

國立臺北教育大學理學院數位科技設計學系玩具與遊戲設計碩士班

碩士論文

Department of Digital Technology Design – Master Program in Toy and Game Design

College of Science

National Taipei University of Education

Master's Thesis

虛擬實境結合氣動式體驗研究-以寵物貓為例

Study of Virtual Reality with Pneumatic Experience : A Case of Pet Cats

李敏弘

Min-Hung Lee

指導教授：范丙林博士；俞齊山博士

Advisor : Ping-Lin Fan, Ph. D., Chi-Shan Yu, Ph. D.

中華民國 108 年 6 月

June 2019

國立臺北教育大學碩士學位論文

口試委員會審定書

虛擬實境結合氣動式體驗研究-以寵物貓為例

Study of Virtual Reality with Pneumatic Experience : A
Case of Pet Cats

本論文係 李敏弘 君 (110634027) 在國立臺北教育大學理學院
數位科技設計學系玩具與遊戲設計碩士班完成之碩士學位論文，承
下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

口試委員：

江昭龍

陳圳卿

(口試委員會召集人)

范西村

(口試委員)

翁玄山

(指導教授)

(指導教授)

論文口試日期：中華民國 108 年 6 月 26 日

謝誌

首先感謝兩位指導教授范老師與俞老師抽出時間教導我論文上的建議，讓我一步一步的完成這篇論文，在碩班期間給予了非常多的幫助，也感謝兩位老師給予了我相當多的資源使我可以嘗試各項不同的研究。感謝兩位口試委員陳圳卿教授與江昭皚教授，給予了相當多的建議與未來改進方向，感謝系辦助教提醒該繳交的資料使我可以順利提出口試申請。

感謝登騰老師提供我材料與設備以及一個合適的空間還有實例相關的建議讓我參考，使我可以製作研究相關的裝置，也感謝文彥抽出時間提供程式上的優化建議以及整體的技術支援，讓我能順利開發，感謝柯基與廷庸幫我解決了很多論文格式以及統計數據上的問題，感謝一起準備口試相關的寶哥讓口試當天可以順利進行，很感謝皓光幫助我英文摘要，另外感謝瑜婷和二樓與三樓實驗室的學弟妹以及我校外的一群快樂好朋友們可以抽時間幫忙我做研究方面相關的施測並給予各方面的建議。

最後感謝家人以及每天跟我搶椅子的貓一路上的支持與陪伴，讓我能專心的完成學業。畢業是學生生涯的結束，也是另一間段的開始，為了自身的目標我會更加努力成就自己的理想邁進。

摘要

近年來虛擬實境開發門檻逐漸降低，相關研究人員探討該如何更有效的改良虛擬世界的體驗，在遊戲互動多透過控制器進行操作配合基本的震動回饋，但在某些情境當中該回饋方式不恰當，因此本研究觀察寵物貓設計一款可模擬動物呼吸回饋裝置，制定特殊情境並透過虛擬實境體驗，觀察使用者感受，評估情境與裝置設計之可行性。回饋可被視為使用者觸發事件後獲得訊息得知當下狀況的方法之一，除了傳遞訊息之外，藉由情境模擬設計回饋方式給予使用者感受，觀察是否提升沉浸度，針對環境實際以充氣馬達製作可感受起伏裝置並採用結構式訪談、問卷調查法與使用者觀察法對 22 位受測者進行測試，透過問卷數據分析推斷出該回饋方式是否給予使用者良好體驗，同時提出相關問題回答與觀察使用者操作增加整體測驗之準確性。本研究設計情境利用虛擬實境體驗配合充氣馬達控制起伏模擬寵物呼吸，設定一套流程，藉此評估可行性。

關鍵字: 虛擬實境、情境模擬、觸覺回饋

Abstract

In recent years, the threshold for virtual reality development has gradually decreased, and relevant researchers have explored how to improve the experience of the virtual world more effectively. For game interaction, the controller interacts with the basic vibration feedback. However, this kind of feedback is not appropriate in some situations. Therefore, we designed a simulated animal respiratory feedback device base on observation of pet cat, set up a special environment and the subject experienced with virtual reality, investigate the user experience, and evaluate the feasibility of the environment and device design. Feedback is regarded as one of the methods for the user to obtain the message and learn the current situation after triggering the event. In addition to transmitting the message, We investigated the situation simulation feedback method whether improve immersion by experience of the user. For the environment, the undulating device was made by the pneumatic motor, and 22 subjects were tested by structured interview, questionnaire and user observation. The result of the questionnaire was used to infer whether the feedback method gave the user a good experience. At the same time, the relevant opinion of subjects and the observation of user operation were increase the accuracy of the overall experiment. In the study, we designed a virtual reality experience device with a pneumatic motor to control the undulations to simulate pet breathing and formulated a process to assess feasibility of device.

Keywords: virtual reality, situational simulation, tactile feedback

目錄

摘要	i
Abstract.....	ii
目錄	iii
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	1
第三節 研究限制.....	2
第四節 研究架構.....	3
第二章 文獻探討	5
第一節 虛擬實境.....	5
一、 虛擬實境之定義.....	5
二、 虛擬實境之類型.....	8
三、 虛擬實境之應用.....	9
第二節 情境與沉浸理論.....	11
一、 沉浸理論.....	11
二、 情境模擬之特性.....	12
三、 情境模擬之類型.....	13
第三節 回饋之定義.....	17
一、 回饋之定義.....	17
二、 觸覺與回饋之特性.....	18
三、 觸覺回饋之類型.....	19
第四節 小結.....	22

第三章	系統設計與研究方法	23
第一節	研究階段	23
第二節	研究方法.....	24
第三節	系統設計.....	25
一、	虛擬實境.....	25
二、	系統架構.....	28
三、	設計理念.....	29
四、	實驗內容設計.....	32
第四節	實驗設計.....	36
一、	實驗對象.....	36
二、	實驗裝置.....	36
三、	實驗步驟流程.....	37
第四章	實驗結果與討論	38
第一節	受測者基本資料.....	38
一、	基本資料統計.....	38
二、	虛擬實境使用經驗統計.....	41
第二節	問卷數據統計.....	45
一、	評分與統計分析工具.....	45
二、	各項數據統計與討論.....	46
三、	各項評分與受測者資料分析.....	47
第三節	訪談與使用者觀察.....	52
一、	訪談分析.....	52
二、	訪談結果.....	55
三、	實驗觀察分析.....	56
第五章	結論與建議	57
第一節	研究結論.....	57
一、	實驗成果.....	57
二、	設計建議.....	58
第二節	未來建議.....	58

參考文獻	60
附錄	63
一、虛擬實境與操作經驗調查.....	64
二、沉浸體驗問卷.....	65
三、裝置操作體驗問卷.....	66
四、使用者滿意度問卷.....	67



表目錄

表 2-1 不同類別的沉浸系統各性能比較	8
表 4-1 基本統計表(總受測人數 $n = 22$)	39
表 4-2 虛擬實境相關統計(總受測人數 $n = 22$)	42
表 4-3 各項題目分數統計	46
表 4-3 生理性別關聯性	47
表 4-4 使用次數關聯性	48
表 4-5 是否養貓之關聯性	49
表 4-6 生理性別男性與女性有養貓之關聯性	50
表 4-7 生理性別男性與女性沒有養貓之關聯性	51
表 4-8 依兩種組合進行分析	53
表 4-9 依有無建議進行分析	54

圖目錄

圖 1-1 研究流程	4
圖 2-1 虛擬實境金三角概念的「3I」特性	6
圖 2-2 金三角的 3I 特性性配合敘述	7
圖 2-3 Balenciaga 的時尚轉播	9
圖 2-4 觀察手術過程	10
圖 2-5 Google 在中東科學課堂使用 cardboard 進行教學	10
圖 2-6 Counter Fight 的遊戲畫面	13
圖 2-7 The BodyVR Journey Inside a Cell 的遊戲畫面	14
圖 2-8 Navy Pilot Simulator 的遊戲畫面	15
圖 2-9 Konrad the Kitten 的遊戲畫面	16
圖 2-10 迴路回饋	17
圖 2-11 回饋對受者影響的過程圖	18
圖 2-12 手術訓練模擬器	19
圖 2-13 醫療用電療貼片	20
圖 2-14 氣動式回饋夾克	21
圖 3-1 研究階段圖	23
圖 3-2 包覆假毛皮的物件	26
圖 3-3 氣動回饋裝置	27

圖 3-4 系統架構示意圖	28
圖 3-5 參考遊戲與自製場景	29
圖 3-6 回饋裝置主機	30
圖 3-7 實測場景示意圖	31
圖 3-8 寵物貓動作	32
圖 3-9 定位器定位手部觸碰寵物貓	33
圖 3-10 實際實測畫面	34
圖 3-11 房間場景	35
圖 3-12 虛擬實境裝置 HTC VIVE.....	36
圖 3-13 VIVE Tracker 定位器	37
圖 3-14 實驗步驟流程圖	37
圖 4-1 生理性別圓餅圖	39
圖 4-2 年齡圓餅圖	40
圖 4-3 職業圓餅圖	40
圖 4-4 教育程度圓餅圖	40
圖 4-5 有無養貓圓餅圖	41
圖 4-6 題目 1 圓餅圖	43
圖 4-7 題目 2 圓餅圖	43
圖 4-8 題目 3 圓餅圖	43

圖 4-9 題目 4 圓餅圖	44
圖 4-10 題目 5 圓餅圖	44
圖 4-11 Tracker 固定位置	56



第一章 緒論

本研究將利用虛擬實境進行情境模擬並結合觸覺回饋裝置，探討該裝置回饋方式是否能接近現實，透過互動給予使用者更佳的體驗，本章分三節，說明研究動機、研究目的、研究限制與研究整體架構。

第一節 研究背景與動機

在過去虛擬實境發展因設備以及技術限制，所運用領域並非廣泛，但隨著科技技術的進步，漸漸的釋出軟體開發套件給予相關領域人員研究或是學生學習，開發門檻逐漸降低，也開始延伸應用於其他領域，而為了讓使用者能在虛擬世界中與物件互動得知事件，利用觸覺回饋的方式傳遞訊息為方法之一，常見運用於平板、個人行動裝置、控制器手把、虛擬實境等之中已不少見，以 PlayStation 電視遊樂器為例，像是為讓玩家更能感受到遊戲中的互動，遊戲手把藉由馬達震動產生回饋，個人行動裝置利用震動作為提醒，該方法雖常見但在某些情境下震動回饋較不適合運用，例如：動物的呼吸，因此本研究專注於利用情境模擬配合觸覺回饋裝置，利用充氣馬達作為回饋方式，設計關卡用於虛擬實境體驗，探討該回饋機制對使用者所產生的影響。

第二節 研究目的

收集過去相關研究文獻資料，分析虛擬實境與觸覺回饋可參考資訊，確立期望研究之目標，並自製整體虛擬環境體驗與觸覺回饋裝置作為實驗工具，並於實驗後進行訪問、易用性與滿意度調查，探討不同方法的回饋方式與情境配合對使用者是否可得到良好的體驗，因此擬定以下幾點研究目的：

1. 實驗利用充氣馬達作為回饋方法配合虛擬實境的應用性。
2. 探討該虛擬實境情境模擬配合該觸覺回饋方法可否相近於現實。
3. 進行實驗後對於使用者之體驗進行相關訪談並了解易用性、沉浸度與整體滿意度。

藉由上述目的，制定以下研究問題：

1. 以充氣馬達作為氣動式回饋方法配合虛擬實境是否適用？
2. 虛擬情境的配合下該回饋的設計與現實的落差幅度？
3. 使用者的滿意度？
4. 使用者的沉浸度？
5. 使用者的接受程度？

受測者在實驗中觀察並紀錄使用者操作情況，在實驗後進行訪談得知使用者體驗感想，最後填寫問卷獲得數據進行分析研究主題之應用性，評估該回饋方法易用性、沉浸度與整體滿意度。

第三節 研究限制

虛擬實境相關配件多元，有些規格限制，製作觸覺回饋裝置所需零件必須嘗試，又因硬體等級、技術、主要的價格等因素，本研究加以敘述。

一、實驗對象

研究對象主要需要意見作為參考裝置上的缺陷供未來改善，因此選擇介於 18 至 30 歲以上大專院校生或社會人士，同時必須排除在使用虛擬實境時會產生暈眩造成不適的使用者。

二、觸覺回饋方法

為符合情境內容所使用觸覺回饋方法，設計氣動式作為主要裝置回饋進行充氣以達到物件起伏賦予感受。

三、實驗裝置與場地限制

本研究所使用的虛擬實境裝置為 HTC Vive，透過可順利運行該裝置之電腦主機，並根據 VIVE 所規定空間範圍設定符合研究空間，空間至少為 2 公尺長、1.5 公尺寬、2 公尺高之範圍。

第四節 研究架構

本研究之流程，參考過去相關研究人員資料以及市面上回饋裝置不足之處確立研究目的，設計整體實驗系統並藉由文獻的蒐集與閱讀，利用虛擬實境體驗情境配合回饋裝置操作得知最後結論。盡可能減少外部因素，裝置沉浸度影響使用者的適應度，因此在正式實驗前，會先進行實驗前測，確保實驗數據準確，如有問題調整至符合受測者適當狀態，接著開始正式測驗，觀察並記錄使用者操作狀況，操作後訪問感想以及回答問題，最後填寫問卷資料進行分析，藉此建立研究流程(圖 1-1)。



