

計畫編號：DOH101-DC-1303

行政院衛生署疾病管制局 101 年度科技研究發展計畫

計畫名稱：氣候變遷下台灣地區登革熱空間時間分布預測

模型建立研究

研究報告

執行機構：國立台灣大學生物環境系統工程學系

計畫主持人：余化龍

協同主持人：溫在弘、潘宗毅、蔡坤憲

研究人員：簡龍璋、徐葦茵、林遠見

執行期間：101 年 01 月 01 日至 101 年 12 月 31 日

本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對外研究成果應事先徵求本署同意

目錄

目錄.....	1
中文摘要.....	3
Abstract.....	5
圖目錄.....	7
表目錄.....	15
一、前言.....	16
二、材料與方法.....	30
2.1 登革熱資料蒐集與整理.....	30
2.2 人口資料蒐集與整理.....	54
2.3 病媒蚊資料蒐集與整理.....	56
2.4 氣象變數蒐集與整理.....	58
2.5 社會經濟資料蒐集與整理.....	68
2.6 地理環境資料蒐集與整理.....	73
2.7 登革熱受地理環境影響模型建構方法.....	78
2.8 登革熱時空分佈受氣象參數影響模型建構方法.....	82
三、結果與討論.....	85
3.1 登革熱受地理環境影響模型建構.....	85

3.1.1 土地利用因子.....	85
3.1.2 社會經濟因子.....	132
3.1.3 登革熱受地理環境影響模型結果分析.....	145
3.2 登革熱時空分佈受氣象參數影響模型建構.....	152
3.2.1 登革熱與氣象因子關係模型結果分析.....	152
3.2.2 登革熱與氣象因子關係模型預測分析.....	165
四、結論與建議.....	169
五、計畫重要研究成果及具體建議.....	174
5.1 重要研究成果.....	174
5.2 相關具體建議.....	175
六、參考文獻.....	177
七、期中報告審查意見回覆.....	182
八、期末報告審查意見回覆.....	186

中文摘要

氣候變遷所造成的氣象變異，可能造成傳染病傳播機制改變，導致更嚴重的疫情。本計畫目的為以登革熱為例，建立傳染病空間時間傳播擴散預測模型，並探討氣候變遷下對於台灣登革熱疫情之影響。此模型預期能夠考慮影響傳染病之重要氣象因子、地理環境因子與人類社會相關因子。其中氣象因子可能直接影響到病毒的活性，造成傳染病傳播擴大，亦會間接地改變病媒蚊的生態環境，而間接地影響傳染病疫情之發生情形。因此，在本計畫的第一年主要為探討登革熱與其相關因子之關係與其相關模型建構，研究區以台南、高雄及屏東縣為主，本報告分成三個部分：(1)登革熱影響因子機制探討與回顧：利用文獻回顧的方式，探討過去研究中影響登革熱之重要因子，包括氣象因子（如溫度、降雨）、地理環境因子（如土地利用、植被）以及人類社會行為模式（如人口密度），(2)登革熱影響因子機制分析：利用台灣南部區域之登革熱疫情資料，分別利用分量迴歸以及非線性分布延遲模型，來探討影響台灣地區登革熱疫情之顯著因子及其影響特性，(3)登革熱空間與時間風險模型建構：建構登革熱之影響因子在目前空間與時間之情境下，所造成登革熱發生潛勢之空間和時間分佈情形之探討。

本年度研究成果，就地理環境影響模型分析部分，利用分量迴歸找出在不同空間尺度下，對登革熱疫情有相關之社會經濟因子及土地利用因子

進行分析。結果發現不論是在台灣南部鄉鎮或是高雄市村里，登革熱疫情皆與農業及天然林有相關性存在；在社會經濟因子部分則以總所得均數為兩不同尺度下共同相關因子。此外，迴歸結果預測台灣南部鄉鎮及高雄市村里登革熱疫情嚴重度，與實際之結果相符程度頗高，即利用此方法所找出之因子可能為影響疫情的部分，未來也可將這些地區作為防疫的重點。

就氣象參數影響模型建構而言，發現雙因子非線性分布延遲模型(採用每週最低溫度與每週 1 小時最大雨量)為最佳之登革熱氣象風險模型。由模型預測結果發現，若當週發生最低溫度超過 20 度且一小時最大累積降雨量超過 80 毫米時，則可預期第 9 週到第 14 週後會有較高風險的登革熱疫情發生，需要提前加強登革熱的預防工作，以避免登革熱的疫情擴散。而預測區域則發現在南台灣亦在高雄市旗津區、左營區、鳳山區、林園區與屏東縣新園區屬於發生風險較高區域

關鍵詞：傳染病預測、登革熱、時空分布、氣候變遷、預測模型

Abstract

The variations in meteorological conditions induced by climate change can cause the diffusion pattern of infectious disease and serious epidemic situation. The objective of this proposal is to build a spatiotemporal infectious disease diffusion model for dengue fever in order to predict the epidemic situation in Taiwan. This model expects to account the influence by meteorological factors, geographic environmental factors and human society factors. The weather changes can not only directly impact on the epidemic diffusion due to antiviral activity, but also indirectly affect epidemic dengue fever because of changed ecological environment for vector mosquito. Therefore, the report can be divided into three parts:

(1) Discussion on significant factors for epidemic dengue fever: Based on literature reviews, this report finds out these significant factors conferred by former researchers, including meteorological factors (ex. temperature, rainfall), geographic environmental factors (ex. land utilization, vegetation) and human society factor (ex. population density) .

(2) Analysis of the mechanism of significant factors: In order to research the effect between these significant factors and dengue fever, this proposal adopts Quantile Regression and Distributed lag nonlinear models with the recorded data of dengue fever in South Taiwan.

(3) Spatiotemporal prediction model for dengue fever: This model with significant factors can analyze and predict the spatiotemporal distribution of possible epidemic situation in South Taiwan.

The main results in research report can contain two parts: In geographic section, Quantile Regression method can find out the correlation between dengue fever and geographic environmental factors including social economy and land utilization in different spatiotemporal area. According to statistic experiments, agriculture and natural forest play an important role in dengue fever whether the research area is in the south Taiwan or Kaohsiung city. Number of Hakka population is also a significant factor in social economy field. Moreover, the serious epidemic area found out by regression model is the same as the actual condition in South Taiwan and Kaohsiung. Therefore, this model can be to predict the serious epidemic area of dengue fever and provide some references for the agency.

In the meteorological conditions induced by climate change, distributed lag nonlinear model with two factors (minimum temperature and 1 hr maximum rainfall) has accurate results of relative risk in epidemic prediction of dengue fever. Based on the numerical results, epidemic dengue fever can happen in nine to fourteen later if the minimum temperature is more than 20°C and 1hr maximum rainfall is over 80 mm at present. In addition, the serious epidemic area is considered in the Kaohsiung city (Chichin, Tsoying, Fengshan, Linyuan) by the results of spatiotemporal prediction model

keywords : infectious disease prediction, dengue fever, climate change, prediction model.

圖目錄

圖 2.1.1 1998 年至 2011 年登革熱總病例級數	32
圖 2.1.2 1998 年至 2011 年登革熱外來病例級數	32
圖 2.1.3 1998 年至 2011 年登革熱外來病例級數與總感染例	33
圖 2.1.4 登革熱 1998 年境外移入累積感染病例	33
圖 2.1.5 登革熱 1998 年累積感染病例	34
圖 2.1.6 登革熱 1999 年境外移入累積感染病例	35
圖 2.1.7 登革熱 1999 年累積感染病例	35
圖 2.1.8 登革熱 2000 年境外移入累積感染病例	36
圖 2.1.9 登革熱 2000 年累積感染病例	37
圖 2.1.10 登革熱 2001 年境外移入累積感染病例	37
圖 2.1.11 登革熱 2001 年累積感染病例	38
圖 2.1.12 登革熱 2002 年境外移入累積感染病例	39
圖 2.1.13 登革熱 2002 年累積感染病例	40
圖 2.1.14 登革熱 2003 年境外移入累積感染病例	40
圖 2.1.15 登革熱 2003 年累積感染病例	41
圖 2.1.16 登革熱 2004 年境外移入累積感染病例	42
圖 2.1.17 登革熱 2004 年累積感染病例	42

圖 2.1.18 登革熱 2005 年境外移入累積感染病例	43
圖 2.1.19 登革熱 2005 年累積感染病例	44
圖 2.1.20 登革熱 2006 年境外移入累積感染病例	45
圖 2.1.21 登革熱 2006 年累積感染病例	46
圖 2.1.22 登革熱 2007 年境外移入累積感染病例	46
圖 2.1.23 登革熱 2007 年累積感染病例	47
圖 2.1.24 登革熱 2008 年境外移入累積感染病例	48
圖 2.1.25 登革熱 2008 年累積感染病例	48
圖 2.1.26 登革熱 2009 年境外移入累積感染病例	49
圖 2.1.27 登革熱 2009 年累積感染病例	50
圖 2.1.28 登革熱 2010 年境外移入累積感染病例	50
圖 2.1.29 登革熱 2010 年累積感染病例	51
圖 2.1.30 登革熱 2011 年境外移入累積感染病例	52
圖 2.1.31 登革熱 2011 年累積感染病例.....	53
圖 2.2.1 三主要疫情爆發區人口密度	55
圖 2.2.2 人口密度.....	55
圖 2.3.1 各鄉鎮 2010 年最大布氏級數	57
圖 2.3.2 各鄉鎮 2011 年最大布氏級數.....	57

圖 2.4.1 氣象測站來源.....	59
圖 2.4.2 1998 至 2011 年平均每週累計降雨	60
圖 2.4.3 1998 至 2011 年平均每週小時最大降雨	60
圖 2.4.4 1998 至 2011 年平均每週 24 小時最大降雨	61
圖 2.4.5 1998 至 2011 年平均每週最低溫	61
圖 2.4.6 1998 至 2011 年平均每週最高溫	62
圖 2.4.7 1998 至 2011 年平均每週均溫	62
圖 2.4.8 台南市北區每週降雨	64
圖 2.4.9 高雄市三民區每週降雨	65
圖 2.4.10 屏東縣屏東市每週降雨	65
圖 2.4.11 台南市北區每週溫度.....	66
圖 2.4.12 高雄市三民區每週溫度	66
圖 2.4.13 屏東縣屏東市每週溫度	67
圖 2.5.1 南台灣平均綜合所得	70
圖 2.5.2 南台灣營造業人口百分比	70
圖 2.5.3 南台灣製造業人口百分比	71
圖 2.5.4 南台灣服務業人口百分比	71
圖 2.5.5 南台灣運輸業人口百分比	72

圖 2.5.6 南台灣女性人口百分比	72
圖 2.6.1 南台灣蓄水池用地土地面積覆蓋率	75
圖 2.6.2 南台灣農作用地土地面積覆蓋率	75
圖 2.6.3 南台灣商業用地土地面積覆蓋率	76
圖 2.6.4 南台灣住宅用地土地面積覆蓋率	76
圖 2.6.5 南台灣天然林用地土地面積覆蓋率	77
圖 3.1.1 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.2$).....	86
圖 3.1.2 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.2$).....	88
圖 3.1.3 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.2$).....	88
圖 3.1.4 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.2$).....	89
圖 3.1.5 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.2$).....	89
圖 3.1.6 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.2$).....	91
圖 3.1.7 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「裸露地」之相關性($\lambda=0.2$).....	91
圖 3.1.8 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.2$).....	92
圖 3.1.9 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.5$).....	94
圖 3.1.10 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.5$).....	95
圖 3.1.11 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.5$).....	95
圖 3.1.12 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「人工林」之相關性($\lambda=0.5$).....	96

圖 3.1. 13 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.5$).....	96
圖 3.1. 14 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.2$).....	99
圖 3.1. 15 高雄市村里登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.2$).....	99
圖 3.1. 16 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.2$).....	100
圖 3.1. 17 高雄市村里登革熱疫情與「機場」之相關性($\lambda=0.2$).....	102
圖 3.1. 18 高雄市村里登革熱疫情與「鐵路」之相關性($\lambda=0.2$).....	102
圖 3.1. 19 高雄市村里登革熱疫情與「道路」之相關性($\lambda=0.2$).....	103
圖 3.1. 20 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.2$).....	103
圖 3.1. 21 高雄市村里登革熱疫情與「河道」之相關性($\lambda=0.2$).....	104
圖 3.1. 22 高雄市村里登革熱疫情與「溝渠」之相關性($\lambda=0.2$).....	106
圖 3.1. 23 高雄市村里登革熱疫情與「商業」之相關性($\lambda=0.2$).....	106
圖 3.1. 24 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.2$).....	107
圖 3.1. 25 高雄市村里登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.2$).....	107
圖 3.1. 26 高雄市村里登革熱疫情與「其他建築用地」之相關性($\lambda=0.2$)..	108
圖 3.1. 27 高雄市村里登革熱疫情與「政府機關」之相關性($\lambda=0.2$).....	108
圖 3.1. 28 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.2$).....	111
圖 3.1. 29 高雄市村里登革熱疫情與「醫療保健」之相關性($\lambda=0.2$).....	111
圖 3.1. 30 高雄市村里登革熱疫情與「文化設施」之相關性($\lambda=0.2$).....	112

圖 3.1.31 高雄市村里登革熱疫情與「休閒設施」之相關性($\lambda=0.2$).....	112
圖 3.1.32 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.2$).....	113
圖 3.1.33 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.2$).....	113
圖 3.1.34 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.5$).....	116
圖 3.1.35 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.5$).....	116
圖 3.1.36 高雄市村里登革熱疫情與「鐵路」之相關性($\lambda=0.5$).....	117
圖 3.1.37 高雄市村里登革熱疫情與「道路」之相關性($\lambda=0.5$).....	117
圖 3.1.38 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.5$).....	119
圖 3.1.39 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.5$).....	120
圖 3.1.40 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.5$).....	120
圖 3.1.41 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.5$).....	122
圖 3.1.42 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.5$).....	122
圖 3.1.43 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.8$).....	125
圖 3.1.44 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.8$).....	126
圖 3.1.45 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.8$).....	126
圖 3.1.46 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.8$).....	127
圖 3.1.47 高雄市村里登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.8$).....	127
圖 3.1.48 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.8$).....	129

圖 3.1.49 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.8$).....	130
圖 3.1.50 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.8$).....	130
圖 3.1.51 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「製造業」之相關性($\lambda=0.2$).....	133
圖 3.1.52 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.2$) .	134
圖 3.1.53 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「原住民人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)	134
圖 3.1.54 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.5$)..	136
圖 3.1.55 高雄市村里登革熱疫情與「平均女性人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)	138
圖 3.1.56 高雄市村里登革熱疫情與「製造業人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)	138
圖 3.1.57 高雄市村里登革熱疫情與「商業人口比例」之相關($\lambda=0.2$).....	139
圖 3.1.58 高雄市村里登革熱疫情與「金融業人口比例」之相關性($\lambda=0.5$)	140
圖 3.1.59 高雄市村里登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.5$).....	141
圖 3.1.60 高雄市村里登革熱疫情與「金融業人口比例」之相關性($\lambda=0.8$)	142
圖 3.1.61 高雄市村里登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.8$).....	143
圖 3.1.62 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.1).....	147
圖 3.1.63 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.5).....	147

圖 3.1.64 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.9).....	148
圖 3.1.65 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.1).....	148
圖 3.1.66 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.5).....	149
圖 3.1.67 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.9).....	149
圖 3.2.1 RAIN.MODEL 7 模式時間與空間函數圖	155
圖 3.2.2 每週 24 小時累積降雨量與登革熱相對風險關係圖	155
圖 3.2.3 每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱相對風險關係圖	156
圖 3.2.4 平均降雨量與登革熱相對風險關係圖	156
圖 3.2.5 TEMP.MODEL 2 模式時間函數與空間函數與登革熱關係圖.....	159
圖 3.2.6 最低溫度與登革熱相對風險關係圖	159
圖 3.2.7 TEMPRAIN.MODEL 5 模式時間與空間殘差與登革熱關係圖.....	163
圖 3.2.8 最低溫度與登革熱相對風險關係圖	163
圖 3.2.9 每週 1 小時最大降雨與登革熱相對風險關係圖	164
圖 3.2.10 南台灣登革熱實際病例數與預測數趨勢圖	166
圖 3.2.11 台南市中西區革熱實際病例數與預測數趨勢圖	167
圖 3.2.12 高雄市左營區登革熱實際病例數與預測數趨勢圖	168

表目錄

表 1.1 國外登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整.....	22
表 1.2 台灣登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整	23
表 1.3 登革熱病例/病媒蚊受地理環境因子影響相關文獻彙整.....	26
表 2.7.1 土地使用分類系統表-第二級.....	80
表 2.7.2 社會經濟因子	81
表 3.2.1 雨量因子與登革熱模型項目及變數種類	154
表 3.2.2 七個雨量與登革熱模型的模型比較	154
表 3.2.3 溫度因子與登革熱模型項目及變數種類	158
表 3.2.4 七個溫度與登革熱模型的模型比較	158
表 3.2.5 雨量-溫度因子與登革熱模型項目及變數種類.....	162
表 3.2.6 九個溫度加雨量與登革熱模型的模型比較	162

一、前言

世界衛生組織於其 2005 年的報告書(Using climate to predict disease epidemic)提出利用氣象或氣候變數來建立傳染病的預警系統是一個可行的方案(WHO, 2005)。主要原因可能是氣候與氣象的變異會改變人們的行為、病毒的活性以及病媒的生存環境。此報告中列了許多對於氣象與氣候變異較為敏感的傳染病，這些傳染病大多為蟲媒(vector-borne)傳染病或是季節現象非常明顯的疾病，例如流感。由於台灣地區公共衛生條件相對於許多熱帶與亞熱帶國家進步，大多數在世界衛生組織報告中所探討的對於氣象因子敏感的傳染病在台灣地區相對少見，例如霍亂、瘧疾、黃熱病與日本腦炎等。然而，登革熱卻每年在台灣地區，尤其是中南部（如高雄、屏東以及台南）造成嚴重的疫情，其疫情升高一般都是在夏天以及秋天時節，然而每一年疫情的時間趨勢以及空間分布卻是不盡相同，因此如何能夠利用氣象與氣候之資訊，來建立登革熱疫情的預警系統，對防疫工作來說是刻不容緩的議題。

病媒型傳染病疫情的爆發以及其空間時間分布，其背後受到許多因子的複雜交互作用所影響，包括人群與病媒的空間時間分布、病毒的形態、病媒棲地的狀態，以及其他環境與氣象的相關因子 (Lifson, 1996)。其中，登革熱除了在台灣每年經常性發生之外，也被認為是世界上影響最嚴重之

蟲媒傳染病之一。近三十年來，全球登革熱的病例數一直在增加中，根據世界衛生組織的報告指出(WHO, 2009)，全世界每年約有 1 億的人感染登革熱；其中，大約有 25 至 50 萬的病人是屬於「登革出血熱」。即使是有症狀的登革熱病人，約僅有小於 10% 會被通報出來。在泰國高盛行率的地區，有症狀且被通報的病人是登革熱疫情的冰山一角，約有 50%~90% 受到登革熱感染的病患是無症狀的(Endy, *et al.*, 2002, Kurane, *et al.*, 1992)。根據統計，全球每年約有五千萬至一億人口感染登革熱，造成約二萬人的死亡(WHO, 1997)。全球有超過 100 個國家大約有 25 億的人口居住在登革熱的流行地區(Gubler, 2004)，尤其是西太平洋以及東南亞區域(King, *et al.*, 2000, WHO, 2009)。不像是其他的病媒傳染病，如黃熱病，登革熱是沒有疫苗的，而防疫手段一般來說即是對病媒蚊的生存環境進行控制。

登革熱發生的地區，主要在熱帶及亞熱帶有埃及斑蚊及白線斑蚊分布的國家(Aldstadt, 2007)，特別是埃及斑蚊較多之地區，包括亞洲、中南美洲、非洲及澳洲北部，以及部分太平洋地區島嶼。埃及斑蚊從卵羽化到成蚊的時間，在溫度 35°C 約 7.2 ± 0.2 天，當溫度降低為 15°C，約 39.7 ± 2.3 天，最適宜斑蚊生存的溫度為 20~30°C (Tun-Lin, *et al.*, 2000)，生命週期約 30 天(Lansdowne and Hacker, 1975)。而台灣地處高溫度及高濕度亞熱帶及熱帶區域，氣候條件適合登革病媒蚊繁殖及傳播。埃及斑蚊的習性主要在室內棲

息，常在戶內的積水容器產卵，飛行距離不遠，不會超過 100 公尺(Reiter, *et al.*, 1995)， 分布於海拔 1,000 公尺以下的區域；白線斑蚊主要戶外活動，分布於全台灣地區的平原及海拔 1,500 公尺以下的地區(Lei, *et al.*, 2002)。

氣象除了季節變化而有所改變，在更長的時間尺度下，由於工業革命以來，長期地大量的溫室氣體的排放，近年來氣候變遷導致世界各地平均溫度逐年增加，而溫度高低往往是決定傳染病病毒或病媒活性的一個重要因子。除此之外，各地異常氣象發生頻率也增加。以台灣地區來說，氣候變遷現象造成近年來極端氣象事件造成嚴重的經濟與人員的損失。以近三年來說，2009 年莫拉克颱風、2010 年凡那比颱風和梅姬颱風，以及今年的南瑪都颱風，都造成台灣不同地區的極端降雨。莫拉克颱風三日於高屏山區降下史無前例的三千多毫米的雨量，造成南台灣地區淹水、土石流甚至滅村。凡那比在大高雄市區降下史無前例的單日降雨，造成大高雄市區水鄉澤國。梅姬與南瑪都連續兩年因共伴效應造成宜蘭平原區域嚴重淹水及土石災害，亦締造宜蘭地區歷史降雨記錄。極端氣象不僅造成自然災害的損失，其災後所導致的衛生環境以及病媒生態環境的改變，均有可能對傳染病疫情的空間與時間分布造成影響。過去許多研究指出，登革熱疫情之發生與其病毒的形態以及病媒蚊族群的數量息息相關，而這些亦與人類與病媒交流之關係以及氣候氣象條件有著直接與間接的關係(Lifson, 1996)。因

此，為了有效因應氣候變遷下所導致可能的傳染病時空分布型態變化的影響，建立氣候變遷下傳染病的預測模型，以提前了解與評估未來傳染病的時空分布型態。

氣象因子在蚊子的生態、發展以及存活扮演很重要的角色，包括蚊子的變態、成熟和傳播登革熱病原體(Patz, *et al.*, 1998, Reiter, 2001)，根據(Kuhn, *et al.*, 2005b)提到疾病的感染對氣象狀況有很高的敏感度，許多因素都可以產生登革熱的散播與發生，特別是溫度、濕度、降雨量與登革熱的發生有顯著的相關性。當溫度降到某一個關鍵值的時候，將會阻礙蚊子的生長(Christophers, 1960, Otero, *et al.*, 2006)；而豪大雨將會對蚊子的生長棲地造成破壞，但是其所產生的淹水區將是更適合卵以及幼蟲孵育的環境(Lifson, 1996, Smith, *et al.*, 2004)，因為這些原因，使得這些氣象條件變成預測登革熱傳染的重要資訊。許多研究中都會用到當地的氣象變數以及全球氣候的指標當作有利的登革熱病毒與疾病的預測因子(Halide and Ridd, 2008, Hurtado-Diaz, *et al.*, 2007, Wu, *et al.*, 2007)。為了瞭解氣象變數與登革熱的關係，用時間序列分析來推估變數隨著時間的交互關係數，這個推估將對變數的選擇很重要(Hurtado-Diaz, *et al.*, 2007, Luz, *et al.*, 2008, Wu, *et al.*, 2007)，主要的氣象變數會隨著不同研究地區的條件而有不同的時間延遲性，例如：在 1995-2003 在 San Andres Tuxtla 用海面溫度(SST)、最大溫度、

以及降雨量作為預測登革熱的變數，其延遲數分別為 16 週、16 週、以及 2 週。同樣的預測登革熱的變數在 Veracruz 的登革熱研究中，其延遲數分別為 20 週、20 週、以及 3 週(Hurtado-Diaz, *et al.*, 2006)。在印尼的研究顯示其顯著的變數為降雨量和溫度，其延遲數分別為 1 個月和 2 個月，另外濕度以及南方震盪因子(SOI)指數也是其顯著的變數之一(Arcari, *et al.*, 2007)。此外，提前預警系統模型(early warning system,EWS)因登革熱在空間上的傳播與繁殖趨勢，所以需表示出登革熱在空間上具有相依性(Mondini, *et al.*, 2005, Tran and Raffy, 2006, Wen, *et al.*, 2006)。值得注意的是，在大多數的研究中，在大流行期間預測的登革熱發生病例大多會低於真實傳染的病例數(Arcari, *et al.*, 2007)，其發生的原因為其有顯著的不確定因素，像是病毒類型、蚊子族群的大小、空間分布的關係、以及其與宿主間動態的關係。為了達成有效的控制，最重要的是登革熱預警系統模式需提供登革熱疫情空間時間的分佈趨勢，而不是產生在特定地區所發生的精確登革熱病例數。去許多研究發現，降雨事件與登革熱疫情的爆發有重要的關聯性(Arcari, *et al.*, 2007, Hsieh and Chen, 2009)。即便如此，降雨在驅動登革熱事件中所扮演的角色其實還是未知的(Camara, *et al.*, 2009, Tsuzuki, *et al.*, 2009)。

過去研究亦發現，除了氣象因子，地文因子如土地利用、土壤含水量、

地形、植被以及人工構造物如建築與排水設施對於登革熱的發生風險亦有相當的影響(Manangan, *et al.*, 2007, Patz, 2001)。相較於單純考慮氣象因子，若能同時考慮氣象變異以及區域地文因子的交互作用關係，預期將有助於了解登革熱的發生機制。一個區域中的積水或淹水的頻率以及強度其實可以看做是降雨型態以及其相關地文因子的交互作用所產生的一個結果。而通常地勢低窪、排水不良或是剛下過雨即是造成淹水或積水最有可能的地方，也是病媒蚊最有可能孳生的地方。而若一個區域排水良好，就算是經歷強降雨事件，也不容易產生積水而導致病媒蚊孳生。因此，過去研究發現，淹水對於蟲媒傳染病的傳播是相當重要的(Hunter, 2003, Serandour, *et al.*, 2007)。因此，本計畫預期考量氣象因子之餘，同時考量地文因子以及可能的淹水風險，以期建立一較佳的登革熱預測模型。

在此先分別針對登革熱受氣象與地理環境相關文獻進行說明。其中氣象因子可能直接影響到病毒的活性，造成傳染病傳播擴大，亦會間接地改變病媒蚊的生態環境，而間接地影響傳染病疫情之發生情形。登革熱受氣象影響相關文獻整理如表 1.1 與表 1.2。文獻中指出，在台灣的環境條件下，溫度、降雨、人口、病媒密度是研究登革熱傳染的基本成份

文獻彙整表	因子	樣區
表 1.1	氣候	國外

表 1.1 國外登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整

Authors	Published Year	Journal	Location	Sampling time	Correlated Variables	Method
Arcari et al.	2007	Singapore Journal of Tropical Geography	Indonesia	1992-2001	Rainfall, rainfall, temperature, humidity, SOI(south oscillation index)	Multiple regression
Halide and Ridd	2008	International Journal of Environmental Health Research	Indonesia	1998-2005	Humidity, temperature, SST(sea surface temperature)	Multiple regression with lags
Hurtado-Díaz et al.	2007	Tropical Medicine and International Health	Mexico	1995-2003	Temperature, rainfall, SST, SOI	Autoregressive models
Katrin Kuhn et al.	--	WHO Report	--	--	Temperature, humidity, rainfall.	--
Luz et al.	2008	The American Society of Tropical Medicine and Hygiene	Brazil,	1997-2004	Temperature, rainy days	Box-Jenkins approach to ARIMA
Smith	2004	PLoS Biology	--	--	Rainfall, temperature, humidity.	--
Wu et al.	2007	Acta Tropica	Taiwan	1998-2003	Temperature; Relative humidity	ARIMA

表 1.2 台灣登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整

Authors	Published Year	Journal	Location	Sampling time	Correlated Variables	Method
Wang and Chen	1997	中華公共衛生雜誌	Southern Taiwan	1961-1994	Breteau index Average year temperature Average monthly temperature Mean lowest monthly temperature	Information value
Wu et al.	2007	Acta Tropica	Southern Taiwan ,Kaohsiung City	1998-2003	Monthly temperature deviation Relative humidity Vector density record Average temperature Socio-ecological cha	Autoregressive integrated moving average (ARIMA) models
Tseng et al.	2009	Climatic Change	Taiwan	Jan. 2000~ Feb. 2006	Breteau index Average monthly temperature Average monthly humidity Average monthly rainfall Average annual patient number	Panel data model Contingent Valuation Method
Wu et al.	2009	Science of the Total Environment	Taiwan	1998-2006	Urbanization; Average temperature higher than 18 °C per year	Spatial Lag model
Yu et al.	2010	Stochastic Environmental Research and Risk Assessment	Southern Taiwan	2002–2006	Intercept Temperature Temperature Max temperature Log of rainfall SOI Breteau index	Bayesian Maximum Entropy analysis
Wu et.al	2010	Centers for Disease Control report	Southern Taiwan ,Kaohsiung City	2010	Precipitation Mean temperature Mean highest temperature Mean lowest temperature Breteau index	Information value

1997 年王和陳兩人研究指出，七月到十月間，病媒量會因溫度量而上升，故只要有境外移入病例，則會發生疫情爆發，透過布氏指數、年均溫、月平均溫、月平均低溫經由分析可得知氣溫對病媒有高度正相關。氣溫上升，可縮短病媒生活史，增加世代數，故七月到十月間的病媒密度提高，加上溫室效應，使得病媒分布變廣。另由於氣候上升，亦可增加雌蚊的吸血頻率，增加染病機會。潛伏在病媒體內的病亦會因氣溫上升縮短潛伏期並增加活性(Wang and Chen, 1997)。

吳等人在高雄市前鎮區及鳳山區監測登革熱病媒蚊誘蚊產卵器，使用誘蚊器誘蚊產卵，並採集計算蚊蟲卵接著將蚊蟲卵放在塑膠盆孵化，待幼蟲成長至第 3-4 齡，再判定病媒總類(Wu, *et al.*, 2009)。經由實驗可得布氏指數，並將之應氣候變化趨勢相比較可發現氣候與斑蚊的成長、密度有較高的相關性。2007 年吳等人亦發現氣溫上升的現象。相較過去 100 年，台灣的均溫上升攝氏 4 度(Wu, *et al.*, 2007)。使用 Autoregressive integrated moving average (ARIMA) models 得到月溫度變化和登革熱的影響有負相關，同樣的，相對濕度也與登革熱的影響有負相關。而在時序上，此二變數與登革熱爆發有兩個月的延遲關係。蔡等人(Tseng, *et al.*, 2009)則認為，在台灣溫度、降雨、人口、病媒密度是研究登革熱傳染的基本成份。針對台灣 308 個城市研究指出，氣溫上升會增加登革熱傳染的機率。吳等人在 2009 年(Wu, *et al.*,

2009)，為了建立疫情與氣候的預警模式，研究了台灣 1998 年到 2006 年中都市化、年均溫大於攝氏 18 度以上與登革熱疫的關係，發現月均溫每上升攝氏一度，則可能感染人口會增加 1.95 倍。余等人(Yu, *et al.*, 2011)亦建立了時間空間登革熱警示模型，該模型可驗證於 2007 年所爆發的疫情，並且可提前一週估測疫情爆發。

而登革熱受地理環境因子影響相關文獻，由表 1.3 可看出大多數研究共通的相關因子為：人口密度、經濟狀況(收入等)、和果園、灌溉區或森林的距離、都市化的程度、不良的衛生習慣與住宅型態等。本計畫延續上述研究，蒐集相關的資料如表 1.3，其中以本計畫蒐集平均綜合所得與低收入戶數代表經濟狀況，並以社會結構(各行業人口比)討論都市化、生活習慣等。並蒐集土地利用資料以進一步整理出森林、水體、農田、住宅等資訊，進一步探討和登革熱的關係。

文獻彙整表	地理環境因子	樣區
表 1.3	社會結構	台灣、國外
	土地利用	

表 1.3 登革熱病例/病媒蚊受地理環境因子影響相關文獻彙整

Authors	Published Year	Journal	Location	Sampling time	Correlated Variables	Method
Nakhapakorn, K. Tripathi, N.K.	2005	International Journal of Health Geographics	Thailand	1998	Built-up area; Agricultural areas; Water bodies;	Information value
Shafie	2011	SainsMalaysiana	Malaysia,	2000-2004	Proximity of the real cases and control cases to : River area; Vacant area; Hospital area; Industry area; Infra area; Government area; Cemetery area; Forest area; School area Population Density	Logistic Regression
Vanwambeke et al.	2007	EcoHealth	Northern Thailand	2003 - 2004	Forests; Orchards	conceptual model linking the landscape, people, and mosquitoes
Wu et al.	2009	Science of the Total Environment	Taiwan	1998-2006	Urbanization; Average temperature higher than 18 °C per year	Spatial Lag model
Thammapalo et al.	2008	Epidemiology and Infection	Thailand	1998	percentages of shop-houses, brick-made houses and houses with poor garbage disposal	Clustering analysis
Ferreira and Schmidt	2006	Brazilian Journal of Probability and Statistics	Brazil	2001-2002	Strategical points (correspond to cemiteries, tire shops, etc), proportion of the area of the district covered by slums,	Bayesian paradigm with a Conditional Autoregressive (CAR) prior

表 1.3(續) 登革熱病例/病媒蚊受地理環境因子影響相關文獻彙整

Authors	Published Year	Journal	Location	Sampling time	Correlated Variables	Method
Bohra and Andrianasolo	2001	Dengue Bulletin	India	2000-2001	frequency of days of cleaning of water storage containers; , housing pattern, use of evaporation cooler, frequency of cleaning of evaporation cooler, protection of water storage containers, mosquito protection measures, frequency of water supply and frequency of waste disposal	Interview and stepwise regression
Spiegel et al.	2007	Tropical Medicine & International Health	Cuba	1990s	No larvicide in the water tanks; Use of flower vases for religious practice, Not being economically active. Households with older people; households with children.	Interview and Logistic regression
Mondinia and Chiaravalloti-Netoa	2008	Science of The Total Environment	Brazil	Sep1994-Aug2002	proportion of one-story homes; number of residents per home	Moran index; multiple regression
de Mattos Almeida et al.	2007	JOURNAL OF URBAN HEALTH	Brazil	1996-2002	Low educational level (≤ 4 years of schooling), low income of the head of the family (≤ 2 minimum wages per household), household density, and proportion of children and elderly women	Multinomial models
Rosa-Freitas et al.	2003	Dengue Bulletin	Brazil	1999-2001	Population density and income	Correlation Coefficient
Van Benthem et al.	2005	Tropical Medicine & Hygiene	Thailand	2001	Distance to agricultural or natural land covers	Logistic regression

許多文獻資料都有探討地理社會因子對登革熱的影響，其中地理環境跟登革熱病媒蚊的生長有相當大的關係，而社會經濟資料則是可以對當地人民的生活型態做出描述。Nakhapakorn 與 Tripathi 在 2005 年以貝氏統計中的方法發現在泰國地區中，已開發地、農業用地、水體與登革熱爆發有相關性，並且發現森林區對登革熱並沒有太大的影響(Nakhapakorn and Tripathi, 2005)。另一方面，Alam 等人在馬來西亞 2010 年的研究卻有不同的結果，該研究使用迴歸分析指出，疫情與土地利用有關，距離河、醫院、工業區、政府機構、森林、學校、人口密度的距離對登革熱有顯著的影響(Alam, *et al.*, 2010)。Van Benthem 等人同樣利用距離做迴歸，發現跟農業區與天然植披的距離和登革熱病例有關(Van Benthem, *et al.*, 2005)。Vanwambeke 等人在 2007 年嘗試建立泰國南部與人、蚊和蚊子棲息地的關係，並在模擬情境中發現距離果園、森林對登革熱有影響(Vanwambeke, *et al.*, 2007)。此外，Ferreira 和 Schmidt 利用貝氏統計推論，發現貧民窟的覆蓋率和特殊的地區(墓園、輪胎店等)有相當大的關係，並且發現貧民窟覆蓋率和登革熱成負相關(Ferreira and Schmidt, 2006)，與該研究先前預期不符。Bohra 和 Andrianasolo 對發生與沒發生過登革熱的家庭做問卷調查，並把用 Stepwise 的方法找出重要的因子，諸如對儲水設施的保護等等(Bohra and Andrianasolo, 2001)，Spiegel 等人在古巴也利用問卷和迴歸找出登革熱和生

活水準也有相當的關係(Spiegel, *et al.*, 2007)。Mondini 和 Chiaravalloti-Neto 在 2008 年利用空間相關性(Moran I)對登革熱和許多變數做一系列的討論，最後結論獨棟房子數量與每間房子幾個人和發生登革熱的關係最大(Mondini and Chiaravalloti-Neto, 2008)。Almeida 等人於 2007 年則是發現住宅密度、教育程度、孩童和年長女性個數跟登革熱有關(Almeida, *et al.*, 2007)。Thammapalo 等人則於 2008 年是發現住宅的形式與生活的習慣也有相當大的關係(Thammapalo, *et al.*, 2008)。而在台灣，吳等人在 2009 年，使用 Spatial Lag model 分析台灣 1998 年到 2006 年中都市化、年均溫大於攝氏 18 度以上對疫情的相關性(Wu, *et al.*, 2009)。

因此本報告以建立一登革熱疫情空間時間預測與評估模型，在此模型上利用氣象因子、地理環境因子以及人口社會因子等可能影響傳染病之相關因子。主要研究區將以台南、高雄及屏東地區等南部地區。架構部份，第一章描述登革熱疫情對全球之影響及前人所做過之研究；第二章彙整登革熱受氣象與地理環境影響資料蒐集(南台灣的登革熱病例、人口數、病媒蚊、氣象變數、社經資料與地理資訊)及模式設定方法；第三章則將所蒐集的資料，利用相關理論建模進行分析，並將結果以圖表呈現與以文字加以討論說明；第四章則將第三章的結果彙整以條列式呈現；第五章將結果整合並提出對相關單位可執行之具體建議。

二、材料與方法

2.1 登革熱資料蒐集與整理

目前已整理在台南市、高雄市、屏東縣自 1998 年起迄 2011 年的登革熱病例。登革熱病例包含境外移入病例與確定感染病例。經由繪製確定感染病例的空間分佈圖，可看出各年度確定感染病例熱點及傳染密集區。經由後續分析可得知，境外移入病例與本土確定感染病例確實有時序上的延遲相關，但與本土確定例爆發的數量並無直接的關係。此亦符合 Yu 等人，在 2011 年針對南台灣登革熱確定病例研究所得的結論(Yu et al. 2011)。資料型態如下：

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
境外移入病例	疾管局	南台灣	1998 - 2011	週
本土確定病例	疾管局	南台灣	1998 - 2011	週

為表示發生登革熱病例的熱區，本計畫將每年累計病例數最多的五個鄉鎮市以 1-5 級標示，其中 5 級為最大，1 級為最小。經由 1998 - 2011 歷年資料做評分，累計 14 年而成總累積級數，如圖 2.1.1，可看出熱區集中在台南市中西區、北區、東區、安南區、高雄市楠梓區、左營區、三民區、新興區、鳳山區、前鎮區、苓雅區、屏東縣屏東市、東港鎮。如圖 2.1.2，

境外移入病例的热区集中在台南市中西区、北区、东区、安南区、高雄市楠梓区、左营区、三民区、新兴区、凤山区、前镇区、苓雅区、屏東县屏東市、东港镇。为了看出境外移入病例和本土病例的时间相关性，如图 2.1.3，可以看出登革热的爆发和病例数有时间上的延迟，首先有境外移入病例，接著登革热总病例才爆发。但在图 2.1.3 中，境外移入病例的人数和登革热爆发的总人数并没有太大的关系。

以下为 1998 年至 2011 各年间，境外输入例与本土确定例在空间上的分布情形。由图 2.1.4 可看出在高雄六龟区、楠梓区、左营区、台南仁德区、永康区、屏東县新园乡皆有境外输入病例，其中以屏東县新园乡 4 例为最多。

如图 2.1.5 所示，在 1998 年境外输入所造成的感染，分布在台南市、高雄市及屏東县。其中又以台南市中西区、安南区、永康区、关庙区、高雄市甲仙区、三民区、左营区、仁武区、凤山区及屏東县内埔乡、东港镇。其中又以台南市中西区、高雄市三民区为登革热爆发热点。

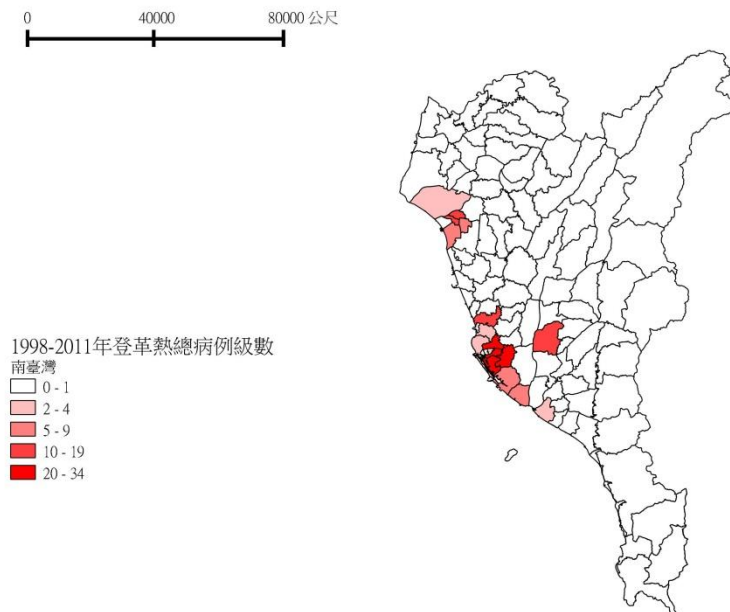


圖 2.1.1 1998 年至 2011 年登革熱總病例級數

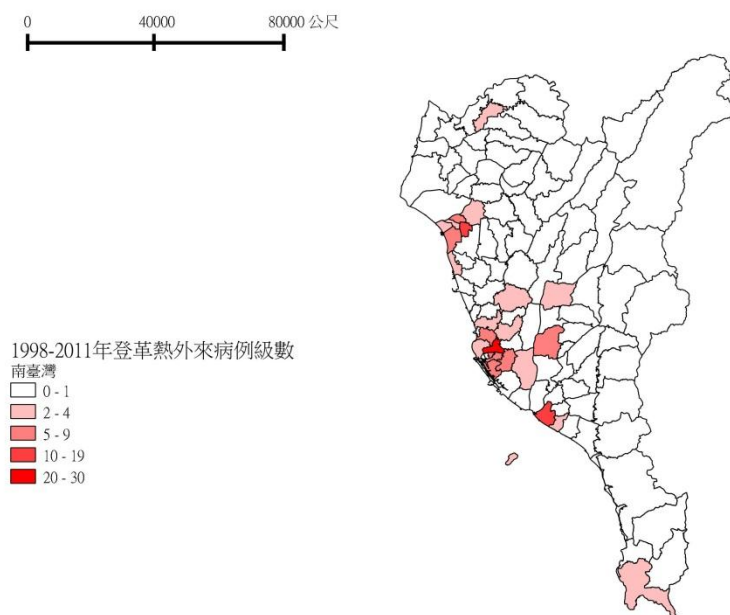


圖 2.1.2 1998 年至 2011 年登革熱外來病例級數

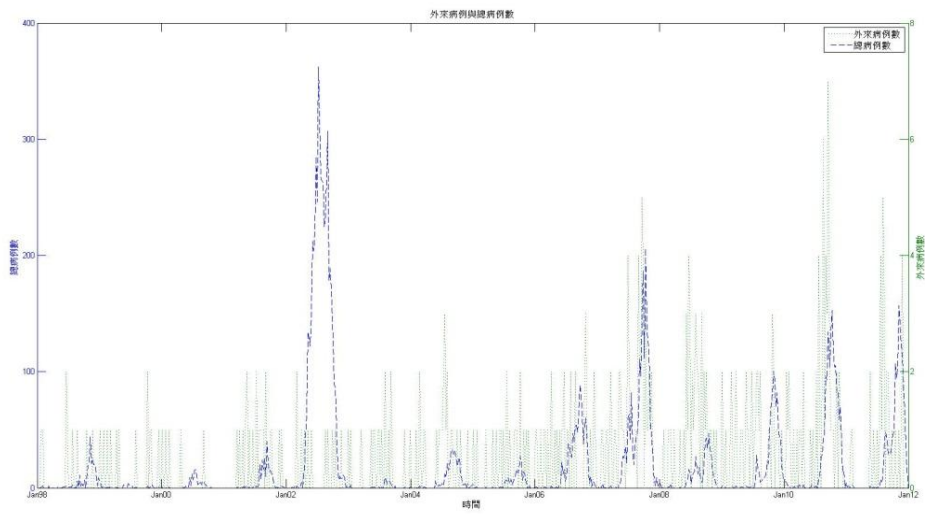


圖 2.1.3 1998 年至 2011 年登革熱外來病例級數與總感染例

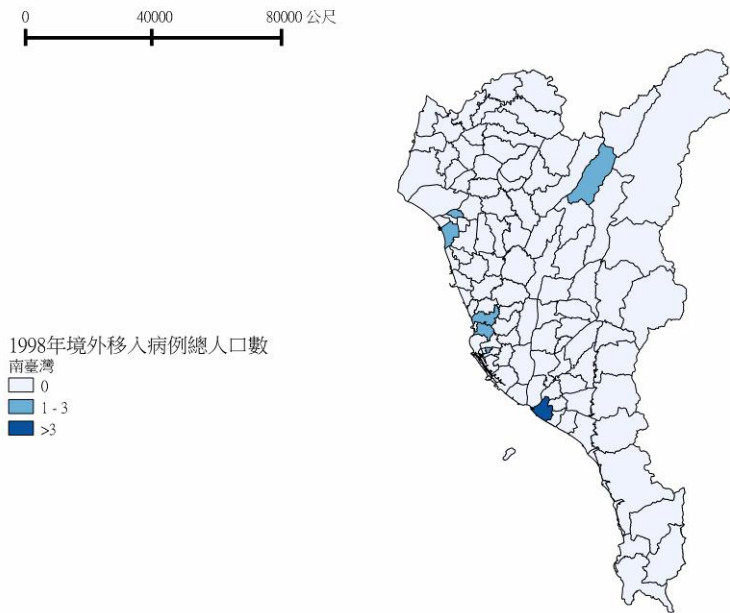


圖 2.1.4 登革熱 1998 年境外移入累積感染病例

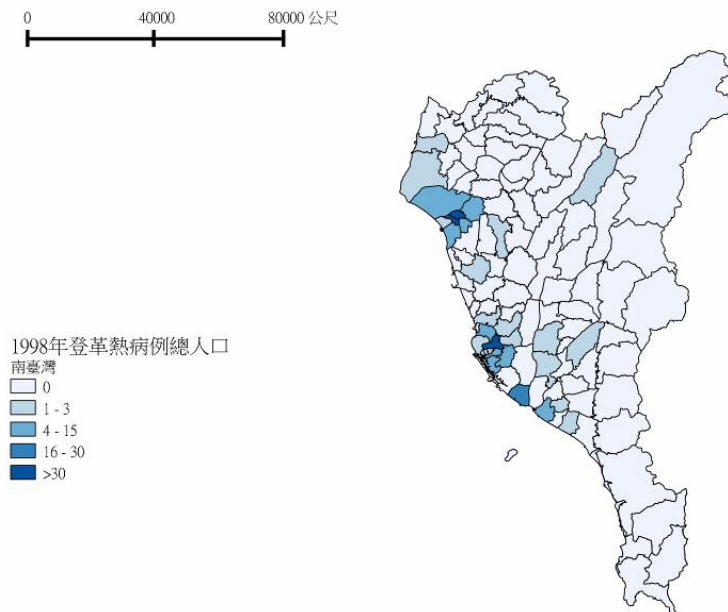


圖 2.1.5 登革熱 1998 年累積感染病例

如圖 2.1.6 所示，1999 年境外移入病例包含台南市新營區、六甲區、高雄市旗山區、田寮區、大寮區、三民區、屏東縣東港鎮，境外移入病例較 1998 年多。

如所圖 2.1.7 示，在 1999 年境外移入所造成的感染，分佈在新營區、六甲區、高雄市旗山區、田寮區、大寮區、三民區、屏東縣東港鎮。其中又以東港鎮的累積感染例最多。

如圖 2.1.8 所示，2000 年境外移入病例包含高雄市左營區、仁武區及屏東縣東港區。

0 40000 80000 公尺

1999年境外移入病例总人口数
南臺灣
0
1-3
>3

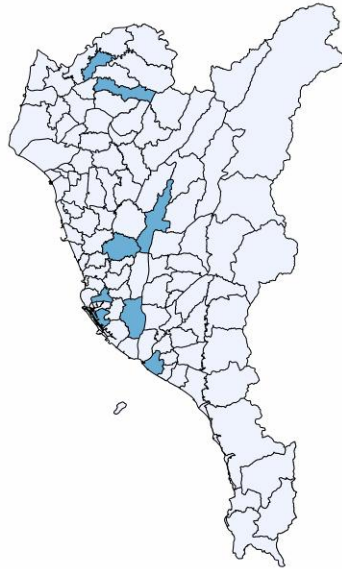


圖 2.1.6 登革熱 1999 年境外移入累積感染病例

0 40000 80000 公尺

1999年登革熱病例总人口
南臺灣
0
1-3
4-15
16-30
>30

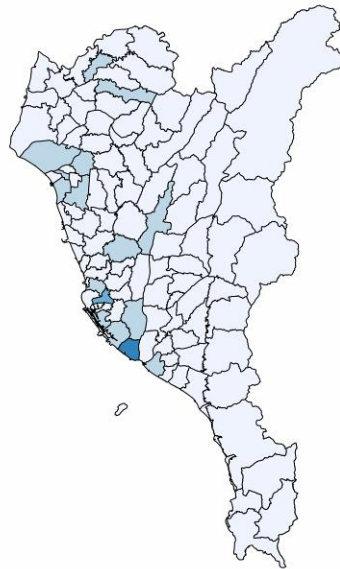


圖 2.1.7 登革熱 1999 年累積感染病例

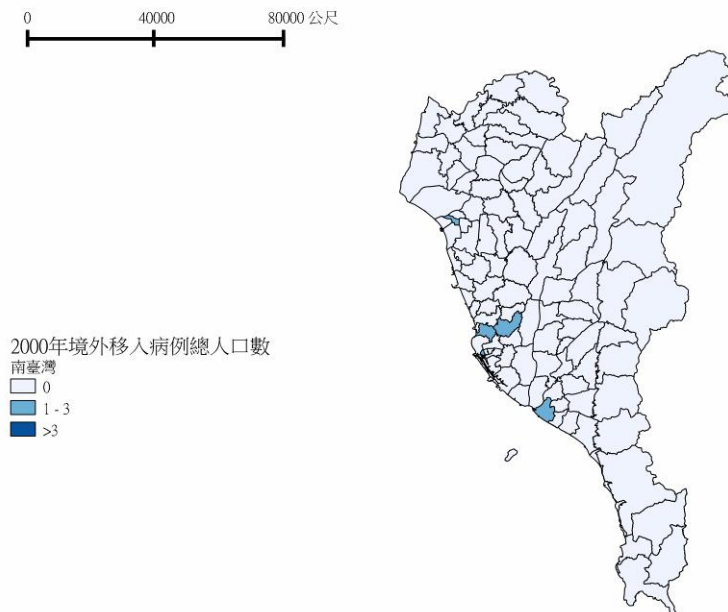


圖 2.1.8 登革熱 2000 年境外移入累積感染病例

如圖 2.1.9 所示，相較於 1998 年及 1999 年，在 2000 年境外移入所造成的感染較集中在台南市中西區、安南區、東區、高雄縣仁左營區、仁武區及屏東縣東港區。

