

電腦會有人文藝術的創作能力嗎？

作者：蘇豐文

人工智慧與人文藝術創作應用與研究

作者簡介：蘇豐文任職於清華大學資訊工程學系和資訊系統與應用研究所。研究領域是智慧型代理人、機器學習理論、基因體知識管理與生物資訊。

前言

人生活在世界上利用各種感官了解這個世界，與自然界物體互動產生的形聲色味的變化，進入到人的感官感受產生了主觀情緒的詮釋，在透過各種不同工具與方法將感受紀錄表達下來，藉以傳播影響其他的人，這便是人文藝術的創作過程。人文藝術創作最大宗的是文學，音樂與美術。文學是透過文字語言表達，音樂用樂器或歌唱表達，而美術用雕刻或繪畫表達。

人工智慧是一個探討如何利用機器來建構模擬人類智慧與能力的學問。所有人類的智慧行為都是人工智慧所探討的心理認知模型。過去人工智慧的研究從很多基礎的訣竅式搜索法、問題解法與規劃、自動邏輯推理模型、不確定模糊推理模型、知識表示法、情緒計算、常識推理、歸納學習演算法、最佳化演算法、類神經網路與深度學習等，有些甚至從生物與自然界的到靈感如：模擬退火演算法（simulate anneal arithmetic）、基因演算法（genetic algorithm）、群體智慧（swarm intelligence）等。在專家系統時代，藉著規則式推理與知識的擷取，很多特定疾病領域的醫療診斷系統被建構，診斷的正確率可以達到比一般新進醫師還高。

隨著類神經網路深度學習研究的進步，2016年AlphaGo[1]打敗了人類圍棋九段高手之後，人工智慧的研究奠定了一個很重要里程碑。人們也開始相信人工智慧有一天終超越人類甚或取代人類的工作。但是人文藝術創作也是人類的天賦能力，牽涉到高度的智慧與技巧外，也訴諸所謂難以解釋的靈感與美感，似乎是機器很難以模擬取代的。

歷史上很多的藝術天才（如莫札特音樂家、達文西美術家、蘇東坡文學家等）具有高人一等的天賦可以產生傳頌不朽的作品。這些能力人工智慧有一天可以達到嗎？本文並不想探討人工智慧技術是否有一天會取代人類天才，而是舉出目前一些實例有關人文藝術創作的觀念與做法，這些技術水平（state of arts）可以讓有興趣的初學者藉以入門找到自己研究方向上的啟發。過去人文藝術的欣賞與評估牽涉到太多主觀判斷與個人化的因素，衡量標準很難以一個科學與客觀的標準來論斷，所以往往所提出的藝術創意的模型很難評估是否已經具備與人類相同的創作能力。

人類創作與機器創作的分辨

1950年代人工智慧先驅涂林提出所謂的涂林測試（Turing test）[2]的觀念，藉以評估機器是否達到人類的某種智慧的能力。我們可以將其延伸到創作力的解釋，當一個藝術作品若讓人分辨不出是人或機器創作時，我們可以說機器已具有跟人一樣創作能力。所以當電腦能創作出一個藝術品讓人分辨不出是否是機器所做時我們就不得不承認電腦已開始有人類相同的創作能力了。

目前電腦深度學習，巴黎第六大學電腦科學實驗室（LIP6）與索尼電腦科學實驗室（Sony CSL Paris）發表了「深度巴赫」（DeepBach）[3]的深度學習模型，使用352首由巴赫創作的四聲部聖詠對類神經網路模型進行訓練後創作出新的曲子，其創作的曲子風格連專家都難以分辨是否是巴赫原創的曲子。雖然如此我們對於藝術創作的理解仍然是

很多不清楚的，例如藝術美感的定義，何謂好看的畫、好聽的曲子、好感動的故事、好詩好文章，為什麼藝術品有些人欣賞有些人不欣賞？曲有曲風、文有文風、舞有舞風、畫有畫風，古典音樂流行音樂的各種分類與風格是透過何種特徵如何定義的？文章的風格又是如何定義。藝術上過去一些「不可言喻」的神秘部分，或許透過人工智慧終究仍無法很清楚



涂林。(美國國家安全局 NSA)

回答人是怎麼擁有藝術創作與美感的，但新近的深度學習技術卻正在透過各種模擬學習來理解，讓這些不容易說清楚的神秘部分透過模擬可以讓人可透過模型參數的控制各種實驗重現。透過人工智慧模型我們也逐漸的解構與了解了這一部分的神秘面紗。

