



2018年 全球十大突破性技術

翻譯／施祖琪

自2001年開始，《麻省理工科技評論》每年都發表「全球十大突破性技術」（10 Breakthrough Technologies）名單。這些年以來，大家常在問：什麼樣的技術才算具有「突破性」？因為有些上榜的技術尚未普及，有些則僅臨近商業化，所以讀者有這樣的疑問很合理。我們的原則其實很簡單，就是要找出能對人類生活產生深遠影響的科技突破。今年雀屏中選的尖端技術包括：賦予機器想像力的新型人工智慧（Artificial Intelligence；AI）技術「GAN」；儘管道德爭議難解、卻正重新定義生命孕育的過程，並為胚胎早期研究開啟機會之窗的人造胚胎技術；還有，針對在可見未來可能成為主要能源的天然氣，位於美國德州石化業重鎮的一間試驗電廠，正嘗試利用天然氣產出百分之百的潔淨能源。這些名列榜上的創新技術都值得關注。

——《麻省理工科技評論》編輯部

3D 金屬列印



新設備終於讓
3D列印金屬零件
變得可行

突破點

可快速且低價列印金屬物件

重要性

按需求印製大型複雜金屬物件的能力可望
帶動製造業變革

主要參與者

Markforged、Desktop Metal、GE

成熟期

現在

3D列印技術儘管行之有年，但過去往往僅是業餘愛好者和設計人員用來製作一次性雛型品，且除了塑膠以外，其他列印材料（尤其是金屬）的價格高得令人咋舌，速度也慢如牛步。

不過，隨著3D金屬列印的價格日趨低廉且進入門檻降低，這項技術可望成為實用的零件生產之道；若能再進一步普及，更有可能改變量產模式。

短期來說，製造商不必再管理大量庫存，可根據需求印製零組件，例如幫老車換一個新零件。

長期而言，大量製造少樣零件的大工廠恐怕會被能依客戶需求多樣生產的小工廠所取代。

此技術可產出更輕盈、更堅固，以及傳統

金屬加工無法製作的複雜零件，甚至還能更精準地調控金屬的微型結構。2017年，勞倫斯利弗莫國家實驗室（Lawrence Livermore National Laboratory）宣布成功研發出以3D列印製作強度加倍的不鏽鋼零件技術。

同年間，3D列印新創公司Markforged發表首款單價不到10萬美元的3D金屬列印機。另一家在波士頓地區的新創企業Desktop Metal，則於2017年12月順利出貨首台3D金屬列印原型機，並計畫推出速度比過去快100倍的大型工業機種。

此外，長期運用3D列印技術於其航空產品的GE，也在測試一款新型金屬列印機，此機器列印速度快到足以生產大型零組件，預計2018年上市。

——溫妮克（Erin Winick）撰

人造胚胎

科學家已開始運用幹細胞培育胚胎

突破點

在不使用卵子或精子的情況下，研究人員只用幹細胞就培養出類似胚胎的結構，另闢創造生命的蹊徑

重要性

人造胚胎將讓研究人員更易於探究生命起源，但也將掀起新的生物倫理論戰

主要參與者

劍橋大學、
密西根大學、
洛克斐勒大學

成熟期

現在

英國劍橋大學的胚胎學家重新定義如何創造生命，僅使用幹細胞，沒有卵子、沒有精子，只有來自其他胚胎的幹細胞，就培養出極為真實的老鼠胚胎。

研究人員將細胞放在3D培養支架上，著迷地觀察這些細胞彼此交流，以及漸漸排列成老鼠胚胎特有子彈形狀的過程。

「我們本來就知道幹細胞的潛能極大，我們沒想到，它們居然能如此成功或完美地自我組織。」研究團隊負責人哲妮卡·高茨（Magdalena Zernicka-Goetz）說明。

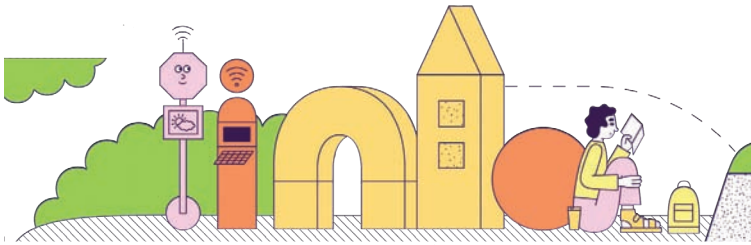
她說，這些「合成」胚胎大概無法長大成鼠，但無論如何，這仍象徵不久將來哺乳動物不需卵子也能孕育成功。

