

以 Unity3D 建立離岸風場人員訓練之虛擬實境模擬

李家丞^{1*} 李子宜* 沈彥竹**

*國立高雄科技大學 造船及海洋工程系

**財團法人船舶暨海洋產業研發中心

關鍵詞：Unity3D，離岸風電，離岸風場工作人員訓練，海洋環境模擬

摘要

本文目的為利用虛擬實境以達成離岸風場之人員訓練，研究中建立海洋及船舶環境之視覺模擬，構成離岸風場中工作人員執行任務之虛擬實境，達到身歷其境與增強訓練之效果。本研究採用 Unity3D 軟體建立海洋之材質、貼圖與構建著色器，並置入由 3D 圖形軟體 Blender 完成材質編輯之船體模型，在 Visual Studio 中以 C# 語法編輯海上工作人員於 VR 環境中的移動、剛體碰撞、人員之訓練動作、波浪之動態水面模擬、船舶移動及風機旋轉之腳本，並由 Unity3D 進行參數設定。最後透過 Unity3D 之場景模式中的攝影機組件進行觀測，並輸出於顯示螢幕及頭戴式顯示器作為虛擬實境操縱介面，由此研究建立風機運維船(Service Operation Vessel, SOV)及工作人員於離岸風場環境進行如高空作業等人員訓練，以增進海上工作人員對離岸風場工作過程與相關環境之知識，降低海上作業人員之工作風險。

前言

虛擬實境(Virtual Reality, VR)，一種透過電腦技術所創建的模擬環境，如圖 1 所示，透過相關儀器(如頭戴式顯示器及手把)以視覺、聽覺及操作指令之回饋，給予使用者沉浸式體驗。虛擬實境(VR)不只使用於遊戲產業，在一些技能培訓(如醫學[1]、軍事訓練[2])及心理治療(如恐懼症[3]、創傷後壓力障礙[4])中，虛擬實境已被應用。

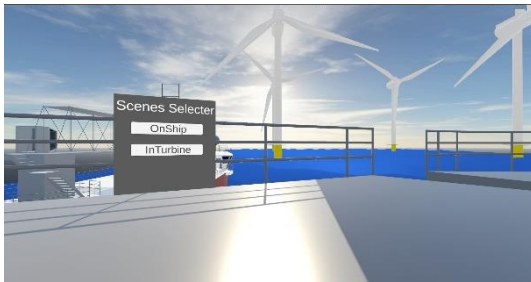


圖 1 模擬環境畫面

本研究旨在開發一套針對離岸風電人員訓練的虛擬實境模擬系統。透過構建的離岸風場工作場景，提升離岸風電工作人員對風場環境的瞭解，並通過虛擬實境技術，將學習過程轉化為一種沉浸式的體驗，從而有效降低實際訓練中的風險，實現一種安全、高效的學習環境。本研究由 Unity3D 創建虛擬環境，並結合 Open XR 及 Steam VR，針對頭戴式顯示器進行環境模擬之開發，模型、材質及貼圖則使用 Blender 3D 繪圖軟體進行建置。

Unity3D 是由 Unity Technologies 研發之遊戲開發引擎，自 2005 年發布，Unity 已經成為遊戲開發者、專業工作室以及愛好者們廣泛採用的工具之一。Unity 優點在於其強大的功能、易用性，以及對跨平台發布的支持，這使得開發者能夠輕鬆地創建並部署在各種設備上運行的 2D 及 3D 應用程式。

OpenXR 是由 Khronos Group 開發的開放標準，旨在提供一個跨平台的 VR 和增強實境(AR)應用程序開發的統一介面。Khronos Group 是一個非盈利組織，負責制定各種計算標準，如 OpenGL、Vulkan 和 OpenCL 等。

SteamVR 是由 Valve Corporation 開發的一個 VR 硬體和軟體平台，旨在提供給用戶沉浸式的 VR 體驗。它最初是作為遊戲平台 Steam 的一個擴展而開發的，現在已經發展成為一個支援多種 VR 設備的全面 VR 系統。

Blender 是免費開源的 3D 繪圖軟體，支持建模、動畫、模擬、渲染、合成、視頻編輯和 2D 動畫。以 GNU 公眾授權條款發佈(GNU, General Public License)，此條款給予終端使用者學習、共用、修改軟體之自由，目前此軟體由 Blender 基金會進行維護及更新。

