

《公平交易季刊》
第 32 卷第 3 期 (113/7), 頁 101-156
◎公平交易委員會

訂價演算法衍生之超競爭價格與合謀態樣

陳和全*

摘要

一般認為演算法運用於商業後將增進競爭，從而引導價格下降，但近期許多實際案例研究卻發現是反向的提高了價格。本文首先由幾個經濟學模型解析證實，市場均衡價格絕大多數時候是超競爭價格水平的，且其關鍵因素乃在於廠商依據現有訊息集進行推測與掌握對手訂價反應模式的能力，能力愈高則市場最終價格就會愈高，而此能力正是訂價演算法之擅長。基於此一發現，檢視近期許多得到超競爭價格的演算法模擬研究，其結果實已意涵於其所內建的經濟學競爭模型本身，不足為奇。經濟學競爭模型中，基於內容為歷史公開數據的現有訊息集進行推測與掌握對手訂價反應，此乃廠商明智調適以達最佳策略的獨立決行，屬於競爭範疇，但卻得到超競爭價格。於是，超越此一現有訊息集內容之訊息取得及其方式，將使廠商關係超越競爭範疇，從而使出現的超競爭價格可能疑似來自於對競爭的限制。競爭法實務上，我們認為合謀乃廠商「心意合會於一個目的」的企圖，因此廠商獲悉超越現有訊息集之內容，即有可能正在遂行此一企圖。亦即，凡特定廠商交換了超越歷史公開數據訊息集之外的訊息，則疑有「心意合會於一個目的」之企圖，而可能涉及非法合謀。此等訊息類型主要包括未來行動訊息、非公開資料數據、演算法訂價決策模式與編程代碼，據此本文整理出演算法商業中可能疑涉訊息交換之非法合謀的五個態樣，亦可作為執法機關對於合謀行為之初步檢視的依據。

關鍵詞：訂價演算法、超競爭價格、Bertrand 模型、Stackelberg 模型、推測變量模型、Edgeworth 循環、自覺平行行為、協同行為、心意合會、公平價格、知覺要件、區塊鏈

投稿日期：112 年 11 月 20 日

審查通過日期：113 年 6 月 24 日

* 國立中正大學經濟學系教授。

一、前言

「毫無疑問，數位化正在徹底改變我們經濟上的許多部門，而演算法正是這一過程中最重要的技術驅動力之一，它使公司能夠更具創新性和效率¹。」在供給方面，演算法「有助於提高透明度、改進現有產品或開發新產品……廠商基於演算法開發新產品的能力，促進了市場的參進……這觸發了一種令企業不斷承受創新壓力的良性機制，從而提高了動態效率……供給方面演算法的興起，可以達到降低生產成本、提高品質與資源利用、並簡化業務流程，從而提高靜態效率。」在需求方面，演算法「更好的組織訊息而令消費者更快更有效地進接，且提供價格以外的競爭維度新訊息，例如品質與消費者偏好。因此，演算法可能對消費者和社會福利產生正面影響²。」然而，「從反複試誤以及從大量而多元數據中尋找模式的過程中學習，從而達成最適定價」的訂價演算法³，我們卻開始在實證上看到它可能導致了市場的超競爭價格水平。

Assad et al.於2022年⁴研究德國零售汽油價格，觀察各加油站價格於日內變化次數、面對競爭對手價格改變的平均反應時間（分）、面對原油價格大衝擊時的平均反應能力、以及面對當地氣候衝擊時的平均反應能力等四個變量指標，以其數列結構改變點（structural break）代表加油站開始採用演算法訂價的時刻，然後發現約有20%的加油站（約2,728個）採用了演算法訂價，且其中一半以上是發生在2017年期中⁵。研究發現，採用演算法訂價的加油站，若在區域市場上是一獨占者，則無統

¹ Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *Algorithms and Competition*, Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence (2019), <https://www.autoritedelaconcurrence.fr/sites/default/files/algorithms-and-competition.pdf>, last visited on date: 2023/10/11.

² OECD, *Algorithms and Collusion: Competition Policy in the Digital Age*, OECD Going Digital Project, 14-15 (2017), <https://www.oecd.org/competition/algorithms-collusion-competition-policy-in-the-digital-age.htm>, last visited on date: 2023/10/11.

³ *Id.* at 16.

⁴ Stephanie Assad, Robert Clark, Daniel Ershov & Lei Xu, “Algorithmic Pricing and Competition: Empirical Evidence from the German Retail Gasoline Market,” *132(3) Journal of Political Economy*, 723-771 (2024). 亦請參閱 Stephanie Assad, Robert Clark, Daniel Ershov & Lei Xu, “Identifying Algorithmic Pricing Technology Adoption in Retail Gasoline Markets,” *112 AEA Papers and Proceedings*, 457-460 (2022).

⁵ 在其樣本期間，有結構改變的加油站，改變前每天約調價5.5次、改變後則約9.2次，沒結構改變的加油站則是6.3次；結構改變前對競爭對手調價後作出反應的時間約80分鐘，結構改變後

計上顯著的價格（或利潤率）改變；但若存在著競爭者，則利潤率將有顯著的增加。相較於沒有加油站採用訂價演算法的區域市場而言，採用訂價演算法的市場，其市場利潤率提增了大約 38%。顯見的，演算法訂價的採用確實一般性的提增廠商利潤（或價格），有效的降低了競爭。

廣為人知的 Amazon 線上零售訂價演算法被稱為「動態訂價 (dynamic pricing)」，會跟蹤網站上每一品項的價格，一發現其它地方價格更低，就會自動相應調整其商場上的訂價⁶；會隨時監控其競爭對手以及其商場上的第三方商家訂價，且隨時自動的因應調價；甚至當發現某類別滯銷品過多或者某商品在一段時間內銷售緩慢時，也會對這些商品降價、直到需求有所改善。這個動態演算法令 Amazon 每天調動產品價格 250 萬次，平均每一品項每 10 分鐘即變動一次價格⁷。Amazon 利用其動態演算法、又搭配著它的訂價策略，一般被認為將推高市場價格，但是否導致了反競爭效應，則一直存在著疑慮。對此，2021 年 5 月美國華盛頓特區檢察總長⁸、2022 年 9 月加州檢察總長⁹、以及 2023 年 9 月美國聯邦貿易委員會 (Federal Trade Commission，

則大約為 52 分鐘、沒結構改變者是 73 分鐘。結構改變前的價格每日調幅約為 4.1 cents、改變後則約為 3.4 cents、沒改變者是大約 3.7 cents。對氣候衝擊的反應次數約占 12%、而結構改變後則約占 25%。該文所得的調價頻率結果與 Brown and MacKay 及 Aparicio, Metzman and Rigobon 兩篇相類似。可參見 Zach Y. Brown & Alexander MacKay, "Competition in Pricing Algorithms," *15(2) American Economic Journal: Microeconomics*, 109-156 (2023); Diego Aparicio, Zachary Metzman & Roberto Rigobon, "The Pricing Strategies of Online Grocery Retailers," *28639 NBER Working Paper* (2021).

⁶ 例如 Amazon 於 2009 年提議併購 Quidsi 但被拒絕。於是 Amazon 開始對相同品項的自家產品進行大幅削價（甚至達 30%）。Quidsi 內部測試發現，若其產品價格改變，則 Amazon 網站上的相對品項價格也會立即跟著改變（並相對削價），確認 Amazon 利用其訂價機器人即時監視偵測著 Quidsi 並隨即削價反應。參見 Brad Stone, *The Everything Store: Jeff Bezos and the Age of Amazon*, 1st ed., Little, Brown and Company, 239-297 (2013).

⁷ Kishore Rajgopal, "Amazon's Dynamic Pricing Strategy: How It Balances Customer Trust and Profitability," *Rapidious* (2023/7/5), <https://www.linkedin.com/pulse/amazons-dynamic-pricing-strategy-how-balances-trust-kishore-rajgopal>, last visited on date: 2024/3/10.

⁸ 參閱 Cat Zakrzewski & Rachel Lerman, "D.C. Attorney General Brings Antitrust Lawsuit against Amazon," *The Washington Post* (2021/5/25), <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/05/25/dc-ag-antitrust/>, last visited on date: 2023/11/10. Amazon 於 2022 年 1 月同意支付 225 萬美元、並不再使用被認為固定價格的該政策，而沒有進入訴訟程序，請參閱 Devin Coldewey, "Amazon Must Pay \$2M and End Program after Price-Fixing Investigation by Washington AG," *TechCrunch* (2022/1/27), <https://techcrunch.com/2022/01/27/amazon-antitrust-lawsuit-washington/>, last visited on date: 2023/11/10.

⁹ State of California - Department of Justice, Press Release, "Attorney General Bonta Announces

下稱 FTC) 及 17 州¹⁰，都對 Amazon 的價格政策提出了訴訟。第一案中，哥倫比亞特區高等法院駁回了地方法院的起訴¹¹，認為「同樣的，這些價格可能是來自於合法且未經操作的自由市場行為之結果」，而地方法院並沒有提出合理的反駁。第二案中，舊金山高等法院則駁回 Amazon 請求¹²，並認為加州政府業已證明 Amazon 政策已經導致了「競爭零售市場及第三方賣家自家網站上價格被提高的反競爭效應。」 Amazon 要求第三方商家簽定包含價格等同 (price parity) 的條款，未能遵守者，其商品將會被 Amazon 演算法於搜索中降級而失去被關注機會、甚至可能直接被從 Buybox 中排除。由於第三方商家在 Amazon 上架的費用較高¹³、且又很需要在 Amazon 上銷售(因商家在 Amazon 上的營業額占比很大)¹⁴，於是商家基於成本考量在 Amazon 上訂價較高，但又基於價格等同政策而必須把此高價移植至其他競爭網站¹⁵。起訴書即指出「不乏證據顯示，這個無所不包的商店 (everything store)，讓消費者在幾乎所有商品上都付出了更高代價」；而「沒有了基本的價格競爭、沒有了不同網站試

Lawsuit against Amazon for Blocking Price Competition,” (2022/9/14), <https://static.poder360.com.br/2022/09/comunicado-california-processo-amazon-14set2022.pdf>, last visited on date: 2023/11/11.

¹⁰ Federal Trade Commission et al. v. Amazon.com, Inc., Case No. 2:23-cv-01495 (W.D. Wash. Sept. 26, 2023), https://www.ftc.gov/system/files/ftc_gov/pdf/1910129AmazonCommerceComplaintPublic.pdf, last visited on date: 2023/11/10.

¹¹ District of Columbia v. Amazon.com, Inc., Case No. 22-CV-657 (D.C. Jan. 23, 2023), <https://fingfx.thomsonreuters.com/gfx/legaldocs/byvrlrwrkve/DC%20v%20Amazon%202023-01-23.pdf>, last visited on date: 2023/11/10.

¹² Jonathan Stempel, “Amazon Must Face California Lawsuit Claiming Its Prices Are Too High, Judge Says,” Reuters (2023/4/1), <https://www.reuters.com/legal/amazon-must-face-california-lawsuit-claiming-its-prices-are-too-high-2023-03-31/>, last visited on date: 2023/11/10.

¹³ Amazon 針對其第三方賣家所抽取的費用，主要具有三個名目，推薦 (referral)、廣告、與物流 (fulfillment)。根據 The Institute for Local-Reliance 的調查，在 2019 年，其抽取份額已約當為第三方商家平均每筆銷售額的 30%，並預估在 2023 年將高達 45%。請參閱 Stacy Mitchell & Ron Knox, *How Amazon Exploits and Undermines Small Businesses, and Why Breaking It Up Would Revive American Entrepreneurship*, Institute for Local-Reliance (2021), https://sonomacounty.golocal.coop/media/commons/file-upload/ILSRAmazonSmallBusinessFactSheet2021_lo.pdf, last visited on date: 2023/11/10; 及 Stacy Mitchell, *Amazon's Monopoly Tollbooth in 2023*, Institute for Local-Reliance (2023), <https://ilsr.org/wp-content/uploads/2023/03/AmazonMonopolyTollbooth-2023.pdf>, last visited on date: 2024/3/10.

¹⁴ Amazon 占有了美國電子商務市場約 40% 份額，其商場上銷售的商品約有 60% 是來自於第三方商家，三分之二的美國成人是其 Prime 會員。

¹⁵ 亦即其它競爭網站對 Amazon 的價格制約力量已經喪失，終使得 Amazon 市場力變大而價格自然變高。

圖以更低價格超越對方，則價格就會人為穩定的高於競爭市場水平」¹⁶。第三案則為 FTC 與 17 州所提起的訴訟，認為 Amazon 透過交錯的反競爭及不公平策略，藉此而阻止了賣家與競爭對手降低價格、同時降低了買家獲得的品質、抽取了賣家高額交易費用、阻撓了創新、並阻礙了競爭對手與其公平競爭¹⁷。FTC 主席 Lina Khan 表示：「訴狀詳細指控 Amazon 如何利用其獨占地位，不僅圖利自己，而且對於在其平臺上購物的數千萬美国家庭、及依賴其平臺提供服務的數十萬商家，提高了價格並降低了品質¹⁸。」

愈來愈多的線上市場零售商開始採用訂價演算法，原本我們期望這將推動市場更激烈競爭以提供低價格產品，從而提高市場效率而使消費者福利增加。但是我們卻逐漸觀察到，猶如前述 Amazon 一例顯示，訂價演算法的運用，幫助廠商快速的偵測出競爭者訂價¹⁹、可以快速依編程設定調動價格予以反應，於是廠商互動更為快速、訂價調動反應更為靈敏，能夠更有效的優化訂價策略（即獲取最大利潤），此結果卻是事與願違的提高了市場價格。何以致之？又此等超競爭價格是否涉及非法合謀行為？這是值得探討的議題。

本文首先在第二節，從經濟學模型所傳達的基本競爭原理證明，當競爭者之間的訂價訊息愈是透明，則均衡價格就會愈高；而訂價演算法的運用，剛好促使競爭者之間更容易獲悉彼此訂價訊息，於是訂價演算法進一步的助推了價格趨於高價。從理論中推得這個高價現象，也已經在實務究上被陸續發現與證實，因此本文接著於第三節，列舉諸多實務證據與模擬研究文章的結果，說明運用訂價演算法之零售市場價格確實是偏高的。尤其演算法競爭模擬研究，以經濟學市場競爭模型為基礎，並以演算法進行競爭訂價，剛好完全符合第二節理論上的論證，故獲得高價格水平

¹⁶ Karen Weise & David McCabe, "California Files Antitrust Lawsuit Against Amazon", The New York Times (2022/9/14), <https://www.nytimes.com/2022/09/14/technology/california-files-antitrust-lawsuit-against-amazon.html>, last visited on date: 2023/11/10.

¹⁷ 基於 Amazon 已成為第三方商家如欲保持運營則別無選擇的選項，加上其 Prime 制又已成為要在 Amazon 上開展業務的必要條件，因此，起訴書提及的抽取第三方商家高額交易費用、搜尋頁面上偏愛自家與有買廣告之商家產品、處罰訂價低於其它網絡之第三方商家（anti-discounting measures）、或者限制賣方取得其 Prime 會員之條件，都將強化其獨占地位且導致競爭愈為不利。

¹⁸ FTC, Press Release, "FTC Sues Amazon for Illegally Maintaining Monopoly Power," (2023/9/26), <https://www.ftc.gov/news-events/news/press-releases/2023/09/ftc-sues-amazon-illegally-maintaining-monopoly-power>, last visited on date: 2023/11/9.

¹⁹ 可參考前揭註 6 一例。

之均衡似是必然。然而從這兩節的理論與實務所印證之高於競爭基準（competitive benchmark）的超競爭價格（supra-competitive price）均衡結果，雖於經濟學文獻上即被稱之為合謀（collusion）或合謀行為（collusive behavior）^{20、21}，但仍不能據以論斷是否為競爭法上的非法合謀行為。為此，我們於第四節中，從競爭法法律框架著手，進行釐清非法與合法之合謀行為的判斷。從競爭法與其法例的邏輯中，我們得出認定廠商必須具備「心意合會於一個目的」，才足以構成合謀；而當此目的具有限制競爭之企圖時，即為非法合謀。本節中借用美國 FTC 的三種合謀分類，是基於「心意合會」或「共同意會」之不同形式所致的合謀行為，並不全部都是非法，借此來補足經濟學太過於廣泛的合謀稱謂。然而，「心意合會」論理上的非法原則，於實務上的檢視與分析卻碰到了相當程度的艱難，因此本文於第五節，即基於第二節經濟理論所得出之彼此訂價資訊知悉度可推高價格的結論，我們過濾出涉及訂價演算法超競爭價格而可被歸類為非法合謀的主要因素，並得出「資料數據取得的方式」實為判斷關鍵；再依此而歸納出訂價演算法商業中，可能會涉及非法合謀的五個態樣。這些態樣具有容易觀察的特性，可以提供執法者初步簡易的留意與掌握可能違法之廠商行為，確認符合態樣後，再進一步進行深度分析或調查。

二、超競爭價格之經濟分析

廠商在市場上競爭，總是基於一個給定的訊息集（information set）而做出決策。這個訊息集包含市場過去與現在的狀態、以及自己與競爭者過去的行為；至於廠商對於競爭者未定行為（如當期或未來行為），則只能基於訊息集分析而做成推測。推測品質的優劣，決定了廠商的競爭利益與市場價格；推測品質愈好（即準確度愈高），則等同於競爭者之訂價決策方式愈為透明，其結果將愈推高市場均衡價格。

²⁰ 可參見 Ludo Waltman & Uzay Kaymak, “Q-Learning Agents in a Cournot Oligopoly Model,” *32(10) Journal of Economic Dynamics & Control*, 3276 n.1 (2008). 該文於演算法廠商競爭設定上是採用重複 Cournot 模型。Motta 亦指出，於經濟學中當價格高於某個競爭基準（competitive benchmark）時，即被稱之為合謀；而這一基準通常就是廠商單期賽局下的均衡水平。參見 Massimo Motta, *Competition Policy: Theory and Practice*, 1st ed., Cambridge University Press, 138 n.3 (2004).

