

科技部補助國內專家學者出席國際學術會議心得報告

日期：112 年 11 月 20 日

計畫編號	NSTC 112-2221-E-606-008 -		
計畫名稱	磁控智慧型流體應用於匿蹤材料之研究(II)		
出國人員姓名	李彥宏、謝欣潔	服務機構及職稱	國防大學理工學院機械及航太工程學系教授
會議時間	112 年 10 月 30 日 至 112 年 11 月 3 日	會議地點	美國達拉斯
會議名稱	(中文)第 68 屆國際磁學及磁性材料研討會 (英文) 68 th Conference on Magnetism and Magnetic Material		
發表題目	(中文)多重微磁性珠串三維固態結構強度模擬研究 (英文) Study on Strength of a 3D Structure Composed of Multiple Magnetic Microbeads Chains		

一、會議概要

本次第 68 屆聯合磁學及磁性材料學術研討會係由美國物理協會(American Physical Society, AIP)及 IEEE 磁性協會(Magnetic Society)共同主辦，會議於 2023 年 10 月 30 至 11 月 3 日假美國達拉斯凱悅飯店(Hyatt Regency Dallas)舉行，會議於 10 月 30 日 1230 開始報到，10 月 30 日 1430 時以四場教育性演講為本次大會揭開序幕，主題為「TUTORIAL: MACHINE LEARNING IN MAGNETISM」，邀請了四位分別來自德國、日本及美國之專家學者，針對機器學習之最新發展及應用進行四場次之演講，每場 50 分鐘，實際建模是物理學中的一個基本關注點，在處理大數據集、反問題、複雜特徵空間等情況時有些參數難以估算或需要耗費大量時間，而自學習方法，即機器學習 (ML)，則是首選的方法。然而，模型是對現實世界的抽象，因此隱含著不確定性。在物理學中應用 ML 的適用性要求對應用的 ML 模型的局限性有基本的理解，即其其可靠性。貝葉斯優化 (BO) 是一個成熟的機器學習 (ML) 領域，用於黑盒函數優化。在 BO 中，使用一個替代預測模型 (這裡是高斯過程) 來逼近黑盒函數。替代模型的估計均值和不確定性與一個收集函數配對，以決定下一步在哪裡進行取樣。這種方法可用於鐵磁材料結構-性能關係，提供了一種對磁性材料開發實現 ML 的可行方法。10 月 31 日至 11 月 3 日每日區分 0830~1230 及 1400~1700 時段，每個時段共有 11 個不同主題之論文場次同時進行，每個場次並有約 10 個論文以口頭或海報張貼方式進行發表，並由大會指定相關領域之專家擔任會場主持人，掌握會議流程及時間，每篇論文口頭簡報時間為 10 分鐘，簡報完畢後有 2 分鐘提問及討論；而海報發表之作者則必須於指定時段站在海報旁，以便隨時答詢與會人員及評審之提問。此外，本年度之研討會持續舉辦了磁性之美海報張貼比賽(Magnetism as Art Showcase)，讓與會人員感受到科技與藝術之結合，在為期五日之會議中，包含各類論壇、論文發表(含口頭及海報)、邀請演講等場次，累計發表之文章及報告約 900 餘篇(實體 905 線上 61 篇)，包含之主題均與磁學及其應用有關，與會人員來自世界各國，因疫情

之後，人數略有下降，多數國際學者採線上方式參與，但仍可看出此研討會受到國際學者重視，同時顯示磁性材料相關研究目前已引起全球研究之風潮，未來在各方面的應用將更加成熟，其相關先進技術之開發及提昇將指日可待。



