

教育部補助大專校院延攬國際頂尖人才  
年度績效報告

學校名稱及聘任系所：國立清華大學天文研究所	學門領域：理 學
學者姓名：楊湘怡	<input type="checkbox"/> 玉山學者 <input checked="" type="checkbox"/> 玉山青年學者
報告年度：110 年 (第 2 年)	

## 二、質化績效說明

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
<p>一、玉山（青年）學者之研究工作主要內容及全程經過概述。</p>	<p>1. 研究目標：</p> <p>運用先進的數值模型，深入探討各種微觀物理現象對星系及星系團的影響，並用多波段的觀測數據以驗證理論模型的預測，研究結果將大幅提升宇宙尺度數值模擬的預測力，增進國際大型觀測計畫（包括 Dark Energy Survey, Planck）使用星系與星系團量測宇宙參數的精確度。楊助理教授的研究有以下幾個重點方向：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用數值模擬和觀測數據的比對了解黑洞噴流的能量組成，以建構完整的、可用於宇宙尺度模擬的黑洞噴流模型。</li> <li>• 研究宇宙射線在星系介質中的傳播效應，與其在星系風形成與星系演化中扮演的角色。</li> <li>• 擴充模擬宇宙射線的數值模型，進一步追蹤宇宙射線的能量分布與演化，在未來可廣泛應用於其他天體</li> </ul>	<p>針對研究重點方向，楊助理教授的團隊已有多項進展與突破：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 關於了解黑洞噴流組成方面，我們最近的研究顯示由輕子組成的噴流泡泡由於能量會快速耗散，因此此種噴流將會在數千萬年內轉變成熱能為主的泡泡，因此長時間對於星系團的加熱效應，都於動能為組成的噴流類似。此研究有兩個重要推論：一是若要產生輕子為主的泡泡，必須額外考慮宇宙射線的 in situ acceleration，二是對於星系團的加熱反饋機制而言，未來利用 Sunyaev-Zel'dovich effect 的觀測來分辨泡泡為熱能或宇宙射線的強子為主，將是重要的課題。</li> <li>• 我們將先進的宇宙射線數值模擬運用在最新的銀河系中之費米泡泡和義羅西塔泡泡的觀測數據上，發現這個組銀河系當中的巨大泡泡很可能是銀河系中心大質量黑洞過去噴流活動的遺跡，根據我們電腦模擬和觀測數據比對的結果，發現銀河系黑洞在兩百六十萬年前曾有大量的能量噴發，噴發時間約為十萬年，噴發期間約吸積了一千倍至一萬倍太陽質量的物質。此項研究讓我們對銀河系中心黑洞過去的活動史有了更深的認識，並且更說明了黑洞噴流對銀河系尺度的星系演化應也有很大的影響，黑洞噴流的反饋效應在不同質量的星系中有何不同的影響，將是未來此領域研究的一大重點。</li> </ul>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
		<ul style="list-style-type: none"> <li>關於宇宙射線數值模型的擴充，目前楊助理教授的團隊也已完成部分重要目標，包括發展高效平行化的模組，從模擬中的宇宙射線能量分布，計算出如伽瑪射線、和隨之產生的輕子能量分布，此模組已應用在預測類費米泡泡的光譜(Owen &amp; Yang, 2022a, MNRAS, 510, 5834; Owen &amp; Yang, 2022b, MNRAS, stac2289)，接下來團隊會將此模組與磁流體程式結合，未來將能在磁流體模擬進行的同時計算輕子的產生，並加入它們的動力學影響。</li> </ul>	
<p>二、玉山（青年）學者未來研究主題與校務發展（包括高等教育深耕計畫）之連結及預期效益：</p> <p>（1）學者研究規劃及目標。</p> <p>（2）學者研究主題內容及其與學校校務發展關聯性。</p> <p>（3）具體工作績效或成果，內容請包括專題研究計畫期中進度報告。</p> <p>（4）預期成效（預計可達到量化或質化之具體成果）</p> <p>※如有量化績效者，請另再填寫附件1</p>	<p>1. 學者研究規劃及目標</p> <p>楊博士未來研究的重點為運用具世界領先地位的數值模型，深入探討各種微觀物理現象對星系及星系團的影響，並使用各種波段的觀測數據以驗證理論模型的預測及限制各種微觀物理的參數。這些研究結果將會大幅提升新一代宇宙尺度數值模擬的預測力，並增進國際大型觀測計劃(包括 Dark Energy Survey, South Pole Telescope, Planck)使用星系與星系團量測宇宙參數的精確度。</p> <p>楊博士的未來研究將著重以下幾個重點方向：</p> <p>(1) 星系團及宇宙學：黑洞噴射流的組成為高能天文物理中的謎團之一，楊博士 2017. 2018 的兩篇論文指出星系團的演化與黑洞噴射流的組成有極密切的關係，因此楊博士未來將與國外的觀測團隊(Lynx, MUSTANG-2)合作，使用 X 射線及微波波段的觀測數據來了解噴</p>	<p>1. 學術論文的產出：於第 1 年與第 2 年補助期間，楊助理教授在清大的團隊和與國外團隊合作研究之成果，共已出版 6 篇學術論文，發表於高影響因子的國際期刊（詳細列表見附件一之量化績效說明）。</p> <p>2. 建構清華大學天文研究所的高效能電腦叢集：楊助理教授與清大天文所的潘國全、安德魯·古柏助理教授共同負責建置一個專屬天文所師生使用的電腦叢集(CICA cluster；CICA 為教育部的清大國際競爭重點領域人才培養計畫資助所新成立的天文資訊與計算中心)，截至 2021 年 7 月已完成第三次的升級，目前的 CICA cluster 包含 17 個 cpu 節點（共 1536 個核心）、3 個 gpu 節點（共 108 個核心）、2 個大記憶體節點、與一個資料貯存節點。CICA cluster 目前已經成為清大天文所教學和研究活動不可或缺的一部分，不僅許多研究成果中的數值模擬或資料分析都是</p>	如附件一