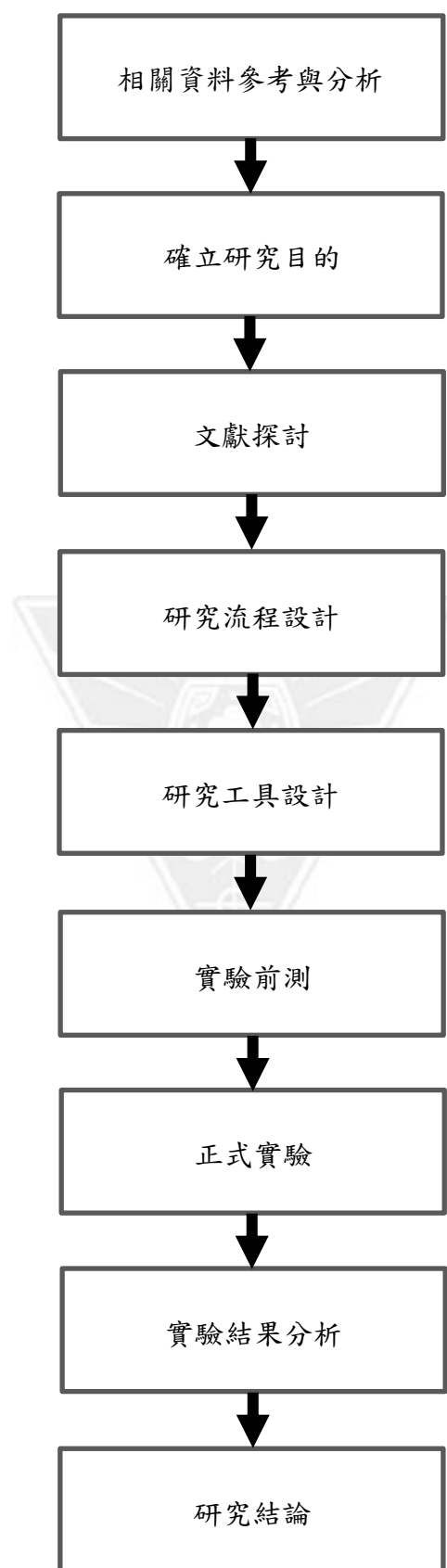


圖 1-1 研究流程

第二章 文獻探討

本章節將針對本研究所需的資料進行探索並加以整理後進行討論，總分為四節，第一節為虛擬實境相關研究、解釋定義、發展、裝置類型的應用以及分析不同類型裝置的優缺點、差異性；第二節情境與沉浸理論更深入的解釋沉浸性以及分析情境模擬特性、使用規範，並列舉出配合虛擬實境之情境模擬相關作品；第三節觸覺與回饋之定義將回饋和觸覺分析解釋重要性，並舉出有利用到觸覺回饋之裝置類型進行說明；第四節將統合前三節所探索的資料分析與探討結果，並作為本研究相關參考。

第一節 虛擬實境

本節主要探討虛擬實境的原理並整理定義的敘述以及發展之類型，最後舉出有運用虛擬實境相關領域之作品影響與關聯。

一、 虛擬實境之定義

集結圖像、影像、聲音以及文字特過電腦硬體設備進行計算後並傳遞訊息進而產生一個擁有三維空間的虛擬世界，讓使用者戴上特殊的裝置，進入模擬的世界，毫無限制並即時的觀察到空間裡的物件，彷彿身歷其境，產生強烈的參與感。對於虛擬實境，Burdea(2003)在「Virtual Reality Technology 2 Edition」書中提到，虛擬實境是高級的用戶介面，涉及透過人類的多種感官進行互動，而現代隨著科技的進步，相關的研究人員對於該技術更有了完整的定義，范盛晃(2015)認為這是一個電腦傳遞訊息的新成就，如穿上特殊的服裝、套上特別的手套、戴上特製的眼鏡等，在各種感測器、定位器的支持下，生成一個三維的空間並可以讓使用者看到、聽到、觸碰到甚至嗅到等感知的環境，藉由這些方式與電腦所生成虛擬世界進行互動，由上述可推斷虛擬實境可視為生成一個虛擬世界並進行體驗的一種技術之一。

過去學者為虛擬實境歸納出三點，Burdea (1994)定義為沉浸性(Immersion)、活動(互動)性(Interaction)、想像性(Imagination)三種，簡稱為「3I」(圖 2-1)。

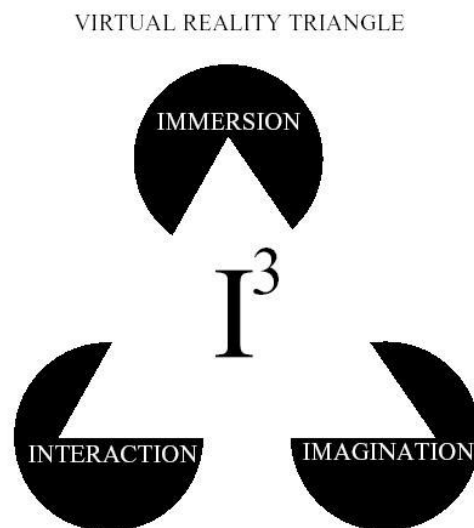


圖 2-1 虛擬實境金三角概念的「3I」特性

資料來源: *Virtual Reality Technology*. Burdea(1993)

而有其他學者更詳細的將定義進行說明，根據 Autumn(2011)所敘述三個特性並與 Burdea(1993)圖示進行整理出每個特性必備的元素(圖 2-2)。

沉浸性(Immersion):

1. 賦予存在感，認為自己存在於該世界中。
2. 因場景的變化能感受到刺激感、恐懼感或是一個場域的質感，例如：一望無際的沙漠、綠樹成蔭的森林。

互動性(Interaction):

1. 不單純只有觀看，藉由光影、聲音、場景變化或是其他硬體設備刺激感官。
2. 可於場景或是物件上設定事件，讓使用者可使用現實世界方式進行互動。

想像性(Imagination):

1. 透過虛擬世界中給予使用者的想法，感受到不存在事物，賦予期盼以及幻想。

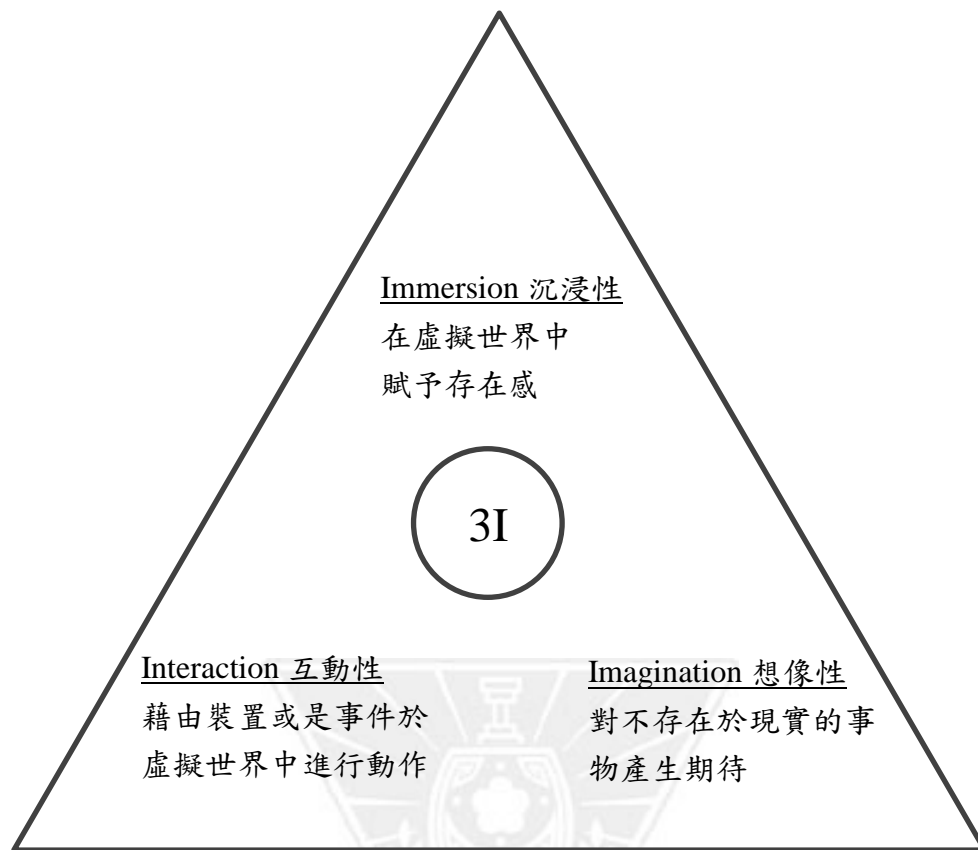


圖 2-2 金三角的 3I 特性配合敘述。

根據現代的技術黃偉詮(2018)認為虛擬實境是介於虛擬、真實以及使用者三這之間的媒體，藉由電腦的計算，讓使用者於三維空間裡，感受到視覺、聽覺、觸覺的模擬，藉此配合文獻探討本研究希望透過虛擬實境的體驗，配合裝置模擬虛擬世界物件進行操作增加互動性，提升真實感受。

二、 虛擬實境之類型

在過去對於虛擬實境的研究有著不同的分類，依據 Costello(1997)認為很難對所有的系統進行分類，但可依大多數的類型分為三類：

1.非沉浸式系統(Non-Immersive Systems):可透過滑鼠、鍵盤、軌跡球等控制器進行互動，故又稱桌上式系統，優點在於不需要高階的視覺處理器，但需要高解析度的螢幕呈現虛擬環境，為成本最低的虛擬實境系統，但也因為成本低而有難以突破的限制所在，沉浸度上劣於其他兩種系統。

2.半沉浸式投射系統(Semi-Immersive Projection Systems):多於飛行模擬的借鉴下所開發的技術，使用大型螢幕、大型投影系統或多數電視機所形成的電視牆，包含利用較高性能的視覺處理器進行運算使視覺範圍廣大，因此優於非沉浸式系統，但需要進行校正，防止畫面扭曲變形或是解析度上的辨識，影響到投影的質量，可讓更多的使用者同時觀看，適合用於教育推廣。

3.完全沉浸式頭戴型顯示系統(Fully Immersive Head-Mounted Display Systems):於雙眼前方配置解析度較高的小型顯示器，並針對雙眼分別顯示相對應的畫面其呈現出環境的立體感，因此為最直接的虛擬體驗系統，同時也優於其他兩種系統，但是在硬體的配備上需要大量的成本，以減少系統對視覺上所產生的延遲，同時也需要減輕頭戴型裝置上的重量，可給予使用者更好的體驗。

將系統的解析度、成本和沉浸度簡化比較如表 2-1:

表 2-1 不同類別的沉浸系統各性能比較

類別 \ 特性	解析度	成本	沉浸度
非沉浸式	高	低-中	最低
半沉浸式	高	中-高	中等
完全沉浸式	高	高	最高

三、 虛擬實境之應用

虛擬實境運用於各領域的軟體也越來越廣泛，像是 Unity 可於自家的 Asset Store 下載虛擬實境相關的 SDK 進行開發、Unreal 可前往遊戲平台「Steam」下載「SteamVR」並設置好環境後進行相關的製作，而亞馬遜(Amazon)於自家的雲端服務(AWS)開發了「Amazon Sumerian」，可於瀏覽器上開發，甚至可以不用建造 3D 模型的知識或程式邏輯，根據高盛集團(The Goldman Sachs,Inc. 2016)的報告表示，除電子遊戲，如需直播的相關活動、影音娛樂、房地產、醫療、工程、教育、軍事訓練等等，虛擬實境已被廣泛的利用著。

在時尚方面，巴黎世家(Balenciaga)(圖 2-3)於 2016 年的秋冬時尚秀開放的虛擬實境轉播，讓場外觀眾獲得體驗。



(a)Balenciaga 360 的直播應用的截圖



(b)圖 2-3 Balenciaga 的時尚轉播

(圖片來源：VRscout 網站 2016 年 3 月所刊登的” Balenciaga will live stream fall runway show inVR。”

取自 <https://vrscout.com/news/balenciaga-live-stream-fall-runway-show-vr/>)

醫療領域方面，為了加強醫學系學生的培訓，在 2015 年 Medical Realities 利用虛擬實境轉播一場手術的直播，由英國皇家倫敦醫院(The Royal London Hospital)的大腸直腸外科醫生 Shafi Ahmed 執刀進行(圖 2-4)，並允許任何人利用 Google Cardboard 或是智慧型手機進行觀看手術的過程。



圖 2-4 手術過程

(圖片來源:取自

<https://www.wired.co.uk/article/wired-health-virtual-reality-surgery-shafi-ahmed>)

而在教育應用上也可以看到虛擬實境的蹤跡，Google 在 2015 年使用「探險先鋒計畫」(Expeditions Pioneer Programme)(圖 2-5)提供教學人員不同的教材使用，讓學生體驗南美洲、雅典衛城、婆羅洲雨林等。



圖 2-5 Google 在中東科學課堂使用 cardboard 進行教學

(圖片來源:取自

<http://thenexttechthing.blogspot.com/2016/03/google-expeditions-pioneer-program.html>

)

第二節 情境與沉浸理論

一、 沉浸理論

沉浸性是情境或遊戲環境中主要類別之一，對於沉浸相關的研究中，學者將專注體驗遊戲的狀態進行定義，Csikszentmihalyi(2004)於 TED 演講中提到對於心流的概念，玩家在他們的活動中，找到了樂趣與持續性的滿足，這些活動會帶他們進入一種「心流(Flow)」狀態，當注意力完全被目前的挑戰吸引時，個人就會到達有序的意識狀態，思想、感情、願望和行動都是一致的，個人的主觀經驗既有區別又有一致性，對於該狀態列舉幾點要素 Nakamura(2009):

1. 集中精神專注於當前正在做的事情
2. 行動與意識是一體的
3. 失去自我反思的思緒
4. 對於接下來發生的一切，知道如何回應
5. 時間感的扭曲
6. 進行該階段、活動的經驗具有本身的目標

使玩家進入狀態，設計適當的遊戲流程為方法之一，根據 Kalle(2009)認為使用者經驗是最重要的問題，遊戲的很大程度上取決於良好的用戶體驗，賦予相關意義，使玩家玩得有趣其更投入於遊戲之中，對於遊戲適應所產生的心理上的狀態根據 Sweetser(2005)對於用戶體驗的評估，確定流程是如何在遊戲中體現，歸納出八個核心元素：

1. 專注(Concentration): 遊戲應讓玩家更集中於遊戲當中。
2. 挑戰(Challenge): 遊戲應具有一定的挑戰性並符合玩家能力。
3. 使用者技術(Player Skills): 遊戲應使玩家成長、發展以及專精其技能。
4. 操作(Control): 玩家在遊戲中所觸發的行為其有一種控制感。
5. 明確的目標(Clear Goals): 應在適當時候賦予玩家明確的目標去進行遊戲。
6. 回饋(Feedback): 玩家在適當的時候、時機接收到屬於該時候的回饋。
7. 沉浸(Immersion): 玩家的遊戲體驗能在毫不費力的狀況下參與。
8. 社群互動(Social Interaction): 應促進玩家進行競爭、活動等互動的機會。

二、 情境模擬之特性

虛擬實境適用於環境模擬進行教學相關的方式之一，Louka(2001)認為使用模擬的方式可有效的提高安全性、增加效率以及降低總成本，同時認為擁有觸覺感受回饋是虛擬實境中的重要因素。更深入探討情境模擬，使用者對於環境細節的還原度是否能夠辨識，當中整體環境還原誤差程度以及精準度是否影響使用者感受，與物件互動事件的觸發時機是否同步，最後使用者可否辨識情境目的，將上述根據 Liu(2008)等研究者將情境模擬的真實度對使用者的影響整理出七個概念：

1. 細節(detail): 模擬該情境的還原度。
2. 辨識度(resolution): 使用者對於環境的分辨。
3. 誤差(error): 物件大小、重量、形狀的模擬是否相似。
4. 精準度(precision): 該情境與現實環境的相仿程度。
5. 感受性(sensitivity): 該情境對於使用者的感官刺激。
6. 時機(timing): 該情境對於使用者的感官刺激。
7. 辨識能力(capacity): 使用者對於情境的目標理解能力。