如圖 2.1.10 所示，2001 年境外移入病例包含台南市新營區、善化區、永康區、東區、高雄市鳳山區、小港區、三民區、左營區及屏東縣東港區。

如圖 2.1.11 所示，在 2001 年境外移入所造成的感染，分佈在高雄市鳳山區、小港區、三民區、左營區有較多的感染例，其感染分佈與境外移入病例相似。

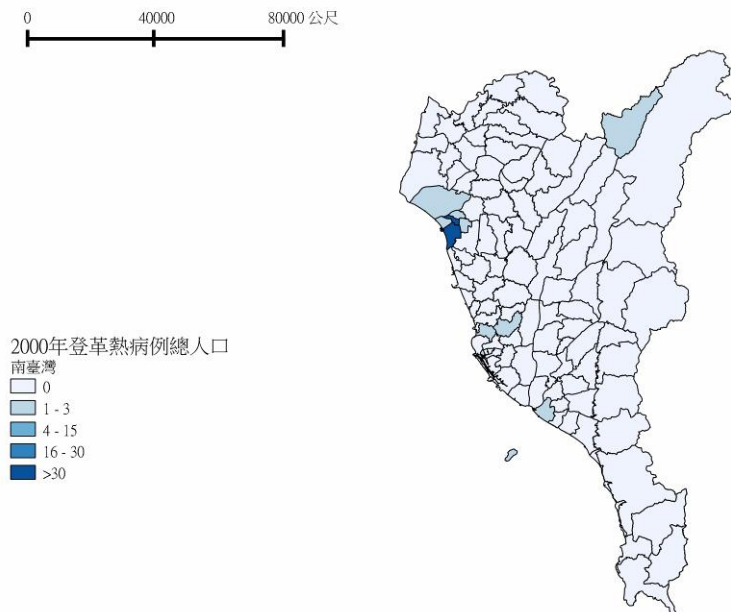


圖 2.1.9 登革熱 2000 年累積感染病例

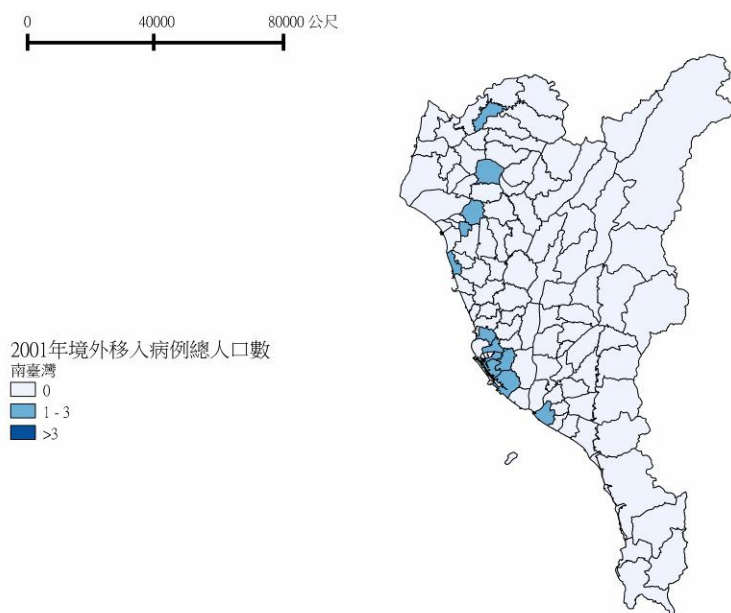


圖 2.1.10 登革熱 2001 年境外移入累積感染病例

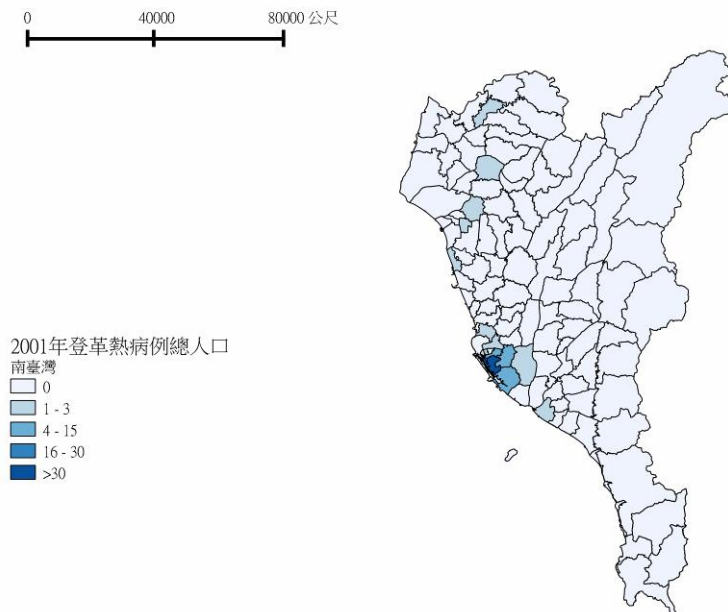


圖 2.1.11 登革熱 2001 年累積感染病例

如圖 2.1.12 所示，2002 年境外移入病例包含台南市善化區、新市區、高雄市苓雅區、屏東縣屏東市、東港鎮、林邊鄉。

如圖 2.1.13 所示，在 2002 年境外移入所造成的感染，造成較大的感染分佈。由圖 2.1.12 及圖 2.1.13 年可以看出從高雄市苓雅區的境外移入病例區附近開始爆發嚴重的登革熱疫情。而台南市部分則維持往年的分佈，集中在舊台南市行政區部分。另屏東縣感染則南至獅子鄉、滿洲鄉、及恆春鎮。

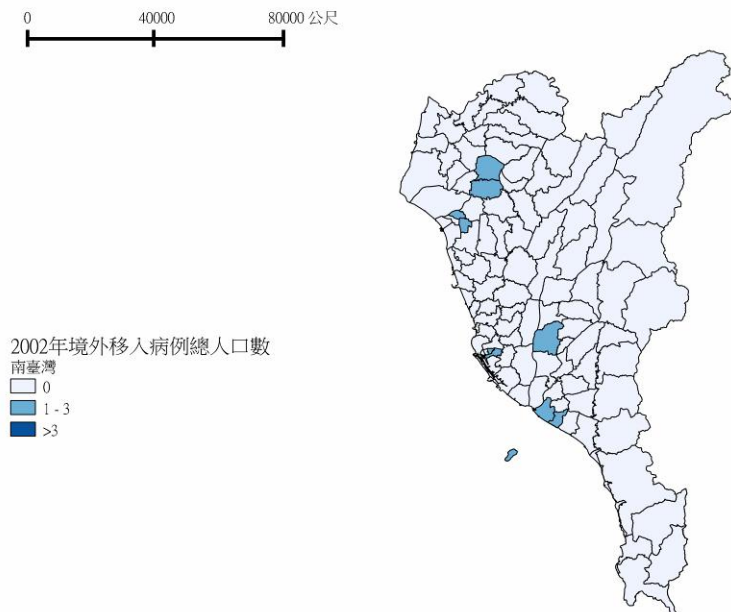


圖 2.1.12 登革熱 2002 年境外移入累積感染病例

如圖 2.1.14 所示，2003 年境外移入病例包含台南市新營市、安平區、中西區、高雄市路竹區、岡山區、左營區、三民區及屏東縣屏東市、萬丹鄉、新園鄉、林邊鄉。

如圖 2.1.15 所示，在 2003 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市新營市、安平區、中西區、高雄市路竹區、岡山區、左營區、三民區及屏東縣長治鄉、屏東市、萬丹鄉、新園鄉、林邊鄉。

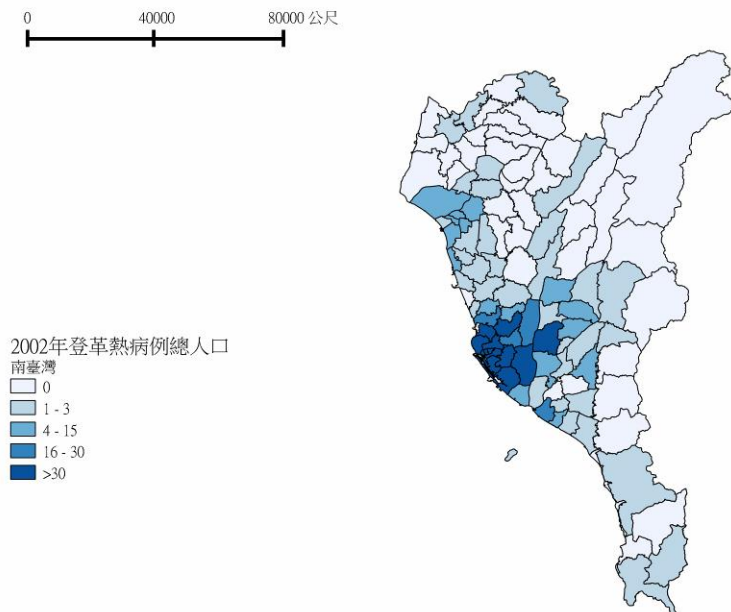


圖 2.1.13 登革熱 2002 年累積感染病例

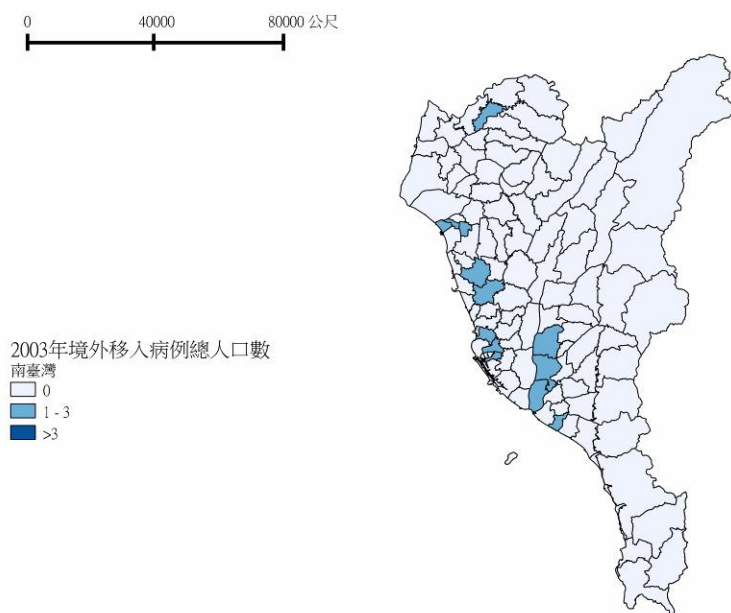


圖 2.1.14 登革熱 2003 年境外移入累積感染病例

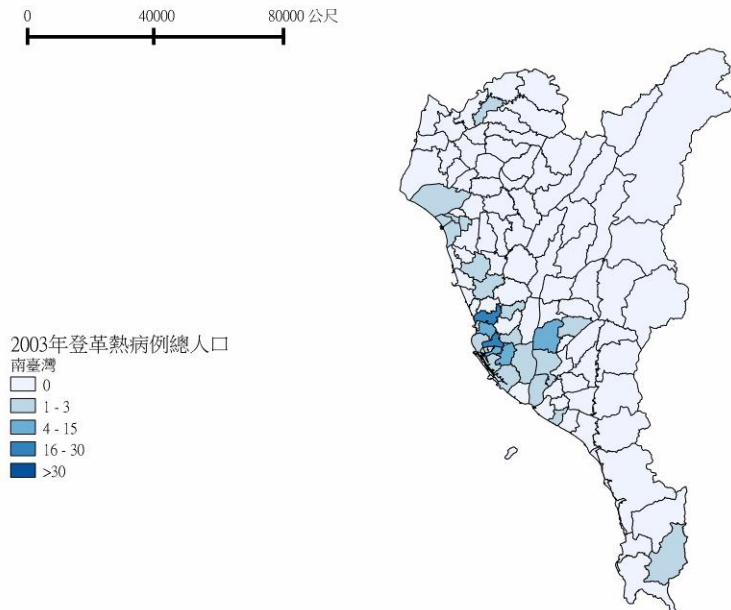


圖 2.1.15 登革熱 2003 年累積感染病例

如圖 2.1.16 所示，2004 年境外移入病例包含台南市新營區、善化區、安南區、高雄市鳳山區、小港區、三民區和屏東縣長治鄉、竹田鄉、潮州鄉、林邊鄉。

如圖 2.1.17 所示，在 2004 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市安南區、東區、仁德區、高雄市鳳山區、小港區、三民區和屏東縣長治鄉、竹田鄉、潮州鄉、林邊鄉。其中以屏東市及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

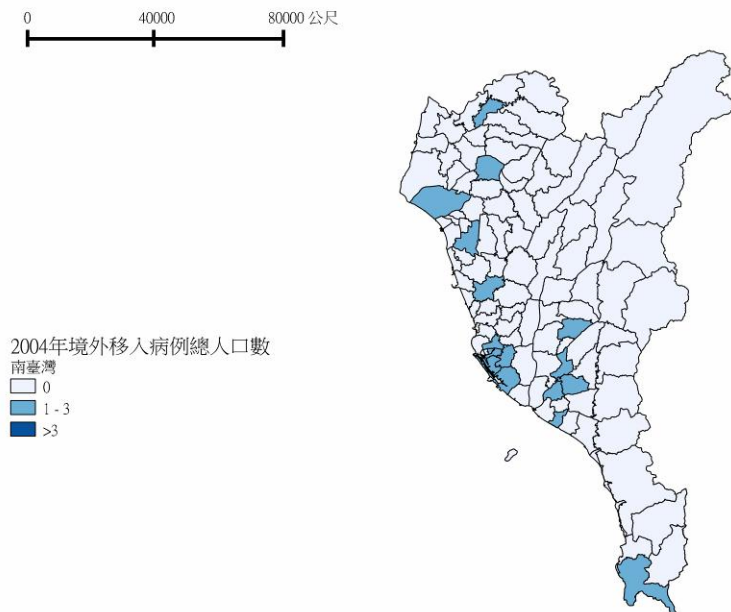


圖 2.1.16 登革熱 2004 年境外移入累積感染病例

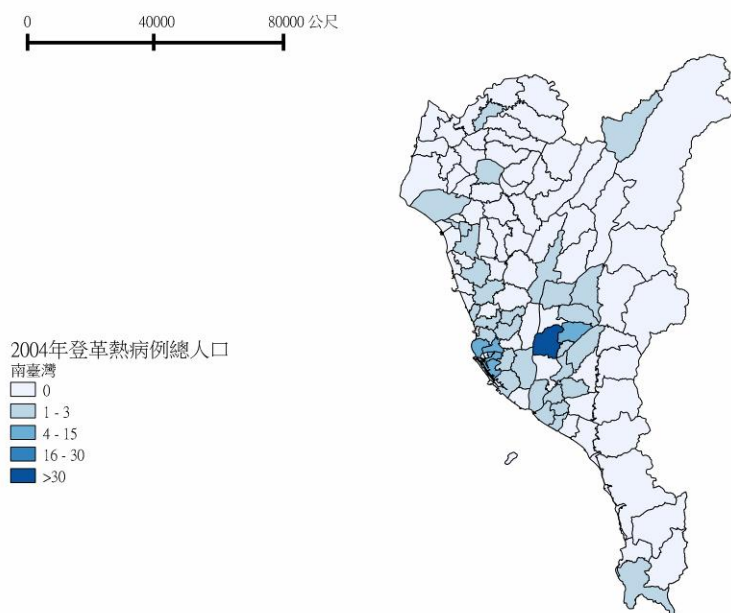


圖 2.1.17 登革熱 2004 年累積感染病例

如圖 2.1.18 所示，2005 年境外移入病例包含台南市楠西區、新化區、安平區、中西區、高雄市仁武區、左營區、鼓山區和屏東縣東港鄉、屏東市、潮州鎮、林邊鄉。

如圖 2.1.19 所示，在 2005 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市安南區、新化區、安平區、北區、高雄市仁武區、左營區、鼓山區和屏東縣屏東市、林邊鄉、枋寮鄉、潮州鎮。其中以台南市北區及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

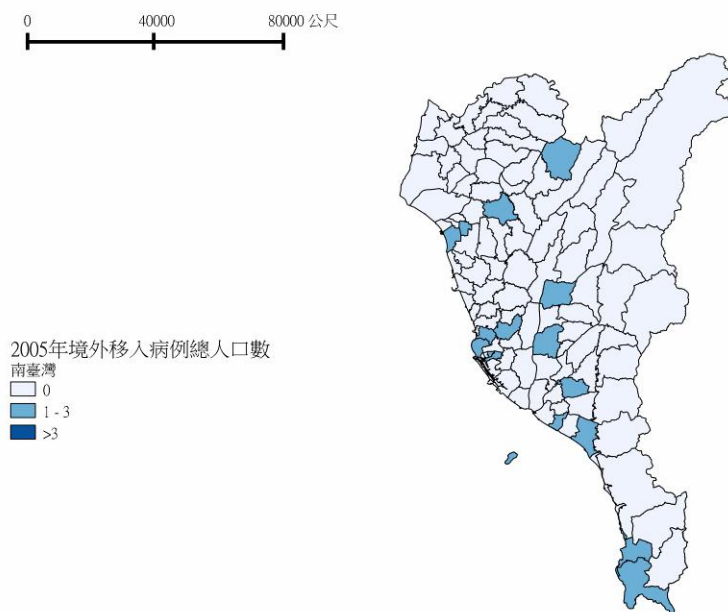


圖 2.1.18 登革熱 2005 年境外移入累積感染病例

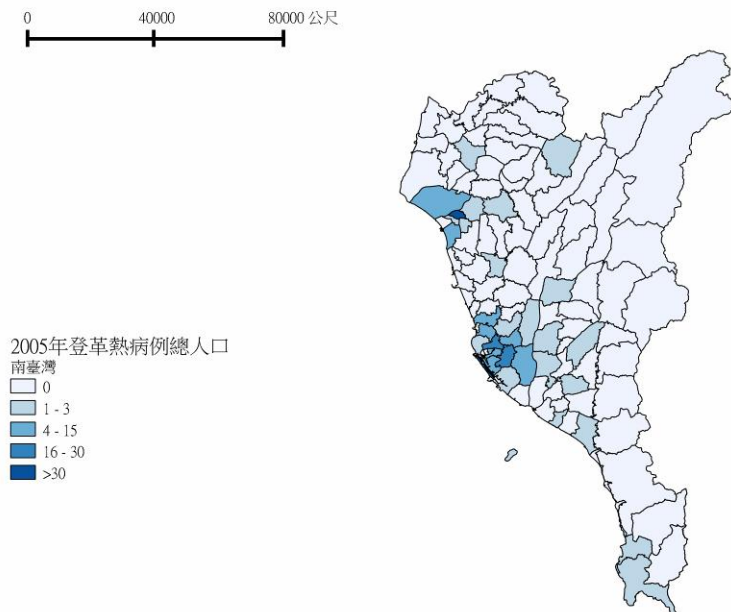


圖 2.1.19 登革熱 2005 年累積感染病例

如圖 2.1.20 所示，2006 年境外移入病例包含台南市新營區、麻豆后、善化區、東區、高雄市杉林區、左營區、大寮區、小港區和屏東縣里港鄉、九如鄉、屏東市、麟洛鄉。

如圖 2.1.21 所示，在 2006 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市新營區、麻豆后、善化區、東區、高雄市杉林區、左營區、大寮區、小港區和屏東縣里港鄉、九如鄉、屏東市、麟洛鄉。其中以高雄市三民區及其鄰近區為爆發熱區。

如圖 2.1.22 所示，2007 年境外移入病例包含台南市新營區、麻豆區、安定區、安南區、永康市、北區、中西區、仁德區、歸仁區、關廟區、高

雄市美濃區、仁武區、岡山區、楠梓區、左營區、鼓山區、屏東縣鹽埔鄉、屏東市、林邊鄉、枋寮鄉。

如圖 2.1.23 所示，在 2007 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市新營區、麻豆區、安定區、安南區、永康市、北區、中西區、仁德區、歸仁區、關廟區、高雄市美濃區、仁武區、岡山區、楠梓區、左營區、三民區、鳳山區、屏東縣鹽埔鄉、屏東市、林邊鄉、枋寮鄉。其中以台南市安南區、北區、東區及高雄市三民區及其鄰近區為爆發熱區。

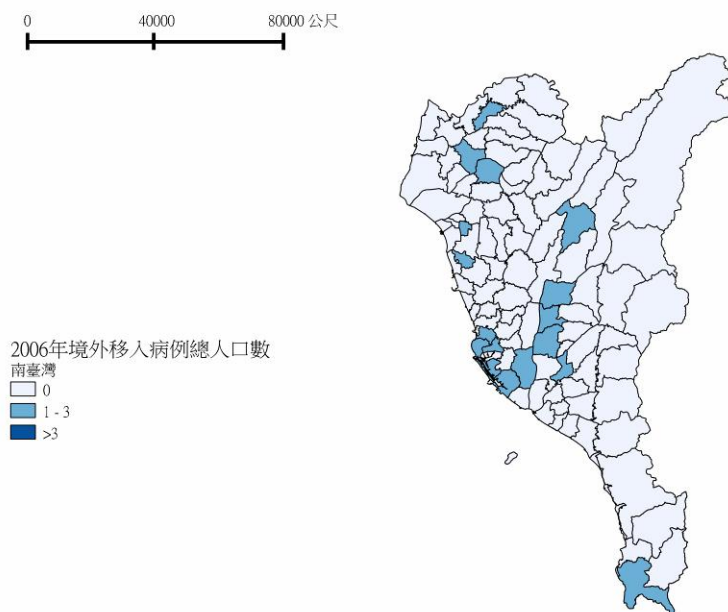


圖 2.1.20 登革熱 2006 年境外移入累積感染病例

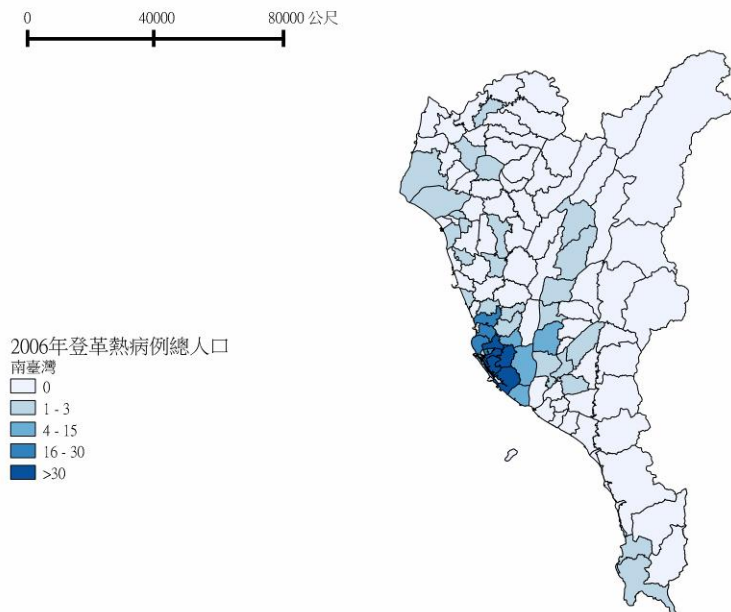


圖 2.1.21 登革熱 2006 年累積感染病例

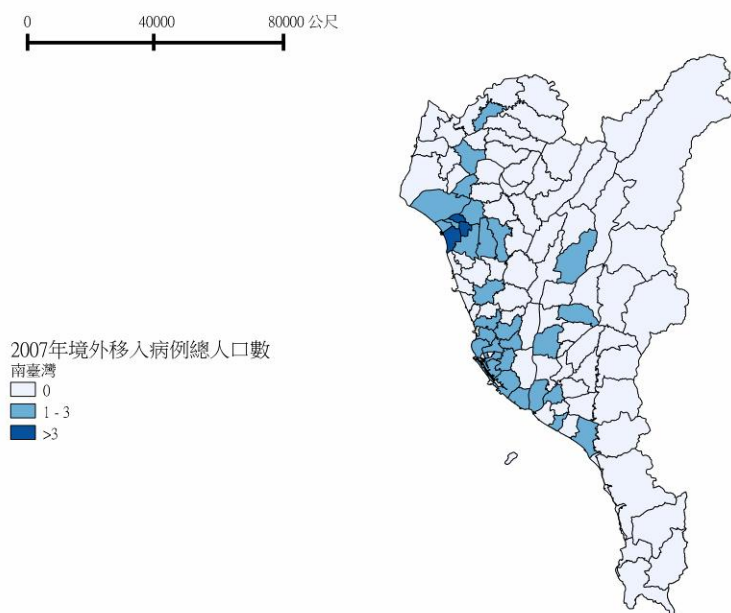


圖 2.1.22 登革熱 2007 年境外移入累積感染病例

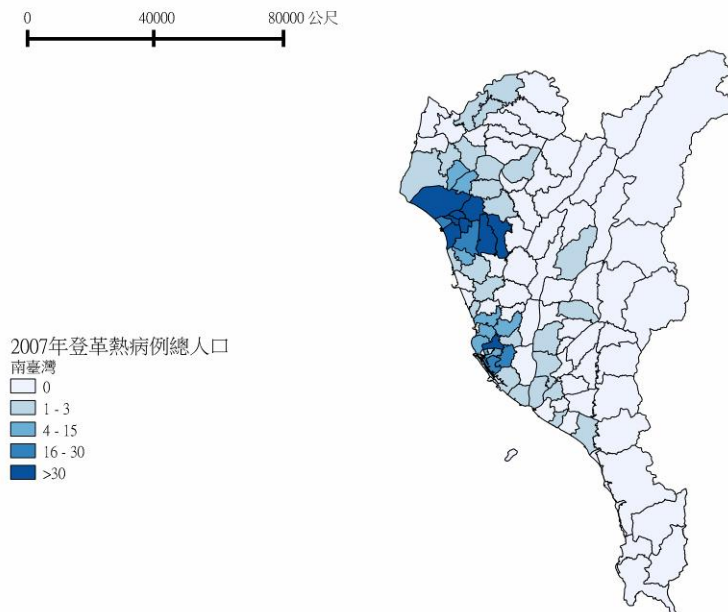


圖 2.1.23 登革熱 2007 年累積感染病例

如圖 2.1.24 與圖 2.1.25 所示，在 2008 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市東山區、新營區、下營區、麻豆區、安南區、新市區、永康區、新化區、高雄市楠梓區、左營區、三民區和屏東縣鹽埔鄉、屏東市、內埔鄉、新園鄉、東港鎮、林邊鄉。其中以高雄市三民區及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

如圖 2.1.26 所示，2009 年境外移入病例包含台南市永康區、中西區、安平區、高雄市杉林區、旗山區、田寮區、鳳山區、三民區和屏東縣屏東市、竹田鄉、新園鄉、東港鎮。

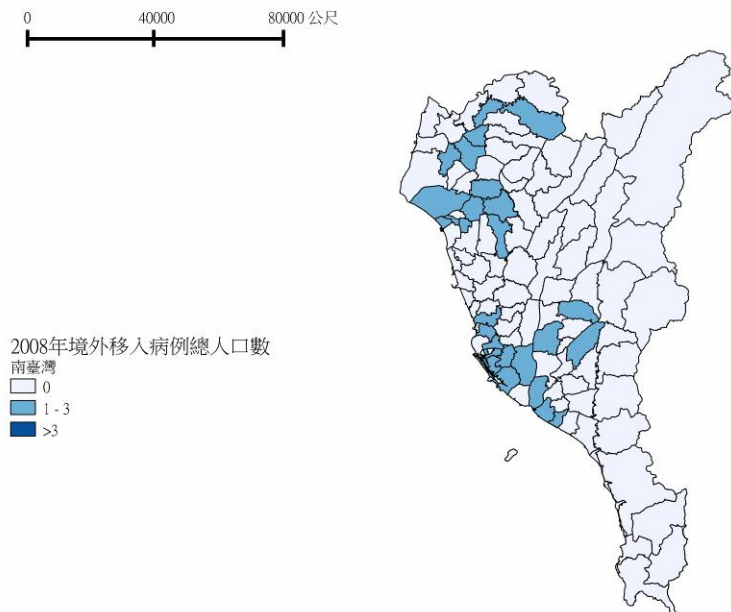


圖 2.1.24 登革熱 2008 年境外移入累積感染病例

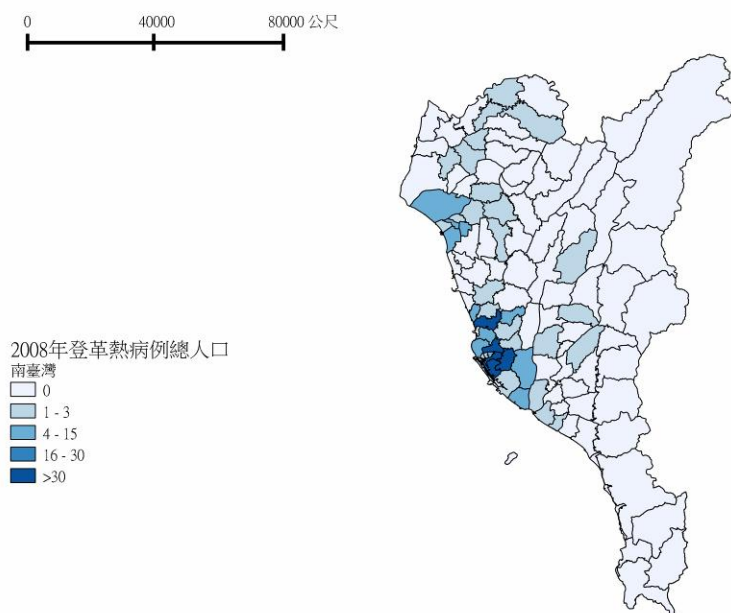


圖 2.1.25 登革熱 2008 年累積感染病例

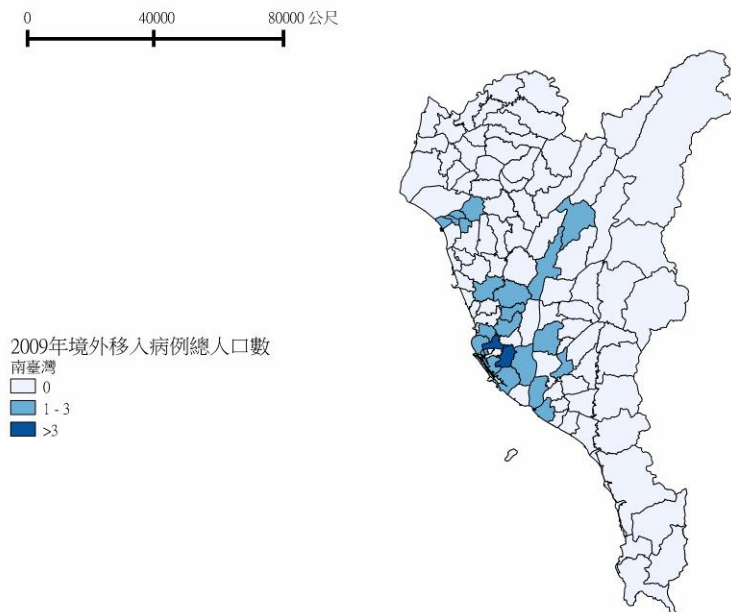


圖 2.1.26 登革熱 2009 年境外移入累積感染病例

如圖 2.1.27 所示，在 2009 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市永康區、中西區、安平區、高雄市杉林區、內門區、旗山區、田寮區、鳳山區、三民區和屏東縣屏東市、竹田鄉、新園鄉、東港鎮。其中以高雄市三民區、屏東縣屏東市及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

如圖 2.1.28 所示，2010 年境外移入病例包含台南市下營區、西港區、並以東區為最、高雄市燕巢區、大社區、仁武區、以鳳山區、鼓山區、三民區案例較多和屏東縣枋寮鄉。

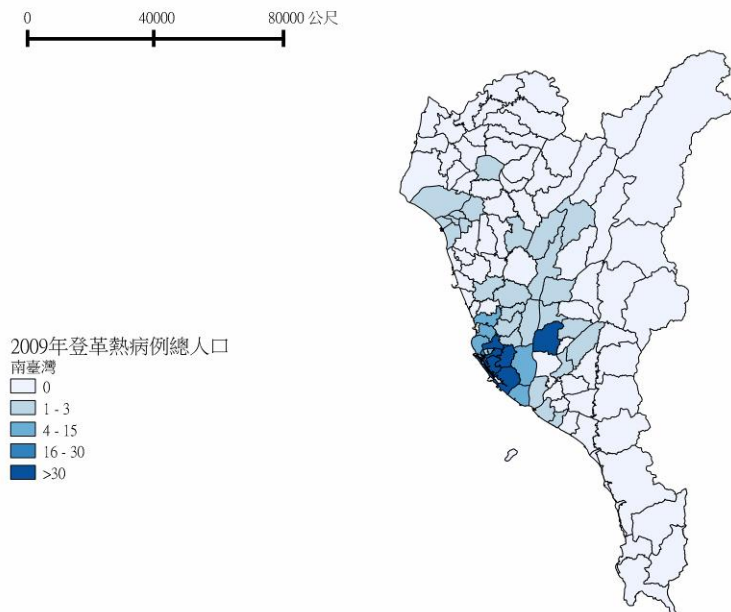


圖 2.1.27 登革熱 2009 年累積感染病例

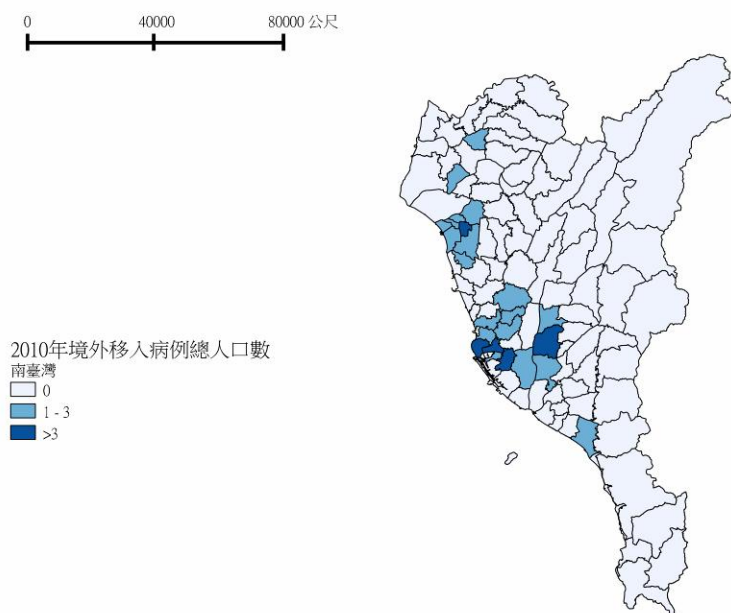


圖 2.1.28 登革熱 2010 年境外移入累積感染病例

如圖 2.1.29 所示，在 2010 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市下營區、西港區、安南區、北區、東區、中西區、高雄市燕巢區、大社區、仁武區、鳳山區、鼓山區、三民區和屏東縣枋寮鄉。其中以台南市中西區、高雄市三民區及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

如圖 2.1.30 所示，2011 年境外移入病例包含台南市將軍鄉、安南區、永康區、北區、中西區、高雄市燕巢區、大樹區、仁武區、以三民區案例較多。

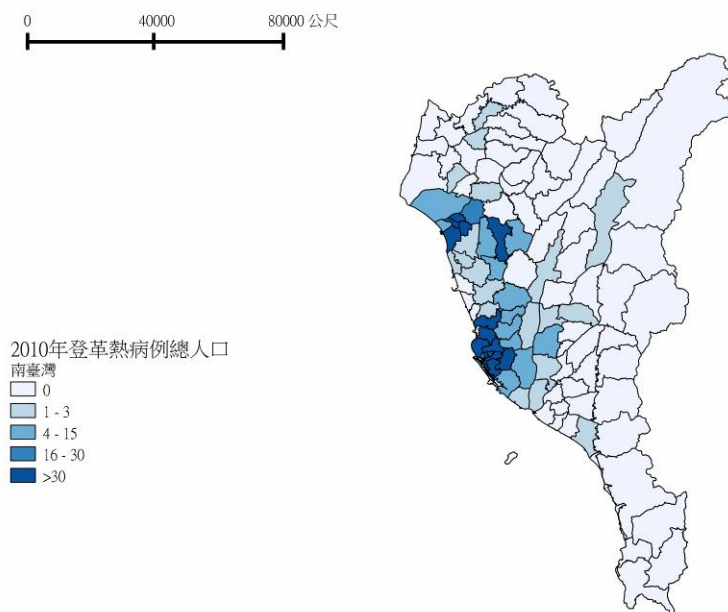


圖 2.1.29 登革熱 2010 年累積感染病例

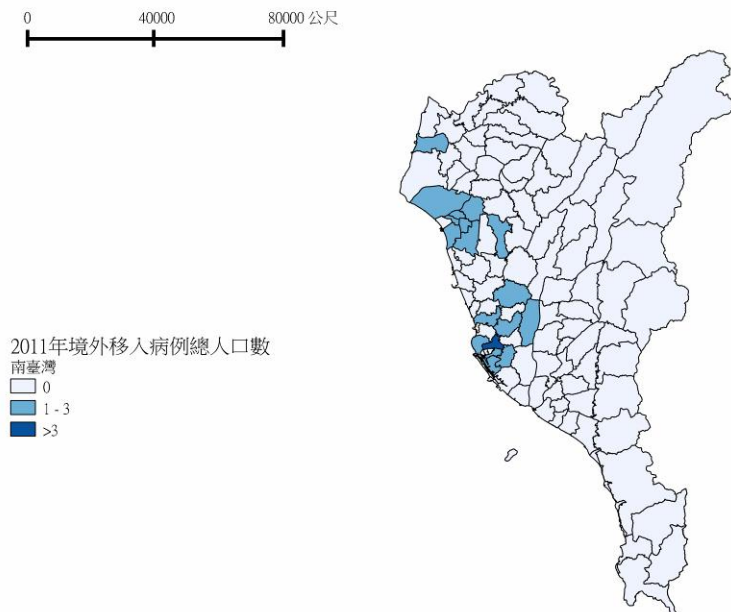


圖 2.1.30 登革熱 2011 年境外移入累積感染病例

如圖 2.1.31 所示，在 2011 年境外移入所造成的感染，分佈在台南市將軍鄉、安南區、永康區、北區、中西區、高雄市燕巢區、大樹區、仁武區、屏東縣東港鎮、林邊鄉、佳冬鄉、枋寮鄉。其中以台南市中西區、高雄市三民區、屏東縣東港鎮及其鄰近區為登革熱爆發熱區。

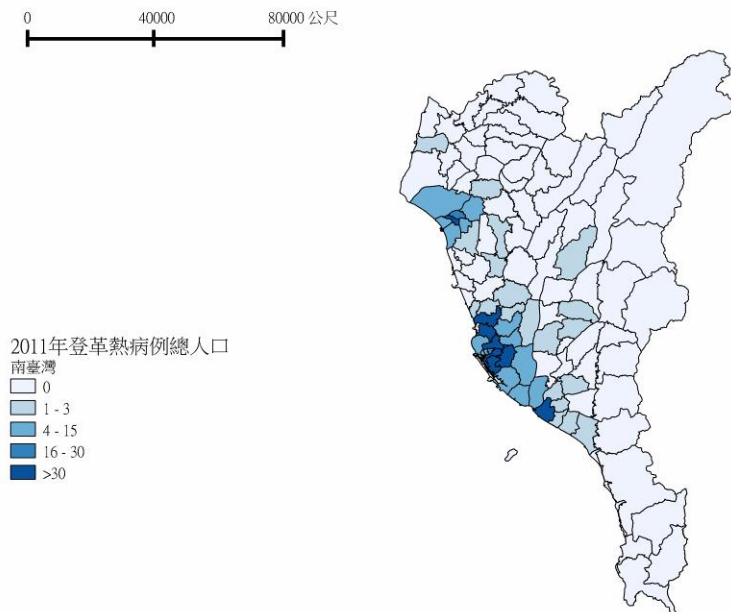


圖 2.1.31 登革熱 2011 年累積感染病例

2.2 人口資料蒐集與整理

目前已蒐集台南市、高雄市、屏東縣於 1990 年起至 2011 年的鄉鎮區人口資料並繪製人口密度、自 1998 年起迄 2004 年平均人口數、自 2005 年起迄 2011 年平均人口數、女性人口百分比。經由先前的登革熱疫情級數分析，各舉台南市北區、高雄市三民區及屏東縣屏東市等三個主要爆發區，如圖 2.2.1 所示，顯示歷年平均人口趨勢變化不大。而以都會區的人口較密集，例如高雄市三民區、苓雅區與台南市中西區、東區，平均人口皆較高。如圖 2.2.2 所示，1998 年至 2011 年的人口密度分佈以高雄市三民區、前金區、鹽埕區、旗津區人口密度較高，每平方公尺人口數大於 0.015。其次為台南市中西區、北區、東區，每平方公尺人口數介於 0.006 至 0.015 間。人口的資料格式如下表：

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
鄉鎮人口	內政部統計局	南台灣	1998 - 2011	年
客家人口	內政部統計局	南台灣	2004	年
原住民人口	內政部統計局	南台灣	2011	年

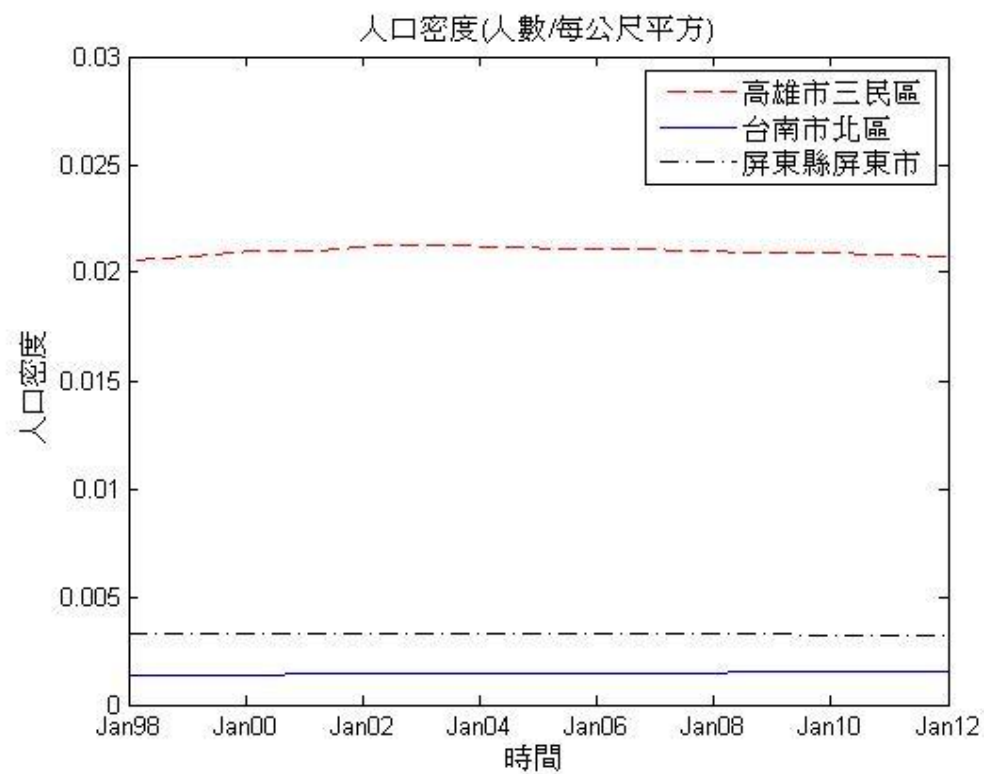


圖 2.2.1 三主要疫情爆發區人口密度

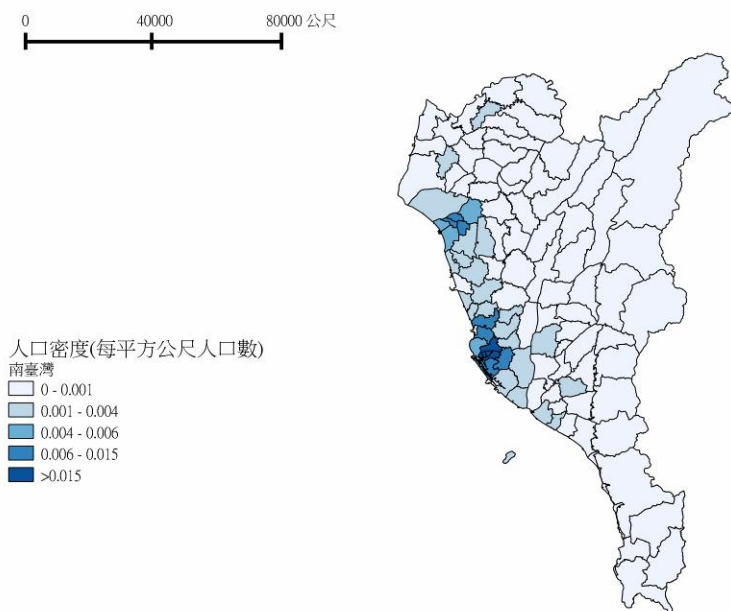


圖 2.2.2 人口密度

2.3 病媒蚊資料蒐集與整理

目前已蒐集台南市、高雄市、屏東縣於 2002 年起至 2011 年的鄉鎮區布氏級數資料並繪製近兩年來的布氏級數為代表。布氏級數的取樣並不連續，因此在評估病媒蚊與登革熱的關係時，以最大布氏級數為代表並繪制各年各鄉鎮布氏級數之空間分佈。

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
布氏級數	疾管局	南台灣	2002 - 2011	週

如圖 2.3.1，其中布氏級數較大者為屏東縣鹽埔鄉、萬丹鄉、高雄市燕巢區、鼓山區。其次為台南市永康區、東區、南區、高雄市鼓山區、鳥松區、橋頭區、大樹區、旗山區、田寮區、路竹區、阿蓮區、大寮區、林園區、屏東縣枋寮鄉。

如圖 2.3.2，其中布氏級數較大者為屏東縣瑪家鄉、霧台鄉、三地門鄉、鹽埔鄉、新園鄉、東港鎮、高雄市小港區、台南市永康區。其次為舊台南市如東區、南區、安南區、高雄市楠梓區、左營區、大寮區、林園區、屏東縣新園鄉、東港鎮。

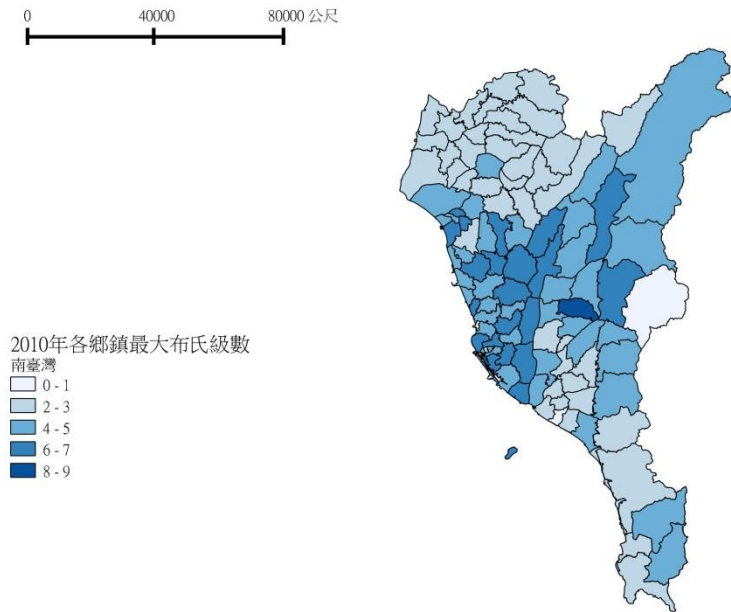


圖 2.3.1 各鄉鎮 2010 年最大布氏級數

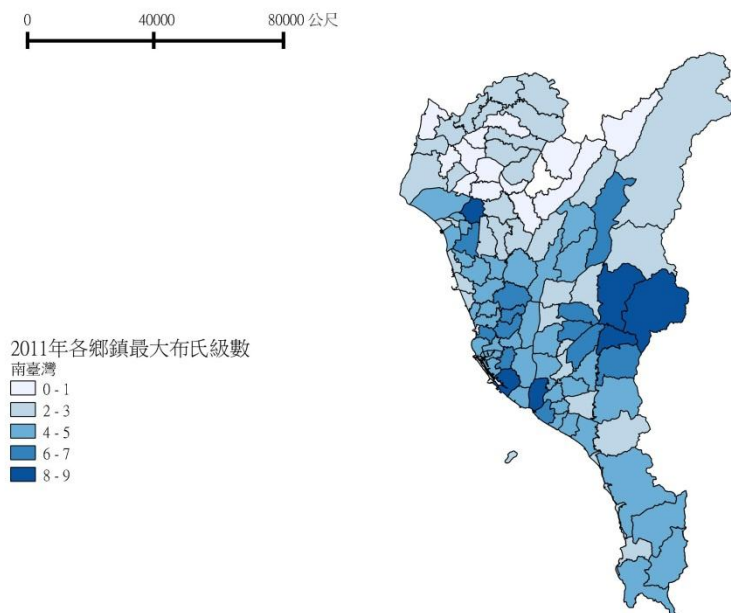


圖 2.3.2 各鄉鎮 2011 年最大布氏級數

2.4 氣象變數蒐集與整理

已蒐集台南市、高雄市、屏東縣於 2002 年到 2011 年間量測降雨量、氣溫作為氣象變數。如圖 2.4.1 所示，氣象變數來源為水利署、自動測站、局屬測站的測站資料。並依測站點離各村里之最近距離，內插為該村里之氣象資料。資料可分為時間分佈與空間分佈。時間分佈包含高雄市前鎮區、桃源區分別代表都會與山區形態的行政區，根據吳等人(Wu et. al)的研究，選擇最高、平均、最低氣溫曲線圖並觀察其季節變化情形。空間分佈則依降雨、氣溫等變數，繪製南部三縣市的鄉鎮區氣象空間分佈圖。

