

邊緣人的力量：以代理人基模型檢視謠言傳播

王昱凱、陶振超

摘要

社交媒體中謠言經常來自追隨者數量不高的帳號，但傳播效果卻能比由意見領袖散播的真實訊息更為優秀。此一違反直覺的現象反映出謠言傳播的複雜性，我們將其稱為邊緣人的力量。本研究以代理人基模型（Agent-base modeling）來分析邊緣人與意見領袖傳播謠言的效果差異。結果顯示，儘管意見領袖的總影響人數較多，但卻存在明顯的上限。而邊緣人能通過較少的連結數影響更多的使用者，且此一特徵會隨著時間緩慢成長，顯示出較穩定的影響動態。其次，相較於邊緣人，意見領袖散布的謠言會加速群體意見的分裂速度，增加網絡中的迴聲室數量；這些結果暗示了我們不應過份高估意見領袖傳播訊息的能力，同時應當重視社交媒體任何造謠的使用者；從方法面而論，本研究引入了複雜系統的概念與研究方法，提供未來從事謠言傳播研究的相關建議。

- ◎ 關鍵字：代理人基模型、迴聲室、結構洞、意見領袖、複雜系統、邊緣人、謠言
- ◎ 本文第一作者王昱凱為陽明交通大學傳播與科技學系研究生；第二作者陶振超為陽明交通大學傳播與科技學系教授。
- ◎ 通訊作者為陶振超，聯絡方式：Email：taoc@nycu.edu.tw；通訊處：30272 新竹縣竹北市六家五路一段1號。
- ◎ 收稿日期：2023/03/24 接受日期：2023/07/14

The Power of Marginality: Agent-Based Modeling for Rumor Spreading

Yu-Kai Wang, Chen-Chao Tao

Abstract

Social media rumors often originate from accounts with a low number of followers, yet these rumors can surpass the spread of genuine information disseminated by opinion leaders. This counterintuitive phenomenon is indicative of the complexity of rumor propagation, which we refer to as the power of marginality. In this study, an agent-based modeling approach was employed to examine the disparity in the impact of rumor propagation between marginality and opinion leaders. The findings reveal that while the overall influence of opinion leaders is substantial, it has a discernible upper limit. Marginality, on the other hand, can exert greater influence on a larger number of users with fewer connections, and this attribute grows gradually over time, illustrating a more stable influence dynamic. Additionally, the dissemination of rumors by opinion leaders accelerates the fragmentation of group opinions and increases the number of echo chambers within the network compared to marginality. These results underscore the need to avoid overestimating the capacity of opinion leaders to disseminate information and to pay attention to any social media users engaging in rumormongering. Methodologically, this study employs research techniques that can analyze complex systems and provide recommendations for future research on rumor propagation.

⊙ Keywords: Agent-based Modeling, Complex Systems, Echo Chamber, Opinion Leaders, Marginality, Rumor, Structural Hole

⊙ The first author, Yu-Kai Wang is a Master Student in Department of Communication and Technology at National Yang Ming Chiao Tung University. The second author, Chen-Chao Tao is a Professor in Department of Communication and Technology at National Yang Ming Chiao Tung University.

⊙ Corresponding author: Chen-Chao, email: taoc@nycu.edu.tw ; address: No.1, Sec. 1, Liujia 5th Rd., Zhubei City, Hsinchu County 302, Taiwan R.O.C.

⊙ Received: 2023/03/24 Accepted: 2023/07/14

壹、緒論

直覺上，散布謠言從意見領袖著手成效最佳。意見領袖的影響力讓謠言迅速在社會中擴散。然而，實證研究中卻經常發現社交媒體中的謠言經常來自追隨者數量很少的邊緣人¹。Vosoughi, Roy and Aral (2018) 指出謠言相比於真實訊息，傳播的更快、更廣泛、更深入，但是散播謠言的使用者卻擁有較少的追隨者、較低的活動頻率與使用時間。

我們認為邊緣人具有異於直覺的傳播效果，並且此一現象與迴聲室的形成具有緊密的關係。社交媒體中的迴聲室是在特定議題中抱有相似態度的使用者群體，部分學者認為迴聲室內部流傳的同質性訊息會讓使用者無法辨別真假 (Bright, Marchal, Ganesh & Rudinac, 2022; Sasahara, Chen, Peng, Ciampaglia, Flammini & Menczer, 2021)，因此有助於謠言的擴散。但反過來說，由於謠言無法在與其立場相異的迴聲室中傳播 (Del Vicario, Bessi, Zollo, Petroni, Scala, Caldarelli, Stanley & Quattrociocchi, 2016)，因此迴聲室可說是謠言的監獄，避免更多人受到影響。綜合以上論點，似乎可以得到一個反直覺的結論：社交媒體中不起眼的使用者所散布的謠言，反而可能形塑範圍更大、成員數量更多的迴聲室。我們將此現象稱為「邊緣人的力量」。

檢視邊緣人的力量並非易事。謠言擴散的過程涉及許多社交媒體使用者在一段時間的互動，初始條件即使有些微改變，也可能在一連串的互動中形成連鎖反應，最終對整個網絡產生巨大影響而出現不同結果 (Keijzer, Mäs & de Boer, 2022)。換句話說，初始造謠者的特徵差異雖然會影響局部意見動態變化，但卻未必能用來預測整體系統最終的狀態。因此邊緣人的力量可以被視為一種難以預測、反直覺的湧現現象 (emergence phenomenon) —此一概念經常被用於描述複雜系統中，局部動態跟全局結果彼此衝突的情況 (Bonabeau, 2002; Crutchfield, 1994)。

為了探索邊緣人與意見領袖的謠言傳播動態差異，本研究使用代理人基模型 (agent-base modeling，簡稱 ABM) 捕捉眾多個體的歷時性複雜動態 (Bonabeau,

1. 邊緣人原指游離於主要群體之外、朋友很少的人。在本研究中將其引申為社交媒體中追隨者（好友）數量較低的使用者。

2002)。這是一種在模擬環境中觀察大量個體互動、並隨時間產生變化的研究方法。我們構建了一個模擬世界，並對單個社交媒體使用者的行為，以及它們如何彼此互動做出假設，通過少數變項模擬出真實世界中邊緣人異於直覺的謠言傳播效果，藉此對複雜的謠言傳播鏈進行實驗與分析。

另外，本研究雖以謠言傳播作為研究背景，但實驗所操弄的訊息本身實際上是「人為有意散布的新訊息」。因此，研究結果除了為邊緣人異於直覺的謠言擴散效果提供解釋之外，亦可說明不同類型的訊息源所產生的動態傳播過程，特別是追隨者數量不多的社交媒體帳號異常優異的傳播效果，為學者、政策制定者、實務工作者提供新的觀點。

貳、迴聲室是謠言傳播的助力、還是阻力？

迴聲室是一群具有相似態度、政治傾向或議題觀點的社交媒體使用者。在這種環境中，個體既有的態度跟其他使用者或訊息源的反覆互動而得到強化。迴聲室助長謠言擴散的主要原因有三。首先，相比於外部訊息，迴聲室成員更容易受到群體內部流傳訊息的影響。此現象也存在於線下環境，但在社交媒體中形成的更快，造成的影響也更明顯。社交媒體使用者對特定訊息的接受程度取決於自身既有態度與迴聲室主流意見，而非訊息的真假（Del Vicario et al., 2016）。因此，當接收到的訊息與自身既存態度一致時，個體會傾向相信該訊息—即使該訊息具有明顯可疑特徵時也不例外（Wischnewski, Ngo, Bernemann, Jansen & Krämer, 2022）。

其次，謠言擴散是社交媒體使用者對特定訊息的選擇性分享（轉發、轉推），與選擇性暴露經常混為一談，但兩者實際上應該是互補的兩種途徑。選擇性分享可以增加特定內容的能見度，進而增加人們接觸態度一致內容的可能性（Van Bavel, Harris, Pärnamets, Rathje, Doell & Tucker, 2021）。選擇性分享的主要動機是社會認同，進而促進了對其他觀點的不信任（Shin & Thorson, 2017）。由於閱聽人在公開表態時與身份管理相關的動機會活化（Eckles, Kizilcec & Bakshy, 2016），分享訊息被視為一種表達共同價值觀和社會身份的方式。因此分享訊息可視為社會連結的一種形式，群體內分享訊息的個人往往會從這種行為中獲得某種獎勵（Liang, 2021）。

最後，意見領袖擁有極高數量的追隨者，轉發的訊息能被更多社交媒體使用者接收到。對於許多不主動尋求訊息的閱聽人來說，意見領袖是社交媒體收集新聞的核心（Weeks, Lane, Kim, Lee & Kwak, 2017），能將追隨者的注意力集中在特定議題上（Bergström & Jervelycke Belfrage, 2018）。同時意見領袖也是連結多個網絡集群的中介者（Burt, 1999），有利於讓訊息觸及到更多元的群體。他們的言論具有影響力，促進了輿論形成的過程（Choi, 2015）。

不過，儘管有許多學者對迴聲室的威脅提出警告，卻也有學者認為迴聲室對謠言傳播的影響力被誇大。主要原因有三。首先，用來解釋迴聲室有利於謠言傳播的原因，也能反過來解釋為何迴聲室能限制謠言傳播。首先，同質性效應已經在線上與線下的環境中被反覆證明，這也代表異質性訊息在迴聲室中不太可能達到相同的效果。Guess, Nyhan and Reifler（2020）質疑不可信網站（untrustworthy websites）的影響力。他們發現 2016 年美國總統大選期間，不可信網站所傳播的訊息僅佔總訊息量的一小部分，並且大部分都被特定立場（川普支持者）所接收到。由於這種不可信網站所傳播的訊息僅會在立場相似的迴聲室中傳播，因此迴聲室的存在反而限制了謠言不會擴散到處在其他迴聲室的社交媒體使用者，進而降低其影響。上述研究結果反映了迴聲室與謠言傳播研究在方法上的一個限制：即使研究參與者數量極大，也僅是整體媒體環境中的一部分（Dubois & Blank, 2018），使得研究結果限制在局部範圍，不能概推到全局。

其次，選擇性分享可以增加特定訊息的曝光，然而重複暴露對於訊息分享的影響卻存在爭議。在過去的資訊擴散研究中，有相互衝突的兩種觀點。一是重視橋接不同網絡集群可能性的弱連結理論（Granovetter, 1973）。此派觀點的學者認為網絡冗餘²（networks redundancy）高的網絡結構將導致訊息傳播效率降低（Burt, 1992; Granovetter, 1973）。二是重視重複暴露的複雜傳播理論（Centola & Macy, 2007），由於冗餘結構能提供行動者多次暴露，對於有接受門檻、較複雜的行為來說，網絡冗餘反而能有效促進複雜行為的傳播（Bakshy, Rosenn, Marlow & Adamic, 2012; Centola &

2. 網絡冗餘指兩個互相連結的節點，與這兩個節點有直接連結的他者重複的程度。

Macy, 2007)。不過近年有研究指出，網絡冗餘並非訊息擴散的唯一變項，連結強度與相似性也能作為選擇性分享的替代解釋（Liang & Fu, 2019），因為迴聲室成員之間的強連結以及相似性才使謠言能被大量重複分享。若沒有強連結及相似性的幫助，相同的訊息接觸到異質性群體時，分享傾向就會下降。也因此迴聲室的大小，可以很好的預測謠言傳播的範圍（Del Vicario et al., 2016）。

最後，儘管意見領袖的效果在許多實證研究中被證實，但它們很少討論影響力的範圍。從社交媒體的角度來說，意見領袖具有直接追隨者跟間接追隨者（直接追隨者的追隨者）。雖然意見領袖因為其聲望與信譽，使其言論能對其直接追隨者產生影響，但這不代表此影響力會無限的串連下去，一定會在某一個範圍之內停止。二級傳播模型並沒有具體描述意見領袖影響力如何擴散，以及形塑社群的運作機制（Watts & Dodds, 2007）。在該模型中，影響力被很簡單的視為訊息傳播的路徑。這代表意見領袖即使擁有巨大的粉絲數，能將特定訊息快速傳播給其追隨者，也不等於該訊息就有繼續傳播的動力。在實證研究中也有發現意見領袖的局部影響力，例如在微博若將意見領袖作為流行用語早期採用者，最終只會導致小範圍的覆蓋。需要普通使用者的參與才能產生廣泛的使用，最終形成一種趨勢（Zhang, Zhao & Xu, 2016）。Watts and Dodds（2007）也指出最大影響力者很少是意見領袖，大範圍的變化主要是由「容易受影響的人，影響其他容易受影響的人」來驅動的。

整體來說，「迴聲室是謠言的溫床還是監獄」取決於觀測者的視角層次（表一）。在局部網絡的視角下，迴聲室與謠言是相生的關係：謠言可以通過同質性效應使迴聲室成員更容易受影響、通過選擇性分享強化成員暴露在謠言下的機會、意見領袖能作為訊息守門人或第三方參考者，提高特定訊息的影響力。因此認為迴聲室具有威脅性的學者，其主要研究重點經常放在迴聲室內部的同化力量。然而，在全局網絡的視角下，整個社交媒體其實是由數量龐大的迴聲室所組成。因此，謠言會受限於迴聲室大小而被限制擴散範圍，選擇性分享的有效範圍跟迴聲室大小相關，意見領袖的影響力僅限於特定群體中。換個角度來看，迴聲室除了是謠言的監獄之外，也是保護意見多元性的重要存在，使個體免於負面線上訊息的影響（Bail, Argyle, Brown, Bumpus, Chen, Hunzaker, Lee, Mann, Merhout & Volfovsky, 2018），也避免個體態度更趨極端（Boxell, Gentzkow & Shapiro, 2017）。

表一：迴聲室與謠言傳播的分析層次

視角層次	定義	重要問題	研究例子
個體	組成系統的最小單位	個體在遇到異質性的訊息時的反應？	Messing and Westwood (2014)
局部	由許多個體組成的組件（component），可獨立於系統運作	迴聲室如何影響個體對謠言的行為（相信、分享）？	Bessi, Petroni, Vicario, Zollo, Anagnostopoulos, Scala, Caldarelli and Quattrociocchi (2016)
全局	由多個組件組成，性質由多組件之間的互動決定	迴聲室與意見多元性的關係？	Bail et al. (2018)、Boxell et al. (2017)

