

# 從太空到街區： 地理資料在經濟學的創新應用與展望

楊子霆\*

傳統上，經濟學家依賴人口普查、廠商調查等官方統計。這些資料雖然可靠，但存在一些限制，像是空間解析度粗糙（通常只到縣市層級）、時間頻率有限（例如：普查每十年一次）、歷史資料不完整（Abramitzky et al., 2025）。過去十多年，社會科學家大量使用地理相關資料，改變了這個局面。像是衛星記錄夜間光照、植被覆蓋、建築變化等，歷史地圖數位化重建百年城市，手機追蹤移動軌跡。這些資料具有高空間解析度（精確到街區）、高時間頻率（每日更新）、大範圍覆蓋（跨國界、含歷史），為經濟學研究開啟新可能。

本文將深入浅出地介紹這些地理資料如何應用於經濟學研究。我們將探討過去經濟學家怎麼利用衛星夜間光照資料測量經濟發展、手機定位資料在追蹤通勤與人口流動的應用以及歷史地圖如何揭示城市長期演變。最後，筆者會以本人與國內的合作者利用臺灣資料做的研究為例，展示這些夜間光照資料如何幫助我們理解 COVID-19 疫情對都市空間結構的衝擊。

在所有地理資料中，夜間光照（nighttime lights）可說是經濟學家最喜愛的地理資料之一。這個資料好用的原因相當直觀：經濟越發達的地區，夜晚越明亮。路燈、商店招牌、工廠照明、住宅用電都會產生光亮，從太空看來，這些燈光的亮度和分布反映了經濟活動的強度與空間格局（Donaldson & Storeygard, 2016）。美國國防氣象衛星計畫（DMSP）從 1992 年開始提供數位化的夜間光照資料，空間解析度約為 1 公里。Henderson et al. (2012) 的開創性研究分析了 1992 至 2008 年間 188 個國家的夜間光照數據，發現夜間光照與 GDP 增長之間存在顯著正相關，夜間光照對 GDP 的彈性約在 0.28 到 0.32 之間，這意味著光照亮度每增加 10%，GDP 平均增加約 2.8% 到 3.2%。

---

\* 中央研究院經濟研究所副研究員

夜間光照資料的價值在於它能提供傳統統計資料無法提供的資訊。首先是空間解析度。傳統 GDP 統計通常最多只能到縣市層級，但衛星影像資料能精確到 1 公里網格，讓研究者能分析小區域（像是街區層級）的經濟活動。其次是全球覆蓋性。衛星影像不受政治邊界限制，能提供一致性的測量，特別適合研究統計資料缺乏的開發中國家或衝突地區。例如，Chen & Nordhaus (2011) 利用夜間燈光資料研究中國縣級經濟成長，發現在統計體系相對不完善的地區，燈光資料能提供更可靠的經濟活動估計。Henderson et al. (2012) 則指出，燈光資料特別適合用於修正官方統計可能存在偏誤的國家。

自 2012 年起，新一代的衛星感測儀器 (VIIRS, Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) 提供了更高品質的夜間燈光資料——更高的空間解析度 (500 公尺)、更廣的動態範圍 (不會在高亮度區域「飽和」)、每月更新的頻率。這使得研究者能更精確地追蹤經濟活動的短期波動。然而，使用夜間光照資料也需要謹慎。燈光並非完美的經濟活動指標，在某些情況下，光照的增加可能只是反映電力基礎建設改善，而非經濟成長。不同產業的燈光強度差異很大 (例如：服務業密集的市中心 vs. 製造業廠房)。雲層、大氣條件也會影響測量品質 (Donaldson & Storeygard, 2016)。

如果說衛星資料讓我們從太空俯瞰經濟活動的靜態分布，那麼手機資料則讓我們能追蹤人們的動態移動。現代智慧型手機持續記錄使用者的位置，這些去識別化的定位資料，為經濟學家提供了前所未有的人口流動資訊 (Abramitzky et al., 2025)。手機資料的優勢在於高時間頻率與大樣本規模。傳統的通勤調查可能每 5-10 年才進行一次，樣本規模有限；但手機資料能以小時、甚至分鐘為單位，追蹤數百萬人的移動軌跡。這讓研究者能回答許多過去難以探討的問題：人們一天內如何在住家、工作地點、消費場所之間移動？週末的活動空間與平日有何不同？突發事件 (如疫情、天災) 如何即時改變人們的移動模式？

