



國立臺灣大學社會科學院經濟學系

碩士論文

Department of Economics

College of Social Sciences

National Taiwan University

Master Thesis

以太幣價格與總體經濟變數之實證分析

An Empirical Analysis of Relationship between Macroeconomics Variables and
Ethereum Price

黃耕偉

King-Ui Ng

指導教授: 謝德宗 博士

Advisor: Der-Tzon Hsieh, Ph.D.

中華民國112年6月

June, 2023

摘要



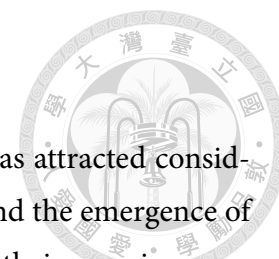
高波動性的加密貨幣市場吸引許多人的注意,2021年 NFT 與元宇宙的熱潮更是大幅推升加密貨幣的價格。現今加密貨幣已是大眾關注的焦點。

自比特幣暴漲的 2017 年以來,學界也開始對加密貨幣產生興趣。惟過去相關研究大多以比特幣為主題,討論以太幣價格與總體經濟變數如何互動的文獻甚少,並多未考慮 Defi 總鎖倉量對以太幣價格的影響。以太幣是以太坊的原生代幣,而以太坊與比特幣最大的差異之一在於以太坊可以在區塊上執行應用程式,Defi 總鎖倉量則顯示這些應用程式的熱門程度,因此 Defi 總鎖倉量對以太幣價格的影響必須考慮。

本文使用向量誤差修正模型分析以太幣價格與總體經濟變數之關係。模型中變數包含以太幣價格、比特幣價格、Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格、美元指數、日圓兌美元匯率、人民幣兌美元匯率、標準普爾 500 指數與 VIX 恐慌指數。實證發現變數之間存在長期均衡關係。同時也透過 Granger causality 檢視總體經濟變數是否能夠預測以太幣價格,以及利用衝擊反應函數分析各個解釋變數衝擊對以太幣價格的影響。

關鍵詞: 以太幣; 比特幣; 總鎖倉量; 向量誤差修正模型; 衝擊反應函數

Abstract



The cryptocurrency market, characterized by its high volatility, has attracted considerable attention. In 2021, the surge in Non-Fungible Tokens (NFTs) and the emergence of the metaverse significantly impacted cryptocurrency prices, elevating their prominence.

Cryptocurrencies have become a focal point of interest, not only among the general public but also within academic circles. Since the substantial price increase of Bitcoin in 2017, scholarly interest in cryptocurrencies has grown. However, previous research has predominantly focused on Bitcoin, neglecting the examination of how Ethereum prices interact with macroeconomic variables. Additionally, the impact of the Total Value Locked (TVL) in decentralized finance (DeFi) on Ethereum prices has been largely overlooked. Ethereum, as the native token of the Ethereum blockchain, differentiates itself from Bitcoin by enabling the execution of decentralized applications (DApps). Therefore, it is crucial to consider the influence of TVL in DeFi on Ethereum prices.

This study employs a Vector Error Correction Model (VECM) to analyze the relationship between Ethereum prices and macroeconomic variables. The model includes Ethereum and Bitcoin prices, TVL in DeFi, Brent crude oil futures prices, gold futures prices, the US dollar index, the Japanese yen to US dollar exchange rate, the Chinese yuan to US dollar exchange rate, the S&P 500 index, and the VIX (Volatility Index). The empirical findings reveal the existence of long-term equilibrium relationships among these variables. Granger causality tests are applied to examine the predictive power of macroeconomic variables for Ethereum prices. Moreover, impulse response functions are utilized to assess the impact of shocks from each explanatory variable on Ethereum prices.

Keywords: Ethereum; Bitcoin; total value locked; VECM; impulse response function



目錄

摘要	i
Abstract	ii
1 導論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究架構	3
2 文獻回顧	5
2.1 加密貨幣概述	5
2.1.1 比特幣介紹	5
2.1.2 以太幣介紹	6
2.1.3 Defi 總鎖倉量	6
2.2 加密貨幣價格波動因子之研究	7
3 研究方法	9
3.1 單根檢定	9
3.1.1 Augmented Dickey-Fuller Test	10
3.1.2 Phillips-Perron Test	11
3.2 最適落後期數	11
3.2.1 Akaike Information Criterion	12
3.3 共整合分析	12
3.3.1 Engle-Granger 兩階段程序	12
3.3.2 Johansen 程序	13
3.4 向量自我迴歸模型	14
3.5 向量誤差修正模型	15
3.6 Granger Causality	15
3.7 衝擊反應函數	16



4	實證結果	17
4.1	變數處理	17
4.2	單根檢定	23
4.3	最適落後期數	24
4.4	共整合檢定	25
4.5	向量誤差修正模型	26
4.6	Granger Causality	29
4.6.1	Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests	29
4.6.2	Pairwise Granger Causality Tests	36
4.7	衝擊反應函數	42
5	結論與建議	45
5.1	結論	45
5.2	建議	46
	參考文獻	47
	附錄	49
A	衝擊反應函數	50



圖目錄

1.1	比特幣走勢圖	2
1.2	以太幣走勢圖	2
1.3	研究架構	4
4.1	以太幣價格與取對數後一階差分走勢	20
4.2	比特幣價格與取對數後一階差分走勢	20
4.3	Defi 總鎖倉量與取對數後一階差分走勢	20
4.4	美元指數與取對數後一階差分走勢	21
4.5	日圓兌美元匯率與取對數後一階差分走勢	21
4.6	人民幣兌美元匯率與取對數後一階差分走勢	21
4.7	黃金期貨價格與取對數後一階差分走勢	22
4.8	布蘭特原油期貨價格與取對數後一階差分走勢	22
4.9	標普500指數與取對數後一階差分走勢	22
4.10	vix 指數與取對數後一階差分走勢	23
4.11	衝擊反應函數	42



表目錄

4.1	變數名稱與代號	17
4.2	變數做單根檢定	23
4.3	變數取對數做單根檢定	24
4.4	變數取對數做一階差分後做單根檢定	24
4.5	最適落後期數	25
4.6	跡檢定	25
4.7	最大特性根檢定	26
4.8	VECM	26
4.9	Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests	30
4.10	Pairwise Granger Causality Tests	37
4.11	變數衝擊對 lneth 長期影響	44
A.1	Response of LNETH to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations	50



第 1 章

導論

1.1 研究背景與動機

加密貨幣 (cryptocurrency) 的起源最早可以追溯到 2008 年一篇署名 Satoshi Nakamoto (常被翻譯為「中本聰」) 的白皮書, 題目是《比特幣: 一種對等式的電子現金系統》(Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System)。2009 年, 比特幣 (bitcoin) 正式上線, 並成為世界上第一個加密貨幣。自從加密貨幣問世以來, 出現許多關於加密貨幣是否能夠成為一種貨幣的討論。其中, 最具代表性的便是比特幣。

比特幣使用區塊鏈技術 (blockchain) 在區塊 (block) 上紀錄交易。區塊鏈上的電腦透過運算驗證交易資訊可以獲得比特幣, 這樣的行為稱做「挖礦」。而進行挖礦行為的人則被稱為「礦工」。然而, 礦工獲得比特幣之後除了進行交易之外沒有其他管道使用比特幣。這是因為比特幣所在的區塊鏈上只有交易比特幣的功能, 也使得比特幣發展相當受限。2015 年, Vitalik Buterin 推出以太坊 (Ethereum) 之後翻轉了加密貨幣的生態。以太坊與比特幣最大的不同在於, 以太坊區塊鏈上能夠建構與執行應用程式, 使得單純交易以外的各項金融服務成為可能, 例如提供借貸服務的 Aave、進行換匯的 Curve 以及扮演交易所功能的 Uniswap 等等。這些服務都不需要中介機構, 因此稱做去中心化金融 (Defi)。Defi 讓以太坊的生態系具備更多貼近傳統金融的功能。以太坊上的原生貨幣: 「以太幣」(ether) 是驅動以太坊的基礎。驗證交易者能夠獲得以太幣作為獎勵, 而這筆費用由進行交易的人支付, 以太坊便是以這樣的方式維持運作。一直以來, 比特幣是加密貨幣中公認的王者。近期由

於以太坊 2.0 升級改善了以太坊區塊鏈上的基礎建設, 開始出現以太幣是否能夠超越比特幣成為加密貨幣龍頭的爭論。如圖 1.1, 透過歷史走勢可以發現, 比特幣價格的波動相當大。

2020 年 3 月底點到 2021 年 11 月最高點, 兩年間比特幣飆漲將近 17 倍。



圖 1.1: 比特幣走勢圖

由於比特幣是加密貨幣之中的指標性商品, 近年來開始有文獻研究比特幣價格波動的成因。

然而如圖 1.2 所示, 在相同時間區間內, 以太幣的表現更具爆發力, 漲幅 53 倍。



圖 1.2: 以太幣走勢圖

但是在過往的加密貨幣相關文獻之中, 以太幣的研究卻少之又少。討論以太幣價格波動形成原因的研究更是鳳毛麟角。有鑑於此, 本文探討的主題係為以太幣與總體經濟變數之間的互動關係, 以期達到拋磚引玉的效果。



1.2 研究目的

過往已有文獻探討比特幣價格波動形成原因,但是關於以太幣之討論甚少。且在以太幣相關文獻中,幾乎沒有討論 Defi 總鎖倉量 (total value locked, TVL) 對於以太幣價格波動的影響。Defi 總鎖倉量越高表示以太坊上的項目越熱門,但 Defi 總鎖倉量是否為以太幣價格波動成因仍處未知。因此本研究選用常見的總體經濟變數並納入 Defi 總鎖倉量,以向量迴歸模型分析以太幣價格的波動與各項變數之關聯性。本文主要研究目的有二,一為探討以太幣價格與總體經濟變數之間是否有長期均衡關係,二為觀察以太幣價格對外生衝擊之反應。

1.3 研究架構

本文架構如圖1.3所示。首先選定模型之變數,對變數進行單根檢定。若單根檢定顯示非定態則進行差分後再次執行單根檢定至定態。得到定態序列之後選定最適落後期數,並進行共整合檢定。若無共整合關係則使用向量自我迴歸模型進行分析。本研究中變數之間具有共整合關係,故須建構向量誤差修正模型。其後,再對變數做 Granger causality 檢定與衝擊反應函數分析,並討論其結果。