²¹ 模型若以價格為競爭策略者（如 Bertrand 模型），納許均衡即發生於價格等於邊際成本時；若以數量為競爭策略者（如 Cournot 模型），則納許均衡是發生於價格大於邊際成本處。本文以價格為競爭變數進行論述（如多數模擬文章），因為價格在競爭法限制競爭之論證或市場界定等各面向上，都是一個最為重要的參數。

這樣的概念，可用經濟學模型予以解析。經濟學的市場競爭模型中，以廠商訂價決策訊息的彼此透明度來看，Bertrand 模型與 Cournot 模型是屬於不完美訊息的非合作賽局，Stackelberg 模型則屬於完美訊息之非合作賽局，Conjectural 模型的訊息透明度則介於這兩者之間；而至於動態賽局的競爭模型之下，決策訊息之透明度亦多過於 Bertrand 模型。本文研究的市場競爭或採用的經濟學競爭模型，皆以訂價策略為分析途徑，故訊息集亦自然圍繞於價格決策相關資訊。

本節將以這些模型分析彼此訂價決策訊息透明度，對於最終均衡價格的影響，藉以說明超競爭價格的發生。我們將採用 Bowley 線性反需求函數作為基礎²²、並進行異質化設定。假設反函數為：

$$p_1 = a_1 - (q_1 + \theta q_2), \quad p_2 = a_2 - (q_2 + \theta q_1). \quad (1)$$

式中變數或參數的下標代表廠商（1 或 2）， p 為價格、 q 為數量，而參數 θ 代表兩廠商產品的異質化程度， $0 \leq \theta \leq 1$ 。 $\theta = 0$ 時，兩者乃獨立商品，而 $\theta = 1$ 則為完全替代商品。參數 a_1 與 a_2 分別代表消費者對兩廠產品所分別願意購買的最高價格，此兩者的不相等，可由於品牌忠誠度、形象品質、或廠商規模之不同而致。(1)式兩個反函式互相代入並經過化簡整理，可得所意涵的需求函數為²³：

$$q_1 = \frac{(a_1 - \theta a_2) - p_1 + \theta p_2}{1 - \theta^2}, \quad q_2 = \frac{(a_2 - \theta a_1) - p_2 + \theta p_1}{1 - \theta^2}. \quad (2)$$

於是，基於底下(3)式之廠商利潤方程式，即可進行競爭模型的均衡價格求解：

$$\pi_1 = (p_1 - c_1)q_1, \quad \pi_2 = (p_2 - c_2)q_2. \quad (3)$$

式中的 c_1 與 c_2 代表各廠的邊際成本。關於本文所列舉之市場競爭模型，其競爭行為與意涵於下文逐一敘述，然其競爭均衡價格的數學推導過程，則詳細呈現於附錄，本文再匯整附錄所推得之均衡價格於表 1。關於一些參數，先在此提醒的是，當兩廠產品需求一致且具相同成本結構時，則我們稱其為對稱廠商，於參數上即是 $a_1 = a_2 \equiv$

²² A. L. Bowley, *The Mathematical Groundwork of Economics*, 1st ed., Oxford University Press (1924). Bowley 異質化產品之線性需求模型是產業經濟學中廣泛使用模型之一。

²³ Bowley 反需求函數轉成需求函數時（即如本文(2)式），必須 $\theta \neq 1$ ，故我們論述同質產品時，將以 $\theta \rightarrow 1$ 來代表。

$a \cdot c_1 = c_2 \equiv c$ 、以及在下文模型(v)中的 $\beta_1 = \beta_2 \equiv \beta$ 。而消費者視角的替代程度，若為完全替代（即產品同質），則 $\theta = 1$ 。

（一）單期模型

最普遍亦是最被熟知的 Bertrand 模型，是一個單期的同步賽局（simultaneous game），廠商無從知悉對手即將選擇哪一行動（action），是一個典型的不完美訊息賽局²⁴、也是一個非合作賽局（non-cooperative game）。其原始競爭模型，設定同質產品廠商進行價格競爭（即 $\theta \rightarrow 1$ ）、且兩廠對稱（即 $a_1 = a_2, c_1 = c_2$ ），因此最終兩廠的均衡價格會相同，且將等於邊際成本而使利潤為零；此一結果即是完全競爭均衡價格（competitive price），完整函數表達於表 1 之模型(i)，一般它被用來作為是否合謀的比較基準。凡市場均衡價格高於此者，即調超競爭價格（supra-competitive price），而被一律稱為合謀。相反的，假若兩家廠商的決策全權委由一方決定、或者兩者進行顯然協議而共同決策，則構成了合作賽局，基於追求利潤最大化原則，則可達成獨占訂價的結果，其均衡價格呈現於表 1 模型(ii)。無庸置疑的，模型(ii)之價格都將高於模型(i)價格。相關的數學模型推導，請參考數學附錄。

與 Bertrand 模型相反的，則是完美訊息賽局，廠商知道自己與對手所有已發生之行動、而且彼此知道對方知悉我方行為模式，Stackelberg 即為典型的此類模型；此模型中，市場的領導廠商先決定了價格，其他跟隨廠商再據此決定自己的價格，是屬於單期次遞賽局（sequential game）。跟隨廠商做決策時已知領導廠商的訂價，於是根據其最佳反應函數而回應以最佳訂價，跟隨者具有完美訊息。然而跟隨者此一反應函數是大家都知道的訊息，這是因為市場結構與各廠效用函數被假設為賽局的基本共識（common knowledge）；於是領導者明確知道其每一可能訂價將會帶動跟隨者選定哪一個訂價、從而得到哪個報酬，亦即領導者明確知道跟隨者的策略（故具完美訊息）。在彼我皆具完美訊息、且都知道若彼我能夠同時奔向獨占價格（或

²⁴ 根據 Rasmusen 之定義，完美訊息賽局指的是在展開式中「每一訊息集都是單點訊息集（Each information set is a singleton）」。於是，在任何一個階段，決策者知道所有人的過去決策，也知道選擇哪個行動則對方會怎麼反應且將最終得到怎樣的償付值（payoffs）。參見 Eric Rasmusen, *Games and Information: An Introduction to Game Theory*, 1st ed., Blackwell Publishing (1989); 以及 Philip J. Reny, “Common Knowledge and Games with Perfect Information,” *1988(2) PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 363-369 (1988).

高價)則利潤會更大,於是領導者就利用這一狀態而調高價格、讓跟隨者跟進,因此較高價格就成為了均衡結果。其競爭均衡價格之推導參見附錄,而結果則摘錄於表 1 模型(iii)。

為了比較兩模型均衡價格差異,我們假設兩廠對稱,然後比較表 1 模型(i)與模型(iii)均衡價格,得到:

$$p_1^S - p_1^B = \frac{(2 + \theta)\theta^2 A}{2(2 - \theta^2)(4 - \theta^2)} > 0, p_2^S - p_2^B = \frac{(2 + \theta)\theta^3 A}{4(2 - \theta^2)(4 - \theta^2)} > 0 \quad (4)$$

式中符號的下標代表個別廠商(1 或 2)、上標 S 與 B 則分別代表不同經濟模型下的均衡值(Stackelberg 或 Bertrand)。式中的 A 來自於 $A_i = a_i - \theta a_j + c_i$, 因為廠商對稱,故 $A_1 = A_2 = (1 - \theta)a + c$, 而定義其為 A 。由於 $0 \leq \theta \leq 1$ 故 $A \geq 0$, 於是得知(4)式的分子與分母同為正數,故該式大於零。意味著在 Stackelberg 模型下的兩廠價格,都將高於競爭水平價格(Bertrand 均衡),亦即,當競爭者彼此充分了解對手決策模式時,市場均衡價格被推高了。一般在經濟分析中,領導廠商常被指涉市場中那些具有在位優勢(incumbent advantage)、規模優勢、或品牌優勢的廠商,而其他小廠總是觀察大廠底定價格後再隨後調動訂定。跟隨者觀測到領導者價格調動的快慢(即價格訊息傳遞的快慢),會影響市場價格推高的快慢,而在演算法商業的市場架構中,演算法快速偵測追蹤與緊盯對手或特定競爭者的價格,使得訂價訊息傳遞非常迅速,於是 Stackelberg 模型之較高均衡市場價格的結果,可以快速的達成。

進一步的,我們假設跟隨廠商(廠 2)採用的是一個機械式訂價反應模式,例如為了訂價方便,其演算法在偵測出對手(廠 1)價格後,即以固定幅度進行削價(例如 $p_2 = p_1 - x$),這種固定化的反應模式,將很容易被對手(廠 1)演算法摸索而掌握,於是廠 1 即成為 Stackelberg 中的領導廠商;為便於區別,我們稱此為「削價(undercutting)」模型,它是屬於 Stackelberg 模型之一特例,而其均衡價格則呈現於表 1 模型(iv),符號上標 U 代表 Undercutting 案例的參數。與 Bertrand 相比:

$$p_1^U - p_1^B = \frac{\theta(2 + \theta)(A - (2 - \theta)x)}{(4 - 3\theta)(4 - \theta^2)} > 0 \text{ if } x \leq \frac{A}{2 - \theta} \quad (5)$$

亦即,只要跟隨者削價幅度不很大,則領導廠商的訂價依舊高於競爭水平²⁵。

²⁵ 例如假設 $c = 0, \theta = 0.9, a = 2$, 則 $p_1^B = 0.182$ 。當削價幅度 $x \leq 0.182$, 則 $p_1^B < p_1^U$ 。例如當 $x = 0.1$ (即

本文引言中提及的 Amazon 價格等同條款，是 Amazon 令第三方商家的同產品於其他管道上的訂價不得低於在 Amazon 上的訂價，於是第三方商家在其他管道的訂價永遠受限（跟隨）於他在 Amazon 上的訂價，此等模式亦構成領導跟隨模式，惟跟隨者不是削價而是加價（即 $x \leq 0$ ）。此種連動關係迫使其它管道上的商品價格普遍提高。再者，在 Amazon／第三方商家的領導跟隨體系中，Amazon 主導地位的提價又會使得第三方商家跟進提價，於是共同促成了市場上總體價格上升更高。

雖演算法具有快速偵測並迅速反應對手訂價的能力，但各廠商所採用的演算法精良不一、製定邏輯不同，故演算法的反應頻率也會有所不同。反應慢者（或頻率低者）的訂價，在競爭中往往相對更多時間處於固定狀態，而為他廠（反應頻率高者）據以訂定最佳反應價格的基準，於是低頻率演算法即如同此處 Stackelberg 模型中的價格領導者，其均衡價格將反而會高於高頻率訂價演算法²⁶。此外，廠商事先公開當期或未來價格訂定以令他廠知悉，若此公告具有可信性，可視其為約定（commitment），則亦可適用於 Stackelberg 模型，其最終市場價格亦將被推高。

同步賽局的 Bertrand 模型，通常被認為因為同步而完全無法知悉對方的決策，也就無法先行因應。然而實務上，基於利潤誘因，每一廠商都會盡力以其既有訊息去分析對手的可能策略行為、藉以事先因應。例如廠商 i 分析推測「廠商 j 將基於分析推測而對我訂價形成一個訂價反應模式」，此一訂價反應模式可以 $\Delta p_j / \Delta p_i$ 表達（數學附錄定義此為 β_j ）， $i \neq j$ ；於是廠商 i 在進行最適決策時，就必須把廠商 j 之訂價反應參數 β_j 加入其所考量的利潤方程式之中，此即經濟學的推測變量（Conjectural variation）模型²⁷。此模型的推測變量參數，原則上被假定為準確且彼此知悉，亦即 i 廠準確推知「 j 廠對我價格變動的反應幅度 β_j 」、且 j 廠知悉 i 廠的此一推知。當 $\beta_j = 0$ ，意味著 i 廠無從推測「 j 廠對我價格變動之反應」，此即如同 Bertrand 模型；而 $\beta_j > 0$ 時，不僅表明 j 廠可基於訊息分析出對 i 廠價格變動之因應調價，且 j 廠知道此一因應調價亦可被 i 廠基於訊息分析而準確推測得知。當 β_j 愈高，代表 j 廠基於訊息分析後，對 i 廠價格變動以較高幅度跟進因應，基於此， i 廠即相對上具有了較高的提價誘因；於是當 $\beta_j = 1$ 時， j 廠對 i 廠價格變動之同幅跟進，使 i 廠之提價誘因達到最

削幅 41.9%)，則 $p_1^U = 0.238$ 。當 $x = 0.07$ (削幅 27%)，則 $p_1^U = 0.259$ 。當 $x = 0.05$ (削幅 18.3%)，則 $p_1^U = 0.273$ 。當 $x = 0.03$ (削幅 10.5%)，則 $p_1^U = 0.287$ 。當 $x = 0.01$ (削幅 3.3%)，則 $p_1^U = 0.301$ 。

²⁶ Brown & MacKay, *supra* note 5.

²⁷ 此模型亦是 Bowley 所提出，是產業經濟學中具一般化分析的一個重要模型。

大，已類似於合作賽局之獨占訂價一般²⁸。此模型的均衡價格呈現於表 1 模型(v)，符號上標 J 代表 Conjectural 模型的參數。假令廠商對稱且 $c = 0$ ，則式(6)顯示²⁹，隨著 β_i 愈大，廠商 i 之均衡價格將愈高，又因當 $\beta_i = 0$ 時即等於 Bertrand 模型，故必然得到 $p_i^J \geq p_i^B$ ，亦即 Conjectural 模型之均衡價格必然是超競爭價格。

$$\frac{\partial p_i^J}{\partial \beta_i} = \frac{\theta(2 - \theta\beta_j)[(2 - \beta_j)A_i + \theta A_j]}{[(2 - \theta\beta_i)(2 - \theta\beta_j) - \theta^2]^2} > 0 \quad (6)$$

此式證明，當 β_i 愈大，則市場價格將會愈高；而 β_i 愈大，某程度上是代表著藉以訂價的相關訊息量愈大（或愈近充分）³⁰。推測模型極為適當的表達了演算法的作為，於是儘管是一個單期賽局，透過演算法仍能達成超競爭價格均衡。Tennenholtz³¹也證明，演算法可以促成單期囚犯困境得到合作結果，因為電腦編程既可被用來作為一組指令，也可以作為一個文件、被讀取並與其它文件進行比較。

²⁸ 於是， $\beta_i > 0$ 即代表著廠商對彼此訂價決策之相關訊息的知悉。本文的敘述當中，亦常以 β_i 的大小來描述廠商所掌握之相關訊息數量的大小（或充分與否的程度）。假設具相同成本結構且生產同質產品的兩廠進行價格競爭，當訂價訊息完美時，對於 i 廠的提價，對手通常會以（近乎）等同幅度予以因應跟進（即 $\beta_i \rightarrow 1$ ）；一旦因應之跟進幅度落差較大（即 β_i 較小），利潤往往會相對變小，這並非廠商之理性行為。於是較小的 β_i （對手跟進幅度較小）之產生，必來自於對手藉以推測分析調價之訊息量不夠充分（或推測分析不夠精準）所致，於是導致對手分析得出相對保守的訂價因應策略（即 β_i 較小）；而 i 廠亦知道此一情況。因此，較小的 β_i 即可某程度上用來表示藉以訂價之相關訊息量較為有限。

²⁹ 該式分子中的第三項，即為均衡價格式之分子，故必然為正。同時，其它各項皆顯然為正，故該式必然為正。

³⁰ 請參見前揭註 28 之說明。

³¹ Moshe Tennenholtz, "Program Equilibrium," *49(2) Games and Economic Behavior*, 363-373 (2004).

表 1 各模型之均衡價格

模型	均衡價格			
	一般式	廠商對稱	廠商對稱 且產品同質	
(i) Bertrand 模型	p_i^B	$\frac{2A_i + \theta A_j}{4 - \theta^2}$	$\frac{(1 - \theta)a + c}{2 - \theta}$	c
(ii) Cooperation 模型	p_i^C	$\frac{(1 + \theta)(a_i - \theta a_j) + (1 - \theta^2)c_j}{2(1 - \theta^2)}$	$\frac{a + c}{2}$	$\frac{a + c}{2}$
(iii) Stackelberg 模型	p_1^S	$\frac{2A_1 + \theta A_2}{2(2 - \theta^2)}$	$\frac{(2 + \theta)[(1 - \theta)a + c]}{2(2 - \theta^2)}$	$\frac{3c}{2}$
	p_2^S	$\frac{(4 - \theta^2)A_2 + 2\theta A_1}{4(2 - \theta^2)}$	$\frac{(4 + 2\theta - \theta^2)[(1 - \theta)a + c]}{4(2 - \theta^2)}$	$\frac{5c}{4}$
(iv) Undercutting 模型	p_1^U	$\frac{2A_1 - \theta x}{4 - 3\theta}$	$\frac{2[(1 - \theta)a + c] - \theta x}{4 - 3\theta}$	$2c - x$
	p_2^U	$p_1^U - x$	$p_1^U - x$	$2(c - x)$
(v) Conjectural 模型	p_i^J	$\frac{(2 - \theta\beta_j)A_i + \theta A_j}{(2 - \theta\beta_i)(2 - \theta\beta_j) - \theta^2}$	$\frac{(1 - \theta)a + (1 - \theta\beta)c}{2 - \theta\beta - \theta}$ = 模型(i) if $\beta = 0$ → = 模型(i) if $\theta = 1$ = 模型(ii) if $\beta = 1$ → = 模型(ii) if $\theta = 1$	

資料來源：本研究整理。

註：(1)變數下標 $i, j = 1, 2$ ；於(iii)與(iv)次遞賽局中，廠商 1 為領導廠商、廠商 2 為跟隨廠商。

(2)模型(i)-(iv)中， $A_i = a_i - \theta a_j + c_i$ ，模型(v)中則 $A_i = a_i - \theta a_j + (1 - \theta\beta_i)c_i$ ； β_i 為猜測變量參數。一般經濟學原理做經濟意涵推解，常令廠商具對稱性，即 $a_i = a_j \equiv a$ 、 $c_i = c_j \equiv c$ 、 $\beta_i = \beta_j \equiv \beta$ ，亦常令產品同質，即 $\theta = 1$ 。

廠商所據以決策的訊息集，主要包含著市場狀態與各廠商訂價與行為的過去訊息；而基於此訊息集的分析，廠商推估了當前市場狀態下競爭對手的可能訂價反應變量（即訂價反應模式），藉此了解對手可能的未來行動；掌握得愈準確，則市場均衡價格將隨之愈高，但廠商之間卻未有任何溝通與訊息傳遞，而只是廠商單純的依據既有訊息集所做的推測與精研。毫無疑問，這是屬於競爭之範疇，但如前述，市場均衡價格卻都出現了超競爭水平。推測對手可能策略的此項工程，在過去傳統商業模式下，相對很難，但在現在的演算法商業模式中，藉由演算法將變得更為容易、也將更為精準；於是，在經濟學模型之意涵下，超競爭價格將會成為演算法商業中的常態。

前述各模型的均衡價格，絕對多數時候都是大於 Bertrand 價格的，也就是都是超競爭價格。雖說異質化創造了消費者之不同偏愛滿足，從而提高消費者願付價格，但競爭者對「對手訊息的精確推估與掌握」，尤其是對手「可能訂價反應模式」的推估，則更有效的提高了奔向最大利潤的訂價能力，更有效的提升了廠商的市場力。於實務上，Musolff³²觀察 Amazon 上大約 330 萬個商品銷售，發現其利潤率中位數為 18.42%，遠遠大於 Bertrand 均衡³³。隨後他們設計了一個模型，令廠商選擇一個基於對手價格之反應函數的訂價演算法，但訂價頻率各有不同，結果發現，儘管是個簡單的訂價演算法，競爭均衡將推高價格水平、產生價格分散性（price dispersion）。

這些靜態經濟模型，包含了兩個重點。其一，真實世界的產品，至少基於品牌不同，而必然存在著異質化，故必使市場競爭的均衡價格，合理的遠離了邊際成本。其二，廠商基於既有訊息集而推測與掌握對手即將可能的策略，此等未來策略訊息的掌握愈是精準，則市場競爭的均衡價格也會變高³⁴。這些市場競爭模型，絕大多數結果是高價或超競爭價格的，但他們是競爭的結果。

（二）多期模型

前述經濟學短期模型已然顯示，高價格甚或超競爭價格均衡時常會出現，然而，此等高價格（或超競爭價格）與合謀之間的關聯，還須再進一步的釐清。尤其談論合謀，更必須在動態經濟模型中才能顯示意義。實務上的廠商競爭，顯然的，也都是動態的。Hart 對於靜態 Bertrand 假設，予以拒絕，認為此模型下的唯一可能均衡就是完美競爭解（perfectly competitively solution），這將不合理的意味著雙占市場情

³² Leon Musolff, “Algorithmic Pricing, Price Wars and Tacit Collusion: Evidence from E-Commerce,” *Working Paper* (2024), https://lmusolff.github.io/papers/Algorithmic_Pricing.pdf, last visited on date: 2023/10/3.

³³ 相較於 Aucremanne and Dhyne 的早期研究，實體店的價格持續時間平均都在數月之久，相差甚遠。參見 Luc Aucremanne & Emmanuel Dhyne, “How Frequently Do Prices Change? Evidence Based on the Micro Data Underlying the Belgian CPI,” *331 European Central Bank Working Paper Series*, Table 3 (2004).