¹李家丞 (F111186106@nkust.edu.tw)

軟體理論模型

1. Unity3D 專案核心

在新建專案時，Unity3D 會有不同專案選項，如圖 2，有 2D、3D 等等。本研究以 3D 為核心，後續透過設定 OpenXR 及 SteamVR，即可使用頭戴式顯示器及手把進行操作。

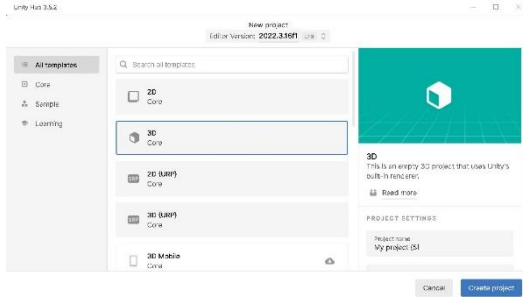


圖 2 專案核心選項

本研究專案選擇之 Unity3D 版本為 2022.3.16f1 LTS。

2. Visual Studio Code

Unity3D 編輯腳本(Script)所使用的程式語言為 C#，本研究使用 Visual Studio Code 已是一個整合開發環境(Integrated Development Environment)會自動編譯內部編寫完成之程式碼。圖 3 為 Visual Studio Code 開啟 C#腳本之畫面，於 Visual Studio Code 完成之程式碼，編譯完成後可於 Unity3D 中使用。

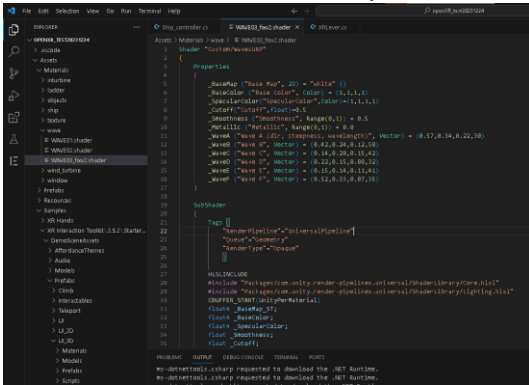


圖 3 Visual studio Code 畫面

3. 材質與貼圖

本研究船舶及風機之材質是用 Blender 設定並匯出至 Unity3D 使用，在 Unity3D 中亦可直接編輯材質，但若使用貼圖相關的設定，Unity3D 無法生成貼圖，因此須在 Blender 中創建、編輯後，再匯出至 Unity3D。材質、貼圖之設定如圖 4 及圖 5 所示。