不過這不是高茨的終極目標。她想研究的是早期胚胎細胞分化成不同功用的過程，接下來她想用人類幹細胞造出胚胎。目前，密西根大學和洛克斐勒大學也在進行類似的研究。

人工合成的人類胚胎對科學家而言很有幫助，能讓他們了解胚胎早期經歷的不同階段。由於這些胚胎是取自於容易操作的幹細胞，實驗室還能運用各式各樣的工具，如基因編輯技術，來探索它們生長的過程。

然而人造胚胎也會衍生倫理問題。倘若它們最後和真正的胚胎之間難以分辨，該怎麼辦？在它們發展出痛覺前能在實驗室培育多久？生物倫理學家認為，這些問題不能等到科學更進步時才解決。

——雷加拉多（Antonio Regalado）撰



感測城市

突破點

一個位於多倫多的街區，致力成為融合尖端都市設計與先進數位科技的先驅

Alphabet旗下的Sidewalk Labs計劃打造高科技社區，重新思考城市的建設與運作

重要性

智慧城市能把都會生活變得更實惠、宜居與環保

主要參與者

Sidewalk Labs 與 Waterfront Toronto

成熟期

計畫於2017年10月公布，預計於2019年開始施工

全球目前許多智慧城市計畫不是往後延、下修目標，便是因成本過高而排除金字塔頂端以外的普通人。不過，多倫多一項名為「碼頭區」(Quayside)的計畫正運用尖端的數位科技，從頭開始規劃與改造一個社區，試圖扭轉當前的局面。

這項高科技計畫由Alphabet旗下位於紐約的Sidewalk Labs與加拿大政府合作，希望改造多倫多這處工業濱水區。

該計畫目標之一，是讓所有關於設計、政策和資訊科技的決策都以一個龐大的感測器網路為依歸。此網路將收集包括空氣品質、噪音和人類活動等各種資料。所有車輛都將是共享的自駕車；地底則會有機器人四處奔走，做著投遞信件等工作。

Sidewalk Lab未來將開放軟體與系統，以便其他業者在此平台上面提供服務，就像人們為智慧

型手機寫應用程式一樣。他們也將密切監控公共設施，但這已引起資訊治理與隱私權等擔憂，但Sidewalk Lab相信他們能與當地社區及政府協力合作來減輕這些疑慮。

該公司都市系統規劃主管阿格瓦拉(Rit Aggarwala)表示：「『碼頭區』最獨特的一點是，它雖然野心勃勃，卻有著一定程度的謙遜。」這種謙遜可讓他們免於落入其他智慧城市專案所陷入的危機。

負責監管「碼頭區」發展的公營機構Waterfront Toronto指出，不少北美城市正熱切爭取Sidewalk Labs的青睞，「舊金山、丹佛、洛杉磯和波士頓均已表達興趣，」執行長威爾·弗萊西格(Will Fleissig)表示。

——沃伊克(Elizabeth Woyke) 撰

人人可用的人工智慧



雲端機器學習工具將可促成人工智慧普及

突破點

雲端人工智慧將降低此技術的複雜度與成本

重要性

人工智慧的應用現在只握在少數公司手中，但人工智慧的雲端服務可嘉惠更多人，進而刺激經濟成長

主要參與者

亞馬遜(Amazon)、Google、微軟(Microsoft)

成熟期

現在

目前為止，人工智慧只是亞馬遜、百度、Google和微軟等大公司以及一些新創企業的玩具。對於其他許多企業來說，人工智慧太貴也太艱澀，難以全面導入。

這問題該如何解決？雲端機器學習工具正在拓展人工智慧的觸角。亞馬遜旗下的AWS已在雲端人工智慧市場中呼風喚雨。Google正試圖透過開源人工智慧函式庫TensorFlow來挑戰AWS的龍頭地位。Google最近還發表一套經過預訓練的系統方案Cloud AutoML，進一步提高人工智慧的易用性。

微軟則挾其Azure自有雲端平台的優勢，與亞馬遜聯手推出開源深度學習函式庫 Gluon，號稱能把類神經網路（一種粗略模仿人腦學習的重要人工智慧技術）的建置過程變得和開發手機程

式一樣簡單。

群雄逐鹿中，雖然還看不出最終是誰稱霸人工智慧雲端服務，但可以確定的是，贏家將坐擁巨大商機。如果人工智慧革命能擴及經濟體的各個角落，這些產品未來將變得益發不可或缺。

現今人工智慧多用於科技產業，並已助其提高效率及開發出新商品與服務，但其他產業卻遲遲不得其門而入。倘若醫療、製造和能源業能夠更全面導入人工智慧，也許就可帶動產業轉型，進而提高經濟生產力。

