計畫編號：**SWCB-106-079**

運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析

Applying the Integration of Interactive Virtual and Reality in Soil and Water Conservation for Education Spread over Network and Learning Effectiveness Analysis

執 行 單 位：國立虎尾科技大學

執 行 期 間：106 年 02 月 20 日至 106 年 12 月 31 日

計畫主持人 ：蔡鴻旭 教授

共同主持人：郭文宏 教授、劉正達 教授、簡德金 副教授、藍友峰 副教授、侯雍聰 助理教授

共同主持人：羅士哲 副教授 (台灣科技大學工業管理系)

行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國 106 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析

摘要

行政院農業委員會水土保持局為推廣水土保持及防災教育之重要觀念，除了各分局成立戶外教室提供實況解說，也提供在網路上觀看水土保持宣導視訊影片，可是，目前正面臨以下問題:

- 以實地現況解說及擴增實境(augmented reality, AR)，雖然有臨場感可是需要到達定點來體驗，因此，提高其擴散度有其困難。
- 經由網路觀看水土保持宣導視訊教材，雖然可提供其擴散度，缺點是其學習模式不具互動性及缺乏臨場感，學習成效不高。
- 目前也有發展虛擬實境(virtual reality, VR)的相關操作系統，但需要非常昂貴的軟硬體設備，不易推廣。

本計畫產出 3 部 VR 宣導性教材影片，一部是繪本導向 3D VR 電子書，利用 Unity 來製作，兩部以全景式的方式製作 VR 宣導影片，主要的內容呈現以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室內的教學設施為主題。本計畫以準實驗設計(qusi-experiment)實施教學實證研究，探討認知學習成效，利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書，瞭解觀看 VR 教材的認知學習成效差異。結果顯示學生觀看 VR 電子書在下列構面:沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能、臨場感優於沒有觀看的情形。因此，利用觀看 VR 宣導性教材影片是有助於學習及宣導水土保持及防災觀念。

關鍵詞：水土保持、虛擬實境、電子書、沉浸經驗、臨場感

Applying the Integration of Interactive Virtual and Reality in Soil and Water Conservation for Education Spread over Network and Learning Effectiveness Analysis

Abstract

Soil and Water Conservation Bureau (SWCB), COA, promotes the important concepts for soil and water conservation and disaster prevention education. Branch offices not only construct outdoor classrooms where volunteer narrators explain facilities in outdoor classrooms, but also provide educational videos for topics for soil and water conservation on Internet. However, there are following problems currently.

• Volunteer narrators explain facilities in outdoor classrooms and/or outdoor classrooms build augmented reality facilities. A main shortcoming of this way is that people have to come to the outdoor classrooms. Therefore, it is hard to increase the promotion for learning in outdoor classrooms.

• Visitors or learners watch soil and water conservation video on Internet. Although this way can easily achieve the purpose of letting many persons watch video, but it provides less interactions and presence. Accordingly, the impact on perceived learning effectiveness may reduce.

• Visitors come to some dedicated show places and then wear head-mounted display to watch virtual reality (VR) video. However, the kind of the virtual reality facilities are very expansive and need high real-time computation computers. It is not easy to promote the way to be used for large visitors or learners.

This project produces three VR videos with more interaction and presence. One kind of them is so-called 3D VR video which is made via Unity software. Its contents follow a picture-oriented book. Hence it is also called VR ebook in the report hereafter. Additionally, two 360 panoramic view VR video are also produced here. Their contents focus on explanations or narrations for facilities in Huashan debris flow teaching park and Chaiyi agricultural experiment branch, respectively. A qusi-experiment is conducted in the project to realize an empirical study in investigating the impact on the perceived learning effectiveness for learning the VR ebook. Learners first download an APP to their smart phones and then wear cheap VR helmets to watch the VR ebook after putting their smart phones into helmets. The statistical results of the questionnaire show that students, who finish watching the VR ebook, have better immersive experience, learning motivation, learning interaction, self-efficacy, and presence than that before watching the VR ebook. Consequently, watching the VR ebook the project produced helps learning concepts for soil and water conservation and disaster prevention.

Keywords: Soil and water conservation, Virtual reality, eBook, Immersive experience, Presence

目次

摘要.....I

Abstract..... III

目次..... V

表次.....VII

圖次..... VIII

第一章　計畫內容 1-1

第一節　計畫動機 1-1

第二節　計畫目的 1-2

第三節　背景 1-2

第二章　工作項目與執行方法 2-1

第一節　工作項目 2-1

第二節　工作執行方法 2-3

第三章　執行成果及效益 3-1

第一節　執行成果 3-1

第二節　執行效益 3-1

第四章　結論及建議 4-1

第一節　結論 4-1

第二節　建議 4-2

參考文獻.....參-1

附錄.....附錄-1

附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-1

附錄二、沉浸式虛擬實境教材學習問卷題目 附錄-5

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-10

附錄四、VR 全景影片製作腳本-華山土石流教學園區.....附錄-13

附錄五、VR 全景影片製作腳本-嘉義農試所水土保持戶外教室 附錄-20

附錄六、VR 全景影片註解文字稿-華山土石流教學園區 附錄-28

附錄七、VR 全景影片註解文字稿-嘉義農試所水土保持戶外教室 附錄-35

附錄八、公文-參訪及拍攝.....附錄-42

附錄九、拍攝剪影 附錄-44

附錄十、本計畫三部 VR 影片下載位置 附錄-46

表次

表 2-1 前後測 CRONBACH'S ALPHA 值.....2-110

表 2-2 各構面平均數、標準差.....2-112

表 2-3 各構面相依樣本差異.....2-112

表 2-4 前測(全)-後測(全)相依樣本差異.....2-113

表 2-5 沉浸經驗構面相依樣本差異.....2-113

圖次

圖 1-1 GOOGLE CARDBOARD 1-4
圖 1-2 OCULUS RIFT 1-5
圖 1-3 HTC VIVE 1-5
圖 1-4 VR CASE 5 PLUS 1-6
圖 2-1 工作項目執行流程圖 2-1
圖 2-2 計畫甘特圖 2-2
圖 2-3 農塘 2-3
圖 2-4 農塘 2-4
圖 2-5 農塘 2-4
圖 2-6 固床工 2-5
圖 2-7 固床工 2-5
圖 2-8 固床工 2-6
圖 2-9 平台階段 2-6
圖 2-10 平台階段 2-7
圖 2-11 階段改善 2-7
圖 2-12 坑溝整治 2-8
圖 2-13 野溪治理 2-8
圖 2-14 擋土設施 2-9
圖 2-15 擋土設施 2-9
圖 2-16 擋土設施 2-10
圖 2-17 擋土設施 2-10
圖 2-18 跌水 2-11
圖 2-19 跌水 2-11
圖 2-20 涵管 2-12

圖 2-21 橫向排水.....2-12
圖 2-22 橫向排水.....2-13
圖 2-23 橫向排水.....2-13
圖 2-24 人工模擬降雨沖蝕觀察.....2-14
圖 2-25 人工模擬降雨沖蝕觀察.....2-14
圖 2-26 覆蓋作物根系觀察.....2-15
圖 2-27 覆蓋作物根系觀察.....2-15
圖 2-28 農塘介紹.....2-16
圖 2-29 農塘介紹.....2-16
圖 2-30 平台階段介紹.....2-17
圖 2-31 砌石台壁介紹.....2-17
圖 2-32 擋土設施介紹.....2-18
圖 2-33 坑溝整治介紹.....2-18
圖 2-34 跌水介紹.....2-19
圖 2-35 橫向排水介紹.....2-19
圖 2-36 模擬降雨介紹.....2-20
圖 2-37 根系觀察介紹.....2-20
圖 2-38 農塘與固床工主題起始頁.....2-21
圖 2-39 農塘與固床工.....2-21
圖 2-40 固床工介紹.....2-22
圖 2-41 農塘介紹.....2-22
圖 2-42 平台階段主題起始頁.....2-23
圖 2-43 平台階段.....2-23
圖 2-44 平台階段介紹.....2-24
圖 2-45 平台階段、砌石台壁介紹.....2-24

圖 2-46 擋土設施及野溪整治主題起始頁 2-25
圖 2-47 擋土設施及野溪治理 2-25
圖 2-48 擋土設施介紹 2-26
圖 2-49 擋土設施介紹 2-26
圖 2-50 野溪整治介紹 2-27
圖 2-51 跌水主題起始頁 2-28
圖 2-52 跌水介紹 2-28
圖 2-53 跌水介紹 2-29
圖 2-54 跌水介紹 2-29
圖 2-55 橫向排水主題起始頁 2-30
圖 2-56 橫向排水介紹 2-30
圖 2-57 人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗主題起始頁 2-31
圖 2-58 人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗 2-31
圖 2-59 人工模擬降雨沖蝕介紹 2-32
圖 2-60 淨耕介紹 2-32
圖 2-61 敷蓋介紹 2-33
圖 2- 62 覆蓋介紹 2-33
圖 2-63 根系觀察介紹 2-34
圖 2-64 生態工法 2-35
圖 2-65 砌石工法 2-35
圖 2-66 砌石工法 2-36
圖 2-67 猴洞橋 2-37
圖 2-68 猴洞橋 2-37
圖 2-69 梳子壩(二號) 2-38

圖 2-70 梳子壩(二號) 2-38
圖 2-71 (A)遠拍土石流觀測站 2-39
圖 2-71 (B)土石流觀測站上設備 2-39
圖 2-72 預鑄型鋼管壩 2-40
圖 2-73 格柵壩 2-40
圖 2-74 講述防災疏散避難 2-41
圖 2-75 滑動坡面整坡工程介紹 2-42
圖 2-76 生態工法介紹 2-42
圖 2-77 猴洞橋介紹 2-43
圖 2-78 梳子壩(二號) 介紹 2-43
圖 2-79 梳子壩(二號) 介紹 2-44
圖 2-80 觀測站介紹 2-44
圖 2-81 土石流感測器介紹 2-45
圖 2-82 預鑄型鋼管壩介紹 2-45
圖 2-83 格柵壩介紹 2-46
圖 2-84 華山水土防護教室防災疏散避難介紹 2-46
圖 2-85 華山水土防護教室防災疏散避難介紹 2-47
圖 2-86 生態工法與砌石工法主題起始頁 2-48
圖 2-87 華山土石流教學園區介紹 2-48
圖 2-88 砌石工法介紹 2-49
圖 2-89 生態工法介紹 2-49
圖 2-90 猴洞橋介紹 2-50
圖 2-91 猴洞橋介紹 2-50
圖 2-92 梳子壩主題起始頁 2-51
圖 2-93 梳子壩介紹 2-51

圖 2-94 梳子壩介紹.....2-52
圖 2-95 梳子壩介紹.....2-52
圖 2-96 觀測站與土石流感測器主題起始頁.....2-53
圖 2-97 土石流觀測站介紹.....2-53
圖 2-98 土石流觀測站介紹.....2-54
圖 2-99 土石流感測器介紹.....2-54
圖 2-100 格柵壩與預鑄型鋼管壩主題起始頁.....2-55
圖 2-101 格柵壩與預鑄型鋼管壩介紹.....2-55
圖 2-102 預鑄型鋼管壩介紹.....2-56
圖 2-103 格柵壩介紹.....2-56
圖 2-104 華山水土防護教室防災疏散避難主題起始頁.....2-57
圖 2-105 華山水土防護教室防災疏散避難介紹.....2-57
圖 2-106 河水.....2-58
圖 2-107 大樹.....2-58
圖 2-108 漂流木.....2-59
圖 2-109 小鳥.....2-59
圖 2-110 草地.....2-60
圖 2-111 海鷗.....2-60
圖 2-112 梳子壩.....2-61
圖 2-113 腎蕨.....2-61
圖 2-114 月亮.....2-62
圖 2-115 海邊場景.....2-63
圖 2-116 雨天場景.....2-63
圖 2-117 夜晚場景.....2-64
圖 2-118 白天場景.....2-64

圖 2-119 森林場景 2-65
圖 2-120 播放語音說明 2-65
圖 2-121 下一頁 2-66
圖 2-122 播放語音說明及上一頁 2-66
圖 2-123 下一頁 2-67
圖 2-124 播放語音說明及上一頁 2-67
圖 2-125 註解說明及下一頁 2-68
圖 2-126 註解說明內容 2-68
圖 2-127 關閉註解說明 2-69
圖 2-128 播放語音說明及上一頁 2-69
圖 2-129 註解說明及下一頁 2-70
圖 2-130 註解說明內容 2-70
圖 2-131 關閉註解說明 2-71
圖 2-132 播放語音說明及上一頁 2-71
圖 2-133 註解說明及下一頁 2-72
圖 2-134 註解說明內容 2-72
圖 2-135 關閉註解說明 2-73
圖 2-136 播放語音說明及上一頁 2-73
圖 2-137 註解說明及下一頁 2-74
圖 2-138 註解說明內容 2-74
圖 2-139 關閉註解說明 2-75
圖 2-140 播放語音說明及上一頁 2-75
圖 2-141 註解說明及下一頁 2-76
圖 2-142 註解說明內容 2-76
圖 2-143 關閉註解說明 2-77

圖 2-144 播放語音說明及上一頁 2-77
圖 2-145 註解說明及下一頁 2-78
圖 2-146 註解說明內容 2-78
圖 2-147 關閉註解說明 2-79
圖 2-148 播放語音說明及上一頁 2-79
圖 2-149 註解說明及下一頁 2-80
圖 2-150 註解說明內容 2-80
圖 2-151 關閉註解說明 2-81
圖 2-152 播放語音說明及上一頁 2-81
圖 2-153 註解說明及下一頁 2-82
圖 2-154 註解說明內容 2-82
圖 2-155 關閉註解說明 2-83
圖 2-156 播放語音說明及上一頁 2-83
圖 2-157 註解說明及下一頁 2-84
圖 2-158 註解說明內容 2-84
圖 2-159 關閉註解說明 2-85
圖 2-160 播放語音說明及上一頁 2-85
圖 2-161 註解說明及下一頁 2-86
圖 2-162 註解說明內容 2-86
圖 2-163 關閉註解說明 2-87
圖 2-164 播放語音說明及上一頁 2-87
圖 2-165 註解說明及下一頁 2-88
圖 2-166 註解說明內容 2-88
圖 2-167 關閉註解說明 2-89
圖 2-168 播放語音說明及上一頁 2-89

圖 2-169 註解說明及下一頁.....2-90
圖 2-170 註解說明內容.....2-90
圖 2-171 關閉註解說明.....2-91
圖 2-172 播放語音說明及上一頁.....2-91
圖 2-173 註解說明及下一頁.....2-92
圖 2-174 播放語音說明及上一頁.....2-92
圖 2-175 註解說明.....2-93
圖 2-176 我的文件.....2-94
圖 2-177 測驗試題編輯.....2-95
圖 2-178 測驗試題檢視.....2-96
圖 2-179 問卷編輯.....2-97
圖 2-180 問卷填寫.....2-98
圖 2-181 活動紀錄.....2-99
圖 2-182 問卷施測方式.....2-103
圖 2-183 學生輪流施測.....2-104
圖 2-184 學生輪流施測.....2-105
圖 2-185 學生輪流施測.....2-105
圖 2-186 學生施測.....2-106
圖 2-187 學生輪流施測.....2-106
圖 2-188 學生輪流施測.....2-107
圖 2-189 老師教導學生操作.....2-107
圖 2-190 學生輪流施測.....2-108
圖 2-191 多位學生同時施測.....2-109
圖 2-192 多位學生同時施測.....2-109
圖 2-193 多位學生同時施測.....2-110

圖 4-1 虛擬場景互動.....4-3

圖 4-2 虛擬場景視角轉變.....4-3

圖 4-3 虛擬場景視角轉為對面.....4-4

圖 4-4 虛擬場景更換選擇.....4-4

圖 4-5 虛擬場景更換.....4-5

圖 4-6 虛擬場景更換.....4-5

圖 4-7 虛擬場景更換.....4-6

圖 4-8 虛擬場景更換.....4-6

圖 4-9 虛擬場景視角轉換.....4-7

圖 4-10 虛擬場景更換.....4-7

第一章　計畫內容

第一節　計畫動機

行政院農業委員會水土保持局為推廣水土保持及防災教育之重要觀念，除了在各分局成立戶外教室提供實況解說，也提供在網路上觀看水土保持宣導視訊影片，近期也與國立科學工藝博物館共同推廣擴增實境，由上述的推廣教育來分析，可是，目前正面臨以下問題:

- 以實地現況解說及擴增實境(augmented reality, AR)，雖然有臨場感可是需要到達定點來體驗，因此，提高其擴散度有其困難。
- 經由網路觀看水土保持宣導視訊教材，雖然可提供其擴散度，缺點是其學習模式不具互動性及缺乏臨場感，學習成效不高。
- 目前也有發展虛擬實境(virtual reality, VR)的相關操作系統，但需要非常昂貴的軟硬體設備，不易推廣。

本計畫欲提出一個虛實整合技術來製作具互動性與臨場感的展場影片，透過網路及智慧型手機與簡易式頭戴裝置，即可觀看 VR 影片及互動，同時也具擬真的臨場感。因可以經由網路來操作，藉此，可以快速地提高本計畫成果的滲透度與普及化。

另外,合併考量獨立式(Stand alone)虛擬實境(VR)及擴增實境(AR)頭戴裝置供給面因素，與消費者建立 VR 與 AR 頭戴裝置使用行為的需求面因素，DIGITIMES Research 預估 2017~2022 年全球 VR 與 AR 頭戴裝置出貨量年複合成長率(CAGR)將達 41.6%。

第二節　計畫目的

本計畫將製作 3 部虛擬實境(Virtual Reality, VR)的宣導性教材影片，一部是繪本導向的 VR 電子書，另外，兩部是以全景式的方式製作 VR 宣導影片，主要的內容呈現是以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室內的教學標的物為主題。這 3 部 VR 宣導性教材皆可以透過網路及智慧型手機與簡易式頭戴裝置，即可觀看 VR 影片及互動，同時也具擬真的臨場感。因此，本計畫成果可解決目前 VR 影片難提高滲透度與不容易普及化等問題。

第三節　背景

一、虛擬實境影片分類

(一) 桌面虛擬現實

主要是利用個人電腦或圖形工作站產生虛擬場景，使用者使用三圍滑鼠、數據手套、空間位置跟蹤定位設備作為輸入控制設備，使用者頭戴立體眼鏡用來觀看螢幕中虛擬三維場景的立體效果。它所帶來的立體視覺能使用戶產生一定程度的沉浸感。有時為了增強桌面式 VR 系統的效果，在桌面式 VR 系統中還可以加入專業的投影設備，以達到增大螢幕觀看範圍的目的[5]。

常見的桌面式 VR 系統工具有：全景技術軟體 QuickTime VR、虛擬現實建模語言 VRML、網絡三維互動 Cult3D、Java3D 等，主要用於 CAD（計算機輔助設計）、CAM（計算機輔助製造）、建築設計、桌面遊戲等領域[5]。

(二) 沉浸式虛擬現實

沉浸式虛擬現實提供完全沉浸式體驗，現今主要是採用頭戴式頭盔顯示器或是洞穴式立體顯示設備，將使用者的與真實世界完全隔離，使使用者完全投入於虛擬世界之中[5]。

沉浸式虛擬現實又分為基於頭盔式顯示器的 VR 系統與遙在系統，基於頭盔式顯示器的 VR 系統如上所述，就是藉由頭盔式顯示器讓使用者完全沉浸在虛擬環境中。遙在系統是一種遠程控制形式，常用於 VR 系統與機器人技術相結合的系統。操作人員使用 VR 系統及網路操作另一方的機器人，這種系統需要一個立體顯示器和兩台攝像機以生成三維圖像，這種環境使得操作人員有一種深度沉浸的感覺，因而在觀看虛擬世界時更清晰[5]。

(三) 增強現實性的虛擬現實

增強式 VR 系統簡稱增強現實（AR），它既允許用戶看到真實世界，同時也能看到疊加在真實世界上的虛擬對象，它是把真實環境和虛擬環境結合起來的一種系統。常見的增強式 VR 系統有：基於台式圖形顯示器的系統、基於單眼顯示器的系統（一個眼睛看到顯示屏上的虛擬世界，另一隻眼睛看到的是真實世界）、基於透視式頭盔式顯示器的系統。目前，增強式 VR 系統常用於醫學可視化、軍用飛機導航、設備維護與修理、娛樂、文物古蹟的復原等領域。典型的實例是醫生做手術時，可戴上透視式頭盔式顯示器，這樣既可看到做手術現場的真實情況，也可以看到手術中所需的各種資料[5]。

(四) 分布式虛擬現實

分布式虛擬現實通過聯網與其他用戶進行交互，共同體驗虛擬經歷，以達到協同工作的目的，它將虛擬提升到了一個更高的境界[5]。

VR 系統運行在分布式世界中有 2 方面的原因：一方面是充分利用分布式電腦系統提供的強大計算能力；另一方面是有些應用本身具有分布特性，如多人通過網絡進行遊戲和虛擬戰爭模擬等[5]。

(五) 3D 全實景 VR (Oculus Rift 及 HTC Vive 頭戴裝置)

360°全景 VR 影片又稱沉浸式影片或球型影片，是使用 360°全景相機拍攝，全景相機利用多顆鏡頭同時進行拍攝，鏡頭從 2 顆到 16 顆不等，鏡頭的多寡會影響影像成像的品質，市面上常見的全景相機有 Samsung Gear 360、LG 360 CAM、GoPro Fusion 還有比較特別的是 Google Jump 支架，可以放置 16 個相機模組。將拍攝完的影片匯入威力導演中進行剪輯、縫合，便能將這些個別影像拼接為一部 360°影片。最後將影片放置在 YouTube 或 Facebook，即可使用手機觀看 360°全景影片，手機配合 Google Cardboard 或是使用 Oculus Rift、HTC Vive 觀看，更能有身歷其境的感受[6][7]。



圖 1-1 Google Cardboard [8]



圖 1-2 Oculus Rift [9]



圖 1-3 HTC Vive [10]



圖 1-4 VR Case 5 Plus [11]

二、學習理論

(一) 註解 (annotation)

註解式學習是指在多媒體資料中加入文字、線條、集合圖形來輔助說明多媒體資料。現今關於註解學習的研究日漸多元，且也被探討使用在教育上，例如：VALS(video annotating learning system，影片註解學習系統)[12]、CDM system(context display management system)，VALS 是指在影片中加入註解，方便日後複習、學習[13]。CDM system 是在 PowerPoint accompanied by Annotations Presentation learning environment 下開發的系統。因此，本計畫加入互動式註解學習功能，提高使用者的學習成效。

(二) 互動性(Interaction)

互動性一向被認為現代媒體(電視、網路等)的重要特色之一，在傳統的傳播理論中，所謂互動，指的是訊息接受者(receiver)針對訊息內容(message)，對訊息來源(source)所產生的回饋(feedback)現象。透過回饋作用，訊息來源與接受者之間不斷的修改訊息本身與回饋的內

容，期能達成有效的雙向溝通[14]。Rafaeli 是最早對電腦中介傳播的互動性定義為一連串訊息相關的程度[15]。Moore 將遠距教學中特有的互動關係歸類三種：學習者—教學者(Learner-Instructor)、學習者—學習內容、(learner-Content)、學習者—學習者(Learner-Learner)之間的互動。

在[16]中學者認為 Moore 的三種互動類型並不是全部[16][17] 。為此，提出在遠距學習中的第四種互動關係：學習者—使用介面(Learner-Interface)。此種互動關係的特點在於學習者為了和教學內容、教學者或其他學習者進行互動，必須先透過科技媒介才能達到[1][2]。

三、問卷量表

(一) 沉浸理論

本計畫對於沉浸理論的解釋是參考[3]，內文中完整且有條理地整理出關於「沉浸」的理論、定義、特質。

國內研究者對於 Csikszentmihalyi 提出的 Flow Theory[18]，使用了許多不同的詞彙來解釋，如神迷、心流、神馳、沉浸等，但因本計畫主要是以虛擬實境為研究對象，而虛擬環境的特性講求的是「沉浸感」，所以本實驗會以「沉浸」一詞來當作 Flow 的中文解釋。

▪沉浸定義: 沉浸理論的起源，是過去的心理學家，如：[19]-[23]，他們開始探討人類內在的動機，而他們的研究都聚焦在人類的經歷以及內心的事件，後來心理學界才逐漸從以往探討外在動機的研究中，慢慢的轉移到內在動機[18]。早期沉浸理論的研究多數是應用在繪畫、攀岩、作曲、下棋等活動，而調查的對象包含藝術家、運動員、音樂家、棋手等，並且他們都是把自己的興趣當成職業在做。根據以上整理的結果，「沉浸(Flow)」是指個人完全投入在某項活動時所產生的心理狀態，個人因為自身的興趣而完全融入其中，專注在自身當前注意的事情上，喪失對其他事務相關的知覺，完全被活動的氛圍所籠罩，當個人出現這種 心理現象的時候，可以稱其為「沉浸」[4]。

▪沉浸的特質: 沉浸是一種動態的過程，沉浸體驗程度會因人而異，挑戰和技能並非指個人的能力，而是因個人的感知情形，且感知情形會受社會、人格、工作、環境等因素影響，當面對這些影響時，個人會使用不同的技能來面對不同的情境所帶來的挑戰[24][25][18]。

(二) 臨場感

臨場感是一個心理的因子，臨場感在[26]被定義成如：在一個地方或環境的主觀經驗，既使你實際上不再那個地方或環境。在 3D 虛擬實境環境中，使用者會實際的扮演著一個角色，角色會去利用不同的能力去驅動事件的發生，例如：在教學空間中，學習者可以分開一

個分子或原子鍵去造出另外一個分子，使得可以去探索它的鍵角。上述的動作中可以在 3D 虛擬實境環境體驗臨場的這種獨特過程。一些學者提出，臨場感是一個有形的 3D 虛擬實境特徵的產出，例如：逼真的展示環境及互動[27][28]其他學者也有提到臨場感是一個具體的感覺，感覺源自於沉浸一個環境的心理體驗過程 [26][29]。最近，桌上型的虛擬實境技術已經可以被使用了，臨場感已經在研究者間產生了更新的興趣。所以現在有些辯論聚焦於討論桌上型虛擬實境環境，目前還缺少了高端的 3D 虛擬實境技術，來呈現複雜的臨場感[30]。

第二章　工作項目與執行方法

第一節　工作項目

本計畫工作項目及其執行流程如下圖 2-1 所述。

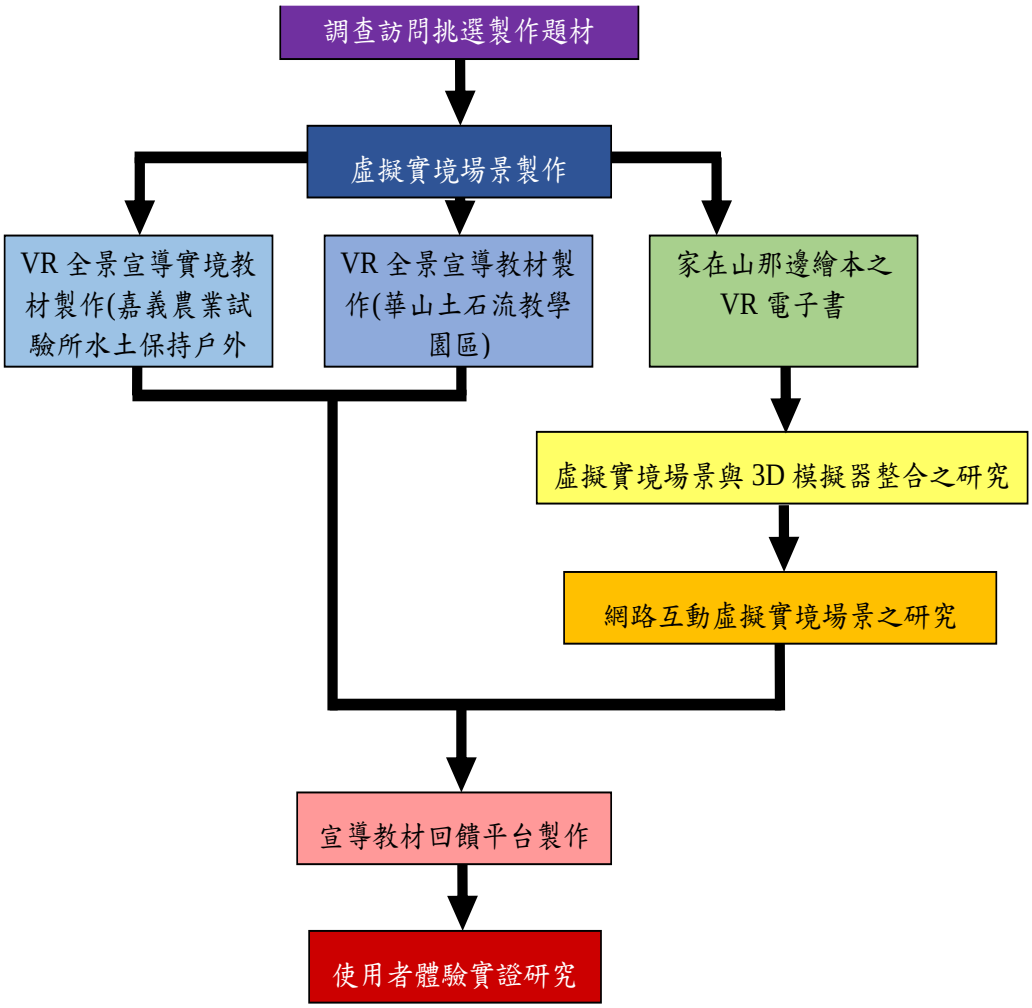


圖 2-1 工作項目執行流程圖

本計畫甘特圖如下圖 2-2 所述。

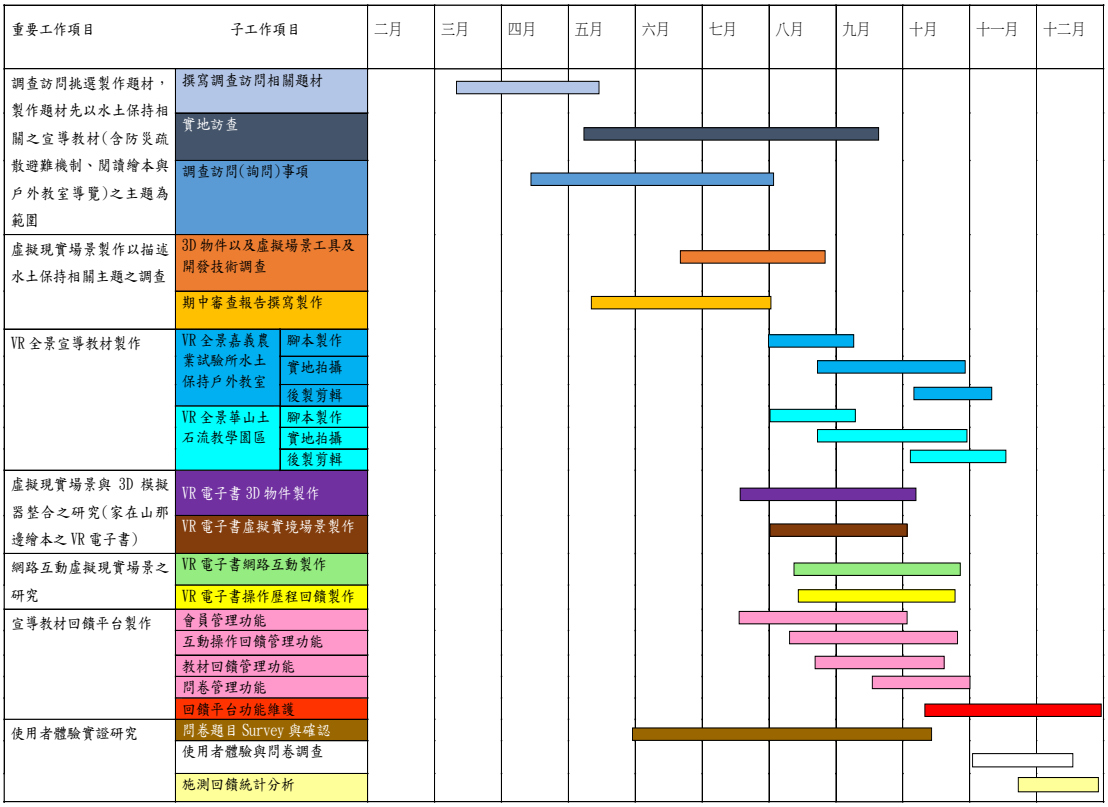

重要工作項目
子工作項目
二月
三月
四月
五月
六月
七月
八月
九月
十月
十一月
十二月
調查訪問挑選製作題材，製作題材先以水土保持相關之宣導教材(含防災疏散避難機制、閱讀繪本與戶外教室導覽)之主題為範圍
撰寫調查訪問相關題材
實地訪查
調查訪問(詢問)事項
虛擬現實場景製作以描述水土保持相關主題之調查
3D 物件以及虛擬場景工具及開發技術調查
期中審查報告撰寫製作
VR 全景宣導教材製作
VR 全景嘉義農業試驗所水土保持戶外教室
腳本製作
實地拍攝
後製剪輯
VR 全景草山土石流教學園區
腳本製作
實地拍攝
後製剪輯
虛擬現實場景與 3D 模擬器整合之研究(家在山那邊繪本之 VR 電子書)
VR 電子書 3D 物件製作
VR 電子書虛擬實境場景製作
網路互動虛擬現實場景之研究
VR 電子書網路互動製作
VR 電子書操作歷程回饋製作
宣導教材回饋平台製作
會員管理功能
互動操作回饋管理功能
教材回饋管理功能
問卷管理功能
回饋平台功能維護
使用者體驗實證研究
問卷題目 Survey 與確認
使用者體驗與問卷調查
施測回饋統計分析

