

跨不同地況區域之風廊建置分析
及都市通風環境評估
成果報告書

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 107 年 12 月

跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估

跨不同地況區域之風廊建置分析及 都市通風環境評估

研究主持人：王安強

協同主持人：林子平

研究員：梁文宇、郭建源、曾淑翎、陳育成

研究助理：侯凱山、藍士棠

研究期程：中華民國 107 年 2 月至 107 年 11 月

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 107 年 12 月

跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估

目次

表次	V
圖次	VII
摘要	XIII
ABSTRACT	XVII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目標	5
第三節 研究流程	7
第四節 國內外文獻回顧	10
第二章 研究方法	17
第一節 研究區域	18
第二節 示範地點之都市通風環境評估	22
一、都市氣候資訊蒐集	22

二、都市發展資訊蒐集與建置.....	28
三、都市通風環境評估與都市風廊建置.....	31
第三節 都市風環境之時空分布與建築特徵等之關聯.....	38
一、粗糙度計算之方法.....	39
二、地表粗糙長度驗證.....	61
三、風環境與都市型態關聯性分析.....	63
第四節 緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度....	68
一、風環境與都市熱環境關聯.....	68
二、風環境與都市能源耗用關聯.....	70
三、風速減算式建置.....	71
第三章 研究成果.....	74
第一節 完成示範地點之都市通風環境評估.....	74
一、都市風花圖分佈.....	74
二、都市風廊地圖.....	78
三、都市風環境模擬分布圖.....	81

第二節 建立都市風環境之時空分布與建築特徵等之關聯.....	83
一、粗糙度預估風速分布圖	83
二、粗糙度演算風速驗證結果.....	88
三、都市風環境與建成環境之關聯	90
四、都市風環境與地形與日照強度環境之關聯.....	91
第三節 研擬緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度.....	92
一、風速與溫度及能源消耗之關聯	93
二、風速簡算式	98
三、通風改善策略與法令制度.....	101
四、計畫成果與國土計畫法令之連結及落實	106
第四章 研究結論與建議.....	109
第一節 研究結論	109
第二節 研究建議	115
第三節 研究發展	117
參考書目	119

附錄一 工作會議意見回應	123
附錄二 期中報告審查會議意見回應	126
附錄三 第一次專家座談會議意見回應	134
附錄四 期末報告審查會議意見回應	140
附錄五 第二次專家座談會議意見回應	144
附錄六 工作會議簽到表	150
附錄七 第一次專家座談會議簽到表	151
附錄八 第二次專家座談會議簽到表	152

表次

表 2-1 SkyHelios背景邊界氣候條件設定	37
表 2-2地況特性及粗糙度對照表	40
表 2-3地表覆蓋與粗糙長度對照表	41
表 2-4地表粗糙長度與粗糙度表	42
表 2-5局部氣候區分類因子對照表	58
表 2-6局部氣候區對應之地表粗糙長度	60
表 4-1研究成果對照工作項目表	109
表 4-2中央及地方可應用之相關規劃設計法源	116

圖次

<u>圖 1-1 台南市熱島分布圖</u>	2
<u>圖 1-2 迎風面積指數示意圖</u>	2
<u>圖 1-3 風環境模擬模式模擬結果</u>	3
<u>圖 1-4 德國弗萊堡氣候納入都市規劃範例</u>	4
<u>圖 1-5 研究架構圖</u>	9
<u>圖 1-6 台北氣候地圖</u>	10
<u>圖 1-7 建築風場模擬</u>	11
<u>圖 1-8 風洞實驗與風場模擬驗證</u>	12
<u>圖 1-9 基於風環境之都市規劃建議</u>	13
<u>圖 1-10 香港九龍都市風廊道評估</u>	15
<u>圖 1-11 日本與德國風環境評估納入都市設計審議案例</u>	15
<u>圖 2-1 方法對應成果架構圖</u>	18
<u>圖 2-2 研究區域台南市</u>	19
<u>圖 2-3 研究示範區域台南火車站前</u>	20
<u>圖 2-4 研究區域高雄市</u>	21

<u>圖 2-5 風環境量測儀器設置</u>	22
<u>圖 2-6 儀器設置分佈</u>	25
<u>圖 2-7 熱環境量測儀器及位置示意圖</u>	28
<u>圖 2-8 氣象局台南測站與小型氣象站</u>	30
<u>圖 2-9 經濟部能源局台南 10 米高風速</u> 台南.....	27
<u>圖 2-10 經濟部能源局台南 10 米高風速</u> 高雄.....	28
<u>圖 2-11 台南市都市發展圖層</u>	29
<u>圖 2-12 台南市建築資訊模型與總樓地板面積分佈</u>	30
<u>圖 2-13 建築立面面積指數計算方法</u>	31
<u>圖 2-14 都市三維建築物面積可視化模型</u>	32
<u>圖 2-15 風廊預估方法-最小路徑法</u>	33
<u>圖 2-16 台南建築立面面積指數分布</u>	34
<u>圖 2-17 台南建築立面面積指數分布</u>	35
<u>圖 2-18 CFD模擬模型SkyHelios操作介面與台南模型匯入</u> <u>情況</u>	47
<u>圖 2-19 都市建成環境對應之地表粗糙度以及風速</u>	38
<u>圖 2-20 粗糙長度理論圖像說明</u>	40

<u>圖 2-21 粗糙長度與風環境之關聯</u>	44
<u>圖 2-22 地表光達點雲示意圖</u>	45
<u>圖 2-23 示範區域數值地表模型</u>	46
<u>圖 2-24 數位地形模型圖像說明</u>	46
<u>圖 2-25 示範區域地表覆蓋分類圖-台南</u>	58
<u>圖 2-26 示範區域地表覆蓋分類圖-高雄</u>	60
<u>圖 2-27 示範區地表粗糙長度分佈-台南</u>	50
<u>圖 2-28 示範區地表粗糙長度分佈-高雄</u>	51
<u>圖 2-29 建築數值模型結合Voronoi地表分區分佈圖</u>	52
<u>圖 2-30 SkyHelios氣候模擬模式計算風環境介面</u>	54
<u>圖 2-31 Voronoi Diagram示意圖</u>	54
<u>圖 2-32(a)夏季西風粗糙長度 (b)冬季北風粗糙長度</u> ...	55
<u>圖 2-33 局部氣候區分類架構</u>	56
<u>圖 2-34 局部氣候區地貌分類</u>	57
<u>圖 2-35 台南局部氣候區分區圖</u>	59
<u>圖 2-36 地表粗糙度驗證之方法</u>	61
<u>圖 2-37 地表粗糙度驗證實測</u>	61

<u>圖 2-38 格點化研究區域</u>	63
<u>圖 2-39 點位環域內都市發展因子特徵分析</u>	64
<u>圖 2-40 建成座向與通風環境之關聯</u>	65
<u>圖 2-41 利用DEM處理之陰影圖</u>	66
<u>圖 2-42 高密度氣溫量測網點位設置步驟</u>	67
<u>圖 2-43 台南秋季夜間氣溫分布圖</u>	68
<u>圖 2-44 耗能強度與熱島強度之關聯</u>	70
<u>圖 3-1 台南全年風花圖分佈</u>	74
<u>圖 3-2 高雄夏季風花圖分佈</u>	75
<u>圖 3-3 高雄冬季風花圖分佈</u>	76
<u>圖 3-4 都市風廊分布圖</u>	77
<u>圖 3-5 風廊細部空間圖</u>	78
<u>圖 3-6 台南粗糙度演算之風廊分布圖</u>	79
<u>圖 3-7(a)夏季風向模擬分佈圖(b)冬季風向模擬分佈圖</u> .	80
<u>圖 3-8(a)夏季風速模擬分佈圖(b)冬季風速模擬分佈圖</u> .	81
<u>圖 3-9 利用地況資料以及經驗公式推導之行人層風速分 布圖</u>	82

<u>圖 3-10 利用數值建築模型與模擬軟體預估之行人層風速</u>	
<u>分布圖</u>	84
<u>圖 3-11 利用局部氣候分區與能源局預估行人層風速分布</u>	
<u>圖</u>	85
<u>圖 3-12 不同高度實測驗正地表粗糙度結果</u>	86
<u>圖 3-13 氣象站局屬測站高度修正預估風速驗證</u>	87
<u>圖 3-14 建成環境因子與風速之關聯</u>	89
<u>圖 3-15 不同地表光照度對風速之影響</u>	90
<u>圖 3-16(a)日間風速與溫度之關聯, (b)夜間風速與溫度</u>	
<u>之關聯</u>	92
<u>圖 3-17 建成環境與風環境之關聯</u>	94
<u>圖 3-18 台南風熱結合地圖</u>	95
<u>圖 3-19 台南風熱結合地圖細部</u>	96
<u>圖 3-20 夏季低風速風險區</u>	98
<u>圖 3-21 通風遮蔽率之計算方式</u>	100
<u>圖 3-22 建築敷地保持風流通之規劃方式</u>	101
<u>圖 3-23 建築面寬長度限制方式</u>	102

圖 3-24 面對風廊與濱水區基地規劃之建議方式..... 103

摘要

關鍵詞：迎風面積指數、都市風廊、過風機率、熱島效應、流體動力學模式

一、研究緣起

近年因都市暖化以及熱島效應，都市氣候議題正逐年發酵上升。台灣位於熱帶與亞熱帶交界，氣候狀況屬於高溫炎熱且濕度高，加上台灣密集的都市發展，都會地區之高人口密度，進而導致更高且密集的建築興建，產生更高的能源消耗以及廢熱排放，此外大面積的建築易使得地表粗糙度提高並增加迎風面積指數，進而導致都市的通風環境減弱，而較差的通風環境同時也會影響到都市熱環境提高以及汙染物難以排放等問題，此問題不僅影響都市宜居環境更造成居民生理健康之公共衛生議題。

二、研究方法及過程

本研究之都市通風環境評估包含以下各點：製作示範區內不同季節及時段之風花圖，以說明都市風環境之現況，並利用數值模擬流體動力學模式，以及實際測量的方式取得並驗證風速方向之分佈；透過都市建成環境特徵產製過風路徑以及過風機率圖，藉以說明都市中風環境之特徵；利用都市建成環境特徵包含建築以及土地覆蓋等，建立其與都市風環境之時空關聯，藉以了解都市中不同地況地區之風環境特徵，進而建置符合該都市型態之風廊設

計；透過不同方法預估地表粗糙度藉此預估風速並歸納統整風環境與都市建成環境間之關聯。於研究後期提出具體改善策略，將本研究成果結合國內外將風環境納入都市規劃設計審議之案例，提出可緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度修訂，藉以解決都市中微氣候環境議題。

三、重要發現

研究結果顯示台南長年之風環境特徵受海陸地理特徵與地況影響顯著，東西向的風流通程度將有極大潛力影響都市通風環境。都市中受大量人造建築物阻擋地區之風速將明顯受到地表高粗糙度影響而降低，同時其位置因建築物迎風面積較大，會造成風速折減較多導致風速較低以及風廊無法有效進入之結果，而都市中較空曠或建築物高度較低之區域如郊區則容易顯示出較佳的通風效能，具有將都市中熱能以及汙染帶離市中心之潛力。

四、主要建議事項

【建議一】

短期建議-確立都市風環境標準之評估方法，包含使用時機、風險評估以及建議改善策略等，並向建築師公會與都市計畫技師公會推廣應用

主辦機關：各縣市都市計畫科

協辦機關：建築師公會、都市計畫技師公會

將本研究於都市中不同地況之風環境評估方法流程標準化，包含環境量測以及所需基礎資料蒐集，以及多種粗糙長度計算方法之使用時機與低風速風險門檻之設定等進行統整，提出最適合欲開發基地之評估方式。

同時將此標準化之流程方法向實際操作之人員進行教育訓練，如利用研習以及演講宣導之方式使建築師以及都市計畫技師等都市開發相關從業者得以了解風環境資訊導入規劃設計之重要性。

【建議二】

中期建議-推動將都市風環境之評估方法導入建築技術規則以及納入建築法與地方性的建築管理自治條例等建築之法規

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所、各縣市政府建築管理處

依據本研究之成果導入未來建築法規政策之方法，如採納多種都市開發因子如，建築通風遮蔽率、街道樓寬比、建築面寬長度以及建築樓高配置等建築資訊因子限制，調適建築對於氣候舒適之影響。

藉由對建築因子量化控制之方法，由中央以及地方之建築管理機關進行後續條例以及法規之擬定，以達到可提供符合不同情境的通風改善策略以及建築規劃設計做為參考之使用。

【建議三】

長期建議-研擬將都市通風之效益導連結國土計畫以及都市計畫與土地使用分區管制要點等區域發展之法規

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所、各縣市都市計畫科

因應氣候變遷，確保國土安全之國土計畫法立法依據，建議導入本研究都市通風效益之成果如都市風廊以及低風速風險分佈區之劃定，確保國土防災及應變能力，降低氣候變遷所造成的衝擊。

可利用如過去都市設計審議之案例如留設長年風向連續性風廊連接保持都市通風性，以及限制迎風面平均寬度之百分比等限制方案，進而從都市土地利用之相關計畫尋找可應用於台灣地理氣候特徵及法令架構下的實行路徑。

ABSTRACT

Keywords: FAI, Ventilation, Wind pass possibility, UHI, CFD

Due to the global warming and the urban heat island effect, which have become an urgent issue for urban development and urbanization process. The climatic characteristics in Taiwan are mostly hot and humid because of the location in the tropical and subtropical climate zone and under the background of densely populated and compact urban areas. The thermal stress caused by urban development is not only affects the environment but also the residents' health issue.

In the previously research, many studies have brought up with many observations and measures approaches for mitigating urban heat island effects such as using the urban climatic map to understand the distribution of urban hot spots, herein reducing impervious pavement in the area, or decrease the use of air conditioners, increasing plantings, and limiting building height Etc.

The good ventilation can bring fresh and cool air in to the city and can effectively remove the heat stored in the metropolitan area by a large amount of impermeable materials. It is helpful to reduce the urban heat island phenomenon and enhance the air quality. This has a serious impact on the urban climate and the quality of living environment.

Therefore, neighborhood scale wind environment can be obtained through the meteorological station data after calibration and verification. There are also many researches apply the physical environment of the building and use the Computational Fluid Dynamics (CFD) to simulate the wind direction and wind speed and validate the simulation data through survey measurements to clarify the impact of urban built environment on the wind field influences.

The research contents include:

- 1, urban ventilation environment assessment. Taking the cross-regional scale and urban environment as the core assessment object, the assessment of the overall wind field circulation characteristics.

- 2, urban ventilation built. According to several kinds of international ventilation construction methods, to build the method suit in study area.

- 3, develop a ventilation improvement strategy, laws and regulations will developed to improve better ventilation.

The research aims include:

- 1, to complete the assessment of urban ventilation environment at the

- 2, establish the spatial and temporal distribution of the urban wind environment in relation to climatic factors, built features, land cover, and make the suitable ventilation design method.

- 3, proposed ventilation improvement strategy in order to achieve the long-term goal of city cooling and energy saving.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

有鑑於全球氣候暖化以及都市熱島效應已成為都市在面對開發及都市化下刻不容緩的重要議題，台灣的氣候特徵因多處於熱帶與副熱帶氣候區，在炎熱高濕且都市密集的背景下，都市高溫化所造成的熱壓力不僅影響環境生態及居民健康，外氣溫度上升也導致空調等電器開啟及運轉時間增加，造成能源耗用及大量碳排放問題。

過去學者專家不斷地提出許多觀測以及減緩都市熱島效應的方法，如使用都市氣候地圖平台了解都市熱點分布後，降低該區域之不透水鋪面、建築空調使用等，或提高植栽量以及限制建物高度等，抑或是使用密集測量網繪製整體熱環境地圖，進而提供限制高熱島強度區域的電力使用規範等，而當中相對於直接利用策略降低熱負荷策略外，確保都市的通風效率亦為關鍵之對策之一。

良好的通風除可以引進新鮮及涼爽的空氣，亦可有效將都市中經大量人造材質所吸收的蓄熱有效帶離，有助於熱島現象的減緩及空氣品質的提昇，而通風不良的都市風場因風道受建物量體受阻滯，則會使熱量大量聚集在都市峽谷中，不只提高都市熱島效應的發生機會及強度(圖 1-1)，更導致污染

物質微粒易產生堆積如二氧化碳、氟氯碳化物等，這都嚴重地影響都市氣候以及生活環境品質。

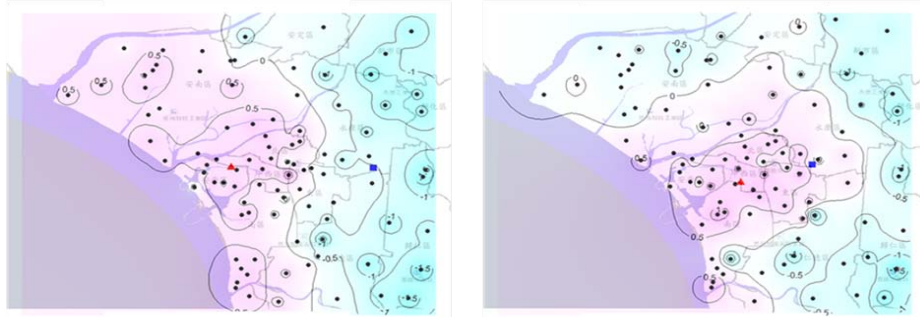


圖 1-1 台南市熱島分布圖

(資料來源：Chen et al., 2018)

過去研究在分析都市風環境的方法如下：利用都市優勢風向與建築的立面迎風面積建立了迎風面積指數 FAI (frontal area index)，採用風將朝阻力小的區域移動之概念，來評估建築物型態對優勢風向的阻擋或流通的程度，並藉由都市內迎風面積指數的分布藉最小成本路徑法來預估風廊(圖 1-2)。

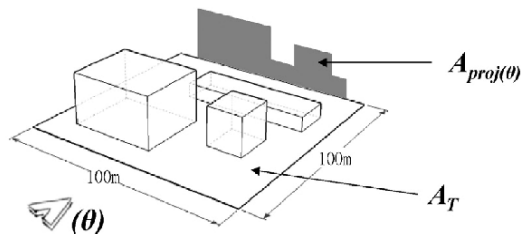


圖 1-2 迎風面積指數示意圖

(資料來源：Hsieh et al., 2016)

亦可透過地表粗糙度預估都市風向風速分布狀況，依照都市地不同區域的都市開發因子特徵如土地使用及覆蓋、總樓地板面積等，進行不同區域風速風向運算，藉此定義都市風環境特徵，並可透過都市氣象站的數據進行校準與驗證。而也有許多研究則是透過建築物理環境的基礎，使用計算流體動力學模式 CFD (Computational Fluid Dynamics) 進行風向風速的模擬並透過實際現地測量分析驗證模擬數據，釐清都市建成環境對風場所造成的影響(圖 1-3)。

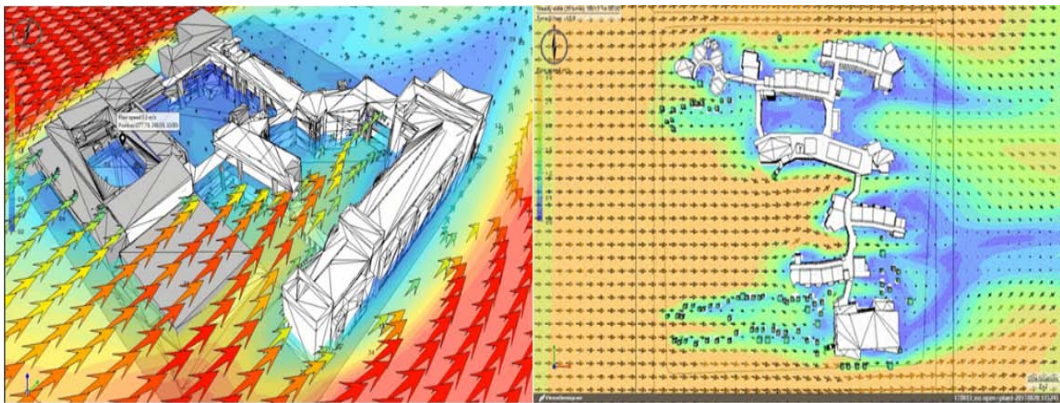


圖 1-3 風環境模擬模式模擬結果

(資料來源：成大建築與氣候研究室模擬成果)

而許多城市也建立都市風環境地圖，描述都市在其海陸特徵、地形地貌、都市型態、街區型式、建築使用、人工發散發熱等複雜環境下的通風現況，也有城市設置多條500公尺寬的一級通風廊道和十餘條80公尺寬的二級通風

廊道，以有效利用風對熱的調節能力減緩都市高溫化現象，提高住居環境品質，減少對人體有害污染物聚積等，由此上述優點即可見都市通風環境評估及風廊建置之重要性。

如位於德國弗萊堡的生態色區沃邦，及採用盛行風向之背景氣候因素作為都市與社區規劃之條件，將建築物之配置與盛行風向平行，除可為此地帶來良好的通風環境，亦可解決如熱壓力以及污染聚集等環境議題，使得在地居民可以保有一個舒適的生活環境(圖 1-4)。



圖 1-4 德國弗萊堡氣候納入都市規劃範例

(資料來源：弗萊堡市政廳官網)

第二節 研究目標

本研究將透過多種預估以及呈現都市風環境的方法針對都市中的風向及風速等風環境參數及通風效益進行分析與評估，並建立風廊道配置建議，透過針對多個城市不同地區的示範地點進行跨區域之都市通風環境評估及風廊建置分析，期望藉由多種方法之結果比較其準確性以及適用性，以有效利用風對熱的調節能力減緩都市高溫化現象，提高住居環境品質，減少對人體有害污染物聚積等，由此上述優點即可見都市通風環境評估及風廊建置之重要性。研究目的之內容包含以下三項，其中包含都市通風環境評估以及通風廊道建置以及研擬通風改善策略：

1. 進行都市通風環境之評估

以跨區域的尺度包含都市、鄉里、社區與街區尺度等多種不同大小的範圍進行風環境預測，及以都市環境為核心評估對象，並涵蓋都市中不同建成環境所產生的微氣候風流現象，並在不同地表特徵的地區如海洋河川等水域、農地山區等陸域，做整體風場流通特性評估，提高都市通風品質及住居環境品質，減少熱負荷及對人體有害污染物聚積，並進行都市通風廊道之建置。

本研究將根據國際間的幾種風廊建置方法進行比較，包含風環境模擬、風速風向量測、地表粗糙長度預估、最小過風機率等方式，套用最佳化起最具適地性之方法，套用至本計劃之都市內進行都市中風廊道的配置建議以及

分析風廊的時空分布特徵，建置符合該都市型態之風廊設計。故將完成示範地點之都市通風環境評估。包含不同季節及時段之風花圖，風速分布圖，過風路徑及過風機率圖。

2. 了解都市中不同地況之地區與風環境特徵關聯

都市中不同地況之地區，會因何種因素而影響風環境之流動進而建置符合該都市型態之風廊設計，並將透過採用近年國際間主要用於評估都市型態之局部氣候分區系統進行都市建成環境之分類，藉此方便歸納統整風環境與都市建成環境間之關聯建立都市風環境之時空分布與氣候因素、建築特徵、土地覆蓋、使用分區、景觀植栽之關聯，並建置符合該都市型態之風廊設計。

3. 研擬通風改善策略

依風都市通風評估以及通風廊道分析建置之結果，研擬都市通風改善策略，提供都市設計規劃者以及政府相關部門一套系統性整合的檢視以及分析工具，將研究成果回饋至時計應用並研擬建築調適策略及法令規範，藉已提高台灣都市風流通環境，進而減緩都市熱島效應以及都市熱壓力。

故將提出緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度修訂方向，以達成都市降溫、節能減碳的長期目標。

第三節 研究流程

本研究計畫將透過研究目標之構想列出之三個檢核項目進行，其中研究初期將先透過都市發展圖資的取得製作示範區域中之迎風面積指數分布圖以及預估其粗糙度分布，後藉由最小路徑法之演算預估都市中風廊的分布，並將透過計算流體動力學模式模擬軟體進行其預估結果之驗證，進而與都市中發展特徵進行關聯分析後回饋至政令法案部分之初擬。

粗糙長度預估部分則將透過土地使用資料以及光達與透過衛星取得的局部氣候分區分布圖，取得都市中不同地況的分布情形進而利用經驗公式以及模擬計算地表粗糙長度，將高空風速降至地表人行尺度，透過此方法粗糙長度將可被用來預估都市中示範區的風速方向分佈並產出分佈圖，而風環境之評估亦將藉由本研究自行架設之風速風向儀，整合製作的長年多時段風花圖進行展示，將都市中風環境之特徵透過圖面呈現，提供未來都市規劃設計者使用。

而中期則將透過由土地使用資料以及都市建成環境資料包含建築、植資訊載、不透水率與天空可視率等資訊與局部氣候分區所彙整出之都市開發型態進行與都市風廊與風速風向分布之結果之套疊分析，藉此了解都市不同型態的建成區域以及不同地框的地區將會有何種風環境以及其特徵，如建成區域中風速會因為密集分佈之建築而造成風阻降低風速之效果以及分析其影響

強度，以及用以產製簡易的風速預估式，進而了解並評估都市通風環境，以及進行風廊建置分析。

研究後期則主要聚焦在利用初期及中期之研究成果之分析，並結合國內外相關研究之成果包含日本以及香港等過去已成功將都市風環境評估納入都市設計規劃過程之過國家與地區，提出緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度，提供都市設計規劃者以及政府相關部門一套系統性整合的檢視及分析的工具，將研究成果回饋至實際應用，藉以解決都市中微氣候、空氣污染以及公共衛生等環境議題，並達成都市降溫及永續都市規劃之長期目標。

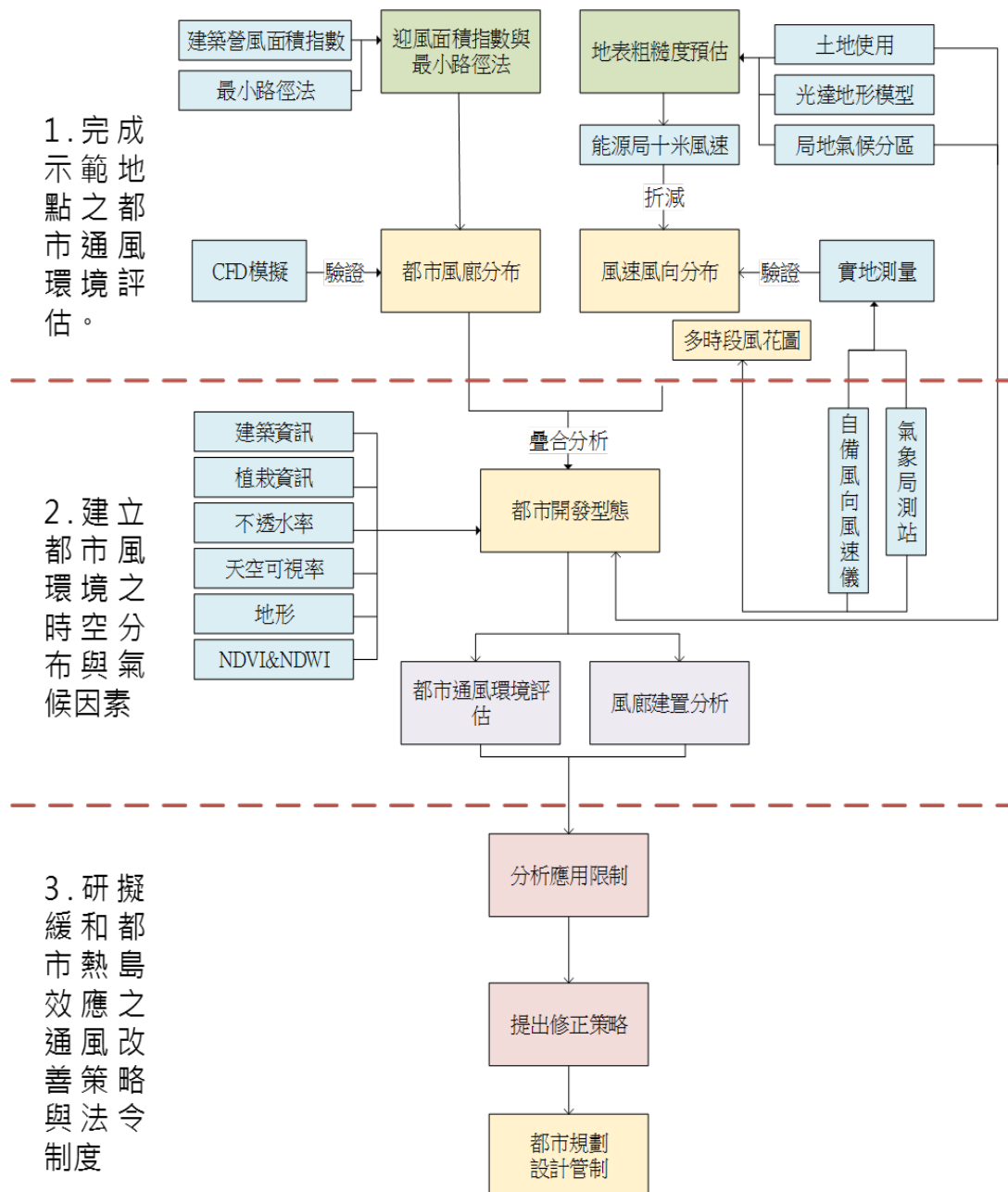


圖 1-5 研究架構圖

(資料來源：本研究繪製)

第四節 國內外文獻回顧

因都市氣候環境在近年已逐漸成為政府及各領域重視之議題，在台灣研究方面，亦開始有學者開始使用不同的方法來評估都市通風環境及進行風廊建置之分析，包含：張效通(2017)利用都市氣候地圖的方法(圖 1-6)，從熱及風壓力綜合討論都市中風環境對於降溫效果的重要性，該研究以台北為例發現，在建物密集的都市地區，風廊將沿著公園、河川、空曠地區而移動，並透過風廊進入都市中不同區域而將熱量帶走。該研究並發現如果能利用與河岸相交的道路，管制建物之高度與大小，限制不得阻擋風廊、留設寬敞的林蔭道以及公園空地等，並推廣種植闊葉大喬木等較容易引導風流通的植栽，就能有效將風引入導入城市。此方法不僅了解風的都市中的特性亦可從都市設計管制的角度，預先在都市迎風口限制該處建築規劃之建築物座向、方位以及高度，採取積極的做法來減緩熱島效應。

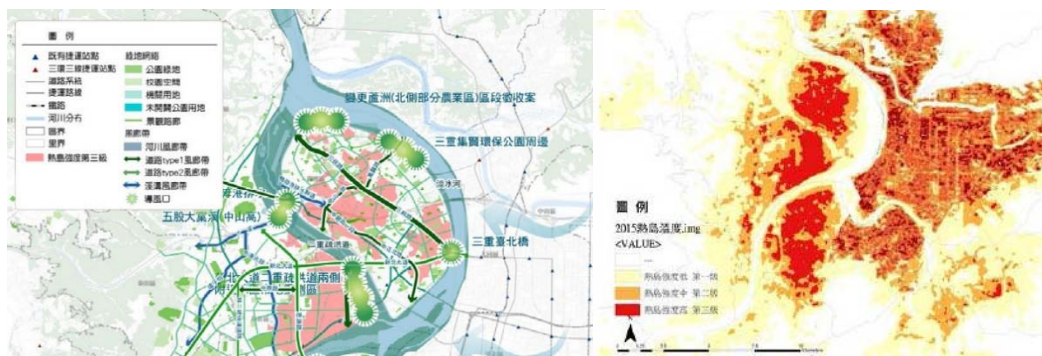


圖 1-6 台北氣候地圖

(資料來源：張效通，2017)

郭建源(2015)透過風洞試驗進行環境風場通風量測，建置適量之地表風速計，以量測在風場通風量變化。並利用建築物高度比(H/W)來量化都市中建築物的配置對風環境的影響，並證實高層建築物對街谷內風場具有一定的影響力，並利用流體力學軟體 FLUENT 進行風場模擬工作，該方法可清楚將都市建成環境與不同主導風向所造成的風環境結果透過可視化的方法呈現(圖 1-7)，相較於使用風洞實驗，以數值模擬方法代替實驗，可大幅節省許多金錢與時間的付出，因此以數值模式來模擬空間中流體分布的研究成為另一種符合經濟性及實用性的選擇(郭建源，2015)。

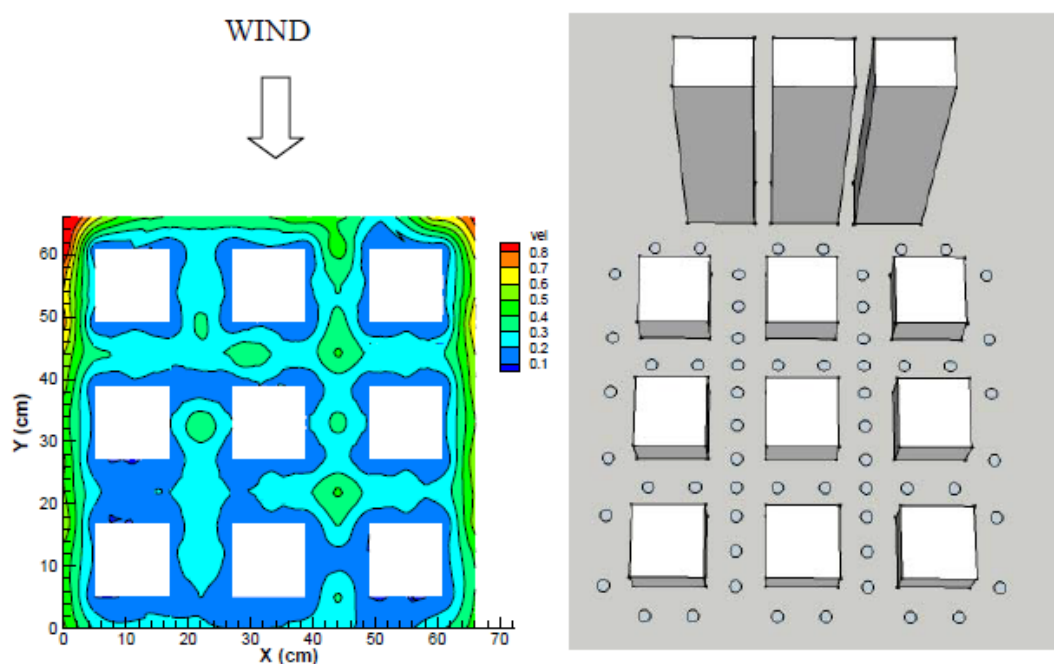


圖 1-7 建築風場模擬

(資料來源：郭建源，2015)

何明錦(2015)則利用泛用型計算流體力學軟體 FLUENT 進行風場模擬工作並以風洞實驗進行板橋江子翠地區風洞模擬試驗，以地表風速計量測行人高度之風速，並與風洞所測出之成果進行比較驗證，在該研究之結果中並發現當進行新市區開發時，連棟式街廓走向與夏季季風夾角小於 45° 時配合當地季風風向，可以使街道具有較佳之風廊道導引效果，以及降低建築密度對氣流流通具有良好之效果(圖 1-8)。

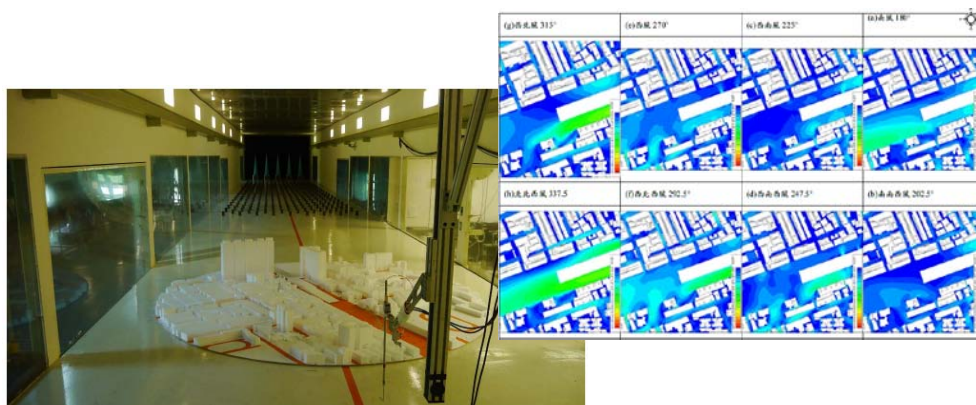


圖 1-8 風洞實驗與風場模擬驗證

(資料來源：何明錦，2015)

在國際研究方面，在高密度開發代表城市中，香港具有極高代表性，且皆位於熱帶氣候帶中，於台灣之都市環境具有良好的比較以及參考效果，故提出香港之案例作為說明。

香港中文大學 Ng (2004) 利用地表覆蓋率、自然植被以及與空曠區域的距離三項會影響通風的因素來綜合比較都市中不同區域的發展程度以及其對風環境的影響(圖 1-9)，並利用簡單的圖示以及顏色的深淺來向都市規劃人員說明重點災害潛力等需要馬上採取行動之地區。而研究發現建築物高度高且龐大而密集之區域往往將形成沒有風的都市熱點。此研究亦被用來回饋非典型肺炎爆發後大眾對都市空氣流通問題的關注議題。

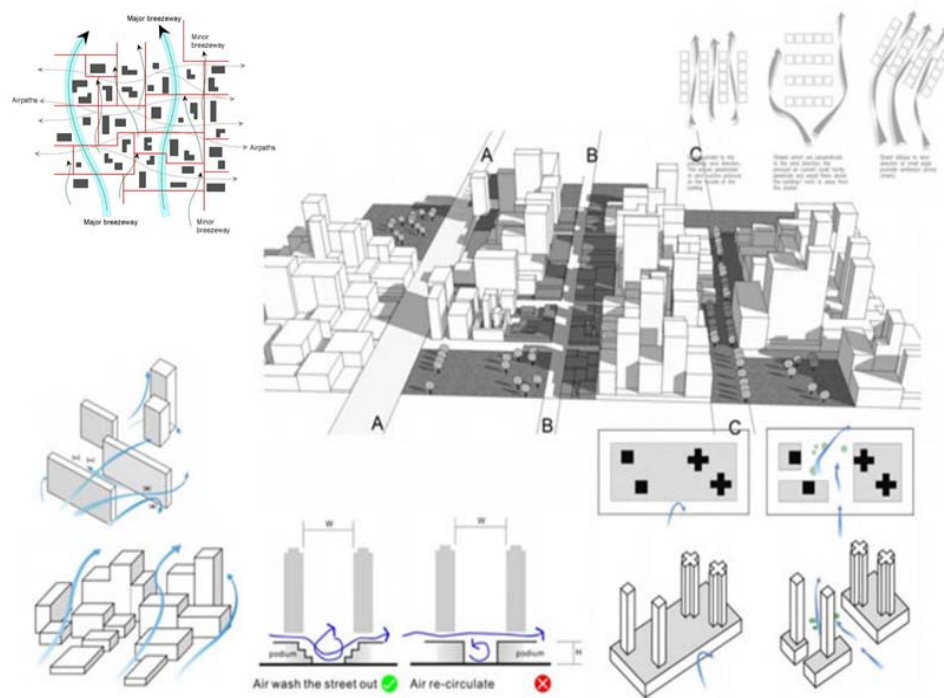


圖 1-9 基於風環境之都市規劃建議

(資料來源：Ng, 2004)

Wong (2010)利用都市建築物的迎風面立面面積指數(FAI)來進行都市中風廊流通路境的預估(圖 1-10)，結果呈現在香港九龍地區，因開發密度極高導致建築物的迎風面立面面積指數進而升高，使得多個區域無法將風廊引入進而強化都市熱島效應，而其亦透過季節不同所導致的多樣性主導風納入研究參考，藉由不同風向的風環境情況製作不同的迎風面立面面積指數分布圖，提供多時段的都市風廊預估分佈圖。