資料來源：本研究整理製表

參、意見領袖的侷限性

在 1950 年代，傳播學者早已發現大眾媒體的效果並不如預期，最可能改變閱聽人態度的仍是人際影響。在這樣的背景下，誕生了一個結合大眾媒體與人際影響的理論—二級傳播模型。該模型指出大眾媒體的效果不是直接影響大眾，而是通過意見領袖（Katz & Lazarsfeld, 1955）。在 Covid-19 與謠言肆虐的情境下，網紅、社會菁英等不同類型的意見領袖經常在社交媒體闢謠，藉此扭轉謠言造成的負面影響（Young, Sidnam-Mauch, Twyman, Wang, Xu, Sargent, Valente, Ferrara, Fulk & Monge, 2021）。這就是意見領袖的影響力被用於網絡干預³種子（networks intervention seed）的具體例子。

3. 利用社會網絡來產生社會影響、加速行為改變（Badham et al., 2021; Valente, 2012）實務上最常使用的網絡干預策略為識別個人（identifying individuals），並挑選最高度數的節點做為種子（用以傳播訊息、行為、態度的初始節點）。

然而過度聚焦在意見領袖也等同於將研究視野限縮在局部，容易陷入盲點。雖然意見領袖可以在短時間將訊息傳播給數量龐大的閱聽人，在局部網絡的影響力很大，卻也僅限於特定群體，在社交媒體中的轉發效果並沒有特別明顯。此外，由於二級傳播模型對「研究邊界」的限制，資訊擴散研究經常忽略跨網絡集群的傳播情境（Weimann, 1982），使我們缺乏微觀層面的互動是如何形成大規模影響動態的理解（Brown & Reingen, 1987）。

謠言在社交媒體中的傳播主要通過轉發。儘管意見領袖能將訊息直接轉發給大量追隨者，但這並不能使謠言進一步在網路中傳播；甚至轉發一次不夠，需要轉發多次才足以將謠言擴散給群體中大部分的成員。Vosoughi et al. (2018) 發現，高度數（degree）節點所傳播的真實訊息，被轉傳的次數遠少於低度數節點所傳播的謠言。此外，真實訊息每次被轉發，能創造的新接收者也比謠言要少得多。其他研究也發現網絡中的高度數節點，反而會成為訊息擴散的限制，並阻礙態度趨向同質的速度（Golub & Jackson, 2010）。Harrigan, Achananuparp and Lim (2012) 發現 Twitter 中擁有越多追隨者的帳號，所發送的訊息實際上能觸及到的使用者更少，使用者的連結數並不足以彌補被轉發機率的下降。具體來說，60 個追隨者的帳號能觸及到的使用者，是有 200 個追隨者帳號的 3.5 倍。整體來說，意見領袖可以讓謠言在局部快速傳播，但很可能只會導致小範圍的覆蓋，過度專注於意見領袖只會讓研究範圍受限。謠言的廣泛傳播是因為多個集群的小趨勢，最終產生了影響全局的大規模擴散（Liang, 2018; Watts & Dodds, 2007; Zhang et al., 2016）。

儘管存在限制，但意見領袖在局部網絡的效果確實非常明顯。具體來說，意見領袖傳播訊息具有三種優勢。首先，能顯著影響追隨者。雖然可能的原因很多，但多項證據顯示意見領袖能顯著改變群體的態度或行為，並且這種關係是不對稱的，意見領袖能顯著改變追隨者的態度或行為，但反過來卻很難用相同的方法改變意見領袖的態度或行為。例如，醫生會參考意見領袖的觀點進而改變處方箋（Nair, Manchanda & Bhatia, 2010）、改變社交媒體使用者關注的社會議題（Bergström & Jervelycke Belfrage, 2018; Choi, 2015）、為特定言論提供可信度 Diaz-Martin, Schmitz and Yaguee Guillen (2020)、改變社交媒體使用者對主流媒體的觀點（Schulz, Wirth & Muller, 2020）。第二，即時、快速的訊息傳播。意見領袖擁有大量的連結數，經常是普通使

用者的數百甚至數千倍，代表可以將訊息在最短的時間內傳播給數量龐大的追隨者，大幅提高訊息的傳播效率（Reynolds, 2021）。最後，也是最重要的，佔據結構洞，連結不同社會群體。意見領袖往往佔據網絡中的結構洞。這是指不同網絡群體的相交之處。佔據結構洞的人冗餘程度很低，其網絡鄰居之間並沒有太多連結，這也代表佔據結構洞的行動者在互相沒有連結的群體中建立「橋樑」，擁有更多控制訊息流動的機會（Burt, 1992）。在過往研究中發現，意見領袖並非是群體內部的領導者，而是身處結構洞能連結不同群體的中介者（broker），其追隨者經常來自社會中不同的群體（Burt, 1999; Dubois, Minaeian, Paquet-Labelle & Beaudry, 2020），能控制不同網絡集群之間訊息擴散。

肆、邊緣人反直覺的傳播潛力

意見領袖對於群體的態度有重大的影響力，因此直覺上認為意見領袖是重要的謠言傳播源。然而事實並非如此，社交媒體中的許多謠言源自網絡中心性極低的機器人帳號，但最終卻能製造人類使用者的大量轉發（Keijzer & Mäs, 2021; Vosoughi et al., 2018）。這種不成比例的大量轉發與意見領袖的「無力」形成鮮明的對比。Keijzer and Mäs（2021）在模擬研究中發現，連接數量、活動頻率越高的機器人帳號（如同意見領袖），傳播效果反而較差。這種反直覺的現象主要來自機器人對其直接追隨者產生強烈影響，使這些追隨者與其網路鄰居的相異性過大，因此反而無法進一步傳播訊息。

相較於擁有數十甚至數百萬追蹤者、且佔據結構洞的意見領袖，邊緣人擁有的連結數極低，並且追隨者大多來自與真實世界的人際關係有關，因此追隨者之間也很有可能彼此認識。但邊緣人的這些特徵反而能延長謠言的傳播時間並創造更多次轉發，因此更能形塑全局網絡的態度。這種反直覺現象有二種理論解釋：分別是用來解釋網絡結構影響複雜訊息擴散的複雜傳播理論，與解釋謠言被接受與轉發的相似性偏差影響（similarity biased influence）。

首先，儘管意見領袖在結構洞的優勢下可以橋接不同的網絡集群，但這並不代表由意見領袖所傳播的謠言就能很有效的被轉發而順利「滲透」到集群內部。事實上，

所謂的結構洞優勢很大程度上是建立在一個簡單假設上：接觸到訊息就可能被影響，亦即簡單傳播理論（Centola & Macy, 2007）。然而真正的謠言並不像病毒只要接觸就會被影響，而是涉及態度的轉變，因此必須建立在更複雜的心理機制上。具體來說，個體被告知謠言與自願轉發謠言有一些差別，相比於前者僅僅是被動的接受謠言，後者涉及的行為較為複雜，包括與身份相關的動機（Eckles et al., 2016）、與傳播源或謠言的態度相似性（An, Quercia, Cha, Gummadi & Crowcroft, 2014），都會影響接收者的接收意願，因此轉發謠言存在一定的「門檻」⁴。Centola（2007）認為這種複雜行為需要被反覆刺激才更有機會被採納，因此在冗餘結構的集群結構中才容易傳播。在此情境下，點對點的弱連結因為缺少重複刺激的機會，幾乎無法發揮橋接的效果（Centola, 2010）。在實證研究中發現，許多看似簡單的行為也適用複雜傳播理論，包括在社交媒體轉發貼文（Mønsted, Sapieżyński, Ferrara & Lehmann, 2017），因此網絡集群結構能促進轉發意願（Harrigan et al., 2012）或特定行為的採納（Centola, 2010; Eckles et al., 2016）。換句話說，身處集群內部的邊緣人所主導的謠言傳播，因為密集的反覆刺激反而更有機會改變集群成員的態度，進而促進謠言被轉發的可能性。

結構洞與複雜傳播最大的差異在於冗餘結構抑制、還是促進傳播。結構洞認為，新訊息需要通過群體之間的中介者才能傳播至不同的社會群體；複雜傳播認為，複雜行為因為具有一定的傳播門檻，在高度冗餘的結構中能有效提升「周圍的傳播者」而形成重複刺激，讓個體更容易採取特定行為，因此實證研究中經常發現集群結構確實對複雜行為傳播有正向影響（Bakshy et al., 2012; Centola, 2010; Harrigan et al., 2012）。過去結構洞相關研究經常使用約束性⁵（constraint）來檢視節點的橋接性質，指節點在社會網絡中的限制或束縛：密集的網絡可能限制節點獲取訊息的新穎性和多樣性，反之網絡中存在許多結構洞，那麼即使節點之間並不直接相連，也可能獲取更

-
4. Centola（2007）認為複雜事物傳播存在門檻，即影響自我（ego）的他者佔其度數的比例。本研究的門檻定義為謠言與接收者之間的態度相似性，至少要有一個維度以上的態度相同才有可能受影響。
 5. 約束性是計算網絡連結的依賴性，約束性高代表網絡封閉性高，導致結構洞消失（Burt, 1992）。

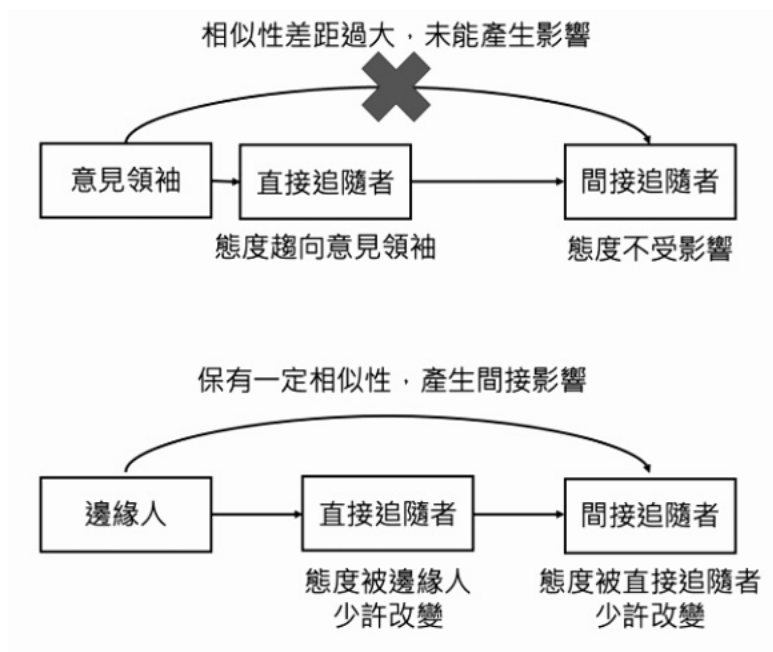
多新訊息 (Burt, 2004; Burt, 1992)。

為了解結構洞與複雜傳播在謠言傳播情境下何者成立，本研究檢視約束性對傳播有效性（最終受謠言影響的人數除以總人口數）與傳播效率（平均一個連結數能使多少人受謠言影響）的效果，提出以下假設：

H1：造謠節點的約束性越高，傳播有效性越高。

H2：造謠節點的約束性越高，傳播效率越高。

其次，相似性偏差影響是謠言的「感染」機制，即人更容易被與自己既存態度相近的個體影響，使自己與互動的個體更為接近。但如果個體之間的態度分歧過大，他們就不太可能彼此影響 (Axelrod, 1997; Nickerson, 1998; Sherif & Hovland, 1961)。在同質性與社會影響⁶的循環作用下，迴聲室的成員態度將會逐漸趨向一致，與其他迴聲室產生明顯的界線，相異迴聲室之間不再產生互動的可能，與謠言態度一致的迴聲室大小將決定謠言傳播的極限範圍。然而，意見領袖與邊緣人作為謠言傳播源所形塑的迴聲室大小會有所差異，邊緣人的「弱影響」反而能創造更大的迴聲室。



圖一：相似性偏差影響示意圖

6. 同質性指與相似個體建立聯繫的傾向；社會影響指個體經過互動而變得更加相似。

形成這種反直覺現象的機制並不複雜：由於意見領袖會顯著影響直接追隨者的態度或行為（Bergström & Jervelycke Belfrage, 2018; Nair et al., 2010; Raghupathi & Fogel, 2015），就像在網絡中產生一種凝聚力，把追隨者的態度「拉」向自己，這就是社會影響導致局部同質化的動態過程（Axelrod, 1997; Flache, Mäs, Feliciani, Chattoe-Brown, Deffuant, Huet & Lorenz, 2017; Huffaker, 2010）。然而這種影響要成立的前提是兩個體的既有態度具一定相似性，否則態度差異過大的個體很難彼此說服（Axelrod, 1997; Nickerson, 1998; Sherif & Hovland, 1961）。當追隨者的態度被意見領袖改變，代表追隨者與他們的朋友之間的相似性下降，態度分歧的增加將減少直接追隨者對間接追隨者的影響。如圖一所示，就算意見領袖繼續施加影響，間接追隨者也會因為與直接追隨者過低的相似性而拒絕改變態度（Schieb & Preuss, 2018）。因此，雖然意見領袖對直接追隨者有很強的影響，但未必能對間接追隨者產生影響。反之，邊緣人只能讓直接追隨者的態度產生少許改變，因此直接追隨者與間接追隨者的相似性不會發生太大變化，仍然能夠產生社會影響，間接將其他人的態度也拉向邊緣人。雖然過程所需時間更長，但最終邊緣人不僅能影響其直接追隨者的態度，也能影響間接追隨者的態度。換言之，邊緣人對直接連接追隨者的有限影響，可能會促進對間接追隨者的影響（Hegselmann & Krause, 2015）。因此，提出以下假設：

