

寬頻網路基礎建設與經濟成長： OECD 國家的經驗與實證

楊子菡、黃彥儒*

摘 要

近年來由於行動裝置的普遍使用和數位科技蓬勃發展，不但造成經濟結構的大幅改變，更為經濟成長帶來新的動能。而此經濟新動能的實現，則有賴寬頻網路基礎建設的布建，提供低成本、高覆蓋率和快捷的連網服務，大幅降低資訊收集、溝通與決策的成本，因而促進經濟進一步的成長。本研究建立實證模型，以經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 國家為例，探討寬頻網路建設對經濟成長的影響。我們發現，過去文獻探討寬頻網路的經濟成長效果時，忽略行動寬頻和固網寬頻二個市場的互動關係，不但使效果的估計發生偏誤，亦忽略了寬頻網絡發展過程中，行動寬頻已成為驅動整體寬頻網路發展的主要動力。本文彌補此一缺失，重行估計經濟效果，並探討行動與固網寬頻市場的互動關係。發現行動寬頻市場與固網寬頻市場在需求面有顯著的相互拉抬效果，顯示二者在需求面的互補。但在供給面則出現行動寬頻推升固網寬頻供給，但固網寬頻使用率的提升並無益於行動寬頻擴充的不對稱的現象。

關鍵詞：寬頻普及率、行動通訊、網路基礎建設、數位經濟
JEL分類代號：L86, O18, O33

* 兩位作者分別為聯繫作者：楊子菡，國立臺北大學財政學系教授，237303 新北市三峽區大學路 151 號，電話：02-86741111 轉 67399，E-mail: tmyang@gm.ntpu.edu.tw；黃彥儒，國立臺北大學財政學系碩士，237303 新北市三峽區大學路 151 號，E-mail: jpndrama@gmail.com。作者誠摯感謝兩位匿名審查委員與主編的指正及寶貴意見，文中如有任何疏漏為作者之責。

投稿日期：112 年 3 月 20 日；修訂日期：112 年 5 月 31 日；
接受日期：113 年 1 月 26 日。

經濟研究 (Taipei Economic Inquiry), 60:2 (2024), 137-173。
臺北大學經濟學系出版

1. 緒論

近年來，在觸控螢幕技術普遍應用和連網速度大幅提升下，人們對手機的依賴日漸加深，已成為日常生活必備，須臾不可離身的重要用品。只要在電信業者提供網路服務的地區，就能不受時空限制，使用手機蒐集必要的資訊，即時做出決策、傳遞訊息和完成交易與支付，不但顯著降低交易成本，同時也提高決策品質。

智慧型手機上網的便利與消費者的廣泛使用，更帶動手機應用軟體 (mobile app) 和線上平台的快速發展，為社群軟體及電子支付業者帶來龐大商機，也開啟行動經濟與共享經濟的新紀元，進而引發產業發展結構性的變遷。聯合國貿易發展委員會 (UNCTAD, 2019) 發布的「2019 年數位經濟報告」比較 2009 年和 2018 年全球市值前 20 大的企業，依產業別分類，2009 年有 7 家為油氣業與礦業（市值占比 35% 最高），3 家為金融服務業（市值占比 18% 次之）、3 家為科技業與消費者服務業（市值占比 16% 居第三）。但到了 2018 年，入榜市值前 20 大的企業類型，呈現科技業竄起、油氣業與礦業式微的變化。科技業及消費者服務業家數提升為 8 家（市值占比 56% 最高），金融服務業 7 家（市值占比 27% 次之）、油氣業與礦業僅 2 家（市值占比 7% 居第三），其中包括了 2009 年時遠在百名以外的四家企業—亞馬遜 (Amazon)、臉書 (Facebook)、阿里巴巴及騰訊。亦即在這十年間，隨著網路使用日趨便捷與行動通訊的普遍應用，凝聚眾多參與者，投入數位內容的創造、交流和使用，形成豐沛的數位商機，使得這些以提供數位服務為主的科技公司得以趁勢而起，吸引大量投資，提升企業規模，並創造出新的商業模式，影響力無遠弗屆。

促成數位科技業的蓬勃發展與手機上網需求大增的核心基礎要件，除了上述數位內容與數位服務的供應之外，莫過於價廉且穩定快速的網路傳輸和高覆蓋率的網路服務，使資通產品的使用者無須

花費可觀的時間成本與金錢成本，就能隨時隨地高速連網，迅速上傳和下載大量資訊，因而能夠在訊息充分和即時溝通聯繫下，做出決策、完成交易或享受影音服務。成本的低廉與相對應效益的提高，增加了上網需求，進而帶動供給，達到促進生產與消費的效果。¹ 而網路傳輸速度的加快和網路覆蓋率的擴充，則有賴於寬頻網路基礎建設的布建，使連網便利性和穩定性大幅提高，連網成本同步降低，帶動企業與消費者的普遍使用，進而實現促進經濟成長的目標。Vu (2011) 指出，資通訊科技的普遍應用，將可透過以下三個管道提高經濟成長率。其一，資訊傳輸速度加快，可強化技術擴散和創新；其二，取得資訊的速度加快和成本降低，可提升企業與家庭的決策品質；其三，傳輸速度加快可誘發新的需求。上述三者在技術創新、成本降低和刺激需求的效果，均有賴於快捷的網路傳輸服務始得以達成。

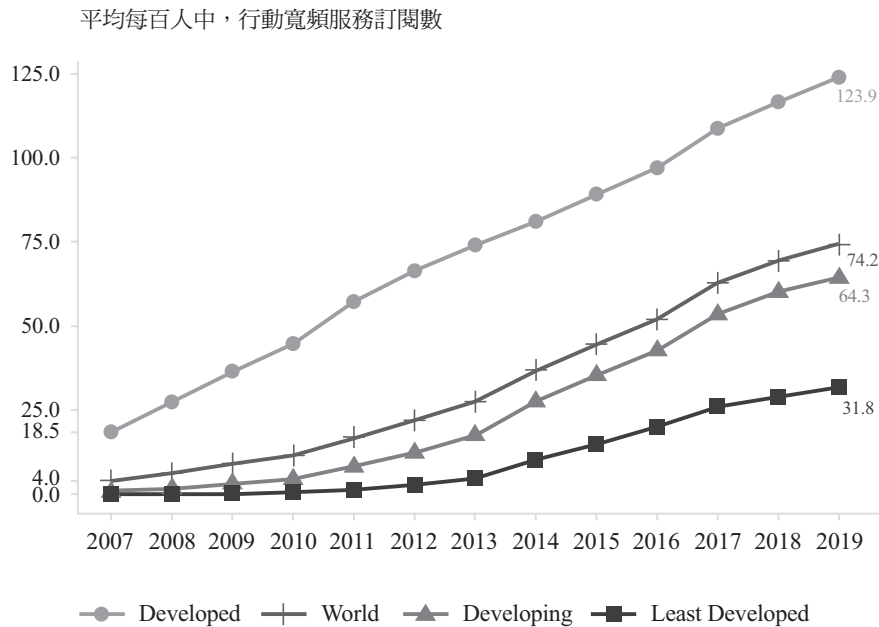
寬頻網路服務依連結的方式，可分為固網寬頻服務 (fixed broadband service) 和行動寬頻服務 (mobile broadband service) 兩類。固網寬頻服務發展較早，但行動寬頻服務因搭配行動裝置的快速發展，普及率後來居上，影響更為深遠。行動寬頻普及率 (mobile broadband penetration) 是指手機用戶中，有訂閱電信商提供的數據服務，以行動裝置 (mobile device) 無線上網的戶數占總人口的比重。而固網寬頻普及率 (fixed broadband penetration) 則是指透過有線電視數據機、數位用戶迴路 (digital subscriber line, DSL)、光纖到戶和其他地面固定寬頻設施訂閱連網服務的用戶數占總人口數的比重。² 根據國際電信聯盟 (International Telecommunication Union, ITU) 的統計，³ 如圖 1 所示，近十多年來，全球行動寬頻普及率

¹ UNCTAD (2019) 亦認為，提供一般民眾負擔得起的穩定網路傳輸 (affordable and reliable connectivity) 與隨處可及 (readiness to use) 的網路連結，是一國企業和消費者可從數位化過程受益的基礎要件。

² 寬頻指標定義引自國家通訊傳播委員會，
https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/20121/5203_45452_201217_1.pdf。

³ 詳見 <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>。

由 2007 年的 4%，快速上升至 2017 年的 62.8%，2019 年再度提升至 74.2% 的水準，13 年內增加 18.6 倍。其中，已開發國家的普及率，由 2007 年的 19%，在 2017 年突破 100%，且在 2019 年時達到 124%。開發中國家的普及率，則由 2007 年的 1%，在 2017 年時突破 50%，且在 2019 年時達到 64%。低度開發國家 (least developed countries, LDCs) 的普及率則從 2007 年的付之闕如 (0.0%)、2009 年的 0.1%，至 2019 年達到 31.8%，增加倍數雖高，但年成長速度仍低於其他國家。



