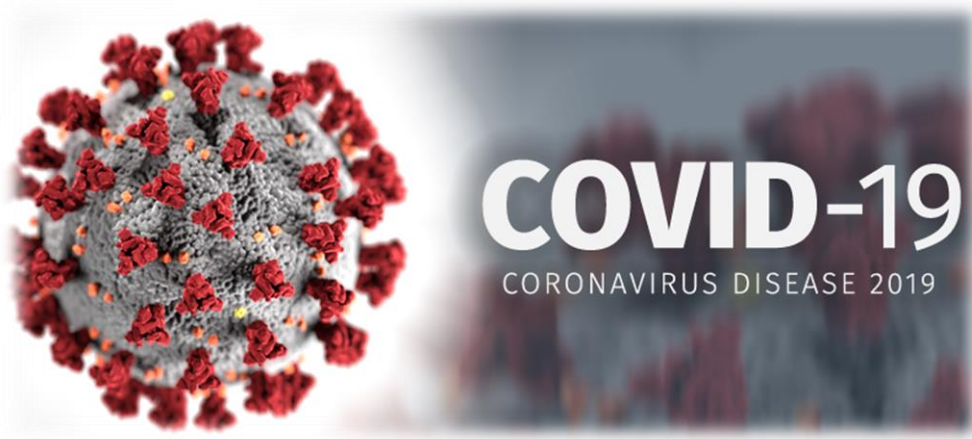


美國是否提供台灣 COVID-19 疫苗 以維護全球晶片供應鏈

賽局理論



指導老師：田弘華 老師

經濟二甲

A108260055 曾怡荃

A108260063 曾品潔

A108260083 鍾佳穎

A108260091 劉豫玲

目錄

緒論-----	3
何謂賽局-----	4
賽局理論起源-----	4
相關新聞報導-----	4
賽局元素: PAPI-----	6
濃展式賽局-----	7
策略型賽局-----	8
混和策略-----	9
優勢策略-----	11
劣勢策略-----	11
優勢可解-----	12
最佳反應-----	13
納許均衡-----	13
子賽局完美均衡-----	15
結論與心得-----	16
參考資料-----	17

緒論

我們這組想探討的賽局理論主題為「美國是否提供台灣 COVID-19 疫苗以維護全球晶片供應鏈」。現在時事最熱門話題莫過於 COVID-19 疫苗，在供不應求的狀況下，政府與民間管道都在積極爭取疫苗，但因為眾多原因導致台灣取得疫苗的管道困難重重。面對台灣疫情爆發的危機，很可能也對全球晶片供應鏈造成影響，台積電在純晶圓代工領域市佔率高達 56%，但台灣缺乏疫苗且進入社區感染的情況，很可能使全球供應鏈短缺，因此希望可以透過穩定的晶片供應，換取美國向台灣提供疫苗，以維護晶片產業。

報告內容先以賽局理論起源開始介紹，以及主題相關新聞報導，並且應用課堂上所學習到的賽局理論，其中包含「PAPI」、「擴展式賽局」、「策略型賽局」、「混和策略」、「優勢策略」、「劣勢策略」、「優勢可解」、「最佳反應」、「納許均衡」、「子賽局完美均衡」等理論，最後則是結論與心得。

何謂賽局

1. 賽局的定義：賽局理論研究人們在策略性互動下的選擇。

(1) 互動性(Interdependence)：人們的行為彼此相互影響。

(2) 策略性思考(strategic thinking)：了解策略性互動本質，可改變結果達成目的。

2. 賽局理論是分析個體如何在互動的情況下做理性選擇。

賽局理論起源

賽局理論(Game Theory)，又譯為對策論或博議論，是經濟學的一個分支，1944年馮·諾伊曼與奧斯卡·摩根斯特恩合著《賽局理論與經濟行為》，標誌著現代系統賽局理論的初步形成，因此他又被稱為「賽局理論之父」。可應用在生物學、經濟學、國際關係、政治學、軍事戰略、計算機科學，研究遊戲或賽局內的相互作用。是研究具有鬥爭或敵對性質現象的數學理論和方法。賽局理論被認為是 20 世紀經濟學最偉大的成果之一。

