

原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率之關聯性

江嘉瑜*、林丙輝**、林月能***

摘 要

[Extended abstract download](#)

本研究分析了自 2007 年 5 月 11 日至 2023 年 11 月 15 日期間，原油市場波動率指數與原油期貨報酬率之間的相互關係。實證結果顯示，原油波動率指數的變動率與原油期貨報酬率呈現顯著的負向關係。透過因果關係檢定及分析衝擊反應函數圖形，本文發現當原油波動率指數變動率發生波動時，會顯著地影響原油期貨報酬率，因此本文實證結果支持回饋效果假說 (Feedback Effect Hypothesis)。在納入控制變數並經過穩健性檢驗後，這些結果仍然保持不變。有趣的是，本研究發現當石油輸出國組織 (OPEC) 宣告減產或增產協議時，會產生更為顯著的遞延性回饋效果。

* 國立中興大學財務金融研究所博士生。

** 國立中興大學財務金融學系 (所) 教授。

*** 國立中興大學財務金融學系 (所) 教授，本文通訊作者。電話：(04)22840591 ext 816; Email: ynlin@dragon.nchu.edu.tw。本文作者非常感謝期刊主編、執行編輯與期刊工作人員，以及匿名的文章審查委員寶貴的建議，使得本文內容更具學術與應用價值。

DOI：10.7086/TJAE.202406_(115).0005

收件日期：民國 112 年 7 月 19 日；修改日期：民國 112 年 12 月 12 日；

接受日期：民國 113 年 5 月 10 日。

關鍵字：原油市場、原油波動率指數、原油期貨報酬率、回饋效果假說、OPEC 新聞宣
告

JEL 分類代號：G12、G13

原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率之關聯性

江嘉瑜、林丙輝、林月能

壹、緒論

在最近二十年間，原油期貨價格創下歷史新高及新低紀錄。在 2008 年 7 月 3 日，西德州原油期貨價格達到歷史新高 145.29 美元，然而在 2009 年 2 月 12 日卻下跌至 33.98 美元，在這短暫的八個月中，西德州原油期貨價格下跌幅度高達 76%。在 2014 年 7 月 7 日，西德州原油期貨價格回升至 104.28 美元，但是到了 2016 年 2 月 11 日卻已下跌至歷史新低 26.11 美元，這段期間原油期貨價格下跌幅度高達 75%。2020 年初因受 COVID-19 爆發和 OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) 生產政策談判陷入僵局事件交叉影響下，加上投機者放空期貨操作，導致 2020 年 4 月 20 日的近月原油期貨收盤價格出現負值 -37.63 美元，以上數據確如 Fattouh (2005) 書中所提及「未來的原油市場將進入高波動度時代」。

爲了因應劇烈波動的原油價格，芝加哥選擇權交易所 (Chicago Board Options Exchange, CBOE) 在 2007 年 5 月建構原油波動率指數 (crude oil volatility index, OVX)。¹ 原油波動率指數是根據美國西德州原油期貨 ETF (United States Oil Fund, USO) 的選擇權交易價格來計算出未來 30 天原油市場預期的波動程度¹。更精確地說 OVX 是通過在兩個時間加權的 USO 選擇權中間報價之間進行插值來計算的。這兩個總和基本上代表了原油

¹ 美國原油 ETF 主要的追蹤商品是在紐約商品交易所 (New York Mercantile Exchange,

價格的預期變異數，涵蓋了兩個選擇權到期日，這兩個到期日包圍了一個 30 天的時間段。OVX 是通過將插值之結果年化，取其平方根，並將結果表示為百分點而獲得的。因為 OVX 又與 S&P 500 波動率指數 (volatility index, VIX) 的建構方法相同，因此 OVX 被市場認為是「原油市場的恐慌指數」，當 OVX 指數越高代表原油市場參與者對未來非理性的恐慌程度越高。CBOE 所建構的新指標，近年來逐漸受到許多研究及實務界重視。政府決策者或投資者如何利用波動度的資訊內涵，對金融資產進行評價、避險以及有效率的風險管理是未來一件重要的課題。

在財務理論的發展過程中，過去有許多理論及實證的文獻都發現波動率與報酬率是呈現負向關係。然而因為兩者的因果關係，文獻上會有不同解讀。Black (1976) 和 Christie (1982) 認為正向報酬會伴隨較小的波動率，而負向報酬則會伴隨較高的波動率，因此他們認為是負向報酬率造成較高的波動率，此謂「槓桿效果 (leverage effect)」；Campbell and Hentchel (1992) 和 Bekaert and Wu (2000) 則認為波動率與報酬率呈現負向關係，主因是當波動率能夠被市場參與者正確評價，當市場呈現較高波動率時，會讓風險趨避的市場參與者要求較高的必要報酬率 (required rate of return)，因此會造成價格下跌，此謂「回饋效果 (feedback effect)」。槓桿假說認為是價格改變引起波動率改變，而回饋假說則認為是波動率改變而回饋價格的改變。然而時至今日，針對兩者的因果關係可能因為市場條件不同也會產生不一樣的結論，因此還沒有統一的說法。

過去文獻探討波動率與報酬率之關聯性大都是以股票市場為主，較少是以原油市場作為研究對象。然而近年來因為原油價格呈現劇烈波動，誠如石油輸出國家組織 (Organization of Petroleum Exporting Countries, OPEC) 的前總裁 Al Mazrouei 所言：「Fluctuation is not good and we do not like to see lots of fluctuation in the prices」²，所以此

NYMEX) 交易的近月西德州原油期貨商品為主。

² 資料來源：2018/7/12 路透社報導，標題為「OPEC does not want to see volatility in oil prices - OPEC president」，取自 <http://www.euronews.com/2018/07/12/opec-does-not-want-to-see-volatility-in-oil-prices-opec-president>。

議題在未來的原油市場也將受到重視。因此本研究想要利用 CBOE 所新建構的原油波動率指數作為衡量原油市場的隱含波動率指標。原油波動率指數的資訊內涵是否能夠預測原油期貨報酬率，將是本研究第一個想要驗證的問題。

原油市場與股票市場不同的地方在於，原油市場可能還會受到 OPEC 的宣告行為影響。近年來有許多研究已發現 OPEC 的宣告產量行為會讓原油市場更具波動性 (Schmidbauer and Rösch, 2012; Mensi et al., 2014; Loutia et al., 2016)。在 OPEC 的宣告期間是否會讓原油市場參與者面臨更高的不確定，而產生更顯著的回饋效果，將是本研究第二個想要驗證的問題。

為了驗證上述兩個問題，本研究收集 2007 年 5 月 11 日至 2023 年 11 月 15 日的原油波動率指數與原油期貨價格資訊³，並且收集一共 63 則有提及 OPEC 宣告原油預期產量之新聞，其中減產宣告有 20 則、增產宣告有 23 則、產量維持不變宣告有 20 則。本研究的實證結果發現，當原油波動率指數變動率增加 1%，會使得原油期貨報酬率下降約 0.464% 到 0.487% (詳見表 6)，顯示原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率呈現顯著的負向關係。此外，透過因果關係檢定 (詳見表 9) 和衝擊反應函數圖形 (詳見圖 2 和圖 3)，發現當原油波動率指數變動率出現波動時，會對原油期貨報酬率產生顯著的影響，因此本研究結果支持原油期貨市場存在波動度的回饋效果 (feedback effect hypothesis)。而且當納入控制變數後，包含原油期貨交易量、原油期貨未平倉量、S&P 500 波動率 (VIX) 指數變動率、聯邦基金利率以及美元指數變動率後，其結果維持不變。另外，本研究根據 Schmidbauer and Rösch (2012) 將 OPEC 宣告原油預期產量之新聞，分為增加產量、維持產量以及減少產量。實證結果發現在 OPEC 宣告增加產量以及減少產量後，會增強原油

³ 根據 Federal Reserve Economic Data (FRED) 網站與 MacroMicro 財經 M 平方資料，原油波動率指數 (OVX) 最早是 2007 年 5 月 10 日起始，但是本研究從 Yahoo Finance 資料庫收集原油波動率指數 (CBOE crude oil volatility index) 資料，該網站建構該指數的時間最早是 2007 年 5 月 11 日，因此本研究以該日做為起始日，並將研究期間展延至 2023 年 11 月 15 日。

波動率指數變動率對原油期貨報酬率的影響效果，亦即在 OPEC 宣告增加或減少產量後，會有更顯著的遞延性回饋效果。

接下來的章節安排順序，第貳章是文獻回顧及假說；第參章是資料來源及研究方法；第肆章是實證結果；第伍章是強健性檢測；第陸章為結論。

貳、文獻回顧與假說建立

一、原油波動率指數與原油期貨報酬率

原油波動率指數 (OVX) 是 CBOE 在 2007 年所建構的原油隱含波動度指標，近年來已被視為衡量原油市場波動性的重要參考指標，也被許多投資者用來追蹤及分析原油的價格波動。Chen et al. (2015) 利用 Kalman filter 方法探討原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率之關聯性，他們發現兩者呈現負向關係，但是顯著性是微弱的。他們也發現利用極端高或低的原油波動率指數變動率也無法預測原油現貨報酬率。

Liu et al. (2017) 利用考慮時間變動的 Copula 模型驗證原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率之關聯性。由 Kendall 係數顯示，原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率呈現顯著負向關係。他們從模型也發現在 2009 年 4 月 17 日原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率的關聯性會產生結構性改變。但是與 Chen et al. (2015) 不同之處在於，他們利用 Copula 模型可以發現極端高或低的 OVX 指數變動率能預測原油現貨報酬率。

Ji and Fan (2016) 發現 OVX 指數變動率對於原油現貨報酬率具有顯著單向因果關係，他們認為 OVX 指數是一個可以衡量原油市場投資者情緒的指標。從 TVP GARCH 模型 (time-varying parameters GARCH) 可以發現，原油波動率指數變動率對原油現貨報酬率是呈現顯著負向關係，然而這個關係是具有不對稱性，特別是當投資人恐慌程度較

高期間尤其顯著。

Aboura and Chevallier (2013) 則是探討 2007 年至 2011 年，原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率關聯性，他們的研究焦點在於兩者之間的因果關係。他們的研究發現原油波動率指數變動率與原油現貨報酬率具有反向槓桿效果 (inverse leverage effect)，他們發現兩者關係是正向關係，亦即原油價格上升會使得 OVX 指數變動率上升。他們的結果是與 Liu et al. (2017) 和 Ji and Fan (2016) 矛盾。

Agbeyegbe (2015) 探討 2007 年至 2013 年，原油波動率指數與 USO ETF 原油報酬率的關聯性。他們利用分量迴歸及 Copula 方法發現原油波動率指數與 USO ETF 原油報酬率呈現顯著負向關係。

綜合上述研究可知，除了 Aboura and Chevallier (2013)，大部分研究都發現 OVX 指數變動率與原油現貨報酬率是呈現顯著負向關係。因此原油的現貨市場可能是存在回饋效果或是反向槓桿效果。與過去文獻不同之處在於，本研究將利用原油的期貨市場資訊，探討原油波動率指數與原油期貨報酬率之間的關聯性。根據回饋效果假說，如果原油波動率指數可以被原油期貨市場參與者評價時，則原油期貨市場參與者會要求有較高的必要報酬率，因此會有較低的原油期貨報酬率。本研究想要驗證的第一個假說如下：

H1：當原油波動率指數變動率越高，則原油期貨報酬率越低。

二、OPEC 行為的研究

OPEC 會議是在原油市場具有最高決策權力的組織，這個會議成員包含世界各國政府的首長以及代表團。OPEC 會議的結論對原油市場具有顯著影響力，特別是市場評論 (market reviews) 以及原油產量調整。在會議結束後，這些開會的結論會立即以新聞稿發布於市場。因此過去有許多研究發現 OPEC 會議的資訊會顯著影響原油市場。目前關於 OPEC 行為研究的相關研究，大致可以分為兩個議題，第一個議題是驗證 OPEC 是否是有效率的卡特爾 (Cartel) 組織，例如，Loderer (1985) 驗證 1974 年至 1983 年期間，在每

次 OPEC 會議後的卡特爾能力 (cartel power)；Gülen (1996) 利用 OPEC 的原油產量調整與原油價格是否存在具有因果關係，來判斷 OPEC 是否為有效率的卡特爾組織；Kaufmann et al. (2004) 使用向量誤差修正模型 (vector error correction model, VECM) 驗證 OPEC 的產能使用率、OPEC 的配額、配額違約程度與原油價格的均衡關係，結果顯示原油價格與這些變數間並無長期均衡關係，因此他們認為 OPEC 的卡特爾行為無法影響原油價格。

關於 OPEC 行為研究的第二個議題，則是探討 OPEC 會議的資訊內涵對於原油報酬率及波動率的影響。OPEC 會議的資訊內涵對於原油報酬的影響，其結果還未有統一的結論。Lin and Tamvakis (2010) 和 Brunetti et al. (2010) 發現 OPEC 會議的資訊內涵不會對原油報酬的產生影響；Demirer and Kutan (2010) 則利用事件研究法進行分析，發現在 OPEC 會議宣告減少產量後，會有正向的累積異常報酬 (cumulative abnormal return, CAR)。