圖 2-2 計畫甘特圖

第二節 工作執行方法

一、調查訪問挑選製作題材，製作題材先以水土保持相關之宣導教材(含防災疏散避難機制、閱讀繪本與戶外教室導覽)之主題為範圍

(一) 撰寫調查訪問相關題材

(二) 實地訪查

(三) 調查訪問(詢問)事項

二、虛擬現實場景製作以描述水土保持相關主題之調查

(一) 3D 物件以及虛擬場景工具及開發技術調查

(二) 期中審查報告撰寫製作

三、VR全景宣導教材製作

(一) VR 全景嘉義農業試驗所水土保持戶外教室

- 腳本製作：主題1-農塘與固床工



圖 2-3 農塘

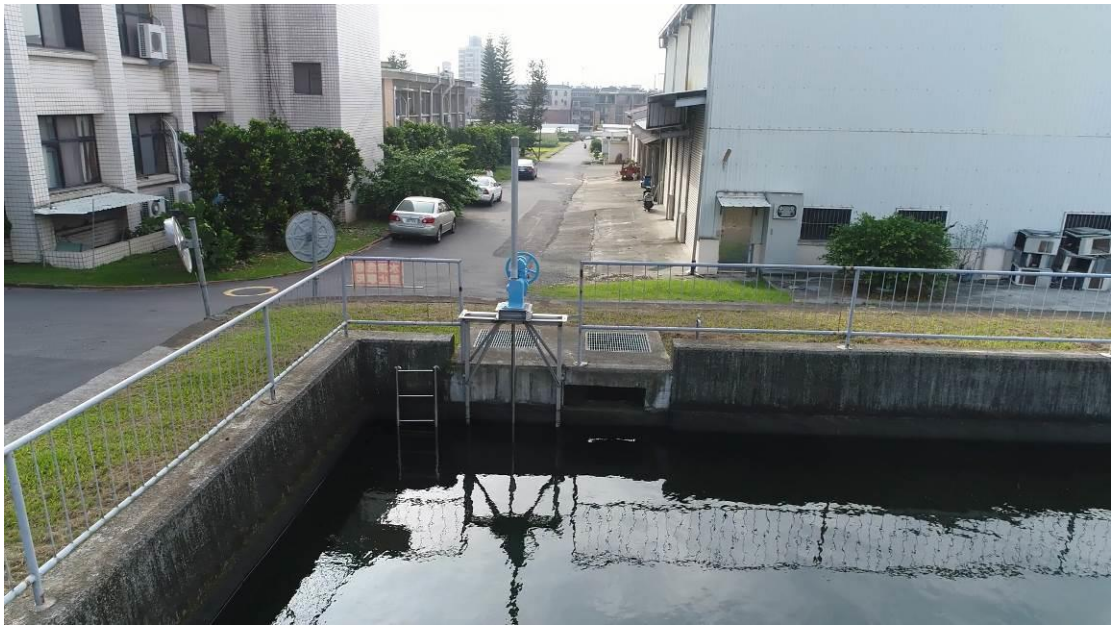


圖 2-4 農塘



圖 2-5 農塘



圖 2-6 固床工



圖 2-7 固床工



圖 2-8 固床工

• 腳本製作：主題2-平台階段



圖 2-9 平台階段



圖 2-10 平台階段



圖 2-11 階段改善

‧腳本製作：主題3-擋土設施及野溪治理



圖 2-12 坑溝整治



圖 2-13 野溪治理

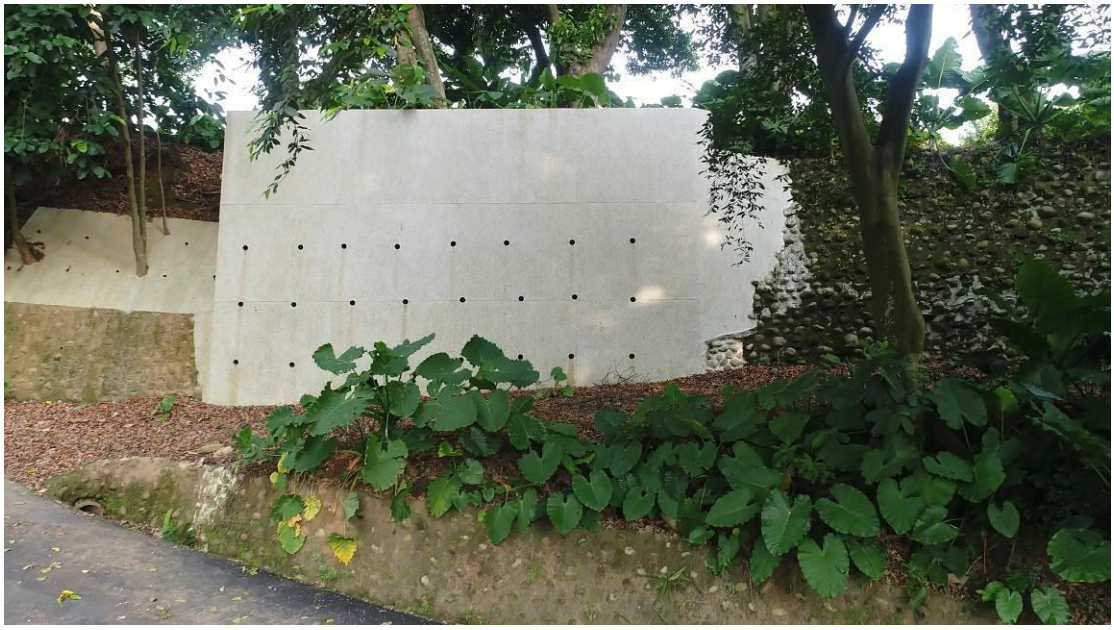


圖 2-14 擋土設施



圖 2-15 擋土設施



圖 2-16 擋土設施



圖 2-17 擋土設施

• 腳本製作：主題4-跌水



圖 2-18 跌水



圖 2-19 跌水



圖 2-20 涵管

・腳本製作：主題5-橫向排水



圖 2-21 橫向排水



圖 2-22 橫向排水



圖 2-23 橫向排水

• 腳本製作：主題6-人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗



圖 2-24 人工模擬降雨沖蝕觀察

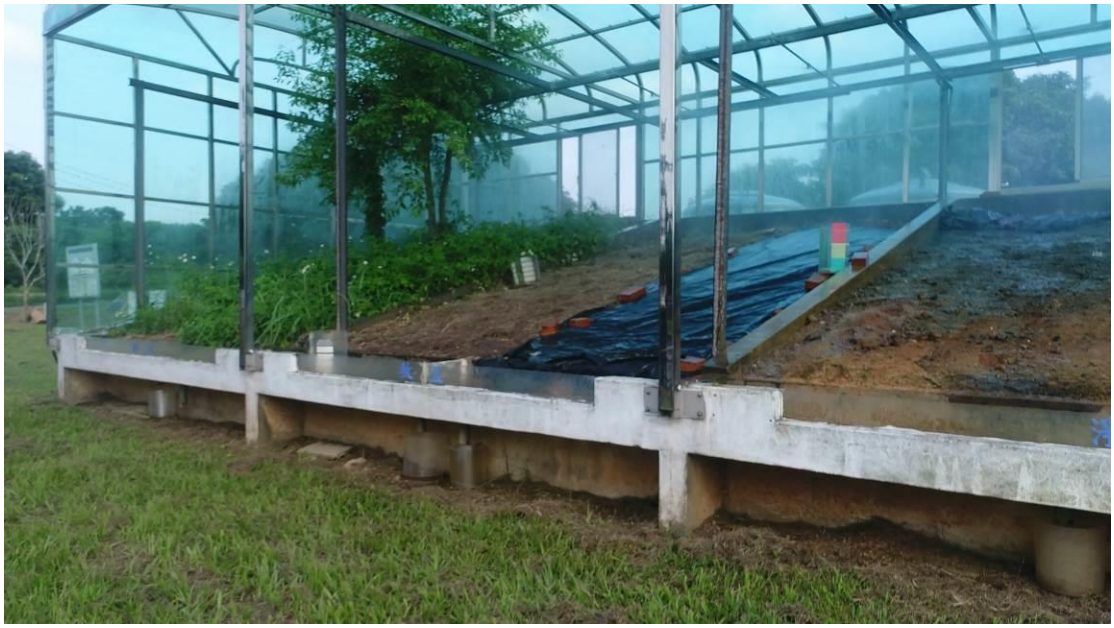


圖 2-25 人工模擬降雨沖蝕觀察



圖 2-26 覆蓋作物根系觀察



圖 2-27 覆蓋作物根系觀察

・實地拍攝：主題1-農塘與固床工



圖 2-28 農塘介紹



圖 2-29 農塘介紹

・實地拍攝：主題2-平台階段



圖 2-30 平台階段介紹



圖 2-31 砌石台壁介紹

・實地拍攝：主題3-擋土設施及野溪治理



圖 2-32 擋土設施介紹



圖 2-33 坑溝整治介紹

• 實地拍攝：主題4-跌水



圖 2-34 跌水介紹

• 實地拍攝：主題5-橫向排水

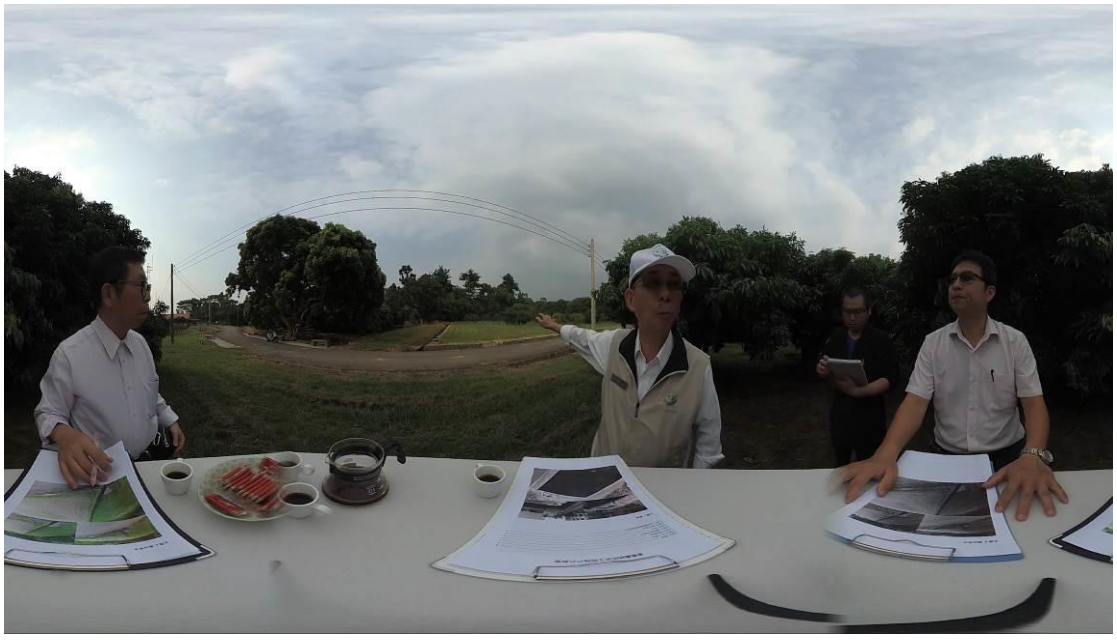


圖 2-35 橫向排水介紹

• 實地拍攝：主題6-人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗



圖 2-36 模擬降雨介紹



圖 2-37 根系觀察介紹

• 後製剪輯：主題1-農塘與固床工



圖 2-38 農塘與固床工主題起始頁



圖 2-39 農塘與固床工



圖 2-40 固床工介紹



圖 2-41 農塘介紹

• 後製剪輯：主題2-平台階段



圖 2-42 平台階段主題起始頁



圖 2-43 平台階段



圖 2-44 平台階段介紹



圖 2-45 平台階段、砌石台壁介紹

• 後製剪輯：主題3-擋土設施及野溪治理



圖 2-46 擋土設施及野溪整治主題起始頁



圖 2-47 擋土設施及野溪治理



圖 2-48 擋土設施介紹



圖 2-49 擋土設施介紹



圖 2-50 野溪整治介紹

• 後製剪輯：主題4-跌水



圖 2-51 跌水主題起始頁



圖 2-52 跌水介紹



圖 2-53 跌水介紹



圖 2-54 跌水介紹

• 後製剪輯：主題5-橫向排水



圖 2-55 橫向排水主題起始頁



圖 2-56 橫向排水介紹

• 後製剪輯：主題6-人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗



圖 2-57 人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗主題起始頁



圖 2-58 人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗



圖 2-59 人工模擬降雨沖蝕介紹



圖 2-60 淨耕介紹



圖 2-61 敷蓋介紹



圖 2- 62 覆蓋介紹



圖 2-63 根系觀察介紹

(二) VR 全景華山土石流教學園區

・腳本製作：主題1-生態工法與砌石工法



圖 2-64 生態工法



圖 2-65 砌石工法



圖 2-66 砌石工法

• 腳本製作：主題2-猴洞橋



圖 2-67 猴洞橋



圖 2-68 猴洞橋

・腳本製作：主題3-梳子壩



圖 2-69 梳子壩(二號)



圖 2-70 梳子壩(二號)

• 腳本製作：主題4-觀測站與土石流感測器



(A)



(B)

圖 2-71 (A)遠拍土石流觀測站 (B)土石流觀測站上設備

• 腳本製作：主題5-格柵壩與預鑄型鋼管壩



圖 2-72 預鑄型鋼管壩



圖 2-73 格柵壩

・腳本製作：主題6-華山水土防護教室防災疏散避難



圖 2-74 講述防災疏散避難

・實地拍攝：主題1-生態工法與砌石工法



圖 2-75 滑動坡面整坡工程介紹



圖 2-76 生態工法介紹

・實地拍攝：主題2-猴洞橋



圖 2-77 猴洞橋介紹

・實地拍攝：主題3-梳子壩



圖 2-78 梳子壩(二號) 介紹



圖 2-79 梳子壩(二號) 介紹

• 實地拍攝：主題4-觀測站與土石流感測器



圖 2-80 觀測站介紹



圖 2-81 土石流感測器介紹

・實地拍攝：主題5-格柵壩與預鑄型鋼管壩



圖 2-82 預鑄型鋼管壩介紹



圖 2-83 格柵壩介紹

・實地拍攝：主題6-華山水土防護教室防災疏散避難

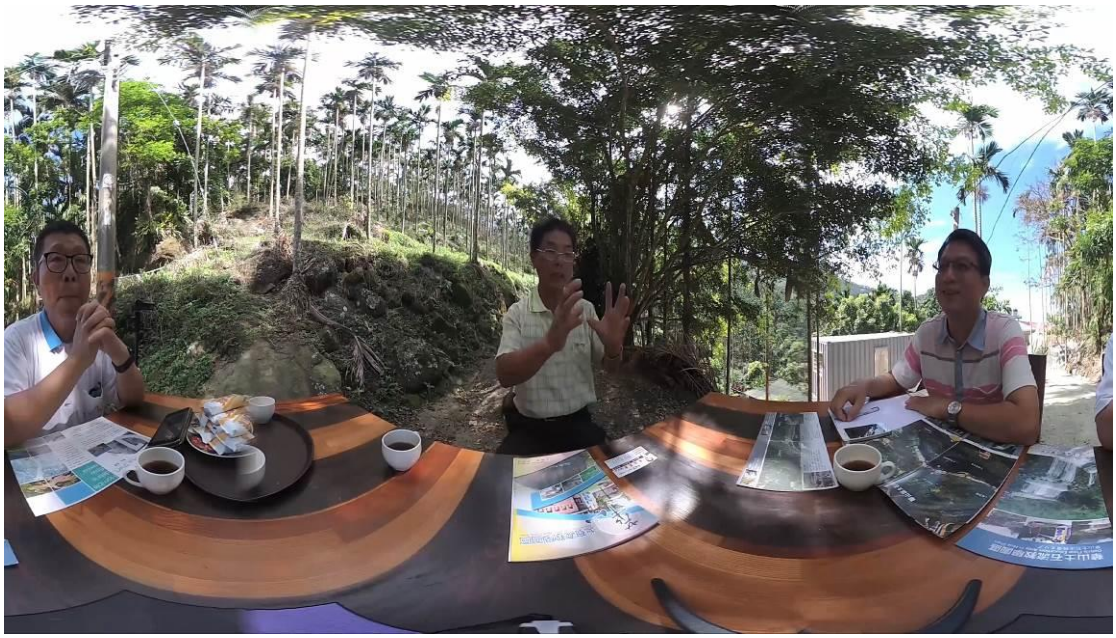


圖 2-84 華山水土防護教室防災疏散避難介紹

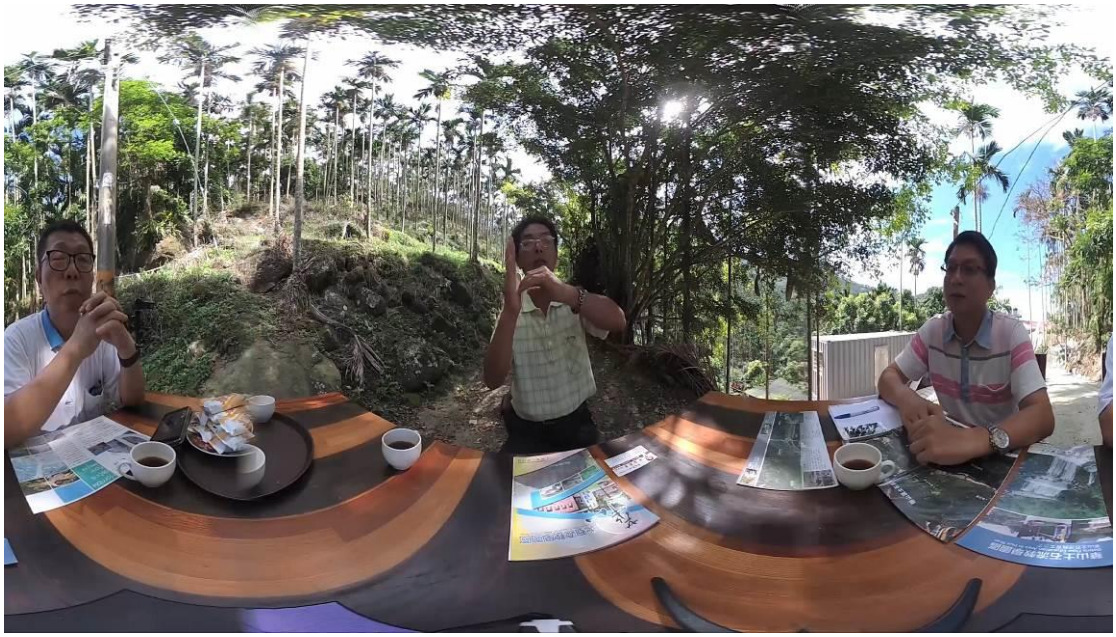


圖 2-85 華山水土防護教室防災疏散避難介紹

• 後製剪輯：主題1-生態工法與砌石工法



圖 2-86 生態工法與砌石工法主題起始頁



圖 2-87 華山土石流教學園區介紹



圖 2-88 砌石工法介紹



圖 2-89 生態工法介紹

• 後製剪輯：主題2-猴洞橋



圖 2-90 猴洞橋介紹



圖 2-91 猴洞橋介紹

• 後製剪輯：主題3-梳子壩



圖 2-92 梳子壩主題起始頁



圖 2-93 梳子壩介紹



圖 2-94 梳子壩介紹



圖 2-95 梳子壩介紹

• 後製剪輯：主題4-觀測站與土石流感測器



圖 2-96 觀測站與土石流感測器主題起始頁



圖 2-97 土石流觀測站介紹



圖 2-98 土石流觀測站介紹



圖 2-99 土石流感測器介紹

• 後製剪輯：主題5-格柵壩與預鑄型鋼管壩



圖 2-100 格柵壩與預鑄型鋼管壩主題起始頁



圖 2-101 格柵壩與預鑄型鋼管壩介紹



圖 2-102 預鑄型鋼管壩介紹



圖 2-103 格柵壩介紹

• 後製剪輯：主題6-華山水土防護教室防災疏散避難



圖 2-104 華山水土防護教室防災疏散避難主題起始頁



圖 2-105 華山水土防護教室防災疏散避難介紹

四、虛擬現實場景與3D模擬器整合之研究(家在山那邊繪本之VR電子書)

(一) VR 電子書 3D 物件製作



圖 2-106 河水



圖 2-107 大樹



圖 2-108 漂流木



圖 2-109 小鳥

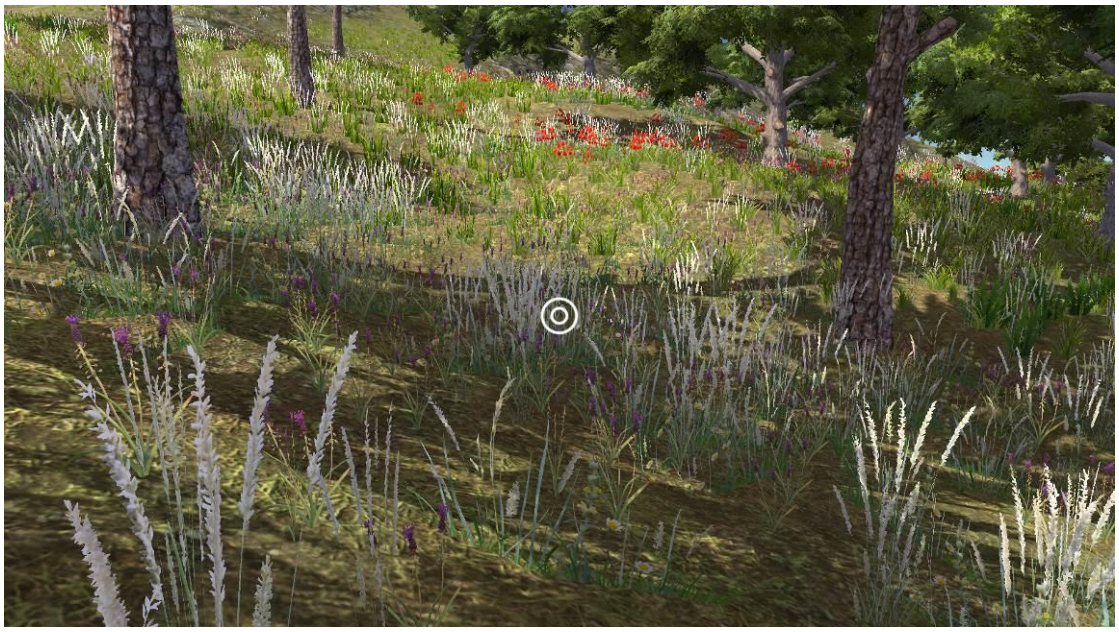


圖 2-110 草地



圖 2-111 海鷗



圖 2-112 梳子壩



圖 2-113 腎蕨



圖 2-114 月亮

(二) VR 電子書虛擬實境場景製作



圖 2-115 海邊場景



圖 2-116 雨天場景



圖 2-117 夜晚場景

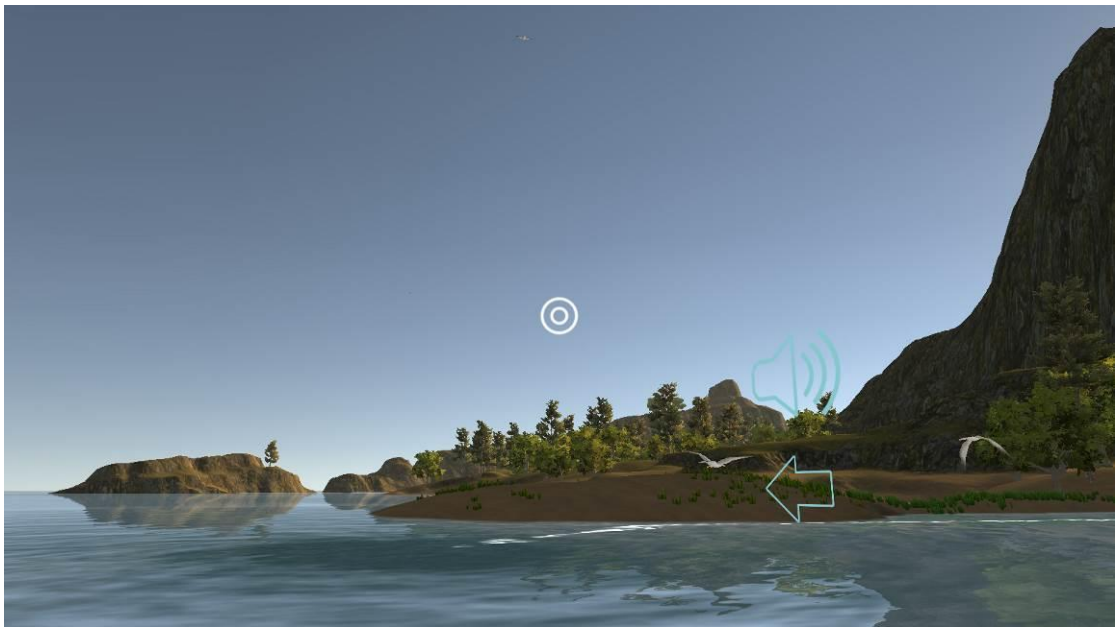


圖 2-118 白天場景



圖 2-119 森林場景

五、網路互動虛擬現實場景之研究(家在山那邊繪本之VR電子書)

(一) VR 電子書網路互動製作(箭頭...)

