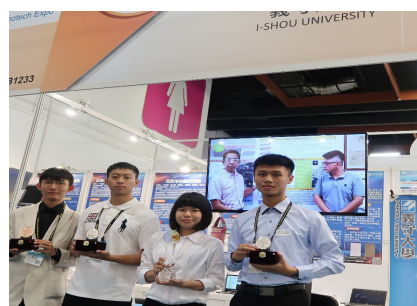
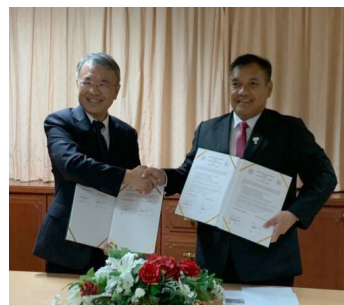


義大研訊

SEARCH & DISCOVERY
RESEARCH AT ISU & EDH



目錄

消息報導

Education Hub開幕啟動 讀義大同時取得英國NTU雙學位	4
「電子系」教授傅勝利 榮獲日本ICEP傑出貢獻獎	7
海外姐妹校再添喜 義大攜手泰國兩大名校	10
義大澳門校友會成立 多重獎學金鼓勵學子	12
2019年創新技術博覽會 義大囊括 1 鉑金 2 銀 1 銅	15
新銳影展嶄露頭角 《自動販賣機》榮膺最佳影片	17
「物治系」再放光芒 吳庭愷國考第四名	20
納稅服務成果賽團體亞軍 「會計系」陳韋榮個人組金牌	22
「數媒系」跨進全球市場 《Last Chance》登上Steam遊戲平台	24
一舉通過5證照 「工管系」洪宗懋、王聖詠好樣的	26

文摘

五奈米以下彎曲通道場效電晶體之研發	28
二段式色調映射加權融合之高動態影像顯示	34
應用智慧快速最大功率追蹤策略於太陽能光伏發電系統	51
探討甜菜苷於腫瘤微環境中抑制纖維化之作用	61

目錄

活動	74
機會	77
編輯室	85

Education Hub開幕啟動 讀義大同時 取得英國NTU雙學位

在臺灣義守大學就讀，同時取得英國大學雙學位！致力於成為國際教育樞紐的義大，108年5月起與英國諾丁漢特倫特大學(Nottingham Trent University, NTU)共同開設PEAP(Pre-Sessional English for Academic Purposes)學術英語課程，目前已有25位學生通過檢測，入選修習首屆PEAP課程，未來可望取得兩校雙學位，也象徵義大國際化Education Hub計畫正式啟動！



圖一、義守大學、NTU 與英國文化協會代表進行 Education Hub 開幕剪綵儀式。

為記錄歷史性時刻，義大11月12日邀請NTU代表團，以及英國文化協會的國際教育長徐薇芝(Diane Hsu)和業務推展暨客戶關係經理莊雅莉(Fiona Chuang)蒞校，一同參與見證Education Hub開幕儀式；義大校長陳振遠表示，義大近年來深耕全球，已經有400多所姐妹大學，同時不斷深化與國際優質大學互動，除增加外國學生來臺進行學術、語言文化等交流機會，更積極推動義大生多元海外交流契機，期待通過Education Hub的創立，強化義大與NTU等姐妹校合作，讓本地生能夠立足台灣，放眼世界，也讓越來越多海外生看見義大，選擇義大。

英國NTU校方則有校長Edward Peck教授、副校長Cillian Ryan教授，以及全球事務處的處長Stephen Williams等多位代表出席開幕典禮，除欣見義大國際化Education Hub啟動，也期許雙方持續深化合作，攜手共榮，吸引更多來自世界各地的學生選讀雙學位、促進文化交流等。

本學期共有25名義大國際學院與管理學院的學生考試過關，已於本學期開始選讀PEAP學術英語課程，其中大一生21位、大二生4人，均以取得雙學位為目標；目前PEAP課程僅開放給義大商管相關5個學系(國際企業經營、國際財務金融、娛樂事業管理、國際商務、企業管理)的學生選讀，之後可望拓展至工程、傳播與設計相關專業領域。

管理學院「國際商務學系」一年級的張雅晴同學指出，「英國NTU將PEAP開在義大校園裡，對想提升英文能力的人可說是大利多」，在純正外師的英文授課薰陶下，短時間內已深感受益良多；而國際學院「娛樂事業管理學系」一年級的任昱臻同學也強調，「當初之所以選擇義大，就是因為看中與英國NTU的3+1雙聯學位」，透過修習PEAP能更深入了解英式授課，有助於提早適應英國文化。



圖二、義守大學、NTU 師長們與 25 位通過檢測考試的義大學生大合照。

「電子系」教授傅勝利 榮獲日本 ICEP傑出貢獻獎

義守大學榮譽校長、「電子工程學系」特聘講座教授傅勝利，30多年來無間斷參與日本的國際電子封裝大會(International Conference on Electronics Packaging，簡稱ICEP)，扮演兩國重要橋樑，亦積極提携後進，榮獲頒授「ICEP傑出貢獻獎」，並於上月受邀於台北IMPACT-IAAC2019(國際級電子構裝及電路板年度大會師)上，由IEEE EPS Region10折井靖光博士(Yasumitsu Orii，Ph.D)親自授獎；該榮譽為自1980年ICEP創會以來第一人，更是義大「電子系」之光。



圖一、義大「電子系」特聘講座教授傅勝利（左），榮獲「ICEP 傑出貢獻獎」。

參與日本ICEP超過30餘年的傅勝利教授指出，當年他時任「國際電子與電機工程學會」台北分會(IEEE EPS Taipei)會長，以及「國際微電子暨封裝學會台灣分會」會長(IMAPS Taiwan)，同時承接舉辦IMPACT國際會議活動，有機會接觸參與ICEP電子相關領域專家學者，興起搭建臺、日學術研究友好橋樑的志願；多年來，除了自己每次訪日都收穫良多，更欣見臺灣不斷有年輕學子及工程師投入，這次榮獲ICEP頒贈「傑出貢獻獎」，除感謝學會肯定，也對畢生作為學術人心存感激，「學術研究很迷人，國際會議則是很好的發聲與學習的平台」，他經常鼓勵年輕同仁走出去，發表研究成果，不僅是自我肯定，更應具備國際競合的雄心。

傅勝利教授是義大創校校長，在任時間長達21年，也是義大「電子系」創系元老，平日喜歡與同仁分享研究與生命經驗，常舉自身例子鼓勵年輕老師和學生，更以實際行動帶領專題研討等；傅教授強調，電子產業可視為臺灣經濟重要發展，投身電子產業可作為終身志業，而義大無論在師資網羅、目標設定上皆具前瞻眼光，研究設備先進完善，師生研發潛能無窮，但是競爭者越來越多，因此亟需不斷激勵自己，吸收新知，掌握全球脈動，多多參與國際會議可保時時創新，跨域尋找志同道合夥伴。

在任校長時即積極打造義大成為國際化校園，傅教授認為義大生有許多機會到國外交流學習，有助於開展人生更多可能；而在研究方面，他亦勉勵老師們應把專精技術留下來，把所學知識與技術盡量傳承下去，並鼓勵同仁與同學研究不輟，如此一來「螺旋將會慢慢向上，高度自然不停增加。」

海外姐妹校再添喜 義大攜手 泰國兩大名校

校園內有來自40個國家與地區國際生的義守大學，積極拓展新南向國家連結，除日前已與清邁大學(CMU)締結姐妹校，近期陸續與泰國兩所排名前五大的優質大學簽署MOU(合作備忘錄)，未來將推動雙方學生交換、開設華語和文化遊學團，以及強化學術交流等多項計畫。



圖一、泰國第一所高等學府瑪希敦大學與義大簽約締結姐妹校。



圖二、義大陳振遠校長(左)和泰國農業大學校長開心握手，未來雙方將更深化合作關係。

義大校長陳振遠、「國際及兩岸事務處」資深顧問Anna Lin與處長吳岱栖一行人，上月前往泰國瑪希敦大學(Mahidol University)及泰國農業大學(Kasetsart University)簽約締結姐妹校，並就未來雙方合作達成多項共識；代表團同時也拜會駐泰國台北經濟文化辦事處，更深入瞭解泰國教育與文化趨勢。

此行，義大代表團獲得瑪希敦大學校長、國際學院和護理學系等各學院代表盛大歡迎，該校是泰國第一所高等學府，原為Siriraj醫院附設醫學院，成立於1890年，1943年改為醫學大學，並在1969年更名為瑪希敦大學，泰國許多先進的醫學設備皆設立於此，廣受國際認可；義大陳振遠校長指出，義大醫學院長年肩負培育國際醫療人才使命，與瑪希敦大學具有類似背景，可望深化醫護生交換、語言和文化交流營等互動。

而歷史悠久的泰國農業大學，除了是泰國第一所農業大學，也是曼谷知名的公立研究型大學，長期致力於促進農業科學發展，並涵蓋生命科學、工程，社會科學等領域；陳振遠校長強調，兩校不僅能多面向分享資源，更鼓勵學術交流及合組跨國研發團隊。

義大「國兩處」吳岱栖處長指出，泰國年輕人對來臺就學意願越來越高，擁有全英教學、商管AACSB認證等條件的義大擁有極大優勢，尤其「國際學院」、兩個全英語學士學位學程最具潛力，藉此也能促進臺灣學生與來自新南向國家的年輕人往來，增加全球移動實力。

義大澳門校友會成立 多重獎學金 鼓勵學子

義守大學澳門校友會成立典禮，10月26日在澳門凱旋門隆重舉行，義大校長陳振遠帶領「國際及兩岸事務處」處長吳岱栖等多位校方代表出席；當天除義大畢業的澳門校友踴躍參加外，來自香港及臺灣校友會也共襄盛舉，臺灣駐香港及澳門辦事處也傾力支持，並有多位香港校友捐贈獎學金，鼓勵港澳生多多選擇義大就讀。



圖一、義守大學澳門校友會上月底在澳門成立，來自各界校友紛紛到場支持祝賀。

澳門校友會理事長邱正輝致詞時，特別對台北經濟文化辦事處(澳門)代理主任李佩儒、教育部駐港澳參事馬湘萍、臺灣各大學香港校友會總會會長曾憲權、臺灣各大學香港校友會總會榮譽會長韋復家、臺灣各大學香港校友會總會榮譽會長趙達衡、義大校友總會理事長林麗娟、馬來西亞校友、各大學港澳校友會代表等人出席支持表達謝意，更由衷感謝臺灣各大學香港校友會總會副會長陳穎志一路給予的幫助；他表示非常榮幸見證母校日漸繁盛，承諾將與各理事攜手為大家服務，培養更多學子和凝聚校友。

陳振遠校長表示，義大近年來積極朝「智慧醫療、跨域創新」面向發展，校園內有來自40多國、近2,000名境外生共同學習，目前義大的澳門在校生有百餘人，每年呈穩定成長，澳門生偏愛的熱門學系主要為「物理治療學系」、「職能治療學系」、「廚藝學系」、「餐旅管理學系」等，隨著澳門畢業生逐年增加，相信未來將凝聚越來越多人，相互提攜發揮作用，讓義大在澳門更具有正能量。

晚會除熱鬧歡樂，為實質鼓勵更多港澳生前往義大就讀，義大香港校友會理事長陳偉雄現場捐贈5000港幣成立獎學金，校友會顧問張佐民也響應捐贈3,000港幣，另以「港澳臺慈善基金會」名義，提供一名選讀義大的清寒港生4年獎學金。

邱正輝理事長強調，澳門校友會成立後，未來和義大校方將更緊密合作，包括搭建溝通的橋樑、最新發展動向與資訊分享、校友會回饋母校和提供母校最適切建議、共同舉辦學術交流活動等，可望形成正向循環，攜手成長。

2019年創新技術博覽會 義大囊括 1鉑金2銀1銅

向來鼓勵師生創新創業的義守大學，在今年「2019年台灣創新技術博覽會」(原台北國際發明暨技術交易展)競賽中表現亮眼，囊括1鉑金2銀1銅，尤以「機械與自動化工程學系」的流體分散盤和設計方法最受矚目，奪得鉑金大獎。



圖一、義大研發團隊學生代表，藉由參與發明展累積寶貴經驗。

拿下鉑金大獎的「機動系」陳建霖教授，長期致力於流體分散盤及設計方法改良，他在「化學工程學系」教授梁明在帶領的「先進層析中心」團隊協助下，所創新的方法可快速導引出多層分散盤的流道型態，讓層析管柱的流場速度形成一致的均勻流，獲得良好分離效果，該分散盤能夠提高層析管柱內不同組分的分離效率，未來可廣泛應用於化工產業的層析分離；該項研發不僅拿下本次博覽會機械領域唯一的鉑金大獎，更吸引不少廠商探詢。

今年義大另抱回2座銀牌，分別是「電機工程學系」陳朝順教授提出的〈分散式分歧線故障自動偵測系統及方法〉，所開發成果已授權國內企業使用，並已在台電系統上線；另一為「化工系」洪志勳教授所投入的噬菌體溶菌蛋白研究，洪教授指出，噬菌體為細菌的天敵，可以治療超級細菌感染，本發明從已分離的噬菌體DNA選殖出溶菌蛋白基因，進行大分子藥物開發，殺菌效果良好，可作為針劑、噴劑、藥膏及環境消毒使用等，應用性也很高。而「電子工程學系」林彥勝教授研發的〈透明導電膜及其製造方法〉，也獲得銅牌肯定。

「2019年台灣創新技術博覽會」由經濟部、國防部、教育部、科技部、農委會、國發會及環保署聯合主辦，智慧財產局與工業局策劃，外貿協會及工研院共同執行，展覽期間有來自歐、美、日及東南亞等知名國際企業及機構參與，展出近千項創新技術，3天展期吸引超過45,000名參觀人次；義大「產學智財營運總中心」智權技轉組的組長吳榮慶表示，今年義大研發獲得相當青睞，顯示校方鼓勵創新創業嶄露成效，期許未來有更多師生跨域連結，激盪出更多火花。

新銳影展嶄露頭角 《自動販賣機》 榮膺最佳影片

「是內心住著一個電影魂吧」！他在兩年內自製、自導、自演完成3部影片，滿腔熱血期待「被看見」；一心投入影視創作的許聖宗，借助朋友團隊拍攝微電影，勇奪第五屆LEXUS新銳影展的「最佳劇情片」，上台領獎時雖緊張得腦中一片空白，但終於證實「我做到了！」



圖一、義大「影視系」許聖宗同學榮獲新銳影展最佳影片獎。

原本就讀資訊傳播科系的許聖宗同學，對電影產業特別憧憬，大二時毅然決定轉學到義守大學「電影與電視學系」；他一直很期待想法能夠透過影像傳遞出去，有機會就找朋友拍片，並積極投件參賽，雖經歷多次挫敗，但仍再接再厲，此次所製拍的《自動販賣機》即從簡單的故事概念出發，以「畫面調度、節奏掌握恰如其分，將故事本質以清楚、明朗的線條勾勒」等特點，獲得評審團肯定。

《自動販賣機》從生活中小事出發，描述一位大學生半夜突然想投幣販賣機買飲料，但身上卻差一塊錢，為此他想盡各種辦法……，最後究竟能否如願？整部片在黑暗中進行，影像風格具實驗精神，看似無厘頭的劇情，某種程度也反映了許聖宗當時心境：努力嘗試了，卻還是沒有機會，該怎麼辦呢？

新銳影展的得獎肯定，對許聖宗來說，彷彿一場及時雨，但他也坦承壓力隨之而來；除了慶幸自己沒有放棄想做的事，更感謝攝影師蔡詠年、收音黃怡瑄兩位好朋友的無償支持，一路上雖難免吵吵鬧鬧，但總算結出好成果，期待未來能和線上導演團隊合作，越來越成熟。

許聖宗表示，楊德昌導演是他的啟蒙偶像，楊導的《一一》等影片，他看過一遍又一遍，每次都有不同心得，

他也將系上老師李志薈所言「好電影會留下很久」放心上，期能拍出更多以人為本的好片；為抓住各種學習機會，許聖宗暑期亦跟隨張國甫老師拍攝產學專案，從場記紮實學起，朝導演之路持續邁進。

「物治系」再放光芒 吳庭愷國考 第四名

物理治療師國家考試日前放榜，義守大學「物理治療學系」應屆畢業生吳庭愷同學榮登「108年第二次專門職業及技術人員高等考試物理治療師」全國第四名，能考取好成績，他直說是因為「堅持」，並感謝老師的耐心教導。

義大「物治系」歷年物理治療師國考成績優異，去年畢業生賴政穎拿下榜首，今年應屆平均錄取率為50.88%，共有29名學生通過證照，其中吳庭愷獲得全國第四名佳績。



圖一、義大「物治系」應屆畢業生吳庭愷（右）榮登物理治療師國考第四名。

回顧準備考試過程，吳庭愷很早便設定目標，他強調最重要是「堅定的決心」，每天早上起床，除了午、晚餐時間，其餘均專注念書，但他也坦承這個模式持續一段時間後，發現運動也很重要，因此一禮拜至少運動一次，直到大考，從不鬆懈。

除了自己的努力，吳庭愷表示義大「物治系」老師們的教導才是最大支柱，只要有問題就會去詢問，每位老師皆不厭其煩解說，尤其系上開設的「補救教學」，能讓自己知道哪些方面還須加強；系上也會邀請畢業學長姐回校經驗交流，對日後工作有很大幫助。

目前在高雄醫學大學攻讀碩士的吳庭愷，鼓勵學弟妹越早準備證照越好，並設下「比門檻更高的目標」，好好利用系上提供的資源，「堅持」下去，「努力得越多，不通過的機率越下降」。

「物治系」主任李新民表示，吳庭愷準備過程中常與老師討論問題，並不意外他獲得好成績，系上也規劃全體教師開設專門準備考照的課程，輔導更多應屆畢業生順利考取證照；「物治系」學生通過執照考，大都選擇臨床工作，他鼓勵畢業生多元發展，除了一般診所、醫院，目前也有多位畢業生開設物理治療所，或從事運動體適能等相關工作。

納稅服務成果賽團體亞軍 「會計系」陳韋榮個人組金牌

義守大學「會計學系」學生團隊，在莊素增老師指導下，參加「2019全國所得稅申報—學生納稅服務成果競賽」，榮獲團體組亞軍，並囊括個人組前五名中的冠軍和殿軍，其中勇奪第一名的「會計系」二年級的陳韋榮，是決賽中唯一男生，觀察細膩、台風穩健，廣受好評，自13校13系、共625人投稿的作品中脫穎而出。



圖一、陳韋榮（右）勇奪個人組第一名。

今年度納稅服務成果展決賽日前在臺北商業大學舉行，義大「會計系」表現搶眼，除勇奪團體組第二名，個人組的首獎也由「會計系」陳韋榮贏得，他針對服務期間的觀察心得，提出種應對方法，舉例「像山一樣屹立不搖」堅守自我立場，不要害怕糾正民眾錯誤的租稅觀念；「像樹木一樣正直」經手民眾個資，要取得信任，為人正直樸實且無偽；「用火一般的熱情」融化民眾的態度；「像土地一樣寬容」換位思考，包容接納和展現同理心等建議。

此外，義大「會計系」三年級同學林鈺娟也榮獲第四名，另一位三年級同學林卉薪則拿下佳作；林鈺娟分享指出，同學在服務期間均十分投入，一大早即就定位，志在提供最好服務，並善用中午休息時間，互相交流，團隊合作的革命情感令人難忘；而她更從和民眾對話中，體會「愛要即時，因為你永遠不知道，明天和意外哪個會先到」的生命價值，該段話引起台下熱烈迴響。

指導老師莊素增強調，義大《稅務法規課程》除了課堂講授知識與案例實作外，更鼓勵學生參與實際報稅服務體驗，藉此深化專業力，同時培養和民眾面對面互動的表達力、精進觀察力、激發反思力以及培養團結力；而學生透過撰寫心得，參與競賽，不僅能反思正負向的體驗，還能提昇表達能力，一舉數得。「會計系」主任劉進平表示，決賽前常常看見莊老師和同學不斷演練，直到很晚才結束，欣見學生從中培養信心與面對挑戰的勇氣，而這也是參與競賽的最大收穫，值得其他人學習。

