

國立臺北藝術大學

電影與新媒體學院

新媒體藝術學系碩士班

M.F.A. Program, Department of New Media Art School of Film
and New Media
Taipei National University of Arts

作品連同書面報告

語言與生物的未來假設

Hypotheses for the Future of Language and Biology

研究生：劉禹廷撰

Graduate Student：Yu-Ting, Liu

指導教授：魏德樂教授

Advisor：Dr. Der-Lor, Way

中華民國 113 年 7 月

國立臺北藝術大學 新媒體藝術學系碩士班

碩士學位考試委員會審定書

112學年度第2學期

劉禹廷 (Yu-Ting, Liu) 君所提之(論文/作品連同書面報告/技術報告/專業實務報告)

題目：(中文) 語言與生物的未來假設

(英文) Hypotheses for the Future of Language and Biology

經本委員會審定通過，特此證明。

學位考試委員會

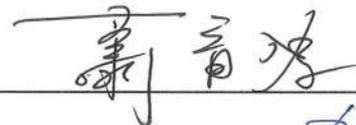
召集人

蕭育源

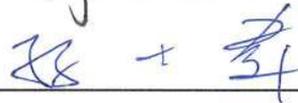


委員

蕭育源



孫士章



魏德樂



指導教授

魏德樂



系主任



中華民國 113 年 07 月 10 日

國立臺北藝術大學 新媒體藝術學系碩士班

畢業大綱審定書

劉禹廷 LIU, YU-TING 君（科技應用設計，
學號 210962016）所提之(論文/作品連同書面報告/技術報告/專
業實務報告)

題目：(中文) 語生拒來—語言與生物的未來假設

(英文) Hypotheses for the Future of Language and Biology

經本委員會審定通過，特此證明。

召集人 蕭育源

蕭育源

委員 蕭育源

蕭育源

孫士章

孫士章

魏德樂

魏德樂

指導教授 魏德樂

魏德樂

系主任

戴義明

中華民國 112 年 12 月

December, 2023

國立臺北藝術大學 新媒體藝術學系

111 學年度碩士班學年評鑑

評鑑委員審定書

科技應用設計組

劉禹廷 君 (學號 210962016) 所提之評鑑作品

《分子媒介 Molecular Medium 》

經本委員會審議，決議

通過

不通過

評鑑委員

召集人

委員

戴堯明
翁謙嘉 梁容輝
魏德學 戴堯明
王連成 林書瑜
蔡瑞 張七奇 蔡廷宇

中華民國 111 年 9 月 30 日

摘要

隨著時代的不斷演變，生物技術日益成熟，不僅帶來了重大的科學突破，也引發了大量的倫理問題和社會偏見。這種趨勢在當代社會中變得尤為顯著，因為生物技術的應用範圍不斷擴大，包括但不限於基因工程、基因編輯、生物化學、生物資訊等多個領域。然而，我們必須認識到生物技術是一門不斷更迭、修正和重塑的科學，新的證據可能會推翻以往的定律。在這個充斥著媒體資訊的時代，科學也不再只存在於實驗室中，它變得更加親近和易於理解，更容易融入我們的日常生活。這種趨勢讓我開始思考：或許我們能夠與生物、有機體，甚至更微觀的生物單位有更多互動和協作的可性。

本文試著梳理了我在過去的創作脈絡，從生物科學的角度去探討一個假想的世界觀。在以往的創作中，我常藉由一些「人與物」的關係進行我的創作思考，包含以社會事件進行對於人與社會的批判的作品《偏執狂》；以環境議題對人與經濟動物提出的反思作品《生肽鏈》；以及關注於人與微生物的互動、微生物作為一個載體呈現一段「記憶」的《不定採集》。語言是人與人溝通的單元，但是在這些人與環境、社會甚至是黴菌、細菌的關聯中，他們之間溝通的方式都與我們所熟悉的「語言」觀念相距甚遠。

在這個世界觀中，我們對語言有著不同的詮釋。我們可能透過體感、神經電位、身體上的微生物來達到資訊的傳遞。而這樣的假設，也可以在現今的社群媒體得到一點暗示：當我們對於資訊的渴望過甚，訊息的傳遞會以難以控制的速度蔓延開來，甚至是說話者不可拒絕的。隨著醫療技術及媒體管道快速更迭，我們將來會有更多的身體資訊被暴露在陽光下，面對這樣不可抗拒的趨勢，我試著在作品中賦予觀眾一些想像：倘若哪天我們能夠由一些唾手可得的工具，以科學測量人的情緒、意識甚至是更細微更私密的身體資訊，會帶給我們什麼樣的影響？什麼樣的資訊才能代表一個個體？

在本文中，將彙整我對於未來社會的幾個語言想像，並將之規劃成作品，具體描述作品形式、理論背景與作品意涵。

關鍵字：語言、訊號、推測設計、生物藝術

Abstract

As the era continues to evolve, biotechnology is maturing rapidly, bringing not only significant scientific breakthroughs but also triggering numerous ethical issues and societal biases. This trend becomes particularly pronounced in contemporary society as the applications of biotechnology expand, encompassing fields such as genetic engineering, gene editing, biochemistry, and bioinformatics. However, we must recognize that biotechnology is a science in constant flux, revision, and reshaping, with new evidence potentially overturning established laws. In this age inundated with media information, science no longer confines itself to the laboratory but becomes more accessible and comprehensible, seamlessly integrating into our daily lives. This trend prompts me to ponder: perhaps we can explore more interactions and collaborations with biology, organisms, and even microscopic biological units.

This thesis attempts to outline my creative context in the past, exploring an imaginary worldview from a biological science perspective. In my previous works, I often engaged in creative contemplation through the relationships between "humans and objects," including critical works like "Paranoia," which critiques individuals and society through societal events; reflective pieces like "Peptide Chain," addressing environmental issues and reflecting on the relationship between humans and economic animals; and works like "Indefinite Collection," focusing on the interaction between humans and microorganisms, where microorganisms serve as carriers presenting a form of "memory." Language serves as the unit for human communication, but in the associations between humans and the environment, society, or even fungi and bacteria, the modes of communication are far removed from our familiar concept of "language."

In this worldview, we interpret language differently. Information transmission might occur through sensory perception, neural potentials, or microorganisms on the body. Such assumptions find hints in today's social media: when our desire for information is excessive, the spread of messages becomes uncontrollable and, at times, irresistible to speakers. With the rapid advancements in medical technology and media channels, more bodily information will be exposed to the public. Faced with this inevitable trend, I attempt

to stimulate the audience's imagination in the artwork: what if, one day, we can measure human emotions, consciousness, or even more subtle and private bodily information with readily available tools? What impact will this have, and what information can truly represent an individual?

In this thesis, I will consolidate my several language imaginings for future society and plan them into artworks, providing concrete descriptions of the artistic forms, theoretical background, and artistic significance.

Keywords: Language, Signals, Speculative Design, Bioart



目錄

摘要	2
目錄	5
圖目錄	7
第一章、生態歸屬：生物語言的發展	8
第一節、語言與文化累積	8
一、基因學與演化	8
二、物競天擇中與神經元表現模式	8
三、語言假說	9
第二節、生物語言與文化語言	10
一、生物語言的特質	10
二、文化性語言特質	11
第三節、微觀生物學下誕生的新互動模式	11
一、生物訊息：遺傳訊息	12
二、生物訊息：微生物	13
三、生物訊息：神經及電訊號	14
四、生物訊息：鏡像神經元	17
第二章、與物並存：創作回顧	20
第一節、自我創作的脈絡梳理	20
第二節、人與社會的互動：《偏執狂》	21
第三節、人與生物的互動：《生肽鏈》	22
第四節、人與微觀生物：《不定採集》	24
第三章、生物互動的未來假設	26
第一節、觀察：靜立而非靜止	28
一、創作理念	29
二、作品呈現	30
三、執行方法	31
第二節、分析：腸菌心理檢測	33
一、創作理念	33
三、作品呈現	35
三、執行方法	35
第三節、控制：分子媒介	37
一、創作理念	37
二、作品呈現	39

三、執行方法-----	41
第四章、結語-----	43
參考書目-----	46



圖目錄

圖1, 《不可能的小孩》, 長谷川愛, 2015	13
圖2, 《無國界細菌 / 殖民主義現金》, Ken Rinaldo, 2017	14
圖3, 《美麗心靈》, Lisa PARK, 2013	16
圖4, 《明日之牛》, 宮保睿, 2020	17
圖5, 《椅子, 砂紙, 蟑螂, 海, 七, 白蟻和香蕉》, 黃博志, 2021	19
圖6, 細胞與蛋白質實驗影像, 2018	20
圖7, 《偏執狂》, 2019	21
圖8, 《生肽鏈》, 2020	22
圖9, 《不定採集I: 移動》, 2021	24
圖10, 《不定採集II: 行為》, 2021	25
圖11, 《生跡》展覽現場圖片, 2024	27
圖12, 《靜立而非靜止》, 2023	28
圖13, 《靜立而非靜止》ImageJ影像輸出成果, 2023	31
圖14, 《靜立而非靜止》訊號轉換過程紀錄, 2023	32
圖15, 《靜立而非靜止》裝置設計草圖, 2023	33
圖16, 《靜立而非靜止》於《生跡》展覽展出, 2024	33
圖17, 《腸菌心理檢測》展品規劃草圖 (左) 實際展覽圖 (右, 2024)	35
圖18, 《腸菌心理檢測》腸菌意象裝置設計圖, 2024	37
圖19, 革蘭氏陽性菌 (Gram positive) (左)、與革蘭氏陰性菌 (gram negative bacteria) (右), Kate Latham, 2021	37
圖20, MDCK細胞植入CRY2與CIB1蛋白基因, 2018	39
圖21, 《分子媒介》局部影像, 2022	40
圖22, 《分子媒介》實驗過程影像, 2022	40
圖23, 《分子媒介》實驗方法, 2022	41
圖24, 《分子媒介》於《生跡》展覽展出, 2024	42

第一章、生態歸屬：生物語言的發展

第一節、語言與文化累積

語言是生物彼此之間溝通的途徑，然而比起世間萬物，人類具有更複雜、嚴密及無可限量的語言系統。究竟是什麼樣的條件，使得人類與其他物種不同，能夠發展出獨有的語言系統？人類的基因在十萬年前就已大致定型，然而人類的語言及社會系統卻隨著時間推移越來越複雜，顯然不僅僅是生物學上的條件賦予人類擁有這些能力。若要探討語言的本質，我們必須從生物演化到文化演化，一層層地抽絲剝繭，不斷比對及辯證，歸納出可能的途徑。

一、基因學與演化

生命的起源是從能夠自我複製的一段序列開始的，基因編碼就好比是生物的藍圖，讓生物體能在生命結束前產生相似的個體，進而使生命綿延不絕。而在不斷解碼、抄寫、複製的過程中，偶有疏漏、誤字或多餘的內容，意即產生生物學裡的「突變」。其中，突變可以依照規模分為大突變（Great mutation）及點突變（Point mutations）。大突變包含重複（Duplication）缺失（Deletion）倒位（Inversion）以及易位（Translocation），意指涉及整段基因或一長段序列的錯誤，對於生物體的影響通常較高。反之，點突變意指在一長串DNA序列中，某一個鹼基發生錯誤，有些點突變對生物體而言是沒有影響的，例如在基因序列中更改了一個字元，但對於蛋白質序列沒有影響；或者突變位置在調控序列之外，因此不會產生性狀的差異，稱之為沉默突變（Silent mutation）。突變大多對生物體有害，例如人類的唐氏症、白化症都與突變有關。然而，突變卻也是演化的重要關鍵，突變為生物體帶來差異性，當生物體生存的環境遭逢變化時，若生物體的表徵完全一致，很容易全數遭到淘汰；反之，當個體間存在著差異時，某些個體可能在特定環境具有優勢，就會被留下來。在宏觀的時間尺度來看，突變對於生物體而言，是不可或缺的。

二、物競天擇中與神經元表現模式

達爾文¹提出，天擇是演化的起點，後代可能與父母存在隨機的差異，某些變化可能使它們在生態中更有優勢，進而增加繁殖成功的機會。這樣的變化可能會累積世代，並促使新物種的誕生。新物種可能會取代祖先，或者兩者共存，因為它們都具有生存的能力：可能是在相同環境下利用不同資源，或者遷移到不同環境，視哪一種對於生存和繁殖更為有利。後續的研究更加豐富了這個論點，尤其是在基因和突變的發現後，強調基因型（genotype）的改變是演化的關鍵，而顯型（phenotype）則是天擇的表現。

¹ 達爾文（Charles Robert Darwin）：演化生物學的奠基者，提出天擇理論，闡釋生物演化的基本原理。

然而，基因並非能夠直接決定我們的顯型（或稱作表現型），而是透過與環境的相互作用，刺激並調控基因的表現與否。「學習」這個行為就被視為一種環境刺激，通過學習，生物體改變了神經原理的基因模式。成人大腦的細胞構造不僅反映基本的基因型，還受到個人經驗所反映的社會與物理環境的影響。這樣的構造包括個體細胞的形狀與連結，以及個別細胞所形成的較大結構，還包括特定細胞之間的化學作用，這些作用依據不同的經驗改變了所表現的基因模式。²（麥可·亞畢，2014）

從物競天擇的觀點來看，擁有「語言」能力的個體似乎成為環境中的優勢物種，並成功保存下來。然而，隨著神經科學研究的進展，單靠天擇已無法完全解釋形態和功能的產生，基因或許能夠控制人腦細胞的化學過程，卻無法決定成人腦的結構。在這決定表現的「環境」中，可能同時包含社會層面及物理層面，舉例來說：在語言環境下長大的人，其大腦構造可能與不識字的人有所不同。動物在改變牠們的生活環境時，這些環境的改變也會促使進一步的基因變異，形成持續的反饋過程，使動物發展出獨特的生態優勢，而這些優勢又進一步塑造了該物種的演進。因此，演化的過程並不單單只是「基因」與「顯型」，而是基因、環境、社會等多重因素相互交映的結果。

三、語言假說

麥可·亞畢在書中提及人類的演化過程，大致可分為兩個階段：生理演化及文化演化。約莫十萬至十二萬年前，早期智人的身體構造及大腦就已大致定型，他們可以用肢體語言或發出聲響進行溝通，卻沒有出現真正的語言。數萬年後，原始的語言才漸漸組織、發展成接近真語言的結構。這個發展脈絡大致上可用以下三個假說來辯證：

