

ISSN 1817-2954



第三十四期

修平科技大學編印

中華民國一〇六年三月出版

修平學報

第三十四期

修平科技大學 編印

中華民國一〇六年三月出版

中文目錄

1. 不同荷重下的 3D 腳底表面形狀與變化.....	杜信宏	1
2. 長條層疊板之振動對正向應力的影響.....	洪志強	15
3. 創業意圖分類方法效果之比較.....	李文明	35
4. 摻雜奈米二氧化鈦的椰殼碳超級電容之研製	趙時勉、李金翰、陳冠吟、閔庭輝	65
5. (FePt) _{1-x} Cr _x 及 (FePt) _{1-x} Cu _x 膜微結構與磁性質之研究	申繼陽、蔣忠誠、張晃暉、袁輔德	81
6. 初探蘇軾詩文中的繪畫精神-以「墨竹」為例.....	江美玲	93
7. 通路競合下合作廣告參與率之決策分析.....	黃玉鳳、林玉華、高文彬	113

Contents

1. Variations of 3D Foot Plantar Form Under Different Weight -Bearing Conditions	Hsin-Hung Tu	1
2. Effect of Vibration on the Interlaminar Normal Stress of Laminated Strips	Chih-Chiang Hong	15
3. A Comparison of the Effects of the Classification of Entrepreneurial Intention	Wen-Ming Li	35
4. Study of TiO₂ Nanoparticle Doping in Coconut-Shell Carbon on the Properties of Super Capacitor	Shi-Mian Chao, Chin-han Lee, Kuan-Yin Chen, Teen-Hang Meen	65
5. Magnetic Properties and Microstructure of (FePt)_{1-x}Cr_x and (FePt)_{1-x}Cu_x Thin Films	Chi-Yang Shen, Chung-Cheng Chiang, Huang-Wei Chang, Fu-Te Yuan	81
6. On the Spirit of Painting in Su-Shih Poems: Take "Bamboo" as an Example	Meei-Ling Jiang	93
7. Analyzing Cooperative Advertising Model under Channel Co-Opetition	Yu-Huang Huang, Yu-Hua Lin, Wen-Bing Gau	113

不同荷重下的 3D 腳底表面形狀與變化

杜信宏*

摘要

鞋墊是鞋子設計與製造重要的一環，它影響穿鞋時的舒適感，更可以提供使用者腳底的支撐，降低壓力，減緩衝擊等的功能，因此常見於足部疾病的物理治療。本研究主要目的在於量測並分析在不同荷重情形下的 3D 腳底表面形狀之變化，藉以做為鞋墊設計的參考依據。本研究採用 3D 腳型量測儀配合量測輔具來量測總共 60 位受測者（男女性各 30 位）在不同體重荷重情形下（0%，50%，95%的體重荷重）的右腳 3D 腳底表面形狀。待 3D 腳底表面形狀量測完後，透過 Anthro 3D 軟體自動地辨視出 3D 腳型上的 8 個特徵點與 2 道剖面線，再萃取出與 3D 腳底表面形狀相關的 1 個角度值，4 個 1D 尺寸值與 5 個面積值。接著，本研究以 0%荷重的尺寸值為基準將 10 個關鍵尺寸值正規化（normalization），並在不同的荷重組合（95%-50%，95%-0%，50%-0%）比較下進行成對 t 檢定。研究結果顯示，10 個尺寸值對於腳部荷重所造成的尺寸值變化量並不一致。隨著腳部荷重增加，尺寸值變化量的範圍為-32%~79%。本研究亦討論這些尺寸值的變化情形。本研究所提供這 10 個關鍵尺寸值的量化變化情形可以做為鞋墊設計的參考依據。

關鍵詞：足底表面形狀、足底面積、3D 腳型。

Variations of 3D Foot Plantar Form Under Different Weight -Bearing Conditions

Hsin-Hung Tu*

Abstract

Insole is one of the important part in shoe manufacturing. It can change the perceived shoe comfort, and had been shown to give the arch support, to reduce the plantar pressure, and to attenuate the impact force. Therefore, insoles are usually used as foot orthotics. The purpose of this study is to measure and analyze the variation of 3D foot plantar forms in different weight-bearing conditions, which could be an important reference for the insole design. A 3D foot scanner is used to scan the 3D foot plantar forms of both feet of 60 subjects, including 30 males and 30 females, in different weight-bearing conditions (0%, 50%, 95% weight-bearing). For each scan, 8 anatomical landmarks and 2 section lines are identified, and then 1 angular, 4 1-D measurements and 5 areas are extracted automatically by Anthro 3D software. Values of these 10 measurements are normalized by the ones in 0% weight-bearing, and analyzed by paired t-test in 3 weight-bearing combinations (95%-50%, 95%-0%, 50%-0%). The results showed that, responses of these 10 measurements to weight bearings are inconsistent. With respect to the weight bearing increasing from 0% to 95%, the variations of these normalized measurements range from -32% ~ 79%. The variations are important references for the insole design.

Keywords: Foot plantar forms, Foot plantar area, 3D foot forms.

壹、緒論

鞋墊是鞋子設計與製造重要的一環。鞋墊填補了腳型底部與鞋子之間的複雜 3D 空間，如圖 1，它不僅影響了使用者穿鞋時的舒適感 (Lee and Hong, 2005; Nigg et al., 1999)，更可以提供使用者腳底的支撐，降低壓力，減緩衝擊等的功能 (Witana et al., 2009; Stacoff et al., 2007)，因此許多醫師與物理治療師也常常應用各式各樣的足墊來治療或矯正患者的足部疾病，例如糖尿病患者或是扁平足患者 (Guldmond et al., 2007; Vicenzino, 2004; Nawoczinski and Janisse, 2004; Bus et al., 2004; Raspovic et al., 2000)。

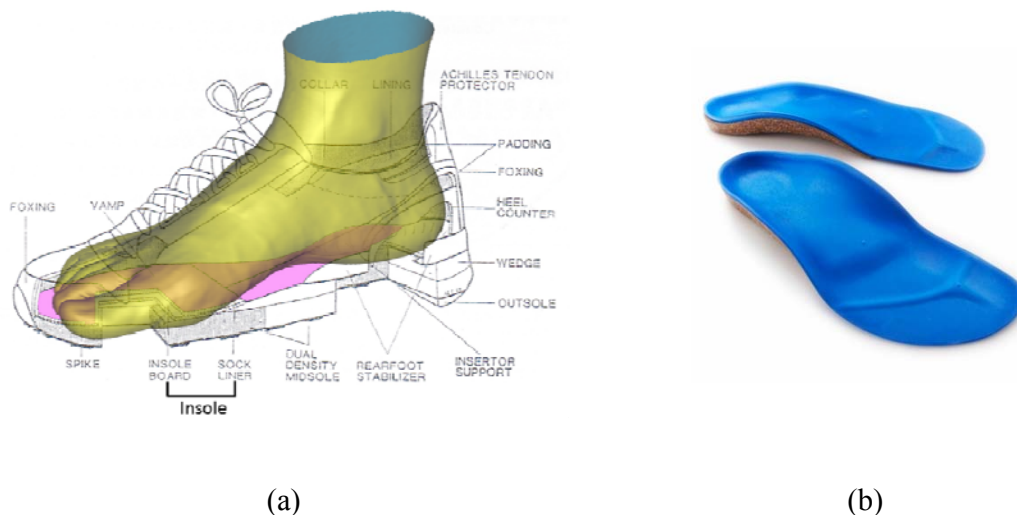


圖 1 鞋墊填補了腳型底部與鞋子之間的複雜 3D 空間

(a) 紅色區域為鞋墊 (b) 鞋墊產品

影響鞋墊功能的因素有許多種，例如足弓支撐形狀 (arch support)、厚度 (thickness)、材質硬度 (stiffness)、蹠骨墊 (metatarsal pad)、足跟墊片 (heel cap)、接觸面積 (total contact area) 等，然而許多不同的研究都指出鞋墊與腳型的接觸面積愈大，其舒適感、降低壓力、減緩衝擊等功能愈明顯 (Cheung and Zang, 2008; Cheung and Nigg, 2007; Goske et al., 2006; Lee and Hong, 2005; Branthwaite et al., 2004; Chen et al., 2003)。因此，許多研究人員也開始投入設計接觸面積大的鞋墊研究。

要設計出與腳底具有接觸面積大的鞋墊，腳底表面複雜的 3D 曲面資訊是不可或缺的，因此，近年來的研究人員經常採用 3D 量測技術來研究腳底表面形狀，例如 Lin et al. (2004) 利用平面照相與影像辨識的技術來量測雙腳在平均荷重情形下的 3D 腳底表面形狀，Kouchi et al. (2009) 利用 3D 攝影與辨識技術來量測行走時的四個 3D 腳型

剖面線，以及 Sun et al. (2009) 利用 3D 量測技術來量測無荷重的腳底表面形狀，並利用 CAD/CAM 技術製造出 3/4 鞋墊（不包括腳趾區）。這些研究對於 3D 腳底表面形狀研究都有其貢獻，然而其或因荷重情形不同，或因量測技術與量測程序的限制，而無法提供足夠的不同荷重下的 3D 腳底表面形狀與資訊，因此本研究嘗試應用 3D 量測技術配合軟體自動辨識的技術來量測三種不同荷重情形下的 3D 腳底表面形狀。

本研究主要目的在於量測並分析在不同荷重情形下的 3D 腳底表面形狀之變化，藉以做為鞋墊設計的參考依據。

貳、研究方法

本研究招募我國國人（男女性別分別計算）平均身高附近的受測者男女性各 30 位，總共 60 位受測者，採用 3D 腳型量測儀來量測受測者左右腳在 3 種不同荷重情形下（0%，50%，95%的體重荷重）的 3D 腳底表面形狀。量測完成後，透過 Anthro 3D 軟體的腳底分析模組來辨識關鍵的 8 個腳型特徵點與 2 道剖面線（足印輪廓線、足弓剖面線），並萃取出與 3D 腳底表面形狀相關的 8 個尺寸值。最後，分析這些 8 個關鍵尺寸值在這三種不同體重荷重情形下的變化情形。

一、受測者

本研究依清華大學王茂駿教授等人所研究完成的台灣地區人體計測調查結果（王茂駿等人，2002）—國人男性平均身高為 168.71cm（標準差 5.58cm），國人女性平均身高為 156.31cm（標準差 4.92cm）—來招募身高在平均值正負 1 個標準差之內的男女性受測者各 30 位。因此，本研究招募男性受測者的身高範圍在 163.13~174.29cm，女性受測者的身高範圍在 151.39~161.23cm。受測者腳部外觀需無明顯可觀察之變形與外傷，或是無腳部結構相關之手術或病史。

二、量測方法

本研究採用 3D 腳型量測儀來進行受測者在 3 種不同荷重情形下（0%，50%，95%的體重荷重）的 3D 腳底表面形狀量測。本研究同時設計一組輔具來協助受測者可以在不同的荷重情形之下，保持姿勢穩定，讓量測得以順利進行。

本研究擬採用工研院光電所研發的 3D 腳型量測儀為主要量測工具。這部 3 腳型掃描儀配備有 4 個量測測頭。每個測頭是由一個雷射投影器和 CCD 鏡頭（如圖 2）所組成。其量測精確度為 $\pm 0.8\text{mm}$ 。

本研究設計一組的量測輔具來協助受測者保持量測姿勢，其中包括了一個可利用油壓升降的可調式升降座椅，兩座腳踏平台，以及一根立式輔助桿（圖 3）。可調式升降座椅可以協助受測者採用坐姿來量測 0% 體重荷重（無荷重）情形下的 3D 腳底表面形狀。腳踏平台提供受測者在量測荷重情形時，非受量測腳的支撐平面，其高度為 42cm，與 3D 腳型量測儀的量測平面同高。立式輔助桿則提供受測者在量測 95% 體重荷重下的 3D 腳底表面形狀的手部支撐點，讓受測者可以穩定其身體。

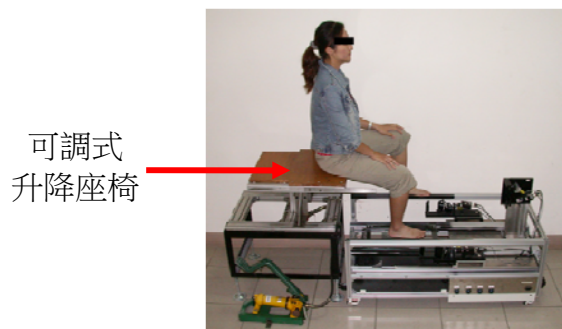


圖 2 3D 腳型量測儀與量測輔具：可調式升降座椅；此圖亦為 0% 體重荷重的右腳量測情形，受測者坐在座椅上頭，右腳自然踩放在強化玻璃（量測平面）。

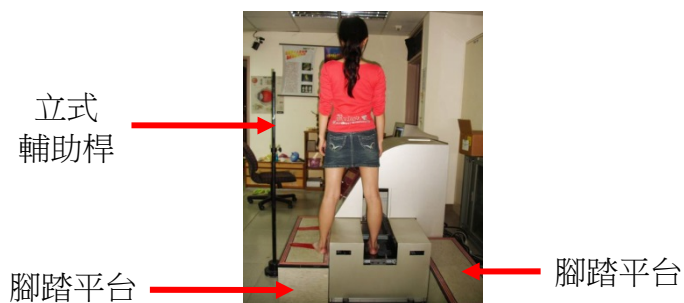


圖 3 量測輔具：腳踏平台、立式輔助桿；此圖為 50% 體重荷重的右腳量測情形，受測者右腳踩放在量測平台（強化玻璃）上頭，左腳採放在腳踏平台，體重自然平均分配在雙腳。



圖 4 量測 95%體重荷重在右腳的情形。受測者右腳踩放在量測平台上頭，左腳腳跟微微抬高，讓體重集中在右腳。

每一位受測者總共需量測其左右腳在 3 種不同體重荷重下的 3D 腳底表面形狀，分別是 0%體重荷重，50%體重荷重，以及 95%體重荷重。量測步驟如下：

在量測 0%體重荷重的 3D 腳底表面形狀之時，實驗人員先將座椅升高至離 3D 腳型量測儀的量測平面（強化玻璃）約 60cm 高之處後，由受測者坐上可調式升降座椅並讓右腳自然下垂，接著再由實驗人員協助將座椅慢慢的降下來，直到右腳的腳底平放在強化玻璃（參考圖 2），並進行 3D 量測。

在量測 50%體重荷重的 3D 腳底表面形狀之時，受測者以自然張開雙腳的姿勢，將右腳踩放在 3D 腳型量測儀的量測平面（強化玻璃），左腳則採放在腳踏平台上頭（參考圖 3），此時讓受測者的體重平均分配在雙腳，並進行 3D 量測。

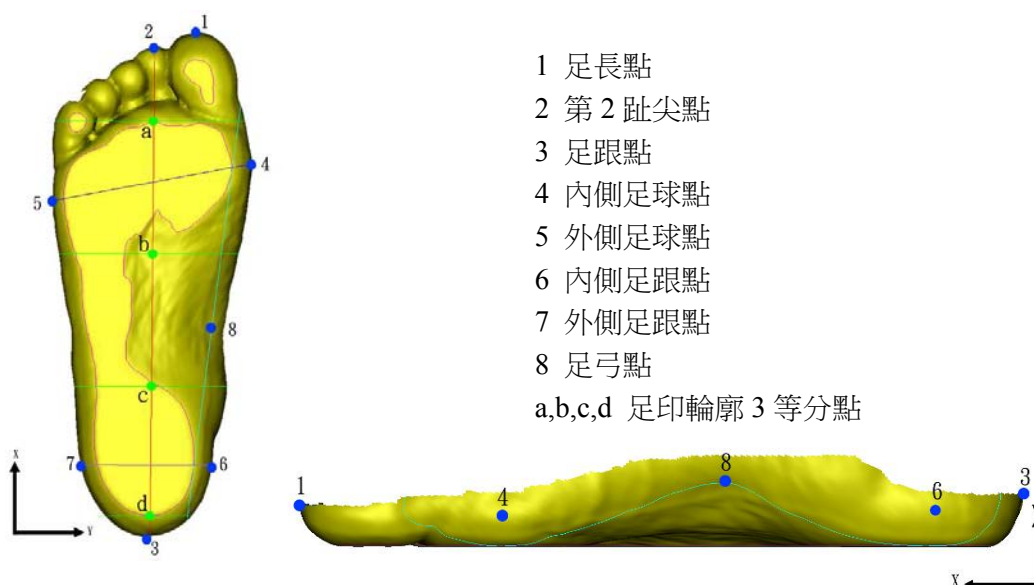
在量測 95%體重荷重的 3D 腳底表面形狀之時，受測者以自然張開雙腳的姿勢，將右腳踩放在 3D 腳型量測儀的量測平面（強化玻璃），然後將左腳則採放在腳踏平台上頭，接著請受測者微微抬起左腳腳跟，使其體重集中在右腳，如圖 4。必要時，受測者的左手可以稍微握住立式輔助桿借以穩定身體。此時受測者的體重主要集中分配在右腳，並進行 3D 量測。

三、腳底表面形狀尺寸值

3D 腳型底表面形狀分割出來後，再辨識出 8 個關鍵解剖標記點與 2 道剖面線。8 個關鍵解剖標記點包括有足長點（foot length point），第 2 趾尖點（tip of 2nd toe），內側足球點（medial ball point），外側足球點（lateral ball point），足跟點（heel point），內側點足跟點（medial heel point），外側足跟點（lateral heel point），以及足弓點（arch point），如圖 5 所示。前 7 個解剖標記點的定義是參考 Webb Associates (1978) 來決定的，足弓點的定義則與 Tsung et al. (2003) 一樣，其定義為：由通過足印輪廓的內側切

線 (medial tangent line) 而垂直量測平面與 3D 腳型面表面資料相切後得到的足弓剖面線，其內側最高點為足弓點。2 道剖面線則包括有足印輪廓線 (footprint) 與足弓剖面線 (arch section line)。

待 8 個關鍵解剖標記點與 2 道剖面線辨識完成後，再萃取出 10 個關鍵尺寸值：全腳印面積，前足印面積，中足印面積，後足印面積，全足印面積，足弓高度，足弓角度，腳掌寬，腳掌長，後足跟寬。10 個關鍵尺寸值的定義如表 1 所示。



- 1 足長點
- 2 第 2 趾尖點
- 3 足跟點
- 4 內側足球點
- 5 外側足球點
- 6 內側足跟點
- 7 外側足跟點
- 8 足弓點
- a,b,c,d 足印輪廓 3 等分點

圖 5 3D 腳底表面形狀的 8 個關鍵解剖標記點與 2 道剖面線。紅色剖面線是足印輪廓線，通過足印輪廓線內側的青色切線足弓剖面線

表 1 3D 腳底表面形狀的 9 項關鍵尺寸

編號	尺寸值名稱	尺寸值定義
1	腳掌長	第 2 趾尖點與足跟點在量測平面 (XY 平面) 上的投影點之間的直線距離，此即為足長軸的長度。足長軸平行 X 軸。
2	腳掌寬	內外側足球點在量測平面 (XY 平面) 上的投影點之間的直線距離。
3	足弓高度	足弓點到腳底量測平面 (XY 平面) 的垂直距離。
4	足弓角度	足弓點到中段足印輪廓內側 (medial) 觸地點的連線，與量測平面 (XY 平面) 的夾角。
5	後足跟寬	內外側足跟點在量測平面 (XY 平面) 上的投影點之間的直線距離。
6	足印投影面積	足印輪廓線內在量測平面 (XY 平面) 上的投影總面積 (不包括

		腳趾部位)。
7	全腳印輪廓投影面積	3D 腳型全腳型的外圍在量測平面 (XY 平面) 上的投影總面積 (含腳趾部份)
8	前足印面積	不包括腳趾部份下的足印輪廓線, 以其 X 軸向上的長度為準, 將長度分為 3 等分, 前 1/3 包含的面積。參考圖 3-6, ab 兩點間的足印輪廓線面積。
9	中足印面積	不包括腳趾部份下的足印輪廓線, 以其 X 軸向上的長度為準, 將長度分為 3 等分, 中間 1/3 包含的面積。參考圖 3-6, bc 兩點間的足印輪廓線面積。
10	後足印面積	不包括腳趾部份下的足印輪廓線, 以其 X 軸向上的長度為準, 將長度分為 3 等分, 前 1/3 包含的面積。參考圖 3-6, cd 兩點間的足印輪廓線面積。

四、數據分析

本研究將受測者的 10 個關鍵尺寸值萃取出來之後, 首先以 0% 荷重下的尺寸值為基準 (100%), 將 95% 和 50% 荷重之下的 10 個關鍵尺寸值進行正規化 (normalization)。將正規化後的尺寸值, 分別依不同荷重組合 (95%-50%, 95%-0%, 50%-0%) 來進行成對 t 檢定的比較, 藉以了解不同荷重情形下的尺寸值變化。

參、研究結果

本研究所招募的受測者的基本資料如表 2 所示。表 3 呈現不同荷重情形下的 10 個關鍵尺寸值的平均值, 標準差, 以及尺寸值的範圍。將表 3 之中的 10 個尺寸值, 以腳部荷重 0% 情形的尺寸值為基準 (100%), 來對腳部荷重 50% 和 95% 情形下的 10 個關鍵尺寸值進行正規化 (normalization), 並分別針對不同的荷重組合 (95%-50%, 95%-0%, 50%-0%) 比較下進行成對 t 檢定, 其結果如表 4 所示。

表 2 受測者基本資料

	身高(cm)	體重(kg)
男	169.95(2.6)	63.73(9.76)
女	157.12(3.48)	49.22(8.63)
全體	163.39(7.17)	56.31(11.68)

表 3 不同荷重情形下的 10 個關鍵尺寸值（全體）

尺寸名稱	荷重情形						單位:mm, mm ²
	95%		50%		0%		
	平均值	範圍	平均值	範圍	平均值	範圍	
全腳印輪廓投影面積	18964.8(2693.88)	24550.5-14687.1	18662.18(2522.82)	22915.3-14518.5	17737.19(2454.33)	22005.8-13782	
前足印投影面積	4687.5(641.32)	5953.42-3714.11	4522(682.29)	5848.39-3509.45	3773.23(620.28)	5152.4-2778.53	
中足印投影面積	2537.64(656.58)	4551.94-1426.2	2485.27(790.07)	4905.17-762.22	1585.91(663.51)	3357.11-328.41	
後足印投影面積	2931.3(414.41)	3641.21-2260.69	2902.43(433.91)	3655.87-2170.83	2490.53(380.38)	3299.65-1908.34	
足印投影面積	10156.44(1603.92)	13670.13-7676.92	9909.71(1799.31)	14050.45-6743.23	7849.67(1509.05)	11338.22-5442.17	
足弓高度	11.94(6.13)	29.59-2.49	12.1(7.21)	31.85-2.44	16.7(6.6)	33.91-8.14	
足弓角度	18.6(8.26)	40.61-5.02	18.76(8.94)	43.26-5.28	22.15(6.42)	38.72-14.73	
腳掌寬	98.19(7.91)	115.22-84.44	97.33(7.66)	113.03-84.15	95.42(7.67)	112.16-82.52	
腳掌長	239.84(14.24)	266.17-216.52	239.55(14.27)	267.53-214.44	235.62(13.93)	261.61-212.02	
後足跟寬	51.01(3.99)	57.81-43.83	50.63(4.25)	58.89-43.55	46.53(4.09)	56.36-39.22	

由表 4 中可以看出，在 50%-0%與 95%-0%的兩種荷重組合情形之下，10 個關鍵腳型尺寸值的變化都有顯著差異。然而，在 95%-50%荷重情形下，10 個關鍵尺寸值之中，有 6 個尺寸值的變化有顯著差異，另外 4 個尺寸值是沒有顯著差異的。這 4 個尺寸值包括有全腳印輪廓投影面積，中足印投影面積，足弓高度，以及足弓角度。

表 4 在不同荷重組合下的 10 個關鍵尺寸值成對 t 檢定結果

	荷重組合					
	95%-50%		50%-0%		95%-0%	
	t 值	p 值	t 值	p 值	t 值	p 值
全腳印輪廓投影面積	1.364	<u>0.092</u>	17.474	0.000	4.708	0.000
前足印投影面積	6.530	0.000	15.547	0.000	16.069	0.000
中足印投影面積	1.430	<u>0.082</u>	7.921	0.000	6.288	0.000
後足印投影面積	2.426	0.011	13.972	0.000	15.275	0.000
足印投影面積	3.938	0.000	16.720	0.000	19.346	0.000
足弓高度	0.399	<u>0.346</u>	-7.867	0.000	-8.954	0.000
足弓角度	-0.264	<u>0.397</u>	-2.736	0.005	-3.396	0.001
腳掌寬	3.709	0.000	7.162	0.000	10.416	0.000
腳掌長	1.828	0.039	13.641	0.000	14.660	0.000
後足跟寬	1.833	0.039	7.804	0.000	9.436	0.000

* 底線表示該數值沒有統計顯著性

不同荷重情形下的 10 個關鍵尺寸值變化情形如表 5 所示。由表 5 之中可以看出，隨著腳部荷重增加，有 6 個尺寸值也隨著增加而且有顯著差異，包括前足印投影面積、後足印投影面積，足印投影面積，腳掌寬，腳掌長，以及後足跟寬。當腳部荷重增加

時，這 6 個尺寸值的數值就愈大，其中，尺寸值變化量最大的是足印投影面積，其在腳部荷重 95%和 0%之間的變化大約為 30%，而尺寸變化量最小的是腳掌長，其變化量約為 2%。

當腳部荷重增加時，有 4 個尺寸值並不一定有隨著增加，包括有全腳印輪廓投影面積，中足印投影面積，足弓高度，以及足弓角度。由表 5 可以看出，在腳部荷重組合為 50%-0%與 95%-0%的情形之下，這 4 個尺寸值的尺寸值變是有顯著差異，然而在 95%-50%的荷重組合之，尺寸值變化卻沒有顯著差異。因此，若把腳部荷重情形分為無荷重（0%）與有荷重（50%和 95%）來看的話，換言之，就是在腳部無荷重與腳部有荷重的情形，那麼這 4 個尺寸值的變化量就是有顯著差異的。其中，在腳部由無荷重變為有荷重的情形時，全腳印輪廓面積和中足印投影面積的尺寸值是增加的，其變化量分別是 5~7%和 69~79%，而足弓高度和足弓角度的尺寸值卻是減少的，其變化量分別是 31%~32%和 16%~17%。

整體來說，有 8 個尺寸值會因為腳部有荷重而增加尺寸值，而有 2 個尺寸值會因為腳部有荷重而減少尺寸值。

表 5 不同荷重情形下的 10 個關鍵尺寸平均值變化情形 (N=60)

	荷重情形		單位:100%
	95%	50%	0%
全腳印輪廓投影面積	<u>1.07(0.08)</u>	<u>1.05(0.02)</u>	1.00 (0)
前足印投影面積	1.25(0.08)	1.2(0.07)	1.00 (0)
中足印投影面積	<u>1.79(0.67)</u>	<u>1.69(0.46)</u>	1.00 (0)
後足印投影面積	1.18(0.06)	1.17(0.06)	1.00 (0)
足印投影面積	1.3(0.08)	1.27(0.08)	1.00 (0)
足弓高度	<u>0.69(0.18)</u>	<u>0.68(0.21)</u>	1.00 (0)
足弓角度	<u>0.83(0.27)</u>	<u>0.84(0.31)</u>	1.00 (0)
腳掌寬	1.03(0.01)	1.02(0.01)	1.00 (0)
腳掌長	1.02(0.01)	1.01(0.01)	1.00 (0)
後足跟寬	1.1(0.06)	1.09(0.06)	1.00 (0)

*跨欄底線表示兩者無統計顯著差異

肆、結論與建議

本研究使用腳型量測儀來量測男女性各 30 名受測者的腳底表面形狀的 10 個重要關鍵值，同時以無荷重（0%荷重）的尺寸值為基準將 10 個關鍵尺寸值正規化（normalization），並在不同的荷重組合（95%-50%，95%-0%，50%-0%）比較下進行成對 t 檢定。分析結果顯示，10 個尺寸值對於腳部荷重所造成的尺寸值變化量並不一致。隨著腳部荷重增加，尺寸值變化量的範圍為-32% ~ 79%。由本研究所提供這 10 個關鍵尺寸值的數值與變化量可以做為鞋墊設計的參考依據。

由本研究的結果可以看出，隨著荷重增加時，腳部形狀的變化情形。就骨骼而言，腳部荷重主要是踝關節（ankle joint）將全身的重要透過足球關節（metatarsal phalangeal joints）與足跟（calcaneus）來將傳遞到地面。當腳部荷重增加時，荷重會往腳部前方的足球關節與後方的足跟傳遞出去。最終透過腳掌的軟組織（肌肉、韌帶、肌腱等）將力量傳遞出去。所以，受到地面來的反作用力而讓腳型開始變形的組織，依序是腳型軟體組織後，才是骨骼和關節。因此，腳掌會變長（尺寸值增加），腳掌寬和腳跟寬也會變寬（尺寸增加），因此全腳印輪廓投影面積會增加，同時腳掌底面（前足印投影面積）與腳跟底面（後足印投影面積）也會增加。此時，足弓高度也會因荷重而下降。同時，由足弓角度減少也可以知道，腳部會因為荷重產生外翻（eversion）的現象，使得腳底面積更加貼近量測平面（地面），而中足印投影面積也會有明顯的增加（增加比例約為 70%~80%）。

此外，由成對檢定的結果來看（參考表 4 和表 5），10 個尺寸值對於腳部荷重的反應亦有所不同。這 10 個尺寸值的腳部荷重的反應主要可以分為兩類，一類是尺寸值的變化量會隨著腳部荷重不同而有不同，另一類則是尺寸值的變化量主要表現在腳部荷重由無荷重到有荷重的初期階段。第一類的尺寸值有 6 個，包括了前足印投影面積、後足印投影面積，足印投影面積，腳掌寬，腳掌長，以及後足跟寬。這 6 個尺寸值主要跟腳型軟組織，足球關節以及足跟兩個部份有相關，對於腳部荷重最為敏感。因此，在腳部荷重 50%和 95%的兩種荷重情形下，尺寸值的變化值也分別有不同的變化而且有顯著差異。第二類的尺寸值有 4 個，主要包括了與足弓相關的中足印投影面積，足弓高度，以及足弓角度，以及與整體腳型相關的全腳印輪廓投影面積。由足弓相關尺寸值變化量來看，在腳部荷重的初期（由 0%到 50%），足弓立即對荷重做出反應，因此相關的 3 個尺寸值的變化量就已經達到相當大程度（顯著差異）。接著，即

使腳部荷重持續增加（由 50%到 95%），足弓對荷重的增加亦沒有多的反應（無顯著差異）。全腳印輪廓投影面積也有相同的反應。然而，在腳部荷重 0%到 50%的範圍內，這 4 個尺寸值的變化量反應與腳部荷重情形之間的關係為何，仍值得本研究未來繼續深入討論。

誌謝

本研究感謝科技部計畫（編號：MOST 103-2221-E-164 -009 -）的經費支持。

參考文獻

- [1] 王茂駿，王明揚，林昱呈（2002），台灣地區人體計測調查結果資料庫手冊，人因工程學會
- [2] Branthwaite H.R., C.J. Payton, N. Chockalingam, The effect of simple insoles on three-dimensional foot motion during normal walking. *Clinical Biomechanics* 29 (2004), pp.972-977.
- [3] Bus S.A., J.S. Ulbrecht, P.R. Cavanagh, Pressure relief and load redistribution by custom-made insoles in diabetic patients with neuropathy and foot deformity. *Clinical Biomechanics* 19 (2004), pp.629-638.
- [4] Chen W.P., C.W. Ju, F.T. Tang, Effects of total contact insoles on the plantar stress redistribution: a finite element analysis. *Clinical Biomechanics* 28 (2003), pp.S17-S24.
- [5] Cheung J. T.M., M. Zang, Parametric design of pressure-relieving foot orthosis using statistics-based finite element method. *Medi. Eng. & Phy.* 30 (2008), pp.269-277.
- [6] Cheung J. T.M., B.M. Nigg, Clinical application of computational simulation of foot and ankle. *Sporttraumatologie* 23 (2007), pp.264-271.
- [7] Goske S., A. Erdemir, M. Petre, S. Budhabhatti, P.R. Cavanagh, Reduction of plantar eel pressures: Insole design using finite element analysis. *Journal of Biomechanics* 39 (2006), pp.2363-2370.
- [8] Kouchi M., M. Kimura, M. Mochimaru, Deformation of foot cross-section shapes during walking. *Gait & Posture* 30 (2009), pp.482-486
- [9] Lee Y.H., W.H Hong, Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *App. Ergo.* 36 (2005), pp.355-362.

-
- [10] Lin C.H., J.J. Chen, C.H. Wu, H.Y. Lee, Y.H. Liu, Image analysis system for acquiring three-dimensional contour of foot arch during balance standing. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 75 (2004), pp.147-157.
- [11] Nawoczenski D.A., D.J. Janisse, Foot orthoses in rehabilitation-what's new. *Clin. Sports Med.* 23 (2004), pp.157-167.
- [12] Nielsen R.G., M.S. Rathleff, C.M. Moelgaard, O. Simonsen, S. Kaalund, C.G. Olesen, F.B. Christensen, U.G. Kersting, Video based analysis of dynamic midfoot function and its relationship with Foot Posture Index scores. *Gait Posture* (2009), doi:10.1016/j.gaitpost.2009.09.012
- [13] Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(Suppl.):421–8.
- [14] Raspovic A., L. Newcombe, J. Lloyd, E. Dalton, Effect of customized insoles on vertical plantar pressures in sited of previous neuropathic ulceration in the diabetic foot. *The Foot* 10 (2000), pp.133-138.
- [15] Stacoff A., I.K. Quervain, M. Dettwyler, P. Wolf, R. List, T. Ukelo, E. Stussi, Biomechanical effects of foot orthoses during walking. *The Foot* 17 (2007), pp.143-153.
- [16] Sun S.P., Y.J. Chou, C.C. Sue, classification and mass production technique for three-quarter shoe insoles using non-weight-bearing plantar shapes. *App. Ergo.* 40 (2009), pp.630-635.
- [17] Tsung, B. Y., et al. "Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions." *J Rehabil Res Dev* 40:6 (2003), pp.517-526.
- [18] Vicenzino B., Foot orthotics in the treatment of lower limb conditions: a musculoskeletal physiotherapy perspective. *Manual Therapy* 9 (2004), pp.185-196.
- [19] Witana C.P., R.S. Goonetilleke, S.X. Emily, Y.L Au, Effects of surface characteristics on the plantar shape of feet and subject's perceived sensations. *App. Ergo.* 40(2009), pp.267-279.
-

Effect of Vibration on the Interlaminar Normal Stress of Laminated Strips

Chih-Chiang Hong*

Abstract

A stress-function-based variational approach is used to evaluate the effect of vibration on the interlaminar normal stress in a multi-layered strip of laminates which subject to arbitrary combinations of axial and bending loads. The interlaminar normal stress in a laminated composite plate with free edges during vibration was determined by using the variational method involving Lekhnitskii's stress functions and displacements. The equations of motion are solved by the finite difference method (FDM) scheme in the personal computer. The stress-function-based variational approach with FDM scheme provides a numerical method for calculating the normal stress in a multi-layered strip of laminates under vibrations.

Keywords: Vibration, Normal stress, Laminates.

長條層疊板之振動對正向應力的影響

洪志強*

摘要

我們以應力函數變分法 (Stress-function-based variational approach) 來做長條層疊板同時受到軸向與彎曲負載之振動的層間正向應力計算與研究。利用 Lekhnitskii 應力函數及位移之變分法將寬度方向前後兩側為自由端的長條層疊板受振動之層間正向應力值計算出來。在個人電腦使用有限差分法 (FDM) 來解運動方程式。該應力函數變分法提供一 FDM 數值分析方法來計算長條層疊板在振動時之正向應力值。

關鍵詞：振動、正向應力、層疊板。

1. Introduction

There are some vibration researches in stress-function-based variational approaches. In 2016, Huang et al. [1] presented the inter-laminar stress result for magneto-electro-elastic (MEE) composite layered laminates under uniaxial tensile strain loading by using a stress function based iterative approach. In 2016, Banerjee and Mazumdar [2] reviewed the approximate solution methods for plate and shell used in the vibration analyses, e.g. Rayleigh, Ritz or Rayleigh-Ritz method, Galerkin method, Kantorovich's method, Berger's approach and constant deflection contour (CDC) method. In 2016, Huang et al. [3] presented the free edge inter-laminar stress result for MEE composite layered laminates under uniaxial tensile strain loading by using a stress function based equivalent single layer theory. There are some damage researches in laminated strips. In 2016, E.J. Barbero and J.C. Barbero [4] provided an analytical solution for the bending of laminates with matrix cracks. Inter-laminar stress and Intra-laminar stress are found in the damaged cracks. In 2015, Ullah et al. [5] presented the experimental test and micro-computed tomography (Micro-CT) analysis for carbon fabric-reinforced polymer (CFRP) laminates under dynamic bending. The matrix cracking, de-lamination and tow de-bonding were found in the coupled factors and presented as the dominant damage modes. The approximate stress and deflection solutions are obtained for layer in cross-ply laminate. In 2001, Jane et al. made a calculation about the effects of unsteady aerodynamic pressure load on the upper surface of laminates [6]. They found the unsteady aerodynamic loading has significant effects on the interlaminar stresses near the two free-edge regions. In 2000, Jane and Hong computed and studied the interlaminar stresses of a rectangular laminated plate under free vibration [7]. They found the natural frequency of simply supported edges has significant effects on the dominant interlaminar stresses. A computational study of the steady-state aeroelasticity of fluid flow over a laminated composite plate has been presented in 1999 by using a stress-function-based variational approach [8].

For the research of delamination cases in the interlaminar stresses of strips, it is necessary to know some results for the laminated composite strips under vibration. The vibration of the slopes and displacement in the sinusoidal oscillation of a laminated composite strip with free edges is essential to the understanding of the structural components. For simplification, we consider a strip to have a very high length-to-width ratio such that the strip deformation may be considered to be independent of the length

coordinate. For the case of general laminates with free-edges, both interlaminar shear and normal stresses will be considered in a free-edge boundary zone. Of particular concern, however, is the interlaminar normal stress that can lead to delamination under mechanical load acting on the boundary edge. In this paper, we study the effect of vibration on the interlaminar normal stresses in a composite laminated strip with two parallel free edges ($x = 0, x = 2a$) under mechanical loads at two ends ($z = \pm l$) with $l \gg a$ as shown in **Figure 1**. We apply the stress-function-based variational approach by Yin [9-11] and the generalized plane deformation function by Lekhnitskii [12] with the finite difference method (FDM) scheme to determine the inter-laminar normal stress in a composite laminate under various strain loads and vibrations. The normal stress distribution would be a usually interesting in the field study of air flow over the background investigation in upper surface of bending strips base on the non-flow pressure results of stress-function-based variational approach by Yin. It is a basic study to understand the distribution of normal stress in the strips before the further and next studies of air flow over the upper surface of strips.

2. Governing Equations

The differential equations of motion for a stress field in the layer with no body force are:

$$\sigma_{ij,j} - \rho \frac{dV_i}{dt} = 0, i, j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

where V_i is the velocity and t is the time.