「數媒系」跨進全球市場

《Last Chance》登上Steam遊戲平台

致力培育AR/VR人才的義守大學「數位多媒體設計學系」，師生團隊所共同開發的VR遊戲產品《Last Chance》，上月底正式登上Steam遊戲平台，朝全球遊戲市場邁進一大步。

該VR遊戲指導老師、義大「數媒系」副教授孫志彬指出，《Last Chance》為VR射擊遊戲，已成功把電腦虛擬網路具象化，產品節奏明快、視覺畫面精緻，可帶給VR遊戲玩家全新體驗與遊戲樂趣；遊戲故事設定在未來世界，當玩家進入VR網絡世界，可運用武器策略打擊人工智慧與病毒敵人，直到闖入CPU核心啟動通關，即能救出女主角。



圖一、由「數媒系」副教授孫志彬（左起）領軍的師生團隊，成功將遊戲成果推上國際平台。

《Last Chance》登上Steam平台，展現「數媒系」設計開發實力，目前亦擔任美國矽谷VR科技公司創新顧問的孫志彬副教授強調，「數媒系」透過舉辦AR/VR設計工作坊與產品成果發表會，累積創新研發成果，而系上所開設的3D遊戲設計課程，將最新VR科技導入教學中，除獲教育部優良教材推薦，也榮獲國際大廠UNREAL ENGINE正式認證，應邀成為臺灣學術界首位產學合作夥伴。

VR遊戲開發團隊成員、「數媒系」畢業校友余乾愷表示，很開心參與設計的VR遊戲成功上架，感謝義大3D/VR遊戲設計課程的紮實訓練，尤其是孫志彬老師的指導，能有機會接觸最新VR科技，透過產學合作累積寶貴經驗。



圖二、「數媒系」團隊開發的VR遊戲產品《Last Chance》節奏明快。

一舉通過5證照 「工管系」

洪宗懋、王聖詠好樣的

義守大學「工業管理學系」學生洪宗懋及王聖詠，通過層層檢核，暑假期間入選中央大學中華企業資源規劃學會的「2019Crazy Ones ERP實習顧問計畫」，與13所大學的學生共同學習；期間兩人共取得5張ERP SAP相關證照，更在結案競賽中表現亮眼，榮獲第二名及第五名的佳績。



圖一、洪宗懋（左）與王聖詠（右）獲「工管系」主任魏乃捷推薦，參加「ERP 實習顧問計畫」，取得5張證照。

該計畫已開辦多年，「工管系」主任魏乃捷指出，學生不僅自發性參加，更在實習期間考取Chinese Enetrprise Resource Planning Society (ERP)規劃師、軟體應用師生產製造模組及財務模組的證照，表現亮眼；魏主任表示，SAP ERP企業資源規劃系統在業界屬頂端級的證照，在外進修考證需一筆費用，取得後大大有利於未來就業，鼓勵更多系上同學踏出去。

洪宗懋同學表示，在系上 生產與作業管理 課程中，了解SAP ERP這項專業，讓他眼睛為之一亮，而後得知「中華企業資源規劃學會」的顧問實習計畫時，懇請魏乃捷主任幫忙，在兩周內協同完成書審及面試，也因這次的實習，開啟他的許多「第一次」：首次離家、搭車、獨自外宿、第一次拜訪客戶、學SAP等，起初沒想過自己能戰勝這些畏懼，但也因為他堅決的信心，得以滿載而歸，謹記實習老師常說的「價值的判斷還是在於你們自己。」

王聖詠同學透過此次的實習，更熟悉了解SAP軟體，他表示，實習職務是擔任顧問，幫助企業進行系統分析、整理財務報表等數據資料；透過實習，也接觸了不同學校、科系的同學，學習與不同專業的同学如何溝通及相互切磋，他也鼓勵未來學弟妹能多多參加，「這是很難得的好機會。」

五奈米以下彎曲通道場效電晶體之研發



葛裕民¹、林靖凱²、李漢隆³、林欣獻⁴

義守大學 電子工程學系 教授¹
義守大學 電子工程學系 碩士²³⁴

摘要

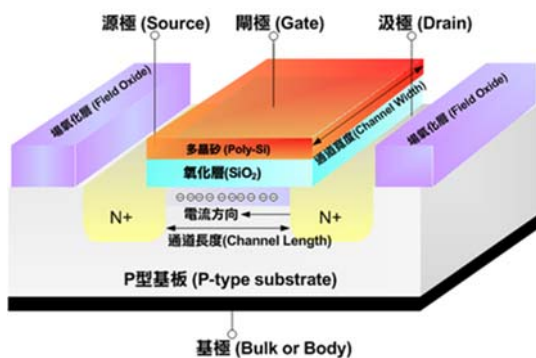
近年來，全球半導體高科技產業的發展方向始終為奈米級。如果要求保持這個行業的高度競爭力，台灣必須在未來推進奈米元件的研究和開發。在這種新型奈米場效應電晶體中需要 5nm 直徑的閘電極和曲線通道。該設計來自 UTB SOI 與鰭式場效電晶體的基礎。據我們了解，新型電晶體必須具備有效控制閘極，快速響應電流，低漏電流，製造過程簡單，製造成本合理等五大重點目標。

關鍵詞：UTB SOI，鰭式場效電晶體 FINFET，5nm

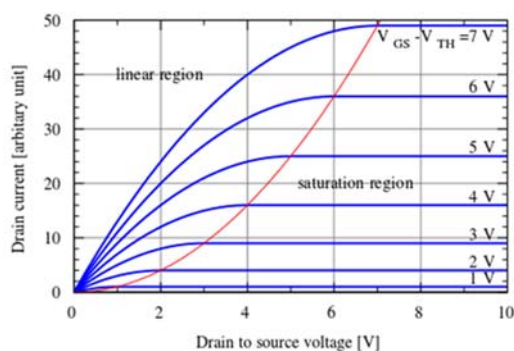
前言

從學理的角度看來金氧半場效電晶體^[1]依然是關鍵的元件，即便是過去四十年來各種各樣不同型式的電晶體被研究與開發，如圖一所勢，就最基本的 N 型金氧半場效電晶體而言，它在結構上為一個金屬/氧化物層/半導體的電容為核心，氧化層的材料起初為多二氧化矽(多晶態)，其下是基極的矽，而其上則是閘極的多晶矽。這樣的結構正好等於一個垂直電容器，氧化層為電容器中介電質，而電容值由氧化層的厚度與二氧化矽的介電係數來決定。閘極多晶矽與基極的矽則成為 MOS 電容的兩個端點。在操作上，真正通道讓載子通過的只有 MOS 電容正下方半導體的表面區域。當一個正電壓施加在閘極上，帶負電的電子就會被吸引至表面，形成

通道(channel)，讓 n-type 半導體的多數載子—電子可以從源極流(source)向汲極(drain)。如果這個電壓被移除，或是放上一個負電壓，那麼通道就無法形成，載子也無法在源極與汲極之間流動。



圖一



圖二

實驗原理與方法

電晶體尺寸的縮小與問題

過去幾十年間，金氧半場效電晶體的尺寸不斷地縮小，通道長度從幾個微米至今已縮小了百倍。2008 年，Intel 開始以 45 奈米的技術來製造新一代的微處理器，而最新 2017 年的製程已來到 10/7 奈米。

1. 通道長度減少，等效電阻也跟著減少，可以讓更多電流通過。雖然通道寬度也可能跟著變小而讓通道等效電阻變大，因此單位電阻要降低。
2. 尺寸小意味著閘極面積減少，閘極電容的等效跟著降低。此外，越小的閘極通常會有更薄的閘極氧化層，這可以讓前面提到的通道單位電阻值降低。不過這樣的改變同時會讓閘極電容反而變得較大，但是和減少的通道電阻相比，獲得的好處仍然多過壞處，而尺寸縮小後的元件切換速度也會變快。

新的挑戰

1. 電晶體閘極氧化層的厚度減少，閘極電壓的上限也隨之變少，以免過大的電壓造成閘極氧化層突崩潰 (breakdown)。為了維持同樣的效能，金氧半場效電晶體的臨界電壓也必須降低，但是這也造成了金氧半場效電晶體越來越難以完全關閉。也就是說，足以造成電晶體通道區發生弱反轉的閘極電壓會比從前更低，於是所謂的亞閾值電流 (subthreshold current) 造成的問題會比過去更嚴重(能量的消耗估計會佔總功率消耗的一半以上)。
2. 閘極氧化層漏電流增加：閘極氧化層隨著金氧半場效電晶體尺寸變小

而越來越薄，甚至已經做出厚度僅有 1.2 奈米的閘極氧化層，大約等於 5 個原子疊在一起的厚度而已。在這種尺度下，所有的物理現象都在量子力學所規範的世界內。電子的穿隧效應會突顯其重要性，電子會越過氧化層的位能障壁(potential barrier)而產生漏電流，這也是今日積體電路晶片功耗的來源之一。當然，科學家為了解決這個問題，一些介電係數比二氧化矽更高的物質被用在閘極氧化層中。例如二氧化鈺、二氧化鋯等高介電係數的物質均能有效降低閘極漏電流。閘極氧化層的介電係數增加後，閘極的厚度便能增加而維持一樣的電容大小。而較厚的閘極氧化層又可以降低電子透過穿隧效應穿過氧化層的機率，進而降低漏電流。

3. 閘極材料：理論上電晶體的閘極應該儘可能選擇電性良好的導體，多晶矽在經過重摻雜之後的導電性可以用在金氧半場效電晶體的閘極上，但是並非完美的選擇。

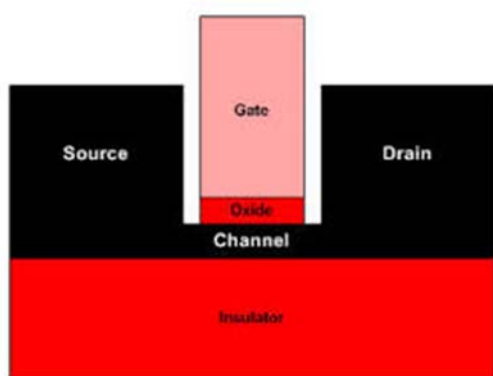
總之根據上述的經驗中，我們瞭解到新型的奈米電晶體必須要具備以下五個要點：

- (1) 閘極有效控制。
- (2) 工作電流快速反應。
- (3) 漏電流低。

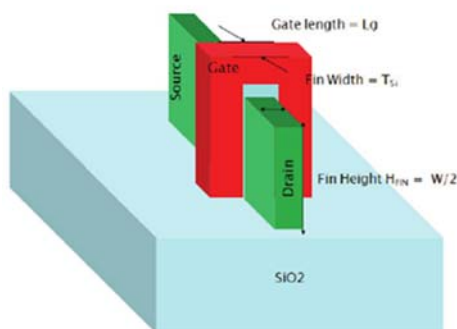
(4) 製程相對簡單。

(5) 合理製作成本。

接下來我們將通過分析目前最受注目的兩款奈米電晶體優劣，然後提出我們的想法與做法。圖三所示 90 年代 IBM^[2]為了壓制漏電流所發展出一種在絕緣物上做超薄矽元件技術 (extremely thin silicon on insulator, ETSOI) 和圖四所示兩千年左右一款由日本日立研究員 Hisamoto 與美國加州大學伯克萊分校胡正明教授等多人^[3]所提出的新型元件-鰭式場效電晶體「Fin Field Effect Transistor, FinFET」。在接下來的一股風潮中，台灣的 NDL 自然也不落人後在十年間開發出兩款 FIN 電晶體，其中令人耳目一新的是他們採用了非矽的通道以 Ge^[4]以及過渡金屬二硫屬化合物 MoS₂^[5]為材料，利用其高電子遷移率(mobility)，為 FINFET 研發增添了色彩，同時在 gate 設計上也獨創一格發展出四面包覆^[4]與 backgate^[5,6]架構展現制控的多元性，毫無疑問，這些努力是有創新性。然而仔細觀察後不難發現，其背後的思維並沒有改變，還是遵循著以往 FINFET 向上發展的路線。



圖三



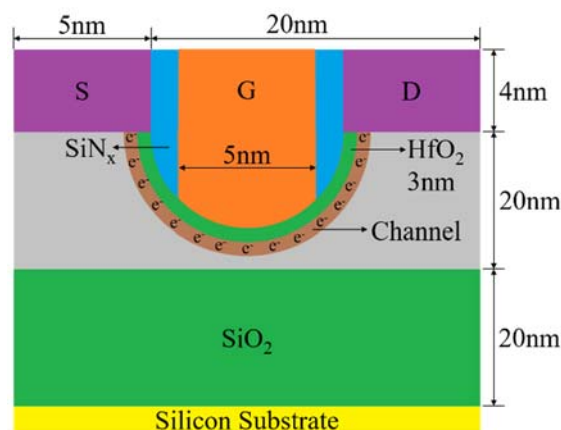
圖四

有鑑於這些電晶體的問世，新一代電晶體的出現勢必要能夠擁有前述的優點而且能夠改善其缺點，也因勢必更具挑戰性。我們的看法是這些電晶體都有共同的優點，就是絕佳的製控能力與低漏電。然而它們也有共同的缺點，那就是它們依然忽略的奈米化後的量子問題。其中最關鍵的就在於閘極與汲極間的短通道干涉現象^[7-8]又稱為競爭效應(mutual competing)，結果是電晶體會在無法預期的情況下失效。然而解決此一問題的方式(或者說思維)有兩種：

1. 工程師最常用的-運用大量的成本增加-這也就是 SOI 技術所呈現的；

或者是增加工程師的工作量，“增加製程難度”，這就是 FINFET 及其所屬產品所表現出來的。

2. 我們的想法是，首先人們必須先了解干涉與漏電的物理原理。干涉的產生與距離有關，在同樣的位障 V 下，相隔距離 d 愈遠干涉一定愈小。而漏電的產生往往與電極的幾何形狀有密切的關係(假設中間絕緣體已是最佳)，它的物理稱之為 percolation，也就是兩極間產生了導通的路徑。那麼何時與何地會產生呢？當有相當數量的電荷堆積在直角的角落 corners 時最容易產生，像是放電。



圖五

基於以上的陳述如圖五所示，此一電晶體可以改善上述的缺失。首先我們要在有限的空間中讓通道變長 $d+\Delta x$ 以拉開閘與汲的有效距離，在綠色氧化層下方彎曲的面就是新規劃的通道，當然弧度愈大通道長度必然愈長(電子要繞道)，其增

加量為 $\Delta x = r(\pi/2 - 1)$ ， r 為半徑，如此一來就可以有效的將閘極與汲極隔開，而穿隧率(從最低點至 drain)則會降低為原來的 $T(x) \approx e^{-\Delta x}$ 倍。當然這樣作需要付出一點代價；就是電子與原子間的散射(電阻)會增加一些，但這可用電子遷移率 μ_n 來彌補，因為 Ge 或 MoS₂ 的 μ_n 是矽的 3 倍以上足以彌補這個缺失，而且電流 $I = en\mu_n E(n$ 濃度， E 電場)也會增加。所以不難理解，此結構可說繼承了 SOI 的精簡，同時也有 FINFET 的絕佳製控能力，因為電子通道被局限在 Gate 與基底 SiO₂ 之間非常狹窄空間。

結果與討論

經查證後發現並無我們所構想的電晶體被研究過或申請專利，因此沒有先期障礙。另外要特別說明的是我們的電晶體並不是要做最快(因為不會比 AlGaAs 更快)，我們希望先求穩，然後在穩中求勝。因為對未來的商品而言簡單的製作程序(包含材料)與價格絕對是勝出的關鍵。此元件可以延續傳統的製程工藝並保持理論的單純與一貫。

結論

仔細(反覆)思考後發現這樣的設計確實有其價值，因為當回顧到電晶體所必須具備的五個要點時：

- (1)合理製作成本。
- (2)製程相對簡單。
- (3)漏電流低。
- (4)閘極有效控制。
- (5)工作電流快速反應，它是完全符合這些條件的，只不過優先順序要調整。

參考文獻

- [1] Debajit Bhattacharya and Niraj K. Jha, FinFETs: From Devices to Architectures, *Hindawi*, Vol. 2014.
- [2] S. M. Sze and K. K. Ng (2007), *Physics of Semiconductor Devices*, 3ed ed., Wiley Interscience, Hoboken.
- [3] J. P. Colinge (1991), *silicon-on-Insulator Technology: Materials to VLSI*, Kluwer, Boston.
- [4] D. Hisamoto, W. C. Lee, J. Kedzierski, H. Takeuchi, K. Asano, C. Kuo, E. Amderson, T. J. King, J. Bokor, and C. Hu (2000), FinFET-a self-aligned double-gate MOSFET

- scalable to 20 nm. *IEEE Transactions on Electron Devices*. Vol. 47 (12), pp.2320–2325.
- [5] Y. J. Lee et al. (2016), Ge GAA FETs and TMD FinFETs for the Applications Beyond Si-A Review, *Journal of Electron Devices Society*, Vol. 4, No. 5, pp.286-293.
- [6] M. C. Chen et al. (2014), Hybrid Si/TMD *Electronic* Double Channel Fabricated Using Solid CVD Few-Layer-MoS₂ Stacking for V_{th} Matching and CMOS-Compatible 3DFETs, *Conference Proceeding*, IEDM, pp.808-811.
- [7] M. C. Chen et al. (2015.et al.), TMD FinFET with 4nm Thin Body and Back Gate Control for Furure Low Power Technology, *Conference Proceeding*, IEDM, pp.831-834.
- [8] T. C. Wang and Y. M. Wan (2017), Study of *electron* charging by voltage pulses in nanopillar transistor at high temperature, *Chinese Journal of Physics*, Vol. 55, pp.1225-1229.