³⁴ Harrington 則以一個價格競爭模型，直接把交換私有訂價訊息當成一個決策變數，證實訂價訊息的分享交換推高了最終均衡價格。Joseph E. Harrington Jr., “The Anticompetitiveness of a Private Information Exchange of Prices,” *85 International Journal of Industrial Organization*, Article 102793, 1-15 (2022).

況也能建立起完全競爭³⁵。在更早之前，Edgeworth³⁶就已批評了 Bertrand 靜態價格均衡的不存在，認為廠商將會在一個不對稱價格循環上不斷的調整價格；因此平均價格會是超競爭水平。而賽局理論上最為人熟知的 Folk theorem 也證明了任何大於靜態納許均衡價格的策略組合，只要折現率夠大，則均可被維持為一個長期均衡。然而該原理乃建基於超賽局（supergame）架構上，它是同一靜態賽局被重複無窮次，每一期的決策環境與資訊均是相同；這樣的設定雖得到了合謀的結果，但卻不契合於現實世界中的廠商競爭，一來競爭歷程訊息變得不管用，二來，永遠同步決策、並無先後決策的情形³⁷。Mailath and Samuelson 對此說到，「它並無描繪到任何行為。那些用來證明 Folk theorems 的策略描述，只是為了便於分析，而不是為了任何假定的內容，也沒有任何關於參與者可能會做什麼的描述³⁸。」

相反的，建構於 Edgeworth 的不斷相削競價過程，則確實反應了實務競爭模式，其高低價格循環之理論結果確實代表了超競爭價格水平的出現，同時晚近一些實證研究也確實補捉到了這樣的結果（後述於第三節）。他的循環說（cycle story），首先是廠商在價格競爭中會不斷的互相砍價（undercutting）以求擴大市占，直到砍價的代價變得過高，此階段稱為價格戰爭階段（price war phase）。隨後會有廠商提高其價格、而他廠也隨即跟上，重回高價，此階段稱為寬和階段（relenting phase）。隨後則又展開持續的砍價，形成循環。造成前述「直到砍價的代價變得過高」的原

³⁵ Oliver D. Hart, "Monopolistic Competition in a Large Economy with Differentiated Commodities," *46(1) The Review of Economic Studies*, 1-30 (1979).

³⁶ Francis Y. Edgeworth, "The Pure Theory of Monopoly," in: Francis Y. Edgeworth, *Papers Relating to Political Economy, Vol. I*, 1st ed., Macmillan, 111-142 (1925).

³⁷ 假設目前的策略組合是兩者皆在獨占價格水平上，則若一廠偏離此價格（調降），另一廠必然會跟著調降（甚至調降更多），於是啟動價格戰而逐漸回歸至納許均衡。偏離者終將失去原先守住獨占價格時所可獲得的長期獨占利潤（無限期），而其所換來的則是短期因降價而收割的暴利。由於這是一個無窮期賽局的設定，故只要折現率夠大，未來長期的損失將會大過於短期偏離的暴利；一般文獻或稱此賽局中的獲利與損失權衡，是一種「獎懲機制」。然在有限期的賽局中，未來所得不再無限期的大，就很可能小於偏離之暴利，此時透過人為而彼我知悉的一種處罰式策略來迫使偏離得不償失，藉以維持住於高價格。這樣的一個「獎懲機制」，才真正違法；本文所探討的經濟學基礎模型，基本上不涉及此等操作，而在第五節之（二）中 Gal 的舉例，即是獎懲機制的設計。目前多數演算法競爭模擬研究上證實，即使沒有編程上的獎懲機制設計，也常會達到超競爭價格結果，可參見第三節內容。

³⁸ George J. Mailath & Larry Samuelson, *Repeated Games and Reputations: Long-Run Relationships*, 1st ed., Oxford University Press, 73 (2006).

因，或因產能限制、抑或是規模報酬遞減³⁹。假設廠商生產同質產品且具有產能限制，兩廠的價格競爭使彼此不斷削價而企圖擴大規模。當價格水平削得愈低時，則總需求就愈高；而若低價者面對的需求已經超過了它的產能限制，消化不去的需求就會轉流至另較高價廠，則該廠雖較高價卻仍然會有消費需求（殘餘需求）。於是當轉流至相對高價廠的數量夠大時（即當彼此削價已低至某一水準時），相對高價者繼續削價的利潤可能會小於反向抬高價格的利潤，於是他不再削價、而是反向的抬高價格。此一抬價相對的增加了對方需求、促使對方有誘因跟著抬價貼近，於是同在高價後又重新開啟另一輪的循環。此即後來 Maskin and Tirole 所稱謂的「Edgeworth 循環 (Edgeworth cycle)」(可以參見圖 1)⁴⁰。在演算法商業中，用於偵測與訂價反應的演算法，能隨時偵測對方訂價並在一日內數次調動價格因應，讓 Edgeworth 循環得到最佳的實現場所。例如 Musolf⁴¹觀察到 Amazon 商品訂價，其中位數平均每 25.71 小時更新一次，Buybox 產品價格中位數平均每 10.62 小時更新一次（但變動幅度很小，約為 0.02 元），且整體樣本中的價格持續時間中位數則僅為短暫的 0.29 小時。Edgeworth 循環於實務上已被證實存在（後述），這個循環是一個動態競爭均衡，其平均價格可能甚高於單期競爭均衡價格，但它的出現卻不一定具有非法合謀的法律意義。

而且 Maskin and Tirole⁴²還將此一概念推進到傳統 Bertrand 模型設定（即同質對稱且無產能限制的價格競爭）進行動態分析，並設邊際成本為零（故靜態納許均衡價格為零）。他們的文章證明，次遞相削的訂價過程，仍會產生 Edgeworth 循環的動態均衡。依循次遞相削，價格終會來到循環的底部（即兩廠的訂價等於邊際成本、利潤為零），這是一個「消耗戰 (war of attrition)」僵持狀態，對參與者都不利。雖知任一方改變策略即可脫離此境而對大家都有利，但誰也不願意當那個先行改變

³⁹ Kreps and Scheinkman 指出，產能限制可以成為廠商的一個事前承諾，並以此證明，原在 Bertrand 模型中均衡於邊際成本的廠商，會因具有產能限制而得到等同於 Cournot 競爭的均衡結果，亦即，儘管是同質產品的價格競爭，其均衡會是高於邊際成本價、並各獲取正利潤。參見 David M. Kreps & Jose A. Scheinkman, "Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yield Cournot Outcomes," *14(2) The Bell Journal of Economics*, 326-337 (1983).

⁴⁰ Edgeworth cycle 此一名稱，是直到 Maskin and Tirole 著作中才被提出的。參見 Eric Maskin & Jean Tirole, "A Theory of Dynamic Oligopoly, II: Price Competition, Kinked Demand Curves, and Edgeworth Cycles," *56(3) Econometrica*, 571-599 (1988).

⁴¹ Musolf, *supra* note 32.

⁴² Maskin & Tirole, *supra* note 40.

者。但從動態賽局角度來看，此時單方先行提價者，其當期價格仍然為零（沒有變差）、而對手利潤也仍然為零；但在提價後，對手必然會跟進（可擺脫原來的零利潤），然後同處於高價、獲取正利潤，並開始另一輪的逐漸相削價過程。基於此，Maskin and Tirole 就合理的假設，於此消耗戰中，各廠各有 0.5 機率扮演行先提價者，亦即假設此時廠商採行了混合策略以作為價格領導者；於是價格得以重回高點，另一輪次遞相削的循環得以重新開始。Maskin and Tirole 證明這是一個動態均衡。

這個次遞相削的循環過程，必須依賴於訂價資訊的快速流通。我們以模擬方式來展現其循環過程（圖形），這樣的過程在一些實證研究文章中已被捕捉並呈現。仍然以(1)式模型來進行模擬，假令 $\theta=1$ 、 $a_1 = a_2 = 1$ 、 $c_1 = c_2 = 0$ ，亦即探討一個同質產品、邊際成本設定為零、且總需求為 $1 - p_i$ 的價格競爭雙占市場模型。這個設定意味著市場最大總需求為 1，於是產能限制（ \bar{a} ）若大於等於 1，則等同於無產能限制，即 Maskin and Tirole 的原型；當 $\bar{a} < 1$ 即具有了產能限制，本文為了簡化分析與模擬，假設 $\bar{a} = 0.6$ 。完整的個別廠商需求函數可表示如下：

$$q_i = \begin{cases} 0.5(1 - p_i) & \text{if } p_i = p_j \\ \min\{\bar{a}, 1 - p_i\} & \text{if } p_i < p_j \\ \max\left\{0, \frac{(1 - p_j) - \bar{a}}{1 - p_j}(1 - p_i)\right\} & \text{if } p_i > p_j \end{cases}$$

於是，當兩廠價格相同時，各廠平分市場需求量。當兩廠價格不相同時，低價者將擁有全部需求，惟受限於產能限制（ $\bar{a} = 0.6$ ）；此時若需求小於 0.6 則高價者將面對零需求量，但若需求大於 0.6，超額需求的部分必將流向高價者。這些轉流向者中到底有多少人會向高價者購買，仍然受到高價者訂價水平所影響，而這正是上述廠商需求函數中之第三式所描述。均衡價格與利潤做圖，即如圖 1 與圖 2 所示，呈現出循環現象。價格循環於最低價格與最高價格之間，一般而言，最高價格可以是獨占價格（取決於 focal point）⁴³；而最低價格，若是在 Maskin and Tirole 的設定中，則為零價格（即單期納許均衡）。因此，基於此一模型，實務上我們絕大多數時候觀察到的競爭價格，都會是超競爭價格。

⁴³ 在一個賽局中，所有參與者在缺乏溝通的情況下，將傾向於默認選擇的解決方案，以避免協調上的失敗；此一家默認選擇方案即為聚焦點（focal point），它在人們的行動中會受到大家的關注，於是在無法溝通但又需協調合作時，它往往會成為收斂聚合的點。

次遞相削抬高了市場均衡價格，而次遞相削的完美產生，依賴於價格訊息流通快速、彼此洞悉各方的價格策略、並總是可靈敏反應。一般我們預期，快速靈敏反應訂價，似乎可帶來更激烈的競爭，將如同傳統同質 Bertrand 模型的完全競爭均衡價格之推論。然而在動態模型中，卻證明了 Edgeworth 循環的均衡將使得市場價格偏高。這一現象於線上市場的演算法訂價商業中，幾乎完全被印證。Brown and MacKay 提到，「……即使這些演算法的某些特徵，乍看起來，可能會增加競爭。其中一個關鍵特徵就是，自動對競爭對手訂價做出反應，有人認為這會助長合謀，然無論如何，就算競爭者沒有合謀時，這個特徵也將削弱價格競爭。即使是非常簡單的訂價演算法也會提高價格⁴⁴。」

前述經濟學的市場競爭模型均顯示出了幾個意義。第一，市場價格絕大多數都會是超競爭水平的。雖說如此，我們仍不能斷言廠商正在進行著非法合謀。Harrington 提到，「合謀通常被誤認為就是超競爭價格，但實際上，超競爭價格只是合謀的結果。合謀是關於一公司導致對手訂定了超競爭價格⁴⁵、⁴⁶。」亦即，超競爭價格的達成方式，才是合謀與否的判讀關鍵，它必須是一公司透過某些方法而導致另公司同時訂定高價。Harrington 繼續說到「合謀乃是廠商運用獎懲措施來協同彼此行為以達超競爭價格目的的一種狀況 (a situation in which firms use a reward-punishment scheme to coordinate their behavior for the purpose of producing a supra-competitive outcome)」，亦即主張具有獎懲機制的超競爭價格，才可視為合謀。Calvano et al.⁴⁷利用此一判斷準則於其 Bertrand 寡占重複賽局的 Q 學習演算法模擬中，而在價格達到穩定超競爭水平時，突然給予某一廠商一個意外的價格調降（視為是該廠叛離），結果發現，另一廠商隨即於下一期調降價格，然後兩廠再慢慢的肩並肩逐漸回升價格至原來穩定的超競爭水平。作者認為此一時期即是另一廠商演算法對於對手演算法叛離的懲罰，藉此而維護了超競爭合謀價格。

⁴⁴ Zach Brown & Alexander MacKay, "Are Online Prices Higher Because of Pricing Algorithms?," Brookings (2022/7/7), <https://www.brookings.edu/articles/are-online-prices-higher-because-of-pricing-algorithms/>, last visited on date: 2023/10/10.

⁴⁵ Joseph E. Harrington Jr., "Developing Competition Law for Collusion by Autonomous Agents," *The Wharton School, University of Pennsylvania Working Paper* (2017).

⁴⁶ Harrington 文中之合謀 (collusion) 多數時候意指隱性合謀中的協同行動。關於協同行動之合謀，請參看第四節。

⁴⁷ Emilio Calvano, Giacomo Calzolari, Vincenzo Denicolò & Sergio Pastorello, "Artificial Intelligence, Algorithmic Pricing, and Collusion," *110(10) American Economic Review*, 3267-3297 (2020).

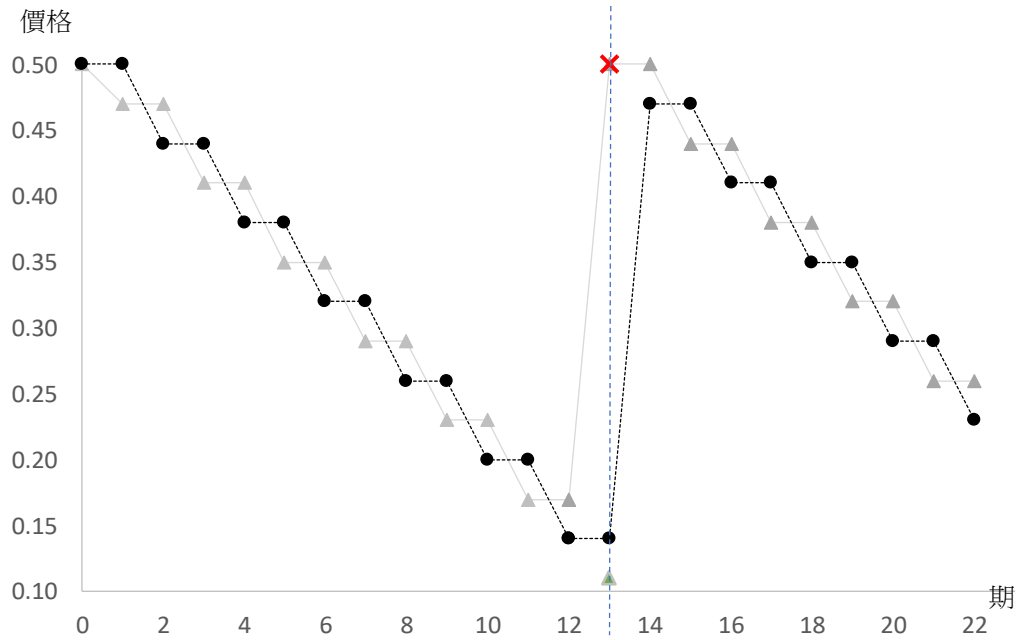


圖 1 Edgeworth 循環

資料來源：本研究繪製。

說明：第 0 期時兩廠均為獨占訂價（0.5）。奇數期由廠 1 削價、偶數期則廠 2 削價，每次削價 0.03。標點▲為廠 1 價格、標點●為廠 2 價格。第 13 期時（廠 1）若仍相削，則價格當為 0.11（圖中最低位的▲）、利潤 0.07，但若反向抬價至 0.5（圖中的×）則利潤為 0.08。於是第 14 期廠 2 跟進高價、形成新一輪次遞相削。

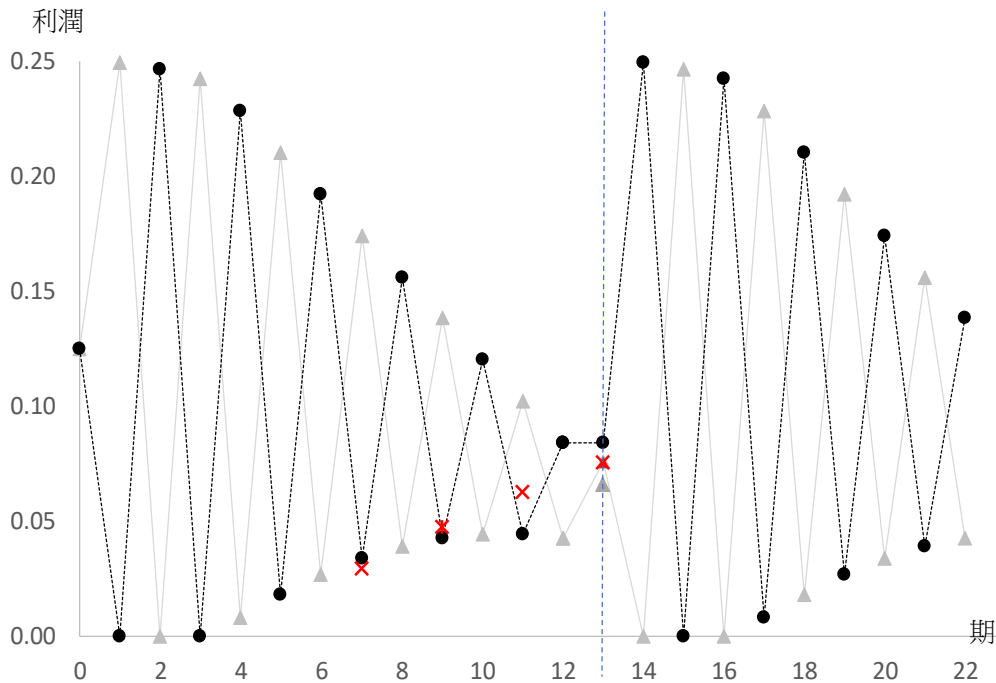


圖 2 利潤循環

資料來源：本研究繪製。

說明：第 0 期時兩廠均為獨占訂價 (0.5)、各得利潤 0.25。奇數期由廠 1 削價、偶數期廠 2 削價，每次削價 0.03。標點▲為廠 1 利潤、標點●為廠 2 利潤。第 13 期時 (廠 1) 若仍相削，則價格當為 0.11，利潤為 0.07 (圖中第 13 期之▲)、小於其反向抬價至 0.5 時的利潤 0.08 (圖中第 13 期之×)。於是第 14 期廠 2 跟進高價、形成新一輪次遞相削。第 13 期之前的×均低於同期的▲標示，代表此期反向抬價尚無利可圖。

對高價格的叛離與否依舊取決於該廠叛離的利得與叛離的機會成本之權衡。叛離合謀可以獲取短期暴利 (相較於合謀利潤)，而連帶產生的機會成本，即是即將失去的原本未來合謀利潤折現 (相較於納許均衡)，於是藉由處罰機制而加重機會成本，以令機會成本顯著的大於短期暴利，從而阻遏叛離誘因；這也是基於「利潤最大化」的理性思考。然而 Calvano et al.⁴⁸ 對此一機制的檢驗是手動的對原本處於收斂穩定狀態之一演算法調降價格，這時的對手演算法在利潤最大化 (或 Q 值最大化) 的驅動下，必然隨之調降價格 (甚至幅度更大)，此為其實驗中所謂的「處罰時期」⁴⁹；

⁴⁸ *Id.*

⁴⁹ 相同的論點亦見於 Calvano et al. 及 Klein 兩篇各於 2021 年的研究。請參考 Emilio Calvano,

但是對手演算法不會不調降價格，否則將為此而招來更大損失⁵⁰。同時調降後，基於原先達成的收斂穩定狀態已被破壞， Q 學習演算法勢必展開另一波的學習與漸進，然後會再回歸至收斂穩定值。吾人認為此處對手演算法跟進調降價格，只是市場中價格競爭的驅力使然，並不是建基於「處罰機制」而為⁵¹。

其實，更值得關注的是合謀的發起階段。競爭中的廠商，尤其是已經處於競爭均衡的廠商，提高價格是不利於己的行為，則廠商如何在同步決策中同時做出不理性行為、卻最終到達理性結果(合謀)? 一如 Mailath and Samuelson 所述, Folk theorems 對此完全沒有任何描述⁵²。吾人認為，只有當短期不理性行為被採用時，才足以被視為「心有所圖」的舉動，才能視為一種或許追求合謀的行動。於是判斷合謀，不該如 Harrington 所主張的檢視某一高價狀態下的獎懲機制有無，而當是檢視此一高價之前的階段，是否存在廠商不理性的調高價格行為，例如，在 Stackelberg 模型中，小廠卻扮演起了事先調高價格的領導者角色。

第二，高價來源除了異質化所致之外，廠商「推測與掌握對手訂價模式訊息」更是一個重要原因；無疑的，溝通 (communication) 必是掌握訂價模式而提高均衡價格的一個重要手段⁵³。溝通足以在均衡的選定 (equilibrium selection) 上扮演極為重要的角色，同時，它可以用來促進廠商決策過程的透明度，並解讀與識別出一些

Giacomo Calzolari, Vincenzo Denicolò & Sergio Pastorello, "Algorithmic Collusion with Imperfect Monitoring," *79 International Journal of Industrial Organization*, Article 102712, 1-11 (2021); Timo Klein, "Autonomous Algorithmic Collusion: Q-Learning Under Sequential Pricing," *52(3) RAND Journal of Economics*, 538-558 (2021).

