

計畫編號：DOH102-DC-1203

衛生福利部疾病管制署 102 年委託科技研究發展計畫

計畫名稱：氣候變遷下登革熱空間時間傳播預測模型建立

102 年度研究報告

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、蔡坤憲、潘宗毅

研究人員：簡龍璋、徐葦茵、林遠見

執行期間：102 年 1 月 1 日至 102 年 12 月 31 日

*本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對媒體發布研究成果應事先徵求本署同意

目錄

| | |
|------------------------------|-----|
| 目錄..... | I |
| 中文摘要..... | III |
| Abstract..... | IV |
| 圖目錄..... | V |
| 表目錄..... | XII |
| 一、前言..... | 1 |
| 二、材料與方法..... | 3 |
| 2.1 登革熱預測模型與方法文獻回顧..... | 3 |
| 2.2 登革熱與氣象因子間之相關性文獻回顧..... | 8 |
| 2.3 大氣環流資料收集、整理與分析..... | 13 |
| 2.4 未來氣候變數情境模擬資料蒐集與整理..... | 15 |
| 2.5 氣候變遷氣候與氣象資料特徵分析..... | 25 |
| 2.6 未來短期氣象資料..... | 34 |
| 三、結果與討論..... | 46 |
| 3.1 登革熱預測模型驗證..... | 46 |
| 3.2 不同情境下南臺灣鄉鎮溫度風險及病例分布..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| 3.3 不同情境下南臺灣鄉鎮雨量風險及病例分布..... | 82 |
| 3.4 不同情境下南臺灣鄉鎮溫度與降雨及登革熱空間相對風險分布 | 99 |
| 3.5 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里溫度風險及登革熱空間相對 風險分布..... | 113 |
| 3.6 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里降雨及登革熱空間相對風險 分布..... | 126 |
| 3.7 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里溫度降雨風險及登革熱空間 相對風險分布..... | 139 |
| 四、結論與建議..... | 152 |
| 4.1 結論..... | 152 |
| 4.2 建議..... | 154 |
| 五、參考文獻..... | 155 |
| 六、附錄..... | 159 |
| 七、期中審查意見回覆..... | 268 |
| 八、期末審查意見回覆..... | 271 |

中文摘要

氣候變遷會使北極冰山融化，海平面會逐年上升，很多沿海都市可能會被淹沒。此外，水災、旱災和熱浪等災害可能會經常發生，再加上可用水資源變少，造成糧食產量下降，引發糧食危機，最後是生態環境改變，可能引發傳染病流行。因此，本年度計畫將 101 年利用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)所建立的模式，並加入 TCCIP 研究當中不同情境的溫度變化量及雨量變化率，作為研究未來短期登革熱疫情在南臺灣鄉鎮及舊高雄市與鳳山市的相對風險，並利用此模式預測未來短期各鄉鎮登革熱的病例數。

研究結果發現，在不同情境下的溫度及降雨，對於登革熱疫情在未來的相對風險有不同的影響，溫度所呈現的相對風險小於雨量的影響，當同時考慮溫度及降雨對於未來登革熱相對風險影響時，發現同時考慮時的相對風險值明顯高於僅單純考慮溫度或降雨時的相對風險值。此外，在預測病例數的差異在於登革病例數除了受到氣象因子的影響之外，也與該地區歷年是否發生過登革熱病例有關。村里尺度的模式所顯示的結果為氣候變遷條件下，溫度及降雨對於舊高雄市村里登革熱疫情相對風險有上升的趨勢，且與鄉鎮尺度結果相同的是，降雨的影響遠大於溫度的影響，然而在同時考慮溫度及降雨的影響所造成的相對風險值卻明顯低於單獨考慮溫度及降雨時的相對風險值。

本研究結果顯示在未來氣候變遷的天氣型態下，能夠找出未來登革熱疫情在南臺灣地區各鄉鎮的相對風險，並提供相關單位做為防疫之參考。

關鍵字：氣候變遷、相對風險、登革熱

Abstract

The well-known global climate change may cause extreme weather event happens more frequently than ever, which brings destructive disasters to the civilization. Furthermore, the event may cause the shortage of water resources and fall of grain production. These defective reasons would lead to outbreaks of infectious diseases. Our research proposed to use the model developed from distributed lag nonlinear model (DLNM) with two factors (weekly minimum temperature and weekly 1-hr maximum rainfall), and the temperature and rainfall data of various scenarios in TCCIP research. The model was used to predict the relative risk and distribution of dengue fever epidemics in Southern Taiwan.

The result of analysis shows that the temperature and rainfall data in various scenarios would affect the relative risk, and the degree affected from temperature data is lower than from rainfall data. If the temperature and rainfall data are considered jointly in the model, the analyzed relative risk would be obviously higher than just consider each one separately. The prediction of distribution of epidemics is not only effected by weather variables, but also relative to cases of dengue fever reported. The model scaled in villages shows that if the climate change continues, the temperature and rainfall condition would make the relative risk of dengue fever epidemics of villages in former Kaohsiung increase. As the former model analysis scaled in towns, the effect of relative risk also comes from rainfall is higher than temperature, but the effect which considers temperature and rainfall jointly would be lower than consider them separately.

The analysis result have showed the spatial relative risk distribution of dengue fever epidemics in Southern Taiwan, and be a reference for the agency during the epidemic prevention situation.

Keywords: Climate Change, Relative Risk, Dengue Fever

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 2.3.1 各指數於 1998/01-2011/12 月之時間序列圖 | 14 |
| 圖 3.1.1 (左)2012 年第 1-3 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 1-3 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 51 |
| 圖 3.1.2 (左)2012 年第 4-6 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 4-6 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 52 |
| 圖 3.1.3 (左)2012 年第 7-9 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 7-9 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 53 |
| 圖 3.1.4 (左)2012 年第 10-12 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 10-12 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 54 |
| 圖 3.1.5 (左)2012 年第 13-15 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 13-15 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 55 |
| 圖 3.1.6 (左)2012 年第 16-18 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 16-18 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 56 |
| 圖 3.1.7 (左)2012 年第 19-21 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 19-21 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 57 |
| 圖 3.1.8 (左)2012 年第 22-24 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 22-24 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 58 |
| 圖 3.1.9 (左)2012 年第 25-27 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 25-27 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布 | 59 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 圖 3.1. 10 | (左)2012 年第 28-30 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 28-30 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 60 |
| 圖 3.1. 11 | (左)2012 年第 31-33 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 31-33 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 61 |
| 圖 3.1. 12 | (左)2012 年第 34-36 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 34-36 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 62 |
| 圖 3.1. 13 | (左)2012 年第 37-39 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 37-39 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 63 |
| 圖 3.1. 14 | (左)2012 年第 40-42 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 40-42 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 64 |
| 圖 3.1. 15 | (左)2012 年第 43-45 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 43-45 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 65 |
| 圖 3.1. 16 | (左)2012 年第 46-48 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 46-48 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 66 |
| 圖 3.1. 17 | (左)2012 年第 49-51 週南臺灣實際登革熱病例數分布 (右)2012 年第 49-51 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 67 |
| 圖 3.1. 18 | (左)2012 年第 52 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 52 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布..... | 68 |
| 圖 3.2. 1 | A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相 對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 73 |
| 圖 3.2. 2 | A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相 對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 74 |

| | |
|--|----|
| 圖 3.2. 3 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 75 |
| 圖 3.2. 4 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 76 |
| 圖 3.2. 5 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 77 |
| 圖 3.2. 6 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數..... | 78 |
| 圖 3.2. 7 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例..... | 79 |
| 圖 3.2. 8 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例..... | 80 |
| 圖 3.2. 9 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例..... | 81 |
| 圖 3.3. 1 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 90 |
| 圖 3.3. 2 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 91 |
| 圖 3.3. 3 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、37 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 92 |
| 圖 3.3. 4 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 93 |

| | |
|---|-----|
| 圖 3.3. 5 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對 風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 94 |
| 圖 3.3. 6 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對 風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 95 |
| 圖 3.3. 7 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對 風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 96 |
| 圖 3.3. 8 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對 風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 97 |
| 圖 3.3. 9 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對 風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 98 |
| 圖 3.4. 2 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、23 及 27 週各 鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 104 |
| 圖 3.4. 3 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各 鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 105 |
| 圖 3.4. 4 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各 鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 106 |
| 圖 3.4. 5 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、24 及 27 週各鄉 鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 107 |
| 圖 3.4. 6 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉 鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 108 |
| 圖 3.4. 7 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉 鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| 圖 3.4. 8 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 110 |
| 圖 3.4. 9 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 111 |
| 圖 3.4. 10 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數..... | 112 |
| 圖 3.5. 1 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 117 |
| 圖 3.5. 2 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 118 |
| 圖 3.5. 3 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、45 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 119 |
| 圖 3.5. 4 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 120 |
| 圖 3.5. 5 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 121 |
| 圖 3.5. 6 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 122 |
| 圖 3.5. 7 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 123 |
| 圖 3.5. 8 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| 圖 3.5.9 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 125 |
| 圖 3.6.1 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 130 |
| 圖 3.6.2 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 131 |
| 圖 3.6.3 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 132 |
| 圖 3.6.4 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 133 |
| 圖 3.6.5 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 134 |
| 圖 3.6.6 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 135 |
| 圖 3.6.7 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 136 |
| 圖 3.6.8 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 137 |
| 圖 3.6.9 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值 (右)及各村里平均病例數..... | 138 |
| 圖 3.7.1 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相 對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 143 |

| | |
|---|-----|
| 圖 3.7.2 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 144 |
| 圖 3.7.3 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 145 |
| 圖 3.7.4 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 146 |
| 圖 3.7.5 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 147 |
| 圖 3.7.6 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 148 |
| 圖 3.7.7 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 149 |
| 圖 3.7.8 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 150 |
| 圖 3.7.9 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數..... | 151 |

表目錄

| | |
|--|----|
| 表 2.1.1 疾病與不同大氣環流模式相關性之文獻..... | 7 |
| 表 2.2.1 國外登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整 | 10 |
| 表 2.2.2 台灣登革熱病例/病媒蚊受氣象影響相關文獻彙整 | 11 |
| 表 2.5.1 氣候指數與亞洲地區氣候之相關性..... | 27 |
| 表 2.6.1 台灣南區 A1B 情境下各月份溫度改變量(°C) | 36 |
| 表 2.6.2 台灣南區 A2 情境下各月份溫度改變量(°C)..... | 36 |
| 表 2.6.3 台灣南區 B1 情境下各月份溫度改變量(°C)..... | 37 |
| 表 2.6.4 台灣南區 A2 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值..... | 42 |
| 表 2.6.5 台灣南區 B1 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值..... | 42 |
| 表 3.1.1 2012 登革熱預測模型之相關係數與均方根誤差..... | 49 |

一、前言

工業革命以來，人類大量製造二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、氟氯碳化物等溫室氣體，對大自然的影響不再只是侷限於地表，而是擴張至大氣，而且藉由大氣的運動，其影響已逐漸佈及全球(許晃雄, 2001)。另全球經濟發展快速，帶動了能源及天然資源的消耗迅速，這樣的發展面臨了自然環境系統的碳循環被打亂，導致全球暖化及氣候的變異。無論是週期性抑或是非週期性的氣候變遷，在極端氣候現象出現時，都可能會對人類社會及生態系統造成衝擊，尤其發生頻率越頻繁或極端程度越大時，對人類社會及生態的影響會更為嚴重。

近年來，在氣候變遷的環境下，地球溫暖化可能會造成氣候出現異常，可能會發生氣溫上升及降雨量改變的情形，有些地區會變得溫濕多雨，有些地區則是炙熱乾燥，這些氣候的改變均會影響環境生態的平衡及人體的健康。世界衛生組織蒐集全球 187 位學者針對氣候變遷對於人體健康影響的研究報告，發現，其中以熱休克、蟲媒病和空氣污染三個領域的研究最多(王根樹, 1999)。

全球氣候變遷對於環境生態及人體健康的影響包括氣候改變、植物和食物的生產量缺乏、土壤沙漠化和表土流失、海平面上升、飲用水鹽化、空氣污染物加速的形成等。而全球暖化對人體的健康影響，分別包括熱效應(熱中暑及熱衰竭)、結核病、水媒病、過敏性疾病、呼吸道疾病、蟲媒病等。全球暖化間接對於人體健康效應的影響在於感染性疾病，而感染性疾病已知由某些特定的病毒、細菌或寄生蟲所引起，因此，感染性疾病的發生率可能會隨著溫度的上升而有所改變，例如一般在冬天的死亡率可能遠比夏天低許多，但是若在冬天出現陰天、潮濕天和下雪天時，死亡率可能就會有上升的現象發生。世界衛生組織在其 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，原因在於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，對防疫工作來說是相當重要的。

因此本研究延續 101 年計畫，利用 101 年計畫中所建立的模型，嘗試加入氣候變遷相關性因子，探討氣候變遷條件下，未來短期影響氣象因子及進而影響台灣南部鄉鎮的登革熱疫情時間空間分布討論。此外，獨立建立一個舊高雄市與舊高雄縣鳳山市村里尺度的時間空間相對風險，以評估未來氣候變遷環境下可能的風險區域，提供相關單位作為防疫參考。

二、材料與方法

2.1 登革熱預測模型與方法文獻回顧

P. Martens, et al. (1999)利用 MIASMA model 及 UK Hadley Centre (HadCM2 and HadCM3)資料預測 2080 年全球瘧疾(malaria)的分布情形,其中在 HadCM3 情境下,分別有 300 及 150 million 感染 *P. falciparum* 及 *P. vivax* 型的瘧疾;在 HadCM2 情境下,*P. falciparum* 及 *P. vivax*.型瘧疾感染人數範圍則分別為 260 到 320 million 及 100 到 200 million。在大部分的區域氣候變遷會改變瘧疾影響季節的時間長度,僅少部分區域在降雨影響下會有整年度的減少。Van Lieshout, et al. (2004)利用 MIASMA model (v2.2.) 與 HadCM3 資料,將研究區域選為人口增加較為迅速的東非、中亞、中國、東南亞以及南美洲,探討在不同情境下人口對於上述地區瘧疾發生的影響。由 HadCM3 情境下的結果模擬得知,亞馬遜及南美洲地區在瘧疾較易發生的季節,因降雨發生變化而有減少的趨勢。此外,MIASMA model (v2.2) 對於降雨的空間分布預測及人口增長兩因子有明顯的相關性存在。模擬 2080 年不同情境下暴露於瘧疾影響的範圍的人口數則由 90 m (A1FI) 到 200m (B2b),在 B2 情境下影響最大的區域為歐亞及非洲,氣候條件影響瘧疾潛在區域影響主要位於較為貧窮及脆弱度較高的地區。Bhattacharya, et al.(2006)利用 MIASMA model 及 HadRM2(1S92a scenario)資料預測 2050 年瘧疾在印度地區的影響。由情境模擬結果顯示,瘧疾影響的主要地區還是現在的中部地區,但不同的是,在 2050 年影響地區會由中部地區慢慢往印度西南沿海地區擴散,此外,也會延伸至北部地區。瘧疾在印度地區的傳播取決於當地的社會經濟條件,而各地區受瘧疾影響的嚴重性則取決於 2050 年時的條件,因此利用此情境下的條件模擬,了解其機制可對於影響較大的地區做適當的預防及監測。Patz, et al.(1998)利用三個不同情境(ECHAMI-A、UKTR、GFDL89)預測 2050 年登革熱在不同地區的分布情形,模擬結果顯示溫度對於登革熱的分布地區變化影響最大。在已受登革熱影響的地區,三個情境下合計所增加的潛在風險平均介於

31%-47%(範圍 24-74%)。Parham and Michael (2010)利用氣候驅動數值模式及 HadCM3 資料的 A2a 及 B2a 情境下，探討溫度變化影響全球瘧疾分布情形。Hales,et al.(2002)利用 logistic regression 及 CGCM2 (IS92a to IS92f.)資料，探討全球氣候變遷下，對於登革熱在全球分布的潛在影響，顯示當氣候變遷真實發生時，2085 年全球會有 5-6 billions 人 (佔當時總人口的 50-60%)生活在被登革熱傳播的風險環境當中。Hopp (2000)利用 CIMSIM mosquito model 及 GCM 資料 (EHCAM3.6)進行全球登革熱分布的季節性預測。W. J. Martens,et al. (1997)利用一 malaria and dengue an enzyme kinetics model(Focks, Haile, Daniels, & Mount, 1993)及 GFDL89、UKTR、ECHAM1-A scenarios 資料，評估全球暖化對於瘧疾及登革熱的風險，研究顯示暖化會造成全球瘧疾及登革熱病例數分別增加 12~27% and 31~47%，且病媒蚊病毒的傳播潛伏期可能有 11~17%的相對減少。Caminade et al. (2012)以 GIS 及 SRESA1B emission scenario 探討此情境下的天氣條件與斑蚊在歐洲地區生長環境的分布情形。W. Martens,et al.(1995)利用一個整合系統將 GCM 資料(SRESA1B)以 Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect(IMAGE)模擬溫室效應氣體擴散及對全球平均溫度的影響，用於探討氣候變遷對全球瘧疾的分布影響。此情境下影響較大的地區為原本發生機率較低的東南亞、南美洲及非洲部分地區。Å ström et al. (2013)以 generalized additive models (GAM)及 the Bergen Climate Model (BCM2)、the ECHO-G Middle Atmosphere Model (EGMAM)及 an Earth System Model produced by the Institute Pasteur Simon Laplace (Paris)下的 A1B scenario 探討氣候與 GDPpc 對 2050 年登革熱的全球分布趨勢。當氣候變化如同預測，而 GDPpc 不變的情況下，全球約有 2.8 億人口受登革熱風險影響；當氣候變化及 GDPpc 與預測相同，在 2050 年則約減少 1.2 億人口受登革熱風險影響。Rogers and Randolph (2000)以一簡單統計方法及 HadCM2 資料預測在氣候變化下全球瘧疾的分布情形，結果顯示在極端的氣候變異條件下其在全球的分布情形與現今不會有太多的差異。Cheng,et al.(2008)利用 CGCM1 IPCC IS92a 及 CGCM2 IPCC SRES A2 及 B2 與 CM2.0 IPCC SRES A2，以及 ECHAM5/MPI-OM IPCC SRES A2，三個國家的 GCM(五個不同的情境

資料下對於加拿大中南部地區氣候變化對當地健康情形的影響。Kalkstein and Greene (1997)利用 GFDL model、UKMO model 以及 the Max Planck Institute for Meteorology Mode 三個不同 GCM 資料的氣候變化評估對美國一些大城市在 2020 及 2050 年氣候變化對死亡率的影響。

蘇慧貞教授等(2008)整合全台各鄉鎮平均氣象條件、登革熱累積發生率、人口密度等環境資料，利用空間分析發現人口密度與平均溫度是影響登革熱流行區域的重要因子。而隨著人口密度增長及全島溫度暖化，登革熱流行區域預期會有擴大北移的趨勢。在氣候變遷調適政策綱領(2010)報告中指出，台灣地區在氣候變遷下，溫度的上升將可能使相關傳染性疾病發生風險提高。根據資料顯示，數週前的高溫將使未來幾週後的登革熱、恙蟲病、日本腦炎、腸病毒重症、桿菌性痢疾、類鼻疽及鉤端螺旋體的發生風險增加，登革熱甚至可達 7 倍。表示臺灣對蟲媒相關傳染性疾病的風險的加劇亦為未來防疫上之重點。假設臺灣地區未來平均增溫 1°C 時，登革熱發生之高風險鄉鎮區將增加為 86 個，另中度風險地區亦增加為 203 個，而未來的增溫狀態會使登革熱在台灣地區之流行範圍明顯提升。此外，在百年後若氣候持續暖化下，在 CCCM A2 情境下研究發現世紀末恙蟲病的發生數目將擴大為現今之兩倍，而登革熱的高風險地區，將由現狀之 46 個鄉鎮擴散至北部地區而至 102 個鄉鎮(氣候變遷調適政策綱領,2010)。在氣候變遷下，降雨的極端性在台灣地區將會由偶發逐漸變為常態，超乎預期的降雨量除直接造成生命損害外，間接地亦造成疾病風險的上升。雨量變化對傳染性疾病之影響，則在日極端降雨大於 200mm 時較為顯著。當每日累積降雨量達豪大雨(200mm-350mm)時，與氣候相關之蟲媒傳染性疾病之發生風險將較一般降雨量時增加 2 至 10 倍。但若每日降雨量超過超大豪雨(350mm 以上)之程度，則可能因蟲媒棲息地完全被破壞，使得發生疾病爆發之風險反而下降。因此，研究氣候變遷下影響台灣地區天氣進而影響登革熱疫情在台灣地區的分布情形是一重要課題。

表 2.1.1 為利用不同大氣環流模式資料探討與不同疾病之相關性文獻整理，其中多數為模擬病媒蚊傳染性疾病在氣候變遷下於全球分布情形，如瘧疾與登革熱及其他與健康相關之文獻。

表 2.1. 1 疾病與不同大氣環流模式相關性之文獻

| Authors | Model | Disease |
|----------------------------------|---|----------------------------------|
| Martens, Kovats et al. 1999 | UK Hadley Centre (HadCM2 and HadCM3) | 瘧疾(malaria) |
| Van Lieshout, Kovats et al. 2004 | HadCM3 | 瘧疾(malaria) |
| Bhattacharya, Sharma et al. 2006 | HadRM2 (1S92a scenario) | 瘧疾(malaria) |
| Patz, Martens et al. 1998 | ECHAM1-A、UKTR、GFDL89 | 登革熱(dengue epidemic) |
| Parham and Michael 2010 | HadCM3(A2a and B2a) | 瘧疾(malaria) |
| Hales, de Wet et al. 2002 | CGCMA2 (IS92a to IS92f.) | 登革熱(dengue epidemic) |
| Hopp 2000 | EHCAM3.6 | 登革熱(dengue epidemic) |
| Martens, Jetten et al. 1997 | GFDL89、UKTR、ECHAM1-A scenarios | 瘧疾(malaria)、登革熱(dengue epidemic) |
| Caminade, Medlock et al. 2012 | SRESA1B emission scenario | 白線斑蚊 |
| Martens, Niessen et al. 1995 | SRESA1B | 瘧疾(malaria) |
| Å ström et al. (2013) | BCM2、EGMAM、an Earth System Model produced by the Institute Pasteur Simon Laplace (Paris) ; A1B | 登革熱(dengue epidemic) |
| Rogers and Randolph (2000) | HadCM2 | 瘧疾(malaria) |
| Cheng et al. (2008) | GCMs – CGCM1 IPCC IS92a and CGCM2 IPCC SRES A2 and B2, one U.S. GCM – CM2.0 IPCC SRES A2, and one German GCM – ECHAM5/MPI-OM IPCC SRES A2 | 檢康評估 |
| Kalkstein and Greene (1997) | GFDL、UKMO、the Max Planck Institute for Meteorology Mode | 死亡率 |

2.2 登革熱與氣象因子間之相關性文獻回顧

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.於 2005 年的報告中提到疾病的感染對氣象狀況有很高的敏感度，許多因素都可以影響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則更適合卵以及幼蟲孵育(Lifson, 1996, Smith, et al., 2004)，上述原因，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)，如 2.2.1 所示。

在台灣地區，1997 年王和陳兩人研究指出，七月到十月間，病媒蚊數量會因溫度上升而上升，故只要有境外移入例，則會發生疫情爆發，透過分析布氏指數、年均溫、月平均溫、月平均低溫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。另外氣溫上升，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，再判定病媒種類(Wu, et al., 2009)。經由實驗計算出布氏指數，並將之對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 度以上與登革熱疫情的關係，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。表 2.2.2 為台灣地區登革熱受氣候影響之相關研究，其變數多與溫度、降雨或相對濕度有關，顯示這些因素會影響著登革熱病媒蚊的生長或是傳播。

表 2.2.1 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, Temperature, Humidity, SOI | Multiple regression |
| Halide and Ridd | 2008 | International Journal of Environmental Health Research | Indonesia | 1998-2005 | Humidity, Temperature, SST | Multiple regression with lags |
| Hurtado-Dí'az 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. | -- |

表 2.2.2 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 | Southern Taiwan | 2002–2006 | Intercept, Temperature Max temperature, Log of | Bayesian Maximum Entropy analysis |

| | | | | | | |
|----------|------|------------------------------------|---------------------------------|------|---|-------------------|
| | | Research and Risk Assessment | | | rainfall, SOI, Breteau index | |
| 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 |

2.3 大氣環流資料收集、整理與分析

由表 2.2.1 及表 2.2.2 得知，多數國外針對登革熱之研究，多為針對登革熱與氣象因子，如溫度、降雨或溼度等進行討論，並未提及氣候影響氣象因子進而影響登革熱分布之相關探討，而中央氣象局在「IPCC 第四期評估報告氣候模式對台灣氣候變遷模擬之分析」及「IPCC 第四期評估報告氣候模式對亞洲夏季季風模擬之分析」中，採用了 16 個氣候模式分析台灣鄰近區域氣溫和雨量變化，模式模擬的結果皆顯示台灣地區氣溫變化趨勢與全球氣溫變化一致，會有明顯增溫的趨勢，也就是說全球暖化程度愈大的模式所模擬的台灣附近的增溫幅度也愈大。且隨著 CO₂ 濃度的增加而加大上升的幅度，未來 50 年全球平均溫度約增加 0.5-2.0°C 之間，未來 100 年則上升至 1.0-3.5°C 左右，以 A2 的增溫幅度最大，A1B 次之，B1 則最小，台灣地區預計到 2100 年，在 A1B 情境下台灣附近溫度會比目前增加 2.5°C 左右，A2 情境約為 3.0°C，B1 情境約為 1.5°C，以 A2 情境的暖化程度最大，溫度增加範圍大概是在 1.0-3.5°C 之間。雨量部分，模式對於雨量的模擬與觀測分析差異較大，台灣年總雨量具有明顯的年際變化，但卻不像溫度一樣具有全島一致性顯著之變化趨勢，近百年的年總雨量變化趨勢為 $-23.1 \pm 204.3 \text{mm}/10 \text{年}$ ，顯示台灣總雨量有減少的趨勢在。近 50 年和 30 年雨量趨勢變化都呈現出台灣降雨有逐漸增多的情形，但是由於雨量變化趨勢值皆未通過 95% 以上的顯著性統計檢定，可能是由於台灣地區降雨類型複雜，不僅受到大尺度環流變化的影響(年代際振盪)，同時也受到局地變化的影響(西太平洋海溫)，使台灣的降雨型態發生改變。由上可知，探討氣候變遷對於台灣地區氣象因子的影響有其相當之複雜度以及不確定性存在。為了降低來自上述評估報告中降尺度模型所產生的氣象因子推估不確定性，本研究希望經由探討一些氣候指數與氣象因子間之相關影響，進而探討氣候變遷下氣候因子、氣象、登革熱三者之間的關係，期待能對氣候變遷影響登革熱疫情的長期趨勢推估有一更客觀的了解。

收集 NOAA Climate Prediction Center (CPC) 收集研究時間 1998 年-2011 年共 14 年研究期間各月份對東亞區域氣象影響之重要氣候指數資料，包含南方震盪

指數(Southern Oscillation Index, SOI)、北大西洋震盪指數(North Atlantic Oscillation, NAO)、西太平洋指數(Western Pacific Index, WP)、NINO4(Central Tropical Pacific SST, (5N-5S) (160E-150W))、太平洋年代震盪(Pacific Decadal Oscillation, PDO)、南極震盪(Antarctic Oscillation, AAO), 以及由 JAMSTEC(Japan Agency For Marine-Earth Science And Technology)收集的印度洋偶極震盪指數(Indian Ocean Dipole, IOD), 以時間序列方式呈現, 如圖 2.3.1 所示。

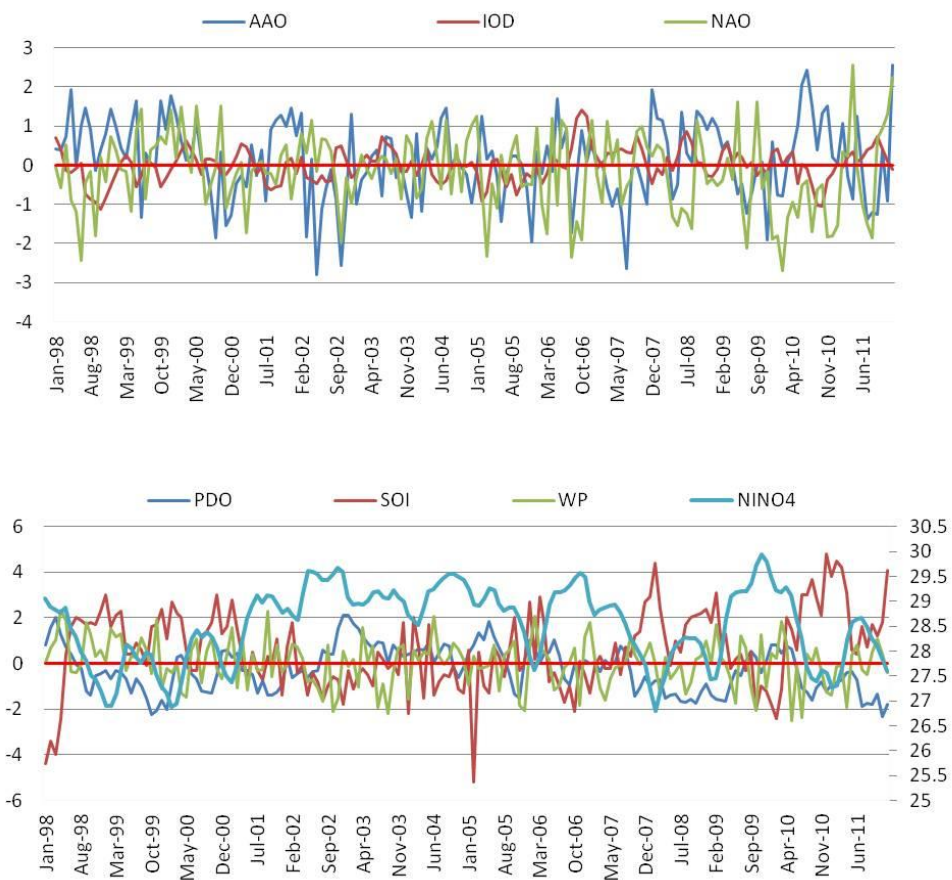


圖 2.3.1 各指數於 1998/01-2011/12 月之時間序列圖

2.4 未來氣候變數情境模擬資料蒐集與整理

(一) 平均長期趨勢-溫度

台灣氣候變遷科學報告乃根據「台灣氣候變遷推估與資料平台建置計畫」分析結果，使用台北、台中、台南、恆春、台東、花蓮等6個具100年以上完整觀測紀錄的氣象觀測站資料計算，發現台灣年平均溫度在1911年至2009年期間上升 1.4°C ，增溫速率相當於每10年上升 0.14°C ，較全球平均溫度值高(每10年上升 0.074°C)。此外，台灣近30年(1980-2009)氣溫增加明顯加快，每10年上升幅度為 0.29°C ，幾乎為百年趨勢的兩倍，與IPCC評估報告結論一致。如圖2.4.1所示，近一世紀末，全球氣候有非常顯著的變化，2007年政府氣候變遷專門委員會(IPCC)第四次評估報告中指出，全球平均溫度於最近一世紀(1906-2005年)約增加 0.74°C ，主要變化可分為3大段落：(1)1900-1940年間溫度上升，(2)1940-1977年間溫度些微下降，(3)1978-2005年間溫度快速上升，1850-2006年中最熱的12年有11年發生於1995-2006年，而最近50年(1956-2005年)的全球溫度增加速度幾乎是過去百年(1906-2005)增加速度的兩倍，有明顯與時俱增的趨勢，此一現象與氣候模式模擬結果相同。圖2.4.1也顯示，陸地增溫比海洋增溫快，尤其是中、高緯度地帶特別明顯，這是因為海水的比熱較陸地大，增溫較為緩慢的緣故。對於日夜的差別，晚上增溫速度比白天來的快，至於一年四季，溫度也都是增加的，最新的觀測資料(1979-2004年)顯示，第三次報告提及日夜溫度差逐漸減少的趨勢已經停止，主要是因為白天與夜晚的溫度都同時在增加。

(二) 平均長期趨勢-降雨

在雨量方面，由於台灣地形複雜，不同季節有不同的天氣系統，平均降雨雖然在100年的線性變化上趨勢不明顯，但降雨日卻一致普遍呈現減少的趨勢。如圖2.4.2所示，以六個測站為代表的全島平均降雨日數自1911年至2009年下降幅度約為每10年減少4天，1980年之後的趨勢則為每10年減少6天，最近一

次的乾旱事件(2002-2004 年)則是一百年以來降雨日最少的 3 年，四個季節的降雨日都呈現減少趨勢，其中以夏季的減少幅度最大。

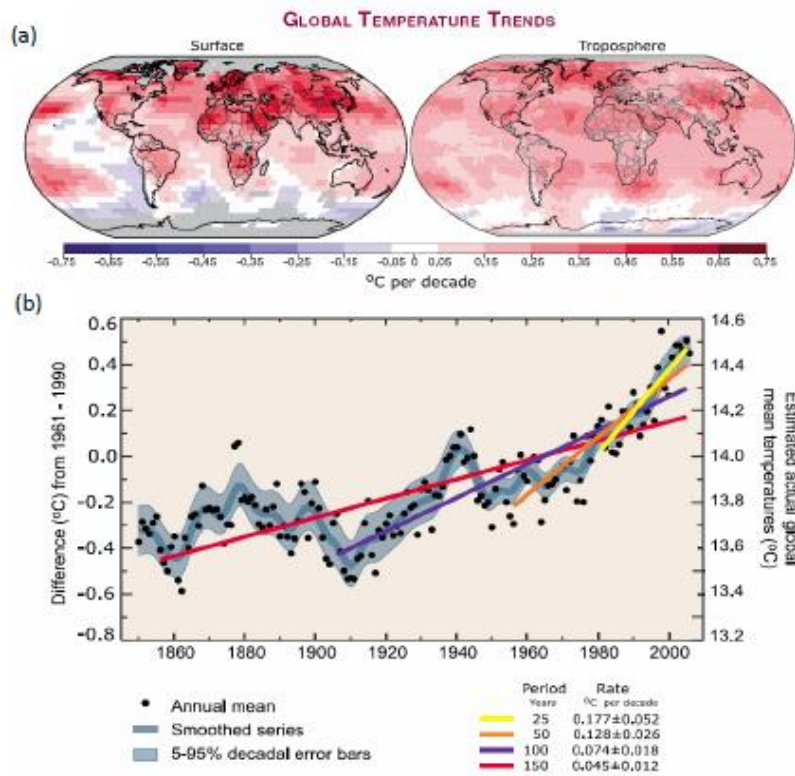


圖 2.4.1 全球平均溫度變化與趨勢圖。(a)全球地面(左)與對流層(右)溫度在 1979-2005 年間的變化趨勢。(b)全球平均地表溫度相較於 1961-1990 年之平均地面溫度的變化(摘自 IPCC 第四次評估報告，圖 TS.6)

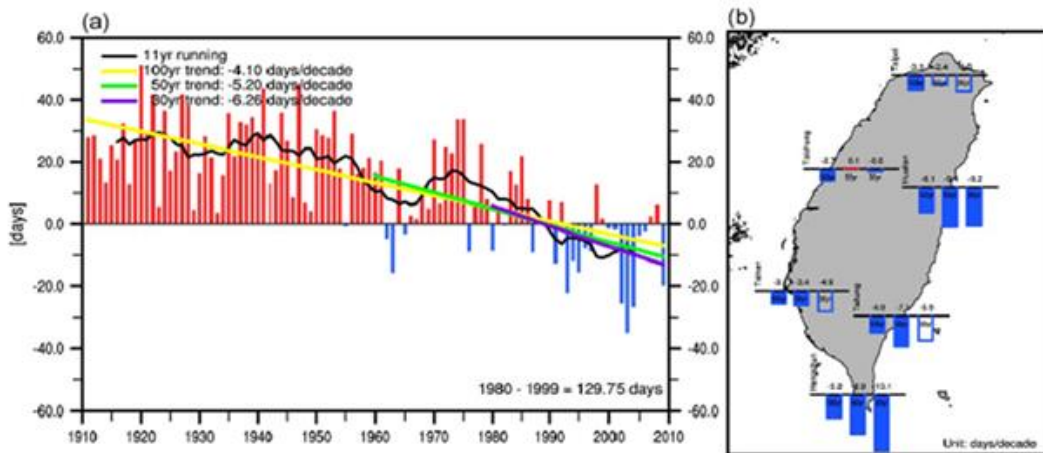


圖 2.4.2 台灣年總降雨日數(日雨量 $\geq 0.1\text{mm}$) (TCCIP 計畫提供)

根據氣象局所定義的大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$)為標準，採用自動氣象站和自動雨量站的小時雨量資料分析劇烈降雨的變化，結果顯示 1996 年之後的日降雨量極端值有增加的趨勢，其中六年出現日雨量超過 800mm，甚至有超過 1000mm 的情形發生(周 2000)。分析近五十年日雨量達 350mm 的超大豪雨事件，發生最多的前十名年份中，有八名發生在 1991 年之後(陳 2008)。伴隨颱風(氣象局有發布預報)的極端降雨，三至二十四小時延時的暴雨事件在 2000 年至 2006 年的發生頻率明顯高於 1970 年至 1999 年每 10 年期間的統計量(周 2007)。Liu et al. (2009) 分析台灣冷暖年對應的降雨變化，發現暖年強降雨事件是增加的，而冷年強降雨事件則減少。更進一步量化溫度對降雨的變化率，計算了最極端的降雨強度級別((90-100%)至最弱(0-10%)級別)對應降雨隨溫度變化率($\Delta P/\Delta T$)。分析結果顯示，不論是觀測值或是模式模擬的結果，皆是降雨強度最強的級別對應的 $\Delta P/\Delta T$ 是正值；降雨強度較弱的級別對應之 $\Delta P/\Delta T$ 是負值，因此推論氣候暖化會增加強降雨及減少弱降雨發生之機率。

(三) 平均長期趨勢-颱風

中央氣象局(2009)指出西北太平洋地區平均每年有 23 個颱風形成，其中屬於侵台颱風(指颱風中心登陸台灣，或中心未登陸但由台灣附近海上通過，陸上

有爆出災情者)平均每年約 4 個，近 50 年侵台颱風發生頻率為每 10 年增加 0.1 個的趨勢，近 30 年為每 10 年增加 0.3 個(中央氣象局 2009)。近 40 年來侵台(中心通過 119° E-125° E 和 21° N-26° N 範圍)颱風數量呈現上升趨勢(李、賈 2008)，颱風個數在 2000 年出現明顯的轉變，2000 年後由每年平均 3.3 個(1970-1999 年)增加為 5.7 個(Tu et al. 2009)。

(四) 平均長期趨勢-連續不降雨日

過去研究顯示，近 80 年台灣北部地區乾旱發生次數雖然增加但幅度不大，且其餘乾旱特性均顯示北部有逐漸趨為多雨之趨勢，氣象乾旱季漸趨緩和。中南部地區乾旱發生次數雖有略減之趨勢，但於乾旱延時、乾旱量及強度三方面均呈現明顯增加，表示氣象乾旱有呈現嚴重之趨勢(游 2007)。

(五) 極端事件變異特徵-豪雨

在降雨強度部分，台灣大豪雨日在近 50 年和近 30 年有明顯增多的趨勢，大約有 50-60 年週期的年代際變化現象，未來是否會持續上升，目前仍無法判斷。台灣小雨日數則大幅減少，百年趨勢為每 10 年減少 2 天，而近 30 年為每 10 年減少 4 天，另外，大豪雨日數也有以大約 10-20 年為一期的長周期變化現象，1920-1935 年與 1965-1985 年大豪雨日數都偏低，1940-1960 年和 1985 年之後大豪雨日數都偏高，然而不論在日數偏多或日數偏少的年代，年與年之間的差異還是相當的明顯，如圖 2.4.3 所示。

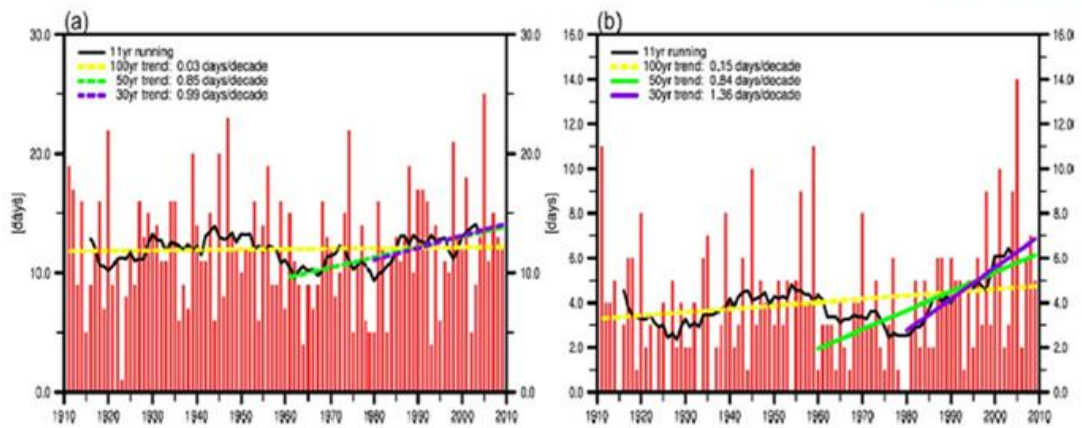


圖 2.4.3 統計 1911-2009 年台北、台中、台南、恆春、花蓮和台東 6 測站總體為代表的台灣地區(a)豪雨(日雨量 $\geq 130\text{mm}$)、(b)大豪雨(日雨量 $\geq 200\text{mm}$)發生日數 (TCCIP 計畫提供)

(六) 極端事件變異特徵-颱風

以距離台灣海岸線 300 公里的範圍為界線，凡颱風中心進入此範圍且停留長達 12 小時以上者視為侵台，且為避免與中央氣象局之侵台颱風定義混淆，將符合此條件之颱風稱為「影響台灣颱風」。

圖 2.4.4 為 1970-2007 年西北太平洋颱風的空間分布，即以經緯度 1 度的網格，統計每一個區內觀察到的颱風個數。由圖 2.4.4 可看出颱風主要的活動區域為菲律賓海往西延伸至南海；另外，由菲律賓海往西北方指向台灣及從菲律賓海往北指向日本，都是颱風活動較為頻繁的路線。距離台灣海岸線約 300 公里的「影響台灣颱風」範圍邊界，在圖 2.4.4 以黑線顯示，界線內可以辨識出在台灣附近

的巴士海峽、南海及蘭嶼東方各有一個颱風頻率的鋒值。

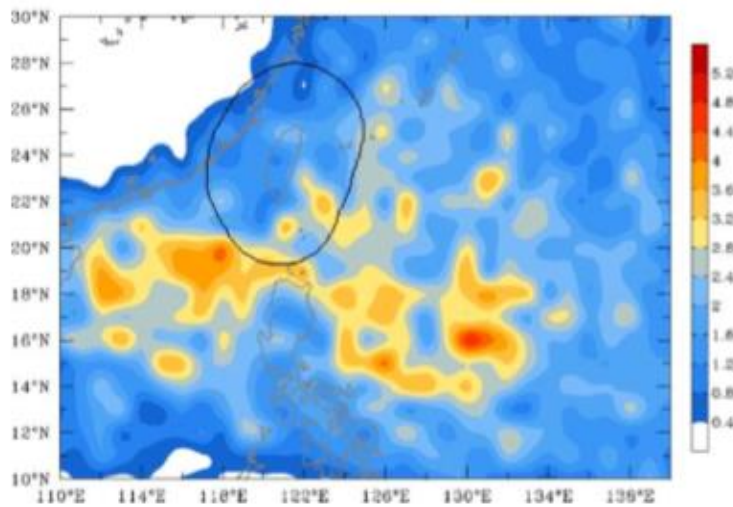


圖 2.4.4 1970-2007 年西北太平洋颱風頻率分布圖，即以經緯度 1 度的網格統計每個格區內觀察到的颱風個數，每一個颱風在每個網格內不重複計算 (TCCIP)

統計 1961-2009 年颱風中心最大風速達 34kts 之熱帶風暴年發生個數，49 年共有 248 個「影響臺灣颱風」，平均每年為 5.1 個，圖 2.4.5 顯示颱風個數年際變化大，50 年及 30 年的分析結果皆顯示「影響臺灣颱風」個數有增加之趨勢，近 50 年增加速率為每 10 年 0.26 個，近 30 年為每 10 年 0.66 個，為 50 年之增加速率的 3 倍，然而兩種趨勢皆未通過統計檢定。由 11 年滑動平均可以看到在 1960 年至 1990 年颱風個數並沒有明顯上升或減少趨勢，至 1990 年以後才開始上升，表示近 20 年影響台灣的颱風個數在增加。

除此之外，依中央氣象局的颱風強度定義，以颱風中心最大平均風速達 34-63kts 為輕度颱風，64-99kts 為中度颱風，大於或等於 100kts 為強烈颱風，統計「影響臺灣颱風」生命史中達到最大強度的個數。圖 2.4.5 為 1961-2009 年每年「影響臺灣颱風」在生命史中為輕度或中度或強烈颱風的個數，每年 5.1 個影響台灣的颱風中，曾達強烈颱風的有 2.1 個、中度 1.6 個、輕度 1.4 個，可見影響台灣地區颱風以發展強盛者為多數。50 年的變化趨勢三者都是增加的，但未

通過統計檢定。輕度颱風近 30 年有減少之趨勢，但變化不顯著。而中度以上颱風有增加的趨勢，尤其是強烈颱風的增加速率顯著，每 10 年增加 0.57 個。颱風個數也出現明顯的年際變化，1970-1990 年期間影響台灣的颱風以輕颱為主，中颱與強颱較少；而 2000 年之後輕颱個數沒有明顯變化，中颱與強颱都在增加。輕颱與中颱發生個數約有 20-30 年週期的震盪現象，強颱則在 1980 年後有突然增多的情形，顯示強颱個數在 1980 年代有一個明顯的轉變。

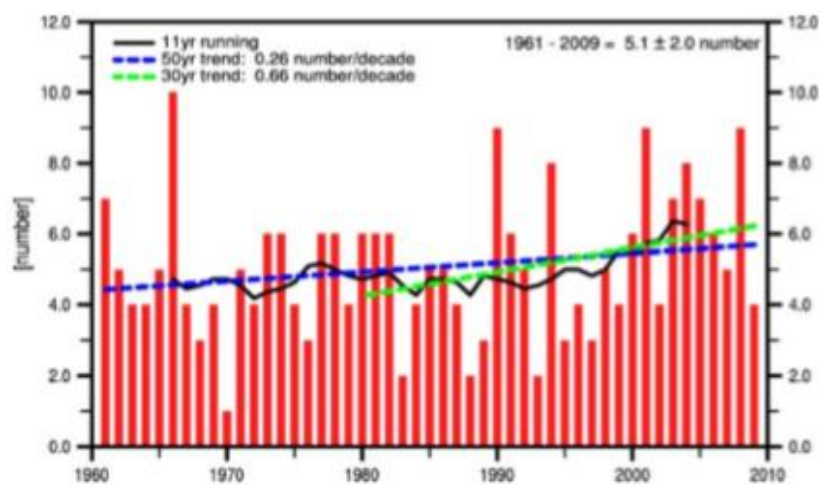


圖 2.4.5 1961-2009 年每年「影響臺灣颱風」的個數。(TCCIP)

依據柳中明等學者(2008)以統計方法與動力模式將 IPCC 氣候模式模擬結果進一步推估至台灣鄰近區域的結果指出，比較本世紀末(2080-2099 年)與上世紀末(1980-1999 年)之間的差異，在 A1B、A2、B1 等未來發展情境下，未來台灣整體氣候平均不論降雨或是溫度皆有增加趨勢，在未來溫室氣體濃度較高的 A2 情境下，台灣地區氣候平均氣溫增加 2.5°C ，全區氣候平均降雨量將增加 5.6%，但山區與西部降雨將減少；而在未來溫室氣體濃度比 A2 情境稍低的 A1B 情境下，台灣地區平均溫度約將上升 2.3°C ，全區氣候平均降雨將增加 5.2%，降雨變化的空間分布結構與 A2 情境下的結果近似；而在溫室氣體排放逐漸減緩的 B1 情境，台灣地區平均溫度仍可能上升 1.5°C ，全區平均降雨將增加 3.1%，但山區與西部仍有許多地區未來降雨將減少。

儘管如此，柳中明等學者(2008)的研究，還是試圖推估更細部的台灣各別北中南東區域與不同季節的平均氣溫與降雨變化，並以 A1B 情境下的結果為主進行討論，認為台灣各地未來近地表溫度均將呈現增溫的趨勢，而四個區域的趨勢差異不大；降雨的趨勢則是因時、地而有所不同。舉例來說，全台的春、夏雨季降水有減少的趨勢，但若將全台區分為北、中、南、東四個地區後，在春季有三個地區呈現降水減少的趨勢；若以全年的時間尺度來看，中部與東部地區也可能呈現降水減少的趨勢。研究又將一年依照降雨型態區分為五個降雨季節：春雨、梅雨、夏季、秋季與冬季，發現相較於現今氣候(1980-1999 年)，未來世紀末(2080-2099 年)的平均降水時期變化，除春雨及夏季降雨外，皆有增加的趨勢。

柳中明等學者(2008 年)也以美國環境預報中心(NCEP)所發展之區域波譜模式(RSM)模擬結果，分析未來的極端氣候特徵。將台灣以北(台北)、中(台中)、南(恆春)、東(台東)等四個測站為代表，分析在 A2、B2 情境下，台灣各地極端溫度與降水事件的變化趨勢。結果顯示，極端高溫(夏季日最高溫)與極端低溫(冬季日最低溫)事件皆有增加的趨勢；未來降水訊號則較紊亂，增加與減少或訊號不明顯的結果都有，除此之外，研究也分析對人體健康有影響的環境溫度值，如高溫以 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 、低溫以 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 等基準，進行高溫與低溫日數的推估，推測結果顯示，除台東站外，未來無論高溫或低溫的日數，在四個測站都有增加的趨勢。

在模式選取上，台灣地區針對水文、降雨等水資源管理模擬資料多數使用 UK Hadley Centre 所模擬之 GCM 資料(王振剛, 2011; 童慶斌 & 張倉榮, 2008)及 Meteorological Research Institute (Japan) 的 CGCM2.3.2 model(陳憲宗, 曾宏偉, 林錦源, 楊道昌 & 游保杉, 2011)。

TCCIP 採用二氧化碳排放情境(scenario)來估計未來全球經濟、工業、人口及環境在各種可能策略下的發展趨勢後，預估在該情況下未來二氧化碳可能的排放情形，再利用 GCM 推估在這些假設的二氧化碳排放情境下，未來氣候所可能呈現的面貌。

IPCC在大約每五年一次的氣候變遷研究報告中，主要針對四個可能的假設情境進行討論，分別如下：

(一)A1情境代表經濟快速成長，全球人口在21世紀中達到巔峰之後開始下降，並擁有最新且有效的科技技術，A1又另外分為三個不同的科技發展方向：

A1F：人類仍大量使用化石燃料

A1T：人類停止使用化石燃料

A1B：均衡使用各種能源

(二)A2情境為一個多變異性、並且人口快速增加的世界，經濟發展與技術進步在此情境中較其他情境來得破碎與緩慢。

(三)B1情境如同A1，人口在21世紀中期達到巔峰後下降，但經濟結構迅速地轉向服務以及資訊經濟發展，能源使用減少，並且引用乾淨、有效率之技術，注重經濟、社會與環境之永續發展。

(四)B2情境主要描述地方性經濟、社會與環境永續發展之結果，全球人口以比A2情境緩慢的速度持續增加，經濟發展中等，科技發展比A1、B1情境緩慢，主要以社會平等與環境永續為發展目標。(IPCC2000)

圖2.4.6為上述未來發展與CO₂排放情境的示意及進一步的資訊說明。其中，A1B情境表示經濟快速成長，人口高峰在21世紀中期出現，隨後開始減少，且新的高效率技術出現，各類能源均衡使用，不過度依賴某種資源，是目前最有機會達到的情境，也是最符合現在的社會經境情況，因此本次研究在選取情境時，選定A1B、B1及A2三個情境。

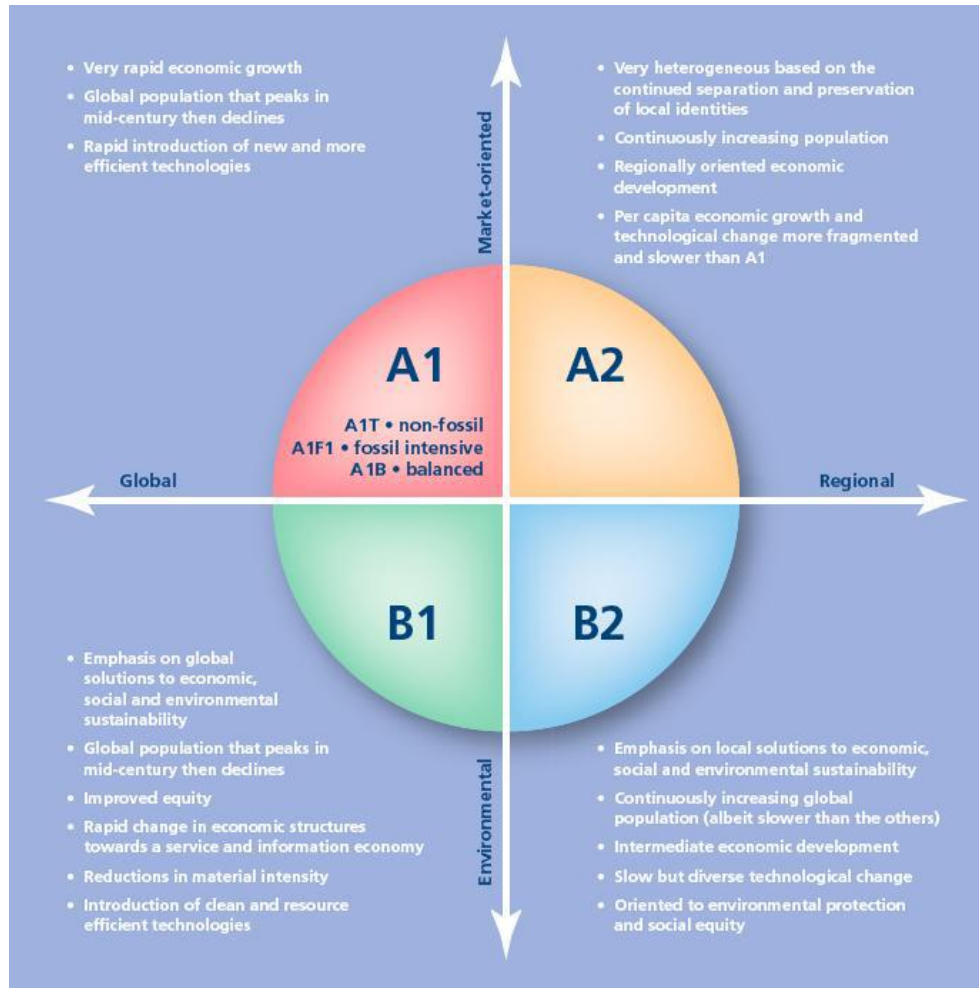


圖 2.4.6 未來發展與 CO₂ 排放情境示意圖(台灣氣候變遷科學報告 2010)

本研究參考中央氣象局在「IPCC 第四期評估報告氣候模式對台灣氣候變遷模擬之分析」及「IPCC 第四期評估報告氣候模式對亞洲夏季季風模擬之分析」中所提及的A1B、B1及A2情境，除了利用不同情境下模擬的氣環流資料計算出之不同氣候指數，探討對於亞洲及台灣地區未來氣候差異可能的影響，進而影響溫度、降雨等氣象因素，以了解氣候變遷對於登革熱疫情的影響之差異性。此外，以TCCIP所模擬出未來短期2020-2039年溫度及降雨在A1B、B1及A2情境下與基期(baseline)的變化量及變化率，計算得到未來的溫度及降雨，並以去年計畫中所建置的模型預測未來研究區域中，氣象因子變化下對於登革熱疫情的影響。

2.5 氣候變遷氣候與氣象資料特徵分析

印度洋偶極震盪(Indian Ocean Dipole)，為印度洋東邊(10S-Eq., 90E-110E)及印度洋西邊(10S-10N, 50E-70E)海表面溫度(Sea Surface Temperature, SST)之間，如同翹翹板一般有擺盪的現象，有時印度洋東邊較西邊冷，有時西邊較東邊冷，這樣不同的規則震盪現象，稱之。印度洋偶極震盪有分為正、負兩種事件。正的事件代表西印度洋的海表面溫度高於平均場，而東印度洋的海表面溫度相對較為低。正的事件發生同時也會造成西印度洋的雨水較豐沛，而東印度洋附近的區域如印尼、澳洲則較容易有乾旱的現象發生。負的事件則雨量會集中於印尼及澳洲地區，而西印度洋氣候會變得又冷又乾。此外，研究也顯示印度洋偶極震盪會影響印度洋附近的季風(monsoon)強度，同時也與全球尺度的氣候現象有相關性的影響，如聖嬰與南方震盪(El Nino-Southern Oscillation, ENSO)(Luo et al., 2010)。在 Yamagata et al. (2002)研究當中利用小波分析(The wavelet spectra analysis)探討印度洋東西邊海表溫度距平與 ENSO 間的相關性，其 EOF1 與 Nino-3 index(5°S-5°N, 150°W-90°W)在延遲 4 個月時有 0.85 的相關性，顯示印度洋的海表面溫度變化可能與 ENSO 有著高度的相關性；此外，過去的研究結果也顯示，從 1961 年後，約有三分之一的印度洋偶極震盪現象與 ENSO 有關係(Yamagata et al., 2002)。利用 1979~1999 年海表面溫度資料 (GISST2.3b)(Park & Schubert, 1997)，計算每年 6~8 月的海表面溫度距平及標準差，並與 1994 年的相同月份進行相關性分析，顯示在 NINO3 區與 1994 年資料有微弱的負向相關性(-0.21)存在(Yamagata et al., 2002)。在 Parthasarathy, Munot, and Kothawale (1995)的研究測站資料中顯示，1994 年 6~8 月每月約有 265mm 的降雨，而這雨量值高於平均的降雨值，此結果與先前利用印度洋季風降雨雨量實際值與 AGCM 值計算與 ENSO 呈負相關為相同的結果(Ashok, Guan, & Yamagata, 2001)。

南方震盪最早是由英國氣象學家沃克 (Gilbert Walker) 於 20 世紀初期發現並提出，所謂的(Oscillation)擾動是指赤道附近太平洋東西兩處之氣壓變化。南方震盪的強度是由「南方震盪指數」(Southern Oscillation Index, SOI)來評估，選定

大溪地(東太平洋)與澳洲達爾文島(西太平洋)兩地的氣壓差做為計算指數的依據。1960年代中期，加州大學教授畢雅尼 (Jacob Bjerknes) 在「南方震盪說」發表五十年後，首先發現海表溫度異常增溫、減弱的東風雨量分布變化等現象的關聯性。並明確指出無論是聖嬰現象的海面增溫或是沃克所提出的南方震盪氣壓的改變，皆是同一自然現象造成，畢雅尼將聖嬰與南方震盪合併為「ENSO」(El Niño / Southern Oscillation) 一詞，或稱聖嬰/南方震盪現象。聖嬰現象和 SOI 的負值有關，學術界稱為「暖事件」(warm event)，而反聖嬰現象和 SOI 的正值有關，稱為「冷事件」(cold event)。因此，SOI 可以當作研判聖嬰現象的良好指標。柳中明 and 吳佳瑜 (1998)指出，在 1997 年 3 月份，赤道東太平洋海水溫度迅速上升，並在 9 月份時以超過長期平均海溫的 5°C，並持續增溫至 1998 年初，直至 1998 年 2 月底東赤道太平洋海水溫度仍較長期平均海溫高出 4°C。此外，1997 年 3 月國際科學界利用全球環流模式模擬結果預測此聖嬰現象將使得巴西、印尼、新幾內亞與澳洲北部等地將出現乾旱，以及其他如美國冬季的暖溼氣候等，結果與預測相當符合。就區域來說，聖嬰現象會使台灣東部海域的黑潮溫度較往常低，西岸海域的親潮則減弱，海溫上升造成溫度梯度變大，會使得對流旺盛。初春時容易引起台灣與中國大陸東南沿海地區降下豪大雨，如 1997 年 7 月至 9 月，聖嬰現象造成夏季太平洋高壓偏低，北台灣氣溫較為偏低，雨量明顯增加而造成水患。夏季颱風威力增強，導致原本基地較為不穩的林肯大郡在颱風後的豪雨沖刷倒塌。在入冬後，台灣四周海域較過去 30 年同一時間平均溫度高出 2°C，造成暖冬。隔年春天的雷雨也較往年早了一個月。旺盛的西南氣流暖空氣夾帶充足水氣灌入台灣，與滯留鋒面冷空氣團產生強烈對流雲系，產生雷雨交加的天氣外，豪雨不斷、冰雹與龍捲風出現。

除了印度洋偶極震盪及南方震盪指數之外，本研究整理出表 2.5.1 中氣候指數與亞洲地區氣候相關性文獻，多數指數影響亞洲氣候多為相同時期，如北大西洋震盪、印度洋偶極震盪、南方震盪指數及西太平洋指數，其中印度洋偶極震盪及南方震盪指數在指數為負值時，對於亞洲地區降雨會有增加或增強的情形，而

西太平洋指數在指數為負值時對亞洲地區降雨則有減少或緩和的情形發生；北大西洋震盪指數為負值時則會造成台灣地區寒潮的發生。氣候指數與亞洲氣候兩者有延遲效應的為南極震盪及太平洋年代震盪，南極震盪在指數為正值時會造成東亞地區夏季降雨增多，太平洋年代震盪在指數為正值時則會造成台灣地區春雨增加。

表 2.5.1 氣候指數與亞洲地區氣候之相關性

| 氣候指數 | 正值 | 負值 | 影響氣象因子時間點 |
|--|--|---|-----------|
| 南極震盪 (Antarctic Oscillation, AAO) | 春季AAO值對應東亞夏季季風環流偏弱，夏季長江淮河流域降雨增加。 | 春季AAO值對應東亞夏季季風環流增強，夏季長江淮河流域降雨減少。 | 約1季 |
| 印度洋偶極震盪 (Indian Ocean Dipole, IOD) | 西印度洋的雨水較豐沛，而東印度洋附近的區域如印尼、澳洲則較容易有乾旱的現象發生。 | 東印度洋地區如印尼、澳洲降雨較多，西印度洋則較乾冷。 | 約1-2季 |
| 北大西洋震盪 (North Atlantic Oscillation, NAO) | 台灣地區寒潮發生機率降低。 | 台灣地區寒潮發生頻率增加。 | 約1季 |
| 太平洋年代震盪 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) | 北太平洋海溫較冷，中到東太平洋海溫較高，西南季風帶來水氣造成台灣地區春雨增強。 | 北太平洋海溫較暖，中到東太平洋海溫較低，西南季風帶來水氣減少造成台灣地區春雨減弱。 | 約1季 |
| 南方震盪指數 (Southern Oscillation Index, SOI) | 即反聖嬰現象，台灣夏天雨量減少、颱風強度減弱、春雨延遲且降雨強度減弱。 | 即聖嬰現象，台灣夏天雨量增加、颱風強度增加、春雨提早且降雨強度增加。 | 約2-3季 |
| 西太平洋指數 (Western Pacific Index, WP) | 大陸東部沿海及華南西南地區氣溫較高；大陸東部氣區降雨偏多。 | 大陸東部沿海及華南西南地區氣溫較低；大陸東部氣區降雨偏少。 | 約1-2季 |

以 NOAA 所提供的月尺度 SOI 及 IOD 指數，經由去年計畫模型可以得到指數對於氣象因子在未來相對於基期(1970-2000 年)在時間上的影響關係，如圖 2.5.1 所示，在 lag0 時，SOI 正負值越大對最低溫度距平負向影響越大，即正負值越大，最低溫度會有更降低的趨勢，因此與基期的差異相對的會減小；在 lag2 時(即延遲 2 個月)，SOI 由負值轉為正值，對最低溫度距平之影響也逐漸由負向轉為正向，即最低溫度逐漸由降低開始逐漸有升溫之趨勢，導致與基期的差距由縮小開始轉為增加；在 lag4 時，當 $SOI < -3.0$ ，對最低溫度距平為正向影響，最低溫度會有升高之趨勢，當 $-3.0 < SOI < 0$ 時，對最低溫度距平為負向影響，最低溫度會有降低之趨勢，當 $0 < SOI < 3.0$ 時，對最低溫度距平轉為正向影響，最低溫度開始有升高之趨勢，而當 $SOI > 3.0$ 時，對最低溫度距平轉為負向影響，最低溫度開始有降低之趨勢；在 lag6 時，當 $SOI < -3.0$ ，對最低溫度距平為負向影響，最低溫度會有降低之趨勢，當 $-3.0 < SOI < 0$ 時，對最低溫度距平為正向影響，最低溫度會有上升之趨勢，當 $0 < SOI < 3.0$ 時，對最低溫度距平轉為負向影響，最低溫度開始有降低之趨勢，而當 $SOI > 3.0$ 時，對最低溫度距平轉為正向影響，最低溫度開始有上升之趨勢。當 $SOI = -4.0$ 時，在延遲 0-3 個月對最低溫度距平為負向影響，即會降低最低溫度，與基期的差異也會相對的減小，在延期 3 個月開始對週最低溫度距平開始轉為正向影響，最低溫度有升溫之趨勢，與基期的差距也相對的增加，至延期 4 個月對最低溫度距平之影響維持於一固定比例，再延期第 5 個月後開始對最低溫度距平的影響開始降低，及最低溫度開始有降低之趨勢，並縮小與基期間的差異性；當 $SOI = -2.0$ 時，在延期 0-5 個月時，對最低溫度距平為負向影響，即週最低溫度會有降低之趨勢，與基期的差異性降低，至延期 5 個月開始對最低溫度距平開始為正向影響，最低溫度開始有上升之趨勢，與基期的差異也會相對的增加；當 $SOI = 0$ 時，在不同延遲時間對最低溫度並無明顯影響存在；當 $SOI = 2.0$ 時，由延遲 1 個月開始對最低溫度影響由負轉為正向，最低溫度有上升之趨勢，與基期的差異也會相對的增加，直至延遲第 5 個月開始轉為負向，最低溫度有降低之趨勢，與基期的差異也相對的降低。

圖 2.5.2 為不同 SOI 值對於平均溫度距平在不同延遲時間的影響，在 lag0 時，當 $SOI < -2.0$ ，對 24 小時最大累積降雨距平為正向影響，即 24 小時最大累積降雨會有增加之趨勢，與基期的差異也會相對的增加，當 $SOI > -2.0$ ，對 24 小時最大累積降雨距平轉為負向影響，24 小時最大累積降雨會有減少趨勢，相對的與基期的差距也會減少；在 lag2 時，SOI 值越大，對 24 小時最大累積降雨距平正向影響越大，與基期的差異也會相對增加；在 lag4 時，SOI 正負值對 24 小時最大累積降雨皆為負向影響，與基期的差異性會減少；在 lag6 時，SOI 正負值對 24 小時最大累積降雨距平皆為正向影響，與基期的差距也會相對的增加。當 $SOI = -4.0$ 時，再延遲 0-2 個月對月 24 小時最大累積降雨距平為正向影響，與基期差異相對增加，在延遲 2-5 個月後開始對月 24 小時最大累積降雨距平由正向轉為負向影響，即 24 小時最大累積降雨會開始有減少之趨勢，與基期的差距也會相對地減少，在延遲 5 個月開始對 24 小時最大累積降雨距平影響由負向轉為正向，與基期的差距相對地增加；當 $SOI = -2.0$ 時，在延遲 0-2 個月的時間點對 24 小時最大累積降雨距平為正影響，與基期的差距增加，在延遲 2-5 個月對月 24 小時最大累積降雨距平影響轉為負向，與基期差異減少，延遲 5 個月後對 24 小時累積降雨距平影響又轉為正向，與基期差異增加； $SOI = 0$ 時，在延遲 0-1 個月對 24 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期的差距也會減小，在延遲 1-3 月後開始對 24 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，24 小時最大累積降雨會有增加之趨勢，與基期的差距也會相對地增加，約延遲第 3-5 個月後開始轉為負影響，與基期的差距也會減小，延遲 5 個月後開始又轉為正向影響，與基期差異增加；在 $SOI = 2.0$ 時，對 24 小時最大累積降雨距平在不同延遲時間之影響與當 $SOI = 0$ 時之趨勢相似，但當 $SOI = 2$ 時在不同延遲時間對 24 小時最大累積降雨距平之影響程度達大於當 $SOI = 0$ 時，即 $SOI = 2$ 時，在不同延遲時間下對 24 小時累積降雨與基期之差距大小較 $SOI = 0$ 時明顯。

圖 2.5.3 為 SOI 在 lag0 時，當 $SOI < -3.0$ ，對月 1 小時最大累積降雨距平為正向影響，與基期的差距增加，當 $-3.0 < SOI < 0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為

負向影響， $0 < \text{SOI} < 2.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，與基期差距增加，當 $\text{SOI} > 2.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨之影響轉為負向影響，與基期差距減少；在 lag2 時，當 $-4.0 < \text{SOI} < 1.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期之差距減少，當 $0 < \text{SOI} < 3.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為正向影響，與基期差距增加，當 $\text{SOI} > 4.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為負向影響，與基期差距減少；在 lag4 時，當 $-4.0 < \text{SOI} < 0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為正向影響，與基期差距增加，當 $0 < \text{SOI} < 4.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期差距減少；在 lag6 時，當 $\text{SOI} < -4.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期差距減少，當 $-4.0 < \text{SOI} < 0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，與基期差距增加，當 $0 < \text{SOI} < 2.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為負向影響，與基期差距減少，當 $\text{SOI} > 2.0$ 時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，與基期差距增加。當 $\text{SOI} = -4.0$ 時，在延遲 0-1 個月時對 1 小時最大累積降雨距平之影響由正向轉為負向，與基期差距減少，且此現象延續至第 4 個月左右，其中以延遲第 2 個月影響最為明顯，延遲 4-6 個月時轉為正向影響，與基期之差距增加，以延遲第 5 個月時最為明顯；當 $\text{SOI} = -2.0$ 時，在延遲 0-4 個月時，對月 1 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期之差距降低，其中以延遲第 1-2 個月時最為明顯，在延遲約第 4 個月後，開始對月 1 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，與基期之差距增加；當 $\text{SOI} = 0$ 時，在延遲 0-4 個月時，對月 1 小時最大累積降雨距平為負向影響，與基期之差距減少，在延遲第 4-6 個月時，對月 1 小時最大累積降雨距平轉為正向影響，與基期之差距增加；當 $\text{SOI} = 2.0$ 時，在延遲 0-4 個月時，對月 1 小時最大累積降雨距平為正向影響，與基期之差距增加，當在延遲 4-6 個月時對月 1 小時最大累積降雨距平轉為負向影響，與基期之差距減少。

圖 2.5.4 為 IOD 在 lag0 時，當 $\text{IOD} < 0$ ，對月平均溫度距平為正向影響，即月平均溫度會有上升之趨勢，與基期的差異也會相對的增加，當 $\text{IOD} > 0$ ，對月平均溫度距平轉為負向影響，月平均溫度會有下降趨勢，相對的與基期的差距也會減

少；在 lag2 時， $IOD < -0.5$ 時，對月平均溫度距平為正向影響，與基期的差異也會相對增加，在 $-0.5 < IOD < 0.5$ 時，對月平均溫度距平轉為負向影響，與基期的差異減小，在 $0.5 < IOD < 1.0$ 時，對月平均溫度距平轉為正向影響但較不明顯，在 $IOD > 1.0$ 之後，對月平均溫度距平轉為負向影響；在 lag4 時，IOD 值越大對月平均溫度距平正向影響越大，與基期的差異性的差距也會越大；在 lag6 時， $IOD < 0.5$ 時，對月平均溫度距平為負向影響，與基期的差距也會相對的減少，且值越小負向影響越大，在 $IOD > 0.5$ 時，對月平均溫度距平為正向影響，與基期的差距也會相對的增加。當 $IOD = -1.0$ 時，在延遲 0-1 個月對月平均溫度距平由正向影響轉為負向影響，與基期差異相對由增加轉為減少，在延遲 1-3 個月後開始對月平均溫度距平由負向影響轉為正向影響，與基期差異相對由減少轉為增加，即月平均溫度會開始有增加之趨勢，與基期的差距也會相對地增加，在延遲 3-5 個月開始對月平均溫度距平影響有負向轉為正向的情形，與基期的差距相對地增加，在延遲 5 個月後又轉為負向的影響；當 $IOD = -0.5$ 及 0 時，不同延遲時間對月平均溫度距平並無明顯影響；在 $IOD = 2.0$ 時，在延遲 0-2 個月時，對月平均溫度距平為正向影響，月平均溫度有上升之趨勢，在延遲 2-3 個月時轉為負向影響，延遲 3-4 個月時轉為正向影響，在延遲 4-5 個月時又轉為負向影響。

此結果顯示，氣候指數對於氣象的影響有個約 1-2 季的延遲時間存在，因此可以利用不同的 GCM 資料計算得到未來不同的氣候指數，應用於探討未來溫度降雨等可能的變化。國科會「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置」計畫為結合國家災害防救科技中心、中央氣象局與中央研究院環境變遷研究中心及國內氣候變遷研究學者，進行臺灣區域氣候變遷分析與未來推估、降尺度技術發展以及極端氣候變異與災害衝擊評估等工作，為了更了解在氣候變遷下台灣未來的溫度及降雨變化，使資料更加符合台灣的地理位置，因此本研究將以 TCCIP 網頁上未來氣候變遷下溫度與雨量的變化量及變化率，做為未來氣候變遷下南臺灣溫度及降雨變化之依據。

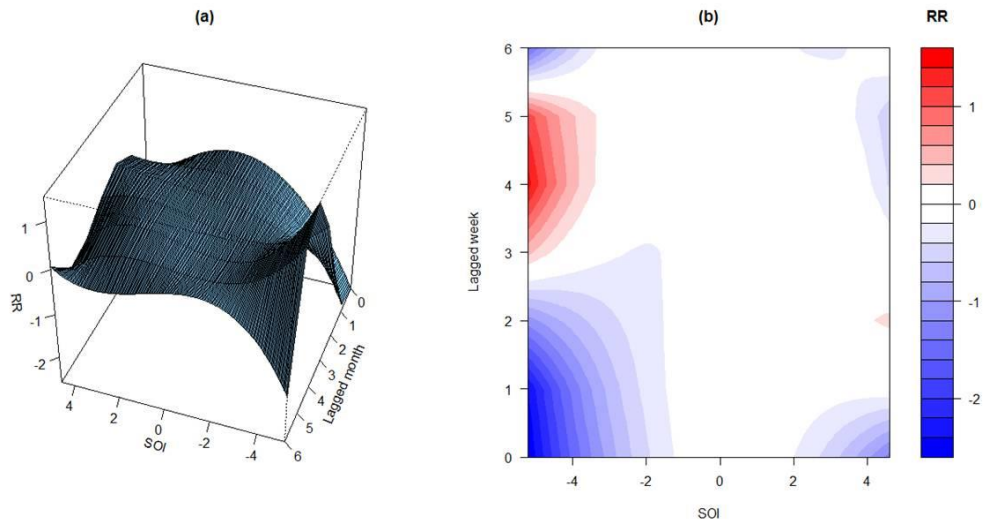


圖 2.5.1 (a)利用 3D 圖顯示 SOI 指數對月最低溫度距平在不同延遲時間之相關性影響、(b)為 3D 圖之俯視圖

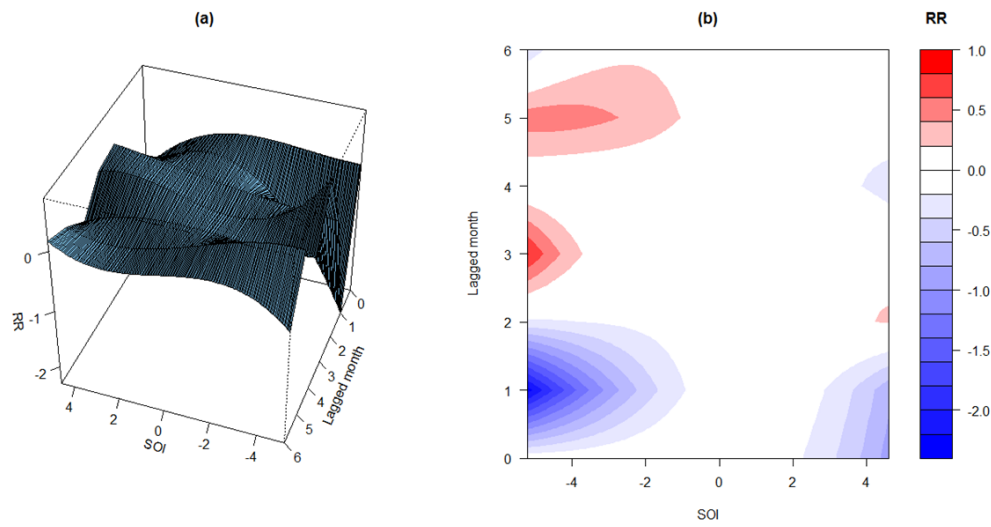


圖 2.5.2 (a)利用 3D 圖顯示 SOI 指數對月平均溫度距平在不同延遲時間之相關性影響、(b)為 3D 圖之俯視圖

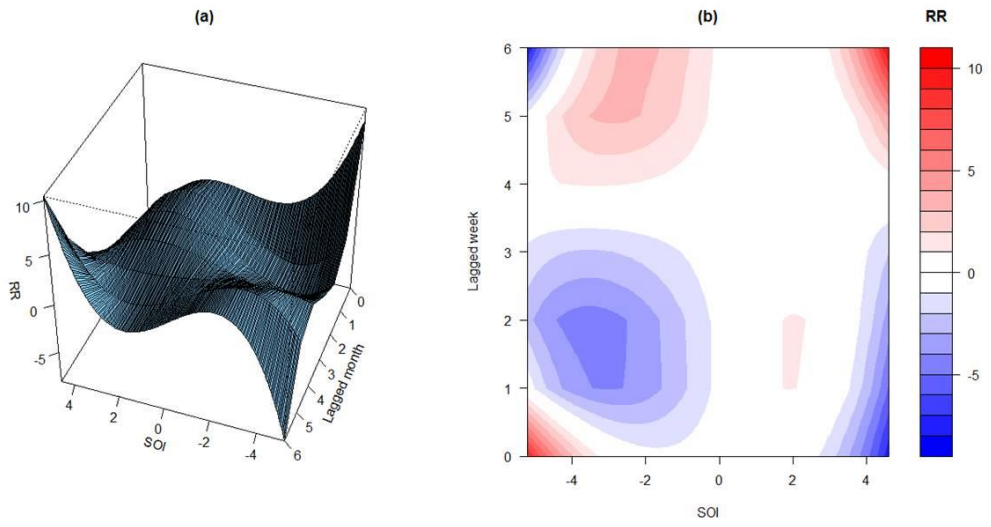


圖 2.5.3 (a)利用 3D 圖顯示 SOI 指數對月 1 小時最大累積降雨距平在不同延遲時間之相關性影響、(b)為 3D 圖之俯視圖

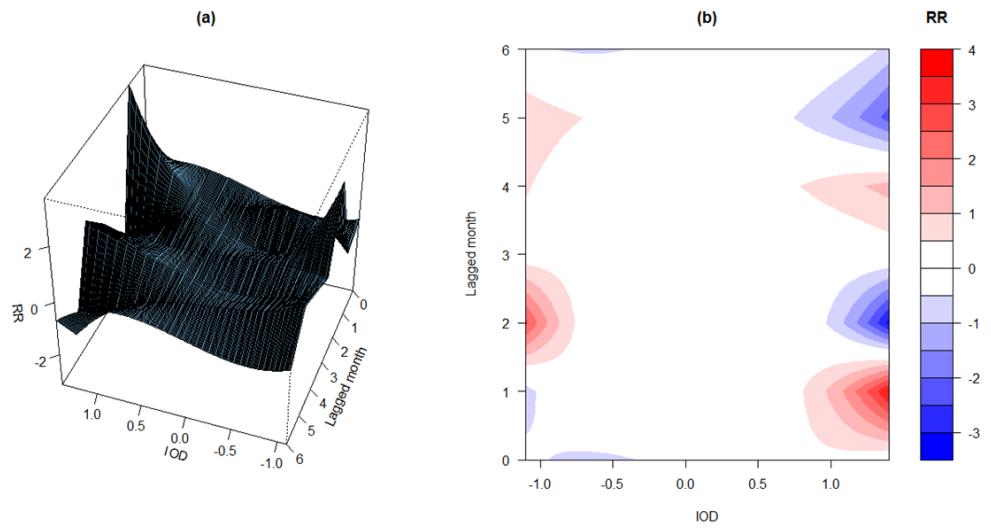


圖 2.5.4 (a)利用 3D 圖顯示 IOD 指數對月平均溫度距平在不同延遲時間之相關性影響、(b)為 3D 圖之俯視圖

2.6 未來短期氣象資料

國科會「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置」計畫結合國家災害防救科技中心、中央氣象局與中央研究院環境變遷研究中心與及國內氣候變遷研究學者，進行臺灣區域氣候變遷分析與未來推估、降尺度技術發展以及極端氣候變異與災害衝擊評估等工作(TCCIP)。

由於台灣處於西北太平洋地區颱風侵襲的主要路徑上，容易受到天然災害影響。在氣候及環境變遷的大環境下，災害風險可能提高，近年來極端降雨、颱風事件等劇烈災變天氣的出現次數相當頻繁，未來也可能出現超乎現有經驗之大規模災害或新類型災害。因此，TCCIP 選用 IPCC AR4(the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)報告中的 24 個 AOGCM 模式的月平均降雨資料(單位: mm day-1)與月平均地表溫度資料(單位: °C)進行未來推估降尺度。

2.6.1 溫度

本研究在未來最低溫度資料模擬部分，參考 TCCIP 模擬台灣未來變遷推估 A1B、B1 及 A2 情境下，24 個模式所得到之整體平均溫度相較於基期的改變量，將此改變量與 1998-2011 年的最低溫度值進行計算後便可得到未來的最低溫度值。不同情境下模式整體溫度改變量如表 2.6.1-表 2.6.3 所示。

在模式模擬各月份溫度改變量最大值的部分，不同情境下各月份溫度改變介於 1.19-2.03°C 之間，其中以 A2 情境模擬的 2 月份溫度改變量最大，為 2.03°C，如圖 2.6.1 所示；模式模擬各月份溫度改變量在分量 0.75 時，不同情境下各月份溫度變化改變量介於 0.82-1.26°C 之間，其中以 A1B 情境所模擬的 2 月份溫度改變量最大，為 1.26°C，如圖 2.6.2 所示；模式模擬各月份溫度改變量在分量 50% 時，不同情境下各月份溫度變化改變量介於 0.68-1.03°C，其中以 A1B 情境所模擬的 6 月份溫度改變量最大，為 1.03°C，如圖 2.6.3 所示；模式模擬各月份溫度改變量在分量 25% 時，不同情境下各月份溫度變化改變量介於 0.40-0.80°C，其

中以 A2 情境下所模擬的 9 月份溫度改變量最大，為 0.80°C ，如圖 2.6.4 所示；模式模擬各月份溫度改變量最小值的部分，不同情境下各月份溫度變化改變量介於 $-0.19-0.52^{\circ}\text{C}$ ，其中以 A1B 情境所模擬的 11 月份溫度改變量最大，為 0.52°C ，如圖 2.6.5 所示。

除此之外，本研究除建置南臺灣鄉鎮模型外，另獨立建置一個以村里為單位的模型，用來探討舊高雄市村里以及舊高雄縣的鳳山市村里登革熱空間風險關係。因此在建立村里的模式中所使用的溫度資料，直接將基期溫度值乘上 TCCIP 溫度變化量後，利用最近距離將溫度數值推估到各村里中心點上。

表 2.6.1 台灣南區 A1B 情境下各月份溫度改變量(°C)

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|--------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensemble max | 1.64 | 1.66 | 1.32 | 1.42 | 1.49 | 1.38 | 1.49 | 1.54 | 1.49 | 1.44 | 1.41 | 1.60 |
| Ensemble 75% | 1.19 | 1.26 | 1.07 | 0.99 | 1.08 | 1.19 | 1.08 | 1.10 | 1.18 | 1.14 | 1.06 | 1.07 |
| Ensemble 50% | 0.95 | 0.97 | 0.83 | 0.76 | 0.89 | 1.03 | 0.96 | 0.80 | 0.94 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| Ensemble 25% | 0.72 | 0.71 | 0.64 | 0.59 | 0.62 | 0.73 | 0.72 | 0.67 | 0.75 | 0.70 | 0.67 | 0.64 |
| Ensemble min | 0.25 | -0.19 | 0.21 | 0.15 | 0.07 | 0.11 | 0.40 | 0.25 | 0.28 | 0.29 | 0.52 | 0.35 |

表 2.6.2 台灣南區 A2 情境下各月份溫度改變量(°C)

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|--------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensemble max | 1.30 | 1.76 | 1.44 | 1.40 | 1.44 | 1.23 | 1.28 | 1.36 | 1.41 | 1.27 | 1.22 | 1.47 |
| Ensemble 75% | 0.87 | 1.13 | 1.02 | 0.82 | 0.97 | 1.08 | 1.04 | 1.05 | 1.11 | 1.06 | 1.00 | 0.94 |
| Ensemble 50% | 0.75 | 0.79 | 0.68 | 0.69 | 0.84 | 0.91 | 0.86 | 0.80 | 0.88 | 0.90 | 0.83 | 0.74 |
| Ensemble 25% | 0.52 | 0.53 | 0.44 | 0.40 | 0.58 | 0.66 | 0.64 | 0.59 | 0.61 | 0.53 | 0.49 | 0.47 |
| Ensemble min | 0.22 | -0.19 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.11 | 0.28 | 0.25 | 0.27 | 0.30 | 0.36 | 0.20 |

表 2.6.3 台灣南區 B1 情境下各月份溫度改變量(°C)

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|--------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensemble max | 1.19 | 2.03 | 1.45 | 1.34 | 1.18 | 1.21 | 1.28 | 1.30 | 1.28 | 1.28 | 1.23 | 1.92 |
| Ensemble 75% | 0.97 | 0.93 | 0.96 | 0.91 | 0.99 | 1.07 | 1.04 | 0.99 | 1.01 | 1.08 | 0.87 | 0.99 |
| Ensemble 50% | 0.85 | 0.80 | 0.85 | 0.80 | 0.90 | 0.94 | 0.91 | 0.74 | 0.91 | 0.89 | 0.80 | 0.78 |
| Ensemble 25% | 0.67 | 0.68 | 0.47 | 0.53 | 0.63 | 0.74 | 0.68 | 0.60 | 0.80 | 0.76 | 0.67 | 0.49 |
| Ensemble min | 0.14 | -0.19 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.11 | 0.40 | 0.25 | 0.28 | 0.30 | 0.36 | 0.31 |

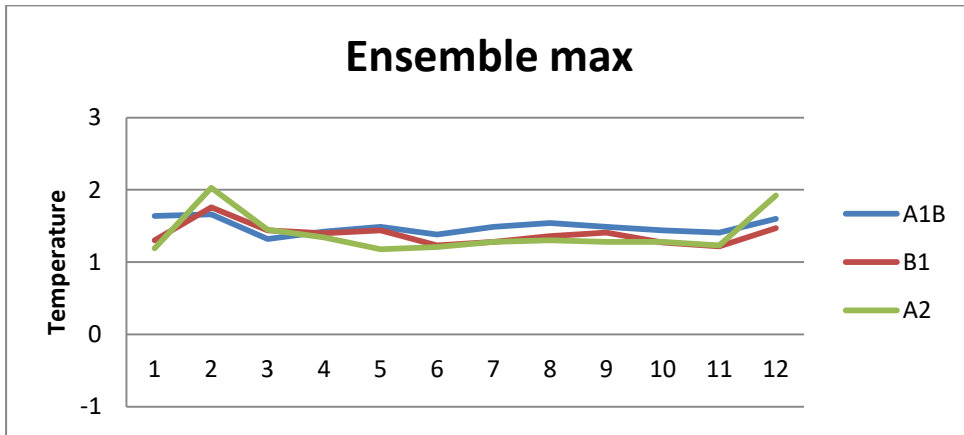


圖 2.6.1 不同情境下模式模擬各月份溫度改變量最大值分布

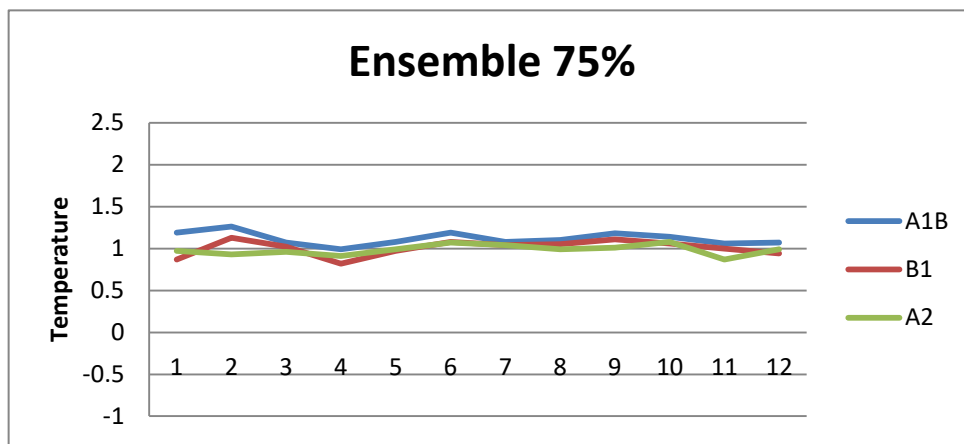


圖 2.6.2 不同情境下模式模擬各月份溫度改變量分量 75% 分布

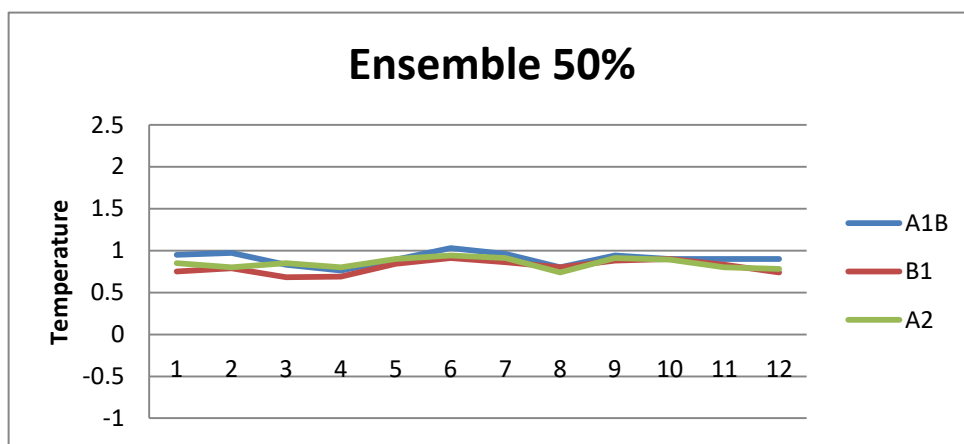


圖 2.6.3 不同情境下模式模擬各月份溫度改變量分量 50% 分量

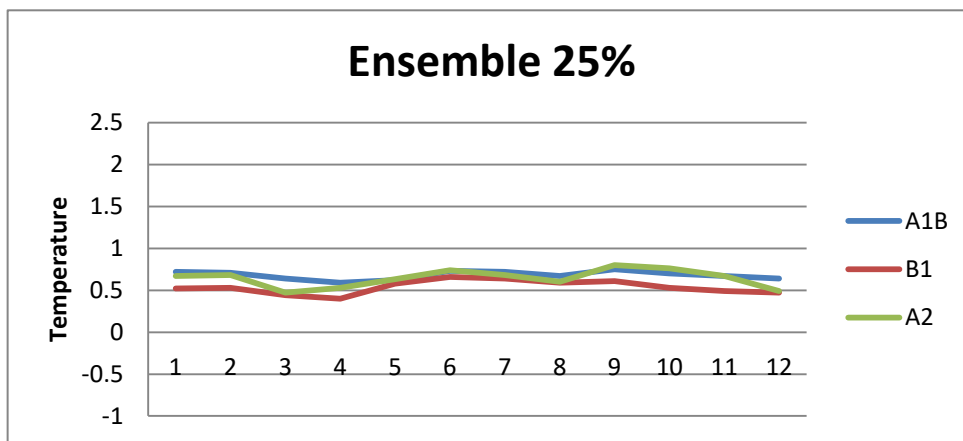


圖 2.6.4 不同情境下模式模擬各月份溫度改變量分量 25%分量

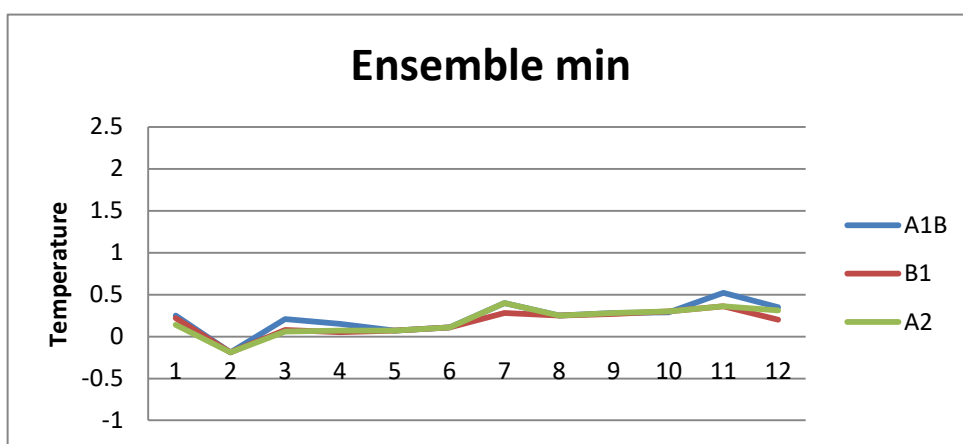


圖 2.6.5 不同情境下模式模擬各月份溫度改變量最小值分布

2.6.2 降雨

本研究 24 小時最大累積降雨量資料參考「經濟部水利署氣候變遷水文情境評估研究(1/2)」中所模擬之未來短期降雨資料，在此計畫中，將 TCCIP 提供之未來 GCM 空間降尺度點為月降雨變化倍數及基期的歷史實測雨量資料輸入氣象繁衍器(Weather generator)中分別進行基期與未來氣候變遷影響下之模擬。

此計畫所模擬之未來雨量值為在情境 A1B 下之結果，然而在本研究當中，需要在 A1B、B1 及 A2 情境下的未來雨量值，因此將利用「經濟部水利署氣候變遷水文情境評估研究(1/2)」中之雨量值與 TCCIP 所模擬出未來 B1 及 A2 情境下雨量變化值，計算 A1B 情境在南台灣雨量變化率，分別計算與 B1 及 A2 情境在不同月份不同分量的雨量變化率比值後，再乘上原有的不同分量的 A1B 未來情境雨量值，A1B 與 B1 及 A2 情境在不同月份不同分量之比值如表 2.6.4 及表 2.6.5 所示。

在模式模擬各月份雨量比值最大值的部分，B1/A1B 的比值在 2、10、11 月大於 A2/A1B 的比值，在其餘月份則是 A2/A1B 比值大於 B1/A1B 的比值，其中最大值為 A2/A1B 比值在 8、9 月時，如圖 2.6.6 所示。模式模擬各月份平均雨量模式 75% 分量改變量比值的部分，在多數月份 B1/A1B 比值皆大於 A2/A1B 的比值，如圖 2.6.7 所示。模式模擬各月份平均雨量模式 50% 分量改變量比值的部分，B1/A1B 的比值僅在 2 月時明顯大於 B1/A1B 的比值，在其他月份 B1/A1B 與 A2/A1B 兩個比值皆相差不多，如圖 2.6.8 所示。模式模擬各月份平均雨量模式 25% 分量改變量比值的部分，A2/A1B 的比值僅在 2 月份大於 B2/A1B 的比值，在其他月份 A2/A1B 與 B2/A1B 的比值差不多，如圖 2.6.9 所示。在模式模擬各月份雨量比值最小值的部分，B1/A1B 比值在 1、5 月大於 A2/A1B 的比值，在其餘月份則相反，A2/A1B 的比值較大，如圖 2.9.10 所示。

除此之外，五個不同分量的比值，以模式所模擬的最小改變量最大，即所模擬的 A2 及 B1 情境在最小改變量的雨量變動較大，且在其他四個分量時，A2/A1B

及 B1/A1B 的比值介於 0.6-1.20 之間，僅模式最小值模擬的比值有大於 1.2 的情況。五個不同分量模式中，在最大改變量中 A2/A1B 及 B1/A1B 的比值皆位於 1.0 左右，顯示模擬的雨量在最大值時，A1B 與 A2 及 B2 兩情境的結果皆差不多，而在最小改變量中 A2/A1B 及 B1/A1B 的比值則為五個分量中的最大值，顯示在模擬 A2 及 B1 情境的雨量值會大於 A1B 的雨量值。

此外，「經濟部水利署氣候變遷水文情境評估研究(1/2)」中所模擬的南臺灣 23 個雨量測站，如圖 2.6.11 所示。由於水利署為了因應未來氣候變遷下可能的衝擊，須要先進行評估及調適，所以在符合極端特性的要求下，設定最有可能發生的氣候變遷情境，因此利用 24 個模式分別在豐水期及枯水期加減 1 個標準差的做法作為模擬雨量的標準。由於在模擬各雨量站的雨量時，各雨量站在空間上為獨立的，無法得到各雨量站在空間降雨的相對關係，因此，為了考慮到空間降雨特性問題，因此在使用未來降雨資料前，先計算此 23 個雨量站在研究區間 1998-2011 年各週的空間降雨相關性，在使用未來降雨資料時就可以參考此空間相關性來找出各測站的雨量值。

在找出各雨量站的空間降雨相關性後，由於無法確定未來的降雨型態會如何改變，因此，為了考慮到未來降雨型態是山區降雨型態或是平地降雨型態，此種不確定性，因此將 23 種降雨型態皆納入考量，方法為先將 23 種降雨型態在不同分量的雨量值之後，將此 23 種降雨型態各分量的平均值計算出來，此雨量值作為本次研究的雨量值。另外，村里尺度的雨量值則先以各村里與雨量站高雄站在歷史 1-52 週各週的降雨相關性算出後，將先前計算的 23 種降雨型態中，將高雄站的 23 種降雨型態下的雨量計算其平均雨量值，之後將各村里在 1-52 週與高雄站的比值，乘上 23 種降雨型態下高雄站的平均雨量值，做為在氣候變遷下就高雄市及鳳山市村里的雨量值。

表 2.6.4 台灣南區 A2 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensemble max | 1.01 | 0.71 | 0.98 | 0.89 | 0.68 | 0.97 | 0.94 | 1.06 | 1.06 | 0.79 | 0.82 | 0.99 |
| Ensemble 75% | 0.93 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.89 | 0.94 | 0.97 | 0.96 | 0.81 | 0.96 | 1.16 |
| Ensemble 50% | 0.92 | 0.94 | 1.07 | 0.95 | 1.08 | 0.90 | 1.08 | 0.95 | 0.96 | 1.08 | 0.91 | 1.08 |
| Ensemble 25% | 0.94 | 0.88 | 1.10 | 1.03 | 1.01 | 0.93 | 1.12 | 0.86 | 0.98 | 0.95 | 0.94 | 1.01 |
| Ensemble min | 0.97 | 1.12 | 0.79 | 0.99 | 0.92 | 0.99 | 1.03 | 0.92 | 1.25 | 1.44 | 1.08 | 0.93 |

表 2.6.5 台灣南區 B1 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensemble max | 0.84 | 0.96 | 0.98 | 0.85 | 0.74 | 0.98 | 0.98 | 0.91 | 0.96 | 0.85 | 0.88 | 0.94 |
| Ensemble 75% | 0.99 | 1.13 | 0.88 | 1.14 | 0.97 | 0.96 | 0.91 | 1.02 | 0.91 | 1.06 | 1.01 | 1.05 |
| Ensemble 50% | 0.94 | 1.20 | 0.93 | 1.00 | 1.06 | 1.00 | 1.07 | 1.04 | 0.93 | 1.12 | 1.00 | 0.98 |
| Ensemble 25% | 0.95 | 0.93 | 0.94 | 1.03 | 1.00 | 0.89 | 1.07 | 0.92 | 0.92 | 0.94 | 0.93 | 1.01 |
| Ensemble min | 1.21 | 0.98 | 0.94 | 0.97 | 1.15 | 0.90 | 0.78 | 0.87 | 1.23 | 1.21 | 1.15 | 0.96 |

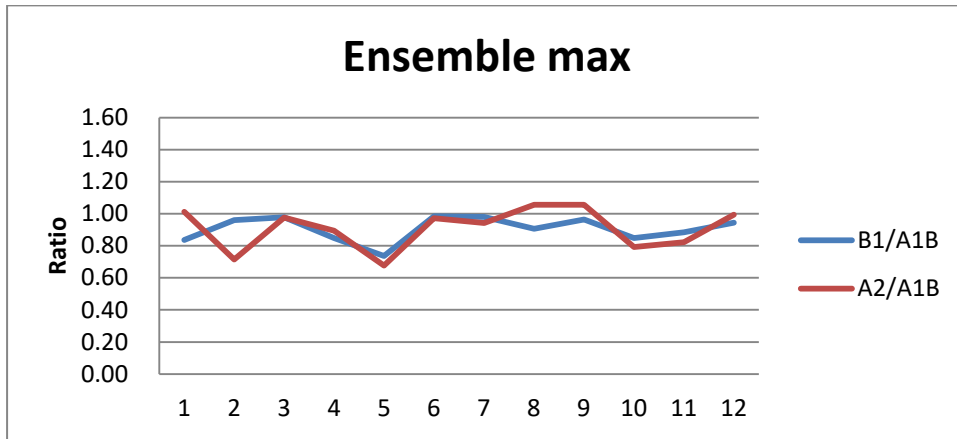


圖 2.6.6 B1 與 A2 情境對 A1B 情境平均雨量模式最大改變量比值

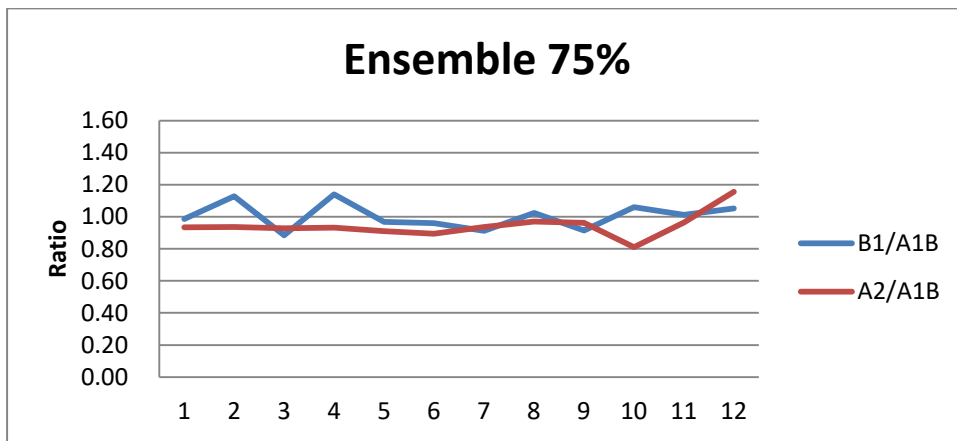


圖 2.6.7 B1 與 A2 情境對 A1B 情境平均雨量模式 75%分量改變量比值

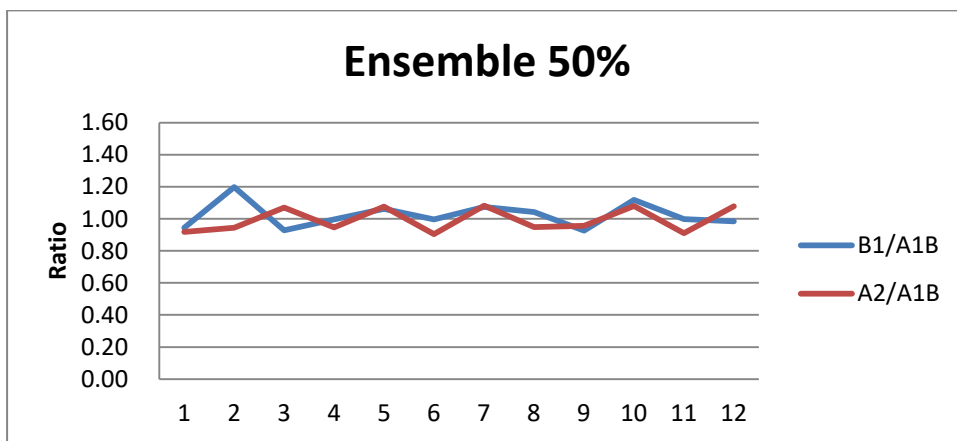


圖 2.6.8 B1 與 A2 情境對 A1B 情境平均雨量模式 50%分量改變量比值

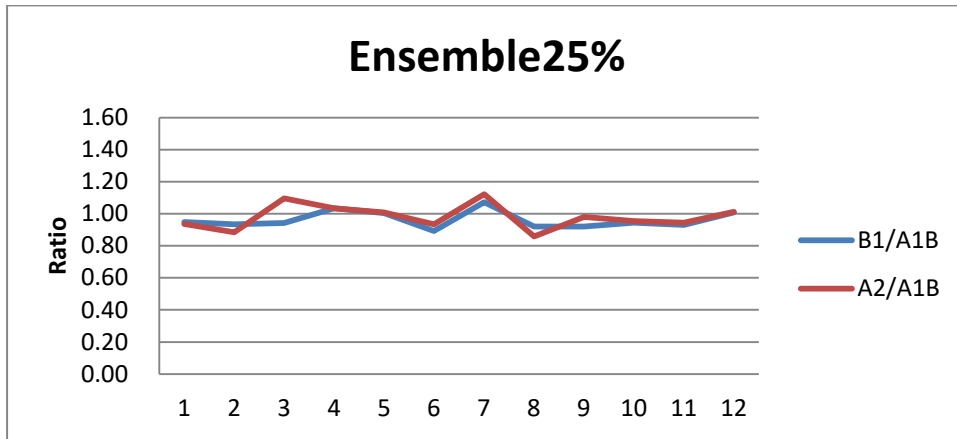


圖 2.6.9 B1 與 A2 情境對 A1B 情境平均雨量模式 25%分量改變量比值

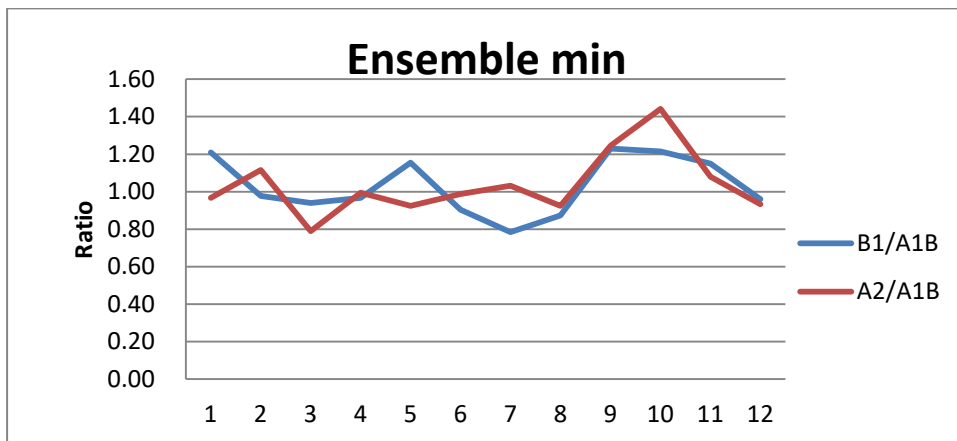


圖 2.6.10 B1 與 A2 情境對 A1B 情境平均雨量模式最小改變量比值

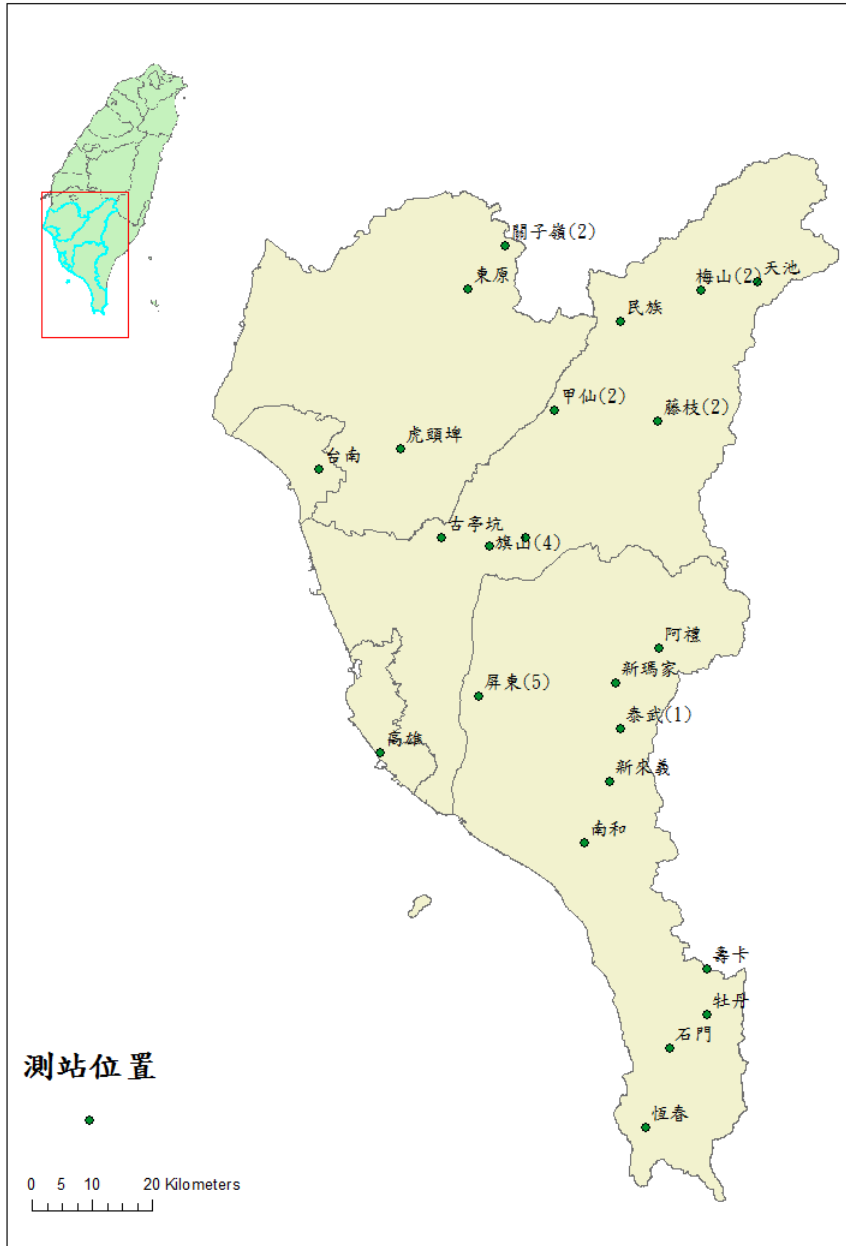


圖 2.6.11 「經濟部水利署氣候變遷水文情境評估研究(1/2)」中雨量站位置

圖

三、結果與討論

3.1 登革熱預測模型驗證

本計畫延續去年計畫結果，分析氣象變數與登革熱的關係所採用由 Gasparri, Armstrong, and Kenward (2010) 所提出的非線性分布延遲模型 (Distributed lag nonlinear models, DLNM)，在空間效應方面搭配馬可夫隨機場 (Markov random fields, MRF) 來處理地理資料對登革熱病例的影響。利用所蒐集之 2012 年氣象參數，即週 24 小時最大累積降雨以及週最低溫度資料，以去年計畫結果所建立的登革熱預測模型進行驗證。

