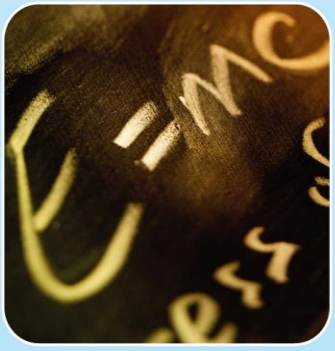
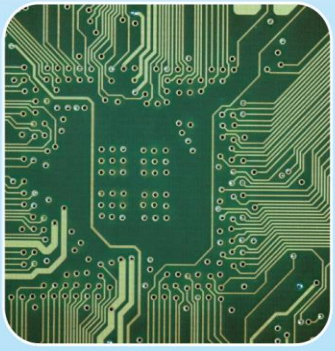
專題報告

2020–09

財團法人 中技社

CTCI FOUNDATION

AI 倫理治理與醫療防疫

中華民國 109 年 12 月

財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更多的貢獻，本社就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，為廣為周知，特將各議題研究成果發行專題報告，提供產官學研各界參考。

本專題報告係取自本社於 2020 年 10 月 16 日舉辦之「AI 倫理治理與醫療防疫」研討會之演講內容，該研討會係由中研院陳力俊院士召集，本社潘文炎董事長、蕭萬長前副總統共同致詞，並敦請李羅權院士、郭旭崧校長及張上淳副校長擔任主持人，朱雲漢院士、郭毅可副校長、何志明院士，以及陳建仁副總統進行專題主題演講，並在圓桌論壇中與施立成法務長、林勤富教授、杜奕瑾創辦人，與莊曜宇副所長等專家學者相互交流。並在會後將成果彙集成冊，由本社編輯發行。本研討會之相關資料及簡報請見本社網站。

發 行 人：潘文炎

主　　編：陳綠蔚、陳力俊

作　　者：朱雲漢、郭毅可、何志明、陳建仁(依演講順序)

執行編輯：王釿鋙、劉致峻、許湘琴

發 行 者：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 109 年 12 月

ISBN：978-986-99844-0-9

序

人工智慧(AI)係為一項對諸多領域均有深遠影響的泛用科技，在能夠確保大眾的共同利益的前提下，如何以「AI 倫理與治理」形塑一個人機共榮的未來社會，是當前歐美官產學研界甫開展的全新研究領域。例如聯合國教科文組織的「機器人倫理報告」指出透過複雜的演算法，機器人將改變人類的生活方式和經濟發展模式，但其開發應用須考慮人類社會規範，才可避免引發倫理和法律問題；由超過三千名的民間 AI 技術與實務領域專家共同簽屬的「阿西洛馬 AI 原則」認定 13 項 AI 發展過程需重視的倫理標準與道德價值，作為未來 AI 從業人員之圭臬；其他諸如史丹佛大學、麻省理工學院、哈佛大學、牛津大學、世界經濟論壇、Google、Intel、Forbes 等學術單位、國際機構，甚或跨國領導企業均已爭先投入。美國、歐盟、英國、中國大陸、日本亦初步建構自國的 AI 發展原則，台灣亦在去(2019)年發布「AI 科研發展指引」朝 AI 發展的正確方向邁出第一步，但仍須吸引更多倫理、法制、政府治理等領域專家的投入，才可完善國內 AI 的發展環境。

於此同時，全球遭逢到新型冠狀病毒的肆虐，去年年底發現於中國大陸武漢市的新冠病毒，在今年迅速擴散至全球多個國家，演變成一場全球性大瘟疫，至 11 月底時全球已有超過 6,260 萬件確診病例，超過 146 萬餘人不幸死亡，被世界衛生組織(WHO)形容為史上最嚴重的公共衛生事件之一。嚴重的疫情導致各國政府不得不關閉邊境，執行嚴格的檢疫措施，使得國際間的商務與旅遊停止，經濟活動也彷彿變成一灘死水，不論是歐、美先進國家，或是第三世界國家無不蒙受巨大的經濟損失，甚至連美國總統川普本人也曾不幸確診。而我國則仰賴政府加強邊境管制及國內防疫的多項舉措，讓國內疫情得以控制，台灣因此成為許多受到疫情重擊的國家仿效的模範。陳建仁前副總統在他的演講中指出台灣防疫成功的關鍵，在於科技創新、政府透明與人民信任。換言之，這次的新冠病毒疫情可說是，AI 第一次在世界性的重大事件中發揮顯著功能，但是也逼使我們不得不更早面對 AI 倫理與政府治理的挑戰。就如同已故的知名物理學家 Stephen Hawking 所言，人類必須意識並鑑別 AI 可能帶來的危險，採行最佳的管理方法，並儘早為後果做好準備。

有鑑於此，本社於今年 10 月 16 日舉辦「AI 倫理治理與醫療防疫研討會」，這場研討會係本社近年在中研院院士、台灣聯合大學系統系統校長、前清華大學校長，陳力俊院士的協助下，所舉辦的第四場與 AI 相關的研討會。在前三場研討會中，分別從 AI 對社經政等宏觀領域的影響，再到與社科文教等跨領域應用，進而對個人日常生活的體現進行探討。而本場研討會則將主題一分為二，首先討論 AI 研究與相關產業發展時，其上層架構應注意的倫理與政府治理議題；並結合當前新冠病毒疫情時事，探究 AI 科技在醫療與防疫領域的應用。本研討會邀請到中研院**朱雲漢院士**、香港浸會大學**郭毅可副校長**、UCLA **何志明院士**與**陳建仁前副總統**進行專題演講，並與**陳力俊院士**、中研院**李羅權院士**、陽明大學**郭旭崧校長**、台灣大學**張上淳副校長**、微軟公司**施立成法務長**、清華大學**林勤富教授**、AI 實驗室**杜奕瑾創辦人**、工研院**莊曜宇副所長**等產學研專家學者進行圓桌對談。並循前三場之模式，由本社在會後將研討會成果薈萃出版專題報告，供各界人士參閱，望收引玉之效。

最後，感謝中研院劉炯朗院士長久以來的支持，劉院士除了在前三場舉辦的 AI 研討會中擔當主持人、主講人外，原將續於本場研討會中，以其如珠妙語與所有與會來賓、讀者分享其真知灼見。然而，院士因病辭世，讓人無不扼腕、悲切。這一系列的 AI 研討會得蒙劉院士之鼎力襄助，實是本社之幸，故謹以本報告表達對劉炯朗院士最深的懷念與道別，與對劉院士家人最深的祝福。

財團法人中技社 董事長

潘文炎

2020 年 12 月

主編序

鑑於 AI 的急速發展，對人類的社會影響愈為廣泛與重大，中技社於 2018 年 2 月 22 日、2019 年 3 月 13 日與 2019 年 8 月 23 日分別舉辦了「AI 對科技經濟社會政治暨產業之挑戰及影響」、「AI 時代社科文教之變革與創新思維」與「AI 智能應用對日常生活之翻轉與創新」主題研討會，獲得熱烈的參與以及回響；有感於 AI 發展至今，除增進人類福祉外，也呈現許多負面效應，大者甚至影響強國的選舉，牽動世局變化，因此較上位的「倫理與治理」問題愈形重要，因此規劃於今年 4 月舉辦「AI 倫理與治理」研討會。

由於新冠疫情的發展，AI 在醫療防疫上大顯身手，本研討會除決定延期到 10 月 16 日舉行，同時改以「AI 倫理治理與醫療防疫」為主題；以 2003 年「非典肺炎」疫情的經驗，估計到 10 月之時，全球疫情應已大體受到控制，國際間旅行無阻，詎料疫情目前仍在全球大部分地區蔓延，旅行也受到諸多限制，只能部分以錄影與視訊方式舉行。

本研討會在諸位重量級主講人、主持人、與談人支持下進行甚為順利，也感謝蕭前副總統蒞臨致詞，兩位在境外的院士除抽空為演講錄影外，也全程以視訊參與圓桌論壇的討論，讓研討為更為圓滿成功，在此一併致最深的謝意。

中技社是國內最早對 AI 發展與影響關切並著力最深的財團法人，除舉辦四次大規模研討會外，並舉辦兩次 AI 創意競賽，2019 年以「AI 與教育」、「AI 與創新服務」與「AI 與藝術」為主題，各有 10、12、10 隊，共 32 隊參賽，今年聚焦於「醫療防疫」，則吸引 34 隊參加，廣度與深度均有提升；同時在本年創意獎學金部分，也鼓勵許多學生以 AI 相關主題參賽，顯示國內 AI 的發展與中技社的教育與推廣努力相輔相成。

展望未來，朱雲漢院士在討論倫理與政府治理議題，作總結時，特別提到，如何引導 AI 為善、制止為惡是極為關鍵重要問題，並期許 AI 為善可以是「中技社的時代使命」。令人振奮的是，中技社正朝此方向積極研議中，未來集思廣益，還賴各位學者專家鼎力支持。

此次研討會，讓人遺憾的是原來排定擔任主持人之一的劉炯朗院士臨時因需動手術未能參加，並不幸因手術引發的狀況已於 11 月 7 日仙逝；劉院士在前三次中技社辦理與 AI 相關的研討會，均「共襄盛舉」。頭兩次是擔任主持人，第三次則是擔任主講人，以「科技與人文的平衡，AI 往哪邊站?」為題作約五十分鐘壓軸演講，風靡全場。聲望崇隆的劉院士是 AI 先驅，而一生為善，將是未來中技社推動 AI 為善的精神指標。

本研討會從規劃到順利圓滿舉行，仰賴中技社的持續全力支持，尤其王釿鋁主任率領的團隊在一般舉辦大型研討會的繁鉅事務外，增添部分主講人的錄影與視訊工作，備極辛勞但圓滿達成任務，特別讓人感佩與感謝。

中研院院士、台灣聯合大學系統/系統校長、清華大學特聘講座教授

陳力俊

2020 年 12 月

目錄

序 I

主編序 III

目錄 V

圖目錄 VII

表目錄 IX

開幕致詞 1

貴賓致詞 3

上午場《人工智慧的倫理與政府治理》主持人引言 5

專題演講一：智慧治理與共享社會：人工智慧帶來的機遇與難題 7

一、 前言 7

二、 從對抗新型冠狀病毒危機說起 7

三、 人工智慧帶來的機遇與難題 13

四、 出路 17

五、 結語 20

專題演講二：理解機器行為：人機共生世界中的生存方式 21

一、 前言 21

二、 何謂機器學習？ 22

三、 何謂機器行為？ 24

四、 機器行為的重要性 24

五、 機器行為的研究方法 25

六、 人工智慧的重新思考：從機器行為出發 30

七、 人機共生的世界 31

八、 結語 31

上午場圓桌論壇 33

下午場《人工智慧於醫療與防疫的應用》主持人引言 43

專題演講三：AI 與醫藥發展(AI-Medicine) 45

一、 醫藥：一門不確定的科學 45

二、 AI-Medicine 47
三、 人體的臨床實驗結果 51
四、 AI-PRS：一個免機制、不定型的平台 57
五、 以簡馭繁的非正規方法：AI-Medicine 60
六、 結語 61
專題演講四：AI 與防疫科技 63
一、 前言 63
二、 我國新冠肺炎防治對策 65
三、 我國防疫科技的發展 67
四、 防疫科技的未來發展與挑戰 73
五、 結語 75
下午場圓桌論壇 77
閉幕致詞 87

圖目錄

圖 1-1 以 Alphafold 預測的新型冠狀病毒的蛋白質結構 8

圖 1-2 可避免人與人接觸的服務業智能機器人 9

圖 1-3 最富有的五十位美國富豪的淨資產總和 11

圖 1-4 機器人管家(Jarvis the Robotic Butler) 12

圖 1-5 工作自動化可能性 13

圖 1-6 五大科技公司市值占 S&P 500 比重 16

圖 2-1 人工智慧發展時程表 21

圖 2-2 機器獲取知識能力的演變 22

圖 2-3 機器學習的認知學原理：模型和觀察 23

圖 2-4 如何向機器表達行為目的 26

圖 2-5 如何理解機器行為做的對的緣由？ 29

圖 3-1 Microsoft Ethical AI Principle 35

圖 3-2 新型態國際角力與全球規範制定競爭 37

圖 3-3 不同國家區塊的人對於自駕車難題的偏好 38

圖 4-1 Estimated Persons Living with HIV Infection and Estimated AIDS Deaths Among Adults and Adolescents — United States, 1981–2008 46

圖 4-2 A Smart Surface Fitting Methodology 48

圖 4-3 Artificial Neural Networks 49

圖 4-4 Phenotypic Response Surface (PRS) 49

圖 4-5 Quantitative Governing Rule 50

圖 4-6 Immunosuppression Post Liver Transplant (Control Patient) 52

圖 4-7 Immunosuppression Post Liver Transplant (PPM Patient) 53

圖 4-8 AI-PRS Guided Personalized Dosing in a Metastatic Prostate Cancer Patient 54

圖 4-9 Maintenance Regimen for HIV Patients 56

圖 4-10 AI-PRS Based Personalized Maintenance Dose for HIV Patient 56

圖 4-11 Challenges in Current Drug Discovery Pathway 58

圖 4-12 以簡單數學式描繪一個複雜系統 61

圖 5-1 健保大數據與人工智慧結合 65
圖 5-2 我國 COVID-19 防治對策與生技戰略(I) 66
圖 5-3 我國 COVID-19 防治對策與生技戰略(II)：阻絕境外 66
圖 5-4 Deep Learning-based Automatic Detection for Lung Cancer on CXR 68
圖 5-5 End-to-end Lung Cancer Screening with 3-dimensional Deep Learning on LDCT 68
圖 5-6 Radiomics of Lung Adenocarcinoma Subtype Based on IASLC/ATS/ERS Classification 69
圖 5-7 訊連科技的 FaceMe®Health 71
圖 5-8 瑞昱半導體的跌倒警示與電子圍籬系統 71
圖 5-9 瑞昱半導體的藍芽智能紅外線測像儀 72
圖 5-10 研華科技的科技防疫設備 72
圖 5-11 防疫領域的新科技、新應用 73
圖 5-12 產業掌握翻轉醫療與健康科技的關鍵技術 74
圖 5-13 台灣資通訊產業的健康照護產業佈局 74
圖 5-14 應用 AI 與機器學習之醫療設備的產品生命週期監管方法(美國) 75

表目錄

表 4-1　Population Averaged Chemotherapy 47
表 4-2　Small Data AI Enables AI-Medicine 51
表 4-3　AI-PRS Platform 實證研究領域彙整 57
表 4-4　治療 Covid-19 的單一藥劑療效 59
表 4-5　治療 Covid-19 的複合藥劑療效 59
表 5-1　人工智慧在健康照護應用的實例 63

開幕致詞

潘文炎

財團法人中技社董事長

蕭副總統，各位貴賓，各位先進，首先我要代表中技社歡迎各位來參加「AI倫理治理與醫療防疫」研討會，今天天氣突然變得不好，各位還準時踴躍出席，讓我非常的感謝。

大家都非常重視人工智慧的發展，也都了解到人工智慧是未來對人類影響最大的一個科技，在可預見的未來，將為我們的生活帶來廣泛且顛覆性的影響。本社在過去兩年間已經舉辦過三場與人工智慧相關之研討會，都是仰賴陳力俊院士的發想與規劃，並且透過他的人脈，讓我們有機會邀請到各個領域大師級的講者來發表卓見。第一場的主題是AI對社會、經濟與政治等宏觀領域的影響，第二場則是AI在各種跨領域的應用，第三場則是AI對於個人日常生活的體現，每一場次都獲得相當大的迴響。

而這場研討會則是本社舉辦的第四場AI系列研討會，討論在AI快速發展的狀況下，應該注意的道德倫理問題。譬如說掌握AI技術的高科技公司跟政府對於可能會對個人隱私造成妨害；又比如現在社會的貧富差距越來越大，而AI的出現會不會再拉大貧富的差距，進而衝擊整個民主制度。因此，對於AI的治理與管控變成大家非常重視的議題。

另外，今年出現了新冠肺炎的疫情，嚴重地影響到全人類的生活。現在全球已經有超過3,900萬人感染，超過100萬人過世。即使像美國這麼先進的國家也有超過800萬人感染，22萬人過世，甚至連美國總統川普自己也染病。所以我們可以親身參與研討會，生活受到非常小的影響，台灣應該對自己感到驕傲。這些防疫成果仰賴諸多防疫專家的努力，國人也吸取了SARS的經驗，積極配合政府的防疫措施，而AI在其中也扮演了不少重要角色。

今天的研討會主講人都是院士級的學者專家，相信會讓所有與會來賓滿載而歸。也感謝蕭萬長副總統蒞臨研討會，蕭副總統對台灣經濟發展的貢獻，大家有目共睹，並且仍對於國家發展非常的關心；而陳建仁副總統也在卸任後，馬上回到學者的角色，在本研討會主講AI防疫的議題，在此我謹代表中技社表示最大的謝意。最後也祝各位貴賓身體健康，萬事如意，謝謝。

貴賓致詞

蕭萬長

中華民國第 12 任副總統

潘董事長，中央研究院陳院士、李院士、朱院士，各位與會的貴賓，大家早安。非常高興，也非常榮幸，能參加中技社所舉辦的「AI倫理治理與醫療防疫」研討會。

因為疫情的關係，我們的生活受到了許多影響，我想在座的各位應該都有感觸。要能把防疫工作做得更好，不能僅僅靠著戴口罩而已，若要做得更有效，更能夠切合我們的需求，那就需要科技的協助，而我覺得人工智慧是當前最可能協助我們控制疫情的科技。

在這場研討會中，主辦單位邀請到國內外各位重量級的學者專家，除了討論AI所面臨的倫理道德跟政府管制的問題之外，也會探討如何應用AI來防治在全球肆虐的新冠肺炎病毒，透過各位專家的分享，我相信能夠讓所有與會來賓都能夠對這個議題有更深的了解，滿載而歸。我也非常的期待，所以即使等一下還有另外的行程，我也一定要聽一堂課以後才離開。

去年底發生的新冠肺炎疫情非常迅速的蔓延到全球，我也正好在年初時從美國返台，也在返台後，乖乖地居家檢疫14天，整個過程讓我感受很多。雖然居家檢疫相當嚴格，但也非常的重要。居家檢疫的每一天都有專人打電話詢問你的狀況與需要。有一次，我的太太晚上將手機關機後，隔天忘記把手機開機，馬上轄區的警察就過來調查。我們非常遵守這個規定，因為保護別人也是保護自己。我現在年紀大了，屬於高風險群，所以我兩個禮拜的居家檢疫完成後，我自己再關一個禮拜。這就是今天我們所面對的一個情況，居家檢疫雖然限制了我們的人身自由，但是它對防疫工作是非常重要的一環。

WHO形容這是歷史上最嚴重的公共衛生事件之一，到昨天為止，全世界已經有3,748萬人確診，也有105萬人死亡。許多國家的政府都實施封城或宵禁，例如法國政府在前幾天再次宣布巴黎的六個區要實施宵禁。這些不得不為的管制措施讓國際間的商務還有旅遊的活動幾乎停頓，經濟活動受到了嚴重的影響。

很幸運的，台灣能及早注意到潛在危機，政府也很明快的進行超前佈署，但最重要還是我們人民的警覺性，大家都非常的配合防疫措施。假如沒有民眾的配合，一切的努力都將付諸流水。例如美國疫情如此嚴重之下，仍有許多民眾不戴口罩、不遵守社交禁令，那即使美國有如此先進的醫學科技，疫情仍無法得到有

效的控制。

由於新冠肺炎病毒仍未絕跡，疫苗也還沒成功研發出來，目前國與國之間的人員流動都還是需以嚴格的檢疫措施進行管控，不管入境台灣或出境到別的國家，都要居家檢疫14天，導致經濟活動難以在短時間回復正常。因此，我真的很期盼以先進的AI科技來協助檢疫工作，一方面簡化或縮短目前的檢疫流程，另一方面仍能避免防疫的安全網出現漏網之魚，或許會是另一條解決之道。而政府也應該對AI科技應用於防疫或醫療行為時，涉及的個人隱私或侵犯人權的相關問題，與社會進行充分溝通，取得民眾的理解，並型塑出共識。

上述所提到的這些議題，就待今天的諸位重量級的專家學者來為大家解惑。最後，我在此預祝研討會順利成功，並祝福各位貴賓身體健康、萬事如意，謝謝大家。

上午場《人工智慧的倫理與政府治理》主持人引言

陳力俊

中研院院士、台灣聯合大學系統/系統校長、清華大學特聘講座教授

歡迎大家來參加今天的研討會，早上的議程聚焦於 AI 倫理與治理；剛才蕭副總統談到台灣防疫有成與戴口罩的關聯，民眾視情況自動自發戴口罩是講倫理，政府對那些場合需要戴口罩作出規範則是治理問題。有鑑於 AI 越來越強大，越來越普及，相關倫理與治理問題，就顯得越重要。

在倫理方面，AI 是照我們所設計的演算法運作，遵循一個口令、一個動作，就如我們說的 Do the Thing Right，也就是「依章行事」。但談到倫理問題，是 Do the Right Thing，「做對的事」，這就牽涉到價值觀，也是哲學問題；不同的哲學，會導致不同的演算法，有不同的後果，必須要正視。以蓄勢待發的自動駕駛技術行車安全為例，他的設計是以保障乘客安全，還是造成最少人命損失為優先，是上路前必須釐清的問題。

治理則屬於「應用倫理學」的範疇，一方面是政府應用 AI 做有效治理，另一方面則是政府對 AI 開發的治理。政府應用 AI 做有效治理的例子不少，例如某一地的犯罪率大減，可歸功於街頭密布的監視器、高明的人臉辨識技術等；另外根據報導，原來相當嚴重的新疆維穩問題，在近四年都沒有再出現恐怖攻擊，也是一例；而最近大陸十一長假，有七億人次出遊，各大景區萬頭鑽動，顯示防疫有成，也是拜 AI 促成的健康碼制度之功。而在政府對 AI 開發的治理方面，則需要考慮上述例子的個人隱私問題。社交媒體，如 Facebook，所收集的數據在上次美國大選被有心人士用來影響投票趨向；Twitter 則被美國總統川普用來散佈錯誤訊息。最近一個例子是美國 FBI 破獲密西根州極端右翼民兵組織，該組織利用 Facebook 來協調他們意圖綁架州長的計畫，而 Facebook 被極端分子利用，已成為日趨嚴重的問題，需要妥為規範。

以上可見，不論 AI 倫理與治理，都已經超越學術討論範疇，而必須考慮到實務操作問題。因此本研討會邀請兩位頂尖專家，主講相關議題，同時邀請多位專家學者在隨後的圓桌論壇就此議題交流討論，必能多所啟發。

第一場的朱雲漢院士將主講「智慧治理與共享社會：人工智慧帶來的機遇與難題」。朱院士在台灣大學政治系畢業後，到美國明尼蘇達大學深造，取得政治學博士學位。返國後，歷任中央研究院特聘研究員與台灣大學政治學系教授，現擔任清華大學台北政經學院籌備處主任，是國內首屈一指的政治學學者，也是目

前中研院唯二的政治學領域院士中，最資深的院士。

第二場則由郭毅可院士主講「理解機器行為：人機共生世界中的生存方式」。人工智慧亦稱機器智慧，係指人製造的機器所表現出來的智慧。AI時代來臨，代表生活中機器無所不在，產生了人機共處問題，而郭院士將為各位擘畫出未來人機共生世界的遠景。郭院士是北京清華大學計算機系的學士與碩士、英國帝國理工學院計算機科學博士。曾任英國帝國理工學院數據科學所所長及教授，現任香港浸會大學研究與發展副校長，為英國皇家工程院院士、歐洲科學院院士。他曾在2016年以大數據分析成功預測當時所有選前民調一片看衰的川普當選美國總統，享譽國際。

智慧治理與共享社會：人工智慧帶來的機遇與難題

朱雲漢

中研院院士、中研院政治所特聘研究員、台灣大學政治系教授

一、前言

潘董事長、蕭副總統、主持人陳力俊院士，還有在座的各位嘉賓，今天非常榮幸有這個機會來向各位報告。今天還有很多場非常精彩的演講，所以我只是以一個拋磚引玉的心情，來分享我對於人工智慧(Artificial Intelligence, AI)的一些看法。

最近因為新型冠狀病毒(COVID-19)疫情的影響，我所有國外行程都全部取消，突然間多出了一些時間閱讀各方面的資料，也利用這段空檔時間消化整理我過去這幾年在人工智慧對政府治理議題上的材料。我也感謝陳力俊院士，因為一開始是他逼著我在這個可說是尚在開闢的陌生領域進行研究，逼著我要與時俱進，才能夠跟上這個時代。然後讓我把原來的專業領域的知識，跟人工智慧進行結合，探究人工智慧的突飛猛進所帶來的各種對社會、政治、經濟、法律面的衝擊。

我今天的報告會先從人類近百年來最大的一場公共衛生危機，新型冠狀病毒疫情，做為起點。因為我覺得這場疫情讓我們看到人類未來的社會、政治、經濟運作模式的雛形，給了我們一個非常鮮明的預告。我們原先以為可能很多年以後才會發生的事情，已經提前在這個時機展現這個新的社會運作模式的可能性，甚至已經變成我們日常生活裡面無法擺脫的一部份。

我認為這個新的社會運作模式帶來了機遇，但也帶來難題，很多難題不是我們現有的這套社會制度可以有效解決，必須在制度上進行全盤的思考與創新才得以克服，我把他稱之為新的社會契約，我隨後會提到。如此才能夠在駕馭這些新科技的同時，確保新科技帶來的各方面效益，能夠「普惠性(Inclusiveness)」的讓整個社會大多數群體分享，而不會惡化目前早已存在的各種資源扭曲，與嚴重的貧富差距等既存的問題。

所以，我找了兩個切入點，第一個談「智慧治理」，另一個談人類如何利用人工智慧邁向「共享社會」。當然這些都還是我個人還在初步階段的一些想法，不見得完全成熟，也非常希望各位能夠給我許多指教。

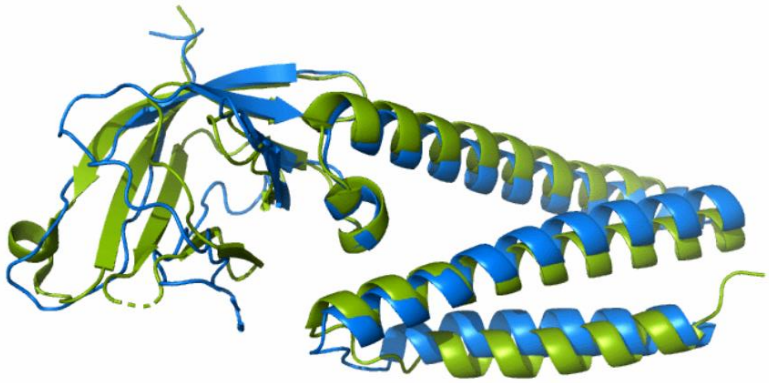
二、從對抗新型冠狀病毒危機說起

剛才潘董事長及蕭副總統的致詞中也都談到，人工智慧或廣義上的數位科技，

包括大數據(Big Data)、雲端運算(Cloud Computing)、5G通訊與量子計算(Quantum Computing)等科技，都在這場疫情中大顯身手。

包括世界衛生組織(World Health Organization, WHO)及各國政府的衛生部門大量運用人工智慧與大數據分析來掌控宏觀疫情，例如：疫情傳遞與擴散路徑分析、疫情擴散預測模型分析、隔離措施阻絕效果情境分析等，都能夠精準的掌控疫情發展的動態。

我們也知道人工智慧加快了對病毒的核糖核酸(RNA)基因序位分析的速度，甚至找出病毒最基本的蛋白質結構，這可說是對於下一階段的疫苗研發是最關鍵的步驟之一。舉例來說，Google旗下的一家子公司DeepMind[1]，在今年三月中旬發布了由該公司最新的「深度學習(Deep Learning)」演算法的AlphaFold軟體，所預測出的新型冠狀病毒的蛋白質結構。(見圖1-1)



資料來源：Computational Predictions of Protein Structures Associated with COVID-19, DeepMind，https://deepmind.com/research/open-source/computational-predictions-of-protein-structures-associated-with-COVID-19。

圖1-1　以Alphafold預測的新型冠狀病毒的蛋白質結構

另外，如同剛才蕭副總統也在其個人的居家檢疫經驗所談到的，政府可利用智慧型手機來充份掌握需要居家檢疫的人之行蹤，假若他不小心將手機關機的話，將會在脫離監控範圍的同時，通知管區警察登門查訪。這類的運用可以做到更徹底，甚至可能將會變成日後跨國旅行的防疫措施裡面必備的工具。因為人和人的直接接觸，或是人群的聚集會大量增加病毒擴散的風險，所以如何避免聚集，如何避免人和人之間的近距離接觸，都可由人工智慧與數位科技來解決。

但是不僅僅如此，在如今的數位經濟時代，各個面向都在加速發展。線上購物已經大量取代實體場域消費，電子支付與數位貨幣也正在取代傳統金融中介，經濟活動的內涵已經大幅轉變。同時智慧機器人也開始大行其道，各行各業都可以由具備人工智慧的機器人代勞。例如中國大陸的京東物流推出的無接觸配送服

[1] 題外話，該公司也曾於前幾年開發出知名的 AlphaGo 人工智慧圍棋軟體，並擊潰了當時世界排名第一的圍棋高手，從此一炮而紅。

務，係由智慧配送機器人直接將商品送達顧客住宅區的入口處；全球最大的線上購物平台，亞馬遜的無人機配送機隊(Prime Air)於2020年8月取得了美國聯邦航空署(Federal Aviation Administration, FAA)的批准(見圖1-2)，讓亞馬遜現在可以在美國各大城市用無人機提供快遞服務。加上機器人不會感染疾病、不會感到疲勞，甚至可以一周七天、一天二十四小時，全天候的去替代底層的勞動力。

資料來源：主講者簡報。

圖1-2　可避免人與人接觸的服務業智能機器人

智能機器人還可以在很多專業領域展現出巨大的可能性(例如診斷、手術、烹飪、翻譯等)。另外，許多活動將從線下轉移至線上(Offline to Online)，透過虛擬實境取代面對面接觸，視訊教學、虛擬校園、虛擬演唱會、網路商展、學術會議都可以用線上的方式來呈現。這是過去我們難以想像的，我們原來以為是未來的情境，不但提前發生了，而且還充份的展現在你我眼前。

簡單來說，我們已經可以看得到人工智慧搭配5G通訊、量子計算及物聯網(Internet of Things, IoT)後的可觀能力，也的確是對控制疫情最有效的工具，也將會是未來能否讓社會恢復常態生活跟跨境旅行安全的一種必要手段。

由於數位科技已經成為二十一世紀的國家競爭力核心要素，這一次的新型冠狀病毒疫情，提早將一個未來社會的型態展現在我們面前，這個社會型態有幾個重要的結構性變化(Structure Change)或稱之為未來社會型態的可能寫照。

第一個是「全智能生產」時代！

第二個是「超級透明」社會！

第三個是「智慧公共治理」社會！

第四個是「數位經濟」時代！

最後一個則是「零邊際成本」社會！

但未來的人類同時也面對巨大的難題與挑戰，一方面，如何實現前面提到的這些跟人工智慧相關的數位科技，所改變人類社會的各種可能性；另外一方面，也要因應人工智慧帶來的顛覆性、破壞性，甚至不一定是為善的，而是為惡的可