⁵⁰ 其所體現的是在於 Q 學習這個方法的本質上。 Q 學習利用動態遞歸價值函數估計，求取最大期望報酬淨現值；在每一個決策時點上做決策時，其所面臨的報酬 (Q 值) 函式，都包含兩個部分的加權平均，一為期初既有的 Q 值，代表過去經驗，二為選擇某個行動後的當期報酬以及最佳未來值之估計，代表學習過程所得之價值；而帶給當期最大 Q 值的行動則被選取或給予最高機率被選取為當期行動。它的每一次選擇，都是在追求最大期望報酬，透過不斷的探索學習與不斷的迭代，期望報酬的收斂即視為最佳策略 (即達到最大期望報酬) 的達成。亦即， Q 學習本身設計即在於奔往最大期望報酬的持續過程中，於是當價格被短期外生因素衝擊而下降後，便會再經過互動學習而慢慢的回歸至收斂值來。請參見陳和全，「訂價演算法與競爭法議題初探」，*公平交易季刊*，第 28 卷第 2 期，97、91-148 (2020)。

⁵¹ 亦請參見前揭註 37。

⁵² 參見 Mailath & Samuelson, *supra* note 38.

⁵³ 亦可參見 Louis Kaplow, "On the Meaning of Horizontal Agreements in Competition Law," *99(3) California Law Review*, 683-818 (2011); 以及 Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *supra* note 1.

或許被誤解為叛離的決定⁵⁴。它也可以幫助廠商達成任何均衡，跳脫 Edgeworth 價格循環的次佳利潤⁵⁵。但須知道，經濟模型形成的偏高均衡市價，並未立即意含著廠商間具有「溝通」的舉動，Motta 就明白指出，經濟學的合謀，指涉的是一個（高價格）結果，而與實現該結果的具體形式無關⁵⁶。在演算法內含的電子商務中，憑藉著演算法快速偵測與反應，已現訊息掌握更為周全，且具有更精良的分析與推測方法，將具有更高能力依據著既有訊息集而更準確的推測對手訂價反應模式。如此一來，雖無溝通，卻也能某程度準確推測對手未來可能行動，從而推高市場競爭下的均衡價格。

（三）促進因子

經濟分析已然表示，產品異質化以及「推測與掌握對手訂價反應模式訊息」之能力，是導致市場競爭仍然走上超競爭價格的主因。單期賽局中，廠商背離此等均衡必然立即無利可圖。於動態賽局中，廠商背離此等均衡，可能短期有利，但仍可因長期利潤折現的損失較大，而打消背離；此等權衡，必然受到市場供需狀態變動的影響，例如需求和成本的變動性、購買規模和頻率、買方力量、產品異質性、創新行為、與市場家數等等。需求成本變動大、產品異質性大、創新行為頻繁、或競爭家數過多，都將使價格趨高現象的速度受到阻緩、並出現更多的價格紛歧；也導致背離誘因不斷變化，廠商間趨同行動的企圖變得更為困難，就算此時具有實際溝通行動，溝通也會相對變得更為困難。若是超競爭價格是導因於合謀，則前述不確定性因子，除了導致廠商協調達成一致行動變得困難之外，也將因合謀下的背離行為更難被發現⁵⁷，使得合謀的成形或維持變得更加不易。而執法機關對合謀的處罰與嚇阻，亦是一個風險，將降低合謀的誘因。

演算法的運用，能夠快速分析大量資料並監控大量廠商行為，足以消除多數前述市場狀態的不確定因素，也容易進一步的推測與掌握對手訂價反應模式，於是超

⁵⁴ Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *supra* note 1.

⁵⁵ Florian E. Dorner, "Algorithmic Collusion: A Critical Review," arXiv:2110.04740 (2021), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.04740>, last visited on date: 2023/10/7.

⁵⁶ Motta, *supra* note 20, at 138. 同時參看 Gregory J. Werden, "Economic Evidence on the Existence of Collusion: Reconciling Antitrust Law with Oligopoly Theory," *71(3) Antitrust Law Journal*, 719-800 (2004).

⁵⁷ 當成員愈多時，則合謀體為了維持於一個固定較高水平價格，每一成員所必須減產的數量相對就要愈多，於是欺騙所能獲取的短期暴利也會愈大。

競爭價格的產生，變得更為容易。演算法也常會強化既存廠商優勢（*incumbent advantage*），迫使新廠必須以更低廉價格或提出破壞性技術才得以參進並生存，相對的提高了新廠參進的阻礙；其結果，一方面可能減少了市場的廠商數，二方面則可能減少了新創產品或新技術的可能破壞性，都可以有效的促進市場內廠商間價格趨向於較高水平。由於演算法快速監控與偵測對手行為、並快速為之因應，因此傳統上被視為協調溝通相對不易、以致於合謀相對不易形成的市場，例如低度集中或產品差異性大的市場，也甚至可能因演算法而形成合謀。同時合謀出現後，演算法因快速知悉對手行為，足以有效嚇阻叛離行為。

不論是動態均衡的 *Edgeworth* 循環抑或合謀狀態，削價（或背離）行為若是愈慢或愈難被其它廠商獲悉，則帶來的短期利得就會愈大，也就推高了削價（或背離）的誘因。相反的，若是愈快被偵測知悉並愈快的被施以調價因應，則將使削價（或背離）的誘因下降；這情況下，*Edgeworth* 循環處於較高價格的時期將會較長，合謀也將會較容易形成與維持。而演算法剛好可以帶來快速偵測與調價因應，於是促成 *Edgeworth* 循環處於更久的高價格時期、合謀更易維持。

或者說，演算法帶來了市場透明度（*market transparency*）的增加。市場透明度包含策略與環境結構兩方面。環境因素變動脈絡之透明性，有助於廠商面對競爭者於因應供需變動而作合理調降價格時，免於誤讀成為刻意削價競爭或者合謀中的背離行動。供給方的市場透明度（例如成本與原料掌握），因為直接影響彼此的相對替代力量，常會影響市場競爭中調價能力與領導跟隨角色，也會是合謀的影響關鍵⁵⁸。市場透明度甚至包括了知悉對手的決策過程與反應模式，亦即包括了知悉對手據以訂價或調價的主要參數⁵⁹，這可以有效的推高超競爭均衡價格水平；若是處於合謀狀態，則即時知悉對手訂價，可以有效的嚇阻背離行為⁶⁰。然而，市場的透明度，也同時使監管機構容易發現合謀，而不利於合謀的維持。

透過演算法分析，可以更容易精確「推測與掌握對手訂價反應模式訊息」，雖精準度不一，但都足以推高市場競爭的價格水平。當然「推測與掌握對手訂價反應模式訊息」的最佳方法，就屬「溝通」了；溝通可以是直接的或間接的。直接的溝

⁵⁸ OECD, *supra* note 2.

⁵⁹ Dorner, *supra* note 55.

⁶⁰ Francisco Beneke & Mark-Oliver Mackenrodt, "Remedies for Algorithmic Tacit Collusion," *9(1) Journal of Antitrust Enforcement*, 152-176 (2021).

通，例如具有可信度的協議，即可方便的促成超競爭價格、可避開 Edgeworth 循環、甚至可達成任何均衡水平，也毫無疑問的，可容易的防止合謀中的廠商欺騙。當直接溝通或有涉及違法疑慮時，則暗地溝通或各類型的間接溝通就會取而代之，例如以不合乎理性的訂價作為訊息釋放，以等待對手識別解讀而後趨同。涉及是否違反反托拉斯法的溝通態樣，我們將於第五節再行詳述。

三、超競爭價格之實證面

於是基於前述經濟學分析模型之上，毫無疑問的，我們確實有理由預期，在演算法商業中的市場價格將可能被提高，因為演算法協助廠商更優良的「推測與掌握對手訂價模式訊息」，亦即競爭廠商具有更多關於對手訂價模式的訊息，而不再如傳統 Bertrand 模型的不完美訊息。近期的一些研究，也在實務上觀察到演算法訂價導致價格不降反升的現象。雖說演算法帶來更透明的市場，被期望著市場將可因此而更激烈競爭、從而使價格下降，但卻事與願違了。

Musolff⁶¹觀察 Amazon 兩個跑鞋賣家競爭進入 Buybox 的訂價過程，果真發現一如 Maskin and Tirole 所描述 Edgeworth 循環，在不斷削價以至於循環底部（消耗戰）時，價格領導制會取而代之，一廠將立即提增價格（其文之紅色牌）、而另一廠隨即跟進（其文之綠色牌）。他同時發現，兩者對於對方變動價格而因應調價的反應時間，紅色牌是 197 秒而綠色牌為 247 秒，同時一個平均循環約 167 小時完成、且其振幅只有 0.1 元。Musolff 認為，「雖然看似很小，但循環本身就顯示了可能合謀利潤的存在：我們所關心的福利損失，並不在於價格的波動，而是在於一般性的高價格。」他的研究顯示出 Edgeworth 循環，其中位數產品平均振幅是平均價格的 25.21%。

Zhang⁶²研究搜索引擎中以關鍵字拍賣取得廣告位置的競爭，首先畫出了 2001 年 1 月十餘個競標者的每次競價，其文圖 2 展示了前 100 個競價歷史，確實得到了循環

⁶¹ Leon Musolff, "Algorithmic Pricing Facilitates Tacit Collusion: Evidence from E-Commerce," in: *EC '22: Proceedings of the 23rd ACM Conference on Economics and Computation*, 1st ed., Association for Computing Machinery, 32-33 (2022).

⁶² Xiaoquan (Michael) Zhang, "Finding Edgeworth Cycles in Online Advertising Auctions," *Working Paper* (2005), https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/327/156/price_cycles_in_online_advertising_auctions.pdf, last visited on date: 2023/10/8.

狀態；其圖 2 以全部 1,849 個競價做排序，發現約有三分之一數量的競價改變了最高價者排序、約有二分之一數量的競價則排序前二位都改變，意味著得標者不斷的在輪替中，此亦是 Edgeworth 循環中的一個現象。在觀察到此一循環現象後，作者利用 Markov switching regression 進行實證，證實了在上升階段（escalating phase），個別廠商競價確實逐期升高，且當期排序愈低者，其出價提升會愈高；相對的，在下降階段（collapsing phase），個別廠商競價逐期下降，且當期排序愈高者，其出價下降會愈大。此一顯著迴歸結果確認了 Edgeworth 循環在廣告市場的存在。

Noel⁶³收集 2001 年多倫多城市 22 個加油站每 12 小時的零售汽油價格，連續 131 天，結果得到明顯的循環（但非對稱）；他認為 Edgeworth 循環是實務上的一個普遍現象，但直到更精細與新取得的數據，才幫助揭露了這些隱藏的循環⁶⁴。Wang⁶⁵追蹤西澳洲 Perth 地區幾乎所有加油站的價格變化、汽油批發和零售供應邊際成本的每日變化，藉以檢視該區新法規管制加油站每日訂價時間與頻率所產生的影響⁶⁶。該文中的圖 1 與圖 2，分別描繪了該法律實施前 39 天內該區三家公司品牌汽油每小時平均零售價格，與法律實施後 57 天內三家公司的品牌汽油每日平均零售價格及汽油批發價格序列；而圖 3 則重製了 Maskin and Tirole 的理論均衡價格循環。這三幅圖中，廠商都是依次漲價、然後逐步降價，而在每個週期的底部，都同樣的出現消耗戰的問題⁶⁷；都十足呈現實務競爭確實是 Edgeworth 循環。

⁶³ Michael D. Noel, "Edgeworth Price Cycles: Evidence from the Toronto Retail Gasoline Market," *55(1) The Journal of Industrial Economics*, 69-92 (2007).

⁶⁴ Michael D. Noel, "Edgeworth Price Cycles and Focal Prices: Computational Dynamic Markov Equilibria," *17(2) Journal of Economics & Management Strategy*, 345-377 (2008).

⁶⁵ Zhongmin Wang, "(Mixed) Strategy in Oligopoly Pricing: Evidence from Gasoline Price Cycles Before and Under a Timing Regulation," *117(6) Journal of Political Economy*, 987-1030 (2009).

⁶⁶ 西澳洲於 2001 年 1 月實施了一項獨特的法律，對 Perth 大都會區域的加油站進行訂價時間與頻率之管制。該法律要求在 Perth 大都會區域的所有加油站，必須於每日下午 2 點前向政府提報隔日的零售價格、政府並將此公告於網站上；同時，加油站於隔天一開始營業時，須將此一公告價格布告於其價格告示牌上，且至少維持 24 小時。於是，此項法律等同迫使加油站在（至多）24 小時內的訂價變成同步決策（即不知對手價格的情況下）。參見 *Id.* at 988.

⁶⁷ 該文指出，在法律管制前的 21 個底部中，BP 有 18 次充當價格領導者（提價者），不符合隨機的定義，作者歸諸於這或許反應著 BP 的市場地位，因為 Perth 地區唯一的石油提煉廠即是 BP 所擁有。而在法律管制後計有 102 個底部，其中扮演價格領導者的，則相對分散於各廠（依次為 Caltex 領導、BP 領導、Shell 領導、BP 及 Caltex 同時領導、Caltex 與 Shell 同時領導、BP 與 Caltex 與 Shell 同時領導）。

Brown and MacKay⁶⁸研究了美國五大線上零售藥商的非處方箋過敏藥物七個品牌，蒐集的數據跨時約一年半、包含約 360 餘萬個觀察點，從其中發現三個事實。第一，五家線上零售公司都是定期更新價格，但不同公司有不同更新時距；其中的兩家採用高頻演算法、在一小時內改變價格，一家於每日內更新，另兩家則採用每週更新訂價技術（於週日清晨更新）。第二，擁有最快速訂價技術的零售商，會對較慢訂價技術零售商的訂價做出反應（且是快速的），這正是使用自動訂價演算法的表徵。第三，擁有較快速訂價技術的零售商，其相同產品的價格會相對較低。該研究同時指出，整個線上零售市場的價格被拉高了；在相同產品的銷售上，相對於每時訂價技術之零售商的訂價，每日訂價技術的零售商，其價格高出約 10%，而每週訂價技術零售商則高出約 30%。這一研究所發現的事實，正與本文經濟模型（尤其 Stackelberg）所做的推論一致，亦即，在演算法商業中，市場的平均價格將會被提高，而若是次遞訂價的模式，則領導廠商價格將高於跟隨廠商的價格。

前述關於演算法於實務商業中的研究，證實了經濟學模型所推論的市場結果——超競爭價格水平。在學術上，也有許多演算法訂價競爭的模擬，而由於這些文獻都建基於經濟學競爭模型，因此其模擬結果，最終得到超競爭價格，則並不令人驚異，因為都意涵於經濟模型的推論中。Klein 以 Maskin and Tirole 的動態競價寡占模型進行其演算法模擬，競爭廠商不斷的先後訂價，測試 Q 學習演算法所獲致的穩定價格。其模擬共進行 1,000 次，每次競價進行 5,000 期（當超過 5,000 期時其探索機率已下降至 1% 以下）⁶⁹。該研究的第一個模型是一 Q 學習演算法廠商面對一固定於獨占價格廠商，結果並不令人驚訝，因為 Q 學習廠商最終調整自己價格直到與對方廠商相同。第二個模型，兩家廠商都是 Q 學習演算法，不給任何環境訊息而自行學習；結果雙方訂價收斂於一個固定價格，或者會出現 Edgeworth 循環價格。總體而言，在六個可能價格（行動）選項的實驗中，最終價格大約都是座落於 Bertrand-Nash 與獨占價格之間，估計平均利得（average profit gain）⁷⁰大約 50%。當可選用行動增加到 12 項、甚至 100 項時，平均利得會隨著提高，但更容易出現 Edgeworth 循環價

⁶⁸ Brown & MacKay, *supra* note 5.

⁶⁹ Timo Klein, “Assessing Autonomous Algorithmic Collusion: Q-Learning Under Short-Run Price Commitments,” *TI 2018-056/VII Tinbergen Institute Discussion Paper* (2018), <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/185575/1/18056.pdf>, last visited on date: 2023/10/25.

⁷⁰ 利得 (profit gain) = (均衡利潤-Bertrand 納許均衡利潤)/(獨占利潤-Bertrand 納許均衡利潤)。

格模式。Klein 的研究則進一步說明，「即使沒有反壟斷侵權所需的那類型協調，智能演算法可能仍會學習合謀抬高價格⁷¹。」類似的競價寡占研究，Salcedo 亦曾證明，在一些條件符合下，若廠商採用固定策略訂價演算法，它會不斷的解讀對方演算法、不斷的調整自己，終使合謀無可避免的出現⁷²。

Baker 則以領導跟隨模型的市場競爭場景進行訂價演算法模擬⁷³，其最終價格一般都會大於競爭價格，而認為廠商具有市場力、須受反托斯法之檢視；同時指出，更複雜的訂價演算法可能會產生協同問題。其模擬結果，正如第二節 Stackelberg 模型所述，均衡價格都高於競爭水平。Brown and MacKay⁷⁴則觀察到各廠訂價演算法的反應速度快慢不一，反應較慢者於一決策點上會面臨兩個面向，初始時是與對手同步訂價的賽局（即如 Bertrand），且預期著將來對手（快速度廠商）會在知悉我之訂價後再次調動其價格，於是形成一種次遞訂價賽局（即如 Stackelberg）；構成了 Bertrand 與 Stackelberg 的混合模型。前者價格將接近邊際成本、而後者必然高於前者，於是平均價格仍將必然高於邊際成本。

基於市場競爭多以價格為策略，故演算法模擬文獻亦多數以 Bertrand 模型為主，例如，Calvano et al.⁷⁵就使用了重複的 Bertrand 寡占模型，並以 Q 學習演算法進行模擬。模擬的市場中共有 n 家廠商、各提供一個品牌、固定邊際成本、價格競爭、包含垂直與水平差異化的 logit 需求函數，以 Q 學習訂價演算法於競爭中進行訂價。演算法透過不斷試誤而學習最佳策略，不需任何所處環境的前提知識，彼此並無溝通、也無被設計或指令去做合謀。實驗開發上，採 ϵ -貪婪法， ϵ 隨時間幾何遞減，亦即，一開始是單純的隨機選擇，而後則隨著時間愈久，愈傾向於貪婪選擇（即傾向當期最優行動）；而當每一參與者於每一階段的行動選擇持續達十萬期固定不變時，即定義該實驗已收斂而達到了一個穩定策略（被視為最適策略），並結束該模擬。結果發現，演算法持續性的訂定超競爭價格、且由此而產生了約 70%-90% 的平均利得；意味著，演算法提高價格是一個最適策略。Calvano et al.⁷⁶指出「我們發現，在沒有

⁷¹ Klein, *supra* note 49.

