

臺灣半導體供應鏈在我國與全球經濟上的角色

楊浩彥¹

本文探討臺灣半導體供應鏈在我國與全球經濟上的角色。在臺灣,不同產業範疇的定義下,半導體產業規模介於 7.75%–12.11%,而半導體關聯產業的規模介於 10.39%–19.39%,數據顯示:臺灣半導體在我國具核心地位,除創造本身產值外,也帶動其他關聯產業的產值。在全球,若臺灣電腦、電子和光學產品製造業的產出全面停產,除對臺灣產業有重大影響外,也會對全球其他經濟體產生重大影響,其影響大小依序為中國、日本、韓國、美國、德國等。本文發現,臺灣電腦、電子和光學產品製造業的停產對全球各國的影響大小決定在該業與全球各國的產業關聯係數。

1. 前言

本文旨在探討臺灣半導體供應鏈在我國與全球經濟上的角色。在討論臺灣半導體供應鏈於我國經濟上的角色,是先估算臺灣半導體供應鏈的產業規模,再衡量臺灣半導體關聯產業的規模;另外,在討論臺灣半導體供應鏈於全球經濟上的角色,是先計算臺灣半導體供應鏈與全球所有產業的關聯程度,再探討臺灣半導體供應鏈對全球主要經濟體的產業影響。

本文所謂的半導體產業規模係指「半導體供應鏈的產值占區域整體經濟產值的比重」,而半導體關聯產業的規模是指「半導體關聯產業的產值占該區域整體經濟產值的比重」,而半導體關聯產業產值,是指半導體供應鏈與區域內有直接或間接影響的所有產業,依其影響程度所計算的產值。本文的產值並非生產總值,而是經濟產值,也就是所謂的國內生產毛額(gross domestic

¹ 國立臺北商業大學,財務金融系教授。

product, GDP)。

本研究所需的資料需涵蓋臺灣半導體供應鏈與區域其他產業的上下游關係, 而目前可用的數據主要體現在投入產出表 (input-output table) 中。由先前說明可知, 本文討論的區域包括臺灣與全球。在計算臺灣的部分, 本文是直接採用主計總處所公布的臺灣產業關聯統計 (行政院主計總處, 2019); 而在計算全球時, 是採用歐盟委員會 (European Commission) 計畫 (project ECFIN 2015/019B) 支持下所編製的世界投入產出資料庫 (World Input Output Database) (Timmer et al., 2015)。本文所需的研究方法為產業關聯分析, 置於本文最後的附錄。

2. 產業範疇

在分析之前, 表 1 是臺灣半導體供應鏈所涵蓋的範疇。根據主計總處的產業分類, 臺灣的半導體製造業歸屬於電子零組件製造業, 包括積體電路製造業、分離式元件製造業、半導體封裝及測試業等三個。而電子零組件製造業除半導體製造業外, 另包括被動電子元件製造業、印刷電路板製造業、光電材料及元件製造業、其他電子零組件製造業等四個。

若根據歐盟委員會支持編制的世界投入產出資料庫來看, 半導體相關產業為電腦、電子和光學產品製造業 (manufacture of computer, electronic and optical products)。依據歐盟統計局 (Eurostat) 的定義: 電腦、電子和光學產品製造業包括電腦、電腦週邊設備、電信設備和類似電子產品以及這些產品的組件的製造; 該領域生產製程的特點是積體電路的設計和使用以及微電子技術的專門應用。基本上就涵蓋表 1 的所有產業。

