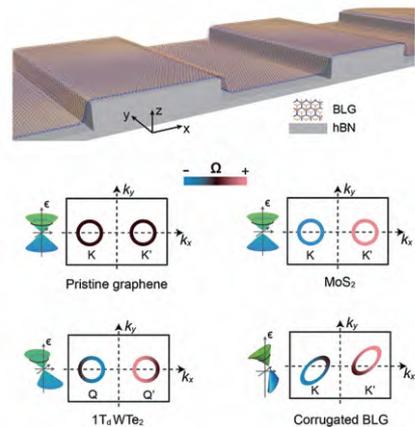
在這個發想的驅動下，他們構想出利用半導體微影蝕刻技術來雕塑氮化硼基板表面，進行具有三維結構變化的堆疊，並開發出能進行原子級尺度雕刻的新穎技術。有別於以往只是單純將二維材料一層一層疊上去，這個新技術能將二維材料的晶格結構依照被雕刻氮化硼人造超晶格基板的結構進行拉伸或扭曲變形，以此操控其對稱性破壞及電子運動等基本物理機制，進而改變物質材料之物理特性。而能整合台灣極具優勢的半導體製程技術到量子元件開發的優勢，更是推動

未來量子材料、元件等科技發展的一大助力。

該團隊目前已藉由此技術方法，成功設計開發出具有人造晶格結構的石墨烯量子元件，並藉著與張景皓教授及其團隊的合作，確立了兩種新型態霍爾效應的發現。有別於過去一百多年來磁場普遍被認為是霍爾效應生成的必要條件，這兩種新型態的霍爾效應跳脫原有框架、推翻了此一論點，其存在完全不需任何磁場。此突破對日後應用於非線性量子電子元件及晶片有著莫大的幫助。除此之外，該團隊亦利用相關技術，讓二維材料中的應變電子學設計和控制得以更加精確，並且更具靈活性。這種全新的、可完全控制的應變技術已被實際運用到創造二硫化鉬此二為半導體 ( $MoS_2$ ) 的光致發光顏色圖像上。同時，這種技術也成功地被用來工程化層間激子 (interlayer excitons)。這項突破性的研究為二維應變電子學和光電子學的未來發展提供了新的可能性，對進一步探索並開發新型二維材料的應用具有深遠意義。

該團隊近年來在量子位元及量子電腦的開發亦已取得優異的成績，目前與國際多個頂尖團隊均建立深厚的合作關係。成功大學的量子團隊在國科會及教育部的支持下，近幾年積極耕耘基礎科學研究，以作為台灣科技創新與發展的強力後盾。成大「前沿量子科技研究中心」的成立即秉持此一精神，除投入前瞻研究外，亦積極培養我國優秀科研人才，多名成員均已在如美國哈佛大學等國際頂尖學術機構繼續發展，或至國內頂尖大學任教。

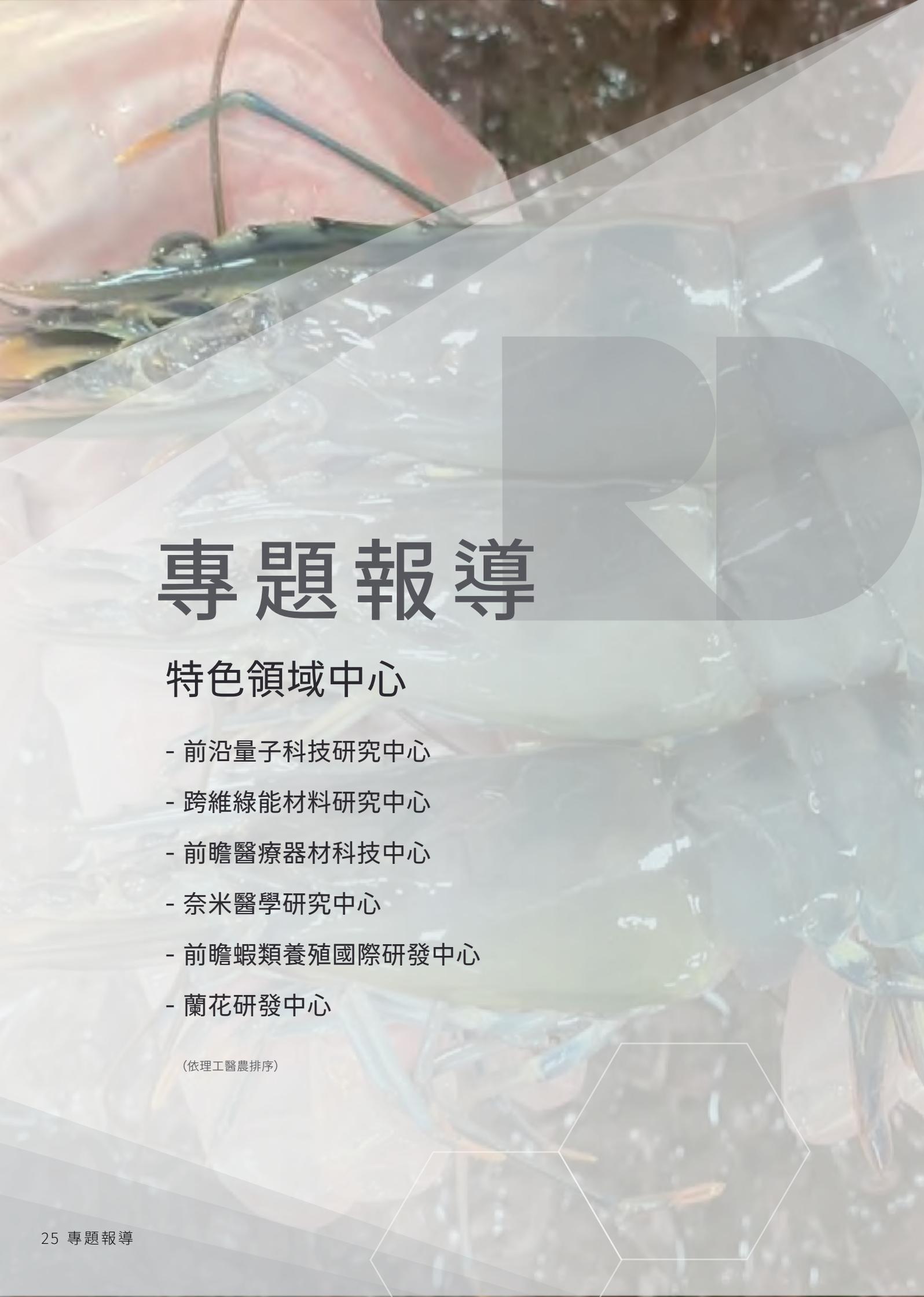
世界頂尖的科技研發能力與人才培養，對於台灣與全球量子科技發展接軌及競爭跨出了重要的一步。



具人造晶格結構的石墨烯及其特殊物理性質



量子電腦及相關量子元件研究所使用之極低溫系統



# 專題報導

## 特色領域中心

- 前沿量子科技研究中心
- 跨維綠能材料研究中心
- 前瞻醫療器材科技中心
- 奈米醫學研究中心
- 前瞻蝦類養殖國際研發中心
- 蘭花研發中心

(依理工醫農排序)



## 前沿量子科技研究中心



### 中心主任介紹

陳則銘主任的研究涵蓋介觀物理、量子電子學及量子系統工程等領域，其專長為先進奈米製程及前瞻量子材料與元件之設計開發。曾二次獲得國科會傑出研究獎、吳大猷先生紀念獎、李國鼎榮譽學者等學術獎項肯定。