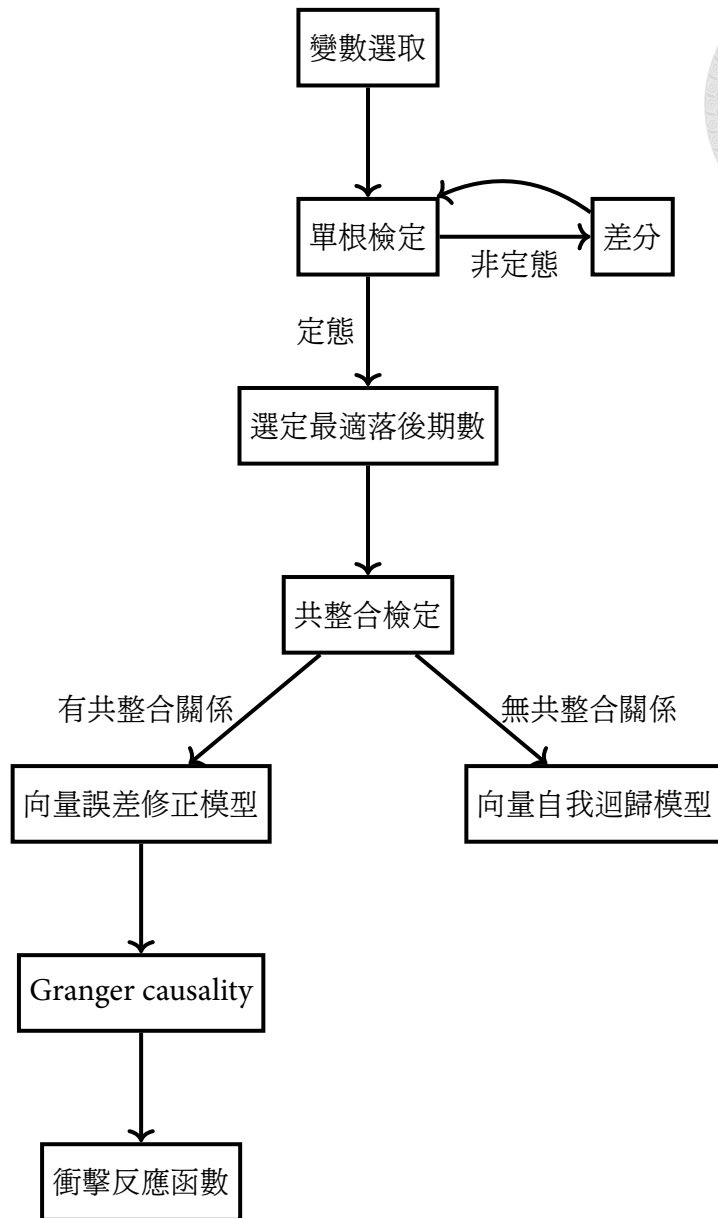


圖 1.3: 研究架構



第 2 章 文獻回顧

2.1 加密貨幣概述

近年來加密貨幣蓬勃發展,除了最廣為人知的比特幣之外,市值居於第二的以太幣也漸漸為人所認識。一般所稱之加密貨幣主要指的是以區塊鏈為架構之系統,其特點包含去中心化、匿名、安全與開放等等。在區塊鏈上進行交易並不需要中間人或是中介機構,交易是點對點的發生。因此稱做去中心化。並且交易的發生不須記名,可保有一定的隱私。至於區塊鏈的安全性則是來自其運作邏輯之必然。區塊鏈實際上是一個資料庫,包含一個一個的區塊,記錄所有交易的資訊。而一個區塊容量記錄完之後便需要進行驗證,過程中是運用電腦的計算能力解答一些數學問題。第一位進行驗證的人可以獲得該區塊鏈上的代幣做為獎勵。但是這份獎勵的獲取在不同的區塊鏈中運作方式有些不同,下一小節會再詳加說明。因為區塊鏈的特點之一就是網路上幾乎所有節點都會驗算前面驗證過的交易資訊,使得所有節點都有記錄同樣的交易資訊,有心人想竄改區塊鏈上的資料非常困難,所以區塊鏈具有相當的安全性。除此之外,鏈上的程式碼都是完全開源,可以清楚看到程式是如何運作。

2.1.1 比特幣介紹

比特幣所使用的區塊鏈系統是一個大型帳本。在這個系統當中,比特幣做為一種貨幣的形式進行交易(轉帳),負責記錄交易資訊的人被稱做礦工。礦工透過電腦運算驗證交易資訊,成功驗證可取得比特幣做為獎勵,這樣的行為稱為挖礦。然而在眾多的礦工之中要挖到礦其實不容易。比特幣系統是利用工作量證明(Proof-of-Work, PoW)機制決定哪個礦工

可以得到挖礦的收益。交易記錄的驗證方式是解一道數學題,且解題的唯一方法就是不斷的試誤 (trial and error)。而挖礦的過程就是一場競速,搶先解出答案的礦工可以得到比特幣做為獎勵。一旦一筆交易經過驗證,其他人要驗算就很容易了。因此只有第一個解出答案的礦工可以收到比特幣。但是比特幣具有總量限制,最多只會發行 2100 萬枚比特幣。每當「開採」出 21 萬個區塊,礦工收到的比特幣將只有前一階段的一半,直到 2100 萬枚比特幣全數開採完成。這項規則稱做比特幣減半。由於比特幣的初衷是成為一個去中心化的交易媒介,在比特幣的鏈上只有交易資訊儲存的功能,擴充性嚴重不足。使得許多人轉投以太坊的懷抱。

2.1.2 以太幣介紹

以太坊是 Vitalik Buterin 在比特幣的基礎上建立的區塊鏈體系。其原生代幣稱做以太幣。以太坊與比特幣在代幣之根本用途上有所不同。若將比特幣比喻為帳本,以太坊像是一台能執行各種任務的電腦。在以太坊,以太幣的功能是用來支付以太坊提供的服務。這筆費用稱做燃料費 (gas fee)。這是因為以太幣就像是燃料一樣推動以太坊的運作。2022 年 9 月以太坊 2.0 升級,以太坊拋棄過去 PoW 的挖礦機制,改採權益證明 (Proof-of-Stake, PoS) 機制驗證鏈上的交易。想獲得以太幣不再需要準備強大運算能力的電腦搶先解出謎題,而是透過質押以太幣的方式與他人競爭。質押越多以太幣則被選中成為交易驗證者的機率越高。這樣的改變讓以太坊的能源消耗減少高達 99%。

以太坊的區塊鏈上部署了許多的程式碼,稱做智能合約。智能合約一旦滿足條件便會自動執行,不需他人介入。去中心化應用程式 (DApp) 是以智能合約做為基礎的應用程式。與傳統的程式最大差別在於一切的資料與運算都是發生在區塊鏈上。目前最熱門的項目包含去中心化金融 (Defi)、遊戲化金融 (Gamefi) 與非同質化代幣 (NFT) 等等。

2.1.3 Defi 總鎖倉量

以去中心化金融為例,在以太坊上可以參與借貸、抵押貸款或流動性挖礦等等金融服務。

這些服務完全去中心化,沒有銀行從中介入;透過智能合約的自動化執行不會引起爭議,也因此不需司法機關進行仲裁。若是有意透過去中心化金融獲取收益,則需要拿出代幣進行質押或鎖定等等。這些在 Defi 平台上鎖住的資產之總值就被稱為 Defi 總鎖倉量。若越多人使用 Defi 項目則 Defi 總鎖倉量會越高,因此這項指標可用來評估目前 Defi 項目的發展情形。同時,越高的 Defi 總鎖倉量也就意味著越高的以太坊使用量。可惜的是過去以太幣相關文獻未能指出 Defi 總鎖倉量如何影響以太幣價格波動。

2.2 加密貨幣價格波動因子之研究

關於加密貨幣價格成因的文獻多數是針對比特幣進行研究,以太幣為主題的占極少數。不過以太幣與比特幣有一定程度的可比性,因此使相關的比特幣文獻對於以太幣研究仍具有參考性。

Wijk (2013) 透過向量誤差修正模型對比特幣價格進行分析,指出道瓊指數、歐元兌美元匯率與西德州原油價格對比特幣價格具有顯著影響。Ciaian, Rajcaniova, and Kancs (2016) 則使用金本位模型對比特幣價格進行分析,推翻 Wijk (2013) 的論點,主張道瓊指數、歐元兌美元匯率與西德州原油價格對比特幣價格長期而言沒有影響。然而擅自認定比特幣與黃金具相似性並不恰當,得出的結論很可能具有偏誤。而謝佳容 (2017) 將比特幣兌美元匯率、黃金價格、北海布蘭特原油期貨價格、西德州原油期貨價格、美元指數、美元兌日圓匯率、美元兌人民幣匯率及 VIX 恐慌指數做為變數,建構向量自我迴歸模型。結果顯示只有 VIX 恐慌指數對比特幣兌美元匯率有長期影響。吳仲平 (2018) 接續謝佳容 (2017) 的研究,將比特幣價格、標準普爾 500 指數、美元指數、黃金價格、西德州原油現貨價格與 VIX 恐慌指數做為變數,建立向量誤差修正模型。其結果指出變數間有長期均衡關係,並且由衝擊反應函數分析,比特幣受到標準普爾 500 指數與 VIX 恐慌指數衝擊之影響最大。另一方面, Poyser (2019) 利用貝氏結構時間序列對比特幣價格與內部、外部因素進行分析,並發現內部因素對比特幣價格沒有影響,而外部因素則有顯著影響。其中比特幣價格與黃金價格、人民幣

兌美元匯率呈高度負相關；且與美股指數、美元兌歐元匯率呈正相關。

最後, Sovbetov (2018) 針對比特幣、以太幣、達世幣、萊特幣與門羅幣五種加密貨幣, 以 ARDL 模型分析。模型中使用自製的 Crypto 50 指數與 Google 搜尋頻率等資料作為解釋變數, 該研究發現標準普爾 500 指數在 10% 信心水準下顯著正向影響以太幣價格。但該研究未考慮 Defi 總鎖倉量可能對以太幣價格產生的影響。張育豪 (2022) 利用 Toda-Yamamoto 迴歸模型分析以太幣價格、比特幣價格、Defi 總鎖倉量、標準普爾 500 指數、黃金價格、原油價格與美元指數間相互關係。並指出比特幣價格、黃金價格與原油價格對於以太幣價格無顯著影響, 而 Defi 總鎖倉量及標準普爾 500 指數對於以太幣價格有顯著正向影響。

綜合上述文獻, 比特幣價格會受到原油價格、黃金價格、美股指數與國際主要貨幣對之匯率等影響。而以太幣會受標準普爾 500 指數及 Defi 總鎖倉量影響。因此本文採用比特幣價格、Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格、美元指數、日圓兌美元匯率、人民幣兌美元匯率、標準普爾 500 指數與 VIX 恐慌指數等變數對以太幣價格進行分析。



第 3 章

研究方法

本章將介紹本研究中使用到的各項統計工具的基本模型與概念。本研究的數據分析流程如下。首先檢驗時間序列資料是否存在單根。單根存在則以差分消除隨機趨勢便可得到定態時間序列。接著求取時間序列資料的最適落後期數。根據資料的最適落後期數設定模型, 檢視定態時間序列中的變數彼此之間是否具有共整合關係。若無共整合關係, 使用 VAR 模型進行分析; 若有共整合關係則需使用 VECM 模型。最後以 Granger causality 以及衝擊反應函數觀察變數之間的互動。

3.1 單根檢定

時間序列的資料可區分為定態與非定態兩種。一個具有定態性質的時間序列隨著時間演變仍保有穩定結構, 也才能夠用過去的資料預測未來。在時間序列分析中, 趨勢指的是時間序列資料長期演變的走向; 有兩種可能的趨勢使時間序列為非定態: 固定趨勢與隨機趨勢。早期經濟學家認為資料具有固定趨勢, 使用固定趨勢模型去除固定趨勢後即可得到定態時間序列。但是 Nelson and Plosser (1982) 指出多數的總體經濟變數具有隨機趨勢。若忽略隨機趨勢的影響可能會有以下三個問題:

1. 以自我迴歸模型估計, 會得到小樣本向下偏誤的自我迴歸係數
2. 以自我迴歸模型估計, 自我迴歸係數的 t -統計量的極限分配並非標準常態分配
3. 虛假迴歸

如果一個時間序列存在單根,表示其具有隨機趨勢。因此需要知道如何檢定單根的存在。以下介紹兩種常見的單根檢驗方法, Augmented Dickey-Fuller 檢定與 Phillips-Perron 檢定。



3.1.1 Augmented Dickey-Fuller Test

Dickey and Fuller (1979) 提出的單根檢定中殘差項可能會有序列相關的問題,因此 Said and Dickey (1984) 在其中加入了被解釋變數的落後期作為增廣項,使殘差項更接近白噪音。這個加入增廣項的檢定就稱為 Augmented Dickey-Fuller 檢定 (ADF 檢定)。ADF 檢定的三種模型如下:

1. 只包含截距項

$$\Delta y_t = \alpha + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t$$

2. 包含截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t$$

3. 不包含截距項也不包含時間趨勢項

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t$$

模型中 $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$, α 為截距項, β 為時間趨勢項係數, t 為時間趨勢項, $\sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i}$ 即為之前提到的增廣項, ϵ 則是誤差項。落後期數 p 可由 AIC 或 BIC 方法決定。此檢定的虛無假設與對立假設如下:

$$H_0 : \delta = 0$$

$$H_1 : \delta < 0$$

如果檢定結果無法拒絕虛無假設則認定時間序列資料具有單根,即非定態。



3.1.2 Phillips-Perron Test

ADF 檢定只有處理殘差項的序列相關問題，卻忽略可能的異質性問題。Phillips and Perron (1988) 則利用無母數方法放寬限制，允許殘差項可具有序列相關性與異質變異。此一檢定方法稱做 Phillips-Perron 檢定 (PP 檢定)。PP 檢定的三種模型如下：