H3：相對於意見領袖，以邊緣人作為初始造謠節點的謠言傳播有效性較高。

H4：相對於意見領袖，以邊緣人作為初始造謠節點的謠言傳播效率較高。

另一方面，除了最終的傳播結果之外，意見領袖與邊緣人所形成的謠言傳播動態過程也是有差異。由於意見領袖在局部的強大影響力，謠言的傳播速率⁷會更高（不考慮初始節點的度數差異，單位時間內能將謠言傳播給多少人）。反之，以邊緣人作為初始造謠節點的策略，會因為低度數使得能影響的個體數量不多，因此在傳播初期速率緩慢，為了驗證此一論述，我們提出以下假設。

H5：在模擬的前期，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播速率，會大於以邊緣人作為初始造謠節點的傳播速率。

不過根據複雜傳播理論，意見領袖所傳播的謠言並不容易在各集群的內部擴散，

7. 本文中的傳播效率不同於傳播速率，前者是一個連結數平均能影響的人數，是「相對影響力」；後者是單位時間內能影響的人數，是「絕對影響力」。

表二：網絡干預策略效果差異

種子類別	網絡特徵	社會影響動態描述	結果
意見領袖	高度數 低約束性	快速形成迴聲室，範圍約 等同於意見領袖所處的局 部網絡	網絡出現多個迴聲室，代表 更多元的態度
邊緣人	低度數 高約束性	緩慢形成迴聲室，範圍能 橫跨數個網絡集群	網絡中的迴聲室數量較少； 代表更趨同的態度

資料來源：本研究整理製表

同時也因為形成迴聲室的速度較快，最終能影響的行動者也僅限於與意見領袖的直接追隨者以及少數的間接追隨者，因此預期傳播有效性、傳播效率存在一個明顯的上限，導致在某個時間點謠言傳播的速率停滯，此時邊緣人的傳播速率就能超越意見領袖。邊緣人所傳播的謠言雖然較慢，但也因為在集群的內部能更有效率的改變其他人的態度。也因為迴聲室形成的速度較緩，謠言傳播有效性與傳播效率的上限比意見領袖來得更晚。因此，提出以下假設：

H6：在模擬的後期，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播速率，會小於以邊緣人作為初始造謠節點的傳播速率。

H7：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播有效性到達極限的時間更早。

H8：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播效率到達極限的時間更早。

意見領袖雖然能快速將謠言傳播給大量直接追隨者，然而以全局網絡的視角來說，由於直接追隨者的態度相似性「同時提高」（至少是部分直接追隨者），也代表他們與網絡中其他使用者的相似性「同時下降」。在缺乏相似性的前提下，非迴聲室的成員會缺乏轉發謠言的動機（An et al., 2014; Liang, 2018），提高繼續擴散的難度。反之，邊緣人初期傳播速度緩慢，也代表全局網絡中不會「突然出現」一個態度一致的迴聲室，減緩了迴聲室界線出現的時間，讓原本分屬不同集群的成員產生同

質性（見表二）。過去研究發現，由普通民眾所發起的政治活動（如公投、社會運動）容易造成趨同文化；而由政黨、意見領袖的政治活動（如宣傳、法規命令）則容易造成多元文化（Ulloa, Kacperski & Sancho, 2016）。以全局網絡的視角來說，趨同文化代表網絡中有更大但數量更少的迴聲室，多元文化代表更小但數量更多的迴聲室。因此，提出以下假設：

H9：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點，最終會形成數量較多的迴聲室。

伍、研究方法

首先，必須強調的是本文雖然針對謠言傳播，但本次實驗並沒有針對「謠言」與「真相」的訊息特徵進行假設，因此研究情境實際上更貼近「人為有意散布的新訊息」。其次，單純以追隨者數量來區分意見領袖與邊緣人，確實忽略了一些過往實證研究中影響訊息擴散的因素，包括追隨者數量所帶來的聲譽與可信度（Badham, Kee & Hunter, 2018; Keijzer & Corten, 2017）。另一方面，設置社交媒體中造謠的「邊緣人」所需的資源更少，可以通過大量傳播相同訊息，在不同社群中廣泛散布（Bessi & Ferrara, 2016）。然而，代理人基模型研究的優勢並不在於完全重現真實世界的現象，而在於通過操弄少量規則，增進研究者了解「微觀層面的互動，如何影響宏觀層面現象」的過程（Goldenberg, Libai & Muller, 2001）。換言之，雖然本次研究的模擬網絡僅僅考慮社交媒體使用者的追蹤關係，並無法完全還原真實世界的訊息傳播（例如社交媒體使用者自發性的創造、中斷追蹤關係），卻能以另一個角度觀察與分析「傳播源連結數量」對謠言擴散動態的影響。

一、Axelrod 文化傳播模型

本研究使用 Axelrod（1997）提出的文化傳播模型（dissemination of culture model）並進行調整。該模型假設態度從一個人（Axelrod 稱其為特徵）傳播到另一個人的可能性，取決於他們可能擁有多少的態度相似性。反之，兩個態度完全相異的個體不會有互動的機會。

此模型會先產生 N 個代理，每個代理會針對特定議題產生 F 種不同的態度維度。以近期廣受爭議的 Covid-19 疫苗為例，假設該議題包含了疫苗效果、疫苗採購政策滿意度、疫苗風險等 3 種不同維度的討論。接著，每種態度維度又有 Q 種不同的立場，例如疫苗效果可能包含了以下三種立場：打疫苗能有效防止確診、疫苗僅能防止重症、疫苗完全沒有效果。

換句話說， F 代表議題的複雜性， F 越大，代表議題維度的數量就越多，議題也就越複雜（越多子議題）； Q 代表態度異質性， Q 越大，代表對應子議題的特徵越多，對應於社會中更多的立場選擇（Centola, Gonzalez-Avella, Eguiluz & San Miguel, 2007）。因此在此模型中，代理由一組帶有名義特徵的向量來描述，代表該個體在議題中的態度組合（為了方便說明，以下將 F 稱為維度， Q 稱為特徵）。

而代理對接收者施加影響的具體步驟如下：

- 步驟 1：隨機選擇一個活化的代理，並隨機選擇一個接收者（必須在網絡結構上有連結）。以表三為例，若隨機選擇到左上角的代理 $(0, 0, 8, 6, 2)$ ，他會在 $(0, 3, 7, 3, 4)$ 或 $(8, 9, 0, 5, 7)$ 隨機選擇一個代理進行互動。
- 步驟 2：這兩個代理進行互動的機率等於它們的態度相似性，即相同特徵的比例。以表三為例，假設 $(0, 0, 8, 6, 2)$ 與右邊代理 $(0, 3, 7, 3, 4)$ 進行互動，他們僅在第一個維度是相同的，因此他們的相似性為 $1/5=20\%$ ，因此他們具有 20% 的互動機率。而在互動成功後， $(0, 3, 7, 3, 4)$ 會將第一個維度 (0) 以外的四個特徵擇一改變，以更接近 $(0, 0, 8, 6, 2)$ ，例如 $(0, 0, 7, 3, 4)$ ，這樣兩代理在第一與第二個維度的態度就相同了，相似性也提升為 $2/5=40\%$ 。表三的下半部分是經過 100,000 次隨機選擇代理後的最終分佈，代理形成了幾個穩定群體，不同群體之間不再發生互動（Shibanai, Yasuno & Ishiguro, 2001）。

表三：Axelrod 文化相似性模型範例

初始文化特徵分佈

00862	03734	48759	42764	70101	57436	43958	38013	21437	74456
89057	15757	79333	28015	37276	39835	39835	30523	47482	17689
80468	25305	94199	95249	68633	69365	68475	74043	25155	14728
58830	53675	11989	39795	89438	98883	60075	25855	85975	97294
59351	38450	80942	14504	08356	64577	44088	35743	19390	07351
05094	52875	77166	05709	39978	72560	56009	27405	97494	43142
72687	11119	28995	55947	53852	41773	12144	31979	40162	34363
88441	65936	83536	20890	23364	44950	05281	05824	19357	82702
19833	51471	51532	60283	37426	25144	22359	29483	39006	97995
36022	50869	67910	92502	75613	81300	20485	92917	93803	61032

100,000 時間步後的模擬結果

59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400	38013	59400	59400
59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400
59400	11187	11187	59400	59400	59400	59400	59400	59400	59400
59400	59400	59400	59400	59400	27942	27942	27942	27942	27942
59400	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942
05094	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942
72687	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	92807	27942
27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942
27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942	27942
27942	27942	27942	27942	27942	81300	27942	92807	92807	27942

資料來源：Shibanai et al. (2001)

謠言的威脅不僅存在於原始的造謠貼文，而是在於「思想的轉發」（Ruths, 2019）。換句話說，造謠者可以將謠言隱藏在看似真實的訊息中，當接收者被謠言影響而改變態度後，該使用者在傳播訊息（無論是直接轉發，或是自己重新詮釋）時，可能無意間將此謠言擴散出去，進而間接影響下一個接收者。我們假設使用者發送的訊息包含個人的態度，使用者未必會轉發完整的謠言，但接收到謠言時可能會受到態度相似性的影響，誤把錯誤訊息當成真實訊息，並無意識的將謠言包含在發送給他人的訊息中。此時的謠言未必會與原始版本相同，而是經過接收者中介、解讀、重述後的版本。如表三是模擬 5 種議題維度，每個維度有 10 種立場的情境。若在其中一個節點加入原本不存在的態度，例如把左上角的 (0, 0, 8, 6, 2) 改成 (0, 0, 8, 6, 99)。造謠者不需要把完整的 (0, 0, 8, 6, 99) 傳播給其他人，只要 99 這個代表謠言的異常特徵能傳播給其他人，就是一次成功的造謠行動。

二、實驗情境設計

在 Keijzer and Mäs (2021) 的研究中，弱機器人 (weak bots，即連結數量少、活動頻率低的節點) 在環形網絡 (ring networks) 具有反直覺的強大傳播效果。此一網絡的特徵是具有高度集群係數，象徵著「朋友的朋友往往也是朋友」的人際網絡特徵，基於此研究結果，本次實驗進行了代理、互動原則與環境的實驗條件變化。具體來說，本研究與弱機器人效果研究的最大差異在於「造謠者」並非隨機與所有節點產生連結，而是各自在既有的網絡集群中挑選符合「意見領袖」與「邊緣人」條件的節點，並賦予其傳播謠言的任務。我們一方面期望能在造謠過程中，發現與 Keijzer and Mäs (2021) 相呼應的研究結果，並通過更貼近真實人際網絡情境的模擬網絡算法讓研究結果更具有實務意義。另一方面，我們也期望能用過去用以解釋訊息擴散的經典理論（結構洞、複雜傳播理論）來解釋此一現象。

本研究測試 3 種謠言傳播情境（見表四）。雖然研究假設主要針對情境 B 與情境 C，但我們也好奇若意見領袖與邊緣人同時傳播謠言，是否會產生更極端的效果，因此將情境 A 也納入實驗情境。

在模擬的初始階段，將代表謠言的給定特徵分別設置於網絡中的意見領袖或邊緣

人。從社會網絡的角度來看，何謂有影響力的意見領袖過去雖然沒有公認的定義，但是度數中心性卻是最常被使用的指標，它最大的優點在於計算簡單、受網絡邊界的影響小（Badham, Kee & Hunter, 2021），並且跟大多數的網絡指標都有相關性。Watts and Dodds（2007）與 Coulter, Feick and Price（2002）的做法是直接定義度數分佈前 $q\%$ 的個體為意見領袖。相對於依賴絕對數字的定義相比，用度數百分比為定義的研究結果更能類推至不同密度的網絡。然而 q 的大小並沒有任何理論或實地研究的支持，由於本研究並不以定義意見領袖與邊緣人為目的，而是為了探討兩類個體所造成的影響動態的差異。因此本次模擬以 5% 為界線，定義度數前後 5% 的個體為意見領袖與邊緣人。具體來說，情境 B 與情境 C 分別會有 25 個意見領袖與邊緣人作為初始造謠節點⁸，而情境 A 則取整體度數分佈前後 2.5% 的行動者作為初始造謠節點，總數同樣為 25 個。

表四：實驗情境與編號

情境編號	實驗情境
A	意見領袖造謠+邊緣人造謠
B	意見領袖造謠
C	邊緣人造謠

三、實驗模型設定

首先是代理設定，代表謠言的特殊特徵僅存在於初始造謠節點，當最終在其他代理觀察到此特徵時，就代表該代理的態度被謠言影響了（因為該特徵只可能會來自於初始造謠節點）。所謂的「影響」在此被定義為被他人改變態度，因此受到謠言影響的代理也有可能被其他人所改變態度，從而減少謠言的傳播效果。

每個代理對 3 個議題維度會有 3 種可能的特徵。在初期，模擬網絡中會設置數量固定的初始造謠節點，該節點的態度不會受到影響，代表真實世界中無法被說服的

8. 情境 A 具體選取度數分佈最高的 13 個代理與最低的 12 個代理作為初始代理節點。

造謠者。初始造謠節點的態度維度中包含一個獨特的外在特徵，代表真實世界中有心人士包裝在真實訊息中的謠言（Keijzer & Mäs, 2021）。本次實驗將特殊特徵分別設置於前 5% 最高與最低度數代理的一個態度維度中，藉此比較不同初始造謠節點的效果差異。例如網絡中一般代理的特徵組合可能為 $(1, 0, 1)$ 、 $(0, 2, 0)$ ……以此類推，初始造謠節點的初始特徵則固定為 $(1, 1, 99)$ 。

在互動原則方面，原始 Axelrod 的文化傳播模型是基於面對面、一對一的人際傳播而發展。然而在線上社交媒體的傳播環境中，一對多的訊息傳播方式才是常態。根據社交媒體的特性與網路好友的數量多寡，可以決定該次訊息最多可能會傳播給幾個人，任何使用者都能通過影響一定數量的平台使用者（Schieb & Preuss, 2018）。Keijzer, Mäs and Flache（2018）證實，一對多的傳播形式會更容易在早期就讓迴聲室的界線變得清晰，因此更容易產生孤立文化（Cultural Isolation）。

