

2017 未來科技展： 個人化適地性的疫情時空預警架構

溫在弘、許景舜*

■技術簡介

此項技術架構是以個人手機來建立足跡地圖，並在雲端整合疫情擴散資訊，進而產出疫情傳播的風險潛勢分析，提供個人可能暴露的疾病感染風險。

■科學突破與產業應用

此項技術透過與使用者的智慧手機進行協作，可得出每個人的足跡地圖，再結合疫情資訊進行計算，進而能評估傳染病的個人感染風險；該技術將有助於政府防疫單位理解群眾「風險—資訊—行為」之間的相互影響，疫情發生時可快速得到初步的評估訊息，不須依賴人工訪查，能提升防疫政策的決策品質。未來將可運用在更多有關國土資訊與民眾行為的應用或服務上。

一、背景與動機

由於人類各種行為與環境之間的複雜互動關係，我們難以明確定量釐清環境暴露與人類健康之間的因果關聯，故通常透過社會調查或問卷等方式，以大規模的調查人力與成本進行環境接觸與行為調查。由於人類的空間行為與環境接觸是導致污染暴露或傳染病擴散的重要因子，如何差異化不同個體之間接觸與暴露的程度、排除人類行為均質化的假設是重要的學術研究課題。近年來探討環境暴露與人類健康關係的研究越來越被重視，找出對人體有危害的環境因子並分析其地理分布特性，將有助於找出易感受（susceptible）的群體人口，從而訂定其客製化的防治措施以提升群體健康。過去的環境暴露研究基於計算的便利與資料的可及性，常簡化以地區作為分析運算的單元，例如鄉鎮、村里等，進行暴露風險的評估。然而，從地理分析的觀點，這樣的分析架構會涉及

* 溫在弘，國立臺灣大學地理環境資源學系教授；許景舜，國立臺灣大學地理環境資源學系博士班研究生。

適當尺度選擇的課題，需進一步釐清不同的尺度在健康風險評估的效果；不適當的研究設計常造成生態謬誤 (ecological fallacy)，可能導致誤導的推論與因果關聯。例如，若推論居住在相同地區的居民遭逢相同的環境暴露風險，在評估上則忽略個體之間的行為差異，儘管住在相同的地區，仍然會因個人行為的差異，如活動範圍與時間等，有不同的環境暴露程度。因此，個人的日常活動行為應是影響其暴露風險的重要元素。換言之，以人們日常行為的時空資訊推算其個人的環境暴露量，必須能夠納入個體差異的考量、解決不同的空間尺度所造成的問題，才能更精確地評估其個人的暴露風險，進一步理解個人行為、環境暴露與健康風險之間的交互關係。

近年來由於資訊科技的快速進展，包括微環境感測器、生理感測元件、地理資訊系統、全球定位系統等，這些技術將以更精確的方式量化人類的活動行為、其環境暴露的程度與生理反應，使得個人化的環境暴露研究變得可行。相關議題出現在空氣汙染、揮發物為風險來源的研究文獻，過去研究針對了解行為與暴露量之間的關係，分析在不同的行為、不同的時間點、不同環境下暴露量的變化，同時，相關的評估資訊能提供個人行為參考的依據，或作為環境或衛生當局進行防治政策或汙染管制的根據。

透過個人活動行為的資料收集，研究者得以區辨個體之間差異，從個人的觀點討論其與環境之間的互動關係，進而進行個人化的環境暴露風險評估。然而，目前在傳染病擴散議題的個人化暴露風險評估尚未有明確的學術討論。另一方面，傳染病與空氣汙染議題在致病與風險暴露機制上的不同，個人行為與傳染病風險暴露的關係更為複雜。首先，新興傳染病，如新型 A 型流感 (Novel Influenza A/H1N1)、嚴重急性呼吸道症候群 (SARS) 等，對人體健康的衝擊較為快速且嚴重，其潛伏期在 2 到 10 天不等。再者，空氣汙染、揮發物等環境汙染物的暴露風險分布與人群間接觸行為並無交互影響，個人的暴露風險獨立於群體互動的關係；然而急性傳染病擴散速度與感染人數及群體接觸頻率有關，且個人的感染風險與其接觸的人群、周遭親友的健康狀況關係密切。換句話說，在傳染病的議題上，個人的行為不僅僅和其與環境的暴露程度有關，更會對整體疫情傳播的動態帶來影響，造成傳染病風險分布的改變。