二段式色調映射加權融合之 高動態影像顯示



郭忠民¹、楊乃中²、林彥廷³

義守大學 資訊工程學系 教授¹

義守大學 資訊工程學系 副教授²

義守大學 資訊工程學系 碩士³

摘要

高動態範圍影像比起以往傳統低動態範圍影像能夠的到更多的資訊，而現有的顯示器通常大多是低動態範圍影像的顯示器。為了將高動態範圍影像顯示在低動態範圍顯示器上，就有許多技術被提出，例如：色調映射、雙邊濾波…等等。利用這些方法將高動態範圍影像可以正常的顯示在低動態範圍顯示上面。

本文提出了一種簡單的方法來做色調映射，先使用自動設定關鍵值 β 去進行色調映射，然後去計算映射後影像的亮度，利用標準影像的亮度來做權重值的分配。之後再提高及降低關鍵值 β 映射兩張不同的影像，使用權重來將兩張影像去進行融合。在權重值分配中，為了避免權重值在某些

時候會發生過於趨近於零或一，所以我們限制了權重植最大值跟最小值。

關鍵字：高動態範圍影像、色調再現、色調映射、雙邊濾波

緒論

隨著科技的日新月異，人們對於數位影像品質的要求也越來越高了，因此數位相機的解析度也越來越高。目前數位影像的檔案格式仍然是低動態範圍影像格式為主，隨著數位相機的流行以及桌面軟體的易於使用，許多高動態範圍影像已經是未來的一個趨勢。

在使用數位相機拍攝影像時，由於 CCD 或 CMOS 本身物理的限制，無

法將影像很好的顯示在顯示器上面。舉例來說像是環境中的光線過亮或者不足時，是會導致影像過亮或過暗。因為顯示器的動態範圍不足以而導致高動態範圍影像超出動態範圍的部分呈現一部分是全白或全黑的畫面，例如當外界的真實亮度低於某個值之後，也就是最暗的部份，為了將大部分的影像呈現出來，某一小部份的會呈現全黑之情況，看不到暗部份的細節，而亮度如果高於某個值，即最亮的部份，就會造成捕捉到的影像資訊會呈現全白之情況，也看不到任何細節，如圖 1 所示。



圖 1、曝光度不同所顯示的影像
(a)14 stops; (b) 0 stops

真實世界中太陽光的光線亮度範圍非常廣泛，從微弱的星光直至陽光直射的雪地亮度分佈的範圍超過 10 次方，即便是在單一景色中亮度的差異也可以超過 4 次方，然而在印表機或

是顯示器所可以顯示的範圍只有 10 的 2 次方，這個就造成了色調映射的問題^[6]。如圖 2 所示，如何把這麼高動態範圍壓縮到低動態顯示器上面，同時又不會損失掉細節和顏色，使低動態範圍顯示器能夠正確的將高動態範圍影像資訊顯示出來，就成為一個重要的研究議題。

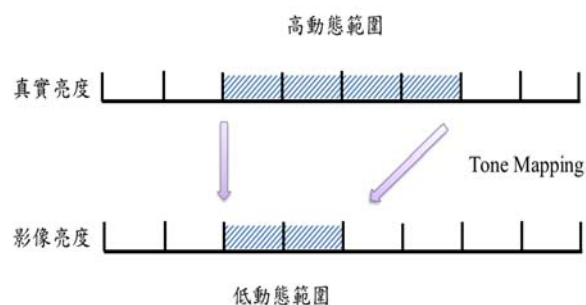


圖 2、色調映射示意圖

高動態範圍影像的目的是要彌補數位影像和人類視覺之間的差距，因為人類的眼睛所看到的和數位影像並不相同。人類的眼睛可以捕捉到極大的亮度範圍，但是需要一點時間來適應，例如當人從進入到比較暗或是亮的地方時要有時間讓眼睛去適應，不過數位影像並不需要時間去適應，在沒有月光的夜空或直射的陽光下，眼睛可以同時看到至少 5 個等級的亮度(動態範圍約為 1:100000);但是大部分的顯示器只能重現 2 到 3 個等級的亮度(動態範圍約為 1:100 或 1:1000)^[5]。

為了解決低動態範圍顯示裝置無法完美的顯示出高動態範圍影像的問

題，學者們提出了色調映射(Tone Mapping)。其目的在於如何在不失去顏色以及重要的細節情況下，把高動態範圍影像壓縮成低動態範圍上，使低動態範圍顯示器可以將高動態範圍影像顯示出來。

以下介紹幾種比較常見而且重要的高動態範圍影像重現的方法，在2002年的時候 Reihard 等學者提出了一種先將原始影像中的平均自然對數亮度值作為唯一的關鍵值^[1]，去重建去接近真實世界的高動態範圍亮度值，然而在全域色調映射影像中過於明亮或黑暗的部分，會去使用曝光與遮光的技術(Dodging and burning)去保留影像中細節的資訊，使得影像不會因為亮度的不足或過度而導致細節消失。

同一年的 Durand 等學者使用降低對比的方法，保存影像的細部特徵，來讓高動態範圍影像能夠正常的顯示^[2]。其論文方式是將影像去分成兩個部分:全域跟局部域；先使用兩個尺度為基礎將去分解影像，將影像去分解成基礎層跟細節層，之後再接各個圖層融合。它使用的非線性雙邊濾波器這種方式^[8,9]，不需要去設定繁複的參數而且方法快速穩健。

在2002年還有一篇是 Fattal 等學者提出了高效能而且易於使用的方法，去將影像平緩的壓縮動態範圍，

同時能夠保留住影像中的細節^[3]。然而這種方法因為保留的細節過於明顯，導致整張影像該亮的地方與周遭的亮度過於相近，從而整體亮度的對比不夠明顯。

也有另一篇在2002年是 Michael 等學者使用一種高對比色調映射方法^[4]，為了讓亮度更好的在人體視覺上感受，先將輸入影像的亮度去做一個限制，在估計每個點的局部適應亮度，之後在將它壓縮到顯示範圍內，由於這樣重要的細節會在壓縮過程中消失，所以之後還會再去將影像的重要細節重新引入。

由 Martin 等學者提出了一種以感知為動力的混和色調映射方法^[10]，他先將高動態範圍影像去做全局色調映射，然後在去做局部域的色調映射去重建他的細節。

在2011年一篇由 Ji Won 等學者提出一種使用 K-mean 的局部色調再現和自動伽馬設置^[7]，它們先讓影像去做雙邊濾波再做全域亮度映射，之後再使用 K-mean 去做分群，再利用分群後的結果來設置伽馬設置，然後根據全域亮度映射和自動伽馬設置來進行色彩的校正。這種方法能夠有效的將色彩真實的還原，同時增強對比度。但是過於追求色彩真實，所以整體的光線會有不協調發生。

相關研究回顧

1. 高動態影像格式介紹

首先介紹跟 HDR 相關的檔案格式，之後簡述現有的一些比較具代表性的方法。

由於高動態範圍影像的儲存空間非常巨大，因此學者提出了許多不同的方法來解決這個問題，例如 Radiance RGBE, OpenEXR... 等等。OpenEXR，它是由光影魔幻工業特效公司所開發，在計算機圖形學中被廣泛的使用於儲存圖像數據，OpenEXR 是以 16 位浮點數格式儲存影像數據，它將這 16 位浮點數以一種巧妙的方式來儲存數據，使用一個位元來標誌符號，五個位元存放指數的值，十個位元浮點數。

Radiance RGBE 是 Greg Wardz 發明的一種圖像格式，將原本影像的色彩儲存空間從 2 的 24 位元(R、G、B 各 8 位元)提升到 2 的 96 位元(R、G、B 各 32 位元)，從而擁有更高的動態範圍去包含更大量的影像資訊所以能夠更有效將自然場景的真實色彩記錄在動態範圍裡。但是儲存 96 位元所需要較大容量，所以為了減少容量就將三個 RGB 從每個 32 位元降低到 8 位元存儲，但是為了將 RGB 還原成 96 位的色彩資訊，所以多加了一個 8 位

元共用指數值(exponent)，使其整體從 96 位元降低成 32 位元。而其中由 Greg Ward 學者所提出高動態範圍影像檔案格式的光輝 RGBE(Radiance RGBE)格式是最普遍被人使用的。

2. 高動態影像的實現

許多攝影師可以通過多張不同曝光動態範圍的照片來實現高動態範圍影像，首先他們就將同一個場景以不同曝光度動態範圍影像，來擷取看得到的細節以及顏色，然後融合影像使高動態範圍影像顯示在低動態範圍顯示器上面，如下圖 3 所示。

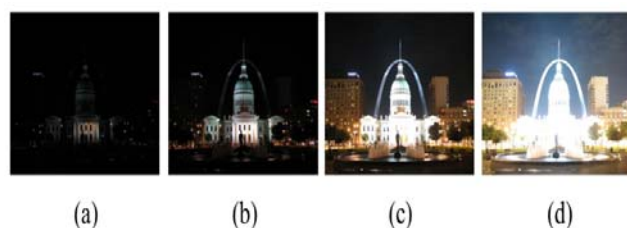


圖 3、不同曝光度的影像

(a)-4stops;(b)-2stops;

(c)+2stops;(d)+4stops

早期的色調映射非常的簡單，先去計算高動態範圍影像的最大值、最小值，再將最大值減掉最小值，得出動態範圍有多大，之後按照比值映射顯示影像。之後有更多更加複雜的方法，例如使用將亮度壓縮在人眼視神經感知範圍內再進行色調映射，或者是在保持真實顏色與對比度的情況下。

色調映射大致上可以分成兩種方

法，一種是全域性色調映射，第二種是局部性色調映射。全域性色調映射是將每個像素點使用相同的非線性曲線函數去壓縮每一個點的像素。局部性色調映射主要是考慮中心像素與區域鄰近像素的關係，通常大部分這種方法都會將影像去進行分層，之後再將各個層別去進行處理。全域與局部色調映射如下圖 4。



圖 4、全域性與局部性色調映射
(a)全域性(b)局部性

3.快速雙邊濾波用於高動態範圍影像顯示

Durand 等學者使用減少對比同時保存影像的細部特徵的方法，促使高動態範圍影像能正常地顯示。圖 5 中使用兩個尺度為基礎來分解影像，一個是基礎層，一個是細節層，在基礎層中減少對比來保留其細節。

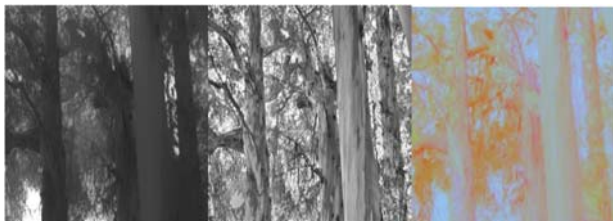


圖 5、兩個尺度所分解出的影像及色彩影像

使用的邊界保留濾波器是一個非線性的濾波器，利用它來獲得基礎層，每一個計算像素的權重是使用一個空間域的高斯 f 乘上一個強度域影的響函式 g 來減少有劇烈強度改變的像素權重。

雙邊濾波器是高斯平滑函數的空間頻率樣本。在高斯機率中， σ 為標準差，其值越大，曲線就會越平緩，其值越小，曲線就會越尖銳。

雙邊濾波器它是一個非線性的濾波器，主要是針對同時進行空間域以及頻率域的高絲平滑，數學式如下：

$$output = \frac{1}{k(s)} \sum_{p \in \Omega} f(p-s) g(I_p - I_s) I_p \quad (1)$$

Output 為原始像素 s 在經過方程式處理之後的輸出結果， I_p 與 I_s 分別為頻率域裡 p 及 s 的強度 (intensity)， f 與 g 分別為空間域及頻率域的高斯平滑函數， $k(s)$ 為正規化的函數， Ω 在此為全部的影像範圍，而其中 $k(s)$ 可寫成下述的方程式：

$$k(s) = \sum_{p \in \Omega} f(p-s) g(I_p - I_s) \quad (2)$$

Output 可以經由公式(3)

$$I_{Detail} = \frac{I}{output} \quad (3)$$

運算後可以得到細節影像 I_{Detail} ，再將細節影像加回經由雙向濾波器處理過後的基礎層，達到保留細節、去

雜訊、平滑化的影像。

4. 梯度域高動態範圍壓縮

Fattal 等學者提出了一個高效能、且健全的方法來壓縮高動態範圍影像，使其能正常的顯示於傳統的顯示器上。

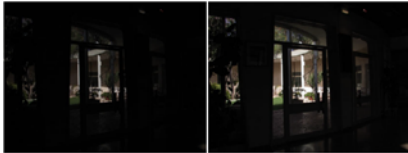


圖 6、曝光值從最左邊千分之一秒到最右邊四分之一秒

由圖 6 可以得知顯示全黑或全白的部分，意謂著壓縮影像的動態範圍壓縮的超出顯示器所能顯示的範圍內，所以在壓縮前先對影像做一次對數運算，因為亮度取對數可以最近似原始亮度。並且梯度運算在對數域中能對應在亮度域的局部對比比率。 x 為一維的高動態影像對其取對數後得到 $H(x)$ ， $H(x)$ 做一次微分得到 $H'(x)$ 。

=壓縮對比強度

=一次微分後

=判斷是否進行壓縮

$$G(x) = H'(x) \Phi(x) \quad (4)$$

$G(x)$ 為壓縮強度的方程式， $H'(x)$ 為一次微分後的 $H(x)$ 為局部對比的動態範圍大小也就是梯度， $\Phi(x)$ 是用來判

斷是否需要壓縮， x 大於閾值則進行壓縮，若小於閾值則不進行壓縮維持原來的強度大小。所以重新建構一個方程式。

C = 常數

$$I(x) = C + \int_0^x G(t) dt \quad (5)$$

然後對 $I(x)$ 做指數運算就可以還原成亮度值。上述情況是一維做運算的情形，但是目前所有圖片都是二維的即 $H(x, y)$ ，所以 $H'(x)$ 要改為取 H 的梯度，也就是 ∇H 。把公式 4 改寫為

$$G(x, y) = \nabla H(x, y) \Phi(x, y) \quad (6)$$

所以公式(5)也可以改寫成公式(7)

$$I(x, y) = \iint F(\nabla I, G) dx dy \quad (7)$$

$$F(\nabla I, G) = \|\nabla I - G\|^2 = \left(\frac{\partial I}{\partial x} - G_x \right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y} - G_y \right)^2 \quad (8)$$

$F(\nabla I, G)$ 為梯度壓縮過後與原始梯度的差別，在使用歐拉-拉格朗日方程式帶入公式 7 之後取微分可得

$$2 \left(\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} - \frac{\partial G_x}{\partial x} \right) + 2 \left(\frac{\partial^2 I}{\partial y^2} - \frac{\partial G_y}{\partial y} \right) = 0 \quad (9)$$

接著除以 2 得到

$$\nabla^2 I = \text{div} G \quad (10)$$

$$\nabla^2 I = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \quad (11)$$

$$\text{div} G = \frac{\partial G_x}{\partial x} + \frac{\partial G_y}{\partial y} \quad (12)$$

公式 11 是 $\nabla^2 I$ 的解釋，因為公式 9 除以 2 在經過簡化就是泊松方程，公式 7 是 $\text{div} G$ 的解釋， $\text{div} G$ 是方程式 G 的倒數。

α = 判斷是否壓縮的閾值

β = 壓縮比率大小

$$\Phi(x, y) = \frac{\alpha}{\|\nabla H(x, y)\|} \left(\frac{\|\nabla H(x, y)\|}{\alpha} \right)^\beta \quad (13)$$

因為希望它的壓縮是漸進的，而不是劇烈的，所以公式 13 為壓縮強度大小的判斷式， α 是用來判斷是否進行壓縮的閾值， β 為壓縮的比率大小。之後將壓縮後的亮度使用公式(14)輸出影像。

C = 原始 RGB

L_{in} = 原始亮度

L_{out} = 經過壓縮後的亮度

S = 指數

$$C_{out} = \left(\frac{C_{in}}{L_{in}} \right)^S L_{out} \quad (14)$$

使用此方法可以讓原始影像的亮部和暗部細節更為清晰，提升局部的對比度比提昇全域對比度還要好，但是在某些影像上局部對比度提昇的太多，導致全域的對比度不協調。

研究方法與步驟

1. 加權分段色調映射

考慮到高動態範圍影像的整體亮度範圍非常的大，因此通常無法在色調映射的時候將所有動態範圍的能夠有合理的映射在 0 到 255 之間的低動態顯示器上面，所以目前的作法都是先將影像作兩部分的處理，一是去做

全域，二是去做局部域，之後再將其合成輸出影像。

影像中最需要去處理的部分就是極端的部分，因為它最特別也是最容易讓人去注意的，所以當極端部分處理完成，那麼其餘的地方就比較容易去處理。

一開始先介紹一下我們的流程圖，如下圖 7

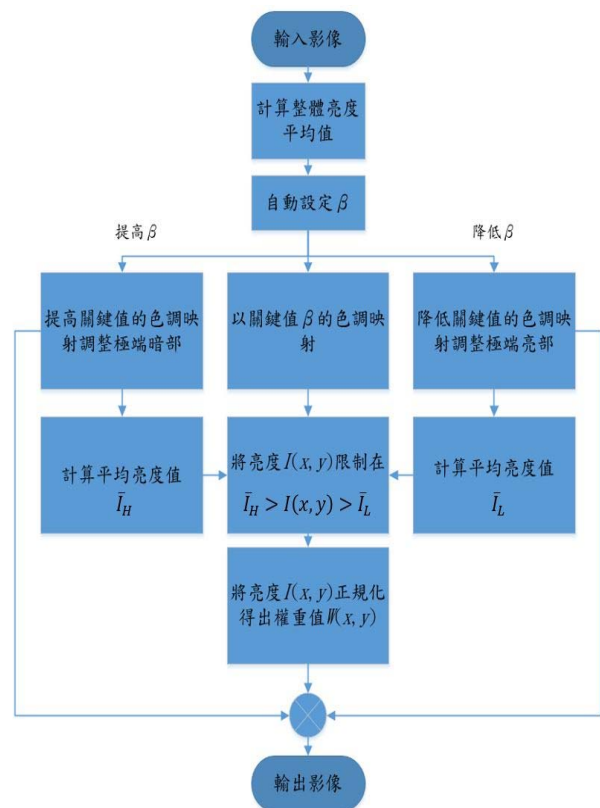


圖 7、流程圖

參考 Reinhard[1]裡面全域映射的方法，對高動態範圍影像儲存影像資訊 2 的 96 位元去做計算(Red、Green、Blue 各 32 位元)，將每個點的 RGB 轉換成亮度值 L_w ，如公式。

$$L_w = 0.27R + 0.67G + 0.06B \quad (15)$$

L_w 的值因為是由 RGB 轉換成的，

所以 L_w 的分布範圍在 10 的負 6 次方到 10 的 3 次方左右。將轉換後的亮度值 L_w 的每一個點加上一個極小的常數 δ 取對數(log)，加入 δ ，是為了避免說亮度值 L_w 為零，而無法正確的計算對數值。然後把每一點計算的對數加起來，以指數運算後除以影像像素的總個數就是亮度平均值，如公式(16)。

$L_w(x,y)$ =真實世界每一個亮度值

$\bar{L}_w$ =真實世界亮度平均值.

δ =常數

$$\bar{L}_w = \frac{1}{N} \exp[\sum_{x,y} \log(\delta + L_w(x,y))](16)$$

在之後我們利用 L_w 正規化真實亮度 $L_w(x,y)$ 其亮度比例值 $L(x,y)$ 分布在 10 的 3 次方到 10 的-3 次方之間。如公式(17)

$L_w(x,y)$ =真實世界每一個亮度值

L_w =真實世界亮度平均值

$L(x,y)$ =亮度比例值

$$L(x,y) = \frac{L_w(x,y)}{\bar{L}_w} \quad (17)$$

之後將亮度比例值 $L(x,y)$ 正規化壓縮到 0 到 1 之間，在將 $L_d(x,y)$ 乘上 255，把高動態影像資訊經過色調映射顯示到 0 到 255 之間，如公式(18)，

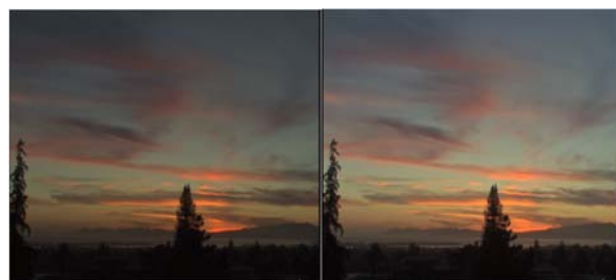
$$L_d(x,y) = \frac{L(x,y)}{1+L(x,y)} \quad (18)$$

但是在 Reinhard[1]中它去使用一個 β 關鍵值去改動亮度比例值 $L(x,y)$ 的大小，如公式(19)

$$L(x,y) = \beta \times \frac{L_w(x,y)}{\bar{L}_w} \quad (19)$$

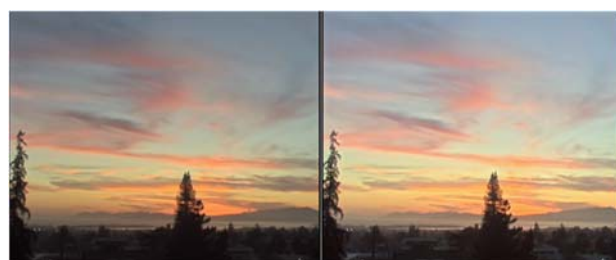
2.自動設定 β

因為乘上了一個關鍵值 β ，因此會改變 $L(x,y)$ 大小，進而改變整體影像，如圖 8。當 β 值大時，它能夠將每個亮度比例值 $L(x,y)$ 都提升上去，使其經過公式(19)後能夠將值趨近於 1，將整體影像的亮度變亮，將亮度比例值 $L(x,y)$ 原本極低的部分提高，讓比較暗的地方能夠顯現出細節和顏色。當 β 值小時，能夠將每個亮度比例值 $L(x,y)$ 都降低，使其原本亮度極高的值都降低下來，壓縮後趨近於 0，將影像整體的亮度壓下來，將原本亮度極高的部分顯現出來，使其讓裡面的細節顯現出來。進而將這一些極端的部分，如高亮的地方或者是極暗的部分，在色調映射時顯示出顏色細節，圖 8 為不同關鍵值所得影像。



Key value 0.09

Key value 0.18



Key value 0.36

Key value 0.72

圖 8、不同關鍵值 β 的色調映射^[1]

首先設定參數 α 的大小，如公式(20)

α = 主要分布範圍值

L_w^{MAX} = 亮度最大值

L_w^{MIN} = 亮度最小值

$\bar{L}_w$ = 亮度平均值

$$\alpha = \frac{\log(\bar{L}_w) - \log(L_w^{MIN})}{\log(L_w^{MAX}) - \log(L_w^{MIN})} \quad (20)$$