可惜的是，企業大多缺乏熟悉雲端人工智慧技術的人才。對此，亞馬遜和Google正籌設顧問諮詢服務。當雲端把人工智慧變得人人可得時，真正的人工智慧革命即將上演。

——史諾 (Jackie Snow) 撰

對抗式神經網絡

兩組人工智慧系統可利用資料玩「貓捉老鼠」的遊戲以培養想像力

突破點

兩套人工智慧系統可彼此對練，創造出超級真實的原創圖像或聲音。這是過去機器從未有過的能力

重要性

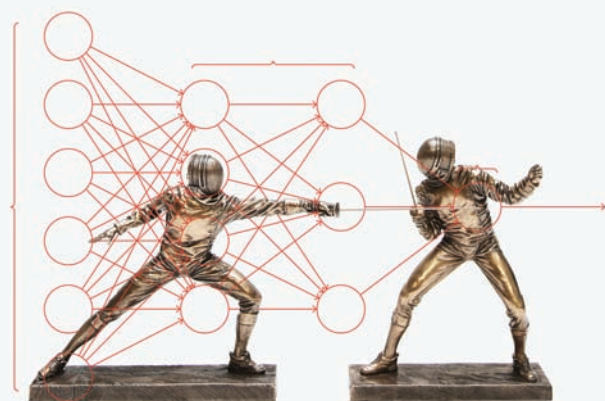
賦予機器類似想像力的能力，減少它們對人類的依賴，但同時也將增加數位造假的風險

主要參與者

Google Brain、DeepMind、輝達 (Nvidia)

成熟期

現在



人工智慧辨識物體的能力已堪稱出類拔萃：給它看100萬張圖片，它就能正確地指出哪幾張有行人正在過馬路。但是，人工智慧卻無法自行創造出行人的圖像。假如辦得到這一點，它就能製作出行人在各種不同場景的擬真合成照，讓自駕車拿來使用，不用實際上路就能自我訓練。

但問題是，無中生有的創作需要想像力，而這是至今人工智慧始終跨不過去的門檻。

2014年時，此難解疑團終於露出曙光。當時還是蒙特婁大學博士生的古德費羅 (Ian Goodfellow) 在酒吧裡與人進行學術辯論時，突然



想到解答：生成對抗網路（Generative Adversarial Network；GAN）。這項方法使用兩組類神經網絡（一種簡化人腦的機器學習數學模型），讓兩者在數位版的貓抓老鼠遊戲中相互拚搏。

這兩座網絡使用同一套資料來進行訓練，其一為生成網絡（Generator），其任務是要根據看過的圖像產生新圖片，例如：多長出一隻手臂的行人。另一則是鑑別網絡（Discriminator），負責辨別眼前圖像是否與訓練時看過的圖片相似、或是由生成網絡創造的冒牌貨，也就是要判斷那個有三隻手臂的人有沒有可能是真的？

慢慢地，生成網絡創造圖片的能力會不斷加強、直到鑑別網絡無法破解的程度，屆時便已學會辨別與創作逼真圖片的方法。

此技術已成為過去10年間最具前景的人工智

慧科技之一，能讓機器做出足以騙過人類的成果。

GAN已被用來產生以假亂真的語音和圖片。譬如，輝達（NVIDIA）的研究人員用名人照片來訓練一套GAN，而創造出數百張看來逼真卻不存在的人臉。另一研究團隊則製作出看似梵谷大作的油畫。經過進一步訓練後，GAN還能以多種不同方式改造圖片，如：把灑滿陽光的道路變成白雪皚皚，或把馬變成斑馬。

GAN的作品不盡然完美：它們可能做出有兩個龍頭的自行車、或眉毛錯置的人臉。但因為有些圖片和聲音實在太過逼真，所以一些專家相信GAN已能漸漸理解它們在世界上所見所聞之物的底層結構。換言之，當人工智慧有了想像力後，它們或許也更有能力獨立解讀在世上看到的東西。

——康德力夫（Jamie Condliffe）撰

巴別魚耳塞

Google的Pixel Buds展現了 即時翻譯的未來前景，但硬體仍有待加強

突破點

「近即時」翻譯現已支援多種語言，並且易於使用

重要性

即使全球化發展持續推進，語言仍是溝通的一大障礙

主要參與者

Google和百度

成熟期

現在

在經典科幻小說《銀河便車指南》（The Hitchhiker's Guide to the Galaxy）裡，只要把一條黃色的巴別魚（Babel fish）塞進耳朵，就能聽到即時翻譯。在真實世界中，Google開發出類似的過渡方案：一副159美元的翻譯耳機，名為Pixel Buds。只要搭配Pixel智慧手機和Google翻譯應用（Google Translate），這副耳塞式耳機便可提供「近即時」的翻譯。

