圖書資訊學刊　第23卷第2期　（2025.12）　頁185-217
https://doi.org/10.6182/jlis.202512_23(2).185

資料密集視角下的臺灣公民科學計畫：整體實踐與品質維護策略

Data-intensive Citizen Science in Taiwan: Overall Practices and Strategies for Data Quality Maintenance

鄭　瑋[1]　甘婕人[2]　黃寶霈[3]　陳靖瑄[4]

Wei Jeng[1], Chieh-Jen Kan[2], Pao-Pei Huang[3], Ching-Shiuan Chen[4]

摘　要

本研究採用混合研究方法，以內容分析法系統性檢視臺灣127件公民科學計畫，分析其基本特徵、資料徵集方式與資料類型，並依據FAIR原則評估資料開放程度。另以「臺灣動物路死觀察網（路殺社）」為案例，透過深度訪談分析其資料品質管理策略。結果顯示，多數計畫長期運作且與政策連結，資料徵集多透過Web應用程式或社群媒體推動，亦促成多元的資料品質維護方式。以路殺社為例，計畫由初期鼓勵民眾通報，隨資料量及社群成熟度提升，發展為系統化與標準化的調查模式。研究並以Wikidata建置開放後設資料，提升公民科學計畫之可發現性與再利用性。綜合而言，本研究提供臺灣公民科學的系統概覽，並提出兼顧資料品質與開放性的管理策略，以強化其對永續發展之貢獻。

關鍵字：公民科學、Wikidata、研究資料、資料品質維護、FAIR原則

[1] 國立臺灣大學圖書資訊學系
Department of Library and Information Science, National Taiwan University, Taipei, Taiwan
[2] 中央研究院歷史語言研究所
Institute of History and Philology, Academia Sinica, Taipei, Taiwan
[3] 北卡羅萊納大學資訊科學學院
School of Information and Library Science, University of North Carolina at Chapel Hill, North Carolina, United States
[4] 日本京都大學情報學研究所
Graduate School of Informatics, Kyoto University, Kyoto, Japan
* 通訊作者Corresponding Author: 鄭瑋Wei Jeng, E-mail: wjeng@ntu.edu.tw

臺灣大學學術期刊資料庫

Abstract

This study adopts a mixed-methods approach to systematically examine 127 citizen science projects in Taiwan through content analysis. The analysis identifies each project's core characteristics, data collection methods, and data types, and evaluates their levels of data openness based on the FAIR Principles (Findability, Accessibility, Interoperability, and Reusability). In addition, the Taiwan Roadkill Observation Network (TaiRON) is used as a representative case, with qualitative interviews conducted to explore its data quality management strategies and the gradual transition process undertaken in response to evolving challenges.

The findings reveal that most citizen science projects in Taiwan demonstrate long-term continuity and strong connections to policymaking. Data collection is primarily driven by web applications and social media platforms, fostering diverse mechanisms for maintaining data quality. In the TaiRON case, the project began by encouraging public reporting through social media to broaden participation, and progressively evolved into a more systematic and standardized survey model as data volume and community maturity increased. Furthermore, this study established open metadata for Taiwan's citizen science projects on Wikidata to enhance their discoverability and reusability. Overall, this research provides a systematic overview of Taiwan's citizen science landscape and proposes management strategies that balance data quality with openness, thereby supporting research teams and policy agencies in strengthening the contributions of citizen science to sustainable development.

Keywords: Citizen Science; Wikidata; Research Data; Data Quality Maintenance; FAIR Principles

Extended Abstract

1. Introduction

Scientific research has entered a data-intensive era, necessitating new approaches to data management and collaboration. Earlier models of science communication placed experts above the public, fostering attitudes that continue to dismiss citizen-generated data as inferior (Collins & Evans, 2002). By contrast, current coproduction models value open data and shared authorship, reframing citizen science as a legitimate and collaborative mode of knowledge creation.

Citizen science exemplifies this third-wave shift by engaging the public throughout the research process, from data collection to analysis and dissemination (Wiggins et al., 2018). This collaboration expands research capacity, bridges expertise gaps, and promotes mutual learning (Dickinson et al., 2012; Silvertown, 2009). This

Note. To cite this article in APA format: Jeng, W., Kan, C.-J., Huang, P.-P., & Chen, C.-S. (2025). Data-intensive citizen science in Taiwan: Overall practices and strategies for data quality maintenance. *Journal of Library and Information Studies, 23*(2), 185-217. https://doi.org/10.6182/jlis.202512_23(2).185 [Text in Chinese].

To cite this article in Chicago format: Jeng, Wei, Chieh-Jen Kan, Pao-Pei Huang, and Ching-Shiuan Chen. "Data-intensive Citizen Science in Taiwan: Overall Practices and Strategies for Data Quality Maintenance." *Journal of Library and Information Studies* 23, no. 2 (2025): 185-217. https://doi.org/10.6182/jlis.202512_23(2).185 [Text in Chinese].

臺灣大學學術期刊資料庫

collaboration also introduces tensions regarding the balance of inclusiveness and rigor. Because volunteers vary in training and consistency, professionals often question the accuracy or completeness of citizen-generated data (Lewandowski & Specht, 2015). Such criticism reflects lingering expert bias rooted in earlier paradigms rather than objective evidence. When managed systematically, citizen-generated data can be both credible and socially meaningful. Achieving this balance is crucial for establishing the legitimacy of citizen science and advancing the broader ideals of open, participatory research.

Taiwan's rich biodiversity and vibrant civil society, where social engagement is highly valued (Silver et al., 2021), have fostered extensive collaboration among government agencies, research institutes, and nonprofit organizations. Nevertheless, despite two decades of practice, few comprehensive studies have investigated how Taiwanese citizen-science projects manage research data, ensure good data quality, and align with international frameworks such as the Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable (FAIR) principles and Sustainable Development Goals. The present study adopted a data-intensive perspective to analyze 127 citizen-science projects in Taiwan and investigated how project teams plan their data collection methodologies, manage their data, and ensure good data quality. By combining a national-level content analysis with a detailed case study of the Taiwan Roadkill Observation Network, the study demonstrates how citizen science in Taiwan balances openness, quality, expertise, and participation and contributes to the democratization of scientific knowledge.

2. Research Design

This study adopted a sequential mixed-methods design comprising two interrelated components: a broad quantitative survey and an in-depth qualitative case study. In the first phase, we systematically reviewed 127 citizen-science projects in Taiwan. We identified the projects by searching online portals and academic and governmental databases and by performing supplementary keyword searches. Each project was coded using a structured schema derived from prior typologies of citizen science participation (Bonney et al., 2009; Wiggins & Crowston, 2011) and research data frameworks emphasizing openness and stewardship (de Sherbinin et al., 2021; Wilkinson et al., 2016). The coding encompassed nine dimensions at administrative and operational levels—for example, project objectives, initiating institutions, participant support, data collection channels, data types, and data sharing policies. This large-scale mapping provided a national overview of the structural characteristics of citizen-science projects and their approaches to data management and dissemination.

The second phase involved a qualitative case study of the Taiwan Roadkill Observation Network (also known as the Roadkill Society), one of Taiwan's earliest and most sustained citizen-science projects. Established in 2011, the Roadkill Society mobilizes volunteers to document wildlife roadkills nationwide. The project was selected for its longevity, extensive spatial coverage, and advanced data management system, which make it exemplary for evaluating strategies aimed at ensuring data quality. Semi-structured interviews

臺灣大學學術期刊資料庫

were conducted with three core team members in managerial and operational roles. Interviews were recorded and transcribed, and transcriptions were analyzed using open and axial coding to identify recurring themes.

3. Nationwide Content Analysis Findings

3.1 Project development and policy linkages

Our analysis of 127 citizen-science projects in Taiwan revealed long-term continuity and strong policy alignment. Since the early 2000s, most initiatives have persisted for years after launch, steadily accumulating data and participants. Project growth peaked around 2016, primarily in ecology and environmental monitoring. Government agencies, nonprofit organizations, and academic institutions perceive citizen science as an innovative approach for environmental management and thus are the main sponsors of relevant projects. More than half of all projects have explicit connections to government policies, effectively serving as extensions of government programs.

3.2 Data collected from participants

Across projects, volunteer-contributed data included spatiotemporal information—specifically, location and time, recorded by approximately 90%–95% of all projects by using GPS-enabled devices or photo metadata. Nearly three-quarters of the projects collected some form of personal identifier to enable follow-up verification. Domain-specific data, such as species or phenomenon details, photos or videos, and quantitative counts, were collected by approximately two-thirds to four-fifths of the projects. Nearly half of the projects included contextual environmental variables; a smaller subset obtained physical samples (e.g., water samples and biological specimens) or sensor readings for analysis. These patterns indicate that data used in Taiwanese citizen-science projects are multifaceted: rich in contextual detail yet diverse in format and rigor, reflecting varying project objectives and resource capacities.

The Internet was the primary mode of data submission by Taiwan's citizen-science projects. Submission channels varied by project. Of the projects, approximately 41% used web applications or online forms, 24% collected data through social media, and 15% relied on custom-made or international mobile apps such as iNaturalist and eBird. A smaller subset of projects used email or sensors. Notably, not all data were submitted digitally. Approximately 28% of the projects permitted offline submission—for example, paper forms or logbooks, text messages or faxes, and in person (e.g., delivery of samples or records during workshops or events). Many projects supported multiple submission channels simultaneously to reduce barriers to participation. The use of unstructured or informal platforms often undermines consistency, complicating data validation and standardization across projects.

3.3 Data openness and FAIR compliance

For 111 projects that disclosed data openness–related information, we evaluated each project's stance on data openness and its alignment with the FAIR principles. Only 24% of these projects fully satisfied all four criteria; most projects satisfied one or two criteria. Of the projects, nearly three-quarters made results findable through public

臺灣大學學術期刊資料庫

summaries, one-third provided downloadable data, and even fewer specified clear reuse licenses or standardized metadata. Consequently, approximately 70% of the 111 projects fell short of robust interoperability or reusability, meeting no more than two FAIR criteria. These findings highlight considerable room for improvement in how citizen-science data in Taiwan are curated for openness. In many cases, projects shared only aggregated findings, visualizations, or summary statistics, without releasing underlying raw data sets or specifying how the data can be reused. This approach limits opportunities for external researchers and the public to verify results or conduct new analyses.

4. Case Study: "Roadkill Society"

The Roadkill Society exemplifies how a mature citizen-science project can evolve from open participation to systematic data stewardship. Established in 2011, the project engages volunteers across Taiwan to document wildlife roadkills through photographs, GPS coordinates, and species identification. In its early phase, submissions relied primarily on Facebook posts, which expanded outreach but generated inconsistent and error-prone data. Reports lacked standardized formats, and duplicate or unverifiable records were common. As the volume of observations increased, these problems reduced the data set's analytical value and exposed the limitations of relying on third-party social media platforms. Acknowledging these challenges, the team implemented a tiered data quality strategy. The team introduced clearer reporting protocols, standardized species and location categories, and established a verification system integrating automated filters with human review. Experienced volunteers and biologists now cross-check records, and uncertain entries are flagged for follow-up. Technically, the project transitioned from social media to a dedicated web and mobile platform with required data fields and built-in validation, substantially reducing inconsistencies and improving traceability.