α 分布的範圍在 0 到 1 之間，但是我們可以從 α 值來判斷說整張影像的亮度分布範圍，假如 α 比較小的話，那麼代表說亮度平均值 $\bar{L}_w$ 比較靠近亮度最小值 L_w^{MIN} ，那麼整體影像的像素分布範圍是比較集中在暗部的。反之假如 α 比較大的話，那麼代表說亮度平均值 $\bar{L}_w$ 比較遠離亮度最小值 L_w^{MIN} ，那麼整體影像的像素分布範圍是比較集中在亮部的。令 $\beta = 1 - \alpha$ ，如果 α 值大代表整張影像比較亮，相減後關鍵值變小能夠將整張分布在比較亮的地方降低下來，因此 $\beta = 1 - \alpha$ 來表示是可以達到目的。

但是這主要在調整亮度比例值 $L(x, y)$ ，為了將原本高動態範圍影像中的 RGB 顯示到 0 到 255 之間，所以我們在公式(19)多乘上一個高動態範圍影像中的 $RGB(I_{RGB}(x, y))$ 分之真實世界每一個亮度值 $L_w(x, y)$ ，如公式(21)。

$I_{RGB}(x, y)$ = 真實世界中顏色 RGB

$L_w(x, y)$ = 真實世界每一個亮度值

$\bar{L}_w$ = 真實世界亮度平均值

$L(x, y)$ 亮度比例值

$I_{RGB}^{out}(x, y)$ = RGB 顏色比例值

$$I_{RGB}^{out}(x, y) = \beta \times \frac{L_w(x, y)}{\bar{L}_w} \times \frac{I_{RGB}(x, y)}{L_w(x, y)} \quad (21)$$

之後就如公式(18)將顏色比例值 RGB 正規化壓縮到 0 到 1 之間，然後映射到 0 到 255，以顯示顏色影像。

在(19)式中利用 β 值來調整張影像的對比，我們用一個簡單的例子呈現經過 β 運算後的影像結果，令 $\beta = 0.01 \dots 1$ ；如下圖 9。

經過對比映射後調整後，不同亮度的細節會出現在不同 β 值的映射後的影像中，同此相信透過權重將這一些影像融合，可以有效的將高動態影像合理的顯現出來，這也是論文研究重點。

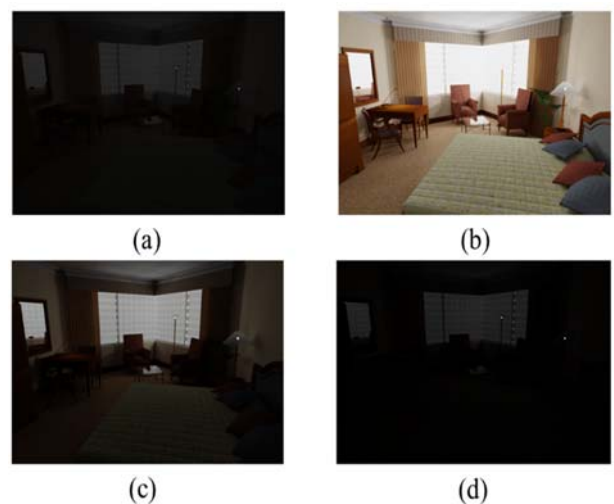


圖 9、不同 β 值的色調映射後影像

(a)原圖 (b) $\beta=1$

(c) $\beta=0.1$ (d) $\beta=0.01$

經過對比可以發現大部分的人眼難以分辨的細節都隱藏在較亮以及較暗的內容中，但是如果針對最亮或是最暗的內容缺非常容易讓其他部分受到影響，觀察圖 $\beta=0.01$ 可有效的將亮部降低，並展現細節，但是暗部確有嚴重的失真。同理在 $\beta=1$ 時，暗部有所改善，但是亮部卻嚴重失真，因此如果將用兩張以亮部及暗部調整的影像可以有效的改善這兩部分的可視細節，在中間的部分即可以由兩張加權融合而成。因此文中將嘗試及探討的議題；(1)要選擇幾張經過 α 值映射調整的影像進行融合；(2) α 值如何去做決定；(3)融合的權重值如何決定。

對於第一個問題，雖然在不同的 β 值調整下有不同亮度範圍影像的內容似乎都可以清晰顯示，但是幾張的融合非常的難以調整，且人為的痕跡也太重，因此以論文中以兩張融合為主，如果從兩張開始 β 值的設定的必須極端一點。

設定關鍵值 $\beta=0.62$ 色調映射後的影像 $\beta(x, y)$ 轉亮度 $I(x, y)$ 來做權重分配，使用公式(22)。

$$L_w = 0.27R + 0.67G + 0.06B \quad (22)$$

將每一個點的像素值轉成亮度值 $I(x, y)$ ，然後再將每一個點的亮度值 $I(x, y)$ 正規化除以 255 及可以得值出權重值 $W(x, y)$ ，權重值 $W(x, y)$ 限制在 0 到 1

之間。

$I(x, y)$ =映射後影像亮度

$W(x, y)$ =權重值

$$\frac{I(x, y)}{255} = W(x, y) \quad (23)$$

之後根據關鍵值 β 分別計算出兩個高關鍵值 β_H 和低關鍵值 β_L 。先將亮度比例值取對數然後去計算標準差 σ ，如公式(24)，取對數後的亮度比例值會有四種可能性，

- A. 像素都在標準差 $\pm \sigma$ 之內。
- B. 除標準差 $\pm \sigma$ 內，同時在之外像素有超過整張影像的 2.5%。
- C. 除標準差 $\pm \sigma$ 內，在上半部 $+\sigma$ 之外的像素有超過 2.5%。
- D. 除標準差 $\pm \sigma$ 內，在下半部 $-\sigma$ 之外也有像素超過 2.5%。

$\bar{x}$ = 亮度比例平均值

$L(x, y)$ =每個點的亮度比例值

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \times \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N (L(x, y) - \bar{x})^2} \quad (24)$$

以標準差 σ 作為判斷，假設在亮度平均值 $\bar{x} \pm \sigma$ 之外的個數有超過整張影像個數的 2.5%，則須針對這些部分再做一個處理同時並計算平均值 $\bar{L}_L$ 和 $\bar{L}_H$ ，如公式(25)(26)。

$$\bar{L}_L = \frac{1}{M \times N} \sum_{x, y} L(x, y), L(x, y) < \bar{x} - \sigma \quad (25)$$

$$\bar{L}_H = \frac{1}{M \times N} \sum_{x,y} L(x,y), L(x,y) < \bar{x} + \sigma \quad (26)$$

平均亮度平均值 $\bar{x} \pm \sigma$ 之外的個數沒有超過整張影像個數的 2.5%，則只需使用公式(27)(28)計算平均值 $\bar{L}_L$ 和 $\bar{L}_H$ ，之後再利用平均值 $\bar{L}_L$ 和 $\bar{L}_H$ 來設定 β_H 和 β_L 。

$$\bar{L}_L = \frac{1}{M \times N} \sum_{x,y} L(x,y), \quad \bar{x} > L(x,y) > \bar{x} - \sigma \quad (27)$$

$$\bar{L}_H = \frac{1}{M \times N} \sum_{x,y} L(x,y), \quad \bar{x} < L(x,y) < \bar{x} + \sigma \quad (28)$$

(29)(30)用來自動設定關鍵值 β_H 和 β_L 這兩個關鍵值。

$$\beta_H = \frac{1}{\bar{L}_H \times \sqrt{2}} \quad (29)$$

$$\beta_L = \frac{1}{\bar{L}_L \times \sqrt{2}} \quad (30)$$

將高關鍵值 β_H 和映射後影像 $\beta_H(x,y)$ 跟低關鍵值 β_L 映射後影像 $\beta_L(x,y)$ 這兩張影像來進行權重值 $W(x,y)$ 融合，使用公式(31)來做權重值的分配來融合整張影像 $F(x,y)$ 。

$F(x,y)$ = 輸出影像

$\beta_H(x,y)$ = 高關鍵值影像的像素值

$\beta_L(x,y)$ = 低關鍵值影像的像素值

$W(x,y)$ = 權重值

$$F(x,y) = W(x,y) \times \beta_L(x,y) + (1 - W(x,y)) \times \beta_H(x,y) \quad (31)$$

為了保持其整體對比度以及避免

區塊效應的發生，須進一步限制權重值。使用高關鍵值 β_H 和映射後影像 $\beta_H(x,y)$ 跟低關鍵值 β_L 映射後影像 $\beta_L(x,y)$ 這兩張影像，將影像轉亮度 $\beta_H I(x,y)$ 跟 $\beta_L I(x,y)$ ，然後計算其兩張影像的亮度平均值 $\bar{I}_L$ 和 $\bar{I}_H$ ，如其公式(32)(33)。

$$\bar{I}_H = \frac{1}{M \times N} \sum_{x,y} \beta_H I(x,y) \quad (32)$$

$$\bar{I}_L = \frac{1}{M \times N} \sum_{x,y} \beta_L I(x,y) \quad (33)$$

亮度平均值 $\bar{I}_L$ 和 $\bar{I}_H$ 來限制住 $\beta(x,y)$ 影像亮度值 $I(x,y)$ 的最大值和最小值，如公式(34)。

$$I(x,y) = \begin{cases} \bar{I}_H, & \text{if } I(x,y) > \bar{I}_H \\ \bar{I}_L, & \text{if } I(x,y) < \bar{I}_L \end{cases} \quad (34)$$

亮度值限制如下圖 10 所示，之後再正規化除以 255 得出新的權重值 $W(x,y)$ 。

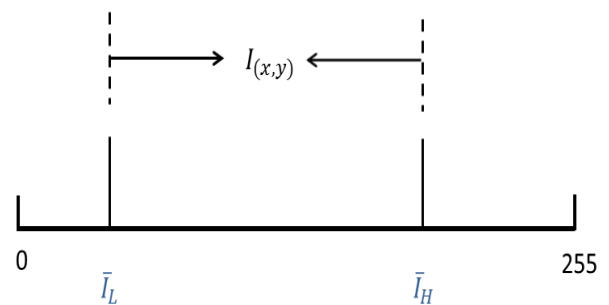


圖 10、限制亮度進而限制權重值

觀察 β 調整變成 $\beta_H I(x,y)$ 跟 $\beta_L I(x,y)$ 這兩張影像時，它們的亮度平均值會有明顯的變化，高關鍵值映射後影像 $\beta_H I(x,y)$ 的亮度平均值 $\bar{I}_H$ ，整體的亮度平均值會有所上升，低關鍵值映

射後影像 $\beta_L I(x,y)$ 的亮度平均值 $\bar{I}_L$ ，整體的亮度平均值會有所下降。另外，關鍵值的計算也可以使用直方圖的方式來計算，作法相似也可以得到類似的結果，就不再贅述。

實驗結果

在本章節將以我們提出的加權分段色調映射之高動態影像顯示和傳統的數位影像的攝影色調再現、梯度域高動態範圍壓縮以及快速雙向濾波用於高動態範圍影像顯示這四種色調映射方法去做比較。比較的性質包含有：1. 視覺品質的分析及比較 2. 客觀品質的分析及比較包含平均亮度、亮度分布以及直方圖的平滑度。

1. 測試影像

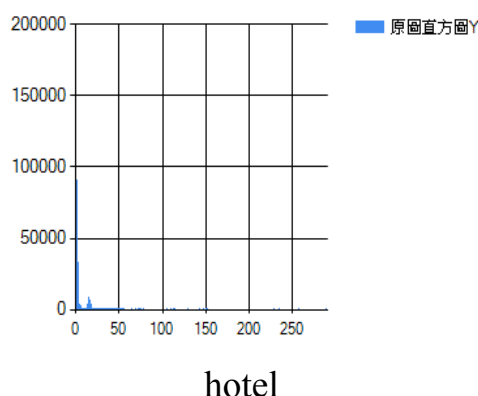
我們一共採用了 30 張測試影像，通常具有兩種性質：第一種情況是大部分像素都在平均值附近，但是在極暗或極亮的地方有小部分的影像資訊，我們稱這種影像叫集中分布影像，亮度比例直方圖的影像資訊都在亮度平均值附近，只有一小部分極少的影像資訊在極小或極大的部分，此類型的影像居多，如圖 11。第二種是屬於特殊影像，它雖然在平均值附近比較多像素，但是並沒有說特別集中於某個地方，我們稱這種影像為特殊

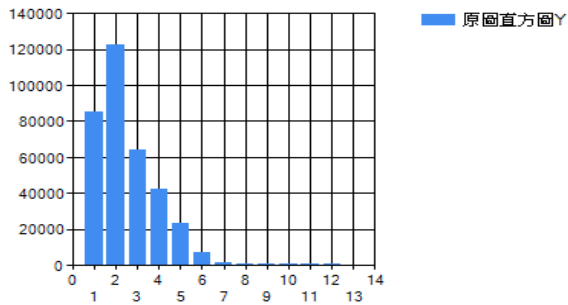
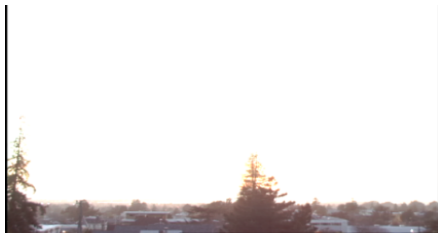
影像，亮度比例直方圖在極小到極大之間都有一定的影像資訊，這種類型的影像只有少數幾種，如圖 12。

我們可以使用亮度平均值 $\bar{x}$ 跟標準差 σ 來計算整個高動態範圍影的像素在 $\bar{x} \pm \sigma$ 之外是否有像素是有影像資訊的，如果有的話，那麼在整張影像上是占多少百分比，如下表 1

表 1、分析影像在標準差之外的像素所占百分比

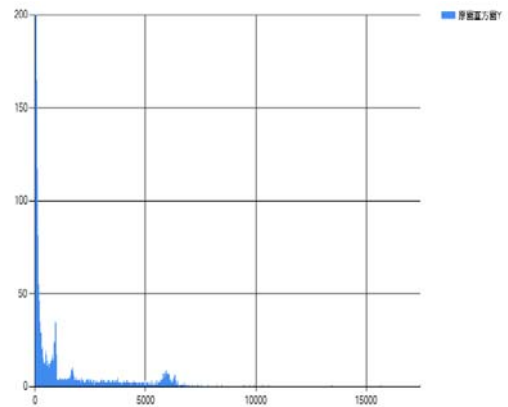
	個數 $< \bar{x} - \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$ 之內	個數 $> \bar{x} + \sigma$
Hotel	8%	81%	11%
BigFogMap	11%	77%	12%
Vinesunse	14%	86%	0%
door	10%	90%	0%
Belgium	8%	84%	8%
Memorial	8%	87%	5%
Design Center	0%	93%	7%





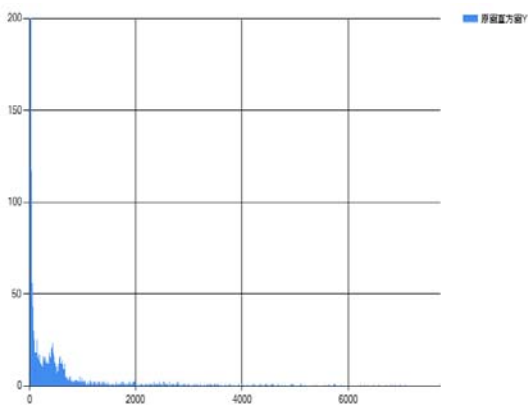
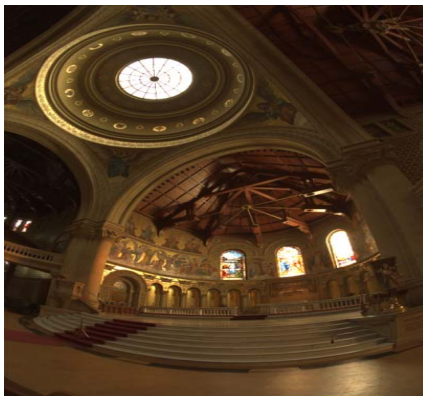
vinesunse

圖 11、集中分布影像



Design Center

圖 12、特殊影像



Memorial

2.性能比較

在此小節我們分析一些之前的論文所做出來的成果，第一種方法是梯度域高動態範圍壓縮，第二種方法是快速雙向濾波用於高動態範圍影像顯示而第三種方法則是數位影像的攝影色調再現，第四種方法為本研究所提出的方法。

對於影像的像素分布都集中在某一個部分，只有極少像素分布在極亮或者是極暗的地方，這一類影像使用兩種關鍵值影像來進行融合時，所得到的融合影像顯示出優異的效果。根據實驗所得到的結果跟其他方法去做比較，可以發現說大多數的影像跟新

方法所顯示出來的色彩並不會有太大的顏色偏差，但是在某些影像上的色彩飽和度上會較為不足。如果跟傳統影像攝影色調再現的方法比較，新方法得出的實驗結果可以顯現出更多的細節，跟快速雙向濾波比較，雖然新方法得出的細節較少，可是卻可以避免色彩的偏差。

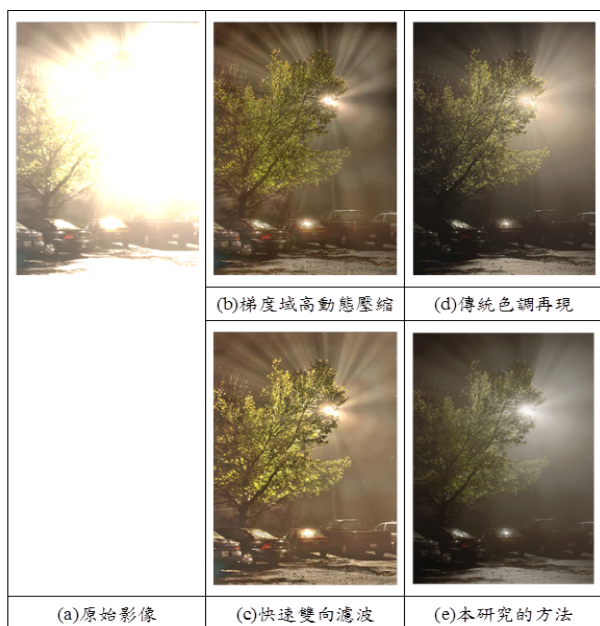


圖 13、Big Fog Map 實驗成果影像比較

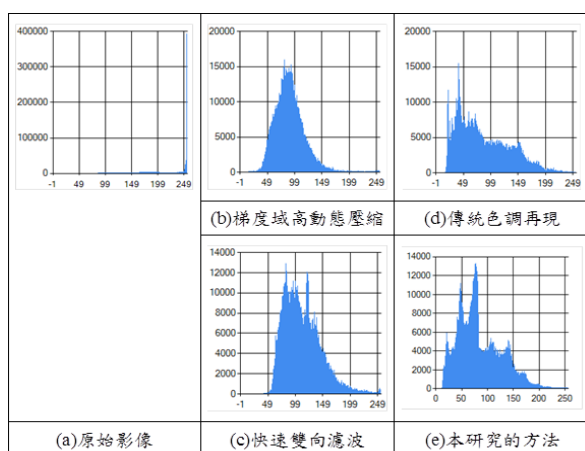


圖 14、Big Fog Map 實驗成果直方圖比較



圖 15、Belgium 實驗成果影像比較

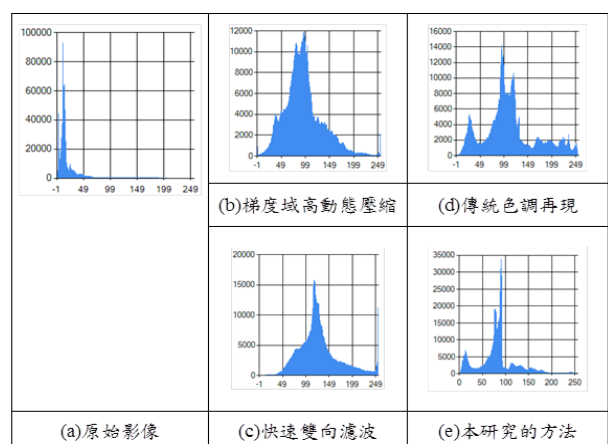


圖 16、Belgium 實驗成果影像及直方圖比較



圖 17、Office 實驗成果影像比較

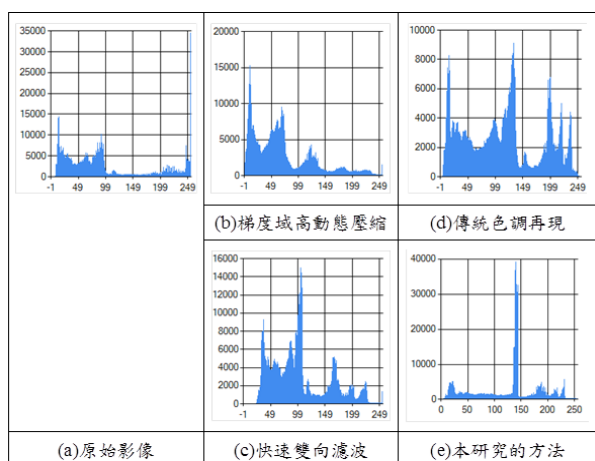


圖 18、Office 實驗成果直方圖比較

圖 19、20 影像的像素雖然分布在平均值附近，但是並沒有特別集中於某個特定的範圍，因此在使用兩個關鍵值時可能會損失一些部分的像素值，如在高關鍵值影像時它會是全黑，或在低關鍵值影像時它是全白的，故而在關鍵值的設定就只能選擇能夠顯現出來較多的部分。所以影像可能會有部分並不是能夠很好的顯示出細節以及顏色。但是整體來看，細節以及顏色還有對比度都能夠顯示出令人滿意的結果。

