

出國報告（出國類別：國際會議）

參加美國航空太空協會
「2017 科學技術論壇與展覽」

服務機關：國防大學理工學院機械及航太工程學系

姓名職稱：尤懷德 助理教授

派赴國家：美國

出國期間：自民國 106 年 1 月 6 日至民國 106 年 1 月 15 日

報告日期：民國 106 年 2 月 16 日

摘要

中華民國 106 年 1 月 6 日至 1 月 15 日期間，吾人至美國德州(Texas, USA) 參加美國航空太空協會(AIAA)舉辦之「2017 科學技術論壇與展覽(2017 SciTech)」並發表著作「俯仰平板暫態流作用力直接量測(Direct Force Measurements during Transient Flow about Pitching Flat Plates)」。依「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」規範，提報參加研討會議經驗與所見所聞，除便利公眾共享外，更可提供日後國內各機關、機構及公營事業之研發人員及大專院校教職人員參考運用。

目次

壹、	前言.....	1
貳、	會議目的.....	1
參、	會議過程.....	1
肆、	與會心得及建議.....	6
伍、	致謝.....	8
陸、	參考資料.....	8

壹、 前言

本報告係依據「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」相關規定撰擬，旨在提報個人開會經驗與所見所聞，並提供日後國內大專院校相關教職人員或研發人員參考運用。

貳、 會議目的

美國航空太空協會每年元月舉辦科學技術論壇與展覽(AIAA Science and Technology Forum and Exposition, 亦稱 AIAA SciTech)。今年西元 2017 年舉辦地點位於美國德州格雷普韋恩市的蓋洛德得克薩斯飯店 (Gaylord Texan, Grapevine, TX, USA)，活動時間自 2017 年 1 月 9 日至 1 月 13 日止，為期 5 日。活動內容包含技術會議(Technical conference)、論壇(Forum)、及展覽(Exhibition)等 3 部分，提供來自全球各地科學家、工程師及技術員以技術文章或海報方式交流分享著作，進一步發展自我專業網絡。

本次參加會議主要目的是發表著作，著作英文名稱「Direct Force Measurements during Transient Flow about Pitching Flat Plates [2]」，中文譯為「俯仰平板暫態流作用力直接量測」。文章主要以實驗方式探討暫態流場流經定俯仰加速度平板特徵，有別於以往常被學者們使用的定俯仰速率平板，探討空氣動力學之升力和阻力的生成，以及非定常流場過渡至定常流場之暫態現象。結合今年科技部專題研究計畫「俯仰機翼非環流效應探討」，進一步瞭解俯仰加速度與非環流效應和環流效應之間關聯。文中數據是年前就讀美國密西根大學航太工程學系未公開實驗數據，該實驗於循環水洞(Luis P. Bernal 教授負責)環境下進行，並與 Luis P. Bernal 教授共同發表文章。有意願投稿參加技術會議者必須於前年 6 月前提出初稿文章，約 8 月中接獲主辦單位通知是否文章被接受發表，約 12 月初將完稿文章上傳。未於期限內上傳文章者，該文章將被撤銷，不能於會議中發表。投稿者必須參加會議並口頭報告文章內容，所發表文章才能被收錄於研討會論文集(conference proceedings)，發表人也才有權閱覽該年度研討會論文集任何一篇文章。

參、 會議過程

格雷普韋恩市(Grapevine)靠近達拉斯/沃斯堡國際機場(DFW)，是美國德州(Texas)最大最繁忙的民用機場。國內航空公司所規劃國際航線中，沒有從桃園國際機場(TPE)飛往達拉斯/沃斯堡國際機場(DFW)班機，為使行程與經費核銷等作業順遂，本行程請國內旅行社代購飛機票，搭乘美國航空(American ariline)。吾人於 106 年 1 月 6 日由台灣桃園國際機場搭機飛往達拉斯/沃斯堡國際機場，1 月 14 日回程，中途於日本東京成田機場(NRT)轉機，其餘研討會行程與工作內容摘要如表。

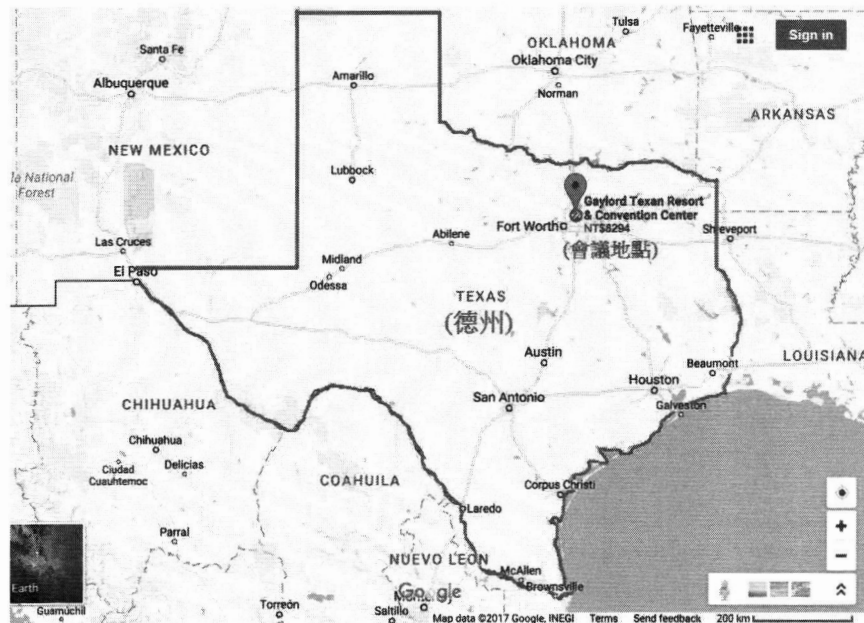


圖 1 美國航空太空協會「2017 科學與技術論壇與展覽」地點。

一、技術會議(Technical Conference)

今年美國航空太空協會「科學與技術論壇與展覽」之技術會議包含以下 11 個會議同時段進行：

1. 第 25 屆自應適結構會議(25th AIAA/AHS Adaptive Structures Conference)。
2. 第 55 屆航空科學會議(55th AIAA Aerospace Science Meeting)。
3. 大氣飛行機構學會議(AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference)。
4. 航空資訊技術會議(AIAA Information Systems - Infotech @ Aerospace Conference)。
5. 制導與導航及控制會議(AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference)。
6. 模式與模擬技術會議(AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference)。
7. 第 19 屆非決定性方法會議(19th AIAA Non-Deterministic Approaches Conference)。
8. 第 58 屆結構與結構動力學及材料會議(58th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference)。
9. 第 10 屆太空資源運用座談(10th Symposium on Space Resource Utilization)。
10. 第 4 屆太空載具結構會議(4th AIAA Spacecraft Structures Conference)。
11. 第 35 屆風能座談(35th Wind Energy Symposium)。