為了讓使用者更深入體驗，情境擬真度的設計是影響整體環境的因素之一，根據 Rosenman(2018)等研究學者對於情境模擬認為適應性是必須的行為過程，使用者對於環境中的感知，在一定的時間範圍內理解該情境的意義以及對未來狀況的預測，依照現有的定義配合過去的文獻整理出使用者具備的三種能力（Voogd, 1999; Rosenman, 2018）：

1. 適應力: 收集情報並了解當下狀況確定需求嘗試達成目標。
2. 理解力: 整合訊息並分析可執行的方法做出相對應的反應。
3. 判斷力: 分析後推測結果並進一步改善或做為未來的防範。

本研究根據情境模擬相關文獻的整理，因此利用虛擬實境讓使用者體驗氣動式之觸覺回饋，為了增加使用者的體驗，因此模擬一個情境增加沉浸度並利用該環境進行分析。

三、 情境模擬之類型

於虛擬實境中因為情境的模擬衍生出許多不同類型的作品，Rojas(2003)認為情境模擬通常利用虛擬實境進行且可針對所需體驗的場景讓開發人員去創建環境與現實中多方面的性質相呼應，例如日本獨立團隊 Tricol 對應 HTC Vive 所製作的 Counter Fight(圖 2-6)，模擬一位拉麵店老闆，煮拉麵、送上餐點、結帳等去經營自己的店面。



(a) Counter Fight 的遊戲畫面

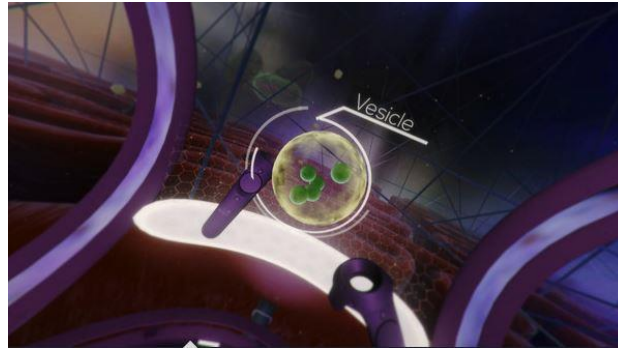


(b) Counter Fight 的遊戲畫面

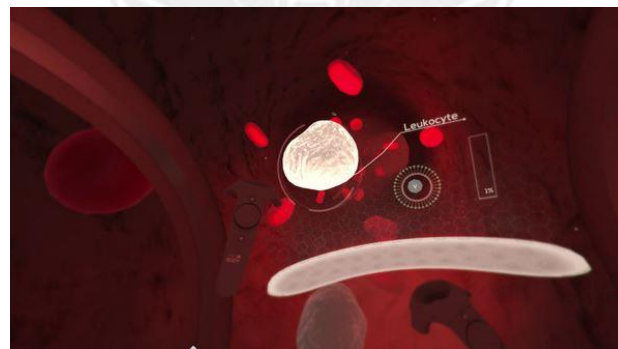
圖 2-6 遊戲畫面

(圖片來源:取自 https://store.steampowered.com/app/551690/Counter_Fight/)

教育相關的 The Body VR LLC 所製作的 The Body VR: Journey Inside a Cell (圖 2-7)讓玩家模擬在血液中旅行並觀看人體中不同的細胞是如何工作，運送氧氣或打擊病毒等細胞的用途。



(a) The Body VR: Journey Inside a Cell 的遊戲畫面



(b) The Body VR: Journey Inside a Cell 的遊戲畫面

圖 2-7 遊戲畫面(圖片來源:取自

https://store.steampowered.com/app/451980/The_Body_VR_Journey_Inside_a_Cell/)

操作相關的 TAS Systems Corp 所製作的 Flying Aces-Navy Pilot Simulator(圖 2-8)，省略複雜的前置步驟並讓玩家模擬駕駛員體驗操作戰鬥機飛行的感覺，於虛擬實境上可以做許多不同的體驗。



(a) Navy Pilot Simulator 的遊戲畫面



(b) Navy Pilot Simulator 的遊戲畫面

圖 2-8 遊戲畫面(圖片來源:取自

https://store.steampowered.com/app/837430/Flying_Aces__Navy_Pilot_Simulator/)

與寵物相關的 FusionPlay 所製作的 Konrad the Kitten(圖 2-9)利用虛擬寵物與玩家互動並設計獨特的玩法，可將控制器網綁在任何的玩偶身上，在遊戲中模擬抱起寵物的感覺。



(a) Konrad the Kitten 的遊戲畫面



(b) Konrad the Kitten 將手把網綁於玩偶身上

圖 2-9 Konrad the Kitten 遊戲畫面

(圖片來源:取自 https://store.steampowered.com/app/510740/Konrad_the_Kitten/)

第三節 回饋之定義

一、 回饋之定義

物件訊息的傳遞是影響玩家與物件互動的因素之一，通常會在觸發某種物件後進行傳遞進而得知當下結果，若物件本身在觸發後屬性狀態沒有變化，導致使用者操作上的障礙，因此在回饋的設計上必須設計與規劃，對應相關情況給予提示，進而達到回饋的意義。

回饋的定義在早期 1983 年由 Ramaprasad 研究，研究者認為僅存取屬性的訊息而不用於觸發了某些事件，則不是回饋，因此定義三個關鍵點：

1. 回饋的目的可以是任何系統的狀態:輸入、過程以及輸出。
2. 回饋的必要條件是該屬性上是否存在著一個狀態，該狀態的機制可生成兩個級別的差距，如缺少一個條件，則不會有任何回饋。
3. 有關不同屬性狀態的差別在於僅觸發時才會回饋，如果該屬性狀態未將訊息傳達出則並非回饋。

藉由上述條件略可得知有目標的屬性為回饋的關鍵因素，Murray(2010)針對回饋系統認為本身存在的因果關係，由第一部分負責第二部分，而第二部分的結果取決於第一部分，這過程因使用者操作進而傳達，形成迴路(圖 2-10)。



圖 2-10 迴路回饋

本研究參考回饋相關文獻，利用軟體提供視覺與聽覺，結合硬體觸覺，配合製作的虛擬情境與事件觸發產生回饋，試圖在操作的過程中，可在短時間內觀察到使用者的反應並記錄狀態，影響後續分析。

二、觸覺與回饋之特性

為了增加使用者操作的互動性，除聽覺視覺以外，觸覺回饋的重要，漸漸納入於考量中，早期心理學家 Ilgen(1979)等研究學者認為回饋的感知會影響使用者在接受到刺激後所表現的動機、成果表現，其接受者會因不同特性表現出不同反應(圖 2-11)。

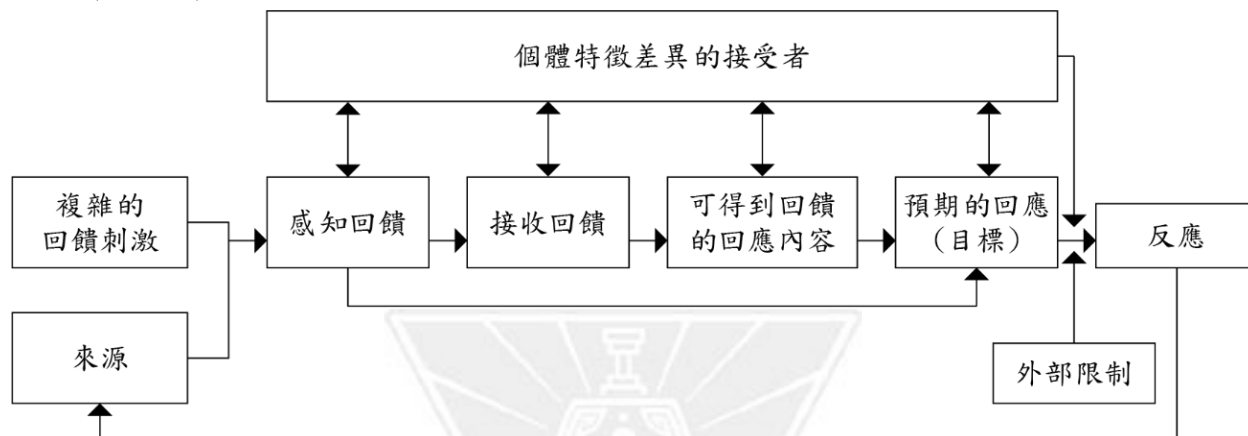


圖 2-11 回饋對接受者影響的過程圖

資料來源:修改自

Danial R.Ilgen,Cynthia D.Fisher,&M.Susan Taylor(1979). Purdue University.

Consequences of Individual Feedback on Behavior in Organizations.

Journal of Applied Psychology,Vol64,No.4,p.352.

根據 Banter(2010)的研究發現，應用於介面上，視覺和聽覺是最容易實現的，但是含有觸覺的組合是用戶更為喜歡的；Kuchenbecker(2006)則利用該方式投入於虛擬世界模擬並認為該方式目的是為了重現在真實操作的感覺，並發現適用於手術訓練或教育學習之中。根據上述過去研究學者的實驗結果，發現回饋的廣泛運用，而回饋的特性影響使用者反應以及多主要用於手部方面的操作，根據 Prytherch(2002)更針對觸覺的研究，手部顯然是觸覺感官的重要位置，是最直接能感受到外部環境且最容易感覺的感官，因此本研究針對需利用手部進行操作的情境進行設計，體驗不同觸感，分析各項感受。

三、 觸覺回饋之類型

根據 Teslasuit 在 2017 年對於觸覺回饋的報導，將主要的回饋方式分為五種，個別為力回饋、震動回饋、電(EMS)回饋、超聲波以及熱回饋，而這些不同的回饋方式根據不同的場合所運用。

力回饋(Force feedback):藉由外部裝置去控制使用者，對手部或是腿部產生影響，利用情境中的事件觸發該裝置給予使用者適當的作用力，而這類型的裝置通常是有些體積的，根據 Kuchenbecker(2006)認為這項技術適合用於手術訓練，利用裝置輔助使用者使用筆型的模擬器，如圖 2-12 所示，在虛擬世界中人體接觸時的力給予適當的反應。



圖 2-12 手術訓練模擬器

(圖片來源: Cheaper than a cadaver: Haptic flight simulator puts surgeons in the virtual cutting room.

取自

<https://www.zdnet.com/article/haptic-flight-simulator-puts-surgeons-in-the-virtual-cutting-room/>)

震動回饋(Vibrotactile feedback):較常見的回饋類型，雖然無法提供多樣性的感覺，但相對的簡單且廉價、所消耗的功率小，常用於與多設備上，如手機平板、手把搖桿、方向盤、遙控器等，根據 Dennerlein(1997)認為震動回饋成本較低且在操作的過程中，會因為關鍵事件而觸發震動，明確的給予使用者訊息。

電(EMS)回饋(Electrotactile feedback):利用醫療中所用的電療貼片(EMS)，如圖 2-13 所示，給予使用者對應的回饋，優點在於沒有機械或需移動的部件，根據 Lopes(2017)等研究學者使用電回饋的實驗，當使用者搬起虛擬世界中的物件，該系統可以讓使用者感受到物件的重量，所設計的物件越重，所產生的反作用力就越強藉此提升沉浸性，但會有悶熱的狀況。



圖 2-13 醫療用電療貼片

(圖片來源:Providing Haptics to Walls & Heavy Objects in Virtual Reality by Means of Electrical Muscle Stimulation, Pedro Lopes 等研究者(2017)中的 EMS hardware and calibration 所介紹的設備)

超聲波(Ultrasound tactile feedback):這項回饋技術最主要的優點在於使用者不需要配戴任何配件，但是這項技術十分昂貴，根 Hoshi(2009)等研究學者所研究的結果，發現這類型的回饋的方向幾乎是準確的，使用者在不同的方位都能感受到，其原理是在一個平面上各有個發射器，該研究的平面上就安裝了 324 個超聲波換能器(Ultrasonic transducer)結合氣流的方式，來偵測使用者的部位方向去發射適當的氣流賦予回饋。

熱回饋(Thermal feedback):該技術將裝置直接與皮膚接觸感受溫度，優勢在於可提供該物件，例如:小狗肚子的溫度，呈現溫度的感覺，其缺點這項裝置需要消耗相當多的能量，根據 Khoudja(2003)認為在人類的生理學上，溫度是與人體形影不離的，藉由此系統探索對周圍物體的感知，給予適當且無任何傷害人體的溫度達到回饋目的。

除了上述的回饋之外，在 2018 年迪士尼針對虛擬實境關於觸覺回饋部分，研發出了一款力量夾克(Force Jacket)，使用氣動式裝置將夾克中的氣囊充氣達到回饋效果，本研究欲模擬之回饋方式屬於此類型，根據 Delazio(2018)等研究學者所製作的夾克，如圖 2-14 所示，其目的利用充氣使氣囊適當的模擬出衝擊、擁抱和被蛇環繞，而這項裝置的優點在於可利用夾克上不同的氣囊選擇性的控制，根據觸發的事件給予適當的回饋，但缺點為過於厚重且需要一個空氣壓縮機運輸空氣，也因為該裝置上的限制造成行動不便以及空壓機噪音上的困擾。



圖 2-14 氣動式回饋夾克

(圖片來源:Force Jacket: Pneumatically-Actuated Jacket for Embodied Haptic Experiences, Delazio 等研究者(2018).