1. 只包含截距項

$$\Delta y_t = \alpha + \delta y_{t-1} + \epsilon_t$$

2. 包含截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = \alpha + \delta y_{t-1} + \beta \left(t - \frac{1}{2} T \right) + \epsilon_t$$

3. 不包含截距項也不包含時間趨勢項

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \epsilon_t$$

模型中 α 為截距項， β 為時間趨勢項係數， t 為時間趨勢項， T 為樣本觀察數， ϵ 則是誤差項， $E(\epsilon_t) = 0$ 並允許殘差項具弱相關與異質變異。此檢定的虛無假設與對立假設如下：

$$H_0 : \delta = 1$$

$$H_1 : \delta < 1$$

如果檢定結果無法拒絕虛無假設則認定時間序列資料具有單根，即非定態。

3.2 最適落後期數

本研究使用常見的 Akaike information criterion (AIC) 決定最適落後期數，以下介紹該模型。



3.2.1 Akaike Information Criterion

$$AIC(p) = \ln\left(\frac{UV(p)}{T}\right) + (p+1)\frac{2}{T},$$

$UV(p)$ 是自我迴歸模型的未解釋變異, p 是落後期數。

$$UV(p) = \sum_t \hat{\varepsilon}_t^2,$$

$$\hat{\varepsilon}_t = y_t - \hat{y}_t$$

使得 $AIC(p)$ 最小的 p 選為最適落後期數。

3.3 共整合分析

共整合指的是將數個 $I(1)$ 序列線性組合後會得到一個 $I(0)$ 序列的現象。這表示變數之間有長期均衡關係。共整合關係存在代表變數之間有共同的隨機趨勢。共整合分析主要有兩種程序, Engle-Granger 兩階段程序與 Johansen 程序。

3.3.1 Engle-Granger 兩階段程序

Engle and Granger (1987) 假設只存在一個共整合關係, 使用一個兩階段檢定法檢定一組 $I(1)$ 序列間是否具有共整合關係。以兩個序列 x_t 與 z_t 為例簡單介紹 Engle-Granger 兩階段程序。兩個階段如下:

1. 估計共整合關係

$$x_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + e_t$$

2. 對殘差項 \hat{e}_t 做單根檢定

若不存在單根, 表示殘差項為定態序列, 即 x_t 與 z_t 有共整合關係。若存在單根, 表示殘差項為非定態序列, 不能說 x_t 與 z_t 之間有共整合關係。此一檢定方法雖然簡單, 但是無法處

理多個共整合關係, 且第一階段估計的誤差會被帶到第二階段, 使得 Engle-Granger 兩階段程序可能不具效率性。



3.3.2 Johansen 程序

由於 Engle-Granger 兩階段程序無法處理多個共整合關係, 本研究使用 Johansen 程序進行共整合分析。以下是模型介紹。

對一向量自我迴歸模型 VAR(p),

$$\Phi(L)y_t = \varepsilon_t$$

$$\Phi(L) = I - \Phi_1 L - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p, \quad y_t \in \mathfrak{R}^k$$

可以改寫成以下形式

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \dots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t.$$

令

$$D_j = - \sum_{s=j+1}^p \Phi_s,$$

$$\Pi = -\Phi(1) = -(I - \Phi_1 - \Phi_2 - \dots - \Phi_p).$$

則此 VAR(p) 模型可以改寫成向量誤差修正模型 (VECM)

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} D_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t.$$

藉由分析 Π 的 rank 可以檢定共整合關係是否存在。

1. $rank(\Pi) = 0$ 或 $rank(\Pi) = k$ 則 y_t 沒有共整合關係。
2. $rank(\Pi) = r < k$ 則 y_t 有共整合關係。

而 Johansen (1988) 提出以下兩個檢定量來檢定共整合階次, 分別為跡檢定 (trace test) 與最大特性根檢定 (max eigenvalue test)。



1. 跡檢定

檢定的假設如下

(a) H_0 : 最大共整合階次為 r (最多只有 r 個共整合關係)

(b) H_1 : 最大共整合階次為 k (最多只有 k 個共整合關係)

跡檢定量

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{j=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_j)$$

其中 λ 為 Π 的特性根 (eigenvalue)。

2. 最大特性根檢定

檢定的假設如下

(a) H_0 : 最大共整合階次為 r (最多只有 r 個共整合關係)

(b) H_1 : 最大共整合階次為 $r+1$ (最多只有 $r+1$ 個共整合關係)

最大特性根檢定量

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

其中 λ 為 Π 的特性根 (eigenvalue)。

若遇到跡檢定與最大特性根檢定結果不一致的情況, Maddala and Kim (1998, 頁 211) 表示應採用最大特性根檢定的結果。

3.4 向量自我迴歸模型

過去的總體經濟模型中會指定內生及外生變數,相當於人為指定了因果關係。Sims (1980) 指出總體計量模型中有諸多不合理的限制,並提出向量自我迴歸 (VAR) 的概念。在這個模

型之中所有的變數都被視為內生變數，因此避免了任意指定變數之間關係的問題。

$$y_t = D_0 y_t + D_1 y_{t-1} + \cdots + D_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$



3.5 向量誤差修正模型

若變數皆為定態序列，可使用向量自我迴歸模型 (VAR) 進行分析。而變數為非定態序列時則需先考慮是否有共整合關係。無共整合關係的情況下可以使用向量自我迴歸模型。若有共整合關係，使用向量自我迴歸模型將會忽略掉變數間的長期均衡關係。因此在這個情況下必須要調整為向量誤差修正模型。根據 Granger Representation 定理，向量誤差修正模型可表示如下

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} D_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

其中 $\Pi = \alpha \beta'$ ， β 為共整合向量組成的矩陣。 Π 衡量長期影響， D_j 衡量短期影響。

3.6 Granger Causality

Granger (1969) 提出被稱為 Granger causality 的概念。然而 Granger causality 未必是真正意義上的因果關係，它所表示的是預測上的關係。換句話說，若變數 x 可以提供預測變數 y 所需的資訊則稱 x Granger cause y 。數學上的定義如下：

定義 1 (Granger causality). 給定 Ω_t 為 t 期的資訊集合， $\Omega_t / \{x_t, x_{t-1}, \dots\}$ 為 Ω_t 與 $\{x_t, x_{t-1}, \dots\}$ 之餘集， $F(\cdot|\cdot)$ 為條件分布。若

$$F(y_{t+h} | \Omega_t / \{x_t, x_{t-1}, \dots\}) = F(y_{t+h} | \Omega_t) \quad \forall h \geq 1,$$

則稱 x 不會 Granger cause y 。也就是說 x 對預測 y 沒有幫助。

3.7 衝擊反應函數

衝擊反應函數是在研究 VAR 體系中變數受到預期之外的外生衝擊後隨著時間演進的動態變化。定義衝擊反應函數如下：

$$\Psi_s = \frac{\partial y_{it+s}}{\partial e_{jt}}$$

衝擊反應函數是時間點 s 的函數, 且 e_j 是預期之外的外生衝擊, 不會改變 VAR 模型中的結構參數, 因此可免於 Lucas critique。



第 4 章 實證結果

4.1 變數處理

表4.1整理本研究中所使用變數之資料, 資料頻率皆為日資料, 從 2018/8/16 到 2023/3/2。由於部分商品未每天開市, 故只留下所有商品都有交易的日期的資料, 處理之後每個變數有 1144 筆資料。以太幣與比特幣之資料取自 Yahoo Finance; Defi 總鎖倉量取自 defillama.com; 美元指數、日圓兌美元匯率、人民幣兌美元匯率、黃金期貨價格、布蘭特原油期貨價格、標普 500 指數與 VIX 恐慌指數皆取自 investing.com。

表 4.1: 變數名稱與代號

變數代號	變數名稱	資料來源
eth	以太幣兌美元匯率	Yahoo Finance
btc	比特幣兌美元匯率	
tv1	Defi 總鎖倉量	defillama.com
usd	美元指數	investing.com
jpy	日圓兌美元匯率	
cny	人民幣兌美元匯率	
gold	黃金期貨價格	
brent	布蘭特原油期貨價格	
sp500	標普 500 指數	
vix	VIX 恐慌指數	

各項變數介紹如下:

1. 以太幣:

本文之研究主題。以太幣具有高波動之特性, 並在許多新興領域具有實際應用價值。



2. 比特幣:

加密貨幣的始祖, 同樣具有高波動性。有人稱做數位黃金, 由於比特幣有總量限制使其具有稀缺性, 有價值儲存的功能。目前加密貨幣市場投機性質較高, 推測比特幣上漲時投機行為會帶動以太幣上漲。

3. Defi 總鎖倉量:

以太坊上使用去中心化金融服務需鎖定資產做為抵押, 合計所有鎖定的資本是為 Defi 總鎖倉量。可以做為評估 Defi 項目熱絡程度的指標。故推測 Defi 總鎖倉量提升能夠帶動以太幣上漲。

4. 美元指數:

美元指數之組成為美元兌六個主流貨幣之匯率進行加權平均而得。六個主流貨幣為歐元、日圓、英鎊、加幣、瑞典克朗以及瑞士法郎。此指數顯示美元之強勢程度。由目前加密貨幣市場之投機性, 推測美元弱勢時資金較易湧入以太幣造成以太幣上漲。

5. 日圓兌美元匯率:

日圓做為相對穩定、低利之貨幣, 常被用於國際間之利差交易 (carry trade)。推測日圓強勢時進行利差交易之投機資金減少, 使得以太幣市場資金減少, 造成以太幣價格下跌。

6. 人民幣兌美元匯率:



中國對於加密貨幣的管制造成人民幣在加密貨幣市場交易量大幅減少。推測人民幣匯率對以太幣價格影響不大。

7. 黃金期貨價格:

黃金常被當作一種避險性資產,因此推測與美元指數之效果相反,黃金強勢時以太幣也會上漲。

8. 布蘭特原油期貨價格:

當原物料價格上漲時表示可能通膨。使得參與投機市場的資金較少。推測若布蘭特原油期貨上漲則以太幣會下跌。

9. 標普 500 指數:

當股市上漲時表示資金願意參與市場,故推測以太幣與標普 500 指數同向。

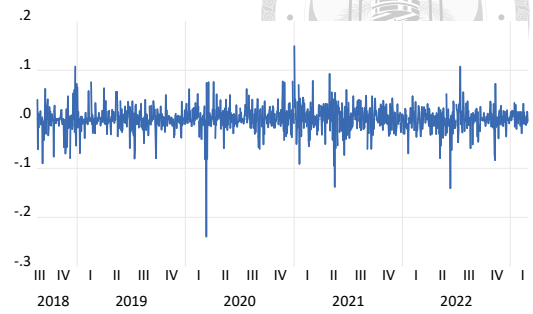
10. VIX 恐慌指數:

