

The Design and Analysis of Flapping Mechanism for Piezoelectrically Actuated Micro-air Vehicles

陳昭欣、羅正忠

E-mail: 9608223@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The paper of flapping wing Micro Aerial Vehicle (MAV) using THUNDER piezoelectric actuators and to produced a flapping-amplification mechanism that proved by the experimentation. The salient features of this study are: (i) To estimate and choose a small , light weight and good efficiency piezoelectric actuator. (ii) To analysis and design a flapping-amplification mechanism. (iii) To analysis and design a flapping wing and the flapping airflow. (iv) To prove the flapping lift force by experimentation.

Keywords : MAV , THUNDER , piezoelectric , actuator , flapping , amplification, mechanism.

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 博碩士論文授權書 中文摘要	iv	英文摘要	v	誌謝	vi
目錄	vii	圖目錄	ix	表目錄	xii
符號說明	xiii	第一章 緒論	1	1.1 前言	1
1.2 文獻回顧	5	1.3 研究目的	11	第二章 壓電拍撲微飛行器的設計概念	13
2.1 拍撲致動器的選擇和評估	13	2.2 放大機構的選擇和評估	16	2.2.1 拍撲放大機構的選擇與評估	19
2.3 翼翅的設計與製作	26	2.4 拍撲翼微飛行器的組裝	27	2.5 可變仰角裝置的製作	27
第三章 壓電拍撲微飛行器的理論與數值模擬	30	3.1 THUNDER 壓電致動器的作動原理	30	3.1.1 THUNDER 壓電致動器的理論基礎	31
3.1.2 單片THUNDER 壓電致動器的數值模擬	34	3.1.3 雙片THUNDER 壓電致動器的數值模擬	38	3.2 拍撲動作的理論分析	40
第四章 壓電拍撲微飛行器的實驗驗證	44	4.1 單片 THUNDER 壓電致動器的模態振型量測	44	4.1.1 單片 THUNDER 壓電致動器之位移致動量的 模擬與量測	49
4.1.2 單片 THUNDER 壓電致動器之作用力 (Block force) 量測	51	4.2 雙片 THUNDER 壓電致動器的模態振型量測	53	4.2.1 雙片 THUNDER 壓電致動器之位移致動量的 量測與模擬	57
4.2.2 雙片 THUNDER 壓電致動器之作用力量測	58	4.3 放大機構的拍撲放大倍率驗證	60	4.4 拍撲翼微飛行器的升力量測	62
4.4.1 變換仰角的升力量測	64	4.4.2 變換攻角的升力量測	66	第五章 結果討論與未來展望	68
5.1 結果討論	68	5.2 未來展望	69	參考文獻	70

REFERENCES

- 【1】高鴻 “ 平板多層翼微飛行器之機翼最佳交錯配置實驗研究 , ” 國立成功大學航空太空工程學系專班碩士論文, 2005。【2】Ron Barrett a,b ,Ross McMurtry a ,c ,Roelof Vos a,b ,Paolo Tiso a , .Roeland De Breuker a , ” Post - Buckled Precompressed (PBP) Element: A New Class of Flight Control Actuators Enhancing High-Speed Autonomous VTOL MAVs, ” a Faculty of Aerospace Engineering, Technical University of Delft, Netherlands. b Aerospace Engineering Department, Auburn University, Alabama. c Imperial College, London, UK. 【3】楊龍杰, 馮國華, 徐振貴, 馮朝剛 “ 拍撲式微型飛行系統 之研製 , ” 中國航太學會, 中華民國航學會聯合學術研討會, 2006。【4】David L. Raney, Eris C. Slominski, “ Mechanization and Control Concepts for Biologically Inspired Micro Aerial Vehicles, ” Journal of Aircraft, Vol.41, No.6, pp.1257-1264, 2004. 【5】J.Yan, R. J. Wood, S. Avadhanula, M. Sitti and R. S. Fearing “ Towards Flapping Wing Control for a Micromechanical Flying Insect, Proceeding of ICRA 2001, IEEE Conference on Robotics and Automation, pp.3901-3908, May 2001, Seoul, Korea. 【6】S. Avadhanula, R. J. Wood, E. Steltz, J. Yan and R. S. Fearing “ Lift Force Improvements for the Micromechanical Flying Insect, ” Proceeding of the 2003 IEEE/RSJ, Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems Las Vegas, Nevada October 2003. 【7】宋齊有 “ 微飛行系統相關之力學問題 ”。【8】王慶桐 “ 微飛行器穩定與控制氣動力導數鑑別研究 , ” 國防大學中正理工學院兵器系統工程研究所碩士論文, 2002。【9】張嘉原 “ 有限翼展在低雷諾數下之氣動力研究 , ” 國立成功大學航空太空研究所碩士論文, 2002。【10】何仁揚, 劉冠君, 柯凱鐘 “ 微飛行器拍撲翼的現地升力量 測研究 , ” 淡江大學機械與機電工程學系, 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果, 計劃編號: NSC-93-2212-E-032-012, 2004。【11】Barmac Taleghani, “ Validation of High Displacement Piezoelectric Actuator Finite Element Models, ” Army Research Laboratory Vehicle Technology Directorate NASA Langley Research Center Hampton, VA,