量子科技正在徹底改變我們的生活和產業運作。量子運算將成為元宇宙及人工智慧運算的最強後盾；而利用難以破解的量子金鑰技術，量子通訊將能確保我們國家和人民的資訊安全。此外，量子感測將推進科技的革新，並在生醫領域中協助開發新型診斷、醫療、監控與製藥方法。量子材料將成為各產業發展的基石，特別是在通訊和半導體等產業以及新興科技所需的元件材料。最後，量子科技的出現將使科學家能更深入探索微觀世界，推動更先進的科技發展，並開創一個充滿無限可能的未來世界。

本中心成員在量子科學領域深耕十餘年，獨具發展優勢。本中心以「探索次世代量子優勢」為發展主軸，並劃分五大具長期發展之議題進行深入研究：(1) 量子資訊理論 (2) 光子量子優勢 (3) 半導體量子優勢 (4) 量子材料元件 (5) 量子感測，現已取得以下重要研究成果：

(1)成功開發出利用半導體產業常用的蝕刻技術來調控原子排列，將原本單純的石墨烯轉變為擁有奇異量子特性的嶄新電子元件，卓越的研究成果於2021年2月刊登於國際頂尖學術期刊《自然電子》(Nature Electronics) 並經國科會召開記者會公告全新的量子科技應用。

(2)分析「石墨烯」材料，從無到有，建立起基礎物理(量子態)模型，其成果發表於2022年並獲選Nanoscale Horizons的二月期刊封面。

(3)深入探討多常材料可支持的皮秒等級的資訊高速寫入，其成果發表於2021年並獲選Advanced Materials期刊的五月期刊封面。

(4)從「量子操縱性」基礎中找到量子資源分類的關鍵理論，其成果在2022年發表於國際頂尖期刊自然通訊(Nature communications)。

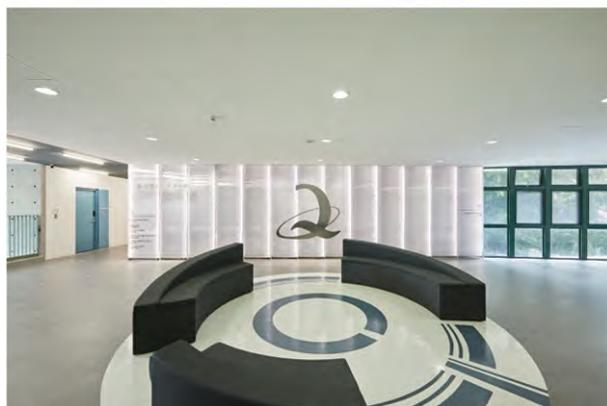
本中心結合不同專業互補合作，不僅是



全台灣少數發展完整且跨領域整合理論和實驗的研發單位，更凝聚了台灣大學、中央研究院、中興大學、中正大學、中山大學、屏東大學…等各校優秀學者與資源，並已和國外各知名大學：美國MIT、Univ. of Houston、Stony Brook Univ.、法國CNRS、日本RIKEN、澳洲Griffith Univ.、荷蘭CWI、瑞士Univ. of Geneva…等校建立深厚的國際鏈結。跨校跨國的合作使本中心在量子科技研發居全國領先地位、多項科研指標均已達世界標竿研究機構水準。現有全國唯一高功率量子電腦低溫系統，除可達比太空宇宙還低的零下 $273.14^{\circ}\text{C}$ ，還可容納100個以上量子位元。結合搭載成大自行開發設計之世界獨特配件及技術，為我國前瞻量子電腦、元件、晶片等量子科技研發之利器，致力發展出關鍵技術平台，期許能將台灣量子電腦產業打造成為新一代護國神山。透過中心團隊力量集中研究發展，除帶動成員各自所屬單位研究能量，從台灣為起點，進一步推動台灣在此全球前瞻研究議題的能見度與學術聲望。

在發展研究之餘，本中心更不忘致力於社會貢獻與服務，將前瞻研發成果以不同的方式，推展到不同領域和族群，特別是產業發展和科普教育。產業發展部分也積極和亞馬遜公司、工研院等機構合作預計將研發成果轉換為產業實質應用，與業界交流學習，並培養業界需求研發人才；科普教育部分，本中心以全國首創的高中生量子電腦課程聞名全國，以深入淺出方式設計相關課程，結合社群媒體向學生與民眾推廣最新量子科技發展與

應用，將量子科學知識向下紮根並普及至社會，持續深耕並貢獻社會。



## 跨維綠能材料研究中心



中心主任介紹

姓名：黃肇瑞

職稱：材料科學與工程學系講座教授

跨維綠能材料研究中心主任

主要研究：功能陶瓷、鍍膜科技、奈米及能源材料

現任：材料科學學會理事長

曾任：高雄大學校長、科技部奈米國家型科技計畫辦公室運作計畫、共同主持人、成功大學微奈米科技研究中心主任、研究發展處研發長、科技部傑出特約研究員、國際陶瓷學院院士、美國陶瓷學會會士、亞太材料科學院院士

『跨維綠能材料(Hi-GEM)研究中心“Hierarchical Green-Energy Materials (Hi-GEM) Research Center”』在跨校、跨院及跨領域的團隊運作及黃肇瑞主任帶領下，以推動“關鍵綠能材料的自主化”為目標，集結國內外技術、人才與產業等資源，發揮跨越知識領域及微觀/介觀/巨觀的學術研究及技術創新。在教育部及國科會共同支持下，以開發新穎跨維綠能材料、培育高階綠能材料研發人才、強化國際綠能材料研發合作、鏈結我國綠能材料產業為四大使命。

中心的成立以工學院材料系/化工系跨領域集結理學院的物理系/光電系、電資學院的電機系及規劃設計學院的工業設計系，並跨九校結合研發量能。第二期計畫因應淨零碳排及循環經濟趨勢需求，更擴大與資源系、

環工系、建築系等合作，持續以發展為國際知名一流研究中心為核心任務。五年來Hi-GEM展現各項的豐富成果，在科技創新發展上已達成第一期三大重點發展目標包含開發鋰離子電池膠態電解質/固態電解質、鋰電池負極及染料敏化太陽能電池(DSSC)關鍵材料，並有多項技術持續領先國際研發水準。另一項重要的亮點來自中心持續努力的商品化推動成果，累積共有四項前瞻技術獲得國科會未來科技獎的肯定，受邀參加實體展及線上展技術多達二十一項技術。

在人才培育面向上，延攬高階研發人才培養年輕學者/博士生、創設跨領域學分學程「跨維綠能材料學程」，整合教學研究及產學新知，累計修課人數超過三千人次；主辦循環經濟材料國際學院產業人才培訓課程、先進

鋰電池實作人才培訓課程。在軟硬體環境建置面向上，Hi-GEM已完整建置綠能材料研發的平台，其軟硬體主要包含材料模擬計算平台、全國最完整臨場電化學分析實驗室、全國學界第一套大型乾燥室及國際級超低水氧值之鋁包電池/固態電池試量產線(露點溫度達 $-60^{\circ}\text{C}$ )以及“先進電池產業聯盟”的串連運作。中心在產業方面的貢獻與衝擊逐年增強，國內外產學合作規模由1,750萬元(107年)成長到4,481萬元(111年)，成長率高達256%，累積金額達一億九千多萬元，隨著國內外綠色經濟的浪潮，未來將繼續擴大產業合作經濟規模。除了深耕精進第一期的優勢技術外，第二期計畫因應淨零碳排趨勢新加入的循環經濟(綠能材料循環/淨零排放管理)、光能產氫及碳中和技術，是提供全球產業供應鏈所共同面臨急迫解決議題的解決方案。在增加國際影響力面向上持續競逐標竿中心，由2019年諾貝爾化學獎得主惠廷翰教授(M. Stanley Whit-

tingham)主持的美國東北化學能量儲存中心NECCES，第二期計畫標竿中心更加入全固態電池技術頂尖的德國于利希研究中心Jülich Research Centre。對於循環經濟及社會貢獻面向上，中心的目標與聯合國永續發展目標(SDGs)相符，也將持續在人才培育、永續環境及在地關懷做出貢獻。