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
降雨和氣溫	氣象局	南台灣	1998 - 2011	小時
降雨	經濟部水利署	南台灣	1998 - 2011	小時

如圖 2.4.2 所示，1998 至 2011 年平均每週累計降雨以山區較多，如高雄市桃源區、那瑪夏區、甲仙區、內門區、旗山區、屏東縣霧台鄉、三地門鄉、高樹鄉等。降雨方面，如圖 2.4.3 所示，1998 至 2011 年平均每週小時最大降雨以山區為最，如高雄市茂林區、六龜區、甲仙區、杉林區、屏東縣霧台鄉、三地門鄉、高樹鄉等。如圖 2.4.4 所示，1998 至 2011 年平均每週 24 小時最大降雨以高雄市山區和屏東縣為主，如高雄市桃源區、那瑪

夏區、甲仙區、內門區、旗山區、屏東縣霧台鄉、三地門鄉、高樹鄉等。氣溫方面，如圖 2.4.5 所示，1998 至 2011 年平均每週最低溫為主要集中在屏東縣，如屏東市、來義鄉、新埤鄉、獅子鄉、牡丹鄉、滿州鄉、恆春鎮等。而 1998 至 2011 年平均每週最高溫，則如圖 2.4.6 所示，發生在台南市行政區，如新營區、東山區、六甲區、北門區、七股區、安南區、高雄市甲仙區、六龜區、杉林區等。1998 至 2011 年平均每週均溫，如圖 2.4.7 所示，以高雄市鳳山區、大寮區、大樹區、屏東縣來義鄉、新埤鄉、萬巒鄉、潮州鎮、獅子鄉、牡丹鄉、滿州鄉、恆春鎮等。

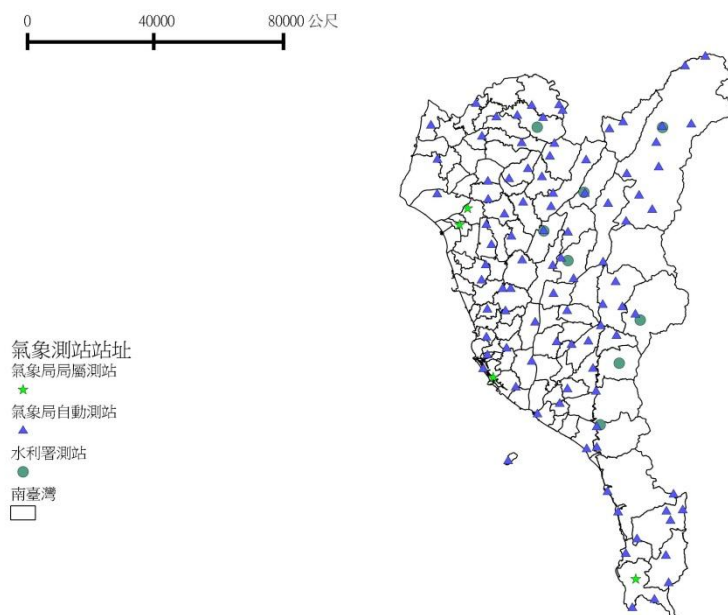


圖 2.4.1 氣象測站來源

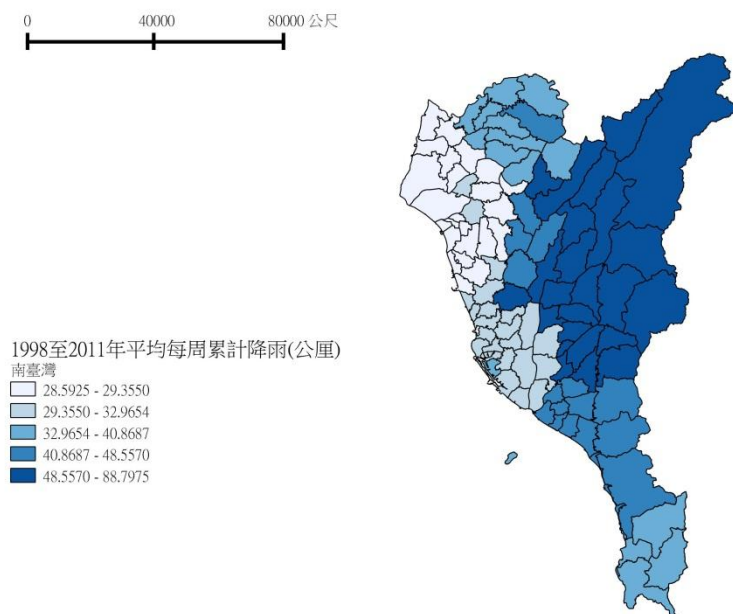


圖 2.4.2 1998 至 2011 年平均每週累計降雨

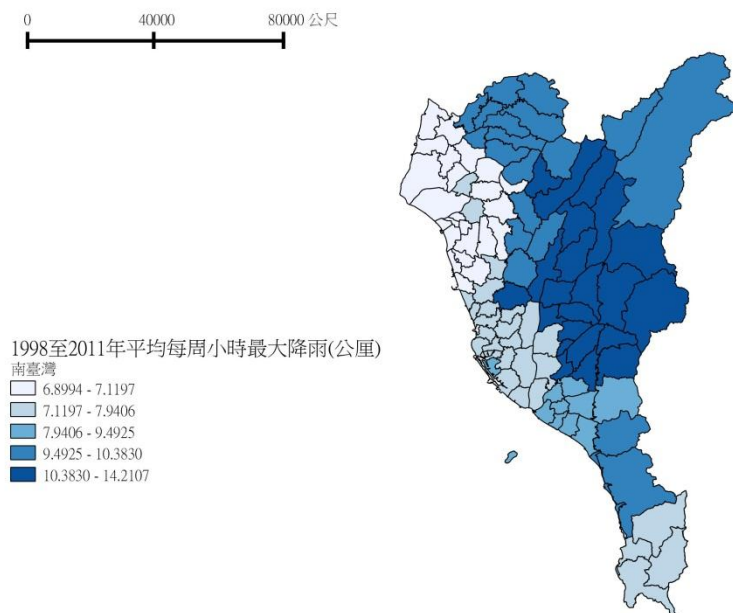


圖 2.4.3 1998 至 2011 年平均每週小時最大降雨

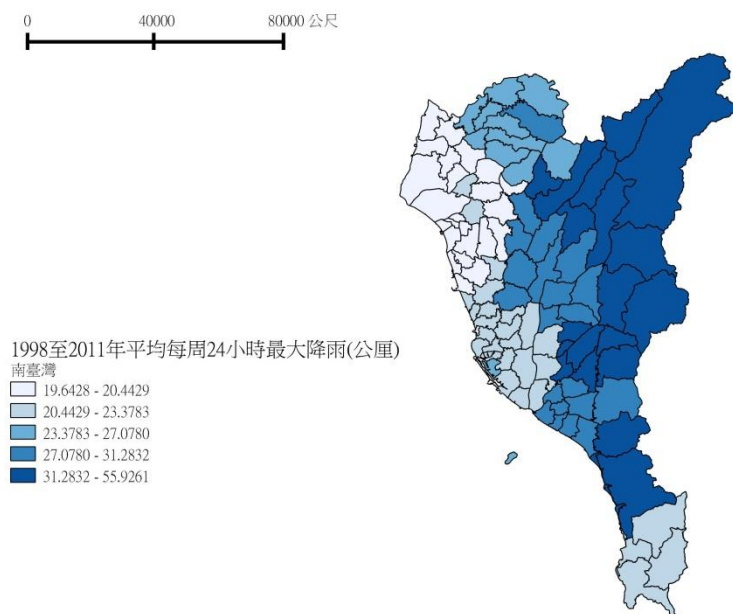


圖 2.4.4 1998 至 2011 年平均每週 24 小時最大降雨

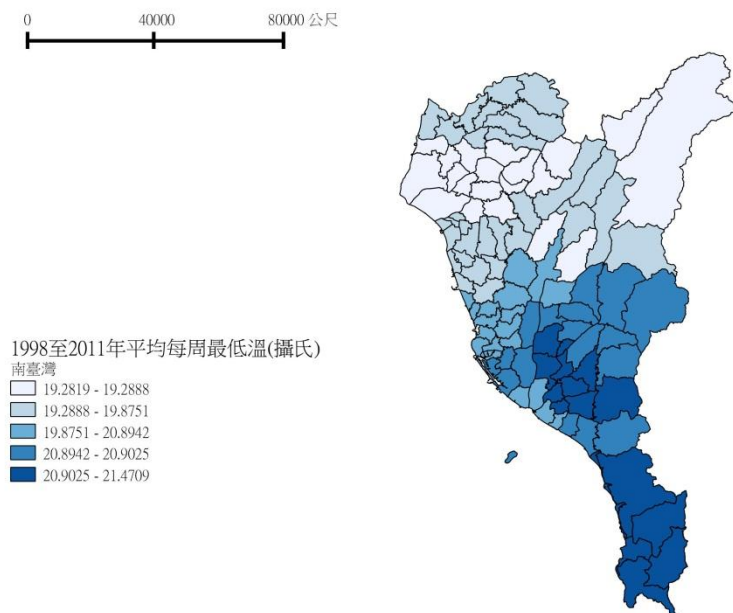


圖 2.4.5 1998 至 2011 年平均每週最低溫

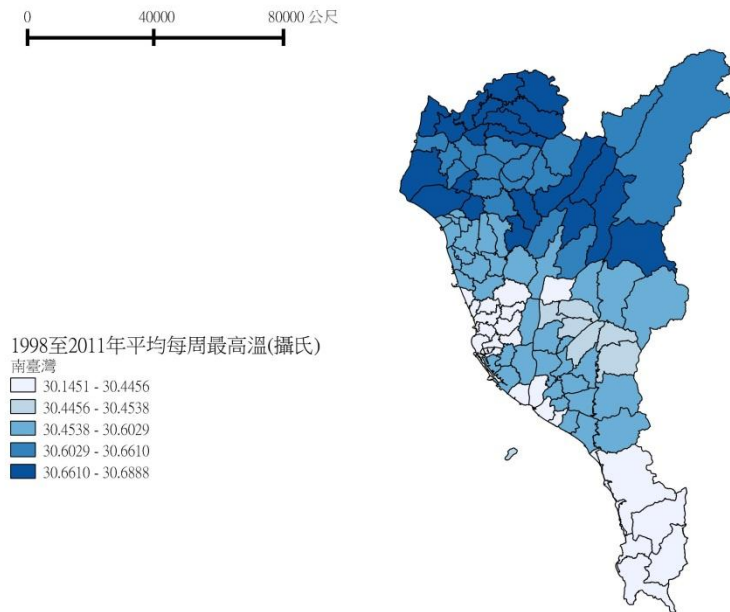


圖 2.4.6 1998 至 2011 年平均每週最高溫

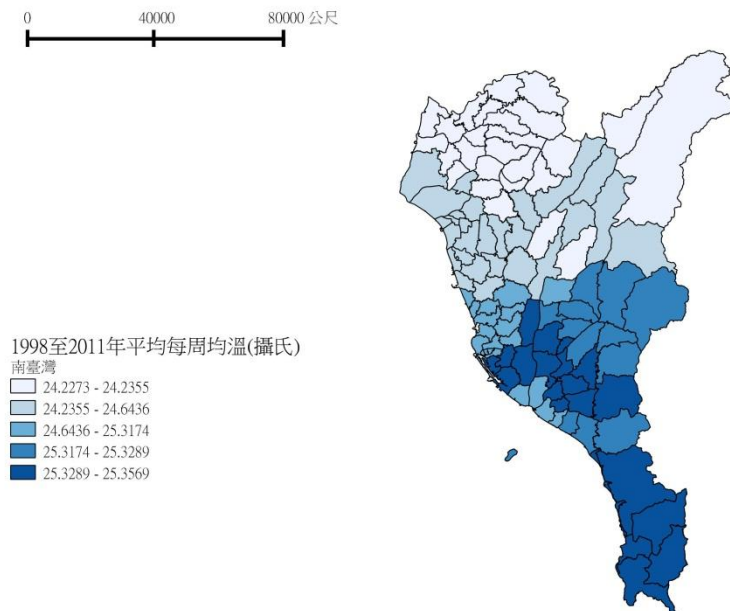


圖 2.4.7 1998 至 2011 年平均每週均溫

本計畫將每年累計病例數最多的五個鄉鎮市以 1-5 級標示，其中 5 級為最大，1 級為最小。經由 1998 – 2011 歷年資料做評分，累計 14 年而成總累積級數，如圖 2.4.1，為比較疫情爆發較嚴重之區域與氣象的關係，選擇高雄市、台南市、屏東縣中累計病例數較多的各一城市觀察與氣象變數的關係。所採用變數如下表所示：

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
降雨和氣溫	氣象局與經濟部水利署	台南市北區	1998 - 2011	小時
降雨和氣溫	氣象局與經濟部水利署	高雄市三民區	1998 - 2011	小時
降雨和氣溫	氣象局與經濟部水利署	屏東縣屏東市	1998 - 2011	小時

在降雨比較方面，以台南市北區、高雄市三民區與屏東縣屏東市為例，可以發現都降雨分佈在兩地區均有明顯的季節變化。圖 2.4.8 台南市北區每週降雨，自 1998 年起至 2011 年間，2006 年至 2010 年間每週累積雨量較往年多。每週最大 24 小時降雨、每週最大小時降雨也維持同樣的趨勢。圖 2.6.9 高雄市三民區每週降雨，自 1998 年起至 2011 年間，2006 年至 2010 年間每週累積雨量較往年多。每週最大 24 小時降雨、每週最大小時降雨也維持同樣的趨勢。圖 2.4.10 屏東縣屏東市每週降雨，自 1998 年起至 2011 年間，2006 年至 2010 年間每週累積雨量較往年多。每週最大 24 小時降雨、每週最大小時降雨也維持同樣的趨勢。

溫度部分，以台南市北區、高雄市三民區與屏東縣屏東市為例。可以發現都溫度分佈有明顯的季節變化。如圖 2.4.11 台南市北區每週溫度，自 1998 年起至 2011 年止，夏季每週平均最高溫最大可達約 35 度，均溫最大約為 30 度、每週最底溫最大約為 25 度。如圖 2.4.12 高雄市三民區每週溫度，自 1998 年起至 2011 年止，夏季每週平均最高溫最大可達約 33 度，均溫最大約為 29 度、每週最底溫最大約為 25 度。如圖 2.4.13 屏東縣屏東市每週溫度，自 1998 年起至 2011 年止，每週平均最高溫最大可達約 35 度，均溫最大約為 30 度、每週最底溫最大約為 26 度。

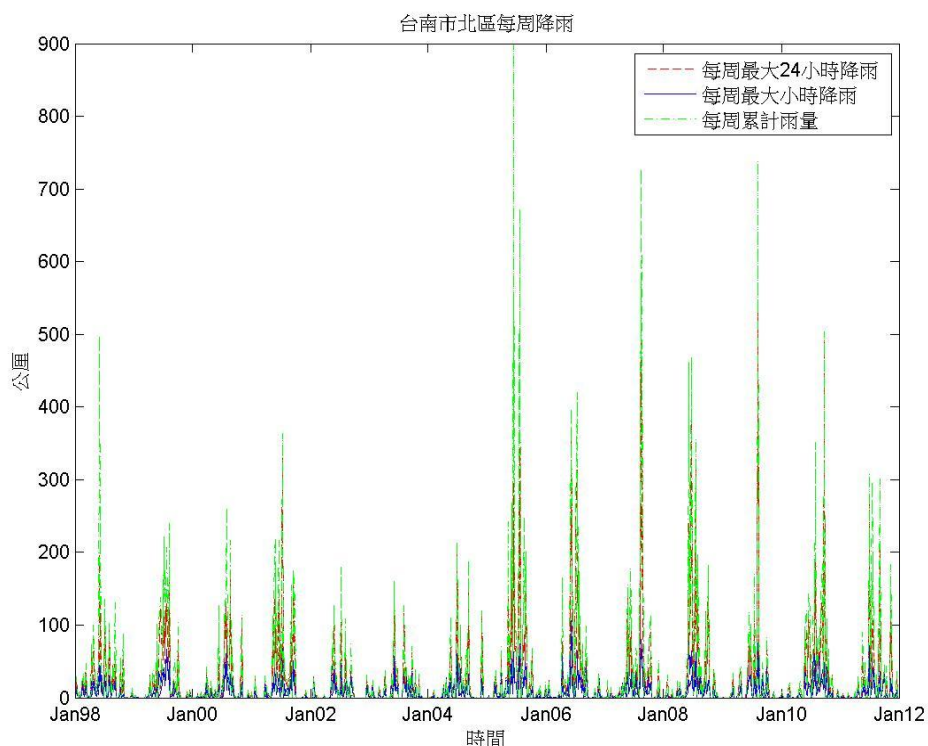


圖 2.4.8 台南市北區每週降雨

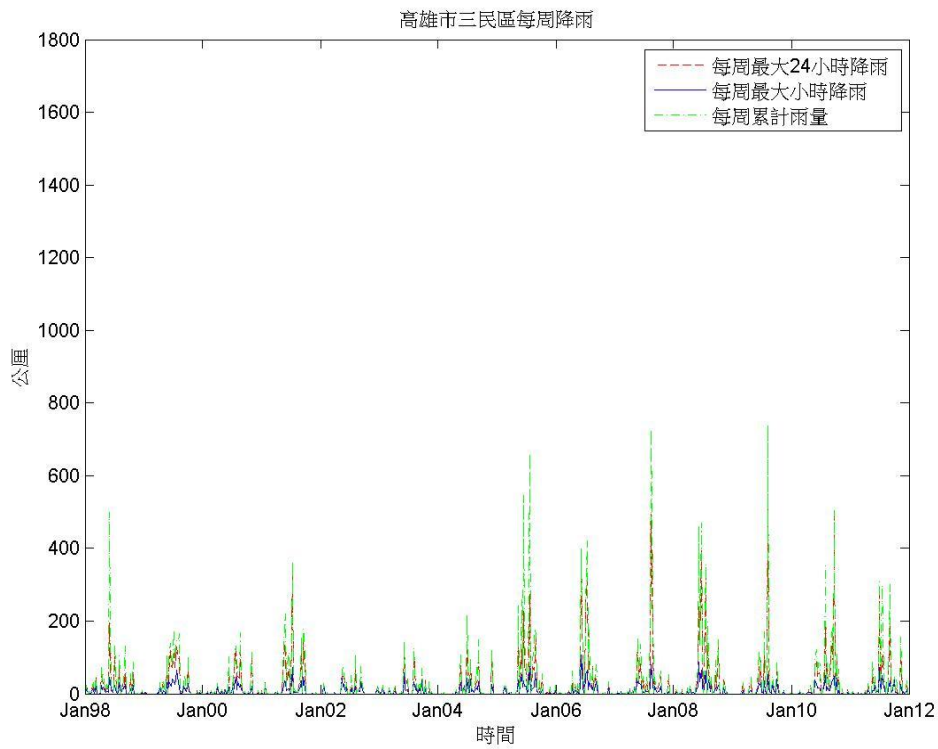


圖 2.4.9 高雄市三民區每週降雨

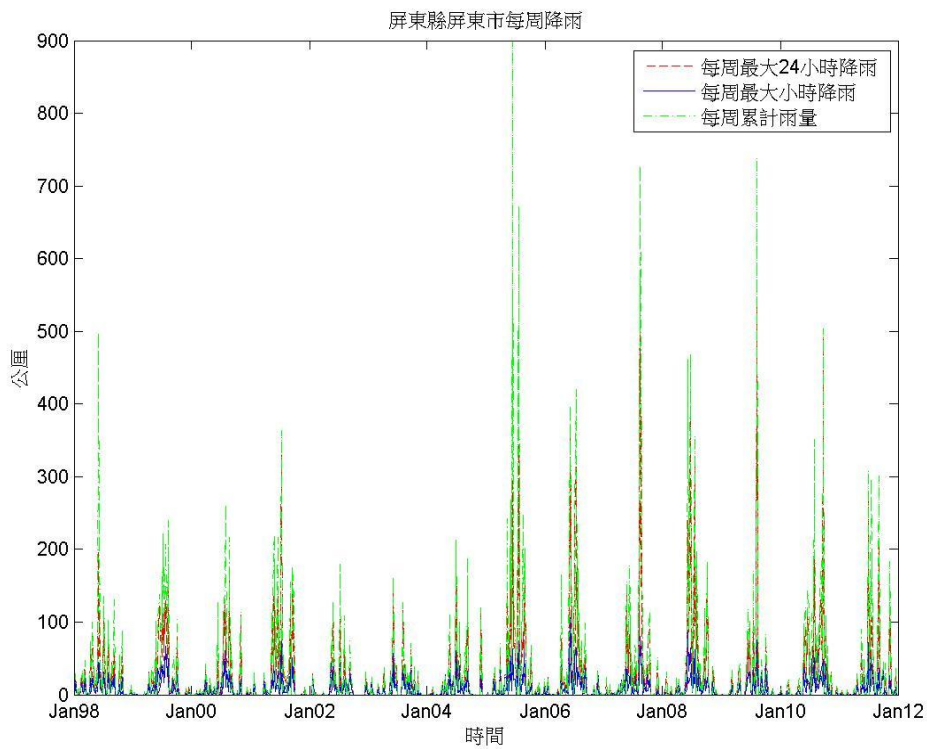


圖 2.4.10 屏東縣屏東市每週降雨

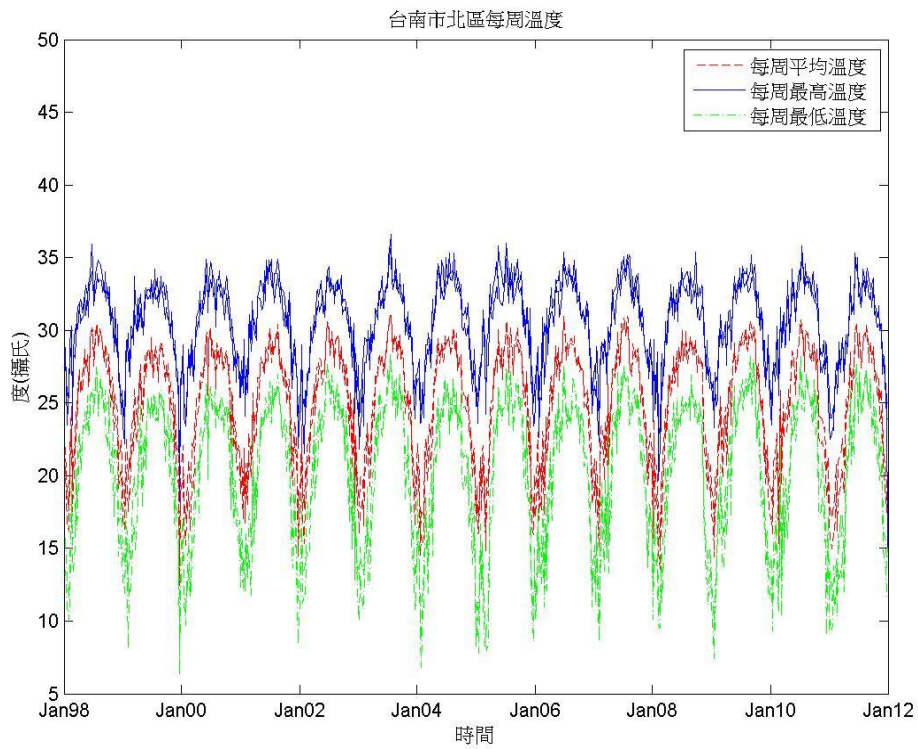


圖 2.4.11 台南市北區每週溫度

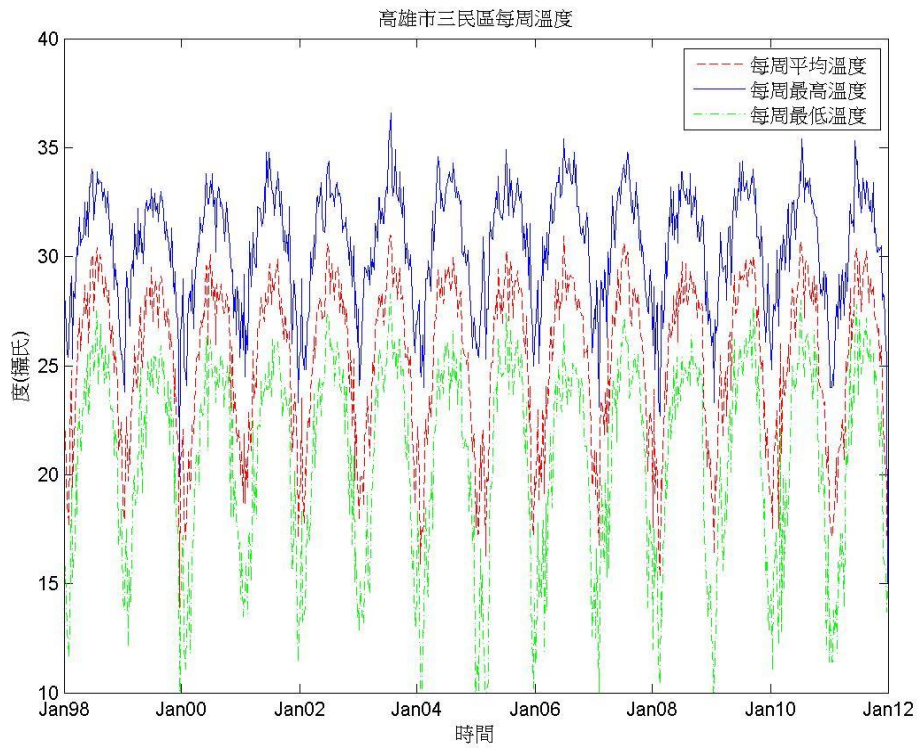


圖 2.4.12 高雄市三民區每週溫度

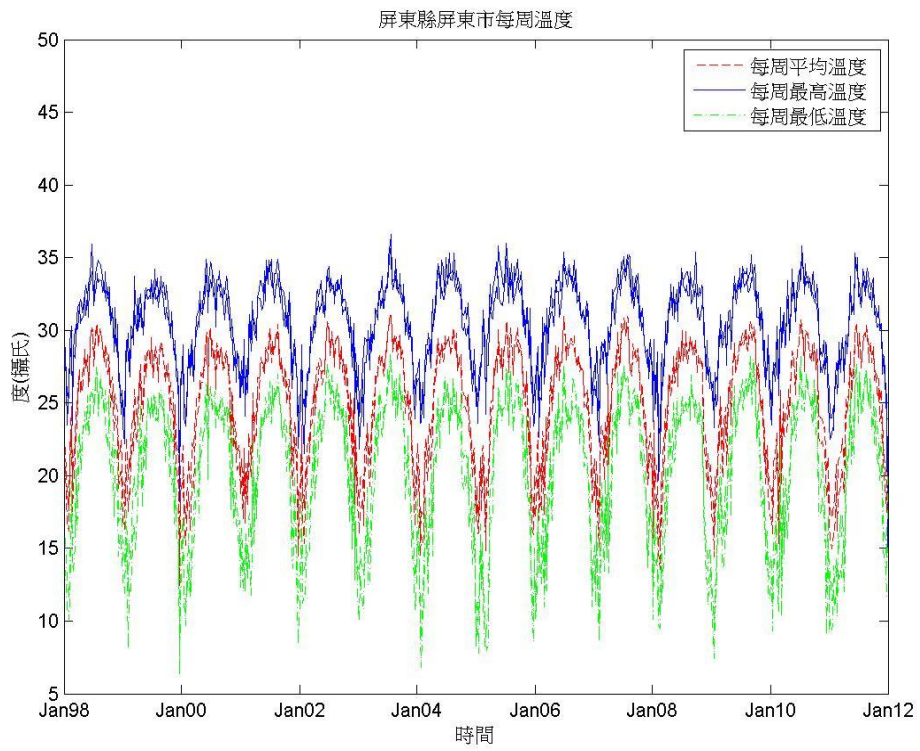


圖 2.4.13 屏東縣屏東市每週溫度

2.5 社會經濟資料蒐集與整理

已蒐集台南市、高雄市、屏東縣於 1999 年到 2003 年的稅賦資料、製造業人口比、金融業人口比、商業人口比、運輸業人口比、服務業人口比、營造業人口比、總所得均數和平均低收入戶人口比等資料。並繪製平均綜合所得、營造業人口百分比、製造業人口百分比、服務業人口百分比及運輸業人口百分比。由空間分佈觀察社經資料與登革熱感染的趨勢。

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
收入	財政部財稅資料中心	南台灣	1999 - 2003	年
商業與工業人口普查	內政部統計局	南台灣	2001	年

根據 Spiegel 等人的研究，選擇平均綜合所得為變數(Spiegel, *et al.*, 2007)，以及 Almeida 等人的文獻，選擇女性人口比例為變數(Almeida, *et al.*, 2007)。另考慮到不同職業的人口，可能會有不同的移動、生活習慣，為評估病媒與不同職業類別人口是否存在高感染率，以期在疫情爆發可提早介入管理，本研究則加入營造業人口百分比、製造業人口百分比、服務業人口百分比與運輸業人口百分比作為變數。故所採用變數彙整如下所示。

因子	來源	樣區	取樣 時間	解析度	參考文獻
平均綜合所得	財政部財稅資 料中心	南台灣	1999 -2003	年	Spiegel et al. 2007
女性人口比例	內政部統計局	南台灣	2001	年	de Mattos Almeida et al. 2007
營造業人口百分比	內政部統計局	南台灣	2001	年	
製造業人口百分比	內政部統計局	南台灣	2001	年	
服務業人口百分比	內政部統計局	南台灣	2001	年	
運輸業人口百分比	內政部統計局	南台灣	2001	年	

平均綜合所得方面，如圖 2.5.1 所示，仍以都會區為高，如台南市中西區、東區、高雄市苓雅區、新興區、鹽埕區等。營造業人口百分比方面，如圖 2.5.2 所示以高雄市苓雅區、新興區、鹽埕區等區，營造業人口百分比較高也較集中。製造業人口百分比方面，如圖 2.5.3 所示。以台南市七股區、山上區為密度最高區。服務業人口百分比方面，如圖 2.5.4 所示，以都會區如台南市中西區、東區、南區、高雄市苓雅區、新興區、鹽埕區、屏東縣屏東市、潮州鎮、南州鄉、東港鎮。運輸業人口百分比方面，如圖 2.7.5 所示，以台南市中西區、東區、高雄市苓雅區、新興區、鹽埕區等區，運輸業人口百分比較高也較集中。如圖 2.5.6 所示，女性人口比例，主要以都會區，如舊台南市行政區、舊高雄市行政區、屏東市較多。

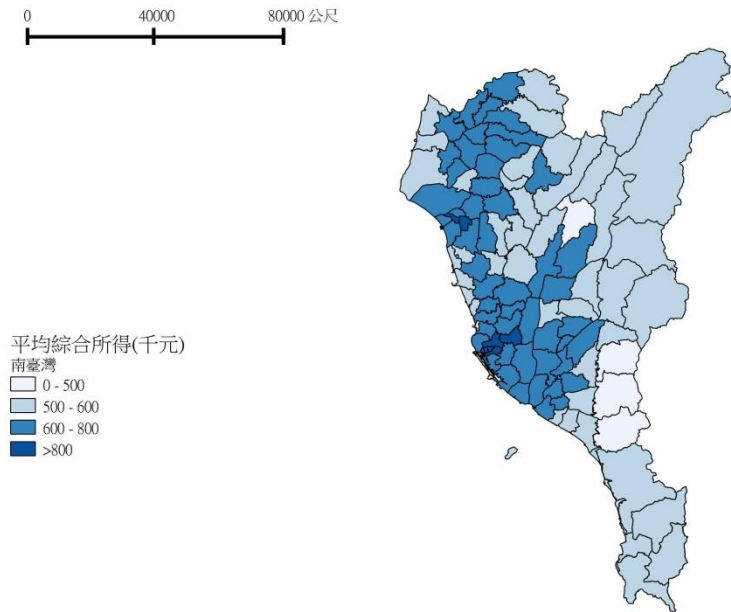


圖 2.5.1 南台灣平均綜合所得

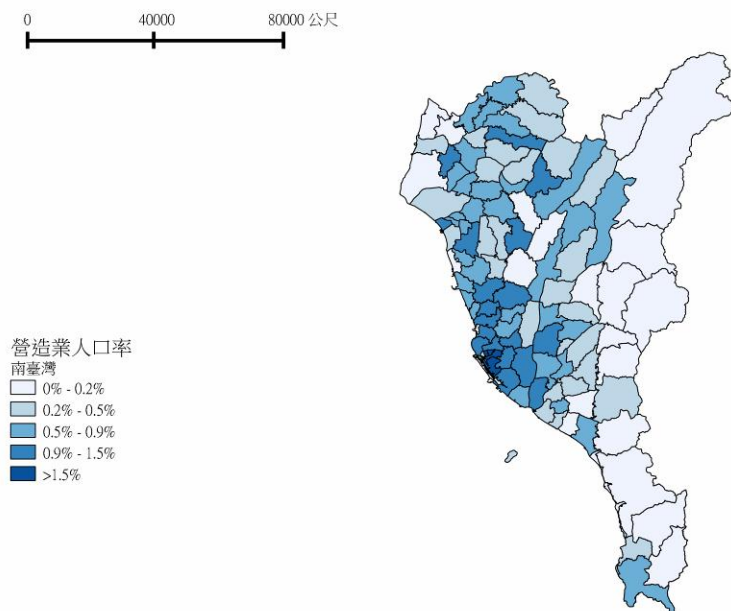


圖 2.5.2 南台灣營造業人口百分比

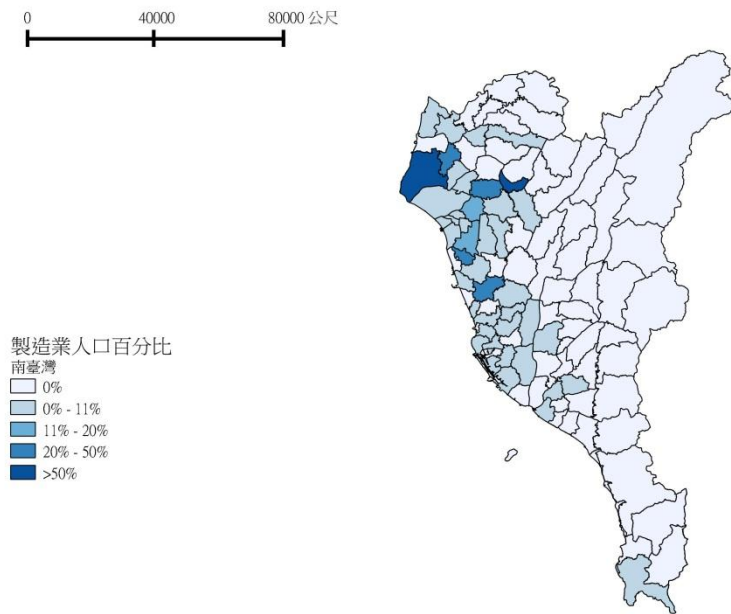


圖 2.5.3 南台灣製造業人口百分比

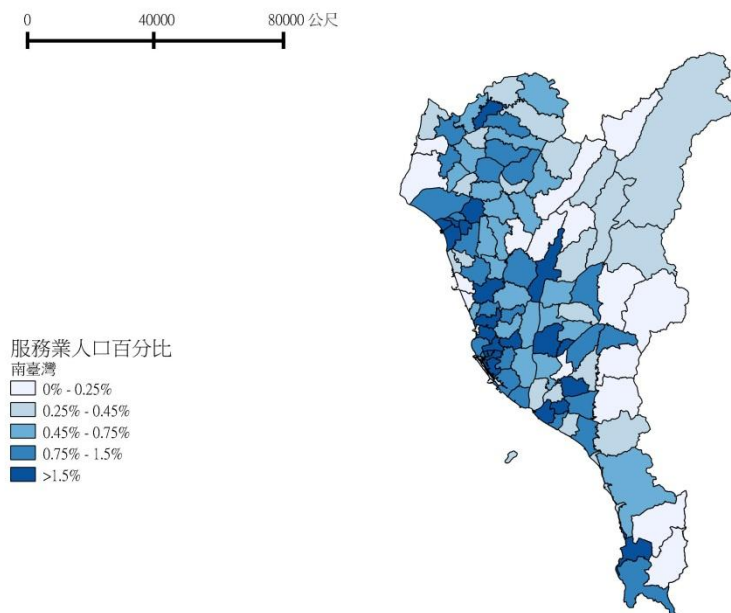


圖 2.5.4 南台灣服務業人口百分比

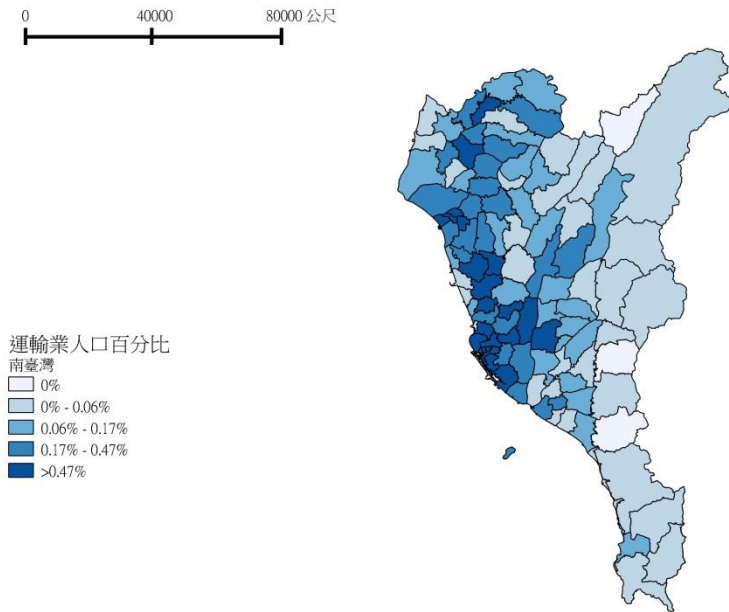


圖 2.5.5 南台灣運輸業人口百分比

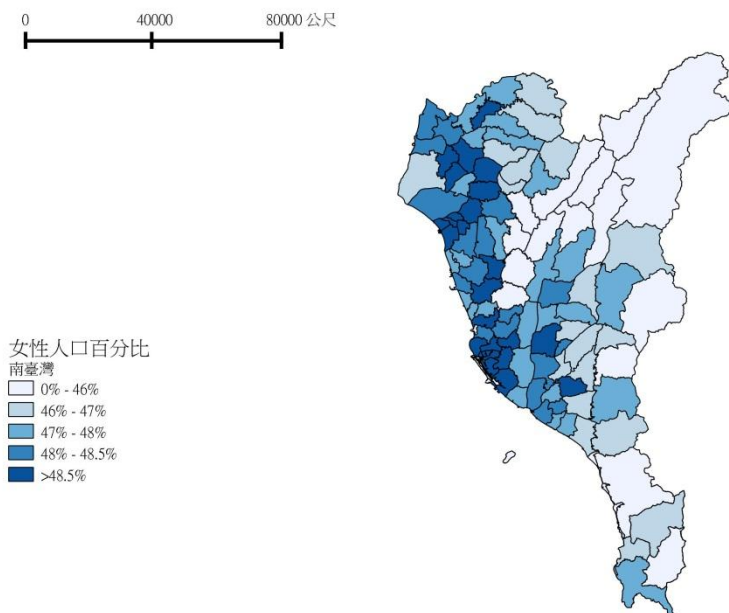


圖 2.5.6 南台灣女性人口百分比

2.6 地理環境資料蒐集與整理

已蒐集台南市、高雄市、屏東縣於 2007 年至 2008 年的土地利用圖層。並依蓄水池用地土地面積覆蓋率、農作用地土地面積覆蓋率、商業用地土地面積覆蓋率、住宅用地土地面積覆蓋率、天然林用地土地面積覆蓋率繪製空間分佈圖形。資料來源如下表所示：

因子	來源	樣區	取樣時間	解析度
土地利用圖層	國土利用調查局	南台灣	2007-2008	年

根據 Shafie 與 Bohra 等人的研究採用蓄水池用地土地面積覆蓋率為變數 (Alam, *et al.*, 2010, Bohra and Andrianasolo, 2001)。根據 Van Benthem 等人的研究，採用農作用地土地面積覆蓋率為變數 (Van Benthem, *et al.*, 2005)。根據 Nakhapakorn 與 Tripathi 的研究，採用天然林用地土地面積覆蓋率 (Nakhapakorn and Tripathi, 2005)。另外，為了觀察不同土地利用型態是否會與病媒有相關性，導致該土地附近的人民有高感染率，為了觀察高風險類別，以期能在疫情爆發前能介入管理，再加入商業用地土地面積覆蓋率與住宅用地土地面積覆蓋率。故所採用變數彙整如下所示。

土地面積覆蓋率	來源	樣區	取樣時間	解析度	參考文獻
蓄水池用地	國土利用 調查局	南台灣	2007-2008	年	Shafie, 2010; Bohra and Andrianasolo, 2001
農作用地	國土利用 調查局	南台灣	2007-2008	年	Van Benthem et al. 2005
天然林用地	國土利用 調查局	南台灣	2007-2008	年	Nakhapakorn and Tripathi, 1998
商業用地	國土利用 調查局	南台灣	2007-2008	年	
住宅用地	國土利用 調查局	南台灣	2007-2008	年	

如圖 2.6.1 所示，蓄水池用地土地面積覆蓋率以台南市柳營區、六甲區、官田區最多。如圖 2.6.2 所示，農作用地土地面積覆蓋率以台南市後壁區、鹽水區、下營區、屏東縣鹽埔鄉、內埔鄉、萬巒鄉、竹田鄉較高。如圖 2.6.3 所示，商業用地土地面積覆蓋率以都會區如台南中西區、北區、東區、高雄市苓雅區、新興區、前金區、鹽埕區較高。如圖 2.6.4 所示，住宅用地土地面積覆蓋率以都會區如台南中西區、北區、東區、高雄市鳳山區、苓雅區、新興區、前金區、鹽埕區較高。如圖 2.6.5 所示，住宅用地土地面積覆蓋率以高雄市那瑪夏區、茂林區、屏東縣霧台鄉、獅子鄉較高。

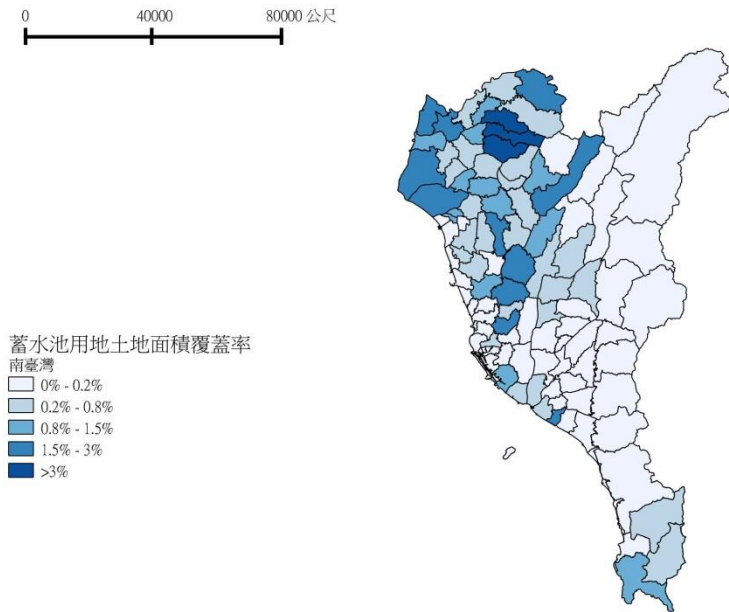


圖 2.6.1 南臺灣蓄水池用地土地面積覆蓋率

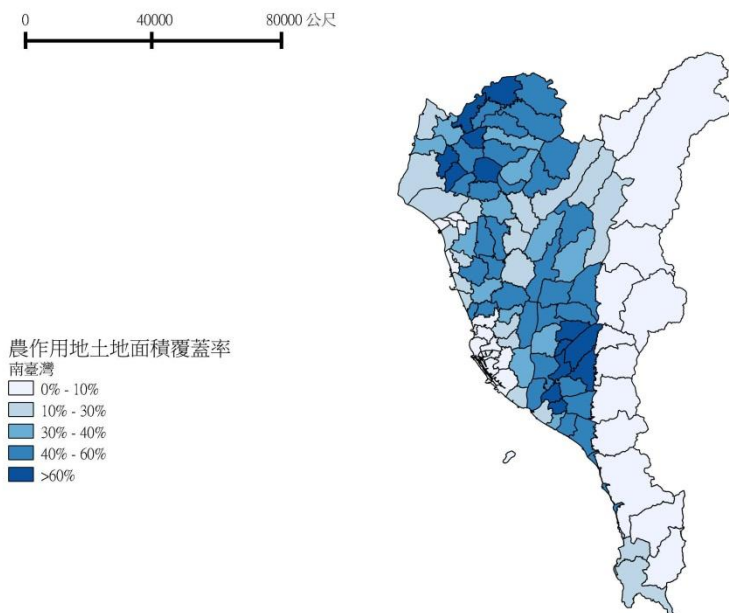


圖 2.6.2 南臺灣農作用地土地面積覆蓋率

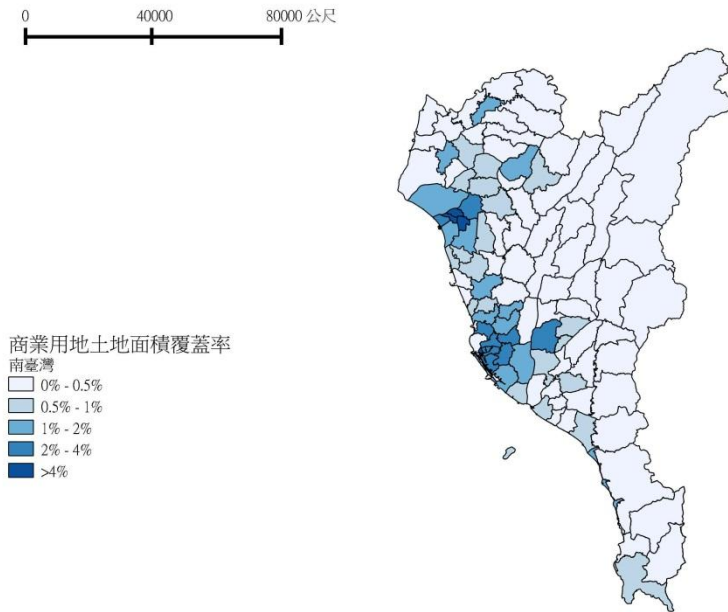


圖 2.6.3 南臺灣商業用地土地面積覆蓋率

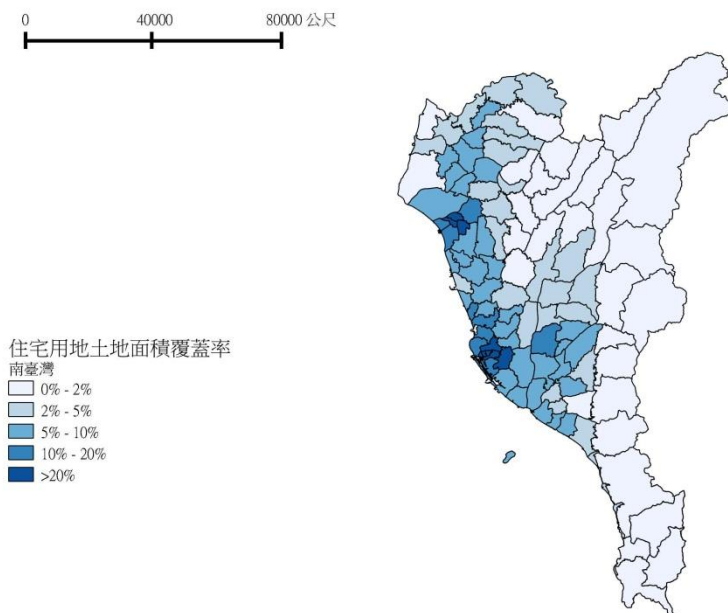


圖 2.6.4 南臺灣住宅用地土地面積覆蓋率

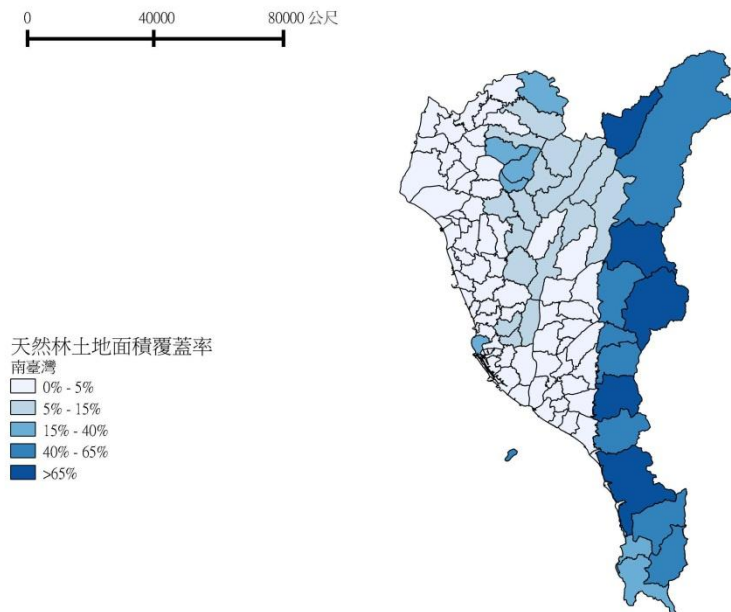


圖 2.6.5 南台灣天然林用地土地面積覆蓋率

2.7 登革熱受地理環境影響模型建構方法

迴歸分析目前已被廣泛用於各種領域上的統計，目的在於了解兩個或多個變數間是否相關、相關方向與強度，並建立數學模型以便觀察特定變數來預測研究者感興趣的變數，也可應用於預測上。