能性。能否防止這些人工智慧帶來的副作用，是未來社會或整個人類所面臨的巨大挑戰。

這個巨大的挑戰就是資本主義市場經濟的脆弱與不平等，加上這波新冠病毒疫情的推波助瀾，讓這個現象以更早更嚴重的態勢呈現在我們眼前，讓人格外糾心。當然，這個問題不是只有美國才有，但美國曝露得特別徹底。我們發現這套資本主義市場經濟經不起這種大規模且極度嚴峻的疫情干擾，市場一但受到無法預期的衝擊，所有經濟活動就陷入泥沼難以運作，也因而曝露出幾個非常嚴重的社會不公平現象。

1. 從事社會底層工作的人口面臨最大感染風險

   第一個社會不公平現象呈現在從事底層工作的人面臨最大的感染風險，特別是承受疫情爆發第一線的醫護人員。由於他們是第一線的勞動工作者、藍領階級，所以往往無法仿效一般白領階層可以居家辦公(Work from Home)，他們完全沒有選擇的自由。

2. 多數美國家庭缺乏安全保障

   第二個社會不公平現象就是大多數的美國家庭，即使是中產階級家庭(Middle Class)，缺乏足夠的安全保障，幾乎沒有太多現金儲蓄，無法應付幾個星期的薪資中斷。大多數人都是所謂的月光族，拿到當月的薪水給付各種貸款之後，手頭上的現金可說所剩無幾。所以如果說連續幾個月沒有工作收入進帳的話，生活馬上陷入困境，財務餘裕非常小。而且在美國一但失業就會失去健康保險，並且面臨無法支付房貸與車貸等一系列沈重打擊。加上假若家庭居住在大都市，相對微薄的失業救濟金亦不足以支付偏高的房租與生活費用。

3. 少數族群的病毒感染死亡率最高

   美國大西洋雜誌(The Atlantic)報導指出，黑人社區占了美國超過一半的確診病例，以及近60%的死亡。紐約時報也報導紐約市政府統計各族裔的患病情況，其中拉丁裔和黑人的罹病比率合計超過確診比率的四成[2]。

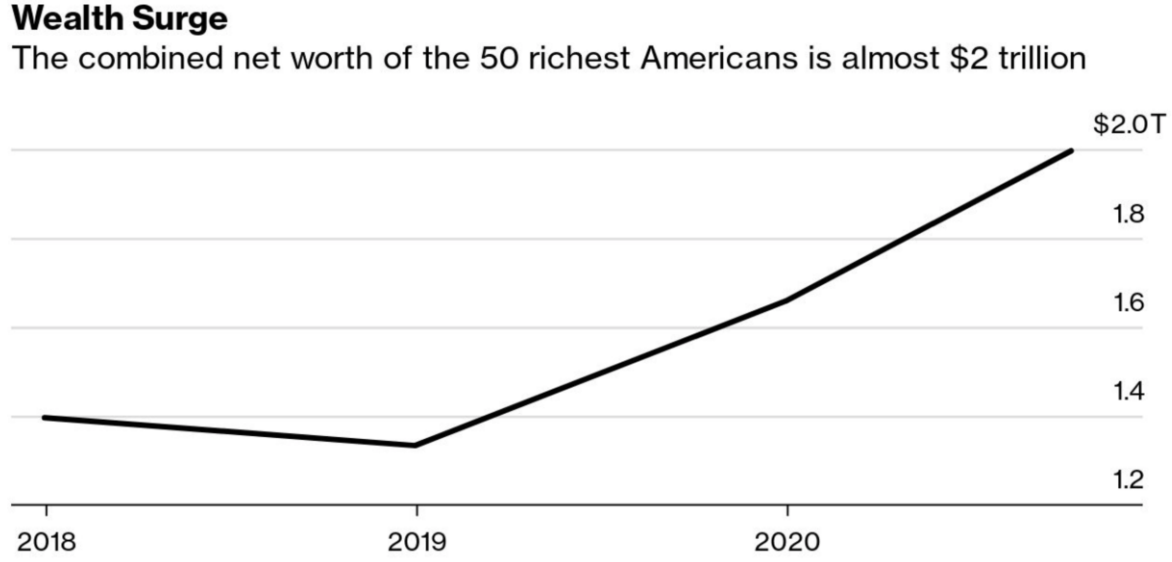
未來會不會因為人工智慧時代的來臨，以及剛剛前面所提到的幾個新時代結構性變化，而讓存在於資本主義市場經濟的不平等問題更為嚴峻呢？或者，我們能夠找到更好的解決途徑，來解決這些不平等的問題，上述的兩種可能性是同時並存的。

譬如說，這次新冠病毒疫情造成美國嚴重的經濟衰退，股市一度如金融海嘯般的大跌。所以美國政府採取了前所未有的紓困方案，聯準會(Federal Reserve, Fed)在短短的4個月裡面，向美國經濟投注了高達三兆美元的流動性，這可說是一個

[2] 遠見雜誌，病毒揭露殘酷真相：原來人命真的有貴賤？！，https://www.gvm.com.tw/article/72821。

天文數字。聯準會所採取的這個救市措施，你可以說他是為了拯救整個金融體系與美國經濟。不過最直接受惠的卻是最頂級的富豪階層，美國的大富豪們成為了華爾街股市反彈的最大受益者。他們的總資產在經過了這波疫情後，不減反增。

根據彭博社(Bloomberg)的報導，收入最高的前1%的美國人的總淨資產為34.2兆美元，佔美國全部家庭財富的三分之一；但貧窮的50%的美國人(約1.65億人)僅持有2.08兆美元，佔全美家庭財富的1.9%。其中，最有錢的五十位超級富豪，經過了今年初的上沖下洗之後，其淨資產總和甚至到達了前所未有的兩兆美元的規模(見圖1-3)，平均每個人是400億美元的身價。也就是說這五十人擁有的資產等同於美國後面50%的1.65億人所擁有的淨資產。

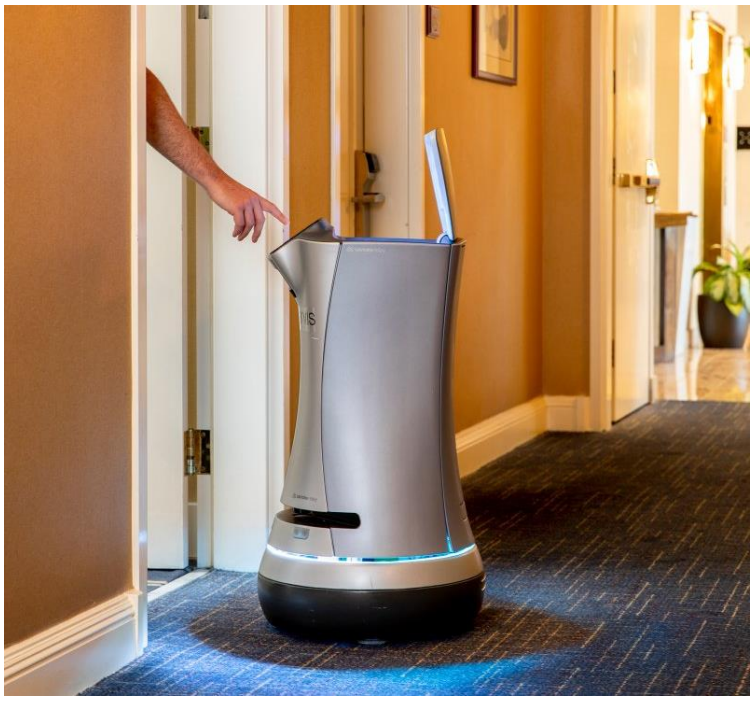


資料來源：Bloomberg Billionaires Index。

圖1-3　最富有的五十位美國富豪的淨資產總和

於此同時，這次疫情讓美國的失業率飆升至大蕭條(Great Depression)時期的高水準。講得好聽的是，美國的勞動市場非常的靈活、有彈性。雖然一度超過20%，但隨著經濟活動的解封，就業又開始恢復，許多工作崗位開始重新招聘。然而，也發現到有些人陷入長期失業，因為他原來的工作趁著這波疫情已經被人工智慧的演算法或機器人給取代了。

這裡有個典型的例子，圖1-4是時代雜誌(Time)所刊登的一張照片，照片裡的這台機器人綽號叫賈維斯(Jarvis)，和電影鋼鐵人的人工智慧管家一樣。賈維斯是在美國矽谷的Sunnyvale的一家高檔飯店Grand Hotel中服務，在這則報導中，該飯店已經把很多人工服務用機器人管家來替代。



資料來源：Cayce Clifford, TIME.

圖1-4　機器人管家(Jarvis the Robotic Butler)

教宗方濟各(Pope Francis)在這場疫情之中做了很多深刻思考，並在今年的10月4號發佈的「通諭(Encyclical)[3]」，也是教宗在2013年登基以來所發表的第三件通諭，標題是「眾兄弟姊妹們(Fratelli Tutti)」，這篇文獻相當長，我節錄如下：

> *"The marketplace, by itself, cannot resolve every problem, however much we are asked to believe this dogma of neoliberal faith."*
>
> *"Whatever the challenge, this impoverished and repetitive school of thought always offers the same recipes."*
>
> *This dogma "simply reproduces itself by resorting to the magic theories of 'spillover' or 'trickle' - without using the name - as the only solution to societal problems*
>
> *There is "little appreciation of the fact that the alleged 'spillover' does not resolve the inequality that gives rise to new forms of violence threatening the fabric of society."*

簡言之，這場大流行證實了他的信念，即必須改革目前的政治和經濟體制，以滿足受該流行病傷害最大的人民合法需要。

教宗可說是對於過去35年流行的新自由主義(Neoliberalism)做了非常深刻的批判。教宗的這封通諭在整個基督教世界中引起非常熱烈的討論，雖然過去教宗

[3] 通諭為教宗對於重大問題發表權威性意見的一個高規格的文獻。

其他的演講也曾批判過新自由主義，但從未以通諭的方式文告，進行反思。

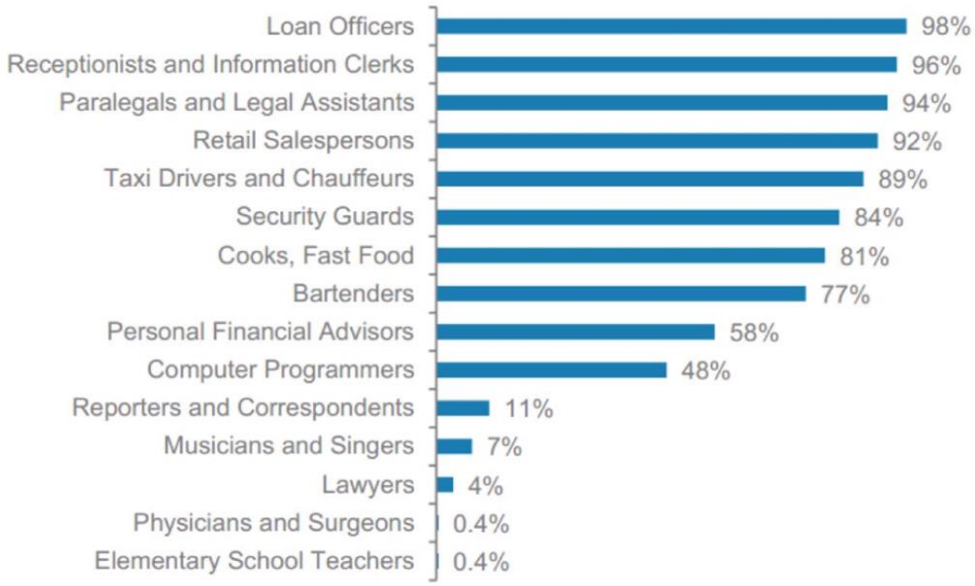
三、人工智慧帶來的機遇與難題

以上，就是這次疫情所預示的人工智慧所帶來對未來社會的結構性轉變及可能演變路徑，也曝露了我對當前社會經濟體制的各種隱憂及潛在問題。同時，也激發了我們去掌握人工智慧跟相關數位科技大爆發帶來各種機遇的動力；並且迎頭去面對各種難題的挑戰。我把這些嚴肅的抉擇歸納如下：

(一) 全智能生產時代的就業與所得分配

當我們進入全智能生產時代，傳統的就業型態面臨到革命性的轉變。而一個高失業或低就業勞動市場，將會對社會安定、經濟安全與所得分配造成難題。根據牛津大學(University of Oxford)的一項研究發現，未來10年現有工作的45%將消失，其中一些工作將完全自動化或至少升級到僅需要少部分勞動力的地步(見圖1-5)。不只如此，人工智慧也將大量取代高階專業人士的工作，例如JPMorgan已經使用人工智慧來審查商業貸款協議(Commercial-loan Agreements)，可在幾秒鐘內完成律師需要花費36萬個小時才能完成的工作量。另外，微軟公司旗下MSN與News Service改以人工智慧處理新聞內容，並解僱了數十名記者。

為了解決上述難題，現在許多北歐國家已經開始認真地進行「無條件基本所得(Universal Basic Income)」的社會實驗，並認為這是人工智慧時代裡必要的一套社會權利保障制度。但是大部份的人聽到無條件基本所得的想法都會提出一個問題：「一種不需要任何的資格審查，每個人每個月可以領取固定的所得，會不會導致政府財政破產呢？」



資料來源：University of Oxford, C.B. Frey and M. Osborne, Morgan Stanley Research, reported by Business Insider.

圖1-5　工作自動化可能性

在這次美國大選中，有一位華裔的總統候選人，楊安澤(Andrew Yang)，提出了「自由紅利(Freedom Dividend)」的概念。他認為未來12年大概每三個美國勞工裡面，就有一個人的工作會因為人工智慧而消失，造成勞動市場的嚴重衝擊。可是人工智慧所帶來的龐大生產力及其創造的財富，卻僅僅由極少數的大企業裡面的高級管理者與股東分享，而非整個社會。要知道Amazon、Google、Facebook等大型的科技企業幾乎不用繳稅，也就是說，現行的政府體制不能從這麼快速增長的經濟活動裡面取得財政收入，然後與社會大眾共享(或以提供公共服務的方式)。楊安澤的建議是對這些大型科技企業網的每一筆交易抽取所謂的「附加價值稅(Value Added Tax, VAT)」，將創造巨大的財源，再將稅收，以自由紅利這個名稱，發放給所有美國民眾。雖然楊安澤最後沒有得到民主黨提名，不過他第一次正式的把無條件基本所得放上美國主流政黨政策辯論的議程。

無條件基本所得的概念，的確可能會變成未來先進國家的一種新型態社會保障制度。並替代原本的失業救濟金、對貧困人口的社會救濟、農民與老人年金等等。但這個構想需要設計出完善的稅收機制，才能永續經營，我會在後續的內容進行補充。

(二) 超級透明社會的個人自由與社會治理重新平衡

第二個，是前面提到的「超級透明社會(Super Transparent Society)」。在我們不知不覺當中，只要你使用智慧型手機，或者使用社群網路平台，從此以後你的行蹤，你的一言一行，你的所有的活動，都全被紀錄下來。這不只有政府能收集你的資訊，Google、Facebook也在收集，並且將之賣給他的客戶，或直接做為其廣告行銷的對象。這些巨量的資訊將被視為一種數位資產，等待後續的發掘與運用。

這可以體現在幾個方面，例如以電子貨幣(Digital Currency)取代紙幣，假若成真的話，未來所有的經濟交易與金錢流向都將一目了然；或者配合上物聯網後，未來個人在日常生活與職場的活動足跡也都會有數位紀錄。換言之，個人一生的健康、舉止、體驗、言行、移動、消費、生產與交往活動細節都可以被完整記錄。除非你有辦法退出現代網路社會，不然本屬於你個人擁有或產生的數位資訊都會被紀錄與保存(從遺傳基因編碼開始)。每個人一生的經歷將完全透明化，一言一行都會被紀錄下來，而且不管好事還是壞事都將天下皆知(留存在網路紀錄中)。

超級透明社會有可能創造一個無死角的社會信用制度，讓腐敗無所遁形，讓財富無法藏匿，讓企業無法逃稅，還帶來「智慧治理」的可能性，讓政府能以各式各樣的政策工具或機制，更快速、更全面的回應這個社會絕大多數人的各種需要，我會在後面做更完整的說明。

但是，超級透明社會也會牽涉到是否侵犯個人自由與隱私權的問題，甚至可能會製造出一個個人自由徹底消失的極權社會。所以，我們必須在個人自由的保

障與社會治理的效果之間取得一個最佳平衡，但這是相當困難的挑戰。

(三) 超級智慧政府的權力邊界與問責機制

伴隨著剛剛提到的超級透明社會一起來到的智慧治理，讓未來的我們有可能擁有一個超級智慧政府。政府導入人工智慧後，可以全面性的轉變國家的職能。一方面將政府體系全面人工智慧化，讓國家管理能力跳躍式升級，並大幅精簡行政體系人力；另一方面，透過全覆蓋身分識別、全天候活動紀錄、生產及流通的交易足跡、系統性智慧城市管理、完整的社會徵信體系等監控技術，來進行數位化的智慧型社會管理。

上述所提到的這個可能未來，是善的！但我們也得知道超級智慧政府的存在，也可能代表一個國家監控權力的邊界無限延伸的未來。政府掌握了大量數位資訊，獲取了被人工智慧大幅提升的全面職能，政府可能完全不再為傳統的民主選舉制度所有效監督，也不再受現存的問責機制所有效制衡。也就是說在前方等待著我們的，也可能是一個新型態的數位集權社會的未來。而這樣的未來，是惡的！而這樣的難題，將需要對政府權力的制衡與監督機制進行重新設計。

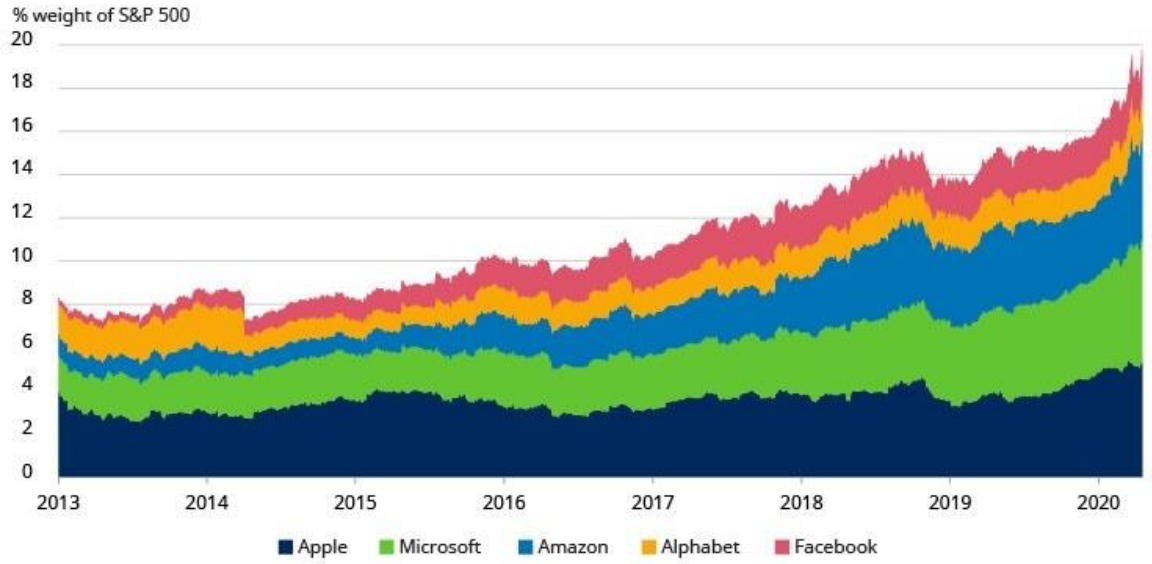
(四) 超級科技巨獸的威脅與制衡

另外，如我在前面所提到的，在這個數位科技爆發的時代中，財富集中與資本壟斷的狀況更是每況愈下。人工智慧與其他數位科技讓極少部分的人擁有無以倫比的生產力，掌控世界經濟運行的命脈，並急速累積天文數字的財富，也因而誕生了所謂的「超級科技巨獸」。

超級科技巨獸的存在，可說體現了最極端的壟斷資本主義。這些巨獸當中，有五家公司特別的突出，分別是Facebook、Amazon、Microsoft、Apple與Google(FAMAG)。美國過去幾年的股市繁榮，可說有三分之一來自於這五家公司。在2015年至2019年期間，標準普爾500指數(S&P 500)攀升了74%，其中FAMAG股票(五百家公司中的五家)貢獻了22個百分點，約佔總指數增長的近三分之一；在疫情過後，這五家公司的市值甚至高達總指數市值的五分之一，為史上新高。(見圖1-6)

這些科技巨獸的規模能夠以如此史無前例的速度成長，一方面來自於不斷的併購，舉例來說，Facebook收購的公司達67家，亞馬遜有91家，Google則是214家，其中不泛該領域的技術領先者，或新創企業；另一方面，還得利於(1)目前智慧財產權(Intellectual Property, IP)系統對大型科技公司有利；(2)牢不可破的市場壟斷地位；(3)享有零邊際成本；(4)過分寬鬆甚至放任的政府監管；(5)以金權政治(政治獻金)影響政府體系與國會立法。

在超級科技巨獸掌握了壟斷性市場地位以後，為了獨享額外的經濟收益，開始限制競爭而非鼓勵競爭，明目張膽的壓制初生的挑戰者，阻斷任何新事物對舊事物挑戰的可能性。在不斷的收購、持續的擴張、持久不破的壟斷之下，這些超



資料來源：Schroders.

圖1-6　五大科技公司市值占S&P 500比重

級科技巨獸的規模「大到無法監管 (Too Big to Regulate)」，其財力與國際影響力甚至比許多中小型國家還要龐大。以戲劇化一點的說法，可說是「科技的巨人」面對「政治的侏儒」。

Google的座右銘是「不要作惡(Don't be Evil)」，但是按照目前的發展趨勢，將很難避免「無心作惡，惡成蔭」。超級科技巨獸們不斷掠奪的大量財富與資源，最終甚至造成分配不均、民粹主義興起。

哥倫比亞大學有一位相當年輕也傑出的一位法律學家，叫吳修銘(Tim Wu)，他的父母親都是台灣人，所以吳修銘也是台灣之子。吳修銘近幾年就在關注這些高度集中、壟斷的這些數位平台，對於美國的經濟、社會跟政治扭曲作用。在他的「The Curse of Bigness：How Corporate Giants Came to Rule the World」及「The Curse of Bigness: Antitrust in the New Gilded Age」兩本著作當中，認為「讓巨頭倒下，才能澆灌民主之花」。強烈主張要分拆這些大企業，才能提升產業競爭力，從停滯轉變為充滿活力。

(五) 零邊際成本社會：壟斷性資本主義與普惠性共享社會的拔河

除了這樣一個被壟斷性數位資本主義的未來之外，我們人類的未來或許還存在另外一個可能性，一個接近理想化的烏托邦社會的可能性，只要我們能將數位科技帶來的龐大生產能力與普惠效益全面釋放出來。

要知道，過去的我們受到資源、技術的限制，所以傳統的製造業若是要擴充產能，必須蓋一間接著一間的廠房、鋪設一條接著一條的生產線、招募一個接著一個的勞工。即使有規模經濟的效益，但邊際成本(Marginal Cost)永遠是不可能趨近於零的。但是，在數位經濟時代，土地、勞動、固定資產這類傳統的生產要

素，在生產過程中的重要性不斷下降，而無形資產(信用、大數據、知識、軟體，演算法)反而變為更關鍵的生產要素。又由於這類無形資產的複製成本為零，讓生產力可以無限擴充，使得邊際成本趨近於零。換言之，我們將迎來一個「零邊際成本社會」。

「零邊際成本」的概念會徹底顛覆傳統的經濟學，進而使得壟斷性資本主義的動力逐步衰退。傳統經濟學的前提就是資源的「稀缺性(Scarcity)」，因為人類的無窮慾望受到資源與技術的限制，所以必須對資源作最有效的分配。但是，如果未來許多資源的供給是無限的，而且邊際成本趨近於零，那我們整個人類社會運作方式，整個經濟運作形態就會徹底改變。

這樣一個新的運作型態可稱之為普惠性「共享社會」。充裕與剩餘將取代稀缺，由於市場沒有被巨獸壟斷，商品的價格將可能不斷下降。在這樣的狀況下，愈來愈多的設備與工具也不需要擁有，可以共有共享；愈來愈多的生活需求也不再透過商品交易，而是透過互助、交換來滿足需要。例如可以透過社區型數位貨幣(Token)或時間銀行(Time Bank)，以交換或互助方式得到個人與家庭所需要的各類專業服務；許多家庭只要投入設置成本，可望在能源或其他領域扮演「產消者(Prosumers)」，不但自給自足，還有剩餘可以出售或與他人分享。

(六) 數位經濟的包容與公正：全新社會契約的設計

換句話說，這個人工智慧的時代正逼著我們認真地思考，思考如何去設計一套全新的社會契約，並制訂相對應的國際規範。這個全新的社會契約將用來界定與保障個人的數位資產權利，基於數位資產權利個人將有權參與數位資本收益的分配。

數位資產權利可能是21世紀最重要的新形態社會契約之一，而目前所有的立法都還沒有真正觸及到這個議題的核心，還需仰賴所有有良知與遠見的社會賢達的努力，不然我們所期待具有高度包容性跟公正性的數位經濟時代將難以實現。

(七) 人工智慧的和平用途

最後還有一項人工智慧所帶來的難題讓我非常擔憂，那就是如何確保人工智慧的和平用途。我們知道目前美國跟中國之間已經展開了新的軍備競賽，而我們也知道人工智慧可能是一個比核子武器具有更大規模殺傷力、毀滅性的一種新型態軍事利器。也就是說，如果人工智慧被無限制的使用在殺傷性的武器的發展上，我們將無可避免地須又得再次面對一種人類相互毀滅的風險。

四、 出路

剛剛講到的這七項機遇，或者說難題，可能有哪些出路呢？或哪些必要的制度或法律可以協助我們呢？因為時間關係，我大概就稍微點到其中幾項。

(一) 政府權力的制衡與監督機制的重新設計

我們知道未來的超級智慧政府掌握了大量數位資源，其權力邊界將無止境的延展，在傳統的選舉監督與權力制衡機制失靈的狀況之下，我們有必要重新設計制衡機制，這個全新的制衡機制擁有以下的四個特點：

1. 去中心化設計

   應用區塊鏈(Blockchain)技術，以達成社會信用與交易體系的去中心化，並替代部分的國家職能。

2. 開放數位資源

   公部門擁有的數位資源不應由政府獨享，而應在隱私權獲得充分保障之下盡可能地開放，讓制衡機構、民間機構團體(例如非政府組織、智庫、媒體)、產業，甚至個別公民得以運用。

3. 內建人工智慧的倫理規範

   從人工智慧設計的源頭入手，將倫理與道德規範內建於人工智慧演算法，其中也包含了自動揭露與自動糾正等功能。

   而在未來的公共事務領域裡，人機協作(機器取代自然人執行指令、判斷或決策)的過程也須滿足(1)透明與問責、(2) 倫理準則、(3)風險管理等三項原則。

4. 問責依據

   政府官員的所有行為，均以完整的、詳實的、不能竄改的數位紀錄留存，作為日後問責依據。

(二) 數位時代的新社會契約：「個人基本數位資本股份」倡議

我們正處在一個十字路口，我們知道壟斷性數位資本主義必然導致更嚴重的社會貧富兩極化，擴大富裕國家與落後國家之間的數位鴻溝，甚至將威脅人類社會的可持續發展；而我們所嚮往的普惠性共享社會，則需要制定出一套在數位時代下全新的社會契約才能得以達成。這個新社會契約的基本思路有以下幾個重點：

1. 須防止數位資產被獨佔，尤其是防止提供超級數位平台的科技巨獸對數位資產的濫用、操控與壟斷。如果不能有效節制，人工智慧將會導致更扭曲的社會權力結構與財富分配。

2. 禁止個人數位資料被濫用，導致個人或他人權益被侵害。個人有權查詢所有機構源於自己的(或被保護的未成年人的)數位資訊。

3. 確立數位資產的「集體所有權」：

   在數位經濟時代裡，數位資產比石油黃金更珍貴。因此，取之於社會裡

每一位成員的數位資料所匯聚而成的大數據，即是所謂的「集體數位資產」。其規模越大，價值就越高。而利用這些集體資產所創造的巨大經濟效益，應該透過有效且公平的分享機制，回饋給所有貢獻數位資料的社會成員。

4. 保障眾人的集體數位產權就是保障基本人權，集體數位資產的支配權與受益權就是數位社會時代的基本經社人權。

5. 利用區塊鏈技術記錄各種屬性的集體數位資產的採集、使用與交易過程，以及追蹤其創造的附加價值是如何分配。

爰此，我提出一個倡議，叫做「個人基本數位資本股份(Universal Basic Equity Ownership of Digital Capital)」。由於數位資產來自於每一個人的貢獻，但是卻被無償的使用。所以當我們去重新界定數位資產的產權時，理應保障每一個社會成員都有其對該集體數位資產的股份。

這個倡議其實比我剛才介紹的無條件基本收入要更為徹底，而且是從源頭解決問題。無條件基本收入僅僅是修正市場活動分配結果的「二次分配」，只是治標而非治本，事後的補救而已。但是個人基本數位資本股份不一樣，是直接在關鍵生產要素的受益權上提供立足點保障，可直接在市場「初次分配」階段就能趨向公平。其精神等同於當年台灣的農村土地改革、耕者有其田政策。

此外，為了仍能鼓勵創新，創新者仍可享有相當比例的原始股權作為激勵，但隨其衍生的產品邊際成本的遞減而等比例遞減(值得注意的是，因為產品供給規模亦將成長，所以其絕對收益價值未必減少)。剩餘股權則平均分配給每一位社會成員。單一社會成員擁有的個別數位資本之股權可能極其微小，但聚沙可成塔，而且可以不斷分配到新股份，生生不息。而個人基本數位資本股份若能成真，無需政府集中管理，政府只需制訂好基本規則，由區塊鏈負責自動紀錄與分配即可。

(三) 成立國際專責機構：禁止人工智慧非和平使用，並鼓勵國際合作與分享

最後一項，則是我剛剛有提到的，人工智慧的軍備競賽將帶給世界和平巨大威脅，其危險可能將超過核子武器。日前，包括Elon Musk和Mustafa Suleyman(Google DeepMind聯合創辦人)等人工智慧和機器人技術領域的領導人，聯名共同呼籲聯合國禁止致命性自動武器(Lethal Autonomous Weapons)，即所謂的「殺手機器人(Killer Robots)」，其聲明中指出此類技術的發展，將接續火藥與核子武器後，迎來「第三次戰爭革命(Third Revolution in Warfare)」所以禁止人工智慧武器的公約要比禁止核武擴散更為迫切，但同時也比核子武器更難追蹤，因此，成立國際專責機構，例如由聯合國成立人工智慧總署等，殊為重要。

而這類的國際專責機構還將負起，全方面引導人工智慧開發所需的國際合作與分享機制，以避免富裕國家與落後國家之間的巨大數位鴻溝，變得更為懸殊。

尤其是美國與中國早已因為其龐大經濟規模與科技研發基礎，享有了極大的優勢。

五、結語

最後，我認為人工智慧革命蘊含著巨大為善或為惡的潛力，所以必須從源頭，建立起一套因應人工智慧的體制、準則。這需要仰賴社會科學、公共政策制定者，與科技專業社群建立起一個緊密的對話與協調機制。才能夠引導出人工智慧為善的最大潛力。

我也在此期許中技社，以引導人工智慧為善為其新的時代使命，協助台灣發揮科技實力與民間社會活力，為我們帶來一個更美好的未來！

以上是我今天的分享，謝謝大家！

理解機器行為：人機共生世界中的生存方式

郭毅可

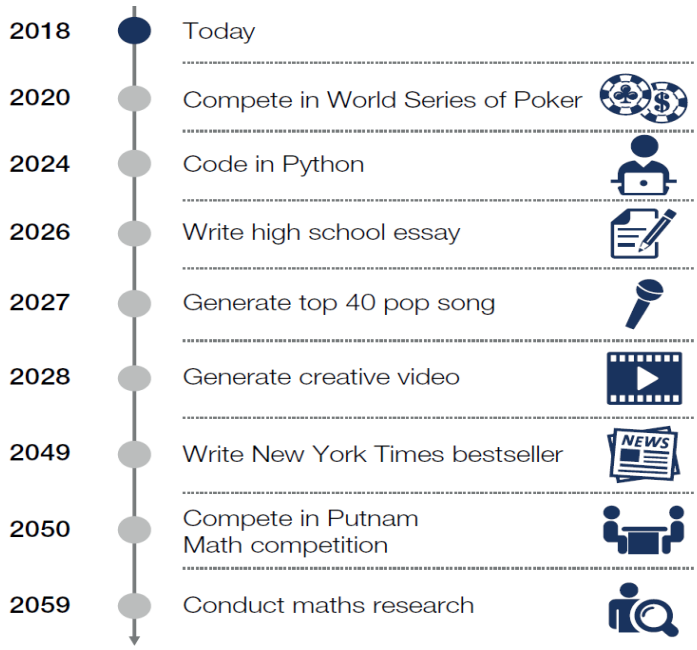
香港浸會大學研究副校長、英國皇家工程院院士、歐洲科學院院士

一、前言

今天很高興和各位分享，我對未來人工智慧發展的一些看法和展望。我們知道，人工智慧在近年中有了非常快速的發展，機器已經存在於我們的生活周遭當中。

有一個網路笑話講的是，在網際網路(Internet)上沒有人知道在螢幕前的你倒底是一條狗還是一個人。這對機器來說也是一樣的，今天在網際網路上所享受到的任何一項服務，我們很難知道這項服務是真的有一個人為你提供的，還是機器為你做的，或者是人和機器一起完成的，所以人機共生世界其實早已來臨。舉例來說，我們使用的導航系統，就是一種輔助駕駛，由他與我們共同合作，才能抵達目的地。而如今的機器不僅可以執行指令，也可以創造、創作，甚至進行藝術工作，這些原本都是人類特有的，而今天同樣可由機器代勞。

根據世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)與諸多學研機構，於2018年共同提出的「人工智慧發展時程表」(見圖2-1)。



資料來源：World Economic Forum, Future of Humanity Institute, Oxford University, Department of Political Science, Yale University.