經由五年嚴謹的運作，Hi-GEM在軟、硬體上已建立成為受業界期許成功的模式，111年更特別獲得教育部加碼補助六百萬元經費以加速成果展現。中心藉由跨域合作的團隊優勢，把握天時、地利、人和的關鍵，持續為提升“臺灣關鍵綠能材料自主率”而努力不懈。期待經由逐步完善的第二期計畫執行運作，中心與台灣綠能材料產業一同突破躍進與永續發展。



圖 1 跨維綠能材料研究中心(Hi-GEM) 第二期第一次主軸會議，中心主任、副主任與中心成員合影包含材料模擬計算設計、儲能電池、太陽能與永續燃料、循環經濟及產業鏈結及商品化五大主軸成員教授、研究員及專職人員。

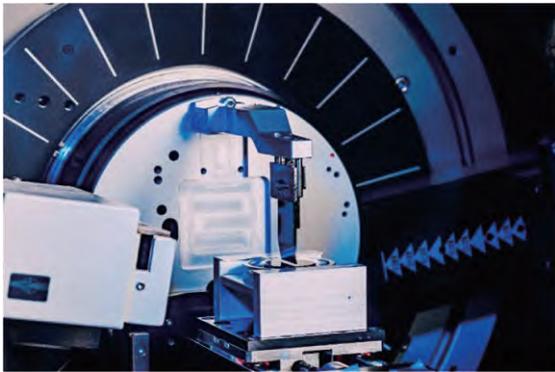


圖2 跨維綠能材料研究中心(Hi-GEM)建立全國最完整臨場電化學分析實驗室為學界及業界的先進電池研究服務，圖中為進行鋰電池正極材料分析之臨場X-光繞射分析儀。



圖3 跨維綠能材料研究中心 (Hi-GEM) 主任黃肇瑞講座教授與中心實驗室研究員及技術員合影。



圖4 跨維綠能材料研究中心Hi-GEM自2019年起每年出版一本關鍵綠能材料相關的國際專書，包括綠能材料技術手冊/*Green Energy Materials Handbook* 等。



圖5 跨維綠能材料研究中心Hi-GEM運用全國學界第一套大型乾燥室及國際級超低水氧值之鋁包電池/固態電池試量產線，為前瞻研究及產業發展培育人才。



## 前瞻醫療器材科技中心

### 中心主任介紹



前瞻醫療器材科技中心成立於2011年，創始主任為生物醫學工程學系蘇芳慶講座教授；蘇芳慶教授曾任科技部政務次長、行政院生醫產業創新推動方案執行中心執行長，長期協助政府推動醫療科技與器材創新，促進國內生醫產業升級。現任前瞻醫材中心主任張志涵教授，同時也兼任本校企業關係與技轉中心主任，藉由在產學領域與企業的充分互動，張主任將前瞻醫材中心定位為生醫研發轉譯增值平台，跨領域整合臨床、工程與企業量能，以技術移轉和新創公司為轉譯出口，建置生醫研發創新轉譯生態系。

前瞻醫材科技中心2011年在教育部頂尖大學計畫支持下成立，藉由整合生醫研發與臨床需求，聚焦在醫療器材的創新，並以中心作為平台引入產業量能，將學術研發進一步轉譯為產品，以解決臨床未滿足需求。為提昇研發轉譯效益，中心在2015年率先成為全國第一家取得ISO13485醫療器材品質管理系統認證的學術單位，2018年，中心獲得教育部深耕計畫特色領域中心計畫，進一步強化創新醫療器材研發轉譯價值鏈，開發具高附加價值之創新醫材，在計畫五年的期程內積極槓桿外部資源，以近5億元外部計畫營運經費，良性循環投入資源到人培與技術研發，共促成超過一億的技術移轉以及成立20多家新創公司；去年(2022)協助成功大學成為全國第一所取得醫療器材製造商及販賣商許可的大專院校，完成學研轉譯生態系重要的一塊拼圖。

今年(2023)前瞻醫療器材科技中心再度通過教育部深耕計畫第2期特色領域中心審查，未來5年中心目標將由數位醫療擴大至數位健康，從診斷、治療與復健擴展到上游的篩檢及預防，以全人數位健康醫療科技為主軸建構創新醫材生態圈，並將以前期成果為核心，藉由國外學術聯結，將中心轉譯量能與新創成果擴散至國際，以提昇台灣醫材產業影響力。

前瞻醫材中心經過多年耕耘已有一定績效，在人才培育面向，中心除協助成大醫工系推動成立醫療器材創新國際碩士班、連續多年獲美國史丹福大學認可為STB-Biodesign種子教師培訓機構，並曾執行台灣人才躍昇計畫、重點產業高階人才培訓計畫、生醫與醫材轉譯增值人才培訓計畫(SPARK計畫)等多項國家重點人才培訓計畫，更榮獲「國家產業創新獎-績優創新學研機構」、「國家新創獎-新

創育成獎」殊榮，積極促進人才雙向流動，解決臺灣醫療創新人才短缺問題，並協助業界進行國際布局。

在技術研發表現面向，中心長期針對未滿足臨床需求開發關鍵核心技術，未來將以數位健康科技為主軸，推動遠距醫療的技術發展，整合國內大廠量能，將大數據與人工智慧結合，持續針對智慧化醫材等前瞻生醫應用進行先期佈局。

在國際合作交流面向，中心已於馬來亞大學、胡志明醫藥大學、泰國瑪希賓大學建立校級共研基地，並代表臺灣以第三國加入歐盟Active and Assisted Living Programme計畫，未來將擴大已有的國際鏈結，與國際一流醫療器材研發單位強化實質合作，打造多元國際學術研發網絡。

在社會貢獻面向，中心積極建立創新轉譯生態系，發展關鍵核心技術加速研發產學臨床應用，跨領域整合工程及醫學實務發展數位醫療，除協助成大醫院外，更與多家醫療單位（如奇美醫院、嘉義長庚與義大醫院等）進行臨床需求研發轉譯，積極打造以人為本的智慧健康照護產業，成為研發轉譯接軌到上市的最佳典範。而中心同時也推動成大通過衛福部食藥署核可，率先成為全國第一所辦理醫材技術人員教育訓練及認證的大專院校，協助提昇我國醫材產業相關從業人員的專業水平。

除持續提供創新醫療技術服務聯結產業界，協助推動南臺灣生技醫療器材產業聚落

之發展外，更將落實研發技術與產品國際化，支援國內團隊與國外團隊的共同研發轉譯，連結新創公司與國外的醫療資源的臨床合作，中心並協助國內產業對接國外學研醫關鍵意見領袖，進行國際化的實質落地擴展，落實社會責任，也規劃協助罕見疾病之醫材開發，並提前對下一波可能的新興感染疾病進行佈署，達成邁向國際卓越的目標。





