

# 文化大學教師教學創新暨教材研發獎勵成果報告書

壹、計畫名稱

**物理環境模擬**

貳、實施課程、授課教師姓名

**物理環境模擬、吳聿淇**

參、前言

為了面對環境與能源的挑戰，運用資訊科技工具來拉近建築設計與真實環境之間的距離。本教學設計主要探討電腦輔助設計—環境模擬工具（Environmental Simulation Tool, EST），以環境與效能分析來思考設計策略與方法，整合物理環境的基本理論與應用，強調物理環境與建築設計之間的邏輯思維。課程將透過 Grasshopper 外掛軟體 Ladybug 的教學，進行環境模擬與分析，並配合設計課題目或實際案例研究協助學生基地的環境分析及設計方法，使學生在設計過程中即逐步整合設計形式與功能性，促使數位造型設計的成果更具有說服力，訓練學生以設計解決環境問題、強化環境特色，同時培養學生數位工具的觀念與技術。

肆、計畫特色及具體內容

## 一、教學目標

本系「物理環境模擬」課程主要教授物理環境模擬軟體 Ladybug，並配合學生建築設計課題目，協助基地分析及設計策略。109 學年度第二學期，四年級幾位學生應用課程所學，透過環境與效能分析來思考建築設計策略與方法，並參加 Bratislava Campus STU 國際性學生競圖，本研究室亦帶領兩位大專生模擬陶朱隱園外殼受日射量影響之研究，發現課程若結合實際案例，能快速建立學生學習目標與方法，引導學生從基地觀察到基地分析，結合理論與應用，亦加強軟體工具的觀念與技術，提升學生研究興趣與學習動力。

- 1、透過實際案例研究，能快速建立學習目標與方法，引導學生從基地觀察到基地分析，結合理論與應用，亦加強軟體工具的觀念與技術，提升學生研究興趣與學習動力。
- 2、使用開源軟體（Open Source）物理環境模擬軟體 Ladybug & Grasshopper，易於整合 3D 建模模型與氣候環境數據，建立資料視覺化（Data Visualization）之數據分析。
- 3、嘗試檢討設計策略與改善方案，培養學生重視環境分析與建築設計之間的邏輯思維。

## 二、物理環境模擬工具

Ladybug 是參數式設計工具 Grasshopper 在物理環境模擬方面的外掛軟體，運用外掛軟體介面中已設計好的功能性元件（Component），左側輸入所需之參數，右側輸出作用後的數據，有效整合 3D 建模模型與氣候環境資料 Energy Plus Weather Format（EPW）（圖 1）、分析空氣線圖（圖 2-1）、模擬太陽軌跡（圖 2-2）、日照時數與日照陰影分析（圖 2-3）及日射量分析（圖 2-4），能立即模擬與分析物理環境資訊並以視覺化的方式在模型上呈現，使建築物理環境的概念及策略在建築設計階段中即可討論與修正。

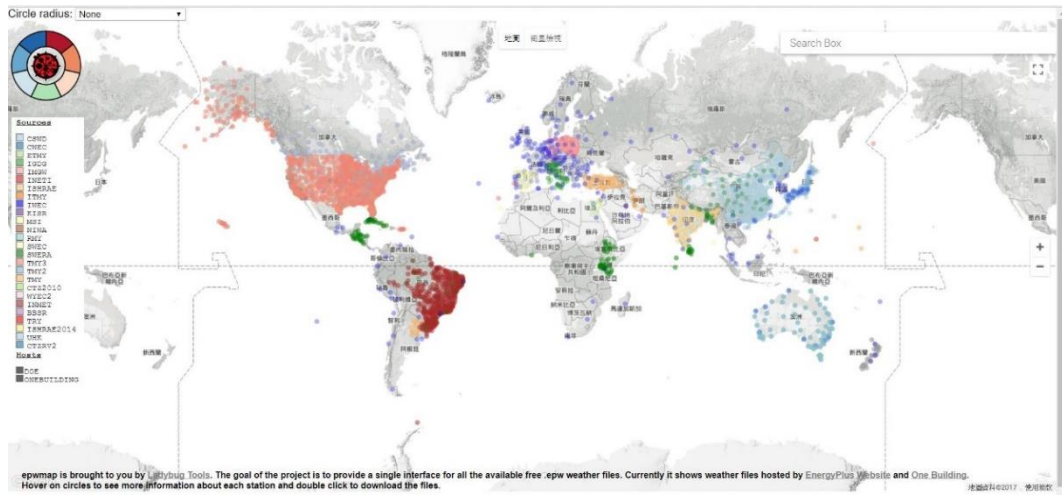


圖 1 下載氣候資料：EPW Map <http://www.ladybug.tools/epwmap/> & 微氣候資訊平台 <http://www.weatherservice.org.tw/>

