

# Protfolio

20' —— 24'

HSU, WEI CHIH



# Content

01

飛舞的珍珠

擴增實境  
AR

3D設計



飛舞的珍珠

02

結合電腦視覺與  
魔術表演系統開發

電腦視覺  
CV

互動投影



科技魔術表演

03

結合注視估計與互動藝術  
高齡者活躍老化系統設

注視估計  
Saliency

互動藝術



眸韻自然

04

互動投影

×

懷舊遊戲



樂春

05

實習經歷

×

其他專案



實習與其他專案

# 結合注視估計與互動藝術之 高齡者活躍老化系統設計

運用注視估計設計高齡友善互動系統  
融合互動藝術促進身心健康提升正向情緒

互動設計

系統開發

使用者研究



# 專案簡介

透過注視估計打造高齡友善互動模式，降低科技使用門檻，並提供互動藝術體驗，藉由多感官刺激幫助舒緩壓力、提升正向情緒，促進活躍老化。

## 研究目的

- 探討互動藝術如何提升高齡者的舒壓與放鬆體驗。
- 研究注視估計如何降低操作負擔並提升社會包容性。

## 成果

### Sensors 2024(SCIE) 期刊成果發表

Design of a Gaze-Controlled Interactive Art System for the Elderly to Enjoy Life, Sensors (SCIE), 24(16), 5155.



## 專案時長

Programming

Interaction Design

UX Research

## 負責項目

開發整體互動系統

系統設計與內容製作

研究規劃與執行

## 使用工具

C#

C++

Shader

Unity3D

OpenCV

TFlite

## 研究重點

# 因應高齡退化需求，打造友善的互動系統促進高齡福祉



### 重點1

#### 高齡化社會與活躍老化政策

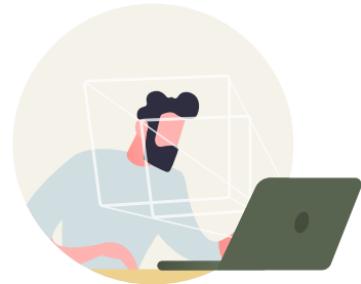
老化導致身心機能退化，進而影響生活品質與獨立性。以提升高齡福祉的活躍老化政策深受關注



### 重點2

#### 科技改變高齡者的生活品質

個性化的人機互動內容等先進技術介面改善了高齡者的生活，也呼應數位化生活方式的趨勢



### 重點3

#### 注視估計的潛力與應用

在高齡者行為治療與虛擬實境放鬆應用中，注視估計可追蹤眼球運動調整體驗內容，具輔助治療潛力

Problems  
問題定義

高齡者科技使用挑戰



考量感官與認知功能的退化

傾向簡單直覺式的數位科技

基於眼動的人機介面



做為操作介面可降低肢體負擔

適用於肢體不靈活的使用者

活躍老化

多感官體驗改善情緒與心理健康

具娛樂與創造性的非醫療介入形式

互動藝術的身心效益



問題

「如何透過注視估計與互動藝術，打造高齡友善互動體驗實現活躍老化？」

# 研究架構

建立研究流程、內容範圍以及限制，來確立系統設計與驗證方法

## PROCESS

### 1 需求分析

探討高齡者的使用需求，評估技術應用的可行性，並歸納的設計原則

### 2 系統設計

基於設計原則規劃互動流程，構思互動機制、關卡設計與視覺呈現

### 3 系統開發

建立系統架構，開發互動模組與前端邏輯，製作及整合美術內容

### 4 使用者測試

公開展示雛形問卷調查蒐集高齡者回饋，並進行專家訪談評估系統

### 5 成效評估

量化與質性分析系統的使用性、愉悅感與互動體驗，驗證系統成效

## SCOPE

Research Scope
• <b>Elderly User Needs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Introduction of Technology and Elderly Physical and Mental Aging</li><li>· Introduction of Technology and Elderly Life Satisfaction</li><li>· Elderly Health and Well-being</li></ul>
• <b>Orange Technology</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Background and Development of Orange Technology</li><li>· Concepts and Applications of Orange Technology</li><li>· Relevant Cases of Orange Technology Applications for the Elderly</li></ul>
• <b>Interactive Art</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Characteristics and Expression Modes of Interactive Art</li><li>· Interactive Art and Promoting the Health of the Elderly</li><li>· Relevant Cases of Interactive Art Applications for the Elderly</li></ul>
• <b>Gaze Estimation</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Visual Estimation and Eye Movement in the Elderly</li><li>· Gaze Estimation and Human-Computer Interface</li><li>· Relevant Case Studies of Gaze Estimation in Elderly Applications</li></ul>

## LIMITATIONS

### 目標受眾範圍

- 年齡50至80歲(含)高齡者
- 有自我意識且無認知障礙
- 具備矯正後 0.8 基礎視力
- 系統設計不涉及醫療實踐

# 需求分析

## 需求痛點

1

感官、認知及反應退化  
難以辨識關鍵內容及操作



## 優化設計

### 減少心智負荷

- 降低主題背景對比度，突顯互動目標
- 提供多感官刺激輔助，回饋操作情況

2

常感孤獨焦慮與缺乏參與感  
難以維持情緒穩定與興趣



### 自然主題設計

- 融入自然景觀與互動，營造舒壓療癒體驗
- 結合動物元素，吸引注意力並提升吸引力

3

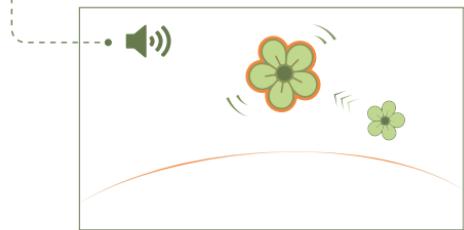
考量設備的舒適度與普及性  
以及眼動介面的操作直覺性



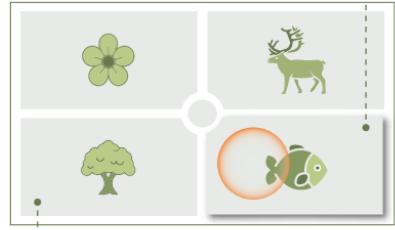
### 主題眼動事件

- 採用網路攝影機距離偵測來減少穿戴負擔
- 對應內容採取相應眼動事件促進身體介入

透過音效、動畫或外輪廓變化提示目標物



自由選擇不同的生態主題體驗



動物與植物類型主題設計



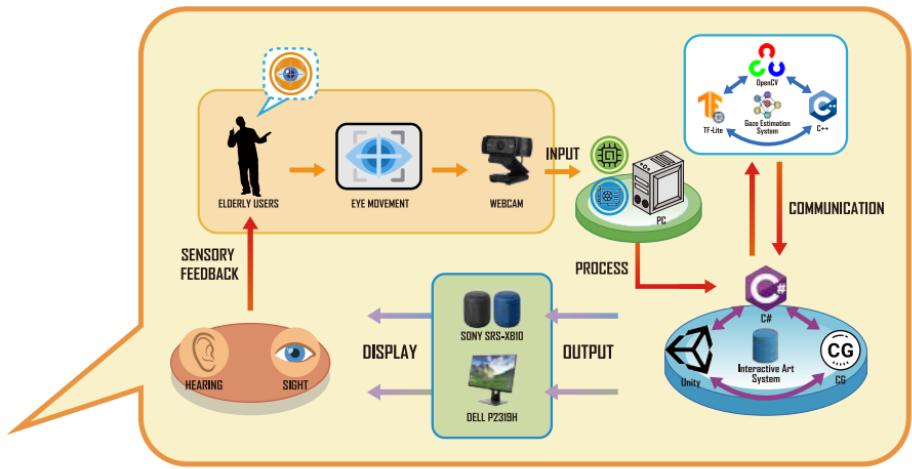
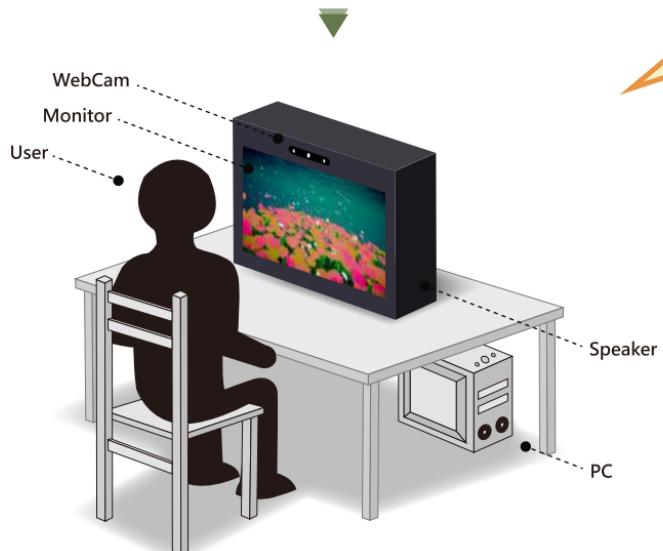
依主題玩法來設計直覺操作模式

# 系統設計

## 系統結構

### 互動情境

為結合注視估計的**互動藝術單人體驗**系統採用「**注視位置 + 眼動事件**」的操作方式採用**距離式彩色攝影機**無須穿戴額外設備臉部與鏡頭距離約 **60cm** 為最佳辨識距離



### 系統架構

**輸入:** 相機實時捕捉使用者眼球運動的臉部圖像  
**處理:** 分析臉部圖像並預測出注視點傳輸至前端  
**前端:** 建構情境並分析注視點事件驅動場景互動  
**輸出:** 反饋視覺畫面配合聲音情境提供感官回饋

START

系統設計

互動流程

偵測失敗

攝影機畫面遮罩顯示為紅色  
系統暫停直至調整成功



## 1 頭部調整

顯示攝影機畫面以及臉部需對應的位置遮罩  
協助使用者將頭部調整至系統最佳偵測位置

Success



攝影機畫面遮罩顯示為綠色  
倒數3秒進入體驗流程



## 2 注視校正



### 頭部偏離

當無法在有效位置偵測到使用者臉部時  
將在畫面左上角顯示相機畫面及遮罩



### 介面提示

使用者保持頭部不動  
鎖定視線於魚兒處  
倒數三秒進入程序

(3)