## 奈米醫學研究中心



### 中心主任介紹

中心謝達斌主任作為一名醫學科學家，致力於奈米醫學的轉譯研究超過二十年，持續獲得基因組學、奈米科學技術等國家研究計劃的支持，除了在《Nature》、《JACS》、《JDR》等封面故事的一系列知名論文外，其傑出的技術臨床轉譯成果也屢獲未來科技獎、台北生技獎的肯定。

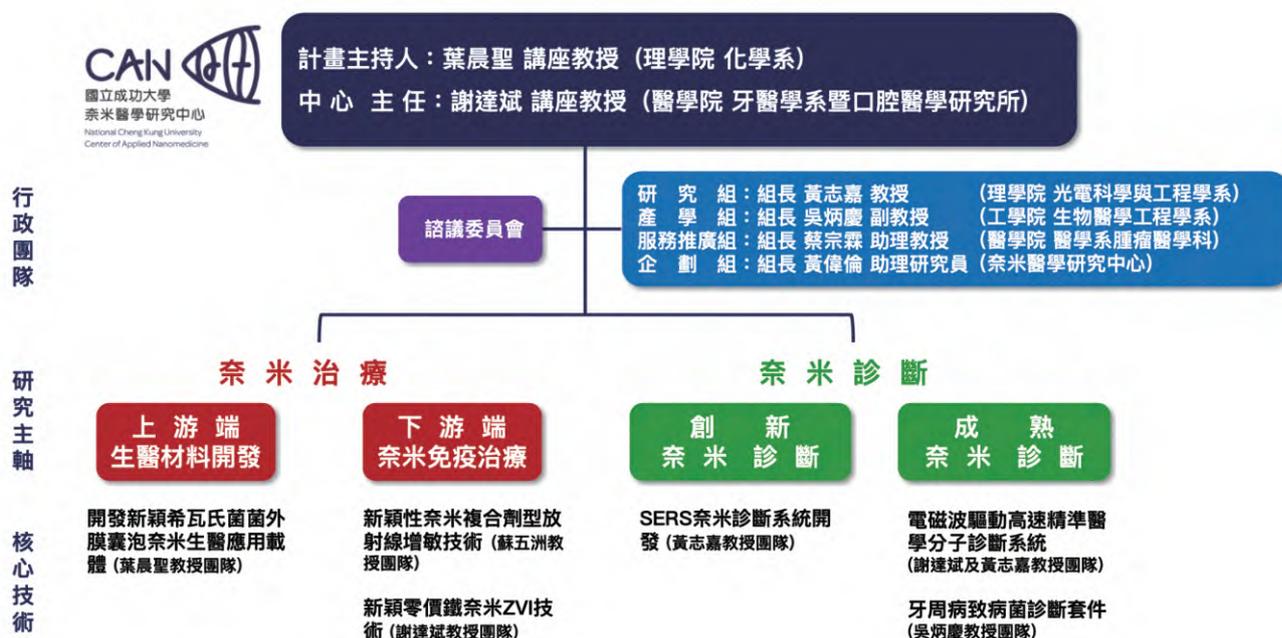
奈米科技是21世紀最熱門的研究與產業應用趨勢，經濟合作暨發展組織(OECD)的分析報告更指出生醫應用將是奈米科技領域中具有「錢景」的項目，為了達成讓奈米技術研發走完生醫應用商品化中最困難但也是最有價值的最後一哩路，越過死亡之谷(The Valley of Death)的目標，並解決臺灣生醫產業所面臨基礎研究未能充分產業化及商品化進而挹注經濟成長並提升國人健康照護品質的問題，在教育部的支持下，成大奈米醫學研究中心於107年成立。五年來，本中心除了積極開發創新的奈米技術，也整合各階段奈米研發能量，完成由基礎特性研究到執行早期臨床試驗一站式奈米生醫技術開發平台的建構，使奈米醫學產業化的目標能夠落實，更有許多優異的成果產出。

例如在學術表現面向，論文發表總篇數由107年39篇到111年75篇，國際合作論文數量

也較成立之初平均成長近3倍，亦有超過30件多國專利獲證，謝達斌主任等團隊成員更屢獲未來科技獎、台北生技獎、有庠科技論文獎、斐陶斐榮譽學會傑出成就獎等國內重大獎項肯定。利用這些尖端技術，本中心已長期與台達電子、立創光電等業界夥伴共同執行產學計畫，五年內共計42件(7600萬)，五年來更已有包括葉晨聖教授技轉給台灣圓點奈米等8件技轉案，除了共獲得超過2500萬的業界技轉金支持下一代新技術的研發，更重要的是，透過將尖端技術移轉給業界夥伴將有機會加速這些技術的商品化，實際提升國人健康照護品質，葉晨聖教授也獲頒國科會傑出技術移轉貢獻獎的肯定。為提高大眾對新穎奈米生醫研究成果導入臨床用途的接受度，本中心也積極配合國立科學工藝博物館、台北醫療展、台灣生技展等展出機會以科普形式向一般大眾推廣。

由於生醫技術與其他領域相比，產品開發之生命週期很長(藥品約10年以上；醫材則為6-8年)，其中藥品商品化門檻更高，在技術開發早期吸引業界夥伴共同進行產學合作的難度較高，評估期程也通常較長。因此，為了應對這樣的特性，本中心規劃了成熟技術與創新研發的完整pipeline，兼顧加速成熟技術進入商品化階段的效率以及導引創新研發適時補充研發portfolio，完善中心永續經營。因此，我們除了強調上游端奈米生醫材料開發的框架，重新平衡研究與發展(R&D)，同時發

展以臨床需求為目標的任務型導向模式，讓較成熟的奈米生醫技術能在下游端的臨床應用中確實落地，在最適合的疾病樣態中展現優勢。在這個架構下，我們將善用成大理學院、工學院和醫學院的完整跨領域研發能量以及本中心團隊長久來與國內中研院、國衛院等學術機構及NIMS（日本国立研究開発法人物質・材料研究機構）、UCLA等國際知名研究機構的實質合作，並配成成大醫院的臨床支援，逐步建立本中心在全球奈米醫學研究與轉譯的特色與領先地位。



## 前瞻蝦類養殖國際研發中心



Professor Han-Ching Wang

- Director, International Center for the Scientific Development of Shrimp Aquaculture, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan
- Distinguished Professor, Department of Biotechnology and Bioindustry Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan
- University librarian, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan
- Leading expert, the World Organisation for Animal Health (OIE) reference laboratories for WSD and AHPND

According to the FAO report (2018), global aquaculture production exceeded 100 million metric tons in 2016, with a value of USD 250 billion. Among cultured crustaceans, tiger shrimp (*Penaeus monodon*) is highly regarded worldwide as a popular and delicious source of high-quality protein due to its unique texture and flavor. Currently, black tiger shrimp is the second largest cultivated shrimp species (after white shrimp). However, due to serious contamination of wild tiger shrimp populations by diseases or pathogens, plus no long-standing commercial breeding history (as for white shrimp), successful cultivation of tiger shrimp is challenging. Therefore, a comprehensive and scientific breeding program is urgently needed to ensure sustainable development of the global tiger shrimp aquaculture industry.

To revive and advance shrimp aquaculture in Taiwan, the NCKU International Center for the Scientific Development of Shrimp Aquaculture (ICSDSA) focuses on tiger shrimp, a superior shrimp species along the Taiwanese coast.

