

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 地球與行星科學科

051910

颱風降水量的區域差異分析：空間內插法與逐步  
迴歸法的運用

學校名稱：國立花蓮女子高級中學

作者：  高二 王婷琪  高二 李筠茹	指導老師：  程 膺
---------------------------------	------------------

關鍵詞：颱風、降水量、區域差異

## 摘要

本研究以探討臺灣颱風降水量的區域差異分析為主題，蒐集中央氣象局颱風資料庫 1958 至 2014 年間發布警報的颱風資料進行研究，運用 GIS 空間內插法、SPSS 逐步迴歸分析法進行空間差異分析。研究成果得知臺灣各測站的歷年颱風平均降水量具有顯著空間差異，運用 GIS 空間內插法可推估臺灣各地降水量分布，其中以反距離權重法 (IDW) 的誤差率最低，其成果可作為具體繪製颱風降水量分布圖的依據，進而提供防災單位參考。

各路徑代表性颱風逐時降水量分析顯示，隨著時間序列及行進路線，颱風降水量變化趨勢也各有顯著差異。運用 SPSS 進行逐步迴歸分析，建立五個代表測站的逐時降水量推估迴歸方程式，可作為颱風逐時降水量推估的參考。

## 壹、研究動機

臺灣位於西北太平洋颱風路徑帶，每年夏秋都有颱風侵臺。雖是提供用水的重要來源，但颱風所帶來的強降水也常造成天然災害的發生，對生命與財產有很大的威脅，若能對颱風降水量充分了解，則能有效率降低颱風災害。

另外，我們也發現故鄉花蓮位於臺灣東部，受颱風直接侵襲的影響，多數的颱風降水量雖然都很高，但是並非每一次都如此。似乎颱風因各路徑不同對臺灣各地降水量也產生差異，某些路徑可能造成花蓮地區強烈豪雨，某些颱風強降水的現象，卻可能發生在臺北、高雄、阿里山等其他地區。颱風路徑對各地的降水量分布有明顯不同。

地球科學上課時，老師曾講解颱風結構與降水量的變化關係，以及利用象限法判斷颱風的風向，另外老師也提過降水量會因各地區的地形差異而有所不同。因此引發我們想深入研究臺灣各地區的颱風降水量特性，以及各種不同路徑下颱風的逐時降水量變化與環境影響因子間的關係。

## 貳、研究目的

- 一、探討臺灣地區各測站歷年颱風平均降水量的特性。
- 二、運用 GIS 地理資訊系統推估臺灣各地颱風降水量的分布狀況。
- 三、分析各路徑颱風逐時降水量的區域差異及分布特性。
- 四、探究影響颱風逐時降水量的環境因子，並建立推估模式。

## 參、研究設備及器材

### 一、個人電腦

### 二、地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS )

ArcGIS 是美國 ESRI (Environmental Systems Research Institute) 的解決方案，本研究則採用 ArcGIS Desktop GIS 中的 ArcView 9.2 版及 ArcGISExtensions 模組，進行空間分析。

### 三、Microsoft Excel

### 四、社會科學統計套裝軟體 (Statistical Package for the Social Science, SPSS)

本研究運用 IBM SPSS Statistics Version19 版本，進行逐時降水量與環境因子的統計分析。

### 五、網路

## 肆、研究過程與方法

### 一、研究流程



圖一、研究流程圖

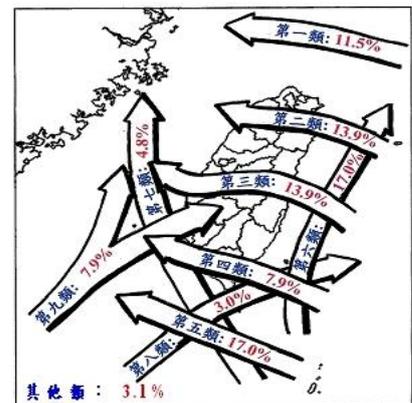
## 二、蒐集資料

### (一) 颱風路徑分類

根據中央氣象局的颱風路徑分類，臺灣的颱風路徑總共分為九類，另外第十類為其他特殊路徑，本研究暫時不列入探討。以下為九大颱風路徑示意圖：

### (二) 颱風降水量資料

由中央氣象局颱風資料庫中取得 35 個局屬測站之降水量資料。包括各路徑颱風總降水量及颱風逐時降水量。



圖二、侵臺颱風九大路徑示意圖

(資料來源：中央氣象局網站)

- 1.各路徑颱風總降水量：我們採用中央氣象局 1958 至 2014 年間有發布警報之 179 個颱風，依據不同路徑整理各個颱風平均降水量。
- 2.颱風逐時降水量：我們挑選歷年來造成重大災情之颱風進行逐時降水量分析。依路徑排序分別為：1997 溫妮、1996 賀伯、2001 桃芝、1982 安迪、1987 琳恩、2000 象神、1977 賽洛瑪、1995 賴恩、2010 梅姬。
- 3.逐步迴歸分析所採用的逐時降水量：我們採用 2005 至 2014 年間資料完整且有發布警報的颱風逐時氣象資料。分別為：2005 龍王、2006 珍珠、2006 碧利斯、2007 蝴蝶、2007 韋帕、2007 聖帕、2007 帕布、2008 柯羅莎、2008 鳳凰、2008 卡玫基、2008 辛樂克、2008 薔薇、2009 蓮花、2009 芭瑪、2009 莫拉克、2010 梅姬、2010 凡那比、2010 萊羅克、2011 南瑪都、2012 泰利、2012 天秤、2013 蘇力、2013 菲特等颱風。

## 三、研究方法

### (一) 數據處理方式

利用 Microsoft Excel 初步處理所有從颱風資料庫所下載的資料，之後再轉入 GIS 及 SPSS 的資料檔中。

### (二) 利用 GIS 繪製颱風降水量圖

使用 GIS 繪製颱風各路徑總降水量及颱風逐時降水量的變化圖，預期從 GIS 所畫出來的圖中可以清楚看到各地區域性降水量差異以及颱風逐時的降水量變化，並整理出各路徑颱風降水量的趨勢。

### (三) 利用 SPSS 進行逐步迴歸分析

我們選擇北、中、南、東及山地等區的五個代表測站，分別為基隆、臺中、高雄、花蓮、玉山等站，蒐集各測站 2005 至 2014 年間颱風逐時氣象資料，包括逐時降水量、測站海拔高度、測站氣壓、氣溫、相對濕度、平均風速、最大風速、瞬間風速、風向。資料整理後進行逐步迴歸分析，預期整理出各個測站颱風降水量與環境因子間的相關性及其迴歸方程式。

## 伍、研究結果

### 一、颱風降水量的區域差異性分析

為了瞭解颱風降水量的區域差異，我們運用中央氣象局颱風資料庫，統計 1958 至 2014 年間有發布警報的 179 個颱風，依據不同路徑整理各個颱風平均降水量。經由此總降水量的表格，我們可以看出所有颱風的平均降水量，以鹿林山 248mm、鞍部 241.4mm、竹子湖 235.6mm 較高；平原區各測站平均降水量普遍低於 150mm。同時，我們發現各路徑在各測站所測得的降水量確實有明顯不同，依各颱風路徑順序說明如下：