相關新聞報導

近來台灣本土疫情升溫，確診人數激增，外界擔憂可能對晶片生產造成衝擊。彭博報導，除非台灣獲得疫苗，否則全球晶片供應將陷入危機。報導指出，台灣雖然成功避開武漢肺炎第一波大流行，最近因確診病例激增、缺乏疫苗等問題，面臨衛生緊急狀況；目前台灣僅約 1% 人口完成接種，可能影響晶片生產，進而使全球供應受到擠壓。

台灣駐紐約台北經濟文化辦事處處長李光章上週受訪時也表示，在全球晶片供應短缺及台灣確診人數攀升的同時，美國如果能協助取得更多疫苗，有助於保護關鍵的半導體產業；雖然目前疫情升溫還沒有（對半導體業）造成影響，但如果持

續過久，可能造成物流上的問題；因此情況非常急迫，「我們希望國際社會可以幫忙儘快釋出疫苗，協助控制疫情。」

報導表示，美國和台灣始終維持盟友關係，同時也是台灣晶片的主要買家。去年底全球出現晶片短缺，衝擊汽車製造和消費電子產業，包括美國在內的多個國家都希望台灣出手相救，台積電是全球頂尖的半導體供應商，占全球晶圓代工產能五十六%，重要客戶包括蘋果和高通等。

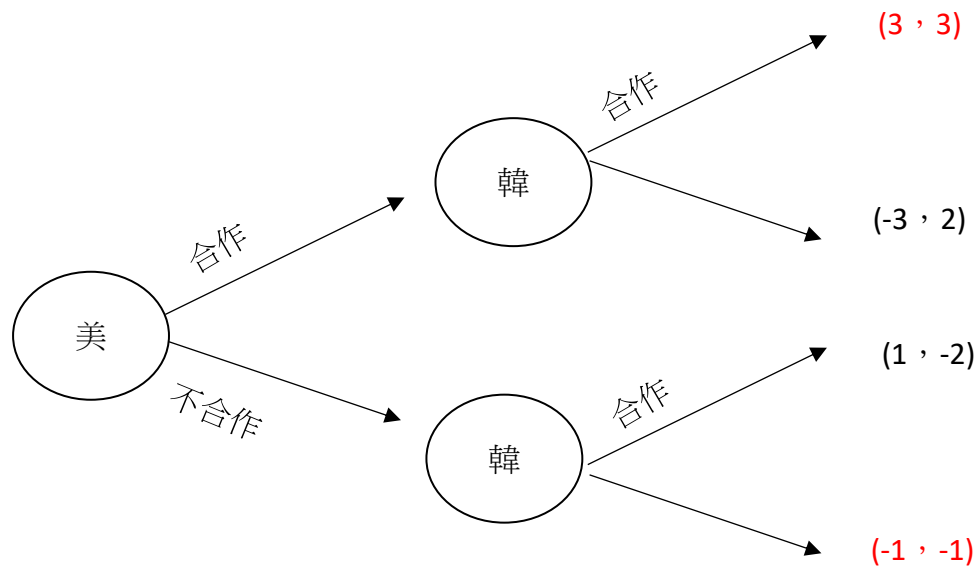
前台灣衛生政策顧問、美國奧勒岡州立大學全球衛生中心主任紀駿輝表示，台灣部分政治人物呼籲政府將晶片做為籌碼來交換疫苗，儘管台灣政府尚未明確利用晶片的影響力，但如果美國擔憂台積電晶片供應出問題，就有理由向台灣提供疫苗，避免晶片生產中斷。