本次所投稿文章屬第 55 屆航空科學會議(55th AIAA Aerospace Science Meeting)，文章列屬「流體動力學(Fluid Dynamics，縮寫 FD)」之「非定常量測

(Unsteady Measurements)」。今年「流體動力學」接受 286 篇文章發表，占所有文章數量百分之 13.42，該領域文章發表數量最多，其次為「應用空氣動力學」占所有文章百分之 10.37。今年技術會議發表文章共有 43 種領域，共計 2,131 篇，與去年 2,166 篇大致相同。各領域文章數量統計如表 2。

(一) 文章發表

技術會議議事安排與往年大致相同，口頭發表每日分早上場次(0930 開始)與下午場次(1400 開始)，各場次最多安排 7 場口頭報告，口頭報告限時 30 分鐘(含問題提問 5-10 分鐘)。另依大會規定，發表人於會議結束後得將文章修改更新，但文章修改內容僅限於錯別字等小錯誤，若文章內容需要大幅度修改者，該協會鼓勵發表人將需大幅修改後文章投稿於美國航空太空協會所發行的期刊典藏。

吾人口頭發表時間被安排於美國當地時間 2017 年 1 月 11 日 0930 時，文章譯名為「俯仰平板暫態流作用力直接量測(Direct Force Measurements during Transient Flow about Pitching Flat Plates)」[2]。中、英文摘要如下，簡報內容如附錄。

(二) 中文摘要

本文利用直接量測作用力(direct force measurement)技術，探討攻角(angle of attack)對定俯仰加速度平板機翼所產生的暫態流(transient flow)現象影響。文中所使用的定俯仰加速度運動與一般常用的定俯仰速率運動不同，但可在較短時間內產生相當大的空氣動力。機翼從零度攻角俯仰至一最大攻角(Maximum angle of attack)，最大攻角的範圍從 3 度到 42 度，俯仰樞軸置於中弦軸線，自由流場雷諾數為 8,900。文中亦探討機翼平面形狀之影響，機翼平面形狀包含矩形、梯形和三角形等三種，機翼有效展弦比為四。實驗結果顯示非定常作用力隨著最大攻角增加而增強，機翼在運動過程中產生正法向作用力與負軸向作用力之極值。機翼在最大攻角下，未到達定常前發生暫態過渡現象，使得法向作用力係數和軸向作用力係數呈現振盪行為，進而使得升力係數和阻力係數產生振盪變化。作用力振盪過程中，正法向作用力之極值與負軸向作用力之極值在同相位。矩形翼和梯形翼所產生的振盪效應較三角翼形所產生的效應激烈，尤其在最大攻角大於 24 度狀況下。史屈霍數(Strouhal number)分析結果更透露機翼靜止最大攻角探討範圍下，流場自擾動後過渡到達定常狀態前存在著兩種渦流動力系統。

(三) 英文摘要

表 1 行程摘要(美國時間)

日期	2017/1/9	2016/1/10	2016/1/11	2016/1/12	2016/1/13
起訖地點	美國德州	美國德州	美國德州	美國德州	美國德州
工作紀要	報到與會	與會、練習簡報	與會、口頭簡報	文章編修	文章編修

This paper presents transient flow phenomena in terms of angles of attack by means of direct force measurement on pitching flat plate wings at a constant pitch acceleration. The wing motion is different from the most commonly used wing motion at constant pitch rates but generates comparable aerodynamics in a relatively short time. The wings were pitched from zero to maximum angles of attack ranging from 3 degrees to 42 degrees at mid-chord in a constant free stream Reynolds number of 8,900. Three wing planform shapes with the same effective aspect ratio four are considered: rectangle, trapezoid, and triangle. Results show that the unsteady forces are developed following the similar trend as the maximum angle of attack is increased, giving a positive normal force and negative axial force extreme. The transient flow,

表 2 美國航空太空協會「2017 科學技術論壇與展覽」之技術會議各領域文章發表數量。

AA	ABPSI	ACD	AFM	AMT	APA	ASC	CMS	DA	DE
48	12	53	63	68	221	32	3	3	16
EDU	FD	GEPC	GNC	GT	GTE	HIS	HSABP	ICC	IS
11	286	12	182	43	39	4	40	5	27
ISC	MAT	MDO	MST	MVC	NDA	OPS	PGC	PC	PDL
19	34	55	78	20	62	6	30	134	58
SATS	SCS	SD	SE	SEN	SOF	SRE	STR	SUR	TES
24	27	135	9	12	8	12	56	9	19
TP	UMS	WE							
58	44	54							

符號說明：AA (Aeroacoustics), ABPSI (Air Breathing Propulsion Systems Integration), ACD (Aircraft Design), AFM (Atmospheric Flight Mechanics), AMT (Aerodynamic Measurement Technology), APA (Applied Aerodynamics), ASC (Adaptive Structures), CMS (Computer Systems), DA (Digital Avionics), DE (Design Engineering), EDU (Education), FD (Fluid Dynamics), GEPC (Green Engineering), GNC (Guidance, Navigation, and Control), GT (Ground Testing), GTE (Gas Turbine Engines), HIS (History), HSABP (High Speed Air Breathing Propulsion), ICC (Information and Command & Control Systems), IS (Intelligent Systems), ISC (International Student Conference), MAT (Materials), MDO (Multidisciplinary Design Optimization), MST (Modeling and Simulation Technologies), MVC (Meshing, Visualization, and Computational Environments), DA (Non-Deterministic Approaches), OPS (Space Operation and Support), PGC (Pressure Gain Combustion), PC (Propellants and Combustion), PDL (Plasmadynamics and Lasers), SATS (Small Satellites), SCS (Spacecraft Structures), SD (Structural Dynamics), SE (Systems Engineering), SEN (Sensor Systems), SOF (Software Systems), SRE (Space Resources Utilization), STR (Structures), SUR (Survivability), TES (Terrestrial Energy), TP (Thermophysics), UMS (Unmanned Systems) · WE (Wind Energy)。

occurring at the maximum angles of attack before steady state, gives oscillatory characteristics on both normal force and axial force coefficients, and further yields oscillatory lift and drag coefficients. The multiple extremes of positive normal force and negative axial force are in phase. These oscillation phenomena are more vigorous for rectangular and trapezoidal wings, especially at the angle of attack higher than 24 degrees, than for triangular wing. Two types of vortex dynamic system are further revealed from Strouhal number analysis.