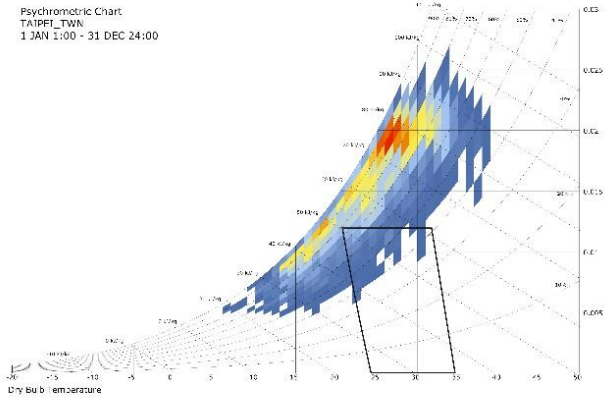


圖 2-1 Ladybug 空氣線圖

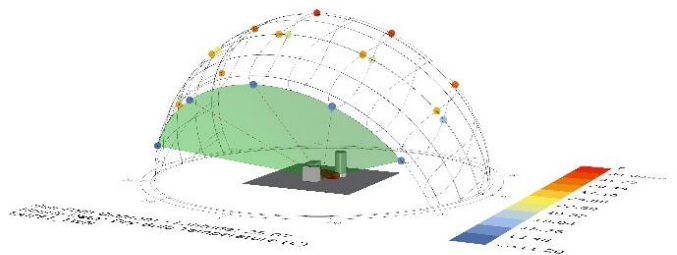


圖 2-2 Ladybug 太陽軌跡

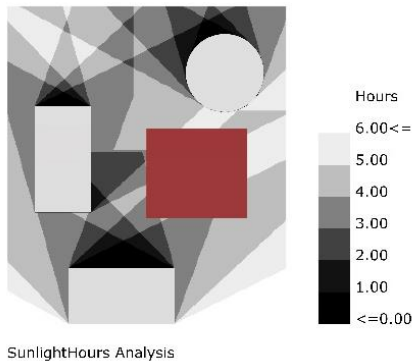


圖 2-4 Ladybug 日照時數與日照陰影分析

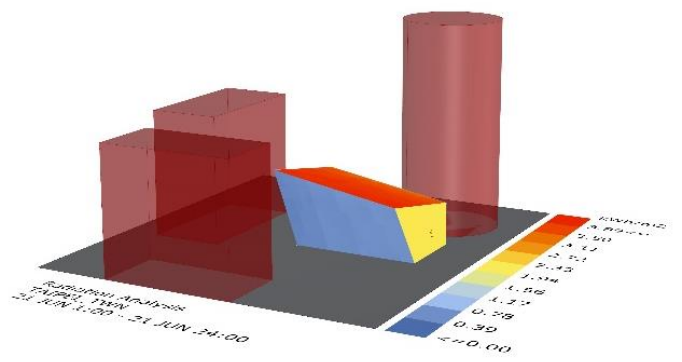


圖 2-3 Ladybug 日射量分析

### 三、教學設計

「物理環境模擬」課程大綱（表 1）中，物理環境模擬 Ladybug 教學部分大致分為兩個階段，先是透過講授法及電腦輔助教學操作的方式，以單元式且循序漸進的課程內容指導學生 Ladybug & Grasshopper 的基本功能與操作方式，再嘗試以分組討論的方式進行案例研究，訓練學生從案例 3D 建模、氣候資料下載與應用、物理環境模擬分析、檢討設計策略與成效等一系列研究流程。整合基地環境分析與理論概念，訓練學生重視物理環境模擬分析與建築基地之間的邏輯思維，本課程參考 Naboni 及 Bassolino & Ambrosini 的設計流程，大致分為四個步驟：

- 1、 建製基地環境與建築設計
- 2、 輸入氣候環境資料
- 3、 物理環境模擬與分析
- 4、 檢討設計策略與成效

表 1 「物理環境模擬」課程教學大綱

週次	教學主題	教學法
1	課程概述	講授法
2	Ladybug 教學 1_Climate Data	講授法& 電腦輔助教學
3	Ladybug 教學 2_Thermal Comfort	
4	Ladybug 教學 3_Sun Path	
5	Ladybug 教學 4_Sunlight Hours Analysis	
6	Ladybug 教學 5_Radiation Studies	
7	Ladybug 教學 6_Orientation Studies	
8	案例研究_建製基地模型	專題式學習& 分組討論
9	案例研究_分析基地微氣候	
10	案例研究_物理環境模擬與分析	
11	案例研究_檢討設計策略與成效	
12	期中報告	分組報告
13	DIALux 教學 1_User Interface	講授法& 電腦輔助教學
14	DIALux 教學 2_Edit Room Geometry / Import Geometry from CAD	
15	DIALux 教學 3_Setting Parameters	
16	DIALux 教學 4_Adding luminaires	
17	DIALux 教學 5_Simulation & Analysis	專題式學習& 分組討論
18	期末報告	分組報告