取自：

<https://www.businessinsider.sg/with-disneys-newest-force-jacket-youll-be-able-to-feel-a-superheros-punch-in-movies/>)

本研究以氣動式回饋為主題並試著配合發熱片模擬寵物的呼吸與溫度，由於成本上的考量以及空間上的限制，簡化該裝置並針對物件觸發進行模擬，為了穩定裝置的供電，採用接線的方式結合虛擬實境，並選擇較可以不用移動之情境進行研究。

第四節 小結

利用虛擬實境進行情境模擬，讓使用者體驗身歷其境配合虛擬世界中的事件適應遊戲並集中精神增加沉浸性並利用觸覺模擬的重要性配合觸覺回饋裝置加強體驗，為了有更良好的融入(沉浸)性、活動(互動)以及想像性，因此利用完全沉浸式頭戴型顯示系統配合外部裝置進行研究。

由於科技日新月異、隨著技術跟進，進行開發虛擬實境相關作品的門檻大幅降低，近年來如:宏達電的 HTC Vive、三星的 GearVR、Oculus、Google，各家廠商各有著不同的完全沉浸式頭戴型顯示裝置，甚至釋出開發程式讓相關使用者製作作品，讓外部裝置的結合、觸覺回饋相關研究的可能性增加，本研究選擇以 HTV Vive 作為虛擬實境裝置進行情境模擬。

觸覺回饋的相關研究，較常見的類型為震動回饋因為成本低，但在模擬上有些限制，例如:動物的呼吸，是震動無法給予的，超音波回饋確實可以改進相關問題，但使用這裝置會造成成本過高、程式和硬體設定複雜，而 Liang He(2015)等研究學者利用空氣動力作為核心讓使用者可感受到握緊的觸感，因此本研究欲以空氣動力作為基礎並配合熱力作為研究的核心裝置。

本研究的體驗方式為虛擬實境情境模擬，因此必須利用定位器於虛擬世界中進行定位，其定位的準確性會直接影響使用者的體驗，而 Leap Motion 公司於 2018 年開發了對應虛擬實境 HTC Vive、Oculus Rift 的軟體進行安裝並應用，但根據 Guna (2014)等研究學者發現 Leap Motion 的偵測範圍仍有一定的限制，且為了準確度必須固定於平面上因此再配合觸覺回饋裝置上仍有些不合適，因此本研究將使用 Vive 的移動定位器做為虛擬世界中定位手部的位置、提高精準度，盡可達到手部定位不失調的狀態、增加研究記錄的準確性。

第三章 系統設計與研究方法

主要運用虛擬實境進行情境模擬以及觸覺回饋裝置給予使用者進行體驗，藉由裝置上的氣動式之回饋和發熱片模擬動物的體溫以及包覆假毛皮，增加環境模擬的真實性，希望該實驗可探討使用者操作後的感受。本章針對研究步驟、系統設計與實驗設計進行詳述。

第一節 研究階段

本研究共分為四個階段(圖 3-1)，第一階段蒐集符合研究主題相關文獻，參考適用於實驗相關裝置設計確立研究方向；第二階段將文獻整理後建立系統規劃和研究方式統整出所需資訊，以設計整體研究所需的相關裝置、軟體以及相關問卷題目；第三階段確定整體實驗內容後進行前測，找出疏忽之處並調整內容後開始正式實驗；最後階段則將問卷整理過後進行實驗數據分析，將實驗所得知的結果，探究虛擬實境之情境模擬的環境配合觸覺回饋裝置，解析該主題所給予使用者的適用性，做為往後研究者進行相關領域之參考。

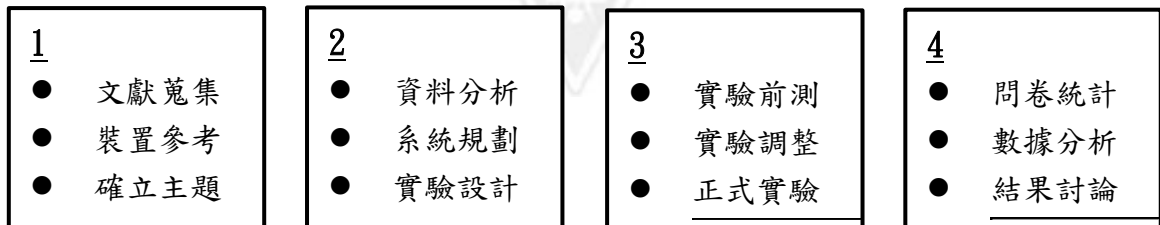


圖 3-1 研究階段圖

圖片來源:自行繪製

第二節 研究方法

利用訪問調查法、問卷調查法與使用者觀察法作為本研究之方法，研究類別包含虛擬環境、觸覺回饋，了解使用者對於裝置操作的實用性，探討是否改善使用者體驗，因此本問卷需於體驗結束後進行填寫，建立符合研究之問卷，藉以取得所需資料。

一、 訪談調查法

根據王文科(2017)在教育研究法中說明，即訪問者向受訪者發問一系列結構性問題，為做更深入的探究，採用開放性問題，獲得更完善的資料，唯有在半結構訪問中，研究者可以改變問題順序、省略某些問題或文字、增列其他問題。因此利用半結構性訪談(semi-structured interview)在訪問的過程中有目的提問，引導受訪者表達實驗後感想、認知與感受。在問卷填寫前對受測者調查，得知使用者對虛擬實境與其他回饋裝置的理解，同時用於評鑑真實性，增加數據。

由於需探討氣動式回饋運用於該情境中之重要性，對本研究之結果假設三個結果：

1. 在體驗中呼吸是必須的，其次才是溫度及聲音。
2. 即使沒有呼吸起伏也不會影像受測者的體驗。
3. 僅需兩種回饋就可以達到相似的真實度。

另針對三個論點制定三道訪問題目：

1. 在操作中所感受到的三個感覺，哪一項最為重要其原因？
2. 在操作中所感受到的三個感覺，哪一項最為不重要其原因？
3. 在體驗中哪兩個組合可給予良好的體驗？

而上述三道訪問題目會因受測者使用狀況或理解能力做調整。

二、問卷調查法

用於得知該裝置的回饋設計使用感受以及滿意度，該方法用於體驗裝置後進行填寫，分別以「使用者互動滿意度量表」以及「裝置操作體驗問卷」並參考 (Sekhavat&Zarei,2017)所探討遊戲沉浸度問卷題目設計「沉浸體驗問卷」，藉此進行數據收集與分析。

三、使用者觀察法

雖有利用量表調查使用者的數據，但希望更了解在操作上各環節的狀態以及為補足書面資料不足的部分以增加整體系統的準確性，另外如有裝置及軟體突發狀況進行快速修正，因此採用此方法觀察使用者的在情境模擬中事件觸發使裝置進行回饋的反應。

第三節 系統設計

本研究利用虛擬實境進行環境模擬，因此在環境的物理呈現上必須特別注意，盡可能符合現實，例如:使用者身高、情境內的物件比例或是事件觸發的回饋，避免影響使用者的沉浸性，另製作符合情境的觸覺回饋裝置，增加對環境事件觸發的真實感，進而探討該裝置的合適性。

一、 虛擬實境

採用 Unity 遊戲引擎進行製作，並從官方資源平台 Asset Store 獲取情境模擬所需的 3D 模型以及虛擬實境所需的基本套件，虛擬實境所使用的套件為 Steam VR Plugin 適用於 HTC VIVE 或 Oculus 利用此免費套件進行開發，而整體所使用到的軟體、套件、3D 模型資源條列式整理列出如下:

1. Unity 遊戲引擎:提供視覺化的編輯環境、基本的物理操作、即時的 2D、3D 編輯系統，本研究利用該引擎整合虛擬情境與 Arduino 裝置連接，編寫程式控制兩端。

2. Asset Store 資源商店:開發者可在平台購買或使用免費的資源，加速開發時間，如程式碼、3D 模型、特效、音效等等。
3. Steam VR Plugin:提供虛擬實境基本程式給予開發者於 Unity 中使用，同時影響 HTC VIVE 或 Oculus 的頭戴式顯示器以及定位裝置。
4. 所使用 3D 模型資源:
 - 4-1.整體場景模型-Pack Gesta Furniture
 - 4-2.家具模型-Big Furniture Pack
 - 4-3.家具模型-Free Furniture Set
 - 4-4.剪貼版模型-Clipboard
 - 4-5.筆記型電腦模型-Laptop

觸覺回饋裝置設計的部分，使用 Arduino 作為主體，利用到 6V 電源、充氣馬達、真空幫浦、氣閥、發熱片、氣球以及利用不織布塞進棉花縫製而成的塊狀物件並在而外部在包一層假毛皮(圖 3-2)，而各項裝置功能條列式整理如下：



圖 3-2 包覆假毛皮的物件

圖片來源:自行拍攝

1. Arduino:微控制開發版，影響整體裝置的運行，透過版上的輸出輸入腳位外接其他電子元件，讓開發者編寫相關程式進行控制達到使用需求，本研究將開發版與 PC 端相互連，依造使用者於情境中顯示事件觸發裝置。
2. 氣閥:由 Arduino 進行控制影響氣球膨脹或收縮。
3. 不織布物件:給予受測者體驗動物呼吸以及溫度，而呼吸由藏在布偶裡的氣球影響、溫度則是發熱片。
4. 假毛皮:包覆不織布，主要增加擬真度，模擬摸毛動作所接觸的觸感。
5. 發熱片、充氣馬達以及真空幫浦利用 6V 電源供電，氣閥則是 Arduino 供電。

上述零件組裝實際圖 3-3 所示:



圖 3-3 氣動回饋裝置

圖片來源:自行拍攝

兩端進行整合達到實驗需求，而開發環境的設定影響整體實驗的運作，將 Unity 和 Arduino 編輯虛擬環境模擬與裝置回饋完成，並利用 Vive Tracker 將硬體裝置與使用者的手部於虛擬環境中進行定位，讓使用者明確知道裝置在情境中的位置以及操作的真實性。

二、系統架構

利用 HTC VIVE 作為虛擬環境視覺呈現，同時利用 VIVE Tracker 進行受測者手部及物件定位，增加兩者之間的準確度，當使用者於虛擬環境中觸發事件，PC 端將根據事件狀態進行資料傳遞，使回饋裝置依據該資訊控制氣閥，藉此完成整體傳遞，其中 PC 端另外接一台螢幕使觀察者觀察受測者實驗畫面，已增加實驗準確度，如圖 3-4 所示。

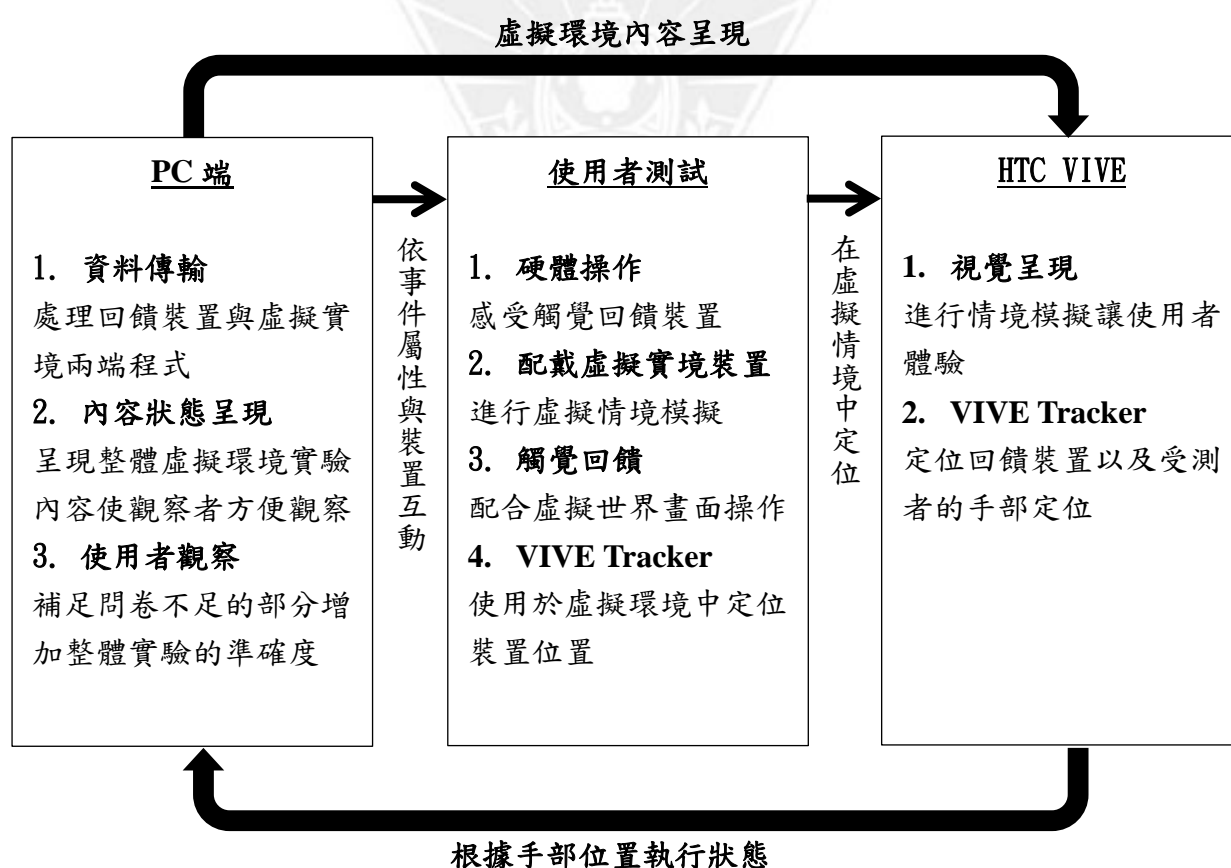


圖 3-4 系統架構示意圖

圖片來源:自行繪製

三、 設計理念

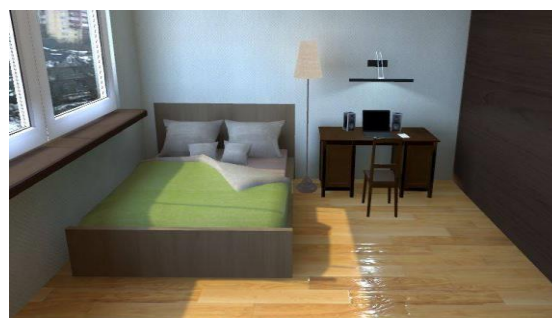
受測者感受的氣動式觸覺回饋，制定獨特形狀進行遊戲體驗某一個關卡，裝置可能應用於球狀、環狀、塊狀等，對應虛擬場景中特定的物件，例如：貓咪溫暖的肚子、蛇盤繞、正常心律的心臟跳動，受測者藉由裝置氣閥控制氣量使該形狀的設計，匹配場景中特定對象。

虛擬情境模擬的部分選擇一款虛擬寵物養成遊戲作為範本，FusionPlay 設計的 Konrad the Kitten，尋找符合回饋裝置的使用環境，參考該遊戲中寵物非移動的狀態，例如：趴著、仰著靜態姿勢進行模擬並將自製的場景設計成室內，內容使用寵物貓進行模擬，圖 3-5 所示。