NASA/TM – 2000 – 210309 ARL-TR-2253. 【12】 Hoon Cheol Park, Kwang Jin Kimb, Sang Ki Leea, Young Joo Chaha, “ Electro-Mechanical Flapping Produced by Ionic Polymer-Metal Composites, ” Proceeding of SPIE Vol.5385, pp.242-248, 2005. 【13】 Hoon C. Park, Seung Y. Lee, Sang M. Lim, Sang K. Lee, Kwang J. Yoon, Nam S. Goo, “ Design and Demonstration of Flapping Wing Device Powered by LIPCA, ” Proceeding of SPIE Vol.5390, pp.212-216, 2004. 【14】 Moh Syaifuddin, Hoon C. Park, Kwang J. Yoon and Nam S. Goo, “.Design and Evaluation of LIPCA-Actuated Flapping Device ” Proceedings of SPIE, Vol. 5764151-158, 2005. 【15】 Domenico Campolo, Ranjana Sahai and Ronald S. Fearing “.Development of Piezoelectric Bending Actuators with Embedded Piezoelectric Sensors for Micromechanical Flapping Mechanisms, ” Proceedings. of the 2003 IEEE International Conference on Robotics & Automation Taipei, Taiwan September 14-19,2003. 【16】 林哲旭 “ 振翅翼飛行載具之探討, ” 國立成功大學航空太空工程學系碩士論文, 2005. 【17】 游智勝 “ 厚膜光阻JSR THB-430N在微影、電鑄、壓模製程之研究及其微飛行器結構製造之應用, ” 國立清華大學工程與系統科學系碩士論文, 2001. 【18】 Adam G. Cox, Daniel J. Monopoli, Michael Goldfarb and Ephraim Garcia, “ Development of Piezoelectrically Actuated Micro-Aerial Vehicles, ” SPIE Vol. 3834, p. 101-108, 1999 【19】 Adam G. Cox, Daniel J. Monopoli, Dragan Cveticanin, Michael Goldfarb and Ephraim Garcia, “ The Development of Elastodynamic Components for Piezoelectrically Actuated Flapping Micro-air Vehicles, ” Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.13, pp. 611-615, 2002. 【20】 S. Avadhanula, R. J. Wood, D. Campolo and R. S. Fearing “ Dynamically Tuned Design of the MFI Thorax, ” Proceeding-IEEE International Conference on Robotics and Automation Vol.1, pp.52-59, 2002. 【21】 Jun Hyung Kim*, Soo Hyun Kim#, Yoon Keun Kwak# “ Development and Optimization of 3-D Bridge-Type Hinge Mechanisms, ” *Senior Engineer, Samsung Electronics Co., Suwon-City, R&D Innovation Center, 416 Metan-3Dong, Yeongton-Gu, Gyeonggi-Do, Suwon 443742, Republic of Korea. # Department of Mechanical Engineering, KAIST, Daejeon, Republic of Korea. 【22】 張俊吉 “ 二階式直線微進給系統設計, ” 國立清華大學動力機械工程學系機械設計與製造組碩士論文, 2004. 