

國立交通大學

資訊學院 資訊學程

碩士論文

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

Gameplay and Fun Analysis Based on Player's Physiological Signals



研究生：龍明志

指導教授：孫春在 教授

中華民國一百年六月

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

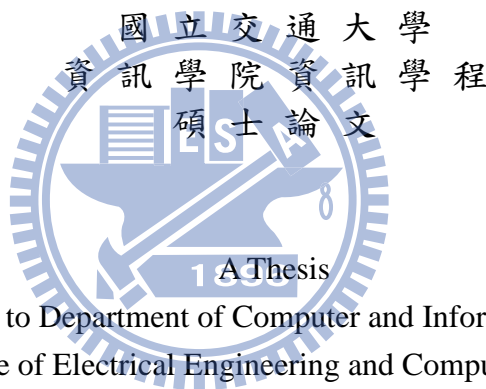
Gameplay and Fun Analysis Based on
Player's Physiological Signals

研究生：龍明志

Student : Ming-Chih Lung

指導教授：孫春在

Advisor : Chuen-Tsai Sun



Submitted to Department of Computer and Information Science
College of Electrical Engineering and Computer Science
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Computer and Information Science

June 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年六月

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

學生：龍明志

指導教授：孫春在 教授

國立交通大學 資訊學院 資訊學程碩士班

摘要

本研究旨在於建立一個客觀的遊戲樂趣評估模式，其實驗方法主要建立在「Valence-Arousal 模型(V-A model)」與「心流理論(Flow Thoery)」之上，心流是個人完全投入的一種狀態，當心流發生時會同時伴隨有高度興奮及充實的感覺。

實驗數據的擷取分為：1. Arousal 數值以滑鼠內藏感測器所測得心跳值計算得之。2. Valence 數值以對玩家表情的愉悅程度觀察得之。二數據的取得皆以不干擾玩家且活動內量測的方式進行，藉由 V-A model 的二維值，給予樂趣值的標定，再以樂趣值為 Y 軸及時間 X 軸，繪製出樂趣曲線，以此作為遊戲中樂趣的評估模式。本研究的實驗設計採用 Web game (Flash) 休閒遊戲，主要在玩家玩遊戲期間的樂趣曲線演變來作探討，研究假設以樂趣曲線的轉折數、樂趣指數的加總及心流發生次數，三個面向來研究與遊戲樂趣的關係。

本研究結果顯示，上述三面向皆與玩家主觀的樂趣感受達顯著正相關，尤其以樂趣曲線轉折數相關性最高($r=0.447^{**}$)，其次是樂趣指數的加總($r=0.325^{*}$)，再其次為心流發生次數($r=0.314^{*}$)。此結果證明，遊戲的樂趣與挑戰的節奏起伏有關。

關鍵字：Valence-Arousal、心流理論、玩家生理訊號

Gameplay and Fun Analysis Based on Player's Physiological Signals

Student : Ming-Chih Lung

Advisor : Dr. Chuen-Tsai Sun

Master Program of Computer Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The purpose of this study is to establish an objective assessment model of fun in game, the experimental method is based on "Valence-Arousal model" and "Flow Theory". Flow is the state in that a person puts his or her heart and soul into something, it occurs simultaneously when one reaches a high level of excitement and sense of fulfillment.

Raw data is collected with the following methods: (1) Arousal data is acquired with a sensor module built in the mouse, the module is to measure and calculate heart rate. (2) Valence data acquired by observed expression of the player's pleasure level. All data acquisition activities do not interfere with the player, they are in-activity measurements. The principle model employs a two-dimensional V-A model to give the value of fun. We draw a time-based fun curve for the assessment model of fun. In this study, we use a Flash web game for our experiment. We focus on the player's curve of fun during the game. Research hypothesis is discussed in three aspects with player's subjective feeling: (1) Number of turning on the fun curve, (2) Total fun value, (3) Level of flow experience.

The results show that all three aspects have significant positive correlation with players subjective feeling. The highest related item is the number of turning on the fun curve ($r=0.447^{**}$), followed by the sum of the total fun value ($r=0.325^{*}$), and level of flow experience ($r=0.314^{*}$). The results show that the player's subjective feeling is related to the rhythm of challenge.

Keywords : Valence-Arousal, Flow Theory, Player's Physiological Signals

誌謝

在交大的這二年，是我過去以來最忙碌的二年，讀在職碩士的日子讓我練習到如何將時間做最有效率的安排。完成碩士論文是一個新的里程碑，代表自己長久以來努力的目標終於達成，唯一的遺憾是父親並沒有來得及等到我完成學位就離開人世。

這篇論文的完成，首先要感謝指導教授孫春在老師，在老師的充份信任下，讓我自由發揮，沒有對論文研究過程做太多的限制，而努力的看文獻之後終於找到適當的研究方法。博班的王豪學長，在我的研究設計有問題時，適時的點醒我，避免我走向「做不出來」那條路。已經畢業的松源學長在實驗場域安排讓我可以收集到珍貴的數據，避免空有 Device 而無法進行實驗的困境。志鴻學長和立先學長在統計方面的指導也讓我獲益良多。其它眾多先進同學的協助在此一併感謝。真的覺得自己很幸運，每每遭遇難關時總是有各位適時的幫忙。

再來要感謝口委清大資工張智星老師的肯定，陶振超老師在心理生理學方面的觀念提點，陳延昇老師對統計項目上的指教。

最後要感謝的人，是當我忙著寫作業時提供我好吃好喝的，作業完成後陪我到處逛的女友，妳的鼓勵與支持，是我努力向上的動力。

明志 2011年6月27日于新竹市

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iii
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
一、緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 背景.....	2
1.2.1 休閒遊戲.....	2
1.2.2 遊戲心理－生理.....	3
1.3 目標.....	9
1.4 重要性.....	10
1.5 研究問題.....	12
二、文獻探討.....	14
2.1 遊戲中的心流.....	14
2.2 心理生理學.....	18
2.2.1 生理訊號探討.....	21
2.3 生理訊號量測.....	24
2.3.1 心率.....	24
2.3.2 指溫(末稍溫度).....	26
2.4 人類表情.....	27
三、研究方法.....	28
3.1 研究設計.....	28
3.2 實驗流程.....	31

3.2.1 實驗場域	31
3.2.2 資料收集項目	31
3.2.3 Valence-Arousal space 建立	32
3.2.4 實驗操作流程	33
3.2.5 遊戲操作說明	33
3.3 資料處理與分析	35
四、研究結果.....	37
4.1 基本資料匯整	37
4.1.1 初步資料製作	37
4.1.2 描述性統計	39
4.2 資料統計分析	43
五、研究結論.....	46
5.1 結論	46
5.2 未來展望	47
5.2.1 玩家樂趣自評改進—採用樂趣量表	47
5.2.2 注意正負向情緒共生 (co-activation)	47
5.2.3 加強實驗自動化	48
5.2.4 Valence-Arousal Table 調整	48
5.2.5 心流發生間距的探討	49
參考文獻.....	50
附錄.....	56
生理訊號擷取系統.....	56

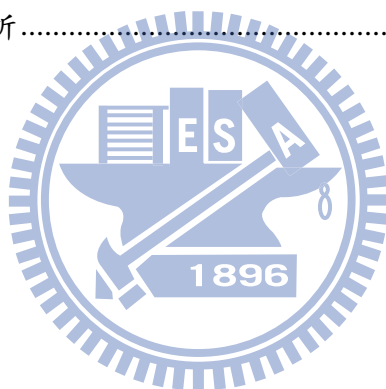
表目錄

表 1	休閒遊戲名詞.....	2
表 2	心流要素.....	6
表 3	交感及副交感神經作用範圍.....	7
表 4	心流與 Valence-Arousal model 關係.....	20
表 5	指溫與情緒.....	22
表 6	人類呼吸頻率.....	22
表 7	人體各部肌電.....	23
表 8	各民族對表情判斷準確率.....	27
表 9	監測項目.....	31
表 10	Arousal 等級判斷.....	32
表 11	Valence 等級判斷.....	32
表 12	統計變項.....	35
表 13	描述性統計.....	39
表 14	相關分析表.....	43
表 15	迴歸分析表.....	45
表 16	剔除不顯著變項迴歸分析表.....	45

圖目錄

圖 1	休閒遊戲元素關係.....	3
圖 2	Serious Game 涉及領域.....	4
圖 3	生理訊號處理示意.....	8
圖 4	不同玩家 Flow Zone.....	12
圖 5	Valence-Arousal-Time model 轉二維 Fun-Time 曲線.....	13
圖 6	挑戰-技能.....	14
圖 7	心流路徑.....	15
圖 8	挑戰節奏.....	16
圖 9	一個好的樂趣曲線圖.....	17
圖 10	Valence-Arousal model.....	19
圖 11	挑戰與技能變化.....	19
圖 12	關卡難度與 Valence、Arousal 關係.....	20
圖 13	反射式(a)與穿透式(b)PPG.....	24
圖 14	PPG 直流及交流成份示意圖.....	25
圖 15	PPG 變化簡易模型.....	25
圖 16	PPG 的量測.....	26
圖 17	手指溫度分佈.....	26
圖 18	Arousal 及 Valence 相關訊號偵測.....	28
圖 19	訊號擷取滑鼠.....	29
圖 20	Fun-Time 曲線繪製流程.....	30
圖 21	遊戲選擇關卡.....	33
圖 22	遊戲任務提示.....	34
圖 23	遊戲畫面.....	34
圖 24	變項關聯圖(雙箭頭表相關).....	35

圖 25	Fun-Time 曲線轉折數計算範例.....	38
圖 26	心流次數計算範例.....	38
圖 27	Fun-Time 曲線轉折數分佈圖.....	39
圖 28	樂趣指數加總分佈圖.....	40
圖 29	心流發生次數—人數.....	40
圖 30	自評分數分佈圖.....	41
圖 31	自評與轉折數散佈圖.....	41
圖 32	自評與樂趣加總散佈圖.....	42
圖 33	自評與心流次數散佈圖.....	42
圖 34	SPSS 相關分析.....	43
圖 35	SPSS 迴歸分析.....	44



一、緒論

1.1 研究動機

一般遊戲發展無論是遊戲機或者是網路遊戲，讓遊戲玩家獲得樂趣是最重要的目的。所謂的樂趣我們可以視為玩家在遊戲過程中的心流變化所構築而成，挑戰與樂趣有相當密切的連動關係，例如在一些遊戲設計專家的定義中樂趣是一連串精心設計的挑戰組成樂趣的整體。在 video game 中，往往有挑戰與放鬆的橋段組合，讓遊戲的挑戰性變得有節奏，藉此以漸近的方式適應遊戲，進而逐步提昇遊戲技能，使玩家避免陷入焦慮或無聊的情形，這個部份和遊戲中的心流理論 (Flow Theory) 有密切的關係[1]。

以遊戲開發者的角度來說，隨著玩家與遊戲的互動時間越長，越需要對遊戲的樂趣面向做深入的探討，換句話說如何更精緻的動態調整遊戲的各個變量，以增加遊戲的黏性是重要的課題。遊戲中的動態調整是利用遊戲本身對玩家表現做能力做判斷，但也可以視外在的玩家狀態參數輸入做判斷。外在狀態參數的回饋應採用客觀、連續性的方法，其中又以生理訊號的可行性最高[2]，這方面的研討是相當值得開拓的領域。

有鑑於心流狀態的判斷不易，故必需研究一可靠的即時監控機制，以得知目前玩家的狀態，提供遊戲開發過程的重要參考。然而如何得知遊戲玩家遊戲中的心流狀態是並不是一件容易的事，而且監測機制必須儘可能避免對遊戲歷程造成干擾以致於降低沉浸的程度。故心流狀態的檢測需要是玩家不易察覺的背景執行，最適當的方法是使用活動內量測法，使得玩家得以專心於遊戲本身。

本研究的重點在於從生理訊號的量測結合心流理論建立一個客觀的心理生理學量測方法，用來探討玩家在遊戲歷程中的樂趣。從長遠的角度來看，未來的遊戲尤其是像遊戲機類的休閒遊戲，會有越來越多的趣樂因子成為遊戲的元素，因此需要探討一個遊戲的樂趣評估框架。

1.2 背景

自從電子遊戲發展後，遊戲領域一直保持高度的成長，從一開始的大型街頭電玩、任天堂紅白機、Sony Play Station、XBOX，此進展歷程依附在電子科技的發展上，但自從網路普及之後，線上遊戲的成長更高於遊戲主機，而線上遊戲通常分成二大類，一類是 MMORPG(通常譯為 Massive (或 Massively) Multiplayer Online Role-Playing Game)，另一類則是休閒遊戲(Casual Games)。本文將以休閒遊戲為研究重點，深入探討其遊戲歷程。

1.2.1 休閒遊戲

休閒遊戲是一種規則簡單不需要短時間內重度用腦且易於上手的遊戲，有部份是考驗玩家的精神集中度和操作技巧，著名的遊戲有：俄羅斯方塊、泡泡龍、接龍(微軟)、踩地雷(微軟)，近年來大量出現的 Web Game 通常亦屬於休閒遊戲，相關網站有：新浪遊戲、宏碁戲谷等。

Kuittinen, J 等人在 2007 年 Casual Games Discussion 的文章中提出玩家類型和遊玩型態的定義[3]：

表 1 休閒遊戲名詞

Casual game	有吸引力、操作簡單、易學易懂、可以得到立即回饋
Casual gaming	視遊戲為休閒如同看電視、電影
Casual playing	重視與休閒遊戲相關內容而不是態度，較短遊戲時間、較低知覺狀態。
Casual gamer	用休閒方式玩遊戲，玩的不見得是休閒遊戲，也可能是很複雜的遊戲，重點在於休閒態度。
Casual game players	玩休閒遊戲的人，但未必以休閒態度玩遊戲。

下圖為各元素間的關係圖，(1)玩休閒遊戲。(2)重點在休閒態度。(3)對任何遊戲都以休閒態度來玩。(4)並非所有玩家都是休閒遊戲玩家。(5)專為休閒玩家或休閒本身而設計。

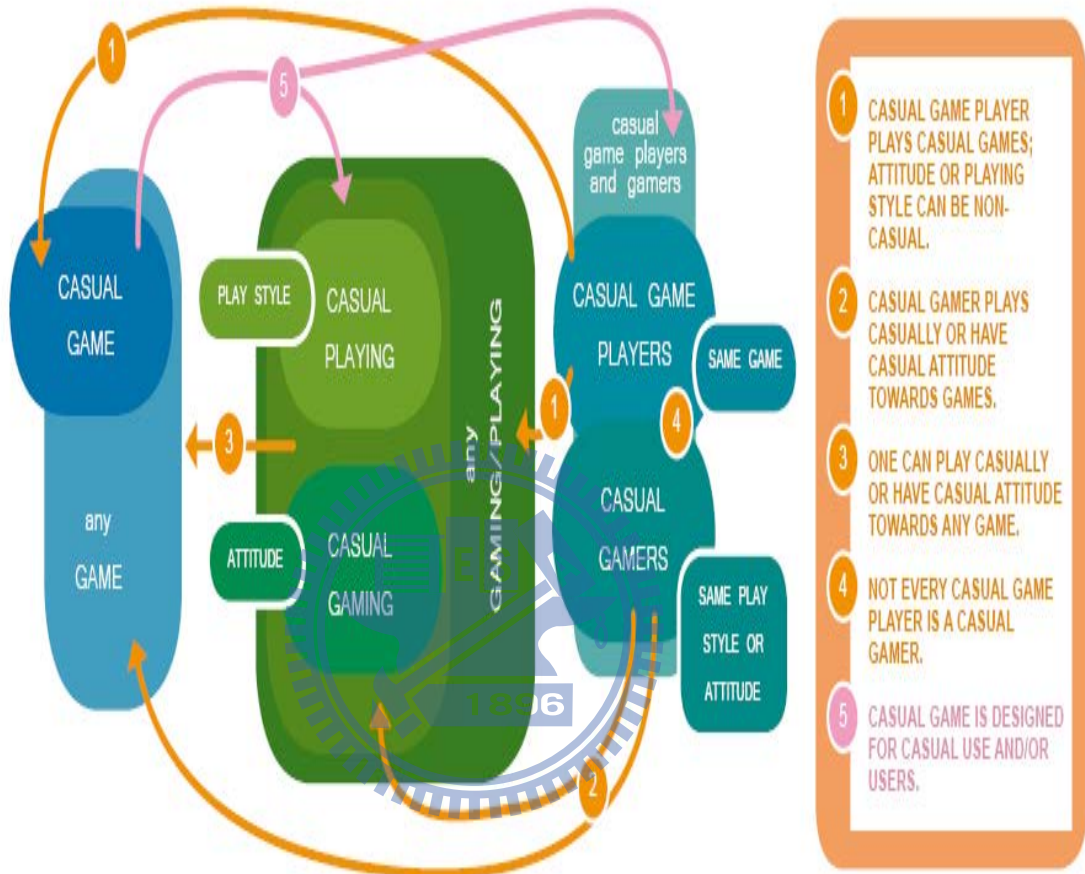


圖 1 休閒遊戲元素關係

資料來源：[3]