雖然我們用話說不清楚莫內的畫風與梵谷的畫風有何不同，但是最近的深度學習卻可以透過模型將一幅畫或照片重組為不同風格的轉換 [4]。主要是深度學習的類神經網路已經可以將一幅畫的各種線條、紋路、形狀、顏色等特徵，經由多層類神經網路的分工，將各種不同層次的特徵，在模型中巧妙的排列組合成各種不同風格的畫呈現。這要歸功於深度學習的影像辨識的比賽，將影像辨識所需的特徵透過大數據的訓練讓深度學習模型的每層類神經網路自動分工擷取到各種不同層次的特徵，有了這些不同抽象程度的特徵的就可以描述各種風格的畫。

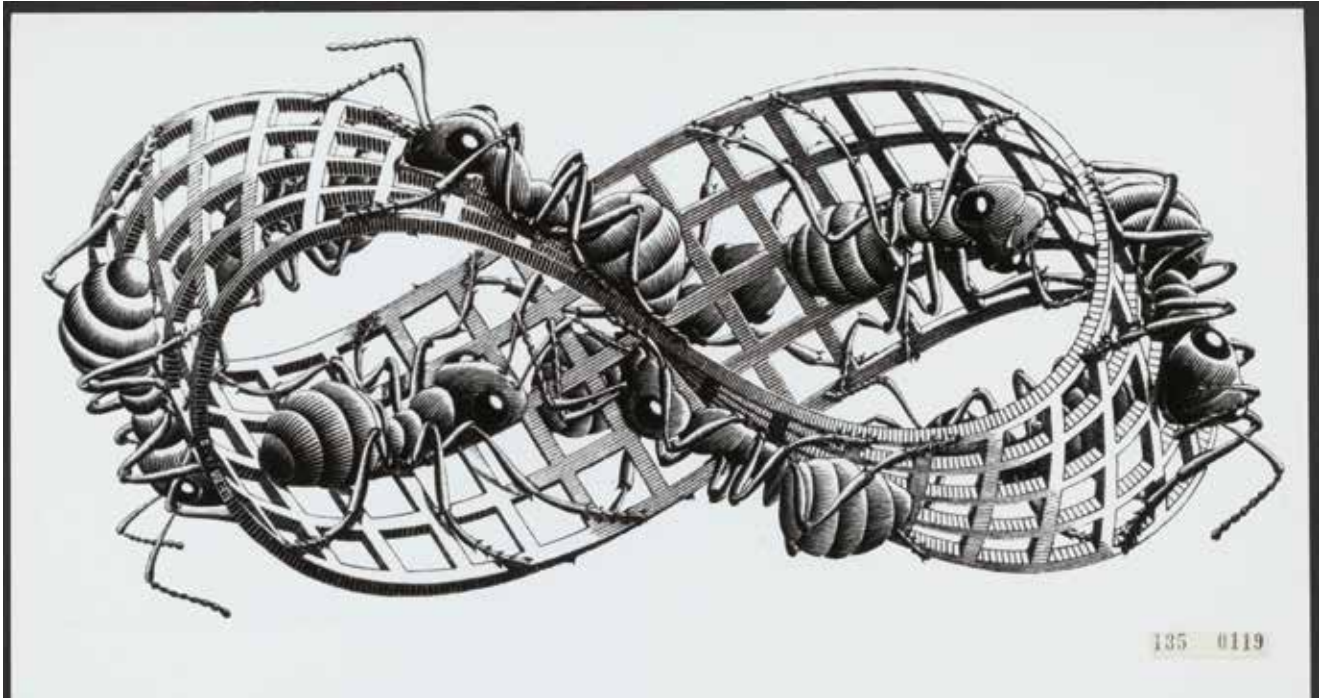
另一個重要的轉變是端對端 (end-to-end) 的訓練的概念，過去傳統處理影像辨識或機器學習都習

慣與先做特徵抽取的步驟，由人類學者將要辨識的物件的特徵事先理解後提出相關必要的特徵，交給電腦機器學習模型去做分類器學習。而往往提取的特徵有效辨識率就好，提取特徵不易辨識效率也變差，而且不同物件的辨識都要事先設計特徵或做好特徵提取，這對全自動與一般化是非常不利的。深度學習的模型允許大數據的訓練例子做端對端的訓練 (輸