The Roadkill Society's evolution reflects the adaptive trajectory of Taiwan's citizen science—from an open, community-driven model emphasizing user-friendly participation to a framework emphasizing professionalized data governance. The project demonstrates how grassroots data collection can achieve scientific reliability through iterative refinement. Its experience highlights a broader lesson: without robust data infrastructure, even extensive public participation risks producing information abundant in quantity but limited in analytical reliability.

5. Conclusion

From a data-intensive perspective, Taiwan's citizen-science projects have established stable collaborations among government, academia, and the public, yet fragmented reporting systems continue to compromise data quality and reuse. Most projects do not fully meet the FAIR standards: their outputs are findable but rarely accessible, interoperable, or reusable. This gap between public enthusiasm and infrastructural maturity highlights the need for continual development strategies within citizen-science projects. The Roadkill Society exemplifies a constructive trajectory—from open, volunteer-based reporting to structured data governance. Through clear protocols, verification procedures,

臺灣大學學術期刊資料庫

and technical integration, the project has transformed dispersed reports into credible, analyzable data sets. This evolution indicates that citizen science can professionalize data management while preserving participatory ethos, reinforcing the legitimacy of citizen-generated evidence in policy and research. Nonetheless, the field remains situated between top-down accountability and bottom-up engagement. Sustainable progress will depend on institutional mechanisms that value both data stewardship and public inclusion. When data quality and openness advance in parallel, citizen science can evolve beyond fragmented enthusiasm into a credible, durable, and democratically grounded knowledge system.

6. Data Availability

All research materials are publicly available on the Open Science Framework platform: https://pse.is/8cchmw. These materials include (a) the Taiwan Citizen-Science Project Inventory (Appendix 1), (b) the coding book and aggregated statistical results from the content analysis (Appendix 2), (c) the interview guide used for the Roadkill Society case (Appendix 3), and (d) the Wikidata framework for Taiwanese citizen-science projects (Appendix 4). All data are stored anonymously in accordance with review requirements and are openly downloadable from the Open Science Framework repository.

壹、緒論

科學研究歷經「科學實驗」典範、「理論驗證」典範及「計算科學」典範三階段發展，已進入「資料密集」典範（Data Intensive Science）時代（Hey et al., 2009）。在資料密集典範下，研究團隊得以利用專業的儀器、模擬器、感測器，或建立觀測站等方式，在短時間內大量匯集各學科領域中結構化與非結構化資料，因此，研究人員如何妥善管理、評估、保存及再利用研究資料成為重要議題，且資料亦是當今「人工智慧驅動（AI-Driven）」典範運行的重要基礎（Bowker et al., 2010; Ioannidis, 2024）。由於資料的大量產出與分享仰賴更多跨領域與跨社群的協作，科學研究的參與模式也逐步多元化，反映出傳統科學研究中專家與公眾互動模式的轉變（Collins & Evans, 2002）：從第一波以科學家單向提供資訊為主的公眾教育模式（Public Education Model），再到第二波科學家與公眾雙向溝通，但仍保留專家最終決策權的公眾辯論模式（Public Debate Model），然而這兩波模式皆未脫離傳統的專家主導框架；直到資料密集典範推動下的第三波——共同製造知識模式（Co-production of Knowledge Model），才逐步實踐以資料開放、共享與協作為基礎，打破專家與公眾之間的權力藩籬，使科學家與民眾能夠透過互動與資料共創，進行更具民主意涵的科學研究。

公民科學（Citizen Science）是由研究人員邀請民眾參與科學研究的不同階段，透過雙方合作完成研究，同時達到推廣科學探索與傳播知識的目的（Wiggins et al., 2018）。公民科學是科學民主化的具體實踐

臺灣大學學術期刊資料庫

方式，亦展現開放科學框架中公眾參與的立意（Lyon, 2016）。

在此研究途徑下，民眾協助研究人員搜集資料、檢核資料、完成指定任務，甚至共同提出研究問題，這種合作模式不僅解決了研究團隊人力不足、無法長時間並廣泛搜集資料的問題，更能有效拉近非研究人員與科學研究的距離（Dickinson et al., 2012; Silvertown, 2009）。基於這些優勢，公民科學計畫已被廣泛實踐於不同的研究領域中，尤其是自然科學中的生物多樣性領域，成為一種搜集大規模物種資料的重要研究途徑（Directorate-General for Research and Innovation, 2016; Figueiredo Nascimento et al., 2016; Science Communication Unit, 2013; Sullivan et al., 2014）。

雖然公民科學解決了研究人員無法長時間、廣泛搜集資料的問題，但從來源紛雜的民眾手中取得各類型的研究資料，其資料品質成為公民科學計畫長期被學術界提出討論與質疑的議題，也是採用公民科學途徑的研究單位目前面臨的一大挑戰（Crall et al., 2011; Engel & Voshell, 2002; Foster-Smith & Evans, 2003; Lewandowski & Specht, 2015）。具體來說，公民科學計畫的資料容易出現以下現象：公民科學家對於物種辨識能力存在差異而導致正確性的疑慮、特殊或罕見物種被記錄的頻率較常見物種高、回傳資料欄位填寫不完整、提供不正確或模糊的空間資訊、未依照資料填寫格式填寫等（林大利，2016；黃志堅，2017；Hunter et al., 2012; Lewandowski & Specht, 2015）。

在這些品質不一的現象發生之時，研究資料之品質偏差程度便可能會影響研究人員進行資料清理、分析的成本，以及研究結果的可信度，甚至降低其他研究者再利用公民科學計畫的開放資料或研究成果之意願（Parrish et al., 2018）。研究資料作為研究的基石，影響著整個研究的可信度與後續再利用的可行性，因此資料品質的重要性不言而喻；然而，目前尚未有針對臺灣公民科學計畫的資料徵集、資料政策、資料分享授權及資料品質維護策略等議題之研究。

另一方面，在開放科學精神下，公民科學不僅使參與的民眾能親近環境、增進對生物多樣性的理解，更能培養與環境共存的經驗。近年來，學者們開始關注公民科學計畫所產製之資料是否具備橋接聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）的可能性（Fraisl et al., 2020; Liu et al., 2023），SDGs為永續科學提供了不可分割且普遍（indivisible and universal）的規範框架，並定義出關鍵的17個挑戰面向（Smith et al., 2018），而這些重要面向需要與真實世界的資料連結，以反映現象與回應目標。由此，藉由適當的公民協助，即公民科學計畫，有機會提升永續科學中研究資料搜集之深度和廣度，且讓相關研究能積極有效地與公民互動並融合、響應永續發展目標。然而，目前尚未有相關研究將我國在

臺灣大學學術期刊資料庫

地實踐的公民科學計畫與全球宏觀視野的SDGs連結與理解。

臺灣具有豐富的生態系統及特有生物多樣性，促使學術機構、政府部門與非政府組織陸續開展多項以生態保育為核心的公民科學計畫。就社會背景而言，相較於其他民主國家，臺灣展現出相對活躍的公民社會特質。根據美國皮尤研究中心（Pew Research Center）2021年的調查顯示，有別於其他17個已開發經濟體普遍較重視家庭價值與職涯發展，臺灣民眾將社會價值列為首要考量（Silver et al., 2021）。儘管社會價值取向與公民科學參與度之間的關聯性仍需更多實徵研究支持，臺灣的公民社會活力與環境意識的提升，確實為公民科學計畫的推展創造了有利的社會基礎。我國最早的公民科學計畫始於2003年（林大利，2018），至今仍有許多單位以不同主題發展與執行公民科學計畫。然而，目前尚缺乏對臺灣公民科學計畫的系統性盤點。

本研究從資料的角度來理解與解決科學問題，正是資料密集典範的具體體現。開放科學研究者關注資料的生成、管理與再利用，並以此為脈絡，觀察研究者與資料之間的互動實踐，進而回應科學研究進入資料密集時代所面臨的挑戰與轉變。在資料成為科研核心驅動力的背景下，理解研究資料如何被研究者搜集、處理、分享與治理，可成為探討知識生產與協作模式的重要切入點。

有鑑於臺灣公民科學計畫的豐富實踐經驗、資料品質的挑戰，以及全球永續議題的重要性，如何系統性地規劃及管理資料，並有效地連結永續發展目標，成為一個迫切需要研究的議題。本研究旨在關注公民科學計畫研究人員如何進行事前資料徵集規劃、研究資料管理，以及資料清理等工作流程，與其中可能產生的資料品質維護策略。同時，本研究亦期待能理解公民科學計畫作為開放科學的一種實踐方式，如何以其產製的資料回應與處理現今複雜的永續議題。

本研究提出的研究問題如下：

問題一：臺灣公民科學計畫的研究資料實踐概況為何？包括其行政屬性（如發起單位、執行目的、執行期間與地理範圍）與資料實務操作（如資料徵集方式、資料類型與分享現況）有何特徵？

本研究系統性盤點127項臺灣公民科學計畫，從行政層級與實務層級兩個面向分析其研究資料實踐的整體樣貌，並進一步探討這些計畫如何對應SDGs，以評估本土實踐對永續發展的潛在貢獻。

問題二：國內公民科學計畫的資料品質維護機制為何？

本研究以國內較知名與成熟運作的公民科學計畫「臺灣動物路死觀察網（路殺社）」為案例，探討研究團隊在真實世界資料徵集過程中所採用的工作流程，以及為確保資料品質所採取的各項策略與措施。

除上述研究問題外，本研究為促進國內公民科學計畫的資訊整合及永續運用，亦期待奠基於研究問題一的成果，建置

臺灣大學學術期刊資料庫

「臺灣公民科學計畫Wiki資料頁面」，期望透過建立標準化且與國際接軌的後設資料（metadata）架構，提升我國公民科學計畫的可發現性。

本研究以資料密集典範之視角出發，剖繪國內公民科學計畫團隊之資料活動與流程，欲深入了解計畫團隊對於公民參與資料流程的構想，期望提升科學家所主導的研究團隊與非科學家的公民於資料活動上的互相理解，並藉此建立一個更加包容的公民科學研究環境。同時，本研究亦期待透過俯瞰國內公民科學計畫執行之全貌與傾向，理解公民科學計畫回應永續發展社會的潛在能量與效益。

貳、文獻回顧

一、公民科學

公民科學源自開放科學的理念，強調公眾參與對科學發展的重要性，資訊學學者Lyon提出的「開放科學三維模式」，有助理解公民科學在開放科學框架中的定位。此三維模式揭示開放科學如何透過「成果公開」、「研究通透」與「公眾參與」三個面向來達成開放科學與科學民主化的實踐，其中「公眾參與」關注研究過程中是否能有效集結跨領域團隊、乃至於一般公民的參與（Lyon, 2016）。具體而言，學界引入公眾參與已有多種實踐方式，例如：透過像Experiment.com之類的科學募資平臺進行資金募集（Sauermann et al., 2019）；使用類似Amazon Mechanical Turk的眾包（crowdsourcing）平臺引入人力完成有償任務（Paolacci et al., 2010）；或如政治科學領域中的選舉與民調研究所常使用的群眾預測市場（Crowd Prediction Market）模式，藉以預測選舉或公投的結果（Erikson & Wlezien, 2012）；以及公民科學計畫的模式，邀請民眾參與科學研究的各個階段。