### 校正開始

魚兒依序游向畫面角落停留一段時間  
引導使用者視線系統同步擷取眼動資料

# 3 注視測試

## 介面提示

使用者保持頭部不動注視  
並觸發隨機位置的光點



## 測試開始

一共出現5次光球，注視點範圍觸碰到光點時消散  
並隨即出現下一個光點，頭部偏離時系統暫停



## 測試失敗

如有限時間無法觸發5次  
則回到注視校正重新測試



Pass



# 4 主題選擇

凝視欲選擇之主題圖片區域 3 秒後進入該主題場景  
每一主題結束後將再次回到該畫面選擇其它的主題

Theme 1

星花園



花朵主題

魔術屋  
Theme 2



動物林

動物主題

Theme 3

森林樹



樹木主題

Theme 4



未知旅

隨機主題



當完成所有主題體驗後將進入體驗結果

# Themed 星花園

## 5 主體體驗



### 視線停留

隨機生成一種花朵於停留處綻放



### 視線移動

視線移動的瞬間花朵於停留處散落



### 視線拖曳

沿著拖曳軌跡飄逸全部種類花朵



### 時間結束

統計使用者注視各類花朵時長  
顯示最為關注的花朵與其象徵



# Theme 動物林

## 動物種類

隨機位置生成不同種類的動物



## 動物凝視

凝視動物會讓牠  
察覺並作出反應



**TIME'S UP**



## 鏡頭平移

畫面隨時間緩慢的  
從右至左來回平移



## 時間結束

統計使用者注視各類動物時長  
顯示最為關注的物種與其象徵

# Theme 2 森林樹

## 凝視樹木

凝視樹木時將觸發  
搖擺與標記反應



## 鏡頭縮放

畫面隨時間緩慢的  
從遠至近來回縮放



## 擦除雨滴

視線聚焦範圍能夠  
擦除水霧觀察景色



## 樹木種類



樹林當中的隨機位置將生成不同種類的樹木

## 時間結束

統計使用者注視各類樹木時長  
顯示最為關注的樹種與其象徵



# 6 體驗結果

## 圖像生成

當使用者個別完成三個主題的體驗後  
系統將整合先前呈現的三個關注物種  
生成融合三物種特徵的自然風景圖像

### SDXL Lightning

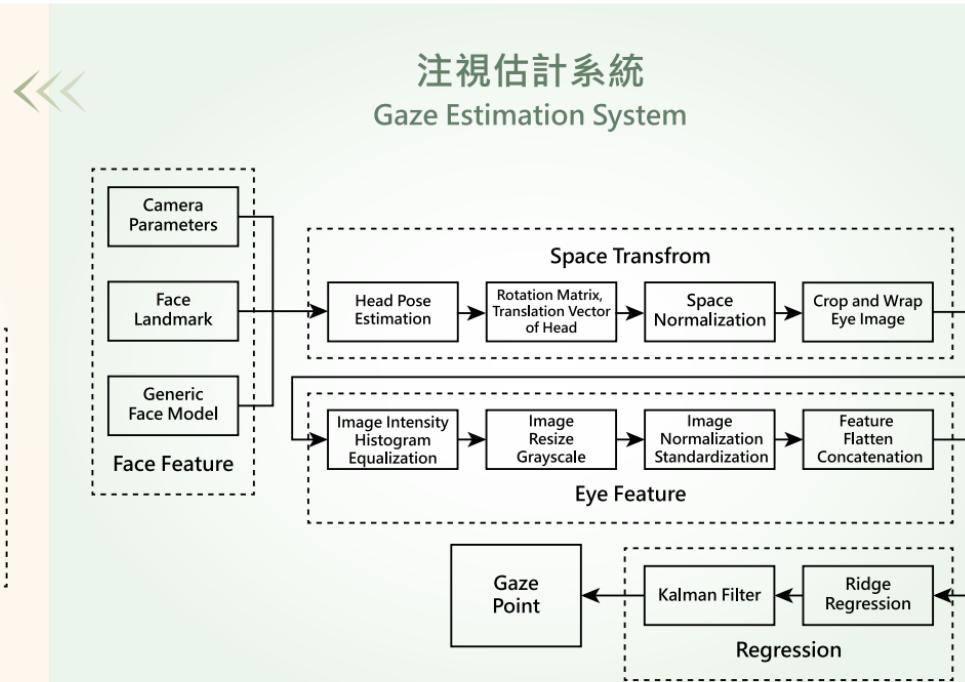
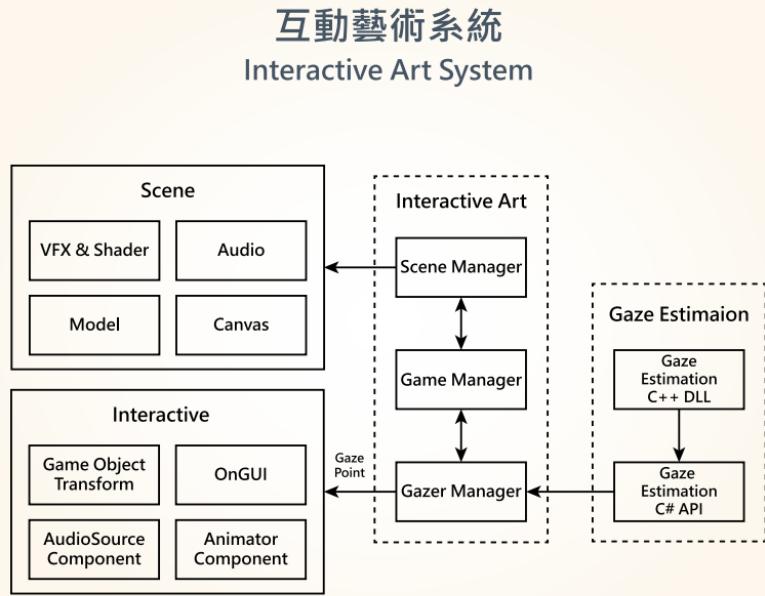


於體驗系統中部署輕量級文字轉圖片模型  
將各主題統計出的關注物種名稱作為輸入  
並透過過渡動畫包裝動態生成之運算過程



END

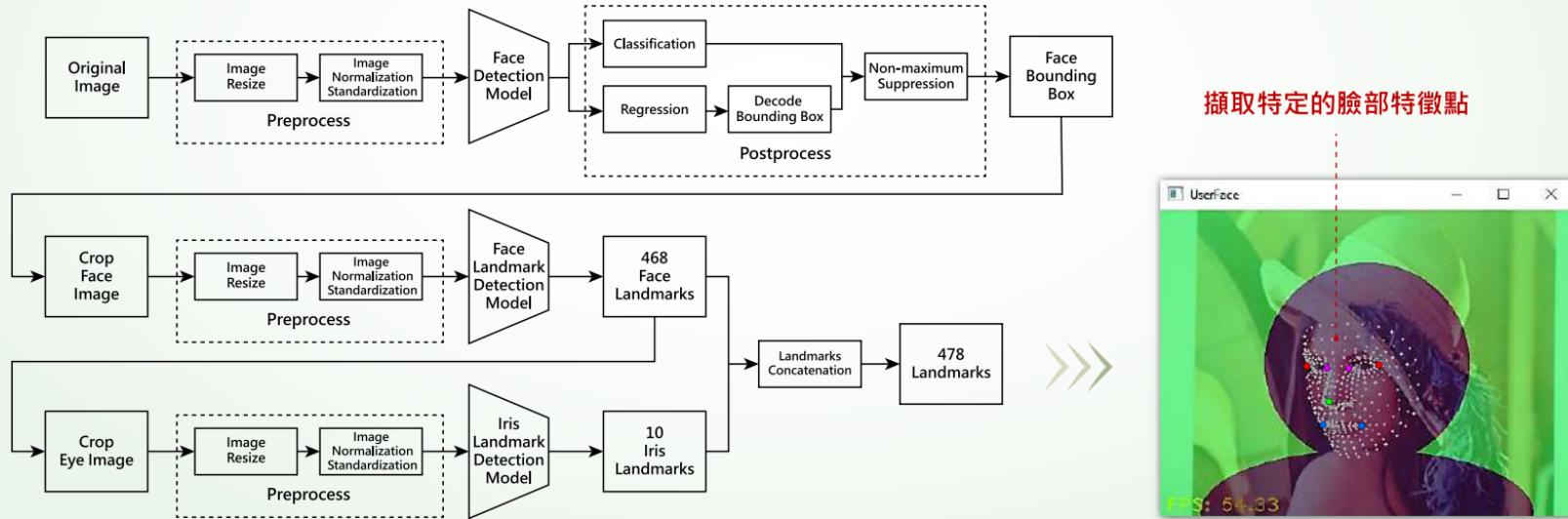
## 系統架構 System Architecture



# 臉部特徵點 Face Feature

## Face Landmark Detection

採用 MediaPipe 框架進行臉部特徵點檢測，僅取用其人臉偵測與特徵點標註模型權重，並以 TensorFlow Lite 與 C++ 重新建構推論系統。模型可於 CPU 上即時運行效能達 50+ FPS，輸出 468 個臉部 2D 特徵點。若偵測到多張人臉，僅取距攝影機最近者以提升注視估計準確性。



# 頭部位姿估計 Head Pose Estimation

Q1

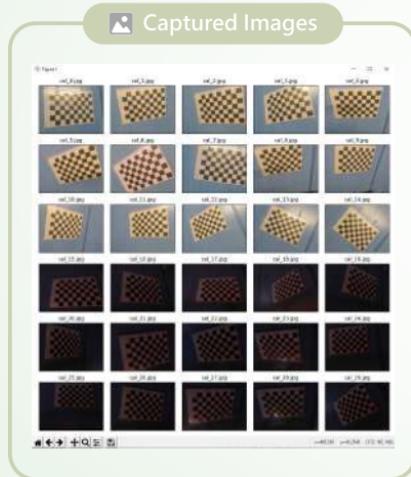
## 攝影機標定與畸變校正

採用張氏標定法拍攝 30 張多角度棋盤格影像而後利用 OpenCV 計算出攝影機的內參數與畸變參數

Q2

## 基於 PnP 的攝影機位姿估計

結合已取得的相機標定參數與 3D 臉部特徵點，並配合模型即時檢測的 2D 臉部特徵點，透過 PnP 方法進行頭部姿態的估算



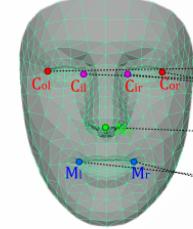
$C_c$  Intrinsic Params



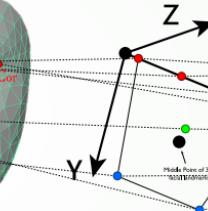
$D_c$  Distortion Params



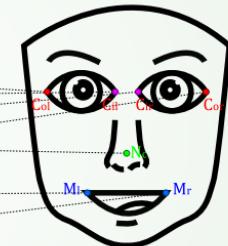
3D Facial Reference Model



Estimated Head Pose



Real-time 2D Facial Landmarks



Result

$R_w$  Rotation matrix

$t_w$  Translation vector

Facial Landmarks

- Left / Right Outer Eye Corner
- Left / Right Inner Eye Corner
- Left / Right Mouth Corner
- Tip of the Nose

# 圖像空間變換 Space Transform

01

## 定義3D臉部模型的眼球中心位置

左眼為例，透過模型左右眼角得出世界座標系下的中心座標

$$e_w = \frac{(C_{ol} + C_{il})}{2}$$

02

## 建立對齊朝向眼球中心的旋轉矩陣

計算旋轉矩陣，使虛擬攝影機朝向眼球中心並對齊其z軸方向

$$z_v = \frac{e_c}{\|e_c\|} \quad y_v = \frac{z_v \times R_w(1, 0, 0)^T}{\|z_v \times R_w(1, 0, 0)\|} \quad x_v = \frac{z_v \times y_v}{\|z_v \times y_v\|}$$

$$R_c = \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \end{bmatrix}$$

03

## 計算標準化轉化矩陣

合併旋轉矩陣與縮放矩陣，建立3D空間到標準化空間的轉換矩陣

$$M_c = S_c R_c$$

04

## 計算圖像透視變換矩陣

透過轉換矩陣將原始圖像中的眼部影像進行裁切與投影，得到標準化影像輸出

$$W = C_n M_c C_n^{-1}$$

05

## 將眼球中心座標轉換至相機坐標系

利用頭部姿態估計結果，將眼中心點座標變換至相機坐標系中

$$e_c = R_w e_w^T + t_w$$

06

## 構建調整眼球中心至固定距離的縮放矩陣

建立一個縮放矩陣，將眼球中心調整至與攝影機之間的指定 z 軸距離

$$d_n = 500 \quad S_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d_n}{\|e_c\|} \end{bmatrix}$$

07

## 定義標準化相機的投影矩陣

設定預期圖像輸出圖像尺寸，並依其中心點定義出主點，而後設定焦距

$$\hat{l}_w = 48 \quad \hat{l}_h = 32 \quad C_n = \begin{bmatrix} 960 & 0 & \frac{\hat{l}_w}{2} \\ 0 & 960 & \frac{\hat{l}_h}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