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>射流的組成，目標為建構一套完整的黑洞噴射流模型用以星系團的宇宙尺度數值模擬。</p> <p>(2) 星系形成與演化：楊博士 2017 年發表的論文發現宇宙射線在星系上的流散速率對於星系風形成的重要性，因此楊博士未來將詳細比對數值模擬的結果與周圍星系的觀測數據，以深入了解宇宙射線與星際物質間的交互作用。此研究將對於星系形成的理論有關鍵性的進展，並對於未來幾年即將發射的大型星系巡天觀測計劃（包括 Large Synoptic Survey Telescope、James Webb Space Telescope）的數據解讀有重要的影響。</p> <p>(3) 擴充 CRSPEC 數值模型：楊博士所開發的 CRSPEC 宇宙射線數值模型，不僅適用於以上研究領域，在未來更可廣泛應用其他天體，包括超新星遺跡、無線電星系等。另外，近年來微觀物理的理論上有許多突破，如震波、紊流、及磁重聯等在微觀尺度上的表現，因此研究這些微觀物理的宏觀效應將是未來至少十年的潮流，楊博士的研究為此領域的先驅，在未來極具發展性。</p> <p>2. 學者研究主題內容及其與學校校務發展關聯性</p> <p>楊博士在天文物理及數值模擬方面的專長，將對於清華大學物理系及天文研究所的發展有</p>	<p>在 CICA cluster 上面執行，此電腦叢集也已被應用在課堂教學中，結合理論與實作，使學生擁有數值模擬和數據分析的實戰經驗。</p> <p>3. 執行研究計畫績效：本年度楊助理教授率領清華大學的學士班和碩士班學生，使用先進的數值模擬來研究黑洞噴流的能量組成對星系團氣體的加熱效應，今年的研究著重於三個方向：(1) 比較質子與電子為主或正子與電子為主的黑洞噴流對星系團的加熱效應有何異同，(2) 不同組成的黑洞噴流所造成的擾動是否能夠藉由 X 光波段的觀測數據來判別，(3) 探討星系團氣體的黏滯度是否對於黑洞噴流的加熱現象有顯著影響。研究結果將對兩個天文界重要的未解謎團做出貢獻——黑洞噴流究竟組成為何、以及黑洞噴流對星系團的能量反饋機制到底如何運作。以上研究工作已整理撰寫為學術論文，上述(1)已送出至期刊目前審查中(Lin &amp; Yang, MNRAS submitted), (2)已完成為碩士生謝陸程同學的碩士畢業論文，將修改後投稿至學術期刊，(3)已刊登至 SCI 期刊(Wang &amp; Yang, 2022, MNRAS, 512, 5100)。</p> <p>4. 指導與培訓研究人才（詳細名單見附件一之量化績效說明）</p> <p>5. 培養大專生對前緣研究的了解和研究能力：楊助理教授與國家理論中心天文物理組(NCTS-TCA)</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>以下幾個重點貢獻：</p> <p>(1) 楊博士的研究課題涵蓋許多天文物理的子領域，包括宇宙學、星系形成、黑洞物理、高能天文物理及電漿物理等，她將開設多門相關專業課程，以提供清大天文所的學生廣泛且紮實的天文研究基礎。此外，楊博士的研究內容牽涉廣泛的物理現象，包括流體力學、磁效應、電漿物理等，因此她的專長不僅可貢獻於天文物理領域，更可促進清大物理系及天文研究所之間的交流。</p> <p>(2) 楊博士將與潘國全、Andrew Cooper 二位教授組成團隊，致力推動清華大學在計算物理的發展及競爭力。楊博士將與二位教授一同設計並開設數值計算方法的相關課程，這些數據計算、分析、高效能平行化程式的訓練，將在現今大數據、人工智能快速發展的世代，提供學生未來職涯發展所需的進階知識、提高學生在業界求職的競爭力。本團隊也將利用清大與國家高速網路與計算中心的地理優勢，提供學生前所未有的研究及實習機會，並促進合作交流、整合台灣的計算資源，使清華大學成為全台灣計算物理的領頭羊。</p> <p>3. 研究工作之具體做法 楊博士上述之研究計劃可拆解為一系列的子</p>	<p>的其他三位成員共同創辦了首屆理論計算天文暑期學校<sup>1</sup>，入選的大專生會在暑期進行兩個月的短期專題研究，同時在暑期學校開始時，舉辦一個為期三天的小型研討會，邀請天文物理各個不同領域的專家分享理論計算天文的基礎知識和前緣研究內容，此研討會不僅開放給全國大專生參加，甚至國外的學生也可遠距參與。此活動目的如下：(1) 提供大專生在大學求學階段探索自己的興趣、找尋未來研究方向的機會，(2) 為國內的研究所向下紮根，培養天文物理領域的研究人才，(3) 深化大專生的程式設計與數值模擬基礎，為未來就業所需技能做準備，(4) 提升台灣在國際天文研究領域的能見度，吸引優秀的外國學生來台就讀研究所。</p> <p>6. 擔任國際研討會及座談會的受邀講員，並受邀至國內各大專院校訪問交流及演講，包括學術座談會以及科普演講場次（詳細列表見附件一之量化績效說明）。</p>	