公民科學計畫的形式多樣，計畫的規模、目的，以及公民涉入其中的協作程度也有所不同。Cheng（2020）整理近年公民科學計畫的分類系統，發現大多的框架是以客觀可觀測之屬性（如資料搜集方法）歸納。其中，較為特別的是Fan與Chen（2019）的分類框架，其以公民科學歷史脈絡與政治目標出發，探討過去公民科學的發展脈絡以及亞種，蘊含科學民主化的歷程。以「科學、國家與公民（Science, State, and Citizen）」與「民主與正義（Democracy and Justice）」類別為例，二者之間雖有相同的目標，然前者較偏向科學民主化之第二波浪潮（即科學家有相對權威），係指由國家研究單位或是政府機構所發起之公民科學計畫，往往與國家對於國民「成為智識公民」之約束與賦權的精神共存，亦與國家希望彰顯在世界秩序中的角色有關；而後者則為科學民主化第三典範（即打破專家與常民之邊界）的體現，公民帶著個體與社群意識，獨立於政治與科學權威之外參與研究計畫，是科研推進與民主建構不可忽視且重要的一環，例如日本福島核災後探測輻射線濃度的Safecast組織行動，以及臺灣偵測空氣污染情況的空氣

臺灣大學學術期刊資料庫

盒子，二者皆展現公民作為獨立於政府之外進行環境監測的推動力量（Fan & Chen, 2019）。

2016年歐盟的*Open Innovation, Open Science, Open to the World–A vision for Europe*報告書指出，民眾參與科學計畫，對於以證據和決策為主的民主社會是有貢獻的，是故，公民科學可作為改善科學、社會與政策互動的一種機制（Directorate-General for Research and Innovation, 2016）。在具有高度依賴網路及社群媒體的特性下，公民科學計畫讓民眾更容易參與其中並與之互動（葉美智等，2015；Oliveira et al., 2021）。雖然不同的公民科學計畫有相異的研究目的，但皆提供了一個專業與公民溝通的開放空間（public common），也讓擁有基礎科學知識的公眾，得以參與世界的運作系統，或進一步影響議題的討論或政策的制定（江淑琳、張瑜倩，2016）。

全世界最早的公民參與科學計畫可追溯自1900年代，美國奧杜邦學會（National Audubon Society）進行了一項「聖誕節鳥類調查」計畫（Christmas Bird Count），記錄了每一年北美洲鳥類的種類與數量，至今已擁有超過百年的歷史。臺灣的公民科學計畫則以楊懿如博士於2003年執行的「臺灣兩棲類資源調查網（Taiwan Amphibians Database）」為開端（林大利，2018），之後出現更多元的發展，如農業部生物多樣性研究所（原特有生物研究保育中心）以生態保育作為公民科學計畫主題，展開「臺灣動物路死觀察網」、「慕光之城-蛾類世界」及「新年數鳥嘉年華」等計畫（林瑞興，2016），以及國立臺灣博物館執行的「永續年夜飯」計畫，透過民眾分享年菜老照片，觀察民眾飲食習慣的改變（方慧詩，2016）。

二、公民科學資料品質與管理

由公民科學家所搜集的資料是公民科學計畫中最重要的一部分，研究人員可透過分析這些資料，更進一步了解實驗室場域外的真實面貌。為有效管理大量且繁雜的資料，建立有效的研究資料管理方案（Data Management Plan, DMP）對於公民科學計畫來說，也是必要的步驟。

地球及環境科學領域的研究資料平臺DataONE提出了一套基於資料生命週期的研究資料管理計畫，共分為8個階段，用於協助公民科學研究計畫進行資料管理（Wiggins et al., 2013）。首先是「計畫」（plan）與「搜集」（collect）階段，研究人員需依據計畫目的制定完整的研究架構，並搜集所需的資料。接著是「品質保證」（assure）階段，研究團隊必須針對公民科學家所搜集的資料進行品質控管與確認，以確保資料正確性與有效性。「描述」（describe）階段則強調資料必須具備清晰且完善的後設資料，有助於後續使用者理解資料內容與脈絡。在「保存」（preserve）階段，研究團隊須妥善保存資料，確保資料能長期被取用；隨後，「探

臺灣大學學術期刊資料庫

索」（discover）階段要求資料具有良好的可發現性及分享性，便於其他研究者或一般使用者能快速檢索及使用資料。在第七個階段「整合」（integrate）中，不同來源與面向的資料將進行有效整合，以支持更全面的研究分析。最後，「分析」（analyze）階段則是根據各個計畫的研究目的，進一步針對搜集的資料進行分析，產出研究成果。

此外，為了進一步理解國際上公民科學計畫在研究資料管理與品質控管的具體實踐，本研究亦參考歐盟的相關經驗。2016年歐盟對121項公民科學計畫的調查顯示，超過六成的公民科學計畫附有明確的資料管理方案，並且具有永久識別碼（Persistent Identifiers），可以提供他方查詢；這些計畫皆執行超過4年，其中環境主題佔84%、地球科學佔23%、社會科學10%、太空科學為6%（Schade & Tsinaraki, 2016）。另外，上述的計畫有八成進行資料品質控管，控管階段可分為三大部分，如表一所示。

然而，由於公民科學家往往具備不同學科背景、年齡層及調查能力，其搜集的資料可能相對缺乏嚴格的資料驗證，資料品質可能堪憂（林大利，2016；Cooper et al., 2007）。根據Wiggins等人（2013）提出的公眾參與科學研究計畫資料管理指南，公民科學計畫資料需特別關注「信度」（credibility）問題。此外，公民科學家於物種辨識能力具差異性、回傳資料填寫不完整、未提供正確或僅提供模糊的空間資訊等，是其他常見的資料品質問題（林大利，2016；Dickinson et al., 2012）。

維護與提升公民科學計畫資料品質的方法具多元性，可分成上游的資料品質確保

表一　歐盟公民科學計畫資料品質控管階段之具體工作項目

資料品質控管階段	具體工作項目
資料開始搜集前	計畫研究人員利用標準化的設備、統一資料格式及後設資料。 計畫研究人員編制編碼表，控制回傳的詞彙及建立詞彙表。 研究人員於公民科學計畫開始前，先訓練參與者，或提供操作手冊。 研究人員在進行監測前對設備做自動檢查校正。
資料搜集途中	研究人員利用系統自動查檢異常的數據，例如：檢查重複值、冗餘資料集（redundant collections）或極端值。 研究人員持續提供參與者計畫參與訓練及諮詢的管道。 研究人員控制編碼表。 研究人員協助檢視計畫項目資料。 參與者的資料自我管理。
資料結束搜集後	由系統進行自動且一致性的資料檢查，特別是對極端值的辨識。 研究人員進行重複驗證，確保輸入進系統內的資料經過查驗。 研究人員負責檢查空值。 由其他富有經驗的參與者進行查驗。 研究人員根據參考資料進行樣本驗證。

註：翻譯自Schade與Tsinaraki（2016）。

臺灣大學學術期刊資料庫

（assurance）與下游的控制（control）二種策略（Balázs et al., 2021）。前者係指在計畫執行前預先建立一套限制資料輸入的標準，這與計畫的設計息息相關，如了解公民科學家的資料搜集習性，以理解資料品質的挑戰、設計資料校正或清理工具。過往研究指出，公民科學計畫的資料使用問題在於計畫的方法設計，不論是資料搜集的方式或執行的難易度，都應設計成不分專家或業餘者皆可參與的計畫（Brown & Williams, 2019; Lukyanenko et al., 2016）。

而後者的控制策略則是在計畫啟動後，確保資料品質的穩定性。具體而言，公民科學計畫可透過課程與實際演練，提升公民科學家個人觀察的資料準確度；再者，建立標準的工作流程與取樣方式，降低參與者主觀判斷形成的偏差；最後，在不同時間重複取樣、讓不同志工間的觀察結果得以互補，也能提高樣本數，增加統計的檢定能力（林大利，2016）。其中，公民科學家的培訓，是普遍被認為能有效提升資料品質的策略。Prysby與Oberhauser（2004）在帝王斑蝶的幼蟲監測計畫中，為公民科學家提供4到11小時的密集培訓計畫，訓練後的公民科學家與計畫的研究助理於產出的資料品質上並無太大差異。Danielsen等人（2014）在監測熱帶資源的計畫中，培訓當地的社區參與者理解森林資源的紀錄方式與森林巡邏期間的資源使用，在為期2到3天的培訓與後續每年2到3小時的追蹤訪問後，發現社區參與者對熱帶資源的監測結果與科學家相似，顯示公民科學家經由培訓能產出可比擬專家程度的資料品質。另外，在資料分析時，除了運用三角交叉法（triangulation）來提升資料的可信度之外，若遇到難以將公民科學家搜集的資料直接類比至專家的情況時，亦可從統計面調整變數與檢定誤差進行處理（Balázs et al., 2021; Brown & Williams, 2019）。

總而言之，公民科學計畫的資料品質提升，除了可透過培訓公民科學家來改善資料搜集的成果，亦可從計畫的設計著手，使計畫同時符合公民參與的理念與達成科學作法的要求，如此一來，既能讓參與者容易上手並協助計畫執行，又不至於過度簡化方法而減損資料品質（林大利，2016）。

參、研究設計

本研究旨在深入調查臺灣公民科學計畫及其研究團隊維護資料品質之實踐與策略，為達此目的，本研究採用順序性混合研究設計（sequential mixed-methods design），拆分為兩個子研究，循序探討研究問題。此研究設計首先透過內容分析提供整體現況理解，再輔以質化訪談深入探討具體實踐策略，使兩種研究方法相輔相成，獲得深廣兼備的研究成果。

子研究一調查臺灣公民科學計畫的整體發展現況，具體調查面向包含國內公民科學計畫的執行目的、期間、範圍及類型，以及研究團隊徵集資料的方式、類型及資料分享的現況。為達此目的，子研究一透過內容分析法檢視臺灣127件公民科學計畫的執行特

臺灣大學學術期刊資料庫

徵，包括計畫目的、資料徵集方式、資料類型及開放程度等面向，並觀察計畫如何對應SDGs，以提供全面現況掌握。

子研究二則針對國內公民科學計畫團隊「路殺社」，探討其團隊資料徵集過程中的挑戰以及維護資料品質的策略，包含公民科學計畫團隊的工作流程規劃，以及這些團隊在面對資料品質問題時採取的因應之道。依據子研究一成果，子研究二採用半結構式深度訪談，更深入探討研究團隊於資料實踐中面臨的具體挑戰。

一、子研究一研究設計

本研究首先整理「臺灣公民科學入口網」（現入口網站已關閉，於2022年11月檢索收錄14件國內計畫）、公民科學計畫案例表（現為*公民科學與群眾參與計畫清冊資料集*，無日期；於2022年11月至2024年3月間收錄103件國內計畫），以及林大利（2018）之「台灣公民科學社團名錄」（於2022年11月查閱收錄16件計畫）等來源，再使用「公民科學」、「公民參與」等關鍵字進行補充檢索，增加公民科學計畫的搜尋範圍，建立127件公民科學計畫的清冊。研究範圍包含由臺灣學術機構、政府機關、非營利組織或民眾發起，且利用公民科學作為研究途徑執行之計畫。針對這些公民科學計畫，研究者依序並透過滾雪球策略檢索：（1）計畫專屬網站、（2）政府機關網站、（3）社群媒體（如Facebook粉絲專頁），以及（4）相關新聞報導，擴充相關計畫資訊。本研究之「臺灣公民科學計畫清冊（附錄一）」可查閱完整127件計畫名單與相關資料。