目前所有的迴歸分析中最常使用的為線性迴歸模型(Linear Regression Model)，一般皆假設在已知的自變數下，假定自變數的平均值(Mean)為因變數的線性函數，透過最小平方法(Ordinary least square, OLS)可以對迴歸參數作估計。

分量迴歸(Quantile Regression, QR)是由 Koenker and Bassett(1978)提出，最早期由中位數開始，分量迴歸是由自變數的中位數建立模型，和一般線性迴歸不同的地方在於分量迴歸是使用『中位數』來連接變數間的相關性，而一般線性迴歸則是利用『平均值』來建立變數間的相關性(Koenker and Bassett, 1978)。往後更發展出可以利用各種不同的分量值皆可透過分量迴歸來描述自變數對因變數在「某個特定百分位」分佈的影響，因此可以了解完整個分佈特性。另一個分量迴歸與一般線性迴歸不同之處在於分量迴歸不需要為常態的前提性假設，因此可以廣泛的應用在各種不同資料的參數估計上。

此外，Tibshirani(1996)所提出，最小絕對壓縮選取機制(Least Absolute

Shrinkage and Selection Operator ,LASSO)，主要想法為在二次式函數 (quadratic form)下，加入一個限制項(P1)，此限制項為取了絕對值的參數總和，需小於一個常數總和 t ，目的為藉由限制一個參數的絕對值總和，強迫不顯著的參數為 0，也間接達到選取參數的目的(Tibshirani, 1996)。計算最小值的部分，則以拉格朗日乘數(Lagrange multiplier method)(P2)達到參數估計與模式的選取。

(P1) 給定 $\gamma \geq 1$ 和 $t \geq 0$, minimum RRS 的範圍為 $\sum |\beta_j|^\gamma \leq t$

(P2) 給定 $\gamma \geq 1$ 和 $\lambda \geq 0$,minimum(RRS + $\sum |\beta_j|^\gamma \leq t$)

P(2)式子為 Bridge Regression(Fu, 1998)，其中兩個未知參數 γ 及 λ ，前者為所縮減參數(shrinkage parameter)，影響參數的縮減情形，後者為 tuning parameter，影響參數估計值縮減為 0 的個數。

本研究主要為探討台灣南部地區(台南市、高雄市、屏東縣)登革熱疫情與其土地利用及社會經濟因子間之相關性，利用 R 軟體進行分量迴歸分析，並利用 Tibshirani 所提出的 LASSO 方法(Tibshirani, 1996)，其好處在於利用不同的懲罰因子(penalty factor)來估計參數的同時也選取了模式，挑選出與登革熱疫情相關之土地利用及社會經濟因子。

研究中所使用之土地利用及社會經濟資料類型如表 2.7.1 及表 2.7.2 所示。

表 2.7.1 土地使用分類系統表-第二級

代碼	類別	代碼	類別
0101	農作	0407	海面
0102	水產養殖	0501	商業
0103	畜牧	0502	住宅
0104	農業附帶設施	0503	工業
0201	天然林	0504	其他建築用地
0202	人工林	0601	政府機關
0203	其他森林使用土地	0602	學校
0301	機場	0603	醫療保健
0302	鐵路	0604	社會福利設施
0303	道路	0605	公用設備
0304	港口	0606	環保設施
0401	河道	0701	文化設施
0402	溝渠	0702	休閒設施
0403	蓄水池	0801	礦業
0404	水道沙洲灘地	0802	土石
0405	水利構造物	0803	鹽業
0406	防汛道路	0901	軍事用地
0902	濕地	0906	災害地
0903	草地	0907	營建剩餘土石方
0904	裸露地	0908	空置地
0905	灌木荒地	9000	其他用地

表 2.7.1 為土地使用分類系統表，主要資料分類來自於國土利用調查成果資訊網，本土地使用分類系統整體為層級式樹狀結構，共分為 3 級。第一級共分為 9 大類，第二級就第一級之劃分再細分 41 類，編碼方式主要依循民國 82 年土地使用分類系統之阿拉伯數字編碼，第一級 9 大類別分別為：「農業使用土地」：編碼 01、「森林使用土地」：編碼 02、「交通使用土地」：編碼 03、「水利使用土地」：編碼 04、「建築使用土地」：編碼 05、「公共使用土地」：編碼 06、「遊憩使用土地」：編碼 07、「礦鹽使用土地」：編碼 08、「其他使用土地」：編碼 09。而本研究所用之土地利用則為第二級之分類，共細分為 42 類(增加代碼為 9000 之土地利用分類)。社會經濟部份如表 2.7.2 所示，共分成 12 類。

表 2.7.2 社會經濟因子

S_E	名稱	S_E	名稱
1	平均男性人口比例	7	服務業人口比例
2	平均女性人口比例	8	營造業人口比例
3	製造業人口比例	10	總所得均數
4	金融業人口比例	11	原住民人口比例
5	商業人口比例	12	平均人口密度
6	運輸業人口比例	13	平均低收入戶人口比例

2.8 登革熱時空分佈受氣象參數影響模型建構方法

本計畫為進一步分析氣象變數與登革熱的關係，採用由 Gasparrini (2010)所提出的非線性分布延遲模型 (Distributed lag nonlinear model, DLNM)來處理氣象變數對登革熱病例的當日及數日後的延遲效應 (Gasparrini, *et al.*, 2010)。另外，搭配使用馬可夫隨機域(Markov random fields, MRF)來處理地理資料對登革熱病例的空間效應。在非線性分布延遲模型之前，分布延遲模型(Distributed lag models, DLM)至 2000 年以來已被廣泛應用在量化健康影響因子或評估現存農作物在不同空氣污染與溫度下變化 (Braga, *et al.*, 2001, Schwartz, 2000, Zanobetti, *et al.*, 2000)，且 DLM 模型是保有延遲特性及時間經歷，換句話說，提供使用者在評估時允許有時間的延遲。然而，DLM 模型把延遲結構視為線性關係，然由觀測結果發現變數間有可能呈現非線性關係，即與真實狀況有些差異，故 DLNM 模型則將因變數和延遲變數定義在同一個平滑曲線方程式。其方程式描述於式 2.8.1：

$$g(Y_t) = \alpha + \sum_i \sum_j s_j(x_{ij}; \beta_j) + \sum_k \gamma_k u_{tk} \quad (2.8.1)$$

其中 Y_t 為依變數， $g(\cdot)$ 為一個連結函數， α 為截距項、 s_j 為變數 x_{ij} 的延遲函數、 β_j 為與延遲時間相關的參數、 u_{tk} 為其他線性變數與 γ_k 為相關參數。延遲函數 s_j 的定義在基本的模型為 $s(x_t, \beta) = z_t^T \cdot \beta$ ， z_t 為由 x 依基本理論所推得的方程式， β 為關係模型；而 DLM 模型中則引入延遲係數

$q_t = [x_t, \dots, x_{t-l}, \dots, x_{t-L}]^T$ ，則 $s(x_t; \eta) = q_t^T \cdot C_\eta$ ， L 為最大延遲時間， $q_1 = x$ ， $l = [0, \dots, l, \dots, L]^T$ ， η 為一相關參數；DLNM 模型則將原線性方程考慮進非線性方程，改為一平滑曲率方程式，故 $s(x_t; \eta) = \sum_{j=1}^{v_x} \sum_{k=1}^{v_l} r_{tj}^T \cdot C_k \eta_{jk} = w_t^T \cdot \eta$ 。

然而 DLNM 模型的原始方程式並不能直接處理地理資料，因此本研究在此模型後面附加一個 MRF 來進行空間資料的分析。假設 $f_{spat}(c)$ 是一個 MRF 型態的空間函數，則其分配服從 $N(\sum_{c' \in \omega} \frac{f_{spat}(c')}{N_c}, \frac{\sigma_c^2}{N_c})$ ，其中地區 c' 是地區 c 的鄰近地區，而鄰近地區的定義是兩個邊界有相接的地區。 ω 則是地區 c 所有鄰近地區的集合。函數 $f_{spat}(c')$ 是鄰近地區的空間函數， N_c 是地區 c 的鄰近地區個數，而 σ_c^2 是一個未知的變異數參數，服從逆伽馬分配 (inverse Gamma distribution) $IG(0.001, 0.001)$ 。

因此，一個可以分析時間空間資料的 DLNM 模型可以表示為：

$$g(Y_{ct}) = \alpha + \sum_i \sum_j s_j(x_{cij}; \beta_j) + \sum_k \gamma_k u_{ctk} + f_{spat}(c) \quad (2.8.2)$$

由之前相關文獻報告 (Halide and Ridd, 2008, Otero, *et al.*, 2006)，本計畫將使用氣象變數共兩種，其一為雨量 (包括每週 24 小時累積降雨量、每週 1 小時最大降雨量及每週平均降雨量)，另一個則為溫度 (每週最高溫度、每週平均溫度與每週最低溫度)。則一個理論上考量六個氣象變數及十五週延遲效應的登革熱模型，用 DLNM 模型可以構建成如下所示：

$$\log(\mu_{ct}) = \alpha + \sum_{i=1}^6 \sum_{j=0}^{15} s_j(x_{cij}; \beta_j) + f(w) + f_{spat}(c) + \log(POP)$$

(2.8.3)

其中 μ_{ct} 是每週登革熱病例 Y_{ct} 的期望值，而 Y_{ct} 服從卜瓦松分配 $POI(\mu_{ct})$ 。 $f(w)$ 是以星期為單位的時間函數，用來控制時間上的自相關。此時間函數可用三次方的貝氏曲線 (cubic b-spline)所配適。而 $\log(POP)$ 代表偏移量 (offset)。此外，由於登革熱病例屬於稀有事件，因此在研究期間內，絕大部分的資料都呈現無病例，所以每週登革熱病例分布呈現嚴重傾向 $Y_{ct}=0$ ，因此，一般的卜瓦松模型結構來分析這類分布極度傾斜的資料會提昇估計參數的型一誤差 (type I error)。所以本研究採用類卜瓦松(quasi-Poisson)模型結構來調整。但由於一次考量六個延遲函數難以解釋各位氣象變數對登革熱的延遲效應，因此本研究將雨量和氣溫變數分別用不同的 DLNM 模型處理，並從雨量變數和氣溫變數之間各挑一個最佳變數來組合成一個 DLNM 模型。其詳細的項目組合與分析於下小節詳述。

在模型的選取上，本計畫採用類赤池資訊準則 (QAIC, quasi-Akaike information criterion)，該方法是屬於一種比較任意兩個類卜瓦松模型的準則，公式如下：

$$QAIC = -2L + 2\hat{\phi}k \quad (2.8.4)$$

其中 L 為模型的對數概似函數(log-likelihood function)， $\hat{\phi}$ 為過離散 (overdispersion)係數， k 為參數個數。數值愈小的模型則表示有較好的模型評估。

三、結果與討論

3.1 登革熱受地理環境影響模型建構

在探討地理環境因子與社會因子對於登革熱疫情之影響時主要分成兩個部分，第一部分探討台灣南部地區鄉鎮市區登革熱疫情，第二部分探討登革熱疫情較為嚴重的高雄市村里之登革熱疫情，了解對登革熱疫情有相關性之因子為何。最後，探討高雄市村里與整個南台灣鄉鎮市區兩個不同尺度的空間下，是否有相同的因子影響著其登革熱疫情的爆發。

3.1.1 土地利用因子

(1) 台灣南部鄉鎮市區土地利用與登革熱疫情之相關性探討

A) $\lambda=0.2$

圖 3.1.1 至圖 3.1.8 分別為台灣南部鄉鎮市區登革熱疫情在懲罰因子為 0.2 時，與其有相關之土地使用類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.1 在土地使用分類型第二級上屬於「農作」，裡面包含稻作、旱作、果樹及廢耕地。由圖 3.1.1 得知，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量均為負向之影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢。

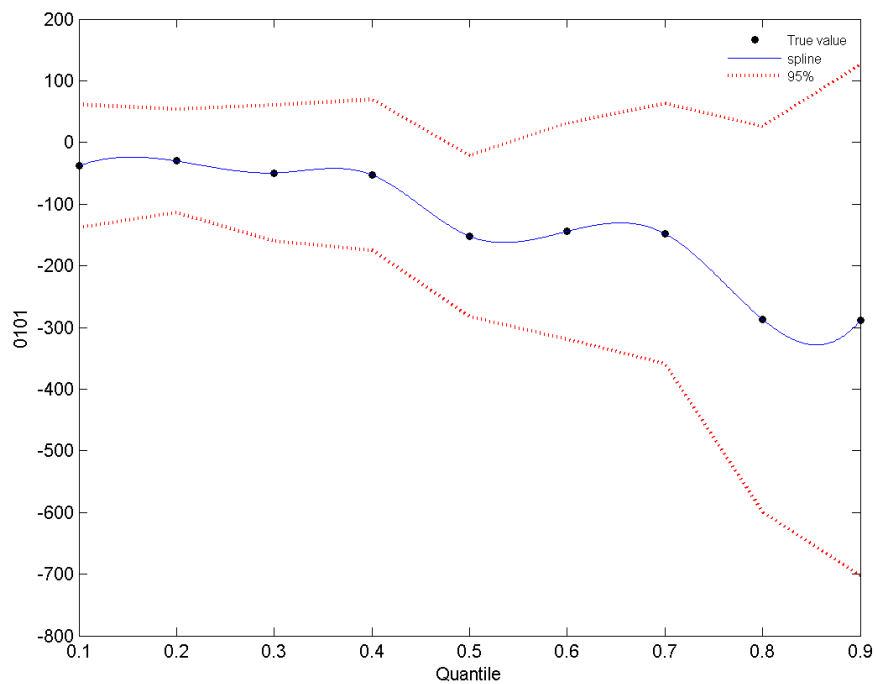


圖 3.1.1 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.2$)

圖 3.1.2 在土地使用分類型第二級上屬於「水產養殖」，係指水產養殖所使用之土地。由圖 3.1.2 得之，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量均為負向之影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢。

圖 3.1.3 在土地使用分類型第二級上屬於「天然林」，裡面包含天然針葉樹純林、天然闊葉樹純林、天然竹林、天然竹針闊葉混淆林。如圖 3.1.3

所示，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢，尤其以分量為 0.8 影響最劇。

圖 3.1.4 在土地使用分類型第二級上屬於「港口」，包含商港、漁港、專用港(軍、商、漁以外之用港，不包含遊憩設施)及其他港口相關設施(如獨立燈塔)。由圖 3.1.4 得知，當此類型土地利用比例增加時，在任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量 0.7~0.9 影響最劇。

圖 3.1.5 在土地使用分類型第二級上屬於「住宅」，包含純住宅、兼工業使用住宅、兼商業使用住宅及兼其他使用住宅(指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%)。由圖 3.1.5 得知，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，其中又以分量 0.7~0.9 影響最劇。

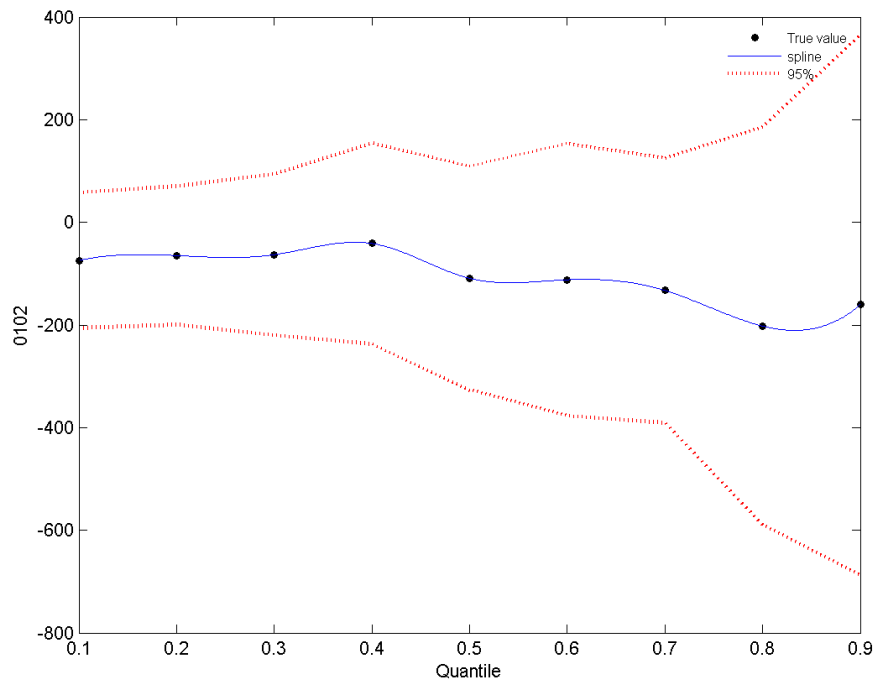


圖 3.1.2 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.2$)

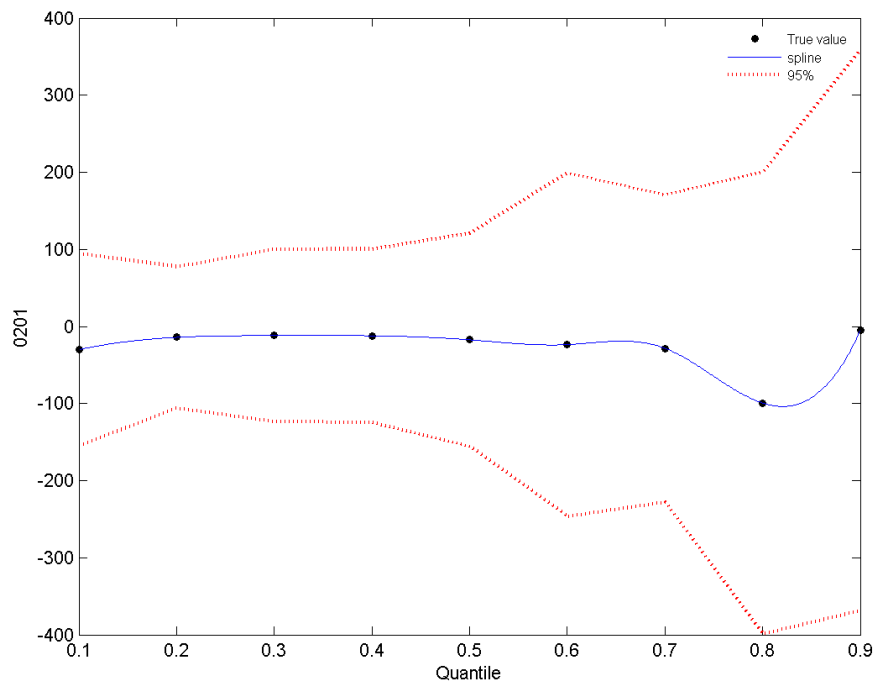


圖 3.1.3 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.2$)

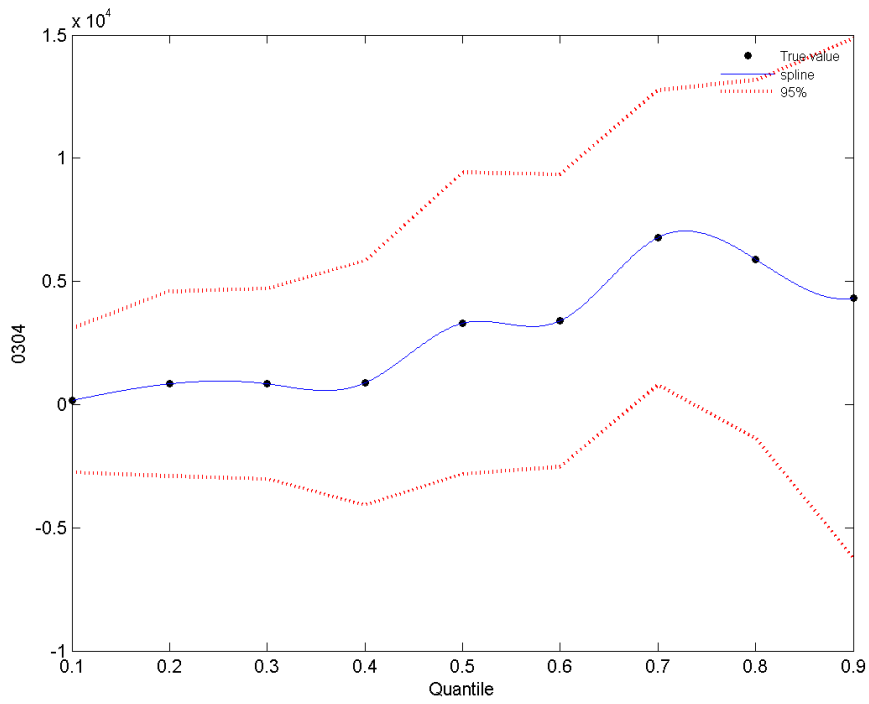


圖 3.1.4 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.2$)

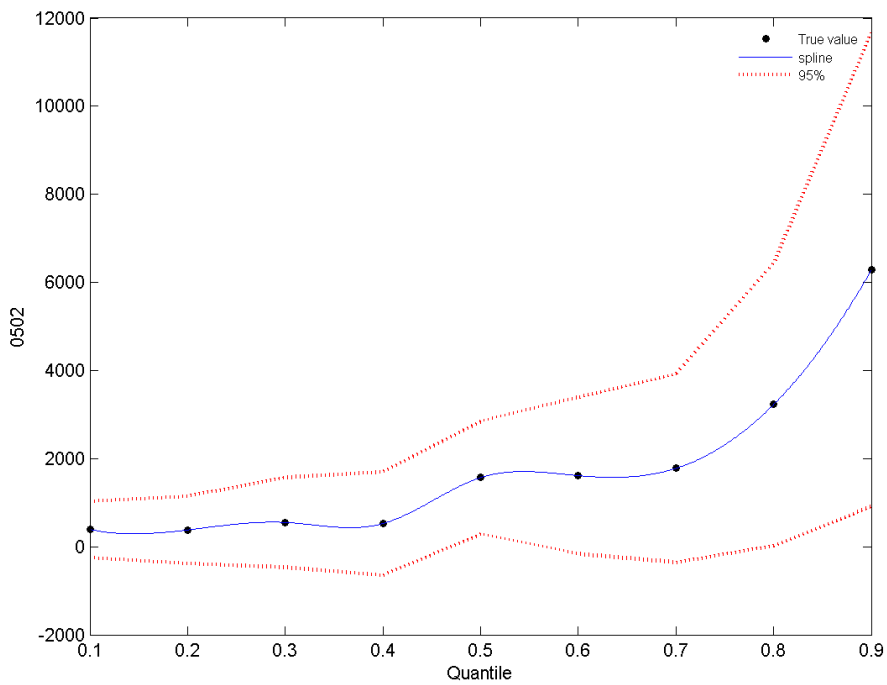


圖 3.1.5 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.2$)

圖 3.1.6 在土地使用分類型第二級上屬於「工業」，包含製造業及倉儲設備，但不包括農業、林業場地儲存活動所使用之土地。由圖 3.1.6 得知，當此類型登革熱比例增加時，對分量 0.6~0.9 為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢；反之在其他分量則較無明顯對疫情有增溫或緩和之現象。

圖 3.1.7 在土地使用分類型第二級上屬於「裸露地」，包含灘地、崩塌地、礁岩及裸露空地。如圖 3.1.7 所示，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢，其中又以分量 0.8 及 0.9 影響最劇。

圖 3.1.8 在土地使用分類型第二級上屬於「其他用地」。由圖 3.1.8 得知，當此類型土地利用比例增加時，對分量 0.4 及 0.9 為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢；反之在分量 0.8 為較明顯的負向影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢。

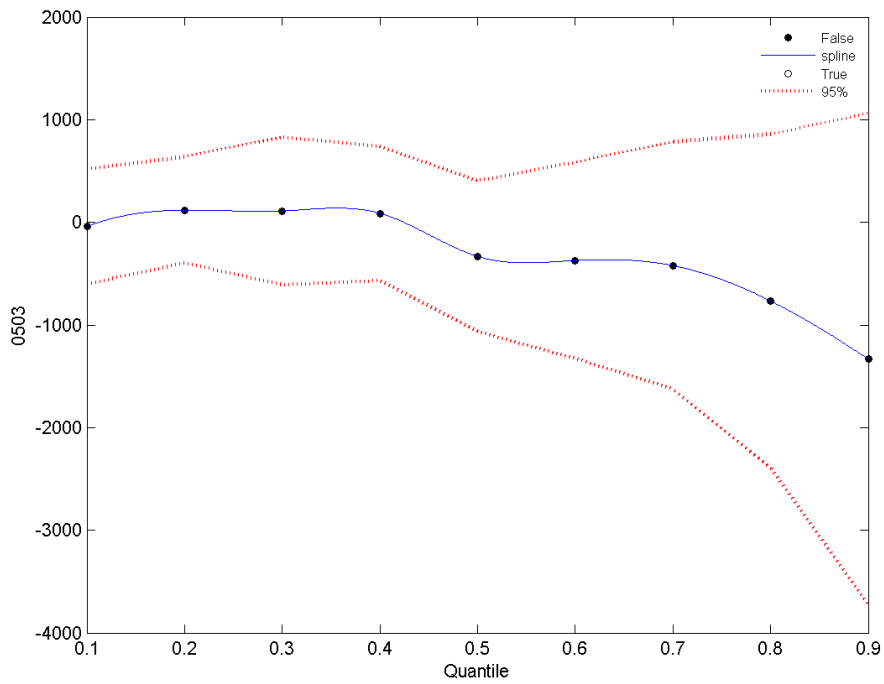


圖 3.1.6 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.2$)

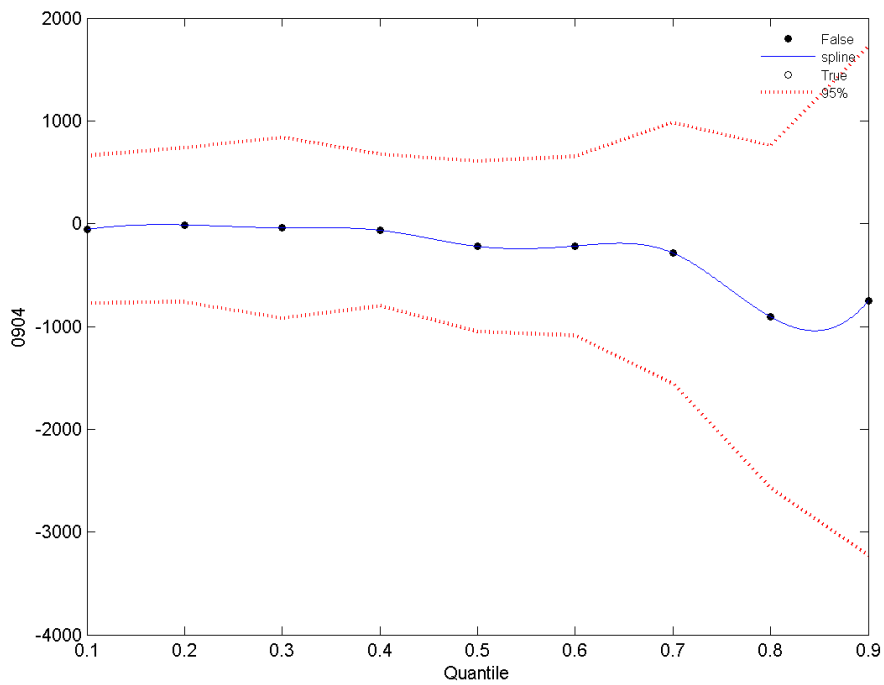


圖 3.1.7 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「裸露地」之相關性($\lambda=0.2$)

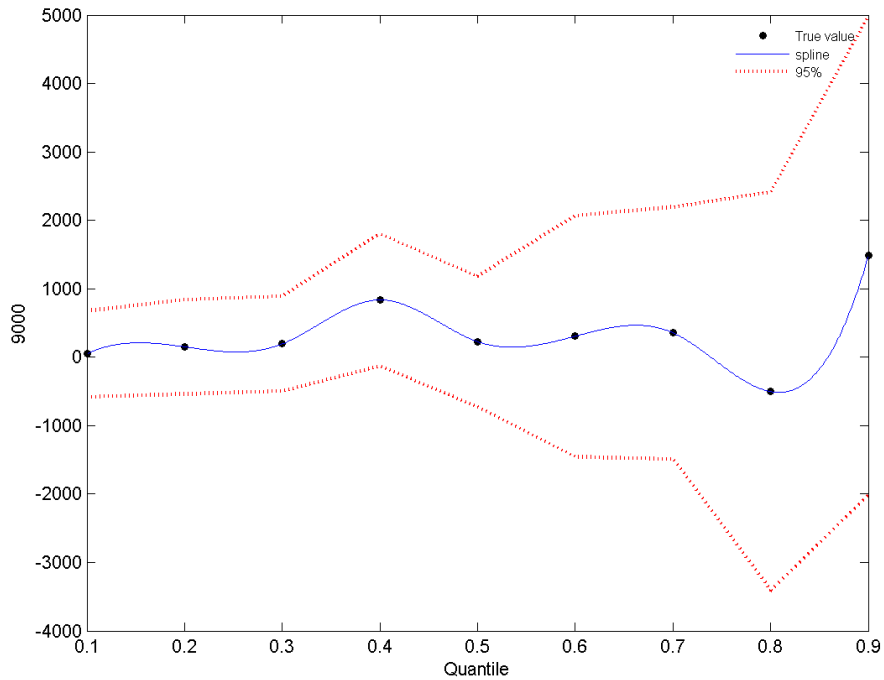


圖 3.1.8 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.2$)

B) $\lambda=0.5$

圖 3.1.9 至圖 3.1.13 分別為台灣南部鄉鎮市區登革熱疫情在懲罰因子為 0.5 時，與其有相關之土地使用類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95% 信賴區間之範圍。

圖 3.1.9 與圖 3.1.1 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上

屬於「農作」，裡面包含稻作、旱作、果樹及廢耕地。由圖 3.1.9 所示，在此類型土地利用比例增加時，對任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。與圖 3.1.1 相互比較，圖 3.1.9 之信賴區間範圍縮小，減少其不確定性。

圖 3.1.10 與圖 3.1.2 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「水產養殖」，係指水產養殖所使用之土地。由圖 3.1.10 得知，當此類型土地利用比例增加時，對分量 0.9 之負向影響最劇，即對登革熱疫情有減緩之趨勢，此外在其他分量則較無明顯對疫情有增溫或減緩之現象。與圖 3.1.2 相互比較得知，圖 3.1.10 除了其信賴區間範圍縮小，減少其不確定性之外，也將此土地利用類型對於各分量之影響緩和化。

圖 3.1.11 與圖 3.1.3 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「天然林」，裡面包含天然針葉樹純林、天然闊葉樹純林、天然竹林、天然竹針闊葉混淆林。如圖 3.1.11 所示，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量僅有些微的影響，即可能對登革熱疫情的增溫或減緩現象較不明顯。與圖 3.1.3 比較不同之處，圖 3.1.11 縮小信賴區間，減少其不確定性。

圖 3.1.12 在土地使用分類型第二級上屬於「人工林」，包含人工針葉樹純林、人工闊葉樹純林、人工竹林以及人工竹針闊葉混淆林。由圖 3.1.12 所示，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量皆有些微的負向影響，

即對疫情有稍微減緩之趨勢。

圖 3.1.13 與圖 3.1.5 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「住宅」，包含純住宅、兼工業使用住宅、兼商業使用住宅及兼其他使用住宅(指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%)。由圖 3.1.13 得知，當此類型土地利用比例增加時，對分量 0.8 及 0.9 有較明顯正向影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。與圖 3.1.5 相互比較，圖 3.1.13 縮小了信賴區間範圍，增加了準確性。

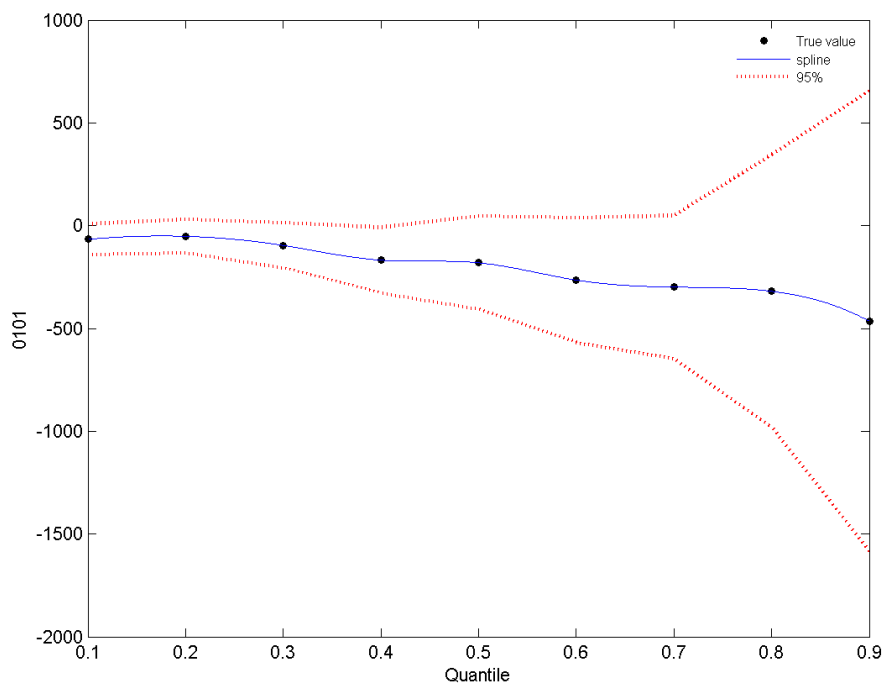


圖 3.1.9 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.5$)

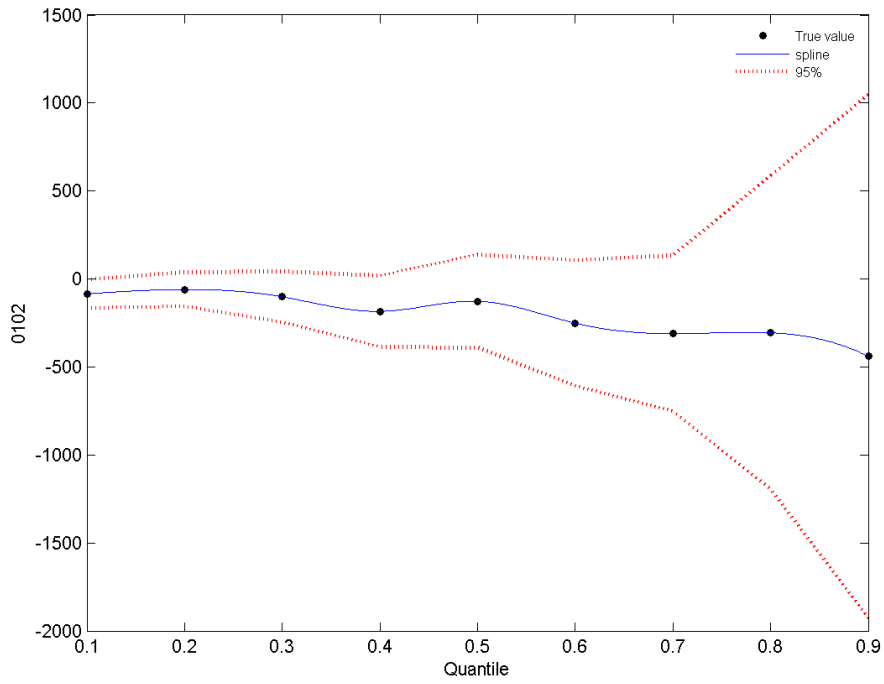


圖 3.1.10 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.5$)

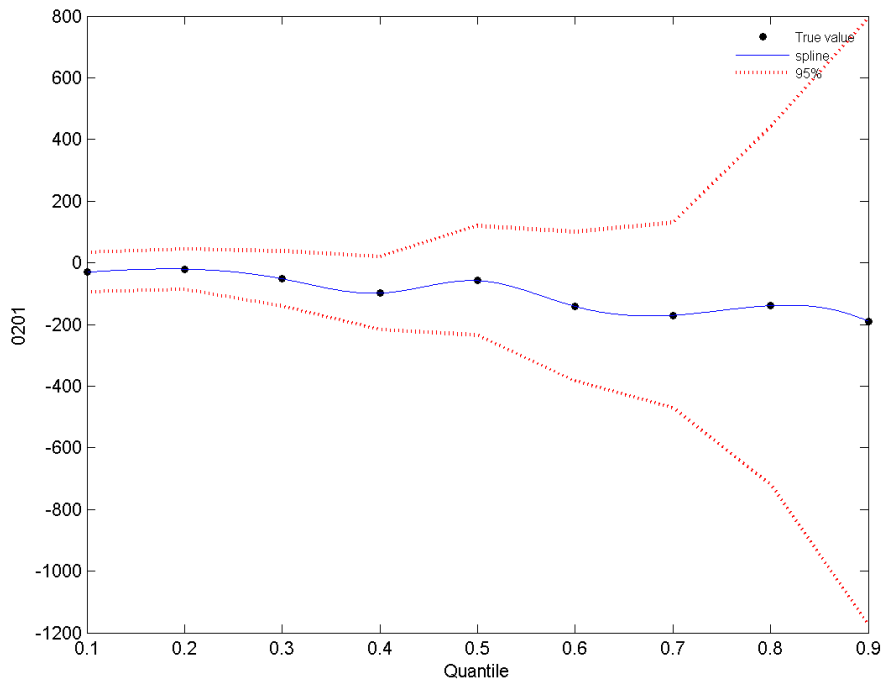


圖 3.1.11 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.5$)

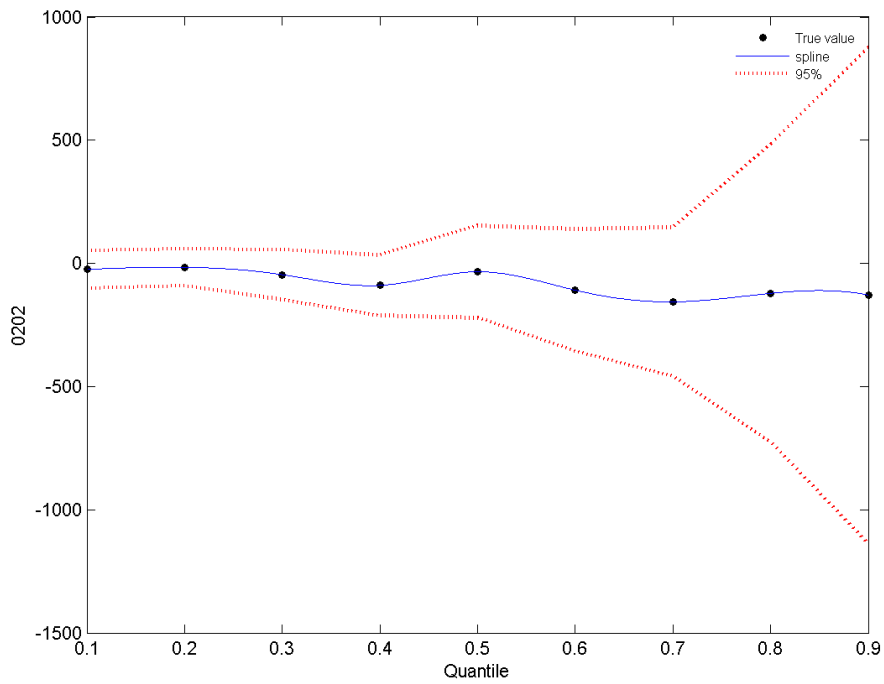


圖 3.1.12 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「人工林」之相關性($\lambda=0.5$)

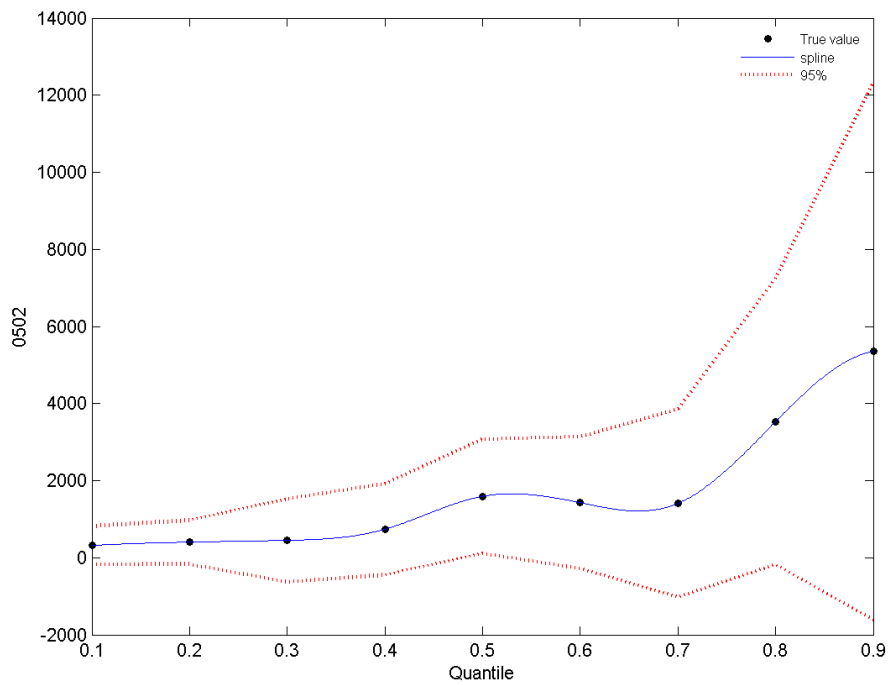


圖 3.1.13 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.5$)

C) 小結

利用不同的懲罰因子所挑選出對於南台灣鄉鎮市區尺度登革熱疫情有所影響的相同土地利用類型分別為「農作」、「水產養殖」、「天然林」、「住宅」。而這些土地使用類型中，對登革熱疫情有正向影響的為「住宅」，顯示當住宅比例增加，會對這些地區造成威脅；另一方面，「農作」、「水產養殖」、「天然林」對登革熱疫情為負向的影響，即當這些土地使用比例增加可能會降低登革熱對當地的威脅。

另外，在不同懲罰因子下，相同的土地利用因子對於各分量的影響程度不相同，較高的懲罰因子會使得分量迴歸之曲線較為平滑，得以更加仔細的去判讀與登革熱疫情有相關性之土地利用因子。

(2) 高雄市村里土地利用與登革熱疫情之相關性探討

A) $\lambda=0.2$

圖 3.1.14 至圖 3.1.33 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.2 時，與其有相關之土地使用類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛

線分別為藍線之 95% 信賴區間之範圍。

圖 3.1.14 在土地使用分類型第二級上屬於「農作」，裡面包含稻作、旱作、果樹及廢耕地。在圖 3.1.14 中，可以看出在不同分量時，當「農作」類型的土使用比例增加，對登革熱疫情皆為正向的影響，尤其以分量為 0.7 時之影響最劇，因此分量落於為 0.7 處之村里當其土地使用比例增加時，當地登革熱疫情增加之病例數也會較其他地區多。

圖 3.1.15 在土地使用分類型第二級上屬於「水產養殖」，係指水產養殖所使用之土地。在圖 3.1.15 中，當「水產養殖」類型的土地使用比例增加，對分量為 0.2~0.6 的登革熱疫情影響大致為負向，及土地使用比例增加會對這些村里的登革熱病例有減緩趨勢，但在較極端的 0.1 及 0.9 則為正向的影響，即當此類土地使用比例增加，這些村里的登革熱病例也就會相對的增加。

圖 3.1.16 在土地使用分類型第二級上屬於「天然林」，裡面包含天然針葉樹純林、天然闊葉樹純林、天然竹林、天然竹針闊葉混淆林。在圖 16 中，「天然林」類別的土地使用增加對不同分量的登革熱疫情影響皆為正值，即當土地使用比例增加登革熱病例也會相對的增加，其中又以分量為 0.8 時的影響最劇，即此地區的村里在這類型土地利用比例增加時所造成之登革熱疫情相對於其他地區較劇烈。

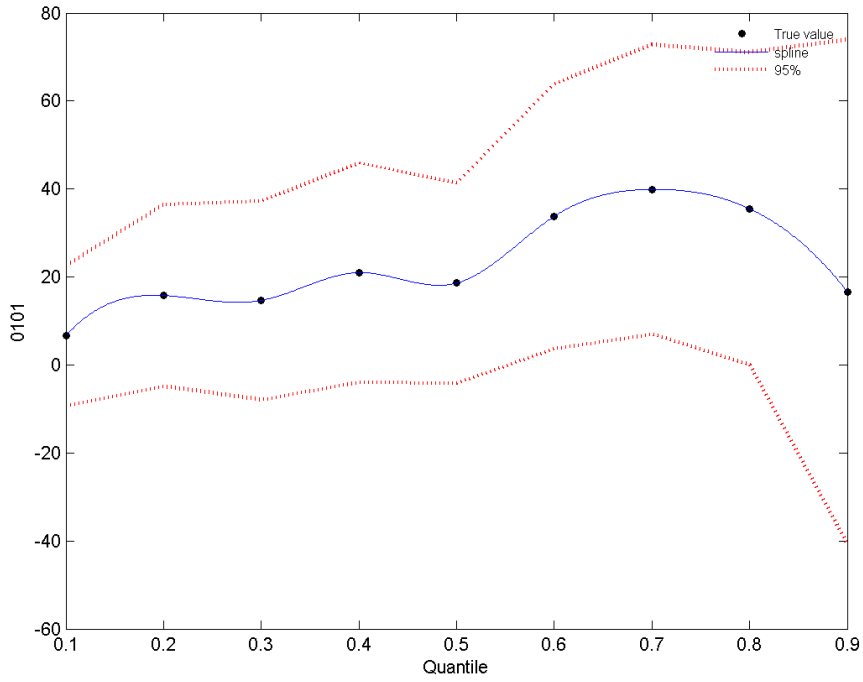


圖 3.1.14 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.2$)

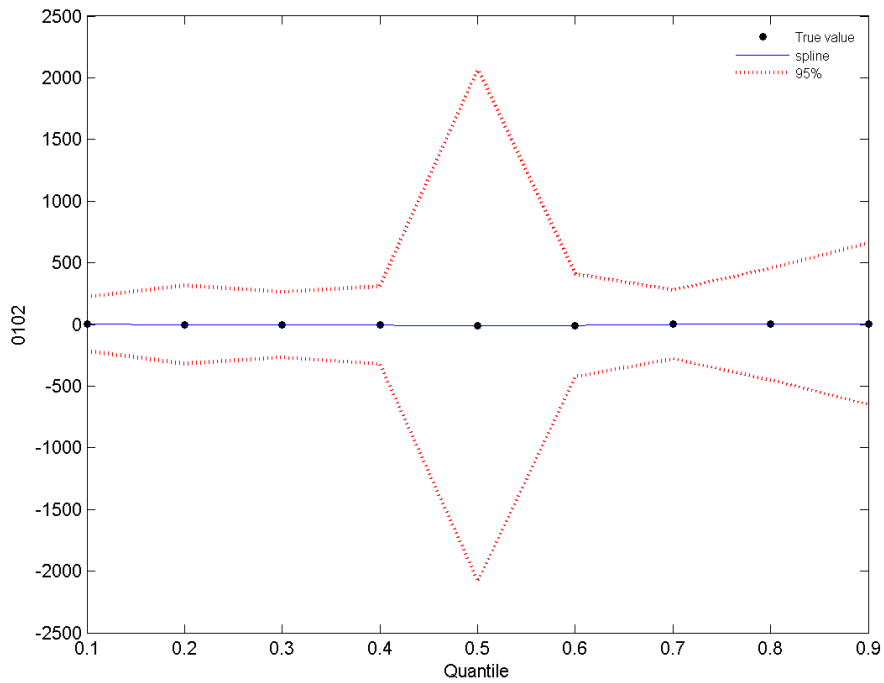


圖 3.1.15 高雄市村里登革熱疫情與「水產養殖」之相關性($\lambda=0.2$)

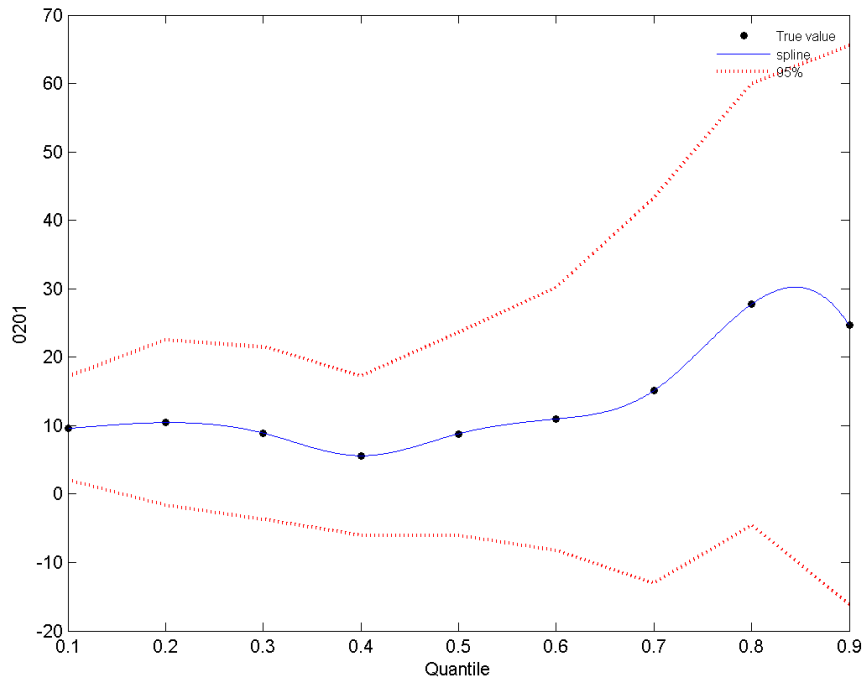


圖 3.1.16 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.2$)