The stresses may be expressed in term of a pair of stress functions $F^{(i)}(x, y)$ and $\psi^{(i)}(x, y)$ in the following manner:

$$\sigma_x^{(i)} = F_{,yy}^{(i)}, \quad \sigma_y^{(i)} = F_{,xx}^{(i)}, \quad \tau_{xy}^{(i)} = -F_{,xy}^{(i)}, \quad \tau_{xz}^{(i)} = \psi_{,y}^{(i)}, \quad \tau_{yz}^{(i)} = -\psi_{,x}^{(i)} \quad (2)$$

where the superscript (i) represents the functions in the i^{th} layer.

Like the time dependent displacement field [6][14][15] in a layered composite plate, the displacement functions have the following form given in each layer for the laminated strip:

$$\begin{aligned} w(z, x, y, t) &= w_{static} + yz \phi_z(x, t) \\ u(z, x, y, t) &= u_{static} + yz \phi_x(x, t) \\ v(z, x, y, t) &= v_{static} + v^0(x, t) \\ w_{static} &= (Ax - By + C)z + W(x, y) + w_1y - w_2x + w_0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
u_{static} &= -A \frac{z^2}{2} - \Theta y z + U(x, y) + w_2 z - w_3 y + u_0 \\
v_{static} &= B \frac{z^2}{2} + \Theta x z + V(x, y) + w_3 x - w_1 z + v_0
\end{aligned} \tag{4}$$

where w_{static} , u_{static} , v_{static} are the static displacement functions of generalized plane deformation [6][12][15], all of the constants and parameters are as described by Lekhnitskii 1963, ϕ_x and ϕ_z are the middle plane slopes per unit length of z in the $x-y$ and $z-y$ planes due to bending only, v^0 is the displacement in the middle plane along y -direction.

For the present study, we consider no uniform bending deformation with respect to y axis, $A = 0$, with uniform bending deformation with respect to x axis, $B = k_z + \phi_z(x, t)$ and uniform extension along z axis ($C = \varepsilon_z^0$) caused by the mechanical loads. And we use the following interface and boundary conditions:

(a) Along the interface $y = y_i$:

$$F^{(i+1)} = F^{(i)}, \quad F_{,y}^{(i+1)} = F_{,y}^{(i)}, \quad \psi^{(i+1)} = \psi^{(i)}$$

(b) On lower surface $y = -h^*/2$:

$$F^{(1)} = 0, \quad F_{,y}^{(1)} = 0, \quad \psi^{(1)} = 0$$

(c) On upper surface $y = h^*/2$:

$$G|_{y=h^*/2} = G^* = 0, \quad \psi|_{y=h^*/2} = \psi^* = 0,$$

$$F|_{y=h^*/2} = F^* = 0$$

(d) Free-edge conditions on $x = 0$ and $x = 2a$:

$$F = F_{,x} = \psi = 0$$

where F^* , G^* and ψ^* are the values of the F , $F_{,y}$ and ψ on the top surface, respectively.

The variational method involving Lekhnitskii's stress function F , $G(=F_{,y})$, ψ and displacement u , v and w , that is used to determine the interlaminar stresses in a

multi-layered strip of laminate subjected to a vibration about a state of static equilibrium. A variation of the stress field in the i^{th} layer satisfies the dynamic equilibrium equations:

$$\delta\sigma_{ij,j} - \delta\rho \frac{dV_i}{dt} = 0 \quad (5)$$

By using the principle of complementary virtual work, the integration by parts for each terms and using the interface and boundaries for F , G , ψ , also for the conditions of interfacial continuity. Hence the variation of dynamic equilibrium equation (5) become in the following form [6]:

$$\begin{aligned} & \sum_i^n \iint \{\sigma\}' [\beta] \delta\{\sigma\} dx dy + \sum_i^n [(B - \phi_z(x,t)) \frac{a_{16}^{(i)}}{a_{11}^{(i)}}] \iint \delta\psi^{(i)} dx dy \\ & - \sum_i^n (C - By_i + \phi_z(x,t)y_i) \int ([\frac{a_{12}}{a_{11}}]_i \delta G_i + [\frac{a_{16}}{a_{11}}]_i \delta\psi_i) dx - \sum_i^n (B - \phi_z(x,t)) [\frac{a_{12}}{a_{11}}]_i \int \delta F_i dx \\ & + \sum_i^n \iint \phi_x(x,t) \delta\psi^{(i)} dx dy + \sum_i^n \int [\varepsilon_x]_i \delta G_i dx + \sum_i^n \int [\gamma_{xz}^0]_i \delta\psi_i dx - \sum_i^n \int [k_x]_i \delta F_i dx \\ & + \sum_i^n \rho^{(i)} \int_0^{2a} [\frac{y_i^3 - y_{i-1}^3}{9} \phi_x(x,t) \delta \frac{\partial^2 \phi_x(x,t)}{\partial x^2} + B \frac{h_i}{6} \delta \frac{\partial^2 v^0(x,t)}{\partial x^2} + v^0(x,t) h_i \delta \frac{\partial^2 v^0(x,t)}{\partial x^2} \\ & + (-B \frac{y_i^3 - y_{i-1}^3}{9} + C \frac{y_i^2 - y_{i-1}^2}{6} + \phi_z(x,t) \frac{y_i^3 - y_{i-1}^3}{9}) \delta \frac{\partial^2 \phi_z(x,t)}{\partial x^2}] dx = 0 \quad (6) \end{aligned}$$

where the parameter with subscript i and with superscript (i) represent the value of parameter on the i^{th} interface and the value of parameter in the i^{th} layer, respectively. The stress component $\{\sigma\}' = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}\}$ is in the row form. The matrix $[\beta]$ with the coefficient $\beta_{ij} = a_{ij} - a_{1i}a_{1j}/a_{11}$, ($i, j \neq 1$), a_{ij} is in a symmetric equation form obtained from the stress and strain coordinate transformations. The bracket symbol $[]_i$ represents the jump of the quantity inside the bracket across the i^{th} interface.

We use the defined form for the non-dimensional thickness coordinate η , the stress functions $F^{(i)}(x, \eta)$ and $\psi^{(i)}(x, \eta)$ given in polynomial function of η parameter [6]. After substituting the polynomial expression of the stress functions into the equation (6), and integrating them with respect to η and x . Then for the vibration of the i^{th} layer plate, we consider the slopes and displacement in the sinusoidal oscillation approximation form [13]:

$$\phi_x(x, t) = \phi_x(x) \sin \omega t,$$

$$v^0(x, t) = v^0(x) \sin \omega t,$$

$$\phi_z(x, t) = \phi_z(x) \sin \omega t$$

where ω is natural frequency of vibration.

After summing up all n layers of all terms in equation (6), we have the Euler-Lagrange equation:

$$(W \frac{d^4}{dx^4} + V \frac{d^2}{dx^2} + U) \{X\} = \{b\} \quad (7)$$

where the column vector $\{X\}$ is a set of $4(n-1)+3$ functions be represented as the components according to $X_i = F_i(x)$, $X_{i+n-1} = G_i(x)$, $X_{i+2n-2} = \psi_i(x)$, $X_{i+3n-3} = H_i(x)$, $X_{4n-1} = \phi_z(x)$, $X_{4n-2} = v^0(x)$, $X_{4n-3} = \phi_x(x)$ and $i = 1, 2, \dots, n-1$. The W and V are constant real symmetric matrices determined by the integral expressions in $\sum \iint \{\sigma\}' [\beta] \delta \{\sigma\} dx dy$, and U is constant real matrix determined partly by the integral expressions in $\sum \iint \{\sigma\}' [\beta] \delta \{\sigma\} dx dy$ and completely in the other terms of integral expressions (6). The matrix $\{b\}$ is in the following forms of strain loads and vibration:

$$b_i = B \left[\frac{a_{12}}{a_{11}} \right]_i + [k_x]_i, \quad b_{n-1} = B \left[\frac{a_{12}}{a_{11}} \right]_{n-1} + [k_x]_{n-1}, \quad b_{i+n-1} = (C - By_i) \left[\frac{a_{12}}{a_{11}} \right]_i - [\varepsilon_x]_i,$$

$$b_{2n-2} = (C - By_{n-1}) \left[\frac{a_{12}}{a_{11}} \right]_{n-1} - [\varepsilon_x]_{n-1},$$

$$b_{i+2n-2} = (C - By_i) \left[\frac{a_{16}}{a_{11}} \right]_i - \frac{2}{3} h_{i+1} B \frac{a_{16}^{(i+1)}}{a_{11}^{(i+1)}} - \frac{1}{3} h_i B \frac{a_{16}^{(i)}}{a_{11}^{(i)}} - [\gamma_{xz}]_i$$

$$b_{3n-3} = (C - By_{n-1}) \left[\frac{a_{16}}{a_{11}} \right]_{n-1} - \frac{2}{3} h_n B \frac{a_{16}^{(n)}}{a_{11}^{(n)}} - \frac{1}{3} h_{n-1} B \frac{a_{16}^{(n-1)}}{a_{11}^{(n-1)}} - [\gamma_{xz}]_{n-1}$$

$$b_{i+3n-3} = -\frac{1}{6} h_{i+1}^2 B \frac{a_{16}^{(i+1)}}{a_{11}^{(i+1)}}, \quad b_{4n-4} = -\frac{1}{6} h_n^2 (B \frac{a_{16}^{(n)}}{a_{11}^{(n)}}), \quad b_{4n-3} = 0,$$

$$b_{4n-2} = \sum_i^n \frac{1}{6} B h_i \rho^{(i)} \omega^2 \sin \omega t$$

$$b_{4n-1} = \sum_i^n \left(-B \frac{y_i^3 - y_{i-1}^3}{9} + C \frac{y_i^2 - y_{i-1}^2}{6} \right) \rho^{(i)} \omega^2 \sin \omega t, \quad (i=1,2,\dots,n-2)$$

3. Some Numerical Results and Discussions

There are some popular, commercial computer-aided engineering (CAE) software used in the structural analysis, e.g. ANSYS® (one of the finite element method (FEM) codes), Abaqus®, SOLIDWORKS®, Creo®, Inventor®, HyperSizer®, CATIA®, NX™ and midas® etc.. It is interesting to use SOLIDWORKS® simulation module to find the shear stress, normal stress and displacement in the linear vibration analysis for the four-layer laminated strip of steel materials with length 100 mm, width 10 mm, thickness 4 mm, clamped at two edges under uniform pressure 1 psi of bending load, it is in the similarly situation under unit axial strain loading ($C = \varepsilon_z^0 = 1$) and bending curvature ($B = (1/h) \sin \omega t$). The maximum normal stress σ_y value 75.5 N/m^2 is found at lower corner of leading edge position ($x = 0$) as shown in **Figure 2(a)**. The maximum shear stress τ_{xy} value 3.9 N/m^2 is found at upper corner of leading edge position ($x = 0$ nearly) as shown in **Figure 2(b)**. The maximum displacement value $6.715 \times 10^{-8} \text{ mm}$ is found at the central of leading edge position ($x = 0$) as shown in **Figure 2(c)**. With non-commercial software in personal computer would be the innovation of the paper. In order to obtain some numerical results with non-commercial software in personal computer, we consider a symmetric four-layer laminated strip. The laminate is made of identical unidirectional orthotropic plies with the distance between the free edges is 10 times the ply thickness, i.e. $2a = 10h$. We investigate the effect of vibration on the interlaminar normal stress σ_y only. The finite difference numerical method is used to solve the system of ordinary differential equation (7). A high-level language Fortran codes are developed for solving the finite difference equations in nonsingular matrix form (dimensions 75×75) and evaluating the interlaminar normal stress along the interfaces under the various strain loads and vibrations. We first consider four-layer symmetric cross-ply laminates with the ply configurations $[0^\circ / 90^\circ]_s$ and $[90^\circ / 0^\circ]_s$, the approximate numerical solutions are obtained by the present method for the laminates composed of unidirectional plies with the same thickness $h_1 = h_2 = h_3 = h_4 = h$ and with the elastic moduli: $E_1 = 20 \times 10^6 \text{ psi}$, $E_2 = E_3 = 2.1 \times 10^6 \text{ psi}$, $\nu_{12} = \nu_{13} = \nu_{23} = 0.21$, and $G_{12} = G_{13} = G_{23} = 0.85 \times 10^6 \text{ psi}$, density of steels

$\rho = 0.283 \text{ lb/in}^3$, natural frequency of vibration $\omega_1 = (\pi/2a)^2 \sqrt{D^0/\rho A^0}$ corresponds to mode $m = 1$, where D^0 and A^0 are the expressions containing the reduced stiffness can be found in 1987 by Whitney [16].

For the comparison of the present FDM numerical results with available paper. In 1999, Jane and Hong [8] have presented the stress-function-based variational approach results of normal stress σ_y and shear stress τ_{xy} of strips under unit axial extension strain loading ($C = \varepsilon_z^0 = 1, \kappa_z = 0, \Theta = 0$) without aerodynamic loading ($\Delta p = 0$) compared with the numerical results by Wang and Crossman found in 1977 are reprinted in **Figures 3(a)** and **3(b)**, respectively. The shear stress is in very good close result and the normal stress is only in acceptable result at the left free edge under axial extension loading. The normal stress distribution would be a usually interesting in the field study of air flow over the upper surface of bending strips. It is a basic study to understand the distribution of normal stress in the strips before the further and next studies of air flow over the upper surface of strips. The normal stress distribution σ_y and shear stress τ_{xy} on the upper interface $y = h$ in the cross-ply laminates $[0^\circ/90^\circ]_s$ along x-axis under unit axial strain loading ($C = \varepsilon_z^0 = 1, \kappa_z = 0, \Theta = 0$) and bending curvature $B = (1/h)\sin \omega t$ were shown in **Figures 3(c)** and **3(d)**. The value 71.1 N/m^2 of maximum normal stress σ_y occurred at $\omega t = 3\pi/2$ is found at $x = 0$ and the value 88.905 N/m^2 ($0.613 \times 10^6 \text{ psi}$) of maximum shear stress τ_{xy} occurred at $\omega t = 3\pi/2$ is found at $x/h = 0.1$ due to free-edge effect. When compared with the maximum normal stress value 75.5 N/m^2 calculated by the SOLIDWORKS[®] simulation module in **Figure 2(a)**, the accuracy is 0.058278. Also the value 3.6258 N/m^2 of shear stress τ_{xy} occurred at $\omega t = 3\pi/2$ is found at nearly $x = 0$ and compared with the maximum shear stress value 3.9 N/m^2 calculated by the SOLIDWORKS[®] simulation module, the accuracy is 0.0703. The graphic of the same stacking sequence under various strain loadings, say under bending curvature $B = (1 + \sin \omega t)/h$, ($\varepsilon_z^0 = 0, \kappa_z = 1/h, \Theta = 0$) was shown in **Figure 4**. When the laminates under static equilibrium cases ($\omega t = 0, \pi, 2\pi$), the numerical inter-laminar normal stress of FDM results (under bending $B = 1/h$) are close to the solutions presented by Yin in 1994 [9][10] as shown in **Table 1**. The advantage of the FDM method is with non-commercial

software in personal computer to obtain some available data for the normal stress study in a multi-layered laminated strip under vibrations. The maximum normal stress occurred at $\omega t = \pi/2$. Similar results for the stacking sequences $[90^\circ / 0^\circ]_s$ were shown in **Figures 5** and **6**. The value of stress distribution σ_y at the leading edge ($x = 0$) for bending curvature in $B = (1 + \sin \omega t) / h$ are much greater values than in $B = (1/h) \sin \omega t$, e.g. from $\sigma_y = -0.0748 \times 10^6$ psi in $B = (1/h) \sin \omega t$ increased to $\sigma_y = 0.14877 \times 10^6$ psi in $B = (1 + \sin \omega t) / h$ at $\omega t = \pi/2$. The stress distribution σ_y on the upper interface $y = h$ in the angle-ply laminates $[45^\circ / -45^\circ]_s$ along x-axis under unit axial strain load ($C = \varepsilon_z^0 = 1, \kappa_z = 0, \Theta = 0$) and bending curvature $B = (1/h) \sin \omega t$ was shown in **Figure 7**. The maximum normal stress occurred at $\omega t = \pi/2$. The graphics of the same stacking sequence under various strain loadings, say under bending curvature $B = (1 + \sin \omega t) / h$, ($\varepsilon_z^0 = 0, \kappa_z = 1/h, \Theta = 0$) was shown in **Figure 8**. The maximum normal stress σ_y occurred at $\omega t = \pi/2$. The magnitude value of stress distribution σ_y at the leading edge ($x = 0$) for bending curvature in $B = (1 + \sin \omega t) / h$ are much greater values than in $B = (1/h) \sin \omega t$, e.g. from $\sigma_y = -0.07907 \times 10^6$ psi in $B = (1/h) \sin \omega t$ increased to $\sigma_y = -0.18073 \times 10^6$ psi in $B = (1 + \sin \omega t) / h$ at $\omega t = 3\pi/2$.

The stress oscillations σ_y at $x = 0$ on the upper interface $y = h$ in the stacking sequences $[0^\circ / 90^\circ]_s$, $[90^\circ / 0^\circ]_s$ and $[45^\circ / -45^\circ]_s$ under unit bending curvature $B = (1/h) \sin \omega t$, ($C = \varepsilon_z^0 = 1, \kappa_z = 0, \Theta = 0$) was shown in **Figure 9**. The stress oscillation in the stacking sequence $[0^\circ / 90^\circ]_s$ is greater than the other case. The stress oscillations σ_y at $x = 0$ on the upper interface $y = h$ in the stacking sequences $[0^\circ / 90^\circ]_s$, $[90^\circ / 0^\circ]_s$ and $[45^\circ / -45^\circ]_s$ under bending curvature $B = (1 + \sin \omega t) / h$, ($\varepsilon_z^0 = 0, \kappa_z = 1/h, \Theta = 0$) was shown in **Figure 10**. The magnitude value of stress oscillation in the stacking sequence $[0^\circ / 90^\circ]_s$ is greater than the other case.

4. Conclusions

The value or contribution of this paper is with non-commercial software FDM method in personal computer to obtain some available data for the normal stress study in a

multi-layered laminated strip under vibrations. The interlaminar normal stress in a laminated composite strip with free edges during vibration caused by mechanical load acting on the other two boundary edges was determined by using the variational method involving Lekhnitskii's stress functions and displacements. Numerical results show that: (a) The laminates under static equilibrium of $\omega t = 0, \pi, 2\pi$ cases, the numerical interlaminar normal stress are in close agreement with the solutions presented by Yin in 1994. (b) When the laminates under $B = (1/h) \sin \omega t$ and $B = (1 + \sin \omega t) / h$ bending modes of vibration, we find the magnitude value of normal stress oscillation in the stacking sequence $[0^\circ / 90^\circ]_s$ is greater than the others

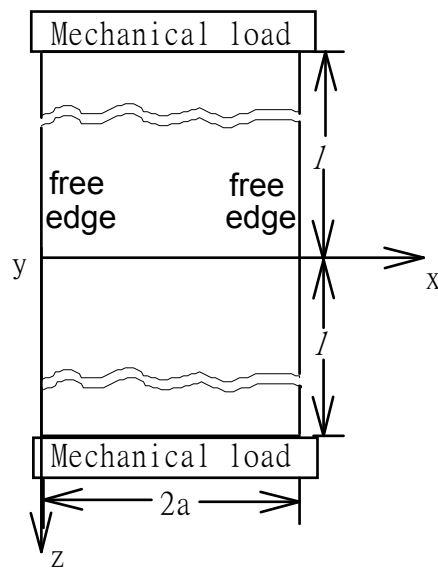
References

- Huang, B., Kim, H.S., Wang, J., Du, J. "Interlaminar stress analysis of magneto-electro-elastic composite layered laminates using a stress function based iterative approach," *Composites Part B* 90, 2016, pp.406–415.
- Banerjee, M.M., Mazumdar, J. "A Review of Methods for Linear and Nonlinear Vibration Analysis of Plates and Shells," *Procedia Engineering* 144, 2016, pp.493–503.
- Huang, B., Kim, H.S., Wang, J., Du, J. "Free edge stress prediction for magneto-electro-elastic laminates using a stress function based equivalent single layer theory," *Composites Science and Technology* 123, 2016, pp.205–211.
- Barbero, E.J., Barbero, J.C. "Analytical solution for bending of laminated composites with matrix cracks," *Composite Structures* 135, 2016, pp.140–155.
- Ullah, H., Harland, A.R., Silberschmidt, V.V. "Dynamic bending behaviour of woven composites for sports products: experiments and damage analysis," *Materials and Design* 88, 2015, pp.149–156.
- Jane, K.C., Hwang, M.F., Hong, C.C. "Effects of unsteady aerodynamic pressure load on the interlaminar stresses of laminated composite strips," *International Journal of Mechanical Sciences* 43, 2001, pp.1793-1812
- Jane, K.C., Hong, C.C. "Interlaminar stresses of a rectangular laminated plate with simply supported edges subject to free vibration," *International Journal of Mechanical Sciences* 42, 2000, pp.2031-2039
- Jane, K.C. and Hong, C. C. "Steady-state aeroelasticity of fluid flow a Laminated composite plate," *Mechanics Research Communications*, Vol. 26, No. 2, 1999, pp. 177-183.

- Yin, W.L. "Free-edge effects in anisotropic laminates under extension, bending and twisting, part I: A stress-function-based variational approach," ASME Journal of Applied Mechanics, Vol. 61, 1994, pp. 410-415.
- Yin, W.L. "Free-edge effects in anisotropic laminates under extension, bending and twisting, part II: Eigenfunction analysis and the results for symmetric laminates," ASME Journal of Applied Mechanics, Vol. 61, 1994, pp. 416-421.
- Yin, W.L. "Interlaminar stress analysis of composite laminates using a sublaminar/layer model," Int. J. Solid Structures, Vol. 31, No. 11, 1994, pp.1549-1564.
- Lekhnitskii, S.G. "Theory of elasticity of an anisotropic elastic body," Holden-Day, San Francisco, 1963.
- Kant, T., Varaiya, J.H. and Arora, C.P. "Finite element transient analysis of composite and sandwich plates based on a refined theory and implicit time integration schemes," Computers & Structures, Vol. 36, No. 3, 1990, pp.401-420.
- Reddy, J.N. and Chao, W.C. "Large-deflection and large-amplitude free vibrations of laminated composited-material plates," Computers & Structures Vol. 13, 1981, pp.341-347.
- Reddy, J.N. and Chao, W.C. "Nonlinear oscillations of laminated, anisotropic, rectangular plates," Transactions of the ASME Journal of Applied Mechanics Vol.49, JUNE 1982.
- Whitney, J.M. "Structural analysis of laminated anisotropic plates," Technomic Publishing Co. Inc., New Holland Avenue, 1987.
-

Table 1 Compared normal stress σ_y of FDM with Yin's results

Method	σ_y (unit 10^6 psi)							
	$x/h = 0$	$x/h = 0.1$	$x/h = 0.3$	$x/h = 1$	$x/h = 2$	$x/h = 3$	$x/h = 4$	$x/h = 5$
FDM	-0.3203	-0.2663	-0.1693	0.0530	0.0548	0.0296	0.0163	0.0125
Yin	-0.3333	-0.2666	-0.1666	0.0416	0.0499	0.0249	0.0166	0.0122

**Figure 1** A thin composite laminated strip

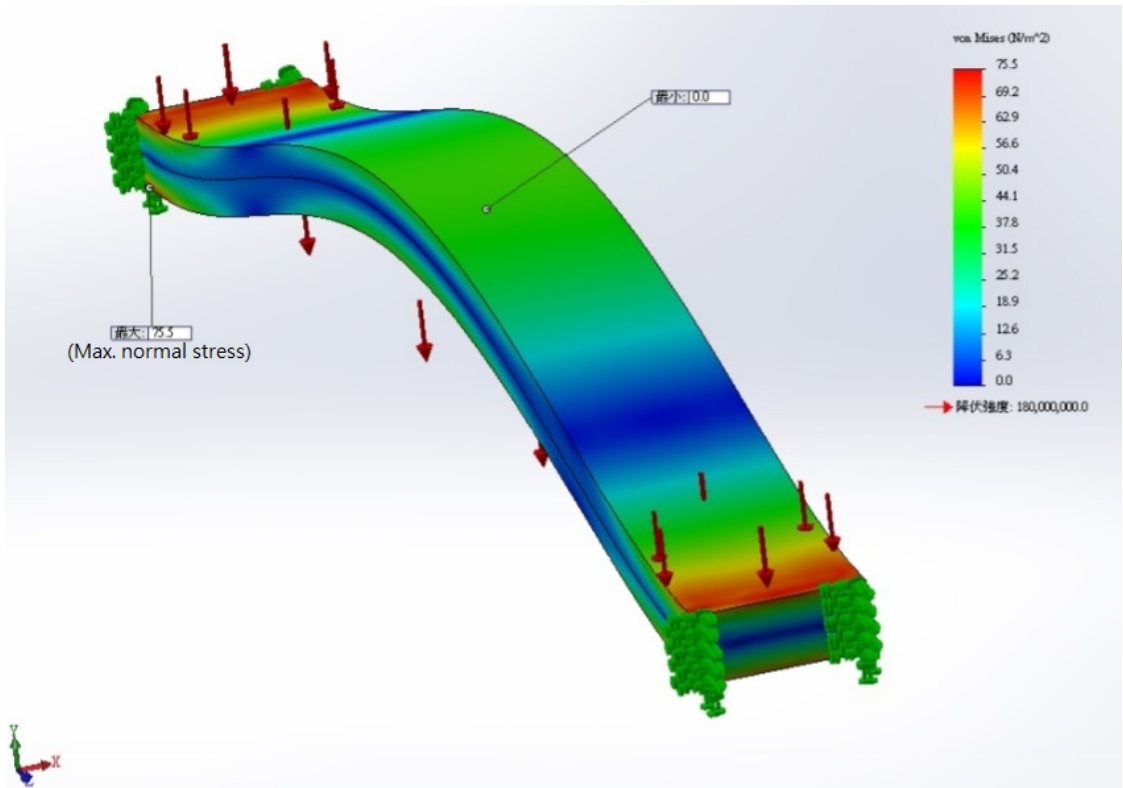


Figure 2 (a) Normal stress

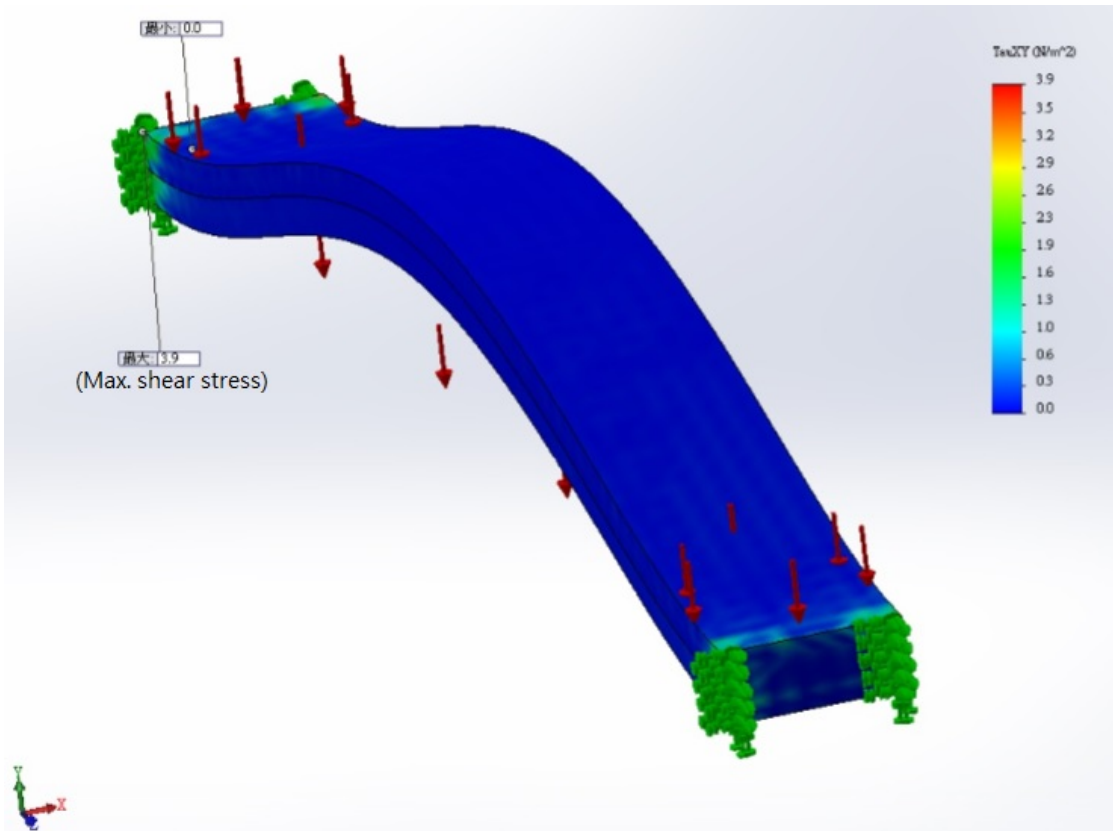


Figure 2 (b) Shear stress

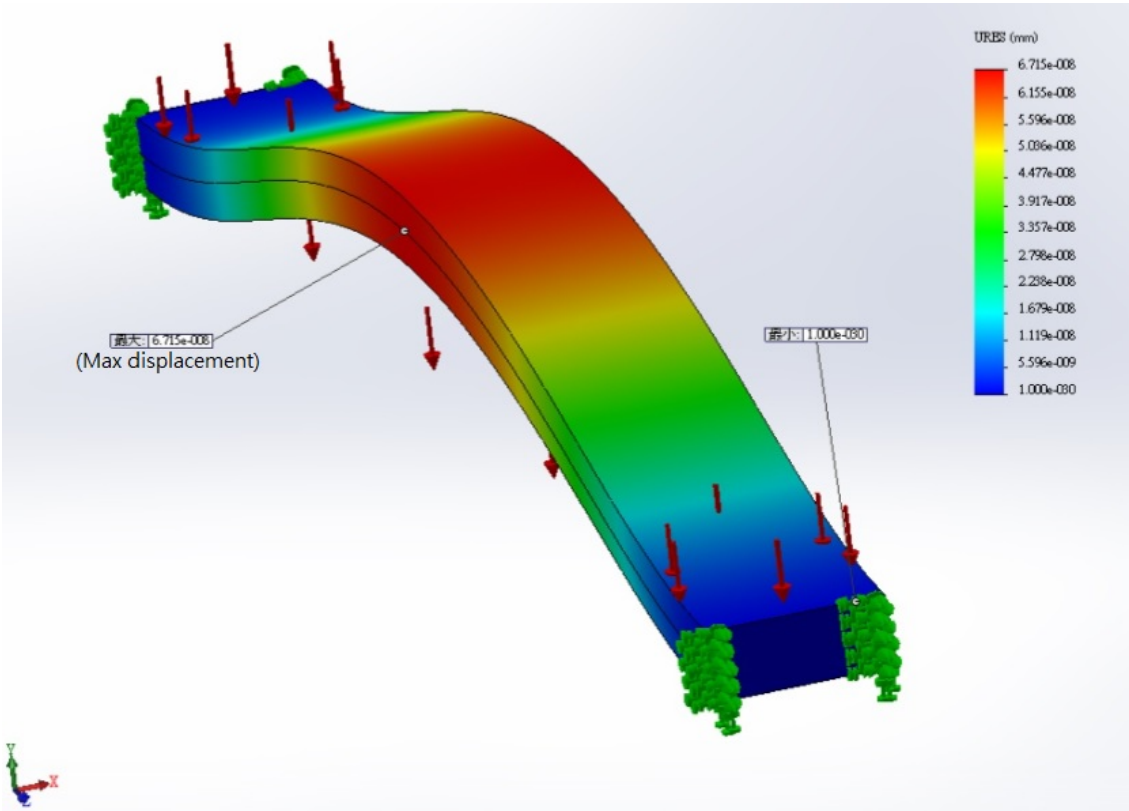


Figure 2 (c) Displacement

Figure 2 Normal stress, shear stress and displacement results in the SOLIDWORKS® simulation.

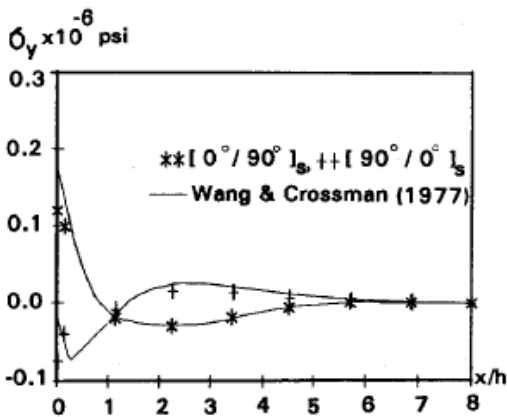


Figure 3 (a) σ_y on $y = h$ in cross-ply laminate under $C = \varepsilon_z^0 = 1$

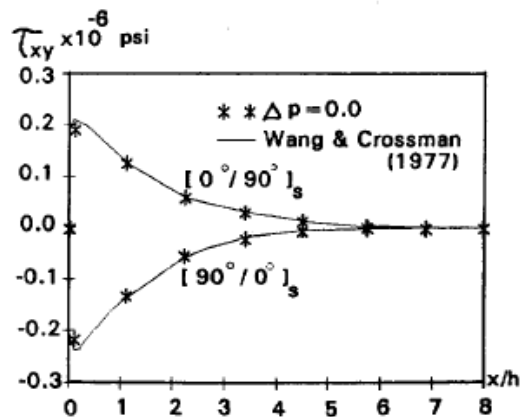


Figure 3(b) τ_{xy} on $y = h$ in cross-ply laminate under $C = \varepsilon_z^0 = 1$

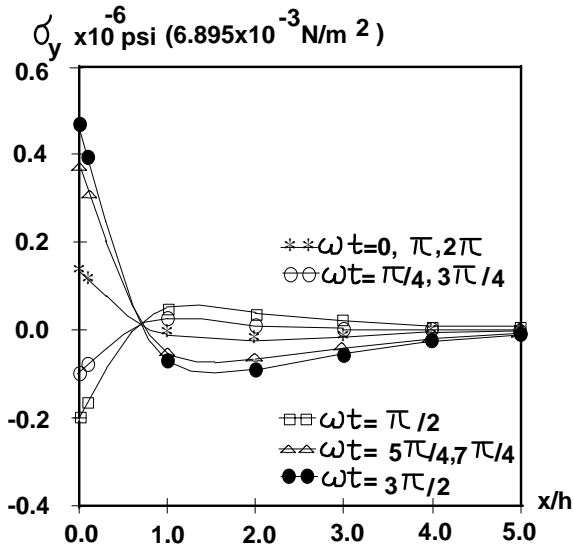


Figure 3 (c) The normal stress σ_y along x-axis in $[0^\circ / 90^\circ]_s$ under $C = \varepsilon_z^0 = 1, B = (1/h) \sin \omega t$

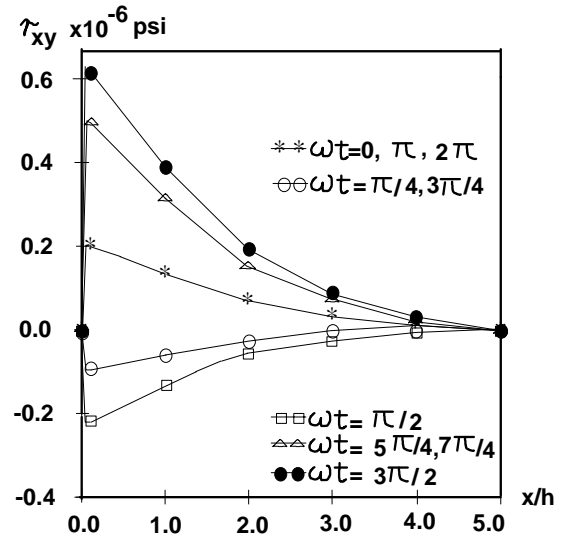


Figure 3 (d) The shear stress τ_{xy} along x-axis in $[0^\circ / 90^\circ]_s$ under $C = \varepsilon_z^0 = 1, B = (1/h) \sin \omega t$

Figure 3 The normal stress σ_y and shear stress τ_{xy} along x-axis in cross-ply laminate.