1.2.2 遊戲心理－生理

遊戲的設計是一個橫跨多學科的複雜領域，其範圍包括藝術、音樂、電子電機、資訊工程、心理學、社會學、哲學等等，從下圖是一個教育式遊戲(Serious Games)的組成，雖然 Serious Games 是以教育訓練為內涵所設計的遊戲，但仍可以從其中細分一個遊戲的誕生所需要的元素。

The Heart of Serious Game Design



圖 2 Serious Game 涉及領域

資料來源：(引自 <http://seriousgames.msu.edu/>)

在遊戲心理學方面，心理學家 Csikszentmihalyi 將心流 (flow) 定義為一種將個人精神力完全投注在某種活動上的感覺；心流產生時同時會有高度的興奮及充實感。近年來有越來越多的研究試圖從心理生理學的角度來研究如何活動內量測玩家的狀態，以做為進一步改善評價遊戲的指標。現在已經有一些公司提供各種「生理回饋 (biofeedback)」技術，使用腦波偵測技術是最常用的。這方面的應用通常是期望遊戲能更具挑戰性、更為貼近現實家操縱意識。理想的應用是可能讓遊戲玩家以自己的思考意識來控制遊戲中的角色，達到所思即所得的境界，故生理回饋的應用將會使得玩具或電玩更逼真。

但腦波的檢測相對於其它的生理訊號，畢竟較為複雜且設備昂貴，雖然可以直接反映玩家的心理狀態，但要實用化、大眾化相信還有一段很長的路要走，於是轉而參考相對容易擷取的生理訊號似乎是比較可行的做法。

在遊戲機方面各種類型的遊戲也呈現相當蓬勃發展，但對於玩家的狀態回饋觀察仍然有值得開拓的空間，近年來隨著資訊科技的發達，遊戲機的操作越來越樣化，例如體感遊戲機。但玩家心理狀態的量測仍屬有待實踐的領域。故本研究將從以下的二項主要理論來探討遊戲玩家歷程與樂趣。

(1) 心流理論

Csikszentmihalyi 是第一個將心流的概念提出並以科學方法加以探討的科學家[4]，雖然心流的概念已廣為運動選手、心理學大師及科學人員所普遍認知，只有 Csikszentmihalyi 將心流的概念應用到改善如遊戲設計的領域中。

Csikszentmihalyi 認為金錢、權勢皆不能真正滿足個體，只有積極尋找樂趣 (enjoyment)。此外提出了體驗樂趣的八要素：1. 明確的目標、2. 立即的回饋、3. 挑戰與能力的適配、4. 潛在操控感、5. 意志和行動結合、6. 全神貫注、7. 暫時忽略自我意識、8. 時間感的改變。在後來的研究中又入第九項－自願或自發性。這九項心流元素的內涵茲整理如下表所示[5]。這些要素不儘然要全部存在才會有心流產生。

此外Webster並提出沈浸可經由四個面向來討論：1. 集中注意力在人機互動上、2. 使用者認為互動是有趣的、3. 人機互動的過程好奇心被激起、4. 使用者認知與電腦的操控程度[32]。



表 2 心流要素

心流經驗的九大條件要素	
元素	說明
心流事前階段	
明確的目標	活動參與者必須在心中確立目標，才知道如何運用自身的能力。例：網球選手的目標就是將球打回對手的場地中。
立即的回饋	回饋能讓個體知道自身是否朝目標前進，即時得知表現的成果。例：外科醫生看到傷口的處置狀況。
挑戰與能力的適配	當能力比挑戰高時，個體會感到無聊；若挑戰高於能力，則會感到挫折或焦慮。例：一個登山者使出全身的精力征服高山。
心流經驗階段	
潛在操控感	不用擔心失控及失敗，讓個體願意去冒險進而享受心流。例：一名棋手認為自身能夠掌控全局。
意志和行動結合	全神貫注於從事的活動中，面對挑戰時的一種不加思索反應。例：一名舞者心無雜念，全身充滿活力，自覺輕鬆自在且精力充沛。
全神貫注	密切專注目前的結果，忘記生活中不愉快的事(焦慮或擔心)。例：球員為了一件事擔心一整天，但比賽開始馬上忘了這件事。
心流效果階段	
暫時忽略自我意識	暫時感覺不到與挑戰活動不相干的感覺及自我意識。例：音樂演奏者只感覺到其手指，聽到樂曲的聲音。
時間感的改變	時間感與平日有所差異，也許感覺過很久但其實只有幾秒；或者明明過很久，但感覺才剛開始。例：和好友談心，雖然聊了很久，但感覺好像才剛見面。
自得其樂的經驗	不期望得到什麼，過程本身就是一種極端的享受，而不是外在報酬。例：運動員喜歡跑步時流汗的感覺，而非得獎。

資料來源:[5]

(2)生理訊號理論

拜生醫科技的進步，越來越多的心理狀態可以藉由生理回饋訊號判讀來做準確且客觀獲知。一般常採用來判斷焦慮的生理訊號有心跳、血壓、呼吸、自主神經相關生理反應，例如：心跳是否加快？血壓是否增加？呼吸頻率是否改變？是否冒汗？這些都常被用來評估受測者是否有焦慮的傾向及其焦慮的程度，通常心跳、血壓、呼吸頻率、流汗等指標的增加代表已進入焦慮狀態[6]。人體的生理狀態受到自主神經系統所控制(autonomic nervous system, ANS)，ANS 是由二個次系統所組成，分別是交感神經系統與副交感神經系統，這二套系統是相互抑制對抗的。而上述的生理反應，均是起因於交感與副交感哪一方是處於興奮狀態。焦慮是眾多心理狀態之一。焦慮會刺激交感神經，而放鬆時則副交感神經較為活躍。例如焦慮時產生的反應有指溫降低、心跳加快、高血壓、呼吸頻度變高、皮膚導電度下降等等[6]。

表 3 交感及副交感神經作用範圍

ANS 的作用		
器官	交感神經作用	副交感神經作用
眼睛	瞳孔擴張	瞳孔收縮
嘴	抑制唾腺分泌	刺激唾腺分泌
肺	呼吸道放鬆	呼吸道收縮
心臟	心跳增加	心跳降低
汗腺	冒汗	無作用
腸	無作用	血管擴張
胃	抑制消化	刺激消化
肝臟	刺激葡萄糖釋放	無作用
腎上腺體	刺激腎上腺素釋放	無作用
皮膚	血管收縮	血管擴張
膀胱	放鬆	收縮

資料來源：[34]

生理訊號擷取系統主要分為感測器、前端OP將類比訊號放大並濾波、數位處理[35]。感測器的選用是重要的第一步，非接觸型的感測器(例如紅外線測溫)對

測量對象的干擾較少，但通常價格昂貴，取得不易，在大多數的應用場合仍然以接觸型感測器為主，但需要儘可能減少對測試目標的影響。因為一般的感測器所測得的訊號信相微弱且夾雜很多雜訊，因此放大電路的雜訊抑制是必要的，因為這將直接影響擷取到的數據參考價值。訊號數位化完成後，交由電腦端做分析，在做分析時，有時也需要再對資料做調整，例如單位調整或再次做簡單的統計處理，將不合理的資料刪除。

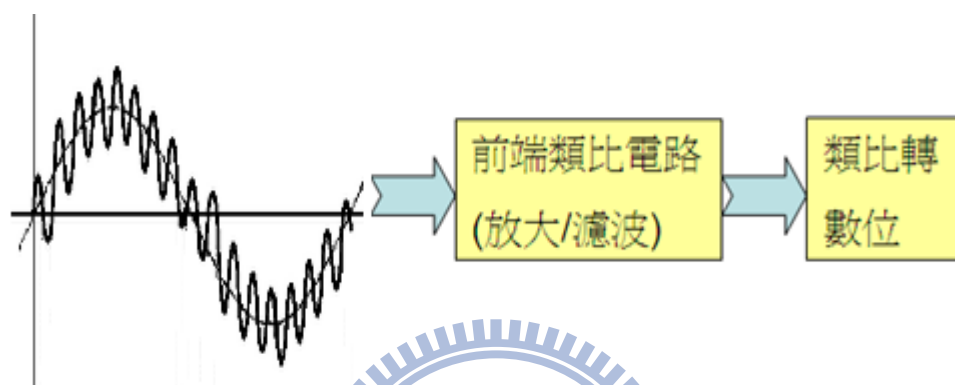


圖 3 生理訊號處理示意
資料來源:[35]



1.3 目標

本研究的首要目標是以對玩家的最低干擾，量測到玩家的心流狀態。利用玩家生理訊號分析玩家遊戲歷程與樂趣，首先需要採集足夠的生理數據，對於反饋的生理訊號需要加以處理才能有效的做為決策的參考。在遊戲歷程中，隨著時間的演進，越來越多的生理資料被記錄，使得決策的依據應該要朝越來越準確的反映玩家心流狀態變化來做調整。由於每個人的生理訊號值都會有所差異[1]，當找到適當的決策邊界時，站在遊戲設計者的角度，若可以判斷出玩家目前是的心流狀態是否處於焦慮或無聊，則可以提供遊戲核心即時調整遊戲難度。在此期望增加玩家的樂趣，也就是不斷提升技能克服挑戰。另外由於難度是因玩家心理狀態而異的動態調整，有助於玩家在不自覺中達到技能的提升，當玩家事後發覺自己的技能增進，自然對遊戲就會感到有樂趣。而當玩家對遊戲時常是處於有樂趣的狀態時，遊戲的生命週期就得以延長，這種情形對遊戲開發者而言有相當大的助益。

本研究從心流理論出發結合心理生理學理論，以連續客觀的量測方法探討遊戲玩家在遊戲歷程與樂趣的關係，因此反映心流狀態的生理訊號的探討將是本研究相當關鍵的部份。此外，因為遊戲的種類繁多，策略性質的遊戲可能比較不適合本研究，選用遊戲的重點放在遊戲進行能夠讓人易於投入的遊戲，當中休閒遊戲具有遊戲時間適中，遊戲人口廣泛的特徵，非常適合於本研究的探討。

1.4 重要性

本研究的重要性在於提供一個客觀的評估框架，以利於達成人機之間的平衡，進而提升玩家玩遊戲的樂趣。目前數位遊戲以凌越傳統娛樂傳媒之勢成為全球新興產業、數位遊戲人口日益多樣化與成人化，遊戲漸漸走入大眾的生活將成為未來生活的一部份，如何增加遊戲的樂趣是一項重要的工作。

遊戲的樂趣與心流理論有相當密切的關係，心理學家 Csikszentmihalyi 曾經提出一個觀點，當一個人可以自參與活動而獲得好的心流經驗(Flow experience)，則可以認為也獲得真正的滿足及快樂[5]。

Ghani則認為沈浸和專注及喜悅二個面向有關[33]。當人極度投入一個自身感到有趣的活動中，此時會產生滿足、幸福的感覺。而為了不斷獲得這些愉悅的感覺，人們會再不斷重覆的投入，這種正向的循環就是內在酬賞的本質。當運用自身的決策使技能與挑戰達到旗鼓相當之際最容易產生心流經驗，於是對於心流狀態的擷取對遊戲本身來說相當重要，因為其關係到遊戲玩家是否會覺得遊戲歷程具有樂趣，也直接影響到遊戲本身的生命週期，生命週期越短，則表示遊戲並不為玩家所接受，很快就失去市場。

經由電子／資訊工程的介入，將使得更人性化的人機介面得以實現，遊戲的歷程能較符合人性，從而降低冷漠、無聊，提升遊戲樂趣。經過實驗，利用心理學實驗模式將資料做妥善的處理，分析出使用者目前的心流狀態，當這分析方法被應用於實務上，就不單單是在對遊戲玩家的心理狀態做出判斷，對於一些需要預測玩家操作狀態的領域也提供了一條新的捷徑。

當遊戲加入心流狀態的回饋參數時，遊戲的進行將更可能貼玩家的想想法，達到人機之間的「默契」，但是人的心理是最難捉摸的，最直觀的作法是經由玩家的操作與表現，經過統計計算，猜測玩家目前的心流是處於哪一個狀態。幸而一些心理的變化往往也可以找到對應的生理反應。通常心理和生理的交互表現分為內在體驗、外在行為和生理反應。生理反應可以由儀器測量得之，大部份用來參考

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

的生理訊號：心跳、腦波、膚電、各部位肌電等。當高度愉悅時，生理訊號會有明顯的變化。

當研究中對遊戲玩家做生理訊號擷取時，必須儘可能不對玩家造成干擾，例如心電圖需要貼導層、量血壓要環束手臂並加壓、有些實驗溫度量測必須是接觸式等等。為了不讓遊戲玩家有干擾的感覺，量測的感測器佈置需要內藏，例如 IBM 的 Emotion Mouse，利用多個不同種類的感測器偵測使用者的生理訊號，做為情緒判斷基礎。

可行的心理(心流)狀態偵測機制建立，將可引領一些遊戲設計上的願景，例如：若休閒遊戲能加入玩家的心流狀態監測，則玩家在遊戲中更易達到放鬆的目的；若是應用於遊戲機，則可以了解玩家投入遊戲的互動樂趣(例如家庭成員間的遊戲)。於是本研究期望能探討出一套樂趣量測機制，提供給遊戲的設計或測試者參考，以利於達成一個善解人意的遊戲。

另一方面也可以應用於教學式遊戲上，兼具樂趣／教育訓練的人性化機器，以儘量趣味化的方式達到預期的教學的功能。在 Flow 理論中，著重在討論技巧 (skill) 和挑戰 (challenge) 二個因素，並且認為二者必須交互影響達成平衡，進而使玩家能夠不斷的進步，在技能和挑戰都能更上層樓；值得一提的是，當玩家已經完全投入並且越過一個平時難以跨越的技術門檻(通常是高於本身技能的挑戰)，而本身卻不自知時，這種結果會加身玩家的自我肯定，並使訓練技能的驅動力更加強烈，進入一種自我學習新技巧的境界。當自我信心增加時，會更加強這種正向循環的運作，這種現象這在數位學習式的遊戲上有正面的幫助。

1.5 研究問題

從 Jenova Chen 提出的見解如圖 4[1]，我們可以發現，Flow Zone 會隨玩家的不同而範圍和位置有所不同，但可以確定的是一個有趣的遊戲狀態是不斷的在心流區內外來回震盪的。在 Charlene Jennett 等人[7]所提出的沉浸量測中，則是由時間軸和生理數值所構成的生理數據分佈。

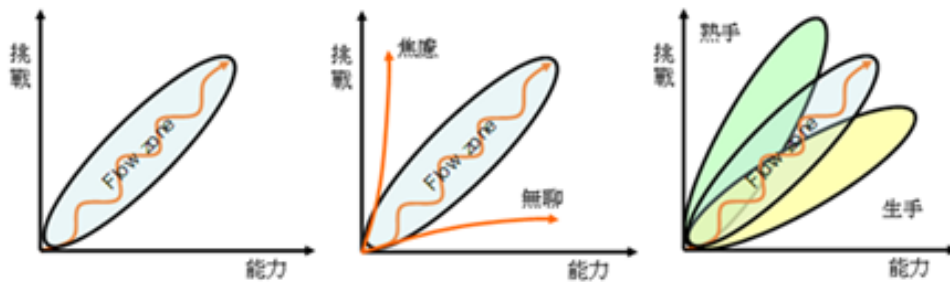


圖 4 不同玩家 Flow Zone

資料來源：[1]

但是更進一步的探討應該從情緒量測方面著手，尋找玩家的 Valence-Arousal 演變路徑是研究情緒變化的重要方法[8]。本研究以量測 Valence-Arousal 的二維資訊加上時間軸，經過一個 Valence-Arousal 座標與樂趣值的轉換，簡化成為一個樂趣與時間構成的二維 Fun-Time 曲線圖，以此深入探討遊戲玩家的遊戲歷程與樂趣關係。

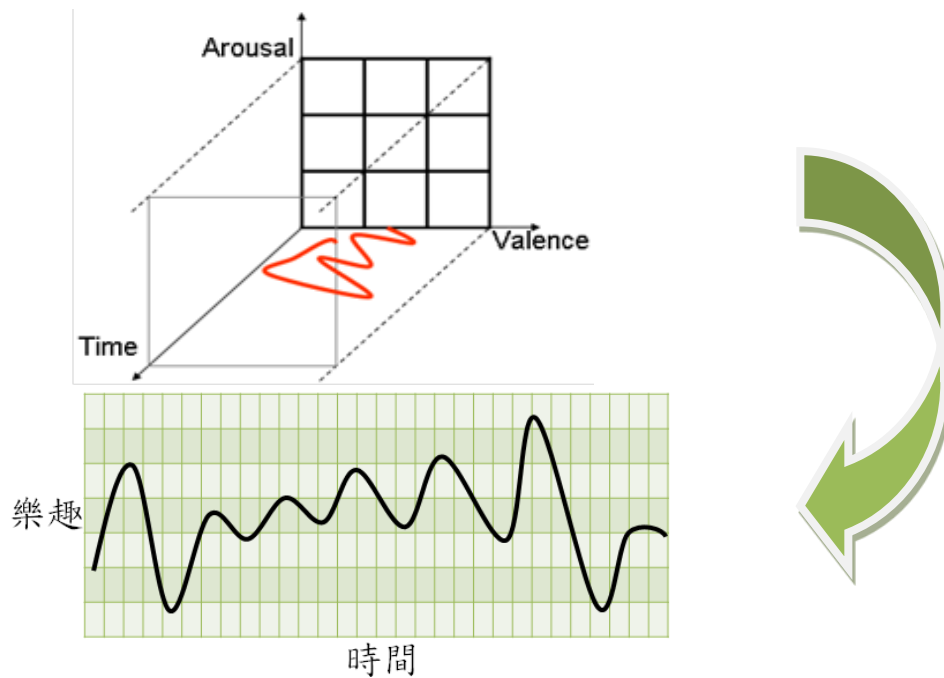


圖 5 Valence-Arousal-Time model 轉二維 Fun-Time 曲線

Valence-Arousal 量測的二個主要工具分別是客觀的生理訊號(Arousal)和面部表情(Valence)。常用的生理訊號有肌電圖(EMG)、膚電活動(EDA)、腦電波圖(EEG)[9]，但是顯然這三者均會干擾受試玩家，若是要在儘可能不干擾受測玩家的情況下做資料擷取，需要將量測的感測器設計在操縱桿上的按鍵壓力感測或滑鼠點擊率、溫度感測[10]。面部表情則以錄影的方式記錄玩家遊戲過程的臉部變化。