## 四、案例研究

### 1、 Bratislava Campus STU 國際學生競圖案例研究

(1) 參考大四設計課題目（圖 3），透過氣候環境與基地環境模擬，說明新建物之設計策略。

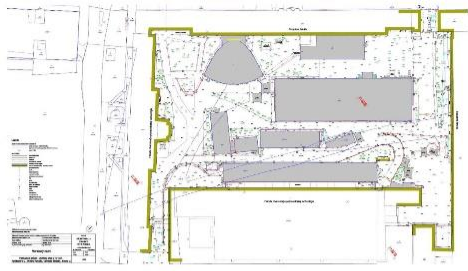
<p>109 學年度第二學期 / Second (Summer) Semester 2021                  中國文化大學建築及都市設計學系 / Department of Architecture and Urban Design, CCU                  H649 建築設計(八) / H649 Architecture Design 8</p> <h3>Student Architectural Competition for a Conceptual Design of the Slovak University of Technology in Bratislava</h3> <p>STU 校園改造設計                  吳基淇老師組</p> <p><b>Type :</b> Competition Announcement (Student Competitions)  <b>Website :</b> <a href="https://www.inspireli.com/en/awards/documents">https://www.inspireli.com/en/awards/documents</a>  <b>Organizers :</b> CTU in Prague, Department of Architecture  <b>Registration Deadline :</b> July 14, 2021 11:30 PM  <b>Submission Deadline :</b> October 01, 2021 12:00 AM  <b>Price :</b> Free</p> <p><b>Competition Subject:</b>                  The goal of the competition is to obtain ideas for a representative center of STU in Bratislava. It should include the STU innovative science center, educational, social, multi-purpose and leisure spaces such as interiors, exteriors and part of the rector's workplaces.</p> <p>The STU center should serve to students, teachers, researchers and STU employees, as well as profession experts, municipal authorities and the public.</p> <p>Its goal is to create conditions for cooperation of the professionals and academic environment, and to serve as an important city space for communication with public. This would be emphasized by the openness of the area and its connection to the main public spaces of the city.</p> <p>The diverse localization and the absence of the common campus of STU motivates the creation of the common representative center with intention to strengthen the importance of the historically established University core, today formed by 4 faculties</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faculty of Civil Engineering</li> <li>• Faculty of Mechanical Engineering</li> <li>• Faculty of Chemical and Food Technology</li> <li>• Faculty of Architecture in the city center.</li> </ul> <p>The proposed development location in the city center, its location in relation to the main urban spaces (Náměstí Slobody, Kollárovo square, Starohorska street) with links to important buildings in the area such as the Government, the Ministry of Transportation and Construction of the Slovak Republic, the National Bank of Slovakia, the Slovak Radio and Television building, the New Stage theater or the Design Center, provide preconditions for a synergistic effect of the new STU University Center and the strengthening of importance and visibility of STU.</p> <p style="text-align: center;">1</p>	 <p><b>Required program:</b>                  The design of buildings or a set of buildings, as well as verification of the possibility of transformation of the heavy laboratory building in the courtyard of the STU campus in Bratislava must include the following functional spaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovative interdisciplinary research center STU, startup center, cooperation with practice / 4000 m<sup>2</sup></li> <li>• Presentation (experiential) center of science and research / 1000 m<sup>2</sup></li> <li>• Administrative offices of the Rectorate in connection to research / 500 m<sup>2</sup></li> <li>• Social, exhibition and multipurpose spaces / 1000 m<sup>2</sup></li> <li>• Media library, study rooms / 500 m<sup>2</sup></li> <li>• Workshops / 300 m<sup>2</sup></li> <li>• Info services, entrance area / 500 m<sup>2</sup></li> <li>• Catering, restaurants, cafes / 500 m<sup>2</sup></li> <li>• Technical background / 500 m<sup>2</sup></li> <li>• Underground garage (under the building and part of the yard) (approx. 300 places) / 7500 m<sup>2</sup></li> </ul> <p>Max. 17500 m<sup>2</sup></p> <p><b>Local program for the use of free space:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spaces for gatherings</li> <li>• Spaces for relaxation</li> <li>• Educational spaces in the exteriors</li> <li>• Arens for presentations and exhibitions</li> <li>• Arens for formal and informal meetings</li> <li>• Outdoor seating for social events - Amphitheatre</li> <li>• Sport grounds</li> <li>• Pavilions</li> <li>• Greenery</li> <li>• Minimization of parking spaces at above-ground level</li> </ul> <p>An important part of the transformation of the STU courtyard is the possibility of implementation in stages                  分階段實施的可行性</p> <p style="text-align: center;">2</p>
--	---