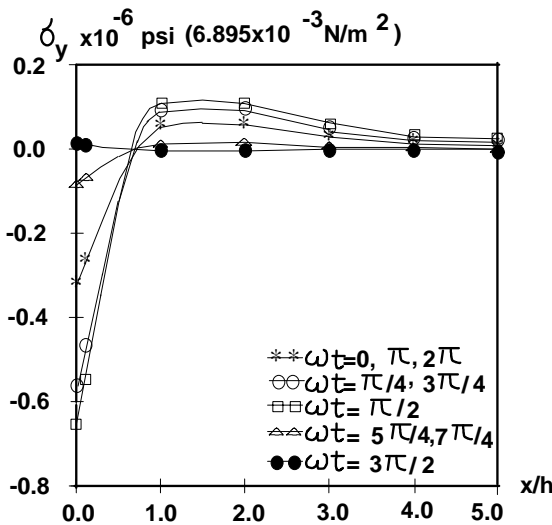


Figure 4 The normal stress σ_y along x-axis in $[0^\circ / 90^\circ]_s$ under $B = (1 + \sin \omega t) / h$

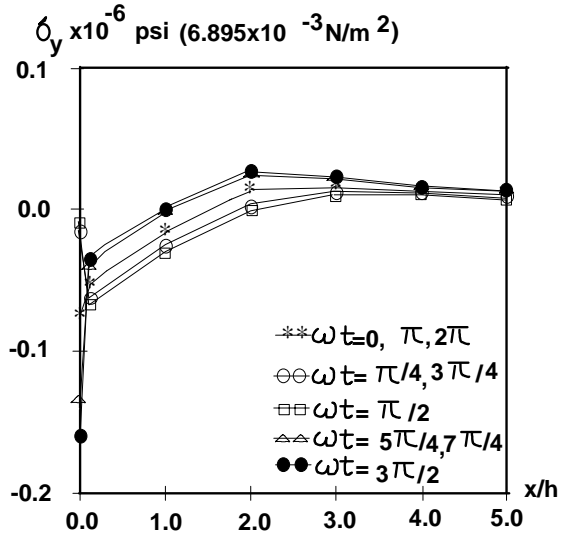


Figure 5 The normal stress σ_y along x-axis in laminate $[90^\circ / 0^\circ]_s$ under $B = (1/h) \sin \omega t$

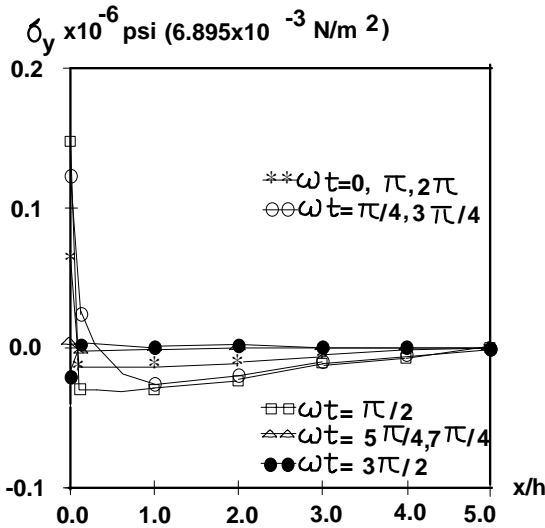


Figure 6 The normal stress σ_y along x-axis in laminate $[90^\circ / 0^\circ]_s$ under $B = (1 + \sin \omega t) / h$

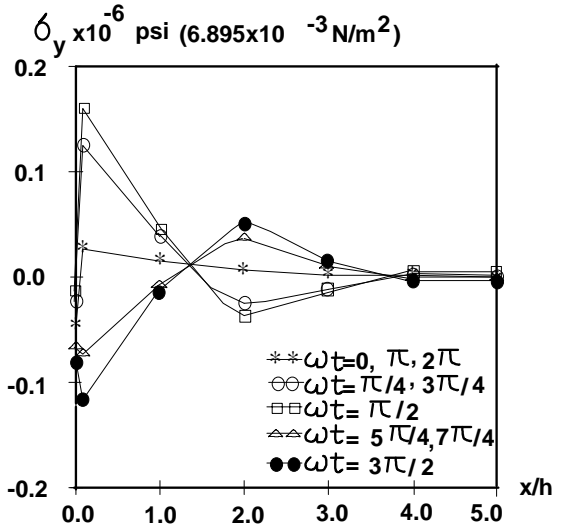


Figure 7 The normal stress σ_y along x-axis in laminate $[45^\circ / -45^\circ]_s$ under $B = (1/h) \sin \omega t$

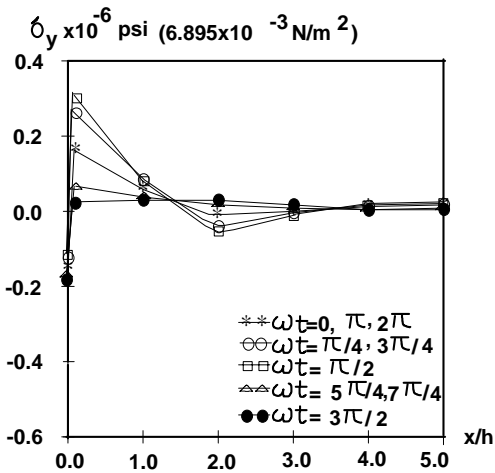


Figure 8 The normal stress σ_y along x-axis in laminate $[45^\circ / -45^\circ]_s$ under $B = (1 + \sin \omega t) / h$

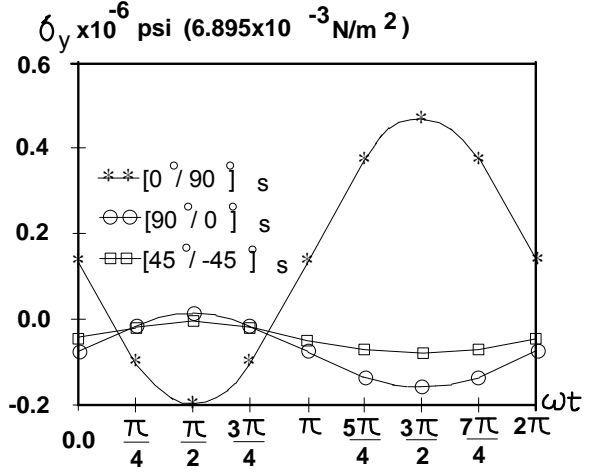


Figure 9 Normal stress σ_y oscillation vs. ωt in cross-ply and angle-ply laminates under $B = (1/h) \sin \omega t$

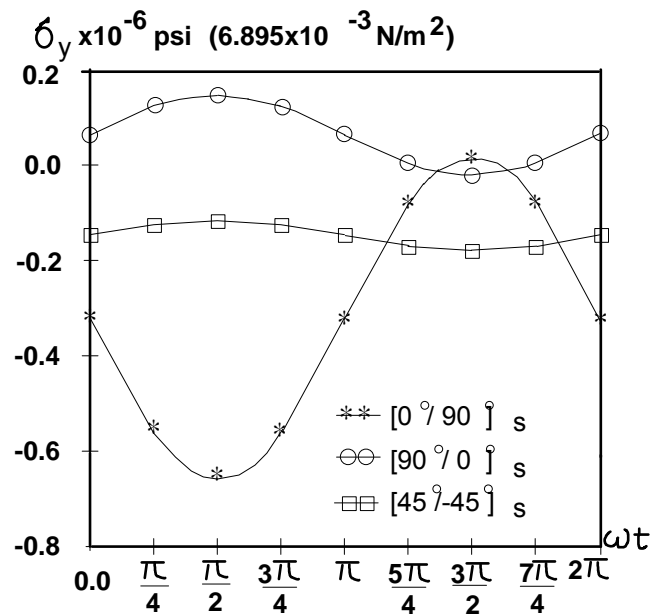


Figure 10 Normal stress σ_y oscillation vs. ωt in cross-ply and angle-ply laminates under $B = (1 + \sin \omega t) / h$

創業意圖分類方法效果之比較

李文明*

摘要

創業可以提升一個國家的經濟活動，2015 年在台灣 18-64 歲人口中有 74% 回答創業已經成為職涯規劃的選項之一，且有 26.1% 是潛在創業家，將在未來三年開始創業。在台灣創業最有利的地方是正向的創業文化和創業主觀規範，整體社會氛圍鼓勵創業，且持續吸引媒體的關注，有接近 85.6% 的回答者說：在媒體上他們經常聽到成功創業家的故事，因而，提升了一般人創業的意圖。然而影響創業意圖的因素眾多，主要的影響因素為創業家特徵，創業家特徵包括：創業家人格特徵、創業家能力特徵及創業家行為特徵等，利用這些創業家特徵可以進行分類以預測創業意圖，目前研究採用許多不同的方法進行分類，為了瞭解影響創業意圖的關鍵因素，並藉以預測創業意圖的分類效果，本研究首先設計影響創業意圖的創業特徵問卷，並進行問卷調查，利用所回收的問卷資料以決策樹及支持向量機進行分類，以判斷分類效果並預測創業意圖準確度，同時，將所有變數利用粗集合及支持向量機遞推特徵消去法（SVM-RFE）方法進行資料萃取，以找出關鍵特徵屬性，利用此些關鍵特徵屬性變數值，再以決策樹及支持向量機進行分類，並預測創業意圖準確度，以比較原始資料、粗集合萃取資料及 SVM-RFE 方法所萃取資料的分類效果。經研究結果顯示：預測創業意圖的準確度，若利用所有資料分類，SVM 方法優於決策樹，但利用 SVM-RFE 及粗集合進行資料萃取後分類，決策樹方法優於 SVM 方法，且粗集合所萃取的資料又優於 SVM-RFE 所萃取資料的分類效果。

關鍵詞：決策樹分類、支持向量機、粗集合、支持向量機遞推特徵消去法。

A Comparison of the Effects of the Classification of Entrepreneurial Intention

Wen-Ming Li*

Abstract

Entrepreneurship can enhance a country's economic activity. Seventy four percent of Taiwan's 18-64-year-old population in 2015 answered that entrepreneurship has become one of their career planning options. And 26.1% of the population is a potential entrepreneur, will start their business in the next three years. The most favorable place in Taiwan is the positive entrepreneurial culture and entrepreneurial subjective norms. The overall social atmosphere encourages entrepreneurship and continues to attract media attention. Nearly 85.6% of the respondents said that they often hear the story of successful entrepreneurs in the media, thus enhancing the general entrepreneurial intention. However, there are many factors influencing the entrepreneurial intention. The main influencing factors are entrepreneurial characteristics. Entrepreneur characteristics include entrepreneur personality traits, entrepreneurial ability characteristics and entrepreneur behavior characteristics. These entrepreneurial characteristics can be categorized to predict entrepreneurial intentions. The current study uses a number of different methods to classify the entrepreneurial intentions. In order to understand the key factors influencing entrepreneurial intentions and to predict the classification effect of entrepreneurial intention, this study first designed the entrepreneurial characteristics questionnaire and conducted a questionnaire survey. Using the collected questionnaire data to classify the entrepreneurial intention by decision tree and support vector machine to determine the accuracy of classification effect. At the same time, the support vector machine recursive feature elimination (SVM-RFE) method and rough set were used to find out the key variables of entrepreneurial intentions from all the variables. Using these key variables, and then the decision tree and support vector machine classification, and to predict the classification accuracy of entrepreneurial intentions. From comparing the classification results by the raw data, rough set extraction data and SVM-RF-

E extraction data, the results show that the accuracy of entrepreneurial intention classification, if all the raw data are used, SVM method is better than the decision tree. However, from the data extracted by SVM-RFE and rough set, the accuracy of the entrepreneurial intention classification by decision tree was superior to SVM method, and the data extracted by the rough set was superior to the SVM-RFE method.

Keywords: Decision tree classification, Support vector machine, Rough set, Support vector machine recursive feature elimination.

壹、研究動機與目的

創業家是經濟成長引擎，創業家設立新事業，新事業產生新工作，同時透過技術改變增加企業競爭力及生產力，因為未開發或開發不足的商业機會所產生的機會創業（opportunity entrepreneurship）對經濟發展有正面助益，且創業程度越高，經濟成長率越高（Acs, 2006）。創業家對國家的經濟成長和社會發展帶來技術創新及提供工作機會的正向貢獻，而增加創業和自我雇用對處理年輕人的就業議題是一個有效的策略（Koe et al., 2012）。依據全球創業監測 2015 年統計資料顯示：考量台灣經濟表現和早期創業活動程度（Total early-stage Entrepreneurial Activity, TEA）的關係，高成長和創新驅動的創業活動，將是下一個階段台灣經濟成長的主要動力（“Global Entrepreneurship Monitor,” 2015）。

創業可以提升一個國家的經濟活動，2015 年在台灣 18-64 歲人口中有 74% 回答創業已經成為職涯規劃的選項之一，且有 26.1% 是潛在創業家，將在未來三年開始創業。在台灣創業最有利的地方是正向的創業文化和創業主觀規範，整體社會氛圍鼓勵創業，且持續吸引媒體的關注，有接近 85.6% 的回答者說：在媒體上他們經常聽到成功創業家的故事（“Global Entrepreneurship Monitor,” 2015），因而，提升了一般人創業的意圖。然而，影響創業意圖的因素眾多，主要的影響因素為創業家特徵，創業家特徵包括：創業家人格特徵、創業家能力特徵及創業家行為特徵等，利用這些創業家特徵可以進行分類以預測創業意圖，目前研究採用許多不同的方法進行分類，主要包括：羅吉斯迴歸（Logistic Regression, LR）、主成分因素分析（Principal Component Factor Analysis）、因素分析（Factor Analysis, FA）、集群分析（Cluster Analysis）、迴歸分析（Regression Analysis）、結構方程模式（Structural Equation Modeling, SEM）、類神經網路（Artificial Neural Network, ANN）、非線性模糊類神經網路（Neural Fuzzy Set Network）、決策樹（Decision Tree, DT）、支持向量機（Support Vector Machine, SVM）及類神經網路（Artificial Neural Network, ANN）等方法。

當輸入變數眾多，若直接利用所有變數進行分類，會因非關鍵因素的干擾，影響分類效果，為了萃取關鍵的因素，可用粗集合（Rough Set, RS）（Zin Baycan et al., 2012）及支持向量機遞推特徵消去法（Support Vector Machine Recursive Feature Elimination, SVM-RFE）將特徵集合依重要性排序，藉以提升各種分類方法的分類準確度。學者利用粗集合理論篩選出影響股價漲跌的核心財務指標，再由核心財務指標利用決策樹分

類技術，建立影響股價漲跌分類模型與預測規則，最後，利用所建立的規則，篩選優質投資標的進行投資並計算投資報酬率，實證結果發現：總平均報酬率，遠高於大盤投資報酬率（程守雄，2009）。而學者應用 SVM-RFE 進行特徵選取，並應用支持向量機於多類別分類，以美國加州大學爾灣分校（University of California at Irvine, UCI）資訊電腦學院的動物（Zoo）及皮膚疾病（Dermatology）資料庫，進行學習及測試所提方法的準確度，經研究證實：分類效果也優於直接以支持向量機分類（Huang et al., 2014）。

為了瞭解影響創業意圖的關鍵因素，並藉以預測創業意圖的分類效果，本研究首先設計影響創業意圖的創業特徵問卷，並進行問卷調查，利用所回收的問卷資料以決策樹及支持向量機進行分類，以判斷分類效果並預測創業意圖準確度，同時，將所有變數利用粗集合及 SVM-RFE 方法進行因素萃取，以找出關鍵特徵屬性，利用此些關鍵特徵屬性變數值，再以決策樹及支持向量機進行分類，並預測創業意圖準確度，以比較原始資料、粗集合萃取資料及 SVM-RFE 方法所萃取資料的分類效果。本研究首先歸納相關的創業研究文獻結果，設計一份問卷，並經專家修正以提升其內容效度，問卷內容包括：創業家人口變數及創業家特徵，創業家人口變數及創業家特徵分別有 5 題及 26 題，此些題目可以利用 SVM-RFE 方法及粗集合加以萃取以找出關鍵因素，並針對此些關鍵因素，同樣採用決策樹分析及支持向量機進行分類，同時比較所提出分類方法的分類效果。因此，本研究的目的包括：(1) 設計一份效度及信度都穩定可信的問卷，作為研究創業意圖資料蒐集的工具，(2) 利用創業家特徵原始資料，進行決策樹及 SVM 的分類，以判斷分類創業意圖的準確度，(3) 以 SVM-RFE 方法及粗集合萃取出關鍵創業家特徵屬性，並進行決策樹及 SVM 的分類，以判斷分類創業意圖的準確度，(4) 最後進行分類準確度的比較，以提出判斷創業意圖準確度最高的分類方法。

貳、研究方法

本研究採用決策樹及 SVM 進行分類，並以粗集合及 SVM-RFE 方法進行資料萃取，研究方法說明如下。

一、決策樹分類

決策樹又稱為分類樹（classification tree），它是一個樹狀結構的流程圖，樹的最

上端節點稱為根節點 (root node)，由根節點分支的出來的節點稱為內部節點 (internal node) 或子節點 (child node)，其表示測試的資料屬性，而每一個分支 (branch) 代表測試的結果，如果節點沒有繼續分支，則稱此節點為葉部節點 (leaf node) 或終端節點 (terminal node)，每一個葉部節點都有一個類別表示之。決策樹和其他預測模型方法依照每一觀察值不同的特徵屬性值，計算出各自的發生機率值不同，決策樹是某一範圍區間內的特徵屬性給定一個分數。歸屬在同一條預測規則下的觀測點，都會給定同一個數值，發生機率都會判定相同，所以會有一定的誤差值，但是決策樹的準確度雖然不是最佳，但其表達容易而且解讀方便。一筆資料從根部的節點進入決策樹，在根部，應用一項測驗來決定這筆資料該進入下一層的哪一個子節點 (child node)。選擇一開始的測驗有不同的演算法，但目的都是一樣的：這個過程一再重複，直到資料到達葉部節點。從根部節點到每一個葉部節點，都有一套獨特的路徑，這個路徑就是用來分類資料規則的一種表達方式。

決策樹的演算方法有 ID3、CART、CHAID、C4.5、C5.0 等方法，本研究採用 CART 演算法 (classification and regression tree) 進行分類，CART 演算法是由 Breiman et al. (1984) 提出，此方法可以處理連續及間斷的資料，而 CART 演算方法是以每個節點的動態臨界值作為條件判斷式，藉由單一輸入的變數函數，在每個節點分隔資料，並建立一個二元決策樹子集合，再重複由每一個子集合尋找下一個測試屬性，直到無法再做分割為止。CART 是使用 Gini Ratio 作為衡量指標，如果分散的指標程度很高，表示資料中分佈許多類別，相反的，如果指標程度很低，則代表單一類別的成員居多 (Breiman et al., 1984)，最好的分隔變數是能夠降低一個資料組的分散度，而且降得最多。

在節點 t 的 Gini 不純度 $Gini(t)$ 表示一個隨機選中的樣本在子集中被分錯的可能性， $Gini(t)$ 為這個樣本在節點 t 被選中的機率乘以它被分錯的機率。當節點 t 中所有樣本都是同一類時， $Gini(t)$ 為零。假設變數 Y 的可能取值為 $i = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ ，令 p_i 是樣本子集合在節點 t 被歸類為 i 的機率，則 $Gini(t)$ 之計算公式為：

$$Gini(t) = \sum_{i=1}^m p_i(1 - p_i) = \sum_{i=1}^m (p_i - p_i^2) = \sum_{i=1}^m p_i - \sum_{i=1}^m p_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2 \quad (1)$$

在 CART 演算法中，利用屬性 A 分割資料集合 S 為 S_1 與 S_2 (二元分割)，則根據此一分割要件的吉尼係數 $Gini_A(S)$ 為：

$$Gini_A(S) = \frac{|S_1|}{|S|} Gini(S_1) + \frac{|S_2|}{|S|} Gini(S_2) \quad (2)$$

其中， S_1 與 S_2 是針對是針對屬性 A 內的不同數值所構成的兩組資料子集合。而不純度的降低值為：

$$\Delta Gini(A) = Gini(S) + Gini_A(S) \quad (3)$$

CART 是挑選擁有最大不純度的降低值、或吉尼係數 $Gini_A(S)$ 最小的屬性作為分割屬性。

依前述分割屬性進行變數的二元分類，當決策樹的子節點若出現：(1) 該群資料中，每一筆資料都已經歸類在同一類別下，(2) 該群資料中，已經沒有辦法再找到新的屬性來進行節點分割，(3) 該群資料中，已經沒有任何尚未處理的資料，則子節點即成為葉部節點。重複前述步驟直到無法找到任何分隔可以顯著降低一個子節點的分散度，就將此一子節點標示為葉部節點。依此類推，若存在的子節點均成為葉部節點，則完整決策樹已建立完成。

當原始訓練資料呈現不完整、稀疏或是含有雜訊時，則容易造成決策樹「過度配適」(Overfitting) 的問題，而產生的決策樹太過於複雜，因此必須再做適當的修剪。修剪決策樹的目標是首先將提供最少額外預測能力的分支先修剪掉。而 CART 最後的工作是從入選的分支樹中選出最能分類新資料的決策樹，為達到目的，可以使用預先分好的測試組資料，測試組資料和訓練組資料來自同一群母體，但包含的資料不同，此方法稱為交互驗證 (cross validation)，交互驗證是驗證模式建立的密集計算方法，以確保模式的適用性，此種方法避免利用新的資料庫驗證資料，而是將原有的訓練資料依據輸出變數，任意分成 N 個區隔，如此可以保證在每一個區隔中的輸出子集合可以有相似的分配，其中一個子集合當作測試資料，其他 N-1 個子集合當作訓練資料，整個的模式建立重複 N 次進行，結果顯示：重複 N 次的平均績效表現是原始模式績效表現的極佳估計式 (Lewis, 2000)。

二、粗集合 (rough set)

本研究以粗集合萃取出影響創業意圖的關鍵屬性。粗集合是 Pawlak (1991) 所提出來的數學方法，用來處理不精確、有噪音及不完整的資訊 (Pawlak, 1991) (Słowiński, 1992)，目前已經有許多應用粗集合的研究，如：決策分析、社會科學、信號和型態

分析、經濟、商業的研究 (Wu and Zhang, 2004)。粗集合是集合理論的延伸，可以有效處理多水準的間斷變數問題，當可用資訊不足以決定集合的精確數值時，粗集合使用下限及上限近似值，當作所給予集合的代表，粗集合的主要目標是從所獲得資料合成概念的近似值，它提供另一種評估屬性重要性的方法，同時，粗集合可以透過多個向度來將個案分類成幾個相同屬性的群組，以降低資料的異質性。

粗集合資料分析 (Rough set data analysis, RSDA) 是用來分析和分類定性及名目資料的方法，它可以分析大量且不完整資料集合，利用型態識別 (pattern recognition) 分類，找出可以描述或分類資料的型態，此種方法基於最少的正式因果特性假設，同時若手邊資料無法獲致正確結論時，粗集合可以忽略部份屬性。因此，粗集合更趨近探索與啟發性，目標是從分類的資料產生條件敘述 (conditional statements)，特別適用於定性且多向度的個案，以因果型態識別凸顯突出的特徵屬性 (Zin Baycan et al., 2012)。

RSDA 可以視為辨識潛在重要變數的事前處理工具，資料縮減是 RSDA 主要的特性，它可以提供資料庫的隱藏結構，資料庫的最終結果可以用粗集合分析所推論出來的決策法則形成決策表。決策法則是邏輯的描述“若...則”，用來代表事物描述和指派到特殊類別間的關係。本研究採用電腦程式的分析協助 (Predki et al., 1998) (Prędko and Wilk, 1999)，透過軟體分析，粗集合可以分析類別、名目、和順序的資料，同時進行分類及解釋，並指出最重要的變數。

假設一個資訊系統 $IS = (U, A)$ ，其中 U 為全域， $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ， $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 為屬性集合，每一個屬性 $a \in A$ ，定義一個資訊函數 $f_a : U \times X \rightarrow V_a$ ，其中 V_a 為 a 值所構成的集合，即為屬性 a 的值域。粗集合的應用需要四個連續步驟進行：(1) 資訊系統的建構；(2) 找出條件屬性對決策屬性的依賴性，(3) 進行屬性約簡及尋找核心條件屬性。

在資訊系統的建構上，必須從資訊架構中決定那些分類變數成為屬性集合，並將屬性集合分解成條件屬性 (conditional attributes) 及決策屬性 (decision attributes)，因此，首先決定全域 U ，其次決定屬性集合 A ，並將 A 分解成條件屬性集合 C 和決策屬性集合 D ，並定義決策屬性 a 的值域 V_a 。而將研究的資料加以分類，是應用粗集合最大的問題所在，主要是分類的閾值並不是非常明確，因此容易造成資訊的損失，所以常會在分類時，進行敏感度分析，以取得同質性及類別大小的平衡，分類完成則給以適當的編號成為屬性變數 (Zin Baycan et al., 2012)。

為了找出條件屬性對決策屬性的依賴性，決策屬性在條件屬性的正區域可以定義為：

$$pos_C(D) = \frac{|U_{X \in U/C} C(X)|}{|U|} \quad (4)$$

表示 $pos_C(D)$ 為根據條件屬性 C 所進行的分割 U/C ，能夠確切的劃入某一 U/C 類的對象集合。而決策屬性 D 對條件屬性 C 的依賴度定義為：

$$\gamma_C(D) = \frac{|pos_C(D)|}{|U|} \quad (5)$$

表示在條件屬性 C 下，能夠確切劃入某一 U/C 類的對象占全集合總對象數的比率。在分析軟體中，以近似值下限和上限來推導每一個決策變數的分類準確度和分類品質，準確度是近似值下限除以近似值上限的結果。而分類準確度和品質也可以從閾值的選擇推導出來，當分類準確度和分類品質為 1 時，代表依據決策變數的分類，所有的樣本資料都是可分的（Zin Baycan et al., 2012）。

緊接著進行屬性約簡（reduct）及尋找核心（core）條件屬性。約簡集合是條件屬性的最小子集合，可以保證所有條件屬性集合的分類有相同品質。由於每一個條件屬性的重要性並不相同，為了檢驗某一個條件屬性 a 的重要性，可以將這一個條件屬性 a 移除，看看它對 C 所產生的正區域影響的程度，如果沒有影響，則此一條件屬性 a 是多餘的，可以移除；依此觀念遞迴，進行條件屬性的約簡，約簡後的屬性集合即成為約簡子集合。而屬性的重要性可以定義為：

$$\omega(C, D) = \frac{\gamma_C(D) - \gamma_{C-\{a\}}(D)}{\gamma_C(D)} = 1 - \frac{\gamma_{C-\{a\}}(D)}{\gamma_C(D)} \quad (6)$$

所有約簡子集合的交叉（亦即：在所有約簡子集合中都出現的屬性）定義為核心集合，核心集合就是系統分類的最重要顯著屬性的集合。運算時，可以先列出所有資料約簡集合並計算其出現頻率，然後找出核心集合或找出出現頻率最高的約簡集合屬性，核心集合或出現頻率較高的屬性，就是影響決策變數的最重要屬性。

三、支持向量機

支持向量機（SVM）是機器學習的一種重要工具，SVM 的運作原理是當給定一群已經分類好的資料之後，SVM 可以經由訓練獲得一組模型，此模型可輔助預測新資料所屬的分類（Cristianini and Shawe Taylor, 2000）（Luts et al., 2010）。由於支持向量

機擁有良好的分類能力，故其運用範圍非常廣泛，例如：股票市場趨勢預測（Lee, 2009）、財務危機預測（Danenas and Garsva, 2012）、醫學工程及生物資訊分類（Huang et al., 2008）（Liau and Isa, 2011）等。

由於 SVM 基本上適用於兩類別的資料型態（Xie, Hu, & Yu, 2005），許多學者研究將 SVM 擴充至多類別資料（Liu, You, & Cao, 2006; Platt, Cristianini, & Shawe-Taylor, 2000; Xie et al., 2005; Xu, Zomer, & Brereton, 2006）。學者使用 SVM 進行多類別分類研究，利用結合多個支持向量機的方法，進行多類別的資料分類，在資料進入 SVM 學習前應用 SVM-RFE 將原始資料中特徵集合，依重要性排序，並利用田口方法的參數設計，選定 SVM 最佳化參數，藉以改善 SVM 多類分類準確率（Huang et al., 2014）。

支持向量機（SVM）是 Cotes 和 AT&T 貝爾實驗室研究室人員提出，由統計學習理論中基於結構風險最小誤差法（Structural Risk Minimization, SRM）所發展出來，可運用在分類與非線性迴歸（Danenas & Garsva, 2012），一般而言，SVM 可分為線性支持向量機（Linear SVM）與非線性支持向量機（Non-Linear SVM）。

（一）線性支持向量機（Linear SVM）

所謂線性支持向量機即是能用線性超平面區分資料點，但在現實生活中，大多數資料型態所待解決的問題，多屬於線性不可分，無法用簡單線性去分割。所以線性支持向量機可分為線性可分和線性不可分的型態。

在線性可分 SVM 問題上，首先對每種不同類別的訓練資料（Training Data）加上註解，Class1 為「+1」、Class2 為「-1」，若以數學符號表示為 $\{\{x_i, y_i\}_{i=1}^T, x_i \in \mathfrak{R}^m, y_i \in \{-1, +1\}\}$ ，其超平面表示如下：

$$\bar{w} \cdot \bar{x} - b = 0 \quad (7)$$

其中 w 是權重向量， x 是輸入的資料集， b 是常數，在超平面中扮演的角色是位移量，位移量的目的是使超平面水平移動後能落在空間中正確的位置，因此位移量是在 w 已訓練完成後才決定的。超平面的參數就以 w 及 b 所組成。SVM 應用在分類時，是把超平面視為一個決策函數（Decision Function）：

$$f(X) = \text{sign}(\bar{w} \cdot \bar{x} - b) \quad (8)$$

只要是落在邊界上與超平面之間的距離定義為 d_+ 和 d_- ，支持向量機目的是求出最大化邊際距離的超平面，如此可確保資料集分的很開，因此，選擇適當的 w 及 b ，使 d_+ 和

d_+ 相加距離愈大愈好。透過下述之數學式解決最佳化問題，而求解最佳化區分超平面過程可視為二次規劃問題（Quadratic Programming）：

$$\text{Minimize } L_p = \frac{1}{2} \|\bar{w}\|^2 \quad (9)$$

$$\text{Subject to } y_i(\bar{w} \cdot \bar{x}_i - b) - 1 \geq 0 \quad i = 1, \dots, l$$

原本最小化問題經拉格朗定理（Lagrange Theory）轉換為最大化問題：

$$\text{Maximize } L_D(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j (\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) \alpha_i \alpha_j \quad (10)$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0 \quad i = 1, \dots, l$$

$$\alpha_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, l$$

最後線性可分決策函數為：

$$f(X) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^l y_i \alpha_i^* (x \cdot \bar{x}_i) - b^* \right) \quad (11)$$

$$b^* = \bar{w} \cdot \bar{x}_k - y_k \quad \text{for some } \alpha_k > 0$$

若 $f(X) > 0$ ，表示該樣本與標注為「+1」的樣本屬於同一類，反之則屬另一類「-1」。

至於線性不可分問題是指：當訓練資料包含雜訊（Noise）時，線性超平面無法正確區分資料點，在限制式導入寬鬆變數（Slack Variables） ξ_i ，將原本的目標函數修正成以下的形式：

$$\text{Minimize } L_p = \frac{1}{2} \|\bar{w}\|^2 + C \left(\sum_{i=1}^l \xi_i \right) \quad (12)$$

$$\text{Subject to } y_i(\bar{w} \cdot \bar{x}_i - b) - 1 + \xi_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, l$$

$$\xi_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, l$$

其中， ξ_i 是邊界到分類點的距離，懲罰參數 C (penalty parameter) 代表一筆訓練資料在學習過程中分類錯誤的成本，由使用者自行決定，當 C 愈大，其邊際會愈小，表示錯誤發生時，容錯率就較小，反之 C 愈小，容錯率愈大。當 $C \rightarrow \infty$ ，線性不可分會退化成線性可分問題，此時可延續前述最佳化問題的解法，使用拉格朗係數求各參數與目標函數最佳解，線性不可分的對偶最佳化問題即為：

$$\text{Maximize } L_D(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j (\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) \alpha_i \alpha_j \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i &= 0 & i = 1, \dots, l \\ 0 \leq \alpha_i &\leq C & i = 1, \dots, l \end{aligned}$$

最後線性不可分決策函數為：

$$f(X) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n y_i \alpha_i^* (\bar{x}_i, \bar{x}) - b^* \right) \quad (14)$$

求解最佳化區分超平面過程是一個繁複迴圈的二次規劃問題（Quadratic Programming），學者提出一個序列最小優化（Sequential Minimal Optimization, SMO）方法，此方法將繁複迴圈的二次規劃問題打破成一序列最小可能的二次規劃問題，這些問題可以用分析方法加以解決，省去使用耗時的內部迴圈求取二次規畫最佳解，SMO 需要較少的矩陣計算，因此，所需的記憶空間較少，且計算較為快速（Platt, 1998）。

（二）非線性支持向量機（Non-Linear SVM）

若輸入的訓練樣本無法以線性支持向量機分離，則可透過利用轉換函數 ϕ 將原本二維資料轉換到一個新的高維度特徵空間（High-Dimensional Feature Space）進行線性可分割問題，將繁瑣複雜的特徵映射程序簡化，不用運算特徵空間中所映射向量之個別維度，只須利用原始空間的向量代入核心函數運算出對映在特徵空間上向量之內積運算。其非線性的對偶最佳化問題為：

$$\text{Maximize } L_D(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j K(\bar{x}_i, \bar{x}_j) \alpha_i \alpha_j \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i &= 0 & i = 1, \dots, l \\ 0 \leq \alpha_i &\leq C & i = 1, \dots, l \end{aligned}$$

K 是用來衡量輸入向量 \bar{x} 和儲存的訓練向量 \bar{x}_j 距離的核心函數（kernel function），而非線性的決策函數為：

$$f(X) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n y_i \alpha_i^* K(\bar{x}_i, \bar{x}) - b^* \right) \quad (16)$$

核心函數是將原本二維空間的資料映射至高維度空間的轉換函數，目前有許多不同的

核心函數被提出，針對不同的資料特性選用不同的核心函數，將可有效的提升 SVM 的運算效率，較常被使用的核心函數為放射型核心函數(Radial Basis Kernel Function)：

$$K(x_i, y_j) = \exp\left(\frac{-\|x_i - y_j\|^2}{2\gamma^2}\right), \gamma > 0 \quad (17)$$

若要找出最佳的參數 γ 和 C ，首先找出線性 SVM 的最佳 C ，稱之為 \tilde{C} ，然後固定 \tilde{C} ，使用放射型核心函數，找尋最佳的 γ 和 C ，使之滿足 $\log \gamma^2 = \log C - \log \tilde{C}$ 。放射型核心函數較常應用於在高特徵維度且非線性的問題，所需設定的參數為 γ 和 C ，可以稍微降低 SVM 的複雜度並且提高運算效率。

(三) 支持向量機特徵選取

SVM 雖然是一個有效的機器學習方法，但在多維度的空間分類及噪音資料的敏感度上仍存在一些問題 (Zhang et al., 2006)。在多維度空間的分類上，特徵選取 (Feature Selection) 可以降低分類的複雜性，並找出重要的鑑別特徵加以「標記」(Aksu et al., 2010)。近年來，特徵選取已成為不少研究的焦點，主要是由原始空間的特徵集中，此一方法能有效挑選出有助於辨識的特徵集合，此項技術目前已被充分運用在機器學習、圖形辨識、調適性控制等用途。利用特徵選取之資訊增益法，過濾每個問題中含有不恰當、多餘或是被認為雜訊的資料，以減少分類時所花費的運算時間，並可以改善分類問題的正確率。

常用的特徵選取方法有以下三種 (Pudil et al., 1994)，分別為 Backward Feature Selection (BFS)、Forward Feature Selection (FFS)、Ranker 等三種，其中 BFS 是一由上而下的特徵變數選取方法，將所有的特徵變數進行逐一的篩選，一次刪減一個特徵變數，直到達到所要求的特徵變數組合維度為止；而 FFS 則一次增加一個特徵變數，直到所要求的特徵變數組合維度為止，學者研究發現 FFS 可以用比 BFS 較少次的計算得到所要的特徵子集合。學者提出支持向量機遞推特徵消去法 (SVM-RFE) 做為特徵選取的方法 (Guyon et al., 2002)，此方法能選出相關特徵且可以去除多餘的特徵，尤其在特徵數目較少的情況下，可使分類器達到較高的分類性能，學者比較 SVM 的分類選取方法，證實 SVM-REF 不但簡單且能有效進行分類 (Harikrishna, Farquad, & Shabana, 2012; Lin et al., 2012b; Zhang & Ma, 2009)。

SVM-RFE 主要目的是計算出每個特徵的權重向量 (Weight Vector)，依照所計算

出的權重向量將每個特徵排序，作為分類依據。SVM-RFE 是一個向後消去特徵的迭代過程，其篩選特徵集合步驟如下所示：

- (1) 利用目前的資料集訓練分類器。
- (2) 計算每一個特徵的權重。
- (3) 刪除最小權重的特徵。

該迭代過程，在執行到資料集中只剩餘一個特徵時結束，執行的結果為獲得一列按照權重排列的特徵排序列表。在列表裡，不重要或者不相關的特徵，會先被消去，因此排在列表的後面，而最重要的特徵，最後才被消去，因此排在列表前面。

SVM-RFE 挑選特徵集合主要分為三個步驟，分別為輸入欲分類之資料集、計算每一個特徵的權重、刪除最小權重的特徵、得到特徵排序，其演算過程如下 (Guyon et al., 2002)：

- (1) 輸入：

訓練樣本： $X_0 = [x_1, x_2, \dots, x_m]^T$

類別： $y = [y_1, y_2, \dots, y_m]^T$

目前特徵集合： $s = [1, 2, \dots, n]$

特徵排序列表： $r = []$

- (2) 特徵排序：

重複以下過程直到 $s = []$

根據剩餘特徵獲取新的訓練樣本矩陣： $X = X_0(:, s)$

訓練分類器： $\alpha = SVM\text{-train}(X, y)$

計算權重值： $w = \sum_k \alpha_k y_k x_k$

計算排序標準： $C_i = (w_i)^2$

尋找權重最小的特徵： $f = \arg \min(c)$

更新特徵排序列表： $r = [s(f), r]$

消去權重最小的特徵： $s = s(1:-1, f+1:length(s))$

- (3) 輸出：特徵排序列表 r

在每一次迴圈中，具有最小 $(w_i)^2$ 的特徵將被移除，然後 SVM 對剩餘的特徵重新訓練以獲取新的特徵排序。SVM-RFE 不斷執行這一過程，最後得到一個特徵排序列表。利用該排序列表的特徵子集訓練 SVM，並以 SVM 的預測準確率評估這些子集的

優劣，從而獲得最佳的特徵子集。需要注意的是，排在前面的特徵，單一個並不一定能使 SVM 分類器獲得最好的分類性能，而是多個特徵組合在一起，才使得分類器獲得最佳的分類性能。因此，SVM-RFE 演算法，能選擇出互補的特徵組合 (Huang et al., 2014)。

參、問卷與資料

本研究針對參與創新創業相關活動的人士進行問卷調查，首先設計創業意圖的問卷，並經專家修正以提升問卷的內容效度，而後針對參與創業活動的對象加以訪問，主要的樣本來自參與由台中市政府主辦的「2015《IDEAX 跨域創新論壇年會》青創世代：改變社會的力量」的創業家及參與人士，同時在網路上透過問卷發送相關創業社團。

一、問卷設計

本研究聚焦在探討影響創業意圖的因素及關鍵因素，包括：創業家人口變數及創業家特徵（包括：個性特徵、能力特徵、行為特徵）。首先設計效度與信度兼具的問卷，藉以蒐集創業相關資料，本研究問卷設計以所歸納的文獻資料進行，並請學術界專家及創業家進行效度修正，同時進行信度分析，經修正歸納後主要觀察變相如附錄 1，包括：人口觀察變項及創業家特徵兩部分。

（一）人口觀察變項

學者研究 308 位土耳其女性創業家，結果顯示：在動態的環境中，有高成就需要的女企業家傾向於較少理性的決策，同時權力集中到自己手中，其使用 Likert 五等第尺度研究環境動態，並以年齡、婚姻狀態、教育程度為人口變數 (Ürü et al., 2011)。另有學者研究 365 家伊朗中小型農業創業家的溝通資源與管道和創業成功機率的關係，研究時針對的人口變數包括：年齡、教育程度 (Khoshnodifar et al., 2014)。學者研究地方的認同、創業自我效能感、對社區的支持，如何影響了中小旅遊企業業主的創業表現，研究中使用的人口變數包括：性別、年齡出生國家、出生城市、住在目前城市年限 (Hallak et al., 2012)。歸納影響創業意圖的人口變數，包括：創業家背景（工程、商業或其他）(Achleitner et al., 2007)；性別、教育程度、年齡 (Ahmad et al., 2014)；性別、年齡、教育程度 (Ayala and Manzano, 2014)；獨子或多子（一般長子績效高）、父親職業（農，白領，藍領）(Deniz et al., 2011)；性別、教育程度 (Gielnik et al., 2014)；

教育程度 (Ismail, 2014)；性別、年齡、教育程度 (Karabey, 2012) 等，本研究以性別、年紀、婚姻狀況、教育程度及學術背景作為人口觀察變項 (observed items)。

(二) 創業家特徵觀察變項

創業家 (entrepreneur) 可以定義為：擁有和創立一個組織，聚焦在利潤和成長，同時顯現創新行為的特質 (Hallak et al., 2012)，而創業 (entrepreneurship) 是創新的行為，包括增加現有資源新的財富生產能力 (Drucker, 2002) (Ürü et al., 2011)。研究創業意圖必須考慮創業者所具有的個人品質與管理技能，可用五等第 Likert 尺度(非常不同意到非常同意)加以衡量，個人品質包括：有活力的、獨立的、有競爭力的、有自信的、目標導向的、樂觀的、冒險態度的與自我激勵的。而管理技能包括：活躍於產品／服務管理、活躍於領導技能、活躍於生產力改進衡量、活躍於行銷發展、活躍於增加顧客資料庫及正確的辨識策略 (Baron and Shane, 2007)。另有學者研究創業家的關鍵特徵為：個性特徵 (Personality characteristics)、能力特徵 (Abilities characteristics) 與行為 (Behaviors)。個性特徵包括 7 個因素：堅定信念、堅持、自信、創業激情、勤奮精神、誠信與冒險精神；而能力特徵包括 4 個因素：學習能力、忍受挫折能力、管理能力與技術依賴能力；至於行為特徵包括 12 項因素：不滿於現狀、戰鬥精神、創新、困苦的經歷、敏銳的市場意識、果斷的決策、策略思考、反哺故鄉、能與他人分享快樂和悲傷、專注品質、尊重人才及無私 (Li et al., 2012)。依據前述學者評估創業家特徵的因素，設計本研究的創業家特徵觀察變項，並經學者專家修正後，如附錄 1 所示，共有 26 題觀察變項。