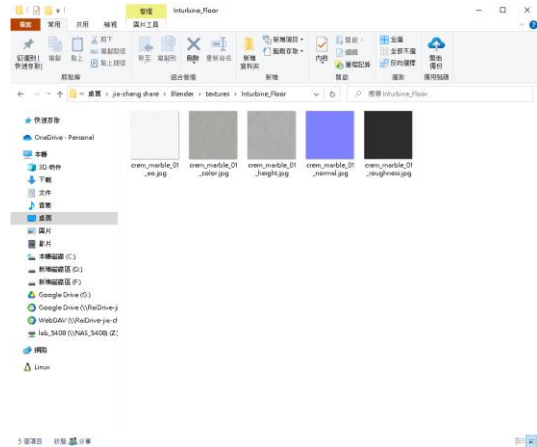


圖 4 貼圖

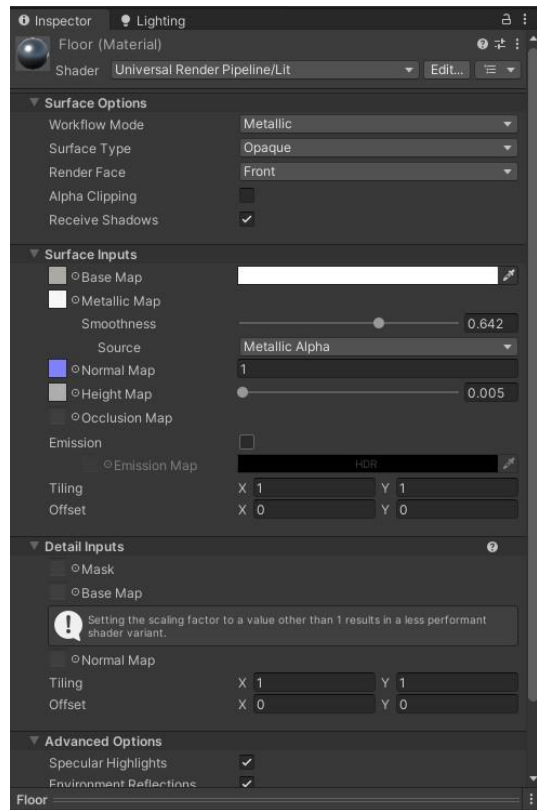


圖 5 材質貼圖設定範例

4. 著色器(Shader)創建

本研究使用著色器(Shader)呈現波浪，並以 High-Level Shader Language (HLSL)程式語言編寫，HLSL 是一種類似於 C 語言的高級著色器語言，用於 DirectX 中的可編程著色器。Shder 是主要用於繪製顯示器上內容的程式，主要由 GPU 負責運算。Shder 前端設定如圖 6 所示。

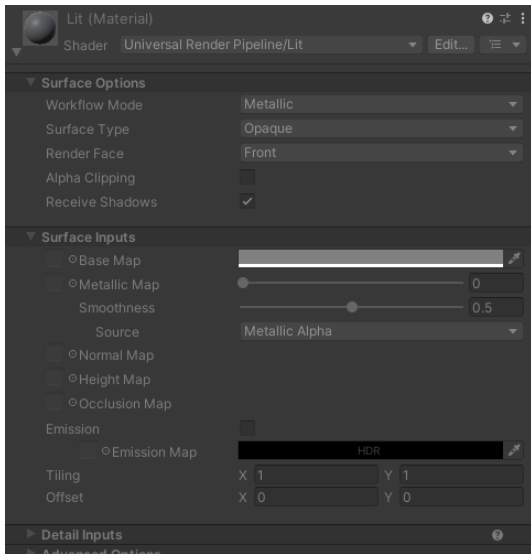


圖 6 Shader 設定

Shader 創建之前需先將渲染管線設定完成，其設定畫面如圖 7，若是原生的管線，則 Shader 以 Cg 程式語言編寫，使用 URP 或 HDRP 則以 HLSL 程式語言編寫，本研究採用 URP 渲染管線，因此以 HLSL 創建及編寫 Shader。

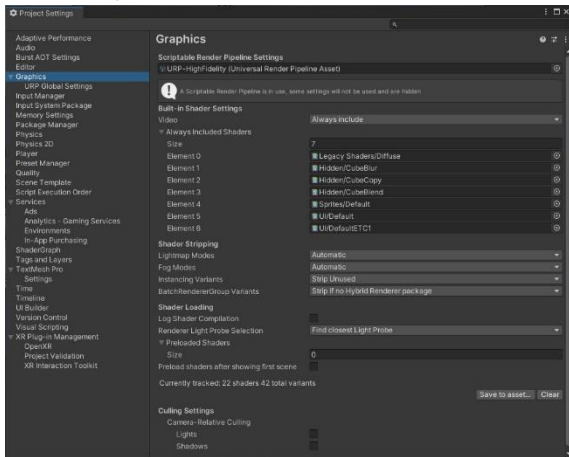


圖 7 渲染管線設定

研究方法

於 Unity3D 建立環境之前，由於 Open XR 會使用到 Steam VR SDK 及 API，因此需先下載 Steam VR，Steam VR 需先下載 Steam 後才能下載。

下載完成後並點擊執行，Steam VR 中需先設定房間的模式及頭戴式顯示器的相關設定，後續運行 Unity3D 的虛擬環境時，有相關問題(房間設定、控制器等)亦是到 Steam VR 設定。

1. 環境建立

本研究環境之波浪模型為 6 個波疊加而成之不規則波，利用上一章軟體理論模型第 4 節提到之 Shader 來進行編寫，其設計與實現方法基於文獻[5]，文獻中提供完整程式碼。然而，本研究採用之渲染管線為 URP，與文獻提供的程式碼基於之渲染管線不同，無法直接應用。此外，文獻中的波僅為 3 個波疊加之不規則波，本研究擴展至 6 個，以期達到更接近真實海洋環境的效果。真實海上波浪模型的仿真模擬，根據線性化理論與微小波浪振幅假設下[6,7]，參考規則波之波高(ξ)公式如下：

$$\xi(x, y, t) = \alpha \cos[k(x \cos \psi + y \sin \psi) - \omega t] \quad (1)$$