The Center aims to develop a specific pathogen-free (SPF) black tiger shrimp breeding program with regional development advantages, global competitiveness, and unique research and development characteristics. This program addresses challenges faced by the tiger shrimp aquaculture industry in Taiwan and worldwide, including disease outbreaks, scarcity of quality breeding stocks, and poor aquaculture environments. The ICSDSA was proposed in 2013 at NCKU and has been funded by the NCKU's endowment, the NSTC and the Ministry of Education (MOE). In the last decade, the Center has constructed essential infrastructure that meets international standards, including the 0.5-hectare Tiger Shrimp Nuclear Breeding Center, the 3-hectare Tiger Shrimp Multiplication Center, the 0.1-hectare Commercial Tiger Shrimp Seedling Production Center, two World Organisation for Animal Health (formerly known as OIE) reference laboratories for shrimp diseases (WSD and AHPND), and a core laboratory for shrimp diseases and genomics. Currently, the ICSDSA is the only institution in



Taiwan and one of the few globally with a complete facility and technical chain, and it is a highly competitive and internationally recognized shrimp aquaculture research institution.

Leveraging decades of research on shrimp diseases and linking with international organizations, the ICSDSA has successfully translated its findings and applied them to address key issues in the industry, e.g., biosecurity management. The Center maintains a high level of biosecurity standards in its tiger shrimp breeding environment. Currently, the Center has successfully established indoor rearing and breeding technologies for tiger shrimp, employing international three-tier SPF shrimp broodstock screening techniques. It has cultivated approximately 30 SPF tiger shrimp broodstock families and conducts selective breeding for 10 key families, based on global and industry requirements. To promote shrimp aquaculture, the Center has also developed techniques for commercial-scale production of SPF black tiger shrimp seedlings and shrimp.

Additionally, the Center has established a supply chain for tiger shrimp to provide society with high food safety standards. Team members have expertise in shrimp disease research, shrimp physiology and immunity research, microbial community studies, black tiger shrimp breeding technologies, and SPF shrimp aquaculture technologies. Consequently, they can promptly respond to global trends in shrimp aquaculture and develop genetically characterized black tiger shrimp families as well as breeding facilities capable of meeting future

needs of a changing world due to climate change. The Center is dedicated to becoming a leading Contract Development and Manufacturing Organization (CDMO) for the global black tiger shrimp industry.

Based on this strong foundation, the Center will soon apply the aforementioned unique facilities, valuable research expertise, and distinctive shrimp breeding families to continuously enhance selection of economically advantageous traits and annual commercial shrimp production techniques for tiger shrimp, enabling future global development. We expect to establish breakthrough and innovative smart farming and precision breeding technologies to elevate Taiwan's tiger shrimp breeding and aquaculture to international prominence. We aim to train more young students and assist the local biotechnology industry in participating in global shrimp disease prevention efforts, thereby establishing a formidable aquatic animal disease prevention team in Taiwan with international competitiveness. We take pride in collaborating globally and assisting in recovery of the international tiger shrimp aquaculture industry. Our academic and industrial achievements in shrimp disease prevention, genetic breeding, and smart farming technologies will lead the world and establish an indispensable and sustainable foundation for global shrimp aquaculture.



## 蘭花研發中心



### 中心主任介紹

陳虹樺講座教授和蘭花團隊，建立蘭花基因資料庫OrchidBase5.0，出版四本英文版蘭花生物科技專書，獲得8個台灣發明專利及4個美國發明專利。獲科技部103年度及110年度研究傑出獎、105年第23屆東元獎（生物/醫工/農業科技類），以及94年度李國鼎科技獎金質獎章。

蝴蝶蘭是臺灣最具外銷競爭潛力花卉之一。臺灣地理位於太平洋西緣，一年四季如春，氣候條件非常適合蝴蝶蘭生長。蘭科植物的花朵美麗、形態多樣，是重要的觀賞花卉。蝴蝶蘭是目前全世界最受歡迎的盆栽園藝作物，而台灣蝴蝶蘭產業也在全世界蘭花供應鏈承擔最重要的角色，蝴蝶蘭也是台灣最重要的外銷花卉之一，年產值約有80億台幣。

成大蘭花研發中心致力推動蘭花相關研究及產學合作，對蘭花重點技術進行研發與推廣，認真落實大學社會責任，協助產業解決問題，提升蝴蝶蘭產業競爭力和台灣蘭花研究之國際能見度。因異常氣候常導致作物對疾病的抗性呈現變化，因此如何強化蘭科植物生長韌性，並促進蘭花產業達成減碳是台灣農產業永續發展之重要研發課題。本中心結合成大蘭花中心與校內其他學院（電資學院、管理學院、醫學院）、台灣大學生命科學系、

中興大學農藝系、中研院農業生物科技研究中心、中研院南院生物技術中心等單位跨領域共同參與，提升蘭科植物研發能量，進行五大主軸的研究，包括(1)基因體與功能性基因體：進行蘭花基因資料庫(OrchidBase)之更新及功能強化，進行心啟杓蘭(拖鞋蘭亞科)全基因體定序，以完成蘭科植物全基因體定序，並推導蘭科植物演化之關係。將建立不同花形、花色、花香、多花梗性、花梗長度等的蝴蝶蘭核心種原，並藉由連鎖的分子標誌找出核心種原，及可立即應用之蝴蝶蘭種原。(2)生長與發育：建立促進蘭花產生多花梗的催花中心，以及進行蘭科植物生殖組織發育、種子萌芽與真菌共生的研究。(3)抗逆境能力：利用逆境蛋白基因來增強蝴蝶蘭抗逆境能力，探討血葉蘭葉片紅色化合物抗強光之機制；建立蝴蝶蘭抗黃葉病研究。(4)二次代謝產物及其應用：解析蝴蝶蘭花香生合成受光照及日週期調控之轉錄因子，以及花香成分自細胞內

轉運及釋放至大氣層之機制探討。(5)自動化及智慧化溫室管理系統：利用AIoT智慧聯網設備，收集影像、溫度、濕度、光度、EC值與pH值，以及植株生長發育和抽梗開花等周年大量數據，利用深度學習方法以數據與圖形資料建立適合的分析模型與智慧型預警系統，透過分析模型的推薦處理方式來提升產業生產效率。

建立「蘭花生技及文創產學聯盟」，服務蘭花產業的會員，進行委託研究服務，包括下列項目：

1. 香花育種：和業者產學合作，育種目標為具香味且多花之蝴蝶蘭，以滿足市場需求。
2. 蘭花孕性分析：利用流式細胞儀進行倍體數分析，以及可孕性花粉分析，避免無法雜交之盲目育種。
3. 品種混淆鑑定：利用分子標誌進行蝴蝶蘭品種身分鑑定，幫業者進行蝴蝶蘭、文心蘭及狐狸尾蘭鑑定，保護品種智財權。
4. 快速黃葉病檢測：開發以蝴蝶蘭離葉代替短縮莖檢測感染鐮胞菌造成黃葉病之耐受性，完成建立200多個不同品種對黃葉病抗性分析。
5. 分子標誌輔助育種：建立蝴蝶蘭基因輿圖，並以全基因體性狀關聯分析，建立和花形、花色、抗黃葉病相關之單核苷酸多型性之分子標誌。



此外，自2011年~2022年即自成大80周年至91周年，持續舉辦校慶蘭展，以及蘭花國際研討會。



# 成大 R & D 報告

- 朱宏杰副教授 測量及空間資訊學系
- 蔡耀賢教授 建築學系
- 簡聖芬副教授 建築學系

(依姓氏筆畫排序)