<sup>1</sup> <https://nctstca.github.io/events/202107-tcassp/index.html>

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>計劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用數值模擬探討黑洞噴射流不同組成對於星系團加熱現象的影響。</li> <li>• 與 X 射線及微波波段的觀測做比對，反推黑洞噴射流的組成。</li> <li>• 進行高解析度的星系盤面模擬，研究宇宙射線的傳播對星系風的影響。</li> <li>• 使用各種大型星系觀測計劃的數據，限制宇宙射線傳播的參數。</li> <li>• 於 CRSPEC 數值模型中加入震波、紊流、磁重聯等產生宇宙射線的機制。</li> <li>• 將 CRSPEC 應用於其他天體的理論模型，包括超新星爆炸、無線電星系等。</li> </ul> <p>楊博士將給予學生參與或領導上述子計劃的機會，並藉由楊博士與國際頂尖學者及觀測團隊的合作關係，提供學生拜訪國外研究機構的機會，並鼓勵學生參加國內外的學術研討會以增進學術交流、同時訓練學生的反應力及表達能力。</p> <p>4. 預期成效(預計可達到量化或質化之具體成果)</p> <p>楊博士在三年內(2020-2023)預計達到的研究成果如下：</p> <p>(1) 學術論文的產出：以上所列之每項研究子計劃，都將有約 2-3 篇的文章產出，因此總計三年至少會有 12 篇文章的產出，由於這些方向都是天文物理領域的熱門課題，因此發表</p>		

