

出國報告（出國類別：考察）

美國麻省理工學院電腦暨人工智慧實驗室
(MIT CSAIL)暨智慧醫療參訪

服務機關：臺中榮民總醫院

姓名職稱：陳怡如主任

派赴國家/地區：美國/波士頓

出國期間：2022/09/17-2022/09/25

報告日期：2022/10/03

摘要（含關鍵字）

關鍵字：美國、麻省理工學院、電腦科學暨人工智慧實驗室、麻省總醫院、布萊根婦女醫院、約翰霍普金斯醫院、醫院營運指揮中心

本次參與由吳杰亮副院長帶領的團隊，出訪美國智慧重鎮-波士頓麻省理工學院電腦科學暨人工智慧實驗室(MIT/CSAIL)以及鄰近全球智慧醫療名列前茅的麻省總醫院 Massachusetts General Hospital (MGH)，布萊根婦女醫院 Brigham and Women's Hospital (BWH) 急診以及重症加護病房參訪。最後到約翰霍普金斯醫院 Johns Hopkins Hospital (JHH) 的醫學工程研發部門、術前準備中心、癌症中心、營運指揮中心之管理規劃以及創新研發中心新型儀器研究，進行交流互動。在短短一週內密集的與各界專家交流，大開眼界，也對於頂尖學院的研究多樣性，以及頂尖醫院醫療分工的專業感到佩服。

去參訪的醫院包括 BWH, JHH 多採用以病人為本的作法，在各加護病房單位監測的生理數據皆能即時上傳，醫材備料也是自動化登記，護理人員隨身佩帶工作手機，裡面有當天病人資料可供查詢，同時可作為護理同仁簽到簽退以及交班等作業，大大減少護理人員走動距離以及書寫工作負擔。病床旁皆有病人休息沙發協助病人走動復健，也提供病人用的特製好拿的平板電腦方便病人與護理人員以及家屬互動。牆面皆有與病人互動的白板。病房外也有舒適的家屬休息區，非常人性化。而 JHH 的術前準備中心執行 one day surgery, 也提供一站式的舒適環境，其癌症中心的 CT 檢查也是盡量讓病人檢查後當天得到報告。JHH 的營運指揮中心則是運用 system engineering 設計管理全院簽床、轉診以及病患轉送作業，同時結合醫療團隊以及資料分析師，將所有數據做 AI 預測模型，可以預測醫院未來一週的床位調度空間等等。

MIT CSAIL 與醫院以及業界合作相當密切，也不吝惜交換想法，也多與國際合作。需要爭取多方經費比較能夠與之合作。雖然因為疫情，美國醫護人力也是大大不足，但是在護理站看不到跑來跑去的護理同仁，檢查單位候診區明亮清爽，即便在癌症中心也有愉悅的氣息。除了「護病比」或是「醫病比」較台灣高以外，有效率的流程以及自動化的數據收集，都減少醫護人員無謂的人力工作負荷，可以更專注於治療病患，發展新穎治療以及研究。

目 次

摘要	7
目的	8
過程	8-20
心得	21
建議(至少四點)	22
附錄	22

一、 目的

1. 參訪 MIT CSAIL 與中心研究學者交流，學習最頂尖 AI 點子，尋找合適的合作題目。
2. 同時參訪 Brigham and Women's Hospital 以及 Johns Hopkins Hospital 學習對方對於重症加護病房管理，醫學工程研發部門、術前準備中心、癌症中心、營運指揮中心之管理規劃以及創新研發中心新型儀器研究。