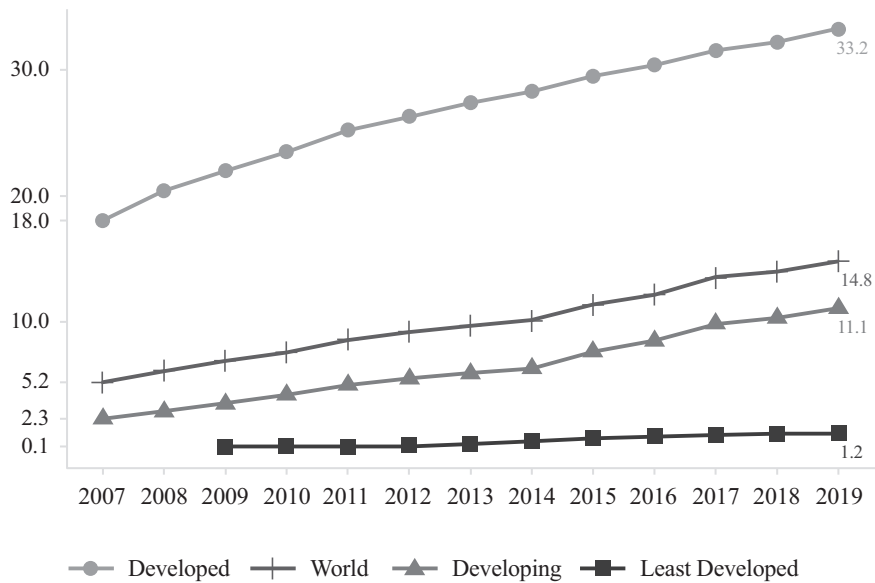
資料來源：ITU Statistics。

圖 1 行動寬頻普及率變化趨勢

固網寬頻普及率的規模及上升幅度則較緩和，如圖 2 所示，全球普及率從 2007 年的 5.2% 上升至 2019 年的 14.8%，13 年內增加

約僅 3 倍。其中已開發國家從 2007 年的 18.0%，在 2019 年達到 33.2%；開發中國家則由 2.3% 提升為 11.1%。低度開發國家則由 2009 年的 0.1% 上升至 2019 年的 1.2%。⁴ UNCTAD (2019) 認為低度開發國家網路普及率成長的緩慢，部分原因來自部分人口仍然負擔不起基本的網路服務費用與連網的設備。顯示寬頻普及率不但有促進經濟成長的效果，其本身水準亦受國民所得與國家經濟發展程度的影響。

平均每百人中，固網寬頻服務訂閱數



資料來源：ITU Statistics。

圖 2 固網寬頻普及率變化趨勢

⁴ 低度開發國家 2007 年至 2008 年之固網寬頻普及率無資料。

2. 文獻回顧

資通訊設備的普遍使用和連網速度的提升，不但創造新的商機，也改變既有生產、交易和消費的模式，進而提高經濟成長的動力。與此同時，一國數位基礎設施的發展也與所得水準密切相關。因此，要正確評估數位基礎建設如何影響經濟發展，必須考量二者彼此間雙向影響的互動關係。

為解決此種因二者具備反饋效果 (feedback effect) 而產生的內生性問題，文獻上多以單一方程式採用工具變數法 (instrument variable approach)，以工具變數替代具有內生性的解釋變數來解決係數估計的偏誤；或以聯立方程式模型 (simultaneous equations model)，將具有雙向相互影響的經濟關係，以多條方程式完整表達，同時納入模型體系聯立求解，除可解決內生性問題，亦可求得變數間同時存在之多面向經濟關係的係數。採用工具變數法的文獻，如 Czernich et al. (2011) 以總合生產函數估計比較 OECD 國家在寬頻網路的建置前後和普及率提升對經濟成長的影響，得出顯著且正向的影響。並確認寬頻通訊的經濟成長效果是來自使用者擴增的網路外部性 (network externality)，而非少量使用者高頻率高流量的使用。後續學者以工具變數法探討相關議題時，多以 Czernich et al. (2011) 為雛形，加以修正擴充。例如 Edquist et al. (2018) 探討行動寬頻對經濟成長的效果。Kongaut and Bohlin (2017) 和 Edquist (2022) 分別探討寬頻網速 (broadband speed) 對經濟成長和勞動生產力之影響。Aldashev and Batkeyev (2021) 則關注開發中國家因城鄉差距所形成的數位落差 (digital divide) 問題。Czernich (2014) 進一步將研究議題轉向失業率，發現提高固網寬頻普及率，對降低失業率的直接效果並不顯著。但寬頻網路的普遍使用仍可透過如提升職位配對 (job matching) 效率等管道，對勞動市場產生正面效益。此外，Bertschek et al. (2013) 以廠商問卷資料，探討固網寬頻的使用在製程創新、產

品創新和勞動生產力上的影響，發現對製程和產品創新有顯著且正向的效果，對勞動生產力的影響則不顯著。

採用聯立方程式模型的文獻則以 Rölller and Waverman (2001) 的影響最為深遠。Rölller and Waverman (2001) 估計電信基礎建設對國內生產毛額 (gross domestic product, GDP) 影響，建立涵蓋總合生產函數、通訊服務需求、通訊服務供給與通訊部門產出的聯立方程式組合，並以電信通話普及率作為通訊基礎建設的代表變數。⁵ 此模型除可修正內生性偏誤，並因納入通訊市場的供需與產出成長的考量，更完整的呈現透過電信用戶的擴充，帶動經濟成長的意涵，因而為後續相關實證研究所普遍採用。例如 Koutroumpis (2009) 採用此模型架構探討 22 個 OECD 國家的寬頻普及率對經濟成長的影響，發現前者對後者不但有顯著的正向效果，且在高所得國家效果更大。Lehr et al. (2006) 沿用此模型亦發現寬頻普及率對美國經濟成長有顯著正向的衝擊。Gruber and Koutroumpis (2011) 則以此模型檢定 192 個國家的行動通訊對經濟成長的影響，同樣發現正向的顯著效果，以及在高普及率國家（通常亦為高所得國家）效果更大。Katz and Callorda (2018, 2019, 2020) 和 ITU (2019) 亦採用此模型架構，對不同區域與期間的寬頻網路效果進行評估。其中，Katz and Callorda (2018) 對行動寬頻和固網寬頻普及率對人均 GDP 之影響進行估計，研究結果顯示，固網寬頻普及率對經濟成長僅在高所得國家有顯著的正向效果，而在中所得和低所得國家均不顯著。反之，行動寬頻普及率的經濟成長效果僅在中、低所得國家有顯著正向效果。反映固網寬頻可能有門檻效果，需達到一定所得水準才能發揮促進成長的效益。而行動寬頻可能存在飽和效果，超過一定普及程度後，促進成長的效果會出現減緩。ITU (2019) 以美洲 18 國為研究對象，觀察北美洲國家和中南美洲國家之間，基於所得水準的差距，是否呈現開發中國家的行動寬頻普及率效果大於已開發國家的

⁵ 模型建構之詳細內容請參閱 Rölller and Waverman (2001)。

現象。結果發現若將美國與加拿大排除，行動寬頻的促進經濟成長效果將可提高 0.5 個百分點。ITU (2019) 認為開發中國家固網寬頻普及率低，多數人民只能申辦行動寬頻服務，與已開發國家民眾可選擇固網與行動寬頻服務不同，可能是造成二者效果差距的原因。

目前有關寬頻網路的經濟成長效果實證文獻中，對固網寬頻和行動寬頻的效果均以分開各別評估的方式進行研究。ITU (2019) 雖提及固網寬頻的普及與否，可能是造成已開發國家和開發中國家行動寬頻經濟效果差異的原因，但並未進行驗證。近年由於數位經濟快速發展，各國積極投入寬頻網路建設，固網寬頻與行動寬頻建設二者應孰重孰輕？二者間的互動關係又為何？成為公共投資政策及經濟發展策略上必須思考之議題。

本研究彌補文獻上的此一缺口，修正擴充 Katz and Callorda (2018) 的模型架構，將固網寬頻與行動寬頻的互動關係納入考量，重新檢定寬頻網路建設與經濟成長的關聯效果，並驗證固網寬頻和行動寬頻間的互動模式，俾能更完整的展現寬頻建設與經濟成長的關係網絡，並研判未考慮此互動關係可能造成的差異及原因。

3. 模型設計

本研究的實證模型，係參酌 Katz and Callorda (2018) 所採用 Rölller and Waverman (2001) 的聯立模型架構，擴充納入行動寬頻和固網寬頻市場的互動關係之考量，透過對兩市場不同連結程度的設計，從原有的 4 條方程式聯立模組，擴充為 7 條方程式。以下先說明 Katz and Callorda (2018) 的原始模型，再說明本研究之修正擴充模型。

Katz and Callorda (2018) 將行動寬頻服務和固網寬頻服務視為兩個不同的市場，使用相同的模型架構分別評估二者個別的經濟效果。以行動寬頻為例，其聯立方程式共包括 4 條方程式。

3.1 聯立方程式模型架構（以行動寬頻為例）

（一）總合生產函數

$$\ln GDPPC_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_1 K_{it} + \alpha_2 L_{it} + \alpha_3 Edu_{it} + \alpha_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^1 \quad (1)$$

總合生產函數的被解釋變數為以購買力平價衡量的人均 GDP (*GDPPC*)，解釋變數包括固定資本形成占 GDP 的比率 (*K*)、勞動力占總人口的比率 (*L*)、以教育水準作為人力資本的調整項 (*Edu*) 和行動寬頻普及率 (*Mbbd_Pen*)。

（二）行動寬頻需求函數

$$Mbbd_Pen_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 Rural_{it} + \beta_2 Mbbd_Price_{it} + \beta_3 \ln GDPPC_{it} + \beta_4 HHI_Mbbd_{it} + \varepsilon_{it}^2 \quad (2)$$

行動寬頻需求函數的被解釋變數為行動寬頻普及率，解釋變數包括鄉村人口占總人口的比率 (*Rural*)、行動寬頻服務單價 (*Mbbd_Price*)、人均 GDP (*GDPPC*)、行動寬頻服務產業集中度 (*HHI_Mbbd*)。

（三）行動寬頻服務供給函數

$$\ln Mbbd_Rev_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_1 \ln Mbbd_Price_{it} + \gamma_2 \ln GDPPC_{it} + \gamma_3 HHI_Mbbd_{it} + \varepsilon_{it}^3 \quad (3)$$

行動寬頻供給函數的被解釋變數為行動寬頻服務收入總額 (*Mbbd_Rev*)，解釋變數包括行動寬頻服務單價 (*Mbbd_Price*)、人均 GDP (*GDPPC*)、行動寬頻服務產業集中度 (*HHI_Mbbd*)。

(四) 行動寬頻基礎建設產出函數

$$\Delta Mbbd_Pen_{it} = \theta_{0i} + \theta_1 \ln Mbbd_Rev_{it} + \varepsilon_{it}^4 \quad (4)$$

行動寬頻基礎建設產出函數的被解釋變數為當年度行動寬頻普及率與前一年度的差額 ($\Delta Mbbd_Pen$)，解釋變數為行動寬頻服務收入總額 ($Mbbd_Rev$)。