圖 3 109 學年第二學期四年級「建築設計（八）」課程題目

(2) 登入 CADMAPPER（圖 4-1）輸入基地位置，並輸出 Rhino 3D 環境模型。

(3) 開啟 Rhino 3D 模型（圖 4-2），開啟需要的模型圖層（building and topography）。

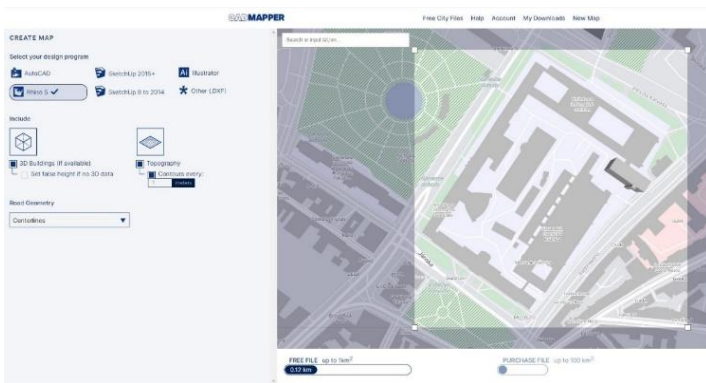


圖 4-1 CADMAPPER

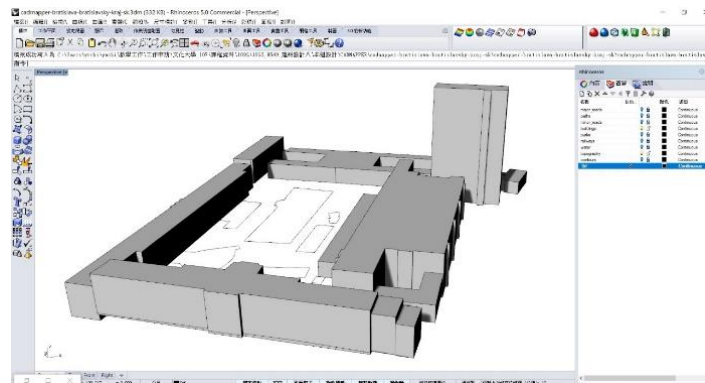


圖 4-2 Rhino 3D 模型

(4) 試做 Campus STU 校園中庭的環境資料、日照時數及日照陰影分析 (圖 5)、日射量分析。

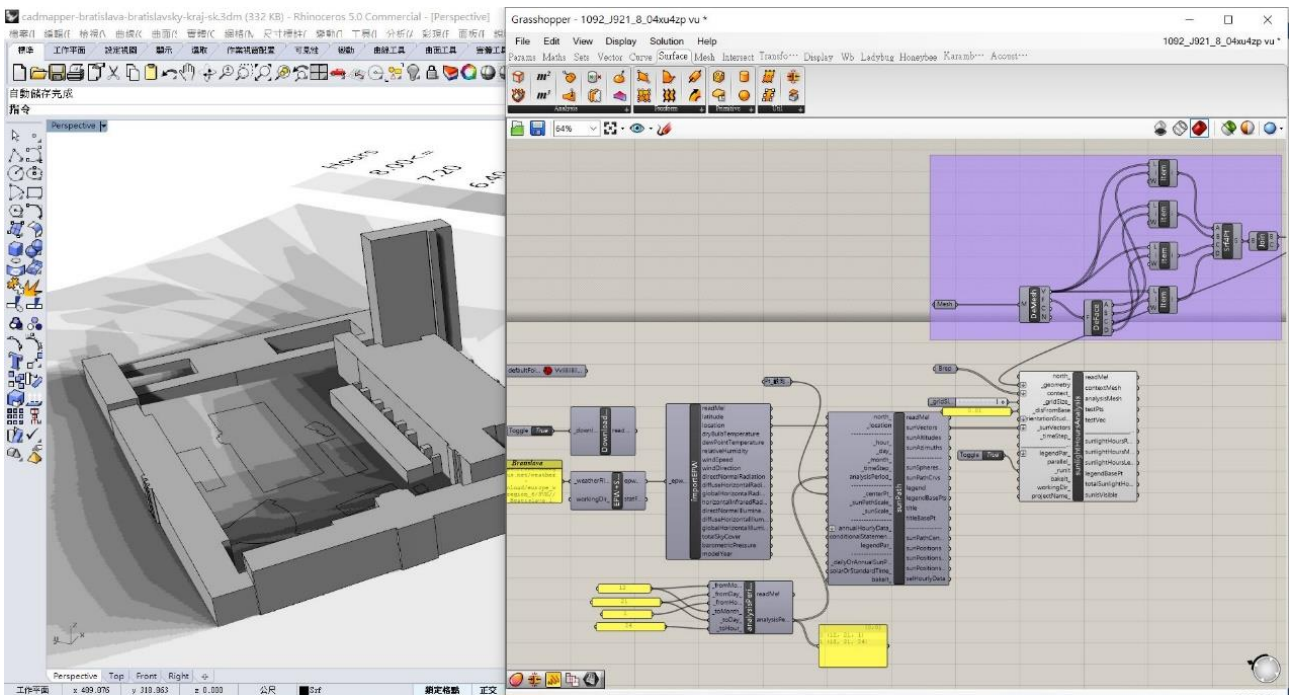


圖 5 Campus STU 校園中庭日照時數及日照陰影分析

(5) 學生參與國際競圖影片 INSPIRELI Competition Campus STU (圖 6)