(a) Konrad the Kitten 的遊戲畫面

圖片來源：https://store.steampowered.com/app/510740/Konrad_the_Kitten/



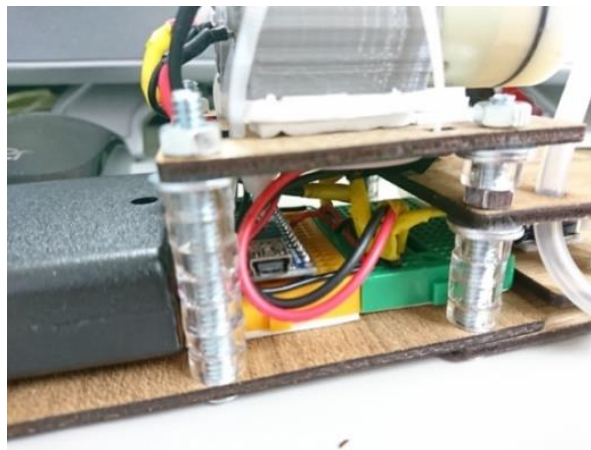
(b)室內場景

圖 3-5 參考遊戲與自製場景

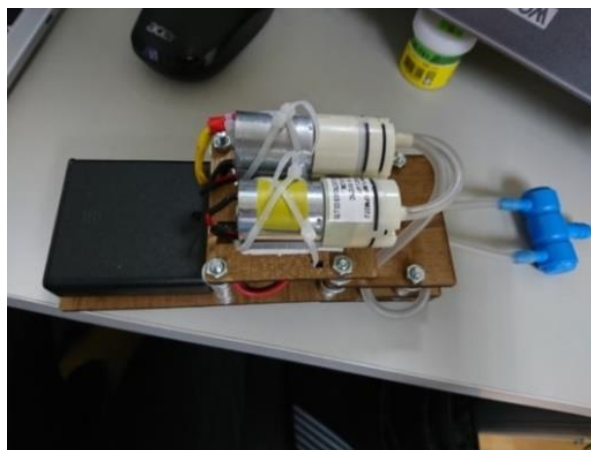
圖片來源：研究自行拍攝

硬體部分，選擇充氣與真空幫浦配合氣閥以控制氣體流量，控制氣球膨脹與收縮，加入 VIVE Tracker 到裝置與使用者手部，由兩者進行互動，配合在虛擬實境中設計的物件事件。

由於充氣馬達與真空幫浦的電線連接處較為脆弱，模組化後與小塊麵包版進行固定並連接電源，需要利用 Arduino 控制的氣閥為減少電線脫落狀況依同樣方式處理，固定於另一塊小型麵包版並將裝置線路連接，而氣體流動的氣管部分確保不會使氣體不通順後剪取適當長度並與馬達連接，最後利用木片加工後固定住各裝置製成回饋裝置的主機，圖 3-6 所示。



(a) 線路整合



(b) 裝置整體構造

圖 3-6 回饋裝置主機

圖片來源：研究自行拍攝

整體測驗並無需要受測者移動的狀況，而是坐於椅子上配戴 HTC VIVE 頭戴式顯示裝置以及手部戴上 VIVE Tracker 定位器配合情境進行操作桌面上的觸覺回饋裝置，VIVE 基地台(Base station)追蹤系統顯示物件位置與方向，觀察者藉由外接螢幕及時觀看受測者當下體驗狀況，方便記錄並提升未來數據分析的準確性，架構示意圖 3-7 所示。



圖 3-7 實測場景示意圖

圖片來源:自行繪製

四、 實驗內容設計

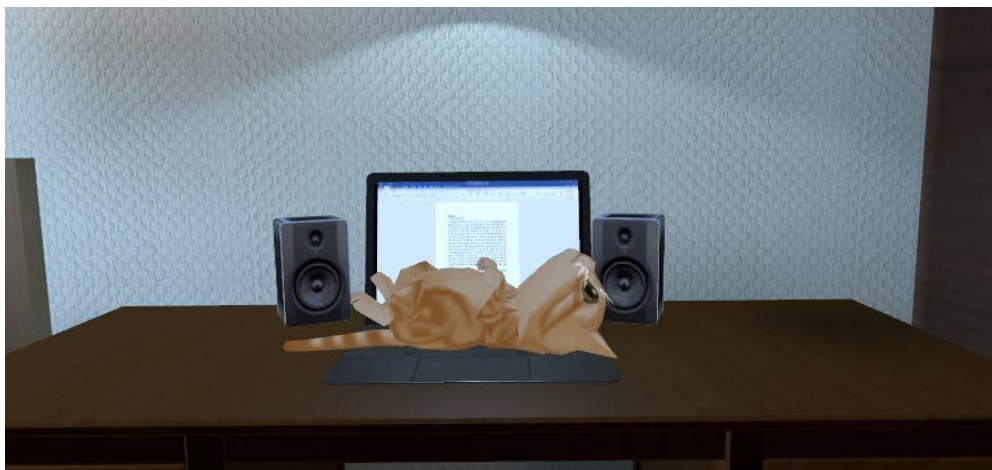
本研究自製虛擬實境環境，設計一間房間做為主場景，配合寵物貓主要呈現呼吸與溫度利用回饋裝置呈現真實感，並設定兩種不同情境狀態，以測試使用者對於配合場景情境狀態下是否有良好體驗。

1. 情境

寵物貓仰臥在筆電上要求玩家撫摸，使用者可進行該情境模擬配合觸覺回饋裝置與寵物貓互動(圖 3-8)。



(a)要求撫摸



(b)仰臥姿態

圖 3-8 寵物貓動作

圖片來源:自行拍攝

2. 互動物件：寵物貓

透過 VIVE Tracker 定位器配戴於手上，觸摸虛擬環境裡寵物貓(圖 3-9)觸發事件影響回饋裝置，體驗呼吸幅度與溫度。



圖 3-9 定位器定位手部觸碰寵物貓

圖片來源:自行拍攝

3. 操作方法

在體驗中會將兩個 VIVE Tracker 定位器分別安裝在裝置上以及配戴於使用者右手，並藉由虛擬畫面的右手觸碰寵物貓，藉此碰觸到回饋裝置，系統根據該事件啟動回饋，圖 3-10 所示。



(a)配戴 VIVE Tracker 於右手上



(b)整體操作畫面

圖 3-10 實際實測畫面

圖片來源:自行拍攝

4. 場景設計

該情境限定一個空間，使受測者進行實驗，將場景主要安排成個人房並利用其他模型進行擺設，以增強環境，圖 3-11 所示。



(a)房間擺設



(b)房間俯視圖

圖 3-11 房間場景

資料來源：自行拍攝

5. 定位裝置

本研究將利用到兩個 VIVE Tracker，分別安裝於觸覺回饋裝置與使用者手腕兩部分，手腕部分利用綁帶固定，負責於虛擬環境中定位，使系統判斷是否觸發事件；裝置端部分同樣安裝定位器，在環境中定位同時扮演寵物貓，裝置上具有充氣馬達與真空幫浦，由 Arduino 控制兩個氣閥，藉此模擬動物呼吸時的觸覺感受。

第四節 實驗設計

一、實驗對象

本研究主要為體驗回饋裝置為主題之實驗，配合虛擬實境進行情境模擬增加沉浸性，需要建議了解裝置上的缺陷供未來改善，因此選擇介於 18 至 29 歲之受測者，同時必須排除在使用虛擬實境時會產生暈眩造成不適的使用者，將影響體驗的要素降到最低，共邀請 22 位受測者進行實驗，體驗設定好的情境並感受回饋裝置，在過程中觀察與紀錄，實驗結束後進行訪談得知使用者感想，接著填寫問卷，最後進行統計分析，探討該回饋裝置對虛擬環境之適用性。

二、實驗裝置

實驗利用 Arduino 製作回饋裝置以及 HTC VIVE(圖 3-12)進行虛擬實境情境模擬並配合可流暢進行實驗內容的電腦，受測者可透過 VIVE Tracker(圖 3-13)定位器進行局部定位與虛擬環境中的物件進行互動，由於實驗內容不用進行移動因此將範圍設定成房間規模(Room Scale)並使用 VIVE 的兩個定位基地台(Base station)進行定位、設置好實驗環境。



圖 3-12 虛擬實境裝置 HTC VIVE

圖片來源:VIVE 官方網站 <https://www.vive.com/tw/comparison/>



圖 3-13 VIVE Tracker 定位器

圖片來源:VIVE 官方網站 <https://www.vive.com/tw/accessory/>

三、 實驗步驟流程

受測者在進行實驗之前進行裝置上的說明，了解使用者在裝置的使用習慣並進行實驗裝置上的校正，接著引導受測者進行第一次情境模擬做為測試以觀察是否有其他需要微調的地方，由於實驗中會利用到虛擬實境進行情境模擬，因此受測者的生理狀況會影響到整體實驗的沉浸性，如有不適等狀況則中止實驗，如並沒有產生則繼續進行至實驗結束，最後進行訪問後填寫問卷，完成整體實驗，圖 3-14 所示。

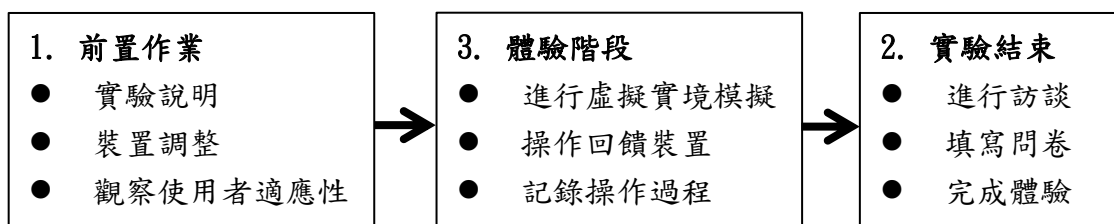


圖 3-14 實驗步驟流程圖

圖片來源:自行繪製

第四章 實驗結果與討論

研究實驗後蒐集資料進行分析與歸納整理樣本，其整理為三節，第一節將受測者基本資料、控制器使用經驗、虛擬實境體驗相關等資料進行整理與統計；第二節為沉浸問卷、整體滿意度相關等問卷數據分析，並將上述兩項資料調查相互之關聯性；第三節則為結構性訪談分析，用以得知整體系統體驗概況，用以補足問卷調查所無法獲得的資訊。

第一節 受測者基本資料

本研究共使用 22 份問卷，實驗過程中使用者按照使用者需求進行位置調整並未發生不適之現象，回收有效問卷份數為 22 份。

一、基本資料統計

樣本結果如表 4-1 所示，當中包含 12 位生理男性與 10 位生理女性，受測者年齡大多為 23 至 29 歲共 14 位，其餘分別為 18 至 22 歲 4 人以及 30 歲以上 4 人；職業方面學生比例較多數為 16 人，另外社會人士為 6 人；教育程度有 7 位為大專院校生，另外 15 位則是碩士；另為配合虛擬情境所設計關卡並詢問是否養貓，以探討是否影響使用者體驗，其有養貓人數為 7 人，沒有養貓人數為 15 人。

表 4-1 基本統計表(總共受測人數 N=22)

基本資料	選項	人數	百分比
生理性別	男	12	54.5%
	女	10	45.5%
年齡	18-22 歲	4	18.2%
	23-29 歲	14	63.6%
	30 歲以上	4	18.2%
職業	學生	16	72.7%
	社會人士	6	27.3%
教育程度	大專院校	7	31.8%
	碩士生	15	68.2%
有無養貓	有	7	31.8%
	無	15	68.2%