二、論壇

除技術會議外，同時進行的活動尚包含演講與論壇(議題如表 3)，由於部分行程與技術會議行程衝突，與會人員無法參加所有活動，必須選擇性參加。

論壇實施的方式有兩種：一種方式是由議題主講人全程報告；另一種方式是由主持人與事前受邀專家學者以討論或經驗分享方式進行，台上人員包含主持人計最多有 6 位專家學者。論壇與會人員可以透過指定網址提問，部份問題會直接從該網址直接回答，主持人會將部分問題收集成問題集，在論壇進行中提問。對案內論壇議題感興趣同仁可透過以下網址點選觀賞。

<http://livestream.com/AIAAvideo/scitech2017>

三、展覽

參加展覽攤位計有 58 家，以下是吾人感興趣廠商有「粒子影像測速儀器」廠商 LaVision 與 TSI 等兩家、「相機」廠商有 Hadland Imaging 與 Photron 等兩家、

表 3 美國航空太空協會「2017 科學技術論壇與展覽」論壇議題。

日期	1/9	1/10	1/11	1/12	1/13
主題 演講	0800-0900 Setting the Landscape - Factors Driving Today's Disruptive Environment	Innovation to Enable NASA's Journey to Mars	Disruptive Policy Issues - Presidential Transitions	Disruptive technology Developments-Breakthroughs that will Transform Aerospace	Next-Generation Workforce
論壇	0930-1130 CREATE: Enabling Innovation Through Computational Prototypes and Supercomputers	Future of the Aerospace Industry and Workforce Needs	Space Traffic Management	Managing Change During the Development of Disruptive Technologies	
	1400-1600 NASA Langley Centennial - A Storied Legacy Soaring Future	Geoengineering to Mitigate Climate Change - Is There a role for Aerospace?	Transitioning Your Idea from the Lab to Flight Test	NASA Innovative Advanced Concepts: Enabling Missions from Venus to Alpha Centauri	



圖 2 議事手冊與識別證。

「CFD 軟體」廠商有 ANSYS、Cambridge Flow Solutions、Convergent Science、Cradle North America 及 XFlow CFD 等。

肆、 與會心得及建議

一、技術會議

參加本次技術會議除發表文章外，吾人亦關注飛機的機動性能(亦可稱為靈敏度或敏捷度)研究之發展。飛機的機動性能與機翼姿態改變有高度相關，且流體流經正在改變姿態的機翼，對機翼產生的效應與「時間」參數緊密相連，該流場稱之為非定常流場(Unsteady flow)。反之，所產生的效應與「時間」這項參數沒有關聯或關聯性低時，則視為定常流場(Steady flow)。雖然飛機的超機動能力(Supermaneuverability)曾於 1950 年代後期引起學者們紛紛投入精力研究，企圖瞭解為何或如何使飛機在高攻角姿態下飛行而不會產生失速現象。然而，隨著無人機的發展與廣泛運用的趨勢，其超機動能力亦再次引起歐美學者研究，主要原因歸納於無人機不需要飛行員在機體內操作。在不用考量飛行員可承受的慣性力限制下，無人機可進行更高超機動操控。再則，無人機的體積可以很小，為求飛行穩定，固定機翼不再是選項，取而代之的是類似蜂鳥飛行的拍撲機翼。由於拍撲運動的複雜性加上非定常流場影響，所產生的流場對機翼的影響比以往所探討的問題更為複雜。運用流場可視化、表面壓力或剪應力分佈量測及直接測力等技術



圖 3 口頭報告照片。

取得數據，然後進行交叉比對探討相關氣動力學理論，這樣的研究方式逐漸成為探討這類複雜流場必須要件，不再侷限於單一技術運用，歐美頂尖大學皆有技術能量進行類似研究。這些實驗數據可進一步提供計算流體力學領域學者作為驗證依據與理論推導。

綜觀與會學者們所探討的俯仰機翼運動模式仍以定速率為主，與吾人發表探討的定加速度俯仰運動之機翼有所不同，加速度運動造成非定常流場對機翼所產生非環流效應影響仍需進一步更深入探討，可參考文獻量甚少，歡迎國內同仁共同參與研究。

二、論壇

論壇中提及破壞式環境(Disruptive environment)與破壞式技術(Disruptive technology)對於現今航空與太空發展的衝擊，其概念就是將現有成熟的技術以他人從來未見過的方式運用與呈現，滿足產業界的需求。Uber 運作模式被視為當今相當成功的破壞性技術運用，該公司以新思維將全球定位系統(GPS)結合網絡平台介面，為需求者增加交通運輸工具選項，也增加工作機會選項，但同時也衝擊各國法律規章。這破壞式技術仰賴隨手可得的資訊環境，其環境建置須運用電腦運算網絡、衛星、智慧型手機等成熟技術基礎方能成功，這交錯複雜的環境背景被視為破壞式環境，有別過去資訊匱乏的單調環境。破壞式技術或破壞式環境正影響我們對於發明(Invention)和創新(Innovation)體會，其背後所隱藏的高風險

與高報酬正衝擊產、官、學界現有制度與定位。與會人員表示政府如何因應正在進行的變化具權重性影響，其附屬研究部門被認為是驅動創新技術重要環節。




另一方面，美國國防部為改善整體採購過程，約自西元 2008 年贊助 HPCMP (High Performance Computing Modernization Program) CREATE (Computational Research Engineering Acquisition Tools and Environments)計畫，參與航空載具 (Air-vehicles)學者在論壇中分享研究進度，所開發的分析軟體包含 Kestrel(模擬定翼機飛行)、HELIOS(模擬旋翼機飛行)、Firebolt (模擬定翼機與旋翼機推進系統)、Sentri (模擬電磁波)等，可模擬直升機降落航艦氣流分佈或是投彈過程與飛機飛行交互影響。計畫執行已經快 10 年，這樣研究計畫週期與效益可以作為我國研發計畫擬定時參考。

伍、 致謝

感謝科技部支持本研究與贊助參加研討會所需經費，研究計畫編號：MOST 105-2221-E-606-007。感謝議程主持人 G. Dimitriadis 教授 (法國烈日大學 University of Liege) 協助拍照。

陸、 參考資料

- [1] Home: The American Institute of Aeronautics and Astronautics, <http://www.aiaa-scitech.org/>
- [2] Yu, H.-T. and Bernal, L.P., "Direct Force Measurements during Transient Flow about Pitching Flat Plates," 55th AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA Paper 2017-0995, Jan. 2017.
<http://dx.doi.org/10.2514/6.2017-0995>



Direct Force Measurements during Transient Flow about Pitching Flat Plates




Huai-Te Yu¹ and Luis P. Bernal²

¹ Assistant Professor, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, Taiwan, Republic Of China, htyu0504@ndu.edu.tw.

² Professor, Department of Aerospace Engineering, University of Michigan, ljb@umich.edu.

