

新冠疫情時期主要金融商品價格外溢效果之探討

林汝喆 *

摘 要

本研究以時間序列分析法探討六種主要金融商品價格在新冠疫情前後外溢效果的改變，以及確診人數波動率跟死亡人數波動率是否對六種金融商品波動率有外溢效果，並驗證其中三種金融商品價格在疫情發生前後是否有結構性改變。本研究選取 S&P 500 指數代表股市，美國三個月期公債殖利率和美國十年期公債殖利率代表利率與債市，黃金和石油期貨價格代表商品市場，美元指數代表匯市。樣本期間為 2010 年至 2022 年，以 2020 年 3 月 23 日做為分隔點，同時採用日資料與週資料進行分析並交叉驗證。實證結果發現疫情發生後金融商品之間關聯性有一些改變，針對這些現象提出一些原因解釋，例如投資人趨於保守，避險心態增強，對黃金需求上升，對石油需求下降，QE 使利率遭到控制，後期帶來通膨預期等等。另外，本研究發現確診人數波動率跟死亡人數波動率會顯著影響 S&P 500 指數波動率和美元指數波動率，但對其他四種金融商品波動率沒有顯著影響。最後，本研究採用了結構性轉變檢定法與平滑轉換自我迴歸模型兩種方法，驗證三種金融商品在疫情期間是否發生結構性變動，結果發現 S&P 500 指數、黃金期貨、美國十年期公債殖利率皆在疫情發生前後有結構性的改變，間接證實了本研究將數據區分為疫情前後兩區間來進行分析的合理性。

關鍵字：時間序列分析、向量自我迴歸模型、向量誤差修正模型、平滑轉換自我迴歸模型、Granger 因果關係、結構性轉變檢定

JEL 分類代號：C32

* 陽明交通大學管理學院財務金融學程碩士，「2023 臺灣銀行經濟金融論文獎」碩士組優選得主

壹、背景介紹與研究貢獻

自 2018 年開始，世界金融局勢發生巨大的變化，2018 年開始美國與中國的貿易衝突加劇，雙方互相增加關稅與限制對方貨物的進出口，使得國際金融增加許多不確定性。2019 年底出現的新冠肺炎更是影響重大，不但發展成為影響全世界人類健康的重大傳染疾病，造成數億人染疫與數百萬人死亡，在這期間各國相繼祭出的防疫政策，例如封鎖邊境、限制人們外出工作、限制集會與旅遊等等，使得國際間的人員與貨物流動大幅減少，也造成許多產業停擺，更打亂產業的金融秩序。股市部分，2020 年 2 月至 3 月，全球股票價格大幅下跌，美股在 3 月經歷了前所未有的四次熔断；利率部分，美國聯準會在 2020 年 3 月 15 日一口氣將基準利率調降 100 個基點，至 0%-0.25% 之間，正式宣告零利率時代來臨；同時間代表短期利率水準的美國三個月期公債殖利率，從年初的 1.5% 左右，在 2020 年 3 月 3 日跌至 1% 以下，更在 3 月底出現了負利率；代表長期利率水準的美國十年期公債殖利率，也從 2020 年初的約 1.9% 水準，跌至 3 月最低時約 0.5% 的水準；商品市場部分，石油期貨在 2020 年 3 月跌至一桶 20 美元以下，更在 2020 年 4 月 20 日迎來了前所未有的負油價；因恐慌因素，黃金價格從 2020 年初的每盎司 1,520 美元水準，至 2020 年中已漲破每盎司 2,000 美元，漲幅達 1/3；而俗稱「恐慌指數」的 VIX 指數，也從 2020 年初的 13 左右，飆升至 2020 年 3 月 17 日的歷史最高點 82.69。

而因為經濟的衰退，美國於 2020 年也開始一連串的量化寬鬆政策，除降息、無限量購債、中小企業貸款計畫措施之外，還推出「一級市場公司信貸工具」(Primary Market Corporate Credit Facility, PMCCF)、「二級市場公司信貸工具」(Secondary Market Corporate Credit Facility, SMCCF)這類新的工具，讓原來不能購買 ETF、公司債的美國聯邦政府，可以對公司進行融資，以及實行定期資產擔保證券貸款機制(Term Asset-Baked Securities Loan Facility, TALF)對一般民眾進行借貸融資。改變對金融機構放寬補充槓桿率(Supplementary Leverage Ratio, SLR)的規定、調整超額準備金利率(Interest on Excess Reserve, IOER)和擴大隔夜逆回購操作(Overnight Reverse Repurchase Agreement, ON RRP)的交易量與交易對象來控制聯邦基準利率，這些一連串的非典型措施也都造成了金融世界的改變。

關於金融商品間的關聯性，過去已經有許多研究發表；然而在新冠疫情這種史無前例的全球重大公衛事件發生，以及隨之而來的量化寬鬆這種非典型政策影響下，可能已經使得各種金融商品間的關係，與過去的研究有著截然不同的結果。我們會好奇這種變化是否真實發生，改變為何，以及如何解釋背後的因素，此乃本研究的主要研究動機。

本研究共進行了三部分的實證研究，第一部分以時間序列分析法，配合不同時間頻率的資料，探討在 COVID-19 疫情前後六項主要金融商品價格間的外溢效果變化，以及可能的發生原因；第二部分以 COVID-19 確診人數波動率與死亡人數波動率，來探討疫情嚴重程度對六項主要金融資產波動率的影響；第三部分探討三項主要金融商品價格在疫情發生時是否有發生結構性變化，進而檢視我們將第一部分的討論分成兩個時間區間的合理性。最終我們發現六種主要金融商品在疫情前後彼此間關聯性的改變，提出對應的可能解釋，包含投資人信心的改變、避險情緒、產業停滯與消費減少、量化寬鬆政策所造成的資金充裕與通膨預期等等。同時我們也證實了疫情嚴重的變化程度對 S&P 500 股價指數、黃金期貨、美國十年期公債殖利率這三種金融資產的波動率產生直接影響，也證實在 2020 年 3 月到 8 月間，這三種金融商品的價格的確發生結構性改變。

貳、文獻回顧

近年來國內外探討金融商品價格外溢效果與金融指數關聯性的論文眾多，如黃旭淳(2006)、顏佳欣(2006)、陳柏芳(2012)、李松修(2012)、林嘉怡(2014)、徐正憲(2014)、延任(2022)、蘇柏元(2022)、吳華德(2022)、陳欣妤(2023)等人的研究，然而這些研究主要聚焦於特定的應變數或自變數，來解釋和其他金融商品或指數的交互關係，並非討論所有金融商品間的相互關聯性。有一些研究則探討所有採用的金融變數彼此之間的關係，如蕭建文(2009)、林宏銘(2010)、陳音怡(2012)、楊又嘉(2016)、蘇坤豐(2017)、陳美蓉(2017)、穆雪芬(2018)、曾羽榕(2020)、古傑士(2020)、蘇元助(2021)、陳威霖(2022)等人的研究，然而這些研究中，除陳音怡(2012)的研究之外，選擇的變數並未同時涵蓋股票、債券、匯率、與商品四大市場，且選擇的變數大多介於三至五種，對於解釋整體金融市場的代表性有限。

在 Covid-19 疫情發生之後，開始有一些研究聚焦於 Covid-19 疫情與金融商品關聯性，例如梁煜滿(2020)、魏天佑(2021)、陳浚明(2021)、陳慧容(2021)、梁貴婷(2022)、湯品娟(2022)等人的研究，其中梁煜滿(2020)的研究採取 Google 搜尋量指數(SVI)做為對疫情關注程度的代理變數，來探討股票市場外溢效果；魏天佑(2021)在研究中加入了疫情虛擬變數，來探討一些經濟指數對於美國十年期公債殖利率的影響；而紀佳妤(2022)的研究則導入了疫情的確診人數與死亡人數，探討新冠疫情對於美國股票市場的影響，其研究結果顯示在疫情初期，確診人數與死亡人數對股市呈現顯著的負向影響，但在長期來說呈現顯著的正向影響。在此我們可以看出，除了傳統的採用金融變數來討論彼此間關聯性之外，也可以加入非金融的變數來討論其對金融變數的影響；然可惜這些研究只討論了股市或是債市，對於其他金融市場並未多作著墨。

前述研究使用的方法，除了蘇柏元(2022)使用社會網路分析法之外，其他研究多半使用了多元迴歸方程式和時間序列研究法中的 VAR、VECM、GARCH 模型等等。而所探討的金融商品或是金融指標，不外乎分成股市、債市、匯市、商品市場、總體經濟指標這五大類。股市通常採用 S&P 500、道瓊工業指數、那斯達克、羅素指數，以及台灣或其他國家的主要股價指數。債市大多採用美國十年期公債，少部分採用投資級公司債指數。因為債市某種程度上可以代表利率，有些研究則採用美國三月期公債殖利率或是美國聯邦資金利率。匯市則大多採用美元指數做為代表，少部分採用美元貿易加權匯價指數，而一些聚焦於台灣的研究則直接使用美元兌新台幣匯率。商品市場最常見的代表則是黃金與石油，無論採用現貨價格、期貨價格或是 ETF 價格，代表的意義皆相近；另外少部分會採用綜合指標，例如 CBR 指數。總體經濟的指標，則有消費者物價指數、工業生產指數、失業率、貨幣供給額等等。

我們想要較為完整的探討金融商品市場彼此間互動關係，在選擇變數時盡量考慮涵蓋較多類型參數，但選擇太多參數又會使分析較為複雜，因此本研究選擇了最常見的 S&P 500 股價指數來代表美國股票市場；在債市中選擇較可代表基礎利率水準的美國三月期公債殖利率與可反應市場對景氣與通膨的看法的美國十年期公債殖利率；在匯市中選擇最常見的美元指數；在商品市場中選擇紐約商品交易所(NYMEX)的黃金期貨(GC)價格與西德州輕原油期貨(CL)價格，共採用了六種金融商品價格或指數進行後續研究分析。至於其他研究中常見的總體經濟指標，如消費者物價指數、工業生產指數、失業率、貨幣供給額等等，因時間頻率較長，通常在分析較長期效果時才使用，且本研究聚焦於金融商品價格的關聯性，因此不予選取。此外，由於本研究聚焦在於疫情期間金融商品的關聯性，自然也有興趣知道疫情本身對金融商品的影響，因此也採用了疫情每日確診人數、疫情每日死亡人數兩項非金融的參數來對上述六種金融商品進行分析。

在資料頻率部分，前述的大部分研究採用單一時間頻率，如日資料或月資料，只有黃旭淳(2006)同時採用日資料與月資料。同期間的數據序列，若以不同的時間頻率來分析，經常會得到不同的研究結論，因此本研究同時採用日資料與週資料來進行分析，如此一來可捕捉到相同期間不同資料頻率所代表的意義，並交互對照來進行解釋。