以下是模型運作的完整模擬流程：

- 初始化網絡與挑選初始造謠節點。
- 初始造謠節點的特徵為 $(1, 1, 99)$ 。而其他的代理隨機分配 3 種特徵，每個代理皆由一組向量表示。
- 在每個時間點 t ，在網絡中挑選行動者 i 。
- 從 i 的態度 f 中，隨機選擇一個網絡鄰居 j 具有不同特徵的態度 f ($q_{if} \neq q_{jf}$)。
- j 會用 i 的特徵來取代自己本來的特徵（在 F 態度上， $q_{if} = q_{jf}$ ），其機率等於 j 跟 i 其他態度相同的比例 (P_{ij})。
- i 在每個時間點都只會所有網絡鄰居傳遞一個訊息，因此該訊息可能會因他者與 i 的相似性過高或過低而完全無效。

上述流程會使用 defSim 此一專門為社會影響建模設計的 python 套件來實現（Laukemper, 2020），並透過 R 軟體的 ggplot2 套件（Wickham, 2016）完成資料視覺化繪圖。每次模擬重複上述流程 10 萬次，此一數值主要參考過去文化傳播模型的研究結果（Centola et al., 2007; Keijzer & Mäs, 2021; Shibana et al., 2001）。由於本研究所使用模擬網絡具有較複雜的集群結構，我們並不強求模型達到完美的平衡狀態，而是期望從謠言的擴散動態中找到可供詮釋的規律性。必須強調的是，迴聲室在此定義

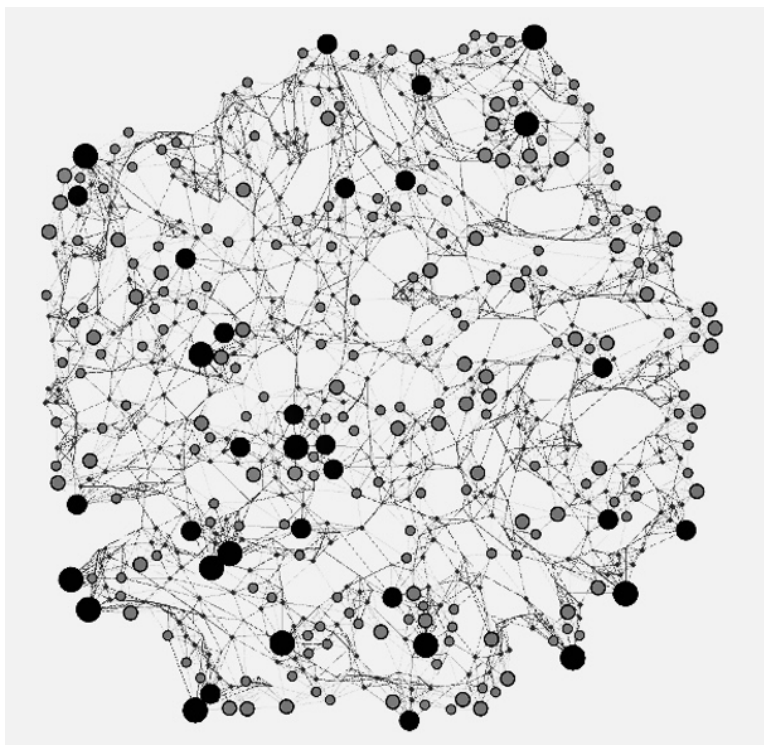
為所有特徵完全相同的個體（即所有態度維度上都持有相同態度），與網絡結構無關。因此兩個完全沒有連結但是具有相同特徵的群體，也會被定義為同一個迴聲室。每個實驗處理組皆模擬 30 次採平均值，同時每輪模擬都會收集所有態度群體的人數，以及受謠言影響人數的變化，以利分析傳播速率與迴聲室數量的動態。

最後是環境的設定，Axelrod (1997) 所提出的文化傳播模型是在基礎的網絡網絡 (grid networks) 所實現，本研究會在更複雜並具有人際網絡特徵的網絡中進行實驗。社會科學的代理人基模型研究經常使用三種生成模擬網絡的算法，包括 Erdős-Rényi 隨機圖 (Erdős & Rényi, 1960)、小世界網絡 (Watts & Strogatz, 1998)、無尺度網絡圖 (Barabasi & Albert, 1999)。它們分別具有人際網絡的一些重要特徵，但並不完整。為了使研究結果在真實的環境中更具有解釋力與應用性，本次研究並不會使用上述三種模擬網絡算法。

回顧過往文獻，人際網絡大抵具有以下重要特徵 (Sohn, 2022; Wong, Pattison & Robins, 2006)：低網絡密度：受限於人類的認知能力，每個人能創造的連結數量是有上限的；短平均測地線距離 (Average Geodesic Distance)：測地線距離定義為節點之間最短連接的長度，人際網絡的平均測地線距離很小；高傳遞性 (Transitivity)：人類的兩個朋友本身也會更容易成為朋友；正偏態的行動者度數分佈：在人類的人際網絡中，大多數人的度數相對較小，僅有少數人的度數可能非常大，整體度數分佈是正偏態的；社群結構 (Community Structure)：集群不會在整個網路上均勻發生，人際網絡中的子群體在群體內部的連結非常緊密，但與其他子群體的連結相對稀疏。

Wong et al. (2006) 所提出的隨機空間圖 (Spatial Random Graphs) 經常在模擬研究中被應用於強調「空間」所造成的人際關係疏密特徵 (Hushti, Albert, Csizmad, Nagy & David, 2021)。此算法是基於「地緣」的概念而發展，由於人類傾向於與地理上接近的人建立連結，這將嚴重限制潛在連結是否成立的可能性。因此任意兩個節點之間的連結存在機率取決於它們之間的空間距離，以此算法模擬出的網絡被認為是真實人際網絡的再現 (Keijzer & Mäs, 2021)，具有社群結構、高傳遞性、低密度、短平均測地線距離、正偏態的度數分佈等重要的人際網絡特徵。因此隨機空間圖的概念被廣泛應用在「期望結果貼近真實人際網絡」的研究當中，包括個人特徵如何影響集群分佈 (Hushti et al., 2021)、網絡同質性 (Cepic & Tonkovic, 2020)、社交媒體促進

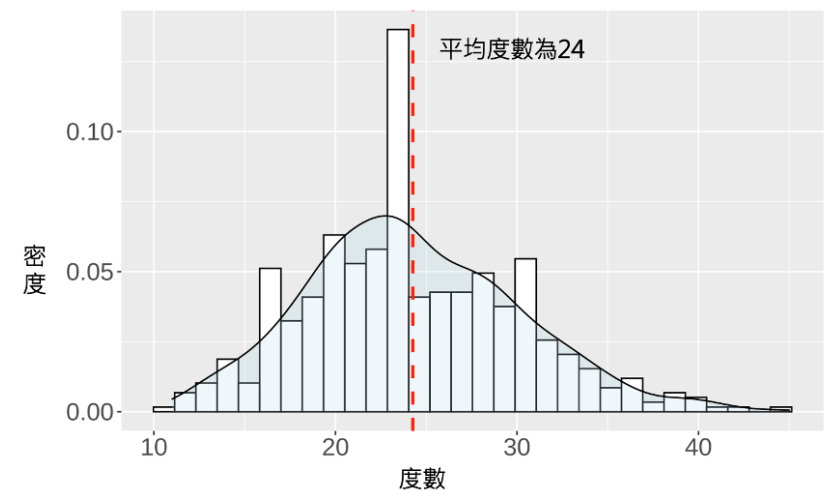
文化孤立 (Keijzer et al., 2018) 等研究當中。



圖二：模擬網絡示意圖

註：節點顏色越深代表度數越高，節點距離會影響連結存在的機率。

在具體參數方面，雖然社交媒體經常呈現無尺度分佈 (Scale-free Distribution)，少數的「超級節點」會擁有遠超平均數的連結數 (Watts, 2004)。然而「真正能影響人類態度」的訊息源卻沒有這麼極端 (Newman, Strogatz & Watts, 2001; Rolfe, 2014)，這種網絡通常由家庭成員、朋友、同事與少數可信賴的訊息源組成 (Sohn, 2022)。即使科技擴展了人類的傳播、互動的能力，真正能改變意見的訊息來源也不會太多 (Goncalves, Perra & Vespignani, 2011)，因此度數分佈是略為正偏態的常態分佈，而非指數分佈，一般使用者的訊息源會在 12 至 20 之間 (Rolfe, 2014; Sohn, 2022)。



圖三：度數分佈圖

最後，代理被視為有向網絡的節點，連結則代表他們互動的機會，會選擇有向而非無向網絡有幾個原因。首先，雖然現今的社交媒體環境允許任何使用者傳播訊息，但訊息的流動很大程度上仍取決於傳播情境。其次，過去有研究發現相對於無向網絡，有向網絡的訊息傳播更容易形成迴聲室 (Keijzer & Mäs, 2021; Keijzer et al., 2018)。為了揭示迴聲室與謠言之間的關係，有向網絡更適用於本研究的模擬情境與研究目的。綜上所述，本次模擬的所使用的網絡是具有 500 個節點的有向網絡，每個代理的度數分配來自於一個平均度數為 24 的卜瓦松分布 (Poisson distribution)，因此具有少數高度中心性節點，但整體度數分佈為略帶正偏態的常態分佈 (圖二與圖三)。

陸、研究結果

本研究為單因子的實驗設計 (初始造謠節點：意見領袖、邊緣人)，首先使用 R 軟體的 *pwr* 套件來計算所需的樣本量 (Champely, 2016)，在 2 組 (邊緣人與意見領袖)、效果量 0.4 (大效果量)、顯著水準 0.05、統計檢定力 0.8 的條件下 (Cohen, 1992)，計算出的所需樣本為 25.52。根據此結果，我們進行了 30 次獨立的模擬實驗，統計檢定力上升至 0.86。

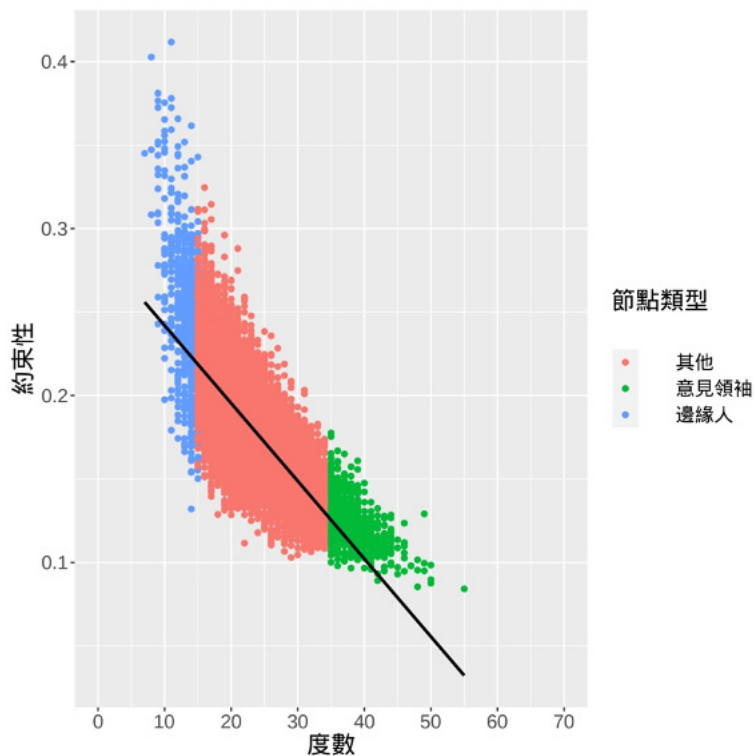
一、網絡環境與初始造謠節點

模擬環境如表五所示，具備人際網絡重要的幾項指標，確保研究結果在真實世界中人際網絡中也具有一定的解釋力。

表五：網絡環境指標描述性統計 (N = 30)

網絡指標	M	SD	1	2	3
1.平均集群係數	0.52	0.01			
2.傳遞性	0.46	0.01	.61** [.32, .79]		
3.密度	0.02	0.00	.16 [-.21, .50]	.25 [-.12, .56]	
4.平均測地線距離	6.61	0.09	.23 [-.15, .54]	.37* [.01, .65]	-.46* [-.70, -.12]

在初始造謠節點方面，根據單因子變異數分析的結果，意見領袖的度數顯著大於邊緣人 ($F(1, 58) = 11234, p < .001, \eta^2 = .9$)，代表意見領袖 ($M = 34.1, SD = 1.13$) 作為初始造謠節點比邊緣人 ($M = 13.49, SD = 0.47$) 擁有更多的度數優勢；不過，意見領袖的約束性卻顯著小於邊緣人 ($F(1, 58) = 1253, p < .001, \eta^2 = .9$)，代表邊緣人的網路冗餘非常高 ($M = 0.64, SD = 0.03$)，具有明顯的集群結構。而意見領袖 ($M = 0.41, SD = 0.02$) 則可以作為連結更多網絡集群的橋樑，其追隨者分別延伸至不同的網絡集群中。



圖四：度數中心性與約束性關係圖

註：此圖包含 30 次模擬共 15000 個節點的結果。

整體來說，本實驗所使用的隨機空間圖確實捕捉到人際網絡的重要屬性（Wong et al., 2006），而意見領袖與邊緣人的網絡特徵差異也相當明顯。除了度數之外，約束性的差異也顯示出兩種節點身處在不同的網絡結構中。圖四顯示了度數中心性與約束性呈顯著的負相關（ $r = -.76, p < .001$ ），意見領袖追隨者的數量多，但追隨者之間的連結程度較低，因此意見領袖能作為連接多個集群的中樞；而邊緣人追隨者數量少，但追隨者之間的連結程度較高，有多條連結可以互相影響，相對來說是從集群的「內部」開始傳播謠言。

二、約束性與傳播效果

假設一是檢驗初始造謠節點的約束性與傳播有效性的關係。在複雜傳播理論的觀

點中，網絡冗餘能促進複雜行為的傳播，而結構洞的橋接效果並無法在這種行為中得到體現。因此初始造謠節點的約束性與傳播有效性的關係可以用來判斷網絡冗餘對謠言擴散的影響。