1.第 1 頁

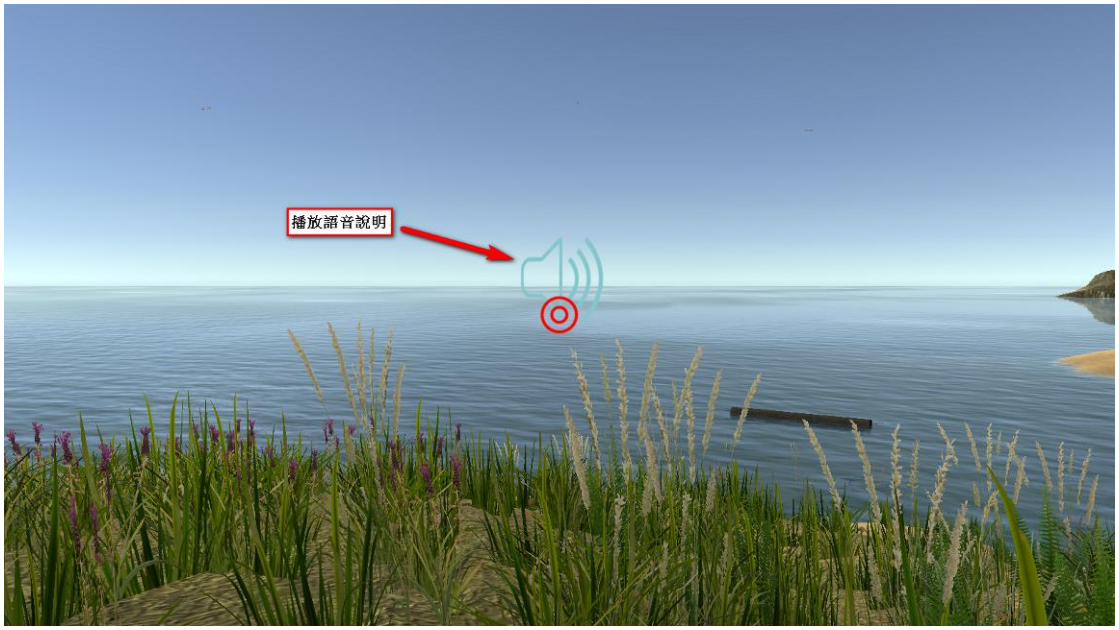


圖 2-120 播放語音說明

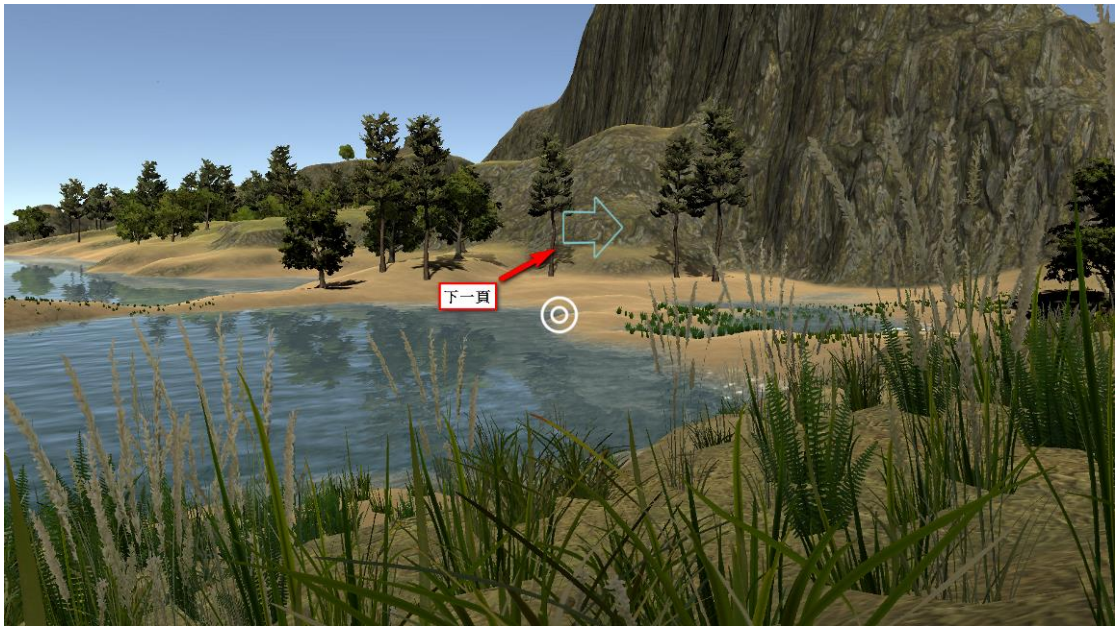


圖 2-121 下一頁

2.第 2 頁

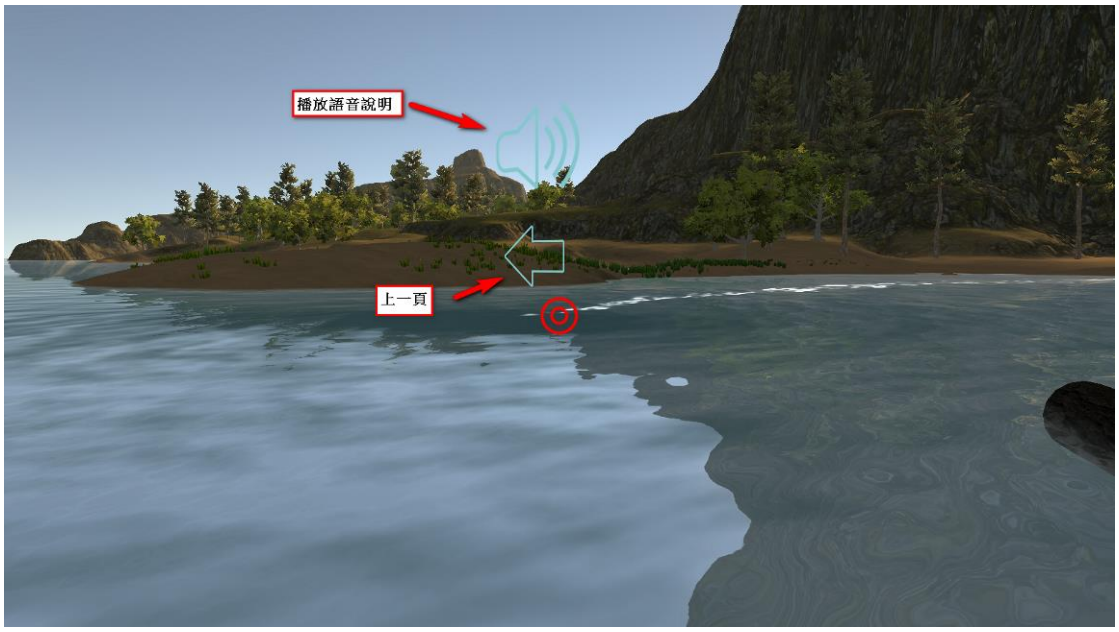


圖 2-122 播放語音說明及上一頁

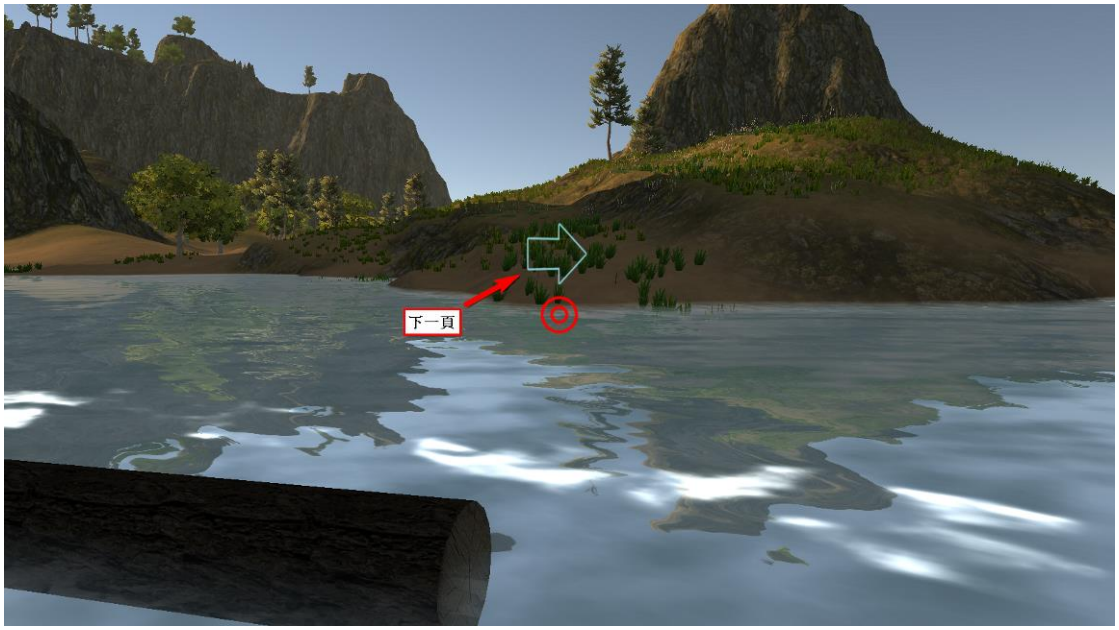


圖 2-123 下一頁

3.第 3 頁

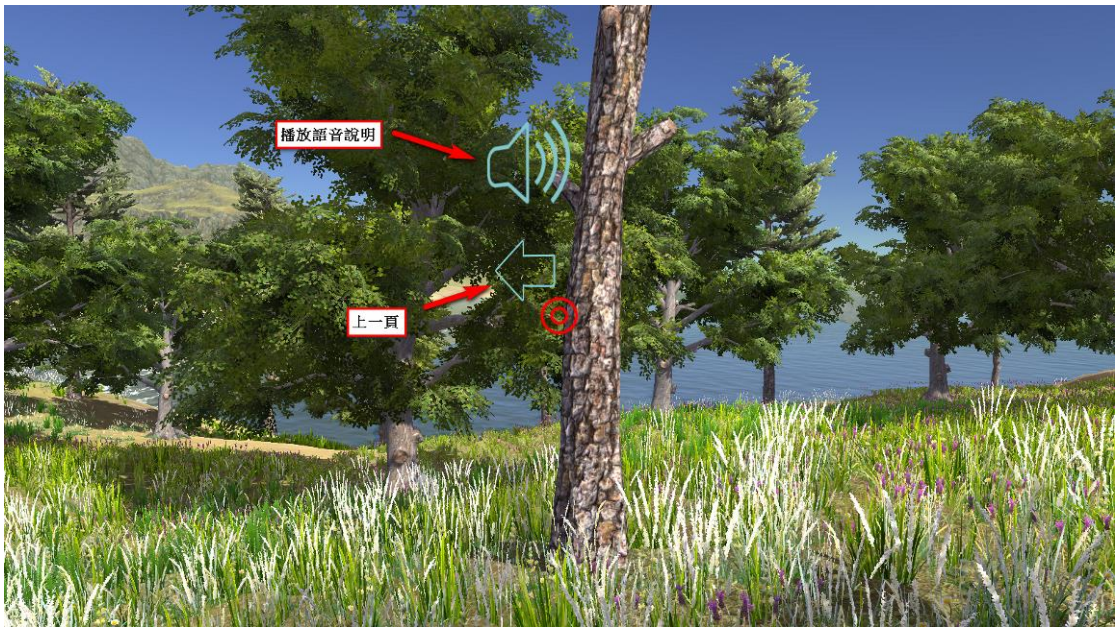


圖 2-124 播放語音說明及上一頁



圖 2-125 註解說明及下一頁

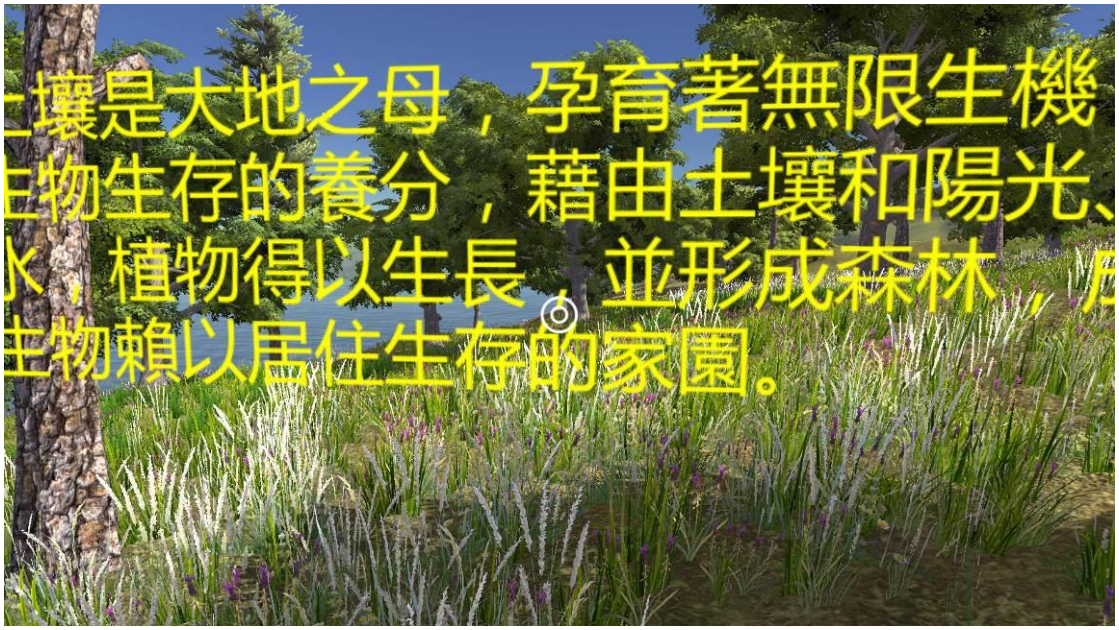


圖 2-126 註解說明內容



圖 2-127 關閉註解說明

4.第 4 頁

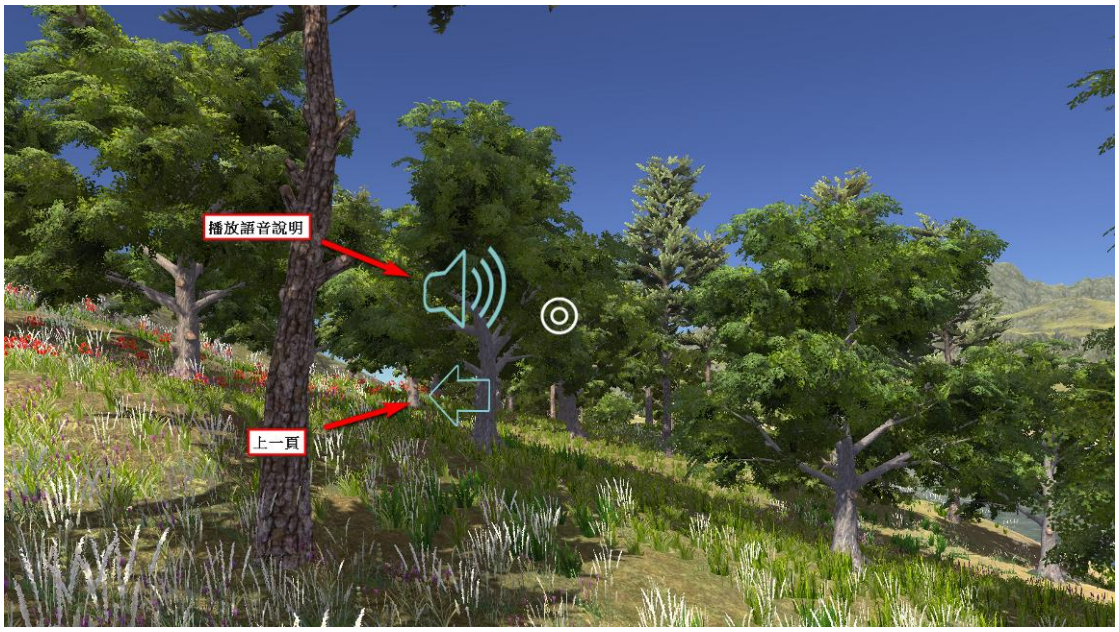


圖 2-128 播放語音說明及上一頁

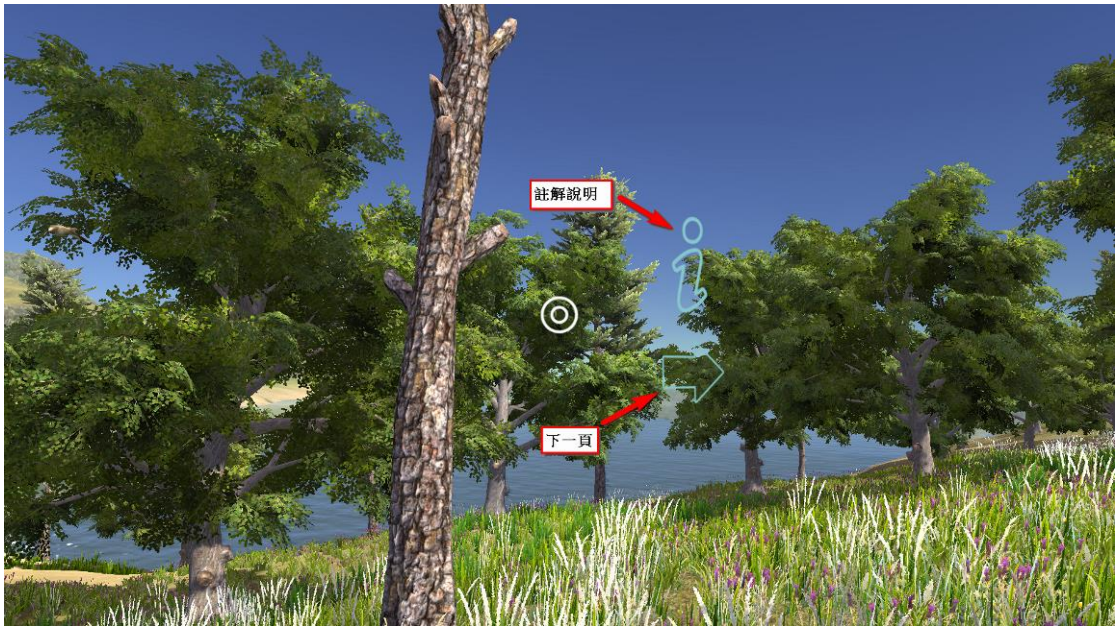


圖 2-129 註解說明及下一頁

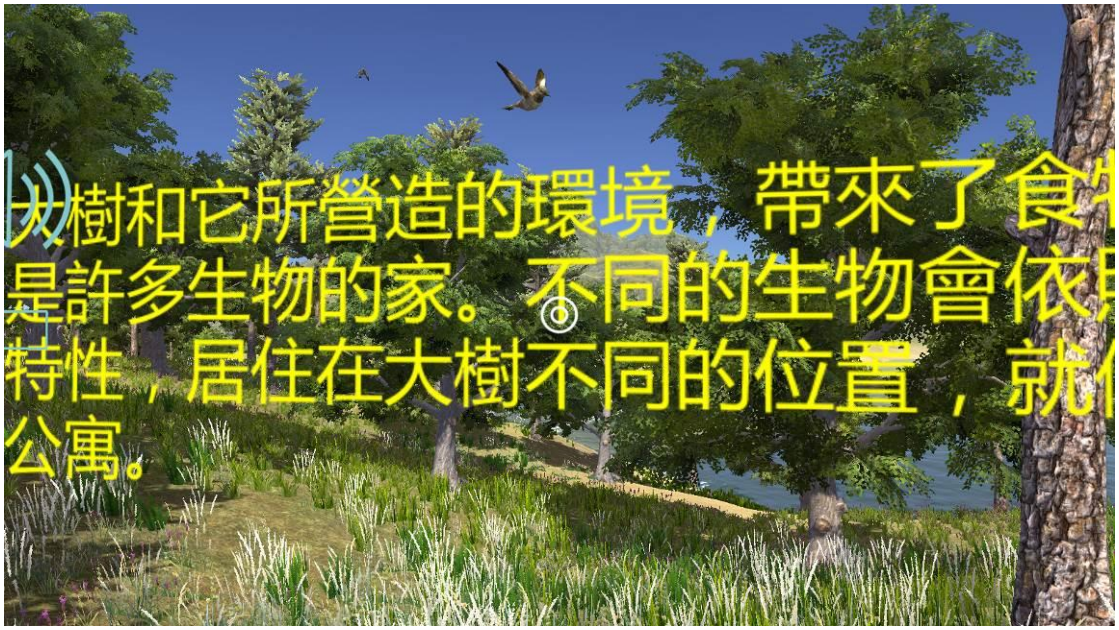


圖 2-130 註解說明內容



圖 2-131 關閉註解說明

5.第 5 頁

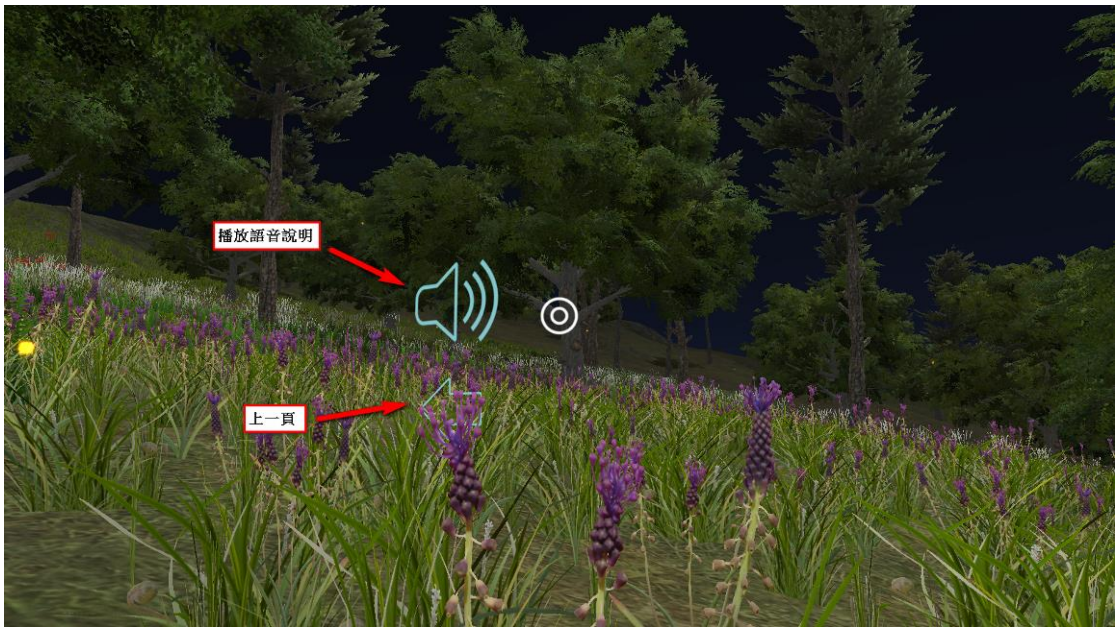


圖 2-132 播放語音說明及上一頁

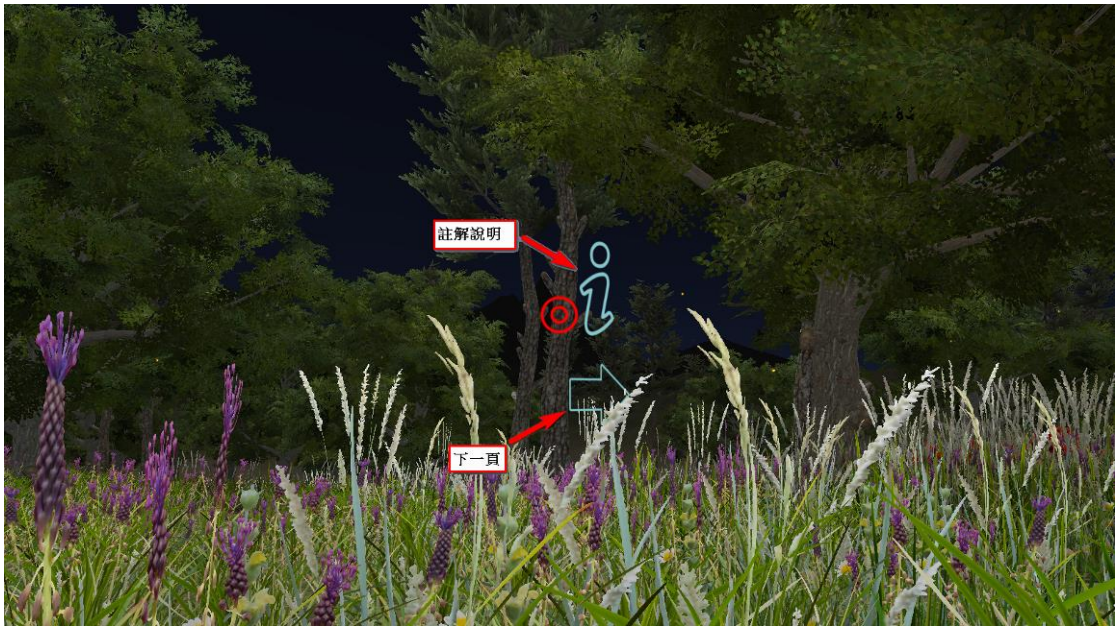


圖 2-133 註解說明及下一頁

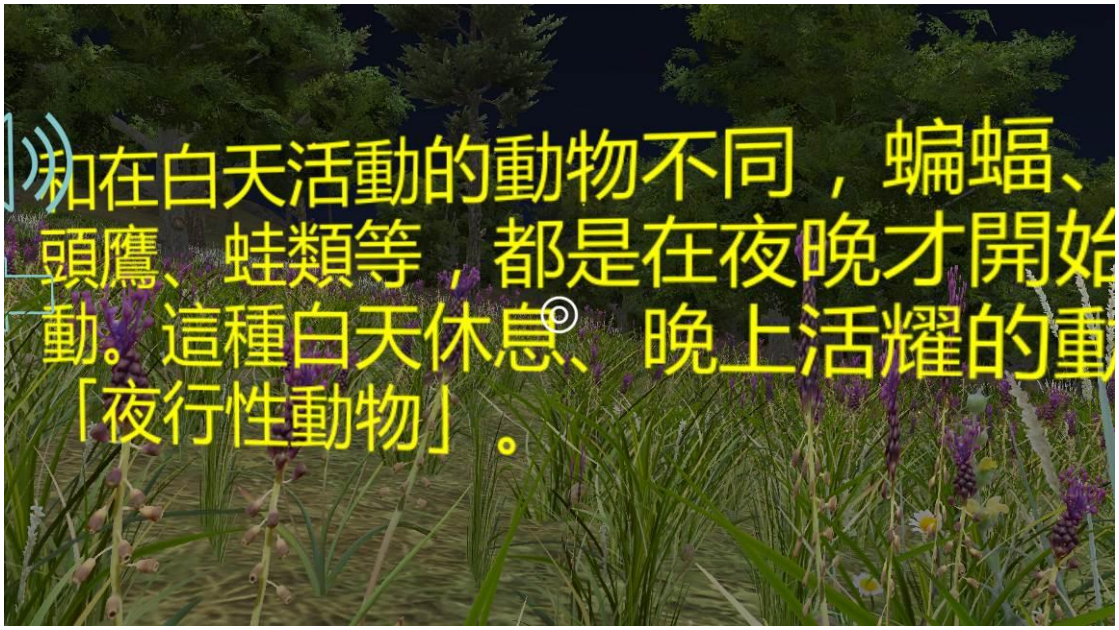


圖 2-134 註解說明內容



圖 2-135 關閉註解說明

6.第 6 頁

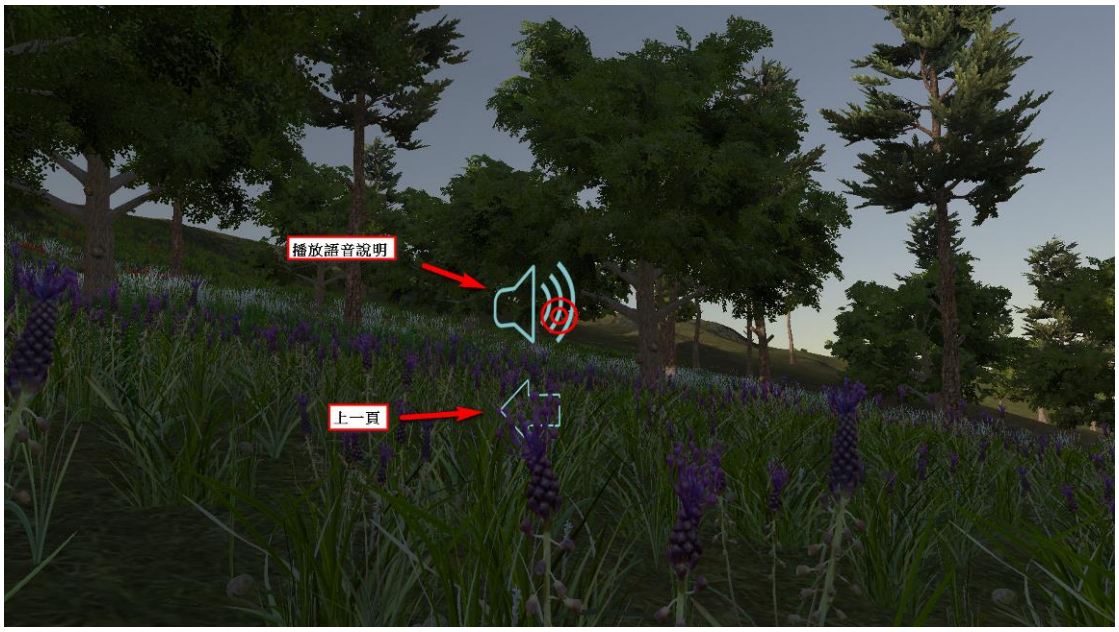


圖 2-136 播放語音說明及上一頁



圖 2-137 註解說明及下一頁

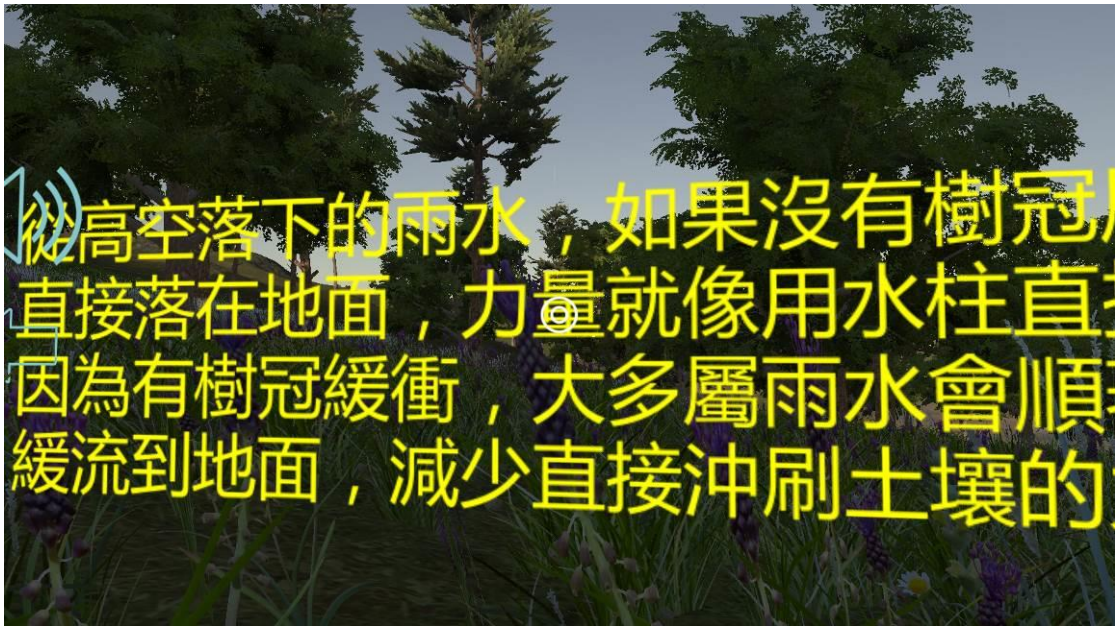


圖 2-138 註解說明內容



圖 2-139 關閉註解說明

7.第 7 頁

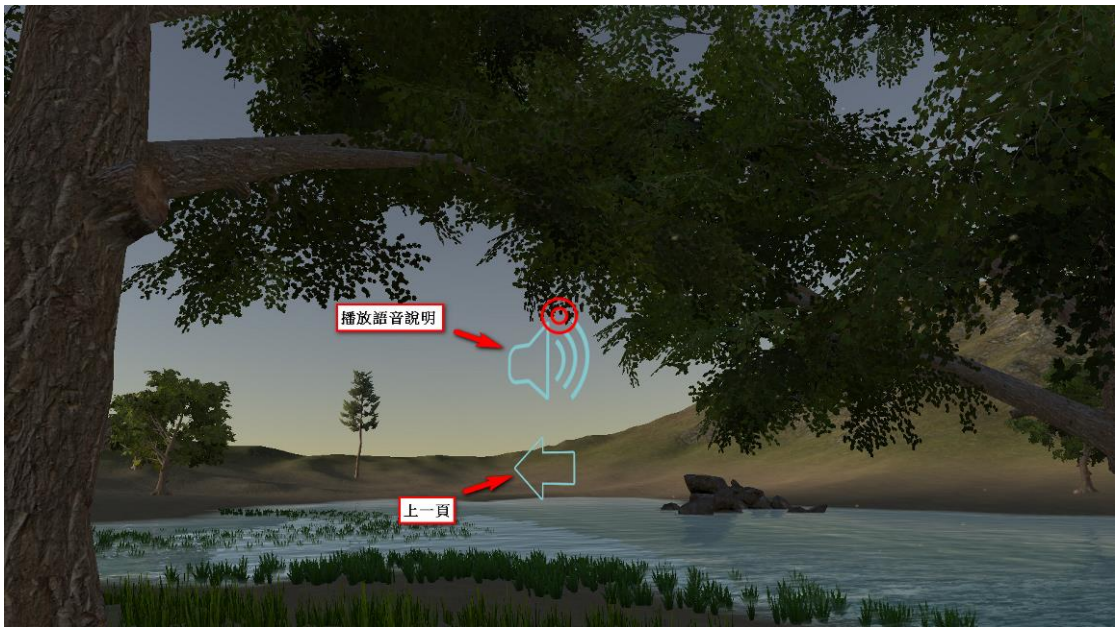


圖 2-140 播放語音說明及上一頁



圖 2-141 註解說明及下一頁

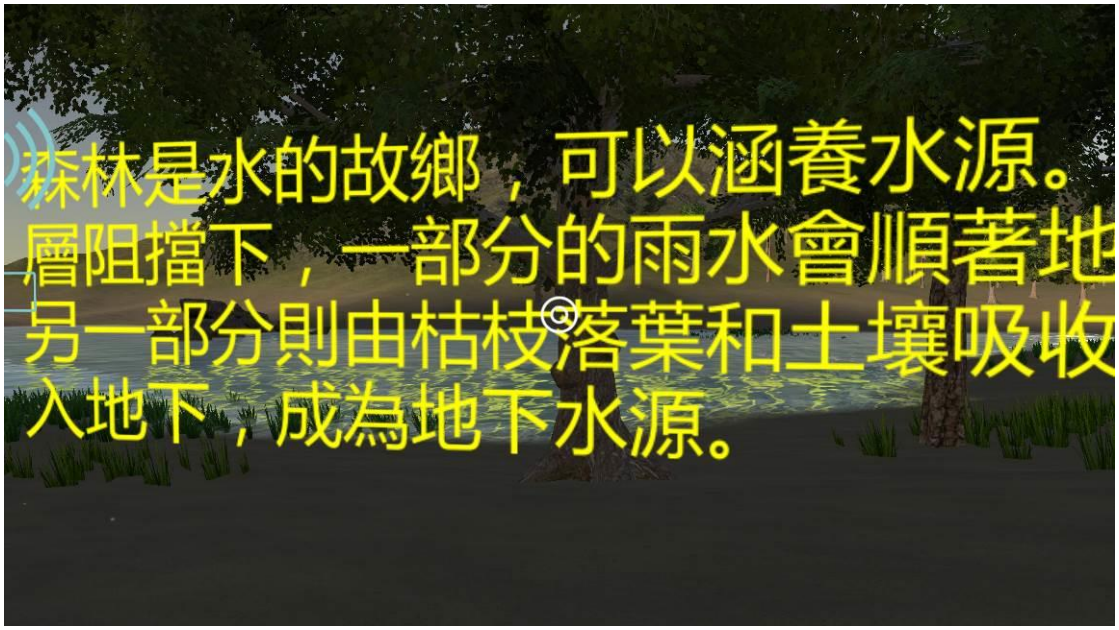


圖 2-142 註解說明內容

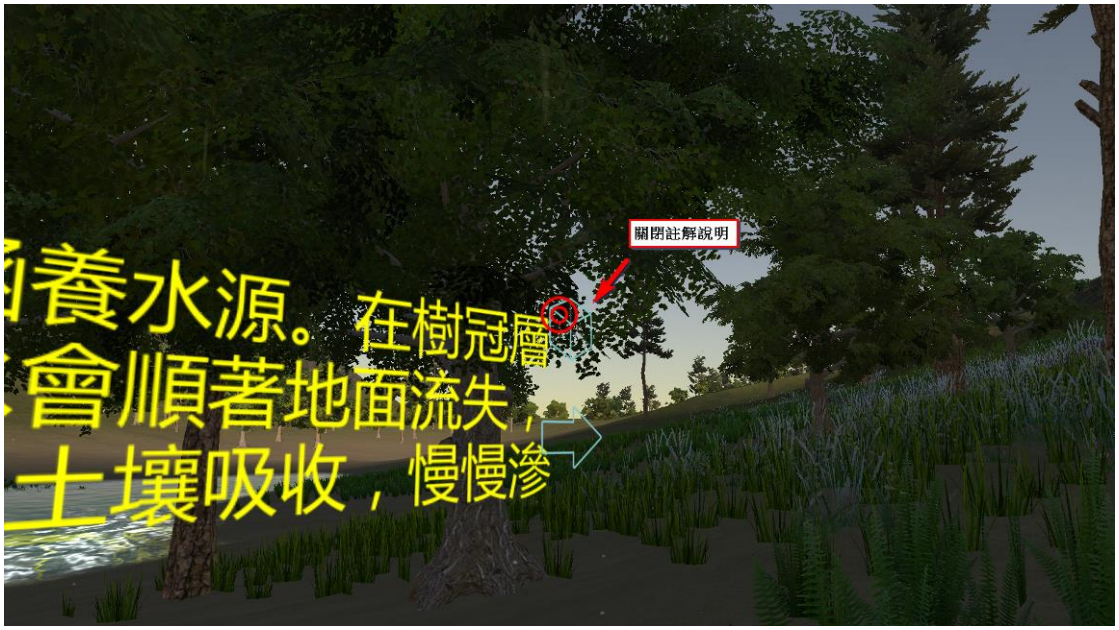


圖 2-143 關閉註解說明

8.第 8 頁

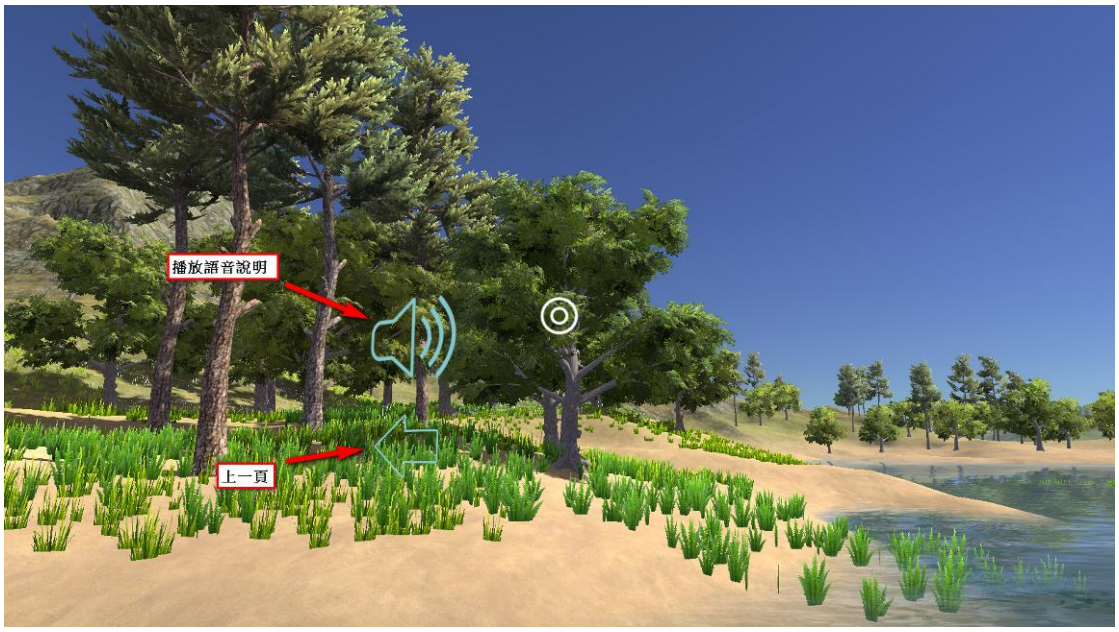


圖 2-144 播放語音說明及上一頁

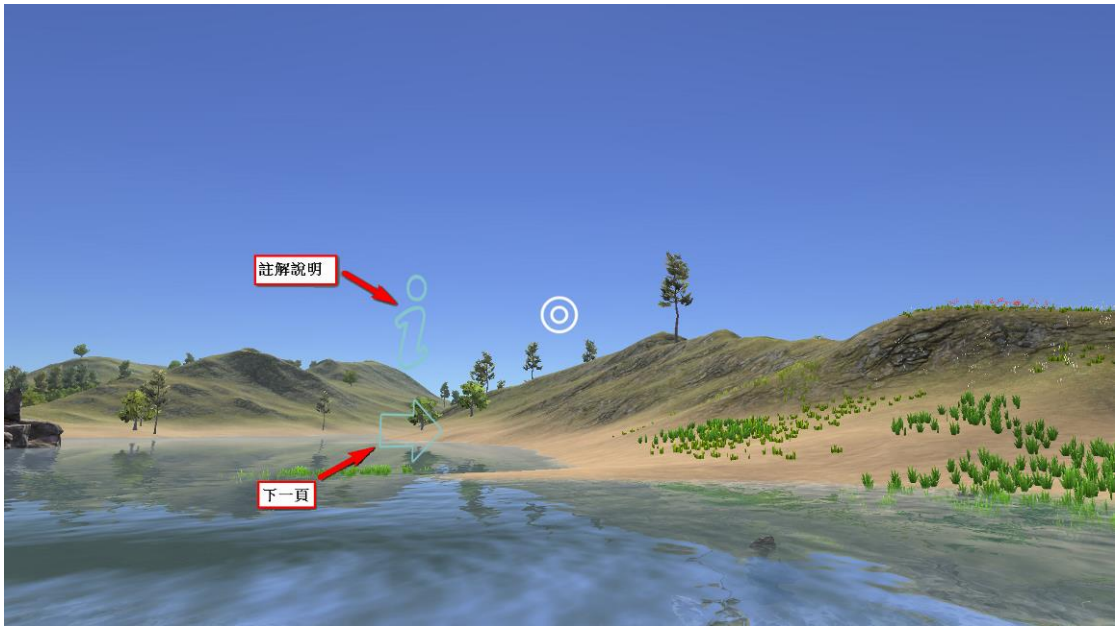


圖 2-145 註解說明及下一頁



圖 2-146 註解說明內容

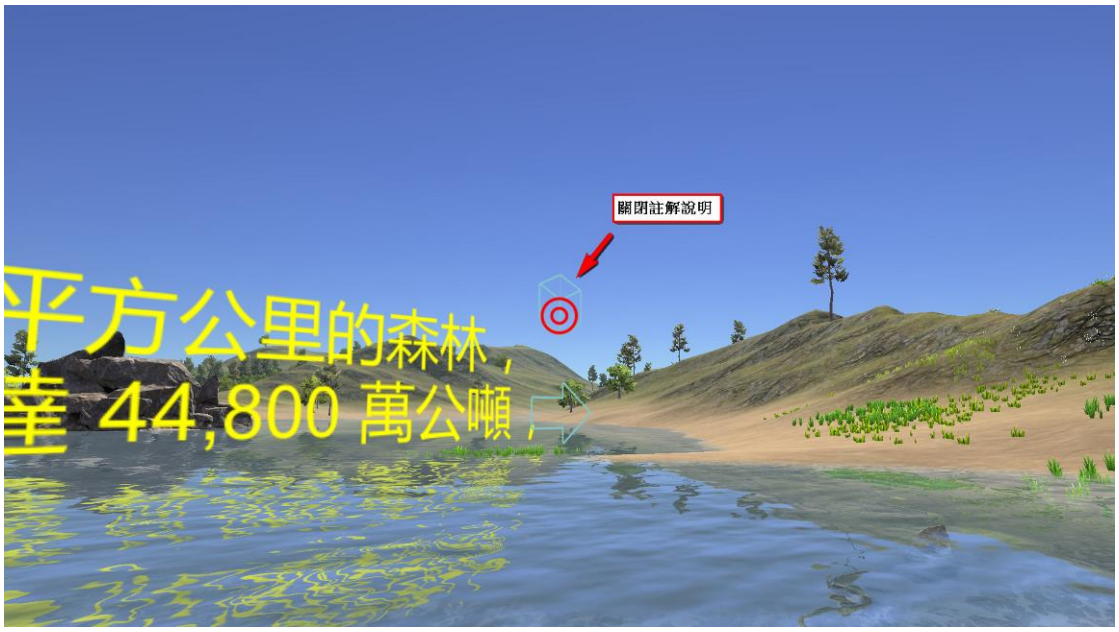


圖 2-147 關閉註解說明

9.第 9 頁



圖 2-148 播放語音說明及上一頁



圖 2-149 註解說明及下一頁

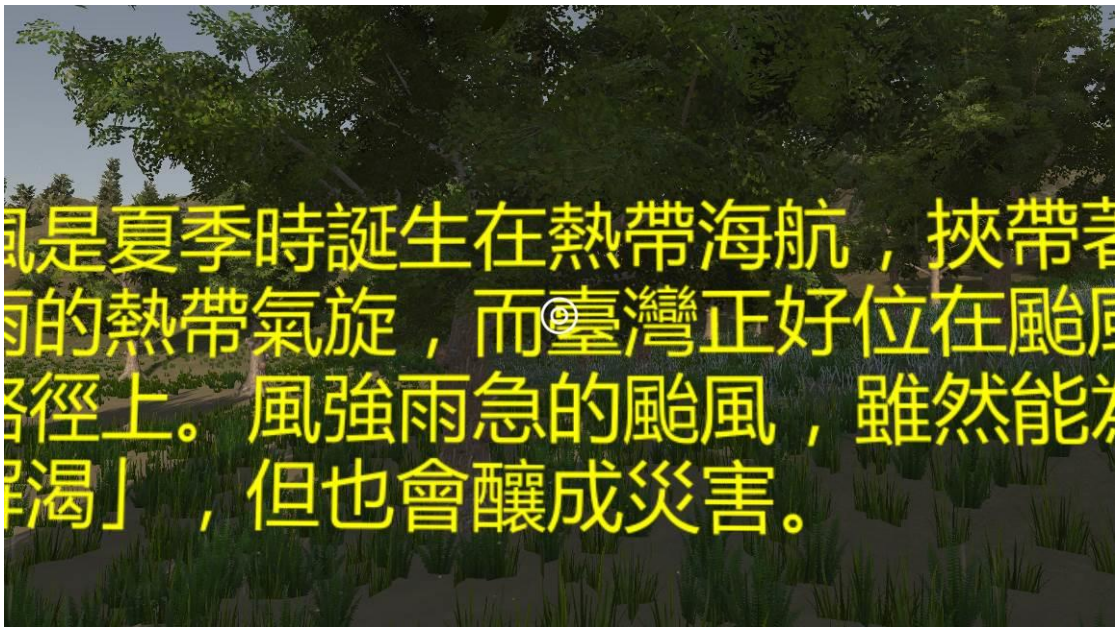


圖 2-150 註解說明內容

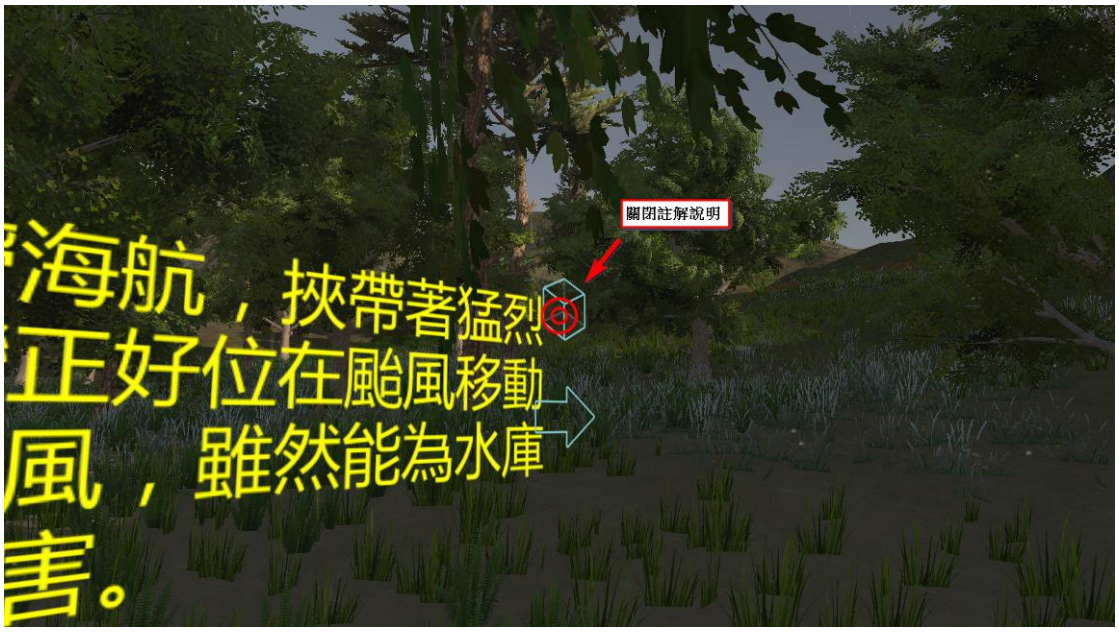


圖 2-151 關閉註解說明

10.第 10 頁

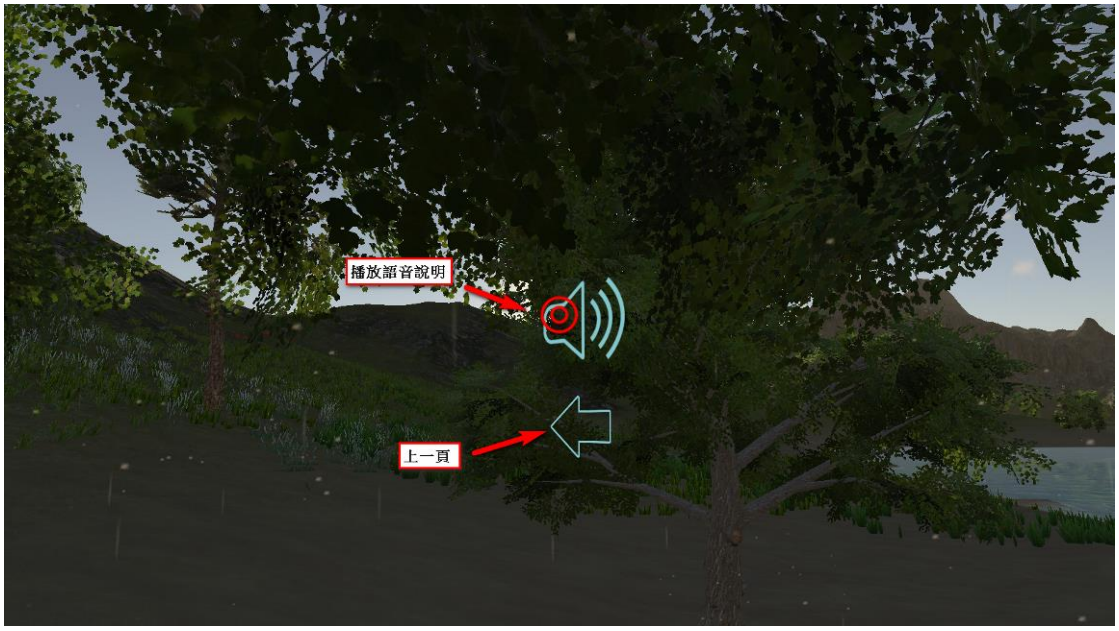


圖 2-152 播放語音說明及上一頁

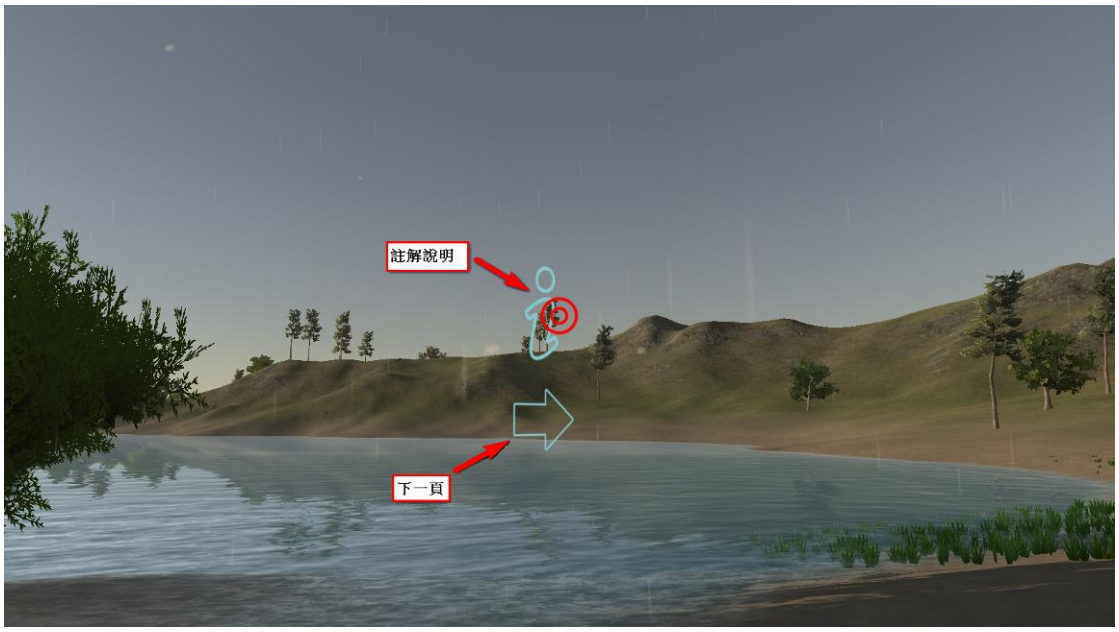


圖 2-153 註解說明及下一頁

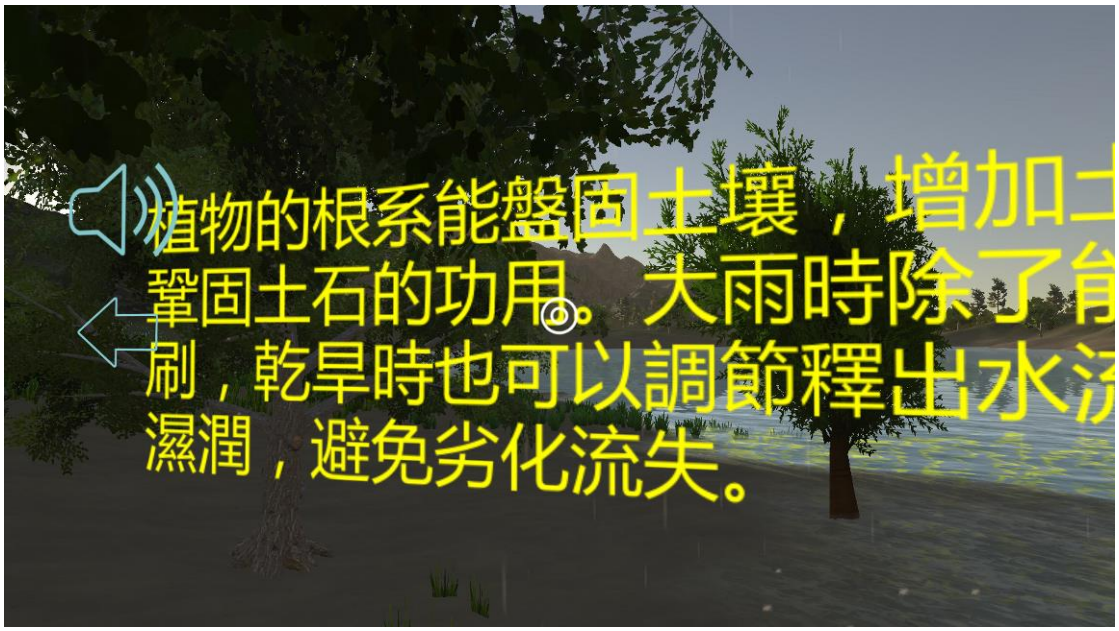


圖 2-154 註解說明內容



圖 2-155 關閉註解說明

11.第 11 頁

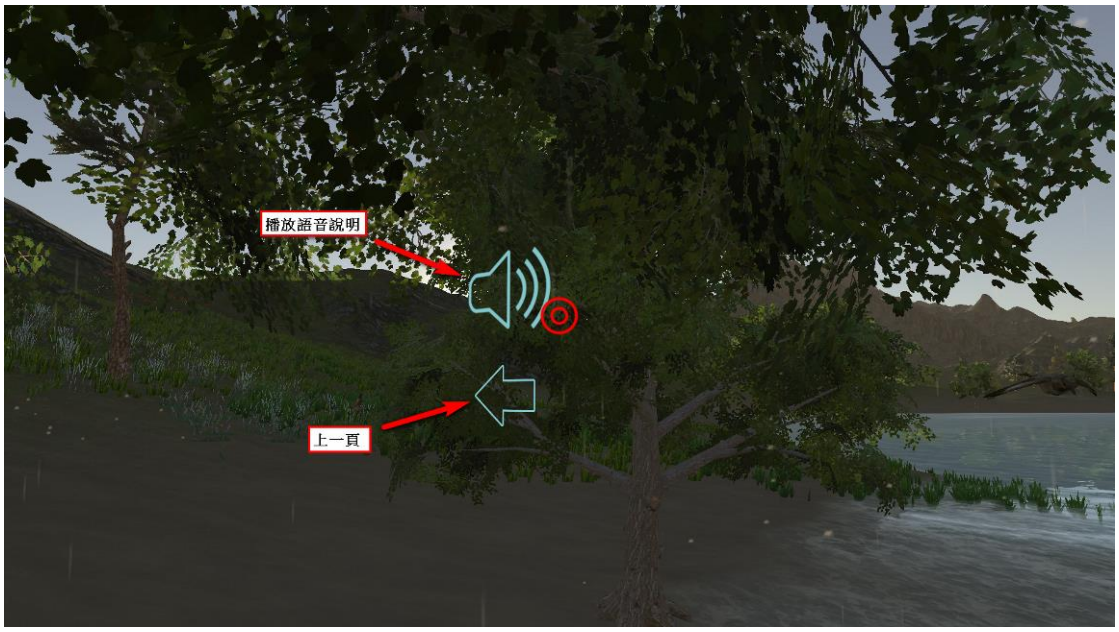


圖 2-156 播放語音說明及上一頁