OPEC 會議的資訊內涵對於原油波動率的影響，近年來因為原油價格的劇烈波動，也逐漸被受到重視。Wang et al. (2008) 發現在 OPEC 宣告產量後，會有顯著正向的實際波動度 (realized volatility)，而且他們發現使用週頻率資料估計的波動度會比日頻率更顯著。Bina and Vo (2007) 則是以原油現貨及原油期貨市場做為研究對象，他們也發現 OPEC 宣告產量後，會有顯著正向的實際波動度，而且他們認為 OPEC 的產量宣告無法降低原油價格的波動性，因此不具有安定市場的力量。Schmidbauer and Röscher (2012) 發現在 OPEC 宣告增加產量及維持產量後會有正向的原油報酬率，但是在 OPEC 宣告減少產量會有負向的原油報酬率。他們更進一步發現在 OPEC 宣告減少產量前，會有很顯著的正向波動率。

綜合以上研究發現，當 OPEC 宣告產量前後都有可能使得原油市場的波動性增加，因此 OPEC 的產量宣告無法降低原油市場的波動性。本研究推論在 OPEC 宣告產量調整後，會使得原油期貨市場參與者面臨較高的資訊不對稱，市場參與者的避險需求增加以及較高的必要報酬率，會讓原油期貨報酬率下降。因此本研究想要驗證的第二個假說如下：

H2：在 OPEC 的產量調整宣告期間會產生更顯著波動度回饋效果。

參、資料來源及研究方法

一、資料來源

本研究的資料來自多個資料庫所構成，包含 CBOE 資料庫、CME DataMine、Yahoo Finance 資料庫、以及聖路易斯聯邦儲備銀行之經濟資料庫 (Federal Reserve Economic Data, FRED)。本研究從 Yahoo Finance 資料庫收集原油波動率指數 (CBOE crude oil volatility index)，該網站建構該指數的時間最早是 2007 年 5 月 11 日，因此本研究以該日做為起始日，並將研究期間展延至 2023 年 11 月 15 日。

由於西德州原油是國際原油市場最具流動性及交易活躍的商品之一，本研究由 CME DataMine 資料庫收集包含西德州原油之期貨結算價格 (settlement price)、開盤價格、收盤價格、交易量以及未平倉數量 (open interest) 等交易訊息。

本研究也納入其他重要的控制變數。例如，以聯邦基金利率 (federal funds rate) 做為利率的控制變數，聯邦基金利率是金融市場最重要的短期利率。聯邦基金的借貸以日拆為主，因此可藉由聯邦基金利率代理每日交易之利率水準。除了控制利率市場對原油期貨價格的影響之外，本研究以芝加哥 S&P 500 指數波動率指數 (CBOE volatility index, VIX) 作為代理權益市場風險之控制變數。此外，不同於 Sari et al. (2010) 使用歐元兌美元匯率 (US dollar/euro exchange rate)，本研究使用美元指數 (U.S. dollar index, DXY)⁴ 作

⁴ 美元指數在美國州際交易所 (Intercontinental Exchange Inc, ICE) 進行交易，是根據美元對 6 個主要國際貨幣 (歐元佔 57.6%、日圓 13.6%、英鎊 11.9%、加幣 9.1%、瑞典克朗 4.2%、瑞士法郎 3.6%) 的匯率進行加權幾何平均計算而得。此指數反映了全球資金流

為代理外匯風險之控制變數。

二、變數定義

本研究是以近月期貨結算價格計算期貨報酬率，期貨結算價為期貨交易收盤時所訂定的平均收盤價格，本研究是以簡單報酬率計算之：

$$RET_t = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

其中 RET_t 為第 t 日原油期貨報酬率； P_t 為第 t 日原油期貨結算價格。此外本研究也計算“開盤到收盤期貨報酬率 (open to close return)”作為替代的被解釋變數，也可以用以觀察原油期貨價格日波動的情況，計算方式如下：

$$ROC_t = \left(\frac{P_{c,t}}{P_{o,t}} - 1 \right) \times 100 \quad (2)$$

其中 ROC_t 為第 t 日開盤到收盤的原油期貨報酬率； $P_{c,t}$ 為第 t 日原油期貨結算價格； $P_{o,t}$ 為原油期貨開盤價格。

而有關本研究主要的解釋變數，原油波動率指數變動率，計算方式如下：

$$R_{OVX,t} = \left(\frac{OVX_t}{OVX_{t-1}} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

其他相關變數之定義及符號請參考表 1。

向或流出美國 (美元) 的趨勢。

表 1 變數定義及符號

變數	定義	符號	資料來源
原油期貨報酬率	$(P_t / P_{t-1} - 1) \times 100$	RET_t	CME DataMine
開盤到收盤原油期貨報酬率	$(P_{c,t} / P_{o,t} - 1) \times 100$	ROC_t	CME DataMine
原油波動率指數變動率	$(OVX_t / OVX_{t-1} - 1) \times 100$	$R_{OVX,t}$	Yahoo Finance Website
原油期貨交易量	$\ln(\text{Volume}_t)$	VOL_t	CME DataMine
原油期貨未平倉量	$\ln(\text{Open Interest}_t)$	OI_t	CME DataMine
S&P 500 波動率指數變動率	$(VIX_t / VIX_{t-1} - 1) \times 100$	$R_{VIX,t}$	CBOE Website
聯邦基金利率		$FEDR_t$	FRED
美元指數變動率	$(DXY_t / DXY_{t-1} - 1) \times 100$	$R_{DXY,t}$	FRED

在進行實證分析之前，本研究將採用單根檢定法 (unit root test) 對所有變數進行檢測，以確認所有變數是都是定態 (stationary)。Granger and Newbold (1974) 認為許多的總體經濟變數存在非定態之現象，若以非定態變數進行迴歸分析將有假性迴歸 (spurious regression) 之疑慮，亦即實證結果雖具高度相關性，但卻為不真實的結果。因此為了讓實證結果更精確，本研究將先利用 Augmented Dickey-Fuller 單根檢定法 (ADF 檢定) 進行分析。表 2 為 ADF 檢定結果，顯示在 10% 的顯著水準下，本研究的變數皆拒絕存在單根之虛無假設，因此變數皆為定態。

表 2 Augmented Dickey-Fuller 單根檢定

	RET_t	ROC_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t	$R_{VIX,t}$	$FEDR_t$	$R_{DXY,t}$
ADF <i>t</i> -statistic	-22.241	-28.505	-67.480	-3.698	-2.804	-70.137	-2.935	-63.477
Variable has a unit root	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject

註：ADF 檢定臨界值在顯著水準 10% 為 -2.567。相關的變數定義請參考表 1。

三、敘述性統計分析

表 3 是各變數之敘述性統計。原油期貨報酬率 (RET_t) 及開盤到收盤原油期貨報酬率 (ROC_t) 在研究期間存在平均負報酬率，分別為 -0.052 及 -0.114 。 RET_t 的平均報酬高於 ROC_t ，可能的原因在於開盤時，通常原油市場會存在較多的資訊交易，而且波動度較高，因此 ROC 會有較低的平均報酬。由 Jarque-Bera (JB) 檢定可知， RET_t 及 ROC_t 是拒絕符合常態分配假設。在研究期間，原油波動率指數變動率 ($R_{OVX,t}$) 平均為 0.180% 以及 S&P 500 波動率指數變動率 ($R_{VIX,t}$) 平均為 0.309% ，S&P500 波動率指數變動率的波動性 (標準差) 也比原油波動率指數變動率的波動性較高。由此可知，在研究期間股票市場的恐慌程度可能會高於原油期貨市場。

表 4 說明各變數之間的 Pearson 相關係數。研究結果呈現 RET_t 與 ROC_t 是存在高度正向線性關係，相關係數為 0.978 ，因此由相關係數可知， ROC_t 可做為 RET_t 之替代被解釋變數。另外，本研究也發現 $R_{OVX,t}$ 與 $R_{VIX,t}$ 是存在正向線性關係，相關係數為 0.382 ； VOL_t 與 OI_t 是正向線性關係，相關係數為 0.748 。由各變數的 Pearson 相關係數可知，在自變數間並無發現有相關係數過高的情況 (高度線性相關)，因此本研究在之後的迴歸分析將不會有解釋變數之間存在線性重合 (multicollinearity) 的疑慮⁵。

⁵ 本研究另進行變異數膨脹因子 (variance inflation factor, VIF) 檢測，結果顯示各變數的 VIF 數值皆低於 5，因此判定解釋變數之間的共線性並不嚴重，因此之後的迴歸分析將不會有解釋變數之間存在線性重合 (multicollinearity) 的疑慮。

表 3 敘述性統計分析

	RET_t	ROC_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t	$R_{VIX,t}$	$FEDR_t$	$R_{DXY,t}$
平均數	-0.052	-0.114	0.180	11.518	11.868	0.309	0.015	-0.001
中位數	0.096	0.077	-0.363	11.207	11.357	-0.675	0.008	0.000
極大值	37.662	20.460	135.773	14.386	16.696	115.598	0.063	3.112
極小值	-305.966	-312.239	-46.327	2.996	8.285	-29.573	0.003	-2.492
標準差	5.862	6.103	6.138	1.092	1.439	8.075	0.013	0.485
偏態係數	-37.095	-38.131	4.688	0.334	1.323	2.025	1.694	0.010
峰態係數	1,867.806	1,825.798	83.752	3.059	3.909	18.415	5.338	5.464
JB 檢定(P 值)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
觀測值	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094

表 4 Pearson 相關係數

	RET_t	ROC_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t	$R_{VIX,t}$	$FEDR_t$	$R_{DXY,t}$
RET_t	1.000							
ROC_t	0.978	1.0000						
$R_{OVX,t}$	-0.486	-0.468	1.0000					
VOL_t	-0.006	-0.007	0.046	1.0000				
OI_t	0.026	0.024	-0.001	0.748	1.0000			
$R_{VIX,t}$	-0.132	-0.125	0.382	0.024	-0.013	1.0000		
$FEDR_t$	-0.012	-0.016	0.007	0.259	0.190	0.012	1.0000	
$R_{DXY,t}$	0.002	0.004	0.016	0.006	0.024	0.015	0.007	1.0000

圖 1 呈現有關本研究主要討論的重要變數，西德州原油期貨價格 (WTI futures price) 與原油波動率指數 (OVX) 於研究期間的時間序列圖形；其中可以發現，OVX 大漲時原油期貨價格通常大跌。

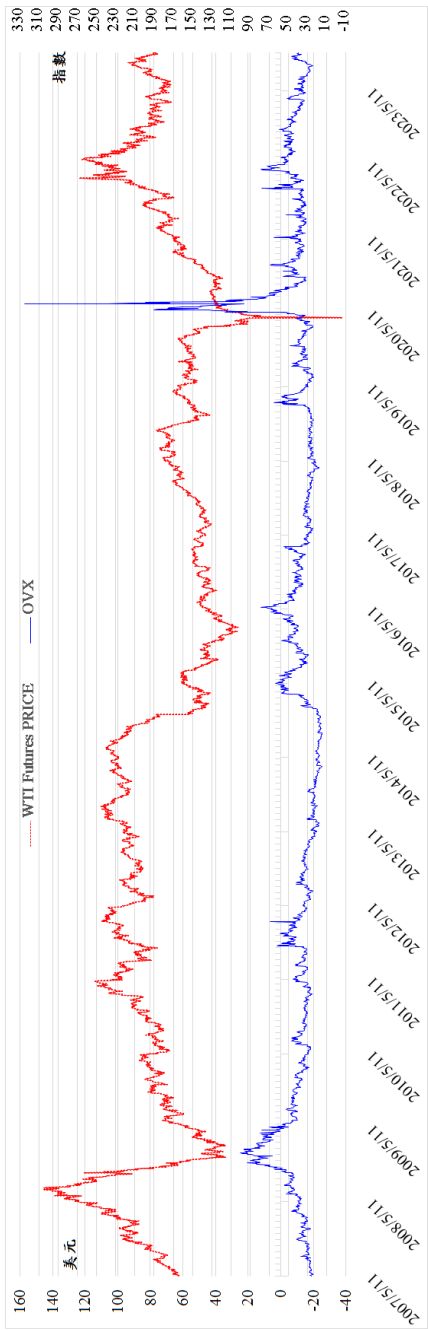


圖 1 原油期貨價格 (WTI Futures Price) (虛線；單位於左軸) 與原油波動率指數 (OVX)(實線,單位於右軸) 的時間序列圖。樣本期間為 2007 年 5 月 11 日到 2023 年 11 月 15 日。

四、OPEC 產量宣告日

本研究要驗證是否在 OPEC 宣告產量後會對原油波動率指數變動率與期貨報酬率的關聯性有影響。我們利用 OPEC 官方網站收集有關原油產量之新聞，並將 OPEC 產量的決定彙整於表 5⁶。由表 5 可知，在 2007 年 5 月 11 日至 2023 年 11 月 15 日的交易期間，我們一共收集 63 則有關 OPEC 宣告原油預期產量之新聞，其中預期增加原油產量的有 22 則；減少原油產量有 20 則；維持產量有 21 則。在增加原油產量新聞中，原油期貨價格範圍是介於 34.36 美元至 123.69 美元，原油期貨報酬率範圍是介於 -10.065% 至 10.376%；在減少原油產量新聞中，原油期貨價格範圍是介於 22.41 美元至 103.26 美元，原油期貨報酬率範圍是介於 -8.119% 至 9.308%；在維持原油產量新聞中，原油期貨價格範圍是介於 34.93 美元至 137 美元，原油期貨報酬率範圍是介於 -5.183% 至 5.024%。