VIX 用於衡量標普 500 指數之波動程度。由於投資人心理狀態短期之內能有各種變化,推測 VIX 不會對以太幣有長期影響。

以下是各個變數隨時間變化的走勢圖。



(a) 以太幣價格走勢

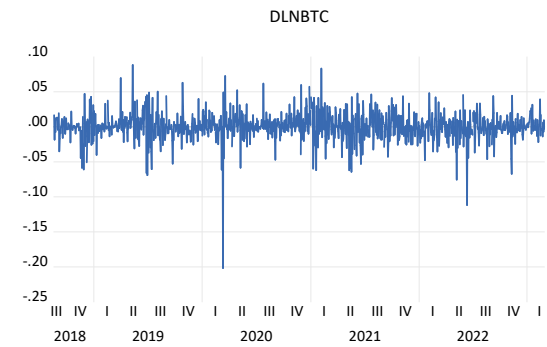


(b) 以太幣價格取對數後一階差分走勢

圖 4.1: 以太幣價格與取對數後一階差分走勢



(a) 比特幣價格走勢

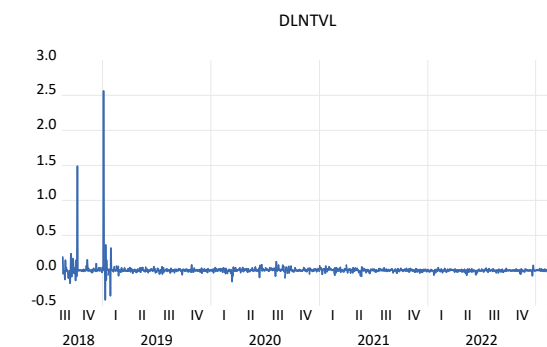


(b) 比特幣價格取對數後一階差分走勢

圖 4.2: 比特幣價格與取對數後一階差分走勢



(a) Defi 總鎖倉量走勢

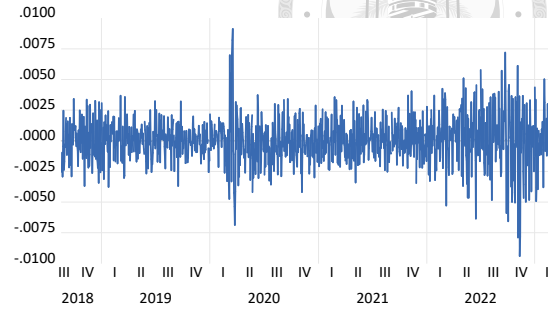


(b) Defi 總鎖倉量取對數後一階差分走勢

圖 4.3: Defi 總鎖倉量與取對數後一階差分走勢



(a) 美元指數走勢

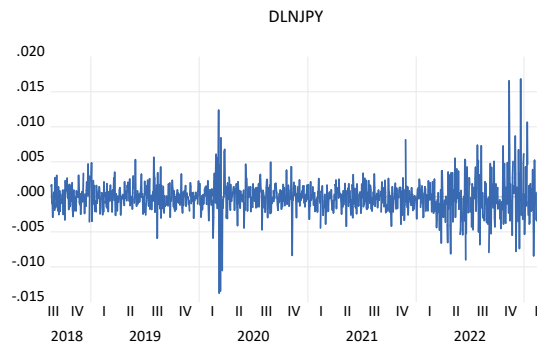


(b) 美元指數取對數後一階差分走勢

圖 4.4: 美元指數與取對數後一階差分走勢



(a) 日圓兌美元匯率走勢

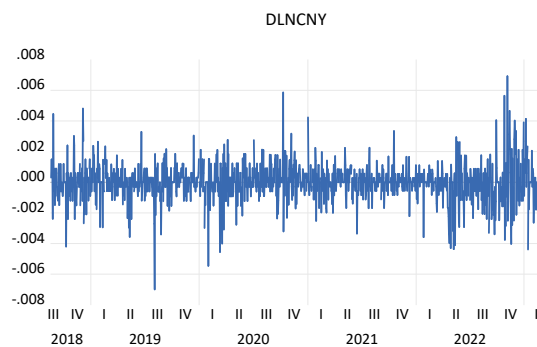


(b) 日圓兌美元匯率取對數後一階差分走勢

圖 4.5: 日圓兌美元匯率與取對數後一階差分走勢



(a) 人民幣兌美元匯率走勢

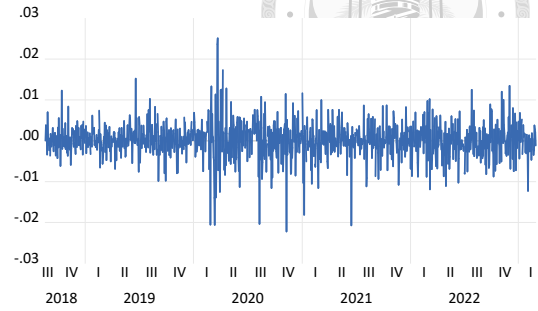


(b) 人民幣兌美元匯率取對數後一階差分走勢

圖 4.6: 人民幣兌美元匯率與取對數後一階差分走勢



(a) 黃金期貨價格走勢

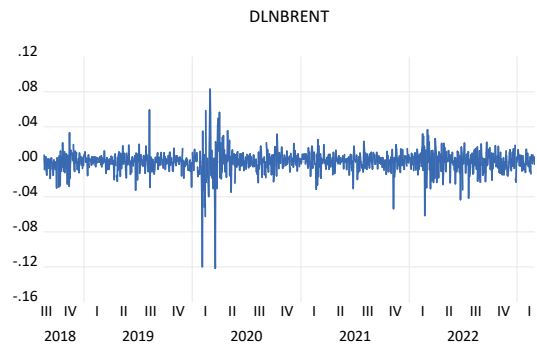


(b) 黃金期貨價格取對數後一階差分走勢

圖 4.7: 黃金期貨價格與取對數後一階差分走勢



(a) 布蘭特原油期貨價格走勢

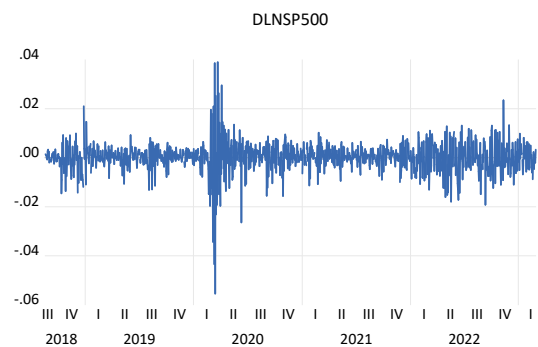


(b) 布蘭特原油期貨價格取對數後一階差分走勢

圖 4.8: 布蘭特原油期貨價格與取對數後一階差分走勢



(a) 標普 500 指數走勢



(b) 標普 500 指數取對數後一階差分走勢

圖 4.9: 標普 500 指數與取對數後一階差分走勢

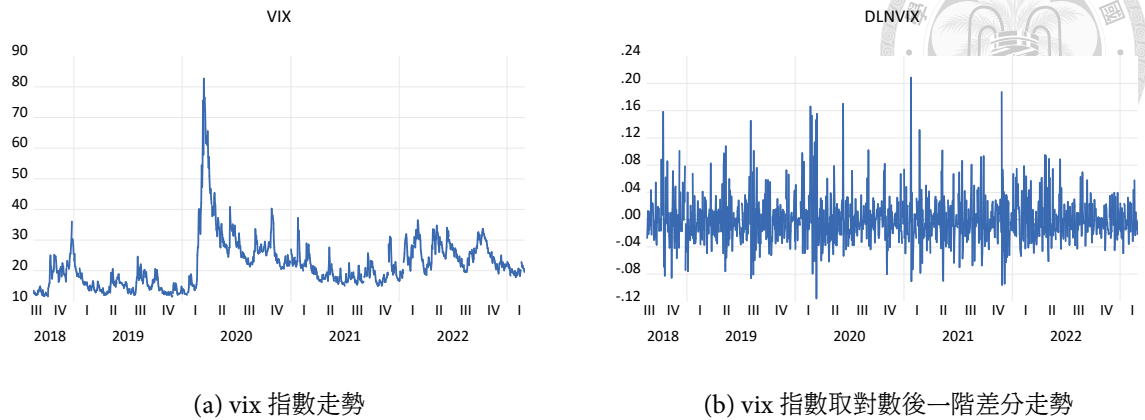


圖 4.10: vix 指數與取對數後一階差分走勢

4.2 單根檢定

在進行後續分析之前先確定資料是否為定態序列。本研究使用 ADF 檢定與 PP 檢定檢視資料。如表 4.2 至 4.4 所示。各個變數除 vix 以外皆無法在 5% 信心水準下拒絕虛無假設，表示這些變數具有單根，非定態序列。當然變數取對數之後得到的結果也是相同結論。但是所有變數取對數後的一階差分資料都是定態序列。因此後續將使用原始變數取對數後的一階差分資料進行分析。

表 4.2: 變數做單根檢定

variables	ADF test		PP test	
	t-statistic	probability	t-statistic	probability
eth	-1.675905	0.7615	-1.624482	0.7830
btc	-1.823457	0.6929	-1.291422	0.8893
tv1	-1.408802	0.8582	-0.888122	0.9556
usd	-1.369156	0.8695	-1.523115	0.8214
jpy	-1.421077	0.8546	-1.343546	0.8763
cny	-1.036314	0.9371	-1.093670	0.9284
gold	-1.639571	0.7768	-1.906724	0.6503
brent	-2.336775	0.4130	-2.441171	0.3578
sp500	-1.908901	0.6492	-1.927134	0.6395
vix	-4.181828	0.0049*	-4.218094	0.0043*

***、**、* 分別代表 1%、5%、10% 顯著水準。

表 4.3: 變數取對數做單根檢定

variables	ADF test		PP test	
	t-statistic	probability	t-statistic	probability
lneth	-1.630118	0.7807	-1.604300	0.7911
lnbtc	-1.119373	0.9241	-1.094002	0.9283
lntvl	-3.243118	0.0766	-3.250610	0.0753
lnusd	-1.569260	0.8046	-1.481949	0.8355
lnjpy	-1.391049	0.8634	-1.335556	0.8784
lncny	-1.073014	0.9316	-1.127121	0.9228
lngold	-2.009960	0.5947	-1.805009	0.7020
lnbrent	-2.320748	0.4217	-2.320748	0.4217
lnsp500	-2.305480	0.4301	-2.207428	0.4844
lnvix	-4.087871	0.0067*	-4.164059	0.0052*

***、**、* 分別代表 1%、5%、10% 顯著水準。

表 4.4: 變數取對數做一階差分後做單根檢定

variables	ADF test		PP test	
	t-statistic	probability	t-statistic	probability
lneth_d1	-35.66912	0.0000***	-35.66375	0.0000***
lnbtc_d1	-34.81279	0.0000***	-34.81279	0.0000***
lntvl_d1	-15.40980	0.0000***	-35.18278	0.0000***
lnusd_d1	-32.36319	0.0000***	-32.43210	0.0000***
lnjpy_d1	-34.64362	0.0000***	-34.68084	0.0000***
lncny_d1	-35.59187	0.0000***	-35.56035	0.0000***
lngold_d1	-34.12566	0.0000***	-34.69270	0.0000***
lnbrent_d1	-31.92181	0.0000***	-31.91575	0.0000***
lnsp500_d1	-10.09710	0.0000***	-40.25071	0.0000***
lnvix_d1	-37.52187	0.0000***	-38.13098	0.0000***

***、**、* 分別代表 1%、5%、10% 顯著水準。

4.3 最適落後期數

接下來確認變數的最適落後期數。結果如表 4.5。依據 AIC 準則, 選擇最適落後期數為

2。

表 4.5: 最適落後期數

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	17017.62	NA	5.07e-26	-29.86413	-29.81990	-29.84742
1	39473.70	44478.41	4.54e-43	-69.11975	-68.63321*	-68.93600*
2	39633.92	314.5347	4.08e-43*	-69.22549*	-68.29664	-68.87470
3	39721.71	170.8115	4.17e-43	-69.20406	-67.83290	-68.68623
4	39799.68	150.3206*	4.34e-43	-69.16537	-67.35190	-68.48050

* indicates lag order selected by the criterion

4.4 共整合檢定

以 2 做為最適落後期數對變數進行共整合檢定。見表 4.6 及 4.7

表 4.6: 跡檢定

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	0.064377	289.0554	239.2354	0.0000
At most 1*	0.050636	213.1973	197.3709	0.0063
At most 2	0.035993	153.9593	159.5297	0.0965
At most 3	0.029389	112.1710	125.6154	0.2452
At most 4	0.020375	78.16534	95.75366	0.4279
At most 5	0.016113	54.69740	69.81889	0.4317
At most 6	0.014276	36.17875	47.85613	0.3875
At most 7	0.009378	19.78670	29.79707	0.4374
At most 8	0.004317	9.045767	15.49471	0.3612
At most 9*	0.003602	4.113460	3.841465	0.0425

Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level.