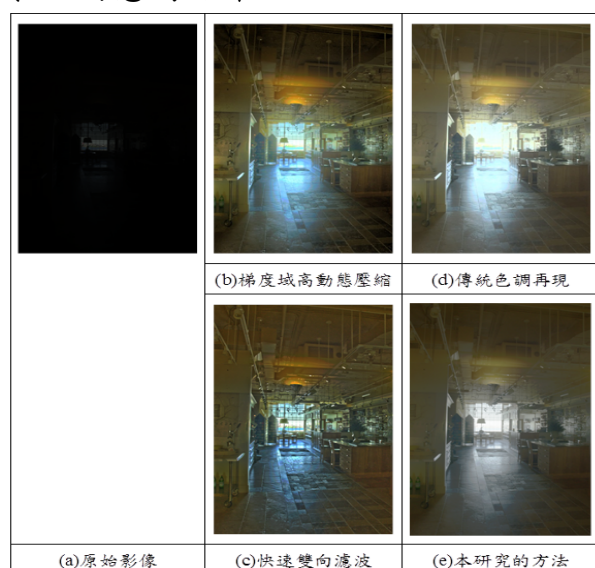


圖 19、Design Center 實驗成果比較

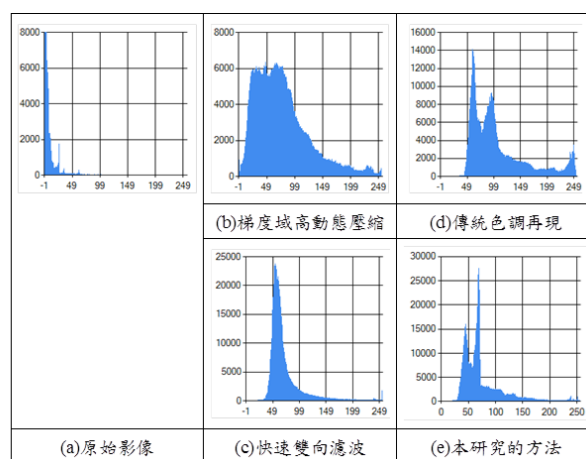


圖 20、Design Center 實驗成果直方圖比較

主觀上，以人眼視覺的感受來說，影像整體的對比度很強烈，同時呈現視覺效果不會感到不協調。對於局部而言，並不會那麼強烈，這樣就不會造成局部對比太過突兀，導致整體對比的不協調。當把影像分成兩種類型：集中分布影像以及特殊影像。以設定兩個關鍵值來做處理影像時，處理集中分布類型就可以有比較好的效果。但是在處理特殊影像時，就只能夠捨棄極小部分的細節以及顏色，來重現出整張影像大部分的細節以及顏色。

結論

本研究提出的加權分段色調映射之高動態影像顯示方法，可以將影像經過關鍵值後映射出兩張影像，這兩張影像一張能夠顯示出大部分的影像細節，另一張可以顯示出一小部分極

暗或者是極亮的細節，然後經過權重融合，將影像處理的顯示出影像中所有的細節。

從實驗結果來說，能夠將整體的對比度做的很好，能夠有效地將大部分的顏色細節顯現出來，同時不會有局部對比度過於強烈導致整體的不協調。在未來研究方面，由於在處理分布在兩個極端部分影像時會有極小部分的細節顏色流失掉，所以之後可以考慮在這一種類型影像時，使用三張影像來作融合影像，以避免掉顏色細節流失，同時在權重的設定也可以設計對於多張影像融合時，較為合適的設定方式。

參考文獻

- [1] Reinhard E., Stark M., Shirley P., and Ferwerda J.A. “Photographic tone reproduction for digital images”, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*: Vol. 21 Issue 3, pp.260-276, July 2002.
- [2] Fr’edo Durand, Julie Dorsey, “Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range Images”, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*: Vol. 21 Issue 3, pp.257-266, July 2002.
- [3] R. Fattal, D. Lischinski and M. Werman, “Gradient Domain. High Dynamic Range Compression”, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*: Vol. 21 Issue 3, pp.249-256, July 2002.
- [4] Michael Ashkhmin, “A Tone Mapping Algorithm for High Contrast Images”, *Proceedings of the 13th Eurographics Workshop on Rendering Techniques, Italy*, pp. 1–11, June 2002.
- [5] 丁榮豐, “Based on Block Intensity Characteristic and Entropy Synthesized Differently Exposed Images for High Dynamic Range Images Generation”, 電腦與通信工程研究所, 成功大學, 2009.
- [6] 戴顯權, 張蓺英, 林思瑤, “The High Dynamic Range Encoding with Tone Reproduction Algorithm”, 電機工程所, 成功大學, 2007.
- [7] Ji Won Lee, Rae-Hong Park, and Soon Keun Chang, “Local Tone Mapping Using the K-means Algorithm and Automatic Gamma Setting”, *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Jan. 2011.

- [8] Chih-Hsing Lin, Jia-Shiuan Tsai, and Ching-Te Chiu, “Switching Bilateral Filter With a Texture/Noise Detector for Universal Noise Removal”, IEEE Trans. On Image Proc., Vol. 19, no. 9, pp.2307-2320, Sept. 2010.
- [9] Buyue Zhang, and Jan P. Allebach, “Adaptive Bilateral Filter for Sharpness Enhancement and Noise Removal”, IEEE Trans. On Image Proc., Vol. 17, no. 5, pp.664-678, May 2008.
- [10] Martin C˘adık, “Perception Motivated Hybrid Approach to Tone Mapping”, WSCG’07, Czech Republic, 1. 2007.

應用智慧快速最大功率追蹤策略 於太陽能光伏發電系統



張恩誌

義守大學 電機工程學系 副教授

摘要

由於環保意識的興起和化石能源的逐漸枯竭，太陽能光伏發電系統越來越被重視。因此，為了得到太陽能光伏發電系統最大功率輸出，我們可以使用最大功率追蹤技術來提高系統效率。順滑趨近法則已廣泛應用於太陽能光伏發電系統，其對參數變動及外界干擾具有強健性與低敏感性。然而，順滑趨近法則有無限的系統狀態收斂時間、抖顫與穩態誤差問題，這將導致太陽能光伏發電系統有差的暫態響應與穩態追蹤精度。此外，即便上述缺點獲得解決，光伏陣列往往會受到部分遮蔽現象的影響，其輸出功率-電壓特性曲線會出現多峰狀態，傳統演算法追蹤最大功率點將會造成錯誤判斷，而無法得到全域極值，使得系統變得不穩定與功率降低。因此，

本文提出智慧快速最大功率追蹤策略(修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化的雙冪次順滑趨近法則)，然後應用於太陽能光伏發電系統。具快速有限時間收斂的雙冪次順滑趨近法則不僅可以消除抖顫與穩態誤差，亦適合數位實作。具人工智慧的修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化方法，其利用量子粒子群聚最佳化演算法於光伏陣列部分遮蔽時，來搜索得到全域最大功率點，其不僅修正了用粒子本身最佳電壓來取代粒子電壓做為收斂判斷依據，以減少疊代次數，更巧妙地引入隨機化的壓縮/擴張因子以確保全域可收斂性與提升收斂速度；而鯰魚效應進一步預防當粒子聚集於區域極值，導致搜索停滯時，去刺激粒子群，以使粒子群跳出區域極值而找到全域極

值。為了驗證所提方法的有效性，本文以SimPowerSystems軟體來模擬所提出的太陽能最大功率追蹤系統，使得在部分遮蔽狀況下，太陽能光伏發電系統可以產生更精確與更好的追蹤控制效果，然後提升其穩態與暫態性能。

關鍵詞：太陽能光伏發電系統，最大功率追蹤技術，部分遮蔽，智慧快速最大功率追蹤策略

前言

為了達到太陽能光伏發電系統之最大功率追蹤，太陽能電池輸出端需要配合具有最大功率追蹤控制之切換式電源轉換器來進行調控，使得太陽能板輸出最大功率並且達到快速與精確的追蹤^[1,2]。已經有很多文獻提出各種最大功率點追蹤(MPPT)方法，例如擾動觀察法、增量電導法、模糊控制法、直線近似法等^[3-6]。然而，太陽照度和環境溫度卻是與太陽能板最大功率輸出的變化息息相關，大部份這些最大功率點追蹤演算法無法有嚴格的可收斂性與穩定度的分析或是有無法快速追蹤至最大功率點的問題存在，使得降低輸出功率。順滑趨近法則(Sliding Mode Reaching Law, SMRL)架構簡單與設計容易，在順滑運動過程

中，對於有參數變化與外部干擾之系統具有良好的強健性^[7-9]。但是，實際上以順滑趨近法則控制的太陽能光伏發電系統在受到不確定性干擾的影響下，其系統狀態收斂時間將不是有限的以及抖顫問題與穩態誤差問題將會產生，此時系統的穩定性、收斂性與性能就會受其影響而大打折扣。近來，雙冪次順滑趨近法則(Double Power Sliding Mode Reaching Law, DPSMRL)不僅具有傳統順滑趨近法則強健性的設計方法、明確的收斂與穩定性分析，更特別的是它提供了有限系統狀態收斂時間，亦即當系統存在不確定性干擾時，系統軌跡於有限時間到達順滑模態區做順滑模態運動，然後快速收斂至平衡點，此法則進一步改善了系統動態品質，減小了穩態誤差與抖顫問題^[10-12]。因此，本文提出以雙冪次設計的順滑趨近法則，然後用以控制太陽能最大功率追蹤系統，因此提升穩態時的效能及暫態時的追蹤速度。然而，光伏陣列在使用過程中容易受到建築、樹木、塵土等等因素，而造成部分遮蔽現象(會使太陽能系統輸出功率大大降低，造成大量的能量損耗)，光伏列陣的輸出特性就會發生不規則變化，輸出功率會出現多個區域極值，這時若採用先前所述傳統的最大功率追蹤法(如擾動觀察

法、增量電導法、模糊控制法、直線近似法等)將會陷於追蹤到區域極值(局部最大功率點),而非全域極值(全域最大功率點)的困境。所以,本文提出修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化的雙冪次順滑趨近法則,希望面對光伏陣列發生部分遮蔽情況時,可藉由修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化演算法全域搜索與快速運算能力,找出全域極值,避免陷入區域極值,以提升光伏陣列的轉換效率。

2004年,Jun Sun等人由量子力學概念提出了更少操作運算元、簡化計算與具有全域搜索能力的量子粒子群聚最佳化(Quantum Particle Swarm Optimization, QPSO)演算法,此演算法已被廣泛應用來解決大多數的最佳化問題。傳統粒子群聚最佳化演算法之粒子的收斂是以軌道形式來實現的、以及粒子的速度是有限的、搜索空間也是一個有限的區域(無法涵蓋整個可行解空間),因此傳統粒子群聚最佳化演算法不能保證收斂到全域最佳解,這正是傳統粒子群聚最佳化演算法的最大缺陷^[13,14];相反地,量子粒子群聚最佳化演算法視粒子具有量子行為,可以在整個可行解空間中進行搜索,粒子的狀態在量子空間中用波函數來描述,而不限於既定的軌道函數,其全域搜索性能明顯優於傳統粒子群聚

最佳化演算法^[15-17]。在本計劃中,因此使用量子粒子群聚最佳化演算法來計算出光伏陣列遭遇部分遮蔽情況時之最大功率點的電壓參考值,我們進一步修正改善了量子粒子群聚最佳化演算法,以粒子本身最佳電壓來取代粒子電壓以做為判斷收斂準則,可以減少疊代次數,也技巧性地修正改善其壓縮/擴張因子來保證全域收斂和增強收斂率。更甚者,為了進一步預防粒子多次聚集在區域極值而導致搜索停滯的可能性,鯰魚效應(Catfish Effect)被引入量子粒子群聚最佳化演算法以激發粒子群,使其有更多機會可以找到更好的解。所以映射自鯰魚效應之啟示,當粒子聚集在區域極值而導致搜索停滯時,找一條鯰魚去刺激粒子群,改變粒子群在區域最佳的聚集狀態,使粒子群跳出區域極值而找到全域極值^[18-21]。亦即,本文以修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化演算法來找到光伏陣列在部分遮蔽情況下之全域極值,然後雙冪次順滑趨近法則進行其追蹤控制,提供良好的控制力輸出,使得太陽能光伏發電系統維持在最高的轉換效率。電腦模擬結果顯示,此提出的控制器將使太陽能最大功率追蹤系統,無論是在遭遇部分遮蔽情況下或是在高度不確性狀況下均可增強穩態時的效能及暫態時的

追蹤速度。

1. 太陽能光伏發電最大功率追蹤系統敘述

為了讓太陽能電池系統效率能夠提高，勢必要具備最大功率追蹤的功能。其中，必需特別注意的是當光伏陣列遭遇部分遮蔽現象時，其功率-電壓特性曲線將出現雙峰值或多峰值(如圖 1)，此時若使用傳統的最大功率追蹤法(例如擾動觀察法、增量電導法、爬坡法等)將會陷入局部最大功率點，而非全域最大功率點。另外，太陽能光伏發電系統存在一個最大功率點所對應的電壓參考值。因此利用 Zeta 直流/直流電源轉換器(圖 2)，來調整太陽能電池電壓(為最大功率點電壓)。

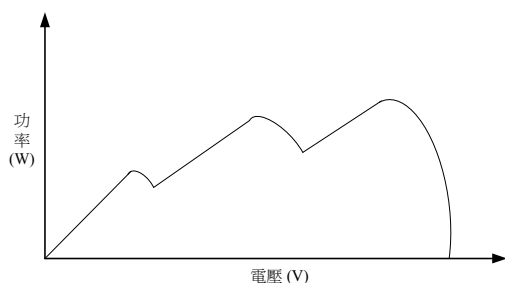


圖 1、部分遮蔽情況時，電壓-功率特性曲線示意圖

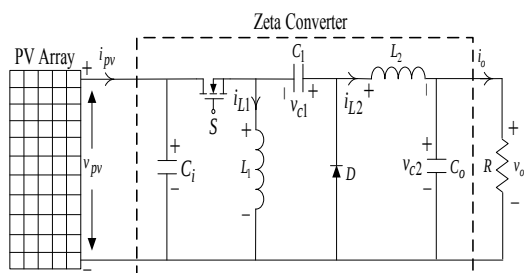


圖 2、太陽能 Zeta 直流/直流轉換電路

針對太陽能光伏發電系統我們提出修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化的雙冪次順滑趨近法則，其中 x_{1r} 為修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化演算法在光伏陣列一旦遭遇部分遮蔽情況時所計算出最大功率點的電壓參考值、 $u(t)$ 為控制力，為了使 v_{pv} 達到 x_{1r} 的電壓參考，必需利用控制器(雙冪次順滑趨近法則)來達成。太陽能 Zeta 直流/直流轉換電路利用開關導通與截止電路狀態，推導出太陽能光伏發電系統之系統狀態變數矩陣如下：

$$\dot{x}(t) = f(x(t)) + g(x(t))u \quad (1)$$

其中， $\dot{x} = [\dot{v}_{pv} \ i_{L1} \ i_{L2} \ \dot{v}_{c1} \ \dot{v}_{c2}]^T$ 、 u 為控制輸入責任週期信號、 $f(x) = [i_{pv}/G \ -v_{c1}/L_1 \ -v_{c2}/L_2 \ i_{L1}/G \ (i_{L2} - i_o)/C_0]^T$ 與 $g(x) = [-(i_{L1} + i_{L2})/G \ v_{pv} + v_{c1} \ (v_{pv} + v_{c1})/L_2 \ -(i_{L2} + i_{L1})/G \ 0]^T$ 。

在太陽能光伏發電系統中，控制目標為令 $x_1 = v_{pv}$ 追蹤參考電壓值 x_{1r} ，誤差可以定義為 $e(t) = x_1 - x_{1r}$ ，我們的目標即是要好好的設計控制法則 u ，若 u 設計的好的話，式(1)將會穩定且誤差 e 將快速收斂到平衡點，太陽能電池輸出電壓會與所需求的參考電壓一樣。

智慧快速最大功率追蹤策略

修正式鯨魚效應量子粒子群聚最佳化的雙冪次順滑趨近法則

1. 雙冪次順滑趨近法則推導

首先，由於電路中可能因為電源轉換器被動元件的不確定誤差值與外部干擾而影響控制輸出。因此式(1)需要被重述成如下的非線性不確定系統

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u + N \quad (2)$$

其中， $x \in R^n$ 為系統狀態， $u \in R$ 為控制輸入， $f(x), g(x)$ 是具有平滑的向量場， N 是系統不確定性干擾。

接著，建構雙冪次順滑函數如同

$$\dot{\sigma} = -\ell_1 |\sigma|^{\alpha_1} \text{sign}(\sigma) - \ell_2 |\sigma|^{\alpha_2} \text{sign}(\sigma) \quad (3)$$

其中， $\ell_1 > 0$ ， $\ell_2 > 0$ ， $\alpha_1 > 1$ ， $0 < \alpha_2 < 1$ 。控制目標要使系統狀態在有限時間內到達順滑面，且具有順滑模態 $\sigma = \dot{\sigma} = 0$ 。因此，順滑變數 σ 的一階導數必需求出，以及定義 $\sigma = \partial P_{pv} / \partial v_{pv}$ ，則雙冪次順滑趨近控制法則可以被得到

$$u = \left(\frac{\partial \sigma}{\partial x} g \right)^{-1} \left[-\frac{\partial \sigma}{\partial x} f - \ell_1 |\sigma|^{\alpha_1} \text{sign}(\sigma) - \ell_2 |\sigma|^{\alpha_2} \text{sign}(\sigma) \right] \quad (4)$$

其中， $\text{sign}(\sigma)$ 函數以一連續函數 $\text{sigm}(\sigma) = \tanh(\sigma/\delta)$ 來取代，其中 δ 為常數。

因此，式(4)將使狀態 σ 和 $\dot{\sigma}$ 分別有限時間收斂，以及式(3)與式(4)藉由設

計具有雙冪次的順滑趨近法則，除了得到有限系統狀態收斂時間外，更可以減少抖顫與穩態誤差問題，然後讓控制可以更精準與保證系統穩定。然而，光伏列陣遭遇部分遮蔽的現象，功率-電壓曲線會有多個區域最大值，這時若採用傳統最大功率追蹤方法將無法對區域最大值和全域最大值進行區分，致使太陽能光伏發電系統輸出仍無法達到理想的控制效果。因此，我們應用修正式鯨魚效應量子粒子群聚最佳化演算法來得到全域最佳解，然後太陽能最大功率點電壓得以找出，達到在部分遮蔽狀況下的最大輸出功率。

2. 修正式鯨魚效應量子粒子群聚最佳化

傳統粒子群聚演算法演算法存在當疊代次數趨近於無窮大時，其演算法不能以概率1收斂於全域最佳點，也就是不具有全域收斂性。另外，單個粒子的速度存在上限，其搜索空間是有限的，無法覆蓋整個可行解空間，限制了演算法的全域搜索能力。這時，我們需要修正式鯨魚效應量子粒子群聚最佳化演算法來改善以上缺點，然後達到快速收斂速度與增進搜索效率和全域最佳化求解。