表 5 OPEC 原油產量宣告日期

日期	原油期貨價格	原油期貨報酬率	OPEC 宣告結果
2007/05/30	63.49	0.538	Increase
2007/06/14	67.65	2.098	Maintain
2007/06/21	68.65	-0.305	Maintain
2007/07/11	72.56	-0.343	Increase
2007/09/11	78.23	0.955	Increase
2007/10/16	87.61	1.718	Increase
2007/12/05	87.49	-0.940	Maintain
2008/02/01	88.96	-3.041	Maintain
2008/03/05	104.52	5.024	Maintain
2008/05/08	123.69	0.130	Increase

⁶ OPEC 的新聞，參考自財經 M 平方的 OPEC 及非 OPEC 國家產量變化資料 (https://www.macromicro.me/time_line?id=21&stat=389) 與 OPEC 網站 (https://www.opec.org/opec_web/en/)。

表 5 OPEC 原油產量宣告日期 (續)

日期	原油期貨價格	原油期貨報酬率	OPEC 宣告結果
2008/06/24	137.00	0.190	Maintain
2008/09/09	103.26	-2.896	Decrease
2008/09/10	102.58	-0.659	Increase
2008/10/09	86.59	-2.653	Maintain
2008/10/24	64.15	-5.439	Decrease
2008/12/17	40.06	-8.119	Decrease
2009/03/15	34.93	-1.659	Maintain
2009/05/28	65.08	2.569	Maintain
2009/09/09	71.31	0.295	Maintain
2009/09/10	71.94	0.883	Maintain
2009/12/22	74.40	1.418	Maintain
2010/03/17	82.93	1.506	Maintain
2010/10/14	82.69	-0.385	Maintain
2011/06/08	100.74	1.665	Maintain
2011/12/14	94.95	-5.183	Maintain
2012/06/14	83.91	1.561	Maintain
2012/12/12	86.77	1.142	Maintain
2013/05/31	91.97	-1.752	Increase
2013/12/04	97.20	1.208	Increase
2014/06/11	104.40	0.048	Increase
2015/06/05	59.13	1.948	Maintain
2015/07/30	48.52	-0.553	Maintain
2015/12/04	39.97	-2.702	Increase
2016/03/21	41.52	0.924	Increase
2016/06/02	49.17	0.326	Maintain
2016/09/28	47.05	5.328	Decrease
2016/11/30	49.44	9.308	Decrease
2017/05/25	48.90	-4.790	Decrease
2017/12/01	58.36	1.672	Decrease

表 5 OPEC 原油產量宣告日期 (續)

日期	原油期貨價格	原油期貨報酬率	OPEC 宣告結果
2017/12/21	58.36	0.465	Decrease
2018/01/17	63.97	0.377	Decrease
2018/02/22	62.77	1.767	Decrease
2018/03/21	65.17	2.565	Decrease
2018/04/20	68.40	0.102	Decrease
2018/06/25	68.08	-0.729	Increase
2018/12/07	52.61	2.175	Decrease
2019/07/01	59.09	1.060	Decrease
2019/12/06	59.20	1.318	Decrease
2020/03/06	41.28	-10.065	Increase
2020/03/10	34.36	10.376	Increase
2020/04/13	22.41	-1.538	Decrease
2020/06/08	38.19	-3.439	Decrease
2020/07/15	41.20	2.259	Increase
2022/10/05	39.22	1.433	Decrease
2020/12/03	45.64	0.795	Increase
2021/01/05	49.93	4.851	Increase
2021/03/04	63.83	4.161	Increase
2021/04/01	61.45	3.871	Increase
2022/06/02	68.83	1.397	Increase
2022/08/03	70.56	-3.982	Increase
2022/09/05	88.96	0.805	Increase
2023/04/03	80.42	6.277	Decrease
2023/07/03	69.79	-1.203	Decrease

註：本表是由 OPEC 官方網站與財經 M 平方收集有關原油產量宣告新聞。在研究期間為 2007 年 5 月 11 日至 2023 年 11 月 15 日，本研究一共收集 63 則原油產量宣告新聞，並將其產量宣告區分為增加產量 (increase)、減少產量 (decrease) 以及維持產量 (maintain)。

五、經濟計量模型

本研究首先要探討原油波動率指數變動率對於原油期貨報酬率的影響效果，因此本研究建立迴歸模型如下：

$$R_t = \beta_0 + \beta_1 \times R_{OVX,t} + \beta_2 \times Controls + \varepsilon_t \quad (4)$$

其中 R_t 為第 t 日的原油期貨報酬率，其中包含了當期的原油期貨報酬率， RET_t ，或當期的開盤到收盤原油期貨報酬率， ROC_t ，作為依變數。解釋變數方面，以 $R_{OVX,t}$ 為第 t 日原油波動率指數變動率。 $Controls$ 為控制變數，其中包含原油期貨交易量 (VOL_t)、未平倉量 (OI_t)、S&P 500 波動率指數變動率 ($R_{VIX,t}$)、聯邦基金利率 ($FEDR_t$) 以及美元指數變動率 ($R_{DXY,t}$)。最後， ε_t 為迴歸模型的誤差項。

另外，為了掌握原油波動率指數變動率和原油期貨報酬率在時間序列中的關聯性，本文也以考慮外生變數 (exogenous variable) 的 VARX 模型⁶描述變數間的關係，包含 4 個內生變數與 3 個外生變數。詳細可表示為：

$$X_t = A + \sum_{i=1}^p C_i \times X_{t-i} + \sum_{i=1}^q B_i \times Y_{t-i} + \phi_t$$

$$\text{for } \begin{cases} \text{模型一：} X_t = \{RET_t, R_{OVX,t}, VOL_t, OI_t\} \\ \text{模型二：} X_t = \{ROC_t, R_{OVX,t}, VOL_t, OI_t\} \end{cases} \quad (5)$$

$$Y_t = \{R_{VIX,t}, FEDR_t, R_{DXY,t}\}$$

⁶ VARX 模型 (vector autoregressive model with exogenous variables) 是在向量自我迴歸模型的基礎上所發展之時間序列模型 (Sims, 1980)。

其中為內生變數落後期數，為外生變數落後期數，而 X_t 為一向量，包含了本研究 4 個內生變數，依據研究設計，該組向量有兩種類型，分別為模型一，包含了原油期貨報酬率 (RET_t)、原油波動率指數變動率 ($R_{OVX,t}$)、原油期貨交易量 (VOL_t) 及未平倉量 (OI_t)；另一組為模型二，包含了開盤到收盤原油期貨報酬率 (ROC_t)、原油波動率指數變動率 ($R_{DXY,t}$)、原油期貨交易量 (VOL_t) 及未平倉量 (OI_t)。內生變數所對應的係數矩陣為 C_i ，外生變數所對應的係數矩陣為；外生變數為 S&P 500 波動率指數變動率 ($R_{VIX,t}$)、聯邦基金利率 ($FEDR_t$) 及美元指數變動率 ($R_{DXY,t}$) 等三個變數，以 Y_t 為外生變數所組成的向量表示之，其對應的係數矩陣為 B_i ； A 為常數項所形成的向量，而 ϕ_t 為模型誤差項。本研究嘗試不同的內生變數落後期 p 和外生變數落後期 q 組合，並比較它們的 AIC (Akaike's information criterion) 和 SBC (Schwarz Bayesian information criterion) 值以決定最適落後期數。依據此 VARX 的估計結果，找出重要變數彼此之間的因果關係，以及衝擊反應圖形。

本研究要探討有關 OPEC 宣告產量對於原油期貨報酬率的影響、以及測試是否在不同的產量宣告下，原油波動率指數變動率對於原油期貨報酬的影響是否存在差異性。因此本研究建立迴歸模型如下：

$$R_t = \beta_0 + \beta_1 \times R_{OVX,t} + \beta_2 \times D_{increase,t} + \beta_3 \times R_{OVX,t} \times D_{increase,t} + \beta_4 \times D_{decrease,t} + \beta_5 \times R_{OVX,t} \times D_{decrease,t} + \beta_6 \times Controls + \varepsilon_t \quad (6)$$

其中為第 t 日的原油期貨報酬率 (RET_t)； $R_{OVX,t}$ 為第 t 日原油波動率指數變動率；因為 OPEC 的產量宣告結果可分為增產、減產、及維持不變三種，我們在迴歸方程式中同時放入兩種結果的虛擬變數進行估計，分別為當第 t 日宣告是增加產量令為 1，其他則令為 0，以 $D_{increase,t}$ 表示；當第 t 日宣告是減少產量令為 1，其他則令為 0，以 $D_{decrease,t}$ 表示。

$Controls$ 為控制變數，控制變數包含原油期貨交易量 (VOL_t)、未平倉量 (OI_t)、S&P 500

波動率指數變動率 ($R_{VIX,t}$)、聯邦基金利率 ($FEDR_t$) 以及美元指數變動率 ($R_{DXY,t}$)。再者，產量變動宣告對原油期貨報酬率的影響可能非立即當期影響，本研究考慮宣告的遞延性影響，以 OPEC 產量宣告虛擬變數的落後期數 (lag) 捕捉其影響效果。

肆、實證結果

一、原油波動率指數與原油期貨報酬率

在本節要驗證原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率之間的關聯性。表 6 是迴歸分析的結果。在模型 1 至模型 3，是以原油期貨報酬率 (RET) 作為被解釋變數；在模型 4 至模型 6，是以開盤到收盤原油期貨報酬率 (ROC) 作為被解釋變數。由模型 1 可知，原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率是呈現顯著負向的影響效果；由迴歸係數可知，當原油波動率指數變動率增加 1%，會使得原油期貨報酬率下降 0.465%，因此實證結果支持原油波動率指數變動率的資訊內涵可以解釋原油期貨報酬率。當原油波動率指數變動率越高代表原油市場參與者對後市的不安心理程度增加，在面臨較高的資訊不對稱情況下，市場參與者會要求較高的必要報酬，因此使得原油期貨報酬率降低，支持回饋效果假說 (feedback effect hypothesis)。

表 6 原油波動率指數變動率與期貨報酬之迴歸分析

Variable	RET_t			ROC_t		
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
$R_{OVX,t}$	-0.465*** (-35.600)	-0.464*** (-35.488)	-0.487*** (-34.493)	-0.465*** (-33.868)	-0.464*** (-33.754)	-0.489*** (-32.900)
VOL_t		-0.042 (-0.378)	-0.019 (-0.172)		-0.045 (-0.386)	-0.015 (-1.124)
OI_t		0.130 (1.547)	0.125 (1.484)		0.128 (1.443)	0.121 (1.373)
$R_{VIX,t}$			-0.045*** (-4.239)			-0.048*** (-4.251)
$FEDR_t$			-6.103 (-0.995)			-8.310 (-1.287)
$R_{DXY,t}$			0.099 (0.603)			0.134 (0.774)
Constant	0.034 (0.430)	-1.028 (-1.210)	-1.145 (-1.332)	-0.028 (-0.330)	-1.027 (-1.148)	-1.190 (-1.316)
F-statistic	1267.352	423.806	215.962	1147.056	383.358	195.870
Prob(F-statistic)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Observations	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094

註：括弧內數字是 t 值；***、**、*分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

在模型 2，本研究納入原油期貨市場的交易量 (VOL) 及未平倉量 (OI) 作為控制變數，原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率也是呈現顯著負向的影響效果，結果維持不變。在模型 3，本研究控制其他資本市場對原油期貨報酬率的影響，我們納入 S&P 500 波動率指數 (VIX) 變動率控制權益市場風險、聯邦基金利率 (FEDR) 控制利率風險、以及美元指數 (DXY) 變動率控制匯率波動風險。由模型 3 可知，主要結果還是維持不變。在控制變數部分，S&P 500 波動率指數變動率對原油期貨報酬率呈現顯著負向關係，當 VIX 指數變動率每增加 1%，會使得原油期貨報酬率下降 0.045%。在模型 4 至模型 6，本

研究再利用開盤到收盤原油期貨報酬率作為替代的依變數。實證結果發現原油波動率指數變動率對開盤到收盤原油期貨報酬率 (ROC) 的影響，此處也是呈現顯著負向的效果。

有關本研究的 VARX 模型估計部分，需先決定最適落後期，係採用 AIC (Akaike's information criterion) 和 SBC (Schwarz Bayesian information criterion) 準則來決定；而內生和外生變數的落後期數，本研究各取 3 期進行檢測，結果如表 7 所呈現。觀察表 7 可知，模型一和模型二的內生、外生變數之最適落後期數， (p^*, q^*) ，無論是 AIC 或 SBC 最小檢測值，皆發生在 $(2, 1)$ ，因此本研究 VARX 模型，最適內生變數的落後期數為 2，最適外生變數的落後期數為 1，將假設為 VARX (2,1)。

表 7 VARX 落後期 (p, q) 之 AIC 與 SBC 值

模型一：VARX 落後期 (p, q) 之 AIC 值			
(p, q)	$q = 1$	$q = 2$	$q = 3$
$p = 1$	16.939	16.942	16.947
$p = 2$	16.832*	16.833	16.837
$p = 3$	16.836	16.837	16.840
模型一：VARX 落後期 (p, q) 之 SBC 值			
(p, q)	$q = 1$	$q = 2$	$q = 3$
$p = 1$	16.989	17.010	17.033
$p = 2$	16.907*	16.926	16.949
$p = 3$	16.918	16.934	16.956
模型二：VARX 落後期 (p, q) 之 AIC 值			
(p, q)	$q = 1$	$q = 2$	$q = 3$
$p = 1$	16.957	16.849	16.853
$p = 2$	16.849*	16.850	16.853
$p = 3$	16.859	16.858	16.862

表 7 VARX 落後期 (p, q) 之 AIC 與 SBC 值(續)