表一 各測站之各路徑總降水量平均結果

測站編號	測站名稱	路徑1	路徑2	路徑3	路徑4	路徑5	路徑6	路徑7	路徑8	路徑9	各測站平均
460010	金六結	162.9	145.7	172.3	50.6	130.1	204.3			155.2	145.9
460020	鹿林山	299.5	342.0	216.5	140.9	159.7	301.6			275.6	248.0
466880	板橋	212.0	229.8	92.3	43.6	73.5	100.8		0.1	80.3	104.0
466900	淡水	174.5	177.0	130.1	57.2	74.8	149.2	59.3	34.4	67.0	102.6
466910	鞍部	367.4	314.7	250.5	124.1	233.3	352.6	250.2	115.1	164.6	241.4
466920	臺北	207.0	152.3	115.0	66.9	74.8	124.8	62.8	3.3	62.7	96.6
466921	臺北師院	170.1	171.1	83.9		0.8	190.3	9.4	67.6		99.0
466930	竹子湖	421.5	289.4	250.6	134.4	232.2	356.9	198.6	81.7	154.6	235.6
466940	基隆	146.5	148.7	122.9	70.3	109.7	159.2	103.1	86.1	120.7	118.6
466950	彭佳嶼	176.8	130.7	91.7	52.7	45.2	124.9	50.5	39.7	119.7	92.4
466990	花蓮	16.5	117.2	256.3	249.2	166.9	172.2	229.8	120.5	130.9	162.2
467050	新屋	112.0	106.5			13.0	108.5				85.0
467060	蘇澳	78.8	220.6	184.5	117.4	117.1	158.1	121.0	194.7	206.0	155.4
467080	宜蘭	138.0	181.5	140.1	93.6	104.5	173.6	93.6	129.2	171.6	136.2
467110	金門	43.1	32.2	55.9	43.2	12.9	3.0			110.9	43.0
467300	東吉島	24.9	71.6	129.8	65.6	24.0	44.8	54.3	28.2	76.3	57.7
467350	澎湖	28.7	98.8	114.2	57.0	18.2	23.6	70.8	41.6	75.2	58.7
467410	臺南	52.9	92.4	202.0	91.0	25.5	63.2	124.2	25.3	80.0	84.1
467420	永康	43.6	131.4	212.0	105.9	30.0	92.8	106.0	13.8	87.3	91.4
467440	高雄	37.1	89.9	156.6	143.7	47.8	93.8	160.9	23.8	99.6	94.8
467480	嘉義	71.6	151.2	180.3	54.4	13.9	79.7	63.7	44.8	66.8	80.7
467490	臺中	139.0	208.0	117.2	21.1	7.9	83.0	32.4	50.3	31.9	76.7
467530	阿里山	336.0	567.7	476.3	116.1	48.1	213.0	126.4	45.8	137.9	229.7
467540	大武	42.6	88.7	200.2	201.9	198.8	168.4	347.9	152.7	159.1	173.4
467550	玉山	223.0	309.2	367.3	134.4	136.2	183.3	139.6	58.3	120.9	185.8
467570	新竹	239.5	133.2	118.0	34.6	20.3	72.1	53.6		54.2	90.7
467571	新竹	155.7	245.5	86.6	21.3	2.3	116.2	3.2	53.4	48.9	81.5
467590	恆春	24.9	68.9	159.4	259.1	194.5	153.5	312.5	185.3	101.7	162.2
467610	成功	9.5	53.7	180.3	215.6	235.4	192.0	329.2	132.1	129.2	164.1
467620	蘭嶼	12.7	51.1	127.3	139.3	87.4	139.2	217.1	225.6	48.6	116.5
467650	日月潭	183.5	277.1	152.5	21.2	16.8	110.4	41.2	47.6	50.6	100.1
467660	臺東	9.7	33.7	107.6	220.2	204.1	140.5	331.7	126.5	138.1	145.8
467770	梧棲	100.6	221.5	113.7	16.7	8.8	55.9	31.2	42.2	41.6	70.2
467780	七股	113.5	88.0	234.8	89.3	19.8	89.7			98.5	104.8
467990	馬祖	44.8	72.2	85.9	15.3	2.3	8.5			64.8	42.0
	各路徑平均	132.0	166.1	167.2	99.0	82.6	137.2	133.0	77.5	107.0	122.4

(黃色為降水量最高，綠色為降水量最低，藍色為未列入討論之離島測站)

(一) 路徑一 (通過臺灣北部海面向西或西北進行者)

路徑一總降水量平均值 132mm，其中臺灣本島以竹子湖測站 421.5mm 為最高，降水主要集中在北部山區和中南部阿里山區，花東地區降水量則普遍偏少。降水量最少為成功測站 9.5mm。

(二) 路徑二 (通過臺灣北部向西或西北進行者)

路徑二總降水量平均值為 166.1mm，其中臺灣本島以阿里山測站 567.7mm 為最高，降水也集中在北部山區和中南部阿里山區，降水在臺東地區最少。降水量最少為臺東測站 33.7mm。因路徑二較路徑一偏南，中南部地區降水量比路徑一增加 50-100mm。

(三) 路徑三 (通過臺灣中部向西或西北進行者)

路徑三總降水量平均值為 167.2mm，為總降水量最高之路徑，其中臺灣本島仍以阿里山測站 476.3mm 為最高，降水主要集中在花蓮及阿里山、玉山。北部降水量較前兩路徑減少 50-200mm。降水量最少為臺北師院測站 83.9mm。新竹、板橋降水量也偏少，東部及中南部則都有 100-250mm。

(四) 路徑四 (通過臺灣南部向西或西北進行者)

路徑四總降水量平均值為 99mm，其中臺灣本島以恆春測站 259.1mm 為最高，降雨集中在東部及恆春地區，路徑四降水量較路徑二及路徑三減少約 70mm，降水量最少在北部和中部地區，以梧棲測站 16.7mm 降水量最低。

(五) 路徑五 (通過臺灣南方海面向西或西北進行者)

路徑五總降水量平均值為 82.6mm，其中本島以成功測站 235.4mm 為最高，降水量主要集中在北部山區及臺東地區，降水量最少是臺北師院測站 0.8mm。中部及南部降水量皆不超過 50mm。

(六) 路徑六 (沿東岸或東部海面北上者)

路徑六總降水量平均值為 137.2mm，其中臺灣本島以竹子湖測站 356.9mm 為最高，降水量集中在北部山區，東部地區降水量也都有 140-200mm，中部及中南部約 100mm 左右。降水量最少是梧棲測站 55.9mm。

(七) 路徑七 (沿西岸或臺灣海峽北上者)

路徑七總降水量平均值為 133mm，其中臺灣本島以大武測站 347.9mm 為最高，降雨主要集中在東部及恆春地區。中部和北部地區降水量皆偏少，以新竹測站 3.2mm 降水量為最低。

#### (八) 路徑八 (通過臺灣南方海面向東或東北進行者)

路徑八總降水量平均值為 77.5mm，是總降水量平均值最低的路徑，其中臺灣本島以蘇澳測站 194.7mm 為最高，降水量集中在東部及恆春，但都不超過 200mm。中部及中南部降水量皆低於 50mm，降水量最低是板橋測站 0.1mm。

#### (九) 路徑九 (通過臺灣南部向東或東北進行者)

路徑九總降水量平均值為 107mm，其中臺灣本島以鹿林山測站 275.6mm 為最高，降水量集中在宜蘭地區，花東地區降水量約在 100-150mm 之間，中部降水量偏少，南部降水量約 100mm，以臺中測站 31.9mm 為最低降水量。

整體來說，北部山區及中南部阿里山山區為降水量最多之地區，鹿林山、鞍部、竹子湖、阿里山等站平均降水量 200-250mm。中部及中南部梧棲、臺中、嘉義、新竹等測站降水量僅 70-80mm 偏低。路徑方面，路徑二及路徑三降水量最大 $>160$ mm；路徑五及路徑八降水量最低 $<100$ mm。

## 二、運用 GIS 空間分析內插法進行降水量推估

為了解全臺灣的颱風降水量分布狀況，我們以中央氣象局 35 個局屬測站實際觀測資料，運用 GIS 空間內插法繪製全臺灣降水量分布圖。在製圖及分析的過程中，我們發現地理資訊系統空間分析模式的空間內插法，在空氣品質、土壤、地下水、氣象等領域都被廣泛使用。於是，我們針對 ArcGIS 空間分析內插法功能中的反距離權重法 (Inverse Distance Weighted, IDW)、一般克利金法 (Ordinary Kriging)、自然鄰域法 (Natural Neighbor)、仿樣內插法 (Spline) 進行分析與比較，試圖探討 GIS 四種內插法的誤差值差異對比。

### (一) GIS 四種空間內插法的原理簡介

1. 克利金法 (Kriging)：克利金法以統計學為基礎，根據相鄰測站的降水量，利用變異函數來找尋區域內各測站變項間的關係，進而推估未知點的值。故其步驟需先對已知點進行統計分析，求出變異函數模型後，再進行克利金插值運算。此方法考量區域性變量的不規則特性，根據優化準則函數提出空間權重係數的動態建議。
2. 反距離權重法 (Inverse Distance Weighted 簡稱 IDW)：反距離權重內插法假設，彼此距離

較近的測站降水量，要比距離較遠的測站相似。即假設每個已知測量點對於空間面上的任一點都有影響，其影響性會隨著距離增加而減少，距離推估點最近的測量點權重較大；反之距離越遠，權重越小。

3.自然鄰域法 (Natural Neighbor)：自然鄰域法的原理，主要在尋找距離推估點最近的輸入樣本子集 (subset)，依據區域大小比例對推估點進行差值推估，故其特性是僅使用推估點周圍的樣本子集，推估插值必須是在樣本範圍內，而不會推斷趨勢或範圍外的資料。所有點的自然鄰域都與 Voronoi (泰森) 多邊形相關。

4.仿樣內插法 (Spline)：仿樣法是在空間差值時準確地通過樣本點，凝合出連續光滑的表面，是使用函數逼近曲面的一種方法。與其他空間統計法相比，本法不需要對空間方差做預估；不需要做統計假設；當表面很平滑時也能顧及精度。