在 101 年度所建立的登革熱病例非線性分布延遲模型中，挑選出的氣象變數共有兩個，包括週最低溫度和週 24 小時最大累積降雨，資料期間自 1998 年至 2011 年，利用 DLNM 建構之模型如下表示：

$$\log(\mu_{dt}) = \alpha + \beta(\text{Year}) + f(\text{Time}) \\ + f(\text{TP}, \text{lag} = 15) + f(\text{RF}, \text{lag} = 15) + f_{\text{spac}(d)} + \text{offset}$$

μ_{dt} ：為每週登革熱病例的期望值。

α ：截距。

β ：為一類別變數 Year 係數。

$f(\text{Time})$ ：以星期為單位的時間函數，用以控制時間上的自相關(autocorrelation)。

$f(\text{TP}, \text{lag} = 15)$ 、 $f(\text{RF}, \text{lag} = 15)$ ：為氣象影響因子，分別為週最低溫度和 24 小時最大累積降雨，並有 15 週的延遲時間。

$f_{\text{spac}(d)}$ ：為 MRF 型態的空間函數。

offset ：為經過對數轉換後的鄉鎮人口數量。

本年度計畫根據 1998 年至 2011 資料所建立的統計模型，利用 2012 年的氣象資料計算出 2012 年研究區域中各鄉鎮登革熱病例數的期望值，並比對 2012 年

研究區域內各鄉鎮的登革熱通報病例，進行模型驗證。圖 3.1.1 至圖 3.1.18 為 2012 年南臺灣週登革熱實際病例數分佈及模型預測週病例數分佈比較。整體來說，本計畫所建立的登革熱病例數預測模型在時間與空間上表現都極為優秀，實際通報的登革熱病例在空間上分布非常的類似，而在時間上對於登革熱流行高峰期(週至週)預測也符合實際發生期間。結果顯示，登革熱預測模型在極端值（例如：單一病例發生或當年度發生病例數的最大值）的預測上無法精確的預測出，但是此模型提供了一個在時間和空間上登革熱爆發的潛勢預測，由圖顯示，登革熱預測模型在第 34 週在北高雄（前鎮區、苓雅區和三民區）開始有較多的登革熱病例數發生，並且持續增加直到第 37 週（2012 年登革熱病例數最多的一週），此預測結果可以在登革熱疫情爆發前 2 至 3 週明確的提供警示效果，雖然預測的登革熱病例數強度無法達到觀測到的最大值，但此一時間上的潛勢可用來作為決策機關提早進行登革熱防疫工作準備的依據。另外，登革熱病例預測模型的空間結構與實際的空間結構也極為類似，並沒有出現低登革熱盛行程度之鄉鎮出現高病例數的情形，因此，此結果可提供防疫單位針對特定地區進行防疫工作。

此統計模型所預測出的病例數與實際通報病例數量之間有一差異存在，在此稱之為殘差 (residuals)，此殘差所代表的應為無法被統計模型解釋的時空間因子，可能包含的有因群聚效應所產生的登革熱感染及不同土地利用所產生的空間上差異…等，因此，在未來的登革熱預測模型改進上，將針對此殘差進行時空間分析，這部分可利用一結合地理資訊系統 (Geography Information System, GIS) 的統計方法 – 貝式最大熵法 (Bayesian Maximum Entropy, BME) 來建立時間與空間模型。登革熱發生的時空分佈可以視為時空隨機場 (Space/Time random fields, S/TRF)，為一隨著空間和時間位置而改變的一種連續隨機過程，隨機過程可以拆解為兩個部分：趨勢 (Trend) 函數與自相關的殘差項 (Residual)。BME 利用此時空隨機場模擬登革熱病例在時間和空間的分布。首先，假設在時空隨機場內病例數在位置坐標 s 及時間 t 為 $Z(p) = Z(s, t)$ ，而其殘差 $X(p)$ 在時空隨機場內即可定義為

$$X(p) = Z(p) - m_Z(p)$$

其中 $m_Z(p)$ 為全域均值趨勢訊號，即為本年度計畫利用氣象變數所建立之登革熱預測模型。此隨機場內之殘差用來模擬時空間的變異性 (variability) 和不確定性 (uncertainty)。BME 將用來建構隨機場內機率密度函數的「知識根據」 (Knowledge base, K) 分為兩大類：(1) 全面性的知識根據 (General knowledge base, G)；(2) 特定點的知識根據 (Site-specific knowledge base, S)，即總知識根據(K)為全面性的知識根據(G)與特定點的知識根據(S)之結合($K = G \cup S$)。特定點的知識根據則包含確定性資料 (Hard data) 與不確定性資料 (Soft data) 兩種資料形態。確定性資料為觀測點上確切的值而不確定性資料則以機率密度函數 (Probability density function, PDF)，來描述觀測點的不確定性。在給定時空隨機場內殘差的全面性的知識根據和特定點的知識根據後，可以得到在推估點上登革熱病例數之殘差的估計值。最後，將推估點全域均值趨勢訊號與估計的登革熱病例數殘差相加即可獲得登革熱病例數的期望值 (expected value) 和相對應的誤差變異量 (error variance)。

表 3.1. 1 為利用相關係數與均方根誤差比較 2012 年實際台灣南部地區鄉鎮登革熱病例數與本計畫建立之登革熱預測模型病例數比較。相關係數與均方根誤差結果顯示，預測病例數與實際發生結果有些許誤差且相關性並不高，有此結果是因為此模型目的為預測登革熱爆發潛勢，為一預警系統，希望能夠提前在數週前即可預測出登革熱爆發潛勢，因此，在當週的預測結果無法與實際病例數符合是可預期的，而本計畫之模型預測結果也顯示可有效地在 2~3 週前提前警示登革熱即將爆發，整體而言，此模型預警效果是存在的。

表 3.1.1 2012 登革熱預測模型之相關係數與均方根誤差

| 鄉鎮名稱 | 2012 發生病例數與預測病例數之相關係數 | 2012 發生病例數與預測病例數之均方根誤差 |
|------|-----------------------|------------------------|
| 新營市 | 0.02219 | 0.275101 |
| 東山鄉 | 0.07227 | 0.138594 |
| 官田鄉 | 0.264246 | 0.138634 |
| 佳里鎮 | 0.219245 | 0.137277 |
| 善化鎮 | 0.237665 | 0.272899 |
| 西港鄉 | 0.00735 | 0.138226 |
| 七股鄉 | 0.083435 | 0.138011 |
| 新市鄉 | 0.146458 | 0.192212 |
| 新化鎮 | -0.05775 | 0.138979 |
| 永康市 | 0.102199 | 1.43218 |
| 歸仁鄉 | -0.04439 | 0.207192 |
| 關廟鄉 | 0.002818 | 0.163235 |
| 仁德鄉 | 0.049907 | 0.242153 |
| 東區 | 0.188459 | 0.138218 |
| 三地門鄉 | 0.253538 | 0.135665 |
| 霧台鄉 | 0.214564 | 0.135028 |
| 瑪家鄉 | 0.42458 | 0.236306 |
| 麟洛鄉 | -0.00162 | 0.139963 |
| 竹田鄉 | 0.19241 | 0.135534 |
| 潮州鎮 | -0.06239 | 0.195605 |
| 新園鄉 | -0.12637 | 0.40684 |
| 來義鄉 | -0.071 | 3.742999 |
| 新埤鄉 | 0.061082 | 0.689594 |
| 南州鄉 | -0.0098 | 3.659402 |
| 車城鄉 | -0.11251 | 0.637697 |
| 恆春鎮 | -0.07294 | 0.138617 |
| 六龜鄉 | -0.06677 | 0.138713 |
| 杉林鄉 | -0.1114 | 0.13869 |
| 茂林鄉 | 0.023176 | 0.715544 |
| 大樹鄉 | 0.373959 | 14.334495 |
| 仁武鄉 | 0.094613 | 5.317108 |
| 鳥松鄉 | 0.189148 | 2.941901 |

| | | |
|-----|----------|-----------|
| 鳳山市 | 0.168813 | 0.426325 |
| 大寮鄉 | 0.005548 | 1.634503 |
| 林園鄉 | 0.345863 | 2.860774 |
| 楠梓區 | 0.449282 | 1.823898 |
| 左營區 | 0.251504 | 2.120458 |
| 三民區 | 0.235563 | 13.101617 |
| 鼓山區 | 0.30703 | 2.516191 |
| 新興區 | 0.261805 | 1.160775 |
| 前金區 | -0.06917 | 0.686968 |
| 苓雅區 | 0.436349 | 7.469162 |
| 前鎮區 | 0.014454 | 4.039853 |
| 旗津區 | -0.08936 | 2.329781 |
| 小港區 | -0.0749 | 0.926937 |

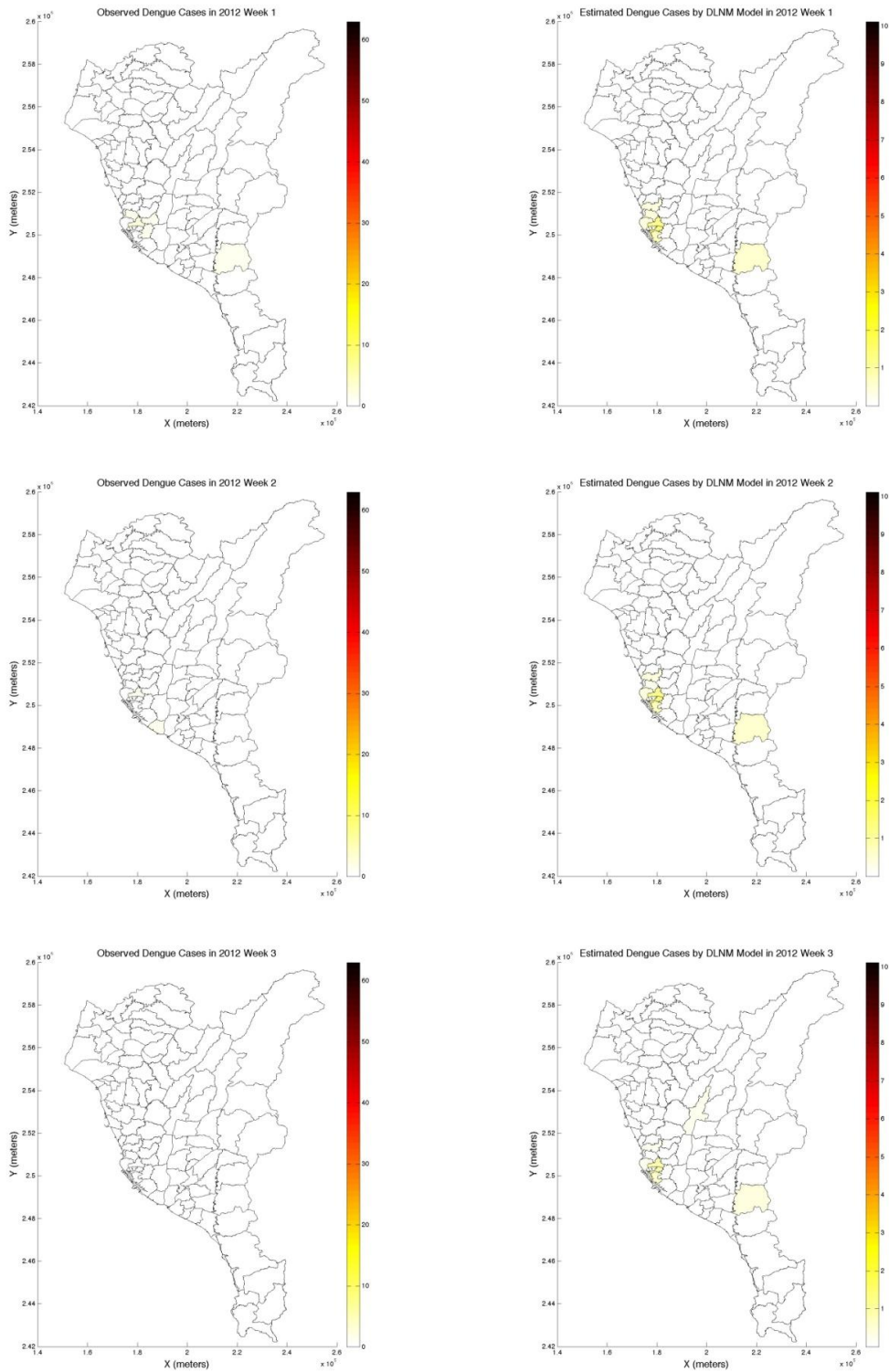


圖 3.1.1 (左)2012 年第 1-3 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 1-3 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

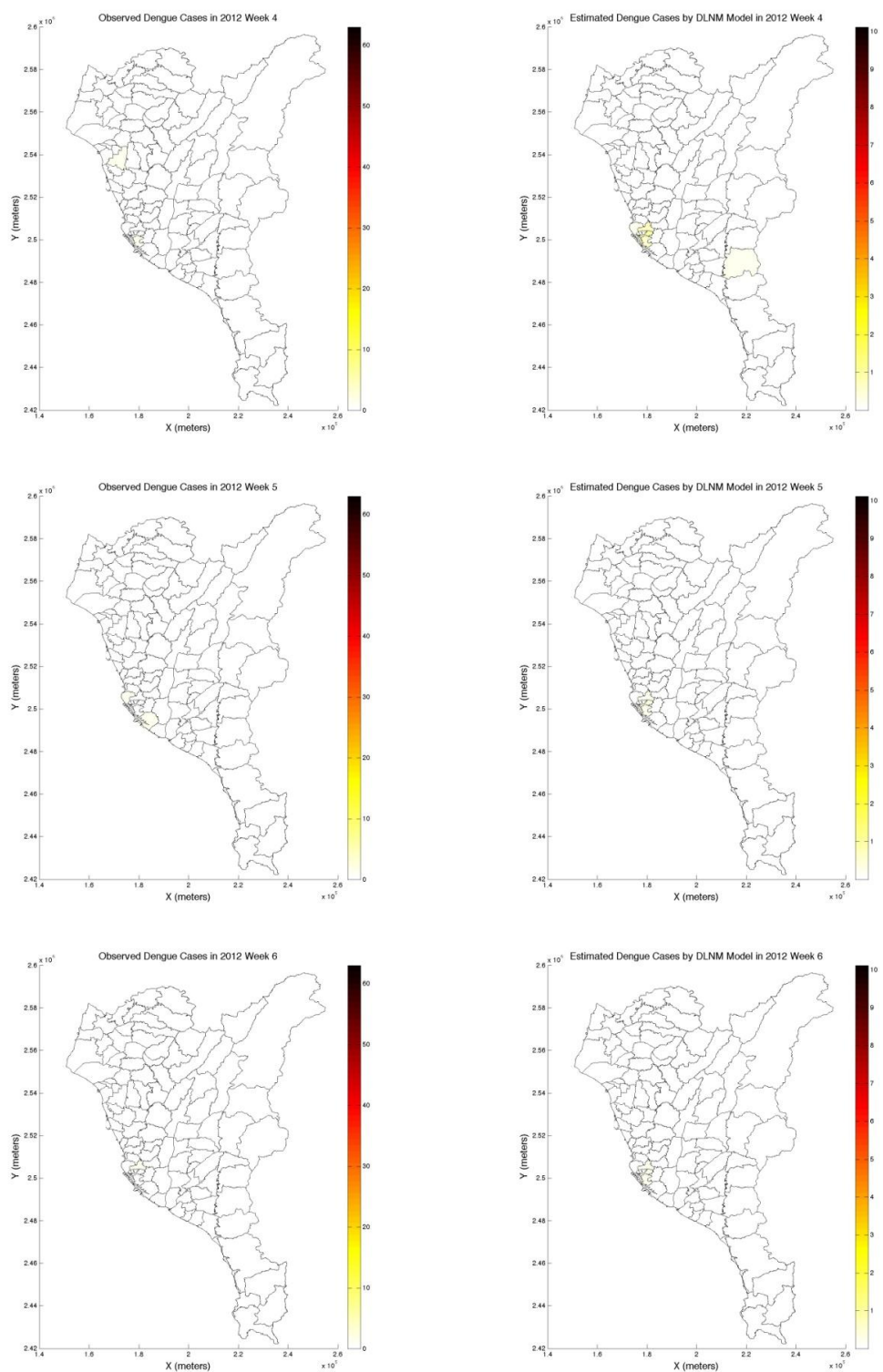


圖 3.1.2 (左)2012 年第 4-6 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 4-6 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

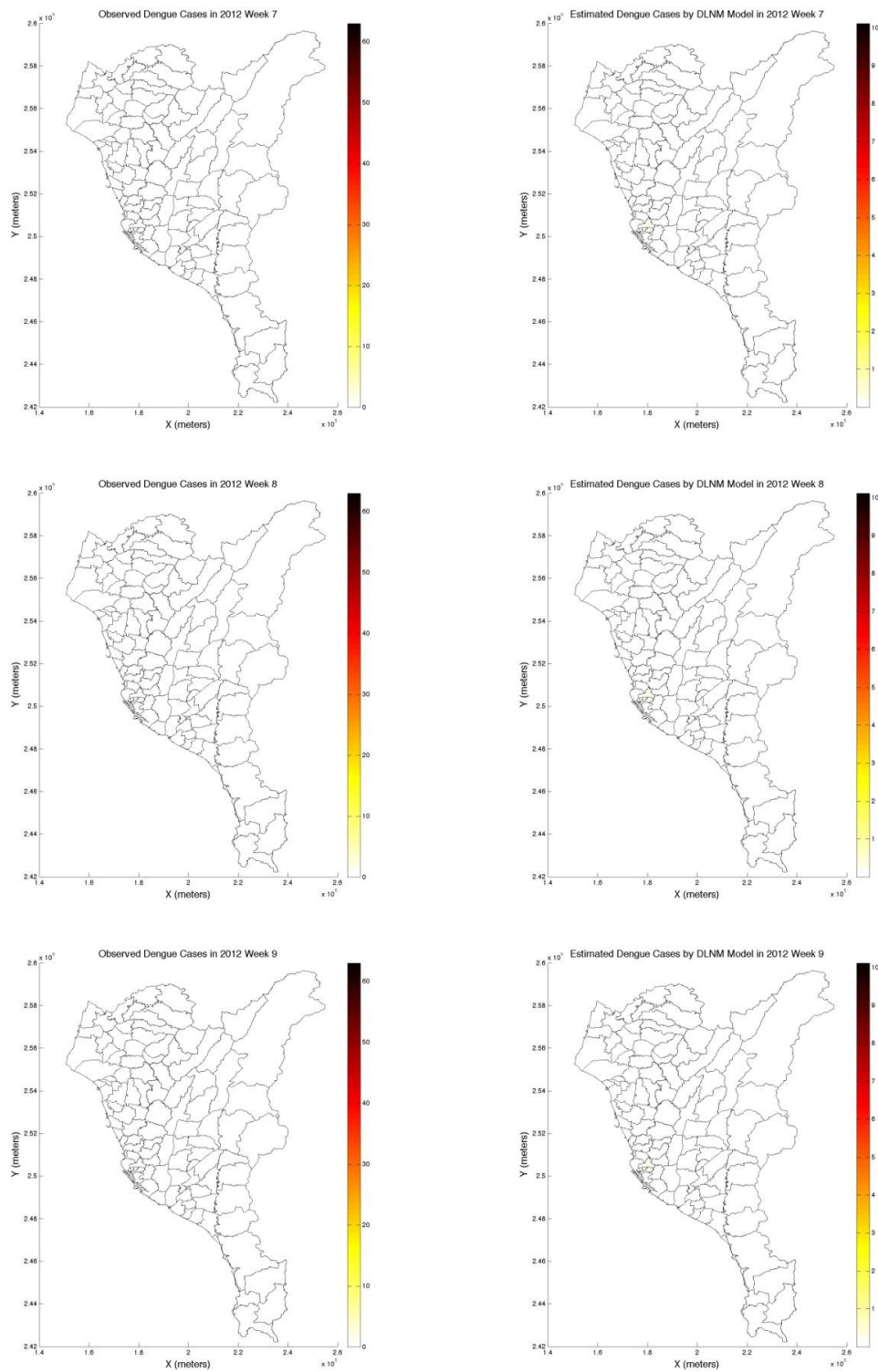


圖 3.1.3 (左)2012 年第 7-9 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 7-9 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

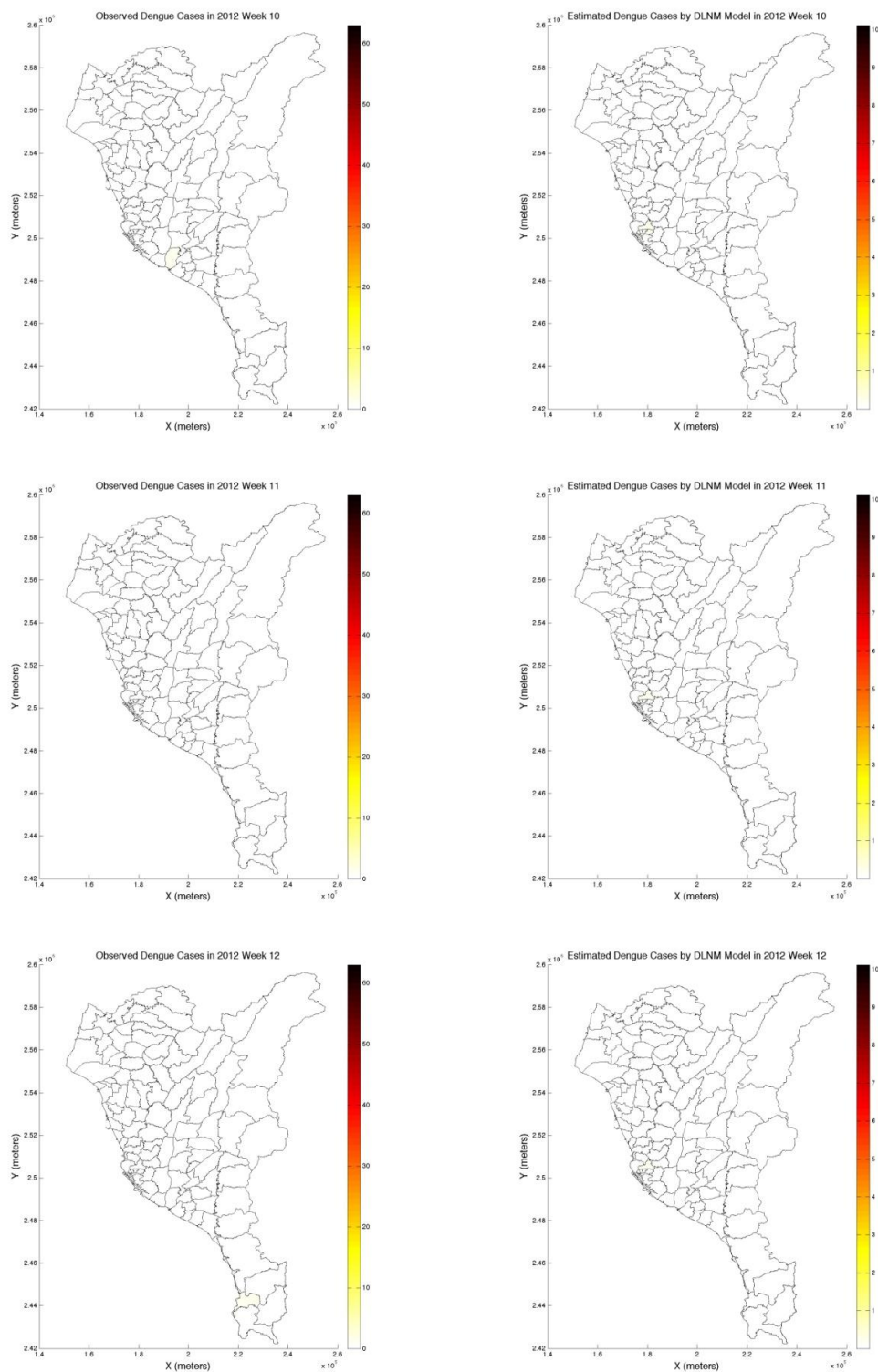


圖 3.1.4 (左)2012 年第 10-12 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 10-12 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

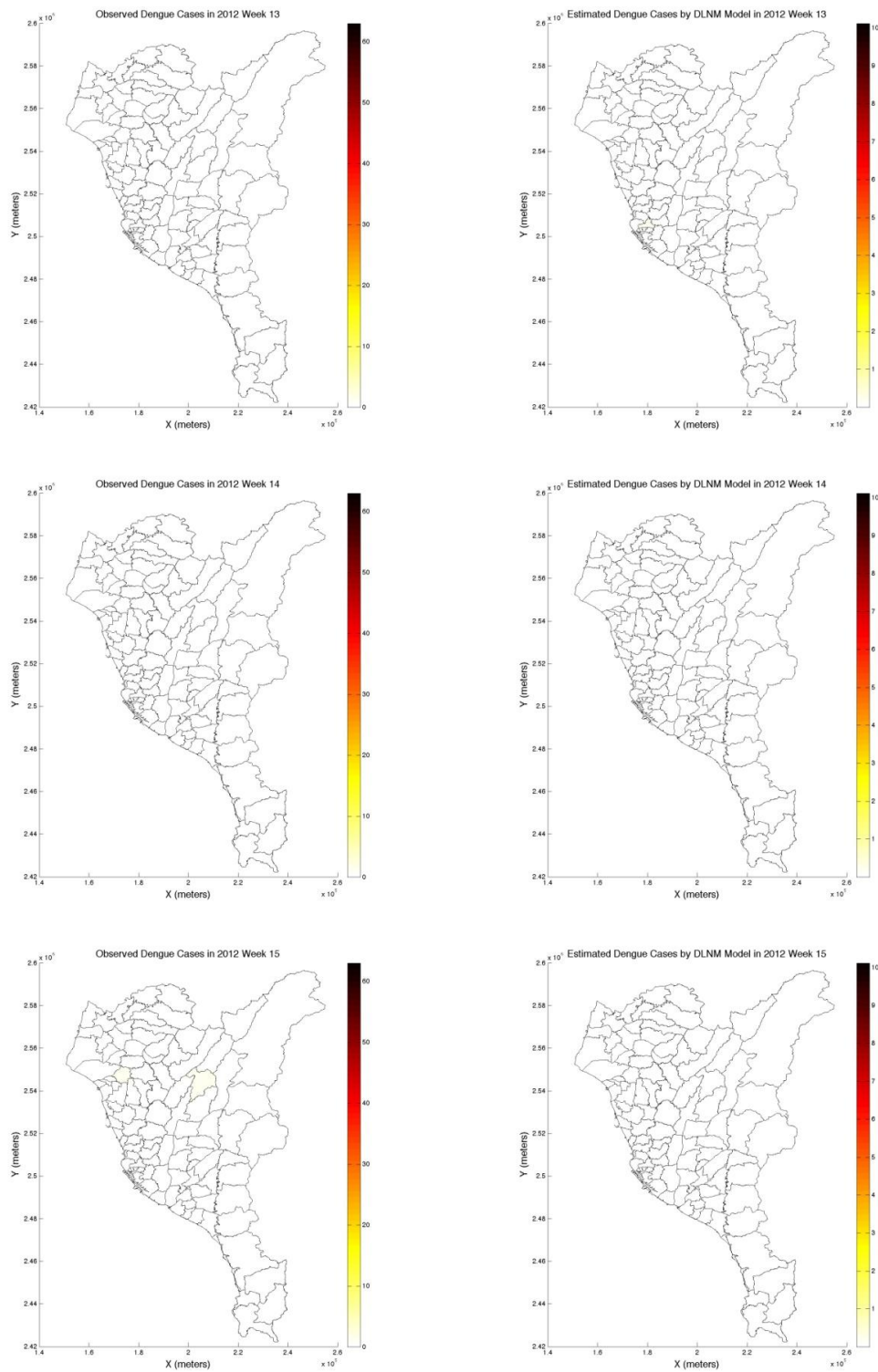


圖 3.1.5 (左)2012 年第 13-15 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 13-15 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

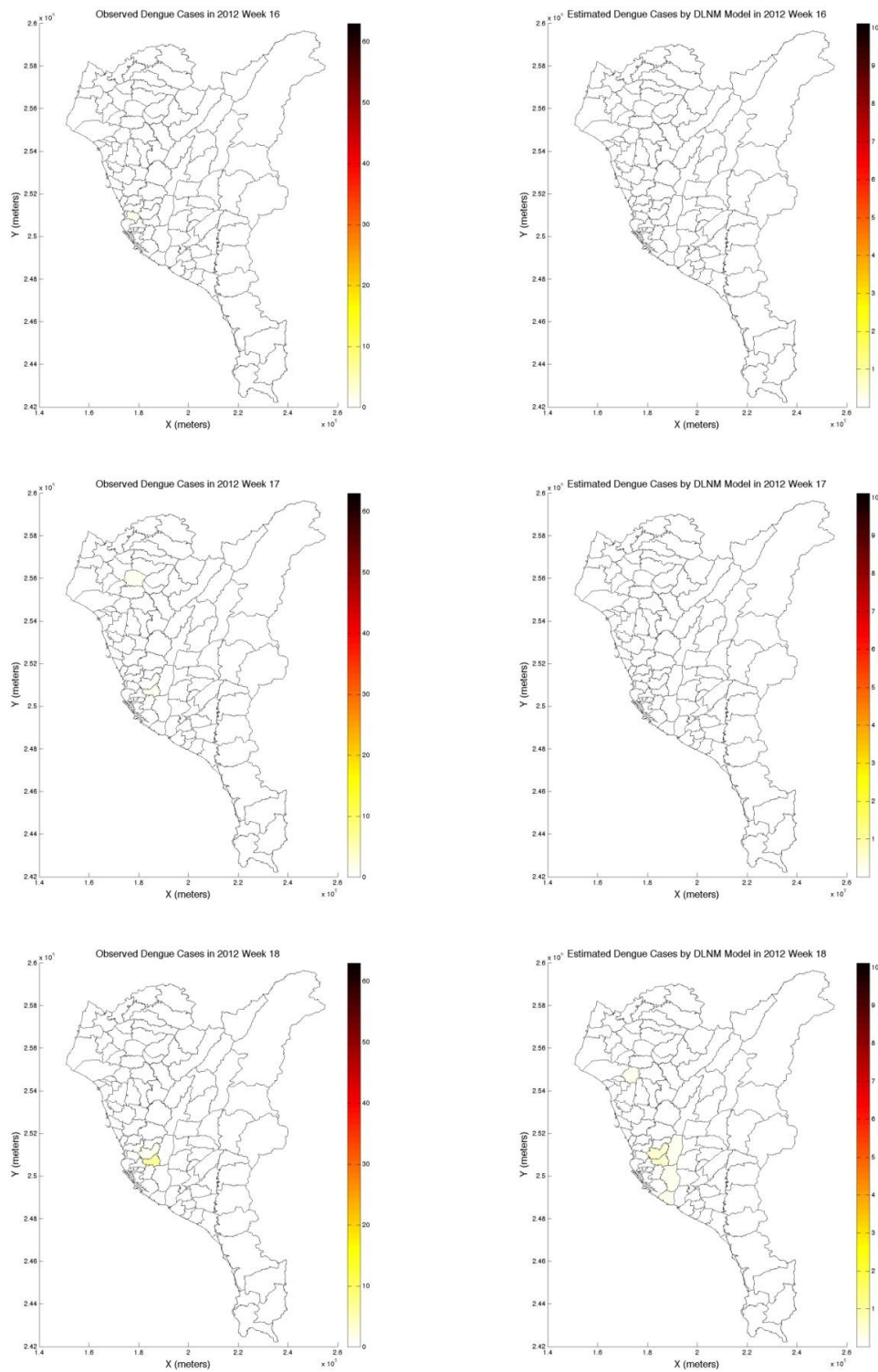


圖 3.1.6 (左)2012 年第 16-18 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 16-18 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

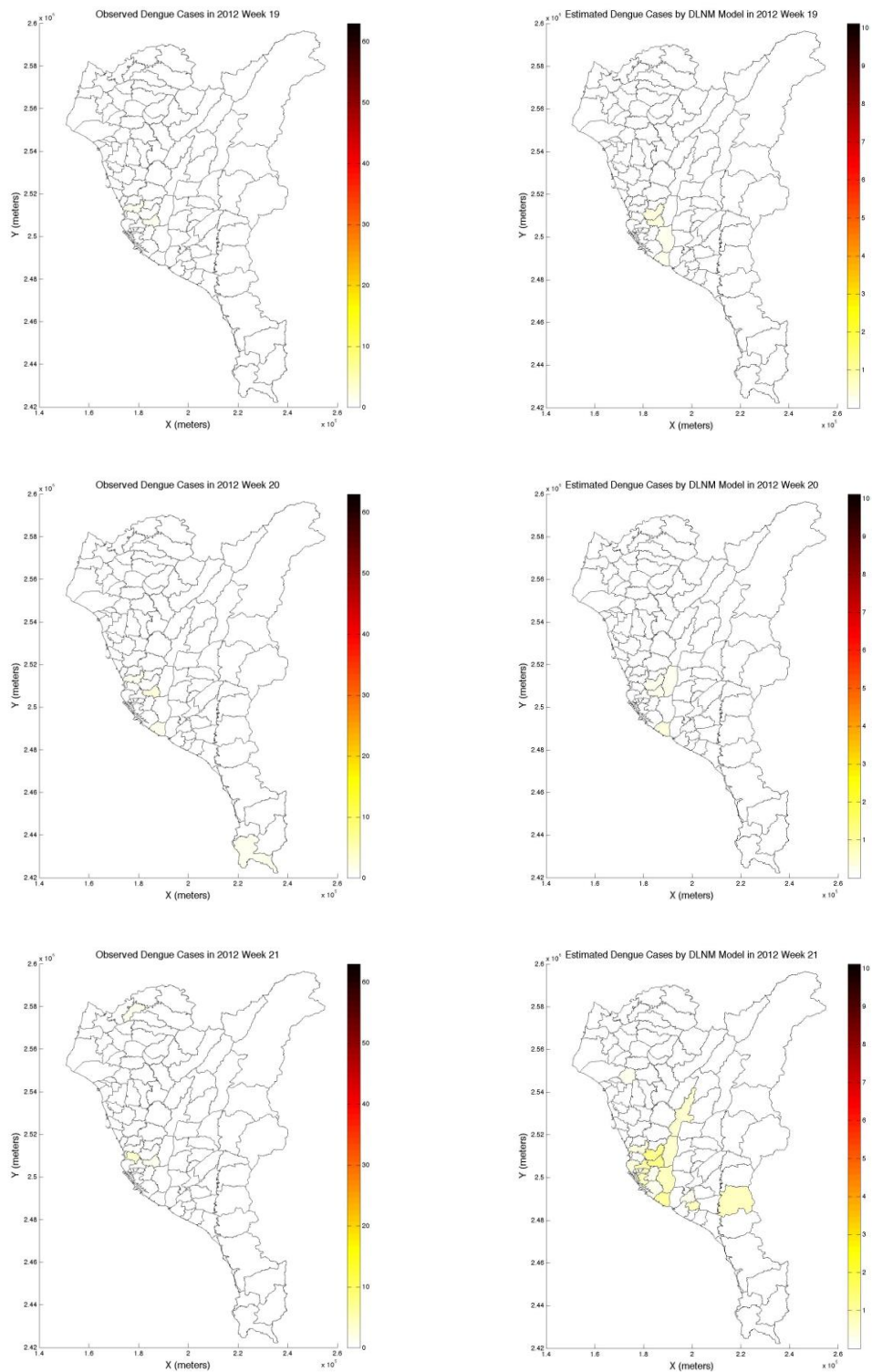


圖 3.1.7 (左)2012 年第 19-21 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 19-21 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

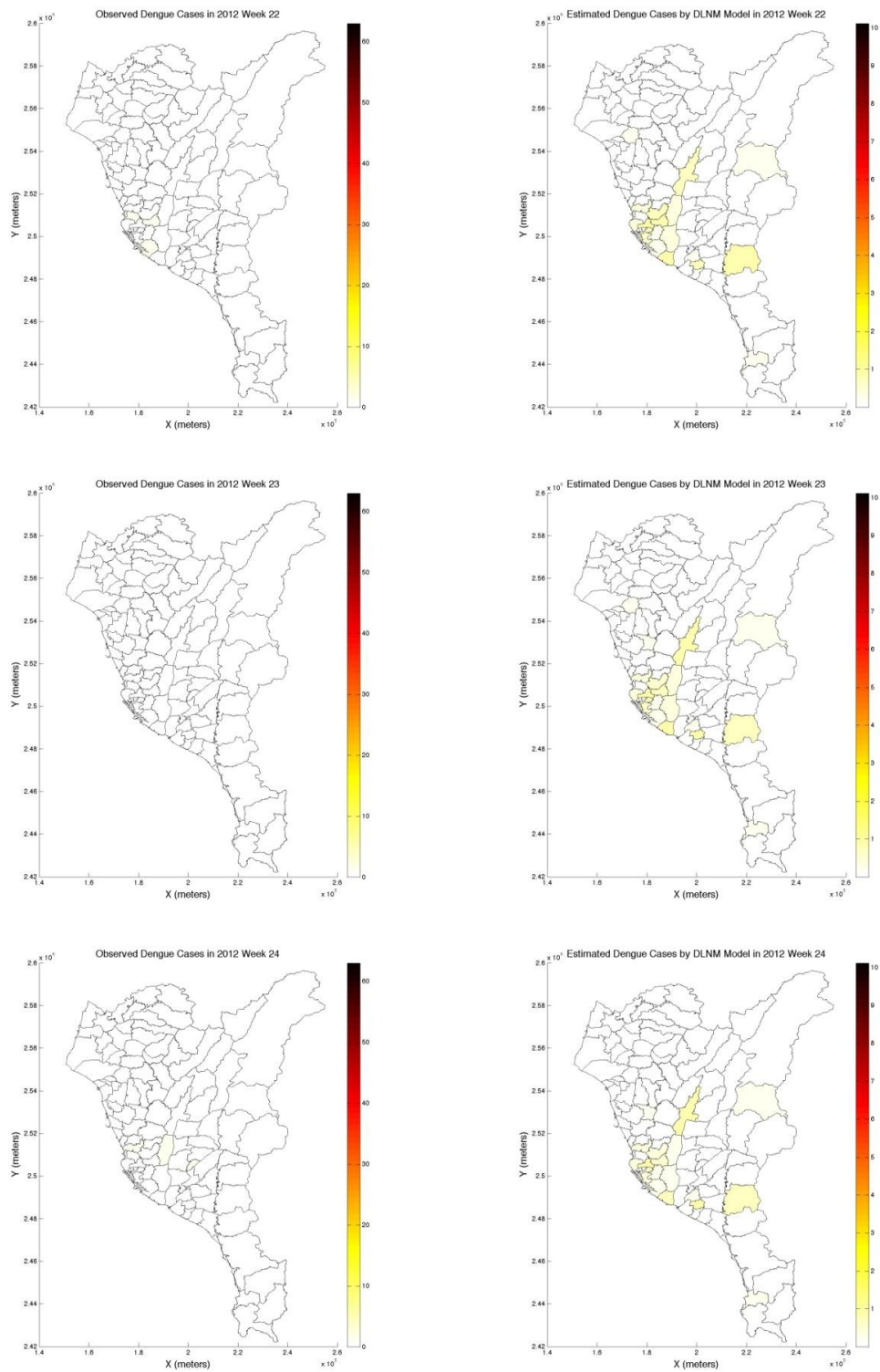


圖 3.1.8 (左)2012 年第 22-24 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 22-24 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

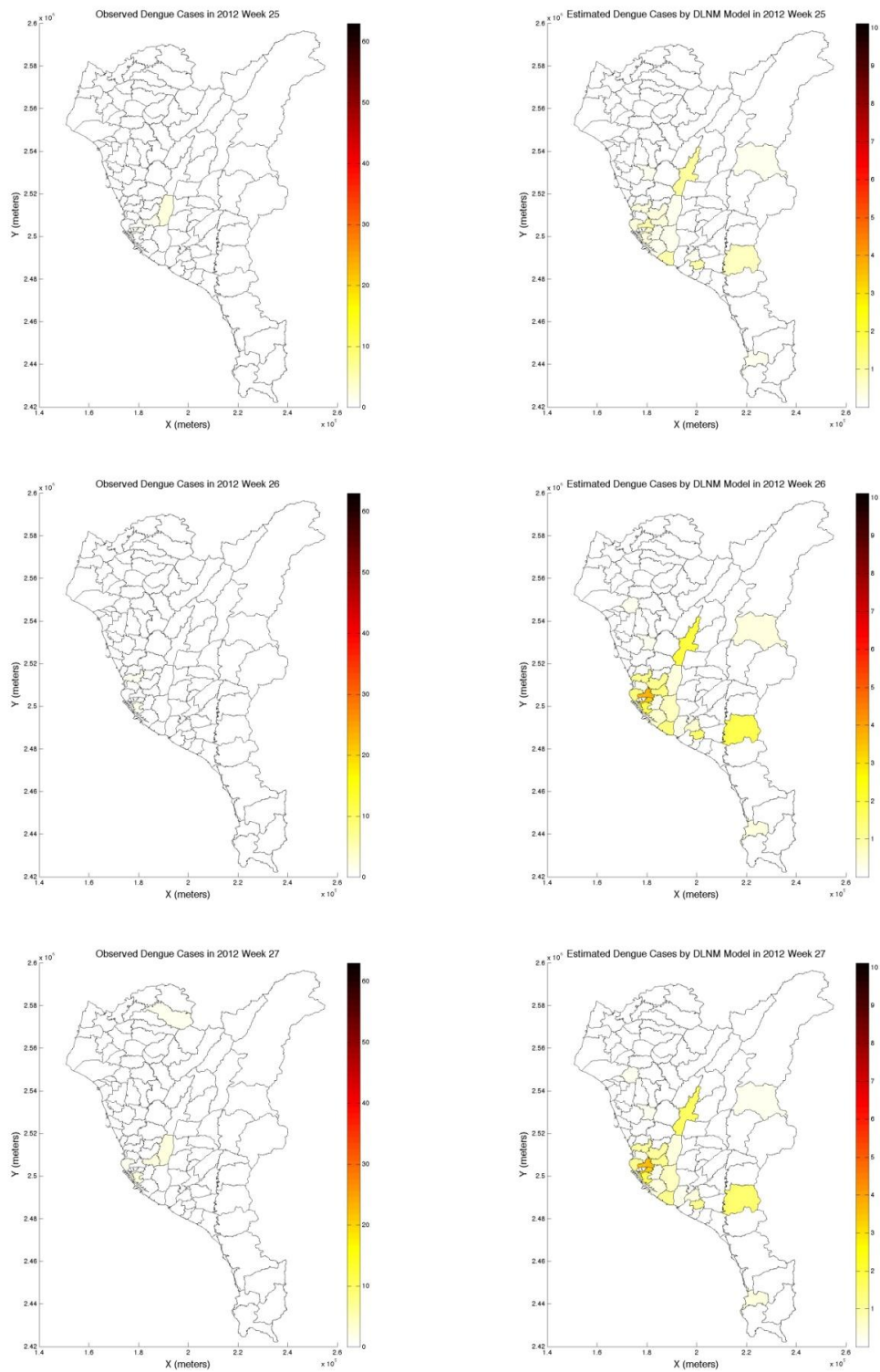


圖 3.1.9 (左)2012 年第 25-27 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 25-27 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

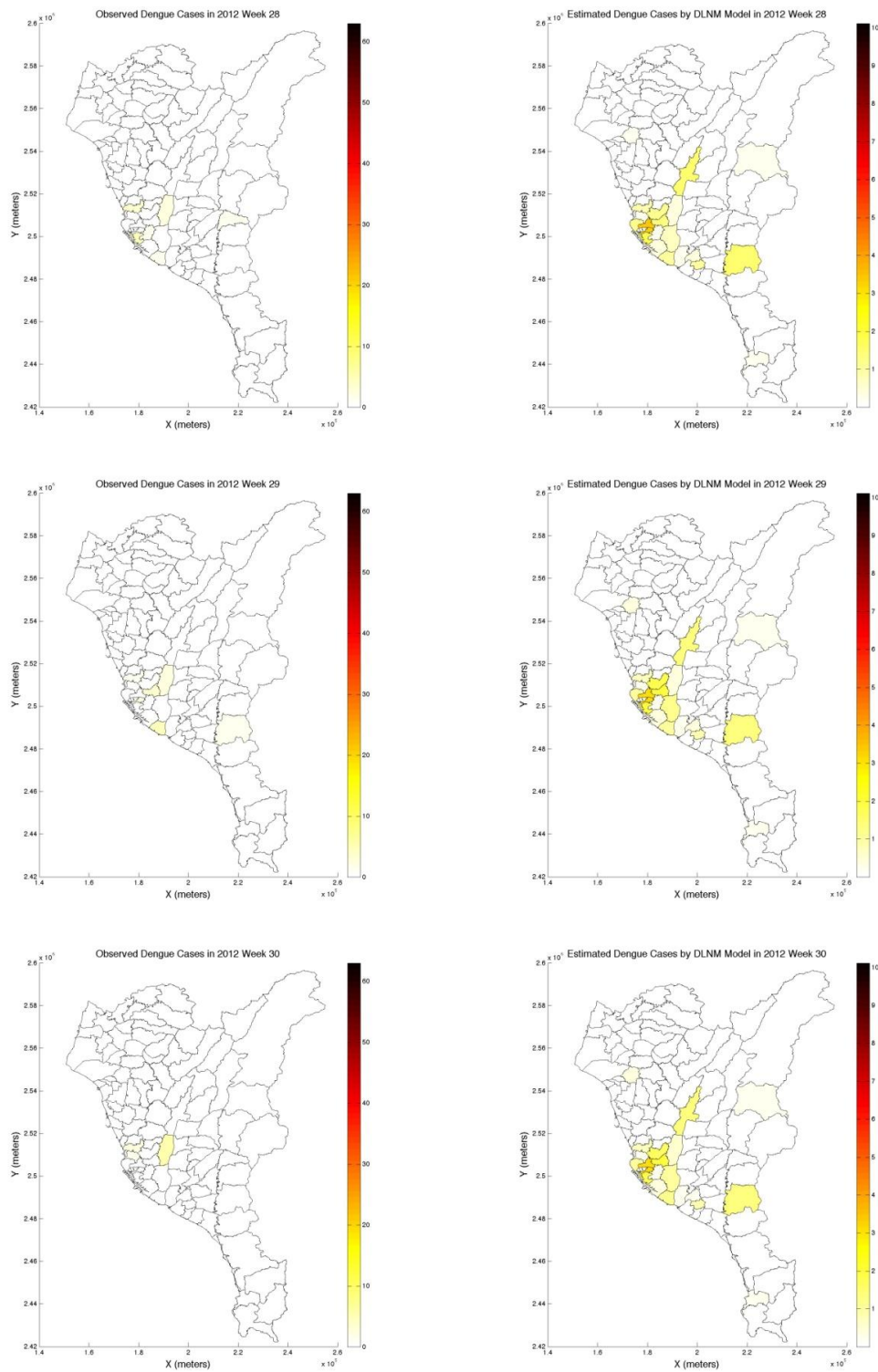


圖 3.1.10 (左)2012 年第 28-30 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 28-30 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

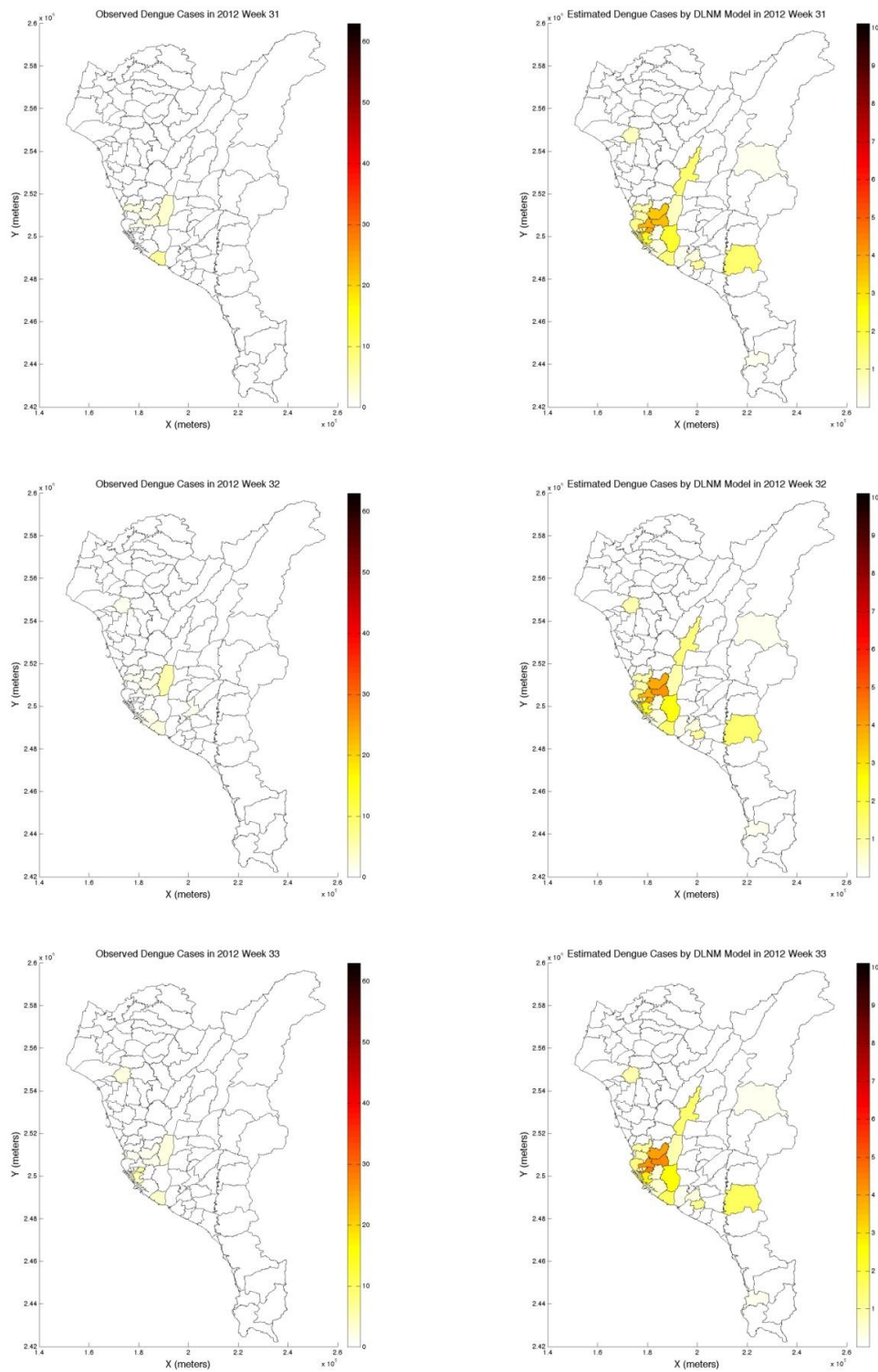


圖 3.1.11 (左)2012 年第 31-33 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 31-33 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

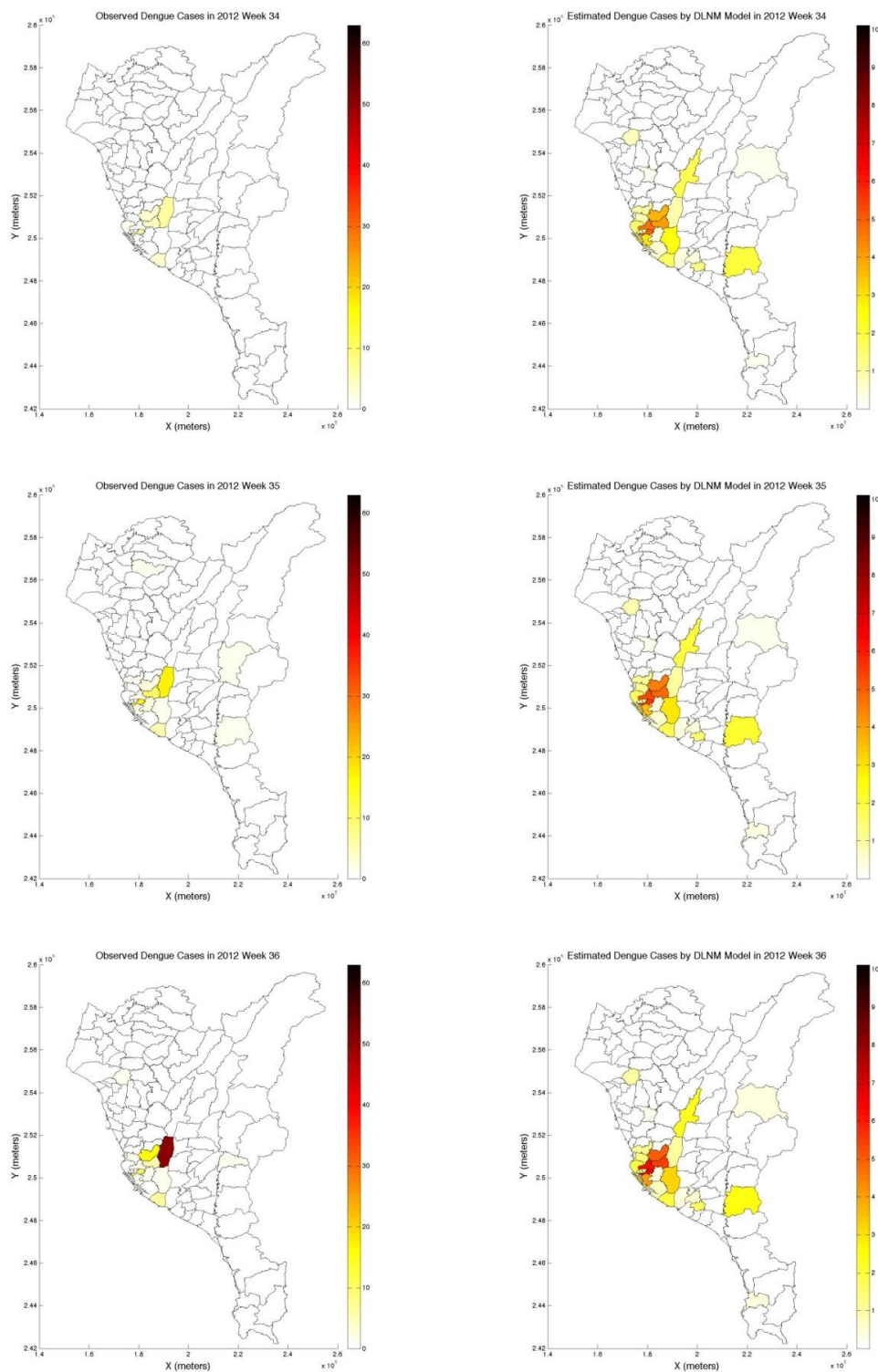


圖 3.1.12 (左)2012 年第 34-36 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 34-36 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

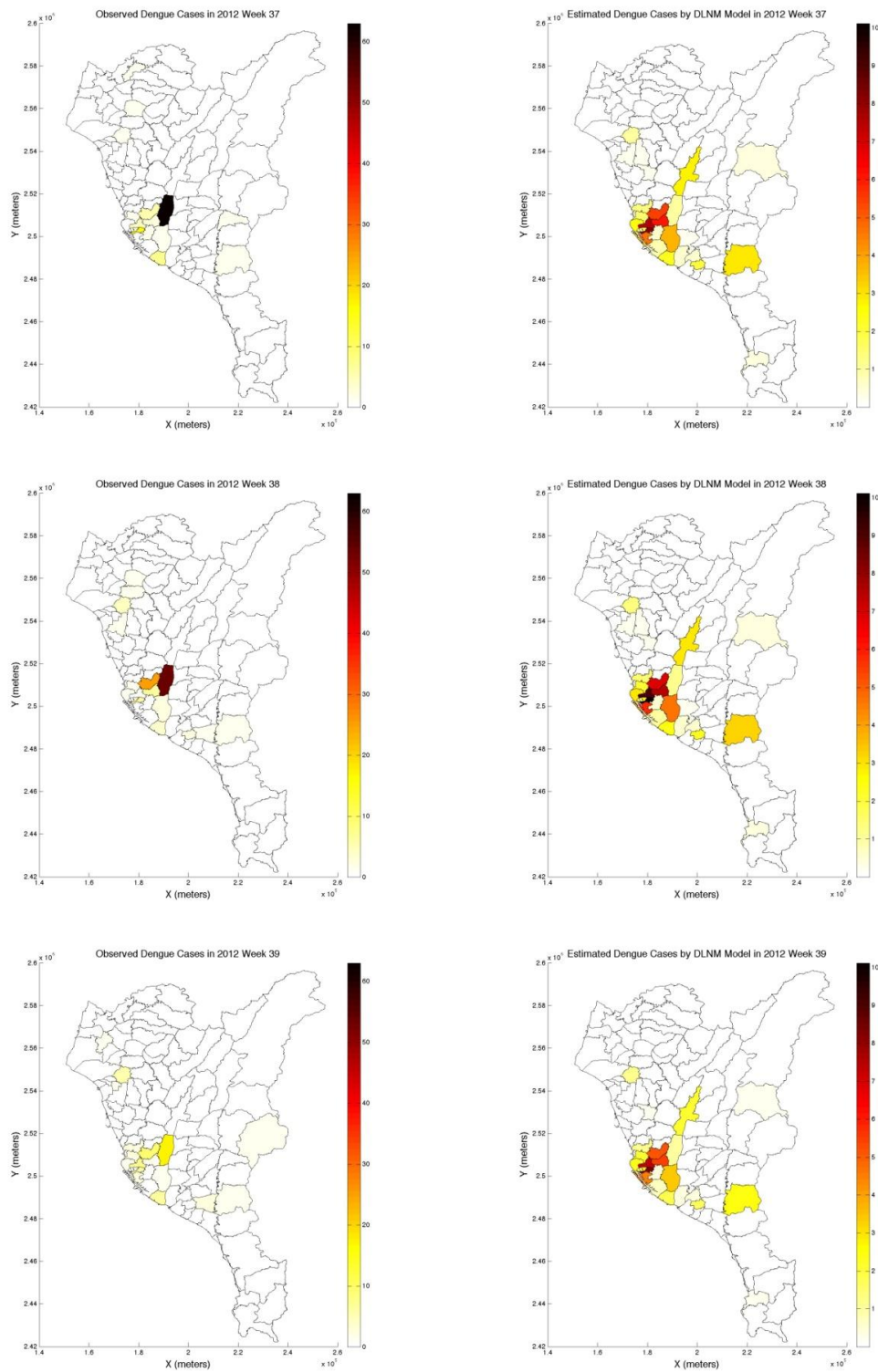


圖 3.1.13 (左)2012 年第 37-39 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 37-39 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

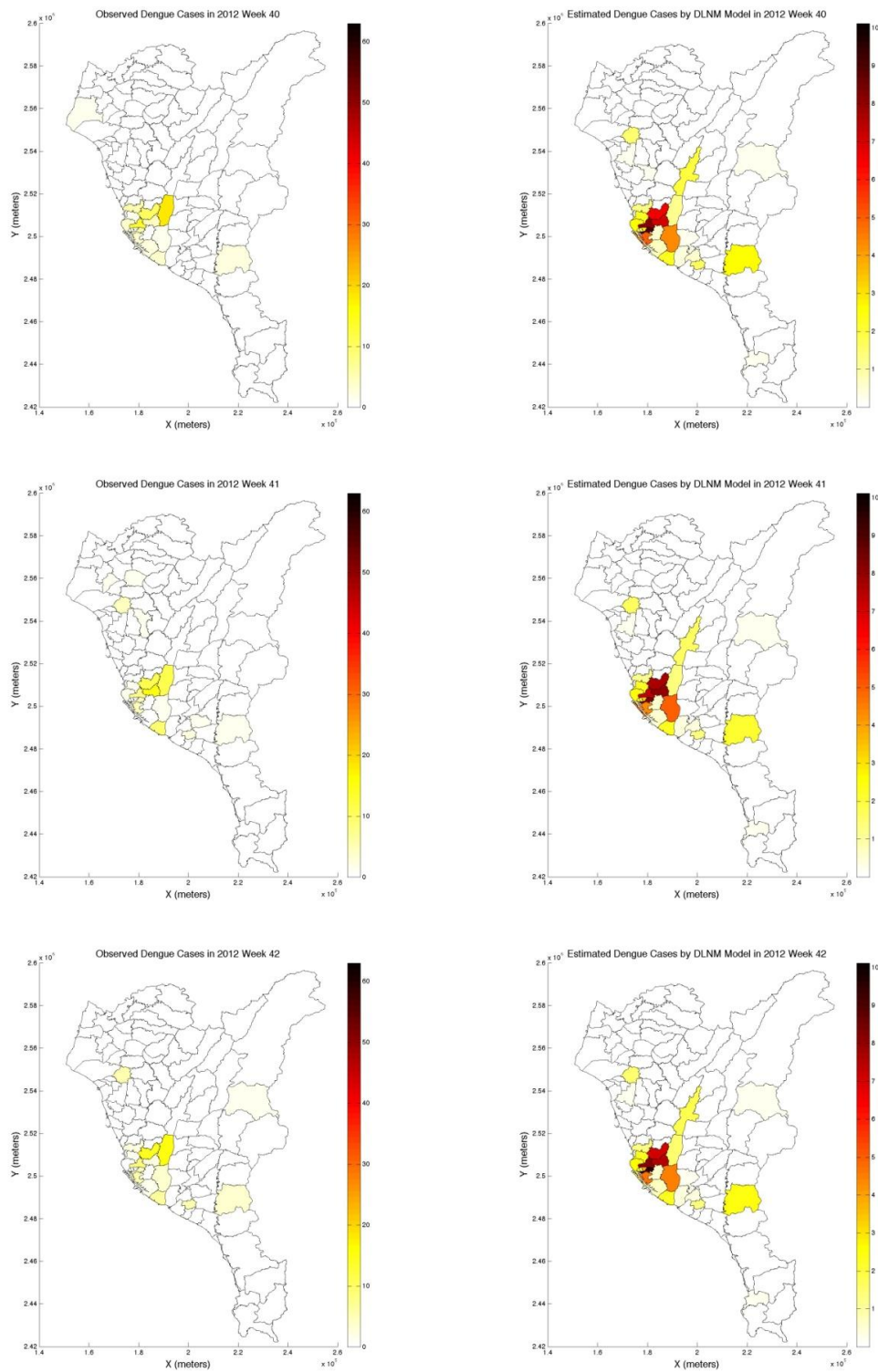


圖 3.1.14 (左)2012 年第 40-42 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 40-42 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

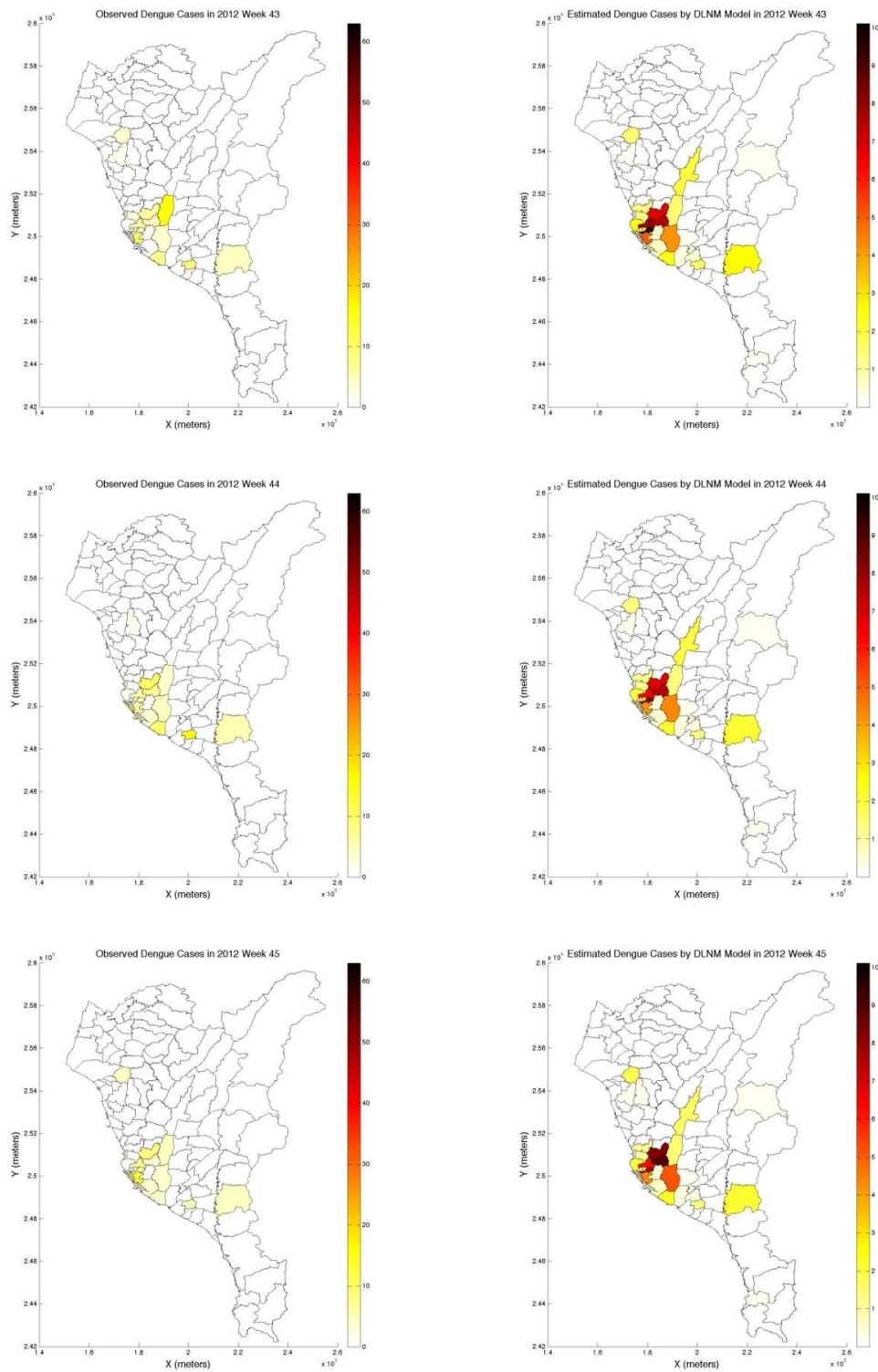


圖 3.1.15 (左)2012 年第 43-45 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 43-45 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

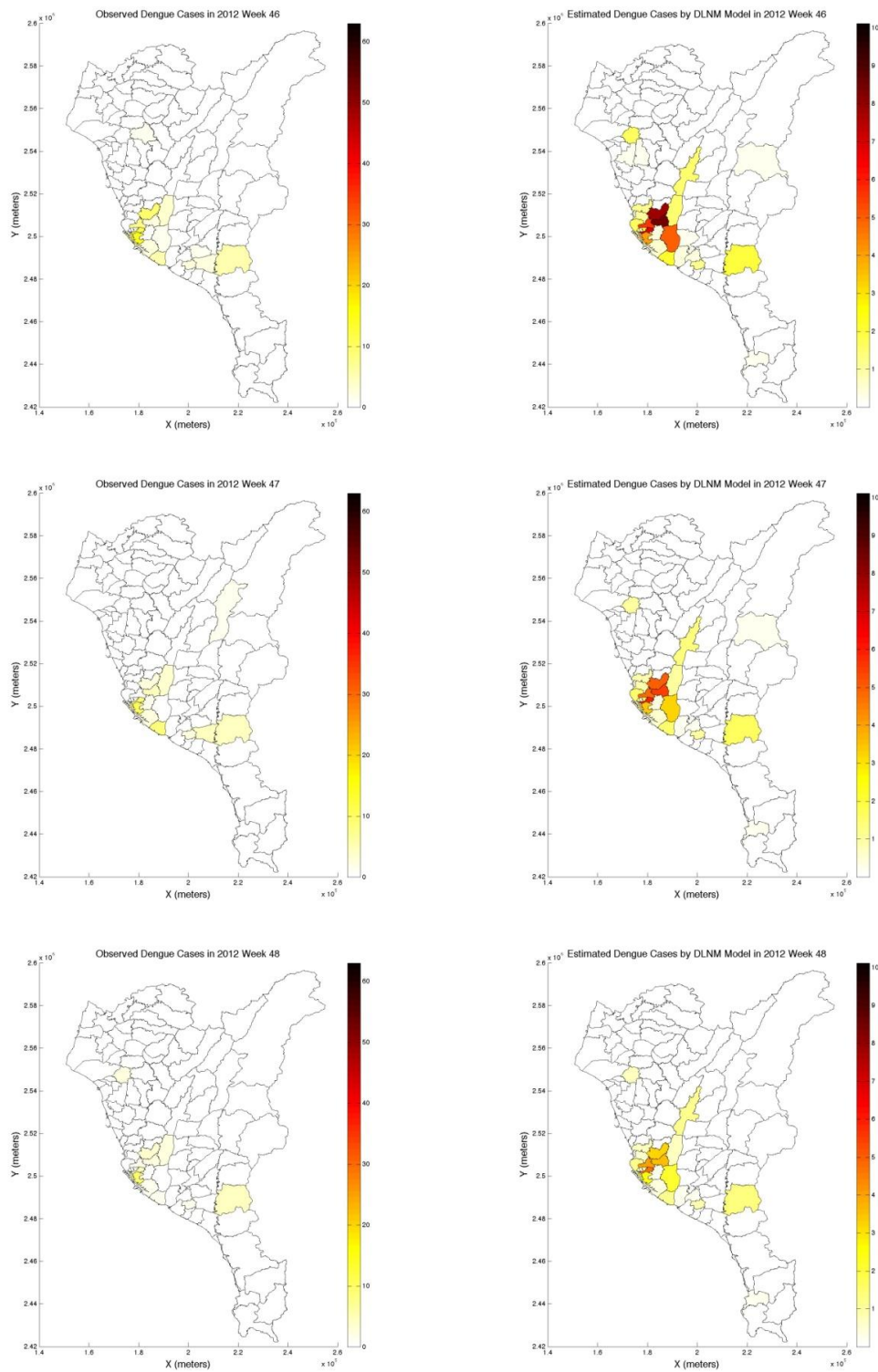


圖 3.1.16 (左)2012 年第 46-48 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 46-48 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

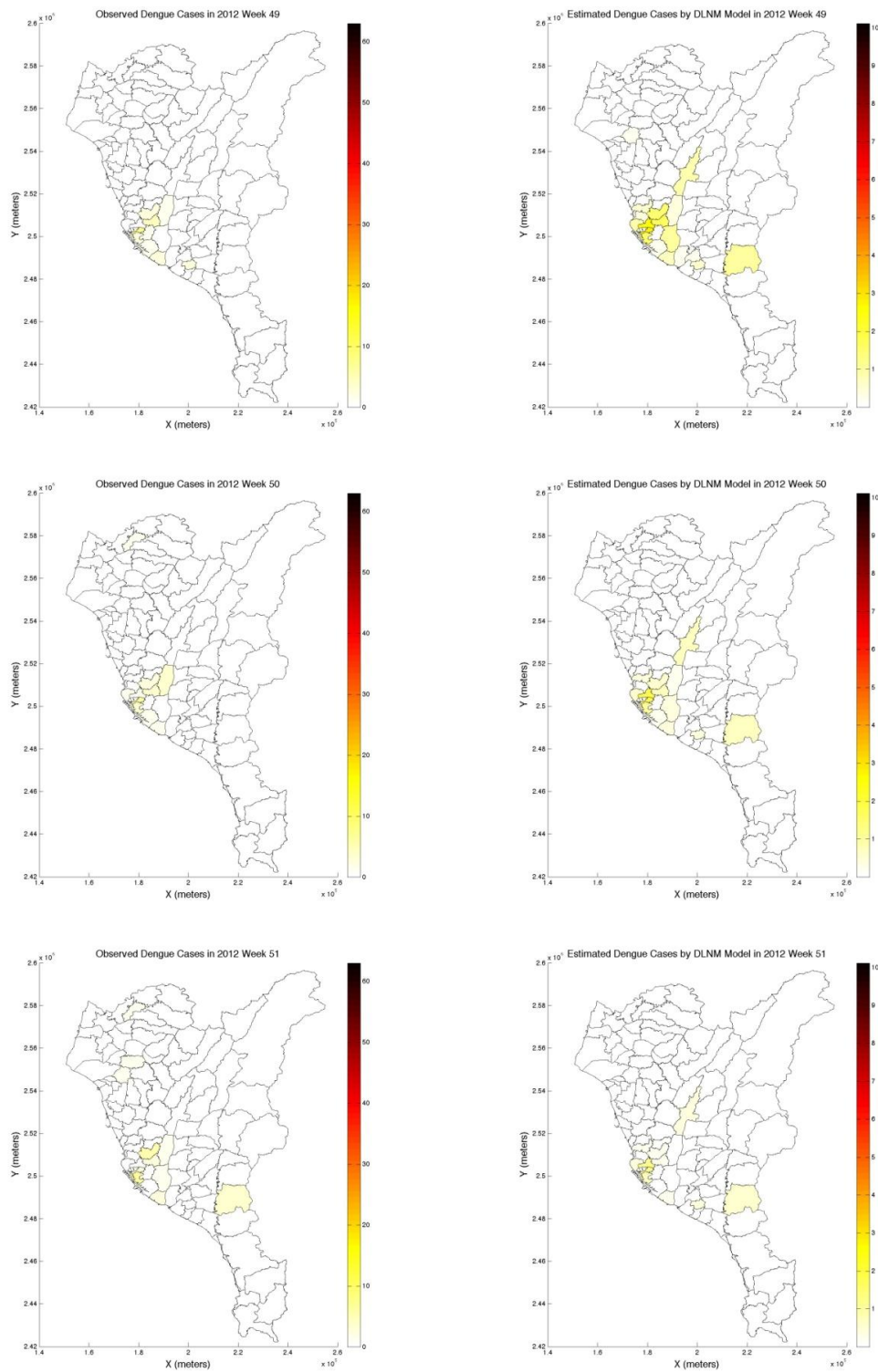


圖 3.1.17 (左)2012 年第 49-51 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 49-51 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

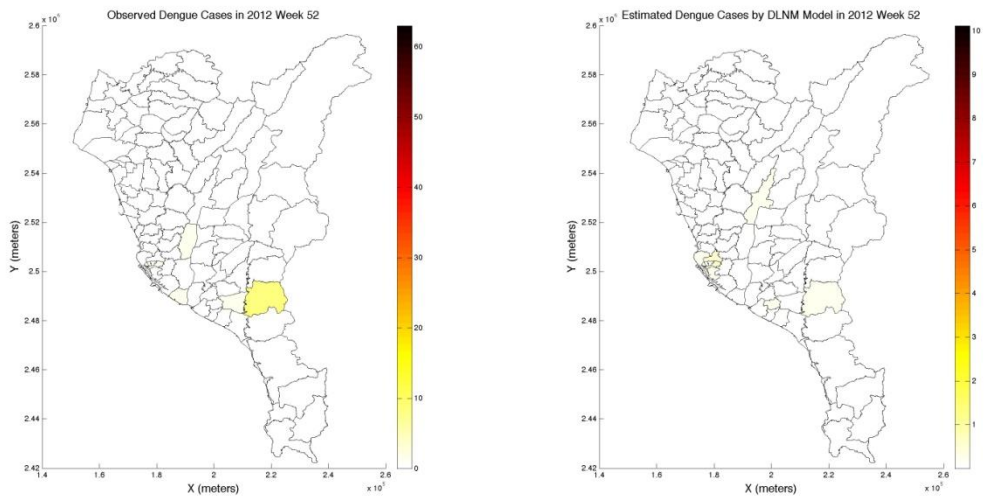


圖 3.1.18 (左)2012 年第 52 週南臺灣實際登革熱病例數分布(右)2012 年第 52 週南臺灣模型預測登革熱病例數分布

3.2 不同情境下南臺灣鄉鎮溫度風險及病例分布

本小節將探討在不同情境下的溫度值對於登革熱的相對風險影響，並利用所建立的模型來預測登革熱病例未來可能發生的平均病例數。在建立模式的資料中，由於圖片較多又登革熱多開始出現於每年的 5 月-6 月，因此研究報告呈現方式為選取溫度為模擬分量 50% 時 1-52 週之中約介於 5-12 月的週數提供做為參考，分量 25% 及 75% 之結果則放置於附錄。

3.2.1 A1B 情境下登革熱風險

A1B 情境假設未來在石化燃料及替代能源之間平衡利用，且為全球性的發展。圖 3.2.1(左)至圖 3.2.3(左)為溫度在模擬分量 50% 下南台灣各鄉鎮之相對風險，在第 1 週時南台灣各鄉鎮相對風險值均增加，其相對風險值約為 1.6-1.8 左右，第 9 週開始部分區域相對風險有明顯增加之趨勢，為台南市的楠西鄉、玉井鄉、大內鄉與高雄市林園區、屏東縣新園鄉、東港鎮及林邊鄉，其相對風險值為 2.0，第 13 週開始，整個台南市與高雄市(除大樹區、大寮區、鳳山區、前鎮區及小港區)，與屏東縣新園鄉、東港鎮及林邊鄉相對風險明顯增加為 2.0-2.8 左右，第 26 週後相對風險開始下降，第 33 週開始南台灣各鄉鎮相對風險又開始增加為 4.9 左右，直至第 52 週。

本研究將所預測出之相對風險值乘上 1998-2011 年各鄉鎮各週之平均病例數，便可得到未來各鄉鎮在各週可能發生的平均病例數。圖 3.2.1(右)至圖 3.2.3(右)為南台灣各鄉鎮在溫度分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 17 週平均病例數為 5 例，19 週為 11 例，鳳山區在第 19 週時為 6 例，第 23-31 週時為 12 例，台南市安南區在第 23 週時病例數為 2 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 2-12 例，台南市東區及南區在第 26 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 30 週時平均病例數為 8 例，屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 36-38 週時平均病例數為 8 例左右。台南市仁德區及歸仁區在第 39 週出現平均病例數 2 例。整體而言，病例數在第 17

週後開始出現於舊高雄市，之後在第 23 週出現於舊台南市，屏東縣屏東市於第 29 週開始出現病例數。此外，舊高雄市病例數在第 19 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 26 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、三民區、苓雅區及鳳山區；舊台南市在第 23 週開始出現病例數，約第 35 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、安平區及東區；屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，第 44 週時東港鎮也出現病例數。

3.2.2 A2 情境下登革熱風險

A2 情境假設未來在石化燃料及替代能源之間平衡利用，且為全球性的發展。圖 3.2.4(左)至圖 3.2.6(左)為溫度在 A2 情境下溫度為模擬分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險，第 1 週時南台灣鄉鎮相對風險介於 1.6-6.68，相對風險較高的鄉鎮為台南市白河區、東山區、七股區、安南區、安平區、東區、中西區、北區、東區、南區、仁德區、歸仁區、關廟區、高雄市永安區、茄萣區、路竹區、阿蓮區、大樹區、大寮區、鳳山區、前鎮區、小港區、屏東縣屏東市、麟洛鄉、萬丹鄉、竹田鄉、萬巒鄉、來義鄉，第 5-8 週時南台灣鄉鎮相對風險值為 1.6，第 12-26 週時，台南市、高雄市及屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及牡丹鄉相對風險值介於 1.6-2.3，相對風險較高之鄉鎮為高雄市林園區及屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉，第 27-52 週時南台灣鄉鎮相對風險介於 4-7.3。

圖 3.2.4(右)至圖 3.2.6(右)為南台灣各鄉鎮在溫度分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 17 週平均病例數為 4 例，19 週為 8 例，鳳山區在第 19 週時為 6 例，第 23-31 週時為 12 例，台南市安南區在第 23 週時病例數為 2 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 2-12 例，台南市東區、中西區及南區在第 26 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 30 週時平均病例數為 6 例，第 40 週時平均病例數為 6-10 例，屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 36 週時平均病例數為 8 例左右。整體而言，病例數在第 17 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 23 週出現於舊台南市，屏東縣屏

東市於第 29 週開始出現病例數。此外，舊高雄市病例數在第 18 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 28 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 23 週開始出現病例數，約第 40 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、中西區及東區，歸仁區及關廟區在第 38-42 週時平均病例為 2-6 例；屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，第 43 週時東港鎮也出現病例數。

3.2.3 B1 情境下登革熱風險

B1 情境假設未來在能源使用減少，引用較有效率之技術且注重經濟、社會與環境永續經營。圖 3.2.7(左)至圖 3.2.9(左)為溫度在 B1 情境下溫度為模擬分量 50%時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1 週時，在台南市(除楠西區、大內區、玉井區)、高雄市(除那瑪夏區、桃源區、彌陀區、梓官區、橋頭區、大社區、仁武區、楠梓區、左營區、鳥松區、三民區、鼓山區、林園區)、屏東縣(除新園鄉、東港鎮、林邊鄉、枋山鄉、獅子鄉、牡丹鄉)相對風險有些許增加，其相對風險值約為 1.8-6.68，第 10 週台南市的楠西鄉、玉井鄉、大內鄉與高雄市林園區、屏東縣新園鄉、東港鎮及林邊鄉相對風險為 2.0，第 11-26 週時，在台南市(除南化區)、高雄市(除六龜區、甲仙區、大樹區、大寮區、鳳山區、小港區、前鎮區)及屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉、牡丹鄉、獅子鄉及枋山鄉，相對風險值較高，其值介於 1.8-2.5，第 27-52 週時，南台灣鄉鎮相對風險值介於 1.5-2.0。

圖 3.2.7(右)至圖 3.2.9(右)為南台灣各鄉鎮在溫度分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 17 週平均病例數為 4 例，19 週為 10 例，鳳山區在第 19 週時為 6 例，第 23-31 週時為 12 例，台南市安南區在第 23 週時病例數為 2 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 2-12 例，台南市東區、中西區及南區在第 25 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 30 週時平均病例數為 8 例，屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，約 2 例左右，第 36 週時平均病例數為 10 例左右。整體而言，病例數在第 17 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 23 週出現於舊台南市，屏東縣屏東市於第 29 週開始出現病例數。

此外，舊高雄市病例數在第 19 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 29 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 23 週開始出現病例數，約第 40 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、中西區及東區；屏東縣屏東市在第 29 週開始出現病例數，第 44 週時東港鎮也出現病例數。

3.2.4 綜合結果討論

此小節利用不同情境下不同分量的溫度值做為未來氣候變遷條件下溫度造成的相對風險分析，以及在不同情境分量下預測出來各鄉鎮可能的登革熱潛勢平均病例數。結果顯示，溫度造成的相對風險值，在同一個情境三個不同分量之下對於南台灣鄉鎮各週的影響並無太大空間上差異存在，其差異性僅在於當溫度分量為 75% 時對同一個鄉鎮所造成的相對風險值會大於當溫度分量為 50% 及 25% 時之相對風險值。此外，三個不同情境下對於南台灣各鄉鎮的相對風險影響差異性不大原因可能在於三個情境的溫度變化頗接近，因此在計算不同情境溫度上並無太大的差異存在，如表 2.6.1 台灣南區 A1B 情境下各月份溫度改變量、表 2.6.2 台灣南區 A2 情境下各月份溫度改變量以及表 2.6.3 台灣南區 B1 情境下各月份溫度改變量所示，然而，不同情境下的溫度所造成的相對風險並無太大的差異存在，在登革熱病例的預測上，各情境下所預測的登革熱空間分布也頗為相同，僅在不同分量溫度值會有分量上的差異造成病例數預測數不相同現象存在，而此現象中也發現，分量 75% 溫度下所預測出來的登革熱病例數多於分量 25% 及分量 50% 所預測出來的登革熱病例數。雖然相對風險值差異不大，但是造成病例數預測上數值的差異，除了與氣象因子影響有關之外，也可能與該鄉鎮研究時間過程中是否曾出現過病例有著重要的影響存在。