二、問卷資料

本研究針對參與創新創業相關活動的人士進行問卷調查，主要的樣本來自參與由台中市政府主辦的「2015《IDEAX 跨域創新論壇年會》青創世代：改變社會的力量」的創業家及參與人士，並在網路上透過問卷發送相關創業社團，回收的資料紙本 171 份、網路 49 份，總計 230 份，扣除無效問卷 2 份，總計有效問卷 228 筆資料。詢問受訪者是否想創業，其中有 198 筆資料想創業、不想創業的僅有 30 筆；而想創業者中，實際從事創業活動的有 121 筆資料、有 77 筆資料顯示並未真正創業。

(一) 問卷基本資料

本研究針對問卷填寫人的基本變數：性別、年齡、婚姻狀況、教育程度與學術背

景進行敘述統計，其結果如表 1 到表 5 所示。經過統計後，問卷填寫人性別為：男性 127 人，占全部人數的 56%；女性 101 人，占全部人數的 44%，由表 1 可知，本次問卷調查，以男性人數最多，相差 26 人。

表 1 回收問卷性別統計表

性別	男	女	合計
人數	127	101	228
百分比	56%	44%	100%

經過問卷統計後，問卷填寫人年齡為：25 歲以下 67 人，占全部人數的 29%；26-30 歲 38 人，占全部人數的 17%；31-35 歲 43 人，占全部人數的 19%；36-40 歲 20 人，占全部人數的 9%；41-45 歲 27 人，占全部人數的 12%與 46 歲以上 33 人，占全部人數的 14%，由表 2 可知，本次問卷調查，以 25 歲以下人數最多。

表 2 回收問卷年齡統計表

年齡	25 歲以下	26-30 歲	31-35 歲	36-40 歲	41-45 歲	46 歲以上	合計
人數	67	38	43	20	27	33	228
百分比	29%	17%	19%	9%	12%	14%	100%

由問卷資料顯示問卷填寫人性別為：未婚 132 人，占全部人數的 58%；已婚 87 人，占全部人數的 38%與已婚但目前單身 9 人，占全部人數的 4%，由表 3 可知，本次問卷調查，以未婚人數最多。

表 3 回收問卷婚姻狀況統計表

婚姻狀況	未婚	已婚	已婚，目前單身	合計
人數	132	87	9	228
百分比	58%	38%	4%	100%

經過統計後，問卷填寫人年齡為：高中（含）以下 18 人，占全部人數的 8%；大專／大學 155 人，占全部人數的 68%；碩士 42 人，占全部人數的 18%與博士 13 人，占全部人數的 6%，由表 4 可知，本次問卷調查，以大專／大學人數最多。

表 4 回收問卷教育程度統計表

教育程度	高中(含)以下	大專／大學	碩士	博士	合計
人數	18	155	42	13	228
百分比	8%	68%	18%	6%	100%

而在年齡分析上，問卷填寫人年齡為：自然／工程背景 51 人，占全部人數的 22%；商業背景 54 人，占全部人數的 24%；人文社會 30 人，占全部人數的 13%；農業和其

他 39 人，占全部人數的 17%；資通訊 (ICT) 25 人，占全部人數的 11%與設計 29 人，占全部人數的 13%，由表 5 可知，本次問卷調查，以商業背景人數最多。

表 5 回收問卷學術背景統計表

學術背景	自然／工程背景	商業背景	人文社會	農業和其他	資通訊	設計	合計
人數	51	54	30	39	25	29	228
百分比	22%	24%	13%	17%	11%	13%	100%

(二) 問卷信度

信度 (reliability) 係數是衡量信度高低的統計指標，常見的信度係數有：重測信度、複本信度、折半信度和內部一致信度 Cronbach's α 信度係數等。Cronbach's α 係數越大表示觀察變項間的相關性越高，一般而言， α 大於 0.8 表示內部一致性極好， α 介於 0.6 到 0.8 中間表示較好，而低於 0.6 表示內部一致性較差，在實際應用上，Cronbach's α 係數至少應大於 0.5，最佳應大於 0.7 (Nunnally, 1978)。本研究的 Cronbach's α 值為 0.963，以標準化項目為準的 Cronbach's α 值為 0.964，表示內部一致性極佳。

肆、分析結果

本研究採用決策樹及 VSM 進行分類，並以粗集合及 SVM-RFE 方法進行資料萃取，首先說明資料萃取方法及萃取後的關鍵變數，而後利用原始資料及萃取後資料進行分類，以比較分類的準確度，藉此提出創業意圖準確度最高的分類方法。

一、SVM-RFE 資料萃取方法

學者提出支持向量機遞推特徵消去法 (SVM-RFE) 做為特徵選取的方法 (Guyon, Weston, Barnhill, & Vapnik, 2002)，此方法能選出相關特徵且可以去除多餘的特徵，尤其在特徵數目較少的情況下，可使分類器達到較高的分類性能，學者比較 SVM 的分類選取方法，證實 SVM-REF 不但簡單且能有效進行分類 (Harikrishna, Farquad, & Shabana, 2012; Lin et al., 2012b; Zhang & Ma, 2009)。

SVM-RFE 主要目的是計算出每個特徵的權重向量 (Weight Vector)，依照所計算出的權重向量將每個特徵排序，作為分類依據。SVM-RFE 是一個向後消去特徵的迭代過程，其篩選特徵集合步驟如研究方法所示，本研究根據學者提出的理論，

$J = \frac{\|w\|^2}{2}$ ，支持向量機遞推特徵消去法特徵選取迭代次數為特徵屬性的一半 (Boser et

al., 1992) (Vapnik and Vapnik, 1998) (Veropoulos et al., 1999)。由於創業意圖 (Q32) 由創業家特徵所影響，而創業家特徵有 26 個特徵屬性，選擇迭代次數為 13 次，在第 Q6~Q31 題首先將原始特徵排序編碼，並開始選擇 SVM 分類器作為資料集訓練，去計算每一個特徵的權重，具有最小的權重特徵將被剔除，以得到特徵排序。在迭代次數為 13 次之下，在每次迴圈中不斷執行產生新的特徵排序，所產生的特徵值如表 6 所示。

表 6 以 SVM-RFE 刪除不重要因素後創業家特徵 (Q6~Q31) 重要排序

Ranked	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Q32	Q24	Q25	Q12	Q22	Q21	Q13	Q23	Q15	Q26	Q31	Q29	Q17	Q28

二、粗集合資料萃取方法

本研究使用 RSES 2 軟體做為粗集合資料縮減工具，RSES 2 是由粗集合理論創立者 Pawlak 所屬的波蘭 Warsaw 大學所開發 (Predki et al., 1998) (Prędko and Wilk, 1999) (Pawlak, 2003) (Pawlak, 2002) (Pawlak et al., 1995)，其程序是：(1) 資訊系統的建構，(2) 找出條件屬性對決策屬性的依賴性，(3) 進行屬性約簡 (reduct) 及尋找核心 (core) 屬性。

在資訊系統的建構上，必須從資訊架構中決定那些分類變數成為屬性集合，並將屬性集合分解成條件屬性 (conditional attributes) 及決策屬性 (decision attributes)，因此，首先決定全域 U 為人口變數、創業家特徵、企業因素及創業動機。其次決定屬性集合 A ，並將屬性集合分解成條件屬性集合 C 及決策屬性集合 D ，本研究的屬性集合為： $\{A=\text{創業意圖所有因素}(Q6-Q32), C=\text{創業家特徵}(Q6-Q31), D=\text{創業意圖}(Q32)\}$ 。

定義出屬性集合，緊接著找出條件屬性 C 對決策屬性 D 的依賴性，決策屬性在條件屬性的正區域可以定義為： $pos_C(D) = \bigcup_{x \in U/C} \underline{C}(x)$ ，亦即 $pos_C(D)$ 為根據條件屬性 C 所進行的分割 U/C ，能夠確切的劃入某一 U/C 類的對象集合。而決策屬性 D 對條件屬性 C 的依賴度定義為： $\gamma_C(D) = \frac{|pos_C(D)|}{|U|}$ ，表示在條件屬性 C 下，能夠確切劃入某一 U/C 類的對象占全集合總對象數的比率。

依據依賴度進行屬性約簡 (reduct) 及尋找核心 (core) 屬性，約簡集合是條件屬性的最小子集合，可以保證所有條件屬性集合的分類有相同品質。由於每一個條件屬性的重要性並不相同，為了檢驗某一個條件屬性 a 的重要性，可以將這一個條件屬性 a

移除，看看它對 C 所產生的正區域影響的程度，如果沒有影響，則此一條件屬性 a 是多餘的，可以移除；依此觀念遞迴，進行條件屬性的約簡，約簡後的屬性集合即成為約簡集合。而屬性的重要性可以定義為： $\omega(C, D) = \frac{\gamma_C(D) - \gamma_{C-\{a\}}(D)}{\gamma_C(D)} = 1 - \frac{\gamma_{C-\{a\}}(D)}{\gamma_C(D)}$ 。

所有約簡集合的交叉（亦即：在所有約簡集合中都出現的屬性）定義為核心屬性集合，核心屬性集合就是系統分類的最重要顯著屬性的集合。運算時，可以先列出所有資料約簡集合並計算其出現頻率，然後找出核心集合或找出出現頻率最高的約簡集合屬性，核心屬性集合或出現頻率較高的屬性，就是影響決策變數的關鍵屬性。

粗集合方法必需先針對特徵屬性加以簡化，若為連續資料，則必需加以離散化後再簡化。本研究主要以 Likert 五等第資料及順序資料進行研究，因此資料不用加以離散即適合進行粗集合資料縮減。本研究軟體 RSES 2 執行時，首先輸入所有條件屬性及決策屬性，接著輸入最大約簡數（Reducts）以產生約簡集合，本研究採用耗竭演算法（Exhaustive algorithm）、5 個約簡數及 10 個約簡數進行研究比較（Baycan et al., 2012）。然後以所產生約簡集合進行交集運算以產生核心屬性，在不同的約簡數下，所產生的核心屬性數量會有不同，可以依據研究需求選擇最合適的核心屬性數量，這些核心屬性即成為關鍵因素，而若核心屬性過少，也可利用出現比率較高的屬性作為關鍵因素。

本研究屬性集合 A 的條件屬性為 Q6-Q31，決策屬性為 Q32，共有 228 筆資料，設定約簡數為 5，得到五個約簡集合，如表 7 所示，針對這五組約簡集合再進行交集運算，可以得到其核心屬性為 Q9、Q15、Q17、Q19、Q20、Q21、Q24，從 26 項條件屬性縮減為 7 項核心屬性，亦即：影響創業意圖的關鍵因素為 Q9、Q15、Q17、Q19、Q20、Q21、Q24 等 7 項。

表 7 粗集合的約簡集合

(1-5)	Size	Pos_Reg.	SC	Reducts
1	9	0.978	1	{Q9,Q15,Q17,Q19,Q20,Q21,Q24,Q26,Q30}
2	9	0.978	1	{Q9,Q15,Q17,Q19,Q20,Q21,Q22,Q24,Q29}
3	9	0.978	1	{Q9,Q10,Q15,Q17,Q19,Q20,Q21,Q24,Q28}
4	9	0.978	1	{Q9,Q10,Q15,Q17,Q19,Q20,Q21,Q24,Q30}
5	9	0.978	1	{Q9,Q15,Q17,Q19,Q20,Q21,Q23,Q24,Q29}

三、分類結果

本研究以決策樹的 CART 演算法及選擇非線性 SVM 分類器作為分類方法，非線性 SVM 分類目的在求下列二次規劃問題：

$$\text{Maximize } L_D(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j K(\bar{x}_i, \bar{x}_j) \alpha_i \alpha_j \quad (18)$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0 \quad i = 1, \dots, l$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1, \dots, l$$

K 是用來衡量輸入向量 \bar{x} 和儲存的訓練向量 \bar{x}_j 距離的核心函數 (kernel function)，所採用放射型核心函數 (Radial Basis Kernel Function, RBF) 如下：

$$K(x_i, y_j) = \exp\left(\frac{-\|x_i - y_j\|^2}{2\gamma^2}\right), \gamma > 0$$

γ 值建議設定為 $3/n \sim 6/n$ ， n 表示為輸入變數的個數，若輸入變數為 20 個，則可選定 γ 為 0.15~0.30 之間，本研究採用 $\gamma=3/n$ ，處罰函數 C 值設定為 1，終止條件為 1.0E-6，採用 10-folds 交互驗證。由於求解最佳化區分超平面過程是一個繁複迴圈的二次規劃問題 (Quadratic Programming)，本研究採用 Platt (1998) 提出的序列最小優化 (SMO) 方法計算，並在 windows XP/7 環境下，採用 WEKA 3.6 版軟體進行，此方法將繁複迴圈的二次規劃問題打破成一序列最小可能的二次規劃問題，此些問題可以用分析方法加以解決，省去使用耗時的內部迴圈求取二次規畫最佳解，SMO 所需的記憶空間較少，且計算較為快速 (Platt, 1998)。

決策樹的 CART 演算方法是以每個節點的動態臨界值作為條件判斷式，藉由單一輸入的變數函數，在每個節點分隔資料，並建立一個二元決策樹子集合，再重複由每一個子集合尋找下一個測試屬性，直到無法再做分割為止。為了確認這些最沒用的分支，CART 以整體錯誤率為修剪決策樹的依據，這是一種衡量方法，逐一檢視每一個葉部節點，確認最弱勢的分支 (那些無法有效降低整棵決策樹錯誤率的分支)，然後將它們標示出來加以修剪，其程序是：(1) 計算每一個葉部節點所產生的錯誤率，(2) 每一個葉部節點的錯誤率乘上資料抵達葉部的機率 (分配到資料的比例)，加起來的總和就是整個決策樹的錯誤率，(3) 逐一檢視每一個葉部節點，確認最弱勢的分支 (那

些無法有效降低整棵決策樹錯誤率的分支)，然後將它們標示出來加以修剪。CART 最後的工作是從入選的分支樹中選出最能分類新資料的決策樹，為達到目的，可以使用預先分好的測試組資料，測試組資料和訓練組資料來自同一群母體，但包含的資料不同。入選分支樹中每一個都被用來分類測試組資料，得出最低的整體錯誤率的就是最佳保留的分支。為了確保決策樹的適用性，可以採用交互驗證（crossfold testing），將原有的訓練資料依據輸出變數，任意分成 N 個區隔，如此可以保證在每一個區隔中的輸出子集合可以有相似的分配，其中一個子集合當作測試資料，其他 N-1 個子集合當作訓練資料，整個的模式建立重複 N 次進行，結果顯示：重複 N 次的平均績效表現是原始模式績效表現的極佳估計式（Lewis, 2000）。

本研究決策樹採用 CART 演算法，此方法可以將連續型資料以二元決策樹加以分析，在 window XP/7 電腦環境，使用的軟體為 SPSS Clementine 10.1，本研究的相依變數為創業意圖（Q32），輸入資料為創家特徵（Q6~Q31），輸入資料型態為離散型變數，演算法為 CART，在 10 次交互驗證下，建立最佳決策樹，並產生分類的準確度，以原始資料進行分類的結果如圖 1 說明。

依前述分類程序，將創業家特徵（Q6-Q31）所有資料、SVM-RFE 萃取後資料及粗集合萃取後資料作為獨立資料，再透過決策樹分析及 SVM 多屬性分類進行創業意圖（Q32）的分類，其結果如表 8 所示，由表可知：(1) 利用所有資料，針對創業意圖的創業家特徵分類，準確度為：SVM（87.0%）>決策樹（86.77%），(2) 利用 SVM-RFE 萃取後資料，針對創業意圖的創業家特徵分類，決策樹分類準確度（88.12%）>SVM 分類準確度（87.0%），(3) 利用粗集合萃取後資料，針對創業意圖的創業家特徵分類，決策樹分類準確度（94.12%）>SVM 分類準確度（87.0%）。

分析所有資料及萃取資料對分類方法準確度的影響，在決策樹分類上，粗集合萃取分類準確度（94.12%）>SVM-RFE 萃取分類準確度（88.12%）>所有資料分類準確度（86.77%）。至於 SVM 分類方法，粗集合萃取分類準確度（87.0%）=SVM-RFE 萃取分類準確度（87.0%）=所有資料分類準確度（87.0%）。

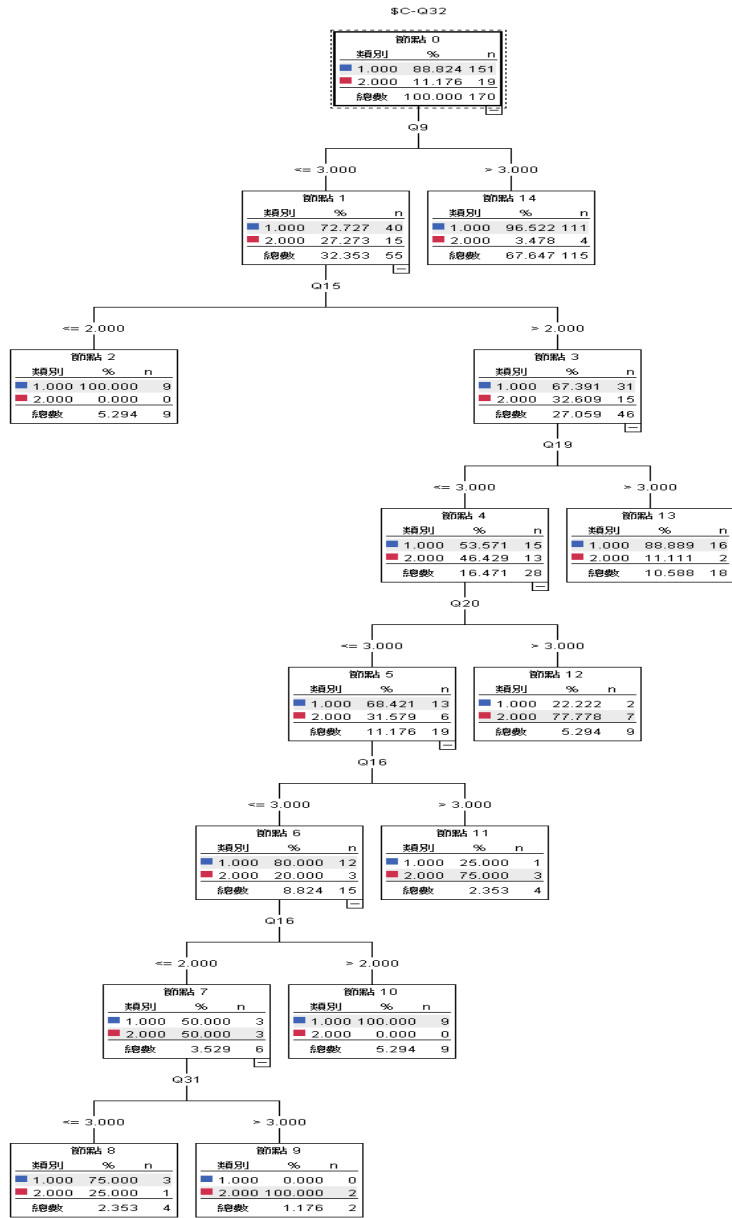


圖 1 所有創業家特徵資料分類結果

表 8 創業家特徵資料對創業意圖的分類準確度

分類方法	決策樹分類	SVM 分類
獨立變數資料		
所有資料	86.77%	87.0%
SVM-RFE 萃取資料	88.12%	87.0%
粗集合萃取資料	94.12%	87.0%

伍、結論與建議

進行分類時，特徵變數並非越多越好，若特徵變數過多可能產生的雜訊也越多，因此造成分類的困難，但特徵變數太少，一樣不利於分類。本研究利用 SVM-RFE 及粗集合方法萃取特徵變數，並進行分類，比較分類方法的分類準確度，當採用所有資料進行分類時，SVM 分類方法優於決策樹分類，但採用萃取資料進行分類時，決策樹分類方法即優於 SVM 分類方法，因此，萃取資料可以提升決策樹的分類準確度，尤其是粗集合萃取方法，效果更是優於 SVM-RFE 方法。至於 SVM 分類方法，所有資料或萃取後資料，對分類準確度都無影響。

由決策樹分析結果可知：影響創業意圖的關鍵觀察變項為 Q9、Q15、Q17、Q19、Q20、Q21、Q24 等 7 項，利用這七個觀察變項可以達到 94.12% 的分類準確度，這七個觀察變項代表：擁有創業激情、擁有管理能力、不滿於現狀、擁有創新概念、擁有困苦的經歷、擁有敏銳的市場知覺及擁有回饋故鄉的精神。

本研究針對創業意圖進行研究，並利用決策樹及 SVM 方法進行分類，且探討所有資料及萃取資料後的分類效果，由於 SVM 分類方法不管所有資料或以 SVM-RFE、粗集合進行資料萃取，其分類準確度均無影響，是否因為所萃取資料僅為原來一半，相對於粗集合的 7 項，仍然保留 13 項太多觀察變項所造成，值得後續學者進行更深入研究。

附錄 1 本研究問卷觀察變項

一、人口變數觀察變項

1. **Q1** 請問您的性別是：

(1)男 (2)女

2. **Q2** 請問您的年紀是：

(1)20 歲以下 (2)21-25 歲 (3)26-30 歲 (4)31-35 歲 (5)36-40 歲
 (6)41-45 歲 (7)46-50 歲 (8)51 歲以上

3. **Q3** 請問您婚姻狀況是：

(1)未婚 (2)已婚 (3)已婚，目前單身

4. **Q4** 請問您的教育程度是：

(1)小學(含)以下 (2)國中 (3)高中 (4)大專／大學 (5)碩士
 (6)博士

5. **Q5** 請問您的學術背景為：

(1)自然／工程背景 (2)商業背景 (3)人文社會 (4)農業
 (5)資通訊(ICT) (6)設計 (7)其他_____

二、創業家特徵觀察變項

題 目	非常 同 意	同 意	普 通	不 同 意	非常 不 同 意
1.Q6 您擁有堅定信念	5	4	3	2	1
2.Q7 您能堅持完成一件事	5	4	3	2	1
3.Q8 您擁有自信	5	4	3	2	1
4.Q9 您擁有創業激情	5	4	3	2	1
5.Q10 您擁有勤奮精神	5	4	3	2	1
6.Q11 您認為，您擁有誠信	5	4	3	2	1
7.Q12 您擁有冒險精神	5	4	3	2	1
8.Q13 您擁有學習能力	5	4	3	2	1
9.Q14 您擁有忍受挫折能力	5	4	3	2	1
10.Q15 您擁有管理能力	5	4	3	2	1
11.Q16 您擁有別人依賴您的技術能力	5	4	3	2	1

題 目	非常 同意	同 意	普 通	不 同 意	非常 不同意
12.Q17 您不滿於現狀	5	4	3	2	1
13.Q18 您擁有戰鬥精神	5	4	3	2	1
14.Q19 您擁有創新概念	5	4	3	2	1
15.Q20 您擁有困苦的經歷	5	4	3	2	1
16.Q21 您擁有敏銳的市場知覺	5	4	3	2	1
17.Q22 您擁有果斷的決策能力	5	4	3	2	1
18.Q23 您擁有策略思考能力	5	4	3	2	1
19.Q24 您擁有回饋故鄉的精神	5	4	3	2	1
20.Q25 您能夠與他人同歡或同哀	5	4	3	2	1
21.Q26 您很專注品質	5	4	3	2	1
22.Q27 您很尊重人才	5	4	3	2	1
23.Q28 您很無私	5	4	3	2	1
24.Q29 您有察覺未來機會的強烈感覺	5	4	3	2	1
25.Q30 您擅長連結內外部資源	5	4	3	2	1
26.Q31 您經常看出不相關資訊或似乎不存在相關的片段資訊，彼此間的連結	5	4	3	2	1

參考文獻

- Achleitner, A.-K., Kaserer, C., Wagner, N., Poech, A., Brixner, M., 2007. Venture Capital in Europe, *Venture Capital in Europe*. Elsevier. doi:10.1016/B978-075068 — 259-6.50018-X
- Acs, Z., 2006. How Is Entrepreneurship Good for Economic Growth? *Innov. Technol. Governance, Glob.* 1, 97–107. doi:10.1162/itgg.2006.1.1.97
- Ahmad, S.Z., Jabeen, F., Khan, M., 2014. Entrepreneurs choice in business venture: Motivations for choosing home-stay accommodation businesses in Peninsular Malaysia. *Int. J. Hosp. Manag.* 36, 31–40. doi:10.1016/j.ijhm.2013.08.006
- Aksu, Y., Miller, D.J., Kesidis, G., Yang, Q.X., 2010. Margin-maximizing feature elimination methods for linear and nonlinear kernel-based discriminant functions. *Neural Networks, IEEE Trans.* 21, 701–717.
- Ayala, J.-C., Manzano, G., 2014. The resilience of the entrepreneur. Influence on the success of the business. A longitudinal analysis. *J. Econ. Psychol.* 42, 126–135. doi:10.1016/j.joep.2014.02.004
- Baron, R., Shane, S., 2007. *Entrepreneurship: A process perspective*. Cengage Learning.
- Baycan, T., Sahin, M., Nijkamp, P., 2012. The urban growth potential of second-generation migrant entrepreneurs: A sectoral study on Amsterdam. *Int. Bus. Rev.* 21, 971–986.
- Boser, B.E., Guyon, I.M., Vapnik, V.N., 1992. A training algorithm for optimal margin classifiers, in: *Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory*. ACM, pp. 144–152.
- Breiman, L., Friedman, J., Stone, C.J., Olshen, R.A., 1984. *Classification and regression trees*. CRC press.
- Cristianini, N., Shawe Taylor, J., 2000. *An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods*. Cambridge university press.
- Danenas, P., Garsva, G., 2012. Credit risk evaluation modeling using evolutionary linear SVM classifiers and sliding window approach. *Procedia Comput. Sci.* 9, 1324–1333.
- Deniz, N., Boz, İ.T., Ertosun, Ö.G., 2011. The Relationship between Entrepreneur’s Level of Perceived Business-Related Fear and Business Performance. *Procedia - Soc. Behav.*
-

- Sci. 24, 579–600. doi:10.1016/j.sbspro.2011.09.038
- Drucker, P.F., 2002. The discipline of innovation. *Harv. Bus. Rev.* 80, 95–100.
- Gielnik, M.M., Barabas, S., Frese, M., Namatovu-Dawa, R., Scholz, F.A., Metzger, J.R., Walter, T., 2014. A temporal analysis of how entrepreneurial goal intentions, positive fantasies, and action planning affect starting a new venture and when the effects wear off. *J. Bus. Ventur.* 29, 755–772. doi:10.1016/j.jbusvent.2013.09.002
- Global Entrepreneurship Monitor, 2015. . <http://www.gemconsortium.org/data/key-indicators>.
- Guyon, I., Weston, J., Barnhill, S., Vapnik, V., 2002. Gene selection for cancer classification using support vector machines. *Mach. Learn.* 46, 389–422.
- Hallak, R., Brown, G., Lindsay, N.J., 2012. The Place Identity – Performance relationship among tourism entrepreneurs: A structural equation modelling analysis. *Tour. Manag.* 33, 143–154. doi:10.1016/j.tourman.2011.02.013
- Huang, C.-L., Liao, H.-C., Chen, M.-C., 2008. Prediction model building and feature selection with support vector machines in breast cancer diagnosis. *Expert Syst. Appl.* 34, 578–587.
- Huang, M.-L., Hung, Y.-H., Lee, W.M., Li, R.K., Jiang, B.-R., 2014. SVM-RFE based feature selection and Taguchi parameters optimization for multiclass SVM classifier. *Sci. World J.* 2014.
- Ismail, V.Y., 2014. The Comparison of Entrepreneurial Competency in Woman Micro-, Small-, and Medium-scale Entrepreneurs. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 115, 175–187. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.426
- Karabey, C.N., 2012. Understanding Entrepreneurial Cognition through Thinking Style, Entrepreneurial Alertness and Risk Preference: Do Entrepreneurs differ from others? *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 58, 861–870. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.1064
- Khoshnodifar, Z., Ghonji, M., Mazlounzadeh, S.M., Abdollahi, V., 2014. Effect of communication channels on success rate of entrepreneurial SMEs in the agricultural sector (a case study). *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* doi:10.1016/j.jssas.2014.04.001
- Koe, W.-L., Sa'ari, J.R., Majid, I.A., Ismail, K., 2012. Determinants of Entrepreneurial Intention Among Millennial Generation. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 40, 197–208.
-

doi:10.1016/j.sbspro.2012.03.181

- Lee, M.-C., 2009. Using support vector machine with a hybrid feature selection method to the stock trend prediction. *Expert Syst. Appl.* 36, 10896–10904.
- Lewis, R.J., 2000. An introduction to classification and regression tree (CART) analysis, in: Annual Meeting of the Society for Academic Emergency Medicine in San Francisco, California. pp. 1–14.
- Li, G., Wu, B., Bai, G., 2012. Investigation on the Success of Peasant Entrepreneurs. *Phys. Procedia* 25, 2282–2286. doi:10.1016/j.phpro.2012.03.383
- Liau, H.F., Isa, D., 2011. Feature selection for support vector machine-based face-iris multimodal biometric system. *Expert Syst. Appl.* 38, 11105–11111.
- Luts, J., Ojeda, F., Van de Plas, R., De Moor, B., Van Huffel, S., Suykens, J.A.K., 2010. A tutorial on support vector machine-based methods for classification problems in chemometrics. *Anal. Chim. Acta* 665, 129–145.
- Nunnally, J., 1978. *Psychometric methods*.
- Pawlak, Z., 2003. Probability, truth and flow graph. *Electron. Notes Theor. Comput. Sci.* 82, 1–9.
- Pawlak, Z., 2002. Rough sets, decision algorithms and Bayes' theorem. *Eur. J. Oper. Res.* 136, 181–189.
- Pawlak, Z., 1991. *Rough Sets*. Dordrecht: Kluwer.
- Pawlak, Z., Grzymala-Busse, J., Slowinski, R., Ziarko, W., 1995. Rough sets. *Commun. ACM* 38, 88–95.
- Platt, J., 1998. Sequential minimal optimization: A fast algorithm for training support vector machines.
- Predki, B., Słowiński, R., Stefanowski, J., Susmaga, R., Wilk, S., 1998. ROSE-software implementation of the rough set theory, in: *Rough Sets and Current Trends in Computing*. Springer, pp. 605–608.
- Prędkie, B., Wilk, S., 1999. Rough set based data exploration using ROSE system, in: *Foundations of Intelligent Systems*. Springer, pp. 172–180.
- Pudil, P., Novovičová, J., Kittler, J., 1994. Floating search methods in feature selection. *Pattern Recognit. Lett.* 15, 1119–1125.
-

- Słowiński, R., 1992. *Intelligent decision support: handbook of applications and advances of the rough sets theory*. Springer Science & Business Media.
- Ürü, F.O., Çalışkan, S.C., Atan, Ö., Aksu, M., 2011. How Much Entrepreneurial Characteristics Matter in Strategic Decision-Making? *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 24, 538–562. doi:10.1016/j.sbspro.2011.09.112
- Vapnik, V.N., Vapnik, V., 1998. *Statistical learning theory*. Wiley New York.
- Veropoulos, K., Campbell, C., Cristianini, N., 1999. Controlling the sensitivity of support vector machines, in: *Proceedings of the International Joint Conference on AI*. pp. 55–60.
- Wu, W.-Z., Zhang, W.-X., 2004. Constructive and axiomatic approaches of fuzzy approximation operators. *Inf. Sci. (Ny)*. 159, 233–254.
- Zhang, Y., Chi, Z., Sun, Y., 2006. A novel multi-class support vector machine based on fuzzy theories, in: *Intelligent Computing*. Springer, pp. 42–50.
- Zin Baycan, T., Sahin, M., Nijkamp, P., 2012. The urban growth potential of second-generation migrant entrepreneurs: A sectoral study on Amsterdam. *Int. Bus. Rev.* 21, 971–986. doi:10.1016/j.ibusrev.2011.11.005
- 程守雄，2009。結合粗集合理論與決策樹於股市之分析，第五屆知識社群研討會。

摻雜奈米二氧化鈦的椰殼碳超級電容之研製

趙時勉*、李金翰、陳冠吟、閔庭輝

摘要

本研究添加不同重量比的二氧化鈦於含有導電碳粉的椰殼碳粉中，來製備超級電容之碳電極，以探討二氧化鈦添加對電容特性之影響。實驗中添加二氧化鈦之複合式碳電極，進一步使用快速退火 (RTA) 之熱處理後，以場發射掃描式電子顯微鏡 (Field emission scanning electron microscope, FE-SEM)、能量色散 X-射線光譜 (EDS)、循環伏安 (CV) 和恆電流充放電測試 (Charge-discharge) 及光激發螢光量測 (Photo-Luminescence, PL)，來探討碳電極導電碳黑的添加、奈米二氧化鈦的添加及有無快速熱退火處理對電容特性之影響。研究結果顯示，由循環伏安分析得知，沒添加二氧化鈦所製備出之複合式碳電極超級電容，在 25mV/s 掃描速率下電容值為 73.104F/g，而有添加二氧化鈦則提升至 96.54F/g。另外在有添加二氧化鈦並以快速退火 (RTA) 熱處理的碳電極具有最佳電容值為 171.28F/g。

關鍵詞：超級電容、二氧化鈦、循環伏安法。

Study of TiO₂ Nanoparticle Doping in Coconut-Shell Carbon on the Properties of Super Capacitor

Shi-Mian Chao*, Chin-han Lee, Kuan-Yin Chen,
Teen-Hang Meen

Abstract

In this study, addition of TiO₂ nanoparticles into coconut-shell carbon with conductive carbon black were used as the electrodes to investigate the influences on the properties of super capacitor. The composite carbon electrodes were further treated by rapid thermal annealing. The super capacitors were measured by field emission scanning electron microscope (FE-SEM), electronic data systems (EDS), cyclic voltammetry (CV), charge-discharge and photo-luminescence (PL) to investigate the differences between the electrodes with conductive carbon black doping and TiO₂ nanoparticles doping, and the electrodes treated with and without rapid thermal annealing (RTA). According to the analyses of cyclic voltammetry, the capacitance without TiO₂ nanoparticles is 73.104 F/g by scanning under the rate of 25 mV/s, and could be improved to 96.54 F/g while TiO₂ nanoparticles doped in carbon electrode. In addition, the capacitance of super capacitor could be increased to 171.28 F/g under heat treatment by RTA.

Keywords: Super capacitor, TiO₂, Cyclic voltammetry.

Shi-Mian Chao, Assistant Professor, Department of Electric Engineering, Hsiuping University of Science and Technology. *Corresponding Author, E-mail: smchao@hust.edu.tw

Chin-han Lee, Graduate Student, Department of Electronic Engineering, National Formosa University.

Kuan-Yin Chen, Graduate Student, Department of Electronic Engineering, National Formosa University.

Teen-Hang Meen, Professor, Department of Electronic Engineering, National Formosa University.