使用這副耳機時，一人戴耳機，另一人拿手機。戴耳機的人開口講話，Google翻譯便開始運作，並在手機大聲播放翻譯結果。等拿手機的人做出回應後，他講的話也會被翻譯，再透過耳機播放。

Google翻譯原已有對話功能，Android和iOS

版本都可辨識說話雙方的語言並自動翻譯，但周遭雜訊可能會讓它聽不清楚，或無法判斷說話者何時停頓及何時開始翻譯。

Pixel Buds克服了這個難題，因為配戴者在說話時可用手輕點和長按右側耳機。另外，溝通的工作也分配給手機和耳機，讓對話雙方都能控制麥克風，同時還保持眼神交流。

只不過，Pixel Buds因設計不佳而飽受批評。它不但外型不夠時尚、無法跟耳朵密合，還不容易與手機配對。

硬體設計雖仍有改善空間，但是Pixel Buds依然呈現出跨語言即時溝通的新契機，而且如此一來你也不必把一條真的巴別魚塞進耳朵中。

——梅茲（Rachel Metz）撰

零碳天然氣

天然氣發電的新工程技術 可回收使用二氧化碳

突破點

發電廠以高效和低成本方式捕捉天然氣燃燒時釋出的碳，以避免溫室氣體排放

重要性

天然氣占美國發電量的32%，其碳排量也達電力產業總排量的30%

主要參與者

8 Rivers Capital、Exelon Generation、CB&I

成熟期

未來3~5年

在可見的未來裡，天然氣仍將是全球主要的發電來源之一。目前，天然氣為全球供應22%的電力。雖然它比煤炭乾淨得多，但仍產生了可觀的碳排量。

在美國休士頓外圍的一間試驗發電廠正在測試潔淨的天然氣發電法。這項50兆瓦計畫的幕後企業是Net Power。他們相信能讓發電成本與標準天然氣廠一樣便宜，且基本上能完全捕捉發電過程中產生的二氧化碳。假使他們成功的話，人類將有機會以合理的價格從化石燃料中產出零碳能源。這樣的天然氣廠可根據用電需求來提高或調降產量，既避免核電的高資金成本，也免除再生能源供應不穩的問題。

Net Power是8 Rivers Capital、Exelon Generation和CB&I的合資企業，現已展開前期測試，並預計在未來幾個月內公布早期評估的結果。

這家發電廠把燃燒天然氣所釋放的二氧化碳放



入高溫高壓的環境，再把產生的超臨界二氧化碳（Supercritical CO₂）當成「流體介質」（Working Fluid）來發動特製的渦輪機。在此過程中，大部分的二氧化碳都能被不斷回收利用，其餘的則能以低成本方式捕捉。

降低成本的關鍵在於二氧化碳的販售。目前，二氧化碳主要應用在油井採油的過程中，但市場規模有限，而且也不太環保。不過，Net Power 希望水泥、塑膠和其他碳基材料業者未來對二氧化碳的需求量能漸漸增加。

雖然Net Power的技術不足以解決天然氣衍生的所有問題，尤其是在開採方面，但只要我們繼續使用天然氣發電，就應該要盡可能把它變乾淨。

在當前各種新興的潔淨能源技術中，Net Power 跑在很前面，正逐步開創出一個可真正減少碳排放的未來。

——譚普（James Temple）撰

完美的線上隱私

原本為區塊鏈打造的工具 可讓你在數位交易時避免透露非必要資訊

突破點

電腦科學家正在改良一款加密工具，可在不洩漏資訊的情況下完成身分驗證

重要性

需要在線上提供個人資料時，這項技術可預防隱私外洩或身分竊盜

主要參與者

Zcash、摩根大通（JPMorgan Chase）、荷蘭國際集團（ING）

成熟期

現在



真正的網路隱私即將實現，有了這一款新的加密工具，你不需要透露出出生日期就能證明自己年滿 18 歲，也不必提供銀行存款餘額便可證明財力，進而大幅降低隱私外洩及身分盜用的風險。

這個工具叫做「零知識證明」(zero-knowledge proof)，是一種新興的加密密碼協定，雖然已經研發了數十年，但一直到去年才真正受到關注。其中實際使用零知識證明最大的功臣是 2016 年底誕生的 Zcash 數位貨幣。Zcash 利用「零知識簡明非交互知識論證」(Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Argument of Knowledge; zk-SNARK) 的方法達成匿名交易。