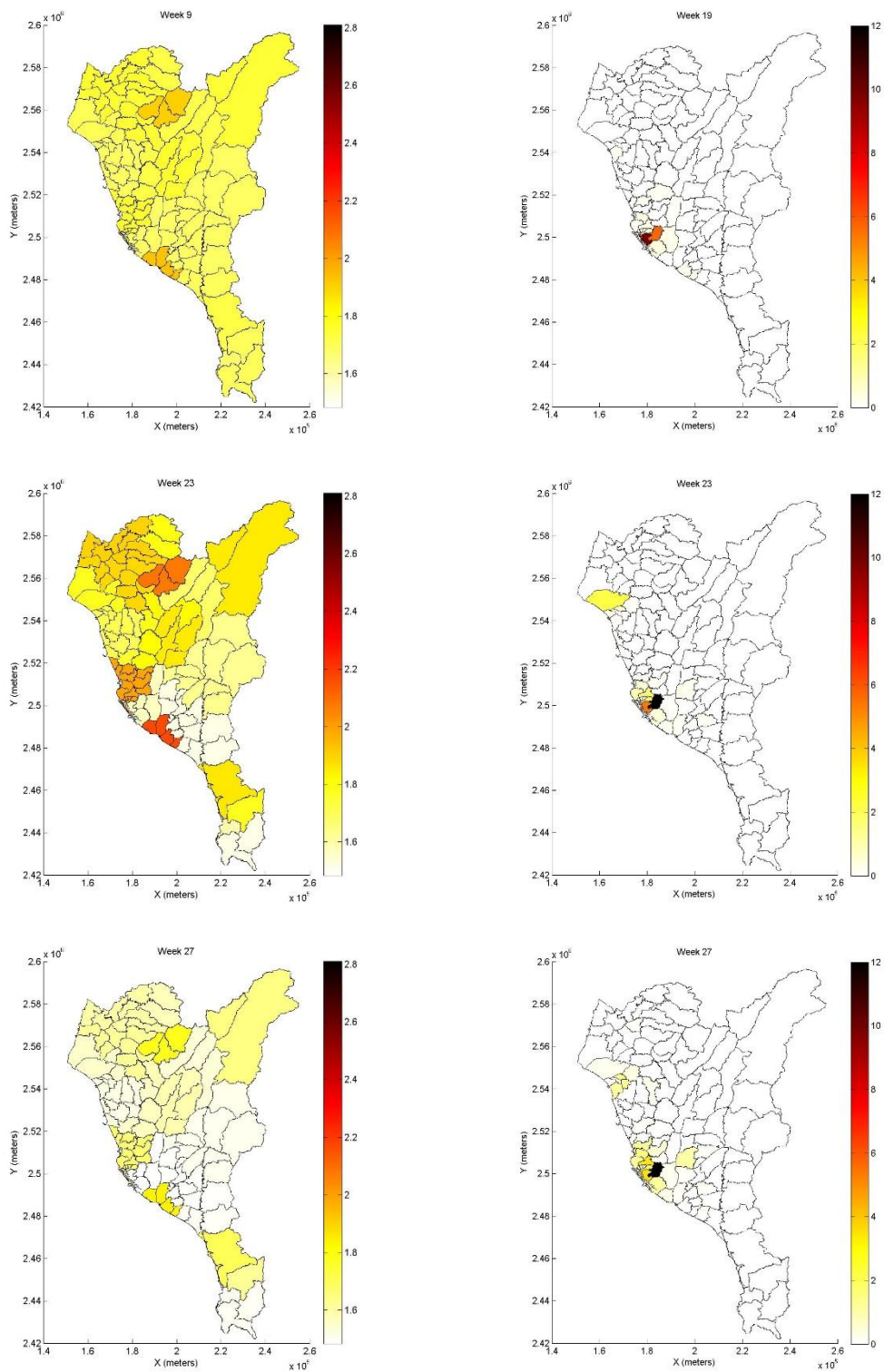


圖 3.2.1 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風
險值(右)及各鄉鎮平均病例數

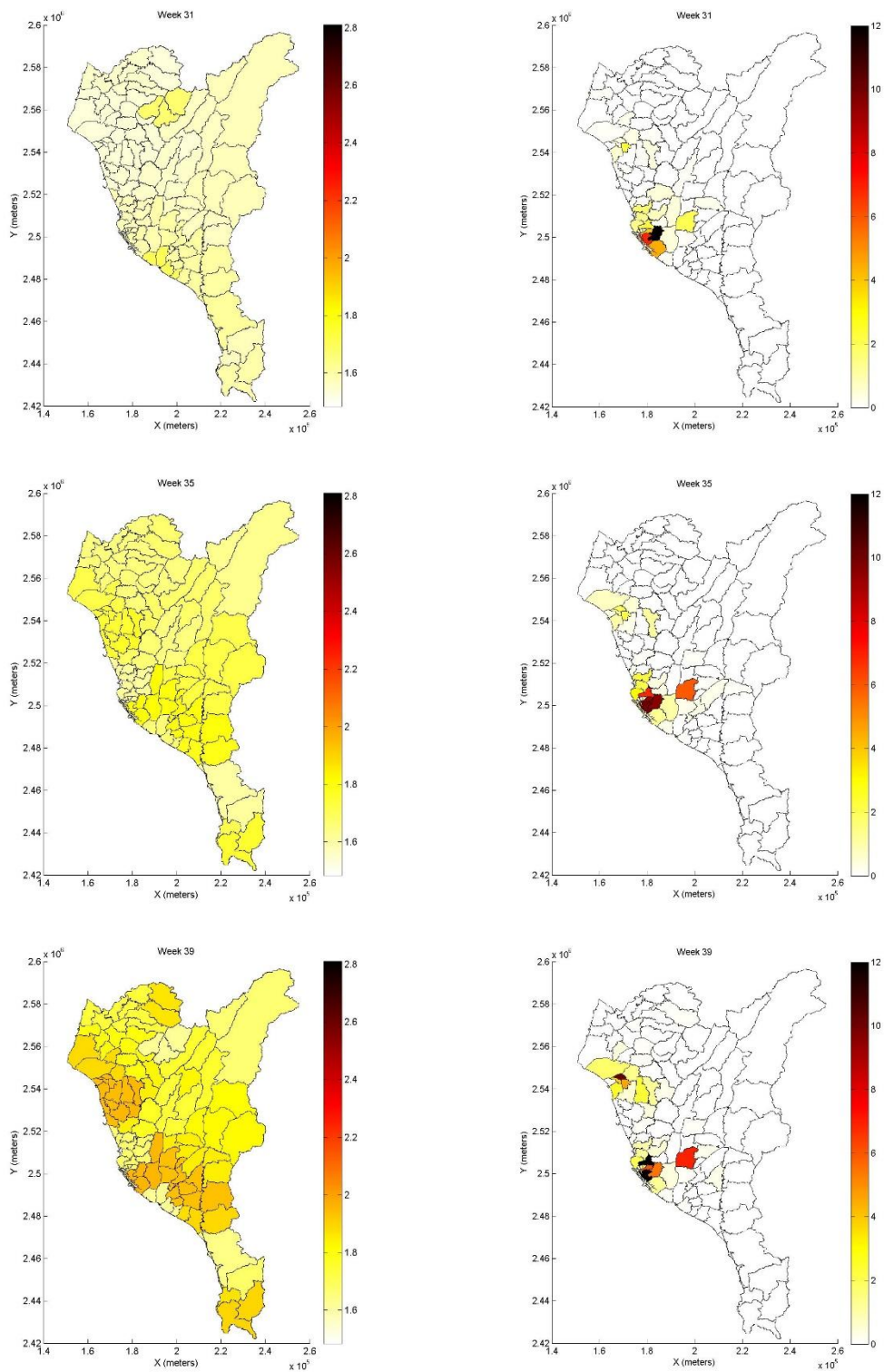


圖 3.2.2 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風
險值(右)及各鄉鎮平均病例數

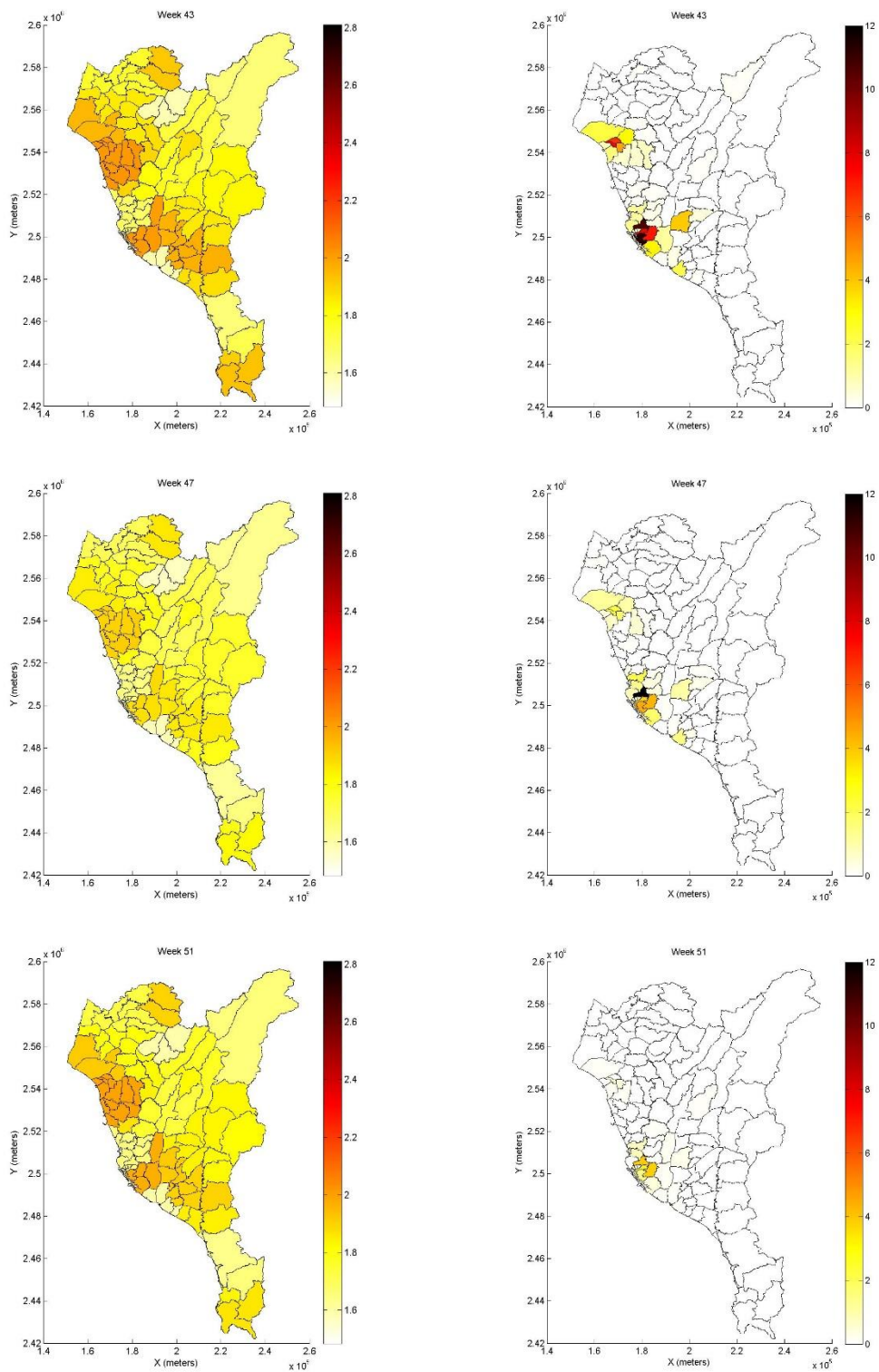


圖 3.2.3 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風
險值(右)及各鄉鎮平均病例數

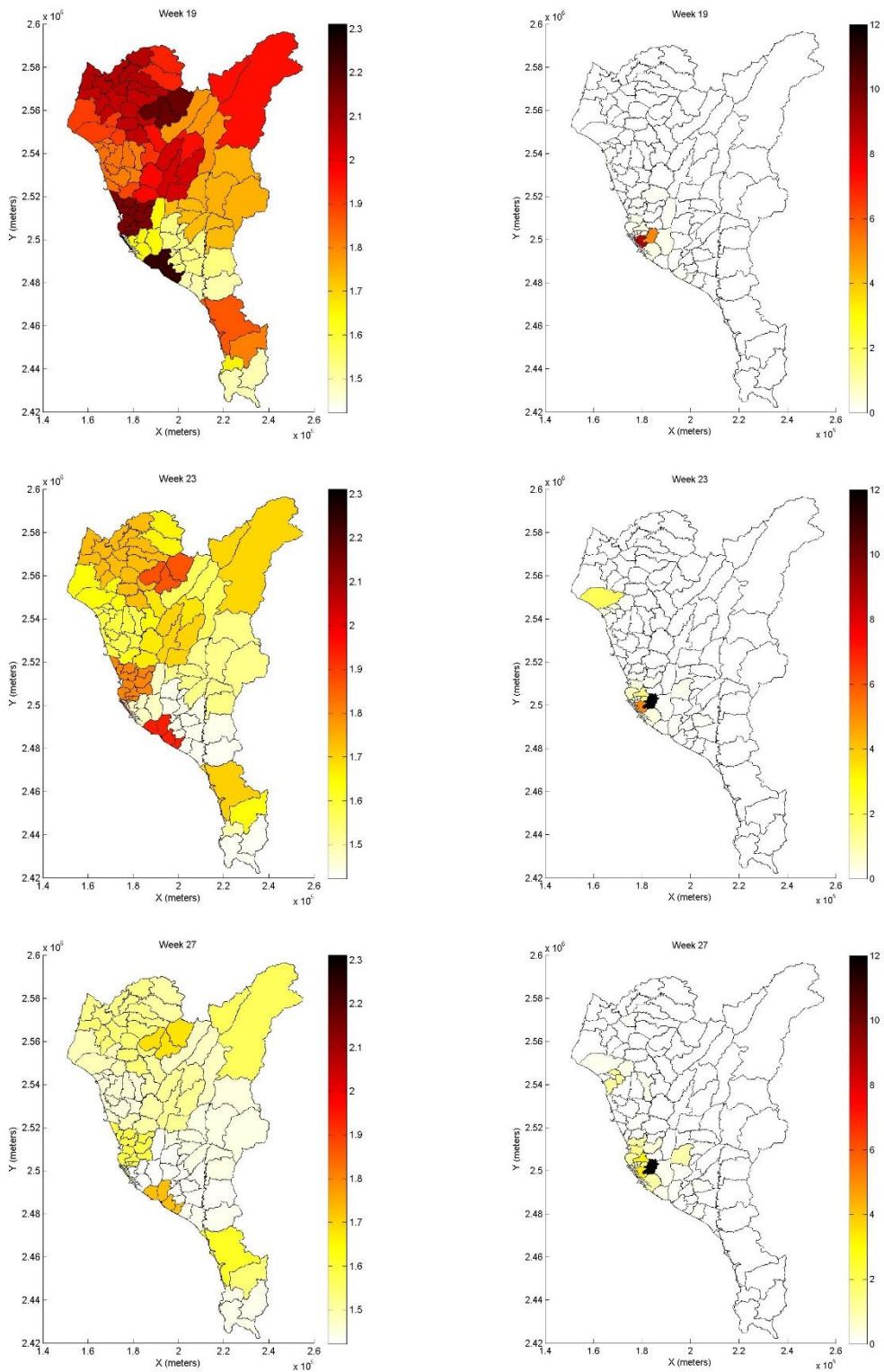


圖 3.2.4 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數

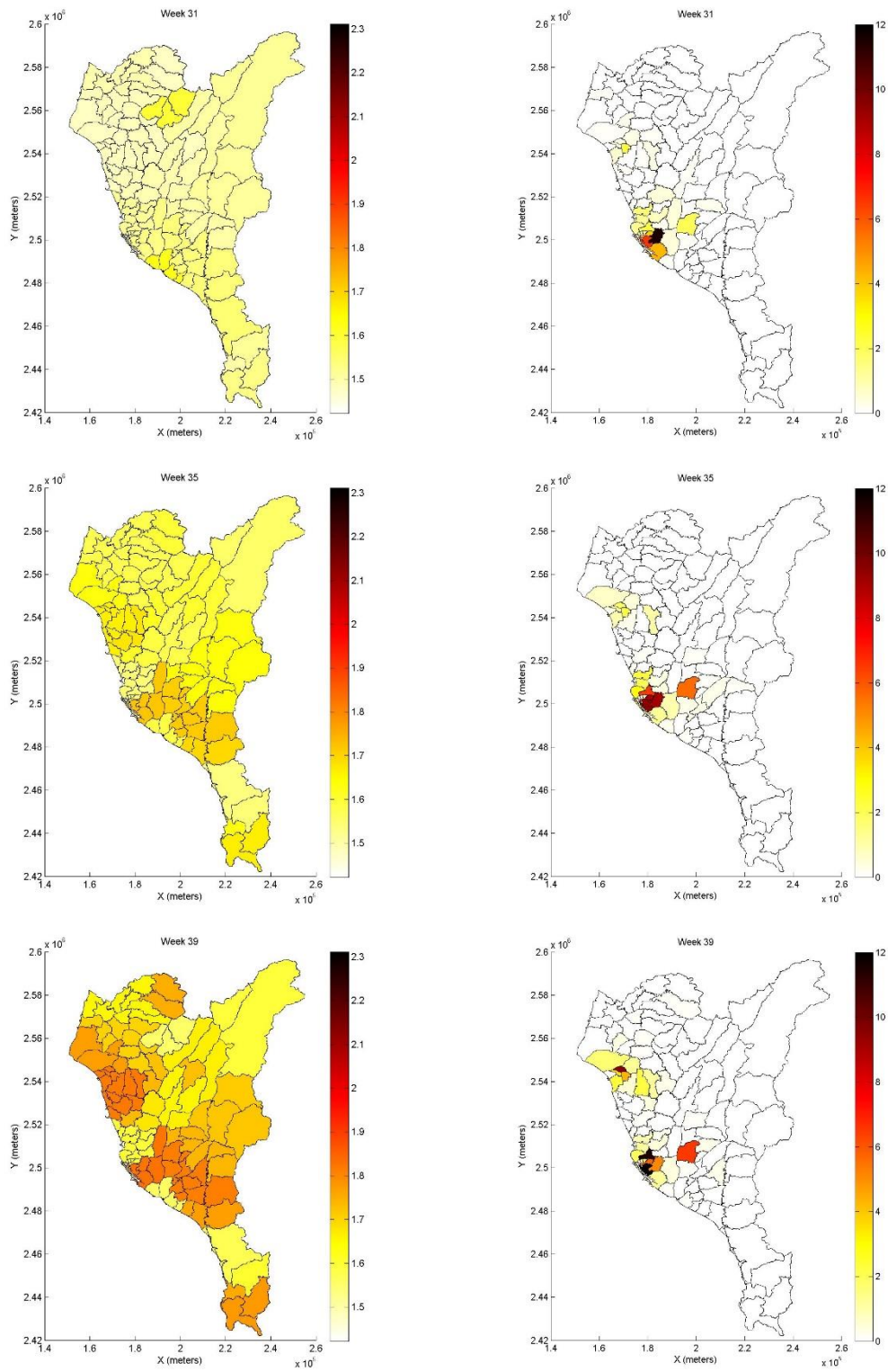


圖 3.2.5 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數

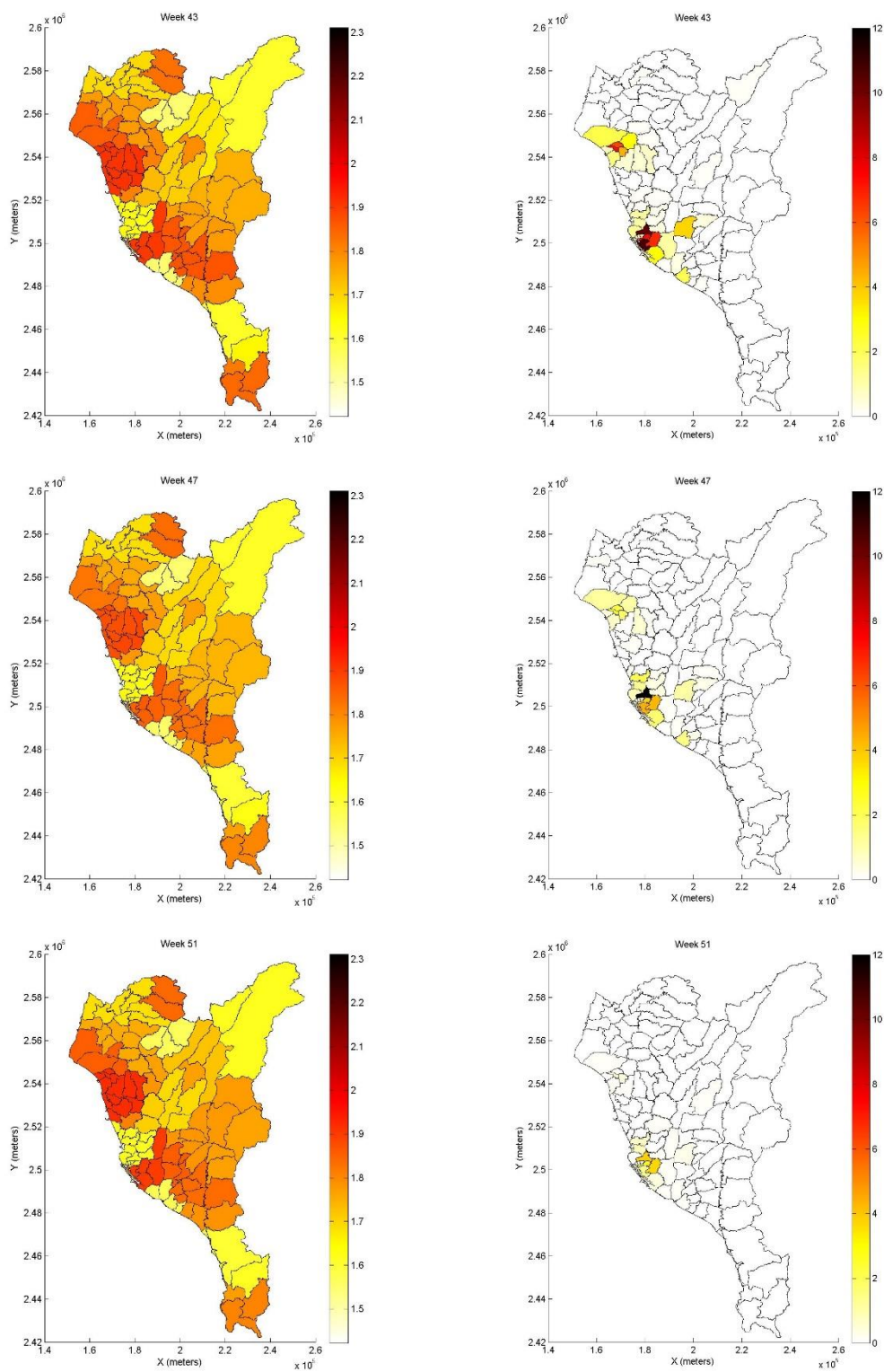


圖 3.2. 6 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數

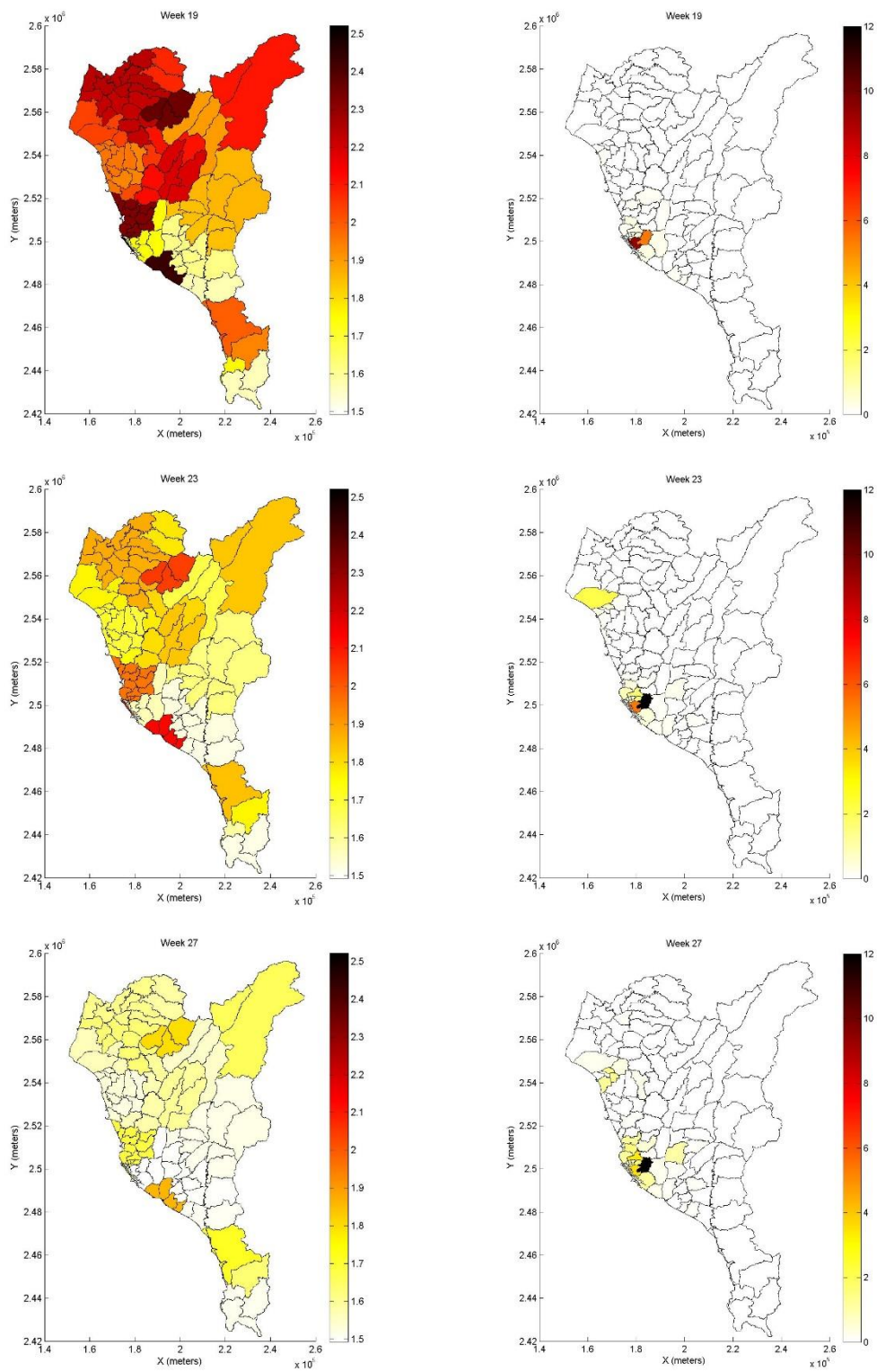


圖 3.2.7 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例

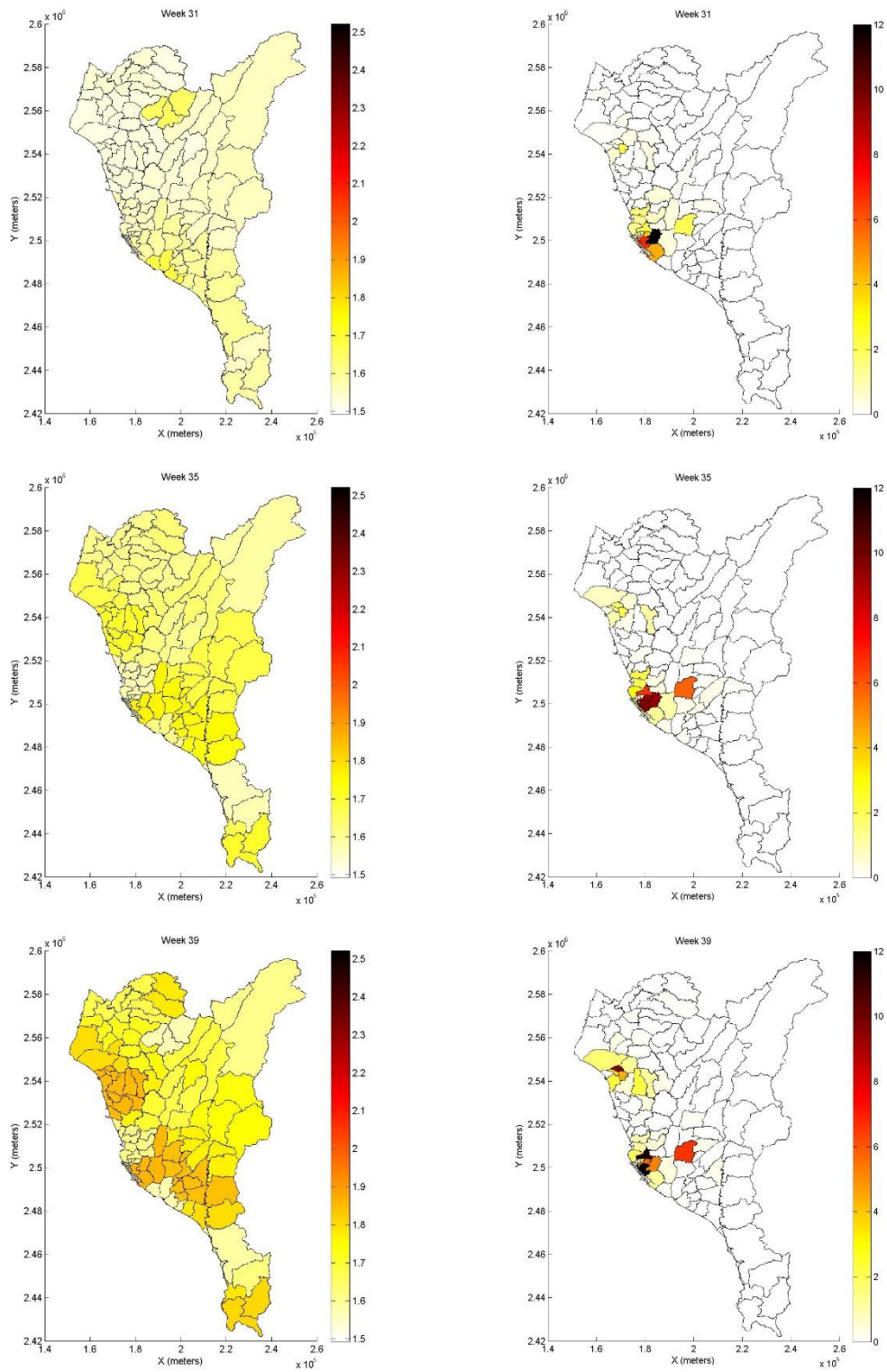


圖 3.2. 8 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例

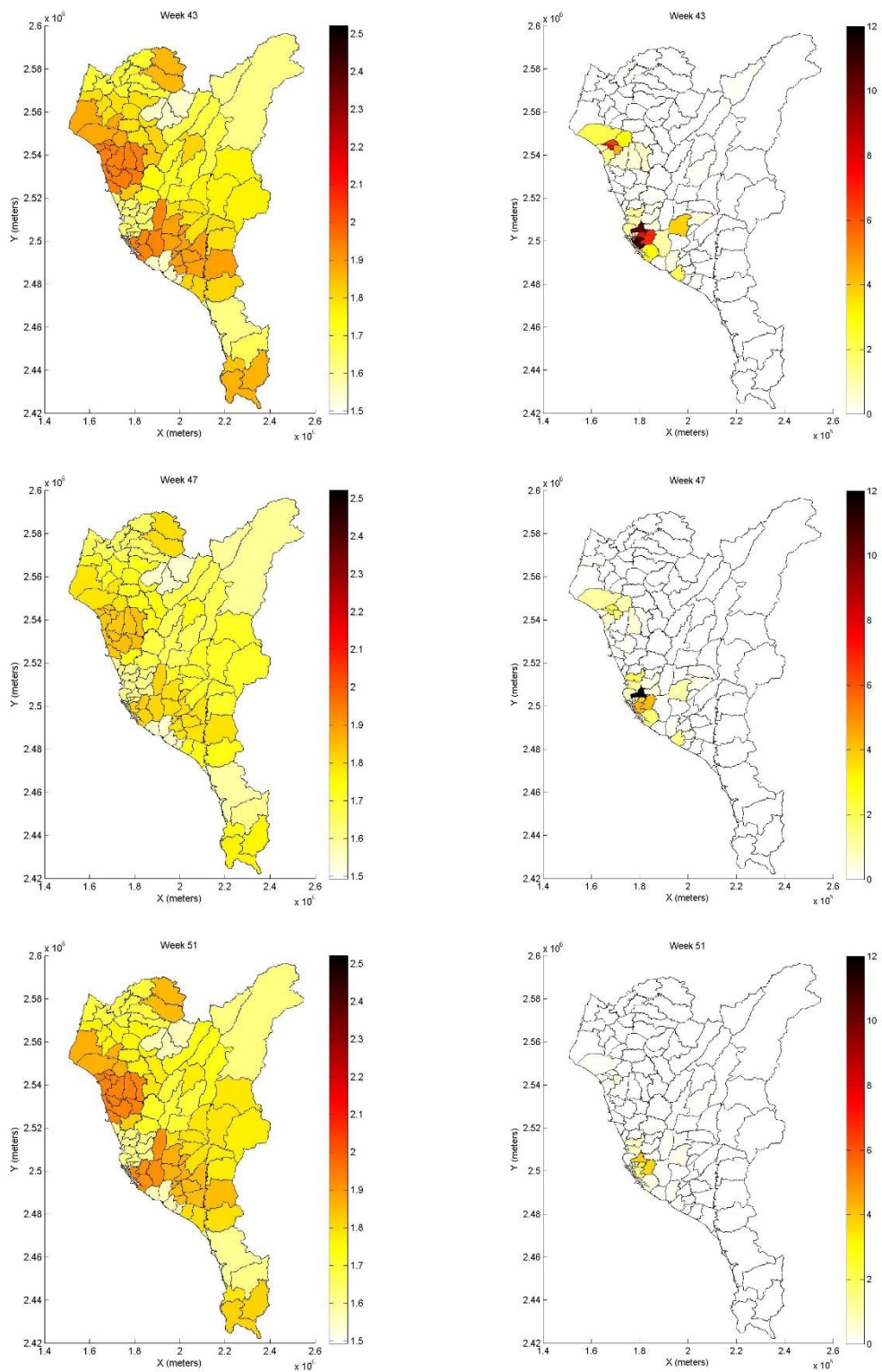


圖 3.2.9 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例

3.3 不同情境下南臺灣鄉鎮雨量風險及病例分布

本小節將分成三種不同情境，討論各情境下 24 小時最大累積降雨在未來氣候變遷下的改變，相較於現在在空間上對於南臺灣鄉鎮會有何種影響。因此，在氣候變遷條件下，將模式中所模擬的雨量值分別取出模擬最大值、分量 75%、分量 50%、分量 25% 以及最小值，並取分量 75%、分量 50% 以及分量 25%，各別對於南臺灣各鄉鎮的相對風險進行探討。在建立模式的資料中，由於圖片較多又登革熱多開始出現於每年的 5 月-6 月，因此研究報告呈現方式為選取模擬雨量值分量 50% 的 1-52 週之中約介於 5-12 月的週數。除了研究雨量所造成的相對風險之外，由於研究的 107 個鄉鎮並非皆發生過病例，因此加入歷年平均各週的病例數，可以更了解到當雨量風險增加或減少且病例數的有或無所造成的相對風險為何。

3.3.1 情境 A1B 下南臺灣鄉鎮降雨風險

情境 A1B 下主要為均衡使用各種能源，同時運用石化燃料及再生能源，發展較為平衡，因此雨量變化率會介於 A2 及 B1 情境之間。圖 3.3.1(左)至圖 3.3.3(左)為 24 小時最大累積降雨在 A1B 情境下為模擬分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-2 週時，台南市麻豆區相對風險值較高，其值約為 2.4，第 3 週時，台南市東山區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市楠西區及屏東縣瑪家鄉，其值約為 2.5，第 4 週時，台南市楠西區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為屏東縣萬巒鄉及泰武鄉，其值約為 2.2，第 5 週時，台南市麻豆區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市北區、新市區及東山區，其值約為 2.5，第 6 週時，高雄市桃源區相對風險值較高，其值約為 2.4，第 7 週時，屏東縣來義鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 8 週時，屏東市霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 9-17 週時，屏東縣泰武鄉及萬巒鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 18 週時，屏東縣泰武鄉、萬巒鄉、潮州鎮及南州鄉相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市善化區，其值約為 2.5，第 19 週時，屏東縣潮州鎮及南州鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 20 週時，屏東縣潮州鎮相對風險較高，

其值約為 2.4，其次為屏東縣高樹鄉，其值約為 2.3，第 21 週時，屏東縣高樹鄉相對風險較高，其值約為 2.4，其次為屏東縣潮州鎮，其值約為 2.5，第 22-23 週時，屏東縣高樹鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 24 週時，屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 2.4，其次為高雄市杉林區，其值約為 2.5，第 25-30 週時，高雄市杉林區相對風險值較高，其值約為 2.4，第 31-33 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.4，第 34-35 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 36-37 週時，高雄市旗山區相對風險較高，其值約為 2.4，第 38 週時，高雄市旗山區及桃源區相對風險較高，其值約為 2.4，第 39 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市北門區，其值約為 2.5，第 40 週時，台南市北門區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.5，第 41-42 週時，台南市北門區相對風險較高，其值約為 2.4，第 43 週時，台南市北門區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市下營區，其值約為 2.5，第 44 週時，台南市下營區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.5，第 45-46 週時，屏東縣瑪家鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 47 週時，台南市學甲區及楠西區相對風險較高，其值約為 2.4，其次為台南市北門區及下營區，其值約為 2.5，第 48 週時，台南市北門區相對風險較高，其值約為 2.4，第 49-51 週時，屏東縣瑪家鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 52 週時，台南市下營區相對風險較高，其值約為 2.4。

圖 3.3.1(右)至圖 3.3.3(右)為南台灣各鄉鎮在 A1B 情境下雨量分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 17 週平均病例數為 1 例，第 26 週時平均病例數為 4 例，第 28-29 週時平均病例數高於 5 例，鳳山區在第 20 週時為 1 例，第 23 週時為 4 例，第 24-31 週時平均病例數大於 5 例，台南市安南區在第 23 週時病例數為 1 例，第 26 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數大於 5 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，台南市東區、中西區及南區在第 25 週開始出現病例數，約 1 例左右，第 30 週就台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，

病例數在第 17 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 23 週出現於舊台南市。此外，舊高雄市病例數在第 20 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 26 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 23 週開始出現病例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區；屏東縣在此雨量氣象條件下對登革熱潛勢病例數發生較不明顯。

3.3.2 情境 A2 下南臺灣鄉鎮降雨風險

情境 A2 下主要為以市場導向發展為重，且開始著重區域特性，因此雨量變化率為三個情境中最大。圖 3.3.4(左)至圖 3.3.6(左) 為 24 小時最大累積降雨在 A2 情境下為模擬分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-3 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 3.0，第 4 週時，屏東縣九如鄉相對風險較高，其值約為 3.0，其次為屏東縣霧台鄉及三地門鄉，其值約為 2.8，第 5 週時，屏東縣霧台鄉、三地門鄉及台南市左鎮區相對風險較高，其值約為 3.0，第 6 週時，台南市中西區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為台南市左鎮區，其值為 2.8，第 7 週時，屏東縣來義鄉相對風險較高，其值約為 3.0，第 8 週時，高雄市美濃區相對風險較高，其值約為 20.44，其次為高雄市路竹區，其值約為 1.7，第 9-10 週時，高雄市美濃區相對風險較高，其值約為 3.0，第 11 週時，高雄市美濃區及茄荳區相對風險較高，其值約為 3.0，第 12-16 週時，高雄市茄荳區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市美濃區，其值約為 1.7，第 17 週時，高雄市旗山區及台南市善化區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為屏東縣潮州鎮，其值約為 2.8，第 18 週時，高雄市旗山區相對風險較高，其值約為 3.0，第 19 週時，高雄市旗山區及台南市善化區相對風險較高，其值約為 3.0，第 20-22 週時，台南市善化區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市旗山區，其值約為 2.8，第 23-26 週時，台南市下營區相對風險較高，其值約為 3.0，第 27-28 週時，台南市楠西區相對風險較大，其值約為 3.0，其次為台南市鹽水區，其值約為 2.8，第 29 週時，台南市麻豆區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為台南

市楠西區及高雄市桃源區，其值約為 2.8，第 30 週時，台南市麻豆區及學甲區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.8，第 31 週時，台南市學甲區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市桃源區及台南市麻豆區，其值約為 2.8，第 32 週時，台南市仁德區、高雄市大社區及桃源區相對風險較高，其值約為 3.0，第 32-36 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 3.0，第 37 週時，高雄市杉林區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.8，第 38 週時，高雄市杉林區相對風險值較高，其值約為 3.0，其次為台南市學甲區，其值約為 2.8，第 39-42 週時，高雄市杉林區相對風險較大，其值約為 3.0，第 43 週時，台南市安定區及永康區相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市杉林區，其值約為 2.8，第 44-45 週時，高雄市杉林區相對風險較高，其值約為 3.0，第 46 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 3.0，第 47 週時，高雄市杉林區相對風險較高，其值約為 3.0，第 48 週時，屏東縣九如鄉相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市杉林區，其值約為 2.8，第 49-50 週時，屏東縣九如鄉相對風險較高，其值約為 3.0，第 51 週時，高雄市杉林區及屏東縣枋山鄉相對風險較高，其值約為 3.0，其次為屏東縣霧台鄉及三地門鄉，其值約為 2.8，第 52 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 3.0，其次為高雄市杉林區及屏東縣高樹鄉，其值約為 2.8。

圖 3.3.4(右)至圖 3.3.6(右)為南台灣各鄉鎮在 A2 情境下雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 17 週平均病例數為 1 例，第 26 週時平均病例數為 4 例，第 28-29 週時平均病例數高於 5 例，鳳山區在第 20 週時為 1 例，第 23 週時為 4 例，第 24-31 週時平均病例數大於 5 例，台南市安南區在第 23 週時病例數為 1 例，第 26 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數大於 5 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，台南市東區、中西區及南區在第 25 週開始出現病例數，約 1 例左右，第 30 週就台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，病例數在第 17 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 23 週出現於舊台南市。此外，

舊高雄市病例數在第 20 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 26 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 23 週開始出現病例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區；屏東縣在此雨量氣象條件下對登革熱潛勢病例數發生較不明顯。

3.3.3 情境 B1 下南臺灣鄉鎮降雨分不同分量風險

情境 B1 下主要為以環境保護優先，強調使經濟社會環境永續發展的區域做法，因此雨量變化率為三個情境中最小。圖 3.3.7(左)至圖 3.3.9(左)為 24 小時最大累積降雨在 B1 情境下為模擬分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-3 週時，屏東縣車城鄉相對風險較高，其值約為 2.5，第 4 週時，屏東縣里港鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市七股區，其值約為 2.4，第 5 週時，台南市南化區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣里港鄉，其值約為 2.4，第 6 週時，高雄市內門區、屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣新埤鄉，其值約為 2.4，第 7-9 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.5，第 10 週時，屏東縣泰武鄉及萬巒鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市路竹區，其值約為 2.0，第 11 週時，高雄市仁武區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣泰武鄉及萬巒鄉，第 12 週時，高雄市仁武區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣泰武鄉及萬巒鄉，其值約為 1.8，第 13-15 週時，高雄市仁武區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣竹田鄉，其值約為 2.2，第 16 週時，台南市東區及屏東縣竹田鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣來義鄉、瑪家鄉、里港鄉及台南市南區，其值約為 2.4，第 17 週時，屏東縣來義鄉及枋寮鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣里港鄉及台南市東西，其值約為 2.2，第 18-19 週時，屏東縣枋寮鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣枋寮鄉及台南市新市區，其值約為 2.2，第 20-21 週時，台南市新市區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣枋寮鄉，其值約為 2.4，第 22 週時，台南市新市區相對風險較高，其值約為

2.5，其次為屏東縣泰武鄉及萬巒鄉，其值約為 2.3，第 23 週時，屏東縣泰武鄉及萬巒鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市麻豆區及高雄市桃源區，其值約為 2.0，第 24 週時，屏東縣瑪家鄉及台南市麻豆區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.4，第 25 週時，台南市麻豆區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.4，第 26 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市麻豆區，其值約為 2.2，第 27 週時，台南市北門區及高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.2，其次為台南市麻豆區及學甲區，其值約為 2.2，第 28 週時，台南市北門區及高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.2，其次為台南市麻豆區及大內區，其值約為 2.2，第 29-30 週時，台南市學甲區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.4，第 31 週時，高雄市桃源區及台南市學甲區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市新化區，其值約為 1.8，第 32 週時，高雄市桃源區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市學甲區，其值約為 2.4，第 33 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市桃源區，其值約為 2.4，第 34-35 週時，屏東縣霧台鄉及三地門鄉相對風險較高，其值約為 2.5，第 36 週時，高雄市杉林鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市楠西區，其值約為 2.3，第 37 週時，台南市楠西區及高雄市杉林區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市下營區及後壁區，其值約為 1.8，第 38-42 週時，高雄市杉林區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市楠西區，其值約為 1.4，第 43 週時，台南市楠西區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為高雄市杉林區，其值約為 2.4，第 44-45 週時，屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市關廟區、歸仁區及下營區，其值約為 2.2，第 46 週時，台南市下營區相對風險較高，其值約為 2.5，第 47 週時，高雄市仁武區、鳥松區、鳳山區及台南市楠西區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市下營區，其值約為 2.4，第 48-49 週時，台南市下營區相對風險較高，其值約為 2.5，其次為台南市楠西區及後壁區，其值約為 2.0，第 50 週時，屏東縣東港鎮相對風險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣霧台鄉及三地門鄉，其值約為 2.4，第 51 週時，屏東縣東港鎮相對風

險較高，其值約為 2.5，其次為屏東縣霧台鄉及三地門鄉，其值約為 1.5，第 52 週時，屏東縣里港鄉相對風險較高，其值約為 2.5。

圖 3.3.7(右)至圖 3.3.9(右)為南台灣各鄉鎮在 B1 情境下雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 19 週平均病例數為 1 例，第 26 週時平均病例數為 3 例，第 27-29 週時平均病例數高於 5 例，鳳山區在第 20 週時為 1 例，第 23 週時為 4 例，第 24-31 週時平均病例數大於 5 例，台南市安南區在第 24 週時病例數為 1 例，第 26 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數大於 5 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，第 30 週舊台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，病例數在第 19 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 24 週出現於舊台南市。此外，舊高雄市病例數在第 20 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 26 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 24 週開始出現病例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區；屏東縣在此雨量氣象條件下對登革熱潛勢病例數發生較不明顯。

3.3.4 綜合結果討論

此小節利用不同情境下不同分量的雨量值做為未來氣候變遷條件下雨量造成的相對風險分析，以及在不同情境分量下預測出來各鄉鎮可能的登革熱潛勢平均病例數。結果顯示，在雨量造成的相對風險值，三個不同情境下的相對風險值並無太大差異，原因可能在於三個情境的降雨變化率頗接近，因此在計算不同情境雨量上並無太大的差異存在，如表 2.6.4 台灣南區 A2 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值所示及表 2.4.5 台灣南區 B1 情境對 A1B 情境下平均雨量模式在各分量及各月份降雨改變比值，A2 與 B1 情境與 A1B 情境的雨量變化率比值約為 1，所以才會造成不同情境下的相對風險地圖分布情形極為類似。此外，屏東縣在不同情境的雨量下對於登革熱潛勢平均病例數的發生，與高雄市及台南市相較下較無明顯的影響。

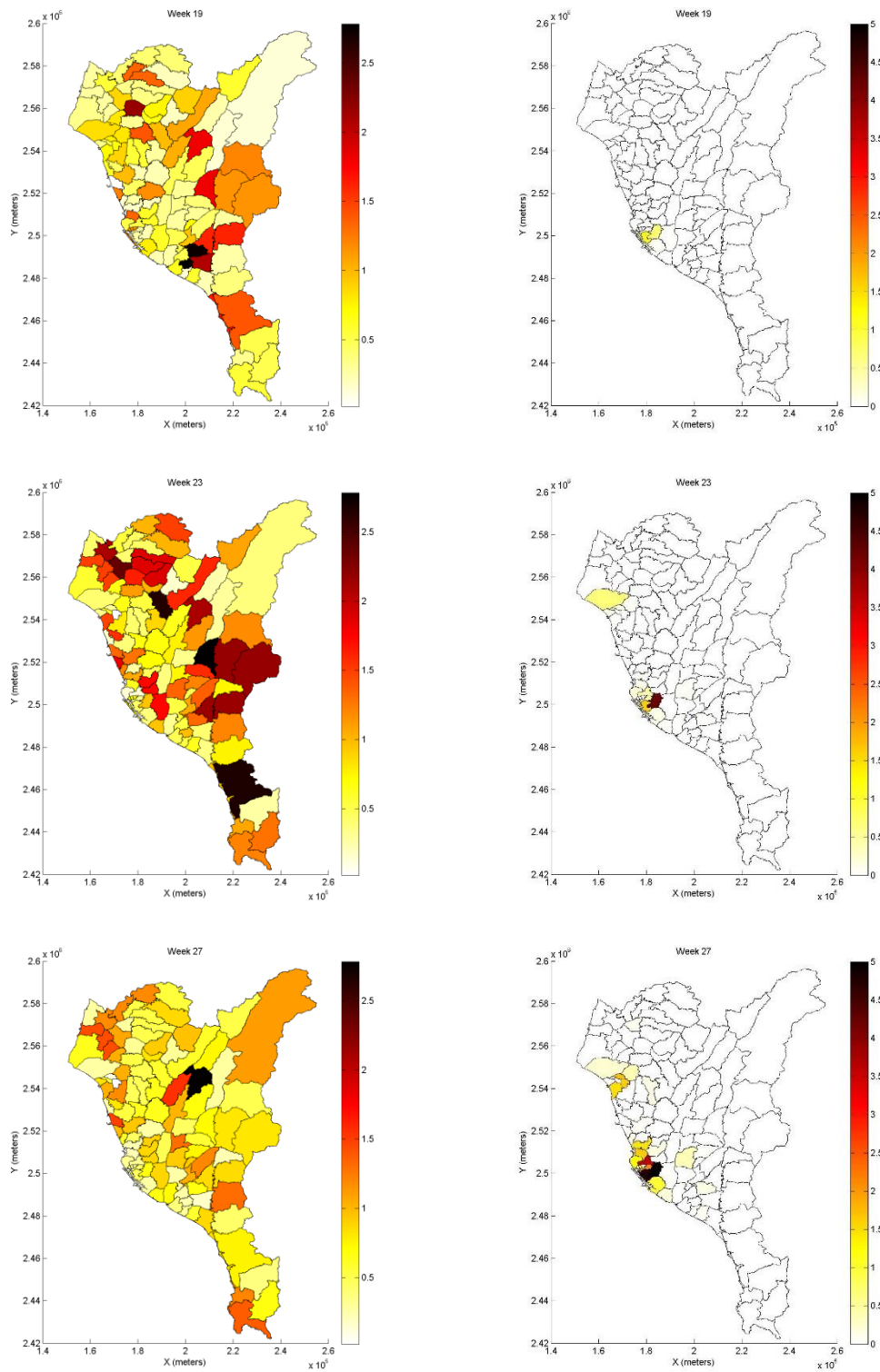


圖 3.3.1 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風
險值 (右)各鄉鎮平均病例數

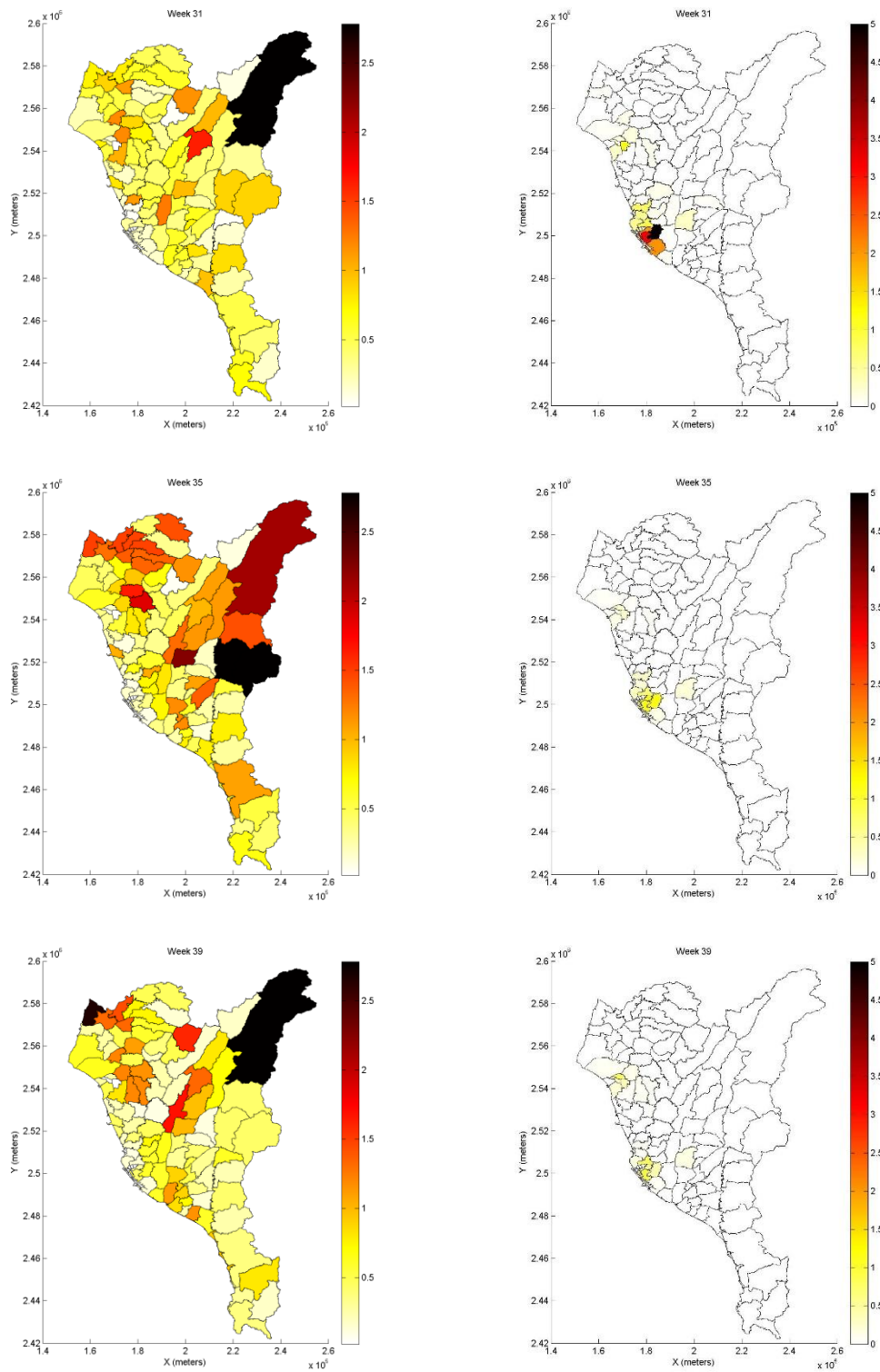


圖 3.3.2 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風
險值 (右)各鄉鎮平均病例數

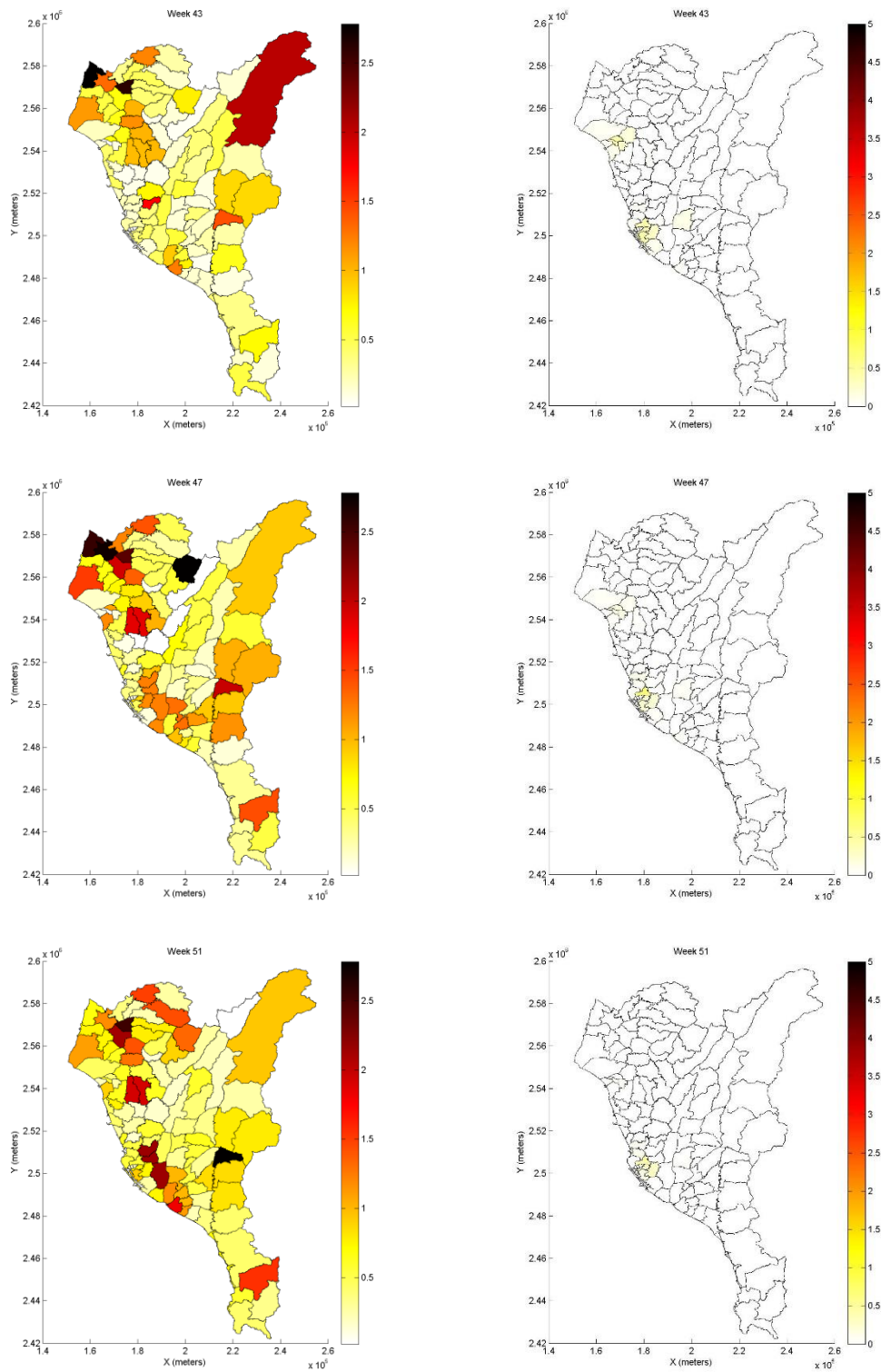


圖 3.3.3 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、37 及 51 週各鄉鎮相對風
險值 (右)各鄉鎮平均病例數

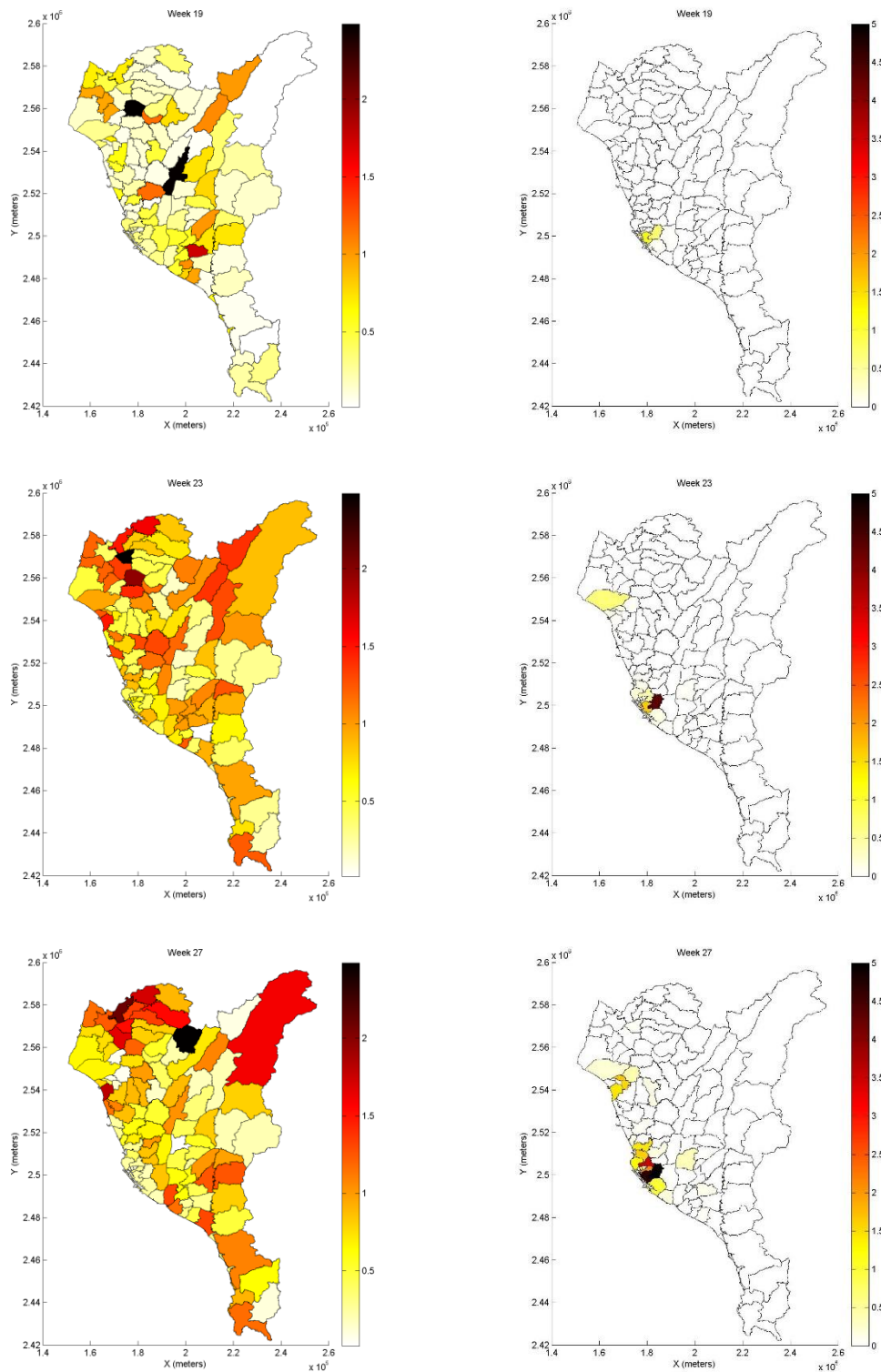


圖 3.3.4 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

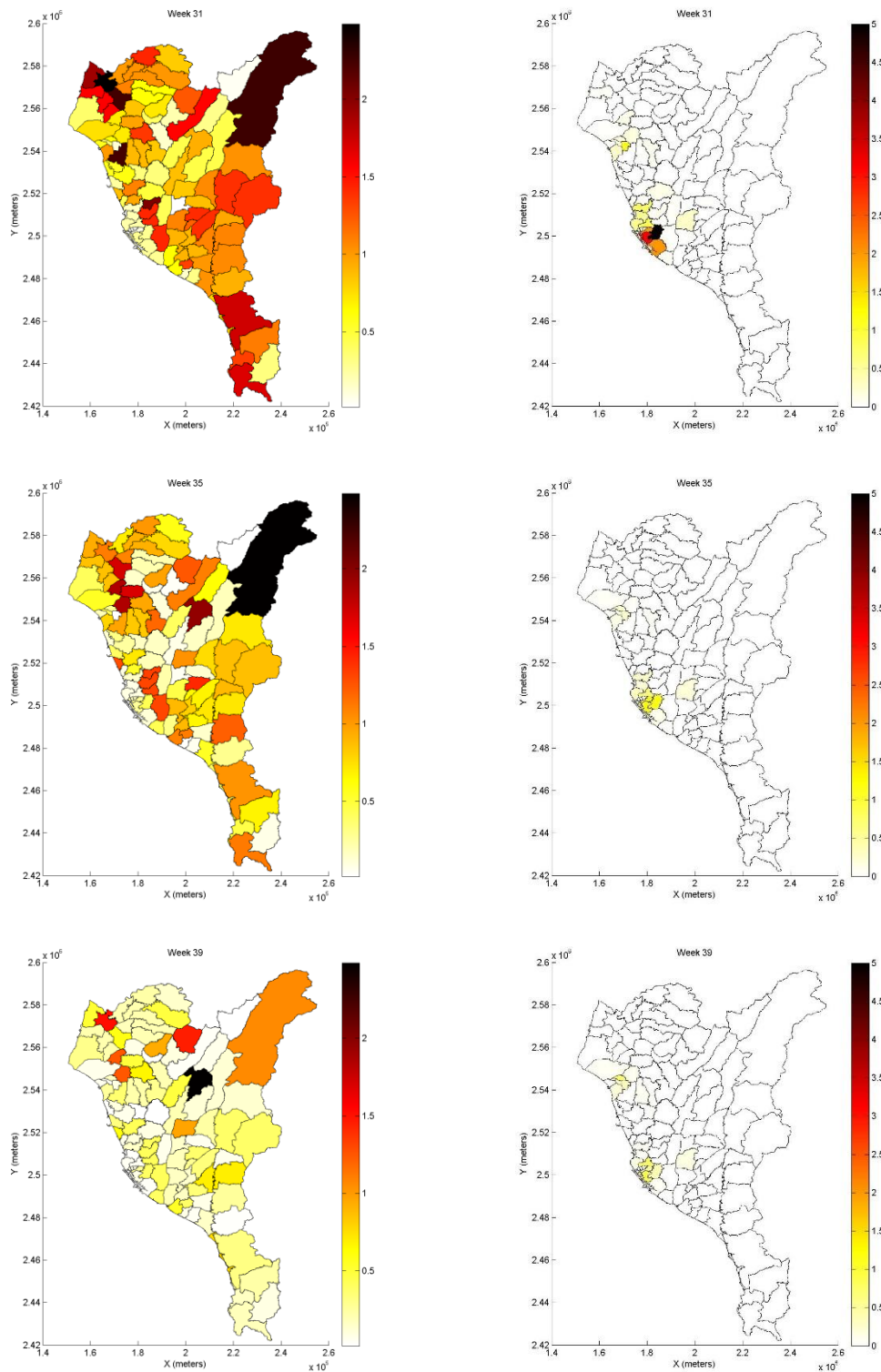


圖 3.3.5 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

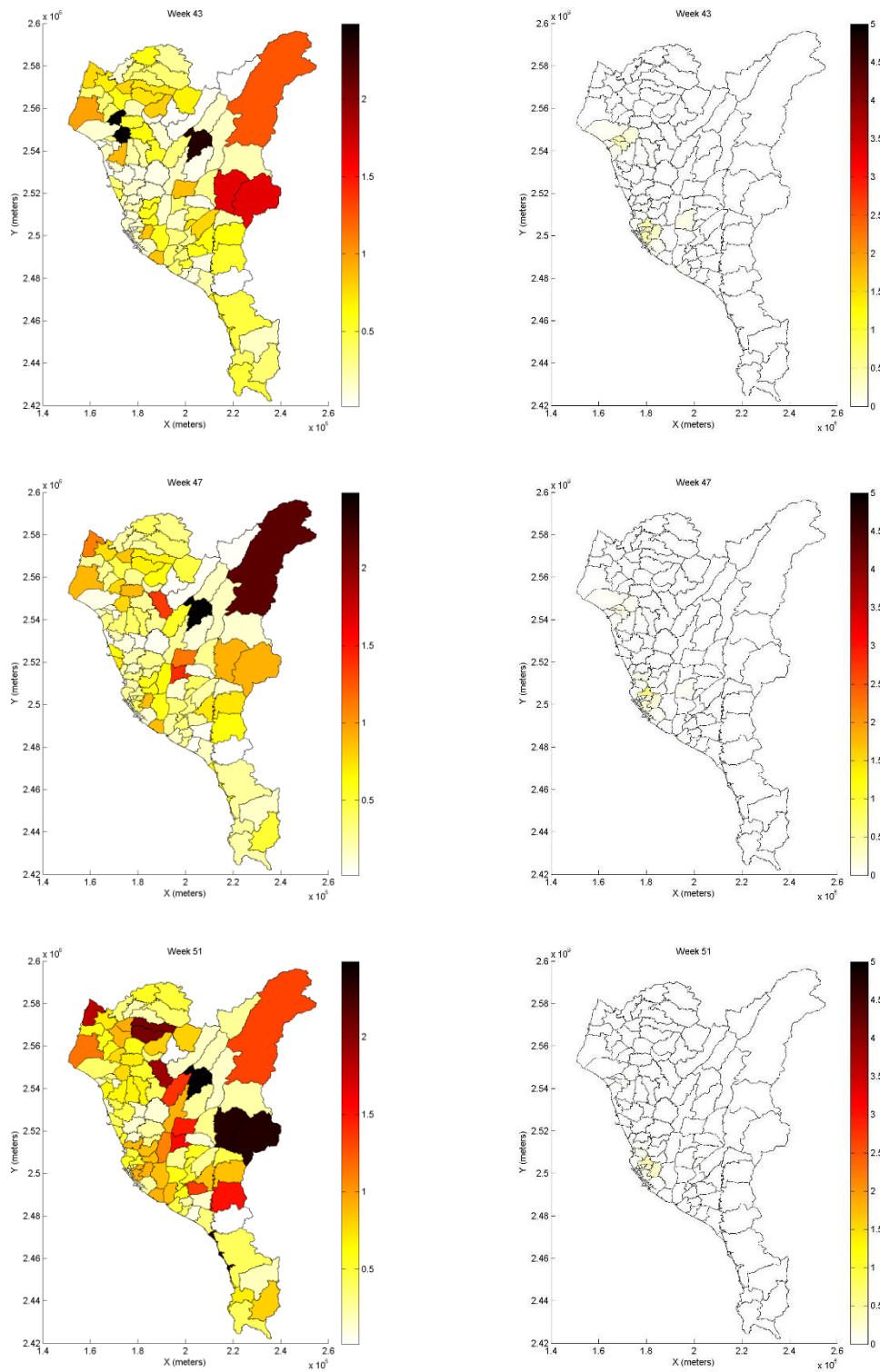


圖 3.3. 6 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

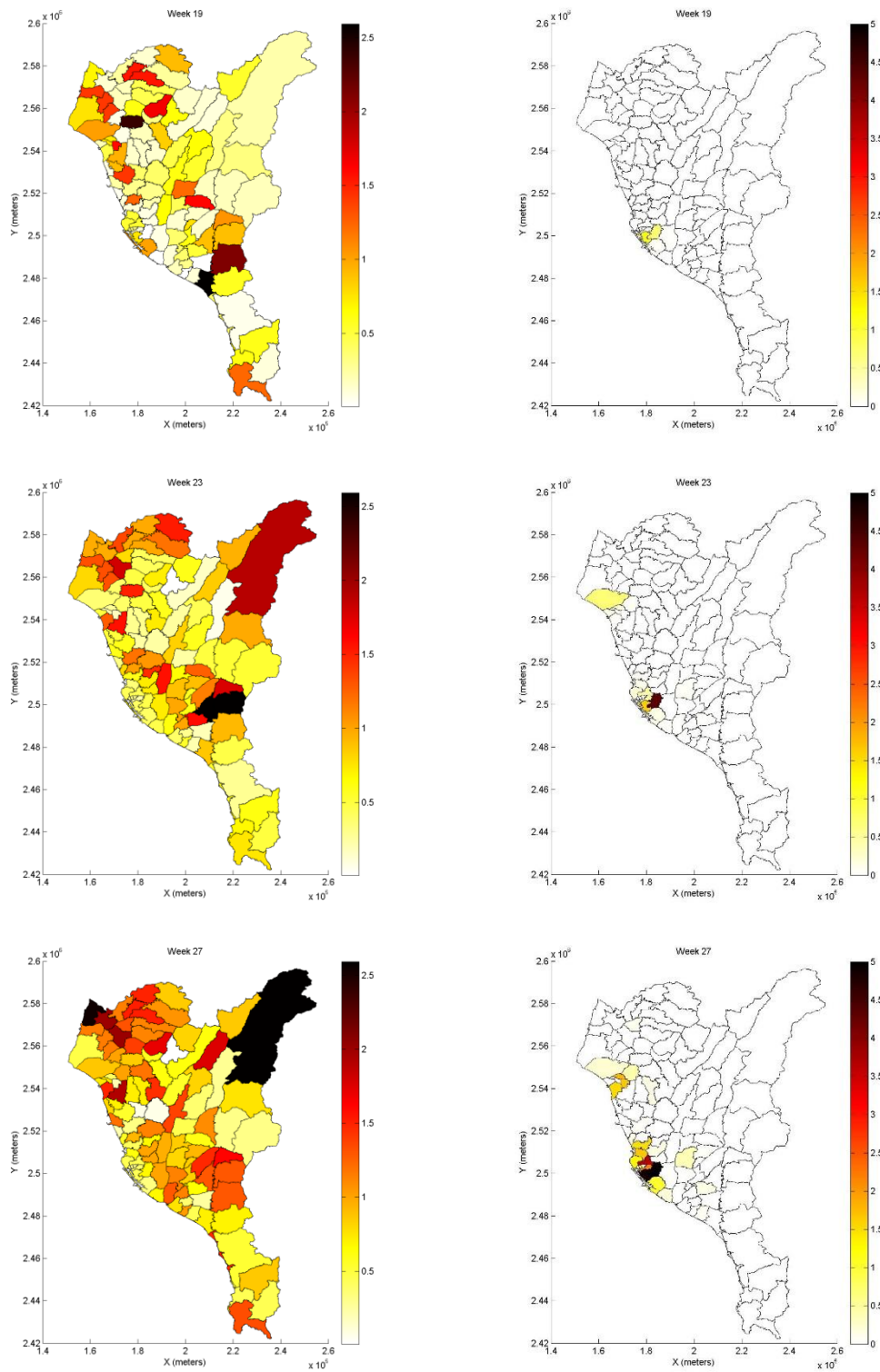


圖 3.3.7 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

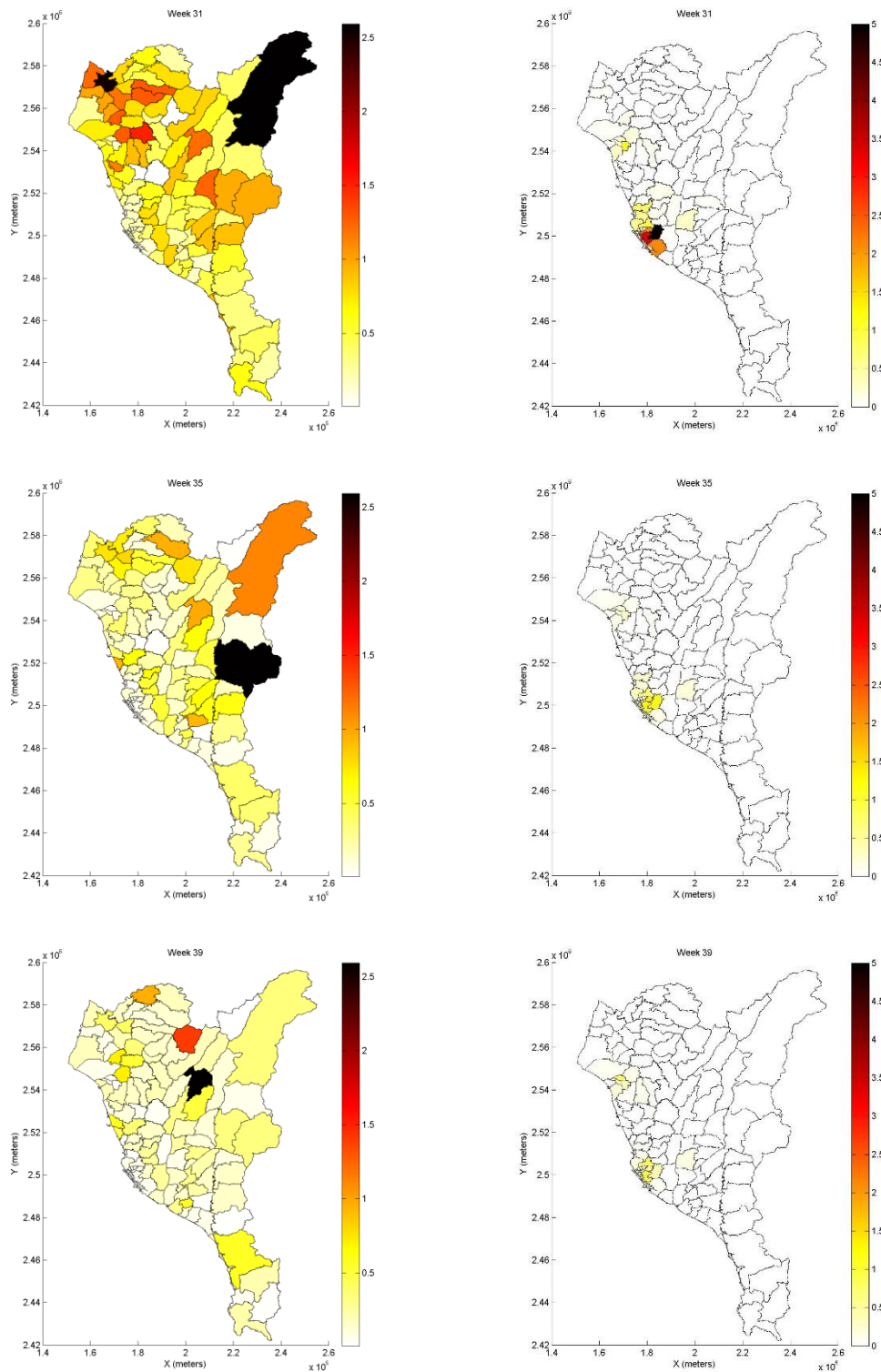


圖 3.3. 8 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

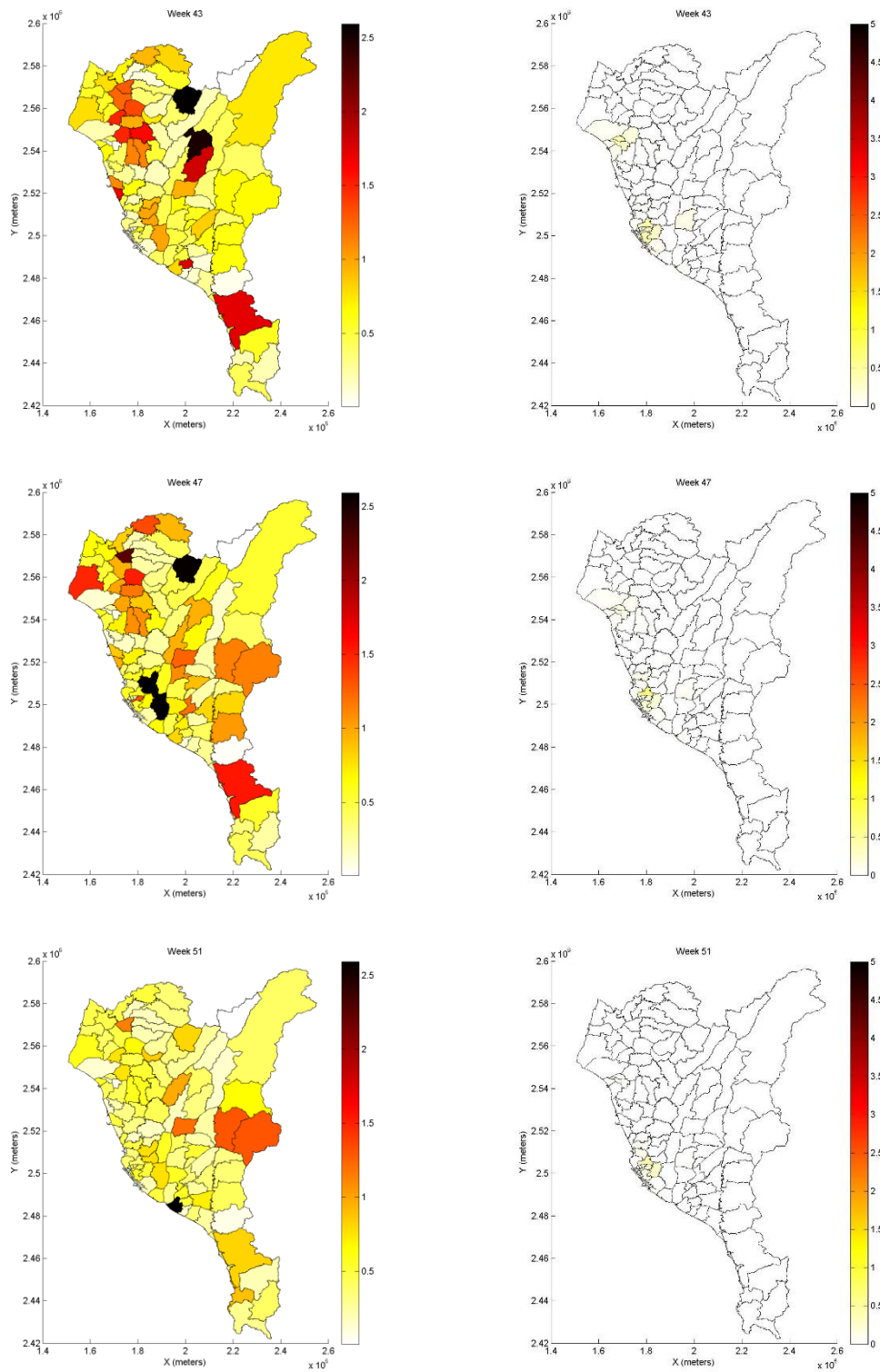


圖 3.3.9 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

3.4 不同情境下南臺灣鄉鎮溫度與降雨及登革熱空間相對風險分布

本小節主要為探討在同時考慮溫度降雨同時變化下，對於南臺灣鄉鎮登革熱疫情的變化，主要分成三個不同情境並分別探討其相對風險對於各鄉鎮的影響。與單獨考慮溫度及降雨時的模擬相同，模式中分別取溫度及降雨在分量的 75%、分量 50% 以及分量 25% 的數值，同時在模式中加入同一分量下的溫度及降雨參數。在建立模式的資料中，由於圖片較多又登革熱多開始出現於每年的 5 月-6 月，因此研究報告呈現方式為選取模擬溫度及雨量值為分量 50% 的 1-52 週之中約介於 5-12 月的週數。除了研究溫度及降雨所造成的相對風險之外，由於研究的 107 個鄉鎮並非皆發生過病例，因此加入歷年平均各週的病例數，可以更了解到當溫度及降雨風險增加或減少且病例數的有或無所造成的相對風險為何。

3.4.1 情境 A1B 下南臺灣鄉鎮溫度降雨不同分量風險

溫度與降雨在南臺灣地區的相對風險變化，雖然溫度及降雨對於各鄉鎮的相對風險影響程度不同，且溫度所造成的相對風險大於雨量所造成的相對風險，但在同時考慮到兩個氣象因子時，對登革熱的影響在不同的分量時會有不同於單獨考慮一個氣象因子時的影響，而當週是否有登革熱病例發生對於相對風險來說也是一個重要的決定因子。

圖 3.4.1(左)至圖 3.4.3(左)為當溫度及 24 小時最大累積降雨在 A1B 情境下分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-9 週時，南臺灣鄉鎮相對風險均介於 1.6-2.0，第 10-11 週時，台南市楠西區、玉井區、大內區、高雄市林園區、屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 12-21 週時，屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉相對風險較高，其值約為 2.8-3.4，第 22 週時，台南市楠西區、大內區、高雄市林園區、屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉相對風險較高，其值約為 2.6，第 23 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區及屏東縣林邊鄉相對風險較高，其值約為 2.6，第 24 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區、屏東縣林邊鄉及台南市北門區相對風險較高，其值約為

2.7，第 25-26 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區、左營區、鼓山區、三民區、台南市北門區、將軍區、西港區、佳里區、安定區、中西區、安平區、安南區、北區、東區、中西區相對風險較高，其值約為 3.0，第 27 週時，台南市北門區、高雄市苓雅區、楠梓區及梓官區相對風險較高，其值約為 3.6，第 28-29 週時，台南市北門區相對風險較高，其值約為 3.6，其次為屏東縣獅子鄉，其值約為 3.5，第 30 週時，台南市北門區、高雄市林園區及屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 3.0，第 31 週時，屏東縣獅子鄉及台南市北門區相對風險較高，其值約為 2.6，第 32-52 週時，南臺灣鄉鎮相對風險值均介於 1.6-2.2 之間。

圖 3.4.1(右)至圖 3.4.3(右)為南台灣各鄉鎮在 A1B 情境下溫度及雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 16 週平均病例數約為 1-2 例，第 17-18 週時平均病例數為 7-8 例，第 19-28 週時出現病例數 7-12 例，第 29、36 及 37 週時平均病例數高於 15 例，鳳山區在第 17 週時為 1 例，第 19-21 週時為 7-8 例，第 23-31 週時平均病例數大於 15 例，第 32-52 週時平均病例數介於 2-12 例，台南市安南區在第 22-26 週時病例數為 1-5 例，第 27 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數約為 12 例，第 31-48 週時，台南市東區、南區及北區平均病例數介於 1-12 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，第 30 週舊台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，病例數在第 16 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 22 週出現於舊台南市。此外，舊高雄市病例數在第 17 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 25 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 22 週開始出現病例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區，屏東縣屏東市在第 27 週時開始出現病例，第 36-37 週時平均病例數約為 10 例，此外，屏東縣東港鎮在第 43 週時也出現病例。

3.4.2 情境 A2 下南臺灣鄉鎮溫度降雨分不同分量風險

圖 3.4.4(左)至圖 3.4.6(左)為當溫度及 24 小時最大累積降雨在 A2 情境下分量 50% 時南臺灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-12 週時，南臺灣鄉鎮相對風險均介於 1.6-2.2，第 13-21 週時，屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉相對風險較高，其值約為 2.4-2.8，第 22-23 週時，高雄市林園鄉相對風險較高，其值約為 2.4，第 24 週時，台南市北門區、高雄市林園區、楠梓區及梓官區相對風險較高，其值約為 2.4，第 25-26 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區、左營區、鼓山區、三民區、台南市北門區、將軍區、西港區、佳里區、安定區、中西區、安平區、安南區、北區、東區、中西區相對風險較高，其值約為 3.2，第 27 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區、屏東縣林邊鄉及台南市北門區相對風險較高，其值約為 3.5，第 28 週時，台南市北門區、高雄市苓雅區及屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 3.5，第 29-30 週時，台南市北門區及屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 2.8-3.4，第 31-52 週時南臺灣鄉鎮相對風險值均介於 1.6-2.2 之間。

圖 3.4.4(右)至圖 3.4.6(右)為南臺灣各鄉鎮在 A2 情境下溫度及雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 16 週平均病例數約為 1-2 例，第 17-18 週時平均病例數為 5-7 例，第 19-28 週時出現病例數 7-12 例，第 29、36 及 37 週時平均病例數高於 15 例，鳳山區在第 17 週時為 1 例，第 19-21 週時為 7-8 例，第 23-31 週時平均病例數大於 15 例，第 32-52 週時平均病例數介於 2-12 例，台南市安南區在第 22-26 週時病例數為 1-5 例，第 27 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數約為 12 例，第 31-48 週時，台南市東區、南區及北區平均病例數介於 1-12 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，第 30 週舊台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，病例數在第 16 週後開始出現於舊高雄市，之後在第 22 週出現於舊台南市。此外，舊高雄市病例數在第 17 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 25 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 22 週開始出現病

例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區，屏東縣屏東市在第 27 週時開始出現病例，第 36-37 週時平均病例數約為 10 例，此外，屏東縣東港鎮在第 43 週時也出現病例。

3.4.3 情境 B1 下南臺灣鄉鎮溫度降雨不同分量風險

圖 3.4.7(左)至圖 3.4.9(左)為當溫度及 24 小時最大累積降雨在 B1 情境下分量 50% 時南台灣各鄉鎮之相對風險圖，第 1-11 週時，南臺灣鄉鎮相對風險均介於 1.6-2.2，第 13-21 週時，屏東縣新園鄉、東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉相對風險較高，其值約為 2.6-3.2，第 22-23 週時，高雄市林園鄉相對風險較高，其值約為 2.6，第 24 週時，台南市北門區、高雄市林園區、楠梓區及梓官區相對風險較高，其值約為 2.6，第 25-26 週時，高雄市林園區、楠梓區、梓官區、左營區、鼓山區、三民區、台南市北門區、將軍區、西港區、佳里區、安定區、中西區、安平區、安南區、北區、東區、中西區相對風險較高，其值約為 3.2-3.4，第 27 週時，高雄市楠梓區、梓官區、苓雅區及台南市北門區相對風險較高，其值約為 3.7，第 28 週時，台南市北門區、高雄市苓雅區及屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 3.7，第 29-30 週時，台南市北門區及屏東縣獅子鄉相對風險較高，其值約為 3.0-3.6，第 31-52 週時南臺灣鄉鎮相對風險值均介於 1.6-2.2 之間。

圖 3.4.7(右)至圖 3.4.9(右)為南台灣各鄉鎮在 B1 情境下溫度及雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，高雄市前鎮區在第 16 週平均病例數約為 1-2 例，第 17-18 週時平均病例數為 5-7 例，第 19-28 週時出現病例數 7-12 例，第 29、36 及 37 週時平均病例數高於 15 例，鳳山區在第 17 週時為 1 例，第 19-21 週時為 7-8 例，第 23-31 週時平均病例數大於 15 例，第 32-52 週時平均病例數介於 2-12 例，台南市安南區在第 22-26 週時病例數為 1-5 例，第 27 週時台南市東區、南區及北區陸續出現病例，第 30 週時台南市東區平均病例數約為 12 例，第 31-48 週時，台南市東區、南區及北區平均病例數介於 1-12 例，舊高雄市整區在第 26 週開始出現平均病例數 1-5 例，第 30 週舊台南市全區平均病例數為 1-5 例。整體而言，病例數在第 16 週後開始出現於舊高雄市，之後在

第 22 週出現於舊台南市。此外，舊高雄市病例數在第 17 週後開始由前鎮區往外圍其他區擴散，約第 25 週開始整個舊高雄市各區幾乎皆有病例數發生，病例數最多的區為前鎮區、苓雅區、三民區及鳳山區；舊台南市在第 22 週開始出現病例數，約第 30 週開始幾乎整個舊台南市各區皆有發生病例數，病例數最多的地區為北區、南區及東區，屏東縣屏東市在第 27 週時開始出現病例，第 36-37 週時平均病例數約為 10 例，此外，屏東縣東港鎮在第 43 週時也出現病例。

3.4.4 綜合結果討論

此小節利用不同情境下溫度及降雨對登革熱疫情作未來氣候變遷條件下溫度及降雨造成的相對風險分析，並預設不同情境下的登革熱病例數。結果顯示若同時考慮溫度及降雨兩氣象因子對登革熱造成的相對風險，其相對風險值高於單純考慮雨量值或是溫度值時的相對風險。此外也發現，溫度及降雨在不同情境下對於登革熱所造成的相對風險，皆為增加，其中以 B1 情境下的溫度及降雨所造成的相對風險為最高，探究其原因可能在於溫度的增溫幅度雖然小於 A1B 及 A2，雨量的變化率也是三個情境中幅度較小的，因此在極端降雨較 A1B 及 A2 情境下緩和的條件下，可能會更適合登革熱的生存。另外，在潛勢平均病例數模擬上發現三個情境下的結果相似，並較明顯的差異，且可得知登革熱容易發生的區域與實際生活中頗為類似。

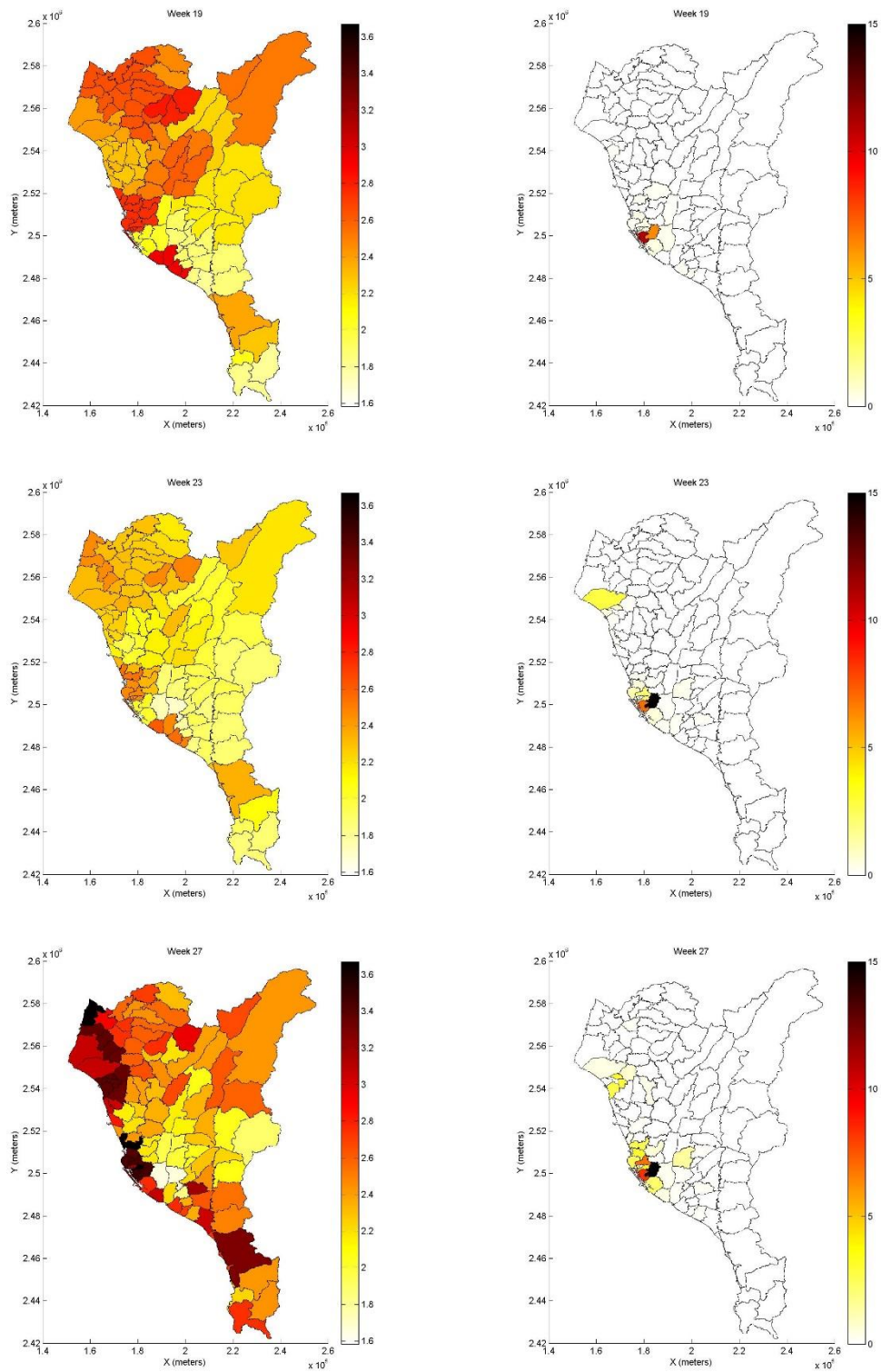


圖 3.4.1 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮
相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

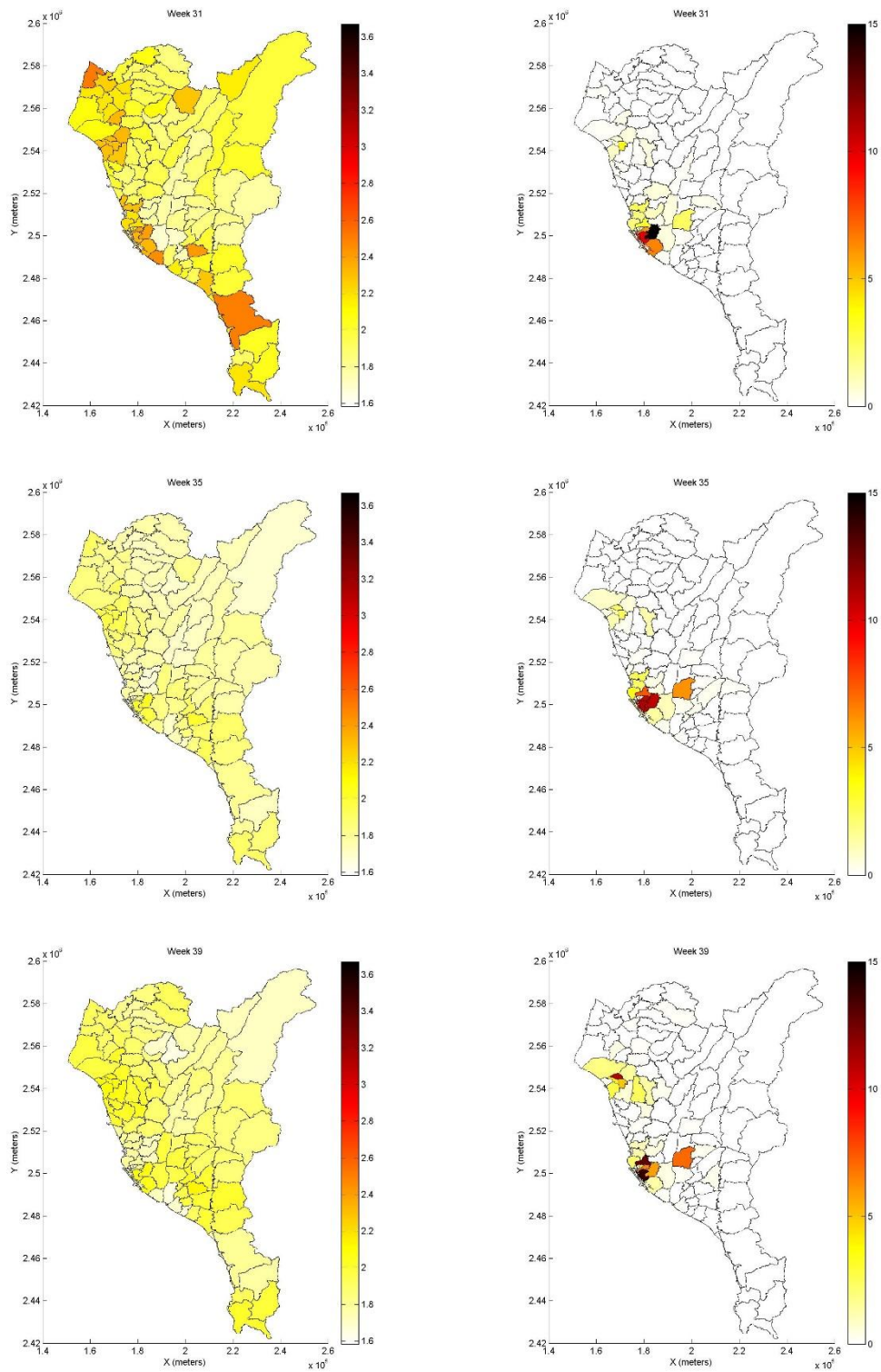


圖 3.4.2 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮
相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

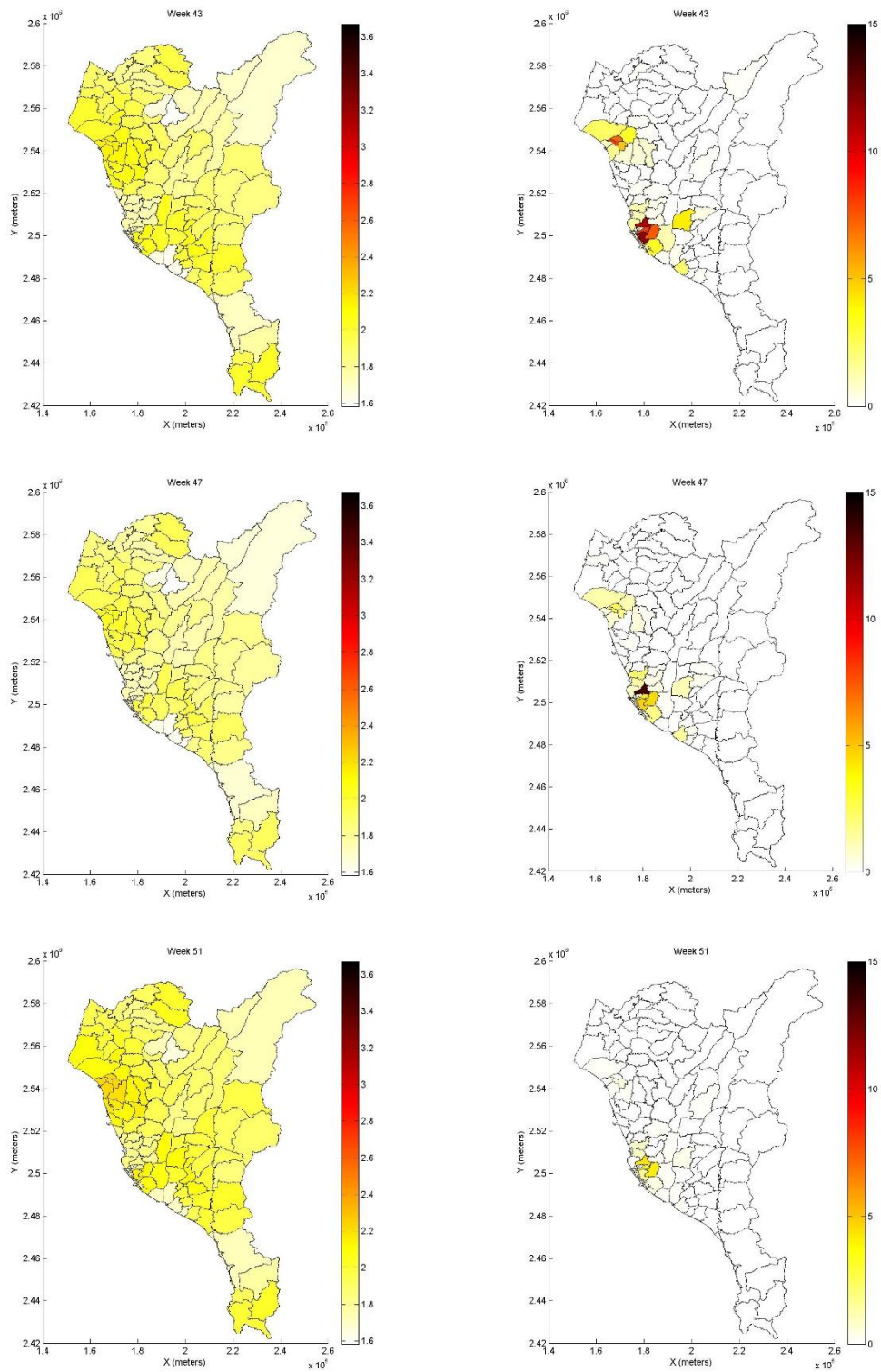


圖 3.4.3 A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮
相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

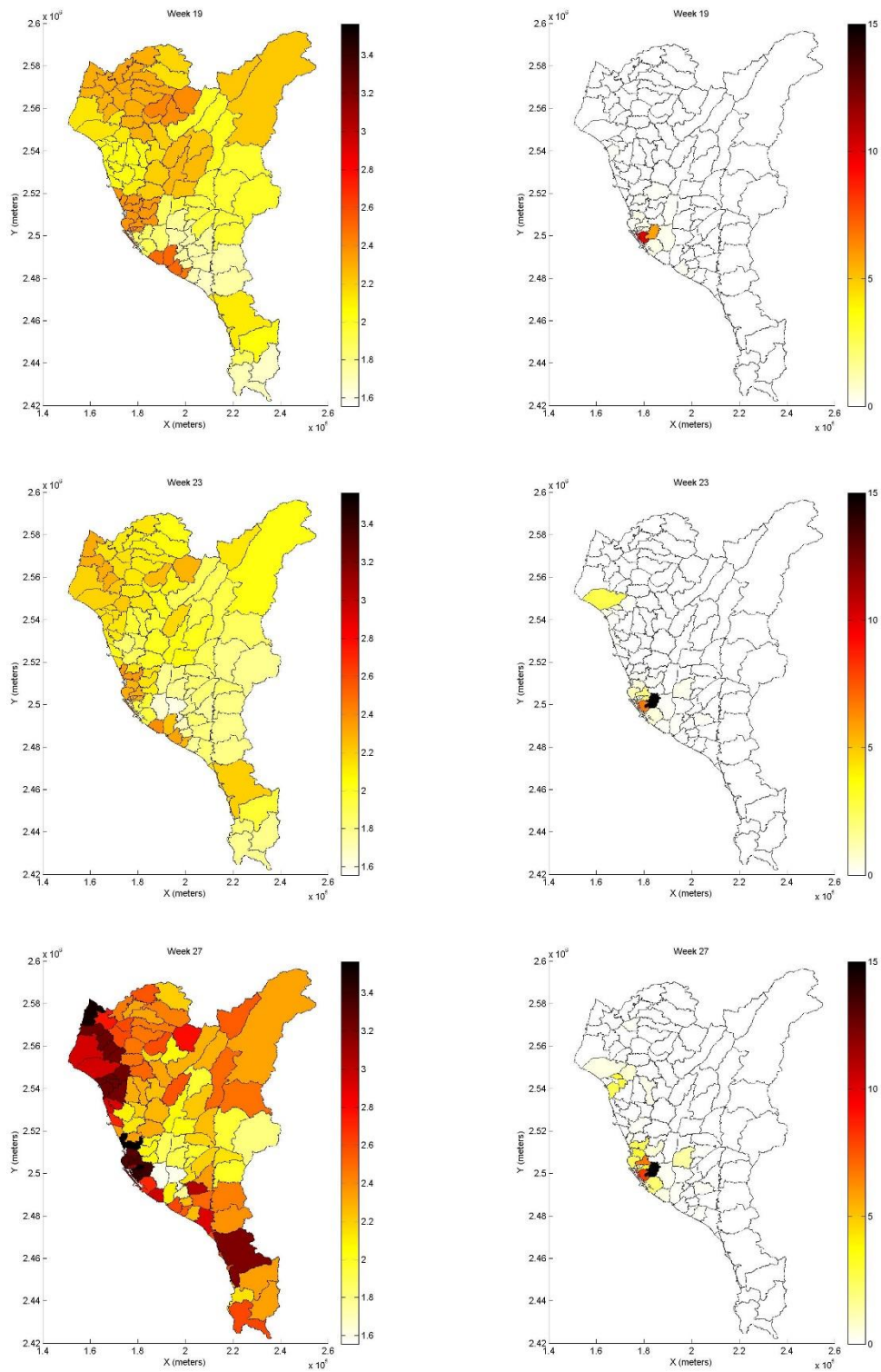


圖 3.4.4 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、24 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

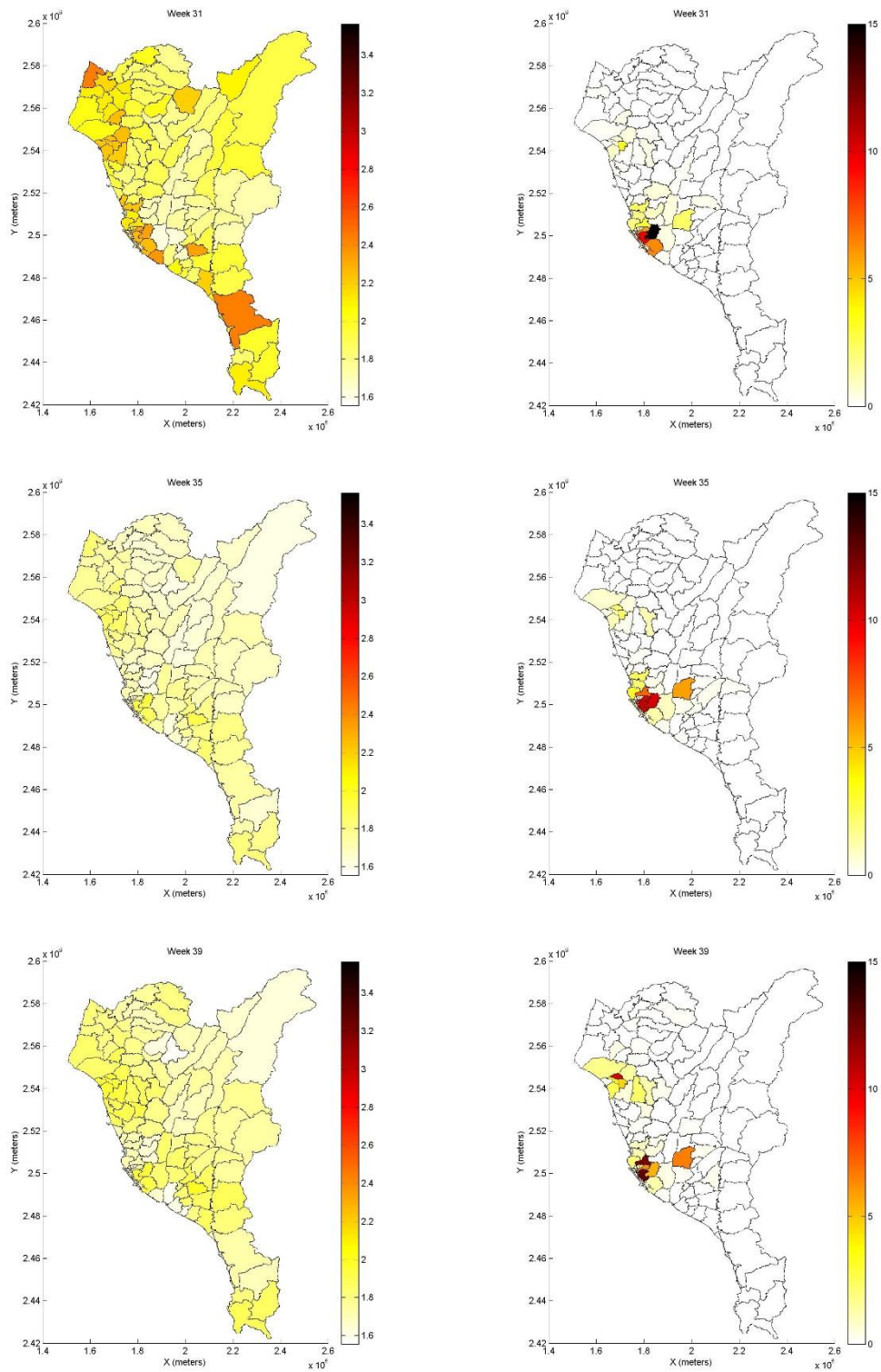


圖 3.4.5 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

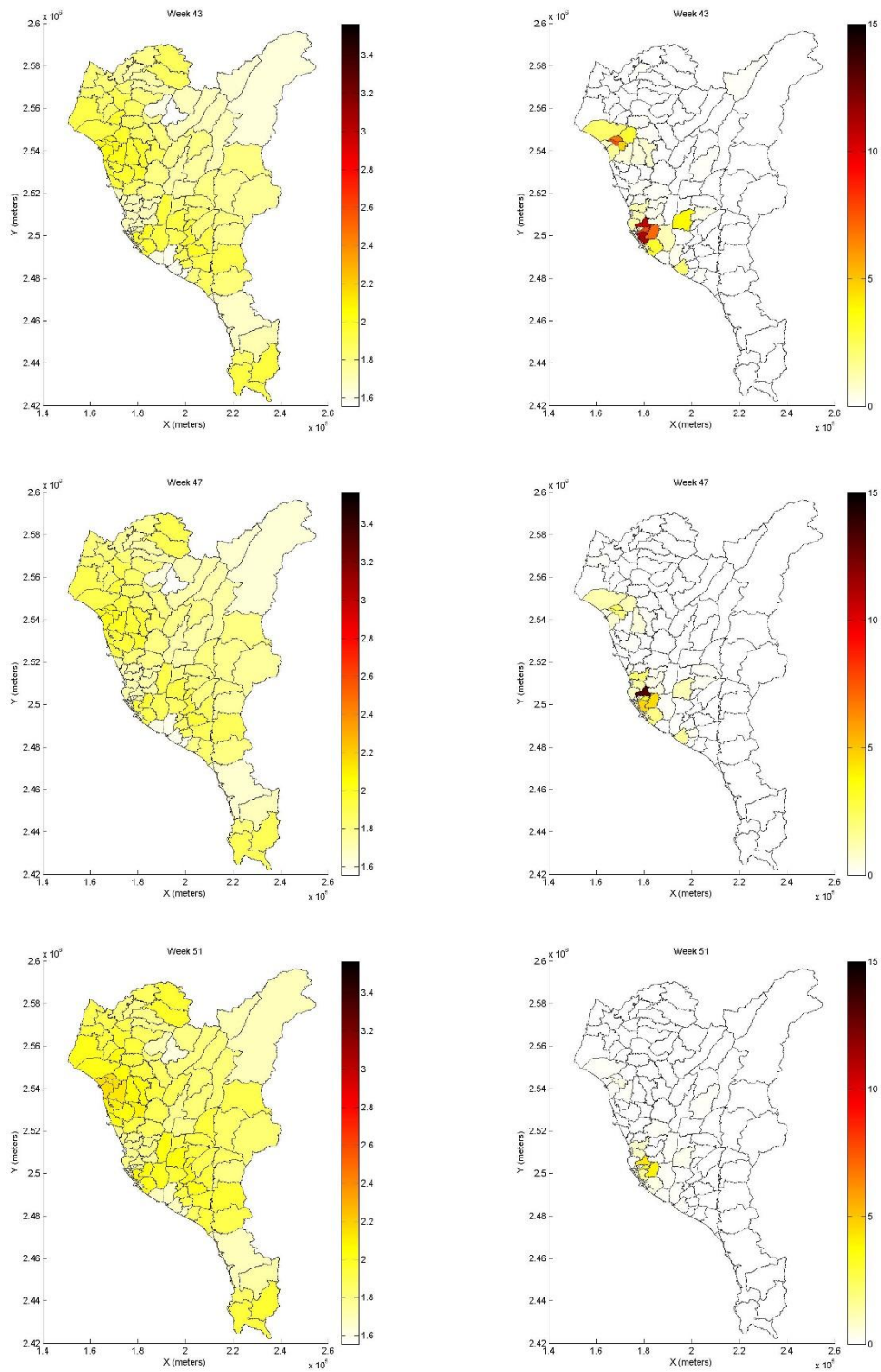


圖 3.4. 6 A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

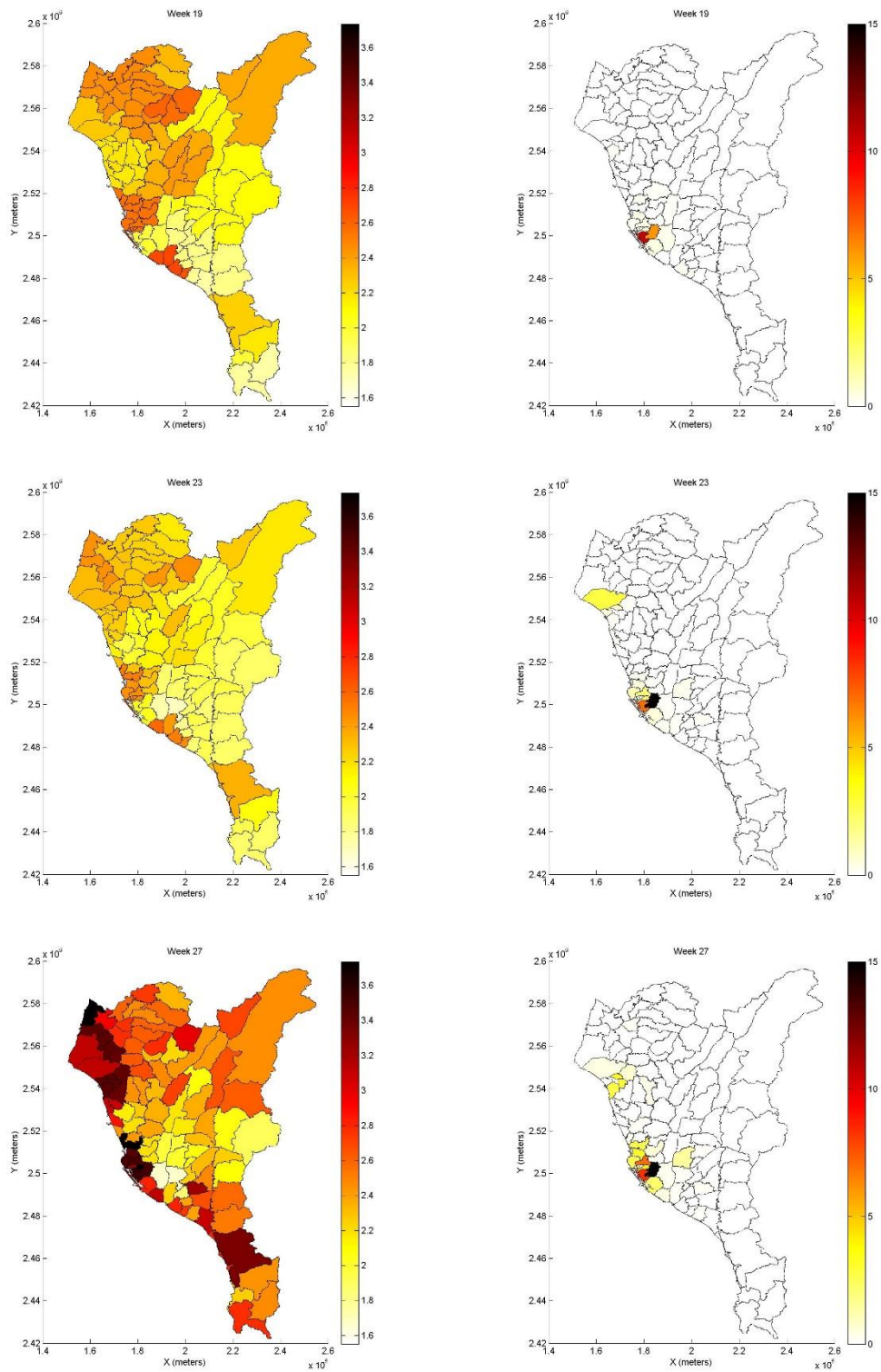


圖 3.4.7 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

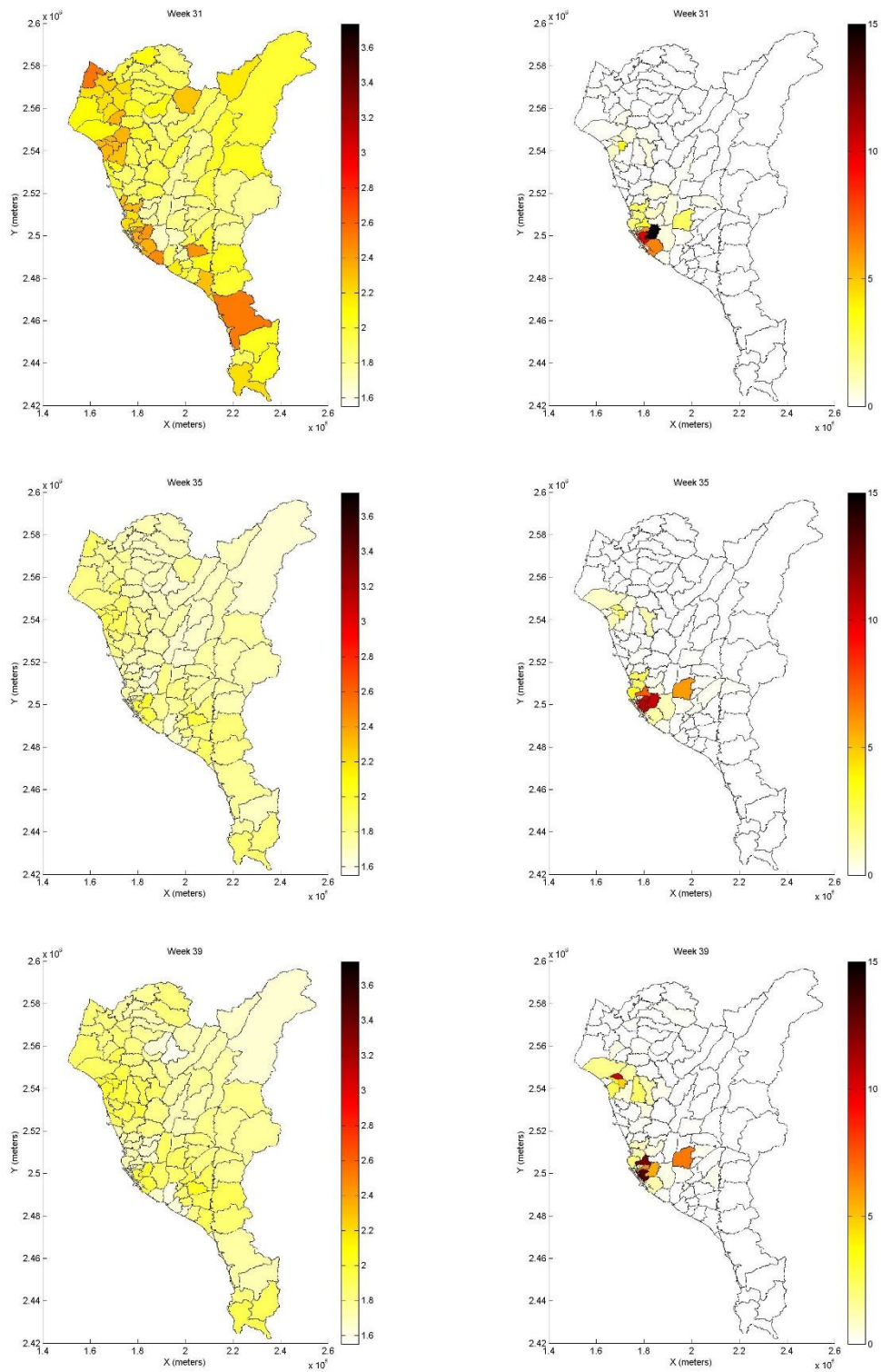


圖 3.4. 8 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

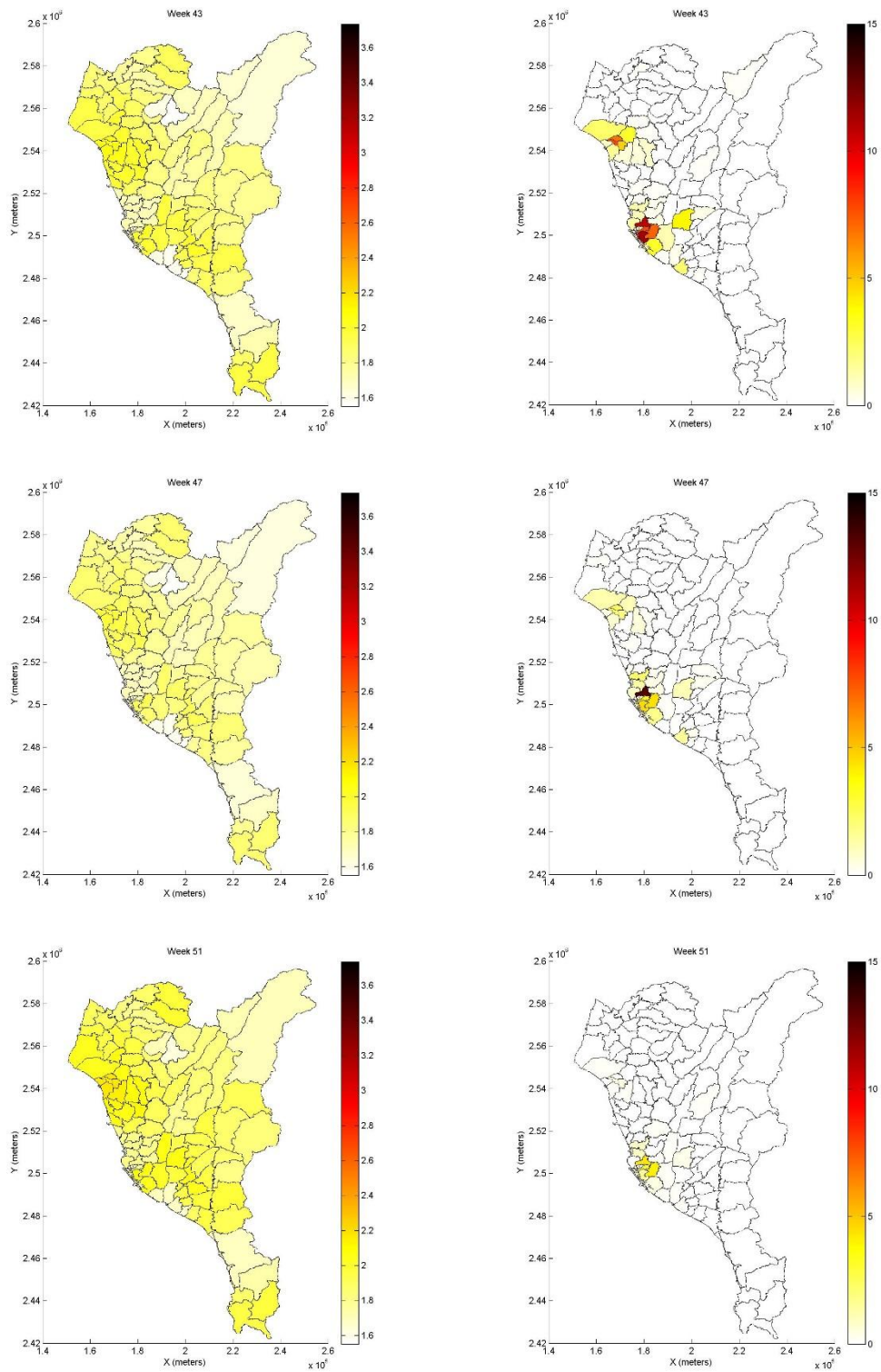


圖 3.4.9 B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 50%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數