(二) 四種內插法的成果分析比較如下：

#### 1.路徑一降水量分布分析

從 Kriging 的降水量圖中可以看出，深藍色的部分都集中在北部，表示北部降水量為最多，但從其他三種內插法的降水量圖則可以看出，除了北部以外，中部也呈深藍色，表示降水量也有集中在中部的現象。另外 Spline 所繪製的降水量圖在北部與中部之間呈紅色，表示沒有降水量，與其他三者的圖不同。

#### 2.路徑二降水量分布分析

四張圖的降水量分布都顯示降水量多集中在中部，而 Spline 的降水量圖中東北、東南和西部有一部分呈紅色，表示沒有降水量，與其他三者具有明顯差異。

#### 3.路徑三降水量分布分析

在 Kriging 的降水量圖中可以發現北部與中部之間有一條很明顯的界線把臺灣分成藍色與綠色，中部以下皆為藍色，表示降水量較北部多。IDW 和 Natural Neighbor 的降水量圖都顯示西北部有一個區域沒有降水量，北部則有一個點呈藍色深，而中部也呈深藍色表示這兩處降水量較多。Spline 與其他三者不同，在北部和中部偏東部兩處呈紅色，表示完全沒有降水量，而北部一個點和東北及西南部則呈深藍色，表示此三處降水量較多。

#### 4.路徑四降水量分布分析

路徑四的四種內插法降水量圖並沒有太大差異，降水量分布都為東南向西北遞減。Spline 的圖在西北方則顯示有一個點降水量較多，呈深藍色，而東北部的地方則呈紅色表示沒有降水量，與其他三者不同。

#### 5.路徑五降水量分布分析

路徑五的降水分布也是從東南向西北遞減，除了 Kriging 的圖以外，其他的圖都顯示北部有一個點降水量也偏多。Spline 的降水量圖中與其他三者不同的是，東南部降水量呈深藍色的區域較大，且在西部與北部有區域呈現沒有降水量的狀態。

#### 6.路徑六降水量分布分析

從 Kriging 的降水量圖中較無法看出降水量的區域差異性，而 IDW 和 Natural Neighbor 的圖都顯示北部和中部各有一個區域呈現降水量較多的分布，西部降水量則偏少。Spline 的降水量圖東部和東北部呈深藍色，呈現降水量較多的現象，中南部和西部則降水量趨近於 0。

#### 7.路徑七降水量分布分析

路徑七的降水量分布呈東南向西北遞減，且北部有一個點為藍色，表示降水量較多。Spline 的圖則是在東部偏中部到北部之間呈紅色，表示沒有降水量，東北部卻有一個點與其他三個圖不同，呈深藍色。

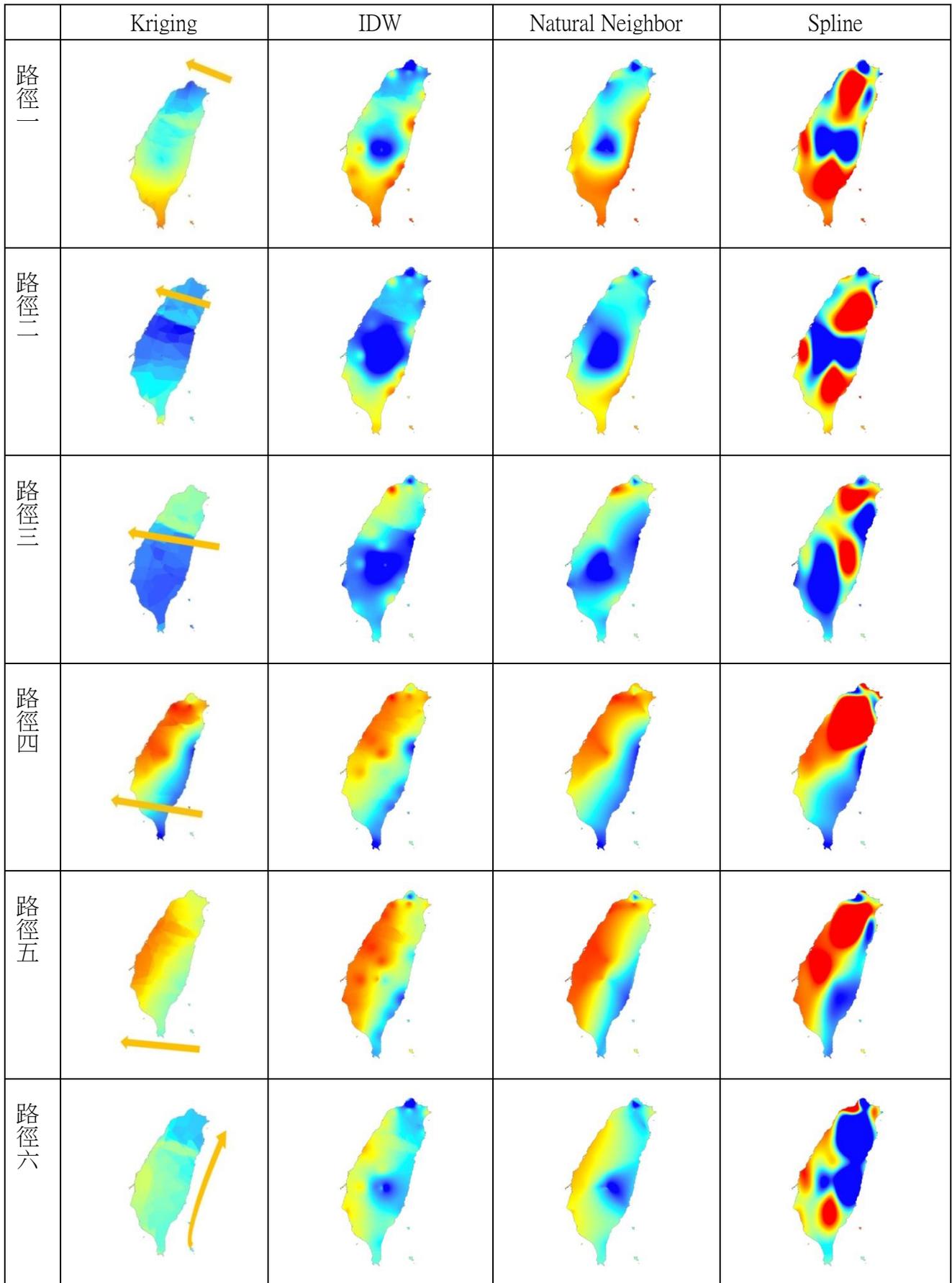
#### 8.路徑八降水量分布分析

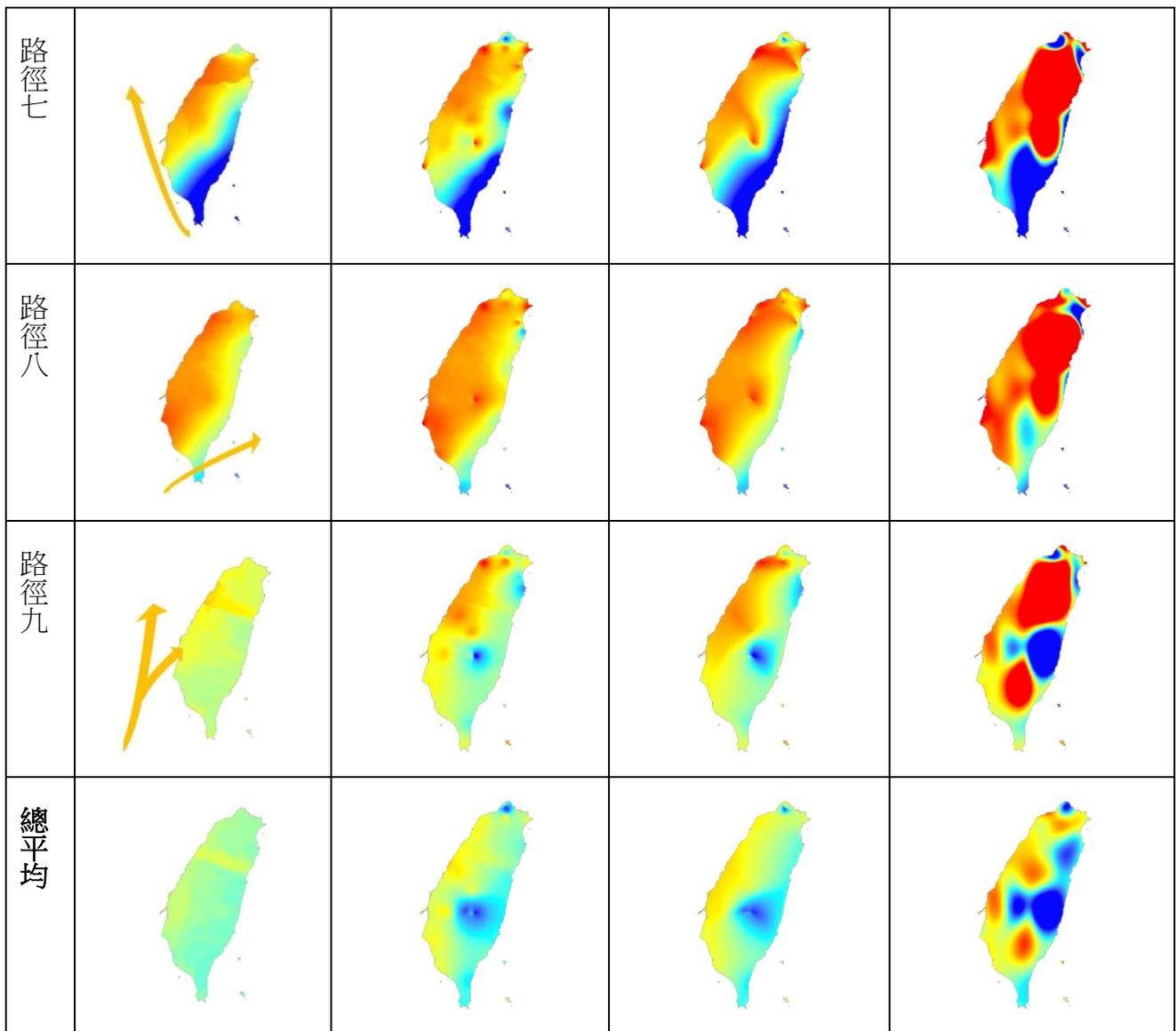
路徑八的降水量分布在四張圖中都顯示南部為最多的降水量，而且沒有呈深藍色的區域。只有在 Spline 的圖中東北部有小區域呈深藍色，其他三張圖都顯示此區域降水量極少。