大會開場演講 I



大會開場演講 II



會議室 Reunion A 每日議程海報



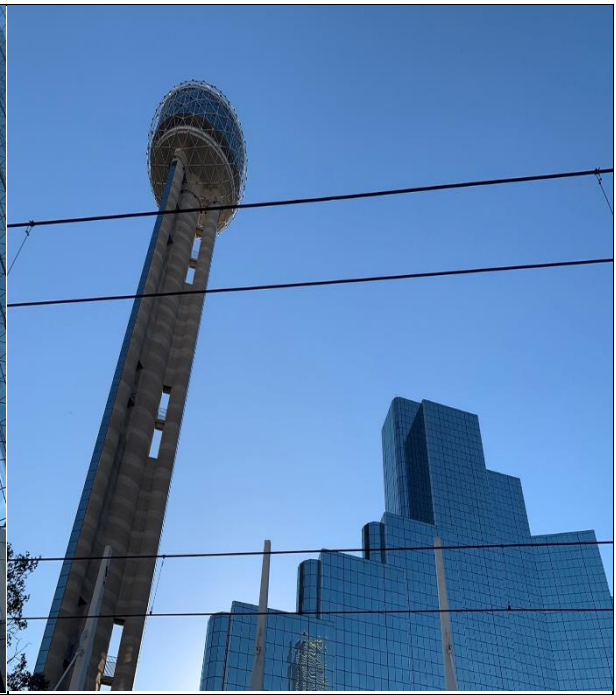
會議室 Reunion EF 每日議程海報

二、參加會議經過

本次研討會投稿論文正式發表時間為 10 月 30 日 1400 時起至 11 月 3 日 1200 結束，為配合與會者論文發表及報告時間，研討會期間(10/30~11/3)每日上午及下午均有開放時段供與會人於於櫃台辦理註冊及報到，為能全程參與年度盛會，個人及研究生謝欣潔已規劃提早於 10 月 30 日清晨抵達會場附近飯店下榻，以準時參加大會邀請之開場演講，並於當日下午按時完成報到手續並參加了開場演講，會後參加了歡迎酒會，與來自世界各國學者交流及互動，揭開了本次參與國際研討會的序曲。



研討會會場凱悅飯店 I



研討會會場凱悅飯店 II



研討會入口



研討會報到現場



於會場入口照相留念



於會場電子看板拍照留念



由於論文發表場次相當多，每次均有 15~20 個場次同時進行，大會遂於會議開始前一周，將所有議程及論文發表場次公告於網頁供與會人員瀏覽，除提醒與會者注意個人論文發表場次時間與地點外，並可先行查閱與本身研究領域相關或有興趣之論文題目，可節省於會中查閱各場次之時間，因此在出國前已選定了許多有興趣之題目，俾按時於口頭報告會場中聆聽作者之簡報，及於海報張貼會場觀賞海報並與作者交流，由於個人目前研究領域多以磁流變液體(magnetorheological fluid)及微磁性流體之操控及應用為主，所挑選之場次均與其相關，以從中了解國外最新之研究方法及其應用成果。摘述幾場印象較深及與作者有密切互動之論文如下：

- (一)來自美國南佛羅里達大學的 Attanayake 學者之研究團隊發表之「Phase Enhancement and Crystallinity Tuning of Iron Oxide Nanorods via Annealing.」之論文：低維形式中存在多相氧化鐵，藉由調節其相分數，以應用於從癌症治療到自旋電子技術等不同領域。文中提到，高長寬比的氧化鐵納米棒展現了異常的磁性和感應加熱特性，而外延生長的高度取向的 Fe₃O₄ 納米棒表現出增強的垂直磁異向性，這對於磁性數據存儲和自旋電子應用是理想的。為此，研究人員對不同溫度（225°C – 325°C）下進行了為期 3 小時的熱處理，深入研究了鐵氧納米棒的磁性質。原始生長的納米棒顯示 Fe₃O₄，晶格度較低，並在約 120K 附近具有不太明顯的 Verwey 過渡。隨著原始生長的納米棒在 250°C 下經過 3 小時的退火，Verwey 過渡的清晰度提高，並在 123K 時趨於穩定，反映出增強的磁化，而在更高溫度下退火的樣本中，磁化急劇下降。這種降低的磁化暗示了存在一個反鐵磁（AFM）相，通過 X 射線繞射和磁性測量確認為 α -Fe₂O₃，並在 250K – 260K 範圍內觀察到了莫林過渡。Fe₃O₄ 相觀察到在 250°C 達到完全的結晶度，而在更高溫度下的退火產生了 α -Fe₂O₃ AFM 相，與 Fe₃O₄ FM 相並存並完成，因此降低了淨磁化。這項研究揭示了多相納米系統中複雜的磁性，為通過相控制實現鐵氧化物納米結構的可調磁化开辟了新的途徑。
- (二)來自日本奈良科技大學 K. Hattori 教授之研究團隊，則是針對「Geometrical Structure induced Magnetic Anisotropy in Threedimensional Ferromagnetic Iron Nanofilms」之題目進行報告，簡報中說明了該團隊如何對結構化三維形狀的鐵磁納米薄膜之幾何結構進行系統研究。他們探討了 Fe 薄膜（厚度為 150 nm）在不同 3D 形狀下的磁異向性質，從方金字塔（邊緣寬度 W 等於邊長 L=16 μ m）到帶有不同長寬比的矩形面線結構，在振動樣品磁力計測量的 M-H 曲線中。結果表明，跨

越面線的旋渦在線上會被穩定，但在線上的旋渦不會。3D 奈米薄膜是數據存儲、醫學診斷和量子信息處理等方面的尖端技術，所以在 3D 設計的納米薄膜上控制旋渦將開啟通往自旋電子器件的新領域。