3.5 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里溫度風險及登革熱空間相對風險分布

舊高雄市及高雄縣的鳳山市一直為台灣地區登革熱病例容易發生的區域，因此，為了更仔細的去探究在未來氣候變遷下對於這些容易發生登革熱的地區所造成的影響，獨立建立一個預測模型，探討在舊高雄市及高雄縣鳳山市村里的相對風險影響。溫度在登革熱病媒蚊的生長條件中扮演重要因素，如病媒蚊病毒的活性與溫度相關，在到達一定溫度後才能激發病毒活性，使得病媒蚊帶有傳染性。

3.5.1 情境 A1B 下溫度不同分量風險

圖 3.5.1(左)至圖 3.5.3(左)為當溫度在 A1B 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-19 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 20-27 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些許增加，其值約為 1.2，第 28-39 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 40-41 週時，小港區、前鎮區及鳳山區多數村里，與左營區海光里、楠梓區中和里相對風險有些許增加，其值約為 1.3，第 42-43 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險較高，其值約為 1.8-2.5，第 44 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險明顯增加，其值大於 3.0，第 45-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯增加。

圖 3.5.1(右)至圖 3.5.3(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A1B 情境下溫度分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-26 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1.4-1.6 例平均病例數，第 28-31 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 32 週時，楠梓區稔田里約有 1 例平均病例數，第 33-40 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 41 週時，苓雅區有兩里出現 1.4-2 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 2 例病例數，第 43 週時，鳳山區海風里約有 2 里病例，第 44 週時，前鎮區瑞隆里與五福里約有 2 例病例數，第 45

週時，三民區安東里有 1 例病例數，第 46 週時，鳳山市文山里有 1 例病例數，第 47-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生。

3.5.2 情境 A2 下溫度不同分量風險

圖 3.5.4(左)至圖 3.5.6(左)為當溫度在 A2 情境下分量 50% 時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-18 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 19-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些許增加，其值約為 1.2，第 26-39 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 40-41 週時，小港區、前鎮區及鳳山區多數村里，與左營區海光里、楠梓區中和里相對風險有些許增加，其值約為 1.2-1.4，第 42-43 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險較高，其值約為 1.8-2.5，第 44 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險明顯增加，其值大於 3.0，第 45-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯增加。

圖 3.5.4(右)至圖 3.5.6(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A2 情境下溫度分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-26 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1.4-1.6 例平均病例數，第 28-31 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 32 週時，楠梓區稔田里約有 1 例平均病例數，第 33-40 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 41 週時，苓雅區有兩里出現 1.4-2 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 2 例病例數，第 43 週時，鳳山區海風里約有 2 里病例，第 44 週時，前鎮區瑞隆里與五福里約有 2 例病例數，第 45 週時，三民區安東里有 1 例病例數，第 46 週時，鳳山市文山里有 1 例病例數，第 47-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生。

3.5.3 情境 B1 下溫度不同分量風險

圖 3.5.7(左)至圖 3.5.9(左)為當溫度在 B1 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-18 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 19-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些許增加，其值約為 1.2，第 26-39 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 40-41 週時，小港區、前鎮區及鳳山區多數村里，與左營區海光里、楠梓區中和里相對風險有些許增加，其值約為 1.2-1.4，第 42-43 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險較高，其值約為 1.8-2.5，第 44 週時，小港區、前鎮區、鳳山區多數村里、左營區海光里、楠梓區中和里、鹽埕區光明里相對風險明顯增加，其值大於 3.0，第 45-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯增加。

圖 3.5.7(右)至圖 3.5.9(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A2 情境下溫度分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-26 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 27 週時，楠梓區惠楠里與亭平里約有 1.4-1.6 例平均病例數，第 28-31 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 32 週時，楠梓區稔田里約有 1 例平均病例數，第 33-40 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 41 週時，苓雅區有兩里出現 1.4-2 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 2 例病例數，第 43 週時，鳳山區海風里約有 2 里病例，第 44 週時，前鎮區瑞隆里與五福里約有 2 例病例數，第 45 週時，三民區安東里有 1 例病例數，第 46 週時，鳳山市文山里有 1 例病例數，第 47-52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生。

3.5.4 綜合研究討論

本小節討論不同情境下溫度對於高雄市村里登革熱疫情相對風險及病例數的預測，其結果顯示，在不同的情境下溫度對於高雄市村里登革熱疫情的相對風險值並不明顯。此外，在登革熱的病例數預測上，不同情境下所預測出來的病例

數值幾乎是差不多的，由此結果可以得知，溫度在村里尺度下的變化以及對於登革熱的相對風險值影響並不明顯。

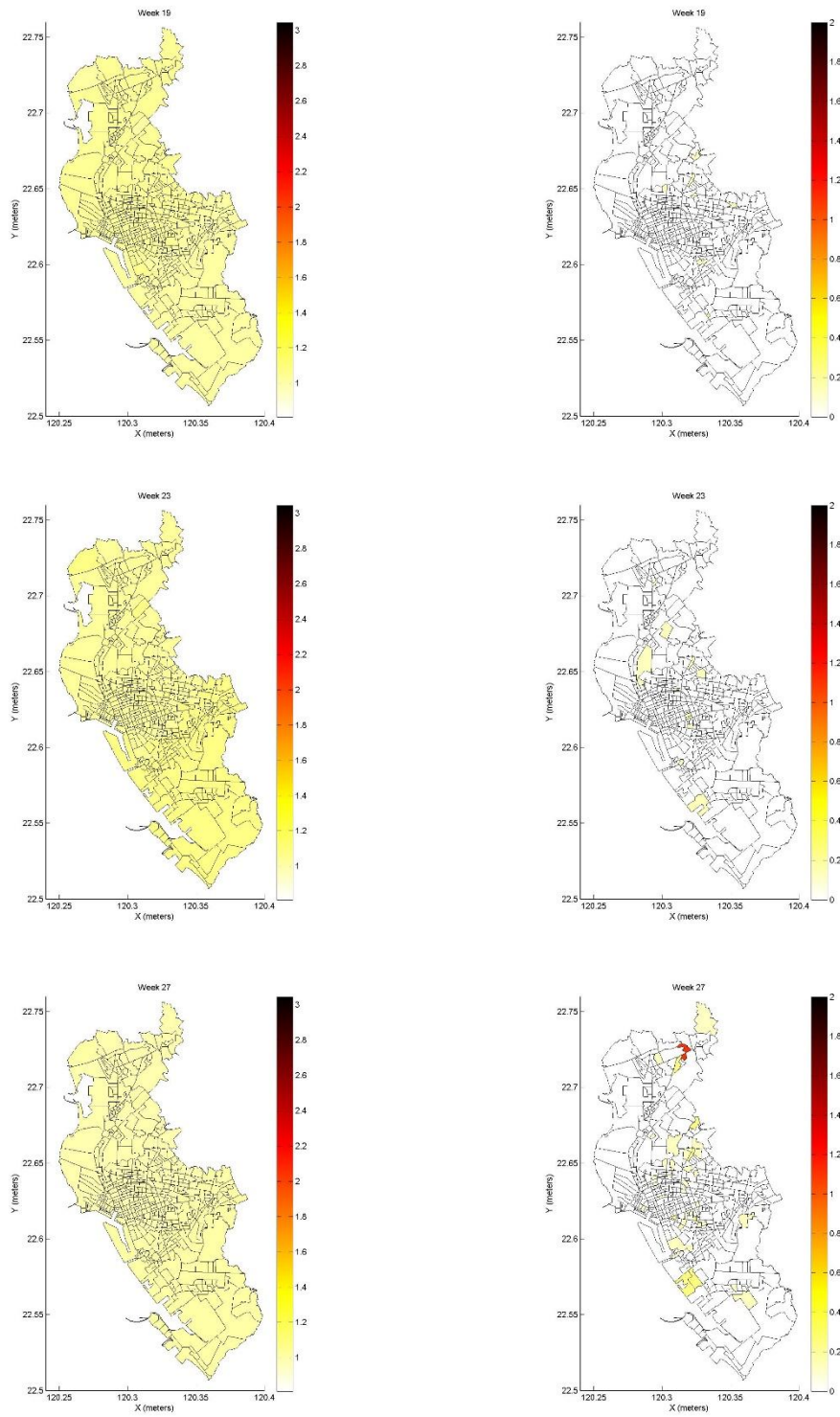


圖 3.5.1 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

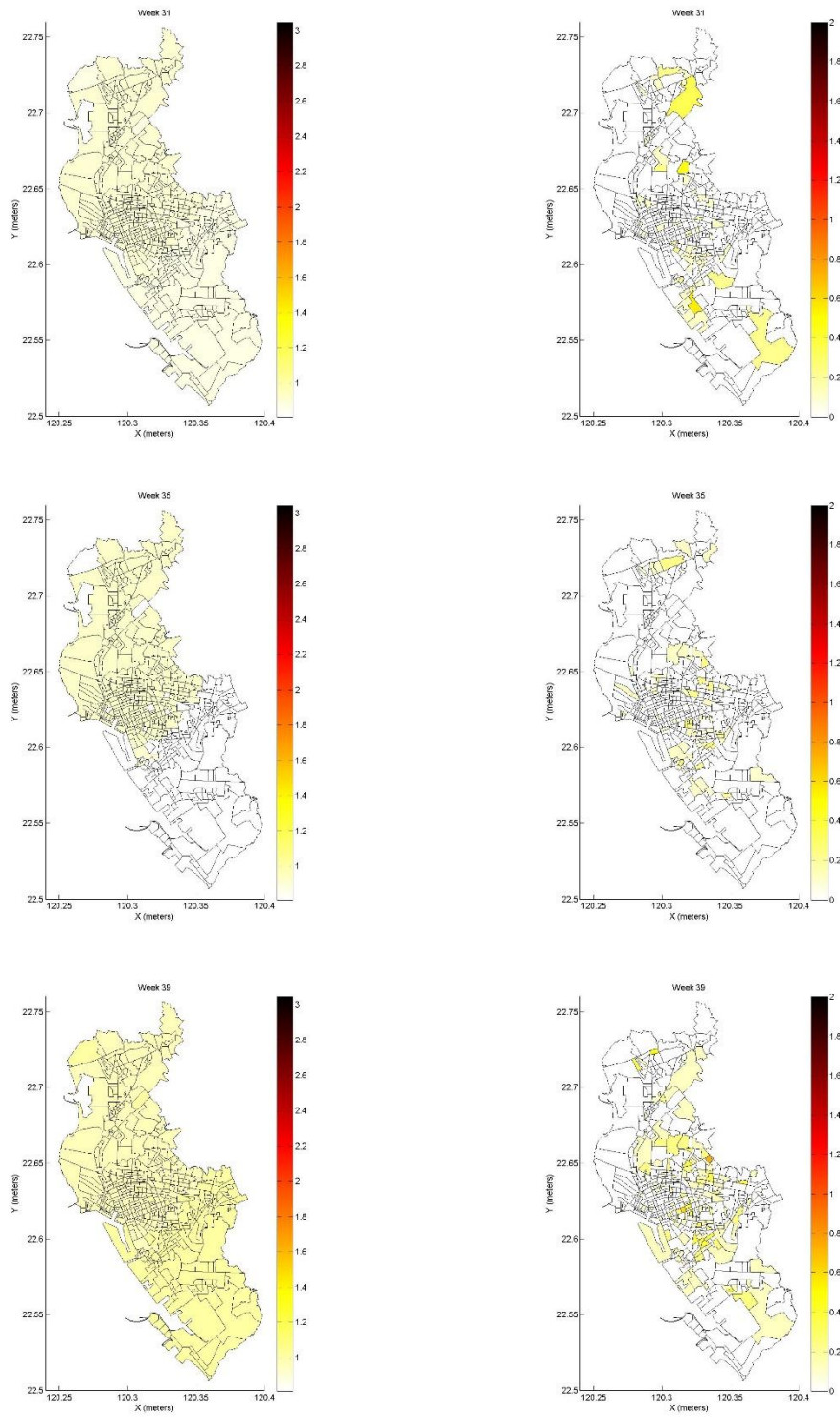


圖 3.5.2 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

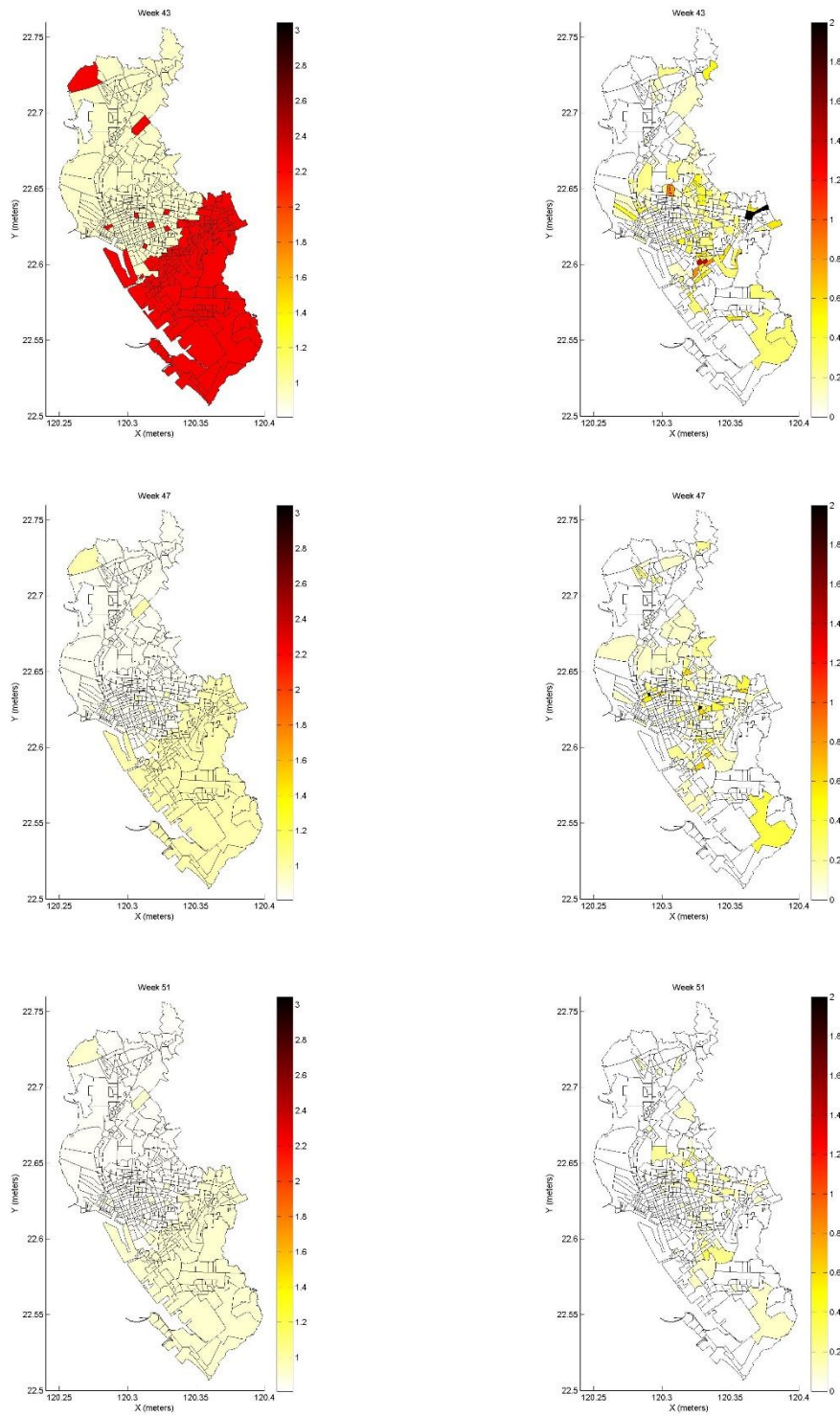


圖 3.5.3 A1B 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、45 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

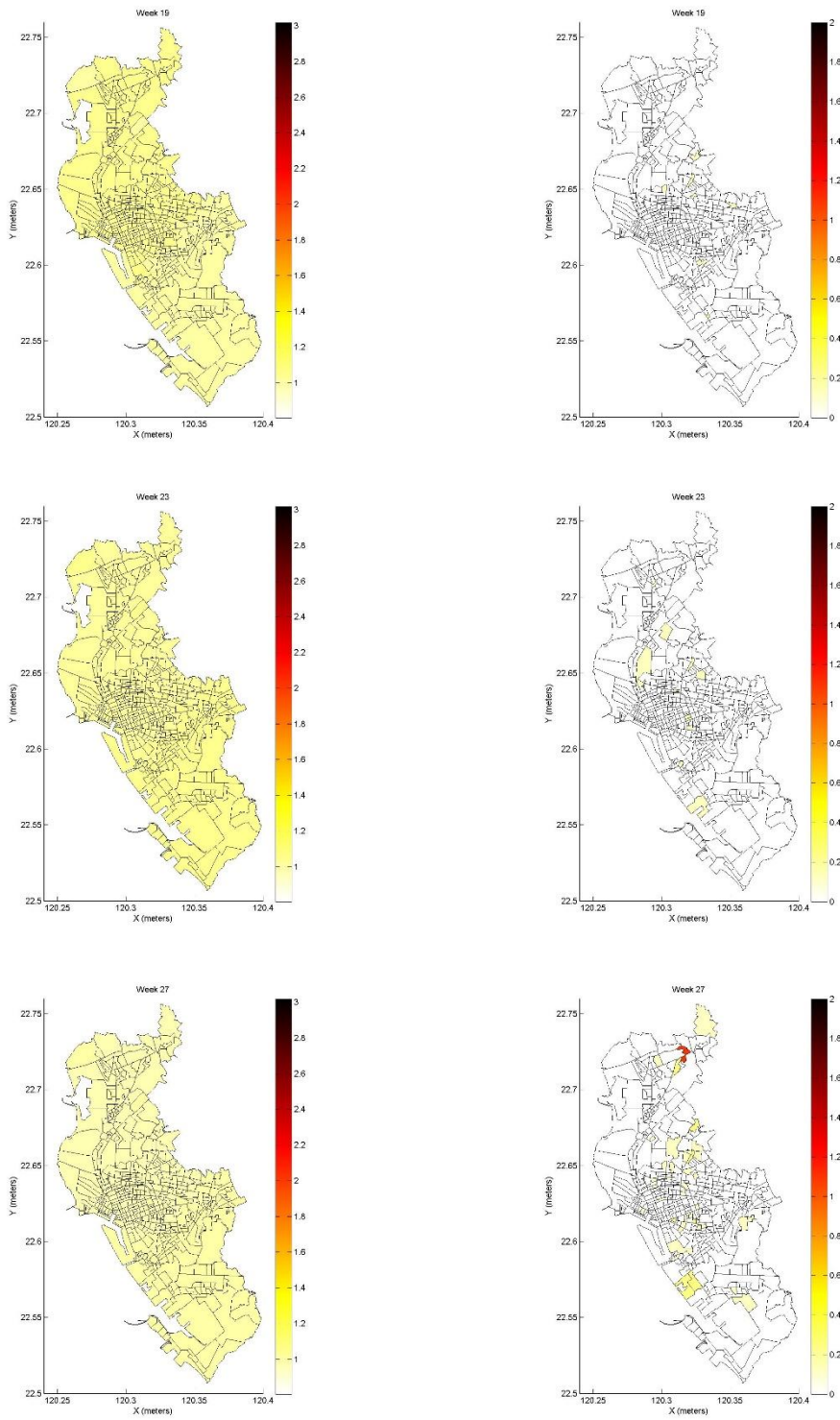


圖 3.5.4 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

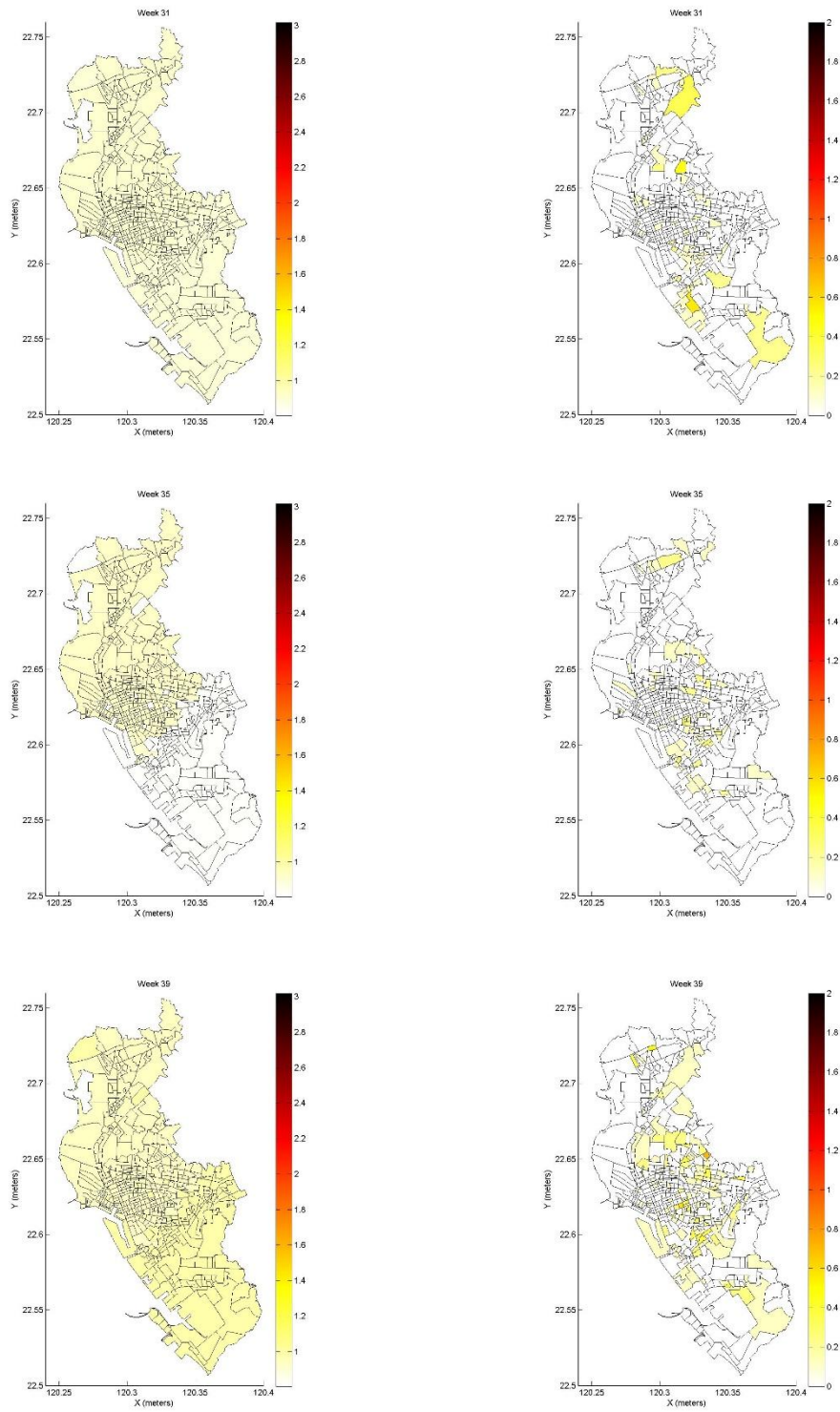


圖 3.5.5 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

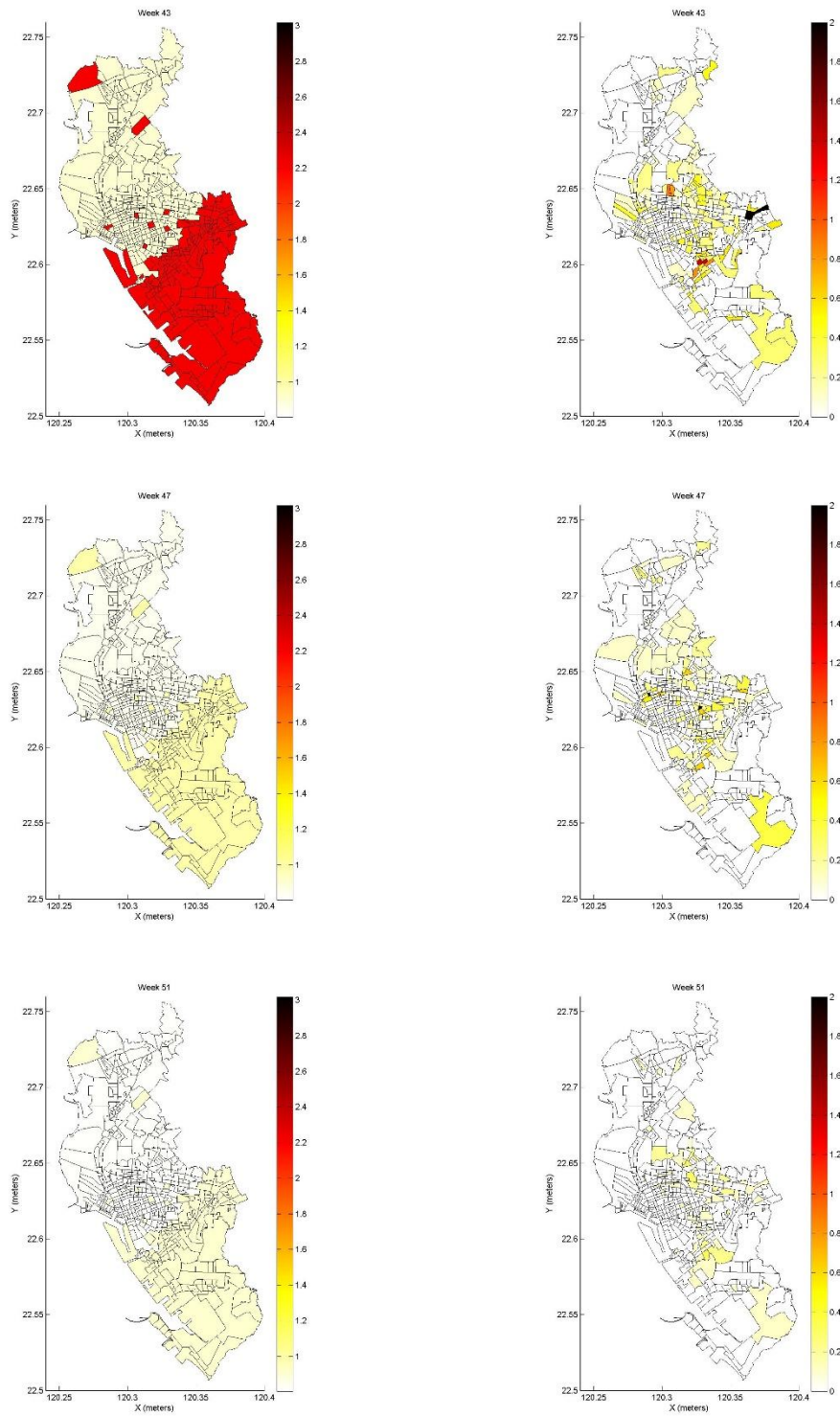


圖 3.5.6 A2 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

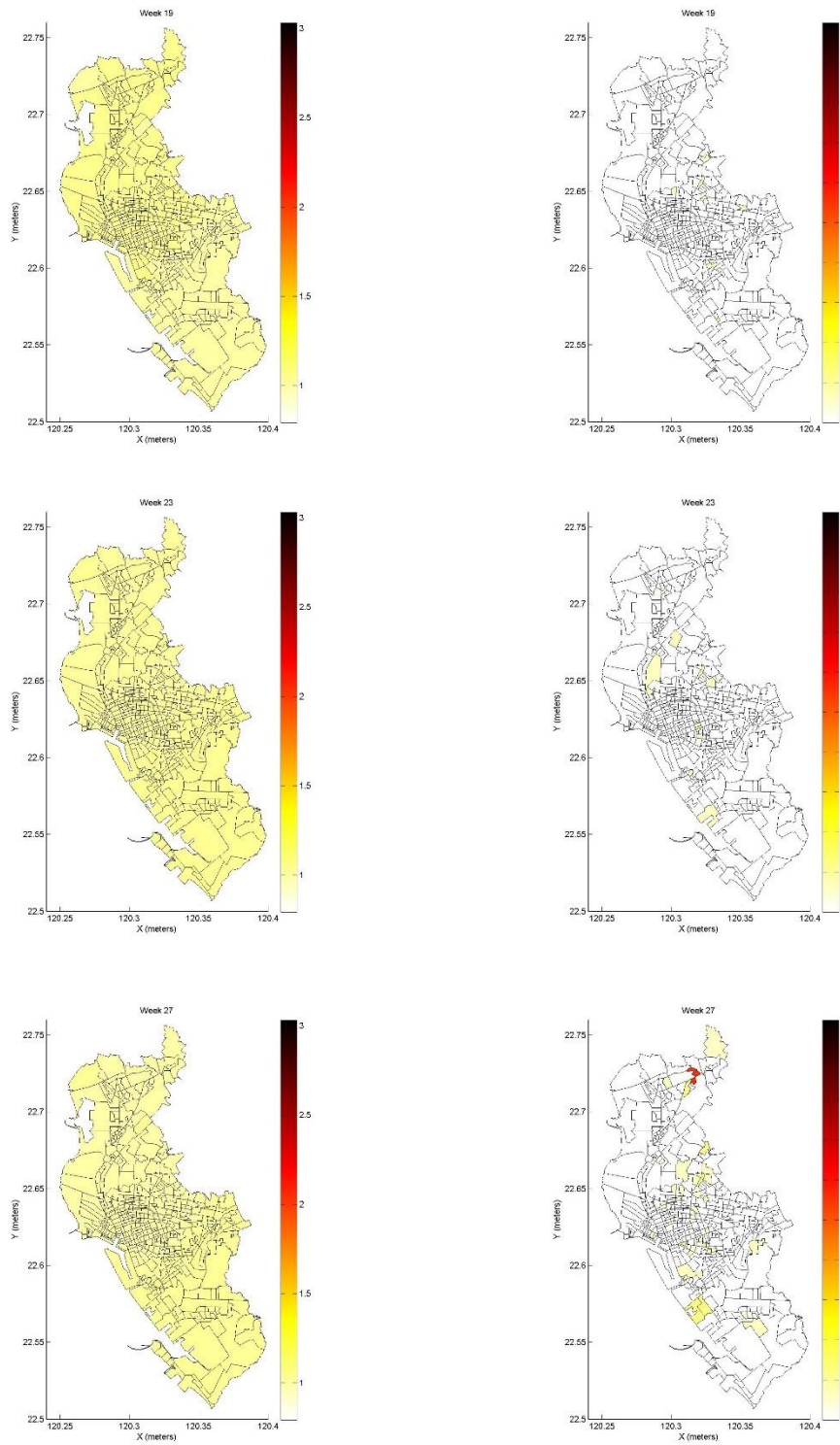


圖 3.5.7 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

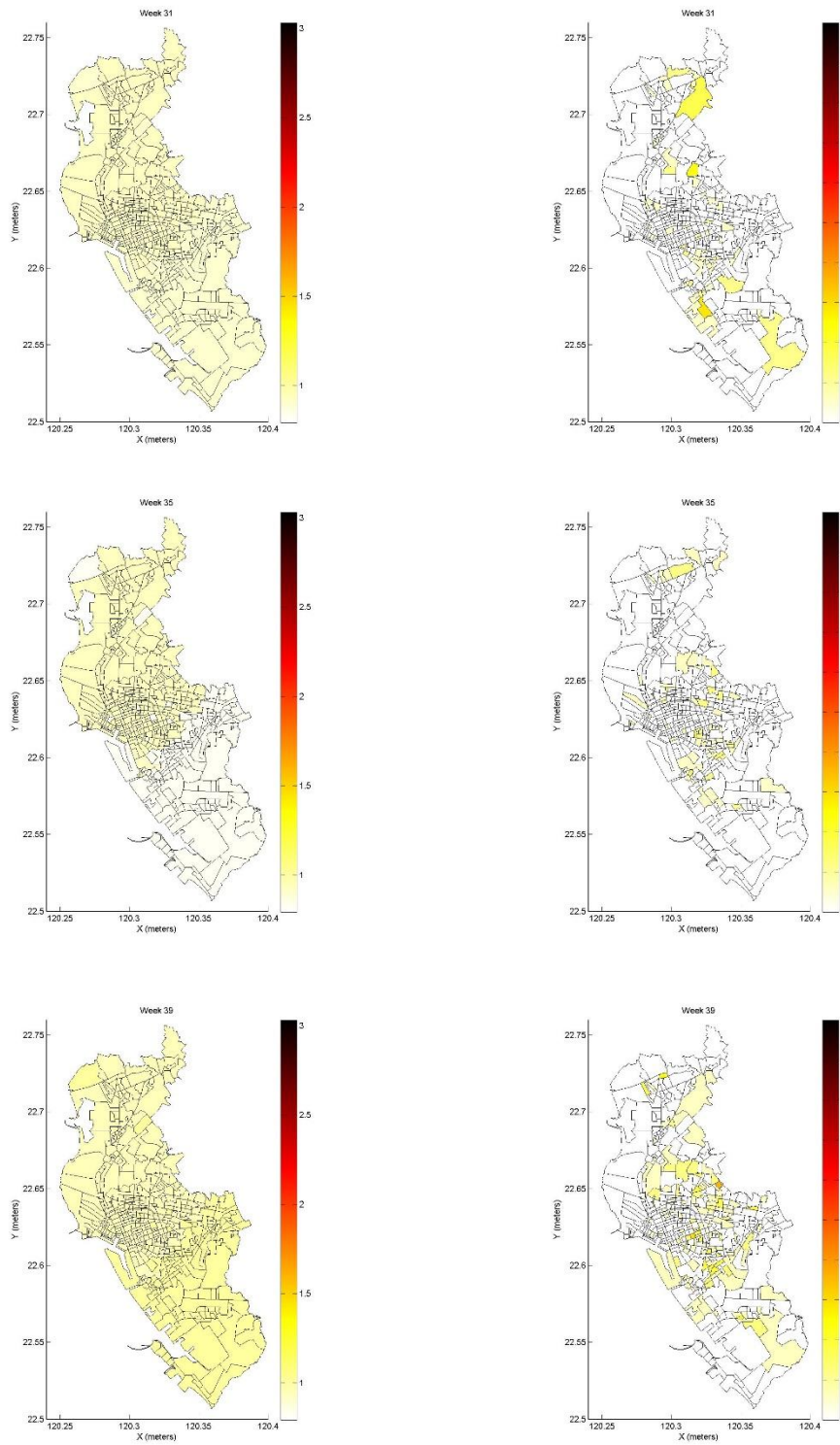


圖 3.5. 8 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

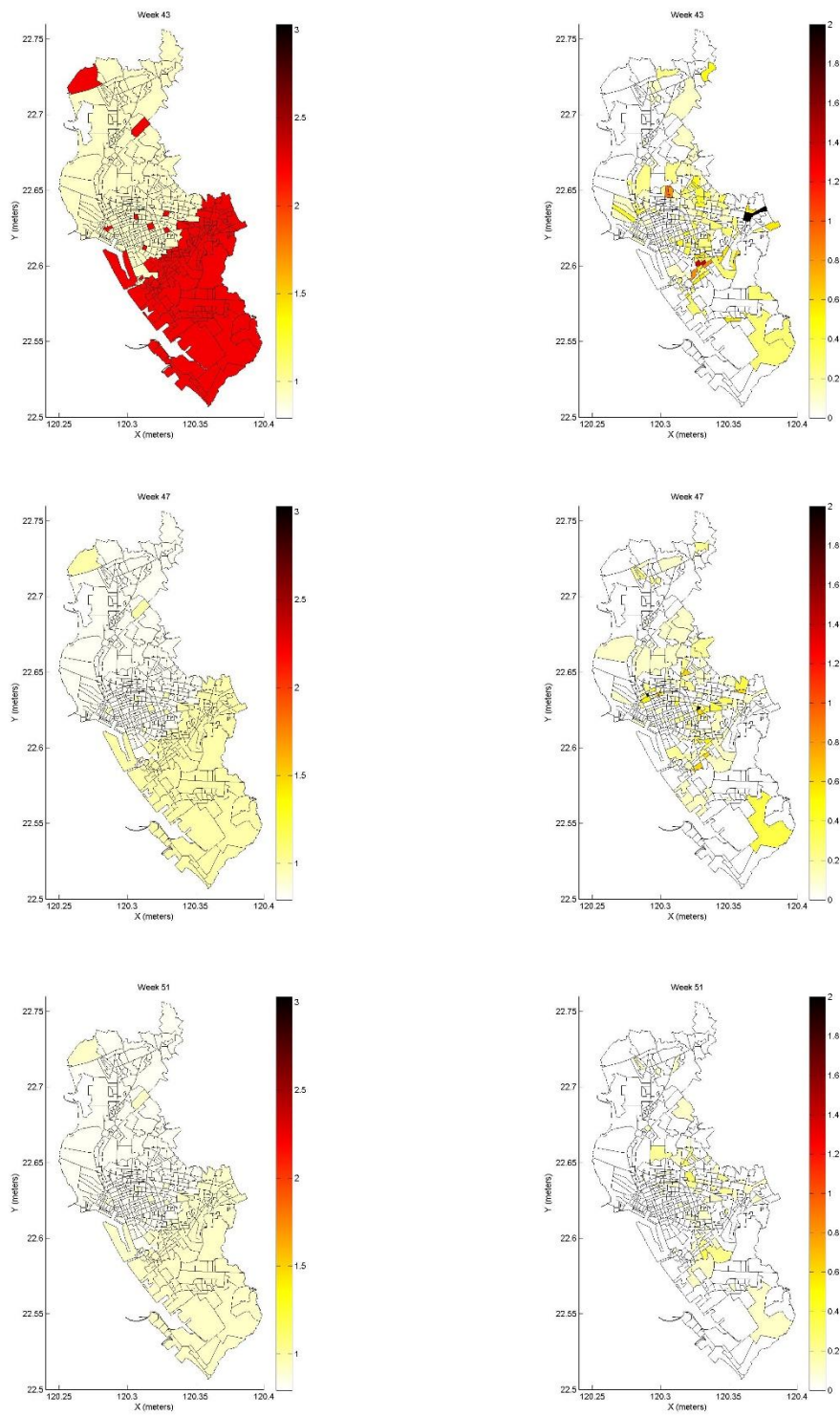


圖 3.5.9 B1 情境下(左)溫度為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

3.6 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里降雨及登革熱空間相對風險分布

降雨量在登革熱病媒蚊的生長條件中與溫度相同，皆扮演重要因素。降雨量的多寡對於病媒蚊幼蟲孵化的生長條件息息相關，當 24 小時累積雨量達 50mm，對於登革熱的疫情會有提升的效果，當雨量大於 300mm 以上，強降雨會將病媒蚊幼蟲棲息地遭沖毀破壞，導致登革熱疫情與強降雨之間有時間上的延遲。

3.6.1 情境 A1B 下降雨不同分量風險

圖 3.6.1(左)至圖 3.6.1(右)為當與雨量在 A1B 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1 週時，前鎮區南邊與小港區北邊村里相對風險有些許增加，其值約為 2.0，第 2 週時，楠梓區北邊村里相對風險有些微增加，其值約為 1.5，第 3 週時，楠梓區清豐里、東寧里、五常里、中陽里、惠平里、惠楠里、享平里、前鎮區鎮北里、西甲里、建隆里相對風險些微增加，其值約為 2.0，第 4-6 週時，楠梓區清豐里、東寧里、五常里、中陽里、惠平里、惠楠里、享平里相對風險些微增加，其值約為 2.0，第 7-19 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險並無明顯改變，第 20-23 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險值約介於 1.0-4.0，第 24-32 週時，左營區以南的村里相對風險多介於 1.0-3.5，第 33-40 週時，左營區以南的村里及楠梓區清豐里、東寧里、五常里、中陽里、惠平里、惠楠里、享平里相對風險多介於 1.0-4.0，第 41-43 週時，鼓山區南邊村里、前鎮區西北邊村里、三民區西邊村里相對風險些微增加，其值約為 2.0，第 44-46 週時，楠梓區北邊村里、鼓山區南邊村里、前鎮區西北邊村里與三民區西邊村里相對風險些微增加，其值約為 2.0-4.5，第 47-48 週時，楠梓區、左營區及鼓山區相對風險介於 2.5-5.5，第 49 週時，楠梓區南邊村里、左營區及鼓山區相對風險較高，其值大於 8，第 50 週時，楠梓區南邊村里、左營區及鼓山區北邊村里相對風險較高，其值約為 7.5，第 51-52 週時，前鎮區相對風險較大，其值約為 3.0-6.0。

圖 3.6.1(右)至圖 3.6.3(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A1B 情境下雨量分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-26 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1.4-1.6 例平均病例數，第 28-31 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 32 週時，楠梓區稔田里約有 1 例平均病例數，第 33-40 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 41 週時，苓雅區有兩里出現 1.4-2 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 2 例病例數，第 43 週時，三民區安和里約有 2 里病例，第 44 週時，三民區安和里與安東里約有 2 例病例數，第 45 週時，三民區安東里與安邦里有 2 例病例數，第 46 週時，三民區灣中里、楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里有 2 例病例數，第 47 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 48 週時，三民區新上里有 2 例病例數，第 49 週時，三民區灣愛里與灣中里有 2 例病例數，第 50 週時，前鎮區善美里有 2 例病例數，第 51 週時，前鎮區大德里有 2 例病例數，第 52 週時，前鎮區大德里與福誠里有 2 例病例數。

3.6.2 情境 A2 下降雨不同分量風險

圖 3.6.4(左)至圖 3.6.6(左)為當與雨量在 A2 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-4 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯變化，第 5 週時，楠梓區北邊村里相對風險有些許增加，其值約為 1.5，第 6-21 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯變化，第 22-23 週時，小港區相對風險有些許增加，其值約為 1.5-2.2，第 24-25 週時，楠梓區南邊村里、左營區及鼓山區北邊村里相對風險較高，其值約為 2.0-3.2，第 26-28 週時，楠梓區、左營區及鼓山區相對風險較高，其值介於 1.5-4.0，第 29-33 週時，楠梓區、左營區、鼓山區、三民區、鳳山區與小港區相對風險較高，其值介於 1.3-4.4，第 34-40 週時，除前鎮區外其餘相對風險接介於 1.2-4.2，第 41 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯變化，第 43-47 週時，前鎮區相對

風險較高，其值約介於 2.2-4.2，第 48-52 週時，前鎮區與楠梓區清豐里、東寧里、五常里、中陽里、惠平里、惠楠里、享平里相對風險較高，其值介於 2.0-4.5。

圖 3.6.4(右)至圖 3.6.6(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A2 情境下雨量分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 26 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1 例平均病例數，第 27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 2 例平均病例數，第 28-29 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1 例平均病例數，第 30-31 週時，三民區鼎泰里約有 1 例病例數，第 32 週時，楠梓區稔田里約有 1 例平均病例數，第 33-38 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 39 週時，三民區本元里有 2 例病例數，第 40-41 週時，苓雅區有兩里出現 1.4-2 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 2 例病例數，第 43 週時，前鎮區鎮南里與福誠里約有 1 例病例，第 44 週時，三民區安和里與安東里約有 2 例病例數，第 45 週時，三民區安東里與安邦里有 2 例病例數，第 46 週時，三民區灣中里、楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里有 2 例病例數，第 47 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 48 週時，三民區新上里有 2 例病例數，第 49 週時，三民區灣愛里與灣中里有 2 例病例數，第 50 週時，前鎮區善美里有 2 例病例數，第 51 週時，前鎮區大德里有 2 例病例數，第 52 週時，前鎮區大德里與福誠里有 2 例病例數。

3.6.3 情境 B1 下降雨不同分量風險

圖 3.6.7(左)至圖 3.6.9(左)為當與雨量在 B1 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-3 週時，楠梓區北邊村里與前鎮區相對風險較高，其值約為 2.5-6.0，第 4-21 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險無明顯變化，第 22 週時，楠梓區北邊村里相對風險較高，其值約為 2.5，第 23-30 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險均介於 1.5-4.0，第 31-33 週時，鼓山區南邊村里、鹽埕區、前金區相對風險較高，其值約為 2.0-3.0，第 34-40 週時，三民區及鼓山區相對風險較高，其值約為 2.0-4.0，第 41-45 週時，舊高雄市及高

雄縣鳳山市村里相對風險無明顯變化，第 46-48 週時，鳳山區、苓雅區、三民區、鼓山區、左營區及楠梓區相對風險較高，其值約為 1.5，第 49-52 週時，前鎮區相對風險較高，其值介於 2.0-5.5。

圖 3.6.7(右)至圖 3.6.9(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 B1 情境下雨量分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 26 週時，楠梓區惠楠里與亭平里約有 1 例平均病例數，第 27-40 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 41-42 週時，苓雅區有兩里出現 1-2 例病例數，第 43-50 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 51 週時，前鎮區大德里有 2 例病例數，第 52 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生。

3.6.4 綜合結果討論

本小節討論在不同情境下降雨對於舊高雄市村里及鳳山市村里登革熱相對風險分析及病例的預測。其結果顯示，不同情境下降雨量對登革熱相對風險影響區域不同，且降雨對登革熱疫情的影響明顯大於溫度對於登革熱疫情的影響。此外，病例數預測的時空間分布在不同情境下也不相同。

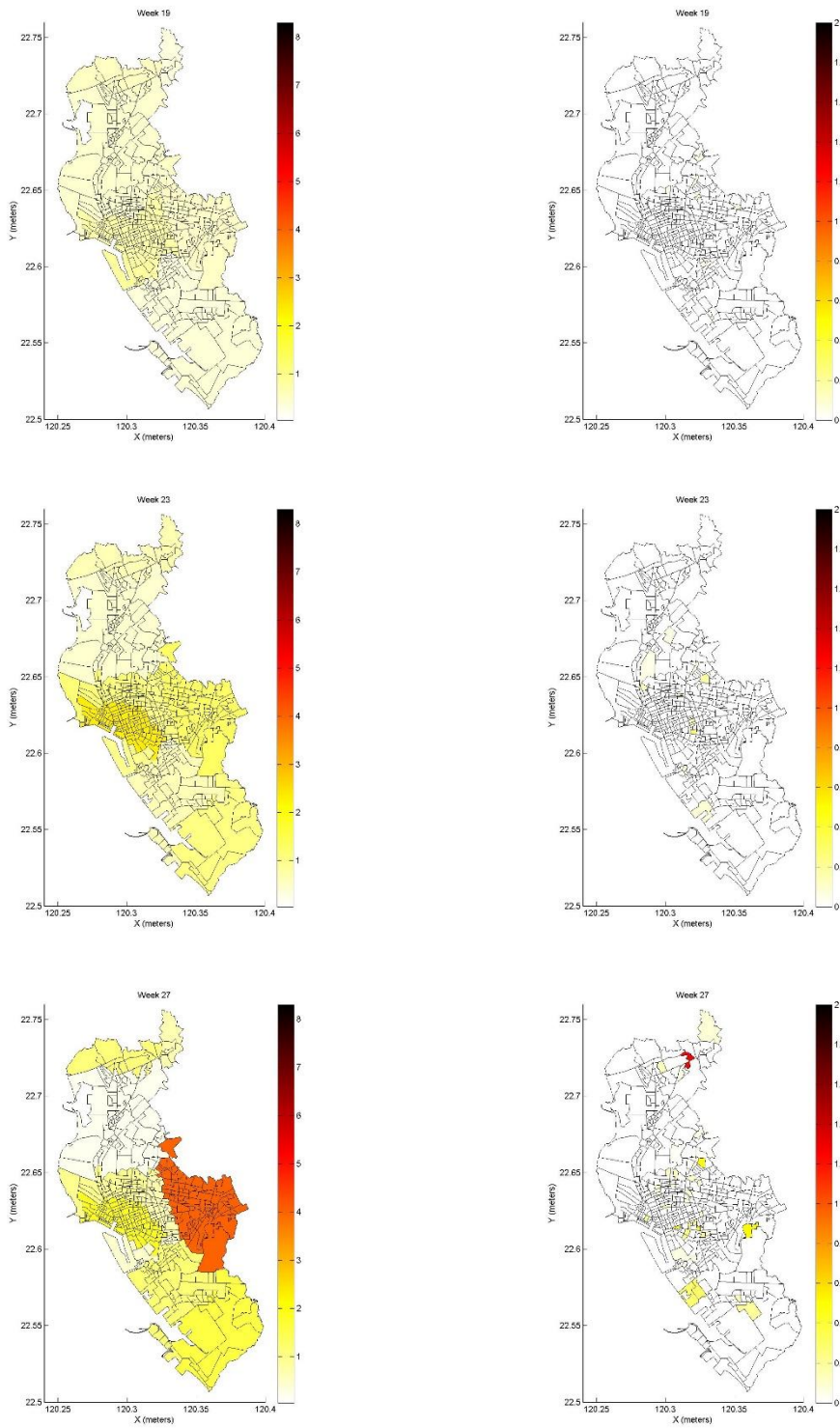


圖 3.6.1 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

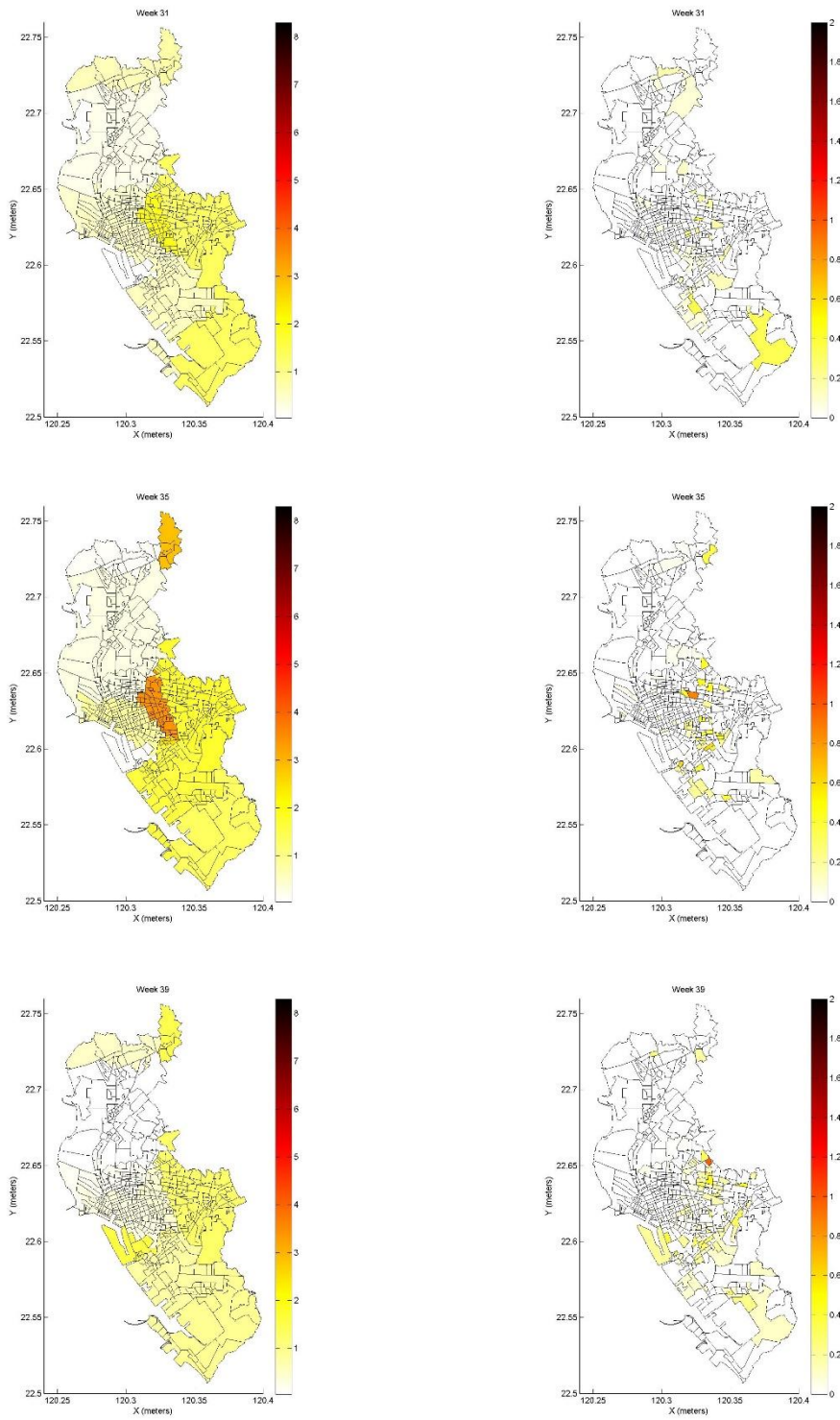


圖 3.6.2 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

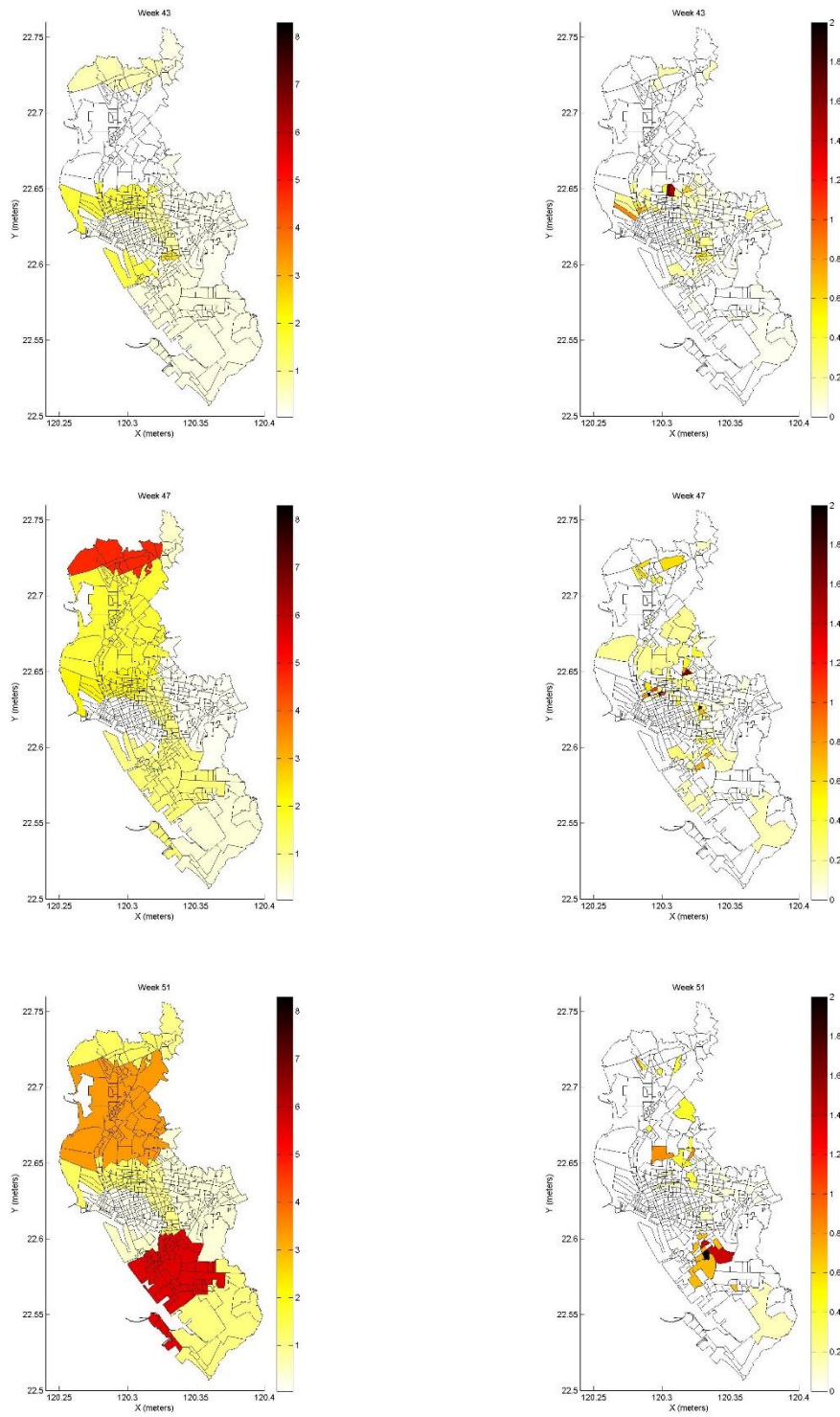


圖 3.6.3 A1B 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

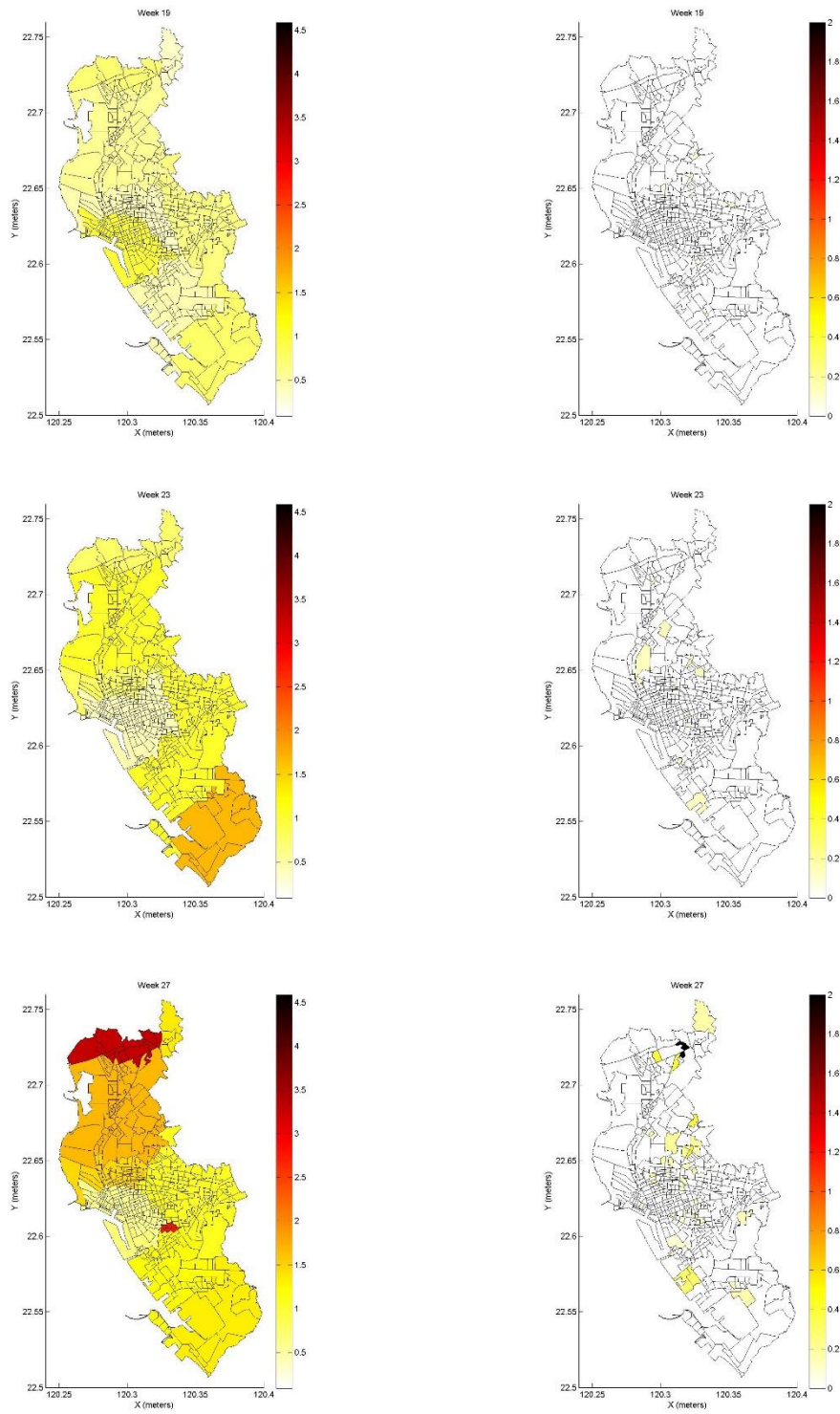


圖 3.6.4 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

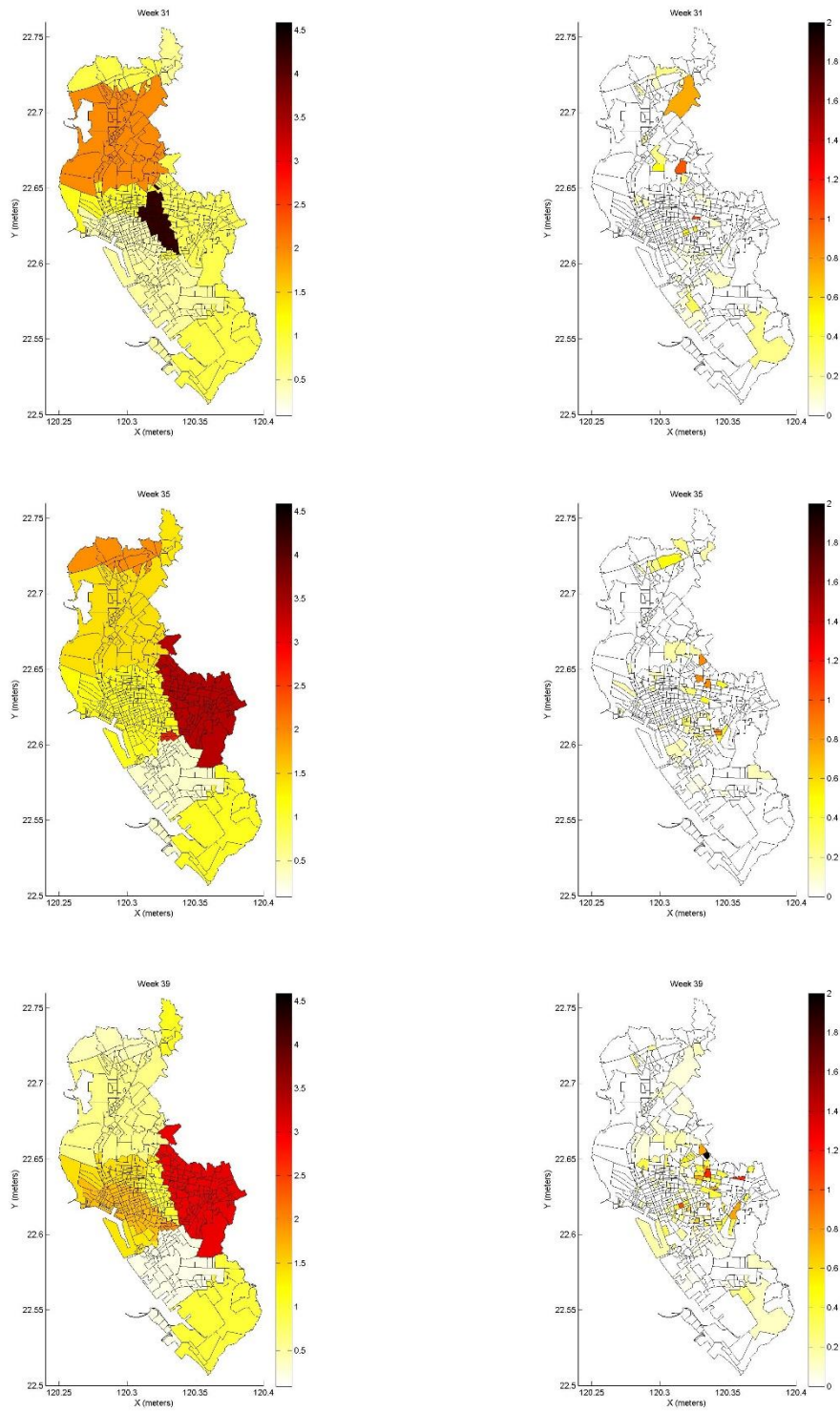


圖 3.6.5 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

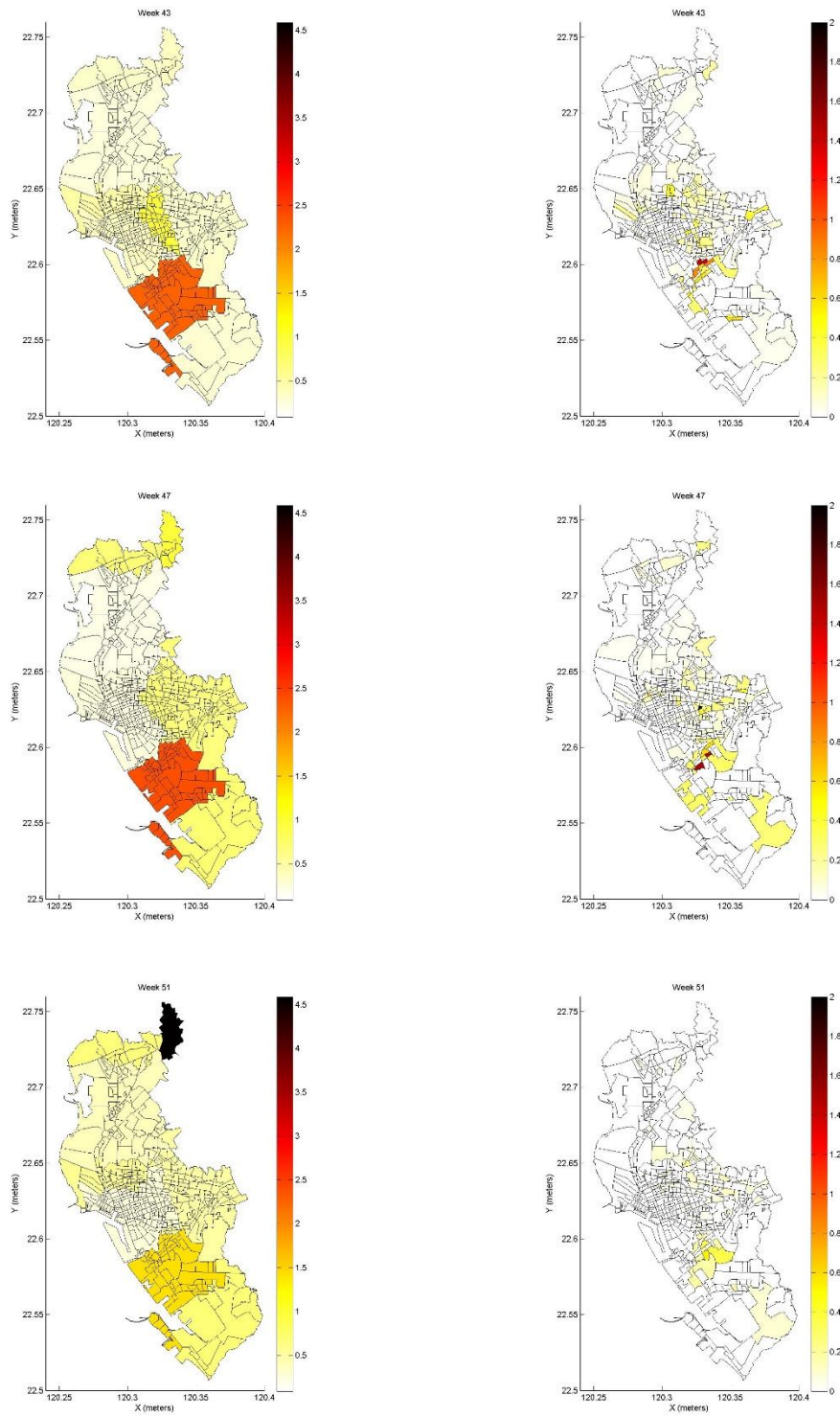


圖 3.6.6 A2 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

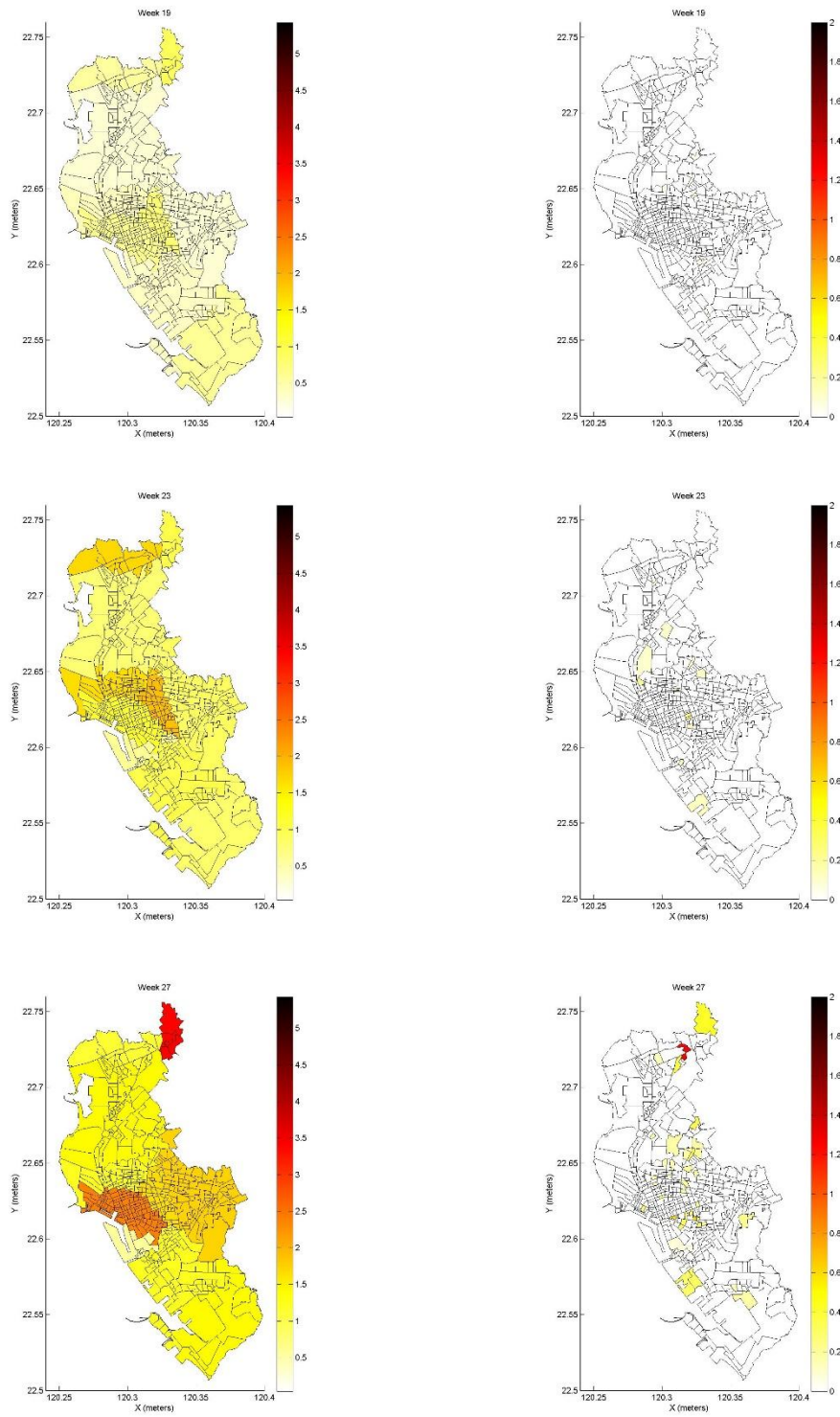


圖 3.6.7 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

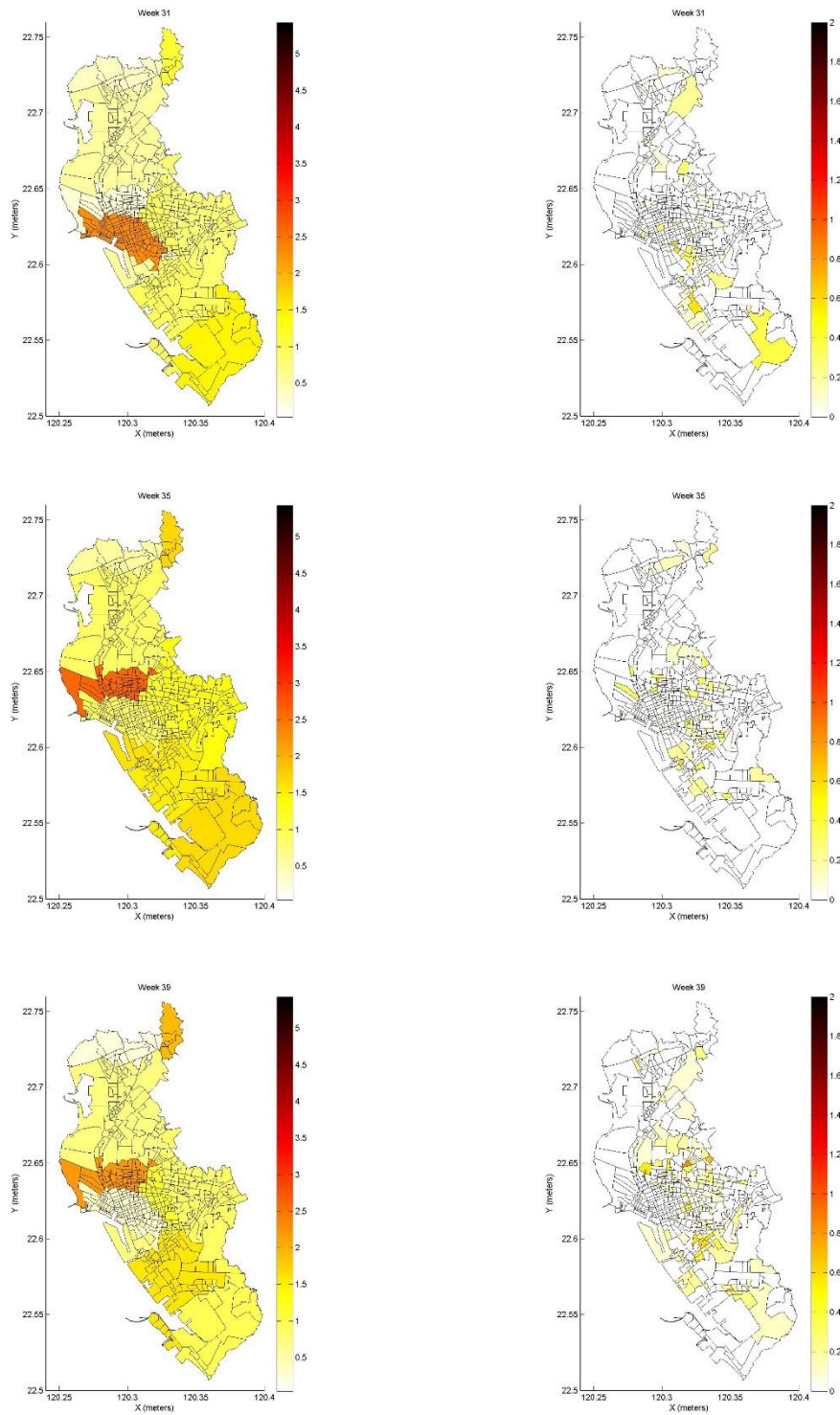


圖 3.6. 8 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

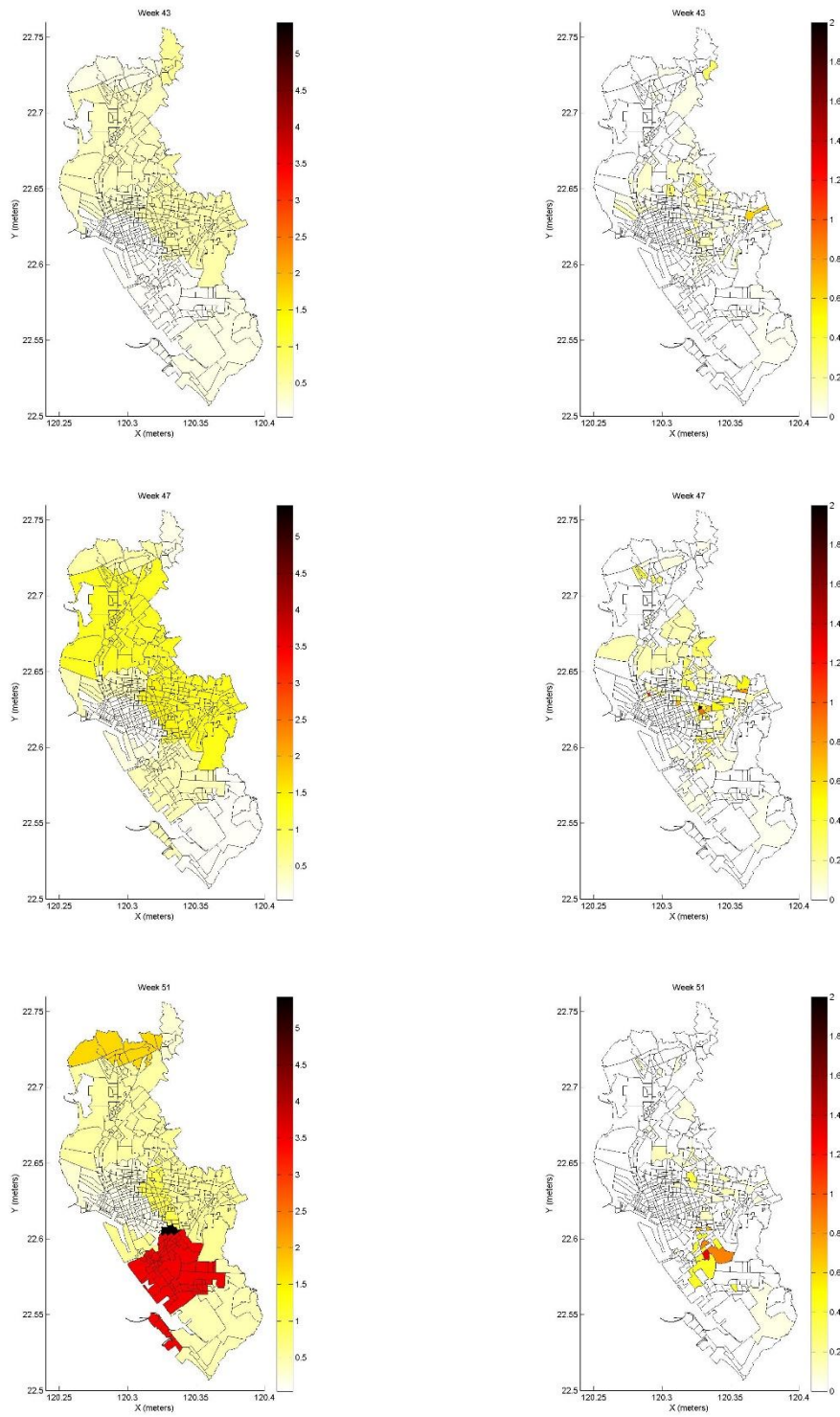


圖 3.6.9 B1 情境下(左)雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

3.7 不同情境下舊高雄市及鳳山市村里溫度降雨風險及登革熱空間相對風險分布

此小節同樣分成三個不同的情境，探討在不同情境，在溫度與降雨兩個氣象因子的影響之下，對於高雄市村里及鳳山市的村里在相對風險上是否有更進一步的了解與發現。

3.7.1 情境 A1B 下溫度降雨風險

圖 3.7.1(左)至圖 3.7.3(左)為當溫度及雨量在 A1B 情境下分量 50% 時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-23 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些微增加，其相對風險值介於 1.0-4.0，第 24-34 週時，鳳山區相對風險較高，其值約為 3.0-6.0，第 35-42 週時，鳳山區、小港區、前鎮區及楠梓區北邊村里相對風險較高，其值約為 3.0-4.0，第 43-44 週時，前鎮區的瑞隆里、瑞華里、武漢里相對風險較高，其值約為 5.0-7.0，第 45 週時，三民區西邊村里與鼓山區東邊村里相對風險較高，其值約為 4.5，第 46-47 週時，楠梓區北邊村里相對風險較高，其值約為 5.0-6.5，第 48-50 週時，楠梓區南邊村里、左營區、三民區與鼓山區相對風險較高，其值約為 6.5-9.0，第 51-52 週時，前鎮區相對風險較高，其值約為 4.5-7.5。

圖 3.7.1(右)至圖 3.7.3(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A1B 情境下溫度及雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 26 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1 例平均病例數，第 27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 2 例平均病例數，第 28 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 2 例平均病例數，第 29-32 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 33 週時，前鎮區合興里有 1 例病例，第 34-36 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 37 週時，鳳山區寶業里有 2 例病例數，第 38 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 39 週時，三民區本元里有 2 例病例數，第 40-41 週時，苓雅區有兩里出現 2-3 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 3 例病例數，第

43 週時，鳳山區海豐里約有 3 例病例數，第 44 週時，三民區安和里與安東里約有 3 例病例數，第 45 週時，三民區安東里與安邦里有 3 例病例數，第 46 週時，三民區灣中里、楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里有 3 例病例數，第 47 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 48 週時，三民區新上里有 3 例病例數，第 49 週時，三民區灣愛里與灣中里有 3 例病例數，第 50 週時，前鎮區善美里有 3 例病例數，第 51 週時，前鎮區大德里有 3 例病例數，第 52 週時，前鎮區大德里與福誠里有 3 例病例數。

3.7.2 情境 A2 下溫度降雨風險

圖 3.7.4(左)至圖 3.7.6(左)為當溫度及雨量在 A2 情境下分量 50%時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-20 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些微增加，其相對風險值介於 1.0-2.5，第 21-23 週時，小港區相對風險較高，其值約為 3.5，第 24-25 週時，楠梓區南邊村里、左營區、鼓山區及三民區相對風險較高，其值約為 3.5-4.5，第 26 週時，前鎮區的瑞隆里、瑞華里、武漢里相對風險較高，其值約為 4.5，第 27-29 週時，楠梓區北邊村里相對風險較高，其值約為 3.0-5.0，第 30-34 週時，新興區、三民區南邊村里與苓雅區北邊村里相對風險較高，其值約為 4.0-5.5，第 35-40 週時，鳳山區相對風險較高，其值約為 3.0-5.0，第 41-48 週時，前鎮區相對風險較大，其值約為 2.0-5.5，第 49-52 週時，楠梓區清豐里、東寧里、五常里、中陽里、惠平里、惠楠里、享平里相對風險較高，其值約為 2.5-5.5。

圖 3.7.4(右)至圖 3.7.6(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 A2 情境下溫度及雨量分量為 50%時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 26-29 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1-3 例平均病例數，第 30 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 31 週時，三民區鼎泰里有 1 例平均病例數，第 32 週時，楠梓區稔田里有 2 例平均病例數，第 34-36 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 37 週時，鳳山區寶業里有 2 例病例數，第 38 週時，舊高雄市及高雄

縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 39 週時，三民區本元里有 2 例病例數，第 40-41 週時，苓雅區有兩里出現 2-3 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 3 例病例數，第 43 週時，鳳山區海豐里約有 3 例病例數，第 44 週時，三民區安和里與安東里約有 3 例病例數，第 45 週時，三民區安東里與安邦里有 3 例病例數，第 46 週時，三民區灣中里、楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里有 3 例病例數，第 47 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 48 週時，三民區新上里有 3 例病例數，第 49 週時，三民區灣愛里與灣中里有 3 例病例數，第 50 週時，前鎮區善美里有 3 例病例數，第 51 週時，前鎮區大德里有 3 例病例數，第 52 週時，前鎮區大德里與福誠里有 3 例病例數。

3.7.3 情境 B1 下溫度降雨風險

圖 3.7.7(左)至圖 3.7.9(左)為當溫度及雨量在 B1 情境下分量 50% 時舊高雄市及高雄縣鳳山市村里之相對風險圖，第 1-23 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險有些微增加，其相對風險值介於 1.0-2.5，第 24-26 週時，鳳山區相對風險較高，其值約為 3.0-6.0，第 27-28 週時，楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里相對風險較高，其值約為 4.5，第 29-32 週時，前鎮區的瑞隆里、瑞華里、武漢里相對風險較高，其值約為 5.0-7.0，第 33-40 週時，鼓山區東邊村里與鹽埕區及前金區相對風險較高，其值約為 3.5-5.0，第 41-43 週時，鳳山市南邊鄉鎮相對風險較高，其值約為 2.0-3.2，第 44-48 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里相對風險值均介於 1.5-2.5，第 49-52 週時，前鎮區相對風險較高，其值約為 3.5-5.0。

圖 3.7.7(右)至圖 3.7.9(右)為舊高雄市及高雄縣鳳山市村里在 B1 情境下溫度及雨量分量為 50% 時對未來各週可能發生之潛勢平均病例數，第 1-25 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 26-27 週時，楠梓區惠楠里與享平里約有 1-2 例平均病例數，第 28-32 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 33 週時，前鎮區合興里有 1 例病例，第 34-36 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 37 週時，前鎮區港正里有 1 例病例數，第 38 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 39 週時，三民區

本元里有 2 例病例數，第 40-41 週時，苓雅區有兩里出現 2-3 例病例數，第 42 週時，鼓山區寶樹里約有 3 例病例數，第 43 週時，鳳山區海豐里約有 3 例病例數，第 44 週時，三民區安和里與安東里約有 3 例病例數，第 45 週時，三民區安東里與安邦里有 3 例病例數，第 46 週時，三民區灣中里、楠梓區加昌里、惠楠里、惠平里與五常里有 3 例病例數，第 47 週時，舊高雄市及高雄縣鳳山市村里無明顯病例發生，第 48 週時，三民區新上里有 3 例病例數，第 49 週時，三民區灣愛里與灣中里有 3 例病例數，第 50 週時，前鎮區善美里有 3 例病例數，第 51 週時，前鎮區大德里有 2 例病例數，第 52 週時，前鎮區大德里與福誠里有 3 例病例數。

3.7.4 綜合結果討論

利用不同情境下的溫度及降雨探討對於舊高雄市村里及鳳山市村里登革疫情相關風險的分析，結果顯示，在村里尺度上，單獨以雨量做為考量針對登革熱相關風險之探討，其相對風險值大於以溫度及降雨兩氣象因子作為考量的相對風險值，此結果顯示，高雄市村里尺度的登革熱疫情可以與降雨量較有相關性，且對登革熱病例數有明顯的影響。

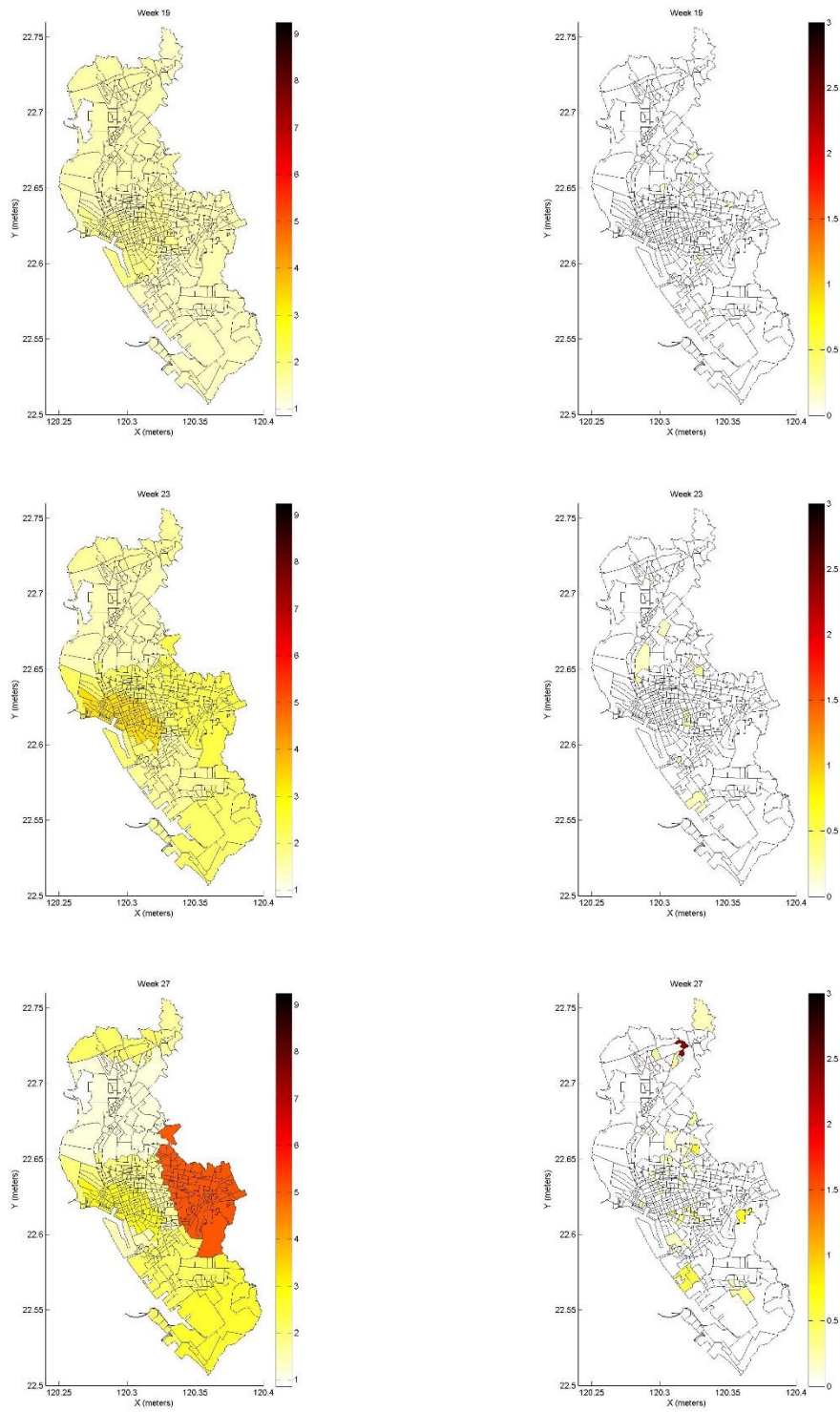


圖 3.7.1 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

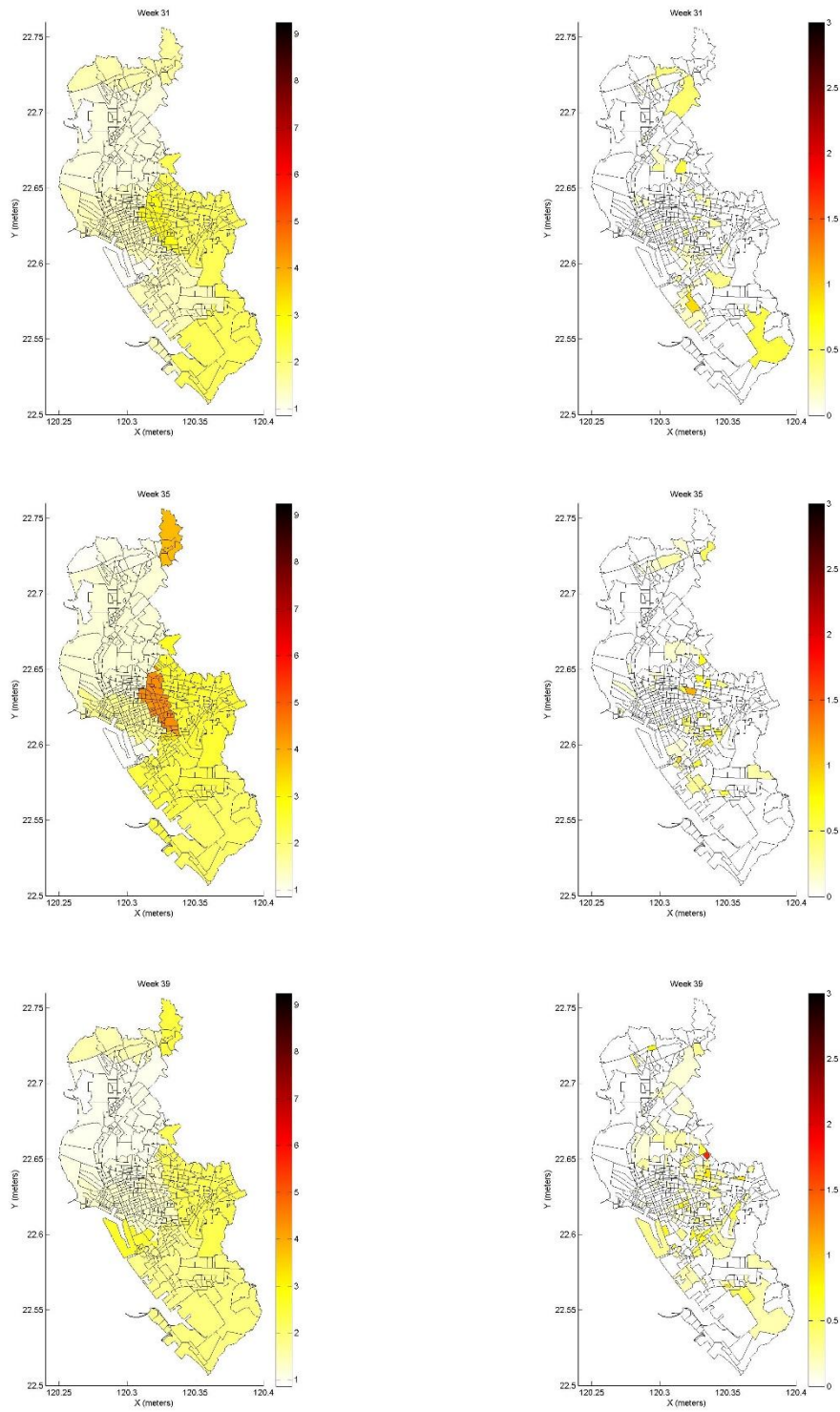


圖 3.7.2 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風
險值(右)及各村里平均病例數

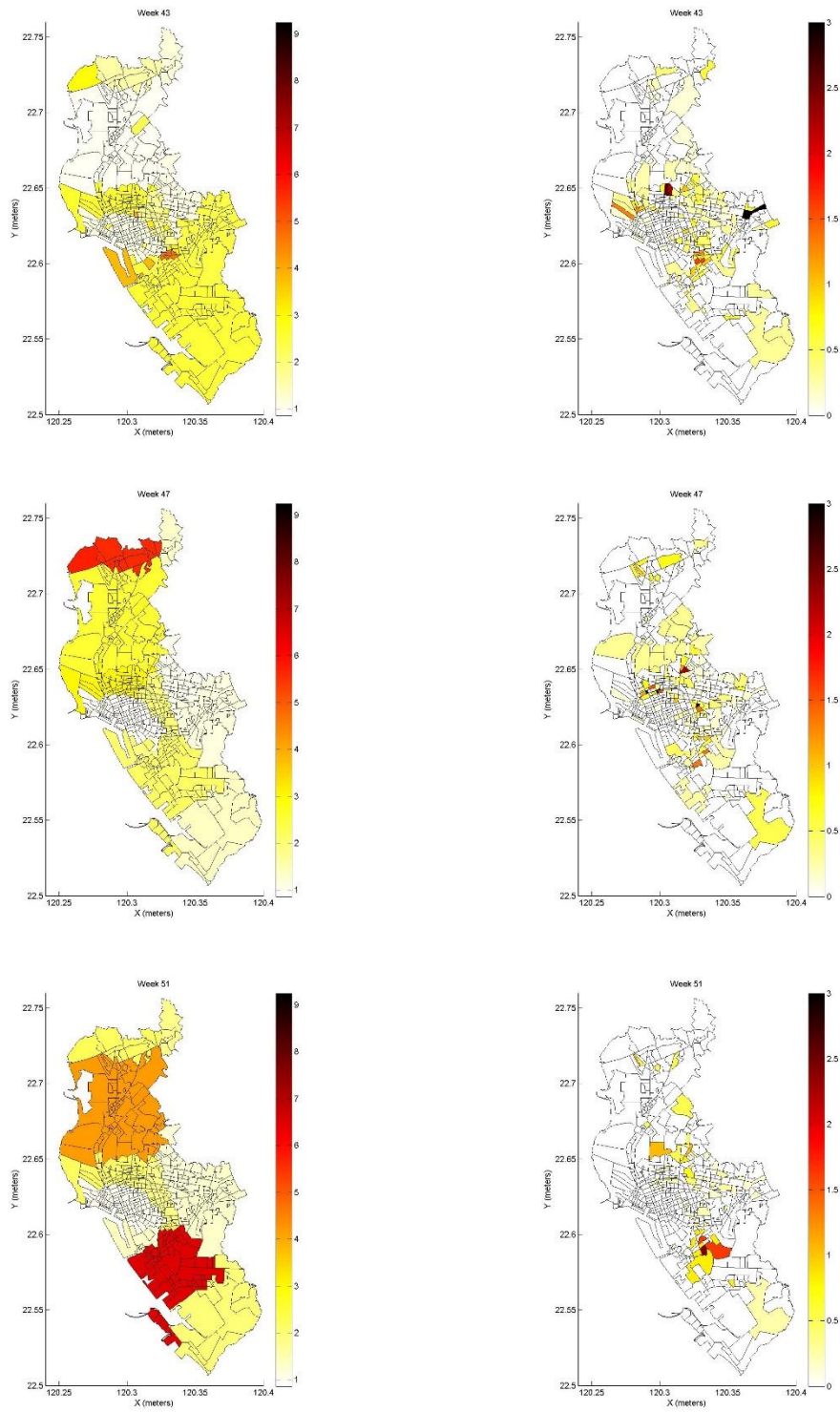


圖 3.7.3 A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風
險值(右)及各村里平均病例數

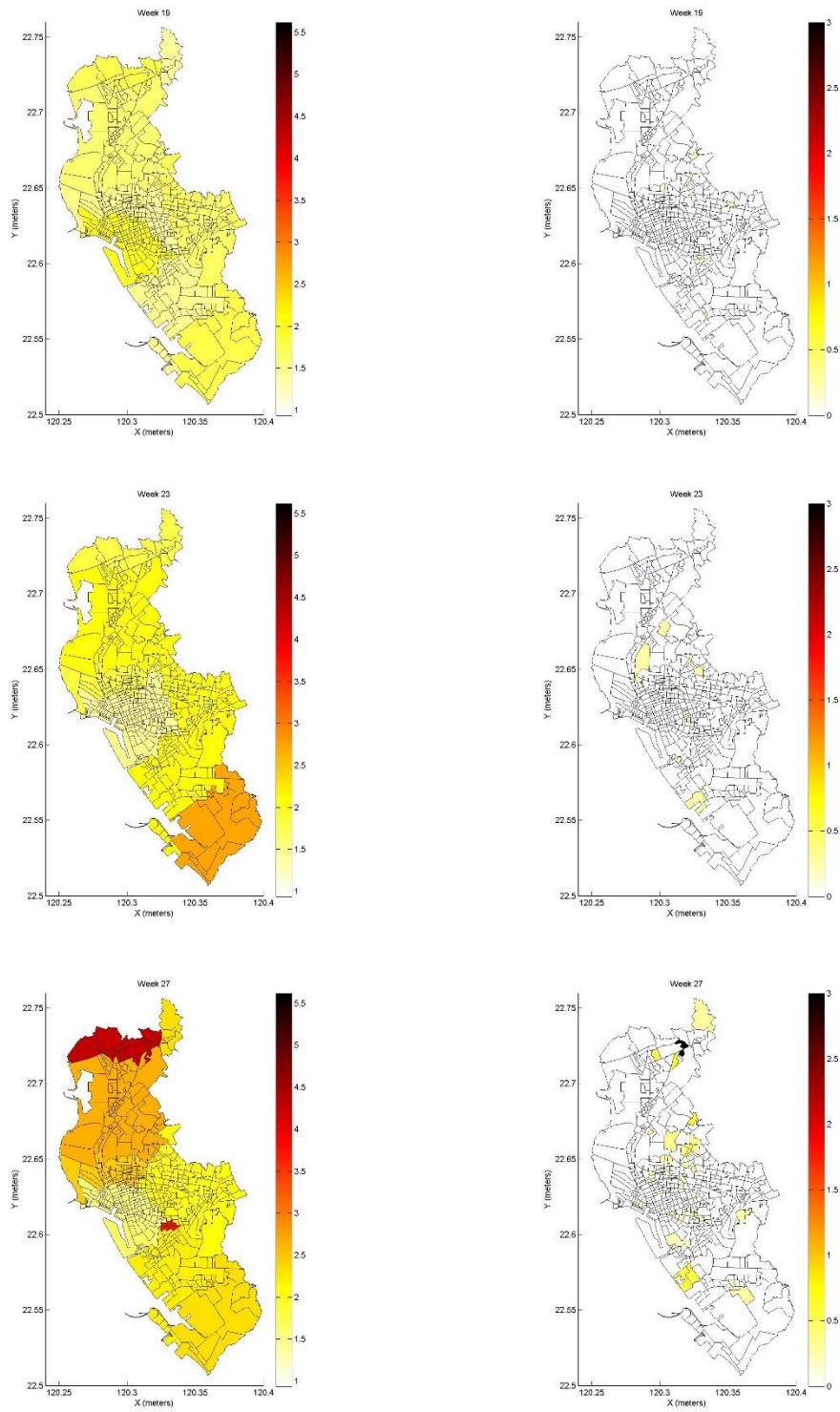


圖 3.7.4 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

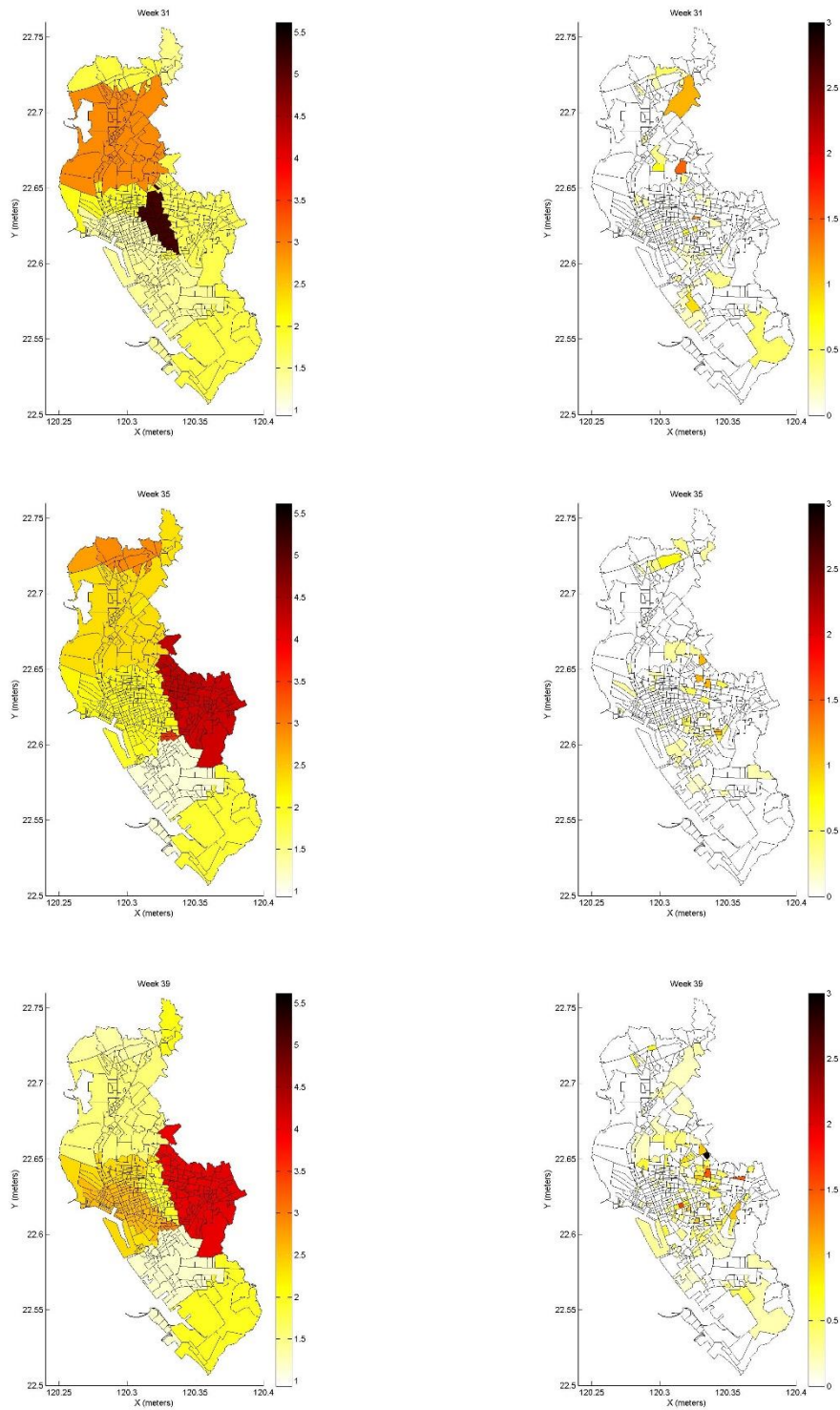


圖 3.7.5 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

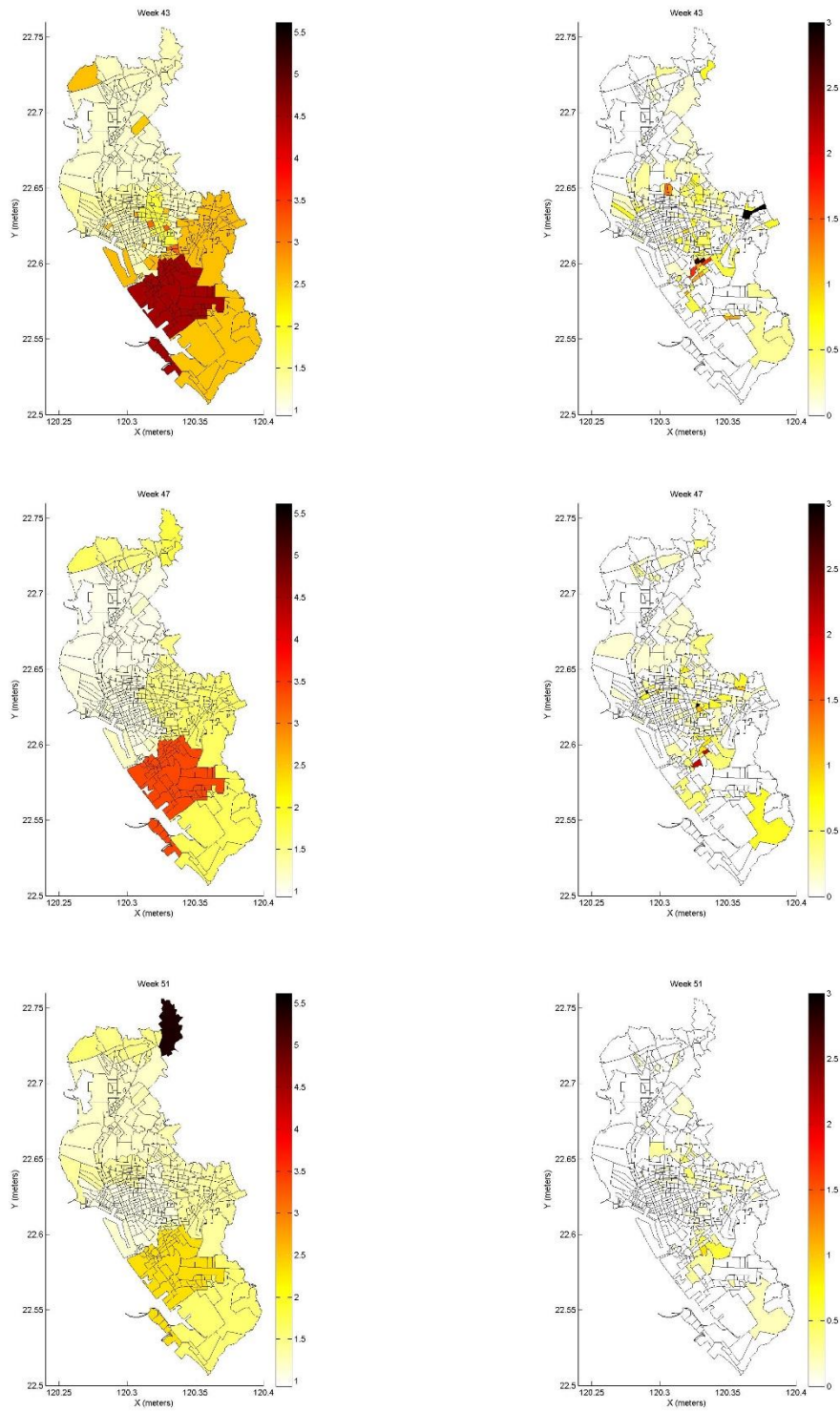


圖 3.7.6 A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

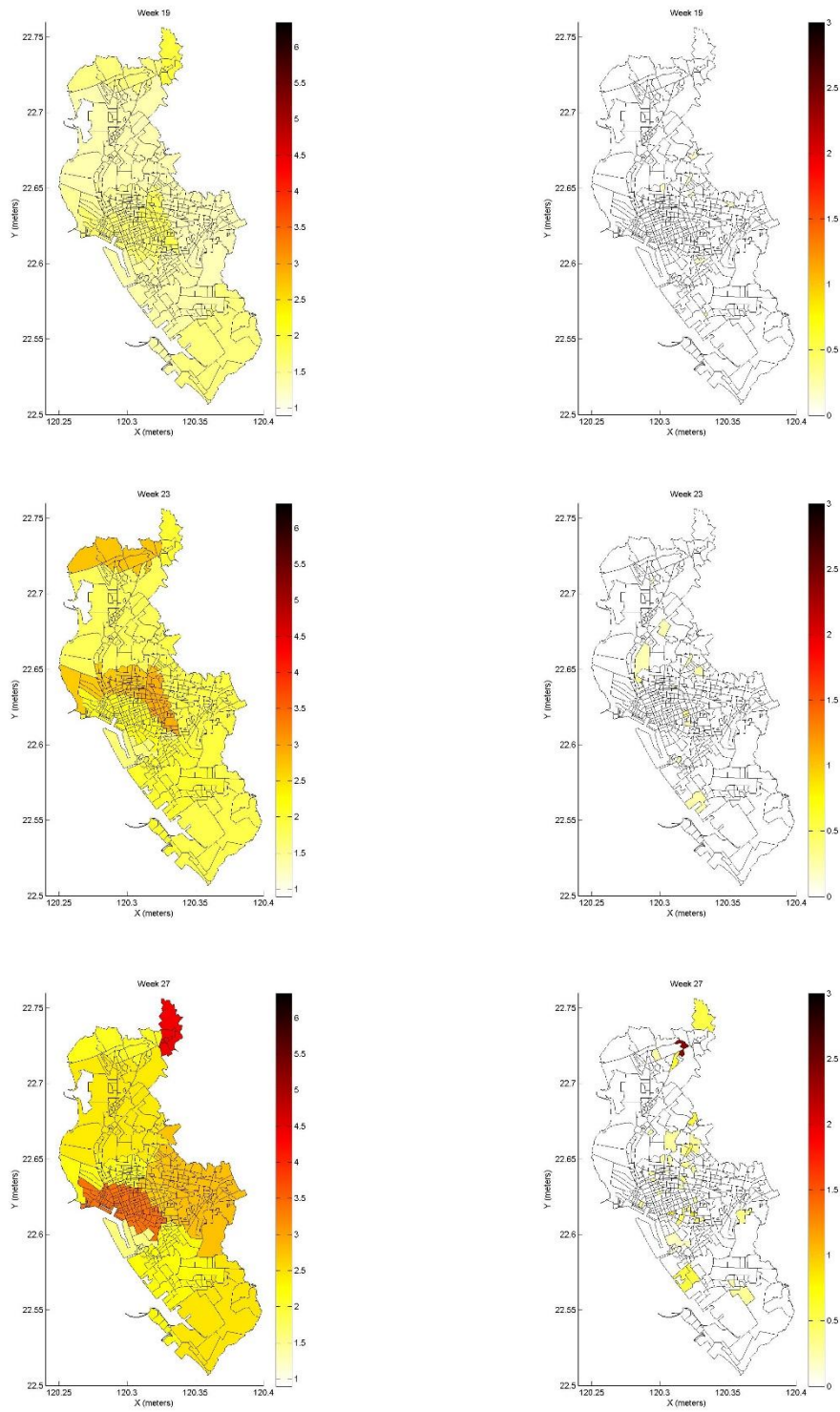


圖 3.7.7 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

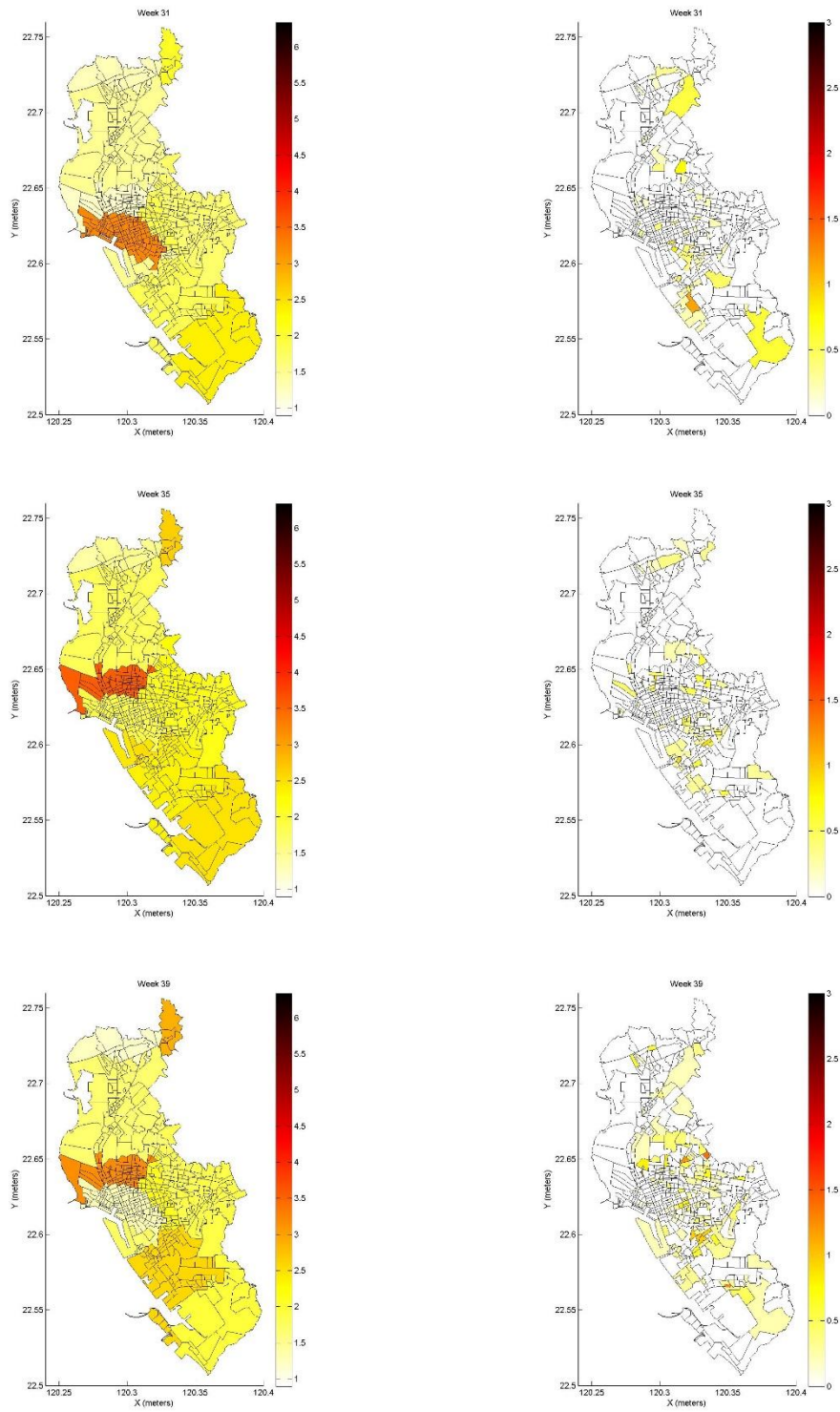


圖 3.7.8 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

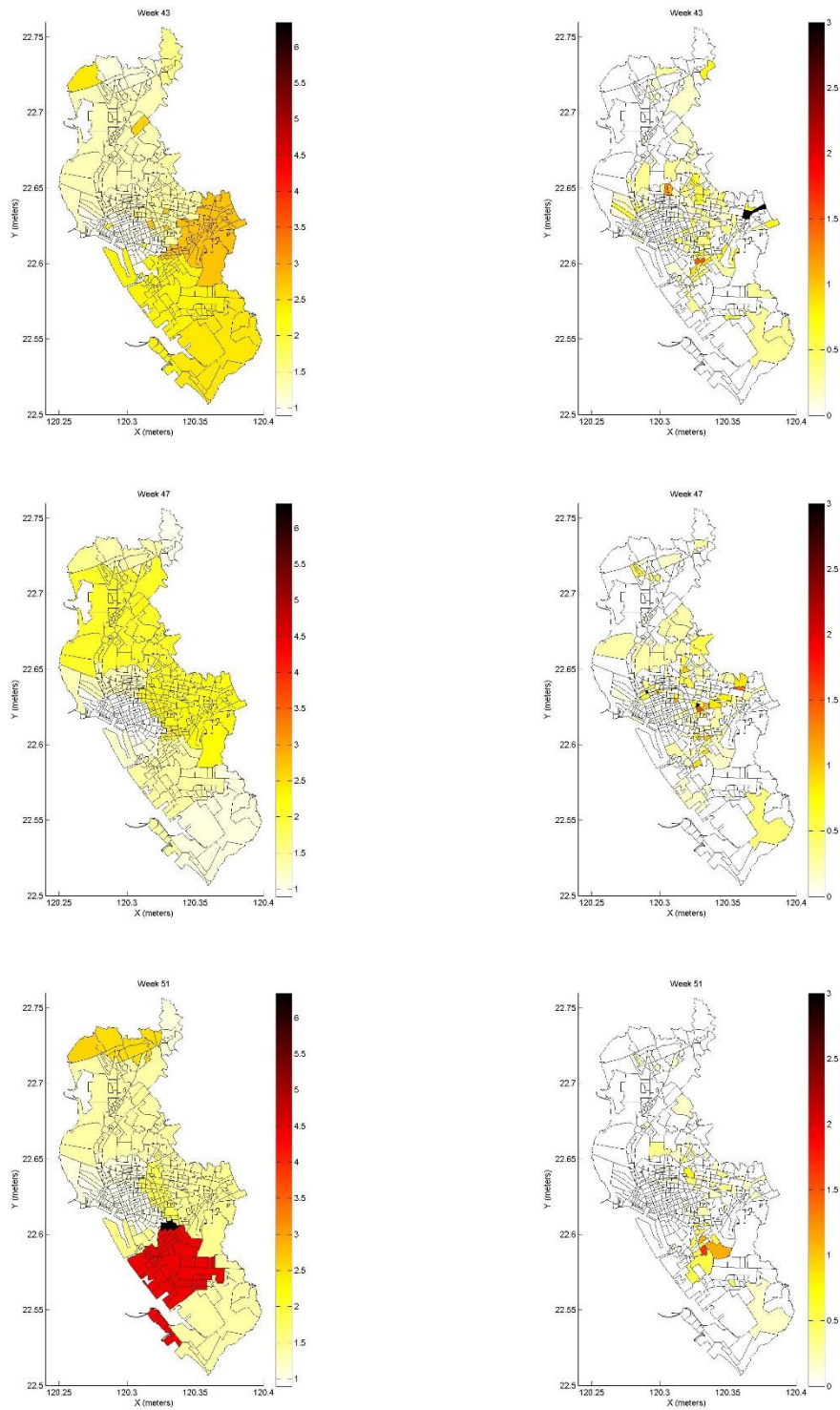


圖 3.7.9 B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 50%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

