

【淡江學術圈】學術研究人員專題報導—UAV總司令馬德明 進化優質無人飛機

書香聊天室

文／林佳玟採訪整理報導

緣起

「每個小男孩都喜歡飛機。」航太系教授馬德明笑著說與航太的緣分，自幼從手做橡皮筋動力飛機到現今機身長達2公尺的太陽能動力無人飛行載具，「從興趣到工作，在航太這條路上，一切都是自然而然的機運。」馬德明過去懷有飛行員的夢，但因視力未達空勤標準，便開始從事與航太相關研究。「緣份到了，自然而然就會做這些事情，就像教授這終身職業也是這樣決定的。」

研究主軸

馬德明的學術專長除了博士研究的太空航道及最佳化外，現今主要的研究包含飛行器的設計與製作，其中涵蓋系統最佳化設計，導航、導引與控制系統的設計與實現。他自1995年迄今擔任無人飛行載具實驗室（UAV Lab, Unmanned Aerial Vehicle Lab）的指導教授，目前研究主軸為帶領學生設計製作無人飛行載具，近年增加以太陽能為動力的無人飛行載具。

研究歷程

早期，由於研究專長為太空航道，馬德明參與機電系退休教授洪祖昌的國科會「微衛星整合計畫」，並負責太空軌道的設計。而近年的研究主軸轉換至太陽能動力無人飛行載具，他解釋：「使飛機在天空飛行時，轉彎的軌道路徑最短，能達到最省能量，即最佳軌跡。」

2003年馬德明研究方向的轉折到太陽能動力無人飛行載具，促成太陽能動力無人飛行載具的研發，他表示「這又是一個機運」。由於參與「皮米衛星系統設計」網路課程的開設，從中了解「太陽能電池在衛星飛行時提供能源，其中太陽能板的重量，包括在整體重量估算中」，由於估算整體重量是設計飛機的基本需求，他與學生從該課程了解如何估算太陽能電池和二次電池的重量，並將之納入飛機的最佳設計，而其主要研究目的是希望延長無人飛行載具的飛行時間。

研究最初是希望太陽能動力無人飛行載具（第一臺名為「羲和」，取自中國太陽神），能達到24小時全天候飛行，相較於無人飛行載具，太陽能動力無人飛行載具使用太陽能轉換的電能為動力，由於太陽能板所費不貲，目前僅能選擇負擔得起，能源轉換效率18%的太陽能板。馬德明說道：「設計飛機還要考量系統上的設計需求，除計算太陽能板、鋰電池或二次電池的重量外，還要思考該重量與功率需求的參數關連等問題。」過程中，重量的估算包含固定設備與飛機結構的重量等，其中固定設備包含能源、籌載機身、機翼、尾翼、主翼等，為固定參數；然而，有些重量是變動的，例如：飛機的結構重量。

馬德明整合早期最佳化的專業基礎，以及太陽能電池與二次電池，進而發展最佳化太陽能動力無人飛行載具的設計流程。歷經近3年的研製，造價約10萬元的「鸞鸞號」於2012年8月在新北市新莊區環河路西盛飛行遙控運動公園，由馬德明率領師生研發團隊飛行測試成功。他說道：「帶領學生製作無人飛行載具是學生的學習成果，但不等於老師的研究光環。」另說明：「在學校擔任教職是個人研究的靈感來源。」他認為教學和研究本身相輔相成，以「教學是研究靈感的泉源，研究的成果是提升個人教學」為座右銘，藉由帶領研究生，與學生共同研討所觸發的想法成為其研究的靈感。馬德明謙虛地表示，對他來說，教學是成就學生而不是成就老師。在專業領域上，即使每年製作飛機的流程大同小異，學生卻年年是製作飛機的新手，因此他每年不厭其煩地指導學生，最終目的是給予學生一個實作飛機、研究的機會。

跟著他做研究有5年之久的航太碩二陳建隆說：「馬教授不是教予學生研究結果，而是教授研究方法。他會給予研究開端，鼓勵學生多看多學、自己去做研究，並適時的給予研究發想的回饋。」

研究成果

馬德明在學術相關研討會、期刊論文也有亮麗的表現，其中他在2012至2013年陸續發表「Attitude Determination Using MEMS-Based Flight Information Measurement Unit」、「Design of a micro-satellite constellation for communication」等相關研究，皆收錄於SCIE 資料庫的期刊中。（資料來源／參考服務組）

無人飛行載具實驗室目前約有7架飛行載具，馬德明義務性指導學生實際設計與製作飛機，且在每一年「臺灣無人飛機創意設計競賽」屢獲佳績。雖然全國有不少航太或相關科系教授都著手進行太陽能無人飛行載具的研究製作，但馬德明研究的「鸞鸞號」始為全國第一架試飛成功。對於「鸞鸞號」研究成果，他感謝：「首先，本校重點

研究補助計畫的研究經費贊助，給予幫助非常多，若沒有航太系副教授蕭照焜之太陽能管理系統的研究專長，及航太系副教授張永康的結構研究團隊，此架飛機就無法飛行，還有學生研究團隊功不可沒。UAV實驗室研究成果不管在國、內外都居於領先地位，並於競賽中獲得肯定。

未來方向

馬德明指出，鸞鷲號是試驗大氣飛行水平轉彎的最佳軌跡，以及微機電飛行資訊量測系統為基礎的姿態計算方法，兩者發展已經成熟，「即便如此，此架飛機消耗的功率卻是速度的3次方，可見其飛行速度之慢。」他補充：「未來太陽能動力無人飛行載具若能被應用的話，太陽能板的效率勢必要提高。」