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>於天文領域最高影響因子的期刊(包括 ApJ,、MNRAS 等)是可預期的。</p> <p>(2) 經過擴充之後的 CRSPEC 將成為世界上所含物理機制最完整的宇宙射線數值模型，此模型不僅在天文物理方面將有廣泛的應用，楊博士所發展的數值模擬演算法及高效運算技術，將提供其他領域(如太陽物理、核物理、生物醫學)在模擬磁流體、黏滯流體、電漿等方面的寶貴經驗。</p> <p>(3) 楊博士加入清大天文所的團隊之後，所投入的教學、研究資源等，都將使清大在天文及計算物理方面在全台灣大專院校中具有領導地位，並且她在微觀物理上的獨特專長為國際學者所肯定，因此她未來在台灣의 相關工作，將有助於台灣在微觀物理這個快速發展的新興領域在國際天文學界佔有一席之地。</p>		
<p>三、<u>學校申請計畫原定目標暨支持成效</u>。(請敘明學校協助學者進行教學研究所提供之各項配合措施或經費，如研究設備及經費、研究助理人事費、住宿搬遷、子女教育協助事項等)</p>	<p>(一)學校整體的配套措施</p> <p>1. 新聘教師學術專案補助費(start up 起始費)</p> <p>(1) 補助目的：鼓勵本校新聘教師從事學術研究，協助建立必須之研究設施。</p> <p>(2) 補助對象：到校任職半年內，經系所(中心)推薦之新聘教師。</p> <p>(3) 補助內容：補助研究相關之經費，惟不包括申請人之薪資津貼。補助經費總額及項目：總額以不超過 150 萬元為原則，由校款及學校管理費支付。由系所(中心)、院(含清華學院)、校以對等比例共同補助。</p>	<p>(一)學校整體的配套措施</p> <p>1. 獲本校提供之「法定薪資」，包含本俸、學術研究加給。</p> <p>2. 獲本校補助：</p> <p>(1)新聘教師學術專案補助費(start up 起始費)</p> <p>(2)宿舍及房租津貼補助</p> <p>(3)子女教育補助費</p> <p>(4)福利事項：生日禮券、健康檢查補助等。</p> <p>(二)單位之配套措施</p> <p>提供以下空間：</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>2. 宿舍及房租津貼補助</p> <p>(1) 新聘教師原則優先配住「學人宿舍」，房型為一房及兩房。此外，尚有清華會館及第二招待所可供申請。國立清華大學招待所管理要點及收費標準詳見  <a href="http://affairs.web.nthu.edu.tw/files/13-1011-44868.php">http://affairs.web.nthu.edu.tw/files/13-1011-44868.php</a>。</p> <p>(2) 房租津貼補助：編制內新聘專任教師符合本校房租津貼要件者每月補助 10,000 元，自到職日起至多 3 年。</p> <p>3. 子女入學</p> <p>(1) 國立清華大學附設實驗小學及幼兒園優先入學：依國立清華大學附設實驗國小學新生入學辦法及幼兒園招生簡章，本校編制內專任之教職員工之子女享有清華附小與幼兒園優先入學資格。</p> <p>(2) 子女教育補助費：依「全國軍公教員工待遇支給要點」標準補助。  <a href="http://person.web.nthu.edu.tw/files/14-1138-12001_r940-1.php">http://person.web.nthu.edu.tw/files/14-1138-12001_r940-1.php</a></p> <p>4. 福利事項</p> <p>(1) 生日禮券：編制內教職員每人每年郵政禮券 1000 元。</p> <p>(2) 健康檢查補助：年滿 40 歲以上編制內教職員，兩年補助一次最高 3500 元。</p> <p>(3) 自費團體保險。</p>	<p>1. 楊湘怡助理教授專屬辦公室。</p> <p>2. 設備專用機房。</p> <p>3. 學生研究室。</p> <p>4. 計畫研究專員研究辦公室。</p>	