四、結論與建議

4.1 結論

1. 本年度計畫延續 101 年計畫，針對氣候變遷議題探討在未來不同情境的氣候條件下，對於南臺灣地區登革熱風險的評估。氣候變遷影響大尺度環流，進而在一段時間後影響東亞及台灣地區的溫度及降雨。
2. 以不同的氣候指數，利用去年的雙因子非線性分布延遲模型，可以得到在不指數在不同延遲時間對於溫度及降雨相關性，此結果顯示氣候指數對於台灣或東亞地區氣象影響時間有大約 1-2 季的延遲。
3. 經濟部水利署氣候變遷水文評估研究(1/2)產生的雨量資料，將未來降雨採用最劣情境，在產生降雨資料時分別將 A1B 情境下的 24 個 GCMs 的月雨量變化率計算其平均值之後，在豐水期時(5-10 月)的雨量值加上一倍標準偏差，在枯水期時(11-4 月)減去一倍標準偏差，其結果在於模擬出未來可能的極端降雨或乾旱。
4. 在利用登革熱病例測模型驗證 2012 年南臺灣登革熱發病數中，由模型預測結果，可以獲得登革熱發病潛勢在時間及空間上的分布情形，模型約略可以在登革熱爆發前 2 至 3 週預測出一爆發趨勢，可提供防疫單位在未來進行防疫工作針對特定時間及地理區域的依據。此登革熱病例數預測模型在對於複雜的時空間因子所影響的極端病例數預測上，依然有其困難，因此，未來在改進預測模型上，可結合其他地理統計方法，進行時空間分析，使模型預測結果能更為精進。
5. 利用不同的情境資料及不同的溫度分量值，分析未來短期溫度的變化對於南臺灣鄉鎮登革熱相對風險關係。結果顯示在未來溫度變化下溫度造成的相對風險值，三個不同情境下的相對風險值並無太大差異存在，各

情境下所預測的登革熱空間分布也頗為相同，僅在不同分量溫度值會有分量上的差異造成病例數預測數不相同現象存在。

6. 利用不同情境下雨量值做為未來氣候變遷條件下雨量造成的相對風險分析，結果顯示三個不同情境下的相對風險值並無太大差異，原因可能在於三個情境的降雨變化率頗接近，因此在計算不同情境雨量上並無太大的差異存在。
7. 利用不同情境下溫度及降雨對登革熱疫情作未來氣候變遷條件下溫度及降雨造成的相對風險分析，結果顯示若同時考慮溫度及降雨對登革熱造成的相對風險，其相對風險值高於單純考慮雨量值或是溫度值時的相對風險，此外，結果也顯示風險值較高不一定會有較多的病例數發生，此外，結果也顯示，氣象因子對於登革熱疫情的影響兩者之間存在這一個時間上的延遲效應。
8. 不同的情境下溫度對於高雄市村里登革熱疫情的相對風險值並不明顯，而且在不同分量下的相對風險值差異性不大。此外，在登革熱的病例數預測上，不同情境下所預測出來的病例數值幾乎是差不多的，由此結果可以得知，溫度在村里尺度下的變化以及對於登革熱的相對風險值影響並不明顯。
9. 降雨在村里尺度上對登革熱疫情的影響明顯大於溫度對於登革熱疫情的影響，且當雨量所造成的相對風險值上升時，村里的病例數也會有增加之趨勢，且兩者之間可能存在著約 4 星期的時間上延遲關係。
10. 同時考慮溫度及降雨兩氣象因子對村里尺度的登革熱風險值明顯大於單獨考慮溫度或降雨時的相對風險值，顯示一固定範圍數值內之降雨與溫度在登革熱疫情的程度有相當的重要性存在，且對於登革熱病例數的增加有較明顯的影響。

4.2 建議

1. 本計畫針對在氣候變遷議題下，探討在未來不同情境的氣候條件，對於南臺灣地區登革熱相對風險在空間時間上的影響。結果顯示無論何種情境下，多數皆對南臺灣登革熱疫情相對風險有增加之趨勢，因此，在研究中所得對於氣象因子較為敏感的區域，應可提供相關防疫單位進行防疫措施。
2. 利用登革熱病例測模型驗證 2012 年南臺灣登革熱發病數中，由模型預測結果，可以獲得登革熱發病潛勢在時間及空間上的分布情形，模型約略可以在登革熱爆發前 2 至 3 週預測出一爆發趨勢，可提供防疫單位在未來進行防疫工作針對特定時間及地理區域的依據。此登革熱病例數預測模型在對於複雜的時空間因子所影響的極端病例數預測上，依然有其困難，因此，未來在改進預測模型上，可結合其他地理統計方法，進行時空間分析，使模型預測結果能更為精進。
3. 本計畫在推估鄉鎮雨量資料時，使用與鄉鎮最為鄰近的雨量測站作為該鄉鎮雨量值，因在整個南臺灣研究區域內，使用的雨量測站只有 23 站，且在空間上分布不均，可能導致多個鄉鎮使用同一測站的雨量資料(例如：兩鄉鎮相距 20 公里，降雨值相同)，但與實際情形不符，在計算相對風險時，可能在鄉鎮尺度方面產生誤差，因此，未來在針對雨量分析時，可分析更多的雨量測站資料，使得空間尺度上更為細緻。
4. 登革熱的傳播與發生，不僅僅與氣象因子有相關性存在，其地理環境因子與人類行為(如防疫措施、移動等)也會對於登革熱疫情有著顯著影響，因此模型也許無法準確預測，但卻可提供相關單位作為預警之參考。

五、參考文獻

- Ashok, Karumuri, Guan, Zhaoyong, & Yamagata, Toshio. (2001). Impact of the Indian Ocean dipole on the relationship between the Indian monsoon rainfall and ENSO. *Geophysical Research Letters*, 28(23), 4499-4502.
- Å ström, Christofer, Rocklöv, Joacim, Hales, Simon, Béguin, Andreas, Louis, Valerie, & Sauerborn, Rainer. (2013). Potential Distribution of Dengue Fever Under Scenarios of Climate Change and Economic Development. *EcoHealth*, 1-7.
- Bhattacharya, Sumana, Sharma, C, Dhiman, RC, & Mitra, AP. (2006). Climate change and malaria in India. *CURRENT SCIENCE-BANGALORE*-, 90(3), 369.
- Caminade, Cyril, Medlock, Jolyon M, Ducheyne, Els, McIntyre, K Marie, Leach, Steve, Baylis, Matthew, & Morse, Andrew P. (2012). Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of The Royal Society Interface*, 9(75), 2708-2717.
- Cheng, CS, Li, G, Li, Q, & Auld, H. (2008). Statistical downscaling of hourly and daily climate scenarios for various meteorological variables in south-central Canada. *Theoretical and Applied Climatology*, 91(1-4), 129-147.
- Elzen, M den. (1994). *Global environmental change: an integrated modelling approach*: Jan van Arkel (International Books).
- Focks, DA, Haile, DG, Daniels, E, & Mount, GA. (1993). Dynamic life table model for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): analysis of the literature and model development. *Journal of medical entomology*, 30(6), 1003-1017.
- Gasparri, A, Armstrong, B, & Kenward, MG. (2010). Distributed lag non-linear models. *Statistics in medicine*, 29(21), 2224-2234.

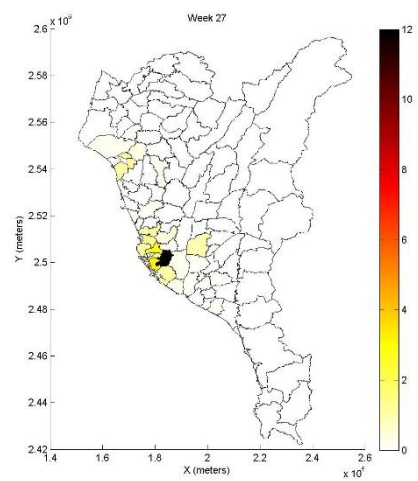
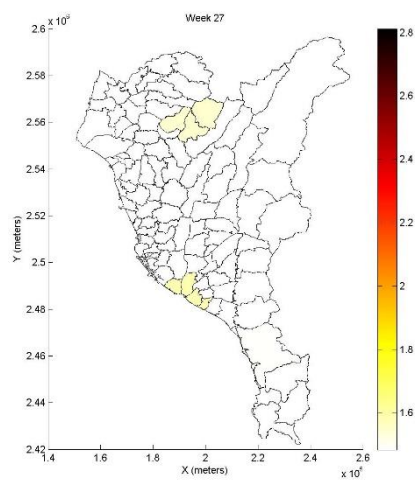
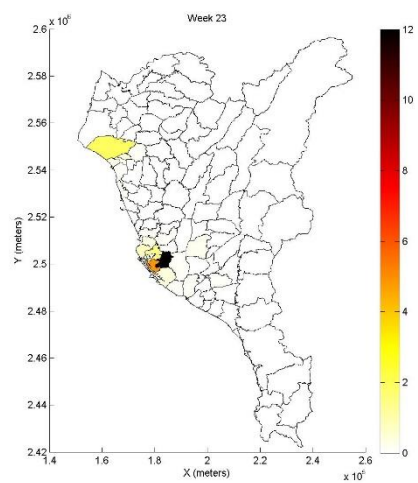
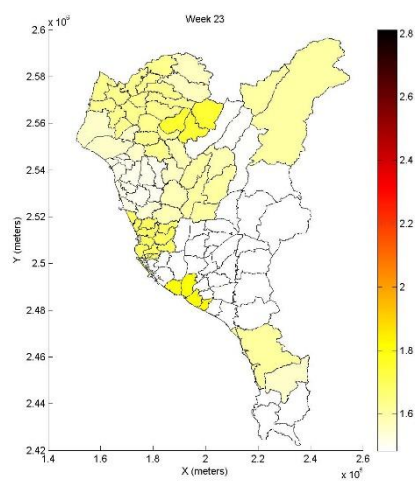
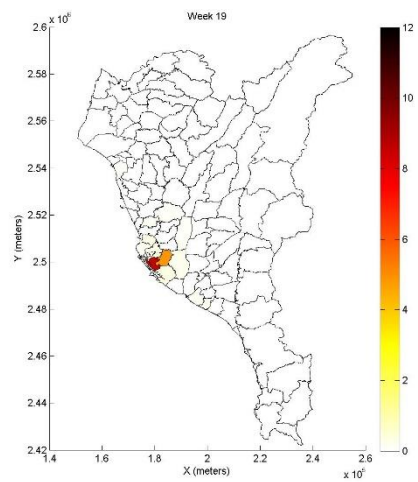
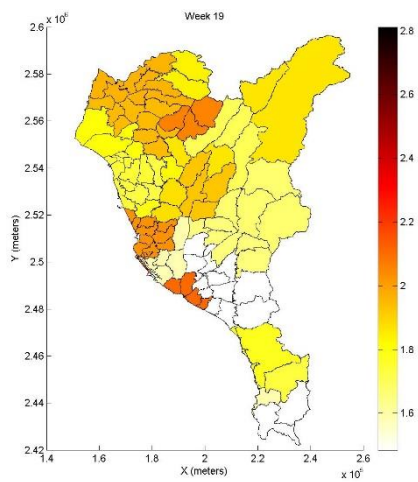
- Hales, Simon, de Wet, Neil, Maindonald, John, & Woodward, Alistair. (2002). Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *The Lancet*, 360(9336), 830-834.
- Hopp, Marianne J. (2000). *Seasonal Forecasts of the Dengue Vector*. Paper presented at the Proceedings of the Annual Climate Diagnostics Workshop.
- Kalkstein, Laurence S, & Greene, J Scott. (1997). An evaluation of climate/mortality relationships in large US cities and the possible impacts of a climate change. *Environmental health perspectives*, 105(1), 84.
- Luo, Jing-Jia, Zhang, Ruochao, Behera, Swadhin K, Masumoto, Yukio, Jin, Fei-Fei, Lukas, Roger, & Yamagata, Toshio. (2010). Interaction between El Niño and extreme Indian ocean dipole. *Journal of Climate*, 23(3), 726-742.
- Martens, P, Kovats, RS, Nijhof, S, De Vries, P, Livermore, MTJ, Bradley, DJ, . . . McMichael, AJ. (1999). Climate change and future populations at risk of malaria. *Global Environmental Change*, 9, S89-S107.
- Martens, Willem JM, Jetten, THEO H, & Focks, Dana A. (1997). Sensitivity of malaria, schistosomiasis and dengue to global warming. *Climatic change*, 35(2), 145-156.
- Martens, Willem Jozef Meine, Rotmans, Jan, & Niessen, Louis Wilhelmus. (1994). Climate Change and Malaria Risk; an integrated modelling approach. *RIVM Rapport 461502003, GLOBO report series 3*.
- Martens, WJ, Niessen, Louis W, Rotmans, Jan, Jetten, Theo H, & McMichael, Anthony J. (1995). Potential impact of global climate change on malaria risk. *Environmental health perspectives*, 103(5), 458.
- Parham, Paul Edward, & Michael, Edwin. (2010). Modeling the effects of weather and climate change on malaria transmission. *Environmental health perspectives*, 118(5), 620.

- Park, Chung-Kyu, & Schubert, Siegfried D. (1997). On the nature of the 1994 East Asian summer drought. *Journal of climate*, 10(5), 1056-1070.
- Parthasarathy, B, Munot, AA, & Kothawale, DR. (1995). *Monthly and seasonal rainfall series for All-India homogeneous regions and meteorological subdivisions, 1871-1994*: Indian Institute of Tropical Meteorology.
- Patz, Jonathan A, Martens, WJ, Focks, Dana A, & Jetten, Theo H. (1998). Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environmental Health Perspectives*, 106(3), 147.
- Rogers, David J, & Randolph, Sarah E. (2000). The global spread of malaria in a future, warmer world. *Science*, 289(5485), 1763-1766.
- Rotmans, Jan. (1990). *IMAGE: an integrated model to assess the greenhouse effect* (Vol. 1): Springer.
- Van Lieshout, M, Kovats, RS, Livermore, MTJ, & Martens, P. (2004). Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14(1), 87-99.
- Yamagata, Toshio, Behera, Swadhin K, Rao, Suryachandra A, Guan, Zhaoyong, Ashok, Karumuri, & Saji, Hameed N. (2002). The Indian Ocean dipole: a physical entity. *Clivar Exchanges*, 24(7), 2.
- 王振剛. (2011). 宜蘭地面降雨之統計降尺度推估: 以 IPCC-SRA2 情境為例. 臺灣大學生物環境系統工程學研究所學位論文(2011 年).
- 王根樹. (1999). 台灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評析-公共衛生.
- 柳中明, & 吳佳瑜. (1998). 1997 全球氣象災害分析.
- 許晃雄. (2001). 淺談氣候變遷的科學: 科學發展月刊.

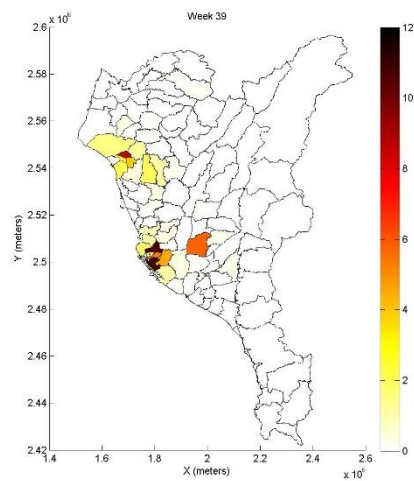
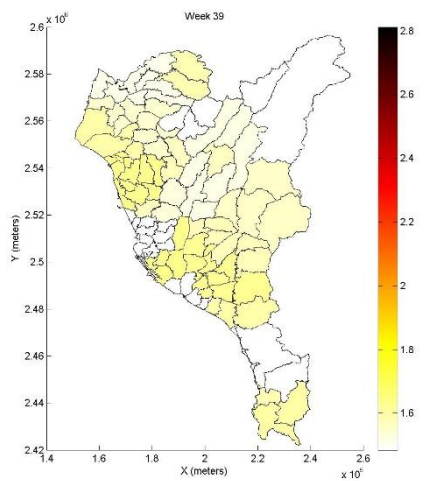
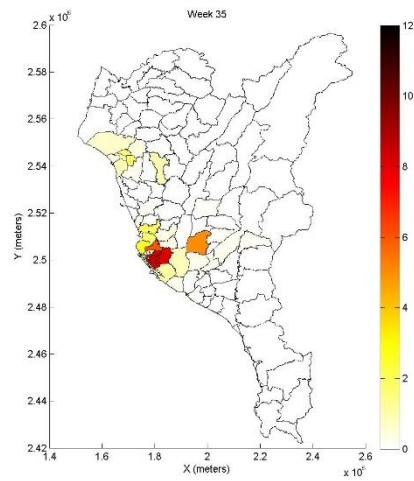
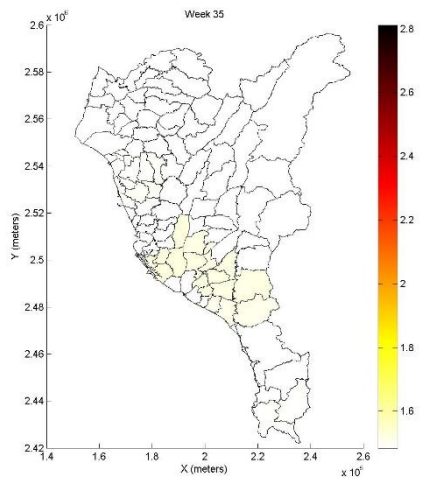
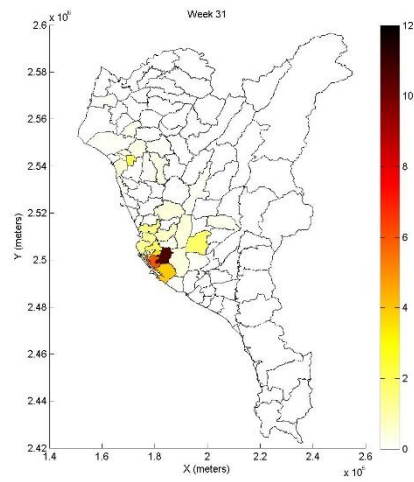
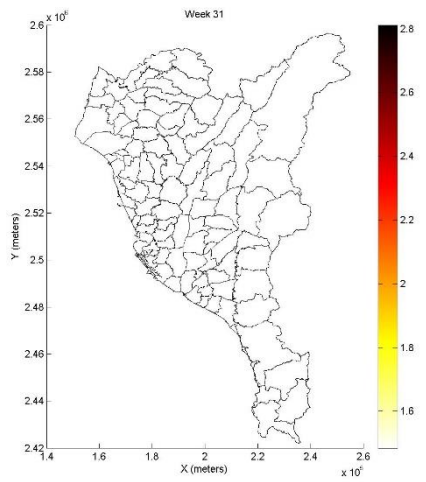
陳憲宗, 曾宏偉, 林錦源, 楊道昌, & 游保杉. (2011). 氣候變遷情境下曾文水庫集水區水文乾旱特性推估. *農業工程學報*, 57(3), 44-60.

童慶斌, & 張倉榮. (2008). 氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究-子計畫: 水庫系統在變遷氣候中之脆弱度評估與支援決策技術發展 (I)

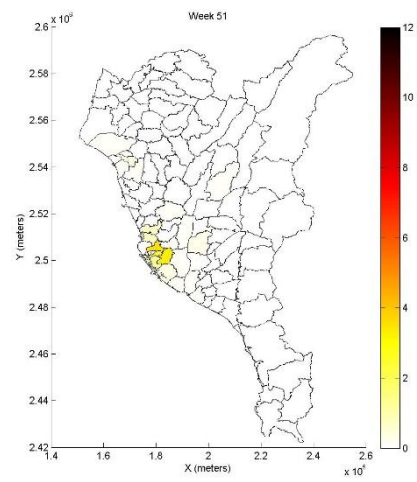
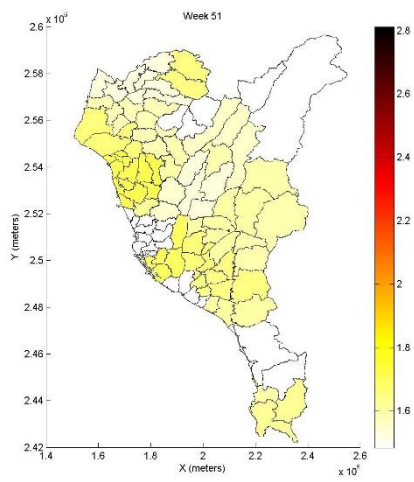
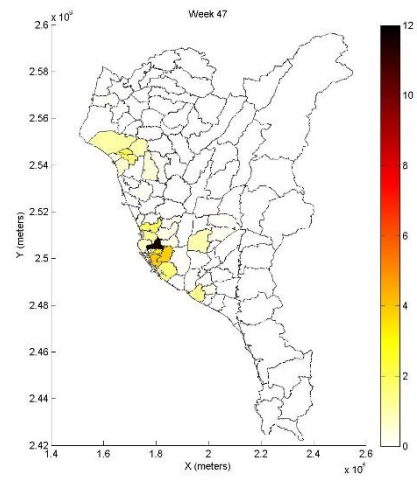
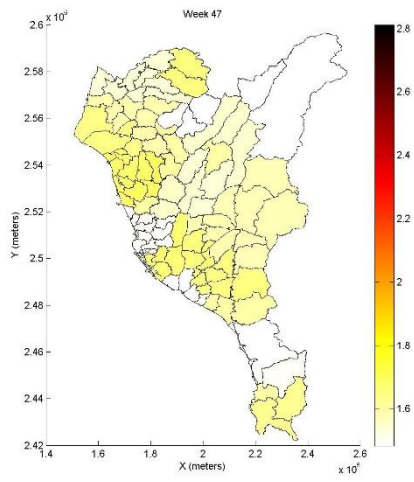
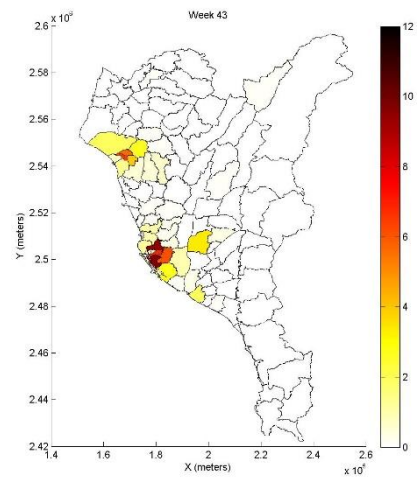
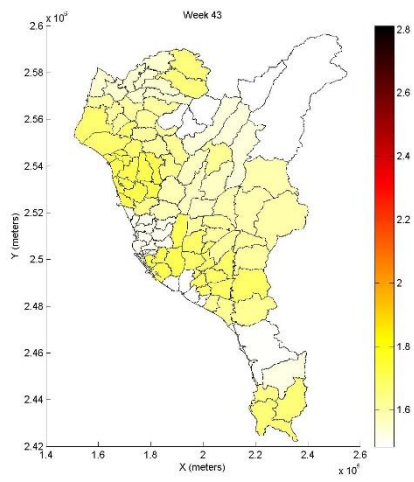
六、附錄



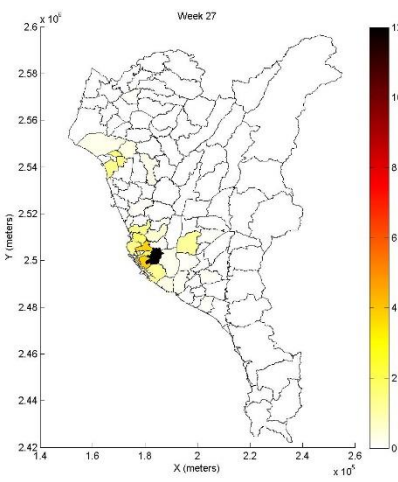
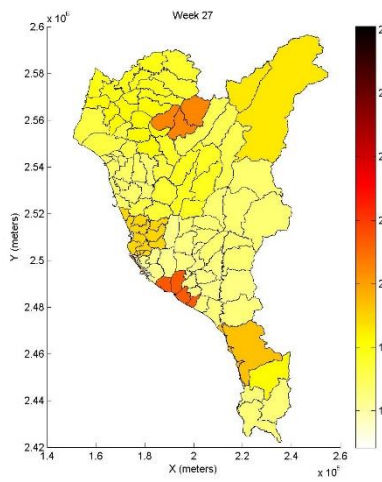
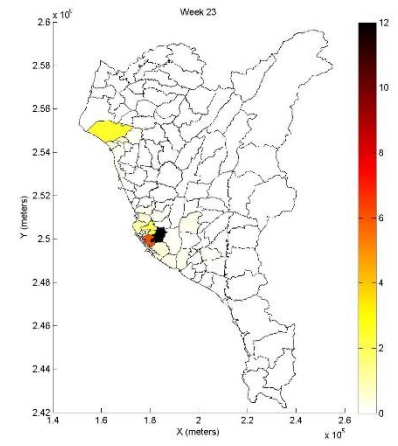
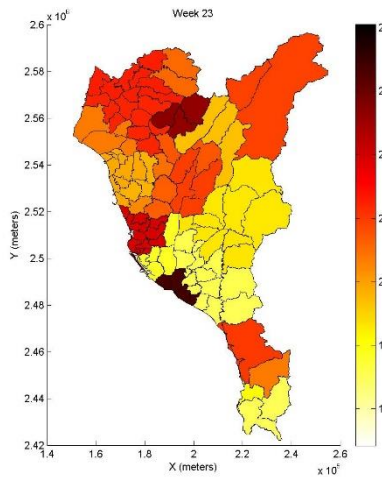
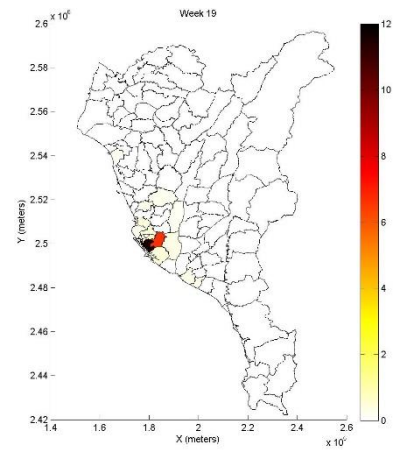
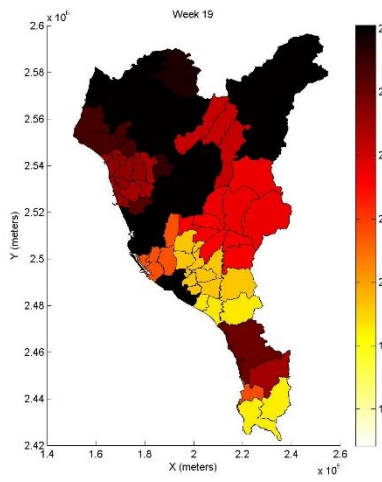
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



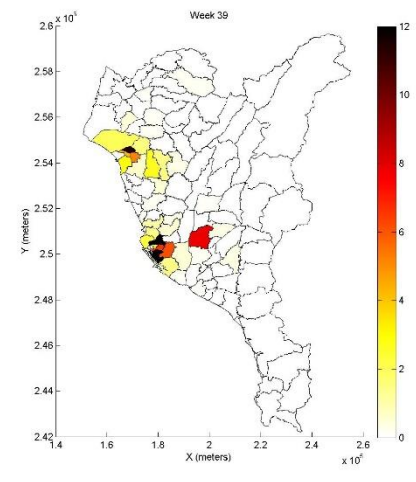
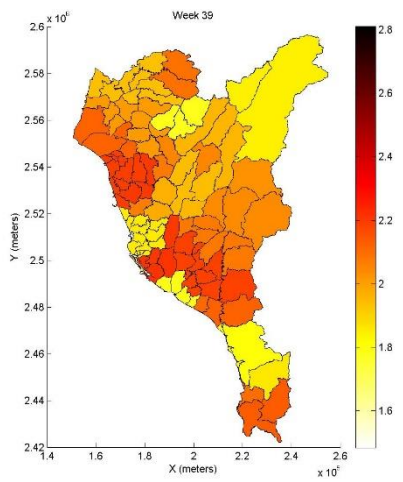
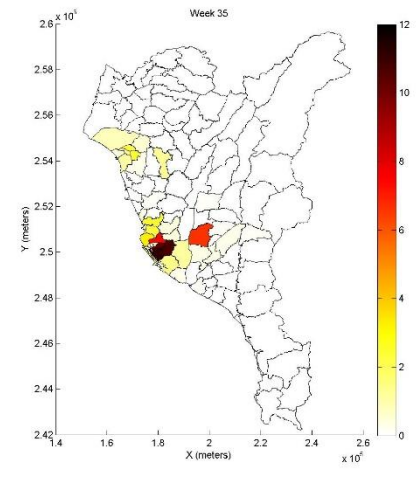
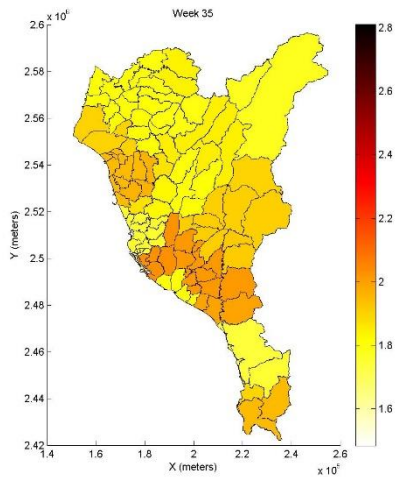
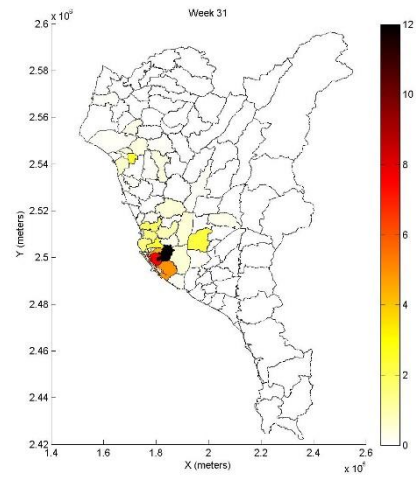
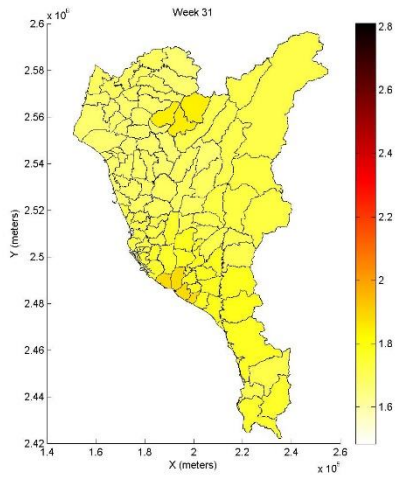
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



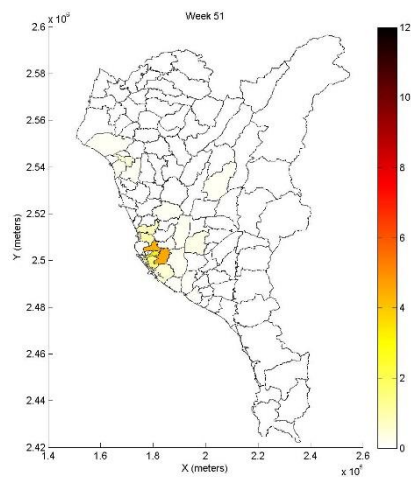
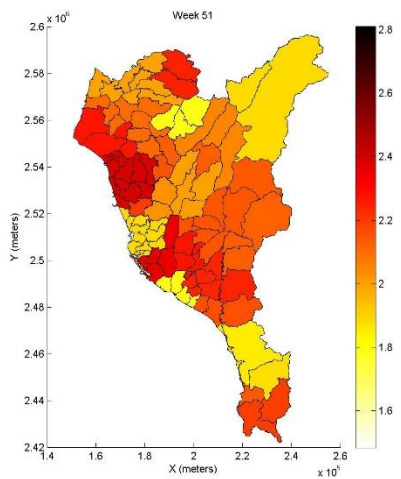
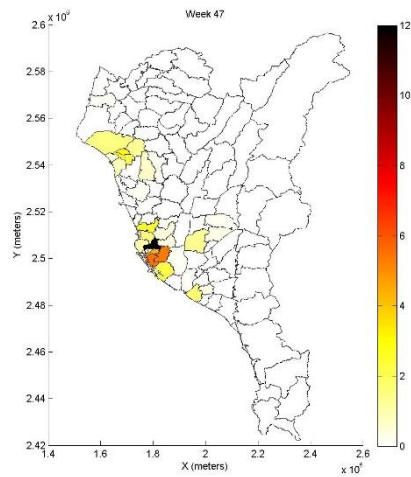
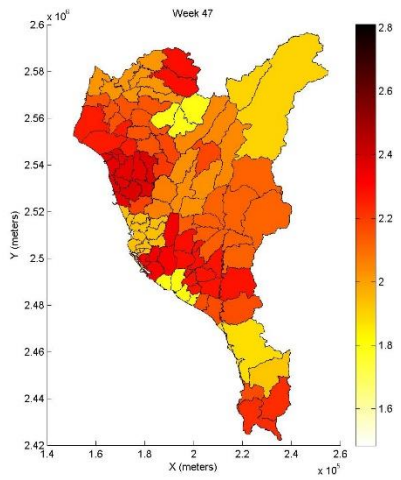
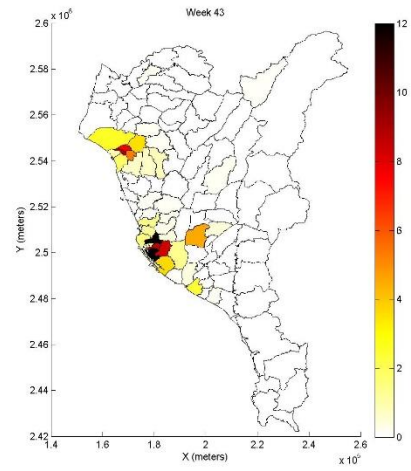
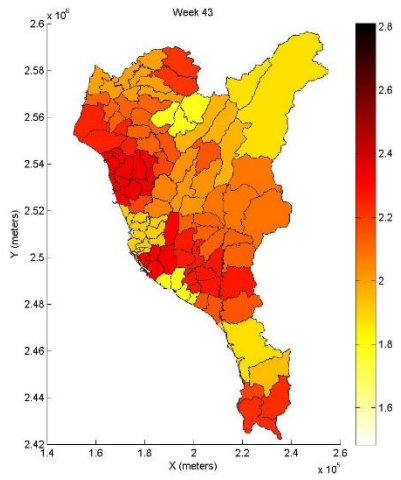
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



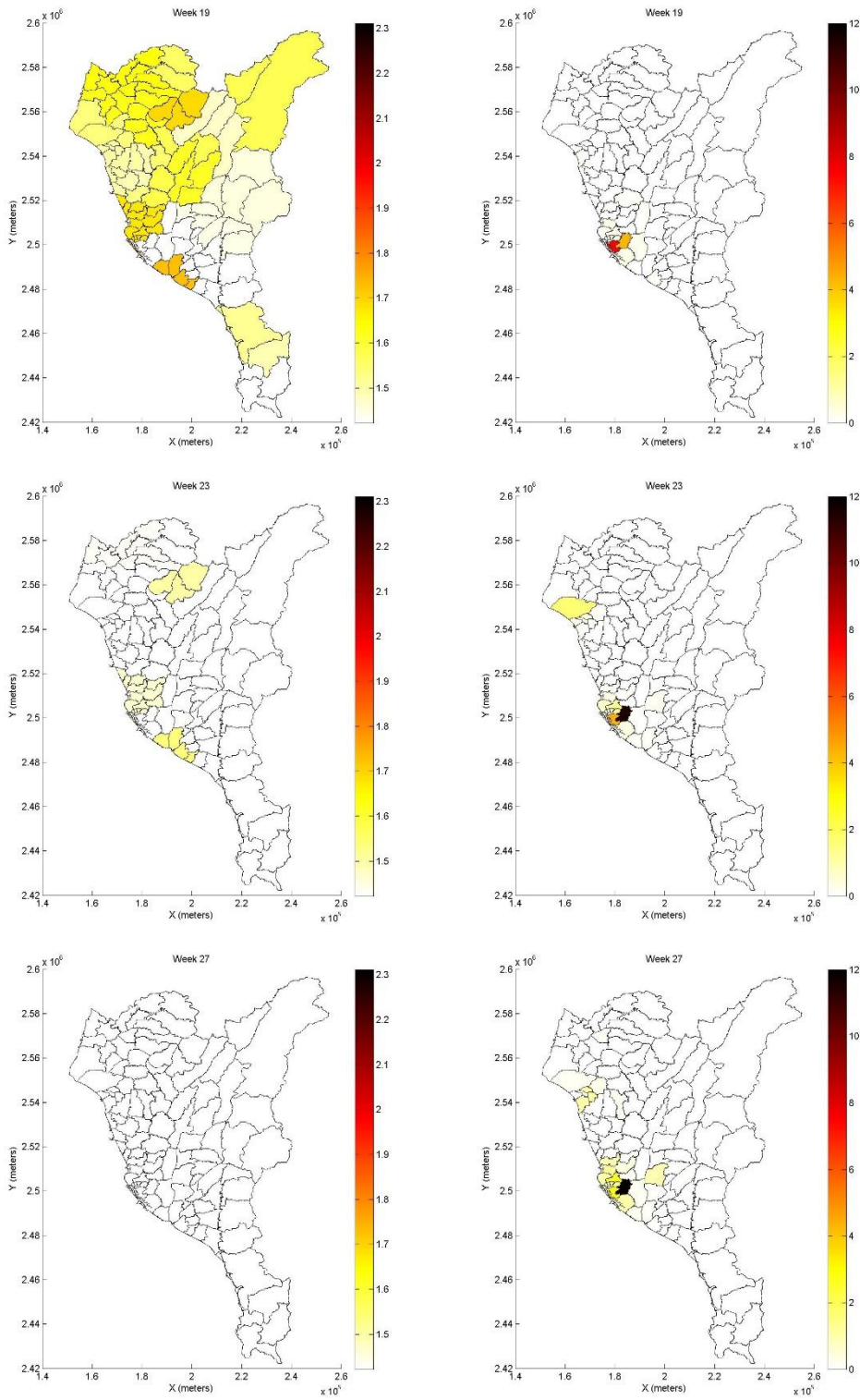
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



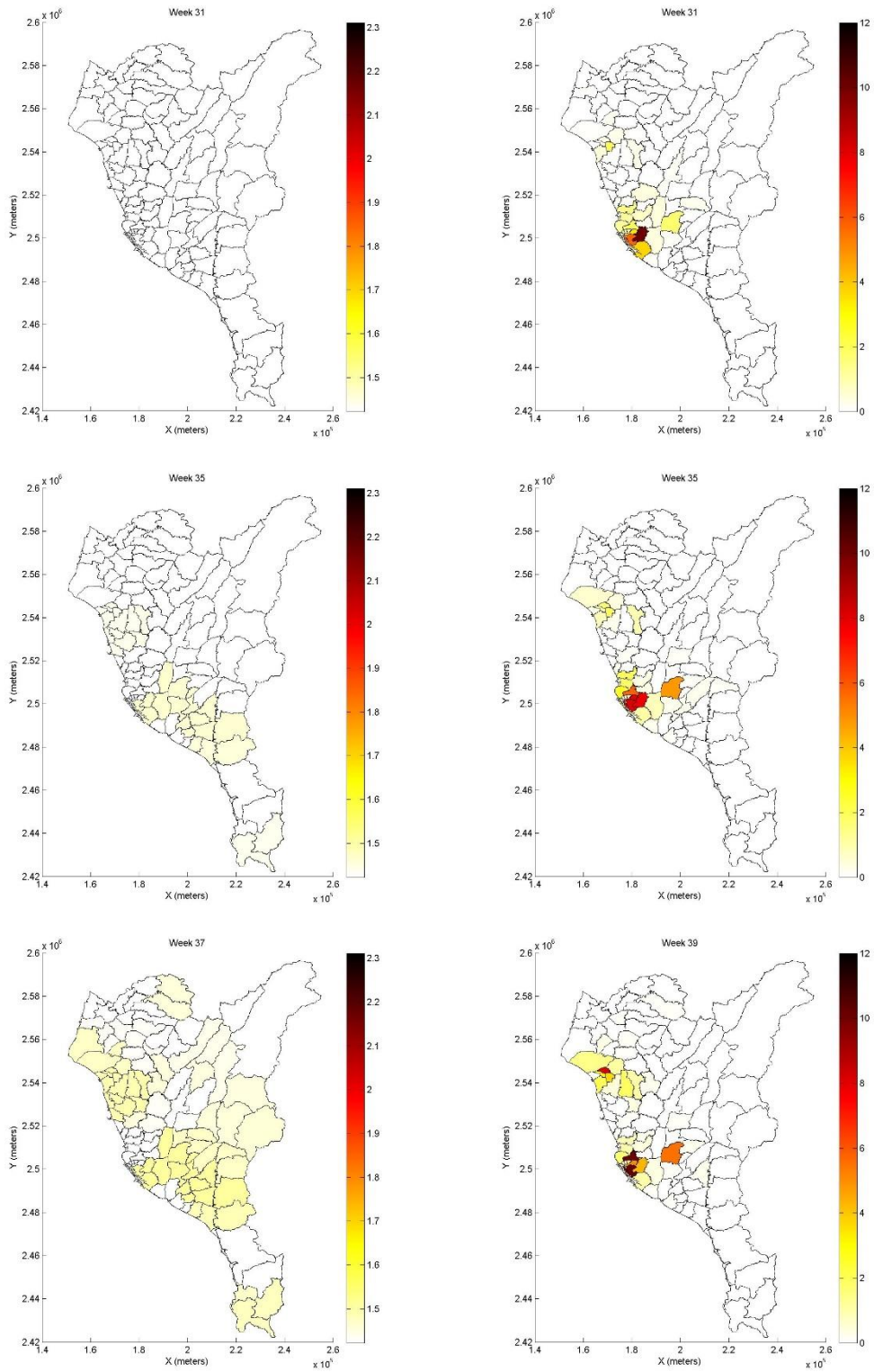
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



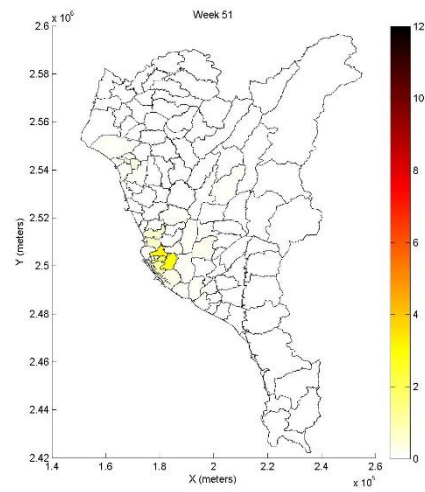
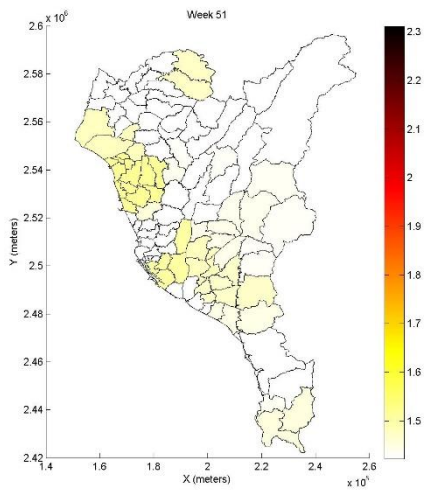
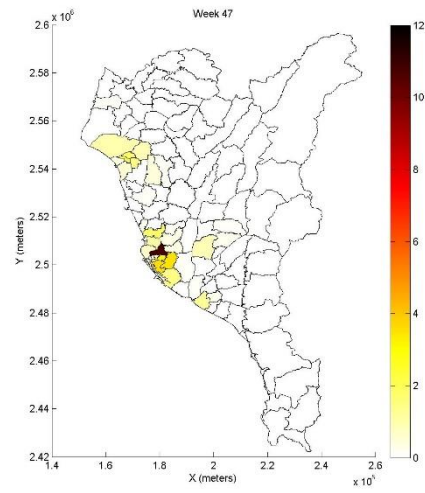
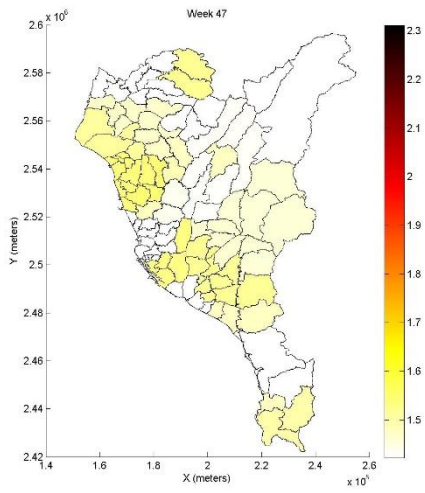
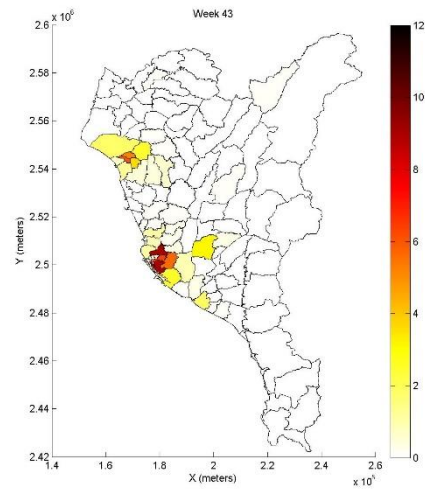
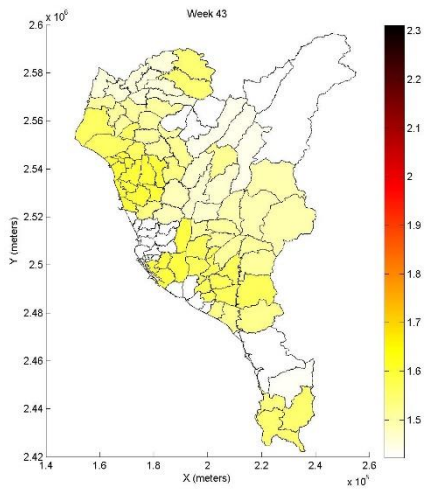
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



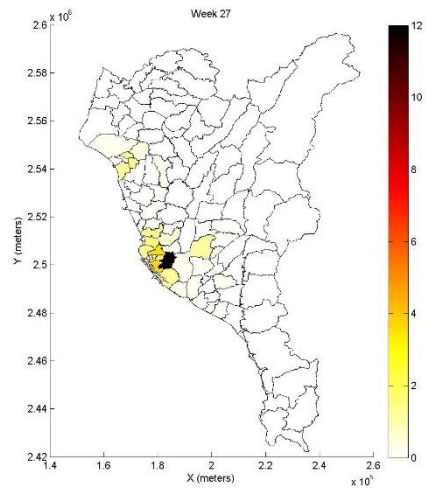
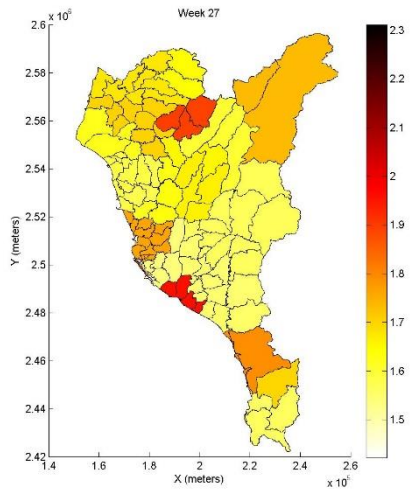
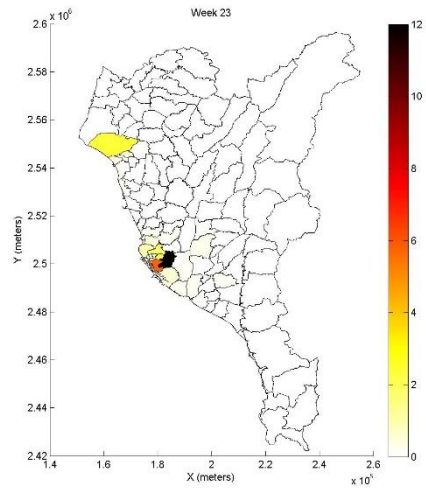
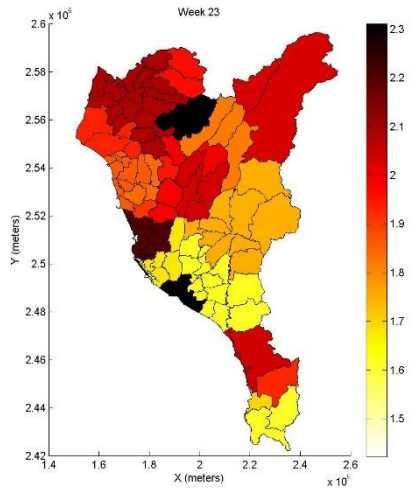
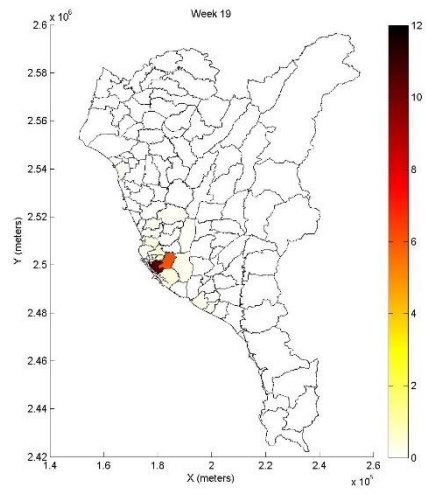
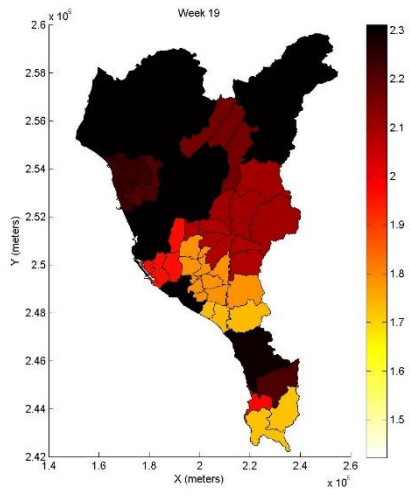
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



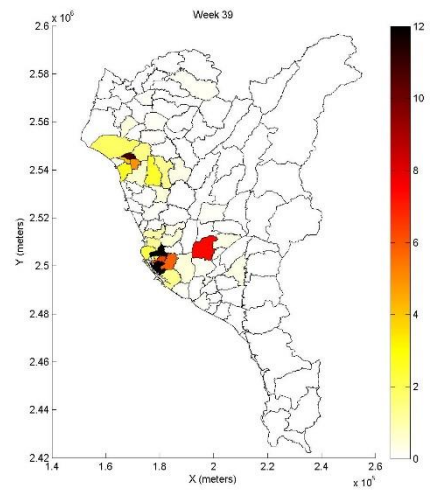
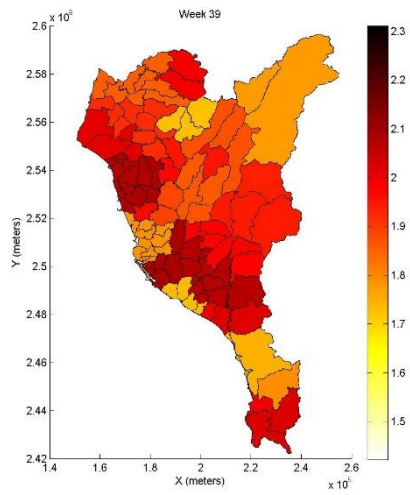
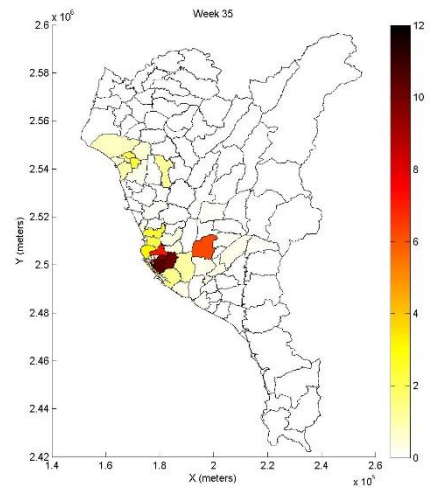
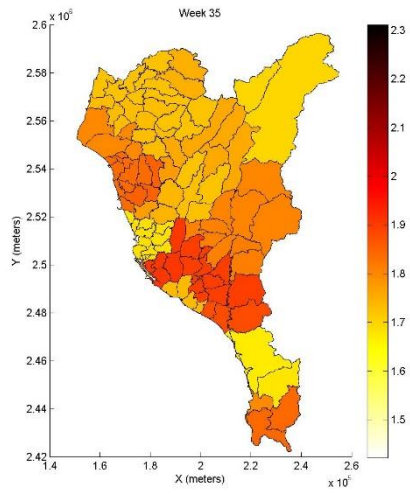
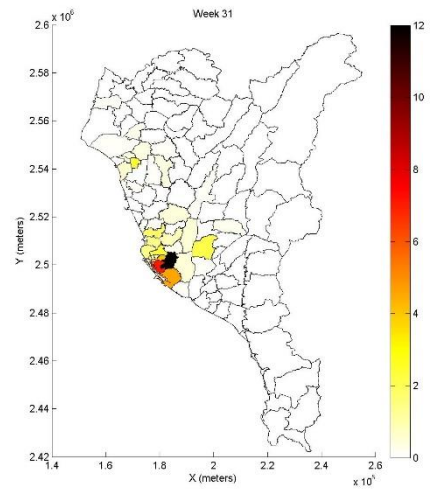
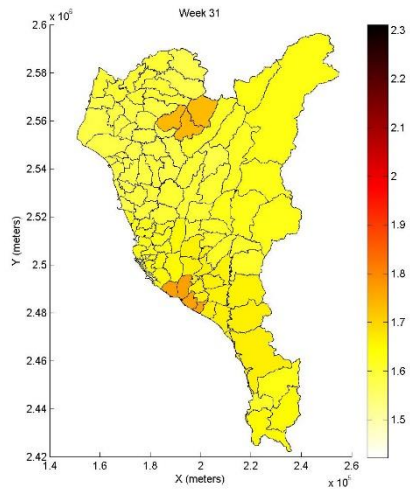
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



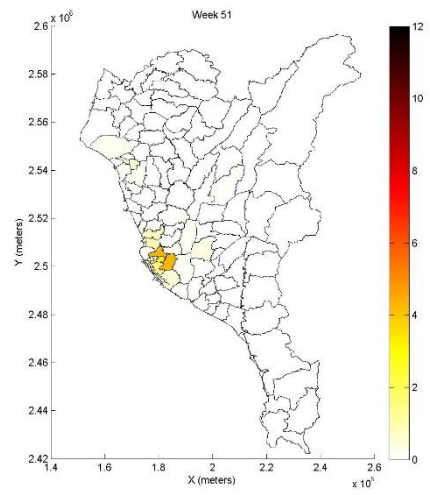
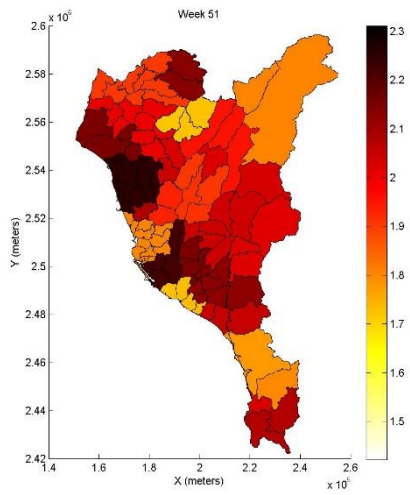
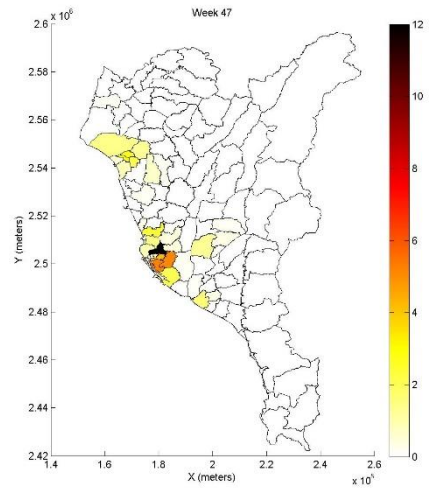
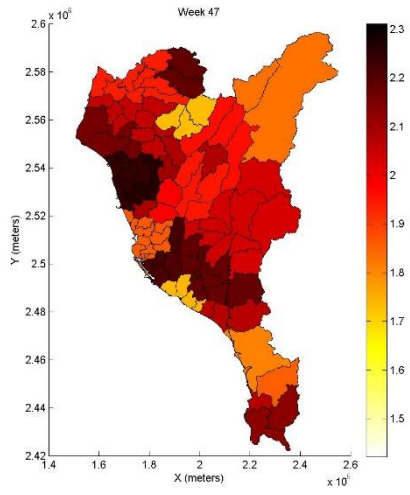
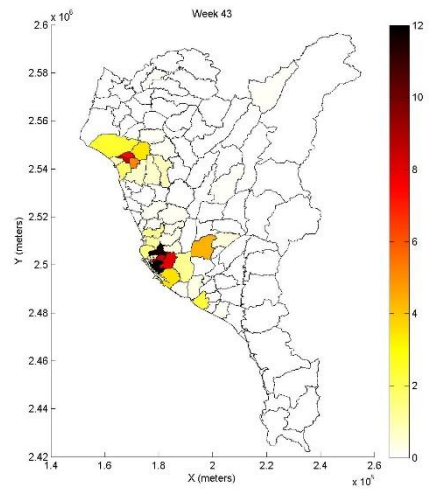
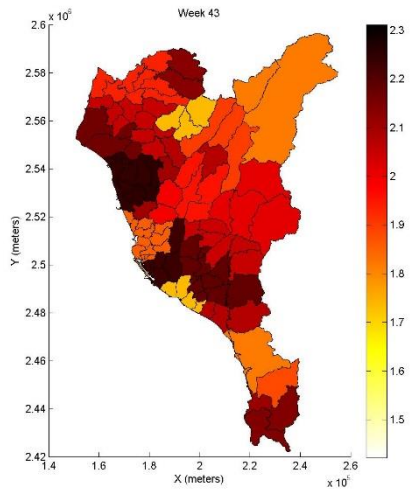
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



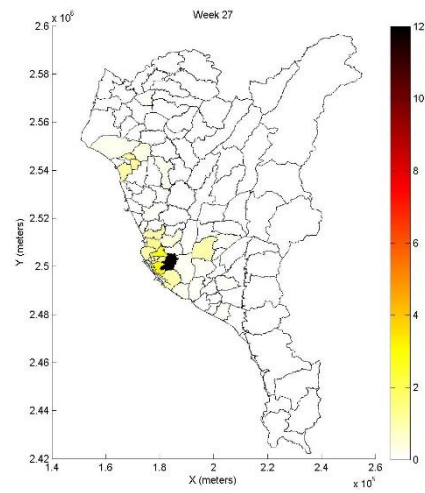
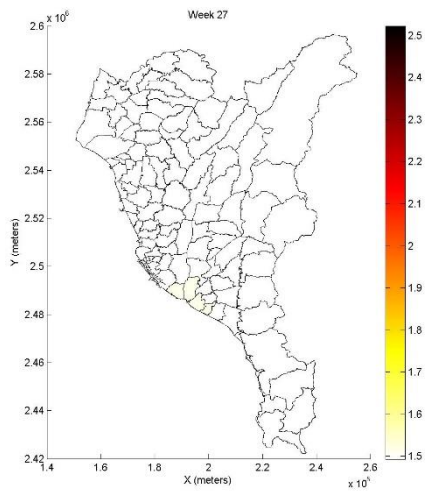
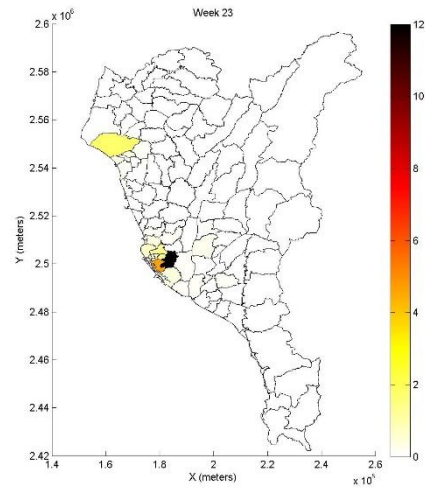
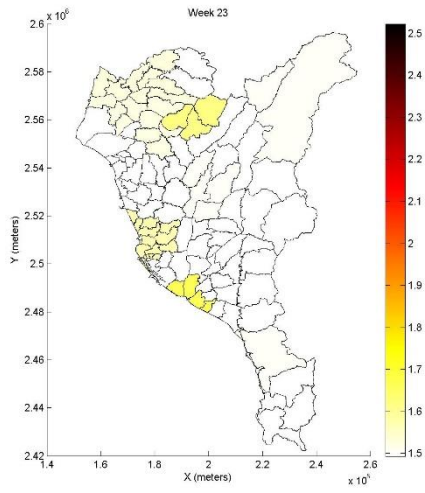
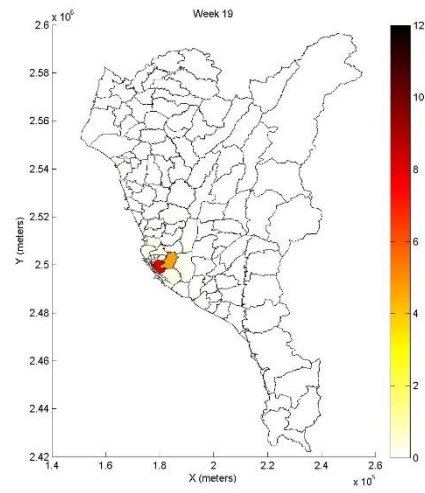
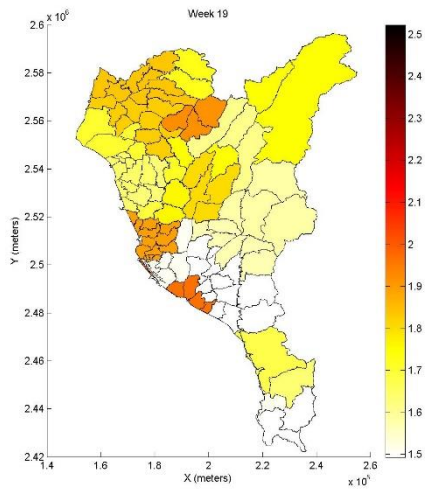
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



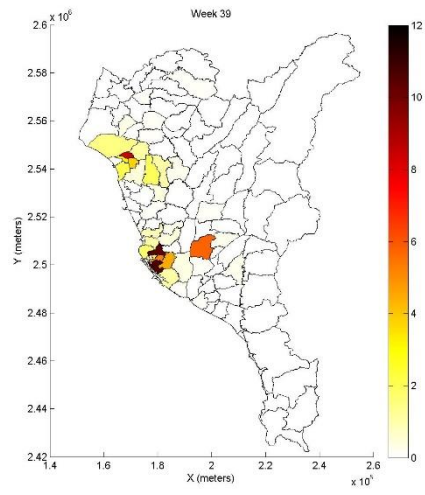
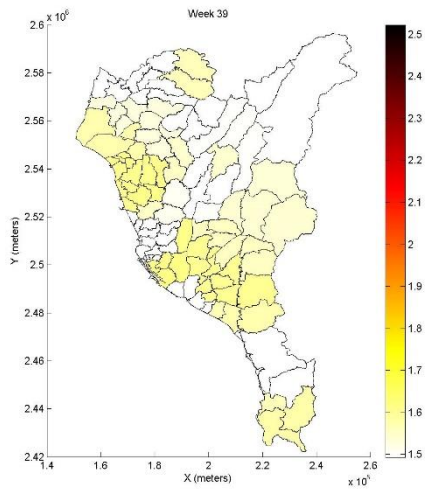
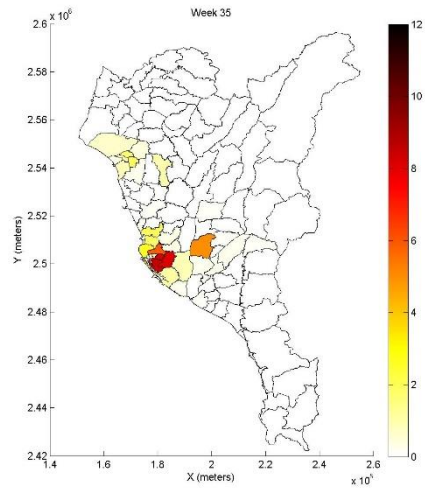
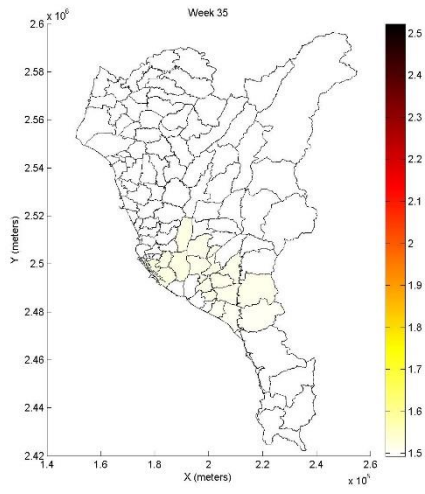
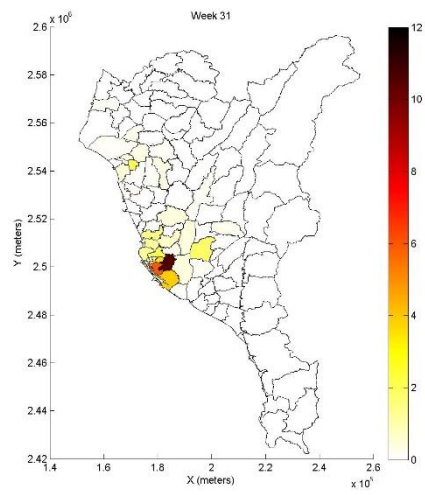
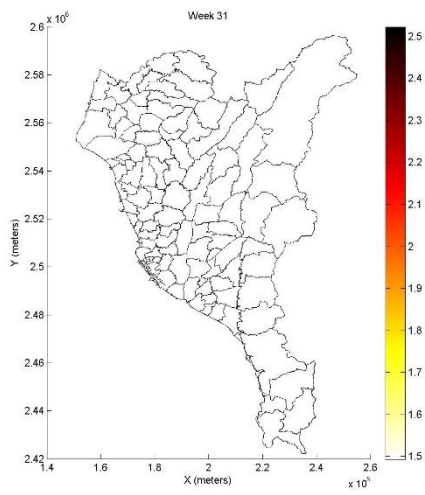
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



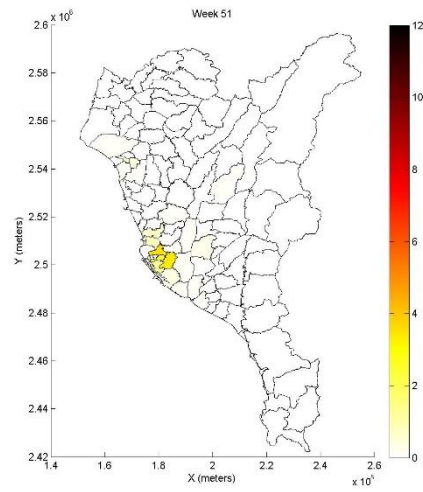
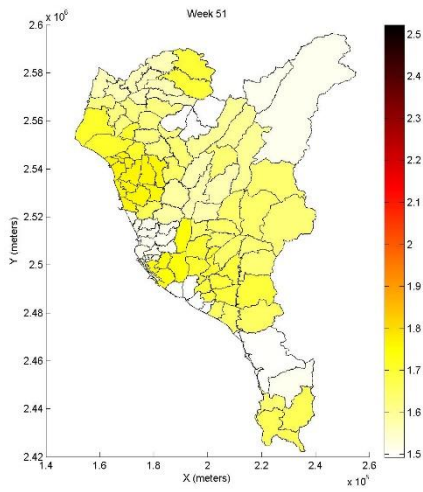
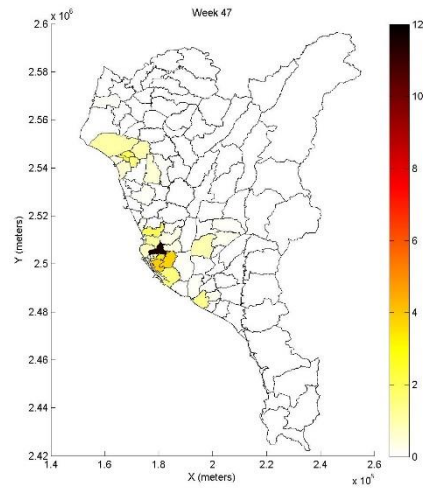
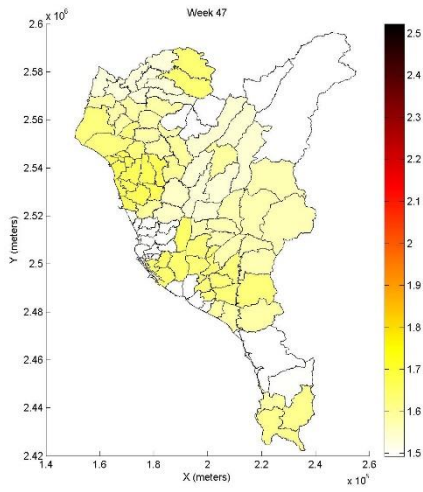
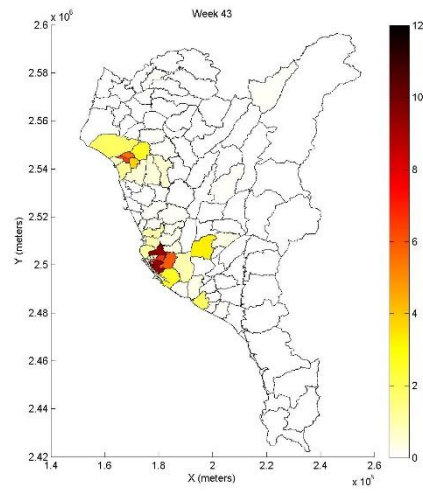
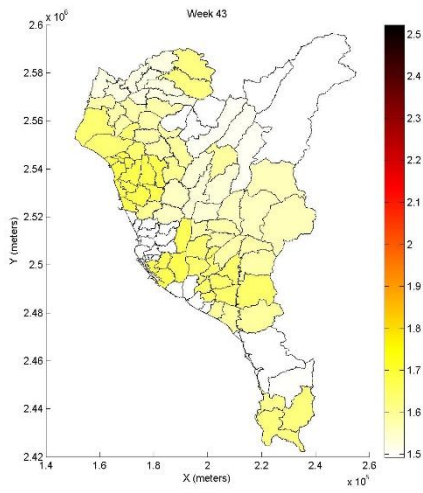
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



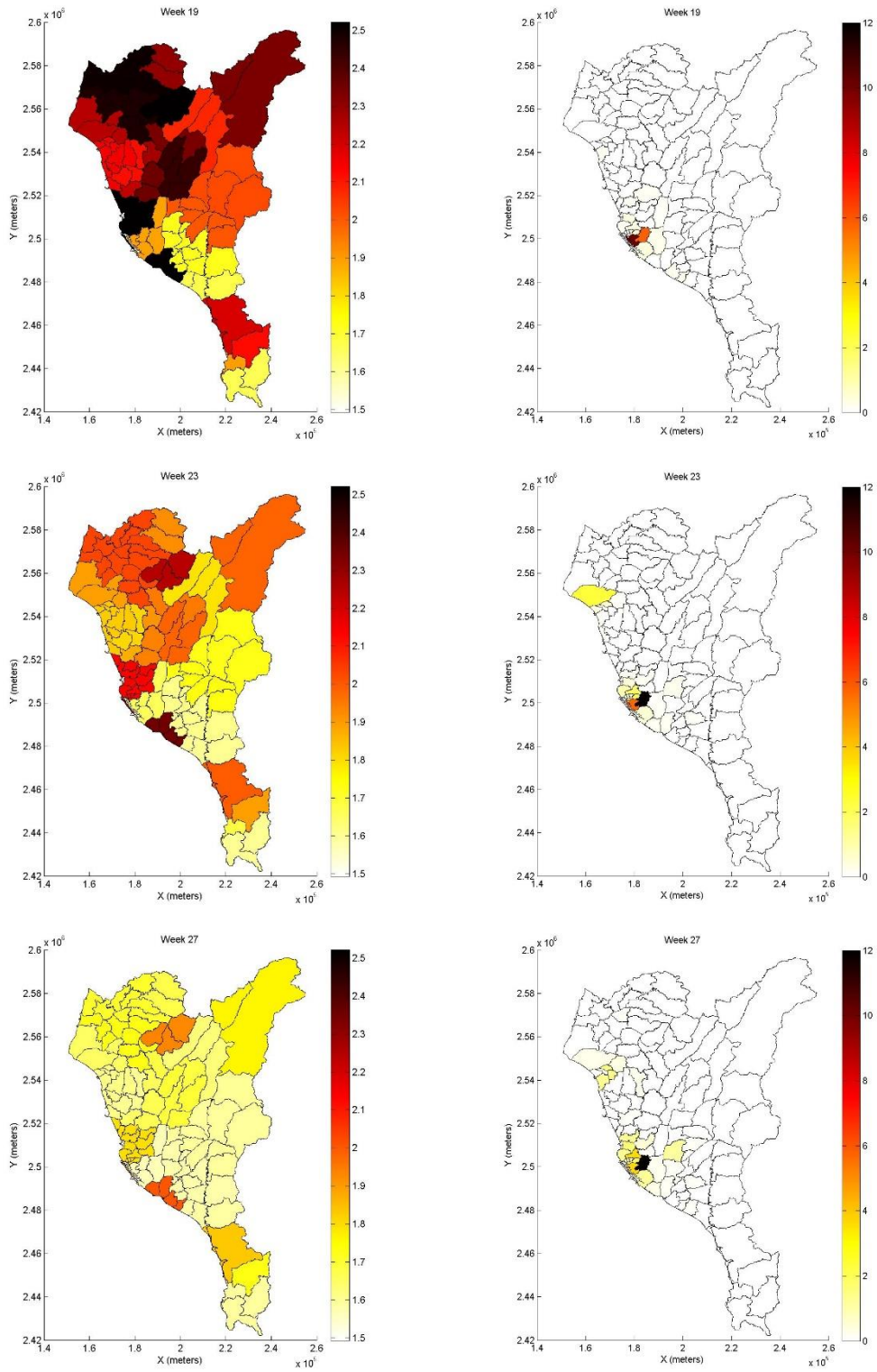
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



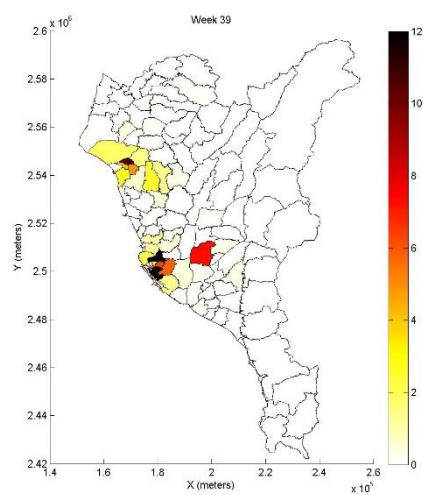
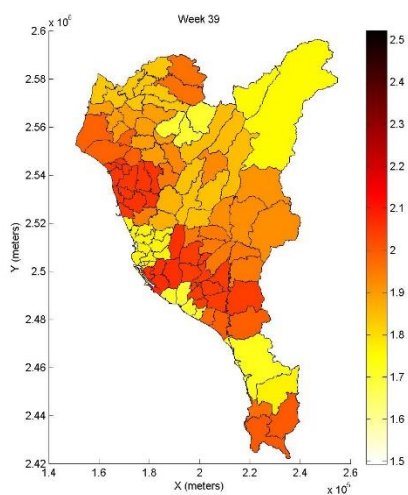
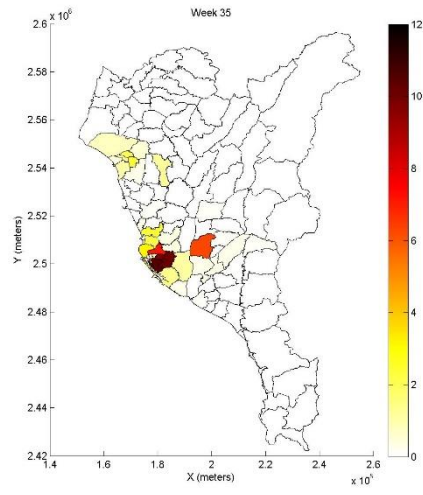
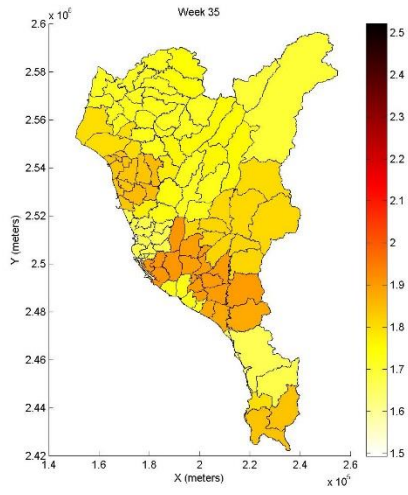
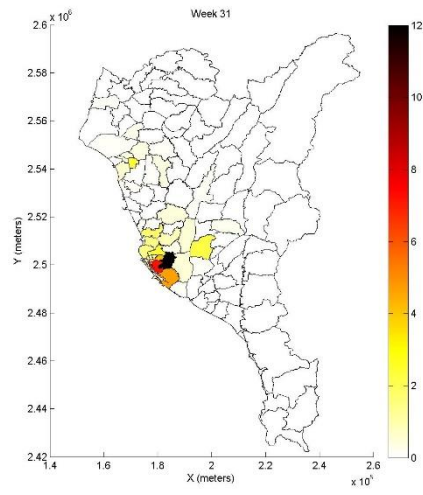
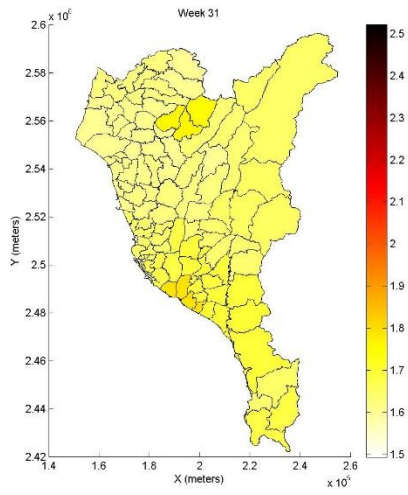
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



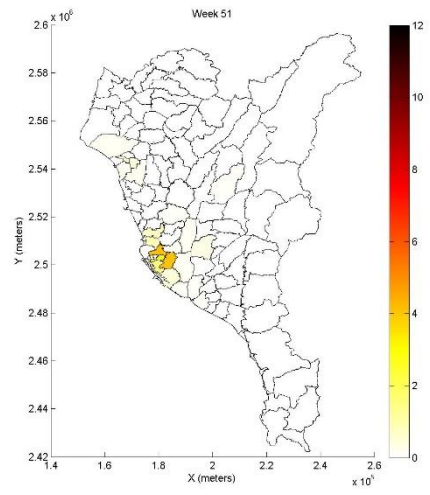
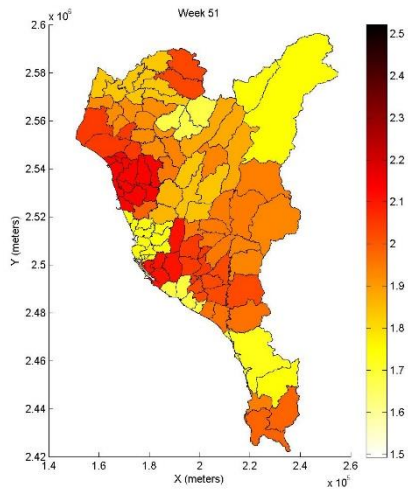
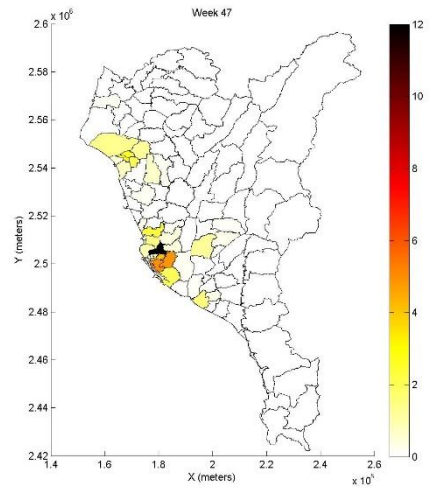
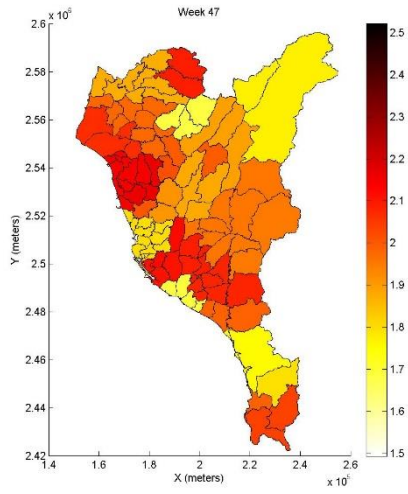
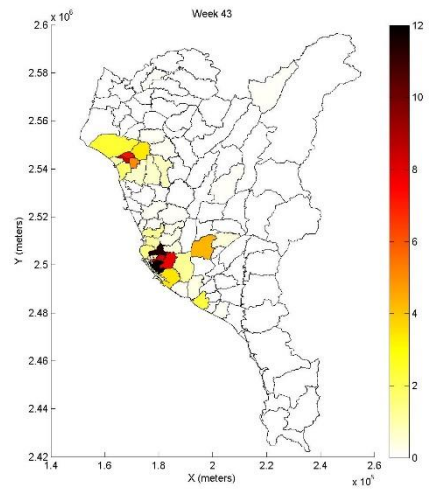
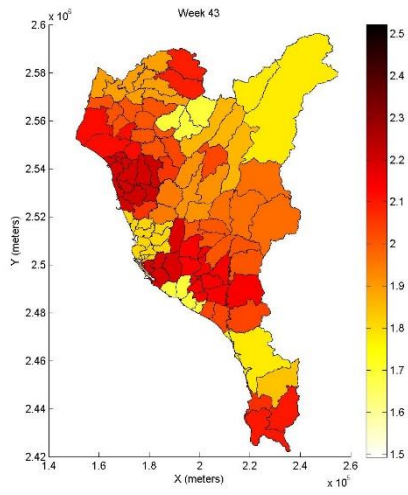
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



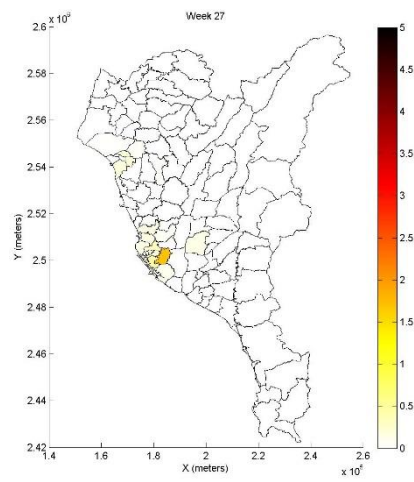
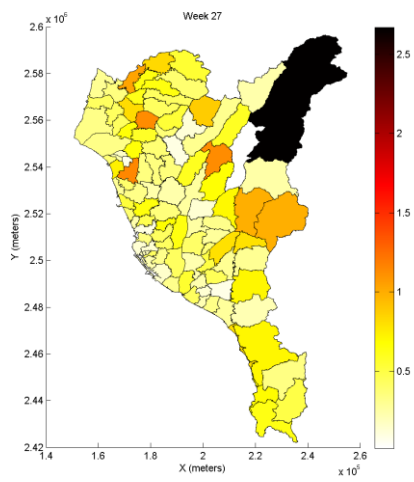
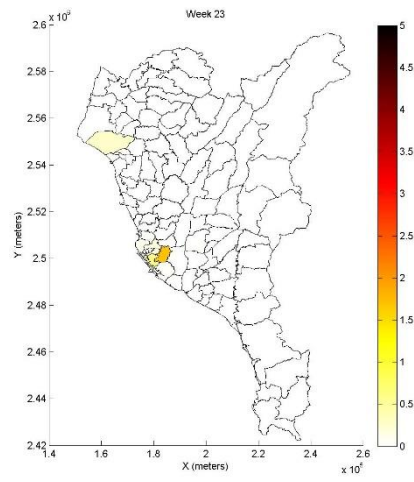
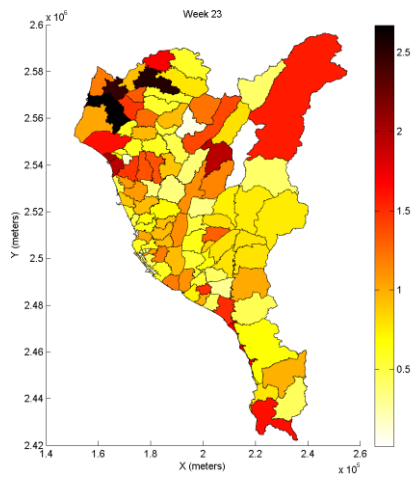
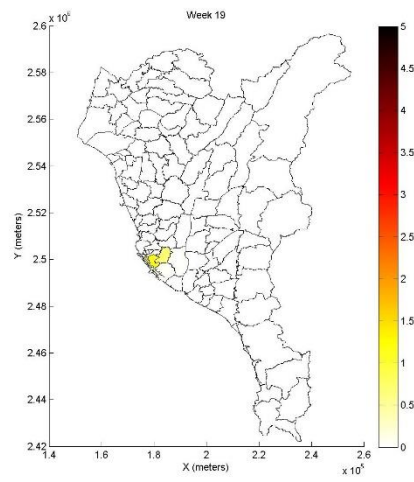
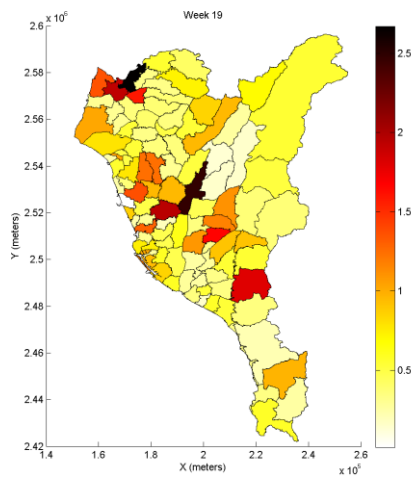
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例



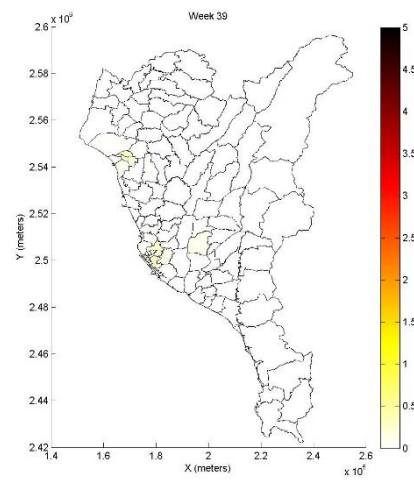
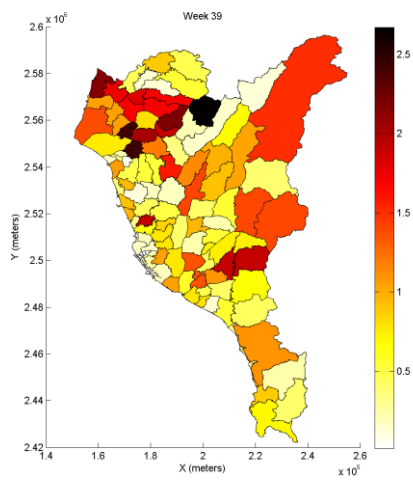
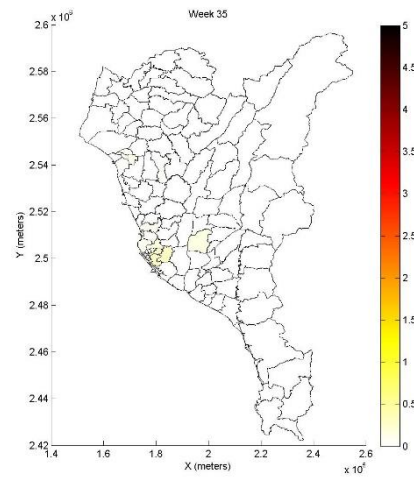
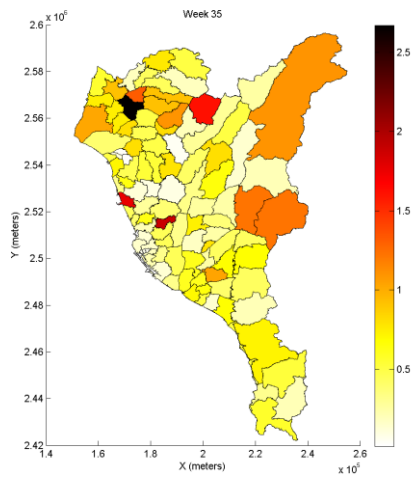
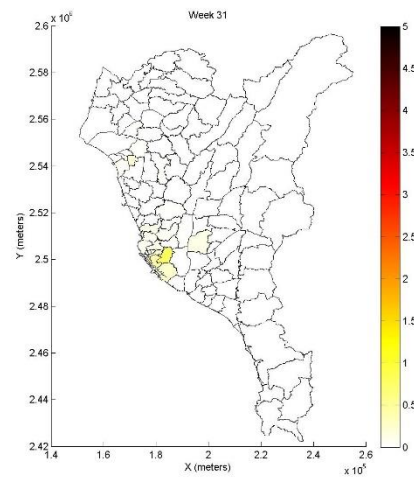
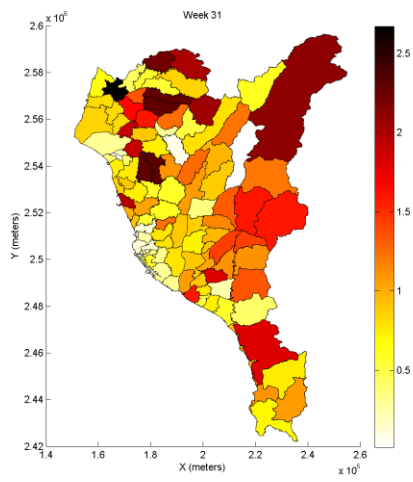
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值(右)各鄉鎮對數平均病例