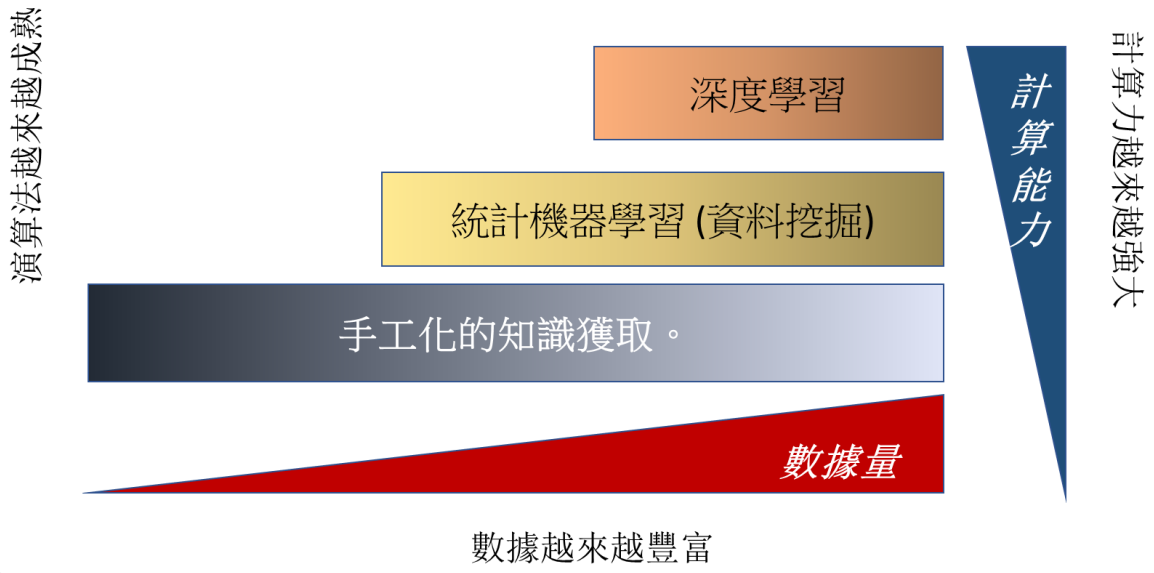
圖2-1　人工智慧發展時程表

在未來40年中，人工智慧發展的里程碑包含了：人工智慧可於2020年參與世界撲克錦標賽；可於2024年自行撰寫Python程式碼，根據我自己的判斷，其實現在應該已經有這類的研究成果，故機器在2024年可以自己編寫程式的預估決不誇張，而如果機器能夠寫出良好的程式的話，那麼機器就能夠自行創造新的機器職能；2026年機器就能夠寫高中程度的作文，現在的機器已經能夠寫新聞，而作文比新聞還是要高一個層次，那麼再過幾年，由機器來創作一些短篇的散文，也不會是不可能的事情；2027年機器已經可望創造出盤據音樂榜上前40位的流行歌曲；2028年可以創造出影片；2049年機器寫的小說甚至會成為暢銷書籍；2050年機器會贏得數學競賽；到了2059年，機器甚至可以進行數學研究。

這些預測說明了人工智慧的發展已經進入了一個新的歷史階段，將會改變整個人類的文明進程。其中，發展最快的就是機器學習(Machine Learning)，也就是說機器獲取知識能力得到了突發性的進步。

二、何謂機器學習？

機器獲取知識能力的進步，可從三個基本面向一窺端倪(見圖2-2)。第一個是電腦計算能力在過去幾十年中的巨大增長；第二個就是數據量的巨大增長，讓我們獲取更多的資料來供機器進行學習；最後一個則是我們的演算法越來越成熟。



資料來源：主講者簡報。

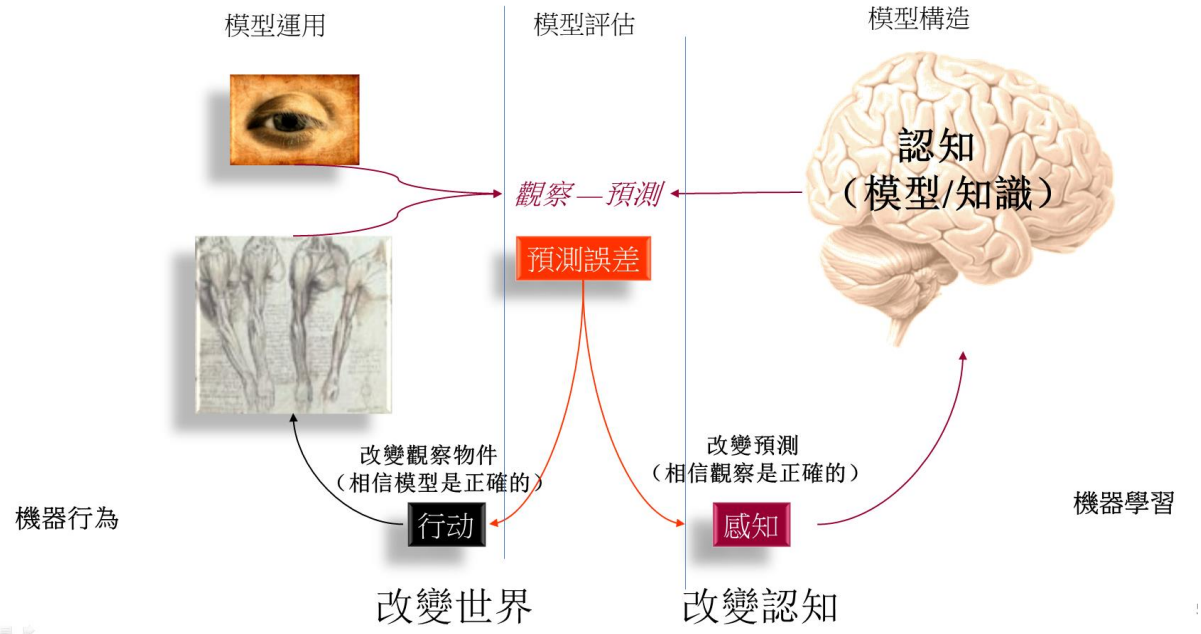
圖2-2　機器獲取知識能力的演變

人工智慧發展的初期，由於計算能力低，數據量少，機器獲取的知識僅限於人工賦予的。像我讀大學時所建置的專家系統，是透過將專家知識用一條一條的邏輯規則型式放到電腦中。換言之，是由人來提供給電腦知識；後來獲取的數據多了一些，讓我們可以應用統計學進行分析，稱為「數據挖掘(Data Mining)」；而如今，我們取得了更多的數據，與更強大的計算能力後，我們可以用一些更複

雜的機器學習方式，比方說神經網路，來進行更大規模的學習工作，也就是所謂的「深度學習」，讓機器獲取知識能力出現很顯著的發展。

機器學習倒底是甚麼呢？由於機器學習跟人類學習其實相當相似，所以我在此用「認知學」的原理來簡單介紹一下這個學習過程。

人類學習會是什麼樣子呢？這分為兩個層面。第一個層面是大腦，在大腦裡面有我們對世界的認識，也就是所謂的認知，若將之應用在機器學習上，就是透過模型或知識來詮釋人類對世界的認識，而根據這些認知，對這個世界做出判斷(或稱之為預測)。第二個層面是人類所具備的五官，讓我們觀察這個世界，讓我們獲取更多的訊息、更多的資料。(見圖2-3)



資料來源：主講者簡報。

圖2-3　機器學習的認知學原理：模型和觀察

那麼觀察結果及判斷預測之間，可以進行比較。如果兩者是一致的(預測沒有出現誤差)，即表明模型(對世界的認知)是正確的，那麼我會給予對自己的認知更高的信任度，不會對它有進一步改變。

但有趣的是，當觀察結果及判斷預測不一致的時候(預測出現誤差)，如果兩者不一致時，有兩種選擇。第一種選擇是認為自己的認知可能是錯的，再根據觀察結果，來修正模型，換言之，這是一個模型構造的進化(學習)過程；還有一種選擇，是認為模型是正確的，觀察結果是錯的，也就是認為這個世界出現問題，那麼就會根據自己對世界的認知來改變這個世界，也就產生了「機器行為(Machine Behavior)」。

因此，機器學習和機器行為之間形成了一個緊密的關係，構造出一個跟觀察

結果一致的認知，讓其盡量接近真實世界；我們的行動就是改變世界，讓其與主觀產生的模型相趨一致。

三、何謂機器行為？

前段提到機器行為就是對世界做些改變，改變有各種各樣的目的與動機，在某種程度上，就是讓主觀的世界跟客觀的世界合而為一。

比方說，醫療這是一個良善的(Beneficial)行為，其目的是改變病人的現狀，使得病人的狀況變得跟醫生認知的健康人模型一致。基因編輯是另一個比較具爭議性的例子，因為這個基因編輯是一個可能是有益的，也可能是有害的行為。又比如戰爭，消滅敵人可能是一個對贏得勝利有利的行為，但是若在過程中打傷了平民，又變成了錯誤的行為。因此，有一個非常重要的準則，就是怎麼樣去理解、判斷，最後完成整個機器行為。

四、機器行為的重要性

由於我們身處在一個人類與機器共生的世界，所以非常需要理解機器行為是否為我們所需要的？行為正確與否？或者行為倒底是怎麼樣產出的？人類(或社會)會對這個機器行為有甚麼樣的反應？一旦仰賴機器做決策，必須對其行為產出的原則，及其造成的結果，作出全面的考量。機器行為的重要性可以反應在許多面向，例如政治、法律、經濟、社會與生活等方面。

以最近的美國大選為例，當我們必須作出政治上的決策(投票對象)，常受到看到的新聞影響，媒體的推薦與審查等都會影響我們的政治決策。

又如法律領域，目前已經將人工智慧應用在機器助審或警力投入優化系統上，但我們也必須知道機器助審依舊可能存在既定的種族偏見，或者警力投入優化系統也會產生自適應性。假若以一個單純的原則(犯罪率的高低)來決定對某個區域投放警察的數量，可能會使一些原來並沒有很高犯罪率的地區，因為透放警察數量的降低，導致其犯罪率的提高。

再以經濟為例，(1)演算法交易，演算法交易是一種局部的優化(追求投資者利益的最大)，那麼必須小心該演算法會不會導致對市場的操控；(2)商品推薦系統，當消費者欲購買某樣商品，系統會推薦消費者一系列的商品，那麼該推薦系統的方針是怎麼產出的呢？是根據該消費者過去購買商品的消費關係(譬如說該消費者習慣買A商品時，同時也會購買B商品)，或者是根據某兩樣商品在銷售上有相關性，但是這種推薦系統對消費者倒底是有利的，還是有害的呢？這種推薦系統雖然簡化了消費者購買商品的麻煩，但終究把每一個消費者變成了一個機器，改變了我們的消費方式，甚至是思考方式，使得我們在買東西時候更為情不自禁，甚至讓我們身處在「過濾泡泡(Filter Bubble,又稱為同溫層)」，思考與行為都身陷在這個泡泡當中；(3)演算法定價，以買機票為例，當機器發現有人想購買某張機票，就會調整價格，使得業者的利益最大化，而不是讓消費者的效益最大，又比

方說Uber的定價系統，下雨天時的乘車費用怎麼決定的呢？不僅僅是市場需求，Uber還揣摩了每一個乘客的心理來進行定價；(4)演算法風險管控，目前我們進行資金借貸的信用風險是經由機器決定的，故不免可能會出現不合理的歧視，比方說演算法可能對某個種族、人群有一種先驗假設(歧視)，或許工程師會反對，並宣稱是經由機器學習所學到的，但也可能是經由過度一般化而形成的歧視。

至於社會面，(1)社會信用，社會信用的評比會不會剝奪了某些人的權利；(2)交友推薦是增加了還是減少了社會關係的同質性？比方說，演算法推薦朋友的原則常根據一般性條件，例如收入水準、興趣，但往往會造成交友對象的同質化問題；(3)聊天機器人對聊天者心理上的影響；(4)甚至現在還有性愛機器人，這會不會改變人類的自然感情。在一個人機共生的世界中，我們必須理解這些上述的機器行為，才能夠知道這些事情會不會對社會引起負面的影響。

另外，在我們的生活當中，(1)自動駕駛的路權選擇，當危險出現的時候，自動駕駛應該照顧誰的利益？應該把駕駛者的風險和路人的風險做出怎樣的平衡；(2)醫療診斷，機器作的醫療診斷應該如何驗證其正確性；(3)健康監護失誤所造成的代價有多大？怎麼樣減輕(Mitigate)監護風險。

五、 機器行為的研究方法

前面談了機器行為的重要性，那麼現在來談機器行為的研究方法，也是我們理解機器行為的四個方面：行為的目的、原則、結果與依據。

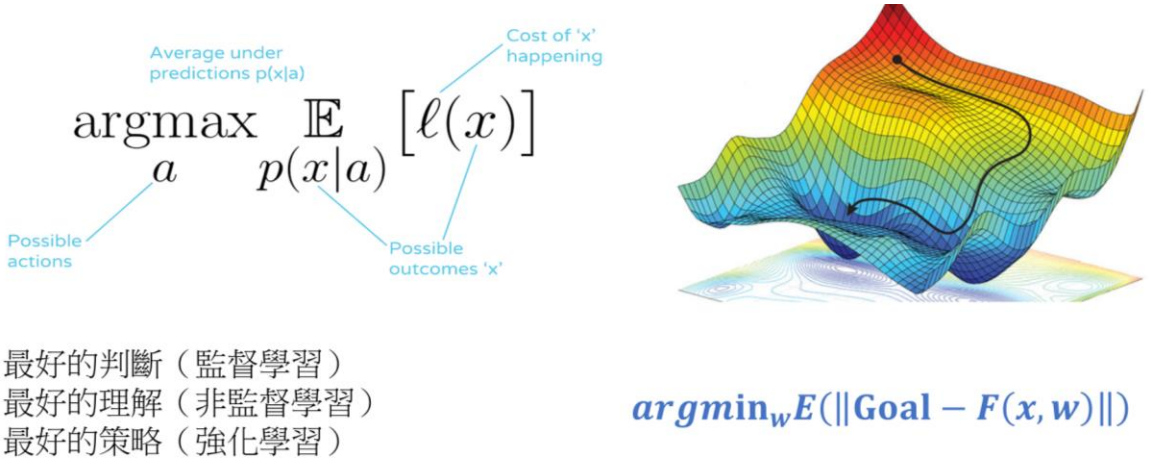
1. 行爲的目的(What for)：按照人給出的意圖去改變周圍的環境

   如前段機器學習的認知學原理所提到的，機器行為的目的是改變周圍的環境(改變世界) 。而改變外在世界的根據是腦中的模型，並希望外在世界能與模型一致化。但應如何向機器表達行為的目的呢？

   我們可以把告訴機器的行為目的表達成如圖2-4「左」邊的效用函數(Utility Function)，例如這樣的效用函數可以要求模型與觀察到的數據之間的誤差最小(最適化)。這個公式可以讀作：求取使該效用函數損失函數(Cost Function, $l(x)$)最小化或效益最大化的行為a，其中x為行為結果(Outcome)，E則是期望值(Expectation)，$\mathrm{p}(x|a)$則代表a的行為導致x結果的機率。也就是說，我們要求取的a行為，讓其平均的(期望的)行為結果的利益最大(或者損失最小，這時效用函數也稱為損失函數)。所以要讓機器做出一個把效益最大化或損失最小化的決策。

   再回到前段機器學習的認知學原理所提到的例子，並用圖2-4「右」邊的效用函數來表達，$\mathrm{argmin}_w\left(\left\|Goal - F(x,w)\right\|\right)$。其中，$F(x,w)$是我們要找的模型，參數為$w$，學習的目的就是使模型與我的觀察(Goal)之間的誤差最小化。所以，效用函數就是我們表達機器行為目的的方式。

把目的視為某一個函數，該函數代表一個利益，或一個損失，並求取該利益的最大化，或損失最小化。而各式各樣的機器學習任務定義即是通過各式各樣的效用函數來實現。



資料來源：主講者簡報。

圖2-4　如何向機器表達行為目的

順帶一提的，所謂的「監督學習」係指求取(argmin$_w$)出函數跟觀察的誤差最小；另一個所謂的「非監督學習」，則是指我所期望的$F(x,w)$分佈，跟我所看到數據(Goal)一致。

(1) 機器行為的產生機制

不同效用函數給予了機器不同的行為目的學習任務，那麼機器行為的產生機制為何呢？針對效用函數透過數據進行學習，數據給得越多，學習的模式會不斷的進化。

我們給出表達行為目的之效用函數，那麼學習算法就在數據中通過學習來產生行為，那麼行為的作法就剛才說的，就是使這個效用函數最大化，或者最小化，也就是優化效用函數，那麼你數據給了，學出了結果後。而且如果數據給的越多，這個學習模式還會不斷的進化。

但這個學習的模式基本上就是一個黑箱(Black Box)，你無從得知道學習的過程，我們只能從這個機器行為來反推學習的過程。我們獲取了行為後，猜測演算法是如何進行學習，這大概就是我們今天對機器行為的理解。

簡言之，我們設計了某個效用函數，獲取了數據，並以使這個效用函數最大化作為機器行為的目的，接著找到使該效用函數最大化的參數，機器行為可透過不斷的學習而進化，而我們透過行為觀察來反推，每一次學習大概在其行為上起了何等作用。

(2) 機器行為的目的驗證機制

那麼應該用什麼樣的效用函數來表達我們的目的呢？人類往往對自己行為的目的無法清楚理解，而這些行為的目的亦受到許多條件的限制，往往難以表達。在此狀況之下，那麼我們怎麼能夠把行為的目的清楚地以函數的方式告訴機器呢？我們又怎麼能夠確認這個效用函數(比方說神經元網路模型)能夠正確的表達行為的目的？

舉例來說，Elon Musk曾提出了一個非線性的效用函數(見公式1)：

$$y_1(t) = \hat{y}_1 \sin\left(2\pi f_1 t\right) \qquad \text{(公式一)}$$

並且用該公式來表達「個人行爲的最大自由(Maximizing Freedom of Action for Everyone)」：但是問題來了，第一個問題是應該怎麼定義所謂的自由？

第二個問題，我們如何讓人工智慧理解，這個所謂的行為自由是人類的行為自由，而不是它自己的行為自由，以避免在經濟學中很重要的「代理人問題(Principal and Agent Problem)」。即使在人與人的世界中，代理人問題依舊是我們常常糾結之處，例如我們花錢委託律師，但是我們應該如何確認這位律師是為我的最大利益做事，還是他會將事情變得更複雜，以便賺取更多的委託費呢？放到人工智慧也是如此，我們應該如何確認效用函數極大化是滿足我們的需要，還是人工智慧自己的需要？

還有一個問題，就是行為自由的極大化一定是有益的嗎？例如無政府主義本身就是自由極大化，但一個人的自由極大化會導致群體的混亂。以非常有名的「米德斯國王傳說」為例，米德斯國王希望把所有的東西都變成黃金做的，但是連食物都變成黃金之後，導致最後國王餓死了，這也是經濟學的「不可預知結果原則(Law of Unexpected Consequence)」，也就是出自好心卻做了壞事。即使我們設想了某個效用函數，可是該效用函數最大化的結果卻導致有害，因為我們並沒有考量到行為目的的副作用。

2. 行爲的原則(What is wrong)：不違背人類的倫理和規範

由於決定採用什麼樣的效用函數來達到目的相當困難，加上機器去追求效用函數的極大化可能產生的副作用甚至會對倫理造成破壞，因此我們必須確保機器行為不能夠違背一些基本的倫理和規範。也就是說，機器可以創造，但是必須維持在某種規範和倫理的框架當中。

所以，機器行為倫理並不只是一個技術、科學問題，同時也是哲學問題。哲學問題的討論很複雜，所以我在此把這個問題聚焦在一個問題上。就

是人工智慧的倫理性應該是外在的，還是內生的？

在目前的研究上，我們是把人工智慧的倫理性設為外在的。透過在效用函數上不斷地定義倫理性，來告訴機器你不能做這個或是那個。然而，這樣的作法是有局限性的，因為我們無法考慮到各種各樣的特殊情況並類舉出所有可能性。比方說，早前衣索比亞航空公司(Ethiopian Airlines)飛機墜機事件即是人工智慧的一個重大失敗。當飛機的自動飛行系統的判斷與駕駛員的判斷出現不一致的時候，應該要聽誰的呢？很遺憾，系統鎖定的是聽從機器而非駕駛員的判斷，從而導致了操作失誤。

因此，把倫理做為機器行為的外在限制是非常局限的，我們應該改變思考，要智慧機器從一開始就符合倫理，也就是說，必須把人工智慧的倫理性設定為出發點，而不是限制項。人工智慧研究一定是以倫理準則做為前提；並不是先假設不存在倫理準則，才在設計機器行為時，以各種各樣規範進行限制。

3. 行爲的結果(What is right)：滿足行為的目的

很重要的一點，我們希望機器行為的結果符合機器行為的目的，而且是以正確的方式達成，也就是說我們能判斷機器行為的結果和目標具備一致性。然而，現在很多機器的行為結果和目標的一致性都是沒經過驗證的。

以醫療為例，以人工智慧進行醫療診斷，但這個診斷結果本身並沒有經過驗證。根據Anicka Slachta的研究，目前94%的人工智慧醫療診斷研究都沒有經過充分的驗證(Anicka Slachta, April 12 2019)。

但是驗證的本身也面臨兩個重大困難，第一個困難在於雖然我們要求機器行為必須最優化，但是很難界定什麼叫做最優化。舉個簡單的例子，我們讓機器來做判斷的時候，你可以要求最高的精確性，或者你也可以認為精確性不一定最重要,但是你要求機器針對某一類型的判斷最敏銳。以新冠病毒的檢測為例，對新冠病毒的假陽性可以有比較高的容忍度(Tolerance),因為你最擔心的並不是受試者的假陽性問題,受試者沒有病，再檢查一遍的損失並不是很大；但是假陰性的問題就很大了，因為假若錯放了一位感染者，將會導致疫情的擴散。所以我們必須確保假陰性是一定要最低的，這就是以人工智慧協助新冠病毒檢測時的最優化。

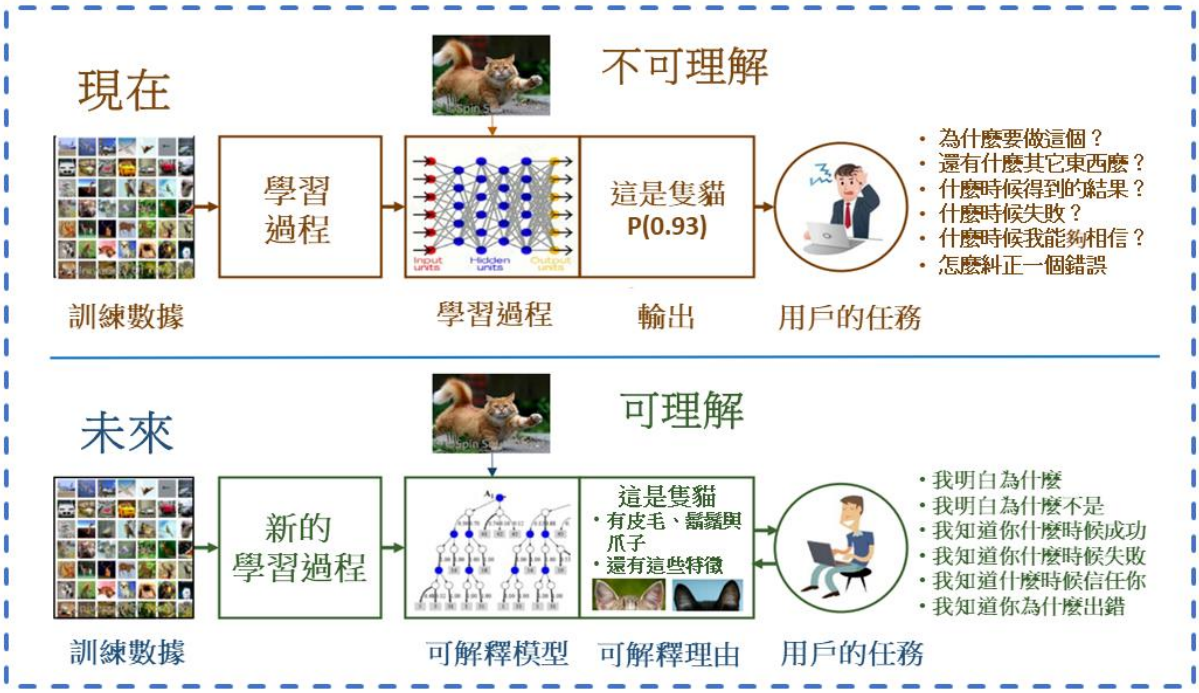
第二個困難處是最優化也未必是合理的。比方說我們以一份數據讓機器學習出一個最優化結果看似很好的模型，發現有哮喘的肺炎患者死於肺炎的可能性比較小，但是這樣的結果顯示的是，哮喘患者得了肺炎反而比一般的肺炎病患還更容易存活，這樣的結果就不太合理。真正造成上述結果的原因是什麼呢？回頭細細檢視這份數據後，才發現原來很大的

數據偏差，來自於哮喘患者更容易被送進重症病房去，才獲得了較高的存活率。所以求取最優化的本身，並不能夠揭示被隱藏起來的因果關係。所以，驗證機器行為結果的正確性其實比想像中的複雜，而機器行為結果若未經過驗證是非常危險的。

4. 行爲的根據(What is the way)：爲什麼會得出這樣的結果

最後還有一個重點，就是機器行為的根據為何。我們必須要能夠解釋機器行為，因為如果不可解釋的話，代表上述的機器行為結果的驗證有很大的問題。換言之，「可解釋性」是人類對智慧系統設計的要求，智慧系統必須能夠向用戶解釋其行為。然而，現有許多深度學習模型並不能向使用者解釋其行為，設計者往往也無法理解其行為過程。(見圖2-5)

其實，對人工智慧的可解釋性從一開始就沒有給予應有的重視，定義機器智慧的圖靈測試(Turing Test)說，當有一個人將一台機器帶入一個黑屋子裡面，而外面有另一個人提出一個問題，並且從黑屋子中得到了回答，但卻無法判斷這個從黑屋子裡得到的回答是人給的還是機器給的，那麼我們就可以認為這台機器具備了智慧。然而，這樣的測試顯然是忽略了可解釋性的重要性。



資料來源：主講者簡報。

圖2-5　如何理解機器行為做的對的緣由？

我們可以把圖靈測試改一改就可以判斷機器是否具備真正的智慧，你只要在問完問題，得到答案後，再問一下，請告訴我你是如何得到這個問題的答案？如果是人類在回答的話，他肯定能告訴你為什麼，而今天的

機器一般是說不出來。這就是今天人與機器間最重大的區別，機器不能解釋自己做出判斷的理由。

5. 理解機器行為的根本困難

總結一下前面的重點，現在理解機器行為最根本的困難在於「機器不能理解人類」，這顯示在：

第一點，效用函數缺乏向機器表達行為目的之能力。雖然我們知道效用函數可以在一定程度上表達機器行為的目的，並通過對該效用函數進行最優化來實現機器行為，但實務上，要把行為目的完全含括在效用函數中仍是非常困難。

第二點，機器行為的倫理性應該是由機器內生而得，而不是外在的限制項，但目前還無法做到。

第三點,最優化效用函數而產生的機器行為並不保證和行為目的相吻合，也因此我們必須將行為結果和目標的一致性進行驗證。但受到因果關係是否清晰、最優化結果是否合理的影響，使得驗證過程相當的困難。

第四點，最優化的過程缺乏層次性的抽象，使得人們無法理解機器行為的緣由。機器不會告訴我們最優化過程中的某一步驟，解釋了機器行為的哪一個部分，進而一步一步的拼合在一起，來解釋整個行為的原因。單純的數學運算與實際的行為原因之間的鴻溝距離是遙遠的。