子研究一透過內容分析，使用線上Airtable 雲端資料庫統計彙整研究資料，後續利用試算表工具製作圖表。透過系統化整理與回顧計畫網站上所揭示的資訊，研究者針對前述搜集之公民科學計畫，分別進行計畫行政層級（administrative level）與計畫實務層級（operational level）之編碼分析。研究架構主要參考Pocock等人（2017）的公民科學計畫分類，並參酌Wiggins與Crowston（2011）的參與類型、Bonney等人（2009）的參與程度分類、de Sherbinin等人（2021）的資料管理框架，以及FAIR原則（Wilkinson et al., 2016）的資料開放指標等項目，定義並構築公民科學計畫之9大重要面向與42項相關屬性。

計畫行政層級包含6個面向、12項屬性，涵蓋計畫的基本資訊、目的、類型、發起單位及支援方式等：

1. 計畫基本資訊（共包含4項屬性）：此面向主要參考Pocock等人（2017），記錄計畫開始年份、結束年份、持續狀態及地理範圍等時空資訊；
2. 計畫目的（共包含2項屬性）：此面向採用Wiggins與Crowston（2011）的分類架構，將計畫目的分為行動目的導向、保育目的導向、調查目的導向、調查目的-虛擬導向及教育目的導向等5種類型。另一方面，研究者實際進行資料搜集時，發現

臺灣大學學術期刊資料庫

國內由政府部門執行的公民科學計畫，皆會於目的內提及落實該單位的政策，故新增輔助政策、監督政策、監督及輔助政策、及非上述目的等4種類型；

3. 計畫類型（共包含1項屬性）：此面向參考Bonney等人（2009）的研究，根據民眾參與程度將計畫分為貢獻型計畫、合作型計畫及共創型計畫3種類型；
4. 計畫發起主辦單位類別（共包含1項屬性）：此面向採用行政院主計總處（2021）的行業統計分類表，研究者針對公民科學計畫特性進行調整，將發起單位劃分為20個類別，如各縣市政府屬於「公共行政及國防」，中央研究院屬於「專業、科學及技術服務業」等；
5. 其他參與單位（共包含1項屬性）：此為研究團隊自行新增之面向，確認計畫團隊與其他單位是否有合作或贊助關係；
6. 計畫團隊支援參與者方式（共包含3項屬性）：此面向參考Pocock等人（2017），記錄實體協助、線上協助及提供計畫執行所需設備等屬性。

計畫實務層級包含3大面向、26項屬性，扣緊研究問題，記錄計畫中徵集資料之管道、資料類型與資料分享政策等：

1. 資料徵集管道-參與者提供資料方式（共包含6項屬性）：此面向參考Pocock等人（2017）的研究，記錄郵寄、社群媒體發布、網頁表單、智慧型手機應用程式、計畫提供的設備搜集，以及本研究自行新增之「網頁上說明參與者如何提供資料」屬性；
2. 紀錄資料類型（共包含10項屬性）：此面向同樣參考Pocock等人（2017）並經研究者調整，除了記錄參與者個人資訊、紀錄地點資料、紀錄日期資訊、目標物數量、目標物種類資料、目標物氣候狀況、目標物照片或影音、感測器資料及提供實體物件等屬性，亦為本研究需求多新增「敘明紀錄資料格式」，以此記錄公民科學計畫團隊對資料紀錄格式規範的要求；
3. 資料分享（共包含10項屬性）：此面向整合了多位學者的研究，包括de Sherbinin等人（2021）的資料管理框架，以及關注制定資料分享政策FAIR四大原則（Wilkinson et al., 2016）：可查找（Findable）、可取用（Accessible）、可互操作（Interoperable）及可再利用（Reusable）。

奠基於上述事先設計好的觀察點，研究者依據各公民科學計畫之摘要，綜合計畫研究對象、預計達成目標等因素，以事實為基礎，選擇主觀上最符合之描述進行編碼。針對較具爭議或難以直接判斷的編碼，則透過多位研究成員共同討論並達成共識，以確保分類之客觀性與信度。本研究之「公民科學計畫內容分析編碼簿與彙整結果（附錄二）」可查閱完整內容分析之屬性編碼表與彙整結果。

二、子研究二研究設計

延續子研究一的發現，本研究選擇我國農業部生物多樣性研究所（原特有生物研

臺灣大學學術期刊資料庫

究保育中心）的「臺灣動物路死觀察網」（路殺社）作為訪談對象。路殺社的計畫目標在於，以通報的路死動物資訊為基底規劃系統性資料徵集方式，期理解國內常見路殺動物路段及遭路殺動物物種之研究問題。該計畫向公民科學家搜集的資料主要為路死動物之地點、日期資訊及相關照片，亦包含路死動物屍體；此外，公民科學家也能依照自己的興趣及能力，鑑定路死動物物種，共創參與計畫研究。

選擇此案例為標竿主要基於3個考量：首先，路殺社自2011年發起至今仍在進行，為國內最早期且持續運作的公民科學計畫之一，具備長期穩定發展的特性；其次，該計畫涵蓋全臺各地路死野生動物資訊搜集，地理範圍廣泛，有助於觀察資料徵集在不同區域情境中的實際運作；第三，路殺社採用多元的資料徵集方式，包含影像紀錄與實體標本，並設計出具規模的回報與鑑定機制，展現出高度實務性與資料徵集之豐富實踐，為國內具代表性的公民科學計畫（許嘉軒、林德恩，2021）。

本研究將其作為個案研究之標的，符合質性研究抽樣策略中強調之「資訊豐富（information-rich）」原則，意即選擇能夠提供最大洞察與意義豐富的研究對象（Patton, 2002）。路殺社具備制度成熟度、跨地理範圍與多樣化資料管理實作，能有效揭示臺灣公民科學計畫中資料品質維護與規範建立等議題，具有高度代表性與實務啟發性。

研究採用半結構式深度訪談法，訪談計畫管理階層及執行團隊共3位成員（代稱R01–R03），以確保能從不同層級理解計畫運作。訪談大綱主要探討兩大面向：一是依據DataONE研究資料生命週期8個階段（Wiggins et al., 2013），探討計畫進行資料徵集與處理的工作流程；二是根據Balázs等人（2021）及歐盟建議之公民科學計畫資料品質指標（Schade & Tsinaraki, 2016），探討計畫資料品質的維護策略。訪談大綱可參閱「路殺社個案質性研究訪談大綱（附錄三）」，每場訪談約進行80分鐘。

資料分析採用質性資料分析之編碼（coding），研究者首先將訪談內容錄音檔製成逐字稿，並搭配現場的記錄筆記、拍攝照片與逐字稿核對整理，透過ATLAS.ti質化資料軟體進行開放性編碼，透過反覆聆聽錄音檔與閱讀逐字稿，歸納出45個初步開放編碼，作為備忘錄（memo）。研究者接續採用主軸編碼策略，透過給予字句編碼的過程，逐漸將概念聚攏，產生歸納式編碼架構。在此過程中，研究者參考Wiggins等人（2013）的資料品質選擇框架、Schade與Tsinaraki（2016）歸納出的公民科學計畫資料品質控管階段與工作項目、DataOne研究資料生命週期以及子研究一的編碼簿等理論基礎，將開放編碼整併為7項主要類別：資料徵集（含搜集規則、策略及困難）、資料品質（含維護策略與指標）、標本工作流程、研究資料生命週期、資料分享及再利用、公民科學計畫與公民科學家互動，以及

臺灣大學學術期刊資料庫

計畫基本資料，並對各面向進行定義說明。這種由下而上的編碼方式，保留受訪者的原始觀點，又可與既有框架（如研究資料生命週期）相互勾稽，有助於深入理解公民科學計畫的實務運作。

肆、研究結果

一、臺灣公民科學計畫資料實踐概況

(一) 計畫發展與政策連結

本研究透過內容分析法調查了127件臺灣公民科學計畫的網頁與相關文件資料，發現多數臺灣公民科學計畫具備長期持續執行的特性，自發起後能長時間運作，累積大量參與者與資料。從2003年首筆計畫至2022年，臺灣公民科學計畫在2016年達到高峰（當年發起24件計畫），且以生態保育類為主。執行單位方面，以政府機關、非營利組織與研究機構為主。

這些單位將公民科學視為一種創新的研究方法途徑，主題涵蓋生態保育、環境維護以及少部分社會科學調查，並透過公民參與達成監測環境、輔助政策等目的。值得注意的是，約有過半數（71件）的計畫與當時之政府政策產生聯結，扮演監督或輔助政策的角色。例如，有的計畫動員民眾監測空氣品質或水質，以監督環保政策執行（如：楠梓空污巡守隊、Disfactory - 農地違章工廠回報系統）；也有計畫協助政府追蹤外來入侵物種（如：小花蔓澤蘭、群策群力防沙蜥），作為政策輔助措施。公民科學因此在臺灣形成了連結政府政策、科學研究與一般民眾的橋樑，不僅提升民眾科學素養，亦對政府決策產生影響。臺灣公民科學計畫自2000年代初逐步發展，呈現出長期持續、以生態保育為主題，並與政策目標緊密結合的發展特徵。

(二) 資料徵集管道與工具

本研究統整127件臺灣公民科學計畫中所搜集的資料類型，在剔除14件未於網頁上說明參與者需紀錄之資料類型的計畫後，共歸納出九大類（表二，$N = 113$），其中，最常見的3種為地點資料（107件，94.7%）、日期資料（102件，90.3%）與參與者個人資料（95件，84.1%）。其中，地點與日期資料是判斷參與者搜集目標資料的時空依據，研究團隊建議參與者開啟手機與相機之GPS功能，便可從數位照片中提取Exif資訊以自動記錄拍攝日期與經緯度。此機制能有效減少人工輸入錯誤，提升資料正確性與標準化程度。

搜集參與者個人資料部分，研究參考我國《個人資料保護法》（2023）定義研究團隊搜集個人資料範圍，包含「自然人之姓名、聯絡方式及其他得以直接或間接方式識別該個人之資料」，因此除了計畫欄位中要求提供的個人資料外，Facebook因有個人帳號且可聯繫到用戶，以及需申請會員加入之研究計畫，子研究一皆視為有搜集個人資料之行為。95件（84.1%）計畫的研究團隊有搜集參與者個人資料，以便清整資料時能進一步確認所回報之資料相關細節。

此外，其他常見的紀錄資料還包括：目標物種資料（89件）、照片或影音資料（77

臺灣大學學術期刊資料庫

件）、目標物數量（74件）、氣候或物候狀況（54件）、實體物件（17件）、感測器資料（3件）。各資料類型的舉例與比例詳見表二。

表三羅列了使用不同資料徵集管道的計畫數量，整體而言，臺灣公民科學計畫主要以網際網路回傳作為資料徵集管道，其中又以Web應用程式居多（40.9%）。而資料徵集管道的選擇亦影響資料的結構與品質，例如社群平臺（如Facebook）雖便利但格式難以統一，手機App則具自動欄位驗證機制但開發維運成本高。