08

## 執行透視變換產出標準化眼部圖像

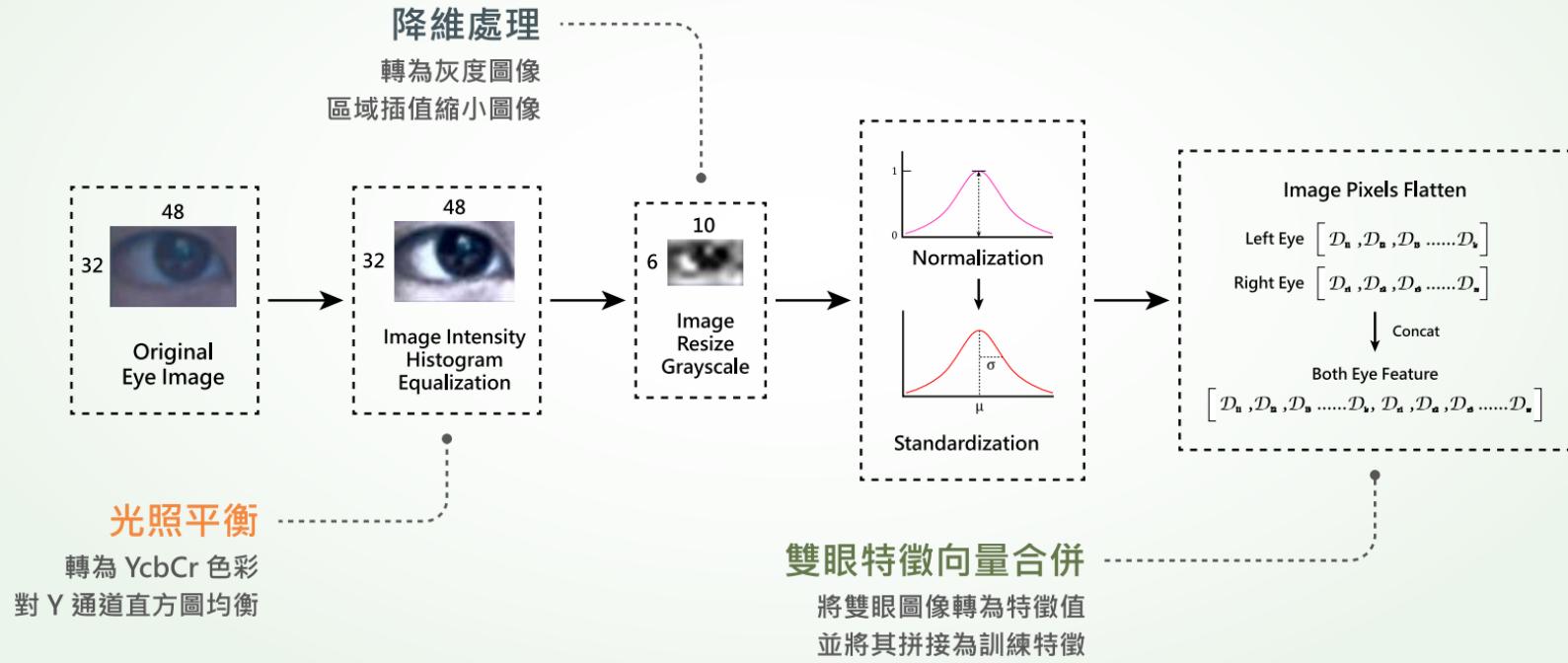
透過OpenCV函數，依序輸入原始圖像、透視變換矩陣、眼部圖像大小

$$\hat{I} = warpPerspective(I, W, (\hat{l}_w, \hat{l}_h))$$

———— 將眼部圖像在不同頭部姿態的差異標準化確保一致性 ————

# 圖像特徵 Eye Feature

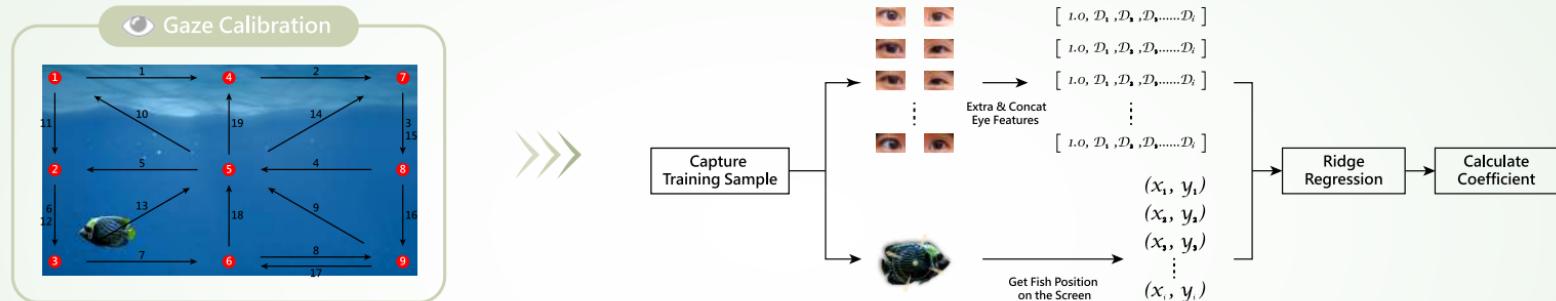
透過光照平衡與降維處理，萃取穩定的眼部特徵向量，以提升少量樣本下的注視點預測效果



# 注視點回歸 Regression

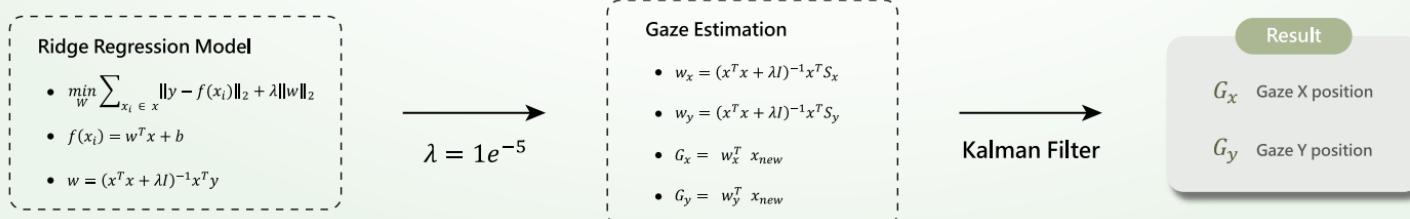
## Model Training

因應個性化應用場景中樣本數量有限、設備資源與即時性需求，採用部署容易且運算效率高的嶺回歸模型 Ridge Regression 進行注視點預測  
資料蒐集則設計九宮格校正畫面，魚兒依序游向各紅點並短暫停留，使用者緊盯魚兒的過程同步擷取臉部圖像與當前魚兒位置，構成訓練樣本



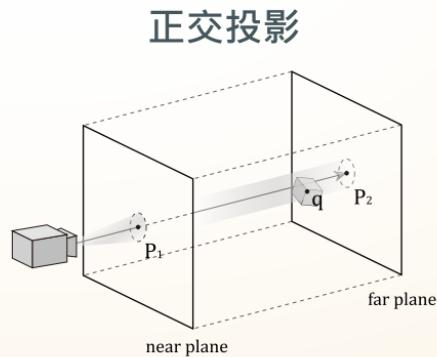
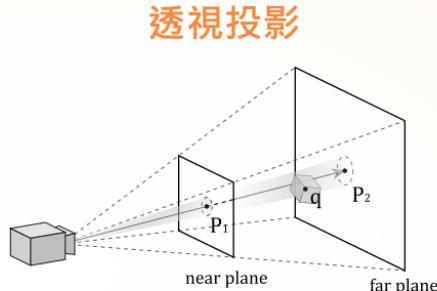
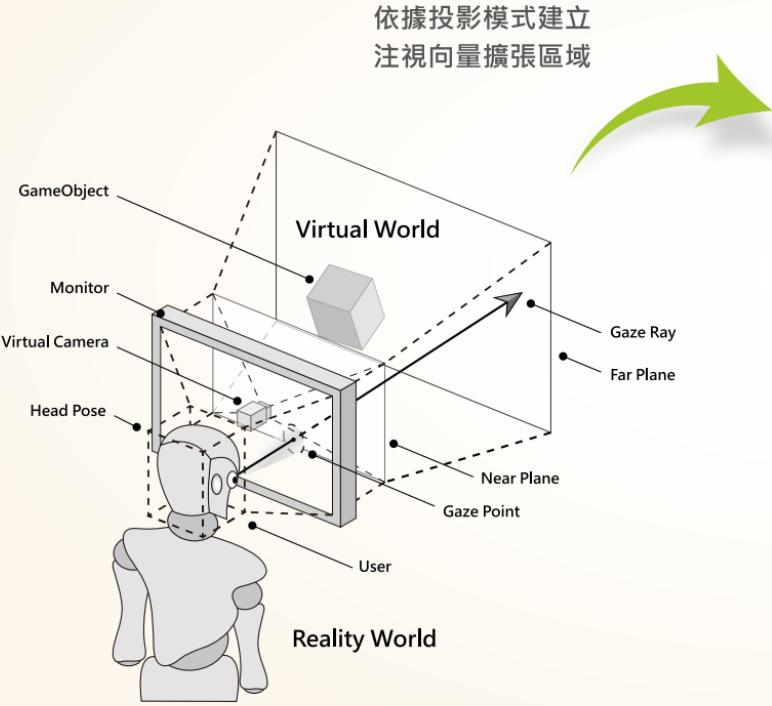
## Model Inference

系統蒐集 30 筆以上有效樣本，分別對 x 軸與 y 軸擬合對應權重係數，模型將依新的眼部特徵向量預測螢幕注視座標並以卡爾曼濾波平滑輸出



# 互動藝術 Interactive Art

注視點與互動物件的觸發方式，依各主題場景於Unity中的投影形式而有所不同



如區域涵蓋互動物件  
中心點q時觸發互動

## 使用者測試

### 專家測試

## 專家訪談 | 半結構式訪談

邀請相關領域專家實際體驗系統並訪談，針對設計成效與可改進處提供建議



### 人機互動 領域

具影像處理、遊戲與  
AR/VR 開發背景的人機互  
動教授，**從工程角度評估**  
**操作介面與技術實作**



### 科技藝術 領域

專長跨域設計、互動展演  
與數位音樂的科技藝術教  
授，**從設計面評估視覺風**  
**格與互動流程**



### 高齡福祉 領域

熟悉高齡福祉、活動規劃  
與數位教學的講師，**從高  
齡者需求出發，評估活動**  
**設計與介面友善性**

## 使用者測試

## 公開展示

### 場域體驗 | 問卷調查

向高齡者講解系統操作與基礎操作 - 5分鐘

高齡者開始體驗系統每輪僅限單人 - 15分鐘

使用者根據實際體驗感受填寫問卷 - 10分鐘



# 成效評估

## 專家訪談

### 專家訪談分析

三位專家依專業背景回應構面議題並提供補充觀點

#### 科技導入高齡者活動體驗



#### 互動藝術與高齡者活躍老化



#### 注視估計應用於互動藝術體驗



專家認為注視介面能有效降低高齡者的操作負擔，  
若系統設計簡單、介面親切，加入懷舊或感性元素，  
更能提升參與意願與科技接受度

互動藝術具延緩認知退化與激發正面情緒潛力，  
若視覺設計清晰、主題貼近高齡者生活經驗，  
能進一步強化參與動機與投入感

專家肯定注視估計作為自然無接觸的互動介面，  
若能兼顧準確性、反應速度與適當的視覺回饋，  
將可拓展高齡者的互動方式與體驗深度

# 成效評估

## 問卷調查

### 描述性統計

公開展示邀請高參與體驗後，一共蒐集52份有效問卷進行量化分析

#### • 愉悅性感受 •

##### 愉悅放鬆

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我覺得在體驗的過程中使我感到很放鬆	0%	1.9%	15.4%	32.7%	50.0%
2. 我覺得體驗的內容是有趣的	0%	0%	7.7%	32.7%	59.6%
3. 我覺得畫面中呈現的自然景色很美	0%	0%	13.5%	34.6%	51.9%
4. 在體驗結束後，使我心情變得愉悅	0%	0%	15.4%	36.5%	48.1%
5. 我很喜歡畫面中呈現的自然景色	0%	0%	9.6%	44.2%	46.2%