AIAA Paper 2017-0995
55th AIAA Aerospace Sciences Meeting, SciTech 2017
9 – 13 Jan. 2017
Grapevine, Texas

This work was sponsored by Ministry of Science and Technology, Taiwan, ROC through Contract MOST 106-2221-E-406-007.



Outline

- Introduction
- Experimental Setup
- Results and Discussion
 - Transient force by a rectangular wing
 - Transient force by a trapezoidal wing
 - Transient force by a triangular wing
 - Unsteady force vs. steady force
 - Strouhal number analysis
- Conclusions

Introduction

North Atlantic Treaty Organization (NATO) Scientific and Technology Organization (STO) Applied Vehicle Technology Panel (AVT) 202 cases

Baseline configuration

AR=4

Finite flat plates

AR=2

$\alpha'_m = \text{Const.}$
 $\alpha_m = 45^\circ$

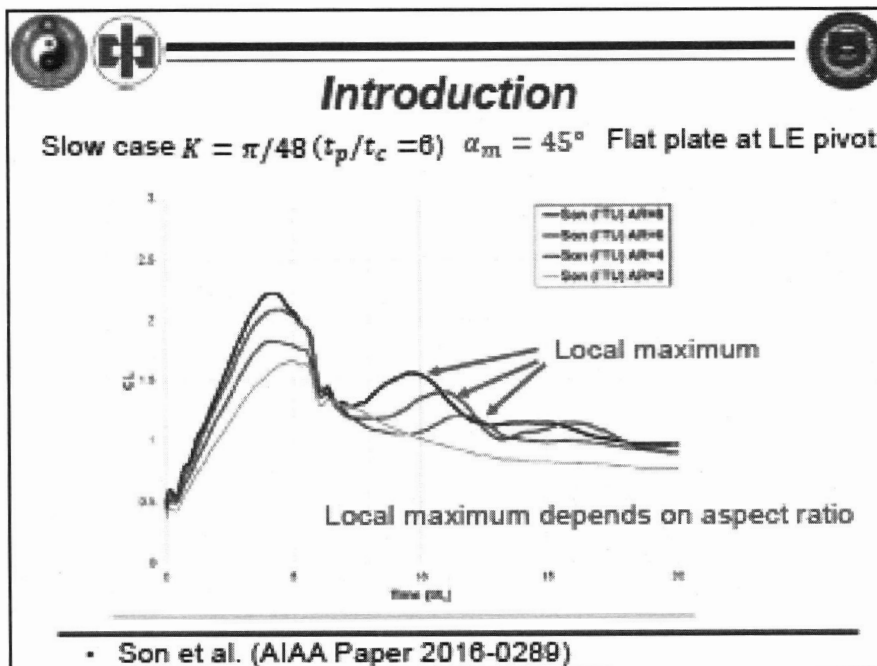
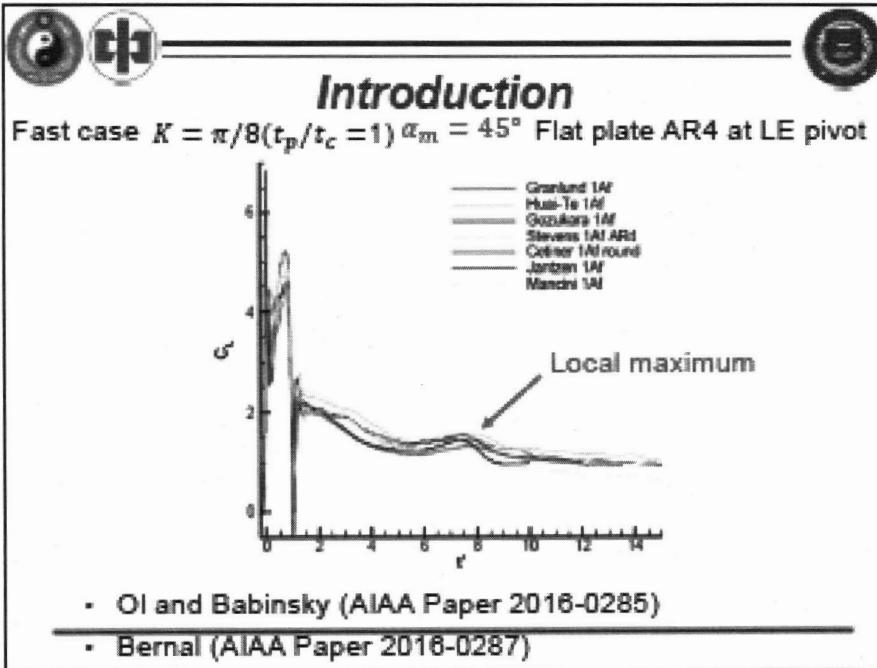
Reduced pitch rate