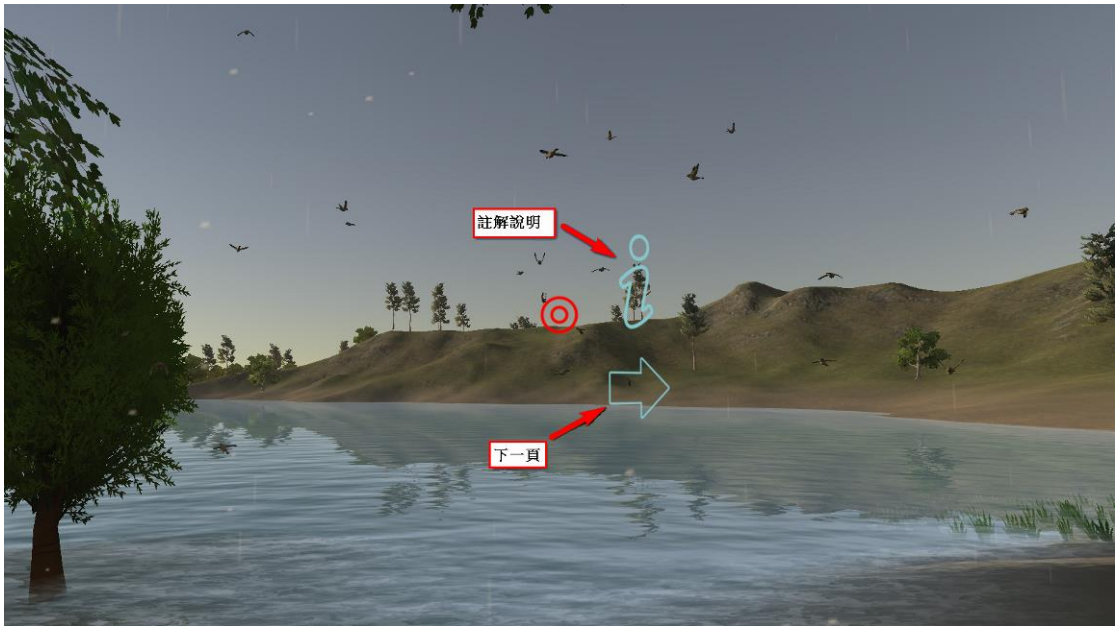


圖 2-157 註解說明及下一頁

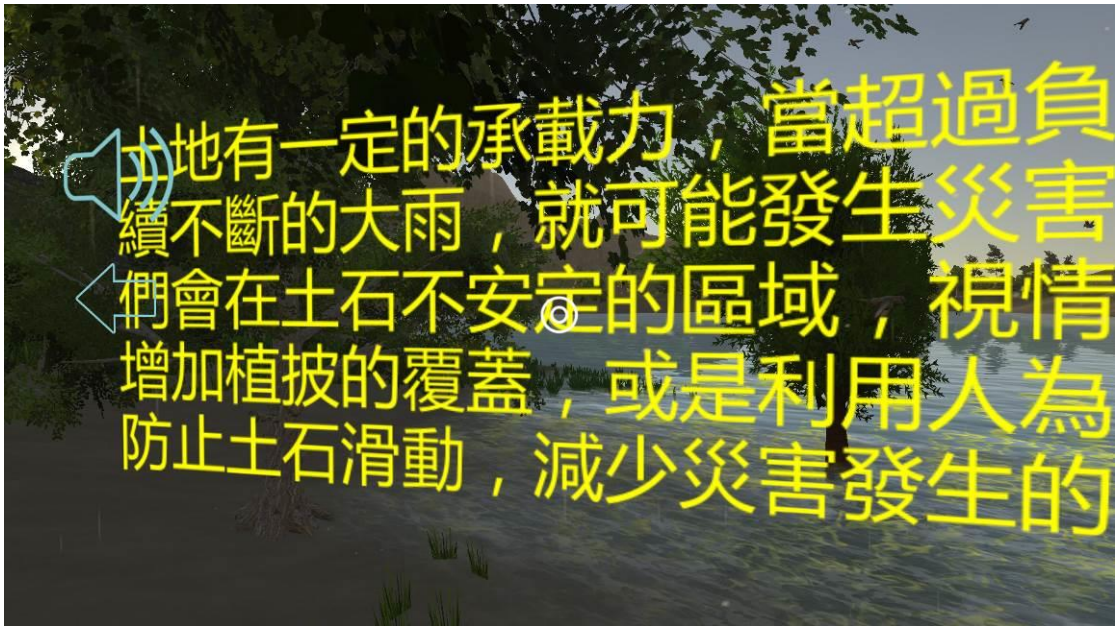


圖 2-158 註解說明內容



圖 2-159 關閉註解說明

12.第 12 頁

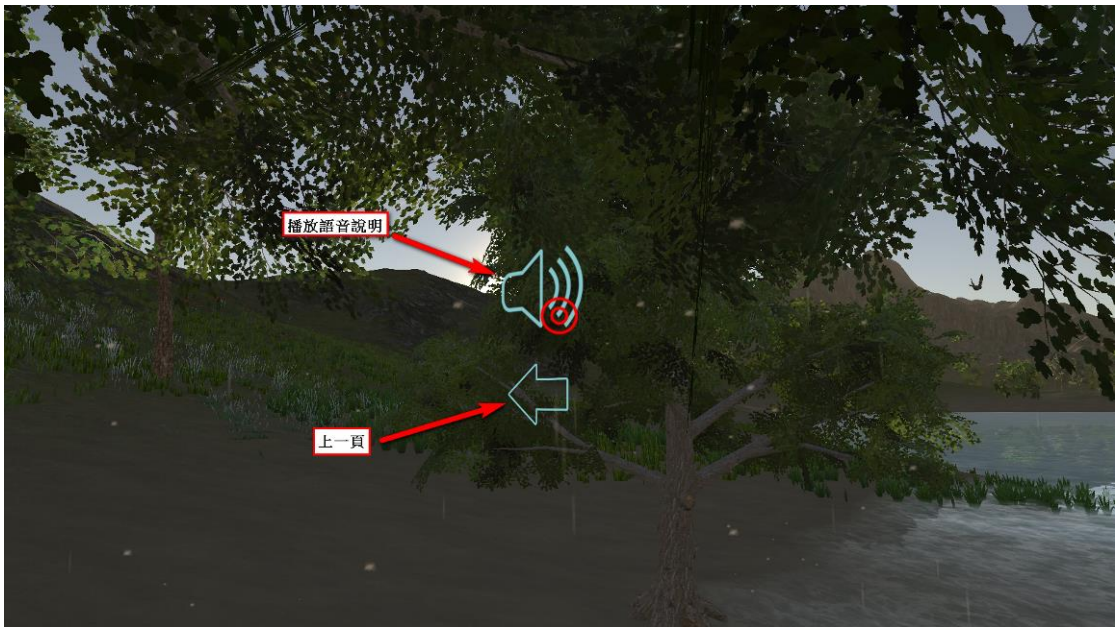


圖 2-160 播放語音說明及上一頁

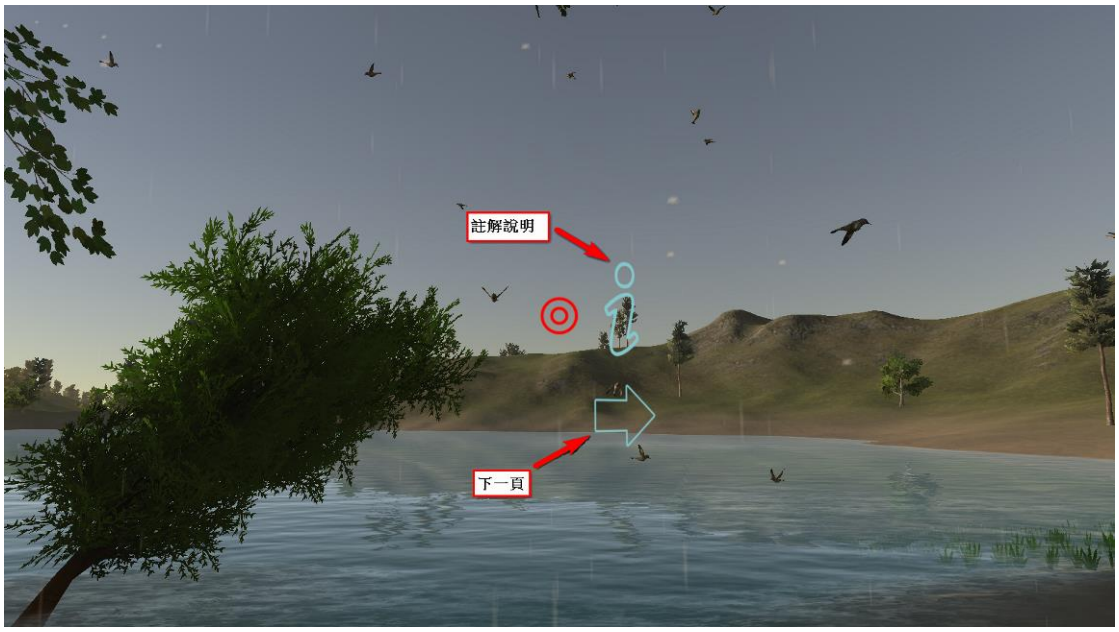


圖 2-161 註解說明及下一頁

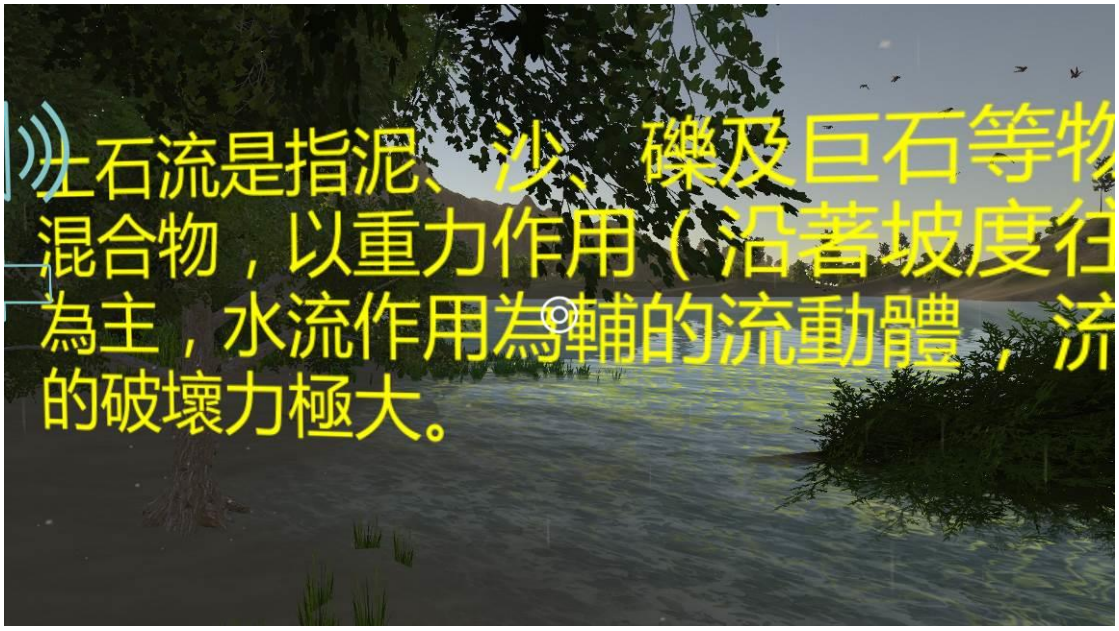


圖 2-162 註解說明內容

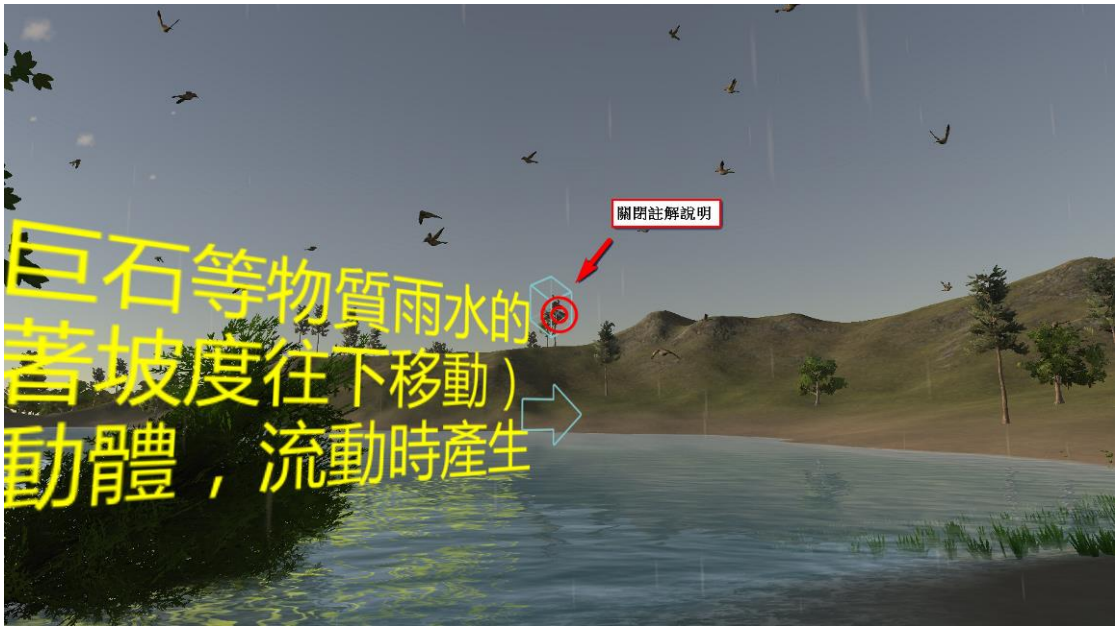


圖 2-163 關閉註解說明

13.第 13 頁

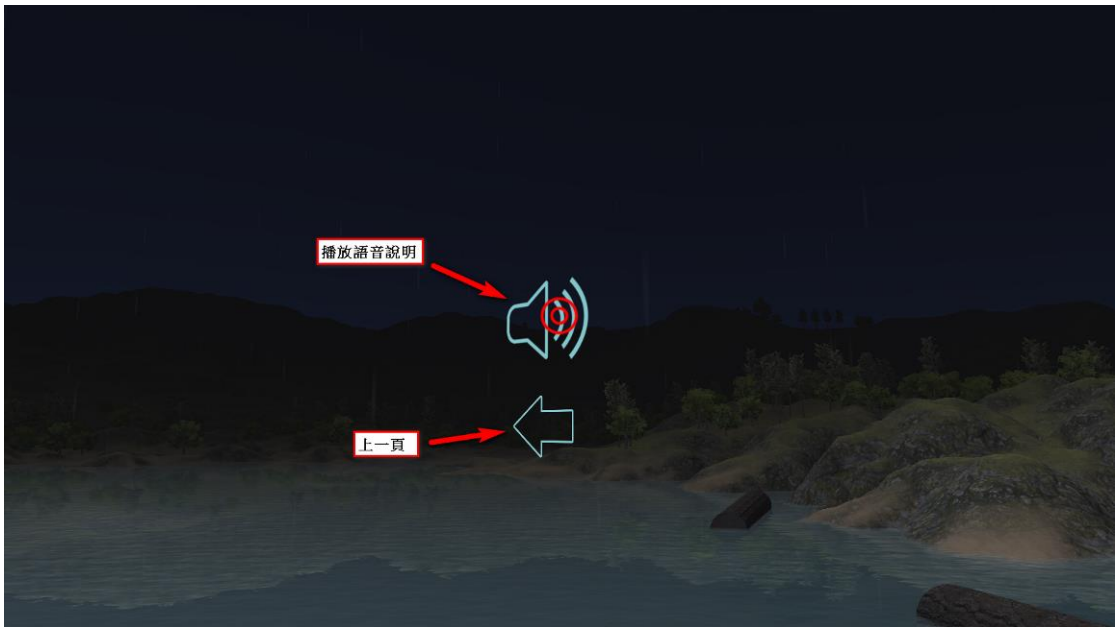


圖 2-164 播放語音說明及上一頁

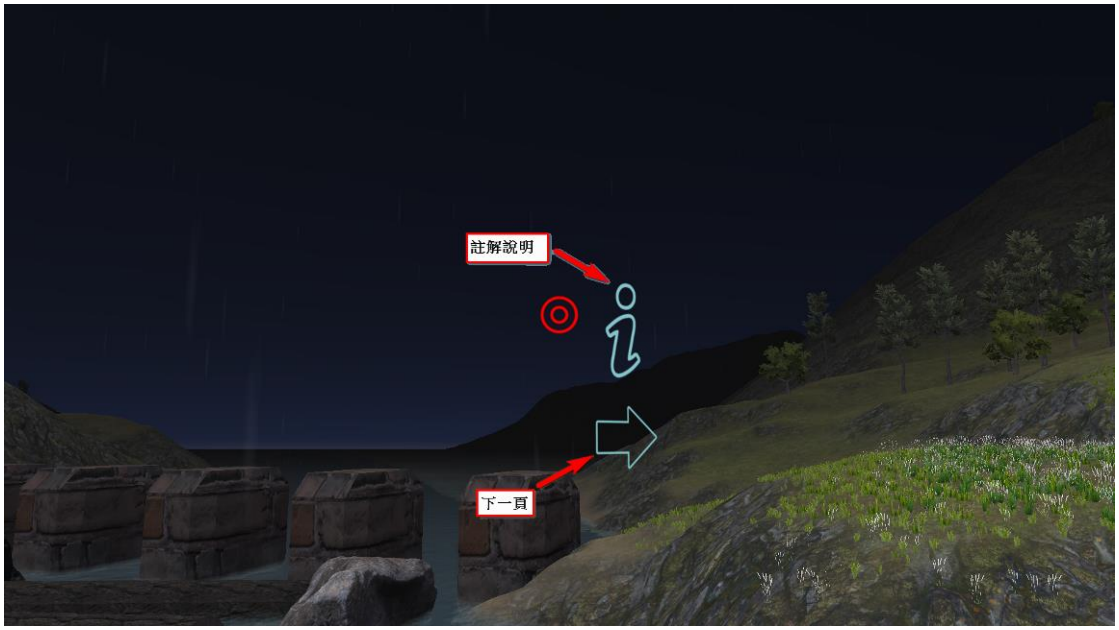


圖 2-165 註解說明及下一頁

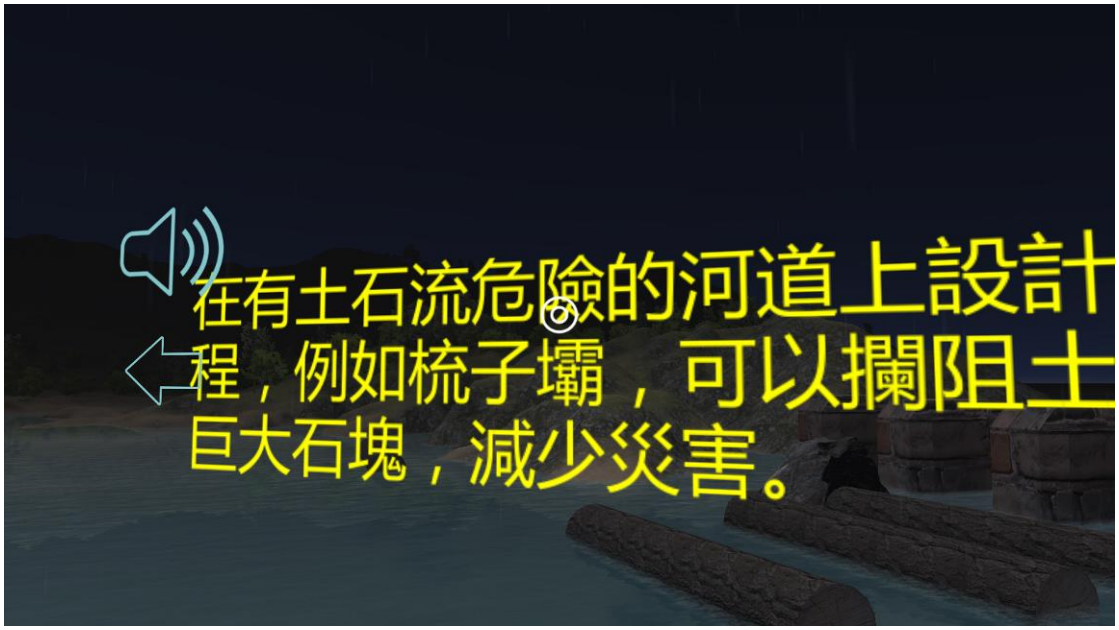


圖 2-166 註解說明內容



圖 2-167 關閉註解說明

14.第 14 頁

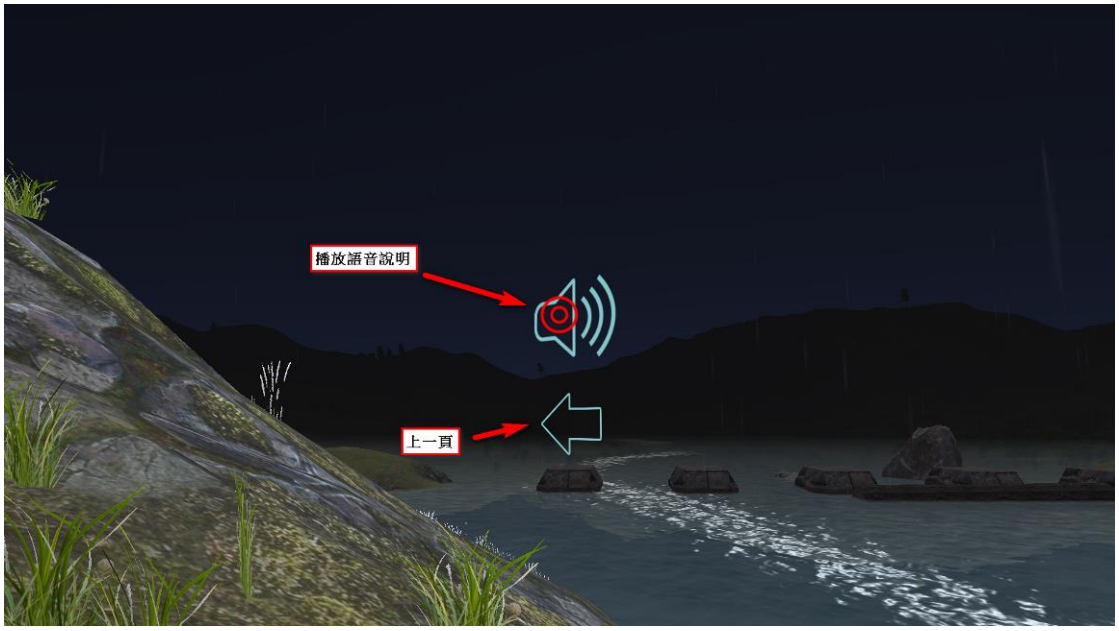


圖 2-168 播放語音說明及上一頁

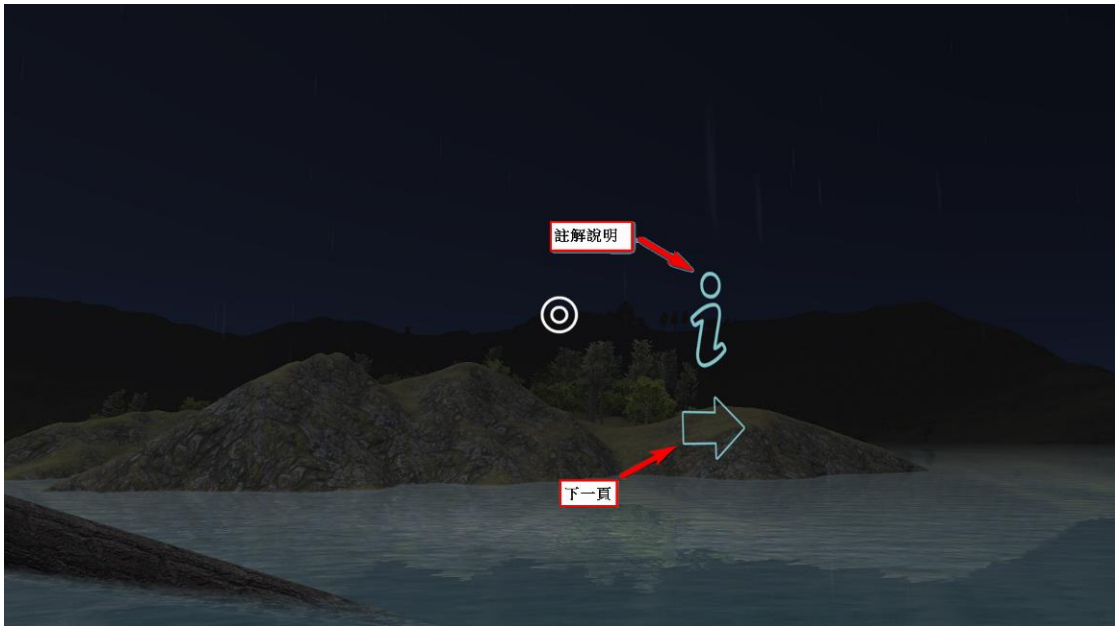


圖 2-169 註解說明及下一頁

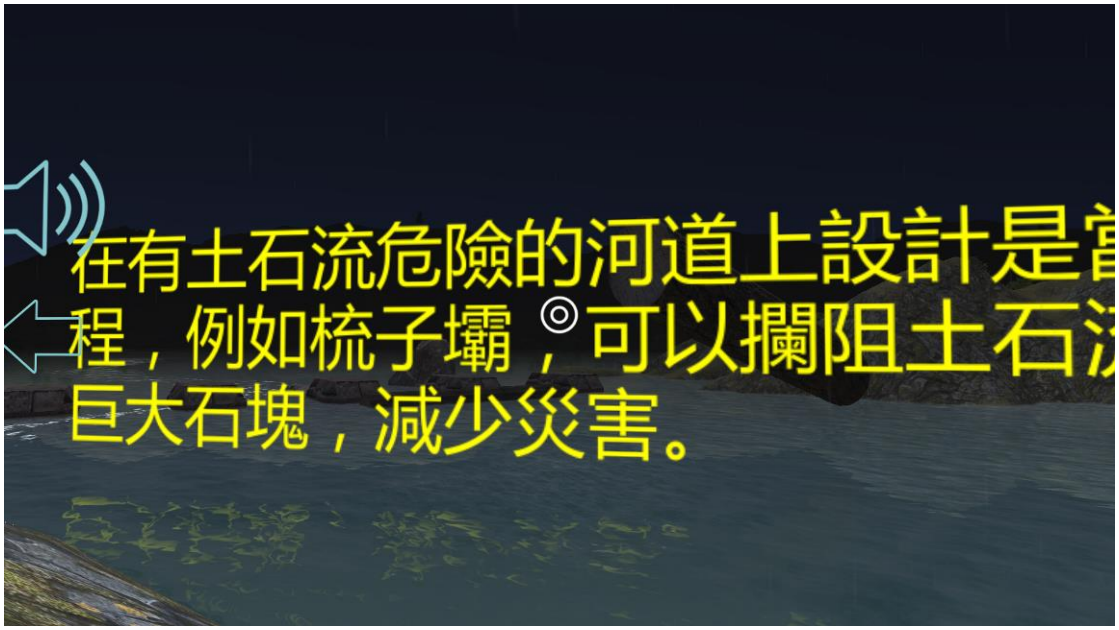


圖 2-170 註解說明內容



圖 2-171 關閉註解說明

15.第 15 頁

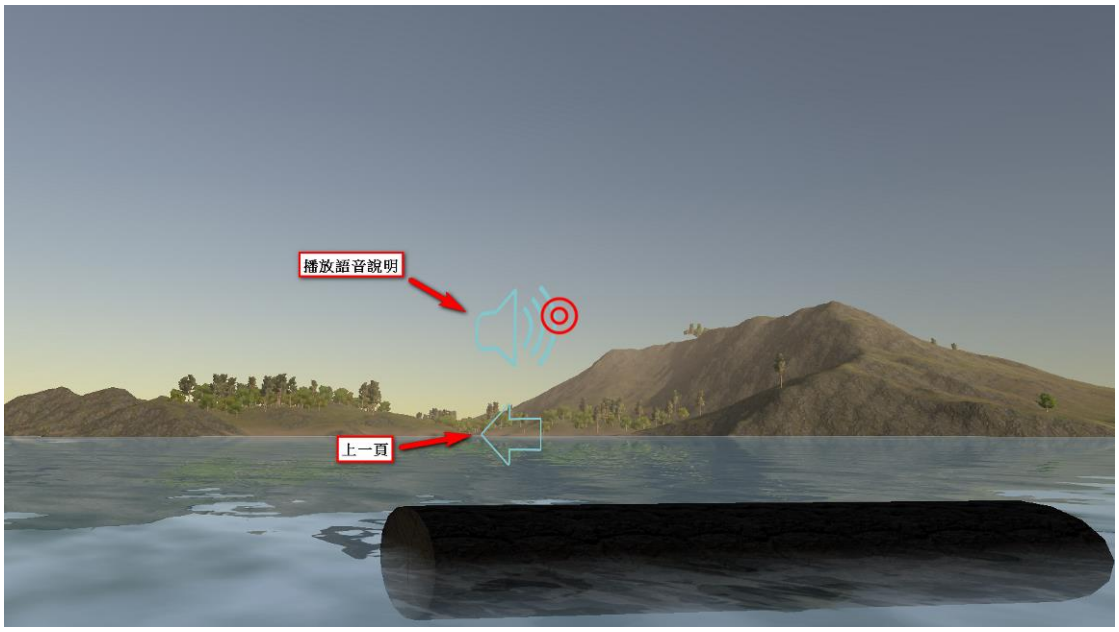


圖 2-172 播放語音說明及上一頁

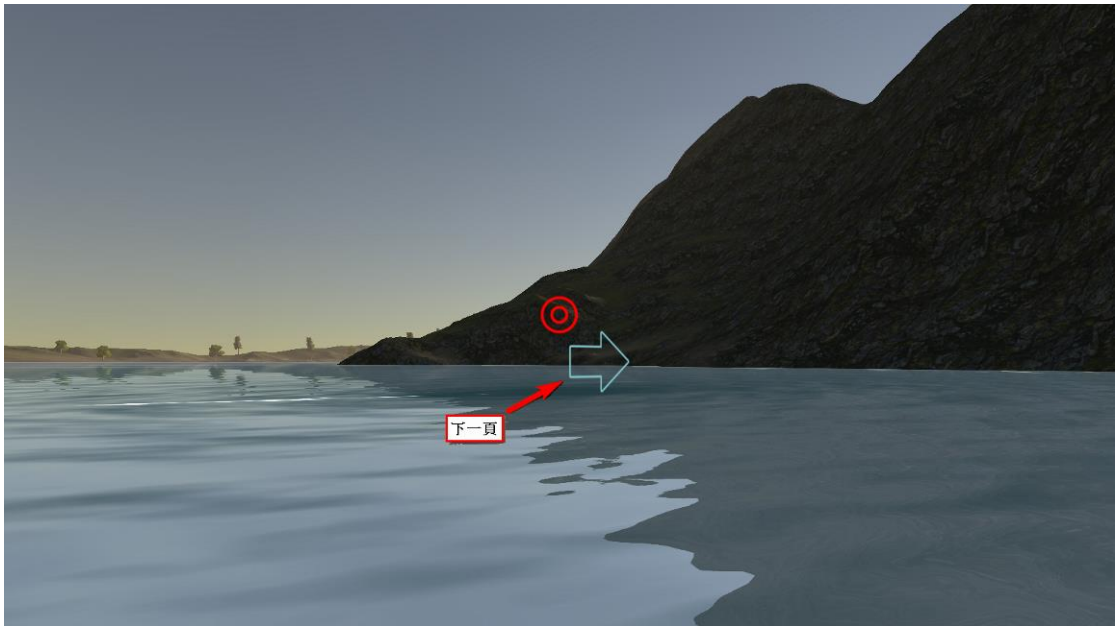


圖 2-173 註解說明及下一頁

16.第 16 頁

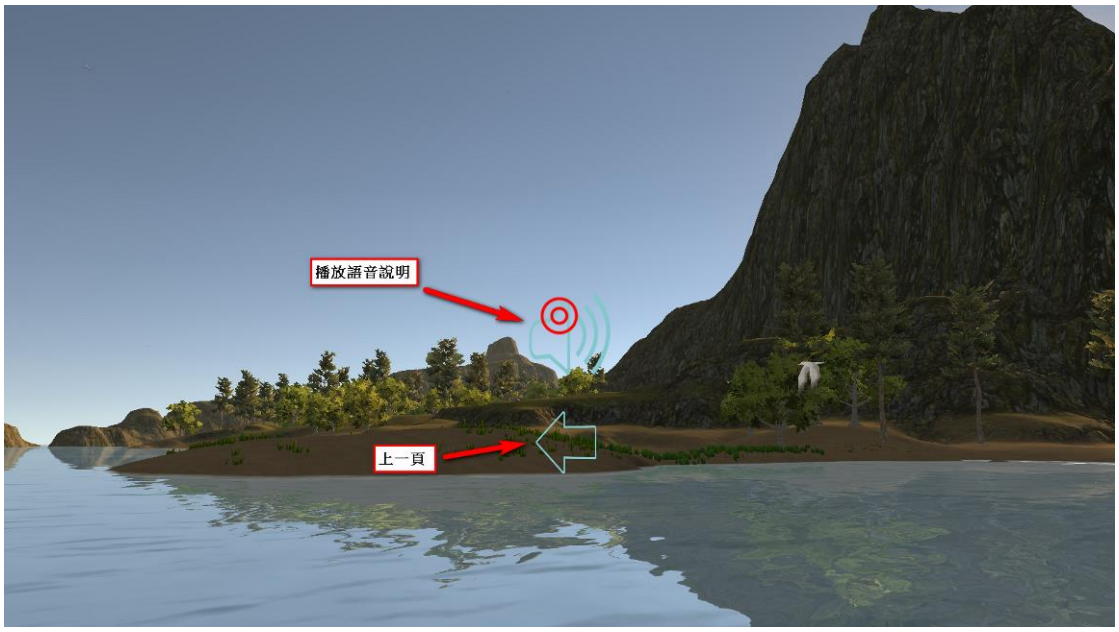


圖 2-174 播放語音說明及上一頁

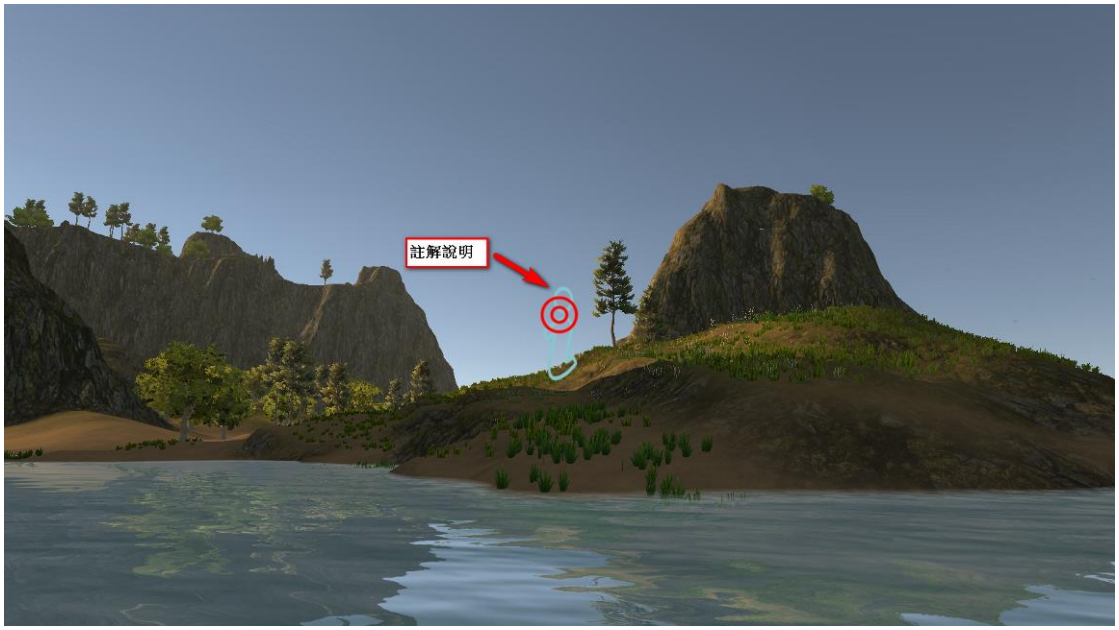


圖 2-175 註解說明

(二) VR 電子書操作歷程回饋製作：Unity 產出的 apk 可用來閱讀 3D VR 電子書，同時，系統提供互動功能，例如: 讀者可以線上即時回饋答題資料至雲端資料庫。

六、宣導教材回饋平台製作

(一) 會員管理功能：會在程式 APP 內，會以一個團體為單位，給一組會員帳號。

(二) 互動操作回饋管理功能：

虛擬實境教材成效回饋平台，包含了帳戶管理機制，每個有效帳戶可管理自己的文件。在虛擬實境教材成效回饋平台中的文件，可分為三種樣式，分別為「活動紀錄」、「問卷調查」、「簡單測驗」，如圖 2-176 所示。

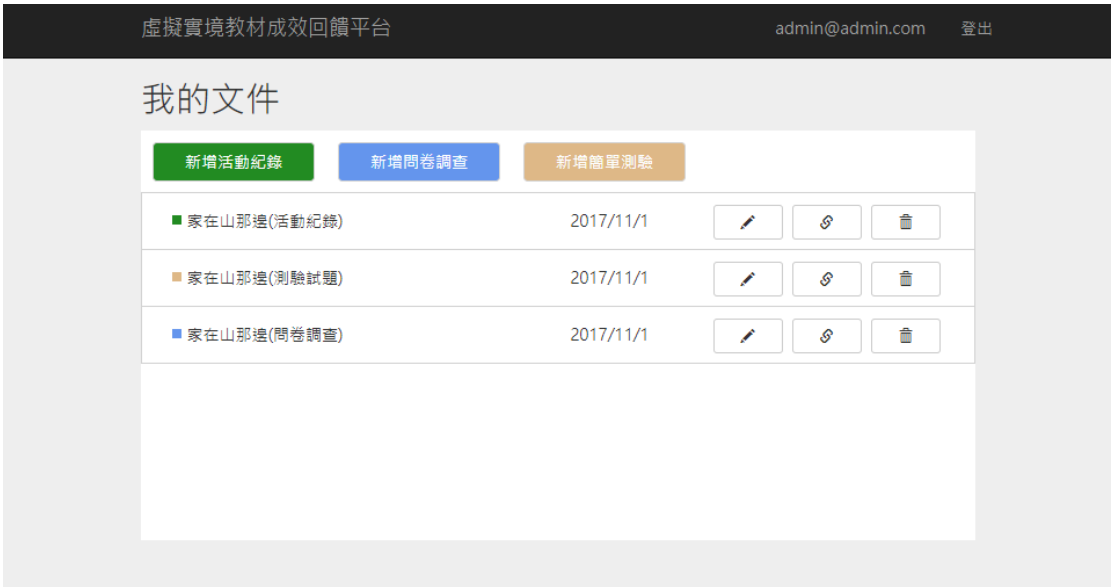


圖 2-176 我的文件

(三) 教材回饋管理功能：讀者可以線上即時回饋答題資料至雲端資料庫。

(四) 測驗試題管理功能：

虛擬實境教材成效回饋平台，提供測驗試題管理功能，可新增一份試卷資料，並新增測驗題目以及答案，題目及答案的順序可由滑鼠直接拖動調整，如圖 2-177 所示。測驗試題編輯完成

後，可使用檢視測驗來查看試題內容，如圖 2-178 所示。

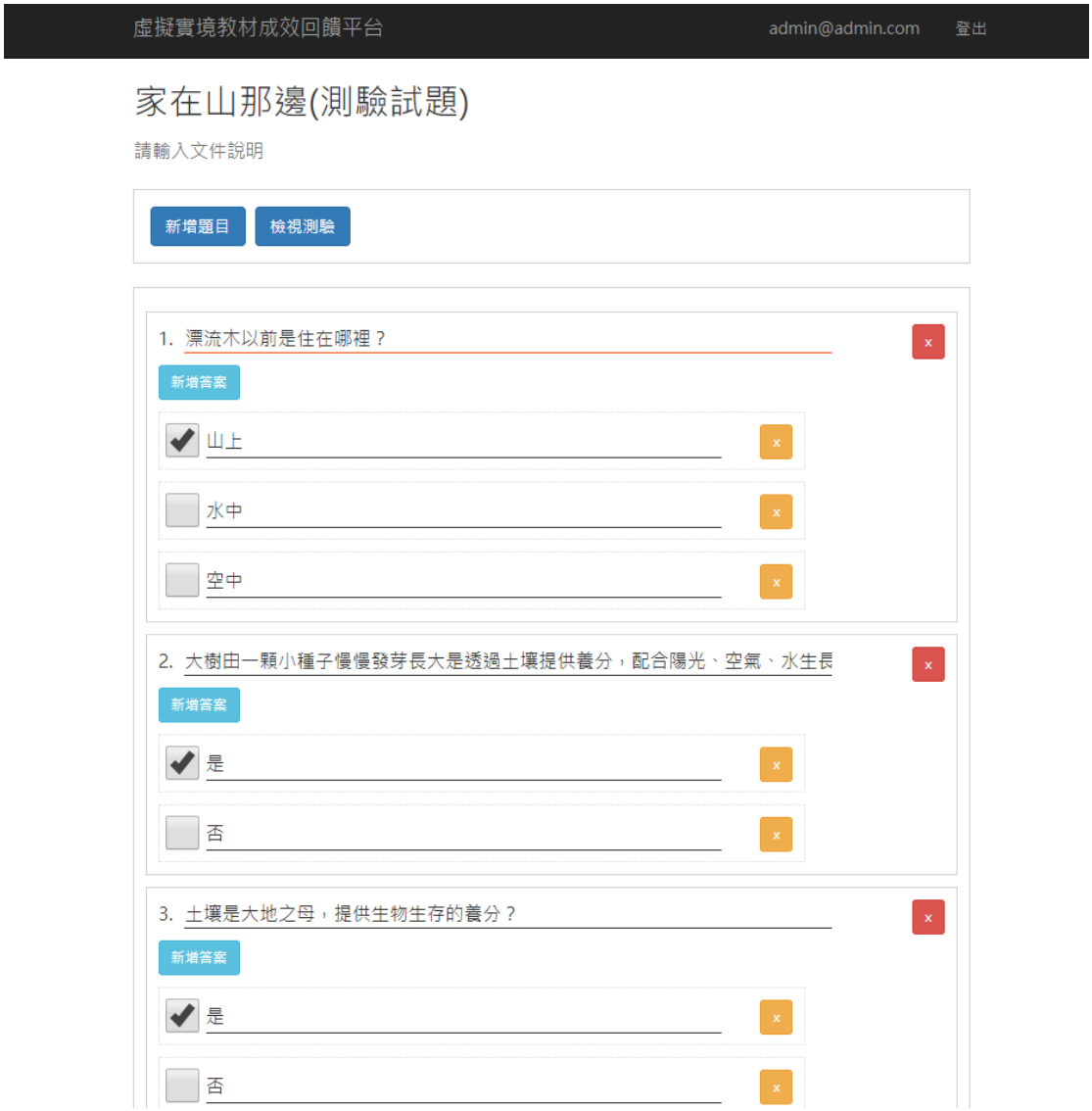


圖 2-177 測驗試題編輯



圖 2-178 測驗試題檢視

(五) 問卷管理功能：

虛擬實境教材成效回饋平台，提供問卷管理功能，可新增一份問卷資料，並新增問卷題目，題目順序可由滑鼠直接拖動改變，如圖 2-179 所示。問卷編輯完成後，可使用檢視問卷來查看問卷內容，如圖 2-180 所示。

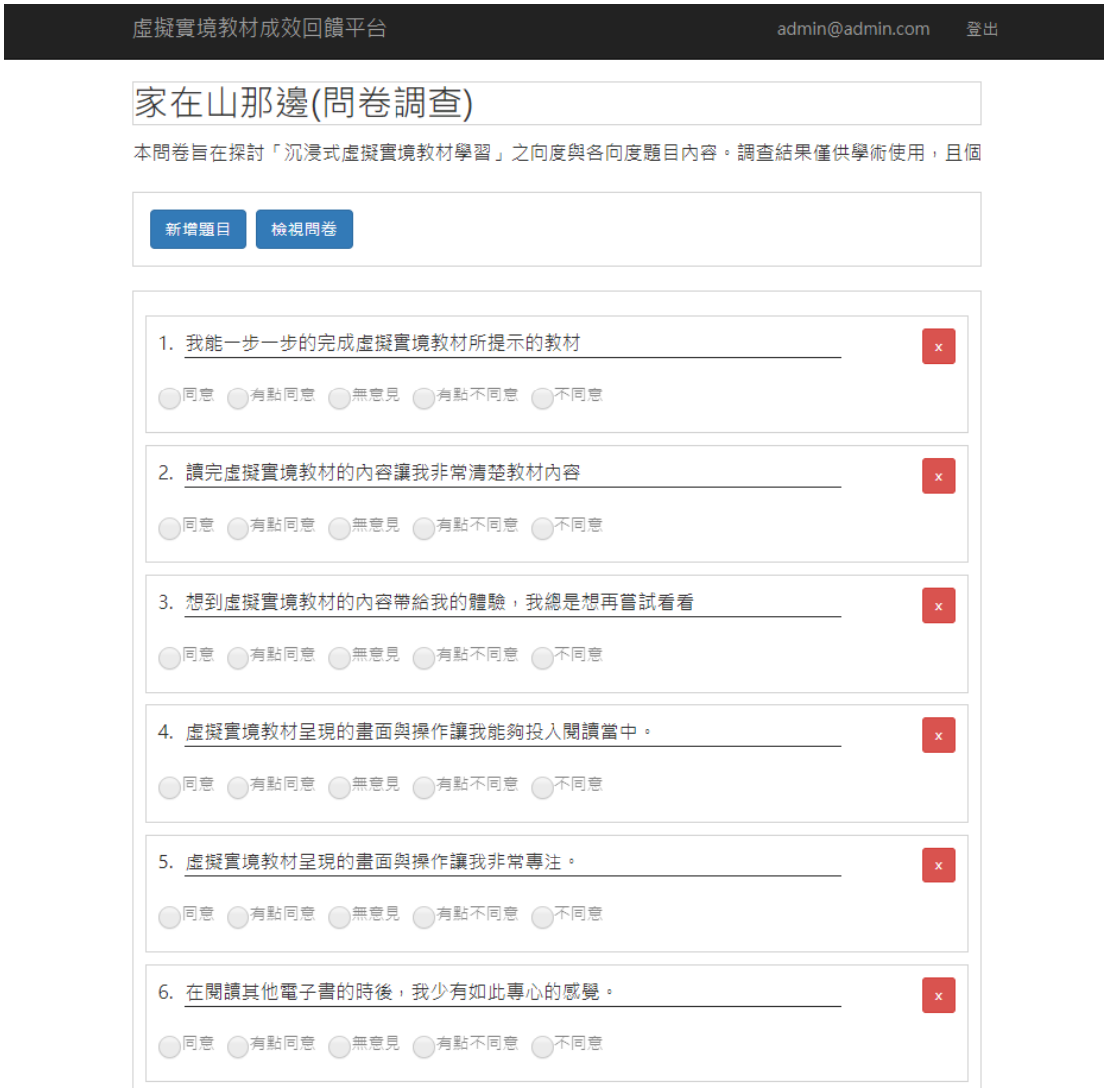

虛擬實境教材成效回饋平台
admin@admin.com
登出
家在山那邊(問卷調查)
本問卷旨在探討「沉浸式虛擬實境教材學習」之向度與各向度題目內容。調查結果僅供學術使用，且個
新增題目
檢視問卷