總而言之，人類理解機器的困難在於機器也根本不理解人類。他們不理解我們，我們也難以理解他們，這是雞生蛋、蛋生雞的問題，

六、人工智慧的重新思考：從機器行為出發

因此，為了未來人工智慧的發展，我們必須進行重新思考，而思考的出發點是去理解機器行為。

1. 行為原則的內生性：

我們建立人工智慧系統時，該機器行為的目的在於「有益於」人類，並以「內生的倫理原則(Built-in Ethics)」取代外生的限制條件。

2. 行為目的之非確定性和交互性：

行為目的之表達不僅僅是一個效用函數，而是一個學習過程。機器透過與人類之間的互相交換訊息，來獲得機器行為的目標，而不僅只是一個固定的函數。而在這個交流當中，「非確定性」和「交互性」非常重要。

3. 行為結果的可驗證性：

要求行爲和目的的符合可以形式驗證，讓我知道機器行為和機器行為的

目標之間有何種關係。

4. 行爲根據的可解釋性：

我們可從行為推導出機器行為的因果關係。

上述的觀念可以從Stuart Russell的著作《Human Compatible：AI and the Problem of Control》一窺究竟。

Stuart Russell在該書中提出「可證明有益的人工智慧(Probably Beneficial AI)」三大原則。第一個就是「利他法則(A Law of Altruism)」，他認為機器行為的目標就是用盡全力學習人類的需求和喜好，以最大化人類價值。換句話說，就是我前面提到的內生性的行為原則。機器行為的基本原則不是最大化他自己的價值，而是人類的價值，是利於人類而非他自己。而其倫理性是由機器學習機制中內生產生的。那怎麼樣產生呢？透過第二條的「謙遜法則(A Law of Humility)」與第三條的「學習法則(A Law of Learning)」來產生。並不是由人類傲慢地給予機器一條確定性的效用函數並進行最優化，而是讓機器透過觀察人類行為或與人交流，來獲得的我們的價值和偏好(Preference)。這是一個非確定性的觀察過程，一個不斷地學習與最優化的過程，讓機器能充分理解人類價值所在。

七、 人機共生的世界

有了這樣新型態的人工智慧後，我們將生存在一個人機共生的社會當中。而我們和機器的互相交流變成最重要的事情。機器不懂人類意圖的時候，可以向人類學習；人類不知道機器行為緣由的時候，也可以要求機器解釋原因。因此，新一代的人工智慧研究就是著眼在人與機器的有效交流，而對機器行為的解釋、理解、驗證，以及機器行為的倫理性，將會是未來人工智慧研究的核心課題。

並且在這個人機共生的世界中，我們能夠看到兩個重大的議題，讓人與機器相互作用、共榮共生。

第一個是技術面，如何發展新的人工智慧技術，不斷地在深度和廣度上發展對人類有利的機器行為？例如：人臉識別的機器行爲從一開始只能簡單地識別並記憶人臉的特點，慢慢地進化為從人的臉部辨識出更多有意思的生命資訊。不僅僅是給定一個效用函數，透過前述的最大化人類價值基本原則(利他法則)，使得機器自己不斷進化自己的機器行為。

第二個則是社會面，如何提供機制、環境和政策，來裨益機器行為的發展？人類主動的營造一個有利人工智慧發展的環境，讓機器更能夠學到符合倫理規則的機器行為。舉例來說，我們透過健康、醫療數據資料庫的建構與保存，讓機器能夠觀察到人類更多健康行為的特徵表現。

八、 結語

最後，總結一下上面的內容。我認為在未來的人機共生世界中，「不求讓機

器做的多，但求讓機器做的對！」今天我們已經可以讓機器做很多的工作，但其實我們並不知道這些事情倒底是對還是不對，這些事情是有益的還是無益的，是不是對世界造成傷害。因此，更重要的是我們除了要求機器做事，還要能夠確定機器能對做事。

很多人也認為機器是為我們做事情，是我們的僕人，但是我們卻很擔心這個僕人會造反，最後會危及到我們的生存。但這個狀況源自於本來錯誤的做法，因為你僅僅是製造一個僕人，所以你才會時時刻刻地擔心他，認為他可能會對你造成傷害等等。這一開始就錯了，因為你是從壓迫他做為出發點，你雖然給了他很多的具體任務,卻沒有給他一個善良的機制。但如果你一開始就是製造一個伙伴，伙伴跟僕人最大一個區別是什麼？僕人只聽命你，彼此間不存在交流，而伙伴會與你交流，透過交流將良善的原則與機制慢慢學習起來。所以「我們不應製造一個僕人，而是一個夥伴！」

我們能理解機器的行為，機器能理解我們的意圖，透過彼此理解，就會出現一個和諧的人機共生世界，以上是我的心得分享，謝謝主持人，謝謝各位。

上午場圓桌論壇

AI 發展於倫理與政府治理面向之探討

主持人：李羅權院士　中研院院士、中研院地球科學所客座講座、前國科會主委、前中央大學校長

與談人：陳力俊院士　中研院院士、台灣聯合大學系統/系統校長、清華大學特聘講座教授、前清華大學校長

朱雲漢院士　中研院院士、中研院政治所特聘研究員、台灣大學政治系教授

郭毅可院士　英國皇家工程院院士、歐洲科學院院士，香港浸會大學研究副校長、英國帝國理工學院數據科學所所長

施立成法務長　微軟公司全球助理法務長、公共暨法律事務部總經理

林勤富教授　清華大學科法所副教授

李羅權院士：

剛剛聆聽完朱雲漢院士與郭毅可院士的精彩演講，我學習不少，像朱院士提到AI帶來的機遇與難題，包括超級透明社會、超級智慧政府與科技巨獸，我們應該如何面對？朱院士也對AI政府治理提出一些建議，希望達到兼具智慧治理與共享社會；而郭院士談到人機的共生共存，提到Stuart Russell所提出人工智慧的發展，要從利他、謙遜、機器需了解人的需求等三個原則出發。有一位科幻小說作家Asimov，在1942年提出機器人行為的三個原則，(1)機器人不可以傷人，(2)機器人要聽人的指令，(3)在前兩個原則之下，機器人要能夠保護自己。當然現在對機器人的了解更複雜，像剛剛郭院士講的，這些原則需要有更深的研究。

我的專業是物理學、天文學、太空科學，並不是人工智慧，但是我在好幾年前就指出，假如能夠預測三個種類的自然災害，會對人類社會有莫大的貢獻。第一種是天氣預報，例如颱風警報、豪雨特報等等；第二種是太空天氣預報，因為現在有太多的高科技產品會受到通訊影響，包括GPS或者北斗系統；第三個則是最有挑戰性的地震預報，中央大學在這方面著墨甚深。

舉例來說，中央大學的劉正彥教授觀測到地震前的15天內電離層的活動會受到將要發生的地震影響，並從統計上找出了相關性。為了提供物理學理論基礎，我與在中央大學的郭政靈教授提出為什麼地震前兆會產生電流影響電離層的理論。但是後來發現，用AI也可以找出某種機制來描繪這種現象。就如同下午何志

明院士演講會提到的，他如何利用AI找出藥物療效與藥物藥劑組合的關係，用最簡單的方法來捕捉複雜的現象。所以，我們以深度學習技術學習的2003年到2019年台灣區內發出的33個六級以上的地震，將有地震時的電離層活動跟沒有地震時的電離層活動進行分類，結果發現根據30天的電離層活動，都可以預測到這33個發生的地震。所以，我覺得AI應用對減少天然災害也是非常有用的。

這場圓桌論壇我們有五位與談人，首先我們請微軟公司的施立成法務長發言，施法務長請。

施立成法務長：

謝謝主持人，很榮幸參加這個圓桌論壇。剛才不管是朱院士，或是在香港的郭院士都從學術與研究的角度做了很多非常精彩的分享，我就改從產業界的角度，分享一下微軟公司對AI倫理治理這個主題的看法。

微軟公司所看到的是AI不管在產業界或技術面，都會跟大家未來生活產生一些影響，套一句之前的偶像劇的台詞是「已經回不去了」。朱院士提了許多AI在現在與未來可能產生的問題，我完全同意朱院士的觀察，尤其是在朱院士的簡報第31頁中，提到「AI科技革命蘊含巨大為善或為惡的潛力，建立全球科技倫理準則迫在眉睫」，只是很可惜因為時間的關係，朱院士沒有很仔細地再做進一步的闡釋。朱院士在簡報第31頁所引用的圖，正是微軟公司內部早在2017年就開始討論，然後繪製在2018年微軟公司所出「The Future Computed[4]」報告中(見圖3-1)。這本報告正式地將這六大AI發展原則，作為不單是微軟公司自己內部進行AI研發的準則，同時也是跟所有的合作夥伴、學術界及政府一起合作時的參考。這六大原則的出發點其實也完全符合了郭院士所下的結語，「不求讓機器做得多，但是要求機器做得對」。

這句話其實就是微軟公司六大AI原則的出發點，我們不單是為我們自己，也是讓大家思考，在這個AI與大數據這麼進步的年代，最關鍵的問題不是問AI能夠做什麼，What AI can do？而是要問AI應該怎麼做，What AI should do？希望AI能夠真正的解決人類問題。

其實我們只有兩個基本的想法，某種程度上也回應早上兩位院士提到的幾個問題，第一個重要的原則是需要Democratize AI，可以翻譯成民主化或普及化，其中心思想就是六大原則的Transperency，郭院士也有提到AI演算法是一個黑箱，很難解釋清楚，圖靈測試也是一個好的例子，而我們內部的研發團隊希望能夠盡量在每個階段裡，從資料的取得、分析、標籤化(Labeling)，到最後演算法的過程都盡量做到公開，讓大家知道資料是如何被處理的，這就是Democratize。同時也希望不是只為了大企業，不是只為了政府，而是希望AI能夠更普及的讓所有人都能夠使用。我們現在在雲端上把AI工具做好後，希望以Open API的方式，讓所有

[4] https://news.microsoft.com/cloudforgood/_media/downloads/the-future-computed-english.pdf

資料來源：Microsoft。

圖3-1　Microsoft Ethical AI Principle

的開發者、小公司、新創公司都可以隨時運用，這就是我們希望邁向普及化的大方向。

第二個想法是，微軟公司希望的未來是AI+HI(Human Intelligence)，就是人類的創新與創意，因為AI是為了人而存在的，就像郭院士提到的代理人原則，所以AI的目的不是為了創造更多的商業利益，而應該是如何幫助人類把事情做得更好。

另外，未來AI會對人類產生什麼樣的影響？沒有錯，AI可以造成人類生活上很大的改變，特別在資料處理的部份，可能對個人隱私或自由造成影響，也是應該要考慮的。但是，要擔心如魔鬼終結者般的機器人消滅人類的恐怖事件，以目前的技術還太遙遠了，為什麼這樣講？因為雖然AI可以做很多的事情，但是它與人類還有一個最大的差別，不只是價值觀的差別，而是目前的AI沒有辦法自己產生命題。郭院士的演講提到World Economic Forum對未來AI發展進程的預測，雖然AI未來自己可以寫程式，但是整個過程都還需要人類工程師提供演算法，才能讓AI來完成任務，而且AI還是無法自己想到一個問題來解決。

在各位的眼裡AI似乎已經非常聰明了，但其實它可能還比不上各位家裡三、四歲的小朋友。有一個小故事，某個AI管家的任務是要照顧家裡的三個小朋友，但是家裡的食物都已經吃完了，AI管家要怎麼達成任務呢？AI的結論是把家裡的寵物煮來吃，因為它缺乏價值的判斷，它不覺得說把寵物煮來吃有什麼不對，人類給予它的命題就是要保護家裡的小朋友，讓他們不要挨餓，當家裡又沒有其他的食物，去採購要花很多的時間，所以最快的方式，就是直接把寵物當作食物來餵飽小朋友的肚子。

最後，我們發現每個人對倫理的價值標準可能不一樣，每個國家、每個地區也可能不太一樣，加上AI本身是沒有倫理價值觀念，你給它什麼資料，什麼演算法，它就給你什麼樣的結論。所以未來要如何把AI與人類智慧結合為一，會是AI未來發展的最大關鍵。今天也很高興有這樣的機會跟大家一起來分享，讓AI真的是為了人類而存在，讓我們未來的生活過得更好，謝謝。

李羅權院士：

謝謝施法務長分享，微軟公司其實也做了非常多的事情，接下來請林勤富教授分享他的看法。

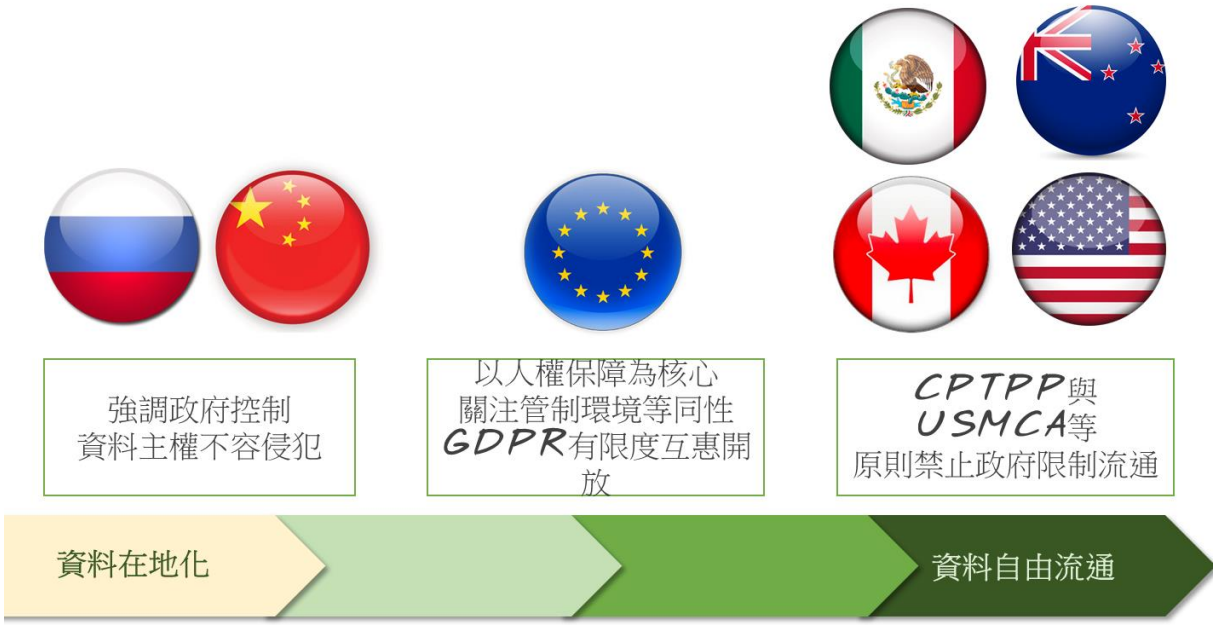
林勤富教授：

謝謝主持人，陳院士、朱院士、郭院士、施法務長，還有與會的先進，大家好，今天非常榮幸有機會在此與談。聽過朱院士跟郭院士非常精彩的演講，已經涵蓋了所有的核心問題，所以我只是對兩位的演講稍微提供一些個人初淺的觀察，跟大家分享。

第一個是朱院士演講中提到的政府職能越來越智能化的現象，也因為如此，各個國家的AI人才、基礎建設、資安防禦，及其擁有的資料數量與品質，都會是未來判斷一個國家國力跟發展的新標準。AI發展跟應用背後的重要元素，除了硬體的運算能力與演算法之外，就是背後的資料。也因為如此，各國都開始積極管制資料的流通，或資料應用的方向。

如果我們從圖3-2的光譜來看的，最左邊的國家，包含中國大陸與俄國，強調的是政府控制，或是管制資料流通、資料在地化；光譜的右邊則是以美國為首與一些CPTPP、USMCA的自由貿易協定國家，強調的是政府原則上不應限制資料的自由流通；光譜的中間則是遵守歐盟一般資料保護規範(General Data Protection Regulation, GDPR)的發展方式，不特別強調資料自由流通或在地化限制，而是基於個人資料保護與人權保障，做有限度的開放，換言之，如果能夠判斷某國的管制環境與歐盟有等同性，可確保基本價值跟人權保護時，可以有限度與該國互惠流通。接下來，台灣在這新型態的國際角力，特別是資料治理(Data Governance)的情況下，我們在光譜的位子或策略應該怎麼做選擇？全球未來有無可能出現調和或是共通的規範來處理資料管制的問題呢？

另一個是朱院士提到的超級科技巨獸的問題，當然除了朱院士擔心科技巨獸對民主社會的侵蝕與分配正義的問題外，智慧財產權與公平競爭的法治革新是非常必要的，因為目前的法治範圍與管制方法都已經沒辦法面對科技巨獸帶來的挑戰。但另外一面，私部門的影響力，包含這些科技巨獸，已在方方面面都高於政府，因為政府科技往往落後於私部門，所以政府若要做到有效的管制，通常還是需要私部門的加入，所以，未來可能需要透過公私協力(Public-Private Partnetship, PPP)，找出一個平衡。



資料來源：與談人簡報。

圖3-2　新型態國際角力與全球規範制定競爭

剛剛郭院士演講有提到人機互動的基本原則，因為涉及的層面很廣，我只能挑一、兩個子題分享心得。

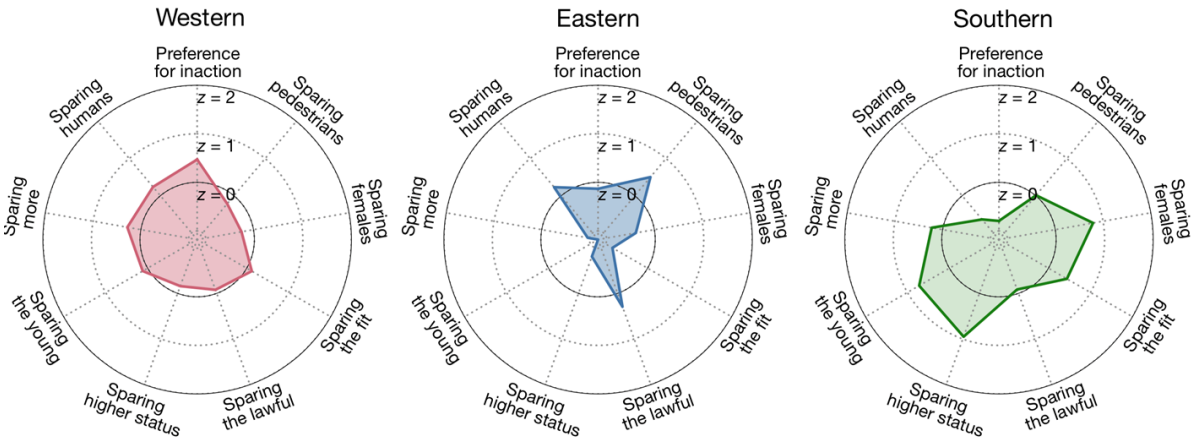
近年很多倡議提出人機互動的基本原則，但未來這些基本原則還是需要針對不同應用領域進行調整跟深化。舉例來說，在法庭裡面運用的AI跟在醫療領域運用的AI，兩者的人機互動方式可能就會有很大的不同。剛剛郭院士提到的可解釋性，或者是欠缺透明度、黑盒子的問題，也許在醫療領域沒有像在法律領域那麼嚴重。因為如果醫療AI告訴病人有90%的機會得到某種疾病，必須趕快就診，病人其實不會特別在意AI判斷的過程；但如果在法庭中，有一個輔助法官做判決的AI告訴法官說某位被告很危險，應該要判重刑，那人們就會非常想要知道AI每一個決策的過程，而且需要AI能夠完整的解釋，才能夠符合我們平常對於法官判決理由的論證，來正當化判決結果，被告也才能夠在不服判決時再上訴，或是尋求更多的救濟。所以其實在不同的領域中，人機互動的想像可能有很多不同的方向。

因此，目前許多國家與組織都開始制定規範，不管是倫理、法律或其他領域的規範。以哈佛大學的Berkman Klein Center的研究為例，該研究把全世界國家與區域所發展的所有規範進行「圖譜分析(Mapping)」。把圍繞在幾個重要原則跟主題(包含透明度、可歸責性等等)，政府部門、國際組織與民間單位(NGO與民營企業)都有其個別強調的地方，並且對各個規範的認知、關注程度都有所不同。這牽扯到這些規範與規則背後的經濟、文化、社會或是政治因素，讓那些單位特別強調某幾個主題勝過於其他主題，其對各主題的理解，或規範的強度也都不太一樣，所以未來到底會找出共識，還是更為分歧，目前還看不出端倪。

我以自駕車難題為例，如果自駕車遇到沒有辦法避免的車禍時，應該犧牲自己或是犧牲他人的難題。MIT Media Lab的超大型研究結果發現(全球四千萬份問卷)，每個人、每個社會、每個不同文化背景的群體，做出的決定都不太一樣。這個稱為Moral Machine Experiment的研究中，制定了幾個因素，包含要不要採取行動，要保護乘客或路人，保護比較多的人或少的人，保護守法的人或不守法的人，保護男人、女人、小孩或寵物。其結果發現雖然在某些狀況有一些共識，例如多人優先於少人，人類優先與寵物，但在其他狀況，卻缺乏一個明確共識。

假若將全球各個國家分類為南方國家區塊、西方國家區塊與東方國家區塊(不一定跟該國的地理位置相關)，每個區塊的偏好(Preference)其實不太一樣。例如台灣是被歸類在東方國家區塊，台灣人比較想要保護守法的人、老人；西方國家區塊的人則傾向於不作為(不採取積極的行動)；南方國家區塊的人則傾向保護社會地位比較高的人、年輕人，與不知道為什麼保護身材比較勻稱的人。(見圖3-3)

簡而言之，雖然我們很希望能形塑出一些共同規範，但實際上卻存在碎裂化的可能性，至少短期來看，碎裂化的可能性比較高。未來如何調和才能讓我們在人機互動與AI治理的議題上形成共識，是所有人需要共同面對的課題，謝謝大家。



資料來源：MIT Media Lab, 整理自與談人簡報。

圖3-3　不同國家區塊的人對於自駕車難題的偏好

李羅權院士：

謝謝林教授的分享，再來請陳力俊院士分享一下他的看法。

陳力俊院士：

今天上午的圓桌論壇有五位專家分享對「AI倫理與治理」的看法。倫理牽涉到價值觀；我們常說普世價值，譬如自由、平等、博愛，是大家所嚮往的，但在現實上，自由有一定的限度，平等常常淪為口號，博愛是可望而不可及的，同時

掌握在擁有話語權的人手中。

近年來世人開始體認到價值的多元性，因時、因地、因情況，會有不同的看法；譬如說世界第一個民主共和國，美國，在憲法中明定，黑奴在眾議員名額和直接稅稅額，以自由人的五分之三計算，到內戰結束後。1868年美國憲法第十四修正案明確指出「眾議員名額，應按各州人口比例進行分配，此人口數包括一州的全部人口數，但仍不包括未被徵稅的印地安人」，同時婦女在二十世紀初才有投票權；一人一票多數被選舉人制抵銷，選出說謊成性、品格低下的總統；社會流動停滯、貧富不均越發嚴重、種族關係越形緊張，所以不僅普世價值受到質疑，其操作性也大有問題。

另一方面，倫理往往由文化所形塑，文化既有多元性，在善與惡、對與錯、美德與惡習、正義與犯罪、聰明或愚蠢等概念都有分歧之處，因地制宜，因此如果為AI制定有關倫理的指令，將是一個大難題。

日裔美國歷史學家福山，在蘇聯剛瓦解之時，預言，歷史將由「自由民主」和資本主義定於一尊，但近三十年世局變化，讓他體認到「國家治理能力」也是決定性的因素，因此價值與治理都不可互缺。

今天我打算從最近閱讀兩本書，了解到的社交媒體平台Facebook及其所涉及的幾個重大事件，談談與AI演算法有關的「倫理與治理」。

英國科普作家漢娜·弗萊(Hannah Fry)在所著「打開演算法黑箱」談到當演算法出了錯，人類還能控制它嗎？[5]AI已漸進入醫療診斷、司法體系、新興的商業購物及帶有大量政治爭議性的民主選舉操作；弗萊認為演算法為我們的道德下定義、秤量我們的情緒表現、掏空我們的民主體制，討論「迎接演算法美麗新世界，我們如何在機器時代當個人？」演算設定來自人類，因人而生，但造成傷害層出不窮，必須加以導正；內容豐富而發人深省。書中特別提到祖克柏(Mark Zuckerberg)在2004年創辦Facebook不久，在與朋友即時通訊交談時，即顯示出自始即對隱私抱持馬基維利式的態度。以近年發生的重大事件來看， Facebook將幾十萬人的數據提供給英國的競選顧問公司「劍橋分析(Cambridge Analytica)」；在2016年英國脫歐與美國大選中，都扮演了重要角色。

據估計，Facebook在全球約有25億人使用，營收約達200億美金，市值約8,000億美金，為無遠弗屆的全球性社交平台。有研究結果顯示，如果在臉書上按了三百個讚，Facebook分析後要比他的配偶更了解他[6]，是屬於朱雲漢院士所說的大得無法無天的媒體巨獸。

[5] 漢娜·弗萊 (Hannah Fry)，「打開演算法黑箱：反噬的 AI、走鐘的運算，當演算法出了錯，人類還能控制它嗎？(Hello World: How to Be Human in the Age of the Machine) 」，林志懋譯，臉譜出版社，台北 (2019)。

[6] 克里斯多福·懷利(Christopher Wylie)，「心智操控：劍橋分析技術大公開」(Mindf*ck: Inside Cambridge Analytica's Plot to Break the World)，劉維人譯，野人出版社，台北 (2020)。

劍橋分析的前僱員克里斯多福·懷利(Christopher Wylie)是揭發劍橋分析醜聞的吹哨者，在所著「心智操控：劍橋分析技術大公開」中詳細披露了數據洩露事件。以美國大選為例，劍橋分析利用Facebook提供的用戶數據，並收集Facebook用戶朋友的個人數據，據以盜用美國超過七千萬用戶的數據，建立其政治趨向檔案，廣告會根據分類對川普支持者與潛在的搖擺選民，予以輸送客製正、負面訊息，影響選民投票；結果顯示，在賓西法尼亞州(Pennsylvania)、密西根州(Michigan)、威斯康辛州(Wisconsin)，共46選舉人票，川普都以些微差距險勝，如果由其對手拿下，則整個選舉將翻盤，所以一般認為劍橋分析起了極大的作用。尤其據研究，一個人的網路行為如果遭到掌握，其心理狀況也同時被有效的定位。

Facebook設計的演算法，如創辦人祖克柏在2017年一次演說中說，利用AI助成建立「有意義的社群(Meaningful Communities)」，讓志同道合的人，如宗教團體、學習社群、各種支援組織等，容易凝聚在一起，但也讓各種極端份子更容易結成社群，變得更為極端；就在最近，美國密西根州意圖綁架州長的極端右翼民兵組織利用Facebook招募成員、徵詢與交換意見、共享並討論炸彈與武器測試影片、號召暴力行動，僅是其中一例；Facebook也體認到極端右翼民兵組織暴力傾向的嚴重性，自8月起，禁止其使用Facebook，到九月底，已下架300個相關組織，高達6,500個群組，具體成效則尚待驗證。同時Facebook宣布，鑒於美國選後錯誤或虛假訊息可能導致的紛亂，在選舉日投票結束後，將拒絕刊登政治性廣告一段時期，直到對候選人或政治團體想要破壞選舉結果不再有疑慮為止，也顯示 Facebook體認到可能造成傷害的嚴重性。

據最近研究，在Facebook上散佈不實消息的情況更趨嚴重，總體而言，在Facebook按喜歡，發表評論和分享來自定期發布虛假和誤導性內容的新聞媒體的文章，從2016年第三季度到2020年第三季度大約增長了兩倍。同時，祖克柏也於最近宣布，將下架否認或扭曲納粹曾屠殺猶太人的網頁。

另一方面，Facebook對於其應用的負面效應，也深感憂慮；祖克柏曾公開要求政府立法管制，特別是在有害內容(Harmful Content)、選舉誠信(Election Integrity)、隱私(Privacy)與數據平台轉換性(Data Portability)；這些都是相當棘手的問題，是公司甚至政府治理的盲點。

以Facebook近年作為，造成社會巨大紛擾為例，可見各國政府對數位科技巨獸的制衡已刻不容緩，朱雲漢院士提出的建立數位時代的社會契約是包括防止數位資產的獨佔、禁止個人數位資料被濫用，確認數位資產的集體所有權等是非常正確的方向，然而執行面險阻仍多，需要AI時代公民共同努力。

李羅權院士：

謝謝陳院士，倫理難免涉及到人類的直覺想法、幾千年的文化背景，還有政治立場，所以我們也要注意到有善的AI，也有惡的AI。接下來，不知道香港的郭

院士有什麼看法？

郭毅可院士：

各位好，今天非常高興參加研討會，剛才朱院士的報告也讓我有很多啟發，我自己對AI本身的技術與其在社會治理的發展也有很多關注，我非常贊同朱院士的看法，也覺得AI對人類的影響是巨大的。AI不僅僅是一個技術，還與很多其他技術，像區塊鏈與大數據等，是一個整合在一起的數位技術。而在這個數位社會裡面，AI是一個把資料轉化為生產力的工具，因此，數據就可以被視為一個自然資源。所以，我覺得台灣今天願意去討論這個問題是非常有前瞻性的，我們應該不斷的去討論這個問題。

我覺得現在處在一個關鍵的時刻，就是我們如何發展AI，我個人的看法是，現在我們應該省思一下如何發展AI的倫理性。第一種是把倫理做為AI的內生性，也就是把倫理放在AI的研究出發點上；另一種則是把倫理做為AI外在的限制，也就是說機器能做什麼、不能做什麼，是一個技術限制；這是兩種完全不同的做法。我個人認為，我們應該把AI視為我們的夥伴，不能單單只是把它設計出來，並限制他不能為惡，而是從一個善良的基本點出發來做這個AI，這才是一個新的AI的思路。我希望以後跟台灣的同仁們能夠多合作、多多溝通，走出有我們自己特色的道路來。

李羅權院士：

謝謝，我有一個問題想請教郭院士。你演講裡面提到AI可以做流行音樂，可以寫評論，可以寫小說，參加數學比賽，但是這些都是要人先教AI怎麼執行，並不是真正的創造力，所以你認為AI將來會不會也能夠擁有創造力呢？

郭毅可院士：

我認為現在的機器已經擁有了創造力，並不是人類教他的，以AlphaZero為例，人類並沒有教他甚麼，機器在沒有看人類棋譜的狀況下，只告訴機器規則後，透過機器自己跟自己對弈(完全C-C博弈)，獲得了經驗，最後戰勝人類。從這個意義上來看，不能說機器沒有創造力，人類是無法教導他的。

又比如，剛才講到機器作文，機器翻譯，現在機器已經在負責很多具創造力的工作了。中國大陸的清華大學研發的AI去參加高考，據說能夠考上還不錯的大學，這必須具備相當的創造力才辦的到。

我們在最近也在做一些很有趣的工作，我們想應用機器把中文的自由詩翻譯成英文。翻譯必須信、達、雅，信是容易的，達與雅相對困難。而現在機器翻譯出來的水準，有時候甚至可以說達到詩人的水平，而這並沒有人類去教導過機器。