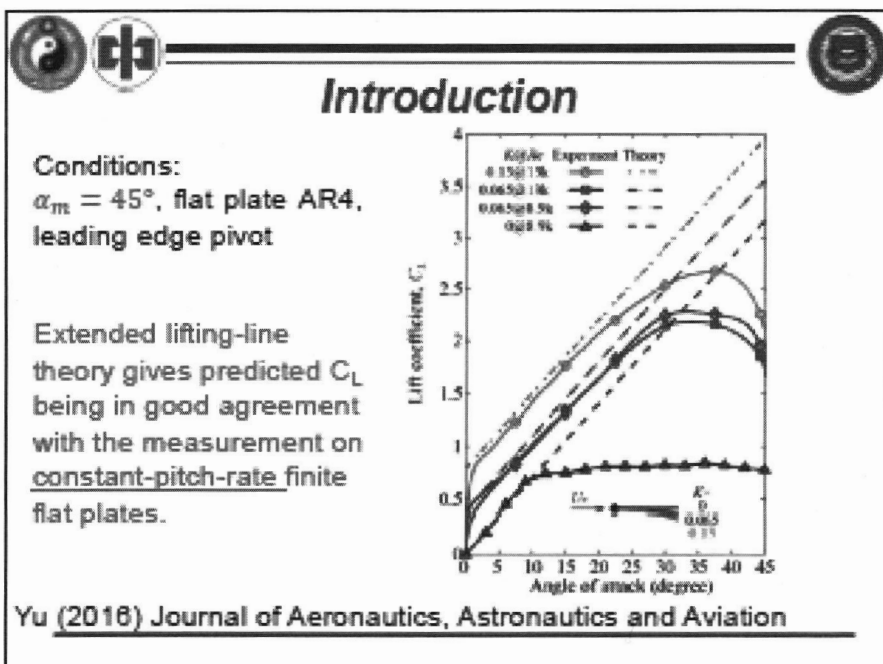
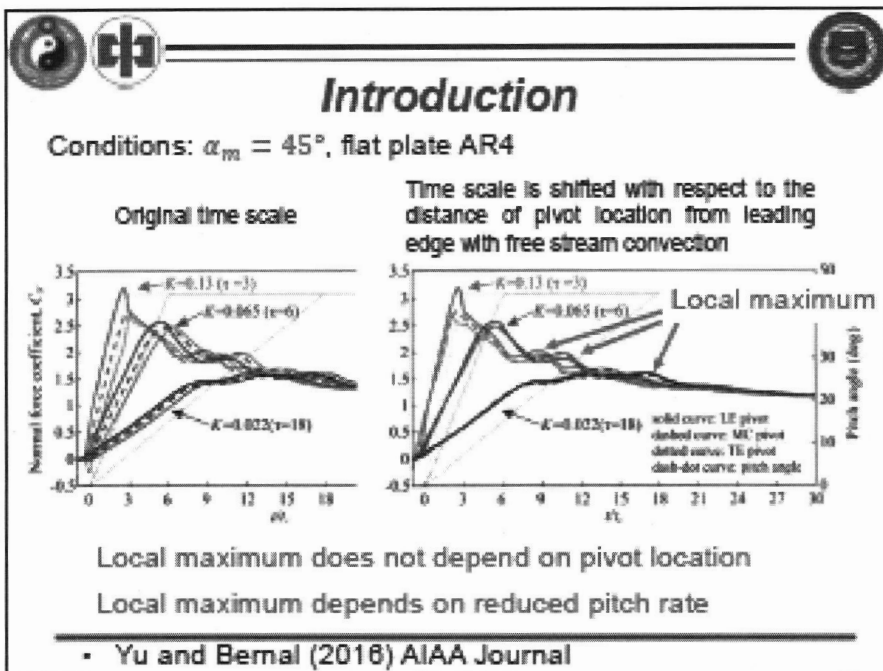
$K = 0.5c \alpha'_m / U_\infty = 0.5\alpha'_m (t_c / t_p)$ Fast case $K = \pi/8$ $t_p / t_c = 1$
Slow case $K = \pi/48$ $t_p / t_c = 6$




• Ol and Babinsky (AIAA Paper 2016-0285)

Introduction

- How does NATO AVT 202 case study inspire current work on rectilinear pitching finite-flat plates?
- Let's review some results associated with current interest!

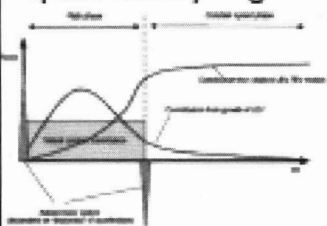




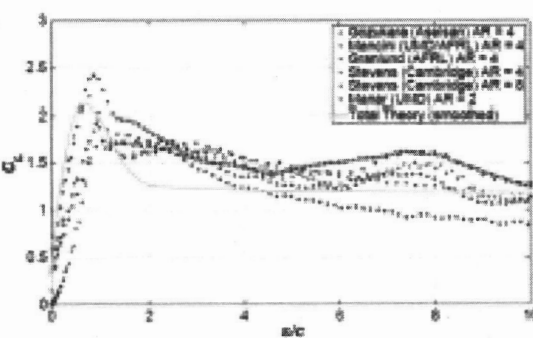




Introduction




Low-order model = non-circulatory force + vortex lift + quasi-steady angle of incidence + Magnus force



The local maximum cannot be predicted yet by the low-order model of Babinsky's.



- Babinsky et al. (AIAA Paper 2016-0290)

Introduction

- It is learnt from NATO AVT 202 that
 - The existence of local force maximum in transition phase
 - The local force maximum is a function of aspect ratio and reduced pitch rate.
 - The local force maximum is independent of pivot location.
 - More characteristics of the local force maximum need to be discovered for theoretical model development and unsteady control.

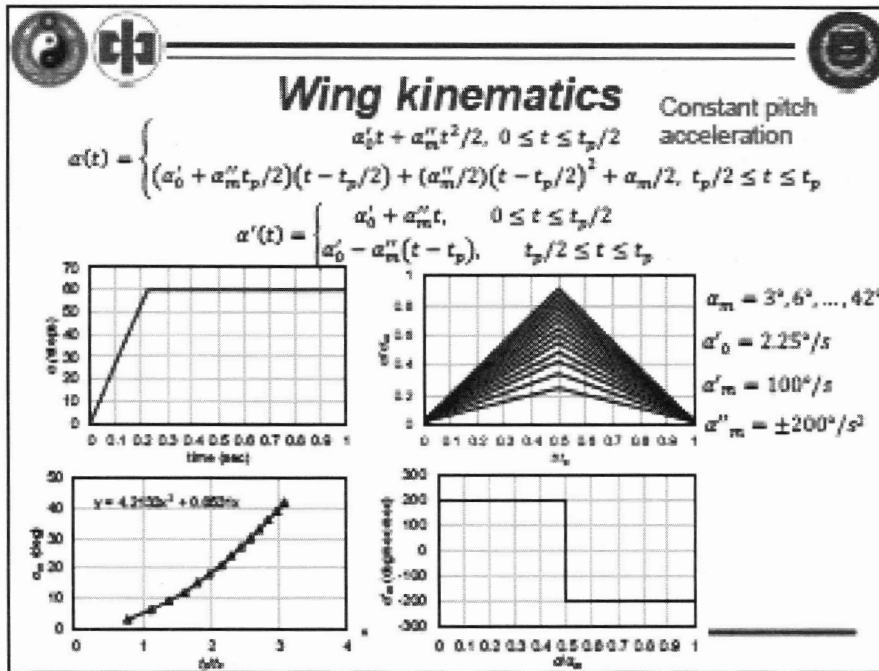
Research objectives

- Using three flat-plate wings (rectangle, trapezoid, and triangle) to study dynamic flow over pitching wing with constant pitch acceleration at mid-chord pivot at several maximum angles of attack using direct force measurement.
- To determine the transient of unsteady flow as a function of angle of attack and wing planform shape.

Experimental Setup

- Low-turbulence water channel at University of Michigan (61cm wide and 57 cm height). $U_{\infty}=17.5$ cm/s ($Re = 8,900$).
- All wings are made of Plexiglass and rounded edges.
- All wings have 2" mean chord and 4" wetted span with thickness to mean chord ratio of 6.25%.
- All wings were pitched at mid-chord.
- Force sensor is Nano 43 by ATI.
- Wing kinematics was carried out by Veimex Rotary Table B4818TS

Properties	Mass, g	Mean chord, inches	Leading-edge sweep angle, degree	Root chord, inches	Tip chord, inches	Taper ratio, t_r/t_0	Sweep angle (with reference to half chord line), degree
Rectangle	22.9	2	0	2	2	1	0
Trapezoid	24.1	2	9.46	2.67	1.33	0.5	0
Triangle	27.7	2	28.67	4	0	0	0



How to implement wings undergoing a constant pitch acceleration?