1. 我能一步一步的完成虛擬實境教材所提示的教材
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意
2. 讀完虛擬實境教材的內容讓我非常清楚教材內容
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意
3. 想到虛擬實境教材的內容帶給我的體驗，我總是想再嘗試看看
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意
4. 虛擬實境教材呈現的畫面與操作讓我能夠投入閱讀當中。
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意
5. 虛擬實境教材呈現的畫面與操作讓我非常專注。
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意
6. 在閱讀其他電子書的時後，我少有如此專心的感覺。
同意 有點同意 無意見 有點不同意 不同意

圖 2-179 問卷編輯



圖 2-180 問卷填寫

(六) 活動紀錄管理功能：

虛擬實境教材成效回饋平台，提供活動紀錄管理功能，可讓 VR 電子書，透過 WebAPI 將活動紀錄送至回饋平台進行收集，以利後續的研究進行，如圖 2-181 所示。

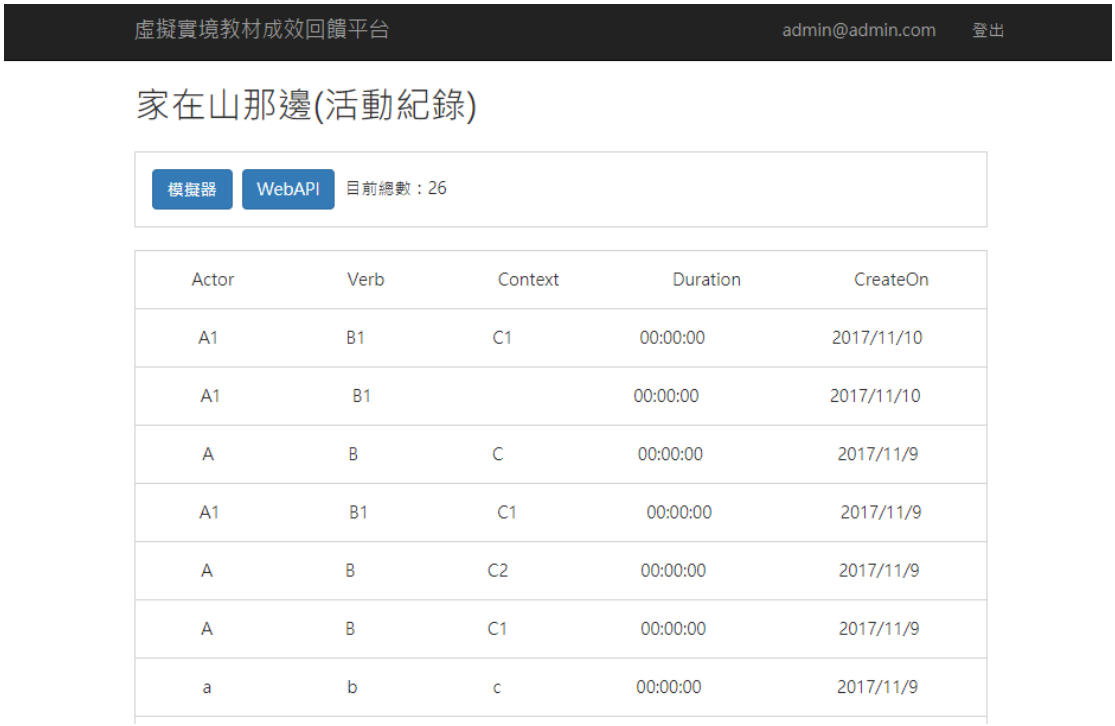

虛擬實境教材成效回饋平台
admin@admin.com
登出
家在山那邊(活動紀錄)
模擬器
WebAPI
目前總數：26
Actor Verb Context Duration CreateOn
A1 B1 C1 00:00:00 2017/11/10
A1 B1 00:00:00 2017/11/10
A B C 00:00:00 2017/11/9
A1 B1 C1 00:00:00 2017/11/9
A B C2 00:00:00 2017/11/9
A B C1 00:00:00 2017/11/9
a b c 00:00:00 2017/11/9

圖 2-181 活動紀錄

七、使用者體驗實證研究

(一) 問卷題目 Survey 與確認

1. 問卷設計

本次計畫問卷設計分為五大部分：分別為「沉浸經驗」、「學習動機」、「學習者的互動」、「自我學習效能」、「臨場感」依次介紹其中的內容。

(1) 沉浸經驗問卷內容設計：本計畫使用 Csikszentmihalyi(1975)所提到的八個沉浸因素中選取五個沉浸因素來作為本次計畫之沉浸經驗問卷內容設計，用以下五點沉浸因素來探討本計畫的沉浸式虛擬實境教材是否能讓施測者實際體會到沉浸其中的狀態。

A. 清楚的目標與立即的回饋(Clear goal and feedback)(3 題)：清楚的目標是個體自我認定的，並非在所有活動中被辨識出來，回饋會因為個人而有所不同，只要是和投入心力所追求的目標有合理的關聯性，就會產生樂趣。

B. 全神貫注在工作上(Concertrate on the task)(3 題)：當達到全神貫注的狀態時，個體會將與活動或工作不相關的事務排除在外， 集中所有注意力在當前的活動中。

C. 操控的感覺(A sense of potential control)(3 題)：操控的感覺就是讓人有絕對的自信操控活動的進度，使人有駕輕就熟的感覺，這會使沉浸體驗更為強烈。

D. 時間感的改變(Altered sense of time)(2 題)：指對時間的感受無限的放大，有時感覺過了一分鐘，但實際卻是一小時，掙脫時間的束縛反而讓沉浸感受更強烈。

E. 本身具有目的的經驗(The autotelic experience)(3 題)：泛指活動的過程就是最大的回饋，並非是為了活動最終的報酬而進行，因沉浸體驗最大的價值就在於參與過程所帶來的樂趣。

(2) 學習動機(learning motivation)問卷內容設計(18 題)：使用[31]該篇期刊中所提到的教學設計與動機設計題目來製作本計畫的學習動機內容。學習動機是指施測者因教材的使用而引起自主性或學習態度轉變為積極學習的心理狀態。

(3) 學習互動(Learners interaction)問卷內容設計(3 題)：指學習者與教材間的互動，探討學習者體驗教材時的操作與認知內容狀況[32]。