此外，在時間序列分析中，若分析資料的數據期間有發生結構性轉變時，直接以全期間數據進行分析，有可能因為抵銷的效應，喪失某些特定區間的特性，特別是研究聚焦於某些特定事件對金融市場的影響時。因此前述提及的文獻中，有些研究會對資料區間進行分段，分段的方式有些是根據實際發生的金融事件來人工判定，例如蕭建文(2009)的研究中，就以次級房貸發生的時間點，分別討論次貸風暴前、次貸風暴後、全樣本三

個時間區間；曾羽榕(2020)的研究則分成金融危機前、金融危機後兩個區間；蘇柏元(2022)將研究區間定義成網路科技泡沫、全球金融危機牛市、全球金融危機衰退、寬鬆貨幣等四個時期；陳威霖(2022)的研究分為第一次 QE 前、第一次 QE 期間、第一次 QE 後、無限量 QE 期間四個時期；湯品娟(2022)的研究以 2020 年 3 月 11 日做為新冠疫情的分界點。然而這些研究定義的事件發生時間點皆由研究者人為設定，乃採用自由心證，一旦選擇的切分點稍有變動，經常會得出不同的分析結果。有些研究會透過結構變動檢定來判定結構轉換點，如陳慧容(2021)的研究就發現新冠疫情期間 S&P 500 指數有三個結構變動點；梁貴婷(2022)的研究以結構改變檢定將資料分為多個子區間。另外有些研究則假設研究區間內已經有發生結構變動，所以直接使用非線性的 STAR 模型或是馬可夫模型來進行分析解釋，如顏佳欣(2006)、李松修(2012)、吳華德(2022)的研究採用 STAR 模型，徐正憲(2014)的研究採用馬可夫轉換模型，陳浚明(2021)的研究則使用平滑轉移 GARCH 模型。因本研究旨在研究新冠疫情前後的金融商品價格互動，因此將研究區間分為疫情前與疫情後兩區間，分別予以討論，並在最後使用三種結構性變動檢定法，以及非線性的 STAR 模型，實證以特定時間點將數據區分成此兩區間的合理性。

參、研究方法

本研究主要分為三部分，分別為新冠疫情前後各金融商品價格間的外溢效果變化、疫情期間確診人數與死亡人數對主要金融資產波動率的影響、主要金融商品在疫情前後(全區間)所發生的結構性變化。在第一與第二部分，研究流程如圖 1。在選定要討論的研究變數後，將研究變數的時間序列依照時間對齊，接著對所有時間序列進行單根檢定，若無單根則直接以向量自我迴歸模型進行分析；若其中有時間序列具有單根，則進行共整合檢定，對於具有共整合向量的情形，使用向量誤差修正模型進行分析；對於不具有共整合向量的情形，則將具有單根的時間序列差分至定態後，使用向量自我迴歸模型進行分析。在第三部分，研究流程如圖 2。在選定要討論的研究變數與時間序列對齊後，根據要討論的不同應變數，分別進行兩種分析。第一種分析為結構性變動點檢測，先對應變數進行非線性最小平方迴歸，觀察各項參數的顯著程度，逐一去除不顯著的參數，直至所有參數皆為顯著，接著使用 Quandt-Andrews 測試、Bai-Perron 測試等方法，來偵測結構性變動發生的時間點，並進行解釋。第二種為平滑轉換自我迴歸模型分析，先使用所有時間序列建立向量自我迴歸模型以找出最適落後期數，接著使用這個最適落後期數，對所選定的應變數建立平滑轉換自我迴歸模型，然後逐一去除統計上不顯著的參數，最後觀察轉換速度、轉換門檻值，並估計大約的轉換時間點並進行解釋。

在單根檢定的部分，常用的有 Augmented Dickey-Fuller 檢定(Said & Dickey, 1984)與

PP 單根檢定(Phillips & Perron, 1988)，本研究採用 ADF 單根檢定。

在探討各種變數間的因果關係部分，Sims(1980)所提出的向量自我迴歸模型(Vector Autoregression Model, VAR model)是一種常見的計量經濟模型，也是本研究主要採用的方式之一，標準的形式為 $Y_t = c + A_1Y_{t-1} + A_2Y_{t-2} + \cdots + A_pY_{t-p} + \epsilon_t$ ，其中 Y_t 是在時間 t 時要探討的變數向量， Y_{t-p} 代表其前 p 期的值，兩者大小皆為 $n \times 1$ ， n 為變數的數量， p 為考慮落後的階數。 c 是一個大小為 $n \times 1$ 的常數向量， A_i 是一個大小為 $n \times n$ 的係數矩陣， ϵ_t 是一個大小為 $n \times 1$ 的誤差向量，其平均值為 0，共變異數矩陣為半正定矩陣，自我共變數為 0。

當兩個以上的時間序列為非定態時，根據陳旭昇(2013)的說法，隨機趨勢對迴歸分析的結果可能呈現小樣本向下偏誤、自我迴歸係數的 t -統計量的極限分配不為標準常態分佈、或是虛假迴歸(spurious regression)這三種問題，因此要改以向量誤差修正模型(Vector Error Correction Model, VECM)來分析，一個標準的向量誤差修正模型可表達為 $\Delta Y_t = \Gamma_1\Delta y_{t-1} + \Gamma_2\Delta y_{t-2} + \cdots + \Gamma_{p-1}\Delta y_{t-p+1} + \Pi y_{t-p} + \epsilon_t$ ，其中 Πy_{t-p} 是誤差修正項， Π 為衝擊矩陣，是落後項係數的線性組合。檢定代表隨機趨勢的定態(stationary)一般採用 Engle-Granger 二階段共整合檢定法(Engle & Granger, 1987)或是 Johansen 共整合檢定法(Johansen, 1988)，本研究採用 Johansen 共整合檢定法。

在建立 VAR 模型時，最適落後期數的選擇至關重要。一般使用的方式有赤池訊息量準則(Akaike information criterion, AIC) (Akaike, 1974)或貝氏訊息量準則(Bayesian information criterion, BIC or Schwarz Information Criterion, SIC) (Schwarz, 1978)兩種。相較於 AIC，BIC 傾向於選擇落後期數較少之精簡模型，實務操作上，研究者通常直接選定兩者其一使用，本研究主要採用 AIC 準則。

在實證模型中，因為各變數之間不一定為互不影響的獨立變數，因此要先釐清變數間的因果關係，我們使用 Granger(1969)提出的因果關係檢定來釐清變數間的因果關係。

在檢驗時間序列是否有發生結構性的轉變部分，Chow(1960)所提出的 Chow 檢定，可以檢驗在某個特定的時間點，時間序列是否有發生結構性的變化。Quandt(1960)建議可以將序列中的每一個時間點都當成可能的變動點來進行 Chow 檢定，然後取最大 Chow 統計量的時間點作為變動點，此即 Max-Chow 統計量，或又稱為 Sup-F 統計量。Andrews(1993)計算出 Sup-F 統計量漸進分配的臨界值，就能夠在未知結構性變動點的狀況下，找出最有可能的結構性變動點，此方法稱為 Quandt-Andrews 測試。至於時間序列是否有發生多次結構性改變，Bai & Perron(1998)提出兩種推定方法，稱為 double maximum 檢定，之後 Bai & Perron(2003a, 2003b)先後提出四個結構轉變點的逐步程序檢

定法(Sequential method)，這套方法可以找到兩個以上變數的結構轉變點數量與位置。

關於時間序列的結構轉換模型，常見的有馬可夫轉換模型(Markov-Switching Model)、門檻自我迴歸模型(Threshold Autoregressive Model, TAR)、以及平滑轉換自我迴歸模型(Smooth Transition Autoregressive Model, STAR)。我們使用 Granger & Teräsvirta(1993)及 Teräsvirta(1994)所提出的平滑轉換自我迴歸模型(STAR)，因為前兩者的轉換是離散的，而 STAR 假設狀態的轉換是逐漸發生的，較符合真實世界的情形。

