

李正通、吳悅、林海珍、羅良慧、黃屏綸（科技政策研究與資訊中心）

自1980年代以來，貿易自由化以及新科技的快速發展，對於全球的政治、經濟、社會產生了深遠的影響，造就了比歷史上任何時期都更相互依賴，也更加激烈競爭的世界。在這快速變化的「全球化」過程，貿易障礙逐步降低、資通訊科技高度發展，讓國際經濟活動更加頻繁，全球經濟競爭模式與遊戲規則已與以往不同。各國除更加專注於有自身國際競爭優勢的產品，使分工更為精細，以爭取效率的競爭優勢；同時，各國之間的經濟競賽，也形成日趨激烈的循環。能持續緊追浪潮就是在這個競賽中勝出與生存的關鍵，而科技研發實力，往往就是決定能否緊追乃至超越其他對手的致勝點（Reddy, 2009）。

另一方面，隨著人類經濟與工業的高度發展，化石燃料的高度使用，產生溫室氣體並造成氣候變遷，自然環境亦隨著氣候改變而產生根本性的變化，以及一連串連鎖效應。根據聯合國國際減災策略組織(UNISDR)的資料，因為氣候變遷，使全球極端氣候頻率增加，不但會升高致災風險，災害規模會擴大，且災害也會具備複合的特性，面對這種變化，人類社會將更形脆弱（UNISDR, 2007）。而我國地理位置與自然環境，本就易受颱風侵襲，氣候變遷使夾帶暴雨的颱風侵台次數大幅增加，加上地震頻仍的特性，更升高了極端氣候導致的災害風險（陳亮全等，2011）。

全球化趨勢下，台灣的經濟發展與國際經濟活動息息相關，然而近年極端氣候所造成的自然災害影響不斷加劇，我們以為，有必要正視經濟全球化與天然災害所可能產生的相互影響。

目前為止，有關災害與全球化相互影響的文獻，主要聚焦在市場全球化與自然災害所造成的經濟影響之間的關連性，或是如何面對經濟全球化導致災害風險改變的趨勢。前者討論範圍包括：自然災害、經濟發展、競爭力之間，全球貿易投資、經濟成長與永續競爭優勢之間，以及積極的災害風險管理與市場通路之間的各種關係等（Anderson, 2003）；後者討論全球經濟活動帶來各種社會經濟與空間變化，導致自然災害風險型態的變動，以及如何針對災害風險管理與救援方式進行必要改革（Gencer, 2013; Alexander, 2006; 王文岳、楊昊，2012；鄭美華，2004）。對於氣候變遷下自然災害加劇對於經濟全球化下的產業體系可能造成的衝擊，目前為止研究尚屬有限，亟待我們加以探究。

本文結構安排如下：首先說明經濟全球化定義，發展趨勢；其次闡述全球化對產業結構與分工所造成的影響；第三部分討論天然災害的衝擊風險變化；最後，針對這日趨升高的威脅，可以強化的科技與非科技因應措施有哪些，以有效降低潛在風險與衝擊。本團隊希望，透過這項研究能開啓跨領域對話，從而對災害防救的政策規劃有所貢獻。

1、經濟全球化的背景與趨勢

「經濟全球化」是指，科技的進步（尤其是資通訊科技），讓個人、企業以及國家，能用更廣泛、更快速、更深入以及更便宜的方法來相互聯繫，加上貿易障礙(例如關稅、配額與各類非關稅障礙)的降低與解除，使市場趨於整合，因為這個整合，縮小了各國來往的時空限制，因此原物料的供給與產品的販售，也不再侷限於「本土供給、本土製造、本土銷售」的型式，全球經濟運作方式也隨之產生重大轉變。此運作方式具有與以往不同的重要特徵，就是企業將產品和服務分割成多項獨立製程，分散至不同地區和國家，形成了跨越國界的全球分工生產鏈，各個分工生產鏈又構成了密集的跨國生產與服務網絡。