從這個角度來講，機器的創造力終究會出現，機器可以像人類一樣，透過不

斷的、大量的例子，來總結經驗。

李羅權院士：

謝謝郭院士，最後請朱院士為我們總結。

朱雲漢院士：

最後有機會再分享一些我的觀察，也可以貫穿今天上午的討論。

首先，我非常推崇潘董事長有睿智跟遠見，把AI與其牽連的相關問題做為中技社長期關注的議題，我認為未來十年、廿年，最重大的政治社會議題就是如何「引領AI為善」。當然這是一個很抽象，但也涉及到方方面面的一個議題。

我們剛才講的內容有一些是比較微觀的，比如說如何從源頭設計每一條演算法、智能機器人裝置不能為惡，避免觸犯一些最基本的倫理規範；或者比較中間層次的，每一個從事AI研發的工程師、團隊與企業，都自覺地採取AI社會倫理的準則；再一直擴展到國家、全球的層次。

我覺得「引領AI為善」是未來最根本的社會倫理議題，我也覺得台灣非常需要一個平台，將所有的法律、政治、哲學學者與實際上從事AI技術開發與數據分析的專業人士，還有NGO與企業匯集在一起，進行非常有系統的、積累的跨領域對話，透過彼此的溝通，激發出更好的創意。

我們既然要面對AI帶來的顛覆性、革命性甚至是破壞性的變化，但也有開創無限的可能性，因此需要更多的人參與，才能形塑出跳脫現有框架的新思維。所以，我強烈的建議「引領AI為善」應該是未來中技社的新時代使命，而且完全符合中技社的創社宗旨，畢竟在這個數位經濟的新時代，中技社也要與時俱進，以上是我對中技社的期許，謝謝。

李羅權院士：

謝謝朱院士的總結，指出AI將來應該如何發展，以及對中技社的期許，也謝謝各位與談人提出很好的意見，最後還是要謝謝中技社的努力，AI倫理與政府治理是一個非常重要的題目，不管對個人、社會的發展都非常重要，謝謝大家。

下午場《人工智慧於醫療與防疫的應用》主持人引言

郭旭崧

陽明大學校長、前衛生福利部疾病管制署署長

大家午安，大家好，在下午場開始之前，請容我先表達感謝之意，非常感謝中技社潘董事長與陳力俊校長的邀請，讓我有機會到場主持並參加圓桌論壇。

經過今天早上非常熱烈的討論，我相信所有的與會來賓都收穫滿滿。下午場與上午場一樣有兩個專題的報告，將聚焦在 AI 對於藥物開發與防疫領域的應用。第一位講者是何志明院士，另外一位則陳建仁副總統、陳建仁院士。

我認為在這個時候談 AI 於醫藥與防疫的應用，是最恰當的一個時機。大家也都知道台灣的防疫成果相當的豐碩，常有人說謝天謝地謝時中，也有人說應該歸功於全民的配合，有許多成功的因素存在，不過根據紐約時報的報導，在蔡總統的背後有兩位強大的祕密武器，一位是在座的陳副總統，另一位則是被稱為數位政委的唐鳳政委；美國的知名雜誌《Wired》也選擇蔡總統、陳副總統與唐政委為 2020 年的「Wired 25」風雲人物，而唐政委上榜的原因，就是他應用大數據協助防疫的成效。

在過去二十年，台灣的防疫體系不斷的精進，但可說是第一次在防疫第一線大量的應用大數據及 AI 技術，所以今天很榮幸有兩位專家為我們做詳盡的說明。

第一場的主講人是何志明院士，主題是「AI-Medicine」。何院士是現任UCLA的特聘教授，亦曾任UCLA的副校長，學術著作等身。他因為疫情的關係沒有辦法回國，所以會以錄影的方式演講，而他本人也在線上，雖然現在美國洛杉磯已經晚上11點多了，但在圓桌論壇時也會親自參加與談。第二場的主講人就不需要我多做介紹了，是剛卸任的陳建仁副總統，同時也是中央研究院的院士，陳副總統將以最全面、最完整的角度為大家介紹「AI與防疫科技」。

AI 與醫藥發展(AI-Medicine)

何志明

中研院院士、美國國家工程院院士、加州大學洛杉磯校區特聘研究教授

一、醫藥：一門不確定的科學

我是UCLA的何志明，非常謝謝主辦單位邀請我參加《AI倫理治理與醫療防疫》研討會。我今天要講的題目是「人工智慧與醫藥發展(AI-Medicine)」，也就是如何將人工智慧技術(Artificial Intelligence, AI)與醫學結合，以提供病人更好的醫療。

在一百年前，大家公認的近代醫學之父，同時也是全美最著名的「約翰·霍普金斯醫院(The Johns Hopkins Hospital)」的四位創辦醫師之一，Sir William Osler講了一句話說「Medicine is a Science of Uncertainty and an Art of Probability」。也就是說病人的治療並不存在完美精確的結果，反而存在相當多的不確定性。

那為什麼會發生這個問題？因為醫藥發展到現在為止，仍存在三個沒有辦法得到回答的問題。

第一個問題，就是說當醫生施藥之前，不能夠預先知道這份藥對病人的「功效(Efficacy) 」或者「毒性(Toxicity)」是好還是壞，或者好壞的程度為何，所以我們沒辦法預測藥物的功效。都是給了藥後，等到下次檢查，觀察病人的情況是好還是壞，然後再調整下一次的劑量，但調整的時候，依然不知道再下一次的結果，所以造成了不確定的醫療結果。

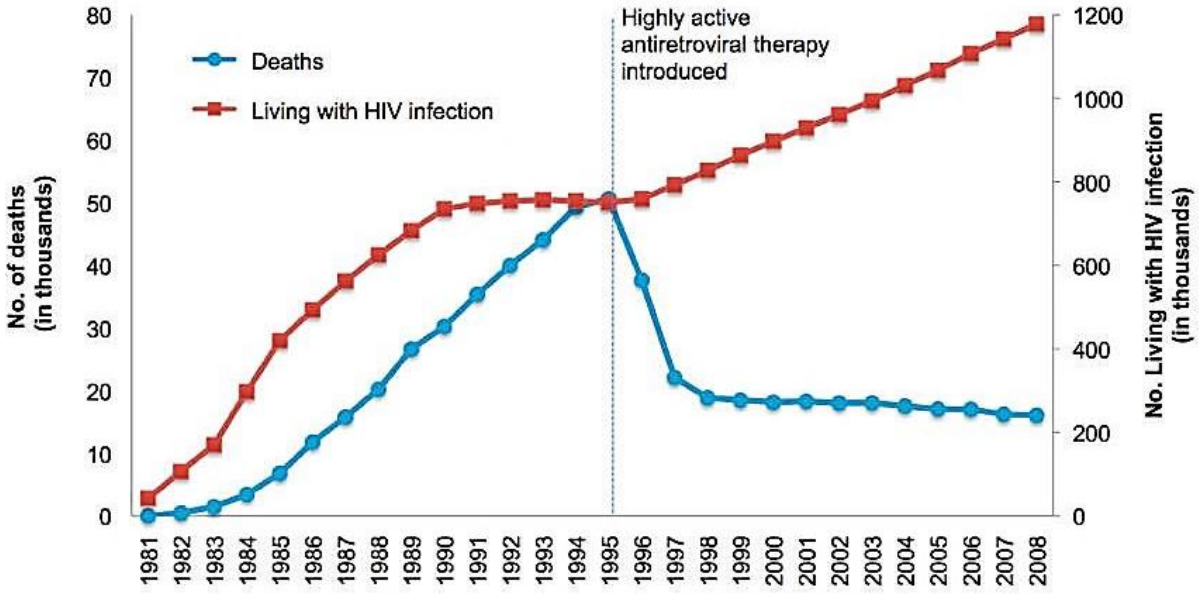
為什麼如此呢？因為醫生沒辦法把輸入(藥物)與輸出(功效或毒性)之間的關係，以一個很精確的生物反應函數描繪出來，也可以稱之為一個「支配法則(Governing Rule)」，必須是可以量化的(Quantitative)。

以生物學的「生物分子機制(Biological Molecular Mechanisms)」為例，生物細胞裡有上千成萬的「蛋白質核酸(Protein Nucleic Acid)」進行交互作用(Interaction)。但是因為這些交互作用實在太多了，所以我們沒有辦法找到藥物進入細胞之後，細胞到底是如何反應的(Response)。而細胞是人體內最小的一個系統(System)，再上來還有組織(Tissue)，還有器官(Organ)，然後才是整個人體，所以非常難以找到藥物進入人體系統後的整體反應為何。

然而，現在我們人類的平均壽命長達八十幾歲，除了有時候生病之外，每天日常生活中，我們的生理現象都相當的正常，所以一定有一個「人體系統的支配

法則(System Governing Rule)」存在，只是我們現在還沒有找到而已。其實我們的老祖先也很早就講過這個道理，在易經繫辭中有一句話，「言天下之至動而不可亂也」，所以我相信存在一條支配法則，只是需要我們想辦法來找出來。

第二個問題，則是說現在大部份的疾病都是使用所謂的「複合藥物(Combinatorial Drug)」，也就是所謂的「雞尾酒療法(Cocktail Treatment)」。以愛滋病[7]為例，從1980年左右開始發現愛滋病後，愛滋病患者的死亡人數節節上升，一直到1995年，何大一找出了由三種藥組合而成的複合藥物，在短短兩年之後，即使感染人數依舊攀升，但是死亡人數相比1995年則降低了67%。由此可見雞尾酒療法的強大功效。但是非常可惜的是，到現在為止沒有一個雞尾酒療法是優化的，都是反覆試驗出來的(用什麼藥，用什麼劑量)。(見圖4-1)



資料來源：Centers for Disease Control and Prevention, quoted by national Institute on Drug A buse (NIDA), https://www.drugabuse.gov/publications/research-reports/hivaids/how-does-drug-abuse-affect-hiv-epidemic。

圖4-1 Estimated Persons Living with HIV Infection and Estimated AIDS Deaths Among Adults and Adolescents — United States, 1981–2008

為什麼沒辦法優化呢？因為如果我們要從M種藥物(Drug)中進行選擇，而如果每一種藥物都有N個不同的劑量(Dose)的話，那麼這些藥物與劑量的組合總數將高達N^M。舉例來說，如果要從6種藥中進行選擇，每種藥有10種劑量，就有高達100萬(10^6)個組合，那麼我們怎麼可能很快地從這100萬個選擇中找出最好、最優化的藥物-劑量組合呢？

所以第二個還沒辦法解決的問題，就是如何在一個接近天文數字的「搜尋空間(Search Space)」中，找出最佳的藥物-劑量組合。

[7] 後天免疫缺乏症候群(Acquired Immune Deficiency Syndrome, AIDS)。

第三個問題,也是Sir William Osler所談到的,醫學不是一個非常精確的科學,每次治療病人時,都有很高的不確定性存在。這句話在一百年後的現在,還是真的!

基本的原因就是,每一個人都是不一樣的個體,人跟人之間存在很大的差異性,但是目前藥物與劑量都是採「群體平均(Population-averaged)」的方式計算出來,然後再以同樣的藥跟劑量去治療所有罹患同種疾病的患者,所以是同樣的病以同樣的藥治療,也就是「同病同藥」,沒有把每一個人的體質的不同考慮在內。

以「化療(Chemotherapy)」為例,參考腫瘤學(Oncology)領域的聖經《Cancer：Principles and Practice of Oncology》書中的幾個例子來看,乳癌(Breast Cancer)的化療反應率(Response Rate)是25%~55%之間,已是化療效果最好的癌症,患者的平均存活時間則為兩到三年;至於最致命的肝癌(Liver Cancer)的化療反應率則低到只有5~15%,平均存活時間僅有六到九個月,這就是用同樣的藥去治同樣的病的結果。(見表4-1)

表4-1　Population Averaged Chemotherapy

Cancer Type	Response Rate	Median Survival
Breast	25-55%	24-36 months
Colon	25-35%	12-18 months
Stomach	20-30%	6-9 months
Pancreas	15-25%	6-9 months
Liver (Hepatoma)	5-15%	6-9 months

資料來源:DeVita, Hellman, and Rosenberg, *Cancer: Principles and Practice of Oncology*,整理自主講人簡報。

假若,我們能夠做到「個人化治療(Personalized Therapy)」,也就是可以根據每個病人的體質,並且在任何時間,依據病人體質的變化,調整出最優化的藥物與藥劑組合,也就是「依人施藥」的話,那麼相信我們可以拯救更多的癌症患者。

二、AI-Medicine

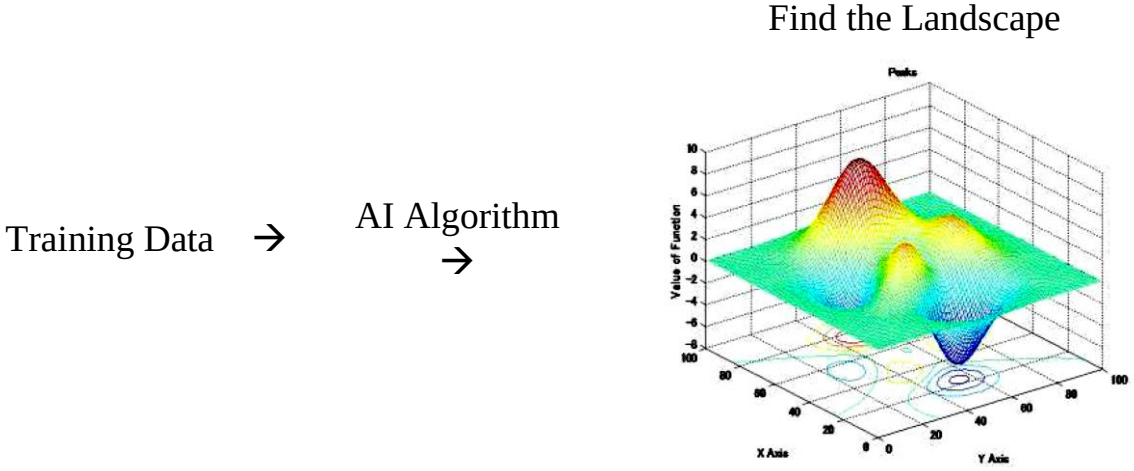
所以如果我們能夠解決上述三個醫療難題:(1)藥物與功效或毒性間的量化關係、(2)藥物-劑量組合的最優化、(3)個人化治療,將會是醫學發展的一大成功,造福無數病患。而如今的突飛猛進的AI技術為我們另闢了一條蹊徑。

(一)　類神經網路(Neural Network)

我與我的研究夥伴們應用AI領域相當簡單的一個「類神經網路」方法,將藥物與功效或毒性間的量化關係描繪起來,找出藥物-劑量的最優化組合,甚至看到了未來個人化治療的可能性。

我們使用到的類神經網路的方法相當簡單,即是以我們所蒐集到的醫療數據,

訓練該類神經網路的演算法(Algorithm)，尋找出藥物與藥劑組合對應療效或毒性的關係。這個關係圖若以三維的視野來看，他的垂直軸(Vertical Axis)是藥物的功效或毒性(輸出值)，另外兩個水平軸(Horizontal Axes)，也就是X軸及Y軸)，則是藥物與其劑量(輸入值)。而利用類神經網路的方法，將能夠找出藥物的輸入值與輸出值間的關係，讓我們可以知道，病人對於不同的藥物與劑量的反應。(見圖4-2)



資料來源：整理自主講人簡報。

圖4-2　A Smart Surface Fitting Methodology

類神經網路還有一個好處，讓我們可以繞過(Bypass)前面所提到的生物學的生物分子機制，也就是說類神經網路是「無機制(Mechanism Free)」的方法學；換句話說，也是「不定型(Indication Agnostic)」的方法學，將可以應用到所有疾病。

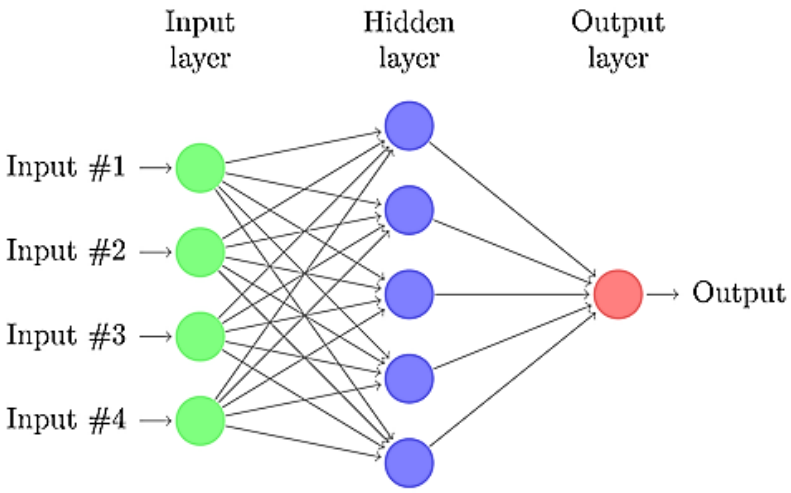
(二)　顯型反應表面(Phenotypic Response Surface, PRS)

我們所做的第一個實驗是細胞實驗。在這個實驗中，我們用了6種藥(包括：Ribavirin, Acyclovir, TNF-a, IFN a, IFNb, IFNg)，每一種藥有10個劑量(也就是有100萬(10^6)個不同的藥物與劑量組合)，來抑制皰疹病毒(HSV-1)感染。我們期望在這一大群候選者中，找出最好的藥物與劑量組合，把感染率降到極低。

我們架構的類神經網路(見圖4-3)，設了大概150個人工神經元(Artificial Neuron)結構，並設有其對應的權重函數(Weight Function)。再利用我們手邊僅有為數不多的數據來訓練(Train)，以求得權重。在訓練的過程中，如果有些神經元是多餘的，他的權重就會降到零，如果有些神經元非常重要的話，就隨著訓練慢慢變成一，而這些剩下來的神經元就可以把我們期望的藥物與劑量的「反應表面(Response Surface)」描繪出來。

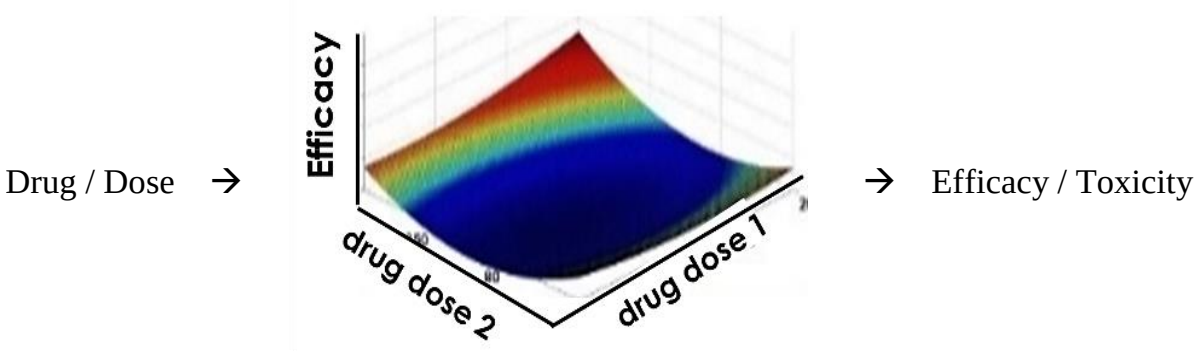
當時，我實驗室有一位博士後研究員叫Ibrahim Al-Shyoukh，大概花了兩個月的時間，處理我手邊所有的數據，然後某一天跑到我的辦公室，告訴我說這個反應表面是一個非常平滑的曲面(見圖4-4)。這個曲面的垂直軸表示的是「細胞不會被皰疹病毒感染的比率」，換言之，就是某個藥物與劑量組合的療效；那另外兩

個水平軸則是某兩種藥物與藥劑的組合。實際上，我們當時找到了三種藥物與藥劑組合的療效非常好，所以我們繪出三個不同的平滑曲面。



資料來源：整理自主講人簡報。

圖4-3　Artificial Neural Networks



資料來源：Al-Shyoukh, I. et al, BMC Systems Biology, 2011, 本圖為示意圖。

圖4-4　Phenotypic Response Surface (PRS)

(三)　PRS函數與量化的支配法則

當時，我對於這個研究成果感到難以置信，你想想看，藥物進到人體細胞後的反應是如此的複雜，怎麼會變成這麼平滑的一個曲面呢。所以我們又找了其他種疾病來做實驗，一共做了三種，結果全部都是如此，這是一個非常有趣的發現。

但是，對我們來講這個有趣發現並沒有大用，因為顯型反應表面只是一張圖形，並沒有提供的量化數據，所以我對這位博士後研究員講，既然是如此平滑的一個曲面，應該可以找出一個函數來配適(Fit)這個曲面。

兩個禮拜之後，他回來了，最後配適出的劑量與生物系統實驗的反應，簡直是不可想像的簡單。它看起來像是一個代數二階方程式，但實際上並非如此，因

為係數與係數之間存在相互作用，而且隨著劑量改變。因為這個函數是透過生物實驗結果找出的，而不是由數學推導的，所以我們稱它為生物反應函數，如公式一所示：

$$E(C,t) = x_0 + \sum_{i=1}^{N} x_i c_i + \sum_{i=1}^{N} y_{ii} c_i^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} z_{ij} c_i c_j \quad , c_i: \text{dose}$$

(公式一)

其中，c_i是不同藥物的劑量，然後每一項前面的x_0，x_i，y_{ii}，z_{ij}是係數(Coefficient)。如果我們拿兩個藥來看的話，如公式二所示：

$$E(C,t) = x_0 + x_1 c_1 + x_2 c_2 + y_{11} c_1^2 + y_{22} c_2^2 + z_{12} c_1 c_2$$

(公式二)

其中，c_1與c_2是兩款不同藥物的劑量，c_1^2跟c_2^2是這兩個藥物劑量的二次方，交叉項$c_1 c_2$則是這兩款不同藥物的相互作用。

通常我們說某兩款不同藥物的組合可以發揮一加一大於二的綜效，就是針對$c_1 c_2$這一交叉項。如果他的係數是正(負)值的話，就表示某兩款不同藥物的交互作用的時候，對整體療效($E(C,t)$)有正(負)向的幫助，所以交叉項可說是雞尾酒療法中的最重要的一項。

還有一件要注意的事情，交叉項$c_1 c_2$也會影響到個別c_1與c_2對功效/毒性的影響。例如對$E(C,t)$做c_1的偏微分，可得$\partial E(C,t)/\partial c_1 = x_1 + 2y_{11} c_1 + z_{12} c_2$。因此，視$z_{12}$為正或負，隨著$c_2$的增加，甚至將$\partial E(C,t)/\partial c_1$的符號改變(由正轉負，或由負轉正)。

綜上所述，我們以類神經網路找到了這個「量化的支配法則(Quantitative Governing Rule)」。換句話說，找到了病人接受藥物治療後的藥效與藥物與藥劑組合間的關係(公式一)。只要我們求得係數，就可以進行藥物與藥劑組合的最優化(Optimization)，如此醫生可在施藥前，就可以預知病人對藥物的反應是如何。(見圖4-5)

Drug / Dose → $E(C,t) = \sum_{t=1}^{N} x_i c_i + \sum_{t=1}^{N} y_{ii} c_i^2 + \sum_{t=1}^{N-1} \sum_{j=t+1}^{N} z_{ij} c_i c_j$ → Efficacy

資料來源：整理自主講人簡報。

圖4-5　Quantitative Governing Rule

(四)　以「小數據AI(Small Data AI)」實現AI-Medicine

現在很多的人工智慧的應用都在講「大數據(Big Data)」，但醫學領域不一樣，我們面臨的是病情可能相當嚴重的病患，無法透過多次、反覆的實驗，取得大量

數據後，才去求解係數。所以，AI-Medicine其實是一個小數據AI(Small Data AI)。

我們在治療病人的時候，通常是兩種、三種或者四種藥的組合。以三種藥的組合為例，如果每種藥有10個劑量的話，就有1,000個藥物與藥劑組合，但是我們沒有辦法對病人做出這麼多次的試驗。

但是當我們找出這個生物反應函數之後，我們只需要做10次校準測試(Calibration Tests)就可以從1,000個候選者中，找出最佳的藥物與藥劑組合做出來；四種藥的組合，也只需要15次測試，就可以求解係數，將組合最優化。實務上，我們還有一些手段，只需要6次測試來求解三種藥的組合；四種藥的組合所需的測試可降低至10次。簡言之，有了這個生物反應函數之後，我們可以將最優化藥物與藥劑組合所需的測試次數大幅降低。(見表4-2)

表4-2　Small Data AI Enables AI-Medicine

Number of Drug (M)	Number of Calibration Tests	Search Space N^M (N=10)
3	10	1,000
4	15	10,000
12	91	10^{12}
44	990	10^{44}

資料來源：整理自主講人簡報。

也因為有了這個生物反應函數，我們可以將最優化藥物與藥劑組合所需的測試次數大幅降低。所以過往做不到的「個人化醫療(Personalize Medicine)」也變成了可能。我們可以針對每一個病人求解係數，找出對其個人來說，最佳的藥物與藥劑組合。

總而言之，有了這個量化的支配法則，我們可以用很少的幾個校準試驗實驗，就可以找出藥物(輸入)與療效(輸出)間的關係，並可以優化藥物與劑量的組合，最終做到個人化醫療，就解決了三個難以回答的醫學難題。

三、人體的臨床實驗結果

(一)　肝臟移植後的免疫系統抑制(Immunosuppression Post Liver Transplant)

通常在對人體的臨床實驗(Clinical Trial on Human)之前，必須先完成數十次的體外細胞實驗(*in vitro* Test)以及是動物實驗(Animal Test)，但即使每一次的實驗結果都非常完美，也不容易說服醫生進行臨床實驗。所以我們花了很久的時間才找到一位醫生答應進行實驗。

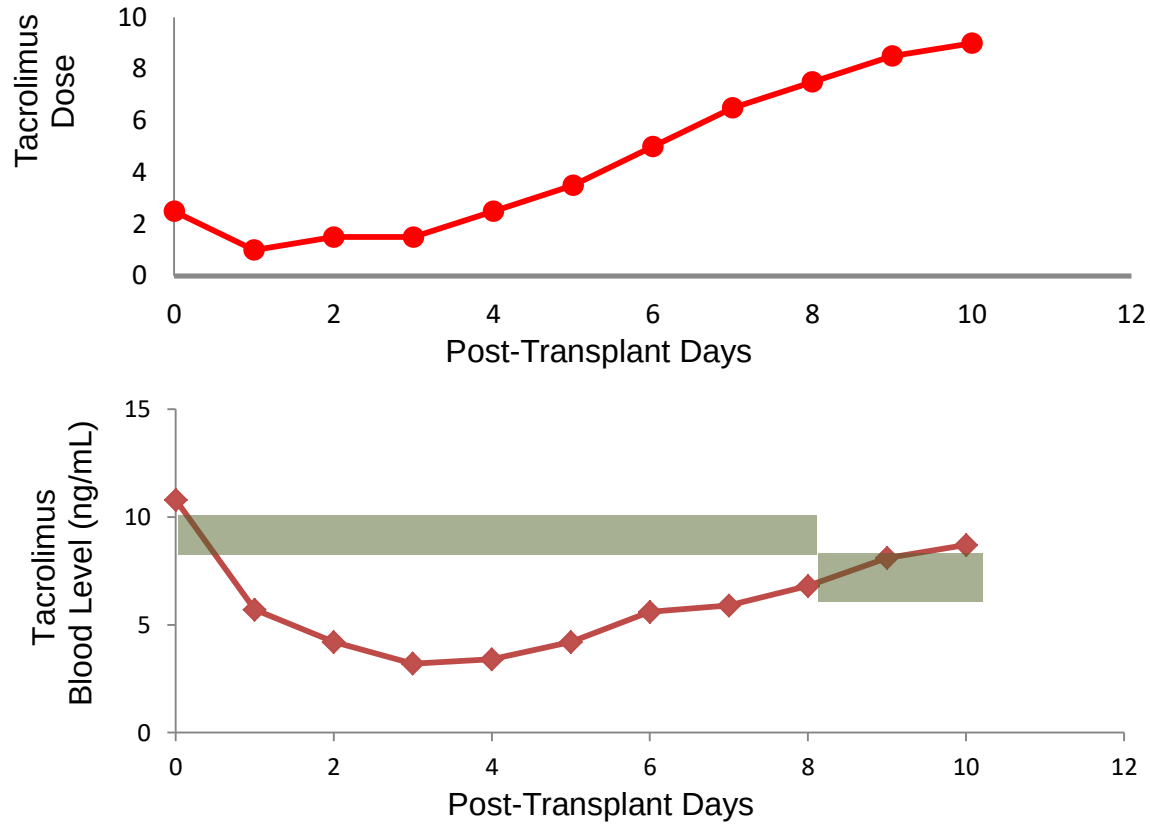
這位醫生任職於UCLA的器官移植中心，該中心以全美國數一數二的器官移植中心，而該位醫生則在肝臟移植手術方面非常有名，他答應用我們的方法來做換肝之後的免疫系統抑制(Immunosuppression)，因為肝臟在移植後若不能有效的

抑制免疫系統的反應的話，移植的肝臟會被身體排斥(Reject)。

圖4-6顯示的是該位醫生的某位患者，在換肝手術後服用Tacrolimus(一種免疫抑製藥物)的進程，與血液中的Tacrolimus濃度變化。一般來說，醫生會在換肝手術後，如同圖4-6上半部每天給予換肝病人某某毫克(Milligram)劑量的Tacrolimus，並希望服藥之後，病人血液中Tacrolimus的濃度維持在圖4-6下半部的陰影區。

這是因為Tacrolimus的濃度偏低的話，代表Tacrolimus對免疫系統抑制的效果不足，會導致移植後的肝臟被人體排斥；但由於Tacrolimus是一種神經毒藥，濃度(劑量)偏高亦會對病人造成傷害，所以醫生希望Tacrolimus維持在一個適當的水準。

然而，該濃度區間非常窄，以圖4-6的控制病人為例，臨床醫生(Clinician)決定的血液中Tacrolimus濃度最適區，在施藥後第0天到第8天之間為8~10(ng/mL)；在施藥的第8天~第10天則為6~8(ng/mL)；濃度區間只有2(ng/mL)，也就是每毫升兩個豪微克，所以必須每天調整劑量。不過，如此調整劑量並不是一件容易的事。