圖 3.1.17 在土地使用分類型第二級上屬於「機場」，包含所有與機場相關之設施場地，但不包含軍機起降之機場，若為軍民合用之機場以及山區與離島之直昇機緊急停機坪亦屬本分類。由圖 17 可以得知，當此類土地利用比例增加時，對各分量並無明顯之影響，即對登革熱疫情無明顯之增溫或趨緩之現象。

圖 3.1.18 在土地使用分類型第二級上屬於「鐵路」，包含一般鐵路、高速鐵路、鐵路相關設施(如車站、機廠等)。由圖 3.1.18 看出，在不同分量下，若此土地利用比例增加則對於這些村里的登革熱疫情有減緩之情形發生，較不同的為在分量為 0.2 的部分，若此土地利用比例增加則對落於次分量之

村里的登革熱病例有正向的影響。

圖 3.1.19 在土地使用分類型第二級上屬於「道路」，包含國道、省道、快速道路、一般道路及道路相關設施(如客運站、服務站、停車場等)。圖 3.1.19 中，大部分之分量在此土地利用類型比例增加時，對這些村里中的登革熱疫情有正向的影響，而在分量為 0.3 及 0.4 時則相反，即此類土地利用類型增加對這些村里為負向的影響。

圖 3.1.20 在土地使用分類型第二級上屬於「港口」，包含商港、漁港、專用港(軍、商、漁以外之用港，不包含遊憩設施)及其他港口相關設施(如獨立燈塔)。由圖 3.1.20 得知，在不同分量中若此類土地利用比例增加，則對村里的登革熱疫情有正向的影響，尤其以分量為 0.8 及 0.9 之影響最劇。

圖 3.1.21 在土地使用分類型第二級上屬於「河道」，包含河川、減河(即指專為疏分本水道一定地段超量洪水而開闢之另一水道)、運河及堤防(包含設計之消波塊)。在圖 3.1.21 中，大部分之分量在此類土地利用比例增加對登革熱疫情為正向影響，尤其以分量 0.2 及 0.6 為最劇，此外僅分量為 0.9 與此類土地利用間為負向影響，即當此類土地利用比例增加時對分量為 0.9 之村里的登革熱疫情有減緩的趨勢。

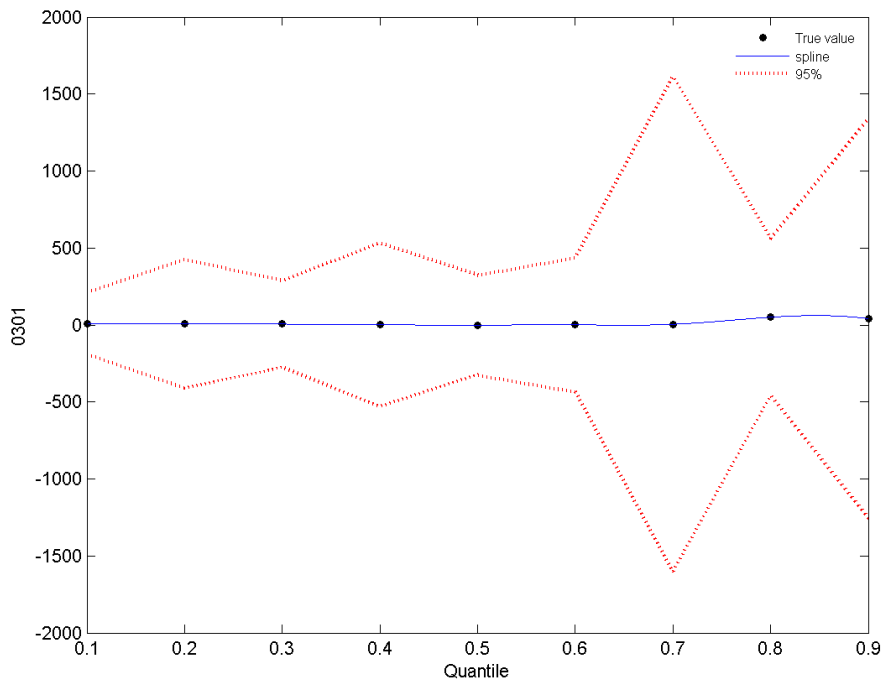


圖 3.1.17 高雄市村里登革熱疫情與「機場」之相關性($\lambda=0.2$)

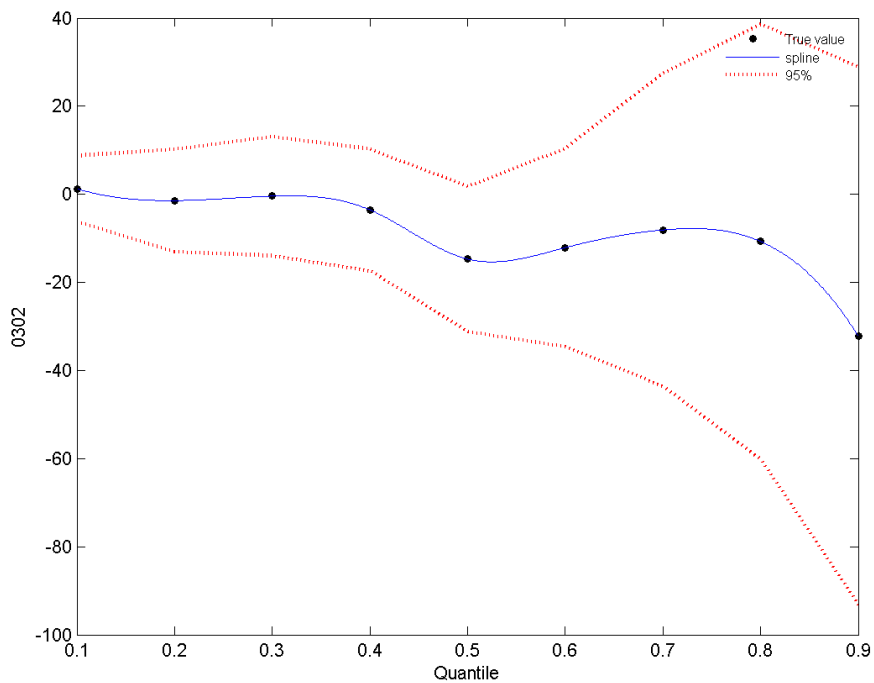


圖 3.1.18 高雄市村里登革熱疫情與「鐵路」之相關性($\lambda=0.2$)

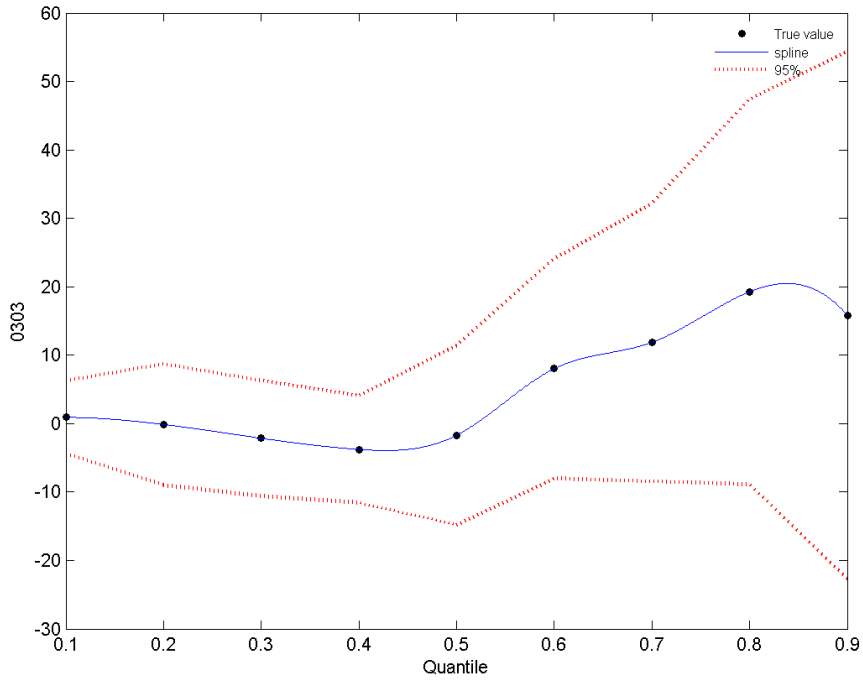


圖 3.1.19 高雄市村里登革熱疫情與「道路」之相關性($\lambda=0.2$)

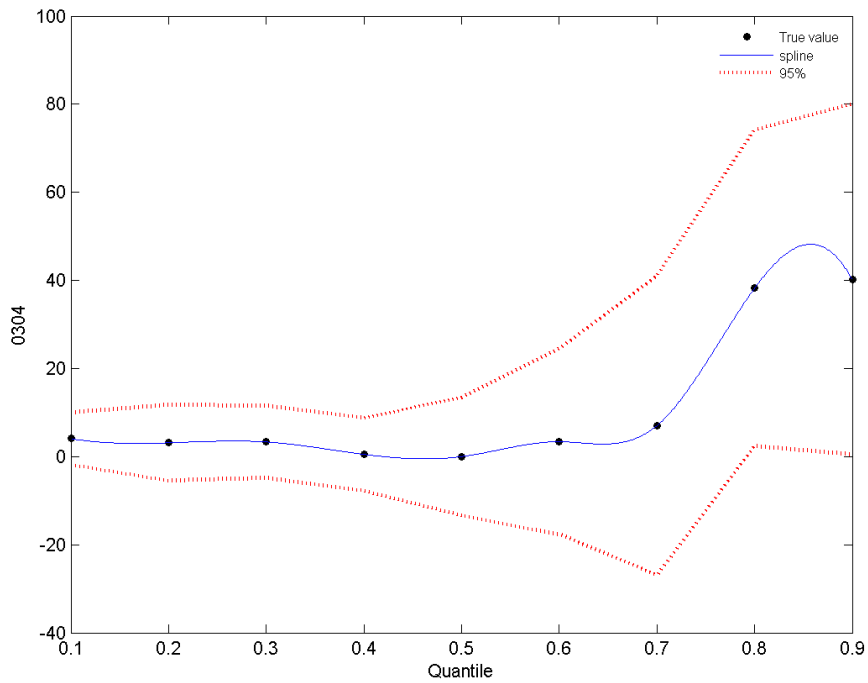


圖 3.1.20 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.2$)

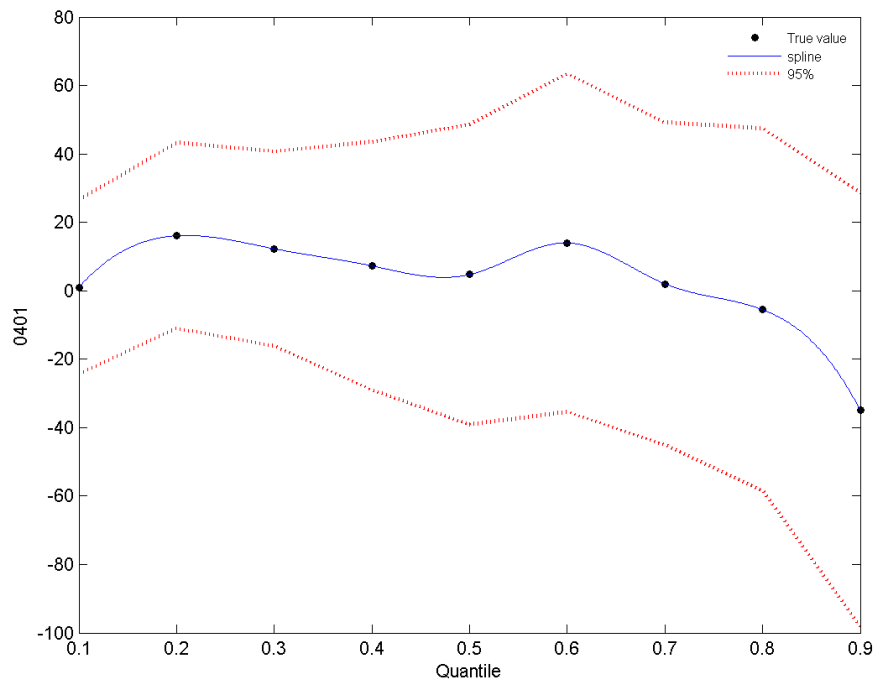


圖 3.1.21 高雄市村里登革熱疫情與「河道」之相關性($\lambda=0.2$)

圖 3.1.22 在土地使用分類型第二級上屬於「溝渠」，包括灌溉、排水、給水及相關設施。由圖 3.1.22 得知，若此類土地利用比例增加對分量為 0.3 及 0.4 之村里登革熱疫情為正向影響，反之其他分量在此土地利用比例增加時為負向之影響，即對於登革熱疫情有減緩之趨勢。

圖 3.1.23 在土地使用分類型第二級上屬於「商業」，包含零售批發(係指買賣貨品之土地)及服務業。由圖 3.1.23 得知，此類土地利用比例增加時對分量為 0.4~0.7 之村里登革熱疫情為負向之影響，即有減緩之趨勢，反之在其他分量則為正向影響，對登革熱疫情有加溫的趨勢。

圖 3.1.24 在土地使用分類型第二級上屬於「住宅」，包含純住宅、兼工

業使用住宅、兼商業使用住宅及兼其他使用住宅(指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%)。由圖 3.1.24 得知，若此類土地利用比例增加，任何分量下對於登革熱疫情影響皆為正向，即可能使得登革熱疫情增加，尤其以分量為 0.7~0.9 影響最劇。

圖 3.1.25 在土地使用分類型第二級上屬於「工業」，包含製造業及倉儲設備，但不包括農業、林業場地儲存活動所使用之土地。由圖 3.1.25 所得知，此類土地利用比例增加對於分量為 0.5 之村里之登革熱疫情為負向影響，其他分量則為正向影響。

圖 3.1.26 在土地使用分類型第二級上屬於「其他建築用地」，包含宗教、殯葬設施、興建中之建築及其他(如人民團體、財團法人等類別)。由圖 26 得知，當此類土地利用比例增加時對於分量為 0.4 之村里為負向影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢，反之其他分量在此類土地利用比例增加時對登革熱疫情則有加溫之趨勢。

圖 3.1.27 在土地使用分類型第二級上屬於「政府機關」，包含政府機關、民意機關、國際組織、外國使領館、其他外國機構等。由圖 3.1.27 所示，在此類型土地利用比例增加時，對於每一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量為 0.8 之村里最劇。

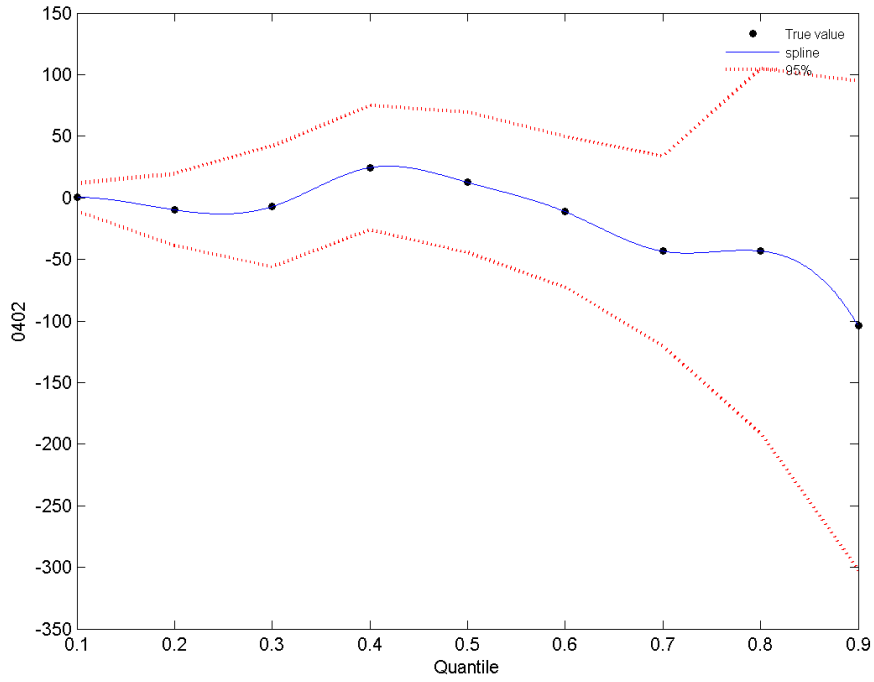


圖 3.1.22 高雄市村里登革熱疫情與「溝渠」之相關性($\lambda=0.2$)

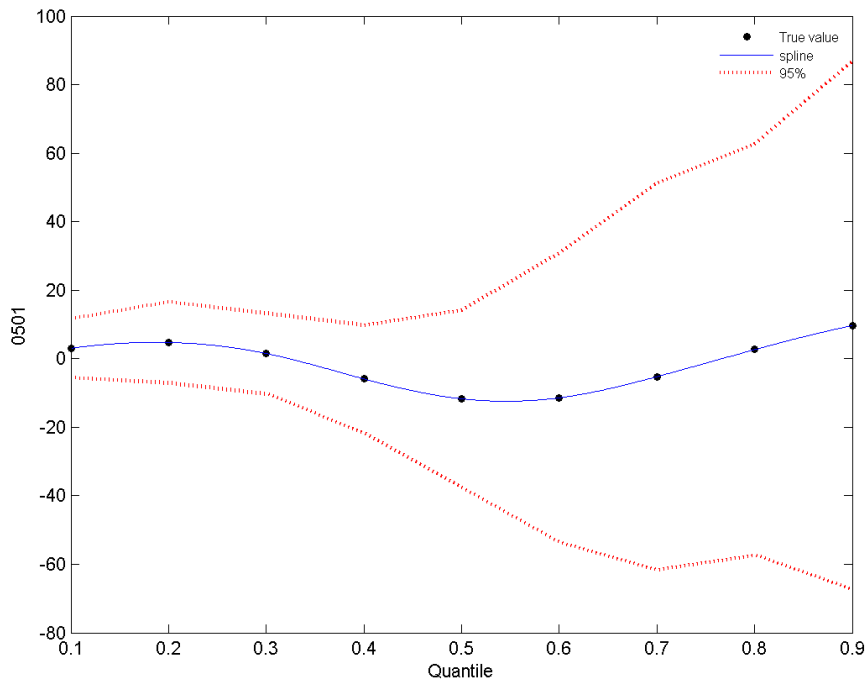


圖 3.1.23 高雄市村里登革熱疫情與「商業」之相關性($\lambda=0.2$)

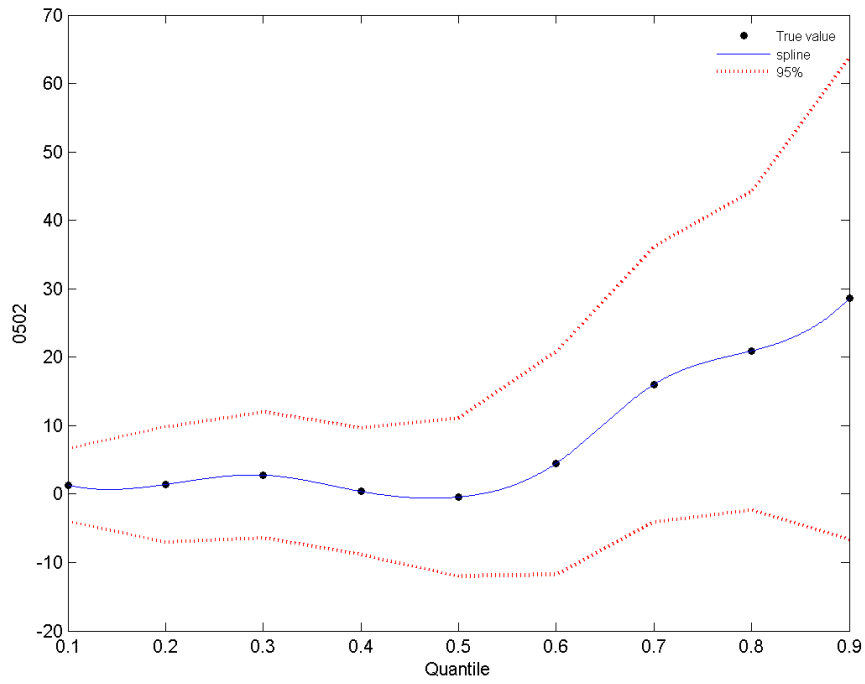


圖 3.1.24 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.2$)

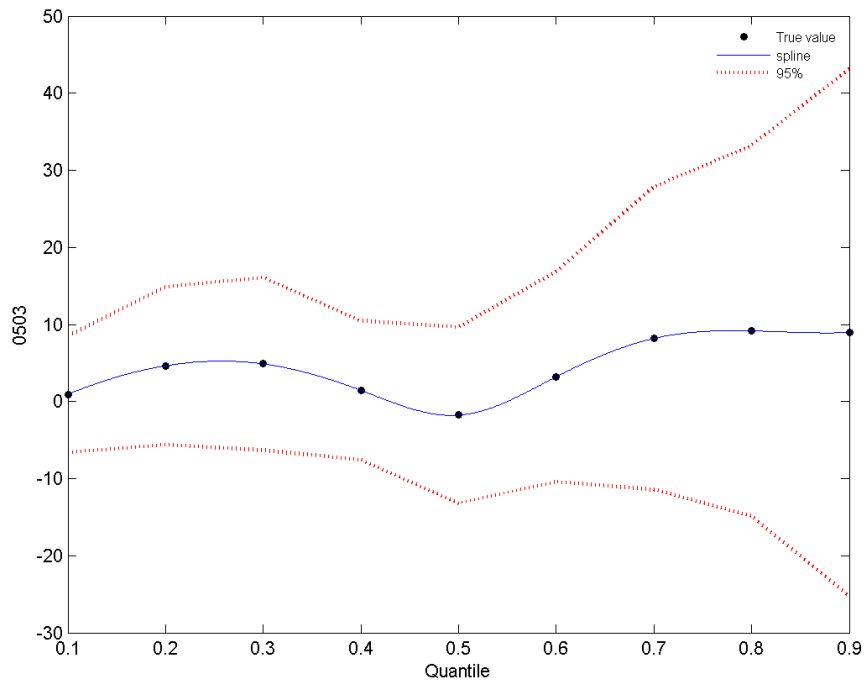


圖 3.1.25 高雄市村里登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.2$)

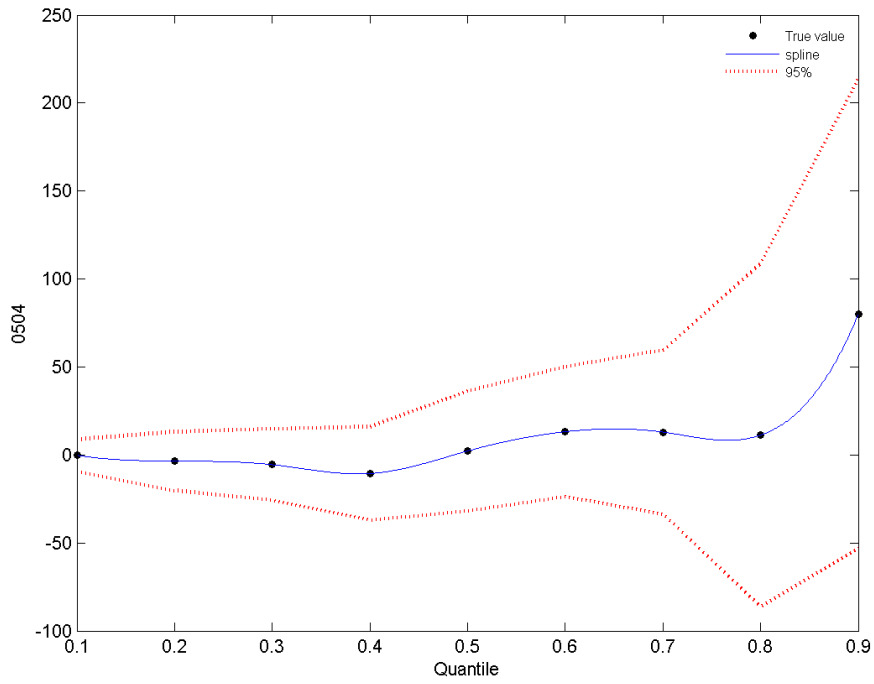


圖 3.1.26 高雄市村里登革熱疫情與「其他建築用地」之相關性($\lambda=0.2$)

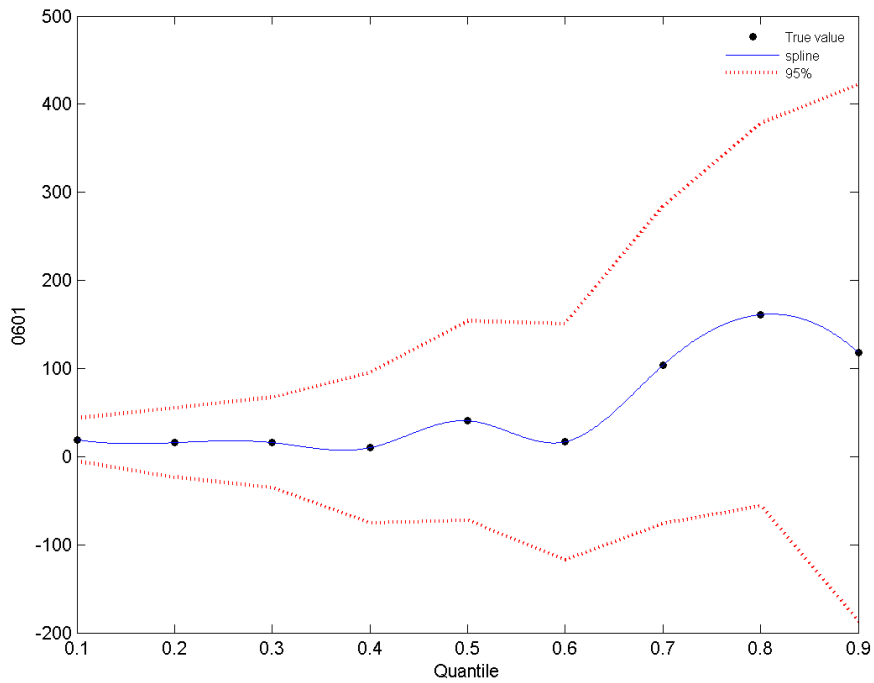


圖 3.1.27 高雄市村里登革熱疫情與「政府機關」之相關性($\lambda=0.2$)

圖 3.1.28 在土地使用分類型第二級上屬於「學校」，包含幼稚園、小學、中學、大專院校及特種學校。由圖 3.1.28 得知，當此類土地利用比例增加對於分量為 0.4 及 0.5 為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢，反之此類土地利用比例增加對於其他分量之村里則為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。

圖 3.1.29 在土地使用分類型第二級上屬於「醫療保健」，包括醫院、診所、衛生所及衛生室、醫事技術及其他醫療保健服務之類別。由圖 3.1.29 所示，此類型土地利用比例增加對每一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。

圖 3.1.30 在土地使用分類型第二級上屬於「文化設施」，包含法定文化資產、一般文化設施(如博物館、演藝廳、音樂廳、文化中心等)及其他文化設施(如教育部主管之社會教育館、動植物園、海洋生態館、海洋公園、科學館等)。由圖 3.1.30 得知，此類土地利用比例增加對於任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，其中又以分量為 0.6~0.9 為最劇。

圖 3.1.31 在土地使用分類型第二級上屬於「休閒設施」，包含公園綠地廣場、遊樂場所(包括室內遊樂場及戶外遊樂場之類別)及體育場所。由圖 3.1.31 所示，當此類土地利用比例增加時對於分量為 0.5 之村里為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢，此外對於其他分量則為正向之影響，

即對登革熱疫情有增溫之趨勢。

圖 3.1.32 在土地使用分類型第二級上屬於「空置地」，包含未使用之地(即指土地空置，且尚無特定用途者)、人工改變中之土地(係指已整地或正整地準備開發利用為某特定用途者，包含海埔新生地)及測量標(依「測量標設置保護條例施行細則」第七條規定之永久測量標使用者，包括覘標、標石、標架、標桿、標尺、水尺、航用燈標、航用浮標等)。由圖 3.1.32 得知，此類土地利用比例增加時對於分量為 0.6~0.9 之村里為正向之影響，即對疫情有增溫趨勢，反之，在分量為 0.1~0.5 之村里為負向影響，即此類土地利用比例增加對於登革熱疫情有減緩之趨勢。

圖 3.1.33 在土地使用分類型第二級上屬於「其他用地」。由圖 3.1.33 得知，此類土地利用比例增加對於任一分量皆為正向影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，其中又以分量為 0.6~0.8 之村里影響最劇。

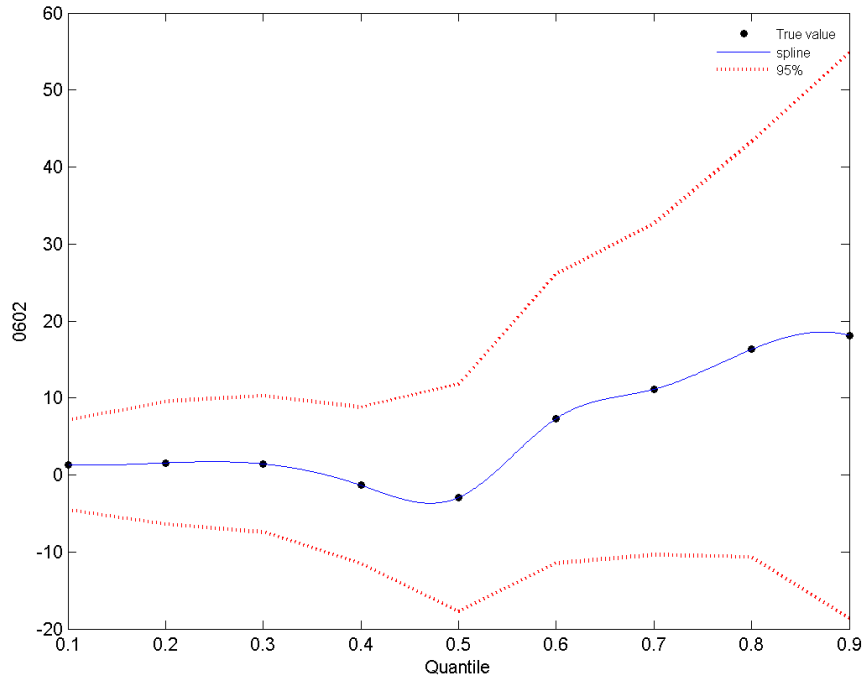


圖 3.1.28 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.2$)

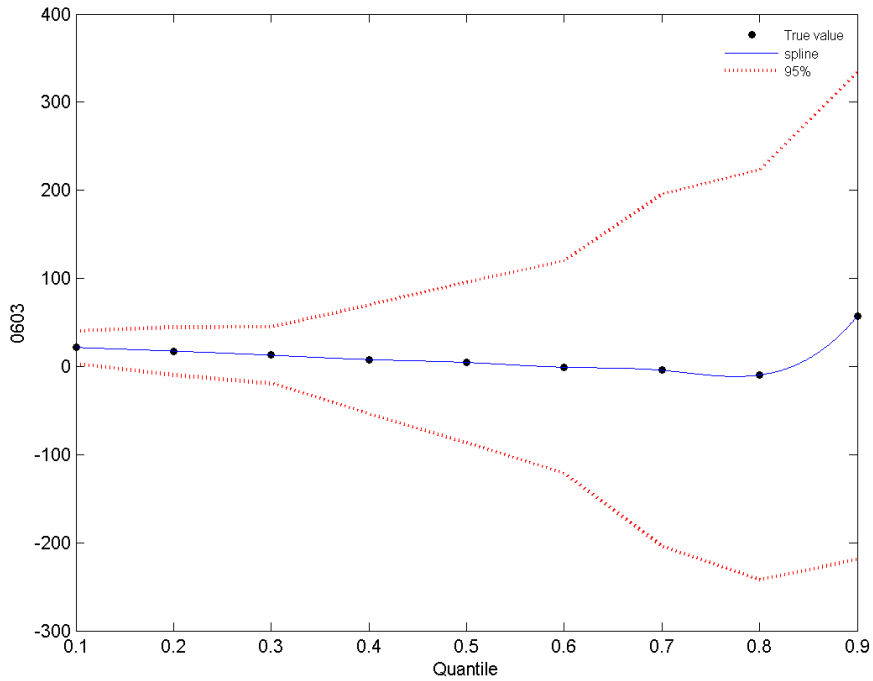


圖 3.1.29 高雄市村里登革熱疫情與「醫療保健」之相關性($\lambda=0.2$)

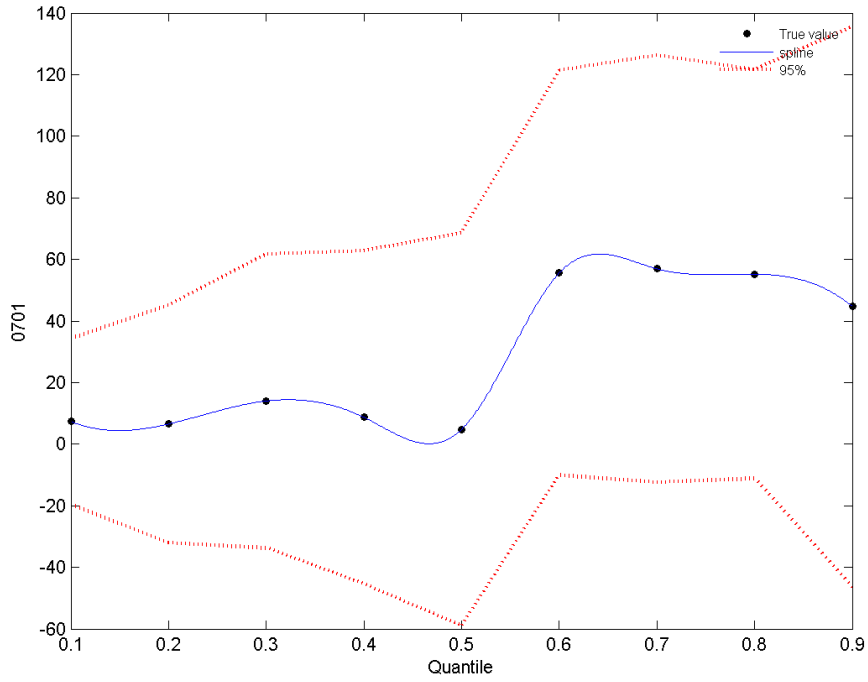


圖 3.1.30 高雄市村里登革熱疫情與「文化設施」之相關性($\lambda=0.2$)

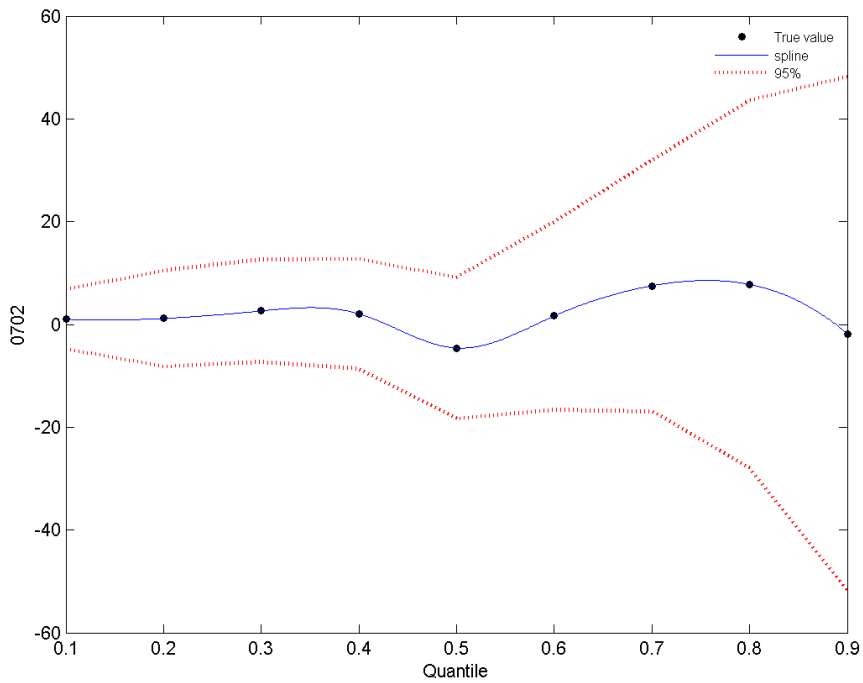


圖 3.1.31 高雄市村里登革熱疫情與「休閒設施」之相關性($\lambda=0.2$)

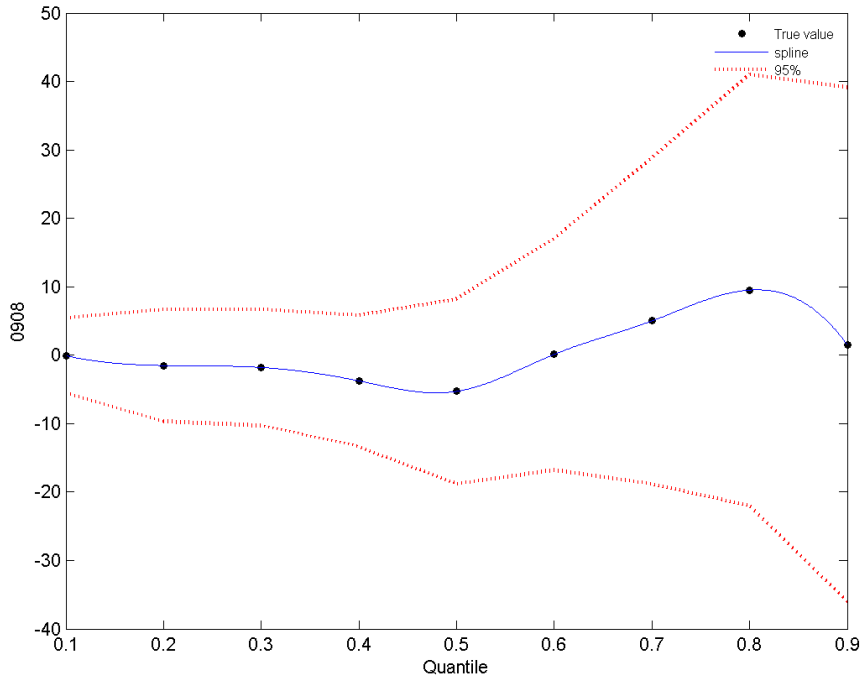


圖 3.1.32 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.2$)

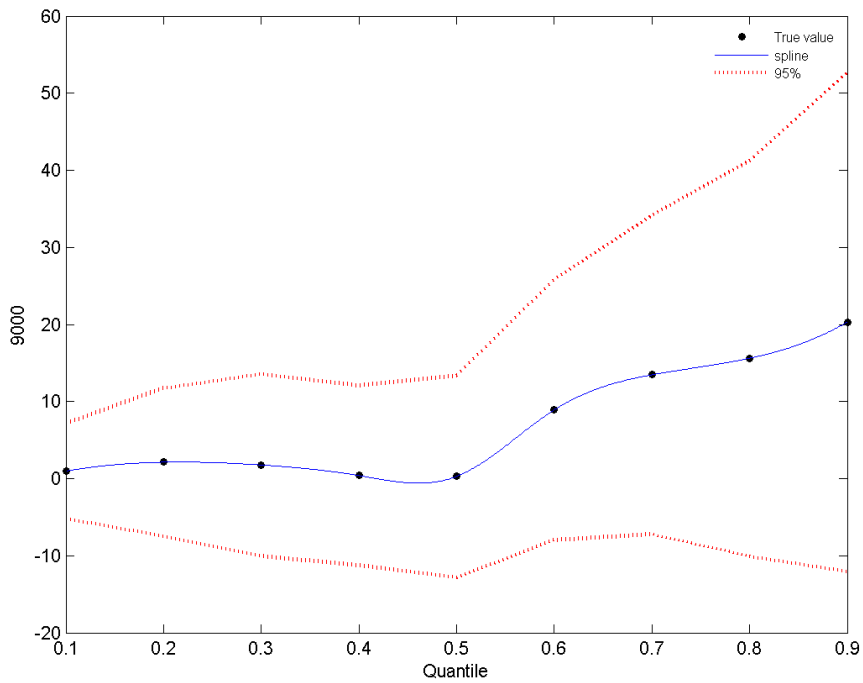


圖 3.1.33 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.2$)

B) $\lambda=0.5$

圖 3.1.34 至圖 3.1.42 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.5 時，與其有相關之土地使用類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.34 與圖 3.1.14 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「農作」，裡面包含稻作、旱作、果樹及廢耕地。由圖 3.1.34 得知，在此類土地利用比例增加時對於任一分量為正向之影響，即對於登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量為 0.6 之影響最劇。與圖 3.1.14 不同之處在於其信賴區間範圍縮小，減少其不確定性。

圖 3.1.35 與圖 3.1.16 之土地利用類型相同，土地使用分類型第二級上屬於「天然林」，裡面包含天然針葉樹純林、天然闊葉樹純林、天然竹林、天然竹針闊葉混淆林。由圖 3.1.35 得知，當此類土地利用比例增加時對於任一分量之影響皆為正向影響，尤其以分量 0.6 最劇。與圖 3.1.16 不同之處在於圖 3.1.35 之信賴區間範圍縮小，增加其準確性。

圖 3.1.36 與圖 3.1.18 之土地利用類型相同，土地使用分類型第二級上

屬於「鐵路」，包含一般鐵路、高速鐵路、鐵路相關設施(如車站、機廠等)。由圖 3.1.36 所示，當此類土地利用增加對於任一分量之影響皆為正向之影響，即可能會使得登革熱疫情有增溫之現象。此外，與圖 3.1.18 不同之處在於圖 3.1.36 之信賴區間範圍所小，不確定性減少而增加其準確度。

圖 3.1.37 與圖 3.1.19 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「道路」，包含國道、省道、快速道路、一般道路及道路相關設施(如客運站、服務站、停車場等)。由圖 3.1.37 得知，在此類土地利用比例增加時對於任一分量皆為負向之影響，即對於登革熱疫情有顯緩之趨勢，尤其以分量為 0.7 及 0.9 之村里影響最為明顯。與圖 3.1.19 相互比較發現，除了信賴區間之範圍縮小，增加其準確性之外，在分量為 0.8 時，圖 3.1.37 減緩了此土地利用對於登革熱疫情之影響程度。

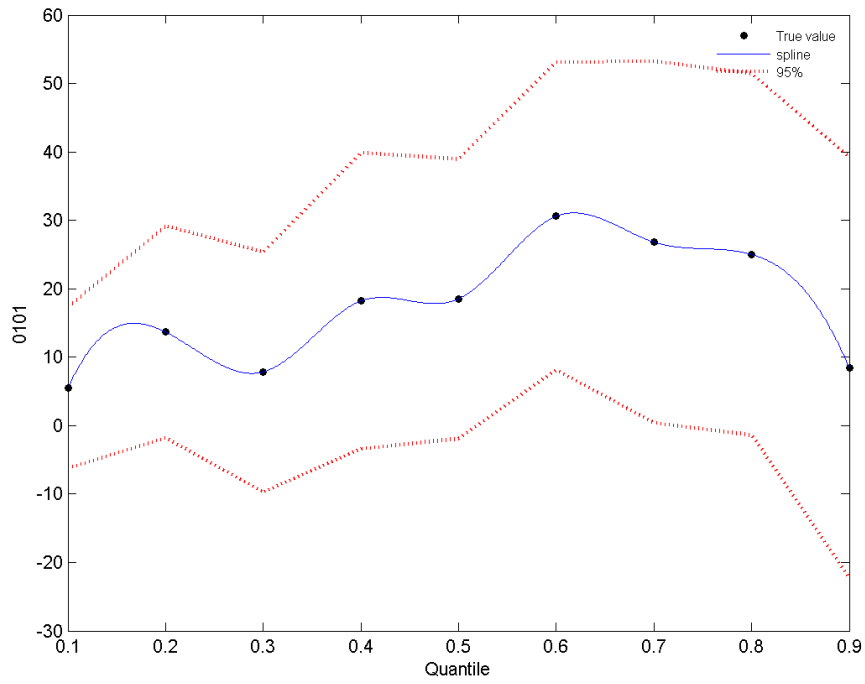


圖 3.1.34 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.5$)

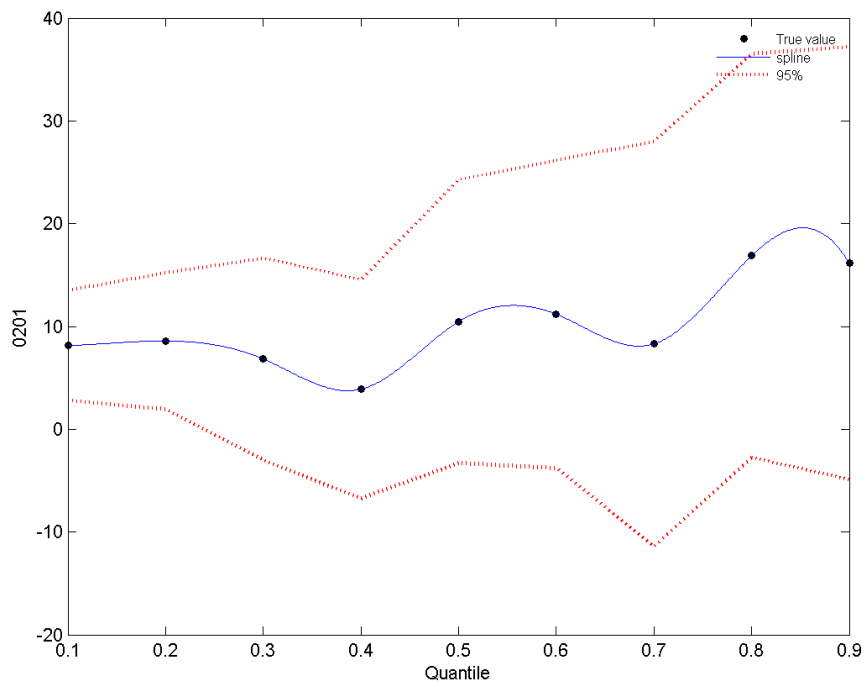


圖 3.1.35 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.5$)

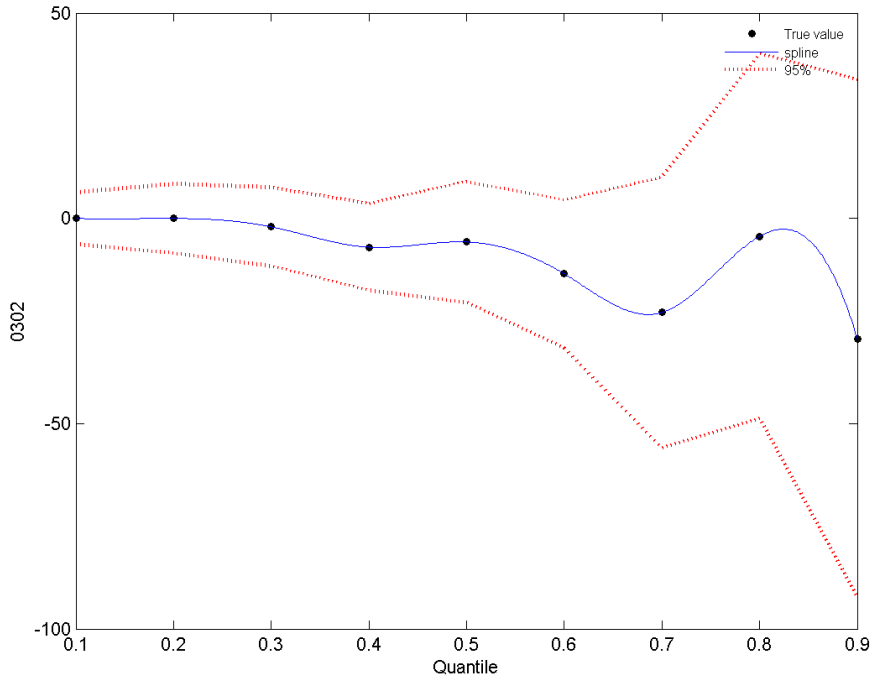


圖 3.1.36 高雄市村里登革熱疫情與「鐵路」之相關性($\lambda=0.5$)

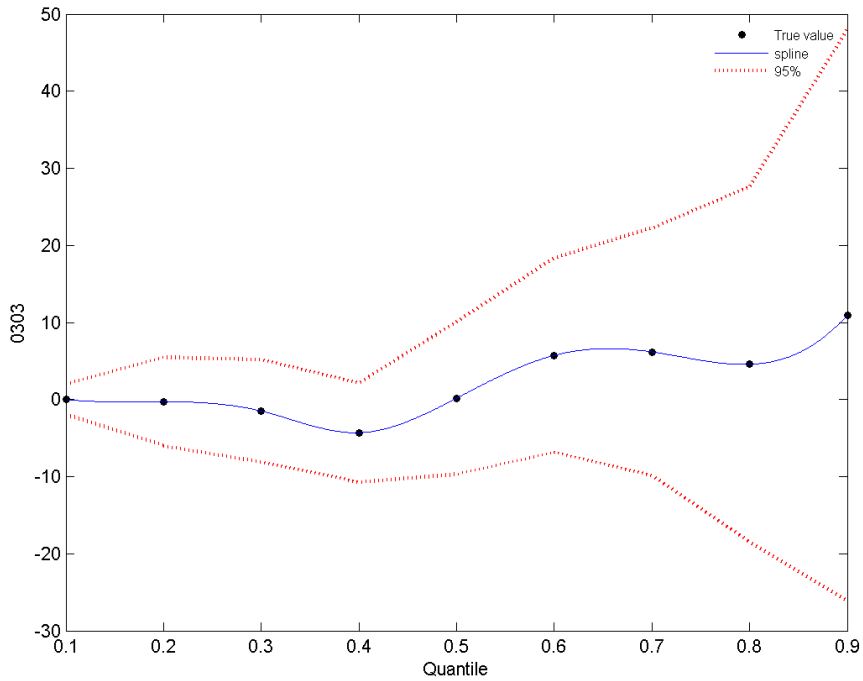


圖 3.1.37 高雄市村里登革熱疫情與「道路」之相關性($\lambda=0.5$)

圖 3.1.38 與圖 3.1.20 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「港口」，包含商港、漁港、專用港(軍、商、漁以外之用港，不包含遊憩設施)及其他港口相關設施(如獨立燈塔)。由圖 3.1.38 得知，在此類土地利用比例增加時，對於分量 0.4 之村里為負向之影響，即對於登革疫情有減緩之趨勢，反之對於其他地區為正向之影響，即對於登革熱疫情有增溫之趨勢。與圖 3.1.20 不同之處在於圖 38 之信賴區間範圍縮小，降低其不確定性。