二、 過程

參訪日期	111 年 9 月 19 日
參訪機構	MIT CSAIL
參訪單位/人員 及內容	1. John Guttag Machine learning combined with prior domain-specific knowledge may enhance AI models and prevent bias. 2. Dr. Marzyeh Gahassemi Models learn from clinical practice (good or bad), which may lead to bias, and balance downstream does not fix the bias. They used fair checklists tests and found that descriptive recommendations from AI (instead of prescriptive) will provide better outcomes. 3. Manolis Kellis, establish a powerful platform for research from large-scale profiling, integrate data of genomics, transcriptomics, ScRNA, and validate predictions in human and mouse models. Potential collaborative topics: TPMI data combining MHR for metabolic syndrome, treatment response prediction for atopic dermatitis. 4. Dina Katabi, Amazing non-wearable, invisible monitoring by WIFI reflections. Upcoming commercialized Emerald wifi to detect heart rate, movement, gait, emotion, breath rate, and sleep mode for Alzheimer's disease and Parkinson's disease for one specific patient in different modes. 適用於 remote monitoring at ICU, telemedicine, continuing medicine at home and disease prediction 5. BWH, ER and CUs: 侯醫師帶領，參訪急診以及各 CV, thoracic CU 等單位。
心得(簡述)	1. Machine learning might be misleading, and non-domain experts (non-deep learning experts) may test the feasibility of the models. 2. Combined with prior knowledge with AI will provide better outcomes. Physicians got the final judgment after AI recommendations. 3. Manolis Kellis conducted comprehensive large-scale GWAS profiling in combination with clinical and basic studies and has many papers in NEJM, Nature communication, etc. 他對於本院 TPMI 資料結合臨床數據特別有興趣。

	4. Dina 發展 invisible sensors by WIFI reflection. 非常神奇，可以只針對群體中的一個人做紀錄，已經有商品化。目前應用於居家老年以及嬰兒行動監測，防止摔落或跌倒，精準度高。同時也可以利用不同模組監測心跳，呼吸，步態，利用睡眠觀察協助早期診斷 Alzheimer's disease, Parkinson's disease，可用於遠距醫療場域應用。 5. BWH 門口車輛大排長龍，急診人滿為患。但是急診有 4-5 間 trauma 手術室，裡面包括 X ray 儀器都有，病人不必為了做檢查推來推去。候診區都有明亮舒適環境，牆上有豐富色彩與畫作。
可行的合作方案或計畫	1. 可以與 Kellis 合作大數據研究台灣 TPMI 資料。 2. 可以運用 Emerald invisible WIFI reflection sensor 結合遠距醫療生理數據回傳，協助居家病人照護。
活動相片	



MIT/CSAIL: John Guttag, Manolis Kellis and Dina Katabi. (MIT/CSAIL) Group photos at CSAIL.



BWH with Dr. Ho:
At Harvard Medical School. The cozy waiting room at ENT outpatient service.

參訪日期	111 年 9 月 20 日
參訪機構	MIT CSAIL
參訪單位/人員 及內容	Sam Madden - big data management, Director of CSAIL system learn initiative and data science and AI lab, 發展 Systems for labeling in medical ML setting, systems for Querying Video Goal: to reduce the demand for labels vi pre-training Lancet: quickly labeling massive dataset (VLDB21) system Automatic label generation Labels in time series data labeling: - Idea: Use NLP-like pre-training 先用 NLP to predict missing word (只要 key word, 直接指出需要的字眼) mask and predict - Timeseries vs. NLP: try to predict what comes next RITA: group attention is all you need for the generation purpose Taylor Reynolds (SCRAM) homomorphic encryption - Data privacy multidicipling data for sensitive data - Encrypted data from mobile, internet, but not in in-use data (medical history) - They can Encrypted data during use!!! Privacy enhancing Lalana Kagal - A practical approach to federated Learning - Dynamo FL: federated ML may upgrade in each training