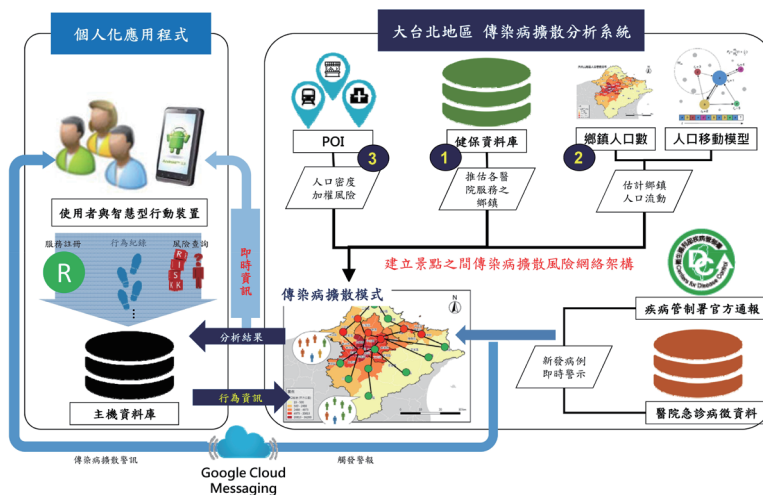
二、系統架構與展示

有鑑於此，為了彌補上述提及的研究空缺與應用，我們提出個人化適地性的疫情時空預警架構 (如圖一)，並以類流感疫情在臺灣的流行擴散進行實作展

示。我們提出的預警架構分為兩個主要部分。首要部分是傳染病擴散模式：由於傳染病的暴露與致病機制有別於以往個人環境暴露研究中所應用的課題，其感染風險的分布需考慮傳染病於人群之間的傳播，因此除了以醫院作為傳染病流行的警哨與監測站點之外，需結合傳染病數學模式與人口流動模型進行模擬推估，並以流行病學的理论進行感染風險的評估與計算，以建立各種活動地點的風險潛勢等級；另一方面，此模式的建立亦能提供政府防疫單位疫情發生時初步的評估訊息，監測傳染病的流行趨勢。第二個部分則是個人化暴露風險評估資訊的回饋與應用。如前所述，相關的評估資訊能作為個人行為決策的參考依據，使用者得以根據個人化暴露風險評估，進行改行程或配戴口罩的方式降低其感染風險。因此，我們以 Android 作業系統的智慧型手機，開發個人化風險管理應用程式，一方面作為預警架構風險資訊推播的媒介平臺，另一方面使用者可透過此程式上傳個人的行為資訊，系統得以此評估個人的傳染病感染風險，實踐個人化評估的概念。

(一) 傳染病疫情的警示系統

傳染病疫情的警示系統是在此架構中，提供擴散模式結果的視覺化展示平臺，使用者為負責疫情防治的決策幕僚。藉由政府防疫部門提供的資料介接與數學分析模式的整合，可用以監測目前國人出現類流感症狀的趨勢，搭配演算法判斷目前的趨勢是否已達到需要警戒的程度，其結果以儀表板的介面呈現其空間階層式的警示資訊查詢架構，分為「全臺即時警示」、「各分區警示資訊」以及「鄉鎮警示醫院」等不同面板，分述如下。