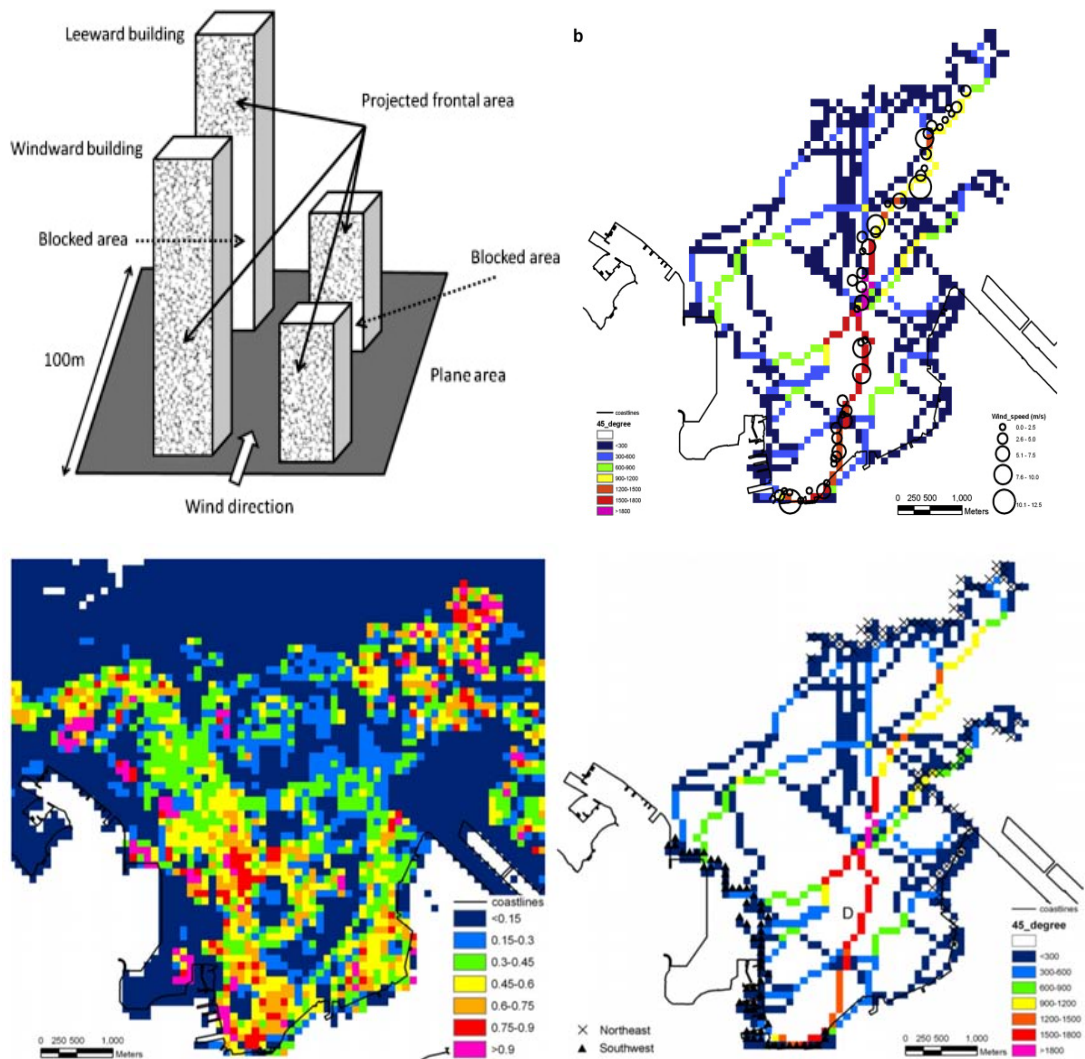


圖 1-10 香港九龍都市風廊道評估

(資料來源：Wong, 2010)

而在日本的建築環境綜合性能評估系統(CASBEE, Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency)中則利用多種不同的都市規劃設計方法如：公園綠地設置方案、建築迎風面積等指數來達到更佳的都市通風效益(圖 1-11)。

而以生態城市及永續社區著名的德國弗萊堡(Freiburg)亦透過將風環境評估納入都市設計審議來解決都市熱能聚集無法排散之問題，該城市設計規範將黑森林之出山風口視為重要流通廊道，限制管制該區域之建築高度已達到避免阻擋風流通潛力之方式來導入涼風，將都市中所產生的污染以及熱源帶離，減少都市熱島以及空氣汙染等環境問題的發生機率(圖 1-11)。



圖 1-11 日本與德國風環境評估納入都市設計審議案例

(資料來源：CASBEE_EB 2014 手冊；弗萊堡市政廳官網)

第二章 研究方法

本研究將透過不同種類的數據收集包含都市開發資料以及氣候資料與分析模擬包含粗糙長度計算以及氣候模擬模式之搭配應用，進而取得都市風環境之分佈以及達成本研究之三大重點目標分別為 1. 進行都市通風環境之評估、2. 了解都市中不同地況之地區以及 3. 研擬通風改善策略。其中氣候數據之收集將透過自行實測以及中央氣候局與大氣水文中心之氣候資料，都市發展資訊則將包含都市建築資訊以及地表不透水率、土地使用分區以及地形高層等，而粗糙長度之取得則將透過經驗公式演算、模擬軟體預估以及局部氣候分區之對照三種方式取得，而在模擬部分則將利用 SkyHelios 模式用於預估都市氣候環境之模式進行模擬，以求得都市中風環境的分布。

本研究採用多種分析方法、模式、軟體、實地觀測等，彼此如何相互支援及驗證，其方法之架構由圖 2-1 架構圖所呈現，主要將不同支資料格式包含數值地形模型、衛星遙測資料、數值建築模型以及植栽資訊與不透水率及天空可視率等圖資藉由匯入不同的模式及處理方法包含計算地表粗糙度以及地理資訊系統計算出風環境資訊以及都市開發型態等，進而產出本研究三個主要工作項目以及預期之結果。

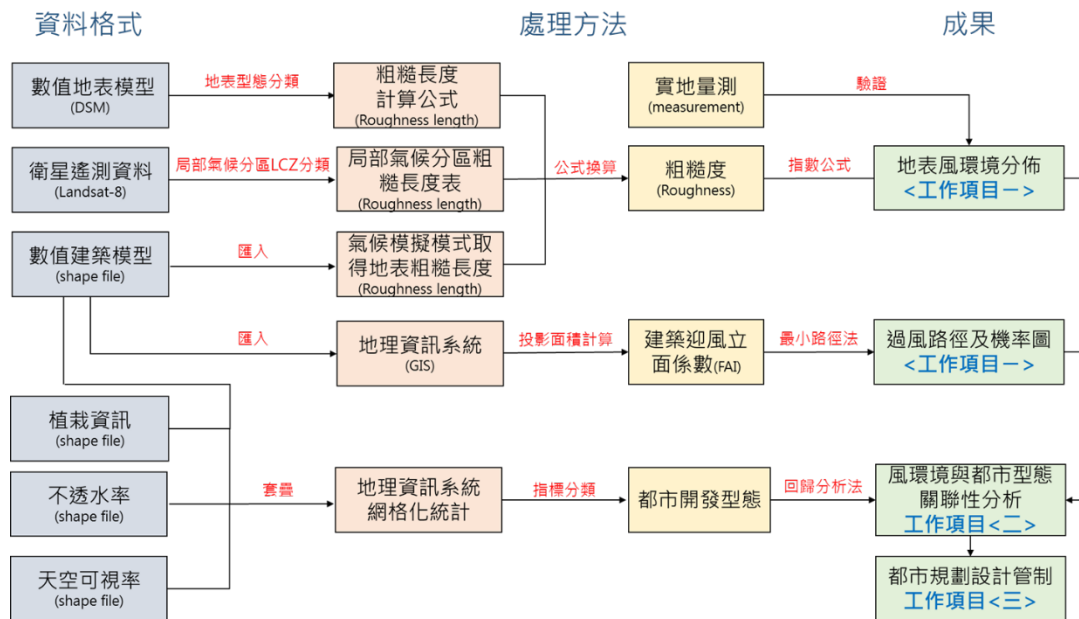


圖 2-1 方法對應成果架構圖

(資料來源：本研究製作)

第一節 研究區域

本研究已改制前之台南做為操作基地(圖 2-2)，台南是位於台灣南部一個高度開發的城市(北緯 22°59'，東經 120°11')，總面積達 175.6 平方公里。台南市位在熱帶地區，每年平均溫度為 24.6℃。七月為最熱月其平均溫度為 30.4℃；一月是最冷月，平均氣溫 17.6℃。年度平均相對濕度為 74.4%，其主導風向在白天的時候是從西面吹來的，亦是因為海陸位置的地理特性而由此造成海風(台灣中央氣象局，2015)。

台南因是台灣開發最早的都市，其都市發展甚早進而導致都市中不同時

期的建築錯落，亦造成許多不同第層的都市特徵，於本研究可幫助探討不同的都市建成環境對於風環境所造成之影響，在 2010 年台南市及台南縣合併升格為直轄市，隨著人口的增加和更多的土地開發，要求地方政府和相關的開發商利考慮城市微觀氣候對與都市建成環境之決策的影響是緊急且必要的。（林建廷，2016；Chen et al., 2016）。

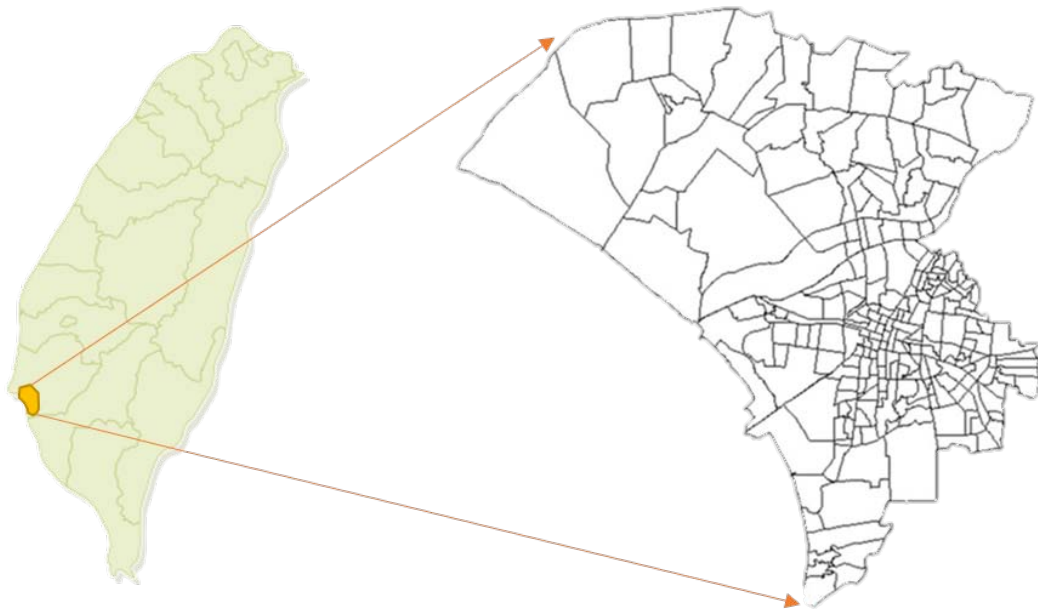


圖 2-2 研究區域台南市

（資料來源：本研究製作）

本研究之都市風廊評估將會由舊台南市之範圍進行，透過立面風阻面積以及地表粗糙度之方式預估台南市風廊分佈，而都市風環境之分佈圖包括風速風向則將會透過衛於火車站前密集商業開發區做為示範區進行(圖 2-3)，

一則有利於實際測量驗證預估之模擬結果，二則可較快速檢視預估結果之合理性以便日後應用至城市尺度。故將透過此兩種研究尺度進行都市風環境之相關資訊呈現，以利清楚說明研究之成果。

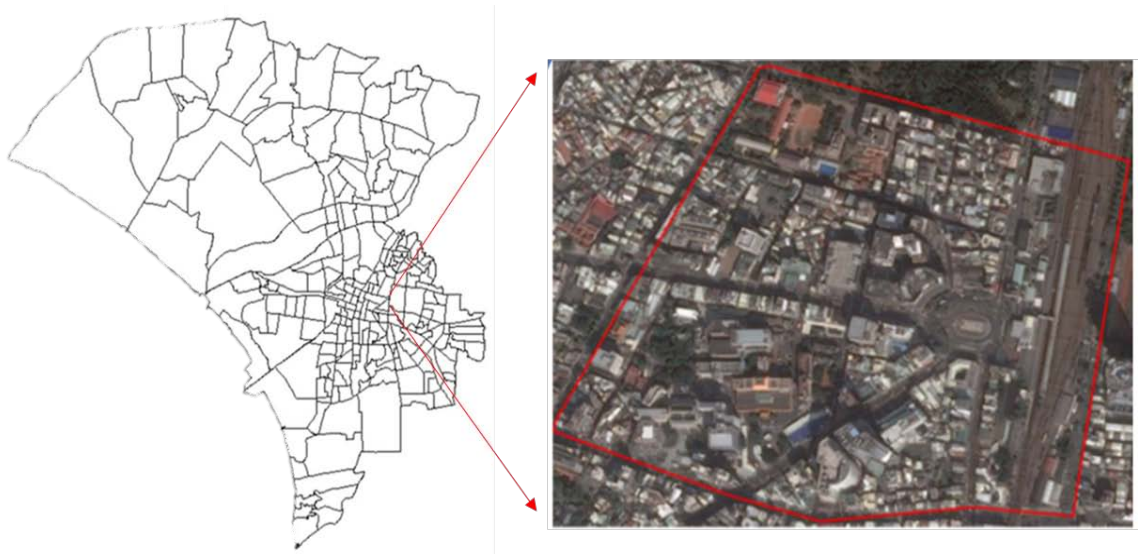


圖 2-3 研究示範區域台南火車站前

(資料來源：本研究製作)

本研究另一個所探討之高雄市為 2010 年改制前之高雄市(北緯 $22^{\circ}38'$ 東經 $120^{\circ}16'$)，其行政範圍包含 11 區，總面積為 153.5927 km^2 (圖 2-4)，氣溫以 2 月平均攝氏 18.6 度最低，6 月平均攝氏 28.7 度最高，相對濕度以 3 月平均 60% 最低，8 月平均 81% 最高，屬熱帶季風氣候區。

高雄為台灣第三大城市，亦為台灣南部人口數最多的城市，其都市發展

程度高，大量的人口移入亦造成許多的建築物興建，加上其氣候特徵因此導致都市中有嚴重的熱壓力問題，甚至冬季亦多可維持 18 度的高溫，使得都市氣候議題在高雄更顯重要，同時在快速都市化開發的過程也造成地表地況的粗糙度提高，使得都市中風速受到影響，因此都市中風環境的議題也急需解決，本計畫將透過申請高雄之都市光達點雲圖資進行都市不同地況之分類與建置，並透過建築資訊如樓高等因子之量化取得都市開發型態，進而了解高雄市示範區域中風環境之特徵，並藉此進行都市風環境評估探討都市型態與風速之關係。



圖 2-4 研究區域高雄市

(資料來源：本研究製作)

第二節 示範地點之都市通風環境評估

一、都市氣候資訊蒐集

本研究將透過多種方法取得都市氣候資訊包含：現地實測以及透過中央氣象局及大氣水文中心取得與利用經濟部能源局之地表風速資訊，進行都市風環境特徵之資訊獲取。首先將在示範區域進行密集的風速風向偵測，將過於示範區內不同地況區域之電線桿或是交通燈具架設風速風向計(圖 2-5)，因故及到交通安全以及儀器之安全性，其高度設定為兩米高，該儀器之型號為 Navis Wind logger Type JWSD-L400，風速量測範圍為 0,6-50 m/s 精準度 0,1 m/s，風向量測範圍為 0-359° 精準度則為 1°。實測之點位設定包含高開發商業區以及住宅區與都市公園等多種不同使用地區，其使用目的亦將用來檢驗模擬之風速風向圖之準確性以及取得都市風環境特徵(圖 2-6)。



圖 2-5 風環境量測儀器設置

(資料來源：本研究拍攝)

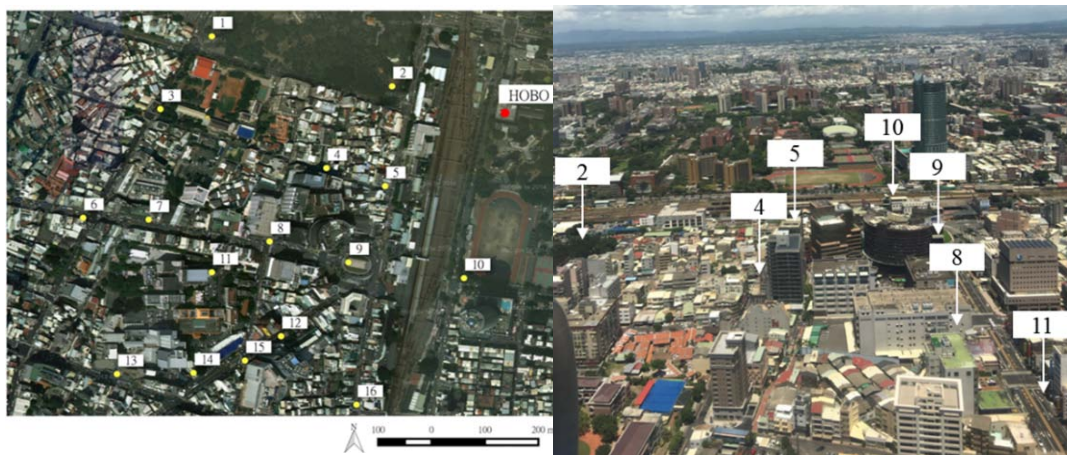


圖 2-6 儀器設置分佈

(資料來源：本研究製作)

本研究亦將進行都市熱環境之實測，其主要目的為利用都市熱環境之資料與風環境資料結合，進行演算藉以了解都市風環境與熱環境之間的關聯，同時因計算體感溫度之方法必須納入風速做為因子，因此亦可了解都市通風對人體健康亦即熱壓力之影響。

本研究使用本實驗室常用資料紀錄器 LOGPRO TR-32, Tecpel Co., Ltd. 記錄溫濕度，並同時至於地表兩米高之燈桿及電桿上，並使用風雨遮罩保護其

內部儀器不受極端氣候影響以及保持良好的通風狀況(圖 2-7)，而其儀器精準度為溫度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 及濕度 $\pm 5\%$ ，顯示解析度則為 0.1°C and 1% ，儀器將每兩月進行一次回收以及資料分析，同時以上所述之儀器都將定期送回製造商較正，以確保所獲得氣候資訊之可用性。

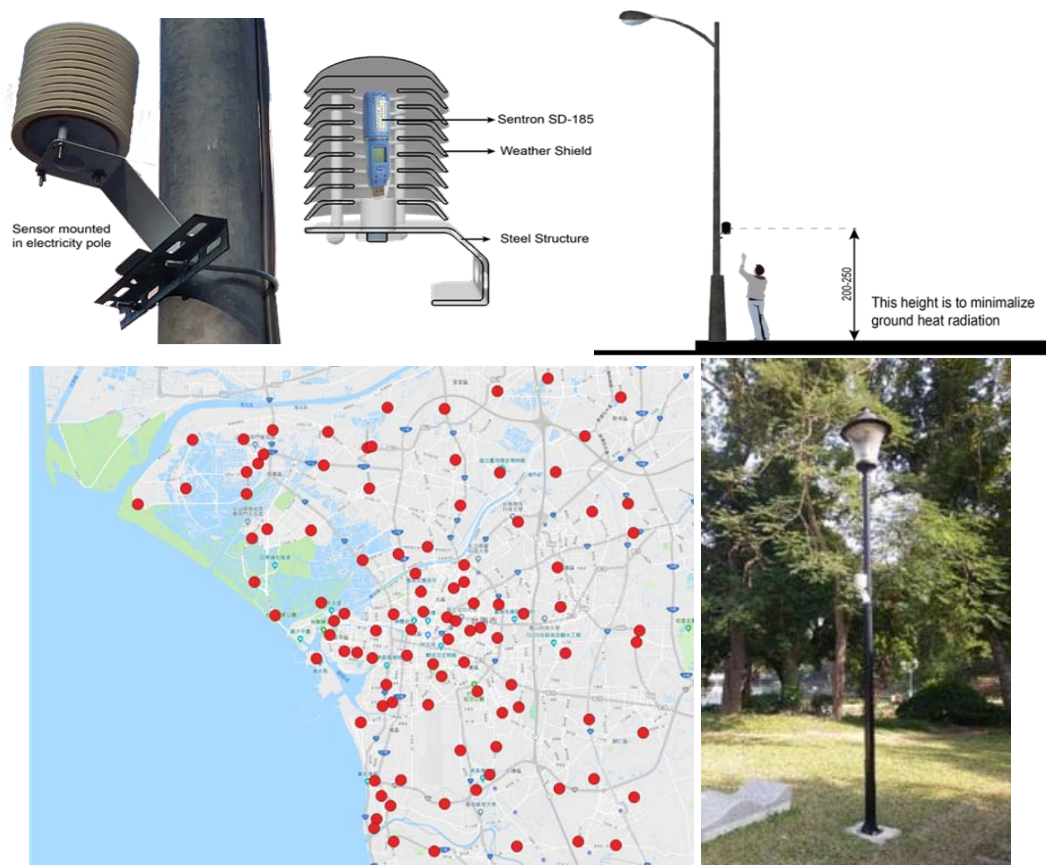


圖 2-7 熱環境量測儀器及位置示意圖

(資料來源：岑宛珊，2018)

本研究亦將從中央氣象局之長期氣候資料庫中獲取逐時之氣候資訊包括

空氣溫濕度、風速、輻射量等數值(圖 2-8)，因其距離示範區之距離僅為 300 公尺，故亦可做為示範區量測氣候資料之校正點，而因為過去多進行風場模擬時多採用中央氣象站為各城市之測站資料做為邊界條件設定，而此方法往往會因為所欲模擬之區域的不同地況將造成不同氣候環境特徵，以及所欲模擬之區域距離氣候站遙遠等問題而造成不準確且無法符合現況的模擬結果，故本研究亦將增加氣候數據之來源，將應用大氣水文中心設於台南多個的各級氣象站，下載其長年風環境之資料用於呈現都市風環境特徵之呈現與風環境評估中做為未來模擬區域之邊界條件設定，可使得其氣候參數更接近現況，較不容易因起始條件的落差造成後續模擬結果的失準。



圖 2-8 氣象局台南測站與小型氣象站

(資料來源：本研究拍攝)

同時本研究因著重探討地表不同地況對於都市風環境之影響與關聯性，故將使用由經濟部能源局全台風能評估分析並經地理資訊系統處理，進行地表風速計算與風能資料視覺化、分析與整合。

本資料集是透過地理資訊系統整合台灣地區各地風能模擬數據，風能觀測部份包含工研院嘉義、屏東、宜蘭陸域風能觀測站與嘉義外傘頂洲海域風能觀測站、台電公司彰濱風速塔以及中央氣象局 29 個局屬測站（10 m），資料包含逐時風速、風向、氣壓、溫度等觀測項目；全球氣象網格資料部份包含 NCEP Final Analysis 以及 QuikSCAT 衛星風場，分別作為氣象模式初始場以及加強海域觀測數據。建置成可快速翻閱查詢的地理資訊形式，以便於了解全國各地區的風能相關資訊，作為風力開發潛能的估算依據，以及風能開發潛能與篩選潛在場址之參考（圖 2-9；圖 2-10）。

本圖層資訊使用 WRF 模式系統分析預報資料，並將地形與地表之特徵建立且內插至模式之網格中，再引進低解析度之全球觀測分析資料作為模式網格的初始場，並藉由繪圖軟體將結果加以分析並進行風場之繪製。（楊智軒，2018）此資訊可協助後續使用局地氣候分區之方式取得地表粗糙度後，經由十米高之風速進行粗糙度與風速之指數公式進行運算折減，求得地表行人尺度之風速，以便進行後續風環境之評估。

本計畫透過此方法取得台南極高雄研究區域範圍中的風速資訊，藉此可

提供後續於第三節探討粗糙度計算之方法時使用局地氣候分區計算地表粗糙度部分進行地表風速之折減，此做法可較過去使用單一測站之風速資料做為基準進行風速演算更具有可表現地表地況所造成之風環境差異，可以更準確的描述都市風環境特徵。

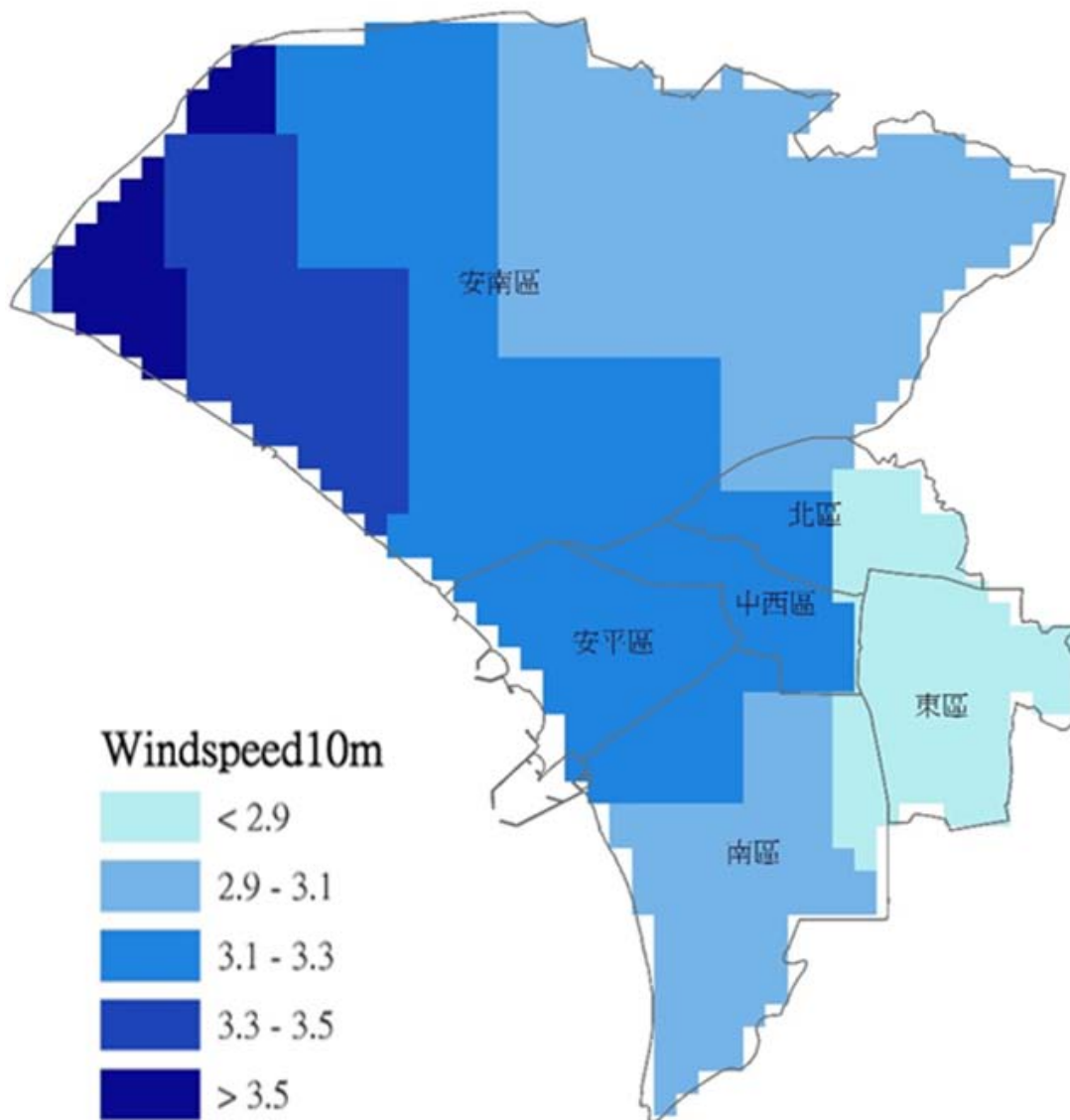


圖 2-9 經濟部能源局台南 10 米高風速_台南

(資料來源：經濟部能源局官網)

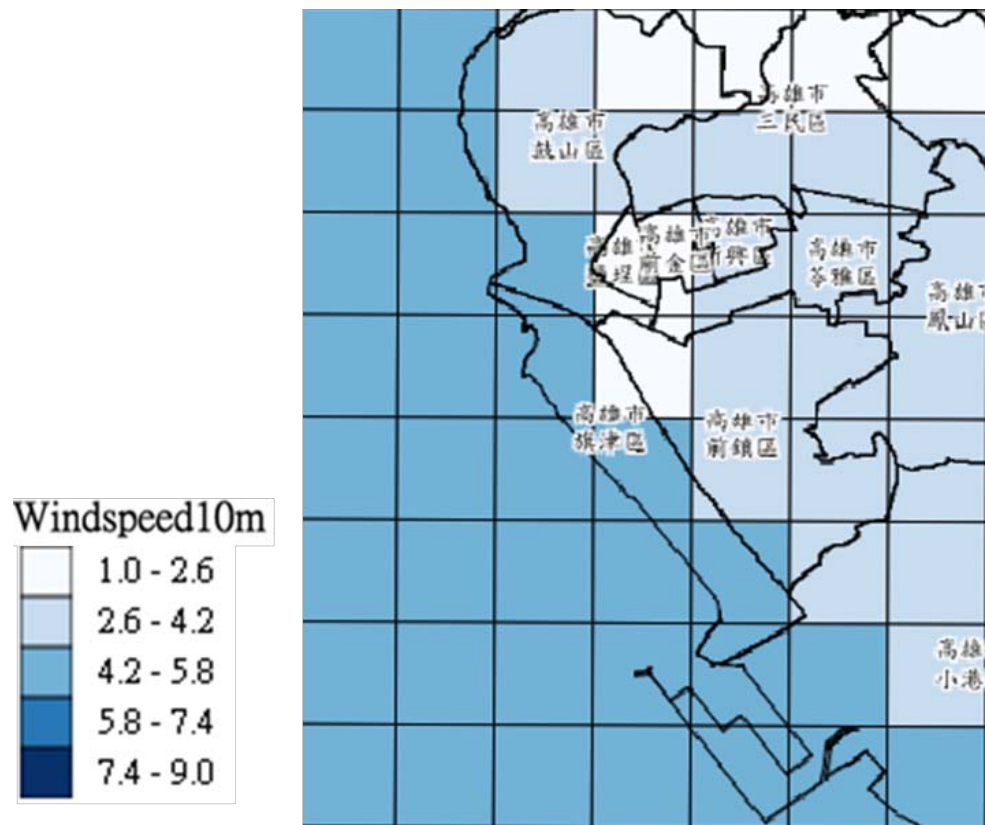


圖 2-10 經濟部能源局台南 10 米高風速_高雄

(資料來源：經濟部能源局官網)

二、都市發展資訊蒐集與建置

都市發展資訊主要是透過向當地政府申請或是自行經由地理資訊系統建

置的向量圖徵，如土地使用以及總樓地板面積與地形高層圖等(圖 2-11)，而當中亦有許多進階圖層是可透過基礎圖層經過加工，如不透水率、天空可視率、人口密度、風阻面積指數等(圖 2-12)。

使用都市發展資訊圖層可以用來計算都市風環境，包括透過地表不同地況之粗糙度折減演算行人尺度的風速，以及使用建築資訊匯入模擬模式來預估風速風向，或是藉由建築之迎風面積指數來評估都市中風廊之分布，亦可透過都市氣候地圖之模式來建立風環境與都市發展間之關聯分析，過去許多國內外之城市皆透過收集與製作都市發展資訊圖層來取得都市氣候與建成環境之間的關聯，(Sterten, 1982; Lindqvist and Mattsson, 1989; Paszynski, 1990; Parlow et al., 1995)。

因此透過多種都市發展資訊因子綜合討論，於未來應用到都市計畫進行都市建成環境修正時，也較能有量化的指標提供目標作為修正原則，以下將說明有關都市發展之資料圖層，以及其與都市氣候間之關聯(陳育成, 2018)。

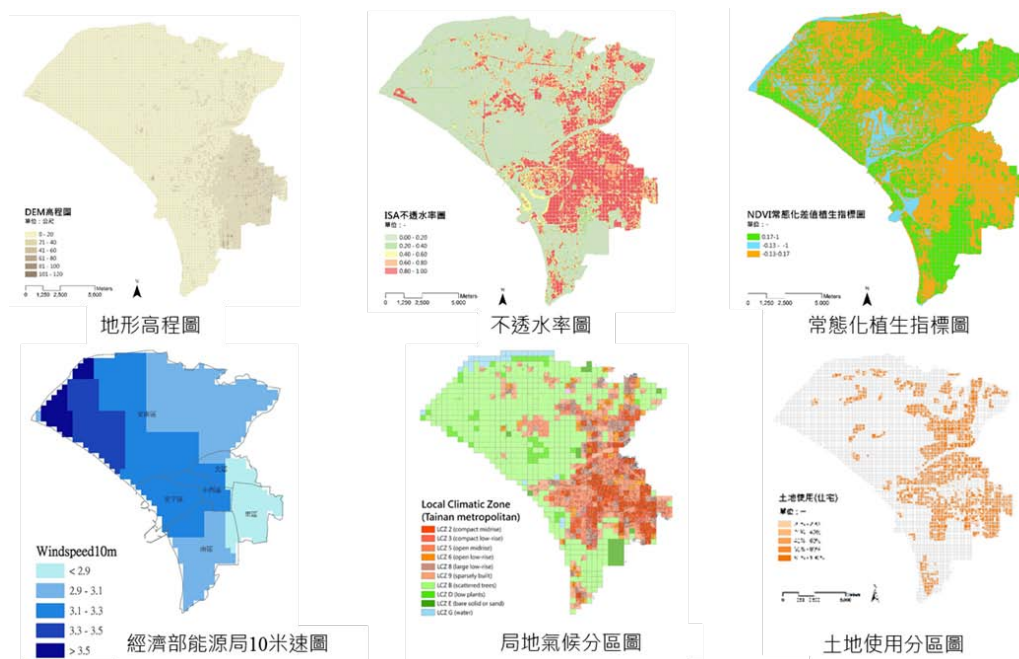


圖 2-11 台南市都市發展圖層

(資料來源：Chen et al., 2016)

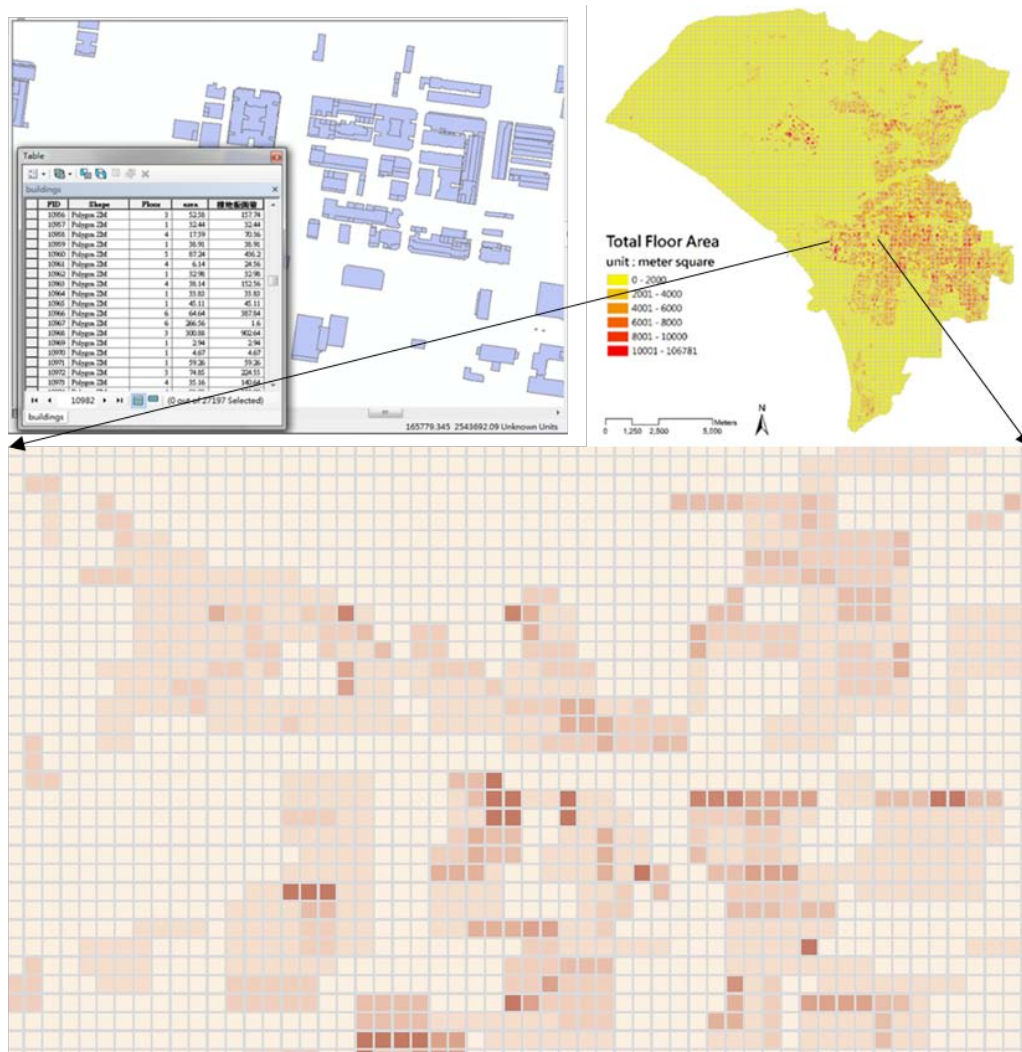


圖 2-12 台南市建築資訊模型與總樓地板面積分佈

(資料來源：林建廷，2016)

三、都市通風環境評估與都市風廊建置

建築立面面積指標是根據建築物的方位(Grimmond and Oke, 1999; Wong

et al., 2011) 根據各個方向的風阻程度計算出來的(圖 2-13)，用於評估熱負荷和風環境之間的關係。因其可綜合為考量季節風向、建築物立面座向、高度及密集度的一項標準，同時也為評估地表粗糙度的其中一項指標，定義為對一特定風向之建築立面，所垂直投影出來的面積，再與評估範圍之基地面積相除的比值，其公式如下公式 1 所示：

$$FAI(\Theta) = A_{proj} / A_T \text{ ----- (公式 1)}$$

Θ ：風向角度

A_{proj} ：建築立面投影面積

A_T ：基地面積

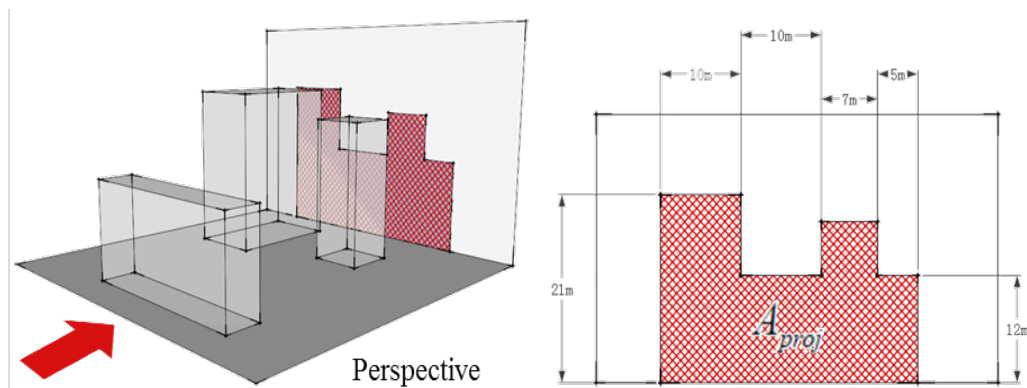


圖 2-13 建築立面面積指數計算方法

(資料來源：林建廷，2016)