入端式訓練例子的表示法與輸出端是欲辨識例子對應的正確分類)，也就是特徵擷取與分類都在深度學習模型中自動解決了，不需要人為介入。深度學習在影像處理成功後，如此的觀念也正在文字處理的文學與音訊處理的音樂研究領域中如法泡製。我們可以預期未來音樂風格或文體風格的轉換也可以讓人們驚嘆。

數學與藝術

在我們尚未進入人工智慧主題前，我想先介紹幾個有關電腦與人文藝術創作的探討，一個是數學邏輯與藝術的相似之處的哲學探討。我們想要用人工智慧科技來重現藝術創作，意味著美感與藝術事實上多少有些數理的關係為基礎。而人工智慧的模型更企圖將這創作的認知過程更近一步的模擬出來，使得藝術的創作得以用模型參數控制來產生不同結果並可以檢視創作的成果與參數間的關係。



圖一：木刻雕畫家埃雪兒擅長利用人類視覺的局部一致性來挑戰全局一致性。（荷蘭國家檔案館，<https://www.nationaalarchief.nl/>）



圖二：分形函數利用自身對稱來達成遞迴的數學藝術美。（維基，David R. Ingham）

1979年侯世達 (Douglas Hofstadter) [5] 是第一個探討哥德爾 (Kurt Gödel) 的數學邏輯，埃雪兒 (Maurits Escher) 的木雕畫藝術 [6] 與巴赫的對位和聲音樂三者之間的關聯，他指出三者主要都有所謂遞迴 (recursion) 與自身指涉 (self-reference) 的觀念，邏輯上一個矛盾的自身指涉的敘述，被哥德爾指出是無法證明為真或假的。而其所涉及到局部一致 (local consistency) 與全域不一致 (global inconsistency) 的邏輯矛盾，跟視覺上我們的感官會被事實上不可能的木雕畫作品所欺騙

是異曲同工的。音樂上和諧與不和諧的概念與和弦進行也跟邏輯的一致性相關。邏輯上一致與和諧可視為相同觀念，那不一致就可視為不和諧。卡農的音樂就涉及到數學上的遞迴概念。所以音樂藝術在創作上還是有其一定數理邏輯的脈絡與基礎並非隨性而為。

跟自身指涉的遞迴觀念近似的是數學上的分形 (fractal) 函數，1975年，曼德布洛特 (Benoit Mandelbrot) 在《自然界中的分形幾何》(The Fractal Geometry of Nature) 一書中提出了分形的概念。fractal 是碎塊、碎片的意思，事實上是一個自身相似 (self-similarity) 的觀念。也就是幾何圖形的對稱性美感是由反覆重現不同比例的自身相似的子結構產生。

數學的對偶互補性觀念也可以產出美感藝術，比方說最近音樂界流行的負面和聲 (negative harmony) [7] 可以將一首流行歌的旋律和弦進行透過互補和弦。負面和聲就好像一面鏡子的投射可以將正面和弦音樂投射至另一面變成為負面和聲。

例如圖三表示 C 大調的音階從 C 到八度 C 分別 CDEFGABC 所對應的負面和聲 (即負面 C 大調) 便是 GFE^b DCB^b A^b G。將記號讓所對應的正面和聲的 C 大調與負面和聲的負面 C 大調所有音階中音與音的距離都是一樣。不同的是在正面和聲音階若是上行，負面和聲便是下行，反之亦然，正下負上。

簡譜	1	2	3	4	5	6	7	8
C 大調	C	D	E	F	G	A	B	C
簡譜	8	b7	b6	5	4	b3	b2	1
負面 C 大調 (即 G 弗里吉安)	G	F	E ^b	D	C	B ^b	A ^b	G

圖三：正面和聲 C 大調與負面和聲 C 大調對應表 [8]。

所以 C 大調「祝你生日快樂」歌有一段

GGAGCB GGAGDC

(簡譜：5 5 6 5 1 7，5 5 6 5 2 1)

對應到負面和聲便是

CCB^bCGA^b CCB^bCFG

(簡譜：1 1 7^b 1 5 6^b，1 1 7^b 1 4 5)

仍然是一首合乎和聲學的旋律，只是前者聽起來較明亮快樂，後者聽起來較灰暗憂鬱。

人文藝術範圍很廣，我大致分為美術、音樂、文學與綜合藝術四類，美術藝術包括：繪畫、雕塑、攝影、建築造景等，音樂藝術包括：作曲、樂器演奏、歌唱、合奏等，文學藝術：詩詞、小說、戲劇、笑話等，綜合藝術包括：電影、相聲、舞蹈、雜技、廣告等。目前人工智慧趨勢似乎要將藝術創作的認知過程，透過大數據與各種機器深度學習來擷取其規律，並能模擬出類似的作品，並且在創意、美感、風格上達到通過涂林測試的水準。本文內我無法窮舉 AI 在所有藝術上的應用。我僅舉一些研究應用的實例，讓讀者來參考並舉一反三以拋磚引玉。