## 基於遙測大數據之長期河川變遷偵測

朱宏杰副教授 測量及空間資訊學系



### 作者介紹

主持空間資訊與智慧管理研究室，探討環境變遷議題，如水庫湖泊水色改變、地下水與沉陷，區域乾旱及都市變遷。以資料科學整合大數據，瞭解其時空變化或是彼此間關聯，也思考人文面向，如夜間遙測於人口估計、房價空間推估，亦協助地政局地理資訊倉儲。

自己過去學生時代就讀土木系接觸河川沖淤，僅限於水槽試驗，現在測量系的研究生不用做實驗，也不用出門，能透過遙測大數據掌握河川長期變遷情況。

利用衛星影像可縱看某時間點空間變化，亦可追蹤各興趣點長期變化與趨勢，藉由遙測常用之修正正規化差異水指數 (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) 以綠色和 SWIR 波段之波段比，能快速識別水體與其他土地利用，MNDWI值低表示像素內水體機率少，其值越高表示為水體機率越高，紀錄影像各像素之長期MNDWI時間序列時間變化率，可用於準確對河流範圍和河相進行分類，以此時間趨勢和水體頻率標記河川處於各種變化狀態的區域，知道河

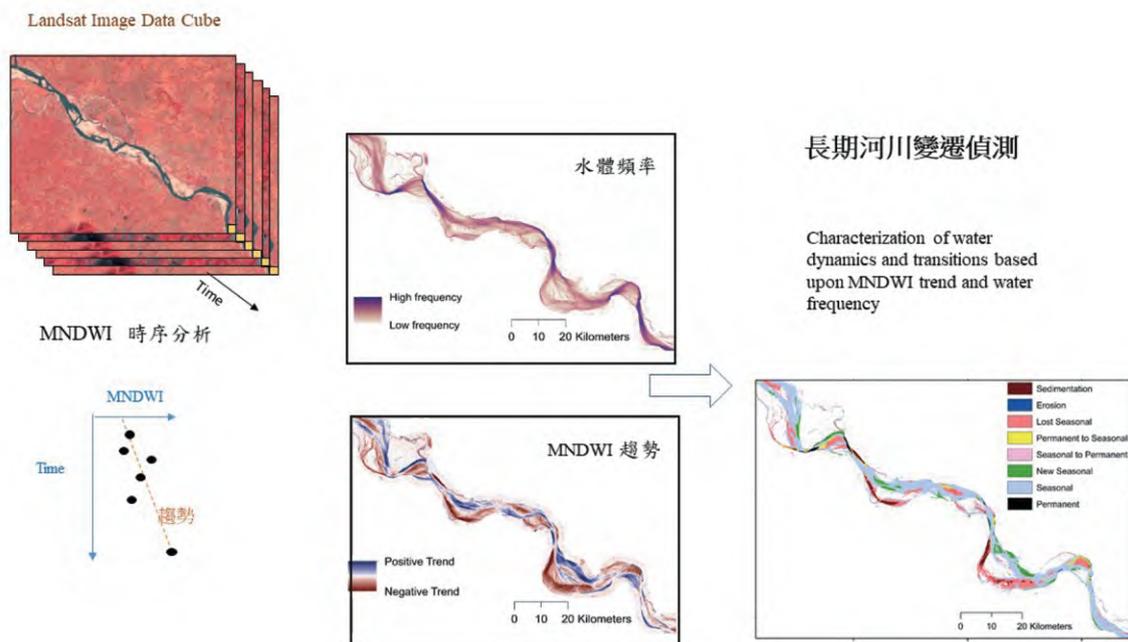
道穩定性、受侵蝕和沈積影響的區域，以及河流中的季節轉換，本研究中透過使用長期Landsat時間序列數據集，分析了長期河川範圍動態，目標是劃定和估計河川水體像素的變化和轉變，從而確定河川的時空變遷以進行管理，從水體頻率和MNDWI趨勢的組合，可將河川水體範圍分為八種變遷狀態，1)失去季節性，2) 永久到季節性，3) 季節性到永久，4) 新季節性，5) 沉積，6) 侵蝕，7) 季節性，8) 永久性水體，研究流程如圖1所示，進而瞭解河流變遷，最後進行相關案例分析來釐清氣候變化和其他人為活動對河流變遷狀態之影響。

主要指導印度外籍博士生Aman共同研究，一開始讀到nature期刊文章，覺得很有趣，接著著手以更簡單更直觀的方法切入，也

得到相似的結果，並發表於IF~10的國際期刊，從新聞得知恆河是全世界污染最嚴重的河流之一，沒想到恆河水體變遷也是相當精采，利用遙測大數據來瞭解三十二年亞洲恆河與湄公河之水體變遷，藉此有助於確定兩大河變遷差異，以理解人類活動如建壩，和氣候變化持續地影響河川變遷，使得恆河、湄公河之河川水體持續萎縮。此研究僅是開端，期望未來融入更多相關專業知識和經驗，為成大的研究再注入新的靈感和思路，有助於能更釐清變遷真相。

#### Reference

Aman, M. A., & Chu, H. J.\* (2023). Long-term river extent dynamics and transition detection using remote sensing: Case studies of Mekong and Ganga River. *Science of The Total Environment*, 876, 162774.





# 如何讓永續建築設計很藝術又很科學？

蔡耀賢教授 建築學系



## 作者介紹

蔡耀賢教授任教於成大建築系，多年來致力於永續建築設計與室內環境品質之研究，曾獲臺灣建築學會優秀青年建築獎等殊榮。

## 摘要

建築是一個整合理性與感性的應用學科，建築師的工作是呈現一個美好的願景，並藉由工程技術實現於土地上。自古至今，建築設計的變革與建築技術息息相關，而隨著在數位運算時代的到來，如何能夠以新科技協助建築師完成更多的分析與計算，而又能保有設計的創意與感性，有賴於科技與藝術的整合。建築設計的實務常是一場與時間的賽跑，蔡教授的研究團隊嘗試運用機器學習的手法，讓室內環境品質、建築耗能、碳足跡，甚至成本計算等耗時的分析能夠準確且快速地完成，讓建築設計流程成為科技與藝術整合的最佳場域。

## 關鍵字

參數化設計，機器學習，多目的最佳化、室內環境品質，建築耗能、建築碳足跡

建築自古以來被歸類於八大藝術之一，在建築工程技術教育尚未成熟的年代，米開朗基羅就己能將藝術延伸到工程技術，建造出大規模的建築物。建築是一個整合理性與感性的學科，建築師的工作除了呈現一個美好的願景，並須藉由工程技術實現於土地上。自古至今，建築設計的變革與建築技術息息相關，創新的工程技術支持了許多創意與美感的呈現。

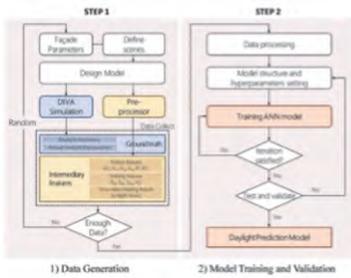
今日，在地球暖化的氣候危機之下，建築師在從事創作時被賦予更多社會責任，而人工智慧、數位運算時代的到來也不斷地挑戰建築師創作的本質。論語中的「志於道，據於德，依於仁，游於藝」不只是做人的原則，也期許建築師應在順應自然、問心無愧、反應社會需求之下，盡情地發揮設計的技藝，這也與吾人致力於永續發展目標SDGs的中心思想契合。因此，如何能夠以新科技協助建築師完成更多的分析與計算，而又能保有設計的創意與感性，有賴於科技與藝術的完美整合。