圖 3.1.39 與圖 3.1.24 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「住宅」，包含純住宅、兼工業使用住宅、兼商業使用住宅及兼其他使用住宅(指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%)。由圖 3.1.39 得知，當此土地利用比例增加時，對於任一分量皆為正向之影響，即對於登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量為 0.9 之趨勢最劇。與圖 3.1.24 不同之處在於圖 3.1.39 之信賴區間縮小，增加其準確性。

圖 3.1.40 與圖 3.1.28 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「學校」，包含幼稚園、小學、中學、大專院校及特種學校。由圖 3.1.40 得知，當此類土地利用比例增加時，對於分量為 0.6~0.9 為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，反之其他分量對於此類土地利用比例增加時

較無對登革熱疫情有明顯之增溫或趨緩之現象。與圖 3.1.28 比較，不同之處在於圖 3.1.40 將分量為 0.5 之相關性降低，而圖 3.1.28 則認為分量為 0.5 與登革熱疫情為負向影響。

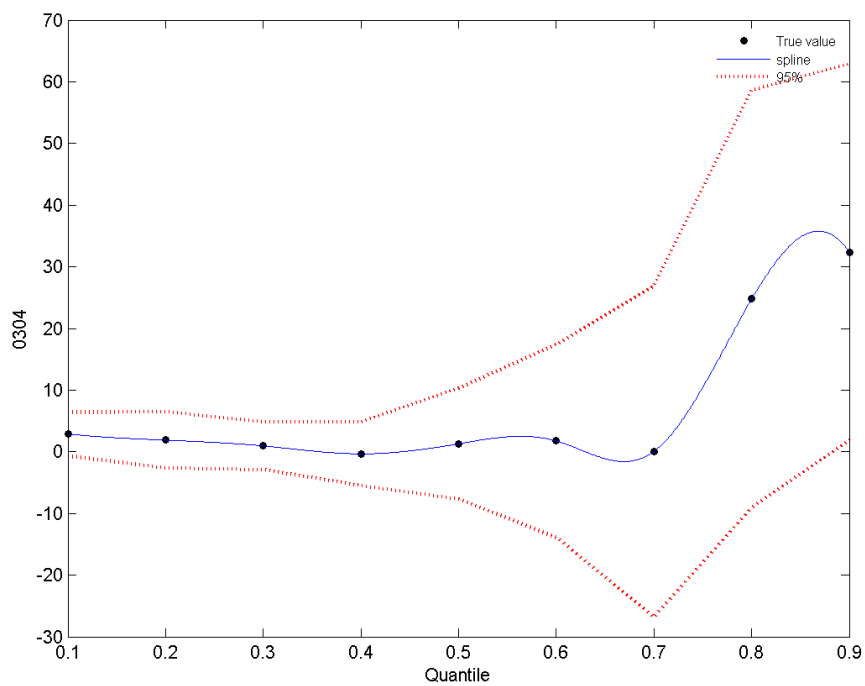


圖 3.1.38 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.5$)

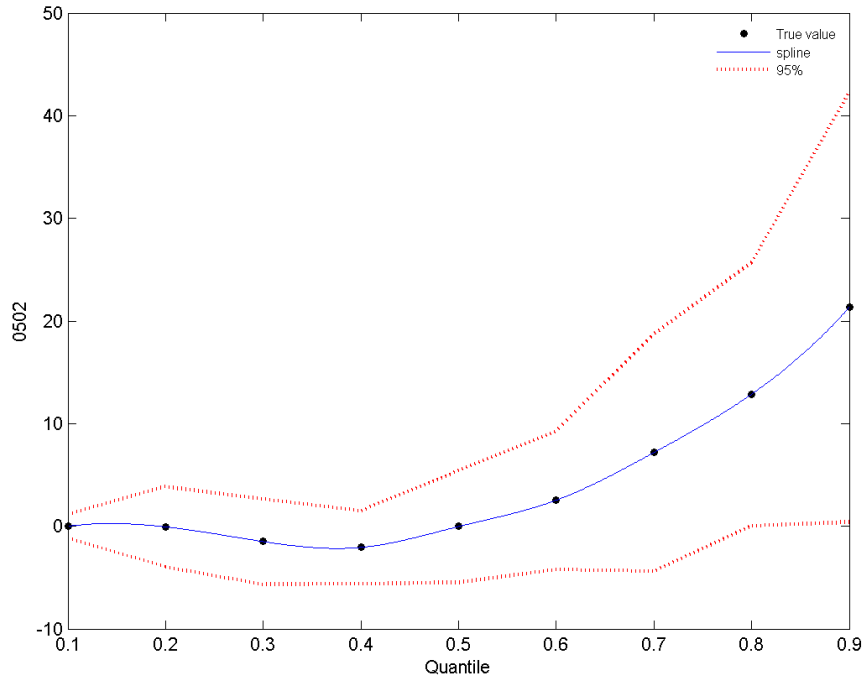


圖 3.1.39 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.5$)

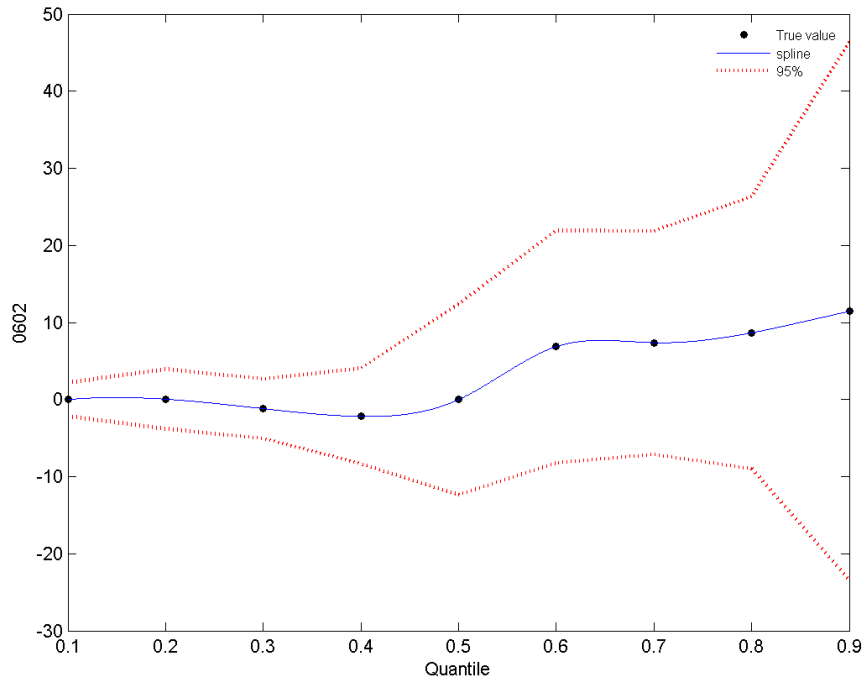


圖 3.1.40 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.5$)

圖 3.1.41 與圖 3.1.32 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「空置地」，包含未使用之土地(即指土地空置，且尚無特定用途者)、人工改變中之土地(係指已整地或正整地準備開發利用為某特定用途者，包含海埔新生地)及測量標(依「測量標設置保護條例施行細則」第七條規定之永久測量標使用者，包括覘標、標石、標架、標桿、標尺、水尺、航用燈標、航用浮標等)。由圖 3.1.41 得知，當此類型土地利用比例增加時，對於分量為 0.5 及 0.9 為負向之影響，即對於登革熱疫情有趨緩之效應，反之在其他分量則較無明顯增溫或趨緩之影響。與圖 3.1.32 比較得知，圖 3.1.41 中任一分量對於此類土地利用比例增加對於登革熱疫情較無強烈之影響，而圖 3.1.32 在分量為 0.7~0.9 對登革熱疫情為正向之影響，顯示在此懲罰因子下此類土地利用類型被歸類為對登革熱疫情較無增溫之趨勢。

圖 3.1.42 與圖 3.1.33 之土地利用類型相同，土地使用分類型第二級上屬於「其他用地」。由圖 3.1.42 得知，此類土地利用比例增加時對於分量為 0.5~0.9 為正向之影響，即對登革熱疫情之影響有些許增溫趨勢，反之在其他分量則對於登革熱疫情較無明顯增溫或減緩之趨勢。與圖 3.1.42 相互比較得知，圖 3.1.33 之信賴區間縮小，減少其不確定性。

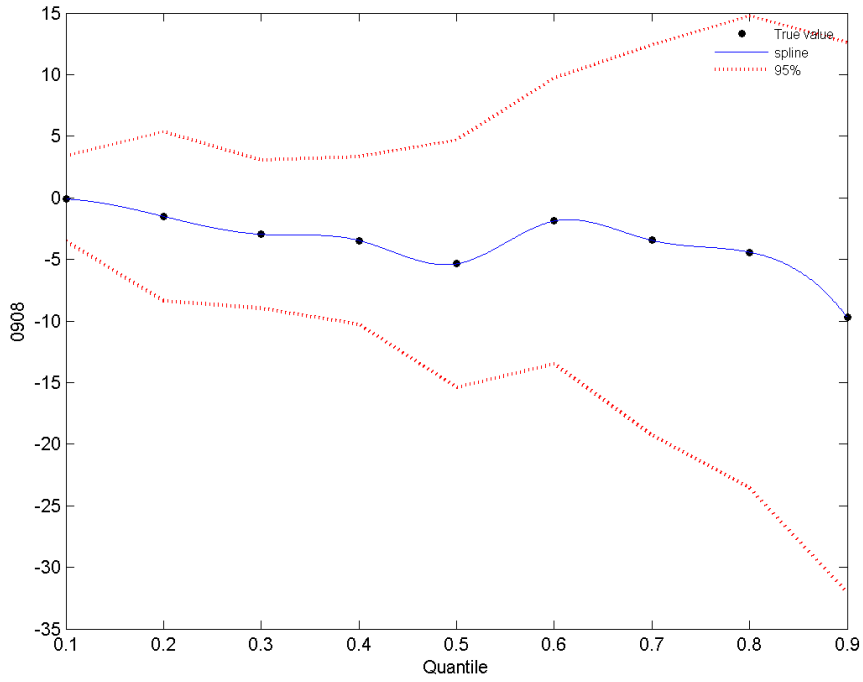


圖 3.1.41 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.5$)

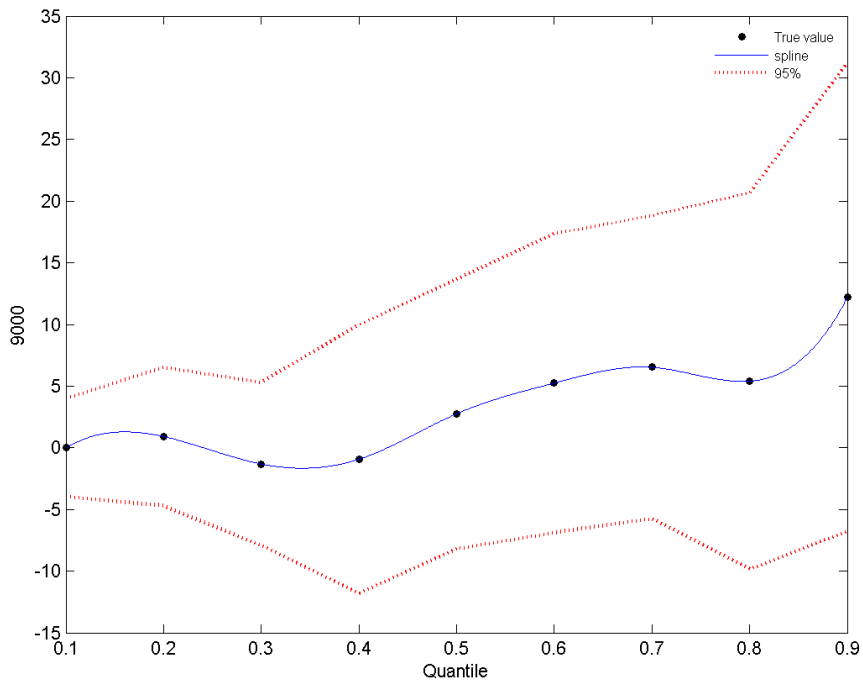


圖 3.1.42 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.5$)

C) $\lambda=0.8$

圖 3.1.43 至圖 3.1.50 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.8 時，與其有相關之土地使用類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.43、圖 3.1.14 及圖 3.1.34 之土地利用類型相同，在土地使用分類第二級上屬於「農作」，裡面包含稻作、旱作、果樹及廢耕地。由圖 3.1.43 得知，當此類型土地利用比例增加時，對任一分量之登革熱疫情皆為正向之影響，尤其以分量為 0.7 之影響最劇。與圖 3.1.14 及圖 3.1.34 相互比較得知，圖 3.1.43 之信賴區間之範圍縮小，減少其不確定性。

圖 3.1.44、圖 3.1.16 及圖 3.1.35 之土地利用類型相同，土地使用分類第二級上屬於「天然林」，裡面包含天然針葉樹純林、天然闊葉樹純林、天然竹林、天然竹針闊葉混淆林。由圖 3.1.44 得知，當此類土地利用比例增加時，對於任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。與圖 3.1.16 及圖 3.1.35 比較得知，除了圖 3.1.44 之信賴區間之範圍所小，減少其不確定性之外，也降低了不同分量對於登革熱疫情正向之影響，如圖

3.1.16 之分量為 0.9。

圖 3.1.45、圖 3.1.20 及圖 3.1.38 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「港口」，包含商港、漁港、專用港(軍、商、漁以外之用港，不包含遊憩設施)及其他港口相關設施(如獨立燈塔)。由圖 3.1.45 得知，當此類土地利用比例增加時，對於分量為 0.8 及 0.9 為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，反之在其他分量則對於登革熱疫情較無明顯增溫或減緩之趨勢。與圖 3.1.20 及圖 3.1.38 比較得知，圖 3.1.45 之信賴區間範圍縮小，減少其不確定性。

圖 3.1.46、圖 3.1.24 及圖 3.1.39 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「住宅」，包含純住宅、兼工業使用住宅、兼商業使用住宅及兼其他使用住宅(指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%)。由圖 3.1.46 所示，當次類型土地利用比例增加，對分量為 0.6~0.9 為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量為 0.9 之影響最劇；反之在其他分量則較無對登革熱疫情有明顯增溫或緩和之趨勢。與圖 3.1.24 及圖 3.1.39 比較得知，圖 3.1.46 之信賴區間明顯變小，將其不確定性縮小，增加其準確性。

圖 3.1.47 與圖 3.1.25 之土地利用類型相同，在土地使用分類型第二級上屬於「工業」，包含製造業及倉儲設備，但不包括農業、林業場地儲存活

動所使用之土地。圖 3.1.47 顯示，當此類型土地利用比例增加，對分量為 0.9 有負向之影響，即對登革熱疫情有緩和之趨勢，反之在其他分量則較無明顯對登革熱疫情有增溫或緩和之趨勢。

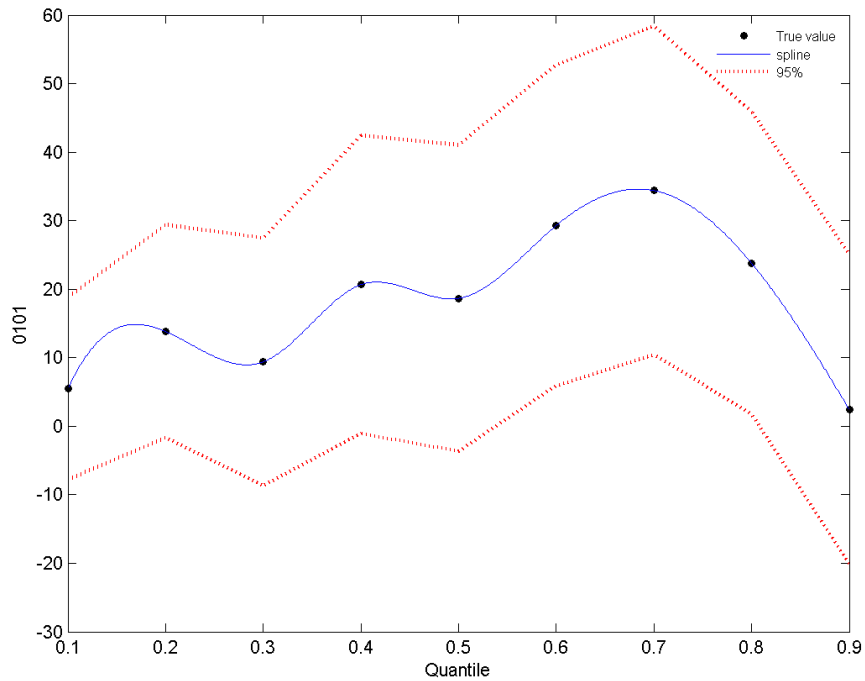


圖 3.1.43 高雄市村里登革熱疫情與「農作」之相關性($\lambda=0.8$)

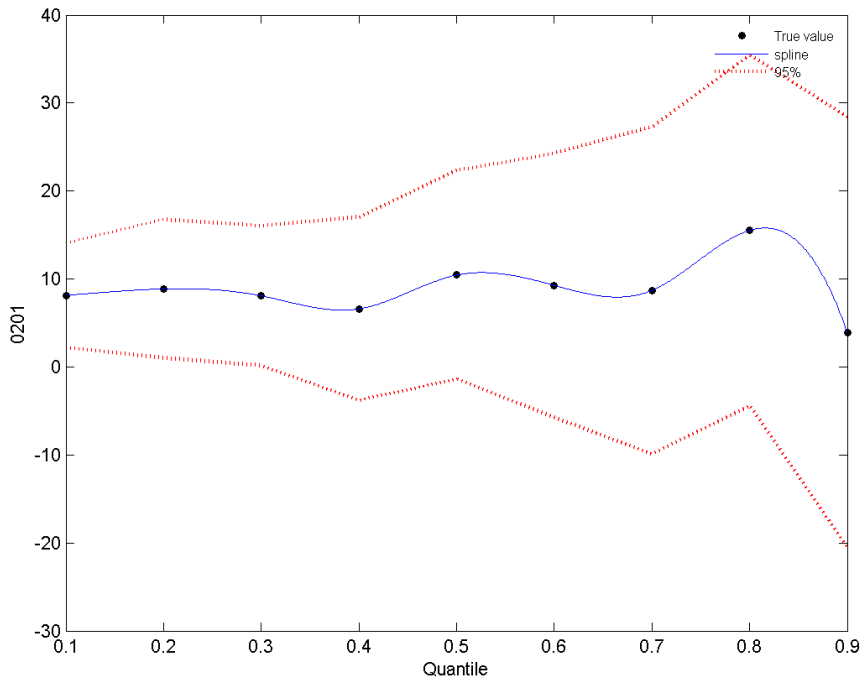


圖 3.1.44 高雄市村里登革熱疫情與「天然林」之相關性($\lambda=0.8$)

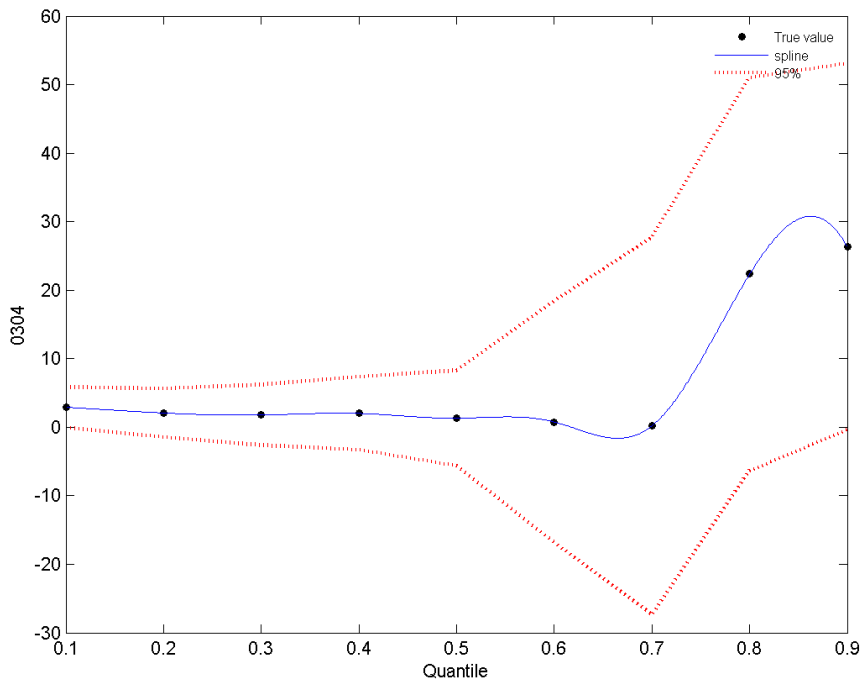


圖 3.1.45 高雄市村里登革熱疫情與「港口」之相關性($\lambda=0.8$)

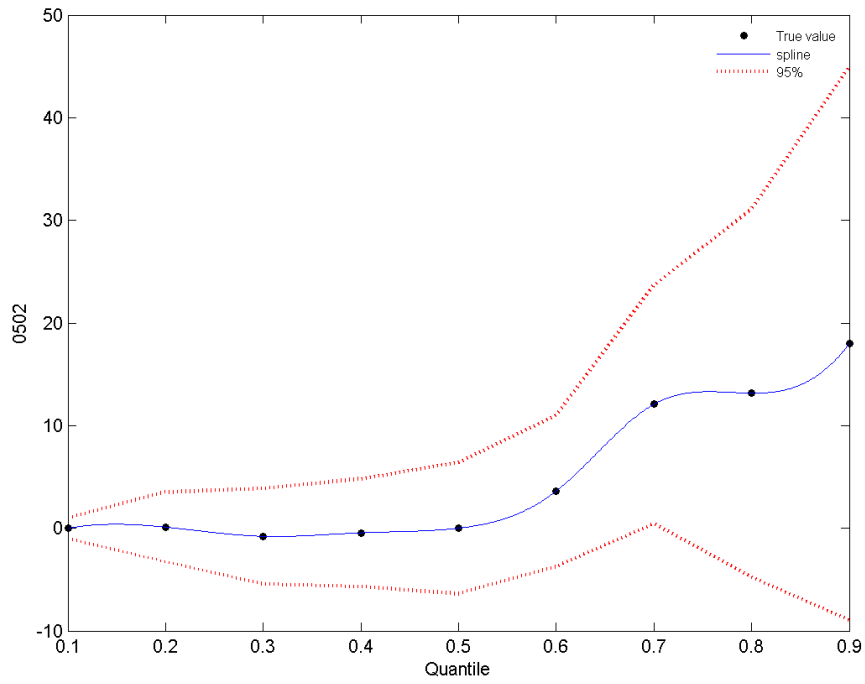


圖 3.1.46 高雄市村里登革熱疫情與「住宅」之相關性($\lambda=0.8$)

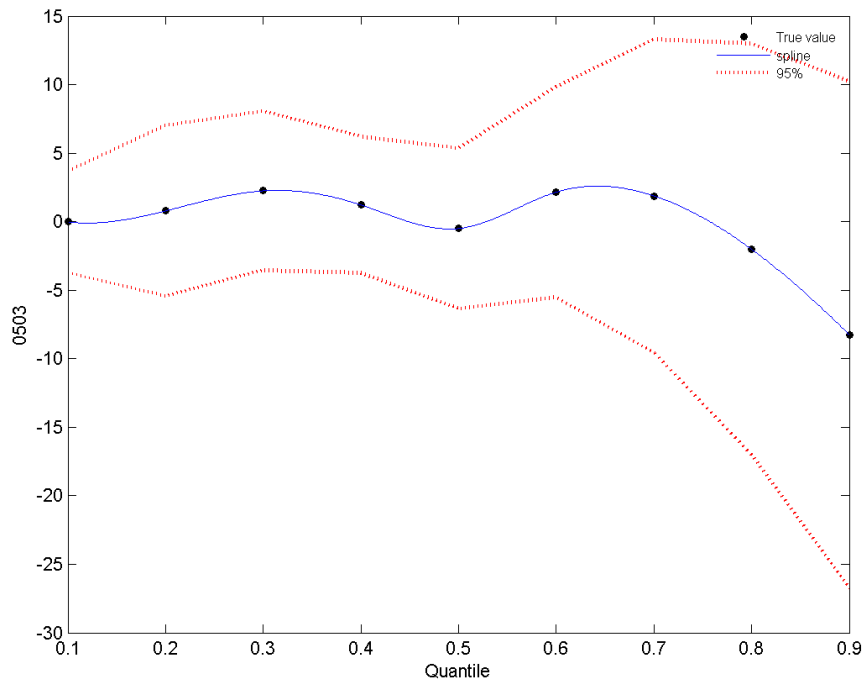


圖 3.1.47 高雄市村里登革熱疫情與「工業」之相關性($\lambda=0.8$)

圖 3.1.48 得知，此類型土地利用比例增加時，對分量為 0.6~0.9 有正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢；反之在其他分量則無明顯對疫情有增溫或緩和之趨勢存在。與圖 3.1.28 及圖 3.1.40 比較得知，圖 3.1.48 除了其信賴區間範圍所小，減少不確定性之外，在分量為 0.6~0.9 對登革熱疫情之影響也較緩和。

圖 3.1.49、圖 3.1.32 及圖 3.1.41 之土地利用類型相同，在土地使用分類第二級上屬於「空置地」，包含未使用之土地(即指土地空置，且尚無特定用途者)、人工改變中之土地(係指已整地或正整地準備開發利用為某特定用途者，包含海埔新生地)及測量標(依「測量標設置保護條例施行細則」第七條規定之永久測量標使用者，包括覘標、標石、標架、標桿、標尺、水尺、航用燈標、航用浮標等)。如圖 3.1.49 所示，在此類型土地利用比例增加時，對不同分量為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。與圖 3.1.32 及圖 3.1.41 比較不同之處，圖 3.1.49 除信賴區間縮小，減少其不確定性外，在分量為 0.6~0.9 之處為負向影響。

圖 3.1.50、圖 3.1.33 及圖 3.1.42 之土地利用類型相同，土地使用分類第二級上屬於「其他用地」。由圖 3.1.50 所示，在此類型土地利用比例增加時，除了在分量為 0.3 時為負向之影響，其他任一分量對於登革熱疫情為正向之影響，即對疫情有增溫之趨勢。與圖 3.1.33 及圖 3.1.42 比較得知，圖

3.1.50 除了其信賴區間範圍縮小，減少不確定性之外，更將分量為 0.6~0.9 對於登革熱疫情之影響更加明顯化。

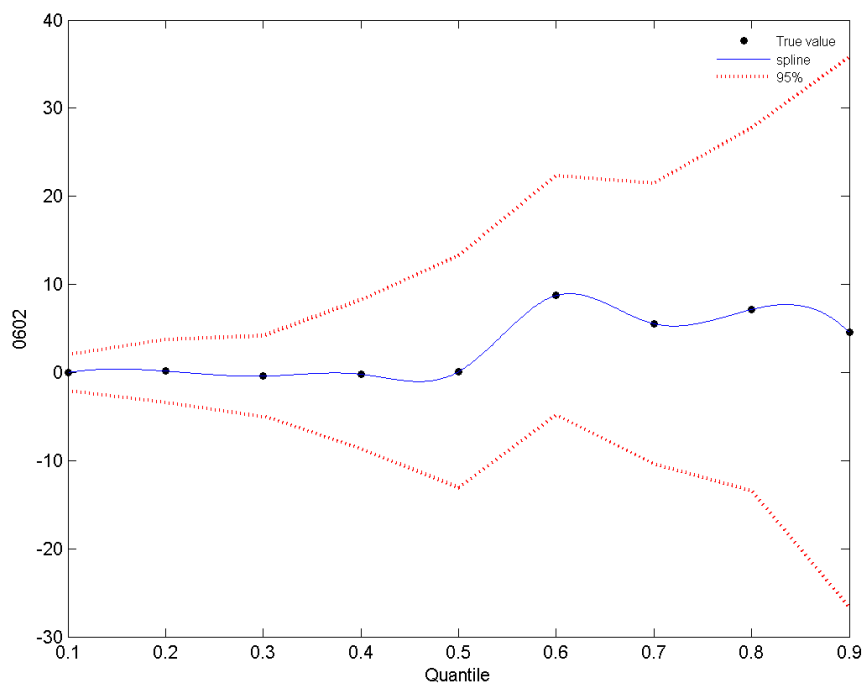


圖 3.1.48 高雄市村里登革熱疫情與「學校」之相關性($\lambda=0.8$)

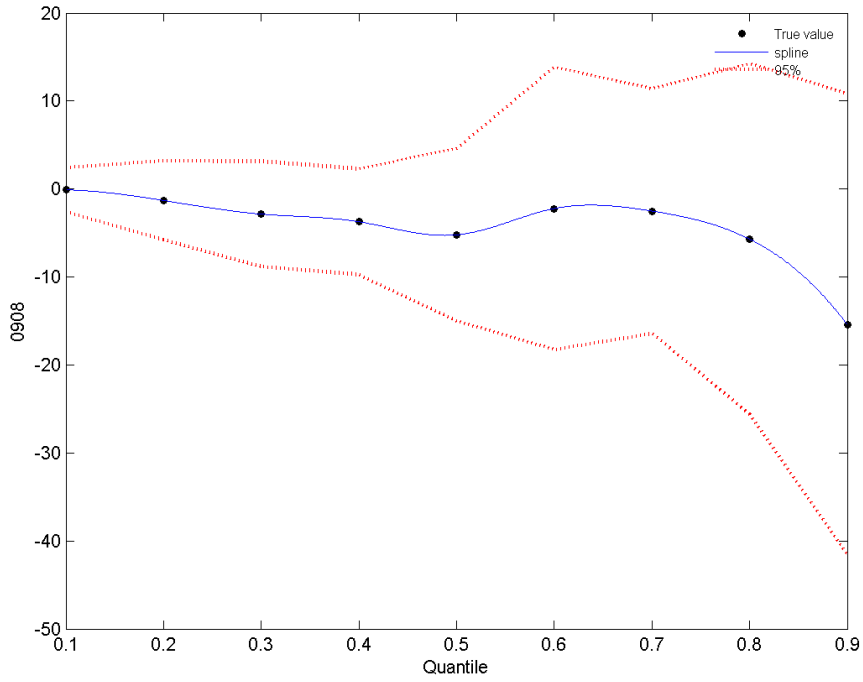


圖 3.1.49 高雄市村里登革熱疫情與「空置地」之相關性($\lambda=0.8$)

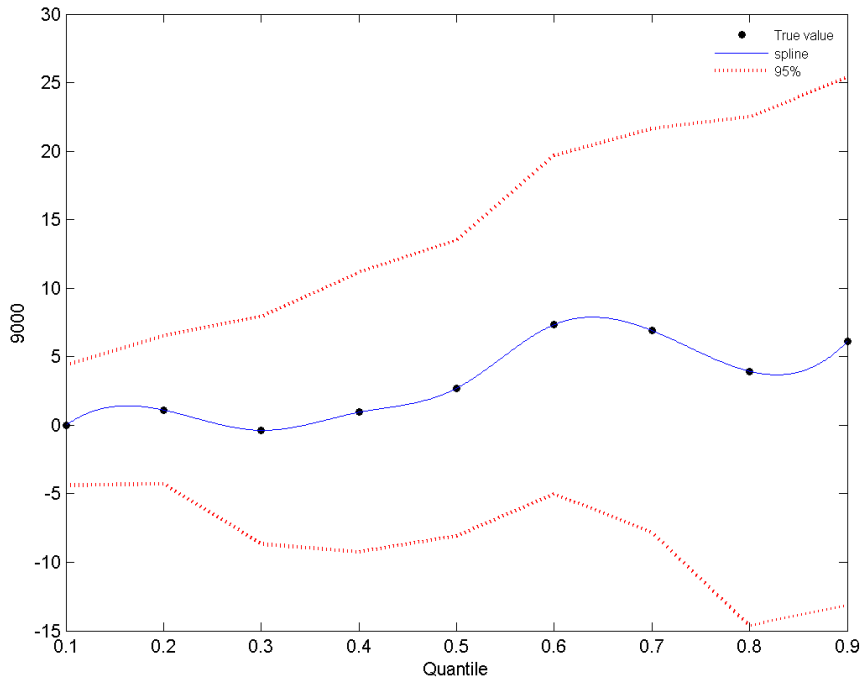


圖 3.1.50 高雄市村里登革熱疫情與「其他用地」之相關性($\lambda=0.8$)

D) 小結

利用不同懲罰因子所挑選出對高雄市村里登革熱疫情有所影響的土地使用類型，相同的部分為「農作」、「天然林」、「港口」、「住宅」、「學校」、「空置地」、「其他用地」。這些類型對登革熱疫情的影響大多為正向的影響，因此當這些土地利用類型的比例增加時，相對會對於村里的登革熱疫情造成威脅。

(3) 土地利用因子對台灣南部鄉鎮市區與高雄市村里之比較

在上述之研究結果中，分別針對台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里進行土地利用因子對於登革熱疫情之相關性探討，由上述之結果得知

- (1) 對於台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里登革熱疫情有影響之土地利用，兩者有相同之土地利用因子，分別為「農業」、「天然林」、「住宅」。
- (2) 「農業」與「天然林」對於台灣南部鄉鎮及高雄市村里有著不同的影響，在台灣南部鄉鎮部分，兩者對登革熱疫情有負向之影響，原因可能在於鄉鎮尺度的農作及天然林面積較大，在這些地區人口可能較為稀少；反之在高雄市村里部分，兩者對登革熱疫情則為正向之影響，原因可能為高雄市村里除人口較多之外，在家中週遭種植花草樹木也可能較會有一些積水部份可能是影響疫情的重點。
- (3) 「住宅」對於台灣南部鄉鎮及高雄市村里兩者登革熱疫情皆為正向之影

響，即當住宅比例越多，登革熱疫情就會有增溫之趨勢。

3.1.2 社會經濟因子

(1)台灣南部地區登革熱疫情與社會經濟因子之相關性

A) $\lambda=0.2$

圖 3.1.51 至圖 3.1.53 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.2 時，與其有相關之社會經濟因子類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.51 在社會經濟因子中為「製造業人口比」。由圖 3.1.51 可以得知，當此社會經濟因子比例增加時，對任一分量並無明顯之影響，即對於登革熱疫情沒有明顯升溫或緩和現象。

圖 3.1.52 在社會經濟因子中為「總所得均數」。由圖 3.1.52 得知，當此社會經濟因子增加時，對於任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。

圖 3.1.53 在社會經濟因子中為「原住民人口比例」。由圖 3.1.53 得知，

當此社會經濟因子比例增加時，對於任一分量皆無明顯之正向或負向之影響，即對登革熱疫情無明顯增溫或緩和之現象。

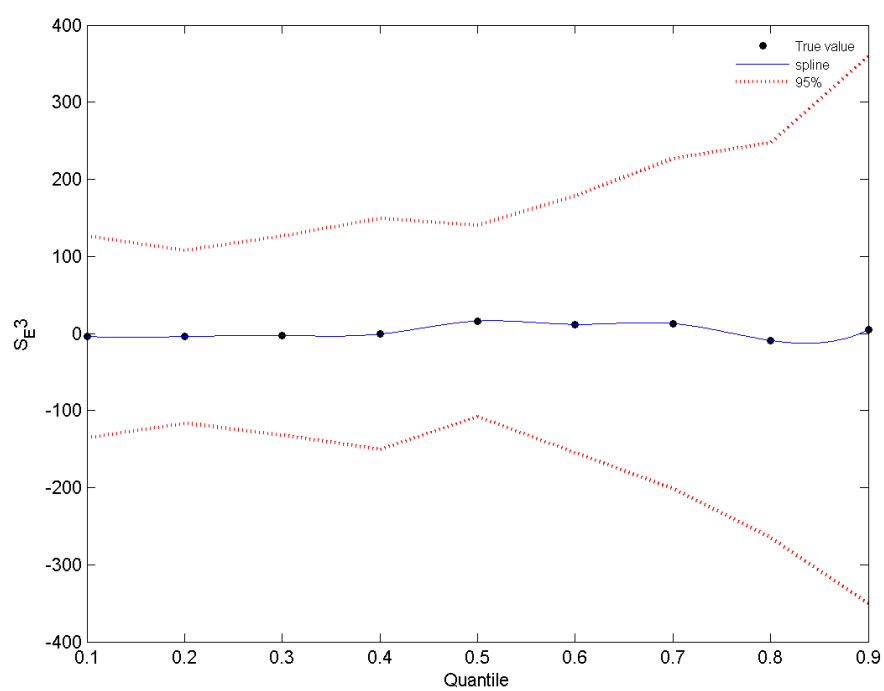


圖 3.1.51 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「製造業」之相關性($\lambda=0.2$)

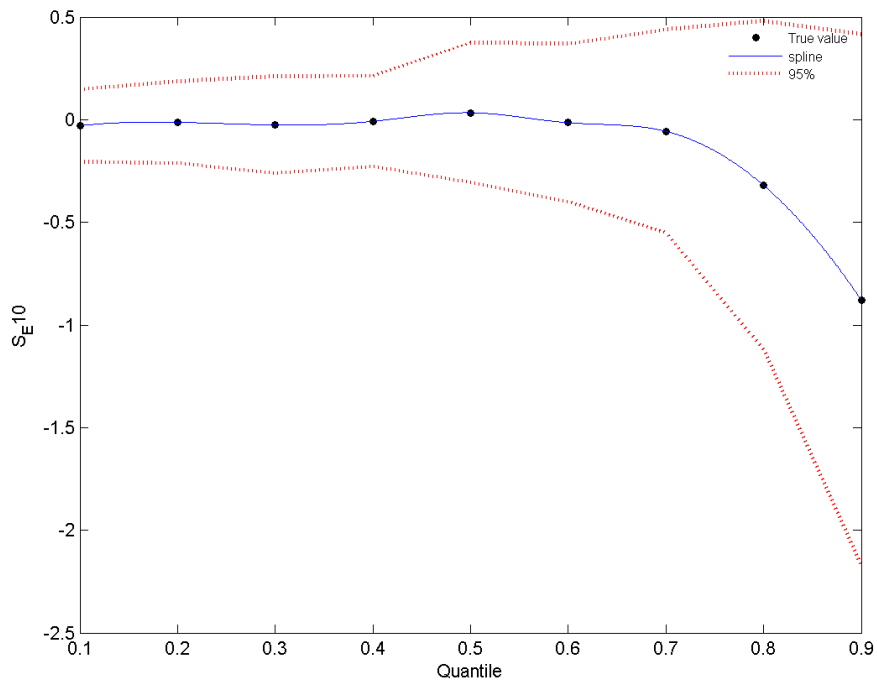


圖 3.1.52 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.2$)

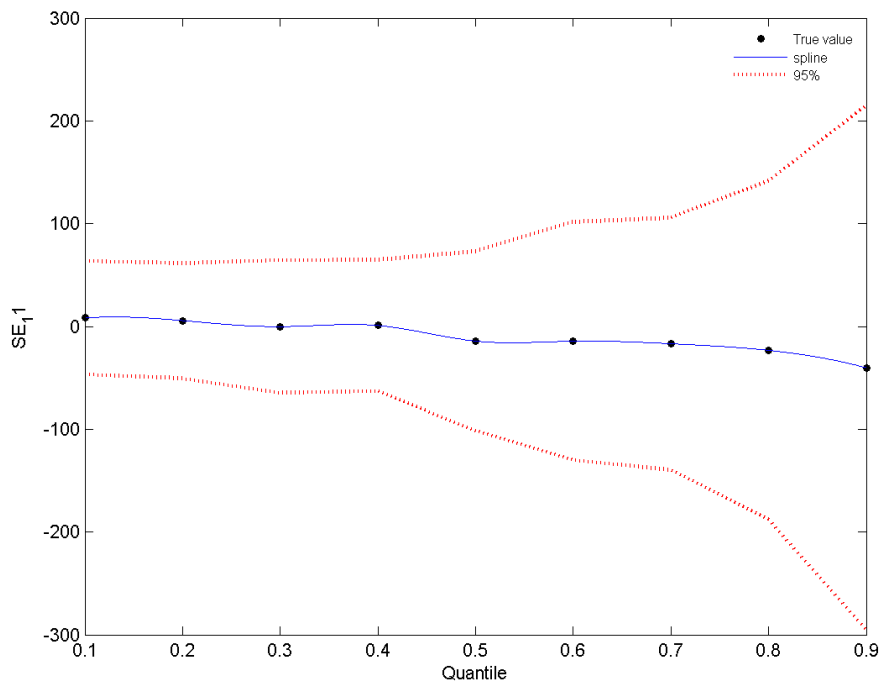


圖 3.1.53 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「原住民人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)

B) $\lambda=0.5$

圖 3.1.54 為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.5 時，與其有相關之社會經濟因子類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95% 信賴區間之範圍。

圖 3.1.54 在社會經濟因子上與圖 3.1.52 相同，屬於「總所得均數」。由圖 3.1.54 得知，當此社會經濟因子增加，對任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。與圖 3.1.52 不同之處在於圖 3.1.54 之信賴區間縮小，降低其不確定性。

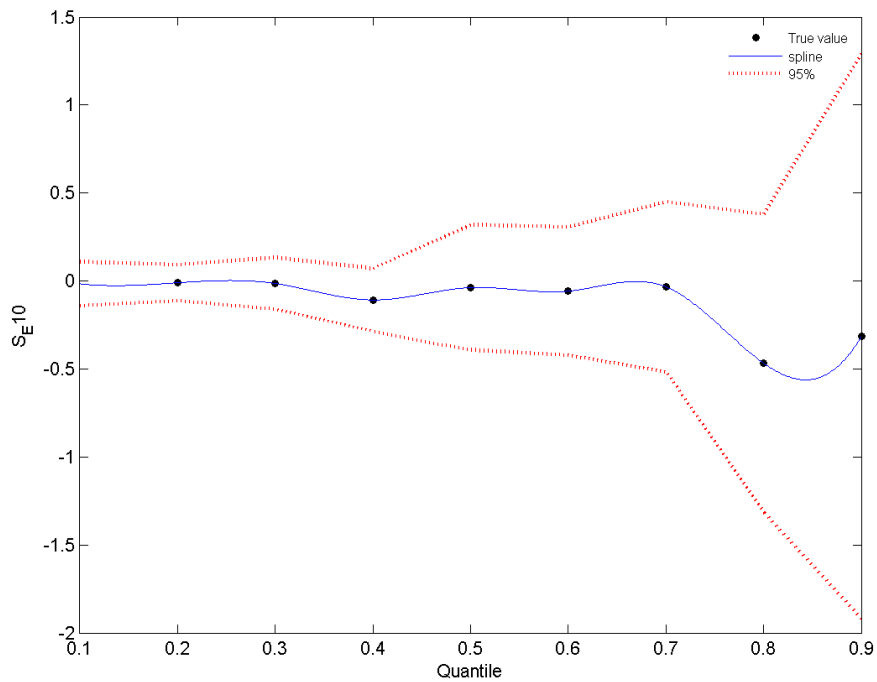


圖 3.1.54 台灣南部鄉鎮登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.5$)

C) 結論

社會經濟因子部分所挑選出對登革熱疫情有相關為「總所得均數」。

其對登革熱疫情為負向的影響，即當鄉鎮市區中，總所得均數越高，則登革熱熱疫情也會相對的減緩。

(2) 高雄市村里登革熱疫情與社會經濟因子之相關性

A) $\lambda=0.2$

圖 3.1.55~ 圖 3.1.57 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.2 時，與其有相關之社會經濟因子類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同

分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95% 信賴區間之範圍。

圖 3.1.55 在社會經濟因子中為「平均女性人口比例」，由圖 3.1.55 得知，當此類社會經濟因子比例增加，對於不同分量之登革熱疫情均無明顯之增溫或趨緩之影響。

圖 3.1.56 在社會經濟因子中為「製造業人口比例」，由圖 3.1.56 得知，當此類社會經濟因子比例增加，對分量 0.1~0.5 為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢；反之 0.6~0.9 分量則有負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。

圖 3.1.57 在社會經濟因子中為「商業人口比例」，由圖 3.1.57 顯示，當此類社會經濟因子比例增加，對任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢，尤其以分量 0.7~0.9 最劇。

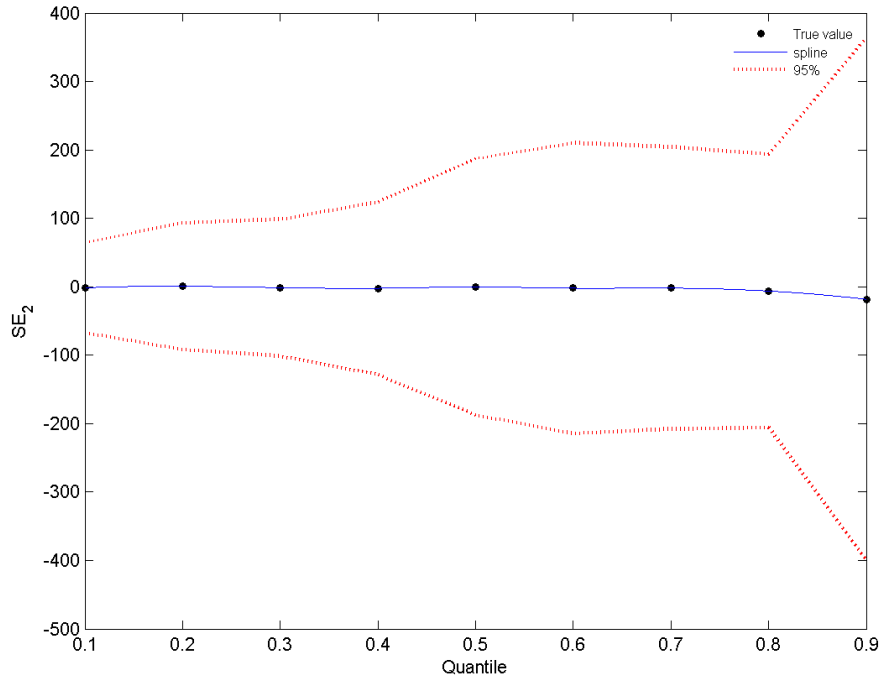


圖 3.1.55 高雄市村里登革熱疫情與「平均女性人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)

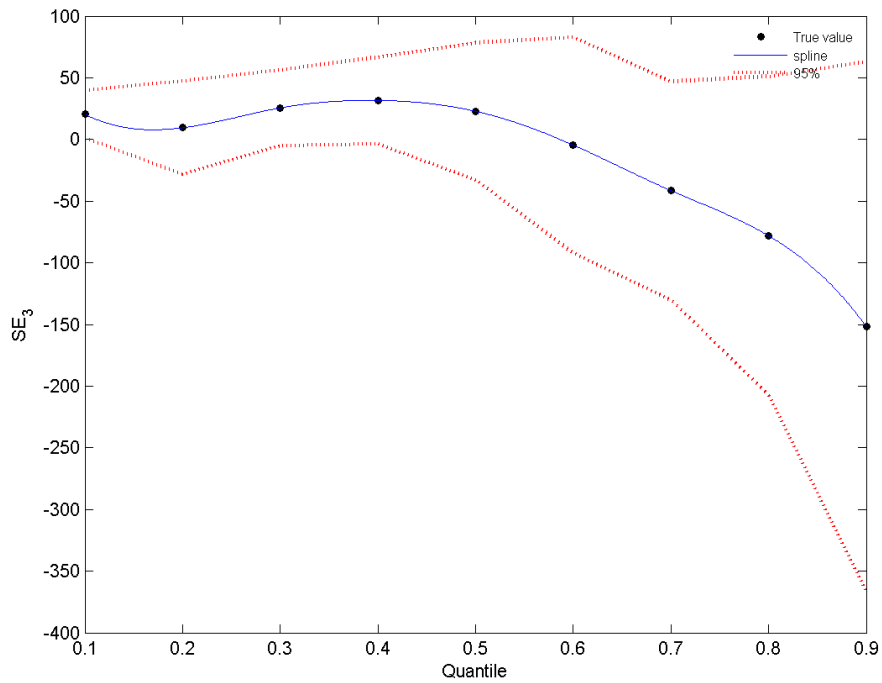


圖 3.1.56 高雄市村里登革熱疫情與「製造業人口比例」之相關性($\lambda=0.2$)

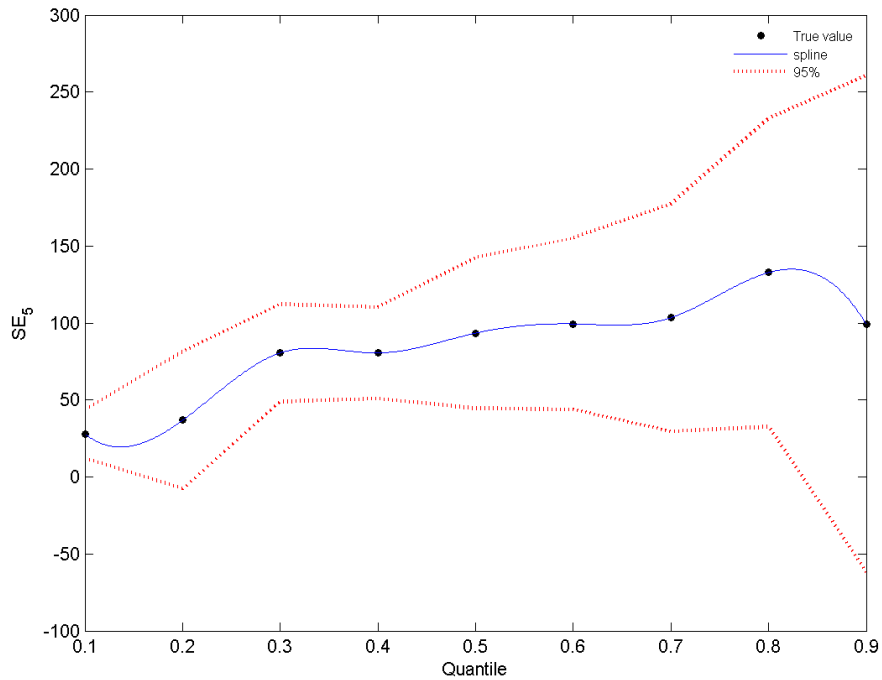


圖 3.1.57 高雄市村里登革熱疫情與「商業人口比例」之相關($\lambda=0.2$)

B) $\lambda=0.5$

圖 3.1.58~圖 3.1.59 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.5 時，與其有相關之社會經濟因子類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.58 在社會經濟因子中為「金融業人口比例」，由圖 3.1.58 得知，當此類型社會經濟因子比例增加，對任一分量皆為正向之影響，即對登革