從產品市場的觀點，玩家與產品的交互體驗中，情感（或者情緒）是重要的組成部分。對使用者情緒的有效評估是評價產品的重要途徑[11]。但人的情緒是一種主觀體驗，如何使用情感的度量尺規並且從靜態的切面推展為動態情緒演變的探討是值得研究的議題。因此，專門用於評估用戶情感的技術具有重要的意義。

本研究將透過量測玩家的 Valence-Arousal-Time 三維的情緒演變模型，簡化成為 Fun-Time 二維樂趣演變模型，進一步探討以下問題：

- (1) 假設較多的 Fun-Time 曲線轉折代表越有樂趣。
- (2) 假設 Fun-Time 曲線和橫軸圍成面積(樂趣指數加總)越大代表越有樂趣。
- (3) 假設心流的發生次數越多代表越有樂趣。

二、文獻探討

2.1 遊戲中的心流

當個人在從事某種活動，特別是活動的過程是讓人感到愉悅進而達到忘我的境界、時間感的改變，這種現象即是 Csikszentmihalyi 所稱的「沉浸」(Flow)，Flow 產生的同時會感覺到興奮和充實感。在往後的研究中，越來越多人將 Flow Theory 做更深入的探討，並且廣渙的應用在各領域，例如：企業的團隊管理、教育學習及數位遊戲等等。

從 Csikszentmihaly 所提出的心流模型我們可以發現挑戰高於技能太多會造成焦慮(Anxiety)[4]。焦慮一詞由佛洛伊德在 1936 年自英語轉譯創造出來，被認為心理學的最重要的部份。焦慮的概念無法很簡單的描述而且牽涉相當廣。而技能高於挑戰太多則會感到無聊(Boredom)。於是我們必須儘可能讓玩家的心流狀態不要停留在這二個區間(Anxiety/Boredom)太久。若玩家不幸處於冷漠(Apathy)區間太久，則表示玩家已無法沉浸(immersion)於遊戲中。

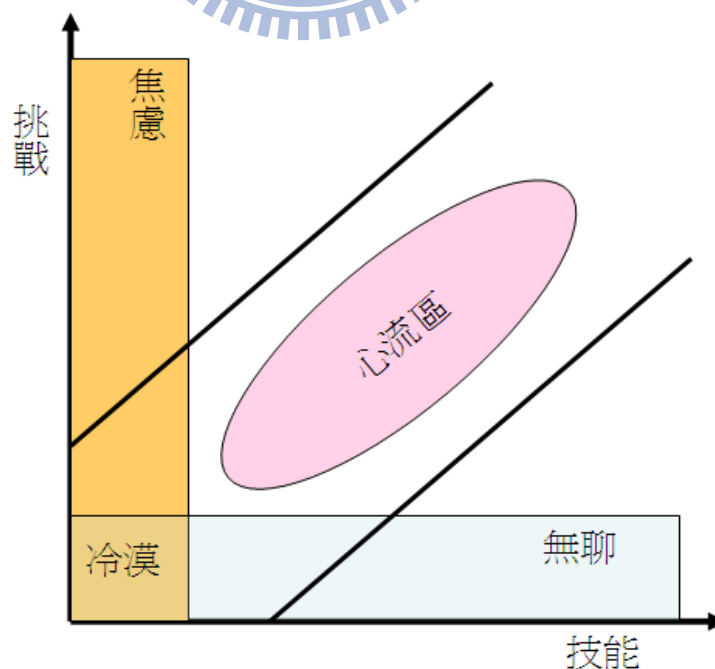


圖 6 挑戰-技能

然而若是遊戲的探討侷限在一小段的固定時間，則可以預期的是時間內技能的提升是有限的，所以在典型的 video game 的設計中常常可以看到挑戰的安排有一定的節奏，於是便會產生如左圖隨著時間的推移，遊戲歷程會在 Flow zone 內外不斷進出，以確保每個遊戲橋段都是有趣的。

挑戰的出現可以是有節奏的，例如在經過一些小關卡後，安排停留在一些安全的區域稍做休息，而這種挑戰、休息的安排某種程度上具有節奏感，這種關卡設計的靈感來自於音樂的節奏[12]。

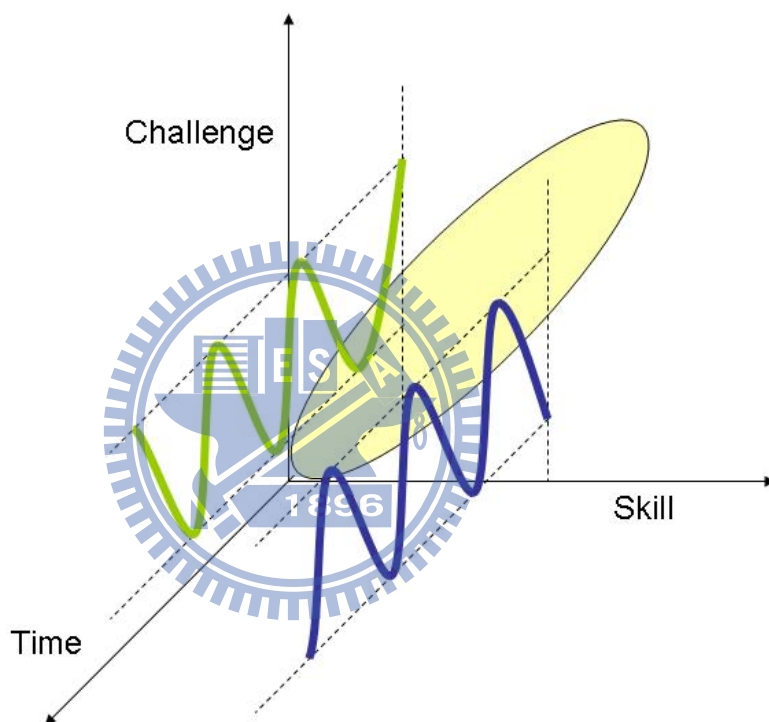


圖 8 挑戰節奏

從一些 2D 的 video game 例如經典的遊戲 Super Mario，這類遊戲藉由怪物的出現、陷阱的安排等創造出有難度不一的挑戰排列。Nathan Sorenson 和 Philippe



Pasquier 利用 Genetic Algorithm 做為關卡產生的核心方法，在此研究中加入了挑戰上限和下限，在演算法設計的挑戰難度累積到上限時就開始降低挑戰，而當挑戰難度低於下限時，就提升挑戰。其研究結

果顯示符合挑戰的節奏組[13]。

Gillian Smith 等人於 2009 年研究提出，以節奏為基礎的關卡產生器可以使遊戲更有可玩性，並且認為節奏在關卡的產生上佔有相當重要的地位，節奏可以增進玩家面對挑戰時獲得更高的成就[14]。

當玩家克服一個挑戰後，最立即的好處是能往下進行遊戲，最重要的是玩家的信心大增，有更大的意願和動力去面對更困難的挑戰。

遊戲是以娛樂過程為主的行為，有別於其它的電腦操作過程。因為整個過程的重點在於樂趣。Falstein 曾分析遊戲的樂趣源於三大部份：實體樂趣(Physical fun)、社交樂趣(Social fun)、心智樂趣(Mental fun)，通常電腦遊戲會同時混用其中二種或三種[15]。雖然樂趣的體驗屬於較抽象的層次，不過仍然有學者試著提出樂趣的模式，例如下圖 Schell 所提出一個好的樂趣曲線圖[16]：

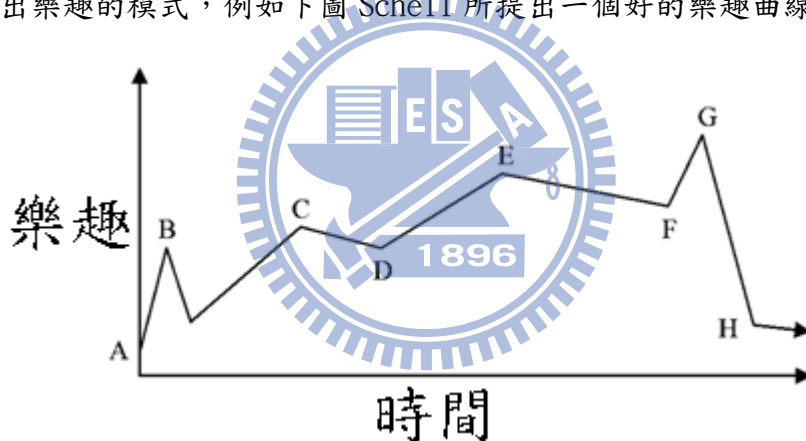


圖 9 一個好的樂趣曲線圖

資料來源：[16]

樂趣歷程	玩家狀態
A	玩家體驗到一定的樂趣，這種最初的樂趣來自於先入為主的期望
B	體驗開始，很快來到 B 點，這是一個吸引點讓玩家感到興奮，例如在遊戲開始前往往需要一些短劇電影，給予玩家提示。
C、E	B 點過後，開始靜下心來，如果其歷程是經過精心設計，則樂趣會提升，達到像 C、E 點。
D、F	偶爾會有一點點下降像 D、E 點。
G	最後在 G 形成樂趣的最高點。
H	樂趣消退，經過 H 整個段落結束。

2.2 心理生理學

本研究的心流量測將結合心理生理學方法對玩家進行低干擾性的量測。在眾多的心理學分支之中，心理生理學是一門相當著重量測的學科，第一個提出這個學科名稱者是”心理生理學綱要”的作者、實驗心理學的的創始人馮特。心理生理學是一門綜合性科學，結合了神經心理學、神經解剖學、神經病學、內分泌學、生理學、生理藥物學等，藉由心理現象和神經活動來探討人類的心理學，在近代的心理學實驗中，量測腦波、皮膚電阻、血壓、心率、膚溫等神經活動的結果做為客觀的心理狀態觀察，例如測謊器。

以往心流量測方法較為注名的為 Csikszentmihalyi 所使用的經驗抽樣法 ESM(Experience Sampling Method)，ESM 的作法是提供受試者一個呼叫器和問卷手冊，當呼叫器響時就立即填寫問卷，研究時間長達幾個星期。但本研究的對象為遊戲玩家，具有遊戲時間短、無法遊戲中無法中斷的特點，即使有各種的改良式 EMS 仍然無法解決中斷問題，故 EMS 法無法滿足本實驗。

在 game 活動進行中，做連續客觀的玩家心理狀態量測是相當重要的，這方面的量測結果可以做為一款遊戲是否有趣的評估，對於遊戲開發中、上市前試用都有相當重要參考價值。基於既有技術上的考量，本研究為這方面的心理狀態量測可以利用 Valence-Arousal 座標圖來探討，這種座標圖是一種 2D 的情緒量測，雖然在情緒量測方面有不少多維的量測法(例如 PAD)，但考量實驗適用性，以 2D 量測較可行。

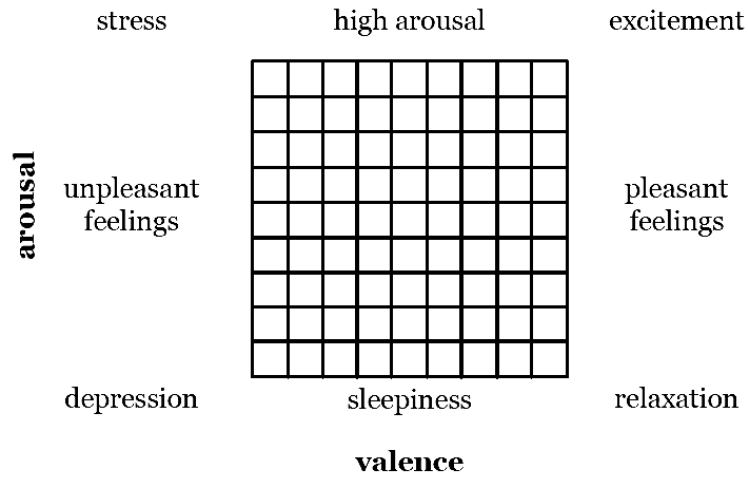


圖 10 Valence-Arousal model

資料來源：[17]

在遊戲進行中，玩家的能力與遊戲的挑戰將組成一連串的心理狀態變化，當遊戲難度突然提升時會造成焦慮；而能力的提升高過挑戰則會感到無聊。如下圖所呈現的是玩家的心流變化路徑，虛線的部份是當遊戲難度改變時的心流路徑，生手容易在此區域；實線部份是玩家自身能力改變時的心流路徑，一般是熟手所較常展現的路徑[18]。

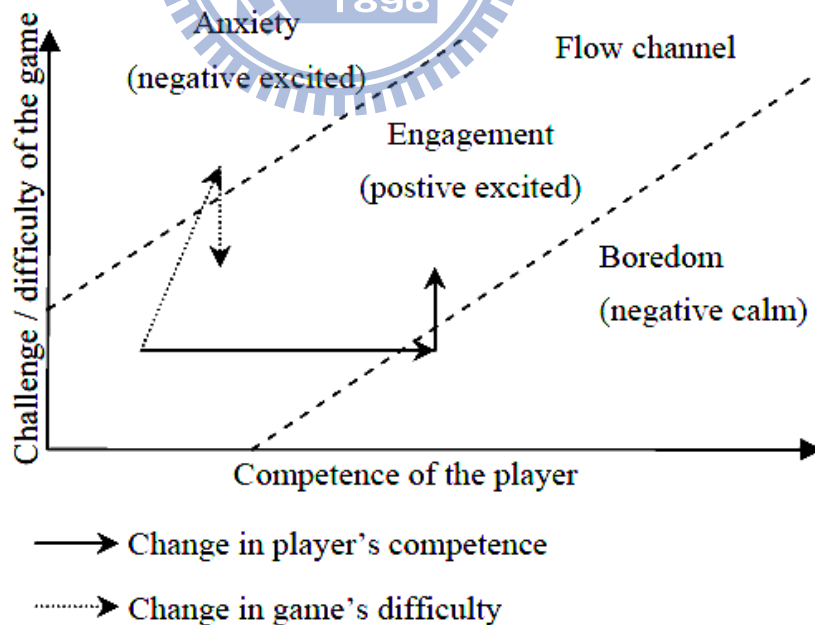


圖 11 挑戰與技能變化

資料來源：[18]

通常在遊戲中玩家的狀態會在 Anxiety(挑戰高於能力)、Engagement(挑戰與

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

能力適配)、Boredom(能力高於挑戰)之間來回震盪，心流歷程的描述便以這三種狀態的表現加以討論，於是判斷玩家處於何種狀態是重要的步驟。對此 Valence-Arousal 的二維特徵可以提供良好的識別，下表是三種心流狀態在 Valence-Arousal 座標中的相對位置。

表 4 心流與 Valence-Arousal model 關係

Emotional states		
Game level	Arousal	Valence
Easy-Boredom	Low	Low
Medium-Engagement	High	High
Hard-Anxiety	High	Neg.