##### 認知觸動

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 在體驗的過程中，我覺得充滿挑戰	0%	5.8%	28.8%	34.6%	30.8%
2. 我很容易的沉浸在體驗的過程當中	0%	1.9%	42.3%	34.6%	21.2%
3. 在體驗結束後，使我更有活力	0%	0%	26.9%	40.4%	32.7%
4. 我覺得體驗的過程讓我感到印象深刻	0%	1.9%	23.1%	40.4%	34.6%
5. 互動的回饋讓我充滿好奇心	0%	0%	13.5%	42.3%	44.2%

#### • 互動體驗性 •

##### 體驗滿意

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我覺得該體驗活動有助於我放鬆心情	0%	0%	19.2%	32.7%	48.1%
2. 這次體驗活動對我來說很有趣	0%	0%	13.5%	36.5%	50.0%
3. 我認為有助於提升我參與其他活動的意願	0%	0%	9.6%	44.2%	46.2%
4. 透過今天的體驗活動，讓我嘗試的新鮮的事物	0%	0%	13.5%	23.1%	63.5%
5. 我覺得該體驗活動有助於我緩解壓力	0%	0%	28.8%	36.5%	34.6%
6. 我覺得這是一個很有意義的體驗活動	0%	0%	13.5%	38.5%	48.1%

##### 生活豐富

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 這次的體驗活動豐富了我的日常生活	0%	0%	23.1%	32.7%	44.2%
2. 在體驗結束後，讓我更加了解科技的用途	0%	0%	26.9%	26.9%	46.2%
3. 這次的體驗，讓我想起一些愉快的生活回憶	0%	1.9%	26.9%	36.5%	34.6%
4. 在體驗結束後我感覺與其他人的相處變得更活躍	0%	0%	30.8%	38.5%	30.8%

#### • 系統使用性 •

##### 行為意願

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 使用眼睛操作的方式讓我更願意嘗試科技產品	0%	0%	21.2%	46.2%	32.7%
2. 在我空閒之餘，我想我會經常使用這個系統	0%	1.9%	36.5%	44.2%	17.3%
3. 我認為透過眼睛的操作方式能有效達成功能目標	0%	1.9%	15.4%	53.8%	28.8%
4. 我認為透過眼睛的操作方式，能引起我的興趣	0%	0%	25.0%	51.9%	23.1%

##### 認知有用

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我認為透過眼睛的操作方式是很容易的	0%	0%	11.5%	50.0%	38.5%
2. 我對系統的使用非常有信心	0%	0%	17.3%	44.2%	38.5%
3. 我認為透過眼睛的操作方式用起來很方便	0%	1.9%	13.5%	46.2%	38.5%
4. 我覺得透過眼睛的操作方式可減輕我身體的負擔	0%	5.8%	23.1%	32.7%	38.5%

# 構面分析結果

基於問卷分析，探討系統在使用性、愉悅感與體驗性上的表現

高齡者普遍認同眼動操作的便利性，尤其對肢體退化族群 ✓

擁有靈活行動能力者對於系統的使用意願較低 ✗

系統校正流程嚴謹，增加學習負擔與心理壓力 ✗

校正流程進一步影響使用者接受度與操作意願 ✗

## 系統使用性

▶ 眼控操作的**便利性**受高齡者肯定，尤其肢體退化者較為顯著  
**校正過程較嚴謹**，易造成壓力，影響整體易用性與操作意願

自然主題設計風格具高度接受度，氛圍柔和且放鬆 ✓

多樣的主題及互動物件增加高齡者參與感及好奇心 ✓

明確的指示特效讓高齡者對畫面的變化能快速理解 ✓

缺乏挑戰性的互動，導致部分高齡者缺乏沉浸感 ✗

## 愉悅性感受

▶ 自然主題與柔和的**設計風格廣受好評**，能帶來放鬆與情緒共鳴  
多樣互動提升參與感及好奇心，但**部分使用者覺得缺乏挑戰性**

高齡者對於系統體驗有高滿意度表現出了正向的情緒體驗 ✓

系統體驗有助促進社交參與活躍情緒、豐富日常生活的作用 ✓

注視估計與互動藝術結合能夠促進高齡者生活品質 ✓

部分抽象視覺設計可能降低生活連結感，影響沉浸體驗 ✗

## 互動體驗性

▶ 系統**使用體驗具正向回饋**，有助提升參與感及活化情緒  
**部分抽象設計**可能影響部分使用者的情境連結與沉浸感

## 研究影響力

- ✓ 注視估計的操作便利性，讓高齡者在生活中使用更加輕鬆
- ✓ 自然為主題的互動藝術能提升高齡者的參與感與愉悅體驗
- ✓ 結合注視估計與互動藝術，對高齡者活躍老化有正面影響



# 結合電腦視覺與 魔術表演系統開發

科技結合魔術，創造視覺與互動的娛樂體驗

互動設計

系統開發

國科會計畫



# 專案簡介

新媒體蓬勃發展，魔術表演逐步融入科技創新。透過結合電腦視覺技術，探索科技如何塑造全新的魔術表演形式，帶給觀眾更豐富的娛樂體驗。

## 研究目的

- 探討魔術表演之互動介面形式。
- 探討電腦視覺結合魔術表演之可行性系統設計。

## 成果 ➤ 國科會個別型多年期計畫研究成果 (2020 - 2022)



## 擔任角色

Programming

Interaction Design

UX Research

## 負責項目

開發影像辨識模組

編寫及串接模組 API

桌面研究與資料分析

## 使用工具

C#

C++

Python

Unity3D

OpenCV

Pytorch

TensorRT

## 現況挑戰

# 科技魔術融合不易，須同時兼顧創新表現與觀眾體驗



- 傳統魔術表演受限物理技巧與機械裝置，創新突破難度高
- 科技結合魔術的案例鮮少，難以兼顧流暢度與愉悅性
- 觀眾對於科技結合魔術的接受度與體驗感仍需進一步驗證



## 問題

「如何結合高科技於魔術表演，詮釋魔術表演意涵，並達到好的娛樂效果？」

## 主要目標

# 運用科技發展新型魔術表演，提升娛樂效果與觀眾體驗

- **案例分析**：關鍵字檢索相關案例，分析科技魔術的現有應用，作為設計方向的依據
- **專家訪談**：半結構式訪談相關領域專家，評估初步的技術應用與表演設計其可行性



### 以「電腦視覺」為基礎來開發魔術表驗系統

國外已有魔術師運用 AR、投影、互動裝置來增強魔術體驗，電腦視覺作為基礎技術，可進一步整合這些新媒體手法，帶來更多創新可能。

### 設計前提

#### 虛實互動

電腦視覺技術，使數位影響與物理空間無縫融合，創造驚喜感



#### 自然使用者介面

電腦視覺可實現不需仰賴額外的實體魔術道具，能使表演更流暢

#### 即時影像處理

即時分析攝影機畫面，根據魔術師的動作產生相應的特效

# 系統設計

蒐集案例進行分析，歸納出設計方向作為參考依據並透過專家訪談驗證

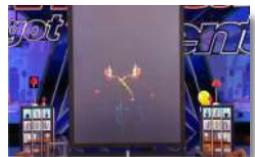


## 案例歸納分析

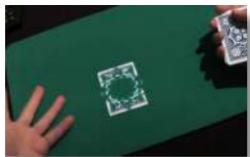
搜索「魔術表演於數位領域之應用」以及「電腦視覺應用於互動體驗」之相關案例進行分析與歸納

### 科技魔術應用

探討魔術表演如何設計現實與虛擬間的互動，對其魔術**表演效果**分析歸納



產生



消失



飄浮

### 電腦視覺應用

針對電腦視覺導入互動體驗作品的**互動形式**分析比較



互動牆



互動桌



變形



復原



傳輸



互動空間



互動裝置

## 02

### 訂立設計原則

根據前期的案例分析及歸納結果，總結出幾項兩者結合其**創新表演形式的可能性**

1 根據6大魔術效果，創新每一階段的表演主題

2 聚焦舞台魔術，確保能呈現良好的表演效果

3 採用輕量模型或簡化演算法，確保推理流暢

4 融合燈光、投影，增強魔術的視覺衝擊力

5 參考互動牆與互動空間，強化舞台魔術的數位互動

6 運用電腦視覺物體辨識、追蹤特性提升互動性

## 03

### 邀請專家訪談

個別邀請**相關領域專家**進行半結構式訪談，**諮詢設計原則的可行性與其他方向建議**

邀請領域專家

**互動設計 ×1**  
瞭解電腦視覺與電子媒材的應用重點及其他建議，來優化表演的流暢度

**認知心理 ×1**  
瞭解魔術設計在認知心理層面的需求與考量，提升表演的沉浸感

**魔術表演 ×1**  
訪談具實際經驗的魔術師，預估互動科技與電腦視覺對魔術表演的影響成效



構思魔術系統

## 電腦視覺導入魔術表演

運用**多媒體**可以增強視覺效果，加入**互動投影**可以帶來更多創意題材



## 認知心理與魔術表演之應用

心理學**引導觀眾注意力**，透過**流暢銜接與故事性**提升沉浸感

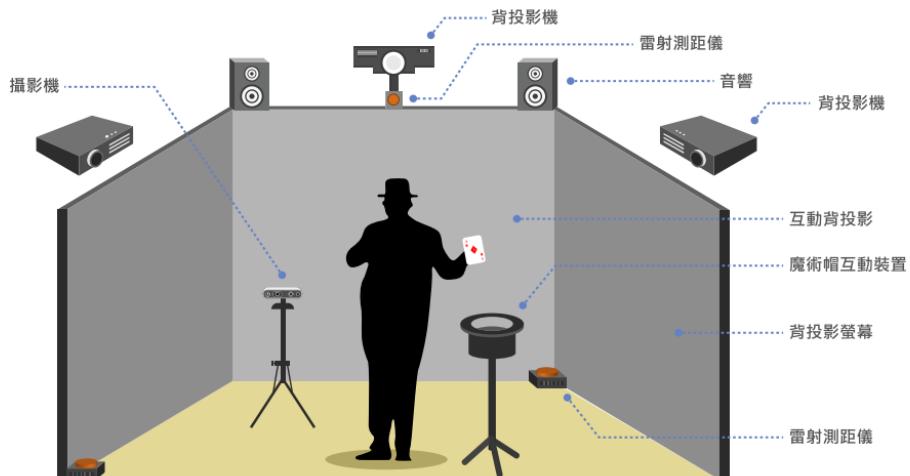


# 設計結果

經前期調查與開發測試，構思開發出合適的舞台環境與魔術系統

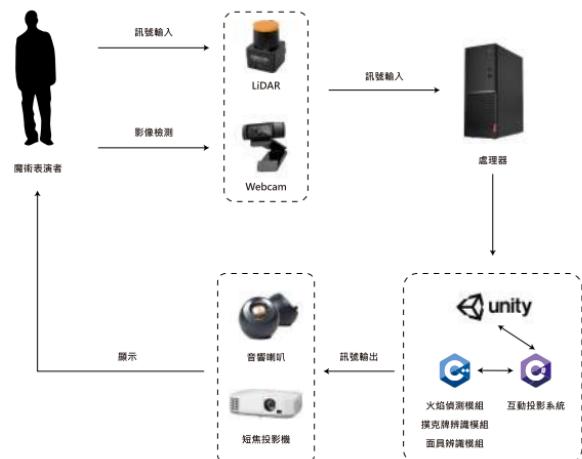
## 舞台情境

以攝影機與電腦視覺為核心，結合感測器與投影輸出，構想舞台情境與設備部屬並選擇利於影像辨識的魔術道具、表演主題與技術，最終整合為完整的魔術系統



## 系統架構

- Unity 整合模組與前端控制，開發互動內容
- PyTorch 訓練神經網路，經 TensorRT 優化，C++ 讀取推理並輸出 DLL
- 雷射掃描距離儀 開發互動投影模組，偵測範圍內手部觸碰事件與位置