(4) 自我學習效能(Self-efficacy)問卷內容設計(11 題)：本計畫所提到的自我學習效能包含了心理過程，自我學習效能可以被定義為一個人信念，關於他或她成功執行特定行為或任務的能力[32]。

(5) 臨場感(Presence)問卷內容設計(1 題)：指施測者在使用教材時，是否能有身歷其境的感覺，是否能忘掉自己真實所在的環境，而全心投入到教材中[32]。

2. 研究對象：本計畫的施測對象為中部某國立大學管理學院大學部學生與碩士班學生。共計 45 名學生(39 男 6 女)參與施測，年齡介於 22-25 歲。本計畫先對施測者執行前測，執行完後再給施測者使用沉浸式虛擬實境教材，體驗完後再執行後測，來探討沉浸式虛擬實境教材是否對施測者有影響。在此報告內容中，觀看沉浸式虛擬實境教材等同於觀看 VR 電子書，所以這兩項文字字詞彙交互出現使用。

3. 施測程序

(1) 步驟一：先請施測對象利用智慧型手機下載本計畫所開發 APK 來呈現 VR 電子書內容。

(2) 步驟二：安裝完成後，利用智慧型手機執行該程式並放入 VR 頭戴裝置中。

(3) 步驟三：向施測者解說 VR 電子書的操作方式及功能。

(4) 步驟四：施測者開始利用 VR 頭戴裝置閱讀 VR 電子書。

(5) 步驟五：施測者利用 VR 電子書的互動功能，如：上一頁、下一頁、觀看註解、重播。

4.問卷施測方式：如圖 2-177 所示

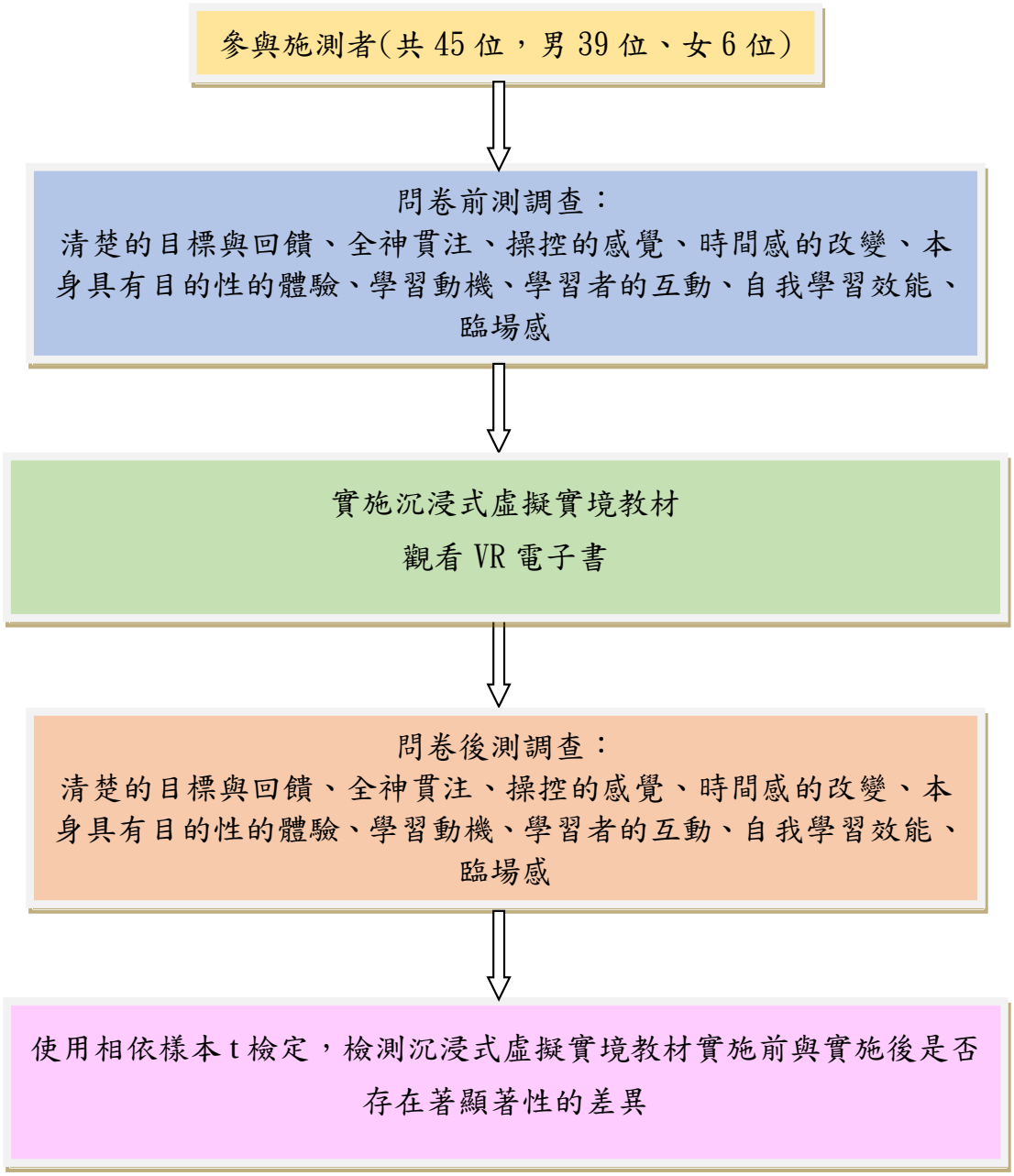


圖 2-182 問卷施測方式

(二) 使用者體驗與問卷調查

1.施測過程活動相片：如圖 2-178 及圖 2-179 所示



圖 2-183 學生輪流施測



圖 2-184 學生輪流施測



圖 2-185 學生輪流施測



圖 2-186 學生施測



圖 2-187 學生輪流施測



圖 2-188 學生輪流施測



圖 2-189 老師教導學生操作



圖 2-190 學生輪流施測



圖 2-191 多位學生同時施測



圖 2-192 多位學生同時施測



圖 2-193 多位學生同時施測

(三) 施測回饋統計分析

1.問卷調查表信度分析

本計畫問卷採用李克特五點量表，每個項目皆有五個選項，從第一個非常不符合到第五個非常符合。分數越高代表施測者對使用沉浸式虛擬實境教材的情況有效性越高。本計畫採取檢測問卷的有效性是採用 Cronbach α 的分析係數來做判斷，總量表前測的 Cronbach α 為 0.953，後測的 Cronbach α 為 0.974 如表 2-1。這前測與後測的 Cronbach α 值表示著規模有效性是可被接受的。

表 2-1 前後測 Cronbach's Alpha 值

面向	Cronbach's Alpha 值	
	前測	後測

沉浸經驗	**0.803**	**0.922**
學習動機	**0.916**	**0.944**
學習互動	**0.621**	**0.793**
自我學習效能	**0.837**	**0.895**
全部面向	**0.953**	**0.974**

2.問卷調查表效度分析

本計畫以相依樣本 t 檢定，分析檢測學生在經教學實驗(觀看 VR 電子書)前後認知成效是否存在著差異。本計畫的教學實驗針對下列：「沉浸經驗」、「學習動機」、「學習互動」、「自我學習效能」、「臨場感」等五構面的感知學習效能之分析。上述五個構面問卷題目請查閱附錄二。

3.感知學習效能：

表 2-2 各構面平均數、標準差

整體構面	前測 平均數(標準差)	後測 平均數(標準差)
沉浸經驗	3.7(0.509)	4.02(0.628)
學習動機	3.77(0.522)	4.11(0.655)
學習互動	3.77(0.565)	4.14(0.668)
自我學習效能	3.73(0.544)	4.07(0.625)
臨場感	3.75(0.781)	4.25(0.811)

表 2-3 各構面相依樣本差異

整體構面	相依樣本變數差異					
	平均數	標準差	平均數的標準誤	t	自由度	顯著性
沉浸經驗	-.318	.829	.125	-2.546	43	.015*
學習動機	-.341	.805	.121	-2.808	43	.007**
學習互動	-.364	.780	.118	-3.091	43	.003**
自我學習效能	-.341	.834	.126	-2.712	43	.01*
臨場感	-.5	.952	.144	-3.483	43	.001**