註：此病人血液中Tacrolimus的濃度最適區，在施藥的第0天~第8天為8~10(ng/mL)；在施藥的第8天~第10天則為6~8(ng/mL)。

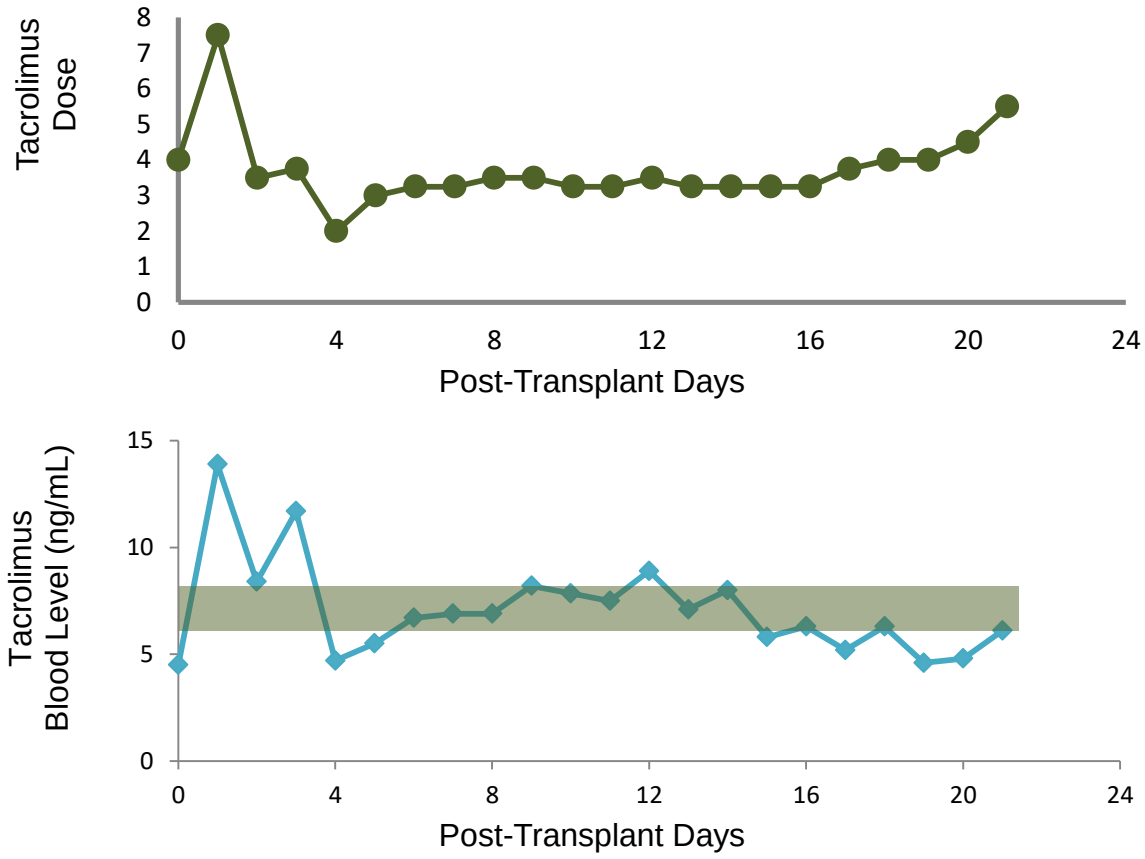
資料來源：A. Zarrinpar, et al., 2016, Individualizing liver transplant immunosuppression using a phenotypic personalized medicine platform, Science Translational Medicine, 整理自主講人簡報。

圖4-6　Immunosuppression Post Liver Transplant (Control Patient)

從圖4-6中可以發現，當醫生發現術後血液中的Tacrolimus濃度偏高，馬上降低劑量，濃度也隨之下降到過低的水準，然後花了很長的一段時間，也就是施藥後的第八天才回復到醫生希望達到的濃度水平。

而在我們的第一次人體臨床實驗中，由臨床醫生(Clinician)決定的血液中Tacrolimus的濃度最適區，在施藥的第0天到第22天之間均為6~8(ng/mL)。而我們可以從圖4-7上半部看到，在施藥的第0天到第3天之間，我們嘗試以不同的劑量進行測試，以校準(Calibrate)病人對於不同藥物劑量的反應，並在幾次實驗後就把病人的PRS函數的係數求解出來，並在第3天就找出最優化的劑量，並於第4天後讓病人血液中Tacrolimus濃度達到最適水準，並維持相當長的一段時間(見圖4-7下半部)。這樣的話，病人的新肝臟將不會被身體排斥，而病人的身體也不會被Tacrolimus過度傷害。

這是一個非常顯明而且成功的一個人體臨床實驗，讓我們獲得了許多寶貴的經驗，也讓我們得以說服另一位醫生，進行第二次的人體臨床實驗。



註：此病人血液中Tacrolimus的濃度最適區，在施藥的第0天~第22天為6~8(ng/mL)。

資料來源：A. Zarrinpar, et al., 2016, Individualizing liver transplant immunosuppression using a phenotypic personalized medicine platform, Science Translational Medicine, 整理自主講人簡報。

圖4-7　Immunosuppression Post Liver Transplant (PPM Patient)

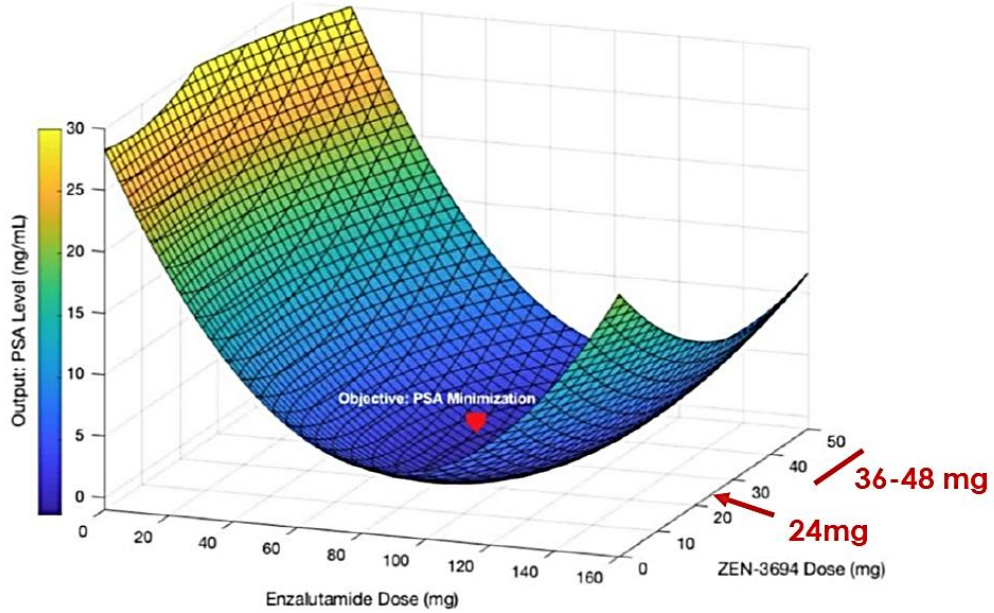
(二) 前列腺癌症轉移患者的個人化施藥(AI-PRS Guided Personalized Dosing in a Metastatic Prostate Cancer Patient)

第二個的人體臨床實驗是一位前列腺癌症已經轉移的85歲患者，這位患者原本是參加UCLA的一個新藥實驗，這款新藥名為ZEN-3694，另外還有一個與該新藥搭配的藥叫做Enzalutamide，所以是一款複合藥物的實驗。

當時一開始共有35個人參與實驗，結果在不到一年的時間中，其中的34個人都退出了，主要是因為ZEN-3694是一個毒性非常強的藥物(其實大部份治療癌症的藥物都非常的毒)，所以絕大多數的病人無法忍受ZEN-3694的毒性。最後只剩下這位85歲的病人還沒有退出。雖然他如此的堅強，但在實驗持續了一年多之後，他也沒有辦法堅持下去，想要退出實驗。

在這個背景之下，該實驗的第一作者Alan Pantuck醫生來找我們，希望我們能夠協助他將該病人的藥物與劑量組合進行最優化。我們加入時， Pantuck醫生已經治療這位病人一年多了，所以試過了不同藥物組合，所以我們就參考他的實驗數據畫出了圖4-8。

圖4-8的垂直軸代表的是「攝護腺特異抗原(Prostatic specific antigen, PSA)指數」代表藥物療效，其正常值為3~4(ng/mL)以下；另外兩個水平軸則是ZEN-3694與Enzalutamide的劑量。可以發現繪出來的圖像是一個平滑的拋物面(Parabolic Surface)，但是這是在Pantuck醫生並未假設藥物與劑量組合是一個拋物面的狀況下，所做出來的臨床實驗結果，也讓我再次堅信我們的PRS函數是非常準確的。



資料來源：A. J. Pantuck et al, 2018, Modulating BET Bromodomain Inhibitor ZEN-3694 and Enzalutamide Combination Dosing in a Metastatic Prostate Cancer Patient Using C URATE.AI, an Artificial Intelligence Platform, Advanced Therapeutic.

圖4-8 AI-PRS Guided Personalized Dosing in a Metastatic Prostate Cancer Patient

而根據我們的PRS函數畫出的拋物面，最佳的ZEN-3694劑量是24毫克，但這造成兩個問題。第一個問題是任何醫生都不願意隨意降低藥物劑量，因為降低劑量通常會降低療效。在單藥品的情況下，這個假設(降劑量等同降療效)通常是對的，但是在複合藥品中，卻不一定是這麼回事。如果你還記得剛剛公式二的交叉項c_1c_2，就知道兩個藥品的協同作用(Synergistic)，一個藥品的療效可能會因為另一個藥品的劑量而出現增減。因為有另一個藥品(Enzalutamide)的存在，即使將另一個藥品(ZEN-3694)的劑量減少，其療效將可望維持(甚至增加)，而且其毒性則會減低。第二個問題是食品藥品監督管理局(Food and Drug Administration, FDA)批准的劑量是36~48毫克，而不是24毫克，所以藥品公司必須重新申請FDA的批准，但這個過程花費的時間相當漫長。所以當我們跟醫生說ZEN-3694的最適劑量是24毫克，Pantuck醫生一度無法接受。最後是在該病人表示，如果無法調降劑量，他就會退出實驗(代表實驗完全失敗)之下，才得以施行。

當醫生接受了我們的建議，將ZEN-3694的降到24毫克之後，不但毒性降低很多，病人的PSA指數更從30降到0.64(ng/mL)，所以第二個臨床實驗也相當的成功。

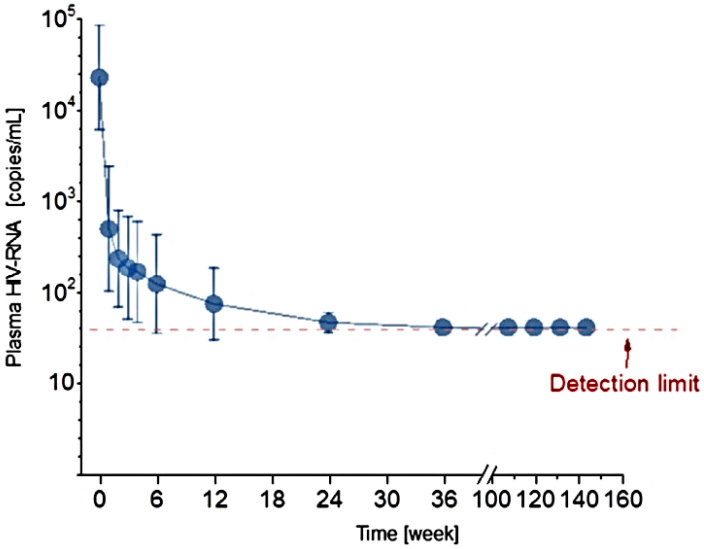
(三) HIV患者的個人化維護型施藥(AI-PRS Based Personalized Maintenance Dose for HIV Patient)

我們所做的第三個人體臨床實驗，是在Bill Gates基金會(Bill & Melinda Gates Foundation)支持下與上海公共衛生臨床中心合作，一個對HIV病毒患者進行維護型施藥的實驗。

一般來說，在得病的初期，HIV患者的病毒載量(HIV-1 Viral Load)非常高。如果患者服用了有效的抗病毒藥物的話，大概在24個禮拜之內，患者的病毒載量就會降低兩、三個數量級(Magnitude)，但是病人必須一輩子服用同樣劑量的同樣抗病毒藥物。但是，這麼高劑量的藥，雖然有效，但是其毒性也很高，一輩子服用的話，將對身體造成傷害。為了解決這個問題，我們進行了這次HIV患者的個人化維護型施藥實驗。(見圖4-9)

我們選擇了3TC、EFV跟TDF這三種抗病毒藥物的組合，這是一種相當標準，也相當具有成效的抗HIV病毒的藥物組合。但其中有一個問題，就是TDF有長期的副作用。病人在服用TDF的兩年到五年之後，會有1%~2%的病人出現骨質疏鬆(Osteoporosis)，或者因為腎衰竭(Kidney Failure)而死亡。

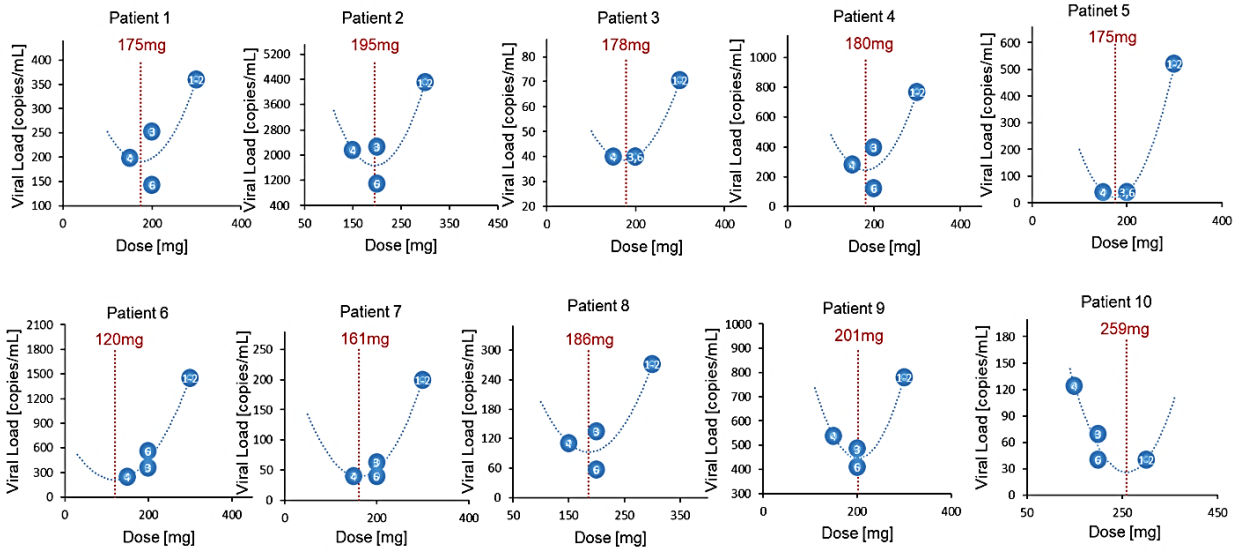
所以為了能夠維持抗HIV病毒的療效之下，把TDF用藥量降低，減少這類副作用，目前的做法就僅僅是「試誤(Try and Error)」，猜測將藥量設為250毫克，如果測試的病人沒有復發(Relapse)，那這個劑量就是可以接受的，所以並不是存在一個確定的方法找到患者最適的劑量。



資料來源：Shen, Y. Z. et al, 2019, Harnessing Artificial Intelligence to Optimize Long-Term Maintenance Dosing for Antiretroviral-Naive Adults with HIV-1 Infection, Advanced Therapeutics.

圖4-9　Maintenance Regimen for HIV Patients

圖4-10呈現了我們的實驗結果，我們的實驗共計有十位病人，Y軸為患者的病毒載量，X軸則為患者服用的TDF劑量。透過我們的AI-PRS函數，可以發現每一個病人需要的TDF最適劑量都不一樣(換言之，是個人化的施藥)。其中，對第六位病人最好的劑量是120毫克；而需要劑量最高的是第十位病人，劑量是260毫克。兩者的差別是兩倍多。平均來說，可以將TDF劑量降低到200毫克，這是原劑量300毫克的三分之二而已。



資料來源：Shen, Y. Z. et al, 2019, Harnessing Artificial Intelligence to Optimize Long-Term Maintenance Dosing for Antiretroviral-Naive Adults with HIV-1 Infection, Advanced Therapeutics.

圖4-10　AI-PRS Based Personalized Maintenance Dose for HIV Patient

我們持續觀察這十位接受了我們調降劑量後的病人，目前大概已有三到四年，沒有任何一位病人復發(病毒載量增加)。換句話說我們可以很準確的找出哪一個劑量對哪一位病人最好，而且平均可以降低三分之一的用藥量，讓藥物毒性對患者的傷害降低很多。再過兩年，我們就知道這十位病人會不會有人出現副作用，我們相信不會有，因為劑量的降低幅度非常的多。

四、AI-PRS：一個免機制、不定型的平台

如前面所提，我們的AI-PRS是一個沒有根據任何機制(Mechanism Free)，並可以有方方面面應用的不定型(Indication Agnostic)平台。

(一) 疾病應用

在過去十年左右，我們總共做了二十幾種不同的病症，從細胞體外實驗、動物實驗與人體臨床實驗。其中，包括傳染病(6種)、癌症(10種)、器官移植(3種)、再生醫學(3種)，還有生物系統(3種)。(見表4-3)

通常人體臨床實驗是最具說服力，能讓大家接受這個技術對醫學有效，所以我們在過去五年中，總共做了四個先導型臨床實驗(Pilot Clinical Test)，其中涵蓋了傳染病、癌症與器官移植，共計150個病人。最重要的是，每一個病人都有很好的反應。我們現在還有另外七個實驗中的臨床實驗，共計500個病人，相信也會得出很好的結果。

表4-3　AI-PRS Platform實證研究領域彙整

Infectious Diseases		
1. HSV-1 2. KSHV	3. VSV 4. HIV	5. TB 6. Covid-19
Cancer		
1. Lung 2. Colon 3. Liver 4. Bladder	5. Multiple Myeloma 6. Breast 7. Renal	8. Pediatric ALL 9. Prostate Cancer 10. B Cell Lymphoma
Organ Transplant		
1. Kidney	2. Liver	3. Heart
Regenerative Medicine		
1. hES cell	2. mES cell	3. Bone Regeneration
Bio-systems		
1. Chinese Medicine	2. Parasite control	3. Aptamer folding

資料來源：主講人簡報。

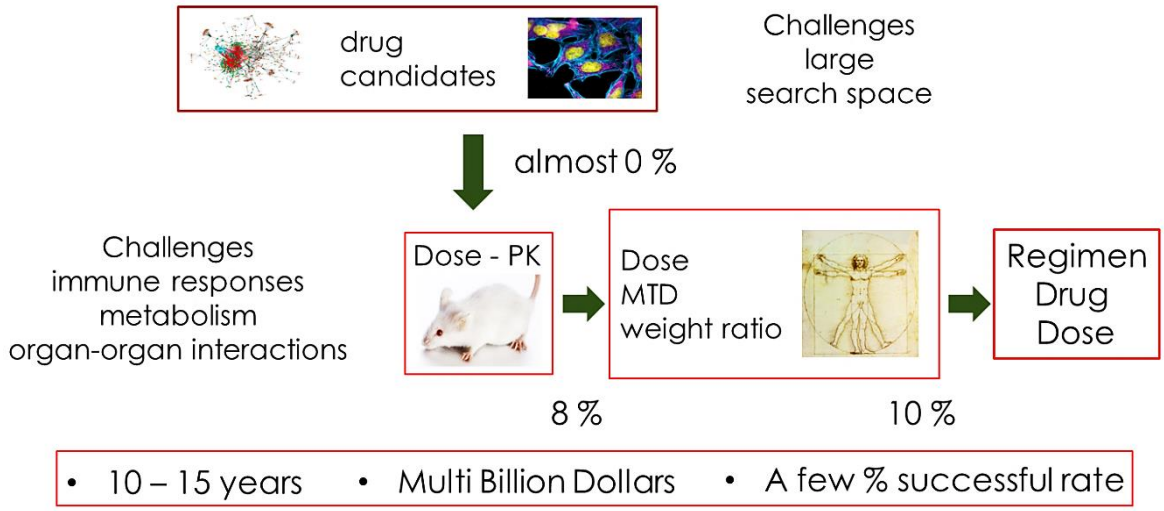
(二) 藥物篩選

除了應用AI-PRS平台來治療各式各樣的病症，我們也可以應用這個方法研發新藥。

傳統研發新藥的方法，會先進行多次的體外細胞實驗，來嘗試各種藥物跟不同劑量，然後找出有效的藥物與劑量後，再進行動物實驗，但如何決定動物實驗所需的劑量呢？通常是希望動物血清(Serum)中的藥物濃度能與體外細胞實驗的濃度一致。但這是不合理的，因為當藥進入動物體後，會經過肝臟的新陳代謝(Metabolism)，也會與器官、免疫系統交互作用，所以藥物的劑量絕對不會是簡單的一個細胞系統之下同樣的劑量，所以總是使用嘗試和錯誤方法(Trial and Error)，因此會花費很長的時間。

透過動物實驗找出一個有效的劑量後，就進行人體實驗。這時決定人體需要的劑量有兩個辦法。第一個方法就是用人類體重與動物體重的比例，將藥的劑量做等比率調整；另一個方法，就是測量「人體最大耐受劑量(Maximum Tolerated Dose, MTD)」，在第一階段(Phase I, 人體藥理研究)的時候，用健康的人找出人體對該藥品毒性能夠忍受的最大劑量。但是這兩種方法都不是優化的，尤其對於複合藥物來說，用這兩種方法所找出來的劑量距離優化劑量的差距實在相當遙遠。

一般來說，動物實驗的成功率僅有8%，人體實驗(從Phase I到PhaseIII)的成功率也只有10%，總計只有0.8%的成功率。由於實驗成本巨大，一般都要等到實驗失敗之後，再次從頭開始。花費時間相當的漫長。平均而言，為了追求那不到1%的藥品研發成功率。需要花費10年到15年的漫長時間，以及20~80億美元的成本，其難度可見一般。所以，實在必須要有根本上的改進，才能將藥品研發技術向前推進。(見圖4-11)



資料來源：整理自主講人簡報。

圖4-11　Challenges in Current Drug Discovery Pathway

透過我們的方法，只要在細胞體外實驗中，找出有效的藥品後；再透過幾次動物實驗後，將其實驗結果放入我們的AI-PRS函數中，就可以找出最優的劑量；

然後在人體實驗時，也不需要將動物實驗的劑量換算人體實驗所需劑量，或者測試人體最大耐受劑量，直接在人體實驗時，重新用AI-PRS函數去校準係數，所以可以用很少的實驗為每一個病人找出最優化的劑量，成功率也會因而增加很多，所花費的時間與金錢成本也會大幅縮減。

(三) 實例：以複合藥物治療新冠病毒的體外細胞實驗

新加坡國立大學的何鼎(Dean Ho)教授即利用上述的方法，來找尋治療新型冠狀病毒(Covid-19)的雞尾酒藥物。他先選擇了12種藥品，每一種藥品有10個劑量，共有10^{12}個組合(一兆個組合)，一個天文數字的搜尋空間，但是他總共只花了短短的兩個禮拜的時間，找出了793個藥物與藥劑組合。

在這12種藥品中，目前對新冠病毒最有效的單一治療藥物是Gilead藥廠的瑞德西韋(Remdesivir, RDV)，他對新冠病毒的抑制力大約為15.5%~21.1%，其他的11種藥物的單一療效都相當低，對新冠病毒的抑制力都在噪音(Noise)水準的1%上下。(見表4-4)

表4-4 治療Covid-19的單一藥劑療效

Drug	Inhibition Rate
Remdesivir (RDV)：0.9 μM	21.1%
Remdesivir (RDV)：0.81 μM	15.5%
Chloroquine (CQ)：0.071 μM	1.4%
Ritonavir (RTV)：1.02 μM	0.9%

註：μM=10^{-6}莫爾濃度。
資料來源：Dean Ho, NUS, 整理自主講人簡報。

而何鼎教授所找到的793個藥物與藥劑組合中，最好的一個組合是瑞德西韋加上兩種治療HIV的藥物(RTV與LPV)，以及另外一款名叫DEX的抗發炎藥物(Anti-inflammation)，其對新冠病毒的抑制力高達96.6%。這是殺手級的雞尾酒處方。(見表4-5)

表4-5 治療Covid-19的複合藥劑療效

Drug Combination	Inhibition Rate
(RDV+RTV+LPV)+DEX (0.063 μM)	96.6%
(RDV+RTV+LPV)+DEX (0.0315 μM)	88.9%

註：μM=10^{-6}莫爾濃度。
資料來源：Dean Ho, NUS, 整理自主講人簡報。

由於被新冠病毒感染的患者，會從其死亡的細胞中，產出許多的發炎物質，故需要抗發炎藥物消炎。而DEX雖然是一種很有效治療發炎的藥，但因為希望他

不會跟其他三種藥物出現過大的交互作用，所以當我們將其劑量減少至原來的廿分之一時，結果對病毒抑制的影響非常小，整個複合藥物對新冠病毒的抑制率還有88.9%(見表4-5)。換句話說，這四個藥的組合應該可以有效治療新冠肺炎的患者，我們現在正在找機會進行人體實驗。

五、以簡馭繁的非正規方法：AI-Medicine

所以應用**AI-PRS**能夠治療各式各樣的病，也可以找出很好的雞尾酒療法，但為什麼這麼簡單的函數(請見公式一)可以處理這麼複雜的現象呢？Why？

因為生物反應函數裡的係數(x_0, x_i, y_{ii}, and z_{ij})代表了每一個人的體質，而且會隨著時間的不一樣而改變，只要我們能夠求解出這些係數，就可以用這個很簡單的函數，來控制一個很複雜的一個現象。

就像《孫子兵法》虛實篇所講的「兵無常勢，水無常形，因敵變化而取勝。」這個變化就是，細胞、組織、器官又或人體因為疾病而隨時都在變化，所以我們必須因應變化改變藥的劑量，才能夠戰勝這個病症。

(一) 以簡單生物反應函數描繪複雜系統的科學基礎

我們利用AI，一個資訊工程的方法來解決非常困難的醫學問題，但是過程中並沒有應用到任何的生物科學的知識。生物體是複雜系統(Complex Systems)的其中之一。

甚麼是複雜系統？舉例來說，我們在坐飛機的時候遇到亂流(Turbulence)時，飛機會忽然上升，忽然下降，所以空氣亂流是一個複雜系統；我們是生病或者是健康，取決於人體與身處的環境間的互動，所以生物系統是一個複雜系統；網際網路、學校生活、人際關係、金融市場，這類的社會經濟活動也是一個複雜系統。

但並不只是因為存在許多複雜的現象(Phenomenon)就可稱之為複雜系統，他有一個很嚴謹的科學定義。知名期刊《科學(Science)》曾特別以兩全卷解釋何謂複雜系統(Science Vol. 284, April 2, 1999 & Science Vol. 325, July 24, 2009)，指出複雜系統需要符合下面的四個條件：

1. A Large Number of Interacting Elements;
2. Self-organized into a Non-Linear Dynamic System;
3. The System Emerging Properties Can NOT Be Step-by-Step Derived from These Interacting Elements;
4. Adaptability and Robustness.

第一個條件，必須有大量的相互作用元素在其中；然後這些相互作用的元素自主交織成一套非線性的動態系統；而且無法找出明確的個別步驟，來解釋這些隨元素互動、系統合成而誕生的各種特性；經過長期的演化，複雜系統有非常強大的適應性與穩定性。

以我們人體為例，我們的體內有許多細胞所組成與互相作用；而細胞是由蛋白質核酸(Nucleic Acid)自行合成;我們也無從得知蛋白質核酸如何從分子、細胞、器官形成的過程中，一步步地獲得它們特別的功能(皮膚感知、肝臟解毒等)；而且還能具備足夠的適應能力。

為了解釋複雜系統，我們的AI-PRS函數可以扮演什麼樣角色呢？在圖4-12的AI-PRS函數的等號右邊，代表的是藥物的分子與疾病間的互動關係，其中，各個係數(x_0, y_1, y_2, z_1, z_2, z_{12})一直隨著時間而改變，並有非線性項(Nonlinear Term)來代表彼此的互動關係；函數的等號左邊，則是藥物的功效或毒性。所以就可以把複雜系統裡的互動關係與其互動後所產生的系統新生特性(Emerging Property)，用一個簡單的函數所代表的數學關係來描繪出來。因此，複雜系統就是AI-PRS函數的科學基礎。

$$\underset{\text{Emerging Property}}{E} = \underset{\text{Drug Molecules Interacting with Disease Elements}}{x_0 + y_1 C_1 + y_2 C_2 + z_1 C_1^2 + z_2 C_2^2 + z_{12} C_1 C_2}$$

資料來源：整理自主講人簡報。

圖4-12　以簡單數學式描繪一個複雜系統

(二) 非正規方法與顛覆性科技

我們解決問題的方法是一個「非正規方法(Unorthodox Approach)」，並塑造了一個「顛覆性科技(Disruptive Technology)」，我們的AI-PRS方法並非從單一建構的知識系統、科學基礎中產生的，而是經由數個領域(Multidiscipline)中的不同知識系統相互交流，顛覆了故有的認知，才衍生而得的科技。顛覆性科技是經由巧妙的數個領域整合而誕生的一種藝術，能夠對人類的生命與生活帶來很大的貢獻。

六、結語

最後，請容我簡單地總結一下今天的內容。仰賴人工智慧的方法，我們找到了一個支配法則、一個生物反應函數，來解決醫學的三個難解的問題。也就是我們可以量化藥物與功效或毒性間的關係，醫生可以在治療病患時，預測藥物的療效；我們也可以最優化藥物與劑量的組合，讓藥物的療效最大化、毒性最小化；更只需要少量的校準測試，就可獲得足夠的資訊，讓個人化醫療成為可能，未來病患將享有更好的醫療服務。

而這個解決了這三個難題的簡單生物反應函數，其實是一個非常平滑的曲面，是一個拋物面，所以我常常開玩笑說，每一個人都是Parabola(拋物線)，但是我們每個人的Parabola都不一樣，而且同一個人的Parabola會隨著時間而變，是一個動態的非線性系統。

從過去十多年的研究中，我學會了一件事情。面對一個很複雜的系統，或是一道很複雜的難題，我們不需要從最複雜的觀點切入，我們可以找出另外一條道路，用很簡單的方法來解決他。

Life can be very simple! Do not make it too complex!