# 表演 流程

## 1 | 卡牌變變變

表演者透過巧妙手法變換撲克牌，系統同步偵測其手中牌面，並顯示相同花色的覆蓋卡牌

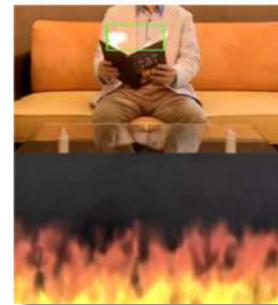
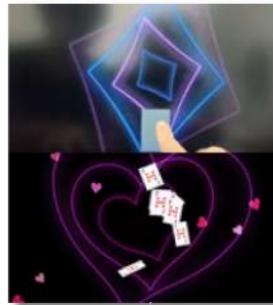


### 待機動畫

採用輕快曲風且平易近人的卡通畫風吸引觀眾，呈現魔術師與撲克牌飛揚動畫，能凸顯老少咸宜並強化主題

## 3 | 五葉草魔法書

表演者展示魔法書並變出火焰，系統將偵測火焰的狀態並呈現出對應特效的互動內容



## 2 | 賓果牌牌放

表演者與觀眾互動時，觀眾觸摸投影牆上的撲克牌，觸發第一階段卡牌花色與特效內容

## 4 | 浮幽幻面

表演者展示漂浮的魔術面具，系統偵測面具上的火焰並同步投影虛擬面具，透過互動投影實現有立體漂移效果

# 系統開發

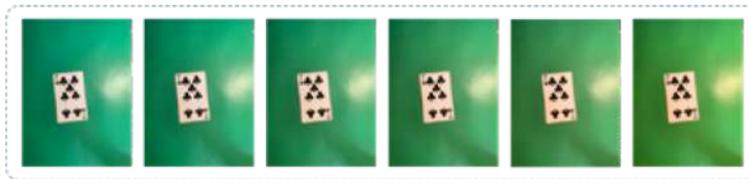
撲克牌辨識

考量實體魔術手法來進行關鍵技術實驗，開發模組構建魔術表演系統

## Building the Dataset

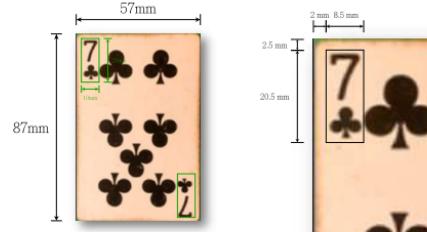
### 01 基礎圖像採集

為優化背景去除，採用綠幕背景個別拍攝 52 張撲克牌，並透過調整螢幕掛燈亮度與色溫模擬不同光照條件，分類製作個花色數字連續圖像影片



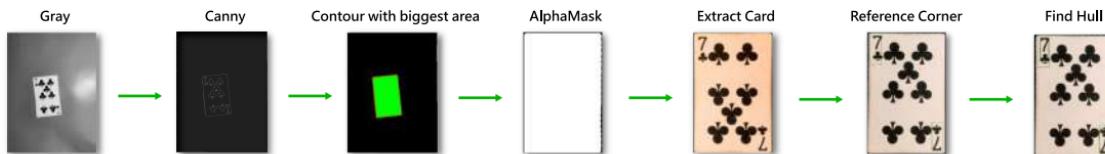
### 02 定義遮罩模板

透過量測撲克牌尺寸及數字花色(左上與右下角)的實際位置，推估其在影像中的相對像素座標，並定義撲克牌遮罩與數字花色遮罩模板



### 03 撲克牌擷取與標記

在每幀圖像中執行 Canny 邊緣偵測，擷取最大輪廓區域並透視變換至預設模板，取得撲克牌影像。接著提取左上與右下角偵測區域，透過凸包分析標定數字與花色區域，形成多邊形輪廓並標記邊界框 (Bounding Boxes)。最終，在不同光照環境下獲得 52 種撲克牌的影像及標記資訊。



## 04 影像合成

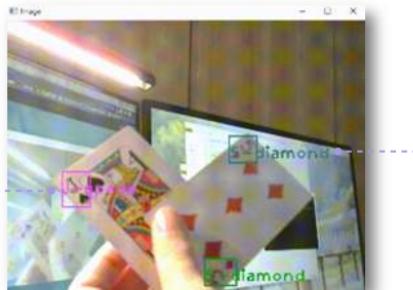
為提升模型的泛化能力，對不同辨識情境進行模擬。蒐集一定數量的紋理數據作為背景，模擬兩種場景：**獨立散落的卡牌 (2張)**與**扇形展開的卡牌 (3張)**，強化模型在部分遮蓋情境下的辨識能力。最終生成近 10,000 張影像數據，並標記對應的 52 個類別資訊

- 從紋理數據資料當中隨機選擇一張圖片背景
- 從撲克牌數據資料當中隨機選擇2 – 3 張圖片
- 對卡牌進行隨機變換，如偏移、旋轉、縮放，並控制在一定的範圍內
- 隨機選擇兩種情況，在扇形展開的情況，固定位置執行旋轉與縮放
- 最後將轉換的撲克牌疊加於圖片背景上
- 計算邊界框(bounding boxes)在隨機變換後的資訊



## Model Training and Inference

使用 **YOLOv3** 神經網路訓練先前合成的影像數據，實現撲克牌數字與花色的物件偵測 (Object Detection)。模型訓練完成後，透過 **TensorRT** 進行壓縮優化，再以 **C++** 建構模型讀取與推理 API，使其能夠以 **DLL** 形式在 **Unity** 中被調用



### 數字花色位置

不受卡牌遮蔽的影響，網路會針對花色及數字區域進行捕捉

### 數字與花色種類

數字表示卡牌大小，並以英文表示花色  
格式為【數字-花色】

火焰識別

# Model Training

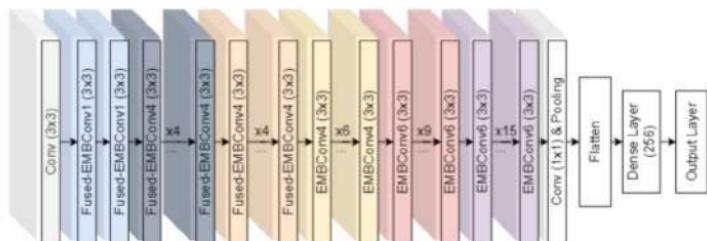
## 01 影像數據集收集

收集火災影像數據集，包括 Kaggle 火焰數據和 ShuffleNet-OnFire 訓練集，涵蓋森林火災和工廠火災情境



## 02 模型訓練

運用 PyTorch 建構 EfficientNetV2，進行火焰影像分類模型訓練並透過 TensorRT 優化推理效能，後以 C++ 構建推理API使其能以DLL形式部署於應用系統中



# Model Inference

在每幀圖像中運用 RGB 顏色模型 選擇目標特徵，生成出**火焰二值化遮罩**，透過**連通區域分析**定位候選區域，並以**Bounding Box**標定範圍。最後，將**標準化區域**輸入深度學習模型**EfficientNetV2** 進行分類，判斷攝影機**是否偵測到火焰**，以提升偵測的準確度與即時性。

## 火焰區域擷取顏色模型

$$M(x, y) = \begin{cases} 1, & f_R(x, y) - f_B(x, y) > 60 \text{ \& } f_R(x, y) > 200 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

The Value of channel R

The Value of channel B

## 圖像火焰識別流程



# 成效評估

公開展示進行系統表演實驗後，根據蒐集54份問卷量化分析

## 描述性統計

### 體驗感受

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我認為魔術演出的整體氛圍很吸引人	0%	7.4%	9.3%	38.9%	44.4%
2. 我欣賞完本魔術表演後，會推薦親朋好友來觀賞	0%	5.6%	27.8%	31.5%	35.2%
3. 魔術表演令人處於情緒高昂狀態	1.9%	5.6%	24.1%	38.9%	29.6%
4. 我能在表演中感到獲得娛樂感與愉悅感	1.9%	1.9%	20.4%	33.3%	42.6%
5. 電腦視覺效果令我彷彿置身幻想世界	1.9%	7.4%	22.2%	37.0%	31.5%
6. 觀賞演出讓我喜歡魔術	0%	3.7%	25.9%	37.0%	33.3%
7. 觀賞演出讓我想更了解魔術或表演藝術	1.9%	1.9%	20.4%	29.6%	46.3%
8. 我認為本魔術表演之互動回饋很好	0%	7.4%	22.2%	42.6%	27.8%
9. 我認為本魔術表演之互動設計很理想	0%	5.6%	20.4%	46.3%	27.8%
10. 魔術表演的內容，對我有勉勵鼓舞作用	3.7%	1.9%	40.7%	29.6%	24.1%
11. 我覺得我比較喜歡看結合多媒體科技的魔術表演	0%	3.7%	25.9%	33.3%	37.0%
12. 魔術演出讓我留下難忘的回憶	0%	1.9%	20.4%	44.4%	33.3%
13. 我認為本魔術表演之舞台設計是摩登的	0%	3.7%	27.8%	33.3%	35.2%

### 系統整合

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我認為本魔術表演之整體程序效能很好	0%	0%	24.1%	42.6%	40.7%
2. 我能理解本魔術表演之全部表演	0%	7.4%	20.4%	33.3%	44.4%
3. 我認為本魔術表演之功能整合得很好	0%	0%	22.2%	33.3%	51.9%

### 科技互動

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我能接受影像辨識應用於魔術表演之中	0%	0%	9.3%	25.9%	64.8%
2. 我能接受數位影像應用於魔術表演之中	0%	0%	7.4%	22.2%	70.4%
3. 我能接受觸碰介面的互動技術應用於魔術表演	0%	1.9%	9.3%	24.1%	64.8%
4. 結合科技的魔術表演有別於傳統的魔術演出	0%	0%	14.8%	22.2%	63.0%
5. 我覺得媒體科技的視聽效果提升了表演的可看性	0%	1.9%	14.8%	18.5%	64.8%
6. 我認為本魔術表演之互動方式是新穎的	0%	0%	9.3%	27.8%	63.0%

### 創新表現

類目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
1. 我認為本魔術表演結合電腦視覺技術是嶄新的	0%	1.9%	14.8%	42.6%	40.7%
2. 我認為本魔術表演之視覺表現是與眾不同的	0%	1.9%	20.4%	33.3%	44.4%
3. 我認為本魔術表演之數位媒體設計是新奇的	0%	0%	14.8%	33.3%	51.9%
4. 我認為本魔術表演之程序設計是獨一無二的	0%	5.6%	27.8%	24.1%	42.6%
5. 我認為本魔術表演之視覺的內容是吸睛的	0%	1.9%	20.4%	35.2%	42.6%