<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1450786>

成功案例

南韓總統文在寅在上月底造訪美國、與美國總統拜登會面時，帶了龐大的商業代表團同行，這些企業宣布計劃在美國投資 394 億美元，領域涵蓋電動車電池與充電基礎設施、晶圓廠、晶片研發中心等，也換得了頗豐厚的收穫，不僅在美韓同盟和朝鮮半島等議題再次得到美方確認，更帶回抗疫大戰中最關鍵的物資：疫苗。文在寅此行的最重大成果之一，就是讓南韓成為印太地區的新冠疫苗生產重鎮。

在新冠疫情肆虐亞洲的此時，雙方宣布的合作內容中有兩項格外引人注目：兩國將建立全球疫苗夥伴關係，以及包括三星等南韓大企業將拿出近 400 億美元，在美國投資設廠。美韓同意建立全面的經濟與技術夥伴關係，包括疫苗、半導體及電動車電池的供應鏈。言下之意就是，南韓以在美強化晶片與電動車電池供應鏈，換得強化南韓的新冠疫苗的生產能力。



美國如果選擇合作，韓國也會選擇合作，因為韓國會選擇利益最大的策略(3>2)

美國如果選擇不合作，韓國也會選擇不合作，因為韓國會選擇讓自己損失較少的策略(-1>-2)

(合作，合作) (不合作，不合作)均為納許均衡，最後美韓可能都會選擇合作，因為(合作，合作)是他們彼此的最佳反應。

賽局的元素

何謂 PAPI？

描述一個賽局包含四個部分：參賽者(player)、行動(action)、報酬(payoffs)和訊息(information)，簡稱為 PAPI。

(1) 參賽者(player)：決策制定者。

(2) 行動(action)：參賽者可以選擇的所有決策可能。

(3) 報酬(payoffs)：賽局結束時，依照每人選擇的策略組合，參賽者所得的報酬。

(4) 訊息(information)：每一位參賽者在做決策時所知道的訊息。

參賽者(player)：台灣、美國

行動(action)：維持半導體產業、暫停半導體產業、提供疫苗或不提供疫苗。

報酬(payoffs)：是否獲得穩定晶片供應、是否獲得疫苗。

訊息(information)：若美國提供疫苗，台灣將更有動力提供晶片。

擴展式賽局(Extensive Form Game) (樹枝狀)