量子粒子群聚最佳化演算法不再需要速度向量，是完全隨機的疊代方

程，在量子空間粒子移動時沒有確定的軌跡，整個疊代方程參數更少，更容易控制，使得粒子可以在整個可行解空間搜索到全域最佳解。量子粒子群聚最佳化演算法疊代表示式為

$$\rho_i^k = \Phi^k \rho_{pbest,i}^k + (1 - \Phi^k) \rho_{gbest,i}^k \quad (5)$$

$$X_i^{k+1} = \rho_i^k \pm \beta^k \left| X_i^k - Q^k \right| \ln\left(\frac{1}{\tau^k}\right) \quad (6)$$

其中， β^k 為壓縮/擴張因子， Φ^k 和 τ^k 為在(0,1)上均勻分佈的隨機數， Q^k 為群體中所有粒子搜索歷程中的區域最佳位置的平均值。

本文中將某個粒子電壓更新一次稱為一次疊代，而群體中所有粒子電壓更新一次稱為一輪疊代 $\mathfrak{R}_g$ 。

因此，式(5)與式(6)可重寫為如下方程式

$$\begin{cases} E_i^{k+1} = \Phi^k \rho_{pbest,i}^k + (1 - \Phi^k) \rho_{gbest,i}^k \pm \beta^k \left| E_i^k - Q^k \right| \ln\left(\frac{1}{\tau^k}\right), & i = \mathfrak{R}_g \\ E_i^{k+1} = E_i^k, & i \neq \mathfrak{R}_g \end{cases} \quad (7)$$

其中， E_i^k 為第 k 次疊代中第 i 個粒子的電壓， E_i^{k+1} 被限制於粒子電壓的下限和上限區域中。

然而，在本文光伏陣列遭遇部分遮蔽現象時，其特性曲線會出現多峰現象，因此最佳化問題面臨較強的非線性與不確定性。因此，本文對傳統量子粒子群聚最佳化演算法進行了以下修正與改善，以達到快的收斂速度與增進搜索效率和全域最佳化求解：

(1)為了對多峰函數取得較好的最佳化

性能，修正式(7)的壓縮/擴張因子 β^k ，以增強其全域搜索能力，其修正為 $\beta^k = \beta_b + \mu$ ，其中 β_b 基本壓縮/擴張因子， μ 為 0 到 1 之間的隨機數。亦即，壓縮/擴張因子的隨機化將有助於增強演算法在全域範圍搜尋最佳解。

(2)傳統量子粒子群聚最佳化演算法在每次疊代中粒子可能出現的位置為整個可行解空間，有可能會出現非常極少數個別粒子距離其他粒子很遠的情況，如此將降低了演算法收斂速度。因此，我們修正了用粒子的本身最佳電壓來取代粒子電壓做為收斂判斷準則，以加速演算法收斂。

(3)傳統量子粒子群聚最佳化演算法也有可能因為初期粒子過於集中於區域極值而過早收斂，於是我們將鯰魚效應導入量子粒子群聚演算法來重新激發其應有的全域搜索能力。鯰魚效應量子粒子群聚最佳化演算法當搜尋粒子群經過多次疊代後仍然沒有進化，即判定陷入區域最佳解，此時所有粒子中最差的 10% 將被移除，接著引進鯰魚粒子，這些鯰魚粒子將找出較好的解，並且這些鯰魚粒子將引導全部的粒子到靠近最佳解附近的新區域。最後，當終止條件達到時，粒子將收斂，最

佳的解被找出。

模擬結果

系統參數如下：Zeta 轉換器之電感 L_1 為 0.5 mH、電感 L_2 為 1 mH、電容 C_1 為 120 μ F、電容 C_i 為 120 μ F、電容 C_o 為 1200 μ F，太陽能光伏發電系統換流器之電感為 0.5 mH、電容為 5 μ F、直流鏈電壓為 200 V、 v_{ac} 為 110 V_{rms}、 $f=60$ Hz、切換頻率為 15 kHz。

為了測試太陽能光伏發電系統的暫態性能，在遭遇部分遮蔽狀況下以及負載在 90° 觸發角從無載變化到額定負載時，傳統順滑趨近法則控制的太陽能光伏發電系統以及所提出的太陽能光伏發電系統之模擬輸出波形分別如圖 3 以及圖 4 所示。從圖 4 可觀察出所提出的控制器可以很快速地補償瞬間電壓降，以及建立有限系統狀態收斂時間，使得控制更精準。圖 5 是傳統順滑趨近法則控制的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽以及在非線性負載狀況下的模擬輸出波形。很明顯地，輸出電壓為失真正弦波形，具有 25.01% 的高 %THD 值。圖 6 是所提出的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽以及在非線性負載狀況下的模擬輸出波形，雖然電流有高的尖波，然而輸出電壓波形非常接近正弦參考電壓(0.12% 的低 %THD 值)波形；可知

所提出的太陽能光伏發電系統比傳統順滑趨近法則控制的太陽能光伏發電系統有更強健的性能。

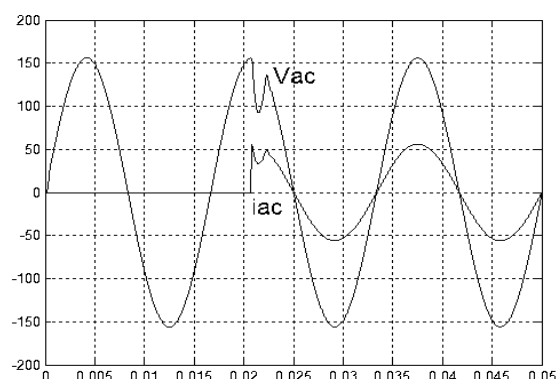


圖 3、步階負載下使用傳統順滑趨近法則控制的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽狀況下之模擬輸出波形(50V/div；5A/div)

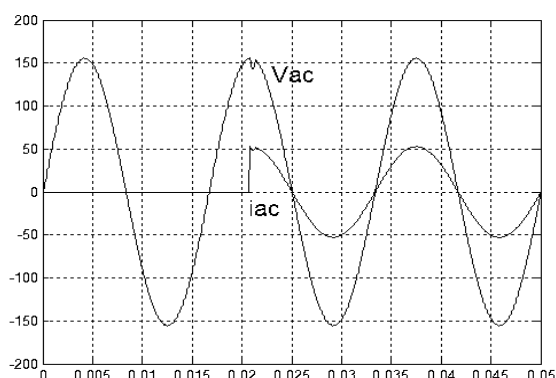


圖 4、步階負載下所提出的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽狀況下之模擬輸出波形 (50V/div；5A/div)

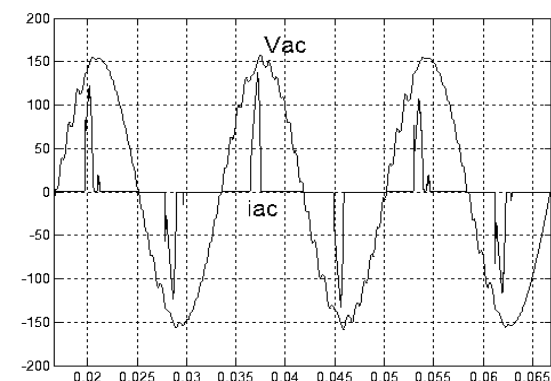


圖 5、非線性負載下使用傳統順滑趨近

法則控制的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽狀況下之模擬輸出波形(50V/div；10A/div)

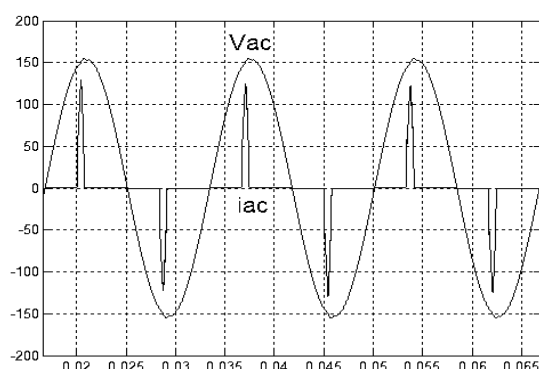


圖 6、非線性負載下使用所提出的太陽能光伏發電系統在遭遇部分遮蔽狀況下之模擬輸出波形 (50V/div；10A/div)

結論

所提出之策略使用修正式鯰魚效應量子粒子群聚最佳化演算法來找出在遭遇部分遮蔽現象時，光伏陣列之全域最大功率點，而以雙幕次順滑趨近法則在不確性干擾狀態下可以提供系統狀態有限時間的收斂、抖顫現象與穩態誤差的減小之獨特優點來進行追蹤控制。以此發展的策略應用於太陽能光伏發電系統，可建立在遭遇部分遮蔽情況時，太陽能光電板提供最大功率輸出與維持在最高的光電能轉換效率。模擬結果顯示，所提出的太陽能系統在遭遇部分遮蔽狀況下，的確能得到好的性能。

誌謝

本文之研究承行政院科技部編號 MOST107-2221-E-214-006 計畫支持研究經費，謹此誌謝。

參考文獻

- [1] P. Mohanty, T. Muneer, K. Tariq, L. Mohan, *Solar Photovoltaic System Applications*, Springer, New York, 2015.
- [2] B. M. Wilamowski, and J. D. Irwin, *Power Electronics and Motor Drives*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2011.
- [3] M. Gangavarapu, "Perturb and Observe MPPT Algorithm Implementation for PV Applications," *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 6, no. 2, pp.1884-1887, 2015.
- [4] I. P. Ratna, W. Sapto, and R. Muhamad, "Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Using Incremental Conductance Method," *Energy Procedia*, vol. 68, pp.22-30, 2015.
- [5] S. Bendib, F. Krim, H. Belmili, M. F. Almi, and S. Boulouma,

- “Advanced Fuzzy MPPT Controller for a Stand-alone PV,” *Energy Procedia*, vol. 50, pp.383-392, 2014.
- [6] Y. Y. Yang, W. D. Yi, and K. W. Jwo, “High Efficiency MPPT Using Piecewise Linear Approximation and Temperature Compensation,” *Advanced Materials Research*, vol. 772, pp.658-663, 2013.
- [7] G. Bartolini, L. Fridman, A. Pisano, and E. Usai, *Modern Sliding Mode Control Theory*, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- [8] A. T. Azar, and Q. M. Zhu, *Advances and applications in sliding mode control systems*, Springer, New York, 2015.
- [9] H. Sira-Ramirez, “Sliding Regimes in General Non-Linear Systems: A Relative Degree Approach,” *Int. J. Contr.*, vol. 50, no. 4, pp. 1487-1506, 1989.
- [10] Y. X. Zhao, T. Wu, and Y. Ma, “A Double Power Reaching Law of Sliding Mode Control Based on Neural Network,” *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, pp.1-9, 2013.
- [11] H. P. Wang, X. K. Zhao, and Y. Tian, “Trajectory Tracking Control of XY Table Using Sliding Mode Adaptive Control Based on Fast Double Power Reaching Law,” *Asian Journal of Control*, vol. 18, no. 6, pp. 2263-2271, 2016.
- [12] C. Y. Dong, H. J. Wang, and W. Y. Cui, “Application of the Sliding Mode Control Approach Based on Double Power Exponential Reaching Law for the Hydraulic Servo System,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 741, pp. 655-658, 2015.
- [13] S. A. Silva, L. P. Sampaio, F. M. Oliveira, and F. R. Durand, “Feed-forward DC-bus control loop applied to a single-phase grid-connected PV system operating with PSO-based MPPT technique and active power-line conditioning,” *IET Proceedings- Renewable Power Generation*, vol. 11, no. 1, pp.183-193, 2017.
- [14] T. S. Babu, J. P. Ram, T. Dragicevic, M. Miyatake, F. Blaabjerg, and N. Rajasekar, “Particle Swarm Optimization Based Solar PV Array Reconfiguration of the Maximum Power Extraction Under Partial

- Shading Conditions,” *IEEE Trans. on Sustainable Energy*, vol. 9, no. 1, pp.74-85, 2018.
- [15] Q. Niu, Z. Zhou, H. Y. Zhang, and J. Deng, “An Improved Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization Method for Economic Dispatch Problems with Multiple Fuel Options and Valve-Points Effects,” *Energies*, vol. 5, no. 9, pp. 3655-3673, 2012.
- [16] J. Sun, W. Fang, X. Wu, V. Palade, W. Xu, “Quantum-behaved particle swarm optimization: analysis of individual particle behavior and parameter selection,” *Evolutionary Computation*, vol. 20, no. 3, pp. 349-393, 2012.
- [17] C. L. Chiang, “Quantum-behaved Particle Swarm Optimization for Power Economic Dispatch Problem of Units with Multiple Fuel Option,” *European Journal of Engineering Research and Science*, vol. 2, no. 12, pp.11-16, 2017.
- [18] L. P. Zhang, Y. H. Xu, G. H. Xu, and S. C. Gong, “A Catfish Effect Inspired Harmony Search Algorithm for Optimization,” *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, vol. 14, no. 6, pp.413-422, 2013.
- [19] L. Y. Chuang, S. W. Tsai, and C. H. Yang, “Fuzzy adaptive catfish particle swarm optimization,” *Artificial Intelligence Research*, vol. 1, no. 2, pp.149-170, 2012.
- [20] K. Murali, and T. Jayabarathi, “Solution to economic dispatch problem with valve-point loading effect by using catfish PSO algorithm,” *Frontiers in Energy*, vol. 8, no. 3, pp.290-296, 2014.
- [21] X. S. Yang, *Nature-Inspired Algorithms and Applied Optimization*, Springer, New York, 2018.

探討甜菜苷於腫瘤微環境中抑制纖維化之作用



洪寶炬¹、陳晏裕²、洪永瀚^{3*}

義守大學 化學工程學系暨生物科技與化學工程研究所 碩士¹

高雄醫學大學 腎臟科 研究助理²

義守大學 營養學系 副教授³

通訊作者*

摘要

甜菜苷(betanin, 後簡稱 BET)為天然色素,是甜菜根、紅藜及紅龍果等植物中富含的有機色素。本研究利用細胞及動物實驗探討 BET 對於腫瘤形成環境中抑制纖維化之可能機制。結果發現 BET 對 HT-29 大腸癌細胞的增生抑制並不明顯。然而, BET 對於植入免疫缺陷鼠 SCID 小鼠 HT-29 大腸癌細胞形成腫瘤卻具有明顯壓抑的效果;進一步試驗得知, BET 減緩癌細胞異種移植之腫瘤發展, Sirius-red 染色結果亦呈現腫瘤組織細胞外基質(extracellular matrix, ECM)降低。檢視訊號路徑,發現 BET 會阻斷 Wnt/ β -catenin 訊息傳遞之表現量、降低 cancer associated fibrosis (CAF)數目及 TGF- β 表現,因此推測透過此達到降低纖維化而減少腫瘤微環境的建構。

關鍵詞: 甜菜苷、細胞外基質、腫瘤相關的成纖維細胞、轉化生長因子

前言

當腫瘤細胞出現時,面對周遭環境,腫瘤細胞會藉由它的生物特性,並利用細胞與細胞的訊息傳遞、旁分泌(paracrine)、內分泌(endocrine)及外吐小體(exosome)等來改變細胞外基質(extracellular matrix, ECM)結構,同時透過血管生成(angiogenesis)來建構一個利於腫瘤生長的微環境(tumor micro-milieu)。

當腫瘤細胞出現時,腫瘤細胞週遭的基質(stroma)是一個多種細胞構成的複合體,裡面包含有內皮細胞(endothelial cells)、周細胞(pericytes)、

免疫細胞 (immune cells) 和纖維母細胞 (fibroblasts)。關於建構利於腫瘤生長的微環境，腫瘤細胞會將週遭的細胞進行基質癌化 (cancerized stroma)。於此，癌細胞會藉由分泌細胞激素 (cytokines)、生長因子 (growth factors)、外吐小體，將基質的纖維母細胞以及在血液循環的間質細胞 (mesenchymal cell) 徵募 (recruit) 到癌細胞週邊，並且將它們『馴化成』腫瘤相關的纖維母細胞 (cancer associated fibroblast, CAF)。接著，腫瘤相關的纖維母細胞 CAF 會分泌大量的細胞外間質，對於腫瘤細胞來說，這些細胞外的間質物除了結構上可以讓腫瘤細胞附著生長外，它也提供一個適合腫瘤生長的機制環境 (mechanical environment) 而促進腫瘤細胞增生 (cell proliferation)、生存 (cell survival)、抑制細胞凋亡 (anti-apoptosis) 以及血管新生。由上段內容，我們了解到這些細胞外間質物可以阻絕免疫細胞攻擊癌細胞，導致腫瘤細胞逃脫免疫細胞的監控 (escape from immune surveillance)。

由上述內容可知，腫瘤細胞的微環境為高度異質性的，在非細胞組織的結構主要是 ECM，顯微觀察可知是聚合蛋白和輔助分子的網狀結構 (參考圖 3)，與癌細胞可生存並增生之生物力學效應有關；ECM 也提供後續癌症

轉移 (metastasis) 時進入循環系統的中間屏障地帶。因此，癌細胞和微環境之間的通信跟腫瘤生長、發展有著緊密的關聯性。目前我們對於腫瘤細胞如何適應細胞外基質的變化以及腫瘤細胞如何影響改變細胞外基質結構和組成尚不完全，但臨床的觀察與動物實驗都實證細胞外基質對於癌病的增生發展的重要性；而透過抑制 ECM 的生合成雖然不足以完全抑制癌細胞的生發展，卻具有緩和癌細胞增生效應。

研究目的

甜菜苷 BTN 為存在於甜菜的化合物，文獻報導甜菜苷具有化學性預防癌症效果 (Schwartz et al., 1983)，並且在細胞實驗種觀察到 BTN 為一具有癌細胞毒性的化合物，細胞實驗已證實甜菜苷可以活化癌細胞凋亡的訊息傳遞機轉，再加入 BTN 以後，乳癌細胞株 MCF-7 細胞的細胞凋亡相關蛋白表現量增加，在粒線體膜電位改變，同時還發現在含有 BTN 培養培養的 MCF-7 細胞的自噬小體量增加，推測甜菜苷可能跟活化細胞內自噬機制有關 (Nowacki et al., 2015, Suntres, 2018)。進一步測試 BTN 的癌細胞毒性，我們以 SCID 小鼠作為癌細胞的宿主進行測試癌細胞毒性的動物實驗，驗證甜菜

苷是否在動物體內也具有促使癌細胞凋亡的藥理效果。現在 SCID 小鼠皮下組織植入 HT-29 大腸癌細胞，讓植入癌細胞在小鼠增值一週以後，在餵食甜菜苷後，觀察甜菜苷餵食的小鼠中的 HT-29 大腸癌細胞是否出現細胞凋亡。

除了細胞凋亡以外，目前也有其它文獻報導，甜菜苷具有緩和組織纖維化的藥理效果 (Li et al., 2017)，在癌病醫學上，纖維化機制 (fibrogenesis) 視為癌細胞腫瘤組織重要的病理生理 (pathophysiology) 機制，當腫瘤出現以後，腫瘤細胞會利用纖維化機制大量的釋出細胞外基質來建構腫瘤細胞相關的微環境，檢驗在餵食甜菜苷的小鼠的腫瘤組織的細胞外基質結構是否受到甜菜苷的影響。如果腫瘤組織的周圍的細胞外基質結構有受到甜菜苷的影響，再以細胞實驗證明分析甜菜苷如何影響細胞外基質的生成與堆積。目前已知，TGF- β 訊息傳遞機制和 Wnt/ β -catenin 訊息傳遞機跟癌細胞調控的建構細胞外基質結構有關，因此，我們也將分析在 BTN 是否也會影響兩個分子機制。

文獻探討

探討 betanin 與 betaxanthins 相比較，利用 ORAC 方法評估方法，betacyanins 有更高的抗氧化能力 (Kugler et al., 2007)。而關於癌細胞研究的文獻，betaxanthins 和 betacyanins 能夠減少 CaCo-2 結腸癌細胞中 H_2O_2 直接誘發引起的氧化損傷 (Farabegoli et al., 2017)。