(三) 印度尼西亞大學 A.B. Cahaya 教授之團隊則報告了「Exchange bias mediated by semiconductor with spin-orbit coupling.」之題目，主要報告通過將一個反鐵磁體附加到鐵磁性層中，可以引起交換偏壓，使特定的鐵磁性層變得固定。微觀來看，這是由於鐵磁性自旋與反鐵磁體非補償自旋之間的交換相互作用在磁性界面處。最近，在 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 異質結構中觀察到交換偏壓，而該結構並不包含任何反鐵磁體。理論研究預測，介面磁電效應可以在沒有反鐵磁體的情況下引起交換偏壓。介面磁電效應是由異質結構系統中的帶有自旋-軌道耦合的傳導電子介導的。然而， LaAlO_3 是一種具有大能隙的半導體。他們研究了 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面的交換偏壓。通過將 LaAlO_3 建模為非磁性半導體，並通過界面斷對稱引起的自旋-軌道耦合，顯示在 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3$ 界面附近存在界面磁電效應。這種磁電效應使得在磁性異質結構的界面自旋和電場之間產生耦合，進而誘導交換偏壓，進而提高磁性記憶中寫入數據的效率。

(四) 美國麻省理工學院 C.A. Ross 教授之團隊發表了「High-frequency response of magnetic nanoparticle arrays studied with micromagnetic simulations.」之論文，研究了將磁性奈米顆粒 (MNPs) 嵌入介電基質中的複合材料對高頻 (0.1÷1.0 GHz) 場的磁性反應。通過使用高度分離的 MNPs 構成的超順磁核心，可以實現導電性的極端降低。這些材料的磁滲透率相對較低，但它們相對於空氣核心設備而言，可以提供顯著的微感應器或微變壓器的性能。其中使用數值方法模擬磁性顆粒的熱漂移和顆粒間的磁靜態相互作用，這兩者在磁性顆粒的磁化動力學中起著至關重要的作用。此外，應用周期邊界條件，測試了具有單軸磁異向性 ($\text{Fe}_{65}\text{Co}_{35}$) 和立方磁異向性 (Fe) 的球形高磁化 MNPs 的 3D 陣列，以及磁化較低的顆粒 (Fe_3O_4)，並根據磁性響應函數的振幅和動態磁化場曲線進行評估和比較，並確定開啟動態滯後迴圈的條件，以減少磁損失。

(五) 義大利國家計量研究所的 Manzin 博士發表了「Efficient Micromagnetic Modelling of Strongly Interacting Nanomagnets.」之論文，介紹了一個針對 GPU 進行並行化的 3D 微磁場求解器，用於有效計算三維磁性奈米物體的磁化動力學，這些物體在空間中呈現隨機或有序的配置並強烈相互作用。這些奈米物體可以用於生物醫學應用的磁性奈米顆粒，其形狀和大小也可能導致多域狀態。此外，處理的奈米物體還可以是磁性奈米器件，例如在環境、系統或要監測的生物體中移動的磁阻或自旋電子傳感器。他們使用有限差分方法，可以準確將曲面建模，有助於在非結構化網格上計算交換和磁靜態場，並分析了微磁場求解器的精確性和計算效率，突顯了所提方法在處理許多物體時的可靠性和靈活性，可用於計算隨機分佈並具有可變體積濃度的磁性奈米環的滯磁迴圈，以探索它們在磁性高熱療中的應用性等。

(六) 美國拉法葉學院的 Z. Boekelheide 教授報告了「Ferrofluid droplets for visualizing tides in educational settings.」之論文，使用向永久磁鐵下墜的強磁性流體 (ferrofluid) 液滴的拉伸/延長，當作將潮汐力可視化的方式。ferrofluid 液滴在均勻磁場中拉伸可以減少磁自能，但觀察到的拉伸不一定是由潮汐效應引起的，由潮汐效應引起的 ferrofluid 液滴的拉伸對於永久磁鐵的距離非常敏感 (~

$1/r^8$)，而由自能效應引起的拉伸則不太敏感。由此推測液滴向永久磁鐵下墜的拉伸起初主要由磁自能效應主導；當液滴接近磁鐵時，潮汐效應可能開始主導。不同區域之間的交替取決於實驗參數（磁鐵的強度、ferrofluid 的磁化率），而 ferrofluid 液滴拉伸的主要機制是一個可供學生進行實驗的問題。只要使用簡單的實驗設備，如電磁鐵、永磁鐵、市面上的 ferrofluid 和智慧型手機鏡頭（或高速攝影機更好），學生就可以設計並執行自己的實驗，以測試 ferrofluid 液滴拉伸的主要機制。

(七) 美國北德克薩斯大學的 Y. Jin 教授所發表的「Photo-actuated Ferrofluid Cavities for Nonreciprocal Acoustic Wave Transmission.」論文中提到，存在磁場時磁性液體(ferrofluids)的密度和黏度會發生顯著變化，相對於傳播聲波的運動方向產生破壞的空間奇偶性。在存在磁場的情況下，溫度梯度也可以導致由於介質的磁熱效應而產生有限流動，進而破壞介質的 T-對稱性。以磁場中的熱電冷卻器，設計了支援超聲波的動態磁活性流體環腔元件。激光誘導的光吸收導致溫度和黏度梯度，由於磁場存在時的 Kelvin-body 力導致旋轉的鐵磁性流體流動。這違反了聲波與腔內流體運動同向和反向傳播的 PT 對稱性。通過數值模擬設計了一個半圓形的環形腔體，以便在 400-600 kHz 的範圍內限制聲學模式，發現在存在直流磁場和動態溫度梯度的情況下，這種流體流速、黏度和密度的變化可以實現有效的非互易傳播，而無需任何非線性效應或使用變材料。腔內流體動力學和對流的磁熱控制使得能夠遠程控制、多功能的光控聲學設備成為可能，並在各種聲學設備中顯示了應用的前景。