較大的風阻面積指標區域表示較低的通風潛力，因此會導致更大的熱能儲存 (Kurn et al., 1994; Zhang et al., 2011; Lu et al., 2012)。建築迎風立面係數

與建築物的總建築面積密切相關，它可以代表建築物的效果，也代表能源消耗對熱環境的影響。因此風阻面積除了用於計算都市風環境分析以及風廊分布更可用於確定建築物對區域熱環境的影響。

建築迎風立面係數可綜合為考量季節風向、建築物立面座向、高度及密集度的一項標準，透過建築迎風立面係數的計算，即可呈現在某一季節優勢風向中，某一特定範圍內之風阻程度大小，由此可進一步判斷未來在各區域內，風流經之潛力和順暢度。都市中迎風立面面積指數較小的地區，配合最小路徑法的應用，即可快速預估都市風廊道，可使郊區或海風等較為涼爽的风，藉由此廊道導入市中心，並減少都市污染(圖 2-14)。

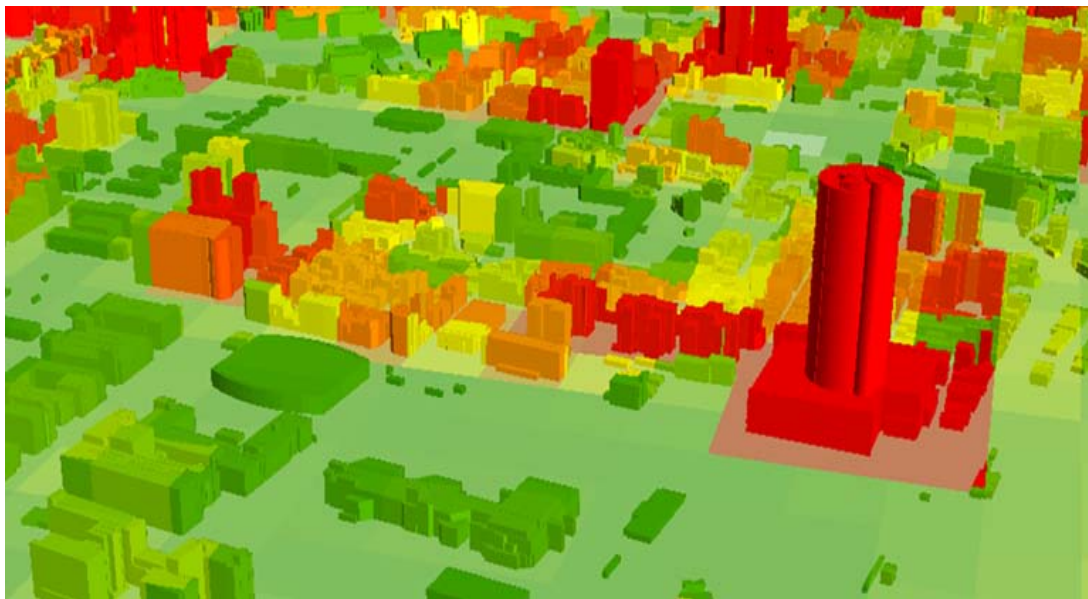


圖 2-14 都市三維建築物面積可視化模型

(資料來源：林建廷，2016)

本研究所運用之最小路徑法，以風會往阻力較低的區域前進為前提，模擬風廊在都市中分佈之位置，以模擬熱季日間優勢風向西風，從海面流向都市中心的集中趨勢作為預設之環境條件而進行操作。風起點設定方法，以西側邊界網格中心每隔 50 公尺設置風的起點，以最東側之直列連續網格為終點面(林建廷，2016)。而在結果驗證部分則會透過流體力學模式進行風環境比對分析，已證明此方法用於評估都市風廊之可行性(圖 2-15)。

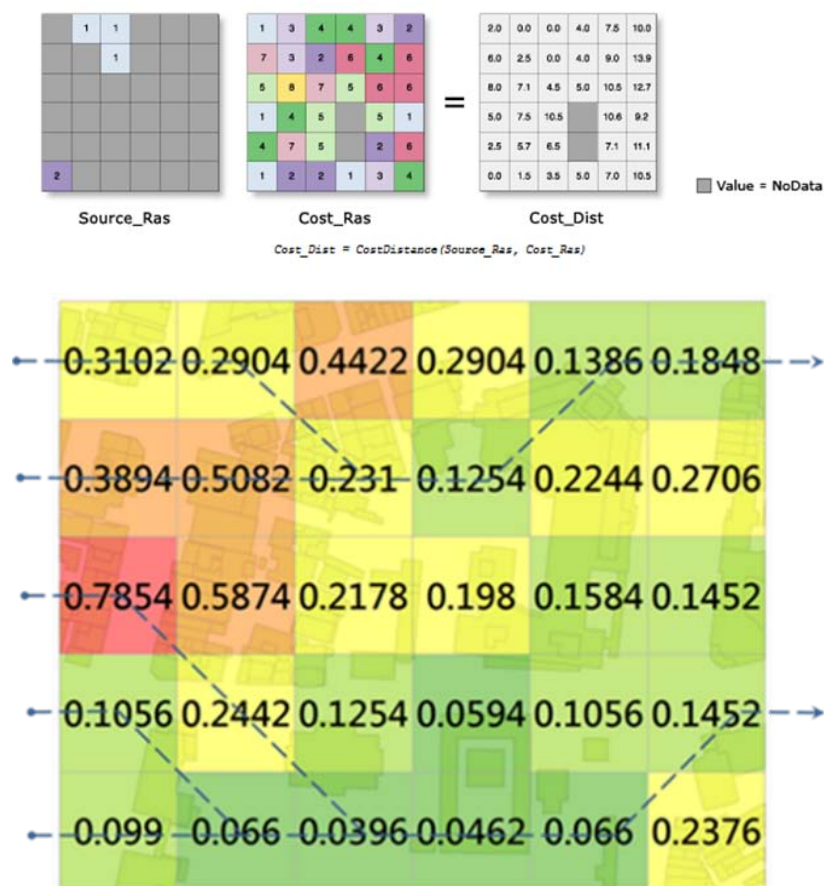


圖 2-15 風廊預估方法-最小路徑法

(資料來源：林建廷，2016)

將建築迎風立面係數(FAI)解釋為地表粗糙度(圖 2-16)，在風會往 FAI 值較低的地方流動的假設下，使用最低成本路徑法(Least Cost Path)進行都市風環境的模擬。而最低成本路徑法(LCP) 被分為兩個部分進行演算，其一為距離成本計算(cost distance)，其二為路徑距離(cost path)。距離成本計算即為運算所有起點可能行進路線之累計網格成本，其中包含網格本身的成本以及路徑移動的成本。經過距離成本計算後，再透過路徑距離，尋找相對於已設定終點之起點，累計成本最低的路徑作為最佳路徑(圖 2-17)。

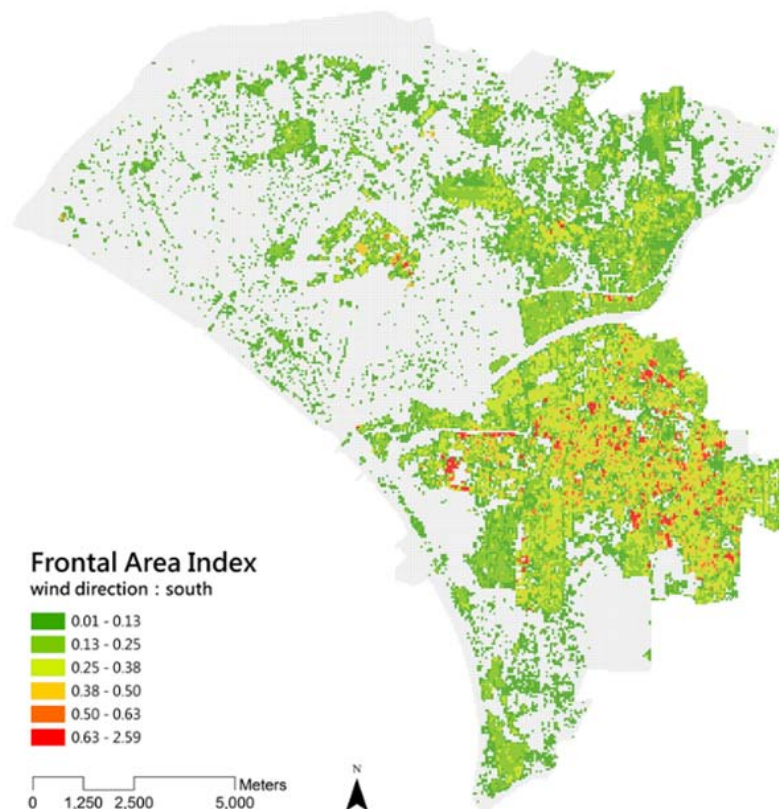


圖 2-16 台南建築立面面積指數分布

(資料來源：林建廷，2016)

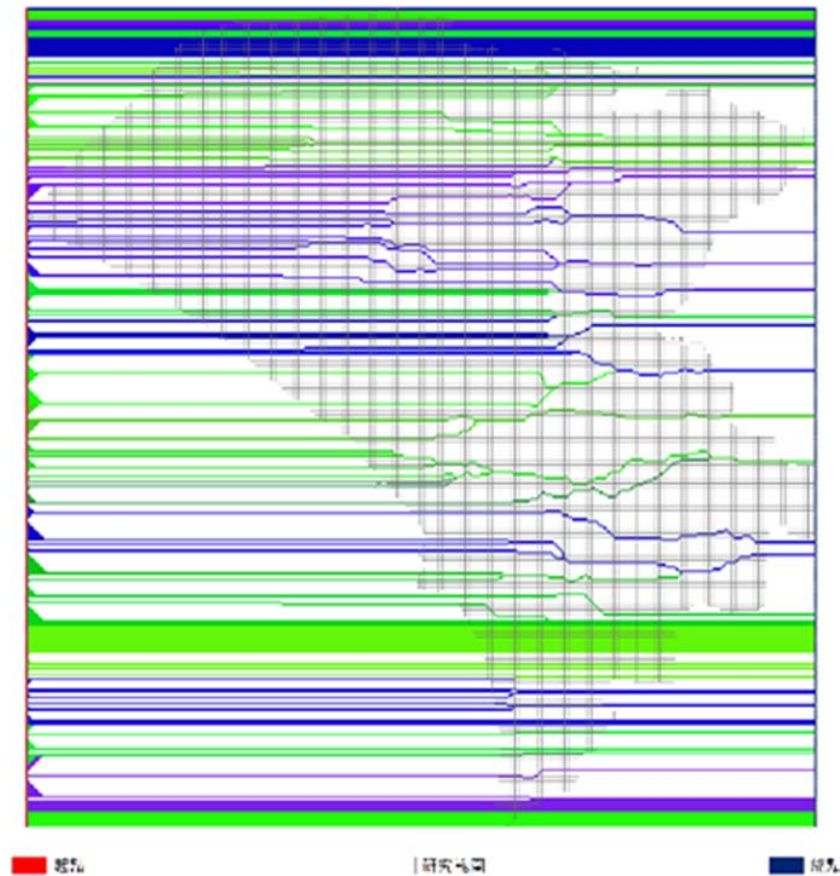


圖 2-17 台南建築立面面積指數分布

(資料來源：林建廷，2016)

而 CFD 具有成本低、速度快、資料完備等獨特的優點，並且可自行設定所欲預估環境尺度之大小，本研究將使用已受學界及業界普遍使用之 SkyHelios 進行戶外風環境之模擬與預測(圖 2-18)，並可進而應用至觀察建築物所造成的微氣候風環境如川堂風、迎風面渦流及掀裙風等，並可用來測

試模擬不同建成環境所造成多種的風廊分布以及通風環境評估與驗證。

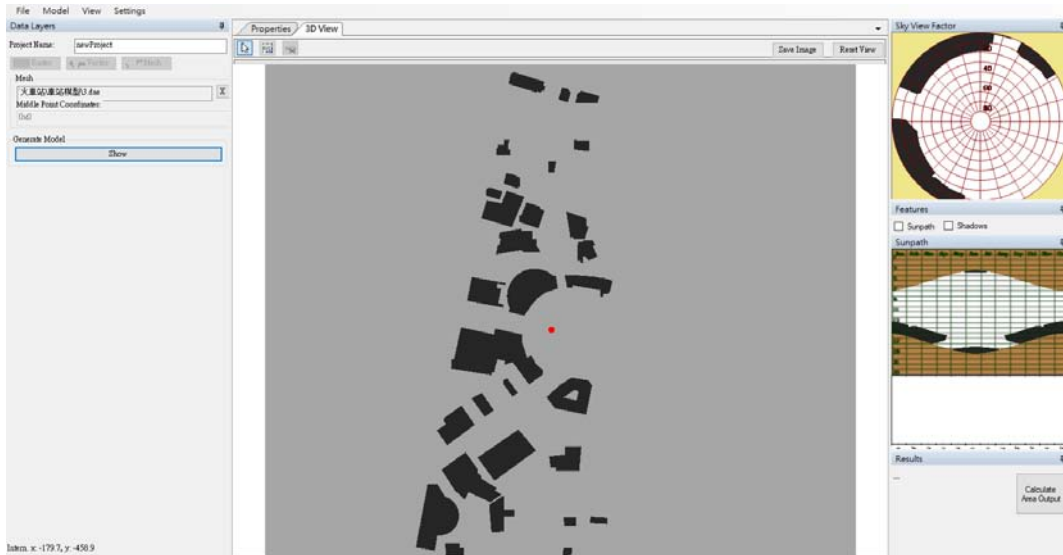


圖 2-18 CFD 模擬模型 SkyHelios 操作介面與台南模型匯入情況

(資料來源：本研究製作)

其中本次研究所使用 SkyHelios 之邊界條建設定包含起使溫度、濕度以及風速等資訊，皆透過實際量測所取得，其中將透過長時間知地表風速量測取得不同季節之條件設定如表，而後透過選擇產出氣候環境之成果即可取得包含風速及風向之近地風場風環境特徵，透過模擬之成果即可快速了解多種地況對於風環境之影響。

SkyHelios 為一套可匯入多種格式地表及建築模型如 obs、dae、tiff 檔並輸入基本氣候參數如空氣溫濕度、風速、輻射量等候進而預估區域內之風速及多種熱舒適指標的模式(表 2-1)，其有別於預估式模是最大的不同在於，此

模型所採用的預估方法為診斷式模擬，意即利用基礎輸入的氣候參數來判斷如遮陰與地表粗糙度等因子來演算氣候環境的折減，相較於使用預估式的方法，診斷式可以更快的獲得氣候資訊(Matzarakis and Matuschek, 2011; Ketterer et al., 2016)。

表 2-1 SkyHelios 背景邊界氣候條件設定

(資料來源：陳育成，2017)

180715	air temperature	relative humidity	global temperature	solar radiation	wind speed	wind direction
10:00	31.8	65	41.8	761	1.8	330
12:00	32.4	64	43.1	975	4.1	310
14:00	31.8	67	41.6	869	3.8	260
170121	air temperature	relative humidity	global temperature	solar radiation	wind speed	wind direction
10:00	18.4	87	21.8	172	4	40
12:00	19.4	81	25.7	327	5.1	50
14:00	22.4	73	28.9	597	3.8	40

第三節 都市風環境之時空分布與建築特徵等之關聯

都市中不同地況之地區會因其地表上之空間特徵包含土地覆蓋以及建築分佈等而產生不同的地表特色，其中粗糙度是一種可以有效量化此特徵之指標，本研究將會透過地表粗糙度，以及不同的都市發展因子包含建築樓地板面積以及天空可視率等探討都市風環境與都市中不同時空與建築特徵之關聯，進而回饋到實際應用面，解決都市中風環境之議題。

一、粗糙度計算之方法

在計算都市中風環境很重要的指標便是利用地表粗糙度 α (roughness) 以及粗糙長度 Z_0 (roughness length) 進行預估，不同的指標相對應用於計算地表風速折減之公式有所不同。這兩種指標可透過公式進行換算，本研究在計算地表地況時將採用粗糙長度進行預估，後利用換算公式取得粗糙度再進行人行尺度之都市風速折減運算。

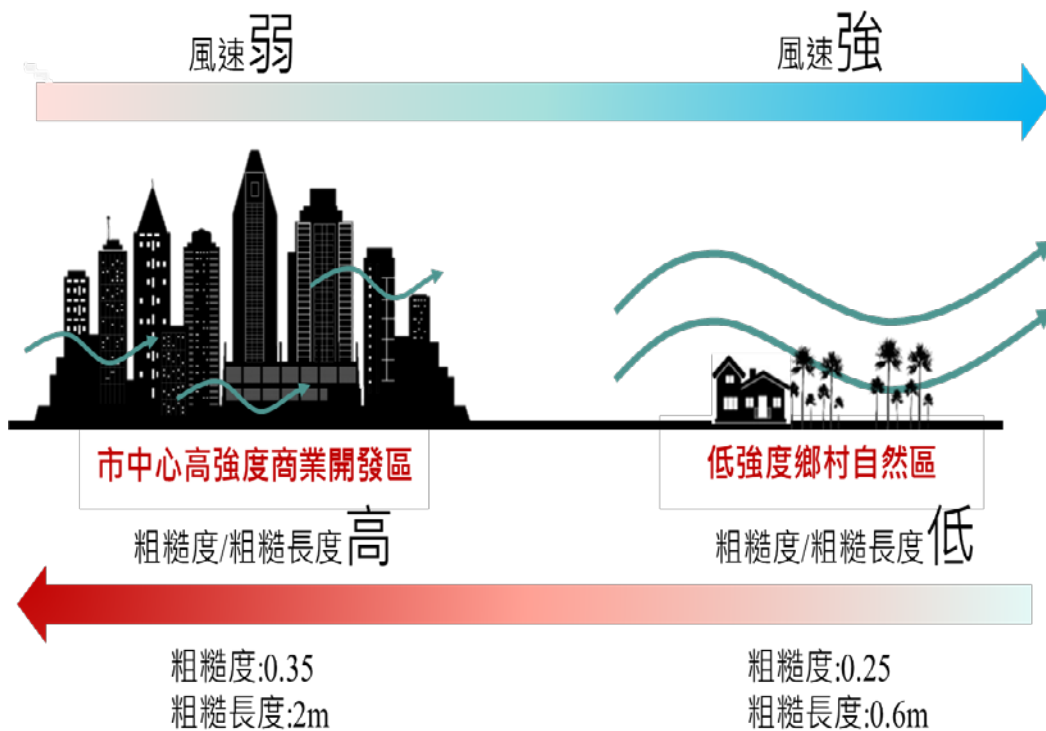


圖 2-19 都市建成環境對應之地表粗糙度以及風速

(資料來源：本研究製作)

如上所述，在計算都市中風環境很重要的指標便是利用地表粗糙度/粗糙長度進行預估，因地表之特徵可分為無單位值地粗糙度 α 以及單位為長度公尺的粗糙長度 Z_0 兩種量化數值，不同的指標相對應用於計算地表風速折減之公式亦有所不同(表 2-4)，主要可以透過對數律(logarithmic law)(公式 2)，以及指數律(power law)(公式 3)兩種方式進行。

其中，對應指數率所使用的粗糙度 α (roughness)，過去不同國家多透過經驗將地況分為三到五類，如都市密集建成區即為 0.32，較低矮郊區區域為 0.25，草地等自然鋪面與空地則是較低的 0.15，其中的數值判定是使用指數律的方式進行計算，並可方便使用於不同地況之風速計算。這個係數常用於模擬風洞之地況初使設定，如表 2-2。

而粗糙長度 Z_0 (roughness length)則是可藉由多種計算模式進行演算，對應折減的公式則是使用對數律公式，從而將高處風速折減至人行尺度，一般說來，粗糙長度可視為因空氣與地面摩擦產生之特徵渦流之平均大小，故而 Z_0 是高於地面某距離，而在該距離處之平均風速為零(圖 2-20)。

粗糙長度 Z_0 之示意圖其中這兩中指標可透過公式進行換算(公式 4)，本研究在計算地表地況時將採用粗糙長度進行預估，後利用換算公式取得粗糙度再進行人行尺度之都市風速折減運算。

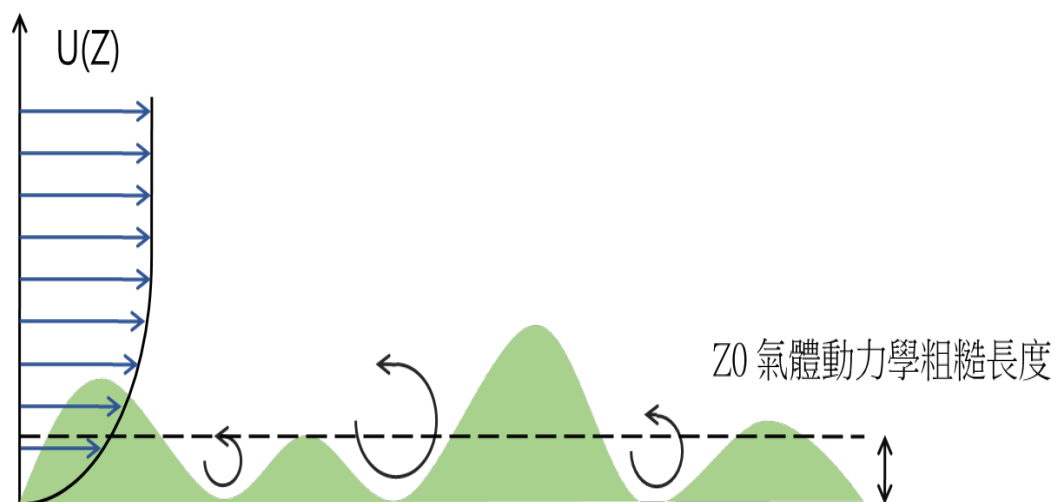


圖 2-20 粗糙長度理論圖像說明

(資料來源：本研究繪製)

表 2-2 地況特性及粗糙度對照表

(資料來源：朱佳仁，2006)

地況分類	地況特性	粗糙度 α
地況 A	大城市之市中心區	0.32
地況 B	郊區、小市鎮	0.25
地況 C	開闊之平原	0.15

表 2-3 地表覆蓋與粗糙長度對照表

(資料來源：Wieringa, 1980)

地面覆蓋物	粗糙長度 z_0 (米)
水面或光滑冰面	0.001
穀草地	0.1
長草地、石頭攤	0.05
牧場	0.2
城郊房舍區	0.6
森林、城市區	1~5

表 2-4 地表粗糙長度與粗糙度表

(資料來源：本研究製作)

	對數剖面(粗糙長度使用)	指數剖面(粗糙度使用)
公式	$\bar{u}_z = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z-z_d}{z_0} \right)$ -(公式 2)	$\bar{u}_{z1} = \bar{u}_{z2} \left[\frac{z_1-z_d}{z_2-z_d} \right]^\alpha$ -(公式 3)
相關參數	$\bar{u}_z$ 高度 z 時，的平均風速 z_0 氣體動力學的粗糙長度 z_d 零平面位移 u_* 表面的摩擦速度 k 馮卡門常數 0.4	$\bar{u}_{z1}$ 高度 z_1 的平均風速 $\bar{u}_{z2}$ 高度 z_2 的平均風速 z_d 零平面位移 α 粗糙度，代表地況係數
計算來源	z_0 氣體動力學的粗糙長度(roughness length)，可以經由既有之都市建築等圖資進行計算	α 粗糙度(roughness)，可以經由相同地況分類，或於兩個不同高度進行實測的風速進行計算。
轉換公式	$\alpha = 0.096 \log_{10} z_0 + 0.016(\log_{10} z_0)^2 + 0.24$ -----(公式 4)	
交互驗證	透過現有圖資計算氣體動力學的粗糙長度，並透過轉換公式(Oke, 2017)進行轉換，再帶入對數剖面中計算出目標高度的風速計算值，並與實測進行交互對照以確定此方法的可行性。	

因不同地況之粗糙度及粗糙長度將會影響該區域之風環境特徵(圖 2-21)，故若能計算出都市中各格點的粗糙度及粗糙長度，即可依表 2-4 約略

推估風速，進而製作都市風速分布圖。過去研究顯示粗糙度僅是依都市型態做約略的定義，而粗糙長度則可藉由都市土地利用、土地覆蓋、建築型態等做計算預估如表 2-3。本研究提出以下三種方式來計算地表粗糙長度之計算，分別為：

1. 利用土地使用及土地覆蓋之都市土地特徵包含空拍光達影像以及土地使用圖，並使用經驗公式進行加權計算粗糙長度，其中都市空曠區域如草地及大片空地之粗糙度將較高密度開發建築區域高；
2. 透過匯入區域之建築模型進入都市環境及氣候運算模擬模式 SkyHelios 中，藉由樓高及立面風阻面積之大小計算粗糙長度，可反映都市中的建成環境對風環境的影響以及差異；
3. 利用局部都市開發特徵並由衛星影像分類出其所屬之局部氣候分區類型，如 LCZ1 的密集緊湊高層建築區、LCZ6 輕量低層建築區以及 LCZA 的森林區與 LCZG 的水域區，再利用 LCZ 之定義而得知其粗糙長度。

利用上述三種計算地表粗糙度之方法進行地表粗糙度演算，其優缺點分別在於光達可準確或取地上物高度並快速透過經驗工是取得粗糙度，但資料管制嚴格需要政府相關處室申請方能取得，而使用建築模型之方法則其亦可快速透過模擬軟體取得粗糙度資訊，但其申請方式亦須透過申請取得，而最後之使用 LCZ 方式其優點在於可免費且大量取得衛星影像並用於最為地表分

類並進而取得粗糙度之對應值，但其影像解析度較低，較適合用於大範圍地區的概估而不適合用於較小精細尺度的研究基地之風速評估，以及風環境模擬。

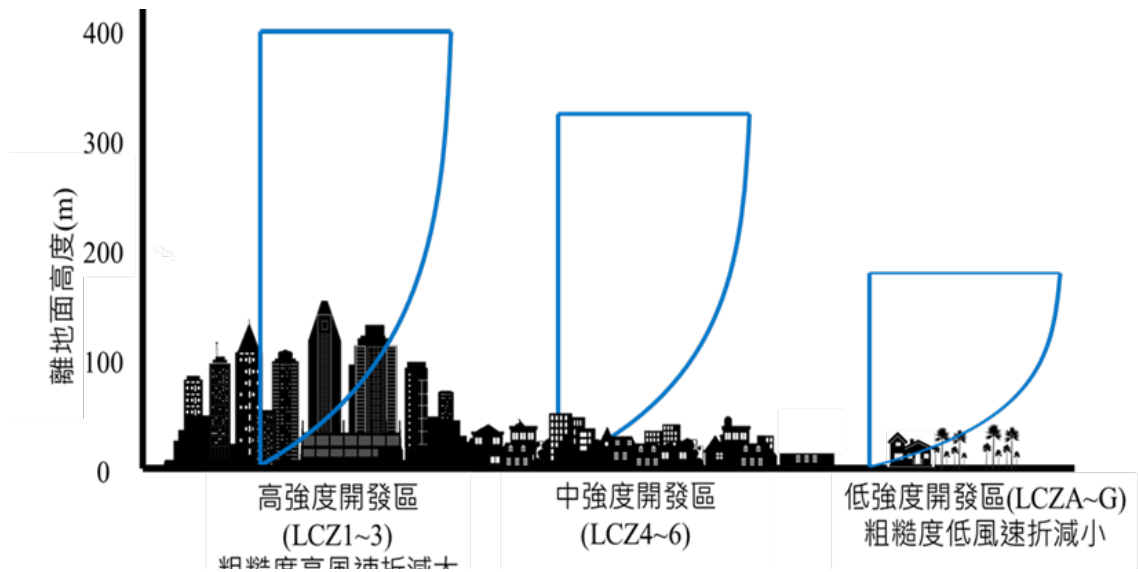


圖 2-21 粗糙長度與風環境之關聯

(資料來源：本研究繪製)

首先介紹以土地覆蓋特徵方式預估地表粗糙長度之方法，因本研究著重探討不同地況所造成的風環境影響，而光達即是探測地表物高度最準確之方式，雷射測距技術 LiDAR 又稱光達搭配空中精確的直接地理定位技術，能精確建立數值地表模型 DSM (Digital Surface Model)，使得地形地貌的特徵能被細微檢視與量化。因此，近年來多利用光達技術掃描大面積區域以獲得國土三維空間資訊(圖 2-22)。(呂怡貞，詹瑜璋，2012)。

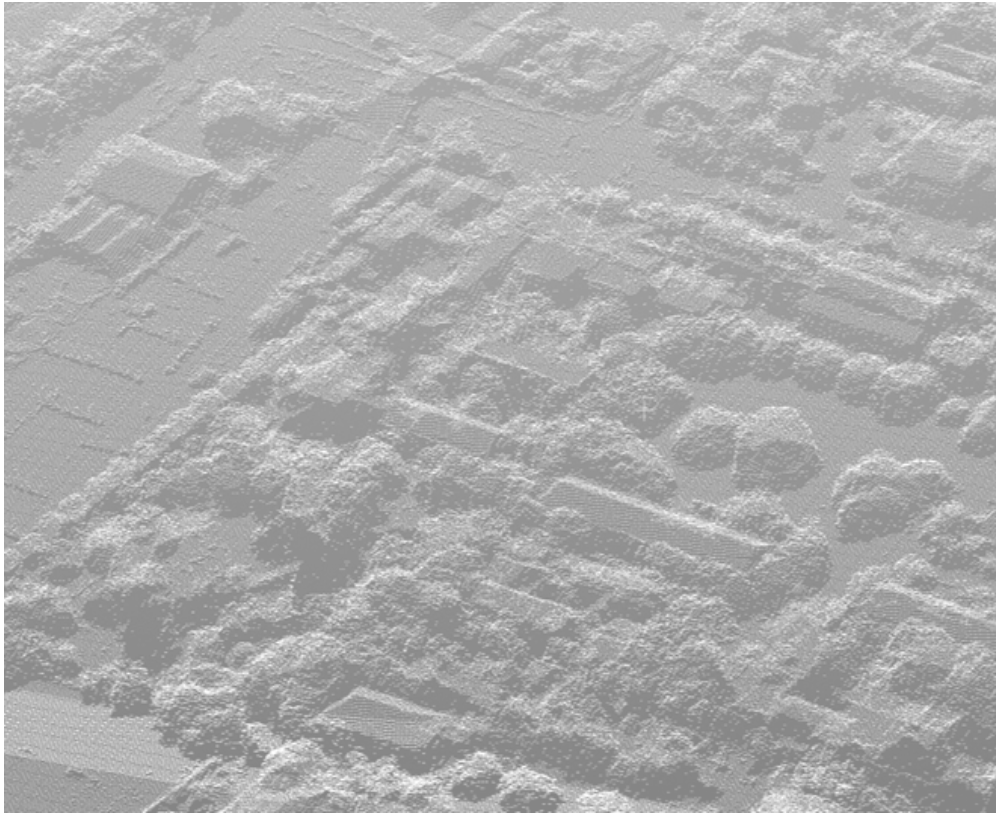


圖 2-22 地表光達點雲示意圖

(資料來源：陳致宇，2016)

由於光達利用雷射測距結合直接地理定位技術，進而取得大量高精度坐標點且分布密集，這些點集合即被稱為點雲。是近來研究地形或地形變遷的重要的科技(劉進金，史天元，2010)，也非常適合用在呈現都市環境(圖 2-23; 圖 2-24)。

本研究利用此方法之優點即為雷射準確掃描整體環境之資訊並配合土地覆蓋資訊，包含建築物、植栽、地形等，即可精準呈地上物及高度資訊(圖

2-25; 圖 2-26)，並可快速透過經驗公式進行地表粗糙度計算，可迅速套用至大尺度區域內計算及評估風流通潛力。

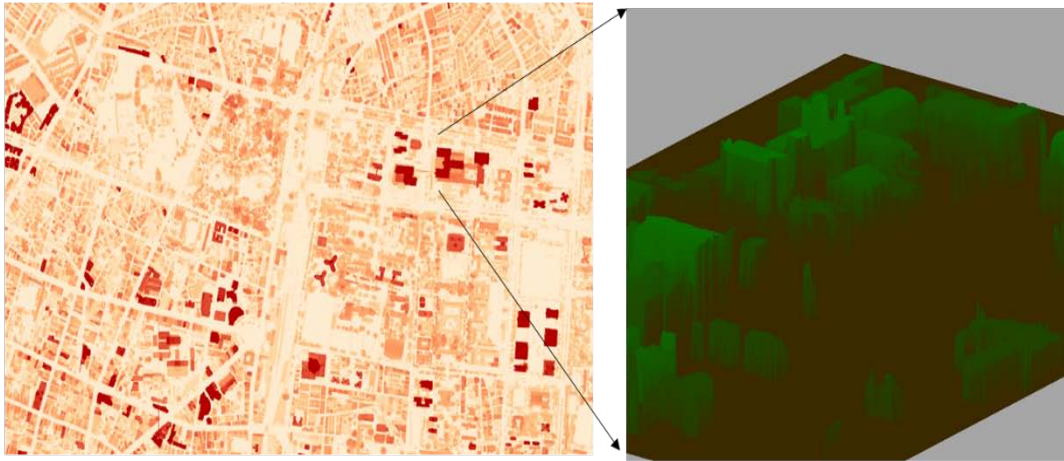


圖 2-23 示範區域數值地表模型

(資料來源：廖昱捷，2018)

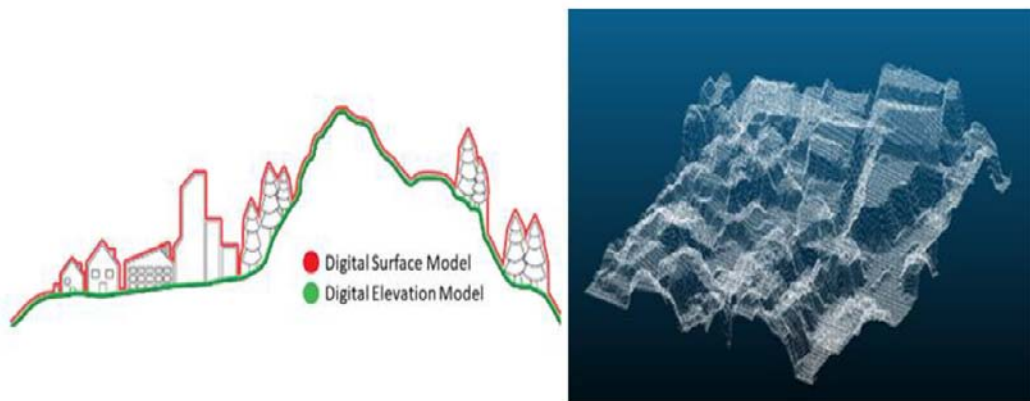


圖 2-24 數位地形模型圖像說明

(資料來源：廖昱捷，2018)

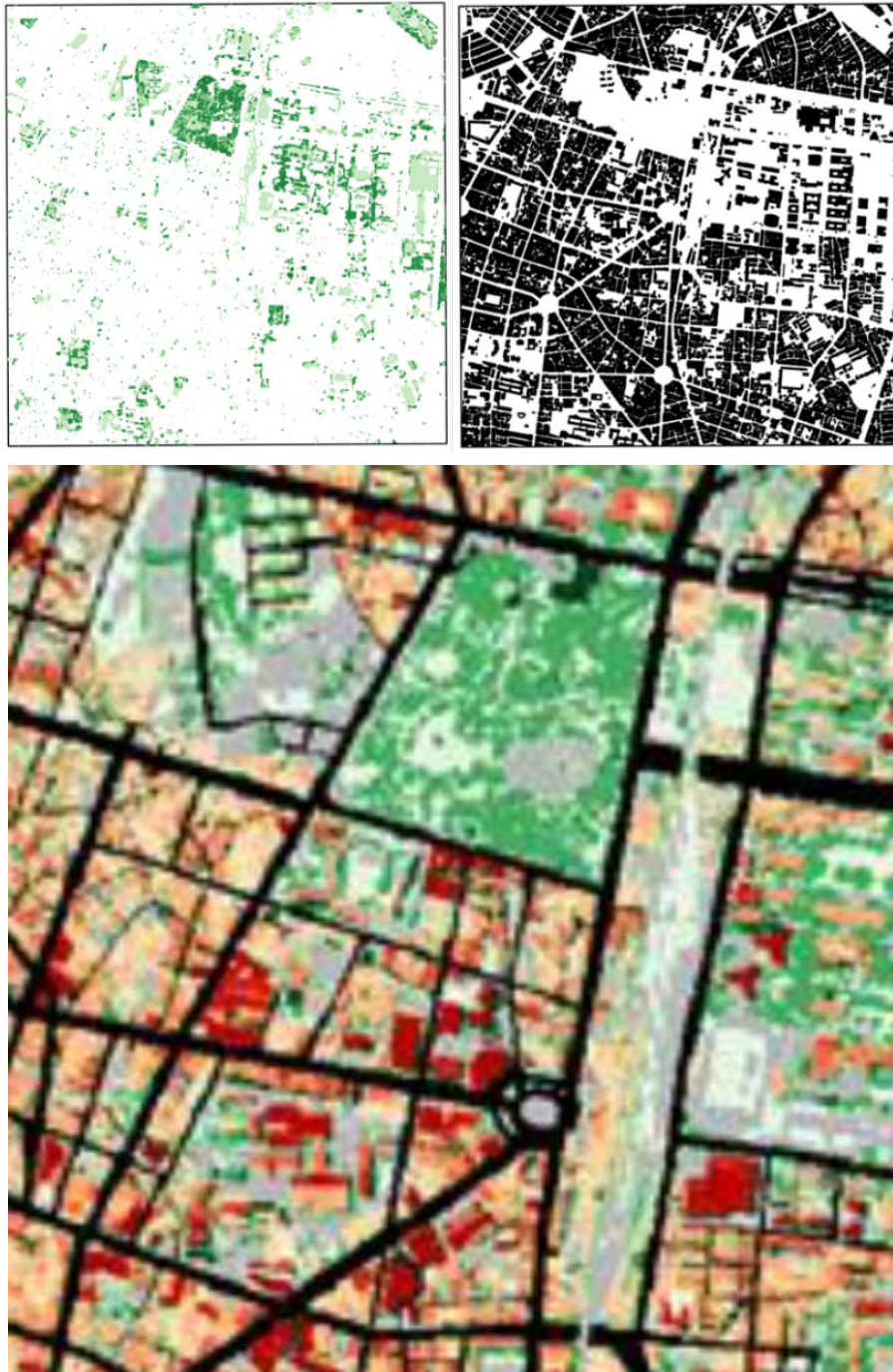


圖 2-25 示範區域地表覆蓋分類圖-台南

(資料來源：廖昱捷，2018)



圖 2-26 示範區域地表覆蓋分類圖-高雄

(資料來源：廖昱捷，2018)

在確立研究區域內不同地況及土地覆蓋物之高度以及分布後，即可透過過去研究地表粗糙長度演算之經驗公式進行預估(Kondo, 1986)如下公式 5：

$$\text{粗糙長度}(Z_0) = [(\text{建築佔比} \times \text{建築平均高度}(m) \times 0.25) + (\text{植栽佔比} \times \text{植栽平均高度}(m \times 0.125) + (\text{開放面積佔比} \times 0.1m \times 0.01))] \text{-----}(\text{公式 } 5)$$

其中因為建築物之才值與大小會對地表造成較大程度的紊流影響，故其區域內佔比面積對於粗糙長度之加權值較大為 0.25，而植栽因為其覆蓋材值及平均高度對地表粗糙長度影響較低，故其加權係數為建築物之一半為 0.125，而開放區域包含空地、停車場、土地等不具備高度之區域則會被賦予 0.1 公尺之高度做為預設值，並使用加權係數 0.01 做為地表粗糙長度之計算，而透過該公式研究區域內不同地況之粗糙即可透過可視化分布圖的方式呈現(圖 2-27；圖 2-28)，進而用於折減經濟部能源局所取得之 10 米高風速以及本研究地表量測風環境之結果，取得都市風環境特徵。