過去研究曾表明糖化終產物 (RAGE) 會與 CTGF 和 TGF- β 1 形成的纖維化有關。一項研究利用長期餵養果糖的大鼠模擬糖尿病與心肌組織纖維化模式，藉由 betanin 介入觀察到 RAGE 的生成量有所改變，而相關性分析顯示 CTGF 和 TGF- β 1 也伴隨改變，因此被認為這些分子於糖尿病連結之心肌纖維化扮演重要角色，而這可能也表示 BTN 影響糖化或者降低糖尿病連結的心臟纖維化之作用 (Han et al., 2015)。甜菜苷可有效抑制 DN (糖尿病腎病) 中的腎纖維化，並可能減慢通過調節 TGF- β 信號通路進展至終末期腎病 (Brijesh et al., 2017) betanin 的細胞凋亡促進能力，可在肺癌細胞株中活化 caspase-3、caspase-7、caspase-9 以及 PARP，造成癌症細胞的死亡。BTN 減少了 CD31 + 內皮微血管的數量，表明肺腫瘤抑制作用是通過誘導

細胞凋亡和抑制血管生成(Zhang Q *et al.*, 2013)。

對於血管新生作用的影響，前人文獻指出橙色仙人掌梨提取物具有最高的抗血管生成活性，其 IC_{50} 為 $19.31 \mu\text{g/mL}$ ；接著是紅色及黃色的仙人掌梨提取物， IC_{50} 分別是 $23.55 \mu\text{g/mL}$ 與 $33.97 \mu\text{g/mL}$ 。根據結果和相關性分析，這些分子的行為根據其結構和物理化學特徵變化很大，並且可以假定甜菜鹼類之間的協同活性；因此，與用於潛在營養保健和藥物用途的分離的分子相比，植物複合物亦值得多些探討(Smeriglio *et al.*, 2019)。

研究方法

1. 主動脈環實驗

收集 SD 大鼠主動脈環後，平均分配至 96 微孔盤，其培養基為 DMEM 培養液。接著分成四組，分別是空白組、控制組(加血管內皮生長因子-VEGF 10 ng/mL 、VEGF + $2 \mu\text{M}$ betanin 組、以及 VEGF + $10 \mu\text{M}$ betanin 組，於 37 培養 7 天後觀察及攝影 (N=5)。

2. 動物實驗設計

嚴重合併免疫缺乏(SCID)雄鼠 20 隻，使適應環境後，分為四組：對照組，腫瘤組，低劑量腫瘤治療組

及高劑量腫瘤治療組。

3. 動物犧牲、檢體收集和石蠟切片 (paraffin section)

犧牲動物進行石蠟切片，並將切下檢體黏貼於載玻片。

4. H&E 蘇木紫-伊紅染色

Hematoxylin 呈色在細胞核，Eosin Y 則表現在細胞質與間質，染色優良的片子可以幫助我們在顯微鏡下看到清晰的細胞型態與變化。

5. Sirius-red 染色

此染色用於各種診斷領域，以觀察由癌症的纖維化水平。在顯微鏡中，可以觀察到以下情況：膠原纖維呈紅色。

6.(a) 免疫組織染色

利用抗體專一性對特定蛋白抗原的辨認結合，並以結合過氧化酶的二抗確認抗原位置，經由化學反應，而形成有色沉澱得以顯現出來。

(b) 細胞實驗(HT-29 細胞培養及其 betanin 處理測試)

在進行評估 BTN 實驗，將 10^5 HT-29 細胞培養於含有 10% FBS 或不含有 FBS 的 DMEM 培養液 24 小時後，利用 $10 \mu\text{M}$ 的 BTN 再處理培養 24 小時，培養時程共計 48 小時，之後，收集培養液與細

胞進行分析，對於細胞，我們使用含有蛋白酶抑制劑跟 phosphatase 抑制劑的 RIPA 緩衝液來萃取蛋白質。

(c) 免疫螢光染色

進行免疫螢光染色時，將 5×10^4 HT-29 細胞種在 12mm 的原型蓋玻片上，然後將細胞培養在無胎牛血清的 DMEM 細胞培養液 24 小時後加入 $10 \mu\text{M}$ 的 betanin，在加入 $10 \mu\text{M}$ 的 betanin 培養 24 小時，對照組則是將細胞培養於將細胞培養在無胎牛血清的 DMEM 細胞培養液 48 小時。在以含有 $10 \mu\text{M}$ 的 betanin 刺激的 HT-29 細胞後的細胞以含有 4% 的 paraformaldehyde 固定 10 分鐘，在加入 0.5% triton 處理，再以 1xPBS 將殘留的 paraformaldehyde 洗掉後進行一級抗體染色 2 小時，在以二級抗體進行螢光染色。染色後的細胞以附有 63 倍的油鏡 Leica 顯微鏡進行觀察。

(d) Western blot 西方墨點法

利用特定抗體能夠專一結合其抗原蛋白質的原理來對樣品進行著色，來分析檢測特定蛋白質的技術。

7. 統計資料

本研究中細胞實驗數據為至少三次獨立實驗之平均值及標準偏差 (SD)，統計差異由 student t-test 運算，兩組間答顯著差異，設定在 $p < 0.05$ 。動物實驗數據則依據各組不同隻數平均值及 SD，相互比較，顯著差異同樣設定於 $p < 0.05$ 。

實驗結果

1. 甜菜甘對於腫瘤大小之影響

本研究為探討 betanin (簡稱 BET) 對於免疫調節之作用；我們利用腫瘤模式來做測試。首先我們選擇大腸癌細胞株 HT-29 進行 *in vitro* 分析，同步將足量 HT-29 細胞株 (10^7 cells) 異種移植到小鼠身上，並給予 BET 由口管餵介入來完成 *in vivo* 測試。*in vitro* 結果如表 1，可發現 BET 劑量 1-100 μM 抑制 HT-29 增生並無呈現劑量效應，且最高劑量 BET (100 μM) 雖壓抑 10% 左右的細胞生長，但是標準偏差達 8.9，效應不明顯，且依據過去實驗經驗，至少壓制癌細胞 20% 才能較具代表性。

Table 1、BET 對於 HT-29 細胞株 48 小時存活率之影響

BET 劑量 (μM)	控制組 (0)	1	5	10	50	100
細胞存活百分比 (%)	100.0 $\pm$ 0.0	92.4 $\pm$ 2.0	91.7 $\pm$ 3.9	94.1 $\pm$ 3.1	93.0 $\pm$ 3.8	89.8 $\pm$ 8.9

然而，*in vivo* 測試結果卻顯示 BTN 有腫瘤生長抑制的效應，如下圖 1 表示。

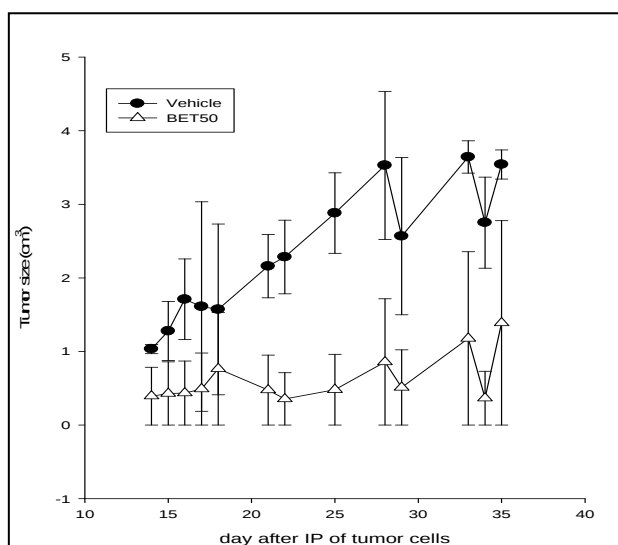


圖 1、BET 對於異種移植 HT-29 細胞之小鼠腫瘤生長的影响

利用 B6 黑小鼠植入 HT-29 細胞後，給予 BET (管餵，50 mg/kgBW/天，BET50)，發現 BET 組別腫瘤大小低於癌細胞植入對照組(vehicle)，呈現明顯的差距，且持續 2-3 週的觀察。在這邊我們將代表性的腫瘤拍下(圖 2)，此為小鼠植入 HT-29 細胞 5-6 週後的腫瘤狀態，經秤重後，Vehicle 組腫瘤重為 2.63 ± 0.90 ，然而 BET 組腫瘤重量為 0.87 ± 0.18 ，統計運算後明顯低於 vehicle 組($p < 0.05$)。

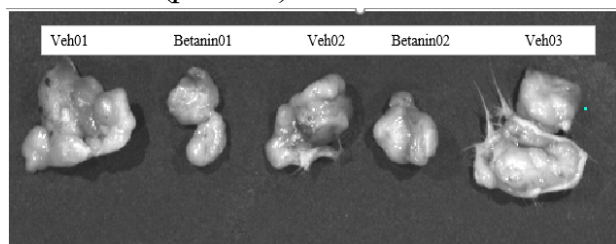


圖 2、實驗對照組和 BET 組別代表性腫瘤大小

雖然過去文獻指出 BET 透過細胞凋亡作用具 MCF-7 細胞之毒殺能力 (Nowacki et al., 2015)。但是上述數據可知，BET 不具有 HT-29 大腸癌細胞株的毒殺能力，不影響細胞存活或生長；然而動物體環境中，給予 BET 的小鼠卻能抑制癌細胞發展成為腫瘤，顯然 BET 對於大腸癌細胞有間接影響其發展腫瘤的能力。

2. 植入小鼠 HT-29 後生長的腫瘤切片概況

因此，接續實驗，我們做出假設，BET 會透過改變腫瘤微環境來使腫瘤發展受到限制，因此這邊開始的試驗利用 SCID 為對象來排除免疫系統影響之干擾。

我們同樣利用 HT-29 細胞株皮下注射植入 SCID 小鼠，待腫瘤生長後，開始介入 BET。首先 10^7 數量的 HT-29 細胞植入後開始觀察，兩週後可以看到皮膚隆起的腫瘤組織。這些組織利用組織染色可定義腫瘤結構；在 H&E 染色及 Sirius red 染色後可清楚看到，在沒有植入腫瘤細胞的皮膚由上而下分別是表皮層、真皮層、皮下脂肪層以及肌肉層 (參考圖 3, Normal)。而在有 HT-29 細胞植入的小鼠皮膚層中，腫瘤細胞生長於肌肉層下方，由於植入細胞的生長皮膚各層受到生長的腫瘤組織壓迫，其中皮下脂肪受到擠壓變非

常薄，而肌肉層則變得更緊密結實(圖 3, HT-29 Xenograft)；並且在肌肉層跟腫瘤組織間有一層緻密的細胞外基質建構結締組織生成，此一結締組織層在 **Sirius Red** 染色呈現紅棕色，推測就是 **CAF** (圖 3, HT-29 Xenograft, Sirius red)，在這個結締組織層中只有若干梭型細胞核生長，在此一結締組織下方為腫瘤細胞生長區域。構成腫瘤組織中除了 HT-29 細胞以外，也有不少非 HT-29 細胞生長；由組織切片觀察可以看到，緻密的結締組織細胞層下方為一群 Eosin 染色呈現較淡的細胞群；接續在這群細胞下方則有一群 Eosin 染色較深的細胞，這群細胞層的細胞顯示有較高的核(Hematoxylin 染色)質(Eosin 染色)比，即可判斷該層細胞為分裂旺盛的腫瘤細胞層(圖 3，CAF→cancer)。

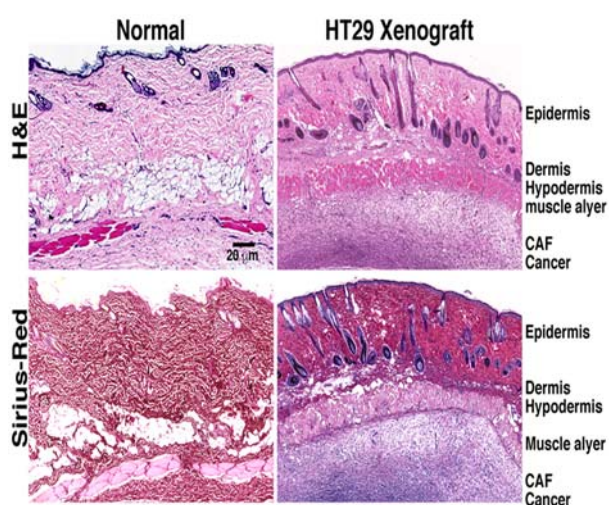


圖 3、正常皮膚組織與 HT-29 腫瘤組織結構比較

3.甜菜苷降低細胞外基質堆積

接續我們觀察 BET 對於腫瘤組織細胞外基質的分佈，經電腦軟體計算細胞外基質區域大小跟顯微觀察區域的比例來量化指標，顯示對照組小鼠(圖 4，0 顯示實驗對照組)的腫瘤組織中，細胞外基質佔 10%面積，而 BET 的低高劑量組(25 及 50 mg/kg/day) 給予 1 週後，量化的細胞外基質佔有面積比例分別為 4.8%和 3.4% (圖 4)，呈現下降的效應，統計上達顯著意義。由這項結果可知甜菜苷 BET 雖然無法直接改變 HT-29 細胞的生長，卻能對腫瘤環境中細胞外基質的生成有著明顯的改變。

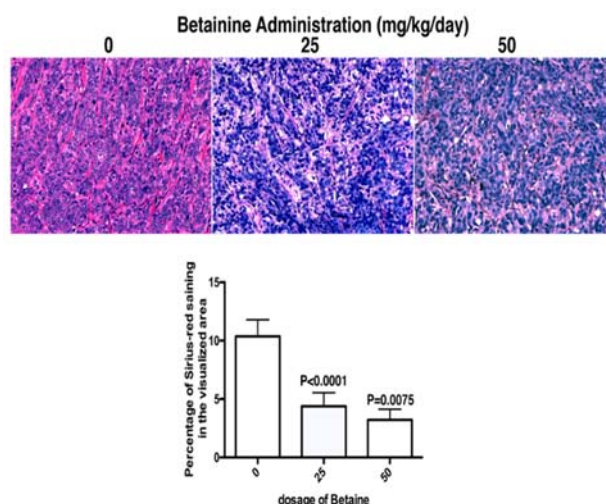


圖 4、Sirius-red 染色細胞外基質 (extracellular matrix, ECM) 呈現明顯較少。Sirius-red 染色細胞外基質 (extracellular matrix, ECM) 呈現明顯較少， $p < 0.05$ 具有統計意義，即甜菜苷具抑制腫瘤細胞周邊組織 ECM 作用。

4. 甜菜苷可減少 CAF 在腫瘤組織中的分佈

在過去文獻曾指出 CAF、內皮細胞 (endothelial cell) 和免疫細胞都會出現在快速生長的大腸直腸癌細胞周圍，共伴著腫瘤細胞生長，亦使腫瘤組織發展 (Tommelein et al., 2015)。由於這是一群高度表現細胞外基質蛋白的細胞，推論可能是 CAF 細胞。在實驗分析中，可以利用 α -smooth muscle actin (α -SM actin) 作為這些共伴細胞的特定細胞標記 (Rupp et al., 2015)。因此我們再染 α -SM actin 來呈現 CAF 細胞數目，結果如圖 5 表示，實驗對照組 (劑量 0) 呈現多量 α -SM actin 的染色結果，量化後數值約 12%，即腫瘤組織中 CAF 所占比例。當以 BET 介入後 1 週，在低和高劑量 (25 和 50 mg/kgBW) 的 BET，雜合 α -SM actin 染色淡，呈淡黃褐色，量化後數值分別是 5% 和 3%，表示 CAF 區域占比低於對照組。透過統計分析，相較於對照組 (0)，達到統計差異性的下降，**顯然 BET 可以減少腫瘤微環境中腫瘤相關纖維母細胞的族群。**

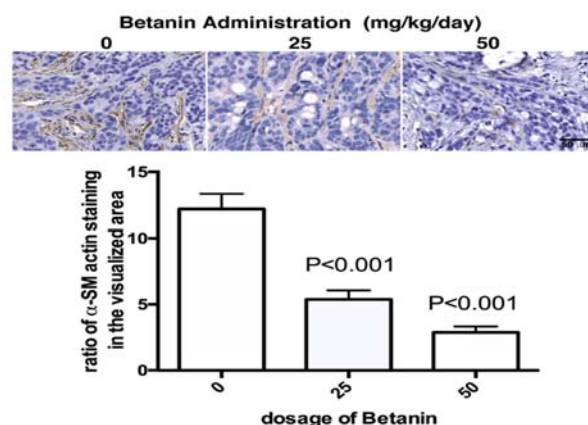


圖 5、 α -Smooth muscle actin 染色細胞外基質呈現明顯較少

5. 甜菜苷降低 HT-29 細胞纖維化相關分子表現

雖然 BET 不影響 HT-29 的存活或生長，在腫瘤生長環境卻能抑制纖維化，所以接下來回到細胞培養，檢測 BET 有否影響 HT-29 產生纖維化分子的能力。

結果如圖 6，含有血清的培養基 (serum+DMEM) 相較不含血清的培養基 (DMEM)，所培養的 HT-29 會生成較高量的 TGF- β ，表現量高出 4 倍左右，此結果顯示血清的若干成分會刺激 HT-29 細胞表現 TGF- β 。然而，將 10 μ M 的 BET 加入不含血清的培養基，相較控制組，我們發現 HT-29 細胞 TGF- β 表現量只剩 1/3 不到，量化數據後把數次獨立試驗統計，差異呈現顯著地降低 ($p=0.0021$)。

另外，含有血清的培養基 (serum+DMEM) 相較不含血清的培養基 (DMEM)，所培養 HT-29 的磷酸化

Smad2 (p-Smad2)表現量沒有差異，顯示血清中成分不影響 Smad 蛋白質表現，然而，當 10 μ M BET 處理 24 小時後可降低 p-Smad2 表現量；經量化數據後，比較控制組，BTN 處理組顯著降低 p-Smad2/Smad2 比例 ($p < 0.0001$)。

此結果可推論 BET 阻斷 TGF- β /Smad2-Smad3 訊息，達到抑制腫瘤環境纖維化的作用。

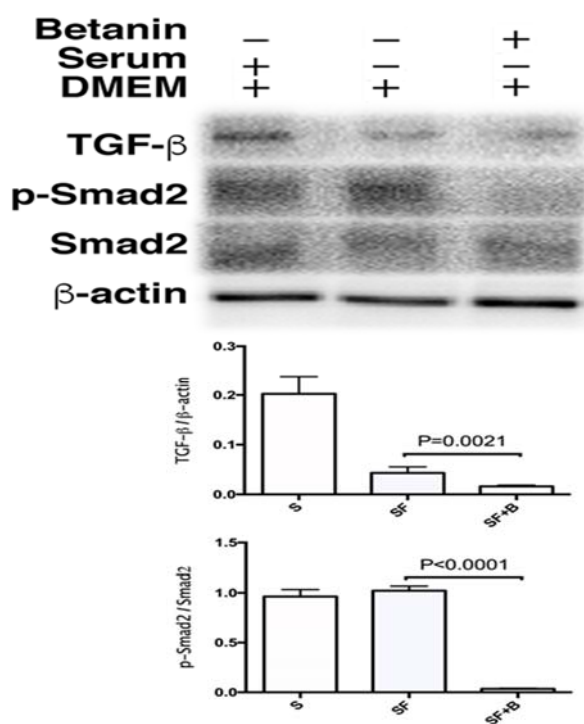


圖 6、甜菜苷對 HT-29 細胞中 TGF- β 及 Smad-2 蛋白質表現量的影響

6.甜菜苷調降 Wnt/ β -catenin 訊息傳遞

在 HT-29 細胞的 Wnt/ β -catenin 訊息傳遞也是處於異常活化狀態 (Yu et al., 2019)，雖然目前尚未證實 HT-29 細胞的 Wnt/ β -catenin 跟細胞外間質的出現有直接的關聯性，然而，其它組織細

胞型態發現到 Wnt/ β -catenin 的訊息傳遞會誘發組織發生纖維化 (Blyszczuk et al., 2017)。一般來說，Wnt 跟受器結合後，會讓 β -catenin 跟 E-cadherin 的結合體解離，並釋放到細胞質中，如果 β -catenin 在細胞質沒有被 GSK-3 β 激酶磷酸化 (磷酸化後會導向蛋白質降解之負向調節)， β -catenin 就會進入細胞核去執行其相關基因的轉錄轉譯調控功能。