其中 α = 波浪振幅(m)、 k =波數(無因次量)、 (x, y) 為波浪位置、 ψ =波的方向、 ω =波的頻率(rad/sec)、 t = 時間(sec)，利用公式(1)及文獻[5]之方法，成功實現多個波疊加之不規則波，其效果如圖 8 所示。由於 Shader 編寫之波浪無法與船舶有物理上之互動，因此在船舶物體中，另外編寫船舶運動之相關腳本並套用。 $h(x, t) = a \cos[k(x \cos \psi + y \sin \psi) - \omega t]$

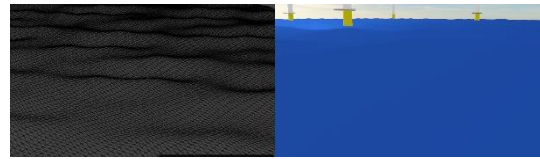


圖 8 不規則波浪呈現

波浪編寫完成後，將一個平面套用此 Shader 即可，波浪參數調整如圖 9 所示，X 和 Y 可調整波浪方向，Z 調整波浪振幅，W 調整波長。

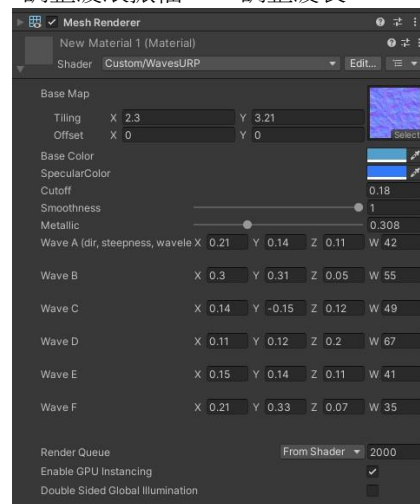


圖 9 波浪參數調整

大氣使用封裝包管理(Package Manager)窗口匯入至 Unity3D 的 WispySkyMat 資源，圖 9 為設定大氣環境畫面。

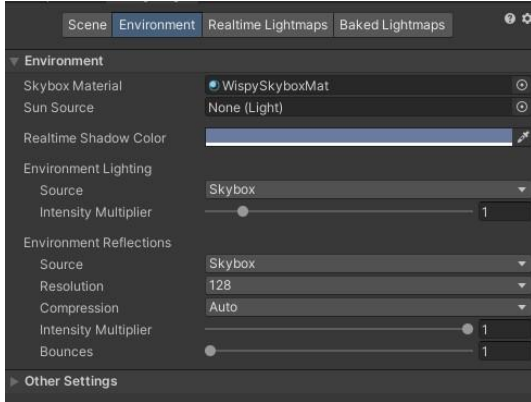


圖 10 大氣設定畫面

2. 工作船舶及風機模型

本研究中工作船舶及風機均使用沈彥竹[9]之模型，工作船舶參考現實中的 Seaway Moxie 工作船，工作船性能表如表 1，並於 Blender 中進行材質貼圖及細部調整，並於後續轉成 FBX 格式匯出至 Unity3D，圖 11 為船舶模型等角視圖。

由於 Shader 產生之波浪無法直接與工作船舶相互作用，因此須在工作船舶增加船舶運動之腳本，圖 12 為船舶運動的設定，依照圖 9 之波浪參數，進行運動之運算，並調整 Bobbing Speed 及 Bobbing Amount 以達到想要的最終成果。

表 1 模擬工作船尺寸與性能[8]

全長 (L.O.A)	74.0 m
垂標間距 (L.P.P)	70.7 m
船寬 (Extreme Breadth)	17 m
模深 (Depth)	8 m
最大吃水 (Maximum draft)	4.6 m
甲板載重 (Deck load)	500 t, 5t/ m ²
甲板面積 (Deck space)	190 m ²