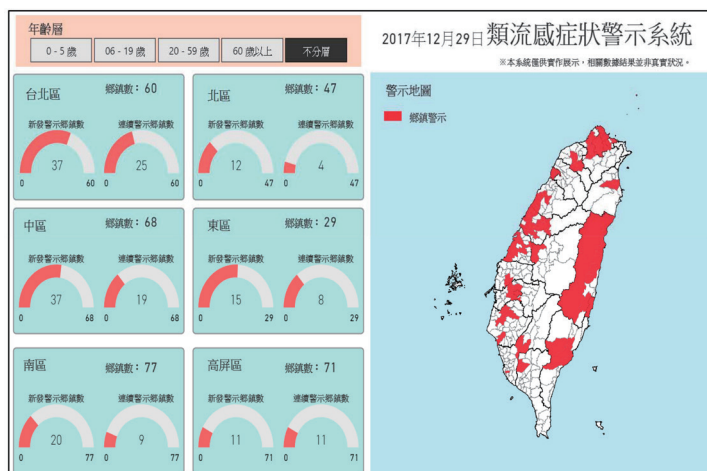


圖一：個人化適地性的疫情時空預警架構圖

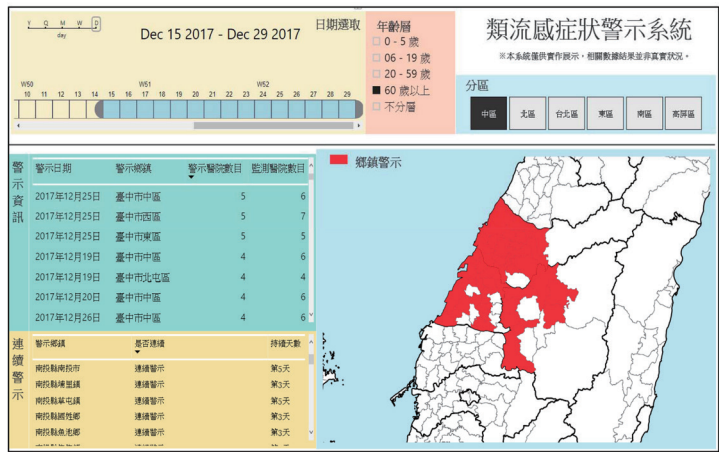
「全臺即時警示」的面板，是以全臺灣的尺度，觀察各個防疫分區在最新一次的分析下，各個年齡層的警示鄉鎮個數以及連續警示鄉鎮個數，並搭配地圖呈現各個警示鄉鎮的分布與狀況（如圖二），決策者能在短時間內掌握當前國內因類流感症狀掛急診的概況。

在決策者於「全臺即時警示」鎖定欲深入觀察的分區後，可於「各分區警示資訊」的頁面以時間、年齡層、防疫分區作為查詢篩選的條件，並呈現該日、該年齡層、該防疫分區下各個鄉鎮的警示資訊（如圖三）。警示資訊羅列了查詢條件下的警示鄉鎮與日期，以及該警示鄉鎮的警示醫院與監測醫院數量，當一警示鄉鎮的警示醫院數越多時，表示該鄉鎮有可能有流感的群聚事件，導致鄰近醫院的急診腹瀉人數都呈現異常的狀態，而該警示鄉鎮亦透過地圖於頁面右側呈現，決策者可進行地圖與表單的點選互動；連續警示資訊則是提供另一個檢視警示資訊的面向，列出連續數天出現警示的鄉鎮，決策者可依照頁面中的資訊，判斷是否有需要深入觀察的鄉鎮。

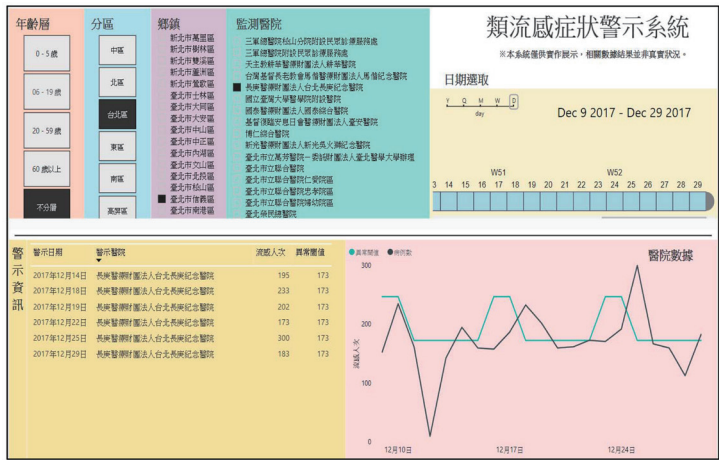
在「鄉鎮警示醫院」的頁面，以時間、年齡層、防疫分區、鄉鎮、醫院作為查詢篩選的條件，呈現該段時間、該年齡層、該鄉鎮的警示細節，如圖四。警示細節包含監測該鄉鎮的醫院中，出現異常的疫情監測數據，例如異常日期、異常醫院、急診類流感人數與異常閾值等資訊，並提供折線圖呈現特定醫院的通報病例時序趨勢。



圖二：警示系統介面：全臺即時警示
（介面資訊為展示功能目的，非實際數據）



圖三：警告系統介面：各分區警告資訊
(介面資訊為展示功能目的，非實際數據)



圖四：警告系統介面：鄉鎮警告醫院通報病例的時序趨勢
(介面資訊為展示功能目的，非實際數據)

(二) 個人化風險管理應用程式

由於智慧型手機在當代社會普及率甚高，故我們以手機作為個人使用平臺，開發應用程式作為傳染病風險資訊的傳遞、個人行為資訊的收集、評估暴露風險的工具，使大眾在獲取這些資訊與應用相關功能上更為方便與即時。手機應用程式的展示介面如圖五，此部分以大臺北地區作為實作展示區域。我們以雲端資料庫作為傳染病擴散分析模式與手機應用程式溝通的平臺，在手機上

