



基於Unity開發之沉浸式雲霄飛車互動內容與眼動量測

整合探討虛擬環境中因素與暈眩之關聯

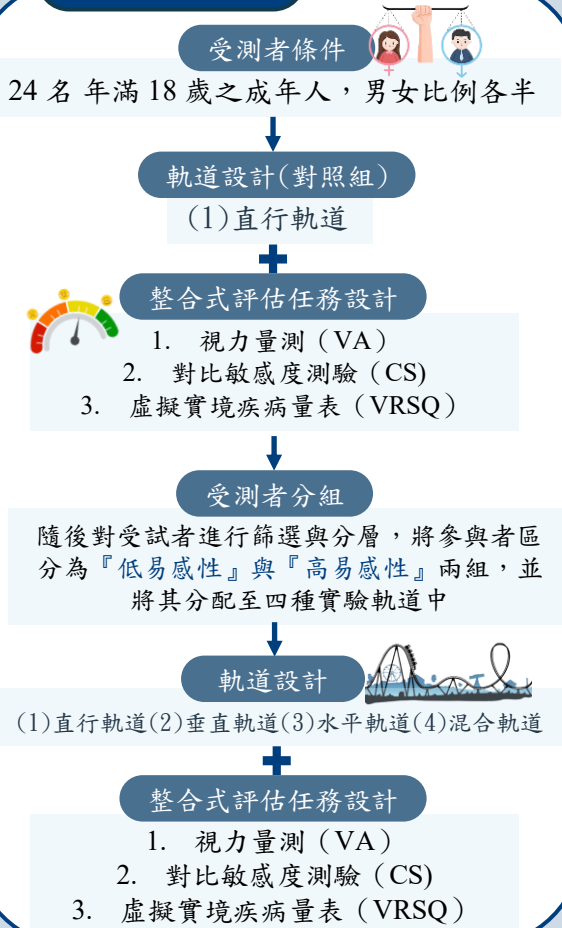
指導教授：林瑞豐教授

學生：鄭郁樺、秦靖堯、陳佩筠

研究動機與目的

VR 不適症限制沉浸式技術推廣，既有主觀量測無法提供即時與穩定的判斷。眼動追蹤裝置提升了以眼動特徵辨識不適症的可行性，但缺乏系統化刺激情境的研究。本研究建置可操控視覺—前庭衝突的虛擬雲霄飛車，探討不同軌道運動條件對眼動行為的影響，作為發展即時辨識模型之基礎。

研究架構



研究方法

資料收集與處理

- 眼動資料**：使用 Tobii XR 擷取注視、瞳孔、眨眼等訊號，並以 EMD+MSE 萃取出六組 IMF 的複雜度特徵。
- 行為資料**：量測選擇反應作業之反應時間與正確率。
- 主觀/視覺功能資料**：包括暈眩量表 (VRSQ)、視力 (VA) 與對比敏感度 (CS)。

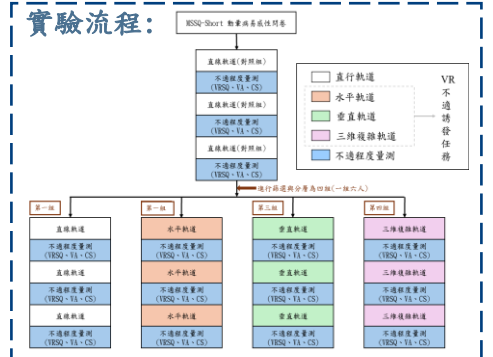
研究流程

實驗設備：



▲ VIVE PRO 2

實驗流程：



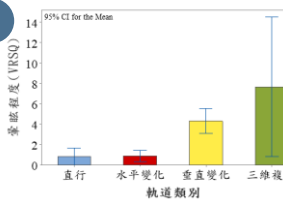
資料分析方法

- EMD+MSE 複雜度分析**：檢視 IMF1-IMF6 的 sum_MSE 變化，判斷眼動不穩定性。
- 相關性分析**：評估眼動特徵與 VRSQ、VA/CS、反應時間之關聯，以找出敏感指標。

研究結果

本研究目前完成3位受測者之初步實驗資料，涵蓋直線、水平變化、垂直變化及三維複雜四種軌道條件量測項目包含 VRSQ、視力 (VA) 與對比敏感度 (CS)。由於受測人數仍有限，且尚未依 MSSQ-Short 進行分組分析，以下結果僅呈現整體趨勢，作為不同軌道條件對暈眩與視覺功能影響之初步觀察。

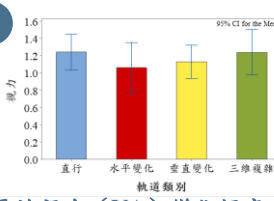
VRSQ



➤ VRSQ 分數呈現明顯差異

三維複雜軌道的暈眩程度最高，其次為垂直變化與水平變化軌道，而直線軌道最低，顯示軌道變化越劇烈，受測者產生之暈眩不適感越明顯，符合研究設計預期。

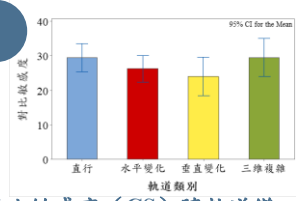
視力(VA)



➤ 平均視力 (VA) 變化幅度不大，整體仍維持於正常範圍內

相較於直線軌道，水平與垂直變化軌道下的 VA 略為下降，而三維複雜軌道僅呈現輕微波動，顯示視覺疲勞有限且可能出現適應反應。

對比敏感度 (CS)



➤ 對比敏感度 (CS) 隨軌道變化幅度下降越明顯

水平與垂直變化軌道之對比敏感度較低，而直線軌道表現最佳，顯示軌道變化越大，視覺負荷越高。

結論

(1) VR 不適的成因驗證

不同軌道誘發的視覺—前庭感知衝突強度明顯影響暈眩程度，其中三維複雜軌道造成最高不適，直線軌道最低，證實運動複雜度與 VR sickness 呈正相關。

(2) 視覺與眼動反應變化

視力 (VA) 與對比敏感度 (CS) 在動態軌道中呈現輕微下降，反映短期視覺疲勞。眼動複雜度在暈眩組顯著增加，特別於高頻 IMF，顯示眼動行為能敏感揭示不適狀態。

(3) 研究成果與意義

本研究建立一套多模態 VR 不適量測平台，完整呈現生理、視覺與主觀反應之關聯，結果可作為未來建置 VR 不適症即時辨識與預警系統的重要基礎。