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

表 4.7: 最大特性根檢定

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	0.064377	75.85807	64.50472	0.0029
At most 1*	0.050636	59.23794	58.43354	0.0415
At most 2	0.035993	41.78830	52.36261	0.3895
At most 3	0.029389	34.00570	46.23142	0.5246
At most 4	0.020275	23.46794	40.07757	0.8540
At most 5	0.016113	18.51864	33.87687	0.8501
At most 6	0.014276	16.39205	27.58434	0.6323
At most 7	0.009378	10.74093	21.13162	0.6731
At most 8	0.004317	4.932307	14.26460	0.7504
At most 9*	0.003602	4.113460	3.841465	0.0425

Max-eigenvalue test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level.

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

以上結果顯示變數間有兩組共整合關係。須建立 VECM 模型以進行後續分析。

4.5 向量誤差修正模型

根據前面分析, 最適落後期數為 2, 並有兩組共整合關係, 故建立落後期數為 $2 - 1 = 1$ 的

向量誤差修正模型。結果如表 4.8。

表 4.8: VECM

Vector Error Correction Estimates		
Sample (adjusted): 8/20/2018 3/02/2023		
Included observations: 1141 after adjustments		
Standard errors in () & t-statistics in []		
Cointegrating Eq:	CointEq1	CointEq2
LNETH(-1)	1.000000	0.000000
LNBTC(-1)	0.000000	1.000000
LNTVL(-1)	-0.068818 (0.02866) [-2.40089]	-0.101904 (0.05212) [-1.95507]
LNBRENT(-1)	0.665396 (0.31190) [2.13340]	-2.860000 (0.56716) [-5.04267]
LNGOLD(-1)	2.753477 (0.97986) [2.81007]	9.161798 (1.78181) [5.14185]

表 4.8: VECM (續)



LNCNY(-1)	6.950917 (3.50646) [1.98232]	32.31191 (6.37625) [5.06754]								
LNJPY(-1)	8.791187 (1.90102) [4.62445]	-5.963767 (3.45688) [-1.72519]								
LNUSD(-1)	17.98256 (3.50337) [5.13294]	16.47619 (6.37064) [2.58627]								
LNSP500(-1)	-7.289177 (0.94697) [-7.69739]	-10.06025 (1.72200) [-5.84220]								
LVIX(-1)	-0.490917 (0.25242) [-1.94485]	-4.324758 (0.45901) [-9.42198]								
C	-15.19156	7.60609								
Error Correction:	D(LNETH)	D(LNBTC)	D(LNTVL)	D(LNBRENT)	D(LNGOLD)	D(LNCNY)	D(LNJPY)	D(LNUSD)	D(LNSP500)	D(LNVIX)
CointEq1	-0.010706 (0.00482) [-2.21931]	-0.005816 (0.00362) [-1.60466]	0.034180 (0.01731) [1.97468]	0.002930 (0.00238) [1.23333]	-0.000035 (0.00080) [-0.04317]	-0.000821 (0.00023) [-3.55476]	-0.001425 (0.00042) [-3.37388]	-0.000250 (0.00034) [-0.72917]	0.003533 (0.00111) [3.18127]	-0.015053 (0.00636) [-2.36589]
CointEq2	0.001860 (0.00235) [0.79055]	0.000241 (0.00177) [0.13651]	0.001167 (0.00844) [0.13818]	0.000489 (0.00116) [0.42225]	-0.000269 (0.00039) [-0.68730]	-0.000288 (0.00011) [-2.55374]	-0.000250 (0.00021) [-1.21313]	0.000049 (0.00017) [0.29097]	0.001024 (0.00054) [1.89070]	0.013171 (0.00310) [4.24354]
D(LNETH(-1))	-0.027477 (0.05320) [-0.51650]	-0.024612 (0.03997) [-0.61573]	0.457196 (0.19088) [2.39514]	-0.007449 (0.02620) [-0.28429]	0.000192 (0.00884) [0.02168]	0.001027 (0.00255) [0.40313]	0.002182 (0.00466) [0.46850]	-0.003016 (0.00379) [-0.79650]	0.011685 (0.01225) [0.95401]	-0.040706 (0.07017) [-0.58104]
D(LNBTC(-1))	-0.028466 (0.07071) [-0.40258]	0.006743 (0.05313) [0.12691]	-0.064453 (0.25372) [-0.25403]	0.021162 (0.03483) [0.60763]	0.011176 (0.01175) [0.95148]	-0.001612 (0.00339) [-0.47615]	-0.000729 (0.00619) [-0.11767]	0.000580 (0.00503) [0.11529]	-0.028152 (0.01628) [-1.72918]	0.051964 (0.09326) [0.55718]
D(LNTVL(-1))	0.00050 (0.00823) [0.06097]	0.00614 (0.00619) [0.99206]	-0.03798 (0.02954) [-1.28588]	-0.00014 (0.00405) [-0.03444]	-0.00034 (0.00137) [-0.24848]	-0.00050 (0.00039) [-1.26750]	-0.00014 (0.00072) [-0.20009]	-0.00032 (0.00059) [-0.55081]	0.00212 (0.00190) [1.12061]	0.00437 (0.01086) [0.40202]
D(LNBRENT(-1))	0.039598 (0.06095) [0.64966]	-0.013828 (0.04580) [-0.30193]	0.093013 (0.21871) [0.42528]	0.051393 (0.03002) [1.71193]	0.017741 (0.01013) [1.75215]	-0.000416 (0.00292) [-0.14254]	0.006999 (0.00534) [1.31130]	-0.000581 (0.00434) [-0.13391]	-0.004677 (0.01403) [-0.33330]	0.019813 (0.08039) [0.24645]
D(LNGOLD(-1))	0.092168 (0.20477) [0.45010]	0.061802 (0.15386) [0.40167]	-0.138911 (0.73476) [-0.18906]	-0.134720 (0.10086) [-1.33578]	-0.034215 (0.03402) [-1.00587]	-0.001243 (0.00980) [-0.12679]	-0.001451 (0.01793) [-0.08092]	-0.028275 (0.01457) [-1.94021]	0.055941 (0.04715) [1.18653]	-0.235319 (0.27008) [-0.87129]
D(LNCNY(-1))	0.090940 (0.69446) [0.13095]	-0.248118 (0.52181) [-0.47549]	-0.208245 (2.49186) [-0.08357]	0.337900 (0.34204) [0.98789]	0.009312 (0.11536) [0.08072]	-0.095364 (0.03325) [-2.86848]	0.094190 (0.06081) [1.54889]	0.014705 (0.04942) [0.29752]	-0.332090 (0.15989) [-2.07693]	0.625394 (0.91595) [0.68278]
D(LNJPY(-1))	-0.047497 (0.43364) [-0.10953]	-0.265812 (0.32583) [-0.81580]	2.048812 (1.55597) [1.31674]	0.153673 (0.21358) [0.71952]	0.045232 (0.07203) [0.62793]	0.018468 (0.02076) [0.88962]	0.005484 (0.03797) [0.14442]	-0.005112 (0.03086) [-0.16564]	0.061340 (0.09984) [0.61437]	0.314746 (0.57194) [0.55031]

表 4.8: VECM (續)

D(LNUSD(-1))	0.756250 (0.56214) [1.34531]	0.225233 (0.42239) [0.53324]	-0.788218 (2.01707) [-0.39077]	-0.283115 (0.27687) [-1.02256]	-0.063746 (0.09338) [-0.68266]	-0.010889 (0.02691) [-0.40465]	0.050487 (0.04922) [1.02565]	-0.034732 (0.04001) [-0.86816]	-0.281550 (0.12943) [-2.17533]	0.441922 (0.74143) [0.59604]
D(LNSP500(-1))	-0.209006 (0.19273) [-1.08447]	-0.177160 (0.14481) [-1.22336]	0.242525 (0.69154) [0.35070]	0.038122 (0.09492) [0.40161]	-0.051781 (0.03201) [-1.61741]	0.026946 (0.00923) [2.92058]	0.101995 (0.01688) [6.04370]	-0.085496 (0.01372) [-6.23326]	-0.271300 (0.04437) [-6.11392]	0.565942 (0.25420) [2.22640]
D(LNVIX(-1))	-0.034341 (0.03244) [-1.05872]	-0.025685 (0.02437) [-1.05385]	0.143009 (0.11639) [1.22872]	-0.009085 (0.01598) [-0.56866]	-0.011856 (0.00539) [-2.20036]	-0.000385 (0.00155) [-0.24821]	0.006701 (0.00284) [2.35914]	-0.003777 (0.00231) [-1.63594]	-0.021853 (0.00747) [-2.92610]	-0.015226 (0.04278) [-0.35589]
C	0.000647 (0.00077) [0.83562]	0.000449 (0.00058) [0.77233]	0.005828 (0.00278) [2.09776]	0.000031 (0.00038) [0.08032]	0.000184 (0.00013) [1.42901]	-0.000001 (0.00004) [-0.01544]	-0.000096 (0.00007) [-1.42180]	0.000056 (0.00006) [1.02024]	0.000163 (0.00018) [0.91482]	0.000124 (0.00104) [0.12104]
R-squared	0.012027	0.007895	0.022238	0.012292	0.012369	0.036930	0.061549	0.062692	0.067336	0.044353
Adj. R-squared	0.001517	-0.002659	0.011836	0.001784	0.001862	0.026684	0.051566	0.052721	0.057414	0.034186
Sum sq. resids	0.764261	0.431494	9.840012	0.185398	0.021089	0.001752	0.005860	0.003871	0.040515	1.329517
S.E. equation	0.026030	0.019558	0.093399	0.012820	0.004324	0.001246	0.002279	0.001852	0.005993	0.034331
F-statistic	1.144347	0.748050	2.137932	1.169795	1.177203	3.604499	6.165108	6.287217	6.786607	4.362630
Log likelihood	2550.494	2876.623	1092.694	3358.554	4598.673	6018.239	5329.246	5565.820	4226.187	2234.630
Akaike AIC	-4.447842	-5.019497	-1.892539	-5.864249	-8.037989	-10.526270	-9.318573	-9.733252	-7.385078	-3.894181
Schwarz SC	-4.390423	-4.962078	-1.835120	-5.806829	-7.980570	-10.468850	-9.261153	-9.675833	-7.327659	-3.836761
Mean dependent	0.000629	0.000484	0.005722	-0.000005	0.000168	-0.000002	-0.000081	0.000036	0.000127	0.000167
S.D. dependent	0.026049	0.019532	0.093957	0.012832	0.004328	0.001263	0.002340	0.001903	0.006173	0.034934
Determinant resid covariance (dof adj.)			3.63E-43							
Determinant resid covariance			3.23E-43							
Log likelihood			39626.09							
Akaike information criterion			-69.19560							
Schwarz criterion			-68.53306							
Number of coefficients			150							

由以上可知存在兩組共整合關係分別為：

$$\begin{aligned} \ln eth_t = & 15.19 + 0.07 \ln tvl_t - 0.67 \ln brent_t - 2.75 \ln gold_t - 6.95 \ln cny_t \\ & - 8.79 \ln jpy_t - 17.98 \ln usd_t + 7.29 \ln sp500_t + 0.49 \ln vix_t \\ \ln btc_t = & -7.6 + 0.10 \ln tvl_t + 2.86 \ln brent_t - 9.16 \ln gold_t - 32.31 \ln cny_t \\ & + 5.96 \ln jpy_t - 16.48 \ln usd_t + 10.06 \ln sp500_t + 4.32 \ln vix_t \end{aligned}$$

在第一組共整合關係中 VIX 恐慌指數在 10% 信心水準下顯著, Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格與人民幣兌美元匯率在 5% 信心水準下顯著, 日圓兌美元匯率、美元指數與標準普爾 500 指數在 1% 信心水準下顯著。



令

$$\begin{aligned}
 EC1_t &= \ln eth_t - 15.19 - 0.07 \ln tvl_t + 0.67 \ln brent_t + 2.75 \ln gold_t + 6.95 \ln cny_t \\
 &\quad + 8.79 \ln jpy_t + 17.98 \ln usd_t - 7.29 \ln sp500_t - 0.49 \ln vix_t \\
 EC2_t &= \ln btc_t + 7.6 - 0.10 \ln tvl_t - 2.86 \ln brent_t + 9.16 \ln gold_t + 32.31 \ln cny_t \\
 &\quad - 5.96 \ln jpy_t + 16.48 \ln usd_t - 10.06 \ln sp500_t - 4.32 \ln vix_t
 \end{aligned}$$