3. 臺灣半導體供應鏈與我國經濟

臺灣半導體在我國整體經濟上的角色, 主要呈現在臺灣半導體的產業規模與半導體關聯產業的規模。

表 1 臺灣半導體供應鏈相關產業

產業分類	臺灣產業關聯表	世界投入產出表
電子零組件與產品製造業	077-088	17
電子零組件製造業	077-081	
半導體製造業	077	
積體電路製造業		
分離式元件製造業		
半導體封裝及測試業		
被動電子元件製造業	078	
印刷電路板製造業	079	
光電材料及元件製造業	080	
其他電子零組件製造業	081	
電子產品製造業	082-088	
電腦及其週邊設備製造業	082	
電腦週邊設備製造業	083	
通訊傳播設備製造業	084	
視聽電子產品製造業	085	
資料儲存媒體製造業	086	
量測、導航、控制設備及鐘錶製造業	087	
輻射及電子醫學設備製造業	088	
光學儀器及設備製造業	088	

資料來源：行政院主計總處（2019）與 Timmer et al.（2015）。

半導體供應鏈的產業範疇，在本文的分析主要分為三個，分別為半導體製造業、電子零組件製造業、電子零組件與產品製造業。這三個範疇所定義的半導體供應鏈產業規模如表 2。數據是直接取自主計總處所公布最新的臺灣產業關聯統計。根據表 2，不同產業範疇定義下的半導體產業規模介於 7.75%–12.11%，顯示臺灣半導體供應鏈對我國的產業產值的創造扮演舉足輕重的角色。

而在計算半導體關聯產業的規模，本文主要依據附錄的 (A13) 和 (A14) 式來推估。本文將主計總處所公布的臺灣產業關聯統計放入附錄的 (A13) 和 (A14) 式，接著利用反向事實模擬法，假設半導體供應鏈的產業產量為 0，模擬其對區域內所有上下游產業的產業影響，以此推算半導體關聯產業的規模，根

表 2 臺灣半導體供應鏈與關聯產業的經濟規模

產業定義	產業規模 (A)	關聯產業規模 (B)	比值 (B)/(A)
半導體製造業	7.75%	10.39%	1.34
電子零組件製造業	10.40%	16.21%	1.56
電子零組件與產品製造業	12.11%	19.39%	1.60

註: 1. 半導體的產業規模係指「半導體的產值占區域整體經濟產值的比重」。

2. 半導體關聯產業規模是指「半導體關聯產業的產值占該區域整體經濟產值的比重」, 而半導體關聯產業產值, 是指半導體供應鏈與區域內有直接或間接影響的所有產業, 依其影響程度所計算的產值。

資料來源: 本研究計算。

據本研究的推算(表 2), 臺灣半導體關聯產業的規模, 在不同產業範疇定義下, 產業規模介於 10.39%–19.39%, 顯示臺灣半導體供應鏈對支持我國的其他產業產值扮演關鍵角色。換言之, 臺灣半導體供應鏈在我國整體經濟扮演核心的支撐力量。另外, 半導體關聯產業的規模相對於半導體經濟規模的比值介於 1.34–1.60(見表 2), 亦言之, 臺灣半導體除了本身可以帶來巨大的產值效益, 也可同時帶動其他產業的產值效益, 此比值顯示: 臺灣半導體供應鏈帶動我國其他產業的產值創造是本身產業產值創造之 0.34–0.60 的倍數。

而半導體供應鏈與整體經濟其他產業的關聯係數, 列於表 3。關聯係數代表半導體供應鏈的最終需求變動 1 單位, 對於整體經濟其他產業所造成的直接與間接的產量變化。表 3 顯示, 也就是臺灣半導體供應鏈最終需求增加 1 單位可帶動區域內其他上下游產業的產量增加 1.961–2.730 單位。此數據顯示: 臺灣半導體供應鏈與整體經濟其他產業具緊密的關聯程度。

4. 臺灣半導體供應鏈與全球經濟

臺灣半導體與全球經濟的關聯, 是採用世界投入產出資料庫最新的資料進行分析, 根據該資料庫的說明, 目前世界投入產出資料庫包含 28 個歐盟國家與 15 個世界主要經濟體(包含臺灣), 其餘不包含在這 43 個國家的其他國家, 都歸在其他國家一類, 目前世界投入產出資料庫的數據包含 2000 至 2014 年 44