資料來源：[18]

下圖是遊戲中 Valence-Arousal 與遊戲難度關係，可以看出在難度適中的時候玩家的 Valence (愉悅度) 是最高的，這種結果與心流理論相符合，也就是當難度與挑戰相當的時候，玩家可以得到樂趣；而在 Arousal 的訊號呈現的結果是隨著難度的提高，Arousal 的呈度也跟著上升，這方面說明了玩家處於無聊、心流及焦慮三種狀態下的生理訊號分佈相關性[18]。

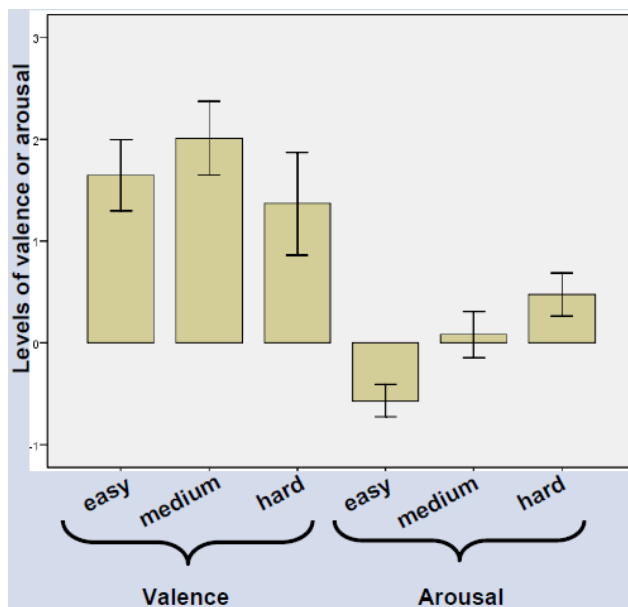


圖 12 關卡難度與 Valence、Arousal 關係

資料來源：[19]

2.2.1 生理訊號探討

根據 Rigas 等人所做的研究，生理訊號對情緒的判斷上分成四個步驟：1. 生理訊號擷取。2. 訊號預處理和特徵提取。3. 特徵選擇。4. 分類。利用心電圖、肌電、呼吸來判斷快樂、厭惡和恐懼準確率分別為 0.48、0.68、0.69。由此可知，單單只是做生理訊號的判斷，就可以有 50~70%的可信度[20]。

另一項由 Chang Yun 等人利用 StressCAM 所做的研究，StressCAM 的原理是利用區塊內血流量的增加，將會增加區塊的溫度，於是參考熱影像的變化可視為是血流量的變化，此研究利用血液的流動與臉部的熱散失的溫度分佈變化探討玩家在 video game 的狀態是處於簡單或困難，熱像偵察的區域集中在額頭的部份。研究結果可以發現，在玩家大部份認為簡單的時候額頭表面溫度是上升趨勢，而在認為困難的時候額頭表面溫度下降趨勢。這個研究結果也突顯皮膚溫度可以被用來評估玩家狀態[21]。藉由過去的研究顯示，生理訊號是可以信賴的特徵，以下一一介紹各種生理訊號。

(1) 膚電檢測

當人的大腦內部開始活動時，因為有外來事件的影響，將造成皮膚表面的電阻值改變相對應的刺激越大，則膚電阻的變化量就越大（電阻值下降），其原因有可能是流汗、皮膚電解質改變、體內循環加速等。這種生理指標的變化是無法自主意識控制，因此藉膚電反應(GSR)裝置可以測得皮膚表面有些微的電壓，因為各種心理狀態的差異，所對應到的汗腺活動情況也不一樣，引起體表的導電度產生變化，使得因刺激所連帶產生的皮膚表面電流差異，膚電是測驗焦慮心理狀態的一項重要利器。當人在害怕和興奮時(生理所產生的變化較大)，其膚電反應比悲傷和平靜（變化較小）時還要高些，由此可知，在心理實驗尤其是情緒的測量上膚電反應是一個可靠的生理指標。而且所顯示的效果是客觀的。

(2) 指溫

造成指溫改變的原因有二，一是焦慮增加皮膚表面的熱散失，透過汗液的蒸

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

發（目前已知控制手部汗腺的交感神經位於胸椎第二及第三節），指溫降低[22]。另外，指溫的變化所反映的是心理壓力下的血流狀況，19世紀末首先提出不同的急性壓力對四肢血流、溫度的影響。在人承受心理壓力時，會使正腎上腺素上升（交感神經釋出），進而造成末梢血管收縮，此時手指溫度將會下降；另一方面在感覺輕鬆時，因為週邊血管循環較好，因此手指溫度會提高。指溫的範圍如下表。

表 5 指溫與情緒

溫度與心理對應					
溫度(手)	低於 26°C	26-27°C	29-32°C	32-35°C	高於 35°C
心理	高度緊張	略為緊張	中度(平靜)	輕度放鬆	深度放鬆

資料來源：[23]

(3)心跳

一般人心跳約在 60 至 100 下(每分鐘)，當焦慮狀態發生時，交感神經興奮，造成心跳會加快、末梢血管收縮。當心理放鬆時，副交感神經興奮，心跳放慢、血管舒張末梢血液流量增加。在心跳的偵測上，我們可以使用心電圖、心跳錶(壓電晶片)、紅外線末梢偵測。

(4)呼吸

呼吸頻率依年紀的不同而有很大的差別如下表：

表 6 人類呼吸頻率

對象	頻度 次/分鐘	
新生兒	44	焦慮狀態下，呼吸急促短淺； 放鬆狀態時，呼吸深且慢。
嬰兒	40-60	
學齡前的兒童	20-30	
年齡較大的兒童	16-25	
成人	12-20	
成人劇烈運動時每分鐘呼吸	35-45	
運動員的高峰期	60-70	

資料來源：[24]

(4)肌肉活動電位 (EMG)

人體正常的 EMG 小於 $10\mu\text{V}$ ，當高於此值時，表示心理在焦慮狀態；若低於此值代表心理放鬆。藉由偵測 EMG 的微小電位變化，亦能判斷目前的狀態。

表 7 人體各部肌電

人體生理訊號		
部位	振幅(μV)	頻率(Hz)
心臟(ECG)	100~10000	0.01~250
肌電圖(EMG)	10~10000	20~1000
眼周圍(EOG)	10~10000	0~100
腦(EEG)	1~100	0~150

資料來源：[33]

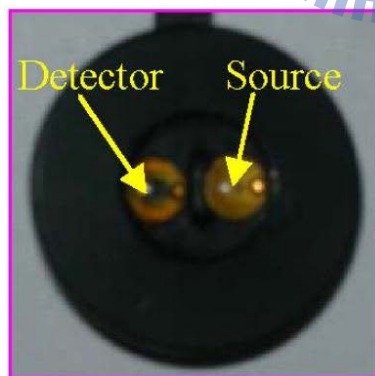


2.3 生理訊號量測

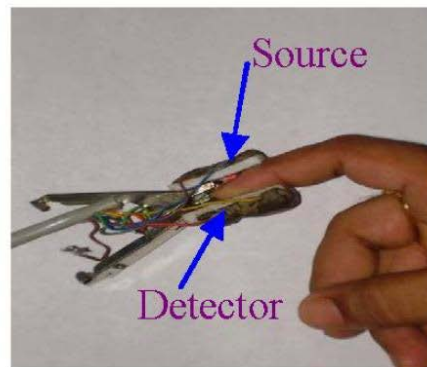
2.3.1 心率

心率測量通常使用的方法有心電圖、壓電脈搏感應、紅外線末稍動脈感應。心電圖雖然準確，但使用上必須在受測者身上貼導層，勢必會造成對受測者的干擾。壓電脈搏感應是經由人體脈搏的波動對壓電晶片造成些微的電壓變化，再經過對電壓變化的偵測處理所得到的脈搏反應。紅外線末稍動脈感應是由紅外線LED發射紅外線進入組織中，因為組織中微動脈的波動，會造成紅外線透光率的改變，使得紅外線接收器因接受到的紅外線強弱變化而造成輸出電流的波動。

本研究採用紅外線擷取動脈變化(光學容積描記法：Photo-Plethysmograph，PPG)，PPG的量測可以從指尖或耳垂獲得，為了方便起見，本研究採手指量測。一般紅外線感測法分二種一為穿透式(紅外線發射端和接收端呈待測物二端相對位置，通常會將外型做得像夾子)，另一種為反射式(發射端和接收端排列在待測物同一邊)[25]。本研究採用反射式對測試者的干擾較小，但缺點作動不能太大。



(a) Reflectance type



(b) Transmission type

PPG sensor heads

圖 13 反射式(a)與穿透式(b)PPG

資料來源：[25]

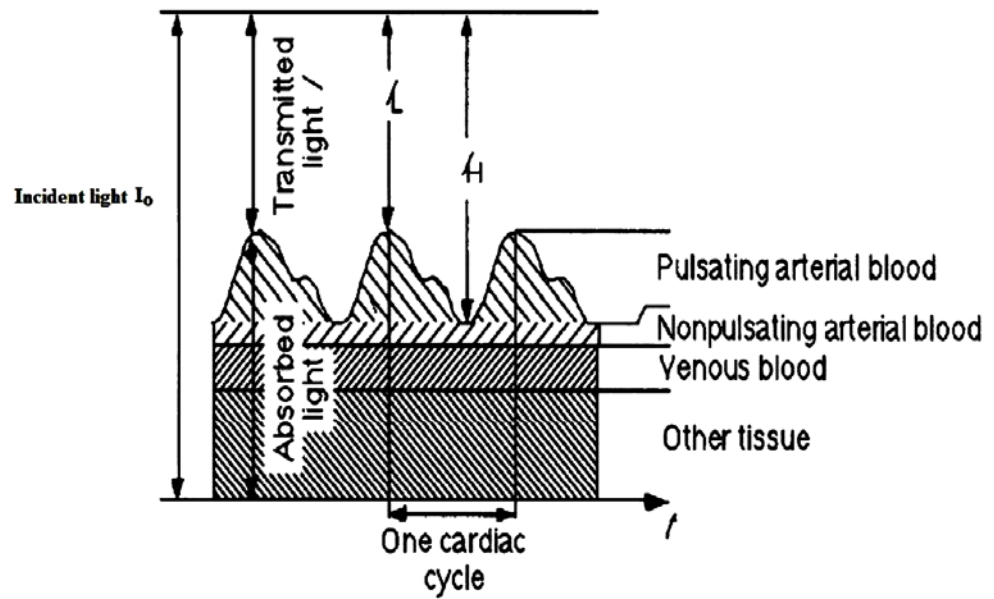


圖 14 PPG 直流及交流成份示意圖

資料來源：[26]

根據 Webster 在其著作「Design of Pulse Oximeters」指出[26]，對紅外線具有吸收作用的有一組織(Other tissue)、靜脈血液(Venous blood)、動脈最低血液固定流量(Nonpulsating arterial blood)；因此動脈血液流量的波動(Pulsating arterial blood)會造成交流成份的變化，從二個波的波峰間隔可得到心搏的週期，以之反推心率。下圖中的 $d_{max} - d_{min} = \Delta d$ (動脈管徑變化)。

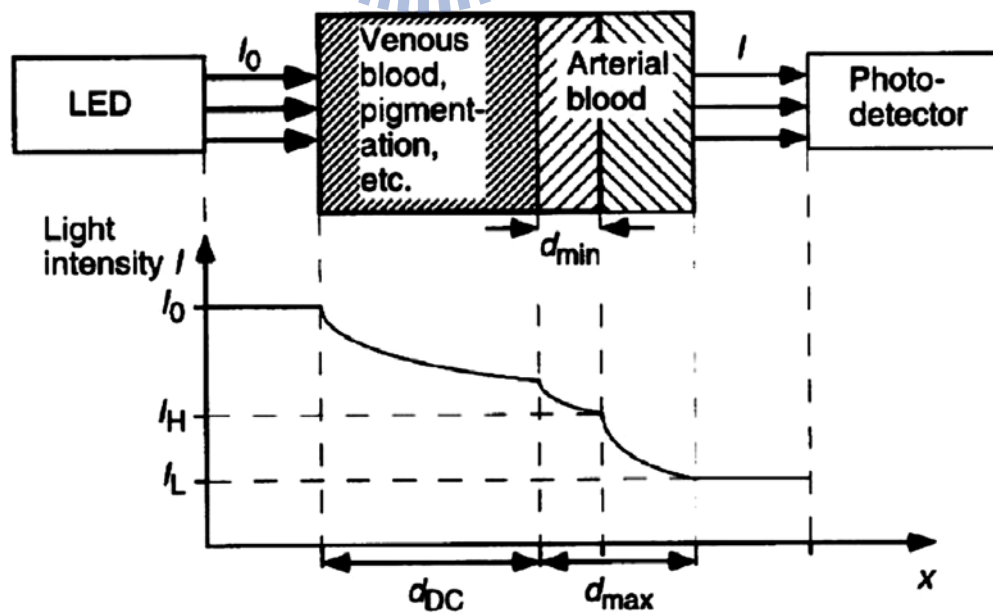


圖 15 PPG 變化簡易模型

資料來源：[26]

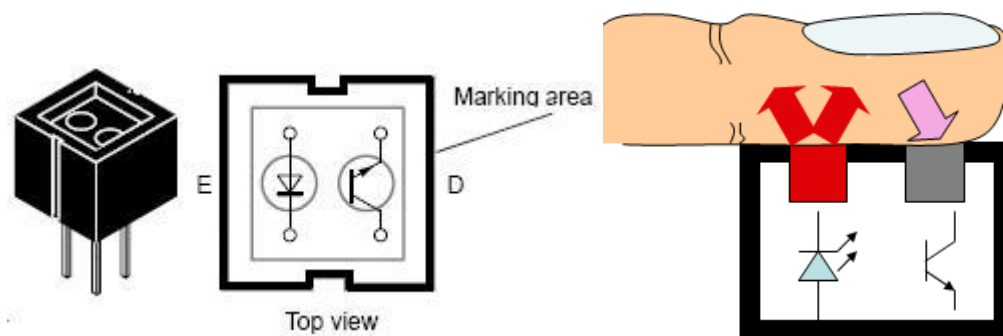


圖 16 PPG 的量測

2.3.2 指溫(末梢溫度)

下圖是Ying He等人透過模擬方式呈現出的手指溫度分佈圖，由左自右分別為(1)血管壓力分佈。(2)血液流速。(3)手指溫度分佈[27]。

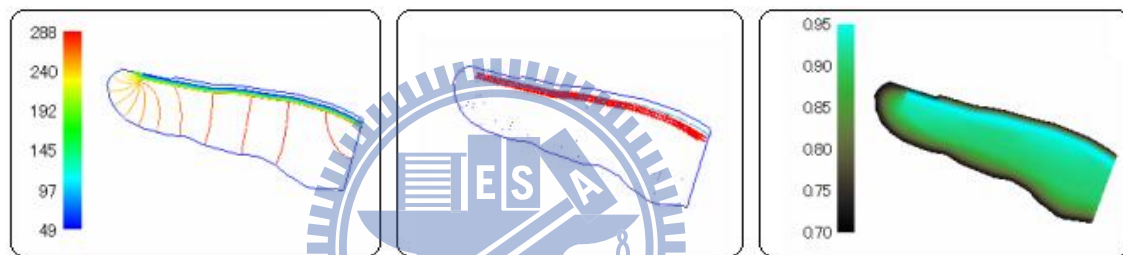


圖 17 手指溫度分佈
資料來源：[27]

由此可知，手指的核心溫度與表面溫度的差異在 0.3 度以內，故量測手指表面可以有效反應出人體末梢血管收縮或放鬆時的溫度變化。

量測指溫的方法在傳統上採用的是接觸型的感測器，例如：熱敏電阻、電流型或電壓型溫度感測器，這些感測器在實用上會面臨一些問題，像溫度的準確性、對手指血液循環的干擾及受測者與感測器間的配合程度，最常採用的是套在手指上的感測，此法對受測者的干擾也最大，亦有研究是採用熱像儀[37]，雖然準確且對受測者干擾最小，但是熱像儀屬於高階測試儀器，昂貴且不易取得，在實務應用上可行性較低。鑑於上述因素，本研究採行類似耳溫槍的溫度感測器(紅外線測溫)，此法可以在準確性、干擾呈度、感測器價格三方面取得平衡。

2.4 人類表情

表情是經由眼部、口部、顏面肌肉的變化組合而成，負面情緒主要引起前額和眉間活動，故眼部通常表達憂傷，而口部則是表達快樂與厭惡。著名的生物學家達爾文在其著作「人類與動物的情感表達」中闡述：現代人類的表情是人類祖先表情動作的遺迹，這些表情曾經是具有適應環境的意義，因此成為遺傳的一部份被保留下來，而人類社會的發展表情有了新的社會機能。

下表是著名情緒心理學家 C. E. Izard 於 1971 年的實驗所整理出來：8 種民族對 8 類原始情緒照片所作的判斷情況。

表 8 各民族對表情判斷準確率

灰色部份是判斷準確率單位為%								
民族 人數	美國	英國	德國	瑞典	法國	瑞士	希臘	日本
	原始情緒	89	62	158	41	67	36	50
興趣—激動	84.5	79.2	82.0	83.0	77.5	77.2	66.0	71.2
愉快—歡樂	96.8	96.2	98.2	96.5	94.5	97.0	93.5	93.8
驚奇—吃驚	90.5	81.0	85.5	81.0	84.2	85.5	80.2	79.2
煩惱—痛苦	74.0	74.5	67.2	71.5	70.5	70.0	54.5	66.8
厭惡—輕蔑	83.2	84.5	73.0	88.0	78.5	78.2	87.5	55.8
生氣—狂怒	89.2	81.5	83.2	82.2	91.5	91.8	80.0	56.8
羞愧—羞恥	73.2	59.5	71.8	76.2	77.2	70.0	70.0	41.2
害怕—恐怖	76.0	67.0	84.0	88.8	83.5	67.5	67.8	58.2
平均	83.4	77.9	80.6	83.4	82.2	79.6	75.1	65.4

資料來源：[36]