	Jam Glass (NLP) 利用語言分析輔助神經系統疾病診斷以及治療效果 1. Speech biomarker 2. The speech captures signs of health-related condition 3. Issues: small data samples or skewed, require transcript alignments to extract features, model as a function of neuropsychological exam: cohort study in Massachusetts. 4. Interview segmented-based testing 5. Towards a universal repetition impairment metrics to detect cognitive impairment Gupta: telemedicine 觀念簡介，有提到 tele-ICU 應用 1. Health care industry has similarities like bankery industry 2. Tele-ICU, enhancing effectiveness and performances 3. Addressing issues of missing and conflicting areas: !!! 4. Analysing and detecting areas of inequity as issuing prescription for opioids
心得(簡述)	今日課程提到利用類似自然語言辨識去做標示，或是辨識異常訊號，利用 machine learning 自動做標示。利用語言分析輔助神經系統疾病診斷以及治療效果也是可以參考的方式。對於資料的保全也提到新型 homomorphic encryption 方式，將要保密的資料後面加上一串數字，成為 encrypted data，最後可以將不同醫院間的資料做整合後解鎖，不過細節仍須了解。最後有 telemedicine 的介紹，不過只限於觀念的講述，沒有太多應用。我有去表達一些應用方式，Prof. Gupta 說如果我有興趣可以去上他開的課！呵呵。 今天教室在 Pineapple room，外型是鳳梨黃造型，裡面挑高屋頂有自然光射入。今天參訪 MIT 校園以及 CSAIL 內部實驗室。CSAIL 為著名建築師 Frank Gehry 設計，利用金屬以及不規則角度設計。除了研究室，每層樓都規劃很多小區座位，讓大家一起討論，激發靈感。佐以屋頂自然光，相當舒服。每個實驗室都推滿充滿創意的模型，還有一些機器人原型的模型。很多醫師很興奮，好像見到了偶像。
建議(簡述)	可以多了解一下 homomorphic encryption 技術以及運用，用簡單的方法提高資料安全性。
可行的合作方案或計畫	可以嘗試與 Sam Madden 或是 Jam Glass 兩位教授了解自然語言在影像標示以及神經疾病的預測模式，運用在本院相關疾病。

活動相片



Pineapple Room.

Left to right: Taylor Reynolds, Cool thins at CSAIL, Flow, and Prof. Gupta



CSAIL tour. Car in the ceiling? Prototype Robot!



MIT tour. MIT dome.

MIT slogan “Innovation for a better world”, “Passions for a better world”, “Education for a better world”. “Research for a better world”

Middle: **TCVGH is a good partner of CSAIL.**

參訪日期	111 年 9 月 21 日
參訪機構	MIT CSAIL
參訪單位/人員 及內容	1. David Sontag : NLP, deep learning for recommendation systems, AI & HER, improving prediction models 2. Peter Szolovits : Machine learning on clinical time-series, causal inference, prediction of clinical Outcomes。利用自然語言方法，鍵入已知的 prior knowledge 做 machine learning。Representation learning: identifying good abstractions apply to multiple tasks, graphic representations. Multi-modal data analysis: EMRQA (from clinical narrative data) EMRKBQA (from structured data), collect real questions from physicians using large language models 也跟許多廠商合作，Takeda collaboration: Predicting non-response to conventional therapy in Crohn's disease 3. Meetings with representatives of IMES and JClinic: a. Collin M. Stultz (IMES): CV Dr. from MGH using Lead I EKG monitoring to predict hemodynamic change, arterial pressure and heart failure. b. Ignacio Fuentes (JClinic): 提供一免費平台協助醫院安全有效的使用多種 AI tools 在臨床醫院場域上。 4. Henry Minsky : Leela AI