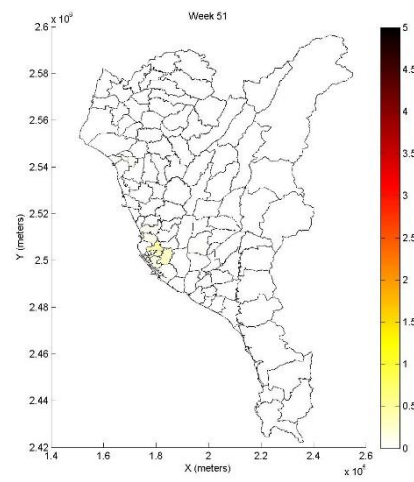
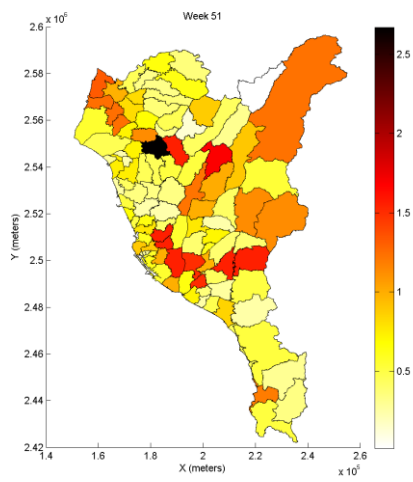
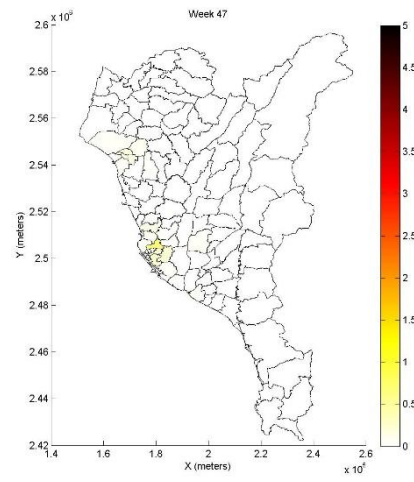
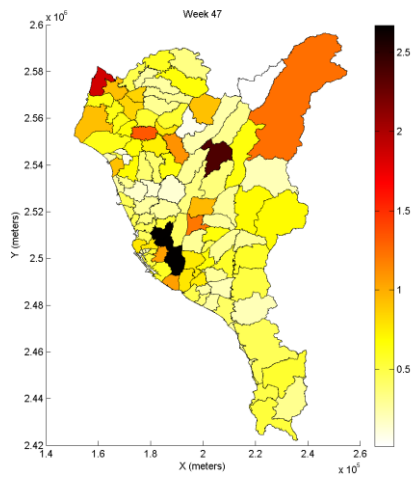
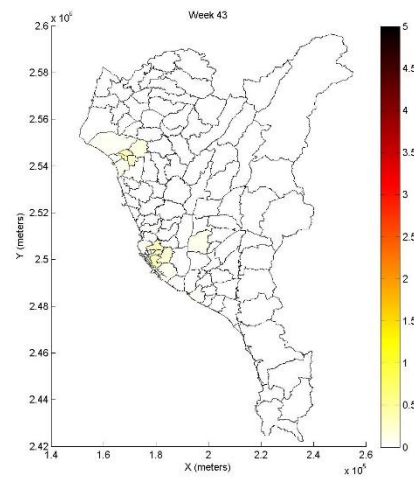
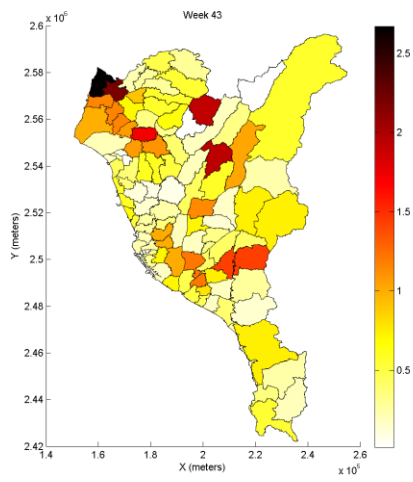
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



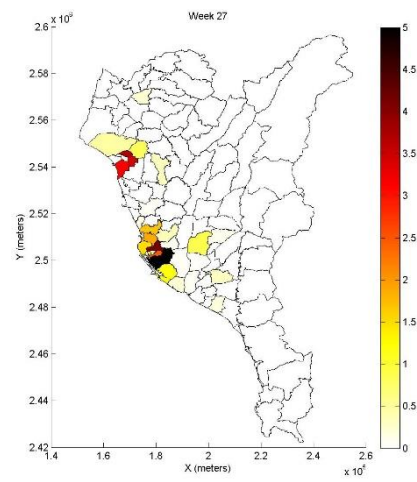
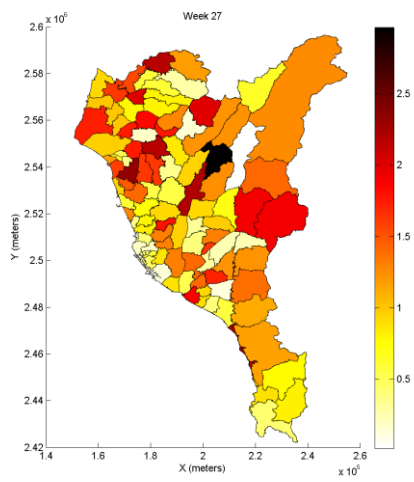
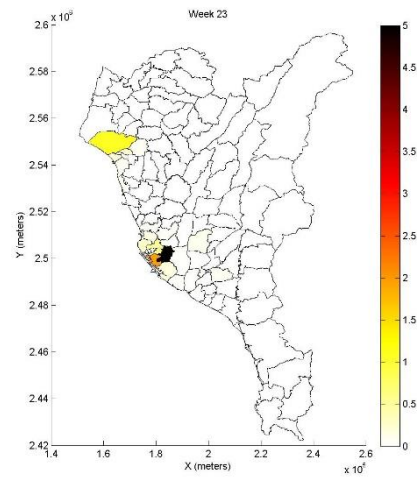
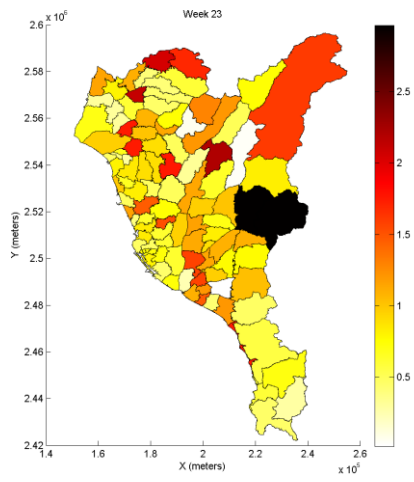
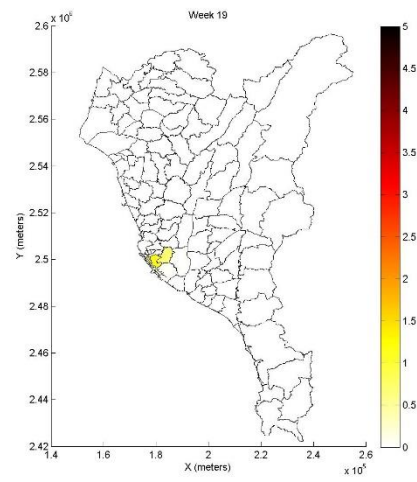
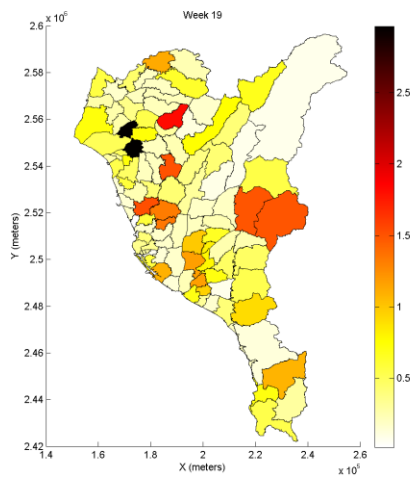
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值(右)及各鄉鎮平均病例數



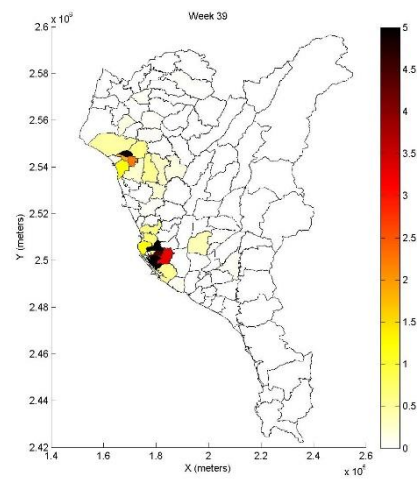
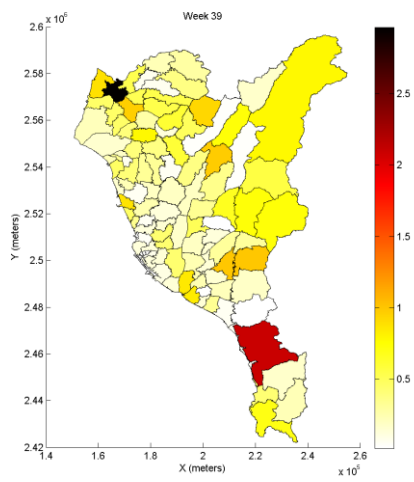
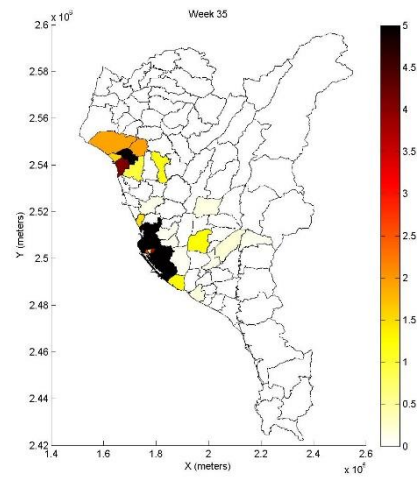
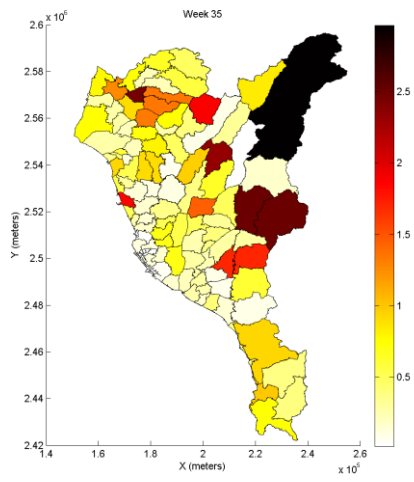
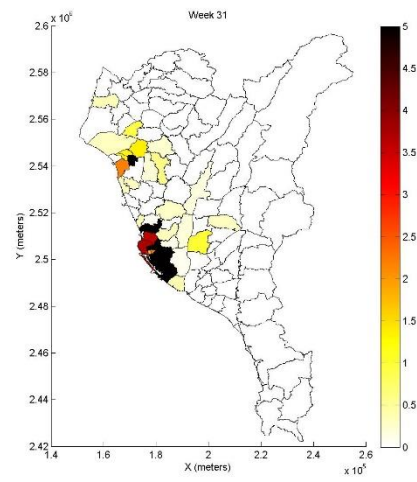
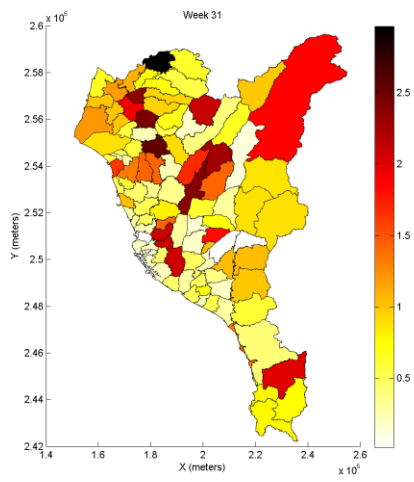
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



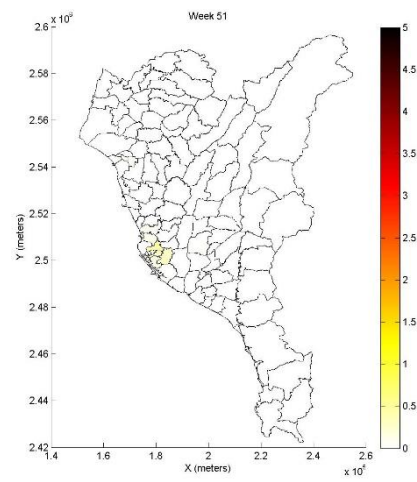
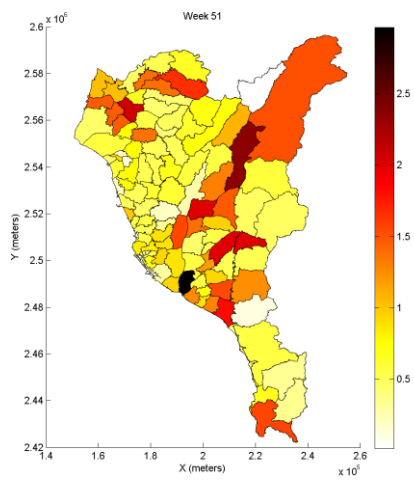
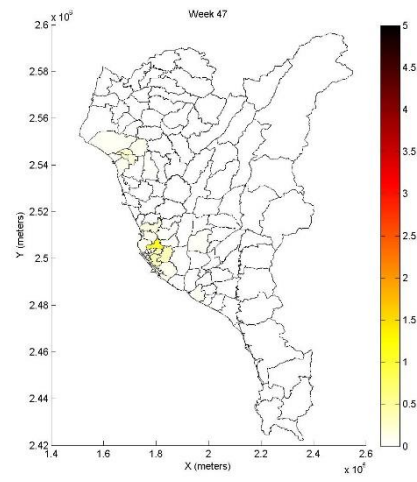
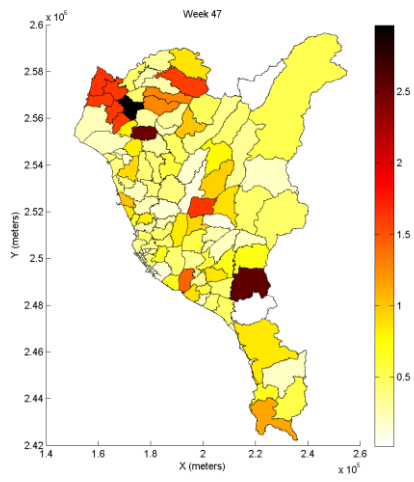
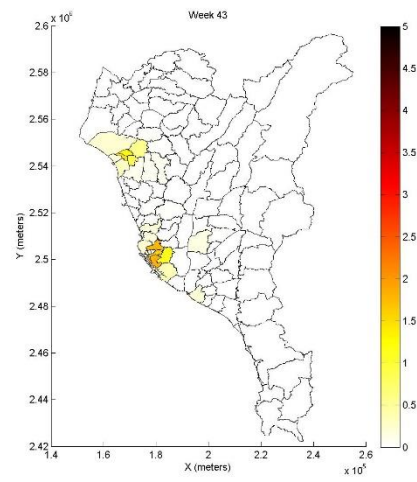
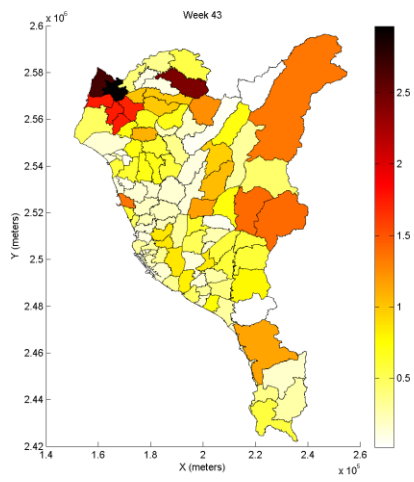
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



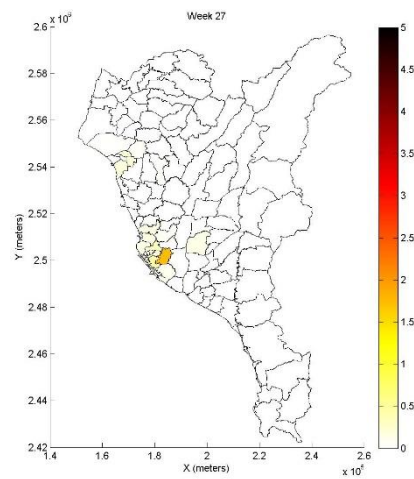
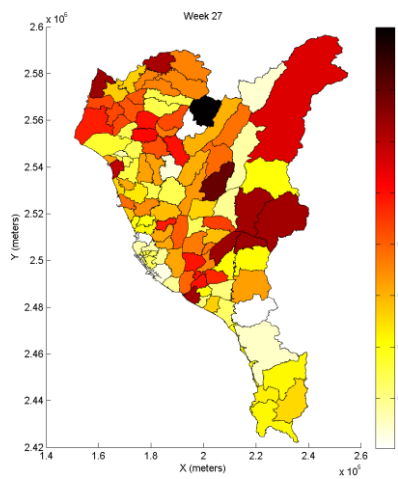
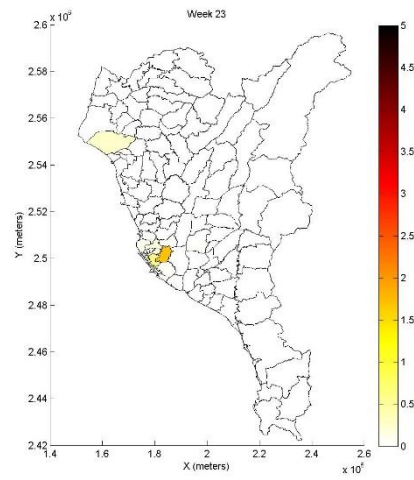
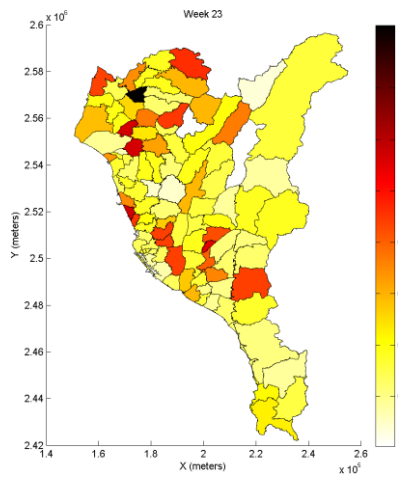
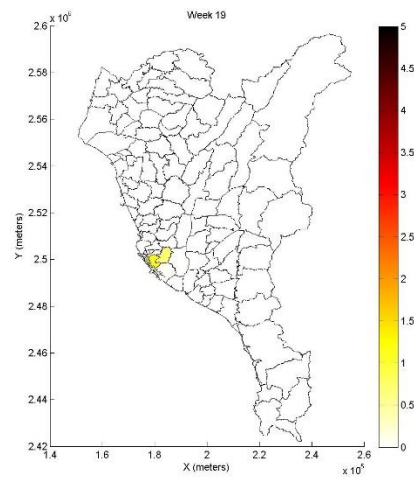
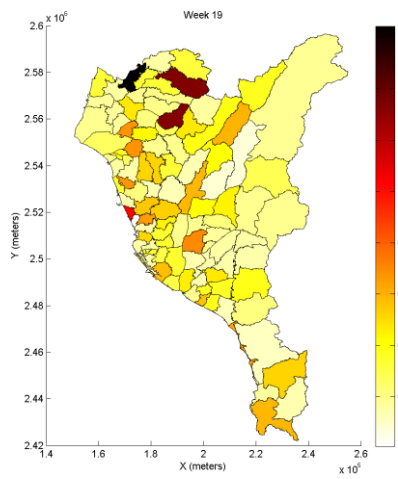
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



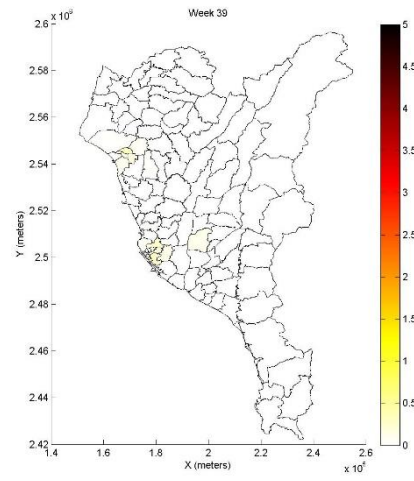
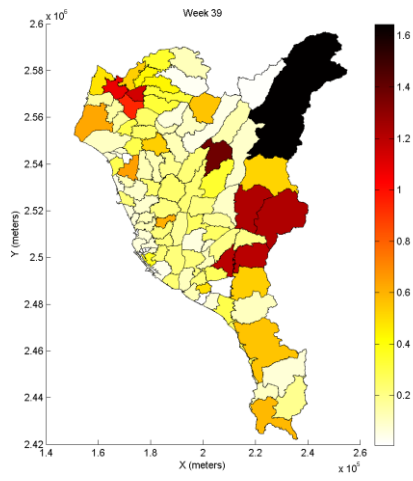
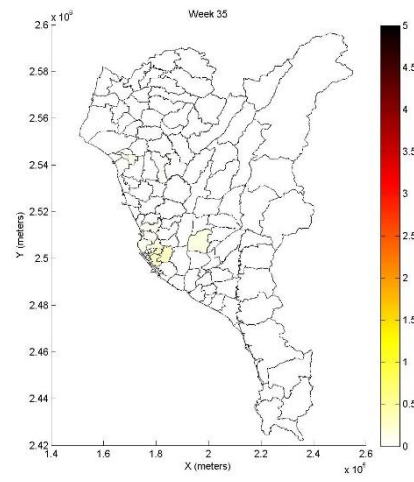
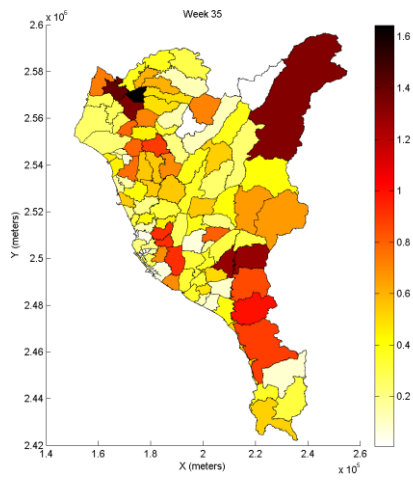
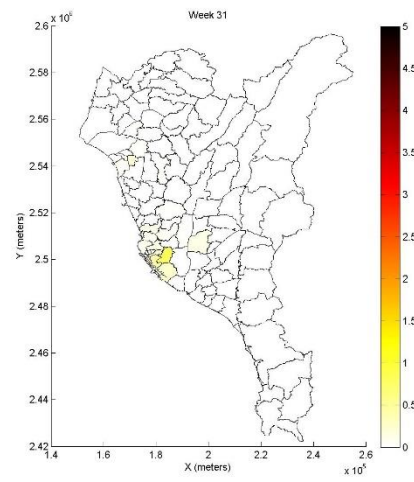
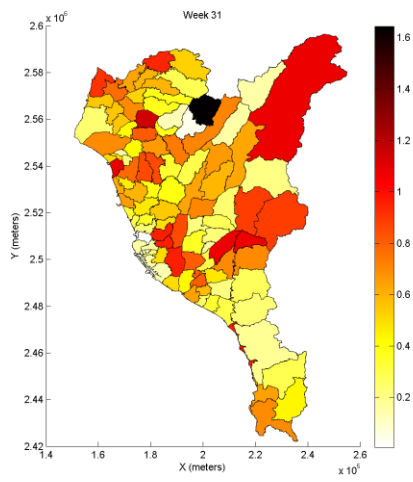
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



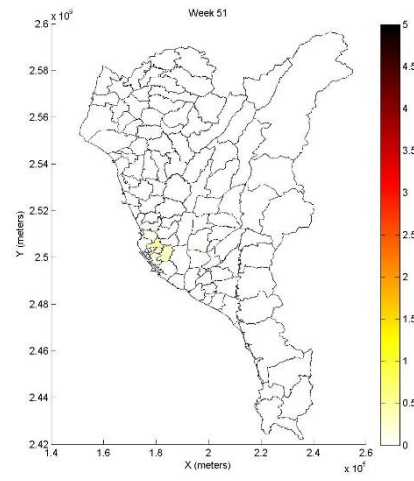
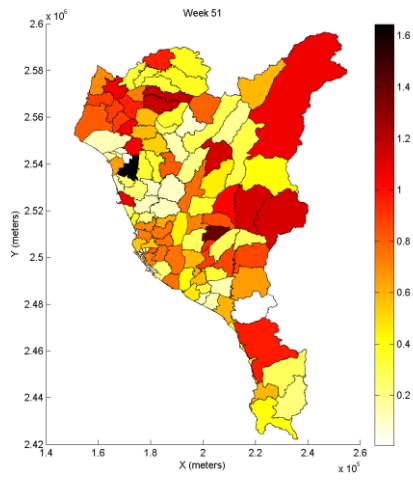
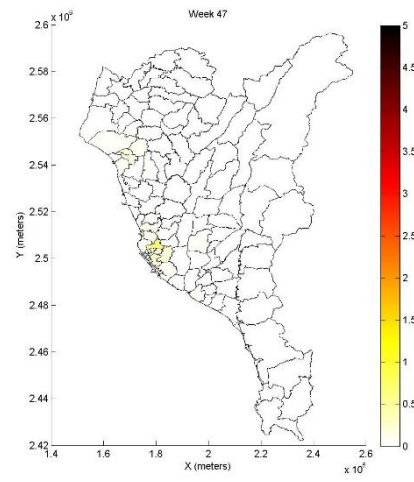
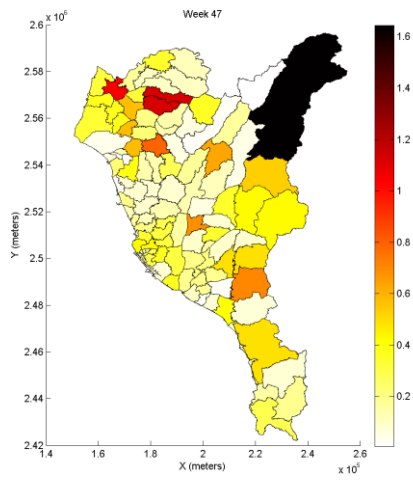
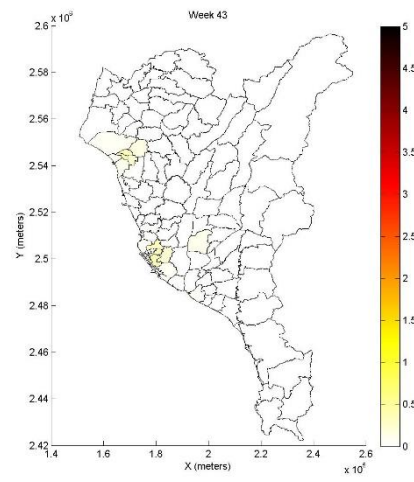
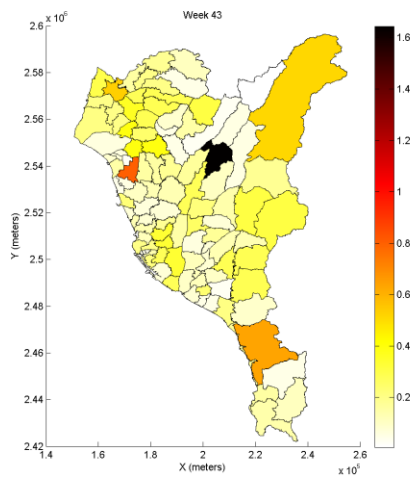
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



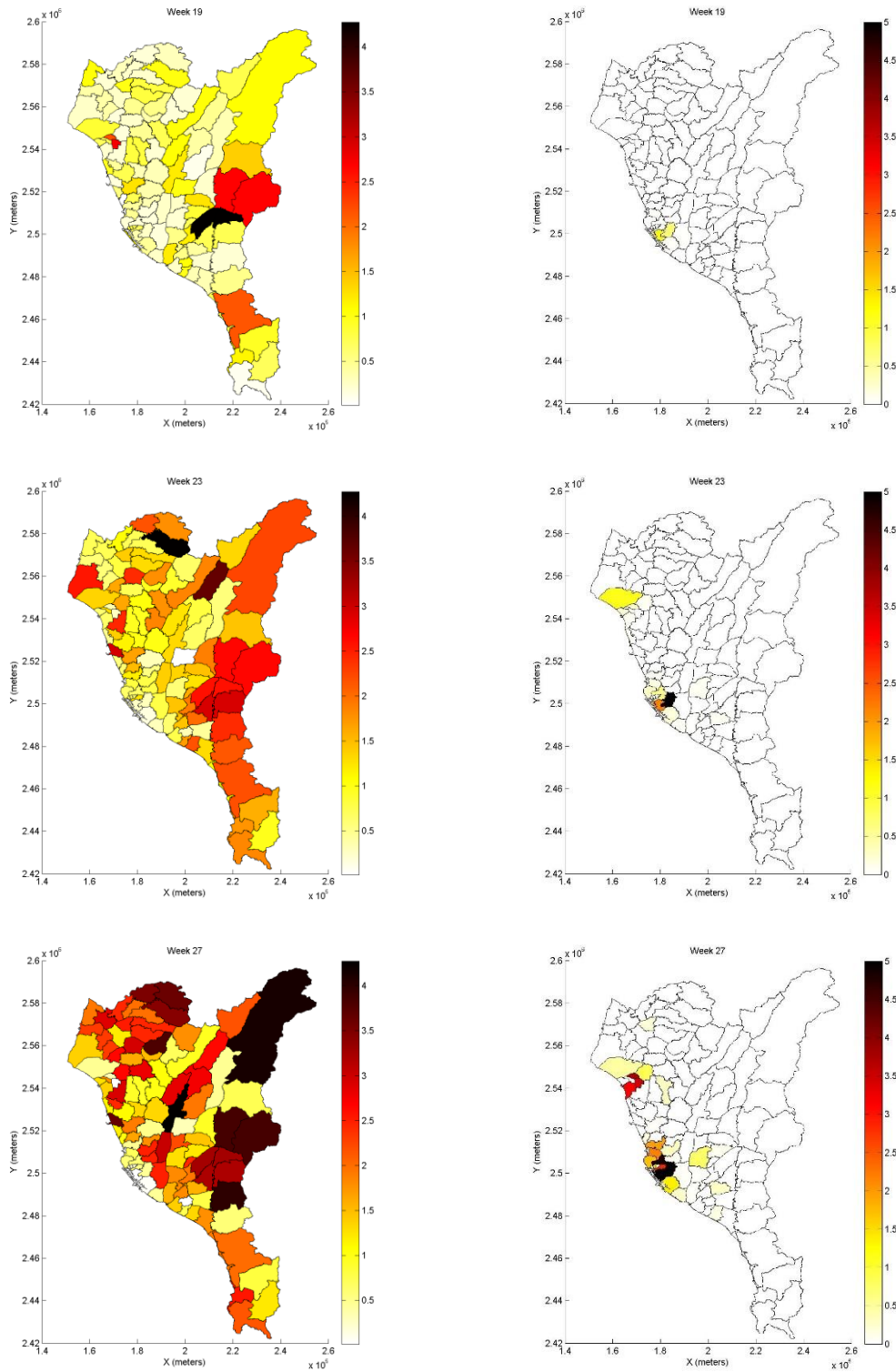
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



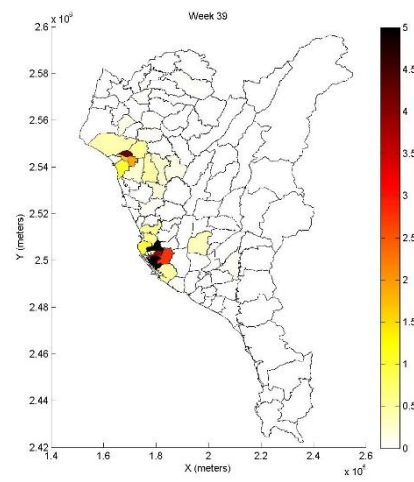
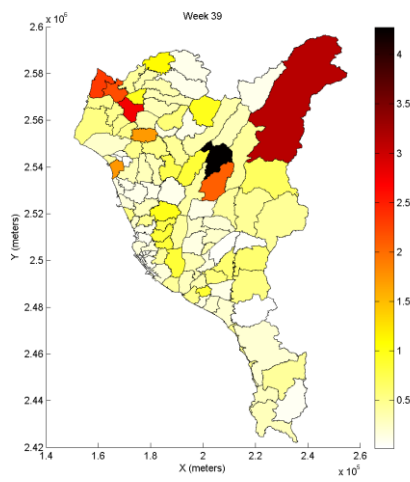
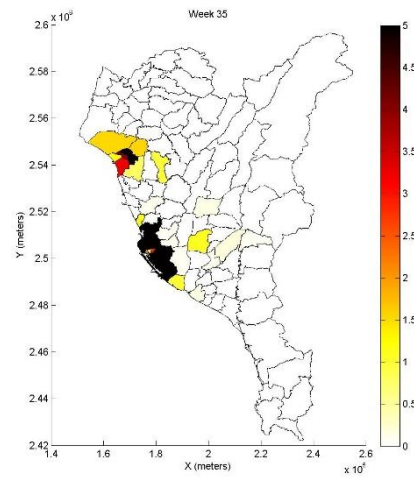
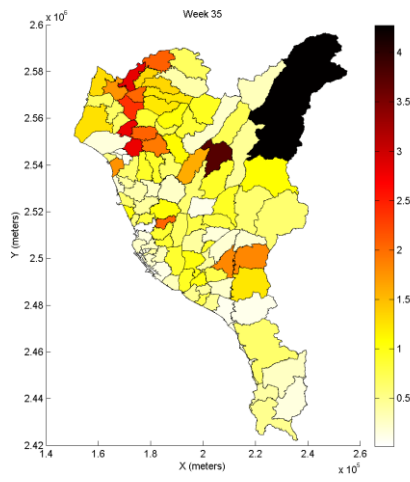
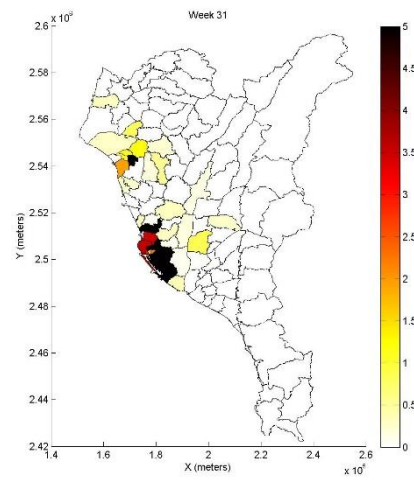
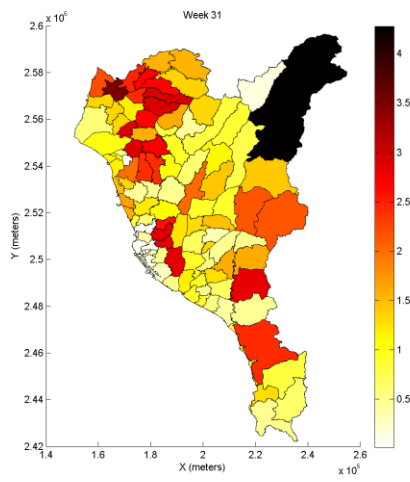
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



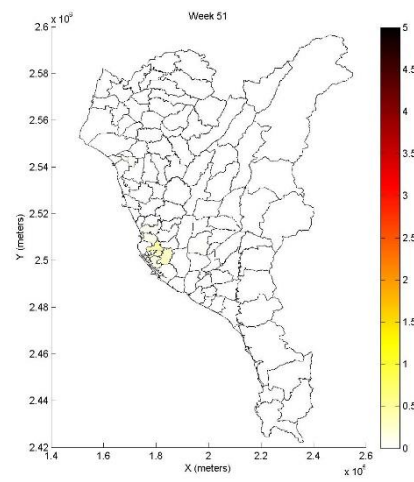
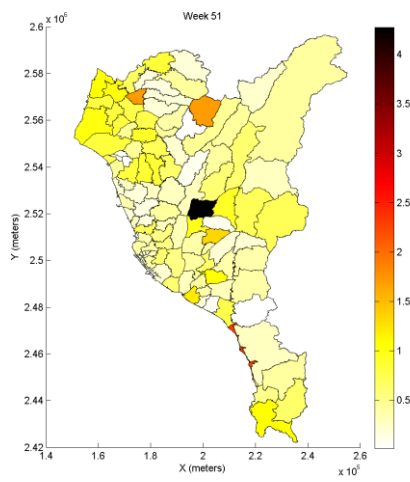
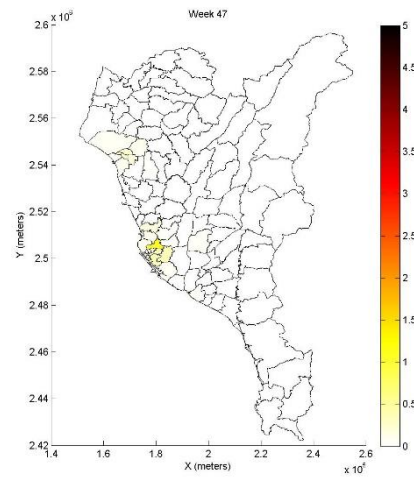
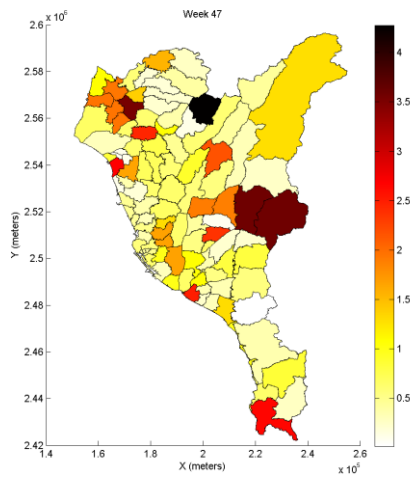
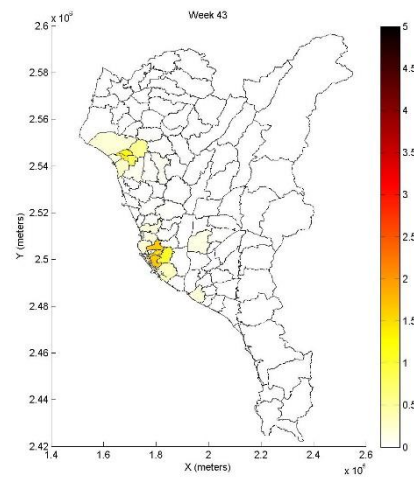
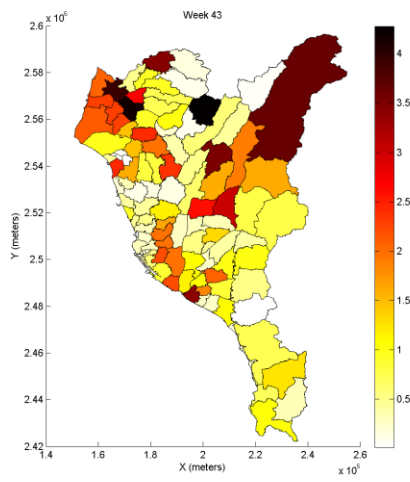
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



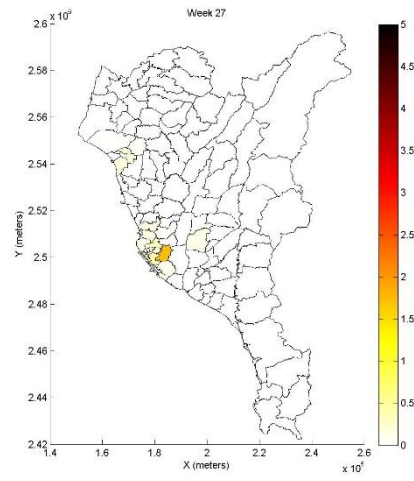
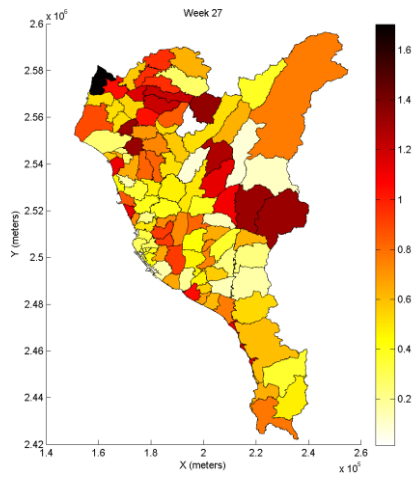
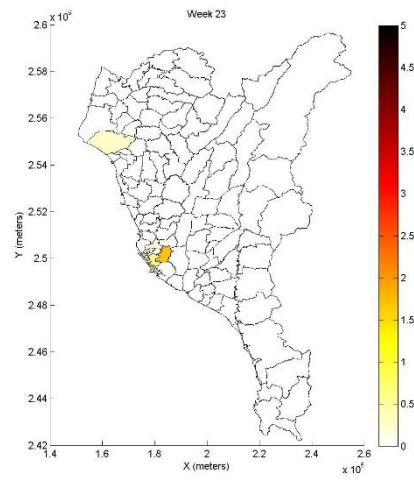
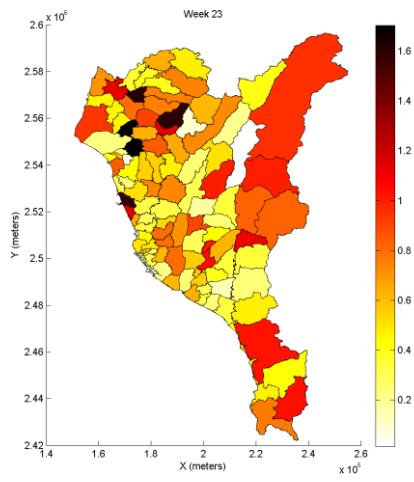
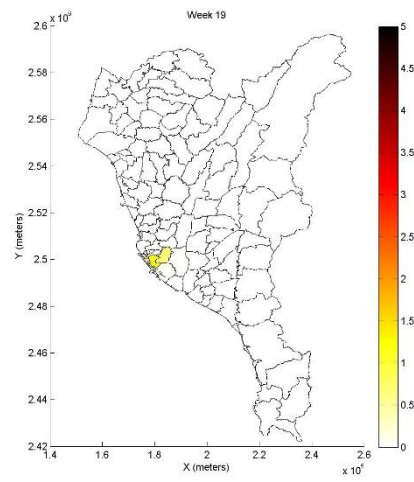
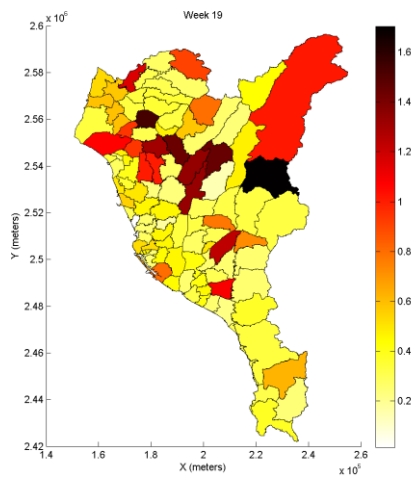
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



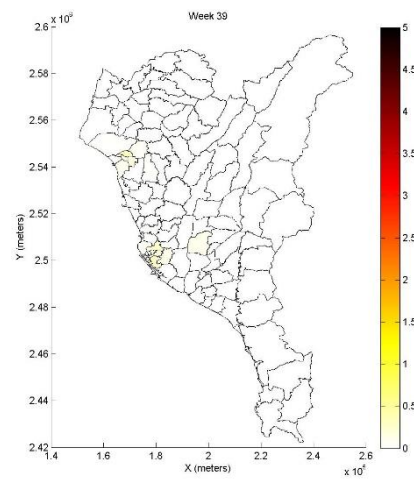
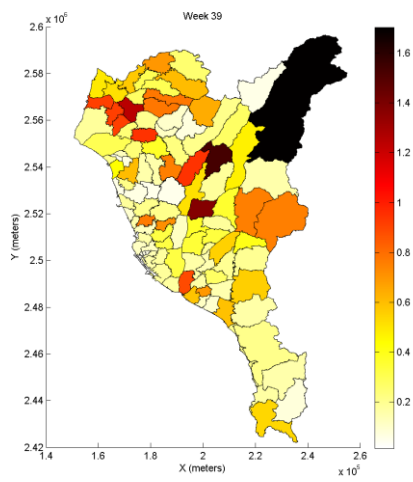
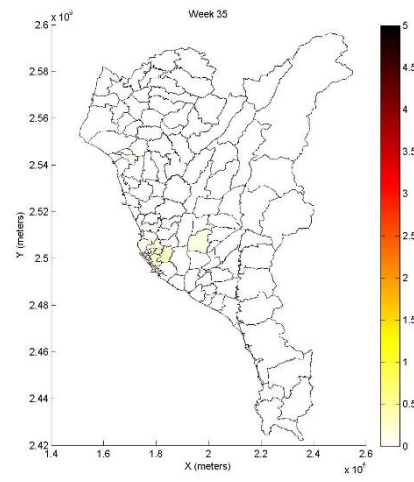
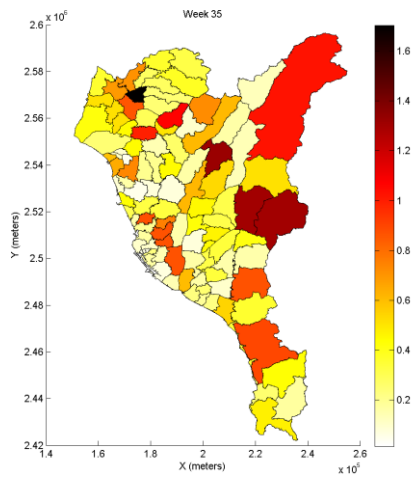
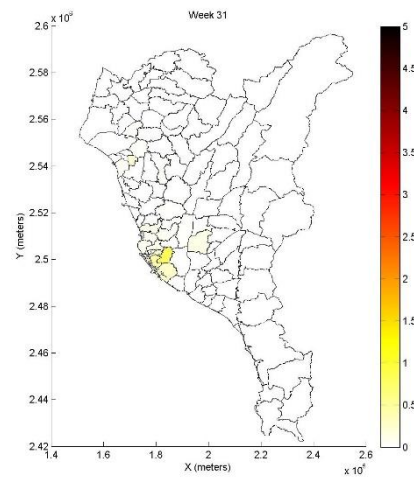
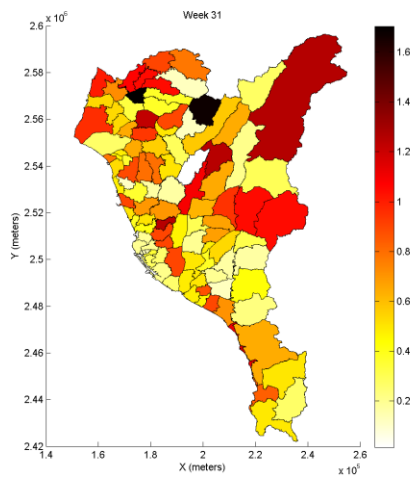
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



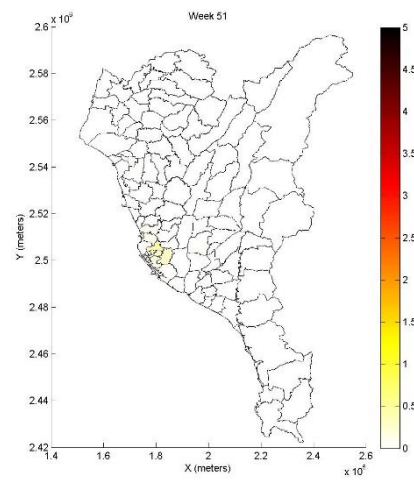
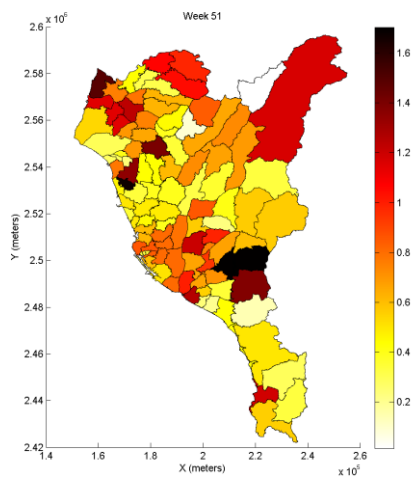
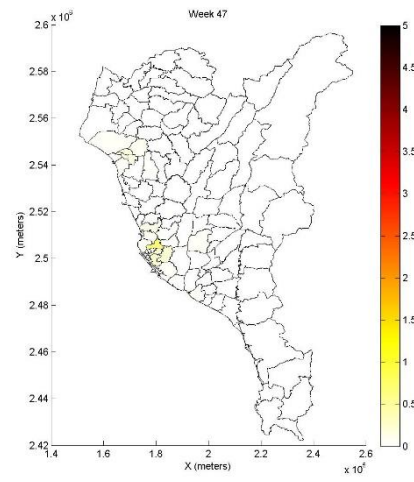
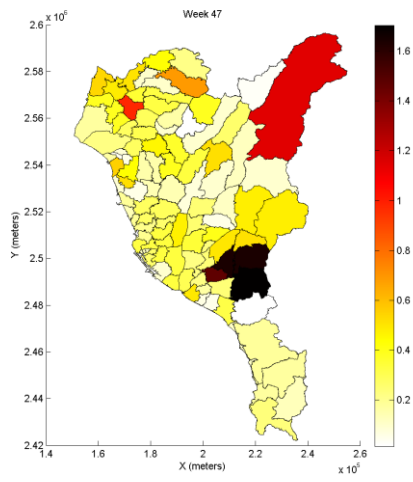
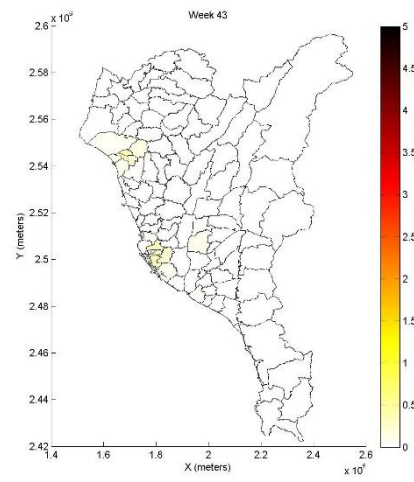
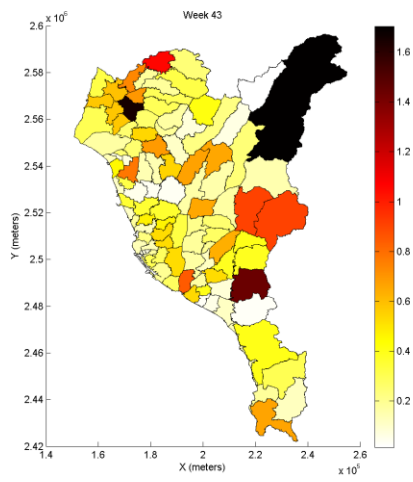
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



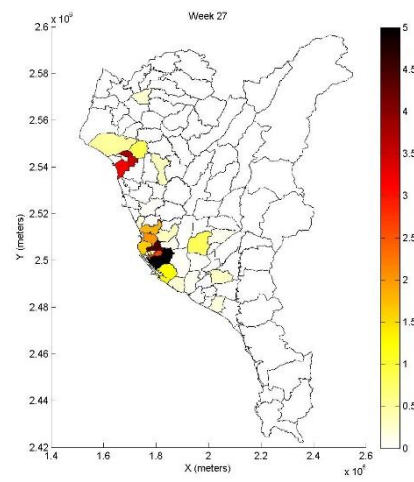
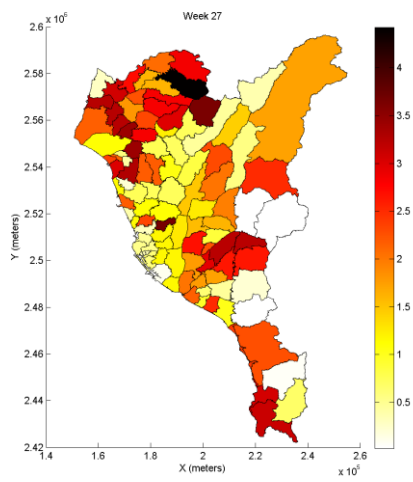
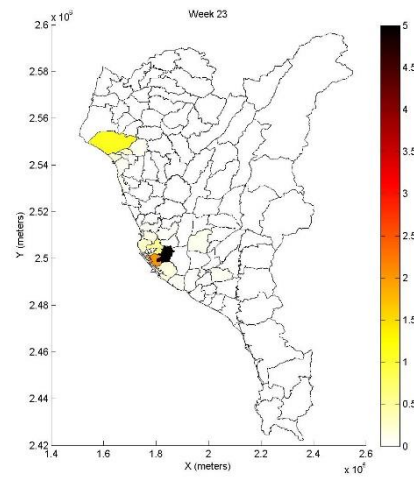
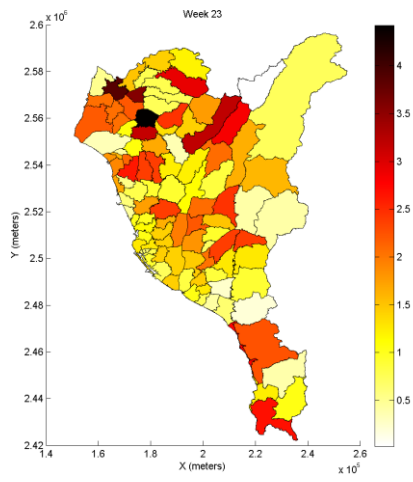
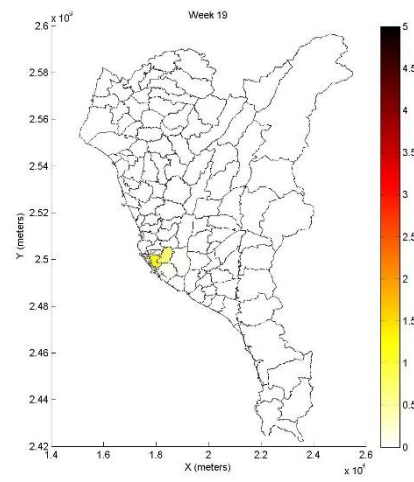
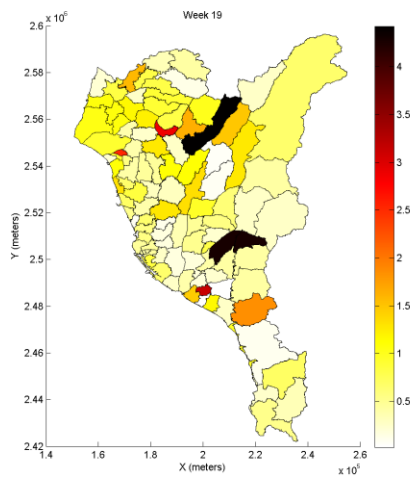
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



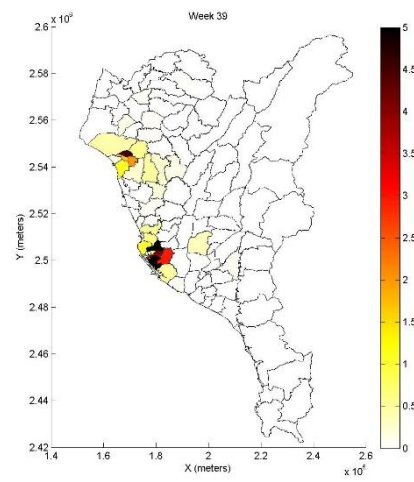
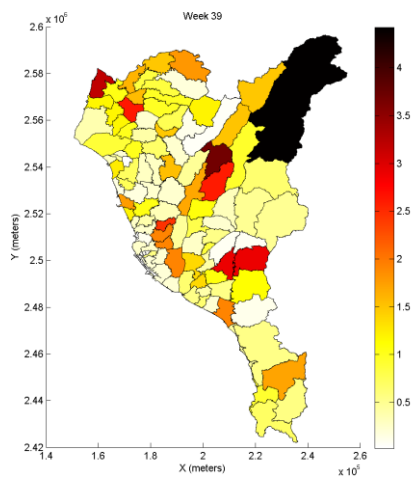
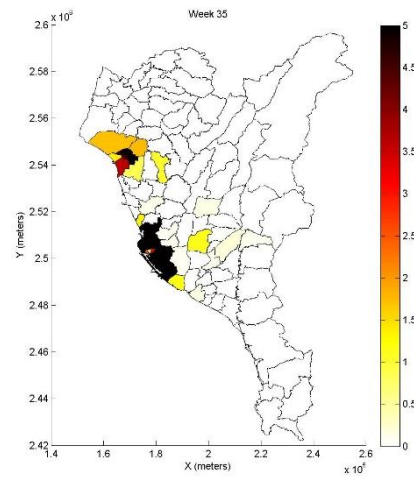
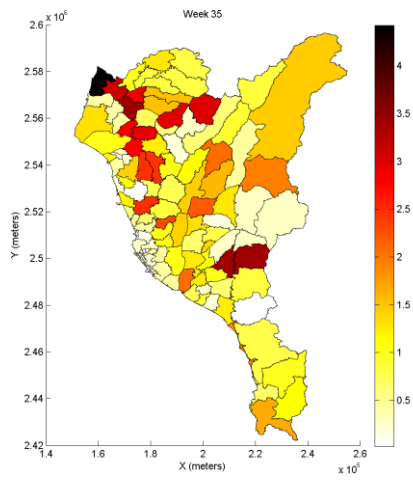
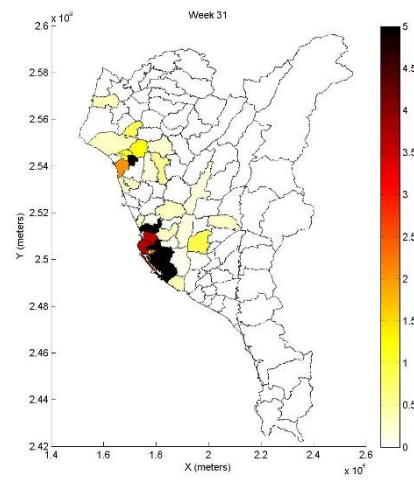
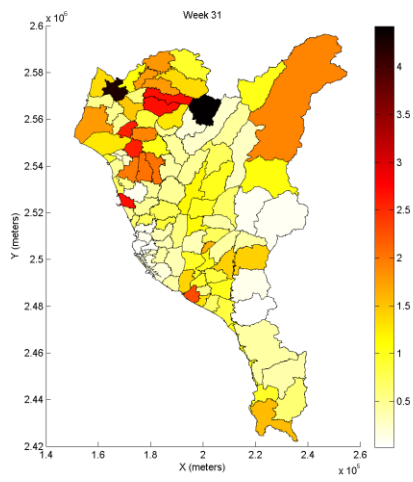
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



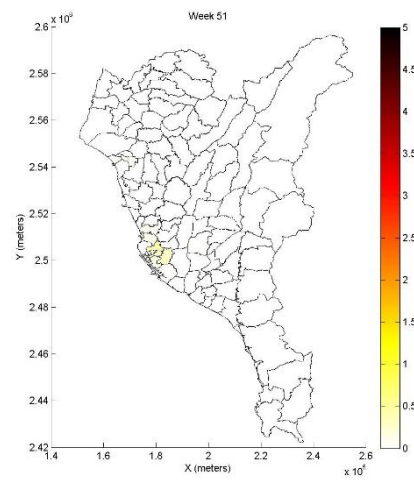
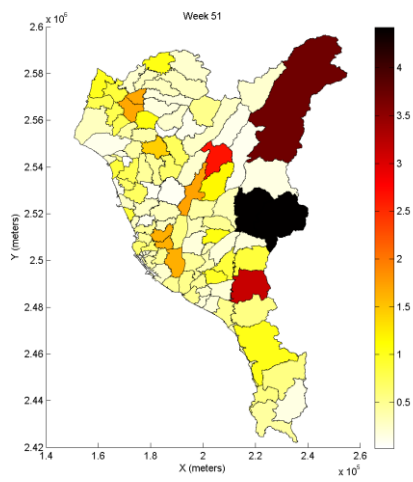
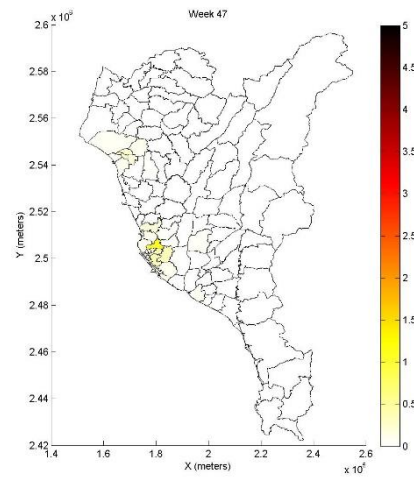
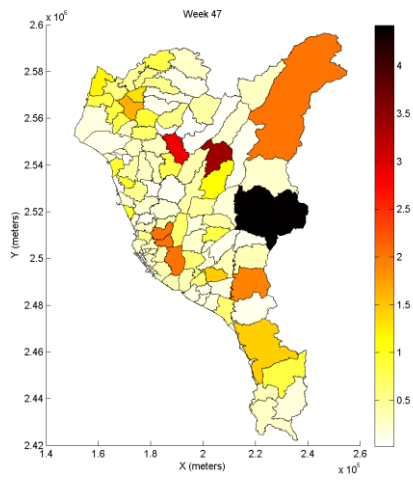
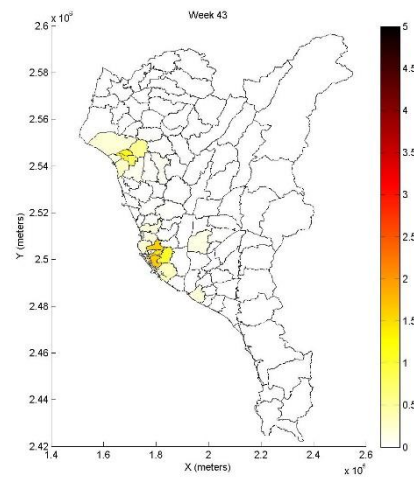
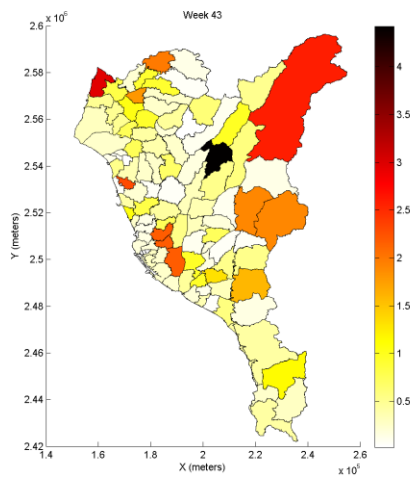
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



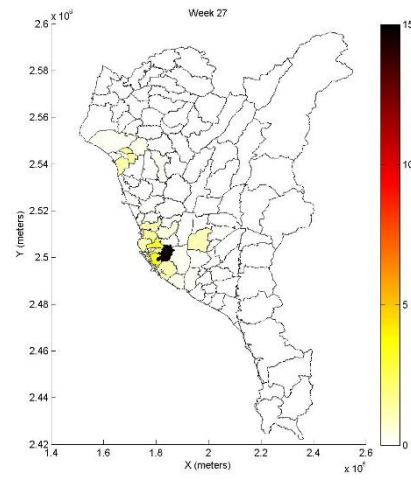
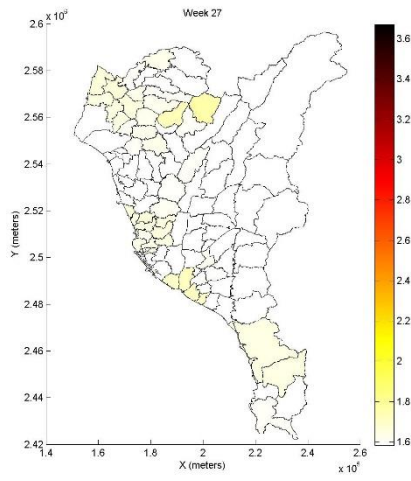
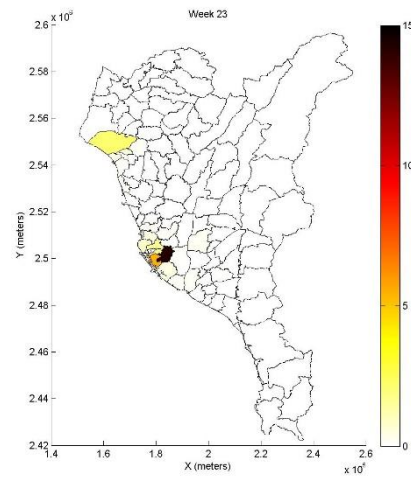
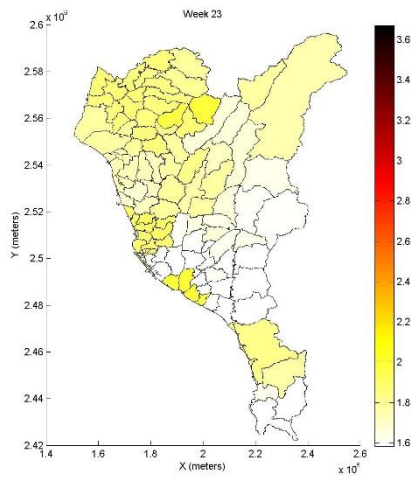
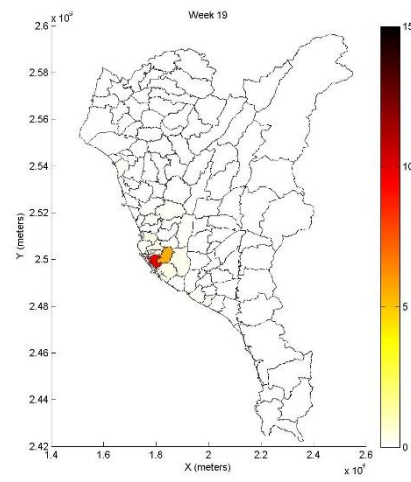
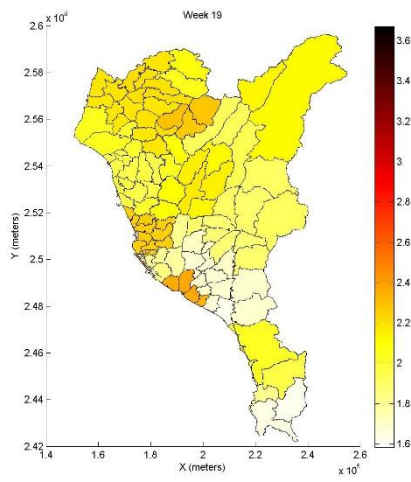
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



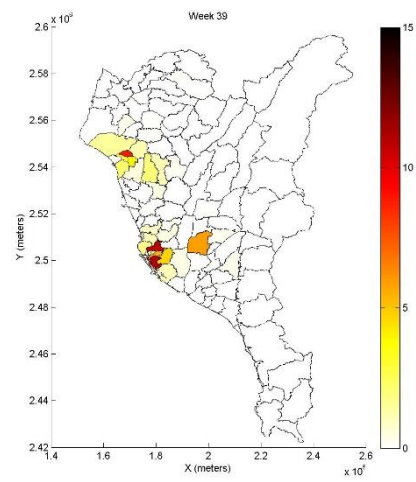
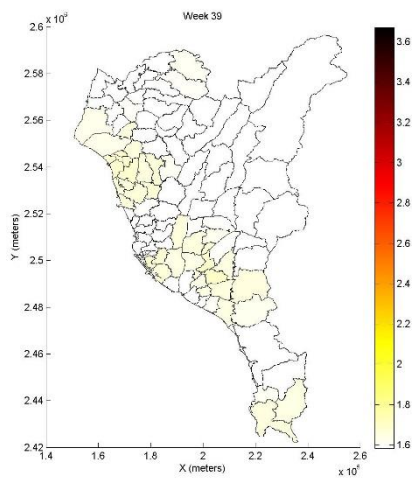
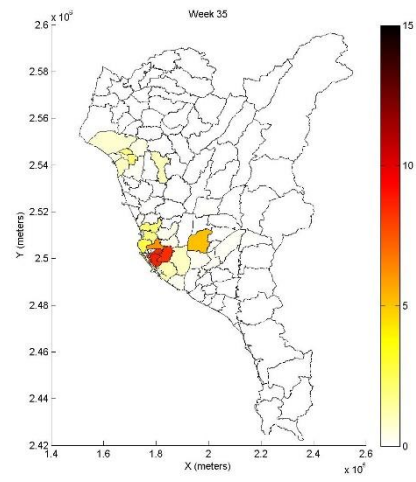
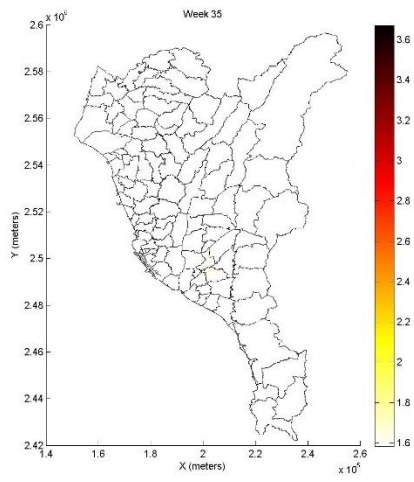
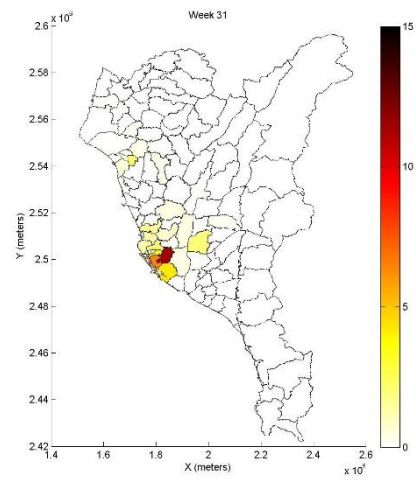
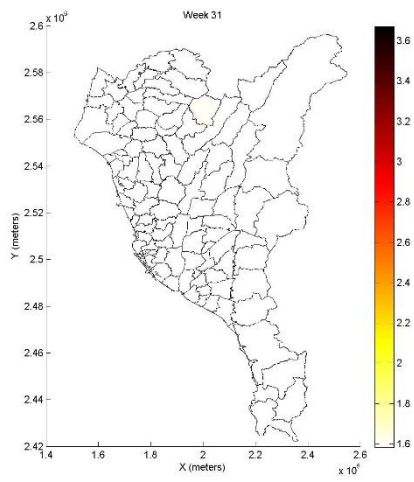
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



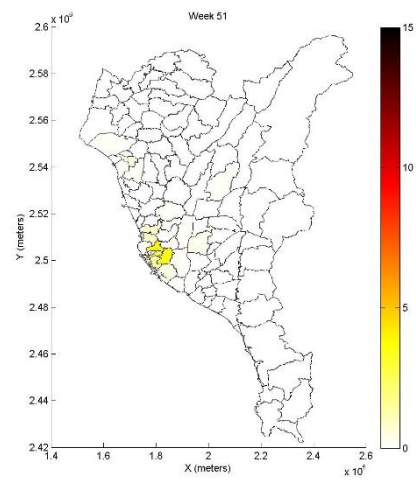
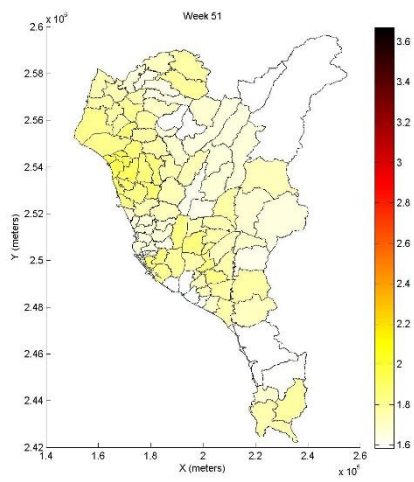
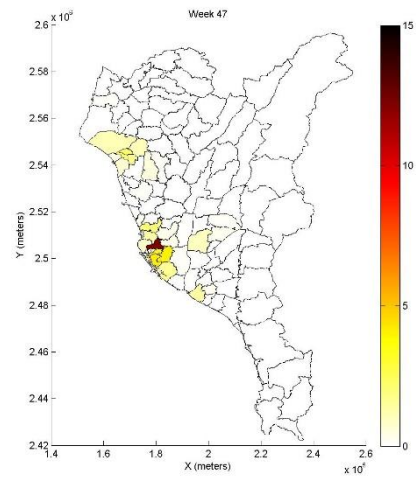
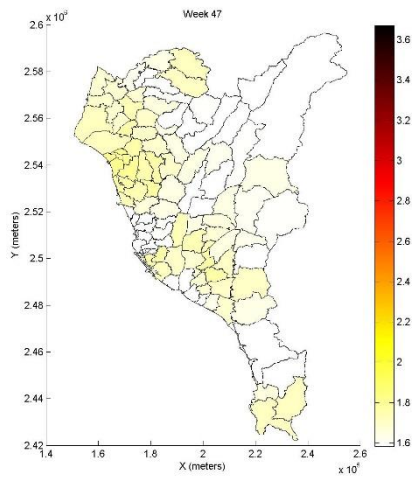
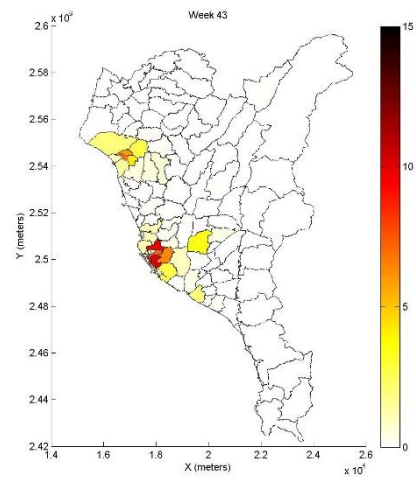
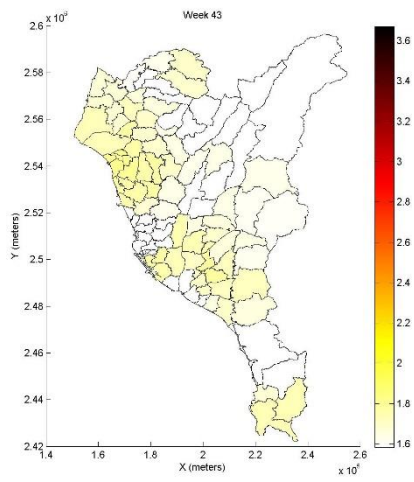
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



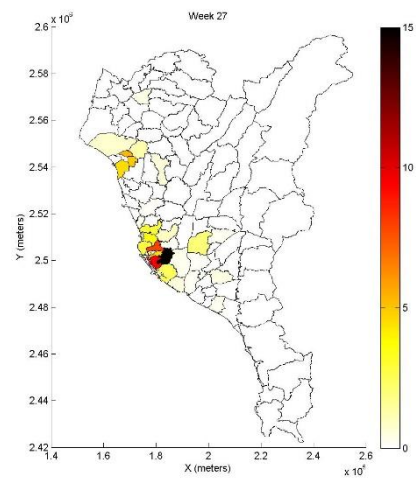
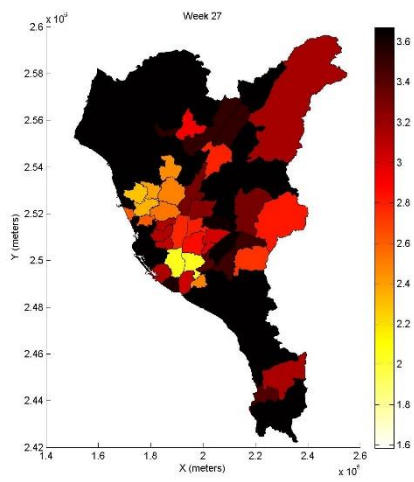
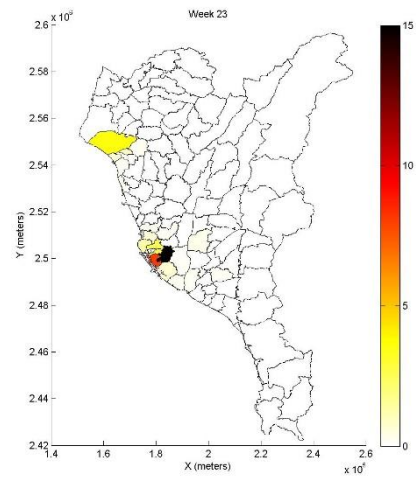
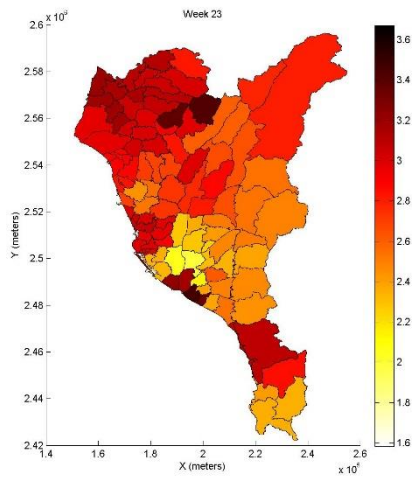
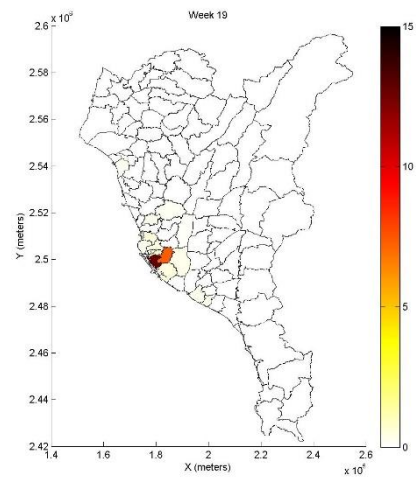
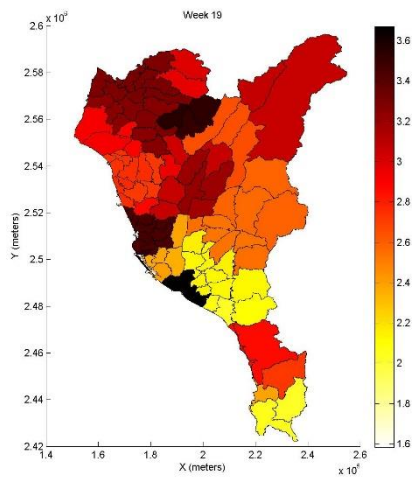
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 25% 時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



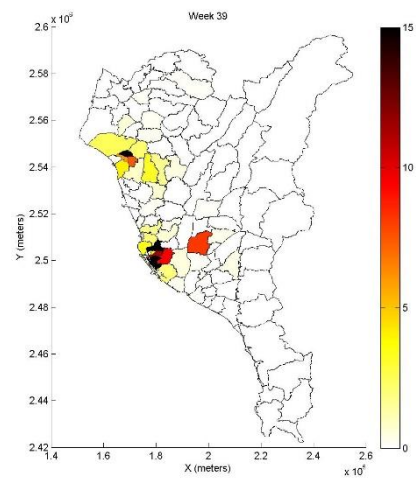
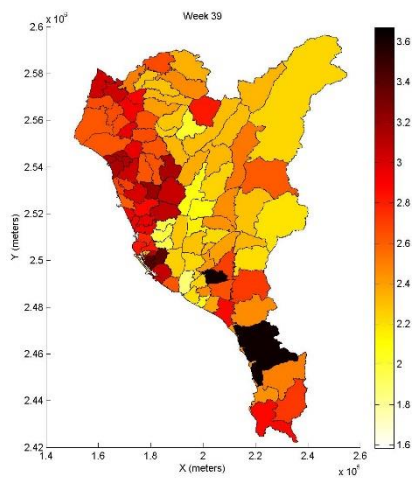
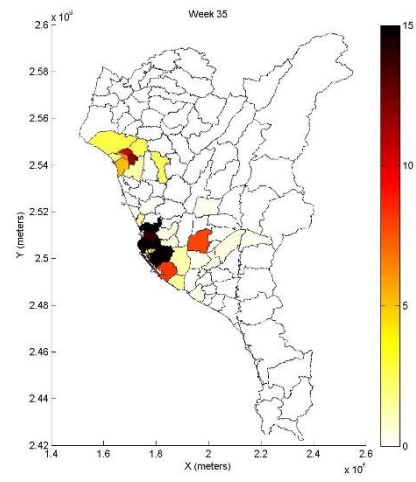
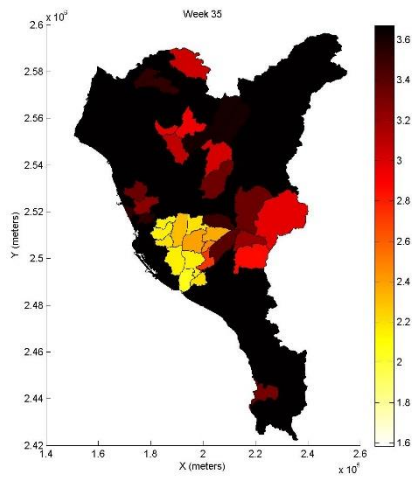
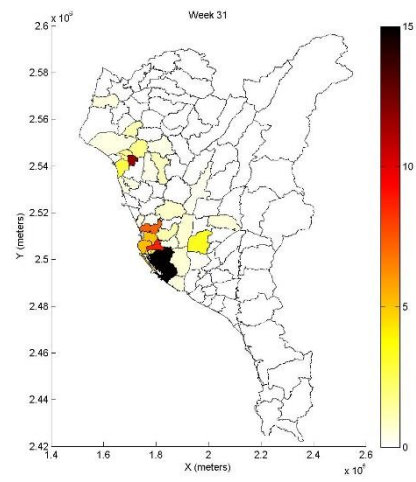
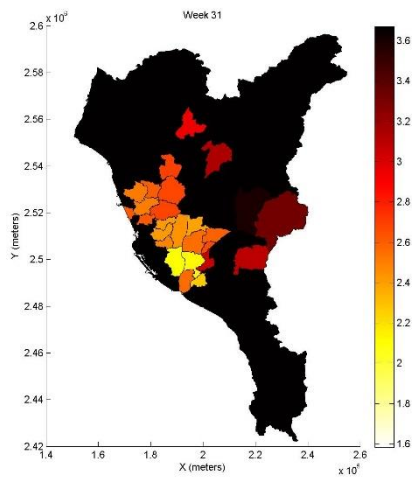
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 25% 時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



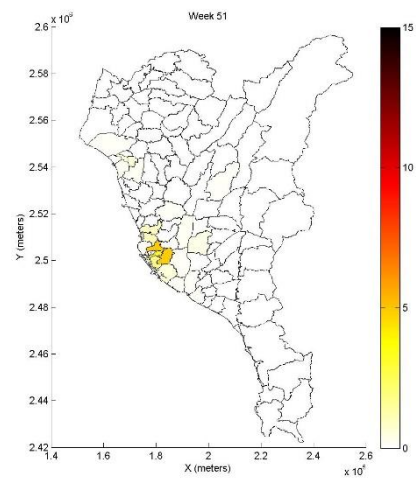
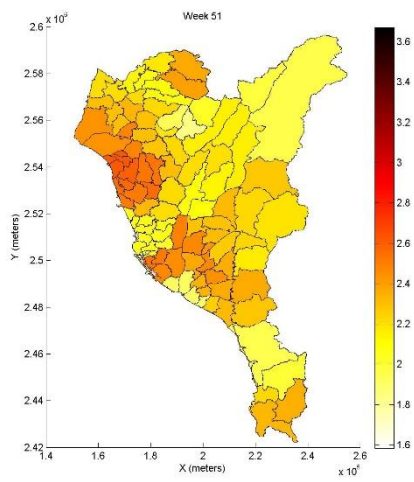
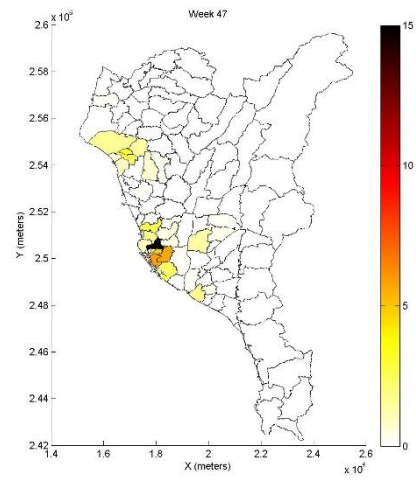
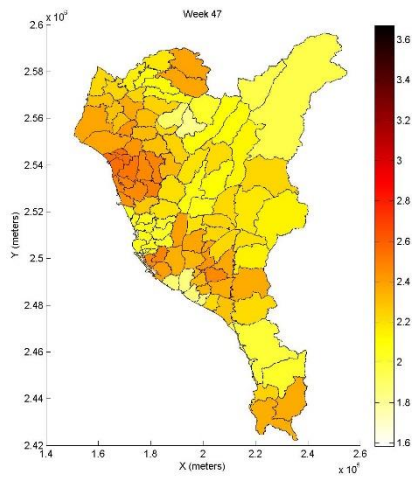
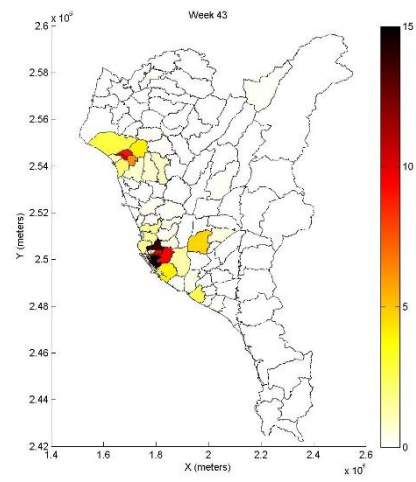
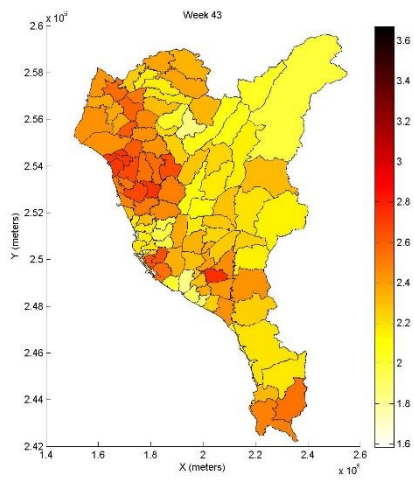
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 25% 時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



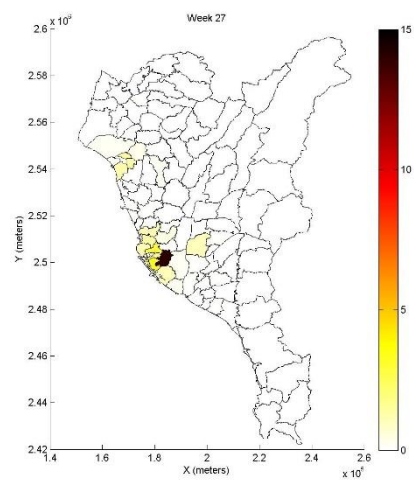
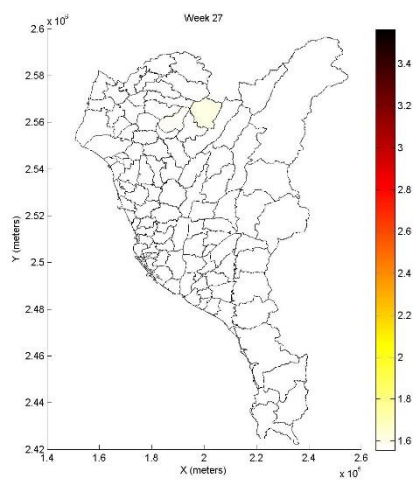
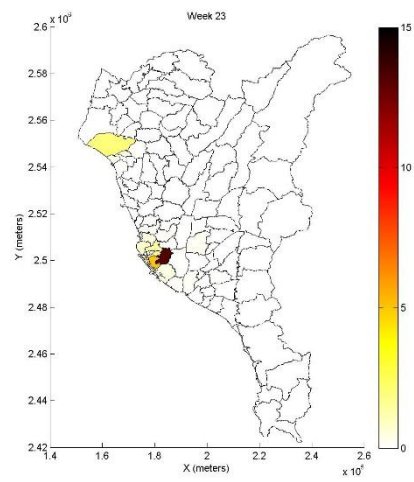
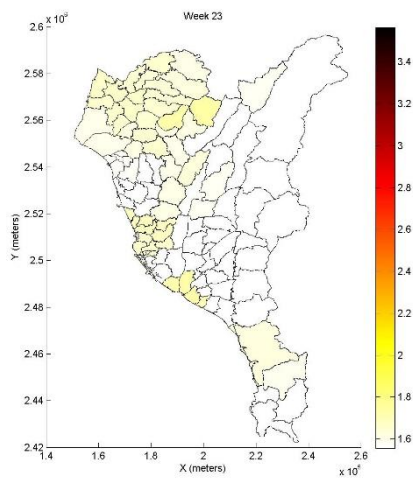
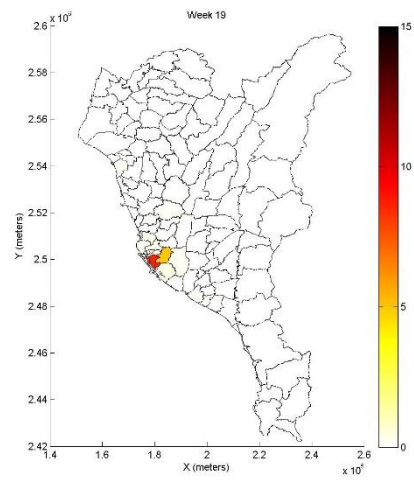
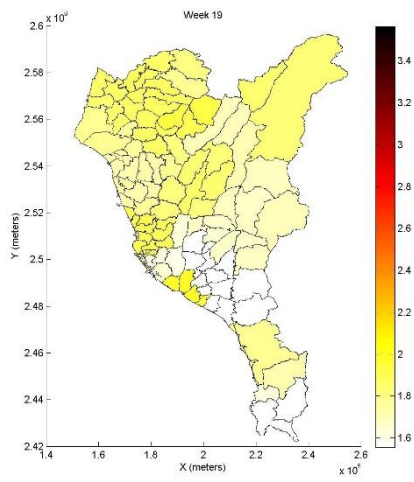
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 75% 時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



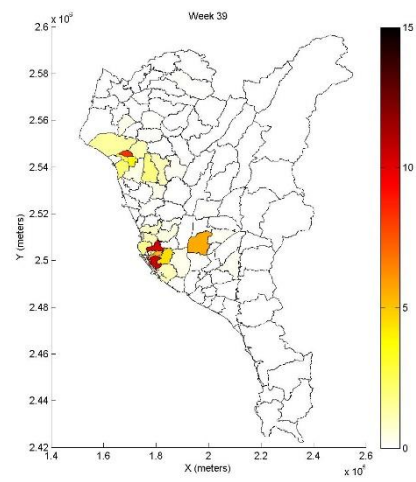
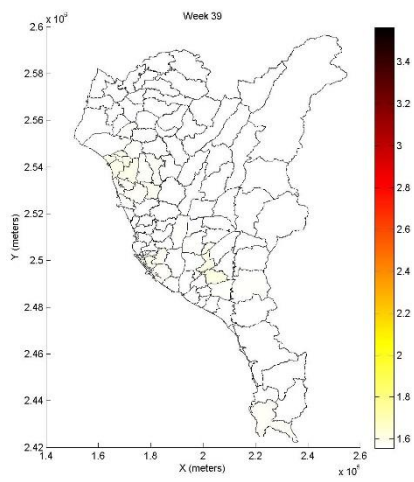
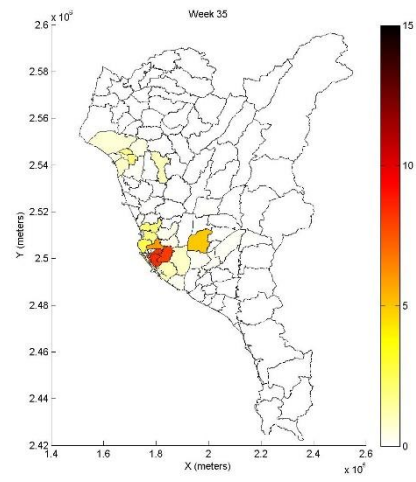
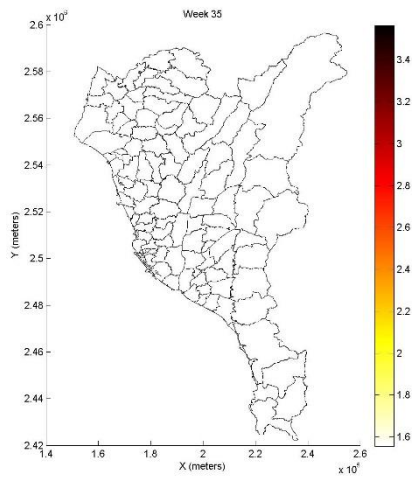
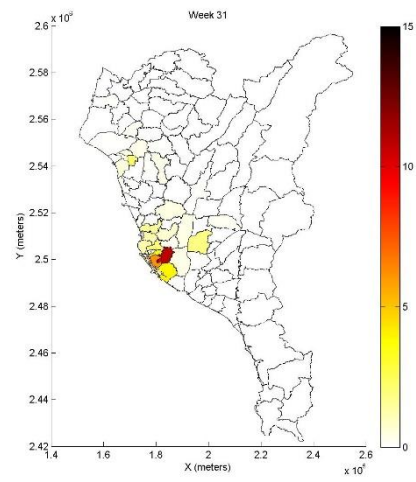
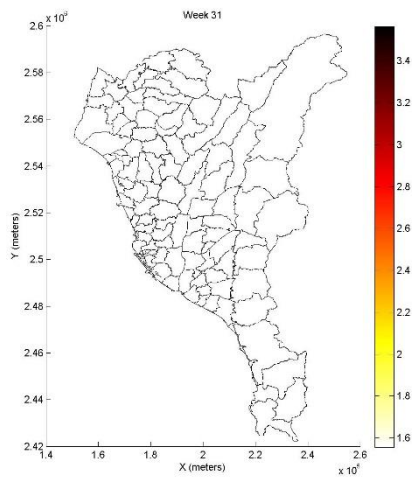
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 75% 時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



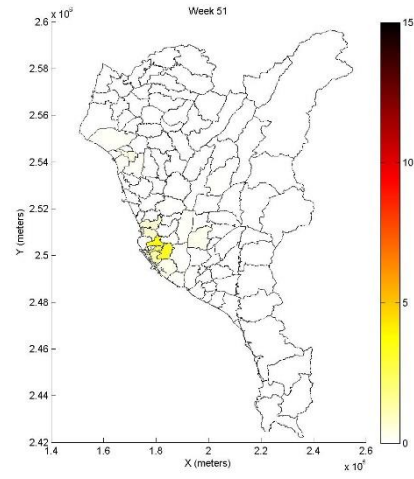
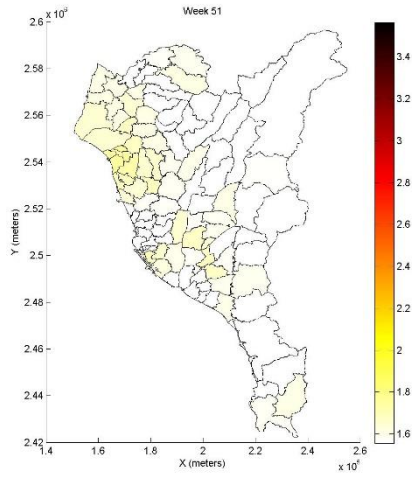
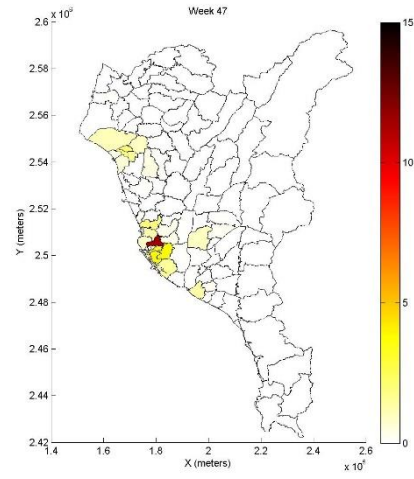
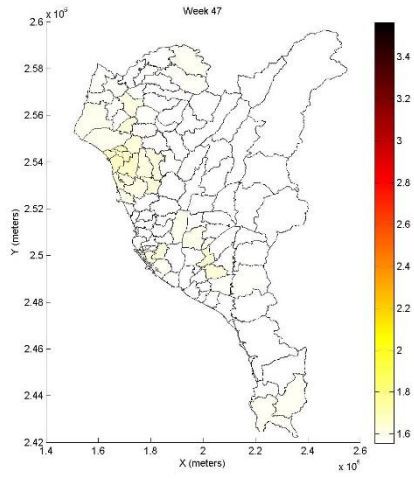
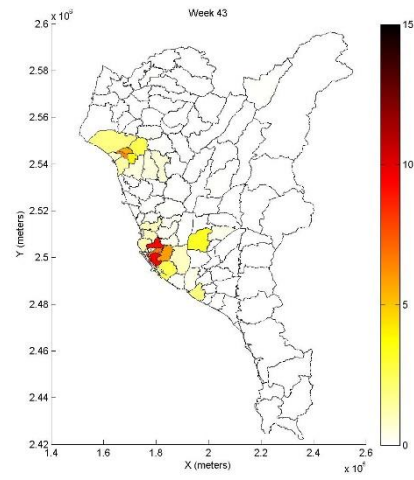
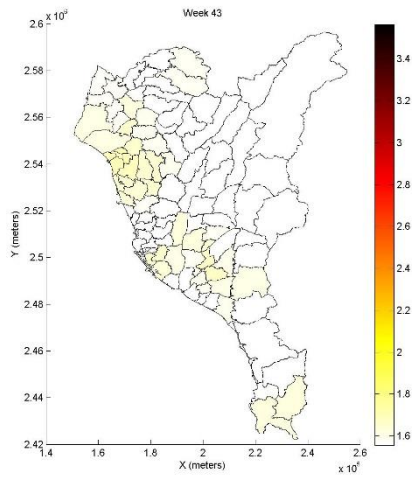
A1B 情境下(左)溫度及降雨為分量 75% 時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



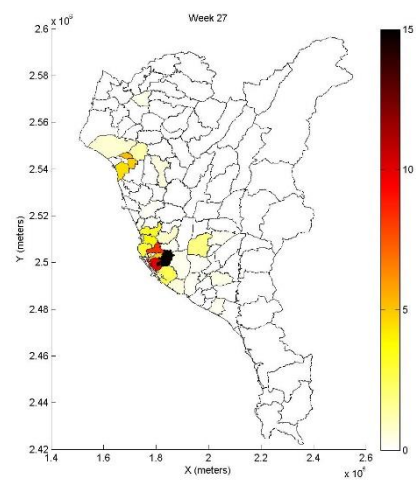
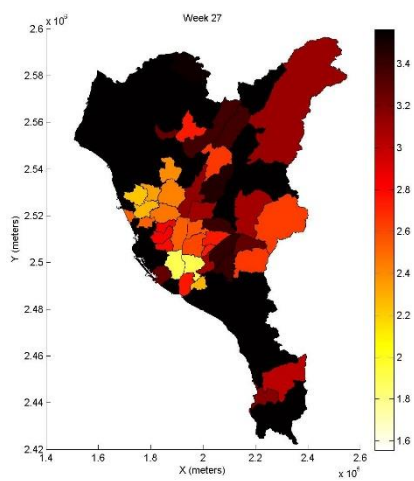
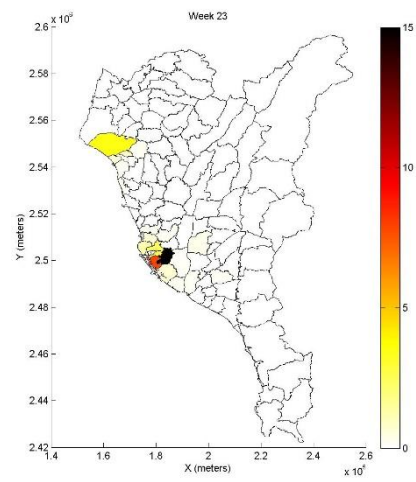
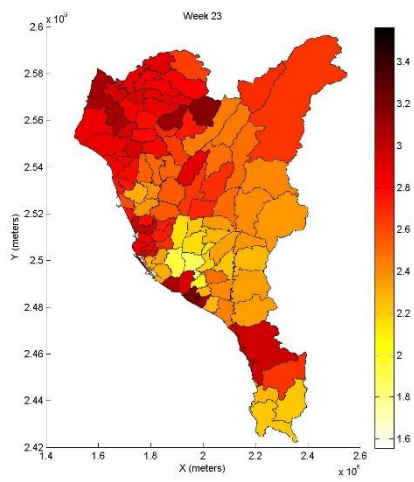
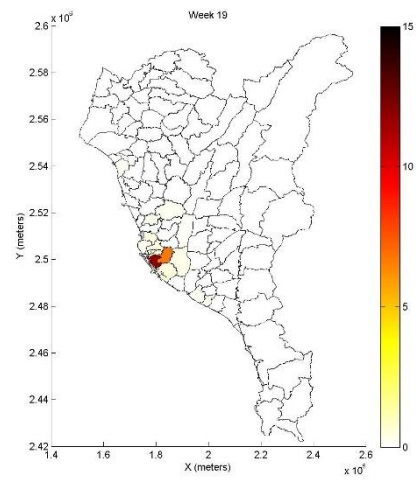
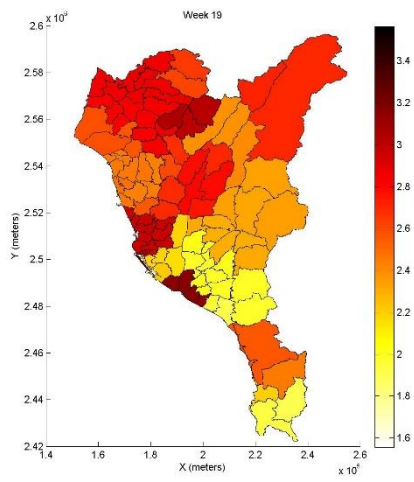
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



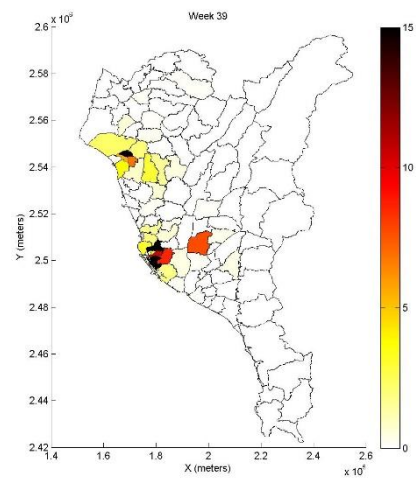
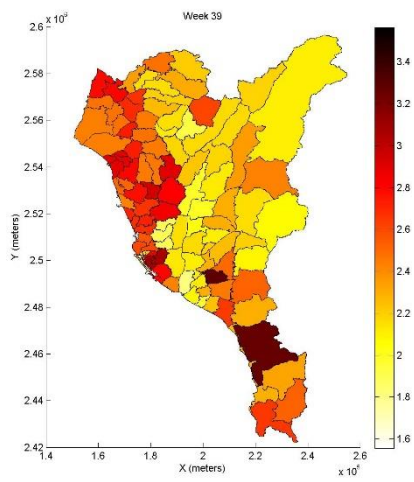
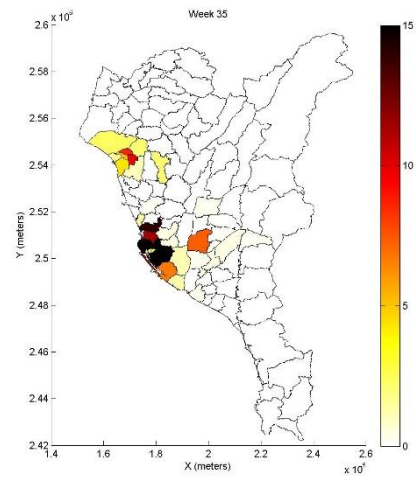
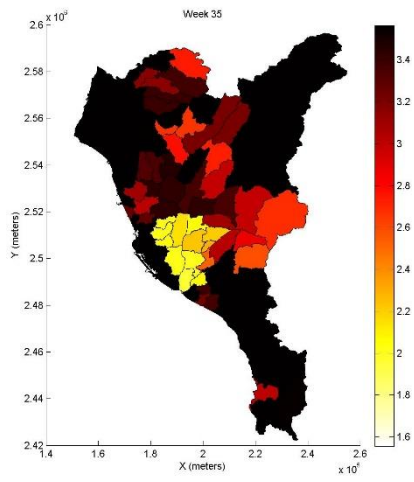
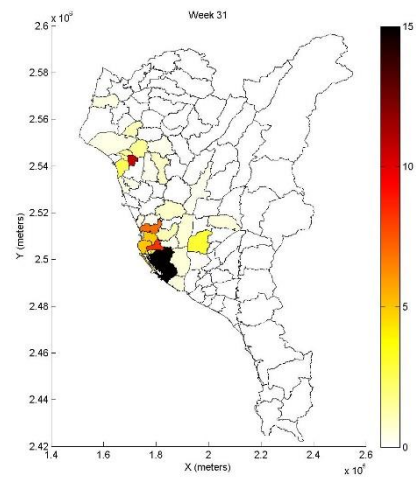
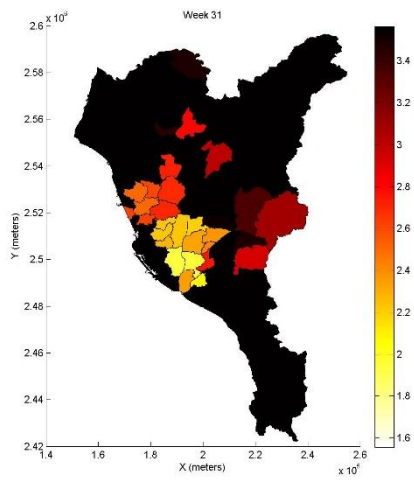
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



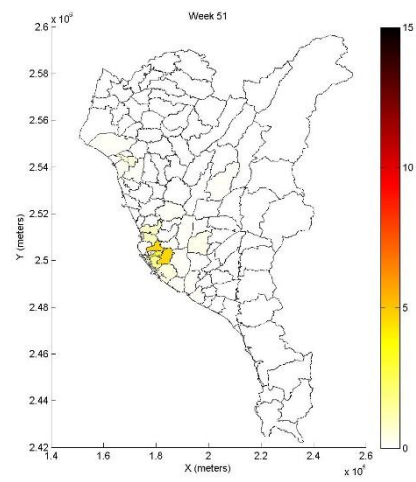
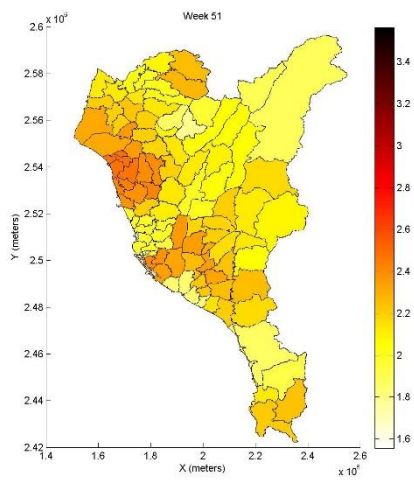
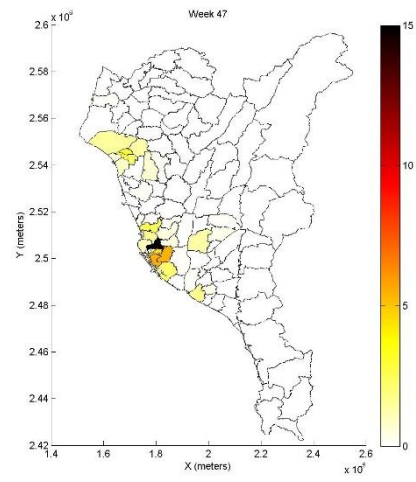
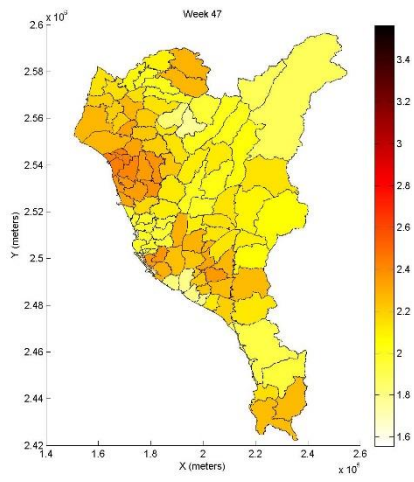
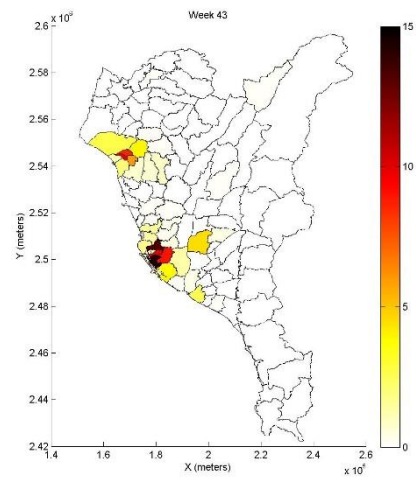
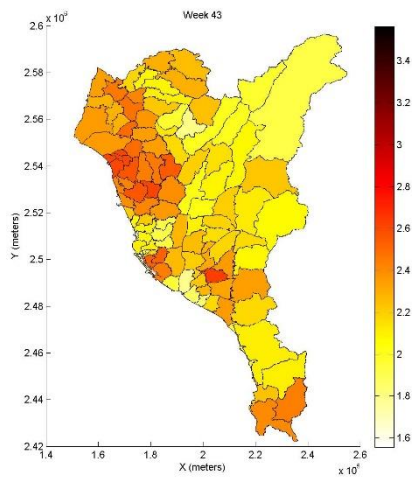
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