模型二：VARX 落後期 (p,q) 之 SBC 值			
(p,q)	q = 1	q = 2	q = 3
p = 1	17.006	16.923	16.964
p = 2	16.922*	16.941	16.963
p = 3	16.929	16.941	16.968

註：* 代表 AIC 或 SBC 為最小，而該數值對應的落後期為最適。

由表 8 和表 9，分別呈現 VARX (2,1) 所估計出的模型一和模型二結果。首先表 8 呈現模型一，其內生變數有原油期貨報酬率、原油波動率指數變動率、取自然對數的原油期貨交易量、與取自然對數的原油期貨未平倉量；外生變數有 S&P 500 波動率指數變動率、聯邦基金利率、與美元指數變動率。從中可以發現，落後 1 期的 S&P 500 波動率指數變動率，對於原油波動率指數變動率產生正面影響。聯邦基金利率方面，落後 1 期對於原油期貨報酬率具有負面影響效果。美元指數變動率的部分，落後 1 期對於原油期貨報酬率具有負面影響效果。表 9 呈現模型二，其內生變數有開盤到收盤原油期貨報酬率、原油波動率指數變動率、取自然對數的原油期貨交易量、與取自然對數的原油期貨未平倉量；外生變數有 S&P 500 波動率指數變動率、聯邦基金利率、與美元指數變動率。從中可以發現，外生變數對於開盤到收盤原油期貨報酬率的影響方向，和模型一相同。

表 8 模型一之 VARX (2,1) 模型估計結果

	RET_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t
RET_{t-1}	0.351 (0.017) [19.918]	-0.176 (0.019) [-9.197]	0.007 (0.001) [4.322]	0.007 (0.003) [2.126]
RET_{t-2}	-0.180 (0.017) [-10.252]	0.090 (0.019) [4.729]	-0.010 (0.001) [-5.887]	-0.0130 (0.003) [-3.920]

表 8 模型一之 VARX (2,1) 模型估計結果 (續)

	RET_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t
$R_{OVX,t-1}$	0.0874 (0.017) [4.969]	-0.132 (0.019) [-6.916]	0.005 (0.001) [3.088]	-0.001 (0.003) [-0.532]
$R_{OVX,t-2}$	-0.004 (0.016) [-0.244]	0.001 (0.017) [0.006]	-0.002 (0.001) [-1.258]	-0.003 (0.003) [-1.191]
VOL_{t-1}	0.022 (0.171) [0.130]	-0.228 (0.187) [-1.222]	0.571 (0.017) [33.433]	0.515 (0.032) [15.846]
VOL_{t-2}	-0.052 (0.169) [-0.307]	0.018 (0.184) [0.098]	0.199 (0.016) [11.790]	0.149 (0.032) [4.653]
OI_{t-1}	-0.073 (0.092) [-0.795]	0.202 (0.100) [2.016]	0.049 (0.009) [5.342]	0.1430 (0.017) [8.183]
OI_{t-2}	0.023 (0.092) [0.259]	0.011 (0.100) [0.110]	0.056 (0.009) [6.100]	0.099 (0.017) [5.685]
$R_{VIX,t-1}$	0.003 (0.011) [0.334]	0.042 (0.012) [3.323]	-0.001 (0.001) [-0.428]	-0.001 (0.002) [-0.562]
$FEDR_{t-1}$	-3.191 (6.717) [-0.475]	2.767 (7.320) [0.378]	2.625 (0.668) [3.930]	1.368 (1.270) [1.076]
$R_{DXY,t-1}$	-0.160 (0.180) [-0.889]	0.297 (0.196) [1.512]	0.029 (0.017) [1.635]	-0.018 (0.034) [-0.537]

表 8 模型一之 VARX (2,1) 模型估計結果 (續)

	RET_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t
<i>Constant</i>	0.917 (0.976) [0.940]	0.028 (1.063) [0.027]	1.359 (0.097) [14.004]	1.3162 (0.184) [7.127]

註：各變數對應的第一列為估計係數，第二列小括號是標準誤差，第三列中括號中的數值為 t 值。

表 9 模型二之 VARX(2,1)模型估計結果

	ROC_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t
ROC_{t-1}	0.481 (0.017) [27.442]	-0.174 (0.019) [-9.154]	0.006 (0.001) [4.013]	0.005 (0.003) [1.671]
ROC_{t-2}	-0.178 (0.017) [-10.260]	0.114 (0.018) [6.038]	-0.010 (0.001) [-6.018]	-0.013 (0.003) [-3.956]
$R_{OVX,t-1}$	0.096 (0.017) [5.528]	-0.130 (0.019) [-6.839]	0.005 (0.001) [2.997]	-0.002 (0.003) [-0.728]
$R_{OVX,t-2}$	0.003 (0.016) [0.231]	0.003 (0.017) [0.199]	-0.001 (0.001) [-1.132]	-0.003 (0.003) [-1.153]
VOL_{t-1}	0.020 (0.172) [0.121]	-0.224 (0.187) [-1.200]	0.570 (0.017) [33.38]	0.514 (0.032) [15.821]
VOL_{t-2}	-0.057 (0.170) [-0.335]	0.010 (0.184) [0.058]	0.199 (0.016) [11.841]	0.150 (0.032) [4.6758]
OI_{t-1}	-0.063 (0.092) [-0.682]	0.205 (0.100) [2.043]	0.048 (0.009) [5.310]	0.142 (0.017) [8.164]

表 9 模型二之 VARX(2,1)模型估計結果 (續)

	ROC_t	$R_{OVX,t}$	VOL_t	OI_t
OI_{t-2}	0.005 (0.092) [0.062]	0.012 (0.100) [0.121]	0.056 (0.009) [6.086]	0.099 (0.017) [5.681]
$R_{VIX,t-1}$	0.020 (0.011) [1.779]	0.041 (0.012) [3.276]	-0.001 (0.001) [-0.412]	-0.001 (0.002) [-0.536]
$FEDR_{t-1}$	-3.859 (6.732) [-0.573]	2.739 (7.319) [0.374]	2.620 (0.668) [3.919]	1.351 (1.271) [1.063]
$R_{DXY,t-1}$	-0.166 (0.180) [-0.923]	0.299 (0.196) [1.524]	0.029 (0.017) [1.648]	-0.017 (0.034) [-0.522]
<i>Constant</i>	1.048 (0.978) [1.072]	0.016 (1.063) [0.015]	1.362 (0.097) [14.031]	1.319 (0.184) [7.1450]

註：各變數對應的第一列為估計係數，第二列小括號是標準誤差，第三列中括號中的數值為 t 值。

由於 VARX (2,1) 模型本身難以看出變數之間的關聯性，因此需要搭配因果關係檢定 (表 10) 以及 VARX (2,1) 模型的衝擊反應函數圖形 (圖 2) 來進行解釋。有關變數之間的因果關係，本研究主要討論了原油期貨報酬率與原油波動率指數變動率，以及開盤到收盤原油期貨報酬率與原油波動率指數變動率這兩項，其因果關係的結果呈現在表 10。在其中，可以觀察到原油波動率指數變動率和原油期貨報酬率之間存在相互影響的因果關係；同時，原油波動率指數變動率和開盤到收盤原油期貨報酬之間也存在相互的因果關係。

表 10 原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數因果關係檢定

因果影響	Chi-sq	因果影響	Chi-sq
$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	25.015***	$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	30.569** *
RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	91.786***	ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	92.841** *

註：***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

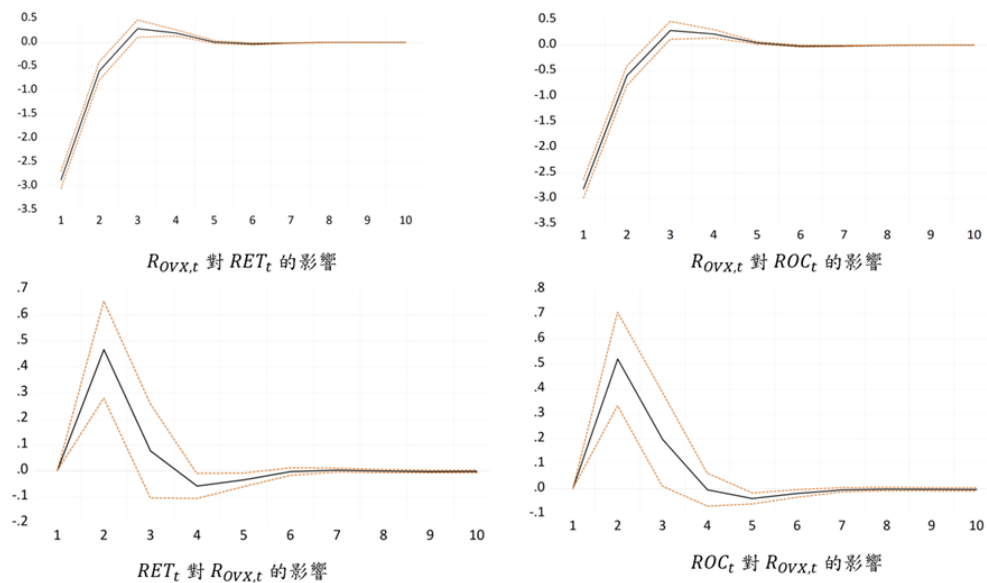


圖 2 原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數衝擊反應圖

本研究採用的主要內生變數有 4 個，因此會有 16 個衝擊反應函數之圖形，爲了避免過多圖形混淆，本文只列出重要變數之間的關係，如圖 2 所示，僅呈現原油期貨報酬率、開盤到收盤原油期貨報酬率及原油波動率指數變動率的衝擊反應情況，藉此呼應表 10 所

呈現的因果關係。圖 2 左半邊為原油期貨報酬率和原油波動率指數變動率的相互影響關係，首先在左上方發現，當原油波動率指數變動率發生波動時，會使得原油期貨報酬率立即呈現負向影響，到了第 2 期時，則影響效果轉為正，而這效果持續約 4 期才會結束；左下方圖形顯示，當原油期貨報酬率發生波動，會使得原油波動率指數變動率呈現正向影響，到了第 2 期時，效果逐漸下降，在第 3 期時，原油波動率指數變動率出現負向影響，最後到了第 6 期時，原油期貨報酬率對原油波動率指數變動率影響效果消失。而在圖 2 右半邊，開盤到收盤原油期貨報酬率及原油波動率指數變動率的相互衝擊反應圖之樣態，則和左半邊一致，這說明了，開盤到收盤原油期貨報酬率可作為原油期貨報酬率的替代變數。

二、OPEC 的新聞宣告影響效果

過去的研究和實務界普遍認為，OPEC 宣告調整產量的行為實際上會加劇原油市場的不確定性，而非成為穩定該市場的力量。本節探討 OPEC 宣告調整產量事件，是否對原油期貨報酬率產生影響。另外，產量變動的宣告對原油期貨報酬率的影響可能並非立即在當期發生，本研究也考慮宣告的遞延性影響，利用落後期數來捕捉其影響效果。

表 11 納入 OPEC 產量宣告行為之實證結果，發現原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率的影響也是呈現顯著負向的效果，結果維持不變，支持 H1 的回饋效果假說。在 OPEC 宣告與原油期貨報酬為同期的情況下，無論是增產或減產宣告、或是 OPEC 宣告與原油波動率指數變動率的交乘項，皆沒有顯示對原油期貨報酬率產生顯著影響效果。然而，在 OPEC 宣告落後原油期貨報酬一期的情況下，本研究發現 OPEC 增產或減產宣告和原油波動率指數變動率的交叉項呈現顯著為負，這個結果支持 H2：OPEC 宣告減產或增產協議時，會產生更為顯著的遞延性回饋效果。

表 11 OPEC 調整產量宣告對原油期貨報酬率的影響

Variable	RET_t	Variable	RET_{t+1}
$R_{OVX,t}$	-0.489*** (-34.442)	$R_{OVX,t+1}$	-0.499*** (-34.52)
$D_{increase,t}$	-0.940 (-0.830)	$D_{increase,t}$	-0.705 (-0.550)
$R_{OVX,t} \times D_{increase,t}$	-0.133 (-0.991)	$R_{OVX,t+1} \times D_{increase,t}$	-0.316*** (-3.332)
$D_{decrease,t}$	-1.645 (-1.370)	$D_{decrease,t}$	-1.222 (-1.055)
$R_{OVX,t} \times D_{decrease,t}$	-0.033 (-0.021)	$R_{OVX,t+1} \times D_{decrease,t}$	-0.062** (-2.321)
VOL_t	-0.012 (-0.110)	VOL_{t+1}	-0.033 (-0.294)
OI_t	0.125 (1.485)	OI_{t+1}	0.129 (1.544)
$R_{VIX,t}$	-0.046*** (-4.305)	$R_{VIX,t+1}$	-0.047*** (-4.392)
$FEDR_t$	-6.160 (-1.003)	$FEDR_{t+1}$	-6.126 (0.998)
$R_{DXY,t}$	0.102 (0.618)	$R_{DXY,t+1}$	0.096 (0.586)
Constant	-1.214 (-1.412)	Constant	-1.043 (-1.214)
F-statistic	130.071	F-statistic	131.443
Prob(F-statistic)	0.000	Prob(F-statistic)	0.000
Observations	4,094	Observations	4,093