	5. Benedetto Buratti : Einblick 6. Michal Depa : StataDx
心得(簡述)	1. 今天在另一間令人愉悅的教室交流，四面窗景視野很好，可以遠遠看到 Charles River 以及 MIT Dome, 天氣很好。午餐時大家也輕鬆交流，氣氛很好。 2. David Sontag, EECS : 發展 MedKnowtsL unified MHR (Monica Agrawal) 運用 MHR auto-text finding 技術，可以自動辨識手打病歷 key words,並連結到病患資料以及檢驗數據。同時也可以提供臨床使用分類或是嚴重度計分表，供臨床醫師參考。其運作並不干擾病歷施打。介面活潑好看。也提到他們做的 deep learning for longitudinal database, 適用於 OMOP database。 3. JClinis 負責人提到目前許多 AI 工具對於臨床醫療幫助很大，但是有時候在每一族群病人使用得到的結果並不是適用於其他族群，所以唯一的方法是大量測試這些 AI 工具在不同醫療院所，不同族群來得到驗證。他們也經在 8 個國家，35 家醫院使用。希望使用者提供回饋，讓他們的模型更好。他們保證不從中回收資料。 4. Dr. Collin M. Stultz from IMES 為 MGH 心臟科教授，也主持很多 AI 研究計畫。他使用廣達單導程心電圖，利用其訊號可以 AI 演算出病患 cardiac pressure, transarterial pressure, hemodynamic 變化，以及 heart failure 的嚴重度以及治療效果，他認為 Lead I 可以提供最多訊息，他也認為其實 EKG 訊息利用 AI 分析可以得出比我們知道的多很多。 5. 今天也與幾位 MIT 校友新創公司交流，對於 Data analysis 很酷的新工具大家很感興趣。這些公司都是免費釋出統計工具歡迎大家使用，例如 Einblick，大家有機會都可以上網用用看。其中 Leela AI 則使用影像錄影(不辨識人臉)來了解病房病人安全以及人員進出。其影像標示可以快速客製化，不同於傳統 machine learning AI, 是 Symbiotic AI,適用於固定場域。 6. StataDx 則是可以客製化最多 10 種 protein 在一個晶片上，利用電位的差別(?)來做定量分析，從 microorganisms 到 transcriptomics, proteomics 分析都可以。
建議(簡述)	1. StataDx 是在一個晶片上 coding 最多 10 種 protein，利用電位差來定量分析。本院過去也有專利在 HBV viral load 檢測，可以大大降低成本。可以參考如何將多種 protein coding 在一個晶片上，技術上應該可以做到。 2. 如果院部長官有興趣，可以了解一下 JClinic 平台，如何鍵入醫院來使用它們的 AI tools.
可行的合作方案或計畫	1. 同樣使用廣達 EKG device,使用在 heart failure 病人上，或是遠距監測用。 2. 有些免費的統計軟體可以下載來使用，可以多加介紹，應該有助於醫師研究, ex. Einblick
活動相片	



Interactions between researchers and our team member, view from top of CSAIL.



Group photos with members, and with Lori and Daniela Rus. Happy ending of CSAIL visit.

參訪日期	111 年 9 月 23 日
參訪機構	Johns Hopkins Hospital, Baltimore

參訪單位/人員 及內容	1. Clinical Engineering Services/Dr. Chang, Director Currie, Supervisor Kisser, Technician David. 2. Day surgery Pre-operation room/Nurse: Day surgery procedure and bed facilities 3. NCCU/Nurse: ICU unit facilities, nursing procedure 4. Oncology center/Radiation department/ Director of Nursing Oncology, Yinette Almonte 5. Capacity Command Center/Chief administrator, James Scheulen; assistant administrator, Christina Staten 6. Innovation center: 1) Dr. Zbijewski: - Dedicated cone-beam CT for orthopedic imaging with capabilities for weight-bearing functional assessment of lower extremity and single-scan multi-source dual-energy CT. 2) Dr. Uneri: - Image-guided, robot-assisted reduction of joint dislocations in orthopaedic surgery. - Robot-assisted ventriculotomy for image guidance during deep brain stimulation. 3) Dr. Sisniega: - Stationary multi-source CT systems for point-of-care stroke imaging. - Algorithmic approaches to image reconstruction and artifacts compensation in point-of-care and interventional x-ray imaging. 4) Dr. Durr, presented by Mr. Burrow: - Multimodal colonoscopy for improving colorectal lesion detection and classification. - Lens-free holographic imaging for urinary tract infection screening.
心得(簡述)	在醫工處張博士的引導下，我們有機會看到 JHH 各個優秀的部門。Clinical Engineering Service 同仁都非常積極發展適合於臨床單位的儀器。他們也指出因為 JHH 跟其他四家合作醫院可以在病歷以及儀器採購系統是互通的，所以他們也會支援其他醫院的儀器設計發展。 Day surgery: one day surgery from ENT, thyroid and breast cancer, from 4:30-17:30, 病人最晚 19:00 回家，depending on the surgical procedure. 如果病人無法馬上出院也會協助住院。同時有 7 間手術室，最多一天可以開 40 台刀。術前準備病人椅有全套監測設備。病人依約診時間，就可以自行在機器上掃描登記。 NCCU: 每單位的生理監控儀器可以上傳數據，單位內沒有多餘櫃體，採移動式密碼鎖的櫃子，取用的人員以及時間都會自動記錄。移動櫃體也方便補充備品。同樣的，備品取用就像 7-11 的飲料櫃，輸入個人密碼可以打開所需的格子。護理師的手機內容包括所有當天照護的病人所有資訊，方便查詢，也有護理同仁間的交流對話，交班等等。少看到護理人員跑來跑去，不浪費人力做多餘的動作。 癌症中心主要參觀的門診化療中心。候診區非常明亮，牆上都會色彩豐富的畫作。一人一間，單間內也是有所有生理監控設備，每個房間都有窗戶。如果需要 CT 檢查也在同一棟樓，檢查室內也有對外窗戶。經我們詢問，醫師表示輻射量很少，窗戶是特製的，他們並不會擔心。