（一）假說一：沒有天生的普世語法

基因只提供人類具備語言學習的能力，而沒有一個與生俱來的語言存在。如果沒有在一個具備語言系統的社會中成長，兒童就無法學會語言。

（二）假說二：語言先備能力是多模組的

語言先備的能力演化成多重模組的手部／臉部／聲音系統，搭配原手語（以手為基礎的原語言），為原話語（以聲音為基礎的原語言）提供骨架，達到「神經元臨界質量」，讓語言能在智人的歷史中成為文化創新的結果，從原語言中誕生。（麥可·亞畢，2014）

1960年代，科學家開始發現手語是完整的人類語言，擁有完整的語彙及結構。而不僅僅在失聰者，科學家也在一些民族中發現手語的存在。這些足以證明語言不僅僅存在在聲音，而是一個結合肢體及聲音的複合體，包含話語、手部及口型。

（三）假說三：鏡像系統假說

人腦中支援語言的機制，最初是以與溝通無關的機制為基礎所發展的。另一方面，鏡像系統是指抓取的機制，這個系統負責產生和辨識一組動作，為語言同位提供了演化的基礎（語言同位是指「語句的意義對講者和聽者來說大致是相同的」這個特性）。語言的發展與最初非溝通相關的機制和鏡像系統的互動有關。

第二節、生物語言與文化語言

一、生物語言的特質

生物性語言特質，也就是基因交給我們學習語言的能力，進而使我們的祖先能夠組織出原語言。其中包含：

（一）能夠辨識複雜動作與複雜模仿

能夠辨識其他人個體的表現，已達到特定目的，並以辨識能力為基礎，透過觀察到的行為，彈性模仿自己的行為。

（二）具備蓄意的溝通

說話者有意對聽者造成某些影響的特定行動，與第一項特質相較主動、刻意。

（三）具符號表現

能夠將特定符號與一個事件、物體或行動連結。舉例來說，某個符號（如：吃）代表的行為就是特定行動（如：進食），而這個符號並非指我們書寫的標點符號，而是代表一個具有象徵意義的行為，包含手部動作、臉部表情及語彙。

（四）同位原則

符號的產生及接收是雙向且可共享的。鏡像神經元為支持同位原則的大腦機制提供遠古的基礎，所以我們也能將同位原則稱為「鏡像特質」，是共享符號的基礎。同位不只限於符號表現，還確保了符號不只能由個體所創造，還能共同擁有。（麥可·亞畢，2014）

（五）將階級結構轉換為時間順序

許多動物都具備分析場景、物體的次序及階級的能力，例如狩獵者可以跨越障礙物來略捕獵物。語言則能將種結構進行轉換，形成一個詳細而有脈絡的時間順序。

（六）回想及預判

能夠描述過去的事件以及評估未來可能發生的事情，而不單單只有描述現在需求的能力。

（七）幼態與群居性

幼態 (Paedomorphy) 是嬰孩依賴時期的延長，在人類身上特別顯著。這結合了成人願意扮演照顧者的角色，以及社會結構隨後的發展，得以提供複雜社會學習的條件。(麥可·亞畢, 2014) 兒童必須在一個能夠輔佐他的社群中成長，才有辦法精通語言。

二、文化性語言特質

透過人類鏡像神經系統所建構的環境，使得人類的語言能夠更具備嚴密的系統及功能，包含：

(一) 符號的表現具組合性

符號發展成現代觀念中的「單字」，能夠交錯組合來表達意意義。

(二) 句法、語意、遞歸

語言是遞歸的，可以藉由組合交錯不斷延展，並建立結構成分的規則。符號表現與組合性，和句法、語意及遞歸互相交織，密不可分。例如描述物體外觀的名詞片語，可能會選擇性地形成更詳細地描述該物體的較大名詞片語的一部分：我們先看到玫瑰的外型，然後才是顏色，然後才發現它枯萎了。這樣來看，遞歸是來自語言先備性這個特質，也來自時間順序的階級結構，是跟著符號表現與組合性出現的。(麥可·亞畢, 2014)

(三) 進階回想及進階預判

能夠利用動詞時態或其他工具來表達過去或未來的事件，甚至能夠組織出一個假想或可能的世界。

(四) 具備可學習性

語言具備可學習性，使人類在成長過程中，能夠漸漸使用更細膩的語言。

第三節、微觀生物學下誕生的新互動模式

生物之間除了透過上述語言的互動溝通(包含生物體藉由鏡像特質產生的生物語言以及由文化累積而產生，具備句法、語意、遞歸的文化語言)以外，我認為人類對於跨物種溝通的渴望，會將「語言」這個概念往不同的維度去推展，例如自古以來人類試圖解讀動物、植物的情緒，或是透過基因定序²等分子生物學研究，將生物體本身的訊息一一剖析與解讀，都是在微觀生物學蓬勃發展下所產生的「新語言」。隨著時間繼續推移，人類的語言會發生什麼樣的變化？是不是有一天，我們能夠與前所未見的生物體溝通，甚至發展成一個新的社會形態呢？我希望藉由生物學理上的剖析，去探索一個未來的可能性，想像一個超乎現有語言的世界。

接下來，我將針對幾個生物本身具象徵性與意義的訊息做描述，並列舉國內外相關藝術作品為範例，讓這個新互動模式的猜想更加具體。

² 基因定序：確定DNA分子中核苷酸精確序列的過程。

一、生物訊息：遺傳訊息

在生物本身所具備的訊息中，最具備象徵性以及符號性的，莫過於所有生物皆擁有的「遺傳訊息」。遺傳訊息是由基因組成，通常指DNA³分子中的特定序列。DNA是一種長鏈狀分子，由四種不同的核苷酸組成，分別是腺嘌呤（A）、胞嘧啶（T）、鳥嘌呤（G）和胸腺嘧啶（C）。這些核苷酸以特定的順序排列在DNA中，形成基因的序列。

基因在生理機能中扮演著重要的角色，其紀錄著生物體發展和運作所需的資訊，決定了生物的特徵，包括外表、行為和生理功能。例如：某些基因可以決定眼睛的顏色，其他基因則可能影響身高、體重、髮色等特徵。基因也控制著生物體內各種生理反應和代謝過程，影響著生物的生長、發育、免疫功能。同時，基因的表現也受到許多因素的影響，包括環境、飲食、生活方式等，基因突變或異常可能導致疾病或其他健康問題。

而基因之所以能操控與調節生物體的生理機能，則是因為其特殊排列組合能夠透過轉錄⁴及轉譯⁵的過程而產生指定的蛋白質，就好像人類語言系統中「符號」的概念，每一個組合都有其象徵意義。

藝術家長谷川愛⁶在其作品《不可能的小孩》中也展現了這樣的特性：藝術家首先與美國基因公司「23andME」合作，收集一對女同志伴侶的DNA並分析基因中的資訊，接著設想這對同性伴侶如果擁有小孩，推測其小孩的樣貌、個性或喜好，最後透過3D繪圖的方式呈現，描繪小孩與同志伴侶一起生活的構想圖。

《不可能的小孩》跳脫了生殖技術、倫理道德限制，為同性伴侶展開了一個新的可能性，並將基因所代表的訊息具象化，呈現在社會大眾眼前。

³ DNA：去氧核糖核酸（DNA）是儲存和傳遞遺傳訊息的分子，存在於大部分生物的細胞中，由兩條互補的核苷酸鏈構成雙螺旋結構。

⁴ 轉錄（Transcription）：是指將DNA中的遺傳訊息複製到信使RNA（mRNA）中的過程，是蛋白質合成的第一步，發生在細胞核內，由RNA聚合酶（RNA polymerase）進行。

⁵ 轉譯：轉譯（Translation）是將信使RNA（mRNA）中的遺傳訊息轉化為蛋白質的過程。這在細胞質中的核糖體上進行，通過讀取mRNA上的三聯碼並組裝相應的氨基酸序列來合成蛋白質。

⁶ 長谷川愛（Ai Hasegawa）：日本藝術家和設計師，專注於生物藝術和未來學。作品常常探討科技、倫理和人類未來之間的關係著名作品包括《我要生海豚》（I Wanna Deliver a Dolphin）等。



圖1，《不可能的小孩》，長谷川愛，2015

來自：<https://www.flickr.com/photos/36085842@N06/28568332390>

二、生物訊息：微生物

微生物是一類極小型的生物，包括細菌、真菌、原生生物和病毒等。它們存在於各種環境中，包括土壤、水、空氣、動植物體內等。環境中的微生物能夠象徵生態系統的健康狀態和生態平衡。在土壤中，微生物扮演著重要角色，具備分解有機物、固氮⁷和改良土壤等功能，有助於維持生態系統的穩定性。此外，水中的微生物則可以用於指示水質的好壞、部分微生物能夠分解污染物質等等。因此，分析環境中所存在的微生物能夠一定程度地了解這個環境的狀態。人體中也含有許多微生物，這些常態性共生於人體的微生物又稱為正常菌叢（normal flora）⁸，主要分布在皮膚、口腔、腸道等部位。正常菌群對於人體的影響十分廣泛，包含：腸道菌群參與食物消化、營養吸收和免疫調節等功能，有助於維持腸道健康以及身體健康。皮膚上的微生物則可以保護皮膚免受外界病原微生物的侵害，維持皮膚的健康狀態⁹。

微生物也具備著如同語言般交換與共享的特性。藝術家Ken Rinaldo¹⁰蒐集了各種國際鈔票後，安置在裝有滋養培養基（enriched agar）¹¹的方形培養皿裡，並舉

⁷ 固氮（Nitrogen Fixation）：將大氣中的氮氣（ N_2 ）轉化為植物和其他生物可以利用的氮化合物（如氨， NH_3 ）的過程，主要由固氮細菌和藍綠藻（又稱藍藻）等微生物完成，這些微生物通常與植物根系共生，特別是豆科植物。

⁸ 正常菌叢（normal flora）：人體或其他生物體表面或內部的微生物群落，這些微生物在正常情況下對宿主是有益的，主要存在於皮膚、口腔、消化道等部位。

⁹ Davis CP. Normal Flora. In: Baron S, editor. Medical Microbiology. 4th edition. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston; 1996. Chapter 6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7617/>

¹⁰ Ken Rinaldo：新媒體藝術家，作品通常涉及生命科學、生物藝術和機器人學等領域。創作範圍廣泛，包括機器人裝置、生物感知裝置、互動雕塑等。

¹¹ 滋養培養基（enriched agar）：一種用於培養微生物的固體培養基。通常由瓊脂（agar）和一些添加物如蛋白質水解物、肉汁、血液等組成，提供微生物生長所需的額外營養物質。

行了系列展覽——《無國界細菌 / 殖民主義現金》。鈔票上所附著的微生物會隨著時間生長並佈滿培養基，觀眾也可以透過現場的顯微鏡、燈箱等設備觀察微生物生長的樣態。這個展覽反應了微生物與我們的日常生活和社會經濟活動密切相關，當人類進行現金交易時，貨幣也成為了微生物的交換媒介——微生物沒有國界限制，能夠自由旅行，某方面來說，它們成為了人類文化的原始殖民者。微生物存在於各種環境中，人類的行為和生活方式影響著微生物的生存和傳播，這種互動關係也反映了生物的多樣性和互相依存性。



圖2，《無國界細菌 / 殖民主義現金》，Ken Rinaldo，2017

來自：<https://www.kenrinaldo.com/portfolio/borderless-bacteria-colonialist-cash/>

Taipei National University of the Arts

三、生物訊息：神經及電訊號

許多生物體是由神經細胞來傳遞訊號，直接操控著生物體的感覺、認知、動作、情緒等等，也與記憶息息相關。神經細胞間是透過電流訊號溝通，神經細胞的結構大致可分為「細胞本體」、「樹突」與「軸突」三大部分，樹突分枝多，具有受體，負責接收傳入細胞體的訊息；軸突通常比樹突長，可將訊息傳出細胞本體，軸突靠近細胞本體的隆起處稱為軸丘，為動作電位的產生處。神經細胞之間則靠「突觸」來連結。突觸前的神經細胞，會在狹小的突觸空間裡，釋放各式各樣的神經傳導因子，來活化突觸後的細胞產生動作電位並傳遞訊號。¹²（國家實驗研究院）

目前有許多科學家也針對神經電訊號進行分析或、解讀，或是控制神經電訊號用於治療等，常見的種類如：

1. 腦電波圖（electroencephalogram，EEG）

¹² 國家實驗研究院。愛放電的神經細胞。<https://www.narlabs.org.tw/xscience/cont?xsmsid=0I148638629329404252&sid=0J193509885517004464>

生理學教授Richard Caton¹³於1875年首度從兔子的大腦皮質表面記錄到一種腦部的生理變化電波，他利用這種變化來研究身體部位與大腦皮質區的關係。（東元綜合醫院，2019）而後隨著科技進步，科學家能夠更精細地獲取腦波訊號，漸漸發展出腦電波圖。腦電波圖是一種非侵入性的技術，用於記錄大腦的電活動。運作方式是在頭皮上放置電極，檢測和記錄神經元活動產生的電訊號，這些訊號可以用來研究大腦的功能和健康狀況，被廣泛應用癲癇、睡眠障礙和其他神經系統疾病的診斷。¹⁴

2. 功能性核磁共振造影（functional Magnetic Resonance Imaging，fMRI）

當大腦的某個區域活躍時，該區域的血流量會增加，fMRI可以用於檢測這些變化。fMRI是一種神經影像技術，原理是偵測局部血液含氧濃度及血液供應之變化所產生的訊號改變（血氧濃度相依對比訊號¹⁵，blood-oxygen-level-dependent signal, BOLD signal），來觀察神經細胞對氧氣的利用率，進而推算出神經細胞的功能活性，可用來判斷神經細胞的健康程度。fMRI 在臨床上可定位大腦各種功能區，提供神經外科手術決策之重要醫學資訊，由於 fMRI 的非侵入性和其較少的輻射暴露量，從1990年代以後逐漸在偵測腦部功能領域佔有了重要地位¹⁶（郭余民，2021）。這種技術幫助科學家理解大腦不同區域在各種認知和行為活動中的作用，並用於研究神經科學、心理學和精神病學等領域。

3. 腦深層電刺激（Deep Brain Stimulation，DBS）

深部腦刺激是一種治療方法，通過在大腦特定區域植入電極，施加持續或間歇的電刺激來治療某些神經系統疾病，例如巴金森氏症。DBS的原理基於改變神經電訊號的傳遞，從而改善症狀。DBS手術過程是在患者腦部中植入一個細長的電極導線（electrode），至腦中的丘腦下核（subthalamus nucleus，STN）¹⁷或是蒼白球內核（globus pallidus internal segment，GPi）¹⁸，藉著產生電流來控制調節腦內不正常的活動訊息，而達到運動症狀的控制。¹⁹（中國醫藥大學附設醫院，2013）