Received 21 September 2016; accepted 9 February 2017

壹、前言

汽車產業至今已有一百年以上的歷史，但同時汽車所消耗的能源與廢氣污染，卻造成了全球能源危機與溫室效應等問題，近年來車輛的發展逐漸朝向提升能源效率及減少環境污染，其中又以電動車的開發最受各國高度重視與研究。超級電容器適合作為電動車的輔助動力與儲能系統，因此超級電容可視為未來電動車的關鍵元件之一。

超級電容器是透過極化電解質來儲能的一種電化學元件，它不同於傳統的化學電源，主要依靠電雙層和氧化還原偽電容電荷儲存電能，是一種介於傳統電容器與電池之間、具有特殊性能的電源。在其儲能的過程並不發生化學反應，而且這種儲能過程是可逆的，因此超級電容器可以反覆充放電數十萬次。它的基本原理和其它種類的電雙層電容器一樣[1]，都是利用活性炭多孔電極和電解質組成的電雙層結構獲得超大的容量[2]。其特性有：高能量密度、高功率密度、使用壽命長、使用溫度範圍寬、充電速度快、放置時間長、免維護與環保[3-8]。活性炭是一個具多孔狀組織的碳，這些孔就是用來增加活性炭吸附雜質的表面積。影響碳材料電荷儲存能力的因素主要有比表面積、孔隙結構和表面活性。

目前所使用高比表面積活性炭材料，其微孔分佈寬，孔徑小於 2nm 的微孔，在高倍率放電情況下，不能得到有效利用[9]。二氧化鈦為 n-type 半導體，具化學安定性、物理穩定性、生物相融性、高熔點（rutile 為 1855°C）、高能隙（rutile 為 $E_g = 3.0$ eV，直接能隙；anatase 為 $E_g = 3.2$ eV，間接能隙）、高折射率（rutile 為 2.609，brookite 為 2.583，anatase 為 2.488）、光化學穩定性、高介電常數、高光學轉換效率等優異性質的金屬氧化物[10-11]。本研究以便宜的椰殼碳粉來製備超級電容，因椰殼碳的導電率不佳，為了改善問題，因而添加了奈米二氧化鈦和導電碳粉，做出複合式碳粉，來增加原本椰殼碳粉的導電特性和電容特性。基板採用 ITO 導電玻璃做為集電板，其中在 ITO 導電玻璃上鍍上白金，並且還在基板與碳電極之間多加了一層導電碳漿（Conductive carbon），來提升電極導電特性。本研究希望藉由添加不同重量比的二氧化鈦於含有導電碳粉的椰殼碳粉中，來探討碳電極導電碳黑的添加、奈米二氧化鈦的添加及有無快速熱退火處理對電容特性之影響。

貳、實驗步驟

實驗第一部分主要是以不同碳黑、奈米二氧化鈦添加量，與椰殼碳於磁石攪拌機中混和均勻，經由烘烤後，製備出此複合式結構碳粉，再將所製備出的複合式碳粉添加黏著劑（PVB）調配成碳膏，藉由旋轉塗佈的方式將碳膏旋塗佈於 ITO 基板上，經過烘烤加熱後，完成複合式電極製作。過程中所探討的參數為奈米二氧化鈦的添加量，經由物理分析與電化學分析找出最佳複合式電極製備參數。第二部分使用快速退火（RTA），通氧的方式下，以不同溫度進行退火，並測試退火通氧與沒退火通氧的參數，對超級電容特性之影響。第三部分使用 LiClO_4 製備電解質；並以循環伏安（CV）和恆電流充放電效率（Charge-discharge efficiency）測試來討論不同掃描速率與充放電對超級電容特性之影響。樣品製作及分析的實驗流程圖如圖 1 所示。

循環伏安法是藉由改變施加電位後，偵測其電流的變化[12-13]，不同分析物有不同的氧化還原電位，並藉由電容公式（1-1）可計算得到比電容值：

$$C = \frac{dQ}{dV} = \frac{1}{mv\Delta V} \int_{V_1}^{V_2} I(V)dV \quad (1-1)$$

其中 $\int_{V_1}^{V_2} I(V)dV$ ：循環伏安滯環面積， v ：掃描速率， ΔV ：電壓範圍， m ：電極材料總重量。

超級電容之循環伏安曲線近似為矩形，而電容通常隨電位變化，所以循環伏安曲線常偏離矩形，但具體曲線依測量體系不同而變化。本研究以恆電流充放電方式，將電解質之超級電容進行充放電測試，並以（1-2）公式計算電容器之充放電效率。

$$\eta = \frac{Q_{dch}}{Q_{ch}} \times 100\% = \frac{t_{dch}}{t_{ch}} \times 100\% \quad (1-2)$$

其中 Q_{dch} ：放電容量， Q_{ch} ：充電容量， t_{dch} ：放電時間， t_{ch} ：充電時間。

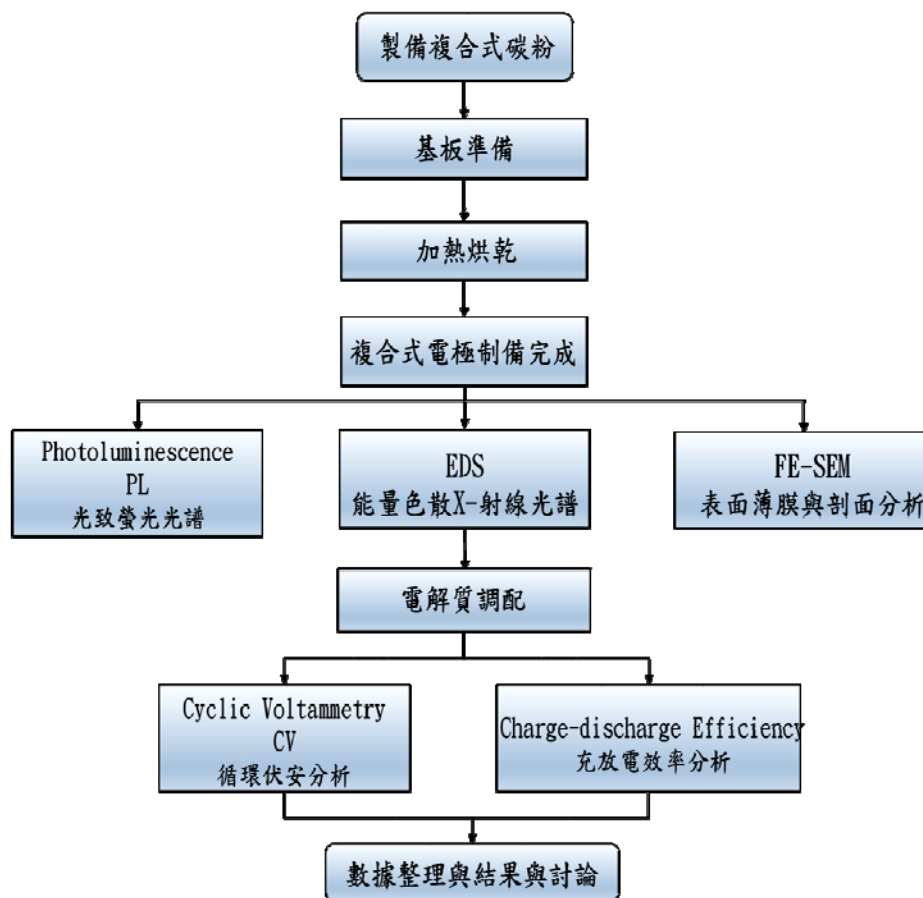


圖 1 樣品製作及分析的實驗流程圖

參、結果與討論

一、添加不同重量百分比碳黑對超級電容之影響

本研究為了改善椰殼碳導電性較差的缺點，實驗中添加了不同碳黑的重量比 15 wt%、20 wt%、25 wt%、30 wt%及 35 wt%來增加電極的導電特性，並討論電極電容值的影響。圖 2 為添加不同重量百分比碳黑之碳電極表面形貌，由 SEM 圖可知道，當碳黑添加量大於 20wt%時，活性碳比表面會有約 16nm 的細小碳黑顆粒被披覆的現象。當添加量為 35wt%時，活性碳顆粒表面及周圍幾乎被披覆住。由於碳黑顆粒的比表面積較小，因此可以推斷當碳黑添加量大於 30wt%會造成碳電極的比表面積下降。

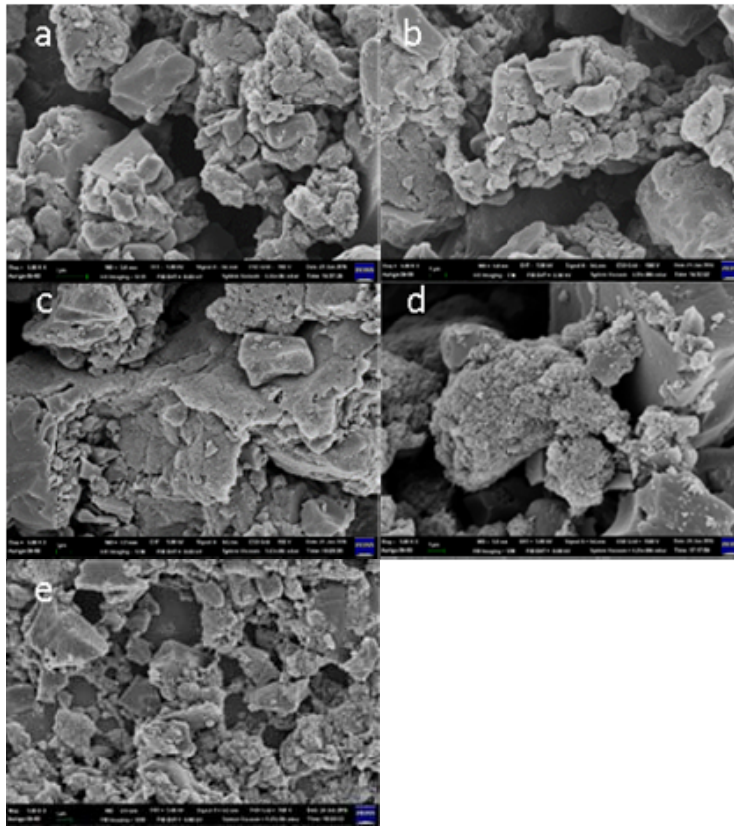


圖 2 添加不同重量百分比碳黑之碳電極表面形貌圖 (a) 15wt% (b) 20wt% (c) 25wt%(d)30wt% (e) 35wt%

圖 3 為添加不同重量百分比碳黑之循環伏安分析圖，當碳黑添加量增加時，循環伏安滯環面積有逐漸增大，但是碳黑添加量達到 30wt%後，滯環面積就下降。根據此圖計算出比電容值，發現添加 15wt%碳黑時比電容值在 54.46F/g，到添加量 30wt%碳黑時可提升電容值到 73.104F/g，而當添加量到達 35wt%時，碳黑的添加量過多，則活性碳之表面會被披覆，導致滯環面積下降，比電容值也下降至 59.23F/g。

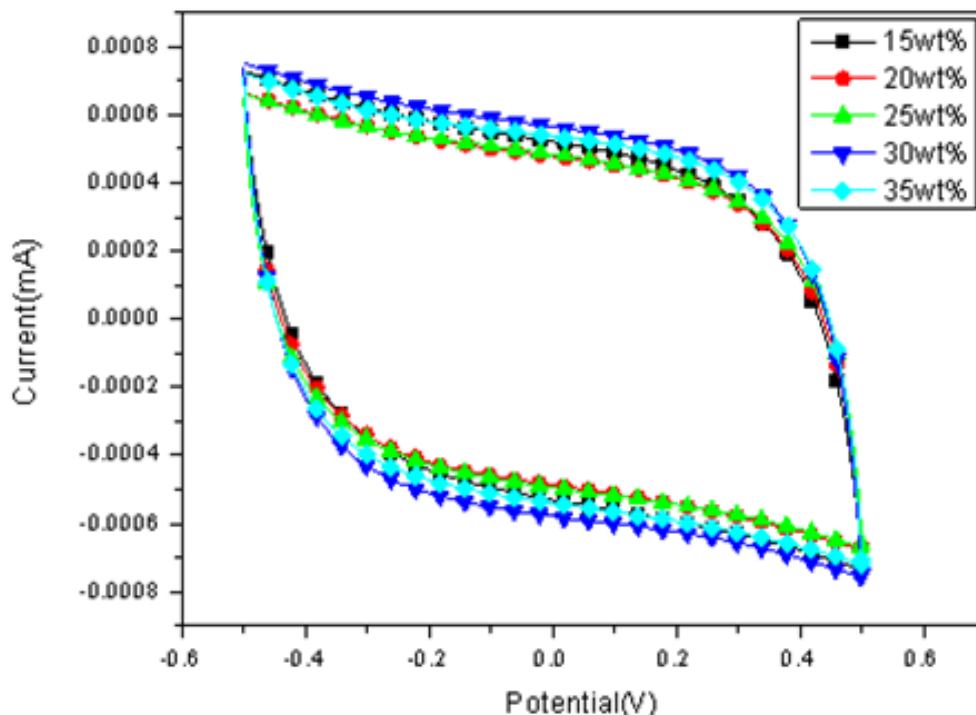


圖 3 添加不同重量百分比碳黑之電容循環伏安圖

圖 4 為添加不同重量百分比碳黑之恆電流充放電分析。由實驗結果得知，添加碳黑有較好的導電特性。隨著添加量增加，充放電效率也變的較佳，如表 1 所示。

表 1 添加不同重量百分比碳黑之電容循環伏安與充放電特性參數

CB	$\int_{V_1}^{V_2} I(V)dV$	電容值 (F/g)	充放電效率 (%)
15wt%	9.8045×10^{-4}	54.46	91.4
20wt%	9.08×10^{-4}	56.75	95.2
25wt%	10.6×10^{-4}	64.24	98
30wt%	9.138×10^{-4}	73.104	98.7
35wt%	10.07×10^{-4}	59.23	98

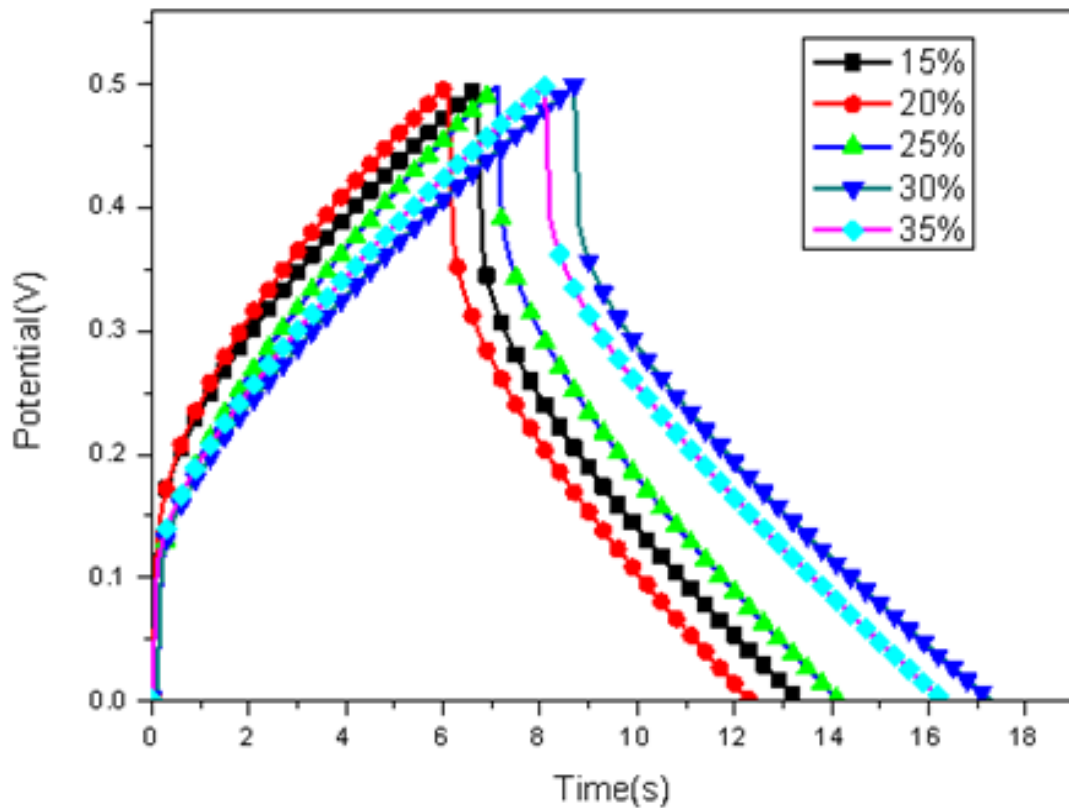


圖 4 添加不同重量百分比碳黑之電容恆電流充放電分析圖

二、添加不同奈米二氧化鈦重量百分比對超級電容之影響

本實驗在添加不同重量的碳黑參數中，30wt%是較好的電容值，因此以 30wt%的碳黑來添加不同重量比的奈米二氧化鈦（15wt%、20wt%、25wt%、30wt%、35wt%）。在添加不同二氧化鈦碳電極中，可以從 SEM 表面形貌分析，看出添加二氧化鈦越多，奈米二氧化鈦會有團聚性，導致有添加二氧化鈦電極表面顆粒有變大的跡象，如圖 5 所示。由於二氧化鈦在過渡金屬中具有價格便宜、導電特性好、穩定性佳、介電常數較高等特性，因此具有較佳的電學性能。在實驗過程中，以摻雜奈米二氧化鈦的參數去進行循環伏安與充放電的分析，電容值會比沒摻雜的來的高，而最高電容值為 96.54F/g，如圖 6 和表 2 所示。二氧化鈦添加量超過 30 wt%後電容值就下降，是因為二氧化鈦添加越多，會把碳的多孔隙性質給覆蓋住，導致無法大量傳輸離子而造成，如表 2 所示。

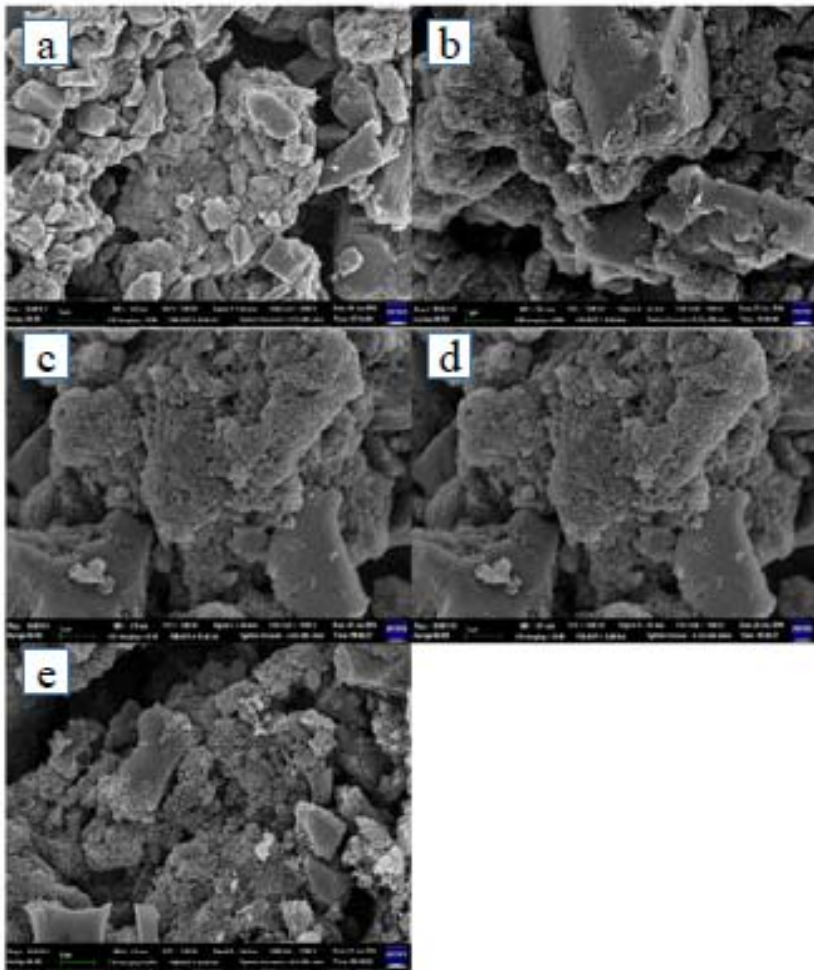
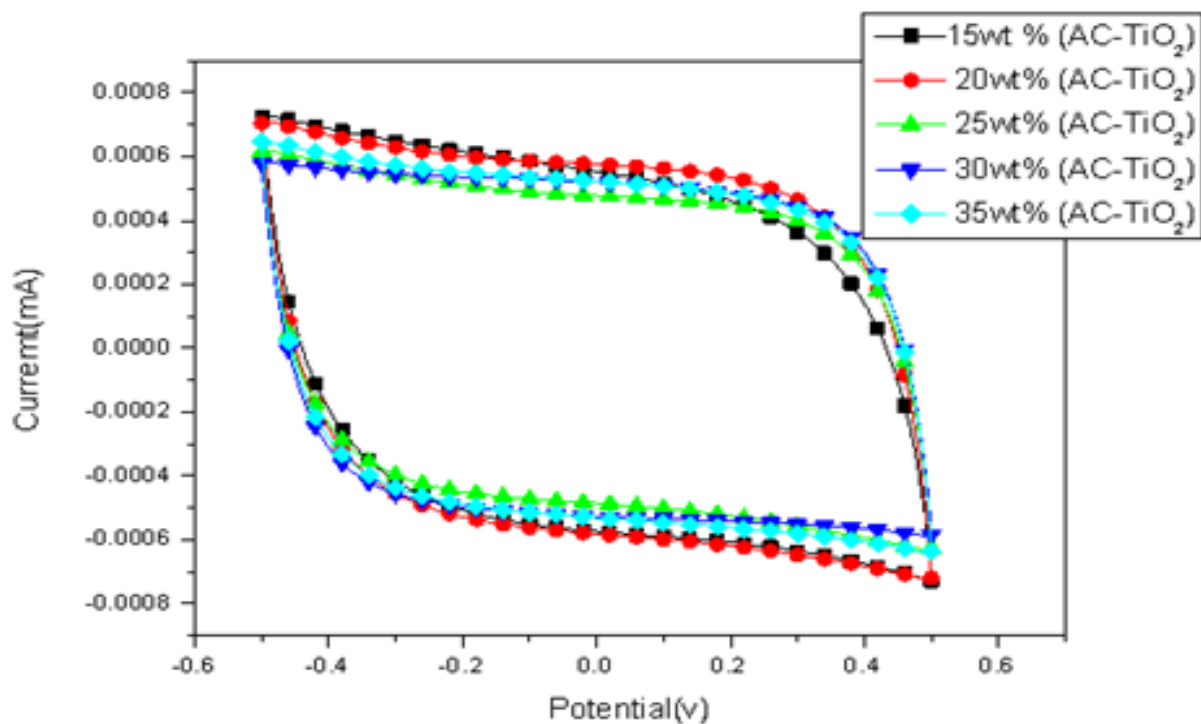


圖 5 添加不同重量百分比奈米二氧化鈦之碳電極表面形貌圖 (a) 15wt% (b) 20wt% (c) 25wt% (d) 30wt% (e) 35wt%

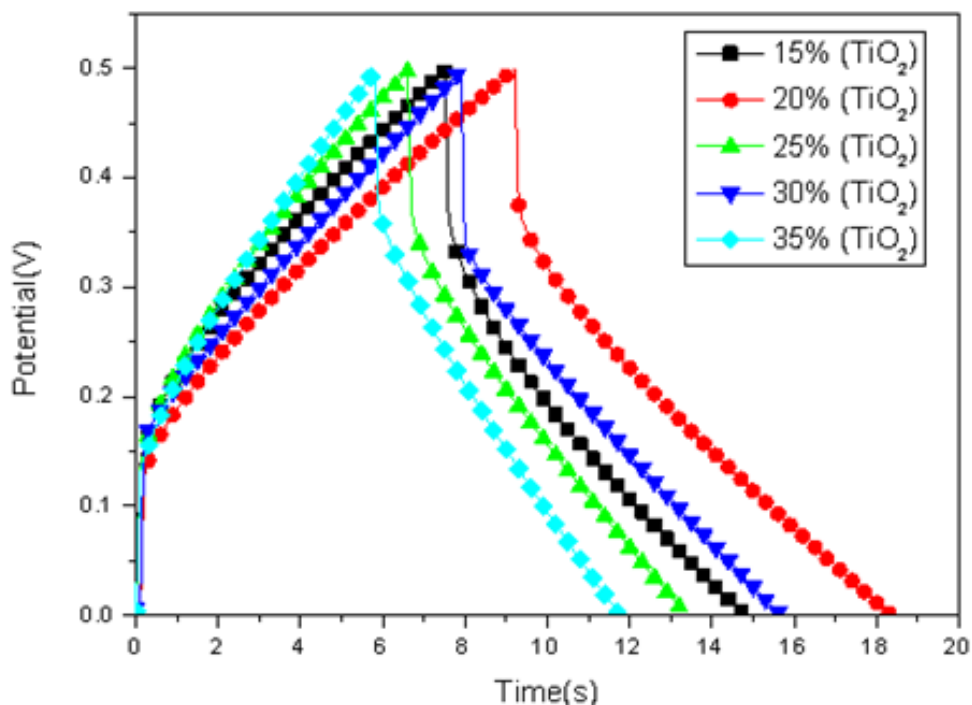
表 2 添加不同重量比的奈米二氧化鈦以循環伏安與充放電測試分析

CB-TiO ₂	$\int_{V_1}^{V_2} I(V)dV$	電容值 (F/g)	充放電效率 (%)
15wt%	1.033 × 10⁻³	66.64	90
20wt%	1.073 × 10⁻³	71.533	97.8

25wt%	9.168×10^{-4}	83.34	98.4
30wt%	9.654×10^{-4}	96.54	93.7
35wt%	7.567×10^{-4}	89.45	89.3



(a) 添加不同重量百分比二氧化鈦之電容循環伏安分析圖



(b) 添加不同重量百分比二氧化鈦之電容恆電流分析圖

圖 6 添加不同重量百分比二氧化鈦之電容(a)循環伏安分析圖(b)恆電流分析圖

三、快速熱退火 Rapid Thermal Annealed (RTA) 以不同時間通氧退火對超級電容之影響

本研究之實驗為添加二氧化鈦，但二氧化鈦氧缺陷是較大的，為了改善氧缺陷，讓電容特性變的較好，實驗中以固定溫度 500°C，不同時間（6 分鐘、8 分鐘、10 分鐘），來探討退火通氧，對超級電容的影響。結果顯示最佳電容值於添加量到 30wt%，退火溫度在 500°C，8 分鐘熱退火時為 171.28F/g。由 SEM 圖，可以看到二氧化鈦因熱退火造成結晶性變好、裂孔變小，這是電容特性變好的原因，如圖 7 所示。

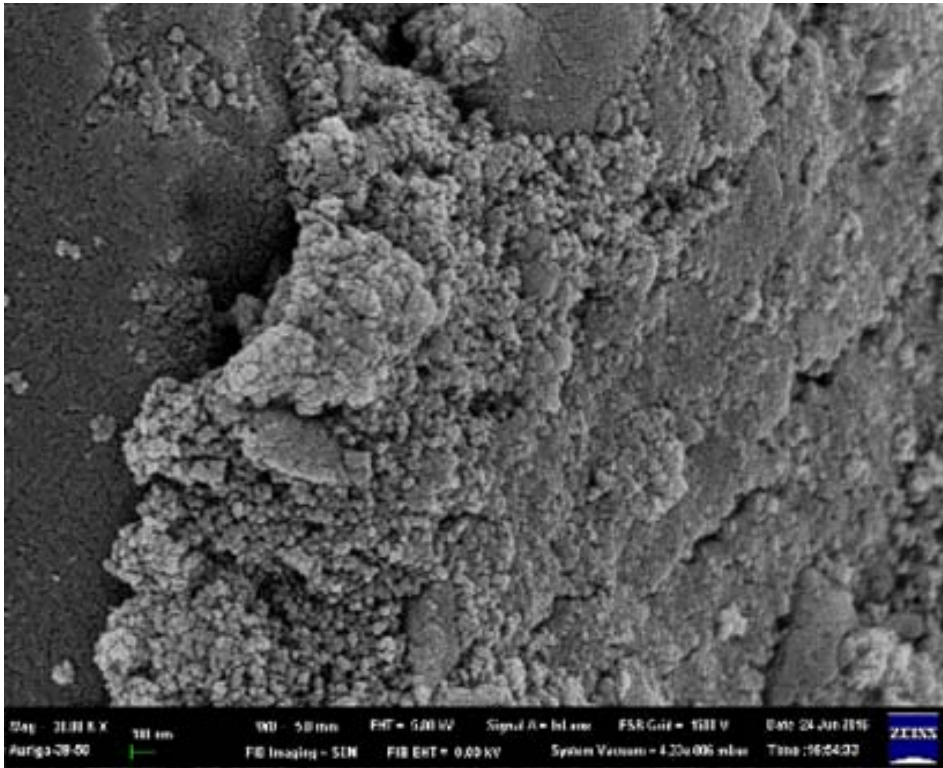


圖 7 添加 30wt% 二氧化鈦以 500 度 $^{\circ}\text{C}$ ，8 分鐘退火之碳電極表面形貌圖

然而因退火通氧的關係，可看出在 EDS 圖上顯示氧原子比例有明顯的增加，如圖 8 所示。以循環伏安跟恆電流分析來看，添加二氧化鈦後以 RTA 通氧退火，有助於增加它的電容特性。當通氧退火為 500 $^{\circ}\text{C}$ ，8 分鐘時電容特性最好，如圖 9 及表 3 所示。

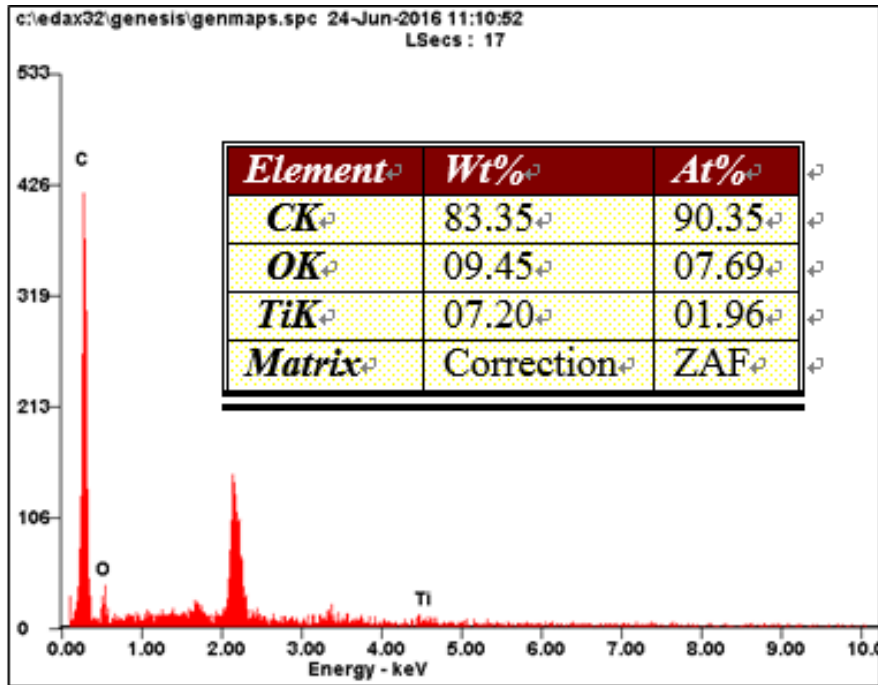
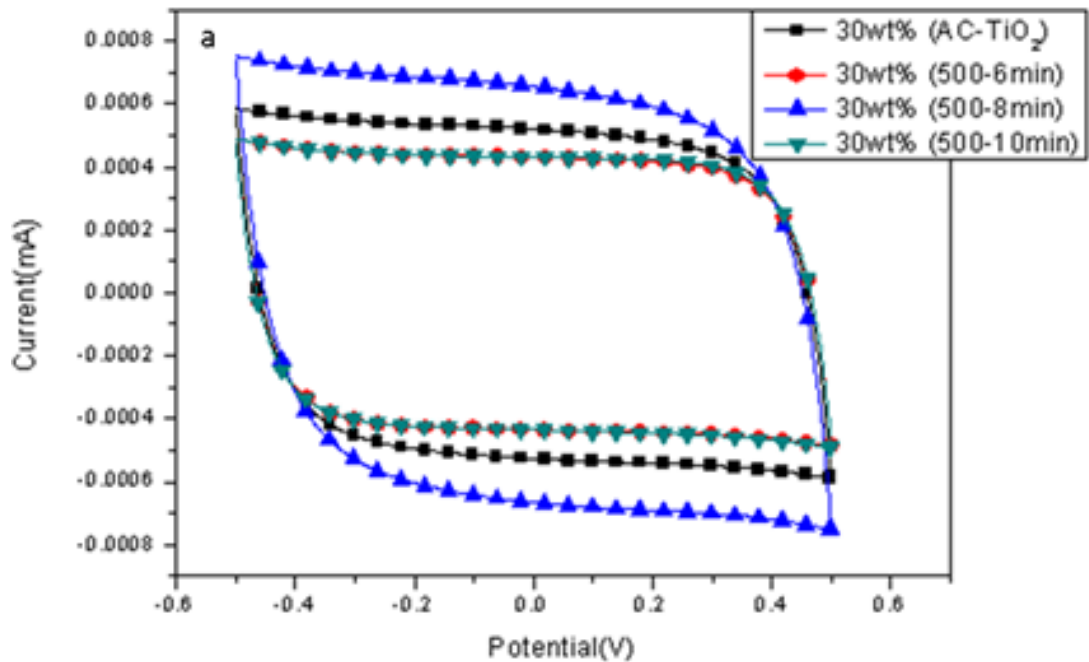
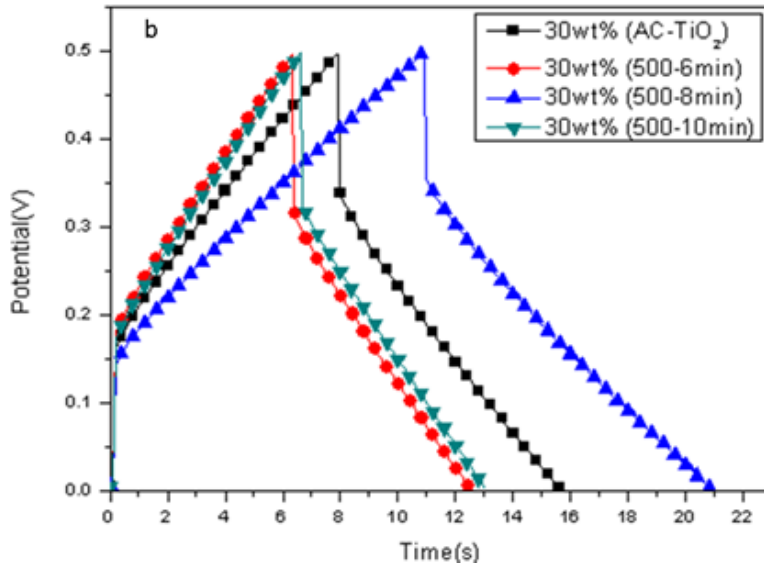


圖 8 添加二氧化鈦 30wt%，500°C 8min 退火下之碳電極能量色散 X-射線光譜圖



(a) 添加二氧化鈦 30wt%以 500°C，6、8、10 分鐘熱退火的電容循環伏安分析圖



(b) 添加二氧化鈦 30wt%以 500°C，6、8、10 分鐘熱退火的電容恆電流分析圖

圖 9 添加二氧化鈦 30wt%以 500°C，6、8、10 分鐘熱退火的電容特性

(a) 循環伏安分析圖 (b) 恆電流分析圖

圖 10 為添加二氧化鈦 30wt%以 500°C（6、8、10 分鐘）之光激發螢光圖（PL），可以明顯看到添加二氧化鈦並進行退火，會造成氧缺陷的下降。當退火條件為 500°C，8 分鐘時，氧缺陷為最低，此時電容值 171.28 F/g 為最佳。

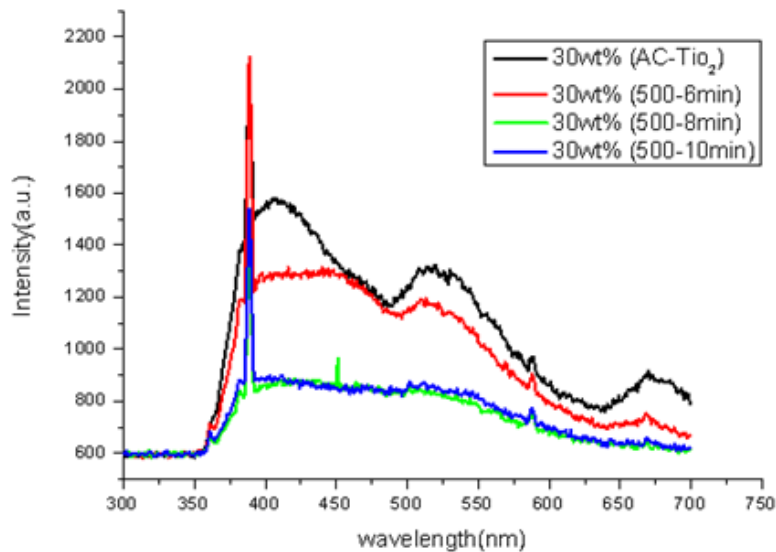


圖 10 添加二氧化鈦 30wt%以 500°C（6、8、10 分鐘）之光激發螢光譜圖

表 3 添加二氧化鈦以退火溫度 500°C，不同分鐘進行退火的電容循環伏安與充放電特性參數

		未退火	500°C 6min	500°C 8min	500°C 10min
AC-TiO ₂ 30wt%	$\int_{V_1}^{V_2} I(V)dV$	9.65×10 ⁻⁴	8.127×10 ⁻⁴	11.99×10 ⁻⁴	8.16×10 ⁻⁴
	電容值(F/g)	96.54	135.45	171.28	136.11
	充放電效率 (%)	96.2%	92.3%	90.9%	100%

肆、結論

本研究主要分成三個部分製備摻雜二氧化鈦的超級電容，並以場發射掃描式電子顯微鏡、能量色散 X-射線光譜、循環伏安和恆電流充放電測試，以及光激發螢光量測，進行分析與量測。第一部分是探討導電碳黑的添加量對碳電極電容特性的影響，藉由循環伏安分析可知，以添加 30wt%的導電碳黑，可有最佳的電容值為 73.104F/g。第二部分以導電碳黑最佳添加量 30wt%，另添加不同重量百分比的奈米二氧化鈦，去探討對碳電極電容特性影響。由實驗得知在摻雜 30wt%的奈米二氧化鈦，有最佳電容值為 96.54F/g。第三部份以添加 30wt%的奈米二氧化鈦，在固定溫度 500°C，不同時間（6 分鐘、8 分鐘、10 分鐘）快速通氣熱退火下，改善氧缺陷，讓電容特性變的較好。實驗結果顯示，退火溫度在 500°C，8 分鐘時，氧缺陷為最低，此時電容值 171.28 F/g 為最佳。

參考文獻

- [1] 洪淙琦，2004，“不鏽鋼電極披覆奈米碳管應用於電雙層電容之特性研究”，國立交通大學材料科學與工程研究所碩士論文。
- [2] H. Shi, *Electrochimica Acta*, 1996, “Activated carbons and double layer capacitance”, Volume 41, Issue 10, pp. 1633-1639。
- [3] R. Kotz, M. Carlen, 2000, “Principles and applications of electrochemical capacitors” *Electrochimica Acta*, Volume 45, Issues 15–16, pp. 2483–2498。
- [4] 汪形艷、王先友、黃偉國，2004，“超級電容器電極材料研究”，電池，第 34 卷

第 3 期，pp. 192-193。

- [5] 張熙貴、解晶瑩、王濤、欽佩、夏保佳，2003，“碳基超電容與 MH/Ni 電池複合的研究”，電池，第 33 卷，pp. 226-227。
 - [6] C.H. Hamann, W. Vielstich, 1998, “Electrochemistry”, Wiley-Vch, New York, p. 187。
 - [7] H. D. Young, 1992, “Physics”, Addison-Wesley Publishing Co., New York, p. 110。
 - [8] 范錦松，2014，“以碳黑披覆中間相微碳球製備碳電極於超級電容之研究”，國立中山大學電機工程學系碩士論文。
 - [9] B. E. Conway, 1999, “Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications”, Springer US。
 - [10] C. C. Hu, M. J. Liu, K. H. Chang, 2008, “Anodic deposition of hydrous ruthenium oxide for super-capacitors: Effects of the AcO^- concentration, plating temperature, and oxide loading”, *Electrochimica Acta* 53(6), pp. 2679-2687。
 - [11] C. C. Hu, W. C. Chen, K. H. Chang, 2004, “How to Achieve Maximum Utilization of Hydrous Ruthenium Oxide for Supercapacitors”, *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 151, issue 2, pp. 281-290。
 - [12] 何嘉瑋，2012，“以中間相微碳球製備複合式電極應用於超級電容器之研究”，國立中山大學電機工程所碩士論文。
 - [13] 陳盈霖，2013，“膠態電解質應用於超級電容器之研究”，國立中山大學電機工程所碩士論文。
-

Magnetic Properties and Microstructure of (FePt)_{1-x}Cr_x and (FePt)_{1-x}Cu_x Thin Films

Chi-Yang Shen*, Chung-Cheng Chiang, Huang-Wei
Chang, Fu-Te Yuan

Abstract

(FePt)_{1-x}Cr_x and (FePt)_{1-x}Cu_x thin films were deposited on quartz substrates by high-vacuum RF sputtering. X-ray diffraction patterns show that addition of Cr or Cu results in the suppression of the ordering transformation process while annealing temperature (T_a) was lower than 700°C. For $T_a = 800^\circ\text{C}$, both the Cr- and Cu-containing alloys complete the disorder-to-order phase transformation within 20 minutes. After annealing at 800°C, very high coercivity of 12 kOe was obtained in FePt-Cr thin film. On the other hand, the alloying of Cu was found to increase magnetization. Microstructures of the thin films were studied from TEM micrographs. Large grain size and grain-boundary precipitants were observed in 800°C annealed FePt-Cr thin film. However, grain size refining was found in Cu-alloyed film. The ΔM curves were used to investigate the intergranular coupling. The ΔM values decrease with the increase of Cr concentrations. Whereas, the ΔM values increase with Cu concentration. It appears that the alloying of Cr decouples the grains while the addition of Cu results in strong exchange coupling.

Keywords: FePt film, fuse quartz substrates, Cu-doping, Cr-doping, Magnetic properties, Microstructure.