# 構面分析結果

## 體驗感受

- ✓ 滿意視覺效果及氛圍與互動設計，高度肯定沉浸感與科技互動體驗
- ✓ 科技魔術的創新表現獲得觀眾滿意，且有較高的推薦意願
- ✗ 舞台設計與教育價值影響較低，觀眾更關注娛樂性與互動體驗

## 01 ▼ 認可科技魔術娛樂價值

## 科技互動

- ✓ 表演採用的技術獲得高度接受，觀眾普遍認可其應用價值
- ✓ 科技魔術與傳統魔術有明顯區別，並受到觀眾正面評價
- ✓ 多媒體科技的視覺效果顯著提升魔術的可看性

## 02 ▼ 魔術科技應用廣受接受

## 創新表現

- ✓ 電腦視覺應用於魔術表演具創新性，視覺呈現方式也獲得觀眾肯定
- ✓ 數位媒體設計表現突出，整體創新性評價最高且吸引力強
- ✗ 表演程序設計的獨特性評價較低，仍有提升空間

## 03 ▼ 表演風格獨特具吸引力

## 系統整合

- ✓ 表演流程設計流暢，觀眾認為各環節銜接自然
- ✓ 觀眾認為系統功能整合度高，影像辨識、互動投影等技術相輔相成
- ✗ 部分觀眾對表演完整度持保留意見，顯示內容呈現仍有優化空間

## 04 ▼ 整體表演流暢系統運行穩定

# 研究影響力

運用電腦視覺強化魔術表演

▶ 提升表演互動性與娛樂效果

整合跨域科技推動創新應用

▶ 促進整體創新性與觀眾體驗



✓ 電腦視覺成功融入魔術表演

✓ 提升表演互動性與娛樂效果

✓ 強化舞台科技感與娛樂效果

✓ 驗證跨領域技術整合可行性

## ◀ 科技魔術線上展演體驗

### 導入電腦視覺技術於魔術表演之研究

感谢您參與本次科技魔術線上互動體驗！

本研究結合電腦視覺技術與魔術表演，打造全新形式的魔術演出。透過此問卷，我們希望了解您的觀賞體驗與看法，進一步驗證研究內容的互動性、創新性與觀眾接受度。您的回饋幫助我們探索更多創新應用！

因應疫情規定，若未來有實體展演機會，我們將通知邀請您參與，敬請期待！

▣ 填寫時間：約 3-5 分鐘

▣ 本問卷匿名進行，所有數據僅用於研究分析

▣ 請先觀看以下影片，然後回答問！



影片說明  
本影片為文字說明的動畫教學資源，包含「卡牌魔術」、「萬聖節魔術」、「五重巫婆法」與「火燄魔術」。請觀看影片，並根據問題標記符合下列題項。

■ 檢討您的性別是
<input type="radio"/> 男
<input type="radio"/> 女
■ 檢討您的年齡是
<input type="radio"/> 18歲以下
<input type="radio"/> 19-20歲
<input type="radio"/> 21-30歲
<input type="radio"/> 31-40歲
<input type="radio"/> 41-50歲
<input type="radio"/> 51歲以上
■ 檢討您聽過或接觸過多少種魔術表演之表演
<input type="radio"/> 0
<input type="radio"/> 1

# 互動投影系統應用於 高齡者感知體驗裝置設計

開發互動投影系統，設計專屬高齡者的懷舊互動體驗

互動設計

系統開發

使用者研究



# 專案簡介

《樂·春》是一款結合懷舊音樂與手部感應的高齡者互動投影裝置，透過感官互動與文化記憶，期望成為營造陪伴與正向刺激休閒空間的科技媒介

**目標1** 開發一套具擴展性的互動投影系統

**目標2** 結合懷舊與感官刺激設計高齡者互動內容

## 成果 ➔ WorldS4 2021 國際研討會發表

A study on applying interactive art to the active aging of the elderly – Example by the work "Yuechun"

專案時長

Programming

Interaction Design

UX Research

負責項目

開發整體互動系統

系統設計與內容製作

研究規劃與執行

使用工具

C#

C++

Qt

Unity3D

Illustrator

After Effects



## 研究重點

# 將科技導入高齡者生活，打造具正面效益的休閒娛樂體驗



- 高齡者對於**缺乏情感連結或不熟悉的內容**較不感興趣
- 市售相關科技產品多數**著重功能性而少關注體驗層面**
- 高齡者對於未接觸過的科技產品**仍普遍存有排斥心態**