圖 6 學生參與國際競圖影片 INSPIRELI Competition Campus STU

蔡翊暉參賽作品 <https://www.inspireli.com/en/awards/detail/3327>

毛賀誼參賽作品 <https://www.inspireli.com/en/awards/detail/3475>

翁鼎翔參賽作品 <https://www.inspireli.com/en/awards/detail/3310>

張品閱參賽作品 <https://www.inspireli.com/en/awards/detail/3265>

2、陶朱隱園案例研究

(1) 3D 建模：順時針方向依序旋轉 4.5 度 VS 逆時針方向依序旋轉 4.5 度（圖 7）。



圖 7 陶朱隱園順時針方向旋轉 VS 逆時針方向旋轉（學生黃思滌繪製）

(2) 輸入氣候資料與基地環境，模擬建築物四季受日射量（圖 8）之影響。

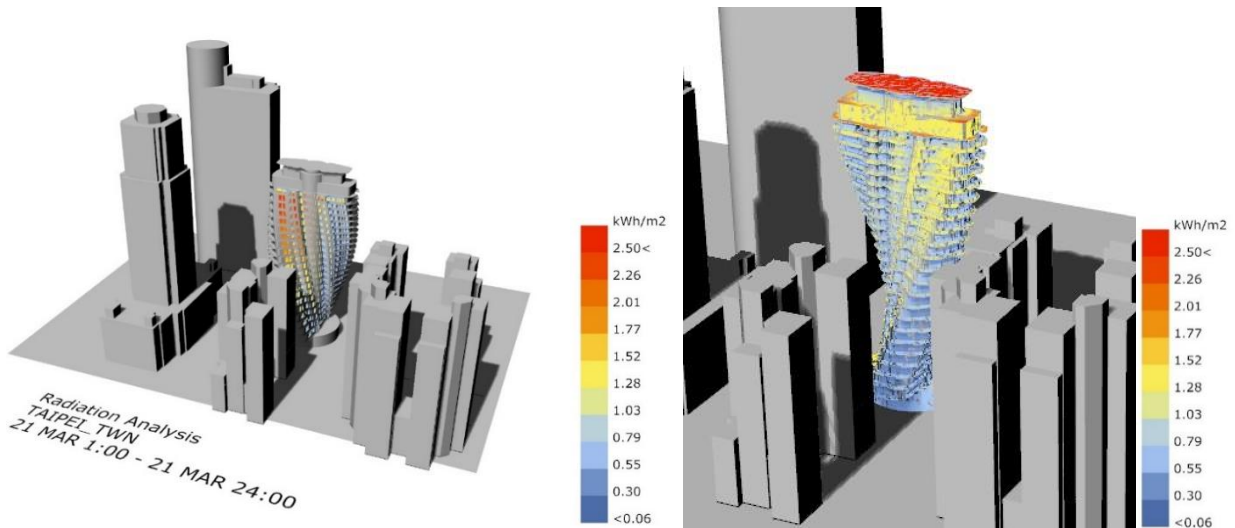


圖 8 陶朱隱園順時針方向旋轉 VS 逆時針方向旋轉的日輻射量（學生黃思滌繪製）

(3) 檢討陶朱隱園建築外殼設計受日射量數據影響。

	整棟	時段	春分	夏至	秋分	冬至	全年
			3/21	6/21	9/21	12/21	
順時針	5536410.0	A面(北)	1476.9	1738.9	1054.5	404.2	496398.4
		總面積	2646.50				
		B面(南)	2299.2	2190.0	1176.1	446.3	830389.6
		總面積	2267.46				
逆時針	5639371.3	A面(北)	1318.1	2893.2	1132.9	496.0	635105.4
		總面積	2646.50				
		B面(南)	3055.4	1604.0	1355.5	425.8	767985.1
		總面積	2267.46				

圖 9 陶朱隱園建築順時針和逆時針旋轉、各時段立面受日射量數據影響（學生黃思滌繪製）

## 五、評分標準

本課程評分方式分為四個部分：課堂參與 25%、作業 25%、期中報告 25%、期末報告 25%。課程先是以講授法加上電腦輔助教學，讓學生確實操作執行、增加記憶力，並且每次課堂練習與作業需在一周內上傳至學校課輔系統，期中報告與期末報告是以小組的方式對於實際案例進行分析與討論，必須包含檢討設計策略與物理環境成果分析。