出招順序: 出招順序會影響參賽者的資訊情況（知不知道對手的行動為何），

故要以資訊集合來做區分。

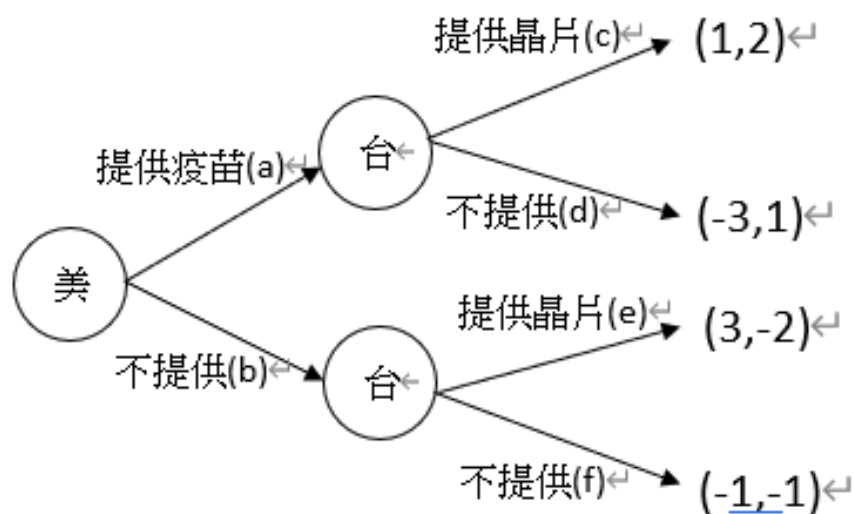
1. 先後出招，動態賽局（不同時點）

若參賽者的行動有先後順序，後出招者可以觀察到先出招者的行動，獲得對手如何出招的資訊。

2. 同時出招，靜態賽局（同一時點）

若參賽者是同時行動，則在出招時無法得知對手的行動，缺乏對手如何出招的資訊。因此，在同時出招的靜態賽局，以虛線連線表示參賽者不確定在哪的情況。

此賽局為動態賽局，出招順序採取先後出招。由於台灣迫切需要疫苗，所以當美國願意提供台灣疫苗時，台灣才能進一步確定是否提供美國晶片。



舉例說明：

- (1) 美國提供疫苗，台灣穩定提供晶片，則美國得 1 分，台灣得 2 分。
- (2) 美國提供疫苗，台灣不提供晶片，則美國得 -3 分，台灣得 1 分。
- (3) 美國不提供疫苗，台灣穩定提供晶片，則美國得 3 分，台灣得 -2 分。
- (4) 美國不提供疫苗，台灣不提供晶片，則美國得 -1 分，台灣得 -1 分。

策略型賽局

在賽局理論裡，玩家在賽局中的策略是指在所有可能發生情況下的一套完整行動計畫，這完全決定了玩家的行為。玩家的策略會決定玩家在賽局的任一階段所採取的行動，不論這一階段之前是如何演變而來的。

下表整理出議題之資訊與策略的表格

	美	台
資訊集合	1 個	2 個
行動	a、b	c、d、e、f
策略	[a]、[b]	[c,e]、[c,f]、[d,e]、 [d,f]
策略空間	{[a]、[b]}	{[c,e]、[c,f]、 [d,e]、[d,f]}

- i. 美國為先動者，因此策略為[提供疫苗][不提供疫苗]
- ii. 台灣為後動者，因此策略為[提供疫苗提供晶片，不提供疫苗提供晶片][提供疫苗提供晶片，不提供疫苗不提供晶片][提供疫苗不提供晶片，不提供疫苗，提供晶片][提供疫苗，不提供晶片，不提供疫苗不提供晶片]

		台			
		提供疫苗，提供晶片/ 不提供疫苗，提供晶片	提供疫苗，提供晶片/ 不提供疫苗，不提供晶片	提供疫苗，不提供晶片/ 不提供疫苗，提供晶片	提供疫苗，不提供晶片/ 不提供疫苗，不提供晶片
美	提供疫苗	(1, 2)	(1, 2)	(-3, 1)	(-3, 1)
	不提供疫苗	(3, -2)	(-1, -1)	(3, -2)	(-1, -1)

簡化後

		台			
		ce	cf	de	df
美	a	(1, 2)	(1, 2)	(-3, 1)	(-3, 1)
	b	(3, -2)	(-1, -1)	(3, -2)	(-1, -1)

混和策略(Mixed Strategy)

混合策略的概念是允許參賽者使他們的策略隨機化，對每項選擇都制定一個機率，按照機率做出他們的選擇。會使用混和策略是因為，若是長時間下來某一個策略會被對手抓住，當對手因應你的策略而調整策略時，報酬就會減少，希望透過混合的方式模糊自己的策略。例如：若是玩家百分之百偏向出單一的策略=>純策略，若是玩家偏向機率出招=>混和策略。

從美國是否提供疫苗和台灣是否提供晶片來研究，首先假設：

台灣提供晶片的機率為 p ，台灣不提供晶片的機率為 $1-p$ ；

美國提供疫苗的機率為 q ，美國不提供疫苗的概率為 $1-q$ 。

		台灣	
		提供晶片 (p)	不提供晶片 ($1-p$)
美國	提供疫苗(q)	(1,2)	(-3,1)
	不提供疫苗($1-q$)	(3,-2)	(-1,-1)