⁷² Bruno Salcedo, "Pricing Algorithms and Tacit Collusion," *Working Paper* (2015), <https://brunosalcedo.com/docs/collusion.pdf>, last visited on date: 2023/10/25.

⁷³ Jonathan B. Baker, *The Antitrust Paradigm: Restoring a Competitive Economy*, 1st ed., Harvard University Press, 104-106 (2019).

⁷⁴ Brown & MacKay, *supra* note 5.

⁷⁵ Calvano et al., *supra* note 47.

⁷⁶ *Id.*

溝通下，演算法持續學習而訂定超競爭價格。」這樣的結論，Calvano et al.⁷⁷雖改以庫諾競爭為模型，但仍然不變。

在 Asker et al.⁷⁸的短文中更進一步指出，演算法透過互動可以提高價格，而且演算法訂價的最終競爭結果，其核心的學習協定設計(learning protocol)才是關鍵核心。該文假設兩家廠商、生產同質產品、邊際成本各為 2，可能價格是位於 0 至 10 的 0.1 間斷資料，進行 Bertrand 競爭的重複賽局。其 Q 學習演算法模型的報酬函數設計，既沒有包含對未來的期望報酬、也沒有包含過去經驗的價值⁷⁹，亦即，只是單純基於每一當期決策的實際得值進行學習；而學習的模式分成兩類，一類是非同步更新、另一類則為同步更新。前者只能學習(更新)其所選擇行動的報酬，其它未被選中的行動則沒有更新；後者則是透過反事實(counterfactuals)推估，得到各行動所可能獲得的報酬，而進行各行動的全面更新。其結果，前者形成了接近獨占的超競爭價格，而後者卻形成了納許競爭價格。本文證實，在重複的靜態賽局中，儘管沒有未來收益的期望值、也無過去行為的經驗，只要演算法學習模式設計得當，僅僅透過單純的多期互動，仍然足以形成超競爭市場價格。而一旦學習過程包含未來期望報酬函數、與過去決策經驗值，則在 Q 學習追求「最大期望報酬淨現值」原則下，其最終結果仍可預期將穩定於超競爭價格水平⁸⁰。

演算法學習過程的具體設定，對於選擇的收斂相當重要，如前文 Asker et al.所指出，而這結論與 Waltman and Kaymak 所見者雷同，他們指出「合謀行為的出現，似乎很大程度的取決於 Q 學習中具體決定實驗機率的模式⁸¹；具體地說，實驗機率之選

⁷⁷ Calvano et al., *supra* note 49.

⁷⁸ John Asker, Chaim Fershtman & Ariel Pakes, "Artificial Intelligence, Algorithm Design, and Pricing," *112 AEA Papers and Proceedings*, 452-456 (2022), <https://doi.org/10.1257/pandp.20221059>, last visited on date: 2023/10/25.

⁷⁹ 此一設計排除了 Calvano et al., *supra* note 47 與 Klein, *supra* note 49 合謀型(collusive-type)策略的可能性。

⁸⁰ John Asker, Chaim Fershtman & Ariel Pakes, "Artificial Intelligence and Pricing: The Impact of Algorithm Design," *28535 NBER Working Paper* (2021).

⁸¹ 演算法通常會利用例如 ϵ -greedy (ϵ -貪婪) 算法， ϵ 代表一個極小機率值。一般設計是，每一期演算法只會以 $1-\epsilon$ 的機率選定當期最佳行動，而會另將 ϵ 機率隨機分配於其它未被選中的可能行動選項。透過每期這樣的實驗操作，即可逐步更新各個行動選項的價值(或謂 Q 值)，此即演算法中的探索開發(exploration)。亦即，各行動價值的累積更新，建立於過去的實驗經驗的累積，但這個實驗機率(或貪婪機率)大小將會很大的影響到演算法模擬中的收斂(即最終結果)。愈貪心的設計或許愈有機會找出真正的最佳結果、但卻愈難以收斂穩定。因此對此一實驗設計，

擇是取決於代理者過去的經驗，而非如其它案例中的設為固定值⁸²。」不同於一般設定，他們採用了庫諾寡占模型，令廠商數固定、生產同質產品、線性需求曲線、具有相同的成本函數與相同固定的邊際成本，而演算法的實驗機率之設定，則由一開始為 1 然後持續遞減至結局時的 0。模擬結果發現，雖然不至於達成聯合利潤，但通常廠商都可以學習互相合謀，以致於出現超競爭聯合利潤；而且就算無賦予記憶（即無法記住競爭者過去選擇）的演算法，也可以學習互相合謀（達到超競爭聯合利潤）。

所有的這些演算法模擬文章，都建構於基礎的經濟學模型架構之上。在第二節中的經濟模型分析已經詳述，當競爭廠商間，彼此知悉對方訂價模式之相關資訊愈多，則賽局將愈往完美訊息趨近，則最終市場價格就可能愈高；而訂價演算法的運用，正好提供了彼此更精確分析與掌握對方訂價方式的一種有力工具。再者，自學型訂價演算法的目標，都在於最大化未來期望報酬之淨現值，亦正與主體追求利潤最大化的決策一致；因此，訂價演算法競爭所致之超競爭價格，乃隱含於經濟學競爭模型與演算法奔往最大化淨現值的自學模式之中，都屬於競爭的範疇，除非能有附加證據（plus factors），否則超競爭價格的出現並不意味著合謀。

四、超競爭價格於合謀的法律面

那麼怎樣的超競爭價現象才足以被認定為合謀？又如何才足以被認定為非法合謀？這必須從反托拉斯法的層面來解析。經濟學與賽局認為的合謀，「是指廠商價格高於某競爭基準（competitive benchmark）的一種狀況。一個略有不同的定義則是，廠商制定了極接近壟斷價格的一種狀況。無論如何，在經濟學中，合謀表述了一個（夠高價格的）結果，而與實現該結果的具體形式無關⁸³。」此等超競爭價格現象，或許仍是廠商們獨立決行的競爭結果、或許是來自於廠商們的非法合謀行為所致，因此在執法上，應該更仔細檢視實現該結果的具體形式，或者說，以本文旨趣而言，應當仔細檢視「推測與掌握競爭對手訂價反應模式訊息」的具體形式。雖然 Lianos 主張在合謀協議的競爭法執行上，「不應像契約法中的協議概念那樣處理，而應更

也就有各種隨時間變化（遞減）的形式出現，而不再只是一個固定值。參見陳和全、陳志民，演算法與聯合行為等重大限制競爭議題之研究，公平交易委員會 108 年度委託研究報告，29-33（2019）。

⁸² Waltman & Kaymak, *supra* note 20.

⁸³ Motta, *supra* note 20, at 138 以及 Werden, *supra* note 56.

符合經濟學和競爭政策本身的目標⁸⁴。」然而，競爭法主管機關所當特別關注的，不當只在於高價格的結果、或是維持該結果的策略，而當更關注在實現合謀安排的手段；這些手段所可能涉及的不合法性，多數來自於協調彼此行為的協議⁸⁵。

（一）顯性合謀

美國法院認為，要證明有違反 Sherman Act 第 1 條的協議存在，就必須證明事業「有意識的致力於旨在實現非法目標的共同計畫（a conscious commitment to a common scheme designed to achieve an unlawful objective）」⁸⁶；文中「有意識的致力於」即代表著涉事者間存在有「一致的目的、共同的設計與理解、或心意合會（a unity of purpose or a common design and understanding, or a meeting of minds）」⁸⁷。歐洲法院（European Court of Justice，下稱 ECJ）認為歐盟運作條約第 101 條（Article 101 of the Treaty on the Functioning of the European Union, TFEU）所指之「協議」或顯然合謀是「某形式的溝通與一種相互參與的感覺，從而涉事者了解到彼此已達成『心意相會』或『意願一致』（some form of communication and a sense of mutual engagement, so that the parties realize that they have reached a “meeting of minds” or a “concurrence of wills”）」。因此顯性合謀或協議的本質，在於涉事者存在著意願一致，不論以何種形式存在，只要它建立起忠實呈現涉事者企圖即可⁸⁸。換言之，協議之要件必須具備「心意合會於一個目的」，所合會之目的為何？如何達成心意合會？成為競爭法判斷一個協同行動（或謂合謀）是否違法的主要準則⁸⁹。

心意的合會，必須藉諸於溝通，不論其形式為何。若是藉由明確表述之溝通（express communication）進行協議，就彼此行為的協同（coordination）直接交換了

⁸⁴ Ioannis Lianos, “Collusion in Vertical Relations Under Article 81 EC,” *45 Common Market Law Review*, 1027-1077 (2008).

⁸⁵ Jonathan B. Baker, “Two Sherman Act Section 1 Dilemmas: Parallel Pricing, the Oligopoly Problem, and Contemporary Economic Theory,” *38(1) Antitrust Bulletin*, 143-219 (1993).

⁸⁶ *Monsanto Co. v. Spray-Rite Service Corp.*, 465 U.S. 752, 753 (1984).

⁸⁷ *American Tobacco Co. v. United States*, 328 U.S. 781, 810 (1946).

⁸⁸ ECJ, Case T-41/96, *Bayer v. Commission*, ECLI:EU:T:2000:242, para. 69, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A61996TJ0041>, last visited on date: 2020/8/13.

⁸⁹ Louis Kaplow & Carl Shapiro, “Antitrust,” in: A. Mitchell Polinsky & Steven Shavell (eds.), *Handbook of Law and Economics, Vol. 2*, 1st ed., Elsevier (2007).

保證，從而共同訂定了超競爭價格⁹⁰，此形式即為「顯性合謀（explicit collusion）」，此類合謀是非法的。

（二）自覺的平行

相對於顯性合謀，即可能存在著隱性合謀（tacit collusion），意即在未有「顯然溝通（express communication）」下而達成的超競爭價格水平。市場上競爭廠商的許多趨同行為，未必都經過彼此溝通協調所致。例如在雙占市場中，一事業提價後，另一事業往往也會跟著提價。後者跟著提價，並無與前者直接或間接溝通、也不曾去做心意合會與理解的推動或溝通，而是基於所共知的市場結構，各自理解到，若一廠提價則他廠的最佳獨立決策選擇仍會是提價的基本競爭原理，雙方都清楚與理解這樣的基本結構⁹¹。當市場中廠商數很少時，由於每一廠商都深知維持高價或避免激烈競價才符合整體廠商利益，根據此一共同認知、從而採取行動，將很容易形成此類型的趨同行為⁹²。此類趨同行為乃是基於廠商對環境之基本機制具共同認知與理解（mutual understanding），而致一廠反應他廠行為時採取了相同作為，其間無任何溝通行為，雖心意合會於共同理解的市場環境，卻不合會於特定的目的，是單純的對於市場機制之共同理解所產生，稱其為「自覺的平行（conscious parallelism）」；因無明確表述之溝通，故屬於「默契合謀（tacit collusion）」，又因不具「心意合會於一個企圖」之要件，故並未涉及違法。

例如，1993年美國關於菸草市場一案⁹³，法官認為，「隱性合謀，有時也被稱為寡占價格協調（oligopolistic price coordination）或自覺性平行（conscious parallelism），它描述的是一個過程（其本身並不違法），於此過程中，具集中度市場上的廠商們

⁹⁰ 廠商無產品之差異化且具固定值之平均成本時，則 Bertrand 模型的均衡價格，將是（完全）競爭的，亦即將是等於邊際成本的（Bertrand showed that ..., the equilibrium price is competitive, i.e., equal to marginal cost）。參見 Maskin & Tirole, *supra* note 40, at 571. 於是，凡價格大於邊際成本者，即是所謂的超競爭價格（supra-competitive price）。

⁹¹ Jeremy I. Bulow, John D. Geanakoplos & Paul D. Klemperer, "Multimarket Oligopoly: Strategic Substitutes and Complements," *93(3) Journal of Political Economy*, 488-511 (1985). 以價格為競爭策略的廠商，當其中一廠商提高價格時，另一廠商的最佳反應將必然也是提高價格，此稱為「策略互補（strategic complements）」。

⁹² Keith N. Hylton, *Antitrust Law: Economic Theory and Common Law Evolution*, 1st ed., Cambridge University Press, 73 (2003).

⁹³ Brooke Group Ltd. v. Brown & Williamson Tobacco Corp., 509 U.S. 209, 227 (1993).

可能分享壟斷權力，亦即基於認知到他們在價格與產量決策方面的共同經濟利益（*shared economic interests*）及相互依存關係（*interdependence*），而將價格訂定於利潤最大化的超競爭水平上（*setting their prices at a profit-maximizing, supracompetitive level*）。」此案中，法官視隱性合謀為一個自覺性平行行為，且其過程本身並不違法，是廠商個別追求利潤最大化的一個過程。

2018 年美國靜脈注射用生理鹽水（*intravenous saline solution; IV saline*）市場一案中⁹⁴，法官表明，「其中最主要的原因是，靜脈注射鹽水市場是一個寡占市場，『自覺性平行』——具集中度市場上廠商們基於認知到他們在價格與產量決策方面的共同經濟利益（*shared economic interests*）及相互依存關係（*interdependence*）而做出的一個共同反應——是可以預期的。換句話說，在沒有其他事實指控的情況下，僅憑 *Baxter* 及 *Hospira* 在得知對方減產後限制自己的靜脈注射鹽水產量這一事實，並不能說明是否存在非法協議（*unlawful agreement*）。是的，*Baxter* 及 *Hospira* 的行為有可能是來自於違反反托斯法的結果，亦即是協議的結果。但寡占的性質，也很可能使得 *Baxter* 及 *Hospira*（即使沒有協議）試圖利用對方限制產量的跡象，是因為限制供給及抬高價格符合了他們各自的利益（*independent interest*）。簡而言之，寡占市場中的平行行為並不能特別證明合謀行為。」此一判例更清楚的說明，寡占市場的結構本身就使得市場價格會偏高（此為自覺性平行行為），此等偏高現象並不能證明其有協議行為。

而在 2015 年美國高度集中的巧克力市場一案中⁹⁵，法院的說法更為明確：「自覺性平行此一證據本身，並不能據以合理推斷出密謀（*conspiracy*）。……原告還必須證明存在某些附加因素（*plus factors*），……這些附加因素是直接證據的代理參數（*proxies*），因為它們可促使法院更明確的懲罰到協同行為（*concerted action*），而不是競爭對手的單方獨立行為（*unilateral independent conduct*）。」「針對密謀（*conspiracy*）的傳統非經濟證據，是最重要附加因素。……被告聚集在一起並交換共同行動保證，或者以其他方式、即使沒有顯示任何會議、對話或文件交換而通過共同計畫的證據。」亦即必須具有附加因素證明此等自覺性平行是一種非法的協同行動，而非單純的競爭者獨立行為。

美國麻州離島 *Martha's Vineyard* 上 9 座加油站被訴固定價格一案（2011），法官也說到：「存在一個合情的理由可進行合謀，並不因此提供為是否存在合謀的判

⁹⁴ *Washington Cnty. Health Care Auth., Inc. v. Baxter Int'l Inc.*, 328 F. Supp. 3d 824, 832 (N.D. Ill. 2018).

⁹⁵ *In re Chocolate Confectionary Antitrust Litig.*, 801 F.3d 383, 398 (3d Cir. 2015).

定理由 (“a plausible reason to conspire” does not create a triable issue as to whether there was a conspiracy)⁹⁶。」儘管汽油本身具不彈性需求、產品同質、該市場也存在高度參進障礙，都充分給予廠商合謀的合理環境與動機，但不能因此判定這些廠商進行合謀以僵固價格或提高價格，因為寡占廠商同具高價格高利潤乃是競爭結果。本案也因無額外附加因素 (plus factors) 證明寡占市場特色之外的合謀證據，故判原告敗訴。

前述判例中，隱性合謀即為自覺性平行，而其中構成非法行為者，即稱以協同行動 (concerted action) 或直接指稱為密謀 (conspiracy)；在 Ezrachi and Stucke 一文中則使用「反競爭自覺性平行 (anticompetitive conscious parallelism)」⁹⁷。在美國 FTC 的分類中，則隱性合謀往往被區分為不違法的「自覺性平行」、與非法的「協同行為」^{98,99}，本文亦據此一分類進行論述。

(三) 協同行動

前述兩類趨同行為的產生，一者透過明確表述之溝通，另一者則全然沒有彼此溝通；剛好是兩個極端。介於這兩個極端中間，則存在著許多不同形式甚至隱晦難辨的溝通。既有溝通，則不論形式為何，總是為了完成「心意合會於一個目的」。一企業可能透過任何直接或間接的接觸，影響其實際或潛在競爭者在市場上的行為，或藉此向競爭者揭露關於其自身將於市場上作為的決定或企圖，從而以一種「並未達到實際協議階段的協同形式，有意的以實際合作替代競爭風險 (knowingly substitutes for the risk of competition, practical cooperation between them)」，導致不能反應市場正常狀態的一種競爭情況¹⁰⁰。此類型合謀被稱為「協同行為 (concerted action)」，亦是默契合謀的一種。

⁹⁶ White v. R.M. Packer Co., 635 F.3d 571 (1st Cir. 2011).

⁹⁷ Ariel Ezrachi & Maurice E. Stucke, “Sustainable and Unchallenged Algorithmic Tacit Collusion,” *17(2) Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, 217-260 (2020).

⁹⁸ Joseph E. Harrington Jr., “A Theory of Tacit Collusion,” *588 The Johns Hopkins University Department of Economics Working Paper* (2012).

⁹⁹ 本文中「conscious parallelism」翻譯為「自覺性平行」，而一般是翻譯為「有意識的平行」，「concerted action」翻譯為「協同行動」，而一般則是翻譯為「一致行為」，於此說明。

¹⁰⁰ ECJ, Case 40/73, Suiker Unie v. Commission, ECLI:EU:C:1975:174, para. 26, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A61973CJ0040>, last visited on date: 2023/7/15.

ECJ 認為「每個經濟經營者必須獨立決定其打算於市場中所採取的政策（that economic operator must determine independently the policy which he intends to adopt on the common market），包括選擇其提供或銷售的對象」¹⁰¹。此一獨立性之要求，「並不剝奪經濟經營者明智地依競爭者現有與預期行為而調適自己的權利（...does not deprive economic operators of the right to adapt themselves intelligently to the existing and anticipated conduct of their competitors），但它嚴格排除這些經營者之間的任何直接或間接接觸，藉以影響實際或潛在競爭者的市場行為、或藉以向競爭者透露自己已決定或正打算在市場上採取的行為¹⁰²。」而歐洲普通法院（European General Court, EGC）在 2001 年糖業市場一案中進一步闡述，認為儘管是單方面公開揭露其自身有關於市場活動的訊息，亦有可能涉及協同行為¹⁰³。

在歐洲的判例中，公開訊息分享要能構成卡特爾，必須訊息中涉及未來價格（future prices）或策略；而若分享的是實際價格（actual prices），則只被單純視為一種市場行為，且這種行為並不會使一廠對其競爭者之未來態度的不確定性有所降低，這些行為的當下，每個廠商對於他廠未來行為都仍是不確定的¹⁰⁴。這亦是前述經濟模型分析（尤以推測變量模型）中我們的主張，亦即，依據既有數據訊息集進行分析而推測掌握對手可能的訂價反應模式，某程度準確的推測都將伴隨著較高的超競爭價格均衡，但這並未涉及任何非法合謀或協同行動的意涵。其實，可以歸類為自覺的平行。

舉例而言，一廠公開宣布一項擬定的訂價政策，競爭對手並無對此做出明確肯定回應，但隨後卻被普遍的跟隨採用、從而價格被提高，則此類單方宣告未來價格的行動，可能會涉及協同行動；因為該廠等於是公告未來訂價企圖給予對手獲悉，希冀競爭者獲悉後可以合意的採取相同行動，免於競爭。本例與前述自覺平行行為所舉出的市場競爭一例，有極大不同。該例中，對手所獲悉的是一公司已實現之當

¹⁰¹ *Id.* at para. 173.