表 3 臺灣半導體供應鏈的關聯係數

產業定義	關聯係數
半導體製造業	1.961
電子零組件製造業	2.503
電子零組件與產品製造業	2.730

註：1. 目前行政院主計總處（2019）並未針對電子零組件與產品製造業計算關聯係數，只有針對電子零組件製造業與電腦、電子產品及光學製品各細項產業進行計算，本文以產值為權數取其平均。

2. 關聯係數代表半導體供應鏈的最終需求變動 1 單位，對於整體經濟其他產業所造成的直接與間接的產量變化。

資料來源：行政院主計總處（2019）。

個主要經濟體的產業關聯數據，其中每個國家區分為 56 個產業，因此全球的產業數有 2,464 ($= 44 \times 56$) 個，本文採用 2014 年的資料。

根據先前的說明，歐盟委員會支持編制的世界投入產出資料庫，**半導體相關產業為電腦、電子和光學產品製造業**，因此，本文首先計算臺灣電腦、電子和光學產品製造業的產業規模，並從全球角度估算關聯產業的規模，數據顯示：臺灣電腦、電子和光學產品製造業的關聯產業規模，是臺灣電腦、電子和光學產品製造業產業規模的 1.92 比值，經濟意義是指：臺灣電腦、電子和光學產品製造業帶動全球所有產業的產值是本身產業產值之 0.92 的倍數。接著，推估臺灣電腦、電子和光學產品製造業對全球產業的影響。方法是將世界投入產出資料庫的數據放入本文附錄的 (A13) 和 (A14) 式，接著利用反向事實模擬法，假設臺灣電腦、電子和光學產品製造業的產業產出為 0，模擬其對全球所有產業的影響。我們將此一影響依國家別重新歸納後，列於表 4。亦即如果臺灣電腦、電子和光學產品製造業的產出全面停產，除對臺灣產業有重大影響外，也會對全球其他經濟體產生重大影響，其影響大小依序為其他國家、中國、日本、韓國、美國、德國等。

最後，我們利用附錄的 (A7) 式，估算臺灣電腦、電子和光學產品製造業與全球經濟其他產業的關聯係數，並依國家別進行加總，結果列於表 5。表 5 的關聯係數，代表臺灣電腦、電子和光學產品製造業的最終需求變動 1 單位，對於全球主要經濟體所造成的直接與間接的產量變化。根據表 5 的關聯係數可

表 4 臺灣電腦、電子和光學產品製造業停產對全球主要經濟體的影響

影響排序	國家代碼	國家	影響占比
1	TWN	臺灣(亞洲)	0.60074
2	ROW	其他國家	0.11987
3	CHN	中國(亞洲)	0.09451
4	JPN	日本(亞洲)	0.05813
5	KOR	韓國(亞洲)	0.03424
6	USA	美國(美洲)	0.02760
7	DEU	德國(歐洲)	0.01279
8	AUS	澳洲	0.00691
9	RUS	俄羅斯(歐洲)	0.00494
10	IDN	印尼(東南亞)	0.00486
11	FRA	法國(歐洲)	0.00403
12	GBR	英國(歐洲)	0.00369
13	CHE	瑞士(歐洲)	0.00305
14	NLD	荷蘭(歐洲)	0.00291
15	CAN	加拿大(美洲)	0.00277
16	IND	印度(南亞)	0.00232
17	ITA	義大利(歐洲)	0.00205
18	BRA	巴西(南美洲)	0.00196
19	ESP	西班牙(歐洲)	0.00146
20	NOR	挪威(歐洲)	0.00114
21	SWE	瑞典(歐洲)	0.00108
22	BEL	比利時(歐洲)	0.00105
23	MEX	墨西哥(中美洲)	0.00104
24	AUT	奧地利(歐洲)	0.00093
25	TUR	土耳其(歐亞)	0.00093
26	IRL	愛爾蘭(歐洲)	0.00093
27	POL	波蘭(歐洲)	0.00067
28	DNK	丹麥(歐洲)	0.00053
29	FIN	芬蘭(歐洲)	0.00042
30	PRT	葡萄牙(歐洲)	0.00035
31	CZE	捷克(歐洲)	0.00032
32	GRC	希臘(歐洲)	0.00030
33	LUX	盧森堡(歐洲)	0.00029
34	ROU	羅馬尼亞(歐洲)	0.00028
35	HUN	匈牙利(歐洲)	0.00021