(三) 公民科學資料開放現況

本研究將資料開放程度分為資料未公開、資料有限制公開及資料公開3等級，其中，資料未公開為「網站上僅呈現資料搜集頁面，未出現計畫統計資料結果或研究資料取用說明」；資料有限制公開為「使用者需加入會員或透過申請方式取得資料」；資料公開為「使用者可直接獲取計畫研究資料或統計結果」。為細緻檢視公民科學計畫資料的開放模式，本研究採用廣受資料科學界重視之國際通用的FAIR原則，包含可查找（Findable）、可取用（Accessible）、可互操作（Interoperable）及可再利用（Reuseable）4項核心指標，針對子研究一調查之127項臺灣公民科學計畫進行分析。其中16件計畫因未能找到關於資料公開之資訊而排除，剩餘之111件公民科學計畫為實際研究樣本，並將調查成果視覺化呈現（圖一）。

根據各項公民計畫符合FAIR 4項指標之總數，研究團隊發現4種資料開放模式（圖一），分別是：（1）全數符合FAIR 4項指標，整體資料開放程度最高，屬於該模式的計畫共有27件；（2）符合FAIR其中2項指標，屬於該模式的計畫共有11件；（3）僅符合可查找（F）1項指標，屬於該模式的計

表二　臺灣公民科學計畫參與者紀錄資料類型（*N* = 113）

編號	紀錄資料類型	舉例說明	計畫件數	%
1	地點資料	GPS定位資訊、經緯度座標、方位角度	107	94.7
2	日期資訊	拍照日期、觀測日期	102	90.3
3	參與者個人資料	姓名、性別、聯絡方式等	95	84.1
4	目標物種類資料	動植物種名稱、觀測時生物行為、海洋廢棄物內容等	89	78.8
5	目標物照片或影音	提供計畫目標物照片或影像	77	68.1
6	目標物數量	監測建物數量、動植物個體數	74	65.5
7	氣候狀況	觀測氣溫、水溫、濕度、風速、雨量等天氣資訊	54	47.8
8	實體物件	參與者提供計畫目標物實體，例如：動物的屍體、遺留或人類檢體	17	15.0
9	感測器資料	空氣汙染資料、街景背包影像	3	2.7

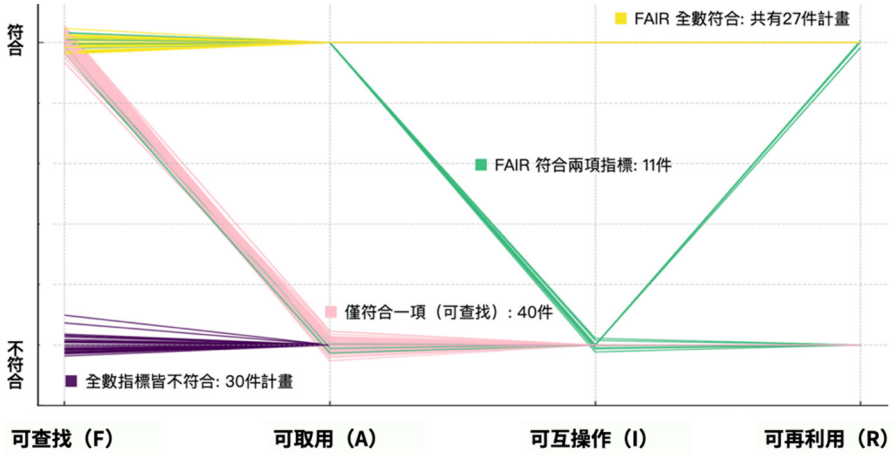
臺灣大學學術期刊資料庫

表三　公民科學計畫資料徵集管道一覽表

	資料徵集管道	舉例說明	計畫數量		總計（件數）*
			件數	%	
透過網際網路回傳	Web應用程式	Google Form、BeClass或研究團隊自行架設之Web表單	52	40.9	110
	於社群媒體發布貼文	Facebook粉絲專頁、Instagram頁面等	31	24.4	
	手機應用程式	iNaturalist、eBird、WhaleFinder、市民探針（都市探針）、i水App等	19	15.0	
	Email寄送	將資料紀錄檔email研究團隊	7	5.5	
	感測器	參與者使用研究團隊提供的感測器搜集與回傳資料	3	2.4	
非透過網際網路回傳	郵寄、傳真、簡訊或親送	參與者自行郵寄或於活動結束直接交付研究團隊資料紀錄表、檢體樣本或生物實體等	35	27.6	35

註：* 各項計畫提供一種或多種資料徵集管道，本表各項資料徵集管道仍以127件計畫為母體樣本數。

圖一　臺灣公民科學計畫資料符合FAIR原則情形（*N* = 111）



註：圖一橫軸為FAIR原則的4項核心指標，縱軸則顯示各指標的符合與否，並在軸線上進行微幅顫動（jittering）效果，避免多個樣本重疊呈現在同一值上，以利觀察變化。根據各項公民計畫符合FAIR 4項指標之總數，研究團隊發現4種資料開放模式，並透過不同線條顏色加以區分：（1）全數符合FAIR 4項指標（黃色）；（2）符合FAIR其中2項指標（綠色）；（3）僅符合可查找（F）1項指標（粉色）；（4）全數不符合FAIR指標（紫色）。

臺灣大學學術期刊資料庫

畫共有43件，其中3件計畫並未公開除可查找（F）外的其他指標實踐狀況，仍計入此模式中；（4）全數不符合FAIR指標，資料開放程度最低，屬於該模式的計畫共有30件。透過線條的分布與軌跡，可掌握各計畫對應FAIR指標的表現與整體資料開放的趨勢。

研究團隊不僅透過圖一概覽公民科學計畫的資料開放模式，亦比較FAIR單項指標的分佈狀況。111件計畫中，除了屬於上述全數不符合FAIR指標的30件計畫外，其餘81件皆符合可查找（F）指標（占全體之73%），代表多數計畫提供可公開查詢之統計資料或成果報告。然而，其他三項FAIR指標的表現則明顯較低，符合可取用（A）指標的計畫共35件（占32%），代表僅有三成左右的計畫資料可直接被下載取用；符合可再利用（R）指標之計畫共30件（占27%），顯示清楚載明資料授權條款的計畫不到三成；而符合可互操作（I）指標、具備結構化且通用後設資料標準的計畫最少，僅有27件（占24%），甚至未達計畫樣本數的四分之一。同時也正是因為FAIR原則中除了可查找（F）指標以外的實踐狀況皆不理想，故圖一中屬於僅符合可查找（F）1項指標、及全數不符合的樣本數相對更多。值得注意的是，即使是圖一中屬於全數符合FAIR指標的計畫，多數仍因資料開放有其限制性，亦非全部都能達到狹義的FAIR標準。此外，約七成的計畫（81件，73%）僅符合兩項以下之FAIR指標，凸顯出國內公民科學計畫資料之開放性、資料標準化及授權透明度仍有顯著改善空間。尤其未來若欲促進研究資料的有效再利用與共享，應著重提升計畫資料的互操作性與再利用性。

研究者也發現，凡使用iNaturalist、eBird或臺灣生物多樣性網絡（TBN）等平臺之計畫，皆有符合FAIR的4個核心指標原則。上述的平臺制定有資料分享政策，敘明資料提供者與使用者需負起的權利義務，後續的資料再利用也須遵守創用CC條款規定。

值得一提的是，公開資料的類型可再分為原始資料、後設資料及經視覺化之資料，本研究進一步分析時，發現公開視覺化資料之計畫團隊最多（57件），推測原因為圖像化資訊更容易使人了解且更能彰顯計畫研究的成果；相關的後設資料次之（52件）；而公開原始資料之計畫最少，僅有3件，分別為「LASS環境感測器網路系統」、「Astrohackers in Taiwan」及「Disfactory - 農地違章工廠回報系統」。此3種計畫皆為開源授權的計畫，使用者可以直接利用計畫資源，進行修改或分析，有更大的再利用發揮空間。另，38件的公民科學計畫同時公開兩種以上的資料類型。

子研究一的逐項統計彙整，可於「公民科學計畫內容分析編碼簿與彙整結果（附錄二）」查閱。整體來說，臺灣公民科學計畫於資料開放程度上仍有提升空間，然而資料開放與共享的基礎在於資料本身的品質與可信度，因此，本研究進一步透過子研究二，深入探討國內代表性公民科學計畫團隊如何落實並確保資料品質。

臺灣大學學術期刊資料庫

二、公民科學計畫資料品質維護機制：以路殺社為例

子研究二透過訪談「臺灣動物路死觀察網」（以下稱路殺社）公民科學計畫之3位研究團隊成員（受訪者編號 R01、R02、R03），深入爬梳該計畫資料徵集與處理的工作流程，並探討計畫資料品質的維護策略。路殺社共徵集兩種型態的路死動物資料，一種為實體的路死動物標本（以下稱實體資料），由公民科學家自願提供，將動物屍體經簡易包裝後郵寄至研究單位；另一種為數位形式的路死動物資訊（以下稱數位資料），包含公民科學家所回報的路死動物發現日期、地點、照片，及初步判定的物種資訊。

對於不同型態的資料，路殺社在實務上有不同對應之作法。以下將先描述實體資料的徵集策略及其處理工作流程，後討論數位資料之對應內容，而資料品質維護策略亦以數位資料為例進行說明。

(一) 實體資料的徵集策略與處理工作流程

路殺社的實體資料獲取策略主要為機會型徵集，亦即仰賴分佈各地的公民科學家自由回報的「機會型資料」（Opportunistic Data; van Strien et al., 2013）。當民眾在路上偶遇遭路殺的物種，可選擇是否回報予計畫團隊，協助寄送路死動物實體資料，並於線上填寫路死動物資訊的數位資料。機會型資料是為路殺社計畫初期的資料徵集策略，從限定單一物種的爬行類開始，陸續拓展可鑑定之物種類別，並增加路死地點之資料搜集範圍。

實體資料的資料徵集工作流程，主要由計畫研究團隊與公民科學家二方互動所形成。當公民科學家將路死動物資訊填寫至回報系統後，系統會針對該事件產出一組識別碼，可供其在協助寄回路死動物實體時一併附上，以利計畫研究團隊辨識對應的相關資訊。不過，公民科學家時常未於寄送時附上識別碼，計畫研究團隊仍需花費時間比對吻合的數位資料。而在獲取路死動物實體後，計畫研究團隊會解剖研究死因，將相對完整的動物實體提供給有需求的單位製成標本展示等。

(二) 數位資料的徵集策略與處理工作流程

除了機會徵集之外，路殺社的數位資料獲取策略亦包含系統性收集，研究團隊期待能透過不同策略來比對資料。受試者R01提及，隨著機會型資料大量累積，計畫團隊會在初步掌握概況後設計特定研究問題，規劃系統性數位資料搜集。

在系統性收集中，公民科學家須按照研究團隊設定的規範，在一定樣區、一定時間內，使用固定的交通工具進行資料搜集工作。在資料具結構性的情況下，研究人員便能分析並回答研究問題。在整合機會型及系統性搜集所得的資料後，研究人員便可進行比對，建構出豐度（abundance）變化的模型。