4. 光遺傳學（Optogenetics）

¹³ Richard Caton：英國醫生、生理學家，被認為是最早利用腦電圖（EEG）技術來研究大腦電活動的科學家之一。

¹⁴ 東元綜合醫院。（2019）。【衛教天地】腦電波的介紹。https://www.tyh.com.tw/b_health_s.php?new_id=1578

¹⁵ 血氧濃度相依對比訊號，blood-oxygen-level-dependent signal, BOLD signal：一種用於功能性磁共振成像（fMRI）的訊號，用於反映大腦區域在不同任務或靜息狀態下的血氧濃度變化。

¹⁶ 郭余民。（2021）。功能性核磁共振造影（fMRI）應用。科技大觀園。<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=c99a754f-92d5-46ef-bfcc-260a89c948bd>

¹⁷ 丘腦下核（subthalamus nucleus，STN）：大腦基底核的一部分，位於丘腦和紅核之間，對運動控制和運動神經元的調節具有重要作用。

¹⁸ 蒼白球內核（globus pallidus internal segment，GPi）：基底核運動迴路中的主要結構之一，與運動控制密切相關。

¹⁹ 中國醫藥大學附設醫院。（2013）。腦深層電刺激。<https://www.cmuh.cmu.edu.tw/NewsInfo/NewsArticle?no=3167>

光遺傳學是一種技術，可以在自由活動的哺乳動物等複雜的生物系統中實現精確定義事件的快速控制。通過以生物處理所需的速度（毫秒級）和精確度（細胞類型特異性）提供光學控制²⁰（Karl Deisseroth, 2011），結合基因工程和光學技術來控制神經元的活動，將特定光通道蛋白²¹基因植入神經元，讓細胞表現特定光通道蛋白，當細胞受到光照後該通道蛋白會被開啟，藉此利用特殊波長光線刺激這些神經元，進而控制神經電訊號的傳遞。

除了在科學研究上的應用以外，也有許多國內外的藝術家藉由神經電訊號或其衍生的相似概念進行創作，藝術家Lisa PARK²²的作品《美麗心靈》就是其中之一，《美麗心靈》是一件互動裝置藝術作品，利用腦電波圖（EEG）技術將腦波轉換為聲波後震動水池中的水，藉此將腦部活動以實時影音形式呈現。聲音的強度、音調和聲波傳遞速度，會根據感測器偵測到的使用者情緒波動而改變。使用者會佩戴的腦電波圖裝置測量其腦波頻率，接著這些資料透過藍牙裝置傳輸至電腦，透過程式轉換將腦波圖資料轉換為聲音輸出。這件作品的聲音由五台擴音器輸出，每台擴音器對應一種腦波，讓水池中的水反映使用者的情緒，描繪出不同的波紋和水滴。



圖3，《美麗心靈》，Lisa PARK，2013

來自：<https://digitalartfestival.tw/>

[daf14/%E7%BE%8E%E9%BA%97%E5%BF%83%E9%9D%88](https://digitalartfestival.tw/daf14/%E7%BE%8E%E9%BA%97%E5%BF%83%E9%9D%88)

藝術家Jalila Essaïdi²³在作品《Composing Life》中設計一個可調控裝置，將體外培養的纖維母細胞培養於裝置中，並將音樂透過程式編寫轉換成不同頻率的電磁波，影響細胞的生長與排列並試圖引導其生長過程，將樂譜作為組織培養的藍圖。

²⁰ Deisseroth K. (2011). Optogenetics. *Nature methods*, 8(1), 26 – 29. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.324>

²¹ 光通道蛋白（Channelrhodopsins）：是一種具有光敏特性的蛋白質，能夠對特定波長的光產生反應，通常來自於一些具有光合作用的生物，如細菌、藻類和真核生物等。

²² Lisa PARK：藝術家，善於運用感官科技來製作互動裝置和表演，探討人際關係和互動的重要性。

²³ Jalila Essaïdi：荷蘭藝術家，作品探討科技、生物學和社會議題之間的關係。

Jalila Essaïdi專注於更小維度的生物互動可能，將對於音樂的「感受」放到更小的生命層級下，在訊息與媒介中給予了更微觀的視角。

除了這些將生物訊號具象化的藝術形式以外，也有許多藝術家將以生物的生理學作為基礎，對人類與生物的互動模式給予了新的詮釋。宮保睿²⁴的作品《明日之牛》以概念性物件、虛構影像敘事呈現一個新型態實用性動物的假設：在一個極端的未來，科學家將生產牛奶為主要任務的經濟物種乳牛植入微小血流供電渦輪裝置，同時滿足生產牛乳以及能源的需求，藉由這種有點接近真實卻又不是真實的未來假設，探討人類長久以來利用生物技術精準控制自然環境以及生物，以滿足需求與慾望的倫理道德議題。



圖4，《明日之牛》，宮保睿，2020

來自：<https://www.facebook.com/sunsunmuseum/posts/864944567609646/>

四、生物訊息：鏡像神經元

鏡像神經元是一種特殊的大腦神經元，具有獨特的功能。當一個人或動物執行某個動作時，這些神經元會被刺激並放電。特別的是，這些神經元在觀察其他個體（包括同類或不同類的動物，甚至是人類）進行相似動作時，同樣也會放出訊號。因此，鏡像神經元被視為反映了「執行動作」與「觀察到動作」之間如同鏡子般的關係。

這種神經元的存在證明大腦擁有一種能力，即通過模仿和模擬他人的行為來理解和感知外界世界。鏡像神經元的發現對我們了解動作模擬、社會學習和共情等行為和認知過程提供了深刻的洞察，特別是在研究個體如何透過觀察他人行為來學習和適應社會環境方面。

帕馬大學的研究團隊發現：F5區的手部相關運動神經元中存在一些特殊的神經元。他們觀察到這些神經不僅在猴子自身執行動作時放電，而且在猴子觀察到其他猴子或人類進行相似動作時同樣會放電。研究人員將這些神經元稱為鏡像神經

²⁴ 宮保睿：臺灣藝術家、推測設計師兼策展人，為臺灣推測設計的先驅之一。

元，強調「動作」與「觀察到動作」之間如同照鏡子一樣的關係。²⁵ (di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, & Rizzolatti, 1992; Rizzolatti, Fadiga, Gallese, & Fogassi, 1996) 該研究結果顯示了著神經系統中鏡像神經元可能在理解和模擬他人動作方面起著重要的角色，進一步深化了我們對神經科學和行為科學之間相互關聯的理解。鏡像神經元為社交互動的機制開啟了一扇嶄新的大門，我們可以透過生物學上的神經機制，來探索生物行為背後的原因、互動及可能性。

鏡像神經元參與了詮釋的過程，大腦在第一人稱以及第三人稱的運動動作和情緒體驗中都很活躍。換而言之，當我們看到另一個人時，神經開始活動，就像我們自己進行這項活動一樣，刺激頂葉神經和前運動神經元的網絡。當我們看到某人的臉表達厭惡時，我們自己的島葉也會被刺激，就好像我們自己在表達類似的厭惡一樣²⁶ (Piechowski-Jozwiak, B., Boller, F., & Bogousslavsky, J., 2017)。一般認為，大腦中的神經網絡是儲存特定記憶的場所，而在鏡像神經元中，顯然地儲存了特定行為模式的編碼。這樣的特性使我們可以不假思索地執行基本動作，同時也讓我們在看見他人進行同樣的動作時，能夠迅速地認知、體會其意涵。在傳達過程中，「直覺」顯然是一個不可或缺的元素，即使創作者試圖讓觀看者理解自己的語言，但他們「感知」的那一剎那，腦中已經自動產生了自己的認知，隨著自我意識蔓延出詮釋的編碼，涵蓋著觀看者本身所在乎的議題、成長的背景、回憶等等。

黃博志²⁷的作品《椅子，砂紙，蟑螂，海，七，白蟻和香蕉》，透過CGI動畫和遊戲引擎的編碼技術，製作一個虛擬形象，融合了作者父親和作者本身的特徵。這個虛擬形象呈現了患有思覺失調症的作者父親的日常生活，並透過組合七種物件，打造出一個電子化身。

《椅子，砂紙，蟑螂，海，七，白蟻和香蕉》讓我聯想到鏡像神經元的運作模式，在觀察的同時不斷更新自我思考，並與觀者漸漸達成一定程度的意象共識，取得彼此對「行為」詮釋的平衡。這種過程，就好像透過肢體、情緒反應甚至是議事進行溝通，在觀者之間取得身體的共振。

²⁵ Di Pellegrino, Giuseppe & Fadiga, Luciano & Fogassi, Leonardo & Gallese, Vittorio & Rizzolatti, Giacomo. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental brain research*. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale. 91. 176-80. 10.1007/BF00230027.

²⁶ Piechowski-Jozwiak, B., Boller, F., & Bogousslavsky, J. (2017). Universal Connection through Art: Role of Mirror Neurons in Art Production and Reception. *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)*, 7(2), 29. <https://doi.org/10.3390/bs7020029>

²⁷ 黃博志：臺灣藝術家，注重生產、農業、製造業、消費等議題，並以此為基礎進行政治經濟層面上的批判。



圖5，《椅子，砂紙，蟑螂，海，七，白蟻和香蕉》，黃博志，2021
來自：<https://500times.udn.com/wtimes/story/12672/5927875>

國立臺北藝術大學
Taipei National University of the Arts

第二章、與物並存：創作回顧

本章節針對過去的作品，梳理自身的創作脈絡，整理自身與人、生物、微生物的互動過程，並延伸至本文的研究課題。

第一節、自我創作的脈絡梳理

回顧我的第一個跨領域科技藝術作品，是在2019年時修習科技藝術相關課程時所做的呈現。在此以前，我對於媒材的想像比較直覺，例如畫水彩就是在水彩紙上作畫、寫劇本最後就是放到劇場上呈現；然而，在這個作品發想階段時，我嘗試從生活經驗去發想，試著先思考我對什麼事感到好奇、感到在意，再去思考我能夠運用什麼工具或是媒材，帶著觀眾進入到我的作品裡，而不是讓他們只停留在作品的外部；或是能夠讓觀眾感受到相似的生活體驗，藉此對作品產生共鳴。

因此，在第一個科技藝術作品裡，我嘗試結合自身的生活經驗，去描繪自己的作品。當時我同時具備生物科技學系學生與傳播科技跨域學程學生的身份，在實驗室裡操作顯微鏡時，發現到顯微鏡有著一些特殊的鏡片，能夠濾除非觀察目標波長的光線，好讓研究人員針對特定細胞或胞器做染色，並在特定波長環境下做觀察，避免其他物質干擾。這不禁讓我聯想到在傳播學領域中對於框架（frame）效應的探討：人們會因為生理、文化上的影響，以特定的規則觀察資訊，形成框架效應。而媒體也會利用這個特性，去影響大眾對於事物的認知與態度。於是我從當時的社會事件著手，以觀察事件本身所引發的媒體現象作為出發點，希望能在事件本身以外，再勾起另一個相關議題的討論，而有了第一個團體創作作品《偏執狂》。

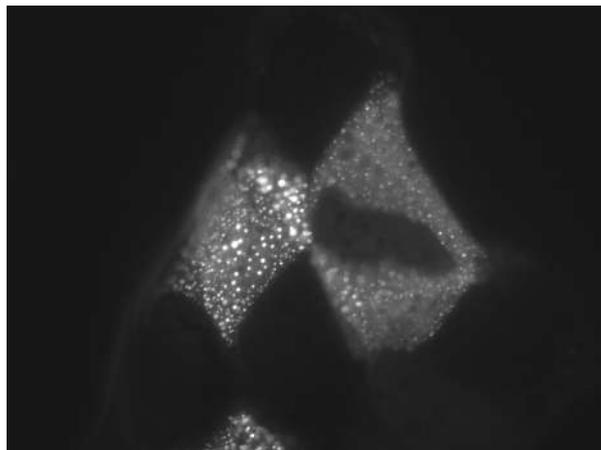


圖6，細胞與蛋白質實驗影像，2018

透過特定基因嵌入，使細胞自行生產能夠發出特定波長螢光蛋白的MDCK細胞，攝於國立陽明交通大學分子生物與醫學實驗室。

第二節、人與社會的互動：《偏執狂》

在《偏執狂》這個作品中，我專注於描繪觀眾本身與社會事件的連結，試圖在空間中建構一個「人」與「社會」互動的可能性，透過如同顯微鏡構造般的濾色片觀察空間中的訊息，依據不同的濾色片會有不同的結果。《偏執狂》創作於大學三年級（2019年），與周育伶、蔣皓任、洪文泓共同創作並於國立陽明交通大學展出，展場設計為高中女學生的房間，並以《林奕含事件》所引發的媒體現象作為創作文本，觀眾入場時將被隨機分配一只眼鏡，每種眼鏡代表社會中所扮演的不同角色，所看到的房間也會有所不同。偏執是一種存在於每個人心底那層對於特定事物執著的想法。當一個個小執著漸漸堆疊而形成偏見，我們眼中的世界開始變得狹隘又單調，這種執著及偏見看似無害，實則成為最終讓世界毀滅的一大幫兇。



圖7，《偏執狂》，2019

尺寸依場地大小而定，團體創作 / 劉禹廷、周育伶、蔣皓任、洪文泓。

《偏執狂》這個命題主要想提起的是一種反思：對於某些眼前事物的執著，容易造成我們忽略了事情的全貌，執著於自己所見的論點，繼而在網路上對事件做出激烈批評的人們，亦或是新聞媒體的言論偏見所造成有失公正的偏頗報導，它們皆起於甚微，帶給人們的卻是偌大的傷害，尤其處於當今這個網路發達的社會，雖能以此達到快速傳遞訊息的目的，卻也造成了惡意、不實的言論或是報導快速在社會上四處流竄，世界上充斥著人們各種偏執形成的混亂。

很遺憾地，很多人對於自己的偏執並不自知，也有些人認為這只是種人本具有的人格特質，並不會對他人或是社會造成影響，更不可能構成所謂的「惡」，不需要過度凸顯問題，但是經由我們的深入剖析探討，所見是「偏執」所引發出接續一連串的附帶效應。我們希望設計一個能放大「偏執」這種人格特質的展場，讓群眾體會到：有時的過於執著，不但侷限了自己的眼界，錯過眼前的一片燦爛，更有可能因你我的偏執，為這個世界或是自我的心靈世界帶來無法想像的末日。

在生物學的研究中，螢光顯微鏡通常會裝設不同的濾光片，以觀察特定的基因表現或胞器。而偏光顯微鏡，就是將普通光改為偏振光，以鑒別特定物質是單折射性或雙折射性。偏光及濾光原理，將歧視、漠視以及選擇性報導以視覺呈現，並以互動式投影暗示網路評論所造成的傷害。《偏執狂》的創作針對人與社會的互動；而在往後的作品，我試圖將這個互動可能拓展到生物體、生態本身，加入除了「人」以外的元素，去思考更多的可能性。