總噸位 (Gross Tonnage)	4367
淨噸位 (Net Tonnage)	1311



圖 11 船舶等角視圖

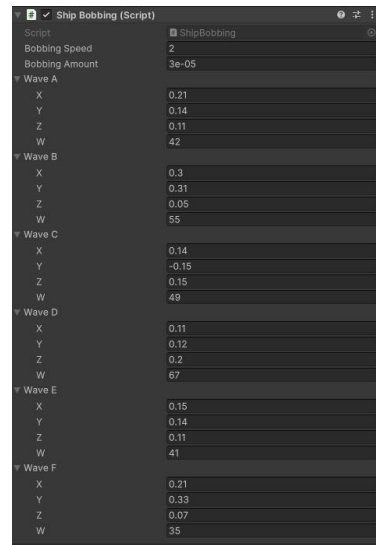


圖 12 船舶搖晃設定

風機模型等角視圖如圖 12 所示，並增加風機葉片旋轉之腳本其設定如圖 13 所示，調整 Rotate_Speed，改變風機葉片旋轉速度。



圖 13 風機等角視圖

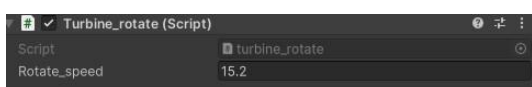


圖 14 葉片旋轉設定

3. 工作人員設定

人員視角即為頭戴式顯示器的視角，在使用之前須先確認 Steam VR 是否運行，並於 Package Manager 窗口中匯入 XR Interaction Toolkit 並於 Project Setting 中設定 Open XR 相關之設定，設定如圖 14，根據不同廠牌的頭戴式顯示器，其設定也會不相同，本研究使用 HTC VIVE Pro 的頭戴式顯示器，因此使用相關的 Profile。設定完成後即可將匯入的人員框架 XR Origin (XR Rig) 放入場景使用。後續將框架加入 Input Action Manager、XR Interaction Manager、Locomotion System，即可使用 Open XR 的一些基本操作指令(如走路、轉向、爬梯等等)，同時可加入自行編寫的程式。

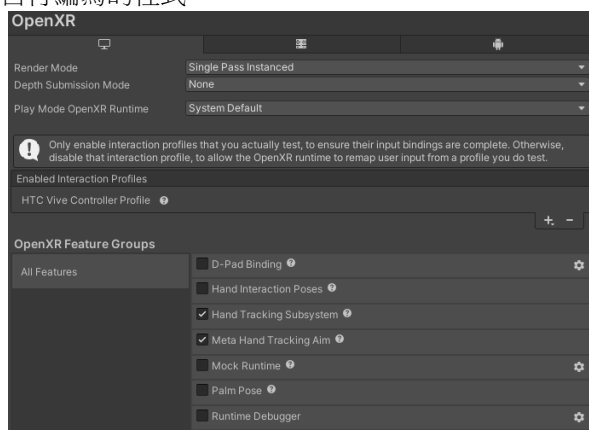


圖 15 Open XR 設定

利用手把進行 UI 操作則須先加入 Open XR 的 Ray Interactor 至手把，並創建畫布(Canvas)，將 Render Mode 設定為 World Space，如圖 15 所示。本研究的場景切換依靠 UI 做動，其 Canvas 如圖 16 所示。