註：括弧內數字是 t 值；***、**、*分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

伍、強健性檢驗

一、金融風暴期間的影響效果

爲了讓實證結果更具穩健性，本節測試在 2007 年次級房貸與 2008-2009 年全球金融風暴期間，原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率的影響是否存在差異性。根據台灣經濟新報 (Taiwan Economic Journal, TEJ) 金融事件資料庫與搜尋維基百科，本研究將研究期間區分爲金融風暴前 (2007/05/11-2007/08/08)、金融風暴期間 (2007/08/09-2009/03/31)、金融風暴後 (2009/04/01-2023/11/15)。在金融風暴期間，市場蕭條造成民間的消費需求減少，因此消費需求的衝擊很可能造成原油價格下跌。因此，測試金融風暴前、中、後等三樣本期間原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率的影響效果。由表 12 可知，不論在金融風暴前、金融風暴期間以及金融風暴後，原油波動率指數變動率對於原油期貨報酬率的影響，皆呈現顯著負向關係。

表 12 金融危機期間之子樣本分析

Variable	金融風暴前	金融風暴期間	金融風暴後
	2007/5/11-2007/8/8	2007/8/9-2009/3/31	2009/4/1-2023/11/15
$R_{OVX,t}$	-0.188*** (-3.480)	-0.058* (-1.768)	-0.527*** (-34.891)
VOL_t	-0.904 (-1.470)	-0.650* (-1.957)	0.088 (0.732)
OI_t	0.490 (0.498)	0.582 (0.980)	0.110 (1.252)

表 12 金融危機期間之子樣本分析(續)

	金融風暴前	金融風暴期間	金融風暴後
Variable	2007/5/11-2007/8/8	2007/8/9-2009/3/31	2009/4/1-2023/11/15
$R_{VIX,t}$	-0.019 (-0.815)	-0.083*** (-3.417)	-0.064*** (-5.492)
$FEDR_t$	-263.307 (-1.176)	7.354 (0.634)	-21.785** (-2.387)
$R_{DXY,t}$	-0.365 (-0.524)	0.183 (0.659)	0.105 (0.564)
Constant	20.751 (1.528)	0.559 (0.089)	-2.064** (-2.199)
F-statistic	2.976	4.160	219.051
Prob(F-statistic)	0.014	0.001	0.000
Observations	62	395	3,637

註：括弧內數字是 t 值。***、**、*分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

以不同金融風暴時間區間下，透過 VARX 模型，檢視原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率之時間序列關聯性穩健性，估計結果如表 13 所示；並且由表 14 的因果關係檢定來呈現不同金融風暴時期，重要變數的因果關係，以及圖 4 的衝擊反應圖形。

表 13 金融危機期間之 VARX(2,1) 模型估計結果

	金融風暴前		金融風暴期間		金融風暴後	
	2007/05/11–2007/08/08		2007/08/09–2009/03/31		2009/04/01–2023/11/15	
	模型一	模型二	模型一	模型二	模型一	模型二
RET_{t-1}	-0.280 (0.136) [-2.060]		-0.129 (0.052) [-2.450]		0.382 (0.018) [20.231]	
RET_{t-2}	0.346 (0.140) [2.462]		-0.051 (0.052) [-0.988]		-0.200 (0.018) [-10.583]	
ROC_{t-1}		-0.289 (0.138) [-2.089]		-0.023 (0.053) [-0.437]		0.512 (0.018) [27.261]
ROC_{t-2}		0.337 (0.140) [2.400]		0.064 (0.053) [1.212]		-0.201 (0.018) [-10.816]
$R_{OVX,t-1}$	-0.007 (0.062) [-0.115]	0.001 (0.061) [0.005]	0.035 (0.039) [0.893]	0.011 (0.037) [0.312]	0.104 (0.019) [5.408]	0.116 (0.019) [6.025]
$R_{OVX,t-2}$	0.064 (0.065) [0.990]	0.066 (0.064) [1.023]	0.031 (0.037) [0.833]	0.027 (0.035) [0.765]	-0.013 (0.017) [-0.731]	-0.005 (0.017) [-0.288]
VOL_{t-1}	1.645 (0.596) [2.758]	1.349 (0.583) [2.311]	-0.540 (0.350) [-1.540]	-0.223 (0.329) [-0.677]	0.009 (0.192) [0.049]	-0.017 (0.193) [-0.088]
VOL_{t-2}	0.410 (0.634) [0.646]	0.705 (0.619) [1.139]	-0.610 (0.367) [-1.659]	-0.477 (0.345) [-1.384]	0.022 (0.190) [0.116]	0.032 (0.191) [0.169]
OI_{t-1}	-3.122 (1.354) [-2.305]	-3.053 (1.346) [-2.267]	0.295 (0.901) [0.327]	0.022 (0.847) [0.025]	-0.079 (0.097) [-0.822]	-0.065 (0.097) [-0.673]

表 13 金融危機期間之 VARX(2,1) 模型估計結果(續)

	金融風暴前		金融風暴期間		金融風暴後	
	2007/05/11–2007/08/08		2007/08/09–2009/03/31		2009/04/01–2023/11/15	
	模型一	模型二	模型一	模型二	模型一	模型二
OI_{t-2}	2.149 (1.275) [1.685]	2.337 (1.269) [1.841]	-0.376 (0.927) [-0.405]	0.163 (0.873) [0.187]	0.016 (0.097) [0.169]	-0.002 (0.097) [-0.027]
$R_{VIX,t-1}$	-0.052 (0.023) [-2.225]	-0.044 (0.023) [-1.934]	-0.059 (0.025) [-2.349]	-0.036 (0.024) [-1.510]	0.003 (0.012) [0.308]	0.019 (0.012) [1.484]
$FEDR_{t-1}$	-667.072 (235.679) [-2.830]	-642.591 (231.037) [-2.7813]	16.75 (12.042) [1.391]	19.538 (11.368) [1.718]	-10.919 (10.136) [-1.077]	-12.216 (10.187) [-1.199]
$R_{DXY,t-1}$	-0.643 (0.660) [-0.973]	-0.518 (0.652) [-0.794]	-0.272 (0.288) [-0.943]	-0.360 (0.272) [-1.324]	-0.118 (0.205) [-0.574]	-0.108 (0.206) [-0.526]
Constant	28.628 (14.655) [1.953]	24.247 (14.281) [1.697]	13.313 (7.092) [1.877]	5.066 (6.682) [0.758]	0.455 (1.074) [0.424]	0.678 (1.079) [0.628]

註：各變數對應的第一列為估計係數，第二列小括號是標準誤差，第三列中括號中的數值為 t 值。

有關因果關係檢定方面，如表 14 所示，首先在金融危機發生前，原油期貨報酬率發生波動後，會使得原油波動率指數變動率產生波動，但反之卻不存在因果關係性；同樣地，開盤到收盤原油期貨報酬率發生波動，對於原油波動率指數變動率產生影響，反之則無因果關係。在金融危機發生期間，無論是原油期貨報酬率還是開盤到收盤原油期貨報酬率，都和原油波動率指數變動率不具有因果關係。最後，在金融危機發生後，原油波動率指數變動率以及原油期貨報酬率互有因果關係性；相同地，開盤到收盤原油期貨報酬率和原油期貨報酬率也互有因果關係。

表 14 不同金融危機期間原油波動率指數變動率與期貨報酬之因果關係檢定

金融危機前		金融危機期間		金融危機後	
因果影響	Chi-sq	因果影響	Chi-sq	因果影響	Chi-sq
$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	1.04	$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	1.29	$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	30.27***
RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	7.98**	RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	2.53	RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	98.46***
$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	1.07	$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	0.62	$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	36.56***
ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	6.66**	ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	1.33	ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	96.93***

註：***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

有關不同金融危機期間，原油期貨報酬率、開盤到收盤原油期貨報酬率及原油波動率指數變動率的衝擊反應情況的衝擊反應圖形，僅呈現表 14 中，具有因果關係的衝擊反應圖，而這發生於金融危機前、金融危機期間等兩個情境下。首先圖 3 為金融危機前的衝擊反應圖形，左半邊原油期貨報酬率發生波動，會使得原油波動率指數變動率在第 1.5 期時，出現正向影響，這效果持續 2.5 期轉為負向影響，後續到了第 9 期時，原油期貨報酬率對於原油波動率指數變動率影響效果才會消失。圖 3 右半邊為，開盤到收盤原油期貨報酬率對於原油波動率指數變動率的影響，影響樣態和左半邊相同。

在金融風暴期間，圖 4 呈現原油期貨報酬率和原油波動率指數變動率，以及開盤到收盤原油期貨報酬率和原油波動率指數變動率等兩類型的衝擊反應圖形，分別列於圖 4 的左半邊及右半邊。金融風暴期間所呈現之圖 4 衝擊反應圖，其樣態和全時期之圖 2 相似；這說明了，原油期貨報酬率（或開盤到收盤原油期貨報酬率）與原油波動率指數變動率的影響樣態，不會因為處於金融風暴期間，而有所變化，符合強健性之要求。

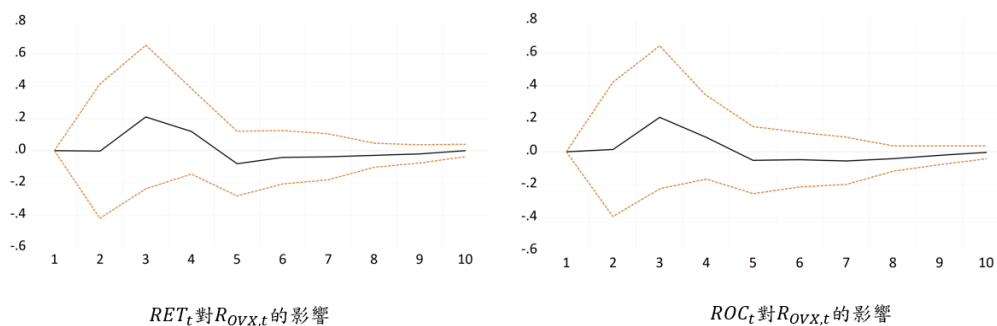


圖 3 金融危機前原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數衝擊反應圖

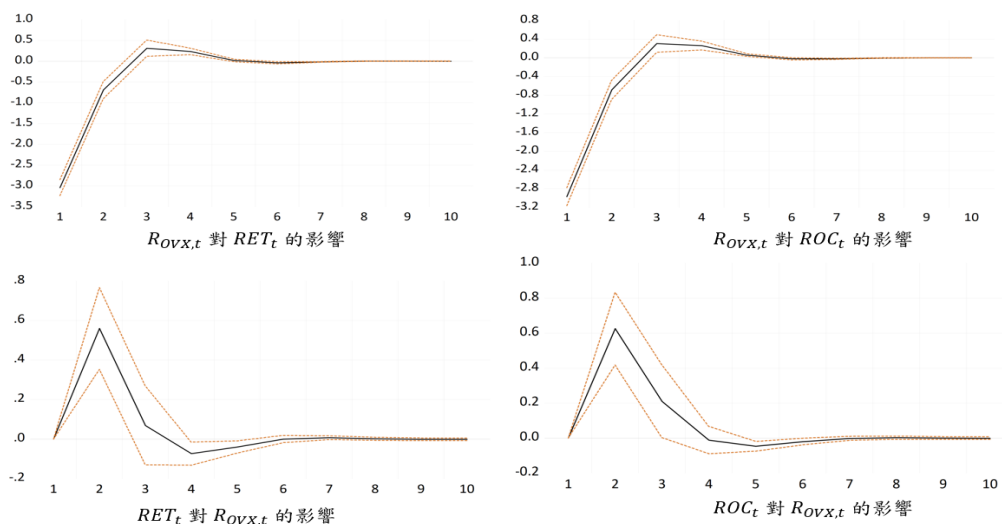


圖 4 金融危機後原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數衝擊反應圖

二、新冠疫情期間的影響效果

除了上述的金融風暴，本研究也考量了新冠疫情事件。有關新冠疫情起始時間，係依據世界衛生組織宣告「新冠疫情構成全球大流行」之日期，為 2020 年 3 月 11 日，以此為始。而在結束的時間選擇方面，依據我國衛生福利部公告「新冠疫情免通報免隔離」之日期，即 2023 年 3 月 20 日，以此為終。在 2007 年 5 月 11 日至 2020 年 3 月 11 日為新冠疫情前之時期，2023 年 3 月 21 日至 2023 年 11 月 15 日為新冠疫情後之時期。新冠疫情期間，供應鏈斷鏈，生產停滯，因此能源使用需求下降，可能造成原油價格下跌。由表 15 可知，無論是新冠疫情前、期間或之後，原油波動率指數變動率對於原油期貨報酬率的影響，皆呈現顯著負向關係。由此可知本研究的實證結果，並非因為新冠疫情期間，生產停滯造成原油價格之緣故，符合強健性。

表 15 新冠疫情期間之子樣本分析

Variable	新冠疫情前	新冠疫情期間	新冠疫情後
	2007/05/11–2020/03/10	2020/03/11–2023/03/20	2023/03/21–2023/11/15
$R_{OVX,t}$	–0.145*** (–17.635)	–0.948*** (–23.315)	–0.151** (–4.083)
VOL_t	–0.100 (–1.480)	0.814 (1.553)	–0.057 (–0.227)
OI_t	0.035 (0.621)	0.094 (0.407)	0.029 (0.281)
$R_{VIX,t}$	–0.039*** (–7.234)	–0.182*** (–4.089)	–0.040 (–1.316)
$FEDR_t$	4.796 (1.385)	–4.931*** (–2.707)	–14.971 (–0.593)
$R_{DXY,t}$	0.039 (0.493)	0.833 (0.980)	0.508 (1.072)
Constant	0.707 (1.470)	–10.764* (–1.795)	1.061 (0.340)
F-statistic	94.990	97.266	3.534
Prob(F-statistic)	0.000	0.000	0.003
Observations	3,157	766	171