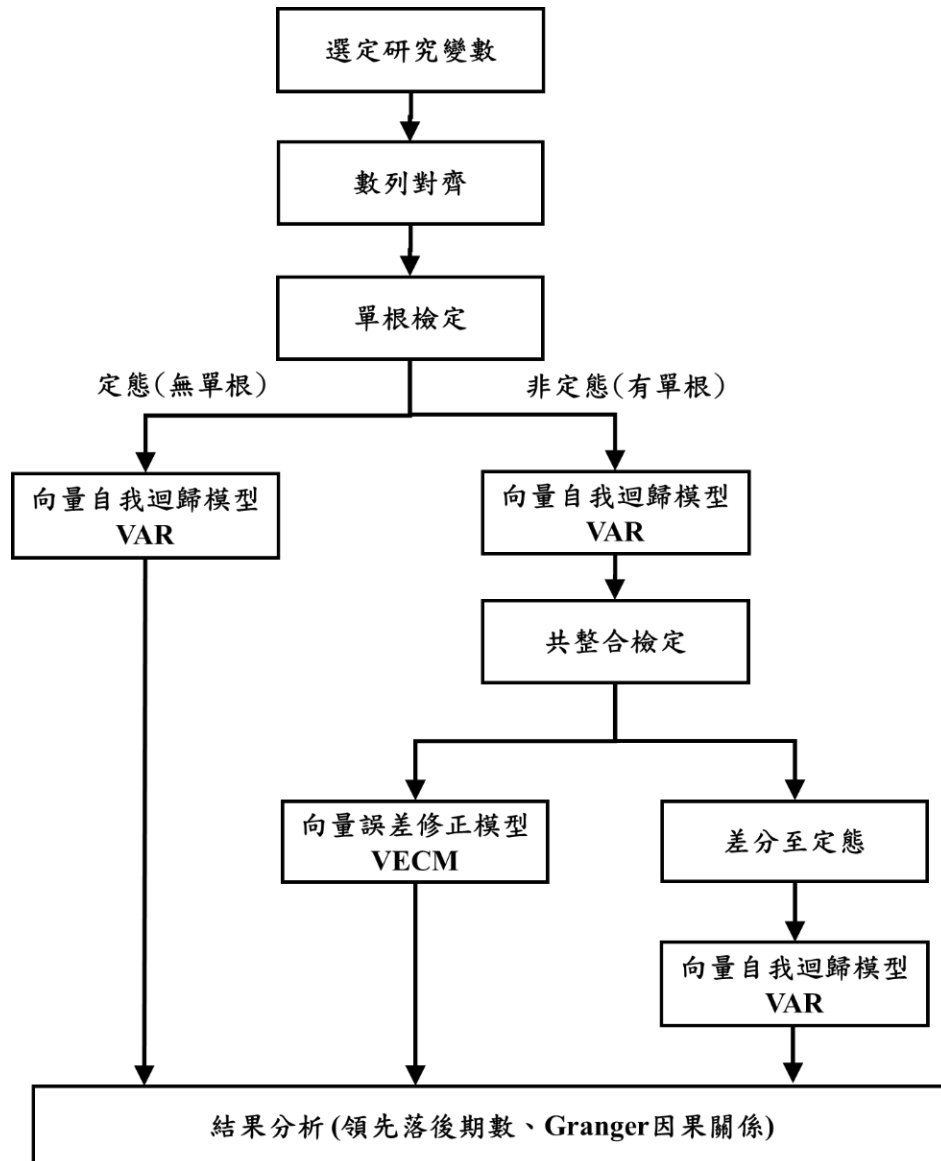


圖 1 金融商品與疫情參數外溢效果之研究流程

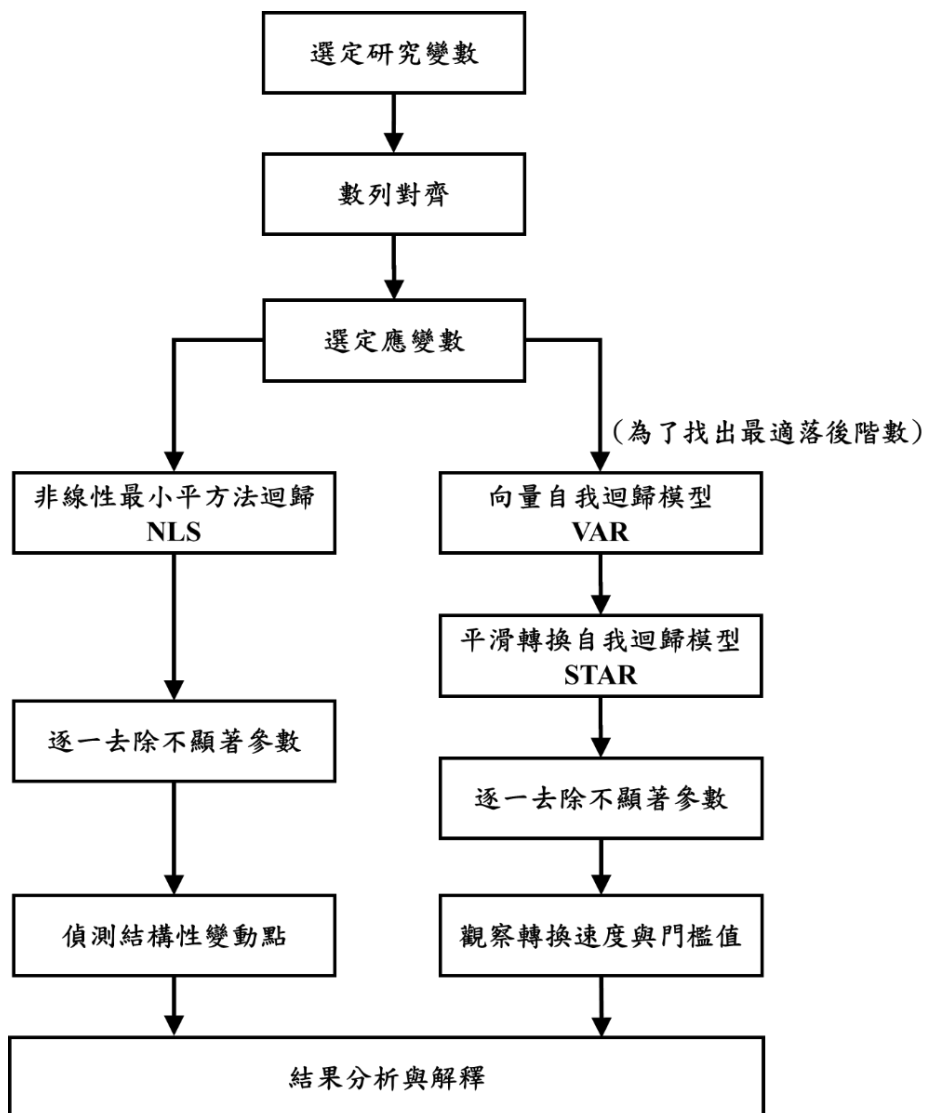


圖 2 金融商品價格結構性變化之研究流程

肆、研究變數與樣本蒐集

本研究採用美國 S&P 500 指數、美國十年期公債殖利率、美國三個月期公債殖利率、黃金期貨、石油期貨、美元指數等六項主要金融商品的數據，另外還採用 COVID-19 確診人數與死亡人數這兩項疫情相關數據；在資料頻率部分，同時採用日資料和週資料來交互比對；在資料區間部分，採取 2010 年 1 月至 2022 年 12 月總共 13 年的資料作為全樣本，並以 2020 年 3 月 23 日作為疫情的分界點，將樣本切為疫情前與疫情後兩個子樣本。會選取這時間點為疫情分界點，是因為自從 2019 年底新冠肺炎被發現之後，各地陸

續傳出疫情，人們漸漸開始認知到此疫情很可能會造成全球大流行，而在 2020 年 2 月 28 日，世界衛生組織宣布將此肺炎疫情的全球風險級別由「高」上調至「非常高」；2020 年 3 月 11 日，世界衛生組織宣布此次疫情已構成「全球大流行」；¹2020 年 3 月 23 日，世衛組織總幹事譚德賽警告，新冠肺炎大流行呈加速傳播趨勢，目前確診病例超過 30 萬例，全世界幾乎每個國家都報告了感染病例。²同時，受此疫情與油價崩跌的影響，美股分別在 3 月 9 日、3 月 12 日、3 月 16 日、3 月 18 日經歷了四次熔断，顯示金融環境也遭遇了巨大的變動。因此我們設定疫情開始大流行且開始影響金融的分界點為 2020 年 3 月。此外，根據我們取得的疫情統計資料，美國於 2020 年 3 月 23 日單日確診人數突破一萬，3 月 24 日總確診人數突破五萬，死亡人數破千，在此之前的確診人數與死亡人數都相對少，選取這一天之後的資料進行分析統計，較不會受到數字過小而變動過大的影響。

由於在各項實證時所採用的變數、資料頻率、時間區間不盡相同，所以特將三部分實證會用到的時間序列統整在表 1 至表 3 之中。這些資料中，六項主要金融商品的日資料來源為 <https://www.investing.com/>，³ COVID-19 確診人數與死亡人數的日資料來源為 <https://covid-19.nchc.org.tw/>，⁴其中因為我們討論的股市、匯市與公債皆為美國數據，因此疫情資料部份我們也只採取美國本土統計數據。週資料來源為自行整理，乃將上述的日資料中，屬於同一週的日資料數據平均而來。另外我們對樣本進行了樣本對齊，也就是必須在同一天同時具有各項數據的樣本，才會被採計，若當天有某項數據或缺，則當天的樣本則不採計。如此一來疫情前日資料為 2,568 筆，週資料為 533 筆；疫情後日資料為 698 筆，週資料為 145 筆；全期間的日資料為 3,266 筆，週資料為 678 筆。

¹ https://zh.wikipedia.org/zh-tw/2019_冠狀病毒病疫情

² https://zh.wikipedia.org/zh/2019_冠狀病毒病疫情時間軸

³ S&P 500 指數(SPY)：<https://www.investing.com/indices/us-spx-500>

三個月期公債殖利率：<https://www.investing.com/rates-bonds/u.s.-3-month-bond-yield>

十年期公債殖利率：<https://www.investing.com/rates-bonds/u.s.-10-year-bond-yield>

黃金期貨(GC)：<https://www.investing.com/commodities/gold>

石油期貨(CL)：<https://www.investing.com/commodities/crude-oil>

美元指數(DXY)：<https://www.investing.com/indices/usdollar>

⁴ 此網站為台灣政府所設，可下載台灣與世界上其他國家的數據。先選至美國數據 https://covid-19.nchc.org.tw/2023_country_confirmed.php?mycountry=USA，再使用網站提供的 API，下載確診報表 https://covid-19.nchc.org.tw/api.php?dt_name=27&iso=USA 以及死亡報表 https://covid-19.nchc.org.tw/api.php?dt_name=29&iso=USA

表 1 探討各項主要金融商品價格外溢效果所使用之時間序列

研究變數	資料頻率	資料區間	序列代號	樣本數
S&P股價加權指數	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	STK_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	STK_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	STK_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	STK_W2	145
美國三個月期公債殖利率	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	R3M_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	R3M_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	R3M_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	R3M_W2	145
美國十年期公債殖利率	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	R10Y_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	R10Y_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	R10Y_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	R10Y_W2	145
黃金期貨	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	GLD_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	GLD_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	GLD_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	GLD_W2	145
原油期貨	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	OIL_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	OIL_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	OIL_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	OIL_W2	145
美元指數	日資料	2010/1/4--2020/3/23 (疫情前)	USD_D1	2568
		2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	USD_D2	698
	週資料	2010/week1--2020/week12 (疫情前)	USD_W1	533
		2020/week13--2022/week52 (疫情後)	USD_W2	145

表 2 探討 COVID-19 確診人數波動率與死亡人數波動率對各項主要金融資產波動率影響所使用之時間序列

研究變數	資料頻率	資料區間	序列代號	樣本數
S&P股價加權指數波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	STK_V	698
美國三個月期公債殖利率波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	R3M_V	698
美國十年期公債殖利率波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	R10Y_V	698
黃金期貨波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	GLD_V	698
原油期貨波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	OIL_V	698
美元指數波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	USD_V	698
Covid-19 確診人數波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	COVC_V	698
Covid-19 死亡人數波動率	日資料	2020/3/24--2022/12/30 (疫情後)	COVD_V	698

表 3 探討主要金融商品價格在全期間結構性變化所使用之時間序列

研究變數	資料頻率	資料區間	序列代號	樣本數
S&P 股價加權指數	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	STK_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	STK_WA	678
美國三個月期公債殖利率	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	R3M_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	R3M_WA	678
美國十年期公債殖利率	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	R10Y_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	R10Y_WA	678
黃金期貨	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	GLD_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	GLD_WA	678
原油期貨	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	OIL_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	OIL_WA	678
美元指數	日資料	2010/1/4--2022/12/30 (全期間)	USD_DA	3266
	週資料	2010/week1--2022/week52 (全期間)	USD_WA	678

伍、實證結果與分析

在開始分析之前，需先分析使用的所有實證數列是否為定態時間序列。本研究使用 ADF 檢定法來做單根檢定，結果顯示，在表 1 的 24 個時間序列中，只有 R3M_D2 為 I(2) 序列，其他皆為 I(1) 序列；在表 2 的 8 個時間序列中，GLD_V、USD_V、COVC_V、COVD_V 這四個序列為 I(1) 序列，其他四個序列 STK_V、R3M_V、R10Y_V、OIL_V 為 I(0) 序列；而在表 3 的 12 個時間序列則皆為 I(1) 序列。單根檢定結果將會影響後續使用 VAR 或是 VECM 進行分析。以下說明三部分實證研究的過程與結果。