將上述製成圓餅圖，以方便辨認比例如下：

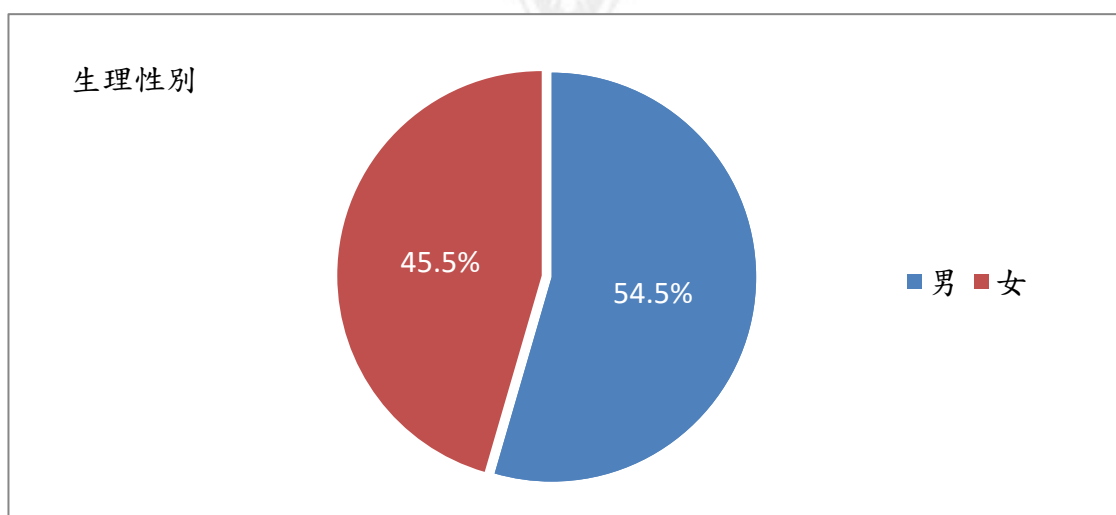


圖 4-1 生理性別圓餅圖

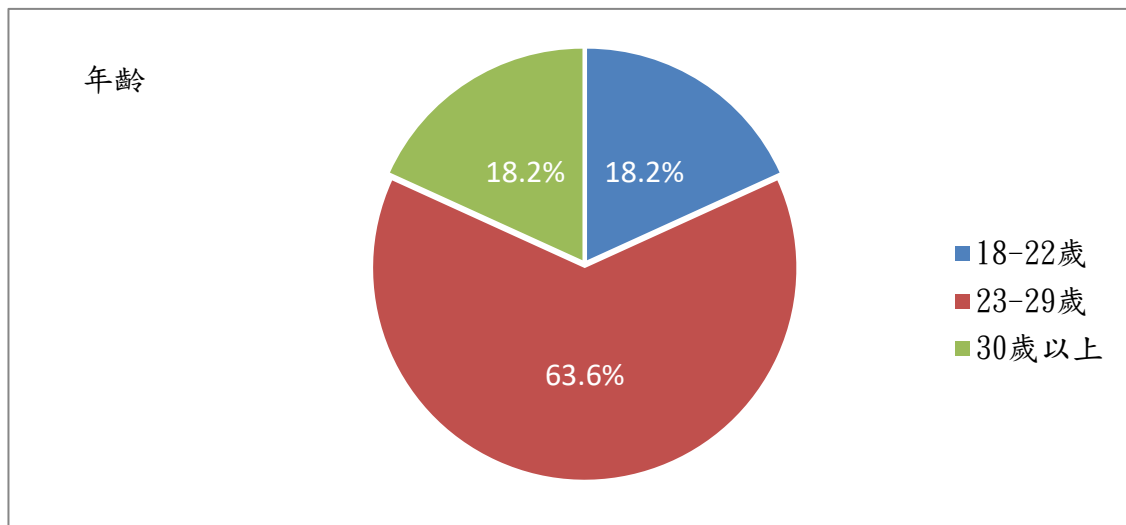


圖 4-2 年齡圓餅圖

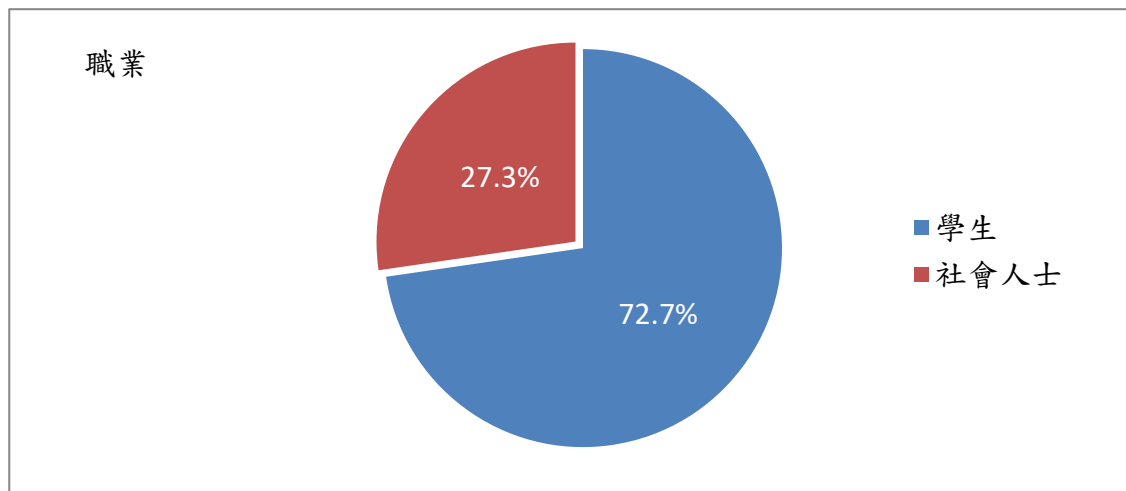


圖 4-3 職業圓餅圖

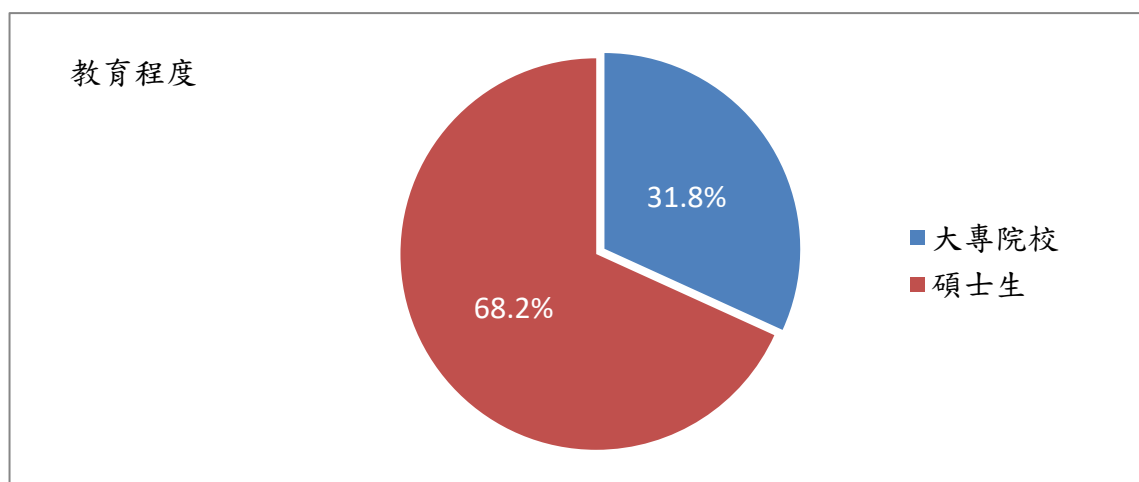


圖 4-4 教育程度圓餅圖

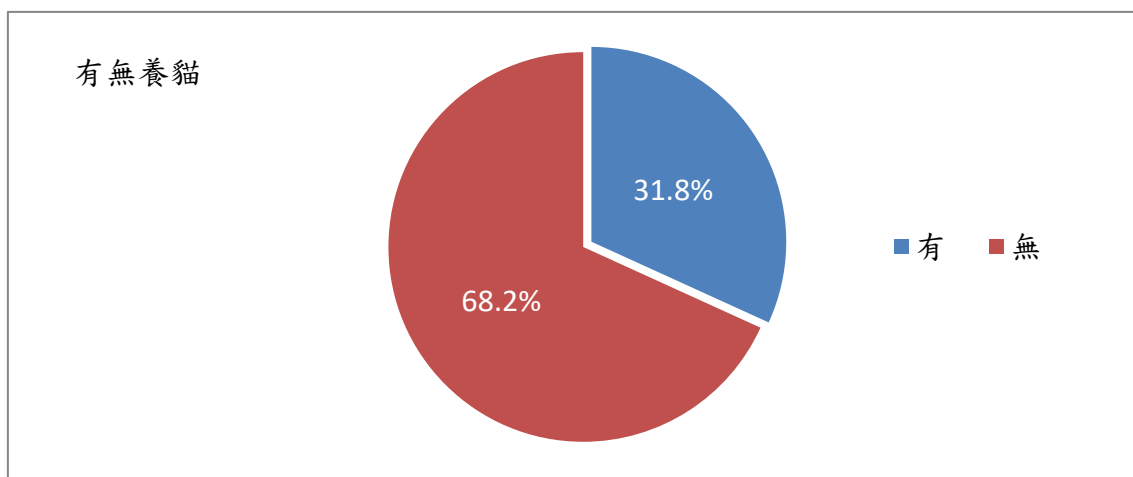


圖 4-5 有無養貓圓餅圖

二、 虛擬實境使用經驗統計

有關虛擬實境方面使用統計結果如表 4-2，有接觸過具有回饋控制器人數佔多數為 21 位(95.6%)，僅有 1 位(4.4%)沒有使用過，而在體驗方面的樣本中，體驗過 HTC VIVE 為 14 位(56.0%)，體驗過 Oculus 僅 1 位(4.0%)，兩項皆體驗過的為 4 位(16.0%)，體驗其他裝置(例如:google Daydream、VIVE Focus)為 4 位(16.0%)。使用虛擬實境體驗次數 1 次以下的為 2 位(9.1%)，2~4 次的有 6 位(27.3%)，5 次以上的為 14 位(63.6)。個人擁有虛擬實境裝置方面，僅有 1 位(4.5%)擁有 PSVR，其餘皆沒有虛擬實境裝置，人數為 21(95.5%)。

表 4-2 虛擬實境相關統計(總共受測人數 N=22)

題目	選項	人數	百分比
1. 請問您是否有接觸過任何控制器?	有	21	95.6%
	無	1	4.4%
2. 在本次體驗前是否有體驗過 PC 相關的虛擬實境遊戲?(複選)	無	2	8.0%
	HTC VIVE	14	56.0%
	Oculus	1	4.0%
	兩者都有	4	16.0%
	其他	4	16.0%
3. 請問使用虛擬實境裝置的次數為?	1 次以下	2	9.1%
	2~4 次	6	27.3%
	5 次以上	14	63.6%
4. 是否擁有個人虛擬實境裝置?(複選)	無	21	95.5%
	HTC VIVE	0	0%
	Oculus	0	0%
	PSVR	1	4.5%
	其它	0	0%
5. 在本次體驗前是否有體驗過其他回饋裝置?(複選)	無	1	2.1%
	HTC VIVE	16	34.0%
	Oculus	3	6.4%
	遊戲機台手把	10	21.4%
	電視遊樂器手把	16	34.0%
	其它	1	2.1%

將上述製成圓餅圖，以方便辨認比例如下：

1. 請問您是否有接觸過任何控制器？

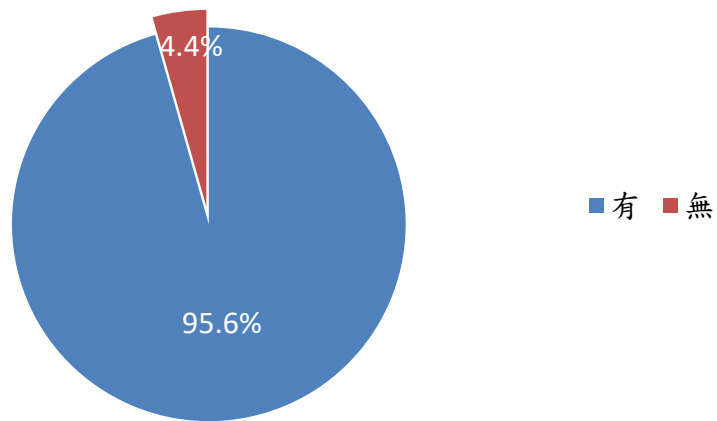


圖 4-6 題目 1 圓餅圖

2. 在本次體驗前是否有體驗過PC相關的虛擬實境遊戲?(複選)

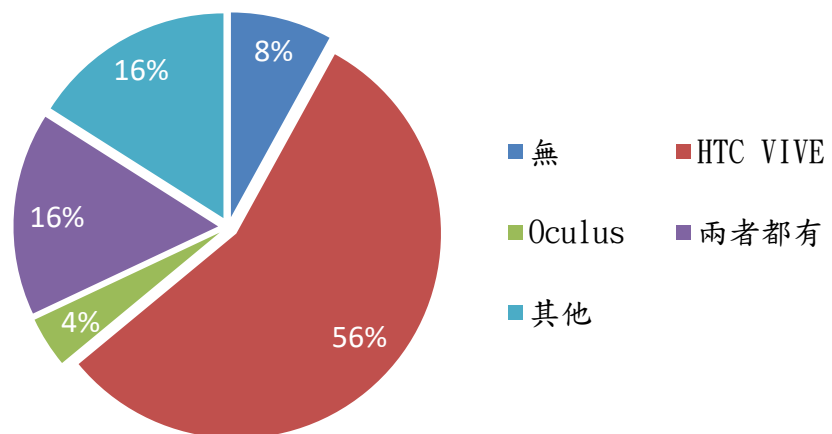


圖 4-7 題目 2 圓餅圖

3. 請問使用虛擬實境裝置的次數為？

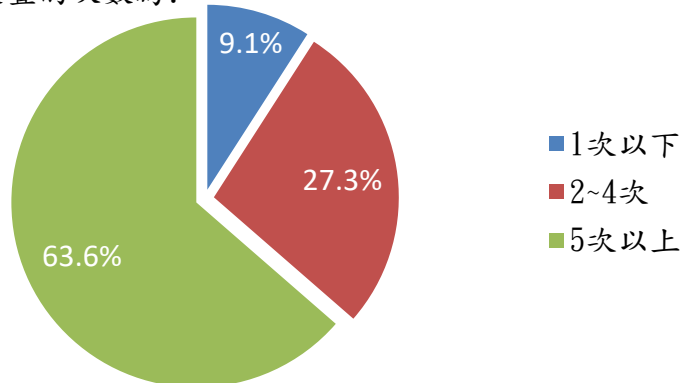


圖 4-8 題目 3 圓餅圖

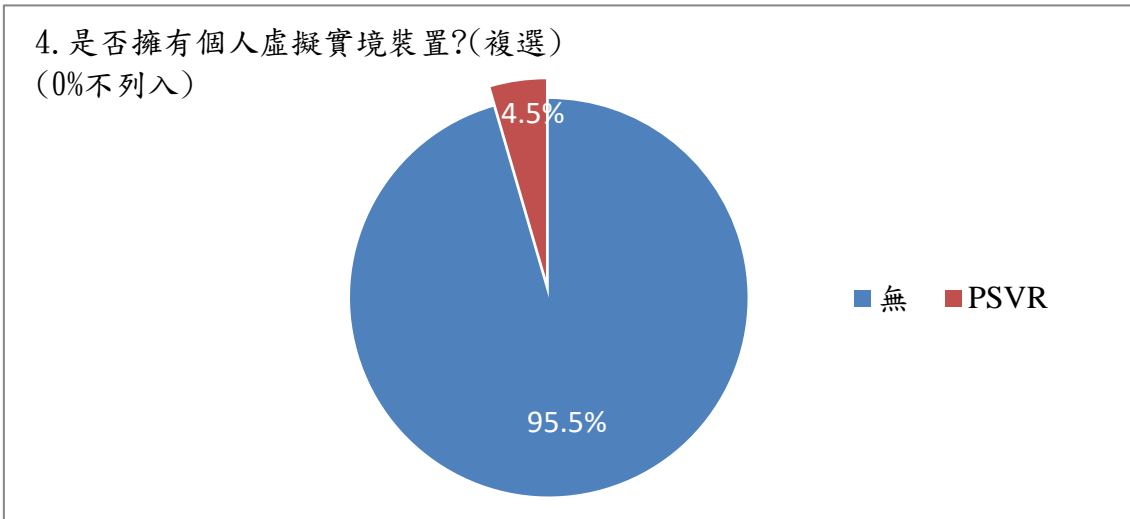


圖 4-9 題目 4 圓餅圖

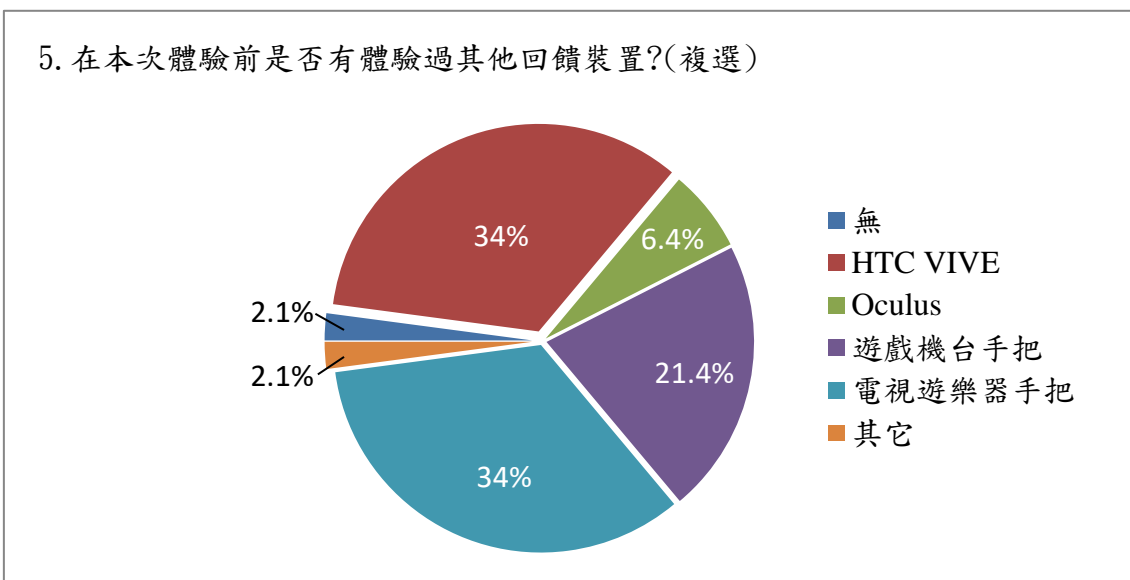


圖 4-10 題目 5 圓餅圖

第二節 問卷數據統計

本節將各項問卷進行分析，主要為沉浸體驗問卷、裝置操作體驗以及使用者滿意度，並選定符合研究主題題目、部分基本資料以及部分虛擬實境體驗經驗進行關聯性分析。

一、 評分與統計分析工具

1. 使用者滿意度量表

為針對人機介面的具體滿意度進行評估，蒐集整體相關看法，根據研究內容對應題目進行修正，本問卷整理出四個構面總共 16 題，分為整體看法、系統學習、系統效能與介面呈現；為使計算方式統一，將各構面分別總和後與受測人數相除獲得各構面平均值，藉此得知使用者滿意度。