手機資料在經濟學中已有豐富應用。研究者利用這些資料繪製城市的「通勤地圖」，識別就業中心、理解住宅與工作地點的空間關係。例如，可以分析哪些社區的居民主要在哪裡工作、通勤時間如何影響居住地選擇、交通建設如何改變通勤模式。更進一步，手機資料不僅記錄通勤，還能追蹤消費行為。研究者分析人們前往商店、餐廳、娛樂場所的頻率與時間，理解零售業的空間競爭、消費者選擇行為。COVID-19 疫情期間，許多研究利用手機資料即時監測人口流動的減少，評估社交距離政策的效果。然而，手機資料也有限制。首先是樣本代表性問題，智慧型手機的普及率因年齡、收入而異，可能低估特定族群的移動。其次是隱私考量，即使資料已匿名化，大規模位置追蹤仍引發隱私疑

慮。第三是資料取得，手機資料通常由私人電信公司或應用程式公司掌握，學術研究者取得不易。

理解現在，需要回顧過去。許多當代的經濟活動的分布，深受歷史因素影響，百年前的鐵路、運河、工廠選址，往往決定了今日的都市結構。但歷史資料往往分散、難以取得。近年來，歷史地圖、人口普查、商業名錄的數位化，為經濟學家提供了重建歷史城市空間的工具 (Abramitzky et al., 2025)。例如，研究者將十九世紀的城市地圖數位化，標記出當時的道路、建築、土地使用。結合歷史人口普查 (記載每個家戶的住址、職業、收入)，可以重建歷史上的居住隔離模式、職業空間分布、社會階層的地理聚集 (Combes et al., 2022)。

這類資料的數位化，過去在處理上面臨巨大挑戰，許多文件是手寫、字跡潦草、紙張破損。人工謄錄耗時費力，難以大規模進行。然而近年來受惠於機器學習技術的進步，特別是光學字元識別 (OCR) 和深度學習，大幅提升了歷史文件數位化的效率。例如，研究者訓練深度學習模型，自動辨識十九世紀手寫人口普查表上的姓名、年齡、職業。雖然辨識準確率無法達到 100%，但結合多個來源的資料交叉驗證，能大幅降低錯誤率。這讓研究者能建立涵蓋數百萬人、橫跨數十年的追蹤資料。

數位化的歷史資料讓經濟學家能探討「路徑依賴」(path dependence) 現象——過去的事件如何影響當前的經濟地理。一個經典問題是：為什麼某些城市持續繁榮，而其他城市衰退？歷史因素扮演什麼角色？研究發現，許多看似偶然的歷史事件，能產生持久影響。例如，Bleakley & Lin (2012) 利用夜間燈光資料研究美國東南部的城市分布，發現許多重要城市位於河流的瀑布線 (fall line)，十九世紀時，船隻必須在此卸貨改用陸路運輸，因此發展成貿易中心。即使在運河和鐵路普及後，這些城市的經濟地位依然延續至今，夜間光照清楚顯示出沿著瀑布線的城市聚集。另一個例子是研究鐵路網路的長期影響。十九世紀的鐵路建設，往往決定了哪些城鎮能快速發展。研究者將歷史鐵路地圖數位化，結合現代的衛星資料與經濟統計，分析鐵路如何塑造了今日的城市體系。

最後，讓我們用一個臺灣的具體研究來說明空間資料在臺灣本土研究的應用。筆者與陳恭平教授、楊睿中教授在過去幾年分析 COVID-19 疫情如何影響臺灣的交通模式和都市空間經濟活動分布 (Chen et al., 2022)。這項研究發現，儘管臺灣在 2020 年並未實施封城或行動限制，但民眾仍主動大幅改變了交通行為。由於擔心在密閉空間的公共運輸工具上被傳染，人們紛紛改搭私人運具：鐵路運量在疫情高峰期 (2020 年 3 月中) 下降了 60%，而高速公路車流量反而增加了 20%。更重要的是，即使臺灣從 4 月中旬起連續 253 天沒有本土病例，鐵