註腳的連結[8]是我的個人網站，大家若有興趣知道更多的內容，歡迎瀏覽我的網站，可以看到過往發表的許多論文，都鉅細靡遺地探討如何以AI-Medicine治療各種的病症。

而這個技術能取得成功，完全是仰賴我過去五十餘名的博士學生，聰明、勤奮，最重要的是他們有大膽嘗試精神，讓不可能變為可能，以及許多的研究夥伴，還有全世界與我們合作的幾十個的實驗室。我的演講到此為止，謝謝大家的聆聽。

[8] https://sites.google.com/g.ucla.edu/chih-ming-ho-system-laboratory

AI 與防疫科技

陳建仁

中華民國第 14 屆副總統、中研院院士、中研院基因體中心特聘研究員

一、前言

謝謝郭校長的介紹，今天感謝主辦單位中技社的邀請，讓我能夠有機會來跟大家分享一下人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與防疫科技的關係，今天的研討會有許多人工智慧的專家，我是班門弄斧，還請各位多多指教包涵。

大家都很清楚，人工智慧在健康照護應用的實例相當多，根據Sam Daley(2020)的蒐集彙整(詳見表5-1)，大概可以分為：(1)疾病診斷、(2)機器人協助治療、(3)新藥發展、(4)醫療數據探勘與分析、(5)患者體驗升級等五大類。

表5-1　人工智慧在健康照護應用的實例

To Efficiently Diagnose And Reduce Error 1. More Accurate Cancer Diagnosis With AI (Pathai, Cambridge) 2. An Intelligent Symptom Checker(Buoy Health, Boston) 3. Earlier Cancer Detection With AI(Freenome, San Francisco) 4. Diagnosing Deadly Blood Diseases Faster(Beth Israel, Boston) 5. AI-Powered Radiology Assistant(Zebra Medical Vision, Shefayim)
AI Robot-Assisted Surgery 1. AI Robots Revolutionizing Endoscopy(Auris Health, Redwood City) 2. Precision Robotic Treatment For Treating Cancer(Accuray, Sunnyvale)
Developing New Medicines With AI 1. AI In Biopharmaceutical Development(Bioxcel Therapeutics, New Haven) 2. Treating Rare Disease With AI(Berg Health, Framingham) 3. AI, Cloud-Based Digital Drug Discovery(Xtalpi, Cambridge) 4. Neural Network For Clinical Trials(Atomwise, San Francisco)
Mining And Managing Medical Data With AI 1. A Massive Data Library For Personalized Health(Tempus, Chicago)
Streamlining Patient Experience With AI 1. Real-Time Patient Flow Optimization(Qventus, Mountain View) 2. AI For Hospital Risk Prediction(Kensci, Seattle)

資料來源：Sam Daley (March 25, 2020), 整理自主講人簡報。

譬如說，一家位於Boston的Buoy Health公司所完成的Intelligent Symptom Checker，已可以進行相當良好的疾病診斷，而且誤差相當的小；現在以AI強化

的影像分析已經相當普遍；AI目前也相當程度地涉入機器人治療的發展；在發展新藥方面，剛才我們聽到了何志明院士跟大家分享他如何利用AI找出最佳的藥物與劑量組合(Combinatorial Drugs)，甚至可以找出治療新型冠狀病毒(SARS-CoV-2 或 COVID-19)的最佳的藥物與劑量組合，以及藥物臨床實驗等；這些都是人工智慧在健康照護上應用的實例。

若我們把焦點拉回防疫科技領域，第一個最重要就是疫情的監控(Disease Surveillance)，AI能夠扮演什麼樣的一個角色呢？譬如說，如果各國對於疫情資訊能夠公開透明、誠實通報，而且可以利用網路的疫情訊息做密切的監控，就可以防患疫情蔓延於未然。舉例而言，在去年12月的時候，加拿大的一家AI公司BlueDot，即偵測到在中國武漢即有肺炎(Pneumonia)的警訊，可惜沒有做後續的追蹤，武漢疫情也就繼續擴散。

當然，以AI協助疫情監測或大數據分析，現在仍在發展當中，我在此補充介紹兩個以預測各國疫情擴散風險與發展模式的實際案例。第一個例子是Johns Hopkins University的風險預測系統，在這個系統的預測之下，台灣被認定是可能受到嚴重影響國家的第二名；第二個例子是BlueDot公司的傳染病監測系統，今年年初時，BlueDot公司就預測到會受疫情影響的重要都市，像是曼谷、新加坡、香港、澳門、台北、首爾與東京等等。很不幸的，兩個預測結果都大概猜對了八成以上，但在當時並沒有得到太多的警覺，這些國家或都市最終都被COVID-19入侵，而台灣是其中唯一的例外。

後來我有機會與Johns Hopkins University的研究團隊以視訊方式一同研討，對方詢問預測錯誤原因可能為何？我回覆說，他們在預測的過程當中，並沒有把該國(台灣)政府怎麼樣執行相關防疫措施的參數(Parameters)納入，所以預測的結果當然不夠準確。我們也發現不同國家的入境感染數、本土感染數、基本傳染數(R0)[9]、社交距離都可能不一樣。另外，台灣還有禁止群聚、嚴格執行居家檢疫14日等防疫措施的參數，如果沒有納進模型當中，對於疫情的監控預測，不會有太大的幫助。大家也許還記得，Google曾經發布一套以大數據分析預測流行性感冒的季節變化(Seasonal Variation)的軟體，叫做Google Flu，但是後來沒有成功，最主要的原因可能也是預測疫情的發展，需要有更多的參數來納入。

如果事先掌握了疫情狀況，緊接著的步驟就是要找到傳染病的病原是什麼？從去年12月開始發生第一例病例，到宣佈找到新型冠狀病毒，花了大概一個多月的時間，其中必須經過傳染病原體的探索、確認與基因定序等工作。在這方面，AI也可以扮演相當多的角色。例如我們或許可以利用AI，去偵測是否除了華南海鮮市場以外，還有其他的感染來源存在，以及傳染途徑是什麼，進而了解傳染病的自然史，預測國際擴散的途徑。剛才我提到的BlueDot公司利用全球航空的路

[9] 基本傳染數(R0)係指在沒有外力介入(例如疫苗)的情況下，一個流行病帶原者平均將會把疾病傳染給多少人。基本傳染數的數值愈大，代表流行病的控制愈難。

線、旅客人數，預測到十多個高風險城市。我們後續分析其預測結果，還蠻正確的，但是當時大部份的人都不太相信，也沒有採取對應的入出境管控措施(Border Control)；但是台灣不一樣，我們在BlueDot公司預測之前，就已經開始管控入出境旅客了。AI在國際擴散路徑預測的應用是很重要的。

再來就是利用AI強化入境檢疫措施，在入境者進行居家檢疫、居家隔離的時候，做出更好的電子圍籬管控，避免本土感染跟散播的發生。例如行政院採用大數據分析，了解疫情散播的可能狀況，再以細胞簡訊廣播(Cell Broadcast)方式，對民眾發出警訊，對於防止疫情在本土擴散相當有幫助。

至於大家最關心的快篩試劑、治療藥物跟疫苗的研發，AI也扮演了決定性的加速角色，從新冠疫情開始到現在，短短的九個月時間，各國藥廠都已經取得相當不錯的研發成果，速度之快，讓大家都非常的訝異。

二、我國新冠肺炎防治對策

回到台灣在這次新冠疫情的防治對策，首先是入境檢疫的數位化，利用大數據與雲端的鏈結進行分析，讓政府的防疫獲得很大的幫助。譬如說，疫情剛剛開始的時候，有很多醫師反應無法分辨求診的病人是否誠實回報其旅遊史、接觸史、群聚史與職業史。為了解決這個問題，需要將入境旅客的資訊數位化，並鏈結到健保署的醫療雲之上，透過與健保資料庫的鏈結，讓醫生問診時可以很方便的辨別病人的回答是否誠實。

另外值得一提的是，台灣擁有引以為豪的全民健康保險資料庫，其中的大數據匯集了全國病患的相關醫療數據、檢驗結果與影像資料。未來如果能將人工智慧跟健保大數據放在一起，就可以得到更好的應用，但也需要注意資料的去識別化，才能保障個人隱私。(見圖5-1)

資料來源：整理自主講人簡報。

圖5-1　健保大數據與人工智慧結合

除此之外，我國個人防護設備的實名制分配，也應用到了全民健保資料庫；政府也建立了「口罩地圖」，讓民眾透過APP隨時查詢什麼時間點，可以到什麼地方，購買到實名制口罩，對於疫情防治初期，提供了莫大的幫助。

在整個防疫過程中，不管是邊境管控、入境檢疫，或是電子圍籬等諸多的防疫措施，多少均可見到人工智慧與大數據的應用，形塑了我國整體防疫科技戰略。(見圖5-2與圖5-3)

- 邊境管控與入境檢疫：檢疫APP、健康檢查、快篩設施與工具、入境資訊匯入健保雲端
- 確定病例隔離治療：負壓病房、防護設備、抗病毒藥物、呼吸器、葉克膜、院內感染管控、影像判讀軟體、醫療機器人
- 密切接觸者篩檢與居家隔離：快篩設施與工具、關懷APP、電子圍籬
- 養成個人衛生習慣：口罩、體溫計、乾洗手
- 保持社交距離：高風險時地通告、密集場所聚會實名登錄
- 提升集團免疫力: 疫苗接種、病毒突變分析
- 醫療長照機構設備：遠距醫療、視訊探病、看護人員登錄
- 防疫物資量產與分配：實名制平價分配
- 紓困與振興經濟：防疫補助、弱勢照顧、產業紓困

資料來源：整理自主講人簡報。

圖5-2　我國COVID-19防治對策與生技戰略(I)

- 堡壘戰：固守醫療機構：健保雲端+出入境
- 個人防護戰：口罩配售實名制：健保雲端+PDIS
- 邊境保衛戰：入境防疫流程電子化：檢疫新系統(資訊處、疾管署)
- 人員追逐戰：旅遊史高風險對象的資料串接系統(資訊處、內政部、疾管署、資安處、NCC)
- 隔離保衛戰：電子圍籬(手機基地台定位功能建立居家隔離檢疫管制系統)
  (資安處、NCC、電信業者、警政系政)
- 就醫紀錄追溯：
  初篩：健保雲端病歷系統
  確定：電子病歷交換系統(EEC)

資料來源：整理自主講人簡報。

圖5-3　我國COVID-19防治對策與生技戰略(II)：阻絕境外

三、我國防疫科技的發展

政府的防疫作為得到了民間單位、學研機構與產業界的協助，分別說明如下：

(一) 台灣人工智慧實驗室的防疫科技

首先我要介紹一下台灣人工智慧實驗室(Taiwan AI Lab)所發展的六類防疫科技：

1. 台灣社交距離APP(Taiwan Social Distancing APP)

   社交距離APP是AI Lab與行政院合作的專案，其目的在協助減少傳染病傳播。這款APP不需要使用GPS定位技術，而是利用行動裝置的藍芽訊號來估算使用者與他人接觸的社交距離。

   值得注意的是，在開發這款APP時，為了保障使用者的隱私，採取「去中心化(Decentralization)」的架構，使用者不需要註冊，不需要傳送任何個人資訊到任何中心化的數據庫，下載後即可開始使用。

2. 健康回報APP(Health Report APP)與電子圍籬系統

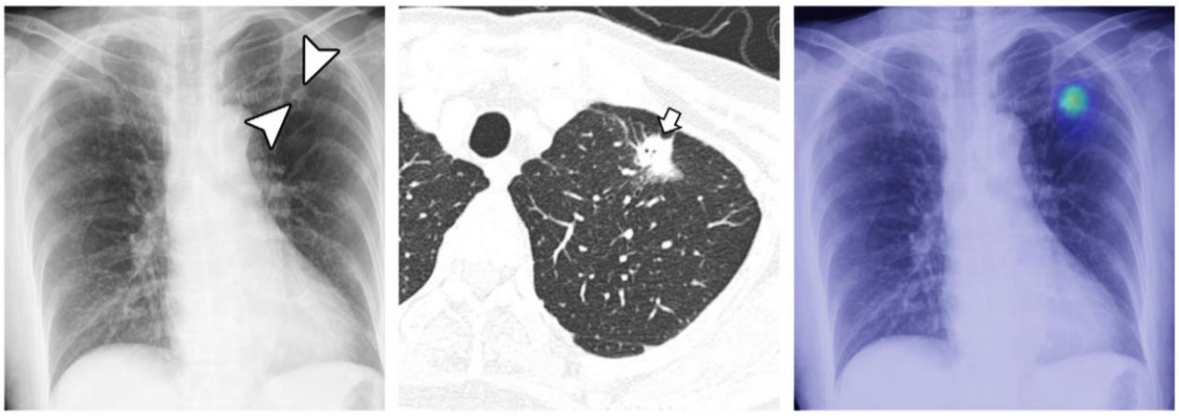
   健康回報APP整合現有的防疫措施，與入境檢疫系統，加快行政流程，使民眾能更便捷的通關。同時，此款APP亦用來輔助現有電子圍籬系統，減少因基地台定位飄移而誤報的情形，減輕防疫第一線人員的負擔。在最新的3.0版中，即運用最新人工智慧技術，結合人臉辨識、語音辨識功能，使健康回報變得更加直觀及便捷。讓民眾在居家檢疫期間能使用更好的服務，也同時讓行政流程更加流暢與順利。

   為什麼台灣的居家檢疫可以做得這麼徹底，絕大部分的民眾均願意落實14天的居家隔離與居家檢疫措施呢？這是因為民眾覺得與政府搭配合作相當的簡易與方便。政府的電子圍籬能夠的實行得如此成功，這類應用到人工智慧的數位科技居功厥偉。

3. 武漢肺炎胸腔X光輔助診斷系統(AI SARS-CoV-2 Classifier)

   在介紹這套系統之前，我先簡單說明一下當前人工智慧在影像判讀的科技發展。

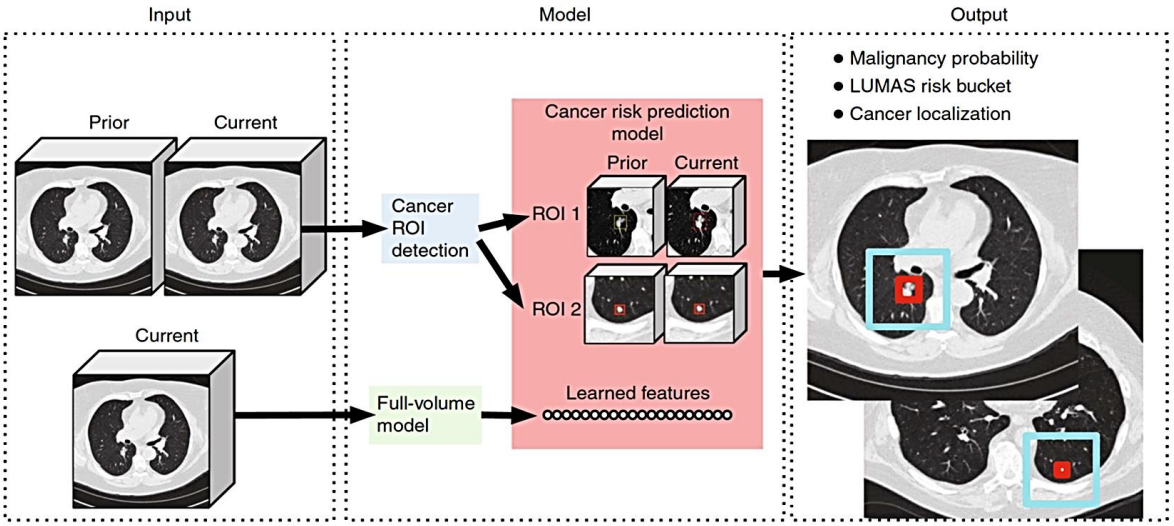
   最近一篇Radiology期刊的研究論文，以「Deep Learning-based Automatic Detection (DLAD)」技術進行「肺部惡性節結 (Malignant Nodule)」的檢測，其Area under ROC Curve (AUROC)已達0.92~0.99，相當的驚人。若與醫生相比，18個醫生當中，可以比15~17個醫生還要來得好。得到AI的幫助後，自動影像分析獲得了很大的技術進步(見圖5-4)



資料來源：Nam JG et al., Radiology, 2019, 整理自主講人簡報。

圖5-4 Deep Learning-based Automatic Detection for Lung Cancer on CXR

又例如「低劑量電腦斷層掃描(LDCT)」等立體影像生成科技，也因為深度學習(Deep Learning)的應用，取得不少進步，例如圖5-5即是一位由該技術所發現的早期肺腺癌病例。類似這樣的技術目前已經相當普及，而且也得到美國食品藥物管理署(U.S. Food and Drug Administration, FDA)的核准。

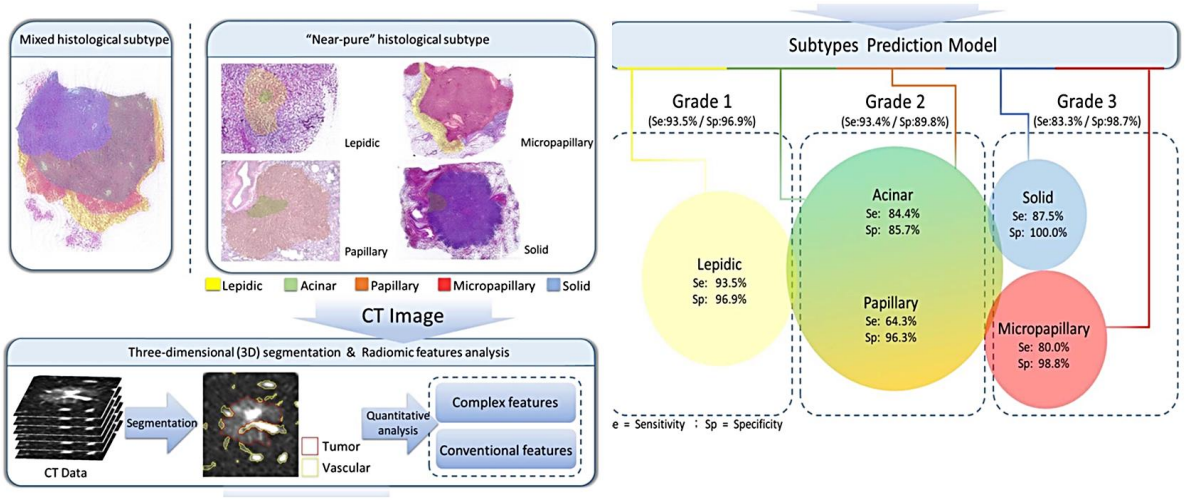


資料來源：Ardila D et al. Nature Medicine 2018, 整理自主講人簡報。

圖5-5 End-to-end Lung Cancer Screening with 3-dimensional Deep Learning on LDCT

不只如此，利用深度學習可將不同類型的肺腺癌進行其組織型態的分類。根據在Lung Cancer期刊的一篇研究論文，其準確率(Accuracy)在常規影像(Conventional Features)是84%，在複雜放射體影像(Complex Radiomic Features)可以達到92%。(見圖5-6)

這些例子顯示出，影像分析在人工智慧的協助下，已取得強大的進步。



資料來源：Yang SM et al. Lung Cancer 2018, 整理自主講人簡報。

圖5-6 Radiomics of Lung Adenocarcinoma Subtype Based on IASLC/ATS/ERS Classification

除了對於未來發展遠距醫療相當重要，也對於未來的防疫科技有相當的助益。例如在防疫期間，醫生可透過遠距醫療的影像，判讀病患狀況，未來我們就能夠達到所謂「零接觸診斷」的目標。

這種影像判讀技術也應用到了這次新冠病毒疫情防治上，台灣的確診病例不多，許多醫生對新冠肺炎確診患者的影像判讀缺乏經驗。但是AI Lab發展的武漢肺炎胸腔X光輔助診斷系統，透過AI的幫助，可以對疑似病例進行即時偵測，10到20秒就可以得到判讀結果，目前該系統已經佈署在衛生署、健保署、疾管署，還有其他醫療機構等。

4. 病毒株溯源平台

為進行病毒株的溯源，AI Lab設立了一個平台，以AI演算法耙梳個案基因及其非結構性歷史資訊，所有訊息經過數據結構化和資料關聯性處理後，即可提供案例間的地域性、接觸史及親緣相似性等三種不同觀點的關聯性結果，對於病毒的來源還有傳染途徑的追蹤有蠻大的幫助。並可利用此系統找出與未知傳染源案例具高度親緣相似度的樣本，藉此回推可能的病毒來源及傳染途徑。

台灣的病例不多，且大部份都是境外移入，如果不包括敦睦艦隊士兵，本土感染個案數只有55例，其中有10例的感染源未知。利用本平台的定序資訊，有兩個案例找到可能的境外傳入途徑。

5. 武漢肺炎老藥新用工具(SARS-CoV-2 Drug Screening)

AI已經在治療新冠肺炎藥物研發，扮演一個很大的角色。例如美國阿貢國家實驗室(Argonne National Laboratory)利用「AI-driven Molecular

Dynamics Simulations」的方法，進行新冠肺炎藥物的研發。

至於台灣，雖還沒有像美國Argonne實驗室或何志明院士一樣，直接研究出最新抗新冠肺炎的藥物，但是以老藥新用(Drug Repurposing)的想法做為出發點，建立了一套老藥新用工具(SARS-CoV-2 Drug Screening)，以AI模擬病毒蛋白跟藥物分子結構的結合狀況，早於今年的2月4日就提出一個老藥新用的候選藥物名單，並和台灣大學醫學院合作實驗，這也有很大的貢獻。

6. 基因變異相關文獻搜尋引擎

我們人類的全基因有500多萬個變異位點，以往研究者必須將變異位點一一輸入資料庫，經比對3000多萬筆文獻，找出可能資料後，再逐一下載點閱，相當耗時。為加快研究速度，AI Lab建立了一套以基因變異位點與疾病關係的文獻搜尋引擎，並在該平台加入20多萬篇與病毒相關的醫療論文。只要輸入「Wuhan」、「Coronavirus」等關鍵字，就會跳出相關文獻，並以紅字標示文中提及的基因、變異位點等訊息，節省文獻查詢時間。對於國內學研界進行新冠病毒研究相當有幫助。

(二) 台灣學研機構的防疫科技

台灣學研界也有許多利用AI發展防疫科技的實例，除了我剛才講過的實名制口罩地圖之外，還有中央研究院吳漢忠研究員透過AI模擬病毒分子與抗體結構間的結合，找出最有效的三個抗體進行雞尾酒療法(Complementary Therapy」，現在已經進入動物實驗階段；中央研究院其他研究同仁，也利用AI快速找出新冠病毒快篩試劑；成大醫院則是把AI輔助判讀X光影像技術，導入臨床決策輔助系統，成功將臨床檢疫時間從兩個半小時縮短為半個小時。

(三) 台灣科技業的佈局概況

除了口罩國家隊之外，國內業界也對防疫有眾多貢獻，尤其是科技業目前也對防疫科技展開佈局，我簡單舉三家公司為例：

1. 訊連科技

訊連科技研發的FaceMe®Health是一套跨平台的AI臉部辨識引擎，提供口罩辨識、身分辨識、體溫量測及即時警訊的一站式健康量測解決方案。可辨別訪客是否配戴口罩，或有口鼻露出、以手摀住口鼻等不當配戴或假冒情況，更可在配戴口罩時進行身分辨識，可以達到95%辨識率。(見圖5-7)

2. 瑞昱

瑞昱半導體公司開發的跌倒警示與電子圍籬系統，利用藍芽項圈、物聯網(IoT)，將患者資訊傳輸到手機、行動工作台與護理站的電腦，偵測患

者是否跌倒或離開病房的即時警報。這個系統目前已應用在國內醫療院所的負壓隔離病房，對於防疫工作有很大的貢獻。(見圖5-8)

瑞昱開發的藍芽智能紅外線測像儀系統，結合AI人臉辨識系統，判斷對象是否有戴口罩，或穿戴方式是否正確，進而發出警示；另外，還可記錄追蹤每個人的溫度軌跡，進行分析與預警。(見圖5-9)

資料來源：Cyberlink, https://tw.cyberlink.com/faceme/solution/health。

圖5-7　訊連科技的FaceMe®Health

資料來源：Realtek Semiconductor Corp.，整理自主講人簡報。

圖5-8　瑞昱半導體的跌倒警示與電子圍籬系統

- 應用場域：
  各公司、學校、工廠、飯店、餐廳等公共場所
- 生產:
  RTK藍牙晶片(RTL8762C)經由藍芽模組廠商，
  提供給相關供應鏈進行成品組裝
- 特色：
  藍牙傳輸功能-即時傳送民眾體溫資訊至移動設備，
  進行防疫大數據分析。
- 開發中應用:
  結合人臉辨識功能，記錄並追蹤個人每日溫度軌跡，
  了解最高/最低體溫，做好預警提示。

資料來源：Realtek Semiconductor Corp.，整理自主講人簡報。

圖5-9　瑞昱半導體的藍芽智能紅外線測像儀

3. 研華

研華科技除了利用AI判斷分析PACS影像之外，也生產呼吸機、醫用紅外線熱像儀、超音波設備、血液分析儀、監護儀、5G測溫巡邏機器人等儀器設備，並加以系統整合，於防疫期間廣泛應用於醫療院所與公共空間。(見圖5-10)

資料來源：Advantech Co., Ltd.，整理自主講人簡報。

圖5-10　研華科技的科技防疫設備

這些國內民間單位、學研機構與產業界的研發成果，都展示於「台灣國際醫療暨健康照護展(Medial Taiwan 2020)」，當中有很多應用人工智慧於防疫科技產品的發展，大家有興趣可以去看一看。我昨天也到現場參觀，印象最深刻的是外貿協會(TAITRA)的展覽區，看到台灣公司已經可以發展AR、VR的技術模擬分子結合過程，這類技術對於藥物的研發相當有用。

四、 防疫科技的未來發展與挑戰

在防疫領域中，不管是診斷或治療方案，包括快篩試劑、治療藥物與疫苗的發展；各類感染預防技術，包括空氣濾淨、疾病監測；各項醫療照護，包括醫用機器人，臨床演算法等；遠距醫療技術，包括遠端監視、遠距問診、穿戴是感應器等，如果能充分利用人工智慧的技術，整個防疫的工作會做得更好、更快而且更正確。此外，許多公共衛生環境科技、城市新科技、工業生產科新技、滿足個人新需求的科技，對於整體防疫也會有所幫助。(見圖5-11)

資料來源：Startus Insights、FDA、生策會整理，摘自主講人簡報。

圖5-11　防疫領域的新科技、新應用

人工智慧對未來智慧醫院跟隔離病房的營運都有很大的幫助，若能結合AI輔助遠距監控與問診、協助清潔消毒或運送檢體、物品、餐點的AI機器人、全時段生理監測，就可完成全套醫療解決方案(Total Dolution)。

台灣很多產業正在投入健康科技領域，它們掌握了許多重要的關鍵技術(例如AI運算、8K影像處理、IoT五感感測、5G通訊傳輸、軟硬體整合等)，將對於未來數位醫療、精準醫療、遠距醫療、健康照護、精準健康、預防醫學的發展有重要的貢獻，進而完備國內的健康照護產業，包含行動健康照護、醫療設備器材、智慧醫院解決方案、生醫關鍵元件，基因細胞療法等。(見圖5-12與圖5-13)

醫藥品監管單位對於這些應用人工智慧的醫療、防疫產品，應該扮演監管與輔導的角色。以美國為例，FDA目前有一整套「應用AI與機器學習軟體的生命週期監管方法(Total Product Lifecycle Regulatory Approach for AI/ML-Based Software

資料來源：生策會整理，摘自主講人簡報。

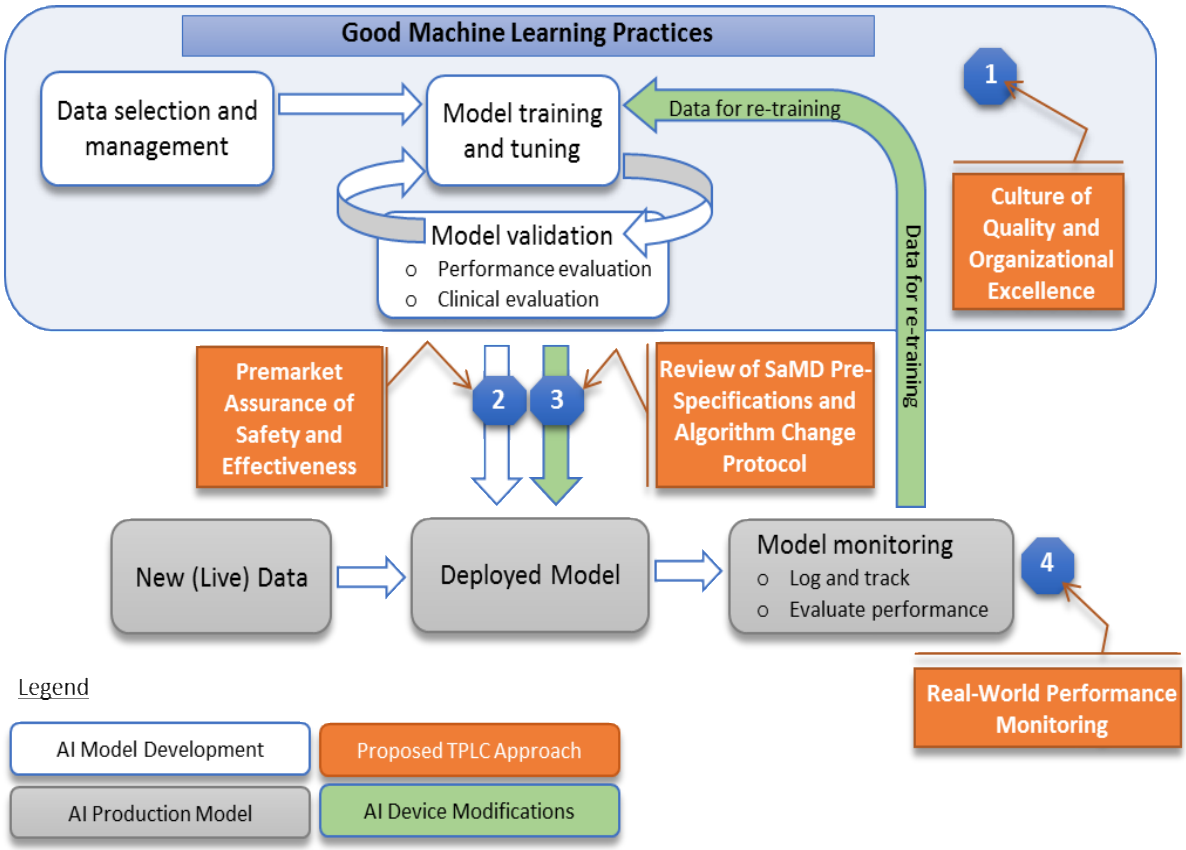
圖5-12　產業掌握翻轉醫療與健康科技的關鍵技術

資料來源：生策會整理，摘自主講人簡報。

圖5-13　台灣資通訊產業的健康照護產業佈局

as a Medical Device)」，在充分平衡效益與風險下，從頭至尾系統化地管理應用AI的醫療產品(見圖5-14)。這也是台灣政府單位應該要扮演的角色，建立類似的架構(Framework)，來協助國內的AI普遍應用於醫療防疫科技。

我昨天參加台灣國際醫療暨健康照護展時，聽到許多的業者反映，政府對於新型防疫產品的審查，應該更加努力。例如美國在這次新冠疫情中(統計至6月26日)，在短時間內核准了118項檢測試劑、37種實驗室開發檢驗技術(Laboratory Developed Test)、3種藥物與其他40項醫療產品(包括PPE、呼吸機、面罩等)防疫產品的上市，這也是政府未來可以仿效的。



資料來源：FDA, https://www.fda.gov/files/medical%20devices/published/US-FDA-Artificial-Intelligence-and-Machine-Learning-Discussion-Paper.pdf, 摘自主講人簡報。

圖5-14　應用AI與機器學習之醫療設備的產品生命週期監管方法(美國)

五、結語

簡而言之，未來我們應該時時保持著一個零接觸經濟、零距離創新、零傳染風險的新思維；透過AI的應用來協助新興傳染病的診斷、散播模式的預測、病原株的基因定序與溯源、入境檢疫與居家隔離的強化、藥物與疫苗的研發、智慧醫院與隔離病房的解決方案、防疫物資的配送、環境消毒與監控的智慧化；並將AI與我們的健保大數據結合，來最大化個人化防疫的效率與效益。

於此同時，台灣已經有許多產業積極投入健康防疫季的研發，未來如果能夠同心協力，透過AI的應用將會成為台灣生醫產業的新典範(Paradigm)。希望未來有更多AI的夥伴們能夠加入防疫這個領域，謝謝大家。