AI 在影像藝術風格的了解與變化

首先我借媒體報導「AI 的畫作居然可以賣到 1358 萬台幣！生成對抗網路（Generative Adversary Networks：GAN）造就這個『演算法美學』」[9]，來說明 AI 創作作品已經開始有實際市場產值了。透過了深度學習生成對抗網路可以產生模擬相似畫的能力，在繪畫藝術市場上已開始佔有一席之地了。生成對抗網路的主要原理是利用一個可以學習的產生器（generator G）產生類似的樣本以欺騙過一個可以學習的分辨器（discriminator D）。所謂可以學習就是這些產生器與分辨器都是類神經網模型的當產生器所產生的例子無法通過分辨器就會改變修正模型參數，以便產生更好的例子已逼近給予的真實例子。而分辨器就是盡量讓真實的例子打好的分數，而產生器所產生的例子打較差的分數，產生器一開始會一直產生所謂不好的「假」的例子，但經過學習改進會漸漸改進直到騙過了分辨器，這時產生器所產生的例子就會逼近真正的實例了。將一個風景透過人類畫家的詮釋轉換可以產生無限多種畫風的畫，生成對抗網路也可以達到同樣的效果。只要給一張圖生成對抗網路就能產生其相

似的圖。生成對抗網路主要是利用所謂內容損失（content loss）風格損失（style loss）分別來控制畫中內容要與原圖多近似，而風格要與某張名畫多相似。生成對抗網路可以將風格轉換主要是歸功於產生器是用多層卷積類神經網路（convolutional neural networks），通常是使用已訓練好影像辨識的 16 層與 19 層的卷積類神經網路 VGG16 與 VGG19，因為裡面各層網路其實都已經學會處理影像辨識的各種層次的特徵。而繪畫的風格就是視為由這些特徵的排列組合的函數。生成對抗網路只要找對這些特徵排列組合的函數關係，就可以將類似風格呈現出，或是從一幅畫的風格轉換到另一幅。圖四表示將一張內容影像加上梵谷風格影像參考後可以產生一張原內容不變具有梵谷風格的影像。

雖然一個攝影作品的優劣很難解釋清楚，但我們可以讓深度學習模型來學習藝術修圖，利用攝影比賽專家的評分後的大量優劣攝影作品的資料，我們建構了一個藝術修圖軟體，可以將一個初學攝影的作品的色彩對比自動重新調整，使得作品經藝術修圖後可以有更高的藝術得分 [10]。因為這個深度學習可以藉由大量過去藝術專家評分後的照片資料庫學習了預測攝影作品的藝術。



圖四：畫風轉換 —— 將梵谷風格轉至另一幅畫。（Github · Tejas Lodaya）

AI 在音樂藝術風格的了解與變化

音樂藝術包括作曲，樂器演奏，歌唱表演，歌詞創作等。電腦音樂很早就有自動創作的研究。電腦作曲不乏有佳作。過去的電腦作曲有各種滿足樂理的規則式演算法，基因演算法或機率的隱藏式馬可夫模型（HMM）。最近的深度學習模型深度巴赫與可可網路（Coconet）更可以利用大數據與學習演算法做出符合巴赫風格的四部對位和聲譜。在音樂演奏方面，電子音樂透過聲音合成器已經可以模擬合成各種樂器的聲音。再進一步電腦要模擬的就是演奏者的詮釋與技巧了。在歌唱方面，日本初音與大陸洛天依等虛擬歌手 [11][12]，分別利用了歌聲合成技術與動畫虛擬人物的三維全息造影，來達到虛擬歌手在舞台上的魅力，已經達到娛樂效果吸引了大批粉絲。演唱會與周邊延伸商品可每年創造市場上上億商機。我們將各個華語的聲音事先錄音，透過音高調整音長調整滑音處理等技術，可以將華語歌一歌詞與歌譜的音符精準唱出。再利用可可網路的深度學習模型將一首流行歌和聲譜做出，經過適當修正配上各聲部的歌詞，讓虛擬歌手演唱，配上動畫對嘴與表情，第一首全方位的虛擬歌手合唱的〈月亮代表我的心〉就此產生了 [13]。