一、主要金融商品價格的外溢效果

本研究使用表 1 的六種金融變數的疫情前日資料、疫情後日資料、疫情前週資料、疫情後週資料，分別建立 VAR 或 VECM 分析，取 Granger 因果關係顯著的影響因子，紀錄 VAR 或 VECM 參數的最近落後期數與迴歸係數，得到的結果統整在表 4 之中。其中疫情前日資料的落後最適期數為 11 期，經過 Johenson 檢定得知並無共整合向量存在，於是以六個時間序列的一階差分(其中因為 R3M_d2 為 I(2) 序列，所以使用二階差分)進行 VAR 分析；疫情後日資料的落後最適期數為 7 期，Johenson 檢定顯示有一組共整合向量，於是使用 VECM 進行分析；疫情前週資料的落後最適期數為 3 期，Johenson 檢定顯示無共整合關係存在，於是以六個時間序列的一階差分進行 VAR 分析；疫情後週資料的落後最適期數為 9 期，Johenson 檢定顯示有 3 組共整合向量，於是使用 VECM 進行分析。以上分析在最適落後期數部分，本研究使用 AIC 為指標；Johenson 共整合檢定部分，採用

Max-Eigenvalue 的檢定結果；而顯著性部分，採取 95%顯著為基準。

表 4 的解讀，橫向為應變數，縱向為自變數，Period 1 代表疫情前，Period 2 代表疫情後，如此一來同時觀察鄰近的四格，就可以得知在不同的時間區間(疫情前或疫情後)與資料頻率(日資料或週資料)下，某變數對另一變數的因果關係。舉例來說，觀察表 4 橫向應變數的 STK 與縱向自變數的 R10Y，可以得到日資料顯示疫情前 R10Y 領先 STK 三期，係數為-29.06035，疫情後則沒有領先關係；而週資料顯示疫情前 R10Y 沒有領先 STK，但疫情後 R10Y 領先 STK 二期，係數為-339.5483。同時觀察橫向應變數的 R10Y 與縱向自變數的 STK，可以得到日資料顯示疫情前 STK 領先 R10Y 一期，係數為-0.000237，疫情後沒有領先關係；而週資料顯示疫情前 STK 沒有領先 R10Y，但疫情後 STK 領先 R10Y 一期，係數為 0.000360。如此一來，我們可以藉由觀察此八個相互關係值，來分析解讀 STK 與 R10Y 這兩項金融商品，在長短期資料頻率、疫情前後的領先落後關係變化。

由上述的觀察方法，在表 4 裡分別檢視兩兩金融商品，共有 15 種組合，針對具有關連性的部分，發現了以下結果：

(一) 三個月期公債殖利率

三個月期公債殖利率可看成是基礎利率，而其他主要金融資產與基礎利率有相關是很直觀的現象，這可以解釋在疫情前，三個月期公債殖利率領先大部分金融資產，且領先幅度在一到二週之間；而在疫情後，這些領先關係要不是消失，就是期數拉長，主要可能原因為疫情開始發生之後，美國政府為了刺激衰頹的經濟，開始施行 QE 政策，由人為強力地干預利率，使得其他金融資產與基礎利率逐漸脫鉤。

(二) 股市(S&P 500 指數)與十年期公債的關係

疫情前的日資料，十年期公債殖利率和 S&P 500 指數互為影響，但在疫情後，這個領先落後的關係消失了。在週資料部分卻相反，疫情前兩者沒有領先落後關係，但在疫情後，兩者互為影響。由於股市和債市是最大的兩個金融市場，彼此之間的資金流動頻繁，因此兩者之間有相互影響關係是合理的，上面的結果顯示在疫情後，由於金融情勢不明朗，投資人轉趨保守，所以在兩種資產之間的轉換頻率拉長，由一至三天拉長為一至二週。

(三) 股市(S&P 500 指數)與商品市場(黃金、石油)的關係

從疫情前的日資料可看到 S&P 500 指數領先黃金期貨與石油期貨，在疫情後這個關

係消失了。在週資料卻相反，疫情前 S&P 500 指數沒有領先黃金期貨與石油期貨，疫情後 S&P 500 指數領先黃金期貨和石油期貨。這說明股市對黃金、石油等商品市場有所影響，而這個影響在疫情前是較為快速的，疫情發生後這個影響的時間間隔變長了，且由正向影響轉變為負向影響。原因可能是疫情發生後投資人趨於保守，觀望氣氛濃厚，資產轉換週期變長。且疫情期間投資人擔憂經濟放緩，避險心態強烈，黃金作為主要避險工具，投資人傾向將資金轉往投資黃金，使得 S&P 500 指數對黃金呈現負向影響。在疫情後，石油期貨和 S&P 500 指數的關係轉為互相回饋。可能因為疫情發生後，為避免人與人的接觸會加速疫情傳播，一些產業開始停擺，人們也變得不出門了，對石油等原物料的實質需求下降，造成油價下降，而這期間沙烏地阿拉伯與俄羅斯為爭取石油市場的份額，擴大生產展開油價大戰，更進一步使石油價格維持在低檔，甚至出現史無前例的負油價。同時股市在 QE 政策的激勵下，市場資金充裕，推升股市上升，因而有此反向的互相回饋關係。

(四) 匯市(美元指數)和股市(S&P 500 指數)的關係

首先可看出股市與匯市的交互影響是較為短期的，股市波動快，對匯率的反應敏感，因此關聯性只出現在日資料。其次，美元指數影響股市，疫情前為負，疫情後為正，因為 2010 年到 2015 年底美國有一大段接近零利率的時期，美元因而走弱，但股市已經漸漸從 2008 年的金融風暴後復甦，兩者為負相關。疫情發生後，信心因素較為強烈，當美元強勢，代表外國對美國有信心，資金進入美國，股市跟著強；反之當美元弱勢，代表資金離開美國，股市跟著弱，因此為正相關。第三，疫情後股市負向影響美元指數，一般來說，若將美金看作一種資產，當股市下跌時，投資人會將資金轉進黃金或是美元，因此股市與美元呈現負相關。

(五) 匯市(美元指數)和十年期公債殖利率的關係

首先，無論在日資料或週資料，疫情前或疫情後，十年期債券殖利率對美元指數有明顯的正向影響。十年期債券殖利率可反映市場情緒，代表對未來利率與景氣的預期，因此當投資人對未來利率樂觀時，美元也相對受歡迎。同時，當債券利率上漲時，可能會促使外國投資人買進美元來投資美國公債，造成美元指數上漲。其次，美元指數在疫情後開始對十年期公債殖利率產生正向影響，疫情前期因 QE 的關係，美國降息並增加貨幣供給，美元走弱，投資人情緒對未來利率悲觀，加上美國大量購債，使債券殖利率也走弱。後期因疫情已漸漸被控制住，對通膨的預期心理使美元回升，投資人對未來轉為樂觀，帶動債券殖利率上升。

(六) 匯市(美元指數)和商品市場(黃金、石油)的關係

從本研究的結果來看，美元指數和黃金期貨並無明顯關係。而石油期貨則單向影響美元指數，疫情前後轉換時間拉長，且由負轉正。石油是工業必需品，石油價格上漲會對企業經營帶來壓力，當企業預期收益減少，代表美國經濟不好，美元會呈現弱勢，因此為負相關。疫情發生後許多產業與國際貿易開始停滯，對石油的需求也減少，油價本該下跌，而當油價開始上升時，代表產業景氣可能復甦，因此美元開始強勢，因此為正相關。但因為疫情間市場較為保守，此效果影響的期間較為中長期。

(七) 十年期公債殖利率和商品市場(黃金、石油)的關係

十年期公債殖利率與黃金價格呈現反向關係，因為一般而言，當利率上升時，投資人會傾向將資金投入較高收益的資產，而公債與黃金都屬於避險型的資產，因此對於無息的黃金需求會降低。週資料顯示在疫情前十年期公債殖利率負向領先黃金價格，在疫情後這個關聯性消失了，可能原因為疫情發生後美國施行 QE，長期來講會帶來通貨膨脹，此時利率的上漲必須扣除通膨帶來的壓力，且對未來的不確定性所帶來的避險需求，使得投資人對於黃金的興趣並未因利率上漲而消失。換句話說，投資人因通膨預期與避險需求的緣故，使得黃金在疫情後的漲勢不受十年期公債殖利率的影響。

十年期公債殖利率與石油價格沒有特別明顯的關聯性，只有在週資料顯示疫情前十年期公債殖利率正向領先油價。因為債券殖利率上漲通常代表景氣相對好，連帶對石油的需求也會增加，進而使油價上升。

(八) 黃金與石油的相互關係

在黃金與石油價格的部分，從日資料可以看出疫情前後石油價格都受到黃金價格的影響，但黃金價格不受到石油價格的影響。黃金價格與石油價格往往呈現正相關，因為當石油價格上漲時，可能引發通膨，人們為了抵禦通膨，會購入黃金保值，使得黃金價格也上漲。但影響黃金價格的因素較多，所以呈現黃金單向影響石油的結果。

綜合以上觀察，我們發現金融資產間的關聯性非常複雜，特別是在疫情發生前後，經由不同資料頻率的觀察，其關聯性的變化更是有許多解釋的空間。

表 4 六項主要金融商品領先落後關係—日資料與週資料統整

		STK		R3M		R10Y		GLD		OIL		USD	
		Period 1	Period 2	Period 1	Period 2	Period 1	Period 2	Period 1	Period 2	Period 1	Period 2	Period 1	Period 2
STK	day	--	--	1 -0.0000942		1 -0.000237		1 0.052098		1 0.003074			1 -0.002588
	week	--	--	1 0.000383	1 0.000269		1 0.000360		6 -0.197319		2 -0.022609		
R3M	day	1 -64.46538		--	--	2 0.163486	4 0.193084		4 -70.64250	3 4.251596			
	week	1 343.5555		--	--	1 0.295613		2 111.3704		1 11.57506	3 17.15789	2 -4.806985	
R10Y	day	3 -29.06035				--	--	1 -27.99274	1 -39.20610			1 0.425673	1 1.094078
	week		2 -339.5483			--	--	1 -54.33631		2 3.640825		1 1.054595	2 2.296880
GLD	day							--	--	4 -0.005840	1 0.022713		
	week							--	--				
OIL	day			9 -0.001001						--	--	7 -0.020878	
	week		1 -4.319971		2 0.003377					--	--		7 0.046483
USD	day	1 -3.137713	3 10.43749				1 0.014645					--	--
	week						6 0.043401					--	--

Note：每格內第一列為領先期數(取最近領先期數)，第二列數字為 VAR/VECM 顯著之迴歸係數(取最近領先期數)疫情對主要變數的影響

二、疫情對主要變數的影響

在實證的第二部分，本研究將探討新冠疫情的確診人數、死亡人數對六項主要金融商品是否有影響關係。本研究採用表 2 中的確診人數波動率 COVC_V、死亡人數波動率 COVD_V，分別配合六項主要金融商品價格的波動率，進行 VECM 分析，以確定彼此間是否有 Granger 因果關係與領先落後關係。此處的波動率皆為日資料的五日波動率。