(續)

表 4 臺灣電腦、電子和光學產品製造業停產對全球主要經濟體的影響（續）

影響排序	國家代碼	國家	影響占比
36	BGR	保加利亞（歐洲）	0.00014
37	SVK	斯洛伐克（歐洲）	0.00013
38	LTU	立陶宛（歐洲）	0.00010
39	HRV	可羅埃西亞（歐洲）	0.00008
40	SVN	斯洛維尼亞（歐洲）	0.00008
41	LVA	拉脫維亞（歐洲）	0.00005
42	EST	愛沙尼亞共和國（歐洲）	0.00005
43	CYP	賽普勒斯共和國（歐洲）	0.00004
44	MLT	馬爾他（歐洲）	0.00002
加總			1.00000

表 5 臺灣電腦、電子和光學產品製造業與全球主要經濟體的產業關聯程度

國家代碼	國家	關聯效果
AUS	澳洲	0.0136
AUT	奧地利（歐洲）	0.0021
BEL	比利時（歐洲）	0.0029
BGR	保加利亞（歐洲）	0.0004
BRA	巴西（南美洲）	0.0042
CAN	加拿大（美洲）	0.0053
CHE	瑞士（歐洲）	0.0070
CHN	中國（亞洲）	0.3706
CYP	賽普勒斯共和國（歐洲）	0.0001
CZE	捷克（歐洲）	0.0010
DEU	德國（歐洲）	0.0277
DNK	丹麥（歐洲）	0.0013
ESP	西班牙（歐洲）	0.0044
EST	愛沙尼亞共和國（歐洲）	0.0001
FIN	芬蘭（歐洲）	0.0011
FRA	法國（歐洲）	0.0093
GBR	英國（歐洲）	0.0077
GRC	希臘（歐洲）	0.0007
HRV	可羅埃西亞（歐洲）	0.0002

（續）

表 5 臺灣電腦、電子和光學產品製造業與全球主要經濟體的產業關聯程度（續）

國家代碼	國家	關聯效果
HUN	匈牙利（歐洲）	0.0006
IDN	印尼（東南亞）	0.0084
IND	印度（南亞）	0.0061
IRL	愛爾蘭（歐洲）	0.0022
ITA	義大利（歐洲）	0.0056
JPN	日本（亞洲）	0.1535
KOR	韓國（亞洲）	0.1077
LTU	立陶宛（歐洲）	0.0002
LUX	盧森堡（歐洲）	0.0013
LVA	拉脫維亞（歐洲）	0.0001
MEX	墨西哥（中美洲）	0.0023
MLT	馬爾他（歐洲）	0.0001
NLD	荷蘭（歐洲）	0.0074
NOR	挪威（歐洲）	0.0021
POL	波蘭（歐洲）	0.0017
PRT	葡萄牙（歐洲）	0.0008
ROU	羅馬尼亞（歐洲）	0.0007
RUS	俄羅斯（歐洲）	0.0095
SVK	斯洛伐克（歐洲）	0.0004
SVN	斯洛維尼亞（歐洲）	0.0002
SWE	瑞典（歐洲）	0.0023
TUR	土耳其（歐亞）	0.0023
TWN	臺灣（亞洲）	1.5808
USA	美國（美洲）	0.0476
ROW	其他國家	0.3916
	加總	2.7950