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

根據表 2-3 結果顯示，施測者在使用「沉浸式虛擬實境教材」後，施測者在「沉浸經驗」、「學習動機」、「學習互動」、「自我學習效能」、「臨場感」均有顯著差異，各向度之統計值分別為 t=-2.546，p<.015，t=-2.808，p<.007，t=-3.091，p<.003，t=-2.712，p<.01，t=-3.483，p<.001。

另以施測者的「科學學習態度量表」之總分前測成績與後測分數，進行相依樣本 t 檢定，並將分析結果整理如表

表 2-4 前測(全)-後測(全)相依樣本差異

	相依樣本變數差異					
	平均數	標準差	平均數的標準誤	t	自由度	顯著性
前測(全)-後測(全)	-.341	.776	.117	-2.914	43	.006**

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

表 2-5 沉浸經驗構面相依樣本差異

沉浸經驗構面	相依樣本變數差異					
	平均數	標準差	平均數的標準誤	t	自由度	顯著性
清楚目標與回饋	-.386	.895	.135	-2.864	43	.006**
全神貫注	-.432	1.02	.154	-2.806	43	.007**
操控感覺	-.614	.92	.139	-4.422	43	.000***
時間感的改變	-.182	1.105	.167	-1.091	43	.281
本身具有目的性的體驗	-.348	.825	.124	-2.799	43	.008**

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

根據表 2-4 結果顯示，t=-2.914，p<.006，達到顯著差異，故能得知施測者在使用「沉浸式虛擬實境教材」後，施測者對於整體(五個構面)的表現上均有顯著進步。

根據表 2-5 結果顯示，在沉浸經驗量表，「清楚目標與回饋」、「全神貫注」、「操控感覺」、「本身具有目的性的體驗」等子構面中，在相依樣本 t 檢定下反映出具顯著性的差異，因此可以推斷說，本計畫中使用的沉浸式虛擬實境教材可以讓施測者增強對以下「清楚目標與回饋」、「全神貫注」、「操控感覺」、「本身具有目的性的體驗」感受度有差異。但是在時間感的改變並沒有顯著差異，原因可能是觀看 VR 電子書時可以上下與重複觀看，相較沒有時間的順序限制，不同於遊戲比較有時間的順序規範。

第三章　執行成果及效益

第一節　執行成果

本計畫將交付 3 部虛擬實境的宣導性教材影片

- 一部是繪本導向的 VR 電子書
- 兩部是全景式的 VR 宣導影片，內容分別是介紹下列兩個戶外教室：
  - 華山土石流教學園區
  - 嘉義農試所水土保持戶外教室

第二節　執行效益

本計畫的研究成果是產出 3 部 VR 宣導性教材影片，其中，利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書之活動，由施測實驗數據顯示，可以得到下列觀察，觀看本計畫產出 VR 電子書之宣導性教材影片是有助於學習水土保持及防災觀念，並達到有效的學習成效。另外，由於 VR 電子書可至於網路提供下載至 Android 手機(建議記憶體為 3GB 以上)即可觀看，應可以達到快速地宣導效果，全景影片觀看可以跨平台，沒有硬體的限制，置放於 youtube 網站，可自由下載，因此，可以解決目前推廣工作所面臨問題。

執行本計畫已經獲得下列主要的創新技術，其說明如下：

- 全景影片後製特效創新技術，整合多樣媒體格式，例如：文字、影像、空拍視訊等。
- Unity 產出的 APP (APK)可用來閱讀 3D VR 電子書。
- 系統提供互動功能，例如：讀者可以線上即時回饋答題資料至雲端資料庫。

第四章　結論及建議

第一節　結論

本計畫已經產出 3 部 VR 宣導性教材影片，一部是繪本導向 VR 電子書，兩部以全景式的方式製作 VR 宣導影片，主要的內容呈現以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室內的教學設施為主題。本計畫也已經實施教學實證研究，以準實驗設計，針對中部大學院校學生(45 位)實施學習施測，利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書，以前後測進行比較，採用相依樣本 *t* 考驗分析，瞭解觀看 VR 教材的學習成效差異。結果顯示在下列構面:沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能、臨場感都有顯著差異。因此，利用觀看本計畫產出VR電子書之宣導性教材影片是有助於學習水土保持及防災觀念達到有效且快速地宣導效果。

第二節　建議

- 立即可行建議: 繼續收集更多的施測者的回饋資料，可以再利用統計分析，產出更準確的分析結果。或是，繼續提供不同的問卷量表，例如: 科技接收模式(Technology Acceptance Model)來分析系統的使用意願及使用成效。可能主辦及協辦機關是綜合企劃組。
- 中長期建議:
  - 繼續將水土保持局現有的繪本轉製成 3D VR 電子書，提供更多元多樣電子閱讀模式吸收水土保持相關的知識。可能主辦及協辦機關是綜合企劃組。
  - 未來再深入研究實況全景虛擬實境(Live from virtual reality)，例如[33]所提供實況全景虛擬實境的範例，如圖 4-1 至圖 4-10。此例說明 Mark 及 Rachel 在遠端，有一個全景攝影團隊在現場，Mark 及 Rachel 可以透過系統操作 360 全景影像，可以由不同的視角來觀看現況。可能主辦及協辦機關是綜合企劃組。



圖 4-1 虛擬場景互動



圖 4-2 虛擬場景視角轉變



圖 4-3 虛擬場景視角轉為對面



圖 4-4 虛擬場景更換選擇



圖 4-5 虛擬場景更換



圖 4-6 虛擬場景更換



圖 4-7 虛擬場景更換



圖 4-8 虛擬場景更換

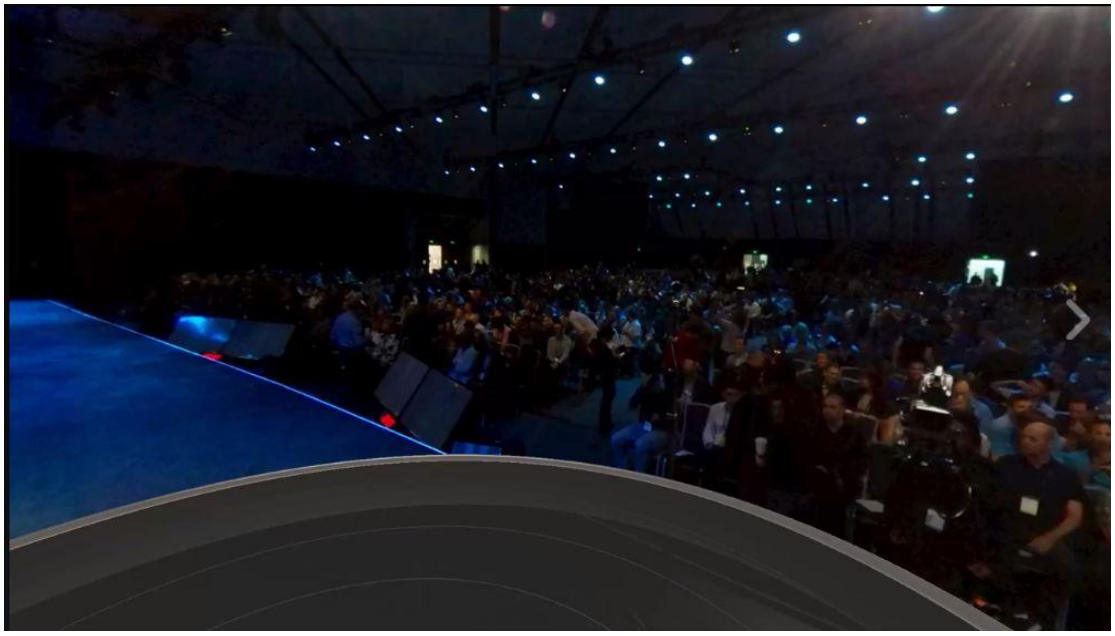


圖 4-9 虛擬場景視角轉換



圖 4-10 虛擬場景更換

參考文獻

[1] 周倩、張芳綺，”網路學習互動性之初探: 科技功能與認知學習”，網路教學與圖書館資訊學應用研討會會議論文集，台北，台灣，2002。

[2] 朱怡錦，碩士論文，利用色彩嵌空技術以提升磨課師課程的互動能力，國立中正大學，2017。

[3] 徐郁喆，博士論文，探討頭戴式裝置的使用者遊戲介面設計之研究—以介面透明性為例，國立臺北教育大學，2016。

[4] 黃瓊慧，碩士論文，從沉浸(flow)理論探討台灣大專學生之網路使用行為。國立交通大學，1999。

[5] https://kknews.cc/zh-tw/tech/4m8v2x.html.

[6] https://tw.cyberlink.com/learning/video/618/%E4%BA%86%E8%A7%A3360%C2%B0%E5%BD%B1%E7%89%87%E5%8E%9F%E7%90%86.

[7] https://en.wikipedia.org/wiki/360-degree_video.

[8] https://lh3.googleusercontent.com/YtPm4pGocz_Nen6La3kCW9xl7-PMGajf6SpE9kjW7TJ-Q8hK8rgH2uP1ag-kHSUUnj0

[9] https://pisces.bbystatic.com/image2/BestBuy_US/images/products/4932/4932000_rd.jpg;maxHeight=550;maxWidth=642

[10] https://www.vive.com/media/filer_public/b8/96/b896b746-0118-4105-93b6-4270db79e1a1/product-vive-family-shot.png

[11] https://24h.pchome.com.tw/prod/DYAI5A-A9007RNJE

[12] P. S. Chiu, H. C. Chen, Y. M. Huang, C. J. Liu, M. C. Liu and M. H. Shen, “A video annotation learning approach to improve the effects of video learning,” Innovations in Education and Teaching International, pp. 1-11, 2016.

[13] Y.-S. Lai, H.-H. Tsai, and P.-T. Yu, "Integrating annotations into a dual-slide powerpoint presentation for classroom learning," The Journal of Educational Technology & Society, Vol. 14, Issue 2, pp. 43-57, 2011.

[14] Wiener, Cybernetics, 1948.

[15] S. Rafaeli, “Interactivity: From New Media to Communication,” Merging Mass and Interpersonal Process, pp. 110-134, 1988.

[16] D. C. Hillman, D. J. Willis and C. N. Gunawardena, “Learner-interface interaction in distance education: An extension of contemporary models and strategies for practitioners,” The American Journal of Distance Education, pp. 30-42, 1994.

[17] M. G. Moore, “Three types of interaction,” The American Journal, pp. 1-6, 1989.

[18] M. Csikszentmihalyi, “Beyond Boredom and Anxiety,” San Francisco: Jossey-Bass, 1975.

[19] P. E. Murphy and B. M. Enis, “Classifying products strategically,” The Journal of Marketing, pp. 24-42, 1986.

[20] E. M. Rogers and O. I. Diffusion, The Free Press of Glencoe, New York, 1962.

[21] A. H. Maslow, Toward a psychology of being. New York: Ban

Nostrand Reinhold, 1968.

[22] A. H. Maslow, Motivation and personality. New York: Harper & Row, 1970.

[23] A. H. Maslow, Toward a psychology of being. Princeton, NJ: Van Nostrand, 1962.

[24] H. Chen, R. T. Wigand and M. S. Nilan, “Optimal experience of web activities,” Computers in human behavior, Vol. 15, No. 5, pp. 585-608, 1999.

[25] L. K. Trevino and J. Webster, “Flow in computer-mediated communication electronic mail and voice mail evaluation and impacts,” Communication Research, Vol. 19, No. 5, pp. 539-573, 1992.

[26] B. G. Witmer and M. J. Singer, “Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire,” Presence, Vol. 7, No. 3, pp.225–240, 1998.

[27] E. M. Wenzel, F. L. Wightman and D. J. Kistler, “Localization of non-individualized virtual acoustic display cues,” Proceedings of the ACM conference on computer-human interaction, New Orleans, LA, April, 1991, pp. 351–359.

[28] D. Whitelock, P. Brna and S. Holland, “What is the value of virtual reality for conceptual learning? Towards a theoretical framework,” Proceedings of European conference on AI in education,1996.

[29] H. Regenbrecht and T. Schubert, “Real and illusory interactions enhance presence in virtual environments,” Presence, Vol. 11, pp. 425–434, 2002.

[30] D. Nunez, “How is presence in non-immersive, non-realistic virtual environments possible,” The 3rd International conference on computer graphics, virtual reality, visualization, and interaction, Africa, 2004.

[31] X. Wei, D. Weng, Y. Liu and Y. Wang, “Teaching based on augmented reality for a technical creative design course,” Computers & Education, 81, pp. 221-234, 2015.

[32] Z. Merchant, E. T. Goetz, W. Keeney-Kennicutt, O. M. Kwok, L. Cifuentes and T. J. Davis, The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: A structural equation modeling analysis. Computers and Education, Vol. 59, No. 2, pp. 551-568, 2012.

[33] https://www.facebook.com/zuck/videos/10104094186863501/.

附錄

附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	宜針對研究主題撰寫實際案例，並加以模擬展示。建議有互動及故事性的影片產出。	選擇兩處水土保持戶外教室當 VR 全景影片製作主題，分別是華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室，另外，選擇水保局出版的一本繪本(家在山那邊)來當 VR 電子書主題。其中，具有互動及故事性影片。
二	計畫目標提到演練場景與模擬，應有具體的劇本內容。	說明同項次一的回答。
三	展示的Unity邊坡落石展示影片與實際落石狀況不符，可利用共同背景而產生不同災害	結案提供的 VR 電子書主題，沒有落石的場景。

項次	審查意見	回覆辦理情形
	或在其中上游不同段有不同災害類型來說明。	
四	應有語音文字內容輔助，水土保持宣導也重視這部分。	結案提供的 3VR 影片有提供語音文字輔助。
五	VR之主角是水土保持戶外教室(P2)或防災疏散避難(P3)或景點(P33)，請說明。	結案提供 VR 全景影片以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室為主題。其中華山土石流教學園區 VR 中有提及防災疏散避難的注意事項。
六	目前計畫以VR及AR為主，若技術可行建議拓展至MR層級。	結案提供 VR 影片，計畫主要目標是要能網路推廣，擴散滲透度。

項次	審查意見	回覆辦理情形
七	報告內文獻的引用格式混亂。	謝謝委員指教，已更正。
八	計畫擬達到推廣水土保持及防災教育之重要觀念，除水庫場景建置外，建議可以水土保持戶外教室作為場景建置之選項之一。	說明同項次一的回答。
九	期中報告「規劃互動」功能開發介紹較難達到推廣水土保持之觀念，建議從中加入水保元素互動介紹。	說明同項次一的回答。另外，互動性功能呈現已在 VR 電子書影片呈現，可以利用 android 手機之陀螺儀功能來控制閱讀、答題等。
十	請說明挑選之景點，如何結合本計畫規劃之水土保持相關防災疏散避難機制主題。	說明同項次一及項次五的回答。

項次	審查意見	回覆辦理情形
十一	請表列工作項目、預定時程及實際完成日期，以利查核專案進度。	請參考期末報告第三章第一節甘特圖
十二	請說明問券規劃調查對象及數量，以利驗證統計分析之有效性。	以中部科技大學學生為施測對象，約 40-45 位左右。
十三	本案經審查原則通過，請積極辦理後續工作項目。	謝謝委員。

附錄二、沉浸式虛擬實境教材學習問卷題目

第一部分

1-1 清楚的目標與回饋

AQ1：我能一步一步的完成虛擬實境教材所提示的教材

AQ2：讀完虛擬實境教材的內容讓我非常清楚教材內容

AQ3：想到虛擬實境教材的內容帶給我的體驗，我總是想再嘗試看看

1-2 全神貫注

BQ1：虛擬實境教材呈現的畫面與操作讓我能夠投入閱讀當中。

BQ2：虛擬實境教材呈現的畫面與操作讓我非常專注。

BQ3：在閱讀其他電子書的時後，我少有如此專心的感覺。

1-3 操控的感覺

CQ1：在閱讀虛擬實境教材中，我可以掌控整個虛擬實境教材閱讀進度。

CQ2：在沒有任何說明及幫助的情況下，我獨自完成了閱讀虛擬實境教材挑戰。

CQ3：進入閱讀虛擬實境教材一會後，我可以完全掌握使用技巧。

1-4 時間點的改變

DQ1：如果沒有人提醒我，我根本不知道閱讀虛擬實境教材多久

了。

DQ2：在閱讀虛擬實境教材過程中，我很專注在完成閱讀上，沒注意到時間的流逝。

1-5 本身具有目的性的體驗

EQ1：我很享受閱讀虛擬實境教材的過程。

EQ2：閱讀虛擬實境教材的過程中雖然有遇到挫折，但我內心是興奮的。

EQ3：若有更多有趣的虛擬實境教材內容，會提高我再來閱讀虛擬實境教材的興趣。

第二部分、學習動機

FQ1：在閱讀虛擬實境教材開始時有些有趣的事引起了我的注意。

FQ2：完成虛擬實境教材的練習讓我獲得令人滿意的成就感

FQ3：成功完成閱讀虛擬實境教材對我來說很重要

FQ4：我很喜歡閱讀虛擬實境教材，所以我會想了解更多有關的話題

FQ5：這個閱讀虛擬實境教材是讓人感到枯燥乏味的

FQ6：閱讀虛擬實境教材中的內容與我的興趣相關

FQ7：閱讀虛擬實境教材中包含刺激我好奇心的東西

FQ8：我非常喜歡學習閱讀虛擬實境教材

FQ9：閱讀虛擬實境教材一直反覆使我無聊

FQ10：閱讀虛擬實境教材的內容給人的感想是值得的

FQ11：再閱讀虛擬實境教材之後我學到了一些令人驚訝或意想不到的事情

FQ12：再閱讀虛擬實境教材一段時間之後，我相信我可以創作出新的作品

FQ13：在這個閱讀虛擬實境教材之後的評估，讓我感到我的努力得到了回報

FQ14：各種閱讀虛擬實境教材的演習與展示等等內容，讓我可以在課程中保持專注力

FQ15：成功完成閱讀虛擬實境教材讓我感覺很好

FQ16：閱讀虛擬實境教材的內容對我來說有用

FQ17：有組織系統的虛擬實境教材可以幫助我確信自己能學會這些教材

FQ18：在這樣一個精心設計過的課程上，閱讀虛擬實境教材是一種樂趣

第三部分、學習者的互動

GQ1：我能夠貼近地探究虛擬實境教材呈現的內容。

GQ2：我能從多個視角去探究虛擬實境教材呈現的內容。

GQ3：我能簡單地操作虛擬實境教材呈現的內容。

第四部份、自我學習效能

HQ1：我確信我有能力學習關於虛擬實境教材呈現的內容。

HQ2：我確信我可以在關於虛擬實境教材呈現的內容之考試中考的很好。

HQ3：我想我可以在虛擬實境教材之考試中，表現得比其他學生一樣或是更好。

HQ4：我不認為我會在虛擬實境教材呈現的內容考試中獲得成功。

HQ5：我確信我能理解關於虛擬實境教材呈現的內容主題。

HQ6：我相信如果我付出足夠的努力，我會在虛擬實境教材呈現的內容的考試中獲得成功。

HQ7：與其他學生相比，我覺得我對虛擬實境教材呈現的內容知之甚少。

HQ8：與其他同班學生相比，我覺得我有很好的學習習慣。

HQ9：與同班同學相比，我不覺得自己是個好學生。

HQ10：我相信我可以在關於虛擬實境教材呈現的內容的考試中考得很好。

HQ11：我相信我可以解釋在這個課上學到的虛擬實境教材呈現的內容的概念給其他人。

第五部分、臨場感

IQ1：當我在探索虛擬實境教材呈現的內容時，我有一種沉浸在其中的感覺。

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	梳子壩 17 秒有風吹過來。	影片後製剪輯已修剪除此段影片。
二	本計畫產出 3 部 VR 宣導性教材影片，宜有水保專才加以審閱修正，例：圖 2-5，2-6，2-7 中心集水，圖 2-8 果樹梯田，圖 2-11~邊坡野溪整治等文字有誤，請再檢視修正。	已經於 12 月 9-11 日三天內，委請吳永堃先生、李榮彬教授、林侑輝科長協助校稿與更正。
三	建議未來可針對現有水土保持戶外教室之需求，產出具地區特色之宣導教材影片。	遵照委員意見辦理。先訪談戶外教室之需求，再產出具地區特色之宣導教材影片。
四	報告書封面仍為工作執行計畫、附錄期初審查文字應為期中審查之誤植，請修正。另交付成果報告時，應使用彩色印刷。	遵照委員意見辦理。將更正排版錯誤及產出彩色印刷成果報告。

項次	審查意見	回覆辦理情形
五	報告書請補充 3 部影片之對白，以供檢視其正確性，另部分照片全黑，建議修正。	2 部影片之對白之重點文字稿將至於期末報告書附錄四及附錄五，後續會產出彩色印刷成果報告，寄交局內。另一部 VR 電子書對白是採用局內的繪讀本之文字對白，沒有錯誤情形出現。
六	以 VR 頭戴裝置來觀看，因須購買硬體較有其侷限性，如能發展使用較便宜之硬體，實用性應更高。	本計畫產出影片所需 VR 頭戴設備屬於簡易式，價格便宜，因此，具有高的普及性。
七	本計畫報告書之編排方式建議再調整，如：第三章可依執行項目予以分列敘明。	遵照委員意見辦理。
八	推廣對象主要為何?又如何將技術推廣到各層面(如學校)?	本計畫目前規劃以科技大學學生為推廣對象，觀看 VR 影片，提升其水土保持的基本觀念，未來配合水保局的戶外教室參觀活動之需求，逐步推廣至參與活動的民眾、學生。此 VR 影片可以支援翻轉教室活動中，課前研讀教材，當參觀戶外教室時，即可已提出更多

項次	審查意見	回覆辦理情形
		的問題與導覽解說員討論提升其互動性。
九	建議補充虛擬實境製作農試所嘉義分所水土保持戶外教室及古坑華山土石流教學園區之位置圖及所拍攝相關位置配置圖	遵照委員意見辦理，已將各主題全景影片加入片頭說明，農試所嘉義分所水土保持戶外教室及古坑華山土石流教學園區之位置圖及所拍攝相關位置配置圖。
十	報告書內第 2-4 頁圖 2-5 至 2-7 修正為固床工，圖 2-8 至 2-10 修正為平台階段，圖 2-11 修正為坑溝整治，圖 2-12 修正為野溪治理，圖 2-13 至 2-16 修正為擋土設施，圖 2-19 修正為涵管，圖 2-23 至 2-24 修正為人工模擬降雨充實觀察，圖 2-25 至 2-26 修正為覆蓋作物根系觀察，圖 2-31 再確認是否為擋土設施介紹，圖 2-32 確認是否為親水設施介紹，圖 2-60 淨耕介紹，圖 2-64 生態工法請確認。	遵照委員意見辦理，已更正於期末報告書。-

附錄四、VR 全景影片製作腳本-華山土石流教學園區

一、生態工法與砌石工法

1.(00:15~00:32) 華山土石流教學園區 (秀出華山土石流教學園區的空拍全景)。

2.(00:42~00:48) 生態工法與砌石工法。

3.(00:48~00:55) 吳永堃先生開講了。

4.(01:04~01:22) 生態工法的原則：就地取材、粗造(粗石砌造)化、縫隙讓植物生長及生物躲藏。

5.(01:23~01:27) 縫隙變成生物的家。

6.(01:34~01:47) 河的兩旁護岸、橫向固床工都是就地取材所砌起來的。

7.(01:50~02:15) 生態工法的好處:就地取材省掉運費、非鋼筋混凝土而是自然的砌石。

8.(02:20~02:30) 先民所砌的梯田牆，經過 921 的考驗，竟然沒有損壞。

9.(02:32~02:40) 鋼筋混凝土之透水性不佳時，產生壓力之後，會將牆推垮。

10.(02:41~02:51) 生態工法：透水性佳、沒壓力、地震愈搖石頭卡愈緊。

二、猴洞橋

1.(00:10~00:25) 我們正在猴洞橋上，可是沒有看到猴子。

2.(00:25~00:44) 莫拉克颱風(2009 年 8 月 7 日登陸台灣)造成北邊山坡滑動，水保局馬上來勘查，發現地表水太豐富，造成地滑現象。

3.(00:46~01:00) 山坡上挖了三口集水井，引水到井內，再排到華山溪。

4.(01:02~01:16) 整治山坡的工法：砌石工法、加勁擋土牆、蛇籠，皆是生態工法。

5.(01:32~02:04) 當初勘災時，發現山坡上的樹木有傾斜現象，上去觀察之後，發現裂縫達到一米之寬。

6.(02:04~02:12) 後由水保局進行勘查、規劃、設計、施工，整片山坡得以穩定下來。

三、梳子壩

1.(00:20~00:36) 吳先生的後方有一座像梳子的構造物，它是二號梳子壩。

2.(00:36~00:48) 從上游到下游依序為一號、二號、三號梳子壩。

3.(00:50~01:00) 一號梳子壩的壩距、縫隙為 2.5 米，二號梳子壩的縫隙為 2.0 米，三號梳子壩的縫隙為 1.0 米

4.(01:02~01:22) 主要功能：分離土石流裡的大石頭，以免破壞(下游)

建築物、橋(樑)等。

5.(01:22~01:46) 最後只讓中石頭、小石頭、砂流到下游。以免(掏空)下(游)橋樑基礎、海岸線退縮。

6.(01:48~02:15) 堆疊廢輪胎放在一號梳子壩的前面,當作防撞設施。

7.(02:18~02:52) 世界先進的建設：由大到小的開放式梳子壩，分流不同大小的石頭。

8.(02:56~03:20) 在後方所看到的是固床工，另外還有黃色、紅色指標線，可讓觀測站觀測水位。

9.(03:22~03:32) 各梳子壩的前方皆有一條鋼索，作為土石流的感應器。

10.(03:36~03:54) 當梳子壩前鋼索斷裂了，監控電腦指示燈由綠轉紅，就知道土石流已到該梳子壩。

11.(03:55~end) 最好所有指示燈皆為綠燈土石流沒有發生。

四、觀測站與土石流感測器

1.(00:20~00:32) 爬到半山腰，來到了土石流觀測站。

2.(00:32~00:56) 土石流觀測站：建築物、大耳朵衛星接發器、雨量筒、氣象儀、風向儀。

3.(00:56~01:12) 氣象儀：溫度、濕度、大氣壓力、土壤含水量等指示資訊。

4.(01:14~01:38) 在上游有鋼索檢知器、地聲檢知器。皆為土石流的

感測器。

5.(01:38~01:43) 這一些檢知器的資訊透過觀測站的衛星發送器，傳達到防災中心。

6.(01:44~01:48) 我們可以容易利用家裡的電腦或 APP，連到防災中心，及時獲得現場的資訊。

7.(01:50~01:58) key in 246，就可以搜尋的防災中心的網址：246.swcb.gov.tw

8.(01:59~02:09) "246"音近"土石流"。

9.(02:10~02:22) 全國有 14 個觀測站，2 台活動式觀測車，可以收集全國完整的資訊。

10.(02:30~03:01) 世界先進的工法、觀測站，日本、大陸、印度等團隊相繼來參訪。

11.(03:22~03:38) 該土石流觀測站由逢甲大學 GIS 中心負責管理。

12.(03:40~04:03) 後方的山為"大尖山"，海拔 1304 公尺，是西部的高山，可當作航海的指標。

13.(04:04~04:25) 目前所在地為 550 公尺，後面馬上高拔到 1304 公尺，氣溫急遽下降。

14.(04:26~04:35) 海邊的水氣飄到華山地區，遇到冷空氣，就開始下雨。

15.(04:36~04:43) 因此，華山地區幾乎是全國下雨量下最多、下最大的區域。

16.(04:45~05:05) 吊橋：小天梯，繩索橋：情人橋。為兩個著名的景點。

17.(05:15~05:32) 各梳子壩的上流端皆有一條鋼索檢知器，當土石流撞斷鋼索檢知器會被通電，將信號送回觀測站。

18.(05:34~05:56) 地聲感知器裝在河岸旁，可以偵測到土石流流動的震動波，再將信號送回觀測站。

19.(05:57~06:17) 另有四支攝影機，透過衛星傳送，可以在電腦上隨時監測現場的情境。

20.(06:18~06:32) 隨時的監控、充分的準備，大家有信心過著安穩的日子。

五、格柵壩與頂鑄型鋼管壩

1.(00:10~00:40) 吳先生的右後方：預鑄型鋼管壩。

2.(00:42~00:55) 預鑄型鋼管壩的好處：施工快速、可隨時拆卸。

3.(00:56~01:08) 吳先生的左後方：格柵壩。也是由鋼管所製作出來，但是用焊接工法所完成，不易搬動。

4.(01:10~01:20) 鋼管壩的縫隙 3.5 米到 4.0 米，比梳子壩的縫隙還大。在最上有攔下更大的石頭。

5.(01:21~01:43) 鋼管壩的下方就是一號梳子壩，由於鋼管壩攔下較大的石頭，可減輕梳子壩的衝擊力。

6.(01:46~01:55) 一號梳子壩完工之後，發現乘載力可能不夠，後來水保局在加做上方鋼管壩。

7.(01:56~02:14) 鋼管壩上方是一大片的崩塌地堆積層，加裝鋼管壩之後，下流會更安全。

8.(02:16~03:24) 吳先生的右方：鋼索檢知器及一號梳子壩。

9.(02:35~03:02) 莫拉克颱風時，攔下很多大石頭，後來分散到兩旁的護岸及進行穩坡工程，目前長滿樹木及雜草，算是一項成功的護坡工程。

六、土石流教學園區防災疏散避難

1.(00:10~00:18) 土石流產生的原因：下過大的雨、崩山的土石材料。

2.(00:20~00:32) 各項防治工程努力在進行，但從山頂往下看，河道工程只能算是小小的一根牙籤而已。

3.(00:34~00:42) 雖已努力，但仍無法百分之一百的保證，因此會依不同的天候，訂出紅色、黃色警戒。

4.(00:43~01:01) 黃色警戒：陸上颱風警報開始到預測警戒值的這一段時間。先撤離老弱婦孺，及病患，到附近的收容所。

5.(01:02~01:25) 紅色警戒：持續下雨下到超過 300 公厘。所有的居民(被保全的地區人民)必須強制撤離到收容所。

6.(01:26~01:44) 最先的收容所安置在附近的廟裡，但不安全。再搬到附近的學校，但仍不安全。最後搬到民宿，算是相對安全的收容

所。

7.(01:48~01:52) 若居民不撤離的話，將會引用罰款條例，進行開罰。

8.(01:53~02:04) 謝謝專家幫忙調查出一些安全的地方，讓百姓有所避險。

附錄五、VR 全景影片製作腳本-嘉義農試所水土保持戶外教室

一、人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗

1.(0:07~0:40) 土石流發生的條件:砂石堆積、豪大雨

2.(0:50~2:40) 坡面有三種處理方式: 1.淨耕(裸露面), 2.敷蓋(鋪蓋草、塑膠布、或毯子), 3.覆蓋(種樹、植草)

