

# 人機共舞的美麗新世界

沈揚庭\*

在舞臺的聚光燈下，舞者伸展肢體，每一個呼吸、每一次肢體的收放，都充滿了情感的張力。而在舞者的身旁，一個看似冰冷的工業機械手臂，卻流暢的與舞者的動作同步起伏、盤旋、伸展。這不是科幻電影的場景，而是一場正在發生的，介於人類與機器之間的共舞。這場名為「人機共舞」的展演，不僅是一場藝術實驗，更是一個技術宣言，它預示著一個新時代的到來，人類將反璞歸真，以身體作為最本能的語言，與機器進行靈魂共享的協作旅程。



圖一：人機共舞劇照

\* 國立成功大學建築學系教授

## 一、科技藝術是身體的地景

科技藝術應作為一種服務生活與文化的手段，以彰顯其應用的核心價值，並能融入到生活中形成載體，達到 of the people, by the people, for the people 的目標。「融入生活的科技藝術」倡議科技藝術應該是一種服務生活的手段與載體，科技藝術會無所不在的發生在生活中，為全民所共有、為全民所共創、為全民所共享。

要達到全民的科技藝術這個終極的目標，必須回歸到最真實的身體，讓身體成為科技與藝術對話的起點。對科技而言，身體是錨，能把抽象的演算法與複雜的數據錨定在日常生活的脈絡中。換句話說，科技必須被身體的節律與感知所校準，才有其存在的價值與落點。對藝術而言，無法被身體所感知的藝術會因為從生活經驗剝離而無法產生共鳴。因此身體是舵。身體的參與促成對美感、對敘事、對情感的理解與記憶建構。藝術需要以身體作為詮釋通道，使藝術超越形而上的解讀，走向廣泛的自我認同和集體共鳴。

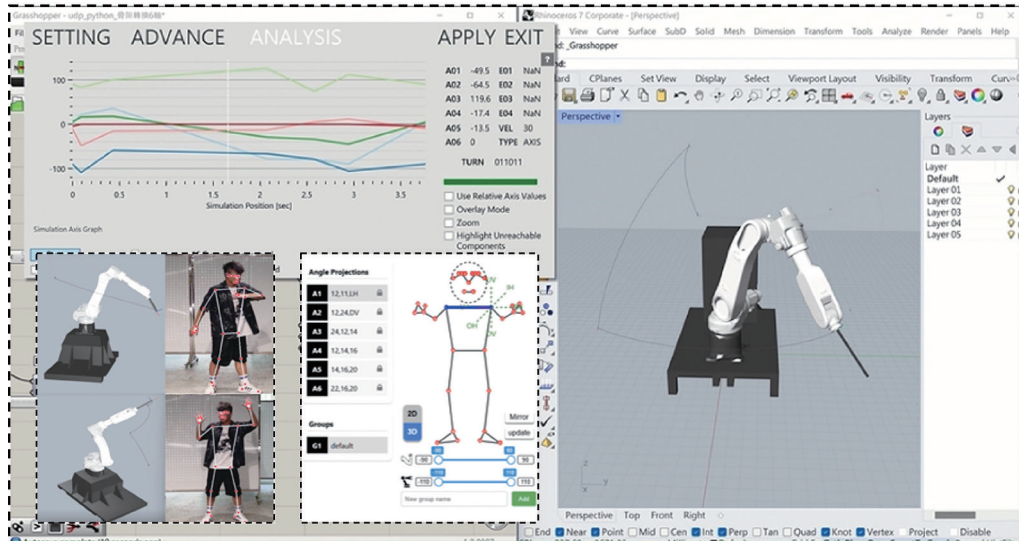
從身體出發的科技藝術最終將形成一種嶄新的自我與公共融合的存在，它應能反映出真實本我存在的價值，並將其投射到集體的共感脈絡當中。作者將這種自我與集體連動的科技藝術價值稱為「科技藝術的身體地景」，而本篇文章所要談及的「人機共舞」便是以此概念所創作出來的的身體地景，它是從自身肢體表演的本質出發，將科技作為一種連結身體與機械之間的轉譯器，放大自身的律動並連結上大眾的感官，最終形成誘發共鳴的集體意識。