此模型架構固然處理了寬頻普及率與經濟成長率之間具有內生性的互動關係，但將行動寬頻與固網寬頻的成長效果分開評估，忽略二者間可能存在相互依存的連動關係，因此本研究除修正模型變數外，另將模型中的 (2) 式、(3) 式與 (4) 式分三階段加以擴充。

首先建立未擴充的原始模型作為比較基準 (baseline)，第一階段的擴充，維持原有的四條方程式架構，個別估計行動寬頻與固網寬頻市場的經濟成長效果，但在寬頻需求函數、供給函數和產出函數中納入對方寬頻普及率為解釋變數。亦即將兩種寬頻市場仍舊分別看待，分別估計，僅在部分方程式的解釋變數中考量對方寬頻的可能影響。第二階段則將兩個寬頻市場的需求、供給和產出函數同時納入聯立方程式體系，形成涵蓋兩個相互影響的寬頻市場的七條方程式聯立體系，但在總合生產函數 ((1) 式)，僅包含單一的寬頻普及率，透過充分考慮兩個寬頻市場互動的情境下，建立兩組聯立模型，分別估計行動寬頻和固網寬頻的經濟成長效果。第三階段除維持與第二階段相同的七條方程式聯立體系外，在總合生產函數方程式中同時納入行動和固網寬頻普及率，成為完整涵蓋兩個寬頻市場的單一經濟成長模型。謹將第三階段的完整模型臚列如下。

3.2 擴充後的聯立方程式模型架構

(一) 總合生產函數

$$\ln GDPPC_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_1 \ln K_{it} + \alpha_2 L_{it} + \alpha_3 Edu_{it} + \alpha_4 Mbbd_Pen_{it} + \alpha_5 Fxbd_Pen_{it} + \alpha_6 Mbbd_Pen_{it} \times Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^5 \quad (5)$$

相較於 Katz and Callorda (2018) 僅包含行動寬頻或固網寬頻普及率，我們將二者同時納入方程式，並加入二者的交互項，且將資本 (K) 從原本的資本形成（亦即當年度的投資）占 GDP 的百分比，改為人均資本存量，以符合總合生產函數之投入產出關係。

(二) 行動寬頻與固網寬頻需求函數

$$Mbbd_Pen_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 Rural + \beta_2 \frac{Mob_Price_{it}}{N_GDPPC_{it}} + \beta_3 \ln GDPPC_{it} + \beta_4 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^6 \quad (6a)$$

$$Fxbd_Pen_{it} = \pi_{0i} + \pi_1 Rural + \pi_2 \frac{Fxbd_Price_{it}}{N_GDPPC_{it}} + \pi_3 \ln GDPPC_{it} + \pi_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^7 \quad (6b)$$

本方程式中，我們加入寬頻資費負擔率，亦即寬頻使用費占平均每人所得的比重（ $(Mob_Price_{it}/N_GDPPC_{it})$ 或 $(Fxbd_Price_{it}/N_GDPPC_{it})$ ）為解釋變數，以反映各國使用者的負擔能力。並將另一寬頻市場的普及率納入方程式，觀察兩個寬頻市場需求面的互動關係。

(三) 行動寬頻與固網寬頻供給函數

$$\ln Mob_Rev_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_1 \frac{Mob_Price_{it}}{N_GDPPC_{it}} + \gamma_2 \ln GDPPC_{it} + \gamma_3 \ln HHI_Mob_{it} + \gamma_4 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^8 \quad (7a)$$

$$\ln Fxbd_Rev_{it} = \omega_{0i} + \omega_1 \frac{Fxbd_Price_{it}}{N_GDPPC_{it}} + \omega_2 \ln GDPPC_{it} + \omega_3 \ln HHI_Fxbd_{it} + \omega_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^9 \quad (7b)$$

在此式中，我們增加資費負擔率和另一寬頻市場普及率（ $Fxbd_Pen_{it}$ 或 $Mbbd_Pen_{it}$ ）為解釋變數，觀察資費負擔的供給面效果和另一寬頻市場普及率對市場營收的影響。同時控制每人 GDP 和以賀芬達指數 (Herfindahl-Hirschman index, HHI) 衡量的寬頻市場集中度。

（四）行動寬頻與固網寬頻基礎建設產出函數

$$\Delta Mbbd_Pen_{it} = \theta_{0i} + \theta_1 \ln Mob_Rev_{it} + \theta_2 Mbbd_Pen_{it} + \theta_3 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{10} \quad (8a)$$

$$\Delta Fxbd_Pen_{it} = \chi_{0i} + \chi_1 \ln Fxbd_Rev_{it} + \chi_2 Fxbd_Pen_{it} + \chi_3 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{11} \quad (8b)$$

除了原有的營收變動效果 ($\ln Mob_Rev_{it}$ 或 $\ln Fxbd_Rev_{it}$) 外，我們增列兩個寬頻市場的普及率作為解釋變數，觀察當期普及率的水準是否影響普及率增加的幅度。變數說明與資料來源彙整於表 1。

表 1 變數彙整表

變數名稱	說明	資料來源
人均實質 GDP (GDPPC)	以購買力平價 (PPP) 衡量的人均實質 GDP。	OECD Statistic。
人均名目 GDP (N_GDPPC)	人均名目 GDP。	World Bank Databank。
人均資本存量 (K)	公部門與私部門資本存量加總，除以各國人口數。	IMF Investment and Capital Stock Database。
勞動力占人口比例 (L)	一國勞動力占全國總人口的比例。	OECD Statistic, World Bank Open Data。
平均受教育年數 (Edu)	25 歲以上人口的平均受教育年數。	Human Development Data Center, United Nations。

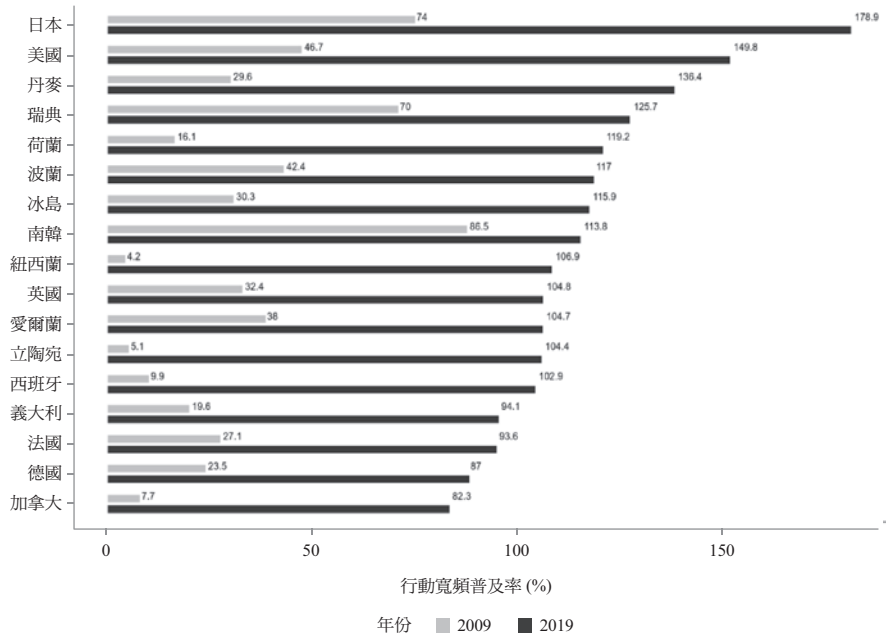
表 1 變數彙整表（續前頁）

變數名稱	說明	資料來源
鄉村人口占比 (<i>Rural</i>)	鄉村人口占全國總人口的比例。	World Bank Open Data。
行動寬頻普及率 (<i>Mbbd_Pen</i>)	每百人中的行動寬頻服務訂閱戶數。	OECD Data, ITU Statistics, IDATE DigiWorld, Ofcom, Commerce Commission New Zealand, Canadian Radio-Television and Telecommunications Commission。
手機服務全年收入 (<i>Mob_Rev</i>)	電信市場全年手機服務收入。	詳附表 1。
手機服務訂閱費用 (<i>Mob_Price</i>)	手機服務訂閱戶平均每戶每月支付的手機服務費用。	詳附表 1。
手機服務費的所得負擔率 (<i>Mob_Price/N_GDPPC</i>)	手機服務訂閱戶平均每戶全年支付的手機服務費用，占人均名目 GDP 的比重。	World Bank Databank 及附表 1。
固網寬頻普及率 (<i>Fxbd_Pen</i>)	每百人中的固網寬頻服務訂閱戶數。	OECD Data, ITU Statistics。
固網寬頻服務全年收入 (<i>Fxbd_Rev</i>)	電信市場全年固網寬頻服務收入。	詳附表 1。
固網寬頻服務平均每月訂閱費 (<i>Fxbd_Price</i>)	固網寬頻服務訂閱戶平均每戶每月支付的固網寬頻服務費用。	OECD Data, ITU Statistics 及附表 1。
固網寬頻服務費的所得負擔率 (<i>Fxbd_Price/N_GDPPC</i>)	固網寬頻服務訂閱戶平均每戶全年支付的固網寬頻服務費用，占人均名目 GDP 的比重。	World Bank Databank 及附表 1。
手機服務產業集中度指數 (<i>HHI_Mob</i>)	計算方式為 $\sum_{i=1}^N s_i^2$ ，以各廠商市占率 (s%) 中 s 的平方加總，衡量產業集中度。數值愈大，集中度愈高。 $0 < HHI \leq 10,000$ 。	詳附表 1。
固網寬頻服務產業集中度指數 (<i>HHI_Fxbd</i>)	計算方式為 $\sum_{i=1}^N s_i^2$ ，以各廠商市占率 (s%) 中 s 的平方加總，衡量產業集中度。數值愈大，集中度愈高。 $0 < HHI \leq 10,000$ 。	詳附表 1。