下午場圓桌論壇

AI 科技於醫療與防疫的應用

主持人：張上淳副校長　台灣大學副校長、中央流行疫情指揮中心專家諮詢小組召集人

與談人：郭旭崧校長　陽明大學校長、前衛生福利部疾病管制署署長

陳建仁院士　中華民國第 14 屆副總統、中研院院士、中研院基因體研究中心特聘研究員

何志明院士　中研院院士、美國國家工程院院士、加州大學洛杉磯校區特聘研究教授/前副校長

杜奕瑾創辦人　台灣 AI 實驗室創辦人

莊曜宇教授　工研院生醫所副所長、台灣大學生醫電資所教授

張上淳副校長：

今天很高興有機會聽到何院士跟陳前副總統非常精彩的專題演講，相信大家都覺得收獲非常豐富。而在這場圓桌論壇中，除了兩位演講者與前場主持人郭校長之外，我們還有兩位與談人。第一位是杜奕瑾創辦人，他就是剛才陳副總統演講中提到的AI Lab的創辦人；第二位是莊曜宇教授，莊教授是工研院生醫所的副所長，長期在生醫領域耕耘。接下來的時間將針對剛才所談到AI科技於醫療與防疫應用的主題，由幾位與談專家再做進一步的討論跟分享。

郭校長剛剛提到了目前台灣在COVID-19的防疫成果，其中，AI與大數據應用也確實扮演一個很重要的角色。當然不可諱言的，並不是在防疫初期就可以馬上運用到這些技術，但是我們動作非常快，主要是因為從過去的經驗裡面，一旦對岸有任何的風吹草動，我們就高度的警覺，所以從12月底開始就有所謂的登機檢疫，然後1月成立中央流行疫情指揮中心(CDC)，並組成專家小組，然後啟動所有事先想到的應變計劃。

這些應變計畫中，所謂的阻絕於境外是最高目標，對於任何從疫區回來的人，都要特別檢疫或通報、檢驗等等。有人說我們會不會只是運氣好，我自己當然不覺得只是運氣好，畢竟我們長久以來的準備，機警快速的反應，絕對不是徒勞無功。雖然初期仍有少部份個案蔓延到社區裡面，但經過詳細的疫調，並應用手機定位的追蹤系統，掌握到所有可能的接觸者並進行隔離，全力阻絕病毒來源不明的個案在社區傳播，這些防疫努力都扮演了非常重要的角色。然而，我們也確實

還沒有將應用高科技防疫納入整個防疫應變計畫中，也是我們未來應該繼續努力的方向。

我先以此作為開場，兩位與談人也有非常多的經驗，先請杜創辦人跟我們做一點分享。

杜奕瑾創辦人：

在去年12月底，武漢肺炎剛開始傳播時，台灣能夠很早就注意到肺炎的消息，有一個很重要的因素就是台灣存在一個相當開放的社群平台，批踢踢實業坊，這是台灣相當獨特的網路社群。所有的消息在這個社群平台上流通時，有人會自動自發的進行事實確認，而當武漢肺炎的消息傳出來時，也有許多的網友參與資訊的收集與驗證，進而扮演到示警的角色。台灣CDC的反應也是相當快，雖然沒有馬上用到人工智慧技術來協助防疫，但也很早就開始推動相關的應變措施。

而我們AI Lab投入國內的防疫工作大概是在一月底的時候，為什麼可以這麼早就投入進來？因為政府從上至下(Top-Down)的防疫機制運作非常的組織化，也因為資訊溝通管道非常順暢的關係。當AI Lab拿到第一株病毒株進行溯源分析後，透過基因定序的方法，讓我們知道每個案例的病毒是從哪個國家進來的，可以很清楚地看到傳染之間的關係，台灣也可能是全世界唯一可以畫出所有案例的傳染途徑的國家。

我們也與中研院及台大醫院合作，以人工智慧探究老藥新用的可能性。剛剛提到大概是在1月底的時候，才拿到第一個病毒株，而在2月4號時就已經找到瑞德西韋可能是現有的抗病毒用藥中，對武漢肺炎最有效的藥物。而後來也發現，我們用演算法找出的藥物，也在現實世界的臨床上被用於治療武漢肺炎，被證實有不錯的療效，也激發了我們對健保用藥進行更深入的探索。而我們的研究成果以開放服務的方式放在網頁上，開放讓全世界做藥物研發的人使用，並將成果發表在Nucleic Acid Research期刊上。

所以，所謂的超前佈署是從上至下，從政府、學研單位與產業界的資源都整合在一起，一起動起來的一個體系。這是一個跨領域資源的結合，一群擁有醫療專業的人，提供豐富的醫療資料，在背後支持我們這些做人工智慧的人。

比如說，張上淳副校長領導的台大團隊，影像醫學部的張允中主任，與我們一起合作開發的AI SARS-CoV-2 Classifier。這項技術原本不是為了COVID-19，而是單純判斷病人的胸部X光是否有肺炎症狀。但在疫情發生後，張上淳副校長跟我們討論是否可以將之應用到武漢肺炎的判斷。最後我們用AI將全世界Release的COVID-19胸部X光資料處理後，這套系統的準確率達到99%。我們再把這套系統去跑健保署的資料庫，發現若以PCR檢測的時點來看，今年一到三月有109個確診案例中，有廿幾個案例可在進行PCR診斷之前，即可判斷出有得到武漢肺炎。由於成果也相當豐碩，所以外交部也建議我們開放給其他國家來使用，所以我們

又是第一個將這套系統開放給全世界的國家。

透過這次疫情，可以看到不同領域的專家彼此合作，產生好的結果。其實也代表台灣未來在這個數位經濟產業的價值所在。我從國外回來時，有人問我說：數位經濟思維跟傳統的製造經濟思維有什麼不一樣？我回答：看到問題後，大家一起合作解決問題，讓別人沒有你不行，就是數位經濟時代的價值所在。而這個價值在這次疫情中，獲得了充分的展現。

在這次COVID-19疫情中，我們需要的硬體運算平台、醫療數據、專業人才都已齊備，搭配台灣擁有的頂尖人工智慧工程師，與開源的共享架構下，一起創造出解方。而這個解方不只台灣人可以使用，我們也將它開放給全世界，這就是我們如何一步步佈建台灣在數位經濟的價值定位。

COVID-19已經告訴全世界，台灣擁有透明的制度與高品質醫療，如果我們能夠繼續保持下去，將人工智慧與醫療相關的生技產業結合在一起，不斷創新、淬鍊，就可以讓全世界知道台灣真正的價值所在。以上是我的分享，謝謝各位。

張上淳副校長：

謝謝杜創辦人，接著請莊教授發言。

莊曜宇教授：

謝謝張副校長，非常謝謝主辦單位中技社的邀請，讓我有機會參加這個研討會。工研院在這次COVID-19的防疫沒有缺席，投入非常多的資源。譬如說，這次我直接督導的研究團隊，為了開發PCR Base的核酸檢測，可說是沒日沒夜的工作。也趁此機會跟大家報告，跟全世界開發的幾個重要核酸檢測系統做比較，我們的準確度非常高。這項研究成果也在今年七月的生技展上展出，獲得相當高的評價，蔡總統亦親自蒞臨參觀。另外，在幾個月前工研院團隊也完成台灣第一個呼吸器，陳副總統演講中提到的正壓檢測亭，其實也是工研院的研究成果。因為時間的關係，我就不一一的盤點了。

今年九月行政院召開的「生技產業策略諮議委員會(Bio Taiwan Committee, BTC)」，盤點了未來我們應該要持續發展的新技術，包含了遠距醫療、智慧長照、精準醫療等等，都涉及到臨床的醫療資料、生活型態的資料，甚至是人類的基因資料，而這部分要怎麼結合，都是我們未來要特別努力的方向。因為發展AI的前提是Big Data，但是目前的健保資料庫或醫院的臨床資料中，仍然存在很多問題。我們過去有跟醫生合作很多研究，僅是處理臨床資料的標註(Clinic Data Annotation)就花了很多力氣。所以去年我們團隊將陳副總統領導的台灣人體生物資料庫(Taiwan Biobank)與美國、歐洲、日本的資料庫進行整合，就是希望能夠幫助不管是醫生或者生物學家，在做相關的研究時能夠更便利。

另外一點，我常常提醒AI從業人員，因為AI有很多不同的演算法，不是說隨

便拿一種數學演算法就做,像我的學生或工研院的同仁,不管做影像或基因應用，我一定都會提醒用不同的數學演算法,因為每一個Case,或每一種疾病都不一樣，所以需要用不同的演算法做比對。我常常看到很多人就拿一個演算法來應用，而沒有去深思該運算法與他想討論的問題中間的適宜性。這是我覺得需要特別提醒，大家應用AI時需要注意的地方。

最後，如同杜創辦人提到的，台灣有很多的AI人才，但是更需要培養跨領域的人才，因為AI應用最重要的是Domain Knowledge。缺乏Domain Knowledge的狀況下,即使你擁有最強的AI工程師,也難以解決問題。所以我希望經過這次疫情，政府應該構思培育跨領域人才的方法，要不然會錯失台灣產業發展AI的機會。我先簡單講到這裡，謝謝。

張上淳副校長：

謝謝，何院士也在線上與我們即時連線中，今天何院士的演講讓現場來賓們都大開眼界。何院士的研究團隊非常龐大，全球也有許多實驗室跟您合作，不知道過去台灣是否曾有團隊與您合作過，如果未來有新的團隊想要加入的話，不知道有沒有甚麼機會？

何志明院士：

我過去與台灣合作機會比較多，大概有十幾位來自台灣夥伴。但是現在的問題是台灣到國外去讀理工科博士學位的人變得越來越少，這是一個很根本的原因。而這個問題影響的層面很大，畢竟台灣一流的大學都是找從國外回來的博士任教，再作育台灣的英才。所以要怎麼樣從台灣送年輕學生到國外去，讀一些對台灣有幫助的科技新知，再把技術帶回來，是一個需要從根本解決的問題。

張上淳副校長：

謝謝何院士，接下來請在場的朋友們提問，請。

現場提問：

你好,之前我有看到日本智慧醫療與長照的規劃,已經落實到各個縣的醫院,未來已經準備要往國外輸出。所以我很好奇台灣有沒有針對醫療產業的發展進行探討，謝謝。

陳建仁院士：

雖然我不能代表政府的立場,但是我認為目前不管是衛福部或健保署都希望將醫療與長照的體系做更多的結合，不只是後端的疾病治療，也做早期的疾病預防。醫療界也希望健保能夠更為大膽給付某些新解決方案或新照顧模式，我覺得這個部份確實是台灣要努力的方向，才能使台灣的醫療與長照產業做出全面的整合，提供更好的服務。

舉一個簡單的例子，如果某位高齡病患在出院前就可以通知社區長照中心，老人回到社區後，就會接受到家庭訪問，整個過程中產生的醫院與長照中心資訊的連結，醫護人員、社工人員跟照護人員的連結，若都能整合在一起，將會創造更好的服務品質。但是目前，這些解決方案都沒有納入我們健保的給付範圍當中，這是未來還要努力的方向。

我們也不要忘掉不同的國家都有特殊的文化背景與健康照護制度。為什麼我們希望把社區跟醫療機構結合在一起，因為我們希望的是在地老化、健康老化與活躍老化，照顧中心是以社區為基礎，而不是以醫療機構為基礎。舉個例子，美國是以機構照顧為主，這裡面牽扯到文化上的差異，但是我也同意當有新的解決方案出來的時候，政府要多多鼓勵，讓產業能夠進來。

莊曜宇副所長：

由於高齡少子化對國家的生產力，競爭力都會受到重大的影響，所以工研院過去這一年多投入了非常多的資源想把科技帶入長照領域，最近工研院還在新竹清華大學旁邊設立了一個智慧長照的實驗場域。而我是工研院智慧長照的總計劃主持人，所以我補充說明一下。

而剛才來賓提到日本的長照產業對外輸出，透過我去日本的實地訪查，我同意日本的長照做得很好，可是我發現他們在科技導入上，其實沒有如台灣的基礎，因為我們的ICT產業真的很強，所以剛才提到的智慧長照實驗場域，整合了工研院十個不同的單位，在不同場域應用不同的科技。

舉例來說，台灣平均壽命是80歲，但不健康年歲也創新高，從7年升到8年。關鍵就在跌倒，老人家一旦跌倒，整個健康就會急轉直下，所以工研院發展全身步態分析，將AI結合壓力墊(分析步幅、步速、升降)與上肢擺動，就可以分析對象的活力年齡，並篩選出需要特別照顧的對象。另一個例子是在今年一月的美國最大的消費電子性產品展覽，工研院獲獎的樂齡陪伴機器人(PECOLA)，可隨時注意家中長輩的狀況，若有異狀將通知家人，並可遠端控制機器人做事。

另外，工研院也成立智慧長照大聯盟，希望透過跨業合作，協助產業的發展。因為我認為長照不能以是社會福利來推動，因為國家就算投入再多的資源也是絕對不夠，終究還是需要產業的發展，大家能夠賺錢，才能根本性解決這個問題。上述的看法我曾與衛福部長照司的祝健芳司長談及，也獲得她的認同。而政府應該朝向法規鬆綁方向前進，台灣的長照才有機會變成一個新的產業，以上是我的意見，謝謝。

張上淳副校長：

好，謝謝，郭校長有意見要補充嗎？

郭旭崧校長：

剛剛提到台灣的產業環境，我跟大家分享一些看法。陽明大學跟交通大學將要在明年二月合併，其緣由也是因為認為交大有許多電機電子的專業，若能跟陽明大學合併,可以激發出一些火花。近來醫療界有一些全民健保資源不足的討論，在一次兩校校友的聚會中，交大校友、宏碁創辦人施振榮先生提到，大家以為交大校友比較會賺錢是錯的，那只是因為交大校友的市場是全球七十億人，但陽明校友的市場只有兩千三百萬人而已。

換句話說，我們在尋求一個機會，透過大家的通力合作，從民間、學界到政府，都應該改變思維。比如說，衛福部必須從管制的思維，改變為發展的思維。尤其這次COVID-19，大家都說台灣做得很好，但除了口罩之外，不管是檢驗試劑或是疫苗，我們的腳步還是比較慢，我們並沒有因為防疫做得好，就讓其他國家來台灣採購防疫產品，或AI的產品。今天陳副總統的演講也指出，政府應該要更勇敢、更積極一點。我也曾與食藥署的吳署長談及，目前食藥署的管制措施比我十年前知道的進步很多，但仍跟不上外面產業的腳步，所以產業界的怨言仍不間斷。

所以剛剛陳副總統提到要推動國內未來應用AI的醫療產品的發展，我想我們的人才在，技術在，健保資料也開放，但問題是做出來的產品假使跟政府法規沒有辦法配合，就會變成很大的一個問題。我在此並不是要責難衛福部，而是希望大家能夠集思廣益，找出一條道路來走。

另外，我個人認為台灣最值得發展的產業重點將會是在電子醫材，因為資源畢竟有限，不太可能藥品、疫苗都全部發展起來，但是台灣在電子醫材領域有相當的能量與優勢。所以我期望食藥署能盡快提升電子醫材的審查能量，我知道這不是短時間做得到的，但是今天假使不做，未來也沒有希望，這也是我認為台灣醫療產業發展的關鍵。

最後，我也知道許多醫界的同仁不喜歡講說醫療是一個產業，銅臭味太重，所以或許我們可以把醫療本業跟醫療產業分開來。這個從醫療本業衍生出來的醫療產業，透過大家的努力之後，可望在未來變成一個外銷產業，以上是我個人的期許，謝謝。

杜奕瑾創辦人：

我稍微補充一下莊教授與郭校長的內容。在今年的BTC大會強調的是全齡健康照護，所以其實不是只有長照而已，因為我們並不是要延長被照護的時間，而是希望延長健康的時間。

所以剛才莊教授提到，要從人的生活習慣、基因蒐集的資料實在非常多。我自己當年在美國也想要做基因大數據，不過缺乏條件。但我們現在已經有能力做了，可是應該如何著手呢？其實就是剛剛郭校長講的，跨領域專長的結合，並將之產業化。

舉例來說，最近有醫學生畢業後加入AI Lab。我問說為什麼他會想要加入AI Lab呢？他回答說，因為在台灣的醫療從業人員沒有被合理的給付。有部份的原因是我們民眾長期享受「可負擔的」醫療服務，但是這個支持可負擔的醫療服務的制度體系，卻也阻礙了將醫療領域擴大為一個產業，限制了台灣高品質的醫療走向國際。我們的醫療從業人員不應該斤斤計較健保給付一次才多少錢，所以要多少次治療才能獲取足夠的收入。而是應該透過大數據或人工智慧的應用把台灣優秀的醫療與ICT技術結合為一。我們台灣擁有一流的人才，卻缺乏一個好的整合性環境，這必須仰賴政府從上而下來執行、造就環境。

另外，我們知道全球的生醫產業規模其實不比高科技產業小，而過去我們不擅長聯合起來打仗。但因為這次疫情，讓我們獲取了經驗，這也是因為政府從上而下將產業串連起來的關係。我們曾在21世紀初的網路時代錯失過一次機會，而如今我們的生醫產業也站在這個關鍵的轉折點。過去新藥開發耗時甚久，如今有人工智慧的幫忙，速度將有爆發性的成長，所以我們絕對不要再次浪費良機。

所有的產業都是從小做起，要知道1998年Google成立的時候，批踢踢實業坊還比它老三歲，那時候雙方開會，Google還願意派人飛來台灣與我們會談；2000年我們曾有意將批踢踢實業坊的丟水球功能(傳訊息)拓展到跨平台(Cross Platform)通訊軟體，但是沒有台灣企業願意協助，反而是與那時候大陸的一家小公司合作，也就是騰訊，跟我們合作開發了QQ，後面的故事大家都知道了。

我們台灣非常擅長超前部署，但是不應該超前佈署之後，大家就自生自滅，我們應該要一鼓作氣，把生醫產業做起來，變成台灣另一個指標性的產業，謝謝。

現場提問：

我有兩個很簡單的問題，第一個請問美國的何院士，美國COVID-19疫苗什麼時候會出來？另一個請教陳副總統，台灣的COVID-19疫苗什麼時候會出來？謝謝。

何志明院士：

我不是做疫苗的，所以我的資訊也是從報紙上看到的，大概都是等明年才能夠完成，因為到現在為止，大概只有一、兩家公司進入Phase III的階段。

不過我們要知道，雖然接受疫苗的人會產生抗體，但是這並不表示這些人就不會得病，所以要真正能夠知道疫苗的有效性，有效的期間能維持多久，大概還需要數年的時間，才能夠獲得一個確定的答案。而根據過去所有疫苗研發的經驗來說，一個疫苗通常要花七年的時間，才能證明該疫苗的有效性是多少。

陳建仁院士：

目前台灣有聯亞、國光與高端等三家公司的疫苗，已經完成了一種動物實驗，並准許進入第一期臨床實驗。目前三家公司的收案都還蠻順利。但是食藥署要求

這三家公司在第一期的臨床實驗結束以後，續做第二個動物實驗，等第二個動物實驗有效後，才會進入第二期臨床實驗，這是目前台灣疫苗臨床實驗的進程。我們樂觀預估要到明年的第二季底或第三季才能夠完成所有的臨床實驗。

國外部分，美國、德國與英國的疫苗都已經進入第三期實驗，但第三期實驗的情況如何，我同意何院士看法，也許必須等到明年一月，這些進入第三期的疫苗才會有一、兩個能得到該國食品藥物管理署的許可。

張上淳副校長：

圓桌論壇的時間已經接近尾聲，雖然我們本就朝向一個人工智慧充斥在你我生活中的方向前進，但因為這次的新冠肺炎疫情，我們不禁走得更快、更遠。最後，我想請五位與談人分別用簡短的時間，做出最後的提點。

莊曜宇所長：

我藉最後這個機會再針對長照的問題補充說明，工研院長久以來都是以產業化為主要目標，所以我們跟榮民之家合作，因為榮民之家是全國最大的照顧機構，也是一個很好的Living Lab，可以應用到許多不同技術。

另外，我們也希望往國際化走，工研院成立的智慧長照大聯盟的目標就是希望能將國內的長照產業推向國際。考量文化、語言、習慣等因素，除了以華人為主的區域做為我們未來的主要目標之外，我們還希望能與日本與新南向國家進行更多的合作交流。以上是我的補充，謝謝。

杜奕瑾創辦人：

在這次COVID-19疫情中，大家注意到台灣在軟體、硬體與醫療領域其實有交集點，也為台灣未來的生物科技產業指引了方向。但這必須仰賴政府從上而下的推動，例如食藥署審核機制的調整、全民健保體制的修正、醫療資訊的橫向整合、長照制度的規劃與落實等等，不然終究只是一盤散沙，難以跨越新興科技產業發展的瓶頸與門檻。

與一般的民營企業不同，AI Lab是一個開放的平台，一個開源共享的組織，也希望我們的成果變成產業發展的動力，因為唯有讓產業成功發展，AI Lab才可以永續經營。所以我歡迎更多人與我們合作，就像這次疫情，有非常多國內的優秀醫院、中研院與我們一起合作，我也希望這股動能不要停歇，持續下去，讓我國的生醫產業能夠成為世界的領頭羊。這是我的一點小小心願，希望有更多的人一同來合作完成，謝謝。

陳建仁院士：

這次是台灣初次將AI與防疫結合在一起，但我更希望未來我們可以透過AI的力量把台灣整個從健康促進、疾病預防、精準醫療、高齡照護的體系結合在一起。我也對行政院的科技會報辦公室有一個很大的期許，希望能除了BTC大會之

外，還能對生醫產業的推動上更加著力。

我舉兩個很簡單的例子，第一個，當年防治B型肝炎時，行政院就是以上而下的方式推動，先設立肝炎防治委員會，並將國內的衛生機構整合為一，成立了台灣政府機構第一個資訊室，建立第一套電腦資訊系統，並將整個疫苗產業鏈建構起來，最後於1984年完成全民B型肝炎疫苗接種，成功將接種過疫苗的人罹患肝癌的比率下降八成。第二個例子，全民健保會從1999年提早到1995年，也是因為李登輝先生堅持才能如期完成。

所以，如果大家期待國內整個醫療體制要有較大的改變，我想應該要從政府的角度上切入，除了社會福利外，也讓民眾可以享有加值的服務，並將兩者整合起來。要是各部會各自為政，只會變成一盤散沙，必須仰賴政府的決心，透過所有人一同努力，才能夠達到目標。

何志明院士：

我有兩點總結的意見，第一點是我們都知道人工智慧具備很大的能力與想像空間，但是也不要忘了，人工智慧早在五十年前就出現了，但之後歷經了兩、三次的冬天，為什麼呢？就是因為過多的炒作(Hype)，過份誇大了人工智慧能做的事情，當大家發現不是這麼一回事時，這些喧鬧就歸於平靜。所以如果真正要把人工智慧發展起來，發揮它所有的潛在能力，就必須把事實跟想像分得清清楚楚。

第二點意見是關於新冠疫情，在這次疫情中，我們都知道亞洲國家的防疫表現遠比歐美國家優秀，為什麼呢？第一個，就是戴口罩的習慣，第二個是邊界封鎖。但是這樣的做法難以一直維持下去，因為會對經濟、人類的生活有太大的負面影響。但是也難以貿然地開放，因為現在仍沒有真正有效的治療藥物。瑞德西韋雖然有效，但仍不是一個殺手級藥物(Killer Drug)，也不知道什麼時候才能夠讓所有人都能夠接種疫苗，即使接種了也難以確保疫苗的有效期間。所以我們必然要深思，如何在開放邊界後，仍能維持夠低的感染率，這需仰賴所有的專家集思廣益才能尋找出解決方案。謝謝各位。

郭旭崧校長：

醫療界談論人工智慧已經有很長的時間，從四十年前開始談，一直都沒有成功。但這次因為疫情的關係，使得醫療界被迫往數位轉型的力道特別強大，尤其是深受疫情所苦的歐美國家。

但是我也同意不要一窩蜂，現在台灣以為只要掛上「智慧」，就已經解決了很多的事情，而張副校長在開場時也提醒我們，台灣這次防疫應用到AI的部分其實並沒有很多。但呼應剛剛杜創辦人所提到的，我也確實相信這是我們一次難得的機會，只是我們必須務實地去把握這次機會，不要一窩蜂，也不要只是把它當成噱頭，腳踏實地做，謝謝。

張上淳副校長：

謝謝所有與談人，今天真的非常高興有這麼多專家與我們分享人工智慧與醫療防疫的心得，相信所有來賓都滿載而歸，也謝謝主辦單位的用心，下午場的圓桌論壇正式結束，謝謝大家。

閉幕致詞

陳力俊

中研院院士、台灣聯合大學系統/系統校長、清華大學特聘講座教授

感謝大家參與本研討會，聆聽多位頂尖專家學者分享他們對當前兩大最夯議題的看法。

中技社從 2018 年 3 月起，一連舉辦三場 AI 相關的研討會，分別從 AI 對宏觀領域的影響，再到對其他領域的應用，進而對個人日常生活的體現，做出既廣泛又深入的探討。而本次研討會從規劃到舉行，可謂一波三折。最初規劃的主題是「AI 倫理與治理」，因為這幾年科技界最夯的字眼無疑是 AI，但是萬萬沒有想到，在今年新冠疫情出來搶戲，故將主題調整為「AI 倫理治理與醫療防疫」。

由於 AI 突飛猛晉的發展，不可避免的逐漸走入「倫理治理」的深水區。而朱雲漢院士則結合當前 Covid-19 疫情時事，探究 AI 科技應用需注意的政府治理面向。也如同朱雲漢院士所言，新冠疫情給 AI 一個大顯身手的機會，也是 AI 第一次在世界性的重大事件中發揮顯著功能，讓大眾更理解到「AI 時代來了」

朱院士探討的重點包括在後新冠病毒世界，人類將全面迎接 AI 驅動的社會變革之巨大挑戰，認為智慧公共治理時代已經來臨，數位經濟時代正式開啟。並對於多個跨國科技公司巨大到無法無天，提出建立社會新契約的寶貴建議；未來世界將看到數位資本主義與數位共享社會的競爭，而如何引導 AI 為善、制止為惡是所有人都必須正視的問題。朱院士並期許 AI 為善可以是中技社的時代使命。

郭毅可院士主講「理解機器行為：人機共生世界中的生存方式」。AI 是人造機器所展現的智慧，而 AI 時代下機器可說無所不在，人機共生的世界中，人與機器將協同工作並共同生活。在人機共生世界裡，人必須了解機器行為和機器也須了解人類意圖，人與機器的交流與互操作性至關重要。然而，這種相互理解是 AI 研究中最大挑戰之一。

郭院士在演講中，透過理論與實踐來討論人機交流的重要研究領域，並討論可解釋、可驗證及符合道德內生性的 AI 研究及其可能的研究方向。並以「但求機器做的對；人製造機器為夥伴；相互理解是人機共生世界的基礎」作為結語，刻劃出未來世界的遠景。

紐約時報最近刊載一篇專文，提醒拜登並非穩贏美國總統大選，作者的用語是“Joe Biden is not out of woods yet”，意思是拜登的選情並不明朗。而我在此也要特別表達我自己對秋冬來臨後，台灣防疫的前景也並不明朗的憂心，希望大家必

須特別審慎面對疫情復燃的可能性。

本次研討會從原訂七月舉辦，再改到今天舉行，主要原因是配合多位海外講者的行程，但人算不如天算，今天何志明院士仍只能使用錄影與視訊方式與會。尤其是以視訊全程參與下午的圓桌論壇，直到美國西部時間深夜一點多，特別令人感謝。

在何院士「AI 與醫藥發展」的演講中，為所有來賓展示了最新應用 AI 達成醫藥發展的突破。也就是發現人工神經網絡可以將藥物與劑量組合與患者對藥物反應(功效/毒性)間的輸入與輸出關係(Phenotypic Response Surface, PRS)描繪出來，而不會迷失在藥物分子與生物分子相互作用的複雜系統當中。

該 AI-PRS 平台無需依靠常規的試誤方法，即可使臨床醫生根據少量的實驗就找出優化的治療方案，可在工作量、時間與成本上，節省幾個數量級。此外，AI-PRS 平台還可以動態調整特定患者所需的劑量,讓個性化療法首次成為可能。

陳建仁院士則作為壓軸，很詳盡為大家說明「AI 與防疫科技」。大家也要恭喜陳院士今天榮獲高雄醫學大學頒授榮譽博士學位，並感謝他從高雄趕回來參加研討會，同時也慶幸因為研討會延到十月，讓陳院士能以學者身分蒞會演講，正如郭校長主持時所說，陳院士的演講是目前國內最完整、最權威的應用 AI 防控新冠疫情的報告。

陳院士演講重點從新興傳染病擴散軌跡的即時監控、疫情擴散風險的預測、入境檢疫、傳染病原基因體演變、臨床診斷、密切接觸者的回溯與追蹤、居家隔離與檢疫的強化、維持社交距離、避免群聚活動、疑似個案的通報檢驗、抗傳染病原藥物研發、老藥新用平台，到醫療院所的感染管控。從方方面面，無不可看到 AI 具體而有效的應用，讓人印象深刻，也讓人慶幸 AI 適時的迅速發展，讓人類在面對極為刁鑽的病毒防疫上，有了克服困境的利器，並更在台灣發揮了巨大的功效。

除四位院士精彩的演講外，在早上與下午的圓桌論壇中，多位頂尖專家也分別分享他們對相關議題的看法，並透過對話方式，釐清論點，相信與會貴賓一定也受益匪淺。

最後，我要感謝各位主講人、主持人、與談人，以及各位與會嘉賓共襄盛舉。本研討會從規劃到今天的順利圓滿舉行，仰賴中技社的持續全力支持，尤其王釿鋊主任率領的團隊，除了承擔舉辦研討會的繁鉅事務外，還增添部分主講人的錄影與視訊工作，備極辛勞，但圓滿達成任務。讓我們一起報以最熱烈的掌聲，表示感謝。同時祝大家都能Stay Healthy and Be Happy，也就是在疫情中得到平安，由AI應用得到快樂。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

AI 倫理治理與醫療防疫 / 朱雲漢, 郭毅可, 何志明, 陳建仁作. -- 初版. -- 臺北市 : 財團法人中技社, 民 109.12
102 面 ; 20*29.7 公分
ISBN 978-986-99844-0-9(平裝)

1.人工智慧 2.醫療科技 3.倫理學

312.83 109020065

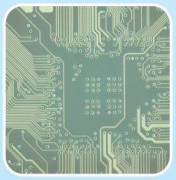
版權聲明©財團法人中技社

本手冊用於教育或非營利目的時，得在未取得原版權所有人允許下複製全部或部分內容，唯須註明出處。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本手冊做為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止使用或轉售本手冊於其他商業用途。

免責聲明

本出版品所提及的實體名稱和資料之表示，並不代表財團法人中技社的觀點：包括不同國家、領土、城市或區域的法律地位及其地位的權威性，以及國與國之間邊界和臨界的界定。此外，文中觀點與所提及的貿易名稱或商業程序，並不代表財團法人中技社的觀點或政策。



財團法人 中技社
CTCI FOUNDATION
106 台北市敦化南路2段97號8樓
Tel：02-2704-9805~7　Fax：02-2705-5044
http://www.ctci.org.tw