F: Enable Cw-Line mode with echo "set"

PM-1: Select and clear program

A:1M1: Set base acceleration/speed

U5: Output1 pulse high → pitch up phase

SA1M2000/1M1400: Index 24 degrees

U4: Output1 pulse low → pitch hold phase

P400: Phase 40 seconds

U5: Output1 pulse high → pitch return phase

IA1M0: Index motor to absolute zero position

U4: Output1 pulse low → relaxation phase

P90: Phase 9 seconds

L20: Loop 20 times

U5: Output1 pulse high

P5: Phase 5 seconds

U4: Output1 pulse low

K = VALUE in AmBix command

	4000	8000
1	45	151
2	100	190
3	150	220
4	200	251

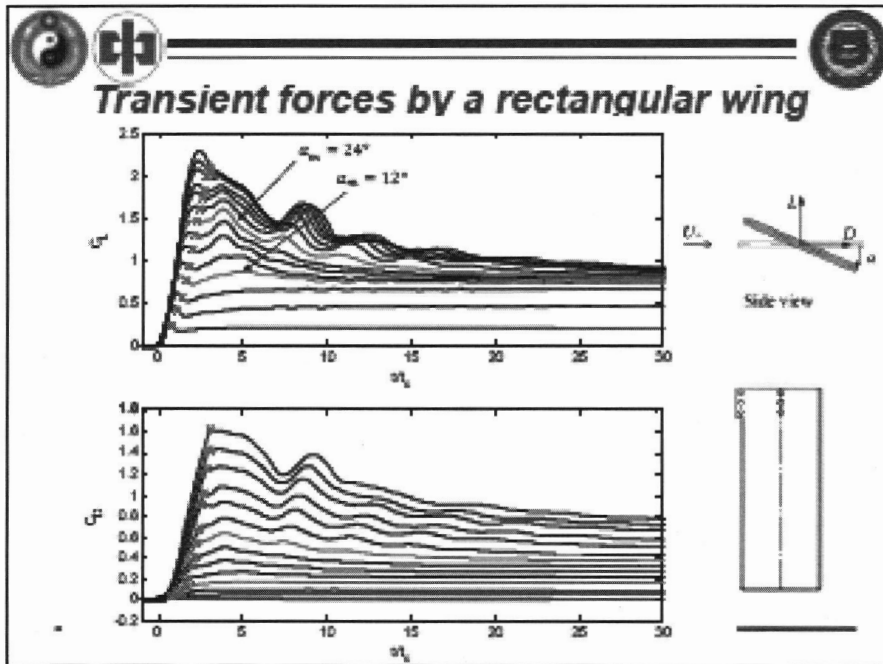
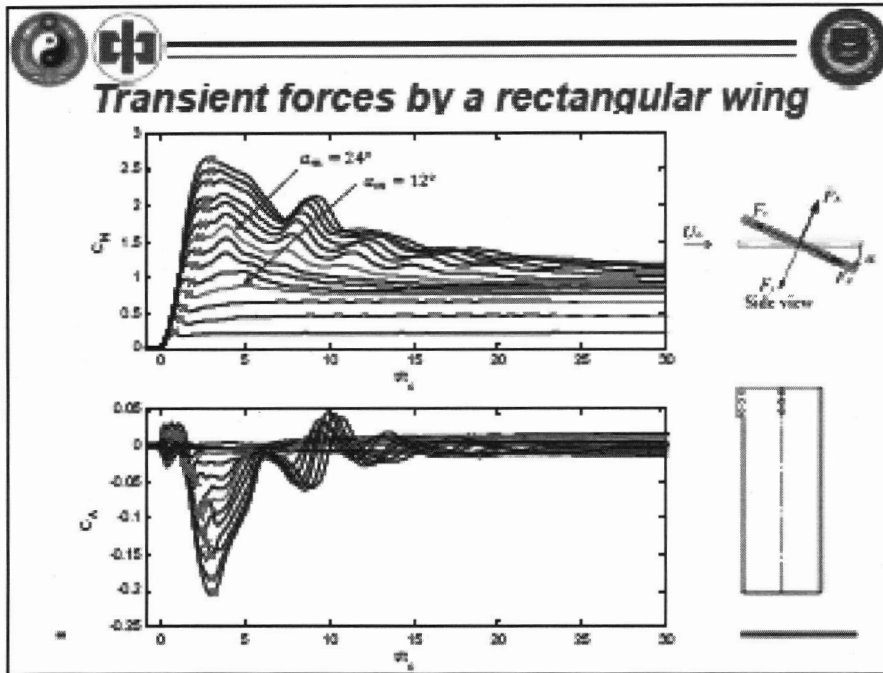
When "I" = 400, "S" = 2000, and "A" = 1 = 4000 steps/rev