以發現，臺灣電腦、電子和光學產品製造業對世界主要經濟體的影響越大（見表 4），與該業和各國關聯係數有關（見圖 1）。而臺灣電腦、電子和光學產品製造業與全球經濟所有產業的關聯係數為 2.7950，代表臺灣電腦、電子和光學產品製造業的最終需求變動 1 單位可帶動全球經濟其他上下游產業的產量 2.7950 單位。

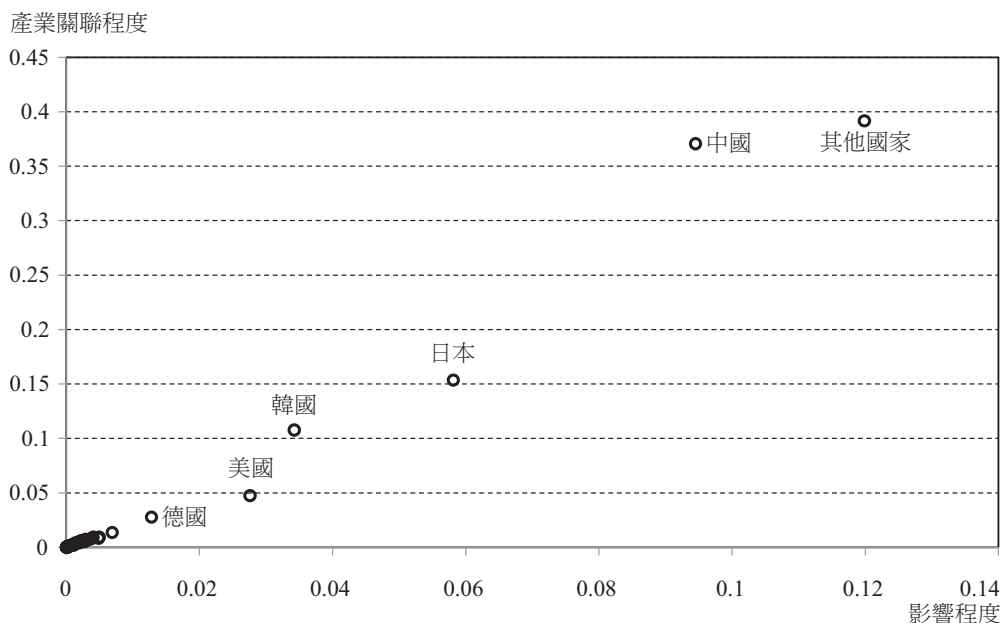


圖 1 產業關聯程度與影響程度

5. 結論

在臺灣，不同產業範疇的定義下，半導體產業規模介於 7.75%–12.11%，而半導體關聯產業規模介於 10.39%–19.39%。半導體關聯產業規模相對於半導體產業規模的比值介於 1.34–1.60，顯示：臺灣半導體在我國具核心地位，除創造本身產值外，也帶動其他關聯產業的產值。換言之，臺灣半導體供應鏈帶動臺灣經濟其他產業的產值是本身產業產值創造之 0.34–0.60 的倍數。

在全球，臺灣電腦、電子和光學產品帶動全球經濟其他產業的產值創造是本身產業產值創造之 0.92 的倍數。另外，若臺灣電腦、電子和光學產品製造業的產出全面停產，除對臺灣產業有重大影響外，也會對全球其他經濟體產生重大影響，排除主要經濟體以外的其他國家，其影響大小的前五國依序為中國、日本、韓國、美國、德國等。而這些影響決定在臺灣電腦、電子和光學產品製造業與全球各國的產業關聯係數。

本文雖然使用行政院主計總處(2019)與世界投入產出資料庫提供的最新資料,但隨著半導體供應鏈的快速發展與其在產業深化的程度,臺灣半導體供應鏈在我國與全球經濟上的角色,其重要性應遠高於本文的估計結果。