AI 在文學藝術風格的了解與變化

文學藝術有不同的文體詩詞、新聞、笑話、故事，等都有不同的風格與文學技巧。首先我藉兩則媒體報導 [14][15] 來的揭露目前這方面技術水平與思維。第一則是英國的人工智慧輔助音樂劇《圍籬之外》

（*Beyond the Fence*）的創作。第一則是利用各種人工智慧的工具來幫忙評估何種音樂劇主題較會賣座，再利用人工智慧協助製作歌劇劇本與歌詞，第二則是有關日本人工智慧與人合作小說居人騙過人類評審入圍。人類作家擅長於結構情節的鋪陳，人工智慧擅長於辭彙選擇建議，彼此互相合作完成創作，但是據作者坦承說實際上人工智慧參與的比例只約兩成。另外實務上，經常性的運動新聞與財經報表都將文體格式建成軟體模板，來讓電腦依據實際事實與數據自動產生，以輔助人類專業做例行的報告。但這畢竟是實務需要的文體，不是比較有文學創意的文章。

作詩是要有高度文學創意的，一般在國際的研究報告上，電腦作詩很多都是利用大量古詩詞為語料，讓機器建構所謂的語言模型（language model）。也就是統計語料中某些詞出現後下一個詞會出現的條件機率。利用連續機率計算就可以創造出完整句子的詩詞的文句。這個方法若有大量古詩詞很容易產生具有古代詩意詞彙的句子，但是因為語意控制不容易，有時仍會產生語意不通的句子。我們利用出基因演算法 [16] 來演化出一首白話詩。將大量常識知識庫 [17] 所抽取數百萬的觀念（concepts）關係中作為產生白話詩的素材，這些觀念的連結組成都是符合常識的語意關係，所以可以保證語意上是合理的。而詩的文體特色是平仄，押韻，對仗，多樣化（不要太多重複）等。我們把這些特色標準轉成基因演算法的適應函數（fitness function）。基因演算法經過交配，突變運算將可能的語句詞彙做適當迭代演變，越適合適應函數的句子就會得到越高的分數，演化的結果就是滿足適應函數最高的句子

會被找出來。換言之最符合詩的文體句子會產生出來。以下是十個不同主題電腦跑出的白話詩。可以看出除了語意通順外，似乎也有對仗與押韻的本事。

若每個句子的字數固定似乎對電腦較容易處理，所以接著我們就比照宋朝詩人將詞牌填詞的方法，

讓 AI 來做新詞看看。這時每句字數是不固定的。2018 年九月科技部的科技博覽會我們將宋代大詩人蘇東坡的〈明月幾時有〉的詞牌《水調歌頭》讓 AI 填詞。之後請開南大學黃志芳教授用電腦譜曲，透過流行音樂公會邀請職業歌手表演。這首鄧麗君

題目	詩內容	題目	詩內容
電腦	由機械組成，會讓你上癮生活的部分，有趣也先進使你玩遊戲，使你看新聞連接線製成，不喜歡灰塵	手	可以開瓶蓋，用來抱抱枕有能力煮菜，能用來關門雙手會剪紙，四肢的部分雙手能煮菜，人體的部分
哭	太傷心釀成，被甩了釀成想要被安慰，離別所釀成哀傷所導致，失敗所造成會想被安慰，孤獨所造成	錢	能夠買文具，用來追女生一種必需品，因此要節省經濟的部分，貨幣的象徵印鈔機製成，能用來旅行
狗	喜歡到處跑，痛恨陌生人會讓你高興，不想要壞人狗能一起玩，狗會當家人是一種守衛，很想要主人	跑步	奔跑會很喘，跑步會很累會讓你變瘦，會想要喝水你將會流汗，有能力很累使你喝飲料，讓你想喝水
食物	好吃的也香，拿來吃也香代表必需品，懼怕被浪費由白米製成，會讓你花錢用麵粉製成，有能力腐爛	老師	是一種職稱，有能力學習會須要課本，會用到粉筆代表啟發者，喜歡問問題討厭催作業，想要出考題
朋友	讓你想信賴，會引起共鳴是一種良藥，有能力慶生不喜歡背叛，有辦法傾聽是一種知己，很喜歡友情	水	是一種溶劑，有能力載舟氫和氧組成，能用來爬山會帶來淹水，能拿來洗手海的一部分，水會往下流