隨著這趨勢的發展，經濟運作模式藉著科技優勢呈現出全然不同的面貌—市場以全球為基礎進行運作，勞動、商品和資本逐漸一體化，政治、社會

領域的人類活動以及規範制度，也因而產生轉變。

科技進步、貿易制度變革既是促成全球化現象的原因，同時也受全球化力量驅動而進步與改變，兩者之間形成互為因果的循環關係。對企業而言，經濟全球化最重要作用是逐漸降低地理空間、貿易相關限制，降低了企業往境外移動的障礙及成本，生產要素(資金、技術、人才、資訊等)在全球加速流動，企業得以展開全球佈局。

如Thomas L. Friedman在《世界是平的》一書中所述，科技進步與社會發展推進了21世紀初期的全球化，呈現出新型態的社會經濟變化。開放原始碼、外包、岸外生產、供應鏈、內包(Insourcing)、輕科技(Portable device)發展等，都是推動世界更平的重要力量。在這全球化的浪潮下，生產過程持續精細化，逐漸成為價值鏈的不同環節，並分散到不同國家，形成生產過程各階段的國際化。

2、全球化對產業結構與產業分工的影響

在全球化時代，企業的潛在全球市場版圖不斷擴大，但同時也面臨更加激烈殘酷的競爭，贏家與輸家之間的差距也比起以往更大，因為全球化的演進，更凸顯全球的發展不均(Aspers and Kohl, 2010)。企業為提高競爭力，以降低成本與擴大市場為策略，需靈活而有效的運用全球資源，包括考量原物料等資源是否容易取得、貿易壁壘與運輸成本、人力成本等因素的比較利益，而對生產鏈不同環節進行跨國配置，以使生產和服務能取得最佳經濟效益。企業（尤其是跨國企業）以各種方式降低成本（如技術移轉交易成本）與風險，例如將部份生產流程或產品服務轉包給公司集團內的其他部門、外包給其他公司，或把組織功能轉給位於其他國家的子公司、其他公司（岸外生產）等。

在全球化的經濟賽局中，有能力的企業不斷擴大規模，產業分工更精細與綿長，涉及的行動者，如原物料提供者、生產者、服務提供者、國家、區域組織等不斷增加，生產要素和產品在產業鏈中的流動，在在需要更即時、正確和詳細的風險與管理資訊。

產業鏈形成複雜的國際專業分工網絡後，管理者面臨的挑戰是，管理資訊漸形龐雜，如何有效提升資訊處理和反應效率，以比競爭者更迅速進行正確決策。當大型企業在國際市場擴張，企業內部跨國界、跨區域的溝通頻繁，在這類多部門的企業內、企業集團以及跨國企業網絡中，各部門間達成高效、暢通且符合經濟效益的訊息傳遞和溝通，也因此更為困難。

因科技進步提升各生產環節的效能，全球化亦帶動網絡各節點的產業群聚效應，促使相互關聯的企業群，能以共通性與支援性的連結，共享區域資源並降低生產成本，進而提升彼此的市場競爭力。不難想像，除了在產業網絡上來往運送的原物料及產品數量，相較過往會呈現成長的趨勢之外，在此網絡上的各節點，亦會因共同利益而逐漸聚集企業資產、勞動人口及技術能量等生產要素，而使各節點的產銷規模更勝過往，當某些節點之規模日益擴大，連結管道眾多時，將擔負起連結網絡的關鍵樞紐之責。因此，在經濟全球化的趨勢之下，產業網絡的結構將會更加地錯綜複雜，而其中關鍵樞紐的特性，又將增加了整體產業網絡的風險曝露度(exposure)。



3、全球化趨勢下，天然災害的衝擊風險升高

如前所述，在全球化趨勢下，產品製造、配送、分銷或提供服務等環節增多下，任一關鍵節點(或環節)的變化便能透過蝴蝶效應般，對於整體產業鏈形成擴散性的影響。亦即在異地或跨國的分工形式下，一旦外部因素產生變化(如產業鏈某環節所在地區遭受極端氣候等自然災害衝擊影響)，便會對產品與服務供應產生極大衝擊，而管理者對於此類外部因素的情報資訊掌握與風險控制，顯得更為重要與迫切。