誤差修正模型中 eth 一式為：

$$\begin{aligned}
 \Delta \ln eth_t &= -0.01 EC1_{t-1} + 0.00 EC2_{t-1} - 0.03 \Delta \ln eth_{t-1} - 0.03 \Delta \ln btc_{t-1} \\
 &\quad + 0.00 \Delta \ln tvl_{t-1} + 0.04 \Delta \ln brent_{t-1} + 0.09 \Delta \ln gold_{t-1} \\
 &\quad + 0.09 \Delta \ln cny_{t-1} - 0.05 \Delta \ln jpy_{t-1} + 0.76 \Delta \ln usd_{t-1} \\
 &\quad - 0.21 \Delta \ln sp500_{t-1} - 0.03 \Delta \ln vix_{t-1} + 0.00
 \end{aligned}$$

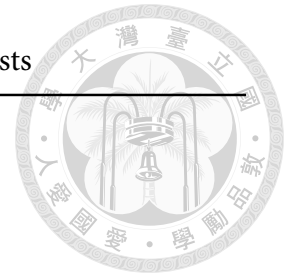
由上式可知當以太幣價格偏離長期均衡關係時會向長期均衡價格進行修正。前一期以太幣價格、前一期比特幣價格、前一期日圓兌美元匯率、前一期標準普爾 500 指數與前一期 VIX 恐慌指數對當期以太幣價格有負向影響；前一期 Defi 總鎖倉量、前一期布蘭特原油價格、前一期黃金期貨價格、前一期人民幣兌美元匯率以及前一期美元指數對以太幣價格有正向影響。但除了長期均衡關係式 $EC1$ 以外，影響皆不顯著。

4.6 Granger Causality

4.6.1 Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

對原始變數取對數後做一階差分的資料做 Granger causality/block exogeneity wald tests, 結果如表 4.9。比特幣價格、Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格、美元指數、日圓兌美元匯率、人民幣兌美元匯率、標準普爾 500 指數與 VIX 恐慌指數對 $\ln eth$ 在短期皆沒有 Granger causality。而 $\ln eth$ 在短期內會 Granger cause $\ln tvl$, 表示短期內以太幣價格可以用來預測 Defi 總鎖倉量。

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests



VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 8/16/2018 3/02/2023

Included observations: 1141

Dependent variable: D(LNETH)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNBTC)	0.162067	1	0.6873
D(LNTVL)	0.003717	1	0.9514
D(LNBRENT)	0.422062	1	0.5159
D(LNGOLD)	0.202592	1	0.6526
D(LNUSD)	1.809858	1	0.1785
D(LNJPY)	0.011997	1	0.9128
D(LNCNY)	0.017148	1	0.8958
D(LNSP500)	1.176069	1	0.2782
D(LNVIX)	1.120898	1	0.2897
All	5.264244	9	0.8107

Dependent variable: D(LNBTC)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.379127	1	0.5381

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

D(LNTVL)	0.984185	1	0.3212
D(LNBRENT)	0.091159	1	0.7627
D(LNGOLD)	0.161338	1	0.6879
D(LNUSD)	0.284345	1	0.5939
D(LNJPY)	0.665529	1	0.4146
D(LNCNY)	0.226094	1	0.6344
D(LNSP500)	1.496615	1	0.2212
D(LNVIX)	1.110596	1	0.2920
All	6.043373	9	0.7356
Dependent variable: D(LNTVL)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	5.736692	1	0.0166
D(LNBTC)	0.064530	1	0.7995
D(LNBRENT)	0.180863	1	0.6706
D(LNGOLD)	0.035742	1	0.8500
D(LNUSD)	0.152705	1	0.6960
D(LNJPY)	1.733809	1	0.1879
D(LNCNY)	0.006984	1	0.9334

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

D(LNSP500)	0.122991	1	0.7258
D(LNVIX)	1.509741	1	0.2192
All	20.65121	9	0.0143

Dependent variable: D(LNBRENT)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.080821	1	0.7762
D(LNBTC)	0.369211	1	0.5434
D(LNTVL)	0.001186	1	0.9725
D(LNGOLD)	1.784298	1	0.1816
D(LNUSD)	1.045628	1	0.3065
D(LNJPY)	0.517703	1	0.4718
D(LNCNY)	0.975936	1	0.3232
D(LNSP500)	0.161287	1	0.6880
D(LNVIX)	0.323373	1	0.5696
All	9.288756	9	0.4111

Dependent variable: D(LNGOLD)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.000470	1	0.9827

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

D(LNBTC)	0.905315	1	0.3414
D(LNTVL)	0.061742	1	0.8038
D(LNBRENT)	3.070047	1	0.0797
D(LNUSD)	0.466019	1	0.4948
D(LNJPY)	0.394300	1	0.5300
D(LNCNY)	0.006516	1	0.9357
D(LNSP500)	2.616029	1	0.1058
D(LNVIX)	4.841590	1	0.0278
All	13.59861	9	0.1373
Dependent variable: D(LNUSD)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.634408	1	0.4257
D(LNBTC)	0.013291	1	0.9082
D(LNTVL)	0.303392	1	0.5818
D(LNBRENT)	0.017933	1	0.8935
D(LNGOLD)	3.764429	1	0.0524
D(LNJPY)	0.027436	1	0.8684
D(LNCNY)	0.088519	1	0.7661

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

D(LNSP500)	38.85352	1	0.0000
D(LNVIX)	2.676292	1	0.1019
All	71.89152	9	0.0000
Dependent variable: D(LNJPY)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.219491	1	0.6394
D(LNBTC)	0.013846	1	0.9063
D(LNTVL)	0.040036	1	0.8414
D(LNBRENT)	1.719496	1	0.1898
D(LNGOLD)	0.006548	1	0.9355
D(LNUSD)	1.051964	1	0.3051
D(LNCNY)	2.399076	1	0.1214
D(LNSP500)	36.52628	1	0.0000
D(LNVIX)	5.565558	1	0.0183
All	56.30075	9	0.0000
Dependent variable: D(LNCNY)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.162516	1	0.6869

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

D(LNBTC)	0.226723	1	0.6340
D(LNTVL)	1.606550	1	0.2050
D(LNBRENT)	0.020319	1	0.8867
D(LNGOLD)	0.016077	1	0.8991
D(LNUSD)	0.163741	1	0.6857
D(LNJYPY)	0.791417	1	0.3737
D(LNSP500)	8.529760	1	0.0035
D(LNVIX)	0.061608	1	0.8040
All	22.73156	9	0.0068
Dependent variable: D(LNSP500)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNETH)	0.910133	1	0.3401
D(LNBTC)	2.990051	1	0.0838
D(LNTVL)	1.255759	1	0.2625
D(LNBRENT)	0.111090	1	0.7389
D(LNGOLD)	1.407848	1	0.2354
D(LNUSD)	4.732068	1	0.0296
D(LNJYPY)	0.377449	1	0.5390
D(LNCNY)	4.313644	1	0.0378

表 4.9: Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests (續)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNVIX)	8.562068	1	0.0034
All	24.97394	9	0.0030
Dependent variable: D(LNVIX)			
D(LNETH)	0.336563	1	0.5618
D(LNBTC)	0.310444	1	0.5774
D(LNTVL)	0.161621	1	0.6877
D(LNBRENT)	0.060739	1	0.8053
D(LNGOLD)	0.759147	1	0.3836
D(LNUSD)	0.355266	1	0.5511
D(LNJPY)	0.302844	1	0.5821
D(LNCNY)	0.466189	1	0.4947
D(LNSP500)	4.956854	1	0.0260
All	6.420386	9	0.6972

4.6.2 Pairwise Granger Causality Tests

表4.10 所示為對原始變數取對數的資料進行 pairwise Granger causality tests 的結果。顯示在5% 信心水準之下, 長期而言, 以太幣價格領先於布蘭特原油期貨價格, 比特幣價格領先於以太幣價格, 以太幣價格領先於日圓兌美元匯率, 標普 500 指數領先於以太幣價格, 以太幣價格與 Defi 總鎖倉量互相有 Granger causality, 以太幣價格領先於美元指數。

表 4.10: Pairwise Granger Causality Tests



Pairwise Granger Causality Tests			
Sample: 8/16/2018 3/02/2023			
Lags: 2			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
LNBTC does not Granger Cause LNBRENT	1141	3.28770	0.0377
LNBRENT does not Granger Cause LNBTC		0.55940	0.5717
LNCNY does not Granger Cause LNBRENT	1141	3.64084	0.0265
LNBRENT does not Granger Cause LNCNY		1.34263	0.2616
LNETH does not Granger Cause LNBRENT	1141	4.03019	0.0180
LNBRENT does not Granger Cause LNETH		0.86777	0.4202
LNGOLD does not Granger Cause LNBRENT	1141	1.70841	0.1816
LNBRENT does not Granger Cause LNGOLD		2.91536	0.0546
LNJPY does not Granger Cause LNBRENT	1141	0.57988	0.5601
LNBRENT does not Granger Cause LNJPY		6.33499	0.0018
LN500 does not Granger Cause LNBRENT	1141	3.02745	0.0488
LNBRENT does not Granger Cause LN500		0.14642	0.8638
LNTVL does not Granger Cause LNBRENT	1141	2.30191	0.1005
LNBRENT does not Granger Cause LNTVL		0.22525	0.7984
LNUSD does not Granger Cause LNBRENT	1141	1.91628	0.1476

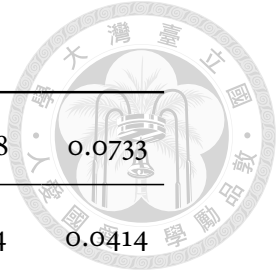
表 4.10: Pairwise Granger Causality Tests (續)

LNBRENT does not Granger Cause LNUSD		2.15880	0.1159
LNVIX does not Granger Cause LNBRENT	1141	3.63394	0.0267
LNBRENT does not Granger Cause LNVIX		1.46198	0.2322
LNCNY does not Granger Cause LNBTC	1141	2.03103	0.1317
LNBTC does not Granger Cause LNCNY		0.32412	0.7232
LNETH does not Granger Cause LNBTC	1141	1.01532	0.3626
LNBTC does not Granger Cause LNETH		3.15163	0.0432
LNGOLD does not Granger Cause LNBTC	1141	1.30642	0.2712
LNBTC does not Granger Cause LNGOLD		1.45965	0.2328
LNJPY does not Granger Cause LNBTC	1141	2.45328	0.0865
LNBTC does not Granger Cause LNJPY		5.04579	0.0066
LNSP500 does not Granger Cause LNBTC	1141	0.30880	0.7344
LNBTC does not Granger Cause LNSP500		4.23071	0.0148
LNTVL does not Granger Cause LNBTC	1141	2.35629	0.0952
LNBTC does not Granger Cause LNTVL		5.40546	0.0046
LNUSD does not Granger Cause LNBTC	1141	2.12152	0.1203
LNBTC does not Granger Cause LNUSD		6.12686	0.0023
LNVIX does not Granger Cause LNBTC	1141	0.07601	0.9268
LNBTC does not Granger Cause LNVIX		0.55884	0.5720

表 4.10: Pairwise Granger Causality Tests (續)

LNETH does not Granger Cause LNCNY	1141	0.50202	0.6054
LNCNY does not Granger Cause LNETH		1.28384	0.2774
LNGOLD does not Granger Cause LNCNY	1141	0.55100	0.5765
LNCNY does not Granger Cause LNGOLD		1.08672	0.3377
LNJPY does not Granger Cause LNCNY	1141	2.84129	0.0588
LNCNY does not Granger Cause LNJPY		7.55994	0.0005
LNSP500 does not Granger Cause LNCNY	1141	8.88021	0.0001
LNCNY does not Granger Cause LNSP500		0.38010	0.6839
LNTVL does not Granger Cause LNCNY	1141	0.60965	0.5437
LNCNY does not Granger Cause LNTVL		1.00163	0.3676
LNUSD does not Granger Cause LNCNY	1141	7.18827	0.0008
LNCNY does not Granger Cause LNUSD		3.04654	0.0479
LNPIX does not Granger Cause LNCNY	1141	3.47088	0.0314
LNCNY does not Granger Cause LNPIX		0.47399	0.6226
LNGOLD does not Granger Cause LNETH	1141	2.74934	0.0644
LNETH does not Granger Cause LNGOLD		0.94283	0.3898
LNJPY does not Granger Cause LNETH	1141	1.36358	0.2562
LNETH does not Granger Cause LNJPY		5.52336	0.0041
LNSP500 does not Granger Cause LNETH	1141	3.46155	0.0317