談到未來，他透露目前進行中及未來的研究為：無人飛行載具結合機器視覺的應用實際化、四旋翼機（Quadrotors）的研製設計與製作、導引與自動駕駛、編隊飛行；另外，也著手研製1架展翼6米長的太陽能無人飛行載具，比原本展翼3.7米長的鸞鷲號大上一倍，預計今年8月試飛。此研究加入自主飛行的功能，使之在天空可以依設計好的路徑飛行，不必藉由人工遙控。他說明：「最後希望可以製作出全天候飛行的太陽能動力載具。」

實驗室促無人飛行載具研製再升級 馬德明

航太系為了能讓同學們能有機會能實際的設計及製作飛機，於民國八十四年成立了無人飛行載具實驗室，委由我來帶領同學進行無人飛行載具的設計與製作；民國九十二年一個偶然的機會，在國家高速電腦中心及太空計畫室的贊助下，由成功大學、逢甲大學、虎尾科技大學及淡江大學透過網路開設了「皮米衛星系統設計」的課程，由太空計畫室及四個學校的老師分別對皮米衛星的次系統透過網路介紹給同學，藉這個課程，我們不僅了解了太陽能電池及二次電池的設計，也給了研製太陽能動力無人飛行載具的靈感。結合了既有的基礎，在淡江大學的「重點研究補助計畫」研究經費贊助下，我們的研究團隊決定進行太陽能動力無人飛行載具的設計與製作。

由於飛機的設計是一件非常複雜的工作，當我們試圖改變飛機任何一項參數的時候，其他的參數亦會隨著改變，而太陽能動力飛機則多了兩個重要的因素：太陽能電池及二次電池，藉由在「皮米衛星系統設計」課程學習到的知識，太陽能動力無人飛行載具的設計加上了太陽能電池及二次電池的設計參數，最後，我們將太陽能動力無人飛行載具最重要的設計指標值「飛機質量」參數化至兩個變數：機翼面積和飛行速率，以利於外型尋優設計，使用Matlab內建的基因演算法toolbox進行設計，最終的

結果令人滿意。

除了系統的設計外，太陽能無人飛行載具的導引定律、飛行控制率、應用微機電元件製作的航電系統及太陽能電力電源管理系統也開始進行。第一個研究是太陽能動力無人飛行載具在大氣飛行水平轉彎的最佳軌跡，目的在應用於太陽能動力無人飛行載具飛行軌跡的規畫。研究內容包括：運動方程式的推導，其中假設地球為一平面及由於太陽能動力無人飛行載具的動力不是來自燃油的消耗，因此，其質量可以視為常數；無因次運動方程式的推導，假設大氣模式為指數型大氣並且將太陽能動力無人飛行載具的氣動力特性視為標準的二次升力阻力模式，推導得到的無因次運動方程式中只要改變飛行載具的二次升力阻力的係數及提供的功率，就可以應用於其他的飛行載具；應用最佳控制理論推導最佳轉彎控制率並探討最佳轉彎控制率的特性，最令人激賞的是能推導出控制率的解析解，控制率僅為飛行高度、速率及功率設定的函數，不同於多數的最佳飛行軌跡多為利用數值法求得。為了應用所推導的控制率，因此，特別運用無因次運動方程式探討太陽能動力無人飛行載具在大氣飛行水平的軌跡特性；並得到最佳轉彎控制率的應用、及探討最佳轉彎控制率受風及飛行載具氣動力特性變化的影響。

第二個研究是以淡江大學航太系航電與飛行模擬實驗室自行設計、製作的微機電飛行資訊量測系統為基礎的姿態計算方法，本研究以擴展式卡曼濾波器來整合導航四元數與重力場分量這兩種飛行姿態計算方法。這個演算法利用導航四元數計算姿態的演算法中四個元素的更新矩陣作為濾波器的動態模型，以四個元素作為濾波器的狀態。將由重力場分量以及由電子羅盤得到的姿態角視為濾波器的量測，另外，將導航四元數法中四個元素的約束條件視為完美的量測，並加入到濾波器的設計中。並且詳細的推導建立了量測訊號的隨時間變化的雜訊變異數之近似值。該演算法成功地通過一組由本實驗室自行設計的姿態量測系統所收集的飛行測試數據的驗證。

第三個研究是無人飛行載具太陽能電力電源管理系統之設計，主要的目的為提供機載電腦系統之電力需求。此電源管理系統主要分為三級：第一級為太陽能電池與最大功率追蹤，其主要目的是用來收集太陽能，並且追蹤太陽能板隨著溫度與照度而改變的最大功率點，以得到最佳效率。第二級是電池充/放電管理，使用鋰高分子聚合物電池為充/放電管理之蓄電池，共分為二個電池模組，其一為放電模組，用來做電力轉換之供電電源，另一為充電模組，不斷攫取從太陽能板經最大功率追蹤後之電力，並用來當備份電池，適時與放電模組交換使用。第三級為電力轉換，將供電電壓轉換為+5V與±12V，以提供系統及機載電腦之所需。

經過了接近三年的研製，終於在民國101年8月18日中午在新北市新莊區環河路西盛飛

行場進行太陽能動力飛機「驚驚」試飛，飛行測試成功的驗證了太陽能無人飛機設計及自行研製的太陽能電源管理系統。

2013/05/06



航太系教授馬德明率領研發團隊，以3年時間，研發低污染的太陽能無人飛行載具。（攝影／林俊耀）



圖／夏天然

2005 Albatross 第一名
2006 Pegasus 第二名
2007 Soar 佳作
2009 Su-Shung 遠距組第二名
2010 Grace Valkyrie 佳作
2011 Kate 進階組第五名，最佳耗油率獎及最佳設計獎第三名
2012 進階組佳作

臺灣無人飛機創意設計競賽
2005至2012成績

淡江時報社

臺灣無人飛機創意設計競賽2005至2012成績