(FePt)_{1-x}Cr_x 及 (FePt)_{1-x}Cu_x 膜微結構與磁性質之研究

申繼陽*、蔣忠誠、張晃暉、袁輔德

摘要

本文以高真空磁控濺鍍系統製備(FePt)_{1-x}Cr_x 及(FePt)_{1-x}Cu_x 薄膜並研究其微結構及磁性。結構分析結果顯示 Cr 或 Cu 之添加於低於 700°C 之退火溫度 (T_a) 時抑制了序化相變化。當 T_a = 800°C 時, (FePt)_{1-x}Cr_x 及(FePt)_{1-x}Cu_x 兩系列薄膜皆於 20 分鐘內完成序化相變化。經 800°C 退火後, FePt-Cr 薄膜可獲得高達 12 kOe 之矯頑磁力。另一方面, Cu 之合金化被發現可提高磁化量。TEM 分析結果顯示 FePt-Cr 薄膜經 800°C 退火後有較大之晶粒與晶界析出相產生; 而 FePt-Cu 薄膜則有細化晶粒之現象。ΔM-H 曲線顯示出 ΔM 最大值隨 Cr 含量提高而下降; 但隨 Cu 含量而提高。此揭示出 Cr 合金化使晶粒間去耦合; 而 Cu 之添加可導致較強之晶粒間交換耦合效應。

關鍵詞：FePt 膜、石英基板、Cu 參雜、Cr 參雜、磁性質、微結構。

申繼陽：修平科技大學電機系副教授 *通訊作者：lingun@hust.edu.tw

蔣忠誠：修平科技大學電機系助理教授

張晃暉：東海大學應用物理系副教授

袁輔德：南港區中央研究院物理所博士後研究員

投稿日期：105 年 11 月 17 日 接受刊登日期：106 年 2 月 10 日

I. INTRODUCTION

*L*₁₀ FePt has very high magnetic anisotropic energy (7×10^7 erg/cm³) and remarkable chemical stability, with which it has drawn considerable attention in the past decades. The potential application of *L*₁₀ FePt includes magnetic recording media, perpendicular spin-valve devices, spin current related devices, bio magnets for dentistry, nano-particles for bio-labeling, etc [1-12].

Hard magnetic properties of a FePt alloy or thin film is determined by the degree of ordering and microstructure[1-11]. Well-ordered FePt has very high magnetocrystalline anisotropy, which largely increases the coercivity in the most cases; however, the remanent decreases by about 40% in the cases that the grains has isotropic orientation. Controlling the microstructure and introduce soft magnetic phase to achieve strong exchange coupling is an effective way to improve hard magnetic performance. It has been reported that by multilayer deposition and rapid thermal annealing, microstructure of *L*₁₀ FePt grains embedded in soft magnetic Fe₃Pt matrix can be formed and the energy product reached a very high value of over 50MGOe [13]. It was also reported that by introducing a Fe top layer on *L*₁₀ FePt layer, energy product of the films can be increased [13]. Grain refining [14] and element adding [15] were reported as effective way to enhance energy product of the *L*₁₀ FePt films through strengthened the exchange coupling between magnetic grains. On the other hand, *L*₁₀ FePt grains can be decoupled by microstructure engineering. Grain isolation by oxides, island-like morphology formation, and top layer diffusion were reported as effective approaches to decouple the magnetic grains, leading to independent magnetic reversal [16-19].

In this study, we reported on magnetic properties and intergranular interaction of FePt-Cu and FePt-Cr thin films. The addition of Cu was previously reported to lower the ordering temperature of FePt [20], and Cr was extensively used in Co-based magnetic recording media to lower the intergranular coupling. The addition of these two elements in FePt films results in different magnetic feature and magnetic coupling. Crystal structure and microstructure were reported in details.

II. EXPERIMENT

The studied FePt based alloy thin films were deposited by sputtering system. The background vacuum is better than 1×10^{-7} torr. The working argon pressure was fixed at 10

mtorr. Thin films with thickness of 50 nm were deposited on a heated fuse quartz substrate and the temperature was lasted for 10 minutes after finishing deposition. The in-situ and post annealing is performed in argon atmosphere at 10 mtorr. Quartz substrate prevents interfacial diffusion during high temperature deposition and ensures stable chemical composition. Annealing temperature is set in the range of 350-800 °C. Compositied FePt target made by a high purity iron disc overlaid with high purity Pt foils. Binary composition was adjusted by either tuning the position or the size of the Pt foils on the iron disc. For the preparation of FePt-Cr and FePt-Cu thin films, FeCr and FeCu alloy targets were used. Composition of the samples was determined by energy dispersion spectrum (EDS). Binary composition was confirmed as Fe₄₅Pt₅₅. Crystal structure was analyzed by X-ray diffractometry (XRD). Magnetic properties were measured by vibrating sample magnetometer (VSM) with maximum applied field of 2 Tesla. The intergranular exchange coupling was investigated using ΔM plot. The samples were ac-demagnetized before isothermal remanent magnetization (IRM) measurement. After IRM characterization, the samples were magnetized at magnetic field 7 Tesla for the following dc-demagnetization (DCD) measurement. The microstructure was studied by transmission electron microscopy (TEM).

III. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows XRD profiles of the FePt, FePt-Cu and FePt-Cr thin films deposited at 500°C. Binary FePt film shows not only fundamental peaks (111) and (200) but also superlattice peaks (001), (110), and (002), indicating the extensive chemical ordering. The superlattice peaks in FePt-Cr and FePt-Cu samples are weaker, revealing the suppression of ordering transformation. The suppression seems more serious in FePt-Cr thin film. It is also found that the addition of Cu and Cr has significant effect on onset temperature of ordering. For binary sample, the ordering begins at around 450°C; for FePt-Cr, it is around 500°C; for FePt-Cu, it is as low as 400°C. The gradually strengthened intensity for superlattice peaks with increasing annealing temperature indicates increased degree of ordering. As annealing temperature increases to 800°C, three series of samples are well ordered as shown in Fig. 2. The diffraction peaks increases both in number and intensity. Reduced width of the peaks signals large grain size resulted from high temperature grain growth. FePt-Cu film shows fewer peaks, inferring a non-isotropic distribution of grain orientation. Comparing to the binary sample, diffraction peak shifting towards low angles is found in FePt-Cu and

FePt-Cr samples. This general peak shift indicates the expansion of unit cell, which could be related to the substitution of Cu and Cr and different residual stress of the films induced by individual ordering processes.

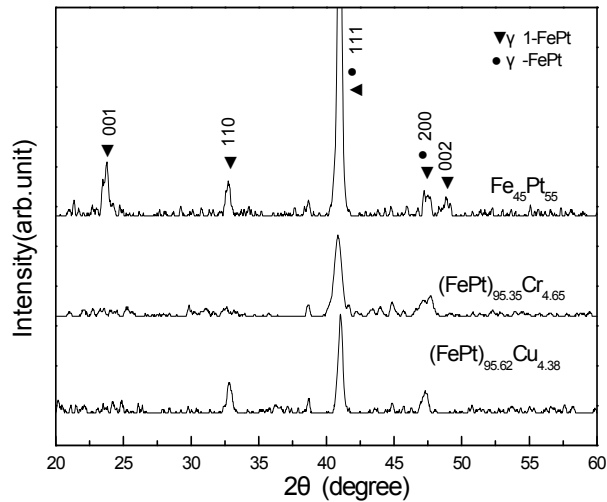


Fig. 1. XRD patterns of different compositions annealed at 500°C.

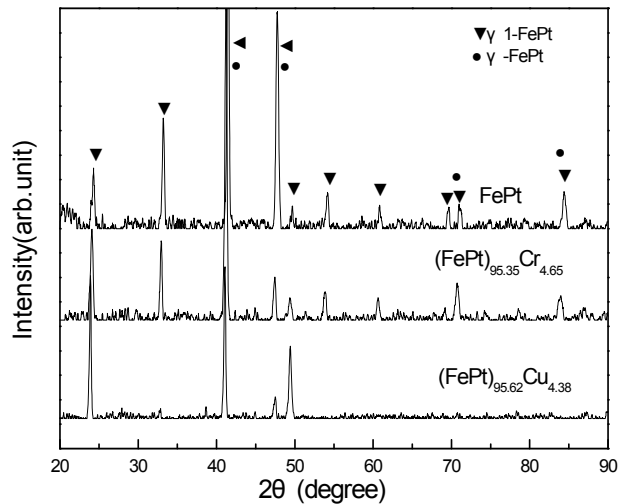


Fig. 2. XRD patterns of different compositions annealed at 800°C.

Fig. 3 shows the hysteresis loops of the FePt-Cr and FePt-Cu thin films deposited at 600°C. FePt-Cr and FePt-Cu thin films show higher magnetization but smaller coercivity as comparing to the binary sample. The magnetic properties of the Cr- and Cu-added samples

can be related to the suppression of ordering as mentioned, which results in incomplete magnetic hardening. The virgin magnetization curve of the samples shows large initial slope, indicating significant magnetic rotation under small magnetic field. This is consistent with the low degree of ordering. For the samples deposited at 800°C, higher coercivities were obtained as shown in Fig. 4. Interestingly, FePt-Cr sample shows the highest coercivity of 12 kOe and the lowest saturation magnetization 550 emu/cm³. Cu addition sample has the highest saturation magnetization 1050 emu/cm³ but lowest coercivity of 3.7 kOe.

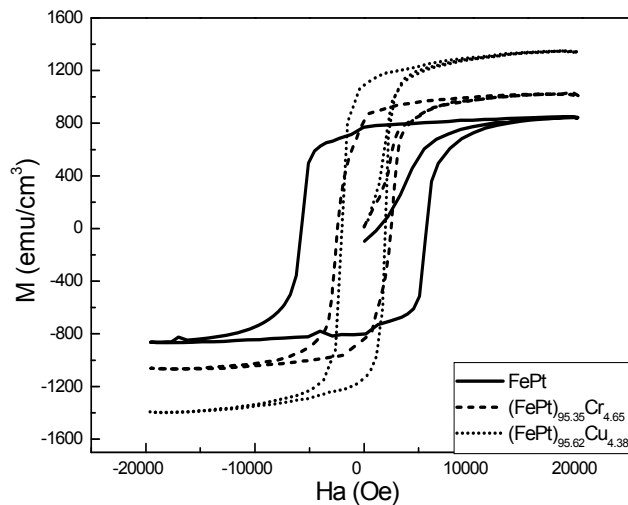


Fig. 3. Magnetic hysteresis loops of different compositions annealed at 600°C.

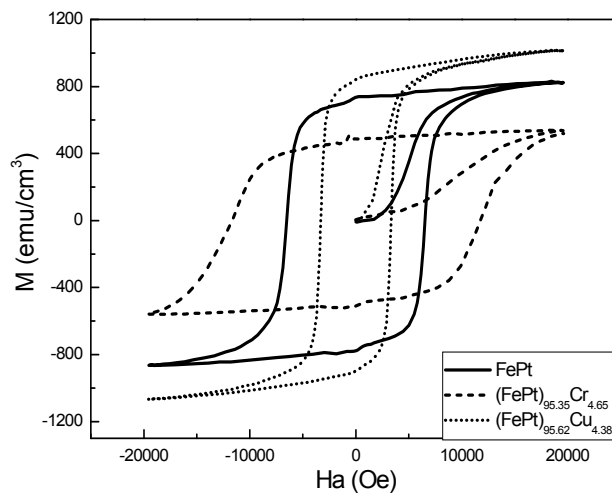


Fig. 4. Magnetic hysteresis loops of different compositions annealed at 800°C.

Figure 5 shows the dependence of coercivity on deposition temperature of the FePt,

FePt-Cr, and FePt-Cu samples. It is clear that at annealing temperature below 700°C the addition of Cu or Cr results in relatively low coercivity as comparing to the binary thin film. Coercivity of the binary films increases to a saturation region in the range of 5 to 6 kOe when annealing temperature reaches 450°C . For FePt-Cr samples, the coercivity sharply increases over the binary sample and reaching a highest value of about 12 kOe when annealing temperature is higher than 700°C . On the other hand, the highest coercivity of FePt-Cu samples is about 3 kOe even at an annealing temperature of 800°C . However, for the samples annealed at temperatures below 500°C , the coercivity of FePt-Cu is higher than FePt-Cr and the binary samples. This indicates the addition of Cu facilitates low temperature ordering, which is consistent with the reported results [20].

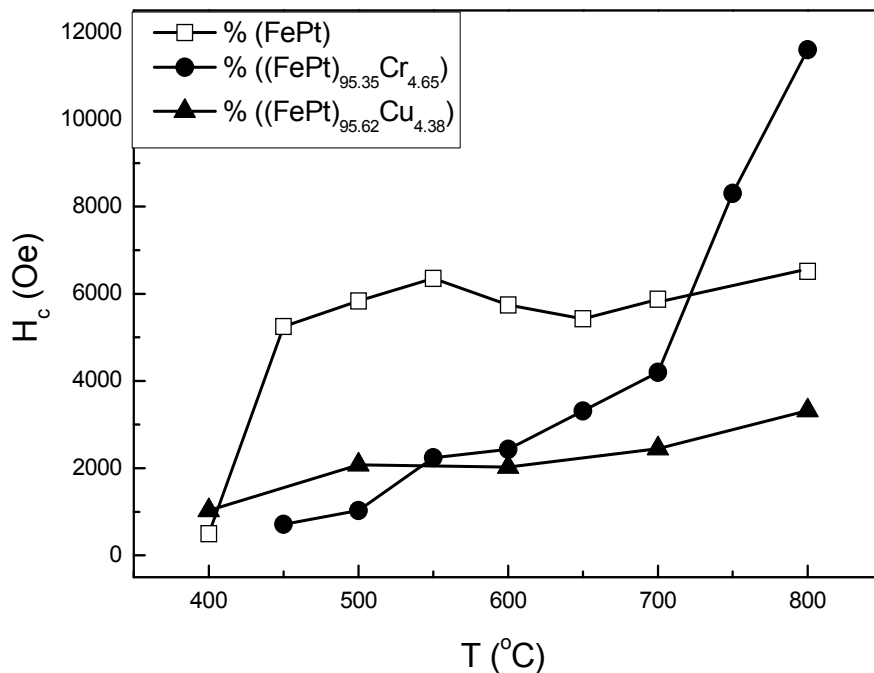


Fig.5. Dependence of coercivity and annealing temperature in different compositions.

Figure 6 shows the magnetization at external magnetic field of 2 Tesla of the FePt, FePt-Cu, and FePt-Cr samples annealed at different temperature. The magnetization of the three types of films decreases with increasing annealing temperature in the region of 400 to 500°C ; then stabilized in the region of 500 to 700°C ; and decreases again in the region of 700 to 800°C . For the samples with annealing temperature below 700°C , FePt-Cr has the highest magnetization and the binary samples have the lowest. At temperatures higher than

700 °C, FePt-Cr shows the lowest magnetization. Comparing to the structural results, the decreasing of magnetization in the region below 700 °C can be attributed to the increase of degree of chemical ordering. Extent of ordering in the region of 700 to 800 °C remains similar, which indicates the further decreasing in magnetization is resulted from other reason.

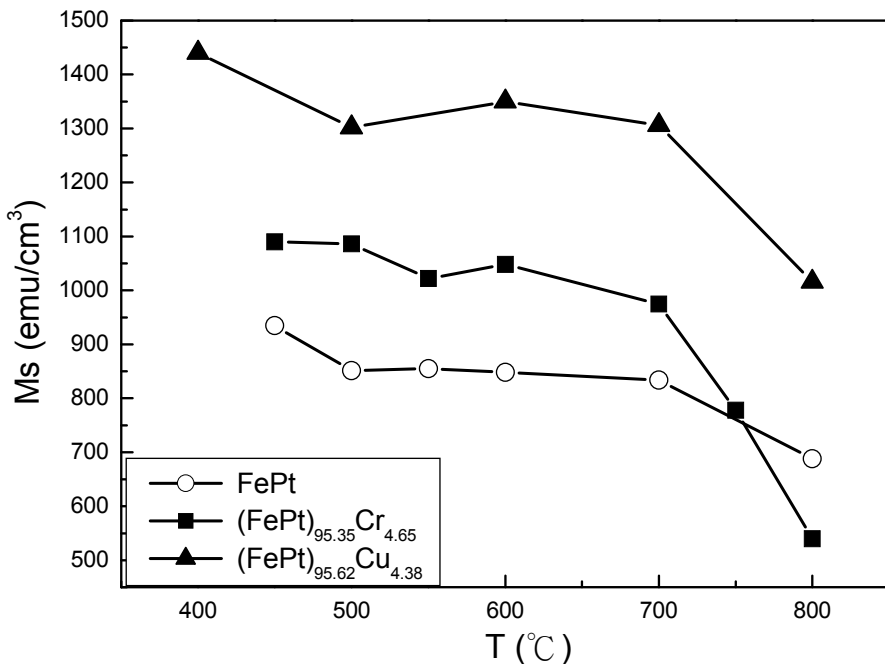


Fig. 6. Dependence of saturation magnetization and annealing temperature in different compositions.

Intergranular coupling of the samples were studied by ΔM plot [21-22]. Figure 7 shows ΔM plot of the binary samples annealed at different temperature. The sample annealed at 450°C shows a positive peak, indicating a strong exchange coupling between magnetic grains. When annealing temperature increases to 500°C, the height of the peak slightly decreases. As annealing temperature reaches 600°C, lower positive peak followed by a negative dip is observed. The results indicated that the strength of exchange coupling is weakened by high temperature process. The higher degree of chemical ordering results in smaller difference in magnetocrystalline anisotropy between grains, leading to reduction of intergranular exchange coupling.

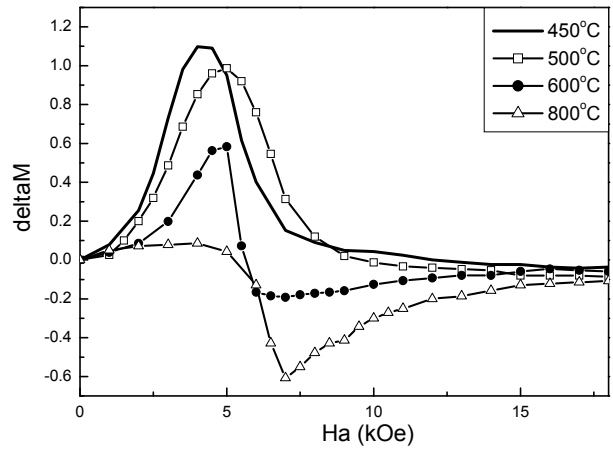


Fig.7. ΔM curves of difference annealing temperature for FePt binary thin films.

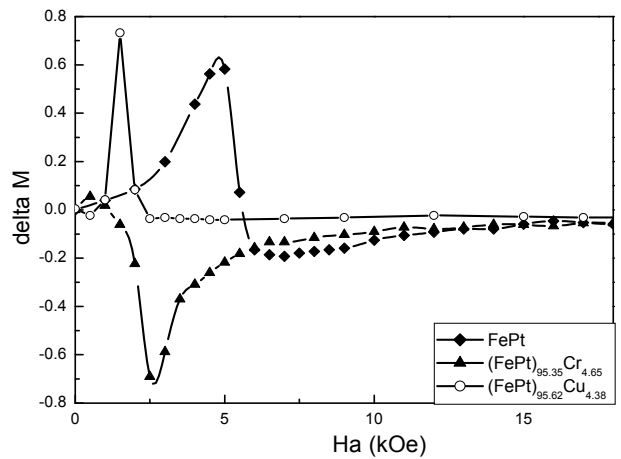


Fig.8. ΔM curves of different composition samples annealed at 600°C .

Fig. 8 shows ΔM plot of FePt, FePt-Cu, and FePt-Cr thin films annealed at 600°C . Distinct intergranular magnetic interaction was observed. FePt-Cu films exhibit a sharp positive peak at applied magnetic field around the coercive point, indicating a strong exchange coupling between grains. This magnetic coupling aligns the magnetization of the thin film at a magnetic field well below the coercive point. Strong intergranular exchange coupling is crucial in enhancing the energy density of the FePt-Cu film. In contrast to FePt-Cu, FePt-Cr films shows a deep negative peak, denoting a strong magnetic decoupling resulted from strong magnetostatic energy. Demagnetization occurs at a very small

reversing magnetic field. The decoupling of magnetic grains is essential for magnetic recording materials.

Fig. 9 and Fig. 10 show TEM image and corresponding SAD patterns of FePt-Cu and FePt-Cr thin films annealed at 800°C, respectively. In FePt-Cr film, large grain size distribution is observed. The grain size is in the range of 50 to 200 nm. The grains are partially separated by boundary phases. The corresponding SAD pattern also indicates complex precipitates which might be non-magnetic. The microstructure of large grain size and partially grain separation magnetically decouple the FePt grains. FePt-Cu thin film shows very small grain size of about 10 nm even after a 800°C annealing. The observed grain refining is consistent with the results of strong exchange coupling.

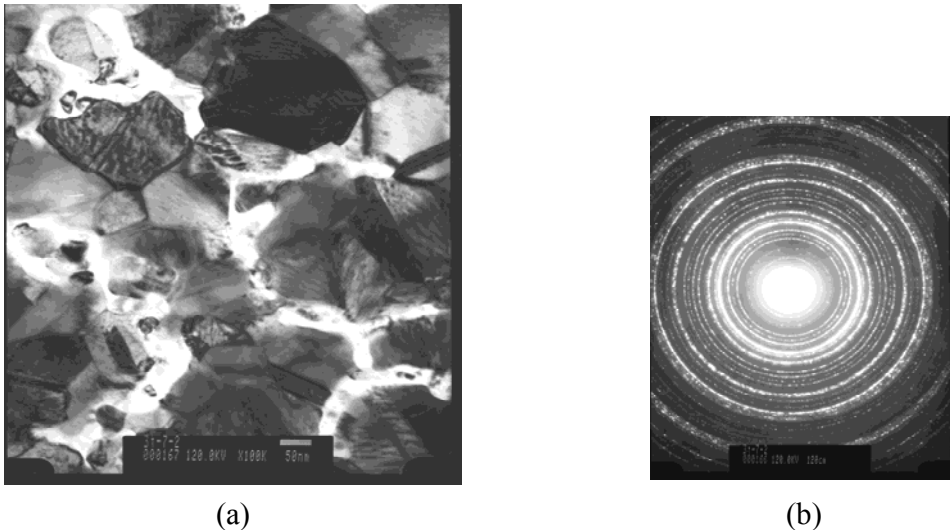


Fig.9. TEM image (a) and SAD ring pattern (b) of $(\text{FePt})_{95.65}\text{Cr}_{4.65}$ thin film annealed at 800 °C.

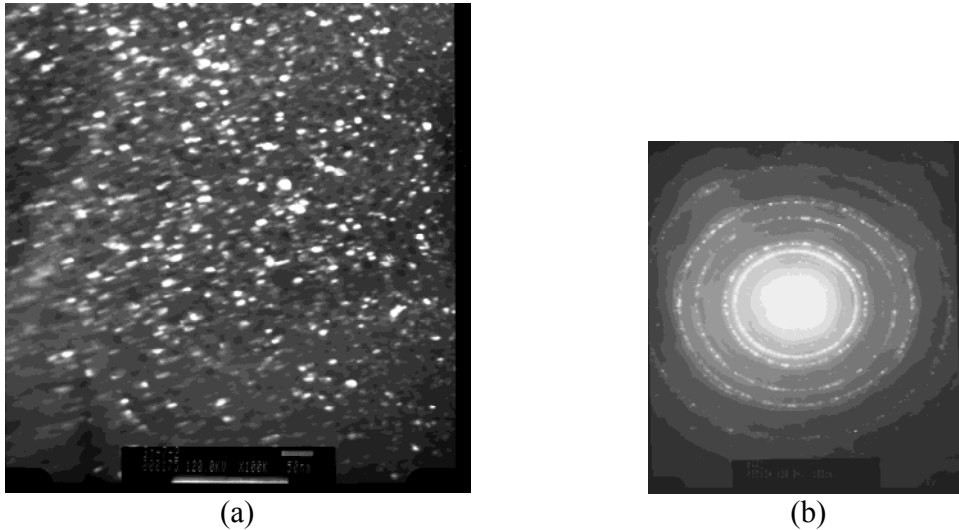


Fig.10. TEM image (a) and SAD ring pattern (b) of $(\text{FePt})_{95.62}\text{Cu}_{4.38}$ thin film annealed at 800°C .

IV. CONCLUSIONS

- [1] At the lower annealing temperature of 500°C , the addition of Cr reduces ordering transformation of FePt; at high annealing temperature of 800°C , the addition of Cu limits the growth of FePt grains.
- [2] Addition of Cr reduces coercivity at annealing temperature below 700°C . As the sample annealed above 750°C , coercivity increases sharply to 12 kOe.
- [3] Ordering of FePt-Cu takes places with 400°C annealing, which is about 50°C lower than FePt binary sample.
- [4] The saturation magnetization of FePt-Cu is found higher than FePt-Cr.
- [5] With increasing annealing temperature, the intergranular interaction of FePt binary thin film evolves from strong exchange coupling to decoupling.
- [6] The addition of Cr decouples the magnetic grains; but the addition of Cu leads to strong exchanging coupling.
- [7] There observed some precipitates appear at grain boundaries in 800°C annealed sample of Cr addition.

REFERENCES

- [1] K. Inomata, T. Sawa, and S. Hashimoto, J. Appl. Phys. 64, 2537 (1988).
 - [2] C.W. Chang, H.W. Chang, C. H. Chiu, C.C. Hsieh, Y.K. Fang, and W.C. Chang, J.
-

- Appl. Phys. 103, 07E133 (2008).
- [3] T. Suzuki, N. Honda, and K. Ouchi, J. Appl. Phys. 85,4301 (1999).
- [4] R.A. Ristau, K. Barmak, L.H. Lewis, K.R. Coffey, J.K. Howard, J. Appl. Phys. 86, 4527 (1999).
- [5] M.G. Kim and S.C. Shin, Appl. Phys. Lett. 80, 3802 (2002).
- [6] K. Barmak, J. Kim, L.H. Lewis, K.R. Coffey, M.F. Toney, A.J. Kellock, J.U. Thiele, J. Appl. Phys. 98, 033904 (2005).
- [7] S.N. Hsiao, F.T. Yuan, H.W. Chang, H.W. Huang, S.K. Chen, and H.Y. Lee, Appl. Phys. Lett. 94, 232505 (2009).
- [8] R.F.C. Farrow, D. Weller, R.F. Marks, and M.F. Toney, J. Appl. Phys. 84, 934 (1998).
- [9] D.H. Wei, F.T. Yuan, H.W. Chang, and Y.D. Yao, J. Appl. Phys. 103, 07E138 (2008).
- [10] G.R. Trichy, J. Narayan, H. Zhou, Appl. Phys. Lett. 89, 132502 (2006).
- [11] G. R. Trichy, D. Chakraborti, J. Narayan, and J. T. Prater, Appl. Phys. Lett. 92, 102504 (2008).
- [12] T. Qu, R.H. Victora, Appl. Phys. Lett. 106, 072404 (2015).
- [13] J.P. Liu, C.P. Luo, Y. Liu, and D.J. Sellmyer, Appl. Phys. Lett. 72, 483 (1998).
- [14] F.T. Yuan, D.H. Wei, H.W. Chang, S.K. Chen, H.W. Huang, S.N. Hsiao, A.C. Sun, H.Y. Lee, and Y.D. Yao, J. Appl. Phys. 103, 07E115 (2008).
- [15] F.T. Yuan, S.N. Hsiao, S.K. Chen, H.W. Chang, K.L. You, and Y.D. Yao, Phys. Stat. Sol. (a) 204, 4162 (2007).
- [16] T. Ichitsubo, S. Tojo, T. Uchihara, E. Matsubara, A. Fujita, K. Takahashi, and K. Watanabe, Phys. Rev. B 77, 094114 (2008).
- [17] D.H. Wei, F.T. Yuan, H.W. Chang, K.L. You, C.C. Yu, Y. Liou, T.S. Chin, and Y.D. Yao, Nanotechnology 18, 335603 (2007).
- [18] F.T. Yuan, H.W. Huang, W.M. Liao, H.W. Chang, A.C. Sun, S.N. Hsiao, and H.Y. Lee, IEEE Trans. Magn. 45, 2682 (2009).
- [19] S. N. Hsiao, S. K. Chen, F. T. Yuan, H. W. Huang, C. W. Hsu, Y. D. Yao, and H. Y. Lee, IEEE Magn. 43, 870 (2007).
- [20] Tomoyuki Maeda, Tadashi Kai, Akira Kikitsu, Toshihiko Nagase and Jun-ichi Akiyama, Appl. Phys. Lett. 80, 2147 (2002).
- [21] P. E. Kelly, K. O'Grady, P. I. Mayo and R. W. Cantrell, IEEE Trans. Magn. 25, 388 (1989).
- [22] F. Vajda and E. D. Torre, J. Appl. Phys. 75, 5689 (1994).
-

初探蘇軾詩文中的繪畫精神-以「墨竹」為例

江美玲*

摘要

本文主要的研究資料與範圍，是以蒐集散見於蘇軾文集與畫跋中的繪畫思想，並以「墨竹」為例做為研究的範圍，探究其精神內蘊，以及對「宋畫」發展的影響與貢獻。試以理論分析法與歸納法，探查其藝術精神的內質，以見其在中國藝術史上的價值。所得結論是：蘇軾因參禪悟道，以人品、胸次、氣質、修養等發見於繪畫思想中的審美取向，與宋畫體「道」後所開創的審美觀念息息相關。再者，蘇軾以高情逸思「寫竹」的思想，強調「身與物化」，與自然冥合而拔俗的真知灼見，帶動「文人畫」的勃興。

關鍵詞：蘇軾、詩文、寫竹、繪畫思想。

On the Spirit of Painting in Su-Shih Poems: Take "Bamboo" as an Example

Meei-Ling Jiang*

Abstract

Based on the painting philosophy of Su-Shih collections of literary works and his commentaries in paint, takes "Bamboo" as an example, this study inquires its spiritual connotation, the contribution and influence of the development of " Song's painting style". It discusses the artistic nature to reveal the value in Chinese art history.

The conclusion is that the Song's paintings had created the esthetic concept after the universal ordinary rules were found, and Su-Shih searched for the truth by meditation and setting the esthetic standard in the painting philosophy by character, aspiration, and disposition, etc. It explores that Su-Shih with the philosophy of the "bamboo writing" led the "literati style" to be prosperous. He emphasized the combination of human and the object, and united the human and the nature into one.

Keywords: Su-Shih, Poems, Bamboo writing, The painting philosophy.

壹、前言

老、莊哲學，可謂是中國美學的肇端，而魏晉南北朝則是中國古典美學的萌芽期，在這個時代由於政治上的變動不安，致使一般士大夫解放其思想，於社會人生中拓展出一份「清高簡遠」的胸懷，茁壯了藝術的思維與理念，也帶來了藝術的「自覺」，更進一步產生了一批很有美學理論價值的著作，其中有關繪畫上的理論，包括有：顧愷之的《論畫》、魏晉《勝流畫贊》、宗炳的《畫山水序》、王微的《敘畫》，謝赫的《古畫品錄》等。

而宋代，在走過隋、唐的「金碧輝煌」之後，藝術漸入「淡靜」、「內省」的佳境，造就了中國繪畫上的黃金時代，畫作與畫論如雨後春筍、頭角崢嶸。此乃由於儒、釋、道三家會通後的「理學」思想，影響了一般士大夫的觀念，將學術落實到社會人生中，而這種執著於「內省」的態度，在求得生活中的「清簡」、「淡靜」後，也同時求得藝術上的審美思想。

葉朗（1974-）於《中國美學的開展》一書中強調「審美的心胸，是實現審美觀照的主觀精神條件。」曾謂¹：

這個審美的心胸，不僅對藝術的創造是必要的，而且對藝術的欣賞也是必要的。對於藝術的創造者來說，沒有審美的心胸，就不能發現自然山水的審美價值，不能發現審美的自然；對於藝術的鑑賞者來說，沒有審美的心胸，就不能發現藝術作品的審美價值，不能感受和把握作品的審美意象。

其實，對一個創作者來說，「審美的心胸」絕對會左右藝術作品的價值，宋人要求畫家要有高尚的審美情操，以期能達到審美的觀照（發現自然之美），而創造出審美的意象，這是宋人體「道」的結果；也是莊子談「用志不分，乃凝於神」，以達藝術上美的觀照的具體實踐。

我們在談宋代美學之時，應先了解宋人體「道」的精神。其實宋人所要求的「道」，即是一種「理」，是自然的法則，是思想的法則，也是道德的法則。宋儒對生命之學剖析詳細，無非是要求一般士大夫，在真切的體會到生命的意義後，於日常生活中，做到不自欺、不麻木、不逃避，以期能將魏晉的「隱逸」美學，轉為更積極、更圓熟的「曠達」胸襟，宋人據此生活，也據此去審美藝術。

¹ 葉朗（1987），《中國美學的開展》，上冊，臺北：金楓出版，頁 172。

楊祖漢（1952-）重新編撰《宋元學案》，於其序云²：

他們（指宋儒）都體悟到，整個宇宙人生都是天道的生生不已的創造，一切都充滿了意義和價值，都是真真實實的，沒有半點虛妄，而人的道德活動，更是天道的呈現，是充滿了絕對的，無限的價值的。於是從一切都是天道的生生不已的觀點來看宇宙人生，人便會開拓心胸，既不受內在的生理欲望所控制，亦不受外在的環境遭遇所影響，不管是成敗得失、貧富貴賤、或生死壽夭，都不會改變人的實踐道德以體現天道的行為。

宋人因為有此體悟，故能解脫生理形骸的限制，也因這一份「內省」的功夫，才能真正主宰自己的生命，有個剛健不息的人生。其實宋人並沒有刻意在藝術上「求結果」，只因宋人重「理」，「人性」與「天理」便自然落實於人的本心，又不斷的加以擴充，於是便把「天理」、「天道」實踐於自己的生命中，使自己的生命具有無限的意義與價值，表現於繪畫藝術上，特別能體悟生命、體悟自然，這種「不期合而自合」的精神，是藝術美學的上乘功夫，也是造就「第二自然」，達到「物我合一」的繪畫高界所必須具備的曠達胸襟。

可見，宋代的繪畫思想，是以「理學」所蘊釀出的曠達胸襟，求魏晉以來的美學內涵，如「神」、「氣」、「韻」、「妙」、「風骨」、「神思」、「意象」等等的精神哲思。無怪乎畫論、畫作之豐沛，無前朝可比，其中畫論部份，又以郭熙、韓拙、蘇軾、董道、沈括等人的論述最為可貴。

葉朗於《中國美學的開展》第五章開頭即謂³：

在宋元書畫美學著作中，最重要的是郭熙的《林泉高致》以及蘇軾（1307-1101）有關書畫的詩文、題跋。

葉朗將蘇軾列為宋代美學的奇葩，除了郭熙父子的《林泉高致集》，無人可以比擬。其中，對於思想通達且條理分明的韓拙《山水純全集》未置一言，可能由於此書較偏重於筆墨筆法的研究，而少及「畫理」的探討；而蘇軾雖無一本完整的畫論傳世，但散見於詩文、題跋中的「畫意」，卻深蘊畫理，生動盎然又極富禪意哲思，對後世「文人畫」的發展，更有絕對的舉足輕重。

² 楊祖漢編撰（黃宗義原著）（1987），《宋元學案》，臺北：時報出版，頁7。

³ 葉朗（1987），《中國美學的開展》，上冊，頁40。

至於「文人畫」為何？首重「自然」。《蘇東坡文集》前集卷二十三〈書吳道子畫後〉謂：「出新意於法度之中，寄妙理於豪放之外，所謂游刃餘地，運斤成風。」蘇軾以此解釋藝術美學上的「自然」，自古以來尚屬第一人。而此處的「自然」，絕非是畫家模擬「自然之象」所仿「造」出來的「畫」，而是有所「感應」，而後發見於本心，所呈現於畫作上的「自然之象」。

蘇軾於〈書吳道子畫後〉，勝贊吳道子之畫為古今第一人，其間對於「自然」，有很深入的刻畫，曾謂⁴：

知者創物，能者述焉，非一人而成也。君子之於學，百工之於技，自三代歷漢至唐而備矣。故詩至於杜子美，文至於韓退之，書至於顏魯公，畫至於吳道子，而古今之變、天下之能事畢矣。道子畫人物，如以燈取影，逆來順往，旁見側出，橫斜平直，各相乘除，得自然之數，不差毫末。出新意於法度之中，寄妙理於豪放之外，所謂游刃餘地，運斤成風。蓋古今一人而已。

蘇軾以杜甫、韓愈、顏真卿、吳道子的詩、文、書、畫，來說明藝術美學的上乘作品，皆出於「自然」。蘇軾以為經過長期的藝術努力，就能熟練地掌握藝術創作的規律性，做到「了然於手，莫之求而自然」，使作品渾然天成而姿態橫生。其間，以吳道子燈下取影作人物畫，來加以說明；如果不是已見於心，且了然於手，如何可「逆來順往，旁見側出，橫斜平直，各相乘除。」心無所求，卻已得「自然之數」。

《蘇東坡文集》後集卷十四〈答謝民師書〉又云⁵：

所示書教及詩賦雜文，觀之熟矣。大略如行雲流水，初無定質，但常行於所當行，常止於不可不止，文理自然，姿態橫生。孔子曰：『言之不文，行之不遠。』又曰：『詞達而已矣。』夫言止於達意，則疑若不文，是大不然。求物之妙，如繫風捕影，能使是物了然於心者，蓋千萬人而不一遇也，而況能使了然於口與手乎？是之謂詞達。詞至於能達，則文不可勝用矣。

可見藝術美學上，欲求「自然」之道，絕不是僅止於「繫風捕影」，徒似「外象」罷了，而是要了解「物之妙」，融通我心，則不論行文作畫，皆可「發新意」、「傳妙理」，這是唐代張璪「外師造化，中得心源」的延續，也是未來「文人畫」一派首重

⁴ 〈書吳道子畫後〉，《蘇東坡文集》，見王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》四部刊要／史部、美學史類，下卷，臺北：漢京文化，頁43。

⁵ 〈答謝民師書〉，《蘇東坡文集》後集，王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，頁40。

的內涵。

其實唐代張璪並未對「外師造化，中得心源」加以闡述，一直到宋代蘇軾談「成竹在胸」、「身與竹化」，郭熙強調「身即山川而取之」，才真正將「外師造化，中得心源」，這種「自然融於我心」所表現出「第二自然」⁶的審美觀念，提舉了出來。蘇軾被譽為宋代「文人畫」的先驅，絕不是沒有根由的。

而宋代的「文人畫」，乃是要求畫家要在「自然」之中，求取一個清高曠達的「意境」。至於如何使「意」（我心）與「象」（外物）相契合，而昇華產生審美意境呢？

葉朗於《中國美學的開展》一書中調⁷：

『意境』就是要超出有限的『象』，從而趨向於無限。這就必然和『達』的觀念相聯繫。『意境』的美學本質是表現『道』，而『達』就通向『道』。魏晉玄學追求『道』，因而也必然追求『達』。

蘇軾曾言：「吾所為文，必與道俱。」又言：「道可致而不可求。」足見蘇軾所言的「道」，不僅重視創作的內部規律性，又重視「超然物外的意願」（『達』就是通向『道』）；而他這種清高淡遠想要達到與自然冥合的真知灼見，強調「體道物化」的精神，卻又無法擺脫對現實人生的熱情，其所造就出「情」與「物」契合的通「達」的美學思想，的確是給中國的藝術思想，開展出一種新的取向。