## 二、讓科技回歸人性——從解構身體到機械再構

「最高深的科技，是無所不在的融入到生活中而不會讓人意識到的。」這句話是普及運算之父馬克·懷斯對於科技與生活的一個著名註腳。本次獲得 2025 國科會未來科技獎的成大「人機共舞」作品以直覺科技與零編程藝術將這句話提升到人與機械相依共創的新境界。人機共舞有意識的解構人的身體，並藉由機器從模仿、學習、到韻律創造的歷程，再構出一個可被集體感知的第二身體。

整個人機共舞創作始於系統的「眼睛」，透過深度攝影機僅捕捉舞者在空間中的三維深度骨架資訊，將舞者的身體在虛擬世界中進行三維拓樸關係的還原。接著，這些龐大的三維數據會被即時傳送到系統的「大腦」，這個大腦的核心以每秒 30 次的頻率精準辨識出人體從頭到腳的 34 個主要骨架關節點。當人體的動作被轉化為結構化的骨架數據後，系統便會進入最關鍵的「神經」環節。

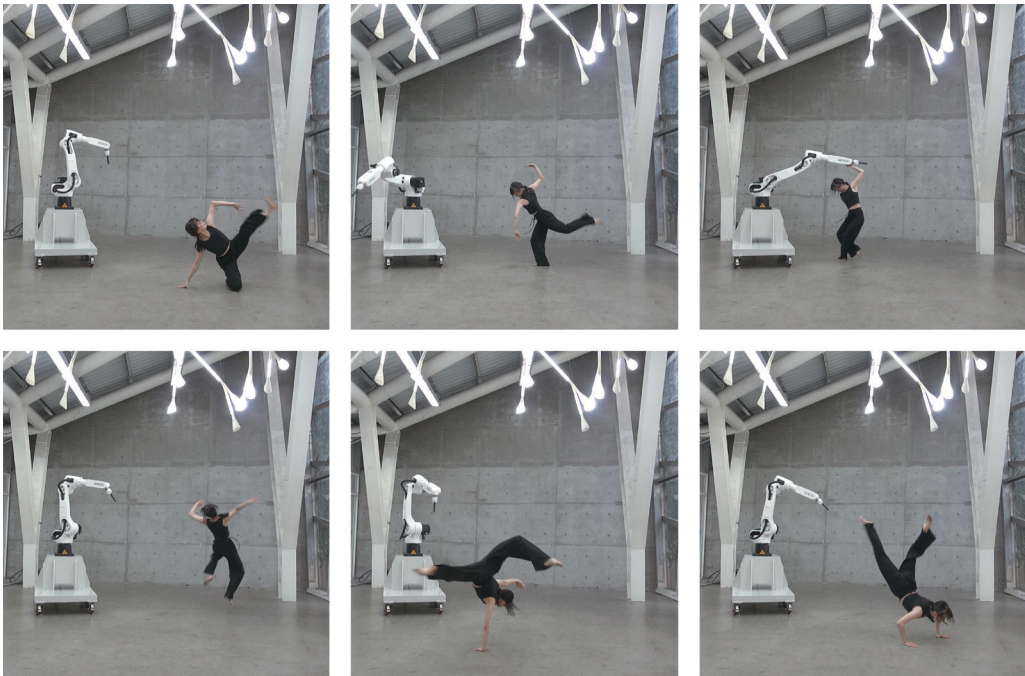
演算法會將這些代表人類姿態的關節點及其拓樸關係，以正向運動學（forward kinematics）的原理即時轉換成對應機械手臂六軸的運動指令，就如同大腦透過神經連結與控制肢體一般，使機械手臂能夠舞動起來。



圖二：人機共舞系統以正向運動學建立舞者肢體與手臂六軸的映射（Mapping）關係

這個過程最有趣的地方在於透過映射（Mapping）機制賦予了舞者極大的機械手臂姿態調整的彈性。舞者可以自由選擇想要映射的身體部位，例如只讓機械手臂模仿右臂的動作，去強調舞蹈中右手的視覺重要性，亦或是要對應整個上半身骨架，以展現出軀幹的全身體律動感等等。除此之外，舞者也可以調整機器作動的幅度與速度，甚至讓機械手臂做出超越人體極限的旋轉與延伸。藉由這個機制，機械手臂在舞者編舞創作的過程中就不再僅只是一臺道具或機器，而是具備多元可能性的舞伴。更進一步來說，這意味著導演或編舞者可以從劇情與舞蹈需求的角度出發，將機械手臂視為一個具有律動表達能力的舞者，以共舞為前提著重思考機械手臂與真實舞者之間的對話與互動關係，而不必去遷就機械控制或是作動極限等等的技術問題。如此一來，機器參與在舞蹈中可以跳出工程這個技術窠臼，轉而成為一個可以投射人的意志而再構的第二身體。