圖 16 Canvas 設定

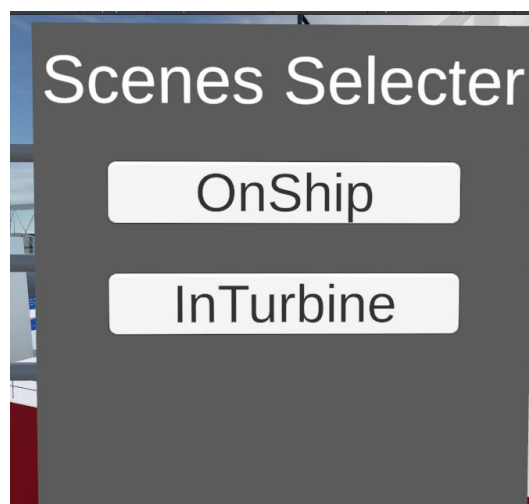


圖 17 Canvas 場景切換

將場景切換的程式套用至 Canvas 中的按鈕，即可實現場景切換。

結果與討論

風機內部及風機機艙畫面如圖 18、19 所示，在內部的訓練有工作定位及單人逃生垂降，工作定位及爬梯換面之訓練為主要於第一層中的爬梯進行，其工作定位訓練流程如下：

1. 將垂直防墜器(圖 20)掛鉤扣至工作服鉤環上(圖 21)。
2. 爬至定位點後，將工作定位繩及雙鉤繩分別扣至紅點 B 及綠點 A，定位點如圖 22 所示。

爬梯換面之訓練流程如下：

1. 將工作服另一側雙鉤繩反扣至爬梯對面之黃點 C(圖 22)，並將工作定位繩卸下，並反扣至爬梯對面之橘點 D(圖 22)，其過程如圖 23 所示。
2. 將扣至綠點 A 之雙鉤繩及垂直防墜器的繩索卸下，並爬至爬梯對面，如圖 24 所示。

單人逃生垂降，其訓練流程如下：

1. 將雙鉤繩扣至欄杆之綠點(圖 25)。
2. 將繩袋(圖 26)丟下垂降之洞口，如圖 27 所示，確認繩索是否夠長，並將捲揚式防墜器(圖 28)繩索掛鉤扣至工作服鉤環。
3. 確認捲揚式防墜器之繩索是否繃緊，如圖 29。
4. 解開於欄杆上之雙鉤繩掛鉤。
5. 從洞口小心垂降，其過程如圖 30。

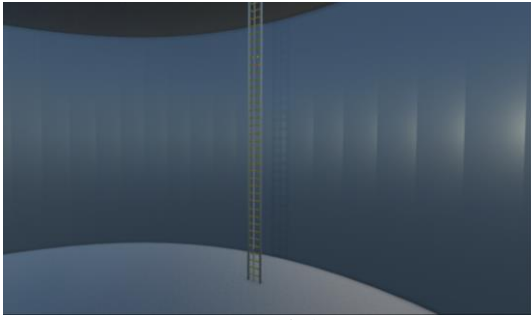


圖 18 風機內部

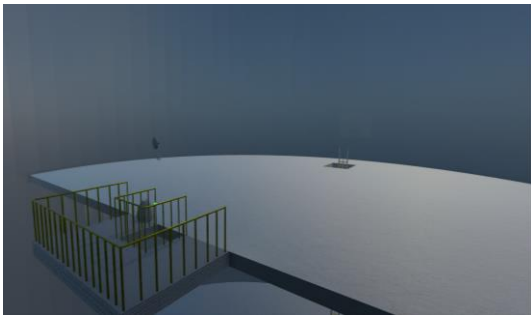


圖 19 風機機艙



圖 20 垂直防墜器



圖 21 工作定位訓練過程(垂直防墜器扣上)