熱疫情有增溫之趨勢。

圖 3.1.59 在社會經濟因子中為「總所得均數」，由圖 3.1.59 得知，當此類社會經濟因子比例增加，對任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。

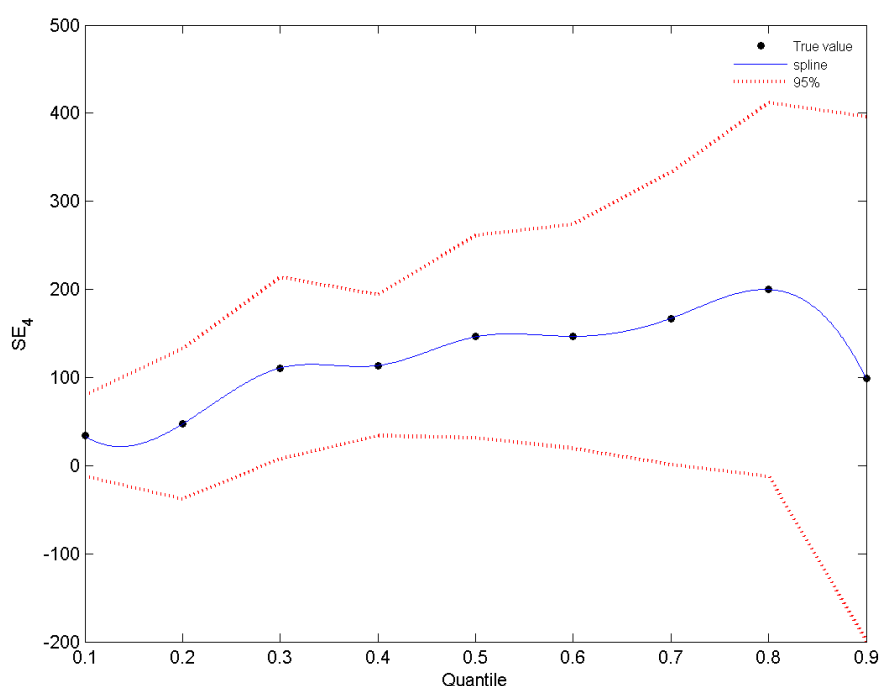


圖 3.1.58 高雄市村里登革熱疫情與「金融業人口比例」之相關性($\lambda=0.5$)

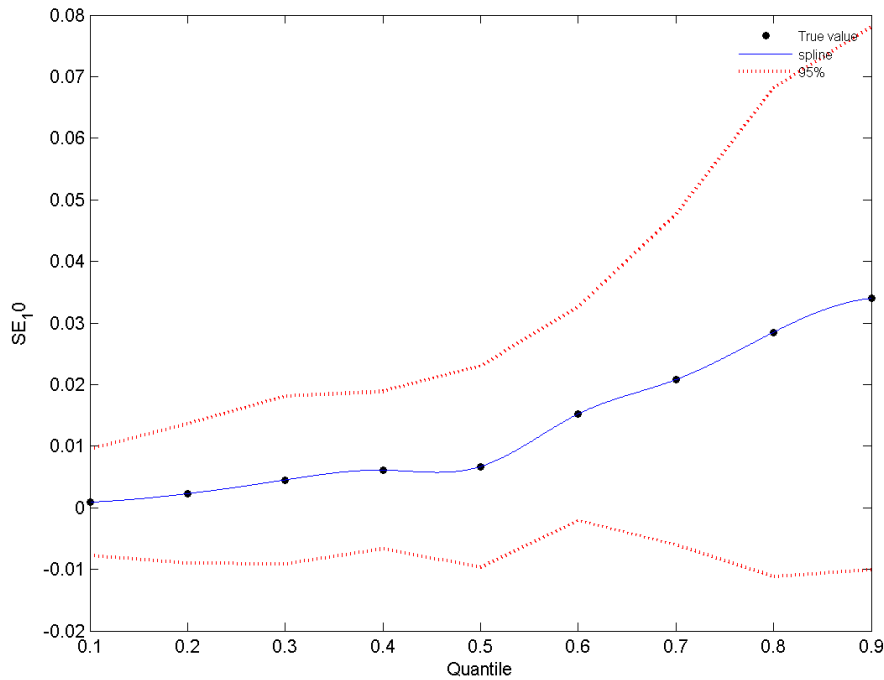


圖 3.1.59 高雄市村里登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.5$)

C) $\lambda=0.8$

圖 3.1.60~圖 3.1.61 分別為高雄市村里登革熱疫情在懲罰因子為 0.8

時，與其有相關之社會經濟因子類型。橫軸(X 軸)為高雄市村里登革熱累積病例數在之分量，分別為 0.1、0.2...、0.9 共 9 個分量，分別代表了疫情屬於非好發區或好發區，縱軸(Y 軸)代表當此類土地利用類型增加時對於不同分量之登革熱疫情之影響程度。圖中「●」符號代表利用分量迴歸後不同分量的迴歸係數，藍線為分量迴歸係數利用 spline 後所計算出之迴歸曲線，紅色虛線分別為藍線之 95%信賴區間之範圍。

圖 3.1.60 與圖 3.1.58 相同，在社會經濟因子中為「金融業人口比例」，由圖 3.1.60 所示，當此類型社會經濟因子比例增加時，對任一分量皆為正向之影響，即對登革熱疫情有增溫之趨勢。與圖 3.1.58 不同之處在於圖 3.1.60 將此類型社會經濟因子對各分量之影響變得更加的顯著。

圖 3.1.61 與圖 3.1.59 相同，在社會經濟因子中為「總所得均數」，由圖 3.1.61 得知，當此類型社會經濟因子比例增加時，對任一分量皆為負向之影響，即對登革熱疫情有減緩之趨勢。與圖 3.1.59 不同之處在於圖 3.1.61 所顯示為任一分量對登革熱疫情為減緩之趨勢，而圖 3.1.59 則為增溫之趨勢。

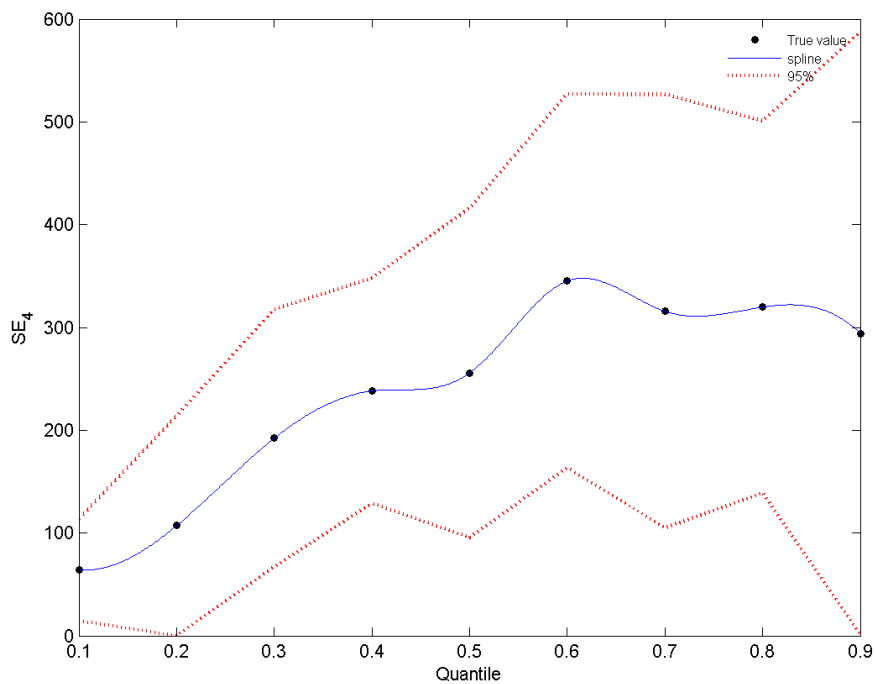


圖 3.1.60 高雄市村里登革熱疫情與「金融業人口比例」之相關性($\lambda=0.8$)

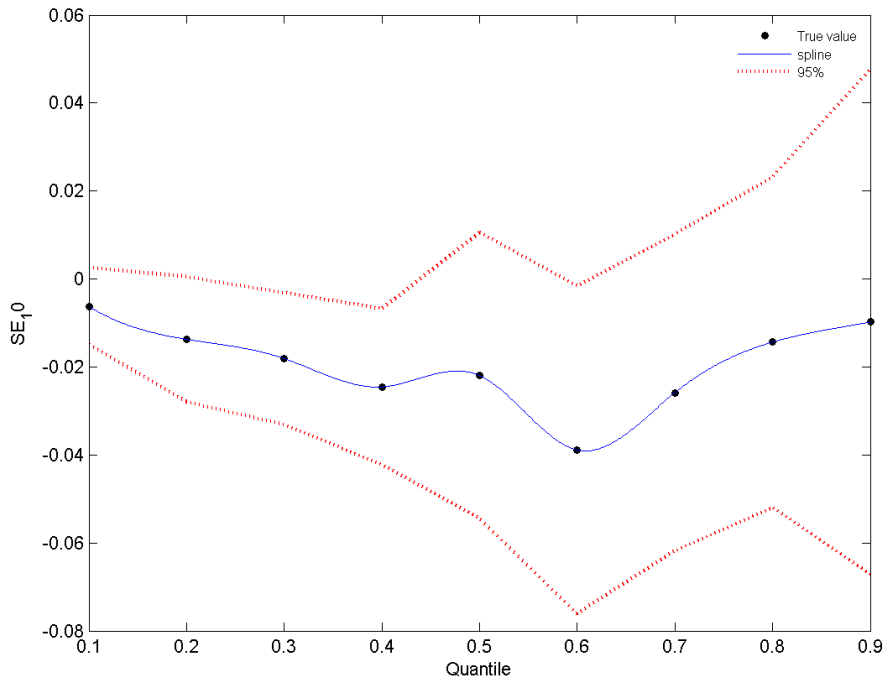


圖 3.1.61 高雄市村里登革熱疫情與「總所得均數」之相關性($\lambda=0.8$)

D) 小結

社會經濟因子所挑出相同部份為「總所得均數」，即在高雄市村里中，各村里的總所得均數增減對於登革熱疫情的增溫或減緩有著相當重要的影響力。

(3) 社會經濟因子對台灣南部鄉鎮市區與高雄市村里之比較

在上述之研究結果中，分別針對台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里進行社會經濟因子對於登革熱疫情之相關性探討，由上述之結果得知

(1) 對於台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里登革熱疫情有影響之社會經濟因

子，兩者有相同之土地利用因子為「總所得均數」。

- (2) 「總所得均數」對於台灣南部鄉鎮及高雄市村里登革熱疫情為負向之影響，即當總所得均數增加，對登革熱疫情就會有緩和之效應，顯示在總所得均數較高之地區，對生活週遭環境可能有較高之要求。

3.1.3 登革熱受地理環境影響模型結果分析

A) 建構結果

將利用分量迴歸所得到對於登革熱疫情有影響之參數的迴歸係數，利用台灣南部鄉鎮與高雄市村里各土地利用比例建立登革熱在這些地區的疫情分佈。

圖 3.1.62~圖 3.1.64 分別為利用分量迴歸方法後所預測出來不同分量 (0.1、0.5、0.9) 下對的台灣南部鄉鎮登革熱疫情影響趨勢分佈圖。由圖 3.1.62 及圖 3.1.63 得知，在非疫情好發區當農作及天然林這兩類型土地利用比例增加時，對這些非好發區的疫情影響是比較強烈的；反之由圖 3.1.64 顯示，當在病例好發區時，影響疫情嚴重程度的是住宅的土地利用比例，此外，這些地區除了人口密度較高，住宅的比例也較高之外，通常也皆為常有疫情出現的區域，此外可以看出在高雄市的部份，由疫情較嚴重的苓雅區及前鎮區慢慢的向外擴散，顯示傳播疫情的病媒蚊可能在這些範圍之內有較能生存的生活條件。

圖 3.1.65~圖 3.1.67 則為利用分量迴歸方法後所預測出來不同分量 (0.1、0.5、0.9) 下高雄市村里登革熱疫情影響趨勢分佈圖。圖 3.1.65 中顯示，在疫情非好發區的鼓山區壽山部分，同樣在農作及天然林比例增加時，對疫情有較明顯增溫之趨勢；圖 3.1.66 則顯示當農作及天然林比例增加，及

當地的住宅比例增加對其疫情影響程度相同，即疫情介於好發區及非好發區的這些村里，對於影響其疫情的權重比例上，農作、天然林及住宅的比例為相同的；圖 3.1.67 顯示，影響好發區疫情的土地利用因子為住宅的比例，即當住宅比例較高，人口密度較高時對於好發區的疫情會有增溫的趨勢。

綜合以上兩個不同尺度的空間分佈，可以發現好發區登革熱疫情與人口密度及住宅的土地利用比例間有頗高的相關性，因此在做為預防登革熱疫情擴散或發生的時候，可以考慮將這些地區作為重點來施行一些政策(如噴灑藥劑消毒)，加強環境的整潔等。

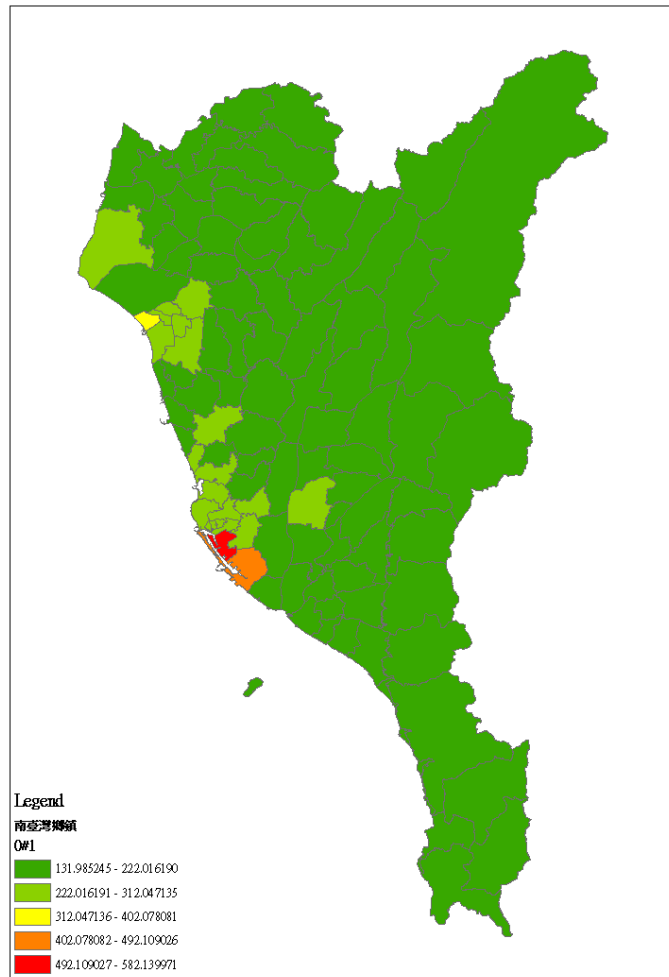


圖 3.1.62 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.1)

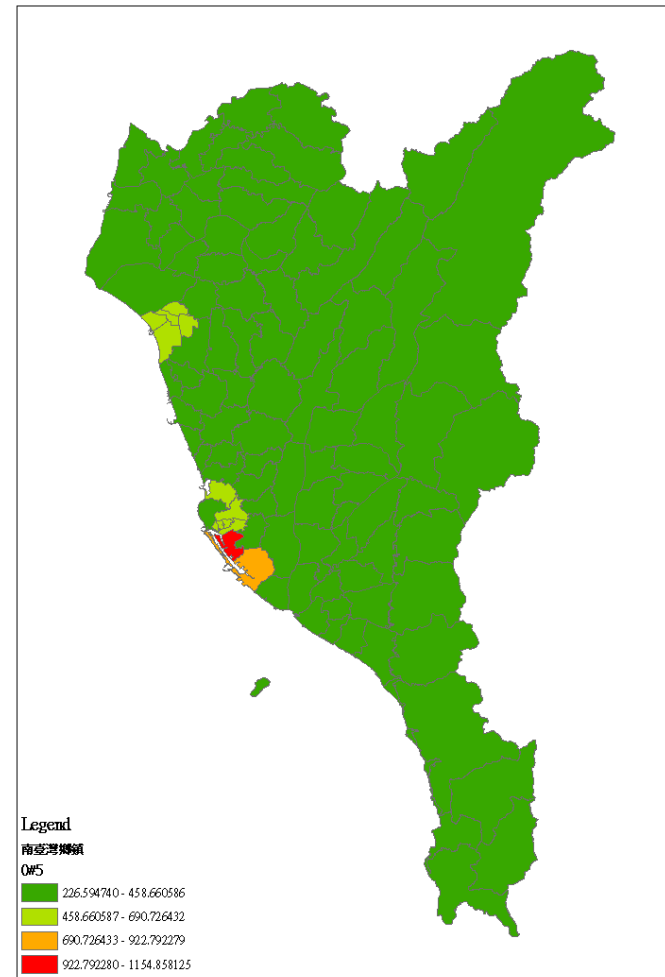


圖 3.1.63 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.5)

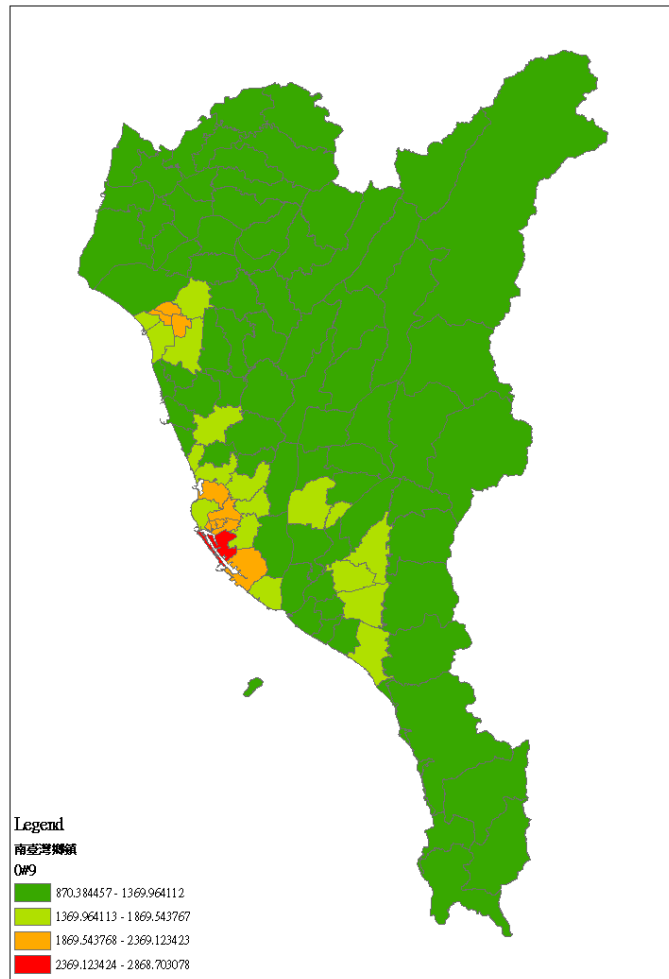


圖 3.1.64 台灣南部疫情分佈趨勢(分量=0.9)

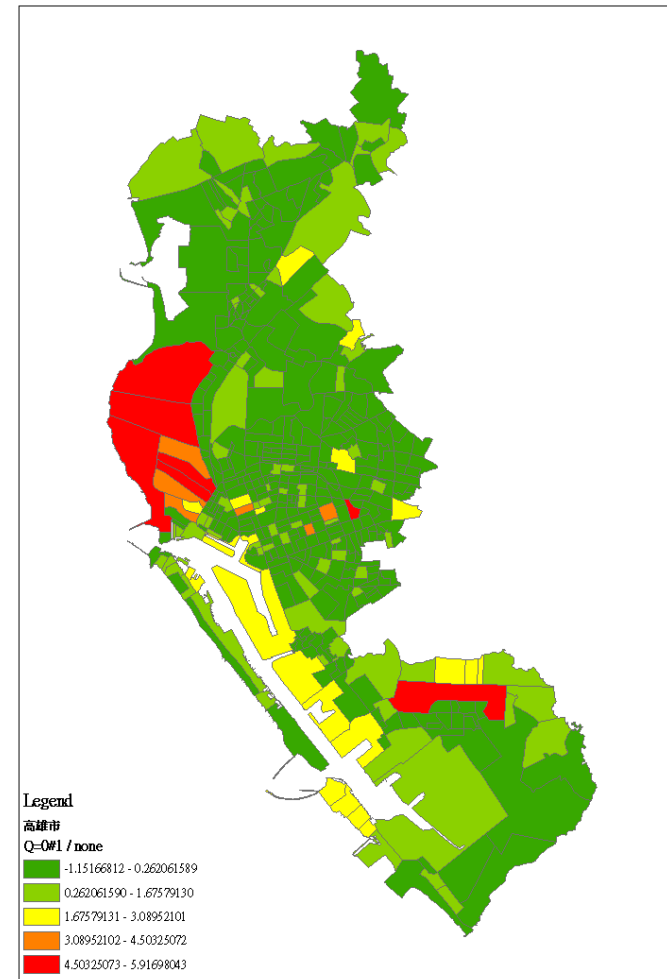


圖 3.1.65 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.1)

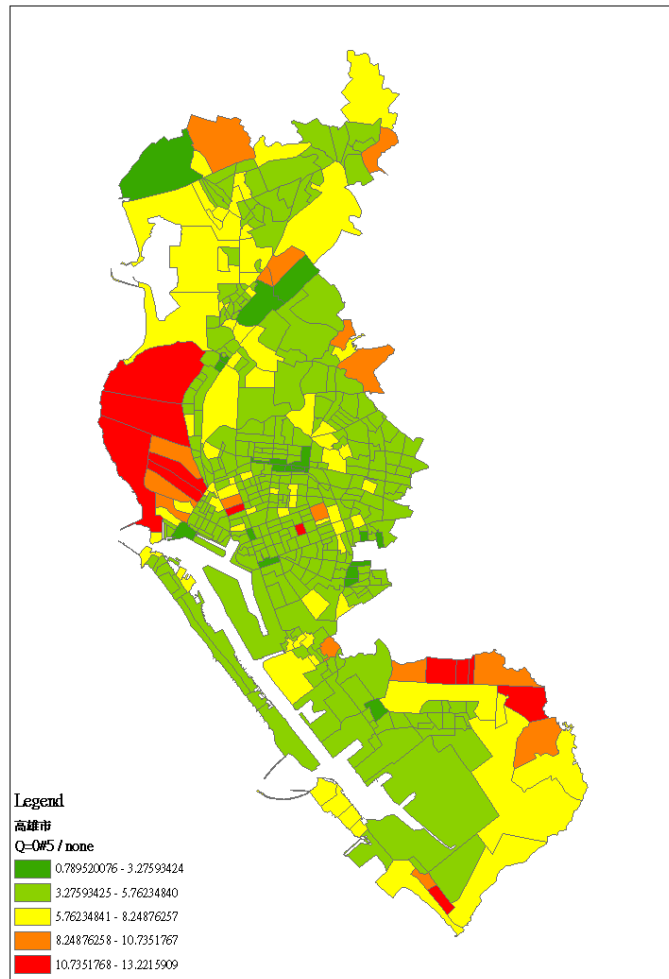


圖 3.1.66 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.5)

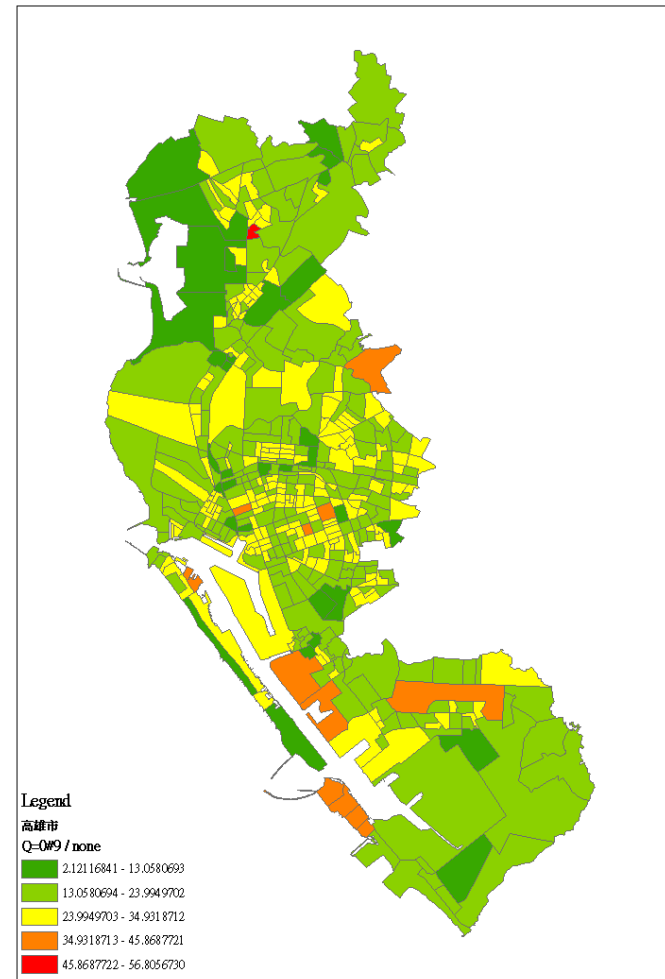


圖 3.1.67 高雄市村里疫情分佈趨勢(分量=0.9)

B) 模型結果討論

首先探討土地利用及社會經濟因子對於台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里兩個不同空間的影響，可以發現與前人的研究有些相同或有差異之處。

1998 年 Nakhapakorn 與 Tripathi 以貝氏統計中的方法發現在泰國地區中，已開發地、農業用地、水體與登革熱爆發有相關性(Nakhapakorn and Tripathi, 2005)。而 Van Benthem 等人則利用距離做迴歸，發現泰國地區農業區與天然植被的距離和登革熱病例有關(Van Benthem, *et al.*, 2005)，Vanwambeke 等人在 2007 年嘗試建立泰國南部與人、蚊和蚊子棲息地的關係，並在模擬情境中發現距離果園、森林對登革熱有影響(Vanwambeke, *et al.*, 2007)，在本研究中也發現無論是在高雄市村里或是台灣南部鄉鎮登革熱疫情皆與農作及天然林之土地利用比例有著相關性存在，不同之處在於農作及天然林對台灣南部鄉鎮之影響為負向，而對高雄市村里之影響為正向。由上述結果顯示農作與天然林的比例在對登革熱疫情的影響程度及空間分佈上扮演著重要的角色。

在社會經濟因子的影響層面上，Shafie 在馬來西亞 2010 年的研究中使用迴歸分析，指出疫情與土地利用有關，距離河、醫院、工業區、政府機構、森林、學校、人口密度的距離對登革熱有顯著的影響(Alam, *et al.*, 2010)，而 Spiegel 等人在古巴也利用問卷和迴歸找出登革熱和生活水準之相關性

(Spiegel, *et al.*, 2007), Mondini 和 Chiaravalloti-Neto 在 2008 年利用空間相關性(Moran I)對登革熱和許多變數做一系列的討論，最後結論獨棟房子數量與每間房子幾個人和發生登革熱的關係最大(Mondini and Chiaravalloti-Neto, 2008)，Almeida 等人則是發現住戶密度、教育程度、孩童和年長女性個數跟登革熱有關。由前人的影響得知，人口密度及住宅的比例會對於登革熱疫情有著重要的影響性，而在本研究中，當住宅的比例越高對於登革熱的疫情無論是在高雄市村里或是台灣南部鄉鎮皆為正向影響，即對登革熱疫情有增溫的趨勢(Almeida, *et al.*, 2007)。高雄市村里登革熱疫情與人口密度及住宅有相關之外，在天然林及政府機關及學校也有相關性影響，皆為正向之影響，尤其在好發區對疫情的影響為最劇。

而在社會經濟上，在台灣南部鄉鎮結果顯示當總所得均數越高則對登革熱疫情有減緩之趨勢，即可能所得越高對於生活環境之要求相對於總所得均數低之處會較高。

3.2 登革熱時空分佈受氣象參數影響模型建構

3.2.1 登革熱與氣象因子關係模型結果分析

本小節將分成三個部分，首先僅考量雨量因子，其次考量溫度因子，最後同時考量雨量和溫度因子，並依據各的類赤池資訊準則找出最佳模型。

(1) 雨量

在雨量因子的部分，使用三種不同量測雨量值，分別為每週 24 小時為大累積降雨量(maxcrain)、每週 1 小時最大累積降雨量(maxrain)與每週平均降雨量(raindata)三種，由這三種雨量可組成 7 種模型，分別為 3 種單一變數、3 組兩變數及 1 個三變數(詳見表 3.2.1)。藉由 DLNM，模型比較的結果列於表 3.2.2。由表 3.2.2 可以發現，由 Rain.model 7 (maxcrain + maxrain + raindata) 和其他模型比較後有最小的 QAIC 值(1787.54)，因此 Rain.model7 為最佳化的登革熱雨量模型。

利用 Rain.model 7 模型繪出時間函數與空間函數(圖 3.2.1)，圖左為該模型時間函數，橫軸為一年 52 週的時間，而縱軸時是曲線值(以 0 為界，大於 0 則表示易發時間，反之則是不明顯)，由該圖中可發現在整年第 30 週至第 44 週(約在秋季)，有明顯登革熱增強趨勢，而在冬季時則登革熱的發生風險明顯較小。而圖右則為該模型空間函數，登革熱較多的區域大致位於台

南市安平區、永康區、南區、東區，在高雄市則亦好旗津區、左營區、前鎮區、小港區、鳳山區與屏東縣的屏東市預估出登革熱亦發區域。

圖 3.2.2 至圖 3.2.4 分別把該模型中個別變數和延遲週數與登革熱相對風險關係圖，其中 RR 為相對風險(Relative Rank)。該三組圖左圖均是採用三維度表示，而右圖則把左圖繪製成二維度等高線圖，需注意右圖的 X 軸是雨量變數取對數後的數值。圖 3.2.2 為每週 24 小時累積降雨量與登革熱之關係圖，當 24 小時最大累積雨量大於 400 毫米發生在該週或在 14 至 15 週之間會有較高的登革熱的發生機率；若是以每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱關係圖(圖 3.2.3)，可發現 1 小時最大降雨量大於 150 毫米時會使得登革熱風險有所提升；由平均降雨量與登革熱關係圖(圖 3.2.4)，則只有在第 10 週到第 12 週後才有影響。

若依據雨量定義依據中央氣象局可分成四類：大雨(heavy rain)、豪雨(extremely heavy rain)、大豪雨(torrential rain)與超大豪雨(extremely torrential rain)，詳細定義如下：

雨量名稱	定義
大雨	指 24 小時累積雨量達 50 毫米以上，且其中至少有 1 小時雨量達 15 毫米以上之降雨現象。
豪雨	指 24 小時累積雨量達 130 毫米以上之降雨現象。
大豪雨	指 24 小時累積雨量達 200 毫米以上之降雨現象。
超大豪雨	指 24 小時累積雨量達 350 毫米以上之降雨現象

綜合這三種雨量變數與登革熱所得相對風險，每週 24 小時和每週 1 小時的最大累積降雨量達 150 毫米以上，則於第九至十四週後對當地登革熱疫情有顯著影響 (RR >5)。換言之，當氣象局發佈大豪雨時，相關單位需多注意環境清理，以嚴防九週後有登革熱疫情發生。

表 3.2.1 雨量因子與登革熱模型項目及變數種類

項目	變數類別
Rain.model 1	maxcrain
Rain.model 2	maxrain
Rain.model 3	raindata
Rain.model 4	maxcrain + maxrain
Rain.model 5	maxcrain + raindata
Rain.model 6	maxrain + raindata
Rain.model 7	maxcrain + maxrain + raindata

表 3.2.2 七個雨量與登革熱模型的模型比較

項目	QAIC
Rain.model 7	1787.54
Rain.model 4	1788.48
Rain.model 6	1800.12
Rain.model 5	1813.77
Rain.model 3	1828.29
Rain.model 2	1828.91
Rain.model 1	1838.81

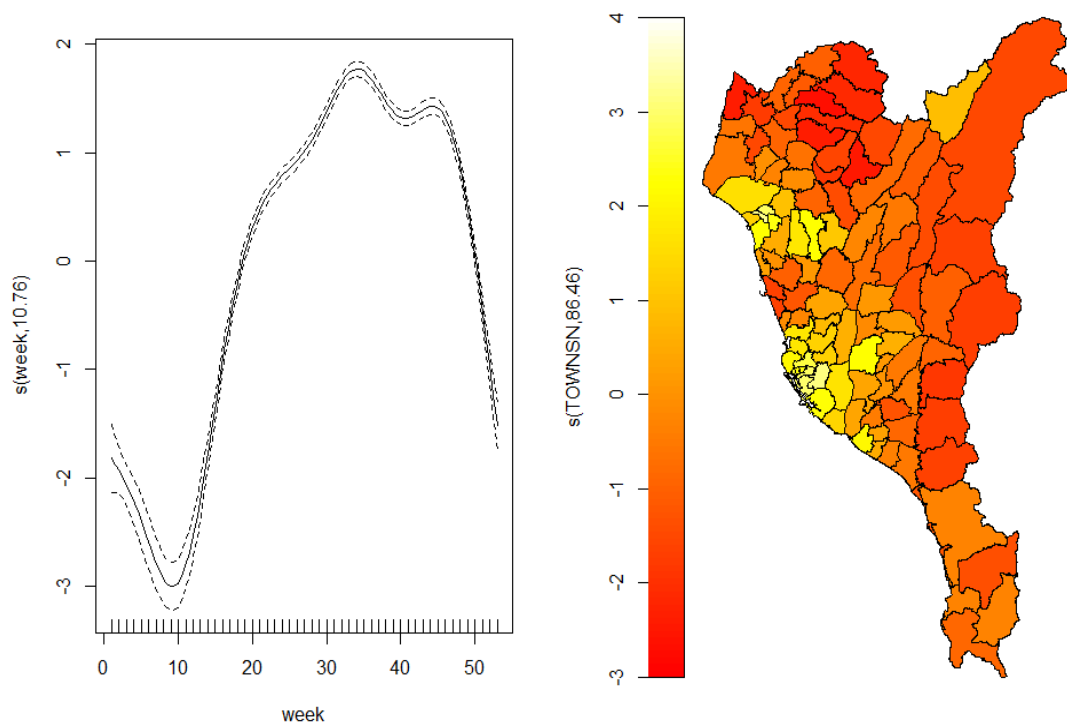


圖 3.2.1 Rain.model 7 模式時間與空間函數圖

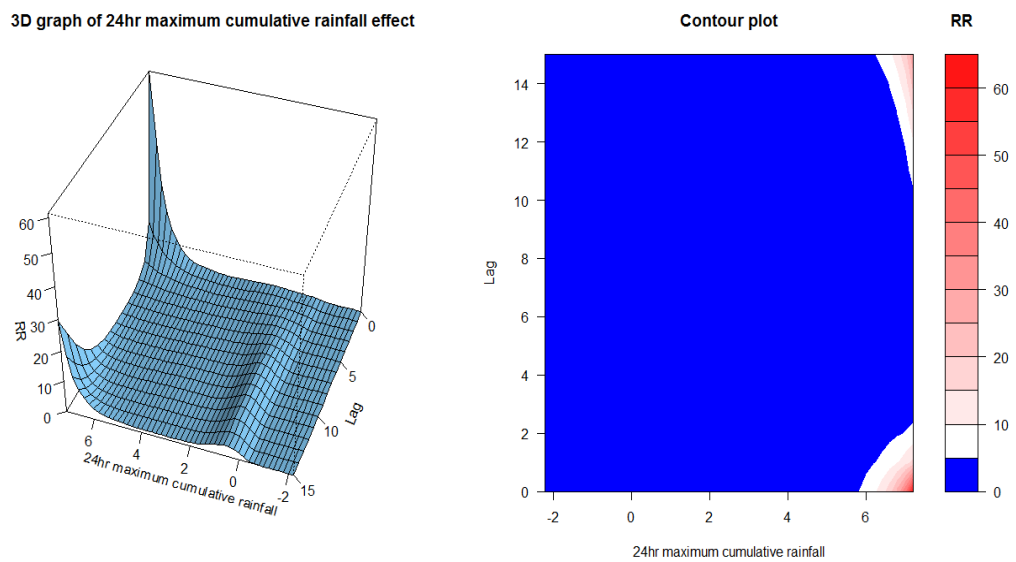
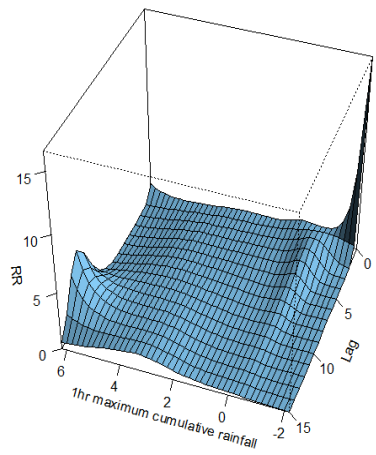


圖 3.2.2 每週 24 小時累積降雨量與登革熱相對風險關係圖

3D graph of 1hr maximum cumulative rainfall effect



Contour plot

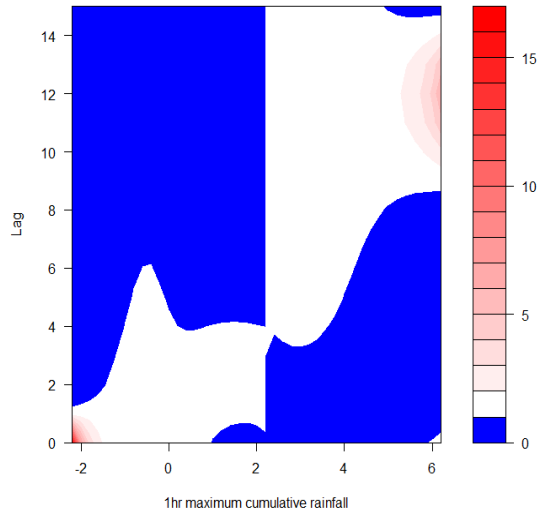
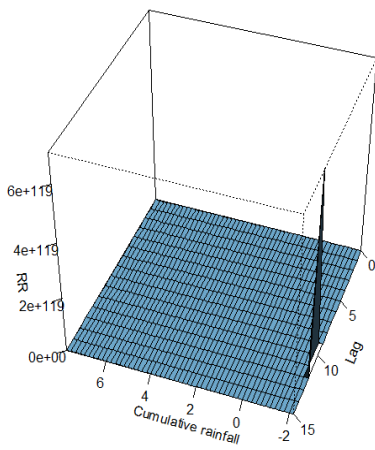


圖 3.2.3 每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱相對風險關係圖

3D graph of Cumulative rainfall effect



Contour plot

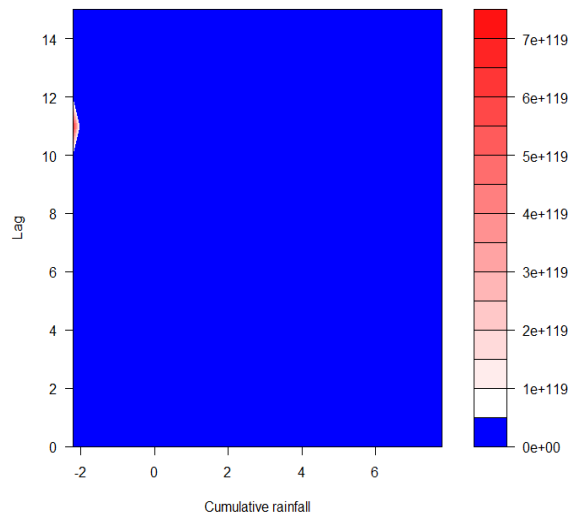


圖 3.2.4 平均降雨量與登革熱相對風險關係圖

(2) 溫度

在溫度因子的部分，亦使用三種不同量測雨量值，分別為每週最高溫度(maxtemp)、每週平均溫度(avgtmp)與每週最低溫度(mintemp)，由這三種溫度可組成 7 種模型，分別為 3 種單一變數、3 組兩變數及 1 個三變數(詳見表 4.2.3)。藉由 DLNM，模型比較的結果列於表 4.4.4。由表 4.4.4 可以發現 Temp.model 2 (mintemp)和其他模型比較起來有最小的 QAIC 值 (207.74)，因此 Temp.model 2 為最佳化的登革熱溫度模型。

將 Temp.model 2 模型所得時間函數與空間函數圖繪製於圖 3.2.5，橫軸為一年 52 週的時間，而縱軸時是曲線值(以 0 為界，大於 0 則表示易發時間，反之則是不明顯)，圖左可發現登革熱在第 14 至 18 週有較為明顯風險，結果與利用雨量模型所得圖 3.2.2 比較發現，在使用溫度因子的 DLNM 下，時間函數所產生的風險高峰有提前的現象。而在空間分布上，與降雨量所繪出的地區(圖 3.2.2)略有不同。台南市地區與屏東縣屏東市均略微降低其發生登革熱的機率，但在高雄市旗津區、左營區、鳳山區仍是屬於發生風險較高區域。此外，在高雄市林園區與屏東縣新園區在此模型計算有較高的發生率。

表 3.2.3 溫度因子與登革熱模型項目及變數種類

項目	變數類別
Temp.model 1	maxtemp
Temp.model 2	mintemp
Temp.model 3	avgtemp
Temp.model 4	maxtemp + mintemp
Temp.model 5	maxtemp + avgtemp
Temp.model 6	mintemp + avgtemp
Temp.model 7	mintemp + maxtemp + avgtemp

表 3.2.4 七個溫度與登革熱模型的模型比較

項目	QAIC
Temp.model 2	207.74
Temp.model 3	218.10
Temp.model 6	242.78
Temp.model 1	247.51
Temp.model 4	281.80
Temp.model 5	291.37
Temp.model 7	323.70

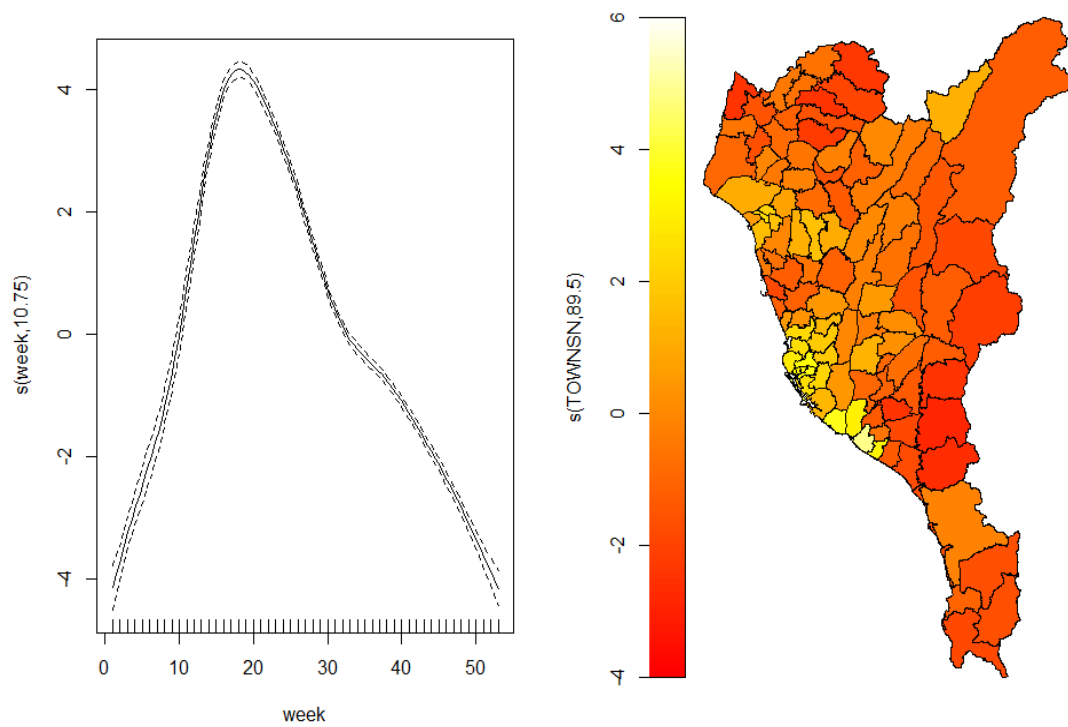


圖 3.2.5 Temp.model 2 模式時間函數與空間函數與登革熱關係圖

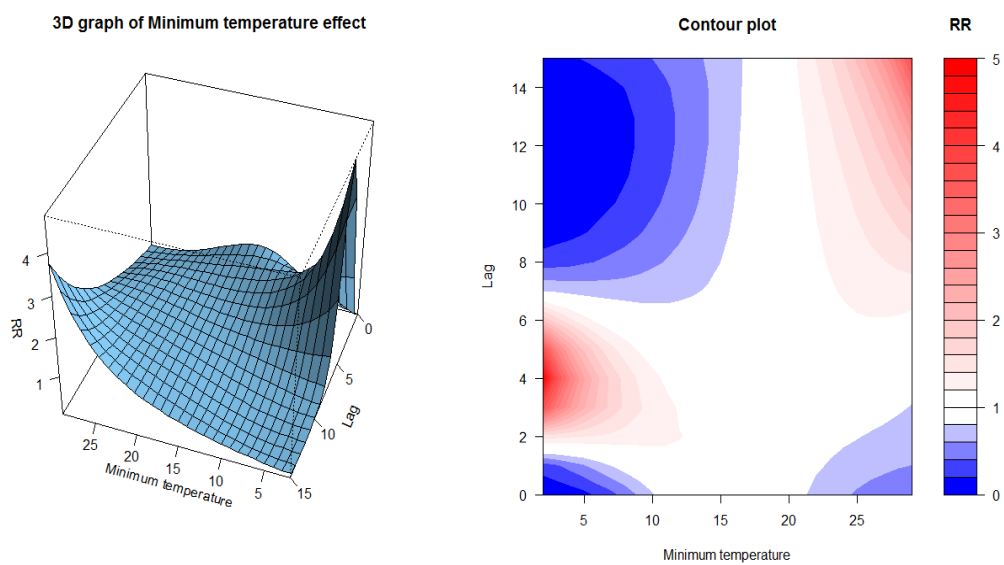


圖 3.2.6 最低溫度與登革熱相對風險關係圖

由每週最低溫與登革熱相對風險關係圖(圖 3.2.6)，可發現有兩區塊有明顯較強登革熱發生風險，但因為本計畫是以南台灣為主，在地區幾乎不太會有發生低溫小於 5°C 的狀況，故僅討論在高溫的部分。當前 8 週至 15 週有發生最低溫度高於 20°C 時，登革熱發生的相對風險會大於 2，此與前人研究明顯符合(Kuhn, *et al.*, 2005a, Otero, *et al.*, 2006))，當在前 8 週至 14 週時週最低溫度提高至 25°C 以上，適合埃及斑蚊生長，故在 8 週的蚊子繁殖，會使該地區有較高登革熱擴散的風險。但由圖 3.2.6 可發現若是在 8 週內的週最低溫高於 25°C 以上，則對於該地區登革熱擴散風險有明顯減少。換言之，登革熱疫情爆發並不是立即高溫就會發生，會有明顯時間延遲效應。

(3) 雨量+溫度

由於雨量和溫度有可能會同時影響登革熱的發生，因此若將雨量與溫度一同考慮會對於模型會有合理的結果和解釋。在此將前兩小節的個別變數各取一種組合，可得 9 種不同的 DLNM 模型，其詳細項目與變數類別展示於表 3.2.5，而各 DLNM 模型的 QAIC 則於表 4.2.6 展現。由表 4.2.6 可以發現，由 Temprain.model 5 (mintemp + maxrain) 和其他模型比較起來有最小的 QAIC 值，因此 Temprain.model 5 為最佳化的登革熱雨量溫度模型。

將 Temprain.model 5 模型所得時間函數與空間函數圖繪製於圖 4.2.7，

橫軸為一年 52 週的時間，而縱軸時是曲線值(以 0 為界，大於 0 則表示易發時間，反之則是不明顯)，圖左可發現登革熱在第 14 至 18 週(約在春末夏初)有較為明顯風險，比較前兩單因子結果可以發現與單純使用溫度因子的 DLNM 結果相似(圖 4.2.5 左與圖 4.2.7 左)。換言之，以雙因子來探討登革熱相關風險，在時間函數部分，仍以溫度因子-每週最低溫度含較重比例。就空間函數部分則與前兩小節(圖 3.2.1 與圖 3.2.5)部分略有不同，但整體登革熱易發區與雨量變數(圖 3.2.5)相同。在台南安平區、高雄市旗津區、左營區、鳳山區、林園區與屏東縣新園區屬於發生風險較高區域。

由雙因子 DLNM 模型中，每週最低溫與登革熱相對風險關係圖(圖 3.2.8)，可發現兩區塊有明顯登革熱發生風險，和圖 3.2.6 相近，因為本計畫以南台灣為主，該地區幾乎不太會發生低溫小於 5°C 的狀況，故僅考慮在高溫的部分。當前 9 週至 15 週最低溫度提昇至高於 20°C 時，會使登革熱相對風險提昇至 2 以上。但由圖 3.2.8 可發現若是在 8 週內的週最低溫高於 20°C 以上，可能是因為蚊子仍在生長，故對於該地區登革熱擴散風險無明顯影響。圖 3.2.9 為雙因子 DLNM 模型中每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱之關係圖，當每週 1 小時最大累積雨量大於 150 毫米發生在在 8 至 14 週後會有較高的登革熱相對風險。此外，由圖 3.2.9 亦可發現，若立即降下每週 1 小時最大累積雨量大於 150 毫米則，則登革熱相對風險相對較小。

表 3.2.5 雨量-溫度因子與登革熱模型項目及變數種類

項目	變數類別
Temprain.model 1	maxtemp + maxcrain
Temprain.model 2	maxtemp + maxrain
Temprain.model 3	maxtemp + raindata
Temprain.model 4	mintemp + maxcrain
Temprain.model 5	mintemp + maxrain
Temprain.model 6	mintemp + raindata
Temprain.model 7	avgtemp + maxcrain
Temprain.model 8	avgtemp + maxrain
Temprain.model 9	avgtemp + raindata