圖三：將機器視為舞伴後機械手臂與真實舞者之間的對話與互動關係

### 三、讓藝術再次偉大——以零編程解放創作的直覺性

最早的時候我們問舞蹈家跟機械手臂一同跳舞最大的難點是甚麼？舞蹈家說：「絕對是寫程式，我感覺一直被程式碼的極限牽著走，好像我不是在創作，而是一個為程式服務的奴隸！」這句話點醒了整個研發團隊，將大家從科技的迷思中解放出來。是的，我們所追求的並不是用既有的科技手段達成拼裝型的藝術表現，而是企圖提供一個跟機器更好的合作模式，一場可以激發創作靈感的人機對話，讓藝術可以因為新關係的建立而再次偉大。

在此信念的引導下，人機共舞系統的核心突破在於它創建了一套「零編程」的互動框架。透過整合電腦視覺與 AI 骨架追蹤技術，它能夠將人類的身體動態，「轉譯」成機械手臂的運動指令。這套系統徹底將舞蹈藝術家從程式設計的枷鎖中解放出來，為藝術創作提供了教學模式與鏡像模式兩種截然不同卻又互補的人機互動手段。

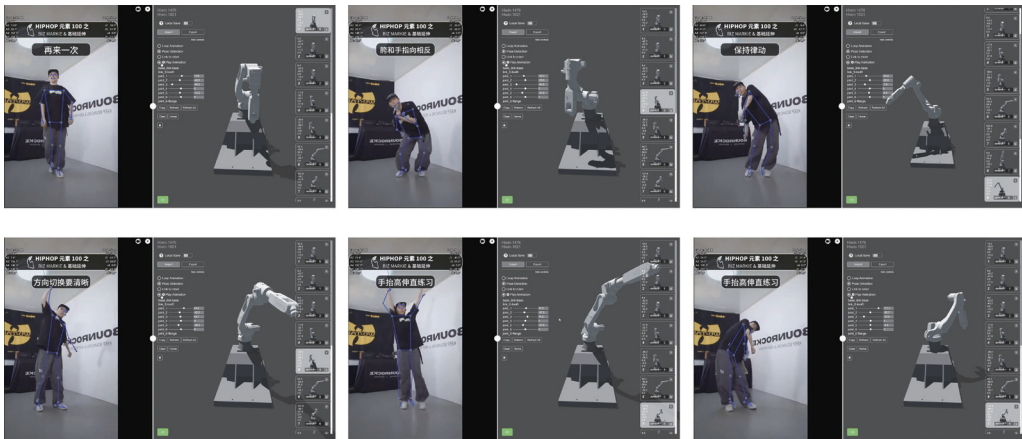
第一種「教學模式」可以理解為用肢體教會機械手臂跳舞。在此模式下，舞者首先進行一段表演，系統的深度攝影機會捕捉其完整的動態過程。隨後，藝術家可以在軟體介面中，像剪輯影片一樣回看這段表演，並從中挑選出最具代表性的「關鍵姿態」(Key Poses)。一旦選定，系統的演算法便會自動計算出連接

這些姿態之間最流暢的運動軌跡，自主生成一段可精準再現的機械手臂舞蹈。這就是「舞者即老師」的模型，它讓藝術家能夠以一種直觀、視覺化的方式，鉅細靡遺的構建一段複雜的機械手臂表演，過程中只須依循自身的舞蹈本能，而無須觸及任何底層程式碼。