這通常在比特幣和其他公共區塊鏈中是不可



能發生的，因為這些系統理論上具匿名性，但只要結合其他資料，交易者的身分仍可被追蹤或辨識出來。正因為如此，全球第二大區塊鏈網路以太坊 (Ethereum) 的創始人布特林 (Vitalik Buterin) 才會形容 zk-SNARK 是「改變遊戲規則的技術」。看好此技術對於客戶隱私的保障，摩根大通去年已將 zk-SNARK 加入其區塊鏈支付系統中。

儘管前景可期，但現階段的 zk-SNARK 很耗運算資源、速度慢，執行時還需產生加密金鑰，而這金鑰一旦外流的後果不堪設想。研究人員正在努力找尋替代方案，希望可以更快速地執行零知識證明，並且不再需要金鑰。

——歐爾克特 (Mike Orcutt)

基因算命



大型基因研究讓科學家能預測常見疾病與人體特徵

突破點

科學家能運用基因體資料估算發生心臟病或乳癌的機率，甚至還能預測智商

重要性

利用 DNA 預測健康的技術可望促成公衛領域的重大突破，但同時也將衍生基因歧視的風險

主要參與者

Helix、23andMe、Myriad Genetics、UK Biobank、Broad Institute

成熟期

現在

未來，新生兒誕生時將拿到一份DNA報告，提供關於日後罹患心臟病或癌症的機率、染上煙癮的可能性，以及智力是否高於平均值的預測。受惠於大規模基因研究（有些規模甚至高達100萬人），這樣的DNA報告即將成真。

事實證明，多數常見疾病與人體特徵都不是一個或少數幾個基因作用的結果，而是受到許多基因交互影響而成。科學家現在可運用大型基因研究資料算出所謂的「多基因風險評分」（Polygenic Risk Scores）。

雖然這些新型態的DNA測試只做概率分析而不做診斷，但仍可大幅提升醫療品質。舉例來說，如果患乳癌機率較高的婦女能多做點乳房攝影，而機率較低者少做點，或許就可幫助更多人確診，並且有效減少假警報；藥廠也能在阿茲海

默症或心臟病的臨床實驗中使用評分結果，挑選出高風險族群，以更精準地測試藥物療效。但基因預測的準確度並非百分之百，萬一癌症風險指數低的人延後篩檢，但後來又罹患癌症，又該怎麼辦？

此外，由於多基因評分不只能預測疾病，還能預測幾乎每一種人體特徵，所以也不乏爭議。例如，我們現在只能預測一個人在智力測驗中表現的10%，隨著評分技術提升，未來DNA智商預測可能成為常態，但家長和老師應如何使用預測結果？

正如行為遺傳學家特克海默（Eric Turkheimer）所言，基因資料的影響有好有壞，所以才會令人又愛又怕。

——雷加拉多（Antonio Regalado）撰

材料的量子躍進

研究人員最近以量子電腦為一個簡單的分子建模，而這只是個開端

突破點

IBM使用一台7量子位元的量子電腦，成功模擬小分子的電子結構

重要性

如果能完整掌握分子各方面的細節，化學家將可開發更有效的藥物，以及更好的發電和能源傳輸的材料

主要參與者

IBM、Google、哈佛大學阿斯普魯·古茲克（Alán Aspuru-Guzik）教授

成熟期

未來
5~10年

量子電腦的前景目前仍是個謎，儘管它有今日電腦難以匹敵的強大運算能力，但我們至今還不清楚該如何使用。不過，一個令人期待的應用領域已漸漸浮現，那就是精準的分子設計。

一直以來，化學家總盼望著能找出新型蛋白質來開發療效更高的藥物、設計出可生產強效電池的新電解質，或是能直接將陽光轉換為液態燃料的化合物。由於分子難以用傳統電腦建模，所以這些技術遲遲無法實現。就連模擬一個相對簡單分子的電子活動，都可能複雜到讓今日的電腦

大舉白旗。

但對量子電腦而言，事情就簡單多了。量子電腦的運算單元是量子位元（Qubit），而不是傳統的「0」與「1」的數位位元（Digital Bit）。最近，IBM的研究團隊已使用一台7量子位元的量子電腦，成功完成一個由3個原子組成的小分子建模。

隨著科學家積極打造更高量子位元的電腦及更強大的量子演算法，更大型分子結構的模擬建模應指日可待。

——羅特曼（David Rotman）撰