路殺社的數位資料徵集工具歷經多次轉變，自初始的社群媒體平臺轉變為Web與手機應用程式並行方式，最終採以Web應用程式執行。受訪計畫團隊表示，初期以社群

臺灣大學學術期刊資料庫

平臺Facebook搜集資料及推廣計畫理念，是基於該平臺提供與公民科學家立即互動的功能（R01、R03）。不過，社群平臺並非以搜集資料為經營目的，資料存在格式無法統一，且難以執行有效率與自動化檢核的問題，並受限於社群平臺所提供的服務。基於上述問題，計畫團隊改採以Web應用程式來進行資料徵集；Web應用程式可對資料欄位執行自動化檢核，設定必填欄位，且能保留照片後設資料。在智慧型手機普及下，計畫團隊曾嘗試以Web應用程式為基礎設計手機版本，以享其便利性、自動化檢核部分資料欄位的功能，然在考量高維運成本與資料提供持續性後，仍以Web應用程式為最後搜集資料方式，即現行的「臺灣動物路死觀察網」（TaiRON WebAPP2.0）。

值得一提的是，受訪者R01與R03回顧此一歷程時也指出，此類由初期熟悉媒介逐步轉向專屬系統的模式，並非一開始即明確規劃，而是隨計畫推進、資料累積與管理需求上升後，逐步發展而成。團隊在便利性與資料品質之間所做的實務取捨，展現出具彈性的階段式調整策略。雖無法推論所有臺灣公民科學計畫皆採相同轉換歷程，惟此個案說明亦可作為理解公民科學資料徵集策略演進的重要線索。

此外，「臺灣動物路死觀察網」將資料使用的授權條款、照片的智慧財產權及珍稀物種地點敏感性考量納入資料徵集規劃，並參考美國加州路死觀察系統（California Roadkill Observation System, CROS，成立於2009年，是美國目前最大的路殺動物觀察公民科學計畫）制定資料搜集架構及政策，說明計畫資料的徵集與授權方式，確保著作權的歸屬，並保障隱私權。此外，建構Web應用程式亦有助於資料保存，降低資料自其他媒介轉出時遺失、轉譯失敗等風險。奠基於路殺社經驗，表四整理各數位資料搜集工具優缺點。

數位資料的徵集工作，係由計畫研究團隊、公民科學家，與合作單位等3個角色共同完成，由計畫研究團隊制定資料徵集規則，並與合作單位共同設計資料徵集工具（如：Web應用程式），公民科學家則參與資料搜集或鑑定工作。圖二以泳道流程圖（Swimlane Flowcharts）呈現上述3個角色於資料徵集工作流程中的互動關係。

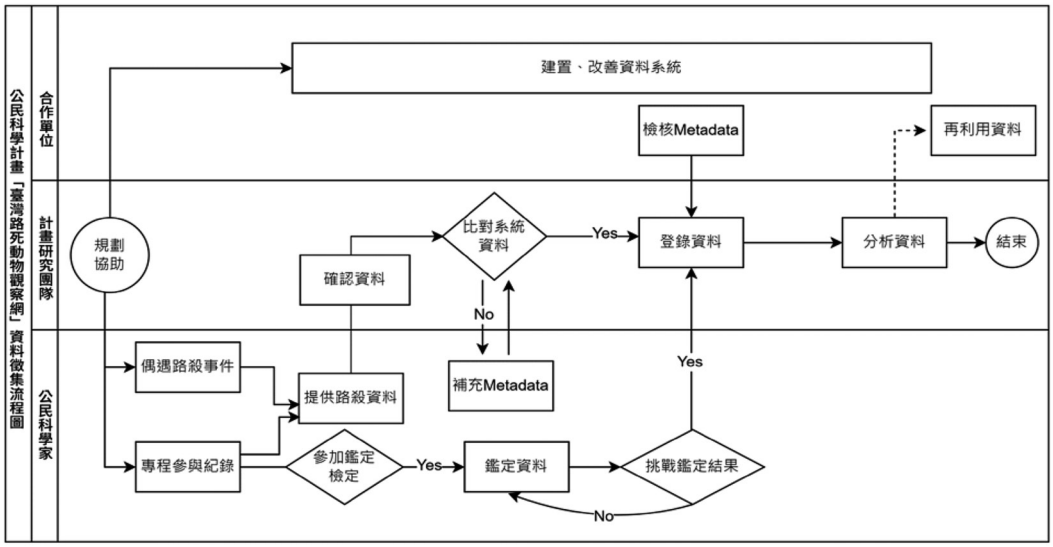
計畫研究團隊是整體資料徵集工作的推動者，負責制定公民科學家參與指南並建立資料搜集標準（如：確定各資料欄位格式、檢核資料庫中錯誤或待確認的資料），並與合作單位共同規劃資料處理系統，以協助公民科學家執行計畫、宣導資料提供上應注意之事項。在不同資料結構差異的需求下，路殺社計畫研究團隊制定出不同參與門檻的公民科學計畫，供公民科學家自由參與：低門檻是為通報偶遇路殺事件、高門檻則是參與系統化大調查或鑑定路死動物物種。最後，作為計畫基礎建設的合作單位，則是協助建置及優化路死資料處理系統，訓練資料庫機器提升資料準確性，以及協助後續資料分析及應用。

臺灣大學學術期刊資料庫

表四　數位資料搜集媒介優缺點一覽表（以路殺社為例）

資料搜集工具	優點	缺點
社群媒體平臺（Facebook）	免費 可觸及潛在公民科學家 可即時互動	資料經轉譯流失 資料無法直接匯出 非自動化資料檢核 資料格式無法統一
手機應用程式	部分資料可自動化檢核 手機普及率高	管理成本高 須隨IOS、Android系統更新修改 App上架審核機制嚴格導致資料搜集中斷
Web應用程式	維護成本低 自我建置之資料處理權掌握在計畫方	使用市面上現有的應用程式仍會受制於產品政策，無法完全取得資料 自行建置需與工程師來回溝通調整

圖二　數位資料（路死動物資訊）的徵集工作流程



(三) 數位資料品質維護策略

訪談結果顯示，路殺社計畫所搜集的數位資料，在實際運作中主要遭遇5大類型的品質問題：「資料偏誤」、「非目標物種資料」、「資料重複提供」、「未遵守資料搜集規範」，以及「資料辨識困難」。為了有效確保資料的可信度與品質，路殺社的研究團隊對於每項品質問題，皆發展出維護策略。

以最常見的問題「資料偏誤」為例，研究對象說明路殺社主要遇見的3種偏誤情境：第一種是「區域易達性偏誤」——地理

臺灣大學學術期刊資料庫

位置偏遠、或道路密度低的區域，因調查困難而導致回報數量偏低；第二種是「主觀回報偏誤」——公民科學家常傾向回報珍稀或罕見的物種，而可能忽略更普遍但同樣重要的常見物種；第三種則是「交通工具偏誤」——不同的交通工具與移動速度，顯著影響公民科學家觀察並回報路死動物的種類與數量，例如開車者較易忽略小型物種，而步行者則可能回報較多動物（R01）。

面對這3類資料偏誤，研究團隊各自發展出不同的因應策略。針對區域易達性偏誤，團隊積極透過跨單位合作與實地現場調查，主動在多種路殺熱點與不同路況的地點，進行系統性的現地調查，建立基準值以進行校正，使得不同交通工具所搜集到的資料能夠彼此比較與整合。

研究團隊認為，公民科學家傾向回報罕見或珍稀路死物種的「主觀回報偏誤」，實際上反映了人們本能上對特殊情況的注意力會較高，並非刻意忽略常見物種。然而，常見物種的路死情形對於生態與保育研究同樣極具意義，因此團隊會透過教育或宣導，提醒參與的公民科學家也應留意和回報常見物種，以更全面地呈現路殺的真實情況。

對於使用不同交通工具而產生的觀察偏誤，團隊則主動在多種路殺熱點與不同路況地點進行系統性的現地調查，建立日常的基準值作為校正參考，使不同交通工具所搜集到的資料能夠有效地比較與整合。

未遵守資料搜集規範所產生的資料品質問題，主要出現在系統性調查的情況中，例如公民科學家未依照時間或指定範圍之路徑進行調查，或未於規定時間內回報資料。在系統性調查中，計畫研究團隊會因應公民科學家特性，訂定可執行之嚴謹資料搜集規範，期待公民科學家能理解並願意遵守規範：「所以我們必須要做取捨，我要考量到參與者的特性。我們就會適度的就是把標準，某些地方的標準降低，例如像他使用的交通工具，我們允許他四種交通工具任選一個，你要開車也可以。」（R01）針對此問題，計畫研究團隊會以加強宣導規範與開設訓練課程來維護資料品質。

透過彙整三位計畫研究團隊受訪者的經驗，表五統整路殺社計畫資料品質問題與對應維護策略，並將其對應於Balázs等人（2021）舉例之7項資料品質指標：「完整性（completeness）」、「基於標準性（standards-based）」、「效度」、「一致性」、「時效性」、「正確性（accuracy）」及「偏誤」。其中，資料的正確性、完整性及效度是路殺社團隊較為重視的議題，特別是當資料涉及公民科學家拍攝路死動物照片或採集之日期、地點，及公民科學家的個人資訊（例如姓名、電話）等時，更為如此。同時，資料搜集與回傳的時效性亦是系統性調查的關注重點，當公民科學家提供的資料已過搜集期限，該筆紀錄便會被計畫研究團隊視為無效，進而刪除。

臺灣大學學術期刊資料庫

表五　路殺社計畫數位資料品質維護策略對照表

影響資料品質因素	實例	資料品質維護策略	對應Balázs等人（2021）之品質指標
資料偏誤	偏遠地區路死動物數量不準確 僅回報珍稀路死物種 使用不同交通工具搜集資料	前往偏誤地區搜集補齊資料 適時調整資料徵集規範、放寬資料搜集標準 透過教育與宣導，提醒公民科學家留意常見物種 設計可計算偏誤與正常值的比對公式，以百分比類推數值	偏誤、效度
提供非目標物種資料	提供寵物屍體	優先搜集計畫目標物資料，但保留適時調整資料徵集策略之彈性	基於標準性、正確性、效度
資料重複	上傳同一筆資料	進行人工比對 聯繫公民科學家	正確性、效度
未遵守資料搜集規範	未依照時間或路徑進行調查 未於規定時間內回報資料 使用自然語言描述地點或物種資訊 未使用固定的格式填寫資料（例如：經緯度座標格式） 未完整填寫資料必填欄位	加強宣導計畫資料搜集規範，例如製作網頁指南、紙本DM 開設教育訓練課程或是透過活動擺攤方式，利用和公民科學家面對面接觸的機會	正確性、一致性、時效性、完整性
資料辨識困難	提供物種模糊的照片 填報錯誤的地點	邀請領域內專家人員協助鑑定	正確性、效度

三、公民科學計畫Wiki資料頁面建置

前兩個子研究的分析結果指出，臺灣公民科學計畫不論在資料開放程度（FAIR原則）或是資料品質維護上，均具有具體的改善空間與需求。為促進國內公民科學計畫的資訊整合及永續運用，本研究進一步著手建置「臺灣公民科學計畫Wiki資料頁面」，期望透過建立標準化且符合國際接軌的後設資料架構，提升國內公民科學計畫的可發現性。本研究採用公民科學領域廣泛使用的Public Participation in Scientific Research Core（PPSR Core）標準（https://core.citizenscience.org/docs）與Wikidata的後設資料框架進行介接。PPSR Core作為描述公民科學計畫的國際標準，提供完整的詮釋架構，而Wikidata 則提供了開放、易用且具互操作性的實作平臺，有利於公民科學家自行嘗試資料保存與維護。臺灣127件公民科學計畫Wikidata頁面之URL可於「臺灣公民科學計畫清冊（附錄一）」查閱，而Wikidata資料頁面之資料框架與描述可見於「臺灣公民科學Wikidata頁面資料框架（附錄四）」。