第三節、人與生物的互動：《生肽鏈》



國立臺北藝術大學
圖8，《生肽鏈》，2020

尺寸依場地大小而定，團體創作 / 劉禹廷、劉佩汶、陳雅致、顧桐。

《生肽鏈》作品與劉佩汶、陳雅致、顧桐共同創作於2020年，以推測設計的形式，對未來肉品供應提出一個符合生物科技觀點的假設。生態，意指生物體與其周遭環境，建立在攝取與供給上的相互關係。生肽鏈是賦予人類攝取生態的一個新構想，它追求的並不是非自然與自然的平衡，而是一個跳脫平衡的關係。

隨著動保意識漸漸演變成生物保護意識，除了動物生理上的痛苦，心理恐懼以及生命平等尊重的問題也被納入人道屠宰的考量。根據聯合國糧食及農業組織統計，有26%的可用土地做為畜牧使用，33%的耕地用來耕種經濟動物的飼料²⁸。畜牧業的溫室氣體排放也是一項重要的課題，因為它主要由甲烷組成，其造成暖化的能力是二氧化碳的20倍，畜牧業造成的溫室氣體排放占人造甲烷排放的37%；占人造氧化亞氮排放的65%²⁹。

²⁸ LIVESTOCK AND LANDSCAPE. (2012). Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/4/ar591e/ar591e.pdf>

²⁹ Audrey Watson. (2020). THE FOOD SYSTEM & CLIMATE CHANGE. PRINCETON STUDENT CLIMATE INITIATIVE. <https://psci.princeton.edu/tips/2020/3/23/the-food-system-amp-climate-change>

為此，我們推想50年後的未來，科學家以人造食物為目標，開發新型態的肉品供應來源——生肽鏈。利用細胞培養技術生成人類食用的肉品，依據需求調整脂肪、養分的比例，亦有更多肉品種類可供選擇。此外，人造肉品可以降低動物傳染病風險，更能確保品質穩定與安全性。在這個構想下，沒有生命的誕生或逝去，過去所認為殘忍的肉品供應將被重新定義。

然而，在既往的認知裡，人類以經濟動物的與否為界，劃分攝取肉品過程的殘忍與不殘忍，亦或因為衛生考量，捨棄極具營養價值的肉品。在生肽鏈的前提下，這個約定俗成的道德規範和印象是否會被推翻呢？究竟是什麼標準讓我們去評斷食用肉品種類的妥當與不妥當？

《生肽鏈》作品假設未來新興肉品從生成到展售將會經歷以下過程：

1. 生肽鏈第一階段：生成

建構新型態細胞培養裝置，模擬生物體運動達到肌肉組織生成、破壞、再度生成的循環，使人造肉的樣貌、口感更接近真正的肉品。亦可搭配不同的肌肉運動模式、培養基的營養調配，生成特定脂肪比例的肉品。

2. 生肽鏈第二階段：配製

根據需求可額外添加各種營養成分，如維他命及礦物質，食肉的同時亦可達到均衡飲食。

3. 生肽鏈第三階段：展售

人造肉的生產製造衛生安全，因此包裝上可清楚標明細胞來源、營養成分與認證標章等，大幅降低人們對於來源不明、衛生與否、傳染病有無的疑慮，消費者能更安心選購。

在《生肽鏈》這個作品中，我想呈現的並不僅僅是一個對環境議題的反思，因此我們在作品中加入了更多的討論，包含：

1. 對經濟物種的選擇：在《生肽鏈》的構想下，我們會不會選擇「人」的細胞作為經濟物種？
2. 對生命的定義：《生肽鏈》所生產出的細胞或組織是生命嗎？需要納入法律的規範嗎？
3. 對於源頭細胞的人道考量：在《生肽鏈》生產肉品的前提是有一個特定物種的細胞作為來源，不論是牛、雞、豬、羊甚至是人，如果將人視為細胞的提供者，勢必會有倫理道德的問題產生。
4. 現階段人與生態間的關係是什麼？是合作還是掠奪？如果在《生肽鏈》的假想社會下，我們與生態的關係又會如何轉變？是否能更接近彼此互不打擾各自發展的理想狀態呢？

第四節、人與微觀生物：《不定採集》

在接下來的作品與實驗中，我更加專注於探討人與微觀生物體之間的互動，包含環境中的微生物與人體本身所攜帶的微生物，這些共存在環境中的微生物本身就存在著某種訊息，例如於特定環境才擁有的細菌、黴菌，或是因為生活習慣差異而造成不同個體身上會沾附不同的微生物等等。於是在2021年底，我與課堂組員江卓豫、林子維進行了一場關於「微生物紀錄」的嘗試：

我們首先準備了許多的培養基，在不同的環境中將培養基打開，透過纜繩、滾動、滑板車、捷運、機車、動物攜帶、拋接、空拍機等不同移動方式讓培養基沾附環境中的微生物，最後密封培養基進行培養。最後呈現的菌盤分佈以「移動」作為主題，對於各種不同的移動事件進行採集。移動方式所影響的距離、軌跡以及氣流而帶動微生物產生不同的樣態。



圖9，《不定採集I：移動》，2021

尺寸依場地大小而定。團體創作 / 江卓豫、劉禹廷、林子維。

我認為在培養基與環境接觸的瞬間，它就開始產生了類似「記錄」的行為，會將移動的軌跡與接觸到的粉塵碎屑記錄在這個小小的圓盤中，並隨著時間的堆疊產生一種有別於其他媒材的「顯影」，這個互動讓我們覺得十分有趣，於是我們將物理層面的移動軌跡擴展到行為層面的事件軌跡，發展作品《不定採集》。

《不定採集》創作於2021年末，在展場中建造一個屬於微生物的空間，並在空間中不備培養皿。黴菌、細菌、黏菌，這些肉眼幾乎無法觀察到的微生物，會隨著環境因素有著不同的樣貌。依附環境中的溼度、溫度、風速以及地理位置等條件變化，這些微觀世界中的生物擁有某種特定的象徵性。也因此，在沒有實驗室的輔助下，我們很難重現一個培養皿所生長出來的樣子，這些微生物的樣態也就記錄了一段特定時間裡所發生的事件。培養皿能乘載的不單單是只有一個定點或是一個瞬間，希望透過一個軌跡、一段時序，對一個空間甚至時間軸做採樣，在那個當下所

產生的氣體流動、分子震動等微小的變化，經過一段時間的堆積，所產生一個個如同顯影的微生物菌落。



圖10，《不定採集II：行為》，2021

尺寸依場地大小而定。團體創作 / 江卓豫、劉禹廷、林子維。

作品分為「現場演出」及「菌落展現」兩個階段，在空間搭建完成後，邀請表演者進入空間，在培養皿中進行行為表演，對於微生物而言，這是一場入侵行動。人體本身就攜帶了無數的細菌、黴菌，由於黴菌孢子的重量也有些許差異，有些較輕的孢子會在表演者進行表演時向上升，一些較重的孢子則會向下沈澱，因而不同黴菌的分佈會隨著行為所造成的空氣流動而改變，顯影的結果暗示著舞者表演的痕跡，或許結果並非我們可以理解的圖像語言，但是卻以一種詩意而有機的方式顯於房間中。經過數日的生長，即形成「菌落展現」的階段。

在這個作品中，我視微生物為載體、抑或是一種媒介，存在著某種程度的紀錄行為與自我意識，在可控與不可控、隨機與有序之間，形成一個矛盾衝突的狀態。

第三章、生物互動的未來假設

在醫療與生物科學不斷演進的時代，原先「物競天擇」的演化概念是否已不再適用於人類社會，在倫理與道德的考量下，我們並不會隨意拋棄所謂的「不適物種」。然而，在研究語言的過程中，我漸漸有了新的看法：語言是人類文化得以累積的因素，也就意味著語言是篩選「適者」的重要關鍵。當我們進入後人類³⁰的時代，生物技術、人工智慧與基因編輯等技術的飛速發展，將會徹底改變人類的生活方式，甚至改變我們交流的方式，隨著人類不斷進化，我們可能會超越現有的語言形式，採用更加高效、準確的交流方式。

後人類（Posthumanism）是一個多層次且複雜的概念，涵蓋了生物學、哲學、科技和社會學等多個領域。其核心思想是人類將通過先進的科技手段，突破現有的生物和文化限制，實現自我超越和轉變。透過基因編輯、奈米科技、人工智慧和生物工程等先進技術，人類能突破現有的生理限制，將自身與科技結合而達到個體增強的效益，包括延長壽命、增強體力、提升智力以及治療各種疾病。後人類時代強調生物技術與人類身體的深度融合，植入式裝置、機械義肢、腦機介面等技術是其中常常被討論的範例。自然淘汰和進化過程通常需要數百萬年的時間，不過，當基因與生物技術介入其中時，這個過程可能將被縮短好幾倍。2020年諾貝爾化學獎頒給了艾曼紐爾·夏本提爾（Emmanuelle Charpentier）與珍妮佛·道納（Jennifer Doudna），她們發現了一項近代醫學重要的基因編輯技術：CRISPR/Cas9，也就是俗稱的基因剪刀³¹。CRISPR/Cas9這項技術可以非常精準地操控動物、植物和微生物的DNA序列，可以在非常短的時間內使特定的基因改變，取代上百萬年的演化時程，可以選擇性增強、刪除、修改某些基因特徵。與此同時，後人類的概念也引發了眾多倫理和哲學問題，如人類身份的界定、科技對人性的影響、增強技術的公平性和可行性等。這些問題讓我們不禁重新思考：什麼是人類？用在我們身體的這些技術是否可以成為我們身體的一部分呢？

後人類概念描繪了一個充滿可能性的未來，人類通過科技手段超越自然進化的限制，實現身體和心智的極大增強，不僅改變了我們的生活方式，也徹底挑戰了我們對自身存在的基本認識。在這樣的背景下，語言和交流方式也將發生變化，例如：後人類可能會使用蛋白質作為語言交流的工具，蛋白質作為生物體內的重要分子，具有多樣的結構和功能，能夠攜帶大量訊息。假設未來的生物技術能夠解碼和操控蛋白質序列，我們或許可以通過設計特定的蛋白質來傳遞訊息，突破傳統語言的限制交換資訊，甚至以蛋白質作為媒介，實現跨物種溝通。微生物也可能成為後人類語言的一部分：人體內存在著大量的微生物群落，它們在我們的健康、情緒和行為中扮演著重要角色。未來的技術或許可以利用這些微生物，透過調控微生物群落的組成和活動來傳遞特定的訊息。例如，特定的微生物代謝產物可以作為訊號分

³⁰ 後人類（Posthuman）：對當代或未來人類進化方向的一種假設性概念。

³¹ 蔡蘊明。（2020）。【2020諾貝爾化學獎】基因剪刀：一個改寫生命密碼的工具。
。 <https://teaching.ch.ntu.edu.tw/nobel/2020>

子，刺激人體的化學反應控制人類的情緒及感知。這種方式不僅能夠更隱蔽、精確的傳遞訊息，還可以結合生物體內的其他生理過程，實現多層次的訊息交換。又或者透過人體內微生物組成的分析，可以獲取有關於該個體的生理甚至是心理資訊，例如年齡、性別、生活習慣、生活環境、身材甚至是心理狀態。隨著神經科學和相關技術的發展，後人類甚至可能會使用其他生理訊號作為語言交流的工具。例如腦波、心率變化、激素等生理訊號都可以被用來傳遞訊息。在未來，我們或許可以分析這些生理訊號，並將其轉化為可以理解的訊息，亦或是讓枯燥無味的生理訊號，賦予一個全新的生命。

後人類主義可能引發人們兩種極端反應：不是過於抗拒，就是過於天真地接受。前者容易陷入一種思鄉情結，後者則一味歌頌後人類主義挑戰現存秩序與改變社會關係的可能性。³²（林建光）

我設想未來，人與人、生物、細胞甚至更微小的單位，能夠以更微觀的方式進行訊號的傳遞，例如基因、蛋白質、神經訊號、電流以及脈搏。因此，後人類物種可以是非常歧異的，我們可能與不同的有機體做串接，形成新的共生物種，構建新語言系統。人類或許可以跳脫說出「語言」的行為，而達成某種程度的「心理共識」。而這樣的假設，也可以在現今的社群媒體得到一點暗示：當我們對於資訊的渴望過甚，訊息的傳遞會以難以控制的速度蔓延開來，甚至是說話者不可拒絕的。在這個部分，我希望能夠建立在科學已知事實的基礎上，賦予一個未來社會的想像：科技社會裡，個體不需要再透過口語、肢體熟悉群體，新的媒介使我們的感官得以延伸，甚至沒有拒絕的權利。



圖11，《生跡》展覽現場圖片，2024

³² 林建光。(n.d.)。身體、科技、政治：後人類主義的幾個問題。人文與社會科學簡訊, 10(10-3 - 05)。 <https://www.nstc.gov.tw/nstc/attachments/552ff15f-5fca-4ecf-812b-a6a4738a1f07?>

為此，我以神經訊號、微生物訊息以及蛋白質三個「新語言」的媒介為創作主軸規劃了《生跡》生物藝術展覽，想像未來，我們能夠更直接的與神經元互動，觀察神經元在體內的狀態；或是透過分析微生物組成，來剖析一個人的心理狀態，我們在進行健康檢查的同時，也把我們最私密、最貼近自我的資訊交付於人；甚至，我們可以藉由蛋白質的植入，以更小的維度進行語言的交流，控制特定的一個組織、一群甚至是一個細胞，把語言的概念放入一個更微觀、更細微的層次。在作品的安排上，展出了包含《靜立而非靜止》、《腸菌心理檢測》以及《分子媒介》三件作品，其中《靜立而非靜止》用「觀察」試圖去詮釋神經元所帶來的訊息；《腸菌心理檢測》則是假想未來我們能夠透過「分析」去揭露微生物象徵的資訊；而《分子媒介》則是最極端的「控制」手段，將未來的語言媒介作為媒體操控的工具，試圖控制更小維度的群體或是個體。