政府過往對於天然災害的因應方式是聚焦於本國境內角度，以維護人民的安全與降低經濟資產損害為最高目標，來思考如何提升國家整體對天然災害的耐受度(resilience)。然而，在經濟全球化的趨勢下，本國企業已變成跟全球高度連結，此時政府可協助企業以更寬廣的觀點來研擬天然災害應變計畫，並透過決策輔助工具的研究與開發，來提供更完整、更即時的資訊，使企業能針對各種可能干擾與中斷營運的影響與衝擊，進行事前沙盤推演並研擬應對方案，以在天然災害發生時，能快速精準的作出回應。

其中，關於在天然災害應變的部份，過往台灣本土多以地震、颱風(颶風)及淹水為主要的災害類型；但若關注於全球的災害，則種類繁雜，並可能跳脫已知或已有應對經驗的災害類型。而預期氣候型災害，其發生頻率與嚴重程度，也會因為氣候變遷而不斷升高。在「政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)」的報告即指出，極端的氣候事件，如熱浪、乾旱、洪水等，近來造成的衝擊顯示出部份的生態與人文系統，在面對氣候變化之際，存在相當程度的脆弱度及暴露量(IPCC WG II, 2014)。因此，當某國家部份區域因天然災害遭受經濟損失時，不論災害成因為何，將會因經濟全球化形成的複雜產銷網絡而擴大損失及影響範圍。以2011年的日本福島核災事件為例，在發生芮氏規模高達9.0強震及大海嘯之後，導致位於日本福島縣的核電廠出現氣爆及核心熔融危機，連帶影響了日本國內的供電情況，因此日本政府採取分區輪流限電的措施，導致全球電子生產鏈的零組件供貨情況趨於緊張。回顧日本核災事件發生的當下，其後1-2個月內限電危機若無法解除，加上工廠

受損與受停電影響，該國半導體、面板、太陽光電等產品的上游原材料和關鍵零組件會發生供應短缺，將衝擊我國的半導體及面板供應鏈，中游電子零組件和下游資通電子產品亦會因而遭受衝擊(國研院政策中心科技產業資訊室，2011)。

面對經濟全球化趨勢下所產生的天然災害應變需求，政府與企業應如何共同合作研擬減災的相關規劃?如何防止災害衝擊由單一節點，隨著產銷網絡擴散，引起多重線性連鎖反應，進而擴大為跨國區域性影響?如果加上系統因科技進步與時間發展而更為複雜的因素，未來發生單一點的災害時，其影響將如同漣漪般逐圈向外擴散，人們恐難以迅速地在這盤根錯節的網絡系統中，找到關鍵問題的發生點加以阻止，也難以全面性地阻擋網絡系統的各環節受其影響。我們雖借助現行科技的力量，但緊密連結(coupling)且異常複雜(complex)的系統特性，又難保不會發生如社會學家裴洛(Perrow)所說的「常態意外(normal accident)」(Perrow,1999)。以應用了大量先進科技的飛機為例，其複雜的飛航系統難以讓人完全掌握作業方式，若發生電路故障等問題時，前述的緊密連結系統特性，將可能使問題的嚴重程度擴大。我們期待科學技術的進步帶給人們更便捷舒適的生活，可否藉由人類集體的智慧及共同的努力，以非科技手段與科技手段雙管齊下，儘可能地降低負面的衝擊呢?