該計算粗糙度之公式方法除可較快速透過土地覆該分類之方式取得地表粗糙度外，因光達準確的地表物高度資訊，故可以提供細緻產製精細的 DSM 模型，在應用於評估都市風速的研究中，將可有很高的應用潛力。

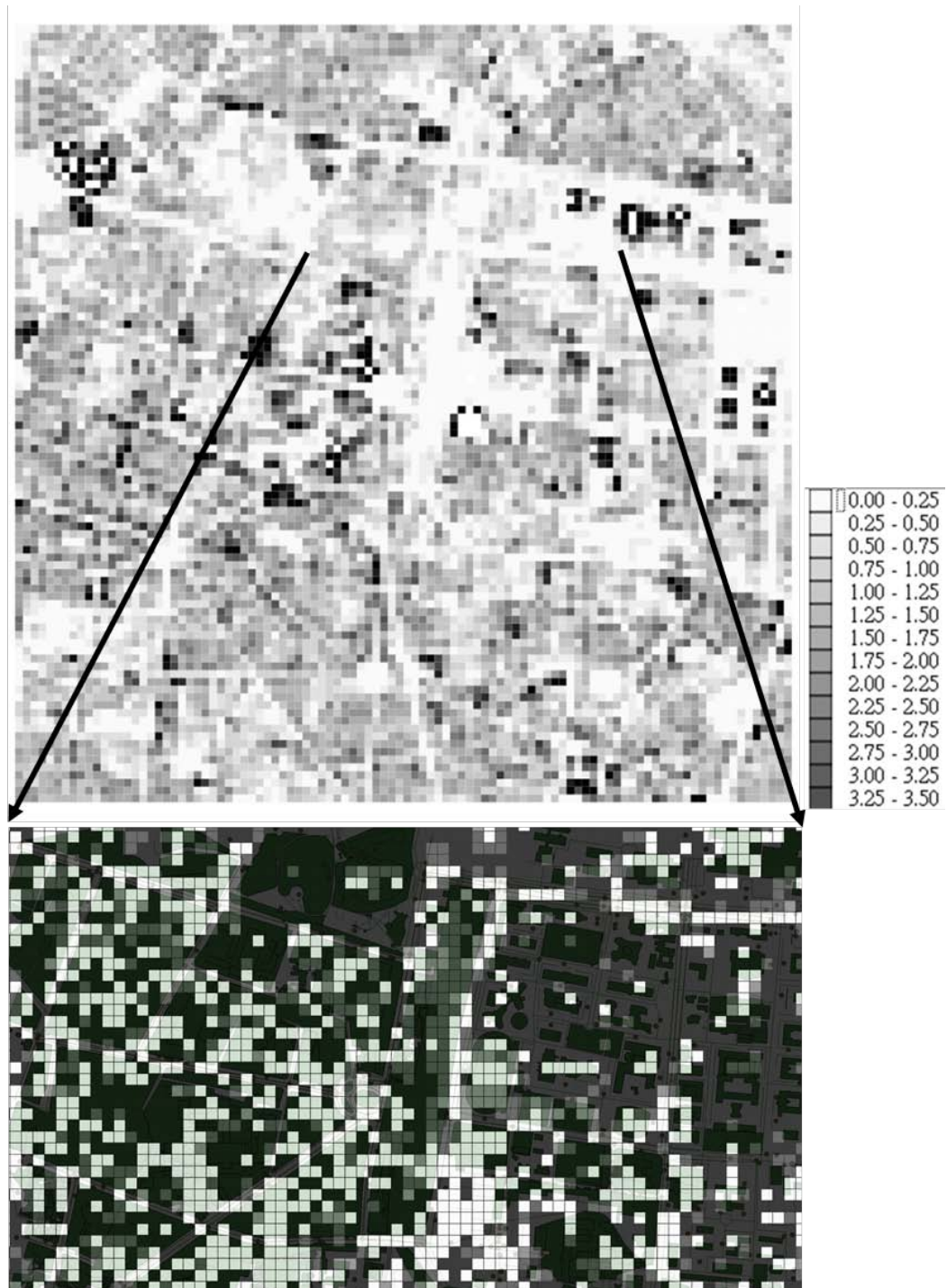


圖 2-27 示範區地表粗糙長度分佈-台南

(資料來源：本研究製作)

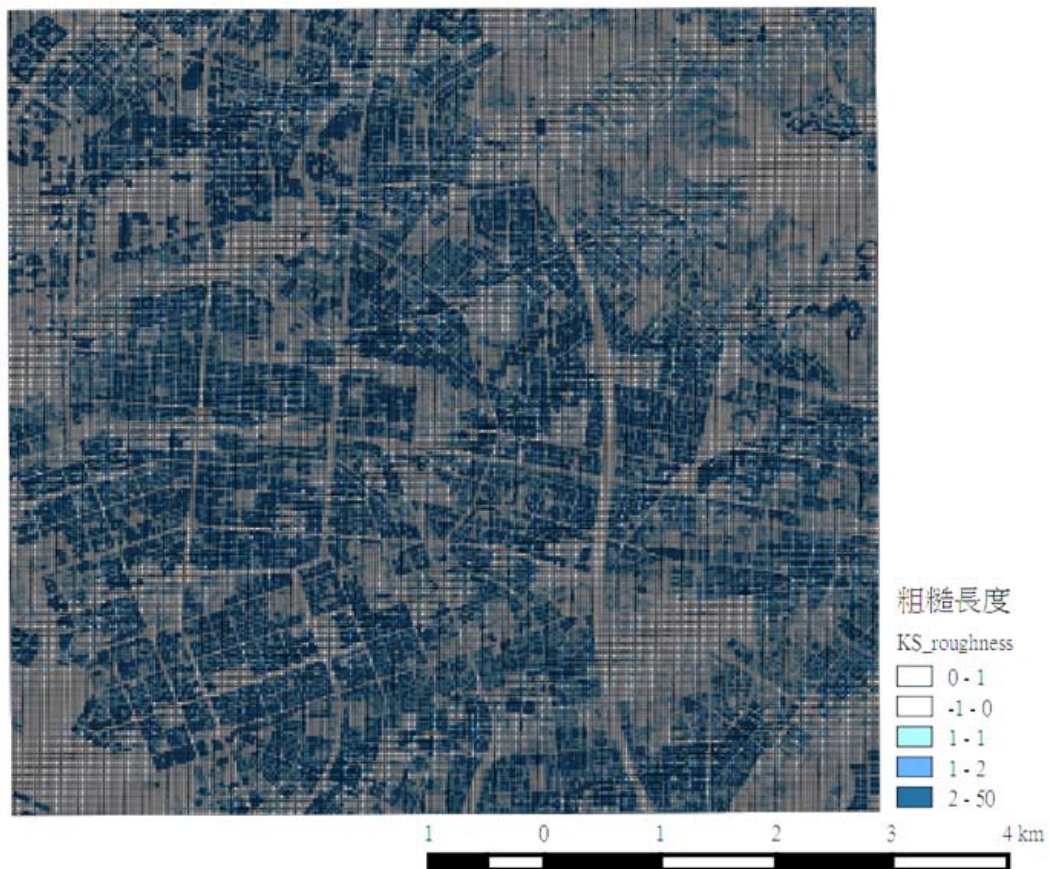


圖 2-28 示範區地表粗糙長度分佈-高雄

(資料來源：本研究製作)

第二種方式即位以數值建築模型與氣候模擬模式預估地表粗糙長度，透過數值建築模型(shape file)，主要影響都市中風環境特徵以及分佈的地表建築物高度以及面積皆可取得(圖 2-29)，並透過匯入氣候診斷式軟體 SkyHelios 即可利用估算空間粗糙度(estimate spatially resolved roughness)功能進行演算進而獲得地表粗糙長度，SkyHelios 模式中利用樓

高與迎風面積指數等參數計算地表粗糙長度，進而使用實際測量所得之風向風速作為基礎氣象設定值預估該區域內之風環境，其優點為可考慮到建築物配置、佈局及格局所造成的微氣候環境影響，在具備都市建成環境完整圖資之情況下，此方法可以快速取得地表粗糙度之分佈，便於進行都市中風環境之評估。

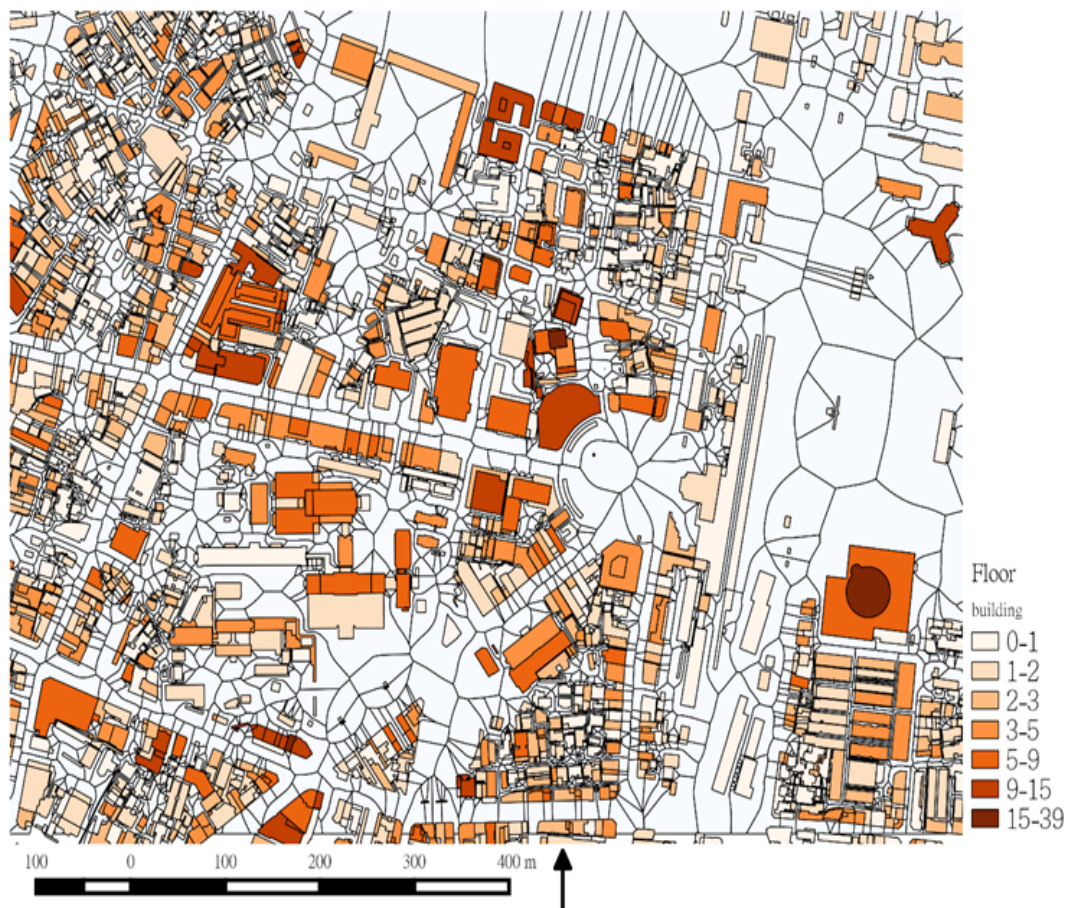


圖 2-29 建築數值模型結合 Voronoi 地表分區分佈圖

(資料來源：Chen et al., 2017)

本研究藉匯入包含建築物高度資訊的數值地形模型至 SkyHelios 軟體如圖 2-30，透過使用 Bottema and Mestayer (1998) 的方法藉由建築高度及坐向計算地表粗糙長度。

在 SkyHelios 中使用 Voronoi 圖為每個區域計算粗糙長度的參考範圍如圖 2-21。使用 Voronoi 圖的主要優勢與任意參考區域，如與使用網格或多區域相比，Voronoi 單元對實際建築物的依賴顯著性。Voronoi Diagram 隱含著鄰近的資訊，是分界線組成的集合。所以「最靠近」、「距離最短」之類的问题，多半可以透過 Voronoi Diagram 解決。用於本研究預估地表粗糙度則代表此地況受地上物影響的範圍(圖 2-31)。

這確保粗糙度長度是根據最近的障礙物確定(Faivre et al., 2017; Ketterer et al., 2016)。其中粗糙長度會依照不同季節的風向做為模擬條件，故在不同風向的狀況下粗糙長度亦會有所不同，如圖 37 所示，冬季在北風主導的狀況下，在南北坐向的鐵路區其粗糙長度即較夏季西風來的低，故粗糙長度將同時考慮建成環境與氣候條件計算而得(Chen et al., 2017)。

而在取得區域內之粗糙長度分布後，即可利用模式中內建診斷式的模擬方式而對邊界條件的風環境參數進行折減，亦可透過使用冪次法則對基準氣候站之風速資料進行指數運算而取得都市中風速的分布資訊(Touma, 1977)。

故透過氣候模擬模是所得之氣候可視化地圖，是一種可以在少量實測下完成都市氣候環境呈現的方法(圖 2-32)，且亦可較快速的解決風環境量測較難操作的議題。

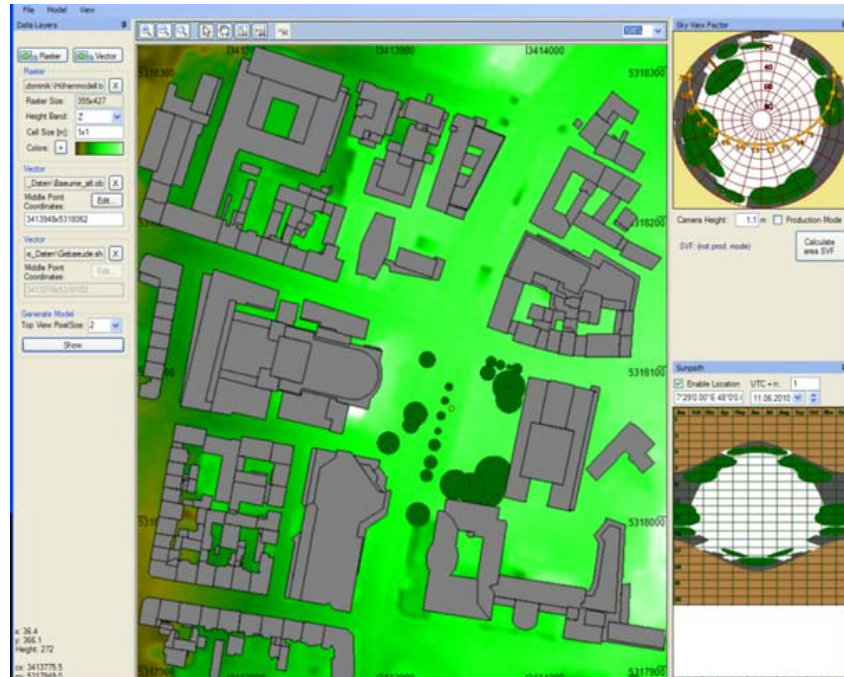


圖 2-30 SkyHelios 氣候模擬模式計算風環境介面

(資料來源：SkyHelios 官網)

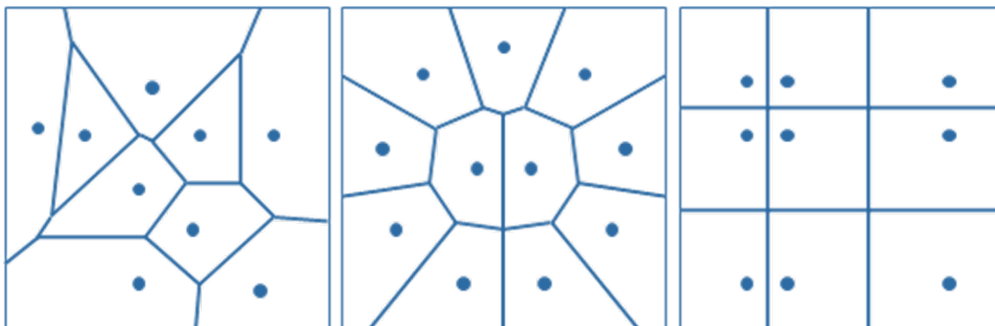
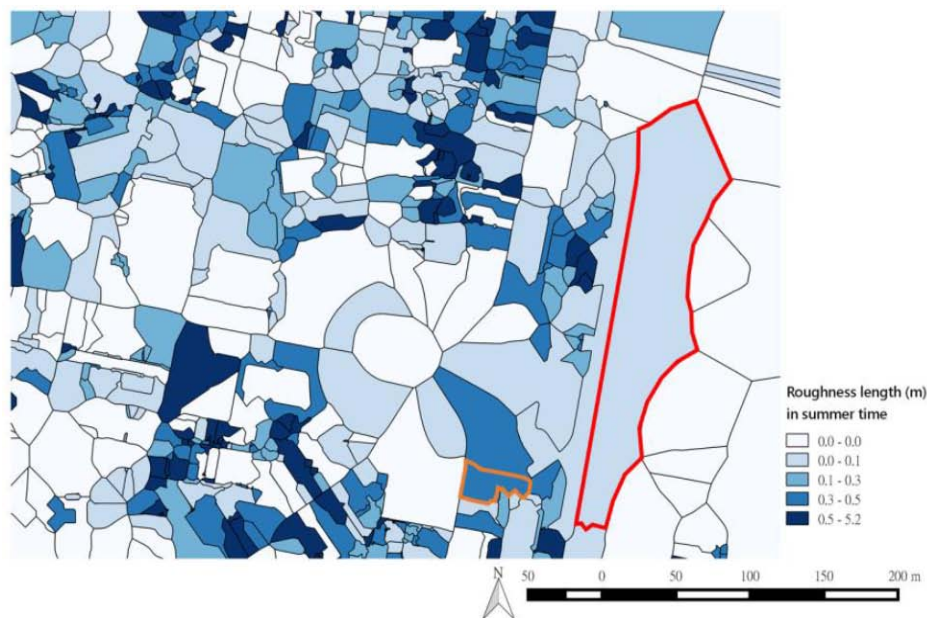
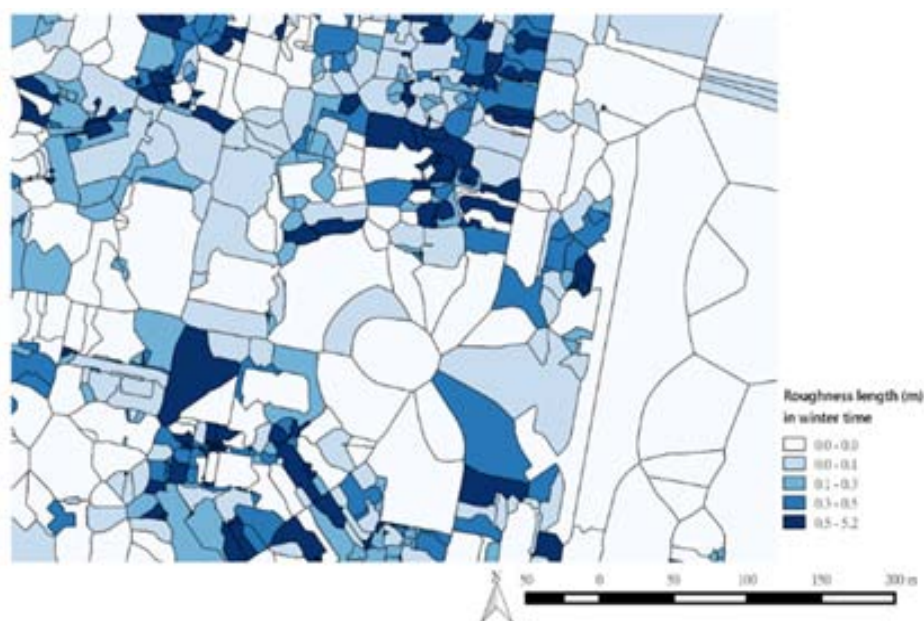


圖 2-31 Voronoi Diagram 示意圖

(資料來源：本研究繪製)



(a)



(b)

圖 2-32 (a)夏季西風粗糙長度 (b)冬季北風粗糙長度

(資料來源：Chen et al., 2017)

第三種方式為使用局部氣候分區(LCZ)之地表特徵資訊預估地表粗糙長度，LCZ 為一個地表特徵分類之系統，分為建成區與非建成區，而建成區又透過建築物之疏密與高矮進行分類，每一種類別皆有其粗糙長度數值(圖 2-33)。而風速風向的計算則是透過經濟部能源局之全台模擬地表上十公尺之風速資料進行具有不同地表粗糙長度的不同地區之折減，接著將透過地表實測的方式利用風速風向儀之現地量測以進行驗證。而地表實測將包含中央氣象局已設置之各級測站之資料與本研究室內之儀器搭配使用，於都市中多種不同空間與尺度之區域進行地表量測，呈現風環境分佈特徵，可準確了解實際情況並與模擬預估結果比較驗證。

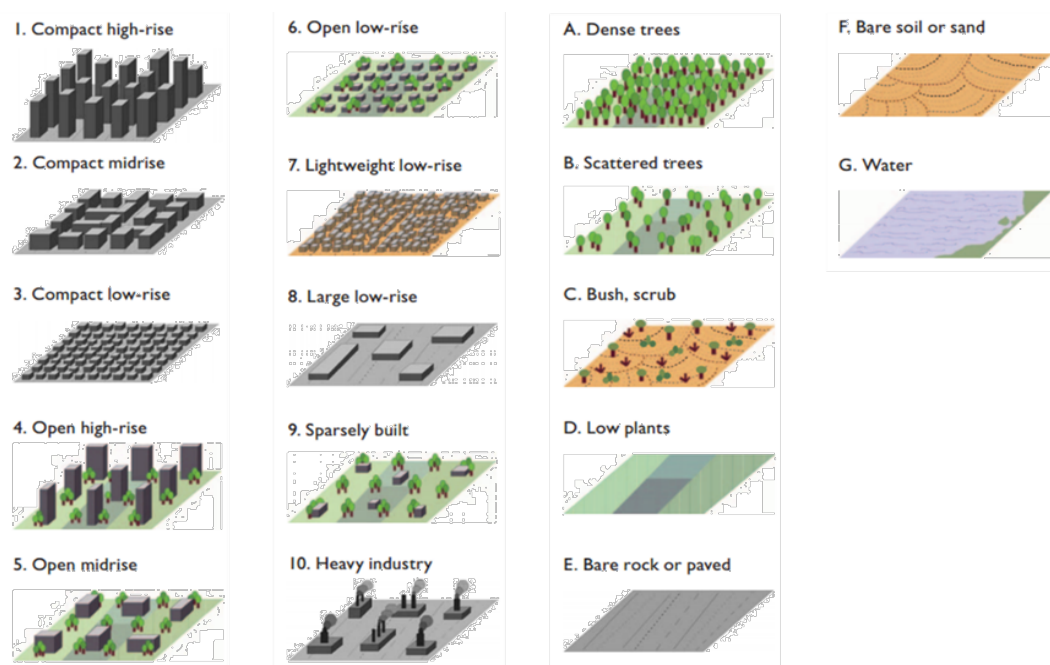


圖 2-33 局部氣候區分類架構

(資料來源：Steward and Oke, 2012)

所使用的局部都市開發特徵，可從天空可視率、建物高度與街道寬度比、建物所占之平面面積比、不透水鋪面平面面積比、可透水鋪面平面面積比、粗糙度因子高度、地表粗度類別、表面熱承載量、表面反照率與人為活動排熱量等進行分化成 17 種分區(圖 2-34)，每一種分區內的建築以及地表分布型態皆有所不同使得地表的差異，故其區域內的風速也將會受到其建成環境而有所不同(表 2-5)。

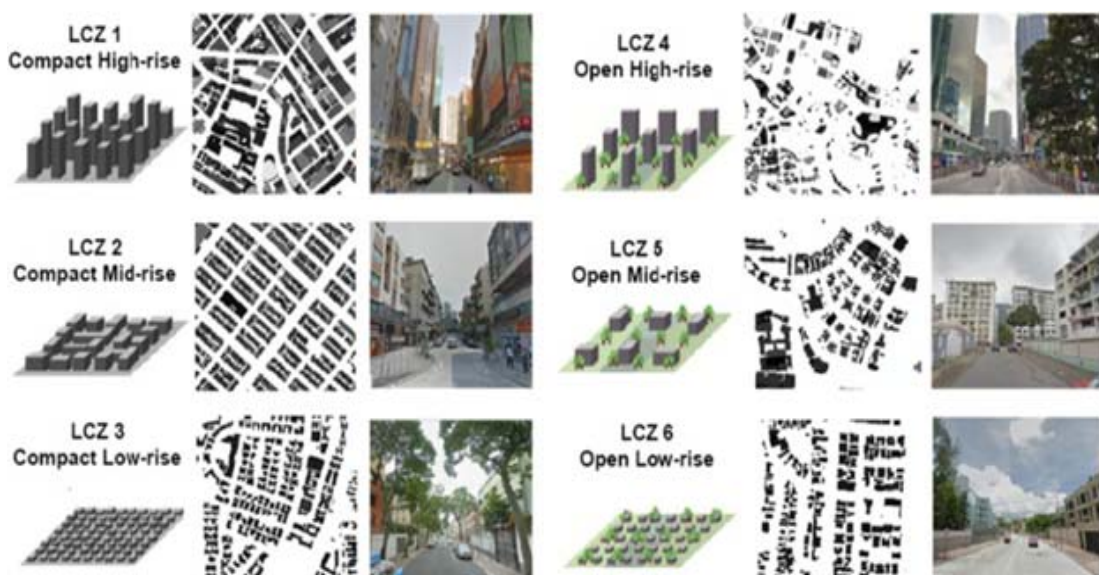


圖 2-34 局部氣候區地貌分類

(資料來源：Zheng et al., 2018)

本研究以 400 公尺x400 公尺的網格作為最小局部氣候分區分類基礎，進行網格內各項參考因子的計算，而將台南歸納為下圖 10 類之地區氣候分區。

由下圖 2-35 所示，台南建成區在建成區的分布上，多以 LCZ2、LCZ3 密集低樓層以及 LCZ5 開放的中樓層為主要的型態；在非建成區的部分，多以 LCZB 稀疏林木的型態分布為主，而在地圖西南方一帶屬 LCZE 的裸地則為台南機場。

表 2-5 局部氣候區分類因子對照表

(資料來源：Steward and Oke, 2012)

Local climate zone (LCZ)	Sky view factor ^a	Aspect ratio ^b	Building surface fraction ^c	Impervious surface fraction ^d	Pervious surface fraction ^e	Height of roughness elements ^f	Terrain roughness class ^g	Surface admittance ^h	Surface albedo ^h	Anthropogenic heat output ⁱ
LCZ 1 Compact high-rise	0.2–0.4	> 2	40–60	40–60	< 10	> 25	8	1,500–1,800	0.10–0.20	50–300
LCZ 2 Compact mid-rise	0.3–0.6	0.75–2	40–70	30–50	< 20	10–25	6–7	1,500–2,200	0.10–0.20	<75
LCZ 3 Compact low-rise	0.2–0.6	0.75–1.5	40–70	20–50	< 30	3–10	6	1,200–1,800	0.10–0.20	<75
LCZ 4 Open high-rise	0.5–0.7	0.75–1.25	20–40	30–40	30–40	>25	7–8	1,400–1,800	0.12–0.25	<50
LCZ 5 Open mid-rise	0.5–0.8	0.3–0.75	20–40	30–50	20–40	10–25	5–6	1,400–2,000	0.12–0.25	<25
LCZ 6 Open low-rise	0.6–0.9	0.3–0.75	20–40	20–50	30–60	3–10	5–6	1,200–1,800	0.12–0.25	<25
LCZ 7 Lightweight low-rise	0.2–0.5	1–2	60–90	< 20	<30	2–4	4–5	800–1,500	0.15–0.35	<35
LCZ 8 Large low-rise	>0.7	0.1–0.3	30–50	40–50	<20	3–10	5	1,200–1,800	0.15–0.25	<50
LCZ 9 Sparsely built	> 0.8	0.1–0.25	10–20	< 20	60–80	3–10	5–6	1,000–1,800	0.12–0.25	<10
LCZ 10 Heavy industry	0.6–0.9	0.2–0.5	20–30	20–40	40–50	5–15	5–6	1,000–2,500	0.12–0.20	>300
LCZ A Dense trees	<0.4	>1	<10	<10	>90	3–30	8	unknown	0.10–0.20	0
LCZ B Scattered trees	0.5–0.8	0.25–0.75	<10	<10	>90	3–15	5–6	1,000–1,800	0.15–0.25	0
LCZ C Bush, scrub	0.7–0.9	0.25–1.0	<10	<10	>90	<2	4–5	700–1,500	0.15–0.30	0
LCZ D Low plants	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3–4	1,200–1,600	0.15–0.25	0
LCZ E Bare rock or paved	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1–2	1,200–2,500	0.15–0.30	0
LCZ F Bare soil or sand	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	< 0.25	1–2	600–1,400	0.20–0.35	0
LCZ G Water	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	–	1	1,500	0.02–0.10	0

經由台南局部氣候區分區圖本研究即可透過下表將不同建成區域以及不同地況之地區利用其對照之粗糙度進行轉換(表 2-6)，如屬於高層建築的

LCZ1、LCZ4 以及高密度植栽區如 LCZA 即會被賦予較高之粗糙度值，而介於中高層建築至低層建築以及都會公園等密度較低之綠地則會因為其有較低的粗糙長度而有潛力為都市提供更良好的通風環境，並減少都市蓄熱等氣候議題之加劇。

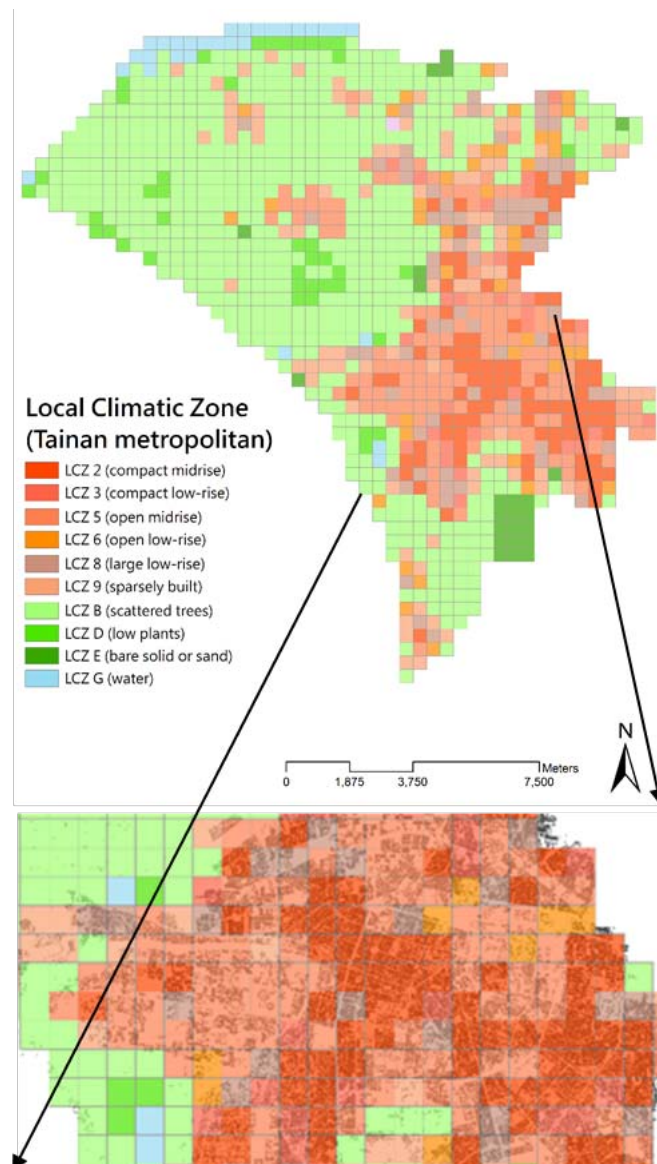


圖 2-35 台南局部氣候區分區圖

(資料來源：林建廷，2016)

表 2-6 局部氣候區對應之地表粗糙長度

(資料來源：Davenport et al., 2000)

Davenport class	Roughness length, z_0 (m)	Landscape description	LCZ correspondence
1. Sea	0.0002	Open water, snow-covered flat plain, featureless desert, tarmac, and concrete, with a free fetch of several kilometers.	E, F, G
2. Smooth	0.005	Featureless landscape with no obstacles and little if any vegetation (e.g., marsh, snow-covered or fallow open country).	E, F
3. Open	0.03	Level country with low vegetation and isolated obstacles separated by 50 obstacle heights (e.g., grass, tundra, airport runway).	D
4. Roughly open	0.10	Low crops or plant covers; moderately open country with occasional obstacles (e.g., isolated trees, low buildings) separated by 20 obstacle heights.	7, C, D
5. Rough	0.25	High crops, or crops of varying height; scattered obstacles separated by 8 to 15 obstacle heights, depending on porosity (e.g., buildings, tree belts).	5–10, B, C
6. Very rough	0.5	Intensely cultivated landscape with large farms and forest clumps separated by 8 obstacle heights; bushland, orchards. Urban areas with low buildings interspaced by 3 to 7 building heights; no high trees.	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7. Skimming	1.0	Landscape covered with large, similar-height obstacles, separated by 1 obstacle height (e.g., mature forests). Dense urban areas without significant building-height variation.	2, 4
8. Chaotic	≥ 2	Landscape with irregularly distributed large obstacles (e.g., dense urban areas with mix of low and high-rise buildings, large forest with many clearings).	1, 4, A

二、地表粗糙長度驗證

本研究使用多種方法預估地表粗糙度進而推導人行尺度之風速資訊，但在實際複雜且多變的都市建成環境內需要更進一步的進行驗證方能確立粗糙度的計算是否能夠符合台灣的都市發展特徵以及地理環境(圖 3-36)。故本研究為能詳進了解都市中風環境特徵以及都市風廊的分佈，透過實計量測不同高度風速的方法進行粗糙度計算，並透過建築物頂樓與地表多點實測方使與高速風速進行對照，並推演經折減風速的粗糙度係數驗證透過模擬與經驗公

式所取得之粗糙度為準確值(圖 3-37)，使不同地況地區方便進行風環境評估。

圖 2-36 地表粗糙度驗證之方法

(資料來源：本研究繪製)



圖 2-37 地表粗糙度驗證實測

(資料來源：本研究繪製)

三、風環境與都市型態關聯性分析

本研究透過都市風環境評估，包含利用風廊道以及長年風環境特徵，以及利用粗糙度預估都市地表風速所產出的風環境圖與都市開發圖層進行疊合分析，本研究將可以透過不同的分析方法如空間自相關與套疊分析等方法進行都市型態與風環境之關聯，並了解都市風環境之時空分布與氣候因素、建築特徵、土地覆蓋、使用分區、景觀植栽之關聯。

利用本節方法風環境與都市型態關聯性分析之優點在於此方法可明確透過可視化的方式進行疊合，並透過量化的數據分析風流通特性，其將可與例如建築樓地板面積與建築分布等等直接視覺化的呈現，對於日後不具氣候背景的都市規劃人員再進行都市規劃設計時將具有很高的助益。

本研究方法將會透過網格化的方式將都市以及示範區域切分為多個區域如(圖 2-38; 圖 2-39)，以便探討不同往格區域內所包含的都市型態數值，每個區域網格中皆會包含多種都市開發因子包含第三節所述之因子如建築樓地板面積、使用分區面積、風阻面積指數等，不同的因子皆有對都市氣候造成影響之潛力與層度強弱，透過多元線性回歸之方式，即可將影響風速之主要因子進行判定，並依照其回歸係數分析風環境與各種都市型態之關聯性，並

依照其分析結果回饋至未來進行緩和都市熱島之通風策略建議以及研擬提供參考使用。

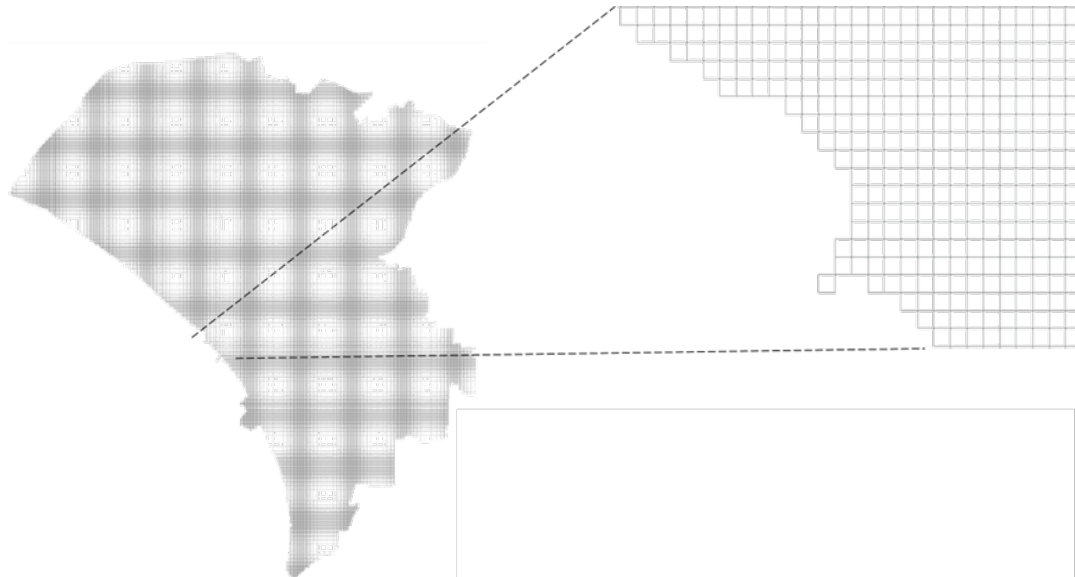


圖 2-38 格點化研究區域

(資料來源：林建廷，2016))

網格化的結果可透過與過去台南之氣候相關研究得到對應關係，如使用都市熱環境圖即可了解都市中之熱點分佈與風速之關聯性，如風速較弱之地區是否會因為散熱不易進而導致都市熱壓力並影響都市居民生活品質之下降，導致工作效率不佳，更有機會造成傳染病以及汙染的傳遞。

同時本研究也利用環域分析之方法探討環域內部所各土地使用型態與分區所站的百分比進行分類，用此方法來量化不同地況的情境，藉以了解都市中的建成環境對於風環境的影響以及其所造成之差異，而高占比之定義則透