貳、宋代繪畫的體「道」思想

莊子〈知北遊〉調⁸：

…黃帝曰：『無思無慮始知道，無處無服始安道，無從無道始得道。』知問黃帝曰：『我與若知之，彼與彼不知也，其孰是耶？』黃帝曰：「彼無為謂真是也，狂屈似之，我與汝終不近也。…」知謂黃帝曰：『吾問無為謂，無為謂不應我，非不我應，不知應我也。吾問狂屈，狂屈中欲告我而不我告，非不我告，中欲告而忘之也。今予問乎若，若知之，奚故不近？』黃帝曰：『彼其真是也，以其不知也；此其似之也，以其忘之也；予與若終不近也，以其知之也。』狂屈

⁶ 所謂的「第二自然」，是指自然之物經由畫家的感官認知後，與自我的感知與美感經驗結合，達到心與物合的「再現」自然。

⁷ 葉朗（1987），《中國美學的開展》，上冊，頁186。

⁸ 〈知北遊〉，見王雲五編、陳鼓應註譯（1992），《莊子今註今譯》，上冊，臺北：臺灣商務印書館，頁610。

聞之，以黃帝為知言。

這一段話說明了「道」本無形定論，「道」本不容言，體悟而已。所以「彼至則不論」，故無為謂之不答，正合於道，中欲言而忘其所欲言，故而言「全」。這裏所強調的「無思無慮」，「無處無服」，「無從無道」乃是合乎道體的「自然」，含有很高的藝術精神。宋人在經過魏晉的「逍遙」、「冥思」體道後，求得「玄」、「遠」的藝術思想，再滲透唐代絢爛的藝術觀，體悟到「道」是天地萬物生成的總原理，雖如此真實，卻又「無為無形」，存在於一個「深不可測的境界」，是「可傳而不可受，可得而不可見」的「自然」真理；而宋代畫論，應用最多的就是這種藝術思想，強調畫者要先以「我心」去體「自然」或「物」的道（根本），再將「我」從中拔除，使其相融互應得「天衣無縫」，這是「情」與「景」的結合，也是繪畫上，求「自然」、達高尚「意境」——傳神之法耳。

可見莊子的所謂「道」，即是「自然」，並非有意志的主宰，故而強調「至精無形，至大不可圍」。

莊子〈秋水篇〉謂⁹：

…夫精粗者，期於有形者也。無形者，數之所不能分也；不可圍者，數之所不能窮也。可以言論者，物之粗也；可以意致者，物之精也。言之所不能論，意之所不能致者，不期精粗焉。

以上強調「可以言論，可以意致者」，謂之「物」，「言之所不能論，意之所不能致者」，謂之「道」。莊子論「道」，常與「物」對舉；可見「物」乃相對的，而「道」是絕對的。宋代要求畫家要了解「知其相對，守其絕對」的原理，以相對的物（外象），統攝於絕對的道（本心）之中，相生相涵，自可得「無窮」之畫作。

蘇軾曾寫過「忘聲而後能言，忘筆而後能書。」的傳世佳文，實則「知其相對，守其絕對」之義的衍生。

《蘇東坡文集》續集卷十二〈虔州崇慶禪院新經藏記〉謂¹⁰：

嬰兒生而導之言，稍長而教之書，口必至於忘聲而後能言，手必至於忘筆而後

⁹ 〈秋水篇〉，見王雲五編、陳鼓應註譯（1992），《莊子今註今譯》，上冊，臺北：臺灣商務印書館，頁460。

¹⁰ 〈虔州崇慶禪院新經藏記〉，《蘇東坡文集》續集，王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，頁43。

能書，此吾之所知也。口不能忘聲，則語言難於屬文；手不能忘筆，則字書難於刻雕；及其相忘之至，則形容心術酬酢萬物之變，忽然而不自知也。自不能者而觀之，其神智妙達，不既超然與如來同乎？故金剛經曰：一切聖賢皆以為法而有差別，以是為技，則技疑神，以是為道，則道疑聖。古之人與人皆學，而獨至於是，其必有道矣。

蘇軾這種「忘聲而後能言，忘筆而後能書。」是因體「道」後的躬親「實踐」，因一切了然於心，胸中自有丘壑，自然不用再去強調「形似」，則已可把握「神似」，後世「文人畫」以此為依歸，乃是藉此以達人生的「道」似境界。

總之，宋人因時代的演變，及受「理學」的影響，是一個講究「返璞歸真」，極度「素樸」與追求「自然」的時代。元初批評家方回謂：「淡中藏美麗」，實則貼切不過。尤其是蘇軾一生以「平淡」、「曠達」為人生最高的境界，更是最好的詮釋。

張夢機（1941-2010）主講〈蘇軾〉一文謂¹¹：

胸襟曠達的人，能夠自適其志，不為俗務俗見所拘牽，不因喜怒哀樂而轉移，對於逆境或鬱悶，也有力量擺脫化解。在東坡生命中，我們經常可以看到這種曠達心態的呈露，然而正因其善於擺脫化解，所以也從未正視他的逆境，而作過徹底的了悟。每次遇到逆轉而不諧的環境，人事無情的打擊，他總不免先流露出一腔憂戚憤懣，繼而才警惕過來，便開始從窄處往寬處想，以尋求自我的解脫。這樣看來，東坡的曠達，原是隨機而發，有心為之的。

不論是「隨機而發」或「有心為之」，都可以看出，蘇軾因從小受父母理佛的影響，以參悟禪機，作為自己精神上的調劑，故於文詞間常會流露出豪放不羈的胸襟。我們可以說，他這一生是以老莊的生命形態，來展現自我情操，但卻又不僅止於老莊，更深蘊魏晉「高遠曠達」的胸懷，這種似「消極」卻「達觀」的思想，表現在文學藝術上，看似「平淡」卻又「耐人尋味」，這是宋代詩文的風格，更是宋畫的風格。

郭因（1926-）於《先秦至宋繪畫美學》一書中謂¹²：

宋人繪畫中，相當普遍地提出畫家的人品、胸次、氣質、文化素養等主觀因素對於繪畫實踐的重大意義，這和宋人文論、詩論中講文與氣的關係，講養氣之

¹¹ 張夢機主講〈蘇軾〉一文，見中華文化復興運動推行委員會主編（1986），《中國文學講話（七）兩宋文學》，臺灣：巨流圖書，頁332。

¹² 郭因（1987），《先秦至宋繪畫美學》（六），臺北：金楓出版，頁231。

道（三蘇），講養氣勵學對於寫好文章的作用（真德秀、魏了翁），講學詩要重視詩以外的廣泛休養（陸游），講志高志卑對於詩格高卑的密切關係（包恢）等等，顯然是互相影響又互相呼應的。

可見，蘇軾的養氣之道，已然融入了詩文，並見於繪畫思想之中。至於人品、胸次、氣質、文化素養，則是宋代文人的基本素養，並要求畫家應具有「感物體現」的基本能力，而蘇軾被中國歷史美譽為唐、宋八大家之一，更以其個人修養所領悟的藝術內涵，發見於散文、題跋之中。

參、東坡「成竹在胸」的墨竹逸思

蘇軾對於「畫竹」的看法，旨在「寫真」。所謂「寫真」，則不徒「形似」而已，是一種不刻板的寫實。雖然鄭板橋先生¹³認為這個時代（宋）所畫的竹，只是「眼中之竹」，而非「胸中之竹」；然而，在「文人」精神的影響下，中國畫「寫竹」，自始即不是很刻板，尤以宋代以後，「文人畫」勃興，「寫竹」更是一般士大夫陶詠以寄高情逸思的對象，其中又以文同¹⁴及其從表弟蘇軾的「墨竹」畫法與理論，最具代表性。

宋米芾¹⁵於《畫史》中的〈論畫竹〉曰¹⁶：

蘇軾子瞻作墨竹從地一直起至頂。余問何不逐節分？曰：「竹生時何嘗逐節

¹³ 《中國畫家人名大辭典》：鄭燮(清)揚州興化人。字克柔，號板橋，乾隆丙辰進士，工詩詞，善書畫。尤妙蘭竹，脫盡時習，秀勁絕倫，書亦有別致，隸楷參半，自稱六分半書，間以書法行之。其為人疏放不羈，以進士選縣令，日事詩酒，及調濰縣，歲饑，為民請賑，忤大吏，罷歸。更恣情山水，賣畫揚州。著有《板橋全集》、《板橋題畫》。

¹⁴ 《宋史》，卷四百四十三，列傳第二百二，文苑五曰：文同字與可，梓州梓潼人，漢文翁之後，蜀人猶以「石室」名其家。同方口秀眉，以學名世，操韻高潔，自號笑笑先生。善詩、文、篆、隸、行、草、飛白。……司馬光、蘇軾尤敬中之。軾，同之從表弟也。……初舉進士，稍遷太常博士、集賢校理，知陵州，又知洋州。元豐初，知湖州，明年，至陳州宛丘驛，忽留不行，沐浴衣冠，正坐而卒。（宋史第四冊，頁 3522）。

¹⁵ 米芾，《畫史》，沈子丞編（1974），《歷代論畫名著彙編》，臺北：世界書局，頁 91。曰：米芾，世居太原，後徙襄陽，嘗居於吳，自署姓名，米或為芑，芾或為黻。翁覃溪謂：自元祐辛未，始書名芾，以前皆書名黻。字元章，號鹿門居士，自稱襄陽漫士，又海嶽外史。宣和時，擢為書畫博士。天資高邁，人物蕭散，好潔，被服效唐人，所與遊皆一時名世，工書畫，自成一派，精於鑒別，著書畫評及畫史等書行世。說者謂：元章所作山水，其源出董源，天真發露，怪怪奇奇，枯木松石，時出新意。嘗曰：李伯時病右手後，余始作畫。李師吳道玄，終不能去其習，余當不使一筆入吳生，又言生平作畫不過三尺，無一筆李成關同俗氣，其自矜重如此。

¹⁶ 米芾，〈論畫竹〉，《畫史》，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，臺北：華正書局，頁 1031。

生？」運思清拔，出於文同與可，自謂與文拈一瓣香。以墨深為面，淡為骨，自與可始也。作成林竹甚精。子瞻作枯木枝幹，虬屈無端，石皴硬亦怪怪奇奇無端，如其胸中盤鬱也。

鄭板橋的「眼中之竹」觀點，是源於宋畫是中國「寫實主義」繪畫之最高完成，因為宋代「畫院」事實上是五代以來中國「寫實」風格的陶鑄所在；然而，從許多畫史畫論中，不容否認宋代也是開展下一個「寫意」風格的溫床。即便是宋代畫院中之畫師們，囿於禮法的限制，在不能明顯「放逸」的情況下，改積極為「漸進」的方式，用心創研的繪畫論著，的確為「寫意」風格奠定了厚實的發展基礎；試看米芾於《畫史》中的論述蘇軾畫竹，自有一種氣韻，而不是只以形式求之，鄭板橋雖謂宋代畫家是寫「眼中之竹」，然從米芾〈論畫竹〉中的這段話得知，蘇軾畫竹早已「成竹在胸」。

俞崑（1895-1979）編著《中國畫論類編》中云¹⁷：

石濤題畫竹云：『東坡畫竹不作節，此達觀之解。其實天下之不可廢者無如節。風霜凌厲，蒼翠儼然。披對長吟，請為蘇公下一轉語。』蘇軾乃放情自高之人，石濤乃抱節不屈之人。故見解不同。

俞崑將蘇軾的「畫竹不畫節」，歸之於東坡的個性。事實上宋代的「文人畫」，的確非常講究畫家個人的人品。鄭燮於〈板橋題畫蘭竹〉曰：「東坡畫蘭長帶荊棘，見君子能容小人也。」¹⁸其實，東坡也是「抱節不屈」之人，只是他更達觀，懂得於逆境中自勵，於溷濁中自清，故能「放情自高」。

宋鄧椿撰《畫繼》，其中卷第三，蘇軾條下曰¹⁹：

雖文與可自謂：『吾墨竹一派在徐州。』而先生（蘇軾）亦自謂：『吾為墨竹，盡得與可之法。』然先生運思清拔，其英風勁氣來逼人，使應接不暇，恐非與可所能拘制也。

鄧椿以為東坡之「墨竹」，雖師自與可，但其英挺俊拔之氣，卻無人可以比擬，這自然是東坡的性格使然。而東坡「寫竹」，貴在能先充實自己的精神，忘卻名利，化去雜慾，把自己的生命加以昇華，將眼中所見之竹，完全與心相融相應，如此完全

¹⁷ 全註 15。另石濤，〈論畫竹節〉，《大滌子題畫鈔》，見《中國畫論類編》，下冊，頁 1094。

¹⁸ 鄭燮，〈板橋題畫蘭竹〉，《板橋題畫》，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，頁 1175。

¹⁹ 鄧椿，《畫繼》，見中國書畫研究資料社編（1983），《畫史叢書》，第一冊，臺北：文史哲出版，頁 281。

的「解放心靈」，也才能不再囿於「眼中之竹」的拘限，甚至忘記了筆墨的技巧；此時的「竹」，已完全進入精神（心）之中，東坡雖仍是東坡，但「竹」也是東坡。這種由「拔俗」，而致把握到物（竹）的「真」，唯有深具高潔人格與超越心靈的偉大藝術家，是無法辦到的。俞崑將蘇軾評調為「放情自高之人」，實則頗為貼切。

有關蘇軾的「放情自高」，流傳於後世者，又有一段佳話。相傳蘇東坡當年在試院曾以朱畫竹²⁰：

人問：『世間豈有紅竹？』答曰：『世間豈有墨竹？』

蘇軾的豁達開闊，不拘常形，可見一般。也是這一份「高情逸思」，使中國「文人畫」開展出一片廣闊的天空。可惜其墨竹手蹟已不復見，幸賴吳鎮²¹一再模寫題識，才得以於千載之後，模得清影傳留人間。不過，蘇軾散見於詩賦、題跋的「畫意」，不僅流傳了下來，且千年來影響著中國「文人畫」的趨勢。

蘇軾撰〈文與可畫筧簞谷偃竹記〉謂²²：

竹之始生，一寸之萌耳，而節葉具焉。自蜩腹蛇跗，以至於劍拔十尋者，生而有之也。今畫者乃節節而為之，葉葉而累之，豈復有竹乎？故畫竹必先得成竹於胸中，執筆熟視，乃見其所欲畫者，急起從之，振筆直遂，以追其所見，如兔起鶻落，少縱則逝矣。與可之教予如此，予不能然也，而心識其所以然。夫既心識其所以然而不能然者，內外不一，心手不相應，不學之過也。故凡有見於中，而操之不熟者，平居自視了然，而臨事忽焉喪之，豈獨竹乎？（蘇東坡文集前集卷三十二）

蘇軾在這裏指出，一位偉大的畫家，非要具有「才情」與「學養」不可；天賦的「高情逸思」固然不可少，不斷的擴充自己的學養更是不可廢，如此才能把握到畫的

²⁰ 李霖燦（1992），《中國畫史研究論集》，臺北：臺灣商務印書館，頁 76。

²¹ 蘇軾原作早泯，置於郡庠的石刻亦不卜存亡，幸經梅道人（吳鎮）三宿碑下，才使後世得以想像原作風神於萬一。吳鎮，乃元四大畫家之一，善寫竹。國立故宮博物院編纂委員會（1951），《故宮書畫錄》，卷六，臺北：故宮博物院，頁 14。吳鎮自題詞謂：「東坡先生守湖州日，遊何道兩山，遇風雨，回憩賈耘老澄暉亭。命官奴執燭，畫風雨竹一枝於壁。有題詩云：『更將掀舞勢，秉燭畫風篠，美人為破顏，恰似腰肢裊』——後好事者刻于石，今置郡庠。余遊霅上，摩挲久之，歸而每筆為之，不能彷彿萬一。時梅雨歇，清和可人，佛奴出紙冊，所作竹譜，遂因而畫此枝，以識歲月也。至正十年夏五月一日，梅道人，年已七十一矣。試貂鼠毫筆，潘衡舊墨，兒誦論語聲。」

²² 蘇軾，〈文與可畫筧簞谷偃竹記〉，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，頁 1026。

「意氣」。換言之，「意氣」的發生不在自然界，而是在畫家本身。畫家利用自身對「詩詞、歌賦」的涵詠，及個人的「學養」功夫，重新對自然景物加以批判，不僅脫離了「外象」的拘限，且顯揚了心中的「意」與「氣」。當然蘇軾也強調了「學習技法」的重要，如此才能心手相應，筆由心使，一氣呵成，達於臻境。正所謂「出新意於法度之中，寄妙理於豪放之外。」（語出蘇東坡文集前集卷二十三〈書吳道子畫後〉）



文同，《墨竹圖》，絹本，水墨，105.4×131.6 公分，臺北故宮博物院藏。

高木森（1942-）於《五代北宋的繪畫》一書中謂²³：

『意』本乎天生與學養，但『意』的表達就有賴於學習，意的本身不能變成形象出現，但它可以依附在可見的物象上，透過筆墨予以表達。譬如說竹子可以表現畫家心中的逸氣，也可以表現畫家心中的鬱結。

至於「逸氣」，也是「文人畫」所重現的畫家的精神內質。蘇軾評書唐氏六家書後謂：「張長史草書頽然天放，略有點畫處而意態自足，號稱神逸。²⁴」可見，「逸」是人的神、人的氣韻。孔子的論語微子章將伯夷、叔齊稱為「逸民」，乃指重視人生價值與人格尊嚴，能起脫濁流世俗，於生活中表現出「清」、「高」、「簡」的精神之人，故何宴集解謂「逸民者，節行超逸也。」故而「逸」即是人的「神」，也是人的「氣」，是人的一種性格。

徐復觀（1902-1982）於《中國藝術精神》一書中云²⁵：

神由拔俗而見；拔俗有程度上的不同，於是神可以表現為許多層次的形相；拔俗拔得最高，昇華得最高時的形相，即是逸的形相。嚴格地說，逸是神的最高的表現。

乾隆「又賞齋刊本」《東坡題跋》上卷論書謂：「書必有神、氣、骨、肉、血，五者闕一，不能成書也。²⁶」總之，蘇軾「胸有成竹」的畫論，是包括了對自然物象的了解，及畫者本身的氣質、內涵、學養、技巧，如此方可得一「傳神」之竹。

宋《宣和畫譜》卷二十文同條下謂²⁷：

…至於月落亭孤檀樂飄發之姿，疑風可動，不苟自成，蓋亦進妙者也。或喜作古槎老枿，淡墨一掃，雖丹青家極毫楮之妙者，形容所不能及也。蓋與可工於墨竹之畫，非天資穎異，而胸中有渭川千畝，氣壓十萬丈夫，何以至於此哉。

可見，宋代畫論強調畫家除天資聰穎外，尚要有胸羅萬壑的氣概，如此「淡墨一

²³ 高木森（1982），《五代北宋的繪畫》，臺北：文史哲出版，頁 123。

²⁴ 語出蘇東坡文集前集卷二十三〈書吳道子畫後〉，《蘇東坡文集》，見王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，頁 45。

²⁵ 徐復觀（1981），《中國藝術精神》，臺北：臺灣學生書局，頁 318。

²⁶ 《東坡題跋》，見王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，頁 46。

²⁷ 宋，《宣和畫譜》，見中國書畫研究資料社編（1983），《畫史叢書》，第一冊，臺北：文史哲出版，頁 627。

掃」，「妙」已見諸毫端，「所謂游刃餘地，運斤成風」，實蘇軾之妙畫妙論。這也是鄭板橋雖將宋代「寫竹」，視為「眼中之竹」，卻獨對文同之竹，青睞有加之因。

鄭燮於〈板橋題畫蘭竹〉云²⁸：

文與可畫竹，胸有成竹。濃淡疎密，短長肥瘦，隨手寫去，自爾成局，其神理具足也。藐茲後學，何敢妄擬前賢，然有成竹無成竹，其實只是一個道理。

鄭板橋所講的這個「道理」，其實就是東坡所重視的畫家的學養、內涵、技巧冥合為一，藉「物體」(自然)而發現於外的「第二自然」²⁹。如此，不論是「胸有成竹」，或再昇華到「忘竹」、「忘我」的境界；所以板橋先生說文同的「有成竹無成竹，其實只是一個道理」，因畫作皆已傳神妙化，臻於至境。

肆、「胸有成竹」到「身與竹化」的畫境

水墨繪畫到了北宋，已有完善的形質表現。而「墨竹」是水墨畫中崛起的新秀，倍受宋代士大夫的推崇，宋代士大夫應用他們發揮詩文的性靈，及本身對文學的涵養，都能夠很快的把捉到物象的「神」，這也是「文人畫」得以在北宋蓬勃發軔的原因。

余城（前故宮研究員兼登錄組長（現稱處長），服務故宮 30 餘年退休）於〈談中國畫竹〉一文中指出³⁰：

它（墨竹）也符合宋人的繪畫哲學觀點，北宋文人深受理學薰陶與禪學的浸淫，理學講「神」、「理」，禪學重「虛靈」，因此繪畫特重「精神」與「意境」，現實與冥想合，外觀內省的結果，建立至高的內心意象，這種心象是無色、無臭、真而不實的虛像，恰如鏡中之花、水中之月，而墨竹表現的正似這種經過外觀內感精神提煉，揚棄外在色相的內在心象重現的表現。

這裏說明了「精神」與「意境」，是創作「文人畫」的基本要素，而宋人的講「理」求「神」，重「虛靈」的結果，也使得自蘇軾以下的「文人畫」繪畫理論，普遍得到共鳴與喝采。其中又以「寫竹」最能顯揚文人的胸中逸氣，而元代李衍的《竹譜》，

²⁸ 鄭燮，〈板橋題畫蘭竹〉，《板橋題畫》，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，頁 1173。

²⁹ 同註 6。

³⁰ 余城，〈談中國畫竹〉，見中國文化大學（1983），「中國學術與現代文化」叢書第五冊，《美術論集》，臺北：中國文化大學，頁 145。

則剛好與蘇軾的「墨竹」畫論——從「眼中之竹」到「胸中之竹」，乃至「身與竹化」，作了一個最中肯的注釋。

元代李衍撰《竹譜》，其中〈畫竹譜〉曰³¹：

…（前文先引用蘇軾的〈偃竹記〉）坡公尚以為不能然者，不學之過，況後之人乎？人徒知畫竹者不在節節而為，葉葉為累，抑不思胸中成竹，從何而來？慕遠貪高，踰級蠟等，放弛情性，東抹西塗，便為脫去翰墨蹊徑，得乎自然。故當一節一葉，措意於法度之中，時習不倦，真積力久，至於無學，自信胸中真有成竹，而後可以振筆直遂，以追其所見也。不然徒執筆熟視，將何所見而追之耶？苟能就規矩繩墨，則自無瑕類，何患乎不至哉！縱失於拘，久之猶可達於規矩繩墨之外，若遽放逸，則恐不復可入規矩墨繩，而無所成矣，故學者必自法度中來始得之。

李衍非常了解蘇軾的「墨竹」絕非沒有章法，不學可成的「放逸」，故言「學者必自法度中來始得之」。其實鄧椿《畫繼》蘇軾條下，也有很清楚的記載：「雖然，先生（東坡）平日胸臆宏放如此，而蘭陵胡世家收所畫蟹，瑣屑毛介，曲畏芒屨，無不備具，是亦得從心不踰矩之道也。³²」可見，蘇軾雖勇於破除陳規，不落前人窠臼，但絕非「離經叛道」，沒有半點規矩可言。畫竹者不在節節而為，葉葉為累，是「神」與「意境」與「物象」冥合的外觀內省，經過精神提煉的「心象」重現結果。

《蘇東坡文集》前集卷十六〈書晁補之所藏與可畫竹三首〉³³：

與可畫竹時，見竹不見人。豈獨不見人，嗒然遺其身。其身與竹化，無窮出清新。莊周世無有，誰知此疑神。

蘇軾此處之「寫竹」，不再只是「應物象形」，也不再只是反映客觀事物的精神氣質，此處包含了藝術的提煉與概括，而此「提煉」與「概括」，則受畫家個人的藝術修養深淺左右，套句白石老人的話：「妙在似與不似之間」。然此「似與不似」，是為了達到「神似」；「不似」絕不能成為藝術的目的，否則便是欺世。蘇軾似乎企圖突顯一個畫理：那就是先在自然物中，尋找出「自我」，而不再只是作自然的奴僕，只是

³¹ 李衍，〈畫竹譜〉，《竹譜》，見俞崑編著（1984），《中國畫類論編》，下冊，頁1051。

³² 鄧椿，《畫繼》，見中國書畫研究資料社編（1983），《畫史叢書》，第一冊，頁282。

³³ 〈書晁補之所藏與可畫竹三首〉，《蘇東坡文集》，見王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，頁44。

為寫實而寫實；而是轉化的「神似」。此時，「我」就是「竹」，「竹」也是「我」，呈現在畫面時，由於已經過感性的提煉與概括，自可去蕪存菁，以最理想的方式來表現。

余城於〈談中國畫竹〉一文中謂³⁴：

文同的畫墨竹，是經過長期的觀察、玩味，從而醞釀意象默然於心，再用志不分地藉著筆墨表現於楮素，當其表現時，則又是渾然忘我，神與竹遊。他的這種作畫態度，可說是北宋人繪畫思想與型態的典型，也成為後世墨竹畫家遵守不渝的法則。

文同「寫竹」的巧思，其實也就是蘇軾的繪畫觀。而這種要求「寫實」與「傳神」合一的繪畫本質，即是以自己最真摯的生命，去攝取自然景物的神髓，是很感性，很動人的。事實上，蘇軾的繪畫思想，也是承莊子的藝術思想而來。

莊子內篇〈齊物論〉謂³⁵：

昔者莊周夢為胡蝶，栩栩然胡蝶也，自喻適志者！不知周也。俄然覺，則蘧蘧然周也。不知周之夢為胡蝶與；胡蝶之夢為周與？周與胡蝶，必有分矣。此之謂『物化』。

蘇軾從莊周「物化」的意境中，尋得了「寫竹」的奧妙，也探得了藝術精神的根源——即「身與竹化」；而「物化」的真實內涵，實即可所謂「心齋」與「坐忘」，也是人的一顆「虛靜之心」。

莊子內篇〈人間世〉謂³⁶：

…回曰：『敢問心齋？』仲尼曰：『若一志，無聽之以耳，而聽之以心。無聽之心，而聽之以氣。耳止於聽，心止於符。氣也者，虛而待物者也。虛者，心齋也。』

莊子內篇〈大宗師〉謂³⁷：

…曰：『回益矣。』曰：『何謂也？』曰：『回坐忘矣。』仲尼蹴然曰：『何謂坐忘？』

³⁴ 余城，〈談中國畫竹〉，見中國文化大學（1983），「中國學術與現代文化」叢書第五冊，《美術論集》，頁146。

³⁵ 陳鼓應註譯、王雲五主編（1982），《莊子今註今譯》，上冊，臺北：臺灣商務印書館，頁101。

³⁶ 同註35，上冊，頁129。

³⁷ 同註35，上冊，頁226-227。

顏回曰：『墮肢體，黜聰明，離形去知，同於大通，此謂坐忘。』仲尼曰：『同則無好也，化則無常也。而果其賢乎？丘也請從而後也。』

莊子以孔子與顏回的對答，來說明「心齋」與「坐忘」；言要以「虛靜」之心，等待物體的進入，才能得真「道」，所以說「道」是「虛」，而在「忘己」、「無我」之後，即可同於道體，所以是「離形去知」，同於道用（化），故能無所不至，出神入化，「離形去知，同於大通，」也就是蘇軾的「身與竹化」，這正是藝術達「美的觀照」的歷程，也是「文人畫」的精神所在。

蘇軾之所以知畫，實因其深於莊學。而莊學的精神，實則是一顆「虛靜」之心，最後必歸於「淡」、「清」、「遠」。正如蘇軾所言「其身與竹化，無窮出清新。」又如〈淨因院畫記〉「詩鳴草聖餘，兼入竹三昧，時時出木石，荒怪軼象外。」皆是指突破了形似，而得到了竹的「常理」——竹木的性情。蘇軾這種自然地將物擬人化，再將人所追求的理想，融化於「擬人化的物象」之中的畫論，確確實實左右了「文人畫」千年以來的趨勢。

伍、結論

蘇軾於〈墨君堂記〉中謂³⁸：

…然與可獨能得君（竹）之深，而知君之所以賢。雍容談笑，揮洒奮訊，而盡君之德，稚壯枯老之容，披折偃之勢。風雪凌厲，以觀其操。崖石犖确，以致其節。得志遂茂而不驕；不得志，瘁瘦而不辱。群居不倚，獨立不懼。與可之於君，可謂得其情而盡其性矣。

蓋蘇軾的「得其情而盡其性」，即是得竹的「常理」。這也就是莊子〈大宗師〉中所言：「夫道有情有信，無為無形，可傳而不可受，可得而不可見。自本自根，未有天地，自古以固存。」其實竹之「道」（常理），早就存在那兒了，能不能把捉得到，則有賴「寫竹」之人的「虛靜」之心，沒有高尚地人格，淡泊地情操，是無法把捉得到；這說明了畫家的人格，將決定畫家的成就。

徐復觀於《中國藝術精神》一書謂³⁹：

³⁸ 蘇軾的，〈墨君堂記〉，《經進東坡文集事略》，第五十三卷，見徐復觀（1981），《中國藝術精神》，頁 361。

³⁹ 徐復觀（1981），《中國藝術精神》，頁 370。

文與可的高尚地人格，淡泊地情操，這都是他畫竹的基本條件。而他的畫竹，乃是將『身與竹化』的自己的精神，畫了出來。雖經過了對梓然的愛好與融合，但下筆時並非對自然作客觀的摹寫，所以這才會能得之無心，不期然而然的走向放逸的路。但文與可的放逸，依然是通過法度，然後忘其法度。

其實，東坡一生自我行為的放逸，就如同文同的畫竹，依然是合於一定的法度，而他所論及有關繪畫上的放逸，正是由法度上下功夫，到了極點時，便忘去法度，忘去技巧，而得真技巧。這也是莊子談藝術精神，引孔子言「用志不分」、「乃凝於神」，進而達到「坐忘」、「心齋」的思想境界。元代李衍撰《竹譜》，其中〈墨竹譜〉謂：「…山谷云：『生枝不應節，亂葉無所歸。』須一筆筆有生意，一面面得自然。四面團欒，枝葉活動，方為成竹。⁴⁰」即是從「無法——有法——無法」的過程中，體悟到「寫竹」的真精神，真性格，真畫意。

再者，蘇軾因參禪悟道，以人品、胸次、氣質、修養等發見於繪畫思想中的審美取向，與宋畫體「道」後所開創的審美觀念息息相關：蘇軾實則是以理學講究的「神」、「理」，結合禪學的「虛靈」，再「嗒然遺其身」、「無窮出清新」的放逸，此種以心應物感與竹化的高情逸思「寫竹」思想，強調「身與物化」，與自然冥合而拔俗的真知灼見，帶動了中國「文人畫」的勃興。

參考書目

- 中華文化復興運動推行委員會主編（1986），《中國文學講話（七）兩宋文學》，臺灣：巨流圖書。
- 王雲五編、陳鼓應註譯（1992），《莊子今註今譯》，上冊，臺北：臺灣商務印書館。
- 石濤，《大滌子題畫鈔》，俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，臺北：華正書局。
- 米芾，《畫史》，沈子丞編（1974），《歷代論畫名著彙編》，臺北：世界書局。
- 米芾，《畫史》，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，臺北：華正書局。
- 余城，〈談中國畫竹〉，中國文化大學（1983），「中國學術與現代文化」叢書第五冊，《美術論集》，臺北：中國文化大學。
- 宋，《宣和畫譜》，中國書畫研究資料社編（1983），《畫史叢書》，第一冊，臺北：文

⁴⁰ 李衍，〈墨竹譜〉，《竹譜》，見俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，頁 1055。

史哲出版。

李衍，〈畫竹譜〉，《竹譜》，俞崑編著（1984），《中國畫類論編》，下冊，臺北：華正書局。

李霖燦（1992），《中國畫史研究論集》，臺北：臺灣商務印書館。

徐復觀（1981），《中國藝術精神》，臺北：臺灣學生書局。

高木森（1982），《五代北宋的繪畫》，臺北：文史哲出版。

國立故宮博物院編纂委員會（1951），《故宮書畫錄》，臺北：故宮博物院。

郭因（1987），《先秦至宋繪畫美學》，臺北：金楓出版。

楊家駱主編（1980），中國學術叢書《宋史》第四冊，臺北：鼎文書局。

楊祖漢編撰（黃宗義原著）（1987），《宋元學案》，臺北：時報出版。

葉朗（1987），《中國美學的開展》，上冊，臺北：金楓出版。

鄧椿，《畫繼》，中國書畫研究資料社編（1983），《畫史叢書》，第一冊，臺北：文史哲出版。

鄭燮，《板橋題畫》，俞崑編著（1984），《中國畫論類編》，下冊，臺北：華正書局。

蘇軾，《東坡題跋》，王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》，下卷，臺北：漢京文化。

蘇軾，《蘇東坡文集》前集、後集、續集，王進祥編（1983），《中國美學史資料選編》四部刊要／史部、美學史類，下卷，臺北：漢京文化。

通路競合下合作廣告參與率之決策分析

黃玉鳳、林玉華*、高文彬

摘要

大型量販、連鎖店的出現使行銷通路產生許多重大的變革，不僅改變以往製造商領導掛帥的生態，並促使各通路成員間的競爭也越趨激烈，因此，在通路上游的製造商不但要改變以往老大的心態，重視零售商的意見，更要了解零售商的自利行為方可獲得最大利潤。本文以賽局理論為基礎，將通路競爭與產品差異化的概念引入合作廣告中，探討最適廣告合作率的制定。本研究結果發現當產品差異化越大，對製造商越有利卻使零售商利潤受損；而當廣告效果對市場需求量影響越大時，則對零售商越有利。最後我們提出具體的策略建議並討論未來研究之方向。

關鍵詞：合作廣告、通路競爭、賽局理論。

黃玉鳳：中臺科技大學行銷管理系助理教授

林玉華：修平科技大學行銷與流通管理系助理教授 *通訊作者：yuhua@hust.edu.tw

高文彬：國立中正大學成人及繼續教育學系副教授

投稿日期：105年1月29日 接受刊登日期：106年3月13日

Analyzing Cooperative Advertising Model under Channel Co-Opetition

Yu-Huang Huang, Yu-Hua Lin*, Wen-Bing Gau

Abstract

Recently there have been many revolutions in the marketing distribution. The appearance of superstore and the chain store changes the leader position of the manufacturer, and hence these intense the competition among the channel members. After these revolutions the manufacturers, the up side of the marketing channel, not only need anticipate the reaction of the retailers, but understand the interest of their own retailers to gain the maximum of benefit. In this paper we develop a generalized model by employing game theory to investigate the optimal cooperative advertising participation rates under introducing the conception of channel competition and product differentiation into cooperative advertising. It shows that product differentiation benefits manufactures at the same time hurting retailer. It benefits retailer while advertising effect has more powerful effect on market demand. Finally, managerial implications of the results are derived and some suggestions for future research are offered.

Keywords: Cooperative advertising, Channel competition, Game theory.

Yu-Huang Huang, Assistant Professor, Department of Marketing Management, Central Taiwan University of Science and Technology.

Yu-Hua Lin, Assistant Professor, Department of Marketing and Distribution Management, Hsiuping University of Science and Technology. *Corresponding Author, E-mail: yuhua@hust.edu.tw

Wen-Bing Gau, Associate Professor, Department of Adult & Continuing Education, National Chung Cheng University.