4. 資料處理

本研究以涵蓋寬頻網路發展不同階段的 OECD 國家為對象，研析寬頻普及率對經濟成長的影響。OECD 組織於 1961 年成立，20 個創始會員國均為世界銀行定義之高所得經濟體 (high-income economies)，因此獲得「富國俱樂部」(Rich Countries Club) 之稱號。1990 年代中期起，成員國逐漸擴展，納入拉丁美洲和東歐中所得國家，淡化其富國色彩，至 2021 年已有 38 個成員國，但仍以歐美國家為主，亞洲國家中，僅包含日本和南韓。由於 OECD 成員涵蓋不同地域、經濟發展階段和數位發展程度的國家，可據以觀察不同數位發展階段中，寬頻網路普及率和所得水準間的互動關係。但由於各國電信市場開放程度不同，電信相關資訊，特別是寬頻網路服務費收入、使用者每月平均寬頻連網費用，以及電信市場集中度等資訊揭露程度亦不盡相同，因此最終選定資訊完整的 17 個國家在 2009 年至 2019 年的 11 年間的表現為樣本。這 17 國包括七大工業國 (G7) 的美國、英國、法國、德國、義大利、加拿大和日本；歐洲先進國家的丹麥、瑞典、冰島、西班牙、荷蘭、愛爾蘭；前蘇聯成員，為轉型經濟體 (transition economies) 的波蘭和立陶宛；以及位處亞太的南韓和紐西蘭。其行動寬頻普及率在 2009 年（研究期間起始年）與 2019 年（研究期間結束年）間的變化如圖 3。

圖 3 顯示各國的行動寬頻普及率在 11 年間都有顯著的增長。2009 年普及率最低僅 4.2% 的紐西蘭，在 2019 年已突破 100%，達到 106.9% 的高水準。次低的立陶宛也從 5.1% 上升至 104.4%。2019 年普及率最低的加拿大也達到 82.3% 的水準。17 個國家的平均普及率從 2009 年的 33.1% 提升至 2019 年的 114.0%，增加幅度達 2.5 倍，成長速度相當驚人。（詳表 2a、表 2b）



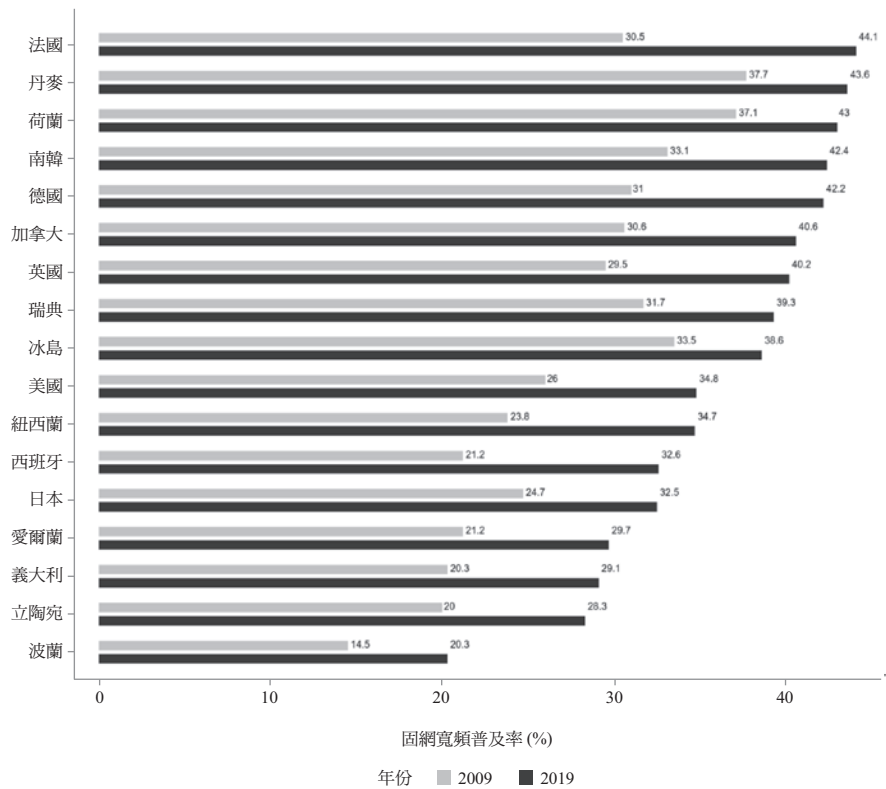
資料來源：整理自 OECD data, ITU statistics, IDATE DigiWorld, Canadian Radio-television and Telecommunications Commission。

圖 3 OECD 17 國 2009 年和 2019 年行動寬頻普及率

固網寬頻普及率在這 11 年間也有成長，但成長幅度遠遜行動寬頻。如圖 4 所示，2009 年普及率最低者為波蘭僅 14.5%，2019 年增加至 20.3%。2009 年普及率最高者為丹麥 (37.7%)，2019 年增長為 43.6%。17 國的平均普及率從 2009 年的 27.4% 增加為 2019 年的 36.2%，成長率為 32%。（詳表 2a、表 2b）

表 2a 和表 2b 提供實證模型各變數 2009 年和 2019 年的敘述統計，其中人均實質 GDP 平均值從 39,456 美元上升至 47,528 美元，增加 20.5%。標準差同步提升，顯示各國所得水準提升的同時，國別間的差距亦隨之擴大。人均資本存量、勞動力占比和平均受教育年數則僅有小幅提升。最值得注意的是，手機服務（含行動寬頻服務）平均每月訂閱費用和固網寬頻平均每月訂閱費用從 2009 年的

31.4 美元和 38.04 美元，2019 年降低至 19.38 美元和 32.86 美元。不但絕對金額降低，占平均每人所得比重的降幅更大，僅需實際負擔約一半的費用，即可享有寬頻上網的便利。⁶



資料來源：同圖 3。

圖 4 OECD 17 國 2009 年和 2019 年固網寬頻普及率

⁶ 因無法取得各國行動寬頻使用服務費資料，本文的實證研究以手機服務費作為行動寬頻網路服務費的代理變數。根據張奇等 (2016) 的調查，隨著智慧型行動電話的普及和行動網路連線的成長，各國行動通訊業者的資費方案設計，轉向按數據用量高低收取行動電話月租費。行動電話月租費與行動寬頻使用費之間有密切的連動關係。

表 2a 敘述統計表——OECD 17 國（2009 年）

變數名稱	平均值	標準差	最小值	最大值
人均 GDP（實質） （美元，以 2015 年為基期）	39,456.03	8,812.37	21,629.51	51,916.91
人均 GDP（名目）（美元）	37,820.68	13,503.31	11,525.90	58,163.64
人均資本存量（美元）	106,526.13	42,078.62	22,012.63	163,622.18
勞動力占總人口比例（%）	50.30	3.80	41.64	56.26
平均受教育年數	11.75	1.21	9.3	13.7
鄉村人口占總人口比例（%）	21.04	9.53	6.49	39.00
行動寬頻普及率（%）	33.11	24.50	4.17	86.51
手機服務全年收入 （百萬美元）	23,973.25	37,598.46	124.90	152,551.85
手機服務平均每月訂閱費用 （美元）	31.40	12.59	9.84	51.46
手機服務費所得負擔率（%）	1.03	0.30	0.58	1.64
固網寬頻普及率（%）	27.44	6.60	14.45	37.67
固網寬頻服務全年收入 （百萬美元）	7,301.97	10,177.70	57.02	32,867.10
固網寬頻服務平均每月訂閱 費用（美元）	38.04	16.85	15.11	78.41
固網寬頻服務費所得負擔率 （%）	1.27	0.45	0.68	2.28
手機服務產業集中度 （HHI 值）	3,324.82	508.98	2,326.10	4,102.98
固網寬頻服務產業集中度 （HHI 值）	2,963.44	1,128.31	1,201.94	5,008.62
行動寬頻普及率變動值（當 年度減去前一年度的差額）	9.73	9.71	0.65	37.94
固網寬頻普及率變動值（當 年度減去前一年度的差額）	1.72	1.03	0.15	3.97

資料來源：詳表 1。

表 2b 敘述統計表——OECD 17 國（2009 年）

變數名稱	平均值	標準差	最小值	最大值
人均 GDP（實質） （美元，以 2015 年為基期）	47,528.30	12,074.48	31,717.59	83,873.90
人均 GDP（名目）（美元）	45,208.09	17,060.92	15,700.01	80,927.07
人均資本存量（美元）	112,837.76	39,712.79	27,205.88	155,891.55
勞動力占總人口比例（%）	51.33	4.20	43.02	57.78
平均受教育年數	12.52	1.00	10.3	14.2
鄉村人口占總人口比例（%）	19.44	9.91	6.15	39.96
行動寬頻普及率（%）	113.97	23.92	82.31	178.90
手機服務全年收入 （百萬美元）	22,444.58	45,437.65	119.72	187,361.98
手機服務平均每月訂閱費用 （美元）	19.38	8.34	5.71	35.87
手機服務費所得 負擔率（%）	0.53	0.19	0.33	0.93
固網寬頻普及率（%）	36.24	6.74	20.32	44.12
固網寬頻服務全年收入 （百萬美元）	9,363.52	17,081.13	100.46	71,500.00
固網寬頻服務平均每月訂閱 費用（美元）	32.86	13.62	10.57	61.87
固網寬頻服務費所得負擔率 （%）	0.89	0.26	0.47	1.34
手機服務產業集中度 （HHI 值）	2,856.37	506.76	1,970.39	3,776.81
固網寬頻服務產業集中度 （HHI 值）	2,597.15	983.93	1,237.60	4,336.32
行動寬頻普及率變動值（當 年度減去前一年度的差額）	4.00	3.24	-3.28	10.12
固網寬頻普及率變動值（當 年度減去前一年度的差額）	0.50	0.54	-0.51	1.65

資料來源：詳表 1。

5. 實證結果

依據上述的三階段模型設計，我們將固網寬頻與行動寬頻市場的互動關係，透過不同的連結程度，設計出四組模型，以固定效果模型和三階段最小平方法 (three-stage least squares, 3SLS) 進行估計。試說明如下：

模型 1：為未考慮兩個寬頻市場互動關係之基準模型。總合生產函數只考慮行動（固網）寬頻普及率對每人 GDP 的影響，寬頻市場需求、供給和產出函數也僅考慮個別市場本身的供需和產出關係，未將另一市場納入考量。此模型將兩個寬頻市場視為分隔的市場，此設定方式，大致與 Katz and Callorda (2018, 2020) 和 ITU (2019) 相同。做為後續模型分析的比較基準。