然而，建築設計的實務常是一場與時間的賽跑，時間限制與技術能力也是許多研究論文難以落實於實務的原因。建築設計流程牽涉到大量的決策，因此在實務上常採用多階段的決策模式，逐步從粗略的量體造型到細部的構造材料進行決策。建築師常傾向於設計初期採用經驗法則做決策，到後期才運用數位分析工具，但這個流程的建築品質高度依賴建築師的經驗。本研究團隊長年建築師事務所合作，嘗試將研究領域的創新工具導入設計初期階段，運用機器學習的手法讓

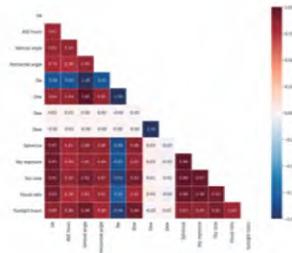
各項讓室內環境品質、建築耗能、碳足跡，甚至成本計算等耗時的分析能夠準確且快速地完成。

圖1是某辦公建築立面參數化設計的流程，在這個雙皮層(double skin)的外立面設計上，建築師可以依據設計概念自行定義造型邏輯，電腦在生成不同的立面後，利用預處理器(pre-processor)將該立面的物理型態轉換成一連串的參數，用於建築耗能與採光的模擬。經過一連串機器學習的訓練之後，建築師後續的操作都可以在非常短的時間內獲得採光與耗能的數據，一直到細部設計結束都可以持續且多次的與設計構想反覆整合。

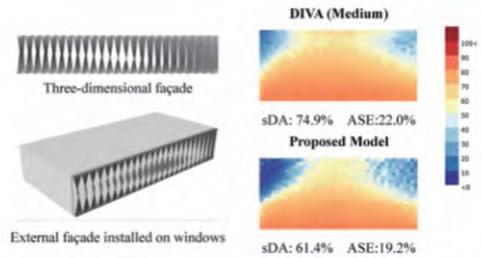
圖2是本團隊提出的另一個多目的最佳化的設計流程，在設計流程中尋找同時滿足建築碳排最小化、室內不舒適時間最小化，以及建築成本最小化的方案。這個應用了感度分析與最佳化運算邏輯的流程，可以在短時間內幫建築師尋找該氣候、該類型建築設計時影響力較大的因子，並跟隨設計流程持續協助建築師找到建築外殼設計的最佳解。



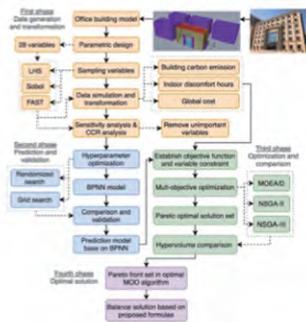
Overview of the workflow



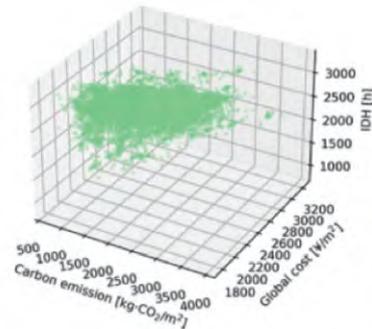
Correlation matrix of dataset



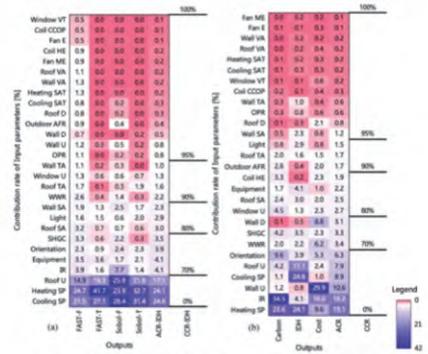
Results of a three-dimensional external façade



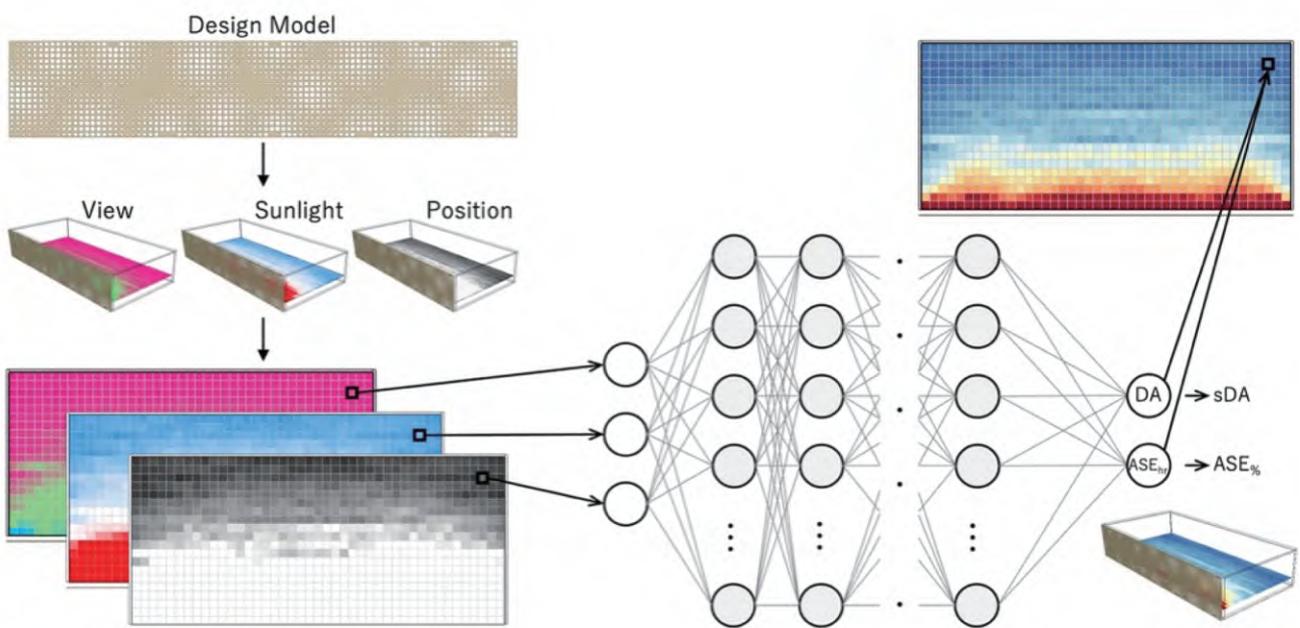
Workflow of this study



Simulation results of Sobol Method



Contribution rate of input parameters



\* Intermediary Features (Data per grid)



# Artificial Intelligence (AI) Methods for Architectural Space Planning

Sheng-Fen Chien, Mi-Chi Wang, Siao Tung Chen



## Author Bio

Sheng-Fen Chien explores computational intelligence and experience design as means to stimulate human creativity. She holds a PhD in Computational Design from Carnegie Mellon University. She was the director of NCKU Art Center promoting arts and design. She co-founded Association of Humanitarian Architecture (AHA Taiwan) empowering underprivileged communities through design/build co-creations.