	他們確保病患做完檢查後，醫師當天會發報告。 Capacity Command Center 營運指揮中心：JHH 的營運指揮中心運用 system engineering 設計管理全院簽床、轉診以及病患轉送作業，同時結合醫療團隊以及資料分析師，將所有數據做 AI 預測模型，可以預測醫院未來一週的床位調度空間等等。CCC 的主要任務是運用即時資訊以及預測模式將對的病人，在對的時間，放到對的病房。 CCC 的組成相當龐大，除了 8 位 Core leadership team 以外，還包括簽床，住院，急診傳送熱線(lifeline)，24 小時諮詢熱線(Hopkins access line)，SSU 臨時人力調度部門，physician advisory board, Engineering + analytics, , 以及 Hopkins Triage and Integration Physician (HTRIP physician) 管理外科加護病房的轉入轉出。CCC 相當於是醫院的中樞神經，醫院所有床位調動都需經過中心。他們最多可以有 22 位 staff 處理以上作業，也處理巴爾的摩地區的急症轉送。其 HAL 每個月會接收超過 20000 封電話，處理超過 700 位轉送要求。當有人接收到要求轉院電話，中心人員會根據病人資料找到合適的值班科別醫師，甚至是 ICU 醫師評估，然後決定是否轉送到 JHH. CCC 牆上有 22 個儀表板，他們與 GE 合作分析院內各種床位異動指標，中心人員會注意其顯現的異常指標適時反應。另外中心內所有傢俱採吸音材質，雖然人員眾多，多有交談，但是現場並不會互相干擾。 Innovation center: 接待的教授很熱情地安排四位老師的研究給我們看。Innovation center 利用舊的病房改建，牆上還有床號標示，跟他們實驗室各式各樣的儀器擺起來，看起來也不會很違和。這中心也提供 Johns Hopkins University 的學生來做實驗。聽說他們的 Engineering 也是全美第一的。
建議(簡述)	1. 建議醫院第三醫療大樓，保留大量對外窗戶，引進陽光。盡量讓病房都有窗戶。也可以多點病患活動以及家屬休息區域。 2. 本院遠距中心以及營運指揮中心新開張，人員仍需補充以及訓練。本院 AI 模型開發能量好，要有自信。與簽床作業之間的連結仍需思考。如何讓全院床位以及外院 ICU 或是急症轉送由中心協調，需要有醫院充分授權，以及與各科別有互信互相合作。 3. 遠距中心未來要改善大空間回音的問題，建議逐漸增加吸音材質的地板或是牆壁。
活動相片	



Upper, left: JHH, old building; Middle: Cancer center, Director of Oncology Nursing, Rt: view from cancer center.
Lower, left: Clinical Engineering Service, Middle: CT room in cancer center. Rt: Cozy space of waiting room.



Capacity Command Center (CCC), the office and infrastructure of CCC.



Upper left: pre-OP preparation room
 NCCU: interactive devices and board for patients and nurses.