模型 2：總合生產函數只考慮行動（或固網）寬頻普及率對每人 GDP 的影響，寬頻市場的供給、需求和產出函數除考慮該市場本身的供需生產關係，也將另一市場的普及率納入解釋變數一併考量。仍為包含四條方程式的聯立方程式組合。

模型 3：總合生產函數只考慮行動（固網）寬頻普及率對每人 GDP 的影響，並將兩個市場的供給需求和產出成長關係一併考慮進來，完整考量兩個市場的相互回饋效果，形成 7 條方程式的聯立體系。

模型 4：總合生產函數同時納入行動寬頻普及率、固網寬頻普及率和二者的交互項 (interaction term)，藉此觀察兩個普及率在經濟成長效果上的互動關係，並將兩個市場的供給需求和產出成長關係併同考慮，形成 7 條方程式的聯立體系。

在模型 3 和模型 4 求解過程中，發現行動寬頻與固網寬頻普及率具有密切的連動關係，二者既相互影響，又同時受到其他變數的影響，導致總合生產函數和寬頻市場需求函數發生高度複合共線性 (highly compound collinearity)，出現係數標準差變大或數值偏誤的

現象。為改善此問題，我們將行動寬頻普及率和固網寬頻普及率二者的連動關係納入控制，亦即在模型 3 和模型 4 新增下列方程式，以提高聯立方程式體系的穩定性：

$$Fxbd_Pen_{it} = \delta_{0i} + \delta_{1i}t + \delta_2 Mbbd_Pen_{it}, \quad (9)$$

其中 t 為逐年遞增的時間趨勢值 ($t = 1, \dots, 11$)。本方程式將各國寬頻普及率成長趨勢的不同 ($\delta_{1i}t$) 納入考量，並建立兩個寬頻普及率的連動關係 ($\delta_2 Mbbd_Pen_{it}$)。此舉使得模型 3 和模型 4 成為 8 條方程式所組成的聯立體系。⁷

由於本文所使用的資料涵蓋總體面的變數，在進行迴歸分析之前，我們先對各變數進行單根檢定。確認各變數是否為定態變數。如果有非定態變數，則進一步檢定是否為趨勢定態 (trend stationary)，並確認其整合階次 (order of integration)。對於方程式中應變數為非定態，且自變數包含非定態變數者，則進行共整合檢定，確保沒有假性迴歸的問題。檢定結果發現上述 (1) 式總合生產函數之應變數 $\ln GDP_{PC}$ (每人實質 GDP) 與自變數 $\ln K$ (人均資本存量) 和 L (勞動力占人口比) 為趨勢定態變數 (trend stationary variables) 且為一階整合 (first order of integration, I(1))。此外，(3) 式行動寬頻供給面函數中的應變數 $\ln Mob_Rev$ (手機服務全年收入) 與自變數 $\ln HHI_Mob$ (手機服務產業集中度指數) 亦為趨勢定態與一階整合的變數。接著再對這兩條方程式的非定態變數進行共整合檢定，確認兩方程式的非定態變數間具有共整合關係，可依原方程式型態進行迴歸分析。⁸

⁷ (5) 式的性質為預測關係式 (predictive relationship equation) 與聯立模型中其他方程式為因果關係式 (causal relationship equations) 不同。納入 (5) 式的主要目的，是將行動寬頻與固網寬頻普及率二者的連動關係系統化，以提高聯立體系求解時的穩定性。有關 predictive relationship equations 和 causal relationship equations 之比較，請參閱 Hill et al. (2018) 頁 5 和頁 273-274。

⁸ 感謝評審的指正與建議。

實證結果分列於表 3a（行動寬頻服務市場）和表 3b（固網寬頻服務市場）。以下依序按總合生產函數、寬頻市場需求函數、供給函數和產出函數分別說明之。

表 3a 實證結果（行動寬頻服務市場）

	模型 1A	模型 2A	模型 3A	模型 4A ⁺
1. 總合生產函數	被解釋變數：ln（人均實質 GDP）， $\ln GDPPC_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_1 \ln K_{it} + \alpha_2 L_{it} + \alpha_3 Edu_{it} + \alpha_4 Mbbd_{Pen_{it}} + \alpha_5 Fxbd_{Pen_{it}} + \alpha_6 (Mbbd_{Pen_{it}} * Fxbd_{Pen_{it}}) + \varepsilon_{it}^5$ 。			
人均資本存量（美元）	0.2930*** (0.0395)	0.2907*** (0.0389)	0.2960*** (0.0402)	0.2718*** (0.0371)
勞動力占總人口比例 (%)	0.0019 (0.0051)	0.0020 (0.0050)	0.0018 (0.0052)	0.0021 (0.0050)
平均受教育年數	0.0349** (0.0155)	0.0414*** (0.0150)	0.0264* (0.0156)	0.0555*** (0.0134)
行動寬頻普及率 (%)	0.0019*** (0.0002)	0.0018*** (0.0002)	0.0021*** (0.0002)	0.0023*** (0.0006)
固網寬頻普及率 (%)				0.0110*** (0.0029)
寬頻普及率交互項				-0.00005*** (0.00002)
2. 寬頻需求函數	被解釋變數：行動寬頻普及率 (M) 或固網寬頻普及率 (F)， $Mbbd_{Pen_{it}} = \beta_{0i} + \beta_1 Rural + \beta_2 (Mob_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \beta_3 \ln GDPPC_{it} + \beta_4 Fxbd_{Pen_{it}} + \varepsilon_{it}^6$ ， $Fxbd_{Pen_{it}} = \pi_{0i} + \pi_1 Rural + \pi_2 (Fxbd_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \pi_3 \ln GDPPC_{it} + \pi_4 Mbbd_{Pen_{it}} + \varepsilon_{it}^7$ 。 模型 3A 和模型 4A 同時包含行動寬頻需求方程式與固網寬頻需求方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻需求方程式係數，和 (F) 固網寬頻需求方程式係數列示。			
鄉村人口占比 (%)	-12.5033*** (1.6891)	-7.1705*** (1.7633)	(M) -3.5320 (3.0433) (F) -0.1905 (0.3108)	(M) -5.5801*** (1.7619) (F) -0.8503*** (0.1923)
手機服務費的所得負擔率 (%)	-0.6326*** (0.1403)	-0.2961** (0.1353)	(M) -0.0301 (0.1844)	(M) -0.2674** (0.1155)
人均實質 GDP（美元）	1.0803*** (0.3388)	0.7272** (0.3120)	(M) 0.5739* (0.3444) (F) 0.0331 (0.0425)	(M) 0.4501** (0.1869) (F) 0.0613*** (0.0194)
固網寬頻服務費的所得負擔率 (%)			(F) 0.7337 (0.8555)	(F) -0.7654 (0.7461)

表 3a 實證結果（行動寬頻服務市場）（續前頁）

	模型 1A	模型 2A	模型 3A	模型 4A ⁺
行動寬頻普及率 (%)			(F) 0.1000*** (0.0167)	(F) 0.0667*** (0.0067)
固網寬頻普及率 (%)		3.9963*** (0.6728)	(M) 6.7629*** (1.9339)	(M) 5.1098*** (0.7093)
3. 寬頻供給面函數	<p>被解釋變數：ln（手機服務全年收入）(M) 或 ln（固網寬頻服務全年收入）(F)，</p> $\ln Mob_Rev_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_1 (Mob_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \gamma_2 \ln GDPPC_{it} + \gamma_3 \ln HHI_Mob_{it} + \gamma_4 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^8,$ $\ln Fxbd_Rev_{it} = \omega_{0i} + \omega_1 (Fxbd_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \omega_2 \ln GDPPC_{it} + \omega_3 \ln HHI_Fxbd_{it} + \omega_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^9.$ <p>模型 3A 和模型 4A 同時包含行動寬頻供給面方程式與固網寬頻供給面方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻供給方程式係數，和 (F) 固網寬頻供給方程式係數列示。</p>			
手機服務費的所得負擔率 (%)	1.6668*** (0.1892)	1.4654*** (0.2178)	(M) 0.4410* (0.2272)	(M) 0.6524*** (0.1361)
人均實質 GDP (美元)	2.8682*** (0.4685)	3.0234*** (0.4823)	(M) 2.1600*** (0.4091)	(M) 0.4906** (0.2139)
			(F) 2.8226*** (0.3397)	(F) 1.0925*** (0.1503)
固網寬頻服務費的所得負擔率 (%)			(F) 1.1017*** (0.0864)	(F) 0.8961*** (0.0581)
手機服務產業集中度指數 (HHI 值)	-0.0079 (0.1430)	-0.0369 (0.1463)	(M) -0.0866 (0.1416)	(M) 0.0329 (0.1062)
固網寬頻服務產業集中度指數 (HHI 值)			(F) 0.1225** (0.0595)	(F) 0.0087 (0.0413)
行動寬頻普及率 (%)			(F) -0.0002 (0.0008)	(F) 0.0030*** (0.0004)
固網寬頻普及率 (%)		-0.0181** (0.0092)	(M) -0.0685*** (0.0147)	(M) -0.0116* (0.0070)
4. 產出面函數	<p>被解釋變數：行動寬頻普及率變動值 (M) 或固網寬頻普及率變動值 (F)，</p> $\Delta Mbbd_Pen_{it} = \theta_{0i} + \theta_1 \ln Mob_Rev_{it} + \theta_2 Mbbd_Pen_{it} + \theta_3 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{10},$ $\Delta Fxbd_Pen_{it} = \chi_{0i} + \chi_1 \ln Fxbd_Rev_{it} + \chi_2 Fxbd_Pen_{it} + \chi_3 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{11}.$ <p>模型 3A 和模型 4A 同時包含行動寬頻產出面方程式與固網寬頻產出面方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻產出面方程式係數，和 (F) 固網寬頻產出面方程式係數列示。</p>			
手機服務全年收入	-0.0969* (0.0497)	-0.0980** (0.0459)	(M) -0.1098** (0.0459)	(M) -0.0524 (0.0329)