臺灣大學學術期刊資料庫

伍、討論與結語

本研究以資料密集觀點，透過內容分析方法調查與分析臺灣127件公民科學計畫之行政屬性與實務層級，揭示政策連結與研究參與的雙向性。從上述結果來看，臺灣的公民科學計畫似乎扮演了上下銜接的橋樑角色。本研究的發現驗證Cheng（2020）比較荷蘭與臺灣之公民科學計畫的觀察，臺灣公民科學計畫與歐陸或美國模式有所不同，並非「自下而上」，而是常處於「中段橋樑」的角色，即研究單位居中連接政策與公民，對上爭取政策補助、對下期待民眾持續參與。此外，使用Fan與Chen（2019）提出的公民科學分類，可以發現臺灣公民科學呈現與國家政策緊密連結的特性，計劃團隊往往需要在政策要求與參與承諾之間拉扯。臺灣居於中介位置的公民科學實踐，在資料品質維護方面亦呈現出漸進式深化的特性。然而，此種居於中介位置的公民科學實踐在促進政策與公民接軌的同時，也隱含著制度性矛盾，需要透過持續的動態調適歷程來尋求平衡。

一、漸進式深化的資料品質維護實踐

綜合研究成果，本研究透過對臺灣公民科學計畫的普查，發現各計畫在資料管理與最終的研究資料釋出實踐上存在落差。雖有些團隊建立資料庫或使用國際平臺（如iNaturalist）進行標準化管理，使資料具有較佳的結構化與互通性，但整體而言，臺灣公民科學資料的開放程度仍不理想。依照FAIR原則評估，僅約四分之一的計畫在資料互通性與再利用性方面達到標準，而明確提供開放授權或原始資料下載的計畫更是少數，多數計畫僅公開統計結果或視覺化圖表，缺乏原始資料釋出與授權說明，導致資料重複利用的潛力受限。唯有兼顧資料品質與開放性，公民科學所搜集的大量資料才能在科研與決策領域發揮最大效益，也才能讓更多研究者願意再利用這些公民科學成果，以實現開放科學強調的資料公共財價值（Parrish et al., 2018; Wilkinson et al., 2016）。本研究透過Wikidata建立公民科學計畫的後設資料即是在嘗試改善此情況，增進資料的可發現性與再利用性。

為深入探討普查所揭示的資料品質維護策略，本研究深度訪談「臺灣動物路死觀察網（路殺社）」，發現像路殺社這樣的成熟計劃，在資料徵集策略上的轉變歷程與管理特性。路殺社最初以民眾之便利性出發，透過臉書等社群媒體鼓勵民眾隨機上傳觀察到的路殺動物資訊（如照片、GPS定位、日期及初步物種判定等），並未設定明確的系統化資料搜集策略。此階段參與門檻在時間與技術上要求較低，因此在資料的精確性與一致性要求上，路殺社團隊抱持較具包容性的態度。當資料量逐漸累積且參與社群規模與成熟度提升後，路殺社自發地轉向系統化與標準化的調查模式，訂定特定的時空範圍及更為嚴謹的資料規範，並納入實體樣本的搜集與處理，以提高資料的科學分析價值與研究品質。在技術方面，他們也轉向自建的

臺灣大學學術期刊資料庫

網站或App來統一資料格式、增設自動驗證功能，以提升資料品質。此種漸進且自發性轉變的過程，某種程度上體現了「先求有、再求好」的實務精神，也彰顯臺灣公民科學計畫在參與動員與研究品質兩端逐步摸索並找到適合自身情境的管理模式，說明臺灣的計畫團隊能根據發展階段動態調整方針。

二、制度性矛盾與動態調適歷程

長期以來，臺灣的公民科學發展存在政策導向（自上而下）與參與導向（自下而上）之間的顯著制度性張力。一方面，多數計畫由政府機關或科研單位發起，帶有明確的政策或研究目標，傾向政策導向，重視搜集到可供決策參考的高品質資料，確保計畫產出符合政策需求；另一方面，公民科學強調公眾參與與科學民主化，要求降低門檻、鼓勵自主參與，屬於參與導向的價值取向。兩者時有拉鋸，若過度強調政策需求，可能提高參與門檻或限制公民參與深度；反之，一味追求全民參與又可能因缺乏訓練與規範而影響資料品質（Conrad & Hilchey, 2011）。

Cheng（2020）指出，臺灣的公民科學實踐並非純粹自下而上，而是由夾在國家與社會之間的中介研究單位（如學術研究機構）所推動，形塑出一種同時迎合政府要求與民眾期待的互動模式，「上下爭取支持」、「上下不得罪」。

Fan與Chen（2019）研究東亞之公民科學計畫，以「CS2」類型指稱東亞脈絡下，此種與國家建構及政策績效緊密連動的公民科學現象。臺灣的公民科學發展亦深受這種「國家－科學－公民」共構邏輯的影響，在此邏輯下，科學專業與政策目標往往形成強主導力量，公民參與則需在既有結構中尋求發聲空間，形成特有的協商與適應策略。在行政實務層面，面對這種政策與參與並存的格局，臺灣公部門素來奉行「爭取上級支持、也友好納稅人」的原則，使得相關中介組織在推動公民科學時習慣採取調和各方（以平衡不同利害關係人）立場的策略，以避免衝突。這種習性使計畫執行容易傾向採取折衷方案，但也可能導致成果無法兼顧政策效益與公眾期待，資源運用的效益也因此受到影響。然而，此種制度性矛盾並非臺灣獨有，全球各國的公民科學計畫也在調查中發現面臨專業控制與公眾自主間的權衡（Kullenberg & Kasperowski, 2016）。

所幸，臺灣案例展示了透過動態調適可逐步緩解張力的可能：在政策支持下建立穩固的計畫架構，並循序擴大公民參與深度，兩者並進。未來，隨著公民科學在各領域拓展並累積成效，政策導向與參與導向有望趨於互補，由政府提供資源與制度支持，公民則以創新方式貢獻知識，共同打造永續的公民科學生態系。這種良性互動將有助於提升資料品質與計畫的長期發展，同時確保科學民主化在臺灣的實現，讓公民在科學與社會議題中持續扮演關鍵且有意義的角色。

臺灣大學學術期刊資料庫

三、研究限制

本研究訪談部分僅聚焦於「臺灣動物路死觀察網」一案，可能無法涵蓋所有類型公民科學計畫的差異性。然而，雖本研究僅聚焦於單一案例進行質性訪談，但亦於子研究一中盤點127件計畫，並從中歸納出路殺社在時間跨度、資料面向與制度成熟度上的代表性，我們認為其不僅具高度實務性，更可作為臺灣推動公民科學資料品質維護工作的「典型性」個案（instrumental case），而非特殊例外。此選擇策略亦呼應質性研究中個案研究法所強調之深度理解與概念建構意涵，補足量化普查所無法涵蓋的情境細節與策略實作。

研究資料公開

本研究的相關資料已公開於Open Science Framework（OSF）之頁面（https://pse.is/8cchmw），包括本研究使用的臺灣公民科學計畫清冊（附錄一）、公民科學計畫內容分析編碼簿與彙整結果（附錄二）、路殺社個案質性研究訪談大綱（附錄三）與臺灣公民科學Wikidata頁面資料框架（附錄四）。上述資料因應審查皆以匿名方式儲存，相關資料可透過OSF平臺下載使用。

參考文獻References

公民科學與群眾參與計畫清冊資料集 [統計資料]（無日期）。Airtable。2024年3月22日，取自https://airtable.com/appAilQ8XpcZkvBko/shrJwHQ3VYSb27i4o【*[Gong min ke xue yu qun zhong can yu ji hua qing ce zi liao ji]* [Data set]. (n.d.). Airtable. Retrieved 2024, March 22, from https://airtable.com/appAilQ8XpcZkvBko/shrJwHQ3VYSb27i4o (in Chinese)】

方慧詩（2016）。*105年自行研究計畫成果：「公民參與導向之科普教育活動促進都市環境議題關注之研究」*。國立臺灣博物館。https://pse.is/89n6hv【[Fang, Hui-Shi] (2016). *[105 nian zi xing yan jiu ji hua cheng guo: Gong min can yu dao xiang zhi ke pu jiao yu huo dong cu jin du shi huan jing yi ti guan zhu zhi yan jiu]*. National Taiwan Museum. https://pse.is/89n6hv (in Chinese)】

江淑琳、張瑜倩（2016）。更民主的科學溝通：科學類博物館實踐公眾參與科學之角色初探。*傳播研究與實踐，6*(1)，199-227。https://doi.org/10.6123/JCRP.2016.008【Chiang, Shu-Lin, & Chang, Yu-Chien (2016). More democratic science communication: Exploring the role of science museums engaging the public with science. *Journal of Communication Research & Practice, 6*(1), 199-227. https://doi.org/10.6123/JCRP.2016.008 (in Chinese)】

行政院主計總處（2021）。*行業統計分類*。https://ws.dgbas.gov.tw/001/Upload/463/attachment/11195/90015/012221854690wg0x9i.pdf【Directorate-General of Budget, Accounting and Statistics, Executive Yuan. (2021). *Standard industrial classification*. https://ws.dgbas.gov.tw/001/Upload/463/

臺灣大學學術期刊資料庫

attachment/11195/90015/012221854690wg0x9i.pdf (in Chinese)】

林大利（2016）。如何於生物多樣性監測中提升公民科學資料的品質。*自然保育季刊，95*，54-63。https://www.tbri.gov.tw/redirect_file.php?theme=publications&id=2578【Lin, Da-Li (2016). How to improve the data quality in citizen science in biodiversity monitoring? *Nature Conservation Quarterly, 95*, 54-63. https://www.tbri.gov.tw/redirect_file.php?theme=publications&id=2578 (in Chinese)】

林大利（2018）。台灣公民科學社團名錄。在阿奇科・布希，*意外的守護者－公民科學的反思*（王維芬譯；附錄二，頁291-297）。左岸文化。【Lin, Da-Li (2018). [Taiwan gong min ke xue she tuan ming lu]. In A. Busch, *Incidental steward: Reflection on citizen science* ([Wei-Fen Wang], Trans; Appendix 2, pp. 291-297). Rive Gauche. (in Chinese)】

林瑞興（2016）。攜手護生態－你我都是公民科學家。*科學發展，522*，6-11。https://web.nstc.gov.tw/sd_ebook/522/522.pdf【Lin, Ruey-Shing (2016). [Xi shou hu sheng tai—Ni wo dou shi gong min ke xue jia]. *Science Development, 522*, 6-11. https://web.nstc.gov.tw/sd_ebook/522/522.pdf (in Chinese)】

個人資料保護法（2023）。全國法規資料庫。https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=I0050021【Personal Data Protection Act. (2023). Laws & Regulations Database of the Republic of China (Taiwan). https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=I0050021 (in Chinese)】