## 伍、實施成效及影響（量化及質化，且說明是否達到申請時所期之學習目標與預期成效）

### 一、成效質化

#### 1、學生的設計案模擬

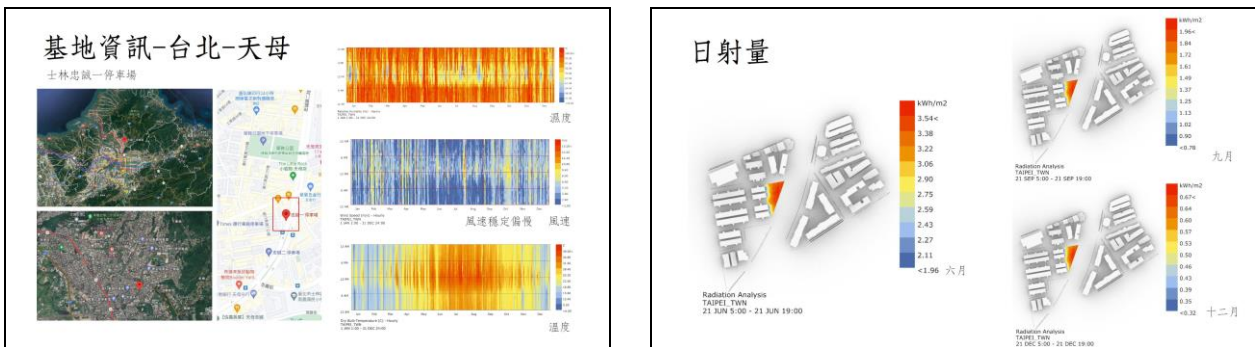


圖 10-1 王士存、周佑燦設計案

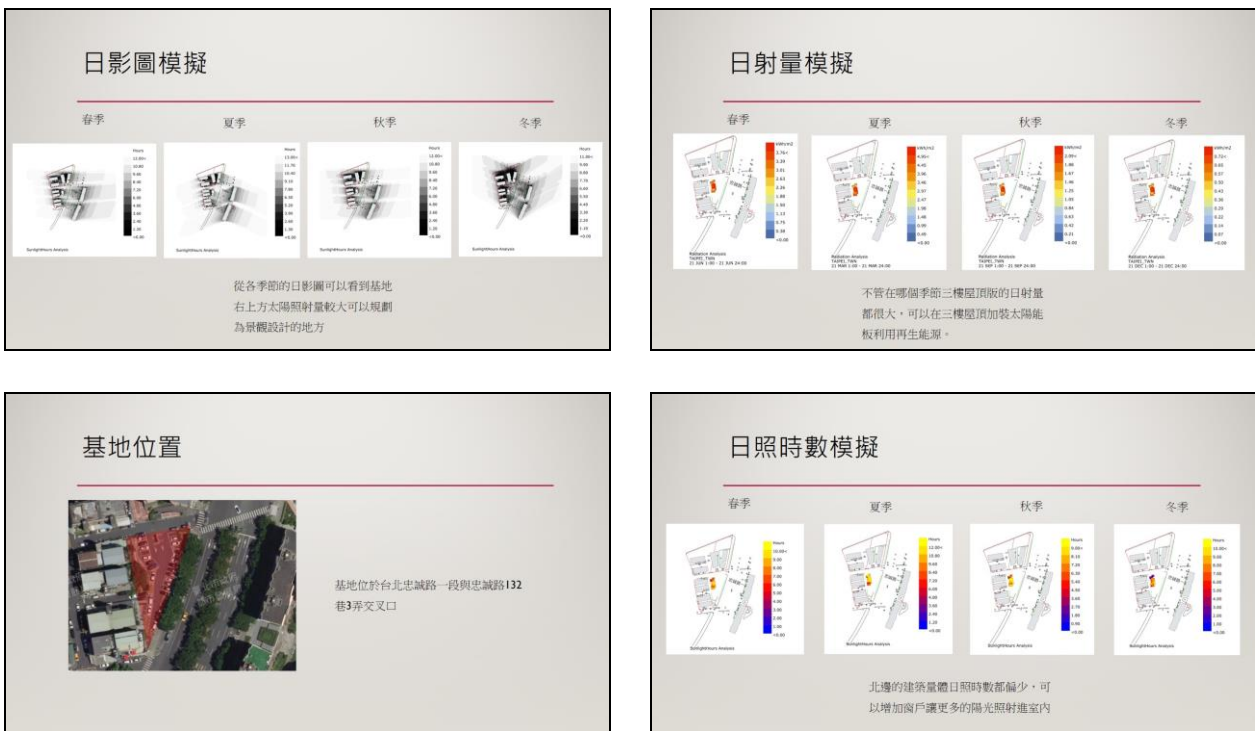


圖 10-2 張佳翰、李明濤設計案

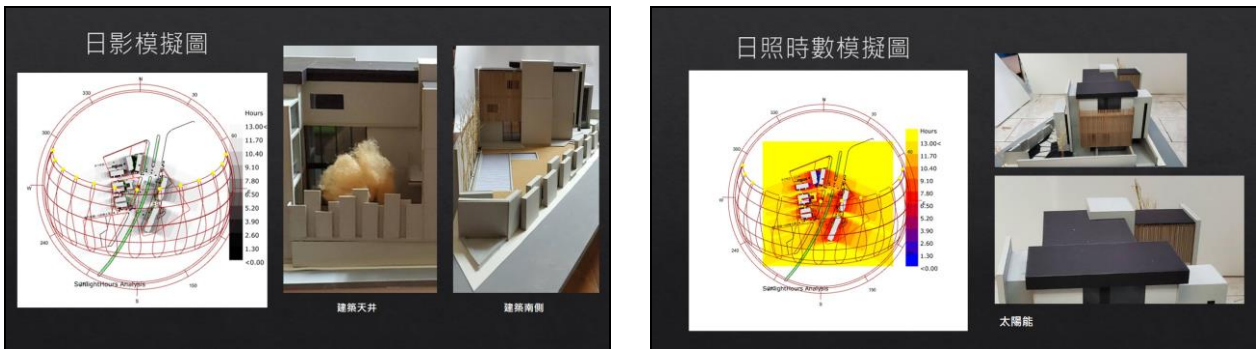
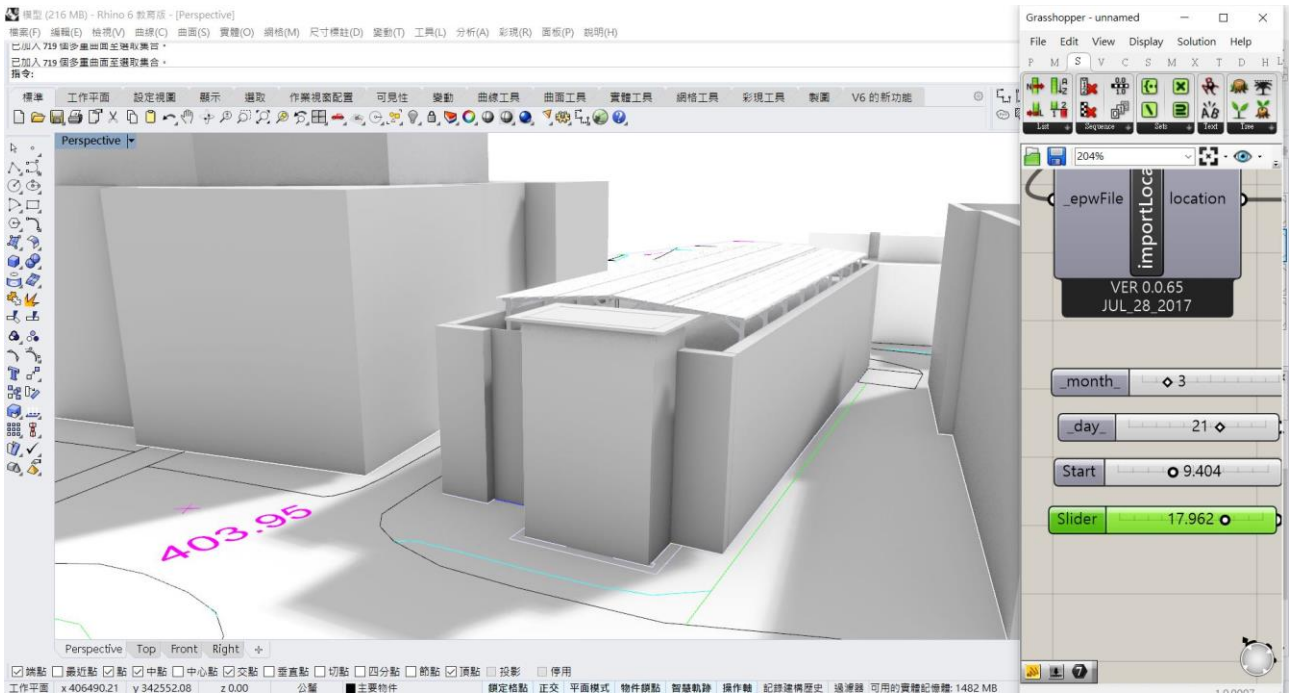


圖 10-3 林靖翔、陳政威設計案



圖 10-4 洪家臻、盧姿仔設計案

## 2、模擬文大大賢館屋頂太陽能板相互遮蔽成果



[https://drive.google.com/file/d/1ucsLCzR\\_iBjWCgnSdbPmvlAe70A5Tk-P/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1ucsLCzR_iBjWCgnSdbPmvlAe70A5Tk-P/view?usp=sharing)