¹⁰² *Id.* at para. 174.

¹⁰³ 本案中，英國糖業公司於糖產業協會會議中，單方揭露其未來訂價給與會成員。普通法院認為，儘管是只有一方單方洩露其意圖之事實，仍不足以因此排除協議或一致行動的可能性。Joined Cases T-202/98, T-204/92 & T-207/98, *Tate & Lyle plc et al. v. Commission*, 2001 E.C.R. II-2040, paras. 54, 55, 61.

¹⁰⁴ Thibault Schrepel, "Collusion by Blockchain and Smart Contracts," *33(1) Harvard Journal of Law & Technology*, 117-166 (2019).

前訂價，它已是可為競爭者觀察而可據以反應的市場環境之部分；而本例中，對手所獲悉的是一公司正要採用的訂價，故可產生出協同效應。協同行為是非法的、被禁止的。「雖然任何生產者都有改變價格的自由，並且可基於競爭者現有或可預見行為（the present or foreseeable conduct of this competitors）而考量。但如果生產者以任何方式與競爭者合作，藉以確定關於提價的協調行動，並透過事先消除彼此於該行動上基本要素的所有不確定性（如提價的額度、品項、日期、地點），以確保此一行動成功，則違反了條約的競爭規則¹⁰⁵。」美國法院判例也提到的，「雖地方法院得到了證據支持了經銷商之間達成了協議，但我們認為在此案情況下，對後續放映商施加限制的協議，並非非法合謀（unlawful conspiracy）的先決條件。只要經銷商們知道這一個協同行動企圖且被邀請參加，並遵循該計畫而參與其中，這就充分了¹⁰⁶。」「非法合謀可以且經常在合謀者未同時行動或無協議下形成，這是基本的道理。在無事先協議下，競爭者接受邀約參與一項計畫，若該計畫實現，其必然結果是限制了州際貿易，根據 Sherman Act，足以認定該計畫為非法合謀¹⁰⁷。」

知悉一項反競爭企圖而後參與該行動，已彰顯出「心意合會於此意圖」，即是違法了。在 *Eturas* 一案中^{108、109}，旅遊業訂房系統平臺業者發出電郵給所有平臺上的旅行社，請對於由現行 4% 折扣降低為 0%~3% 折扣表示意見，隨後發出通知告知旅行社折扣原則上最高為 3%，並於系統上進行技術修正，凡折扣率超過 3% 者將由系統自動的減至 3%。對於此案，ECJ 重申廠商必須獨立決行商業行動，不能與會影響市場行為的營運者之間有任何直接或間接接觸、也不能透露出任一營運者的未來策略。ECJ 認為，線上平臺的條款確實可能導致管理者與使用者間的反競爭協議，假如旅行社知道管理者所寄出（可能具潛在反競爭合謀）的訊息，則他們就該被先設為

¹⁰⁵ ECJ, Case 48/69, *Imperial Chemical Industries v. Commission*, ECLI:EU:C:1972:70, para. 118, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A61969CJ0048>, last visited on date: 2023/7/16.

¹⁰⁶ *Interstate Circuit, Inc. v. United States*, 306 U.S. 226 (1939), <https://supreme.justia.com/cases/federal/us/306/208/>, last visited on date: 2023/9/28.

¹⁰⁷ *Id.*

¹⁰⁸ Sophie Lawrance & Marc Linsner, “*Eturas – Any Conclusions on Platform Collusion..?*” *Kluwer Competition Law Blog* (2017/1/19), <https://competitionlawblog.kluwercompetitionlaw.com/2017/01/19/eturas-conclusions-platform-collusion/>, last visited on date: 2023/9/28.

¹⁰⁹ ECJ, Case C 74/14 *Eturas et al. v. Lietuvos Respublikos konkurencijos taryba*, Judgment of 2016/1/21.

參與了此一協議行為，除非他們採取步驟藉以切割自己。ECJ 確認，是否實質上知悉才是是否存在違法的依據；管理者訊息的傳遞，其本身並不足以構成實質知悉的認定，但實質知悉與否則可以從客觀而持續性的現象（*objective and consistent indicia*）來推論。假若旅行社曾回覆管理者明確表示反對、或者仍曾持續性提供高於新約定的折扣，則參與協同之先設即可被成功駁斥。

協同行為是否成立，端視溝通形式是否具有搭建心意合會於某一反競爭目的的企圖。然而，未明白表述的溝通，可能甚為隱晦，此一企圖的判斷將會相當艱難。誠然，完全競爭市場結構下的每一經濟營運者，都是獨立制定所欲政策；但在不完全競爭市場下獨立決策的要求，並「不剝奪經濟經營者明智地依競爭者現有與預期行為而調適自己的權利」，而是要求必須排除「企圖影響潛在或實際競爭者市場行為或揭露自己即將採用的市場行動計畫給予競爭者的直接或間接接觸」。寡占市場模型諸例，儘管營運者具有決策上的相依性，但都是基於既有訊息集而分析與預測競爭者之未來行為，基本上並不涉及「合會心意於一個目的」的概念。相反的，若廠商據以掌握與分析競爭者未來行為的資訊中，並非單純的已公開訊息，例如涉及非公開數據的交換、未來行動規劃的交換、或是不合短期理性之策略的背後訊息交換，就必然承載著「心意合會於一個目的」的企圖，此時即可能涉及了違法合謀。因此，根據此一訊息分類進行法律層次上「心意合會」的檢視，才足以確認是否涉及違法合謀。

五、訂價演算法可能涉及非法合謀的態樣

經濟學模型顯示，廠商依據既有訊息集而推測與掌握對手之訂價反應模式，足以生成超競爭價格，但這是屬於競爭範疇；而在競爭法判斷上，則必須廠商具有「心意合會於某一個目的」的條件，此一超競爭價格才構成競爭法上的違法合謀。因此，對於廠商是否合謀的判斷，我們必須關注於廠商在取得訊息以推測與掌握對手訂價反應模式的過程與方式。

首先，一廠商若完全根據既有公開訊息而推斷對手訂價反應模式，這屬市場各憑本事競爭的本質能力，並無非法疑慮。而若廠商據以推斷的訊息集包含了非公開訊息，則開啟了非法合謀的疑慮，蓋非公開訊息的交換，其本身即意味著協調行動的一個「心意合會」。個廠運營上的隱秘資料與參數的交換，可令一廠商更容易掌

握與推測對手之訂價反應模式，即可以提升未來訂價之趨同性、從而推升價格；或者是，更直接的在未來決策相關訊息或訂價模式演算法編程上，相互洩露或交換，而立即促成彼我訂價行為的互相洞悉，從而促成超競爭價格。基於非公開訊息之取得，乃涉及非法合謀之源頭，因此，本文據此而對於獲取訊息方式，歸納了幾個可能涉及非法合謀的態樣。

（一）涉及未來策略訊息的揭露

經濟學的競爭模型中所謂競爭，是建立於經營者依據對於競爭者現有的或預期的訊息與行為，然後獨立決定其在市場中所欲策略，並明智的調整自身決策以達最適，這屬於競爭範疇。一旦經營者間有了任何直接或間接接觸，藉以影響實際或潛在競爭者的市場行為、或藉以向競爭者透露自己已決定或正打算在市場上採取的行為，則將涉及限制競爭的疑慮。

競爭者之間私下溝通關於尚未發生的交易價格，是被禁止的¹¹⁰。儘管只是單方面公開揭露自身相關於市場活動的訊息或策略，基本上仍可能涉及非法合謀，因為這些隱秘或未來訊息的揭露，將給競爭者調整與協同行為帶來誘因，從而構成「心意合會於一企圖」的合謀認定。英國糖產業協會自 1986 年迄 1990 年期間，共舉行了 18 次工業用糖會議，而英國糖業公司則在會議中，單方面的向所有與會者提供關於其未來價格之訊息，甚至還在一些會議中分發其相關於各採購量的工業用糖價格表，也多次出示其零售價格表。經過檢舉後，英國公平交易局（Office of Fair Trading）與歐盟執委會（European Commission）指控這些公司的會議，具有協同訂價政策導致限制競爭之效果，並於 1999 年裁決罰款；隨後獲得法院支持。歐洲普通法院認為「儘管只是一方單方洩露其意圖，但這事實並不足以排除協議或協同行動的可能性」¹¹¹。

另一案，歐洲 15 家貨櫃班輪運輸公司，自 2009 年起即經常利用網站及專業貿易媒體，事先公開公告公司未來的一般價格增漲率（General Rate Increase, GRI），一年數次，且只公告每櫃增加多大額度、哪些航線、何時實施，而無明白的最終價

¹¹⁰ Harrington Jr., *supra* note 34.

¹¹¹ Joined Cases T-202/98, T-204/92 & T-207/98, Tate & Lyle plc et al. v. Commission, 2001 E.C.R. II-2040, paras. 54, 55, 61.

格¹¹²。歐盟執委會發現，GRI 通常會提早於實施前的 3 至 5 星期公告，其他運輸商看到此公告後，即會陸續對相同或類似航線跟進宣告其 GRI。於初步調查後歐盟執委會表示，貨櫃班輪運輸公司定期提早宣布將來的價格上漲，此作法構成了協同行為，是目的性的限制（by-object restriction）¹¹³；此一作法「可能旨在向競爭者傳達訂價意向，而不是通知客戶關於價格的發展」¹¹⁴。這樣的訂價意向訊息釋放，可令競爭者「測試」實施價格上漲的可能性，不致於冒著失去市場份額或者因此觸發價格戰爭的風險¹¹⁵，也因此，競爭者共同提價的齊一性機會增加¹¹⁶。

與此類似的，1990 年代美國航空公司每天把機票訂價訊息傳匯到 ATPCO（Airline Tariff Publishing Company）¹¹⁷，再由它即時開放給同業業者、旅遊業者、訂票系統業者、以及消費者，訊息種類繁多，內容包含價格、日期、起降機場、機票限制與起迄日、特殊價格時段、與事先公告數週後某天（first ticket date）的價格調漲。DOJ（Department of Justice）因苦於無法取得任何明示合謀證據，最終與航空公司達成協議，令其停止事先公告提價。不過，在 2017 年 *Prosterman et al. v. ATPCO* 一案中¹¹⁸，法院卻認為，航空公司使用 ATPCO 的機票訊息做出決定，並不足以證明他們協議了價格；寡占廠商的行動常會在市場上產生巨大影響，其獨立決定提高價格且期望其他廠商可以跟進，這是合理的。於是法院駁回了原告動議。關於 ATPCO 前後兩案的差異，重點即在於前者涉及了未來價格與行為，而後者則僅是分享實際價格。

在前述 1990 年代 ATPCO 一案，航空公司有時也會利用票價種類代碼與機票日期註腳作為信號，藉以議談多重市場（multimarket）的協同行為。理論上的信號賽局

¹¹² European Commission, Press Release, “Antitrust: Commission Seeks Feedback on Commitments Offered by Container Liner Shipping Companies,” (2016/2/16), https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_317, last visited on date: 2023/8/15.

¹¹³ Commission Decision of 7.7.2016: relating to a proceeding under Article 101 of the Treaty on the Functioning of the European Union and Article 53 of the EEA Agreement (Case AT.39850 Container Shipping), C(2016) 4215 final, paras. 45 et seq (2016/7/7).

¹¹⁴ *Id.* at para. 52.

¹¹⁵ *Id.* at para. 37.

¹¹⁶ *Id.* at para. 38.

¹¹⁷ *United States v. Airline Tariff Publishing Co.*, 1994-2 Trade Case. (CCH) ¶70,687 (D.D.C. Aug. 10, 1994).

¹¹⁸ *Prosterman et al. v. Airline Tariff Publishing Co. et al.*, Case No. 3:16-cv-02017 (N.D. Cal.).

確實可能引導出合謀，但仍無實務案例。信號的釋放，若不額外借助於非競爭變數，則廠商必須透過價格變數進行操作，往往是做出調高價格（背離均衡）的不合理性行為，藉以作為一個具有代價的信號，才足以引起對手關注。對手對此不合理性的策略，解譯出意欲邀約隨同提價的企圖，然後跟進。基於廠商理性假設，此等不理性行為在經濟學學理中可以被對手解譯出企圖，但商業實務中的解譯則有所不易。一來，不理性行為必須付出代價，尤其信號期間過長或最終對手沒有跟進時，釋放信號的損失將會很大；二者，對手不一定解譯得出來。但是這個問題，在訂價演算法的運用後，可以減輕許多，尤其自學型演算法透過微小幅度的探索，可以有效探測出該如何因應不理性的行為才能最適。而在減少當下不理性策略帶來的損失上，演算法也可以利用一般上網人數最少的時段（如夜深人靜時），快拍自己價格表錄張貼，另一方演算法則即可即時辨識¹¹⁹。不論如何，信號的釋放即是邀約對手「心意合會於某一企圖」，故一旦對手接受而跟進，即涉及了合謀；一如 Posner 法官說：「假如一廠提價並預期對手會跟進，而後對手真的跟進了，則這廠商行為可以被視為是單方開出一個共同提價的邀約、而且被接受¹²⁰。」

（二）涉及演算法訂價模式或編程之揭露

一廠商透過溝通、透露、或交換，使得競爭對手知悉其演算法的訂價模式或編程，即等同於揭露其未來訂價模式，類似於第（一）點所述，也足以促成合謀。毫無疑問的，人主體之間關於這等訊息的交換或揭露，必然非法。然而，演算法之間似乎也能夠達成此等訊息的獲悉。理論上，透過自學演算法，是可以有效的推高市場價格的。

例如，利用強化學習不斷的確定每期可以產生最高收益的價格，並隨時調整規則；其尋找最高收益的策略選擇，是基於已知歷史資料訊息所進行的優化，其中包含環境因素與廠商行為。假設基本環境架構並未改變，則價格的歷史紀錄即可推估出最佳的訂價參數與模式，而做出當期的最佳選擇；這樣的過程亦正是經濟模型（尤以推測變量）所描述的，而這樣所推測的對手訂價反應模式也會相對精確，因此市

¹¹⁹ OECD, *supra* note 2, at 30.

¹²⁰ *In Re High Fructose Corn Syrup Antitrust Litigation*. Appeal of A & W Bottling, Inc., et al., 295 F.3d 651, 652 (7th Cir. 2002).

場價格會相對的較高。這是經濟分析上的必然，也是屬於競爭範疇，因為這都是個別廠商精於分析過去資料、從而某程度掌握對手行為，以至於推高了市價。尤其，當一方運用的是一個簡化的訂價演算法，如一個簡單削價（*undercutting*）或價格匹配（*matching*），則在不斷的市場實際價格波動後，將會很快的被其它演算法偵測掌握，此時的簡單訂價演算法，即成為 *Stackelberg* 競爭模型中的跟隨廠商，於是在最大期望報酬的原則下，演算法將會自然的提高價格，而且趨於一致。不論是簡易或複雜的訂價模式，演算法經過一段時間的互動學習，可以直接觀測分析對手演算法編程而推論或解讀出對手的訂價模式，或者，藉由分析特定情況下的對手行為，而學習出對手的決策參數¹²¹。這些過程，是透過演算法依據既有訊息集而推測出的對方決策模式，基本上並無法做出涉及合謀意圖之論斷，因為演算法之偵察能力乃屬個別廠商營運上的獨立決策。例如第三節所提及的 *Klein* 模擬，以一個 *Q* 學習演算法廠商面對一個固定於獨占價格廠商，經過競爭互動後，*Q* 學習廠商最終調整自己價格到與對方廠商相同。

但 *Gal*¹²²不這麼認為。他認為，當訂價演算法同時是一組指令、又是備供其它演算法「閱讀」時，則將可能會使得其它演算法可以來「讀取心意（*read its mind*）」。提醒的是，*Gal* 所謂的「閱讀」或「讀取」，所指的其實是藉著設計一組簡易編程，指令著我方的訂價模式，令對手於互動過程中掌握我方的特定訂價反應模式，而我方的特定訂價模式即等同於一種承諾（*commitment*）；於是經過互動後，即可共同停留於高價格水平。他舉了一個足以完成協調的簡單編程設計例子¹²³：首先，演算法 A 設定最佳的聯合價格（基於兩方價格相等之假設）、等候 10 秒鐘、然後搜索演算法 B 的訂價；若 B 的訂價大於或等於 A 的訂價，則每隔 5 秒重複的偵測檢視 B 價格一次；若否，則將價格降低 50%。而在 B 這一方面的編程指令是，首先搜索演算法 A 的價格、然後比配訂價於演算法 A 的價格、並每 5 秒鐘重複一次這個操作。於是，在演算法 A 所設定的訂價原則下，演算法 B 此等比價策略會是一個理性的反應行為，而 A 的訂價也不會偏離，最終促成了協調訂價的結果；這是一個簡單的領導跟隨模型。這樣簡單的編程設計，經過快速的幾回合互動，立即被彼此演算法解譯

¹²¹ *Salcedo*, *supra* note 72.

¹²² Michal S. Gal, "Algorithms as Illegal Agreements," *34 Berkeley Technology Law Journal*, 85-86 (2019).

¹²³ *Id.*

(即 Gal 所謂的「讀取心意」)；尤其當偵測訂價與反應價格的速度愈快，效果愈好。在此情況下，即形成了我們所謂的「合會心意於一個企圖」的要件，可能構成了非法合謀；然而這個現象的偵測必須依賴於編程上的檢測，這則有賴於主管機關於演算法技術上的同步精進。同時，這個足令演算法「讀取心意」的設計，仍是人主體（廠商）所為。

因此，演算法的運用或其編程設計過程中，人主體是否藉此而搭建「心意合會於某一目的」企圖，才是不法合謀疑慮的來源；例如廠商有意揭露其演算法決策原則或方式，或刻意於演算法編程中突顯其訂價反應的規則性與可讀性，以令競爭者更容易觀察分析與掌握訂價模式，從而更容易協同彼此行為，這樣就構成了心意合會於某一目的企圖的協同行為，具限制競爭效果。也就是說，藉由一些在演算法上的特定方式或行動，廠商可以傳達出他們意欲協同行為的意圖，針對這樣的特定方式或行動，Gal¹²⁴做了一些態樣歸納。例如，廠商們執意使用相似的演算法，儘管另有更好可用的演算法；廠商們執意使用相似的資料於相關市場環境，儘管另有更好的資料資源可用；廠商們於演算法訓練上使用相似的個案研究，儘管那些個案並非是當前最佳的個案；廠商採用一些行動以令競爭者更易觀察其演算法或資料庫，而競爭者也採取了行動進行觀察；廠商從技術上刻意的鎖死該演算法令其難以更動，藉以創造長期的承諾。藉由這些實務上容易觀察的態樣，初步觀察是否可能涉及「企圖協同（coordination by design）」，但仍需仔細檢視。

（三）涉及非公開訊息

關於「公開訊息數據」的定義，依據歐洲「水平指南」所說，「真正公開的訊息是指所有競爭者和客戶可普遍平等接取（以進接成本而言）的信息」，且「真正公開的信息，非交換系統關聯的客戶與廠商不應該比交換訊息的廠商們，於取得時付出更多代價」¹²⁵。因此，就算是透過公開方式可取得的訊息，只要交換模式足令廠商更簡單快速、並更直接的意識與理解到這些訊息，則此等訊息交換亦可能會涉及限制競爭¹²⁶，因為此等訊息的交換已使未參與交換的廠商，在接取這些數據時，

¹²⁴ *Id.* at 113-115.