附錄：產業關聯分析

產業關聯表代表一經濟體系的交易活動，產業關聯分析則可用投入產出表來加以描述，如附表 1。

簡單的 Leontief 投入產出模型建立在三個基本假設下：（1）單一產品假設，單一產品假設是指每個產業只生產一種產品，一個廠商如果生產兩種或是兩種以上產品則將其歸類在主要生產的產品之產業內；（2）固定係數假設，假設投入與產出之技術關係固定不變，此生產行為固定規模報酬；（3）固定比例，假設生產一種商品所需要的生產要素之間的比例固定不變，且該比例不受產量水準的影響，此隱含生產要素之不可替代（王塗發等，2022）。若 X_i 表示第 i 個產業總產出， Z_{ij} 為第 j 個產業生產 X_i 必須使用 i 產業產品作為中間投入之需求， F_i 為經濟體系對第 i 個產業的最終需求。因此可以將投入產出關係式表示如下：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}. \quad (\text{A1})$$

由基本假設得知，生產要素之投入與總產出間有一固定比例常數，固定比例係數定義如下：

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (\text{A2})$$

在 (A2) 式中， a_{ij} 稱為投入係數 (input coefficients)， a_{ij} 為生產 1 單位的 j 產品所需投入的 i 產品數量。將 (A2) 式等號兩邊同乘 X_j ，改寫成：

$$Z_{ij} = a_{ij} \cdot X_j \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (\text{A3})$$

附表 1 貨幣單位投入產出表

		購買部門 (中間需求)				最終需求	總產出
		1	2	...	n	F	X
銷售部門 (中間投入)	1	Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1n}	F_1	X_1
	2	Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2n}	F_2	X_2
	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots	\vdots
	n	Z_{n1}	Z_{n2}	...	Z_{nn}	F_n	X_n
附加價值 (原始投入)		V	V_1	V_2	...	V_n	
總投入		X	X_1	X_2	...	X_n	

(A3) 式表示各部門的中間投入與各該部門的產出水準成比例。將 (A3) 式中 Z_{ij} 代入 (A1) 式, 則 (A1) 式可改寫成:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}.$$

(A4)

整理後

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & 1-a_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}.$$

(A5)

若將上式以矩陣表示:

$$X = B^{-1}F$$

(A6)

式中, $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$, $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1-a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & 1-a_{nn} \end{bmatrix}$, $\mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}$ 。若 b_{ij} 為 \mathbf{B}^{-1} 矩陣中的各

個元素, 則 b_{ij} 代表 j 產品的最終需求變動 1 單位, 對於 i 所造成的直接與間接的產量變化。當 j 產品增加 1 單位最終需求時, 經濟體系總產出的變化量。意即在 j 產品增加 1 單位最終需求時, 用於生產 j 產品的中間投入量也將增加生產, 此一增產總效果即為本文的關聯效果。表示為:

$$L_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}. \quad (\text{A7})$$

我們將 (A4) 式重新表示如下:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n-1} & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n-1} & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1,1} & a_{n-1,2} & \cdots & a_{n-1,n-1} & a_{n-1,n} \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \cdots & a_{n,n-1} & a_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_{n-1} \\ F_n \end{bmatrix}. \quad (\text{A8})$$

整理後, 可得:

$$\begin{bmatrix} 1-a_{1,1} & -a_{1,2} & \cdots & -a_{1,n-1} & -a_{1,n} \\ -a_{2,1} & 1-a_{2,2} & \cdots & -a_{2,n-1} & -a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -a_{n-1,1} & -a_{n-1,2} & \cdots & 1-a_{n-1,n-1} & -a_{n-1,n} \\ -a_{n,1} & -a_{n,2} & \cdots & -a_{n,n-1} & 1-a_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_{n-1} \\ F_n \end{bmatrix}. \quad (\text{A9})$$