路運量仍持續低於疫情前水準，顯示民眾對公共運輸的疑慮並未隨疫情趨緩而立即消退。

這種交通模式的轉變對都市空間結構產生了深遠影響。我們利用夜間光照資料分析發現：在疫情期間，主要火車站周邊區域的經濟活動顯著下降。具體而言，我們比較了臺北車站周邊 500 公尺內與 500 至 1000 公尺外區域的夜間亮度變化。分析清楚顯示：2020 年 3 月（疫情高峰）相較於 2019 年同期，臺北車站周邊 500 公尺內區域的夜間亮度大幅下降，呈現明顯的「暗化」現象。這反映了車站附近的商場、餐廳、旅館等商業活動的萎縮，許多業者縮短營業時間，甚至暫時歇業。相對地，距離車站較遠的區域雖然也受影響，但程度較輕。

我們進一步的計量分析也證實：與沒有大型車站的鄉鎮相比，有大型車站的鄉鎮在疫情期間零售銷售額下降了額外的 2.8 個百分點。在有大型車站的鄉鎮內，車站周邊 500 公尺內區域的夜間亮度，相對於 500 至 1000 公尺外區域，額外下降了 3.2 個百分點。這項研究展示了夜間光照資料的獨特價值：它能以高時間頻率（每月）、高空間解析度（500 公尺網格）追蹤經濟活動的細微變化，揭示疫情如何改變都市內部的空間經濟結構，經濟活動從公共運輸節點向外擴散。這樣細緻的空間分析，是傳統的鄉鎮層級統計資料難以達成的。

地理資料正在改變經濟學研究的面貌。衛星夜間光照讓我們從太空俯瞰經濟活動，手機定位追蹤人口如何在城市中流動，數位化的歷史地圖則讓我們得以重建百年前的都市樣貌。這些新興資料突破了傳統統計的時空限制，過去我們只能掌握縣市層級、每年一次的經濟數據，現在則能觀察到街區層級、每日更新的細微變化。當然，這些新工具並非萬能。衛星影像會受雲層遮蔽，手機資料涉及隱私爭議且取得不易，歷史文獻的數位化也耗費大量人力。更根本的挑戰在於：再多的資料也無法自動回答問題。經濟学的核心價值始終是因果推論。我們需要嚴謹的研究設計，才能從海量資訊中找出真正的因果關係，而非僅止於描述相關性。展望未來，地理資料的應用空間還很大。衛星解析度會更高、手機資料會更普及、機器學習會讓歷史文獻數位化更有效率。但技術進步本身不是目的。真正重要的是跨領域合作：經濟學家必須與遙測專家學習如何正確使用衛星資料，與資料科學家合作處理大規模數據，與歷史學家一起解讀百年前的文獻脈絡。在這個過程中，經濟學不會失去自己的特色，我們仍然關注因果推論、政策評估、理論建構，但研究的工具箱會更豐富，能回答的問題也會更多元。這或許不只是方法的創新，而是經濟學理解空間與時間的視角轉變。

## 參考文獻

- Abramitzky, R., Boustan, L. P., & Storeygard, A. (2025). New data and insights in regional and urban economics. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 6. Forthcoming.
- Bleakley, H., & Lin, J. (2012). Portage and path dependence. *Quarterly Journal of Economics*, 127(2): 587-644.
- Chen, K.-P., Yang, J.-C., & Yang, T.-T. (2022). Demand for transportation and spatial pattern of economic activity during the pandemic. *Journal of Urban Economics*, 127: 103426.
- Chen, X., & Nordhaus, W. D. (2011). Using luminosity data as a proxy for economic statistics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21): 8589-8594.
- Combes, P.-P., Gobillon, L., & Zylberberg, Y. (2022). Urban economics in a historical perspective: Recovering data with machine learning. *Regional Science and Urban Economics*, 94: 103711.
- Donaldson, D., & Storeygard, A. (2016). The view from above: Applications of satellite data in economics. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4): 171-198.
- Henderson, J. V., Storeygard, A., & Weil, D. N. (2012). Measuring economic growth from outer space. *American Economic Review*, 102(2): 994-1028.