由此可知面部表情跨文化、種族，是可信賴的判斷項目。

三、研究方法

3.1 研究設計

本研究的資料收集使用自行設計的軟/硬體，配合經休閒遊戲來觀察玩家的遊戲歷程。Arousal 代表的是生理喚醒程度，Valence 代表的是自我評價。下圖中顯示 Valence 值的偵測採用臉部的肌電圖(笑或皺眉)，當臉部表情有變化時，肌電圖會呈現相對應的變化，以此推定 Valence 與臉部表情有高度相關，故可由臉部表情代表之；而 Arousal 值的偵測以偵測心跳與膚電阻值，由圖中也可得知，心跳越快 Arousal 值也越高。

另外，根據 Kaiser 所指出，在玩家玩遊戲的過程中會不自覺的將情緒顯露於表情上，例如高興時就笑、沮喪就皺眉[28]，因此，就玩家的表情做為愉悅度的判斷是十分恰當的。

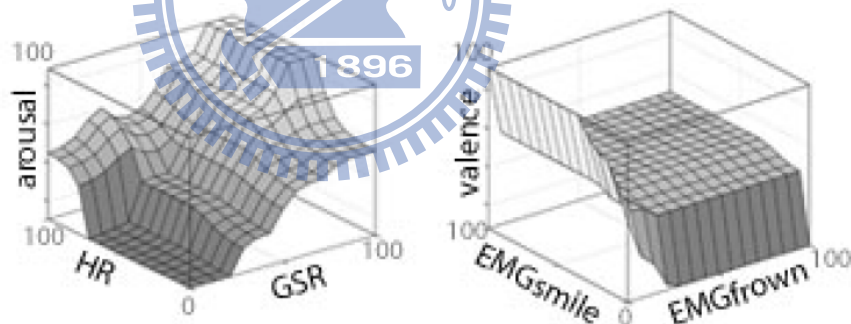


圖 18 Arousal 及 Valence 相關訊號偵測

資料來源：[17]

基於眾多的生理擷取訊號方式均會對玩家的遊戲歷程造成呈度不一的干擾，考量實驗進行的操作因素及為了利於訊號擷取，例如操作方法是否過於複雜以致於玩家常中斷遊戲詢問、玩家的操作動作是否會太過激烈，所以本研究所採用的遊戲主要以滑鼠操作。

生理訊號之擷取以感測器對玩家(受測者)手指的感測得之，而感測器則置於滑鼠二端，其一端為紅外線溫度感測器，另一端為 PPG 反射式心率量測，訊號擷

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

取後經由內藏的微處理器運算後，以 USB 介面傳送至電腦端 UI，以做為玩家遊戲歷程中的生理訊號紀錄。相關裝置如下圖：



指溫—紅外線
感測器



心率—紅外線
反射式感測器

圖 19 訊號擷取滑鼠

遊戲畫面與資料收集 AP 將分開於不同的螢幕，儘量降低對受測者造成干擾。除了心跳與指溫的資料收集，本研究也將錄下玩家的表情，對玩家的表情(Valence)人工判讀的記錄。收集實驗數據後，將之整理繪製成 Fun-Time 曲線圖，及心流狀態的判斷，然後進行相關統計分析做為本研究的結論依據。

根據心流理論，太難和太久的挑戰和無聊是需要避免的，下圖中可以清楚的描繪出心理狀態在 Valence-Arousal 座標的位置[17]。利用此量表可以將二維的情緒座標賦予一個樂趣的程度值如下表，以利討論遊戲中的樂趣歷程。

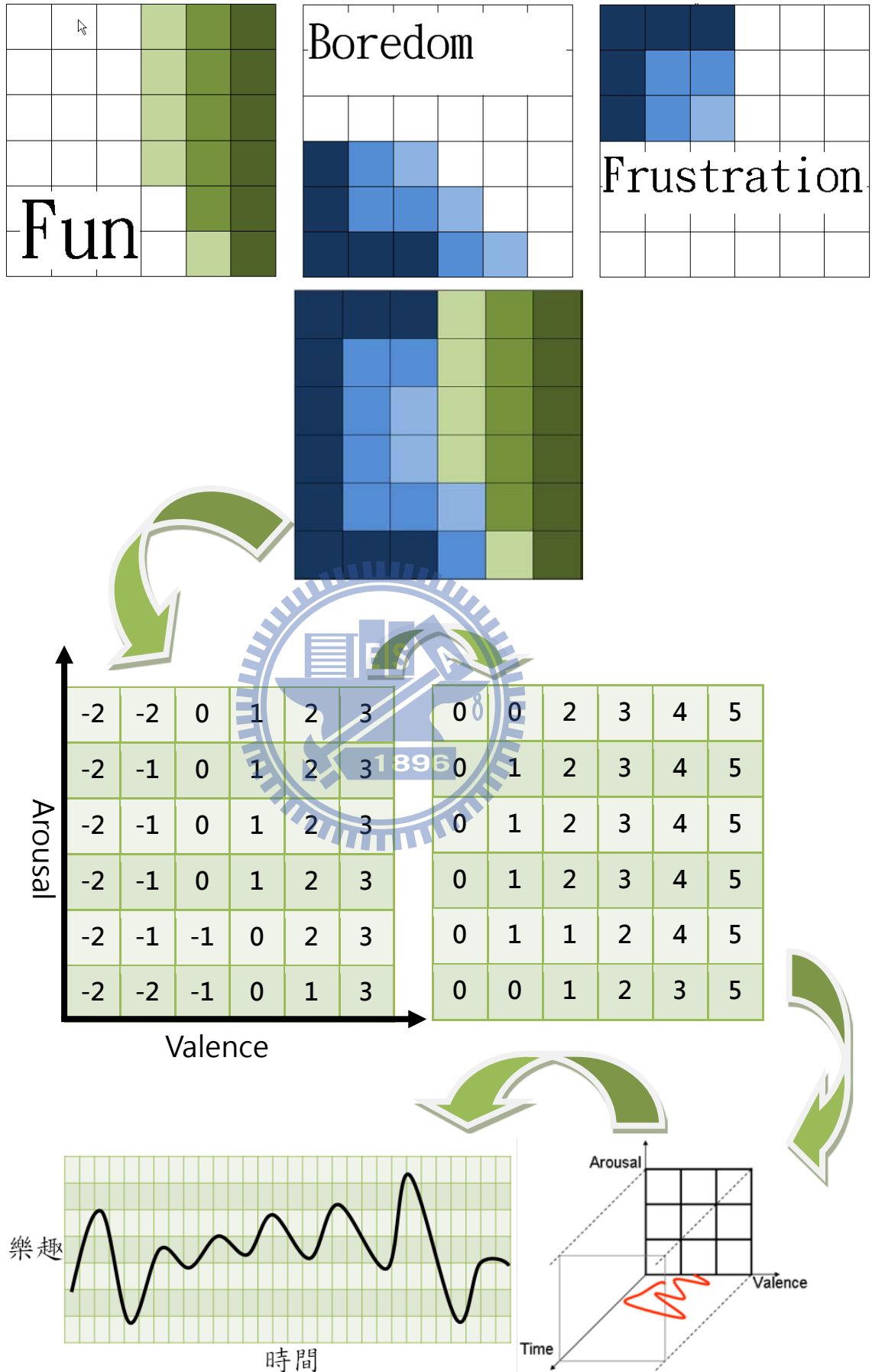


圖 20 Fun-Time 曲線繪製流程

3.2 實驗流程

3.2.1 實驗場域

為了避免外在因素影響玩家表現及生理訊號擷取的準確性，需要對實驗環境做規範。

控制環境如下：

- ◎室溫：20~26 °C
- ◎姿勢：儘量維持(滑鼠)感測器能擷取數據的握法
- ◎保持實驗空間無噪音干擾
- ◎光線：維持適當亮度。

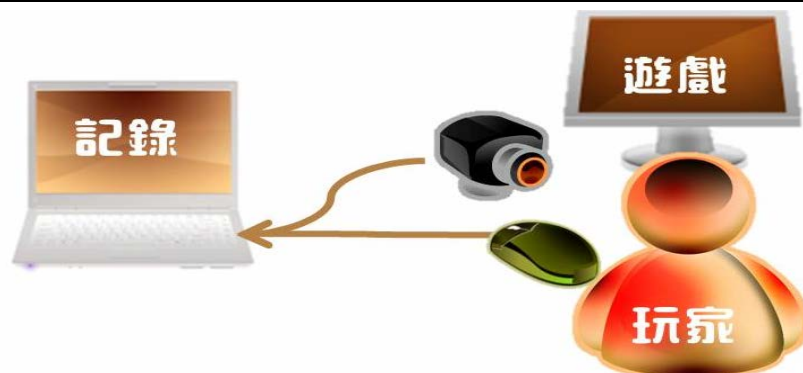
排除收案條件：

- ◎有心血管相關疾病會影響心率。
- ◎異常手腳冰冷末梢血液循環差者。

3.2.2 資料收集項目

表 9 監測項目

記錄項目		記錄方法	目的
生理數據	心率	PC	心流狀態 (記錄 500 秒， 解析度 10 秒)
	指溫	PC	
表情		PC-Cam+人工判斷	事後統計
玩家樂趣自評		玩家填寫(0~100)	探討 Fun-Time 曲 線事後統計



3.2.3 Valence-Arousal space 建立

Arousal 值總共有 0~5 級，評估方法以心跳變化為主，指溫變化為輔，心跳變化率的公式如下：

$$\begin{cases} \max(S^{HR}) = (220 - \text{年齡}) \times 60\% \\ \min(S^{HR}) = \text{平靜時的心跳} \end{cases}$$

$$\tilde{S}_m^{HR} = \frac{S_m^{HR} - \min(S^{HR})}{\max(S^{HR}) - \min(S^{HR})} [29]$$

表 10 Arousal 等級判斷

Arousal 值	5	4	3	2	1	0
\tilde{S}_m^{HR}	≥ 0.84	0.67~0.83	0.51~0.66	0.34~0.5	0.17~0.33	≤ 0.16
指溫	緊張時呈下降趨勢；放鬆時呈上升趨勢					

資料來源：[30]

Valence 指的是愉悅度，本研究以玩家表情代表之，Valence 值分為 0~5 級，以整體表情中嘴角的上揚或向下、是否有皺眉頭判斷愉悅度，分類基準如下：

表 11 Valence 等級判斷

5	4	3	2	1	0	

資料來源：[30]

3.2.4 實驗操作流程

本實驗收集 50 個玩家在投入休閒遊戲時的心流相關數值，記錄每個玩家十分鐘的遊戲歷程。在遊戲開始後評測流程：

- (1) 啟動 Cam 錄下玩家表情，啟動心跳與指溫記錄 AP 程式。
- (2) 施測者每隔 10 秒對玩家的愉悅度、生理指標及遊戲表現做判斷，並記錄之。
- (3) 10 鐘後結束實驗，並請玩家就遊戲的樂趣程度給予 0~100 分。

3.2.5 遊戲操作說明

- (1) 遊戲關卡選擇：玩家可以選擇地圖上已經著色的關卡，不同的關卡挑戰程度不一，開始前會有過關的任務提示或注意事項，若玩家與未注意提示，則很難過關，大致上每個關卡會費時約 2~3 分鐘。



圖 21 遊戲選擇關卡



圖 22 遊戲任務提示

(2)遊戲角色操作：擊點滑鼠右鍵發射子彈，按住則為連發，滑動滑鼠滾輪則可變換武器，不同的武器對於不同的關卡挑戰效用不同。移動滑鼠則可瞄準敵人。



圖 23 遊戲畫面

3.3 資料處理與分析

所有玩家資料收集完成後，做第一階段的資料整理，依據玩家的 Valence、Arousal 判斷玩家各時間點，然後以情緒分佈套用樂趣量表轉換得出樂趣指數。第二階段進行個三研究問題的分析如下表：

表 12 統計變項

研究假設	統計資料	
	依變項	自變項
假設越多的轉折代表越有樂趣？	Fun-Time 曲線轉折數-等距尺度	玩家自評分數-等距尺度
假設和橫軸圍成的面積(樂趣指數加總)越大代表越有樂趣？	Fun-Time 曲線面積-等距尺度	
假設心流的發生次數越多代表越有樂趣？	心流次數-等距尺度	

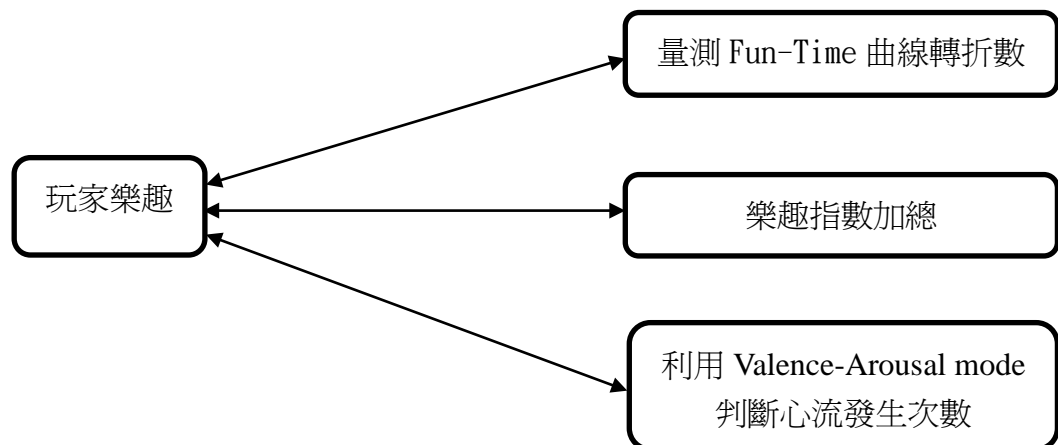


圖 24 變項關聯圖(雙箭頭表相關)

第一個分析項目“假設越多的 Fun-Time 曲線轉折代表越有樂趣？”，是從遊戲的樂趣節奏感角度來分析一個遊戲的樂趣，利用玩家對遊戲樂趣的自評與玩家遊戲歷程的 Fun-Time 曲線的轉折數做相關統計，探討樂趣起伏會使玩家感到遊戲是有趣的。

第二個分析項目“假設 Fun-Time 曲線和橫軸圍成的面積(樂趣指數加總)越大代表越有樂趣？”以玩家遊戲過程的樂趣指數加總與玩家對遊戲樂趣的自評做相關統計，探討樂趣指數的總合與遊戲樂趣的關係。

第三個分析項目“假設心流的發生次數越多代表越有樂趣？” 玩家處於高 Arousal 值與高 Valence 值代表處於遊戲中的心流狀態，以玩家心流發生次數與玩家對遊戲樂趣的自評做相關統計，探討心流與遊戲樂趣的關係。



四、研究結果

本章節探討由實驗結果所以得到的數據利用統計方法驗證三個研究假設的相關性，利用統計軟體 SPSS 運算結果，本研究所提出的三個假設—

- (1)假設較多的 Fun-Time 曲線轉折代表越有樂趣。
- (2)假設 Fun-Time 曲線和與橫軸圍成的面積(樂趣指數加總)越大代表越有樂趣。
- (3)假設心流的發生次數越多代表越有樂趣。

皆達到顯著相關。

本實驗施測對象以 10~12 歲遊戲玩家為主，男 25 位女 25 位性別比例各佔 50%，以三天密集的實驗，總實驗時數約 12 小時，每位玩家施測時間約 10 分鐘，並紀錄其在「越南大戰-峽谷戰」Flash 遊戲中記錄的生理及愉悅度的演變，以前述的實驗方法繪製成 Fun-Time 曲線，以其做為探討實驗問題假設的依據。

4.1 基本資料匯整

此次參與實驗人數共 50 人，其中有效的樣本數為 44 份。

樣本失效原因：

- (1)受測玩家配合度低—例如無故中斷遊戲。
- (2)受測玩家不按施測者指示操作，以致無法收集生理資料。
- (3)受測玩家手掌太小，無法按壓感測器。

4.1.1 初步資料製作

完成遊戲實測的資料收集後，以玩家的生理及愉悅度資料對照實驗設計時所訂定的 Valence-Arousal table 繪製 Fun-Time 曲線，並且計算玩家心流發生次數，計算基準為當生理及愉悅度均達到 4 級以上時，將其視為有發生心流。在完成初步資料製作後會每個玩家產生三個資料分別是：Fun-Time 曲線轉折數、樂趣指數的加總與遊戲中心流發生次數。

4.1.2 描述性統計

樣本數44份，其中有發生心流的玩家共23位，有無發生心流的比例相當，詳細的整體樣本描述性統計如下表：

表 13 描述性統計

	最小值	最大值	平均數	標準差
轉折數	1	31	18.64	7.002
指數加總	44	192	119.48	28.579
心流發生次數	0	5	1.11	1.385
自評分數(0~100)	50	100	87.75	9.311