## 問題

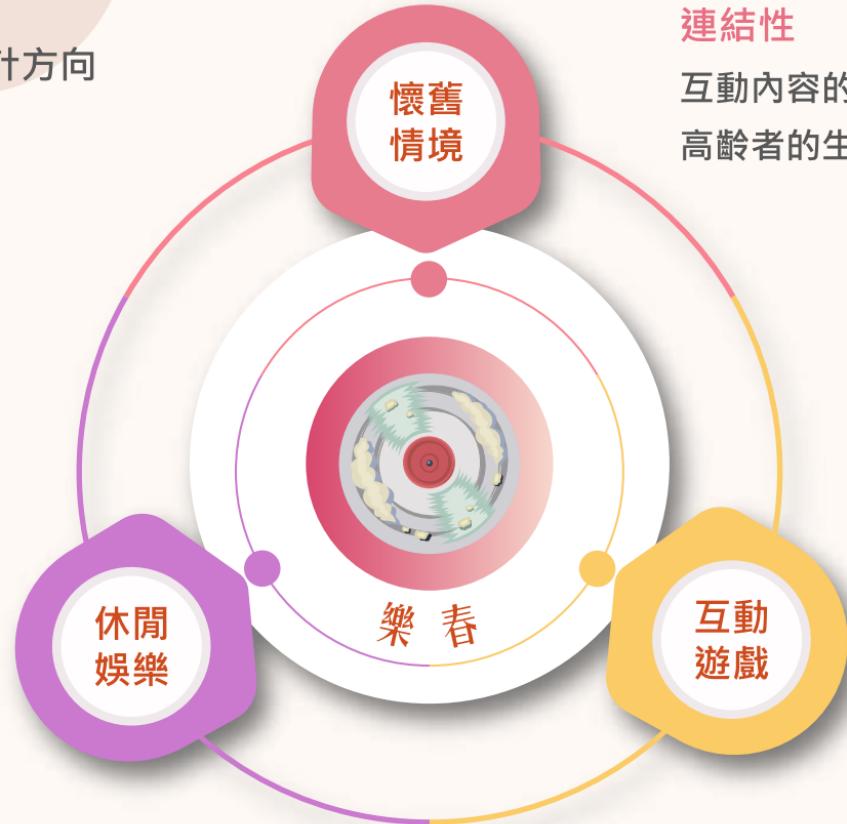
「如何從高齡者的生活背景導入科技服務，為高齡者創造更好的生活體驗？」

# 解決方案

## 《樂·春》互動裝置設計方向

簡單化

互動過程需簡單化，如  
操作容易、流程單一等



連結性

互動內容的設計需與  
高齡者的生活經驗有連結

刺激性

加強內容畫面的感知刺激，  
如視覺、聽覺、觸覺等效果

# Prototype

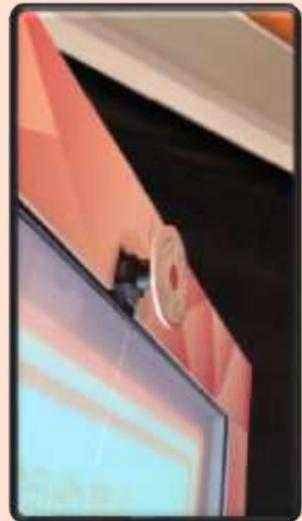
## 《樂・春》互動裝置介紹



背投影白板



短焦投影機與運算設備



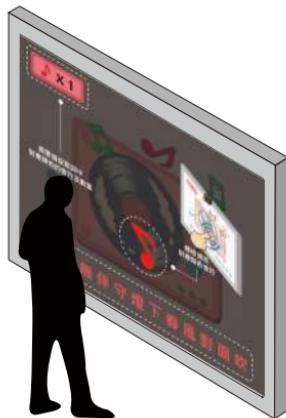
雷射測距儀

# 《樂・春》互動裝置操作分鏡



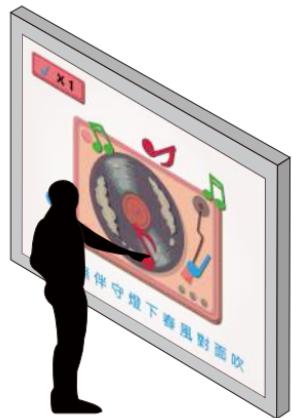
1

觸碰「開始遊戲」  
即可進入體驗內容



2

系統播放台語解說的教學動畫，  
說明遊戲操作方式



3

依字幕顏色與右上數量  
捕捉對應色彩音符  
完成後系統播放歌詞  
使用者可隨之演唱

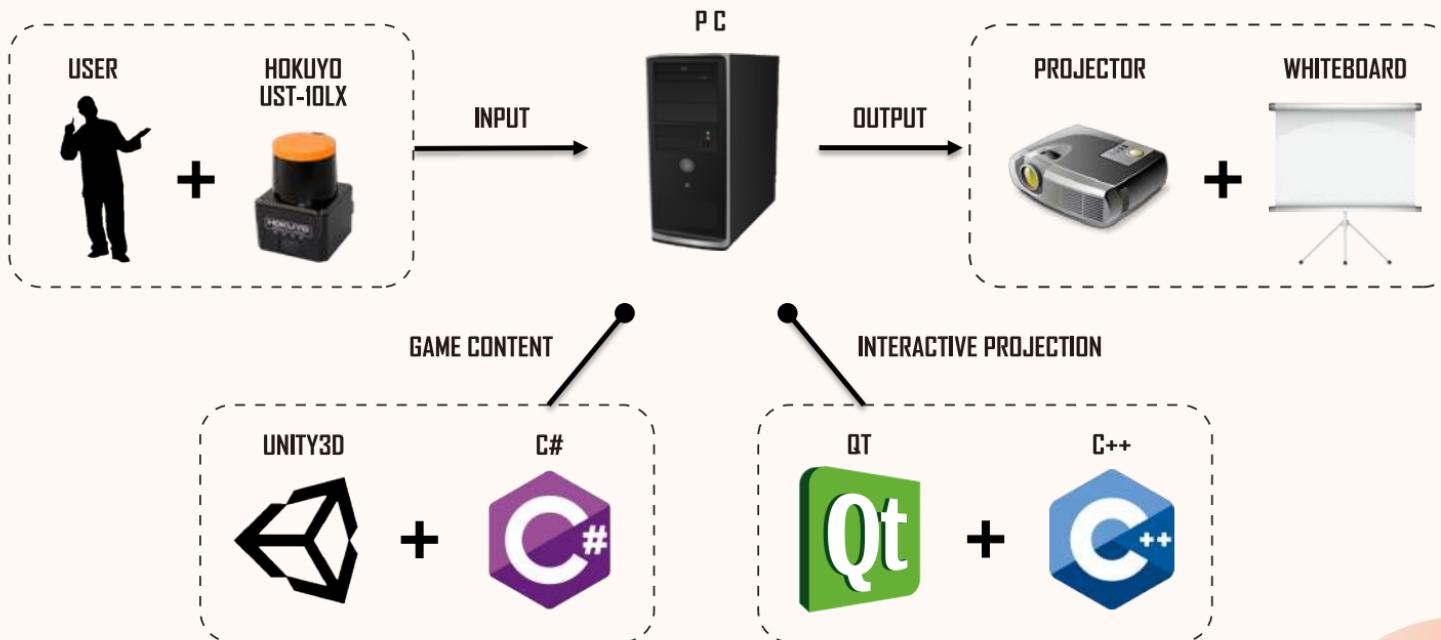


4

依通關時間給予評語  
並播放出整首歌曲  
且可選擇重新體驗

# 《樂・春》資訊架構

互動投影系統於背景執行，遊戲內容接收觸碰點資訊並回饋前端控制



# ● 互動投影系統介面

## 雷達掃描視圖

綠色為主雷達掃描區域  
黃色為副雷達掃描區域  
黑文字標籤為雷達位置  
青色方塊為檢測觸碰點  
紅色線框為感興趣區域



## 雷達連接設定

預設為主雷達，可設定副雷達來擴增檢測範圍

## 檢測參數設定

設定觸碰點檢測閾值  
預設為記憶體座標傳輸  
可選擇僅單點鼠標控制

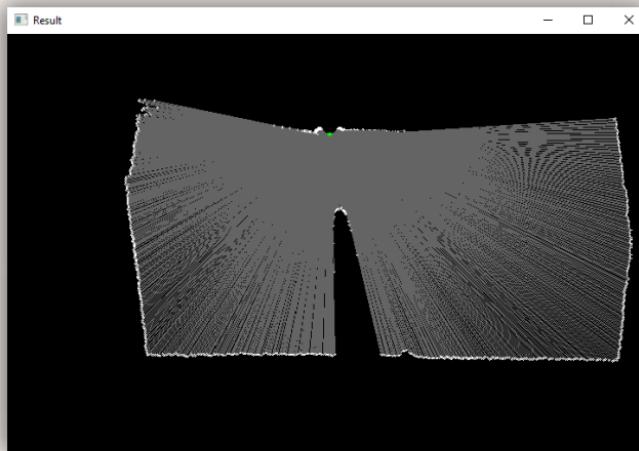
基於 QT 開發的互動投影系統介面，實現與雷達通信與物件檢測功能

# 互動投影系統開發

01

## 資料擷取 (Retrieve Data)

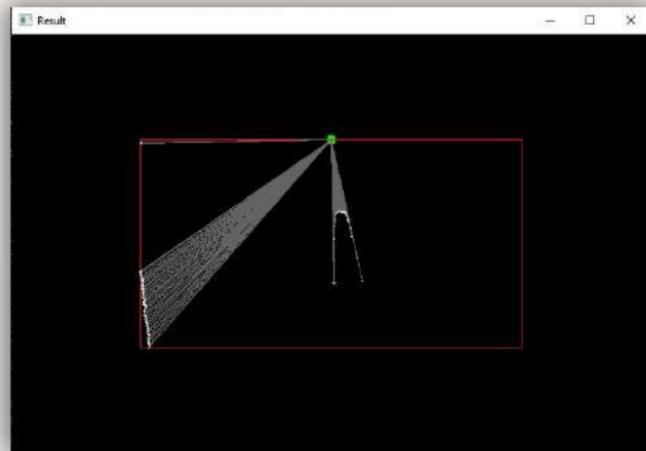
擷取雷達2D掃描數據，並將其極座標 $(\theta, r)$ 轉換為直角坐標 $(x, y)$   
，建立每一幀點雲，綠點為雷達中心，白點為點雲



02

## 預處理 (Filter)

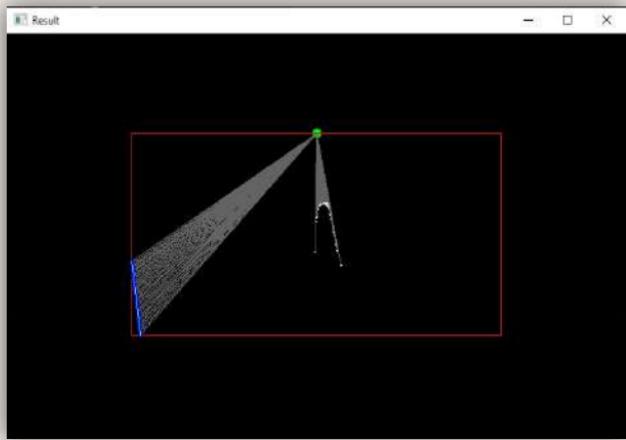
設定與投影畫面區域一致的 ROI，僅保留觸碰範圍內的點雲  
數據，排除觸控範圍外的所有干擾點



02

## 牆面分割 (Segmentation)

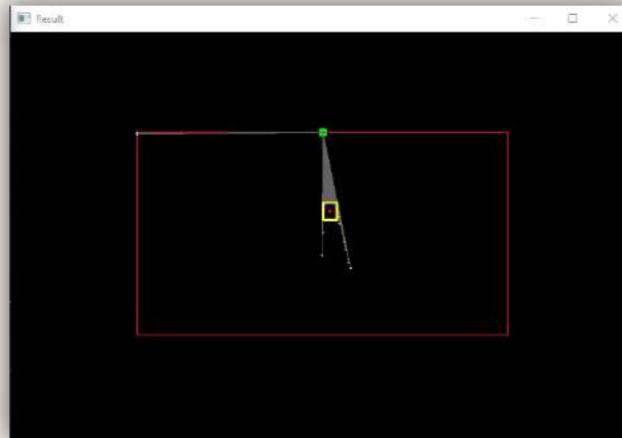
以 RANSAC 擬合直線，識別投影區內角落可能掃描到的牆面區域  
(圖中藍色點雲)，刪除這些干擾點雲並保留潛在觸碰點



01

## 目標聚類 (Clustering)

採用歐式聚類分離點群，搭配 KD-Tree 加速搜尋，並依群體大小過濾雜訊，最終將每個點群以AABB建立邊界框(黃框)，並提取中心(紅點)



02

## 互動觸發與追蹤 (Trigger & Tracking)

比對新舊幀偵測到的邊界框，以距離閾值判斷是否屬於同一觸點  
新觸點則點擊同一觸點則拖曳，並為每個觸點套用卡爾曼濾波器

# 公開發表 & 系統應用

雲林環境事故專業技術小組 × 2021 WS4國際研討會發表 × 教學卓越計畫多媒體成果展



SMART Trends in Systems, Security and Sustainability

London, United Kingdom | 29 - 30 July, 2021

**PAPER PRESENTER**

Wei-Chih Hsu  
National Yunlin University of Science and Technology,  
Taiwan

**PAPER TITLE**

A study on applying interactive art to the active aging of the elderly – Example by the work "Yuechun"

**AUTHORS**

Wei-Chih Hsu, Chao-Ming Wang

GR IEEE IEEE Xplore Springer SPRINGER NATURE GR ACADEMIA IFIP



# 飛舞的珍珠

## AR互動繪本

具現蘭嶼生態，開啟沉浸式環境教育新體驗

互動設計

APP開發

3D動畫



# 專案簡介

以臺灣蘭嶼自然生態為主題，開發結合 AR 實境的數位繪本，透過故事與互動內容，提升兒童的環境保護意識與行動力。

**目標1** 開發適合多文化背景的環境教育內容。

**目標2** 強化學習者的使用動機與參與感。

**成果** ➔ 2020 第十屆國際華文暨教育盃電子書創作大賽【佳作】

擔任角色	負責項目	使用工具	
Programming	設計開發互動系統	Unity3D	Substance Painter
3D Design	3D 模型與動畫設計	Maya	Photoshop
Interaction Design	跨領域協作	ZBrush	

## 現況挑戰

# 傳統環境教育難以提升學習成效與行為改變



挑戰1

## 缺乏吸引性的學習內容

傳統教材以靜態學習為主，缺乏互動元素，學生難以投入，造成環境意識與參與感降低



挑戰2

## 多元文化影響學習成效

不同文化背景的學生對環境教育內容的理解和接受存在差異，學習效果存在落差



挑戰3

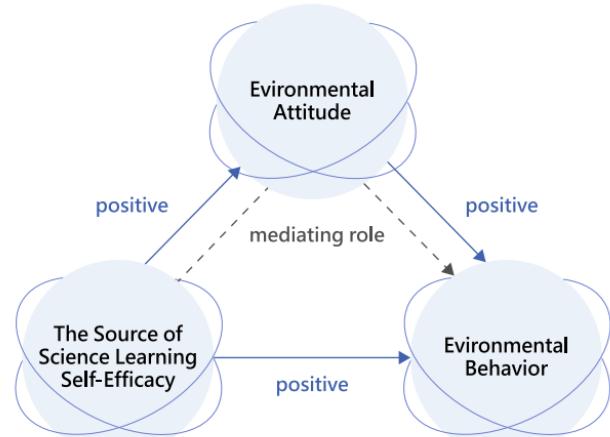
## 行為改變難以持續

傳統環境教育多停留在認知層面，學生缺乏實踐體驗，學習後也不一定會實際採取環保行動。

# 解決對策

提出的假設模型，關聯三種要素，並列舉可行性方式

- 透過AR數位繪本提供沉浸式學習
- 調查相應文化背景學生，提供個性化學習方式
- 藉由實際教學測試，跌待優化內容



# 專案流程



## 以蘭嶼生態環境為主題打造AR數位繪本

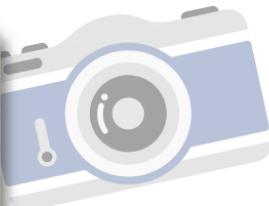


## ■ 虛實整合

模型設計參考蘭嶼的生態及文化  
以虛實交融的方式再現真實情景  
沉浸體驗加深學生認識在地文化  
並喚起對生態保育的重視及行動



# ■ AR沉浸式互動體驗



隱藏辨識圖片



鏡頭掃描辨識後  
以 AR 浮出情境介紹  
可拖曳或點擊與之互動

# ■ 實際教學測試

本地學生

台灣台東一所國立小學的 26 名六年級學生



國際學生

日本京都一所國立小學的 26 名六年級學生

夥伴學校參訪活動



# 參賽獲獎

## 2020第十屆國際華文暨教育盃電子書創作大賽【佳作】

大專組 佳作					
編號	書名	學校	指導老師	隊名	組員
594	JOAN CORNELLÀ : I'M FULL OF SHIT 藝文探跡	臺北市國立臺北教育大學	蔡勝婷	/^~`\\	王錦圓
618	飛舞的珍珠	臺東縣國立臺東大學	陳世暉	INFINITE US	塗宜臻、徐偉智、周宛愛
655	109體育表演會	臺北市國立臺北教育大學	蔡勝婷	109體育表演會	杜鴻傑



# 實習經歷與其他專案



# 笨港文化互動繪本

產學合作 / 2021

以笨港文化教育為主軸，改編自《嘉義鄉土DNA》，結合互動繪本與動畫設計，生動呈現在地故事。作品敘述主角馬迪在奉天宮參拜時與母親走散，遇見文婆婆並聆聽關於笨港與新港歷史的趣味講述，了解地名由來、北港溪氾濫與居民遷徙等文化背景。故事結尾馬迪與母親重逢，為本地文化學習畫下溫暖句點。