許嘉軒、林德恩（2021）。新冠肺炎爆發期間路殺社參與者對於動物屍體標本搜集的態度與行為意圖初探。*環境教育研究，17*(1)，129-157。https://doi.org/10.6555/JEER.17.1.129【Hsu, Chia-Hsuan, & Lin, Te-En (2021). A preliminary study on participants' attitudes and behavioral intentions towards collecting corpse specimens in the time of COVID-19 Pandemic: Cases from the Taiwan Roadkill Observation Network. *Journal of Environmental Education Research, 17*(1), 129-157. https://doi.org/10.6555/JEER.17.1.129 (in Chinese)】

黃志堅（2017）。公民科學家計畫的過去與未來。*台灣林業，43*(4)，51-60。https://www.forest.gov.tw/MagazineFile.aspx?fno=6551【[Huang, Zhi-Jian] (2017). [Gong min ke xue jia ji hua de guo qu yu wei lai]. *Taiwan Forestry Journal, 43*(4), 51-60. https://www.forest.gov.tw/MagazineFile.aspx?fno=6551 (in Chinese)】

葉美智、劉秋良、楊燿隆（2015）。全民參與生態資料庫之應用－以生態旅遊為例。*國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，29*(4)，259-270。https://doi.org/10.6542/EFNTU.2015.29(4).3【Yeh, Mei-Chih, Liu, C., & Yang, Yaw-Long (2015). Public participation in the application of ecological database-Example of

臺灣大學學術期刊資料庫

ecotourism. *Journal of the Experimental Forest of National Taiwan University, 29*(4), 259-270. https://doi.org/10.6542/EFNTU.2015.29(4).3 (in Chinese)】

Balázs, B., Mooney, P., Nováková, E., Bastin, L., & Jokar Arsanjani, J. (2021). Data quality in citizen science. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K.Wagenknecht (Eds.), *The science of citizen science* (pp. 139-157). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_8

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience, 59*(11), 977-984. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

Bowker, G. C., Baker, K., Millerand, F., & Ribes, D. (2010). Toward information infrastructure studies: Ways of knowing in a networked environment. In J. Hunsinger, L. Klastrup, & M. Allen (Eds.), *International handbook of Internet research* (pp. 97-117). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9789-8_5

Brown, E. D., & Williams, B. K. (2019). The potential for citizen science to produce reliable and useful information in ecology. *Conservation Biology, 33*(3), 561-569. https://doi.org/10.1111/cobi.13223

Cheng, H. (2020). *Bridging the science-society-policy interface: A comparative case study on citizen science for policies* [Master's thesis, Delft University of Technology]. TU Delft Repository. https://resolver.tudelft.nl/uuid:61d261d7-4850-4e7b-972a-2582362dd568

Collins, H. M., & Evans, R. (2002). The third wave of science studies: Studies of expertise and experience. *Social Studies of Science, 32*(2), 235-296. https://doi.org/10.1177/0306312702032002003

Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring & Assessment, 176*(1), 273-291. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5

Cooper, C. B., Dickinson, J., Phillips, T., & Bonney, R. (2007). Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology & Society, 12*(2), Article 11. https://doi.org/10.5751/ES-02197-120211

Crall, A. W., Newman, G. J., Stohlgren, T. J., Holfelder, K. A., Graham, J., & Waller, D. M. (2011). Assessing citizen science data quality: An invasive species case study. *Conservation Letters, 4*(6), 433-442. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00196.x

Danielsen, F., Jensen, P. M., Burgess, N. D., Altamirano, R., Alviola, P. A., Andrianandrasana, H., Brashares, J. S., Burton, A. C., Coronado, I., Corpuz, N., Enghoff, M., Fjeldså, J., Funder, M., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A. E., Lewis, R.,

臺灣大學學術期刊資料庫

Massao, J., Mendoza, M. M., . . . Young, R. (2014). A multicountry assessment of tropical resource monitoring by local communities. *BioScience, 64*(3), 236-251. https://doi.org/10.1093/biosci/biu001

de Sherbinin, A., Bowser, A., Chuang, T., Cooper, C., Danielsen, F., Edmunds, R., Elias, P., Faustman, E., Hultquist, C., Mondardini, R., Popescu, I., Shonowo, A., & Sivakumar, K. (2021). The critical importance of citizen science data. *Frontiers in Climate, 3*, Article 650760. https://doi.org/10.3389/fclim.2021.650760

Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Philips, T., & Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology & the Environment, 10*(6), 291-297. https://doi.org/10.1890/110236

Directorate-General for Research and Innovation. (2016). *Open innovation, open science, open to the world: A vision for Europe*. Europe Commission. https://doi.org/10.2777/061652

Engel, S. R., & Voshell, J. R., Jr. (2002). Volunteer biological monitoring: Can it accurately assess the ecological condition of streams? *American Entomologist, 48*(3), 164-177. https://doi.org/10.1093/ae/48.3.164

Erikson, R. S., & Wlezien, C. (2012). Markets vs. polls as election predictors: An historical assessment. *Electoral Studies, 31*(3), 532-539. https://doi.org/10.1016/j.electstud.2012.04.008

Fan, F. T., & Chen, S. L. (2019). Citizen, science, and citizen science. *East Asian Science, Technology & Society: An International Journal, 13*(2), 181-193. https://doi.org/10.1215/18752160-7542643

Figueiredo Nascimento, S., Cuccillato, E., Schade, S., & Guimarães Pereira, A. (2016). *Citizen engagement in science and policy-making*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2788/40563

Foster-Smith, J., & Evans, S. (2003). The value of marine ecological data collected by volunteers. *Biological Conservation, 113*(2), 199-213. https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00373-7

Fraisl, D., Campbell, J., See, L., Wehn, U., Wardlaw, J., Gold, M., Moorthy, I., Arias, R., Piera, J., Oliver, J. L., Masó, J., Penker, M., & Fritz, S. (2020). Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. *Sustainability Science, 15*(6), 1735-1751. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00833-7

Hey, T., Tansley, S., & Tolle, K. (Eds.). (2009). *The fourth paradigm: Data-intensive scientific discovery*. Microsoft Research. https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2009/10/Fourth_Paradigm.pdf

Hunter, J., Alabri, A., & van Ingen, C. (2012). Assessing the quality and trustworthiness of citizen science data. *Concurrency*

臺灣大學學術期刊資料庫

Computation: Practice & Experience, 25(4), 454-466. https://doi.org/10.1002/cpe.2923

Ioannidis, Y. (2024). The 5th paradigm: AI-driven scientific discovery. *Communications of the ACM, 67*(12), 5. https://doi.org/10.1145/3702970

Kullenberg, C., & Kasperowski, D. (2016). What is citizen science? A scientometric meta-analysis. *PLoS ONE, 11*(1), Article e0147152. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152

Lewandowski, E., & Specht, H. (2015). Influence of volunteer and project characteristics on data quality of biological surveys. *Conservation Biology, 29*(3), 713-723. https://doi.org/10.1111/cobi.12481

Liu, H. Y., Ahmed, S., Passani, A., & Bartonova, A. (2023). Understanding the role of cities and citizen science in advancing sustainable development goals across Europe: Insights from European research framework projects. *Frontiers in Sustainable Cities, 5*, Article 1219768. https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1219768

Lukyanenko, R., Parsons, J., & Wiersma, Y. F. (2016). Emerging problems of data quality in citizen science. *Conservation Biology, 30*(3), 447-449. https://doi.org/10.1111/cobi.12706

Lyon, L. (2016). Transparency: The emerging third dimension of open science and open data. *LIBER Quarterly: The Journal of the Association of European Research Libraries, 25*(4), 153-171. https://doi.org/10.18352/lq.10113

Oliveira, S. S., Barros, B., Pereira, J. L., Santos, P. T., & Pereira, R. (2021). Social media use by citizen science projects: Characterization and recommendations. *Frontiers in Environmental Science, 9*, Article 715319. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.715319

Paolacci, G., Chandler, J., & Ipeirotis, P. G. (2010). Running experiments on Amazon Mechanical Turk. *Judgment & Decision Making, 5*(5), 411-419. https://doi.org/10.1017/S1930297500002205

Parrish, J. K., Burgess, H., Weltzin, J. F., Fortson, L., Wiggins, A., & Simmons, B. (2018). Exposing the science in citizen science: Fitness to purpose and intentional design. *Integrative & Comparative Biology, 58*(1), 150-160. https://doi.org/10.1093/icb/icy032

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Sage.

Pocock, M. J. O., Tweddle, J. C., Savage, J., Robinson, L. D., & Roy, H. E. (2017). The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science. *PLoS One, 12*(4), Article e0172579. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172579

Prysby, M., & Oberhauser, K. S. (2004). Temporal and geographical variation in monarch densities: Citizen scientists document monarch population patterns: Biology and Conservation. In K. S. Oberhauser & M. J. Solensky (Eds.), *The monarch butterfly: Biology and conservation* (pp. 9-20). Cornell University Press.

臺灣大學學術期刊資料庫

Sauermann, H., Franzoni, C., & Shafi, K. (2019). Crowdfunding scientific research: Descriptive insights and correlates of funding success. *PLoS ONE, 14*(1), Article e0208384. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208384

Schade, S., & Tsinaraki, C. (2016). *Survey report: Data management in citizen science projects*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2788/539115

Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol. (2013). *Science for environment policy in-depth report: Environmental citizen science*. Directorate-General for Environment, European Commission. https://wayback.archive-it.org/12090/20220804235841/https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9_en.pdf

Silver, L., van Kessel, P., Huang, C., Clancy, L., & Gubbala, S. (2021). *What makes life meaningful? Views from 17 advanced economies*. Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/20/2021/11/PG_11.18.21_meaning-in-life_fullreport.pdf

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution, 24*(9), 467-471. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017

Smith, M. S., Cook, C., Sokona, Y., Elmqvist, T., Fukushi, K., Broadgate, W., & Jarzebski, M. P. (2018). Advancing sustainability science for the SDGs. *Sustainability Science, 13*(6), 1483-1487. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0645-3

Sullivan, B. L., Aycrigg, J. L., Barry, J. H., Bonney, R. E., Bruns, N., Cooper, C. B., Damoulas, T., Dhondt, A. A., Dietterich, T., Farnsworth, A., Fink, D., Fitzoatrick, J. W., Fredericks, T., Gerbaracht, J., Gomes, C., Hochachka, W. M., Iliff, M. J., Lagoze, C., La Sorte, F. A., . . . Kelling, S. (2014). The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological Conservation, 169*, 31-40. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003

van Strien, A. J., van Swaay, C. A. M., & Termaat, T. (2013). Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology, 50*(6), 1450-1458. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12158

Wiggins, A., & Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. In R. H. Sprague, Jr. (Ed.), *Proceedings of the 44th annual Hawaii international conference on system sciences* (CD-ROM). IEEE. https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.207

Wiggins, A., Bonney, R., Graham, E., Henderson, S., Kelling, S., LeBuhn, G., Littauer, R., Lotts, K., Michener, W., Newman, G., Russell, E., Stevenson, R., & Weltzin, J. (2013). *Data management guide for public participation in scientific research*. DataONE.

臺灣大學學術期刊資料庫

Wiggins, A., Bonney, R., LeBuhn, G., Parrish, J. K., & Weltzin, J. (2018). A science products inventory for citizen-science planning and evaluation. *BioScience, 68*(6), 436-444. https://doi.org/10.1093/biosci/biy028

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., Bonino da Silva Santos, L., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., . . . Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data, 3*, Article 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

（投稿日期Received: 2025/4/13　接受日期Accepted: 2025/9/1）

臺灣大學學術期刊資料庫