從表 5 可看出，在確診人數波動率與死亡人數波動率分別與六種金融商品波動率建立的六組 VECM 模型之中，COVC_V 和 COVD_V 之間皆可觀察到有強烈的互為因果關係，COVC_V 領先 COVD_V 二期，COVD_V 領先 COVC_V 一期，此結果符合我們直觀的預期，即確診人數與死亡人數之間有緊密的關聯性。我們將確診人數波動率、死亡人數波動率和主要金融商品的關係取出，統整在表 6 之中，圖 3 則呈現了實證使用的八個變數的波動率，做為觀察的參考。

表 5 六種金融商品波動率與確診人數波動率、死亡人數波動率之領先落後關係

(a) S&P 500 股價指數波動率 STK_V

Excluded	Dependent Variable		
	STK_V	COVC_V	COVD_V
STK_V	--	[0.3704]	[0.6134]
COVC_V	COVC_V(-8) 0.003651 (2.95155) [0.0001]	--	COVC_V(-2) -0.292014 (-3.87840) [0.0000]
COVD_V	COVD_V(-1) -0.002037 (-2.06412) [0.0002]	COVD_V(-1) -0.204755 (-4.62298) [0.0000]	--

(b) 美國三個月期公債殖利率波動率 R3M_V

Excluded	Dependent Variable		
	R3M_V	COVC_V	COVD_V
R3M_V	--	[0.7585]	[0.9468]
COVC_V	[0.9254]	--	COVC_V(-2) -0.318615 (-4.52963) [0.0000]
COVD_V	[0.9579]	COVD_V(-1) -0.201001 (-4.89857) [0.0000]	--

(c) 美國十年期公債殖利率波動率 R10Y_V

Excluded	Dependent Variable		
	R10Y_V	COVC_V	COVD_V
R10Y_V		[0.4009]	[0.3933]
COVC_V	[0.4047]		COVC_V(-2) -0.324516 (-4.77530) [0.0000]
COVD_V	[0.7468]	COVD_V(-1) -0.202236 (-4.96897) [0.0000]	

(d) 黃金期貨波動率 GLD_V

Excluded	Dependent Variable		
	GLD_V	COVC_V	COVD_V
GLD_V		[0.9794]	[0.9247]
COVC_V	[0.7377]		COVC_V(-2) -0.325343 (-4.61609) [0.0000]
COVD_V	[0.9099]	COVD_V(-1) -0.212800 (-4.99225) [0.0000]	

(e) 石油期貨波動率 OIL_V

Excluded	Dependent Variable		
	OIL_V	COVC_V	COVD_V
OIL_V		[0.6203]	[0.8714]
COVC_V	[0.9646]		COVC(-2) -0.318413 (-4.54608) [0.0000]
COVD_V	[0.8906]	COVD_V(-1) -0.205698 (-5.00773) [0.0000]	

(f) 美元指數波動率 USD_V

Excluded	Dependent Variable		
	USD_V	COVC_V	COVD_V
USD_V		USD_V(-3) 10.47932 (2.00959) [0.0305]	USD_V(-5) -14.68568 (-2.10324) [0.4055]
COVC_V	COVC_V(-4) 0.001609 (3.69094) [0.0000]		COVC_V(-2) -0.287063 (-3.90785) [0.0000]
COVD_V	COVD_V(-4) -0.001421 (-3.96437) [0.0040]	COVD_V(-1) -0.169267 (-3.75379) [0.0003]	

Note 1：數字為 VECM 顯著之參數(取最近領先期數)

Note 2：()內為 VECM 顯著之參數的 t 檢定值(t-statistics)

Note 3：[]內為 Granger 因果關係之 p-value

Note 4：粗體為 VECM 參數與 Granger 因果關係同時顯著者(95%顯著)

從表 6 可觀察到 COVC_V 和 COVD_V 都領先 S&P 500 指數波動率 STK_V。當確診人數與死亡人數短期波動大時，代表此時為疫情較為不明朗的時期(並不一定是疫情較為嚴重或是較為趨緩)，投資人不确定未來疫情會漸趨嚴重或是好轉，這種對未來局勢發展的不確定性，會影響投資人的信心，使得股市的波動也變大，此時投資股市的風險相對也較大。COVC_V 和 COVD_V 也都領先美元指數波動率 USD_V，因疫情不明朗，會影響全球投資人對美國經濟的信心，連帶使得美元匯率產生波動，此時若要操作美元的風險也會較大。

至於另外四項金融資產，其中利率和石油價格人為操縱的因素較大，特別是疫情期間美國實行 QE，由 FED 控制了基礎利率在低檔，因此與疫情狀況脫鉤符合我們的預期。黃金和十年期公債殖利率的部分，當 COVC_V 和 COVD_V 波動變大時，疫情不明朗，投資人傾向於將資產轉往避險性資產，有可能會導致黃金價格和十年期公債殖利率上升，但這兩者的波動率卻不一定會上升，也就是投資此兩種資產的風險不一定會變大。

簡而言之，在疫情狀況不明朗的時候，S&P 500 指數波動率和美元指數波動率會上升，代表投資人對市場的疑慮；但當投資人對市場有疑慮時，避險情緒會將資金帶往黃金與十年期公債，造成價格上升而並非波動率上升。至於受到人為操縱成分較大的利率和石油價格，則可能不那麼直接地受到疫情波動的影響。

表 6 確診人數波動率、死亡人數波動率對六項金融商品波動率之領先關係

Dependent Variable		STK_V	R3M_V	R10Y_V	GLD_V	OIL_V	USD_V
Lag		12	8	8	8	8	12
Included Variable	COVC_V	COVC_V(-8) 0.003651 (2.95155) [0.0001]	[0.9254]	[0.4047]	[0.7377]	[0.9646]	COVC_V(-4) 0.001609 (3.69094) [0.0000]
	COVD_V	COVD_V(-1) -0.002037 (-2.06412) [0.0002]	[0.9579]	[0.7468]	[0.9099]	[0.8906]	COVD_V(-4) -0.001421 (-3.96437) [0.0040]

Note 1：數字為 VECM 顯著之參數(取最近領先期數)

Note 2：()內為 VECM 顯著之參數的 t 檢定值(t-statistics)

Note 3：[]內為 Granger 因果關係之 p-value

Note 4：粗體為 VECM 參數與 Granger 因果關係同時顯著者(95%顯著)

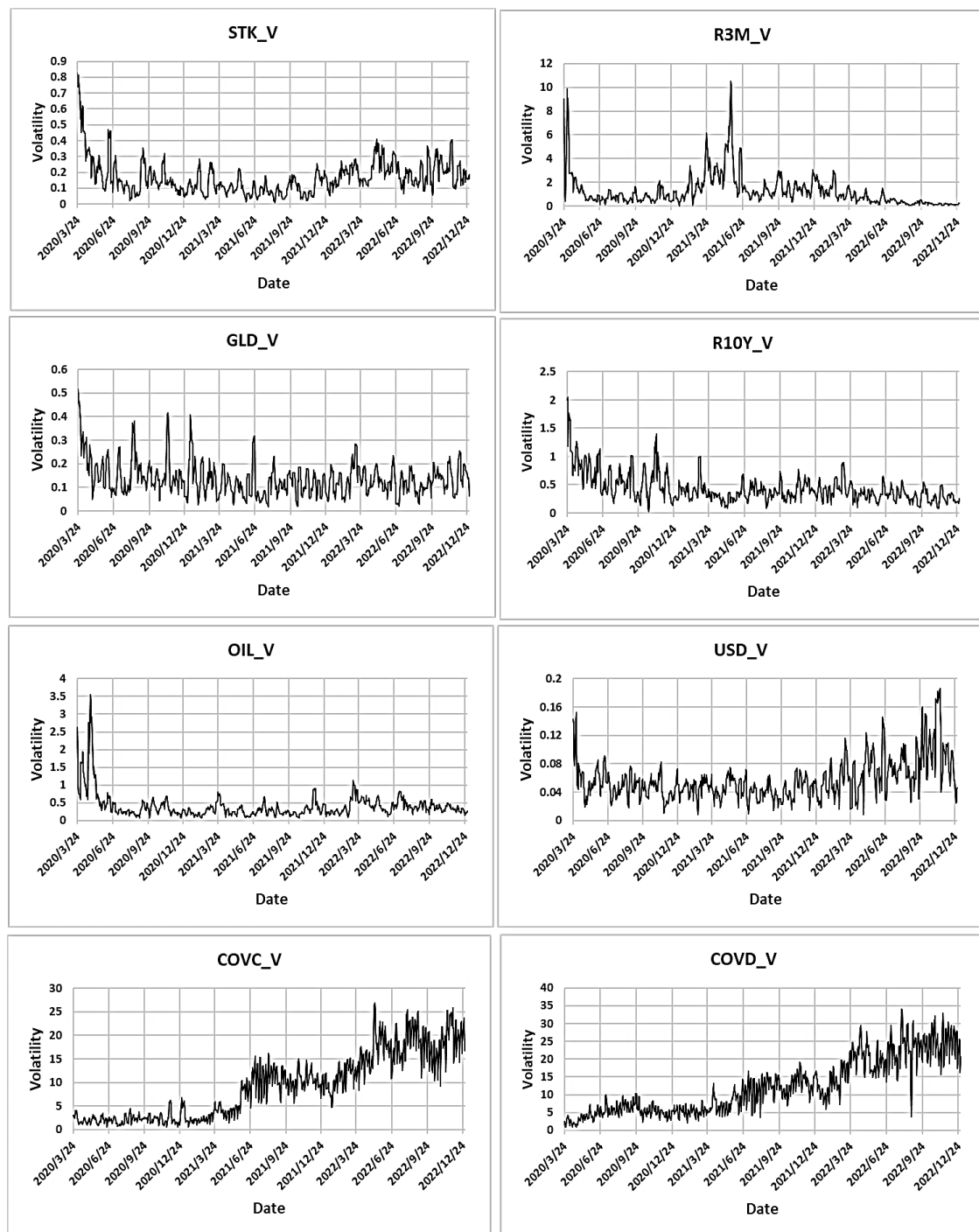


圖 3 確診人數波動率、死亡人數波動率與六項金融商品波動率

三、結構性轉變

第三部分的實證探討在疫情發生的前後，金融商品價格是否發生了結構性的改變。本研究主要採取兩種不同的分析法，其一為傳統的結構性轉變檢定法，其二為平滑轉換自我迴歸模型(STAR)。在應變數的選擇部分，選擇 S&P 500 股價指數、美國十年期公債殖利率、黃金期貨價格這三者作為應變數，因為股市是最受市場機制影響的商品，十年期公債殖利率關係著投資人期望的報酬，亦為市場機制決定的系統；而影響黃金價格的因素雖然很多，其中避險需求為一個主要的因素，我們嘗試找到黃金價格結構是否在新冠疫情期間有所轉變的實證。本研究中的其他三種金融商品中，美國三個月期公債殖利率接近於基礎利率，基本上隨著美國聯準會的公告來決定，人為因素強烈；石油價格雖然有市場因素，但產油國的供給面亦有強烈地人為決定成分；美元指數可代表匯率，雖然為市場機制決定，但通常為分析其他因子時的控制變數，因此我們著重在討論前三者金融商品價格的結構變化。