附註：括弧內數字是 t 值。***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

在新冠疫情發生的時期，透過 VARX (2,1) 模型檢視原油波動率指數變動率和原油期貨報酬率之間的時間序列關聯性的穩健性。估計結果如表 16 所示。同時，通過表 17 的因果關係檢定以及圖 5 中的衝擊反應圖形來呈現新冠疫情事件發生時的重要變數因果關係。

表 16 新冠疫情期間之 VARX(2,1)模型估計結果

	新冠疫情前 2007/05/11-2020/03/10		新冠疫情期間 2020/03/11-2023/03/20		新冠疫情後 2023/03/21-2023/11/15	
	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2
RET_{t-1}	-0.074 (0.019) [-3.835]		0.483 (0.046) [10.459]		0.036 (0.083) [0.432]	
RET_{t-2}	-0.007 (0.019) [-0.380]		-0.229 (0.046) [-4.971]		-0.115 (0.083) [-1.384]	
ROC_{t-1}		-0.016 (0.019) [-0.866]		0.614 (0.046) [13.308]		0.056 (0.084) [0.670]
ROC_{t-2}		0.054 (0.019) [2.846]		-0.239 (0.044) [-5.329]		-0.141 (0.083) [-1.686]
$ROVX_{t-1}$	0.004 (0.009) [0.495]	0.018 (0.008) [2.100]	0.226 (0.065) [3.462]	0.232 (0.065) [3.530]	-0.008 (0.041) [-0.190]	-0.005 (0.040) [-0.136]
$ROVX_{t-2}$	-0.013 (0.009) [-1.528]	0.001 (0.008) [0.156]	0.025 (0.061) [0.414]	0.044 (0.060) [0.728]	-0.004 (0.038) [-0.107]	-0.005 (0.036) [-0.146]
VOL_{t-1}	-0.065 (0.092) [-0.709]	-0.026 (0.086) [-0.309]	0.173 (0.746) [0.231]	-0.076 (0.754) [-0.101]	-0.042 (0.302) [-0.139]	-0.005 (0.036) [-0.146]
VOL_{t-2}	-0.030 (0.092) [-0.329]	-0.009 (0.085) [-0.111]	-0.093 (0.740) [-0.126]	-0.071 (0.749) [-0.095]	0.307 (0.291) [1.055]	0.258 (0.277) [0.931]

表 16 新冠疫情期間之 VARX(2,1) 模型估計結果 (續)

	新冠疫情前		新冠疫情期間		新冠疫情後	
	2007/05/11-2020/03/10		2020/03/11-2023/03/20		2023/03/21-2023/11/15	
	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2
OI_{t-1}	-0.013 (0.063) [-0.217]	0.004 (0.059) [0.068]	-0.147 (0.283) [-0.520]	-0.135 (0.286) [-0.473]	0.042 (0.112) [0.376]	0.002 (0.107) [0.020]
OI_{t-2}	0.036 (0.063) [0.571]	-0.014 (0.059) [-0.241]	0.086 (0.282) [0.306]	0.087 (0.285) [0.306]	-0.014 (0.112) [-0.130]	-0.011 (0.107) [-0.106]
$R_{VIX,t-1}$	-0.014 (0.005) [-2.572]	-0.003 (0.005) [-0.735]	0.004 (0.055) [0.086]	0.025 (0.055) [0.464]	-0.020 (0.033) [-0.626]	-0.009 (0.031) [-0.293]
$FEDR_{t-1}$	3.715 (3.794) [0.979]	3.276 (3.522) [0.930]	-77.915 (48.184) [-1.617]	-87.150 (48.866) [-1.783]	-20.110 (27.544) [-0.730]	-20.040 (26.287) [-0.762]
$R_{DXY,t-1}$	-0.165 (0.086) [-1.904]	-0.178 (0.080) [-2.207]	-0.112 (1.040) [-0.108]	-0.106 (1.051) [-0.101]	0.179 (0.280) [0.639]	0.251 (0.267) [0.942]
Constant	0.778 (0.547) [1.422]	0.450 (0.508) [0.886]	0.114 (8.514) [0.013]	2.818 (8.596) [0.327]	-2.708 (3.981) [-0.680]	-1.457 (3.797) [-0.383]

註：各變數對應的第一列為估計係數，第二列小括號是標準誤差，第三列中括號中的數值為 t 值。

新冠疫情下的有關因果關係檢定，如表 17 所示，首先在新冠疫情前，原油波動率指數變動率發生波動後，會使得原油期貨報酬率產生影響，也會影響開盤到收盤原油期貨報酬率；但反之，無論是原油期貨報酬率，或是開盤到收盤原油期貨報酬率皆對於原油波動率指數變動率不存在因果關係性。在新冠疫情期間，原油波動率指數變動率以及原

油期貨報酬率互有因果關係性；並且，開盤到收盤原油期貨報酬率和原油期貨報酬率也互有因果關係。最後，新冠疫情前發生後，原油波動率指數變動率、原油期貨報酬率、以及開盤到收盤原油期貨報酬率和原油期貨報酬率，彼此之間都不具有因果關係。

表 17 不同新冠疫情期間原油波動率指數變動率與期貨報酬之因果關係檢定

新冠疫情前		新冠疫情期間		新冠疫情後	
因果影響	Chi-sq	因果影響	Chi-sq	因果影響	Chi-sq
$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	5.71*	$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	12.26***	$R_{OVX,t}$ 對 RET_t 的影響	1.17
RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	1.39	RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	44.98***	RET_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	3.56
$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	4.41*	$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	12.87***	$R_{OVX,t}$ 對 ROC_t 的影響	0.04
ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	3.44	ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	43.08***	ROC_t 對 $R_{OVX,t}$ 的影響	3.96

註：***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5% 及 10%。

如同前述分析，不同新冠疫情期間，原油期貨報酬率、開盤到收盤原油期貨報酬率及原油波動率指數變動率的衝擊反應情況的衝擊反應圖形，為呈現藉表 17 中，具有因果關係的衝擊反應圖，惟新冠疫情前、新冠疫情期間等兩個情境下，分別透過圖 5 和圖 6 呈現。首先，圖 5 的左半邊，為新冠疫情前，原油波動率指數變動率發生波動時，使得原油期貨報酬率發生影響的衝擊反應圖，起初原油期貨報酬率立即呈現負向影響，到了第 1 期時，則影響效果轉為正，而這效果持續約 4 期才會結束；至於圖 5 右半邊，原油波動率指數變動率對於開盤到收盤原油期貨報酬率的影響，影響樣態和左半邊相同。

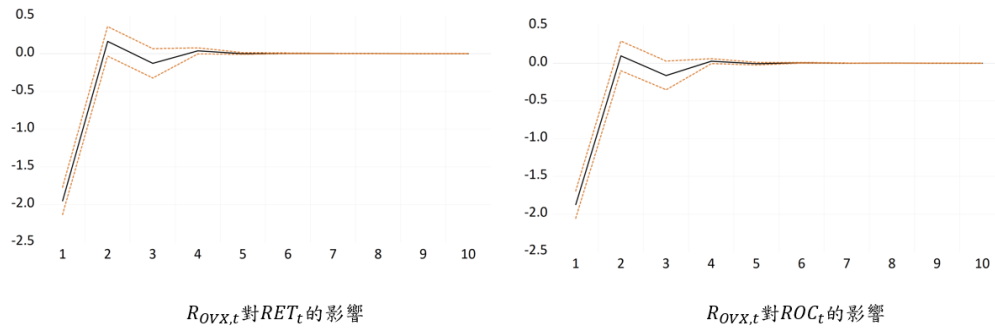


圖 5 新冠疫情前原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數衝擊反應圖

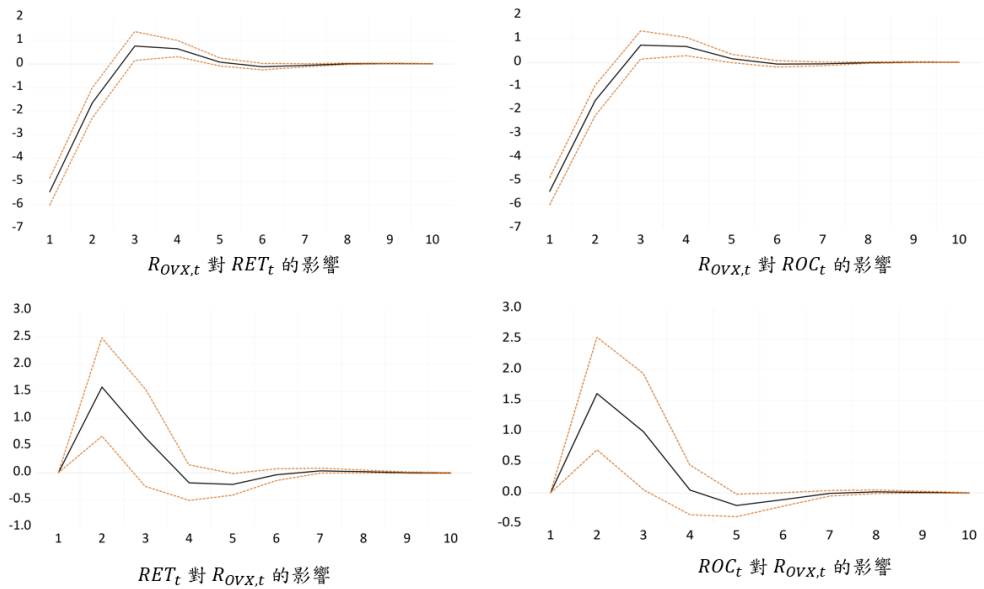


圖 6 新冠疫情期間原油波動率指數變動率與期貨報酬之主要變數衝擊反應圖

圖 6 為新冠疫情期間，原油期貨報酬率和原油波動率指數變動率，以及開盤到收盤原油期貨報酬率和原油波動率指數變動率等兩類型的衝擊反應圖形，分別列於圖 6 的左半邊及右半邊。圖 6 呈現的新冠期間之衝擊反應圖，其樣態和全時期之圖 2 相似；

因此，原油期貨報酬率（或開盤到收盤原油期貨報酬率）與原油波動率指數變動率的影響樣態，不會因為處於新冠疫情期間，而有所變化，符合強健性之要求，這結果和金融風暴期間一致。

陸、結論

近 20 年來，原油價格的急遽波動使得政府決策者和投資者在未來將面臨一個重要的課題，即如何精確評價、避險以及有效率地進行原油波動度的風險管理。本研究利用 CBOE 在 2007 年新建構的原油波動率指數 (OVX) 和西德州原油期貨價格進行實證分析。研究期間為 2007 年 5 月 11 日至 2023 年 11 月 15 日，結果發現原油波動率指數變動率與原油期貨報酬率呈現顯著的負向關係。這一結果支持回饋效果假說，即當原油期貨市場呈現高波動率時，市場參與者要求更高的必要報酬率，進而造成價格下跌 (Campbell and Hentschel, 1992; Bekaert and Wu, 2000)。與過去研究在探討原油現貨市場的發現一致，本研究也發現西德州原油期貨市場存在顯著的回饋效果。

另一方面，為了解原油波動率指數變動率和原油期貨報酬率這兩個重要變數在時間序列中的相互關聯性，本研究引入了 VARX 模型。根據模型的估計結果，我們找出了這些重要變數之間的因果關係和衝擊反應圖形，發現當原油波動率指數變動率波動時，原油期貨報酬率會受到影響，並且這種影響效果持續了 4 期。這效果在新冠疫情期間是一致的，而在金融危機的強健性分析中，僅在金融危機發生後的時期，才有相同的影響效果。

至於 OPEC 的宣告效果，本研究收集了 63 條提及 OPEC 宣告原油預期產量的新聞，詳細將 OPEC 的宣告分為增產、維持產量和減產。實證結果顯示，OPEC 減產宣告對原油期貨報酬率產生了顯著的遞延性負向影響。此外，在 OPEC 宣告增產，原油市場參與者面臨更高的不確定性，進一步產生更為顯著的負報酬遞延性回饋效果，這一結果支持

假說二。這些結果在控制其他資本市場因素 (如 S&P 500 波動率指數變動率、聯邦基金利率和美元指數變動率) 後依然保持穩定。本文的研究結果顯示原油波動率指數與原油期貨報酬率之間存在顯著的負相關，且在 OPEC 宣告增加或減少產量後，會增強原油波動率指數變動率對原油期貨報酬率的影響效果。因此，政策制定者可以考慮在 OPEC 宣告增加產量後，採取相應的政策措施，以減緩原油市場的波動性。此外，投資者也可以利用本文的研究結果，將原油波動率指數作為原油期貨報酬率的領先指標，以更好地制定投資策略。這些政策建議可以幫助讀者更好地理解原油市場的運作，並提高他們在相關領域的知識與能力。

參考文獻

- Aboura, S. and J. Chevallier, 2013, “Leverage vs. Feedback: Which Effect Drives the Oil Market?”, *Finance Research Letters*, 10: 131-141.
- Agbeyegbe, T. D., 2015, “An Inverted U-Shaped Crude Oil Price Return-Implied Volatility Relationship”, *Review of Financial Economics*, 27: 28-45.
- Bekaert, G. and G. Wu, 2000, “Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets”, *Review of Financial Studies*, 13: 1-42.
- Bina, C. and M. Vo, 2007, “OPEC in the Epoch of Globalization: An Event Study of Global Oil Prices”, *Global Economy Journal*, 7: 1850102.
- Black, F., 1976, “Studies in Stock Price Volatility Changes”, in *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, American Statistical Association, Washington DC.
- Brunetti, C., B. Büyüksahin, M. A. Robe, and K. R. Soneson, 2010, “Do OPEC Members Know Something the Market Doesn’t? ‘Fair Price’ Pronouncements and the Market Price of Crude Oil”, *SSRN Working Paper*, No. 1652834.
- Campbell, J. Y. and L. Hentchel, 1992, “No News is Good News: An Asymmetric Model of Changing Volatility in Stock Returns”, *Journal of Financial Economics*, 31: 281-318.