#### 9.路徑九降水量分布分析

從 Kriging 的降水量圖中較無法看出降水量的區域差異性，而其他三張圖都顯示東北和中部都有一個點降水量較多。Spline 的圖中則可以明顯看出東部區域降水量較多，呈深藍色，中南和北部呈紅色，表示沒有降水量。

以下為我們利用 GIS 的四種內插法所繪製出的各路徑颱風總降水量圖：





圖三 GIS 空間內插法成果對照圖  
(說明：圖示深紅色降水量為 0mm，深藍色為>250mm)

### (三) 四種空間內插法的成果比較分析

我們將各測站的各路徑降水量加總後算出各測站的降水量平均值，再利用 GIS 四種內插法所繪製出的總平均降水量圖，對應各個測站座標的點之降水量值，計算內插法所算出來的降水量值與實際平均值之間的誤差值，再將誤差值除以實際平均降水量求出其誤差率。從下表中我們可以看出，Kriging 誤差率達 22.95%，是所有方法中最高的；IDW 法則為四種內插法中誤差率最小者，顯示 IDW 法在本研究中降水量推估效果較佳。因此本研究接下來在繪製颱風逐時降水量分布圖時，均以 IDW 法進行繪圖及面狀推估。

表二、各種空間內插法的分析成果對照表

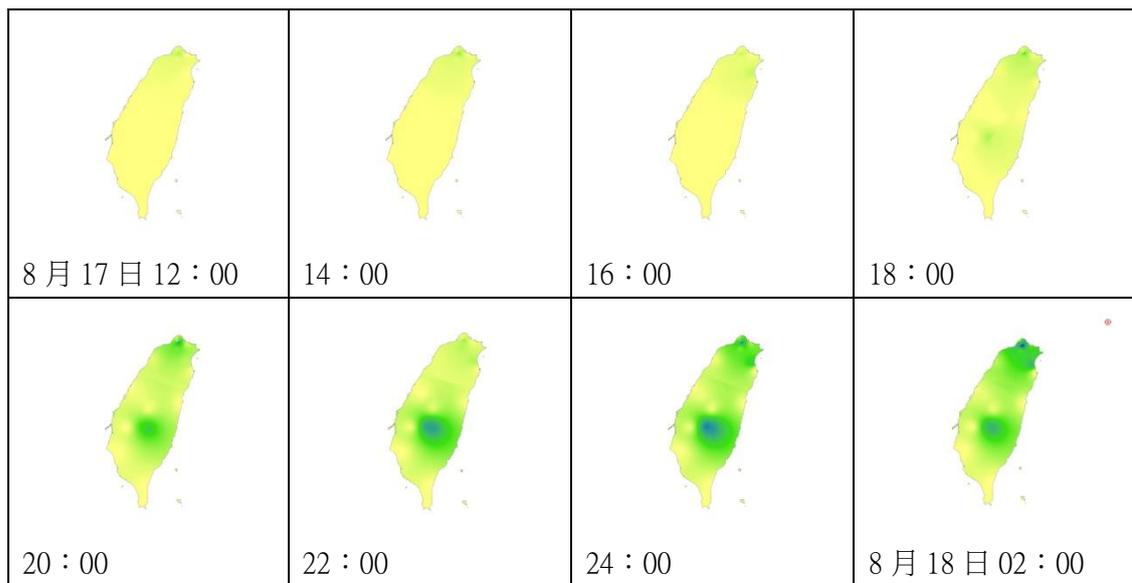
	Kriging	IDW	Natural Neighbor	Spline
總降水量	4463.36	4234.36	4137.99	4201.69
誤差值	229.8	0.7	95.67	-31.97
誤差率	22.95%	0.07%	0.23%	-0.81%

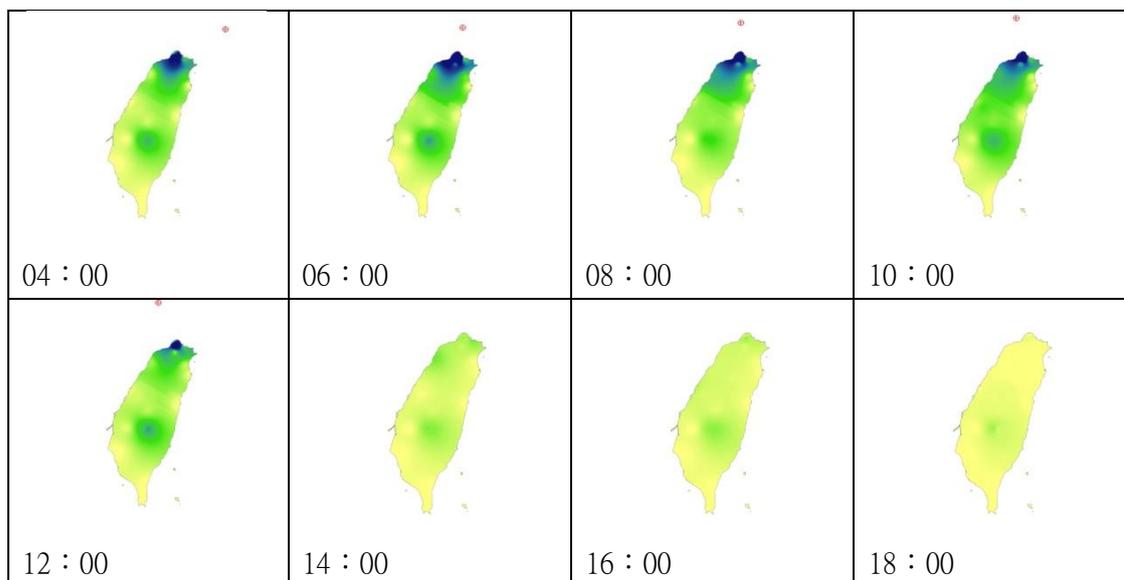
### 三、各路徑逐時降水量分析

經過各路徑總降水量的分析以及空間分析的探究之後，我們已經對於颱風降水的差異性有部分了解。但是，我們發現颱風在行進過程中的降水是瞬息萬變的，無法單由總降水量來概括其差異性，所以接下來我們藉由 IDW 內插法，各路徑分別選擇一個代表性的致災颱風，分析各颱風逐時降水量的演變趨勢，觀察不同路徑颱風的降水量逐時變化。另一方面，我們考量到每一小時的降水資料量可能過多，且降水量過於稀少結果會不夠顯著等兩個因素，因此我們在推估及分析方面採用每隔兩小時的逐時分析。逐時降水量的空間分析繪圖黃色為 0mm，深藍色為 >50mm。

#### (一) 路徑一（1997 溫妮，1997 年 8 月 16 日 14：35 發布海上颱風警報）

溫妮颱風夾帶強風豪雨過境臺灣北部及東北部地區，並造成全臺 44 人死亡、1 人失蹤、84 人輕重傷，房屋全倒 123 間。其降水趨勢明顯由北向南發展，8 月 17 日 18：00 當颱風位於臺灣東方時降水量開始增加，20：00 颱風位在臺灣東北方，22：00 之後降水量達顛峰並集中於北部、中南部山區，降水量於 8 月 18 日 18：00 之後開始減少。