(一) 結構性轉變—傳統檢定法

本研究取用表 3 的六種金融商品價格，取當期與落後一期作為變數，分別以 S&P 500 股價指數、美國十年期公債殖利率、黃金期貨做為應變數，建立迴歸式，依次刪除不顯著的參數後，以三種不同的檢定方式分析結構性變化發生的時間點。第一種方法採用 Quandt-Andrews 測試法，可以找出單一點的結構性變化點。第二種與第三種方法，採用了兩種 Bai-Perron 發展的多個結構變動點檢定： $\text{Sup } F(L|L + 1)$ 順序檢定法從 $L = 0$ 開始依序檢定序列具有 L 個結構轉變點或是 $L + 1$ 個結構轉變點，直到無法拒絕虛無假設為止，此時 L 即為結構轉變點的數量，再來求其結構轉變點位置。另一種全域檢定的方式先依次檢定沒有結構轉變點或是具有 M 個結構變動點，其中 M 分別為 1 到 5，對於顯著支持有結構轉變點的每個 M ，再利用 UDmax 檢定量或 WDmax 檢定量的最大值來決定結構轉變點的數量與位置。在本研究我們使用有加權值的 WDmax 檢定量。

本研究分別取用日資料與周資料進行分析，結果統整在表 7 之中。在 S&P 500 股價指數的部分，從方法一和方法二可看出有兩個結構轉換點，第一個轉換點為 2020/3/24 和 2020/week12，這結果與我們採用的疫情前後分割點十分符合；第二個轉換點為 2018/2/5 和 2018/week5，此時間點恰逢美中貿易戰開始，美國和中國互相對對方提高關稅，此動盪造成美股短暫下跌，隨後在 2018 年十月初到十二月底有一波更大的跌幅，所以有另一個結構轉變點的存在。方法三の日資料則顯示了 2018/10/10 和 2020/11/2 這兩個結構變動點，這比上面的兩個結構變動點延遲了約八個月，這兩個時間點皆為股市即將波段大跌與大漲的時間，起因依然是上述美中貿易戰與疫情後的美國 QE 政策。

在美國十年期公債殖利率的部分，整體結果顯示大約有三組結構變動時間點，第一個是 2013 年五月底六月初這個時間，此時美國已經進行第三次量化寬鬆(QE3)一段時間，這段期間內美國政府大舉購入 MBS 和公債，造成債券價格上揚；而在此時傳出聯準會即將開始實施貨幣緊縮政策，引起了市場的恐慌，開始出現債券拋售潮，債券價格下跌，美國十年期公債殖利率在短短三四個月內從 2.0%拉升至 2.9%，漲幅達到 45%，此即為所謂的「削減恐慌」(Taper Tantrum)。第二個時間點是 2015 年年中到年底這個時間點，則是美國縮減 QE 後，開始減債，通膨數據開始升高，市場預期美國即將升息，到了 2015 年 12 月，美國宣布升息，結束金融危機以來七年的零利率時代。第三個則是 2020 年三月到八月這個時間點，這正值新冠疫情開始嚴重，美國開始施行 QE4，將基礎利率降至接近 0 的水準，並開始無限量購入美債跟 MBS，造成債券價格上揚，十年期公債殖利率下跌至 0.6%~0.8%左右，此後 2021 年都維持在 1%~1.7%左右，2022 年後因為 QE 逐漸退場，聯準會開始升息，使得十年期公債殖利率一路上揚至 3.8%。因此這三個時間點都是美國十年期公債殖利率發生結構性轉變的時間，其中一個即是新冠疫情與其後的 QE 政策所造成的。

黃金期貨價格的部分，結果顯示黃金期貨價格的主要結構變動點為 2013 年六月和 2020 年四月到六月這兩個時間點。第一個結構變動點如前段所述美國正值 QE3，2013 年四月份到六月份黃金現貨價從 1,598 跌至 1,234，跌幅達 23%；到了年底黃金現貨價已跌至 1,205 美元，與 2013 年初的 1,675 美元相比，全年共跌了 28%，是四十年來跌幅最大的一年。第二個結構變動點則是因為疫情的關係，金價隨即大漲，黃金現貨價從年初的 1,517 美元，到 6 月 16 日已漲至 1,727 美元，至 8 月 4 日已突破 2,000 美元大關；而黃金期貨價格跟黃金現貨價格大致相同，顯示黃金價格在疫情發生後的確產生了結構性的改變。

綜合以上的結果，我們可以得知金融市場在 2010 年之後，發生了幾次的結構性改變，而新冠疫情確實是造成這種結構性改變的一個重要事件。轉變的時間點大至從 2020 年 3 月到 8 月之間，因此我們設定 2020 年 3 月 23 日作為切分疫情前後的數據分界點當屬合理。

表 7 結構性改變檢定結果

	STK_DA	STK_WA	R10Y_DA	R10Y_WA	GLD_DA	GLD_WA
Method 1	*2020/3/24	*2020/week12	2013/5/22	2015/week33	2013/6/21	*2020/week13
Method 2	*2020/3/24 2018/2/5	*2020/week12 2018/week5	2013/5/22 *2020/8/24 2015/8/12	2015/week33	2013/6/21 *2020/6/16	*2020/week13
Method 3	2018/10/10 2020/11/2	*2020/week12	2013/5/22	2013/week19 2015/week43 *2020/week13	2013/6/21	*2020/week13

Method 1: Quandt-Andrews unknown breakpoint test

Method 2: Bai-Perron test of L+1 vs. L sequentially determined breaks

Method 3: Bai-Perron test of 1 to M globally determined breaks (Wdmax)

Note: * for represent the breakpoint matches the epidemic of COVID-19

(二) 結構性轉變——平滑轉換自我迴歸模型

接下來以平滑轉換自我迴歸模型(STAR)進行結構性轉變的分析。首先以六項主要金融商品的價格來建立 VAR，求得最適落後期數。第二步是決定轉換變數，在本研究我們以各應變數的落後一期做為轉換變數。第三步是以應變數與每個參數的最適落後期數建立 STAR 迴歸式，接著依次拿掉不顯著(p-value 大於 0.05)的參數，重新建立迴歸式，直至所有係數皆為顯著。建立完模型後，即可觀察轉換函數的轉換速度與轉換門檻，以及整個應變數時間序列的系統轉換情形，從圖形中可觀察到系統是否發生轉變，以及轉變發生的時間點。在本研究中皆選用 logistic 函數作為轉換函數的模型。

如同前小節，在本小節中我們依然選擇 S&P 500 股價指數、美國十年期公債殖利率、黃金期貨價格三者作為應變數，表 8 統整了三種金融商品的週資料與日資料 STAR 模型分析結果，其中的 slope 為轉換速度，threshold 為轉換門檻值。圖 4 至圖 9 則分別是這些模型的轉換函數圖(左)與權重圖(右)。

1. S&P 500 股價指數

從表 8 的數據上來看，S&P 500 股價指數在日資料與週資料的模型，其參數縮減後留下的顯著參數都夠多，且轉換速度與門檻值的顯著性也好，說明在全期間是有結構轉換發生，轉換速度分別為 0.004 和 0.047，門檻值分別為 3700 與 3964。從圖 4 和圖 5 來看，轉換發生的時間分別大約是在 2020 年初和 2021 年初，此與新冠疫情開始流行的時間大致吻合。

2. 美國十年期公債殖利率

從表 8 的數據上來看，美國十年期公債殖利率的模型，在日資料部分雖然參數縮減

後留下的參數仍多，但轉換速度與門檻值的 p -value 不甚顯著；週資料在參數縮減後留下的參數只剩兩個，轉換速度與門檻值的 p -value 亦不甚顯著。兩個模型的轉換速度分別為 10729 和 2521，代表轉換非常快速而不平滑，轉換門檻分別是在 1.24 與 1.45。從圖 6 與圖 7 來看，轉換的發生點大約都在 2020 年初，但結構轉換不平滑，模型的參考性有待商榷。

3. 黃金期貨

從表 8 的數據上來看，黃金期貨的模型在日資料的部分，縮減後留下的參數多，有 20 個，但值得注意的是非線性參數部分並非每個參數都為顯著，轉換速度為 0.044，轉換門檻值為 1901，兩者皆為統計顯著。從圖 8 來看大約是在 2011 年 8 月時有一些小的結構轉換，以及 2020 年開始陸續有更多而頻繁的結構轉換，對應時間恰好為疫情發生後。黃金期貨週資料的模型縮減後留下的顯著參數夠多，轉換速度為 18.44，轉換門檻值為 1557，兩者的統計顯著性較差，從圖 9 來看，大約在 2011 年第 29 週到 2013 年第 16 週之間，2019 年第 36 週到第 40 週之間，以及 2020 年第 2 週之後，有結構性的轉換。

總結來說，在 STAR 模型的部分，S&P 500 股價日資料模型與週資料模型，以及黃金期貨的日資料模型，有較佳的統計證據顯示在疫情發生後，這兩種金融商品價格發生了結構性改變。而美國十年期公債殖利率的日資料模型和黃金期貨的週資料模型，則有較弱的統計證據顯示疫情後發生了結構性變化。

表 8 平滑轉換自我迴歸模型分析結果

Dependent Variable	STK_DA	STK_WA	R10Y_DA	R10Y_WA	GLD_DA	GLD_WA
N0. of parameters before reduce	24	24	24	24	24	24
N0. of parameters after reduce	14	10	14	4	20	12
parameters after reduce	STK_DA(-1) STK_DA(-2) OIL_DA(-1) OIL_DA(-2) USD_DA(-1) USA_DA(-2) C	STK_WA(-1) R3M_WA(-1) R3M_WA(-2) R10Y_WA(-1) USD_WA(-1)	R10Y_DA(-1) R10Y_DA(-2) STK_DA(-1) STK_DA(-2) GLD_DA(-2) USD_DA(-1) C	R10Y_WA(-1) R3M_WA(-1)	GLD_DA(-1) GLD_DA(-2) STK_DA(-1) STK_DA(-2) R10Y_DA(-1) R10Y_DA(-2) OIL_DA(-1) OIL_DA(-2) USD_DA(-1) USD_DA(-2)	GLD_WA(-1) GLD_WA(-2) STK_WA(-1) STK_WA(-2) R3M_WA(-1) R3M_WA(-2) C
N0. of significant parameters	13	10	13	4	11	9
N0. of non-significant parameter	1	0	1	0	9	3
slope	0.004009	0.046588	10729.54	2521.781	0.043875	18.44043
slope p-value	0.0488	0.3061	1.0000	1.0000	0.0096	1.0000
threshold	3700.040	3964.017	1.240945	1.452850	1901.226	1557.919
threshold p-value	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000