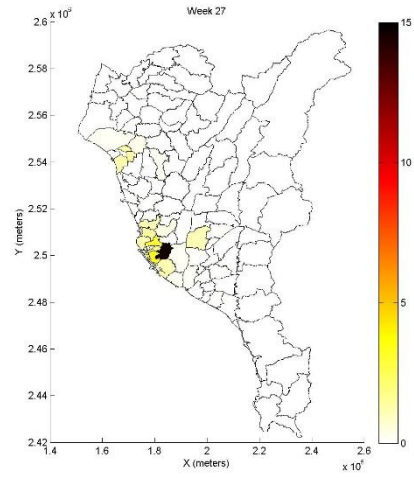
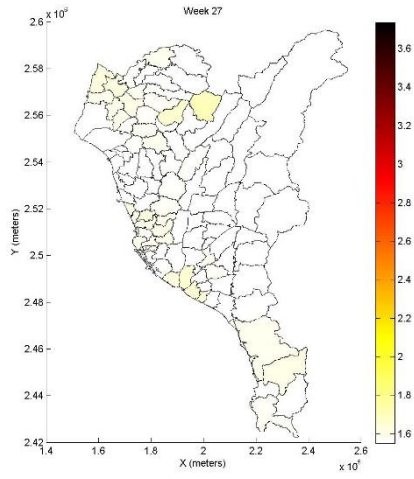
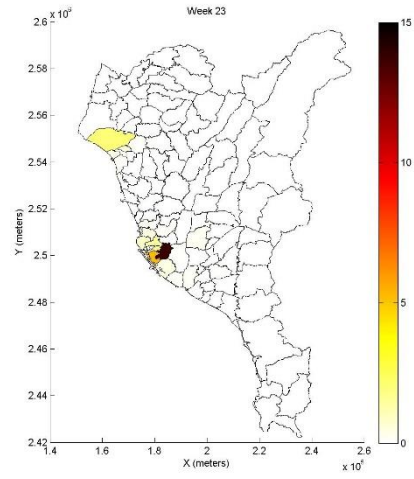
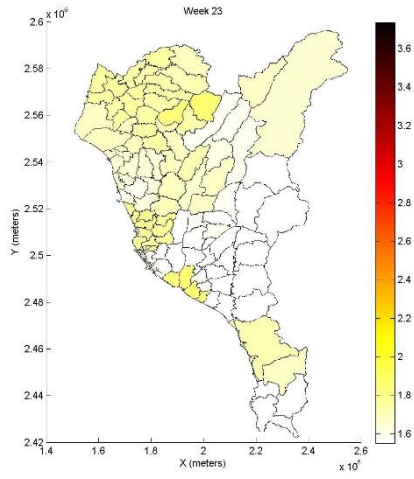
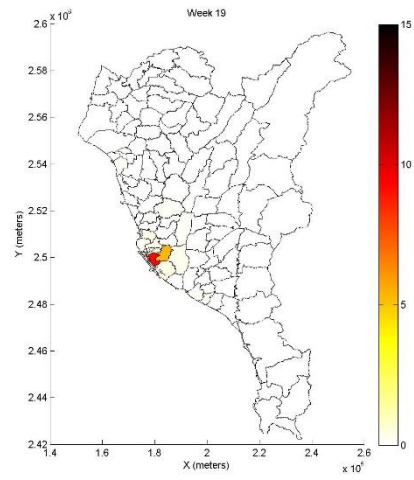
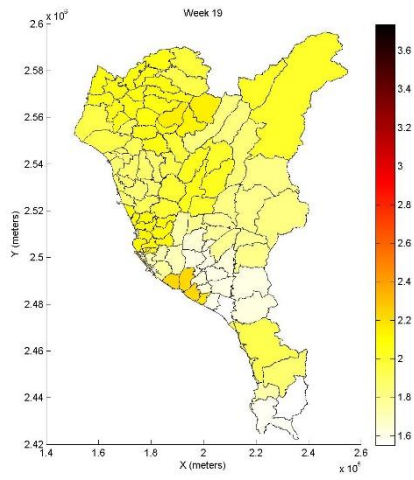
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



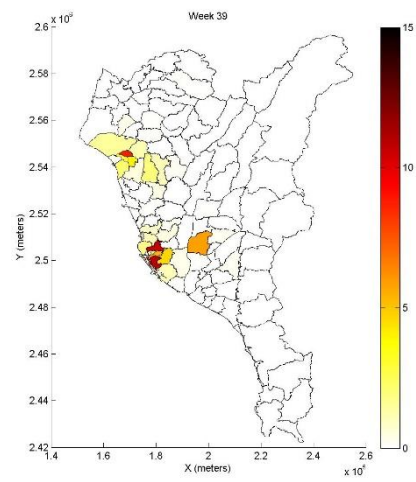
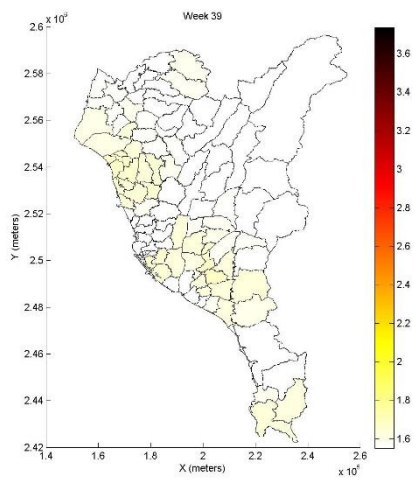
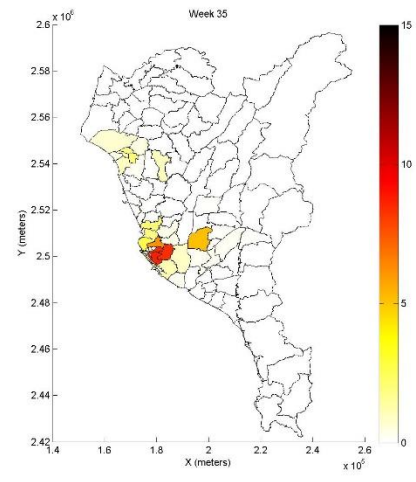
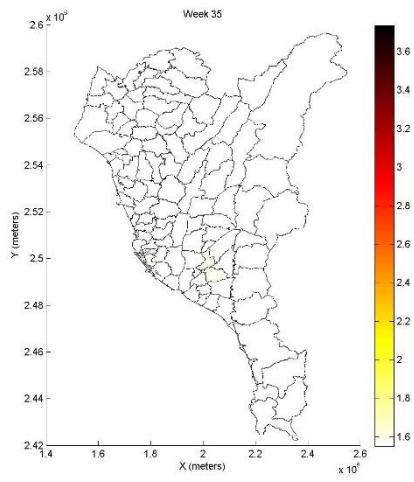
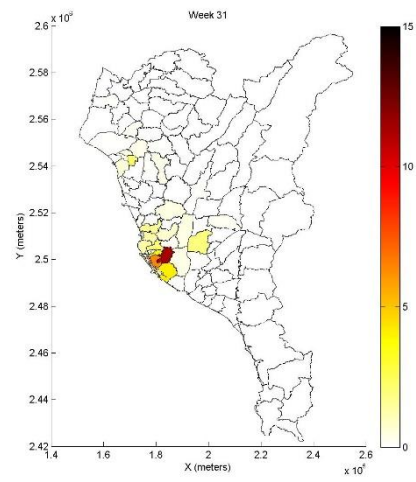
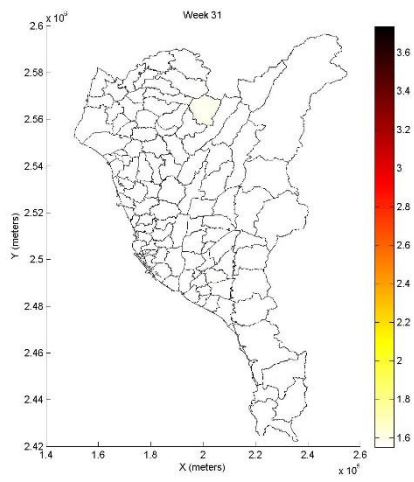
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右)各鄉鎮平均病例數



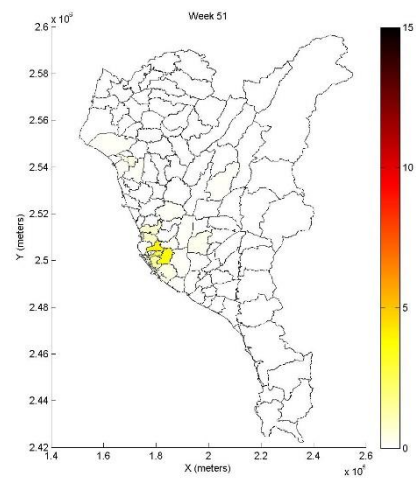
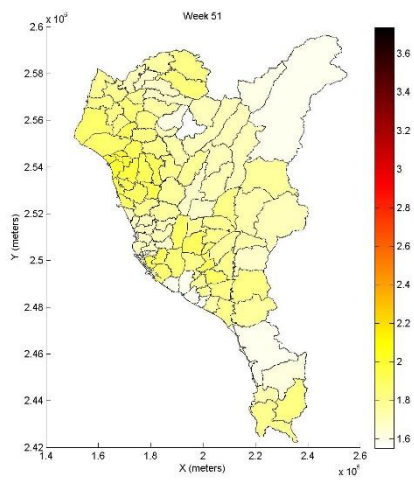
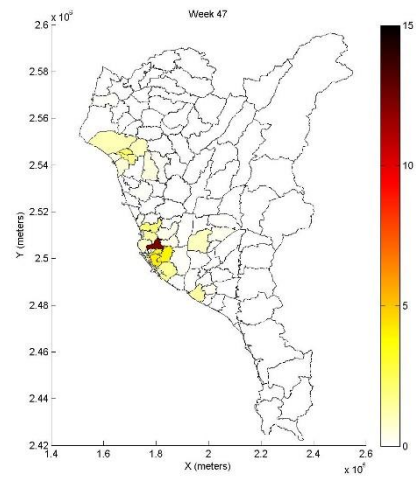
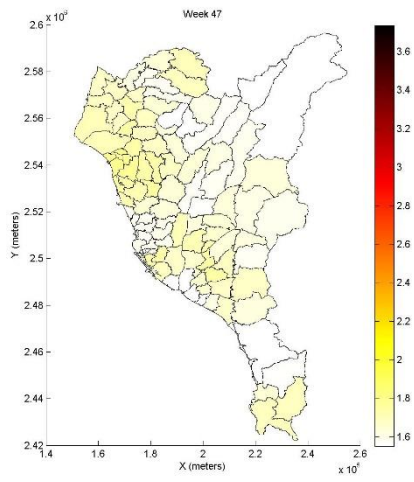
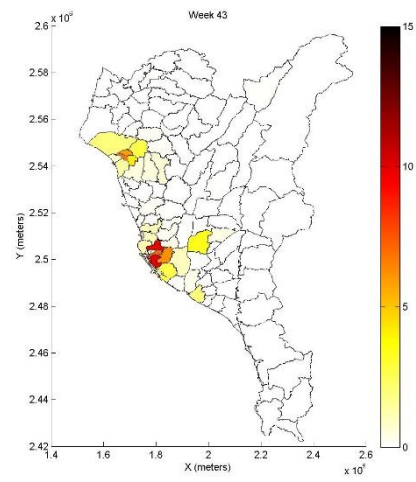
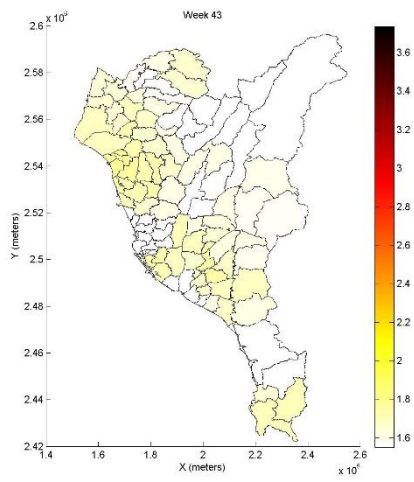
A2 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



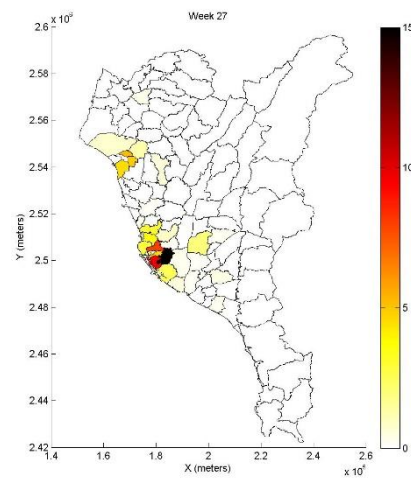
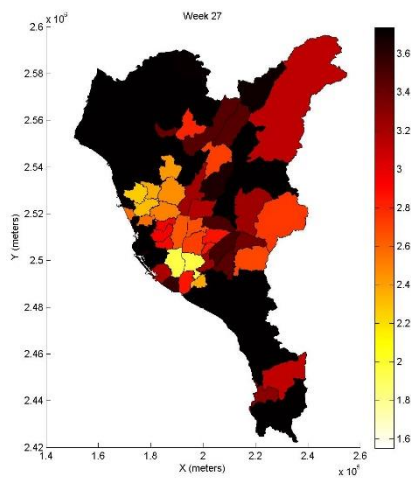
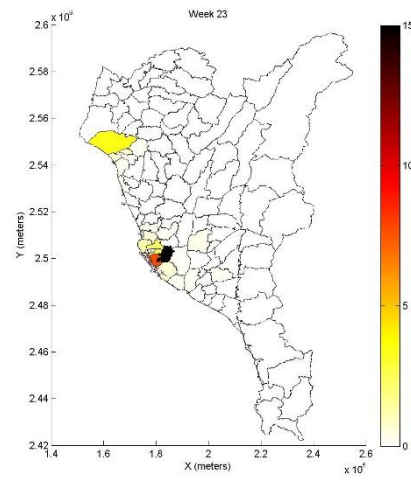
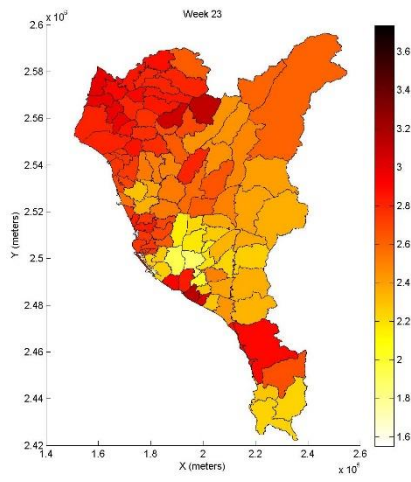
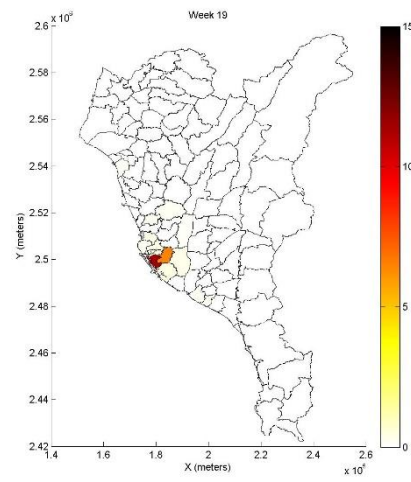
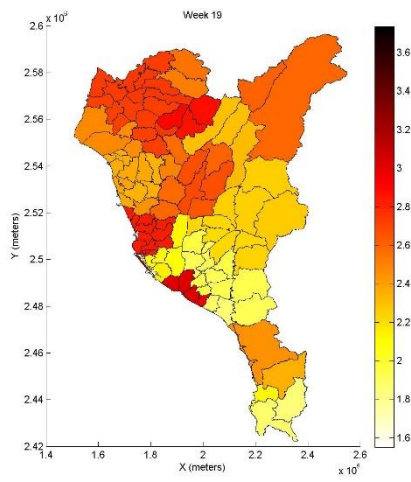
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



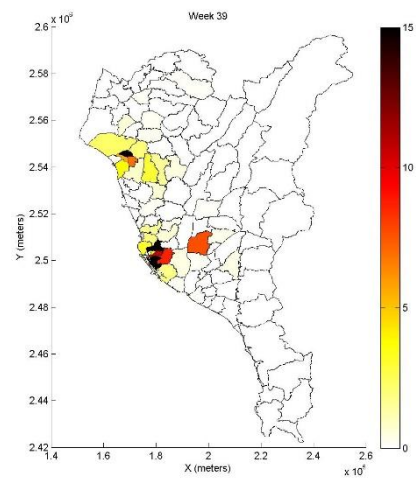
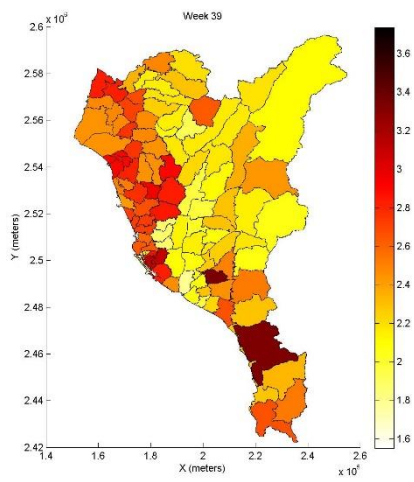
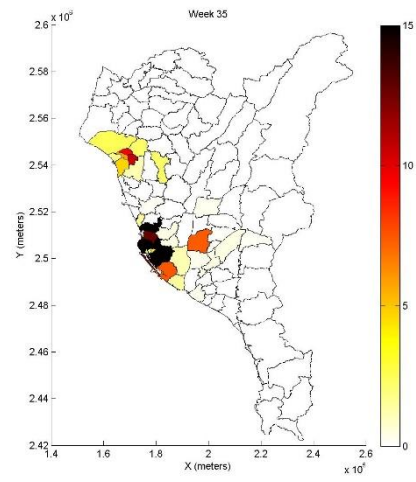
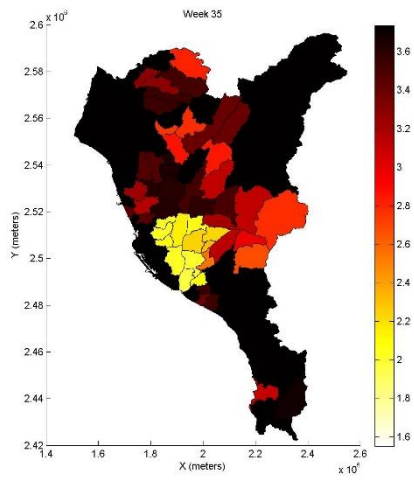
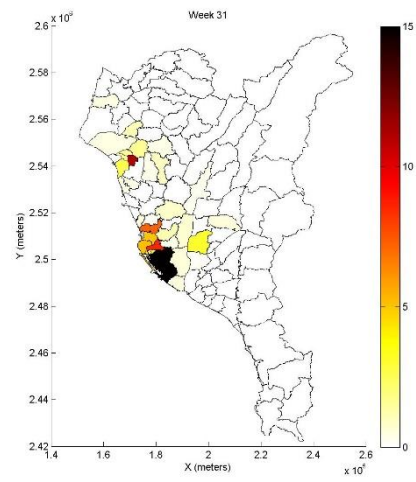
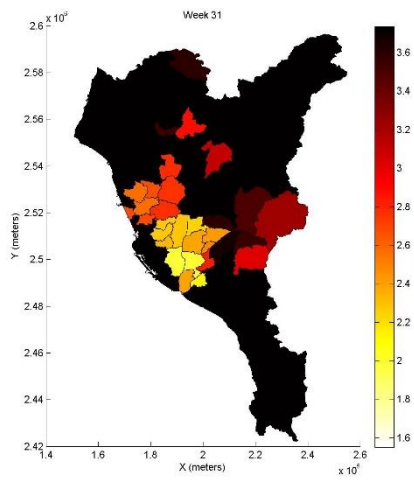
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



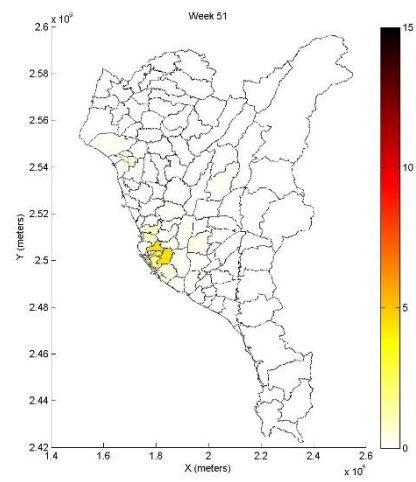
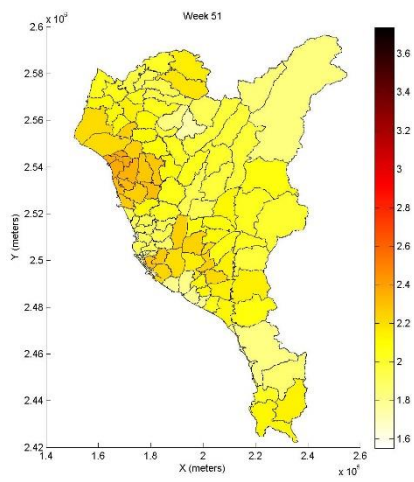
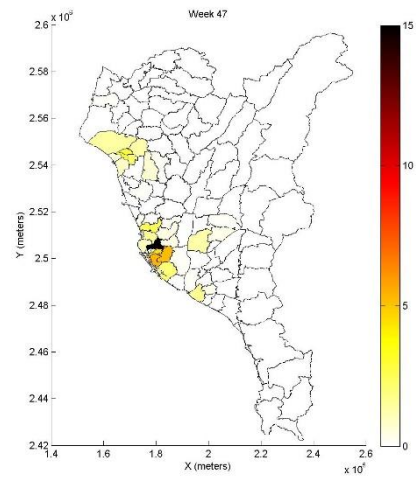
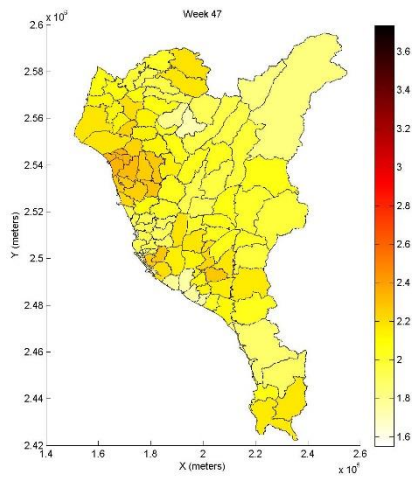
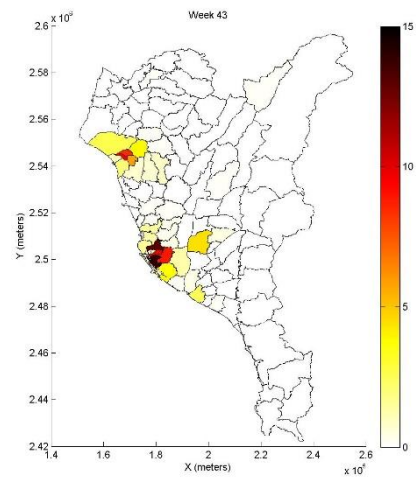
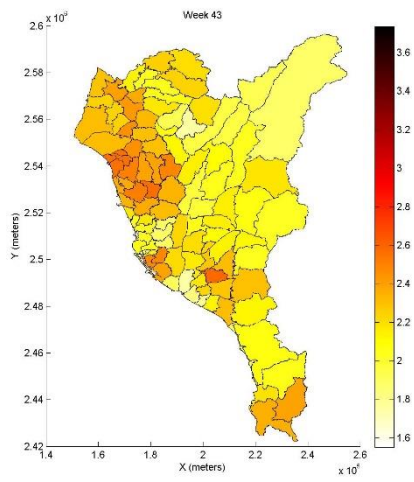
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 25%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



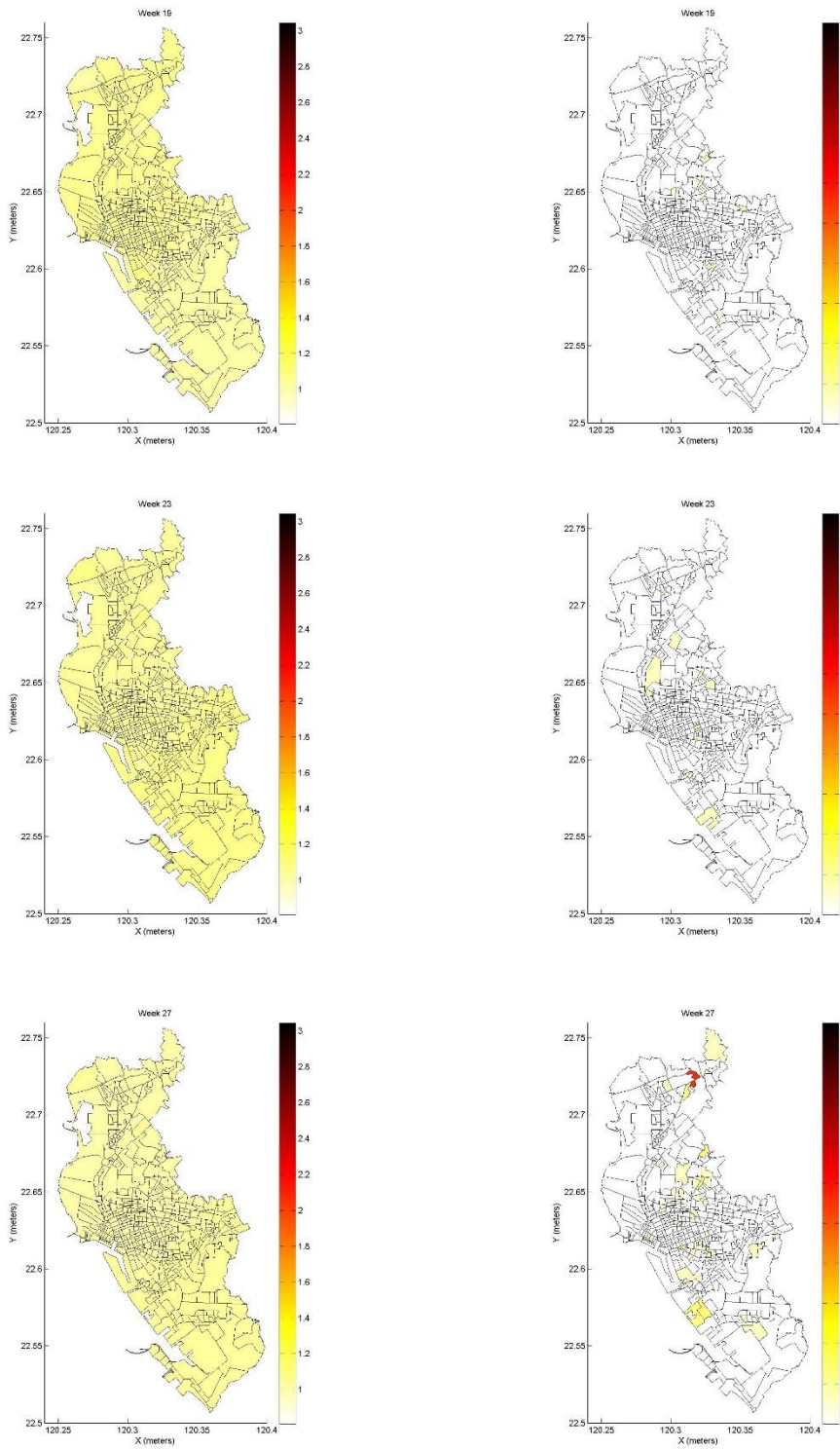
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 19、23 及 27 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



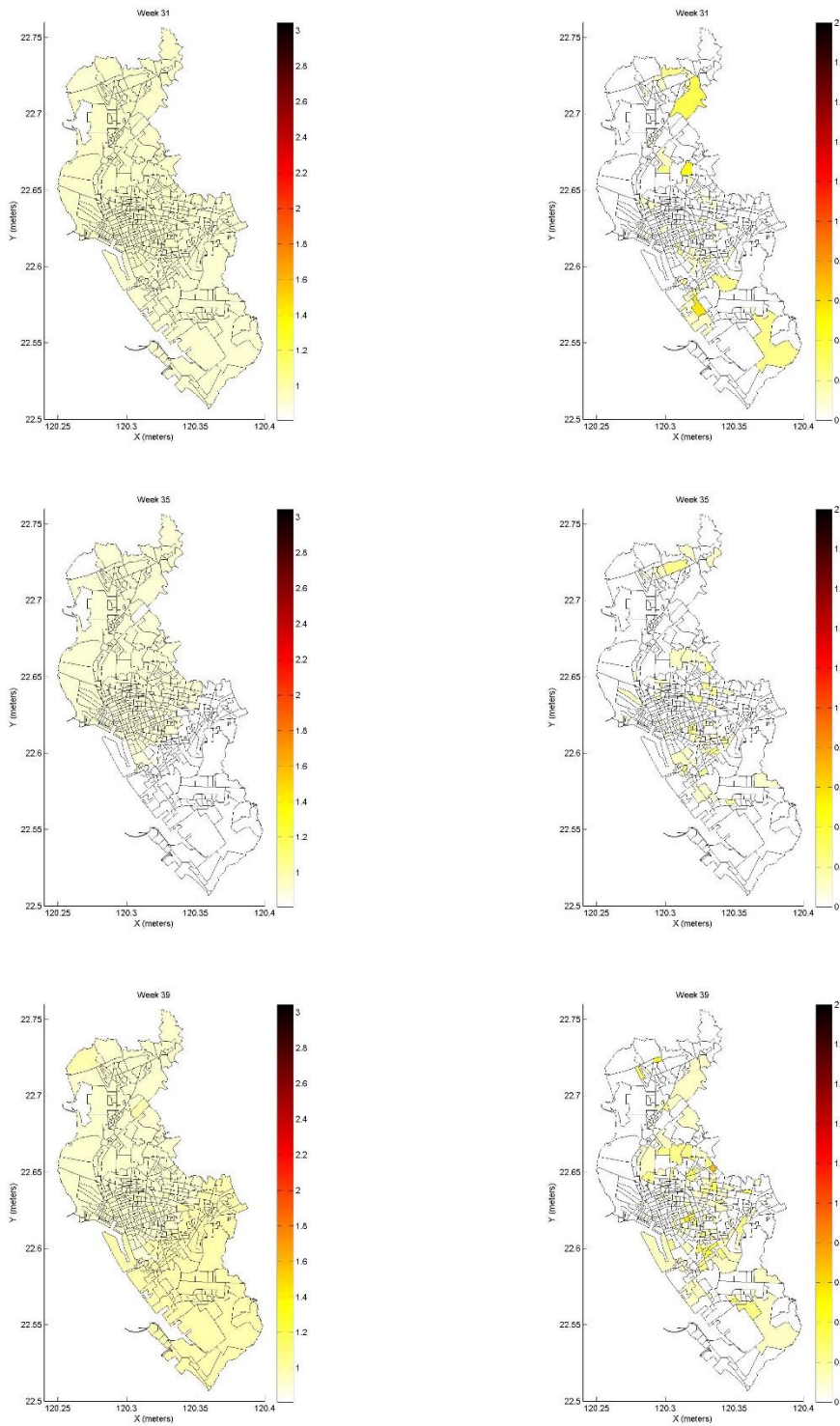
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 31、35 及 39 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



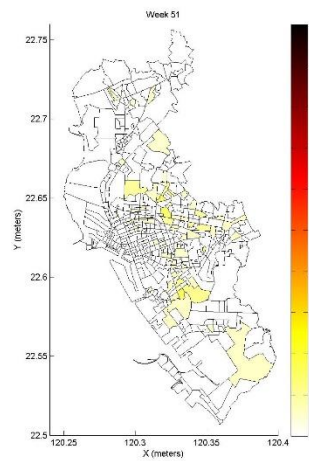
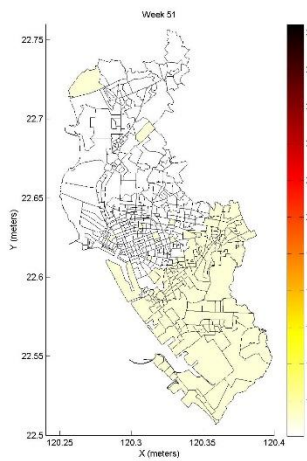
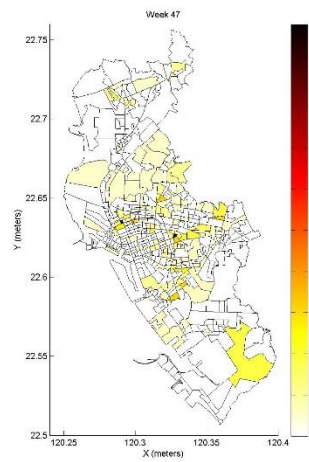
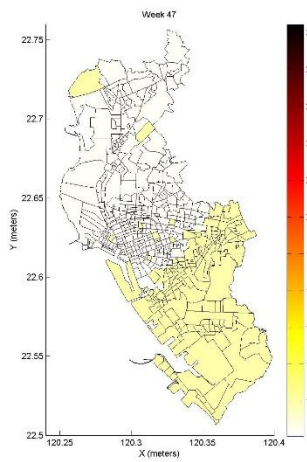
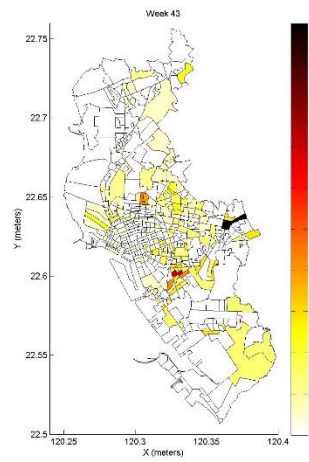
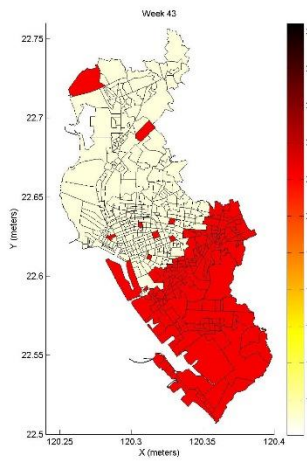
B1 情境下(左)溫度及降雨為分量 75%時第 43、47 及 51 週各鄉鎮相對風險值 (右) 各鄉鎮平均病例數



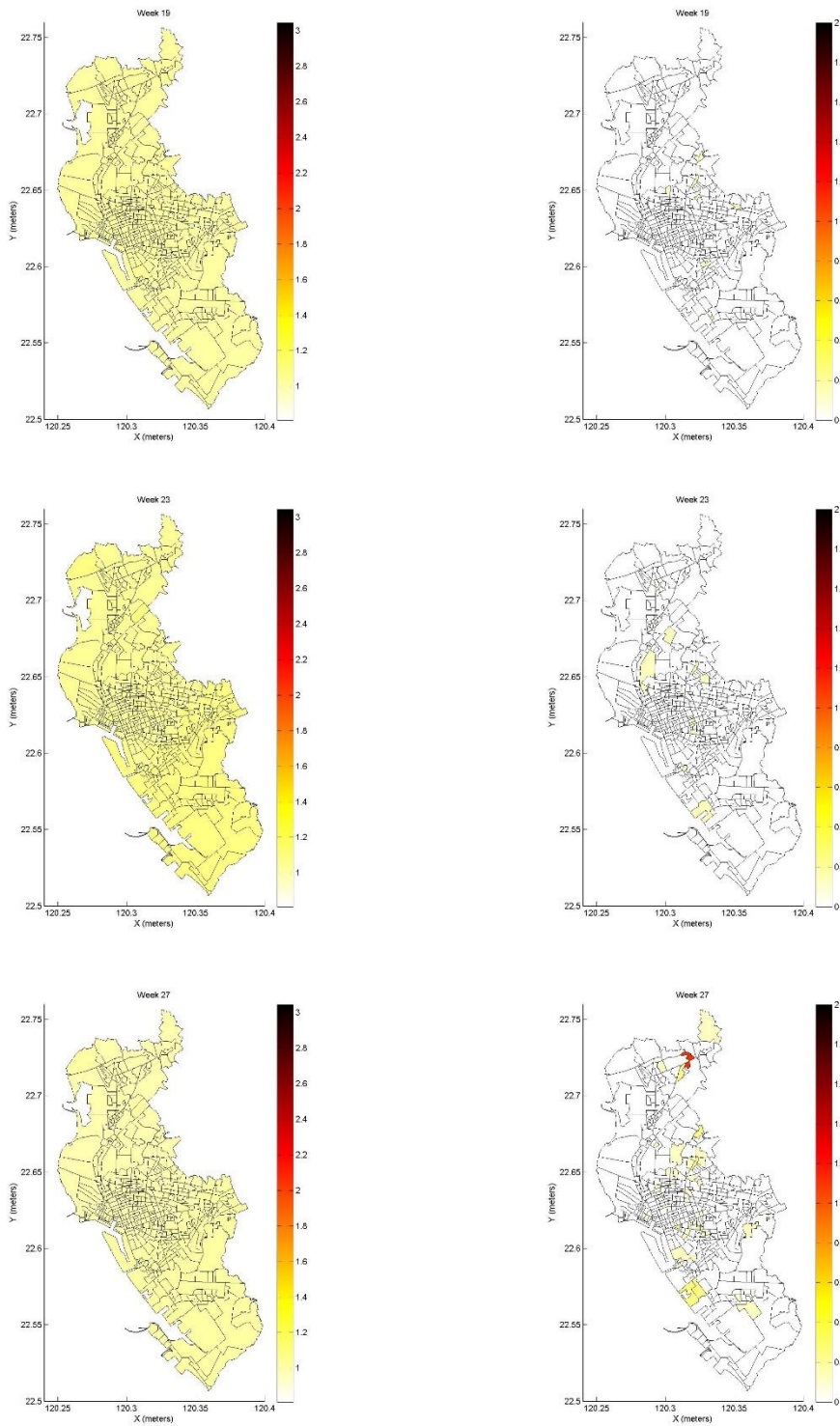
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



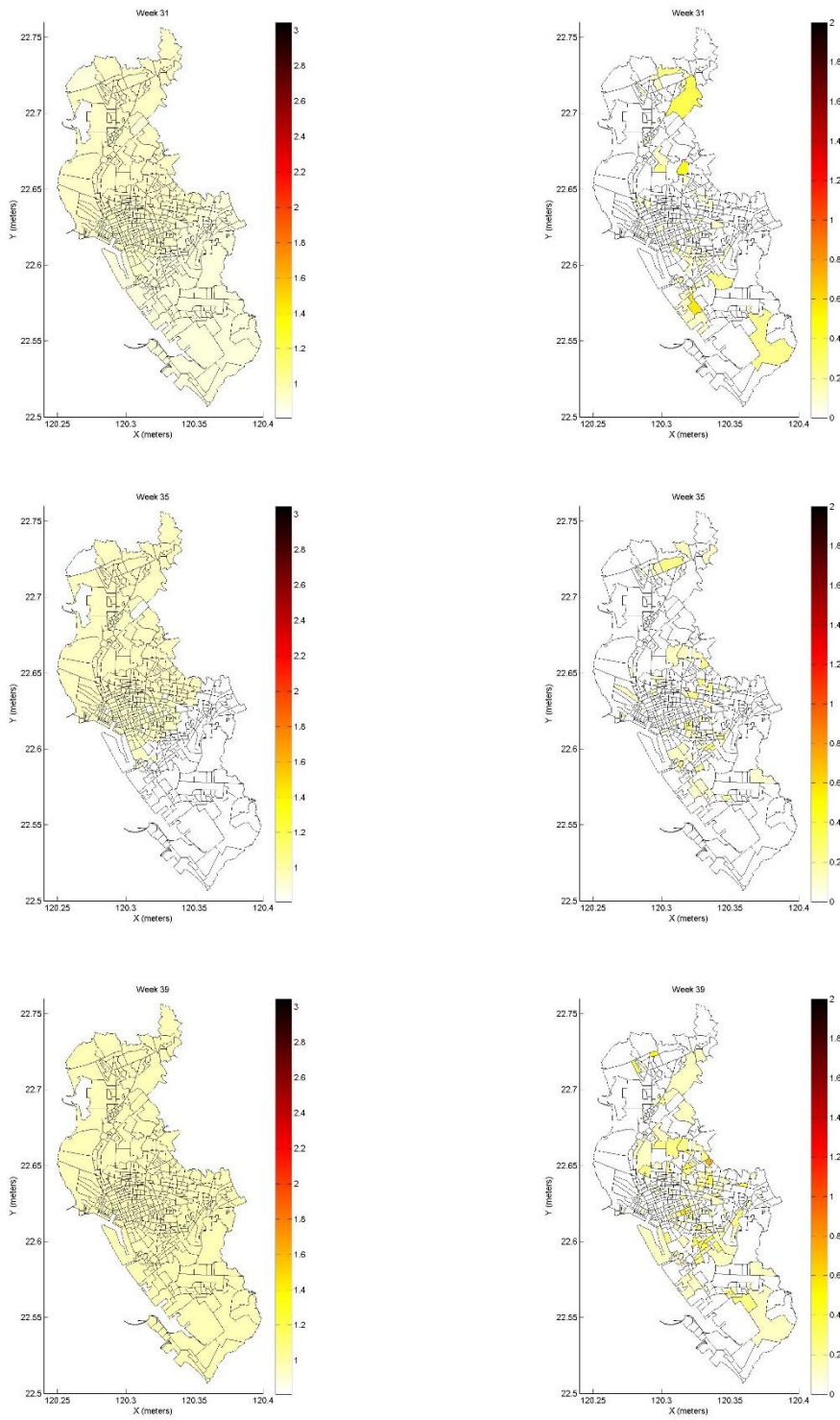
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



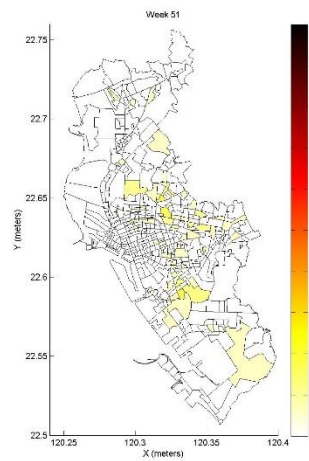
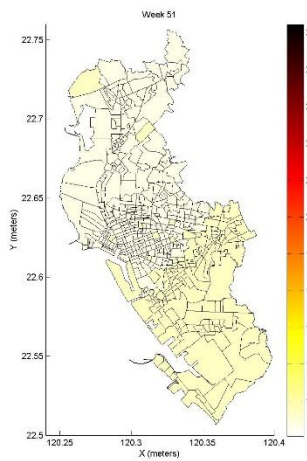
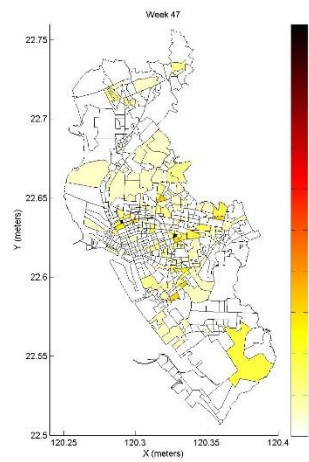
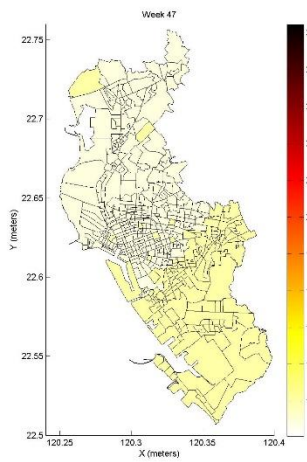
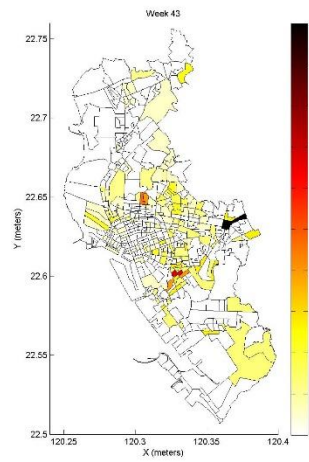
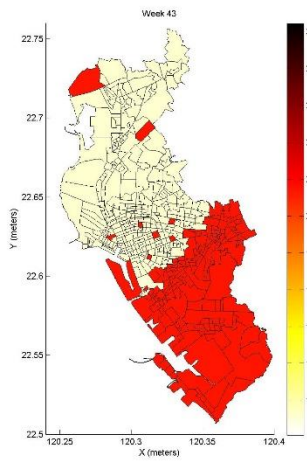
A1B 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



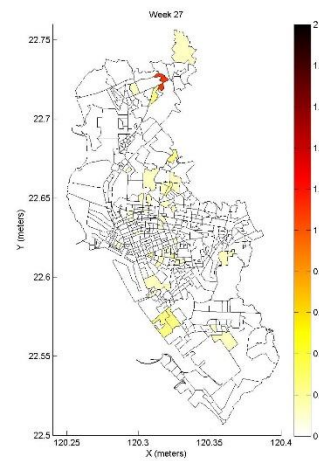
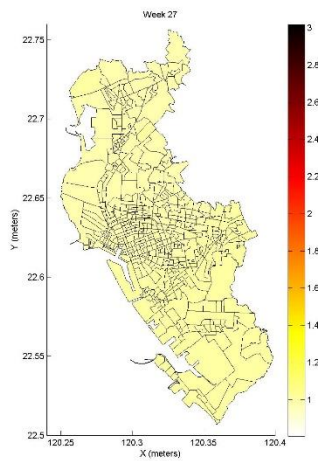
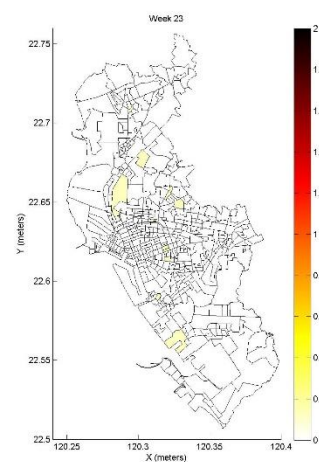
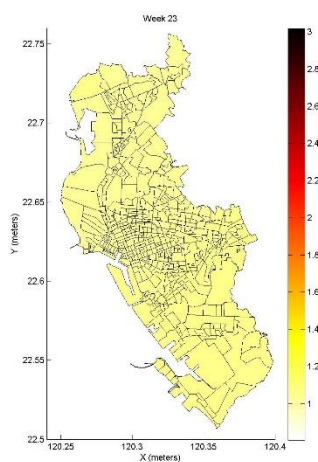
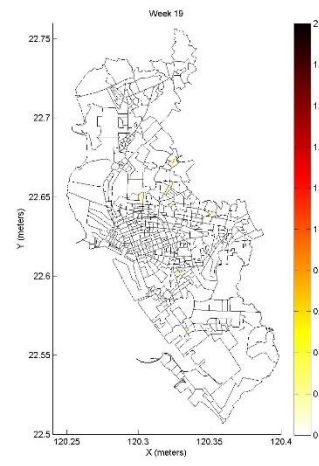
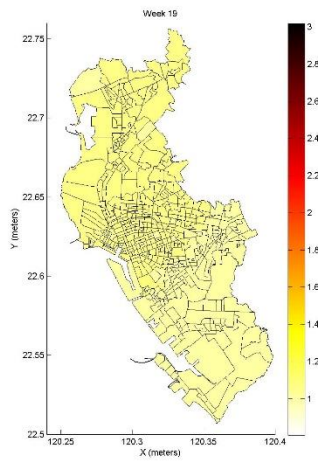
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



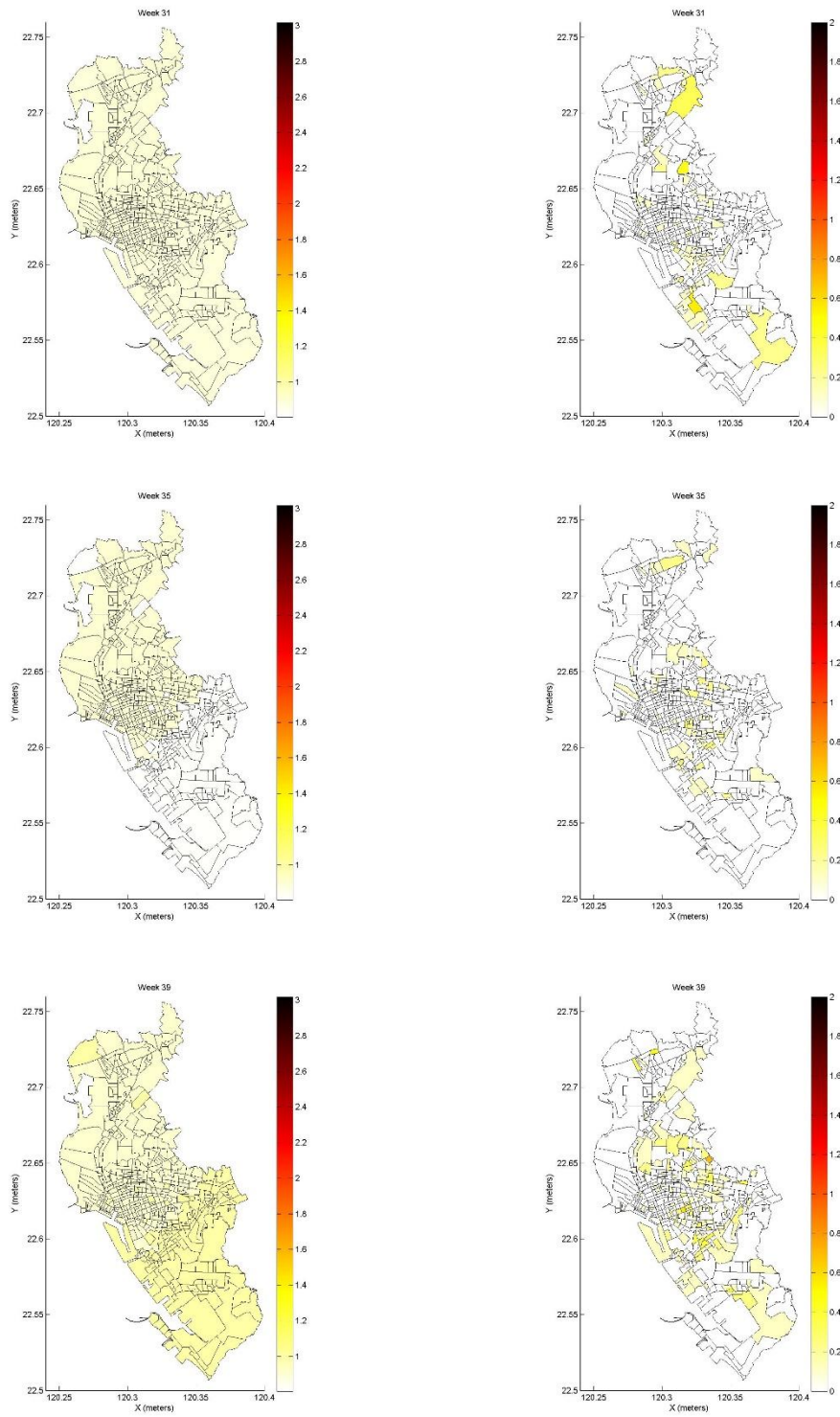
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



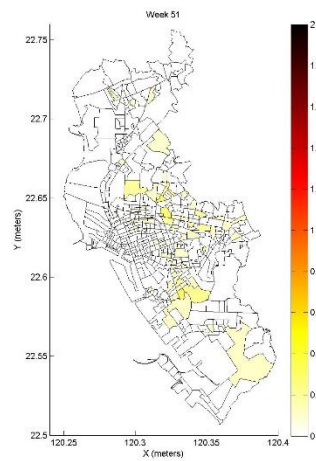
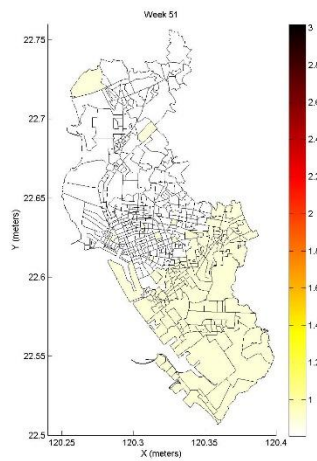
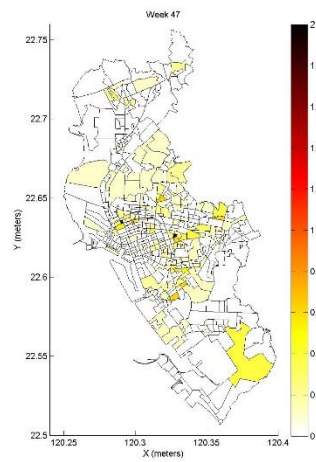
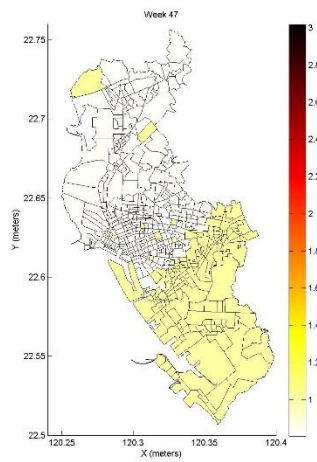
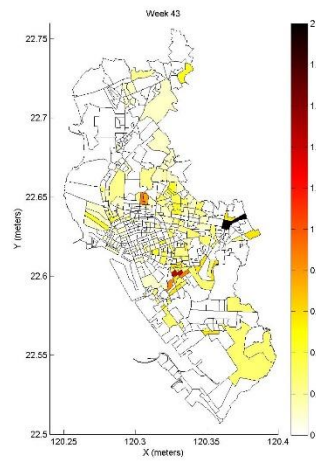
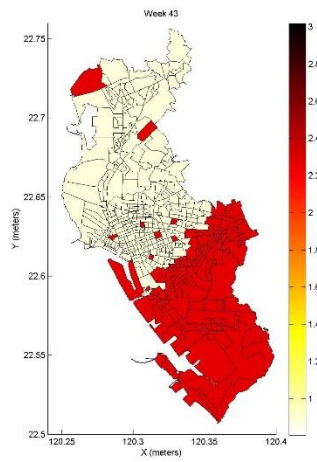
A1B 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



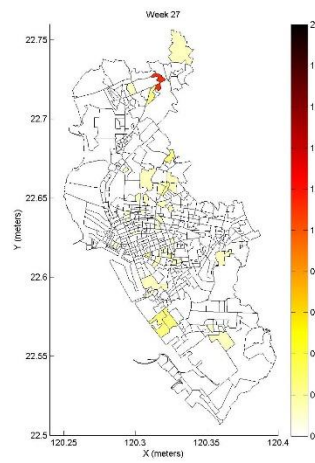
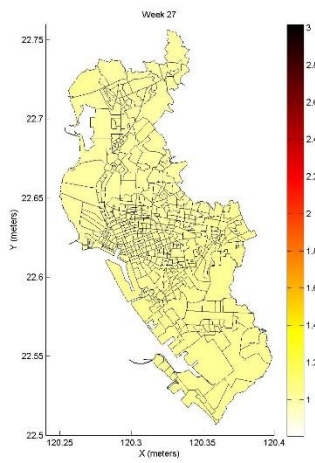
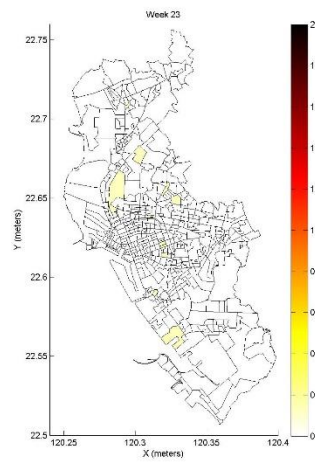
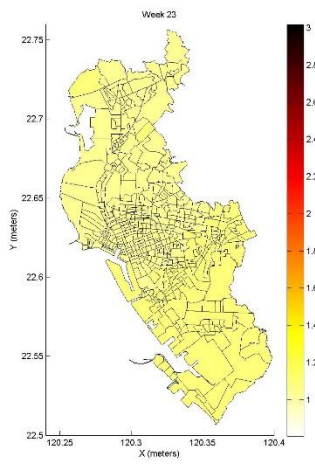
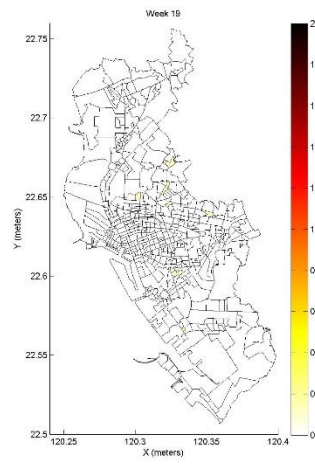
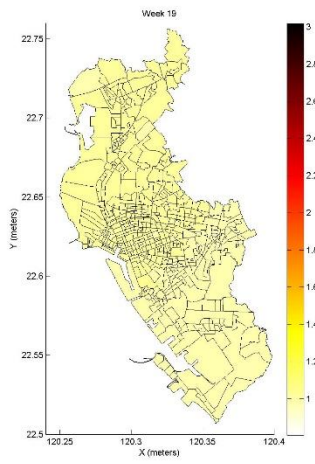
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



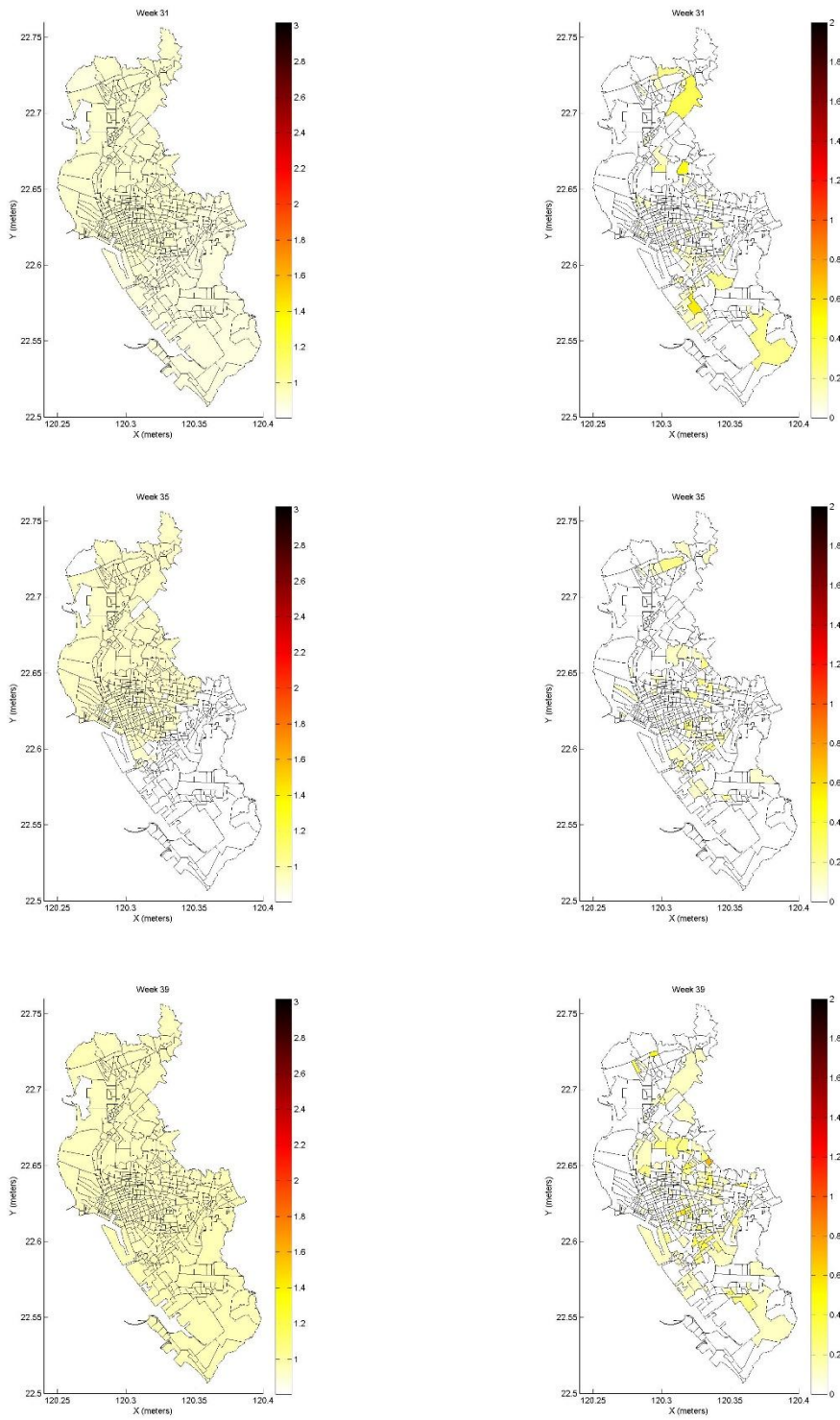
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



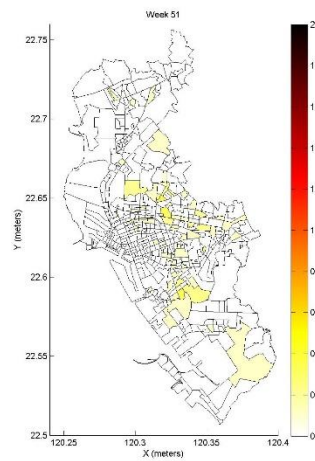
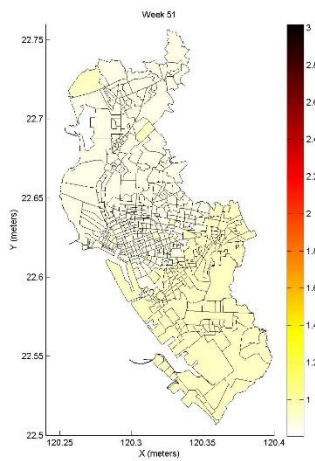
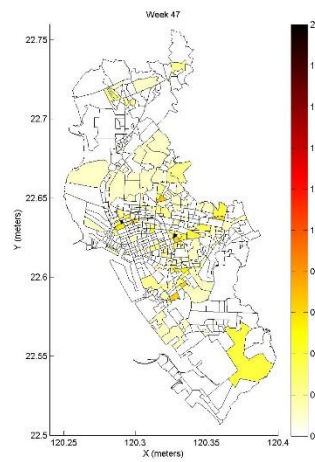
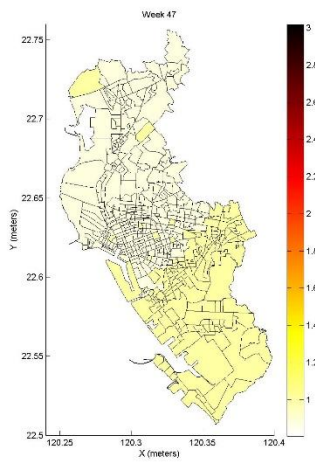
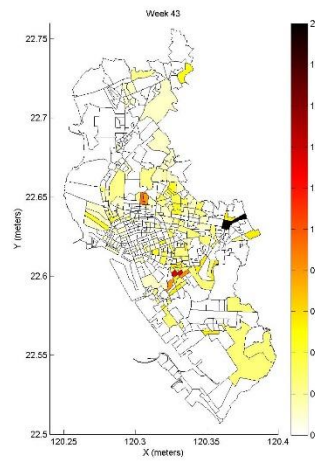
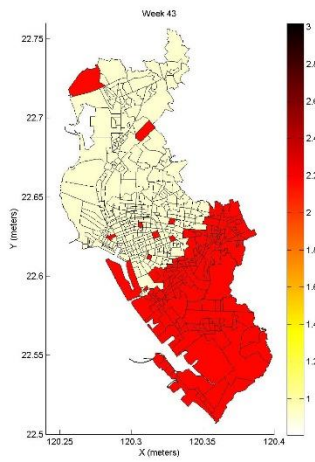
A2 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



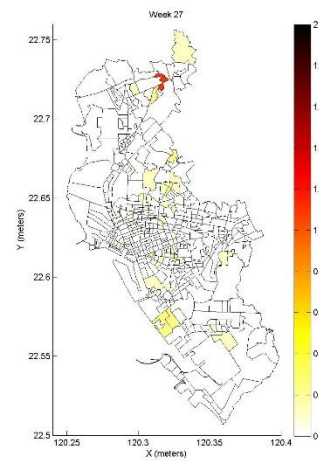
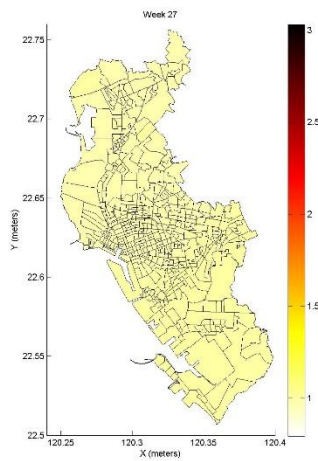
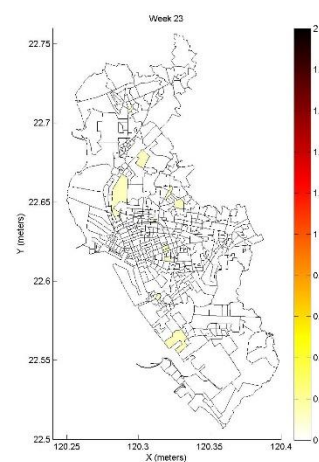
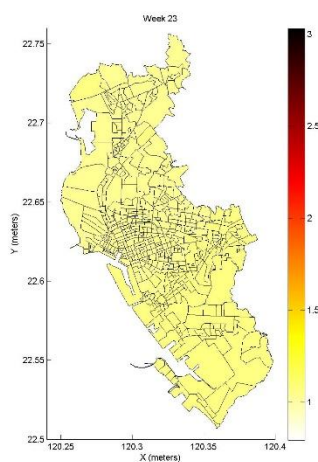
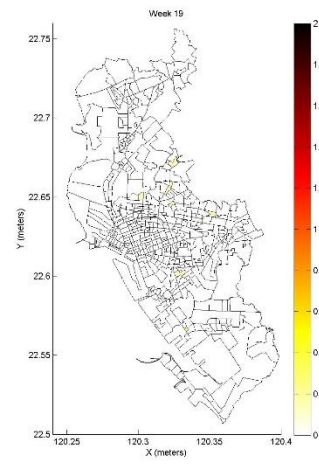
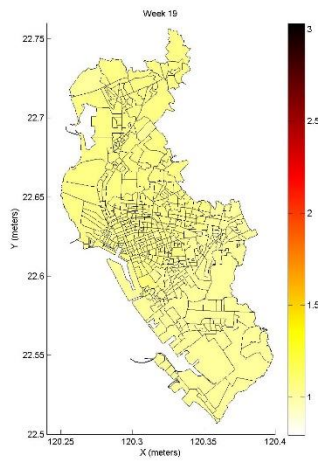
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、21 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



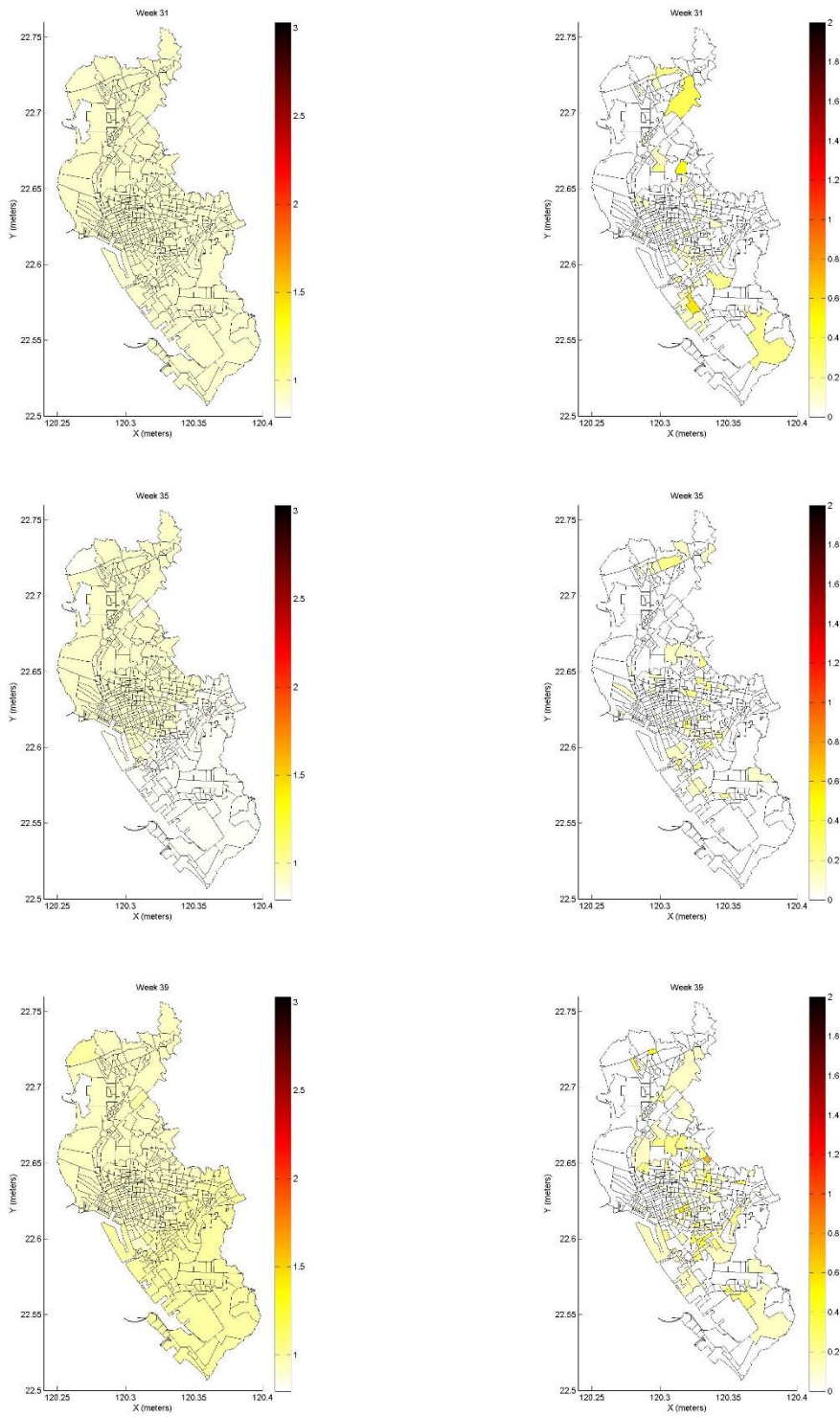
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



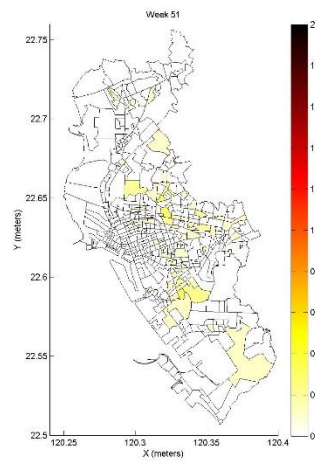
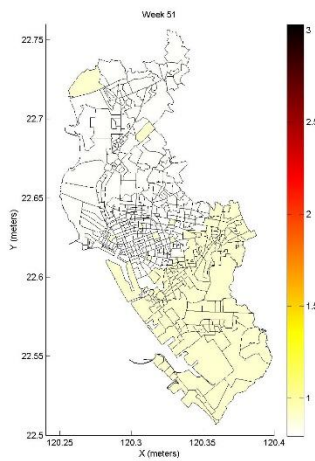
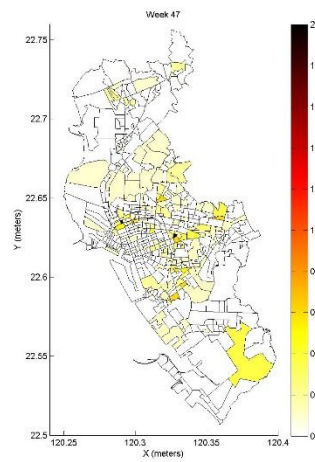
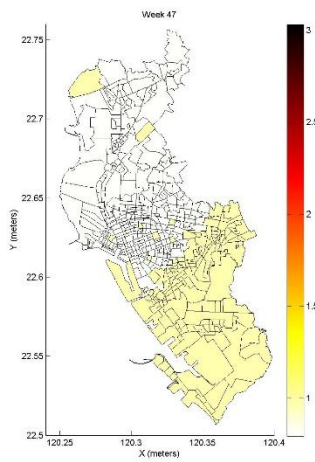
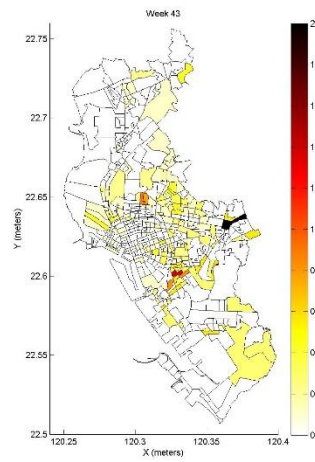
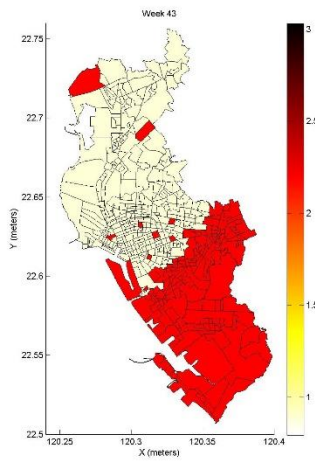
A2 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



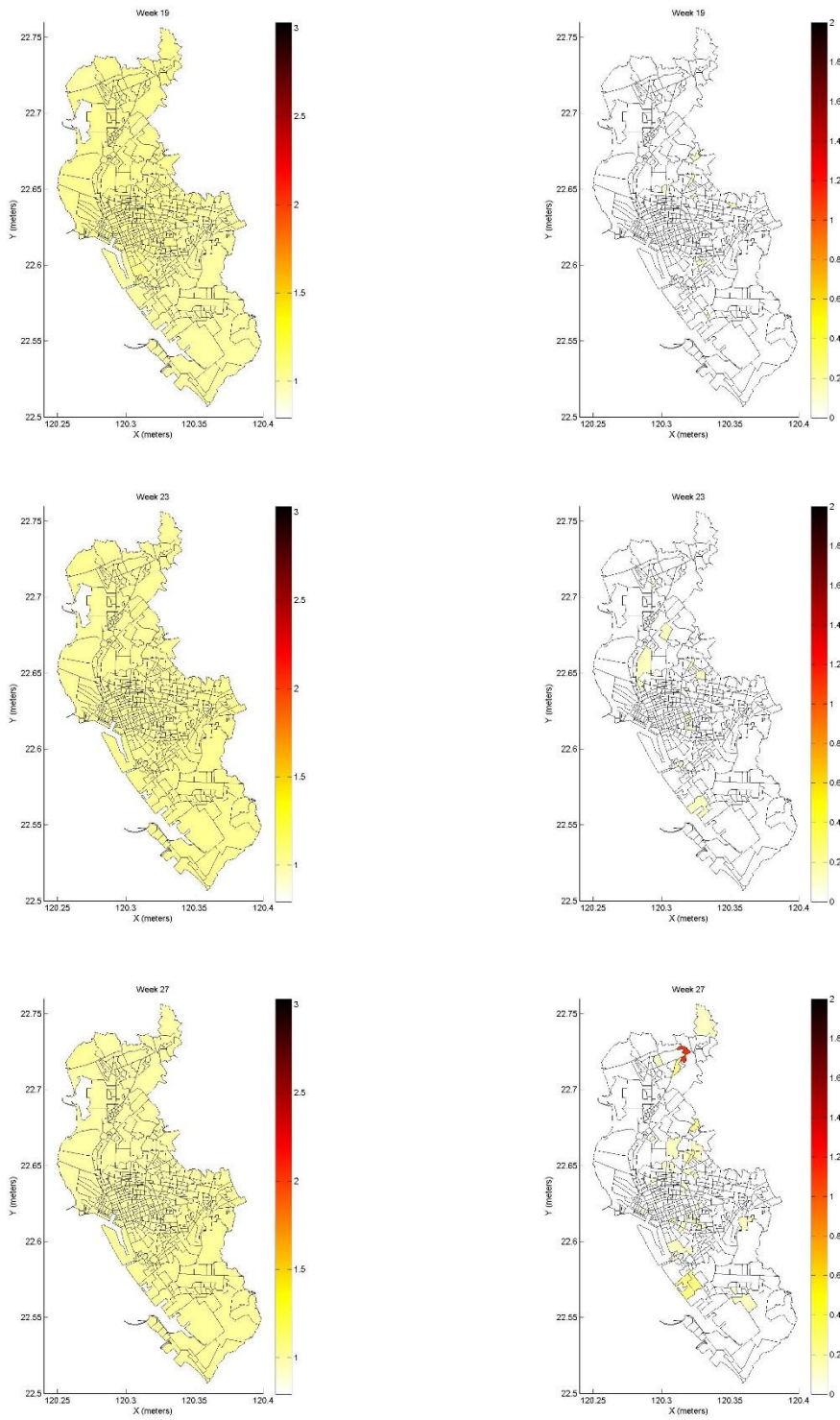
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均
病例數



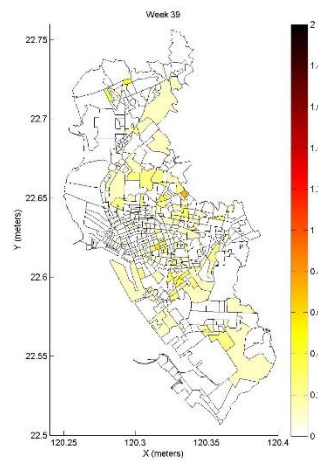
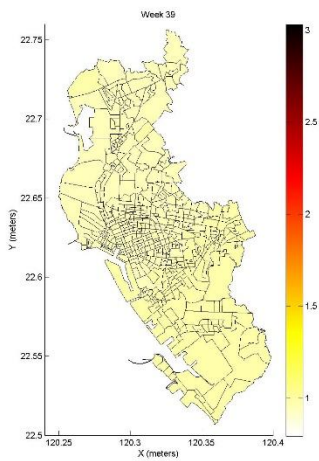
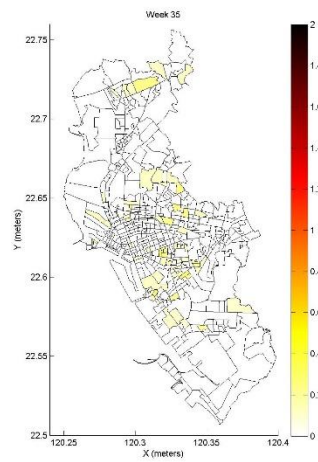
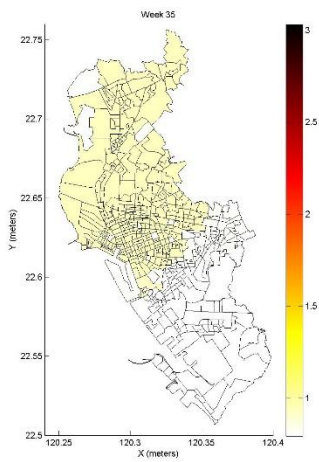
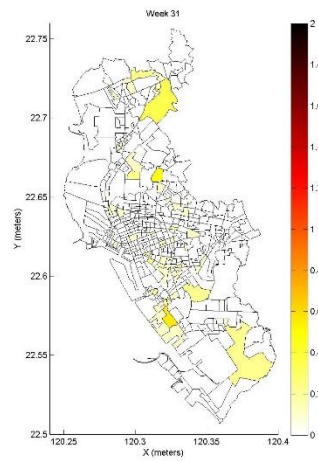
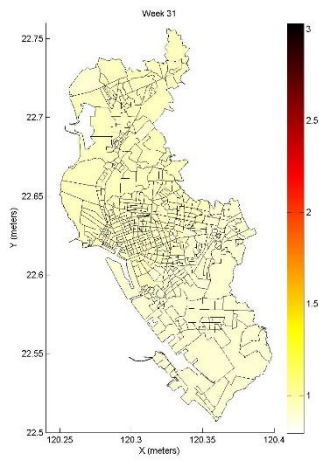
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



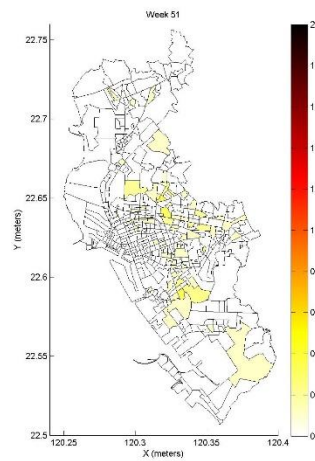
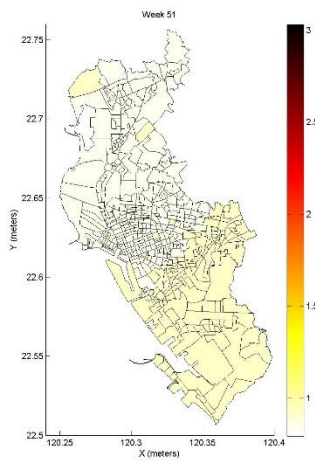
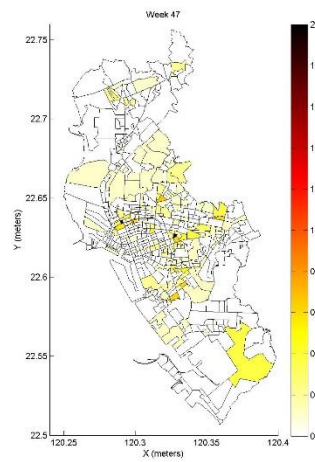
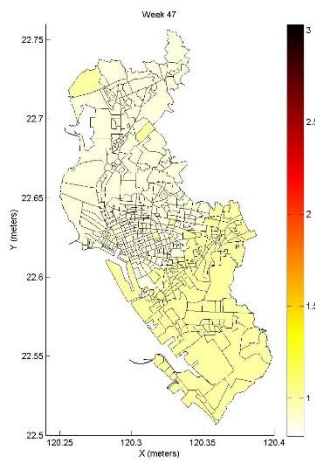
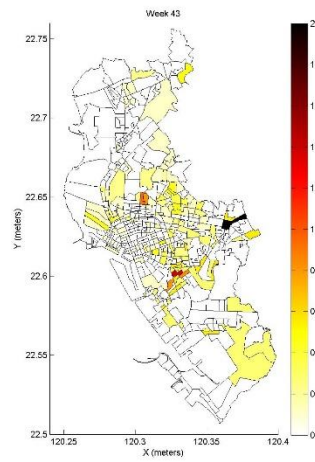
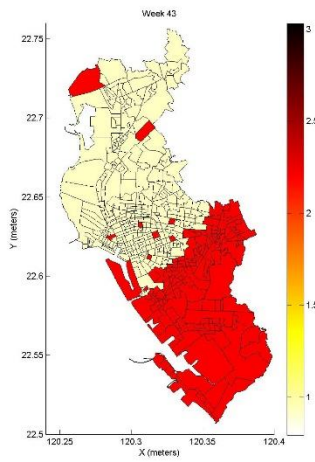
B1 情境下(左)溫度為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均
病例數



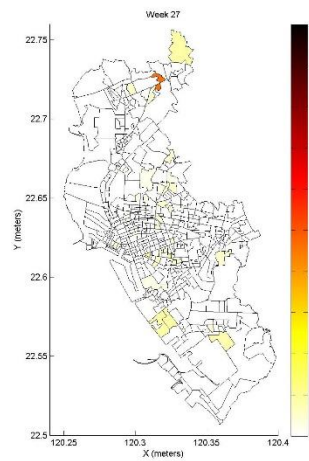
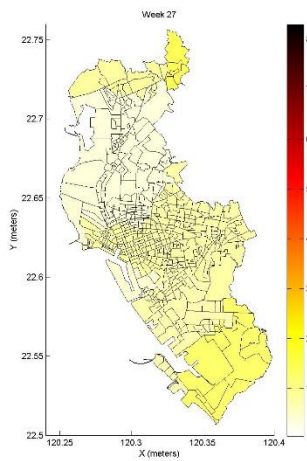
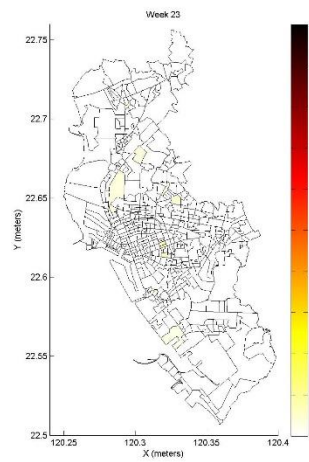
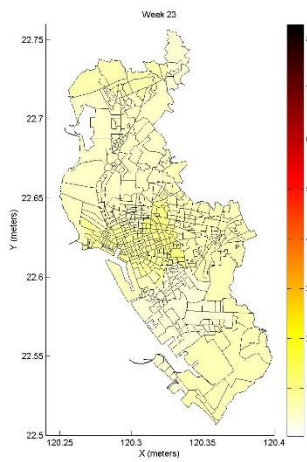
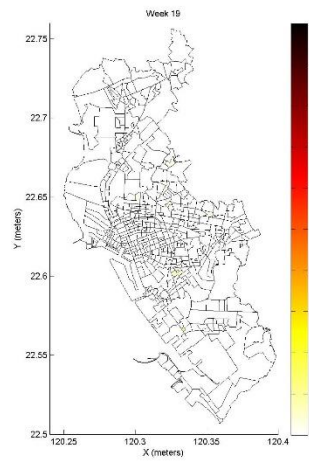
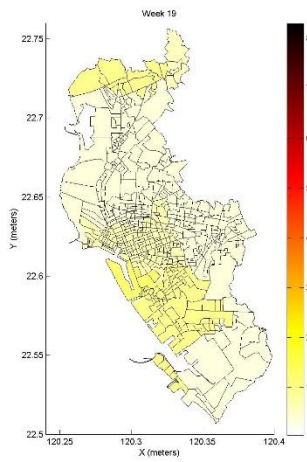
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



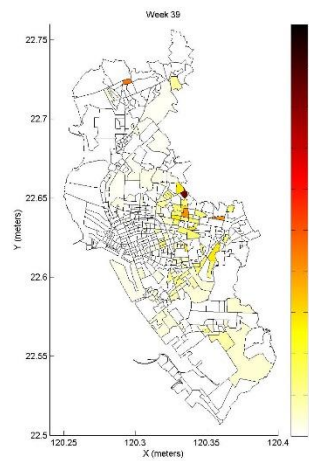
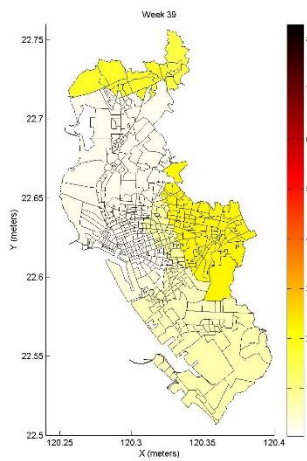
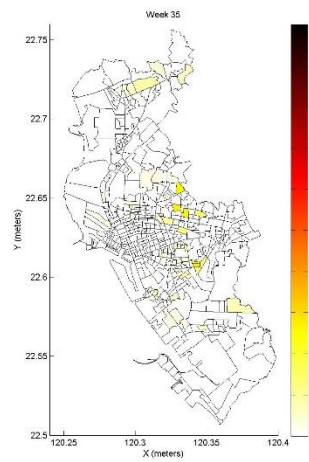
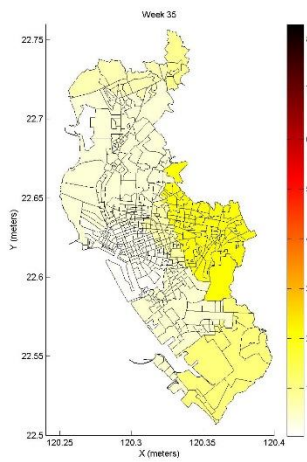
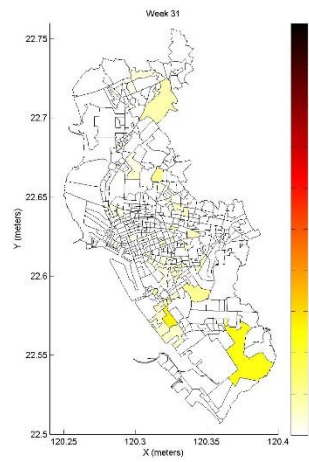
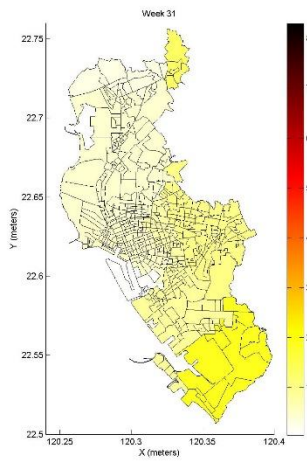
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均
病例數



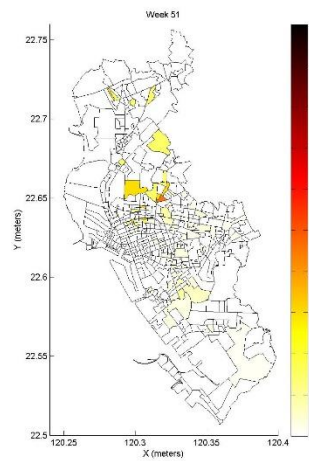
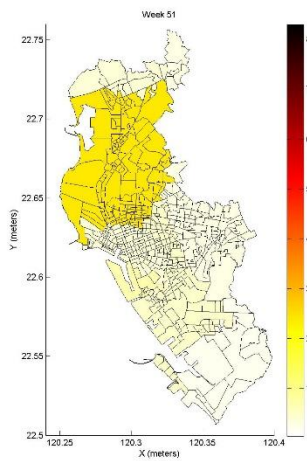
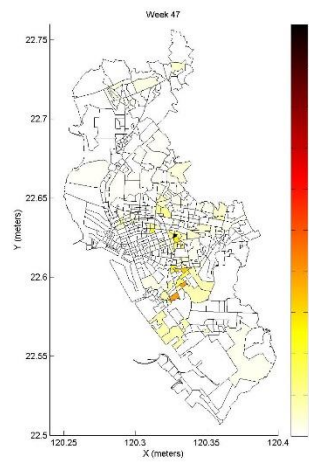
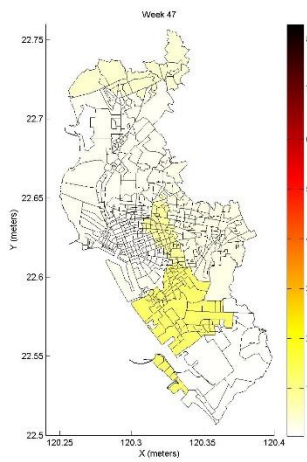
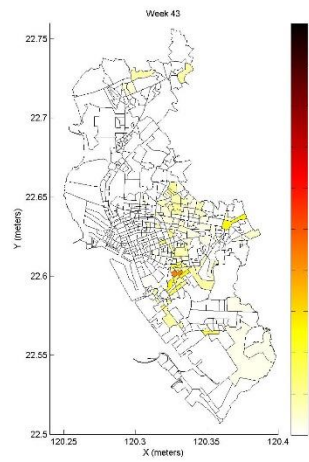
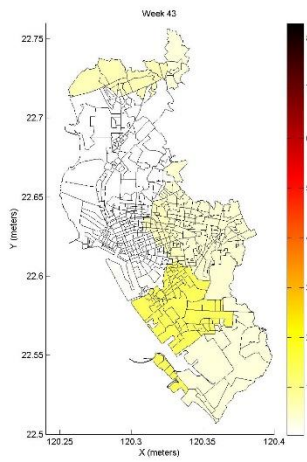
B1 情境下(左)溫度為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



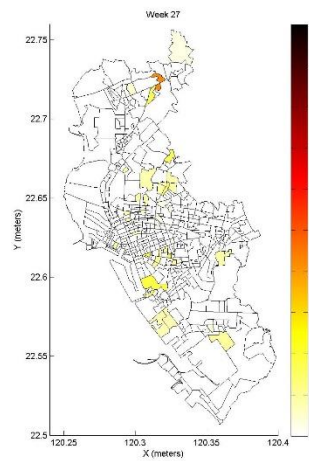
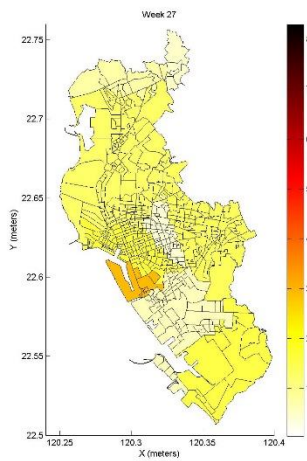
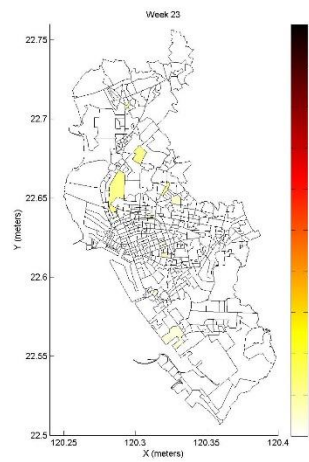
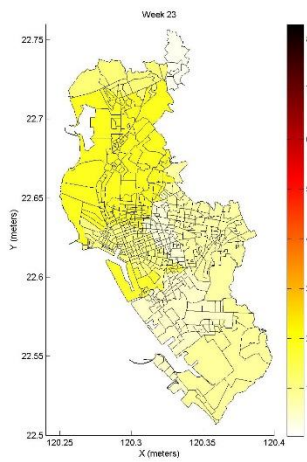
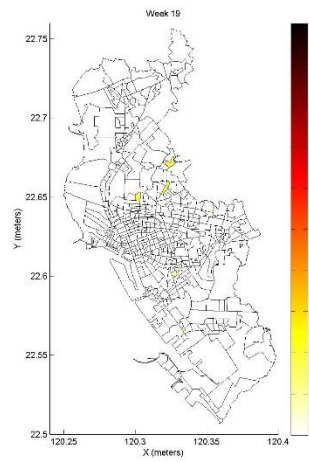
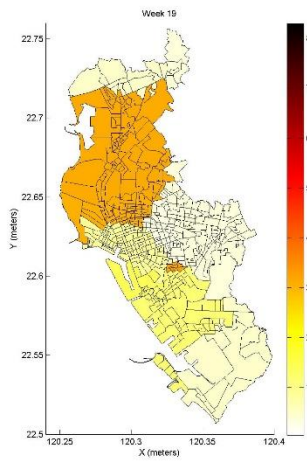
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



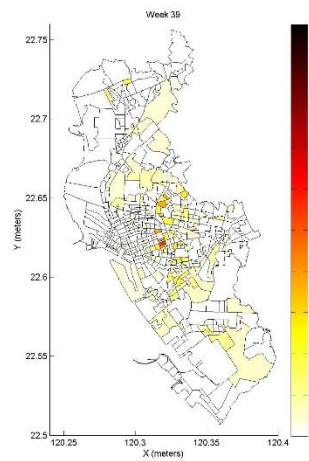
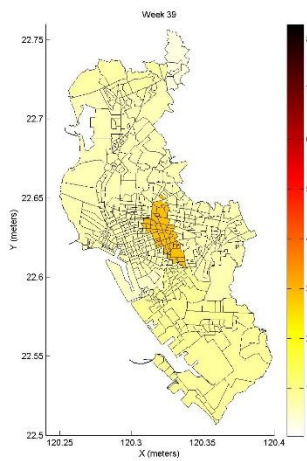
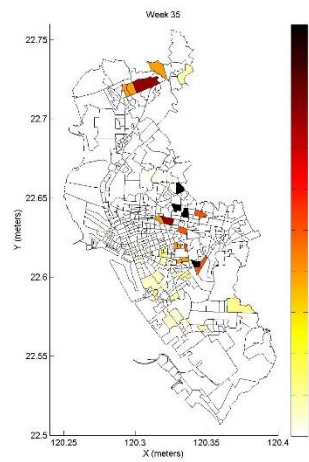
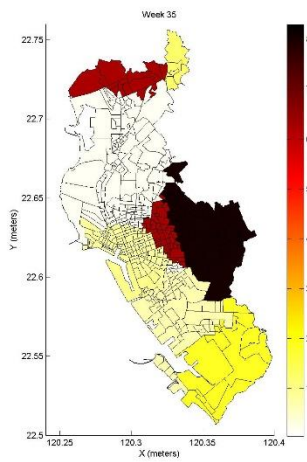
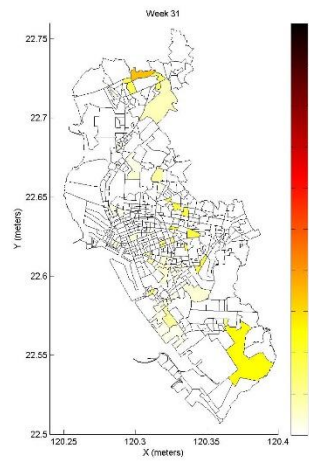
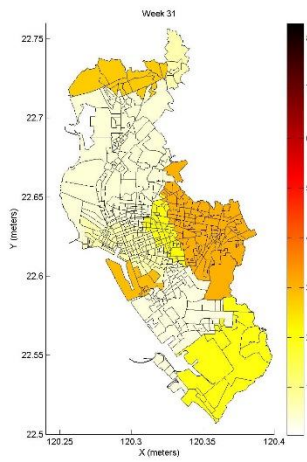
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



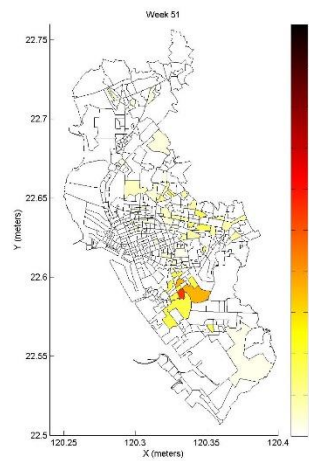
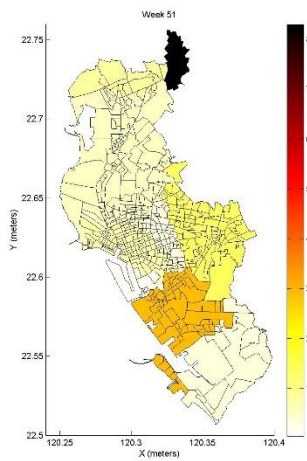
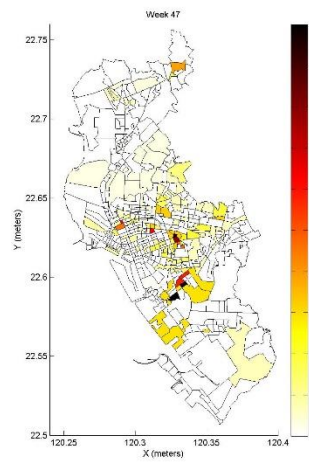
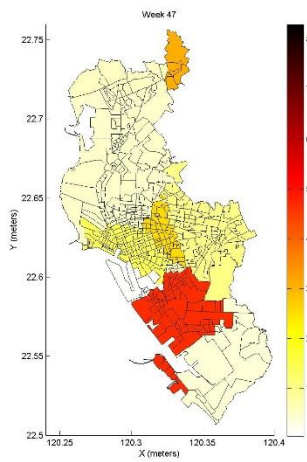
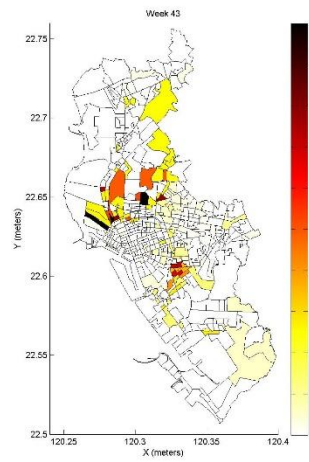
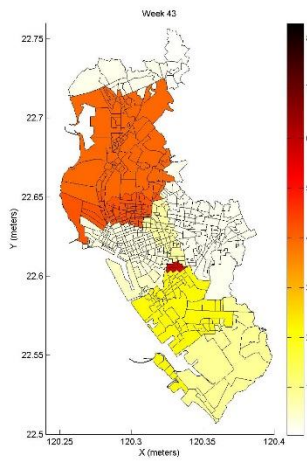
A1B 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



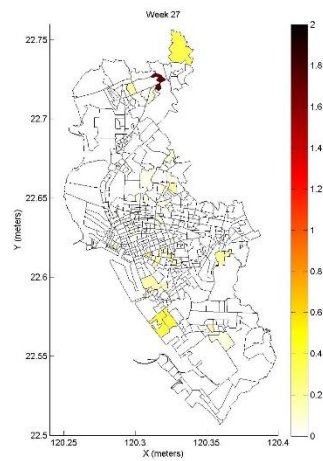
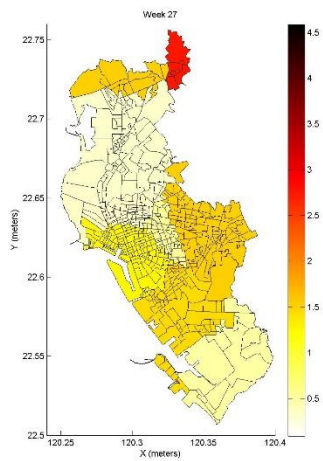
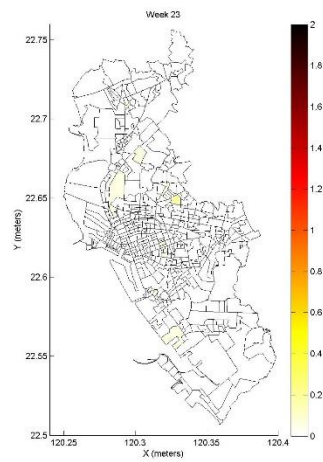
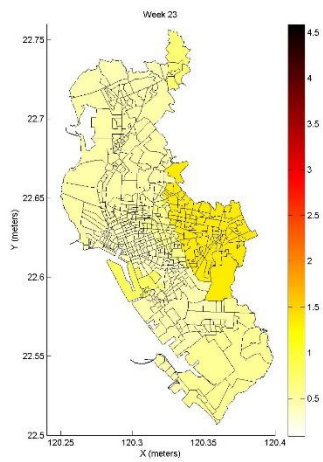
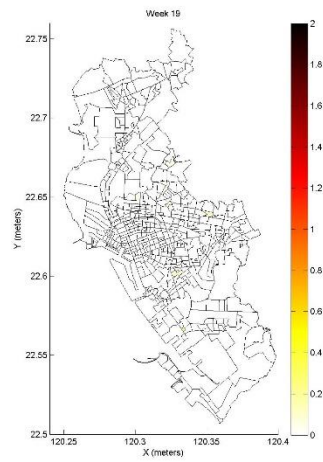
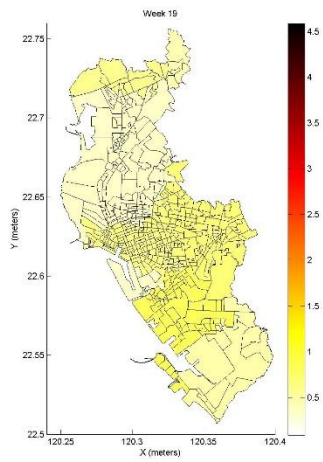
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



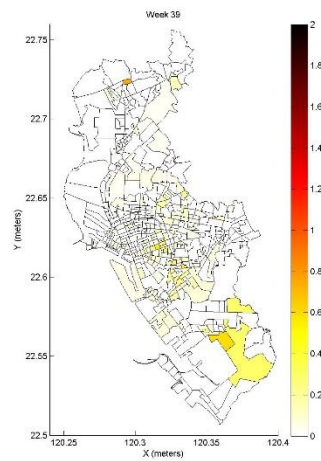
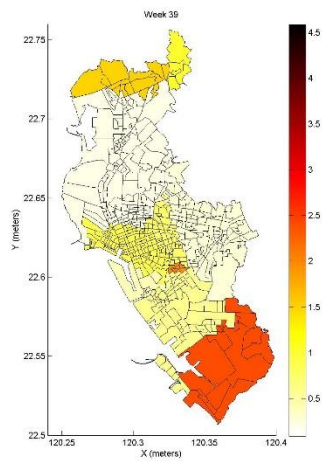
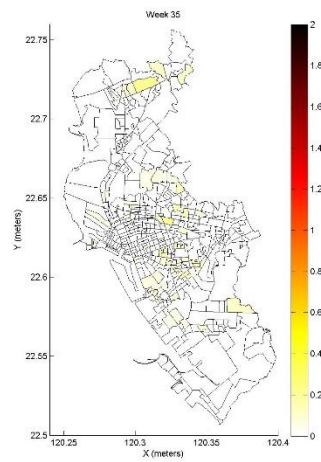
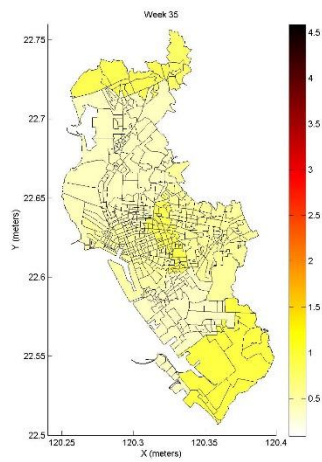
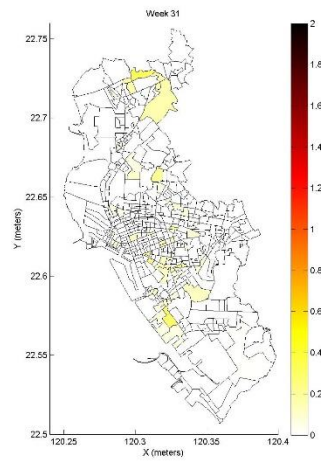
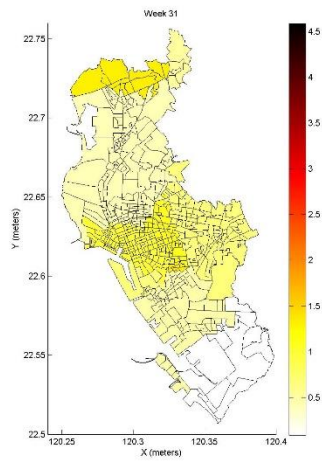
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