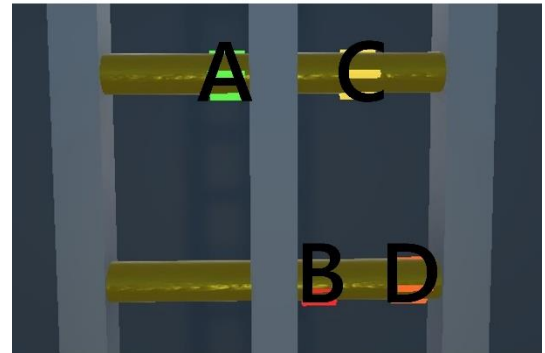


圖 22 工作定位掛鉤點



圖 23 爬梯換面過程

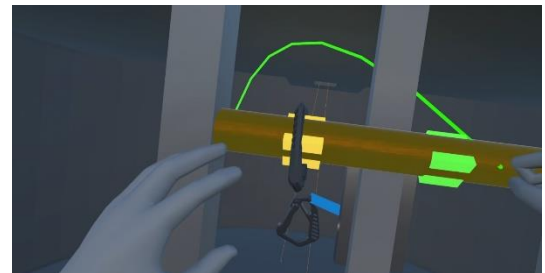


圖 24 爬梯換面完成

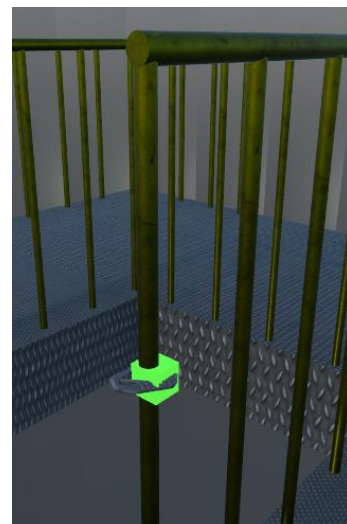


圖 25 雙鉤繩鉤子於欄杆



圖 26 繩帶

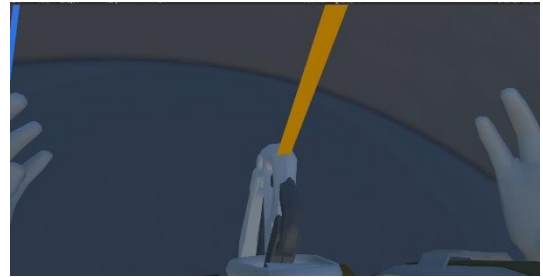


圖 30 垂降過程

本研究成果由不規則波浪海面、大氣環境、工作人員、一艘工作船舶、數座風力發電機及風機運維內部之工作訓練建置而成；工作人員於風機平台之視角如圖 31 所示；駕駛艙視角如圖 32 所示；船體運動如圖 33 所示。



圖 27 單人逃生垂降訓練過程(拋下繩帶)



圖 31 人員於風機平台

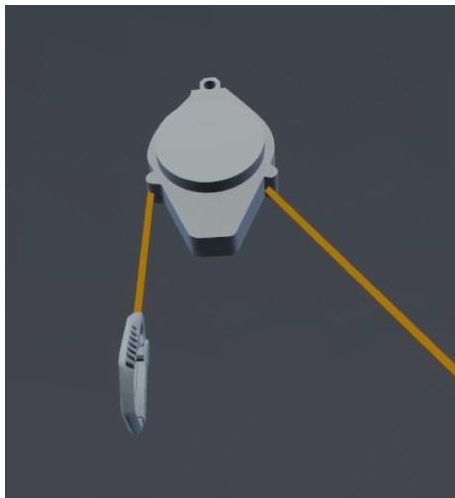


圖 28 捲揚式防墜器

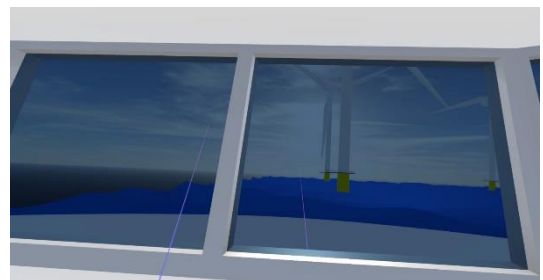


圖 32 人員於駕駛艙

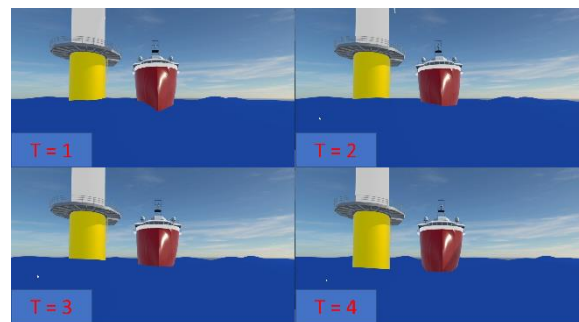


圖 33 船體運動情形

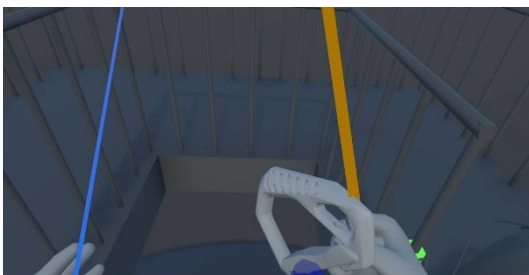


圖 29 單人逃生垂降訓練過程(扣上防墜器繩索)