表一：基因演算法演化出的白話詩。

原唱曲名是〈但願人長久〉用的是宋詞的《水調歌頭》的詞牌。電腦透過大量古詩詞與語法模板填出了〈甬願郎清瘦〉的新詞。事實上電腦會產生很多的句子，我們一字不改只挑選其中語意完整的，作品見 [18]。我們發覺要讓電腦有創意，電腦就會有無厘頭的句子產生。但是有時無厘頭的句子卻是驚艷的句子。所謂天才與白痴真是一線之間。

但願人長久	甬願郎清瘦
明月幾時有？ 把酒問青天。 不知天上宮闕， 今夕是何年。	年輪明月作， 嬉遊醉壺內。 來來去路長黑， 年年有今歲。
我欲乘風歸去， 唯恐瓊樓玉宇， 高處不勝寒。 起舞弄清影， 何似在人間。	我敘此恨無歸， 窺望京華滄海， 入春風吹淚。 噓唏試新茶， 隗倒在地壘。
轉朱閣， 低綺戶， 照無眠。 不應有恨， 何事長向別時圓？	詠長嘯， 舊友隊， 忘告吹。 卡拉鬧喧， 天碟搭在眼前醉。
人有悲歡離合， 月有陰晴圓缺， 此事古難全。 但願人長久， 千里共嬋娟。	淚唱琵琶語彙， 童裂柔腸芳草， 數據古先醉。 甬願郎清瘦， 附近伙鯛類。

表二：〈但願人長久〉填詞成為〈甬願郎清瘦〉。

最近深度學習模型 BERT[19] 利用大量文本與刻漏字 (missing word) 的訓練方法來讓所謂的移轉器 (transformer) 類神經網路學會如何填歌詞，借助大量維基百科等知識的大量語料的訓練，將詞語間的語意關聯編碼在類神經網路的連結上。BERT 在一般的預測刻漏字的精準度可以達到 85% 以上。BERT 除了刻漏字的預測外還可以預測下一個句子。應用到 Q/A 的問題也可以達八成以上正確率。我們將中文版的 BERT 利用大量流行歌詞的語料繼續做微調 (fine-tune) 的訓練後，便可以將其用於歌詞改寫 [20]。我們交叉運用了預測下一句與刻漏字的功能來做句子與字詞取代，就可以改寫一首流行歌的歌詞。結果發現我們改寫的歌詞，偶爾也會有些例子會讓盲目的評估者認為比原創歌詞更好。表三左邊是原歌詞經電腦改寫後成右邊的歌詞。

原歌詞	AI 改寫的歌詞
彈一曲長相思 曲未成淚先流 秋風寒呀陣陣吹 吹來是鄉愁 煙雨江南常入夢中 萬里關山有幾重 鴻雁南飛呀幾時回 鄉書誰能送 ===== 三十年的夢魘遍地狼煙 骨肉漂泊多年 剪一束青絲隨波逐流 流回舊家園	彈一首長相思 彈一曲長相離 秋風寒呀陣陣的 冷雨敲絲絃 煙雨江南想入夢中 紅樓夢中夢中見 雁雁南飛呀幾時回 何時照我心 ===== 三十年前夢魘遍地狼煙 只剩一葉孤舟 和一束青絲隨波逐流 默默水東逝

表三：利用歌詞句子取代方法來做歌詞改寫範例。

文體的風格轉換：我們利用循環生成對抗網路（Cycle-GAN）將新聞風格文章轉換成白話詩風格 [21]。給予一個例子 X 我們訓練一個生成對抗網路 G_x 來產生近似的例子 X' ，同理反過來給予個 X' 我們可以訓練一個對抗生成網路 G_y ，來產生一個近似的例子，這樣就形成了一個自身循環（self-cycle）。若我們將兩個生成對抗網路串聯起來就成爲一個合成函數 $G_y(G_x(x)) = x$ 。也就是利用循環生成對抗網路我們可以訓練一個自動編碼器（autoencoder）。我們循環生成對抗網路的設計就是兩套生成對抗網路 GAN 交錯連接而成，一個最爲新聞風格文句的產生器，一個作爲詩歌文句的產生器，各自先有一個自動編碼器將各自文體