- Chen, Y., K. He, and L. Yu, 2015, “The Information Content of OVX for Crude Oil Returns Analysis and Risk Measurement: Evidence from the Kalman Filter Model”, *Annals of Data Science*, 2: 471-487.
- Christie, A. A., 1982, “The Stochastic Behavior of Common Stock Variances – Value, Leverage, and Interest Rate Effects”, *Journal of Financial Economic Theory*, 10: 407-432.
- Demirer, R. and A. M. Kutan, 2010, “The Behavior of Crude Oil Spot and Futures Prices around OPEC and SPR Announcements: An Event Study Perspective”, *Energy Economics*, 32: 1467-1476.
- Fattouh, B., 2005, “The Causes of Crude Oil Price Volatility”, *Middle East Economic Survey*, XLVIII, No. 13.
- Granger, C. W. and P. Newbold, 1974, “Spurious Regressions in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, 2: 111-120.
- Gülen, S. G., 1996, “Is OPEC a Cartel? Evidence from Cointegration and Causality Tests”, *Energy Journal*, 17: 43-57.
- Ji, Q. and Y. Fan, 2016, “Modelling the Joint Dynamics of Oil Prices and Investor Fear Gauge”, *Research in International Business and Finance*, 37: 242-251.
- Kaufmann, R. K., S. Dees, P. Karadeloglou, and M. Sanchez, 2004, “Does OPEC Matter? An Econometric Analysis of Oil Prices”, *Energy Journal*, 25: 67-90.
- Lin, S. X. and M. Tamvakis, 2010, “OPEC Announcements and their Effects on Crude Oil Prices”, *Energy Policy*, 38: 1010-1016.
- Liu, B. Y., Q. Ji, and Y. Fan, 2017, “Dynamic Return-Volatility Dependence and Risk Measure of CoVaR in the Oil Market: A Time-Varying Mixed Copula Model”, *Energy Economics*, 68: 53-65.
- Loderer, C., 1985, “A Test of the OPEC Cartel Hypothesis: 1974–1983”, *Journal of Finance*, 40: 991-1006.
- Loutia, A., C. Mellios, and K. Andriosopoulos, 2016, “Do OPEC Announcements Influence Oil Prices?”, *Energy Policy*, 90: 262-272.
- Mensi, W., S. Hammoudeh, and S. M. Yoon, 2014, “How Do OPEC News and Structural Breaks Impact Returns and Volatility in Crude Oil Markets? Further Evidence from a Long

- Memory Process”, *Energy Economics*, 42: 343-354.
- Sari, R., S. Hammoudeh, and U. Soytas, 2010, “Dynamics of Oil Price, Precious Metal Prices, and Exchange Rate”, *Energy Economics*, 32: 351-362.
- Schmidbauer, H. and A. Rösch, 2012, “OPEC News Announcements: Effects on Oil Price Expectation and Volatility”, *Energy Economics*, 34: 1656-1663.
- Sims, C. A., 1980, “Macroeconomics and Reality”, *Econometrica*, 48: 1-48.
- Wang, T., J. Wu, and J. Yang, 2008, “Realized Volatility and Correlation in Energy Futures Markets”, *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 28: 993-1011.

Relationship between Percentage Changes in Crude Oil Volatility Index and Returns of Crude Oil Futures

Chia-Yu Chiang^{*}, Bing-Huei Lin^{**}, and Yueh-Neng Lin^{***}

Abstract

This study reports a negative relationship between the volatility index of the crude oil market and the returns of crude oil futures from May 11, 2007, to November 15, 2023. This result was corroborated in causality tests and an analysis of impulse response function graphs. This finding supports the Feedback Effect Hypothesis. This result held even after control variables were included and robustness checks were conducted. Notably, the study identified a more pronounced deferred feedback effect following announcements by the Organization of the Petroleum Exporting Countries on changes in production quotas.

^{*} Ph.D. Student, Department of Finance, National Chung Hsing University.

^{**} Professor, Department of Finance, National Chung Hsing University.

^{***} Professor, Department of Finance, National Chung Hsing University. Corresponding Author. Tel: +886-4-22840591 ext 816. Email: ynlin@dragon.nchu.edu.tw (Y.-N. Lin). The authors of this paper are very grateful for the valuable suggestions from the journal editor, executive editor, journal staff, and anonymous article reviewers, which have significantly enhanced the academic and practical value of this paper.

DOI: 10.7086/TJAE.202406_(115).0005

Received July 23, 2023; Revised October 12, 2023; Accepted January 6, 2024.

Keywords: Crude Oil Market, Crude Oil Volatility Index, Crude Oil Futures Returns, Feedback Effect Hypothesis, OPEC News Announcement

JEL Classification: G12, G13

Extended Abstract

I. Introduction

Substantial changes have occurred in crude oil futures prices. For example, the West Texas Intermediate crude oil futures surged to \$145.29 per barrel on July 3, 2008, but plummeted to \$33.98 by February 12, 2009—a 76% drop over eight months. Similarly, prices peaked at \$104.28 on July 7, 2014, before plunging to \$26.11 by February 11, 2016, indicating a 75% decline. In the early months of 2020, unprecedented volatility was observed due to the COVID-19 (Coronavirus disease 2019) pandemic, OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) production disputes, and speculative trading, leading to near-month crude oil futures closing at −\$37.63 on April 20, 2020. These fluctuations align with Fattouh’s (2005) forecast of a “future oil market characterized by high volatility.”

The Chicago Board Options Exchange (CBOE) launched the Crude Oil Volatility Index (OVX) to address these fluctuations in May 2007. The OVX provides the 30-day expected volatility in crude oil, which is determined based on US Oil Fund (USO) options prices. Similar to the S&P 500 Volatility Index (VIX), the OVX has been referred to as the crude oil market’s “fear gauge;” higher readings indicate heightened fear among traders. The OVX is commonly considered because it can aid in asset valuation, hedging, and risk control in finance (Aboura and Chevallier, 2013; Agbeyegbe, 2015; Chen et al., 2015; Ji and Fan, 2016; Liu et al., 2017).

Although stock market volatility and returns have been extensively studied in the

literature, more research has been done on the oil market's volatility because of its recent extremes. The current study uses the OVX to gauge oil market volatility and explore its impact on crude oil futures returns.

OPEC announcements can influence the oil market, and studies have demonstrated that they increase market volatility (Schmidbauer and Rösch, 2012; Mensi et al., 2014; Loutia et al., 2016). The current study investigates whether OPEC announcements lead to more significant uncertainty for market participants, which results in a more substantial feedback effect.

II. Hypothesis Development

According to financial theory, a negative relationship exists between volatility and returns, although interpretations of this relationship in the literature vary. Black (1976) and Christie (1982) have suggested that positive returns correspond to lower volatility and negative returns correspond to higher volatility, a phenomenon referred to as the leverage effect. Conversely, Campbell and Hentchel (1992) and Bekaert and Wu (2000) have proposed that higher volatility leads to lower prices because market participants demand higher returns, known as the feedback effect. The leverage hypothesis suggests that price changes drive volatility changes, whereas the feedback hypothesis indicates that volatility changes drive price changes. This topic has yet to reach a consensus due to varying market conditions.

Most research indicates an inverse correlation between OVX changes and crude oil spot returns, suggesting feedback or leverage effects. The current study diverges from past research by analyzing crude oil futures data to determine the impact of the OVX on futures returns. To investigate this topic, this study proposes Hypothesis 1: more considerable OVX changes are correlated with lower crude oil futures returns, in line with the feedback effect hypothesis; that is, higher OVX values prompt futures market participants to demand higher returns, which reduces futures returns.

To understand the time-series relationship between changes in the OVX and crude oil

futures returns, this study employs a vector autoregressive model with exogenous variables (VARX). This model is used to describe the relationships among four endogenous variables and three exogenous variables as follows:

$$X_t = A + \sum_{i=1}^p C_i \times X_{t-i} + \sum_{i=1}^q B_i \times Y_{t-i} + \phi_t$$

for $\begin{cases} \text{Model 1: } X_t = \{RET_t, R_{OVX,t}, VOL_t, OI_t\} \\ \text{Model 2: } X_t = \{ROC_t, R_{OVX,t}, VOL_t, OI_t\} \end{cases}$

$$Y_t = \{R_{VIX,t}, FEDR_t, R_{DXY,t}\}$$

where p represents the lag order for endogenous variables, q represents the lag order for exogenous variables, and X_t is a vector that includes the four endogenous variables of interest. This vector can be categorized into two types: Model 1, which includes crude oil futures returns (RET_t), changes in the OVX ($R_{OVX,t}$), crude oil futures trading volume (VOL_t), and open interest (OI_t), and Model 2, which includes the returns from opening to closing of crude oil futures (ROC_t), changes in the OVX ($R_{OVX,t}$), crude oil futures trading volume (VOL_t), and open interest (OI_t). The coefficient matrix corresponding to the endogenous variables is C_i , and the coefficient matrix corresponding to the exogenous variables is B_i . In addition, the vector Y_i represents the exogenous variables. The exogenous variables include changes in the S&P 500 Volatility Index ($R_{VIX,t}$), the federal funds rate ($FEDR_t$), and changes in the US Dollar Index ($R_{DXY,t}$). A represents the vector of constant terms, and ϕ_t denotes the error term of the model. The estimation results of this VARX model are used to identify the causal relationships between key variables and their impulse response functions.

Volatility in the crude oil market can increase before and after OPEC production

announcements, indicating that such announcements do not reduce market volatility (Bina and Vo, 2007; Wang et al., 2008). This study hypothesizes that crude oil futures market participants face higher information asymmetry after OPEC announces production adjustments. This increased asymmetry, along with the greater demands for hedging and higher returns, leads to decreased crude oil futures returns (Buyuksahin et al., 2010; Demirer and Kutan, 2010; Lin and Tamvakis, 2010). Hence, this study proposes Hypothesis 2: a more substantial feedback effect on volatility emerges during OPEC production adjustments. Additionally, this study accounts for the potential delayed effects of production announcements by incorporating lagged terms of an OPEC announcement dummy variable to capture their impact.

III. Methodology

The methodology of this study comprised several steps taken to explore the link between the OVX and crude oil futures returns. The augmented Dickey-Fuller test was used to assess the stationarity of the variables (Granger and Newbold, 1974), ensuring their suitability for time-series analysis.

Descriptive statistics were estimated to identify variable characteristics and behaviors over time. A VARX model was employed to examine the causal relationships among the variables. This model captured the dynamic interactions and causal effects.

Regression models were used to determine the impact of OPEC production announcements on futures returns and to evaluate whether changes in the OVX affect returns differently when announcements have different characteristics. These models were used to quantify OVX changes, OPEC announcements, and futures return relationships to elucidate the market dynamics.

Robustness tests were used to validate the empirical results and thereby increase the reliability of the VARX model. This study analyzed the impact of the OVX on returns across critical crises, namely, the 2007 Subprime Mortgage Crisis, the Global Financial Crisis of

2008–2009, and the COVID-19 pandemic, to enhance the robustness of the results.

This study's methodological framework integrated statistical tests, descriptive analyses, VARX modeling, and robustness assessments to understand the market's OVX and futures return dynamics thoroughly.

IV. Empirical Results

To explore the study hypotheses, data on the OVX and crude oil futures prices from May 11, 2007, to November 15, 2023, were collected, along with 63 news articles mentioning OPEC production announcements (20 regarding cuts, 23 regarding increases, and 20 concerning maintained prices).

The regression coefficients in Table 6 indicate that for every 1% increase in the OVX, crude oil futures returns decreased by 0.464% to 0.487%. This observation highlights the negative effect of changes in the OVX on futures returns and aligns with the feedback effect hypothesis; increased information asymmetry leads to higher required returns and, subsequently, lower futures returns.

Table 6 Regression of Crude Oil Futures Returns on Percentage Changes in the Crude Oil Volatility Index

This table presents the regression analysis results of crude oil futures returns on the crude oil volatility index changes ($R_{OVX,t}$). Models 1 to 3 include crude oil futures returns (RET_t) as the dependent variable; Models 4 to 6 include opening to closing crude oil futures returns (ROC_t) as the dependent variable. The study period is from May 11, 2007, to November 15, 2023. The control variables include crude oil futures trading volume (VOL_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; crude oil futures open interest (IO_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; S&P 500 Volatility Index changes ($R_{VIX,t}$); federal funds rate ($FEDR_t$); and US Dollar Index changes ($R_{DXY,t}$). The numbers in parentheses are t values; ***, **, * represent the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Variable	RET			ROC_t		
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
$R_{OVX,t}$	-0.465*** (-35.600)	-0.464*** (-35.488)	-0.487*** (-34.493)	-0.465*** (-33.868)	-0.464*** (-33.754)	-0.489*** (-32.900)
VOL_t		-0.042 (-0.378)	-0.019 (-0.172)		-0.045 (-0.386)	-0.015 (-1.124)
OI_t		0.130 (1.547)	0.125 (1.484)		0.128 (1.443)	0.121 (1.373)
$R_{VIX,t}$			-0.045*** (-4.239)			-0.048*** (-4.251)
$FEDR_t$			-6.103 (-0.995)			-8.310 (-1.287)
$R_{DXY,t}$			0.099 (0.603)			0.134 (0.774)
Constant	0.034 (0.430)	-1.028 (-1.210)	-1.145 (-1.332)	-0.028 (-0.330)	-1.027 (-1.148)	-1.190 (-1.316)
F-statistic	1267.352	423.806	215.962	1147.056	383.358	195.870
Prob(F-statistic)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Observations	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094	4,094

As presented in Table 10, the results of the causality tests and impulse response functions reveal that changes in the OVX significantly affect crude oil futures returns, supporting the feedback effect hypothesis. These results remained consistent when factors such as crude oil futures trading volume, open interest, VIX changes, federal funds rate, and US Dollar Index changes were controlled.