第二種「鏡像模式」則它開啟了人機即時共創的大門。在此模式下，系統會對舞者的動作進行即時捕捉與翻譯，驅動機械手臂以幾乎同步的速度「鏡像」出舞者的姿態。舞者的每一次伸展、每一次轉身、每一次律動，都會在毫秒內獲得機器的回應。這建立了一種前所未有的同步連結，機器不再只是預錄指令的播放器，而是一個能夠即時回應、共同呼吸的舞伴。這便是「機器人即時夥伴」的模型，它為探索自發性、充滿不確定性的即興合作，提供了無限的可能性。

總體而言，教學模式與鏡像模式共同構建了一個完整的創作生態系，分別回應了藝術創作中「編排」與「即興」兩個核心面向。教學模式賦予藝術家精雕細琢、反覆推敲作品的權力，確保了創作意圖的精準傳達；而鏡像模式則打破了人與機器的時空隔閡，創造了一個充滿動態張力與未知驚喜的即時互動場域。這兩種模式並非相互排斥，而是可以靈活搭配、相輔相成。藝術家可以在教學模式下設定好一段結構性的主旋律，然後在表演的特定時刻切換至鏡像模式，與機器舞伴展開一段即興的華彩樂章，為作品注入獨一無二的生命力。

這套零編程系統的誕生，其意義不僅僅是技術層面的革新，更深層地，它是一場關於創作主體性的哲學思辨。它將科技從一個高冷的制約者，轉化為一個謙和的促成者與平等的對話者。當舞蹈家不再需要翻譯自己的藝術直覺去迎合冰冷的程式邏輯時，他們便能重新聚焦於創作的本質：情感的流露、身體的探索，以及意念的表達。機械手臂在此不再是單純模仿人類動作的工具，而是



圖四：直覺的零編程介面解放創作的過程並構建了一個完整的創作生態系



圖五：教育的學生共創、產業的跨域共舞、創作的科藝共生

一個能夠延伸、放大甚至挑戰人類身體極限的全新媒介。它可以完成超越人體工學的旋轉與伸展，可以保持絕對精準的韻律與姿態，為舞蹈創作開拓出前所未見的視覺語彙與表現維度。

#### 四、讓人機共創共舞共生：一種全新協作關係的誕生

當編程的障礙被徹底移除，人與機器的關係便從單向的指令與服從，昇華為雙向的「對話與共鳴」。本文章所描繪並實踐的這套零編程的人機共舞系統，它不僅催生了新的藝術作品，更重要的是，它孕育了一種前所未有的協作關係，一種融合了共創、共舞與共生的全新夥伴模式。

人機共舞團隊將這套模式投身到各種不同的應用場景中，激起了教育、產業、乃至於創作等廣泛層面的浪花。在教育上，得益於簡易又直覺的編舞界面，我們開設了模組化通識課程，教導來自各領域的學生共同組成跨領域團隊，以五天的密集課程完成一趟從思維翻轉到創作實踐的旅程，形成一種共創的機制；在產業上，得益於媒介科技與藝術的特質，我們與文化產業如大可創藝，以及科技產業如上銀科技，共同探索將人機共舞擴展到文化創意與科技轉型的前瞻應用，形成一種共舞的機制；在創作上，得益於對於科技藝術的詮釋性，成大建築系與臺大戲劇系合作「哈姆雷特機器人」舞臺劇，將表演藝術推向多體系的結合與科技藝術的共生關係。

最終，我們所見證的，是一個新物種及其背後支持生態系的誕生，一個由人類智慧與機器性能共融而成的「人機混合生命體」。這個生命體，既保有創作者的靈魂溫度，又兼具機器的超凡能力。它讓藝術家得以掙脫傳統的物理束縛，用一種更純粹、更直觀的方式，去探索科技藝術的無垠邊界。除此之外，人機共舞不僅僅是一項技術革新，更發展出教育的啟蒙、產業的協作，到科技藝術的跨域整合，一個以「共創、共舞、共生」為核心的全新協作生態網絡便應運而生。人機共舞不再是單點的技術突破，而是系統性的價值創造，更揭開了未來人機協作生態的美麗新世界。

#### 致謝

國科會多年期計畫「島嶼演譯：科技藝術場域轉譯與跨域共舞創作計畫——以馬祖為實踐基地」陳建旭老師及相關參與人員；謝杰樺導演「安娜琪舞蹈劇場」及相關參與人員；臺大戲劇系謝筱玫老師及「哈姆雷特機器人」相關參與人員；上銀科技提供設備與技術支援。