另一方面，如某一個關鍵或大型節點發生天然災害時，災害又將會如何衝擊綿密的網絡運作?試想，由於關鍵節點亦是產業資產聚集處，其面對天然災害的風險曝露度(exposure)較其他網絡位置為高，其社會經濟面向的脆弱度(vulnerability)亦較高，因此，若遭逢天然災害導致節點功能失靈，將對網絡正常運作造成某種程度的影響，若此節點是關鍵樞紐，災害將造成重大衝擊。但是，不論是網絡型態所引起的連鎖效應，又或是節點失靈而影響了網絡效能，在面對同樣的天然災害之際，過往的歷史事件給予我們一個思考改進的方向，如英國國會於2012年POSTnote的資料曾提及，目前因天然災害造成的死亡人數，高達95%皆發生在發展中國家，但是當這些發展中國家同時遭逢天然災害時，其死亡人數的分佈卻非常地不相稱。據統計資料指出，2002~2008 年之間在海地約有超過6千人因颶風而喪生，但其鄰國一多明尼加共和國，在此期間的遇難人數卻少於1千人。經分析後發現，造成死亡人數如此懸殊地差別，其原因包含：災害預防程度、預警系統效用、管理品質、基礎設施與教育(科技部駐英科技組，2012)。



4、爲因應未來日漸升高的威脅，政府應該強化哪些預應式作爲？

正因災害在氣候變遷的影響下，日益複雜且更難以掌握，加上全球化的網絡互動特性，一旦任一節點或路徑因爲災害而產生衝擊，極有可能透過網絡影響到遠端其他節點的正常運作。

因此企業或政府需要體認過去容易簡單管理的上下游關係，已經變成非線性的網絡動態關聯，要如何將企業因應外部環境變動的內部管理或調適能力，隨著此網絡互動複雜度一併加以提升，避免兩者的落差逐漸變大而造成應對風險的能力不足，便是最重要的課題。尤其，企業的跨國佈局及運作極其仰賴資訊的流通順暢，越能即早得知網絡中相關節點或路徑可能發生的變化，越可能透過迅速反饋啓動因應措施，達成損失的降低甚至能從中增加收益。

面對上述全球化下的國際災害風險，目前企業大多是透過生產基地去集中化將災害風險進行分散，或擬透過保險的形式將風險轉移。本團隊認爲未來可透過科技手段之輔助，例如透過網宇實體系統(Cyber-Physical System, CPS)等，輔助企業對國際災害導致對產業鏈綿密衝擊影響的因應。本團隊建議網宇實體系統應用在全球化下的災害管理，至少包括三要素：透過感測技術收集資訊；由網路連結電腦雲端系統進行整合數據分析；研判資訊回饋決策因應方案建議。

首先，因爲感測網絡、定位技術以及生物辨識等科技發展的推波助瀾，使得透過物聯網技術(Internet of Things)將各種事物加以聯網並取得相關即時資訊的技術逐漸變爲可行。在網路的運作下，物聯網可將日常的人與物，變成都可以被讀取、識別、定位、可尋址的狀態。除了原本大家認知的日常事物如電子產品、高科技的自動駕駛車輛或是裝置外，一些原本認爲與電子無關的物件，如食物、材料、零件與部件、貨品、甚至是地標、

停車位等都變成可以加以聯網並將資訊加以反饋(Federal Emergency Management Agency, 2012)。因此，物聯網技術能夠提供達遠端的定位與監控等功能。此類科技如果運用於全球產業鏈的關鍵網絡節點，進行內外部的環境偵測，在天然災害來臨時，便能透過此類技術之操作與應用，強化企業對外部所處環境與內部生產環境資訊的掌握度，來加速跨國產業鏈網絡群體對於災害資訊的取得速度。

其次，由感測技術蒐集的雲端資料具多樣性且內容龐雜，需要進一步透過巨量資料及演算法(algorithm)來分析數據並且產出結果以進行判斷，將回傳的大量訊息進行效率化的判斷、展示與視覺化(US National Science Foundation, 2014; Confederation of British Industry, 2014 ;US Atlantic Council, 2014)。因此此類技術不只可應用於發掘市場先機與競爭威脅，並可進一步應用在早期探測全球災害的發生，與可能帶來的衝擊影響。