根據迴歸分析的結果，約束性雖然可以有效的預測傳播有效性 ($\beta = -0.53, p < .001$)，但兩者呈現負向關係，當約束性下降一個標準差，傳播有效性會提升 0.53 個標準差，這個結果並不符假設一所預期的：初始造謠節點的約束性越高，傳播有效性越高。

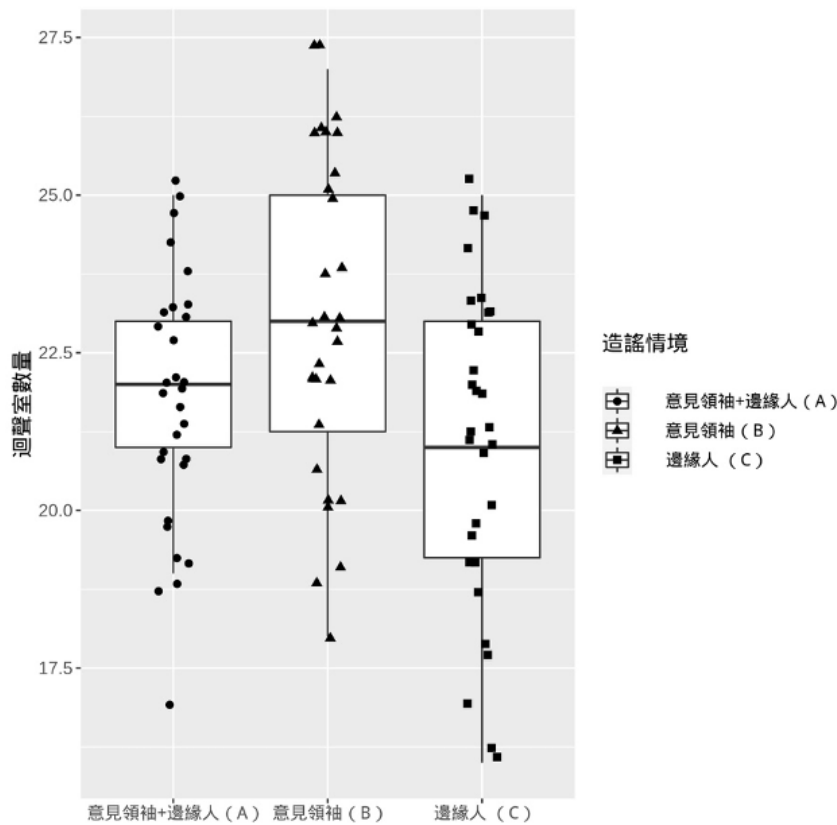
假設二是檢驗初始造謠節點的約束性與傳播效率的關係。由於複雜行為通過反覆刺激更有可能被接納，因此在冗餘度高的網絡結構中，謠言容易通過少數個體來擴散。我們通過檢驗約束性對傳播效率的影響，來分析冗餘結構與橋接結構是否會影響傳播效率。

根據迴歸分析的結果，約束性可以有效預測傳播效率 ($\beta = 0.80, p < .001$)，這個結果支持假設二：初始造謠節點的約束性越高，傳播效率越高。假設一與假設二的矛盾結果，顯示出傳播有效性不能完全用傳播效率來解釋，兩者之間的相關性也未達顯著水準 ($r = .03, p = .833$)。也代表結構洞優勢能讓謠言影響大量集群的外圍，但不能很有效的影響集群內部的個體；反之，在集群內部開始傳播的謠言卻能通過較少的連結影響更多的個體。

三、造謠策略與傳播效果

假設三是檢驗意見領袖與邊緣人的謠言傳播有效性差異。雖然意見領袖的高度數能使網絡中受謠言影響的人數快速提升，卻也減少了全局網絡到達收斂狀態的所需時間，因此謠言會被限制在一定範圍內，我們預期意見領袖的傳播有效性會低於由邊緣人主導的造謠行動。這也代表邊緣人的傳播效率更高，因為需要用低連結數創造更多謠言影響者，最終才有可能超越意見領袖的傳播有效性。

結果如圖五，經過單因子變異數分析與事後檢定，發現 3 種傳播情境的傳播有效性差異達到統計顯著 ($F(2, 87) = 12.33, p < .001, \eta^2 = .22$)。與預期相反，意見領袖 ($M = 0.19, SD = 0.03$) 大於邊緣人 ($M = 0.15, SD = 0.04$)，差異達到統計顯著 ($p <$

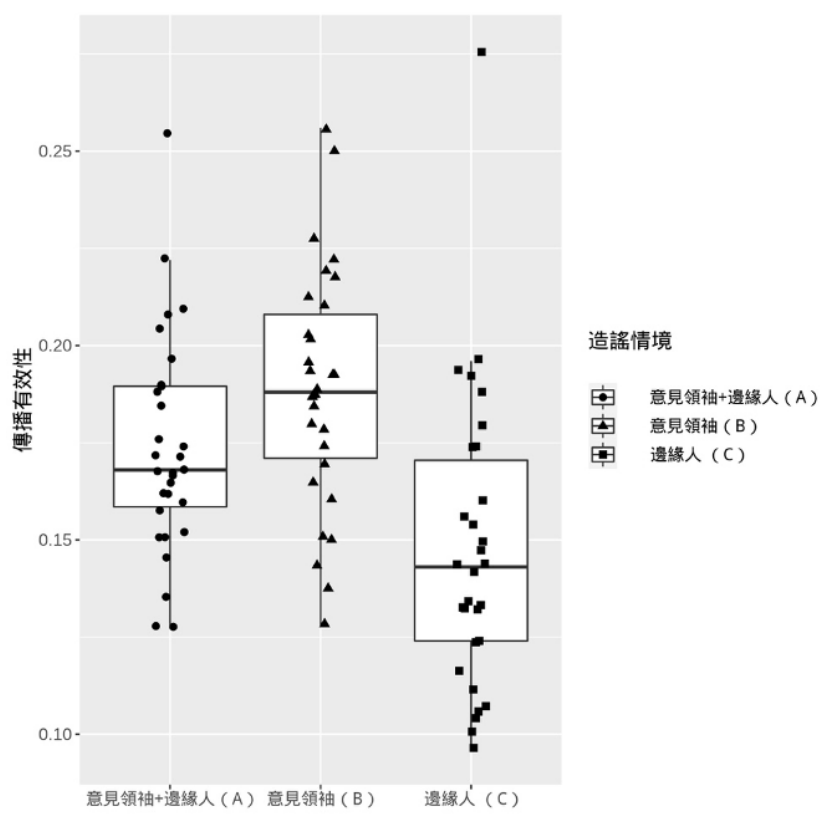


圖五：三情境傳播有效性

註： $\Delta\mu_{B-A} = 0.02, p = .170$ ； $\Delta\mu_{C-A} = -0.03, p = .007$ ；
 $\Delta\mu_{C-B} = -0.04, p < .001$ 。

.001)。不過意見領袖與邊緣人同時造謠的傳播有效性 ($M = 0.17, SD = 0.03$) 與意見領袖獨立造謠的差異並沒有達統計顯著之水準 ($p = .170$)。此一結果不支持假設三：相對意見領袖，邊緣人作為初始造謠節點的謠言傳播有效性較高，甚至呈現反向關係。

假設四是檢驗意見領袖與邊緣人的謠言傳播效率差異。如圖六所示，三情境的傳播效率有顯著差異 ($F(2, 87) = 77.06, p < .001, \eta^2 = .64$)，邊緣人 ($M = 0.23, SD = 0.06$) 大於意見領袖 ($M = 0.1, SD = 0.02$)，也大於意見領袖與邊緣人同時造謠 ($M = 0.17, SD = 0.03$)，差異皆達到統計顯著 ($p < .001$)，此一結果支持假設四：相對



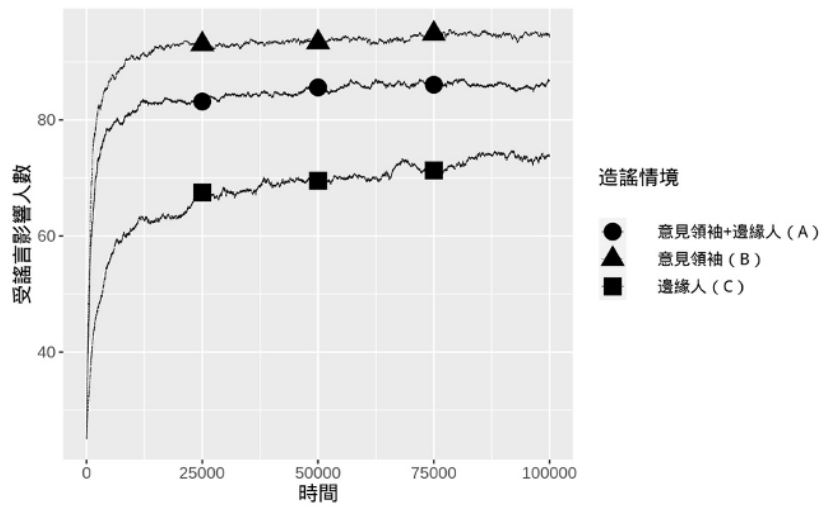
圖六：三情境傳播效率

註： $\Delta\mu_{B-A} = -0.07, p < .001$ ； $\Delta\mu_{C-A} = 0.06, p < .001$ ；
 $\Delta\mu_{C-B} = p < .001, p < .001$ 。

意見領袖，邊緣人作為初始造謠節點的謠言傳播效率較高。從此一研究結果中可以發現，意見領袖能有更好的傳播有效性，是因為初始連結數更多，謠言能快速影響更多節點，但在傳播效率方面確實如預期的由邊緣人佔優。

四、造謠策略與傳播速率

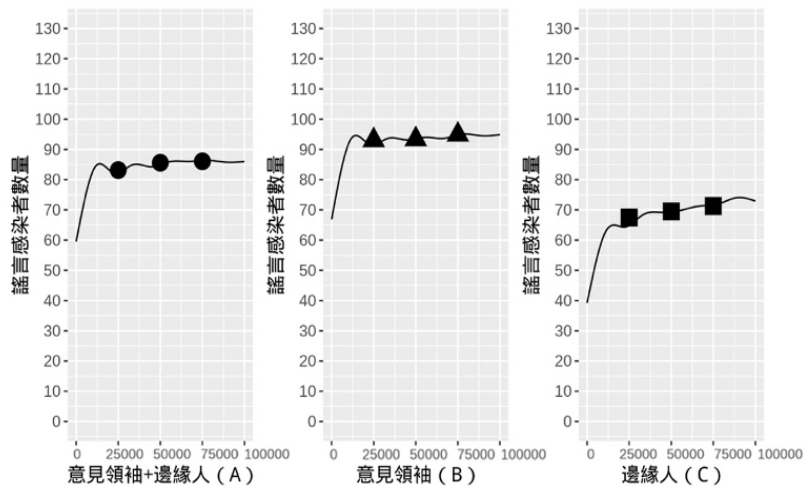
假設五與假設六分別是檢驗意見領袖與邊緣人，造謠初期與後期的傳播速率差異。除了分析最終的傳播有效性與傳播效率之外，此一假設主要是觀察受謠言影響人數的動態變化。由於意見領袖龐大的度數，造謠初期階段能快速通過連結影響較多的



圖七：受謠言影響人數變化圖

人。但此一特徵也使迴聲室較快速的形成，不利於繼續將謠言傳播給尚未被影響的人。因此預期在造謠後期階段，邊緣人的傳播速率能反超意見領袖。

在圖七與圖八可以發現，造謠初期階段意見領袖的傳播速率明顯大於邊緣人（斜率更陡峭），代表謠言在相同時間能影響更多人，此一結果支持假設五：在模擬的前期，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播速率，會大於以邊緣人作為初始造謠節點的



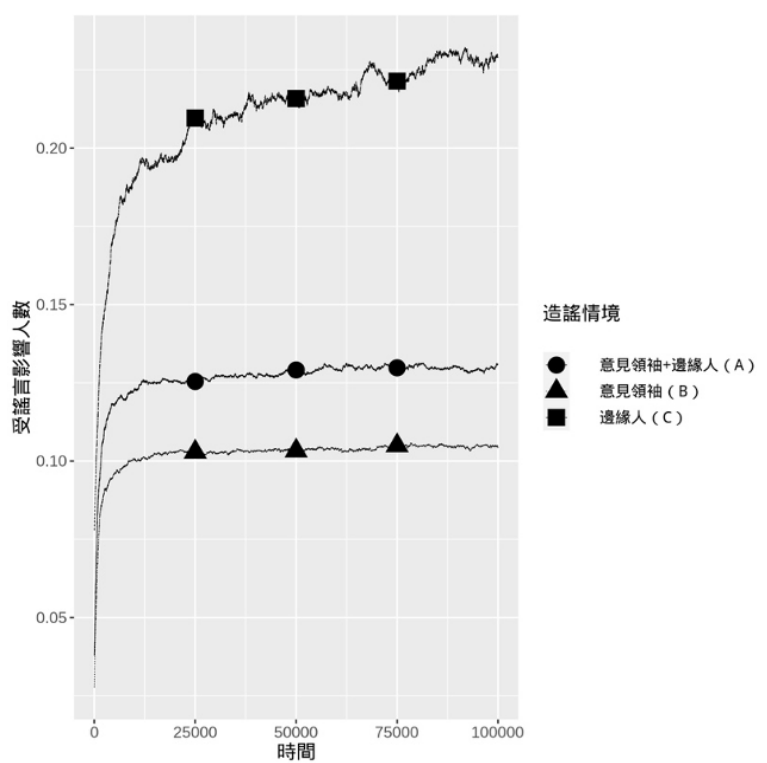
圖八：影響人數動態比較

註：各圖的 X 軸皆為時間

傳播速率；另外，受意見領袖謠言影響的人數會停滯在一定值，而受邊緣人影響的人數雖然增加緩慢，但並未完全停滯。此一結果支持假設六：在模擬的後期，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播速率，會小於以邊緣人作為初始造謠節點的傳播速率。