(1)轉折數分佈直方圖

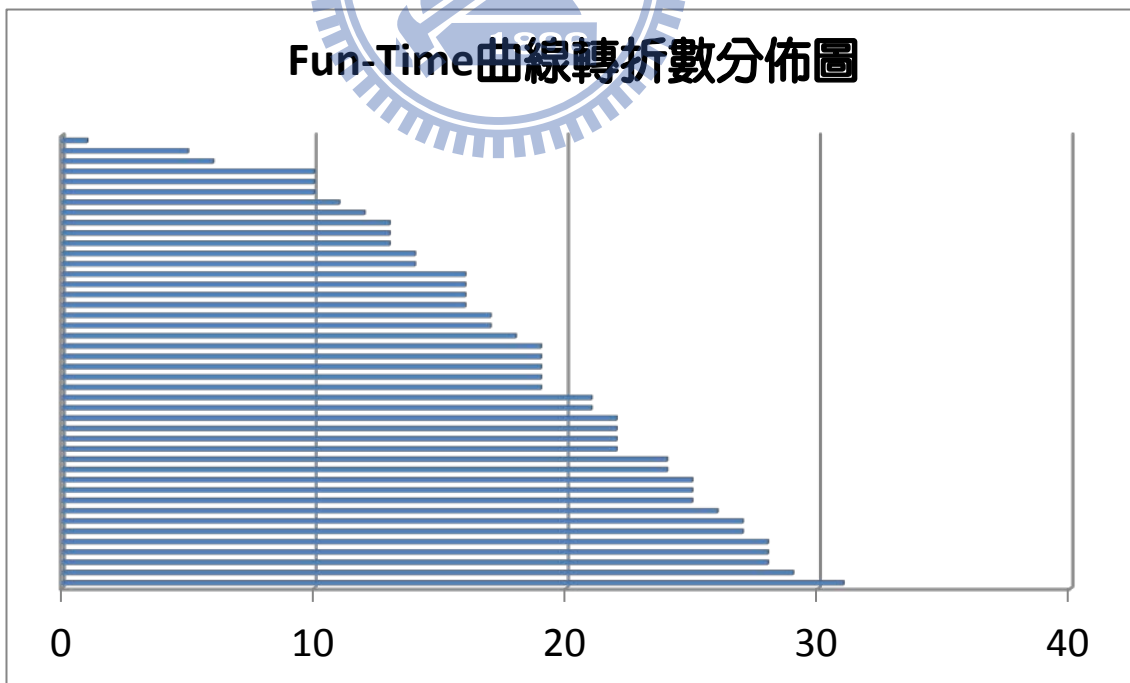


圖 27 Fun-Time 曲線轉折數分佈圖

註：每一橫條代表一位玩家 Fun-Time 曲線轉折數

(2) 樂趣指數加總直方圖

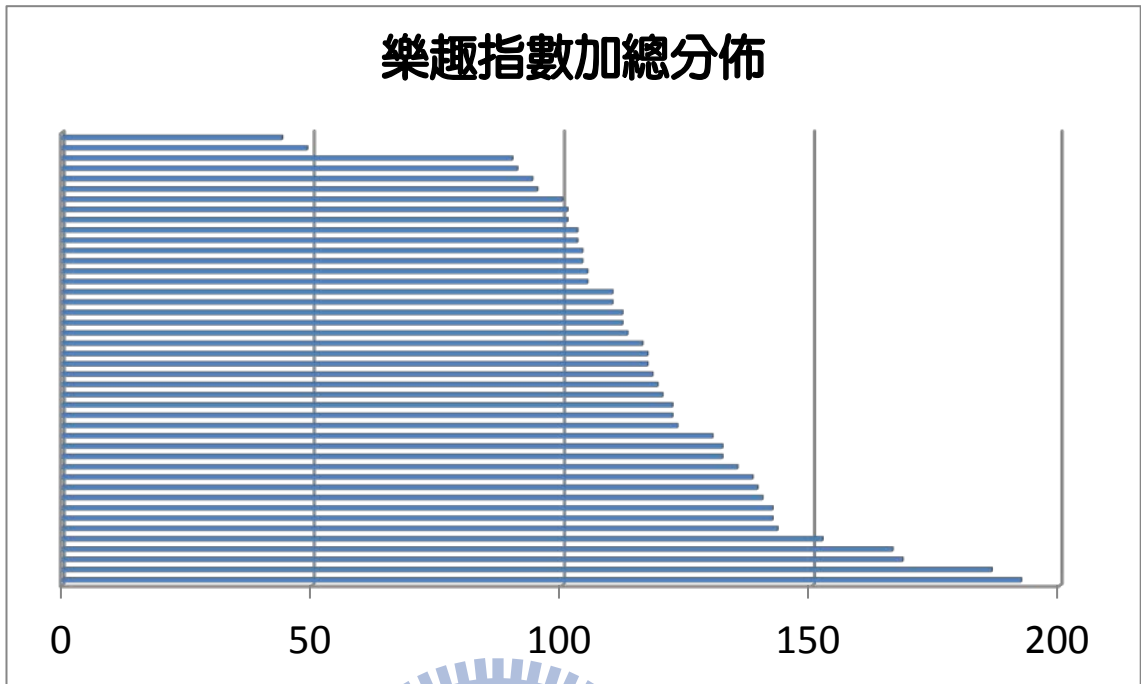


圖 28 樂趣指數加總分佈圖
註：每一橫條代表一位玩家樂趣指數加總

(3) 心流發生次數分佈圖(每一橫條表心流發生相同次數的人數)

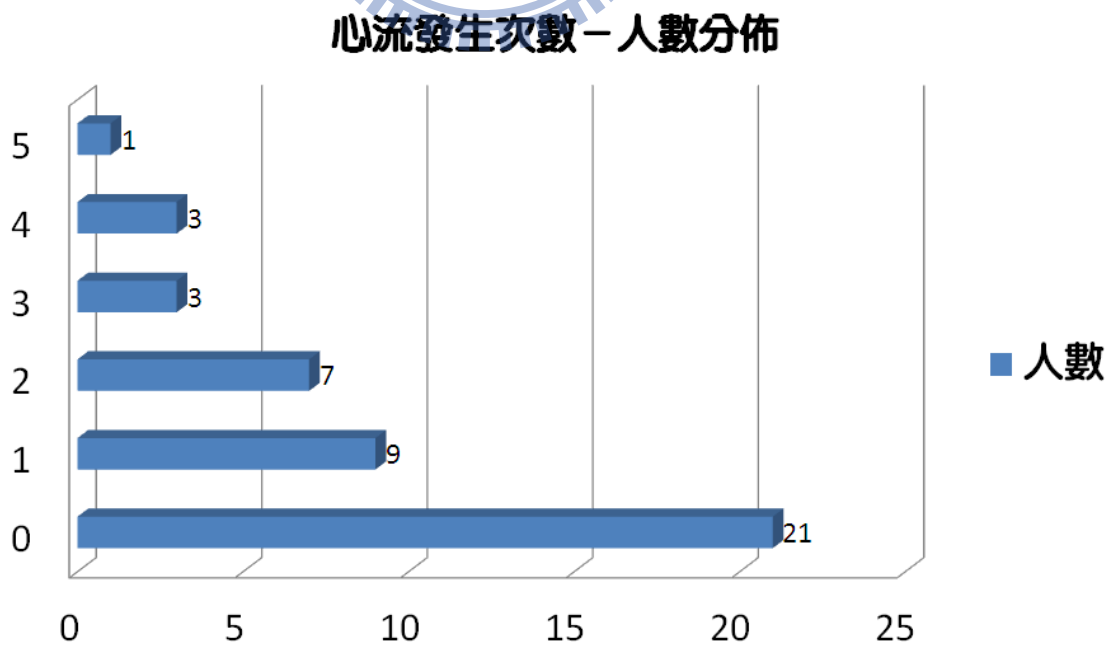


圖 29 心流發生次數-人數

(4) 玩家自評樂趣分數分佈

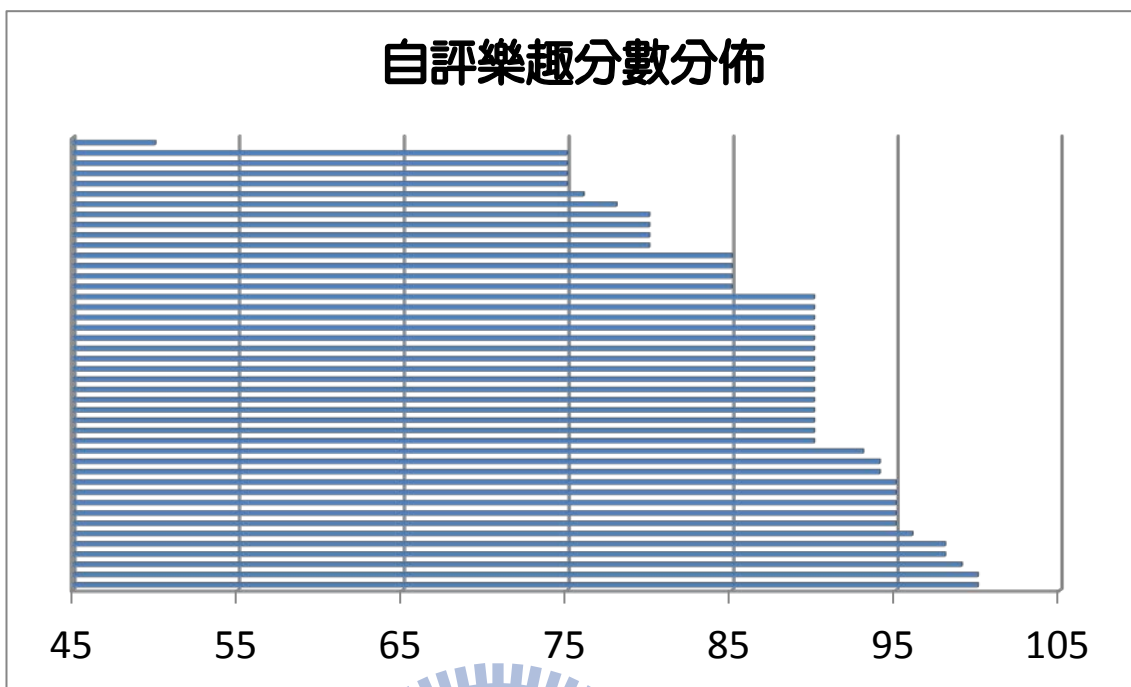


圖 30 自評分數分佈圖

註：每一橫條代表一位玩家自評樂趣分佈

(5) 玩家自評與 Fun-Time 曲線轉折數散佈圖

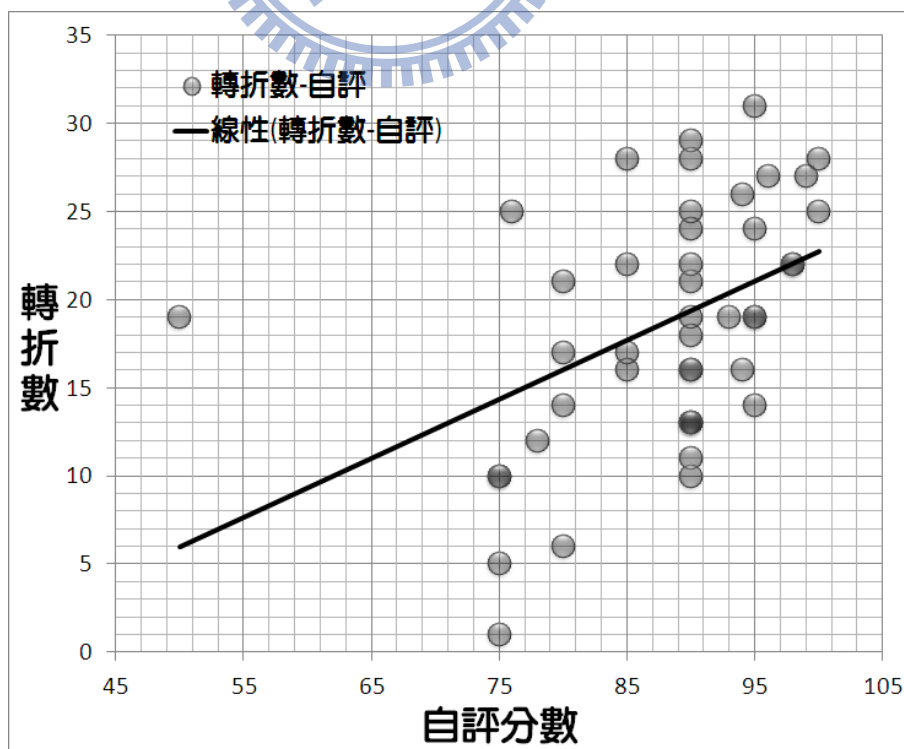


圖 31 自評與轉折數散佈圖

(6) 玩家自評與樂趣指數加總散佈圖

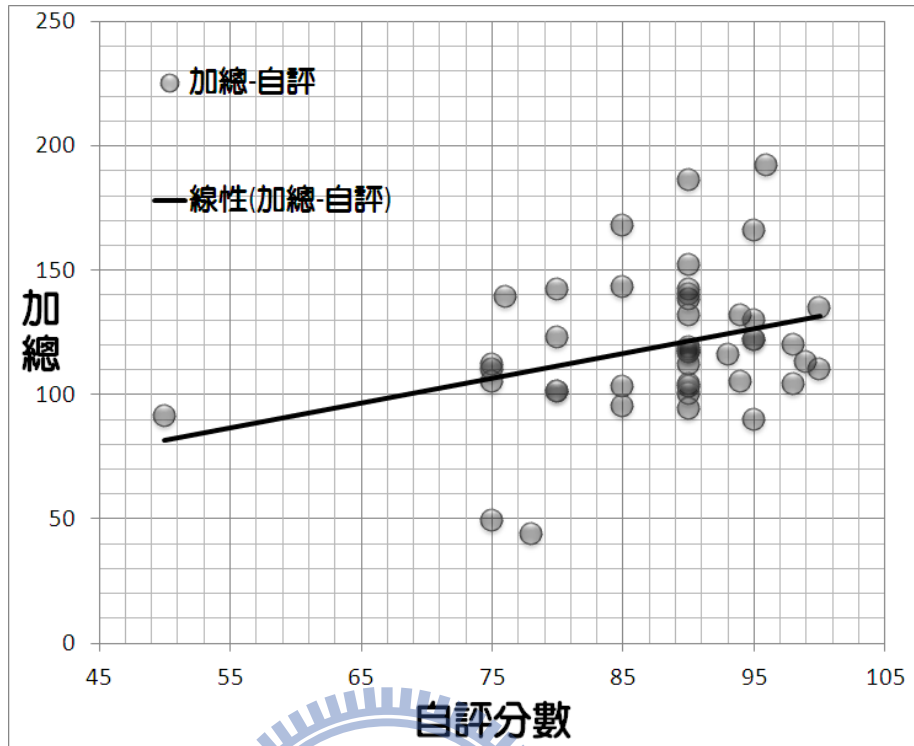


圖 32 自評與樂趣加總散佈圖

(7) 玩家自評與心流次數散佈圖

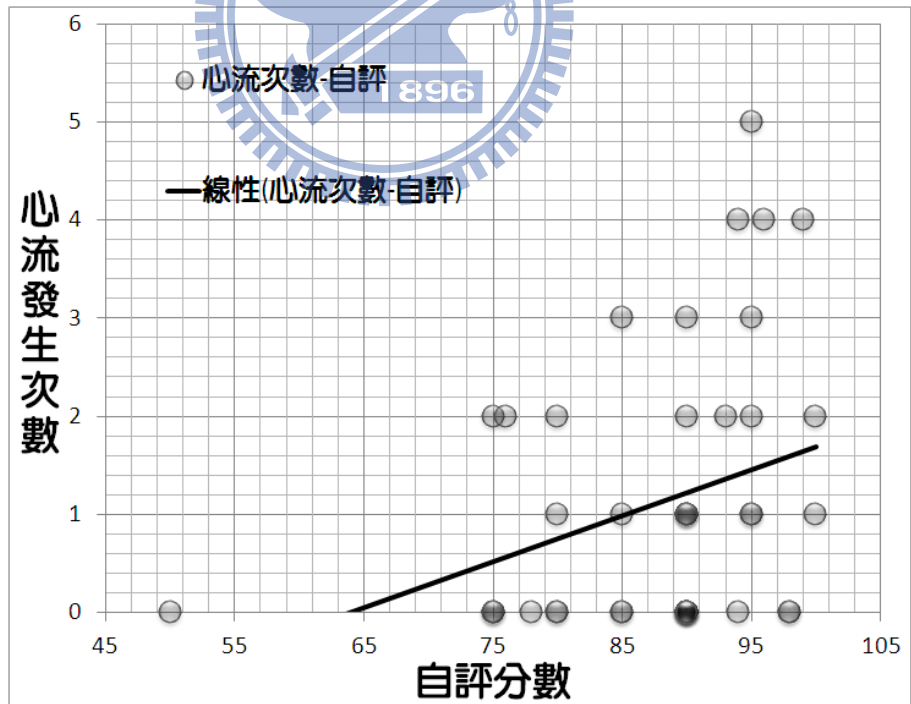


圖 33 自評與心流次數散佈圖

4.2 資料統計分析

本小節利用前段已完成的資料，進一步做三個研究問題的相關性統計，下圖為統計軟體 SPSS 相關設定：



圖 34 SPSS 相關分析

經過 SPSS 的運算統計後整理結果如下：

(1)相關性(Pearson 相關)

表 14 相關分析表

玩家自評樂趣分數與研究問題的相關分析表(N=44)

	轉折數	指數加總	心流次數	自評分數	平均值	標準差
轉折數	--				18.64	7.002
指數加總	.702**	--			119.48	28.579
心流次數	.369*	.416**	--		1.11	1.385
自評分數	.447**	.325*	.314*	--	87.75	9.311