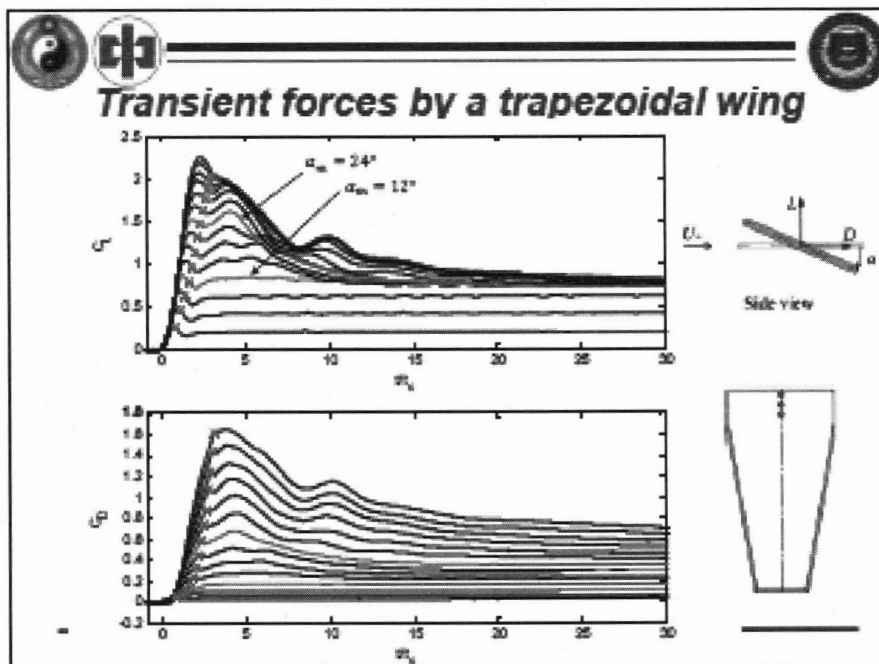
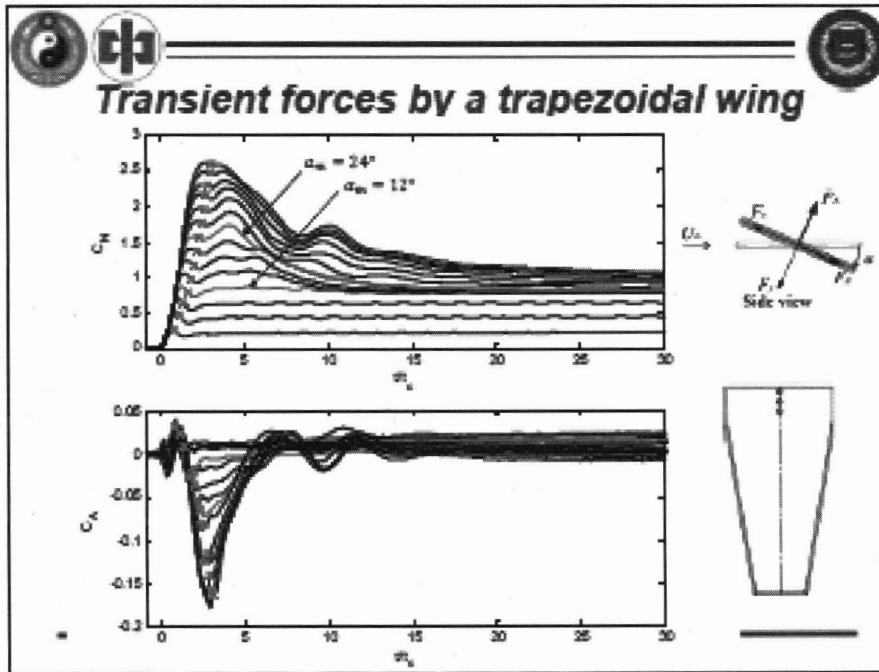
VXM Stepping Motor Controller Application
Note # AN105

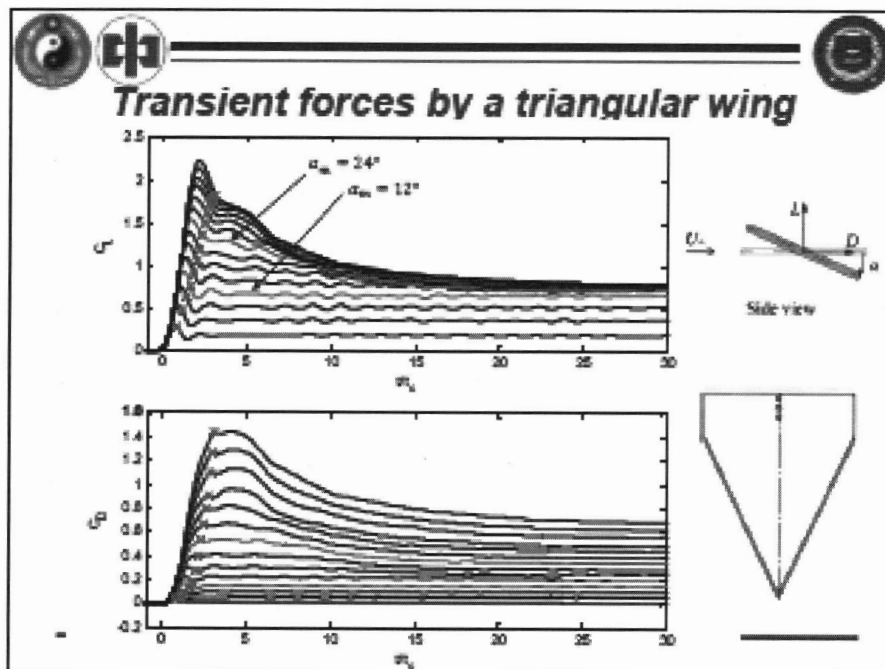
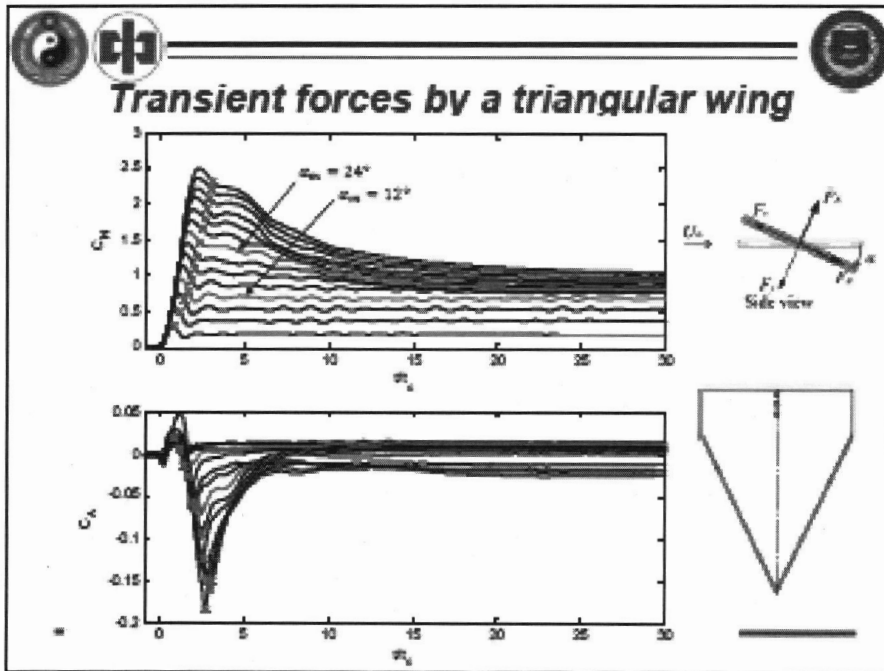
Rotary Table B4818TS