圖 11 模擬動畫成果 (學生謝韋杰繪製)



### 3、DIALux 光環境模擬

玻璃牆面 (反光強烈)

反射係數: 45%

透明度: 45%

粗糙度: 70%



玻璃牆面 (將透明度提高, 使得光能透過去, 粗糙度上升, 反射較弱)

反射係數: 20%

透明度: 80%

粗糙度: 90%



圖 12-1 學生盧姿仔繪製

BEGA 50980.2K3 LED 28,8W

類似博物館展示燈, 亮度過強, 且地面材質沒選對, 反射率過高



BEGA 50400.1K3 LED 73,6W

改用一般日光燈降低亮度, 且地面改用低反射率的木頭

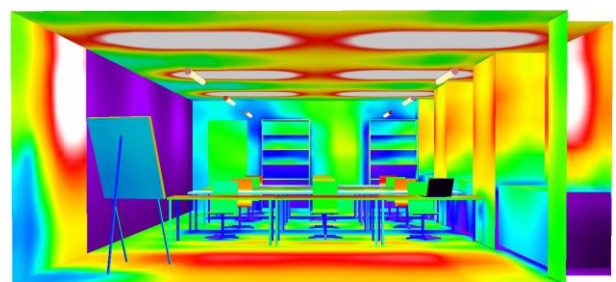
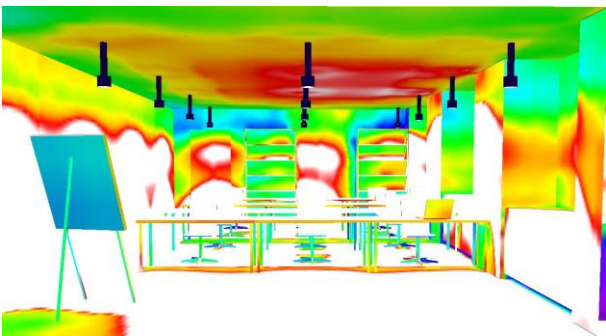
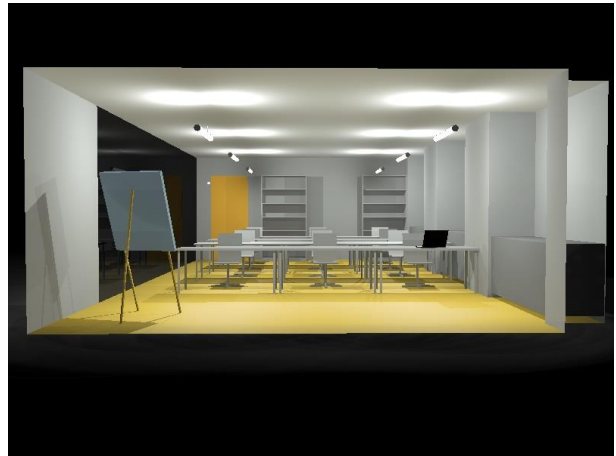