使用技術 — Unity3D、Photoshop、Illustrator、After Effect





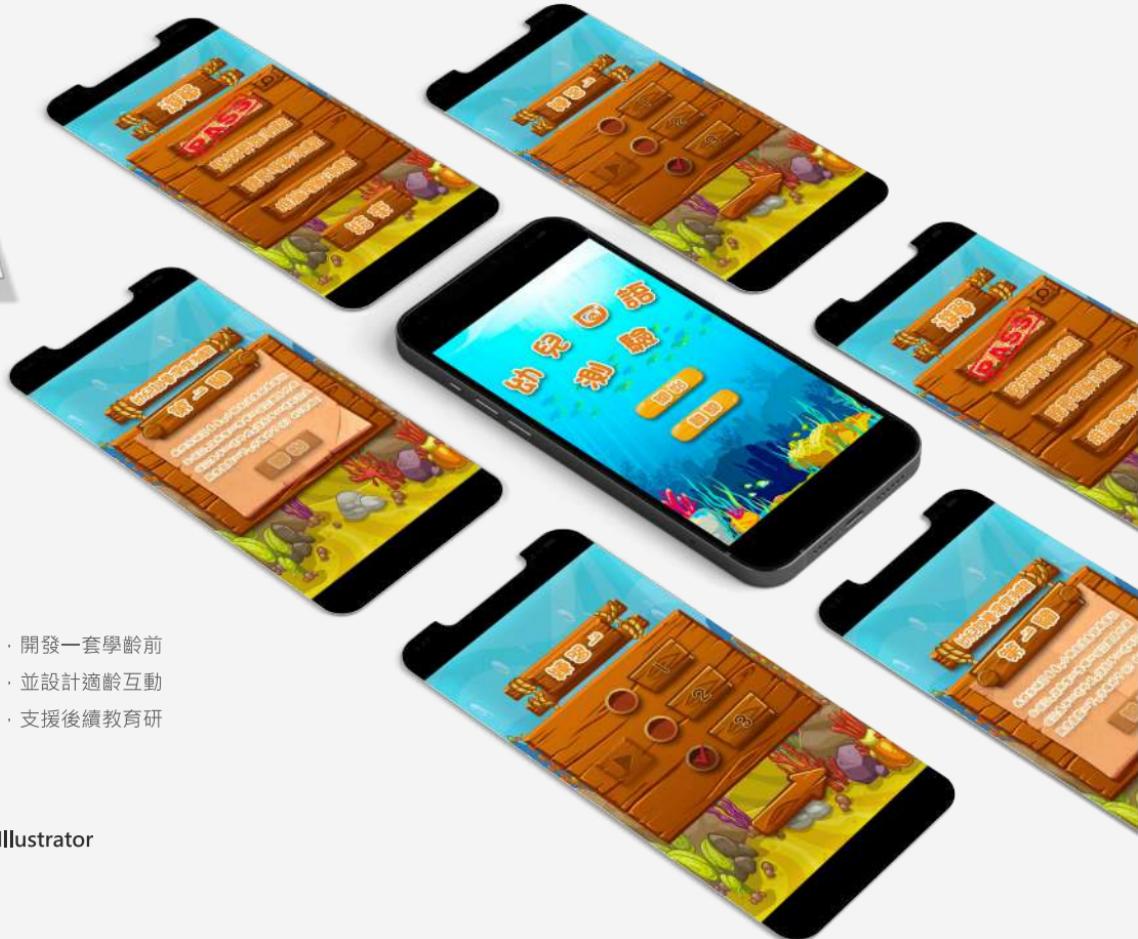
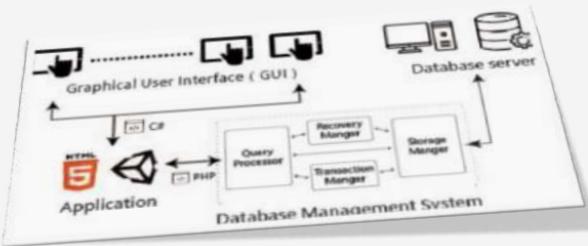
## 創新布袋戲互動體驗

產學合作 / 2021

以木藝堂策劃的「虎尾布袋戲館」為主軸，串連登記所、故事館與糖廠周邊特色，運用光影藝術與互動投影系統，結合創意飲食與聚落介紹，打造融合數位科技的布袋戲展演。觀眾可將紙本塗鴉角色掃描至互動牆，透過手部觸碰操作，觸發不同特效並探索場域文化，展現虎尾「布袋戲之鄉」的數位新風貌。

使用技術 — Unity3D、C#、C++、QT、Python





# 幼兒口語測驗系統

專案執行 / 2020

承接幼兒教育系委託專案，基於「總體性口語語言理解」理論，開發一套學齡前幼兒聽覺理解測驗系統。內容涵蓋詞彙、文本理解與推論測試，並設計適齡互動介面與資料庫系統。系統可根據幼兒答題數據進行彙整與分析，支援後續教育研究之信效度考驗，測量短文聽覺理解能力。

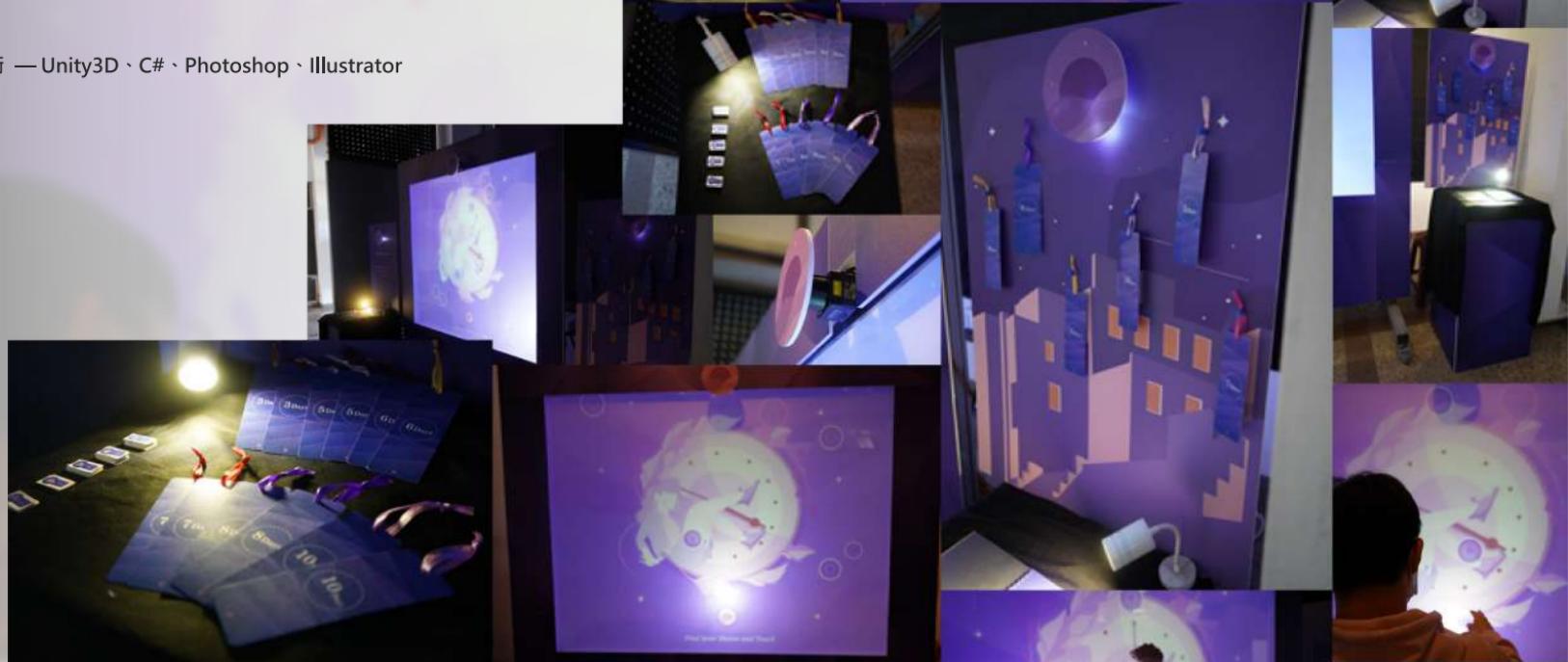
使用技術 — Unity3D、C#、PHP、MySQL、Photoshop、Illustrator

# 《終盤》死亡倒數主題策展

專案執行 / 2022

以「死亡倒數」為題，策劃靜態卡牌物件與互動牆裝置，探索物質與心靈療癒的差異。參與者入場前抽取屬於自己的倒數天數，進入情感區進行「消費」體驗，並透過視覺影像與互動裝置，沉浸於情感反思的空間中，引導對生命意義的深入思考。

使用技術 — Unity3D、C#、Photoshop、Illustrator



# 「粼光 · 無邊際」沉浸科技媒體展

專案執行 / 2023

本作品以「粼光 無邊際」為概念，將互動科技導入飲食情境，以互動餐桌為設計主軸，結合電腦視覺技術與光雕投影，打造虛實交融的沉浸式體驗。體驗者可自由移動餐盤，透過電腦視覺即時追蹤位置，觸發光影變化，展開從草原到宇宙的場景轉換。餐盤與影像如影隨形，展現時間流轉與空間延伸的詩意互動，帶來科技藝術融入日常的新體驗。

使用技術 —Unity3D、C#、C++、OpenCV

## 《ePlate 如影隨形》with 光滿樓

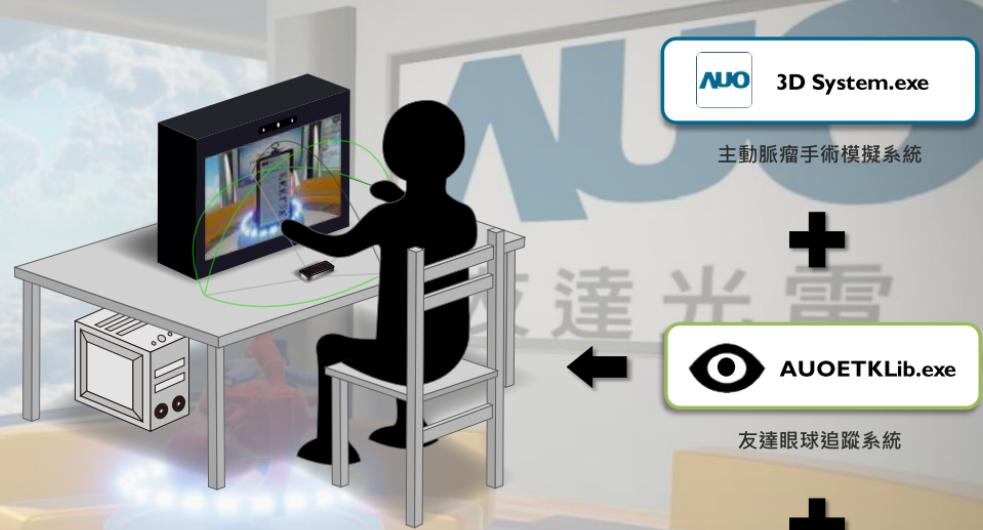


# 胸主動脈瘤手術模擬系統

友達光電 / 2021

於友達光電擔任互動設計實習生，加入視覺技術開發部，參與裸眼 3D 顯示器於醫療訓練領域的應用開發。專案以胸主動脈瘤手術為模擬情境，設計具未來風格的器官模型與手術工具，並運用 Unity 開發互動功能，實現器官切割、縫合等動作的物理效果與視覺特效。同時將系統串接裸眼 3D API 及 Leap Motion，實現人機介面來強化使用體驗。期間亦參與系統測試與性能優化，提升整體穩定性。

使用技術 — Unity3D、C#、Maya、Substance Painter、Photoshop



友達 15.6 吋 4K 裸眼 3D 顯示面板

# 機器人學習系統於國小歷史教學應用

研討會發表 / 2021

歷史是國小學生理解事件與培養思考的重要環節，然而抽象的歷史概念常使學生難以掌握，並認為學習枯燥乏味。為提升學習動機與成效，本研究採行動研究法，結合課程內容，融入機器人、歷史知識與遊戲式學習三要素，開發遊戲式機器人學習系統，並以26位五年級學生為對象進行教學實驗。研究探討該系統對學生學習動機與心流體驗的影響，結果顯示能有效提升兩者，且彼此間具有正向關聯。

使用技術 — Unity3D、C#、Photoshop



Thanks for your reading !