實驗結果 (圖 7) 顯示，在實驗對照組細胞 (0 μ M) 可以清楚觀察到 β -catenin 和 E-cadherin 有 merge，共同出現在細胞-細胞結合體的位置；而 10 μ M BET 處理後的 β -catenin (綠色) 從細胞-細胞結合體分離，因此未能觀察到 β -catenin 和 E-cadherin 共同出現的細胞-細胞結合體 (並無 merge)。進一步再以 Western blot 測定 β -catenin 的蛋白質表現量，發現 BET 明顯降低其 2/3 的量 (圖 8)。根據本項結果，我們推論 BTN 處理 HT-29 時可能透過將 β -catenin 磷酸化，使磷酸化 β -catenin 走向蛋白質降解 (degradation)。

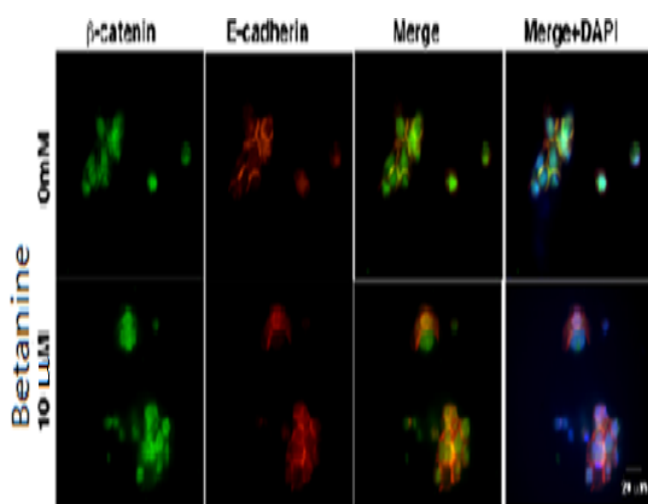


圖 7、甜菜苷對 HT-29 細胞 E-cadherin 與 β -catenin 蛋白質連結之螢光顯影

實驗討論和結論

1. 動物實驗跟細胞實驗結果，我們證明了 BET 不毒殺 HT-29 細胞，但是可抑制 HT-29 細胞 TGF- β 的表現與其傳導訊息，同時干擾 Wnt/ β -catenin 的訊息傳導，進而影響了 HT-29 細胞跟 CAF 的交互作用，該結果也對應到小鼠介入 BET 的腫瘤抑制效果。
2. BET 影響 TGF- β 表現量，同時抑制 Smad2 的轉錄活性 (transcriptional activity)，對於 BET 抑制 Smad2 的轉錄活性，我們推測是 TGF- β 量降低的結果，而不是 BET 直接干擾 Smad2 的轉錄活性，由於 Smad2 是 TGF- β 訊息傳導路徑的下游分子，它的活性本身就受到 TGF- β 跟 TGF- β 1 receptor 結合所調節 Smad2 的磷酸

化，因此 TGF- β 表現量降低，也影響磷酸化 Smad2 在細胞內的表現量。

3. 目前已知 TGF- β 和 Wnt/ β -catenin 都跟癌症細胞外基質的蛋白合成有關，由 TGF- β 活化 TGF- β 受體，並使得 Smad2/Smad3 磷酸化以後，磷酸化的 Smad2/Smad3 跟 Smad4 結合後活化的 Smad2/Smad3/Smad4 蛋白負複合體的轉錄功能，本計畫研究案發現 BET 能抑制癌細胞相關的細胞外基質製造。
4. 由於 Wnt/ β -catenin 訊息傳導與建構腫瘤基質有關，且異型 E-cadherin / N-cadherin 複合物介導 CAF 和腫瘤細胞的交互作用 (Liu et al., 2019)。這種 CAF-癌細胞交互作用讓 β -catenin 蛋白跟 α -catenin 蛋白及 vinculin 交互作用引導肌動蛋白重塑，CAF 可以施加物理力到癌細胞，活化癌細胞的轉移，另一方面，CAF-癌細胞交互作用讓 β -catenin 蛋白跟 α -catenin 蛋白及 vinculin 的交互作用來活化 β -catenin 的轉錄活性 (Maeda et al., 2019)。受到異型 E-cadherin / N-cadherin 複合物的作用，或 Wnt 結合的 receptor 上， β -catenin 會從 E-cadherin / N-cadherin 複合體脫離，並且進入細胞質，在細胞質中的 β -catenin 可能會 GSK-3 β 激酶磷酸化，磷酸化的 β -catenin 會進入的蛋白降解裝置發生 β -catenin 的降

解(degradation)；但如果在細胞質中的 β -catenin 沒有被 GSK-3 β 激酶磷酸化，則會進入細胞核來執行 β -catenin 調節的轉錄活化功能。在檢驗 BET 對於 Wnt/ β -catenin 訊息傳導的影響，經分析 E-cadherin 跟 β -catenin 表現量後，我們發現 BTN 使 E-cadherin 和 β -catenin 表現量皆有所降低，即推測 BTN 可能活化 GSK-3 β 激酶活性而促使 β -catenin 走向降解路徑，所以再加入 BET 後， β -catenin 在 HT-29 細胞的表現量才降下來。BET 會使 β -catenin 離開 E-cadherin/N-cadherin 複合體，同時檢視細胞核位置，細胞核中並無異常的 β -catenin 螢光表現，此部分結果驗證 BET 造成 β -catenin 在細胞質中被磷酸化而走向被降解的結果。

5. SCID 小鼠皮下植入 HT-29 細胞建立腫瘤模式，發現到 BET 降低腫瘤生長微環境的發展。

6. SCID 小鼠是為免疫系統缺陷的小鼠，其特性包含 T 細胞及 B 細胞相關的免疫缺陷，使植入的癌細胞利於生長。但由於此一小鼠並無正常的 T 細胞及 B 細胞的細胞免疫系統，所以此一動物模型則無法觀察評估藥物對於細胞免疫系統監控腫瘤細胞機制，以及藥物調控 T 細胞或 B 細胞以促進細胞免疫機制的腫瘤生長

抑制效果。

7. 此外，BET 亦是活性氧物質的清除劑，可以促進 Nrf2 蛋白的轉譯活性，並促進細胞解毒、抗氧化能力，來誘發提升細胞的抗氧化防禦機制。再者，BET 可能阻止 LDL 氧化和 DNA 損傷 (Esatbeyoglu et al., 2014)，因此對於癌症發展的降低具潛力。過去文獻中，BTN 對於癌細胞抑制功效僅僅只有於細胞實驗結果看到，同時不同癌細胞株展現不同效應。例如，Nowacki 等學者觀察到 BTN 可以刺激乳癌細胞株 MCF-7 的細胞凋亡、改變粒線體膜電位改變、活化細胞自噬(autophagy)等，但在我們使用 HT-29 細胞實驗中並沒有看到這些生物機制，然而，在我們未發表的數據中，有看到 BET (10 μ M) 對於小鼠巨噬細胞 RAW264.7 有誘發 LC II 分子表現而引起 autophagy 的能力。因此，我們推測與不同的癌症細胞株對於 BET 分子的敏感性不同導致。這也說明 BET 對於不同癌細胞生存的影響機制有所差異，可能透過『直接』(直接毒殺或凋亡癌細胞)或『間接』(例如透過破壞腫瘤微環境)影響之。

結論

本篇研究結論為甜菜苷(betainin, BET)可能透過調節腫瘤細胞周邊組織ECM的發展作用，包括降低TGF- β 、磷酸化Smad-2以及降解 β -catenin機制而達到抑制HT-29在腫瘤微環境生長之作用。

參考文獻

- [1] Brijesh S, Madhusudan S (2017) Betanin, isolated from fruits of *Opuntia elatior* Mill attenuates renal fibrosis in diabetic rats through regulating oxidative stress and TGF- β pathway. *Journal of Ethnopharmacology* 198: 432–443.
- [2] Esatbeyoglu T, Wagner AE, Motafakkerazad R, Nakajima Y, Matsugo S, Rimbach G (2014) Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells. *Food Chem Toxicol* 73: 119–126.
- [3] Farabegoli F, Scarpa ES, Frati A, et al. (2017) Betalains increase vitexin-2-O-xyloside cytotoxicity in CaCo-2 cancer cells. *Food Chem* 218: 356–364.
- [4] Han J, Tan C, Wang Y, Yang S, Tan D (2015) Betanin reduces the accumulation and cross-links of collagen in high-fructose-fed rat heart through inhibiting non-enzymatic glycation. *Chem Biol Interact* 227: 37–44.
- [5] Kugler F, Graneis S, Stintzing FC, Carle R (2007) Studies on betaxanthin profiles of vegetables and fruits from the Chenopodiaceae and Cactaceae. *Z Naturforsch C* 62: 311–318.
- [6] Li Y, Li S, Meng X, Gan RY, Zhang JJ, Li HB (2017) Dietary natural products for prevention and treatment of breast cancer. *Nutrients* 728: 1–38.
- [7] Liu S, Chen S, Zeng J (2017) TGF- β signaling: a complex role in tumorigenesis (Review) *Mol Med Rep* November 6: 699–704.
- [8] Maeda M, Takeshima H, Iida N, Hattori N, Yamashita S, Moro H, Yasukawa Y, Nishiyama K, Hashimoto T, Sekine S, Ishii G, Ochiai A, Fukagawa T, Katai H, Sakai Y, Ushijima T (2019) Cancer cell niche factors secreted from cancer-associated fibroblast by loss

of H3K27. *Gut* 13:1–9.

[9] Nowacki L, Vigneron P, Rotellini L, Cazzola H, Merlier F, Prost E, Ralanairina R, Gadonna JP, Rossi C, Vayssade M (2015) Betanin-enriched red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract induces apoptosis and autophagic cell death in MCF-7 cells. *Phytother Res* 29(12):1964-1973.

[10] Schwartz SJ, von Elbe JH, Pariza MW, Goldsworthy T, Pitot HC (1983) Inability of red beet betalain pigments to initiate or promote hepatocarcinogenesis. *Food Chem Toxicol* 21(5): 531-535.

[11] Suntres ZE (2018) Exploring the potential benefit of natural product extracts in paraquat toxicity. *Fitoterapia* 131: 160-167.

[12] Smeriglio A, Bonasera S, Germanò MP, D'Angelo V, Barreca D, Denaro M, Monforte MT, Galati EM, Trombetta D (2019) *Opuntia Ficus-indica* (L.) Mill. Fruit as source of betalains with antioxidant. *Phytother Res* 33(5): 1526-1537.

[13] Zhang Q, Pan J, Wang Y, Lubet R, You M (2013) Beetroot red (betanin) inhibits vinyl carbamate- and benzo(a)pyrene-induced lung

tumorigenesis through apoptosis.

MolCarcinog 52(9): 686-691.



義大醫院、義守大學近期活動

義大醫院

麻醉的幾件新鮮事

主講人：義大癌治療醫院林真福副院長

日期：109年1月2日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

Digital dentistry

主講人：義大醫院口腔重建科張淳涵醫師

日期：109年1月9日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

新興傳染病

主講人：義大醫院感染科曾秉軒醫師

日期：109年2月6日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

When your paper is rejected

主講人：義大醫院影像醫學部陳中和榮譽教授級主治醫師

日期：109年2月27日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

臨床抗生素使用原則

主講人：義大醫院感染管制部黃俊凱部長

日期：109年4月9日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

義守大學

義守大學高中生校園參觀日

活動對象：各高中職學生

日期：109年2月15日(六)

地點：義守大學校本部與醫學院區之各學院學系

科技部消息

* 科技部徵求臺印雙邊協議型擴充加值(add-on)國際合作研究計畫

- 一、我方計畫主持人與印方研究人員研擬共同計畫時，請連同「原計畫」擬提供合作內容及經費，併入本次申請「雙邊協議型擴充加值國際合作計畫」經費後，列為我方合作計畫經費總數。
- 二、本部補助我方「擴充加值」經費項目包括：國際合作主持費(主動增核)、國際合作所需業務費、赴國外差旅費等。
- 三、合作領域：
 - (一)Artificial Intelligence, IoT (Internet of Things), Big Data, Cyber Security。
 - (二)Renewable Energy(solar energy and bioenergy)/ Clean Energy。
 - (三)Micro/Nano-electronics, embedded systems & sensors。
 - (四)Biotechnology, Health care including functional genomics, drug development and biomedical devices, Agriculture and Food sciences。
- 四、聯絡資訊：
 - (一)臺方(MOST)：科教發展及國際合作司
張華維(Michael Chang) Email : hwchang@most.gov.tw

(二)印度(DST)： International Cooperation Division, DST, Ministry of Science and Technology, Government of India

Dr. Chadaram Sivaji Scientist F Email: sivaji@nic.in

五、計畫申請截止日：108年11月25日至109年2月25日止。

六、訊息相關網址：<https://www.most.gov.tw/folksonomy/rfpList>。

產學合作消息

* 經濟部技術處「鼓勵中小企業開發新技術計畫」(SBIR)

- 一、SBIR計畫就是「小型企業創新研發計畫(Small Business Innovation Research)」，它是經濟部為鼓勵國內中小企業加強創新技術或產品的研發，依據「經濟部促進企業開發產業技術辦法」所訂定的計畫，期望能以此協助國內中小企業創新研發，加速提升中小企業之產業競爭力，以迎接面臨之挑戰。
- 二、申請資格：依公司法設立之中小企業。
- 三、受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期。
- 四、相關連結：<http://www.sbir.org.tw/index>。

* 勞動部勞動力發展署高屏澎東分署「補助大專校院辦理就業學程計畫」

- 一、為提升大專生之就業知識、技能、態度，爰補助大專校院辦理實務導向之訓練課程，以協助大專生提高職涯規劃能力，增加職場競爭力及順利與職場接軌。課程包含「專精課程」、「職場體驗」及「共通核心職程課程」。
- 二、申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學。

三、受理期間：依網站公告為主，每年約2、3月。

四、相關連結：https://www.wda.gov.tw/News_Content.aspx?n=85E1E406503C665B&sms=4AB77FB5C324175E&s=C6A795A82C17519E。

* 產業升級創新平台計畫

一、經濟部工業局原推動之「標竿新產品創新研發輔導計畫」(含主導性新產品計畫、創新應用服務計畫)，自104年起調整為「產業升級創新平台輔導計畫」，以「推高質」、「補關鍵」、「展系統」以及「育新興」等四大策略，「產業高值計畫」、「創新優化計畫」、「新興育成計畫」、「主題式研發計畫」、「研發貸款計畫」5大計畫，透過研發補助方式，鼓勵企業投入研發創新活動，開發具市場競爭力之產品或服務，提升自主研發能量技術，期以提升我國產業附加價值、產業結構優化，並鏈結國際市場。

二、申請資格：由單一企業或多家企業聯合提出申請；或可由企業與學術機構或法人機構共同提出申請(各計畫規範不同，詳情請參閱各計畫說明)。

三、受理期間：「產業高值計畫」、「創新優化計畫」、「新興育成計畫」計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期；其餘兩項依計畫辦公室公告為主。

四、相關連結：<https://tiip.itnet.org.tw/>。

*經濟部技術處「A+企業創新研發淬鍊計畫」相關計畫

- 一、為引導業者投入具潛力的前瞻產業技術開發，並鼓勵進行跨領域整合，以完備我國產業生態發展，經濟部技術處以「A+企業創新研發淬鍊計畫」名稱銜接原「業界開發產業技術計畫」，期望引導產業投入更具價值的高階先進技術開發，並鼓勵垂直領域及跨領域整合，協助補足產業缺口，發展完整產業生態體系，使產業創新成果發揮更大效益。
- 二、申請資格：依公司法設立之本公司或從事與創新服務研究發展活動相關具稅籍登記之事務所及醫療法人、財務健全、其專業團隊具從事提供知識之創造、流通或加值之工作經驗且有實績者，均可提出計畫申請。
- 三、受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期。
- 四、相關連結：<https://aiip.tdp.org.tw/index.php>。

*經濟部工業局「協助傳統產業技術開發計畫」(CITD)

- 一、為落實照顧傳統產業政策，經濟部工業局度積極透過「協助傳統產業技術開發計畫」，將近投入新台幣4億元，協助並鼓勵傳統產業進行新產品開發、產品設計及聯合開發，預計將嘉惠290家以上傳統產業業者，提升其競爭力。
- 二、申請資格：須為民間傳統產業業者(詳細資格條件請參閱網站)。
- 三、受理期間：每年兩次，約為12月-隔年1月、4-5月(依網站公告為主)。
- 四、相關連結：<http://www.citd.moeaidb.gov.tw/CITDweb/Web/Default.aspx>。

*經濟部「學界協助中小企業科技關懷計畫」

- 一、旨在鼓勵更多中小企業投入產業技術研發，透過「認養計畫」之推動，由國內大專院校之學者專家擔任中小企業的短期顧問，協助廠商標定問題並進行技術諮詢與服務。
- 二、申請資格：
 - (一)參與專家資格：全國各公私立大專院校任教之現職專任教師。
 - (二)參與廠商資格：依法辦理公司登記或商業登記且符合「中小企業認定標準」之公司或企業。
- 三、受理期間：本計畫採逐月審查，分個案及專案計畫，額滿為止。受理期間為2-3月(依網站公告為主)。
- 四、相關連結：<http://sita.stars.org.tw/index.aspx>。

*科技部「補助產學合作研究計畫」

一、整併原有的大產學、小產學及數位產學相關補助要點，並建構產業需求導向之產學合作模式，以整合運用研發資源，發揮大學及研究機構之研發力量，以期能透過產學的團隊合作與相互回饋的機制，提升國內科技研發的競爭力。分為「先導型」、「應用型」及「開發型」計畫。

二、申請資格：

(一)申請機構：係指公私立大專校院、公立研究機構及經本會認可之財團法人學術研究機構。

(二)合作企業：係指依我國相關法律設立之獨資事業、合夥事業及公司，或以營利為目的，依照外國法律組織登記，並經中華民國政府認許，在中華民國境內營業之公司，並以全程參與本會產學合作研究計畫為原則。

三、受理期間：(依網站公告為主)

(一)先導型產學合作計畫，申請日期約為每年2月。

(二)應用型產學合作計畫，申請日期約為每年2月及7月。

(三)開發型產學合作計畫，申請日期約為每年2月、7月及10月。

四、相關連結：https://www.most.gov.tw/folksonomy/list?subSite=&l=ch&menu_id=4dda1fd8-2aa9-412a-889b-9d34b50b6ccd&view_mode=listView。

*科技部「產學技術聯盟合作計畫(產學小聯盟)」

一、產學小聯盟鼓勵學術界研究人員以其過去研發之成果為主軸，成立「核心技術實驗室」，整合與該核心技術相關的企業，將其所累積之研發能量提供對外協助與服務，以實驗室為核心，與業界共同組成會員形式之產學技術聯盟，讓產、學間增加互動，提升業界的競爭能量及技術能量。本計畫以多年期個別型計畫形式提出。

二、申請資格：

(一)申請機構(以下稱計畫執行機構)：係指公私立大專校院及公立研究機關(構)。

(二)計畫主持人及共同之資格：比照本部補助專題研究計畫作業要點第三點規定。

(三)產學技術聯盟合作計畫：指學術界研究人員以其過去研發之成果及核心技術為主軸，對外提供協助與服務為目標之計畫，可由單一或多位研究人員組成，其項目應涵蓋核心技術之內容、該技術之應用性、未來可能參與共同組成會員形式之聯盟會員及該聯盟運作計畫等。

(四)聯盟會員：指依商業登記法登記之獨資或合夥事業、公司或財團法人。

三、受理期間：依網站公告為主，每年約5~8月。

四、相關連結：http://web.etop.org.tw/eTop_Alliance/。



義守大學 研究發展處

84001 高雄市大樹區學城路一段1號

電話：07-657-7711

傳真：07-657-7471

Mail : research@isu.edu.tw



義大醫院 醫學研究部醫學教育部

82445 高雄市燕巢區角宿里義大路1號

電話：07-615-0011

傳真：07-615-5352

Mail : ed103308@edah.org.tw

ed100075@edah.org.tw

發行人： 陳振遠 校長

杜元坤 院長

總編輯： 林麗娟 副校長

楊生滿 副院長

沈季燕 副校長

沈德村 行政長

陳俊益 研發長

編輯部： 郭光明組長、盧雅真代
理組長、陳映臻小姐

陳素婷副理、李雅純小姐、
陳麗芬小姐