結論與未來展望

本研究運用 Unity3D 軟體，透過 Blender 建構模型、材質及貼圖，使用 Open XR 作為 VR 系統的框架，針對離岸風場人員訓練，創建一套虛擬實境模擬系統。通過模擬海洋與船舶環境，構築出離岸風場中工作人員的執行任務場景，旨在提供一種沉浸式與增強效果之訓練體驗。此系統涵蓋海上工作人員的移動、碰撞、訓練動作等腳本編寫，並利用 Unity3D 的攝影機組件進行觀測，最終透過顯示螢幕及頭戴式 VR 裝置進行虛擬實境操縱。透過此研究，不僅可加深海上工作人員對離岸風場工作過程的了解，也有助於降低海上作業的風險，同時提供基本的離岸風電人員訓練環境之框架，對於訓練的延伸(如船舶操縱、滅火、海上求生、雙人垂降等等)均有幫助。

在研究過程中所遇之困難及可更完善之建議有以下幾點：

1. 船舶操縱方面，實體控制器目前尚未成功連接至 Unity3D。
2. 訓練中的精細度(如掛鉤上的動作、垂降時繩索的物理等等)仍須提升。

參考文獻

1. L. D. J. Fiederer, H. Alwanni, M. Völker, O. Schnell, J. Beck and T. Ball, 2019, "A Research Framework for Virtual-Reality Neurosurgery Based on Open-Source Tools," IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), Osaka, Japan, pp. 922-924.
2. Vesa, C., Șorecău, E., Șorecău, M. & Vesa, T, 2022, "Design, Implementation and Preliminary Testing of a Virtual Reality System Used to Train Military Personnel on a Simulated Battlefield". International conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION, 28(3) 106-111.
3. Moldoveanu, A.; Mitruț, O.; Jinga, N.; Petrescu, C.; Moldoveanu, F.; Asavei, V.; Anghel, A.M.; Petrescu, L, 2023, "Immersive Phobia Therapy through Adaptive Virtual Reality and Biofeedback,". Appl. Sci., 13, 10365.
4. Vianez, A.; Marques, A.; Simões de Almeida, R., 2022, "Virtual Reality Exposure Therapy for Armed Forces Veterans with Post-

Traumatic Stress Disorder: A Systematic Review and Focus Group," Int. J. Environ. Res. Public Health, 19, 464.

5. Jasper Flick, 2018, "Waves Moving Vertices," 取自：<https://catlikecoding.com/unity/tutorials/flow/waves/> (2024)
6. D.Carando, I.Zalduendo, 1991, "LINEARIZATION OF FUNCTIONS," 1991 Mathematics Subject Classification. Primary 46E10; Secondary 46G20.
7. MIT - Department of Ocean Engineering, 2001, "13.021 - Marine Hydrodynamics Lecture 19," 取自：https://web.mit.edu/fluids-modules/www/potential_flows/LecturesHTML/lec19bu/lecture19.html (2024)
8. Seaway7, 2024, "Seaway Moxie," 取自：<https://www.seaway7.com/vessels/seaway-moxie/> (2024)
9. 沈彥竹, 2021, "虛擬實境中離岸風場的建立與船舶之視覺模擬", 高雄科技大學碩士論文.

Establishing a Virtual Reality Simulation Of Personnel Training Offshore Wind Farms Using Unity3D

J-C, Lee Z-Y, Lee* Y-Z, Shen***

*Department of Naval Architecture and Ocean Engineering,
National Kaohsiung University of Science and Technology

**Ship And Ocean Industries R&D Center

Keywords: Unity3D, Visual Simulation of Marine Environment, Offshore Wind Power, Offshore Training

ABSTRACT

The purpose of this study is to utilize virtual reality to achieve personnel training for offshore wind farms. The study involves creating visual simulations of marine and ship environments, forming a virtual reality where staff members perform tasks within offshore wind farms, thus achieving an immersive and enhanced training effect. This research employs Unity3D software to establish ocean materials, textures, and shaders, and incorporates ship hull models whose materials have been edited in the 3D graphics software Blender. Scripts for the movement of maritime workers in the VR environment, rigid body collisions, training actions, dynamic simulation of wave surfaces, ship motions, and wind turbine-related actions are programmed in C# within Visual Studio and configured in Unity3D. Finally, observation is conducted through the camera component in Unity3D's scene mode, and outputted to display screens and head-mounted VR device as a virtual reality control interface. Through this research, a Service Operation Vessel (SOV) and personnel training in environments such as working at height (WAH) operations within offshore wind farms are established to enhance maritime staff knowledge of the work processes and environments related to offshore wind farms, thereby reducing the occupational risks for maritime staff.