的句子轉化爲內部向量。要做風格轉換，我們要先定義兩種損失函數做爲循環對抗生成網路的訓練目標，一個是內容損失，一個是風格損失。內容損失是估計語意的相似度，風格損失是估計風格的相似度。基本上我們要新聞與詩的內容與語意相似，所以內容損失要低，同時風格相似度也要隨著所屬文體風格越相似越好。我們搜集了大量的新聞文章與詩歌，但因缺乏平行語料，要自動找到對應的語義文句的標準答案是不可能。但是我們訓練後的循環生成對抗網路仍儘可能在各自文體的語料中找到語意相似的句子。一些不錯的結果跑出來如表四所示，可以看出新聞著重事實陳述，詩體著重感受與譬喻。

新聞體風格	白話詩體風格
雲林縣政府爲了防疫大作戰，	爲了神聖全體政策大作戰，
在結婚前一天和朋友喝酒狂歡。一手忙著把毛豆摘回家。	在墓地和星空一起喝酒狂歡。一手把田野拉進回家。
可以看到小朋友在這裡開心學習，經常幫忙輔導高中生的感情和生活但是這些小學生還是不怕辛苦，情況確實真的越來越混亂。	可以看到他們在心中哭泣唱歌一邊解說：虛無的歡樂和生活，但是這些誰還是不怕辛苦，啊真的也越來越混亂。
歹徒開著畫面的這輛深色轎車，怎麼外表都是一片圓圓的形狀？	歹徒的影子坐在紅色玻璃的旁邊，眼淚怎麼是一片潔白啊？

表四：新聞風格轉白話。

電腦會有幽默感嗎？一般人認為機器是冷冰冰的，是沒有幽默感的，果真如此嗎？要電腦有幽默感可分成兩方面，能不能聽懂笑話，能不能講笑話。這一類研究可以歸類為計算幽默學（computational humor）[22][23]。某種程度也可以看成是情緒計算（affection computation）的一部分。過去電腦說笑話一般是用雙關語（pun）來製造笑話。所以有人搜集雙關語詞庫以便製造出意外的結論。較複雜的結構笑話是要鋪陳各種梗，讓聽者聽到最後突然有恍然大悟的驚奇的結果。我們搜集大量的笑話語料與非笑話語料，訓練深度學習的卷積類神經網路模型作為分類器，再測試此分類器是否可以分辨笑話。結果發現居然可以到正反都近九成正確率[24]。也就是說，說十個笑話給機器聽，機器有九個會笑，一個不笑，反之說十個非笑話給機器聽，機器有九個不會笑，一個突然莫名其妙的笑了。你說這

樣的機器算不算有幽默感？當然若機器能說笑話那就更有說服力了。有了自動分辨笑話的分類器，我們接下來訓練一個以 GAN 為基礎的深度學習模型來產生新的笑話，稱為互補序列循環對抗生成網路（complementary-seq-GAN）。結果互補序列循環對抗生成網路已經有能力產生簡單類似但是又不同的新的笑話。只不過要產生更複雜的結構性的笑話，似乎仍不容易讓對抗生成網路學到。電腦產生的笑話與非笑話的實例，如表五所示。

寫故事小說需非常複雜的文學技巧，雖然一般人都會講故事，但是要講好故事或是有趣的故事卻是不容易的，尤其要能寫下膾炙人口的小說更是不容易，除了語法語意精準外，還要懂得利用各種文學手法，來鋪陳事件之間人物之間的關係。這在文學上是敘事理論（narrative theory）的研究。資訊科學界讓電腦講故事，技術觀念有很多不同做法，

Generated sentence (recognized to be humorous)
how do astronomers organize a party ? they planet .
when i grocery shop for the wife i always buy cucumbers smaller than me , just in case .
why is it when they are on a sinking boat store ? they 're both free .
what did the pharaoh say to the chimney ? one direction .
why do jihadist muslims went to see a cross . ? they both made out of the same ones
what do you call a communist who make an excellent singer ? a hummingbird .
Generated sentence (recognized to be not humorous)
i used to apologize for some ages .
i 'd say it is hard to do love you
never get it at home then looking like a dog .
my first period that i would get to have again .
saw a new person who was notorious to spokesperson .