(1) 對於美國而言，提供疫苗的收益為：

$$1 \times p + (-3)(1-p)$$

(2) 不提供疫苗的收益為：

$$3 \times p + (-1)(1-p)$$

兩者解聯立算出美國在這場賽局裡的期望報酬，

$$1 \times p + (-3)(1-p) = 3 \times p + (-1)(1-p)$$

$$p - 3(1-p) = 3p - 1(1-p)$$

$$2p = 2(1-p)$$

$$p = (1-p) = 1/2$$

代表美國在面對台灣是否提供晶片時，選擇的兩種策略機率都是相同，50%。

(3)對於台灣而言，提供晶片的收益為：

$$2 \times q + (-2)(1-q)$$

(4)不提供晶片的收益為：

$$1 \times q + (-1)(1-q)$$

兩者解聯立算出台灣在這場賽局裡的期望報酬，

$$2q - 2(1-q) = q - 1(1-q)$$

$$p - 3(1-p) = 3p - 1(1-p)$$

$$q = (1-q) = 1/2$$

代表台灣在面對美國是否提供疫苗時，選擇的兩種策略機率都是相同，50%。

· 混合納許均衡解為 $p = 1/2$ ， $q = 1/2$ （美國有 $1/2$ 的機率使用提供疫苗的策略 + 美國有 $1/2$ 的機率使用不提供疫苗的策略，台灣有 $1/2$ 的機率使用提供晶片的策略 + 台灣有 $1/2$ 的機率使用不提供晶片的策略）。

優勢策略(Dominant Strategies)

定義：不管對手採取何種策略，自己採取此種策略的報酬均大於其他策略所得的報酬。

優勢策略是純粹策略。但是優勢策略一定存在，如果有也只有一個。

		台灣	
		提供晶片	不提供晶片
美國	提供疫苗	(1,2)	(-3,1)
	不提供疫苗	(3,-2)	(-1,-1)

在這次的主題中，兩國的優勢策略為：

- (1) 在台灣的角度就是「維持晶片的產量也得到疫苗」
- (2) 在美國的角度是「不提供疫苗但得到足夠的晶片」

優勢策略均衡(dominant strategy equilibrium)

定義：每位參賽者的優勢策略只有一個，而每位參賽者優勢策略所構成策略組合，其報酬高於其他策略組合的報酬，此策略組合稱之為優勢策略均衡。任何賽局若存在優勢策略將是唯一的。

這樣來看，「晶片換疫苗」是唯一的優勢策略。

劣勢策略(Dominated Strategy)

定義：不管對手採取何種策略，自己採取此種策略的報酬均小於其他策略所得

的報酬。

在任何情況下，理性與賽者都不會使用劣勢策略。

劣勢策略可能是純粹策略，也可能是混和策略，處理時比較麻煩。雖然劣勢策略不一定存在，如果有也不見得只有一個，不同情況下找出來的劣勢策略也不相同。

		台灣	
		提供晶片	不提供晶片
美國	提供疫苗	(1,2)	(-3,1)
	不提供疫苗	(3,-2)	(-1,-1)

如何找出劣勢策略？先利用純粹策略找出劣勢策略，沒有時再利用混合策略找出劣勢策略。

(1) 台灣單方面努力穩定晶片產量卻沒有得到疫苗

(2) 美國提供疫苗卻沒有得到晶片

以上兩種組合是劣勢策略。

優勢可解(Dominance Solvable)

逐次刪掉劣勢策略直到剩下單一策略組合，此時稱賽局優勢可解

		台			
		ce	cf	de	df
美	a	(1, 2)	(1, 2)	(-3, 1)	(-3, 1)
	b	(3, -2)	(-1, -1)	(3, -2)	(-1, -1)

對於台灣而言，ce、de、df，報酬都少於 cf 策略，因此對於台灣而言他們都屬於劣勢策略，故刪除之。

		台
		cf
美	a	(1, 2)
	b	(-1, -1)

對於美國而言，a 的報酬大於 b，故刪除 b

		台
		cf
美	a	(1, 2)