雖然意見領袖在相同的時間內所能影響的人數還是大於邊緣人。不過結合假設四的結果可以發現，邊緣人的傳播效率確實高於意見領袖，只是優勢並不足以逆轉初始的連結數差距。此外，圖九說明了若分析邊緣人造謠的傳播效率動態（即排除初始的連結數差異後，一個連結數「平均可以讓謠言影響多少人」的動態變化），可以發現邊緣人傳播效率確實存在「逐漸擴大」的效果。

假設七與假設八是檢驗意見領袖的傳播有效性與傳播效率的極限是否比邊緣人更早到來。從圖七與圖八都可以看出，意見領袖造謠的效果大約在 13000 步達到巔峰，此一時間點跟意見領袖與邊緣人同時造謠的巔峰期幾乎相同。而邊緣人的巔峰期約在 90000 步左右，遠比意見領袖要晚的多，另一方面，我們可以觀察到意見領袖在達到影響人數巔峰後，出現了比較明顯的滑落（同樣狀況也出現在情境 A），並且後續都未能突破此一「瓶頸」，但此一狀況並未發生在邊緣人造謠的情境中。此一特徵也印



圖九：傳播效率動態比較

證了「意見領袖的傳播效果存在無法跨越的邊界」。此一結果支持假設七：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播有效性到達極限的時間更早。

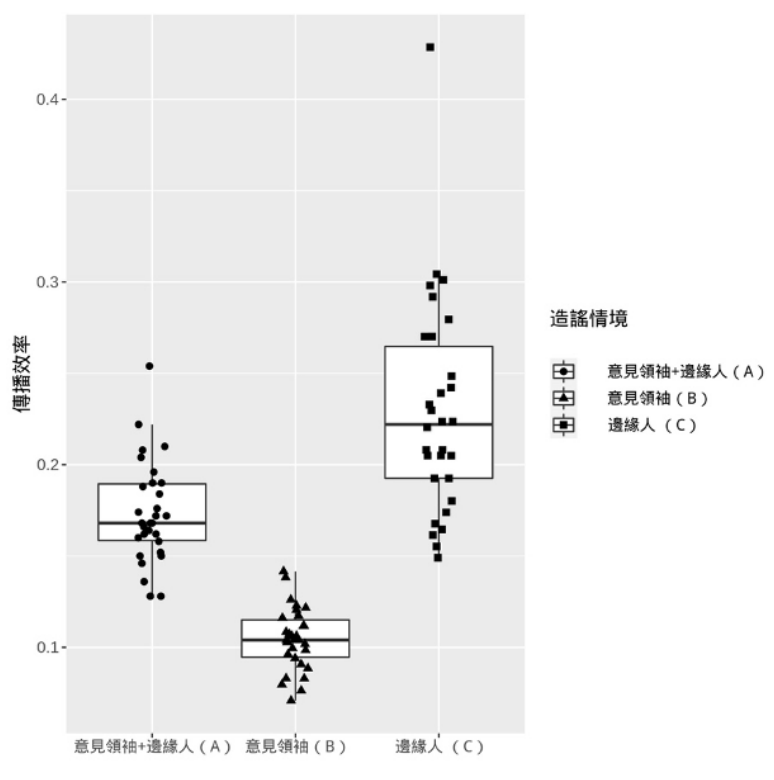
更進一步來說，邊緣人的謠言傳播效率一直在緩慢的增長（圖九），而其他兩個情境的傳播速率則在傳播初期就已經固定，此一結果支持假設八：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點的傳播效率到達極限的時間更早。邊緣人的傳播有效性輸給另外兩個情境，是初期的度數劣勢過於巨大所致。此外，從圖四～六可以看出增加造謠節點的連結數可以增加最終的傳播有效性，但無法增加傳播效率，甚至是反效果。

五、造謠策略與意見多元性

假設九是檢驗意見領袖與邊緣人形塑迴聲室數量的能力差異。傳播有效性與迴聲室數量理應是呈反向關係的兩個概念，當造謠行動越成功，代表創造的迴聲室越大，全局網絡下的迴聲室數量應該越少，代表整體的態度同質性越高。因此結合假設三，我們預期意見領袖能創造規模較小但整體數量較多的迴聲室。

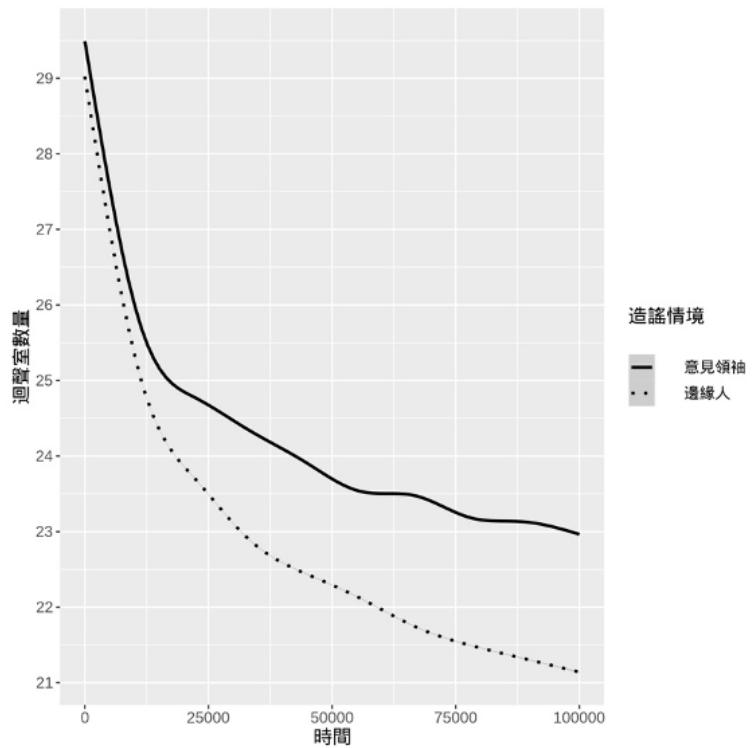
結果如圖十所示，三種情境所形成的迴聲室數量有顯著差異（ $F(2, 87) = 5.18$, $p < .01$, $\eta^2 = .11$ ），邊緣人最終所形成的迴聲室（ $M = 21.07$, $SD = 2.52$ ）小於意見領袖（ $M = 23$, $SD = 2.55$ ）與意見領袖與邊緣人同時造謠（ $M = 21.73$, $SD = 1.98$ ）時所形成的迴聲室，且達到統計顯著（ $p < .01$ ）。因此假設九成立：相較於邊緣人，以意見領袖作為初始造謠節點，最終會形成數量較多的迴聲室。

這是一個非常矛盾但有趣的結果，因為假設三並不成立，甚至是相反，意見領袖的傳播有效性顯著大於邊緣人。這代表網絡中雖然有更多的人被意見領袖傳播的謠言所影響，但同時也創造了更多數量的迴聲室，使得整體的意見更加發散。再結合圖十一可以發現，隨著時間的推移意見領袖跟邊緣人所創造的迴聲室數量差距越來越大，最終反而是傳播有效性較低的邊緣人所創造的迴聲室數量較少，也代表整體的態度同質性較高。



圖十：三情境迴聲室數量

註： $\Delta\mu_{B-A} = 1.27, p = .100$ ； $\Delta\mu_{C-A} = -0.67, p = .521$ ；
 $\Delta\mu_{C-B} = -1.93, p = .006$ 。



圖十一：迴聲室數量動態

這是一個反直覺的結論，卻也解釋了為何意見領袖的傳播效率會陷入停滯。雖然成員數最多的迴聲室佔據整體人口越高比例，似乎也代表網絡整體意見更為同質。然而實際上，在意見領袖造謠的情境下，受到影響的個體總數僅約佔 19%（圖五），代表剩下 81% 的人分裂成數量眾多的異質性態度迴聲室，造成謠言擴散困難。

柒、討論

通過代理人基模型實驗，我們能更瞭解從個體微觀層面到全局宏觀結果的謠言傳播動態，並說明邊緣人異於直覺的傳播效果做出詮釋。主要結果有三：第一，邊緣人屬於網絡冗餘程度較高的節點，其傳播效率（單一連結數能影響的個體）比位於結構洞能橋接多個集群的意見領袖更好；第二，意見領袖的結構洞優勢仍存在，其最終傳播有效性與造謠初期的傳播速率都大於邊緣人，能在短時間內使謠言快速影響數量眾

多的個體。不過此一優勢存在上限，邊緣人的傳播效率隨著時間緩慢增長，造謠後期的傳播速率也會優於意見領袖；第三，雖然意見領袖能使更多人成為態度一致的迴聲室，卻也使整體的迴聲室數量更多，謠言在此情境下如同被關進監獄，難以繼續影響其他人。

整體來說，本研究與 Keijzer and Mäs (2021) 所做的弱機器人研究有相呼應、亦有相異之處。邊緣人傳播謠言的能力並沒有真正優於意見領袖，而是在傳播效率方面較為突出，謠言停止傳播的時間也更晚。我們認為此一結果與現實世界的情境較為接近：謠言經常來自網軍的協同分享 (Grinberg, Joseph, Friedland, Swire-Thompson & Lazer, 2019)，通過在不同的群體中大量傳播相同訊息，即使每個造謠者的追蹤數不高，也很可能產生強大的擴散效果。

一、邊緣人的力量：緩慢卻穩定成長的傳播效果

邊緣人傳播謠言的優勢主要在於：謠言通過集群內部的冗餘結構反覆刺激、逐漸影響所有成員，此過程的謠言傳播速度較慢、需要更長傳播鏈才能影響到集群外的人。但這些特徵卻也延長了整體迴聲室的收斂時間，謠言能在更長的時間段裡逐漸影響更多的人。

意見領袖雖然能連結多個集群，並將謠言傳播至各集群的外圍。但是假設一與假設二的衝突結果，說明了受謠言影響的個體往往是意見領袖的直接追隨者，無法很有效的將謠言滲透至集群內部。此一結果印證了意見領袖是訊息傳播的低效中心 (Inefficient hubs) 的說法 (Harrigan et al., 2012)，其實際影響力比本身擁有的度數更低。意見領袖的約束性低於邊緣人，可以在較短的時間內將謠言擴散至不同的網絡集群中。然而接收者要被謠言影響存在一定門檻，若接收者的態度與謠言完全相異，就不存在被影響的可能性，因此通過集群之間的橋樑來傳遞複雜行為比較沒有效率 (Centola, 2010)，這也是造成「影響人數瓶頸」的原因之一；相反，邊緣人身處結構緊密的網絡集群中，行動者之間有複數條連結可以互相影響。只要時間拉長，集群內的行動者很容易產生態度同質性 (McPherson, Smith-Lovin & Cook, 2001)，進而提高謠言的傳播機率。

但是，邊緣人的集群結構雖然帶來了更好的傳播效率，卻未反映在傳播有效性中。假設一與假設二的矛盾結果，以及兩變項之間未達顯著水準的相關係數都說明了這一點。我們認為主要原因是意見領袖的度數過於龐大，即使傳播效率較低，對於邊緣人來說也是很難追上的差距。

不過比起控制初始傳播節點度數與約束性的實驗設計（Centola, 2010），此一結果或許更貼近現實。意見領袖作為轉發、解釋訊息的重要傳播源，其追隨者之間未必存在緊密的連結（Haythornthwaite, 2002），這也代表追隨者分別來自不同的社會群體。但不論是本次實驗還是過去的相關文獻，都發現意見領袖傳播訊息的侷限性（Harrigan et al., 2012; Watts & Dodds, 2007; Zhang et al., 2016）。理論所預期的結構洞優勢雖然存在，但這些訊息卻未必更容易「影響他人」與「被轉發」。

二、意見領袖的爆發力與瓶頸

儘管有其侷限性，但仍可以從假設一、三、五的結果仍然可以發現意見領袖的結構洞優勢，即在短時間內極具爆發力，謠言能迅速接觸到大量來自不同集群的直接追隨者，相同的時間內可以影響的人數眾多，特別是在謠言傳播初期階段更是明顯。此一優勢在本次研究的時間區間內難以被逆轉。因此意見領袖在傳播具有急迫性、需要在短時間讓社會大眾知曉的訊息確實具有優勢（Hunter, de la Haye, Murray, Badham, Valente, Clarke & Kee, 2019; Waterman, Edwards, Keyes, Zulfiqar, Banyard & Valente, 2022）。然而意見領袖能快速影響大量直接追隨者，但對間接追隨者的影響較小（以比例來看）。而邊緣人雖然能直接影響的追隨者數量較少，但卻能不符比例的影響間接追隨者，並且此一優勢隨著時間越來越明顯。從圖七可以發現邊緣人造謠的受影響人數仍有緩慢增加的趨勢，而意見領袖的影響人數很早就停滯在一範圍。

若排除連結數量的優勢，意見領袖的傳播效果並沒有太多特殊之處（Watts & Dodds, 2007; Zhang et al., 2016）。從假設六與假設七的結果來看，在經過初始爆發期後，被意見領袖影響的使用者會成為態度一致的迴聲室，反而對謠言的擴散範圍產生限制，後續繼續影響他人的成功率很快停止在 10% 左右（每接觸 10 個人能成功影響 1 個人），並不算特別有「效率」。另一方面，意見領袖的傳播有效性也存在瓶頸，

在傳播初期快速影響大量使用者之後，有許多人隨即被闢謠成功。儘管謠言後續仍在繼續擴散，但始終沒有超越傳播初期的高峰（Zhang et al., 2016）。此一特徵無關乎網絡結構，即使讓意見領袖與邊緣人同時散布謠言，改變的依然只有傳播有效性，但也會破壞邊緣人傳播效率成長動態，同樣也無法突破傳播初期的影響人數巔峰。

而邊緣人的直接追隨者數量有限，在絕對影響力方面不及意見領袖，但也因為傳播速度慢，迴聲室收斂的時間比較晚，間接追隨者仍然可能受到影響，可以對更大比例的人口施加間接影響，讓謠言可以傳播得更久、接觸到更多的人。從邊緣人逐漸成長的謠言傳播效率可以得知，單一「感染者」已經能夠影響越來越多的使用者，若放任不管可能產生危險的病毒傳播模式（Goel, Anderson, Hofman & Watts, 2016; Liang, 2018）。從這一角度來說，我們不應該忽視任何散布謠言的社交媒體帳號，就算追隨者數量不多，最終也有可能影響不成比例的使用者（Keijzer & Mäs, 2021; Vosoughi et al., 2018）。