2. 統計分析工具

本研究部分數據統計藉由 Microsoft Excel 進行列表整理，並透過 SPSS 系統進行單一樣本 T 檢定(Independent-Sample T Test)，了解各問卷數據成果，透過該工具獲得標準差、顯著性，如顯著性(p)<0.05 代表該項目呈顯著差異，代表該項目可給予使用者良好體驗，利用該方式以了解各項目對於本實驗系統的關聯性。

二、 各項數據統計與討論

本問卷將各項問題進行計算與分析後如表 4-3 所示，每題最高分 5 分，最低分 1 分，根據受測者在體驗後所給予的選項計算分數。各項問卷統計過後發現沉浸體驗與裝置操作體驗平均分數分別為 3.38 分與 3.86 分，評估使用者在體驗上屬於尚可，而在整體滿意度於表中可得知均接近最高分 5 分，推測使用者在操作系統後體驗感想良好。初步的統計本研究之系統各項分數並無不良之狀況，由於各分數未進行分類比較，因此後續會進行分類分析，取得更詳細數據。

表 4-3 各項題目分數統計

各項問卷	總分平均值	最小值	最大值	標準差
沉浸體驗	3.38	2.75	4.25	9.07
裝置操作體驗	3.86	2.6	5	3.55
QUIS 整體看法	4.15	3	5	2.95
QUIS 系統學習	4.75	3	5	1.60
QUIS 系統效能	4.17	2.6	5	3.45
QUIS 介面呈現	4.56	2.6	5	1.88

三、各項評分與受測者資料分析

為得出更詳細的數據，因此進行部分基本資料統計以及符合研究主題部分資料進行分析，指定分類如下：

1. 生理性別
2. 虛擬實境體驗經驗次數
3. 是否養貓
4. 生理性別與是否養貓之關聯性

依生理性別分析進行樣本 T 檢定如表 4-3 所示。

表 4-3 生理性別關聯性

各項問卷	性別	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	男	3.41	3.65	.399	.694
	女	3.33	3.77		
裝置操作體驗	男	3.91	2.31	.451	.657
	女	3.80	4.75		
QUIS 整體看法	男	4.28	2.84	1.125	.274
	女	4.00	3.05		
QUIS 系統學習	男	4.94	.389	1.734	.115
	女	4.53	2.22		
QUIS 系統效能	男	4.43	1.94	1.960	.073
	女	3.86	4.27		
QUIS 介面呈現	男	4.83	.905	2.319	*.040
	女	4.23	2.31		

註：* $p < 0.05$

從表中顯著性欄位得出依生理性別進行分類，除了介面呈現外其他項目並無顯著差異，代表依性別分析對於各項目感受上可能並無太大影響；而「介面呈現」項目得出 $p = 0.04 < 0.05$ ，該項目呈顯著性，推測介面設計上十分明確，操作時並沒有干擾使用者體驗，有利於提升實驗效率。

依虛擬實境使用次數進行樣本 T 檢定如表 4-4 所示。

表 4-4 使用次數關聯性

各項問卷	體驗次數	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	1 次以下/2-4 次以下	3.48	3.13	.708	.487
	5 次以上	3.33	3.88		
裝置操作體驗	1 次以下/2-4 次以下	3.81	3.97	-.286	.778
	5 次以上	3.88	3.47		
QUIS 整體看法	1 次以下/2-4 次以下	3.94	3.90	-1.155	.262
	5 次以上	4.25	2.40		
QUIS 系統學習	1 次以下/2-4 次以下	4.66	2.23	-.534	.599
	5 次以上	4.80	1.29		
QUIS 系統效能	1 次以下/2-4 次以下	4.14	3.63	-.135	.894
	5 次以上	4.18	3.49		
QUIS 介面呈現	1 次以下/2-4 次以下	4.57	1.89	-6.804	*.000
	5 次以上	4.44	3.47		

註：* $p < 0.05$

依造體驗次數進行分類，由於樣本中體驗 1 次以下僅有 2 位因此與 2 至 4 次以下進行合併分析，從表中得出除了介面呈現外其他項目並無顯著性，代表該類別體驗次數的經驗可能並不影響使用者的感受；「介面呈現」部分結果得出該項目呈顯著性，本研究盡可能將體驗物件利用動畫吸引使用者注意，環境周圍僅用燈光增加效果並沒有綁定動畫，突顯操作目標，因此受測者對於介面設計具有良好之影響。

另進行符合研究主題分析，依是否養貓行樣本 T 檢定如表 4-5 所示。

表 4-5 是否養貓之關聯性

各項問卷	養貓	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	有	3.41	9.75	.207	.838
	無	3.36	9.08		
裝置操作體驗	有	3.78	2.15	-.143	.684
	無	3.90	4.08		
QUIS 整體看法	有	3.91	2.57	-1.324	.200
	無	4.26	3.03		
QUIS 系統學習	有	4.57	2.13	-1.119	.277
	無	4.84	1.30		
QUIS 系統效能	有	3.82	3.02	-1.662	.112
	無	4.33	3.43		
QUIS 介面呈現	有	4.28	1.77	-1.435	.167
	無	4.69	1.87		

根據表中各類別顯著性上並無差異，有無養貓的使用者操作該裝置均無太大影響，為推測無顯著性差異，將該表更詳細分析配合生理性別與是否養貓分類如表 4-6 與 4-7 所示。

表 4-6 生理性別男性與女性有養貓之關聯性

各項問卷	性別/有養貓	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	男/有養貓	3.70	4.933	1.553	.181
	女/有養貓	3.18	2.082		
裝置操作體驗	男/有養貓	4.00	1.00	1.446	.208
	女/有養貓	3.62	2.50		
QUIS 整體看法	男/有養貓	4.06	1.52	.645	.548
	女/有養貓	3.80	3.26		
QUIS 系統學習	男/有養貓	4.77	0.57	.629	.557
	女/有養貓	4.41	2.87		
QUIS 系統效能	男/有養貓	3.80	3.46	-.099	.925
	女/有養貓	3.85	3.20		
QUIS 介面呈現	男/有養貓	4.44	1.52	.580	.587
	女/有養貓	4.16	2.08		

依生理性別配合有養貓進行分析後發現各項平均值相近，顯著性部分均無顯著性，因此推測該狀況有以下幾點：

1. 有養貓的使用者，在現實中貓的體格不同所感受的觸感也有所不同。
2. 在實驗過程中利用使用者觀察法發現，部分使用者擁有自己習慣的摸貓手勢進而影響整個系統的測試。
3. 推測使用者撫摸貓肚子時手部停留時間並不長因此忽略部分觸感。

表 4-7 生理性別男性與女性無養貓之關聯性

各項問卷	性別/無養貓	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	男/無養貓	3.32	3.08	-.479	.640
	女/無養貓	3.43	4.59		
裝置操作體驗	男/無養貓	3.88	2.64	-0.75	.942
	女/無養貓	3.91	5.95		
QUIS 整體看法	男/無養貓	4.15	3.23	-.859	.406
	女/無養貓	4.43	2.78		
QUIS 系統學習	男/無養貓	4.77	1.65	-.716	.487
	女/無養貓	4.94	.408		
QUIS 系統效能	男/無養貓	4.33	2.50	.000	1.00
	女/無養貓	4.33	4.80		
QUIS 介面呈現	男/無養貓	4.55	2.29	-1.016	.328
	女/無養貓	4.89	.816		

依生理性別配合無養貓進行分析後發現各項平均值相近，顯著性部分均無顯著性，因此推測該狀況有以下幾點：

1. 無養貓的使用者由於飼養寵物貓經驗不足，因此難以判斷。
2. 利用虛擬環境進行情境模擬中，寵物貓的動作並不多，且體驗時間不長，因此導致使用者適用性不佳。

不論是是否養貓(表 4-5)、有養貓之男性與女性(表 4-6)、無養貓之男性與女性(表 4-7)，對於系統易用性、裝置沉浸度與使用者滿意度之顯著性上並無差異性，推測進行實驗裝置的操作和生理性別與有無養貓的使用者並無關聯性。

第三節 訪談與使用者觀察

藉由訪談與觀察，了解受測者使用過程中的動作和對於實驗主題的感想並針對實驗內容的簡易問答，輔助問卷無法得知的部分，本研究進行 22 位受測者進行實驗後發現情況條列式列出：

1. 部分使用者希望寵物貓動作更生動，且能與裝置同步。
2. 部分使用者認為撫摸翻身的寵物貓時，應該會有些許的骨感，例如：肋骨。
3. 大多數使用者認為只須某兩種回饋即可。
4. 觀察發現，雖然可以用肉眼看出實驗裝置的動態起伏，但會因使用者習慣上的不同，在回饋上的感受也有所不同。
5. 觀察發現，部分使用者些許施力撫摸裝置能感受完整的回饋。
6. 觀察發現，使用者在虛擬情境中，對於場景的搭建有良好的反應。

一、 訪談分析

初步推測，上述幾點為問卷無法得知之因素，因此將訪談記錄部分取得共同回答之項目進行量化分析，可量化部分條列式列出：

1. 依某兩種回饋的使用者進行分類。
2. 對有給予建議與沒有建議的使用者分類。

分析後如表 4-8、4-9 所示：

表 4-8 依兩種組合進行分析

各項問卷	回饋組合	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	呼吸+溫度	3.48	3.87	.900	.382
	溫度+聲音	3.27	3.96		
裝置操作體驗	呼吸+溫度	4.20	2.60	2.497	*.024
	溫度+聲音	3.60	3.40		
QUIS 整體看法	呼吸+溫度	4.27	3.50	.849	.408
	溫度+聲音	4.06	1.76		
QUIS 系統學習	呼吸+溫度	4.75	2.12	-.507	.619
	溫度+聲音	4.86	0.51		
QUIS 系統效能	呼吸+溫度	4.47	2.87	1.934	.071
	溫度+聲音	3.88	3.50		
QUIS 介面呈現	呼吸+溫度	4.66	1.92	.275	.787
	溫度+聲音	4.60	1.13		

註：* $p < 0.05$

依造使用者所回答之組合進行整理，分別為「呼吸+溫度」、「溫度+聲音」和「呼吸+聲音」，由於「呼吸+聲音」樣本數不足，且不適合併入其中一項組合進行分析，有影響數值的隱憂，因此不討論該組合。

進行「呼吸+溫度」和「溫度+聲音」分析發現，沉浸體驗與使用者滿意度並無顯著性，而在裝置操作體驗呈顯著性，根據訪談得知，部分使用者認為在體感上像在撫摸有生命之物件，且配合呼吸或是聲音使整體更加生動，因此受測者對於該項目有良好之滿意度。

表 4-9 依有無建議進行分析

各項問卷	性別/無養貓	平均值	標準差	t	顯著性
沉浸體驗	有建議	3.45	4.07	.880	.389
	無建議	3.27	2.90		
裝置操作體驗	有建議	4.02	4.10	.626	.538
	無建議	3.87	2.04		
QUIS 整體看法	有建議	4.40	2.38	1.461	.160
	無建議	4.04	3.34		
QUIS 系統學習	有建議	4.79	1.38	1.057	.303
	無建議	4.55	1.80		
QUIS 系統效能	有建議	4.30	3.43	.765	.453
	無建議	4.11	2.06		
QUIS 介面呈現	有建議	4.59	2.04	.989	.334
	無建議	4.33	1.32		

依照使用者是否給予建議進行分析，目的想得知有給予建議使用者與無建議使用者所感受上之差異，分析後發現各項目皆無顯著性，推測無顯著性原因條列是列出：

1. 裝置體驗經驗差異，可能造成使用者無感或是不好表達。
2. 不管有無養貓，不一定給予建議。
3. 使用者變數影響，利用「有無建議」本身不適合分析，適合用於顯著性以及問卷其他不足的部分進行討論。

二、訪談結果

在受測者實驗後進行訪談，給予使用者選項選擇並詢問使用者意見以及相關建議作為後續結論參考與探討假設題目是否成立，本研究假設 3 道題目研究呼吸起伏之重要性，其假設題目如下：

1. 在體驗中呼吸是必須的，其次才是溫度及聲音。
2. 即使沒有呼吸起伏也不會影響受測者體驗。
3. 僅需兩種回饋就可以達到相似的真實度。

對應假設制訂 3 道題目給使用者受測後回答但不一定要說明其原因或感想，所答題的題目則如下：

1. 在操作中所感受到的三個感覺，哪一項最為重要其原因？
2. 在操作中所感受到的三個感覺，哪一項最為不重要其原因？
3. 在體驗中哪兩個組合可給予良好的體驗？

整理使用者答案以及相關建議解析後得知結果，認為呼吸起伏重要的為 9 人、溫度重要的為 4 人、聲音重要的為 7 人，認為都重要的為 2 人，其中呼吸與聲音人數接近且回答都重要為 2 人，因此不適合準確判定何種回饋是最重要的，藉此推測呼吸起伏不一定是必須的；而認為呼吸起伏不重要的為 7 人、認為溫度不重要的為 7 人、認為聲音不重要為 6 人，其中有 2 人認為都重要，由於人數過於平均因此難以判斷何種回饋最不重要，因此利用第 3 題，推測何種組合可以給予良好的回饋，整理後得知，認為呼吸配合溫度良好的有 8 人、溫度配合聲音的有 10 人而聲音配合呼吸的僅有 4 人，藉此推測使用者不太容易選擇單一回饋何種為不重要且可得知依兩種組合給使用者體驗較能了解使用者的喜好方向，將上述配合部分受測者的建議整理後得出結果列出：

1. 在體驗中單一呼吸起伏不一定是必須的，聲音也同樣重要，溫度其次。
2. 在兩種組合的狀況下，即使沒有呼吸起伏也不影響受測者體驗。
3. 不一定可達到仿真，但僅需兩種回饋就可以達到良好體驗。

三、 實驗觀察分析

為得知是否有未預想狀況發生，在實驗中觀察受測者的行為與使用狀況，進行記錄並分析，輔助問卷數據未能呈現的細節，本研究透過使用者在手腕上戴上定位器 Tracker(如圖 4-11)，定位虛擬世界中手部的位置。



圖 4-11 Tracker 固定位置

實驗時，並無要求使用者必須使用特定手勢 因此在觀察使用者受測時發現以下幾點：

1. 使用者有自己習慣的手勢去撫摸。
2. 每個使用者的手掌大小不同，因此會造成虛擬情境手部位置跟現實不同。
3. 假毛皮稍厚，雖肉眼可見明顯起伏，但在撫摸時必須出點力。