圖 12-2 學生周佑燦繪製

## 二、成效量化

依據「物理環境模擬」課程的教學目標及成效設計了一份意見調查表（表 2），全班共 47 位學生，回收有效問卷共 26 份。大部分學生反映本課程設計符合學生學習的期待，透過使用物理環境模擬軟體可拉近設計與真實的距離，有學生表示因為這堂課有去深入研究這個軟體，使建築設計作品更具真實性。同時，透過使用物理環境模擬軟體可加強對建築物理的認識，有學生表示會自行嘗試應用軟體，對室內照明設計有進一步的了解。整體來說，學生表示本課程內容偏難，一閃神就跟不上進度，也有學生發現因為遠距，課程錄影對沒辦法及時跟上的人是種補救方法，可以依照自己的進度觀看，不懂的地方可以重複觀看。

表 2、110 學年第一學期建築設計（七）學生意見調查表：

題號	題目	很不同意 (1)	不同意 (2)	普通 (3)	同意 (4)	非常同意 (5)	平均分數	
1	性別	男生 42%；女生 58%						
2	本課程設計符合學生學習的期待	0	0	3	11	12	4.3	
3	本課程能建立環境設計的觀念與技術	0	0	4	10	12	4.3	
4	本課程在建築或相關領域可實際應用	0	0	2	9	15	4.5	
5	使用物理環境模擬軟體可拉近設計與真實的距離	0	0	2	12	12	4.4	
6	使用物理環境模擬軟體、視覺化資料分析 (Data Visualization) 可加強對建築物理的認識	0	0	3	12	11	4.3	
7	本課程學習內容困難	0	1	11	11	3	3.6	
8	完成作業或報告會有成就感	0	1	7	9	9	4.0	
9	對本課程內容有興趣	0	0	6	11	9	4.1	
10	有興趣參與相關研究計畫	0	1	7	15	3	3.8	
11	請提供學習上遇到的困難或是課程建議	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可能可以在課程的安排上不要那麼緊湊，如果尤其是遠距，很容易閃神就跟不上進度。</li> <li>• ladybug 的電池運用偏難，也很容易出錯。</li> <li>• 不擅長使用電腦，不過還勉強可以跟上老師進度。</li> <li>• 有小部分東西比較複雜，有時候會覺得老師的速度有點快，會稍微跟不上。</li> <li>• 發現因為遠距，所以大部分課程都有補檔可以自行解決問題，這樣對沒辦法及時跟上的人是種補救方法，或許這樣課堂的進度也可以順利進行，不會因為同學詢問打斷。</li> <li>• 讚！我覺得滿有趣的，而且做完之後很有成就感，可以自行去設計一些場景來做變化也都不錯。</li> </ul>						

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 遠距教學的關係，有幾個軟體有設備上的限制，作業上蠻困難的。</li> <li>• 基本上沒什麼問題，單純理解一個程式需要花一點時間跟心力，有問題問老師也能聽懂所以我覺得目前 ok。</li> <li>• Ladybug 很棒，我認為這個可以跟大二的設計課做連結，然後團購買 BIM 更詳細的氣候資料，那也會有更真實的結果，我自己也因為這堂課有去深入研究這個軟體，感覺到了大四會比較有發揮。DIALux 我自己使用上感覺比較不直覺，不像其他那麼方便，但用於室內設計的光量程度，已經了解每一個室內所需多少光有進一步的了解。</li> </ul>
--	--	---

#### 陸、結論

本課程教學設計嘗試結合物理環境與建築設計領域，提高學生們對物理環境的興趣與應用。多數學生先是經過兩個學期的 2D 繪圖與 3D 建模等電腦輔助設計相關課程，使得學生在本課程中較能適應相關軟體的學習與應用。課程設計透過對都市、建築、構造物不同尺度的案例進行模擬與分析，直接反映學生設計策略的成效，訓練學生以設計解決問題，同時，檢討環境資訊、效能分析及設計策略，拉近了設計與真實環境的距離，提升建築設計的意義。在教學過程中也發現當模擬工具介入設計過程中使理論轉為應用，不僅建立學生對數位設計的邏輯思考，也強化了對建築物理的認識與應用。工具的即時互動直接反映學生對工具操作與設計邏輯的理解程度，容易讓學生試著自行思考並且嘗試解決問題，也容易讓學生產生興趣而增加學習動力，在不斷地嘗試（錯誤）也達到熟悉工具操作的能力。