* p<.05, ** p<.01, ***p<.001

當 r 值處於正負 0.3 間(+0.3 至-0.3)稱為低度相關，在正負 0.3~0.6(+0.3 至+0.6，-0.3 至-0.6)間稱為中度相關，在正負 0.6~0.9(+0.6 至+0.9，-0.6 至

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

-0.9)稱為高度相關，值為正負1時代表完全相關。由此可以得出三個研究假設與玩家樂趣自評皆呈中度正相關。

三者之中以 Fun-Time 曲線的轉折數最具有代表性，其相關係數 $r=0.447, p=0.002 < .01$ ；其次是樂趣指數的加總($r=0.325, p=0.031 < .05$)或心流次數($r=0.314, p=0.038 < .05$)。

經由上述的分析可以得到以下結果：

1. Fun-Time 曲線的轉折數與樂趣呈顯著中度正相關。
2. 樂趣指數的加總與樂趣呈顯著中度正相關。
3. 心流的發生次數與樂趣呈顯著中度正相關。

(2)迴歸分析(複迴歸)

基於相關分析所得到的結果，玩家自評樂趣與三個研究假設有顯著正相關，故進一步假設：自評樂趣是由三個研究假設因子所構成。使用複迴歸分析，以三個研究假設為自變項，玩家自評樂趣為依變項，得出下表：



圖 35 SPSS 迴歸分析

表 15 迴歸分析表

玩家自評樂趣分數與三個研究問題的迴歸分析表(N=44)

	B	標準誤差	Beta(β)	t 值
截距	77.699	5.731	--	13.558
轉折數	0.538	0.262	0.405	2.056*
加總	-0.011	0.066	-0.034	-0.168
心流次數	1.205	1.036	0.179	1.163

R=0.476 R²=0.226 調整後R²=0.168 F=3.896*

* p<.05, ** p<.01, ***p<.001

在三項研究假設與玩家自評樂趣的迴歸分析中發現，樂趣指數加總與心流次數均未達顯著，僅 Fun-Time 曲線的轉折數一項達到顯著。剔除不顯著的變項，再進一步只以 Fun-Time 曲線的轉折數與玩家自評樂趣作迴歸分析得出的結果如下：

表 16 剔除不顯著變項迴歸分析表

玩家自評樂趣分數與 Fun-Time 曲線的轉折數的迴歸分析表(N=44)

	B	標準誤差	Beta(β)	t 值
截距	76.673	3.649	--	21.010
轉折數	0.594	0.184	0.447	3.238**

R=0.447 R²=0.200 調整後R²=0.181 F=10.484**

* p<.05, ** p<.01, ***p<.001

小結：經過分析對玩家樂趣有預測力的變項僅有 Fun-Time 曲線轉折數一項，多元相關係數為 0.447，決定係數為 0.200，表示 Fun-Time 曲線的轉折數可以解釋玩家自評樂趣 20%的變異量。

五、研究結論

5.1 結論

本研究提供了一個遊戲樂趣的動態連續評估方法，且以低干擾的方式監測遊戲玩家狀態，此法不同於以往的心流經驗量測法，受試者不需要停下遊戲，回想過去的遊戲歷程經驗然後以主觀的體驗來填寫問卷，取而代之的是以不干擾玩家遊戲過程的方式從其遊戲中的生理訊號及臉部表情，這些客觀因子來推測其對遊戲感到樂趣的程度。

除了提出評測樂趣的模型外，本研究使用了自行開發的生理訊號擷取裝置，並且將電路小型化內藏於滑鼠內，作為本實驗生理數據採集的基礎平台。除了完成本研究的實驗目的外，也希望低干擾式的遊戲量測法可以被更加的了解，而被廣為應用。

低干擾式的樂趣量測方法提供遊戲評估者一個研究的方向，一般的遊戲評估方法大多以玩家評價回饋為主，但如此並無法得知玩家在遊戲之中的情緒演變歷程，以針對遊戲的各部份因子作調整。

本研究所提的三個假設問題經過實驗驗證，可以做為遊戲歷程的連續性評估方法，其中以 Fun-Time 曲線的轉折數最具有代表性(相關係數最高)，Fun-Time 曲線的轉折數對玩家自評樂趣的預測力，經由複迴歸分析得出其可以解釋玩家自評樂趣 20%的變異量。

本研究所採用的遊戲兼具有背景畫面、挑戰、背景音樂及關卡等元素，Fun-Time 曲線的轉折數意味著這些遊戲元素交互作用下所衍生的樂趣起伏。以本研究所採用的休閒遊戲角度，玩家遊戲歷程就像是沉浸於音樂之中，各種樂器的協奏才能產生動人的交響樂，當然缺乏旋律變化的音樂聽起來枯燥無味，如同遊戲中的各種元素沒有變化亦無法讓玩家得到遊戲的樂趣，這一點也說明 Fun-Time 曲線轉折數與樂趣的相關性高於樂趣指數加總。

而心流經驗的發生次數與樂趣間相關性雖然不若 Fun-Time 曲線的轉折數，此亦不能認定心流的發生在遊戲中重要性較低，心流的發生需要牽涉前述的九大要素，根據 Csikszentmihalyi 所提出美國青少年心流體驗大約有 44% 發生在運動與遊戲中 [31]，這點與本研究測得結果相當 (44 個樣本，發生心流 23 個)，也就是說或許有部份玩家只是以打發時間的態度參與遊戲，造成心流次數與樂趣的相關性略低於其它二項。整體來說，三個研究假設皆達到中度顯著正相關 (r 介於 0.3~0.5, $p < 0.05$)，證明本研究的評估方法是可行的。

5.2 未來展望

本研究所提出的一個新的研究方法，雖然已達研究目的，但仍然有很多進步空間。鑑於研究期間的經驗，整理列出以下幾個未來努力改進方向。

5.2.1 玩家樂趣自評改進—採用樂趣量表

本研究主要在於觀察玩家就整個遊戲歷程與三個假設問題間的關係，重點在於研究玩家在遊戲中廣泛的樂趣元素所組成感受，而未做更深入的假設性探討，故以訪談的方式，請玩家給與遊戲樂趣評價，分數 0~100 分。然而玩家所認為遊戲的樂趣常常是由多個多面向所構成，因此未來若要深入探討這方面的研究，可以集中在幾個需要注意的樂趣項目上製作成量表，再以此樂趣量表的方式對玩家的遊戲歷程樂趣做更深度的探討。

5.2.2 注意正負向情緒共生 (co-activation)

由於本研究所採用的遊戲是休閒類的遊戲，遊戲內容富有趣味性，在實驗完成後，玩家對於此款遊戲的評價反應相當不錯，且希望能夠再玩一次或玩久一點，故本研究在 Valence 方面的量測基本只專注在正面的情緒上。

但負面情緒方面常常是不可忽視的，過去的心理學對於正負情緒所持的看法有：

1. 互斥觀點—認為一個時間內，情緒狀態非正向即負向，而不是互向拮抗。
2. 互逆觀點—認為正負向情緒是處於相互拮抗狀態，但這二類情緒必須連續或同時被不同的事物誘發，只有在正負面情緒皆達到中度或高度時，才會有互斥現象。

基於各種遊戲所營造的樂趣元素不儘相同，故在實驗遊戲的選用之初即應做通盤的考量，儘可能做單純的探討，避免太多的正負向情緒交雜造成研究探討上的難度增加。近期有越來越多的心理學方面議題探討「正負情緒共生」的現象，這是一種複合的心理，例如受測者看到射擊遊戲中「爆頭」的畫面，會覺得血腥噁心(負向情緒)，但有趣(正向情緒)，這類正負情緒共生的情形在更複雜的大型線上遊戲上也許會更明顯，這點值得未來在不同類遊戲的研究上多注意探討。

5.2.3 加強實驗自動化

目前的使用平台，雖然在生理訊號的擷取上可達到自動化，但是鑑於目前在連續動態表情的判斷上自動化仍不儘理想，所以在玩家表情的判讀方面還是需要人工進行，這方面耗費了相當多的時間。假使未來在自動化表情判讀方面有理想的技術平台可以使用，二相結合，對於本研究所使用的研究方法其實驗規模將可以再擴大，收集的樣本數更多，遊戲種類更多樣。

5.2.4 Valence-Arousal Table 調整

本實驗所採用的 Valence-Arousal table 區塊值的標定是參考先前 Mandryk 研究中所提，加以微調得之，或者不同類型的遊戲，其標定值會有所不同，例如刺激緊張的射擊遊戲其樂趣偏重於取向 Arousal 值，而輕鬆的舒壓遊戲則偏重於 Valence 值，倘若實驗規模再擴大，建立起足夠的 Valence-Arousal 數值資料庫，或許可以經由運算分類，得出各種遊戲其最佳的 table 區塊值，這將有助於將本研究所提的三個研究假設應用於遊戲的回饋上，達到更細膩的遊戲開發境界。

5.2.5 心流發生間距的探討

不同的遊戲存在有不同的樂趣因子，雖然其目的同屬於玩樂，但是按其分類可分為多人線上遊戲、社群網站遊戲、休閒遊戲、單機遊戲等，每一類又可再細分益智、經營、戰爭、策略、格鬥、射擊等等，因此其心流的發生週期均有所不同，若以心流的發生間距出發，探討遊戲玩家在該遊戲中的沉浸樂趣，對於遊戲的發展將有所助益。

一款遊戲的誕生猶如一部小說的完成，其內部的架構是否經過精緻的安排關係著玩家對其青睞程度，這方面的探討應該從心流的發生(週期)去探討，以嚴謹深入的態度，創造出富有樂趣的遊戲。



參考文獻

- [1] J. Chen. "Flow in Games" , Commun ACM, Volume 50 Issue 4, April 2007.
- [2] L. Nacke and C. A. Lindley. "Flow and immersion in first-person shooters: measuring the player's gameplay experience" , Proceedings of the 2008 Conference on Future Play: Research, Play, Share (Future Play '08), (pp. 81-88), New York, USA, 2008.
- [3] J. Kuittinen, A. Kultima, J. Niemelä, and J. Paavilainen. " Casual games discussion", Proceedings of the 2007 conference on Future Play (Future Play '07), (pp. 105-112), New York USA, 2007.
- [4] M. Csikszentmihalyi. Beyond boredom and anxiety, Jossey-Bass, San Francisco, 1975.
- [5] M. Csikszentmihalyi, Flow: The psychology of optimal experience, Harper & Row, New York, 1990.
- [6] A. Steptoe, J. Wardle & M. Marmot. "Positive affect and health-related neuroendocrine, cardiovascular, and inflammatory processes", PANS, Volume 102:6508 - 6512, 2005.
- [7] C. Jennett, A. L. Cox, P. Cairns, S. Dhoparee, A. Epps, T. Tijs, et al. "Measuring and defining the experience of immersion in games" , International Journal of Human-Computer Studies, Volume 66 No 9, pp. 641-661, 2008.

- [8] K. Sun, J. Yu, Y. Huang, and X. Hu. “An improved valence–arousal emotion space for video affective content representation and recognition” , Proceedings of the 2009 IEEE international conference on Multimedia and Expo (ICME’ 09), (pp.566–569) , Piscataway New Jersey, USA, 2009.
- [9] J. Zagal, S. S. Chan, J. Zhang. “Measuring Flow Experience of Computer Game Players” , Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems, Paper 137, (pp.1–4), Lima Peru, August 2010.
- [10] J. Sykes and S. Brown. “Affective gaming: measuring emotion through the gamepad” , CHI ’ 03 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA ’ 03), pp.732–733, ACM, New York USA, 2003.
- [11] P. Desmet. “Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to products” . Funology, Mark A. Blythe, Kees Overbeeke, Andrew F. Monk, and Peter C. Wright (Eds.), Kluwer Academic, pp.111–123, Norwell MA USA, 2005.
- [12] G. Smith, M. Cha, and J. Whitehead. “A framework for analysis of 2D platformer levels” , Proceedings of the 2008 ACM SIGGRAPH symposium on Video games (Sandbox ’ 08), pp75–80, New York USA, 2008
- [13] N. Sorenson, P. Pasquier. “The Evolution of Fun: Automatic Level Design through Challenge Modeling” , Proceedings of the First International Conference on Computational Creativity (ICCCX), (pp.258–267), Lisbon Portugal, 2010.

- [14] G. Smith, M. Treanor, J. Whitehead, and M. Mateas. “Rhythm-based level generation for 2D platformers” .Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games (FDG '09), (pp.175–182), New York USA, April 2009.
- [15] N. Falstein. “ Natural Funativity” , Gamasutra, November, 2004.
- [16] J. Schell. “Understanding entertainment: story and gameplay are one” , Computers in Entertainment (CIE), Volume 3 Issue 1, pp.6–6, January 2005.
- [17] R. L. Mandryk, M. S. Atkins, and K. M. Inkpen. “A continuous and objective evaluation of emotional experience with interactive play environments” ,Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems (CHI '06), Rebecca Grinter, Thomas Rodden, Paul Aoki, Ed Cutrell, Robin Jeffries, and Gary Olson (Eds.), (pp.1027–1036), New York USA, April 2006.
- [18] G. Chanel, C. Rebetez, M. Bétrancourt, and T. Pun, Member. “Emotion assessment from physiological signals for adaptation of games difficulty” , Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, Volume PP Issue 99, March 2011.
- [19] G. Chanel, C. Rebetez, M. Bétrancourt, and T. Pun. “Boredom, engagement and anxiety as indicators for adaptation to difficulty in games” ,Proceedings of the 12th international conference on Entertainment and media in the ubiquitous era (MindTrek '08), ACM, (pp.13–17), New York USA, October 2008.

- [20] G. Rigas, C. D. Katsis, G. Ganiatsas, and D. I. Fotiadis. “ A User Independent, Biosignal Based, Emotion Recognition Method” .Proceedings of the 11th international conference on User Modeling (UM '07), Cristina Conati, Kathleen Mccoy, and Georgios Paliouras (Eds.). Springer-Verlag, (pp.314-318), Berlin Heidelberg, 2007.
- [21] C. Yun, D. Shastri, I. Pavlidis, and Z. Deng. “ O' game, can you feel my frustration?: improving user's gaming experience via stresscam” .Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (CHI '09). ACM, (pp.2195-2204), New York USA, April 2009.
- [22] A. Kistler, C. Mariauzouls and K.V. Berlepsch. “Fingertip Temperature as an Indicator for Sympathetic Responses” .International Journal of Psychophysiology, Volume 29 Issue 1, pp35-41, June 1998.
- [23] T. J. Lowenstein, Ph.D. “STRESS AND BODY TEMPERATURE” , stressmarket.com, 2004.
- [24] Wikipedia .“Respiratory rate”,http://en.wikipedia.org/wiki/Respiratory_rate,May 2011.
- [25] K. A. Reddy, B. George, N. M. Mohan, V. J. Kumar. “A Novel Calibration-Free Method of Measurement of Oxygen Saturation in Arterial Blood” , Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Volume 58 Issue 5, pp.1699-1705, May 2009.

- [26] J. G. Webster. Design of Pulse Oximeters. Philadelphia, PA: Inst Phys Pub, 1997.
- [27] Y. He, H. Liu, R. Himeno, J. Sunaga, N. Kakusho, H. Yokota. “Finite element analysis of blood flow and heat transfer in an image-based human finger” . Computers in Biology and Medicine, Volume 38 Issue 5, New York USA, May 2008.
- [28] S. Kaiser, T. Wehrle and P. Edwards. “Multi-Modal Emotion Measurement in an Interactive Computer Game: A Pilot-Study” , In Frijda, N. H. (ed.), Proceedings of the VIIIth Conference of the International Society for Research on Emotions, (pp.275-279), University of Geneva, Switzerland, 1994.
- [29] C. Y. Chang, J. S. Tsai, C. J. Wang, and P. C. Chung. “Emotion recognition with consideration of facial expression and physiological signals” , Proceedings of the 6th Annual IEEE conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB' 09). IEEE Press, (pp.278-283), Piscataway New Jersey USA, March 2009.
- [30] S. Kristina and S. Tanja, “Towards emotion recognition from electroencephalographic signals” , Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009. ACII 2009. 3rd International Conference on, (pp.1-6), Karlsruhe Germany, September 2009.
- [31] M. Csikszentmihalyi. “Finding flow: The psychology of engagement with

everyday life” , BasicBooks, New York USA, 1997.

[32] J. Webster, K. L. Trevino, and L. Ryan, “The dimensionality and correlates of Flow in human-computer interactions” , Computers in Human Behavior, Volume 9, pp411-426, 1993.