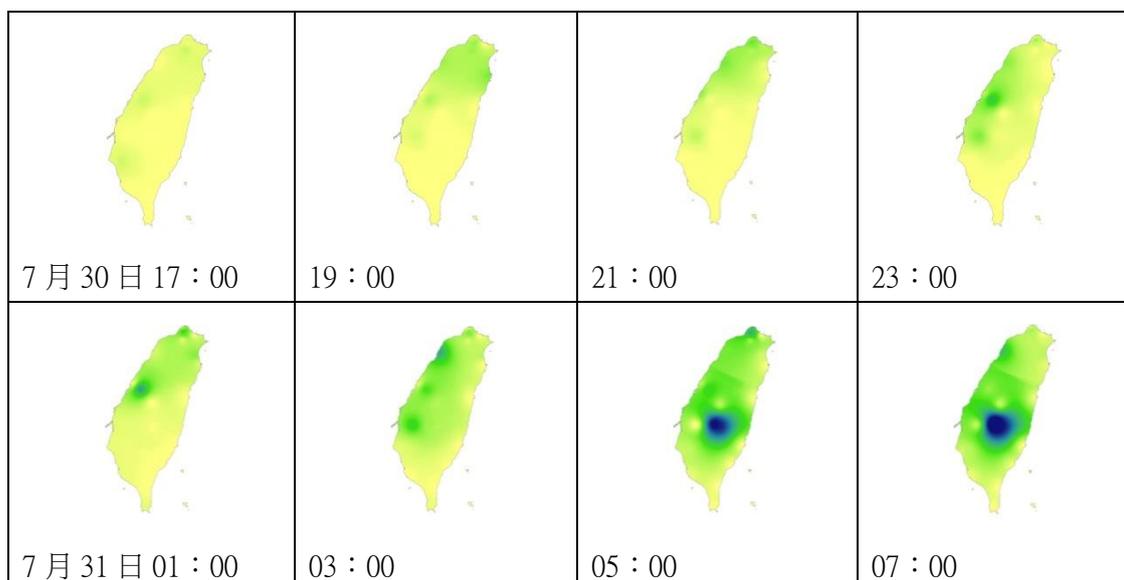


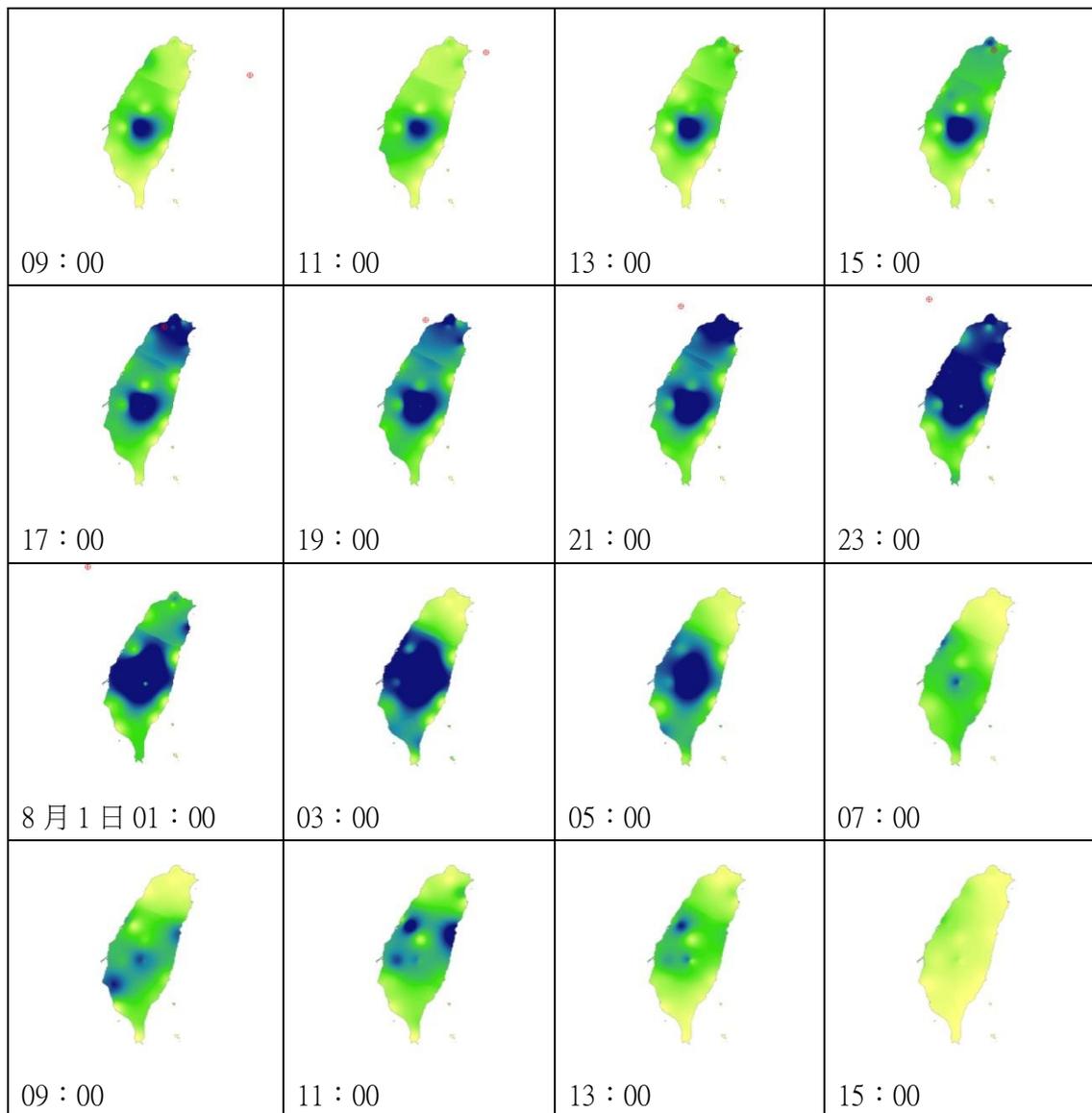
圖四溫妮颱風逐時降水量分布圖（8月17日12:00-8月18日18:00）

（圖四到圖十二中以⊕代表颱風中心位置，以→代表颱風行經方向）

（二）路徑二（1996 賀伯，1996 年 7 月 29 日 11：30 發布海上颱風警報）

賀伯颱風帶來強風豪雨，中、南部沿海地區海水倒灌，雙北地區多處嚴重淹水；南投縣山洪爆發，並造成全臺 51 人死亡，22 人失蹤。其降水量趨勢分析顯示，颱風降水由北向南發展且降水量明顯較路徑一豐沛。7 月 30 日 19：00 開始在北部出現降水量並逐步向西南方擴大降水面積，7 月 31 日 07：00 颱風位在臺灣東北東方，之後降水量分布擴及全臺並持續 32 小時。8 月 1 日 15：00 之後降水量便開始減少。