(八) 韓國電子科技研究中心 M. Baek 教授報告的論文題目為「Analysis of Variable Inductor Employing Vegetable-Based Transformer Oil with Magnetic Nanoparticles.」，該研究應用了多物理場 CAE 分析方法來研究含有基於植物油的磁性奈米流體的可變電感器。該奈米流體嵌入在鐵氧體芯中，並且進行了數值分析，同時也在簡化的測試模型上進行了實驗來驗證模擬結果。研究的背景是可變電感器在高頻操作時的溫升問題，並強調了在磁性材料中損耗的重要性。為了分析磁性奈米流體中的損耗，實驗測量了 B-H 曲線，並將其用作多物理場 CAE 分析的物理信息。最後，研究通過測量電感和溫升與平均工作電流的關係，顯示出模擬結果與實驗數據的良好一致性。該研究的結論強調了開發的磁-熱流體力學分析技術在設計高頻電壓源下的可變電感器方面的應用前景。

(九) 韓國科技教育大學 W. Bang 教授發表「Adjusting spin dynamics in ferromagnetic nanodisk arrays.」之論文中提到在人工自旋冰 (ASI) 系統中研究自旋動力學的實驗和理論分析，這對於在磁子學裝置中的潛在應用引起了顯著的興趣。該系統由接觸或非接觸的鐵磁奈米圓盤構成的蜂窩網格陣列構成，這些蜂窩網格陣列通過電子束曝光、NiFe 的電子束蒸發和提取過程在共平面波導上製作。通過寬頻鐵磁共振和 Mumax3 獲得的自旋波譜和微磁場模擬，顯示了在 ASI 系統中複雜的自旋動力學可以通過激發頻率進行調整。該研究為在磁子學中開發專用應用提供了新的途徑。

(十) 個人所投稿之論文則被排定於 1 日下午 14:00~17:00，以海報張貼方式進行發表論文題目為 *Study on Strength of a 3D Structure Composed of Multiple Magnetic Microbeads Chains*，本論文主要研究磁流變液(MRF)在外部磁場的存在下，數值地研究其中由多個微米級可磁化微珠鏈組成的三維固體結構的強度。微珠的性質是：密度 $\rho=1500 \text{ kg/m}^3$ ，直徑 $d=4.5 \mu\text{m}$ ，初始磁化率 $\chi=1.6$ ，飽

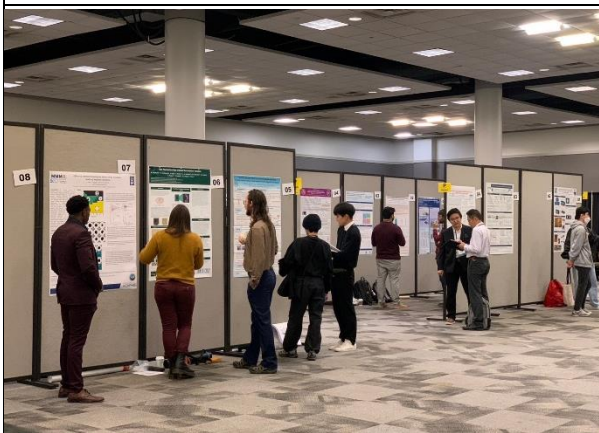
和磁化強度 $M= 350-400 \text{ Oe}$ ，無磁滯。所有的控制方程式均由 COMSOL Multiphysics 進行數值求解。當對特定微珠施加 $1 \times 10^{-14} \text{ N}$ 的力時，應力傳播到周圍的其他微珠。另外分別展示了微珠形成的規則和交錯的模式，這可能在不同的場配置下發生。微珠的總數量為 99 個，分為四層微珠層，每層有四行微珠鏈。在規則模式的第一層的四個微珠鏈的中心線上的應力分佈情形中，在第 2 行 (R2) 鏈的 Node 3 和 Node 4 (分別簡稱為 N3 和 N4) 上顯示了近 0.09 N/m^2 的最大應力，而第 4 行 (Row4) 的每個節點承受最小的應力。對於交錯模式的應力分佈，第 2 行 (Row 2) 的 N3 和 N4 上的最大應力降低到 0.03 N/m^2 ，而第 4 行的每個節點承受較小的應力。結果顯示，交錯模式可以減少微珠之間節點的應力，並可能防止由 MRF 產生的三維固態結構的斷裂。