表 3.2.6 九個溫度加雨量與登革熱模型的模型比較

項目	QAIC
Temprain.model 5	257.74
Temprain.model 4	258.44
Temprain.model 7	265.56
Temprain.model 8	266.31
Temprain.model 6	280.49
Temprain.model 9	287.84
Temprain.model 2	295.27
Temprain.model 1	297.16
Temprain.model 3	319.43

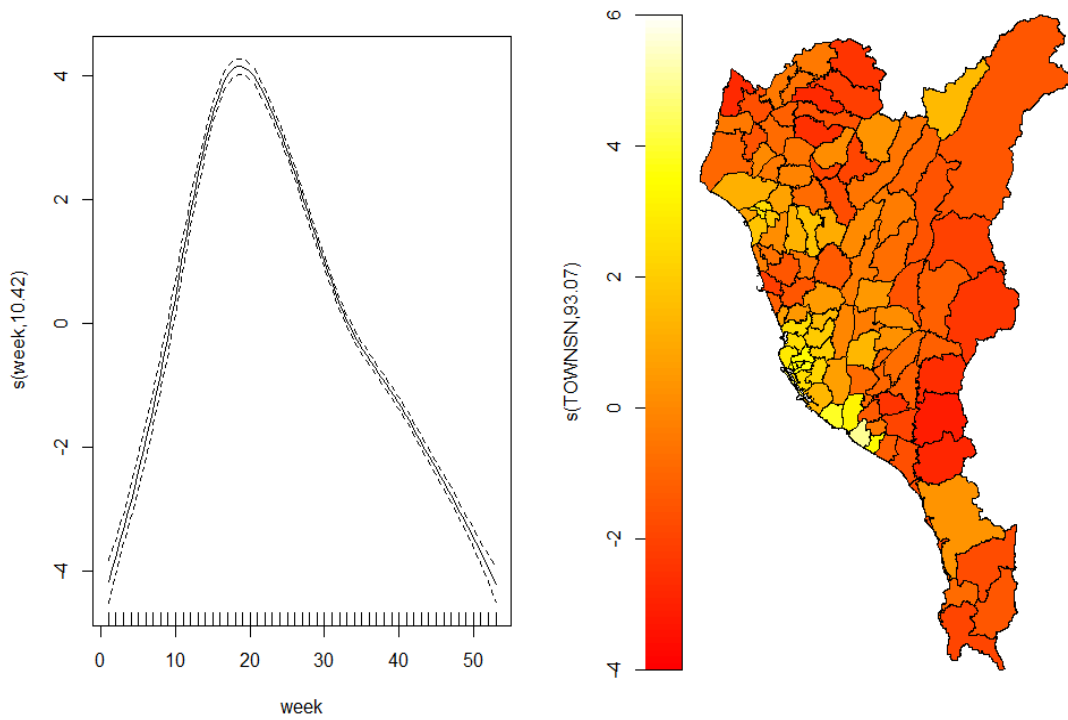


圖 3.2.7 Temprain.model 5 模式時間與空間殘差與登革熱關係圖

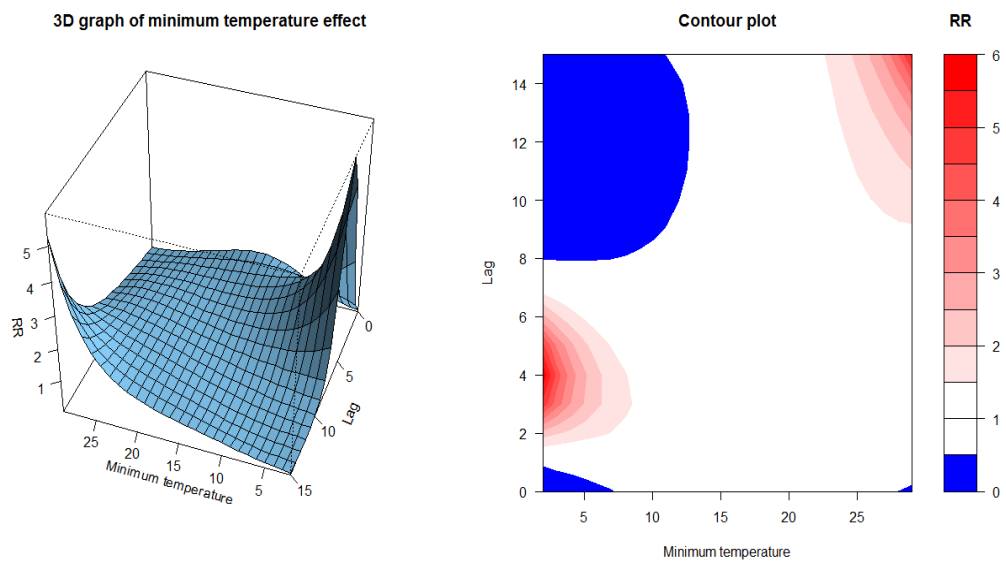


圖 3.2.8 最低溫度與登革熱相對風險關係圖

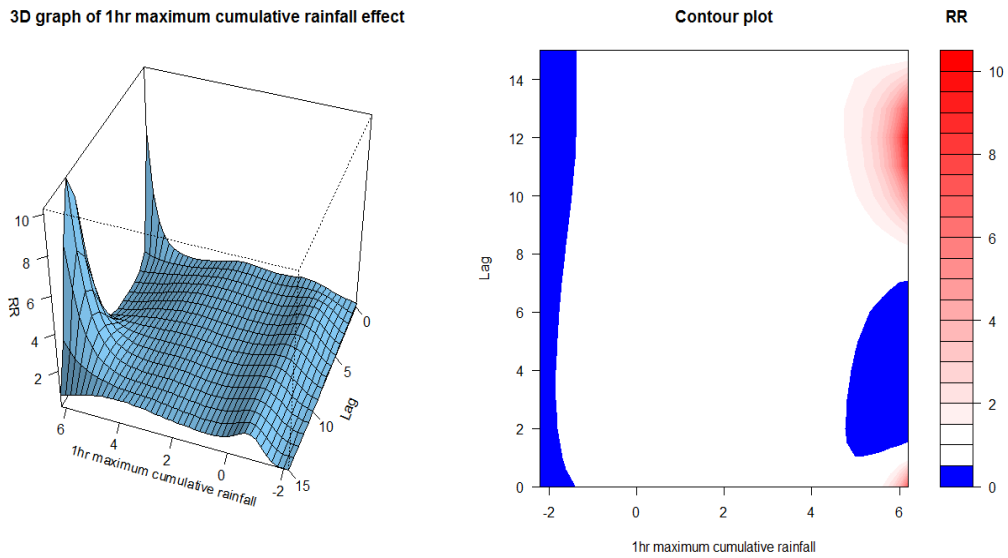


圖 3.2.9 每週 1 小時最大降雨與登革熱相對風險關係圖

由上分析可發現，登革熱的疫情爆發均不是降一場超大豪雨立即發生，此可能是因為一場大雨將原積水處的蟲卵帶走所致。但在降一場超大豪雨之後且當時最低溫度高於 20°C 以上，若沒事先有預防措施，則蟲卵會在適當的地點生成，第 9 至 14 週之後可能會有極高登革熱爆發疫情產生。

綜合以上，在考慮雙因子 DLNM 模型因考慮較多因子，故可獲得更為明確對登革熱的相對風險值。亦即，若當週發生最低溫度超過 20 度且一小時最大累積降雨量超過 80 毫米(中央氣象局發佈大豪雨特報)時，則可預期第 9 週到第 14 週後會有較高風險的登革熱疫情發生，需要提前加強登革熱的預防工作，以避免登革熱的疫情擴散。

3.2.2 登革熱與氣象因子關係模型預測分析

雖然由 DLNM 模型可以進行氣象因子與登革熱的關係分析，並可進一步進行預測易發地區。但為了進一步瞭解前一小節所建構雙因子 DLNM 模型準確度，於本小節將進行登革熱實際病例數以及預測病例數的時間序列比較。在此小節採用整體南台灣、及兩處明顯登革熱疫區(台南市中西區與高雄市左營區)三個地域進行比較，並繪製登革熱實際病例數與預測數趨勢圖(圖 3.2.10 至圖 3.2.12)。圖中橫軸為歷程時間(單位為週)，縱軸登革熱病例數，紅色虛線為實際登革熱病例數，藍色實線則為雙因子 DLNM 模型預測病例數。

在整體南台灣實際通報與模型預測結果大致符合(見圖 4.2.10)，即在大部分時間均可以較準確預測出，除在 211-263 週間與 472-524 週間，模型預測登革熱病例數峰值明顯小於實際登革熱病例數，造成此結果可能是僅考慮兩個氣候因子(週最低溫度與 24 小時最大降雨)仍有不足所致。換言之，用雙變數 DLNM 模型運用在南台灣大體上可得到不錯的預測結果，但在某些特殊狀況，實際登革熱病例突然爆發時，其峰值會有些差距。

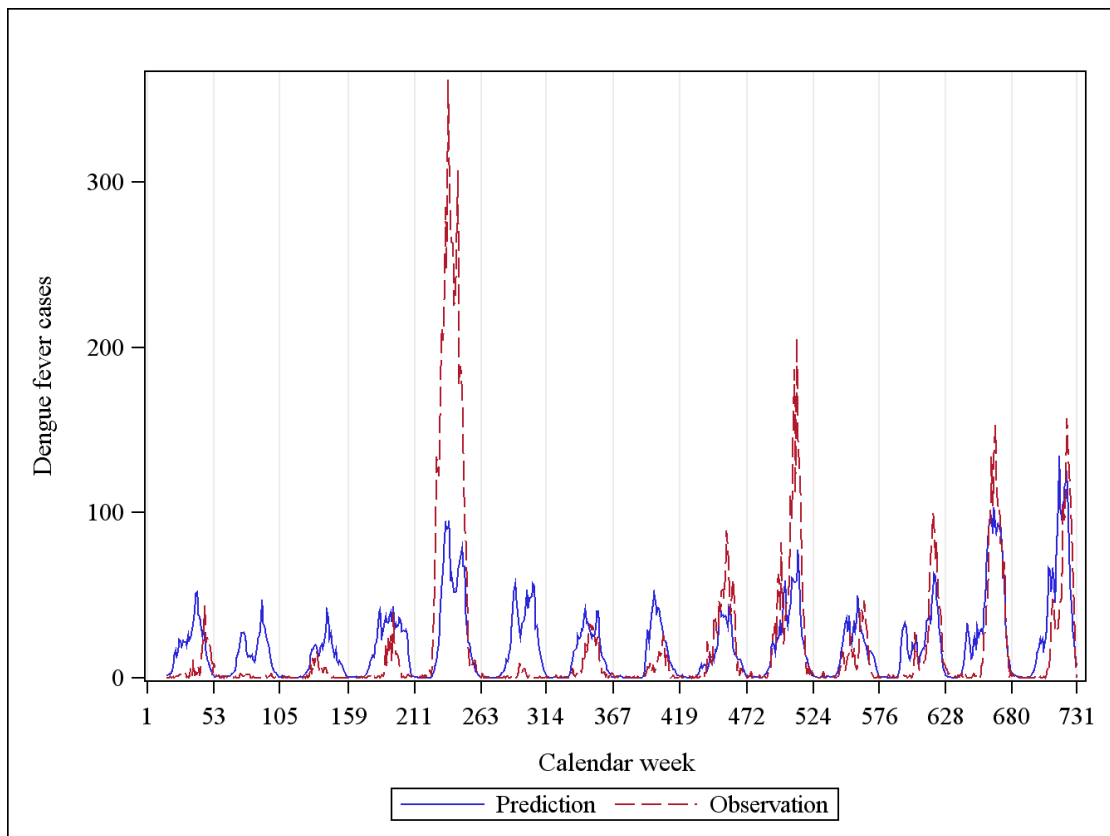


圖 3.2.10 南台灣登革熱實際病例數與預測數趨勢圖

由南台灣的巨觀結果看出雙因子 DLNM 模型趨勢大致符合，接著以微觀方式來分析該模型在各地區的模擬結果。圖 4.2.11 至圖 4.2.12 分別是台南市中西區與高雄市左營區。由台南市南區登革熱實際病例數與預測數趨勢圖(圖 3.2.11)可看出，大體趨勢亦相同，但在第 472 至 524 週及第 628 至 680 週仍有預測值明顯小於實際登革熱通報值。而高雄市左營區登革熱實際病例數與預測數趨勢圖亦有相近的趨勢分布，但特殊狀況，實際登革熱病例突然爆發時，其峰值會有些差距。雖然在峰值數據的預測會有點出入，但仍可藉由該預測數趨勢瞭解，在何時與何地會爆發大規模的登革熱病

例。此有助於未來進行決策時的參考。未來再進行需要再加入更多其他社經因子變數加以彌補的檢驗，已找出最佳的因子組合，使該模型再進行預測時有更的準確度。整體而言，模型仍可就準確地預測登革熱的疫情爆發時間。

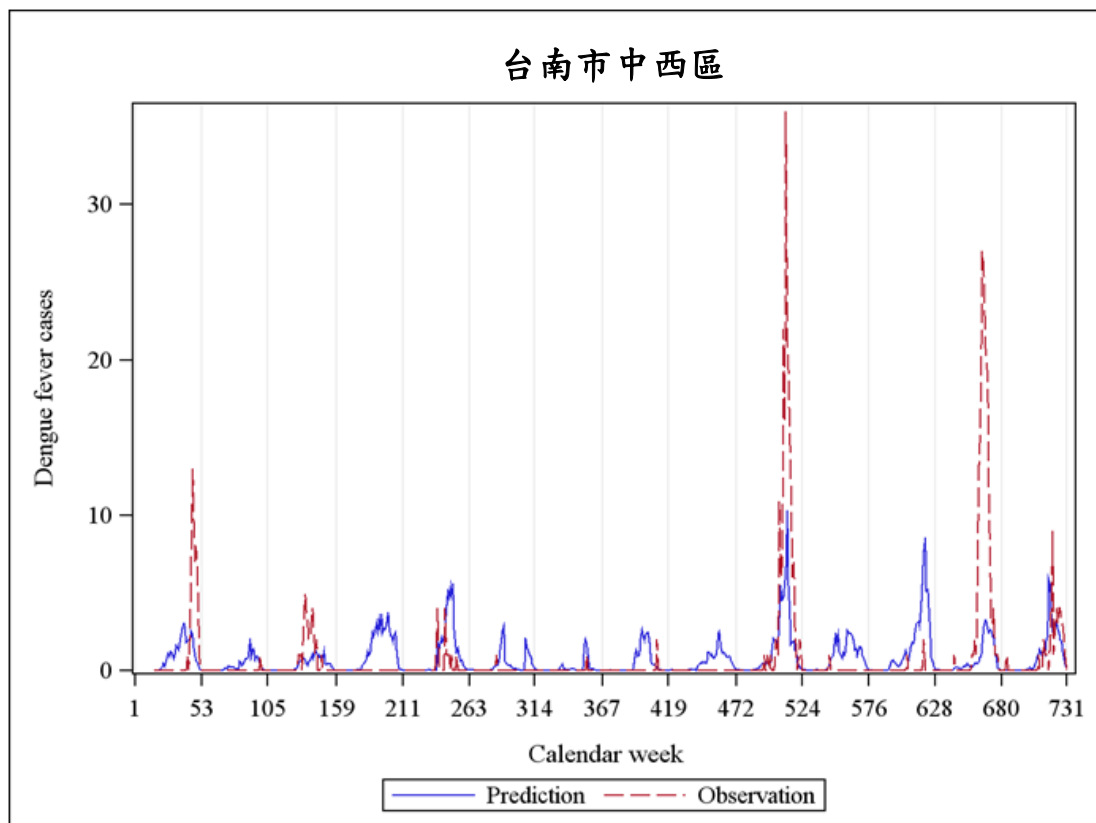


圖 3.2.11 台南市中西區革熱實際病例數與預測數趨勢圖

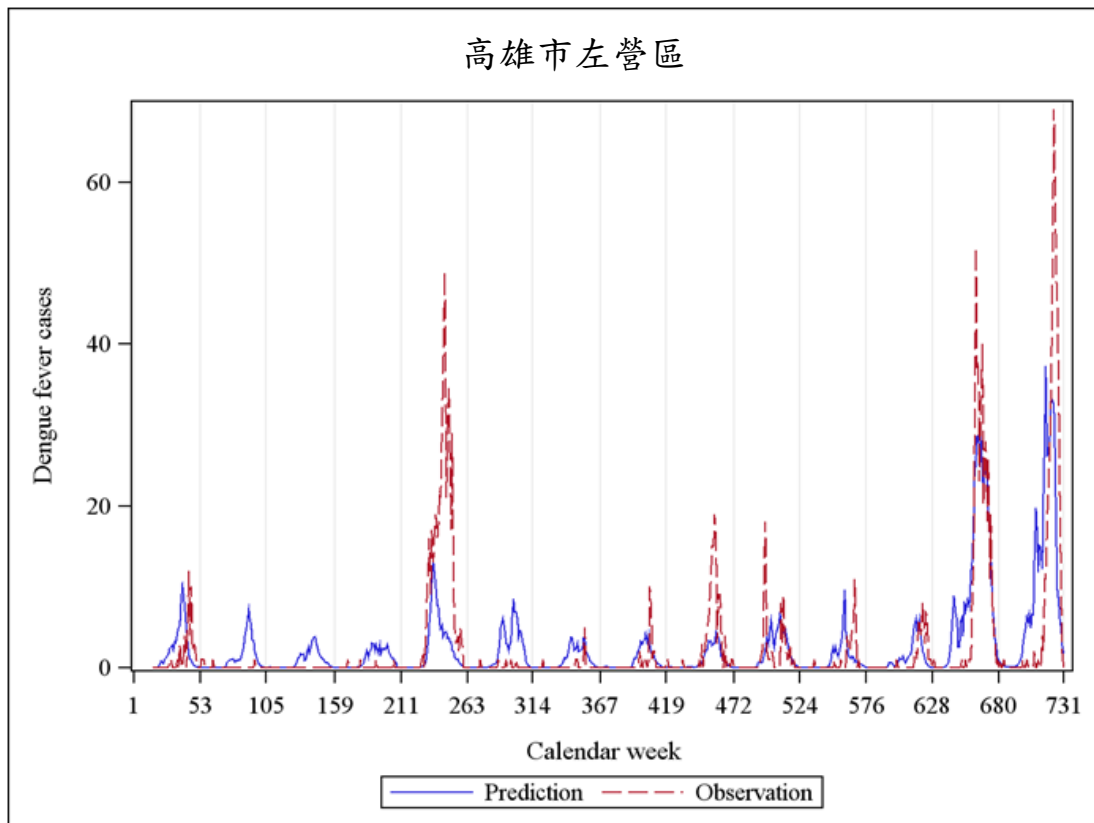


圖 3.2.12 高雄市左營區登革熱實際病例數與預測數趨勢圖

四、結論與建議

- (1) 本計畫採用分量迴歸(Quantile Regression, QR)結合並最小絕對壓縮選取機制(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator ,LASSO)。此方法主要是設定一個數值，將所有可能的參數投入做分量迴歸，限定所有迴歸出的迴歸係數絕對值會小於所設定的數值，將迴歸係數較小的參數設定為零，藉此選取影響登革熱疫情之土地利用及社會經濟因子。
- (2) 首先探討土地利用及社會經濟因子對於台灣南部鄉鎮市區及高雄市村里兩個不同空間的影響。在本研究中發現無論是在高雄市村里或是台灣南部鄉鎮登革熱疫情皆與「農作」及「天然林」之土地利用比例有著相關性存在。由分析結果顯示「農作」與「天然林」的比例在不同尺度的空間下對登革熱疫情的影響程度扮演著重要的角色，兩者對台灣南部鄉鎮的疫情為負向之影響；反之對高雄市村里為正向之影響。
- (3) 此外本研究發現當「住宅」的比例越高對於登革熱的疫情無論是在高雄市村里或是台灣南部鄉鎮皆為正向影響，即對登革熱疫情有增溫的趨勢。而在社會經濟上，在台灣南部鄉鎮結果顯示當「總所得均數」越高則對登革熱疫情有減緩之趨勢，即可能所得越高對於生活環境之要求相對於總所得均數低之處會較高。
- (4) 結合上述(1)~(3)，可以得知哪些土地利用或社會經濟因子對於登革熱

疫情是有增溫或是減緩的影響，但是相同的一個因子可能除了在不同空間尺度上的影響不同之外，在疫情的好發區及非好發區可能也會有不同的影響，例如「住宅」雖然對於高雄市村里的登革熱疫情為正向之影響(增溫)，但在好發區(分量約 0.7~0.9)之影響比非好發區(分量 0.1~0.3)對登革熱疫情之影響明顯較為顯著，而「農作」及「天然林」則對非好發區疫情相較於好發區有較大的影響。因此，在找出可能影響登革熱疫情的因子之後，勢必要再針對各種參數對於疫情好發區及非好發區的影響下去進行評估與預防。

- (5) 本計畫為分析氣象變數與登革熱的關係，採用允許有時間的延遲及氣象因子和延遲變數定義在同一個平滑曲線方程式之非線性分布延遲模型來處理氣象變數對登革熱病例的當日及數日後的延遲效應。另外，搭配使用馬可夫隨機域以進一步處理地理資料對登革熱病例的空間效應。再取決最佳模型則以類赤池資訊準則進行評斷。依採用不同氣象因子，來建構一最佳模型來分析氣象變數對登革熱病例的影響。
- (6) 單變數-雨量因子部分，利用三種變數(每週 24 小時最大累積降雨、每週 1 小時最大降雨與每週平均降雨)之最佳模型。其分析發現在整年第 30 週至第 44 週(約在秋季)，有明顯登革熱增強趨勢，而在登革熱較多的區域大致位於台南市安平區、永康區、南區、東區，在高雄市則亦

好發於旗津區、左營區、前鎮區、小港區、鳳山區與屏東縣的屏東市為預估出登革熱易發區域。當 24 小時累積雨量大於 400 (亦即 e^6)毫米發生在該週或在 14 至 15 週之間會有較高的登革熱的發生機率；若是以每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱關係圖，可發現 1 小時最大降雨量大於 150 (亦即 e^5)毫米時會使得登革熱風險有所提升；由平均降雨量與登革熱關係圖，則只有在第 10 週到第 12 週後才有影響。綜合這三種雨量變數與登革熱所得相對風險，每週 24 小時和每週 1 小時的最大累積降雨量達 150 毫米以上，則於第九至十四週後對當地登革熱疫情有顯著影響 ($RR > 5$)。換言之，當氣象局發佈大豪雨時，相關單位需多注意環境清理，以嚴防九週後有登革熱疫情發生。

- (7) 變數-溫度部分，其結果以每週平均溫度所建模型較佳。其結果認為登革熱在第 14 至 18 週有較為明顯風險，而在空間分布上，在高雄市旗津區、左營區、鳳山區、林園區與屏東縣新園區屬於發生風險較高區域。當在前 8 週至 14 週時週最低溫度提高至 20°C 以上，適合埃及斑蚊生長，故在 8 週的蚊子繁殖，會使該地區有較高登革熱擴散的風險。但若是在 8 週內的週最低溫高於 20°C 以上，則對於該地區登革熱擴散風險有明顯減少。
- (8) 雙因子模式以使用週最低溫與每週 1 小時最大降雨為最佳組合。結果

發現登革熱在第 14 至 18 週(春末夏初)有較為明顯風險，但整體登革熱易發區在高雄市旗津區、左營區、鳳山區、林園區與屏東縣新園區屬於發生風險較高區域。此外當前 9 週至 15 週最低溫度提昇到高於 22°C 時，會使的登革熱的相對風險提昇到 2 以上。若是在 8 週內的週最低溫高於 20°C 以上，可能是因為蚊子仍在生長，故對於該地區登革熱擴散風險無明顯影響。且當每週 1 小時最大累積雨量大於 150 毫米(氣象局發佈超豪大雨)發生在第 8 至 14 週後會有較高的登革熱的相對風險。由本模式分析可發現，登革熱的疫情爆發均不是降一場超大豪雨立即發生，此可能是因為一場大雨會將原積水處的蟲卵帶走所致。但在降一場超大豪雨之後且當時最低溫度高於 20°C 以上，若沒事先有預防措施，則蟲卵會在適當的地點生成，第 9 至 14 週之後可能會有極高登革熱爆發疫情產生

- (9) 藉由登革熱實際病例數以及預測病例數的時間序列比較，分析結果可看出不論是南台灣、台南市安平區或高雄市林園區，其實際通報與模型預測結果大致符合，雖然在峰值數據的預測會有點出入，但仍可藉由該預測數趨勢瞭解，在何時與何地會爆發大規模的登革熱病例。此有助於未來進行決策時的參考。未來再進行需要再加入更多其他社經因子變數加以彌補的檢驗，已找出最佳的因子組合，使該模型再進行

預測時有更高的準確度。整體而言，模型仍可就準確地預測登革熱的疫情爆發時間。

五、計畫重要研究成果及具體建議

5.1 重要研究成果

- (1) 蒐集相關文獻了解在其他國家中對於登革熱疫情有關的地理環境因子及社會經濟因子，探討與本研究利用分量迴歸找出在不同空間尺度下，對登革熱疫情有相關之社會經濟因子及土地利用因子所得到之結果是否有相同影響因子存在。結果顯示不論是在台灣南部鄉鎮或是高雄市村里，登革熱疫情皆與農業及天然林有相關性存在；在社會經濟因子部分則以總所得均數為兩不同尺度下共同相關因子。
- (2) 將迴歸得到之結果進行台灣南部鄉鎮及高雄市村里登革熱疫情分佈預測，結果顯示農作及天然林對登革熱非好發區的影響較大，而住宅則對於好發區的疫情有較明顯的影響。總所得均數越高則對好發區及非好發區之疫情有相對減緩之趨勢。
- (3) 採用由非線性分布延遲模型來處理氣象變數對登革熱病例的當日及數日後的延遲效應，並搭配使用馬可夫隨機域來處理地理資料對登革熱病例的空間效應。所建立週最低溫與每週 1 小時最大降雨雙因子 DLNM 模型，來推算南台灣登革熱與兩變數間的相對風險值。由模型預測結果發現，登革熱在第 14 至 18 週(春末夏初)有較為明顯風險，而

南台灣亦在高雄市旗津區、左營區、鳳山區、林園區與屏東縣新園區屬於發生風險較高區域。若當週發生最低溫度超過 20 度且一小時最大累積降雨量超過 60 毫米(中央氣象局發佈大豪雨特報)時，則可預期第 9 週到第 14 週後會有較高風險的登革熱疫情發生機率。

5.2 相關具體建議

- (1) 利用分量迴歸所找出之土地利用(如農作、天然林及住宅)及社會經濟因子(總所得均數)可能為影響登革熱疫情重要社經因子，相關主管單位可以作為未來防疫政策之依據。
- (2) 藉由雙因子非線性分布延遲模型結果，發現氣象因子對登革熱發生影響均需一段時間延遲。若中央氣象局發佈豪雨特報且當地最低溫度超過於 20°C，其登革熱相對風險值會大於 1($RR > 1$)，若溫度越高則其值甚至可達 5($RR > 5$)，即表示該地區有更高的登革熱爆發風險，相關單位需啟動防疫措施，避免該區域第 9 至 14 週後可能爆發的登革熱疫情。
- (3) 可再結合氣候變遷下各種氣象因子或是氣象局季度預報資料，藉分量迴歸與非線性分布延遲模型，探討短中長期登革熱疫情於研究區中相對於目前可能存在的變化趨勢為何。
- (4) 整合社經與氣象建立綜多因子之登革熱潛勢模型，對於台灣地區近期的登革熱疫情時空潛勢提出預測，嘗試找出登革熱疫情之高風險時空位

置。找出境外移入病例較為敏感或可能會有本土病例發生之位置，有助於相關單位提早採取適當的防疫措施，亦避免登革熱疫情爆發。已提早發現徵兆，進而有助於相關單位採取相當防疫作為，減少登革熱疫情爆發。

六、參考文獻

- Alam K., Sulaiman S. A. S., Shafie A. A. and Ghazali R.: Evaluation of clinical features and complications of dengue infected patients in Penang general hospital, Malaysia. *Healthmed* 2010; 4 (3) 573-579.
- Aldstadt J.: An incremental Knox test for the determination of the serial interval between successive cases of an infectious disease. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2007; 21 (5) 487-500.
- Almeida M. C. D., Caiaffa W. T., Assuncao R. M. and Proietti F. A.: Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. *Journal of Urban Health-Bulletin of the New York Academy of Medicine* 2007; 84 (3) 334-345.
- Arcari P., Tapper N. and Pfueller S.: Regional variability in relationships between climate and dengue/DHF in Indonesia. *Singapore Journal of Tropical Geography* 2007; 28 (3) 251-272.
- Bohra A. and Andrianasolo H.: Application of GIS in modeling of dengue risk based on sociocultural data: Case of Jalore, Rajasthan, India. *Dengue Bulletin* 2001; 25 92-102.
- Braga A. L. F., Zanobetti A. and Schwartz J.: The time course of weather-related deaths. *Epidemiology* 2001; 12 (6) 662-667.
- Camara F. P., Gomes A. F., dos Santos G. T. and Camara D. C. P.: Climate and dengue epidemics in State of Rio de Janeiro. *Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical* 2009; 42 (2) 137-140.
- Christophers S. R.: *Aedes aegypti* (L.), the yellow fever mosquito : its life history, bionomics, and structure. *Cambridge University Press, Cambridge ; New York, N.Y.* 1960
- Endy T. P., Chunsuttiwat S., Nisalak A., Libraty D. H., Green S., Rothman A. L., Vaughn D. W. and Ennis F. A.: Epidemiology of inapparent and symptomatic acute dengue virus infection: A prospective study of primary school children in Kamphaeng Phet, Thailand. *American Journal of Epidemiology* 2002; 156 (1) 40-51.
- Ferreira G. and Schmidt A.: Spatial modelling of the relative risk of dengue fever in Rio de Janeiro for the epidemic period between 2001 and 2002. *Brazilian Journal of Probability and Statistics* 2006; 20 47-63.
- Fu W. J. J.: Penalized regressions: The bridge versus the lasso. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 1998; 7 (3) 397-416.

- Gasparrini A., Armstrong B. and Kenward M. G.: Distributed lag non-linear models. *Statistics in Medicine* 2010; 29 (21) 2224-2234.
- Gubler D. J.: The changing epidemiology of yellow fever and dengue, 1900 to 2003: full circle? *Comparative Immunology Microbiology and Infectious Diseases* 2004; 27 (5) 319-330.
- Halide H. and Ridd P.: A predictive model for Dengue Hemorrhagic Fever epidemics. *International Journal of Environmental Health Research* 2008; 18 (4) 253-265.
- Hsieh Y. H. and Chen C. W. S.: Turning points, reproduction number, and impact of climatological events for multi-wave dengue outbreaks. *Tropical Medicine & International Health* 2009; 14 (6) 628-638.
- Hunter P. R.: Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology* 2003; 94 37s-46s.
- Hurtado-Diaz M., Riojas-Rodriguez H., Rothenberg S., Gomez-Dantes H. and Cifuentes E.: Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Epidemiology* 2006; 17 (6) S207-S207.
- Hurtado-Diaz M., Riojas-Rodriguez H., Rothenberg S. J., Gomez-Dantes H. and Cifuentes E.: Short communication: Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Tropical Medicine & International Health* 2007; 12 (11) 1327-1337.
- King C.-C., Wu Y.-C., Chao D.-Y., Lin T.-H., Chow L., Wang H.-T., Ku C.-C., Kao C.-L., Chien L.-J., Chang H.-J., Huang J.-H., Twu S.-J., Huang K.-P., Lam S.-K. and Gubler D. J.: Major epidemics of dengue in Taiwan in 1981-2000: Related to intensive virus activities in Asia. *Dengue Bulletin* 2000; 24 1-10.
- Koenker R. and Bassett G.: Regression quantiles. *Econometrica* 1978; 46 33-50.
- Kuhn K., Campbell-Lendrum D., Haines A. and Cox J.: Using climate to predict infectious disease epidemics. Geneva, Switzerland 2005a2005a.
- Kuhn K., D.Campbell-Lendrum, Haines A. and Cox J.: Using climate to predict infectious disease epidemics. 2005b
- Kurane I., Janus J. and Ennis F. A.: Dengue Virus-Infection of Human Skin Fibroblasts Invitro Production of Ifn-Beta, Il-6 and Gm-Csf. *Archives of Virology* 1992; 124 (1-2) 21-30.
- Lansdowne C. and Hacker C. S.: Effect of Fluctuating Temperature and Humidity on Adult Life Table Characteristics of 5 Strains of Aedes-Aegypti. *Journal of Medical Entomology* 1975; 11 (6) 723-733.

- Lei H.-Y., Huang J.-H., Huang K.-J. and Chang C.: Status of Dengue Control Programme in Taiwan – 2001. *Dengue Bulletin* 2002; 26 14-23.
- Lifson A. R.: Mosquitoes, models, and dengue. *Lancet* 1996; 347 (9010) 1201-1202.
- Luz P. M., Mendes B. V. M., Codeco C. T., Struchiner C. J. and Galvani A. P.: Time Series Analysis of Dengue Incidence in Rio de Janeiro, Brazil. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 2008; 79 (6) 933-939.
- Manangan J. S., Schweitzer S. H., Nibbelink N., Yabsley M. J., Gibbs S. E. J. and Wimberly M. C.: Habitat factors influencing distributions of *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia chaffeensis* in the Mississippi alluvial valley. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 2007; 7 (4) 563-573.
- Mondini A. and Chiaravalloti-Neto F.: Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city. *Science of the Total Environment* 2008; 393 (2-3) 241-248.
- Mondini A., Neto F. C., Sanches M. G. Y. and Lopes J. C. C.: Spatial analysis of dengue transmission in a medium-sized city in Brazil. *Revista De Saude Publica* 2005; 39 (3) 444-451.
- Nakhapakorn K. and Tripathi N. K.: An information value based analysis of physical and climatic factors affecting dengue fever and dengue haemorrhagic fever incidence. *Int J Health Geogr* 2005; 4 13.
- Otero M., Solari H. G. and Schweigmann N.: A stochastic population dynamics model for *Aedes aegypti*: Formulation and application to a city with temperate climate. *Bulletin of Mathematical Biology* 2006; 68 (8) 1945-1974.
- Patz J. A.: Public health risk assessment linked to climatic and ecological change. *Human and Ecological Risk Assessment* 2001; 7 (5) 1317-+.
- Patz J. A., Martens W. J. M., Focks D. A. and Jetten T. H.: Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environmental Health Perspectives* 1998; 106 (3) 147-153.
- Reiter P.: Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives* 2001; 109 141-161.
- Reiter P., Amador M. A., Anderson R. A. and Clark G. G.: Dispersal of *Aedes-Aegypti* in an Urban Area after Blood-Feeding as Demonstrated by Rubidium-Marked Eggs. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 1995; 52 (2) 177-179.
- Schwartz J.: The distributed lag between air pollution and daily deaths. *Epidemiology* 2000; 11 (3) 320-326.

- Serandour J., Girel J., Boyer S., Ravanel P., Lemperiere G. and Raveton M.: How human practices have affected vector-borne diseases in the past: a study of malaria transmission in Alpine valleys. *Malaria Journal* 2007; 6 -.
- Smith D. L., Dushoff J. and McKenzie F. E.: The risk of a mosquito-borne infection in a heterogeneous environment. *Plos Biology* 2004; 2 (11) 1957-1964.
- Spiegel J. M., Bonet M., Ibarra A. M., Pagliccia N., Ouellette V. and Yassi A.: Social and environmental determinants of *Aedes aegypti* infestation in Central Havana: results of a case-control study nested in an integrated dengue surveillance programme in Cuba. *Tropical Medicine & International Health* 2007; 12 (4) 503-510.
- Thammapalo S., Chongsuvivatwong V., Geater A. and Dueravee M.: Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. *Epidemiology and Infection* 2008; 136 (1) 135-143.
- Tibshirani R.: Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society Series B-Methodological* 1996; 58 (1) 267-288.
- Tran A. and Raffy M.: On the dynamics of dengue epidemics from large-scale information. *Theoretical Population Biology* 2006; 69 (1) 3-12.
- Tseng W.-C., Chen C.-C., Chang C.-C. and Chu Y.-H.: Estimating the economic impacts of climate change on infectious diseases: a case study on dengue fever in Taiwan. *Climatic Change* 2009; 92 (1-2) 123-140.
- Tsuzuki A., Duoc V. T., Higa Y., Yen N. T. and Takagi M.: High potential risk of dengue transmission during the hot-dry season in Nha Trang City, Vietnam. *Acta Tropica* 2009; 111 (3) 325-329.
- Tun-Lin W., Burkot T. R. and Kay B. H.: Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology* 2000; 14 (1) 31-37.
- Van Benthem B. H. B., Vanwambeke S. O., Khantikul N., Burghoorn-Maas C., Panart K., Oskam L., Lambin E. F. and Somboon P.: Spatial patterns of and risk factors for seropositivity for dengue infection. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 2005; 72 (2) 201-208.
- Vanwambeke S. O., Lambin E. F., Eichhorn M. P., Flasse S. P., Harbach R. E., Oskam L., Somboon P., van Beers S., van Benthem B. H. B., Walton C. and Butlin R. K.: Impact of land-use change on dengue and malaria in northern Thailand. *Ecohealth* 2007; 4 (1) 37-51.

- Wang C.-H. and Chen H.-L.: Effect of Warming Climate on the Epidemic of Dengue Fever in Taiwan. *Chinese Journal of Public Health* 1997; 16 (6) 455-465.
- Wen T. H., Lin N. H., Lin C. H., King C. C. and Su M. D.: Spatial mapping of temporal risk characteristics to improve environmental health risk identification: A case study of a dengue epidemic in Taiwan. *Science of the Total Environment* 2006; 367 (2-3) 631-640.
- WHO: Dengue haemorrhagic fever: diagnosis, treatment, prevention and control. Geneva 1997/1997.
- WHO: Using climate to predict infectious disease epidemics. Geneva 2005/2005.
- WHO: Dengue and dengue haemorrhagic fever. 2009
- Wu P. C., Guo H. R., Lung S. C., Lin C. Y. and Su H. J.: Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. *Acta Tropica* 2007; 103 (1) 50-57.
- Wu P. C., Lay J. G., Guo H. R., Lin C. Y., Lung S. C. and Su H. J.: Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the Total Environment* 2009; 407 (7) 2224-2233.
- Yu H. L., Yang S. J., Yen H. J. and Christakos G.: A spatio-temporal climate-based model of early dengue fever warning in southern Taiwan. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2011; 25 (4) 485-494.
- Zanobetti A., Wand M. P., Schwartz J. and Ryan L. M.: Generalized additive distributed lag models: quantifying mortality displacement. *Biostatistics* 2000; 1 (3) 279-292.

七、期中報告審查意見回覆

期中報告審查意見	回覆
<p>1. 初步完成研究計畫基本資料蒐集及整理分析，如登革熱本土及境外確定病例數、高風險區歷年鄉鎮市區人口密度、鄉鎮市區病媒蚊資料等。初步提出：(1)登革熱確定病例數的爆發和境外移入病例數有時間上的延遲，首先有境外移入病例，接著確定病例數才爆發。(2)但境外移入病例的人數和登革熱爆發的總病例數並沒有太大的關係。(3)以1998~2011年的資料顯示，台南市北區、高雄市三民區及屏東縣屏東市為三個主要爆發區，並可觀察出歷年平均人口趨勢變化不大。</p>	<p>感謝，針對上述問題(2)會在之後進行相關研究探討；問題(3)中所提出之問題，在此期末報告中探討整個南台灣鄉鎮市區登革熱疫情與社會經濟因子間之相關性，所得到之初步結果中歷年平均人口與登革熱疫情間無相關性。</p>
<p>2. 初步完成疾病影響因子中氣象因子文獻蒐集，主要以蒐集溫度、濕度及降雨量與登革熱之關聯性等；惟期中報告內容並未針對所蒐集之氣象因子之影響結果</p>	<p>在本期末報告中，已將期中報告中所提出之氣象參數進行與登革熱疫情相關性分析，而文獻當中，與溫度相關之文獻有 11 篇，與降雨相關之文獻有 7 篇，因此</p>

<p>進行比較分析，故無法了解其可能採用哪些氣象因子建置模型。</p>	<p>會優先以溫度及降雨為模型建構之考量。</p>
<p>3. 建議後續地理環境因子、人口社會因子及氣象參數等文獻之蒐集，應有比較分析，以確知選擇因子建置模型之考量及其合理性。</p>	<p>感謝建議，在本期末報告中已加入上述之因子及參數來進行分析及建模。</p>
<p>4. 建議納入新發生 clustering 之縣市及人口感染經驗與出血熱之衝擊評估。</p>	<p>本次計畫所申請之病例資料，病例檔上之病例名稱為「確定病名」，然而出血熱的話，不屬於確定病例的登革熱，所以算是另一種病，但還是會紀錄不同之出血熱病毒類型。此外，由歷年累積病例得知，登革熱及出血熱之病例數差異很大，因此可能對疫情無較大的影響。</p>
<p>5. 2011 年澎湖縣出現登革熱疫情，建立之模式可否應用於推估該縣？</p>	<p>在本研究中所建立之模式為針對台南市、高雄市及屏東縣，若對澎湖縣之疫情做模擬推估可能較不恰當，若有足夠之數據可針對澎湖縣單獨建立適當之模式。</p>
<p>6. 請持續加強後續進度控管。</p>	<p>感謝，本計畫進度皆有按期初報告所提出之進度進行。</p>
<p>7. 本計畫預期利用分析過去病</p>	<p>目前已蒐集 1998~2011 年的溫度</p>

<p>媒蚊以及登革熱病例相關資料，探討主要影響登革熱疫情之氣象因子(如溫度、降雨)、地理環境因子(如土地利用、植被)以及人類社會行為模式(如人口密度)，並找這些潛在因子與登革熱疫情之關係。但目前期中報告部分僅粗略之文獻回顧並無法了解其對以上各項關鍵因子之蒐集進度，與未來之分析方式(如 P.19 所列)。</p>	<p>及降雨資料，本研究使用非線性分佈延遲模型，將溫度及降雨設為非線性函數，推論致病機率與氣象因子之關係。氣象因子採用每週最高溫度、每週平均溫度、每週最低溫度、每週 24 小時最大累積降雨量、每週 1 小時最大累積降雨量與每週平均降雨量，並可由風險推測登革熱疫情的影響程度；社會經濟因子部份則蒐集了 1993~2001 平均綜合所得、2001 年各行業人口比及 2007 年土地利用圖層，這部分將以 Quantile Regression 分析。</p>
<p>8. P.4 所述，何謂「序率時空統計模型」？擇定之主要依據為何？可補充說明。</p>	<p>序率時空統計模型主要針對時空的統計模型進行理論、運算及應用的研究，可用來做極端值的統計分析、解釋及推論環境資料。</p>
<p>9. 本次研究目標含「未來數週或數月內可能發生登革熱風險的空間時間分佈」。但此與過去已有之成果(P.14)相較、將從哪些面向予以有效突破？可行性為何？如何驗證？</p>	<p>在氣象部份採用新方法(非線性分布延遲模型方法)，該方法保有延遲特性及時間經歷且變數和延遲變數定義在同一個平滑曲線方程式，可達更佳的分析與預測結果。</p>

<p>10. 水文條件與因子之介入與突破，應予強化。</p>	<p>未來所使用之水文資料將會取自經濟部水利署水文資料庫，將利用此資料進行相關之研究。</p>
<p>11 預測模型的因子是否應加入相關變因，如殺蚊蟲措施、溼度、病人資料等。</p>	<p>對於殺蚊蟲措施等資料詢問疾管局後，由於資料較難取得或是無資料，因此在此報告中並無加入。將來可向相關單位申請殺蟲措施等相關資料來進行與登革熱疫情之分析，了解殺蟲行為與疫情的相關性為何；氣象資料部分為來也可考慮申請溼度資料來進行相關之分析。</p>

八、期末報告審查意見回覆

期末報告審查意見	回覆
<p>1. P.30 第二段最後概述內容，遺漏第一章之內容描述及有部份錯字。</p>	<p>感謝提醒，在文章結構部分，已將第一章部份補齊，描述登革熱疫情對全球之影響及前人所做過之研究，並將錯字部分修改完成，謝謝。</p>
<p>2. 研究中所分析的各種解釋變數與登革熱疫情間之關係，可能為直接、間接或與其他因子有 mixing effect，建議對資料庫中各種變數的原始定義及其背後之意義，如生物學上的效應再做更深入瞭解，與實務工作人員多溝通討論，使建立之模式更為合理可信。</p>	<p>感謝提醒，本研究中，對於氣象因子、社會經濟因子及土地利用的分析結果中，已完成迴歸分析及其解釋。然而其他因子與登革熱疫情間之關係，以及因子間直接或間接的 mixing effect 之分析，仍仰賴後續與相關承辦人員就其中的生物效應、mixing effect 討論，讓所建立的模式更加合理化。</p>
<p>3. 研究中多項社會經濟指標之使用，恐有汙名化之嫌，如研究中提及，在人口組合部份，發現客家口數與登革熱疫情有相關之影響，這可能涉及影射客家人口衛生條件或健康條件較差之嫌</p>	<p>感謝委員們的提醒，為避免標記之嫌，在分析部分已將客家人口數部分移除。</p>

<p>疑，故建議以其他指標代替。且客家人口數多寡與登革熱疫情之相關性，可能因其居住地即非為疫情好發區，而非族群因素，應進一步分析釐清。</p>	
<p>4. 登革熱疫情預測模型之建構，應將土地利用及社會經濟因子一併考慮，而非僅分析雨量及溫度。另外，應綜合地理環境、社會經濟因子及氣象參數等三項因子，列出防疫重點區域(如鄉鎮市等)。</p>	<p>感謝委員們的提醒，本年度目標為針對土地利用、社會經濟因子及氣象參數分別進行與登革熱疫情之相關性分析。明年度計畫將可嘗試整合三項參數來進行探討，期望能使模型能更適切地表達在研究區域的登革熱疫情時空分佈。就防疫重點部分，將依委員們意見，列出重點區域的警示，並依相對危險性給予疾管單位防疫建議。</p>
<p>5. 請進一步評估氣候變遷在不同社會經濟因素下，登革熱發生之相對危險性。</p>	<p>感謝委員們的提醒，不同空間下其社會經濟因子比例不同，而其所處的氣象條件也不盡相同。為了能給疾管單位有效的建議，預先在疫情爆發前先防疫措施，將針對氣象因子與登革熱之關係進行相對危險性評估。</p>
<p>6. 建議評估愛河兩岸區域之好</p>	<p>感謝委員們的建議，本研究已針</p>

<p>發區，進行更細膩之分層研究分析的可能性。</p>	<p>對不同分層進行分析，而愛河兩岸皆為登革熱疫情之好發區，如鼓山區、前鎮區。未來可挑出愛河兩岸所包含之村里各別進行模型分析探討。</p>
<p>7.因台灣地區每年均發生登革熱疫情，因此疫情的規模才是關心的重點，建議分析的結果應有量化的數據，若僅有趨勢，對疫情預測助益不大。</p>	<p>感謝委員們的建議，目前由氣象因子評估出不同延遲週數對疫情爆發的相對風險，如圖 3.2.8 可發現若是在 8 週內的週最低溫高於 20 以上，可能是因為蚊子仍在生長，故對於該地區登革熱擴散風險無明顯影響。在圖 3.2.9 中亦描繪了為雙因子 DLNM 模型中每週 1 小時最大累積降雨量與登革熱之關係，當每週 1 小時最大累積雨量大於 150 毫米發生在在 8 至 14 週後會有較高的登革熱相對風險，該相對風險可提供疫管單位對於疫情爆發之預警。</p>
<p>8. 研究結果發現無論在高雄市村里或是台灣南部鄉鎮，登革熱疫情皆與農作及天然林之土地利用比例有相關。但在此研究中指出，對台灣南部鄉鎮之影響為負</p>	<p>非常感謝委員的意見，本研究區域為都市地區，不同於國外登革熱研究區域較屬於農村或鄉下地區，且國外地區因為經濟狀況，對於取得較詳細的土地利用圖層</p>

<p>向，而對高雄市村里之影響為正向，這是否意味著土地利用比例可能以其他指數代替更為精確，建議參考國際文獻指出植被密度或植被指數等複合型指數轉換，以探討土地利用對登革熱疫情之影響。</p>	<p>難度較高，不得已改採用植被指數替代。然而本研究中，擁有較詳細的疫情土地利用圖層，可依不同土地利用的方式挑選合適的土地利用因子，並評估與登革熱疫情的相關性。在時間空間分佈的整合上，可結合氣象因子，做更深入的分析。將來可再評估植被指數等複合型指數的合適性。</p>
<p>9. 原計畫書 P.19 所提及 NDVI 部份並未進行。且本次報告對於期中審查意見，並未見回應。</p>	<p>感謝委員們的提醒，原計畫書有提及將事情了解 NDVI 的可行性，然而根據本年度探討發現 1) 台灣地區登革熱熱區多為城市區域，2) NDVI 為描述植被特性之指數，其不確定性相當高，3) 台灣地區有完整的國土利用調查資料，也因此本計畫採用土地利用資料來作研究，而未來也將繼續視情況來探討 NDVI 指數對登革熱疫情評估的可行性。</p>
<p>10. 應建構目前相關結論之”Validation”機制。下年度須用 out-of-fit data 做 Validation。</p>	<p>感謝委員們的建議，針對氣象因子部分的 Validation 機制，目前完成了同組資料的估測與 Validation。為了讓模型更值得信</p>

	<p>賴，下年度將利用 Out-of-fit data 做 Validation。</p>
<p>11.宜更聚焦於目前研究方法對「相關因子與登革熱爆發相關性」的突破性概念為何？故而在政策引用上有所影響。</p>	<p>感謝委員們的建議，目前已選取適合的社會經濟因子與登革熱疫情進行相關性分析，至於氣象因子方面的突破點，以非線性相關性評估登革熱疫情爆發的相對風險，可提供相關防疫政策參考。</p>
<p>12. 長期的 climate impact 應嘗試以 relative increase in case load 呈現，並開發氣候預警指標。</p>	<p>感謝委員們的建議，目前完成氣象因子如氣溫與降雨，對於登革熱病例數的預測。可以掌握疫情爆發的趨勢。為了能夠提供疾管單位在疫情爆發前能有相對應的病媒撲滅與衛生教育宣導，將會以列出防疫重點區域，並依相對危險性開發氣候預警指標，給予疾管單位防疫建議。</p>