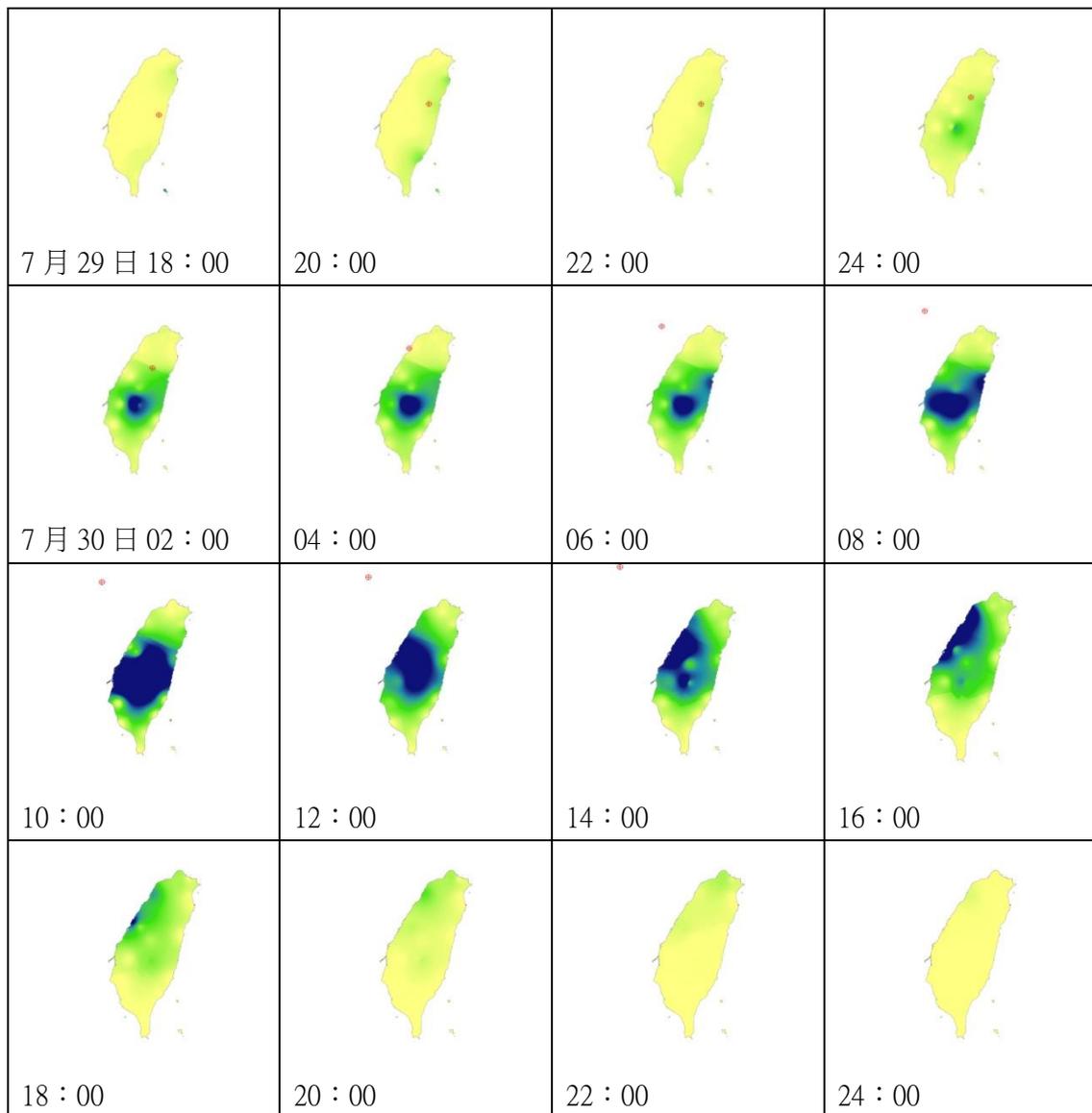




圖五、賀伯颱風逐時降水量分布圖（7月30日17：00-8月1日15：00）

（三）路徑三（2001 桃芝，2001 年 7 月 28 日 05：25 發布海上颱風警報）

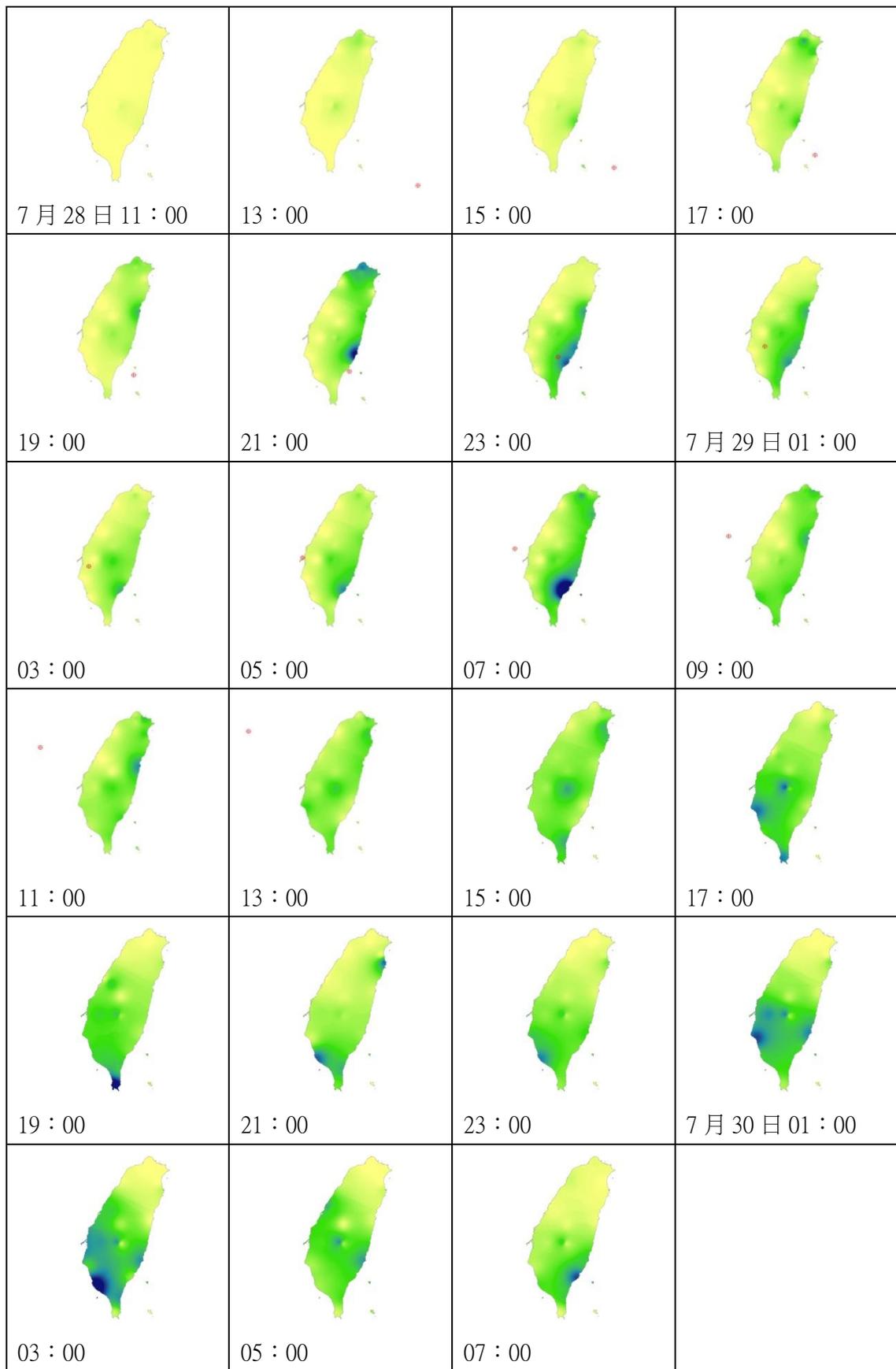
桃芝颱風在全臺造成災害性降雨，約有 35 萬戶停電，多處地區發生土石流。全臺共計 111 人死亡，103 人失蹤。農林漁牧損失逾 77 億元，其中以南投、花蓮兩縣最為嚴重。其降水趨勢是由東北部到東部再到全臺，接著中西部、西北部。7 月 29 日 16：00 颱風位於臺灣東南方，宜蘭地區出現降水，22：00 降水量增加並分布於宜蘭及臺東地區。颱風登陸後 30 日 04：00 降水突然增加並遍布全臺除了北部地區並持續 10 個小時。14：00 颱風在臺灣西北方，降水量集中西部，22：00 到西北部，24：00 後降水量減少。