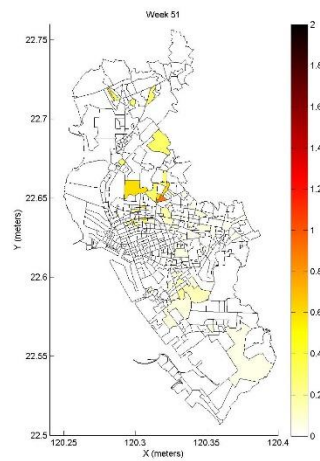
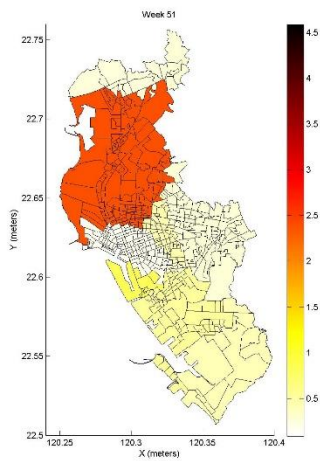
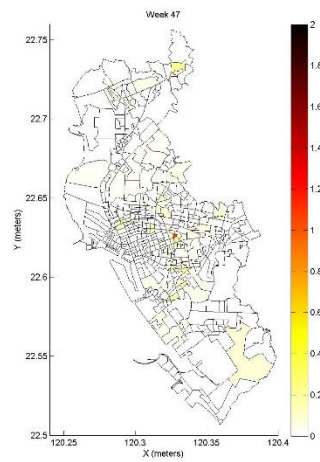
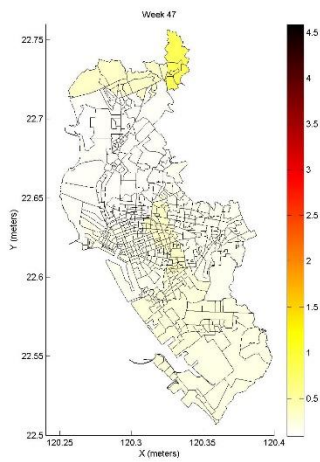
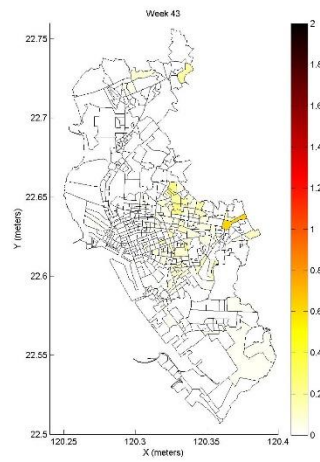
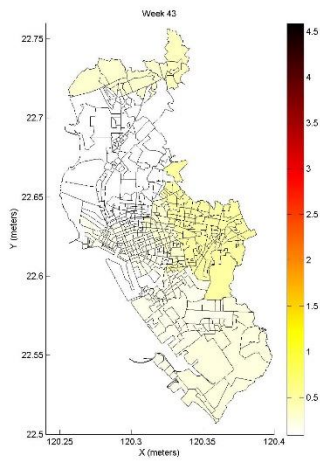
A1B 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



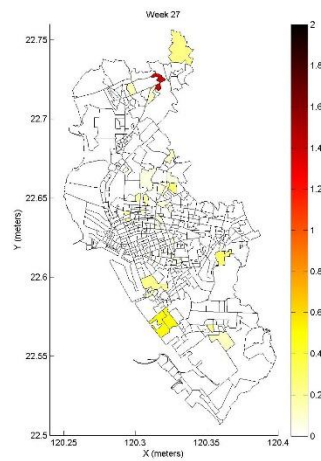
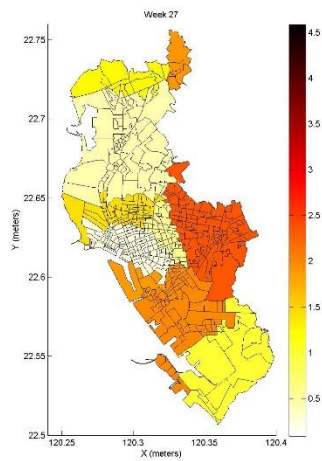
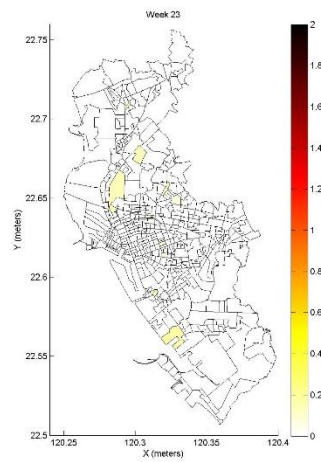
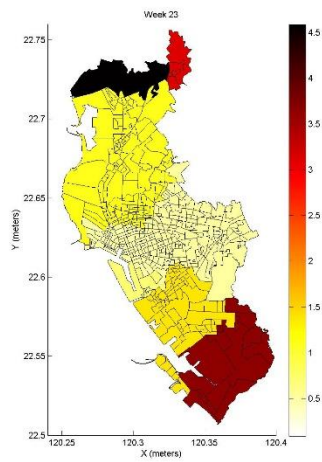
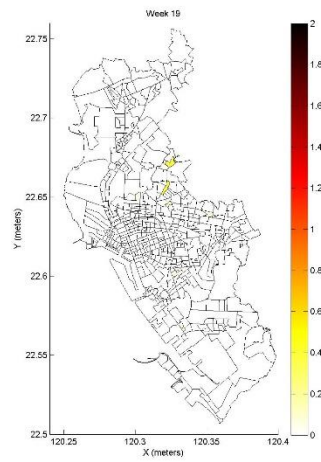
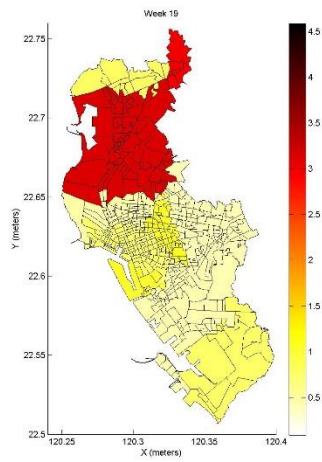
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



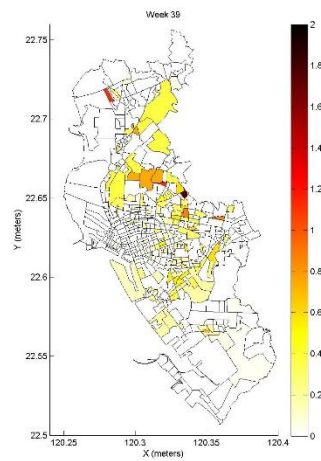
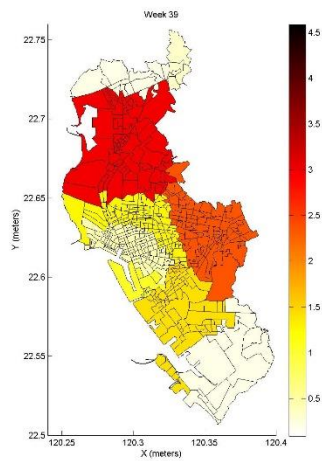
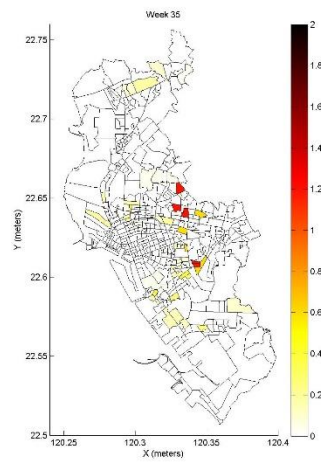
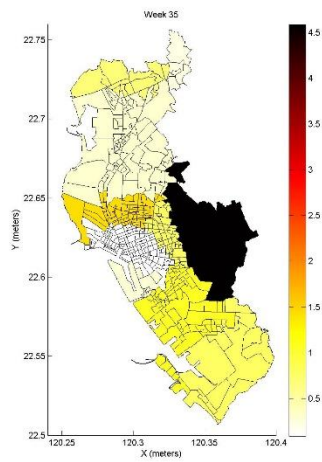
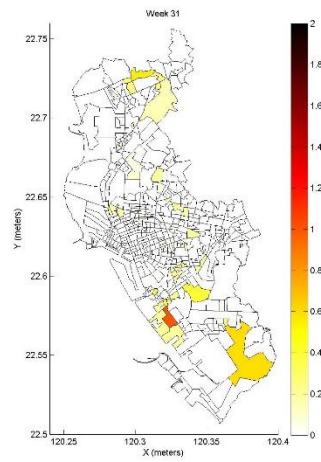
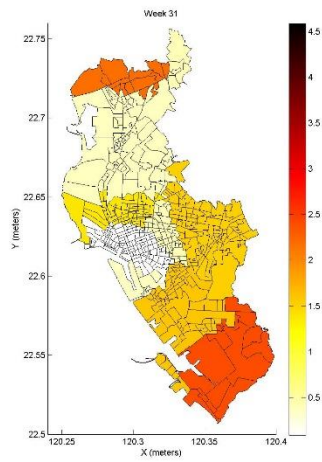
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



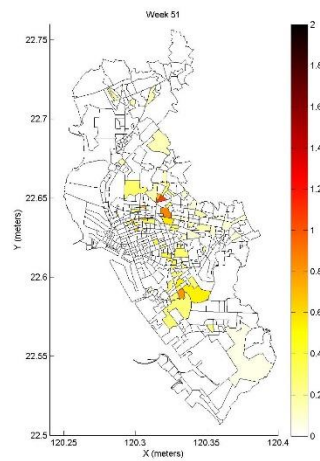
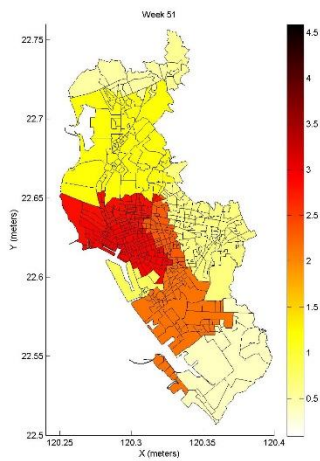
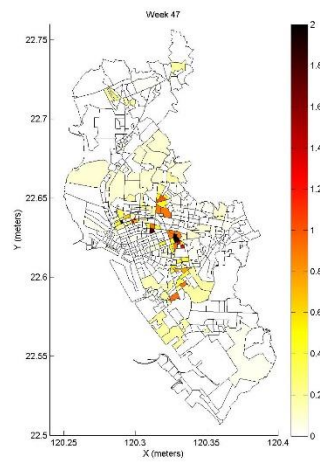
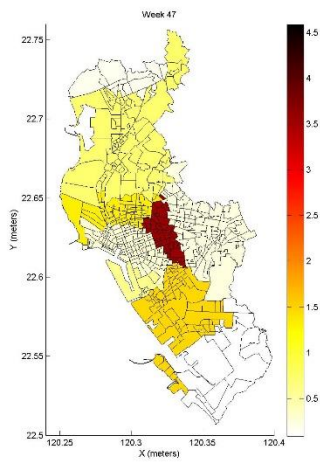
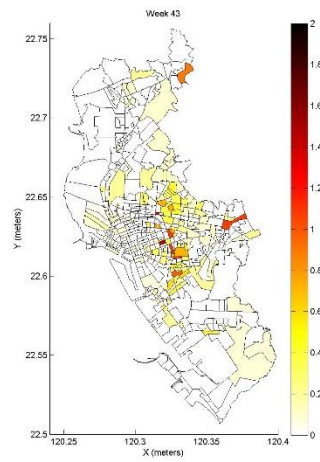
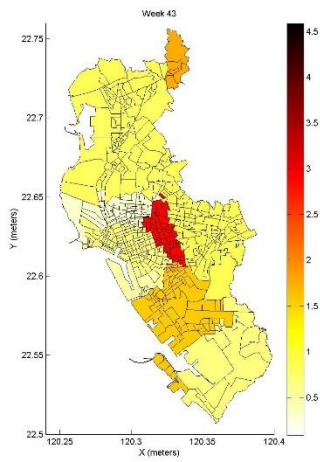
A2 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



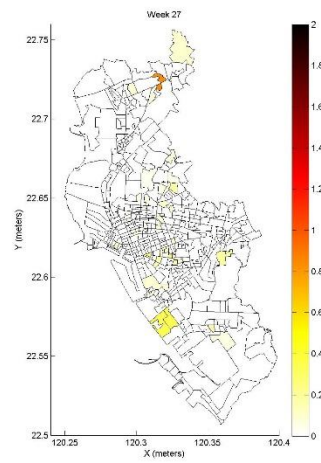
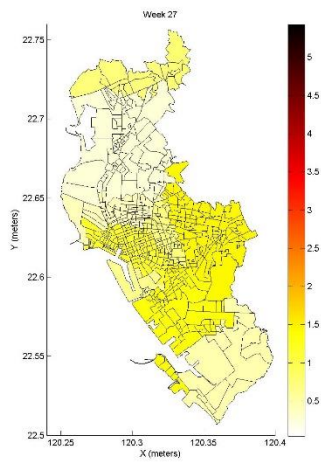
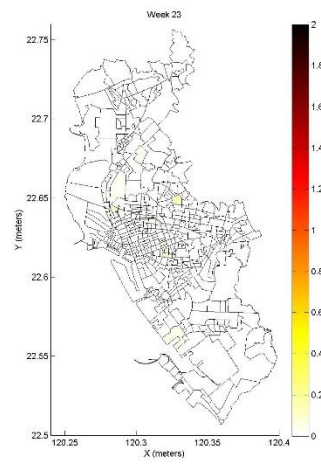
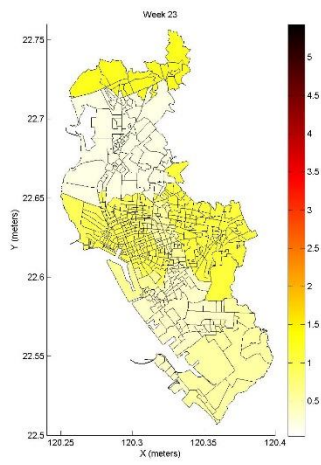
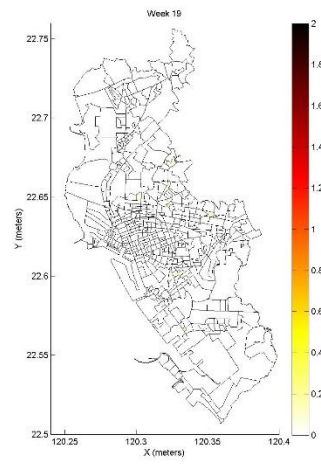
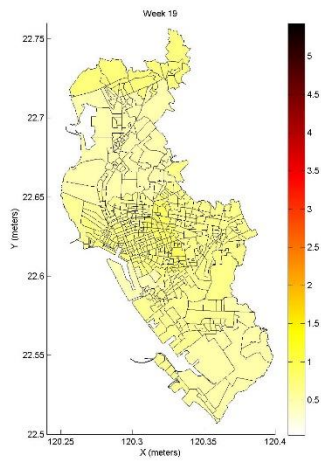
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



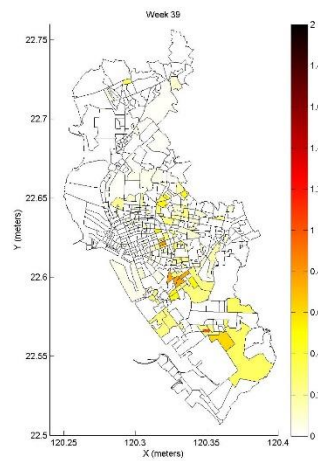
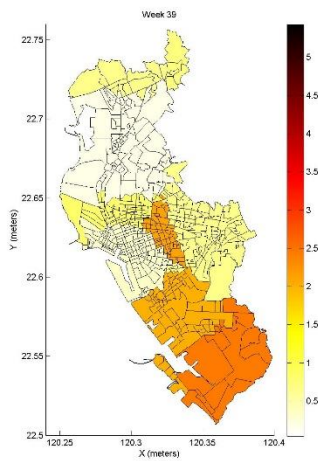
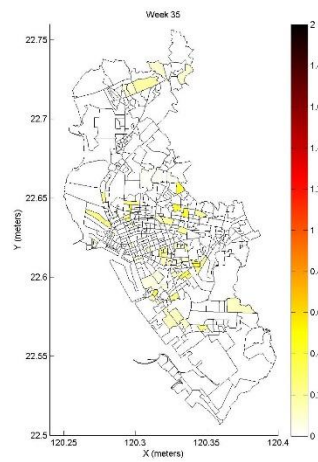
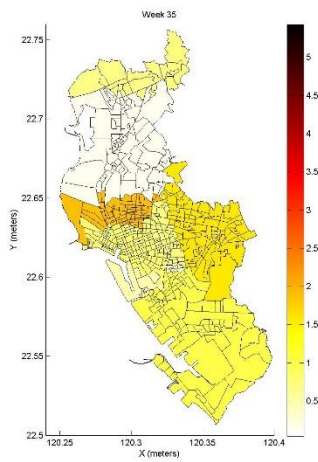
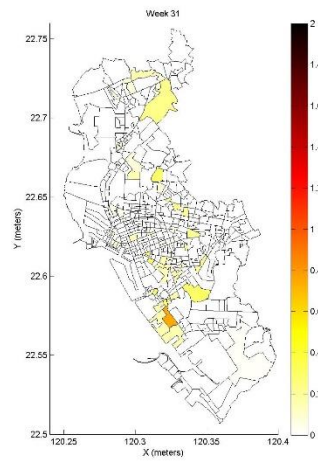
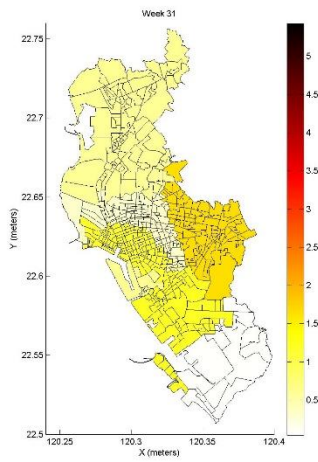
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



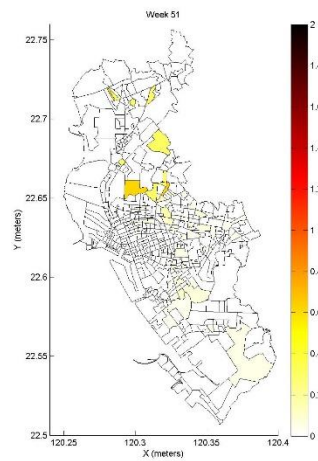
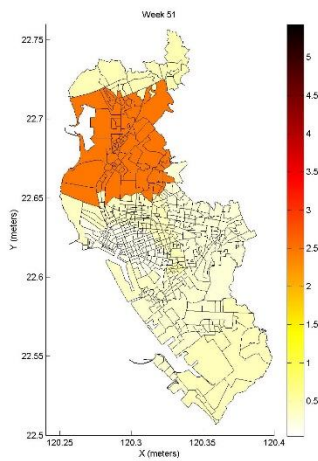
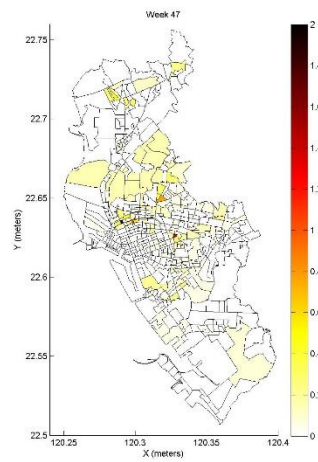
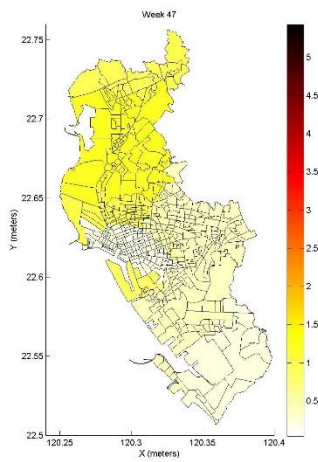
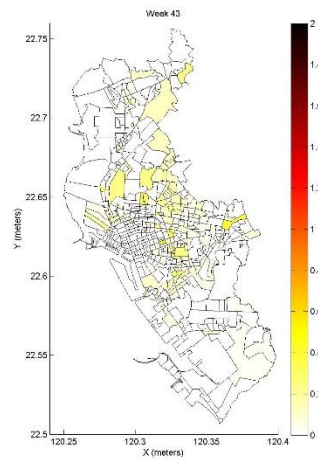
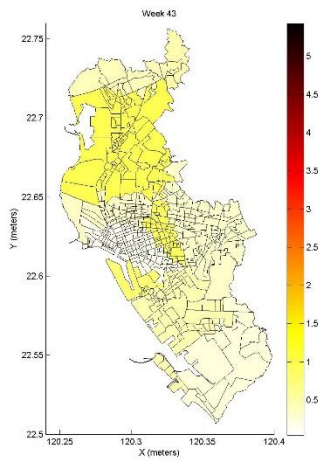
A2 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



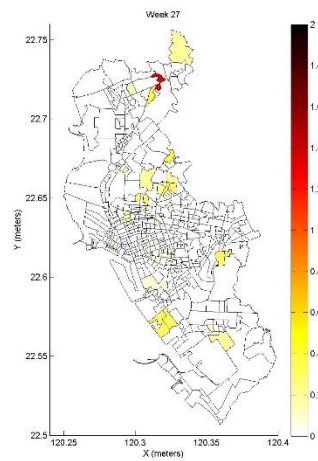
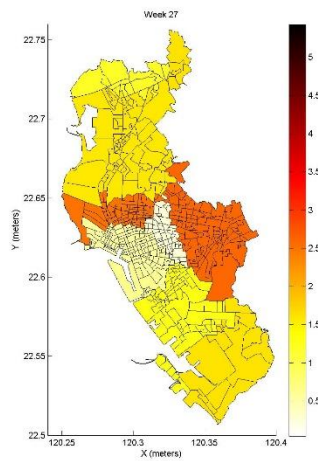
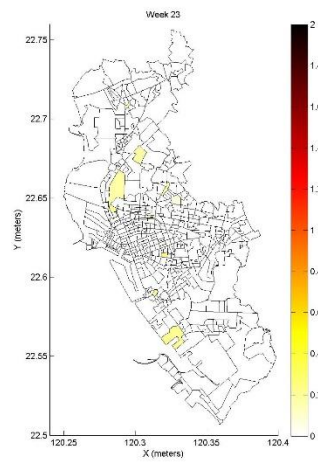
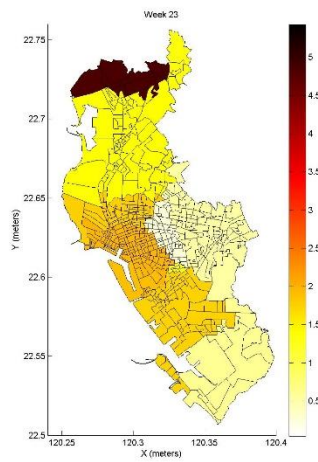
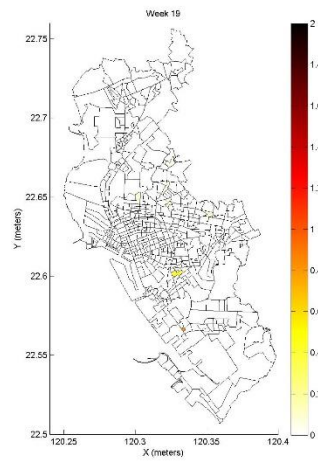
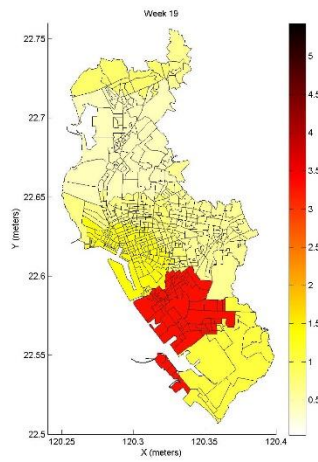
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



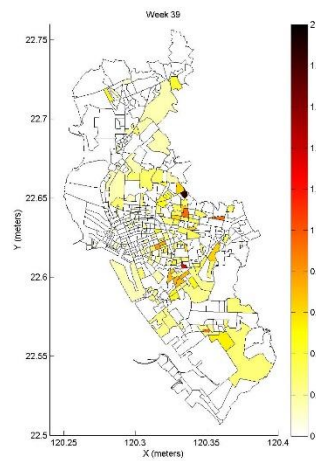
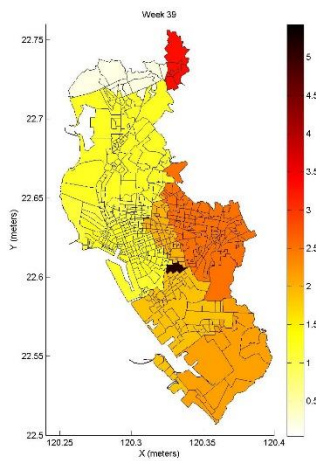
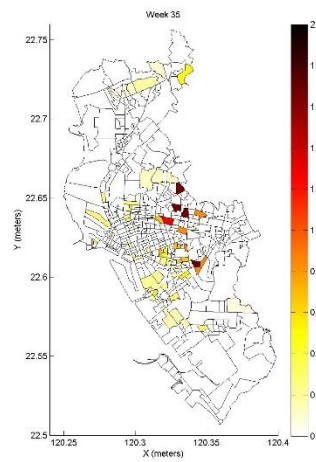
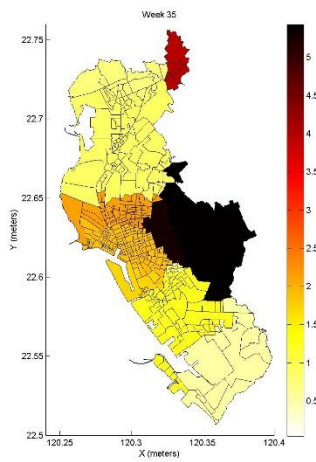
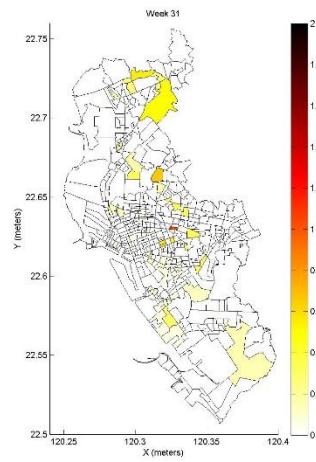
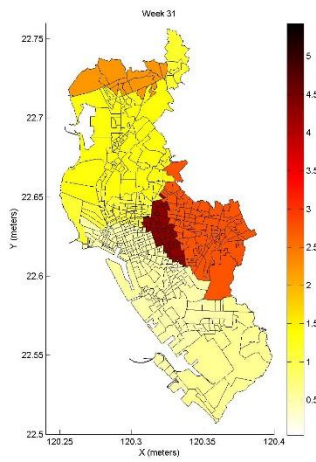
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



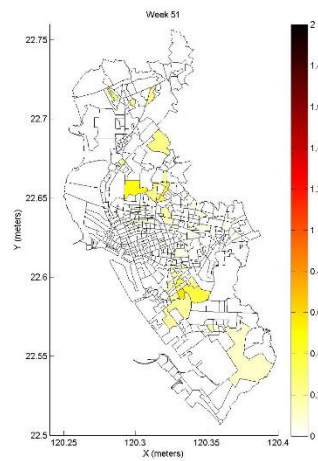
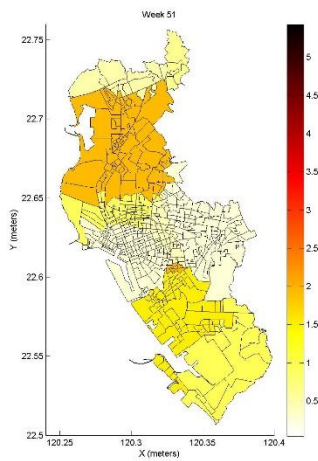
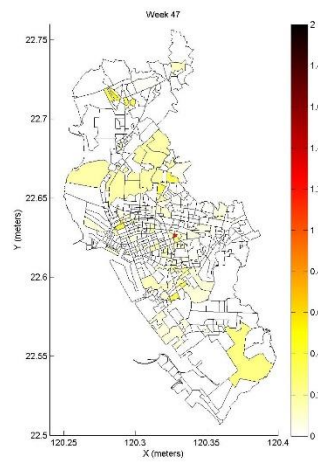
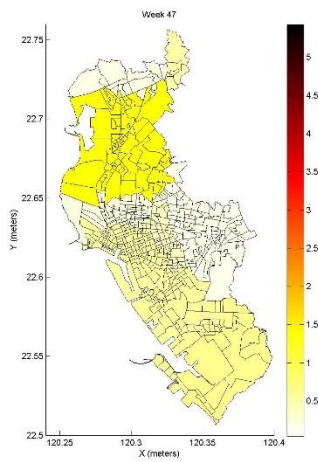
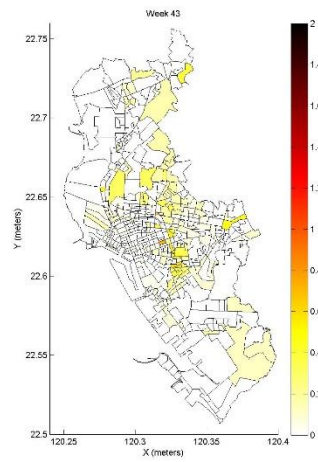
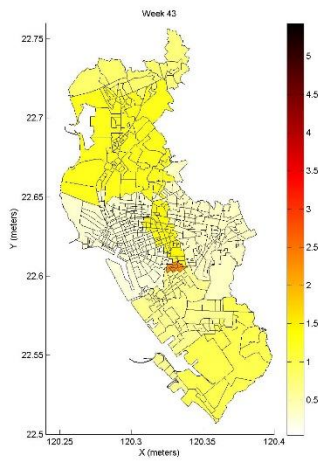
B1 情境下(左)雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



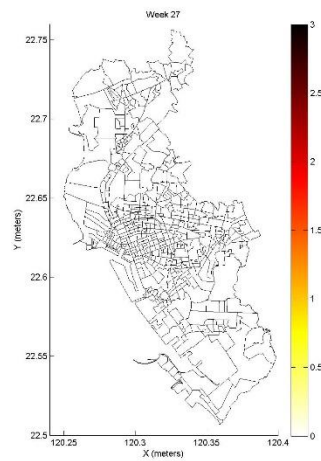
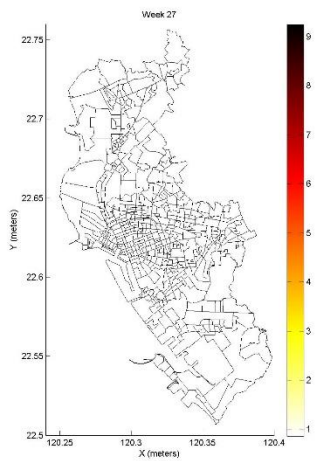
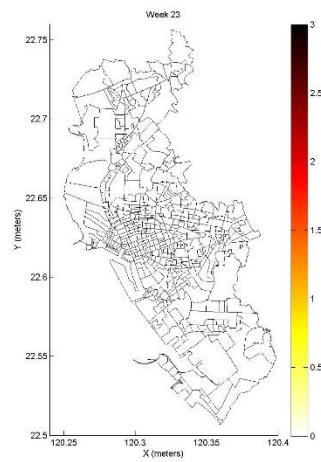
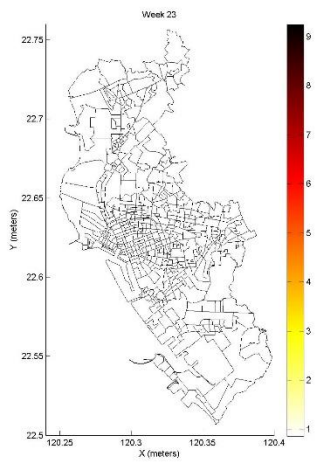
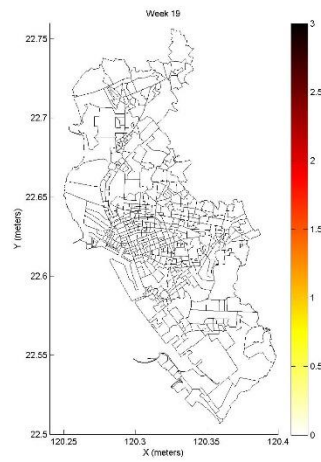
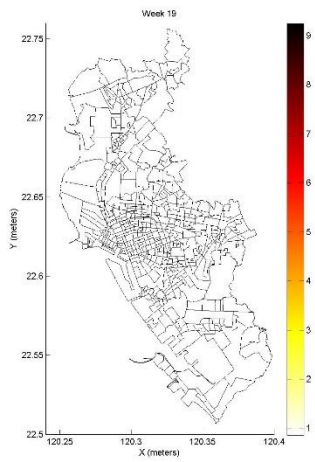
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



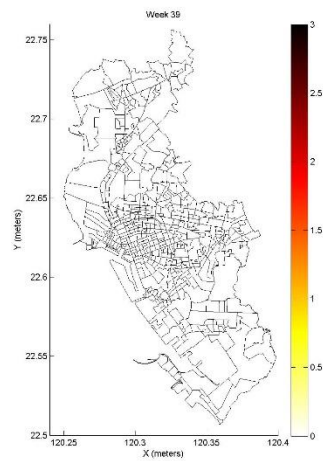
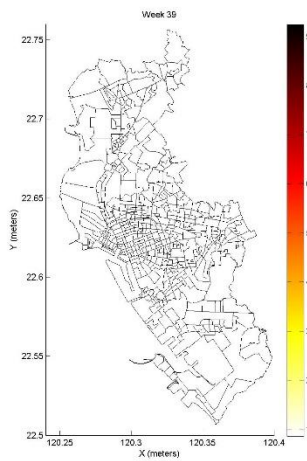
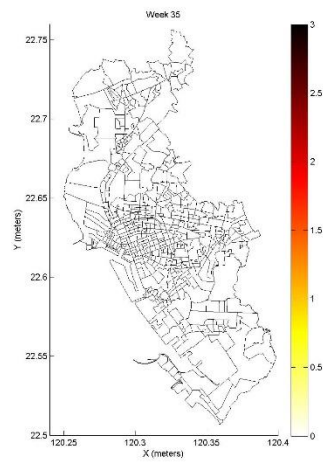
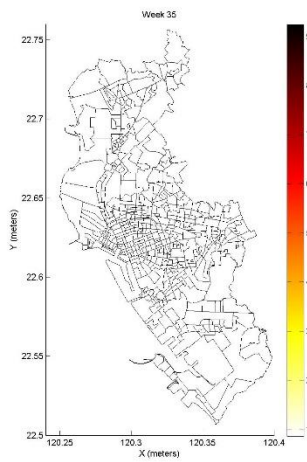
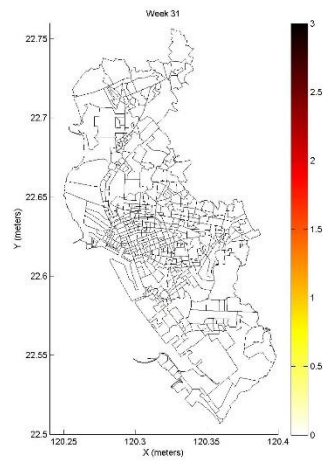
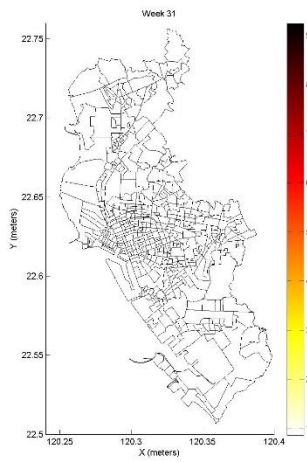
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均
病例數



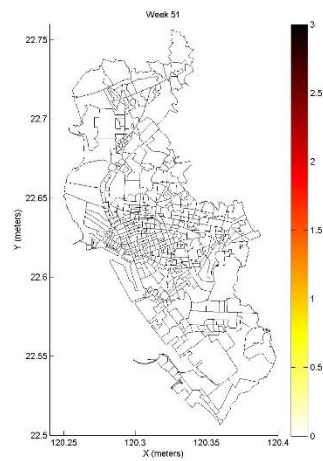
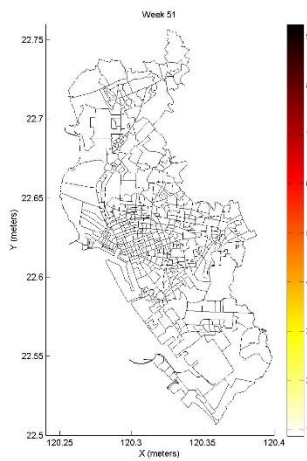
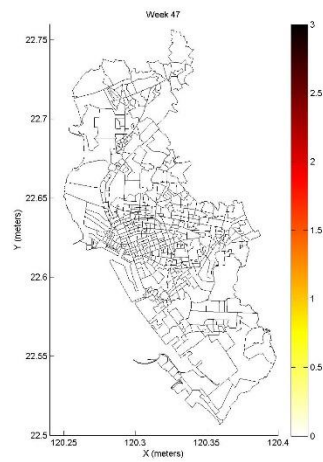
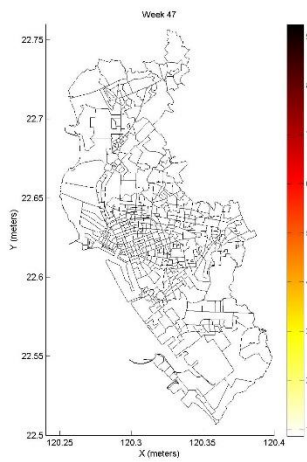
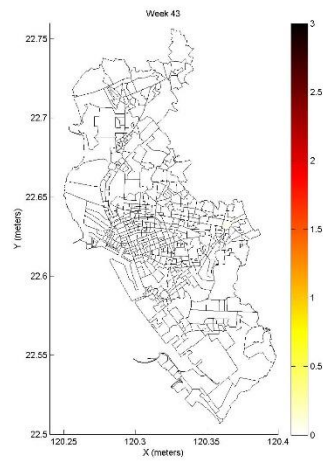
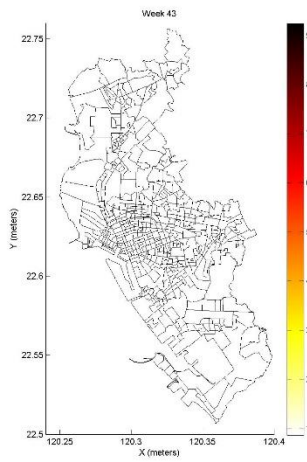
B1 情境下(左)雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



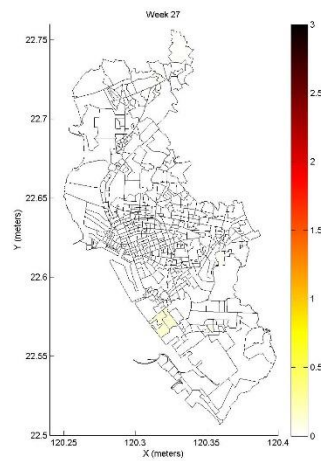
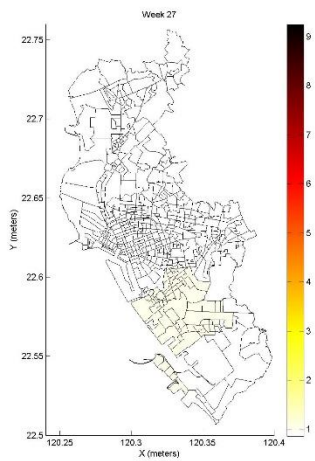
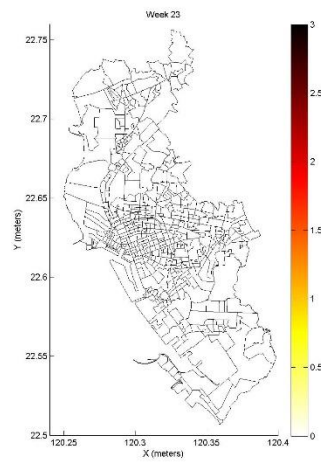
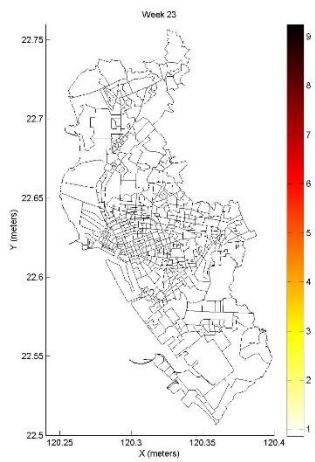
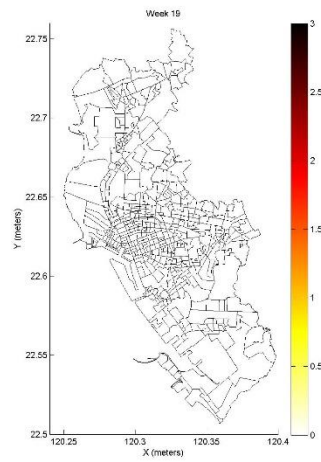
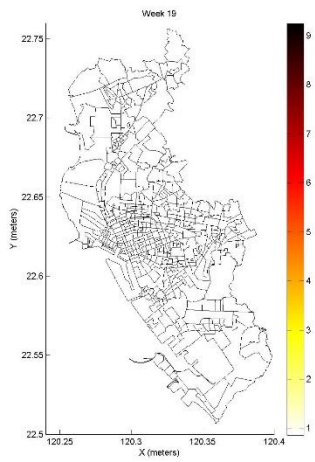
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



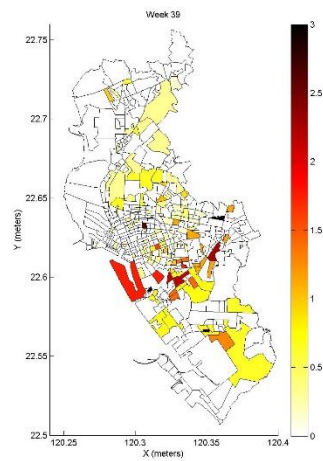
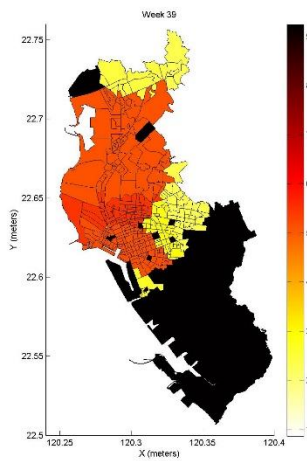
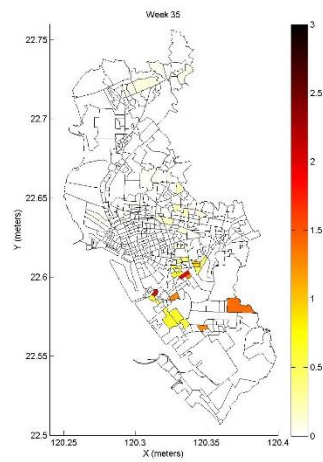
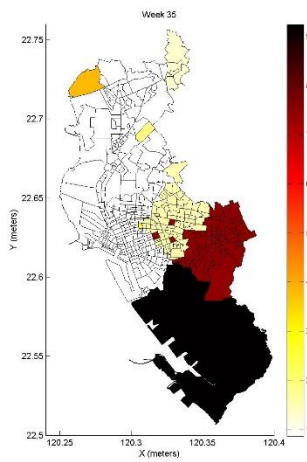
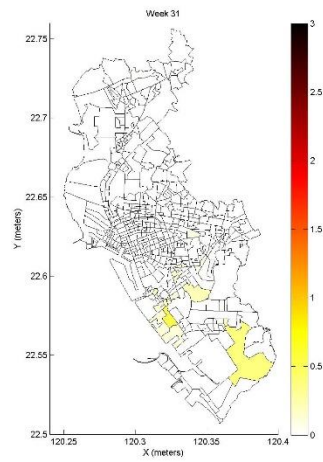
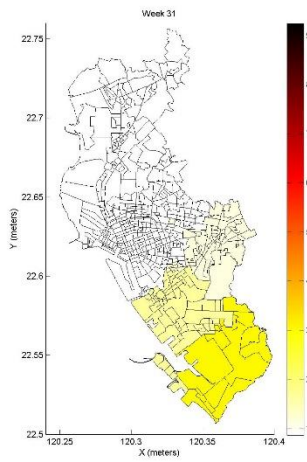
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



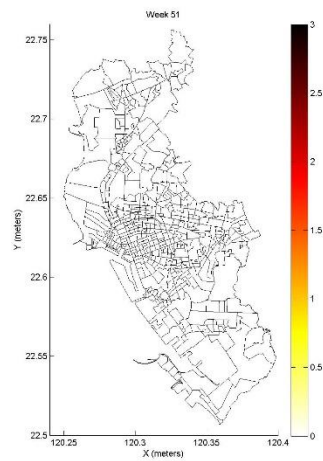
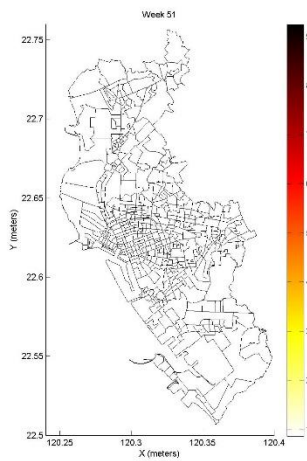
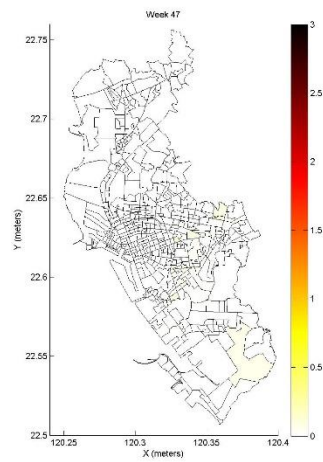
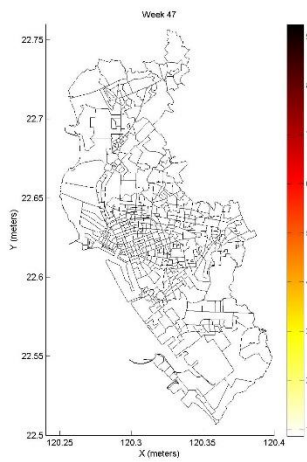
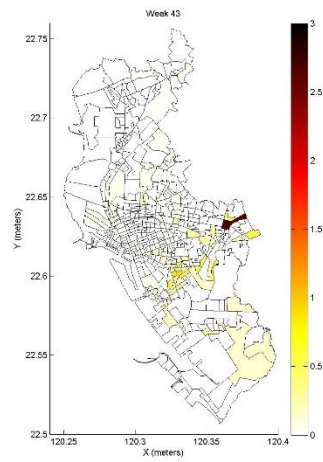
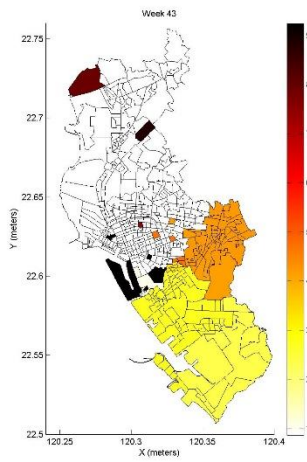
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



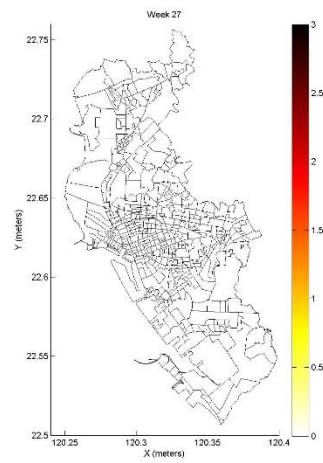
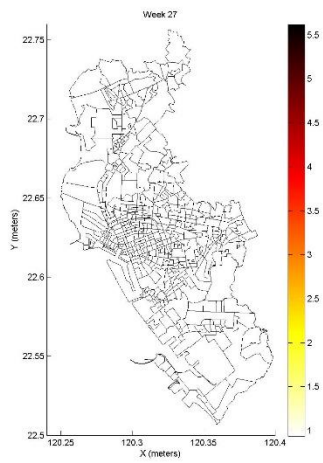
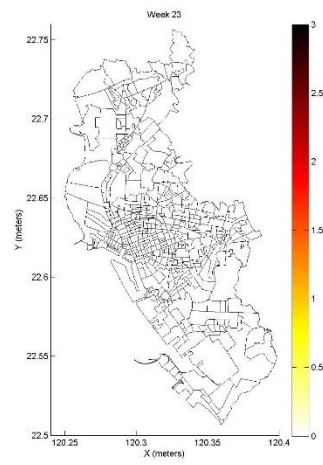
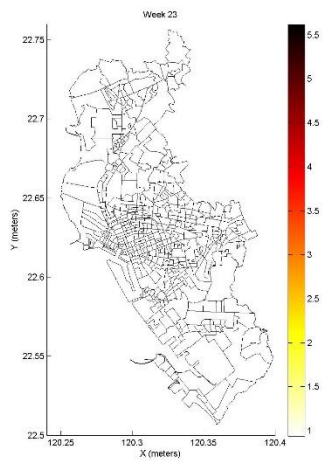
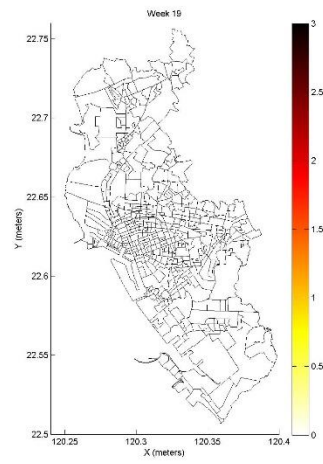
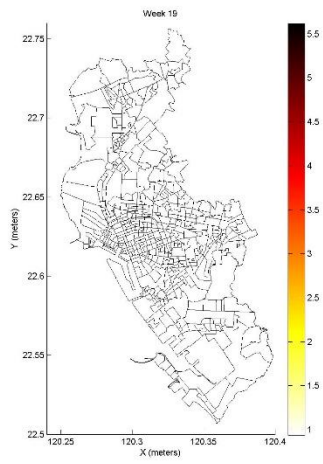
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



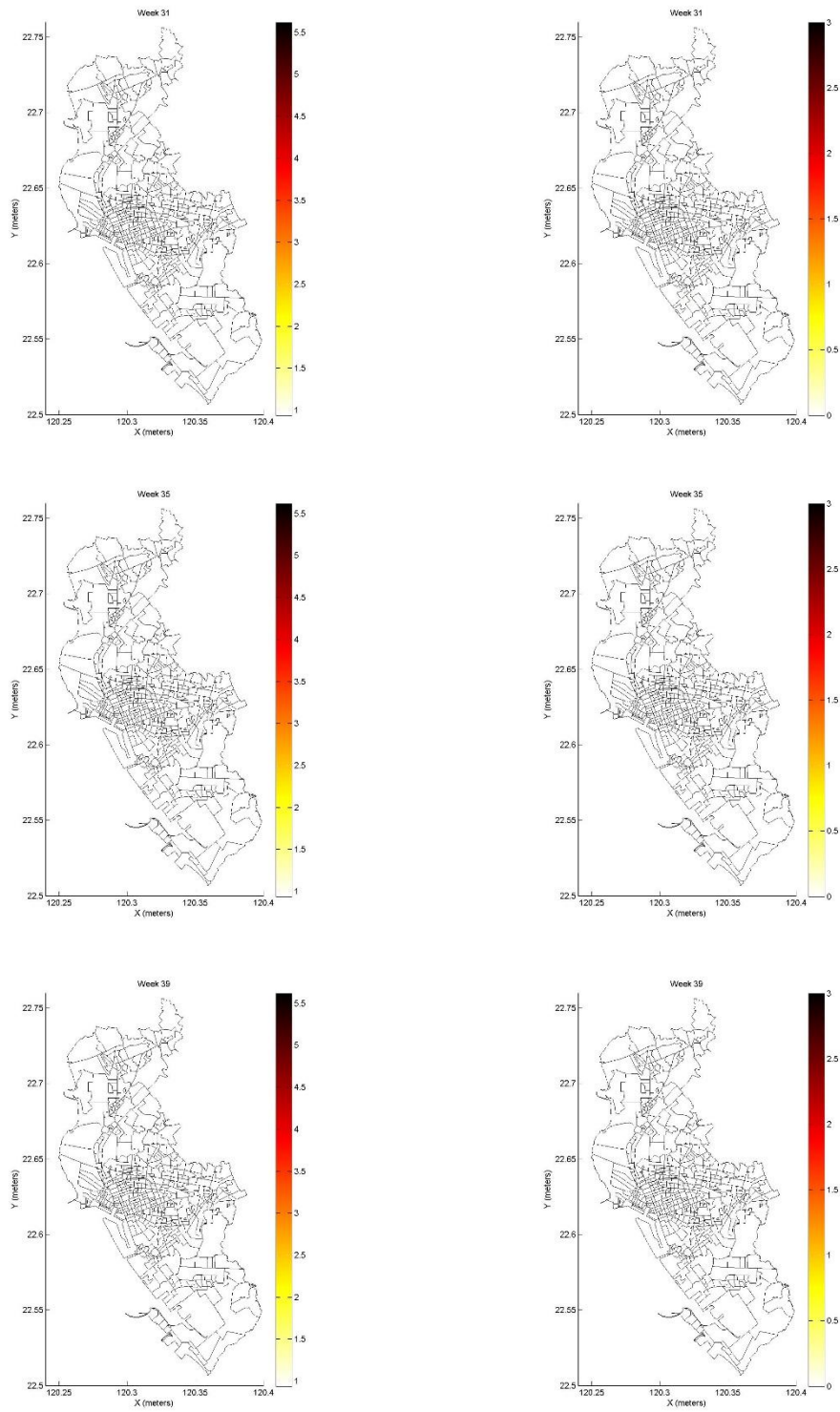
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



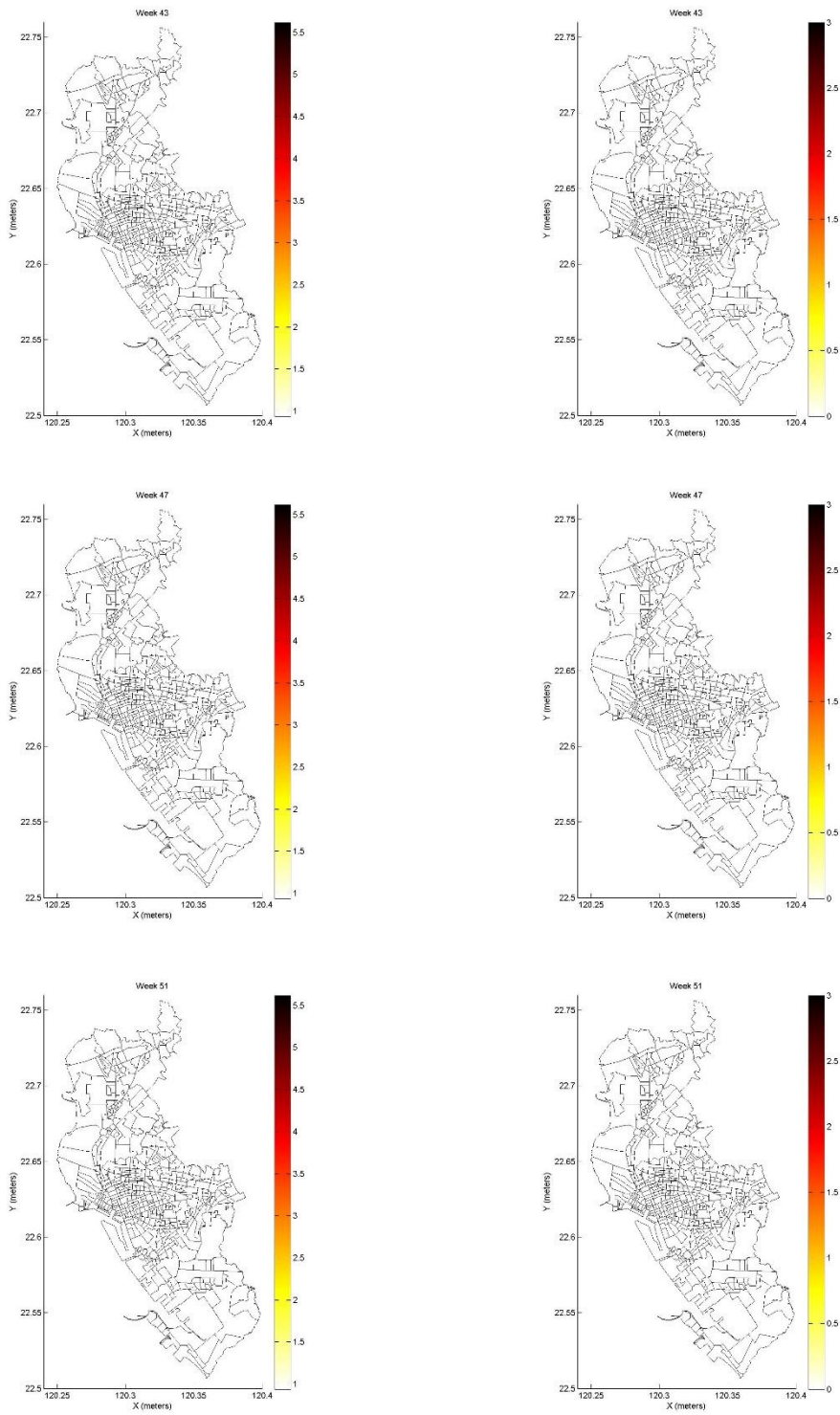
A1B 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



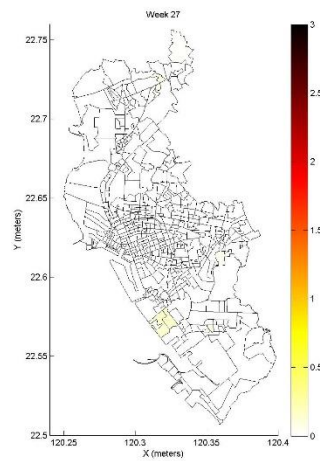
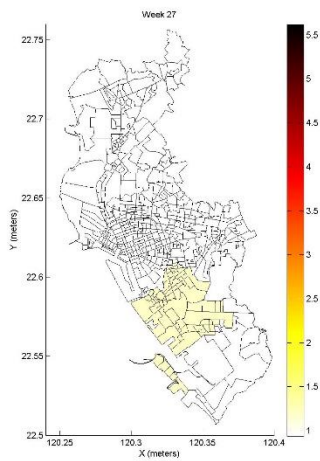
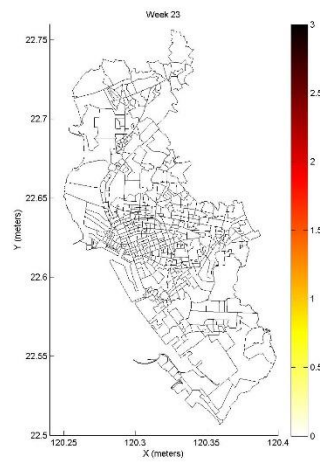
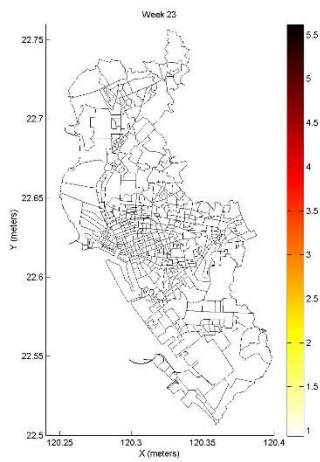
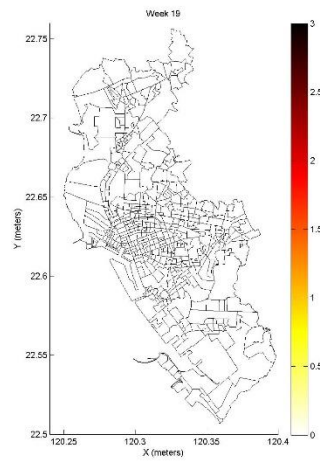
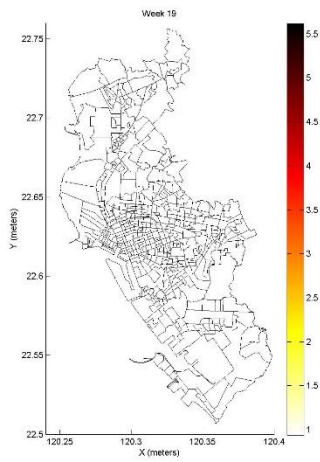
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



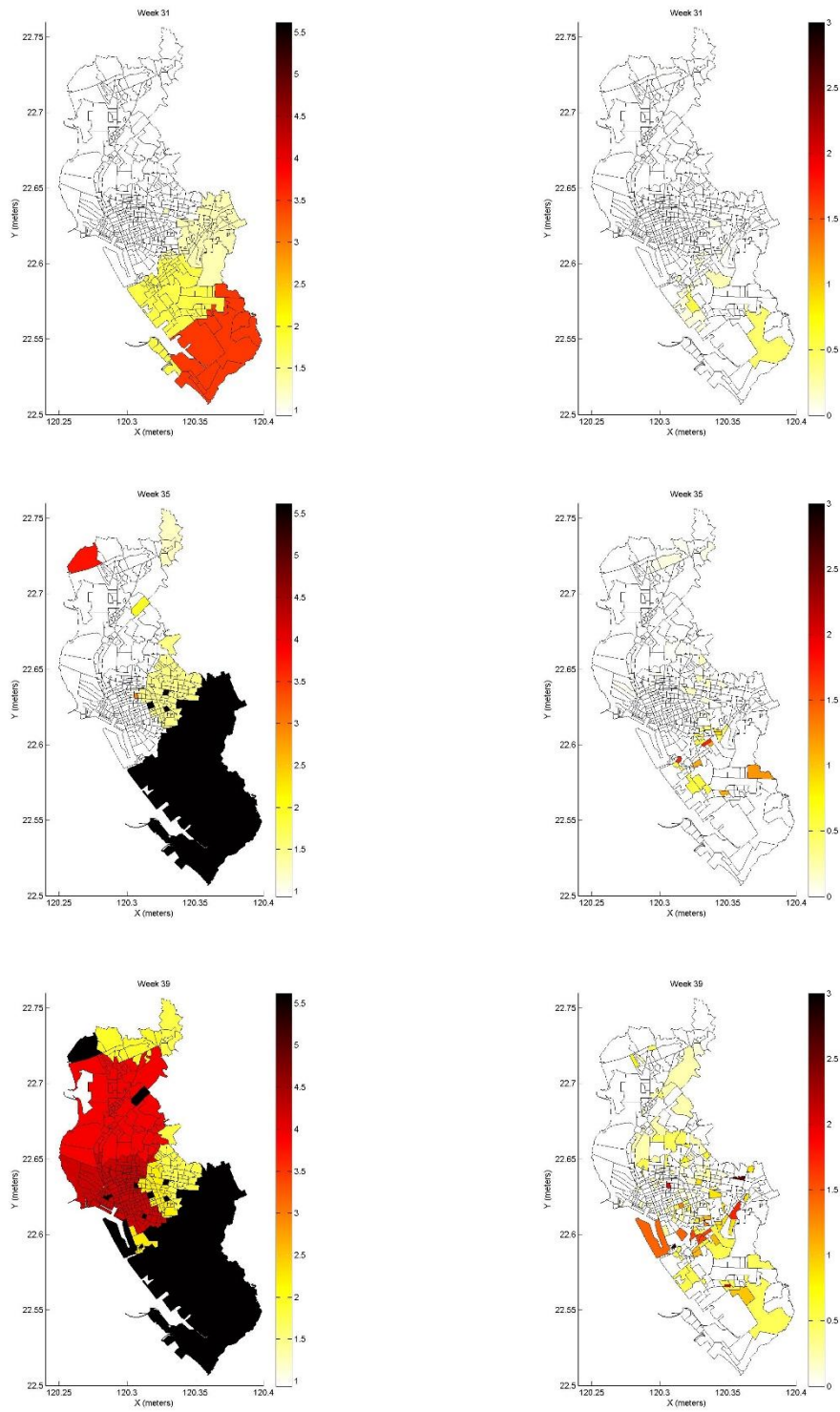
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



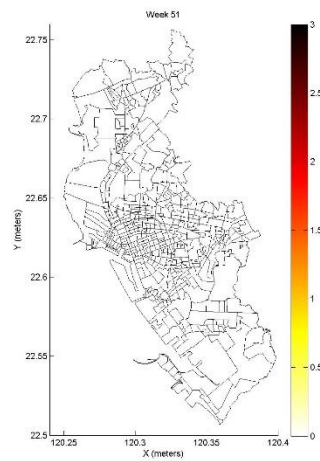
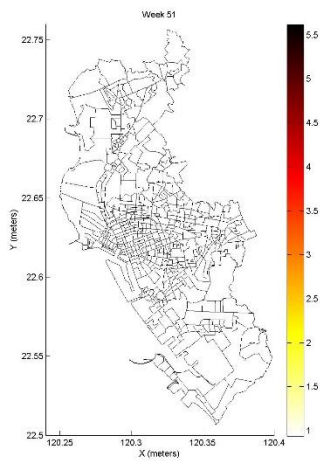
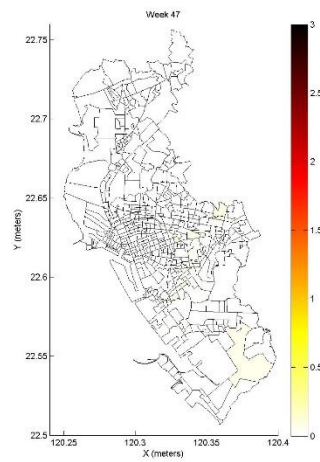
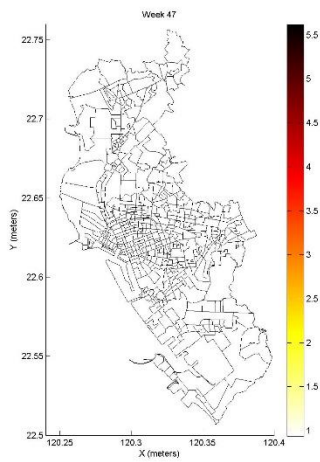
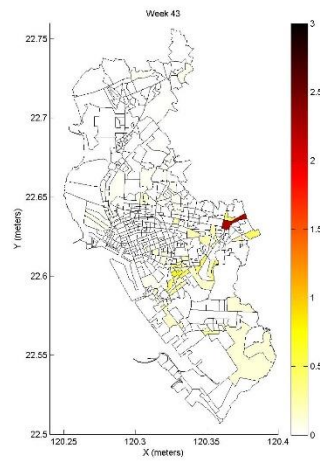
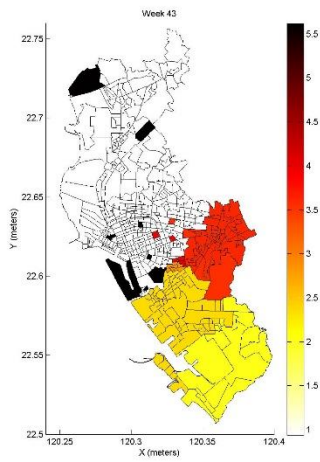
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



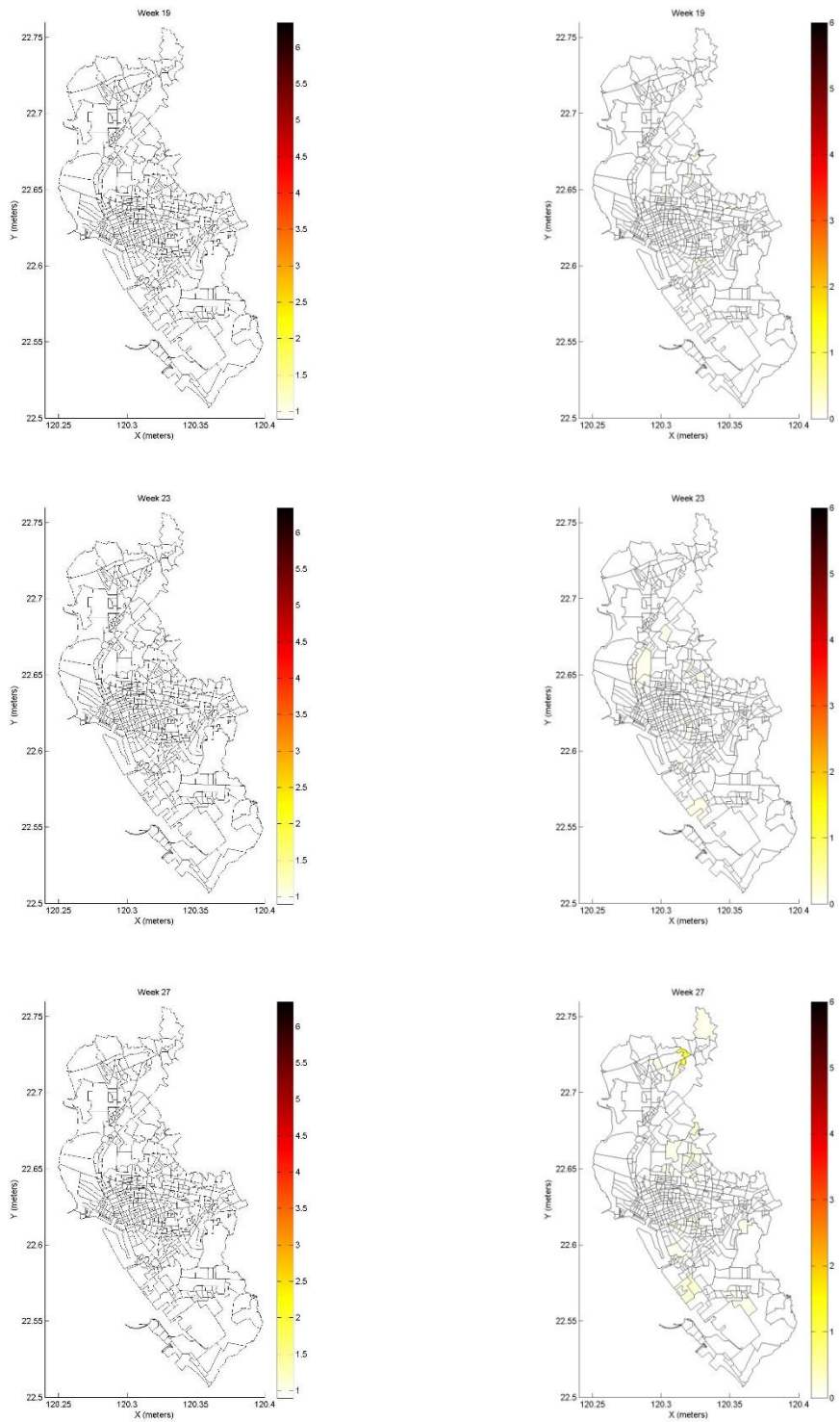
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



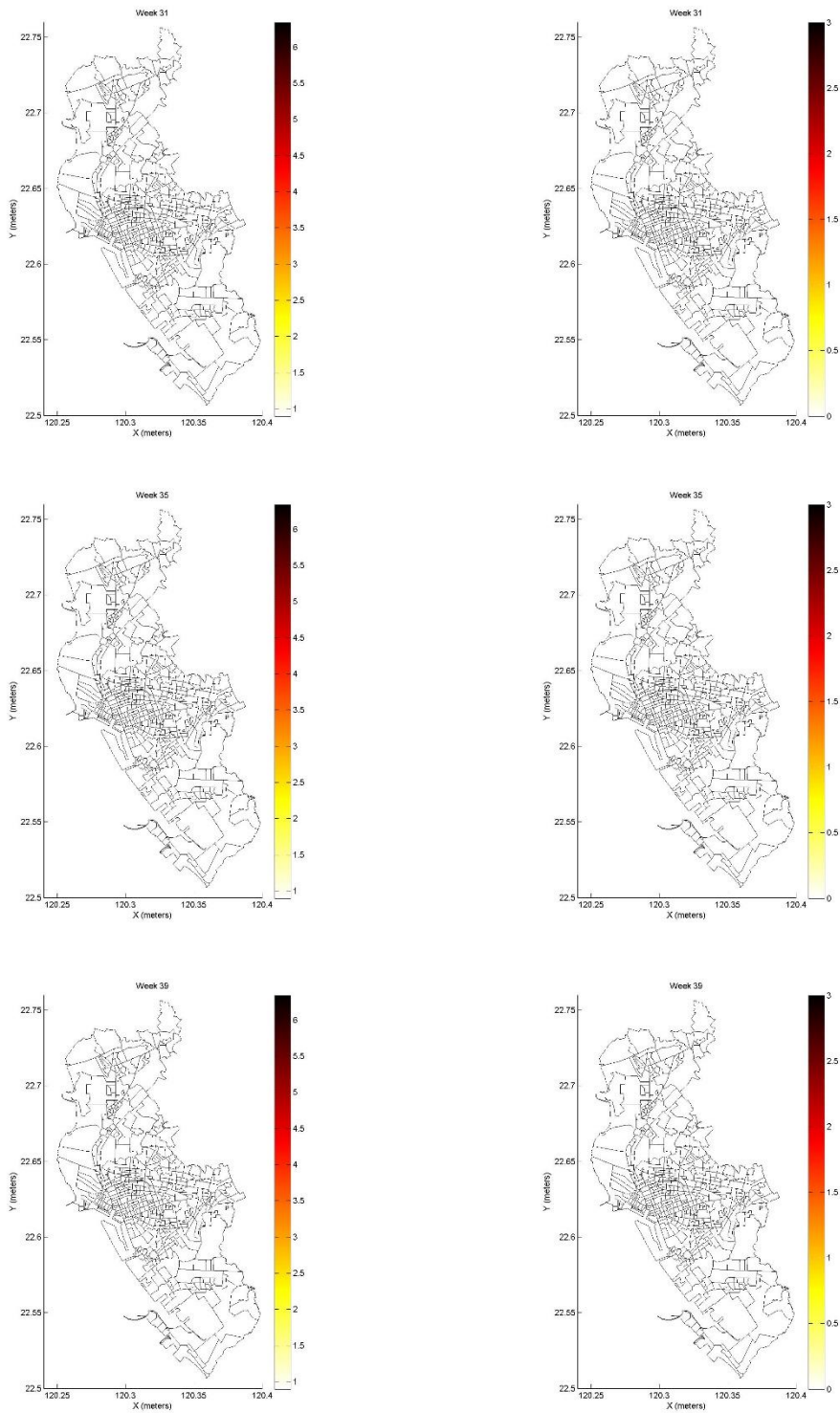
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



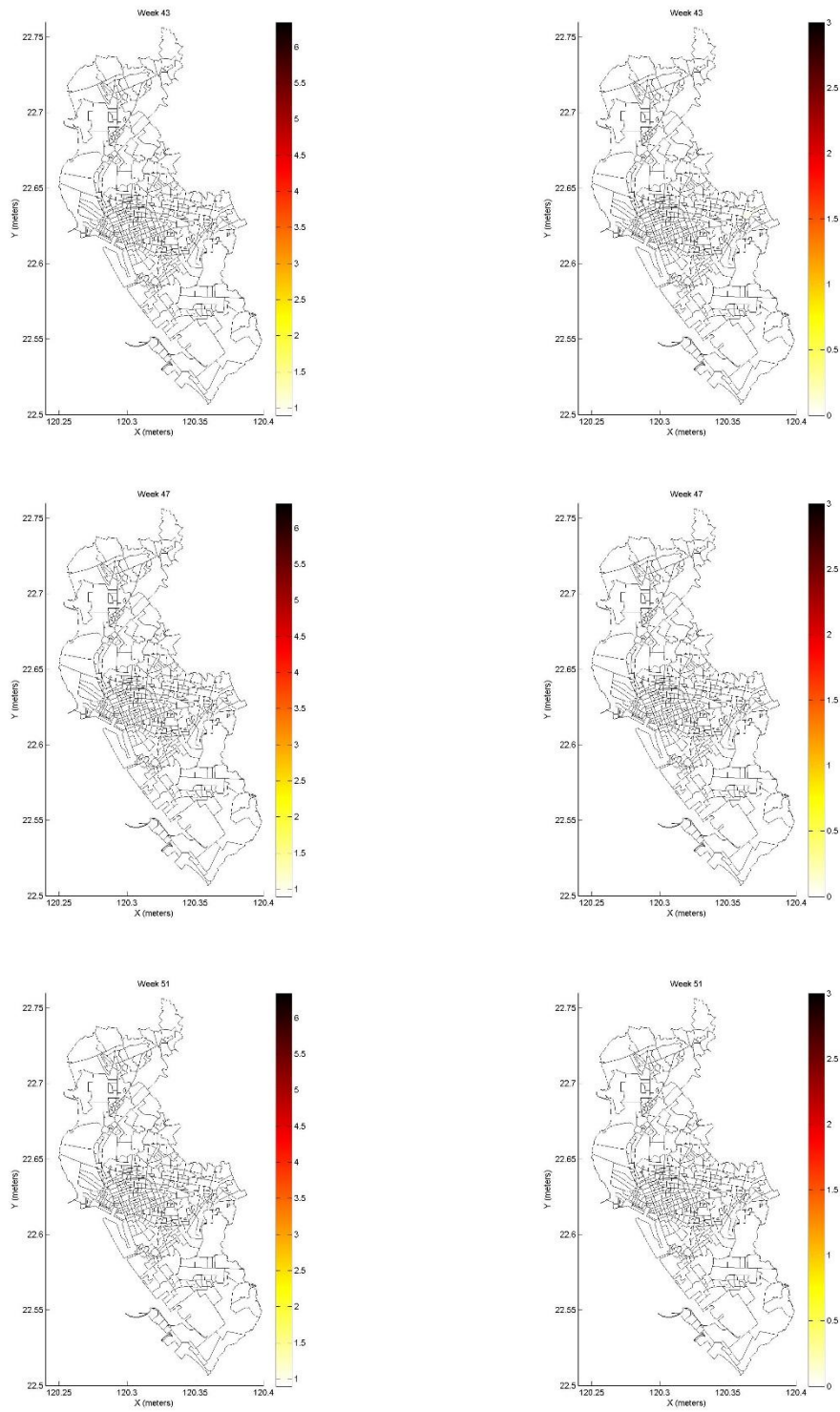
A2 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



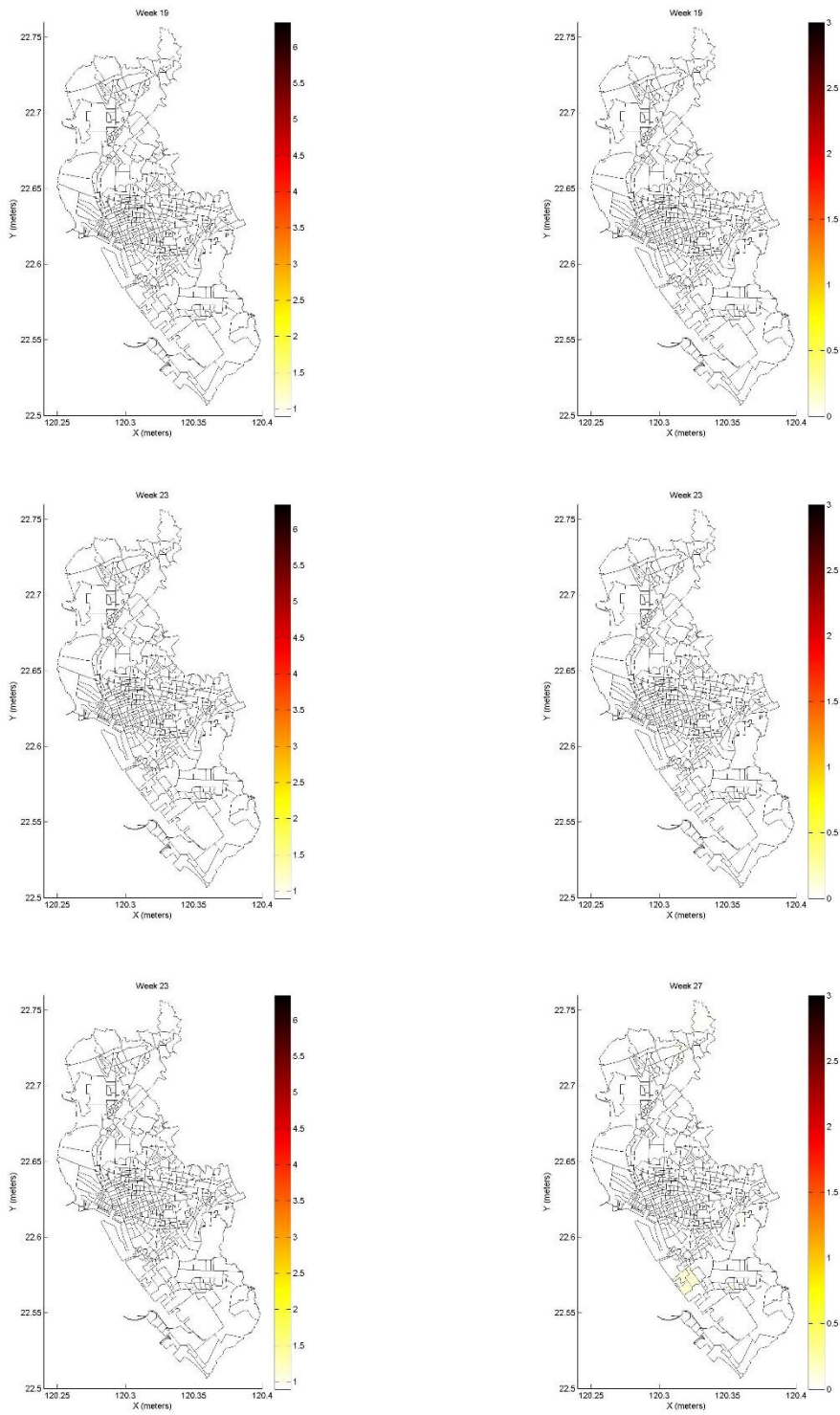
B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



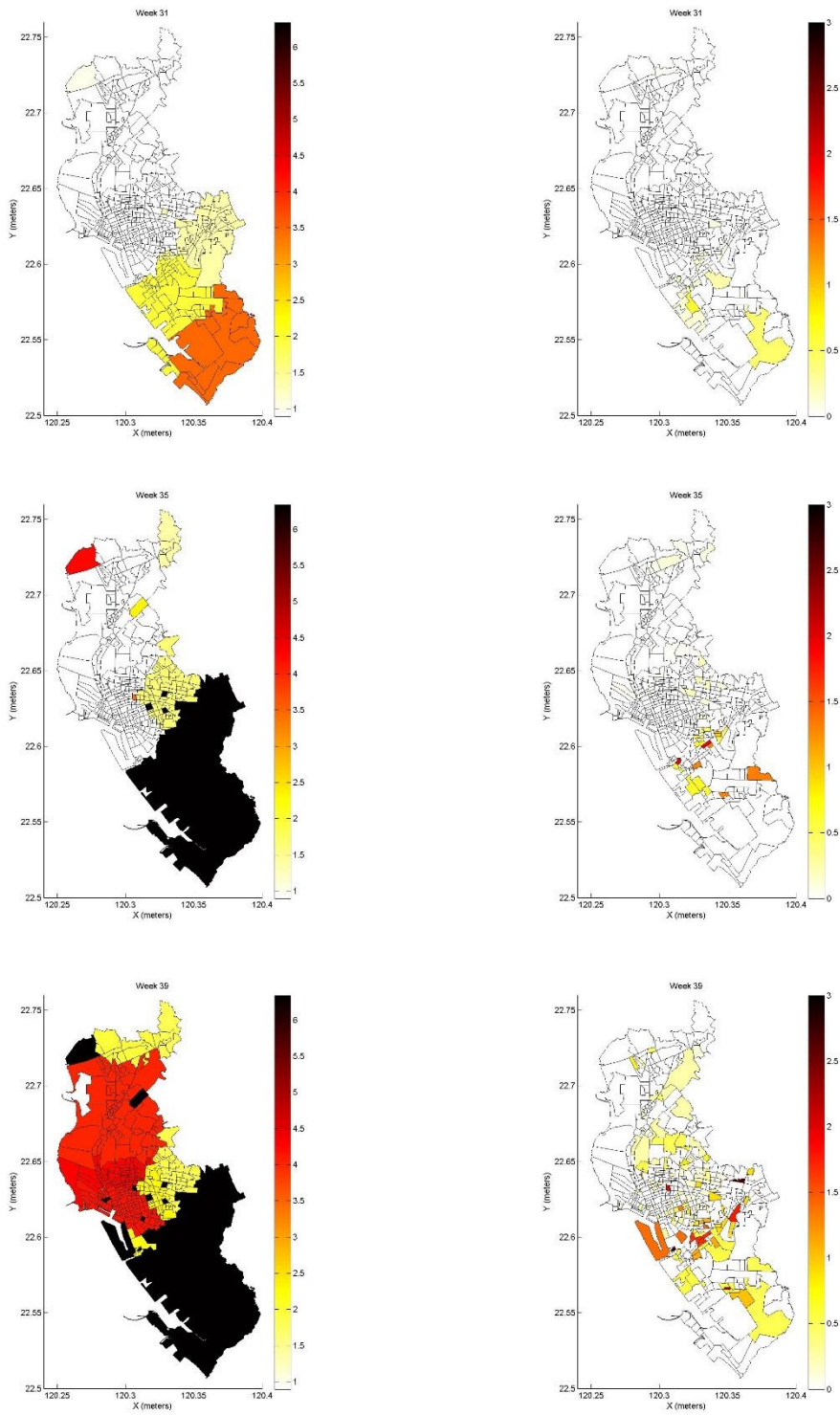
B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



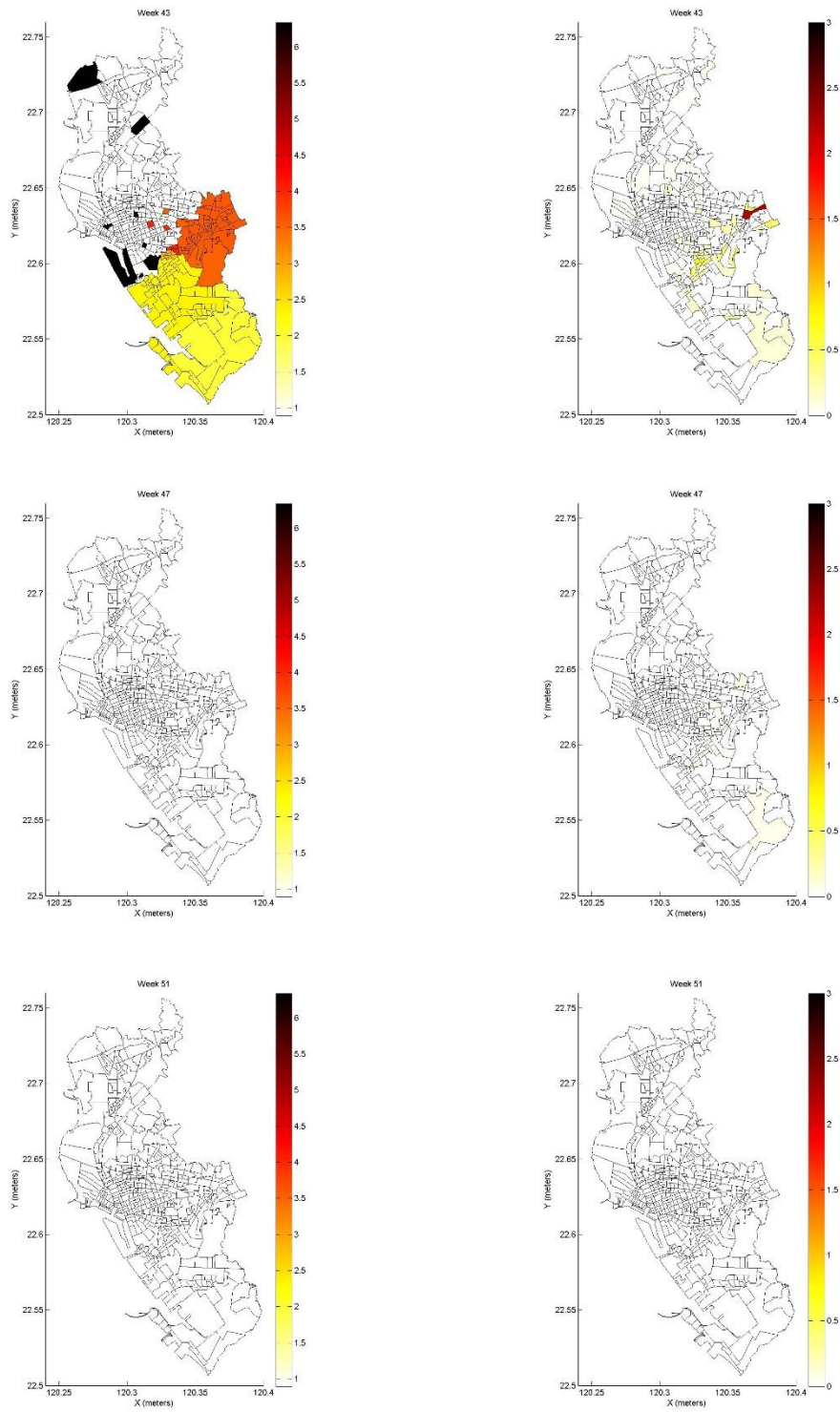
B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 25%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 19、23 及 27 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 31、35 及 39 週相對風險值(右)及各村里平均病例數



B1 情境下(左)溫度及雨量為分量 75%時第 43、47 及 51 週相對風險值(右)及各村里平均病例數

七、期中審查意見回覆

| 審查意見 | 意見回覆 |
|--|---|
| <p>1. 目前成果並未說明文獻與資料收集後,要如何應用於台灣地區時間與空間預測模式建立,亦未交代在多種參數、方法學中要如何揀選變數、建立模型、配適模型與驗證及其優缺點,建議再增加理論與實際應用之連結。同時,建議修正計畫研究方向,著重於多重因子間時空套疊預警模式之建立,以提供局突破性之進階性之訊息。</p> | <p>1. 感謝委員建議,在期中報告前之進度為蒐集相關文獻及資料,且目前已將資料都收集完整,近期會針對模型的建構及驗證等依序進行,並嘗試在期末報告時,加進 101 年所提及的一些對於登革熱疫情有相關影響的土地利用及社會經濟因子,進行登革熱疫情於空間上的套疊及建構預警模式,並繪製其風險地圖以利相關單位做為防疫使用。</p> |
| <p>2. 目前所呈現之氣候變遷與疫情及登革熱預測模型與方法之文獻回顧,大多非近五年來之發表。然而,在 IPCC 於 2007 年發表第四版報告後,氣候預測方法與模式在近幾年來多有更新與發展,故建議加強更新近幾年來之文獻,方可使預測模型的建立更符合新趨勢。</p> | <p>2. 感謝委員建議,目前已新增一些近五年來針對氣候變遷與疫情及登革熱預測模型與方法等研究之文獻,考慮期中報告篇幅限制,將所新增之文獻約略描述於本次修改之期中報告,詳細相關文獻會於期末告報中詳加描述。</p> |
| <p>3. 在未來氣候變數情境模擬部份,研究提及將參考中央氣象局之模擬資料。建議可再增加台灣氣候變遷推估與資訊平台(TCCIP)之預測資料,其預測資料不僅可更貼切台灣地區之情境,亦可取得東亞地區不同情境之氣候預測結果。</p> | <p>3. 感謝委員建議,在之後的研究中會參考台灣氣候變遷推估與資訊平台(TCCIP)中之預測資料,利用其中不同情境下所模擬之溫度及降雨進行未來短期間台灣地區氣候變遷對登革熱疫時空傳播之相關之研究。</p> |
| <p>4. 研究題目為登革熱時間與空間傳播預測模式之建立,空間上的預測對於防疫有重要之效益,但目前研究中仍未充分交代空間預測上之研究流程與模式驗證,希望能夠針對空間方法上再加強說明與分析。</p> | <p>4. 感謝委員提醒與建議,目前期中報告主要為收集相關之文獻及數據,在近期會針對研究題目開始進行模式的建立,相關的研究流程及模式驗證結果等會在期末報告時一併完成並說明。</p> |
| <p>5. 部分前期審查建議仍尚未完整回應,可再說明補充於修正後之期中報告。</p> | <p>5. 感謝委員提醒,針對前期審查建議部分由於期中報告篇幅之限制,會於本次修改中約略描述,詳細補充</p> |

| | |
|---|---|
| | 說明部分則會於期末報告中一併附上。 |
| 6. 「氣象因子」對於台灣地區之量化關係是否已經確認？請予系統整理後說明。繼而在此基礎上說明探討「氣候因子」對這些「氣象因子」之影響在台灣這個尺度大小下是否得宜。 | 6. 感謝委員建議，在 101 年期末報告中已針對氣象因子對台灣南部登革熱影響進行相關性分析，也找出了當週之最低溫度與當週 24 小時累積最大降雨對當的之登革熱疫情有相當性之影響。此外，國內許多水文、大氣方面的研究中均有針對氣候因子影響台灣地區的溫度、降雨影響上進行相關性探討，因此氣候因子影響台灣的氣象因子是可行的一個研究。 |
| 7. 有關大氣環流資料收集及氣候變遷中氣候與氣象資料特徵的分析，僅侷限於國外的文獻分析報告，建議亦應參考是否有台灣本土（中央氣象局）的資料庫可供運用。 | 7. 感謝委員建議，在文獻中有提到在 GCM 情境資料使用部分，本研究參考中央氣象局在「IPCC 第四期評估報告氣候模式對台灣氣候變遷模擬之分析」及「IPCC 第四期評估報告氣候模式對亞洲夏季季風模擬之分析」中所提及的 A1B、B1 及 A2 情境，不同情境下模擬的之資料計算出之不同指數，探討對於東亞地區及台灣地區氣候的差異，進而影響溫度、降雨等氣象因素，了解到氣候變遷對於登革熱疫情的影響之差異性。此外，中央氣象局在氣候監測報告中有針對 ENSO 指數進行預報，因此在本研究亦會嘗試是否可以加入此預報資料。 |
| 8. 氣候分析及傳播預測部份未來可涵括東南亞地區，同時評估區域性及境外移入的風險。 | 8. 感謝委員建議，本研究在之後會嘗試探討在境外移入病例出現後對於本土病例的出現兩者之間是否有相關性存在，即當境外移入病例出現後的多久時間內可能會出現本土病例。 |
| 9. 今年雨量已達到去年研究降雨警示水準，可進行模型的相關驗證，至於最小空間分析單位，建議至少 | 9. 感謝委員建議，已收到貴單位針對模型驗證部分的來信，已完成資料整理並正著手進行模型的分析驗 |

| | |
|--|--|
| <p>達鄉鎮市區層級，相關細項可與疾管局進一步討論。</p> | <p>證部分。</p> |
| <p>10. 整份期中報告似乎傾向於文獻報告之整理，尚無較具體的成果呈現；期望能如期在期末報告將氣象/候相關資訊與人員移動、病媒蚊、登革熱病例適當連結，完成相關影響評估並有妥善生物學上的解釋。</p> | <p>10. 感謝委員建議，由於本計畫在今年前半年部分主要著重於文獻及資料的收集，在後半年會陸續完成模式的建構及驗證，並繪製相關的風險地圖提供有關單位在防疫上使用。</p> |

八、期末審查意見回覆

| 審查意見 | 回覆 |
|---|--|
| <p>1. 研究報告錯字及漏字之處較多，影響閱讀報告者對研究成果之瞭解，請予修正。如 p27, line 5, "抑或是"---"亦或是"; p33, 表 2.1.1，倒數第二列，"檢康評估"---"健康評估"; p44, line 8, "乾旱個性"---"乾旱特性"; p48, line 3, "進地表"---"近地表"等; 另 2.1 及 2.2 之標題完全相同：登革熱預測模型與方法文獻回顧。</p> | <p>1. 感謝委員提醒，已將錯字與漏字部分逐一修正，標題相同部分也修正完成。</p> |
| <p>2. 請補充預測結果與實際結果如何檢定其差異，以驗證模型之預測效力。</p> | <p>2. 感謝委員建議。已將預測結果與實際結果的檢定方法補充上。</p> |
| <p>3. 結果之討論過於簡單籠統，請說明研究限制，研究結果與過去文獻是否相符或相異；另「建議」之部分，應更明確說明研究結果對於公共衛生部門可帶來的政策或防疫作為上之修正或改變。</p> | <p>3. 感謝委員建議。已修改報告中各個情境每一週的相對風險在鄉鎮與村里尺度的分布情形，另外，潛勢平均病例數的描述也同樣將每一週情況逐一仔細描述。</p> |
| <p>4. 病例數修正為病例發生率，宜定義登革熱「潛勢」或「風險」。</p> | <p>4. 感謝委員建議。已在報告中將病例數的模擬部分定義為「登革熱潛勢平均病例數」。</p> |
| <p>5. 因為期末研究報告內容圖表很多，建議文字部分與圖表分開放，亦即圖表集中放置後面，方便閱讀。</p> | <p>5. 感謝委員建議。已將結果中的圖表的内容與文字敘述分開放置。另由於先前結果圖片較多，因此在修改後將各個情境下溫度及降雨在分量 50% 的情況進行詳細描述，另分量 25% 及 75% 則放置於附錄中，提供參考。</p> |

| 可供採行或參考之建議 | 回覆 |
|---|---|
| <p>1. 利用前一年建置之登革熱病例預測模型，驗證 2012 年南臺灣登革熱病例數發現，約略可以在登革熱爆發前 2~3 週預測出爆發趨勢，可作為本署未來於特定期間及地理區域進行防疫工作之參考。</p> | <p>1. 感謝委員建議。期望所建置之登革熱預測模型可以提供貴單位在未來固定期間及地理區域進行防疫工作之參考。</p> |
| <p>2. 本研究報告結果顯示，單純考慮雨量對登革熱造成的相對風險，高於同時考慮溫度及降雨的相對風險。然而，風險較高不一定表示會有較多的病例數發生。另研究結果也顯示，氣象因子對於登革熱疫情的影響存在著時間的延遲效應。上述分析均可供本署評估疫情趨勢之參考。</p> | <p>2. 感謝委員建議。在本次研究報告中顯示雖溫度與降雨對於研究區域相對風險在不同情境下，皆有增加的趨勢，但登革熱潛勢平均病例的預測與實際不同鄉鎮或村里在實際上是否曾有病例發生有關，因此，較高的相對風險並不一定代表會有較高的登革熱潛勢病例數發生。</p> |
| <p>3. 以村里尺度來看，溫度對高雄市村里登革熱流行的相對風險值，影響並不明顯。降雨對登革熱疫情的影響明顯大於溫度，且當雨量所造成的相對風險值上升時，村里的病例數也會有增加之趨勢，兩者間存在著約 4 星期的時間延遲關係。亦可供本署疫情評估參考。</p> | <p>3. 感謝委員建議。溫度對高雄市村里登革熱流行的相對風險值，影響並不明顯，降雨對登革熱疫情的影響明顯大於溫度，若同時考慮溫度及降雨時，對高雄市村里登革熱流行的相對風險值，則會明顯高於單獨考慮溫度或降雨時的相對風險，顯示溫度與降雨數值在一區間時會對於登革熱流行的相對風險有顯著影響。</p> |
| <p>4. 以村里尺度來看，降雨對高雄市登革熱流行的風險值明顯大於同時考量溫度與降雨的相對風險值，且對登革熱病例數的增加有較明顯的影響。對於本署未來評估登革熱流行疫情提供具體參數。</p> | <p>4. 感謝委員建議。在進行數據修正後的結果顯示同時考慮溫度與降雨兩氣象因子時，對於高雄市村里登革熱流行的相對風險值有明顯增加的趨勢，其值也高於單獨考慮溫度或降雨單一氣象因子時之相對風險值。</p> |

| 可供採行或參考之建議 | 回覆 |
|--|---|
| <p>5. 本研究計畫建立的登革熱預測模型，病例數在空間分布非常類似，而在時間上對於流行高峰期(週至週)的預測也符合實際發生期間，應用於登革熱爆發的潛勢預測，具有其應用性。</p> | <p>5. 感謝委員建議。在利用所建置的預測模型預測登革熱病例數上，與實際病例在空間上的分布情形類似，並提供登革熱爆發的潛勢預測，期望能提供貴單位在防疫上的應用。</p> |
| <p>6. 分析不同情境下的溫度、降雨、該地區是否發生過登革熱及村里尺度的模式，可以找出未來登革熱在南台灣地區各鄉鎮的相對風險圖，對防疫極具參考。</p> | <p>6. 感謝委員建議。例用分析不同情境下的溫度及降雨，並考慮該地區是否曾經發生果登革熱所模擬之相對風險及潛勢病例在空間上的分布情形，期望能提供貴單位在防疫上做為參考。</p> |
| <p>7. 本計畫所建立的登革熱預測模型，用以驗證 2012 年南台灣週登革熱實際病例數分佈，在時間及空間上，具潛勢預測價值，亦即變換某一因子或數個因子，所得結果，即可用於預測風險高低及發出警訊。</p> | <p>7. 感謝委員建議。模式的部分，提供空間及時間上在登革熱爆發前幾週的預測，期望次結果能夠提供貴單位在登革熱可能爆發的情形出現前，能夠有預防及警示的效果。</p> |

| 綜合意見 | 回覆 |
|---|---|
| <p>1. 本研究整合疾病模型與氣候變遷資料，以推估未來氣候變遷情境下台灣地區登革熱病例之可能變化情形，過程中並針對不同情境之模擬結果加以討論，研究主題創新、分析方法嚴謹，並與當前重要之氣候暖化議題具有高度關聯性，故整體而言，甚值嘉許。</p> | <p>1. 感謝委員建議。本研究針對在不同情境下溫度及降雨與現在的變化率及變化量，探討氣候改變對於南台灣鄉鎮或高雄市村里尺度下，可能對登革熱病例在空間及時間上的影響及差異，期望能提供相關單位有固定區域或時間點上的預防效果。</p> |
| <p>2. p73 下方提及本研究在疾病推估上仍有誤差存在，而在 p73 及 p74 中亦提出並明確解釋了提高模型預測準確度之方法，針對此部份，是否已有實際上模型改良後之分析結果？未來是否將以改良後的模型，再進行一次氣候變遷情境下疾病發生之模擬？</p> | <p>2. 感謝委員建議。在本次利用 101 年報告所建立之模式來推估 2012 年病例，雖在當週預測上有誤差存在，但實際模式為預警系統，提供的是登革熱病例發生潛勢預警，目的為讓防疫工作更有效率，由結果得知此模型可在疫情爆發前 2-3 週提供警示效果。</p> |
| <p>3. p93, 3.2.1：誠如 p49 處所介紹，A1 情境又可分為 A1F、A1T 及 A1B，然在此節僅選擇 A1B 進行模擬分析，是否有特別之意涵？需補充說明相關限制。</p> | <p>3. 感謝委員建議。已在報告中修改並加入選取 A1B 情境之理由。</p> |
| <p>4. P93：此段以週為單位描述登革熱風險之模擬結果，建議在開頭時可先解釋這裡的"第 x 週 是以何日為基礎進行定義(例如以未來短期(2020 至 2039 年)而言，是否以 2020 年起算之第一週為基準？)</p> | <p>4. 感謝委員建議。已在報告中解釋各週的定義為何，在本次對於未來短期的登革熱相對風險預測，為參考 TCCIP 定義的 2020-2039 年，其各週係指 2020-2039 年此 20 年之中每一年各週的平均值，即第 1 週為 2020-2039 年每年第 1 週數值的平均值，以此類推。</p> |
| <p>5. 在結果部份，本研究僅說明不同氣候變遷情境所得結果之異同，尚未將未來模擬結果與現況資料進行完整比較。然對於公部門來說，瞭解"現況—未來"之差異，以及疾病未來可能之變化情形，將是協助其進行政策制定之重要資訊，故建議可針對此部份加以探討之。</p> | <p>5. 感謝委員建議。在報告中不同氣候變遷情境所得結果之異同，為與 1998-2011 年之結果相比較下之結果，呈現未來相較於現今可能造成的風險在不同時間與空間上的分布變化，在報告中已將其變化差異詳加描述。</p> |

| | |
|--|---|
| <p>6. 可考慮列出疫情對氣象因子變化特別敏感之鄉鎮村里作為防疫重點區域之參考。</p> | <p>6. 感謝委員建議。在報告修改後已將村里及鄉鎮尺度中對於氣象因子改變較為敏感的地區，依照不同時間點列出。</p> |
| <p>7. 可考慮進一步推估 2013 年登革疫情潛勢與生物防治措施下實際觀測疫情比較，即可用於評估防治措施或成效。</p> | <p>7. 感謝委員建議。日後若相關資料完整收集，可考慮進一步推估 2013 年登革疫情潛勢與生物防治措施下實際觀測疫情比較。</p> |
| <p>8. 研究成果應適當反應至中文摘要，例如登革熱預測模型具潛勢預測價值。</p> | <p>8. 感謝委員建議。已將研究具潛勢預測之價值等結果加入摘要中。</p> |
| <p>9. 病媒蚊指數及防治措施執行頻率等為影響登革熱發生的因子，若能加入登革熱預測模型當作參數，是否更具參考價值。</p> | <p>9. 感謝委員建議。病媒蚊指數及防治措施執行頻率等為影響登革熱發生的因子，需與在地方防疫相關單位進行討論其數據是否完整有無。</p> |