Table 10 Causality Test between Percentage Changes in Crude Oil Volatility Index and Crude Oil Futures Returns

The variables are as follows: RET_t represents crude oil futures returns. $R_{OVX,t}$ represents the percentage changes in the crude oil volatility index, and ROC_t represents the opening to closing crude oil futures returns. The numbers in the table represent the chi-square values. The symbols ***, **, and * above the numbers indicate the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Causal impact	Chi-sq	Causal impact	Chi-sq
The impact of $R_{OVX,t}$ on RET_t	25.015***	The impact of $R_{OVX,t}$ on ROC_t	30.569***
The impact of RET_t on $R_{OVX,t}$	91.786***	The impact of ROC_t on $R_{OVX,t}$	92.841***

OPEC announcements of production increases or cuts amplified the impact of OVX changes on crude oil futures returns, indicating that such announcements exert a more pronounced feedback effect than other types.

According to research and industry practice, OPEC announcements of production adjustment increase uncertainty in the crude oil market rather than stabilizing it. The current study explored whether OPEC announcements of production adjustment affect crude oil futures returns. Additionally, the impact of such announcements on crude oil futures returns may take time. By using lagged terms to capture their impact, this study considered the delayed effects of the announcements.

Table 11 presents the empirical results regarding OPEC production announcements, revealing that changes in the OVX significantly affect crude oil futures returns; these results are consistent with previous findings and support the feedback effect hypothesis (Hypothesis 1). Furthermore, when considering the lagged impact of OPEC announcements on crude oil futures returns, this study identified a significantly negative interaction between OPEC production announcements (of either an increase or decrease) and changes in the OVX. This result supports Hypothesis 2: OPEC announcements of production increases or decreases lead to a more pronounced delayed feedback effect than other announcements.

Table 11 Impact of OPEC Production Adjustment Announcements on Crude Oil Futures Returns

The table presents the regression analysis results of the crude oil futures returns on percentage changes in the crude oil volatility index with consideration of OPEC announcements of production adjustment. In the first model, the dependent variable is the current value of crude oil futures returns (RET_t); in the second model, the dependent variable is the leading 1-period value of crude oil futures returns (RET_{t+1}). The research period is May 11, 2007, to November 15, 2023. $R_{OVX,t}$ represents the percentage changes in the Crude Oil Volatility Index. $D_{increase,t}$ is set to 1 when an increase in production is announced on day t and 0 otherwise; $D_{decrease,t}$ is set to 1 when a decrease in production is announced on day t and 0

otherwise. The control variables included crude oil futures trading volume (VOL_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; crude oil futures open interest (OI_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; S&P 500 Volatility Index changes ($R_{VIX,t}$); federal funds rate ($FEDR_t$); and US Dollar Index changes ($R_{DXY,t}$). The numbers in parentheses are t values; ***, **, and * represent the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Variable	RET_t	Variable	RET_{t+1}
$R_{OVX,t}$	-0.489*** (-34.442)	$R_{OVX,t+1}$	-0.499*** (-34.52)
$D_{increase,t}$	-0.940 (-0.830)	$D_{increase,t}$	-0.705 (-0.550)
$R_{OVX,t} \times D_{increase,t}$	-0.133 (-0.991)	$R_{OVX,t+1} \times D_{increase,t}$	-0.316*** (-3.332)
$D_{decrease,t}$	-1.645 (-1.370)	$D_{decrease,t}$	-1.222 (-1.055)
$R_{OVX,t} \times D_{decrease,t}$	-0.033 (-0.021)	$R_{OVX,t+1} \times D_{decrease,t}$	-0.062** (-2.321)
VOL_t	-0.012 (-0.110)	VOL_{t+1}	-0.033 (-0.294)
OI_t	0.125 (1.485)	OI_{t+1}	0.129 (1.544)
$R_{VIX,t}$	-0.046*** (-4.305)	$R_{VIX,t+1}$	-0.047*** (-4.392)
$FEDR_t$	-6.160 (-1.003)	$FEDR_{t+1}$	-6.126 (0.998)
$R_{DXY,t}$	0.102 (0.618)	$R_{DXY,t+1}$	0.096 (0.586)
Constant	-1.214 (-1.412)	Constant	-1.043 (-1.214)
F-statistic	130.071	F-statistic	131.443
Prob(F-statistic)	0.000	Prob(F-statistic)	0.000
Observations	4,094	Observations	4,093

To enhance the robustness of the empirical results, the research period was divided into three phases: pre-financial crisis (May 5, 2007–August 8, 2007), during the financial crisis (August 9, 2007–March 31, 2009), and post-financial crisis (April 1, 2009–November 15, 2023). This study tested whether the impact of changes in the OVX on crude oil futures returns differed across these periods. As presented in Table 12, OVX changes significantly negatively impacted crude oil futures returns across all three periods. Regarding causality, as indicated by Table 14 and the impulse response functions, fluctuations in crude oil futures returns led to changes in the OVX before the financial crisis. However, the reverse was not valid. During the financial crisis, no causal relationship was noted between crude oil futures returns and changes in the OVX. Finally, after the financial crisis, a mutual causal relationship was observed between changes in the OVX and crude oil futures returns.

Table 12 Subsample Analysis during Financial Crises

The table lists the results of tests regarding the impact of crude oil volatility index changes on crude oil futures returns during key financial crisis events, and the data are divided into subsamples. In Model 1, the period is set as before the financial crisis (May 11, 2007–August 8, 2007); in Model 2, the period is set as during the financial crisis (August 9, 2007–March 31, 2009); and in Model 3, the period is set as after the financial crisis (April 1, 2009–November 15, 2023). The dependent variable is crude oil futures returns (RET_t). $R_{OVX,t}$ represents the percentage changes in the Crude Oil Volatility Index. The control variables include the crude oil futures trading volume (VOL_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; crude oil futures open interest (OI_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; S&P 500 Volatility Index changes ($R_{VIX,t}$); federal funds rate ($FEDR_t$); and US Dollar Index changes ($R_{DXY,t}$). The numbers in parentheses are t values; ***, **, and * represent the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

	before the financial storm	during the financial storm	after the financial storm
Variable	2007/5/11-2007/8/8	2007/8/9-2009/3/31	2009/4/1-2023/11/15
$R_{OVX,t}$	-0.188*** (-3.480)	-0.058* (-1.768)	-0.527*** (-34.891)
VOL_t	-0.904 (-1.470)	-0.650* (-1.957)	0.088 (0.732)
OI_t	0.490 (0.498)	0.582 (0.980)	0.110 (1.252)
$R_{VIX,t}$	-0.019 (-0.815)	-0.083*** (-3.417)	-0.064*** (-5.492)
$FEDR_t$	-263.307 (-1.176)	7.354 (0.634)	-21.785** (-2.387)
$R_{DXY,t}$	-0.365 (-0.524)	0.183 (0.659)	0.105 (0.564)
Constant	20.751 (1.528)	0.559 (0.089)	-2.064** (-2.199)
F-statistic	2.976	4.160	219.051
Prob(F-statistic)	0.014	0.001	0.000
Observations	62	395	3,637

Table 14 Causality Test between Percentage Changes in Crude Oil Volatility Index and Crude Oil Futures Returns during Different Financial Crisis Periods

The table presents the results of causality testing of the periods before the financial crisis (May 11, 2007–August 8, 2007), during the financial crisis (August 9, 2007–March 31, 2009), and after the financial crisis (April 1, 2009–November 15, 2023). The variables are defined as follows: RET_t represents the crude oil futures returns. $R_{OVX,t}$ represents the percentage changes in the crude oil volatility Index, and ROC_t represents the opening to closing crude oil futures returns. The numbers in the table represent the chi-square values. The symbols ***, **, and * above the numbers indicate the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

before the financial storm		during the financial storm		after the financial storm	
Causal impact	Chi-sq	Causal impact	Chi-sq	Causal impact	Chi-sq
The impact of $R_{OVX,t}$ on RET_t	1.04	The impact of $R_{OVX,t}$ on RET_t	1.29	The impact of $R_{OVX,t}$ on RET_t	30.27***
The impact of RET_t on $R_{OVX,t}$	7.98**	The impact of RET_t on $R_{OVX,t}$	2.53	The impact of RET_t on $R_{OVX,t}$	98.46***
The impact of $R_{OVX,t}$ on ROC_t	1.07	The impact of $R_{OVX,t}$ on ROC_t	0.62	The impact of $R_{OVX,t}$ on ROC_t	36.56***
The impact of ROC_t on $R_{OVX,t}$	6.66**	The impact of ROC_t on $R_{OVX,t}$	1.33	The impact of ROC_t on $R_{OVX,t}$	96.93***

During the COVID-19 pandemic, disruptions in the supply chain and halted production reduced the energy demand, leading to a decline in crude oil prices. Table 15 reveals a consistent and significant negative impact from changes in the OVX on crude oil futures returns. This result strengthens the study's empirical findings, indicating that they are robust and not solely influenced by pandemic-related production halts and price fluctuations.

Table 15 Analysis of Subsamples during the COVID-19 Pandemic

The table presents results regarding the impact of percentage changes in the crude oil volatility Index on crude oil futures returns during subsample periods during the COVID-19 pandemic. In Model 1, the period is set as pre-COVID-19 (May 11, 2007–March 10, 2020); in Model 2, the period is set as during COVID-19 (March 11, 2020–March 20, 2023); and in Model 3, the period is set as post-COVID-19 (March 21, 2023–November 15, 2023). The dependent variable is the crude oil futures returns (RET_t). $R_{OVX,t}$ indicates the percentage changes in the Crude Oil Volatility Index. The control variables include the crude oil futures trading volume (VOL_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; crude oil futures open interest (IO_t), natural logarithm ($\ln$) transformed; S&P 500 Volatility Index changes ($R_{VIX,t}$); federal funds rate ($FEDR_t$); and US Dollar Index changes ($R_{DXY,t}$). The numbers in parentheses are t values; ***, **, and * represent the significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Variable	pre-COVID-19 period	during the COVID-19 period	post-COVID-19 period
	2007/05/11– 2020/03/10	2020/03/11– 2023/03/20	2023/03/21– 2023/11/15
$R_{OVX,t}$	–0.145*** (–17.635)	–0.948*** (–23.315)	–0.151** (–4.083)
VOL_t	–0.100 (–1.480)	0.814 (1.553)	–0.057 (–0.227)
IO_t	0.035 (0.621)	0.094 (0.407)	0.029 (0.281)
$R_{VIX,t}$	–0.039*** (–7.234)	–0.182*** (–4.089)	–0.040 (–1.316)
$FEDR_t$	4.796 (1.385)	–4.931*** (–2.707)	–14.971 (–0.593)
$R_{DXY,t}$	0.039 (0.493)	0.833 (0.980)	0.508 (1.072)

Table 15 Analysis of Subsamples during the COVID-19 pPandemic (Continue)

	pre-COVID-19 period	during the COVID-19 period	post-COVID-19 period
Variable	2007/05/11– 2020/03/10	2020/03/11– 2023/03/20	2023/03/21– 2023/11/15
Constant	0.707 (1.470)	–10.764* (–1.795)	1.061 (0.340)
F-statistic	94.990	97.266	3.534
Prob(F-statistic)	0.000	0.000	0.003
Observations	3,157	766	171

V. Conclusion

Over the past two decades, managing the substantial volatility in crude oil prices has been a critical concern for policymakers and investors, with accurate assessment, hedging, and risk management. This study analyzed the CBOE's OVX and the West Texas crude oil futures prices from May 11, 2007, to November 15, 2023. The results highlight a significant inverse correlation between OVX fluctuations and crude oil futures returns, supporting the feedback effect hypothesis; these results indicate that increased market volatility triggers demand for increased returns, which leads to a price decline.

This study used a VARX model to explore the time-series relationship between OVX changes and crude oil futures returns, and causal relationships and impulse response functions were identified. The impact of OVX changes on futures returns persisted over four periods; consistent findings were obtained during the COVID-19 pandemic, and the results were robust only in the post-financial crisis period.

Regarding OPEC announcements, this study analyzed 63 news items regarding OPEC production expectations, categorizing them as involving production increases, maintained

prices, and cuts. The results revealed a significant delayed negative impact on crude oil futures returns following OPEC production cuts and higher uncertainty and adverse feedback effects following OPEC production increases.

The findings remained stable, and changes in market factors such as the VIX, federal funds rate, and US Dollar Index were controlled. This study revealed a significant negative correlation between the OVX and crude oil futures returns, with OPEC announcements amplifying the impact of OVX changes on crude oil futures returns. Policymakers should implement measures to mitigate market volatility following OPEC production changes, and investors should use the OVX as an indicator of futures returns to ensure they implement more effective investment strategies. The insights obtained in the current study enhance the understanding of the crude oil market and improve the knowledge of and capabilities for attaining high crude oil futures returns.