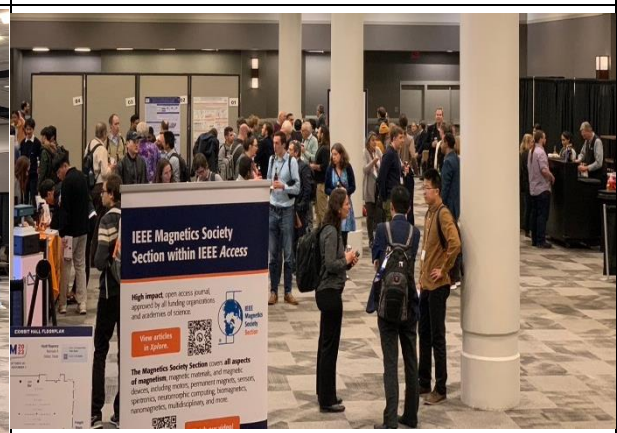
口頭發表會場



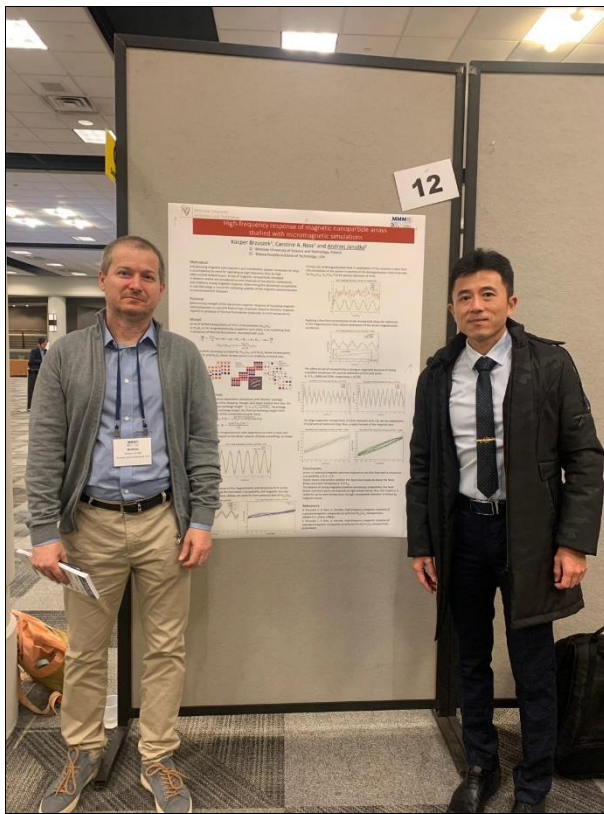
口頭發表會場



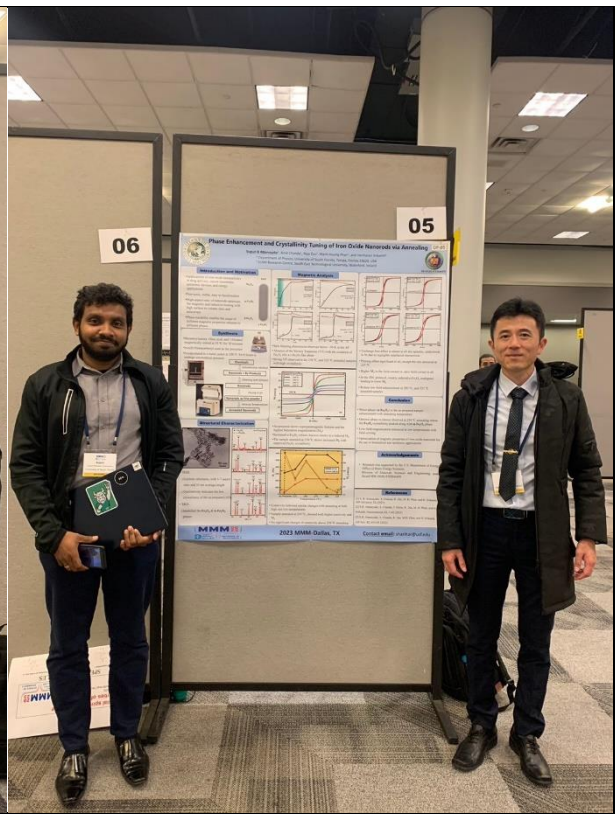
海報發表會場



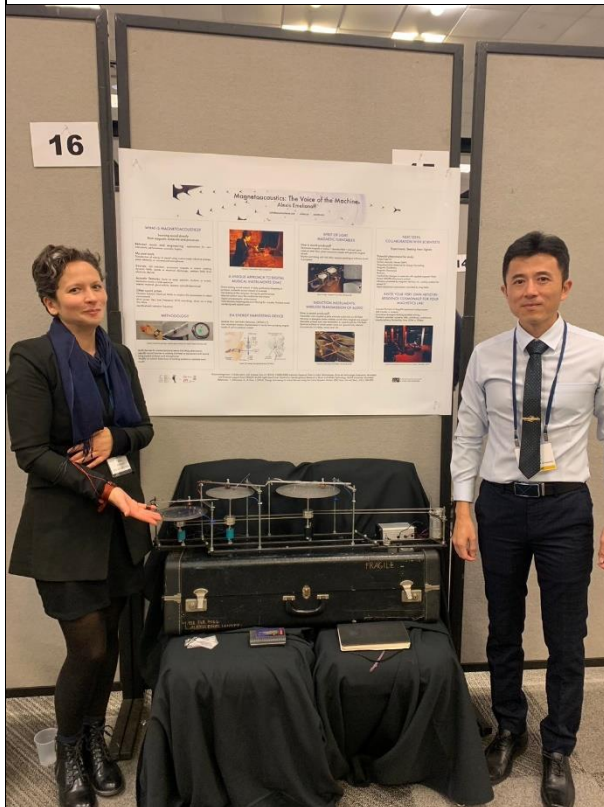
海報發表會場



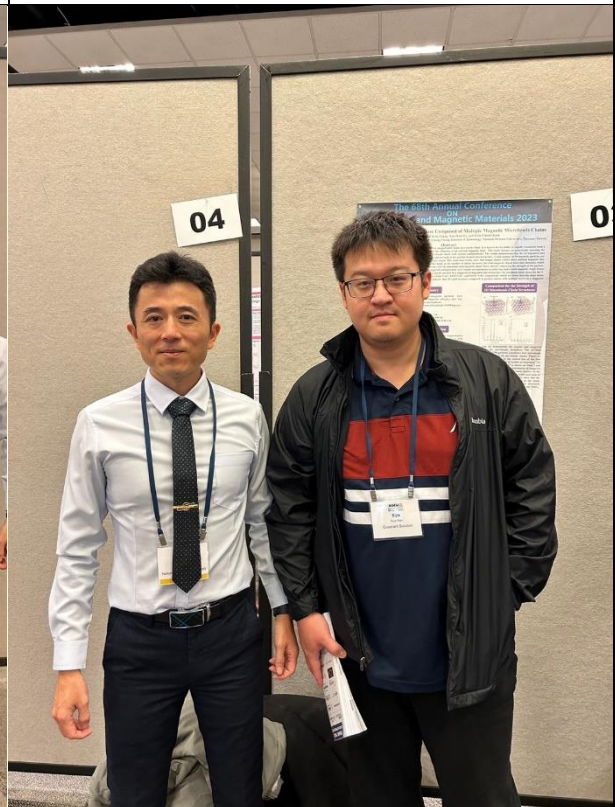
與美國麻省理工學院學者合影留念



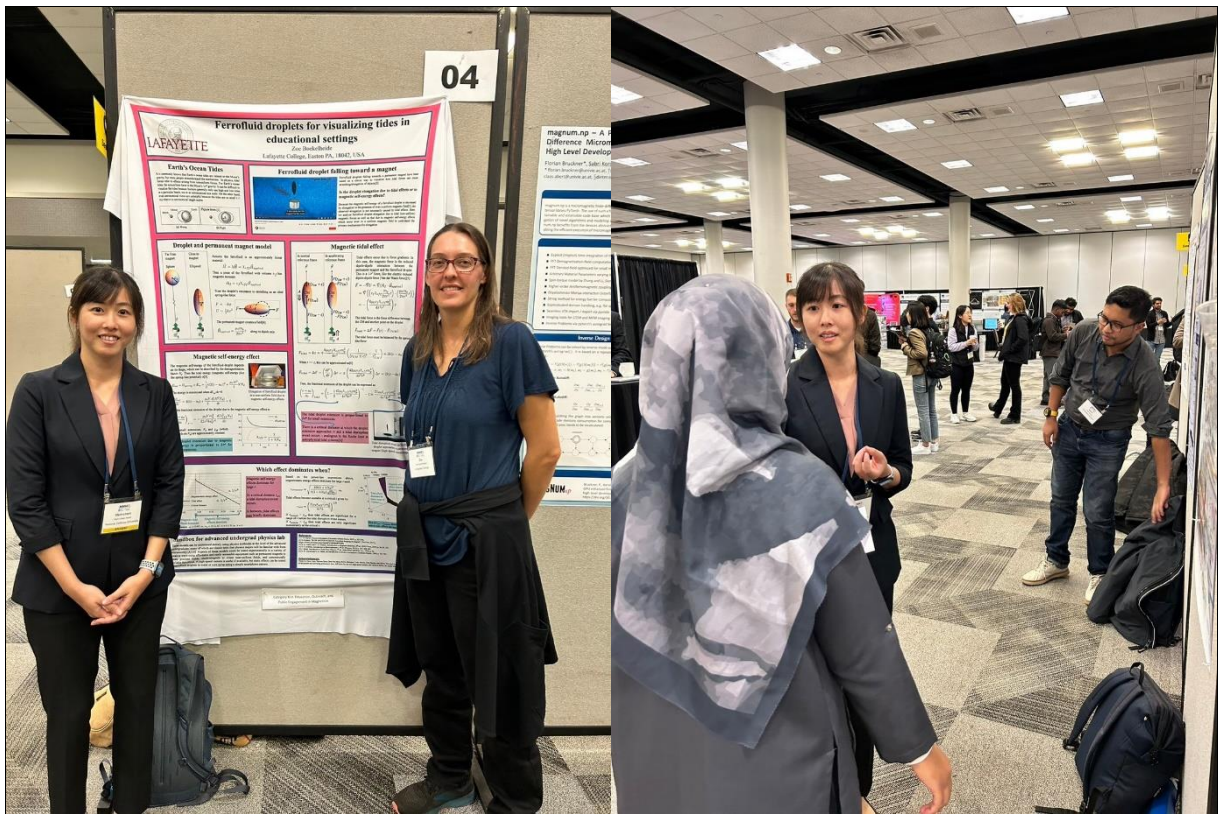
與美國南佛羅里達大學學者合影留念



與加拿大學者合影留念



與美國 QUADRANT SOLUTIONS 公司
Sijie Ran 工程司合影留念