前述經過處理與整合分析後的資訊，若再結合決策科學與知識管理等工具之輔助，便可透過系統性的主客觀條件評估，輔助決策者評估各種因應方案並進行決策(MBA Library, 2013)，一方面使企業能握有更多全球產業鏈資訊的佐證進行研判，以融合既有的管理經驗，進行災害風險管理上之重大決策，以降低誤判造成企業的風險損失。另一方面，透過比商業競爭對手早一步察覺跨國災害可能的衝擊影響並從中獲取因應時效，也是為企業創造了競爭優勢。由上述可知，透過科學與技術的整合，可將全球產業鏈的相關資料蒐集、分析與決策連成一貫，不但能應用於企業的商業智慧系統，同時也能對於全球布局產銷網絡的災防管理服務帶來新的商機。然而網宇實體系統的實現尚需仰賴在各國具有可靠的資訊基礎建設才能達成，在資訊基礎建設狀況不佳的國家或地區，仍需思考如何搭配人工輔助方式進行。加上物聯網等技術需要經由網路與電力進行資訊的傳輸與分析，為保護相關系統在巨災或其他事件的影響下不至於失靈，亦需要搭配相關備援技術的開發，例如可以針對未充電狀況下仍可長時間使用的資訊或行動設備裝置進行研究開發，以對其運作進行適度的防護。

基於網宇實體系統的應用效益，在台灣或是日本等先進國家，早已投入網宇實體系統之相關研發以推動智慧生活的願景(郭耀煌，2010)。例如，日本文部科學省在因應國家挑戰的研究開發計畫中，於下世代資通訊基礎建設建構領域，設定多項因應社會系統與服務最佳化之網宇實體資通訊的整合基盤研究項目(2012-2017年)並給予經費挹注，其中網宇實體相關數據管理的基礎建設包含三大要素，分別為：環境感測的數據收集、數據管理與數據分析，期透過巨量數據資料管理能力的提升進而支援決策治理，並逐步提供如環境氣象資訊、道路與交通資訊以及電力消耗量測等不同領域之應用。(文部科學省，2014)。

為能協助我國企業在全球產業鏈複雜的網絡關係中，提高相關災害風險因應的能力，政府可考慮以下行動：(1)透過國際合作，洽談取得全球相關的外部環境監測資料與災害訊息，並協助在相關資訊數據與控制的治理更加完善，使企業在訊息流通上更為透明與即時，以便掌握災害因應之先機；(2)網宇實體系統的發展是新的概念，目前技術成熟度仍有不足，政府宜提供激勵措施，包括人才培育與技術開發，以達成創新擴散之目的。

在經濟全球化趨勢下，國家發展與企業的全球競爭力間存在緊密的連動關係，因此政府應思考如何藉由前瞻思維導引國家與企業能洞燭機先，在天然災害發生前研擬預應式作為，不但有助於對社會經濟發展模式變動之因應，亦能完善國家災害防救科技政策之規劃。本研究團隊從回應企業產銷網絡對資訊掌握需求的規劃出發，建議藉由政府激勵發展相關技術，達成技術普及與創新擴散，並逐步促使該項技術提升我國防救災科技系統之能量，以讓科技的發展更貼近企業與國家之需求。