表 4.10: Pairwise Granger Causality Tests (續)



LNETH does not Granger Cause LNSP500		2.61968	0.0733
LNTVL does not Granger Cause LNETH	1141	3.19394	0.0414
LNETH does not Granger Cause LNTVL		8.88681	0.0001
LNUSD does not Granger Cause LNETH	1141	2.02407	0.1326
LNETH does not Granger Cause LNUSD		7.46244	0.0006
LNVIK does not Granger Cause LNETH	1141	0.16256	0.8500
LNETH does not Granger Cause LNVIK		0.43094	0.6500
LNJPY does not Granger Cause LNGOLD	1141	0.79973	0.4497
LNGOLD does not Granger Cause LNJPY		1.68203	0.1865
LNSP500 does not Granger Cause LNGOLD	1141	0.03255	0.9680
LNGOLD does not Granger Cause LNSP500		4.09766	0.0169
LNTVL does not Granger Cause LNGOLD	1141	0.75488	0.4703
LNGOLD does not Granger Cause LNTVL		1.77101	0.1706
LNUSD does not Granger Cause LNGOLD	1141	1.59154	0.2041
LNGOLD does not Granger Cause LNUSD		2.72257	0.0661
LNVIK does not Granger Cause LNGOLD	1141	1.86093	0.1560
LNGOLD does not Granger Cause LNVIK		1.52809	0.2174
LNSP500 does not Granger Cause LNJPY	1141	26.2966	7.E-12
LNJPY does not Granger Cause LNSP500		1.83532	0.1600

表 4.10: Pairwise Granger Causality Tests (續)

LNTVL does not Granger Cause LNJPY	1141	0.83867	0.4326
LNJPY does not Granger Cause LNTVL		2.02963	0.1319
LNUSD does not Granger Cause LNJPY	1141	2.36608	0.0943
LNJPY does not Granger Cause LNUSD		4.25095	0.0145
LNPIX does not Granger Cause LNJPY	1141	4.82442	0.0082
LNJPY does not Granger Cause LNPIX		0.23322	0.7920
LNTVL does not Granger Cause LNSP500	1141	3.67258	0.0257
LNSP500 does not Granger Cause LNTVL		0.48908	0.6133
LNUSD does not Granger Cause LNSP500	1141	3.15962	0.0428
LNSP500 does not Granger Cause LNUSD		32.8513	1.E-14
LNPIX does not Granger Cause LNSP500	1141	4.58967	0.0103
LNSP500 does not Granger Cause LNPIX		4.06241	0.0175
LNUSD does not Granger Cause LNTVL	1141	1.65393	0.1918
LNTVL does not Granger Cause LNUSD		0.83297	0.4350
LNPIX does not Granger Cause LNTVL	1141	0.26765	0.7652
LNTVL does not Granger Cause LNPIX		0.20775	0.8124
LNPIX does not Granger Cause LNUSD	1141	9.48337	8.E-05
LNUSD does not Granger Cause LNPIX		0.12784	0.8800



4.7 衝擊反應函數

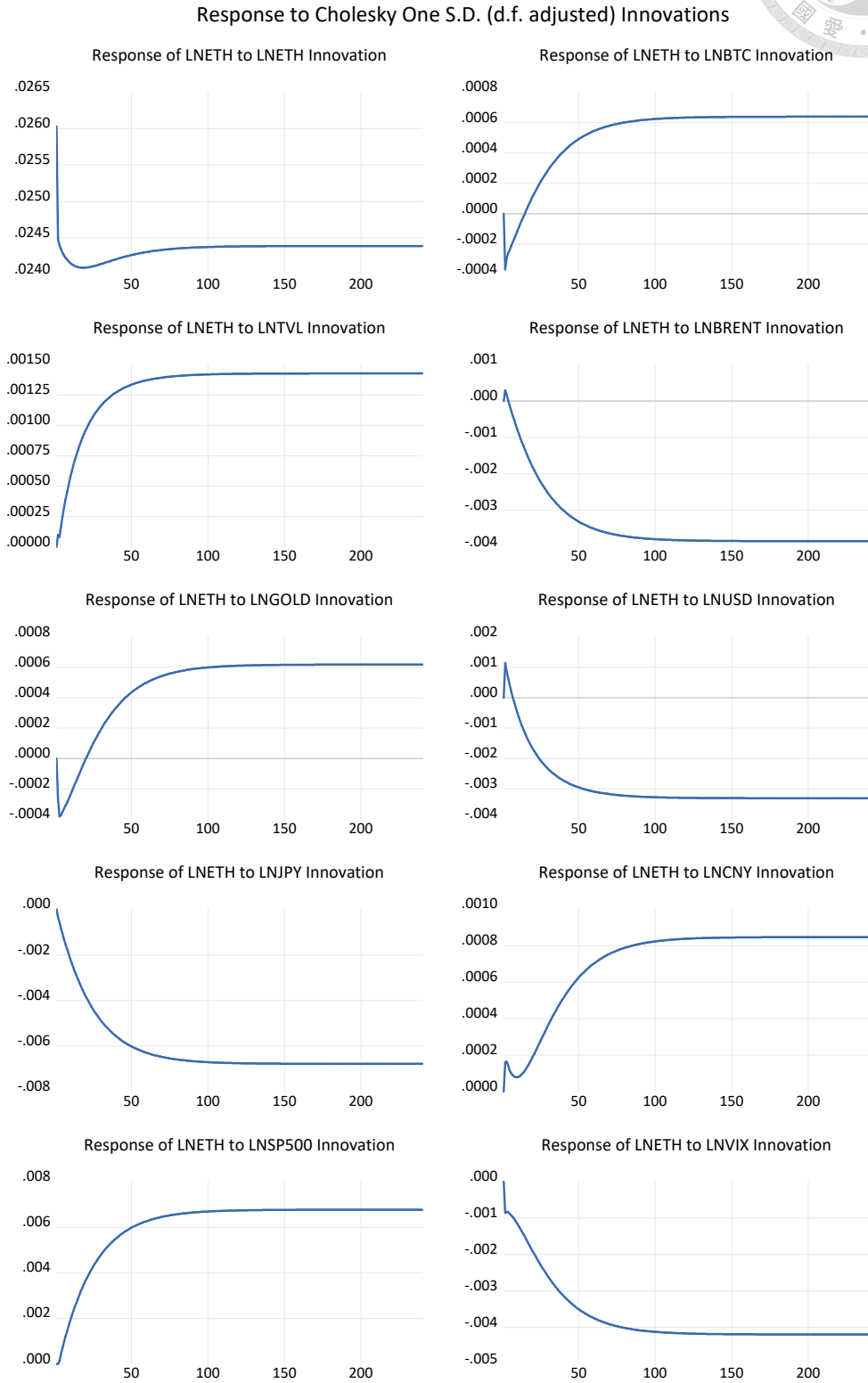


圖 4.11: 衝擊反應函數



以圖4.11分析當模型中的變數產生衝擊時會對以太幣有何影響。

1. 當以太幣自身發生衝擊時, 第一期會有最大反應, 之後減弱, 大約100天後趨近收斂。
2. 比特幣價格發生衝擊時, 一開始以太幣會有負向反應, 但很快就與比特幣同向並於大約100天後趨向收斂, 具長期影響。
3. Defi 總鎖倉量發生衝擊時以太幣會快速同向反應, 但也很快, 大約60天就趨近收斂, 具長期影響。
4. 布蘭特原油期貨價格發生衝擊時以太幣有稍微的同向反應, 但很迅速地走往反向, 大約100天後趨於收斂, 具長期影響。
5. 黃金期貨價格發生衝擊時, 一開始以太幣會有負向反應, 但很快就與黃金期貨同向並大約100天後趨向收斂, 圖形與比特幣對以太幣類似, 差別在以太幣遇到黃金期貨價格衝擊時, 反彈的初升段走得較緩。
6. 美元指數發生衝擊時以太幣有稍微的同向反應, 但很迅速地走往反向, 並在大約100天後趨於收斂, 具長期影響。
7. 日圓兌美元匯率發生衝擊時, 以太幣走反向且一去不回頭, 大約100天後趨向收斂, 具長期影響。



8. 人民幣兌美元匯率發生衝擊時,以太幣初期有些震盪,但整體而言仍同向反應,在大約100天後趨近收斂,具長期影響。
9. 標普500指數發生衝擊時,以太幣會同向反應,一去不回頭,在大約100天後趨近收斂,具長期影響。
10. VIX 指數發生衝擊時,以太幣在第一期有很強烈的負向反應,之後繼續走負向,大約100天後趨近收斂,具長期影響。

表4.11整理出各項變數一標準差衝擊下對lneth的長期影響。

表 4.11: 變數衝擊對lneth長期影響

變數	lneth 反應
lneth	2.44%
lnbtc	0.06%
lntvl	0.14%
lnusd	-0.38%
lnjpy	0.06%
lncny	0.24%
lngold	-0.46%
lnbrent	-0.56%
lnsp500	0.28%
lnvix	-0.42%



第 5 章

結論與建議

5.1 結論

本研究收集之樣本時間範圍在 2018/8/16 到 2023/3/2 之間, 變數為以太幣價格、比特幣價格、Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格、美元指數、日圓兌美元匯率、人民幣兌美元匯率、標準普爾 500 指數與 VIX 恐慌指數。透過 VECM 模型分析, 本研究發現以太幣與總體經濟變數之間存在長期均衡關係。其中 VIX 恐慌指數在 10% 信心水準下顯著, Defi 總鎖倉量、布蘭特原油期貨價格、黃金期貨價格、人民幣兌美元匯率、日圓兌美元匯率、美元指數與標準普爾 500 指數在 5% 信心水準下皆顯著。然而從誤差修正模型中可知, 除長期均衡關係之外, 各項變數影響皆不顯著。顯示以太幣價格在短期間的隨機性。

藉由 Granger causality 檢定發現, 長期而言比特幣價格與標普 500 指數 Granger cause 以太幣價格, 此一結果與事前推測一致, 其原因可能是當股票市場火熱時投資人會更積極參與市場, 造成以太幣價格波動。另一方面, 以太幣價格 Granger cause Defi 總鎖倉量, Defi 總鎖倉量也 Granger cause 以太幣價格。而以太坊上的去中心化金融服務需要使用以太幣, 持有以太幣可以參與更多以太坊上的去中心化金融服務, 這可能是以太幣價格與 Defi 總鎖倉量互有 Granger causality 的原因。

最後, 衝擊反應函數結果顯示, 以太幣自身衝擊有正向效果; 比特幣價格、Defi 總鎖倉量、黃金期貨價格、人民幣兌美元匯率與標普 500 指數衝擊對以太幣價格有正向影響; 布蘭特原油期貨價格、美元指數、日圓兌美元匯率與 VIX 恐慌指數對以太幣價格有負向影響。

不過除了以太幣自身衝擊之外,其他變數衝擊對以太幣價格的影響皆不大。



5.2 建議

由於以太坊為新興科技,樣本數過少是本研究侷限之所在。受限於 Defi 總鎖倉量資料範圍,本研究資料僅涵蓋近四年區間,相較發展以久的其他商品,資料樣本較為不足。

以太坊上除去中心化金融 (Defi) 之外也有遊戲化金融 (GameFi) 與非同質化代幣 (NFT) 等等應用。建議後續研究除了考慮總體經濟變數之外,也可使用以太坊相關應用之數據進行討論。由於加密貨幣市場的高度動盪,近期監管機關也開始注意加密貨幣市場,法規限制會如何影響加密貨幣的波動仍有待發掘。另外,加密貨幣市場中總體經濟事件的影響也常造成波動。惟本研究探討的主題為以太幣價格與總體經濟變數之互動關係,未能企及事件對於以太幣價格波動的衝擊。近期幣安遭到美國證券交易所起訴造成市場大幅下跌,但是目前仍缺乏研究討論事件對加密貨幣價格波動的結構性影響。建議未來研究可以探討相關事件如肺炎疫情或是全球第二大加密貨幣交易所 FTX 破產等,對於以太幣價格波動是否有結構性的變化。