¹²⁵ European Commission, *Guidelines on the Applicability of Article 101 of the Treaty on the Functioning of the European Union to Horizontal Co-operation Agreements*, COM(2011) C 11/1, para. 92 (2011).

¹²⁶ GC, Joined Cases T-202/98, T-204/98 & T-207/98, *Tate & Lyle et al. v. Commission*, Judgment of

處於相對較高的不方便或代價。於是，儘管所需資料數據是公開取得，但若第三方所提供的軟體（或演算法），足以增進資料交換的收集與處理，即有可能會構成反競爭的訊息交換¹²⁷。不過，在美國 *Gypsum* 一案上，最高法院指出此類訊息交換協議須依合理原則評估，而目前判例則都著重於反競爭損害的實質證據¹²⁸。相反的，不論是由廠商間有意交換或透過演算法取得（如以抓取軟體取得），只要廠商取得與使用的是公開訊息數據，且該等數據對於其他廠商均具同等的可取得性，則必不存在特定廠商間「心意合會於一個目的」的企圖。

在訂價演算法上，數據是關鍵要素。除去機械式反應模式演算法，一般性如具監控與偵測分析能力的演算法，都會經過訓練階段推導出訂價參數與模式，然後才付諸實用。要訓練出精良演算法（奔往最大利潤化），則所收集的數據，包含市場上環境與競爭廠商的相關變量，其規模必然要大。顯然，愈是周全的數據，愈能訓練出較高精準程度的演算法，則愈有能力精確分析與掌握競爭者價格反應模式，從而市場價格會被推高。儘管自學型演算法於理論上可以做到這一點，但只要它的推測過程中，並無涉及運用競爭者非公開訊息數據，則屬於獨立決策以追求最大利潤化的競爭過程。

然而演算法所依賴的大量數據，若涉及非公開訊息，不論是僅在訓練階段或僅在實用階段¹²⁹，都可能涉及限制競爭疑慮。一般而言，非公開數據資訊，包含例如成本型式、決策模式、營業產能等等，或者是涉及未來訂價與行動的訊息；這些訊息之取得，若非來自於非法方式、即是彼此溝通協調交換所致，其本身即具有了合謀疑慮。這些訊息的交換，令廠商決策時更能掌握對手的訂價模式，從而推高了市場均衡價格，甚至將往獨占價格前進¹³⁰。演算法於訓練階段推估出模型參數，然後運用於下一期的預測，於是「一旦訓練時的數據涉及採用了競爭者非公開數據，則

2021/7/12, para. 60; GC, Case T-587/08, *Fresh Del Monte Produce v. Commission*, Judgment of 2013/3/14, para. 369.

¹²⁷ Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *supra* note 1.

¹²⁸ *United States v. U.S. Gypsum Co.*, 438 U.S. 422, 438 (1978).

¹²⁹ BKartA, Case B5-1/18-001, Case summary of 2018/3/27, https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Entscheidung/EN/Fallberichte/Kartellverbot/2018/B5-1_18-001.html, last visited on date: 2023/10/11; BKartA, Case B2-118/10, Case summary of 2011/9/26, <https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Entscheidung/EN/Fallberichte/Kartellverbot/2011/B2-118-10.html>, last visited on date: 2023/10/11.

¹³⁰ 若市場上採用此等交換私密訊息演算法的廠商占比不夠大，則其它未參與交換訊息者的獨立決策，將會形成市場價格的制約力量，這可能會使這些交換私密訊息的廠商所欲提價之目的無法達成。

儘管該演算法於訂價實用階段已不再使用該等數據，仍然會有競爭上的疑慮¹³¹。」

（四）涉及第三方演算法提供者

在演算法商業中，並非每一廠商都有能力自行開發出適用的演算法，於是專門提供訂價演算法的第三方廠商乃應運而生。當第三方提供相類似演算法給予數家競爭廠商同時使用時，就會產生可能的限制競爭疑慮，而其中，該第三方演算法提供商匯聚自競爭廠商們的數據以作為演算法的訓練，將是主要的疑慮點。

當市場中競爭廠商們使用了具有相類似反應方式的演算法，例如演算法在價格或價格參數上趨於一致，則對於如需求或原料成本等外部因素之改變，將會產生相類似的價格決定，形成訂價行為的齊一性；此一現象，甚至是一個簡易的訂價反應方式演算法，即足以促成。同時，這一現象也不需競爭廠商們知悉彼此採用相類似的訂價演算法。此等相類似演算法，通常由第三方所提供，其相似度愈高，則愈可能系統性的導致價格趨同。第三方提供其演算法時，或因應不同客戶而作個別差異設定，但至少該演算法的基本商業邏輯思維（尤其是關於價格設定）必然類似，僅僅此一項即足以降低競爭廠商間關於訂價策略之不確定性，也降低了廠商決策之獨立性，可能構成限制競爭之疑慮。而且當第三方普遍提供多家廠商，且若其利潤來源與各廠商收益相關聯，則該第三方最大利潤即與廠商最大聯合收益正相關，進而促使第三方以最大化廠商聯合收益為目標來設計其演算法決策模式，明顯的可能涉及了聯合行為之限制市場競爭。

當競爭廠商們知悉對手所用之訂價演算法與己相類似，例如第三方開發者同時為多個競爭廠商開發訂價演算法、並透露他廠商也已採用此項服務，則前述偏高訂價的齊一性，就很可能涉及協同行動，因為相類似決策模式的演算法充當「合會彼此心意於一目的」的企圖。Gal 認為「儘管有更好的演算法可用，但供應商仍有意識的持續使用相似演算法」，即可能涉及「企圖協同」¹³²；CMA (Competition and Markets Authority) 則指出「如果競爭廠商們知道或推知他們正使用相同或相似的訂價演算

¹³¹ U.K. Competition and Markets Authority, *Pricing Algorithms: Economic Working Paper on the Use of Algorithms to Facilitate Collusion and Personalised Pricing*, U.K. Competition and Markets Authority, 27 n.35 (2018), https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5bbb2384ed915d238f9cc2e7/Algorithms_econ_report.pdf, last visited on date: 2023/10/11.

¹³² Gal, *supra* note 122.

法，他就能夠更好地預測對手在價格變化上的反應，將更有助於更好地解釋對手訂價行為背後的邏輯與意圖¹³³。」而毫無疑義的，如第（三）點所述，若是訂價模式乃由廠商刻意洩露或交換，必然涉及了顯然的合謀。另外，第三方提供給競爭廠商運用的演算法，其所依賴為訓練的數據庫，若是來自於多個競爭者非公開資料，相對於價格（尤其未來價格或折扣）、生產成本、數量、營業額或產能等面向，也可能涉及競爭上的疑慮，其相關論說已於第（三）點陳述。

第三方專業演算法公司提供演算法予競爭廠商運用，理論上狀似所謂的「軸輻（hub and spokes）」架構，若演算法涉及限制競爭疑慮，則競爭廠商是否也當視同涉及，須以競爭廠商是否具備「知覺要件（awareness requirement）」而論¹³⁴。ECJ 於 VM Remonts 一案中，認為一旦一廠商符合三條件之一時¹³⁵，即可能因服務提供商之反競爭行為而須承擔協同行為之法律責任，即當該一廠商(1)指導或控制了該服務提供商之行為，(2)知悉競爭者與服務提供商所追求的反競爭目標、且有意的以自身行為為其協助，(3)可合理的預見競爭者和服務提供商的反競爭行為、並準備好要承擔其所導致的風險。Eturas 一案即第三方服務商提供演算法的案例，涉及競爭者們的間接接觸，知覺要件在此案判決上扮演重要的關鍵。

（五）涉及區塊鏈的公開訊息

就訊息而言，區塊鏈上的廠商，意願一致的共享訊息，本身就已是一個協議，但只要不涉及任何反競爭目標或效果，就不會自動成為一個非法協議或卡特爾；其關鍵仍舊在於共享訊息的類型，如前所述，不可涉及未來訂價或策略的揭露，這不論是在公共或在私有區塊鏈中都適用。由於區塊鏈上的訊息是經過共識機制所認證，形成一種無治理者的高度信任體制，其本質上即具有協同或合謀的基因，因此很容易成為合謀協議的一個媒介平臺，甚至其本身就可能是協議爭論的主角。

理論上，在區塊鏈上幾乎可以完成電腦所能做的所有事情，其上發生的所有交易都可能透過智能合約（smart contract）進行編程及自動化執行^{136、137}。在此狀況下，

¹³³ U.K. Competition and Markets Authority, *supra* note 131, at para. 5.17.

¹³⁴ Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *supra* note 1.

¹³⁵ ECJ, Case C-542/14, VM Remonts v. Konkurences padome, Judgment of 2016/7/21, paras. 27 et seq.

¹³⁶ Schreipel, *supra* note 104, at Appendix I.

¹³⁷ 智能合約即是執行合約條款的電算化交易協議，亦是一個執行內建於代碼中合約的編程。

公共區塊鏈使廠商能夠進接大量訊息並且藉此而觀測他廠行為，一者，增益推測他廠之反應模式，有效推高價格並增進利潤；二者，更容易防止合謀成員的背離行為，使合謀協議變得更加穩定，因為背離所致之價格改變或其銷售額增加，都會出現在區塊鏈上而被知悉¹³⁸。於是，區塊鏈結合智能合約，即可自動構成協議或合謀，而且可預測性與透明度將會更高；例如基於區塊鏈所發布訊息作為參數，利用演算法隨時自動的調整與執行規則¹³⁹，即可不斷強化合謀者信任而使合謀更為穩定。智能合約也可用於執行任何軟體程式，可利用來規範合謀者價格、依預定義的標準自動分配收入、監控背離者、並對背離者施予針對性懲罰。經濟學模型中維持合謀的所謂懲罰，具無差別性，是透過訂價策略本身的理性行為來完成，在懲罰背離者時同時也懲罰了自己；但此處智能合約的懲罰措施，則是針對背離者，是典型的一種額外附加措施，足為合謀的證據。區塊鏈的可能合謀，仍未具體於實際世界中出現，但未雨綢繆，競爭法機關及早投入該領域技術養成，將更有助於未來於此領域上的執法。

合謀疑慮也可能發生在礦工（包括驗證者）。每個礦工的權力原本是最小的，但當礦工被群組成一個大礦池（mining pool）後，則實現合謀協議的風險就會變得很高，因為擁有 51% 採礦權即等於控制了區塊鏈。根據統計，2017 年主導比特幣的礦池不到十個，其中七個最強大的礦池約占了比特幣區塊鏈所有驗證交易的 85% 以上^{140、141}。

¹³⁸ 注意的是，記錄在區塊鏈中的交易，雖對所有用戶都是可見的，但可能無法進接每筆交易的細節（例如價格和銷售數量）。

¹³⁹ Vili Lehdonvirta, “The Blockchain Paradox: Why Distributed Ledger Technologies May Do Little to Transform the Economy,” Oxford Internet Institute (2016/11/21), <https://www.oii.ox.ac.uk/news-events/news/the-blockchain-paradox-why-distributed-ledger-technologies-may-do-little-to-transform-the-economy/>, last visited on date: 2023/11/8.

¹⁴⁰ Schrepel, *supra* note 104.

¹⁴¹ 隨著區塊鏈選用的共識機制（例如使用權益證明），則大部分代幣的擁有，將可能會具有強制決策或與其他重要用戶協調的力量。例如 2017 年統計，約一千名用戶擁有比特幣市場 40% 的份額。參見 Olga Kharif, “The Bitcoin Whales: 1,000 People Who Own 40 Percent of the Market,” Bloomberg (2017/12/8), <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-08/the-bitcoin-whales-1-000-people-who-own-40-percent-of-the-market>, last visited on date: 2023/10/8.

六、結論

經濟學的基本模型證實，只有廠商處於不完美廠商策略訊息的同步賽局，均衡價格才會等於邊際成本，一旦策略訊息開始被點滴推估而掌握，如推測變量模型所描寫，則均衡價格即逐漸脫離邊際成本，且當推測對手策略的準確度愈高，均衡價格亦將會愈高。在動態賽局中，過去訂價策略都成為現在決策所依據之訊息集內容，於是推測對手可能訂價反應模式的準確度，合理的可以較高；尤其在次遞賽局中，後動者決策時已知悉先動者的選擇，訊息量更大。因此，在動態賽局中，廠商「掌握對方訂價反應模式」的準確度必然提高，競爭廠商達成超競爭價格水平的機率自然更高，一如 Edgeworth 循環所示。超競爭價格在經濟學理中，乃屬必然現象。於是，基於經濟學模型而建構的演算法模擬，其得出超競爭結果似乎已可預期，也已被許多實務研究文章證實。惟經濟學模型所揭示的超競爭價格水平，乃基於某程度準確「掌握對手訂價反應模式」所致；而這種基於既有訊息所做的未來推測，乃屬廠商獨立決策進行競爭的一環，原則上並不違法。不過，經濟學界常會將此超競爭價格水平冠以合謀稱謂，而與競爭法領域所界定者，存在著差異。

法律實務上，必須廠商間存在著「心意合會於一個目的」的現象，才定義為合謀，且當此一目的具有反競爭效應時，即為非法。於是經濟學必然性的超競爭價格，只有當「推測與掌握對手訂價反應模式」訊息的取得方式或內容，引導了競爭者或源自於競爭者的「心意合會於一個目的」時，才構成了法律面上的合謀。競爭廠商時常基於所共知的市場環境機制進行決策，於是當意識到環境變遷所作的調價行動產生趨同，因其間無任何溝通、無任何的彼此心意合會，此類自覺並行即不屬違法。

導致可能涉及違法的訊息取得方式或內容，主要來自於幾個可能類型：涉及未來策略訊息、涉及演算法訂價模式與編程、涉及非公開資料數據、涉及第三方演算法服務提供者、以及涉及區塊鏈的運用。總體而言，這些類型都是影響一廠商未來行動的相關重要資訊，必然是廠商隱而不宣的機密，一旦特定競爭者用其相互交換，必然是一種「心意合會於某企圖」的行為。尤其，未來行動訊息的直接揭露或溝通，快速而有效。有時廠商為了避免企圖被發現，甚至可隱晦的透過一個短期不合理性的提價策略，令對手解讀「若非邀我提價，何以出此不理性作為？」於是扮演了邀約對方共同提價的信號，但此類合謀並無實務案例。

因應演算法商業，市場上演算法專業設計公司興起，於是一群市場中相互競爭的廠商可能使用了同一第三方所供的相類似演算法，由於相類似的編程設計，將使其決策模式更容易被對手演算法所推測解讀、或至少降低競爭者間的策略不確定性，於是更容易導致同時趨向高價。如果競爭廠商知悉對手所使用的是第三方提供的相類似演算法，即知道將可預期前述共趨高價的結果，故將具有合謀疑慮。同時該演算法若以跨公司的不公開訊息進行訓練，再交予各公司使用，亦即各公司的決策訊息集中包含了對方不公開訊息，而且競爭公司亦知悉此事、也使用了這一演算法，亦將涉及合謀。

最後，或許未來區塊鏈技術搭配智能合約，會成為新興的服務平臺，屆時訊息全面公開且經驗證可信，本身就已是一個協議；其公開訊息足令廠商詳細洞悉市場參數變動，而智能合約自動執行則可以有效的處罰不遵守合約者，再再加強合謀的堅強性。面對這一可能新發展，競爭法機關宜盡早於技術上養成，才能應付未來執法所需。

數學附錄

假設兩家廠商 1 及 2，以符號 i 代表其中一家（而另一家則為 j ）。需求函數如本文(2)式、利潤函數則如本文之(3)式。

(i) Bertrand 模型

廠商基於利潤最大化原則，數學上即是令利潤函數對訂價之一階微分為零，此即個別廠商 i 之一階條件式，如下所示：

$$\frac{d\pi_i}{dp_i} = q_i + (p_i - c_i) \frac{\partial q_i}{\partial p_i} = q_i + \frac{p_i - c_i}{1 - \theta^2} (-1) = 0 \quad (A1)$$

上式中的 p_i 與 q_i 即為本文之(1)式與(2)式、而 $\partial q_i / \partial p_i = -1 / (1 - \theta^2)$ 乃基於(2)式之偏微結果。基於本模型乃同步賽局， i 完全無法得知對手 j 之決策，故於數學微分(A1)上將不會出現 p_i 對 q_j 的影響參數（即不會出現相關於 $\Delta q_j / \Delta p_i$ 的項目）。將(2)式之 q_i 代入(A1)並進行化簡，一階條件式即變成為：

$$A_i - 2p_i + \theta p_j = 0 \quad \text{其中 } A_i = a_i - \theta a_j + c_i, \quad i = 1, 2 \quad (A2)$$

對(A2)移項整理即得廠商 i 的反應函數為：

$$p_i = \frac{A_i + \theta p_j}{2} \quad (\text{A3})$$

對廠商 j 而言，亦具有相同於(A3)的一條反應函數，故針對兩廠之價格反應函數求解聯立方程，可得到各廠均衡價格 (p_i^B) 如下：

$$p_i^B = \frac{2A_i + \theta A_j}{4 - \theta^2} \quad (\text{A4})$$

(A4)式即本文中表 1 之模型(i)均衡價格。當兩廠為對稱廠商時，即 $a_1 = a_2 \equiv a$ 、 $c_1 = c_2 \equiv c$ 、此時 $A_1 = A_2 \equiv A = (1-\theta)a + c$ ，則(A4)簡化成為 $p_i^B = (2+\theta)[(1-\theta)a + c]/(4-\theta^2) = [(1-\theta)a + c]/(2-\theta)$ ；又若產品同質 ($\theta=1$ 故 $A=c$) 時，則進一步得到 $p_1^B = p_2^B = c$ 。這些結果亦同樣羅列於表 1 之模型(i)中。

(ii) Cooperation 模型

兩廠協同行動，不再競爭，轉而追求總合利潤 ($\pi_i + \pi_j$) 之最大化；數學上即是令總合利潤方程式對訂價之一階微分為零。於是由本文(1)、(2)與(3)式，我們可以得到個別廠商 i 之一階條件式如下：

$$\frac{d(\pi_i + \pi_j)}{dp_i} = q_i + (p_i - c_i) \frac{\partial q_i}{\partial p_i} + (p_j - c_j) \frac{\partial q_j}{\partial p_i} = q_i + \frac{p_i - c_i}{1 - \theta^2} (-1) + \frac{p_j - c_j}{1 - \theta^2} \theta = 0 \quad (\text{A5})$$

上式中的 p_i 與 q_i 即為本文之(1)式與(2)式、而 $\partial q_i / \partial p_i = -1/(1-\theta^2)$ 與 $\partial q_j / \partial p_i = \theta/(1-\theta^2)$ 乃基於(2)式之偏微結果。因為是合作行動， i 訂價決策時必是同時考慮對 π_i 與 π_j 的影響，或者說， i 同時決定兩廠的價格選擇，故數學上(A5)式會出現相關於 $\Delta q_j / \Delta p_i$ 之參數項目。將(2)式之 q_i 代入(A5)並進行化簡，一階條件式變成：

$$A_i - \theta c_2 - 2p_i + 2\theta p_j = 0 \quad \text{其中 } A_i = a_i - \theta a_j + c_i \quad (\text{A6})$$