第一節、觀察：靜立而非靜止

本件作品與國立陽明交通大學神經發育與再生實驗室合作，由研究室以鈣離子造影顯微術（calcium imaging）記錄神經元動作電位的數據，藉由特殊的培養環境來模擬癲癇病人抽搐發作時神經元的行為，再由我進行影像調整、數據的轉換與程式撰寫，將收集到的數據轉換成紀錄聲音的檔案。雖然成人腦部的神經元看似沒有任何移動能力，但無論在什麼時刻，神經元內在的電位變化卻從來沒有停歇。這個作品中，以影像及聲音作為媒介，將神經元的動作電位（一種細胞膜電位轉換的現象，是神經元傳遞訊息的方式）轉化成了視覺和聽覺訊號，使觀眾可以親身體驗神經元之間的溝通與互動過程。希望藉由這個作品呈現癲癇症患者的腦內微觀世界，讓人們能夠更了解和尊重他們。癲癇症患者在大多數時間與正常人無異，唯有在抽搐發作（convulsion, seizure）時神經元的動作電位才會變得高度同步且劇烈。

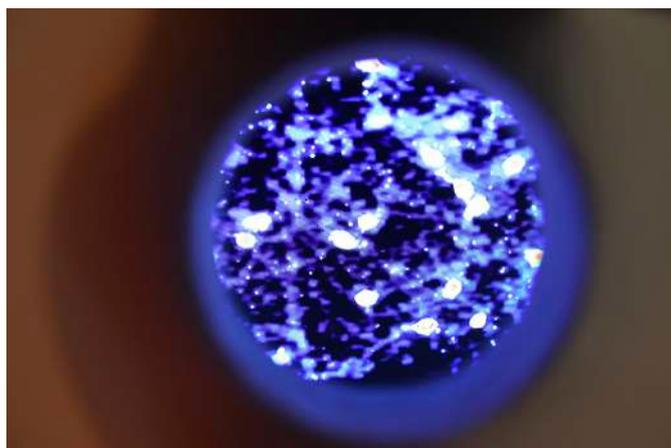


圖12，《靜立而非靜止》，2023

尺寸依場地大小而定。共同創作 / 黃兆祺、劉禹廷、羅佳華

一、創作理念

國小五年級，我的母親在外地出差時，母親因癲癇發作送醫。那是我第一次聽聞這個疾病，聽著親戚描述發病的狀況有多可怕、治療需要多久等等。當時我的內心除了恐懼，更多的是對這個疾病的未知，好幾次睡在母親旁邊時，用手指確認母親的氣息、用手握緊毛巾，每晚都得戰戰兢兢。後來母親配合藥物治療，控制得宜，不再出現僵直性痙攣發作，失神發作次數也漸漸減少，我也漸漸知道這個疾病的成因很多、很常見，並沒有社會所想的那麼可怕。

語言是人類獨有的複雜符號系統，通過聲音、文字、手勢等形式，用來表達思想、感情、意義和訊息的工具。這種系統中，詞語和語法結構作為符號，代表現實世界的概念和關係，其意義是由社會共同制定並理解的。語言不僅是外部交流的方式，更是內在思維和表達的工具，能夠建構、組織自己的思想。不論是何種語言，都具特定的結構和規則，形成了詞彙和句子的語法體系。這種結構性使得我們能夠理解和產生各種無窮的表達方式，推動了思想的發展和共享。語言的多樣性豐富了人類文化，每種語言都反映了其使用者的歷史、環境和價值觀。語言的存在促使社會協作，形成了共同理解的基礎，也是文明得以累積的關鍵。

癲癇是一種慢性的神經系統疾病，患者會反覆性的發作，這些發作在腦部神經元異常放電的情況下出現。這種不正常的神經元活動可能導致短暫的大腦功能失調，表現為意識喪失、肢體抽搐、視覺異常或感覺異常等症狀。

癲癇的成因很多，但主要可歸納為兩大類：先天性及後天性原因。先天性原因：先天性或遺傳性腦代謝異常或發育異常。後天性原因：一、構造型病變：出生前後腦細胞缺氧、腦部外傷、腫瘤、血管異常、中風、出血、感染或退化疾病；二，代謝性病變：如血糖太低太高、腎功能異常、電解質不平衡、藥物或酒精。³³（周碩彬）

具體的發病機制仍然在研究中，但神經元的過度活動可能導致癲癇的發作。癲癇並非單一疾病，而是一組疾病的總稱，不同的人可能因為不同的原因患有癲癇，診斷和治療通常需要綜合考慮患者的症狀、病歷和檢查結果。

癲癇可能導致一些語言發展的問題。近代研究發現一些患有慢性中央側暫時性發作³⁴（TLE）的患者在特定測試時表現出語言缺陷³⁵（Mayeux et al., 2000）。除此之外，在癲癇發作期間，患者可能無法透過正常的言語溝通。癲癇是一個十分常見的疾病，癲癇的盛行率約佔總人口的0.3~1%左右，在台灣約有20萬人罹患癲癇，全世界約有5千萬人罹患癲癇。（周碩彬）

常見的癲癇症狀大致可以分兩種：

³³ 周碩彬。(n.d.)。認識癲癇。馬偕紀念醫院。https://www.mmh.org.tw/taitam/neuro/index4_7.html。

³⁴ 慢性中央側暫時性發作（Temporal Lobe Epilepsy, TLE）：一種常見的癲癇類型，主要由大腦的顳葉引發，特徵是反覆出現的部分性癲癇發作，可能會導致意識改變和行為異常。

³⁵ Mayeux, Brandt, Rosen, &Benson, 1980; Hermann, Seidenberg, Haltiner, &Wyler, 1992; Field, Saling, &Berkovic. (2000).

（一）全身性僵直痙攣發作

俗稱大發作。患者突然倒地或是大叫一聲，隨即喪失意識、眼睛上吊、牙關緊閉、口吐白沫、四肢僵硬及抽筋、常伴有大小便失禁及舌頭咬傷。發作完後病人呈現嗜睡、意識混淆及失憶現象。

（二）失神性發作

俗稱小發癇。患者會有短暫性失神狀態，病人表情呆滯、眼睛直視前方或反覆眨眼，發作時動作或講話暫時停止，發作症狀通常持續幾秒到30秒，發作結束後病人無意識混淆現象可繼續原來動作或工作。（周碩彬）

在中國歷史中，多部醫療文獻記載了與癲癇相關的症狀。早在《黃帝內經》³⁶的「癲狂」篇中，就初步探討了癲癇的基本概念。到了唐朝，孫思邈的《千金要方》進一步使用「六畜癲」（馬、牛、羊、豬、犬、雞癲）來描繪患者發作時的狀態。在印尼，癲癇被視為未知黑暗力量的懲罰；而在非洲的某些國家，人們將癲癇視為與巫術或惡靈有關。在荷蘭，癲癇發作時甚至要將患者綁起來並接受鞭打。而在台灣曾俗稱癲癇為「豬母癲」、「羊癲瘋」，形容患者發作時全身抽搐的模樣，類似豬羊發狂。然而，這樣的用語不僅容易引起聯想，更使病人遭受社會的污名。現今的社會對於癲癇的錯誤觀念仍然根深蒂固，例如：患者發作時應立即壓制其行動，並將手指或硬物塞入患者口中以防止咬傷等，皆是對癲癇的錯誤認知。³⁷（謝向堯，2023）

癲癇病人在發作時常常沒有辦法與其他人溝通，我們很難得知病人當下的狀態與心境，只能透過旁人觀察描述情況。社會對於癲癇的不了解，常常讓癲癇病人處於被歧視、恐懼的狀態。於是我與國立陽明交通大學神經發育與再生實驗室黃兆祺³⁸、羅佳華合作，藉由特殊的環境培養神經細胞，模擬在癲癇發作下神經元的不正常同步放電，並利用鈣離子造影顯微技術記錄下來，再由我轉換成可以被聆聽的聲音訊號，希望藉由音樂與影像的轉化，讓觀眾從不同的面向感受癲癇。

二、作品呈現

作品是由三個螢幕以及特殊裝置所組成。這三個螢幕分別播放了三種神經元放電狀態的影像：低度神經元同步放電（正常放電）、過渡狀態（失神性發作）以及高度神經元同步放電（不正常放電、全身性僵直痙攣發作），下方懸掛耳機分別串連三個螢幕，並播放對應的音樂，音樂節拍與神經元的放電同步，越不正常放電的神經元，聲音聽起來會更強烈。最後，整件作品再由三個白色的木盒罩著，三個螢幕各自有一個小洞可以觀看裡面播放的影像。

³⁶ 《黃帝內經》：簡稱《內經》，是中國傳統醫學的重要經典之一，成書於戰國至秦漢時期。

³⁷ 謝向堯。（2023）。癲癇的社會觀。長庚醫訊。https://www.cgmh.org.tw/cgmn/category.asp?id_seq=1206019。

³⁸ 黃兆祺：國立陽明交通大學分子與生物醫學研究所神經發育與再生實驗室教授。

三、執行方法

神經放電影像與數據先由國立陽明交通大學神經發育與再生實驗室的黃兆祺教授與羅佳華進行製作，並調整不同的環境參數，讓神經細胞能夠模擬在癲癇狀態下的神經元放電情況。收集到原始資料後，由我接手進行影像調整，我使用ImageJ³⁹這個影像處理軟體，針對不同的訊號強度為神經放電訊號套上不同的顏色，讓呈現的畫面更強烈。接著我再利用程式碼編寫，將原始神經元放電的光學訊號數值轉換成midi檔案的參數，根據不同的訊號強度轉換成不同的音階，最後再將midi檔案放入GarageBand中，設定樂器後輸出成音樂。

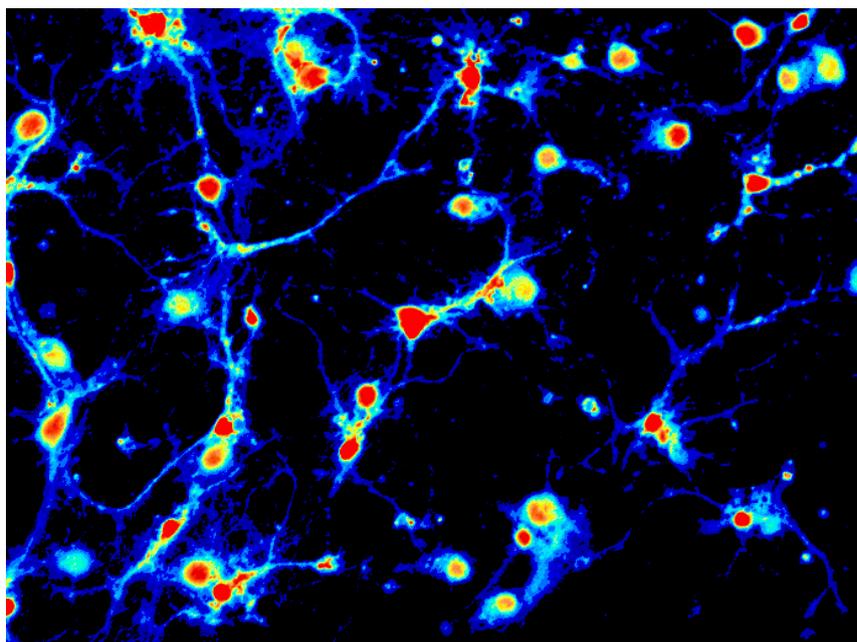
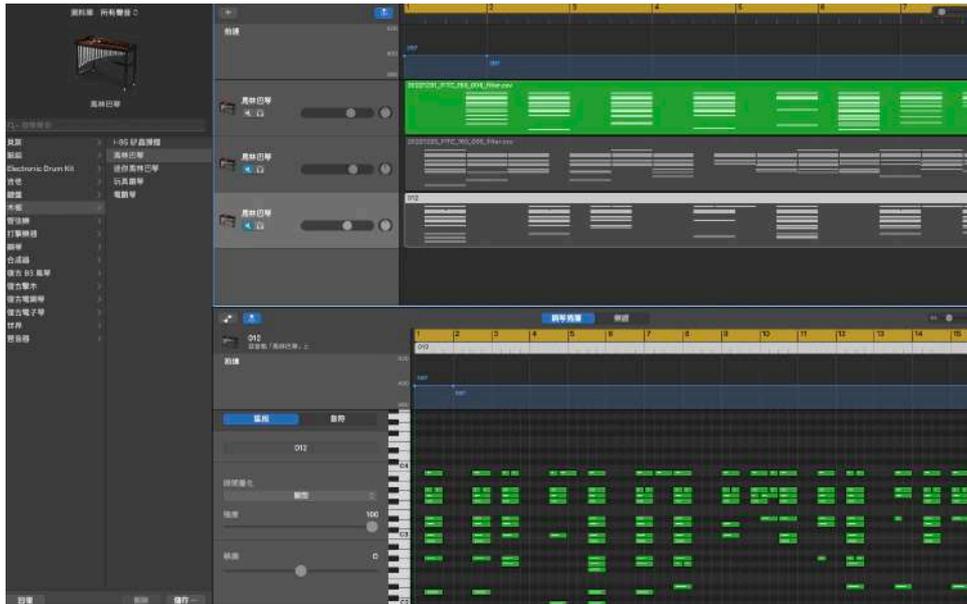


圖13，《靜立而非靜止》ImageJ影像輸出成果，2023
依據神經元放電訊號強度給予不同的顏色，紅色為放電最劇烈之處。

³⁹ ImageJ：一款開源的影像處理軟體，廣泛應用於科學研究領域。



```
def str2midi(note_string):
    data = note_string.strip().lower()
    name2delta = {"c": -9, "d": -7, "e": -5, "f": -4, "g": -2, "a": 0, "b": 2}
    accident2delta = {"b": -1, "#": 1, "x": 2}
    accident = list(it.takewhile(lambda el: el in accident2delta, data[1:]))
    octave_delta = int(data[len(accident) + 1:]) - 4
    return (MIDI_A4 +
            name2delta[data[0]] +
            sum(accident2delta[ac] for ac in accident) +
            12 * octave_delta
           )

note_names = ['C2', 'D2', 'Eb2', 'F#2', 'G2', 'Ab2', 'B2',
              'C3', 'D3', 'Eb3', 'F#3', 'G3', 'Ab3', 'B3',
              'C4', 'D4', 'Eb4', 'F#4', 'G4', 'Ab4', 'B4']
```

圖14, 《靜立而非靜止》訊號轉換過程紀錄, 2023

上：將訊號強度轉換為音階的原始碼。下：將紀錄有音階的midi檔案放入音樂編輯軟體輸出成樂曲。

在這個作品，我試圖帶給觀眾一個「窺探」的觀看視角，觀眾藉由木箱上的小孔觀看內部的影像，使其與顯微鏡觀測時的概念相同，借而讓觀眾體驗窺視神經元細部的有趣與奧妙。我設計了一個能容納3個螢幕的木箱，木箱彼此之間不相通，並用木箱罩住螢幕，在中間挖一個小洞，觀者可以透過小洞觀察內部神經影像，並戴上耳機聆聽由神經訊號譜出的樂曲。