參考文獻

- 吳仲平 (2018), “比特幣價格與總體經濟變數之關聯性,” 碩士論文, 國立臺灣大學。
- 張育豪 (2022), “以太幣價格與總體經濟之關係研究：分量迴歸模型的應用,” 碩士論文, 國立臺灣大學。
- 謝佳容 (2017), “比特幣匯率之實證分析,” 碩士論文, 國立臺灣大學。
- Ciaian, Pavel, Miroslava Rajcaniova, and d’Artis Kancs (2016), “The economics of BitCoin price formation,” *Applied Economics*, 48(19), 1799–1815.
- Dickey, David A. and Wayne A. Fuller (1979), “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root,” *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431.
- Engle, Robert F. and C. W. J. Granger (1987), “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing,” *Econometrica*, 55(2), 251–276.
- Granger, C. W. J. (1969), “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods,” *Econometrica*, 37(3), 424–438.
- Johansen, Søren (1988), “Statistical analysis of cointegration vectors,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2), 231–254.
- Maddala, G. S. and In-Moo Kim (1998), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press.
- Nelson, Charles R. and Charles R. Plosser (1982), “Trends and random walks in macroeconomic time series: Some evidence and implications,” *Journal of Monetary Economics*, 10(2), 139–162.
- Phillips, Peter C. B. and Pierre Perron (1988), “Testing for a unit root in time series regression,” *Biometrika*, 75(2), 335–346.
- Poyser, Obryan (Mar. 2019), “Exploring the dynamics of Bitcoin’s price: a Bayesian structural time series approach,” *Eurasian Economic Review*, 9(1), 29–60.
- Said, Said E. and David A. Dickey (1984), “Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order,” *Biometrika*, 71(3), 599–607.
- Sims, Christopher A. (1980), “Macroeconomics and Reality,” *Econometrica*, 48(1), 1–48.

Sovbetov, Yhlas (2018), “Factors influencing cryptocurrency prices: evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litecoin, and Monero,” *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2(2), 1–27.

Wijk, D. van (Sept. 2013), *What can be expected from the Bitcoin?*





附錄



附錄 A

衝擊反應函數

表 A.1: Response of LNETH to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations

Period	LNETH	LNBTC	LNTVL	LNBRENT	LNGOLD	LNCNY	LNJPY	LNUSD	LNSP500	LNVIIX
1	0.026030	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.024479	-0.000367	0.000098	0.000295	-0.000272	-0.000172	-0.000837	0.000843	0.000009	-0.000861
3	0.024398	-0.000292	0.000079	0.000169	-0.000383	-0.000066	-0.000905	0.000515	0.000117	-0.000831
4	0.024349	-0.000259	0.000168	0.000013	-0.000373	0.000005	-0.001049	0.000196	0.000448	-0.000837
5	0.024298	-0.000239	0.000249	-0.000131	-0.000352	0.000065	-0.001157	-0.000105	0.000700	-0.000881
6	0.024263	-0.000213	0.000321	-0.000269	-0.000332	0.000134	-0.001274	-0.000388	0.000962	-0.000922
7	0.024229	-0.000188	0.000389	-0.000404	-0.000311	0.000200	-0.001386	-0.000655	0.001208	-0.000974
8	0.024201	-0.000163	0.000453	-0.000535	-0.000289	0.000267	-0.001497	-0.000907	0.001446	-0.001030
9	0.024177	-0.000138	0.000512	-0.000662	-0.000266	0.000333	-0.001606	-0.001146	0.001674	-0.001092
10	0.024157	-0.000114	0.000567	-0.000785	-0.000243	0.000399	-0.001713	-0.001372	0.001893	-0.001157
11	0.024140	-0.000089	0.000619	-0.000905	-0.000220	0.000464	-0.001817	-0.001585	0.002103	-0.001227
12	0.024126	-0.000065	0.000667	-0.001020	-0.000196	0.000528	-0.001919	-0.001786	0.002305	-0.001298
13	0.024116	-0.000041	0.000712	-0.001132	-0.000172	0.000591	-0.002019	-0.001977	0.002498	-0.001372
14	0.024107	-0.000018	0.000754	-0.001241	-0.000148	0.000653	-0.002115	-0.002158	0.002683	-0.001448
15	0.024101	0.000005	0.000793	-0.001346	-0.000124	0.000713	-0.002210	-0.002328	0.002861	-0.001524
16	0.024096	0.000028	0.000830	-0.001447	-0.000100	0.000773	-0.002301	-0.002490	0.003031	-0.001601
17	0.024094	0.000050	0.000865	-0.001544	-0.000077	0.000831	-0.002390	-0.002643	0.003194	-0.001679
18	0.024092	0.000071	0.000897	-0.001638	-0.000053	0.000887	-0.002477	-0.002788	0.003351	-0.001756
19	0.024092	0.000092	0.000927	-0.001729	-0.000031	0.000942	-0.002560	-0.002926	0.003501	-0.001833
20	0.024093	0.000113	0.000956	-0.001817	-0.000008	0.000996	-0.002641	-0.003056	0.003644	-0.001909
21	0.024096	0.000133	0.000982	-0.001901	0.000014	0.001047	-0.002719	-0.003180	0.003781	-0.001984
22	0.024099	0.000152	0.001007	-0.001982	0.000036	0.001098	-0.002795	-0.003297	0.003913	-0.002059
23	0.024102	0.000171	0.001031	-0.002060	0.000057	0.001147	-0.002868	-0.003408	0.004039	-0.002132
24	0.024107	0.000189	0.001053	-0.002135	0.000077	0.001194	-0.002939	-0.003513	0.004159	-0.002204
25	0.024112	0.000207	0.001073	-0.002207	0.000097	0.001240	-0.003007	-0.003613	0.004275	-0.002274
26	0.024117	0.000224	0.001093	-0.002276	0.000117	0.001285	-0.003073	-0.003708	0.004385	-0.002343
27	0.024123	0.000240	0.001111	-0.002343	0.000136	0.001327	-0.003136	-0.003798	0.004491	-0.002410
28	0.024129	0.000256	0.001128	-0.002407	0.000154	0.001369	-0.003197	-0.003883	0.004592	-0.002476
29	0.024135	0.000272	0.001144	-0.002469	0.000172	0.001409	-0.003256	-0.003965	0.004688	-0.002540
30	0.024142	0.000286	0.001160	-0.002528	0.000190	0.001448	-0.003313	-0.004042	0.004781	-0.002602
31	0.024148	0.000301	0.001174	-0.002584	0.000206	0.001485	-0.003367	-0.004115	0.004869	-0.002663
32	0.024155	0.000315	0.001187	-0.002639	0.000223	0.001521	-0.003419	-0.004184	0.004954	-0.002722
33	0.024162	0.000328	0.001200	-0.002691	0.000238	0.001555	-0.003470	-0.004250	0.005035	-0.002779
34	0.024168	0.000341	0.001212	-0.002741	0.000254	0.001589	-0.003518	-0.004313	0.005112	-0.002834
35	0.024175	0.000353	0.001223	-0.002789	0.000268	0.001621	-0.003565	-0.004373	0.005186	-0.002888
36	0.024182	0.000365	0.001234	-0.002835	0.000283	0.001652	-0.003609	-0.004430	0.005257	-0.002940
37	0.024189	0.000377	0.001244	-0.002879	0.000296	0.001681	-0.003652	-0.004484	0.005324	-0.002990
38	0.024195	0.000388	0.001254	-0.002921	0.000309	0.001710	-0.003693	-0.004535	0.005389	-0.003038
39	0.024202	0.000398	0.001263	-0.002962	0.000322	0.001737	-0.003733	-0.004584	0.005451	-0.003085
40	0.024208	0.000408	0.001271	-0.003000	0.000334	0.001764	-0.003771	-0.004630	0.005510	-0.003130
41	0.024214	0.000418	0.001279	-0.003037	0.000346	0.001789	-0.003807	-0.004674	0.005566	-0.003174
42	0.024221	0.000428	0.001287	-0.003073	0.000358	0.001813	-0.003842	-0.004716	0.005620	-0.003216
43	0.024227	0.000437	0.001294	-0.003107	0.000368	0.001837	-0.003875	-0.004756	0.005672	-0.003256
44	0.024233	0.000445	0.001300	-0.003140	0.000379	0.001859	-0.003907	-0.004794	0.005721	-0.003295
45	0.024238	0.000454	0.001307	-0.003171	0.000389	0.001880	-0.003938	-0.004830	0.005768	-0.003332
46	0.024244	0.000462	0.001313	-0.003201	0.000399	0.001901	-0.003968	-0.004865	0.005813	-0.003368
47	0.024250	0.000469	0.001319	-0.003229	0.000408	0.001921	-0.003996	-0.004898	0.005856	-0.003403
48	0.024255	0.000477	0.001324	-0.003257	0.000417	0.001940	-0.004023	-0.004929	0.005897	-0.003436
49	0.024260	0.000484	0.001329	-0.003283	0.000426	0.001958	-0.004049	-0.004958	0.005936	-0.003469
50	0.024265	0.000490	0.001334	-0.003308	0.000434	0.001975	-0.004073	-0.004987	0.005974	-0.003499
51	0.024270	0.000497	0.001338	-0.003332	0.000442	0.001992	-0.004097	-0.005014	0.006009	-0.003529
52	0.024275	0.000503	0.001343	-0.003355	0.000449	0.002008	-0.004120	-0.005039	0.006044	-0.003557
53	0.024279	0.000509	0.001347	-0.003376	0.000457	0.002023	-0.004142	-0.005064	0.006076	-0.003585
54	0.024284	0.000515	0.001351	-0.003397	0.000464	0.002038	-0.004162	-0.005087	0.006107	-0.003611
55	0.024288	0.000520	0.001355	-0.003417	0.000470	0.002052	-0.004182	-0.005109	0.006137	-0.003636
56	0.024292	0.000525	0.001358	-0.003437	0.000477	0.002065	-0.004201	-0.005130	0.006166	-0.003660
57	0.024296	0.000530	0.001361	-0.003455	0.000483	0.002078	-0.004220	-0.005150	0.006193	-0.003683
58	0.024300	0.000535	0.001365	-0.003472	0.000489	0.002090	-0.004237	-0.005170	0.006219	-0.003705
59	0.024304	0.000540	0.001368	-0.003489	0.000494	0.002102	-0.004254	-0.005188	0.006244	-0.003727
60	0.024307	0.000544	0.001370	-0.003505	0.000500	0.002113	-0.004270	-0.005205	0.006267	-0.003747
61	0.024311	0.000548	0.001373	-0.003520	0.000505	0.002124	-0.004285	-0.005222	0.006290	-0.003766
62	0.024314	0.000552	0.001376	-0.003535	0.000510	0.002135	-0.004299	-0.005238	0.006311	-0.003785
63	0.024317	0.000556	0.001378	-0.003549	0.000515	0.002144	-0.004313	-0.005253	0.006332	-0.003803
64	0.024320	0.000560	0.001381	-0.003562	0.000519	0.002154	-0.004327	-0.005267	0.006352	-0.003820
65	0.024323	0.000563	0.001383	-0.003575	0.000524	0.002163	-0.004340	-0.005281	0.006371	-0.003837
66	0.024326	0.000566	0.001385	-0.003587	0.000528	0.002172	-0.004352	-0.005294	0.006388	-0.003852
67	0.024329	0.000570	0.001387	-0.003599	0.000532	0.002180	-0.004363	-0.005306	0.006406	-0.003867
68	0.024331	0.000573	0.001389	-0.003610	0.000536	0.002188	-0.004374	-0.005318	0.006422	-0.003882
69	0.024334	0.000576	0.001390	-0.003621	0.000539	0.002195	-0.004385	-0.005329	0.006438	-0.003896