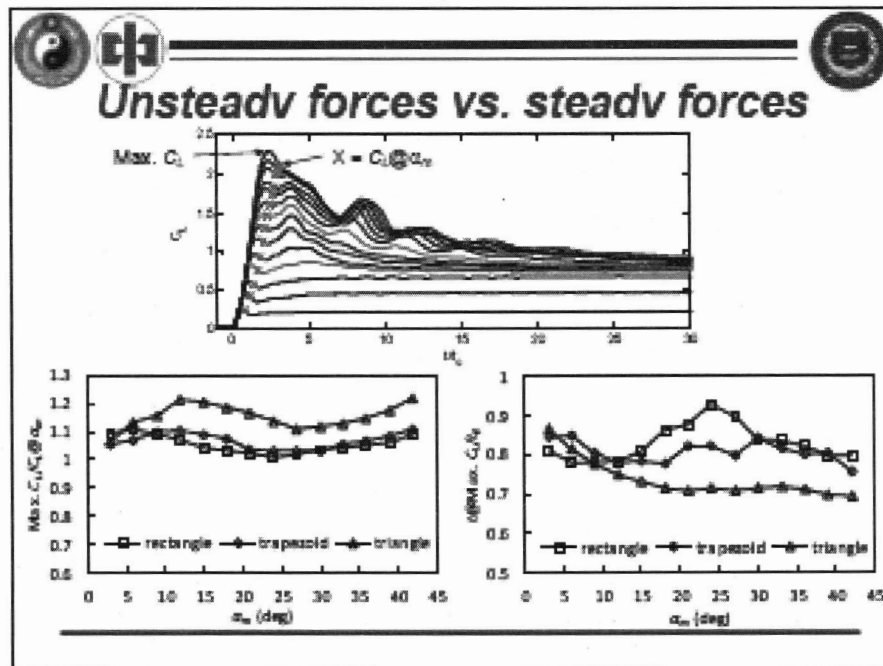
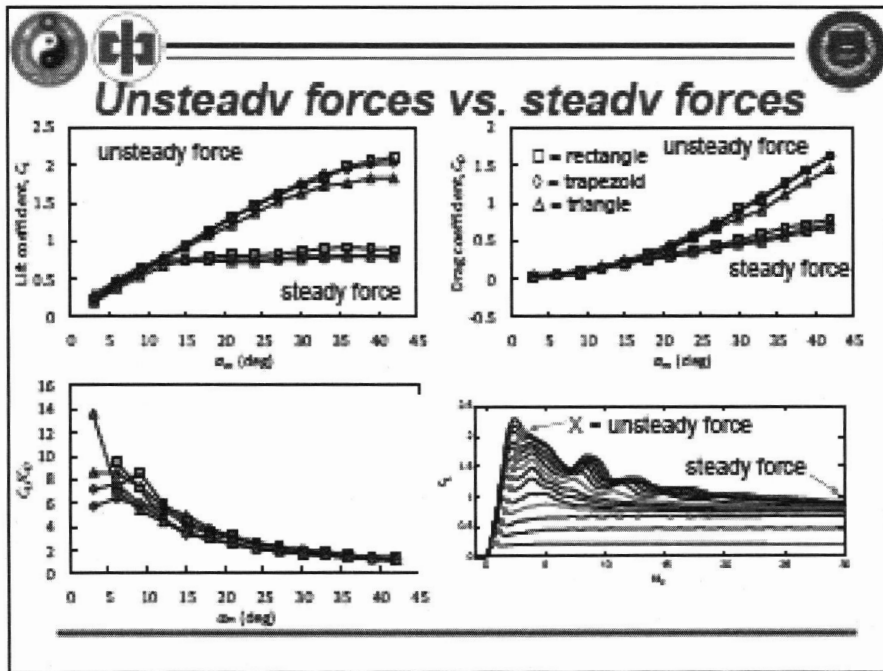
Reduced pitch rate $K = 0.5c \alpha'_m / U_\infty = 0.5\alpha''_m (t_c / t_p)$

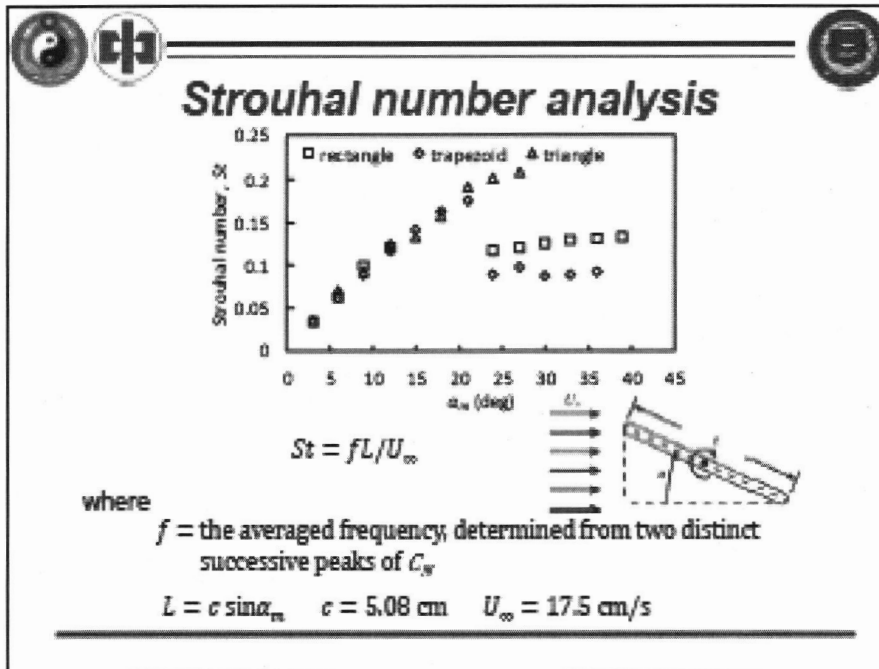
AOA	3°	8°	8°	12°	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	38°	39°	42°
$t_{c_{4000}}$	0.223	0.325	0.402	0.468	0.526	0.578	0.626	0.671	0.713	0.752	0.790	0.826	0.861	0.894
$t_{c_{8000}}$	0.224	0.325	0.403	0.469	0.527	0.579	0.627	0.672	0.714	0.753	0.791	0.827	0.862	0.895
$t_{c_{10000}}$	0.770	1.118	1.386	1.612	1.811	1.991	2.156	2.310	2.455	2.592	2.722	2.847	2.966	3.081
K	0.234	0.247	0.267	0.285	0.302	0.318	0.335	0.351	0.368	0.384	0.401	0.418	0.435	0.452











- ### Conclusions
- Normal force is tenfold larger than axial force and therefore gives the most contribution to lift and drag forces.
 - During the wing motion of all angles of attack of interest, a maximum normal force is generated and its amplitude increases with the increase of the maximum angle of attack specified. This maximum normal force is correlated with a minimum axial force with a negative value. This phenomenon suggests the attached and pressure-dominated flow.
 - During the relaxation phase at a given maximum angle of attack,
 - Both normal force and axial force of rectangular or trapezoidal wing are excited more easily to yield the course of transient oscillation than that of triangular wing.
 - For maximum angle of attack higher than 24 degrees, the Strouhal number is scattered around 0.1, that is different from the increasing Strouhal number (up to 0.2) of maximum angles of attack lower than 24 degrees.