Received 29 January 2016; accepted 13 March 2017

壹、緒論

合作廣告是製造商為那些替自己產品作地區性廣告的零售商，負擔多少廣告成本的財務安排。早在 1982 年 Young and Greyser 的調查便指出某些製造商，如 GE，對其零售商之地區性廣告補助的預算曾有 3 次與全國預算相同；而對零售商而言，合作廣告經費更是零售商地區性廣告預算的主要來源，零售商可從與製造商的合作廣告計劃中，獲得百分之七十五以上的總廣告預算。可見合作廣告計劃不但是許多製造商宣傳預算的一個重要方針，也構成零售商廣告預算中的重要部分 (Bergen and John, 1997)。

為瞭解合作廣告，首先必須區別「地區性廣告」及「全國性廣告」，前者可定義為零售商在所屬商圈中 (trading areas) 所從事的宣傳努力；後者則是由製造商在全國市場上從事的宣傳努力。這兩類廣告在目的上有相當大的差異，全國性廣告強調創造更討人喜愛的產品概念或觀點；而地區性廣告通常較偏向價格導向，其目的是促使消費者作出立即的購買決定。兩者在成本上也有顯著地不同，如零售商可以較低成本取得當地媒體資源並獲得較好市場資訊 (Bergen and John, 1997)。本研究假定上述的差異大到使製造商考慮以地區性廣告或是全國性廣告為宣傳主力。本研究著重在合作廣告計劃中最重要的部分---「合作比率」---即零售商區域性廣告花費中製造商同意支付之百分比的探討。

自從跨國連鎖通路及大型量販店的出現，零售商權力日漸增大到足以與製造商抗衡，通路成員間的競合關係也越趨複雜。Chen (2011) 探討單一製造商與單一零售商在兩階供應鏈中，合作廣告、退貨策略和通路協調之綜合影響。Sadigh et al. (2012) 考慮單一製造商領導並提供多產品給單一零售商之情況，應用雙層規畫法求解最適訂價、廣告支出與最適生產策略。He et al. (2013) 探討兩製造商與一零售商在三方各自獨立決策、零售商與某一製造商合作，及兩製造商和合作等 3 種情況下之最適廣告策略。

過去文獻中論及合作廣告時，多以合作觀點切入，探討總通路利潤最大化下之最適廣告合作率；本研究則欲以「競爭」的觀點，延伸 Chio (1996) 與 Zhao et al. (2013) 兩家製造商、一家零售商之通路結構 (獨佔零售商通路)，將通路競爭與產品差異化概念導入合作廣告中，除了探討競爭賽局下最適廣告合作率的制定，並討論產品差異化以及廣告效果的影響。

貳、文獻探討

一、合作廣告文獻回顧

根據 Dant and Berger (1996) 研究指出廣告費用的決定在連鎖體系中之所以經常造成加盟店與總部間資源的衝突，乃是因為雙方未領會到垂直合作廣告所帶來潛在「雙贏」(win-win) 的價值。該研究介紹一規範性 (normative) 之模型以供分析、了解，並尋求在導致整體加盟體系利潤最大化目標下，作出合作廣告的決定。模型結果顯示，比起雙方尋求各自目標函數最適解之報酬，總部與加盟店合作決定下的廣告效益，可為合作雙方帶來更優渥的利潤。

Bergen and John (1997) 的研究發展出兩種分析模型，探究廣告外溢效果、零售商間競爭 (品牌內競爭) 和製造商間競爭 (品牌間競爭) 對合作比率的變化及影響程度。研究結果顯示，在(1) 較一般化的大眾媒體(2) 零售商間差異越小，即零售商間競爭越大(3) 製造商間差異越大，即製造商之商標區別越明顯和(4) 較高檔的產品等因素下，會有較高的合作廣告率。Szmerekovsky and Zhang (2009) 研究指出，當市場需求量取決於零售價與廣告時，零售商與製造商共同分攤區域性廣告成本之效益不大；而共同分攤全國性廣告成本可以為製造商達到較好的宣傳效果，並使零售商取得較低批發價格。

Chen (2011) 探討單一製造商與單一零售商在兩階供應鏈中，合作廣告、退貨策略和通路協調之綜合影響。Sadigh et al. (2012) 考慮單一製造商領導並提供多產品給單一零售商之情況，應用雙層規畫法求解最適訂價、廣告支出與最適生產策略。He et al. (2013) 探討兩製造商與一零售商在三方各自獨立決策、零售商與某一製造商合作，及兩製造商合作等 3 種情況下之最適廣告策略。

本研究則以「競爭」的觀點，延伸 Chio (1996) 與 He et al. (2013) 兩家製造商、一家零售商之通路結構 (獨佔零售商通路)，將通路競爭與產品差異化的概念引入合作廣告中，除了探討在競爭賽局下最適廣告合作率的制定，並討論產品差異化以及廣告效果的影響。

二、通路競爭文獻回顧

在文獻中，描述通路競爭的本質時會被提及的三個主要因素為通路結構、通路領導、水平產品和商店的差異化。其介紹如下：

(一) 通路結構

通路結構乃是在說明產品如何由製造商到零售商最後到消費者的流程。Chio (1996) 指出現有之通路結構包括獨家經銷通路、獨佔零售商通路、獨佔製造商通路以及雙佔製造商—零售商通路等四種通路架構，其圖示如下：

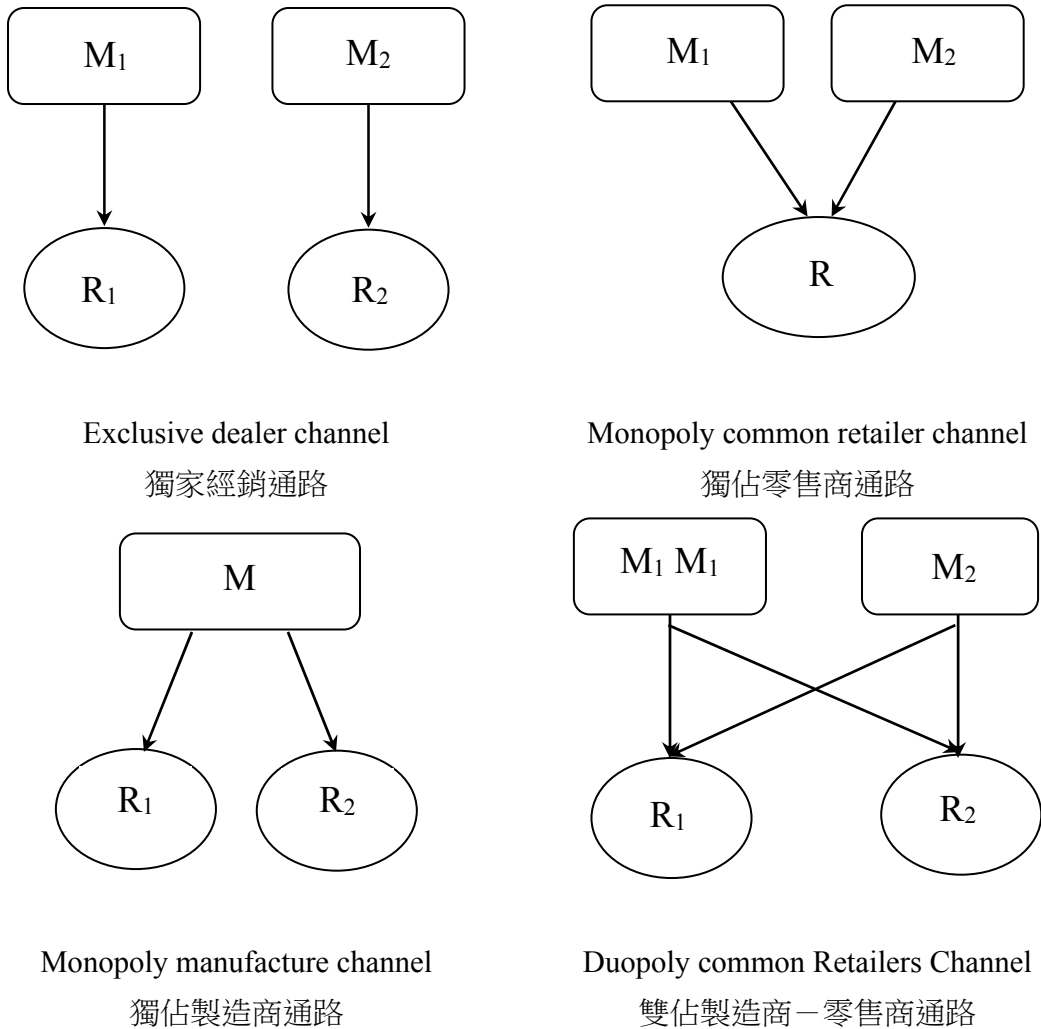


圖 1 通路結構圖

(二) 通路領導與 Stackelberg 模型

1. 通路領導

通路領導主要在描述是製造商或是零售商有通路權力來利用他人的反應方程

式。Messinger and Narasimhan (1995) 指出通路成員間的權力結構可分為製造商領導 (Manufacturer Stackelberg game, MS)、生零售商領導 (Retailer Stackelberg game, RS) 與垂直 Nash (Vertical Nash game, VN)。其說明如下：

- (1) 製造商領導 (Manufacturer Stackelberg game, MS)：製造商擁有較大的通路權力，並藉由通路的權力關係來控制整個通路的交易行為。其中最明顯的就是，產品批發價的決定。製造商在保有固定的利潤之下先來選擇批發價格，再依此種批發價格將產品經銷給零售商，而零售商就只能依照製造商所給予的批發價格再來決定其零售價。
- (2) 零售商領導 (Retailer Stackelberg game, RS)：其通路型態完全與製造商領導的型態相反。在此種型態之下，零售商則具有較大的通路權力，零售商可先行依市場的反應來決定產品的零售價格，當然必要條件是零售商所決定的零售價必須能滿足其基本的利潤。接著再將其零售價格反應給上游的製造商，讓製造商決定其批發價。
- (3) 垂直 Nash (Vertical Nash game, VN)：相對於製造商領導與零售商領導，垂直 Nash 的通路權力結構比較屬於折衷的方式。在垂直 Nash 的通路型態當中，製造商與零售商雙方都同樣擁有相同的市場決策權力。也就是說，製造商在決定其產品的批發價時，可與零售商共同討論，接納零售商的意見，以共同創造整體通路之最大利潤。

2. Stackelberg 模型

Stackelberg 模型乃一市場權力非對稱之模型，由德國經濟學家 Stackelberg 於 1934 年提出，並以其名命名。他將企業家分成兩種類型，一類為領導者 (leader)，另一類為追隨者 (follow)，並假設市場中其中一個參與者為領導者 (leader)，而將其他對手視為跟隨者 (follow)，領導者知道跟隨者會依自身決策做出反應，故當領導者進行決策時，便會加入跟隨者的反應進行思考。

Giri and Shirma (2014) 使用線性需求函數探討兩個零售商不同成本結構下，製造商使用兩種訂價策略：(1) 不論兩零售商成本結構是否相同，給定相同批發價格；(2) 依零售銷售成本，給定不同批發價格，並探討兩種情境下製造商與零售商最適互動策略。Wei et al. (2013) 探討在互補產品情境下，兩家製造商與一家零售商於二階供應鏈中最適訂價策略，並以 MS-Stackelberg、RS-Bertrand、RS-Stackelberg 和 NG models

等訂價模式求解利潤最大下之最適訂價策略。

Wu et al. (2012) 探討在不同市場權力結構下，兩家零售商和一家製造商的水平競爭與垂直競爭。Zhao et al. (2013) 探討隨機需求下，兩家生產替代性商品的製造商皆透過同一零售商販售商品之製造商領導、零售商領導與 Nash 均衡三種情境下，製造商最適批發價格與服務水準，及零售商最適零售價格。Lu et al. (2011) 探討兩競爭製造商與單一零售商在零售商領等、製造商領導與垂直 Nash 三種情況下策略互動結果。

Parhuram and Usha (2013) 探討單一製造商與多家零售商下，當製造商與零售商資訊不完全且製造商為領導者情境下，當零售商進行數量競爭時，對製造商策略與利潤的影響。DeMiguel and Xu (2009) 探討多製造商領導情境下，零售商觀察各製造商之服務水準與市場需求後之決策選擇，求解零售商最適訂購策略。Qin (2012) 探討零售商處於主導地位且可延遲交貨情境下，製造商最適訂價與服務水準。

(三) 水平產品和商店的差異化

水平產品和商店的差異化乃是在區別競爭的產品和商店。在水平產品差異化之下，沒有一個產品是絕對受到所有消費者所喜愛的；但在垂直產品差異化下，一個產品則可能永遠是凌駕其他產品，因此，一般我們所探討的，不管是產品差異或是商店差異，多為水平性的差異。

Choi (1991) 在獨佔零售商通路下之研究發現 1. 所有通路成員和消費者在沒有人主導市場的情況下是最好的 2. 當產品越不具差異化，所有通路成員的價格和利潤增加。Choi (1996) 針對雙佔製造商－零售商通路之研究，將焦點擺在通路內及通路間價格競爭並探討產品和商店差異化及權力結構對通路策略的策略性含意。主要發現之一是：產品差異化雖然對製造商有利，卻對零售商有害；相反地，商店差異化對零售商有利，卻對製造商有害。另外，總通路利潤在沒有通路領導時最大。但為一不穩定的通路結構，因為每一個通路成員都有誘因想成為領導者。

參、模型推導

本研究延伸 Chio (1996) 與 He et al. (2013) 之通路結構，假設市場上有兩個上游製造商（製造商 1 與 2）生產互相替代之兩種產品；而下游則僅有一家零售商同時販售製造商 1 與製造商 2 之產品。我們將整個模型設為一四階段之 Stackelberg game。

在第一階段中，為使得零售商願意多促銷其產品以增加銷售量、極大化自身的利

潤，兩家製造商皆以提供地區性廣告補助為誘因，建立和零售商的合作關係，與另一製造商對抗。故兩家製造商須在 Nash 下先決定各自對零售商的廣告補助比例；第二階段中，零售商就製造商廣告補助之比例，決定其對製造商 1 和製造商 2 兩產品的各別廣告總支出；接著，在第三階段賽局中，製造商在考量利潤最大化下，選定各別批發價；最後，在確定產品批發價的情況下，零售商分別決定兩產品之最終商品市場的零售價。現在假定製造商所面對的市場需求為

$$q_i = 1 - p_i + \beta p_j + r A_i \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j, \quad (3.1)$$

其中， q_i 為產品 i （製造商 i ）在其價格為 p_i ，而競爭產品 j （製造商 j ）之價格在 p_j 時的需求量。我們假設一產品的需求隨自身價格上升而下降，隨競爭產品價格上升而上升。參數 $0 \leq \beta \leq 1$ ， $0 \leq r \leq 1$ ，其中， β 代表產品間的相關性，用來表示產品差異化的程度，當 β 趨近於 1 時表示兩產品間幾近乎同質（差異性小、替代性高）；當 β 趨近於 0 時表示兩產品間幾近乎獨立（差異性大、替代性低）。參數 r 為廣告效果對市場需求量影響之參數，當 r 越趨近於 1，表示廣告效果對市場需求量影響越大。 A_i 表示零售商對產品 i 地區性廣告的總支出，在理想狀況下，應假設廣告總支出對其市場需求量之影響為一遞減的關係，例如以 $\sqrt{A_i}$ 表示之，但本研究著重在「競爭情況下，合作廣告率探討」概念之分享，為了計算上的方便，將其僅以 A_i 表示。

令 w_i 、 α_i 分別代表製造商 i 之批發價及其對零售商之廣告補助比例，且假定製造商之生產成本（ c ）為零。則製造商 i 之利潤函數為

$$\pi_{M_i} = w_i q_i - A_i \alpha_i \quad i=1,2, \quad (3.2)$$

由上式可知，製造商 i 的利潤為其總收入與其對零售商廣告補助之金額相減之餘額。而零售商之利潤函數可寫成

$$\pi_R = \sum [(p_i - w_i) q_i - A_i (1 - \alpha_i)] \quad i=1,2, \quad (3.3)$$

其中， $p_i - w_i = m_i$ 是零售商在每單位銷售上所獲得的毛利； α_i 為製造商 i 對零售商在地區性廣告上的補助比例； $A_i (1 - \alpha_i)$ 則代表在扣除製造商補助後，零售商在產品 i 的區域性廣告上花費的總支出。

根據「後溯歸納法」(backward induction)，我們將循序求解第四階段的均衡價格、第三階段 Nash 下的均衡批發價、第二階段的均衡廣告總支出和第一階段 Nash 下的均衡合作廣告比例。

第四階段中，我們假設零售商為最終商品市場之價格決定者。在給定製造商批發價 w_1 、 w_2 與廣告總支出 A_1 、 A_2 以及廣告合作率 α_1 、 α_2 之下，透過 (3.1) 式之需求函數，將 (3.3) 式求其一階條件則可得到零售商之反應函數¹

$$\frac{\partial \Pi_R}{\partial p_1} = 1 - 2p_1 + \beta p_2 + A_1 r + \beta(p_2 - w_2) + w_1 = 0 \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial \Pi_R}{\partial p_2} = 1 - 2p_2 + \beta p_1 + A_2 r + \beta(p_1 - w_1) + w_2 = 0 \quad (3.5)$$

根據 (3.4)、(3.5) 式則可進一步求得為 W 和 A 之函數的均衡零售價

$$p_i(w_i, A_i, A_j) = \frac{w_i}{2} + \frac{1 + \beta + A_i r + A_j \beta r}{2(1 - \beta^2)} \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j, \quad (3.6)$$

(3.6) 式說明了只有一半的批發價反應到零售價上，另一半則由零售商自行吸收。接著利用 (3.6) 式，代入 (3.2) 式製造商的利潤函數，分別求兩製造商在利潤極大下之一階條件

$$\frac{\partial}{\partial w_i} \Pi_{M_i}(p_i(w_i, A_i, A_j), w_j) = \frac{1}{2}(1 + A_i r - 2w_i + \beta w_j) = 0 \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j, \quad (3.7)$$

解 (3.7) 式之聯立方程式，可得 Nash 下之均衡批發價

$$w_i = \frac{2 + \beta + 2A_i r + A_j \beta r}{4 - \beta^2} \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j, \quad (3.8)$$

將 w_i 代入，可使 (3.6) 式化減為 A 之函數的零售價

$$p_i = \frac{2(1 + A_i r)(2 - \beta^2) + \beta(1 + A_j r)(5 - 2\beta^2)}{2(4 - 5\beta^2 + \beta^4)} \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j, \quad (3.9)$$

接著，再將均衡之零售價和批發價代回 (3.3) 式，零售商之利潤方程式，求一階條件式及均衡廣告總支出如 (3.10)、(3.11) 所示

$$\begin{aligned} & + \frac{2A_j(4 + 5\beta^2)r^2 + 2A_i(8\beta r^2 + \beta^3 r^2)}{4(-4 + \beta^2)^2(1 - \beta^2)} \\ \frac{\partial \Pi_R}{\partial A_i} & = \frac{-2(1 + \beta)(2 + \beta)^2[(1 - \alpha_j)(8 - 16\beta + 10\beta^2 - 2\beta^3) - r]}{4(-4 + \beta^2)^2(1 - \beta^2)} \end{aligned} \quad (3.10)$$

¹ 最適化的二階條件亦成立，但為簡化起見，我們略去相關的討論。

$$A_i = \frac{8+10\beta^2 - (1-\alpha_j)(16\beta+2\beta^3) - 2\alpha_i(4+5\beta^2) - r}{r^2} \quad (3.11)$$

最後，將 (3.8)、(3.9) 及 (3.10) 式代回 (3.2) 式，製造商之利潤方程式，求一階條件式及均衡廣告補助比例如 (3.12)、(3.13) 所示

$$\frac{\partial \prod_{mi}}{\partial \alpha_i} = \frac{-24 - \beta(\alpha_i - 1)(40 + 14\beta^2) - \beta^2(26 + 4\beta^2)}{r^2} + \frac{4\alpha_j(8 + 9\beta^2 + \beta^4) + r}{r^2} \quad (3.12)$$

$$\alpha_i^* = \frac{24 - 40\beta + 26\beta^2 - 14\beta + 4\beta^4 - r}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)} \quad (3.13)$$

根據 (3.13) 式，可進一步求得均衡之批發價、零售價、市場需求量、製造商利潤與零售商利潤，分別如下所示（對 $i = 1, 2$ ）

$$w_i^* = \frac{(2 - 3\beta + \beta^2)(8 + 10\beta^2 + r)}{(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)r} \quad (3.14)$$

$$p_i^* = \frac{(6 - 7\beta + 2\beta^2)(8 + 10\beta^2 + r)}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)r} \quad (3.15)$$

$$q_i^* = \frac{(2 - 3\beta + \beta^2)(8 + 10\beta^2 + r)}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)r} \quad (3.16)$$

$$\prod_r^* = \frac{100\beta^7 - 120\beta^5(-8+r) + 20\beta^6(-25+2r)}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)^2 r^2} + \frac{\beta^3(1344 - 446r - 13r^2) - 32\beta(-16 + 6r + r^2) + e}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)^2 r^2} \quad (3.17)$$

$$\prod_{mi}^* = \frac{40\beta^9 + \beta^5(3744 - 596r) + \beta^7(712 - 52r) + 8\beta^8(-30+r)}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)^2 r^2} - \frac{1024\beta(-2+r) - 16\beta^6(-112 + 13r) - d^3}{2(16 - 20\beta + 18\beta^2 - 7\beta^3 + 2\beta^4)^2 r^2} \quad (3.18)$$

肆、分析與討論

本節中，我們將根據上節所得之均衡解，就產品差異化、廣告效果影響及合作廣告率影響三方面，分別進行比較靜態分析之探討。

一、產品差異化影響

根據 (3.13) 至 (3.16) 式之均衡值，我們可以推導出關於產品差異化之比較靜態均衡分析結果，如下所示：

² $e = 4\beta^2(-300 + 73r + r^2) + 4(-64 + 48r + 7r^2) + \beta^2(-960 + 448r + 31r^2)$

³ $d = 64\beta^2(-60 + 23r) - 32\beta^3(-160 + 49r) - \beta^4(5280 - 1168r + r^2) - 8(64 - 48r + r^2)$

$$\frac{\partial w^*}{\partial \beta} < 0 \quad \frac{\partial p^*}{\partial \beta} < 0 \quad \frac{\partial q_i^*}{\partial \beta} < 0 \quad \frac{\partial \alpha^*}{\partial \beta} < 0 \quad \frac{\partial \Pi_R^*}{\partial \beta} > 0$$

上一節中，我們已定義參數 β ，乃是代表產品間的相關性，用以表示產品差異化的程度。所以當 β 越大，越趨近於 1 時，表示兩產品差異性越小、替代性越高，而兩製造商間的競爭越激烈，且雙方都不具市場獨佔之競爭力。在此一情況下，兩製造商皆須以較低的批發價，販賣產品給零售商以求銷售量的增加。

另外，由於 $p = w + m$ ，故在零售商毛利固定之下，批發價 w 的下降，將導致零售價 p 亦隨之下降，此一結果與 Choi (1991) 之研究結果相一致；而從 $m = p - w$ 中，我們可反推得知，當批發價 w 下降的幅度大於零售價 p 下降的幅度時，則零售商可賺取正的利潤。此時，雖然製造商 1 與製造商 2 會因上述之不利條件而減少生產，但因為皆由同一家零售商批發販售，故我們可預期，零售商將可以低成本進貨、以低價格賣出產品，藉由「薄利多銷」賺取更多利潤。而整體市場的總需求應會上升。所以，當 β 越大、兩產品之差異性越小、兩製造商競爭越激烈下，零售商將成為市場上最大的贏家。

在所有甜頭都讓零售商佔盡的情況下，製造商除了得接受低廉的批發價、賺取微薄的利潤外，還必須面對競爭對手的強烈競爭，想當然爾，他不願意也不會再另外撥出預算來資助零售商的地區性廣告，是故，當 β 越大、兩產品之差異性越小時，合作廣告率亦會隨之降低。此一結論與 Bergen and John (1997) 與 Zhao et al. (2013) 的研究結果相一致。

另一方面，當 β 越趨近於 0 時，表示兩製造商彼此生產具差異化的產品，其產品間的替代性低，雙方皆享有較高的獨佔競爭力，並可向零售商收取較高的批發價。而此時零售商最好的反應，是吸收一部份批發價 w 上漲的錢，另一部份則轉嫁給消費者，致使零售價上揚。當批發價 w 上漲的幅度大於零售價 p 上漲的幅度時，將使零售商的毛利下降。故當製造商的產品具有差異性時，由於批發價的上漲與毛利的下降，將使零售商利潤減少而對其不利。此時，製造商會因「產品差異化」此一優勢而增加生產，使個別製造商的產量增加，但我們可預期整體市場的總需求將會下降，所以製造商最好的決策行為，是增加其對零售商的地區性廣告補助，讓零售商願意為其產品作區域性的廣告、宣傳，使消費者多做出一些立即性的購買決定，刺激消費，以增加其銷售量與利潤。最後，可將上述之討論彙整為命題一與命題二。

命題一：當產品間差異化小、替代性高時，將使零售商的利潤增加，卻使製造商的利潤下降；當產品間差異化大、替代性低時，將使製造商的利潤增加，卻使零售商的利潤下降。

命題二：當產品間差異化小、替代性高時，製造與零售商間之合作廣告率將會下降；當產品間差異化大、替代性低時，製造與零售商間之合作廣告率將會上升。

二、廣告效果的影響

根據均衡解，我們可以推導出關於廣告效果之比較靜態均衡分析結果，如下所示：

$$\frac{\partial w^*}{\partial r} < 0 \quad \frac{\partial p^*}{\partial r} < 0 \quad \frac{\partial q_i^*}{\partial r} < 0 \quad \frac{\partial \alpha^*}{\partial r} < 0 \quad \frac{\partial \Pi_R^*}{\partial r} > 0$$

其中， r 代表廣告效果對市場需求量之影響參數，當 r 越趨近於 1，表示廣告效果對市場需求量影響越大。由緒論中所提及「全國性廣告」和「地區性廣告」兩者在目的上的差異中，我們可清楚明瞭：全國性廣告強調的，是創造更討人喜愛的產品概念或觀點；而地區性廣告通常較偏向價格導向，其目的是為了促使消費者作出立即的購買決定。在此不同的目的下，當廣告效果增加時，聰明的製造商應會先考慮增加在全國性廣告方面的支出，以期建立在消費者心目中良好的商品形象與商譽，而減少對零售商地區性廣告的補助。

但，和全國性廣告一樣，隨廣告效果的增加，反應在地區上需求量的效果也越顯著，這將使製造商對零售商的合作意願也隨之升高。為了顯示合作誠意，建立良好的互動關係，製造商會以降低批發價為誘因，吸引零售商的合作。由 $p = w + m$ 推論可知，在零售毛利固定下，零售價亦會隨之下降。而當批發價 w 下降的幅度大於零售價 p 下降的幅度時，則零售商可賺取正的利潤。雖然製造商降低其批發價以爭取零售商合作的手法事實上亦可視為另類的廣告補助，但由於不易察覺，故零售商直覺的以為製造商對其廣告補助減少，進而減少在其產品上的地區性廣告宣傳，使得個別廠商之市場需求量下降，但我們預期整體市場之需求量將會增加。

另一方面，當 r 越趨近於 0，則表示廣告效果對市場需求量影響越小。此時，製造商會先以地區性廣告為宣傳主力，故對地區性廣告的補助比率將會升高。待製造商察覺：隨廣告效果的降低，反應在地區上需求量的效果也越不顯著後，兩製造商皆會

降低與零售商合作的誘因與意願。最後，在單純利潤的考量下，皆會向零售商索取較高的批發價，此一舉動，將促使零售價上揚。而當批發價 w 上漲的幅度大於零售價 p 上漲的幅度時，將使零售商的毛利下降、利潤受損。由上述之推論，可得命題三。

命題三：當廣告效果對市場需求量影響越大時，製造商的參與合作廣告意願越高，越有可能使零售商的利潤增加；當廣告效果對市場需求量較無影響時，製造商的參與合作廣告意願低，越有可能使零售商的利潤下降。

三、合作廣告率之影響

合作廣告率之參數 α 對內生變數均衡值的影響如下：

$$\begin{aligned} \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_i} < 0 \quad \frac{\partial A_j}{\partial \alpha_i} > 0 \\ \frac{\partial w_i}{\partial \alpha_i} < 0 \quad \frac{\partial w_j}{\partial \alpha_i} > 0 \quad \frac{\partial p_i}{\partial \alpha_i} < 0 \quad \frac{\partial p_j}{\partial \alpha_i} > 0 \\ \frac{\partial q_i}{\partial \alpha_i} < 0 \quad \frac{\partial q_j}{\partial \alpha_i} > 0 \end{aligned}$$

假設當合作廣告率 α_i 增加時，表示製造商 1 對零售商在產品 1 的地區性廣告補助增加，此時，零售商對產品 1 的總廣告支出可望減少，這與直覺推理相同。然而，批發價 w_i 、零售價 p_i 及需求量 q_i 皆隨合作廣告率 α_i 增加而下降，此結果與直覺推理卻稍有抵觸，需要更進一步的探討與論證，因此本研究僅能就結果進行探究與推論，無法形成明確之命題論述。

針對模型假設所得結果，探討其原因：可能是因為當 α_i 增加時，表示製造商 1 和零售商的合作關係更進一步，為了維持良好的合作關係，製造商 1 願以較低之批發價將產品售予零售商，期望能藉由零售價的下降而達成「薄利多銷」，增加其銷售量的目的。

然而，以零售商的觀點來看，零售商並非僅僅銷售製造商 1 的產品而已，亦銷售製造商 2 之產品，且由於其與製造商 2 之合作關係不若其與製造商 1 之密切，故產品 2 的批發價必高於產品 1，因此，產品 2 之零售價亦必高於產品 1，再將上其在產品 2 之地區性廣告大部分皆由自身負擔，是故，零售商不得不在產品 2 的廣告費用上作周詳的計劃，妥善運用其資源；再反觀其在產品 1 的地區性廣告支出，多是由製造商 1 所補助，並非自身之錢財，且產品 1 之相對產品 2 來有較低之批發價與零售價，故直

覺上較應較具優勢而不用太過費心計劃。

由以上推論，不難發現，當初製造商 1 的善意合作與如意算盤，卻因其與零售商之所處位置與利潤考量不同，造成了適得其反的結果，陰錯陽差之下反倒無意間促使零售商增加其在產品 2 廣告上的努力，以及競爭對手銷售量的增加。這樣的結果，雖然是非常弔詭及令人莞爾的，卻值得決策者深思。本研究結果也與 Szmerekovsky and Zhang(2009)研究有相同結果，該研究指出，當市場需求量取決於零售價與廣告時，零售商與製造商共同分攤區域性廣告成本之效益不大；而共同分攤全國性廣告成本可以為製造商達到較好的宣傳效果，並使零售商取得較低批發價格。

因此就利潤而言，增加廣告補助比例對零售商或各別製造商的利潤，都有使其增加或減少的可能性，推究其決定因素，應與製造商各別之補助比例大小、兩產品差異程度和廣告效果此三項因素有關。

伍、結論與建議

本研究不同於以往由合作的觀點來探討合作廣告此一議題，而以「競爭」的觀點切入，延伸 Chio (1996) 與 He et al. (2013) 兩家製造商、一家零售商之通路結構，將通路競爭與產品差異化的概念引入合作廣告中，欲探討在競爭的賽局之下，最適廣告合作率的制定。

一、研究發現與建議

研究發現當產品間差異化小、替代性高時，製造與零售商間之合作廣告率將會下降；當產品間差異化大、替代性低時，製造與零售商間之合作廣告率將會上升。當產品間差異化大、替代性低時，將使製造商獲利而對零售商不利；當廣告效果對市場需求量影響越大時，製造商的參與合作廣告意願越高，對零售商越有利。

在合作廣告率方面，本研究顯示，當製造商有意提高對零售商之廣告補助比例時，若不設定一決定機制，將很容易提高零售商對其競爭對手產品廣告之努力，進而增加競爭對手的銷售量。另外，就個別利潤而言，增加廣告補助比例對零售商或製造商都有使其利潤增加或減少的可能性，端賴製造商彼此之補助比例、兩產品差異程度和廣告效果來決定。

二、研究限制

在理想狀況下，應假設廣告總支出對其市場需求量之影響為一遞減的關係，例如

以 $\sqrt{\quad}$ 表示之；另外，也應考慮廣告對產品差異化可能有的影響，但本研究因著眼於「競爭情況下，合作廣告率制定與探討」之概念分享，為了計算上的方便，放寬此一限制，僅以 A_i 表示並設定 β 為一固定參數來探討品牌間差異化的影響，此皆乃本研究之限制與未來努力方向。

三、未來研究方向

本研究中未探討製造商在有意提高對零售商之廣告補助比例時，其決定機制將如何建立，以及在不同的通路結構（如雙佔製造商－零售商通路的通路結構下，不僅可探討品牌差異化的影響，亦可探討商店差異化的影響）、不同的通路領導下（如 Manufacturer Stackelberg game, Vertical Nash game 以及 Retailer Stackelberg game）合作廣告率及利潤之比較，故建議後續研究者可對此作更深入之探與研究。

近年來電子商務市場蓬勃發展，零售通路市場正不斷經歷無聲的變革，網路便捷的滲透性對零售通路而言，壓縮的通路階層，使零售商的進入門檻更為降低、數量得以無限的增加，而製造商亦可輕易扮演零售商的角色；網路便捷的滲透性也破除了疆界的限制，拉近了國家、區域間的藩籬，並使廣告推播管道與方式也更加多元化、宣傳成本更低廉，這些改變勢必會影響製造商與零售商間的合作模式與權力平衡，故建議後續研究者可對此作更深入之探與研究。

參考文獻

- [1] Agrawal Deepak, "Effect of Brand Loyalty on Advertising and Trade Promotions: A Game Theoretic Analysis Empirical Evidence," *Marketing Science*, 1(1996), pp.86-108.
- [2] Bergen Mark and George John, "Understanding Cooperative Advertising Participation Rates in Conventional Channels," *Journal of Marketing Research*, 8(1997), pp.357-359.
- [3] Chen, T. H., "Coordinating the Ordering and Advertising Policies for a Single-period Commodity in a Two-level Supply Chain," *Computers and Industrial Engineering*, 61(4,2011), pp.1268-1274.
- [4] Choi, S, "Price Competition in a Channel Structure with a Common Retailer," *Marketing Science*, 72 (2,1991), pp.117-134.
- [5] Choi, S, "Price Competition in a Duopoly Common Retailer Channel," *Journal of*

- Retailing*, 72 (2,1996) , pp.117-134.
- [6] Dant R. P. and Pauk D. Berger, "Modelling Cooperative Advertising Decisions in Franchising," *Journal of the Operational Research Society*, (1996) , pp.1120-1136.
- [7] DeMiguel, V. & Xu, H., "A Stochastic Multiple-Leader Stackelberg Model: Analysis, Computation, and Application," *Operation Research*, 57(5,2009) , pp.1220-1235.
- [8] Dutta, Shantanu, Bergen, and John, "Variations in the Contractual Terms of Cooperative Advertising Contracts: An Empirical Investigation," *Marketing Science*, 6(1,1995) , pp.15-22.
- [9] Giri, B. C., & Sharma, S., "Manufacturer's Pricing Strategy in a Two-Level Supply Chain with Competing Retailers and Advertising Cost Dependent Demand," *Economic Modelling*, 38(2014) , pp.102-111.
- [10] He, Y. S., Gou, Q., Wu, C., & Yue, X., "Cooperative Advertising in a Supply Chain with Horizontal Competition," *Mathematical Problems in Engineering*, 19(2013) , pp.1-16.
- [11] Kim, S. Y., R. Staelin, "Manufacturer Allowances and Retailer Pass-Through Rates in a Competitive Environment," *Marketing Science*, 18(1,1999) , pp.59-76.
- [12] Lu, J. C., Tsao, Y. C., & Charoensiriwath, C., "Competition under Manufacturer Service and Retail Price," *Knowledge-Based Systems*, 28 (2011) , pp. 1256-1264.
- [13] Messinger, p., C. Narasimhan, "Has Power Shifted in the Grocery Channel?" *Marketing Science*, 14(2,1995) , pp.189-223.
- [14] Parshuram, S. H., & Usha, M., "Impact of Retailer Competition on Manufacturer's Decisions and Profits at Equilibrium," *International Game Theory Review*, 15(4, 2013) , pp.1-16.
- [15] Qin, Y., "A Stackelberg-Game Model in a Two-Stage Supply Chain," *Systems Engineering Procedia*, 3(2012) , pp. 268-274.
- [16] Sadigh, N. A., Mozafari, M., & Karimi, B., "Manufacturer-Retailer Supply Chain Coordination: A Bi-Level Programming Approach," *Advances in Engineering Software*, 45(2012) , pp. 144-152
- [17] Szmerekovsky, G. J., & Zhang, J., "Pricing and Two-Tier Advertising with one Manufacturer and one Retailer," *European Journal of Operational Research*, 192(2009) , pp.904-917.
-

-
- [18] Young, Robert F. and Stephen A. Greyser, "Cooperative Advertising: Practices and Problems," *MIS Report*, (Cambridge, MA: *Marketing Science Institute*.1982) , pp.82-105.
- [19] Wei, J., Zhao, J., & Li, Y., "Pricing Decisions for Complementary Products with Firms' Different Market Powers," *European Journal of Operational Research*, 224(2013) , pp.507-519.
- [20] Wu, C. H., Chen, C. W., & Hsieh, C. C., "Competitive Pricing Decisions in a Two-Echelon Supply Chain with Horizontal and Vertical Competition," *Int. J. Production Economics*, 135(2012) , pp.265-274.
- [21] Zhao, J., Liu, W., & Wei, J., "Competition under Manufacturer Service and Price in Fuzzy Environments" *Knowledge-Based Systems*, 50(2013) , pp.121-133.
-

修平科技大學《修平學報》徵稿要點

- 一、本刊為純學術性之刊物，專供本校同仁及校外人士發表研究成果及論著之用。
 - 二、論述及研究報告文字（含圖表），稿件分為理工類、商管類、人文社會類，以 30 頁為度；來稿須以 Word 格式排版，以電子郵件寄至學報編審委員會（appear@mail.hust.edu.tw）（論文格式及版面規格，請至學報網頁下載）。
 - 三、無論中文或英文稿件皆須附上中英文題目、摘要，並註明作者姓名及系（所）職稱。他國文字稿件須附中文題目摘要，其字數以 500 字為度；並應列舉中、英文或他國文字之關鍵詞（keywords）。
 - 四、文稿之審查依據「修平科技大學學報評審辦法」。
 - 五、稿件格式按各專業學門標準格式或參考「修平學報論文格式」。
 - 六、作者投稿後，若在作業程序中因故取消投稿者，則其後兩期不再接受其投稿。
 - 七、所投稿件經編審委員審查同意刊登，稿件經刊印後，不得在他處刊印發表。如果已在其他刊物正式公開發表後，轉投本刊物，本委員會不負查核之責，相關著作權問題，由當事人自行負責。稿件若涉及一稿兩投或抄襲者，本學報得拒絕作者稿件 5 年。
 - 八、經審查採用之文章，排版後送請作者校稿，作者僅能修正排版印刷之錯誤，且不得擅自於校稿過程中增減內容。
 - 九、本刊每期以刊登 30 篇論文為原則，經審查後決議可刊登者，如超過篇數，則按最後定稿時間先後排序，安排至下一期刊登。
 - 十、本刊文之作者應對論文之內容及同意發表權之取得，負全部之責任。並請於投稿時即將「修平學報投稿授權聲明書」（附件）填妥後一併寄交。
-

十一、本刊文之作者應對論文之內容及同意發表權之取得，負全部之責任。若著作人投稿於本刊經收錄後，同意授權本刊得再授權國家圖書館或其他資料庫業者，進行重製、透過網路提供服務、授權用戶下載、列印、瀏覽等行為。並請於接受刊登時即將「著作授權同意書」(附件)填妥後一併寄交。

十二、來稿經採用者，送當期學報光碟片 1 份。

十三、本要點經學報編審委員會議通過，陳請校長核定後公布實施，修正時亦同。

修平科技大學學報評審辦法

第一條 為便修平科技大學學報投稿論文之評審能達公正及專業審查之目的，特訂定「修平科技大學學報評審辦法」（以下簡稱本辦法）。

第二條 修平科技大學學報（以下簡稱本學報）來稿之評審係由學報編審委員會遴聘校外相關領域之專家學者擔任，每篇稿件原則上由兩位專業學者評審。

第三條 由總編輯及副總編輯收稿、登錄及分類後，交由執行編輯推薦 2 名以上校外專業人士或學者，並由總編輯或副總編輯挑選後進行評審。

第四條 評審除於評審意見表上陳述意見外，並需對稿件作出下述 4 項之 1 建議：

- 一、接受刊登。
- 二、修正後刊登。
- 三、修正後再審。
- 四、不予刊登。

第五條 依據前述審查意見，處理方式如下表：

處理方式		第 二 位 評 審 意 見			
		接受刊登	修正後刊登	修正後再審	不予刊登
第 一 位 評 審 意 見	接受刊登	刊登	修正刊登	修正後再審	* 第三位評審
	修正後刊登	修正刊登	修正刊登	修正後再審	第三位
	修正後再審	寄回修改	修正刊登	修正後再審	* 第三位評審
	不予刊登	* 第三位評審	第三位評審	* 第三位評審	退稿

*1. 若第三位評審意見為「接受刊登」或「修正後再審」時，則請作者對不予接受之審查意見進行答覆外，將採兩正方評審意見予以刊登。

*2. 若第三位評審意見為「不予刊登」時，將採兩負方評審意見予以退稿。

*3. 任一評審審查意見為「修正後再審」，經函送投稿人日起計，逾 3 個月未回覆，

該篇稿件以「不予刊登」處理。

第六條 本學報將針對審查意見及結果函送投稿人，並說明處理方式。

第七條 本學報評審作業相關人員對評審委員身份應予以保密，以避免紛爭。

第八條 本辦法經學報編審委員會議通過，陳請校長核定後公布實施，修正時亦同。

修平學報

中華民國一〇六年三月出版

發行人 鄧作樑

出版者 修平科技大學

地 址 41280 台中市大里區工業路 11 號

電 話 04-24961100

傳 真 04-24961187

編輯者 修平學報編審委員會

召 集 人—林訓正

總 編 輯—梁添富

副總編輯—張志宏

執行編輯—方世榮 張千雲 陳宏仁 游昭晴

編輯助理—吳家宏

印刷者 天空數位圖書有限公司

地 址 40255 台中市南區忠明南路 787 號 30 樓

電 話 04-22623893

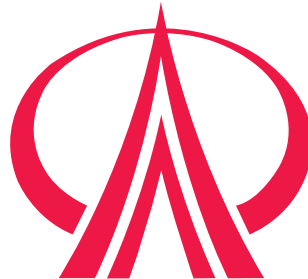
傳 真 04-22623863

版權所有 請勿翻印

HSIUPING JOURNAL

NUMBER 34

March 2017



PUBLISHED BY

HSIUPING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

TAICHUNG, TAIWAN, R. O. C.

ISSN 1817-2954



9 771817 295002