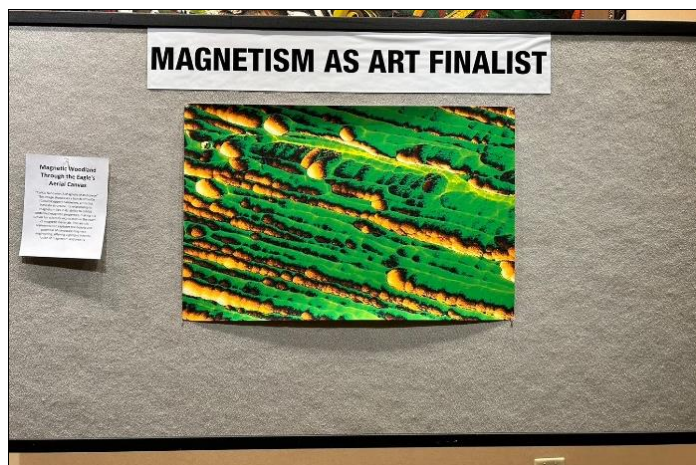


研究生謝欣潔與美國拉法葉學院 Z. Boekelheide 教授交流後合影留念

研究生謝欣潔與奈良科技大學 K. Hattori 教授之研究團隊交流

(十一)磁性之美海報張貼競賽

本年度之研討會，持續舉辦了磁性之美海報張貼比賽(Magnetism as Art Showcase)，讓與會人員感受到科技與藝術之結合，比賽區分初選與決選兩階段，參賽作品透過大會評審初審後，計有 4 項作品通過初賽，作者並獲通知自行列印海報至大會張貼以參加決賽，由評審及研討會與會人員共同票選出最佳作品。



磁性之美海報張貼入圍作品



磁性之美海報張貼入圍作品



磁性之美海報張貼入圍作品

磁性之美海報張貼入圍作品

(四)由於返台班機為 11 月 3 日 07:45，遂於 11 月 3 日 04:30 即退房前往達拉斯國際機場搭機，未能參加會議最後一日之議程，錯過幾場精彩論文發表及與學者面對面交流之機會，個人感到十分可惜，所幸後續仍可透過大會所提供之會議及論文摘要手冊，找到作者所發表之全文論文，進一步了解其研究方法及成果。

三、與會心得及建議

首先，感謝國科會核定本次研究計畫內出國差旅費之補助，讓我及研究生今年仍能有此機會出國參加如此大規模之國際大型會議。在此盛大國際會中，與會學者多為來自世界各國知名大學或研究機構，從事磁性材料研發及相關應用研究之教授或研究學者，會場內外討論之熱烈，可想而知。除了會議進行時的討論外，連中場休息的時間，亦可看到許許多多學者仍不斷針對他們的疑問與作者進行交流，雖不是第一次參加此類大國際會議，但每每看到這一幕都讓我讓我感觸很深，也是值得學習的部分。