最後，本實驗設計代表謠言的異常特徵（99），本質上亦可解釋為新的訊息或觀念，因此本研究的結果解讀不應只侷限於謠言，也可類推至「真相」、「闢謠訊息」的傳播中。除了邊緣人不容忽視的傳播效果之外，相關的實務工作者同樣必須注意意見領袖傳播訊息的局限性，過於急切、或是過於偏激的訊息傳播工作，無關乎真實與否都會讓部分人更加遠離真相（Schieb & Preuss, 2018）。

三、難以預見的湧現現象：謠言快速擴散促成多元態度

無論是「邊緣人的力量」還是「意見領袖的侷限」，都是複雜系統中的湧現現象，難以從謠言最初的傳播狀態來預測。它們誕生於個體之間無數次的互動，初始條件與傳播過程中的微妙差異將會導致意想不到的連鎖反應。通過代理人基模型，我們能將非常複雜的現實情境進行簡化與重現，並在調整參數的過程中，測試理論的應用性並獲得具有理論與實務意義的有趣結論（Sohn, 2022）。

本次實驗的假設三與假設九看似衝突，我們直覺上認為當網絡中存在越巨大的迴聲室，整體的態度應當更趨向一致。不過實驗結果卻發現意見領袖雖然有較高的傳播有效性，卻也會產生更多數量的迴聲室，使群體意見更為發散。從這一個角度來說，

意見領袖本身的同化力量反而促成了群體態度的多元性。

過去使用文化傳播模型的相關研究也曾發現大眾媒體能加速群體分化的速度（Peres & Fontanari, 2010; Shibanaï et al., 2001），由於相同的訊息會使相異態度的個體中產生不同反應（接受或拒絕），大範圍的訊息傳播方式不僅有助於「相似態度群體內的同化」，也有助於「異質態度群體間的分化」，縮短群體態度界線出現的時間，從而保持一定程度的態度多元性（Ulloa et al., 2016）。因此意見領袖所傳播的謠言雖然能創造最大的迴聲室，卻也增加了局部性的態度衝突（Peres & Fontanari, 2010; Shibanaï et al., 2001）。在此情境中，謠言就如同被關進了「監獄」，儘管受謠言影響的個體數量眾多，但卻很難繼續將謠言擴散至迴聲室之外。反之，在邊緣人造謠的情境下，群體中迴聲室的數量較少，相對來說每種態度的迴聲室成員人數也較為平均，也等同於降低整體的態度多元性。雖然減少局部性的態度衝突看似是好事，但對於民主政治的發展來說，多元性的態度與討論也是非常重要的。

因此儘管這並非預期，但本次研究無意間成功重現了這種有趣的矛盾。一方面，有些學者擔心社交媒體中迴聲室造成的極化現象不利於公共事務的討論（Bessi et al., 2016; Cinelli, De Francisci Morales, Galeazzi, Quattrociocchi & Starnini, 2021），希望意見領袖或大眾媒體能夠起到闢謠、凝聚社會共識的效果（Young et al., 2021），然而此一行動卻可能促成更多迴聲室的形成；另一方面，有些學者則認為迴聲室使民眾的態度能保持多元性（Bail et al., 2018; Boxell et al., 2017），然而原本在小集群內部流傳的訊息若形成影響全局網絡的病毒傳播模式，雖然有助於跨群體的交流（Liang, 2018），卻也代表民眾被同質化的可能性提高、減少整體的態度多元性。

四、研究限制與未來建議

研究限制方面，本次實驗並沒有操弄網絡度數跟網絡冗餘，模擬用的網絡中不存在「網絡冗餘極高的意見領袖」以及「能橋接數個網絡集群的邊緣人」。雖然研究結果部份揭露集群結構對謠言擴散的優勢，但是複雜傳播理論本身並不容易用以解釋跨集群的訊息傳播，因此除了「迴聲室收斂速度較慢」之外，謠言為何能更大比例的影響「非集群成員」仍需後續研究來補充。

其次，本次研究僅考慮態度相似性作為個體接受訊息與否的變項，沒有納入連結強度（Samuel-Azran & Hayat, 2019）、訊息屬性（Shao, Ciampaglia, Varol, Yang, Flammini & Menczer, 2018）、傳播源身份（Diaz-Martin et al., 2020; Huffaker, 2010; Keijzer et al., 2018）等其他可能影響訊息可信度或分享意願的變項。第三，Axelrod 文化傳播模型過去主要應用在較單純的網格網絡，態度維度與特徵的數量也較多。在缺少穩健性測試的狀況下，無法肯定本研究的結果是否具有某種限制或特例。第四，本次所使用的模型並沒有考慮網絡演化（Network evolution）的情境，即：網絡結構不會因為個體之間的互動，產生歷時性的變化。最後，謠言與真實訊息本身具有不同的訊息特徵，本研究的結果更貼近「有心人士散布的訊息」，與真正的「造謠」有些許差異。

因此在未來建議方面有四項。首先，本研究並未針對集群結構對謠言擴散的影響進行詳細的分析，研究結果揭示結構洞與複雜傳播理論並非完全對立的概念，而是各自有不同的作用情境或時機。因此建議未來研究可以將網絡冗餘程度視為一個獨立變項進行建模，用以探討集群結構對訊息擴散的正負面影響。

第二，選擇性分享的機制頗為複雜，本研究僅專注在態度相似性的影響。建議日後研究者可以參考相關實證研究，將更多變項納入代理人基模型模型。例如 Liang and Fu (2019) 指出網絡冗餘會導致資訊冗餘（Information Redundancy，從網絡鄰居中接收到相同資訊），並導致分享傾向的下降。但是連結強度與態度相似性能彌補此一負向的中介效果，才能得到「集群結構有利訊息擴散」的結論。

第三，雖然重要研究結果與過去相關研究並沒有產生太大的衝突，包括高中心性傳播源造成的異質性群體數量增加、活動性與連結數量與傳播有效性的負向關係（Keijzer & Mäs, 2021; Peres & Fontanari, 2010; Shibani et al., 2001）。但整體來說文化傳播模型用來詮釋謠言擴散的研究仍相當稀少，也無法肯定本次研究結果在其他情境（包括網絡類型、態度維度與特徵數量）的適用範圍，後續研究可以針對不同的網絡環境與參數設定進行實驗，確認「邊緣人的力量」並非在本研究特殊情境下例外結果。

最後，由於社交媒體的使用者除了可以追隨自己偏好的訊息源，也能夠切斷自己與厭惡訊息源之間的連結。本次實驗假設「無論節點之間的相似性有多低，他們都

不會放棄彼此之間的連結」，這一點可能導致研究結果應用於真實世界的可類推性下降。因此日後研究者可以考慮將網絡演化的概念納入建模，讓個體與環境產生歷時性的變化。例如 Centola et al. (2007) 在文化群體穩定性的研究中加入新互動規則，即代理會切斷完全異質態度代理的連結，並隨機與任一代理建立連結。此一新規則將會使異質性態度的群體之間隨著時間逐漸失去所有連結，導致碎片化的網絡。雖然在社交媒體的情境中，異質態度迴聲室之間完全沒有連結有些過於極端，但是此一概念仍值得參考並調整。

參考文獻

- An, J., Quercia, D., Cha, M., Gummadi, K., & Crowcroft, J. (2014) . Sharing political news: the balancing act of intimacy and socialization in selective exposure. *EPJ Data Science*, 3 (1) , 1-21. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-014-0012-2>
- Axelrod, R. (1997) . The dissemination of culture. *Journal of Conflict Resolution*, 41 (2) , 203-226. <https://doi.org/10.1177/0022002797041002001>
- Badham, J., Kee, F., & Hunter, R. F. (2018) . Simulating network intervention strategies: Implications for adoption of behaviour. *Network Science*, 6 (2) , 265-280. <https://doi.org/10.1017/nws.2018.4>
- Badham, J., Kee, F., & Hunter, R. F. (2021) . Network structure influence on simulated network interventions for behaviour change. *Social Networks*, 64, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2020.08.003>
- Bail, C. A., Argyle, L. P., Brown, T. W., Bumpus, J. P., Chen, H., Hunzaker, M. B. F., Lee, J., Mann, M., Merhout, F., & Volfovsky, A. (2018) . Exposure to opposing views on social media can increase political polarization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (37) , 9216-9221. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.1804840115>
- Bakshy, E., Rosenn, I., Marlow, C., & Adamic, L. (2012) . The role of social networks in information diffusion. *WWW'12 - Proceedings of the 21st Annual Conference on World Wide Web*. <https://doi.org/10.1145/2187836.2187907>
- Barabasi, A. L., & Albert, R. (1999) . Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286 (5439) , 509-512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- Bergström, A., & Jervelycke Belfrage, M. (2018) . News in social media: Incidental consumption and the role of opinion leaders. *Digital journalism*, 6 (5) , 583-598. <https://doi.org/10.1080/21670811.2018.1423625>
- Bessi, A., & Ferrara, E. (2016) . Social bots distort the 2016 U.S. Presidential election online discussion. *First Monday*, 21. <https://doi.org/10.5210/fm.v21i11.7090>
- Bessi, A., Petroni, F., Vicario, M. D., Zollo, F., Anagnostopoulos, A., Scala, A., Caldarelli,

- G., & Quattrociocchi, W. (2016) . Homophily and polarization in the age of misinformation. *The European Physical Journal Special Topics*, 225 (10) , 2047-2059. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50319-0>
- Bonabeau, E. (2002) . Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (suppl_3) , 7280-7287. <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>
- Boxell, L., Gentzkow, M., & Shapiro, J. M. (2017) . Greater internet use is not associated with faster growth in political polarization among US demographic groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (40) , 10612-10617. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.1706588114>
- Bright, J., Marchal, N., Ganesh, B., & Rudinac, S. (2022) . How do individuals in a radical echo chamber react to opposing views? Evidence from a Content Analysis of Stormfront. *Human Communication Research*, 48 (1) , 116-145. <https://doi.org/10.1093/hcr/hqab020>
- Brown, J. J., & Reingen, P. H. (1987) . Social ties and word-of-mouth referral behavior. *Journal of Consumer Research*, 14, 350-362. <https://doi.org/10.1086/209118>
- Burt, R., xa, & S. (2004) . Structural holes and good ideas. *American Journal of Sociology*, 110 (2) , 349-399. <https://doi.org/10.1086/421787>
- Burt, R. S. (1992) . *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv1kz4h78>
- Burt, R. S. (1999) . The social capital of opinion leaders. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 566, 37-54. <https://doi.org/0.1177/0002716299566001004>
- Centola, D. (2010) . The spread of behavior in an online social network experiment. *Science*, 329 (5996) , 1194-1197, Article WOS:000281485600033. <https://doi.org/10.1126/science.1185231>
- Centola, D., & Macy, M. (2007) . Complex contagions and the weakness of long ties. *American Journal of Sociology*, 113 (3) , 702-734. <https://doi.org/10.1086/521848>

- Centola, D., Gonzalez-Avella, J. C., Eguiluz, V. M., & San Miguel, M. (2007) . Homophily, cultural drift and the co-evolution of cultural groups. *Journal of Conflict Resolution*, 51 (6) , 905-929. <https://doi.org/10.1177/0022002707307632>
- Cepic, D., & Tonkovic, Z. (2020) . How social ties transcend class boundaries? Network variability as tool for exploring occupational homophily [Article]. *Social Networks*, 62, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2020.02.003>
- Champely, S. (2016) . *pwr: Basic Functions for Power Analysis*. In <http://CRAN.R-project.org/package=pwr>
- Choi, S. (2015) . The two-step flow of communication in Twitter-based public forums. *Social Science Computer Review*, 33 (6) , 696-711. <https://doi.org/10.1177/0894439314556599>
- Cinelli, M., De Francisci Morales, G., Galeazzi, A., Quattrociocchi, W., & Starnini, M. (2021) . The echo chamber effect on social media. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118 (9) , e2023301118, Article e2023301118. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.2023301118>
- Cohen, J. (1992) . A power primer. *Psychological Bulletin*, 112 (1) , 155-159. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.112.1.155>
- Coulter, R. A., Feick, L. F., & Price, L. L. (2002) . Changing faces: cosmetics opinion leadership among women in the new Hungary. *European Journal of Marketing*, 36 (11/12) , 1287-1308. <https://doi.org/10.1108/03090560210445182>
- Crutchfield, J. P. (1994) . The calculi of emergence: computation, dynamics and induction. *Physica D-Nonlinear Phenomena*, 75 (1-3) , 11-54. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(94\)90273-9](https://doi.org/10.1016/0167-2789(94)90273-9)
- Del Vicario, M., Bessi, A., Zollo, F., Petroni, F., Scala, A., Caldarelli, G., Stanley, H. E., & Quattrociocchi, W. (2016) . The spreading of misinformation online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (3) , 554-559. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517441113>
- Diaz-Martin, A. M., Schmitz, A., & Yaguee Guillen, M. J. (2020) . Are health e-mavens