【23】 范光榮 “ 液氣壓閥類元件用壓電致動器微位移放大機構設計與實驗, ” 國立雲林科技大學機械工程學系碩士論文, 2005. 【24】 蘇漢威 “ 微飛行器結構之設計製造, ” 國立清華大學工程與系統科學系微機電組碩士論文, 2001. 【25】 J.Juuti, K.Korda's, R. Lonnakko, V.-P. Moilanen, S. Leppävuori “ Mechanically Amplified Large Displacement Piezoelectric Actuators, ” Microelectronics and Material Physics Laboratories, Department of Electrical and Information Engineering, EMPRAT Research Group Infotech Oulu, University of Oulu, Finland, P.O.Box4500, FIN-90570 Oulu, Finland. 【26】 Musa Jouaneh*, Renyi Yang# “ Modeling of Flexure-Hinge Type Lever Mechanisms, ” *Department of Mechanical Engineering & Applied Mechanics, University of Rhode Island, Kingston, RI02881, USA. #Inphi Corporation, Westlake Village, CA91361, USA. 【27】 吳朗 “ 電子陶瓷-壓電, ” 全欣資訊圖書股份有限公司, 1995. 【28】 Wei Shyy, Mats Berg and Daniel Ljungqvist “ Flapping and Flexible Wings for Biological and Micro Air Vehicles, ” Progress in Aerospace Sciences, Vol. 35 pp.455-505, 1999. 【29】 薛嘉賢 “ 仿昆蟲拍翅飛行載具之轉翅時機實驗研究, ” 國立台灣大學應用力學研究所碩士論文, 2002. 【30】 戴昌賢, 何明輝, 苗志銘 “ 低雷諾數仿生振翅飛行氣動力特性之數值動態模擬, ” 中國航太學會, 中華航太學會聯合學術研討會, 2006. 【31】 Yudi Heryawan, Hoon C. Park, Nam S. Goo, Kwang J. Yoon, Yung H. Byun “ Design and Demonstration of Small Expandable Morphing Wing, ” Proceeding of SPIE Vol.5764, pp.224-231, 2005. 【32】 Nam Seo Goo, Hyun Paik, Kwang Joon Yoon, Yong Chae Jung and Jae Whan Cho “ Actuation of MAV Control Surface Using Conducting Shape - Memory Polymer Actuator, ” Proceeding of SPIE Vol.5390, pp. 194 – 201, 2004. 【33】 Michelle M. Keihl, Robert S. Bortolin, Brian Sanders, Shiv Joshi and Zeb Tidwell “ Mechanical Properties of Shape Memory Polymers for Morphing Aircraft Applications, ” Proceeding of SPIE Vol.5762, pp.143-151, 2005. 【34】 John L. Reed, Jr., Christopher D. Hemmelgarn, Bryan M. Pelley, Ernie Havens. “ Adaptive Wing Structures, ” Proceeding of SPIE Vol.5762, pp.132-142, 2005. 【35】 王少甫 “ 振翅翼之空氣動力分析, ” 國立成功大學航空太空工程學系碩士論文, 2005. 【36】 黃世銘 “ 振翅翼流場之數值模擬, ” 國立成功大學航空太空工程學系碩士論文, 2004. 【37】 吳東駿, 胡潛濱, 楊文彬, 潘大知 “ 拍撲翼之強度分析, ” 中國航太學會, 中華航太學會聯合學術研討會, 2005. 【38】 路非遙 “ 振翅翼微型飛行載具之空氣動力特性測試與分析, ” 國立成功大學航空太空工程學系碩士論文, 2001. 【39】 劉益仲 “ 低雷諾數下三維薄翼之低展弦比效應之研究, ” 國立成功大學航空太空工程學系碩士論文, 2005