三、心得

1. 非常感謝院長大力促成這次參訪！大家對於這次參訪都很興奮，跟 MIT 教授交流也很熱絡。這次去 Boston 要感謝駐波士頓辦事處趙先生幫忙接機，居中找到侯醫師帶領我們參訪醫院。侯醫師雖然是第一次見面，非常熱情，也是竭誠幫忙，帶我們在 BWH 的加護病房走透透，我們感受很深。去 JHH 則是非常感謝張益彰博士安排所有參訪行程，非常緊湊。還幫我們印出行程以及參訪單位主管以及接待人員名字，讓我們可以順利看到許多單位，對方單位也是非常樂意幫忙。
2. MIT CSAIL 與醫院以及業界合作相當密切，也不吝惜交換想法，也多與國際合作。需要爭取多方經費比較能夠與之合作。
3. 人性化設施與自動化管理：
 - a. 去參訪的醫院包括 BWH, JHH 多採用以病人為本的作法，在各加護病房單位監測的生理數據皆能即時上傳，醫材備料也是自動化登記，護理人員隨身佩帶工作手機，裡面有當天病人資料可供查詢，同時可作為護士簽到簽退等作業，大大減少護理人員走動距離以及書寫工作負擔。
 - b. 病床旁皆有病人休息沙發協助病人走動復健，也提供病人用的特製好拿的平板電腦方便病人與護理人員以及家屬互動。牆面皆有與病人互動的白板。病房外也有舒適的家屬休息區，非常人性化。
 - c. JHH 的術前準備中心執行 one day surgery，也提供一站式的舒適環境，其癌症中心的 CT 檢查也是盡量讓病人檢查後當天得到報告。
 - d. JHH 的營運指揮中心則是運用 system engineering 設計管理全院簽床、轉診以及病患轉送作業，同時結合醫療團隊以及資料分析師，將所有數據做 AI 預測模型，可以預測醫院未來一週的床位調度空間等等。
4. 雖然因為疫情，美國醫護人力也是大大不足，但是在護理站看不到跑來跑去的護理同仁，檢查單位候診區明亮清爽，即便在癌症中心也有愉悅的氣息。除了「護病比」或是「醫病比」較台灣高以外，有效率的流程以及自動化的數據收集，都減少醫護人員無謂的人力工作負荷，可以更專注於治療病患，發展新穎治療以及研究。

四、 建議（包括改進作法）---(至少四點)

思考與 MIT/CSAIL 的合作，建議可以

1. 與 Manolis Kellis 合作大數據研究 TPMI 資料，多找幾位醫師參與有興趣的主題。
2. 運用 Emerald invisible WIFI reflection sensor 結合遠距醫療生理數據回傳，協助居家病人照護。
3. 嘗試與 Sam Madden 或是 Jim Glass 兩位教授了解自然語言在影像標示以及神經疾病的預測模式，運用在本院相關疾病。
4. 多了解一下資料處理 homomorphic encryption 技術以及運用，用簡單的方法提高資料安全性。
5. StataDx 是在一個晶片上 coding 最多 10 種 protein，利用電位差來定量分析。本院過去也有專利在 HBV viral load 檢測，可以大大降低成本。可以參考如何將多種 protein coding 在一個晶片上，技術上應該可以做到。
6. 如果院部長官有興趣，可以了解一下 JClinic 平台
(<https://www.jclinic.mit.edu/wellcomtrust>)，如何鍵入醫院系統來使用它們的 AI tools.
7. 運用廣達 EKG device 使用在 heart failure 病人上，或是遠距監測用。
8. 有些免費互動式的統計軟體可以下載來使用，可以多加介紹的醫師研究使用 ex. Einblick

從 JHH 得到的想法：

9. 建議醫院第三醫療大樓以及病房，保留大量對外窗戶，引進陽光。也可以多點病患活動以及家屬休息區域。
10. 可參考採用以病人為本的病房設計，使用系統自動化流程減少人員移動的距離，提高醫療效率與品質。
11. 本院遠距中心以及營運指揮中心新開張，人員仍需補充以及訓練。但是本院儀表板面也很好看，本院 AI 模型開發能量好，要有自信。
12. 營運指揮中心與簽床作業之間的連結仍需思考。如何讓全院床位以及外院 ICU 或是急症轉送由中心協調，需要有醫院充分授權，以及與各科別有互信互相合作。
13. 遠距中心未來要改善大空間回音的問題，建議逐漸增加吸音材質的地板或是牆壁。

五、 附錄