表 3a 實證結果（行動寬頻服務市場）（續前頁）

	模型 1A	模型 2A	模型 3A	模型 4A ⁺
固網寬頻服務全年收入			(F) -0.0047 (0.3296)	(F) -0.0015 (0.0029)
行動寬頻普及率 (%)	-0.1312*** (0.0314)	-0.0052 (0.0755)	(M) 0.0869 (0.1188)	(M) 0.0281 (0.0381)
			(F) 0.0054 (0.0114)	(F) -0.00353 (0.00352)
固網寬頻普及率 (%)		-1.1528** (0.5675)	(M) -2.0317* (1.0484)	(M) -1.2018*** (0.3555)
			(F) -0.1588 (0.1048)	(F) -0.0682** (0.0330)
5. 寬頻普及率線性相關 被解釋變數：固網寬頻普及率， 之系統化處理 $Fxbd_Pen_{it} = \delta_{0i} + \delta_{1i}t + \delta_{2i}Mbbd_Pen_{it}$ 。				
行動寬頻普及率	--	--	0.1093*** (0.0043)	0.0383*** (0.0062)
觀察值個數	187	187	187	187

資料來源：本研究整理。

說明：1. ***，** 與 * 分別表示達 1%，5% 與 10% 的顯著水準。

2. 括號內數值為估計係數之標準差。

3. ⁺：模型 4A 和模型 4B 的模型設定完全相同，為便於比較，以模型 4A 和模型 4B 分列於表 3a 和表 3b。

表 3b 實證結果（固網寬頻服務市場）

	模型 1B	模型 2B	模型 3B	模型 4B
1. 總合生產函數 被解釋變數：ln（人均實質 GDP）， $\ln GDP_{PC_{it}} = \alpha_{0i} + \alpha_1 \ln K_{it} + \alpha_2 L_{it} + \alpha_3 Edu_{it} + \alpha_4 Mbbd_{Pen_{it}} + \alpha_5 Fxbd_{Pen_{it}} + \alpha_6 (Mbbd_{Pen_{it}} * Fxbd_{Pen_{it}}) + \varepsilon_{it}^5$ 。				
人均資本存量（美元）	0.2960*** (0.0398)	0.2915*** (0.0387)	0.2945*** (0.0393)	0.2718*** (0.0371)
勞動力占總人口比例 (%)	-0.0058 (0.0052)	-0.0047 (0.0051)	-0.0054 (0.0051)	0.0021 (0.0050)
平均受教育年數	0.0485*** (0.0144)	0.0584*** (0.0135)	0.0519*** (0.0136)	0.0555*** (0.0134)
行動寬頻普及率 (%)				0.0023*** (0.0006)
固網寬頻普及率 (%)	0.0180*** (0.0020)	0.0159*** (0.0018)	0.0173*** (0.0018)	0.0110*** (0.0029)

表 3b 實證結果（固網寬頻服務市場）（續前頁）

	模型 1B	模型 2B	模型 3B	模型 4B
寬頻普及率交互項				-0.00005*** (0.00002)
2. 寬頻需求函數	<p>被解釋變數：行動寬頻普及率 (M) 或固網寬頻普及率 (F)，</p> $Mbbd_{Pen_{it}} = \beta_{0i} + \beta_1 Rural + \beta_2 (Mob_{Price_{it}} / N_{GDPPC_{it}} + \beta_3 \ln GDPPC_{it} + \beta_4 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^6,$ $Fxbd_{Pen_{it}} = \pi_{0i} + \pi_1 Rural + \pi_2 (Fxbd_{Price_{it}} / N_{GDPPC_{it}}) + \pi_3 \ln GDPPC_{it} + \pi_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^7。$ <p>模型 3B 和模型 4B 同時包含行動寬頻需求方程式與固網寬頻需求方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻需求方程式係數和 (F) 固網寬頻需求方程式係數列示。</p>			
鄉村人口占比 (%)	-1.8693*** (0.1967)	-0.9340*** (0.1946)	(M) -3.5320 (3.0433) (F) -0.1905 (0.3108)	(M) -5.5801*** (1.7619) (F) -0.8503*** (0.1923)
手機服務費的所得負擔率 (%)			(M) -0.0301 (0.1844)	(M) -0.2674** (0.1155)
人均實質 GDP (美元)	0.2168*** (0.0267)	0.1040*** (0.0269)	(M) 0.5739* (0.3444) (F) 0.0331 (0.0425)	(M) 0.4501** (0.1869) (F) 0.0613*** (0.0194)
固網寬頻服務費的所得負擔率 (%)	-1.3071 (0.9985)	-0.3368 (0.7971)	(F) 0.7337 (0.8555)	(F) -0.7654 (0.7461)
行動寬頻普及率 (%)		0.0571*** (0.0074)	(F) 0.1000*** (0.0167)	(F) 0.0667*** (0.0067)
固網寬頻普及率 (%)			(M) 6.7629*** (1.9339)	(M) 5.1098*** (0.7093)
3. 寬頻供給面函數	<p>被解釋變數：ln（手機服務全年收入）(M) 或 ln（固網寬頻服務全年收入）(F)，</p> $\ln Mob_Rev_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_1 (Mob_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \gamma_2 \ln GDPPC_{it} + \gamma_3 \ln HHI_Mob_{it} + \gamma_4 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^8,$ $\ln Fxbd_Rev_{it} = \omega_{0i} + \omega_1 (Fxbd_Price_{it} / N_GDPPC_{it}) + \omega_2 \ln GDPPC_{it} + \omega_3 \ln HHI_Fxbd_{it} + \omega_4 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^9。$ <p>模型 3B 和模型 4B 同時包含行動寬頻供給面方程式與固網寬頻供給面方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻供給方程式係數和 (F) 固網寬頻供給方程式係數列示。</p>			
手機服務費的所得負擔率 (%)			(M) 0.4410* (0.2272)	(M) 0.6524*** (0.1361)
人均實質 GDP (美元)	2.6769*** (0.2188)	2.3578*** (0.2615)	(M) 2.1600*** (0.4091) (F) 2.8226*** (0.3397)	(M) 0.4906** (0.2139) (F) 1.0925*** (0.1503)

表 3b 實證結果（固網寬頻服務市場）（續前頁）

	模型 1B	模型 2B	模型 3B	模型 4B
固網寬頻服務費的所得負擔率 (%)	1.0816*** (0.0852)	1.1083*** (0.0775)	(F) 1.1017*** (0.0864)	(F) 0.8961*** (0.0581)
手機服務產業集中度指數 (HHI 值)			(M) -0.0866 (0.1416)	(M) 0.0329 (0.1062)
固網寬頻服務產業集中度指數 (HHI 值)	0.1118* (0.0578)	0.1161** (0.0528)	(F) 0.1225** (0.0595)	(F) 0.0087 (0.0413)
行動寬頻普及率 (%)		0.0013** (0.0005)	(F) -0.0002 (0.0008)	(F) 0.0030*** (0.0004)
固網寬頻普及率 (%)			(M) -0.0685*** (0.0147)	(M) -0.0116* (0.0070)
4. 產出面函數	被解釋變數：行動寬頻普及率變動值 (M) 或 固網寬頻普及率變動值 (F)。 $\Delta Mbbd_Pen_{it} = \theta_{0i} + \theta_1 \ln Mob_Rev_{it} + \theta_2 Mbbd_Pen_{it} + \theta_3 Fxbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{10}$ $\Delta Fxbd_Pen_{it} = \chi_{0i} + \chi_1 \ln Fxbd_Rev_{it} + \chi_2 Fxbd_Pen_{it} + \chi_3 Mbbd_Pen_{it} + \varepsilon_{it}^{11}$ 模型 3B 和模型 4B 同時包含行動寬頻產出面方程式與固網寬頻產出面方程式，二者之迴歸係數分別以 (M) 行動寬頻產出面方程式係數和 (F) 固網寬頻產出面方程式係數列示。			
手機服務全年收入			(M) -0.1098** (0.0459)	(M) -0.0524 (0.0329)
固網寬頻服務全年收入	-0.0015 (0.0032)	-0.0011 (0.0032)	(F) -0.0047 (0.3296)	(F) -0.0015 (0.0029)
行動寬頻普及率 (%)		0.0034 (0.0064)	(M) -0.0869 (0.1188)	(M) 0.0281 (0.0381)
			(F) 0.0054 (0.0037)	(F) -0.00353 (0.00352)
固網寬頻普及率 (%)	-0.1124*** (0.0169)	-0.1424** (0.0641)	(M) -2.0317* (1.0484)	(M) -1.2018*** (0.3555)
			(F) -0.1588 (0.1048)	(F) -0.0682** (0.0330)
5. 寬頻普及率線性相關之系統化處理	被解釋變數：固網寬頻普及率， $Fxbd_Pen_{it} = \delta_{0i} + \delta_{1i}t + \delta_2 Mbbd_Pen_{it}$			
行動寬頻普及率	--	--	0.1093*** (0.0043)	0.0383*** (0.0062)
觀察值個數	187	187	187	187

資料來源：同表 3a。

說明：同表 3a。

5.1 總合生產函數實證結果

在行動寬頻普及率對人均 GDP 的影響效果方面，表 3a 的模型 1A 至模型 3A 的結果均顯示，行動寬頻普及率顯著正向影響人均 GDP，行動寬頻普及率每提升 1 個百分點，平均可使得人均 GDP 成長率提升 0.18%-0.21%。顯示無論是否將兩個寬頻市場的互動關係納入考量，行動寬頻普及率的經濟成長效果均相當穩定。模型 4A 將行動寬頻普及率、固網寬頻普及率和二者交互項同時納入方程式，分別評估其經濟成長效果。此舉使行動寬頻普及率的效果降低為 0.07%，較前述模型 1A 至模型 3A 未考慮固網寬頻效果及交互效果時為低。⁹ 顯示若忽略兩個寬頻市場的互動關係，將高估行動寬頻之經濟成長效果。

對比固網寬頻普及率對人均 GDP 的影響，從模型 1B 至模型 3B 的結果可看出，在不考慮行動寬頻影響的情況下，固網寬頻普及率對人均 GDP 亦有顯著正面效果。其每提升 1 個百分點，可使人均 GDP 成長率增加 1.6%-1.8%，規模較行動寬頻為大。但在模型 4B 中，將行動寬頻普及率及交互項納入方程式後，其對人均 GDP 的效果降為 0.7%，較前述模型 1B 至模型 3B 的估計結果為低。¹⁰