最後美國會選擇[提供疫苗]台灣會選擇[提供疫苗，提供晶片]，此時稱賽局優勢可解

最佳反應(Best Response)

在博弈論中，最佳反應是為一個參與者產生最有利結果的策略（或多個策略），將其他參與者的策略視為給定，最佳反應的概念是約翰·納什最著名的貢獻的核心，即納許均衡，即遊戲中的每個參與者都選擇了對其他參與者策略的最佳反應（或最佳反應之一）的點。

納許均衡(Nash Equilibrium)

納許均衡出自於賽局理論大師、曾獲諾貝爾經濟學獎的美國數學家約翰·納許（John Nash）。納許在 1950 年獲得普林斯頓大學博士學位，他在他的博士論文中提出一個重要概念，也就是「納許均衡」（Nash equilibrium）的賽局理論，其

經典案例便是囚徒困境（Prisoner's Dilemma）。

納許於 1994 年獲頒諾貝爾經濟學獎，並在普林斯頓大學擔任資深研究數學家迄今。納許主要研究賽局理論、微分幾何學和偏微分方程式。他的理論被運用於市場經濟、計算、演化生物學、人工智慧、會計、政策，以及軍事理論。

納許罹患思覺失調症的故事被改編成電影「美麗境界」（A Beautiful Mind），該片於 2002 年獲得奧斯卡最佳影片殊榮。

- (1) 納許均衡是根據雙方的信念，求得參賽者的最佳反應；若此策略組合為彼此最佳反應，則為納許均衡。
- (2) 不同的信念，可能得到不同的納許均衡，因此納許均衡會有多重解。
- (3) 納許均衡是一策略組合，沒有任何參賽者有誘因去背離(deviate)此策略組合時，即達成納許均衡。
- (4) 進行決策時的一個賽局中的雙方都各有不利與有利的抉擇，其中可能有一個以上的策略組合是對兩方都有利。
- (5) 每一個納許均衡都是理性化的策略。

將納許均衡理論應用到本文主題：

		台			
		ce	cf	de	df
美	a	(1, 2)	(1, 2)	(-3, 1)	(-3, 1)
	b	(3, -2)	(-1, -1)	(3, -2)	(-1, -1)

➤ 台灣

當美國選 a 策略，台灣會選擇 ce 或 cf 策略，報酬為 2。

當美國選 b 策略，台灣會選擇 cf 或 df 策略，報酬為-1。

➤ 美國

當台灣選 ce 策略，美國會選擇 b 策略，報酬為 3。

當台灣選 cf 策略，美國會選擇 a 策略，報酬為 1。

當台灣選 de 策略，美國會選擇 b 策略，報酬為 3。

當台灣選 df 策略，美國會選擇 b 策略，報酬為-1。

		台			
		ce	cf	de	df
美	a	(1, 2)	(1, 2)	(-3, 1)	(-3, 1)
	b	(3, -2)	(-1, -1)	(3, -2)	(-1, -1)

由上表可知，納許均衡為(1,2)和(-1,-1)