假定第 n 個部門為半導體產業, 首先, 將 (A6) 左式的 X_n 單獨分離出來, 同時也將 (A6) 右式的 F_n 單獨分離出來。過程如下:

$$\begin{bmatrix} 1-a_{1,1} & -a_{1,2} & \cdots & -a_{1,n-1} \\ -a_{2,1} & 1-a_{2,2} & \cdots & -a_{2,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n-1,1} & -a_{n-1,2} & \cdots & 1-a_{n-1,n-1} \\ -a_{n,1} & -a_{n,2} & \cdots & -a_{n,n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a_{1,n} \\ -a_{2,n} \\ \vdots \\ -a_{n-1,n} \\ 1-a_{n,n} \end{bmatrix} X_n = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_{n-1} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ F_n \end{bmatrix}. \quad (\text{A10})$$

接著將 X_n 和 F_n 在等號左右對調, 如下:

$$\begin{bmatrix} 1-a_{1,1} & -a_{1,2} & \cdots & -a_{1,n-1} \\ -a_{2,1} & 1-a_{2,2} & \cdots & -a_{2,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n-1,1} & -a_{n-1,2} & \cdots & 1-a_{n-1,n-1} \\ -a_{n,1} & -a_{n,2} & \cdots & -a_{n,n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_{n-1} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -a_{1,n} \\ -a_{2,n} \\ \vdots \\ -a_{n-1,n} \\ 1-a_{n,n} \end{bmatrix} X_n. \quad (\text{A11})$$

整理後, 得下式。

$$\begin{bmatrix} 1-a_{1,1} & -a_{1,2} & \cdots & -a_{1,n-1} & 0 \\ -a_{2,1} & 1-a_{2,2} & \cdots & -a_{2,n-1} & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 0 \\ -a_{n-1,1} & -a_{n-1,2} & \cdots & 1-a_{n-1,n-1} & 0 \\ -a_{n,1} & -a_{n,2} & \cdots & -a_{n,n-1} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_{n-1} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1,n} \\ a_{2,n} \\ \vdots \\ a_{n-1,n} \\ -(1-a_{n,n}) \end{bmatrix} X_n. \quad (\text{A12})$$

合併後, 得到:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-a_{1,1} & -a_{1,2} & \cdots & -a_{1,n-1} & 0 \\ -a_{2,1} & 1-a_{2,2} & \cdots & -a_{2,n-1} & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 0 \\ -a_{n-1,1} & -a_{n-1,2} & \cdots & 1-a_{n-1,n-1} & 0 \\ -a_{n,1} & -a_{n,2} & \cdots & -a_{n,n-1} & -1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 + a_{1,n}X_n \\ F_2 + a_{2,n}X_n \\ \vdots \\ F_{n-1} + a_{n-1,n}X_n \\ -(1-a_{n,n})X_n \end{bmatrix}. \quad (\text{A13})$$

而各產業的產值 (VA_i) 計算, 通常按照傳統的假設, 假定單位產出附加價值的創造是固定係數的 (va_i), 可以表示為:

$$VA_i = va_i X_i. \quad (A14)$$

參考文獻

- 王塗發, 楊浩彥, 林幸君與賴金端 (2022), 《投入產出分析: 理論與實務》, 臺北: 財團法人台灣經濟研究院出版。(Wang, T.-F., H.-Y. Yang, H.-C. Lin, and J.-D. Lai (2022), *Input-Output Analysis: Foundations and Applications*, Taipei: Taiwan Institute of Economic Research.)
- 行政院主計總處 (2019), 《2016 年臺灣產業關聯統計》, 臺北: 行政院主計總處。(DGBAS (2019), *2016 Taiwan Input-Output Table*, Taipei: Directorate-General of Budget, Accounting and Statistics, Executive Yuan.)
- Timmer, M. P., E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer, and G. J. de Vries (2015), “An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: The Case of Global Automotive Production,” *Review of International Economics*, 23(3), 575–605.