對廠商 j 而言，亦具有相同於(A6)的條件式，故對兩廠之一階條件式求解聯立方程，可得到各廠之均衡價格 (p_i^C) 如下：

$$p_i^c = \frac{(1 + \theta)(a_i - \theta a_j) + (1 - \theta^2)c_j}{2(1 - \theta^2)} \quad (\text{A7})$$

(A7)式即本文中表 1 之模型(ii)均衡價格。當兩廠為對稱廠商時，(A7)簡化成為 $p_i^c = (a+c)/2$ ，與 θ 無關。

(iii) Stackelberg 模型

當決策具有先後次序時，預判的型式有了些微改變。跟隨者（設為 2）是在看到領導廠商（設為 1）訂價後，依據其最佳反應函數而選擇出最佳訂價來作為因應。基於市場環境與需求函數乃為共知訊息，領導廠商可推測出跟隨者的最佳訂價反應函數，於是，領導廠商一清二楚知悉「其每一訂價必帶動跟隨著採用哪一特定訂價，從而得到哪一水平的報償」，這等同於領導者訂價時已清晰知道跟隨者的訂價，是一個完美訊息。領導廠商所事先知道的這個訂價對應關係（即我訂價變動會導致他價格如何變動， $\Delta p_2/\Delta p_1$ ），必然進入其決策思考（方程式）中，然後據此做出價格選擇。數學上，亦即領導廠商的一階條件式中必會存在 $\partial p_2/\partial p_1$ 這一推測值，如(A8)所示。但跟隨者做決策， p_1 已是確定固定、不再變動，故參數 $\Delta p_1/\Delta p_2 = 0$ ，即其一階條件式中不會存在 $\partial p_1/\partial p_2$ 參數值，如式(A8')所示。

$$\frac{d\pi_1}{dp_1} = q_1 + (p_1 - c_1) \left(\frac{\partial q_1}{\partial p_1} + \frac{\partial q_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial p_1} \right) = q_1 + \frac{p_1 - c_1}{1 - \theta^2} \left(-1 + \theta \frac{\partial p_2}{\partial p_1} \right) = 0 \quad (\text{A8})$$

$$\frac{d\pi_2}{dp_2} = q_2 + (p_2 - c_2) \left(\frac{\partial q_2}{\partial p_2} \right) = q_2 + \frac{p_2 - c_2}{1 - \theta^2} (-1) = 0 \quad (\text{A8}')$$

跟隨廠商之一階方程式(A8')，與(A1)相同，故其所得之反應函數形式同於(A3)，即 $p_2 = (A_2 + \theta p_1)/2$ 。將此反應函數代入(2)式之 q_1 、再將 q_1 代入(A8)，同時再將此反應函數取偏微分 $\partial p_2/\partial p_1 = \theta/2$ 亦帶入(A8)，如此經過整理化簡後，即可得到領導廠商 1 的最終均衡價格為：

$$p_1^s = \frac{2A_1 + \theta A_2}{2(2 - \theta^2)} \quad \text{其中 } A_i = a_i - \theta a_j + c_i \quad (\text{A9})$$

此即為本文表 1 之模式(iii)均衡價格。再將(A9)代回廠商 2 之反應函式，即可解得跟隨廠商之最終均衡價格：

$$p_2^S = \frac{(4 - \theta^2)A_2 + 2\theta A_1}{4(2 - \theta^2)} \quad (\text{A10})$$

(iv) Undercutting 模型

當跟隨廠商採用簡單的固定的價格反應函數如 $p_2 = p_1 - x$ 時，則以此式替代 (A8')，並循著 Stackelberg 模型之求過程，可得到領導廠商之最終均衡價格：

$$p_1^U = \frac{2A_1 - \theta x}{4 - 3\theta} \quad (\text{A11})$$

此即本文表 1 之模型(iv)所列之均衡價格。如若假設 $x \leq 0$ ，意即假設跟隨廠商訂價被限制必須大於或等於領導廠商的訂價，可用以說明 Amazon 的價格等同政策，詳見本文說明。

(v) 推測變量 (Conjectural variation) 模型

推測變量模型主張，雖廠商是同步決策，但每家廠商總是會基於既有訊息集而「某程度的準確推測出對手反應模式」，這樣的推測能力與推定值是廠商間所共同知悉的，亦即「對手知道我知道他如何因應於我的價格改變」，或者說，「 i 知道 j 知道 i 推測出 j 對 i 價格變動之反應模式」，此即參數 $\partial p_j / \partial p_i$ ，以符號 β_i 代表；模型之基本原理上，假設「推測是準確的、且對方也知悉我對他的準確推測」。相較於 Bertrand 模型，推測變量模型將多了 $\partial p_j / \partial p_i$ 這一相關參數，當這項為零時，即回歸 Bertrand 模型。當 β_i 較大時，即代表 i 準確推測知悉「對手 j 對我價格變動具較大幅度跟進」，於是 i 就會有較高的提價誘因；而當它等於 1 時，代表 i 準確推測到「對手 j 對我價格變動完全同幅跟進」，此時即已等同於合作下的獨占訂價了（這必須在對稱廠商的前提下，則後面詳述）。

數學上仍令利潤方程式對訂價之一階微分為零，得到個別廠商 i 之一階條件式，如下：

$$\begin{aligned}\frac{d\pi_i}{dp_i} &= q_i + (p_i - c_i) \frac{\partial q_i}{\partial p_i} + (p_i - c_i) \frac{\partial q_i}{\partial p_j} \frac{\partial p_j}{\partial p_i} = q_i + \frac{p_i - c_i}{1 - \theta^2} (-1) + \frac{p_i - c_i}{1 - \theta^2} \theta \beta_i \\ &= q_i + \frac{p_i - c_i}{1 - \theta^2} (-1 + \theta \beta_i) = 0; \text{ 其中 } \frac{\partial p_j}{\partial p_i} \equiv \beta_i\end{aligned}\quad (\text{A12})$$

化簡得一階條件式為：

$$A_i - (2 - \theta \beta_i) p_i + \theta p_j = 0 \quad \text{其中 } A_i = a_i - \theta a_j + (1 - \theta \beta_i) c_i \quad (\text{A13})$$

移項化簡(A13)，可得到廠商 i 的反應函數為：

$$p_i = \frac{A_i + \theta p_j}{2 - \theta \beta_i} \quad (\text{A14})$$

再由兩廠的價格反應函數的聯立方程求解均衡價格 (p_i^J)，得到：

$$p_i^J = \frac{(2 - \theta \beta_j) A_i + \theta A_j}{(2 - \theta \beta_i)(2 - \theta \beta_j) - \theta^2} \quad (\text{A15})$$

(A15)式即本文中表 1 之模型(v)均衡價格。

當廠商 $\beta_1 = \beta_2 = 0$ 時，代表一方決策時無知於他方行動而無法據以反應與調動（即 $\partial p_1 / \partial p_2 = \partial p_2 / \partial p_1 = 0$ ），此時 $A_i = a_i - \theta a_j + c_i$ ，代入(A15)化簡，即得(A15) = (A4)。此即本文(i)之 Bertrand 模型結果。

當廠商 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 時，代表彼此準確推估對方決策反應模式（即 $\partial p_1 / \partial p_2 = \partial p_2 / \partial p_1 = 1$ ），此時 $A_i = a_i - \theta a_j + (1 - \theta) c_i$ 。且在廠商對稱案例下，則 $A_i = (1 - \theta)(a + c)$ ，這些值代入(A15)化簡，即可得到(A15) = $(1 - \theta)(a + c) / 2(1 - \theta) = (a + c) / 2$ ，等於廠商對稱時的(A7)合作價格，此即本文表 1(ii)之 Cooperation 模型結果。注意的是，猜測變量模型必須在廠商完全對稱之下，令 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 才能推出等同於合作的結果，因為合作模型追求最大利潤和的決策，是委諸於一人（廠）同時對兩廠訂價，而猜測變量模型則是兩廠分別個別決策；這兩廠必須在對稱之下，其決策行動才會出現一致。故準確的猜測必須再加上兩廠具對稱性，令 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 才能得到如同合作決策般的效果。

β_i 愈大，亦可作為訂價憑藉之訊息愈為豐富（或推測能力愈為精良）之代理變數，其相關說明請參考本文之註 28。

參考文獻

中文部分

陳和全，「訂價演算法與競爭法議題初探」，公平交易季刊，第 28 卷第 2 期（2020）。

陳和全、陳志民，演算法與聯合行為等重大限制競爭議題之研究，公平交易委員會 108 年度委託研究報告（2019）。

外文部分

- Aparicio, Diego, Metzman, Zachary & Rigobon, Roberto, “The Pricing Strategies of Online Grocery Retailers,” *28639 NBER Working Paper* (2021).
- Asker, John, Fershtman, Chaim & Pakes, Ariel, “Artificial Intelligence and Pricing: The Impact of Algorithm Design,” *28535 NBER Working Paper* (2021).
- Asker, John, Fershtman, Chaim & Pakes, Ariel, “Artificial Intelligence, Algorithm Design, and Pricing,” *112 AEA Papers and Proceedings* (2022), <https://doi.org/10.1257/pandp.20221059>.
- Assad, Stephanie, Clark, Robert, Ershov, Daniel & Xu, Lei, “Identifying Algorithmic Pricing Technology Adoption in Retail Gasoline Markets,” *112 AEA Papers and Proceedings* (2022).
- Assad, Stephanie, Clark, Robert, Ershov, Daniel & Xu, Lei, “Algorithmic Pricing and Competition: Empirical Evidence from the German Retail Gasoline Market,” *132(3) Journal of Political Economy* (2024).
- Aucremanne, Luc & Dhyne, Emmanuel, “How Frequently Do Prices Change? Evidence Based on the Micro Data Underlying the Belgian CPI,” *331 European Central Bank Working Paper Series* (2004).
- Baker, Jonathan B., “Two Sherman Act Section 1 Dilemmas: Parallel Pricing, the Oligopoly Problem, and Contemporary Economic Theory,” *38(1) Antitrust Bulletin* (1993).

- Baker, Jonathan B., *The Antitrust Paradigm: Restoring a Competitive Economy*, 1st ed., Harvard University Press (2019).
- Beneke, Francisco & Mackenrodt, Mark-Oliver, “Remedies for Algorithmic Tacit Collusion,” *9(1) Journal of Antitrust Enforcement* (2021).
- Bowley, A. L., *The Mathematical Groundwork of Economics*, 1st ed., Oxford University Press (1924).
- Brown, Zach Y. & MacKay, Alexander, “Competition in Pricing Algorithms,” *15(2) American Economic Journal: Microeconomics* (2023).
- Bulow, Jeremy I., Geanakoplos, John D. & Klemperer, Paul D., “Multimarket Oligopoly: Strategic Substitutes and Complements,” *93(3) Journal of Political Economy* (1985).
- Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence, *Algorithms and Competition*, Bundeskartellamt & Autorité de la concurrence (2019), <https://www.autoritedelaconcurrence.fr/sites/default/files/algorithms-and-competition.pdf>.
- Calvano, Emilio, Calzolari, Giacomo, Denicolò, Vincenzo & Pastorello, Sergio, “Artificial Intelligence, Algorithmic Pricing, and Collusion,” *110(10) American Economic Review* (2020).
- Calvano, Emilio, Calzolari, Giacomo, Denicolò, Vincenzo & Pastorello, Sergio, “Algorithmic Collusion with Imperfect Monitoring,” *79 International Journal of Industrial Organization*, Article 102712 (2021).
- Dorner, Florian E., “Algorithmic Collusion: A Critical Review,” arXiv:2110.04740 (2021), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.04740>.
- Edgeworth, Francis Y., “The Pure Theory of Monopoly,” in: Edgeworth, Francis Y., *Papers Relating to Political Economy, Vol. I*, 1st ed., Macmillan (1925).
- European Commission, *Guidelines on the Applicability of Article 101 of the Treaty on the Functioning of the European Union to Horizontal Co-operation Agreements*, COM(2011) C 11/1 (2011).
- Ezrachi, Ariel & Stucke, Maurice E., “Sustainable and Unchallenged Algorithmic Tacit Collusion,” *17(2) Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property* (2020).

- Gal, Michal S., "Algorithms as Illegal Agreements," *34 Berkeley Technology Law Journal* (2019).
- Harrington, Joseph E. Jr., "A Theory of Tacit Collusion," *588 The Johns Hopkins University, Department of Economics Working Paper* (2012).
- Harrington, Joseph E. Jr., "Developing Competition Law for Collusion by Autonomous Agents," *The Wharton School, University of Pennsylvania Working Paper* (2017).
- Harrington, Joseph E. Jr., "The Anticompetitiveness of a Private Information Exchange of Prices," *85 International Journal of Industrial Organization*, Article 102793 (2022).
- Hart, Oliver D., "Monopolistic Competition in a Large Economy with Differentiated Commodities," *46(1) The Review of Economic Studies* (1979).
- Hylton, Keith N., *Antitrust Law: Economic Theory and Common Law Evolution*, 1st ed., Cambridge University Press (2003).
- Kaplow, Louis, "On the Meaning of Horizontal Agreements in Competition Law," *99(3) California Law Review* (2011).
- Kaplow, Louis & Shapiro, Carl, "Antitrust," in: Polinsky, A. Mitchell & Shavell, Steven (eds.), *Handbook of Law and Economics, Vol. 2*, 1st ed., Elsevier (2007).
- Klein, Timo, "Assessing Autonomous Algorithmic Collusion: Q-Learning Under Short-Run Price Commitments," *TI 2018-056/VII Tinbergen Institute Discussion Paper* (2018), <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/185575/1/18056.pdf>.
- Klein, Timo, "Autonomous Algorithmic Collusion: Q-Learning under Sequential Pricing," *52(3) RAND Journal of Economics* (2021).
- Kreps, David M. & Scheinkman, Jose A., "Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yield Cournot Outcomes," *14(2) The Bell Journal of Economics* (1983).
- Lianos, Ioannis, "Collusion in Vertical Relations Under Article 81 EC," *45 Common Market Law Review* (2008).
- Mailath, George J. & Samuelson, Larry, *Repeated Games and Reputations: Long-Run Relationships*, 1st ed., Oxford University Press (2006).
- Maskin, Eric & Tirole, Jean, "A Theory of Dynamic Oligopoly, II: Price Competition, Kinked Demand Curves, and Edgeworth Cycles," *56(3) Econometrica* (1988).

- Mitchell, Stacy, *Amazon's Monopoly Tollbooth in 2023*, Institute for Local-Reliance (2023), <https://ilsr.org/wp-content/uploads/2023/03/AmazonMonopolyTollbooth-2023.pdf>.
- Mitchell, Stacy & Knox, Ron, *How Amazon Exploits and Undermines Small Businesses, and Why Breaking It Up Would Revive American Entrepreneurship*, Institute for Local-Reliance (2021), https://sonomacounty.golocal.coop/media/commons/file-upload/ILSRAmazonSmallBusinessFactSheet2021_lo.pdf.
- Motta, Massimo, *Competition Policy: Theory and Practice*, 1st ed., Cambridge University Press (2004).
- Musolff, Leon, "Algorithmic Pricing Facilitates Tacit Collusion: Evidence from E-Commerce," in: *EC '22: Proceedings of the 23rd ACM Conference on Economics and Computation*, 1st ed., Association for Computing Machinery (2022).
- Musolff, Leon, "Algorithmic Pricing, Price Wars and Tacit Collusion: Evidence from E-Commerce," *Working Paper* (2024), <https://lmusolff.github.io/papers/AlgorithmicPricing.pdf>.
- Noel, Michael D., "Edgeworth Price Cycles: Evidence from the Toronto Retail Gasoline Market," *55(1) The Journal of Industrial Economics* (2007).
- Noel, Michael D., "Edgeworth Price Cycles and Focal Prices: Computational Dynamic Markov Equilibria," *17(2) Journal of Economics & Management Strategy* (2008).
- OECD, *Algorithms and Collusion: Competition Policy in the Digital Age*, OECD Going Digital Project (2017), <https://www.oecd.org/competition/algorithms-collusion-competition-policy-in-the-digital-age.htm>.
- Rasmusen, Eric, *Games and Information: An Introduction to Game Theory*, 1st ed., Blackwell Publishing (1989).
- Reny, Philip J., "Common Knowledge and Games with Perfect Information," *1988(2) PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (1988).
- Salcedo, Bruno, "Pricing Algorithms and Tacit Collusion," *Working Paper* (2015), <https://brunosalcedo.com/docs/collusion.pdf>.

- Schrepel, Thibault, “Collusion by Blockchain and Smart Contracts,” *33(1) Harvard Journal of Law & Technology* (2019).
- Stone, Brad, *The Everything Store: Jeff Bezos and the Age of Amazon*, 1st ed., Little, Brown and Company (2013).
- Tennenholtz, Moshe, “Program Equilibrium,” *49(2) Games and Economic Behavior* (2004).
- U.K. Competition and Markets Authority, *Pricing Algorithms: Economic Working Paper on the Use of Algorithms to Facilitate Collusion and Personalised Pricing*, U.K. Competition and Markets Authority (2018), https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5bbb2384ed915d238f9cc2e7/Algorithms_econ_report.pdf.
- Waltman, Ludo & Kaymak, Uzay, “Q-Learning Agents in a Cournot Oligopoly Model,” *32(10) Journal of Economic Dynamics & Control* (2008).
- Wang, Zhongmin, “(Mixed) Strategy in Oligopoly Pricing: Evidence from Gasoline Price Cycles Before and Under a Timing Regulation,” *117(6) Journal of Political Economy* (2009).
- Werden, Gregory J., “Economic Evidence on the Existence of Collusion: Reconciling Antitrust Law with Oligopoly Theory,” *71(3) Antitrust Law Journal* (2004).
- Zhang, Xiaoquan (Michael), “Finding Edgeworth Cycles in Online Advertising Auctions,” *Working Paper* (2005), https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/327/156/price_cycles_in_online_advertising_auctions.pdf.

Pricing Algorithm's Supra-Competitive Prices and Collusions

Chen, Ho-Chyuan*

Abstract

While it is generally believed that the application of algorithms to business will increase competition and thus lead to lower prices, many recent case studies have found the opposite to be true. In this paper, we first analyze several economic models to confirm that market equilibrium prices are mostly higher than the competitive price level. We then illustrate that the supra-competitive prices obtained by most recent algorithmic simulations based on relevant competitive economic models are not surprising, since this result is already implied in the economic models themselves. Economic models suggest that the ability of firms to predict and understand the pattern of their rivals' pricing responses, which determines the final equilibrium price, is based entirely on the existing information set of publicly available historical data. Such an ability to predict behavior is an independent decision made by the firm to adapt wisely to rivals' prices to achieve the best strategy, which is competitive but leads to a supra-competitive price. Thus, obtaining information that goes beyond the existing information set of publicly available historical data and the way in which it is obtained take the players' relationship beyond the competitive context, resulting in the supra-competitive price being likely to involve a restriction on competition. In competition law practice, we consider collusion to be an attempt by firms to engage in a "meeting of minds for a purpose," and therefore an attempt to go beyond the existing information set that raises suspicions when making the attempt. That is, where a firm exchanges information not in the historical public data set, definite suspicions are raised of a "meeting of their minds for a purpose" that gives rise to concerns that there is collusion. These types of information include future action, non-public data, and algorithmic pricing decision patterns and programming code, which leads to five scenarios that raise concerns of there being collusion in the algorithmic business world.

Keywords: Pricing Algorithms, Supra-Competitive Price, Bertrand Model, Stackelberg Model, Conjectural Model, Edgeworth Cycle, Conscious Parallelism, Concerted Action, Meeting of Minds, Fair Pricing, Awareness Requirement, Blockchain.

Date submitted: November 20, 2023

Date accepted: June 24, 2024

* Professor, Department of Economics, National Chung Cheng University.