過中位數進行判定。

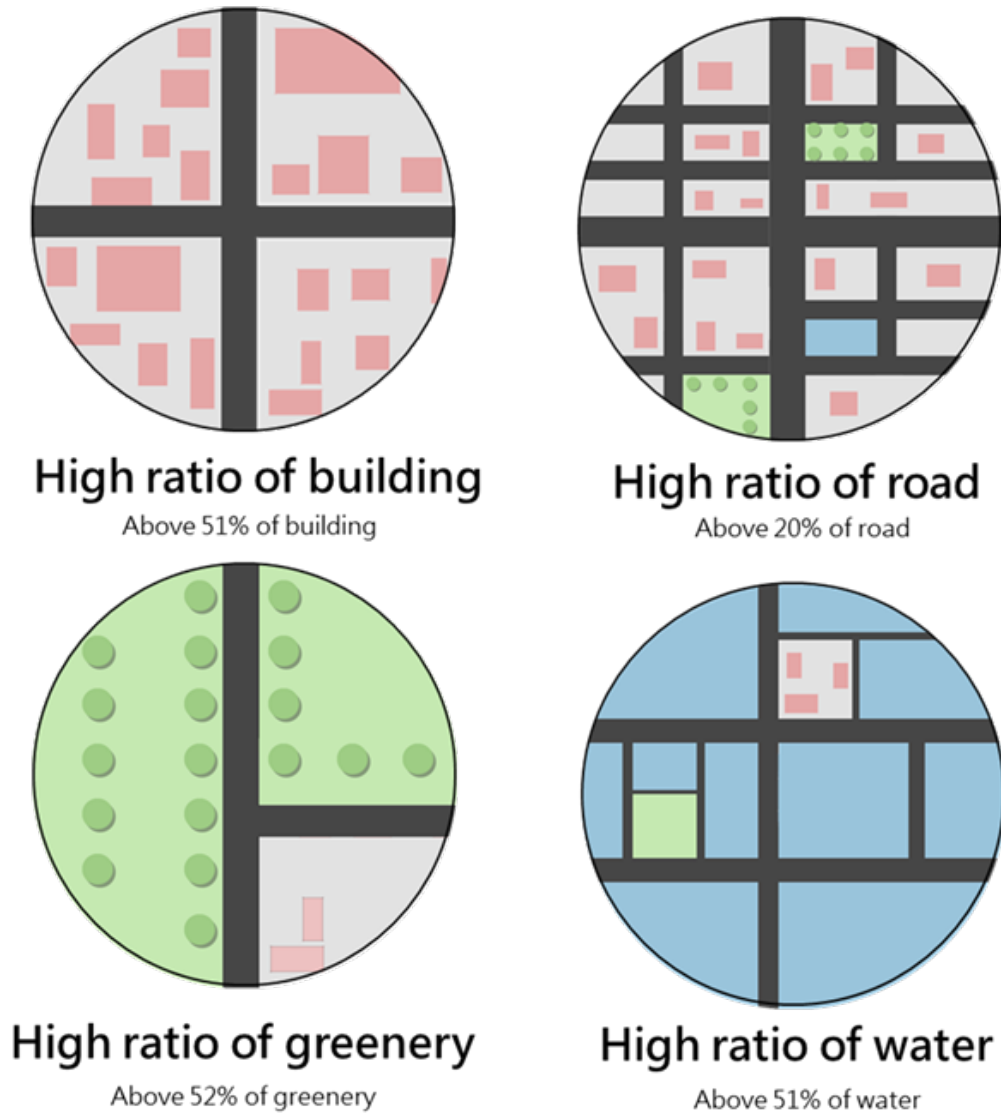


圖 2-39 點位環域內都市發展因子特徵分析

(資料來源：廖昱捷，2018)

而如果將探討之面向著重於都市型態，則建築物之樓地板面積因會影響

粗糙度及粗糙長度進而影響風速，故即可在都市風廊道上減少建築立面面積，或透過建築的座向安排來達成都市中良好的通風環境，而進而並建置符合該都市型態之風廊設計。而如使用局部氣候分區等以都市型態做為基礎分類標準之系統，則亦可透過局部氣候分區之不同都市建築與植栽之構成，與風環境之結果進行比較，以獲得不同區域的風環境特徵，藉此回饋至未來都市計畫時提高都市通風並降低熱環境時使用(圖 2-40)。

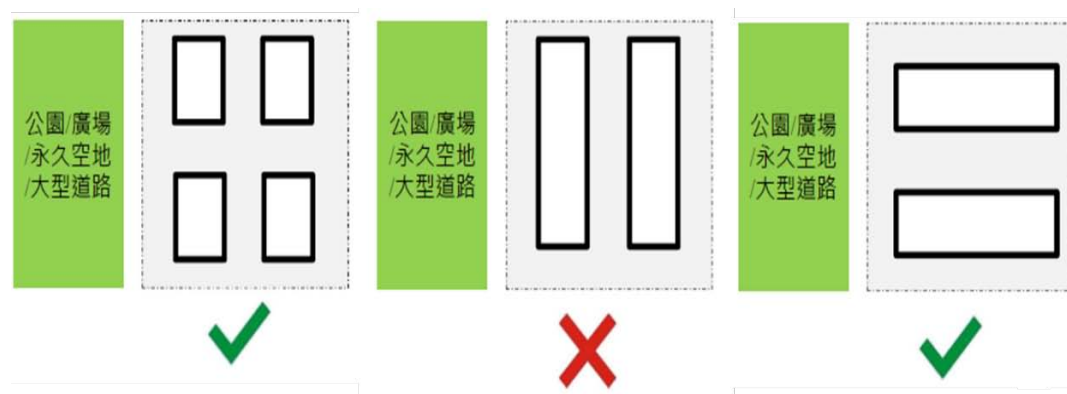


圖 2-40 建成座向與通風環境之關聯

(資料來源：本研究製作)

本計畫亦使用高程模型(DEM)處理之陰影分佈圖(Hillshade)，其格式為標籤圖檔格式(tiff)，解析度為每像素 20 公尺，為本研究委託齊拓空間資訊有限公司製作，其產製方法為利用 DEM 搭配台南在地太陽角度及軌跡之計算，取得不同高度之地表地況其所產生之遮蔽狀況(圖 2-41)。

在本研究主要之應用在於了解不同地形之區域其地表高度以及其對環境所造成的可能影響，如不同地況之區域其溫度是否會受到陰影即為較少之直達短波與反射長波輻射之影響，以及在溫度如受影響下，其所造成的大氣對流對風流動之現象產生之差異。

本方法並可連接本研究計畫之都市風廊建置，透過都市中地形所造成陰影之分佈，與透過粗糙度及立面迎風面積指數進行疊合分析，即有探討地形以及其所造成的陰影對於都市中通風環境之關聯以及後續之應用潛力，後續本研究亦將此資訊與風速資料進行回歸分析，了解不同區域之陰影面積與風速之關聯。

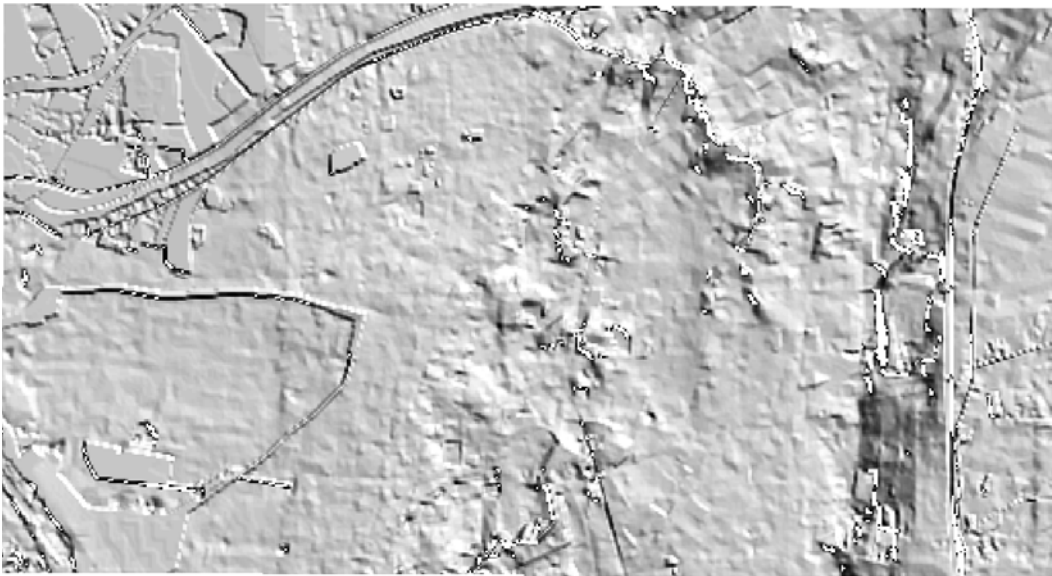


圖 2-41 利用 DEM 處理之陰影圖

（資料來源：本研究委託製作）

第四節 緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度

一、風環境與都市熱環境關聯

本研究透過空氣溫度密集量測網，於台南地區大量收集空氣溫度資料，並用以與風環境之風速資料進行關聯分析，從台南東側的永康、歸仁、新市、安定，南側的仁德、高雄茄萣區等，規劃設置共 101 處溫濕度量測點(圖 2-42)。

本研究為提升研究區域內測點數據的多樣性及代表性，測點的安排規劃即為重要，首先，測點應具有空間均勻分佈的特性，並確保每個格點內至少有一個測點。其次，測點需反應出不同的土地利用/地表覆蓋特性。另外，為了呈現都市環境不受到其區域微尺度人為開發活動的影響，有必要選取若相同土地利用/地表覆蓋下的測點。因此，以最能反映低度使用及自然覆蓋的公園綠地為對象，額外配置測點於這些區域。

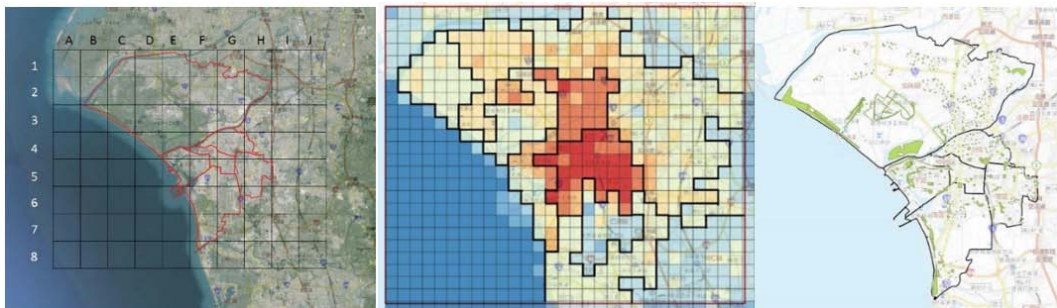


圖 2-42 高密度氣溫量測網點位設置步驟

(資料來源：Chen et al., 2018)

本研究發現都市中熱點分佈之位置多位於密集建成區，同時也是風速呈現較低之區域，故本研究將利用風環境分佈與熱環境分佈(圖 2-43)，探討風熱環境之間之關聯，藉由計算平均溫度與平均風速之方法，了解都市環境中每升高單位風速將會對熱環境造成何種溫度單位的影響，進而可產出都市中風熱結合之分佈圖，供未來都市規劃設計人員參考。

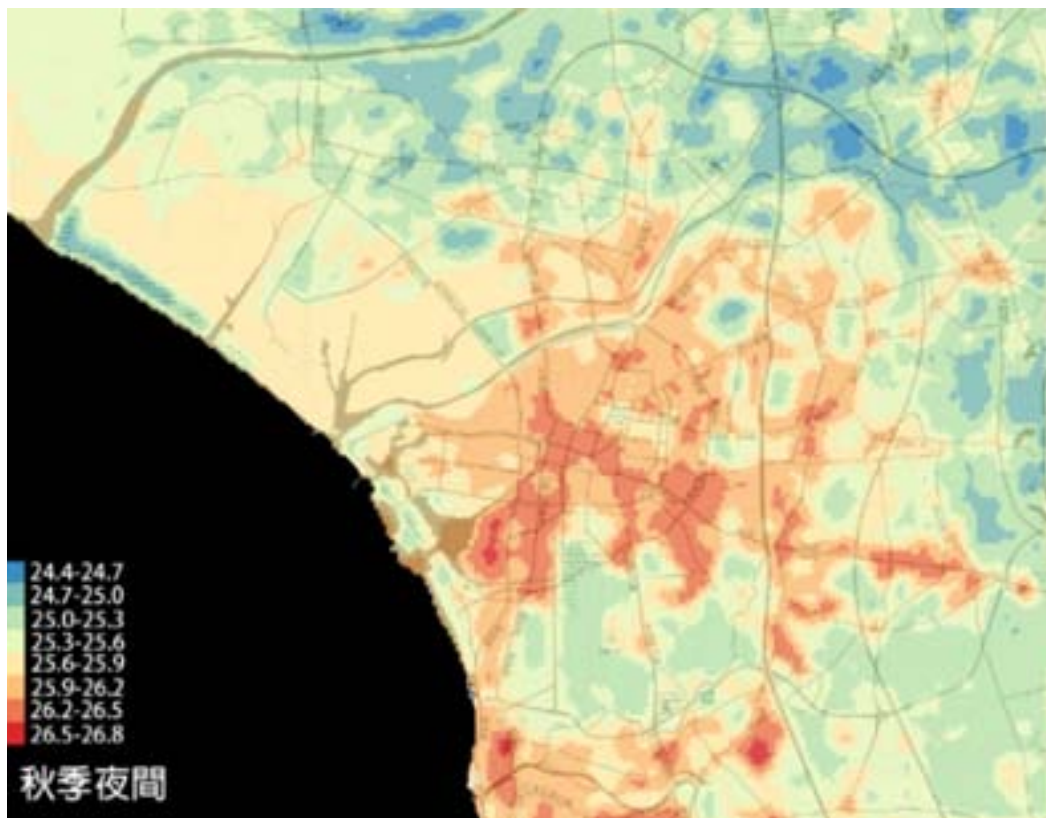


圖 2-43 台南秋季夜間氣溫分布圖

(資料來源：姚俊魁，2017)

故本研究將針對研究區域中的溫度進行平均以及利用風速評估之成果進行平均，了解都市中背景的風熱環境現況，並利用於不同位置之測點其與平均的差異了解風速如何對溫度產生影響如下公式 6，並量化數據以此實際回歸應用面，藉後續都市設計等限制改善都市中環境舒適之議題。

- 溫度差值： $\Delta T_{i(time)} = T_{i(time)} - \overline{T_{time}}$
- 平均溫度： $\overline{T_{time}} = \frac{\sum_{i=1}^{101} T_{i(time)}}{101}$
- 風速差值： $\Delta V_{i(time)} = V_{i(time)} - \overline{V_{time}}$
- 平均風速： $\overline{V_{time}} = \frac{\sum_{i=1}^{101} V_{i(time)}}{101}$ ----- (公式 6)

二、風環境與都市能源耗用關聯

為提供後續都市計劃相關法規及規範之訂定做為依據，本研究亦利用過去熱環境與能源消耗之相關及影響關係，了解風速對能耗使用之關聯，本方法透過了解熱島與用電密度之回歸推導，於前節計算風速對溫度影響後將溫度對用電密度之關聯整合，即可了解風速若增加每單位量，其將造成用電增加的能源耗用(圖 2-44)，藉此提高風速對於環境議題的影響力，亦符合國家重點節能減碳之政策目標。

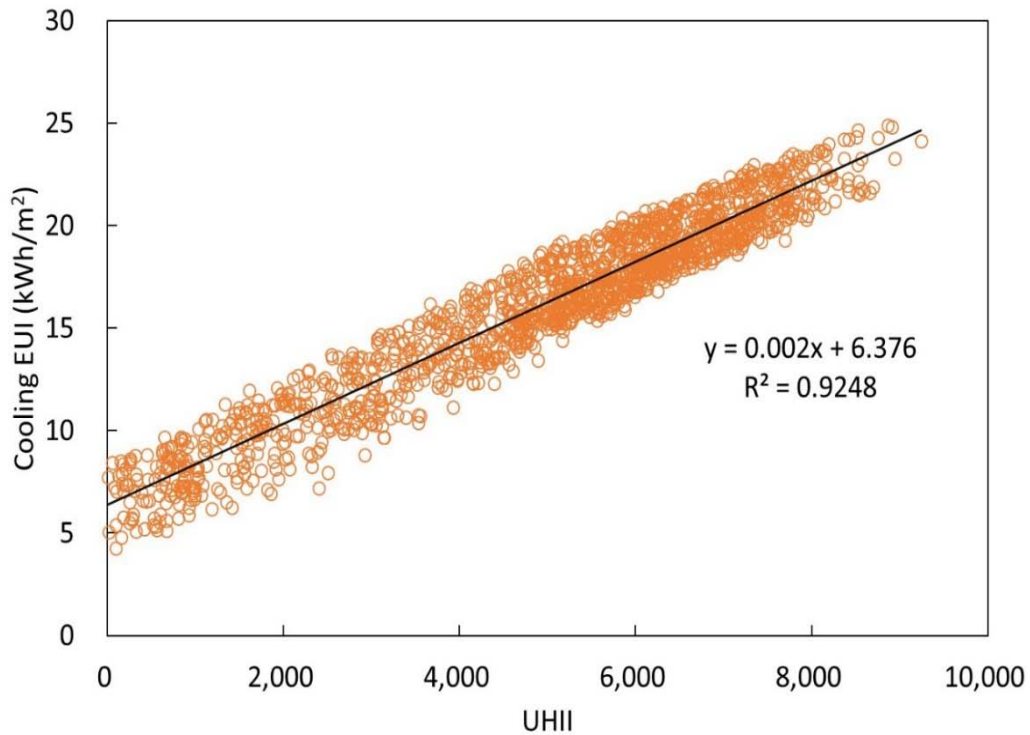


圖 2-44 耗能強度與熱島強度之關聯

(資料來源：林奉怡，2016)

三、風速減算式建置

本研究調查並收集大量風環境及熱環境之相關氣候資料，同時亦藉由多種方法包含自遙測影像以及建築資訊模型等建置都市發展特徵因子分佈如建築樓地板面積、建築迎風立面積指數、土地使用分區與土地覆蓋等資訊，並將研究區域透國格點以及環域之方法量化不同地況區域中之發展特徵以及其對應之風熱環境狀況。

為能有效在沒有設置氣候站之地區，亦能透過風速預估之方式提供建築

師以及都市規劃設計等相關從業人員，得以建立通風環境資訊，供都市計畫法之目標原則研擬、土地使用管制之流程訂定，及都市設計審議原則準則之製作並在建築規劃設計模擬時，可更準確的使用在地的風環境資訊，取代過去使用單一測站代表之方式進行演算。

本研究將量測之風速與氣候站背景風速結合多個測點內之都市發展特徵進行分析，藉地表不同地況之情形以及基準氣象站之風速資訊，在沒有密集氣候量測站的地區預估各區域之風速狀況，在建立模式時，將考量各參數的代表性及預設各筆資料間皆為獨立之情況，故以多元複迴歸(Multiple Linear Regression, MLR)的方式建立預估公式如下公式 7。

$$\text{風速}_i = f(\text{風速}_{\text{station}}, \text{Development}_i) \text{----- (公式 7)}$$
$$\text{Development}_i = f(\text{樓地板面積}_i, \text{水域面積占比}_i, \text{空地面積占比}_i,)$$

其中風速_i代表的是所欲預估的風速情況，風速_{station}則是背景氣象局所量測之風速資訊，Development_i則代表該區域中的都市發展特徵參數，其包含區域內的樓地板面積以及不同土地使用分區所佔的比例，如：水域面積以及空地面積。

第三章 研究成果

本研究之成果主要著重於說明目標之一、二、三分別為進行都市通風環境之評估以及了解都市中不同地況之地區，內容包含都市風環境長期風花圖分佈以及示範區內透過流體立學模擬模式與粗糙度預估所建立之風速風向分佈與利用都市迎風面積指數所製作的都市風廊地圖，以及都市風與熱環境之關聯與都市開發行間之關聯，目標三之研擬緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度修訂方向則將藉由限制與管制都市建成環境與建築物的因子進而改善都市通風環境之策略。

第一節 完成示範地點之都市通風環境評估

一、都市風花圖分佈

本研究利用既有之氣象局以及大氣水文中心之備有風速風象資料測站資料進行收集與整合，並使用風花圖之方式來呈現研究地區中不同地況區域長年的風環境特徵，減少使用單一測站所造成輸入數值不符合現況條件之議題，同時也可以使模擬之結果更接近實際值，此資料亦可幫助了解整體研究區域在不同地區因為地理特徵以及開發環境的不同而造成的風環境差異。

都市風花圖分布結果顯示台南長年之風向大多來自西南方(圖 3-1)，說明海陸的地理特徵對研究區域之風環境影響顯著，故都市中東西向的風流通

層度將有極大潛力影響都市通風環境，在都市計劃中對於建築物布局以及座向安排可以提供更符合此風環境特徵之規畫來降低都市熱環境以及汙染，並提高居民之舒適性減少因通風不良所帶來的環境議題。

但風速受地況影響顯著，位於海岸邊以及空曠區域之測站所測得之風速資料，明顯高於位於都市中受大量人造建築物阻擋之測站，其位置因粗糙度較高以及建築物迎風面積較大，會造成風速折減較多導致風速較低之結果，此風花圖分布亦可說明都市中不同地況之地區其會因都市發展的不同強度進而造成風環境特徵的差異，以及了解都市建成環境型態對於都市氣候之影響。

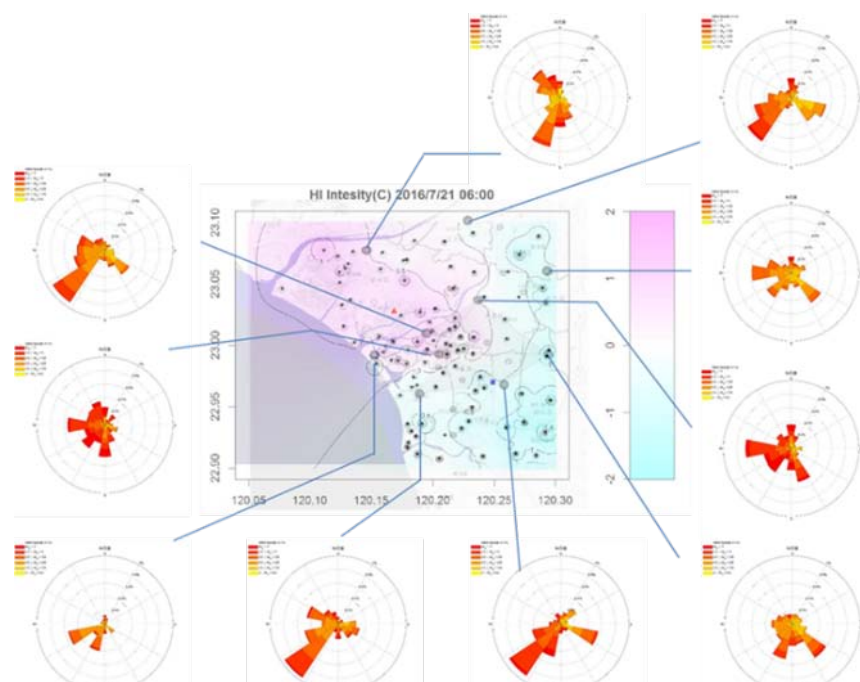


圖 3-1 台南全年風花圖分佈

(資料來源：本研究製作)

其中高雄地區之風花圖本研究計畫採用季節分類，將時段分為夏季與冬季，在夏季的風花圖結果可以看到，都市中大部分的測站在盛行風維西南季風的狀況下，風向多是以西側以及南側為主，淡夏季受地形風影響較明顯，相較冬季較無單一風向分佈(圖 3-2)。

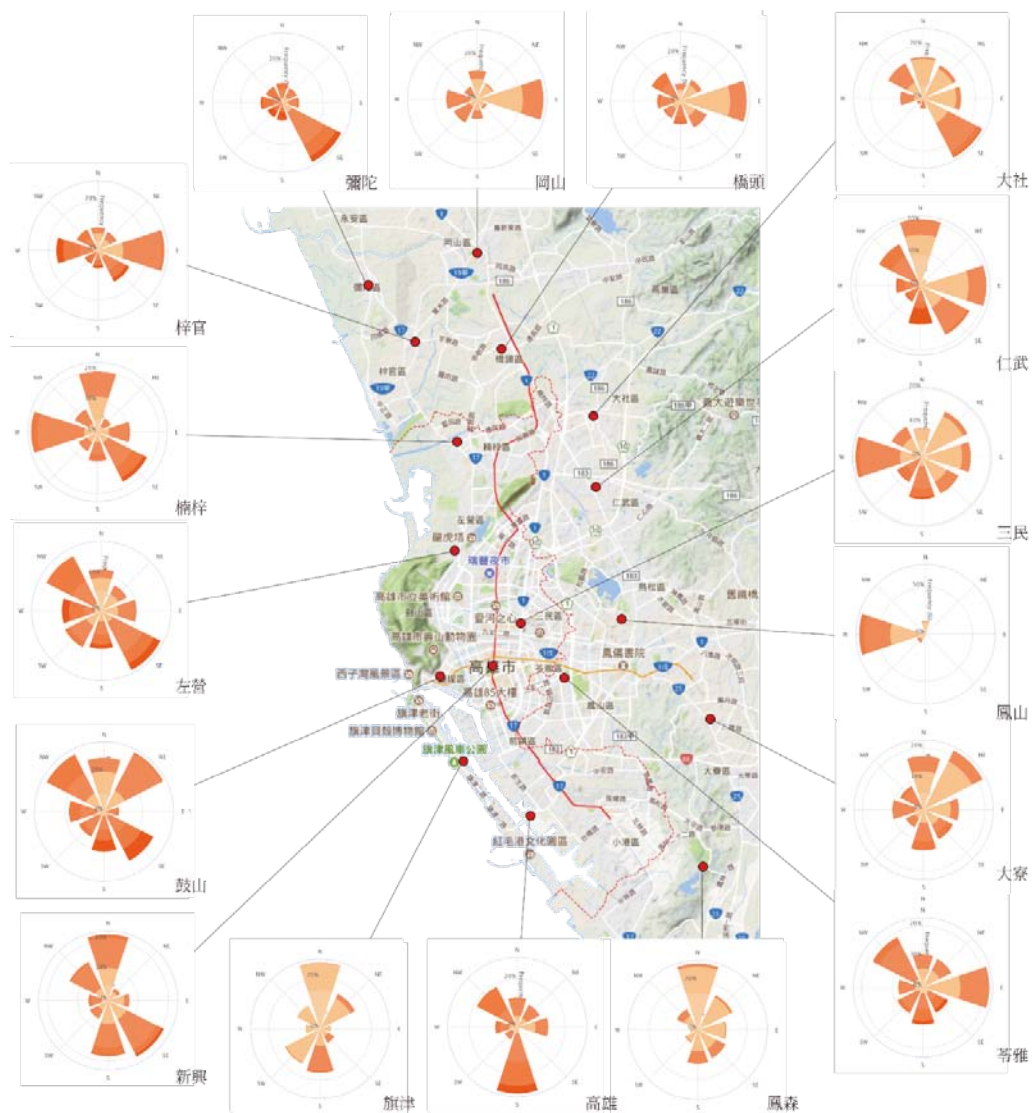


圖 3-2 高雄夏季風花圖分佈

(資料來源：本研究製作)

而冬季的高雄風花圖分部則可以看到，由於冬季之盛行季風為東北季風，在高雄 17 個側站的風環境狀況皆多呈現北風且風強之狀態，故高雄地區之風場在冬季時呈現較單一之狀態(圖 3-3)。

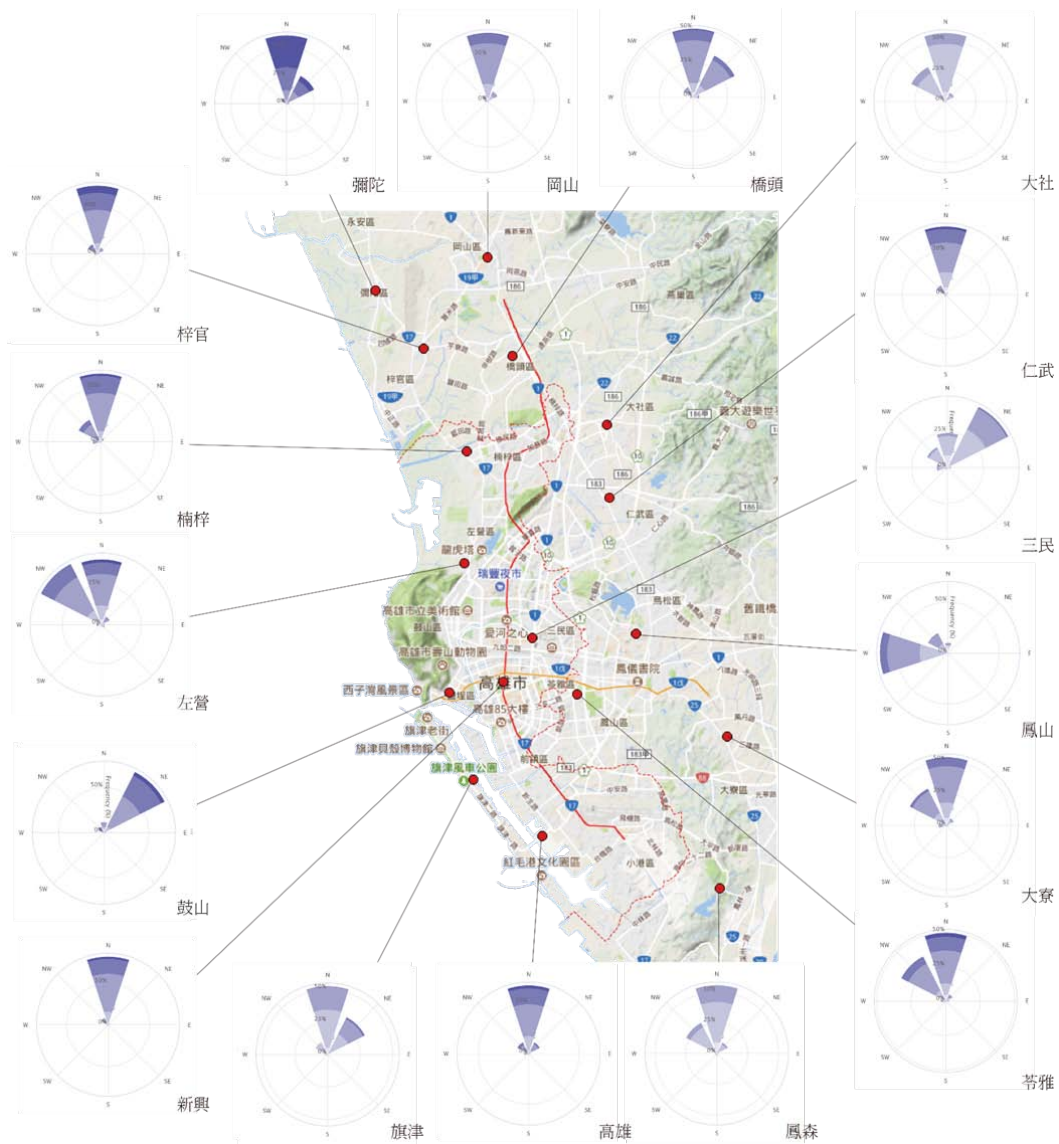


圖 3-3 高雄冬季風花圖分佈

(資料來源：本研究製作)

二、都市風廊地圖

風廊地圖顯示台南南側在熱季形成通風廊道的潛力較大，因為南側之建築密度相對較低。在市中心區域，只有少數主要通風道經過（圖 3-4），說明台南市高度化城市發展所引起不良的風環境，並造成都市內風不易流動的結果(林建廷，2016)。

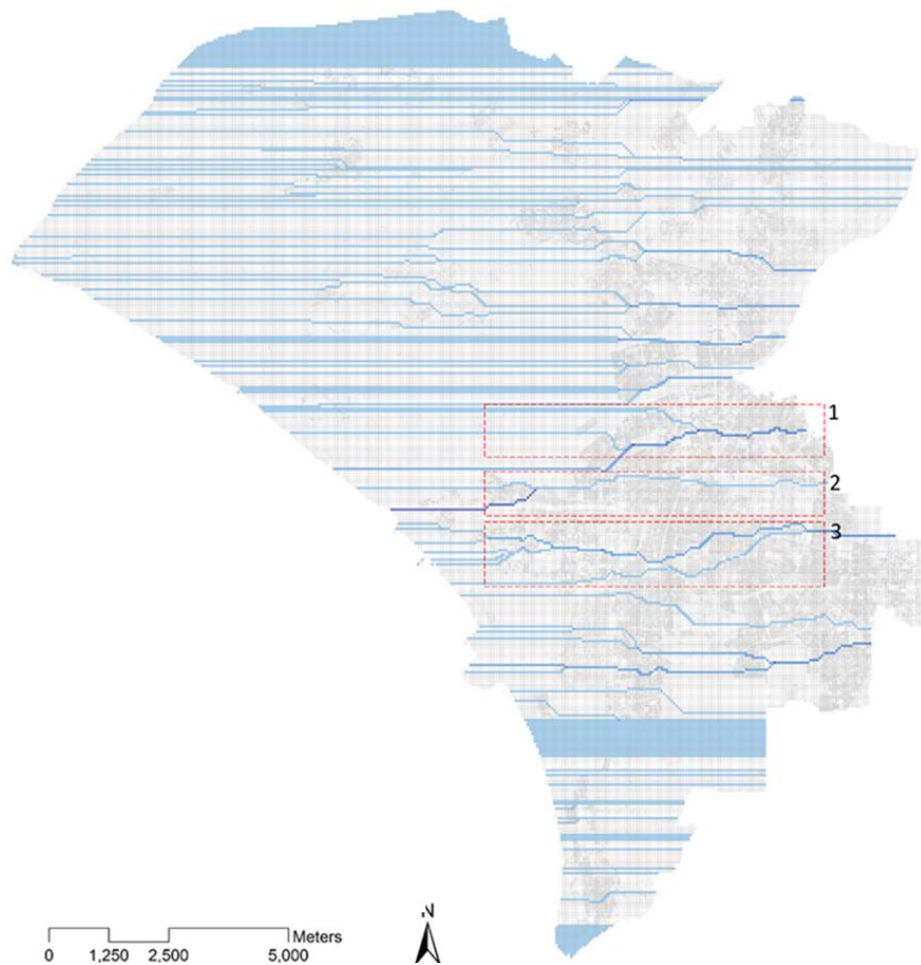


圖 3-4 都市風廊分布圖

(資料來源：Chen et al., 2016)

圖 3-5 顯示了穿過城市中心部分的通風道的詳細風環境圖。根據風會往障礙物較少的地方移動並前進之前提，當風進入密集建築區域時，風速會受到街道座向以及建築物高度的變化而減小並分散。例如，a 點位於寬度超過 20 米並與風向（東西向）平行的道路上，因此風能夠輕鬆穿過。b 點位於一個開放的城市公園，導致通風路徑聚集在一個無遮擋的空間。在 c 點，包括

百貨公司和酒店在內的高層大樓的大面積外牆阻擋了風的流動，影響了建築物造成較少的通風。



圖 3-5 風廊細部空間圖

(資料來源：Chen et al., 2016)

同時本研究亦假設利用地表粗糙度做為地表風在都市中前進之阻力製作風廊移動之路徑，透過將地表不同地況所產生之粗糙度分佈圖，即可了解低粗糙度區域之位置，透過連結這些區域位置，都市中的風廊可以在有科學理論為背景下被簡單評估，圖 3-6 中公園綠地以及大型空地與道路皆因為其粗糙度較低而較容易使風能夠流經，在此區域則較容易形成通風良好的廊道，

且帶走積蓄之熱能，提高環境之舒適度。

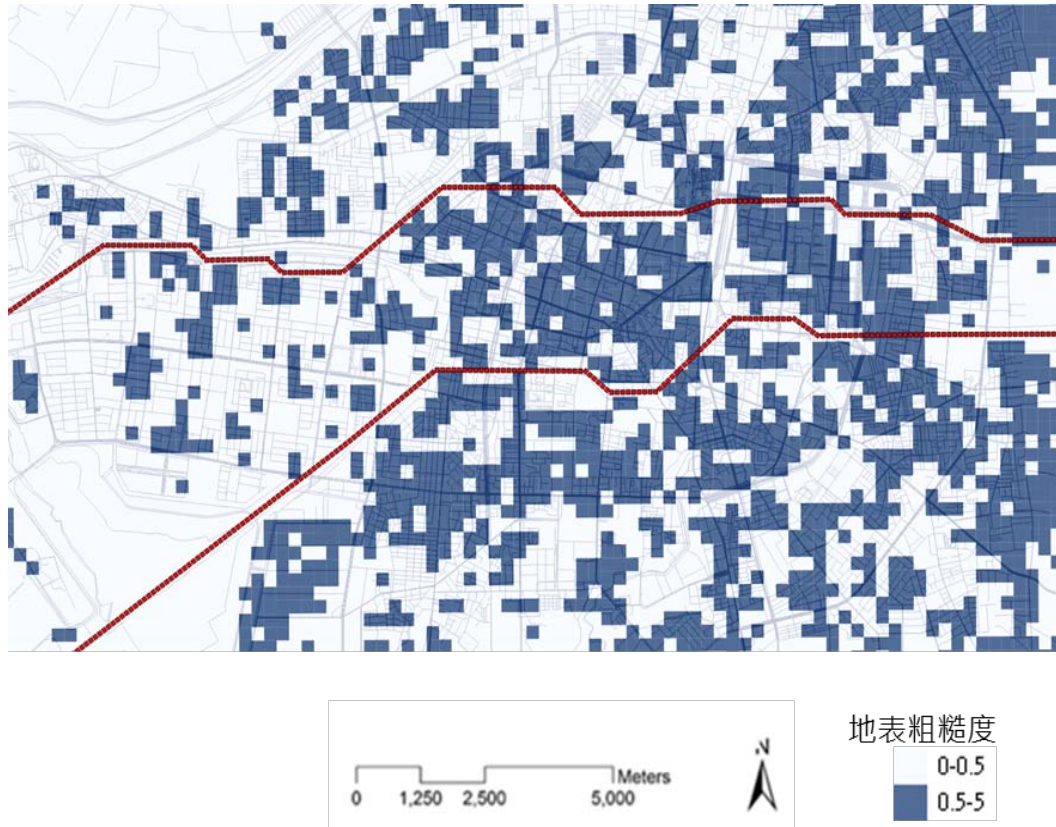


圖 3-6 台南粗糙度演算之風廊分布圖

(資料來源：本研究製作)

三、都市風環境模擬分布圖

本研究利用示範區進行台南市的風環境模擬，選擇夏季和冬季風環境條件來呈現研究區不同季節對風向及風速的影響。在台南夏季的優勢風向是西風。風向的模擬結果在夏季的結果顯示，在包括主幹道，廣場和鐵路在內的空曠區域，風向在 180° 和 210° 之間。在障礙物的背風側，風向改變為 $30-60$

°或 300-330°(圖 3-7a)。在冬季風大部分來自大約北邊。然而在建築物的背風面上可以發現 270-330°的風向。在東西走向的主幹道上,風向大約 180-210°(圖 3-7b)。

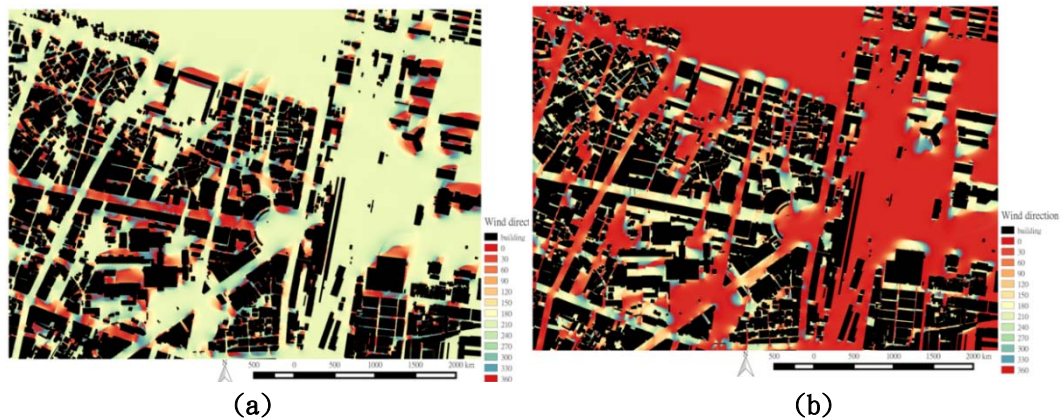


圖 3-7 (a)夏季風向模擬分佈圖 (b)冬季風向模擬分佈圖

(資料來源：Chen et al., 2017)