從上述結果看來，由於模型 4 中行動寬頻與固網寬頻交互項的係數為顯著負值，顯示隨著對方寬頻普及程度的提高，個別寬頻的普及在促進經濟成長的效果上有緩步下降的現象。由於行動寬頻與固網寬頻網路服務對經濟成長的影響效果性質相近，二者關係密切，且在發展過程中，同時具有競爭與互補的交互影響（詳下

⁹ 在包含兩個寬頻市場交互項的情況下，行動寬頻普及率的促進經濟成長效果應包括行動寬頻普及率的係數 0.23% 加上互動項係數 (-0.005%) 乘上固網寬頻普及率（整體樣本平均值為 32.42），加總後為 0.07%。感謝評審的指正。

¹⁰ 如同註 8，在包含寬頻市場交互項後，固網寬頻普及率的經濟成長效果為固網寬頻普及率係數 1.1% 加上互動項係數 (-0.005%) 乘上行動寬頻普及率平均值 80.54，加總後淨效果為 0.7%。

文），若未能將二者同時納入考量，將會造成估計上的偏誤，值得注意。

5.2 寬頻服務需求面結果

首先探討經濟成長對促進寬頻網路需求的效果。行動寬頻需求方面，比較模型 1A 至模型 4A 的實證結果，人均 GDP 對行動寬頻普及率在四個模型中均呈現顯著的正面效果，人均 GDP 增加 1%，可使行動寬頻普及率提升 0.45 至 1.08 個百分點。對照總合生產函數的結果，顯示人均 GDP 成長率和行動寬頻普及率之間確實存在雙向且正面顯著的互動關係。比較模型 2A 和模型 4A 的結果亦顯示，若將兩個市場供給面和需求面的互動關係充分納入聯立體系，人均 GDP 對促進行動寬頻普及率的效果有減弱的現象（從模型 2A 的 0.73 個百分點降為模型 4A 的 0.45 個百分點），顯示若未能充分考量兩個市場的互動關係，將高估經濟成長推升行動寬頻需求的效果。在固網寬頻需求方面，經濟成長對固網寬頻的需求亦呈現顯著正向的效果。但其效果規模在充分考量兩寬頻市場互動關係後，出現大幅下滑，從模型 2B 的 0.10 個百分點降為模型 4B 的 0.06 個百分點，顯示未充分考慮市場互動，將高估經濟成長對固網需求的效果。

在兩個寬頻市場互動關係方面，模型 2A 至模型 4A 的結果顯示固網寬頻普及率對行動寬頻需求存在顯著正向關聯性，而模型 2B 至模型 4B 的結果亦顯示行動寬頻普及率的提升相應帶動固網寬頻需求的上升，反映兩個市場需求的相互拉抬效果，使用者體驗過其中之一的寬頻服務後，會有訂閱另一項寬頻服務的趨勢。

此外，實證結果顯示，行動寬頻資費的所得負擔率對行動寬頻普及率有顯著的負面影響。顯示降低資費負擔的確有刺激行動寬頻服務需求的效果。但在固網寬頻方面，降低固網寬頻資費的所得負擔率對固網寬頻的需求效果並不顯著。由於固網寬頻服務的使用，

常由工作場域與公共場所提供，或家庭與社區多人共享，與行動寬頻服務為單支手機獨立負擔費用不同，或許因此對資費負擔程度的反應較不敏感。

5.3 寬頻服務供給面結果

在行動寬頻供給方面，如表 3a 所示，人均 GDP 在四個模型中（模型 1A 至模型 4A）對寬頻服務全年營收均呈現顯著的正向效果。模型 4A 的實證結果顯示，人均 GDP 每增加 1%，行動寬頻全年營收約增加 0.49%，反映寬頻服務供給的成長幅度低於經濟成長，此與寬頻資費逐年向下調降，雖然使用寬頻服務的普及程度逐年增加，仍使市場產值成長受限有關。此外，手機服務費所得負擔率係數為顯著正值，反映寬頻資費的所得負擔率降低，雖能刺激寬頻需求，但不利於行動寬頻網路的營收成長。另一方面，固網寬頻普及率的上升，並不利於行動寬頻服務營收的成長。

固網寬頻供給方面，如表 3b 所示，人均 GDP 對固網寬頻營收有顯著正向影響，顯示人均實質 GDP 的成長有顯著帶動固網市場營收的效果。與前述行動寬頻的效果相似。但固網寬頻服務費的所得負擔率對市場營收的效果不顯著。此外，行動寬頻普及率愈高，固網寬頻的營收成長也愈高。對照前述固網寬頻普及率愈高，行動寬頻營收成長反而愈低的現象，顯示兩個市場營運互動上的不對稱。行動寬頻普及率愈高，有助於推升固網寬頻市場的營收，但固網寬頻普及率的提高，卻對行動寬頻市場的營收不利。推斷可能因為，當愈多消費者體驗過行動寬頻服務的效益與便利後，會進一步增購固網寬頻服務，供居家休閒或工作之用，使固網寬頻市場營收增加。但固網寬頻普及率的提升，使得更多消費者可在工作或居家場域使用固網服務，因而減少購買行動寬頻服務的金額（例如從購買吃到飽等月租費較高的方案，轉為購買固定上網量的較低資費方案），反而不利於行動寬頻營收的提升。此現象反映兩種寬頻服

務同時兼具互補與替代關係，並顯示行動寬頻在網路服務市場中扮演帶動者的角色，成為擴展整體寬頻網路市場規模與產值的主要動力。

5.4 寬頻基礎建設產出面結果

從行動寬頻網路市場觀察，如表 3a 的模型 1A 至模型 3A 所示，手機全年營收規模愈大，行動寬頻普及率提升的幅度愈小，反映市場漸趨飽和時，普及率提升的遞減效應。此種遞減效應亦反映在固網寬頻普及率的負向效果上，亦即固網寬頻愈普及，行動寬頻普及率持續提升的速度愈慢。另一方面，在充分考慮兩個市場互動的模型 4A 中，手機全年營收規模與行動寬頻普及率的水準高低，對促進本身普及率進一步提升，卻並無顯著效果。這個結果可能反映出，即使行動寬頻普及率已達高水準的國家，仍持續投資行動寬頻建設，與行動寬頻普及率相對較低國家積極投入寬頻建設的行動相比，並無明顯差別。

在固網寬頻市場方面，實證結果顯示，固網寬頻普及率的係數在模型 1B、模型 2B 與模型 4B 均為負向顯著，反映固網寬頻普及率愈高，固網寬頻普及率提升速度愈慢，與模型 2A 至模型 4A 的實證結果，固網寬頻普及率愈高，行動寬頻普及率提升愈慢相似。這種固網寬頻普及率愈高，固網和行動寬頻普及率持續成長速度愈慢的現象，反映固網寬頻建設帶動整體寬頻網路發展的力道，隨著其普及率的提升有逐漸衰退的趨勢，無法成為帶動整體寬頻網路持續發展的主要動力。反之，如 5.3 節所述，行動寬頻普及率愈高，愈有推升固網寬頻需求與固網市場營收的正面效果。可能反映目前寬頻網路市場的發展，已由行動寬頻網路取得主導地位，成為推動各國數位化發展的重要推手。

6. 結語

隨著行動通訊工具的普及和網際網路的普遍使用，傳統的商業模式、工作型態，乃至生活方式都受到重大衝擊，技術創新和典範移轉在不同的產業領域快速崛起，甚至帶來革命性的結構改變，宣示著數位經濟新時代已然來臨。Vu (2011) 探討資通訊科技 (ICT) 對經濟發展的衝擊時明確指出，資通訊技術透過促進技術創新與擴散、降低生產成本、提高決策品質和誘發新的需求等因素，為經濟成長提供新的動力。而這些經濟動能的實現，則有賴寬頻網路基礎建設，提供低成本高涵蓋率的快捷連網服務，始能促成行動數位裝置的普遍使用和高頻串接連結，進而發揮網路外部性 (network externality)，達到促進經濟成長的效果。與此同時，經濟發展程度亦影響國家投入寬頻網路建設的發展。要正確評估寬頻網路建設對經濟成長的影響，就必須同時考量二者的互動關係，才能避免發生內生性偏誤。

目前研究寬頻網路建設對經濟成長效果的實證文獻，針對固網寬頻和行動寬頻的經濟效果，均以分別估計的方式進行研究。雖有文獻提及行動寬頻在已開發國家和開發中國家經濟效果的差異，可能與各該國家固網寬頻發展程度有關，但並未進行驗證。近年各國積極投入寬頻網路建設，在固網寬頻與行動寬頻建設投資間應如何配置？二者間互動關係又為何？成為公共投資政策和經濟發展策略上必須思考之議題。本研究彌補此缺口，將固網寬頻與行動寬頻的互動關係納入聯立模型，並選用 OECD 17 國，2009 年至 2019 年的數據資料，重新檢定寬頻網路建設與經濟成長的關聯效果，並探討固網寬頻和行動寬頻間的互動模式。

實證結果顯示，寬頻普及率對經濟成長確實存在顯著的相互反饋關係，不但寬頻網路普及率對經濟成長有正向顯著效果，經濟成長對兩個寬頻市場在需求和供給面亦呈現顯著正向的影響。比較行

動寬頻和固網寬頻的促進經濟成長效果的規模，固網寬頻普及率的效果約為行動寬頻的 10 倍（模型 4）。¹¹ 似乎以投資固網寬頻之經濟成長效益較高，但考量兩個寬頻市場供需面與產出面的互動關係後，卻可能得出相反的結論。

在行動寬頻市場與固網寬頻市場的相互影響方面，行動寬頻與固網寬頻普及率在需求面有相互拉抬的現象，顯示二者在需求面的互補。但在供給面，則出現行動寬頻和固網寬頻效果不對稱的現象。行動寬頻普及率有提升固網寬頻總收益的顯著效果。但固網寬頻普及率的提升，卻不利於行動寬頻總收益的增長。推斷可能的原因是，行動寬頻的普及，會推動使用者進一步購買固網寬頻服務，更廣泛地使用於工作和休閒活動。但在固網寬頻服務更為普及後，消費者在許多場域既可使用固網服務，就會從原本購買使用量不受限的吃到飽方案（月租費較高）轉向資費較低的固定用量方案，導致行動寬頻服務的總營收下降。顯示兩種寬頻服務除了互補關係，也存在互相替代的關係。同時亦反映行動寬頻在網路服務市場中扮演推動者的角色。