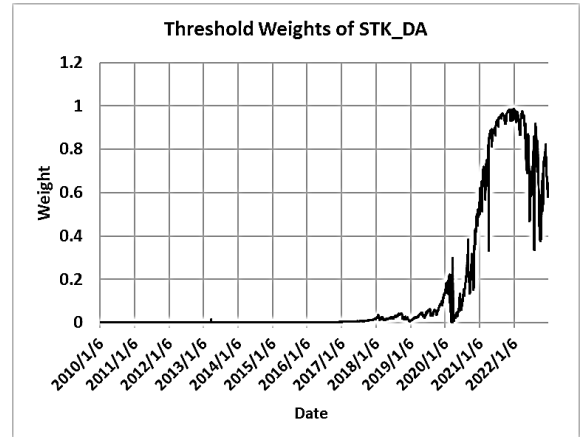
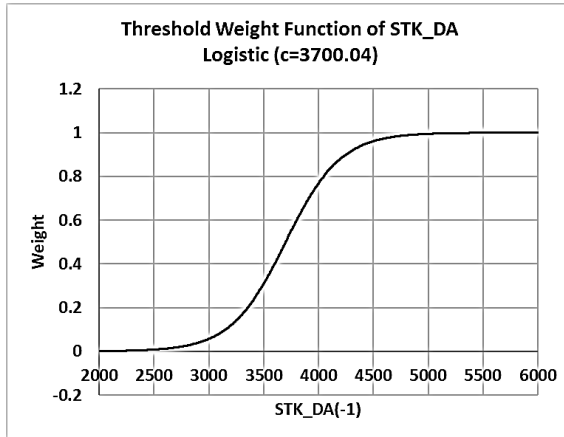


圖 4 S&P 500 股價指數日資料 STAR 結果

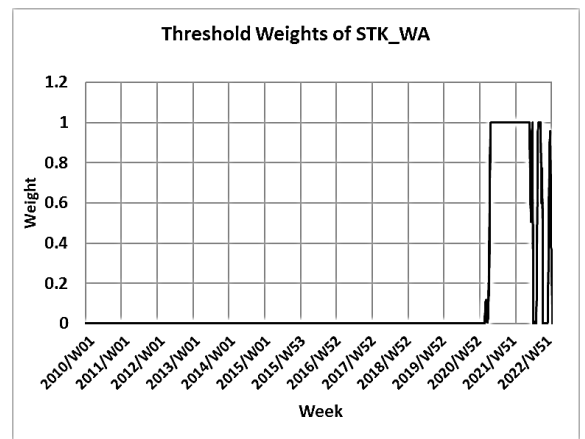
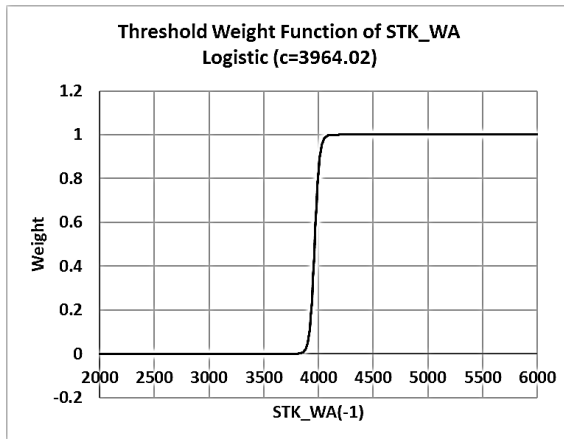


圖 5 S&P 500 股價指數週資料 STAR 結果

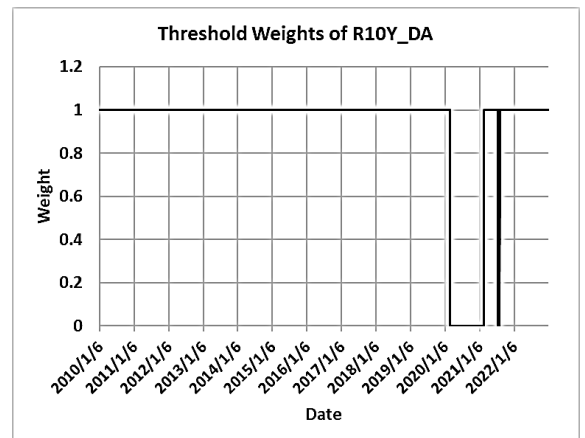
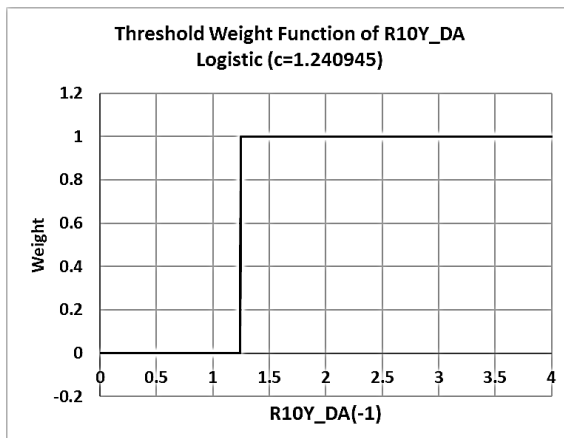


圖 6 美國十年期公債殖利率日資料 STAR 結果

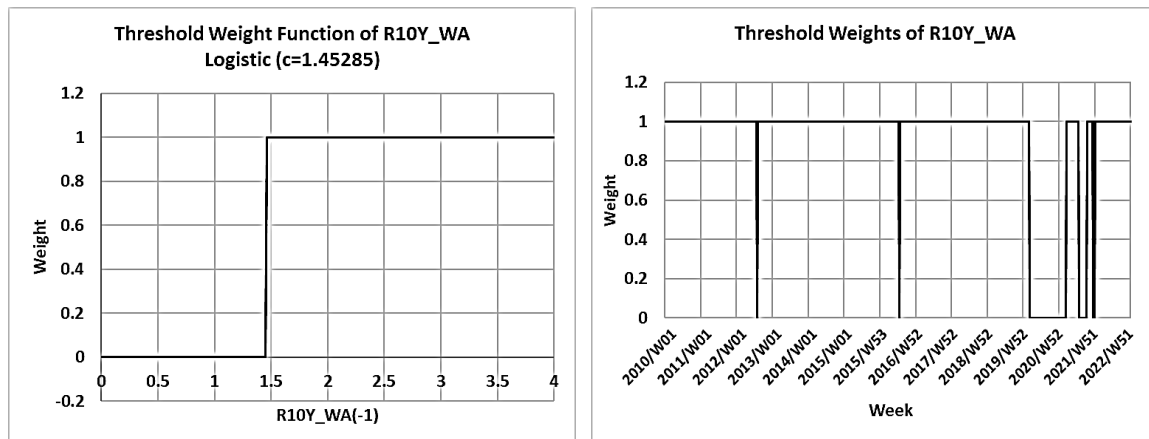


圖 7 美國十年期公債殖利率週資料 STAR 結果

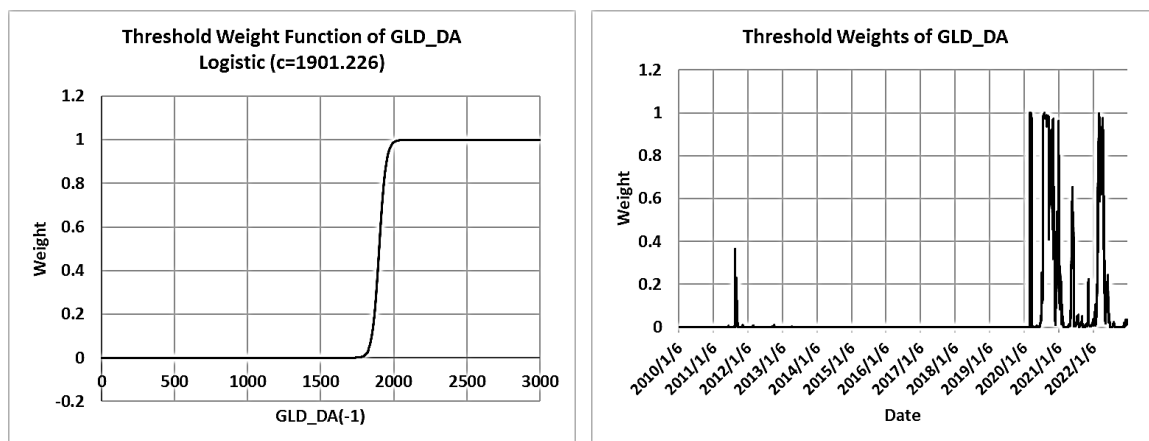


圖 8 黃金期貨價格日資料 STAR 結果

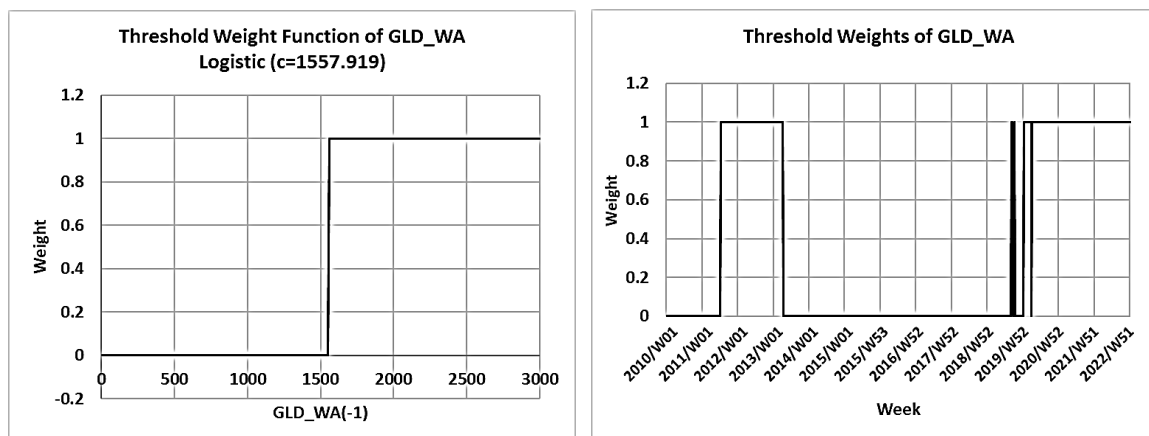


圖 9 黃金期貨價格週資料 STAR 結果

陸、結論與建議

本研究主要在探討三件事：(1)新冠疫情發生前後，六種主要金融商品價格之間的關連性是否發生變化，(2)新冠疫情的嚴重程度是否對六種主要金融商品有直接性的影響，以及(3)六種主要金融商品的價格結構是否在疫情發生前後發生轉變。本研究主要使用時間序列分析法來進行分析，透過 VAR、VECM、STAR、結構性轉換檢定等等方法，以及日資料與週資料的交互比對，實證研究發現了下述結果。