在風速的模擬結果方面，在典型的夏季開放區域的風速大約為 0.3-0.4 公尺/秒，而最初的風速輸入為 2 公尺/秒。這在建築物的角落處更大，由於角落渦流影響，風速高達 0.5 公尺/秒。然而由於尾流效應，建築物背風側的風速降至 0.1-0.2 公尺/秒(圖 3-8a)。在冬季，最初的輸入風速增加到 5 公尺/秒。開闊地區的風速為 0.6-0.7 公尺/秒，建築物前方為 1 公尺/秒(圖 3-8b)。

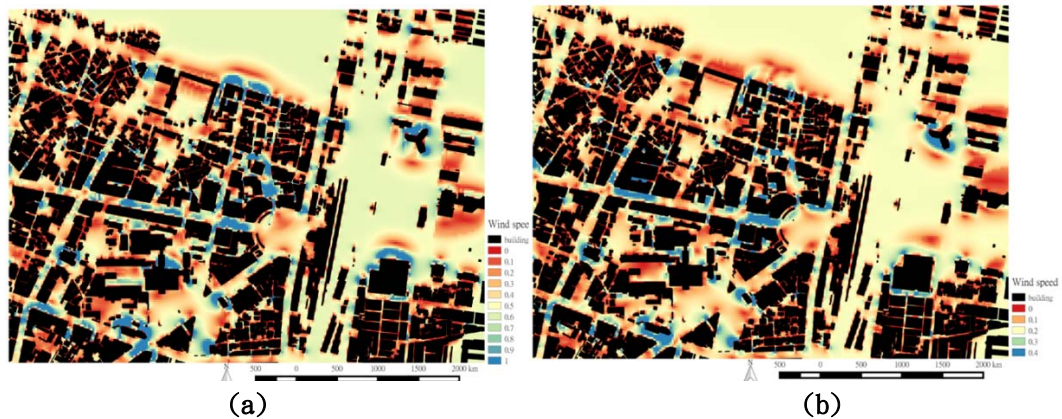


圖 3-8 (a) 夏季風速模擬分佈圖(b)冬季風速模擬分佈圖

(資料來源：Chen et al., 2017)

第二節 建立都市風環境之時空分布與建築特徵等之關聯

一、粗糙度預估風速分布圖

本研究透過多種地表粗糙長度預估以及演算之方法進行研究區域中粗糙度的呈現，如第二章第三節所述，透過地表地況資料預估之粗糙度考慮到不同地物包含建築、植栽以及平地，所造成的地況差異進而演算的粗糙度值將可更精確的描述研究範圍內風速折減的結果。

利用方法一利用地況資料以及經驗公式推導之行人層風速分布圖如圖 3-9 所示在都市中密集建成區如商業區，以及大量喬木型植栽種植之區域如都市公園都將會因為有較高的粗糙度值而造成風速較低的結果，而都市中較空曠或建築物高度較低之區域如郊區之住宅區與沿海魚塭及農田等地區則顯

示出較高的風速結果，較強的風速可以說明此地之通風效能較佳，而低風速之地區則因為過多的遮蔽物，往往會形成通風環境較差容易蓄熱且汙染不易排除之環境。

故透過可視化的風速分布結果可以將此結果回饋至都市計畫法規之制定與限制建築物以及土地使用開發之相關條例，藉以減緩都市的氣候環境。

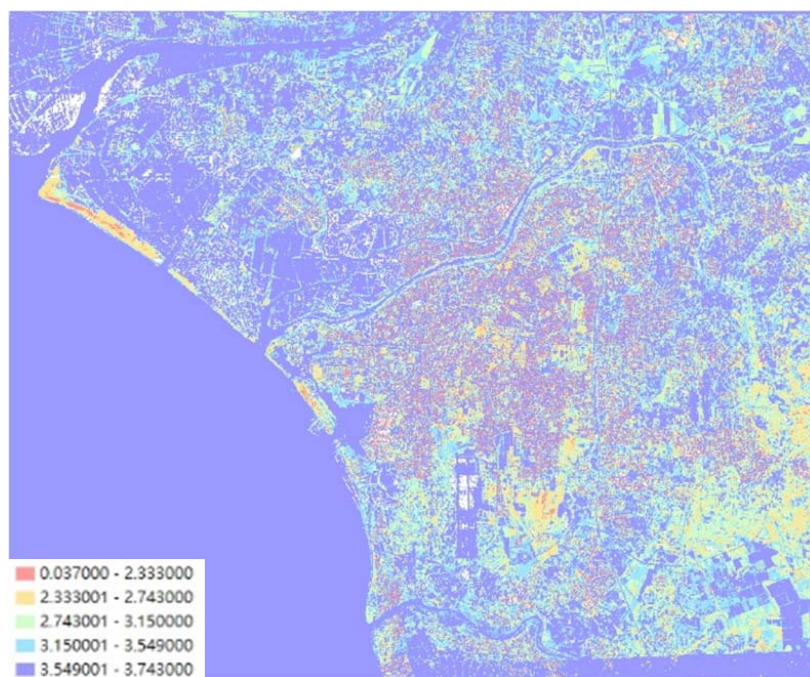


圖 3-9 利用地況資料以及經驗公式推導之行人層風速分布圖

(資料來源：本研究製作)

使用方法 2 利用數值建築模型與模擬軟體預估之行人層風速分布圖，本研究預估粗糙長度並取得風速之第二種方法為使用數值建築模型搭配模擬模式進行。

研究結果顯示透過該方法風速可以在考慮到建築座向以及道路寬度等都

市建成環境因子所影響(圖 3-10)，在道路與空地等粗糙度較低之區域，風速會因為折減的細數較小同時也因為迎風面積較低的原因而產生都市通風環境較佳的狀況亦是風速較高之區域，其速度可達 3m/s，但在建築物密集分布以及高聳的區域，以及道路較窄較不易通風或迎風面積指數較高的區域，如密集住宅區與商業區或是街道高寬比值較高的地區，其風速較低造成都市中通風環境降低。

此方法可以了解都市中建築對都市風環境的影響，在許多不同的建成環境中風速都可以顯示出多樣的結果分布，且此方法相較於使用光達影像進行地表覆蓋分佈後計算風速，擁有資料取得較容易的特性，對於小型示範區的風環境特徵說明具有很高潛力的呈現效果，但因植栽的高度及樹冠幅資訊取得且建置不易，故該方法無法討論都市中植栽對於風環境的改變與差異，較適用於討論建築對風環境的影響。

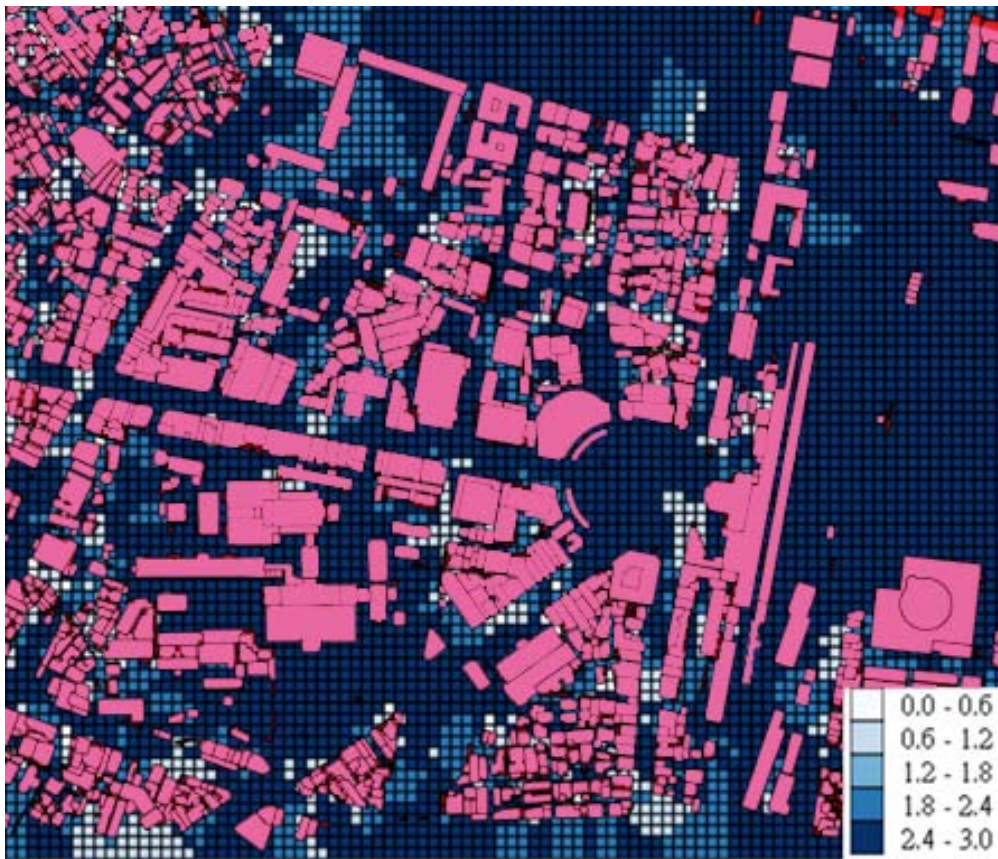


圖 3-10 利用數值建築模型與模擬軟體預估之行人層風速分布圖

(資料來源：本研究製作)

而在使用方法三部分利用局部氣候分區與能源局預估行人層風速分布圖本研究而之風環境亦透過經濟部能源局的十米風速進行地表折減，利用不同局部氣候分區將會有不同的粗糙長度定義，透過折減公式的運算得到行人高度的風場速度，此方法可快速藉由衛星分類的結果得到風速的強弱。

結果顯示研究區域在北邊及南邊魚塢及農田等自然地貌分布較多之區域，

其風速因為地表粗糙長度較低以及其的況之型態，將造成較高的風速分布，其風速可達 2.1m/s 以上，但位於市中心則因為地表粗糙長度因大量人造物而導致折減後產生較低，如小於 1.3m/s 的風速環境，說明透過改變局部氣候分區，將具有潛力有效評估都市風速(圖 3-11)，進而發現都市氣候氣候議題。

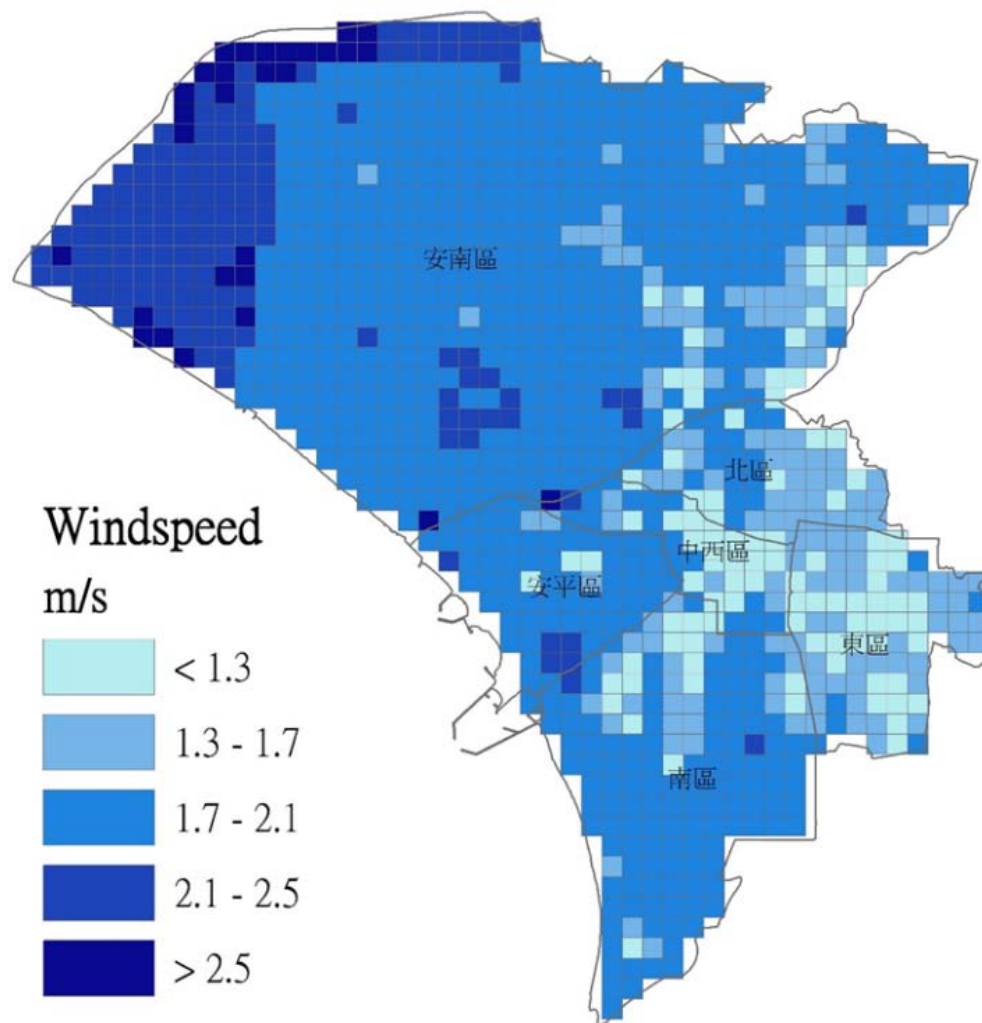


圖 3-11 利用局部氣候分區與能源局預估行人層風速分布圖

(資料來源：本研究製作)

二、粗糙度演算風速驗證結果

本研究透過於同一地況中不同高度之測點量測風速進而透過指數公式進行折減演算，利用不同高度所測得之風速與地表風速進行比較，藉以確認透過公式預估的粗糙度以及其所折減之風速與實際狀況之風速差異與預估準確性，而研究成果顯示，如圖 3-12，地面層所測得之風速與頂樓測得之風速經由換算其粗糙度為 0.47 而其與本研究預估之粗糙度 0.42 數值接近，故此實測可協助驗證本研究所預估之數值可用性以及後續分析之準確性。

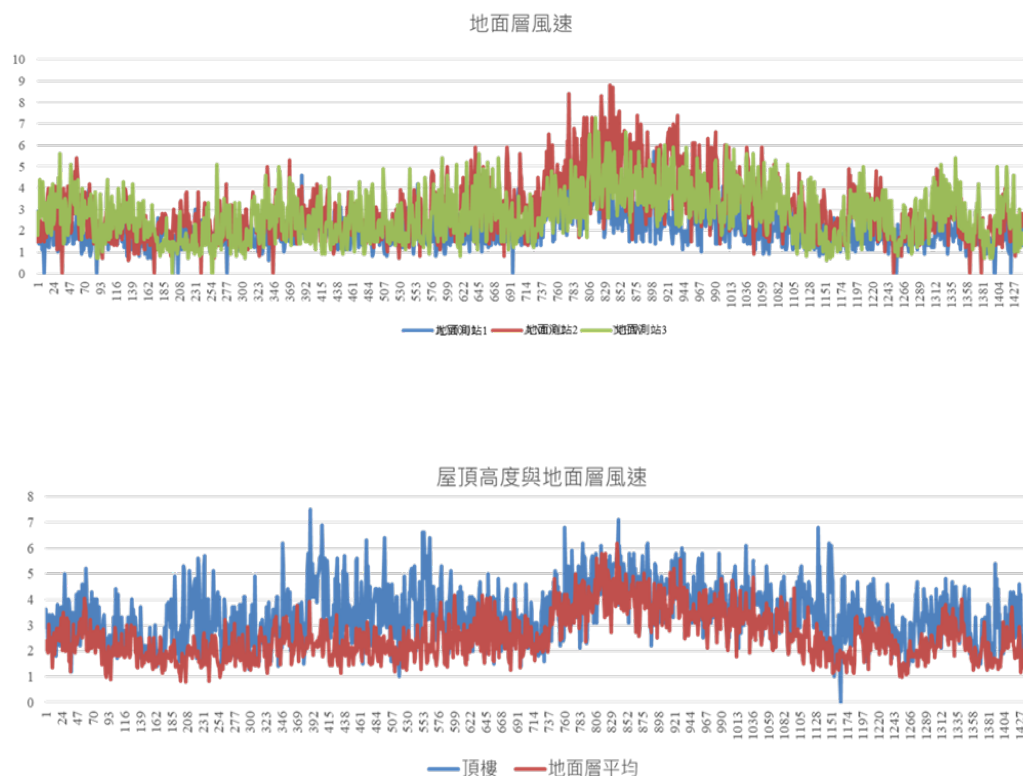


圖 3-12 不同高度實測驗正地表粗糙度結果

(資料來源：本研究製作)

同時本研究為證明使用氣候站風速進行區域內不同地況地區之風速預估準確性，亦利用中央氣象局之各局屬測站進行粗糙度與風速折減之驗算，可以證明在以同樣基準站作為背景風速下，當將不同高度的測站所量測之風速與其高度資訊利用指數公式回推到基準站後，其風速趨勢以及數值皆相當吻合(圖 3-13)。

此驗證結果可說明，採用基準氣象站作為不同地況區域之風速運算其理論以及實際背景之可行性，也可了解不同地況的確會對都市風環境造成影響以及差異性。

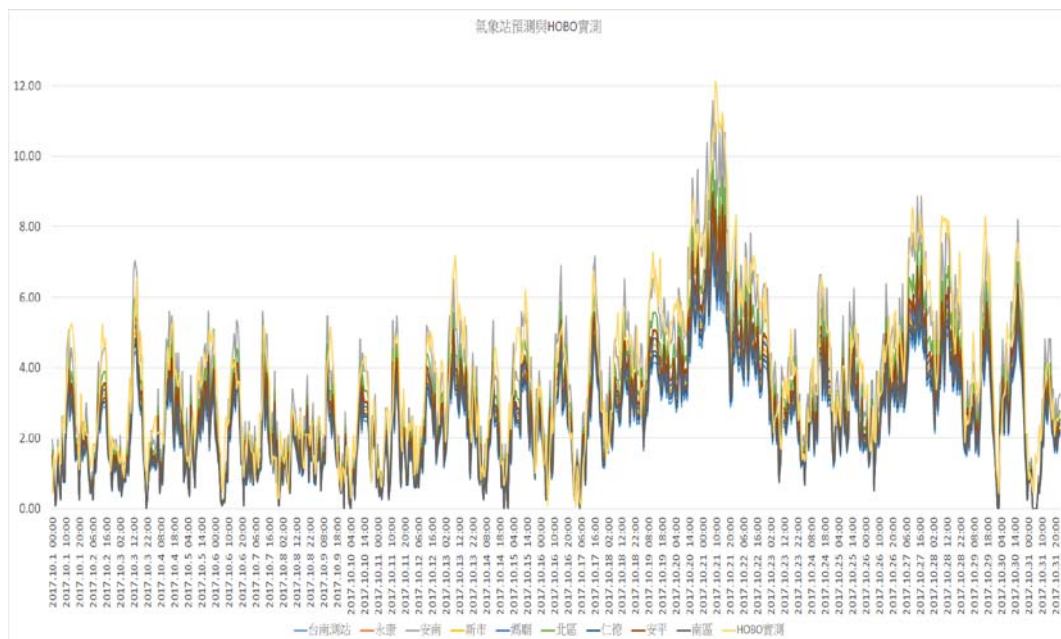


圖 3-13 氣象站局屬測站高度修正預估風速驗證

(資料來源：本研究製作)

三、都市風環境與建成環境之關聯

本研究透過將都市發展資訊圖層與風環境包含：風速、風向以及風廊分佈之預估成果，並使用空間相關性分析進行結果呈現，以都市建成環境中重要的樓高因子為例，結果發現都市中風速較高之區域多是出現於都市中樓高較低或開發密度較低之區域，譬如研究區域北測之魚塭以及南部之農田等因地表粗糙度低且區域內較少建築物分布以及較低迎風面積之區域。

而風速較低的區域多分布在都市中樓高較高且建築物密集開發之地區如火車站前之密及商業區，藉由此分析可快速了解到都市中不同開發因子對風速之直接關聯，並且透過數值化的呈現提供未來都市開發過程中區域內建築物樓高及分布之建議(圖 3-14)。

本研究後續將會採納更多種都市開發因子做為了解都市中不同地況之地區，會因何種因素而影響風環境之流動，藉此方便歸納統整風環境與都市建成環境間之關聯建立都市風環境之時空分布與氣候因素、建築特徵、土地覆蓋、使用分區、景觀植栽之關聯。

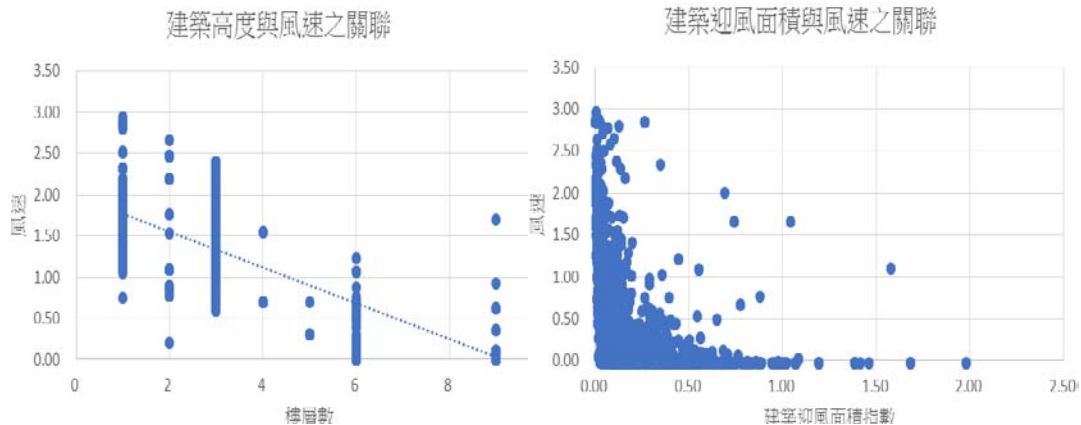


圖 3-14 建成環境因子與風速之關聯

(資料來源：本研究製作)

四、都市風環境與地形與日照強度環境之關聯

本研究透過將此資訊與利用粗糙度所計算之台南風速分佈進行疊合與關連分析，利用風速計算區域中之質心點與光照度結合，主要可用於了解不同地形之區域以及其受太陽光照度之差異對風環境所造成的可能影響，因不同地況之區域其溫度以及對流會受到光照度所影響，因光照度較高的地區則代表其地表將吸收更多的太陽直達短波輻射與其將反射較多的長波輻射造成溫度提高，在溫度受影響下，其將造成大氣垂直對流以及產生風流動現象之影響。

研究結果顯示(圖 3-15)，在日照度越高的地區其平均風速、最大風速皆有向上提升之趨勢，如光度照為 0 之區域其平均風速為 2.8m/s，光照度 1-100 之區域其平均風速為 3.14m/m，100-200 之區域則上升至 3.25m/s，而最高之

200-300 區段則可達到 3.38m/s，由本方法並可連接本研究計畫之都市風廊建置，透過都市中地形所造成陰影之分佈，與透過粗糙度及立面迎風面積指數進行疊合分析，即有探討地形以及其所造成的陰影對於都市中通風環境之關聯以及後續之應用潛力。

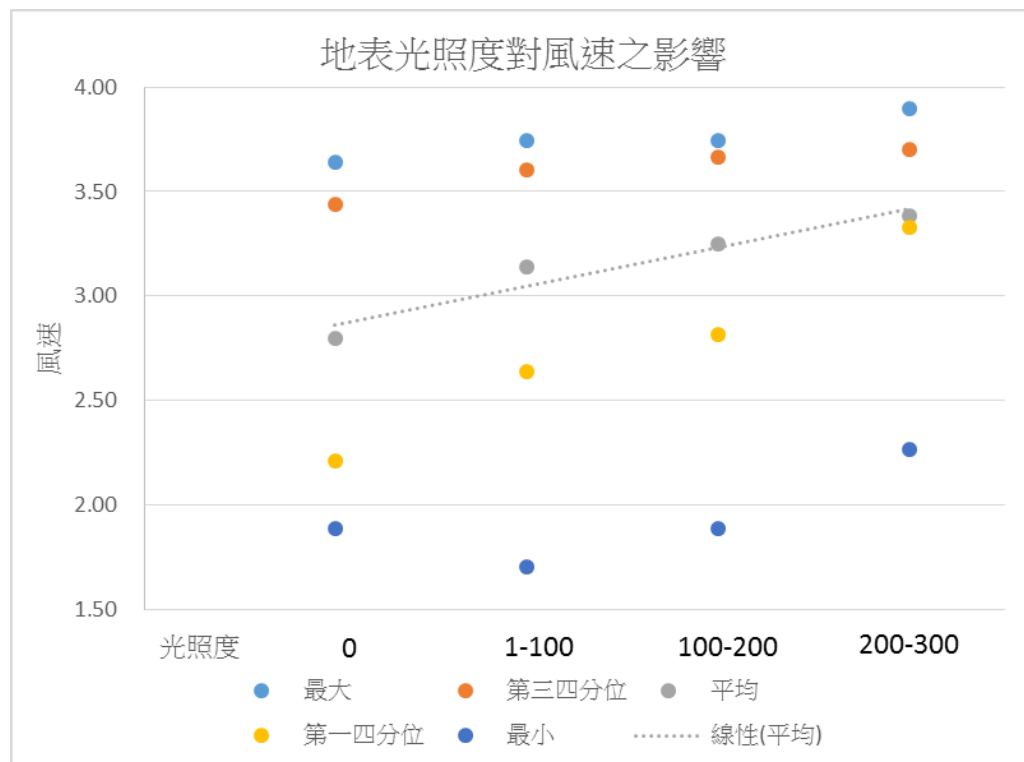


圖 3-15 不同地表光照度對風速之影響

(資料來源：本研究製作)

第三節 研擬緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度

風環境評估之重點即是連結不具備氣候專業背景的都市設計規劃人員，

讓其可了解到都市中不同時段的風環境特徵分布，利用量化之數據可較容易掌握都市開發在該區域是否對氣候環境造成影響，可針對日後進行都市開發或進行都市設計審議時提出修正建議及基於保持都市內舒適氣候之應變策略，調適並減緩都市中刻不容緩需要解決的氣候議題。

本研究於下半年之研究重點將著重透過多種不同的因子如，主風道/風道/海風、建築物的排列、建築物的高度與通風度、都市綠化覆蓋率、都市峽谷通風系統等，研擬都市開發的限制以及通風改善策略，利用不同的建築配置說明都市中風廊的移動路徑受到其之影響，透過對都市建成環境包含都市配置、型態以及建築建蔽率以及容積率管制，同時將都市設計規劃與氣候狀況做結合，促進可永續發展的都市環境以及更舒適的通風人居空間規劃設計。

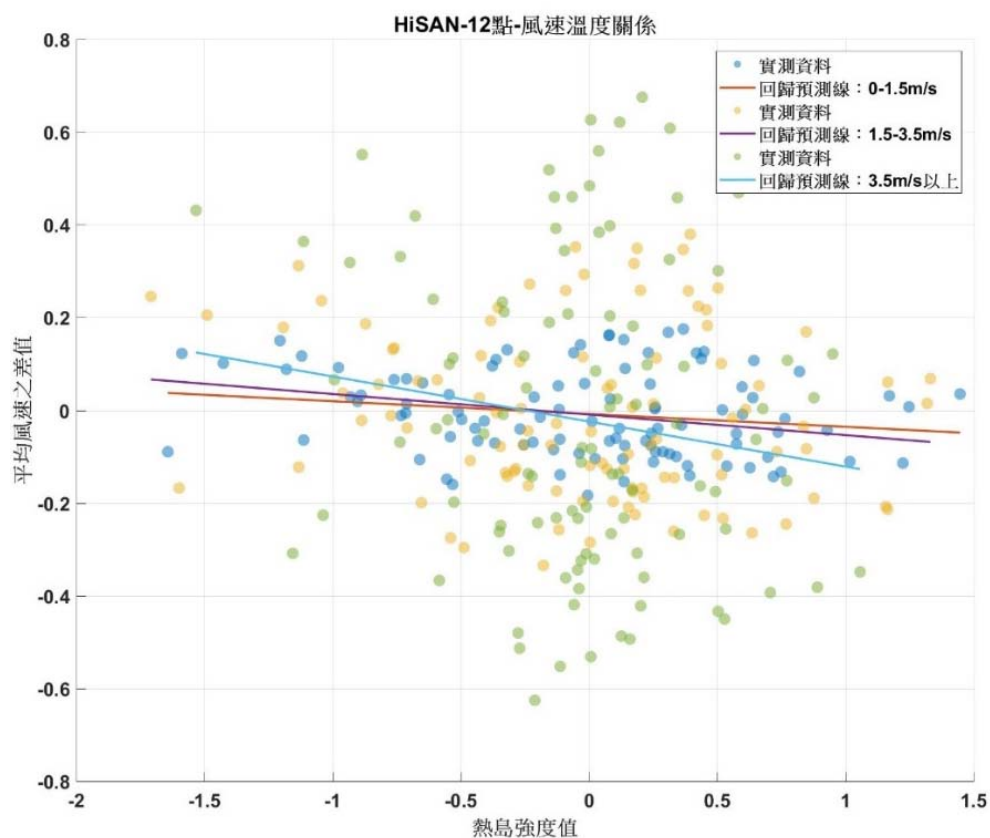
一、風速與溫度及能源消耗之關聯

根據本研究第二章第四節之風環境分析結果顯示，風速於日夜間對溫度之影響有所差異，於日間(06:00-18:00)其影像力較不顯著，將風速分為三個級距，分別為 0-1.5m/s、1.5-3.5 m/s 以及 3.5 m/s 以上，發現風速越小其對溫度之影響越小(圖 3-16)，主要因日間尚有輻射熱等其他氣候因子影響，故其相關性較低。

但於夜間(18:00-06:00)風速對降溫效果影響顯著，結果顯示風速越高對於溫度將有明顯的降溫效果，如圖 3-16 所示，尤其於高風速分類 3.5 m/s

以上之風速環境，其對溫度之降低效果明顯高於其它種風速分類，推估其主要原因為夜間除了風環境因子外，較少輻射因子影響，故風速可對溫度產生較明顯之影響。

而透過與風速及溫度之平均值分析計算後，發現夜間年均風速若高於都市整體平均風速 0.1m/s，則年均溫度會低於平均溫 0.5℃，平均斜率為 0.1769，如圖 3-17，說明都市中如能保持良好的通風除將可以有效降低熱壓力亦可提供更高的居住舒適環境。



(a)

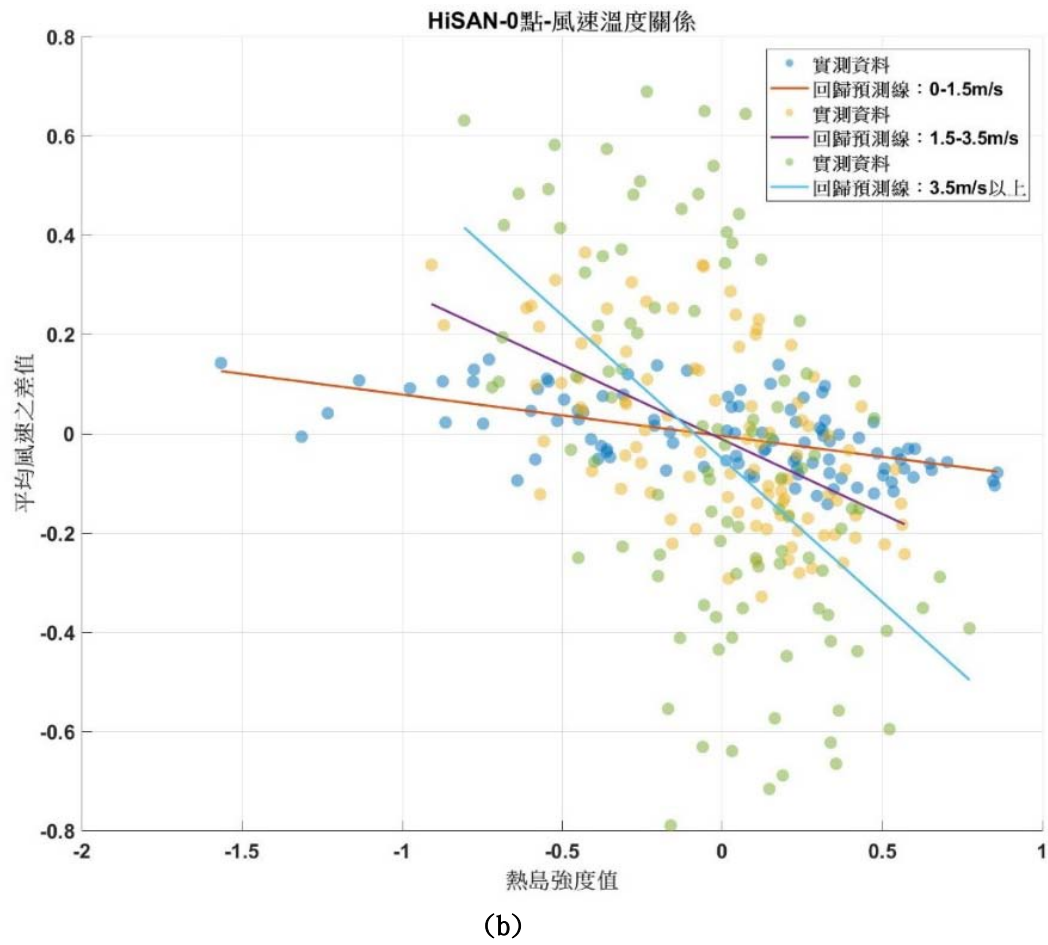


圖 3-16 (a)日間風速與溫度之關聯, (b)夜間風速與溫度之關聯

(資料來源：本研究製作)

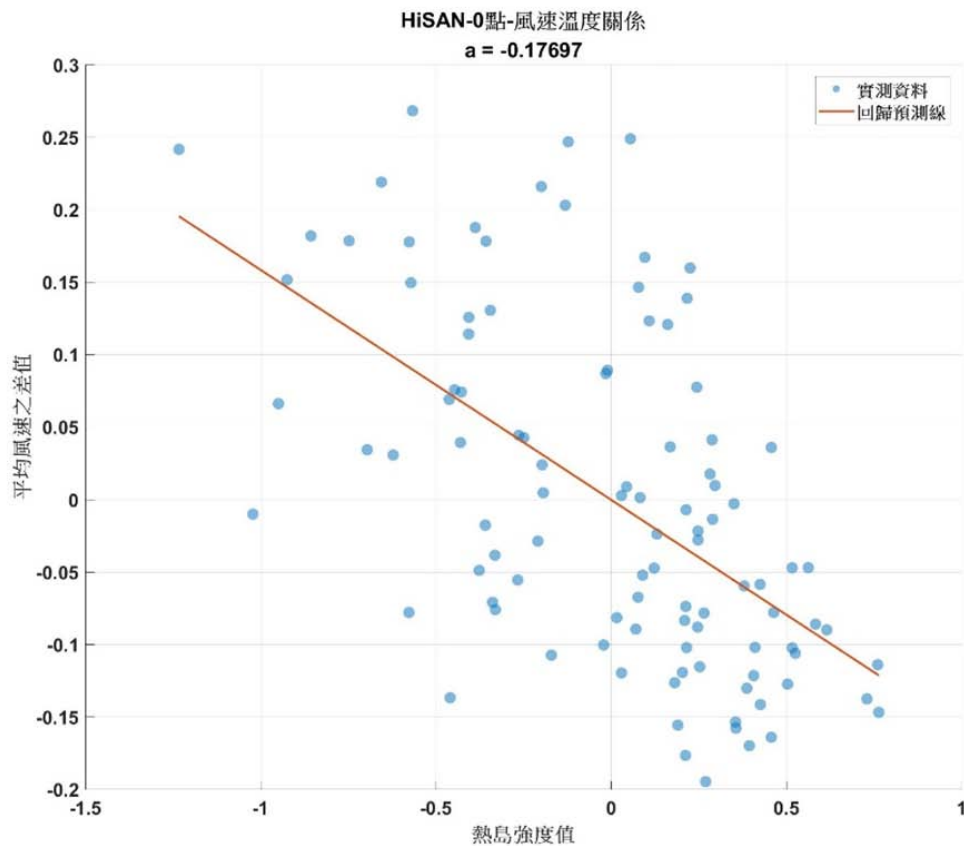


圖 3-17 建成環境與風環境之關聯

(資料來源：本研究製作)

於都市氣候中，熱環境與風環境皆非常重要。因此本研究結合兩者，以四個等級，分析都市氣候環境。在風的方面，依據不同相對過風機率網格的數量，進行對高過風與低過風的區分，因此定義相對過風機率小於 2% 的網格為低過風、相對過風機率高於 2% 者為高過風。

由圖 3-18 所示，台南整體仍有多數區，如中密集住宅區或商業區，其因

住宅行為、商業活動或交通移動之熱排放，造成市中心多處極度熱壓力且低通風潛力的情形，位於及度熱壓力或強烈熱壓力但高通風潛力的點位，如圖 3-19 中運河周邊的地區，因保留適當之開放空間，則有相當潛力透過風的優勢，有機會帶走區位中所排放出的熱量。

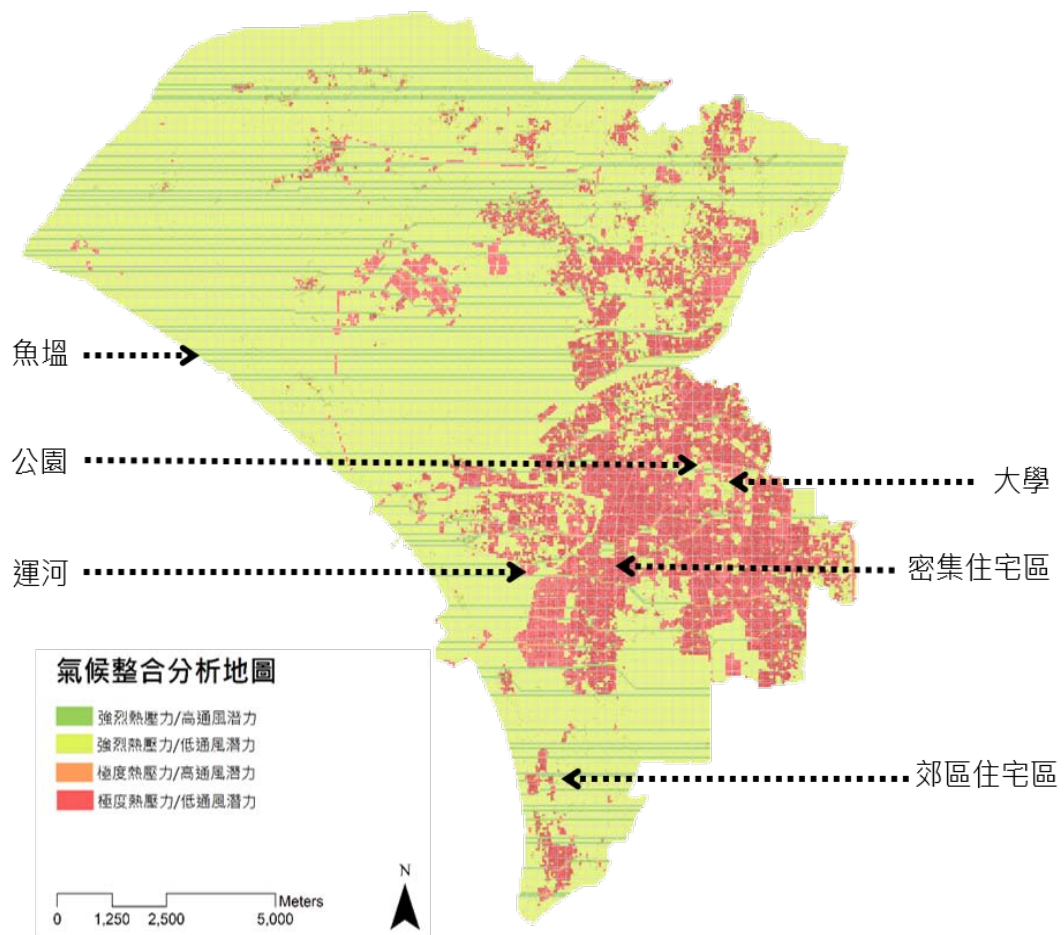


圖 3-18 台南風熱結合地圖

(資料來源：林建廷，2016)