3.(2:44~2:50) 打開水龍頭，開始模擬三種情境。

4.(2:56~3:14) 裸露區的收集用大燒杯很快就收集到很多水且很混濁。

5.(3:16~3:44) 敷蓋區透過塑膠布流下來的水也很快，但很乾淨。 敷蓋草的區域遲遲看不水流下來，延緩水留下的時間。

6.(3:45~4:30) 植生覆蓋區水流下的時間蠻長的，受植生樹木、草等所吸收。

7.(5:25~6:46) 種果樹、咖啡樹等經濟作物，以樹為圓心，以一米為半徑，所圍區域內的草割乾淨，讓草與作物共存，養分沒有流失的雙贏局面。

8.(7:00~7:06) 植物根的特性：向地性、向水性、背光性。

9.(7:06~7:30) 根系觀察箱(有一道黑門，觀察時再開門)：百喜草、兩耳草、地毯草、牛筋草、假儉草、蟛蜞菊。

10.(8:30~8:42) 百喜草的根可以長到 150 公分，又很粗，造成土讓的透氣性、透水性佳。

11.(8:48~9:06) 根會死掉，腐爛之後，變成微生物、蚯蚓的食物，分解成有機質，土壤的肥沃力變強。

12.(9:26~10:23) 不是只有山坡地有土石流，我們也要注意平地的沖蝕問題。

二、橫向排水

1.(00:05~00:22) 大坡面：1.很長的坡面 2.東邊較高、西邊較低 3.水流方向由東向西

2.(00:24~00:32) 縱向排水：東向西流動的排水方向(主要流動方向)

3.(00:34~01:18) 下大雨時，縱向排水無法將大水及時輸送掉，因此每隔幾十公尺增設一個橫向排水溝，將山坡上的水先匯集到橫向排水溝，再匯流到縱向排水溝，形成一個完整的排水系統。

4.(01:25~01:50) 有了橫向排水溝之後，每一個橫向排水溝主要處理其上方坡面的排水，可以減緩大水的沖力。

5.(01:52~02:05) 縱向排水為主，橫向排水為輔，可以降底水流的重力加速度及衝擊能量。

6.(02:06~02:15) 水土保持最重要的議題：如何將水排至安全地點

7.(02:16~02:40) 按照水流的動向，在每一場域規劃一個安全的排水路，讓水順利的流走。故可以減輕山坡水土的沖蝕及破壞力。

8.(02:42~03:12) 總結：將水安全排開是水土保持的最重要工作之一。縱向排水溝為必要設施，橫向排水溝視坡道的長短在決定其建置數目。

三、跌水

1.(00:05~00:30) 來到跌水區，跌水=Falling Water。若翻譯成落水區就不傳神了。

2.(00:42~01:34) 利用上游涵管或溢水口，讓水垂直先跌落到坑洞，以減弱其衝擊力，等水滿過坑洞的出口涵管，水就緩和往下流。

3.(01:36~02:40) 水流以較緩慢的速度流到上方的溢水口，再快速掉落到坑洞，等水集滿之後，再以較緩慢的速度向下游宣洩。

4.(02:42~03:00) 以慢、快、慢的階梯方式，破壞水流一直線的重力加速度，以減緩水流沖刷的問題。

5.(03:10~03:30) 另外，水流經過跌水區的處裡，可以消耗其動能。因此，只要跌水區處理得宜，沖刷問題就不會出現山坡地。

6.(03:40~03:45) 跌水坑洞的大小可由地形、水量大小所決定。

7.(03:46~04:00) 有橫向排水設計的坡面，其坡面一定很大，豐水期落水很大，其跌水坑洞就必須設計較大一些。

8.(04:00~04:15) 如果在縱向水溝中建置一些跌水坑洞，讓水流逐漸減緩，跌水坑洞就可以建置較小的 size。

9.(04:16~04:30) 如果落差越大，則跌水坑洞建置的 size 也必須相對較大。

10.(04:31~05:00) 跌水坑洞的出水口會比坑底高，讓水緩衝之後，再流出去。

11.(05:01~05:32) 日久之後，會累積一些砂石，必須雨季來臨之前加以清除。且受水的沖蝕，底部要做的比較堅固。

12.(05:35~06:00) 一般溢流口要最作成倒梯形的樣子,讓水流可以集中排出。

四、擋土設施及野溪治理

1.(00:01~00:05) 背景傳來潺潺流水的聲音，身歷其境。

2.(00:06~00:12) 水必須適當的處理，才不會造成破壞。

3.(00:12~00:22) 水流的功能：沖蝕、搬運、推積等。其中沖蝕造成坡地的傷害較大。

4.(00:23~00:35) 沖蝕的造成與坡地的坡度有關，坡度愈陡，下雨所造成的沖蝕就會較大。

5.(00:36~00:44) 沖蝕造成土石流，就會再成崩塌。所以，坡地崩塌問題的處理，甚為棘手。

6.(00:45~01:08) 在李教授的右後方：用水泥砌起來，再加一些鵝卵石，所形成一道"漿砌石擋土牆"。

7.(01:10~01:50) 再向西一點之處：植入鋼筋加上混凝土，形成一道新作的擋土牆。有很多的排水孔，當下雨時，承受大雨的壓力之後，水流會透過排水孔，適度地宣洩。

8.(01:56~02:32) 在李教授的左後方：有一格、一格的格狀擋土牆。該區域在小河轉彎之處，屬於水流的沖蝕面。因此，以格籠式擋土牆來承擔此種壓力。

9.(02:34~03:08)直的、橫的格樁，形成一些井字型的牆面，空洞處再填補 20~30 公分立徑的鵝卵石，產生比較多的排水孔。

10.(03:10~03:34) 漿砌石擋土牆的排水孔不能太多，會減抵擋土牆的強力。因此，主要建在較安全之坡地。

12.(03:36~03:46)在水匯集比較多的地方，主要建置格籠式擋土牆，可以宣洩比較多的水。

13.(03:50~04:15) 再來是河流的護岸，可以用混凝土及鵝卵石砌成護岸，保護相關的設施。

14.(04:18~05:00) 城市因水而偉大，水與我們生活息息相關。在下方野薑花旁邊建置一個親水區，讓百姓可以就近河流，並觀察水中生物。

15.(05:01~05:20) 野溪治理常常將河道以階梯方式建構，水流會變得較緩慢。

16.(05:21~05:35) 這一些小平台可以提供親水的設施及環境。

17.(05:50~06:15) 野溪=沒有名的溪，沒有名的太多了，因此野溪治理是一件很重要的課題。

18.(06:16~06:35) 野溪是主要的水源，要讓它能為我們所用，達成共存的雙贏局面。

五、平台階段

1.(00:01~00:25) 以前老一輩對山坡地的運用，往往處理成階梯狀的土地，再加以耕種。

2.(00:26~00:42) 以現今的概念而言，階梯狀土地的開發成本太高，且花費的時間比較長。

3.(00:44~00:57) 從水土保持的概念而言，對坡地的勞動愈大、對坡地的傷害愈大，包括在山坡上農耕的行為。

4.(00:58~01:40) 如果在山坡地上種植水稻勢必要整理成梯田，但種植果樹就沒有這個必要，也可以降低經營的成本。

5.(01:42~01:18) 事實上，一些土地在老一輩時期，已被整理成梯田了，坡地也歷經各種沖蝕，而趨於穩定。

6.(02:00~02:52) 目前在鄉下、山上的人力以老年人居多，動力搬運車變成是主要的運輸工具。階梯式的土地不利搬運車的行駛，因此需要對土地進行改良。

7.(02:53~03:40) 主要進行階段改善，在各階之間打掉一部分的牆，變成階梯之間的道路，讓搬運車可以運送肥料、水果等，大量的節省人力。

8.(04:00~04:36) 老一輩已處理的坡地盡量維持現狀，只要適度加以水土保持，例如適當地加入 U 型溝、縱向排水、橫向排水、跌水等工法，山坡地就可得到理想的維護。

9.(05:15~06:00) 平台階段：坡地是一個斜面，在適當位置進行切割，就變成一階、一階的梯形坡地，每一階就是一個平台。

10.(06:20~08:00) 砌石台壁：在切割處建置一道擋土牆，以免被沖垮。早期用水泥與鵝卵石所砌出來的牆。現在大都直接用鵝卵石砌出透水性較佳的擋土牆，也就是俗稱駁坎。

11.(08:00~08:24) 現在的砌石台壁除透水性佳之外，縫隙可以長草，有利小昆蟲的成長，可以保持自然風貌及維持理想的環保要求。

六、農塘與固床工

1.(00:01~00:10) 來到農塘，水流聲很大，太自然的風貌。

2.(00:14~02:20) 控制流心：水溝的橫切面切出一個 U 或 V 字形的切口。可以降低水流的衝擊力，是一種消能的工法。

3.(02:08~02:50) 可以發現水溝的每一階落差的前端常會打出一個 V 字形的缺口，可以讓水流往河道的中心匯流，以減少對河床的破壞。

4.(02:52~04:08) 現在所在地就是水土保持工程的最末端，將水與土兩樣自然資源收集起來的地方，就是農塘。

5.(04:20~05:08) 水流進入農塘之前設有一道閘門，平常砸門是關的，不讓上游的水流出去，而是流入農塘。當大雨或雨季農塘的水已滿，就將閘門打開，讓水直接往下游流走。

6.(05:10~06:20) 上游的水流會夾帶一些砂石，因此在農塘之前又設置一個沉砂池，沉砂池內又有兩個小格，中間有一個低於水面 10 公分的隔板。

7.(06:22~07:05) 當滿水位時，第一個格籠會擋下大部分的砂石，並讓其沉澱。第二個格籠再擋下其中較細的砂石。等雨季過後，再清

理沉砂池內沉澱砂石，可以降低清理的費用及時間。

8.(07:10~07:46) 農塘用處之一：取農塘的水作為灌溉之用，當作噴灌、滴灌之用水。架好水管，可以噴灑植物或灌溉植物的根部。

9.(07:47~08:23) 農塘用處之二：作為施肥、施藥的溶劑，例如施肥時，肥料與水的比例為 1:2000，農塘就能提供足夠的水加以稀釋。

10.(08:25~08:50) 農塘用處之三：養殖魚蝦，在住家附近的農塘養殖魚蝦，也可以養一些鴨、鵝。達成農、魚、牧共同經營的極致效果。

附錄六、VR 全景影片註解文字稿-華山土石流教學園區

一、生態工法與砌石工法

1	00:15~00:32	華山土石流教學園區
2	00:42~00:48	生態工法與砌石工法
3	00:48~00:55	吳永堃先生開講了
4	01:04~01:22	生態工法的原則：就地取材、粗造化、縫隙讓植物生長及生物躲藏
5	01:23~01:27	縫隙變成生物的家
6	01:34~01:47	河的兩旁護岸、橫向固床工都是就地取材所砌起來的
7	01:50~02:15	生態工法的好處：就地取材省掉運費、非鋼筋混凝土而是自然的砌石
8	02:20~02:30	先民所砌的梯田牆，經過 921 的考驗，竟然沒有損壞
9	02:32~02:40	鋼筋混凝土之透水性不佳時，產生壓力之後，會將牆推垮
10	02:41~02:51	生態工法：透水性佳、沒壓力、地震愈搖石頭卡愈緊

二、猴洞橋

1	00:10~00:25	我們正在猴洞橋上，可是沒有看到猴子
2	00:25~00:44	莫拉克颱風造成北邊山坡滑動，水保局馬上來勘查，發現地表水太豐富，造成地滑現象（2009 年 8 月 7 日登陸台灣）
3	00:46~01:00	山坡上挖了三口集水井，引水到井內，再排到華山溪
4	01:02~01:16	整治山坡的工法：砌石工法、加勁擋土牆、蛇籠，皆是生態工法
5	01:32~02:04	當初勘災時，發現山坡上的樹木有傾斜現象，上去觀察之後，發現裂縫達到一米之寬
6	02:04~02:12	後由水保局進行勘查、規劃、設計、施工，整片山坡得以穩定下來

三、梳子壩

1	00:20~00:36	吳先生的後方有一座像梳子的構造物，它是二號梳子壩
2	00:36~00:48	從上游到下游依序為一號、二號、三號梳子壩
3	00:50~01:00	一號梳子壩的壩距、縫隙為 2.5 米，二號梳子壩的縫隙為 2.0 米，三號梳子壩的縫隙為 1.0 米
4	01:02~01:22	主要功能：分離土石流裡的大石頭，以免破壞下游建築物、橋樑等
5	01:22~01:46	最後只讓中石頭、小石頭、砂流到下游。以免掏空下游橋樑基礎、海岸線退縮
6	01:48~02:15	堆疊廢輪胎放在一號梳子壩的前面，當作防撞設施
7	02:18~02:52	世界先進的建設：由大到小的開放式梳子壩，分流不同大小的石頭
8	02:56~03:20	在後方所看到的是固床工，另外還有黃色、紅色指標線，可讓觀測站觀測水位
9	03:22~03:32	各梳子壩的前方皆有一條鋼索，作為土石流的感應器
10	03:36~03:54	當梳子壩前鋼索斷裂了，監控電腦指示燈由綠轉紅，就知道土石流已到該梳子壩
11	03:55~	最好所有指示燈皆為綠燈，土石流沒有發生

四、觀測站與土石流感測器

1	00:20~00:32	爬到半山腰，來到了土石流觀測站
2	00:32~00:56	土石流觀測站：建築物、大耳朵衛星接發器、雨量筒、氣象儀、風向儀
3	00:56~01:12	氣象儀：溫度、濕度、大氣壓力、土壤含水量等指示資訊
4	01:14~01:38	在上游有鋼索檢知器、地聲檢知器。皆為土石流的感測器
5	01:38~01:43	這一些檢知器的資訊透過觀測站的衛星發送器，傳達到防災中心
6	01:44~01:48	我們可以容易利用家裡的電腦或 APP，連到防災中心，即時獲得現場的資訊
7	01:50~01:58	Key in 246，就可以搜尋的防災中心的網址：246.swcb.gov.tw
8	01:59~02:09	"246"音近"土石流"
9	02:10~02:22	全國有 14 個觀測站，2 台活動式觀測車，可以收集全國完整的資訊
10	02:30~03:01	世界先進的工法、觀測站，日本、大陸、印度等團隊相繼來參訪
11	03:22~03:38	該土石流觀測站由逢甲大學 GIS 中心負責管理
12	03:40~04:03	後方的山為"大尖山"，海拔 1304 公尺，是西部的高山，可當作航海的指標
13	04:04~04:25	目前所在地為 550 公尺，後面馬上高拔到 1304 公尺，氣溫急遽下降

14	04:26~04:35	海邊的水汽飄到華山地區，遇到冷空氣，就開始下雨
15	04:36~04:43	因此，華山地區幾乎是全國下雨量下最多、下最大的區域
16	04:45~05:05	吊橋：小天梯，繩索橋：情人橋。為兩個著名的景點
17	05:15~05:32	各梳子壩的上游端皆有一條鋼索檢知器，當土石流撞斷鋼索檢知器會被通電，將信號送回觀測站
18	05:34~05:56	地聲感知器裝在河岸旁，可以偵測到土石流流動的震動波，再將信號送回觀測站
19	05:57~06:17	另有四支攝影機，透過衛星傳送，可以在電腦上隨時監測現場的情境
20	06:18~06:32	隨時的監控、充分的準備，大家有信心過著安穩的日子

五、格柵壩與頂鑄型鋼管壩

1	00:10~00:40	吳先生的右後方：預鑄型鋼管
2	00:42~00:55	預鑄型鋼管壩的好處：施工快速、可隨時拆卸
3	00:56~01:08	吳先生的左後方：格柵壩。也是由鋼管所製作出來，但是用焊接工法所完成，不易搬動
4	01:10~01:20	鋼管壩的縫隙 3.5 米到 4.0 米，比梳子壩的縫隙還大。在最上有攔下更大的石頭
5	01:21~01:43	鋼管壩的下方就是一號梳子壩，由於鋼管壩攔下較大的石頭，可減輕梳子壩的衝擊力
6	01:46~01:55	一號梳子壩完工之後，發現乘載力可能不夠，後來水保局在加做上方鋼管壩
7	01:56~02:14	鋼管壩上方是一大片的崩塌地堆積層，加裝鋼管壩之後，下流會更安全
8	02:16~03:24	吳先生的右方：鋼索檢知器及一號梳子壩
9	02:35~03:02	莫拉克颱風時，攔下很多大石頭，後來分散到兩旁的護岸及進行穩坡工程，目前長滿樹木及雜草，算是一項成功的護坡工程

六、土石流教學園區防災疏散避難

1	00:10~00:18	土石流產生的原因：下過大的雨、崩山的土石材料
2	00:20~00:32	各項防治工程努力在進行，但從山頂往下看，河道工程只能算是小小的一根牙籤而已
3	00:34~00:42	雖已努力，但仍無法百分之一百的保證，因此會依不同的天候，訂出紅色、黃色警戒
4	00:43~01:01	黃色警戒：陸上颱風警報開始到預測警戒值的這一段時間。先撤離老弱婦孺，及病患，到附近的收容所
5	01:02~01:25	紅色警戒：持續下雨下到超過 300 公厘。所有的居民(被保全的地區人民)必須強制撤離到收容所
6	01:26~01:44	最先的收容所安置在附近的廟裡，但不安全。再搬到附近的學校，但仍不安全。最後搬到民宿，算是相對安全的收容所
7	01:48~01:52	若居民不撤離的話，將會引用罰款條例，進行開罰
8	01:53~02:04	謝謝專家幫忙調查出一些安全的地方，讓百姓有所避險

附錄七、VR 全景影片註解文字稿-嘉義農試所水土保持戶外教室

一、人工模擬降雨沖蝕與覆蓋作物根系試驗

1	00:17~00:49	土石流發生的條件：砂石堆積、豪大雨、陡坡
2	01:05~02:41	坡面有三種處理方式：1.淨耕（裸露面）2.敷蓋（鋪蓋草、塑膠布、或毯子）3.覆蓋（種樹、植草）
3	03:07~03:23	裸露區的大燒杯很快就收集到很多水且很混濁
4	03:26~03:54	敷蓋區透過塑膠布流下來的水很快，逕流量大，但很乾淨。敷蓋草的區域遲遲看不到水流下來，延緩水停留在地表的時間的時間
5	03:56~04:31	植生覆蓋區受植生樹木、草等影響，水很久才流下來
6	05:37~06:57	種果樹等作物，以樹為圓心，一米為半徑把圓內的草割除，再將割掉的草鋪在圓圈裡，保護裸露的地面，讓圍區域內的草與作物共存的雙贏局面
7	07:09~07:14	植物根的特性：向地性、向水性、背光性
8	07:18~07:36	根系觀察箱（有一道黑門，觀察時再開門）：百喜草、兩耳草、地毯草、牛筋草、假儉草、蟛蜞菊
9	08:40~08:52	百喜草的根可以長到 150 公分，又很粗，造成土讓的透氣性、透水性佳
10	08:58~09:16	根會死掉，腐爛之後，變成蚯蚓的食物，分解成有機質，土壤的肥沃力變強
11	09:30~10:22	不是只有山坡地有沖蝕現象，我們也要注意平地的沖蝕問題

二、橫向排水

1	00:05~00:35	這裡是一處較大坡面：東邊較高、西邊低，水流方向由東向西
2	00:35~00:45	縱向排水：東向西流動的排水方向（主要流動方向）
3	00:46~01:13	下大雨時縱向排水無法，將所有坡面的水及時輸送掉，因此每隔幾十公尺，增設一道橫向排水溝
4	01:13~01:25	將山坡上的水先匯集到橫向排水溝，再匯流到縱向排水溝，形成一個完整的排水系統
5	01:37~01:57	有了橫向排水溝之後，每一道橫向排水溝，主要處理其上方坡面的排水，可以減緩大水的衝力
6	02:02~02:15	縱向排水為主，橫向排水為輔，可以降底水流的重力加速度及衝擊能量
7	02:17~02:25	水土保持最重要的議題：如何將水排至安全地點？
8	02:26~02:52	按照水流的動向規劃排水溝，讓水順利的流走，可以減輕水土的沖蝕及破壞力
9	02:53~02:58	總結：將水安全排開，是水土保持的最重要工作之一
10	03:00~03:22	縱向排水溝為必要設施，橫向排水溝視坡面規模決定是否建置

三、跌水

1	00:14~00:37	跌水=FallingWater
2	00:56~01:43	經由涵管或溢水口，讓水垂直跌落到坑洞，等水滿過坑洞的出口涵管，再往下流，可以減弱其衝擊力
3	01:46~02:38	水流以較緩慢的速度，流到溢水口，再快速掉落到坑洞，等水集滿之後，再以較緩慢的速度向下游宣洩
4	02:41~03:07	以慢、快、慢的節奏，破壞水流的重力加速度，以減緩水流沖刷的問題
5	03:18~03:45	另外，水流經過跌水區的處理可以消耗其動能。因此，沖刷問題就不會出現山坡地
6	03:49~03:53	跌水坑洞的大小可由地形、水量大小決定
7	03:56~04:08	有橫向排水設計的坡面，其坡面一定很大，豐水期落水量很大，其跌水必須設計較大一些
8	04:09~04:24	如果在縱向水溝中，建置一些跌水，讓水流逐漸減緩，跌水可以做較小的 size
9	04:25~04:32	如果落差越大，則跌水建置的 size，也必須相對較大
10	04:48~04:57	跌水的出水口，會比坑底高，讓水緩衝之後，再流出去
11	05:08~05:29	跌水日久之後會累積一些砂石，必須雨季來臨之前加以清除
12	05:48~06:12	一般溢流口要最作成倒梯形的缺口，可以排出控制水流的流心

四、擋土設施及野溪治理

1	00:10~00:15	背景傳來潺潺流水的聲音，身歷其境
2	00:16~00:21	水必須適當的處理，才不會造成破壞
3	00:22~00:31	水流的作用：沖蝕、搬運、堆積等。其中沖蝕造成坡地的傷害較大
4	00:32~00:44	侵蝕的造成與坡地的坡度有關，坡度愈陡，下雨所造成的沖蝕就會較大
5	00:45~00:54	沖蝕造成崩塌，坡地崩塌問題的處理很重要
6	01:08~01:18	混凝土中~~再~~加一些鵝卵石，~~所~~形成一道"漿砌石擋土牆"
7	01:24~01:59	鋼筋混凝土的擋土牆，有很多的排水孔，下雨時，雨水滲入土裡後，水會透過排水孔，流出來
8	02:11~02:42	野溪轉彎之外側，屬於沖蝕面。因此，以格籠式擋土牆來承受衝擊，減緩侵蝕的發生
9	02:44~03:17	直的、橫的水泥樁，疊成井字型的牆面，空洞處再填補 20~30 公分粒徑的鵝卵石，產生比較多的排水孔，增強邊坡的穩定性
10	03:20~03:45	漿砌石擋土牆的排水孔不能太密集，以免減低擋土牆的強度
11	03:46~03:55	在河流轉彎沖蝕嚴重的地方，需要建置格籠式擋土牆
12	03:59~04:26	河流的護岸，可以用混凝土及鵝卵石砌成護岸，保護相關的設施
13	04:30~05:07	水與我們生活息息相關。在下方野薑花旁邊建置一

		個親水區，讓大家可以親近河流，並觀察水中生物
14	05:11~05:20	野溪治理常用的方法是將河道以階梯方式處理，水流會變得較緩慢
15	05:21~05:45	這一些小平台可以做為親水空間及形成親水環境
16	06:00~06:20	野溪治理是一件很重要的課題
17	06:25~06:52	野溪可以提供水源，讓它能為我們所用

五、平台階段

1	00:13~00:35	早期對山坡地的運用，往往處理成階梯狀，再加以耕種
2	00:36~00:52	階梯狀土地的開發成本太高，且花費的時間比較長
3	00:53~01:05	從水土保持的概念而言，坡地的擾動愈大、對坡地的傷害愈大
4	01:07~01:43	如果在山坡地上種植水稻勢必要整理成水平階段，但種植果樹就沒有這個必要，也可以降低經營的成本
5	01:49~02:08	早期有些坡地，被整理成平台階段，坡地也歷經各種沖蝕，而趨於穩定
6	02:15~03:01	動力搬運車是主要的運輸工具，平台階段處理的土地不利搬運車的行駛，因此需要進行改善
7	03:02~03:48	階段改善，是在各階之間打掉一部分的擋土牆，變成階梯之間的聯絡道路，讓搬運車可以運送肥料、水果等，大量的節省人力
8	04:10~04:40	坡地的水土保持，使用 U 型溝、縱向排水、橫向排

		水、跌水等工程，把水安全排開，山坡地就可得到理想的維護
9	05:25~06:12	【平台階段】，是在坡面上適當位置進行切割，形成一階、一階的坡地，每一階就是一個平台
10	06:33~08:00	【砌石台壁】在每一平台階段的前緣建置一道擋土牆，以免平台階段被沖蝕毀壞。早期用水泥與鵝卵石砌擋土牆，也有用大塊鵝卵石砌出透水性較佳的擋土牆，也就是俗稱駁坎
11	08:00~08:37	砌石台壁的駁坎除透水性佳之外，縫隙可以長草，有利小昆蟲的成長，可以保持自然風貌及維持理想的環保要求

六、農塘與固床工

1	00:10~00:19	來到農塘，水流聲很大，形成一幅美麗的自然的風貌
2	00:45~02:30	固床工：水溝的橫切面切出一個 U 或 V 字形的切口，可以降低水流對坑溝兩岸的衝擊力，是一種消能的工法
3	02:30~03:00	可以發現水溝的每一階落差的前端常會打出一個 V 字形的缺口，可以讓水流往河道的中心匯流，以減少對河床的破壞
4	03:03~04:18	現在所在地就是水土保持工程的最末端，將水這種自然資源收集起來的地方，就是農塘
5	04:31~05:18	水流進入農塘之前設有一道閘門，控制讓水流走，

		或流入農塘。當農塘的水已滿，就將一側的閘門打開，讓水直接往下游流走
6	05:19~06:24	上游的水流會夾帶一些砂石，因此在農塘之前需設置沉砂池，沉砂池內又有兩個小格，中間有一道低於水面 10 公分的隔板
7	06:27~07:16	當滿水位時，第一個格會擋下大部分的砂石，並讓其沉澱。第二個格再擋下其中較細的砂石。等雨季過後，再清理沉砂池內沉澱砂石，可以降低清理的費用及時間
8	07:23~07:56	【農塘用處之一】取農塘的水作為灌溉之用，當作噴灌、滴灌之用水。架好水管，可以噴灑植物或灌溉植物的根部
9	07:57~08:32	【農塘用處之二】作為施肥、施藥的溶劑，例如施肥時，肥料與水的比例為 1:2000，農塘就能提供足夠的水加以稀釋
10	08:37~08:59	【農塘用處之三】養殖魚蝦，在住家附近的農塘養殖魚蝦，也可以養一些鴨、鵝。達成農、魚、牧共同經營的極致效果

附錄八、公文-參訪及拍攝

一、華山土石流教學園區

受文者：行政院農業委員會水土保持局南投分局

主旨：擬參訪雲林古坑華山水土保持戶外教室收集計畫需求相關素材，敬請 惠予同意與協助後續參訪事宜。

說明：

一、 國立虎尾科技大學資訊管理系蔡鴻旭教授執行『水土保持局創新研究計畫』，計畫名稱:運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析，計畫編號:106 保發-11.1-保-01-06-001(32)。

二、 因計畫內容需求，擬參訪雲林古坑華山水土保持戶外教室，收集水土保持相關實景。

三、 請同意參訪期間允許拍攝計畫所需水土保持相關實景。

四、 請派員協助參訪相關事宜。

五、 預定參訪日期：106 年 08 月 23 日至 10 月 31 日。

六、 參觀人數：帶隊老師、助理及同學約 3-8 位。

七、 主要聯絡人：蔡鴻旭教授、手機：0928357559、E-mail: thh@nfu.edu.tw。

副本:

二、嘉義農試所水土保持戶外教室

受文者：行政院農業委員會嘉義農業試驗分所

主旨：擬參訪嘉義農業試驗分所水土保持戶外教室收集計畫需求相關素材，敬請 惠予同意與協助後續參訪事宜。

說明：

一、 國立虎尾科技大學資訊管理系蔡鴻旭教授執行『水土保持局創新研究計畫』，計畫名稱:運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析，計畫編號:106 保發-11.1-保-01-06-001(32)。

二、 因計畫內容需求，擬參訪嘉義農業試驗分所水土保持戶外教室，收集水土保持相關實景。

三、 請同意參訪期間允許拍攝計畫所需水土保持相關實景。

四、 請派員協助參訪相關事宜。

五、 預定參訪日期：106 年 08 月至 10 月。

六、 參觀人數：帶隊老師、助理及同學約 3-8 位。

七、 主要聯絡人：蔡鴻旭教授、手機：0928357559、E-mail: thh@nfu.edu.tw。

副本: 水土保持局

附錄九、拍攝剪影

一、華山土石流教學園區



圖 附件-1 到華山古坑訪問吳永堃先生



圖 附件-2 到華山土石流教學園區場地勘查及拍攝作業

二、嘉義農試所水土保持戶外教室



圖 附件-3 到嘉義農試所水土保持戶外教室訪談李榮彬教授



圖 附件-4 在嘉義農試所水土保持戶外教室進行場地勘查及拍攝作業

附錄十、本計畫三部 VR 影片下載位置



VR 電子書下載位置(Android 版)



VR 電子書下載位置(PC 版)



VR 全景影片

(華山土石流教學園區)



VR 全景影片

(義農試所水土保持戶外教室)