部分使用者習慣利用手指去撫摸，該方法無法體驗整體實驗，因此請使用者體驗第二次利用手掌進行撫摸，在進行訪談與填寫問卷；使用者手掌大小的部分在設計情境時有思考到此部分，因此利用原始檔進行施測，實驗前詢問使用者要求進行調整大小與距離，與受測者確認後再開始進行實驗；而假毛皮部分，因多製作一層不織布，目的為固定形狀，因此未考慮到體驗起伏的呼吸感不明顯，但提醒使用者稍出點力，皆有感受到回饋。

第五章 結論與建議

本研究統整實驗後問卷，配合訪談結果進行分析，建構本研究之結論，探討未來建議。

第一節 研究結論

透過體驗訪問感想配合使用滿意度、沉浸度、易用性數據之調查，分析出使用者對於虛擬實境中針對於某個情境進行互動配合觸覺回饋裝置的體驗分數，得知問卷調查方面良好，進行體驗訪談結果是尚可且藉由受測者得知需多建議與感想，而發現藉由問卷進行調查所得結果並不完整，利用結構式訪談以及使用者觀察法相互輔助，將實驗結果接近完整。

一、 實驗成果

本研究針對年齡 18 至 30 歲以上不同職業族群進行實驗，利用問卷調查，綜合結果顯示對於本研究所設計的虛擬情境配合觸覺回饋裝置體驗程度有良好的評價，整體分數偏高。而在配戴頭戴式虛擬實境裝置的體驗中，大多數使用者對本研究沉浸度感受良好，操作觸覺回饋裝置的狀況下並未破壞使用者對於虛擬情境的體驗。使用者滿意度部分對於整體情境、系統學習、系統操作所得體驗皆為尚可，而介面呈現不只分數偏高且在使用次數、男女分組都有顯著性差異，配合平均分數可推測，使用次數影響介面的掌握度，而男性的接受度略高於女性。

更深入針對研究主題進行問卷資料分組，將生理性別與有無養貓進行數據分析，結果得出各數據皆無顯著性，因此推測未考慮到使用者習慣因此導致問卷上的缺陷，再詳細的利用訪談紀錄，依造組合進行「呼吸+溫度」和「溫度+聲音」分組整理，分析後得知在裝置沉浸度上有顯著性差異，根據平均分數推測給予使用者良好體驗的組合偏向「呼吸+溫度」；另有依造使用者「有無給予建議」進行分類，其結果無顯著性，推測該項目不適合分析，因此在後續未來建議上再加以論述。

二、 設計建議

虛擬實境配合觸覺回饋裝置資料整理並分析出整體實驗設計要點：

1. 對應情境所設計回饋裝置:利用移動定位器 Tracker 進行手部與裝置定位，以方便在使用者變數上的調整;回饋裝置零件部分，由於為氣動式回饋，利用到有關空氣方面相關馬達，且會有馬達噪音干擾，因此建議在情境模擬測驗中佩戴耳機，避免破壞沉浸性，以減少環境感擾影響數據結果。
2. 清楚直觀的簡潔畫面:使用者進行情境模擬所操作可馬上得知當下情境，藉由物件動畫作為提示，觸摸現實物件時有相關回饋，讓使用者可迅速體驗情境。
3. 符合現實操作與位置:藉由移動定位器 Tracker 定位使用者手部以及裝置，其將虛擬世界空間位置盡可能符合現實增加沉浸性，同時將體驗裝置貼上假毛皮以增加擬真度配合虛擬情境中使用，排除不穩定情況，減少與現實層面之出入，設計情境與回饋裝置應注意現實與虛擬物件位置。

第二節 未來建議

本研究所設計裝置與虛擬環境體驗與正式專案或是市售相比有些偏差，主要研究在於某些關卡的情境下利用該回饋裝置，是否可相近於現實使體驗者有良好的影響，因此將整體簡化，使體驗獲得相關數據，在整體中仍然有不足之處，提出幾點供未來相關研究參考。

1. 由於研究限制與樣本取得之方便性，社會人士僅有 6 位，大專院校生偏多雖可提出良好之建議，但可將樣本之領域擴大藉由該差異可比較出其他意見以增加整體實驗準確度，未來受測可針對更廣領域分析。
2. 體驗觸摸物件給與使用者的回饋過於複雜，且在短時間內給予使用者回饋的類型過多，造成問卷數據不完整，可設計不同裝置對應不同關卡，增加體驗時間，加深回饋印象，確保數據完整。

3. 氣動式回饋裝置馬達聲音過於吵雜，建議配戴耳機同時配合情境狀態音效以減少外部干擾，影響測驗數據。
4. 裝置過於龐大且有一定重量，因此不宜穿戴，此設計造成體驗情境設計上的限制，使用者無法自由移動，建議如需將氣動式回饋方法設計成穿戴式，盡量以小體積，輕重量為核心，進而設計良好的情境。
5. 根據部分使用者訪談建議，虛擬世界的寵物貓如果能增加呼吸動畫並配合裝置同步，可增加仿真度。
6. 部分使用者體溫偏高，在撫摸假毛皮因摩擦生熱導致體驗熱回饋無法及時感觸，建議將環境溫度降低或是請使用者先暫停一會後在體驗。
7. 忽略使用者撫摸寵物之習慣，因此需請該使用者體驗第二次並限定手勢，可能導致數據變化。
8. 因有利用不織布固定形狀，內部填充棉花，外面再包覆一層假毛皮，此方法雖成功製作出模擬寵物貓身體之物件，但此方法過厚，導致藏於內部的氣球膨脹時，部分受測者體驗感覺不明顯，因此建議減少厚度或是更換可負載更多空氣之氣囊，給予使用者完整體驗。

參考文獻

一、英文文獻

- Arkalgud Ramaprasad.(1983). On the definition of feedback, 5.
- Autumn.(2011).*Virtual Reality*,40.
- Alexandra Delazio.,Ken Nakagaki Jill Fain Lehman.,Roberta Klatzky Alanson
Sample.,Scott E. Hudson.,Disney Research Pittsbrugh,PA.,MIT Media Lab
Cambridge,MA.,Carnegie Melon University Pittsburgh,PA.(2018). Force Jacket:
Pneumatically-Actuated Jacket for Embodied Haptic Experiences,
- Bruce Banter.(2010). Touch Screens and Touch Surfaces are Enriched by Haptic
Force-Feedback,10(3), 26-27.
- David Prytherch.(2002). Research Issues in Art, Design and Media, *So what is haptics
anyway?*,1.
- Dahai Liu., Nikolas D. Macchiarella., & Dennis A. Vincenzi.(2008). Simulation
Fidelity,4 ,63.
- Eddy M. Rojas&Amlan Mukherjee.(2003). Modeling the Construction Management
Process to Support Situational Simulations, 273.
- Emily Brown&Paul Cairns.(2004) A Grounded Investigation of Game Immersion.
University College London Interaction Centre (UCLIC), pp.31-32.
- Elizabeth D. Rosenman MD., Aurora J. Dixon MA., Jessica M. Webb MA., Sarah
Broliar., Simon J. Golden MA., Kerin A. Jones MD., Sachita Shah MD., James A
Grand PhD., Steve W. J. Kozlowski PhD.,...& Rosemarie Fernandez MD.(2018). A
Simulation-based Approach to Measuring Team Situational Awareness in Emergency
Medicine: A Multicenter, Observational Study,(Vol.25,No.2),197.
- Grigore C.Burdea.,Philippe Coiffet.(1993). *Virtual Reality Technology*,6.

- Ilgen.,Fisher.,Taylor.(1979). Purdue University.Consequences of Individual Feedback on Behavior in Organizations.Journal of Applied Psychology,Vol64,No.4, 352.
- Jack Tigh Dennerlein.,Paul A. Millman.,& Robert D. Howe.(1997). Vibrotactile Feedback For Industrial Telem manipulators,1,1.
- Jeanne Nakamura.,& Mihaly Csikszentmihalyi.(2009) .*The Concept of Flow*,7,90.
- Karl Johan Astrom.,&Richard M. Murra.(2009).Feedback Systems,1, pp.1-2.
- Kalle.,&Jegers.(2009). Pervasive GameFlow: *Identifying and Exploring the Mechanisms of Player Enjoyment in Pervasive Games*, 250.
- Katherine J. Kuchenbecker., Jonathan Fiene.,& Gunter Niemeyer.(2006). Improving Contact Realism Through Event-Based Haptic Feedback,*IEEE Transactions Visualization and Computer Graphics*,1.
- Manfred Roza.,Jeroen Voogd.,& Hans Jense.(1999). Fidelity Requirements Specification: *A Process Oriented View*,3,2.
- Michael N. Louka .(2001). Virtual Reality Tools for Emergency Operation Support and Training,3-4.
- Mohamed Benali-Khoudjal., Moustapha Hafezl., Jean-Marc Alexandre1.,Jamil Benachour1.,& Abderrahmane Kheddar.(2003). Thermal feedback model for virtual reality,1,1.
- Naoya ASAMURA., Naruyuki TOMORI.,& Hiroyuki SHINODA.(1998).A Tactile Feeling Display Based on Selective Stimulation to Skin Receptors,2,36.
- Patrick Costello(1997) Health and Safety Issues associated with Virtual Reality - A *Review of Current Literature*,2,pp.6-8.
- Penelope Sweetser.,&Peta Wyeth.(2005). GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games,(Vol.3,No.3),3.

Pedro Lopes., Sijing You., Lung-Pan Cheng., Sebastian Marwecki., & Patrick Baudisch.

(2017). Providing Haptics to Walls & Heavy Objects in Virtual Reality by Means of Electrical Muscle Stimulation, 9.

Yoon A. Sekhavat., & Hossein Zarei. (2017). *Sense of Immersion in Computer Games Using Single and Stereoscopic Augmented Reality*, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 26.

Takayuki Hoshi. , Takayuki Iwamoto ., & Hiroyuki Shinoda. (2009). Non-contact Tactile Sensation Synthesized by Ultrasound Transducers, 256.

二、中文文獻

范盛晃(2015)。身歷其境穿越到虛擬實境-松莫爾的互動藝術作品分析與研究。取自台灣博碩士論文知識加值系統。(系統編號 103NTUA0233021)

王文科與王志宏(2017)。教育研究法第 17 版。頁 231-232。

黃偉詮(2018)。虛擬實境裝置之使用性研究-以國小高年級兒童為例。取自臺灣博碩士論文知識加值系統。(系統編號 106NTPT0632017)

三、網路文獻

Csikszentmihalyi. (2004). Flow, the secret to happiness.

Retrieved from https://www.ted.com/talks/mihaly_csikszentmihalyi_on_flow

Teslasuit. (2017). What is Haptic Feedback[Haptics]?

Retrieved from https://teslasuit.io/blog/haptic-feedback/haptic_feedback/

(研究者於 107 年 12 月查詢)

附錄

您好：

感謝您參與本研究的實驗，此問卷主要探討虛擬實境進行情境模擬配合觸覺回饋裝置體驗，收集使用者基本資料與沉浸度觀察、整體操作性、滿意度各項目之間的關聯，您所提供的資料與意見，將成為研究重要數據，個人資料純屬學術使用與研究，絕不外流，填寫過程中有任何問題，請向研究人員提出。

敬祝 心想事成 萬事如意

國立臺北教育大學 玩具與遊戲設計碩士班

指導教授： 范丙林 博士

俞齊山 博士

研 究 生： 李敏弘

個人資料

1. 生理性別：☐男 ☐女
2. 年齡：☐未滿 18 歲 ☐18-22 歲 ☐23-29 歲 ☐30 歲以上
3. 教育程度：☐高中職以下(含)☐大專院校☐碩士☐博士
4. 職業：☐學生，科系 _____
☐社會人士
5. 是否養貓：☐有 ☐無

一、虛擬實境與操作經驗調查

1. 請問您是否有接觸過任何控制器?(Wii、PS 系列、Xbox)

☐無 ☐有

2. 在本次體驗前是否有體驗過 PC 相關的虛擬實境遊戲?

☐無 ☐有，使用的裝置為☐HTC VIVE ☐Oculus Rift

☐其他 _____

3. 請問使用虛擬實境裝置的次數為:

☐1 次以下 ☐2-4 次 ☐5 次以上

4. 是否擁有個人虛擬實境裝置?

☐無 ☐有，擁有 ☐HTC VIVE ☐Oculus Rift ☐PSVR

☐其他 _____

5. 在本次體驗前是否有體驗過其他回饋裝置

☐無 ☐有，體驗過 ☐HTC VIVE 手把 ☐Oculus Rift. 手把

☐遊戲機台手把 ☐電視遊樂器手把(PS 系列、Xbox、PC)

☐其他 _____

二、沉浸體驗問卷

題目	非常同意	同意	普通	不太同意	非常不同意
1. 我沒有意識到我在使用裝置	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 與虛擬世界進行遊戲互動有如身在現實世界般	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我認為遊戲中有太多的不合理	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我感受到與現實事物息息相關	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 裝置對我而言是無形的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 根據遊戲體驗，我覺得自己在遊戲中	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 虛擬遊戲體驗與現實落差感很小	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 使用裝置的時候覺得自己能融入虛擬世界中	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

三、裝置操作體驗問卷

題目	非常同意	同意	普通	不太同意	非常不同意
專注體驗					
1. 當我在感受寵物貓的時候我可以很專注的進行體驗	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 藉由各種的回饋反映，有助於我更融入該體驗	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
適應性					
3. 對我而言，擁有呼吸使我感到有生命	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 對我而言，觸感相似於現實	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間感					
5. 在過程中，我感受不到時間	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 在過程中，只有很短的時間過去了	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

四、使用者滿意度問卷

一. 情境整體看法		5	4	3	2	1	
我覺得這個互動情境是	良好的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	糟糕的
我覺得這個互動情境是	滿意的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	失望的
我覺得這個互動情境是	流暢的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	呆滯的
我覺得這個互動情境是	有趣的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	乏味的
我覺得這個互動情境是	彈性的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	死板的

二. 學習		5	4	3	2	1	
學習操作這個系統是	容易的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	困難的
記得操作方式是	容易的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	困難的
能依造邏輯操作	總是	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	從不

三. 系統效能		5	4	3	2	1	
系統執行速度	快速	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	太慢
系統真實度	現實的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	虛偽的
系統類型趨向	簡潔的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	複雜的
修正錯誤是	容易的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	困難的
整體系統設計	完整的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	簡陋的

四. 介面呈現		5	4	3	2	1	
畫面中的整體場景是	清楚的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	模糊的
辨識出你正在操作的功能	清晰的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	困惑的
操作該物件的呈現方式	簡單的	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	複雜的