圖六、桃芝颱風逐時降水量分布圖（7月29日18:00-7月30日24:00）

（四）路徑四（1982 安迪，1982 年 7 月 26 日 15：40 發布海上颱風警報）

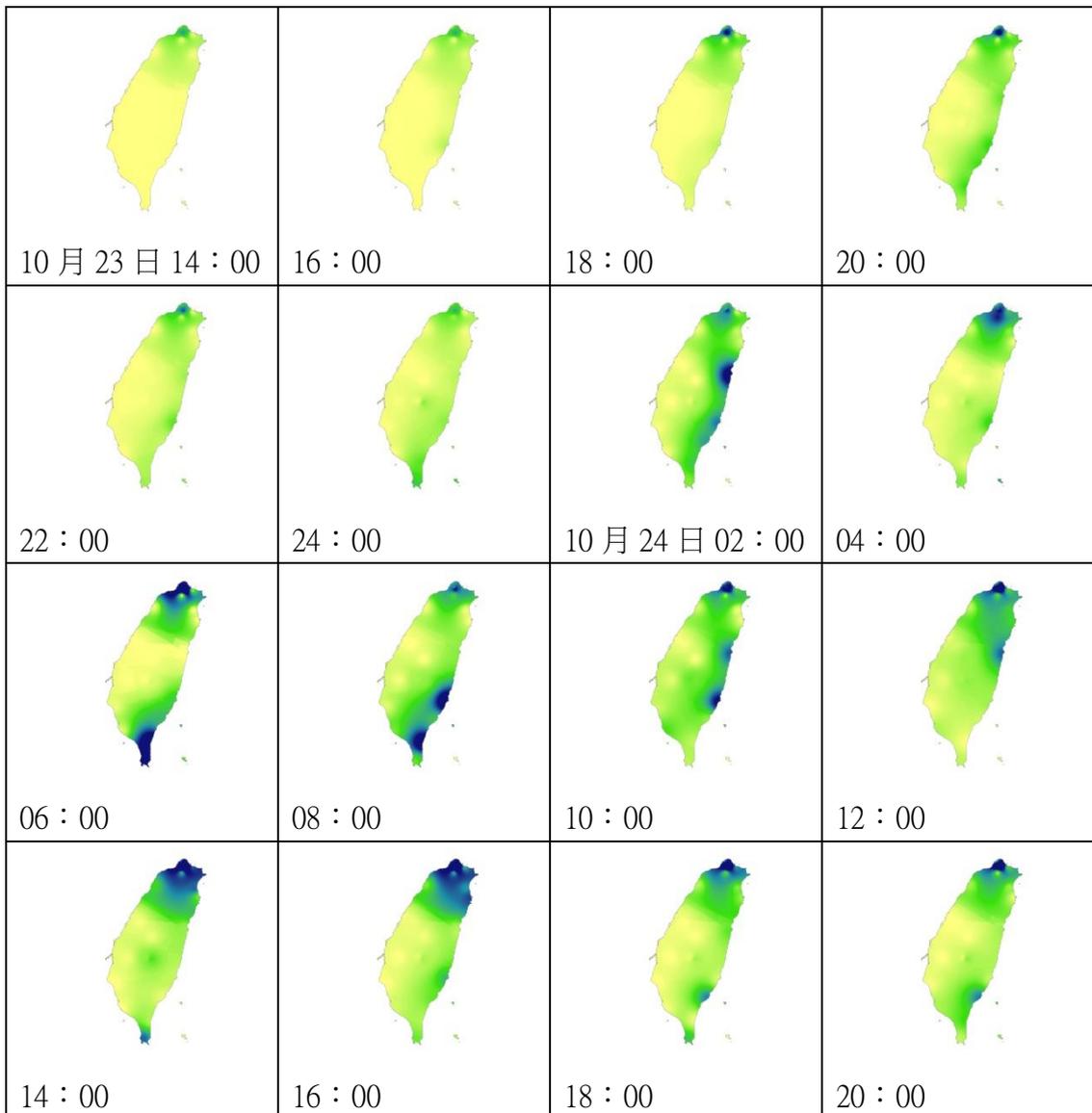
安迪颱風由於強度、位置，造成臺北地區罕有的持續性強風現象。全臺各地均有嚴重之災情，有多人傷亡失蹤。其逐時降水型態與路徑三較為相似，降水集中情形依序為東部、全臺及西南部。7月28日15:00 颱風位於臺灣東南方，臺東地區出現降水，19:00 降水分布北移到花蓮地區，21:00 降水分布加入北部地區，23:00 降水分布於整個東部，7月29日07:00 颱風登陸之後，降水面積擴大至全臺，並持續10個小時。29日19:00 颱風在臺灣西北西方，降水集中到西南部並持續在南部累積14小時直到30日之後降水才減少。

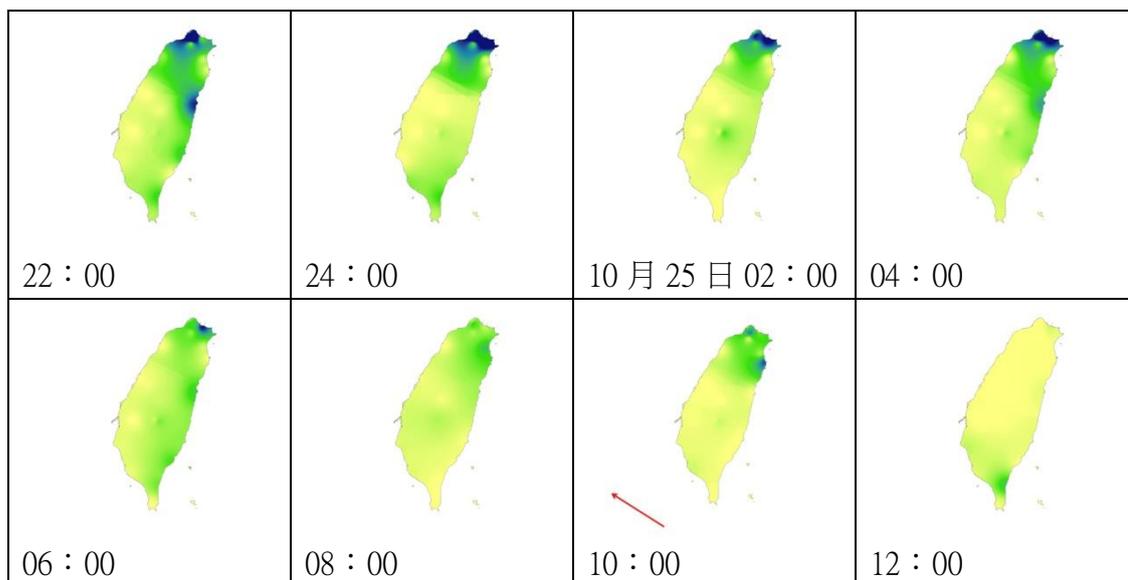


圖七、安迪颱風逐時降水量分布圖（7月28日11:00-7月30日07:00）

(五) 路徑五 (1987 琳恩, 1987 年 10 月 22 日 16:05 發布海上颱風警報)

受到琳恩颱風外圍環流及東北季風雙重影響, 臺灣東北部降水量最多, 全臺有 54 人死亡、9 人失蹤。其逐時降水趨勢較為複雜, 降水量首先出現在北部山區, 10 月 23 日 24:00 南部也出現降雨且北部降水量減少, 10 月 24 日 02:00 颱風在臺灣南方, 降水遍布全臺。12:00 降水量集中在東南部、屏東、北部及西部地區並持續 10 個小時。之後降水量漸漸向北部遞減。25 日 12:00 颱風在臺灣西南方, 屏東東部有較大降水; 26 日 04:00 則在東南部有再出現較大降水, 其後降水減少。