## 中文摘要

空間規劃是建築設計的核心活動。電腦輔助空間規劃自1960年代就開始。隨著運算技術變遷與消長，本文回顧過去80餘年的電腦輔助空間規劃研究，對照知識庫型人工智慧與機器學習型人工智慧的兩種技術所對應的空間規劃智慧。

## Abstract

Space planning is the core of architectural designs. Employing computing machines to assist space planning can be traced back to early 1960s. For nearly eight decades, there have been occasional publications of literature surveys on related research. Through these literature surveys, we can see particular aspects of the space planning research within particular time periods. Our work started with the above survey of the literature surveys. We then extended to a broader search of “space planning” related research subjects to understand the research trend and landscape for the past eight decades. Using the Google Scholar database, we observed the rise and fall of artificial intelligence technologies used in space planning research. In this paper, in particular, we aim to contrast the use of expert system (rule-based) AI and neural network based AI in addressing space planning issues. These two schools of AI have afforded researchers to see issues in aspects that are not so different after all.

## Key words

Space Planning, Layout Synthesis, Expert System, Rule-based AI, Neural network-based AI.

Professional architectural practices generally consider a building project in phases, starting from pre-design, design, construction, through phases beyond construction. Space planning is likely to take place in pre-design and design phases. The pre-design phase concerns briefing (architectural programming), a process to investigate needs and constraints, and to formulate requirements and strategies, and to define the design problem so as to guide decision-makings through the later design and construction phases. The core activity of architectural space planning is allocating functional spaces within a building. The activity is relevant to all physical design problems. Research on layout automation includes, in addition to architectural layout, component packing, facility planning, and circuit design [1, 2]. As such, automatic space planning related research may use alternative terms, such as “space allocation”, “space layout”, “layout generation”, “floor plan generation”, “facility layout”, “box packing”, “packaging”, “container stuffing”, or “spatial arrangement” [e.g., see: 1, 3, 4].

The present study employed content analysis to select reviewed literature, as well as a light-weight bibliometrics approach to understand the research trend. As a first step, we used CumInCAD [5] to find publications of literature surveys on space planning related research. We used each of the following search terms, “space planning”, “space layout”, “facility planning”, and “facility layout”, combining with “literature survey”. From search results, we filtered out those that are not literature



survey focused, and examined the references of selected publications to expand the dataset. We identified 15 articles, including 9 journal articles and 6 conference papers, covering architectural space planning related literature from 1950s to 2022. These articles were thoroughly reviewed, as well as tracking working that cited these articles.

To examine research trend, we used Google Scholar [6] to retrieve research articles concerning various computational methods of space planning. From the previous step, we identified prominent computational methods of space planning, including “floorplanning”, “simulated annealing”, “expert system”, “genetic algorithm”, and “neural network”. We noticed the term “artificial intelligence” often appeared together with some of the methods. For the second step, the search was carried out using each of the prominent methods, as well as “artificial intelligence”, with “space planning”. We used 2021/12/31 as the cut-off date of publication time.

Figure 1 presents the distribution of retrieved publications per year as a ratio of publication number of a computational method in space planning to publication number of architectural space planning. Expert system method grew to be the most popular in mid-1980 until mid-2010. Neural network method grew slowly but became the second most popular until overtaking expert system method in mid-2010. The 2012 neural network publication data seem to be an anomaly. AI methods appeared to correspond to the trend of expert system method and neural network method: before 2015 AI seemed

synonymous with expert system, while after 2016 AI seemed synonymous with neural network.

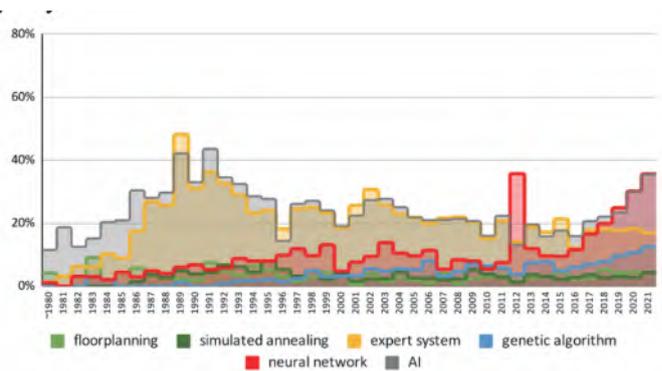


Figure 1 Distribution of publications on computational methods of space planning per year

Our review focused on AI methods in space planning. We adopted Minsky’s view of “top-down symbolic AI” and “bottom-up connectionist” strategies in AI [7]. We use “rule-based AI” to address space planning systems using top-down symbolic approach, and use “neural network based AI” to address those using bottom-up connectionist approach. For this, publication trend on rule-based AI versus neural network based AI were examined. To adjust for the anomaly of 2012 in Figure 1, we doubled up the search term with “artificial intelligence”. Figure 2 shows the distribution of retrieved publications per year. Publications on rule-based AI in architectural space planning were relatively steady, while publications on neural network based AI grew slowly until 2015. After 2015, publications on neural network based AI in space planning grew exponentially.

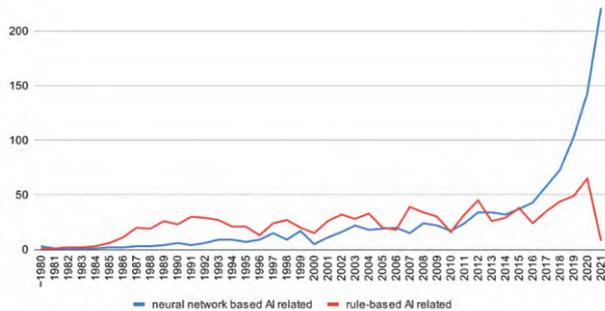


Figure 2 Distributions of publications on AI in space planning per year.

To briefly summarize results of our content review, the way researchers addressing space planning issues are similar whether using rule-based AI methods or neural network based AI methods. When taking the rule-based AI approach, the knowledge about space planning is organized into three parts: problem and solution representation, problem-solving methods, and solution presentation.

The process of space planning using neural network based AI consists of two parts: training a machine learning (ML) model, and applying the model to solve space planning problems. In this approach, the knowledge about space planning is encapsulated in the training dataset, problem and solution representation, as well as selecting appropriate ML models. In both approaches, the key “design knowledge” is “problem and solution representation”. Solutions to space planning problems may look like images, yet they are diagrams with rich semantics that relate back to associated design problem. In short, when addressing architectural space planning problems, the knowledge engineering task when taking neural network based AI approach is similar to the knowledge acquisition task when taking rule-based AI approach.

## References

- [1] Weber, R. E., Mueller, C., Reinhart, C.: Automated floorplan generation in architectural design: A review of methods and applications. *Automation in Construction* 140 (2022). doi:10.1016/j.aut-con.2022.104385
- [2] Michalek, J., Choudhary, R., Papalambros, P.: Architectural layout design optimization, *Engineering Optimization* 34(5), 461–484 (2002). doi: 10.1080/03052150214016.
- [3] Frew, R. S.: A survey of space allocation algorithms in use in architectural design in the past twenty years. In: *Proceedings of the 17th Design Automation Conference*, pp. 165–174. ACM Press, New York, USA (1980).
- [4] Cagan, J., Shimada, K., Yin, S.: A survey of computational approaches to three-dimensional layout problems. *Computer-Aided Design* 34(8), 597–611 (2002).
- [5] CumInCAD: Cumulative Index about publications in Computer Aided Architectural Design, <http://papers.cumincad.org/>, last accessed 2022/07/31.
- [6] Google Scholar, <https://scholar.google.com/>, last accessed 2022/09/21.
- [7] Minsky, M. L.: Logical versus analogical or symbolic versus connectionist or neat versus scruffy, *AI Magazine* 12(2), 34–51 (1991). doi: 10.1609/aimag.v12i2.894.



成大研發處  
NCKU ORD