圖 3-19 台南風熱結合地圖細部

(資料來源：本研究製作)

二、風速簡算式

根據第二張第四節風速減算式建置方法，本研究利用多元回歸分析，對氣象局之氣象站背景溫度以及各不同地況之區域內都市發展因子進行關連分析後，取得一條可以在了解區域內發展特徵以及取得氣象局氣候站的風速資料後，迅速評估不同地區風速的減算式，其相關係數為 0.92，如公式 8。

$$\text{風速}_i = f(\text{風速}_{\text{station}} * 0.65 + \text{建物面積比}_i * 0.293 + \text{水域面積比}_i * 0.49 + \text{空地面積}_i * 0.59 - 0.21) \text{----- (公式 8)}$$

透過此方法我們除了可以預估都市中的風速，也可透過長期的資訊計算了解都市中低風速風險區以及高風速保留區等，對於不同增減都可以及時的掌握其對都市中風環境差異的表現以及影響，除可增進都市規劃者對於都市中氣候的了解，更可更方便的依照都市氣候特色進行都市規劃設計的法規以及規範參考。

藉由減算式預估而得之都市風速分結果如圖 3-20 所示，因減算式中考量了土地使用分區之面積以及建築樓地板面積之因子，在土地覆蓋的差異及不同地況下將會產生風速的變化，如示範點 a 即為台南公園與成功大學與週遭住宅區之風速分部情況與地圖疊合之結果，可發現因公園與校園內植栽種植密度高且建築分散較不容易產生低風速之情況，但密集住宅區因為區域內樓地板面積高且無空地等粗糙度較低之土地使用，容易使得風速在此區域降低而成為低風速風險區；而於示範區 b 則是河川以及其兩測之住宅區，明顯可以發現河川流經之區域因無量體可以阻擋風的流動，在風速呈現上較兩測較多阻擋物的區域來的風速較高，同時此圖亦可應用於不同時段如冬季以及全年低風速風險區之劃定。

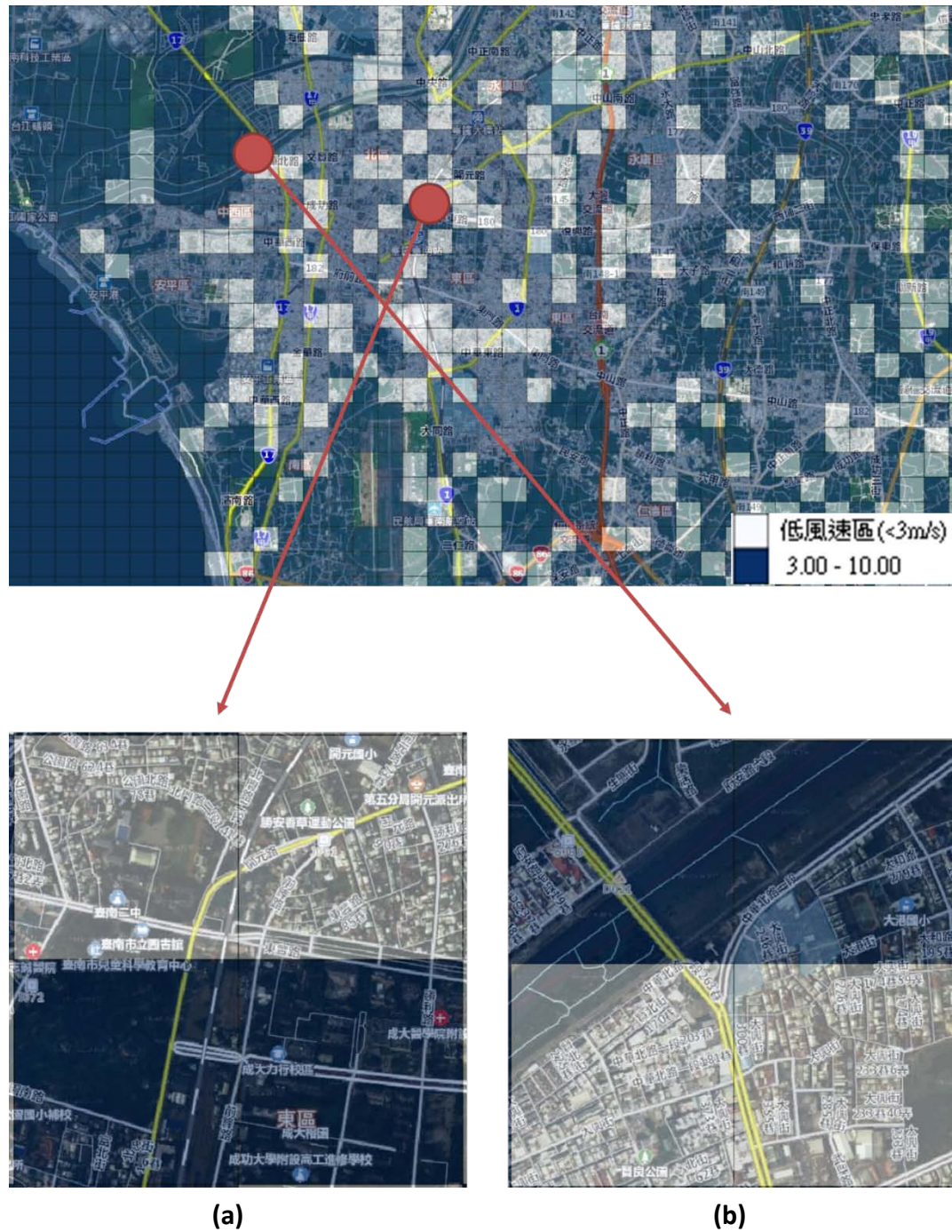


圖 3-20 夏季低風速風險區

(資料來源：本研究製作)

三、通風改善策略與法令制度

研究之成果若無法實際應用，將無法達成學術回饋社會之責任，故本研究將透過過去相關文獻回顧與本研究之結果結合，將提出能有效提高都市通風效益以及降低都市熱島效應的都市規劃設計方法。

此方法除能將研究成果轉化為能有效協助政府都市計劃相關人員參考之背景氣候資料，亦可透過實際的改善策略與法令制度修訂方向，以達成都市降溫、節能減碳的長期目標，研究結果藉由以下通風遮蔽率之計算方式說明此項目之說明，如公式 9。

$$\text{建築物立面通風遮蔽率} = A / (H \times W) < 80\% \text{-----}(\text{公式 9})$$

A：面向道路(公道) 或永久性空地之建築物正立面投影面積

H：建築物最高點高度

W：面向道路(公道)或永久性空地之基地邊長

若 $H < 18\text{m}$ ，則 $A / (H \times W) < 90\%$

對於較特殊的案例，例如較大基地中一棟超高的建築搭配其它低矮的建築，可能造成 H 值太高而輕易通過，則可考慮對 H 值加以限制。

方案 1：H=各棟建築平均樓高

方案 2：H=合理樓高，如容積率/建蔽率×標準層樓高（如圖 3-21）

而本計畫亦提出另一可實際應用之規範，其則適用於建築物週遭有公園/廣場/永久空地或大型道路所使用，如圖 3-22 所示，如建築敷地之週遭設有可增進都市降溫且促進風流通知土地使用劃分如綠地等，除考慮建蔽率外應需在建築規劃時避免座落於其風流通路徑上，以免阻擋都市風流通並藉此保留良好的對流環境，同時亦延伸大型綠地對於都市的降溫效果。

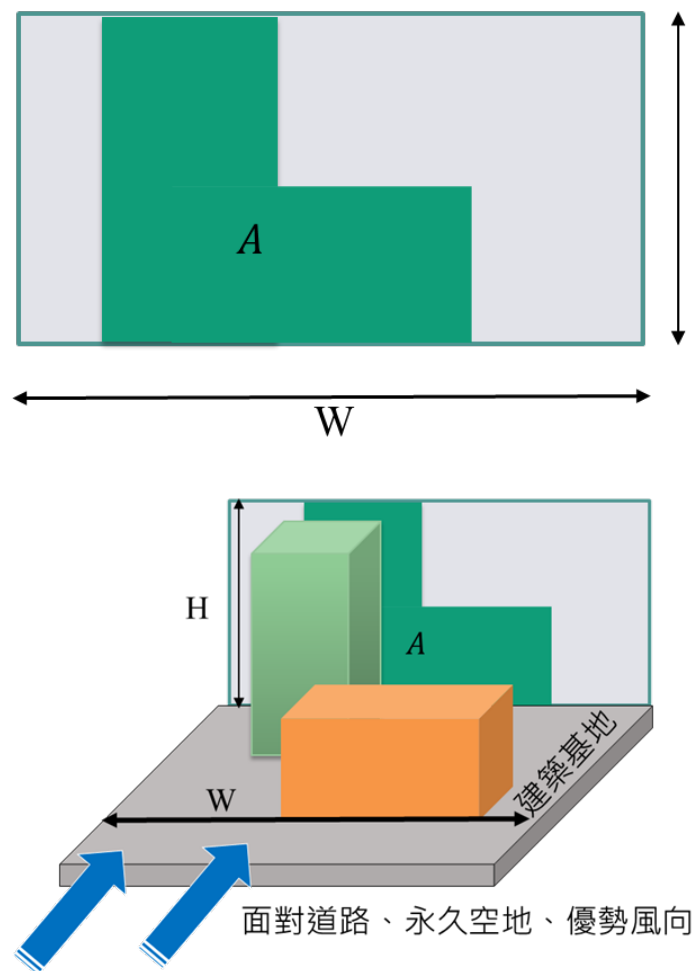


圖 3-21 通風遮蔽率之計算方式

(資料來源：本研究製作)

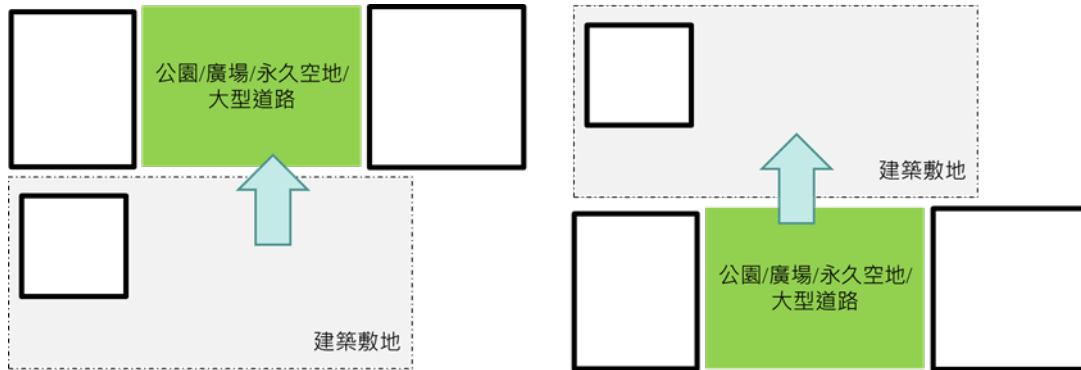


圖 3-22 建築敷地保持風流通之規劃方式

(資料來源：本研究製作)

對於位於都市風廊道上之建築基地，應考慮限制其面向風廊盛行風向之面寬 W ，保留 $W/3$ 以上之前後側院空間，使通風效能不至於受建築量體之阻檔(圖 3-23)。

方案 1： $W/3$ 統一配置於一側

方案 2：如建物欲分配至基地內各處則需注意其投影面積仍須維持 $W/3$

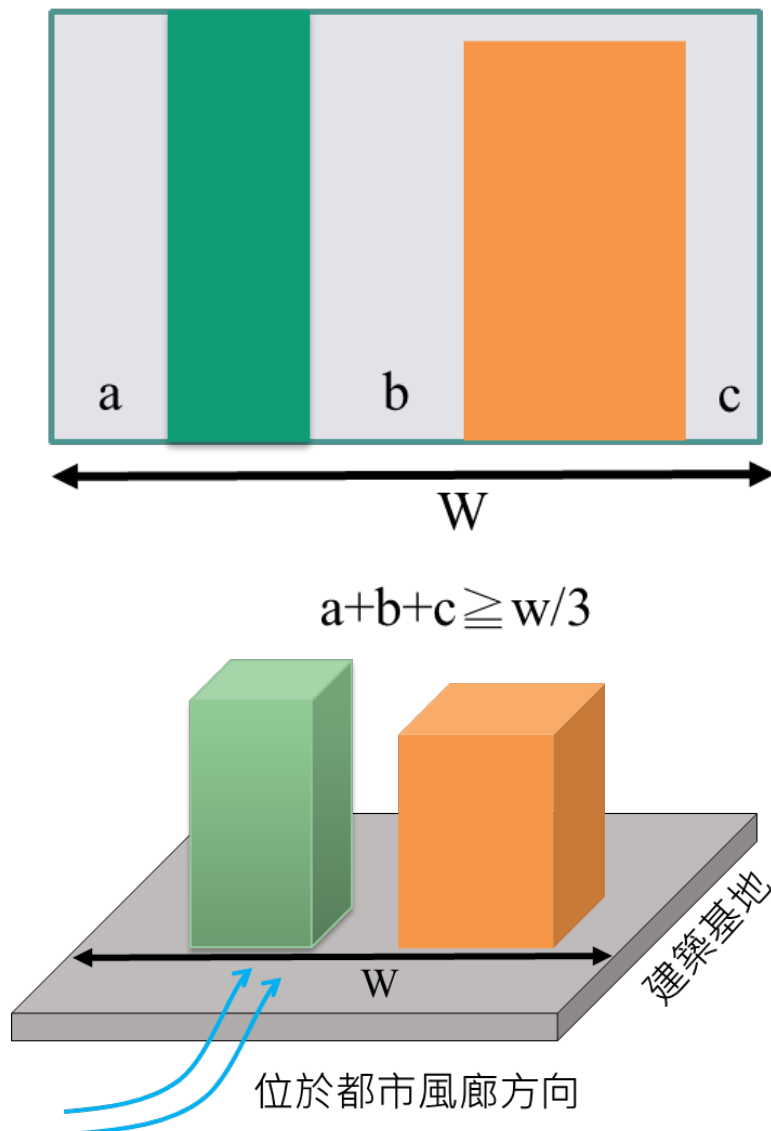


圖 3-23 建築面寬長度限制方式

(資料來源：本研究製作)

面對都市風廊或濱水區之建築基地，其迎風方向或水岸之建築應以低層建築構成，其後以不同高度的建築錯落同時保持通性與促進空氣流動(圖 3-24)。

方案 1：對面對都市風廊方向或濱水區之首排建築高度近行限制($H < 12\text{m}$)

方案 2：如欲於後方建置高層建築則不得超過前棟建築 50% 之高度

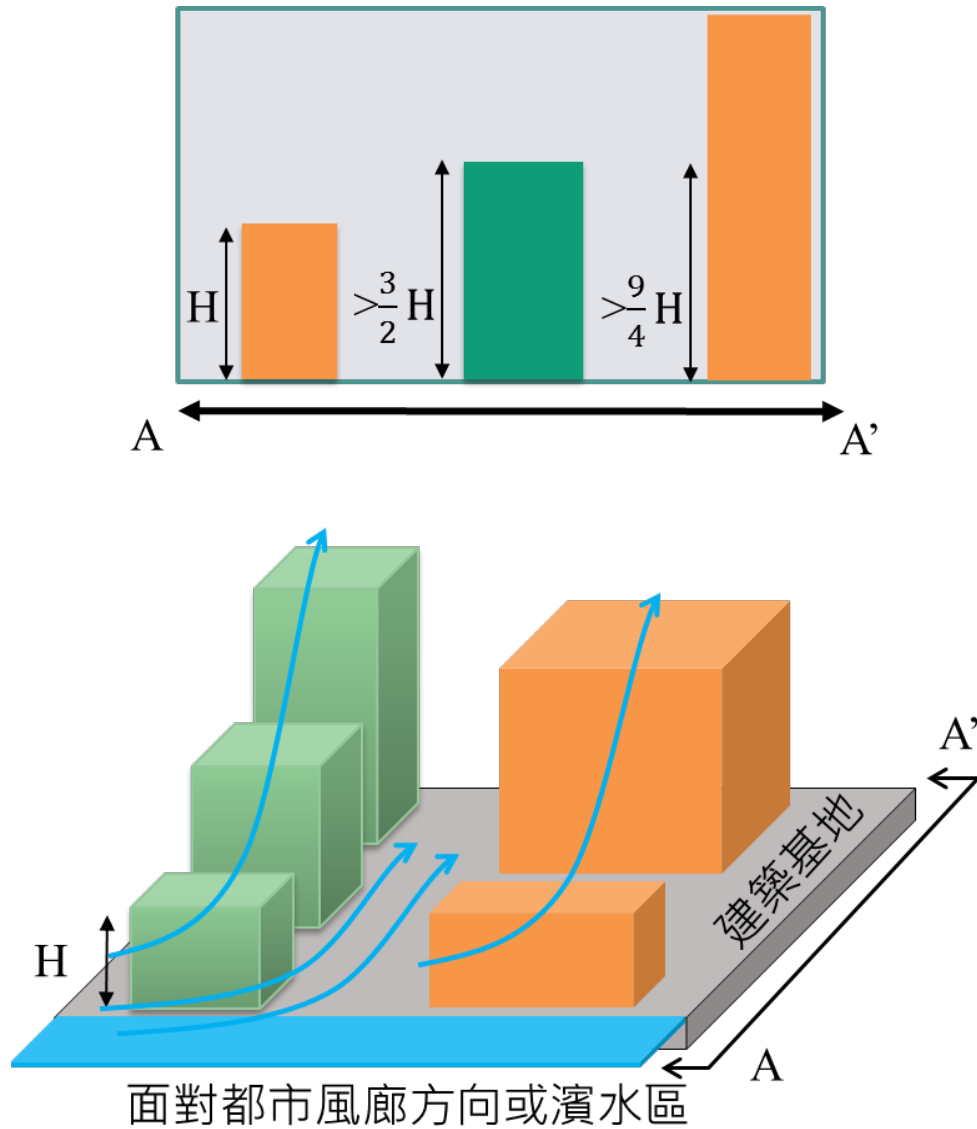


圖 3-24 面對風廊與濱水區基地規劃之建議方式

(資料來源：本研究製作)

四、計畫成果與國土計畫法令之連結及落實

本研究於風環境之改善策略與法令制度上亦考慮現實層面並與國家土地使用相關之上位計畫進行連結，其中包含國土計畫以及土地使用管制等法令以及規範，其中將針對有關於氣候變遷之相關條例以及都市永續發展之目標進行研擬與探討。

根據國土計畫法總則第一則之規定，為因應氣候變遷，確保國土安全，保育自然環境與人文資產，促進資源與產業合理配置，強化國土整合管理機制，並復育環境敏感與國土破壞地區，追求國家永續發展，特制定本法。故於土地開發上應注重因氣候變遷而導致的都市高溫化之環境議題，以及第六條第二則之規定，國土規劃應考量自然條件及水資源供應能力，並因應氣候變，確保國土防災及應變能力，降低氣候變遷的衝擊進而使國家永續發展。因提高都市通風是調適都市高溫化的極佳策略，故應將都市內的通風環境進行檢討，並於不同地況之各都市計畫區內之主要計畫以及細部計畫進行管制，以提高都是永續發展之目標。

本研究之風環境評估以及研究成果，將可呼應都市中氣候變遷與過度都市化所造成之環境與氣候議題包含高溫化進行改善。具體成果包含

1. 含低風速風險區之劃定

此風速可視化之圖面可落實於縣市級地方政府於制定地方國土計畫內容

有關第十條第八則之直轄市、縣（市）國土計畫之內容應載明氣候變遷調適計畫之規定增加低風速風險區域內之開發管制，以保持區域內之通風以及蓄熱所造成的熱風險議題。

2. 於都市計畫中之土地使用管制的可能性

A. 前後院留設深度調整的對應

留設前後院之規定除用於防災消防外應可加大其留設面積，藉以達到增進都市風流通，降低都市中熱壓力的產生以及因氣候變遷所帶來的居民健康以及環境議題。

B. 法定空地留設位置的對應

如管制建蔽率與建築面積等方式，管制建築基地中可使用之地區，如影響通風之區域劃定為不可開發，藉此可提高都市通風之功能，並加強說明其對都市風流通之影響。

C. 局部樓高的管制

樓高限制除可用於管制容積率外亦可增加風廊之風流通潛力以降低被風色無風之過熱風險，降低都市蓄熱以及因氣候變遷所帶來之都市暖化等高溫化問題。

第四章 研究結論與建議

第一節 研究結論

本研究計畫之重要性在於利用都市通風環境評估以及通風廊道之建置來使都市風環境可視化，藉此連結都市規劃者以及政府相關都市設計部門等，提供不具氣候專業背景之都市規劃人員一個可快速且輕易瞭解之都市風環境評估方式，展示不同地區因為不同建成環境所產生之風速及風向差異，並進而探討不同的建物配置對風環境的影響進而改善未來都市規劃設計時之參考依據。

1. 本計畫將之重要性突顯都市中微氣候環境的差異將受多種建成環境影響，故本計劃將透過不同方法剖析不同都市中多尺度的通風環境，藉以了解都市中的建築物以及植栽等不同障礙物及不同使用分區與密度的配置對通風之影響，以及探討風環境對日後開發以及都市開發相關政策擬定的依據。

2. 在研究成果上本研究透過三種方式預估地表粗糙度並進而產出示範區域中之風速分佈圖，結果顯示在都市樓高較高且建築物分佈較密集之區域，且植栽以及自然鋪面較少之地況如密集住宅區以及高開發商業區等，其粗糙長度將會呈現較高如 5 米以上，而導致風速較低的狀況如 3 米以下，使的通風環境較差不易形成良好對流，進而使得都市風廊難以形成，無法透過風廊

吹拂帶離都市中大量人為產熱所造成之熱壓力，使得都市熱負荷因此增加造成都市中居民健康以及工作效率下降。

3. 本研究亦針對風環境與熱環境之間關連進行探討，結果發現於夜間，年均風速若高於都市整體平均風速 0.1m/s ，則年均溫度會低於平均溫 0.5°C ，同時因為低風速產生的高溫也會進而影響都市之能源耗用，提高市內空調之使用而加強都市熱島效應的產生，同時風環境之議題在不同的季節亦有機會造成的環境與公衛議題，包含空氣汙染以及流行病傳染等，皆是與都市風環境有相關影響之主題。

4. 同時本研究亦透過都市發展特徵因子以及量測之風速資料進行分析，並使用多元回歸分析建置依可快速應用至不同區域之風速減算式，其預估能力為 0.92 ，並且公式中之預估因子皆採用可方便量化之土地使用分區面積占比，日後套用至不同地況不同區域時，即可迅速進行初步風環境評估進而回饋至都市規劃設計之相關議題。

故本研究對於都市風環境之評估與都市風廊建置之方法與建議將能有效改善日益嚴重的都市環境問題，並有極高潛力成為未來政府解決都市熱島、氣候變遷、全球暖化以及空氣汙染的重要關鍵方法，以及作為推動並達成生態永續城市目標之計畫，並於後續可聯結如國土計畫以及土地使用管制等相關法規進行管制以及提供相關規範做為建議與參考。

表 4-1 研究成果對照工作項目表

(資料來源：本研究製作)

工作項目及預期成果	研究方法	研究成果	研究結論
1. 完成示範地點之都市通風環境評估。包含不同季節及時段之風花圖，風速分布圖，過風路徑及過風機率圖。	1. 都市氣候資訊蒐集	都市風花圖分佈	結果顯示台南長年之風向大多來自西南方，說明海陸的地理特徵對研究區域之風環境影響顯著，故都市中東西向的風流通層度將有極大潛力影響都市通風環境，在都市計劃中對於建築物布局以及座向安排可以提供更符合此風環境特徵之規畫來降低都市熱環境以及汙染，並提高居民之舒適性減少因通風不良所帶來的環境議題。
	2. 都市發展資訊蒐集	不透水率、建築樓地板面積、土地使用分區等分佈圖	都市發展圖層資訊可供與都市風環境如風速及風向進行關連分析。
	3. 都市通風環境評估與都市風廊建置	都市風廊地圖	風廊地圖顯示台南南側在熱季形成通風廊道的潛力較大，因為南側之建築密度相對較低。在市中心區域，只有少數主要通風道經過，說明台南市高度化

			城市發展所引起不良的風環境，並造成都市內風不易流動的結果。 根據風會往障礙物較少的地方移動並前進之前提，當風進入密集建築區域時，風速會受到街道座向以及建築物高度的變化而減小並分散。
		都市風速風向分布圖	風向的模擬結果在夏季的結果顯示，在包括主幹道，廣場和鐵路在內的空曠區域，風向在 180° 和 210° 之間。在障礙物的背風側，風向改變為 30-60° 或 300-330°。在冬季風大部分來自大約北邊。然而在建築物的背風面上可以發現 270-330° 的風向。在東西走向的主幹道上，風向大約 180-210°。 在風速的模擬結果方面，在典型的夏季開放區域的風速大約為 0.3-0.4 公尺/秒，而最初的風速輸入為 2 公尺/秒。這在建築物的角落處更大，由於角落渦流影響，風速高達 0.5 米/秒。然而由於尾流效應，建築物背風側的風速降至 0.1-0.2 公尺/秒。在冬季，最初的輸入風速增加到 5 公尺/秒。開闊地區的風速為 0.6-0.7 公尺/

			秒，建築物前方為 1 公尺/秒。
2. 建立都市風環境之時空分布與氣候因素、建築特徵、土地覆蓋、使用分區、景觀植栽之關聯，並建置符合該都市型態之風廊設計。	1. 以多種方式預估地表粗糙長度	粗糙度預估風速分布圖	本研究透過三種方式預估地表粗糙度並進而產出示範區域中之風速分佈圖，結果顯示在都市樓高較高且建築物分佈較密集之地況，將使得通風環境較差不易形成良好對流，進而使得都市風廊難以形成，無法透過風廊吹拂帶離都市中大量人為產熱所造成之熱壓力。
	2. 粗糙長度與粗糙度轉換與風速折減方法	多種方式預估都市風速之分佈圖	在都市樓高較高且建築物分佈較密集之地況，將使得通風環境較差不易形成良好對流，進而使得都市風廊難以形成，無法透過風廊吹拂帶離都市中大量人為產熱所造成之熱壓力。
	3. 都市風環境與建成環境之關聯	都風速與建成環境因子之關聯分析	發現都市中風速較高之區域多是出現於都市中樓高較低或開發密度較低之區域，譬如研究區域北測之魚塭以及南部之農田等因地表粗糙度低且區域內較少建築物分布以及較低迎風面積之區域。 而風速較低的區域多分布在都市中樓高較高且建築物密集開發之地區如火車站前之密及商業區，藉由此分析可快速了解到都市

			中不同開發因子對風速之直接關聯，並且透過數值化的呈現提供未來都市開發過程中區域內建築物樓高及分布之建議。
	4. 簡易風速預估式以及對溫度之影響	風速預估式與風速與溫度不同時段之關聯分析	風速簡算式可快速應用至不同區域之風速減算式，其預估能力為 0.92，並且公式中之預估因子皆採用可方便量化之土地使用分區面積占比，日後套用至不同地況不同區域時，即可迅速進行初步風環境評估。 發現於夜間，年均風速若高於都市整體平均風速 0.1m/s，則年均溫度會低於平均溫 0.5℃，同時因為低風速產生的高溫也會進而影響都市之能源耗用。
3. 研擬緩和都市熱島效應之通風改善策略與法令制度修訂方向，以達成都市降溫、節能減碳的長期目標。	1. 參考國外風環境納入法令制度之案例	三項通風改善策略	建築敷地之週遭設有可增進都市降溫且促進風流通之土地使用劃分如綠地等，除考慮建蔽率外應需在建築規劃時避免座落於其風流通路徑上，並建議降低迎風處之建築高度以免阻擋都市風流通並藉此保留良好的對流環境，同時亦延伸大型綠地對於都市的降溫效果。

	2. 參考國內土地管制與都市計畫相關法規	與國土計畫以及都市計畫中土地使用管制銜接之法令制度建議	本研究之風環境評估以及研究成果，將可呼應都市中氣候變遷與過度都市化所造成之環境與氣候議題包含高溫化進行改善。具體成果包含 1. 含低風速風險區之劃定 2. 於都市計畫中之土地使用管制的可能性 A. 前後院留設深度調整的對應 B. 法定空地留設位置的對應 C. 局部樓高的管制
--	----------------------	-----------------------------	--

第二節 研究建議

[建議一]

短期建議-確立都市風環境標準之評估方法，包含使用時機、風險評估

以及建議改善策略等，並向建築師公會與都市計畫技師公會推廣應用

主辦機關：各縣市都市計畫科

協辦機關：建築師公會、都市計畫技師公會

將本研究於都市中不同地況之風環境評估方法流程標準化，包含環境量測以及所需基礎資料蒐集，以及三種粗糙長度計算方法之使用時機與低風速風險門檻之設定等進行統整，提出最適合欲開發基地之評估方式。

同時將此標準化之流程方法向實際操作之人員進行教育訓練，如利用研習以及演講宣導之方式使建築師以及都市計畫技師等都市開發相關從業者得以了解風環境資訊導入規劃設計之重要性。

[建議二]

中期建議-推動將都市風環境之評估方法導入建築技術規則以及納入建築法與地方性的建築管理自治條例等建築之法規

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所、各縣市政府建築管理處

依據本研究之成果導入未來建築法規政策之方法，如採納多種都市開發因子如，建築通風遮蔽率、街道樓寬比、建築面寬長度以及建築樓高配置等建築資訊因子限制，調適建築對於氣候舒適之影響。

藉由對建築因子量化控制之方法，由中央以及地方之建築管理機關進行後續條例以及法規之擬定，以達到可提供符合不同情境的通風改善策略以及建築規劃設計做為參考之使用。

[建議三]

長期建議-研擬將都市通風之效益導連結國土計畫以及都市計畫與土地使用分區管制要點等區域發展之法規

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所、各縣市都市計畫科

因應氣候變遷，確保國土安全之國土計畫法立法依據，建議導入本研究都市通風效益之成果如都市風廊以及低風速風險分佈區之劃定，確保國土防災及應變能力，降低氣候變遷所造成的衝擊。

可利用如過去都市設計審議之案例如留設寬度長年風向連續性風廊連接保持都市通風性、限制迎風面平均寬度之百分比等限制方案，進而從都市土地利用之相關計畫尋找可應用於台灣地理氣候特徵及法令架構下的實行路徑。

第三節 研究發展

本研究透過不同的風環境資訊取得方法，回應計畫需求，包含：風廊建置分析及都市通風環境評估，預期將獲得可跨不同地況區域之都市風環境解析，將透過與都市基礎的發展資訊進行疊合，以便使用量化數據解釋都市風環境之分布以及特色，透過科學性的研究及分析過程，並同時參考過去研究國內外之案例所呈現的都市環境改善方法後，將提出都市通風改善策略，提供都市設計規劃者以及政府相關部門一套系統性整合的檢視以及分析工具，藉以提高都市風流通環境，進而減緩都市熱島效應以及都市熱壓力。

對於社會發展則可透過本研究所產出之風廊建置分析及都市通風環境評估結果回饋至實際應用並研擬建築調適策略及法令規範(表 4-2)，藉此解決都市中因全球氣候暖化以及都市熱島效應而造成的都市熱壓力過高、空氣汙

染以及流行病傳染等重要社會民生議題，對於都市規劃設計以及後續的公共衛生與能源消耗等永續以及健康領域將可有莫大效益。未來發展如能將研究成果結合如國土計畫等具實質都市發展限制之上位計畫進行，便能更有效提供都市規劃設計之參考及過程建議。

表 4-2 中央及地方可應用之相關規劃設計法源

(資料來源：本研究製作)

類別	中央	地方
區域/都市計畫	1. 國土計畫法 2. 都市計畫法	1. 各縣市土地使用分區管制要點 2. 各都市計畫區都市設計審議原則
建築	1. 建築法 2. 建築技術規則	1. 建照預審制度 2. 各縣市建築管理自治條例

參考書目

1. 張效通，2017，新北市核心都會區減緩熱島效應指導計畫暨策略點改善計畫，
<http://ddpp.ntu.edu.tw/index.php/services/107-2017-07-26-15-45-52/230-2017-07-14-07-37-08>
2. 郭建源，2015，都市區域風環境影響評估分析研究，內政部建築研究所自行研究報告
3. 郭建源，2009，風洞試驗應用於行人風場環境影響評估之研究，內政部建築研究所自行研究報告
4. 何明錦，2015，都市地區風環境流通效應影響評估分析研究，內政部建築研究所協同研究報告
5. 內政部，2007，建築物耐風設計規範與解說
6. 林建宏、苗君易(2010)，建築模型在不同紊流強度及攻角下氣動力特性之研究，內政部建築研究所研究計劃報告
7. 香港中文大學，2005，空氣流通評估方法可行性研究研究結果摘要，香港：香港中文大學。
8. 陳育成，都市熱環境氣候地圖之基礎資料平台建置與應用以台中市為例，碩士論文，國立中興大學景觀與遊憩碩士學位學程，(2014)。
9. 陳致宇，空載光達結合高解析度熱影像於都市戶外熱環境及建築能源評估之應用-以板橋區為例，碩士論文，國立成功大學建築學系碩博士班，(2016)。
10. 朱佳仁（2006）風工程概論，科技圖書公司
11. 林建廷，以局部氣候分區整合風環境與熱環境之都市氣候地圖研究—以台南市為例，碩士論文，國立成功大學建築學系碩博士班，(2016)。
12. Blocken, B., and Carmeliet, J., 2004, Pedestrian wind environment around building: literature review and practical examples, Journal of Thermal Env. & BLDG. SCI., Vol.28, No.2
13. Wong MS, Nichol JE, To PH, Wang J (2010) A simple method for designation of urban ventilation corridors and its application to urban heat island analysis. Build Environ 45(8):1880 - 1889
14. Wong MS, Nichol JE, Ng YY (2011) A study of the Bwall effect caused by proliferation of high-rise buildings using GIS techniques. Landscape Urban Plan 102(4):245 - 253

15. Ren C, Ng E, Katzschner L (2010) Urban climatic map studies: a review. *Int J Climatol* 31(15):2213 – 2233
16. Ren C, Spit T, Lenzholzer S, Yim HLS, Heusinkveld B, van Hove B, Katzschner L (2012) Urban climate map system for Dutch spatial planning. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 18:207 – 221
17. Ren C, Lau KL, Yiu KP, Ng E (2013) The application of urban climatic mapping to the urban planning of high-density cities: the case of Kaohsiung, Taiwan. *Cities* 31:1 – 16
18. Peterson, E.W.; Hennessey, J.P., Jr. On the use of power laws for estimates of wind power potential. *J. Appl. Meteorol.* 1978, 17, 390 – 394.
19. Ng, E, Regulate for Light, Air and Healthy Living – Part II Regulating the Provision of Natural Light and Ventilation of Buildings in Hong Kong, issue 37, 1st Q, 2004, HKIA Journal, Hong Kong Institute of Architects, Hong Kong, pp. 4-27.
20. Ng, E., Katzschner, L., 2010. Urban climatic map studies: a review. *Int. J. Climatol.* 31 (15), 2213 – 2233.
21. Ketterer, C.; Gangwisch, M.; Fröhlich, D.; Matzarakis, A. Comparison of selected approaches for urban roughness determination based on voronoi cells. *Int. J. Biometeorol.* 2016, 61, 189 – 198.
22. Grimmond, C.S.B.; King, T.S.; Roth, M.; Oke, T.R. Aerodynamic roughness of urban areas derived from wind observations. *Boundary Layer Meteorol.* 1998, 89, 1 – 24.
23. Quan P, Leephakpreeda T (2015) Assessment of wind energy potential for selecting wind turbines: an application to Thailand. *Sustain Energy Technol Assess* 11:17 – 26
24. Emeis, S. Vertical wind profiles over an urban area. *Meteorol. Z.* 2004, 13, 353 – 359.
25. Daisuke Sasatani, Tait Bowers, Indroneil Ganguly, and Ivan L. Eastin (2015) ADOPTION OF CASBEE BY JAPANESE HOUSE BUILDERS. *Journal of Green Building: Winter 2015, Vol. 10, No. 1*, pp. 186-201.
26. Yu-Cheng Chen, Dominik Fröhlich, Andreas Matzarakis, Tzu-Ping Lin (2017). Urban Roughness Estimation Based on Digital Building Models for UrbanWind and Thermal Condition Estimation—Application of the

- SkyHelios Model. *Atmosphere*, 8(12), 247
27. Tzu-Ping Lin, Yu-Cheng Chen, Andreas Matzarakis (2017). Urban thermal stress climatic mapping: Combination of long-term climate data and thermal stress risk evaluation. *Sustainable Cities and Society*, 34, 12-21.
 28. Yu-Cheng Chen, Tzu-Ping Lin, Chien-Ting Lin (2016). A simple approach for the development of urban climatic maps based on the urban characteristics in Tainan, Taiwan. *International Journal of Biometeorology*, 61(6), 1029-1041.
 29. Yu-Cheng Chen, Chih-Yu Chen, Andreas Matzarakis, Jin-King Liu, Tzu-Ping Lin (2016). Modeling of mean radiant temperature based on comparison of airborne remote sensing data with surface measured data. *Atmospheric Research*, 174, 151-159.
 30. Yu-Cheng Chen, Chun-Kuei Yao, Tsuyoshi Honjo, Tzu-Ping Lin (2018). The application of a high-density street-level air temperature observation network (HiSAN): Dynamic variation characteristics of urban heat island in Tainan, Taiwan. *Science of The Total Environment*, 626, 555-566.
 31. Grimmond, C. S. B. ; Oke, T. R. Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 1999, 38, 1262 - 1292.
 32. Holland, D. E. ; Berglund, J. A. ; Spruce, J. P. ; McKellip, R. D. Derivation of effective aerodynamic surface roughness in urban areas from airborne Lidar terrain data. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 2008, 47, 2614 - 2626.
 33. Touma, J. S. Dependence of the wind profile power law on stability for various locations. *J Air Pollut Control Assoc.* 1977, 27, 863 - 866.
 34. Gulyas, A. ; Unger, J. ; Matzarakis, A. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. *Build. Environ.* 2006, 41, 1713 - 1722.
 35. Blocken, B. ; van der Hout, A. ; Dekker, J. ; Weiler, O. CFD simulation of wind flow over natural complex terrain: Case study with validation by field measurements for ria de ferrol, galicia, spain.

- J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 2015, 147, 43 – 57.
36. Grimmond, C.S.B.; King, T.S.; Roth, M.; Oke, T.R. Aerodynamic roughness of urban areas derived from wind observations. *Boundary Layer Meteorol.* 1998, 89, 1 – 24.
37. Manwell J. F., McGowan J. G., Rogers A. L. *Wind Energy Explained*. New York, NY, USA: Wiley; 2002.
38. Oke TR, The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24 (1982).
39. Oke, TR, *Boundary layer climates*. London: Routledge (1987).
40. Chen YC, Chen CY, Matzarakis A, Liu KJ, Lin TP, Modeling of mean radiant temperature based on comparison of airborne remote sensing data with surface measured data. *Atmospheric Research*, 174, 151-159 (2016).
41. Chen YC, Fröhlich D, Matzarakis A, Lin TP, Urban Roughness Estimation Based on Digital Building Models for Urban Wind and Thermal Condition Estimation—Application of the SkyHelios Model Atmosphere, 8(12), 247 (2017).
42. Kondo, J., and H. Yamazawa, 1986: Aerodynamic roughness over an inhomogeneous ground surface. *Bound.-Layer Meteor.*, 35, 331 – 348.