首先，關於新冠疫情發生之前與之後，主要金融商品價格之間關連性的改變，本研究實證發現了一些現象，並將之統整成以下解釋：

- 一、疫情影響投資人信心，使疫情前期的市場趨於保守，投資人轉換資產的週期拉長。實證發現 S&P 500 指數和十年期公債殖利率之間的轉換週期拉長、S&P 500 指數影響商品市場(黃金、石油)的時間週期變長、石油影響美元指數的週期拉長。
- 二、疫情使投資人避險心態更加強烈，導致黃金需求上升。實證發現疫情後 S&P 500 指數負向影響黃金價格，且十年公債殖利率負向影響黃金價格的影響消失。
- 三、疫情所造成的封城、停工等等結果，使得產業停擺，人民消費減少，對石油等等的原物料實質需求下降。實證發現疫情後石油和 S&P 500 指數有負向回饋關係，且石油由負向影響美元指數轉變為正向影響美元指數。
- 四、外國投資人對美國景氣的信心，藉由美元匯率影響美國股市。實證發現疫情後美元指數影響股市由負轉正，且股市負向影響美元指數。
- 五、疫情期間因 QE 影響，美國政府控制利率，造成基礎利率與其他金融資產的關係脫鉤。實證結果發現代表基礎利率的三年期公債殖利率，對其他金融資產的影響在疫情後變小或是消失。
- 六、疫情前期因 QE 影響，增加貨幣供給，使得美元走弱，投資人悲觀；後期因疫情漸漸被控制住，投資人信心回升，反而對通膨有預期心理。實證發現疫情後美元指數正向影響十年期公債殖利率，以及十年期公債殖利率不再負向影響黃金價格。

其次，在疫情對金融的直接影響部分，本研究發現確診人數波動率跟死亡人數波動率會顯著的影響 S&P 500 指數波動率和美元指數波動率，但對於三個月期公債殖利率波動率、十年期公債殖利率波動率、黃金期貨價格波動率、石油期貨價格波動率並無顯著影響。這個結果說明了當疫情狀態不明朗時，會影響投資人對資本市場與未來經濟前景

的信心，此效益會外溢至股市與匯市，進而增加股市與匯市的投資風險。而黃金和十年期公債可以有避險用途，因此無此外溢效果。三個月期公債殖利率基本反應聯準會所公布的基礎利率，石油價格受主要生產國的供給因素影響，兩者能人為操縱的程度較高，因此也沒有隨著疫情波動的外溢效果。

最後，本研究採用了結構性轉變檢定法與平滑轉換自我迴歸模型兩種方法，來檢驗 S&P 500 指數、美國十年期公債殖利率、黃金期貨是否在疫情發生時有結構轉變的現象。結果發現 S&P 500 指數和黃金期貨有強烈證據顯示結構性改變的發生，美國十年期公債殖利率有較弱的證據顯示結構性改變的發生，此結果間接證實了本研究將時間區分為疫情前與疫情後兩段時間區間來進行研究分析的合理性。

本研究將金融商品的時間序列粗分為新冠疫情發生前與新冠疫情發生後兩部分，然而，影響金融世界變化的事件與因素眾多，很難單純以某一特定事件發生的時間來解釋所有的金融世界變化，例如美中貿易戰、英國脫歐、新冠疫情、量化寬鬆政策、烏俄戰爭，這些事件發生的時間點與持續產生影響的時間，都有彼此重疊的部分，因此並不容易區分我們觀察到的現象到底是哪個事件所引起，亦或是數個事件交互的原因。時間區間的設定會強烈影響時間序列分析的結果，以新冠疫情為例，前期的市場恐慌與後期量化寬鬆造成的市場榮景，或許又可區分為不同的時間區間更為適合，建議未來的研究者可先行研究如何將資料分割成合適的時間區間，再對各時間區間進行分析討論。

另外，本研究使用日資料與週資料來觀察金融產品間短期與中期的關係變化，建議未來的研究者可以加入月資料，同時觀察長期的變化。本研究所選取的變數涵蓋了股市、債市、匯市、利率、商品市場等等不同的金融商品，但並未導入總體經濟變數，例如經濟成長率、失業率、通貨膨脹率等等，建議未來的研究者或可同時考慮這些變數，對於特定事件所造成的長期經濟變化來進行分析與描述。

參考文獻

一、中文文獻

古傑士(2020)，《美國 10 年期公債、股市、原油與黃金關聯性實證研究》，碩士論文，國立高雄科技大學金融資訊系，高雄市。

吳華德(2022)，《美國股市及十年期公債殖利率受通膨變化之影響研究-以美國為例》，碩士論文，淡江大學

- 財務金融學系碩士在職專班，新北市。
- 李松修(2012)，《台灣股價指數報酬率與總體經濟變數非線性調整過程之探討—應用平滑轉換自我迴歸模式》，碩士論文，國立臺北大學企業管理學系，新北市。
- 延任(2022)，《美國公債殖利率與市場指數關聯性實證研究》，碩士論文，國立臺灣大學經濟學研究所，台北市。
- 林宏銘(2010)，《美元、股票市場、債券市場及商品市場之互動關係研究》，碩士論文，國立成功大學財務金融研究所，台南市。
- 林嘉怡(2014)，《黃金與白銀價格變動因素之探討》，碩士論文，東海大學高階經營管理碩士在職專班，台中市。
- 紀佳妤(2022)，《美國股價指數的新冠疫情效果》，碩士論文，朝陽科技大學財務金融系，台中市。
- 徐正憲(2014)，《馬可夫轉換模型在黃金現貨、石油價格之實證研究》，碩士論文，國立政治大學統計研究所，台北市。
- 梁貴婷(2022)，《COVID-19 疫情前後台灣產業外溢效果之改變》，碩士論文，國立成功大學經濟學系，台南市。
- 梁煜滿(2020)，《投資者注意力及各相關資本市場的波動性外溢效果：以新型冠狀病毒為例》，碩士論文，國立臺北大學企業管理學系，新北市。
- 陳旭昇(2013)，《時間序列分析：總體經濟與財務金融之應用》，臺灣東華。
- 陳欣妤(2023)，《影響美國股市指數的因素》，碩士論文，國立中正大學國際經濟學碩士在職專班，嘉義縣。
- 陳威霖(2022)，《量化寬鬆前後，美股、美元指數、銅、石油與美國長短期公債殖利率互動關係》，碩士論文，東吳大學經濟學系，台北市。
- 陳柏芳(2012)，《黃金與股、匯市、利率及油價報酬率與波動性之關聯性》，碩士論文，輔仁大學金融與國際企業學系金融碩士班，新北市。
- 陳美蓉(2017)，《美國公債殖利率、美元指數及黃金價格互動關係之研究》，碩士論文，國立臺北大學國際財務金融碩士在職專班，新北市。
- 陳音怡(2012)，《黃金、石油、美元指數、利率與 S&P500 股價指數期貨之互動關係》，碩士論文，國立中正大學財務金融研究所，嘉義縣。
- 陳浚明(2021)，《新冠肺炎對股價指數波動性動態平滑轉換之影響》，博士論文，國立臺灣科技大學財務金融研究所，台北市。
- 陳慧容(2021)，《新冠肺炎期間在結構性變動下美股與美元指數的動態關係》，碩士論文，國立中興大學高階經理人碩士在職專班，台中市。
- 曾羽榕(2020)，《美國 S&P500 股價指數與黃金、原油期貨、美元指數間之波動外溢效果及避險效果探討》，碩士論文，國立臺北商業大學財務金融系(所)，台北市。
- 湯品娟(2022)，《新冠疫情下情緒指數對 APEC 國家股價指數影響》，碩士論文，國立中正大學經濟系國際

經濟學研究所，嘉義縣。

黃旭淳(2006)，《國際原油價格對總體經濟變數之影響》，碩士論文，國立交通大學經營管理研究所，新竹市。

楊又嘉(2016)，《原物料、美元與世界主要國家股價指數關連性之研究》，碩士論文，輔仁大學金融與國際企業學系金融碩士在職專班，新北市。

穆雪芬(2018)，《S&P 500 指數,美元指數,商品指數及高收益債指數之關聯性研究》，碩士論文，國立高雄應用科技大學金融系金融資訊碩士在職專班，高雄市。

蕭建文(2009)，《金融風暴前後之金價、油價、美元匯率與利率關聯性分析》，碩士論文，國立中正大學財務金融所，嘉義縣。

顏佳欣(2006)，《總體經濟指標預測股價指數報酬率之實證研究－STAR 模型之應用》，碩士論文，國立中山大學經濟學研究所，高雄市。

魏天佑(2021)，《疫情與量化寬鬆時期經濟變數對美國公債殖利率影響》，碩士論文，國立臺灣大學經濟學研究所，台北市。

蘇元助(2021)，《黃金、NASDAQ 指數和美元指數之關聯性分析》，碩士論文，銘傳大學財務金融學系碩士在職專班，台北市。

蘇坤豐(2017)，《黃金、原油、美元指數與 S&P500 之關聯性分析》，碩士論文，銘傳大學財務金融學系碩士在職專班，台北市。

蘇柏元(2022)，《應用社會網路分析法於美元指數影響因子辨識》，碩士論文，中原大學資訊管理學系，桃園縣。

二、英文文獻

Akaike, H. (1974), "A new look at the statistical model identification," *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.

Andrews, D. W. (1993), "Tests for parameter instability and structural change with unknown change point," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 821-856.

Bai, J., & P. Perron. (1998), "Estimating and testing linear models with multiple structural changes," *Econometrica*, 47-78.

Bai, J., & P. Perron. (2003a), "Computation and analysis of multiple structural change models," *Journal of Applied Econometrics*, 18(1), 1-22.

Bai, J., & P. Perron. (2003b), "Critical values for multiple structural change tests," *The Econometrics Journal*, 6(1), 72-78.

Chow, G. C. (1960), "Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions," *Econometrica*:

- Journal of the Econometric Society*, 591-605.
- Engle, R. F., & C. W. Granger. (1987), "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Granger, C. W. (1969), "Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Granger, C. W., & T. Teräsvirta. (1993), "Modelling non-linear economic relationships," (No. 019877320X), Oxford University Press.
- Johansen, S. (1988), "Statistical analysis of cointegration vectors," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Phillips, P. C., & P. Perron. (1988), "Testing for a unit root in time series regression," *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Quandt, R. E. (1960), "Tests of the hypothesis that a linear regression system obeys two separate regimes," *Journal of the American Statistical Association*, 55(290), 324-330.
- Said, S. E., & D. A. Dickey. (1984), "Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order," *Biometrika*, 71(3), 599-607.
- Schwarz, G. (1978), "Estimating the dimension of a model," *The Annals of Statistics*, 461-464.
- Sims, C. A. (1980), "Macroeconomics and reality," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Teräsvirta, T. (1994), "Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models," *Journal of the American Statistical Association*, 89(425), 208-218.