[33] J. A. Ghani and S. P. Deshpande. "Task Characteristics and the Experience of Optimal Flow in Human-Computer Interaction", Journal of Psychology, Volume 128, pp. 381-391, 1994

[34] K. Silber 著，行為的生理基礎，林宜美 等譯，五南圖書出版社，中華民國台北市，2004。

[35] 戴毓廷，「生理訊號擷取系統設計概論」"Design Concept of Bio-medical Signal Acquisition System."，財團法人國家實驗研究院晶片系統設計中心電子報，107 期，中華民國 新竹市，September 2009。

[36] 楊治良，基礎實驗心理學，甘肅人民出版社，中華人民共和國 蘭州市，1988。

[37] 王明習，「熱影像技術應用於精神科臨床治療之研究」，國科會專題計劃，國立成功大學 中華民國 台南市，2004。

附錄

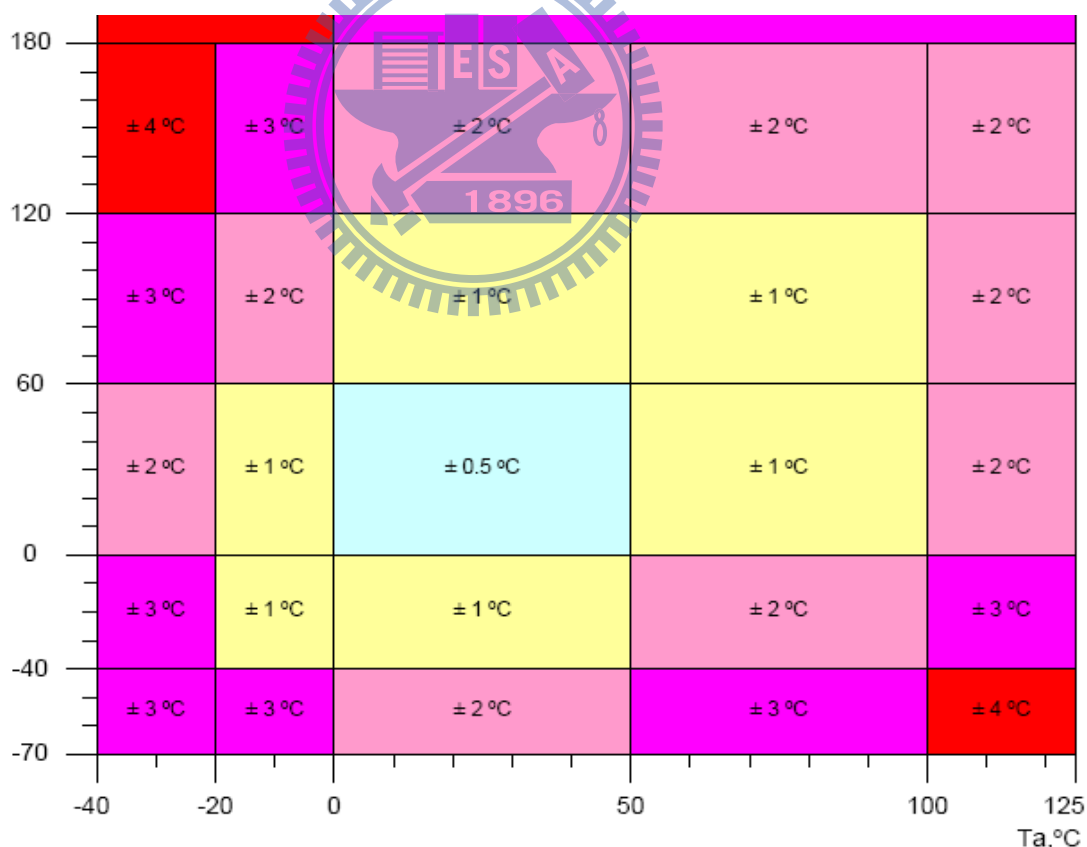
生理訊號擷取系統

(1)指溫偵測模組：本研究使用紅外線感測器量測溫度，其原理為感測器將吸收的幅射轉化為熱能，而提高感測器的溫度，並將溫度經過放大與轉換成為數位訊號呈現出來。感測器選用由 Melexis 公司所研發生產的紅外線測溫器 MLX90614 系列，



附圖 1 紅外線溫度感測器

MLX90614 屬於醫療級非接觸式紅外線溫度感測器，內含 17bit ADC 及 DSP，可以實現高精度溫度量測，通常可以量測的溫度範圍在 $-20 \cdots 120$ °C(如下圖)，在室溫範圍內至少可以達解析度 ± 0.5 °C。輸出方式可以採用 10-bit PWM 與 SMBus。本研究將採用 SMBus 讀取感測器數據。此感測器使用 Vcc 為 5V。

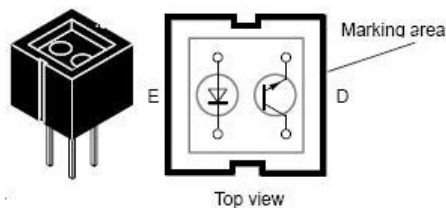


附圖 2，溫度感測器範圍(縱軸為待測物溫度；橫軸感測器外部溫度。)

資料來源：Melexis 公司

以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

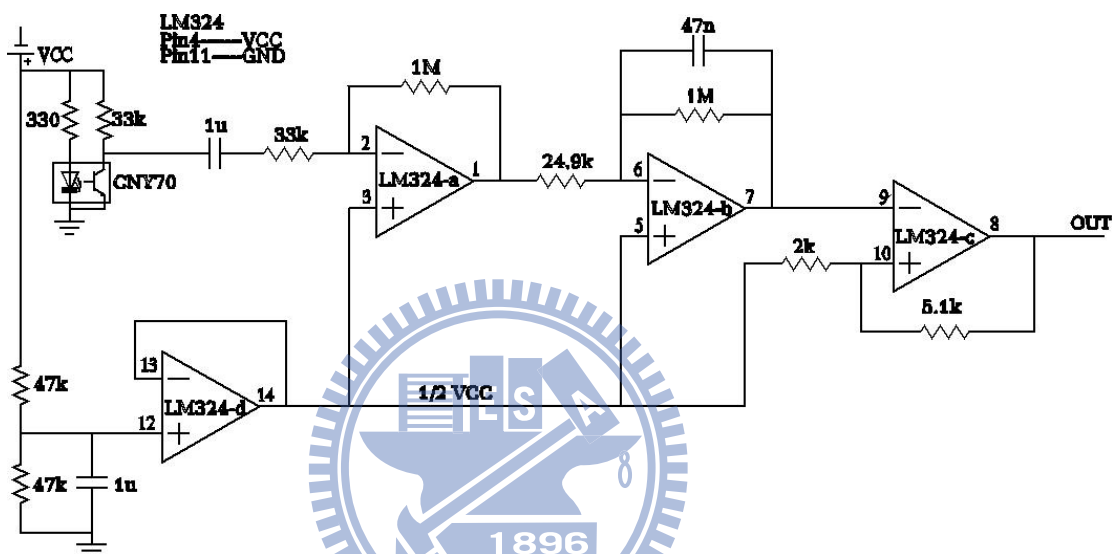
(2)心跳偵測模組：人體組織在心臟收縮將血液加壓入血管時，其透明度會降低，紅外線反射回來的強度會減弱，心臟舒張時，則反



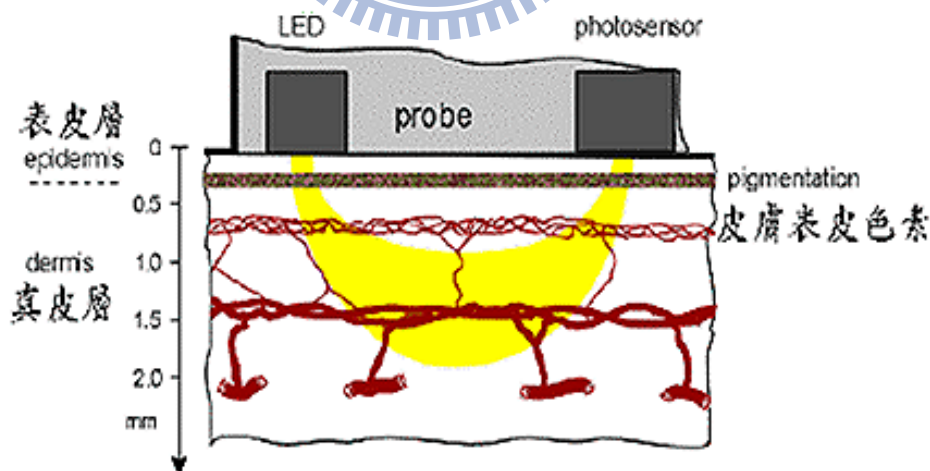
附圖 3 CNY70 感測器
資料來源：Vishay 公司

射的紅外線會變強，因此可以使用類比放大電路，將此手指末梢的微動脈的小波動放大超過

1000 倍。類比放大電路的設計如下圖：



附圖 4 心跳偵測模組電路圖



附圖 5 反射式血氧計量測示意圖

資料來源：http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/pclass/2011/pclass_11_A069.htm

本研究考量所有電路必須置於滑鼠中，且使用 USB 5V 電源，故放大器採用 LM324 做單電源放大設計，LM324 是一個內含 4 組運算放大器的 14 pin IC。V+接 5V，V-接 Gnd，虛接地接 1/2 VCC，電路中 LM324-d 做為 1/2 VCC Buffer，手指末

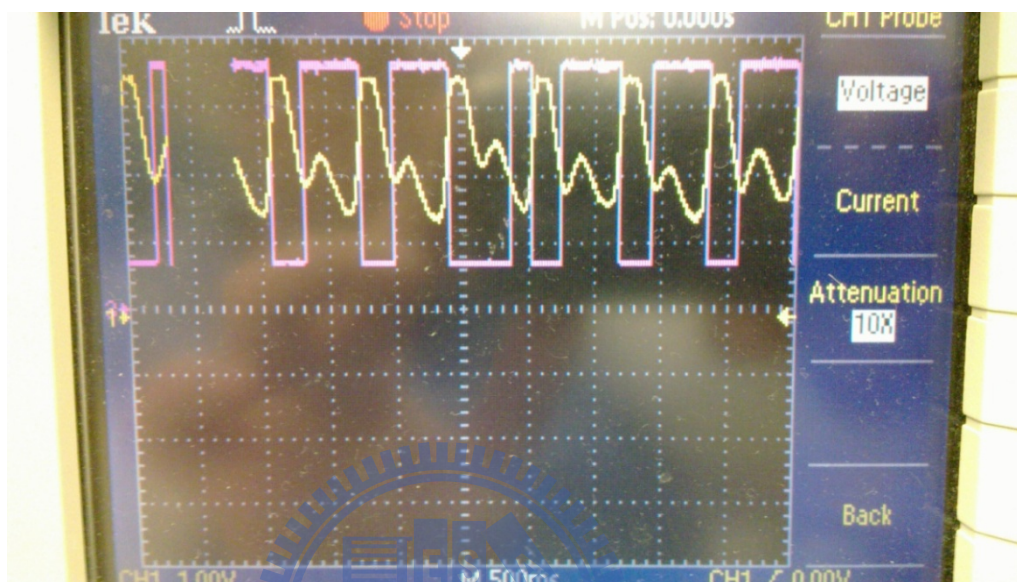
以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

稍的心跳訊號以一個 1μ 的電容去除直流成份，接著進入第一級反向放大 33 倍

(LM324-a)，第二級反向放大 40 倍(LM324-b)低通濾波，濾波器截止頻率 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

經計算大約在 3.4Hz，然後經過 Schmitt trigger(LM324-c)反向輸出成為方波。

實際量測訊號如下圖：



附圖 6 心跳偵測模組實際輸出波形

(3)微處理器：本研究的資料採集是由 MCU(類 8051)對二個生理訊號模組讀取數據，暫存於 RAM 中供 PC 端以自訂的 USB command 讀取。指溫的部份，透過 GPIO 模擬的 SMBus 讀取 MLX90614 資料，然後做 4 筆資料的平均。心跳的部份，因為原始訊號的 Rising edge 較為陡峭，所以計數心跳週期的起始點應該是 Rising edge，但是因為訊號經過三個反向後，反而成為 falling edge。MCU 將規劃一個 16 bit Timer，每隔 1 ms 將 tick counter 加 1，心跳週期的計數將使用此 tick counter，計數每個心跳的週期，並且剔除不合理的訊號跳動，為了降低心跳數據的波動，所以對原始數據做動態平均。

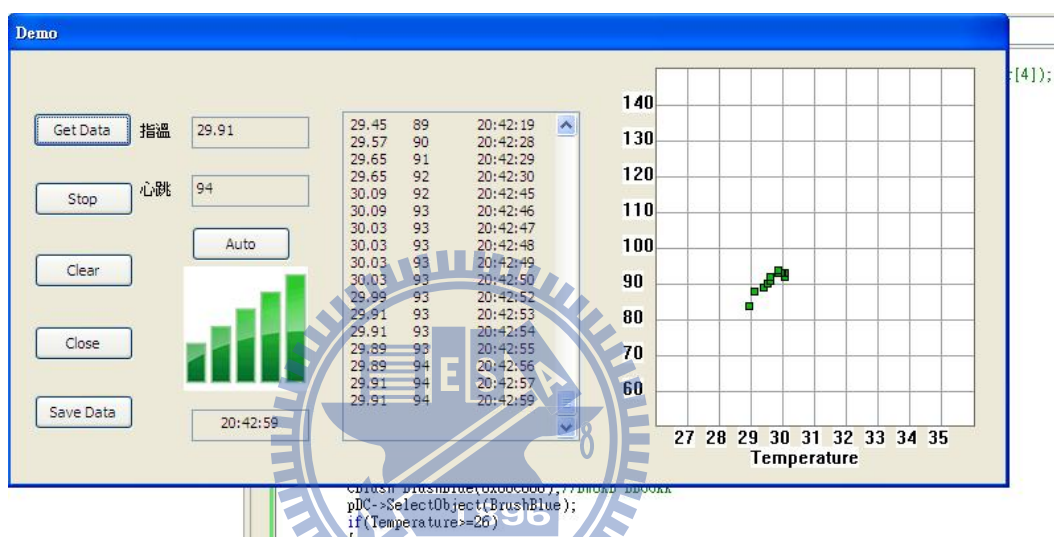
本研究的 MCU 平台採用 EZ-USB FX2(Cypress CY7C68013A)，主要的特點：

1. 符合 USB2.0 規範，480Mbps 高速傳輸協定標準，支援 USB1.1
2. 增強型之 Cypress EZ-USB FX2 系列處理中心，含括增強型 USB Core、高速 8051 Core，具 4Clock/Cycle 的 48MHz 8051CPU，比一般標準 8051 的執行速度快 10 倍，支援 Keil C IDE 開發介面。

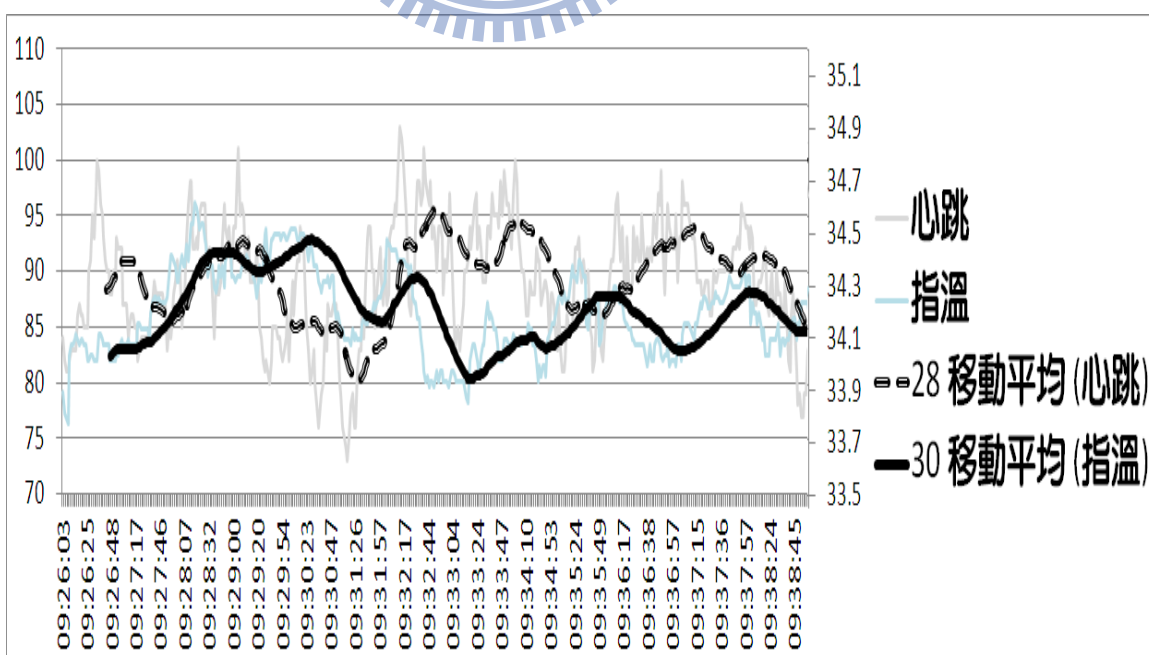
以玩家生理訊號為基礎的遊戲歷程與樂趣分析

3. GPIF 界面、DMA 引擎、提供全部傳輸類型(等時、批量、中斷、控制傳輸)、提供 31 個可規劃 End point
4. 配置擴充程序或 32K bytes RAM
5. 100/400KHz I2C 相容的 bus

(4)視窗程式：本研究需將 Device 端的數據按一定間隔時讀回 PC 做記錄與分析，所以需要開發一些視窗應用程式，這部份採用 MFC 設計出相關的功能，除了記錄生理訊號外，同時顯示出分別以指溫與心跳為 XY 軸的二維散佈圖。



附圖 7 生理資料擷取軟體



附圖 8 生理資料實測