- the new patient influencers? *Frontiers in Psychology*, 11, 779. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00779>
- Dubois, E., & Blank, G. (2018) . The echo chamber is overstated: the moderating effect of political interest and diverse media. *Information, Communication & Society*, 21 (5) , 729-745. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2018.1428656>
- Dubois, E., Minaeian, S., Paquet-Labelle, A., & Beaudry, S. (2020) . Who to trust on social media: How opinion leaders and seekers avoid disinformation and echo chambers. *Social Media + Society*, 6 (2) . <https://doi.org/10.1177/2056305120913993>
- Eckles, D., Kizilcec, R. F., & Bakshy, E. (2016) . Estimating peer effects in networks with peer encouragement designs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (27) , 7316-7322. <https://doi.org/10.1073/pnas.1511201113>
- Erdős, P., & Rényi, A. (1960) . On the evolution of random graphs. *Publication of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*, 5, 17-61.
- Flache, A., Mäs, M., Feliciani, T., Chattoe-Brown, E., Deffuant, G., Huet, S., & Lorenz, J. (2017) . Models of social influence: Towards the next frontiers. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20 (4) . <https://doi.org/10.18564/jasss.3521>
- Goel, S., Anderson, A., Hofman, J., & Watts, D. J. (2016) . The structural virality of online diffusion. *Management Science*, 62 (1) , 180-196. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2015.2158>
- Goldenberg, J., Libai, B., & Muller, E. (2001) . Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. *Marketing Letters*, 12 (3) , 211-223. <https://doi.org/10.1023/A:1011122126881>
- Golub, B., & Jackson, M. O. (2010) . Naive learning in social networks and the wisdom of crowds. *American Economic Journal-Microeconomics*, 2 (1) , 112-149. <https://doi.org/10.1257/mic.2.1.112>
- Goncalves, B., Perra, N., & Vespignani, A. (2011) . Modeling users' activity on twitter networks: validation of Dunbar's number. *PLoS One*, 6 (8) , e22656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022656>

org/10.1371/journal.pone.0022656

- Granovetter, M. S. (1973) . The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78 (6) , 1360–1380. <https://doi.org/10.1086/225469>
- Grinberg, N., Joseph, K., Friedland, L., Swire-Thompson, B., & Lazer, D. (2019) . Fake news on Twitter during the 2016 US presidential election. *Science*, 363 (6425) , 374-+. <https://doi.org/10.1126/science.aau2706>
- Guess, A. M., Nyhan, B., & Reifler, J. (2020) . Exposure to untrustworthy websites in the 2016 US election. *Nature Human Behaviour*, 4 (5) , 472-480. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0833-x>
- Harrigan, N., Achananuparp, P., & Lim, E.-P. (2012) . Influentials, novelty, and social contagion. *Social Networks*, 34 (4) , 470-480. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2012.02.005>
- Haythornthwaite, C. (2002) . Strong, weak, and latent Ties and the impact of new media. *Information Society*, 18 (5) , 385-401. <https://doi.org/10.1080/01972240290108195>
- Hegselmann, R., & Krause, U. (2015) . Opinion dynamics under the influence of radical groups, charismatic leaders, and other constant signals: A simple unifying model. *Networks and Heterogeneous Media*, 10 (3) , 477-509. <https://doi.org/10.3934/nhm.2015.10.477>
- Huffaker, D. (2010) . Dimensions of leadership and social influence in online communities. *Human Communication Research*, 36 (4) , 593-617. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2010.01390.x>
- Hunter, R. F., de la Haye, K., Murray, J. M., Badham, J., Valente, T. W., Clarke, M., & Kee, F. (2019) . Social network interventions for health behaviours and outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Plos Medicine*, 16 (9) , e1002890. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002890>
- Husztai, E., Albert, F., Csizmady, A., Nagy, I., & David, B. (2021) . When spatial dimension matters: Comparing personal network characteristics in different segregated areas [Article]. *Social Inclusion*, 9 (4) , 375-387. <https://doi.org/10.17645/>

si.v9i4.4520

- Katz, E., & Lazarsfeld, P. F. (1955) . *Personal influence: the part played by people in the flow of mass communications*. Free Press.
- Keijzer, M. A., & Corten, R. (2017) . In status we trust: Socioeconomic status, reputation and interpersonal trust in peer-to-peer mrkets. . In.
- Keijzer, M. A., & Mäs, M. (2021) . The strength of weak bots. *Online Social Networks and Media*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.osnem.2020.100106>
- Keijzer, M. A., Mäs, M., & de Boer, V. (2022) . The complex link between filter bubbles and opinion polarization. *Data Science*, 5 (2) , 139-166. <https://doi.org/10.3233/ds-220054>
- Keijzer, M. A., Mäs, M., & Flache, A. (2018) . Communication in online social networks fosters cultural isolation. *Complexity*, 2018, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2018/9502872>
- Laukemper, A. L., Keijzer, M.A., & Bakker, D.M. (2020) . *defSim (v0.1) [Computer Software]*. In Available from <https://github.com/defSim/defSim>
- Liang, H. (2018) . Broadcast Versus Viral Spreading: The Structure of Diffusion Cascades and Selective Sharing on Social Media. *Journal of Communication*, 68 (3) , 525-546. <https://doi.org/10.1093/joc/jqy006>
- Liang, H. (2021) . Decreasing social contagion effects in diffusion cascades: Modeling message spreading on social media. *Telematics and Informatics*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101623>
- Liang, H., & Fu, K.-w. (2019) . Network Redundancy and Information Diffusion: The Impacts of Information Redundancy, Similarity, and Tie Strength. *Communication Research*, 46 (2) , 250-272. <https://doi.org/10.1177/0093650216682900>
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001) . Birds of a Feather: Homophily in Social Networks. *Annual Review of Sociology*, 27 (1) , 415-444. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.27.1.415>
- Messing, S., & Westwood, S. J. (2014) . Selective Exposure in the Age of Social

- Media: Endorsements Trump Partisan Source Affiliation When Selecting News Online. *Communication Research*, 41 (8) , 1042-1063. <https://doi.org/10.1177/0093650212466406>
- Mønsted, B., Sapieżyński, P., Ferrara, E., & Lehmann, S. (2017) . Evidence of complex contagion of information in social media: An experiment using Twitter bots. *PLoS One*, 12 (9) , e0184148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184148>
- Nair, H. S., Manchanda, P., & Bhatia, T. (2010) . Asymmetric Social Interactions in Physician Prescription Behavior: The Role of Opinion Leaders. *Journal of Marketing Research*, 47 (5) , 883-895. <https://doi.org/10.1509/jmkr.47.5.883>
- Newman, M. E., Strogatz, S. H., & Watts, D. J. (2001) . Random graphs with arbitrary degree distributions and their applications. *Physical Review E*, 64 (2) . <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.026118>
- Nickerson, R. S. (1998) . Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. *Review of general psychology*, 2 (2) , 175-220. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.2.175>
- Peres, L. R., & Fontanari, J. F. (2010) . The mass media destabilizes the cultural homogenous regime in Axelrod's model. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 43 (5) . <https://doi.org/10.1088/1751-8113/43/5/055003>
- Raghupathi, V., & Fogel, J. (2015) . The Impact of Opinion Leadership on Purchases through Social Networking Websites. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 10 (3) , 18-29. <https://doi.org/10.4067/s0718-18762015000300003>
- Reynolds, R. M. (2021) . Diffusion in Information-Seeking Networks: Testing the Interaction of Network Hierarchy and Fluidity with Agent-Based Modeling. *Communication Methods and Measures*, 15 (4) , 292-311. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1784401>
- Rolfe, M. (2014) . Social networks and agent-based modelling. In *Analytical Sociology* (pp. 233-260) . <https://doi.org/10.1002/9781118762707.ch09>

- Ruths, D. (2019) . The misinformation machine. *Science*, 363 (6425) , 348-348. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1315>
- Samuel-Azran, T., & Hayat, T. (2019) . Online news recommendations credibility: The tie is mightier than the source. *Comunicar*, 27 (60) , 71-80. <https://doi.org/10.3916/c60-2019-07>
- Sasahara, K., Chen, W., Peng, H., Ciampaglia, G. L., Flammini, A., & Menczer, F. (2021) . Social influence and unfollowing accelerate the emergence of echo chambers. *Journal of Computational Social Science*, 4 (1) , 381-402. <https://doi.org/10.1007/s42001-020-00084-7>
- Schieb, C., & Preuss, M. (2018) . Considering the Elaboration Likelihood Model for simulating hate and counter speech on Facebook. *Studies in Communication and Media*, 7 (4) , 580-606. <https://doi.org/10.5771/2192-4007-2018-4-580>
- Schulz, A., Wirth, W., & Muller, P. (2020) . We Are the People and You Are Fake News: A Social Identity Approach to Populist Citizens' False Consensus and Hostile Media Perceptions. *Communication Research*, 47 (2) , 201-226. <https://doi.org/10.1177/0093650218794854>
- Shao, C., Ciampaglia, G. L., Varol, O., Yang, K. C., Flammini, A., & Menczer, F. (2018) . The spread of low-credibility content by social bots. *Nature Communications*, 9 (1) , 4787. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06930-7>
- Sherif, M., & Hovland, C. I. (1961) . *Social judgment: Assimilation and contrast effects in communication and attitude change*. Yale Univer. Press.
- Shibanai, Y., Yasuno, S., & Ishiguro, I. (2001) . Effects of Global Information Feedback on Diversity: Extensions to Axelrod's Adaptive Culture Model. *Journal of Conflict Resolution*, 45 (1) , 80-96. <https://doi.org/10.1177/0022002701045001004>
- Shin, J., & Thorson, K. (2017) . Partisan selective sharing: The biased diffusion of fact-checking messages on social media. *Journal of Communication*, 67 (2) , 233-255. <https://doi.org/10.1111/jcom.12284>
- Sohn, D. (2022) . Spiral of Silence in the Social Media Era: A Simulation Approach to

- the Interplay Between Social Networks and Mass Media. *Communication Research*, 49 (1) , 139-166. <https://doi.org/10.1177/0093650219856510>
- Ulloa, R., Kacperski, C., & Sancho, F. (2016) . Institutions and Cultural Diversity: Effects of Democratic and Propaganda Processes on Local Convergence and Global Diversity. *PLoS One*, 11 (4) , e0153334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153334>
- Van Bavel, J. J., Harris, E. A., Pärnamets, P., Rathje, S., Doell, K. C., & Tucker, J. A. (2021) . Political psychology in the digital (mis) information age: A model of news belief and sharing. *Social Issues and Policy Review*, 15, 84-113. <https://doi.org/10.1111/sipr.12077>
- Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018) . The spread of true and false news online. *Science*, 359 (6380) , 1146-1151. <https://doi.org/10.1126/science.aap9559>
- Waterman, E. A., Edwards, K. M., Keyes, A. B., Zulfiqar, H., Banyard, V. L., & Valente, T. W. (2022) . The stability of youth popular opinion leaders selected over time using social network analysis. *American Journal of Community Psychology*. <https://doi.org/10.1002/ajcp.12595>
- Watts, D. J. (2004) . The “New” Science of Networks. *Annual Review of Sociology*, 30 (1) , 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.30.020404.104342>
- Watts, D. J., & Dodds, P. S. (2007) . Influentials, networks, and public opinion formation. *Journal of Consumer Research*, 34 (4) , 441-458. <https://doi.org/10.1086/518527>
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998) . Collective dynamics of “small-world” networks. *Nature*, 393 (6684) , 440-442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- Weeks, B. E., Lane, D. S., Kim, D. H., Lee, S. S., & Kwak, N. (2017) . Incidental exposure, selective exposure, and political information sharing: Integrating online exposure patterns and expression on social media. *Journal of computer-mediated communication*, 22 (6) , 363-379. <https://doi.org/10.1111/jcc4.12199>
- Weimann, G. (1982) . On the importance of marginality: One more step into the two-step flow of communication. *American Sociological Review*, 47, 764-773. <https://doi.org/10.2307/2095212>

- Wickham, H. (2016) . *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. In Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wischnewski, M., Ngo, T., Bernemann, R., Jansen, M., & Krämer, N. (2022) . “I agree with you, bot!” How users (dis) engage with social bots on Twitter. *New Media & Society*, 14614448211072307. <https://doi.org/10.1177/14614448211072307>
- Wong, L. H., Pattison, P., & Robins, G. (2006) . A spatial model for social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 360 (1) , 99-120. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.04.029>
- Young, L. E., Sidnam-Mauch, E., Twyman, M., Wang, L., Xu, J. J., Sargent, M., Valente, T. W., Ferrara, E., Fulk, J., & Monge, P. (2021) . Disrupting the COVID-19 Misinfodemic With Network Interventions: Network Solutions for Network Problems. *American Journal of Public Health*, 111 (3) , 514-519. <https://doi.org/10.2105/ajph.2020.306063>
- Zhang, L., Zhao, J., & Xu, K. (2016) . Who creates Trends in Online Social Media: The Crowd or Opinion Leaders? *Journal of Computer-Mediated Communication*, 21 (1) , 1-16. <https://doi.org/10.1111/jcc4.12145>

附錄

附錄一：社會網絡指標定義與計算

指標名稱	定義
度數 (Degree)	各節點與其他節點的連結數，是最基本卻也非常重要的指標。因為與其他指標有非常高的相關性，因此在實務上經常被使用。
入度 (In-degree)	在有向網絡中，行動者被動接受他人連結的數量。
出度 (Out-degree)	在有向網絡中，行動者主動連結他人的數量。
密度 (Density)	密度代表網絡中行動者的緊密程度，根據網絡類型的不同而有不同的計算方式，本研究以有向的二值網絡為主，計算方式為： $\frac{m}{n(n-1)}$
傳遞性 (Transitivity)	在人類的社會網絡中，行動者與其「朋友的朋友」之間經常會形成連結，因此傳遞性代表網絡中的塊狀結構。 計算方式為： $3 \frac{\#triangles}{\#triads}$
平均測地線距離 (Average Geodesic Distance)	又稱平均路徑距離 (average path length)，指網絡中任意兩點距離總和之平均。此值越小，代表網絡的連結效率越高。 計算方式為： $\sum_{s,t \in V} \frac{d(s,t)}{n(n-1)}$
平均集群程度 (Average clustering)	計算整個網絡中，所有節點的平均集群係數。一般來說在人類社會結構中，這一指標應該要較高，反映較明顯的社群結構。 計算方式為： $\frac{1}{n} \sum_{v \in G} C_v$
約束性 (Constraint)	計算 i 直接與間接貼投資在 j 關係的約束性，越高的約束性代表網絡的封閉性越強，個體的自主性下降，結構洞也會因此消失。 計算方式為： $C_{ij} = [P_{ij} + \sum_q P_{iq} P_{qj}]$

附錄二：代理人基模型模擬程式碼

本研究使用程式碼皆上傳至：<https://github.com/jordannn02/The-power-of-marginality.git>