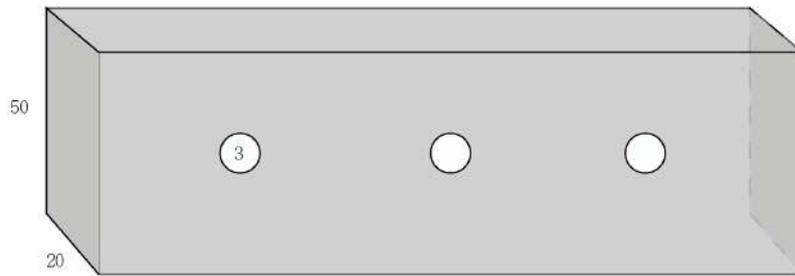


圖15，《靜立而非靜止》裝置設計草圖，2023



圖16，《靜立而非靜止》於《生跡》展覽展出，2024
尺寸依場地大小而定。共同創作 / 黃兆祺、劉禹廷、羅佳華

第二節、分析：腸菌心理檢測

這個作品是關於腸菌落與情緒治療的推測設計，透過文本分析與科學理論的研究，推敲未來可能出現的產品，並以資料、模型等方式進行展出。這個設計基於腸道菌相組成與心理健康之間的關聯性，將現代科學和技術結合起來，針對未來心理疾病的評估與治療，提供一個嶄新的面向。

一、創作理念

腸道與我們的情緒息息相關。近年來，腸內微生物的研究成果日益豐富，研究指出：它們與我們的情緒之間存在著密切關聯，而這種關聯被稱為腸腦軸（gut -

brain axis)⁴⁰，讓我們更深入地理解了腸道中微生物菌相如何影響我們的心情和情感。因此，腸道又被稱作為人類的「第二大腦」。

腸內微生物是指存在於我們腸道內的數以千計的微生物種類，包括細菌、真菌和病毒。這個生態系統在身體的消化過程中扮演關鍵角色，同時也影響我們的免疫系統和神經系統。腸道中的微生物不僅影響我們的生理健康，還與我們的心情和情感緊密相關，就有研究指出，情緒幸福感和腸道微生物群的健康之間可能存在關聯性，腸道內的微生物有可能影響未來許多心理疾病的治療方式，包括自閉症、焦慮、抑鬱和精神分裂症等等⁴¹。此外，微生物多樣性指數被認為是腸道健康的主要指標，因為它反映了生態系統的穩定性和恢復力。一些研究已發現，無論腸道型如何，腸道微生物多樣性皆為影響心理健康因素之一。例如，在高壓力和焦慮的環境下，受試者的腸道微生物多樣性同時也下降。⁴² (Sung-Ha Lee et al., 2020)

腸道中的微生物可以合成神經遞質，是影響情緒的化學物質，如血清素 (Serotonin)⁴³和多巴胺 (Dopamine)⁴⁴。當微生物在腸道中平衡良好時，它們有助於穩定這些神經遞質的濃度，從而使我們感到快樂和放鬆。然而，當微生物菌相受到擾亂時，這種平衡可能會受到影響，引起情緒波動和壓力。

腸內微生物對免疫系統的調節也與情緒有關。免疫系統的過度活化或不足都可能引發情感問題，如焦慮和抑鬱。腸內微生物可以調節免疫系統的平衡，有助於維持情緒穩定。此外，腸腦軸還包括腦與腸道之間的雙向溝通。當我們處於情緒壓力或焦慮狀態時，這種情感也可能影響到腸道的微生物。這樣的關係意味著我們可以透過維持健康的腸道環境來改善情緒。

為此，我對於不久的將來提出了一個假設：我們可以透過分析人體身上的微生物組成，來判斷一個人的心理狀態。作品雖然以科學作為根據、大眾心理健康為初衷，推敲未來產品的可能性，看似合情合理、有跡可循，實質上我想帶出一個不同的觀點：當醫療與生物技術介入到一個程度時，我們的身體、我們更微小更私密的訊息，是不是就更容易被看見？

⁴⁰ Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2015). The gut-brain axis: interactions between enteric microbiota, central and enteric nervous systems. *Annals of gastroenterology*, 28(2), 203 - 209.

⁴¹ Wu, WL., Adame, M.D., Liou, CW. et al. (2021). Microbiota regulate social behaviour via stress response neurons in the brain. *Nature* 595, 409 - 414. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03669-y>

⁴² Bartha, L., Benke, T., Bauer, G., & Trinka, E. (2005). Interictal language functions in temporal lobe epilepsy. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 76(6), 808 - 814. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.045385>

⁴³ 血清素 (Serotonin)：神經傳導物質的一種，主要存在於腦部、血小板和腸道中，對情緒、行為、睡眠、食慾和消化等生理功能有重要影響。

⁴⁴ 多巴胺 (Dopamine)：一種神經傳導物質，影響運動控制、情緒調節、認知功能和獎勵系統等。

三、作品呈現

這個推測設計作品設定在不久的將來，心理疾病的可以透過身體的微生物訊息做判讀，《腸菌心理檢測》是一個小型裝置，可以隨身攜帶，方便患者在需要時進行心理檢測。可以在不同的情境下使用，無論是在家中、辦公室還是旅途中。

研究表示，腸道菌相可能影響人的心理狀態，包括情緒和焦慮程度。我們可以根據試紙上測試出來的菌相，經過培養與分析，得知患者腸道內微生物的種類佔比及物種豐富度，進而推估患者的心理狀態。當患者使用《腸菌心理檢測》時，可以透過特殊的樣本指示劑，來判斷患者是否須將樣本寄回《腸菌心理試紙研究室》，進行個人化分析與治療，包含情緒穩定性、壓力和焦慮程度等方面的評估。

根據分析的結果，《腸菌心理研究室》提供針對不同病灶的腸道菌治療建議，根據患者的具體情況提供好心情菌種，調整菌相，以維持或改善他們的心理健康。《腸菌心理檢測》目標是不僅在心理問題出現時提供幫助，還可以通過定期檢測和調整腸道菌相，有助於預防心理健康問題的發生。《腸菌心理檢測》將科學、技術和心理健康相結合，不用問診、不需侵入檢查，隨時隨地管理個人的心理狀態。這個設計概念有望在未來幫助改善心理健康議題，為個體提供更全面的心理支持和治療選擇。

三、執行方法

作品以以下形式作為呈現。

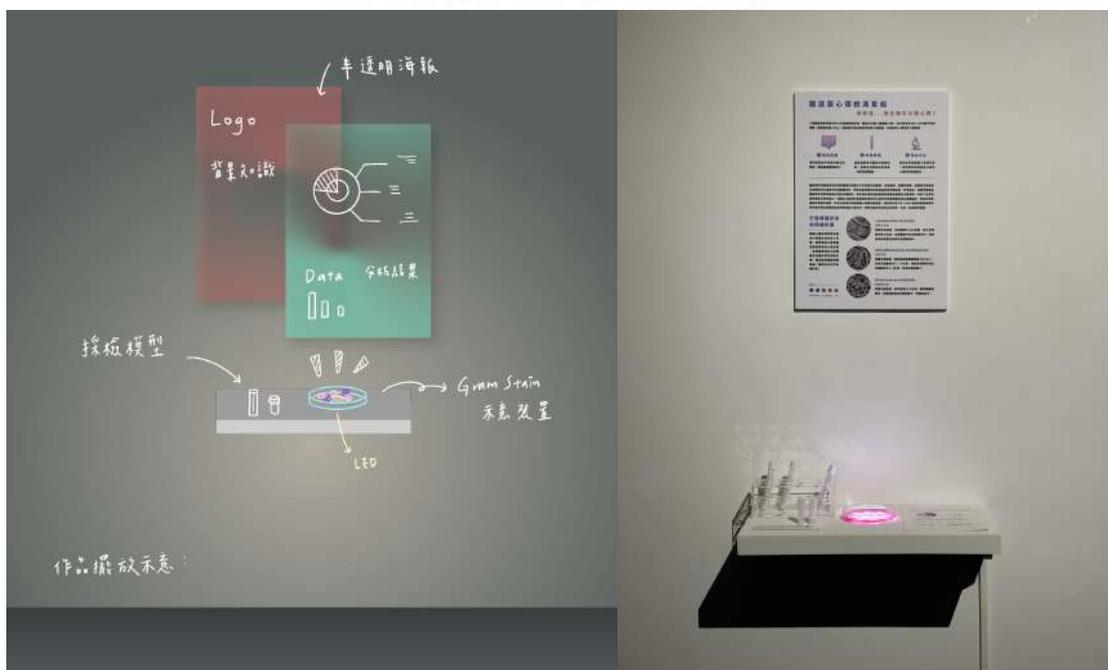


圖17，《腸菌心理檢測》展品規劃草圖（左）實際展覽圖（右，2024）

（一）《腸菌心理檢測》概念模型

參考目前生技公司提供的糞便檢測套組設計模型，模擬出腸菌心理檢測計可能的樣貌與形式，以及設計模擬檢測報告形式。

（二）《腸菌心理檢測》文件資料

展示腸菌心理檢測檢測流程示意、商品文宣設計以及基礎理論論述，補充背景知識、相關研究資料並整理成圖表，以海報的方式呈現。我先選用三項現有的腸道菌分別為*Lactobacillus rhamnosus*⁴⁵、*Bifidobacterium longum*⁴⁶以及*Enterococcus faecalis*⁴⁷，這三種腸道細菌目前皆有研究指出可能會有益於減少焦慮，並以他們作為原型，將相關資料送入ChatGPT⁴⁸生成出現階段並不存在的新一代益生菌，打造一個專門治療心理疾病的益生菌補充品，推測在未來我們可能透過AI工具的輔助，更深入客製這些腸道微生物作為治療手段。

（三）腸菌意象裝置

製作腸道菌盤3D發光裝置，以革蘭氏染色（Gram Stain）⁴⁹的意象做呈現，讓觀眾可以用最簡單的方式感受菌種的分類以及多元性。細菌在腸道中種類繁多，各種菌種在形態、大小和生理特性上都有顯著差異。革蘭氏染色法是研究和區分這些菌種的重要工具。這個裝置是由一些電子元件以及3D列印模型所組裝而成，在設計這個模型時，我希望他能夠模擬顯微鏡下的視覺感，因此將模型設計成半透明，並放在發光裝置上，半透明模型在發光裝置的照射下，可以重現顯微鏡下觀察到的革蘭氏染色效果，直觀地展示菌種的分類和多樣性，增加視覺展示的真實感。

⁴⁵ Tette, F. M., Kwofie, S. K., & Wilson, M. D. (2022). Therapeutic Anti-Depressant Potential of Microbial GABA Produced by *Lactobacillus rhamnosus* Strains for GABAergic Signaling Restoration and Inhibition of Addiction-Induced HPA Axis Hyperactivity. *Current issues in molecular biology*, 44(4), 1434 - 1451. <https://doi.org/10.3390/cimb44040096>

⁴⁶ Patterson, E. et al. (2024). *Bifidobacterium longum* 1714 improves sleep quality and aspects of well-being in healthy adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Sci Rep* 14, 3725. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53810-w>

⁴⁷ Takahashi, K. et al. (2024). Anxiolytic effects of *Enterococcus faecalis* 2001 on a mouse model of colitis. *Sci Rep* 14, 11519. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62309-3>

⁴⁸ ChatGPT：由OpenAI開發的人工智慧語言模型，基於GPT-4架構，可以進行自然語言理解與生成。它能夠回答問題、提供建議、撰寫文章以及進行多樣的語言互動。

⁴⁹ 革蘭氏染色（Gram Stain）：一種微生物學中的基本染色技術，用於區分細菌的兩大類群：革蘭氏陽性菌（Gram-positive bacteria）和革蘭氏陰性菌（Gram-negative bacteria）。這種技術基於細菌細胞壁結構的差異，通過一系列染色和沖洗步驟，革蘭氏陽性菌會呈現紫色，而革蘭氏陰性菌則呈現紅色或粉紅色。

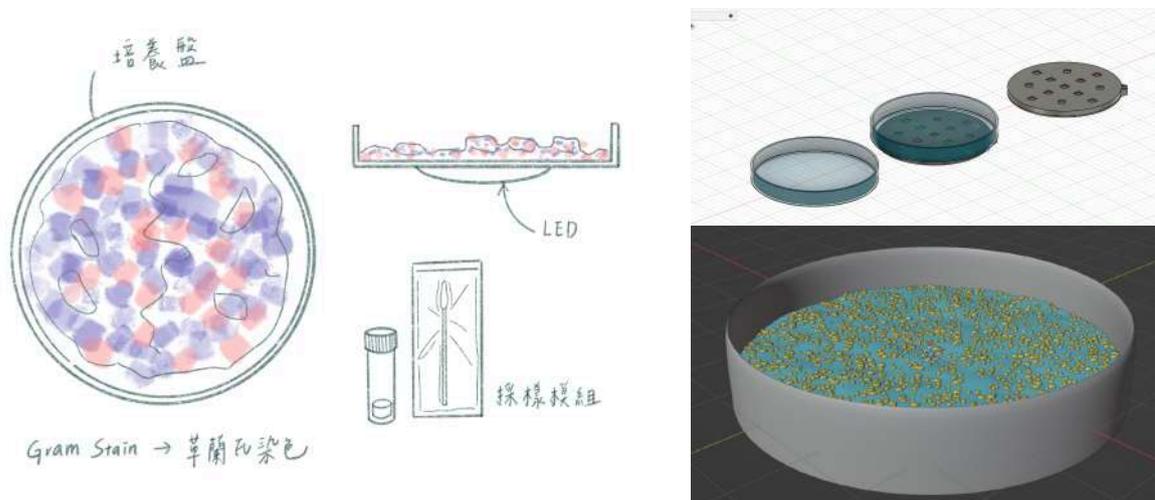


圖18，《腸菌心理檢測》腸菌意象裝置設計圖，2024

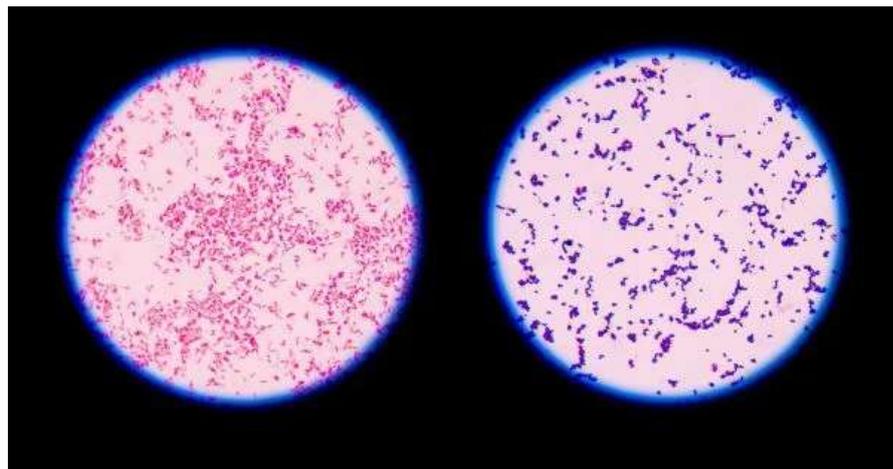


圖19，革蘭氏陽性菌（Gram positive）（左）、與革蘭氏陰性菌（gram negative bacteria）（右），Kate Latham，2021

來自：<https://biologydictionary.net/gram-positive-vs-gram-negative/>

第三節、控制：分子媒介

一、創作理念

蛋白質作為生物體內重要物質，從結構支持到功能調控等等，參與了幾乎所有的生物過程，例如：結構蛋白中的膠原蛋白和肌動蛋白，提供細胞和組織的結構支持；酵素參與體內生化反應，包含細胞能量供應等；抗體是免疫系統的重要成