表五：電腦產生英文的笑話與非笑話。

但大致可以分為兩大派 [25]：一派是電腦利用故事事件的知識設計故事內容，這需要不僅大量的常識知識，還要有故事控制發展的各種策略，才能講出故事。和另一派是設計所謂角色代理人，賦予角色代理人的目標，個性喜好，行為能力，溝通能力等，讓角色代理人在特定的故事環境下自主性互動，互動的結果描述出來，就會產生類似我們每天日常生活中的虛擬的故事。這兩派各有優缺點，前者是容易創作劇情較複雜的故事，但是不容易控制故事情節間的各種錯綜複雜的關係，容易產生矛盾。後者是因為角色與角色的行為目標與動機都是由模型參數所控制，所以所促發的一連串事件都是在模型參數的控制之下，所以所產生的故事符合一致性較容

易，但是由於由自主的角色產生行為往往事件因果的控制無法預期，也比較難產生區折離奇的故事。我們將大量常識知識庫 [17] 抽取數百萬的觀念關係中，擷取其中各種事件的因果關係，如：
 事件造成事件（event-cause-event），
 事件造成狀態（event-cause-state），
 狀態造成事件（state-cause-event），
 等等，再利用一個類似 AlphaGo 下圍棋的蒙特卡羅樹 MCTS 的搜索策略，來找出較好符合因果的故事。為了讓故事情節能符合使用者偏好，我們修改了傳統的蒙特卡羅樹的搜索策略，以便讓搜索較長的故事中可以符合使用者的偏好，我們稱為限制蒙特卡羅樹搜索法（constrained-MCTS）[26]。

起始狀態	wake_up	終止狀態	go_home
正面偏好	exercise, jog, walk	負面偏好	study, read, learn
#MCTS	1000000	希望故事長度	12
最後故事長度	10	品質分數	31.12
Run Time:	3min 25s		
<p>Jason woke up, then he ate breakfast. After Jason brushed his teeth, he went out. When Jason went for walk, he would be outdoors. In order to play frisbee, Jason would go to park. When Jason went jog, he would like to go home.</p>			

但是偏好很難表達，我們給予電腦各種正負的觀念，在搜索因果的事件時可以避開負面的觀念，同時儘量採取正面的觀念。這樣掰出來的故事就可以傾向使用者的偏好。以下是一個電腦跑出簡單因果故事的實例，我們給的指令是主角傑森（Jason）從醒來（wake_up）講到回家（go_home）的故事，我們給予正面偏好觀念有「exercise, jog, walk」負面偏好觀念有「study, read, learn」，我們給的資源限制是一百萬次蒙特卡羅數搜索，希望故事長度是 12 句，結果電腦找到故事長度是 10 句，品質分數是 31.12，花的時間是 3 分 25 秒。

但是即使是如此，我們電腦系統產生出來簡單的故事情節，仍只是滿足因果常識的一個可相信的故事（believable story）。對於所謂有趣的故事（interesting story）或有戲劇效果的故事仍舊是相當難的。因為講故事仍存在很複雜的文學敘事技巧，如戲劇張力與佈局，隱喻修辭，敘事角度切換，中心思想與角色設定，有意義或趣味的對話設計等等。這些都是深度學習或人工智慧更具挑戰的研究課題。

結語

在大數據與深度學習研究的結合以使人工智慧達到一個里程碑。雖然藝術創作過程很難有一致的理論來解釋清楚，但是藉由涂林測試的觀念，我們可以由建構各種人工智慧模型包括深度學習模型來理解並模擬這個藝術創作過程。本文從美術、音樂與文學三方面，介紹一些現有人工智慧技術的觀念與做法實例。雖然很多技術距人類真正的藝術創作的專家所使用的知識與技巧仍有一段距離，電腦作詩

作詞語等藝術創作的的能力譬喻圍棋或許只達到一段的水準，仍比不上真正詩人九段高手，但相信文中所提及的各種觀念與策略方法可以讓有心的初學者入門或得到啟示，並按圖索驥找到更有創意的模型以突破現有技術的瓶頸。美麗的藝術作品不論是人類的心血結晶或是人機合作或是機器自動創作，都將是人類的共同擁有的寶貴資產，我倒不擔心人類藝術家是否會因此失業，我比較關心人工智慧技術導入後是否會更有效率產出更優秀的藝術品甚至曠世巨作，讓所有人類來共同欣賞。∞

本文參考資料請見〈數理人文資料網頁〉
<http://yaucenter.nctu.edu.tw/periodical.php>

延伸閱讀

- ▶ 由作者指導的國立清華大學人工智慧實驗室（AI Lab）製作，虛擬歌手合唱〈月亮代表我的心〉：
https://www.youtube.com/watch?v=N1T_4ve6ERs。
- ▶ 全球華人世界首創 AI 作詞與演算法作曲，由真人演唱、演奏的歌曲〈甯願郎清瘦〉與〈夢中追尋〉：
https://www.youtube.com/watch?v=K_1c9-2CXFI。