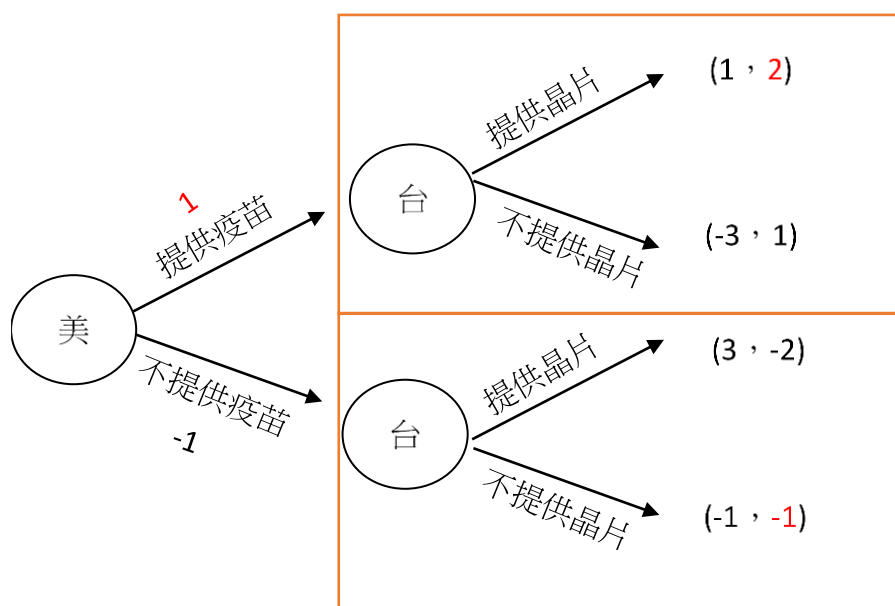
分析：(-1,-1)代表美國可能因為政治或其他因素不提供疫苗到台灣，而台灣也因疫苗短缺，不提供晶片給美國。但(1,2)代表美國願意提供疫苗給台灣，而台灣也因取得充足的疫苗，進而穩定提供晶片給美國。此解符合柏拉圖效率(Pareto Efficient)對雙方來說都是更好的選擇。

子賽局完美均衡 (SPNE, Subgame Perfect Nash Equilibrium)

1994 年獲頒諾貝爾經濟學獎的賴因哈德·澤爾騰為賽局引入動態的概念，提出「子賽局完美均衡」，也就是思考如果讓對手先採取行動，自己應該如何因應；和如果自己先下一步棋，對手可能會採取什麼行動，統籌所有子賽局的可能性之後再做決策。

發現子賽局完美均衡的第一步驟，就是先找出所有基本子賽局的均衡，然後再將每個基本子賽局代之以所對應的均衡報酬，以簡化賽局，並重複這個簡化步驟，直到所有完整子賽局都被分析完為止。原賽局一系列的均衡就構成了此賽

局的子賽局完美均衡。



用 SPNE 方法求解，台灣會選擇(提供疫苗，提供晶片) (不提供疫苗，不提供晶片)，這是各個子賽局中的納許均衡，美國最後可能會選擇(提供疫苗，提供晶片)，因為 $(1 > -1)$ 對美國來說利益最大，也是子賽局中的最佳反應，最後(提供疫苗，提供晶片)就是子賽局中的完美均衡。

結論

以賽局理論為基礎，透過賽局理論來分析美國是否提供疫苗和台灣是否提供晶片之間的利害關係。美國和台灣各自對於這項議題有不同的立場，從納許均衡來看，若是美國願意提供疫苗給台灣，而台灣也因取得充足的疫苗，進而穩定提供晶片給美國，這是最佳反應，但若是單純以美國角度，或是單純以台灣的角度來看，結果也會出現不同。利用賽局理論在進行分析、思考時，較不容易陷入單一的思考方式，能多方檢視問題所在，洞悉問題本質並掌握局面，進而精準預測未來趨勢，做出最適合的策略。在這些爾虞我詐的局面下，何人能夠勝出，就要看哪個人的策略較對手高明來決定。與其一昧的想要贏過狡猾的對手，賽局理論告訴我們，更重要的是如何預測對手的策略，尋求自己最大的勝算或利益，從而在競爭中求生存的理性抉擇，讓自己保持不敗。

參考資料

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%9A%E5%BC%88%E8%AE%BA>

https://wiki.mbalib.com/zhtw/%E6%B7%B7%E5%90%88%E7%AD%96%E7%95%A5_%28%E5%8D%9A%E5%BC%88%E8%AE%BA%29

<http://fmathweb4.pu.edu.tw/celebrate/celebrate18/group/group09/PDF/program11.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Best_response

<https://udn.com/news/story/121707/5502444>

<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1450786>