能即時的查詢各類型興趣點的傳染風險(圖五 -b)，以及目前各鄉鎮的類流感警示狀況(圖五 -c)，相關資訊的呈現能夠讓使用者知曉當前傳染病風險的分布，作為其行為決策的參考依據，透過避免前往高風險的地區或是配戴口罩等方式，降低自身受到感染的機率。另一方面，此應用程式亦透過個人行為資訊的收集紀錄(圖五 -d)，結合疫情資訊進行計算，評估使用者的傳染病感染風險(圖五 -e；圖五 -f)。當使用者開始出現身體不適的症狀，又發現過去的行為足跡所計算的感染風險甚高時，便可採取盡速就醫篩檢、避免與他人近距離接觸等措施，亦可透過這些措施，避免疫情進一步的擴散，使得周遭的親朋好友遭受傳染。

綜言之，此項技術架構係以個人手機進行行為足跡的紀錄與傳染病風險的展示，並在雲端整合疫情擴散資訊，提供個人可能暴露的疾病感染風險。



圖五：個人化風險管理應用程式操作介面

三、展覽活動過程與相關媒體報導

在未來科技展的展出期，其展示設備的安排與布置，如圖六（左圖），我們準備兩臺筆記型電腦，作為展現雲端版的疫情警示系統，提供儀表板與地圖的資料趨勢分布；以及一臺智慧型手機，展示我們所開發的個人化風險管理應用程式，提供參展民眾體驗個人化的暴露風險評估過程。主辦單位提供統一規格的展示手板、海報牆以及大型顯示器，提供播放我們製作的系統簡介短片（該簡介短片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=E049YhK8o18>），展現系統操作過程的影音畫面。主辦單位亦於展示期間舉辦「未來科技技術成果發表會」，各研究團隊以 10 分鐘短講方式，向參展民眾說明其技術亮點，如圖六（右圖）；並於展出最後一天，主辦單位舉辦頒獎典禮，由科技部陳良基部長親自頒授「未來科技突破獎」獎牌，給予參展的研究團隊，如圖七。此次的技術展出，我們受邀產業新聞媒體「DIGITIMES 物聯網」專訪，以「臺大地理系推疫情時空預警架構；傳染病風險資訊透明化」為主題進行報導（網址：<http://goo.gl/FNoKW2>）。本項技術的學理基礎與實作應用部分，則以專章論文形式發表在 Springer 出版社於 2018 年出版的 *Human Dynamics Research in Smart and Connected Communities* 學術專書（網址：https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73247-3_7），提供有興趣的讀者可透過這篇專章論文，進一步了解其技術細節與應用實例。



圖六：2017 未來科技展展覽活動：（左圖）系統展示；（右圖）技術發表

參觀展覽民眾對於我們所展示的技術展現高度興趣（如圖八），多數民眾詢問本系統的手機應用程式是否已開放供大眾使用。其中令人印象深刻的是有個家庭，包含爸爸、爺爺與奶奶，爸爸在我們的攤位前佇足兩次，第二次便上前詢問技術的相關細節與實際應用的可能性。他認為過去流感大流行的季節，政

府對於疫情資訊的揭露的解析度往往不甚足夠，以致他難以判斷今天送家中的孩子去學校會不會被傳染流感，可見本技術強調個人化移動足跡的分析結果，預期能減緩家長對於子女健康的擔憂。



圖七：個人所執行「個人化適地性的疫情時空預警架構」榮獲 2017 未來科技展「未來科技突破獎」



圖八：未來科技展展覽活動——研究團隊與參展民眾的解說和互動

本次參展的技術作品，其核心概念除了強調個人化暴露評估於傳染病課題的重要性，更重要的是要彰顯這些暴露風險資訊的揭露能夠在個人化防疫作為的層次，能對於疾病防治與健康帶來的效益。在我們過去執行疾病管制署委託的傳染病監測與預警計畫的經驗中，了解政府的監測系統對於通報傳染病資料已有即時介接與疫情預警的能力，若能將這些資訊提供個人生活化的進一步應用，當可期待加值深化的可能性。然而目前卻受限於個人隱私與資料取得法規的種種規範與限制，使得這些提供個人防疫價值的資料，往往無法提供社會大

眾更多即時且完整的應用與服務。後續如何在確保個人隱私下，政府能釋出更多疫情資料，將有助於學界和產業界在個人化健康資料的技術突破與生活化應用。

本次我們的研究成果能在世貿三館參展且成功圓滿，需感謝科技部人文司的舉薦，以及未來科技展策展團隊在展覽準備過程的協助與支援。另外，亦要感謝科技部過去幾年對於此技術構想的多年期經費補助支持，得以透過專題計畫進行概念驗證、系統開發與雛形實作；同時，疾病管制署同意我們展出與委託計畫相關的技術架構。由於上述單位的協助與配合，才使得本次未來科技展展出能夠順利，在此致上謝意與感激。