參考文獻

1. 王文岳、楊昊(2012)。全球化下的災害治理：以東日本大地震國際救災協力為例。問題與研究，52(2)，145-180。

2. 文部科學省(2014)。社会システム・サービス最適化のためのサイバーフィジカルIT統合基盤の研究投影片，Retrieved Sep. 12, 2014, from http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/006/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2014/06/19/1348765_3.pdf
3. 科技部駐英科技組摘譯 (2012)。發展中國家的天然災害應對能力。駐英國台北代表處科技組網站。Retrieved Aug. 22, 2014, from <http://uk.most.gov.tw/ct.asp?xItem=1010430024&ctNode=617&lang=C>
4. 陳亮全、林李耀、陳永明、張志新、陳韻如、江申、于宜強、周仲島、游保衫(2011)。第六章：氣候變遷與災害衝擊。許晃雄、陳正達、盧孟明、陳永明、周佳、吳宜昭等，台灣氣候變遷科學報告2011。Retrieved Aug. 22, 2014, from http://satis.ncdr.nat.gov.tw/ccsr/doc/00_Full%20report.pdf，311-356。
5. 國研院政策中心科技產業資訊室編撰 (2011)。日本 311 大地震後產業影響。科技產業資訊室網站。Retrieved Aug. 22, 2014, from http://cdnet.stpi.narl.org.tw/techroom/market/macro/2011/macro_11_002.htm
6. 郭耀煌(2010)，智慧生活科技與物聯網發展趨勢投影片。Retrieved Sep. 2, 2014, from http://tanet2010.nutn.edu.tw/downloads/TANET2010_KeynoteSpeech1_YHKuo.pdf
7. 鄭美華 (2004)。災害風險之主、客觀評估與風險倫理之探討。競爭力評論，6，168-200.
8. Friedman, T. L. (2007)。世界是平的 (The world is flat: A brief history of the twenty-first century) (楊振富、潘勛譯)。台北市：雅言文化。(原作2005年出版)
9. MBALibrary(2013)。決策科學化。Retrieved Sep. 2, 2014, from <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/决策科学化>。
10. Alexander, David (2006). Globalization of disaster: trends, problems and dilemmas. Journal of International Affairs, 59(2), 1-22.
11. Anderson, Torben Juul (2003). Globalization and natural disasters : An integrative risk management perspective. In Alcira Kreimer, Margaret Arnold and Anne Carlin (Eds.) Building safer cities.: The future of disaster risk. Washington, D.C.: World Bank, 57-74.
12. Aspers, Patrick, and Sebastian Kohl (2010). Economic theories of globalization. In Bryan S. Turner (Ed.). The Routledge International Handbook of Globalization Studies. Abingdon, UK: Routledge, 42-61.
13. Walport, Sir Mark. (2014). Guest columnist: Sir Mark Walport The internet of things will power modern society - but it will need a lot of skilled people to research, develop and apply the algorithms to make it work, Retrieved Sep. 2, 2014, from <http://www.cbi.org.uk/about-the-cbi/business-voice/august-september-2014/guest-columnist-sir-mark-walport/>
14. Federal Emergency Management Agency (2012). Driver papers: Technological development and dependency In Crisis response and disaster resilience 2030: Forging strategic action in an age of uncertainty-progress report highlighting the 2010-2011 insights of the strategic foresight initiative-, Retrieved Nov. 13, 2012, from <http://www.fema.gov/strategic-planning-analysis-spa-division/strategic-foresight-initiative>

15. Garrett, Banning (2014), A world run on algorithms? Retrieved Sep. 2, 2014, from <http://www.atlanticcouncil.org/publications/issue-briefs/a-world-run-on-algorithms>.
16. Gencer, Ebru A. (2013). The Impact of globalization on disaster risk trends: A macro- and urban- scale analysis. Background Paper prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013. Geneva: The United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
17. IPCC WG II (2014). Summary for policymakers (SPM), climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Retrieved Aug. 22, 2014, from http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf
18. Perrow, Charles (1999). Normal accidents: Living with high-risk technologies. Retrieved Aug. 22, 2014, from <http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/Normal%20Accidents%20.doc>
19. Reddy, Prasada (Ed.) (2009). Globalization of technology: Issues in technology transfer and technological capability building. In Prasada Reddy (Ed.). Globalization of technology: Issues in technology transfer and technological capability building. Paris: EOLSS.
20. UNISDR (2007). Disaster Risk Reduction: 2007 Global Review. Geneva: United Nations.
21. US National Science Foundation (2014). US-Japan big data and disaster research (BDD), program solicitation (NSF 14-575). Retrieved Sep. 2, 2014, from <http://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14575/nsf14575.htm>

災害防治