員，能夠識別、中和病原體；激素則負責調節生理機能，維持個體生理作用正常運作。從免疫學的角度來看，蛋白質本身就扮演了一種語言的媒介：蛋白質負責在不同免疫細胞之間傳遞訊息、協調免疫反應。這些蛋白質例如受體和抗原能夠啟動、調節或抑制免疫反應。舉例來說，T細胞受體（T cell receptor, TCR）位於T細胞表面，負責識別由抗原呈現細胞呈現的抗原和主要組織相容性複合體（MHC）複合物，當TCR與這些複合物結合時，T細胞會受到刺激，並釋放細胞因子或直接殺死受感染的細胞，啟動免疫反應。蛋白質涵蓋了如此多種訊息，且能夠在不同細胞、不同物種中流通，倘若能將蛋白質作為一種語言媒介來使用，我們就能夠將語言放在更微小能層級討論，我們能與不會說話的植物對話，甚至能夠跟自己體內的細胞溝通。在這樣的假設中，人類將能夠設計和合成特定的蛋白質序列來傳遞訊息，這些蛋白質可以通過體液、細胞間的交流途徑傳遞。訊息傳遞將會變得非常精準及有效率，減少了語言誤解的可能，甚至我們可以無聲中進行對話，讓互動更為隱蔽、私密且直接。然而，這樣的社會也會帶來新問題：訊息的控制和隱私保護將成為重要議題，因為蛋白質訊息可以被設計和操控，甚至被竊聽或篡改。對於訊息的解碼和理解能力也會成為新的人類能力，影響個體在社會中的地位和互動方式。

若蛋白質可以作為語言媒介，我們的社會可能會變得更有效率、更精準，但同時也需要面對新的技術和倫理挑戰、重塑我們對人際互動與交流的基本認知和定義。我試圖在這樣的假設下，去描繪一個更細膩的訊息樣態。

2018年在國立交通大學黃兆祺老師研究室擔任專題研究生時，我曾在老師的指導下使用MDCK細胞⁵⁰植入CRY2與CIB1蛋白⁵¹基因，細胞受到光的激發會產生蛋白質聚集的現象，並使用特殊顯微鏡配件，指定光學刺激的大小以及範圍，調整凝集發生的位置，並在幾分鐘內消散。反覆受到光激發不斷產生凝集現象後，細胞會因為累積的毒性而死亡。這個過程彷彿具象化了傳播的解釋性架構：人們會因為生理、文化上的影響，以特定的規則觀察資訊，形成框架效應、製造話題。而媒體也會利用這個特性，去影響大眾對於事物的認知與態度。蛋白質就像是一個媒介，光線透過媒介傳輸到細胞，使得細胞對於這個訊息產生反應與回饋，將這個現象微觀、具象化，以基因與蛋白的本能表現，闡述一個話題從形成、盲從到快速消散的過程。

我不禁思考：如果將語言放置更小維度的層級來討論，那麼能夠進行「語言溝通」的最小單位是什麼？怎樣的分子層級我們能夠視為一個個體？我希望能從一個最小維度的個體作為出發點，設法將一個媒介植入到個體中，再透過光學手段傳遞訊息，展現從個體到群體的訊息過渡。一個群體的運作具備其獨有的特徵，不同

⁵⁰ MDCK細胞（Madin-Darby Canine Kidney cells）：一種從狗腎臟中分離出來的永生化細胞，被廣泛用於生物醫學研究。

⁵¹ CRY2（Cryptochrome 2）是來源於小鼠的一種藍光受體，屬於隱花色素（cryptochrome）家族，具有感知藍光的能力，並且在藍光照射下會發生構象變化。CIB1（Cryptochrome-Interacting Basic-Helix-Loop-Helix 1）是一種與CRY2特异性結合的蛋白質。利用CRY2-CIB1系統，可以在藍光照射下啟動或抑制特定基因的表達。

於個體單獨的行為模式。群體在組織化的過程中，每個成員的觀念和想法會漸趨一致，他們自覺的個性會逐漸消失，取而代之的是集體的群眾心理。⁵²（勒龐，2017）

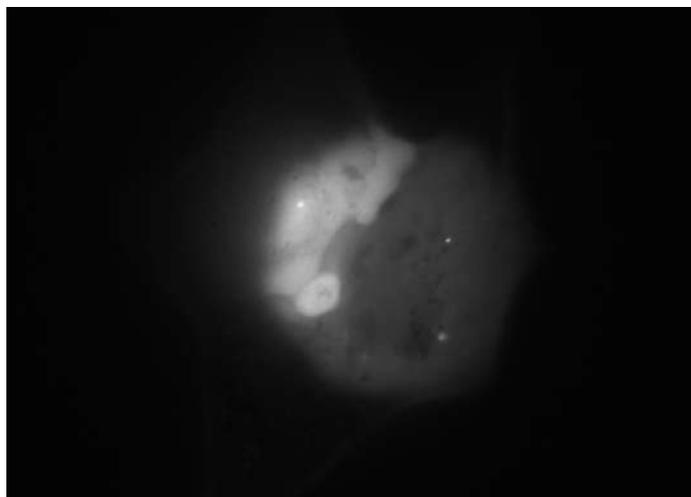


圖20，MDCK細胞植入CRY2與CIB1蛋白基因，2018

細胞受到光的激發會產生蛋白質聚集的現象，並使用特殊顯微鏡配件，指定光學刺激的大小以及範圍。

國立臺北藝術大學
Taipei National University of the Arts

二、作品呈現

傳播媒介從報紙、雜誌、廣播發展至今日的電視、網路，我設想未來我們即將誕生一個最小、最精確的《分子媒介》。隨著分子生物學研究發展，我們能夠以蛋白質作為語言的媒介，蛋白質類似於語言中的單詞。每種蛋白質有特定的結構和功能，就像每個單詞有其意義和用法，細胞彼此間可以通過釋放和接收蛋白質來進行交流，類似於人類使用語言進行交流，這些蛋白質可以作為訊號分子，傳遞訊息、調節細胞活動。這樣的前提下，我們的訊息將變得直接且精確，甚至能夠與人體以外的生物體溝通。我們可以透過蛋白質去操控某一個或是某一群細胞，如同媒體訊息去操控一群人一樣，在一個特定的話題或是位置上引發一些效應。作品將以雙頻道錄像作為展示方法，影像內容將呈現我對於將蛋白質作為訊息載體的實驗結果以及紀錄

（一）《分子媒介》影像資料

將現在的社會進行拆解，以新的維度探討訊息的傳遞，模擬未來的語言可能透過更細微、更直接的管道進行傳遞，著重於對「訊號傳遞」

⁵² 古斯塔夫·勒龐。（2017）。烏合之眾：為什麼我們會變得瘋狂、盲目、衝動？讓你看透群眾心理的第一書（第2版）。周婷譯。臉譜出版社。

的「最小單元」為探討，將未來可能存在的語彙（光訊號）在這個最小的單元（細胞）中傳遞，其媒介則為在細胞中散佈的蛋白質。

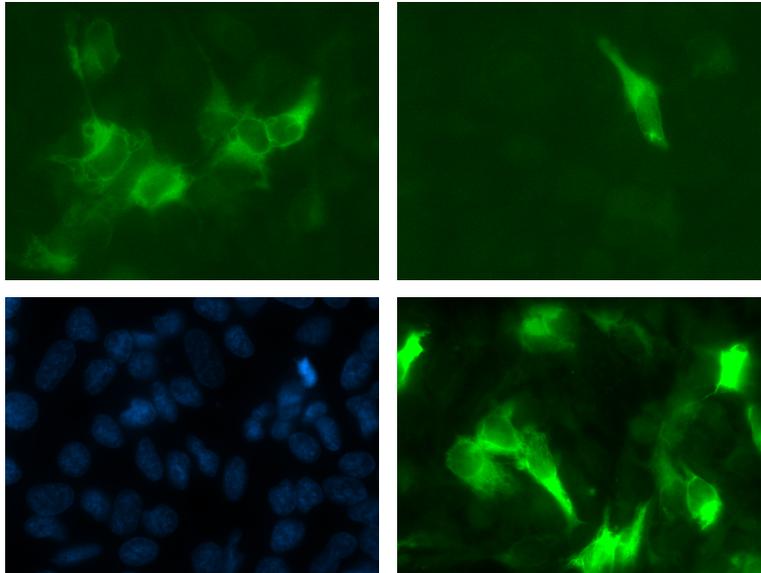


圖21，《分子媒介》局部影像，2022

尺寸依場地大小而定。共同創作 / 劉禹廷、黃兆祺

（二）《分子媒介》執行過程影像

在另一個頻道中，我將展示《分子媒介》執行時的影像側錄，配上旁白講解實驗流程，並展示過程中使用不同參數的影像結果，彙整而成的實驗紀錄影片。



圖22，《分子媒介》實驗過程影像，2022

三、執行方法

本作品與國立陽明交通大學神經發育與再生實驗室黃兆祺教授合作完成。在黃兆祺教授的指導下，我首先使用pPAGFP-EB3以及pZou-mCherry兩段基因植入Hela Cell，讓Hela Cell產生能夠被光學激發的蛋白質。接下來我將培養完畢的細胞在TIRF顯微鏡⁵³下觀察與拍攝，先使用特殊遮罩圈選出指定的細胞後，使用特定波段的光激發後成功讓單一個細胞產生螢光蛋白。接著我嘗試將遮罩範圍延伸，去模擬訊息在細胞間蔓延擴散的過程。

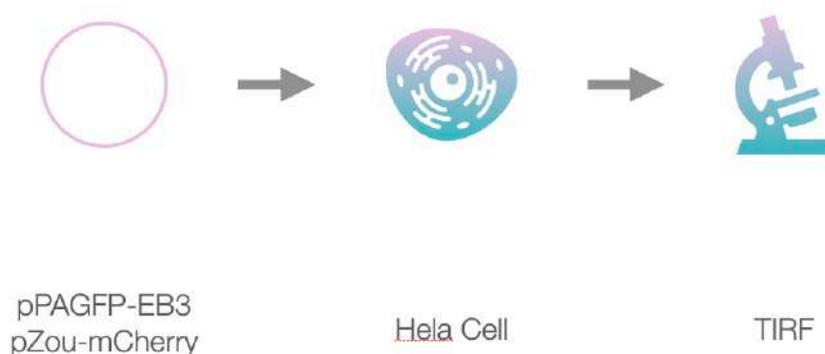


圖23，《分子媒介》實驗方法，2022

使用pPAGFP-EB3和pZou-mCherry基因植入HeLa細胞，是為了讓這些細胞表現出特定的蛋白質。pPAGFP-EB3是一種光活化綠色螢光蛋白（photoactivatable GFP）⁵⁴，它能夠在特定波長的光激發下，從不發光狀態轉變為發光狀態。EB3是微管結合蛋白家族的一員，能夠與微管⁵⁵結合，可以利用這個特性讓綠色螢光蛋白標記出微管，微管散佈於細胞中，讓我們能夠在顯微鏡下看見發出綠色螢光的細胞。pZou-mCherry則是一種紅色螢光蛋白，通常用於標記其他細胞結構或分子。

詳細細胞培養步驟如下：

⁵³ TIRF顯微鏡（Total Internal Reflection Fluorescence Microscopy）：是一種高度專業化的光學顯微技術，通過在玻璃/水界面產生的全內反射激發非常靠近基底表面的螢光分子。這種技術能夠大幅降低背景光、雜訊，非常適合觀察細胞膜和近膜區域的動態過程。

⁵⁴ 光活化螢光蛋白（Photoactivatable Fluorescent Proteins, PA-FPs）：這類蛋白質在特定波長的光照射下可以轉變成發光狀態，從而在活細胞內進行精確的時空標記，pPAGFP即是其中一種常用的光活化蛋白。

⁵⁵ 微管和微管結合蛋白：微管是細胞骨架的重要組成部分，負責維持細胞形狀、內部分子運輸和細胞分裂。EB3是一種能夠與微管末端結合的蛋白質，常用於標記和研究微管動態。

1. 基因轉染⁵⁶和蛋白質表現：將pPAGFP-EB3和pZou-mCherry基因通過轉染技術引入HeLa細胞，使得細胞能夠表現這兩種標記蛋白。
2. 細胞培養和樣本準備：將轉染後的HeLa細胞進行培養，直到細胞增殖達到合適的密度。
3. TIRF顯微鏡觀察：將培養完畢的細胞放置在TIRF顯微鏡下觀察。使用特定遮罩圈選出指定的細胞區域，然後使用特定波段的光（如405nm的藍光）激發pPAGFP，使其從暗態轉變為發光態。
4. 螢光蛋白激發和觀察：成功激發單一細胞產生螢光蛋白後，在同個顯微鏡下進行影像拍攝。
5. 訊息蔓延模擬：將遮罩範圍延伸，觀察並模擬螢光訊號在細胞間的傳播和擴散過程，拍攝細胞間的相互作用和訊息傳遞的過程。

最後，實驗過程中所拍攝的細胞影像需要使用ImageJ這套軟體進行讀取和處理，將其轉換成可在螢幕上顯示的訊號模式。我將一系列影像在ImageJ中轉換和處理後，輸出並導入影片剪輯軟體，編輯成為類似動畫呈現的紀錄影像。ImageJ是一款開源的影像處理軟體，廣泛應用於科學研究領域。它由美國國立衛生研究院（NIH）開發，具有強大的圖像分析功能，包括：提供多種圖像處理工具，如濾波、銳化、閾值設定和形態學操作；像素計數、距離測量、強度分析等多種圖像分析功能等等。在我的實驗中，ImageJ用於將TIRF顯微鏡拍攝到的細胞影像進行處理，將原始圖像轉換為具備明確訊號模式的圖像序列。這些經過處理的圖像序列再導入影片剪輯軟體，通過剪輯和編排，最終製作成為一個動態的紀錄影像，展示細胞內螢光蛋白激發和訊息傳遞的過程。