在寬頻網路普及率的成長速度方面，從產出面函數可看出，固網寬頻愈普及，愈不利於本身和行動寬頻普及率的持續成長。而行動寬頻愈普及，在充分考慮寬頻市場互動的情境下，則並無降低本身及固網普及率成長速度的現象，可能反映行動寬頻普及率的成長並未因趨於飽和（已有多國超過 100%）而降速趨緩，仍有持續發展的潛力。

實證結果顯示，行動寬頻網路服務在國家數位化發展過程中，正扮演著推動引擎 (propeller engine) 的角色。未來推動國家數位化進一步發展，仍應以強化行動寬頻基礎建設為主軸，透過兩個市場的互動機制，擴充數位經濟的廣度與深度，並透過數位教育的強

¹¹ 固網寬頻普及率的促進經濟成長效果為 0.7%，行動寬頻普及率的效果則為 0.07%，計算方式請參閱註 9 和註 10。

化，和數位技術的培育與獎勵，增強使用者效益和開發者創新能力，全方位提升國家的數位競爭力。

此外，本文是以寬頻網路普及率作為分析寬頻市場發展程度的指標，但各國數位技術發展程度不同，所提供寬頻網路服務的網速、連網穩定性和幅員覆蓋率 (geographical coverage rate) 等亦有差異。各國寬頻服務在這些項目上的異質性，也會使寬頻普及率的經濟成長效果出現差異。目前已有文獻探討網速的經濟效果（如 Kongaut and Bohlin, 2017 與 Edquist, 2022），未來待有更多相關數據資料的釋出供開放查詢和衡量方法標準化後，將可進一步詳細探討這些項目在促進經濟成長上所扮演的角色。

從上述的結果來看，過去文獻探討寬頻網路的經濟成長效果與寬頻網路市場供需變化時，將兩個市場切割開來，分別檢定的模型設定方式，忽略二者的互動關係，將會高估行動寬頻普及率和固網寬頻普及率對經濟成長的影響效果。此舉亦忽略了行動和固網寬頻發展過程中，行動寬頻網路已取得驅動整體寬頻網路發展的主導地位。實證結果顯示，行動寬頻與固網寬頻服務並非彼此分隔的市場，在供需上具有顯著的互補與替代關係。若未考慮二者的互動關係，將會產生估計上的偏誤。

附錄

附表 1 部分變數資料來源

變數名稱	資料來源
<i>Mob_Rev</i> , <i>Fxbd_Rev</i> , <i>Mob_Price</i> , <i>Fxbd_Price</i> , <i>HHI_Mob</i> , <i>HHI_Fxbd</i>	<p>情報通信業基本調查，日本經濟產業省</p> <p>Telecom Monitor, The Authority for Consumers and Markets (Netherlands)</p> <p>Annual Report, Autorita Per Le Garanzie Nelle Comunicazioni (Italy)</p> <p>Annual Monitoring Reports, Commerce Commission (New Zealand)</p> <p>Communications Monitoring Reports, Canadian Radio-television and Telecommunications Commission</p> <p>Communications Marketplace Report 2020, Federal Communications Commission (United States)</p> <p>The German Internet Industry 2012-2016, Eco – Association of the German Internet Industry & Arthur D. Little</p> <p>The German Internet Industry 2016-2019, Eco – Association of the German Internet Industry & Arthur D. Little</p> <p>ICT Industry Outlook of Korea, Korea Information Society Development Institute</p> <p>Media and Communication Outlook of Korea, Korea Information Society Development Institute</p> <p>Observatoire des communications électroniques, Data Government France</p> <p>Open Data, Lithuania Communications Regulatory Authority</p> <p>Quarterly Key Data Report, Commission of Communication Regulation (Ireland)</p> <p>Report on the State of the Telecommunications Market, Poland Office of Electronic Communications</p> <p>The State of Digital Communication 2021, European Telecommunications Network Operators Association</p> <p>Statistics, Periodic Reports and Library, National Commission of Markets and Competition (Spain)</p> <p>Statistics for the Icelandic Telecommunications Market, Post and Telecom Administration, Iceland.</p> <p>The Swedish Telecommunications Market Documents, Swedish Post and Telecom Authority</p> <p>Telecommunications, Federal Network Agency (Denmark)</p> <p>Telecommunications Market Data, Office of communications (United Kingdom)</p> <p>USA vs. Europe: Network Investment at Stake, IDATE DigiWorld</p>

參考文獻

- 張奇、張家維、蔡玉青、曾巧靈、董奕君、謝耀方 Chang, Chi, Chia-Wei Chang, Yu-Ching, Tsai, Chiau-Ling Tzeng, I-Chun Doong, and Yao-Fang Hsieh (2016), 「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」 “Research on Taiwan’s Spectrum Allocation for Next-generation Mobile Broadband”, 交通部委託研究計畫 Research Project Commissioned by the Ministry of Transportation and Communications, 臺北 Taipei。(in Chinese with English abstract)
- Aldashev, A. and B. Batkeyev (2021), “Broadband Infrastructure and Economic Growth in Rural Areas,” *Information Economics and Policy*, 57, 1-8.
- Bertschek, I., D. Cerquera, and G. J. Klein (2013), “More Bits – More Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance,” *Information Economics and Policy*, 25:3, 190-203.
- Czernich, N. (2014), “Does Broadband Internet Reduce the Unemployment Rate? Evidence for Germany,” *Information Economics and Policy*, 29, 32-45.
- Czernich, N., O. Falck, T. Kretschmer, and L. Woessmann (2011), “Broadband Infrastructure and Economic Growth,” *The Economic Journal*, 121:552, 505-532.
- Edquist, H. (2022), “The Economic Impact of Mobile Broadband Speed,” *Telecommunications Policy*, 46:5, 1-11.
- Edquist, H., P. Goodridge, J. Haskel, X. Li, and E. Lindquist (2018), “How Important Are Mobile Broadband Networks for the Global Economic Development?” *Information Economics and Policy*, 45, 16-29.
- Gruber, H. and P. Koutroumpis (2011), “Mobile Telecommunications and the Impact on Economic Development,” *Economic Policy*, 26:67, 387-426.
- Hill, R. C., W. E. Griffiths, and G. C. Lim (2018), *Principles of Econometrics*,

5th Edition, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

ITU (2019), *Economic Contribution of Broadband, Digitization and ICT Regulation: Econometric Modelling for the Americas*, Geneva: ITU Publications.

Katz, R. and F. Callorda (2018), *The Economic Contribution of Broadband, Digitalization and ICT Regulation*, Geneva: ITU Publications.

Katz, R. and F. Callorda (2019), *Economic Contribution of Broadband, Digitization and ICT Regulation: Econometric Modelling for Asia-Pacific*, Geneva: ITU Publications.

Katz, R. and F. Callorda (2020), *The Economic Contribution of Broadband, Digitization and ICT Regulation: Econometric Modelling for the ITU Europe Region*, Geneva: ITU Publications.

Kongaut, C. and E. Bohlin (2017), “Impact of Broadband Speed on Economic Outputs: An Empirical Study of OECD Countries,” *Economics and Business Review*, 3:17, 12-32.

Koutroumpis, P. (2009), “The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach,” *Telecommunications Policy*, 33:9, 471-485.

Lehr, W. H., C. A. Osorio, S. E. Gillett, and M. A. Sirbu (2006), “Measuring Broadband’s Economic Impact,” Massachusetts Institute of Technology Engineering Systems Division Working Paper Series ESD-WP-2006-02.

Röller, L. H. and L. Waverman (2001), “Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach,” *The American Economic Review*, 91:4, 909-923.

UNCTAD (2019), *Digital Economy Report 2019*, New York: United Nations Publications.

Vu, K. M. (2011), “ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age: Empirical Evidence from the 1996-2005 Period,” *Telecommunications Policy*, 35:4, 357-372.

Broadband Network Infrastructure and Economic Growth: Experiences and Empirical Evidence from OECD Countries

Tzu-Han Yang and Yan-Ru Huang*

Abstract

With the widespread use of mobile devices and the vigorous development of digital technology, not only has there been a significant change in the economic structure, but a new impetus has also been given to economic growth. The realization of this new economic impetus relies on the establishment of broadband network infrastructure that provides low-cost, high-coverage, and fast networking services, thus significantly reducing the costs of information collection, communication, and decision-making and thereby promoting further economic growth. This research sets up an empirical model, taking OECD countries as the sample, to explore the impact of broadband network construction on economic growth. We find that the literature examining the economic growth effects of broadband networks has neglected the interaction between mobile broadband and fixed broadband markets, resulting not only in biased estimations of effects, but also overlooking the fact that mobile broadband has become the primary driving force behind the overall advancement of broadband networks. This paper addresses this gap, re-estimates the economic effects, and explores the interaction between mobile and fixed broadband markets. Findings show that the mobile broadband market and the fixed broadband market have significant mutual uplifting effects on the demand side, indicating complementarity in demand between the two. However, on the supply side, there appears to be

* Corresponding author: Tzu-Han Yang, Professor in the Department of Public Finance, National Taipei University, No. 151, University Rd., Sanxia Dist., New Taipei City 237303, Taiwan, R.O.C., Tel.: 886-2-86741111 ext. 67399, E-mail: tmyang@ntpu.edu.tw. Yan-Ru Huang, Master, Department of Public Finance, National Taipei University, No. 151, University Rd., Sanxia Dist., New Taipei City 237303, Taiwan, R.O.C., E-mail: jpndrama@gmail.com.

Received March 20, 2023; revised May 31, 2023; accepted January 26, 2024.

an asymmetrical phenomenon where mobile broadband drives the supply of fixed broadband, but an rise in fixed broadband utilization does not benefit mobile broadband expansion.

Keywords: Broadband Penetration, Mobile Communication, Internet Infrastructure, Digital Economy

JEL Classification: L86, O18, O33