在為期 5 天的研討會中，聆聽了數十場精彩的演講，也觀賞了上百篇用心設計製作之海報，尤其每個發表場次所挑選之最佳海報獎，均是一時之選，得獎作品代表其研究成果之創新及獨特性外，亦表示其對後續相關學術研究極具參考價值，此外，如何透過海報方式彰顯其研究成果之特色及重要性，亦是國內學者或研究人員值得學習之處；事實上，雖然在會場中聆聽及觀賞上百篇的論文發表，單並非所有研究內容均與我專長相關，然而，只要願意提出問題，簡報者均能詳盡地給予答覆，雖然，口頭簡報有時間限制，較無法於會場中盡情發問，有些許不盡興之處，但利用會後時間與學者們互動及流過程，更能夠進一步獲得所需資訊，而在各個海報發表會場，由於時段較長，與各國學者交流及討論時間較為充裕，可蒐集許多可貴資訊，雖然許多學者之研究範疇與我目前的研究較無直接關聯，但與他們討論後，也讓我學習到國外學者思考脈絡、看待問題角度與關心的議題方向，對我而言，亦算是一種收穫。

每一次參加國際會議，都讓我深覺英語的重要性，因屬國際型會議，來自不同國家的學者，皆使用英語來溝通，雖然就自己的研究領域及論文與各國學者討論及溝通沒有問題，但憑心而論，自己在英語的聽講表達有時仍無法隨心所欲，尤其遇到腔調較重之學者，常無法盡情與其溝通暢談，無形中造成學術交流上的障礙，這讓我深深體認到，對於語文(英語)的學習，需持續不間斷，它是溝通的一個媒介，亦是國際語言，幾乎所有最新資訊都是以英文呈現，為隨時掌握新知，並把握每次與國外學者交流及相互學習的機會，我們必須要再更努力的學習英語，本次陪同出席的研究生謝欣潔因第一次

出國參加如此盛大之國際研討會，其感受更為深刻，亦從中汲取許多寶貴經驗，除有助於精進其研究論文之創新外，與許多國際學者交流並交換聯絡方式，更是此次出國參加研討會最大之收穫。

本次研討會給我的感覺是學術交流與國際視野開拓的重要性，國外學者在各種專業領域均有其獨到之處，部分學有專精之學者所發表之著作極具參考價值，透過與作者面對面的交談，可從提問與答辯間，解答許多論文內未說明的疑惑；不僅能更充分了解其研究方法及要領，更可透過會場中的互動，建立私人情誼，為未來跨國之合作建立基礎；此外，在私下與學者討論時，亦了解到每位學者對相關研究所關注的焦點，除可讓我們掌握國際間整體研究趨勢及脈動外，並有助我們掌握新的研究方向。因此，在此建議國科會能持續鼓勵國內教師及博士生，甚至碩士生，更踴躍參與國際學術會議，開拓其國際視野。

Supported By
BEST POSTER AWARD WINNER **GMW Associates**

KIT **Observation of magnon-phonon coupling in two-dimensional ferromagnetic Fe_3GeTe_2**

Namrata Bansal¹, Qili Li¹, Paul Nutter¹, Lichuan Zhang¹, Amir-Abbas Haghighat¹, Yuri Mokrousov² and W. Bruneau¹

Introduction

Spin-polarized scanning tunneling microscopy (SP-SSTM)

Experimental results and Calculations

Magnon-phonon coupling

Summary

References

Acknowledgements

各場次最佳海報獎得獎作品

Supported By
BEST POSTER AWARD WINNER **GMW Associates**

MMM **New measurement method and instrument for direct measurement of adiabatic temperature change to enable magnetic refrigeration**

Shianna, Booch Santos¹, Christopher F. Amigo, Santos, Ye Young, Robert, Shah, Jo, Wu, Mark, Rodriguez, Chris, L. Devine

Background

Pressure-Energy Instrument

Measurement in Air

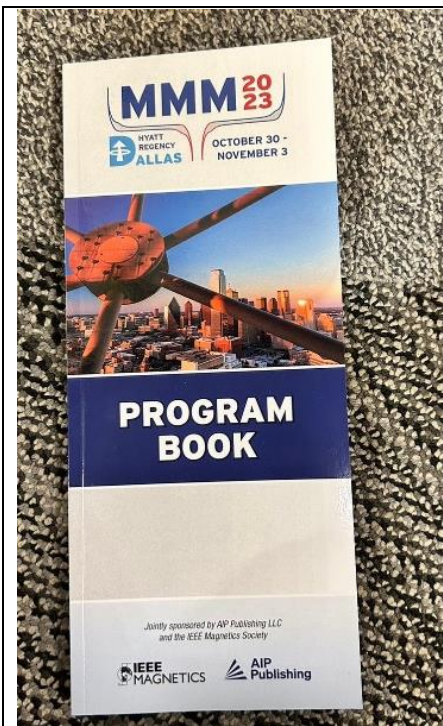
Measurement in Water

Preliminary Results

各場次最佳海報獎得獎作品

四、攜回資料名稱及內容

與會後攜回的主要資料為大會所印發之本次會議的詳細議程，內容包含所有邀請演講、口頭及海報方式發表之論文題目、作者、單位等資料。



本屆研討會會議手冊



研討會識別證(李彥宏)



研究生謝欣潔研討會識別證

五、其他

感謝國科會計畫NSTC 112-2221-E-606 -008 補助本次出國經費。