圖24，《分子媒介》於《生跡》展覽展出，2024
尺寸依場地大小而定。共同創作 / 劉禹廷、黃兆祺

⁵⁶ 基因轉染（Gene Transfection）：一種將外源基因引入細胞以改變其基因組成和功能的技術，廣泛應用於基礎研究、藥物開發和基因治療。

第四章、結語

生物科技的發展是必然的過程，而我們也不得不正視其背後所需要面對的課題。艾曼紐爾·夏本提爾（Emmanuelle Charpentier）和珍妮佛·道納（Jennifer Doudna）因為發現CRISPR/Cas9這項技術而獲得諾貝爾化學獎，精準操控動物、植物和微生物的DNA序列，可以在非常短的時間內改變特定基因，取代上百萬年的演化過程。然而，這項技術的應用也引發了眾多倫理和哲學問題，例如：人類身份的界定從此變得更加模糊，究竟修改過基因的人類是否仍然是人類？又或者，使用基因剪刀改造人體是否會有公平性的問題？會不會使得資源分配更加不平均？恣意地操控基因會不會帶給個體額外的副作用？我們又該如何補償這些「被決定基因」的個體？2018年，中國科學家賀建奎宣布：他使用了CRISPR技術編輯兩名嬰兒的基因，使她們對HIV病毒具有抵抗力⁵⁷。這個事件在全球掀起了巨大爭議，引發科學界和公眾對基因編輯的倫理問題的廣泛討論。擁有更多資源的人，可能透過生物技術改造自己的身體，或是握有更強勢的基因資源，使社會上的不平等加劇。賀建奎的行為被認為違反了醫學倫理，同時也讓大眾醒悟到對於基因編輯技術濫用的擔憂。生物科技與基因技術的發展固然帶來了前所未有的機遇，但同時也要求我們必須具備更高的倫理自覺，去面對和解決可能出現的問題。唯有如此，我們才能真正享受到科技進步帶來的福祉，並以更豐富的視角去理解和詮釋生命的奧秘。

而語言的發展也是如此。生物體對外在的感覺、訊息的處理與認知的產出，是在皮膚與粘膜形成一面鏡子，映射外在的事物。而在現在的社會，人類不單單只由生物構造形成認知的迴路，更將知覺與思緒延伸到各種媒介，我們得以透過不屬於生理自我的物品來感知這個世界，凡舉繪畫、音樂到現今的手機、電腦。然而，科技帶來了便利，同時卻也對生物體本身帶來了傷害：人們變得遲鈍、緩慢，知覺也隨著科技媒介的廣泛使用變得密不可分。也就是說，個體能感知社會，而是社會也能偵測自我。電影《達文西密碼》中提到：「聖杯這個符號，形狀像杯子或容器，更重要的是它與女性子宮相似。這個符號傳達了女性氣質，女人身份以及生育能力。」除了作品原先的意涵外，隨著時代的演進，現代的觀點給予了過去的作品不一樣的詮釋。宏觀如此脈絡，如同過去發送的訊息在歷史更迭與思想差異下產生了不同的結果，而未來或許仍會改變。如果將文字、藝術的本質拆解，即為神經元間彼此微小的訊號傳輸，以電壓的變化堆砌成訊息。我們熟悉神經膜電位的原理及作用機制，但對於訊號的處理、認知與神經之間的關聯，仍有許多未解的謎，由不同受眾所轉換出的訊息也因人而異，這些微小而重複的分子機制經過神經的轉化形成截然不同的詮釋，內容產製與輸出的過程，同時也決定著訊息本身。因此語言不單單只是一個用來溝通的符號而已，它可以是透過各種形式產生，甚至成為訊息本身。

《靜立而非靜止》這個作品就從神經元本身下手，它是我們身體細胞與組織之間溝通的渠道，但是在許多情況下，它同時有著屬於自己的訊息。神經訊號可否

⁵⁷ 中央社。（2018, November 26）。世界首例免疫愛滋病基因編輯嬰兒在中國誕生。<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811260176.aspx>。

在輸出成動作或是反應之前就先被讀取、拆解，然後成為一種新的語言樣態？我希望將神經訊號在生物體內被轉換的過程抽離，去賦予它一個新的詮釋，將它放到琴鍵上形成樂曲。而在《腸菌心理檢測》這件作品中，我選擇使用一些日常更為常見的素材做呈現，試圖讓整體設計更接近日常生活，藉由一些商品化的物件將「推測」與「現實」的距離拉近，引導觀者思考它將成為日常生活的可能性。或許這樣的技術在不久後就能夠實現，而我們的身體、情緒與感知甚至能被蒐集與分析，那些我們視為廢棄物的排泄物、生活的痕跡與環境，都有可能暴露出我們最私密的資訊。在疫情期間，大家都很習慣出示自己快篩陰性的證明來做為一種「身份」的識別，而在未來，我們將有更多私密的資訊能夠輕易地被讀取，會不會有哪一天，這樣的檢測會成為我們識別身份的一種方式？最後在《分子媒介》的創作，我將蛋白質轉化為媒介本身，試圖使用光線控制細胞，如同現今的社群媒介控制著我們一樣。在呈現方式上，我選擇讓觀者直接觀看顯微鏡拍攝出的畫面與實驗側拍，試圖讓整體看起來更像一個正在被執行的實驗，增加作品的真實感。

生物科技能影響的不僅僅是我們的身體，更可能改變我們的語言，改變我們的文化。麥克魯漢曾經說過：任何發明、任何科技，都是我們生理肉身的延伸或自我切除。衣服是皮膚的延伸，文字是口舌的延伸，輪子與交通工具是腳的延伸，電更是人類神經系統的延伸（Herbert Marshall McLuhan, 1994）⁵⁸。在這個觀點下，我們可以將「媒介即訊息」這個概念應用於更深層的生物層面，探索微生物、蛋白質和神經訊號作為新型語言媒介的可能性。在未來的社會中，人類可能不再僅僅依賴傳統的語言或肢體語言來進行交流，而是透過基因工程和生物技術，利用微生物作為訊息載體，蛋白質作為訊號媒介，以及神經訊號作為直接交流的管道。這些新的媒介不僅是延伸我們的感官與能力，更是對自我的重新定義。微生物可能成為一種個體辨識、身份記號；蛋白質則可以作為最小的語言媒介，讓訊息得以在更微小的分子層級流通；神經訊號則可能成為我們意識的直接延伸，透過膜電位連接起觀看者之間的訊息迴路，轉化成視覺和聽覺的感知。在人類與科技深度融合的時代，自我意識將變得更加模糊，個體是否會更加依賴這種生物媒介？這樣的交流方式使得個體的內心世界如同躺在手術台上的軀殼，任由名為媒介的手術刀剖析，任何屬於自己的意識、私密訊息都逃不過這些媒介的法眼。

在過去的求學階段裡，我常接觸的是一板一眼的實驗數據，每個步驟都有他固定的流程和規則，必須依照這些規定執行，實驗的結果更是只有成功或失敗。可是當我用顯微鏡觀察這些細胞的時候，不禁思考著：在我眼前所呈現的畫面是不是可以不只象徵一個結果，而是可以有它獨特的符號及意涵？我獨自在全黑的顯微鏡室裡面看著這些不規則且有機的小小生命體，即使是我實驗失敗的細胞，他們在這個黑暗的空間中仍散發著絢爛的光，照亮這個顯微鏡下渺小的視野。在創作這些作品過程中，我想嘗試將過去我在生物科學領域裡那些冷冰冰的數據移到藝術的空間裡，而不使用真正的實驗器材去呈現，是希望我們能用不一樣的視角去觀賞這些

⁵⁸ Marshall McLuhan、Quentin Fiore、Jerome Agel。（2009）。媒體即訊息。楊惠君譯。積木文化出版。

「好像是實驗」的作品，不論是透過顯微影像與裝置的搭配，或是將顯微鏡的視野製作成模型呈現。生物學の影像一直是我所著迷的，它能呈現超乎程式運算的有機感，也能夠透過一些引導讓它呈現出我內心所想的結果，在可控與不可控間有一種曖昧模糊的美感。我一直希望自己能夠將這些畫面帶進藝術的空間，讓他們能夠被不同的角度觀看。《靜立而非靜止》、《分子媒介》兩件作品皆有呈現出顯微鏡底下的真實影像，而《腸菌心理檢測》中的模型則是將影像轉換為實體裝置，在未來的創作中，我希望能夠結合更多元的實驗媒材例如凝膠電泳⁵⁹、蛋白質結晶影像等等，試圖豐富生物藝術能夠呈現的樣態，讓這些科學實驗不單單只是科學實驗，而是能夠成為藝術創作的一個渠道之一，同時能夠結合更多元的領域（例如：人工智慧）對自己的作品進行更豐富的嘗試。



⁵⁹ 凝膠電泳 (Gel Electrophoresis)：一種分離和分析生物分子（如DNA、RNA和蛋白質）的技術。通過在凝膠中施加電場，不同分子根據其大小和電荷在凝膠中移動的速度不同而被分離。

參考書目

- (1) 麥可·亞畢。(2014)。人如何學會語言？：從大腦鏡像神經機制看人類語言的演化。鍾沛君譯。商周出版。
- (2) 陳乃慈。(2017)。「非典人類」群展 跨藝術與科技的未來生活提案。非池中藝術網。<https://artemperor.tw/focus/1752?page=2>
- (3) Davis CP. Normal Flora. (1996). In: Baron S, editor. Medical Microbiology. 4th edition. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston. Chapter 6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7617/>
- (4) 陳筱媛。(2017)。Borderless Bacteria / Colonialist Cash (無國界細菌 / 殖民主義現金)。Bioart Database。<https://bioart.iaa.nycu.edu.tw/>
- (5) 國家實驗研究院。(n.d.)。愛放電的神經細胞。<https://www.narlabs.org.tw/xscience/cont?xsmsid=0I148638629329404252&sid=0J193509885517004464>
- (6) 東元綜合醫院。(2019)。「衛教天地」腦電波的介紹。https://www.tyh.com.tw/b_health_s.php?new_id=1578
- (7) 郭余民。(2021)。功能性核磁共振造影 (fMRI) 應用。科技大觀園。<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=c99a754f-92d5-46ef-bfcc-260a89c948bd>
- (8) Deisseroth K. (2011). Optogenetics. Nature methods, 8(1), 26 - 29. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.324>
- (9) Di Pellegrino, Giuseppe & Fadiga, Luciano & Fogassi, Leonardo & Gallese, Vittorio & Rizzolatti, Giacomo. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale. 91. 176-80. 10.1007/BF00230027.
- (10) Piechowski-Jozwiak, B., Boller, F., & Bogousslavsky, J. (2017). Universal Connection through Art: Role of Mirror Neurons in Art Production and Reception. Behavioral sciences (Basel, Switzerland), 7(2), 29. <https://doi.org/10.3390/bs7020029>
- (11) Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2015). The gut-brain axis: interactions between enteric microbiota, central and enteric nervous systems. Annals of gastroenterology, 28(2), 203 - 209.
- (12) Wu, WL. et al. (2021). Microbiota regulate social behaviour via stress response neurons in the brain. Nature 595, 409 - 414. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03669-y>

- (13)Bartha, L., Benke, T., Bauer, G., & Trinka, E. (2005). Interictal language functions in temporal lobe epilepsy. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 76(6), 808 – 814. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.045385>
- (14)Tette, F. M., Kwofie, S. K., & Wilson, M. D. (2022). Therapeutic Anti-Depressant Potential of Microbial GABA Produced by *Lactobacillus rhamnosus* Strains for GABAergic Signaling Restoration and Inhibition of Addiction-Induced HPA Axis Hyperactivity. *Current issues in molecular biology*, 44(4), 1434 – 1451. <https://doi.org/10.3390/cimb44040096>
- (15)Patterson, E. et al. (2024). *Bifidobacterium longum* 1714 improves sleep quality and aspects of well-being in healthy adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Sci Rep* 14, 3725. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53810-w>
- (16)Takahashi, K. et al. (2024). Anxiolytic effects of *Enterococcus faecalis* 2001 on a mouse model of colitis. *Sci Rep* 14, 11519. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62309-3>
- (17)Kane, L., & Kinzel, J. (2018). The effects of probiotics on mood and emotion. *JAAPA : official journal of the American Academy of Physician Assistants*, 31(5), 1 – 3. <https://doi.org/10.1097/01.JAA.0000532122.07789.f0>
- (18)LIVESTOCK AND LANDSCAPE. (2012). Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/4/ar591e/ar591e.pdf>
- (19)Audrey Watson. (2020). THE FOOD SYSTEM & CLIMATE CHANGE. PRINCETON STUDENT CLIMATE INITIATIVE. <https://psci.princeton.edu/tips/2020/3/23/the-food-system-amp-climate-change>
- (20)蔡蘊明 (譯)。(2020)。「【2020諾貝爾化學獎】基因剪刀：一個改寫生命密碼的工具」。<https://teaching.ch.ntu.edu.tw/nobel/2020>
- (21)林建光。(n.d.)。身體、科技、政治：後人類主義的幾個問題。人文與社會科學簡訊，10(10-3 - 05)。 <https://www.nstc.gov.tw/nstc/attachments/552ff15f-5fca-4ecf-812b-a6a4738a1f07?>
- (22)周碩彬。(n.d.)。認識癲癇。馬偕紀念醫院。https://www.mmh.org.tw/taitam/neuro/index4_7.html。
- (23)Mayeux, Brandt, Rosen, &Benson, 1980; Hermann, Seidenberg, Haltiner, &Wyler, 1992; Field, Saling, &Berkovic. (2000).
- (24)謝向堯。(2023)。「癲癇的社會觀」。長庚醫訊。https://www.cgmh.org.tw/cgmn/category.asp?id_seq=1206019。
- (25)古斯塔夫·勒龐。(2017)。「烏合之眾：為什麼我們會變得瘋狂、盲目、衝動？讓你看透群眾心理的第一書 (第2版)」。周婷譯。臉譜出版社。
- (26)世界首例免疫愛滋病基因編輯嬰兒 在中國誕生。(2018, November 26)。中央社。<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811260176.aspx>。

(27) Marshall McLuhan、Quentin Fiore、Jerome Agel。(2009)。媒體即訊息。楊惠君譯。積木文化出版。

國立臺北藝術大學
Taipei National University of the Arts