附錄一 工作會議意見回應

內政部建築研究所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之工作會議

一、日期：107 年 4 月 27 日（星期五）上午 10 時 30 分

二、地點：內政部建築研究所討論室(一)

三、主持人：陳建忠組長

四、記錄：陳育成

審查委員	審查意見	回應
陳組長建忠	此計畫之研究成果具有連結法令之潛力，可做為日後都市設計規劃之應用。	感謝委員肯定，本研究將繼續以能有效結合都市設計規範為目標進行。
	局部氣候分區之分類方法與適用性之說明應更明確使不具備空間規劃背景之使用者了解。	感謝委員意見。局部氣候分區系統之圖片及文字說明將會更明確的加入期中報告書中，使之更易於理解。
	使用衛星是很方便取得地表資訊的方法，日後應考慮影像分類後結果的準確性。	感謝委員意見。目前使用之衛星影像解析度為 30 公尺，對於都市型態之分類處於較適合的尺度，但研究過程中仍會透過實地調查確認分類之結果。
	可探討通風評估使都市中 PM2.5 等污染物如何較易排除。	感謝委員意見。都市中的污染物沉澱並造成空氣污染之原因其中一部分由於都市中通風環境不佳，如能準確預估都市風廊，及可促進排出空汙之時效。
	使用台南做為示範研究地區是	感謝委員意見。台南市位

	因地理之便，但台南是否為最需退燒或為台灣前三熱之城市。	於台灣南部日照時數長高達 2491 小時，受輻射影像強烈為全國之冠，而台南之最熱月 8 月平均為 29.6℃，故如何有效為城市降溫為重要課題。
	空載光達(LiDAR)內部具有什麼資訊	感謝委員提問。空載光達支資訊為其點雲之空間資訊包含高度以及經緯度。
	地表粗糙度之計算應從三種轉化為多種。	感謝委員意見。本研究已建製粗糙長度與粗糙度間之轉換方法，可將地表粗糙度因不同地況轉化為多種結果。
	想法概念不錯，如何驗證為本研究之重點。	感謝委員意見。本研究將透過 CFD 模型以及現地實測來進行驗證，確保預估之風環境成果準確並具參考性。
	可將本研究計畫之第三目標，效法日本 casbee 或參考德國生態社區之建築排列方式，納入台灣建築技術規則。	感謝委員意見。本研究即是透過參考不同國家間之成功案例進行研究之第三目標，至研究後期以便提出符合台灣知建築技術規範。
郭研究員建源	日本不需要都市設計條例等規範議不會在河邊建置高層建築阻擋風進入都市。	感謝委員意見。本研究將參考日本經驗，降低河道旁建築對都市通風環境之影響。
	採用地表粗糙度折減演算後之結果，如何有效進行風速與風向之驗證。	感謝委員意見。本研究將利用地表多點實測驗證粗糙度折簡風速之結果。
	風工程以往較注重單體建築物	感謝委員意見。本研究將

	之風環境，如何透過探討都市之風環境而使其研究成果具有回饋社會之價值。	以都市為主體探討風環境在都市中的通風性，並且透過都市規劃、熱舒適、公共衛生、能源等面向進行，藉以得到可回饋之實際應用面之成果。
	都市環評應將風環境納入為其考量指標，藉以加強環評之價值。	感謝委員意見。都市環境評估與都市設計審議皆應多考慮都市氣候環境，藉以降低對都市氣候之衝擊。
	借鏡國外經驗如香港及德國與日本，製作簡易清楚具台灣適用性的都市通風評估方法。	感謝委員意見。本研究即是透過參考不同國家間之成功案例進行研究，並將透過簡單的簡算式等方法用於評估台灣都市風環境。
	都市中地物如何影響地表粗糙度，需要轉化外國經驗並以簡易的方式進行計算。	感謝委員意見。都市中地物將被分類為不同之覆蓋材料，如建築、植被以及土地等，並透過經驗公式進行演算後取得，本研究用於計算粗糙度之公式已經過簡化，可透過簡易式快速完成。
	都市之風環境探討可有效發揮風工程應用於都市環境以及都市規劃中之多種領域，具有不錯的發展性。	感謝委員肯定。本研究將會持續朝與都市中多種不同領域之應用為目標進行發展。

附錄二 期中報告審查會議意見回應

內政部建築研究所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及

都市通風環境評估」之期中審查會議

一、日期：107 年 7 月 6 日（星期五）上午 09 時 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第四會議室

三、主持人：鄭主任秘書元良

四、記錄：陳育成

審查委員	審查意見	回應
林教授怡均	本研究著重於自然風受到建築物或都市建物的阻礙，受到自然風的改變以及對應的對流冷卻效應，由於研究計畫亦考量土地覆蓋與地表溫度分佈狀況，是否能夠考量環境溫差所造生的浮力對流產生的風速呢？特別是綠地、水池與城市建物(水泥與鋼筋)之間造成的對流	感謝委員提問，本研究因考量建築特徵、土地覆蓋、使用分區以及景觀植栽等多種都市地況因素，故將會對於不同種類之因子包含：綠地及水體與建築物之占比進行其區域風速分析，藉以了解多種的都市形態對於風環境特徵之影響，於期末將以量化之數值展示不同種地況對於風速之折減效果以及有助於通風之都市型態配置建議供實務參考。
陳教授若華	本案對降低都市熱島現象及汙染擴散有所助益，具實務價值	感謝委員肯定，本研究將會努力增進與實務連結之潛力。
	P5 研究目標擬到多個城市比較，而研究內年市中心區為主	感謝委員提醒，本研究於期末報告將會增加高雄市的風環境評估，藉以了解不同城市中因多種地況所造成的風環境特徵影響與差異。
	編碼與文章難比對，建議圖名在下表名在上	感謝委員提醒，期中報告書將小心整理並仔細編修後送交建築研究備查，期末報告書亦會將圖表格式進行修正，以便閱讀。

	P.27 風廊評估的計算方請補充說明	感謝委員提醒，本研究將於期末報告中詳細說明風廊評估之計算方法包括：迎風立面面積指數以及最小路徑法。
	P.37 有關 Voronoi 圖的定義請加以補充	感謝委員提醒，本研究將於期末報告中補充說明利用 SkyHelios 所製作之計算地表粗糙度 Voronoi 圖之意義以及其使用目的及優點。
	P.37 SkyHelios 是模擬軟體或計算模式請說明	感謝委員提問，SkyHelios 具有計算模式以及模擬氣候因子之兩種功能，計算模式於本研究主要應用於利用建築物計算地表粗糙度，而模擬模式則主要應用於行人尺度之風環境模擬。詳細論述將於期末報告中加入。
	本研究採用多種分析方法、模式、軟體、實地觀測等，彼此如何相互支援及驗證，建議以架構圖呈現	感謝委員建議，本研究使用多種方法取得都市風環境特徵之分布，於期末將會以架構圖之方式說明不同方法間彼此之關聯以及其可相互支援之交集以及交錯驗證之關係。
陳建築師啟中	通風遮蔽率 $=A/(H*W)<80\%$ ，80%所代表之意義為何，請在報告內說明	感謝委員提醒，本研究將於期末報告中詳細說明該通風遮蔽率公式內之各參數及數值所代表意義與限制。
	A 參數已涵蓋建築物高度 H，若不同高之建築物若採平均高度，此 H 可相互抵消，公式列入是否有意義	感謝委員提醒，本研究將於期末報告中，針對該通風遮蔽率公式之 H 參數，其所代表之意義將進行除方案 1 之

		平均樓高與方案 2 合理樓高外之建議加以保持都市建成環境中之通風性能。
	公式是以正向風考慮，若風向有偏角，公式是否需修正	感謝委員提醒，該公式主要以優勢風向做為參考，於期末報告前將針對該公式進行不同風向之情境模擬測試，檢視不同風環境特徵下之修正必要。
	基地兩側鄰接道路亦可作為通風路徑，建議 W 可以加入道路寬度以符實際	感謝委員提醒，本研究將在公式情境模擬測試後考量加入基地兩側之道路寬做為 W 值之修正，以符合都市開發環境之實際狀況。
	建築應考慮台南都市風花圖與通風遮蔽率之關係，如此則可做為其他都市之參考	感謝委員建議，本研究於期末報告中將會透過都市風花圖以及其測點之都市發展區位及特徵進行分析，藉以了解其風環境特徵與都市通風遮蔽率之關聯，並透過策略研擬提供提升都市通風之方法建議。
陳教授瑞華	行人風評估中之地況粗糙度定義？	感謝委員提問，行人風評估中之粗糙度主要取決於都市中建成環境之差異，於方法一之粗糙度評估定義為透過過去研究之經驗公式計算，將地表分為建築、植栽、空地三種方式進行預估，方法二則利用數值建築模型中的立面面積以及其所造成的地表占比所預估、方法三則利用局部氣候分區中所定義之地表粗糙度進行行人尺度的

		風速預估。
	地況分區之面積為何	感謝委員提問，不同的方法會應用不同的面積做為解析度，此亦會因不同的使用目的而有所差異，如要評估街區尺度會使用 50~100 公尺，如重點是都市則可以使用 1000~200 公尺。
	規範中地況 A 之粗糙度值應為 0.32	感謝委員指正，將於期末報告中修改。
黃技師科銘	長期建議導入法令制度修訂，建議在具體如建管條例管制，都市設計審議等發法規修正建議，以能與業界相融，如都市風環境改善評估及通風舒適建議，另風速計算能更簡易。	感謝委員建議，本研究於期中之主要工作項目為確立都市風環境評估之方法與結果呈現，期末將加入具體的建築管制條例以及都市規劃設計修訂之建議，藉以與實務及業界連結，改善都市通風環境議題，同時並將於期末提出風速計算之簡算式，透過都市地況特徵進行風速演算。
游教授顯德	僅說明為何進行研究之方法而未來成果宜加強進度	感謝委員提醒，本研究之成果除研究之方法，包含研究目標及三個預期成果將會完整呈現於期末報告中。
	僅見說明需確立動機，但動機如何連結，及應走之方向宜將強說明	感謝委員提醒，本研究之研究動機主要為回應都市中因建成環境所帶來的風環境差異，故將以不同地況之風環境評估做為動機之連結進行研究分析，於期末報告中將會強化研究成果與動機之連結，並將以提出改善策略以

		及法令政策擬定之方式提供工程實務進行參考。
	報告中之評估範圍似為台南市，但台南市之評估結果如何，宜盡速作業	感謝委員提問，本研究對於台南市之風環境評估成果以預期成果之一二包含：風速風向分布以及風廊分布之方式以及風環境與建成環境之關聯進行說明，本研究將會盡速作業並於期末報告中展示更豐富之研究成果。
鄭教授啟明	本案使用地理資訊、衛星資訊建構都市通風評估模式，對於都市規劃極具意義，目前進度符合預期	感謝委員肯定，本研究將會努力將研究結果透過法令與策略制定之方法提供都市規劃做為參考。
	本案依地理條件評估粗糙長度，符合物理性質，在定性分析應用上很有價值	感謝委員肯定，本研究將會於期末報告中呈現以更多風環境與都市地理特徵量化之成果。
	本案使用 SkyHelios 模擬軟體評估近地風場，建議增加 CFD 模擬中所使用的數值方法及重要參數，以便使用者評估其適用範圍	感謝委員提醒，本研究將會於期末報告中說明 CFD 使用時所套用之邊界設定條件、其取得方法以及使用限制進行加強說明，以便後續使用者使用時方便評估其適用範圍。
鍾教授光民	測量點選擇的依據，如何與現有圖結合比較	感謝委員提問，本研究之測量點主要依據都市中不同地況之地區進行架設，並參照圖資中的土地使用分區，其中包含公園、密集商業區、住宅區、道路等使用類型。後續點位之特徵量測結果亦透過套疊分析與不同的圖層

		如不透水率、建築樓地板面積等進行關聯分析，藉以了解不同建成環境中的風環境特徵。
陳組長建忠	能在新聞媒體發表及在政策尚可報告的刊載，在效益亮點上請以明文圖表表達	感謝委員提醒，本研究將會整合研究之亮點，包含現有之都市開發及氣候議題以及量化之研究成果，以簡要圖文說明之方式提供可具體刊載於媒體之內容與標題。
	這些策略或研究在降溫節能減碳請以量化單位表達，如多少度多少能源多少碳的試算評估，此較易外界所接受	感謝委員提醒，本研究將在研究後期將風環境特徵與多種都市發展圖層進行疊合分析，藉以瞭解具體量化的節能與降溫效益，同時提供風環境的簡易式算公式。
	台南以外，也請在效益考量更需關切感的地區(之前已有申請如高雄等的資料)	本研究將在期末報告中加入高雄之粗糙度分布以及風環境特徵分布圖，藉以比對不同都市以及不同地況之基地所造成之風環境差異，同時亦可了解鄰近都市對於示範基地之影響。
	只用香港立面占比來算過於簡化風廊效應(這似乎取決建築密度之因素)	感謝委員提問，本研究使用過去香港通風影響評估之經驗，因台灣之地況與香港具有其差異性，高層高密度建物區域較少，故於期末將會加入立面占比以外之因子如總樓地板面積與粗糙度因素來評估都市風廊分布，以符合台灣地況之特色。
中華民國結構工	無意見	謝謝委員指教

程技師公會全國聯合會		
張副研究員宜中	無意見	謝謝委員指教
鄭主任秘書元良	建築特徵、土地覆蓋、景觀因素等中哪個因素最重要且影響大	感謝委員提問，在複雜的都市建成環境因素當中，不同的型態將會對風環境造成多樣化的影響，本案將會於期末報告嘗試透過多元迴歸分析之方法將影響風速最顯著的因子做為結果呈現。 (有做有放)
	僅提到法案的修訂方法沒提到策略之制定	感謝委員提醒，本研究於期中前之規畫主要為風環境評估方法之確立以及地表風速之取得，對於風環境改善之策略之制定將會於期末報告中條列說明。(AVA)

附錄三 第一次專家座談會議意見回應

內政部建築研究所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之第一次專家座談會議

一、日期：107 年 9 月 21 日（星期五）上午 09 時 30 分

二、地點：內政部建築研究所簡報室

三、主持人：內政部建築研究所王副所長安強、成功大學建築學系林教授子平

四、記錄：陳育成

審 查	審 查 意 見	回 應
-----	---------	-----

委員		
江哲銘 教授	本研究係跨都市規模之區域之風環境控制很重要課題，值得繼續研究，尤其將來可有效應用在國土計畫，都市計畫、建築計畫與設計。	感謝委員肯定及建議，本研究後續將持續往銜接國土計畫以及都市計畫等面向進行包含政策以及法規制定之建議及參考。
	本研究現階段成果並值得肯定 以下幾點建議請參考(特別針對小範圍之微環境風場)。	感謝委員肯定及建議，本研究將針對微氣候尺度之風環境進行研究及後續議題探討。
	1 中央氣象局之測站如台南市係在市區民生綠園一點，且測站高度亦是固定，因此除了採用既有之資料外，將來視條件可增設測點及測試高度。因為測試高度不同會改變其風速、風向。	感謝委員提醒，本研究將於研究後段期末報告前利用氣象局外本研究自行架設於都市中不同地況及高度之風環境量測點，進行包含粗糙度之驗證，以及風速折減以及風向變化等工作。
	2 基地位置之不同會有相異之微環境風場條件，將來可考慮依沿海、平地、山邊之街區而設定不同之風場環境之邊界條件，將來可依據為都市計畫、建築規範之修增訂。	感謝委員提醒，本研究將陸續增設更多風環境以及熱環境量測儀器於不同地況之區域，將包含沿海、平地、山邊之街區以及空地，主要可做為日後都市計畫中對於氣候環境之規範。
	3 小街廓之風場科學化之演算與邊界條件之設定相關文獻可參閱日本村上周三教授(東大名譽教授)著作及連續性之研究成果(本研究目前尚可外加討論到小街區之風流場之分析，可參考村上教授之研究成果應可補充此部分之完整性)。	感謝委員建議及提醒，本研究後續於地方街廓之風場科學化演算與邊界條件以及風流場之設定將參考村上教授於風環境之研究成果，並利用其研究之成果增益本研究之完整性與應用

		潛力。
楊宏宇 教授	都市氣候資訊蒐集有關現地實測架設地點，盡可能到用空曠地區採樣較適宜(風速及相對溼度)。	感謝委員提醒，本研究將盡可能將都市氣候量測儀器置於空曠也四周無遮擋之地區，以利量測資料之準確與可用性。
	風花圖是呈現一個地區的盛行風向發生頻率及風速分布的表示。微氣候的量測較長期風花圖的量測困難度較高，尤其是採樣量測次數及時間如何呈現盛行特徵有待求證(細微可依地形風的海陸風或山谷風及盆地考量會更精實)。	感謝委員提醒，本研究首先將會研究區域內不同時段包含季節以及日夜等區段進行風花圖之分類，同時因微氣候資料之需求本研究亦會持續長期量測不同地況中之風環境，藉以用來考量不同之地形對都市風環境所造成之影響。
	簡易風速預估式以及對溫度之影響中所提公式溫度差值 $\Delta T_{(i(time))} = T_{(i(time))} - (T_{time})$ 及 $\Delta V_{(i(time))} = V_{(i(time))} - (V_{time})$ 中所到 T_及 V_的 101 是表示某一觀測站觀測次數還是 101 測站自設的(架設觀測站)若前者可能要考慮有代表性測站，若是後者可能要用客觀分析針對 101 個架設站求取最佳 Δ 測站觀測結果。	感謝委員提問，本研究這兩個計算公式中 T_及 V_的 101 指的是後者即為 101 個測站之溫度以及風速，本研究將針對此量測結果進行客觀分析，其中方法可能為使用非使用一般平均計算方法而使用如加權等不同權重來凸顯不同地況對於風環境成果分析之差異性，亦可利用此方法得到最佳之觀測結果。
孫振義 教授	研究目的若鎖定行人層或建築節能建議進行些微差異化解析。	感謝委員建議，本研究將利用既有研究目標以及方法針對研究行人層之微氣候以及建築節能議題進行目的之確立並利用研究結果逐項回覆本研究之目的。

	以氣候站進行修正，則可能需要考量因風向、風速、高度所產生之差異。	感謝委員建議，本研究使用之氣象站資料主要為利用其準確以及長時間紀錄之特性，於後續之研究將探討不同地況區域之欲解析高度以及地形風所造成之風速風向進行風環境結果之修正。
	建築物所造成的阻風效應及遮蔽效果對都市降溫恰為一體兩面，研究成果在落實規範前建議維持規劃設計上之彈性。	感謝委員提醒，本研究後續將著重探討不同的都市建成環境配置對於熱環境以及風環境的影響差異，同時將保持應用上之彈性取得最適合台灣氣候狀況之都市規劃設計建議。
	本研究最大價值為可提供夏季低風速區之基礎圖資，可供地方政府加強管制參考。	感謝委員建議，本研究將利用期末報告增加“夏季低風速區”之圖資成果展現，以提供政府更簡便更可視化的管制參考。
莊振義教授	風廊分析時可考慮將風花圖作季節和日夜的區分，以便探討不同風向不同建築迎風面積指數下的風場特徵。	感謝委員建議及提醒，本研究後續將針對研究區域內之風花圖進行不同時段包含季節以及日夜進行分類，以便更精準掌握不同風向下都市之風場特徵。
	粗糙度也會受到風向和地表熱通量的影響故可以考量不同情境(P10.風場會Decouple)。	感謝委員提醒，本研究將針對不同季節之風向狀況進行地表粗糙度之預估，以符合不同季節中風環境之分布。
	P25 建築樓高 vs 風速→exponential relationship。	感謝委員提醒，本研究之風速主要透過建築樓高以及

		建築面積所加權使用的經驗公式所預估，將利用實測之方法驗證本方法之可行性以及其在不同地況中對於風速預估之差異性。
	P40 可由 conductance 的概念進行推算。	感謝委員建議，本研究欲利用風環境進而推算其對溫度之影響，進而了解通風對於都市降溫之效果，於期末報告中將會具體呈現其量化數據。
	建立長期監測參考點，確認空間代表性。	感謝委員建議，本研究後續將會持續監測都市風環境，並利用量化都市發展特徵之方式確認空間代表性以供後續不同地況發展建議之參考。
黃國倉教授	本研究是邁向評估都市能源流動與熱島降溫的重要基礎研究。	感謝委員肯定，本研究將持續透過都市通風評估，了解都市熱島以及能源流動議題之關聯性。
	利用建築迎風面積指數作為評估都市內風的流動是一創新的簡易評估法，學理上可行，未來在應用時適合的基地/網格大小為何，較能反映出道路走向、尺度等對風廊之貢獻。	感謝委員肯定及建議，本儀就透過從小網格確立不同地況對於使用建築迎風面積指數預估風廊之可能性，進而透過加大網格之方式套入大尺度範圍如都市尺度以便了解不同使用分區及覆蓋如道路以及建築植栽等對於風廊移動及分布之差亦影響，亦更能凸顯都市風廊對於都市通風評估之重要性。

陳建忠 組長	建築迎風立面係數，請提供方法可靠之資訊。	感謝委員提醒，本研究於期末報告將會提出具題參考文獻，以及過去應用於其他城市之案例於以佐證此方法之可行性。
	國土尺度未來分析研究，本研究應能結合國土計畫相關議題分析之需，並研究政策分析國土計畫風及風廊相關議題與比較分析之道。	感謝委員建議，本研究將持續邁向可提供未來國土計畫做為參考之目的進行，利用如法規以及政策擬定之規範等方法回饋實際應用面，同時藉由了解現行之法規推動將研究成果與之結合之可能性。
	國土計畫最需風廊分析風廊規則是哪裡，實際考量目前研究僅止於地利之便，無法掌握國土尺度。	感謝委員提醒，國土計畫中針對氣候變遷以及都市高溫化等議題多有著墨，本研究將透過風環境評估以及風對溫度之降溫效果回饋置實際應用面，從都市建成環境之分析了解其對微氣候之影響，並藉由後續之規範建議提供降低熱風險之機率，以此回應並減緩與調適氣候變遷下所造成之環境議題。
	請結合本所具有大型風洞設備之特色。	感謝委員提醒，本研究於後續計畫中將結合 CFD 以及大型風洞設備進行驗證以及成果分析比較。
	國土計畫與氣候變遷，是以降尺度方式算之，周仲島、柳中明在台大水文中心亦可在 2pcc(AR5)上推薦資料收集方法。	感謝委員建議，本研究將參考此文獻以及資料收集方法，進行後續於氣候資料蒐集以及分析時之依據，同時了解氣候變遷與國土計畫

		間之關聯，以利後續法令擬定之實際應用性。
--	--	----------------------

附錄四 期末報告審查會議意見回應

內政部建築研究所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之期末審查會議

一、日期：107 年 11 月 2 日（星期五）下午 02 時 30 分

二、地點：內政部建築研究所簡報室

三、主持人：內政部建築研究所王副所長安強、成功大學建築學系林教授子平

四、記錄：陳育成

江教授哲銘：

1. 本研究報告內容文體有多處尚停留於期初報告階段用未然形之”將…””，應改為完成形，去掉”將…””，比較符合期末報告。
2. 建議第四章研究結論可將本研究各章節之研究成果再依「預期成果」匯整成符合三大項之比較明確之條列式或表列之結論，以便都市設計域都市規劃之應用，比較易於有效操作。
3. 研究內容可以肯定，請加調整會更有成效。

林教授怡均：

1. 通風廊道的分布與空氣汙染源的關係。
2. 通風廊道與地表粗糙度的關聯以及風向的來源。

陳建築師啟中：

1. 可進一步在增加相關數據做為修法之參考。(1)台灣各地區的風環境(2)各地區已有的都市計畫及土管規定
2. 容積獎勵部分不應列入。
3. 可參考日照規定的相關退縮、棟距之規定，相互配合。
4. 建議由建研所行文營建署修訂建築規則通風之制定。

陳教授瑞華：

1. 決定地表粗糙長度之每一微區域面積為何?同一微區域內是一種地況?

張教授景鐘：

1. 本研究完整性和預期工作項目完成度都很好。
2. 報告書部分文字敘述請再較正。
3. 研究可快速應用於不同區域之風速簡算式，其預估能力達到 0.92，成果相當好，建議增加不同區域和地表粗糙度之準確度變化情形。
4. 建議未來與法令規範配合，宜考量建商、開發商之立場背景，以利未來都市規劃之採用。

中華民國全國建築師公會 張威：

1. 在都市審議之參考

中華民國結構工程技師公會全國聯合會 陳正平：

1. 無。

中華民國土木技師公會全國聯合會 芳振上：

1. 無

陳組長建忠：

1. 風花圖及風花圖等用字應統一

2. 稍微提及風速之規則以及高低風速的定義

城鄉發展分署書面意見：

1. 報告書 P.97，提出於國土法第 10 條第 8 款之縣市國土計畫中應載明事項中增加「低風速風險區域」之開發管制 1 節，按國土計畫主管機關為本部營建署（綜合計畫組），建議洽詢該單位提供意見。另考量本分析尚處初步研究階段，建議視操作模型成熟度，並配合縣市國土計畫通盤檢討情形，賡續納入氣候變遷調適計畫內容。
2. 研究建議之短期建議部分（P.101），查本研究已初步提出「建築物立面通風遮蔽率」計算方式以供法令制度修訂方向之參考，惟考量都市計畫、都市設計、建築管理等涉及政策發展與建築法規事項，爰建由貴所主政辦理。
3. 研究建議之中期建議部分（P.101），考量都市風環境極具研究專業性，並屬環境控制與節約能源技術研究發展事項，故基於本研究初具成果，有關都市風熱環境之風險與潛勢區域分析及評估量化效益等後續研究，應由貴所持續主政辦理，以使本研究更具完整成果及效益。

計畫主持人回應（林教授子平）：

1. 感謝委員提醒，本研究報告將會於期末完稿之報告繳交時進行修正，將未然形修改為完成形，以符合期末報告之格式。
2. 感謝委員建議，本研究報告將會於期末完稿之報告繳交時依造研究案之工作項目與預期成果之三大項進行條列式之說明，以便後續檢核與應用於都市規劃設計。
3. 感謝委員肯定，期末報告書將會依造委員之建議以及提醒進行修正與調整。
4. 感謝委員提問，都市中之通風廊道與空氣汙染之關係乃因於較差的通風環境如粗糙度較高的高密度開發區，將因較多阻擋而使得風無法順利的進入以及流經此區域，將會影響並產生都市汙染物之聚集並難以排放等問題，此問題不僅影響都市宜居環境更造成居民生理健康之公共衛生議題，故如何有效評估風廊之分布對於日後都市規劃中制定空氣汙染排放等議題具有實際之應用潛力。
5. 感謝委員提問，本研究對於都市通風廊道之定義為風將會往較低阻力區域前進為前提，故使用建築立面面積以及粗糙度作為量化風阻力之因子，從而產製都市之通風廊道，而風向之來源本研究則使用中央氣象局之氣候資料，並採其長年優勢風向作為基礎，繪製該風象之都市通風廊道分布圖。

6. 感謝委員建議，本研究於後續研究計畫中將增加更細節之相關數據以及都市開發因子作為分析資料，如不同地區之風速風向資料以及整理不同區域之都市計畫相關法規與土地管制規則，以利後續修法時作為參考以及依據。
7. 感謝委員提醒，本研究將取消研究成果之法規建議中，提供容積獎勵之部分。
8. 感謝委員建議，本研究後續將綜合參考有關日照以及其他相關氣候因子如熱壓力以及汙染等相關土地管制規定，進行與風環境之相互配合。
9. 感謝委員建議，本研究將積極與建研所合作，提供其相關研究成果以及過去都市設計審議之經驗，作為後續修訂建築規則通風之制定參考。
10. 感謝委員提問，本研究依照研究方法中之三種方法分別為：(1)利用經驗公式搭配高解析度光達地表覆蓋分類，(2)數值地形圖搭配模擬軟體與(3)使用衛星遙測分類都市型態結合其粗糙度對照表進行預估，其中方法 1 之區域面積為 50 平方公尺，方法 2 之區域面積則因建築物之面積以及其棟距而會有不同差異，方法 3 則按照衛星影像之解析度 100 平方公尺作為區域面積，同時同一微區中將代表同一地況，藉此計算風速以及風廊之分布。
11. 感謝委員肯定，本研究之期末報告書將會依造委員之建議以及提醒進行修正與調整。
12. 感謝委員提醒，本研究之期末報告書將會修正內文之錯別字以及將未然形修改為完成形，以符合期末報告之格式。
13. 感謝委員建議，本研究後續將針對風環境對熱環境之影響效果進行多種地況之分析，如使用不同使用分區作為分類，探討不同種類之使用於不同時間如日、夜間，其區域內風速對溫度之提升與降低差異，以了解此簡算式之應用潛力以及限制。
14. 感謝委員建議，本研究後續於法規制定以及提高都市通風策略之擬訂過程中，將會考量考量建商與開發商之立場背景，如不影響原建築容積與建蔽率之前提下進行，以利未來都市規劃之採用。
15. 感謝委員建議，本研究後續將致力於將研究成果轉化為可供都市設計審議參考之資訊。
16. 感謝委員建議，本研究之期末報告書將會統一用字，依中央氣象局氣候每年之資料年報，在第「3. 臺灣地區地面風花圖 Surface Wind Roses in Taiwan Area」所述，將以風花圖統一稱之。
17. 感謝委員提醒，本研究將製作以 1~3m/s 等多種風速作為低風速之門檻值產製多種低風速風險區之分布圖，以便未來應用於不同地區之都市計畫相關

法規制定，而高低風速之定義將參考建築物耐風設計規範中之基本設計風速進行說明。

18. 感謝委員建議，本研究後續將與內政部建築研究所研擬將研究之結果配合縣市國土計畫通盤檢討情形，透過與營建署綜合計劃組織合作納入氣候變遷調適計畫內容。

19. 感謝委員建議，本研究後續將持續發展增益建築物立面通風遮蔽率之計算方式，並與內政部建築研究所合作，提供未來法令制度修訂方向之參考。

20. 感謝委員建議，本研究後續將基於初步成果並針對風熱環境與能源議題等專業性都市環境控制議題進行研究與建議之檢討，並與內政部建築研究所合作，評估量化都市風環境對不同環境因子之影響效益，以利本研究成果之應用。

附錄五 第二次專家座談會議意見回應

內政部建築研究所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之第一次專家座談會議

一、日期：107 年 11 月 26 日（星期一）下午 02 時 00 分

二、地點：成功大學綠色魔法學校三樓第三會議室

三、主持人：成功大學建築學系林教授子平

四、記錄：陳育成

審 查 委 員	審 查 意 見	回 應
曾品杰 副處長	南部城市普遍都有熱島現象，宜有區域性整體規範都市風廊。	感謝委員建議，本研究之研究成果將以可套用至全國性法規為發展目標。
	若以強制性規範，宜透過中央法規，或藉由都市計畫的手法予以規範，為涉及土地所有權人權益，恐產生許多阻力，建議採鼓勵的手法推動。	感謝委員提醒，本研究後續將加強對通風策略及如何獎勵間之關聯性，以提高應用之可能性。
	配合目前的開放空間預審機制，可增加審核規範，可針對大規模開發案件，增列須留設風廊設計，方得取得容積獎勵，或地方特色建築物需有風廊設計，當然若能由都市計畫的規劃來規範，才能得到最佳的效果。	感謝委員建議，本研究後續將定義不同種開發強度及機大面積大小之基地進行通風環境評估之原則以及操作事項，其中包含對如容積獎勵以及特方特色建築之探討，業已得到最佳效果。
李駿科 科長	目前各縣市政府擬定國土計畫期程皆須於明年度 10 月底前送至內政部審議，現階段應較難納入國土規劃作業。	感謝委員提醒，本計畫將於後續嘗試不同種納入法規之方法包攬都市計畫法以及建築技術規則等。
	都市土地價值與建築物配置形式關係密切，雖可藉由都審來操作，為無獎勵方案配套，僅藉由縣市政府都審可能較難落實。	感謝委員提醒，本研究後續將加強對通風策略及如何獎勵間之關聯性，以提高應用之可能性。
	為都市空間整體考量規則，建議可在擬定細部計畫或整體開發地區都更，公共設施用地(機關、醫院、學校等)時於細部計畫規劃時，先將風環境資料納入，在進行使用分區之配置。	感謝委員建議，本研究後續將主要推動從公共設施用地開始納入風廊以及風環境等因子進行通風環境評估，再進行配置建議。

	建議可提供”潛勢地區”例如涼風、潛勢風廊等資料套繪，俾利作為縣市政府做都市計畫擬定、變更時之依據。	感謝委員建議，本研究後續將提供不同低風速定義之潛勢地區，以提供不同地區之縣市可按照其地理特徵變更應用。
莊惠雯教授	依據個人經驗，目前應以都市計劃的擬定著手，可能比較有辦法執行。	感謝委員建議，本研究將收集與計畫成果相關之現有都市計畫法規，提供法源參考依據，以俾利後續法規制定之參考。
	細部計畫公共綠地、公園的劃設，除了都市計畫法做小面積的要求外，再以連貫劃設，並劃分鄰里公園及區域公園角色。	感謝委員建議，本研究後續將持續參考各縣市都市設計審議原則，了解不同地區其在不同使用分區以及其對建築與敷地之規劃限制與法規。
	另外都市計畫擬定時立可定地使用強度，可配合大型開放空間位置，來指定不同街廓之使用強度，同時考量該地區之主要風向。	感謝委員建議，本研究將研討後續如何將不同地區其獨特的風環境包含主要風向納入都市計畫擬定之空間與強度配置參考。
吳政哲建築師	針對管制的計算式，應力求簡化公式，已府和業界「簡政便民」的須求，教義落實至公私有土地。	感謝委員建議，本研究對於不同通風策略之擬定與風速等等計算式將以簡算式之方法呈現，以求簡易快速。
	要確認該管制方法的源頭，末端及當中之連續性，風廊才能確實有效。	感謝委員建議，本研究後續將針對不同通風策略所可對應至之法源，如都市計畫、土地使用管制以及各地都市審議細則等，增加其可有效應用之可能性。
	舊市區在法令上應最慢推動，較不易	感謝委員建議，本研究後續

	引民怨。	將主要優先於新興開發區以及都市更新區操作並提供通風評估分析之建議。
	新開發區應優先推動。	感謝委員建議，本研究之研究成果如能應用至法規制度面，計劃流程將首於新興開發區以及都市更新區操作後再推動至舊市區應用。
吳崇彥 建築師	從大環境中所產生之微氣候著手，因此公部門要努力加強都市綠地的開發與維護。	感謝委員建議，都市綠地不只可講低都市熱島效應之強度，同樣可為都市中帶來島風以及提高風速的效果，故於參考風環境評估之都市計畫中將採納更高面積的綠地公園配置。
	對都市中樹木幫助景觀與降溫有極大的幫助，能多研究相關議題，如導風牆的研究等等。	感謝委員提醒，樹木及綠地等公園或大型綠地其對於都市微氣候將有莫大助益，並且同時能達到導風效果，將低溫空氣導入市區，並將高溫空氣導出市區，後續將優先設置於通風策略。
	建築物構體導風的細部研究，讓流動的氣流能進入室內，如窗口等。	感謝委員建議，室內外的風必須同時考量方能達到通風提高舒適性的效果，故戶外將有效評估風廊並限制建築位置，室內則將透過開窗位置提高風流通性。
	以九份子為例，一綠建築標章的推動，還是手段，但往往只送候選但不送標章，執行上是否落實，可能在後續推此法令時要注意有效性。	感謝委員提醒，本研究後續將持續針對執行與落實之應用有效性進行評估，針對研究相關法規進行檢視，並提供其連結之可能性。

林建廷 工程師	政策→作為→管制→不利地方議會立法，從中央推行 政策→作為→獎勵→利於議會推定	感謝委員建議，針對政策與作為之管制與獎勵機制，將參考委員建議，以平衡地方與中央推動立法之依據。
	研究內容及可操作變因→可數值化具體化之變因	感謝委員建議，本研究將持續將數值利用可視化的方式具體化，以提供不具備氣候背景之使用者應用。
	變因→大尺度→都市計畫區，都市區域層級 變因→小尺度→建議層面要如何管制	感謝委員建議，根據不同大小尺度地區之應用，如大尺度的都市計畫區將針對都市尺度如街廓等級進行管制，小尺度如建築管制，將針對建築量體位置以及大小進行管制。
	變因裡→熱風，兩者要區分清楚，→密集度綠地面積水域面積...etc→密集度、FAI、樓高、過風率	感謝委員建議，本研究後續將對綠地與水域之面積對風與熱環境之影響關聯，並考慮建築因子對風熱環境之影響。
	回到現行各法規裡可能運作的空間 A.容獎→AB 地是否調在不同會有不同乘數，基於大尺度分區研究結果 B.都更→容獎→建築配置建議配置→容積 C.都設審議 D.細部變更劃設	感謝委員建議，本研究將回歸現實面，整理現行相關法規，以及其可運用之空間，如利用都審與細部變更劃分等過程中之提高獎勵吸引民眾參與，以及因地制宜符合不同地區之需求。

附錄六 工作會議簽到表

會議簽到簿

內政部建築研究所

會議名稱：召開本所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之工作會議

活動辦理時間：中華民國 107 年 4 月 27 日 上午 10 時 30 分

活動地點：內政部建築研究所討論室(一) 主持人：內政部建築研究所陳建忠組長

列席人員：內政部建築研究所陳組長建忠、內政部建築研究所郭副研究員建源、內政部建築研究所梁研發替代役文字、國立成功大學林教授子平、國立成功大學陳研究員育成

出席人員：

內政部建築研究所陳組長建忠	陳建忠	
內政部建築研究所郭副研究員建源	郭建源	
內政部建築研究所梁研發替代役文字	梁文字	
國立成功大學林教授子平	林子平	
國立成功大學陳研究員育成	陳育成	

附錄七 第一次專家座談會議簽到表

會議簽到簿

內政部建築研究所

會議名稱：召開本所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之第一次專家座談會議

活動辦理時間：中華民國 107 年 9 月 21 日 上午 09 時 30 分

活動地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：內政部建築研究所王副所長安強、成功大學建築學系林教授子平

列席計畫人員：王副所長安強、陳組長建忠、林教授子平、郭副研究員建源、梁研發替代役文字、陳研究員育成

列席專家學者：楊教授宏宇、江教授哲銘、黃教授國倉、孫教授振義、莊教授振義

出席人員：

內政部建築研究所王副所長安強	王安強	
內政部建築研究所陳組長建忠	陳建忠	
國立成功大學林教授子平	林子平	
內政部建築研究所郭副研究員建源		
內政部建築研究所梁研發替代役文字	梁文字	
國立成功大學陳研究員育成	陳育成	
楊教授宏宇	楊宏宇	
江教授哲銘	江哲銘	
黃教授國倉	黃國倉	
孫教授振義	孫振義	
莊教授振義	莊振義	

附錄八 第二次專家座談會議簽到表

會議簽到簿

內政部建築研究所

會議名稱:召開本所 107 年度協同研究案「跨不同地況區域之風廊建置分析及都市通風環境評估」之第二次專家座談會議

活動辦理時間:中華民國 107 年 11 月 26 日 下午 02 時 00 分

活動地點:成功大學綠色魔法學校三樓第三會議室

主持人:成功大學建築學系林教授子平

列席計畫人員:林教授子平、郭副研究員建源、梁研究員文字、陳研究員育成

列席專家學者:曾副處長品杰、李科長駿、莊教授惠雯、吳建築師政哲、吳建築師崇彥、林工程師建廷

出席人員:

國立成功大學林教授子平	林子平
內政部建築研究所郭副研究員建源	郭建源
內政部建築研究所梁研究員文字	梁文字
國立成功大學陳研究員育成	陳育成
高雄市政府工務局建築管理處曾副處長品杰	曾品杰
臺東縣政府建設處都市計畫科李科長駿	李駿
南台科技大學莊教授惠雯	莊惠雯
吳建築師政哲	吳政哲
吳建築師崇彥	吳崇彥
林工程師建廷	林建廷