審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
	<p>(二)擬聘單位之配套措施</p> <p>理學院天文所將規劃楊湘怡博士一間辦公室。楊湘怡博士主要需要放置電腦的空間。天文所現有的電腦室，仍可容納一定數量的電腦。若是楊湘怡博士需要更大的空間，物理系在清華實驗室的機房也可容納。</p>		
四、 <u>玉山學者</u> 團隊合作情形（請敘明團隊成員及合作方式）（玉山青年學者免填）	玉山青年學者免填	玉山青年學者免填	
五、 <u>玉山</u> （青年）學者國際化合作，鏈結接軌國外學術資源合作交流，與學校發展相結合；學者亦應善用其國際學術網絡資源，協助任職學校國際化，推動國際交流合作（包括國際師生交換、跨國合作研究、雙聯學制）	（於申請時無列此項目）	楊助理教授目前有進行多項跨國合作研究，包括美國密西根大學、美國威斯康辛大學、德國馬克斯-普朗克研究院等，其中關於銀河系費米泡泡的研究已有豐碩成果，未來將持續拓展相關主題。	

## 量化績效說明

項目		成果及具體工作績效	說明
1. 人才培育		碩博班課程__3__堂 學士班課程__2__堂 博士生__人 碩士生__4__人 學士生__5__人 其他__1__	第一年人才培育 計 碩博班課程 2 堂、學士班課程 1 堂，碩士級研究助理 1 人，碩士研究生 1 人，學士生 1 人。列表如下： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 專題演講一(10910ASTR591000)</li> <li>• 專題演講二(10920ASTR592000)</li> <li>• 黑洞天文物理導論(10920PHYS480000)</li> <li>• 研究助理：王祥至</li> <li>• 碩士研究生：謝陸程</li> <li>• 學士生：林彥興</li> </ul> 第二年人才培育，計碩博班課程 1 堂、學士班課程 1 堂，碩士級研究助理 1 人，碩士研究生 4 人，學士生 4 人。列表如下： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 高能天文物理(11010ASTR635000)</li> <li>• 黑洞天文物理導論(11020PHYS480000)</li> <li>• 研究助理：王祥至</li> <li>• 碩士研究生：謝陸程、林彥興、王沛雅、石郡翰</li> <li>• 學士生：李佳倫、劉一璠、許正憲、謝明學</li> </ul>
2. 論文著作	國內	期刊論文__篇 專書及專書論文__本 研討會論文__篇 技術報告__篇 其他__	
	國外	期刊論文__6__篇 專書及專書論文__本 研討會論文__篇 技術報告__篇 其他__	第一年計 期刊論文 1 篇 第二年計 期刊論文 5 篇 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Owen &amp; Yang, 2022, MNRAS, 510, 5834</li> <li>• Yang, Ruszkowski &amp; Zweibel, 2022, Nature Astronomy, 6, 584</li> <li>• Wang &amp; Yang, 2022, MNRAS, 512, 5100</li> <li>• Chen &amp; Yang, 2022, EPJC, 82, 307</li> <li>• Owen &amp; Yang, 2022, MNRAS, stac2289</li> </ul>

3.專題演講		__24__場次	<p>第一年共計 15 場次，包括國際演講 6 場次、國內 9 場次。</p> <p>第二年共計 9 場次，包括國際會議受邀演講 3 場次、國內外受邀學術演講 3 場次、國內科普演講 3 場次。國際會議受邀演講列表如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Highlight talk, 27th European Cosmic Ray Symposium, July 2022</li> <li>● Sesto Workshop "Multiphase AGN Feeding &amp; Feedback II", June 2022</li> <li>● East Asia AGN Workshop, Oct. 2021</li> </ul>
4.專利 (含申請中)	國內	__件	
	國外	__件	
	■ 不適用		
5.產學合作		產學合作企業__家 產學合作計畫__案	
6.技術移轉		技轉授權__項	
		技術移轉授權金合計（金額）__元	
		■ 不適用	
7.其他			Press release of research results including: <ul style="list-style-type: none"> <li>● NTHU front-page story (<a href="https://www.nthu.edu.tw/hotNews/content/1074">https://www.nthu.edu.tw/hotNews/content/1074</a>)</li> <li>● SPEC research highlights (<a href="https://spec.ntu.edu.tw/20220608-research-phys">https://spec.ntu.edu.tw/20220608-research-phys</a>)</li> <li>● &gt;50 international news outlets (<a href="https://www.nature.com/articles/s41550-022-01618-x/metrics">https://www.nature.com/articles/s41550-022-01618-x/metrics</a>)</li> </ul>