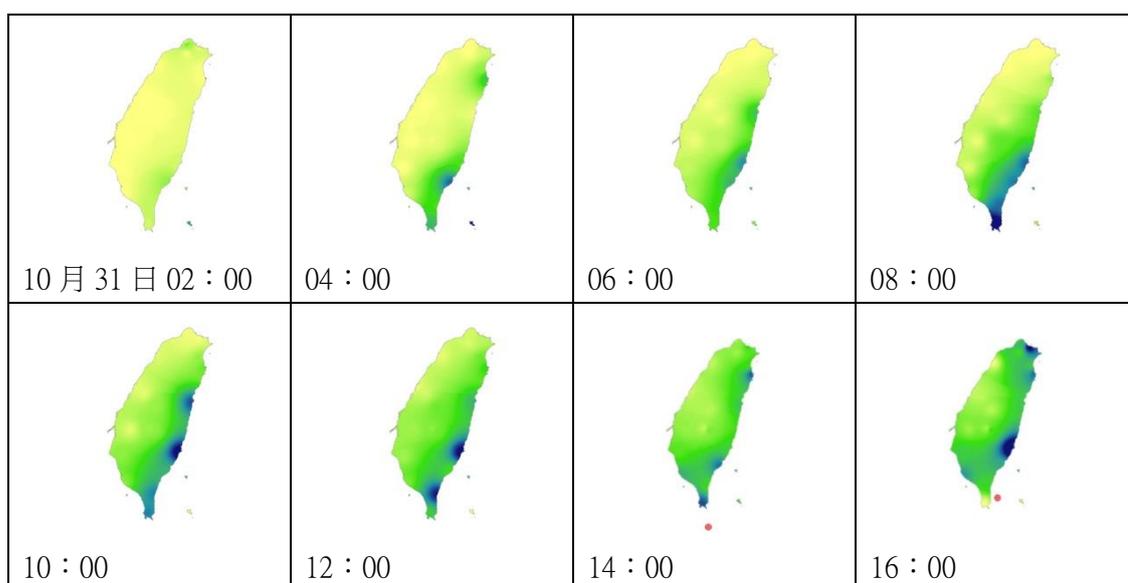


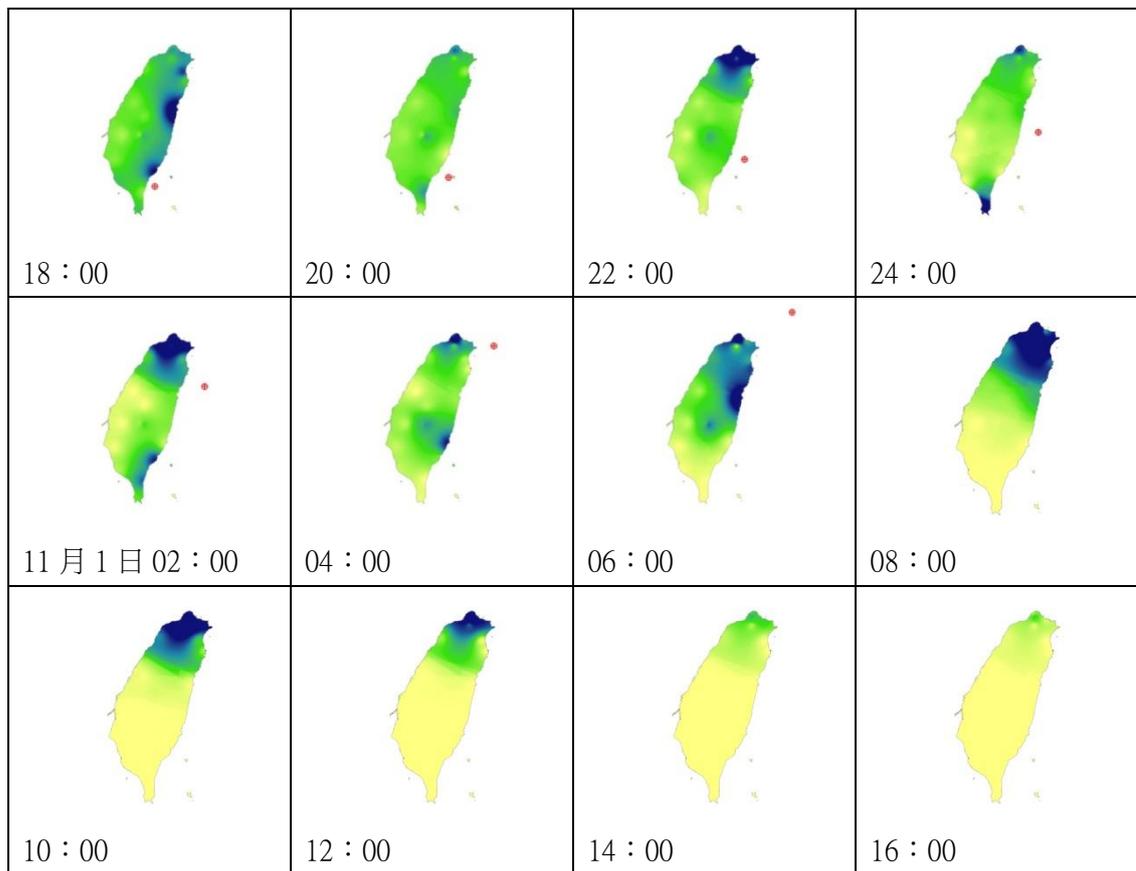


圖八、琳恩颱風逐時降水量分布圖（10月23日14：00-10月25日12：00）

(六) 路徑六（2000 象神，2000 年 10 月 30 日 20：15 發布海上颱風警報）

象神颱風雖未直接登陸，但因颱風外圍環流及鋒面雙重影響，臺灣北部、東半部、恆春半島及中南部山區降下豪雨，臺東縣則出現焚風。共計造成全臺 64 人死亡、25 人失蹤。其降水趨勢 10 月 31 日 04：00 東部及東南部開始降水，08：00 颱風位於臺灣正南方時，降水量集中在東部及南部，10：00 之後颱風開始沿臺灣東岸北上，降水量遍布全臺持續 12 個小時降水。24：00 颱風行至宜蘭外海，高雄地區降水量開始減少，全臺降水則由南向北開始逐步減少。

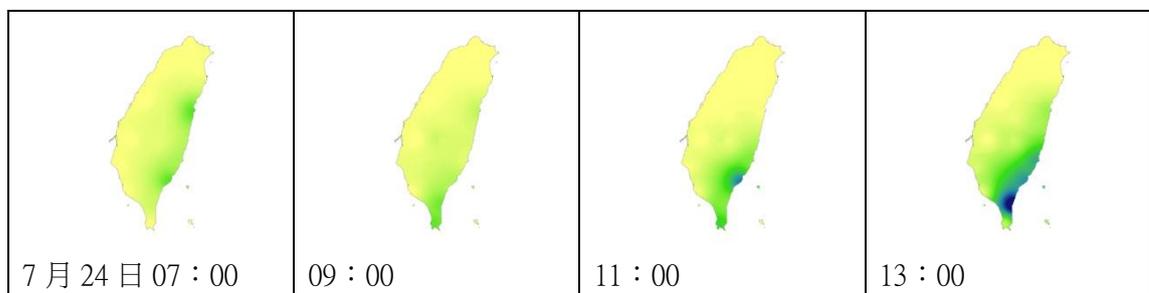


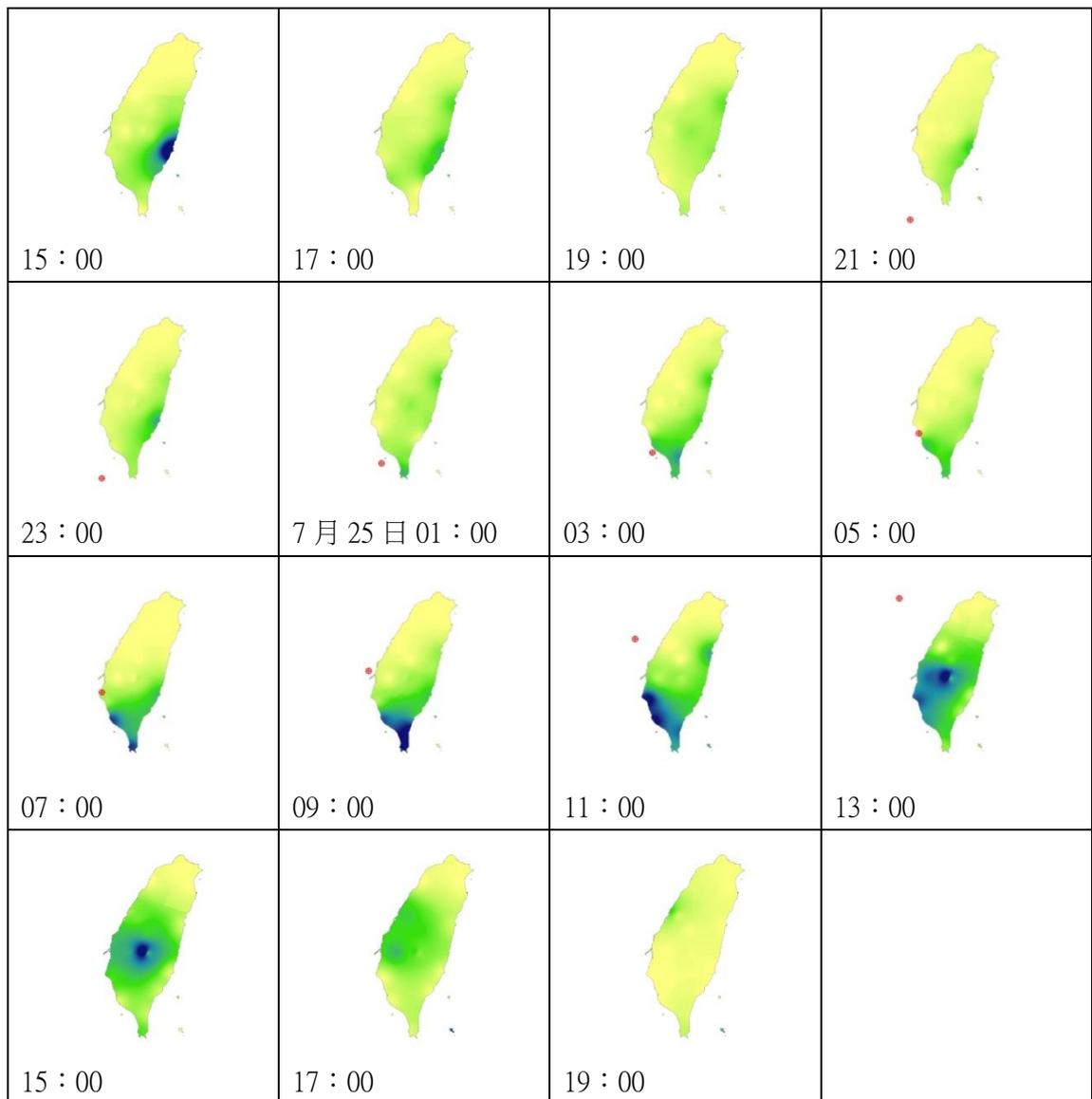


圖九、象神颱風逐時降水量分布圖（10月31日02：00-11月1日16：00）

（七）路徑七（1977賽洛瑪，1977年7月22日22：00發布海上颱風警報）

賽洛瑪颱風短短幾個小時的侵襲南臺灣，並引進的西南氣流，造成極大降水量。統計全臺37人死亡，12人失蹤。其降水量幾乎都集中於臺灣東部及南部地區，7月24日11：00颱風位於臺灣南方，故臺灣東南部出現降雨，25日13：00後颱風位於臺灣西南方及西方，降水量達顛峰並於全臺都有很大的降水，降水量分布平均。19：00之後降水量明顯下降，颱風遠離。路徑七為由東南向西北行進的颱風，所以東南部迎風面的降水量與比西北部多出許多。

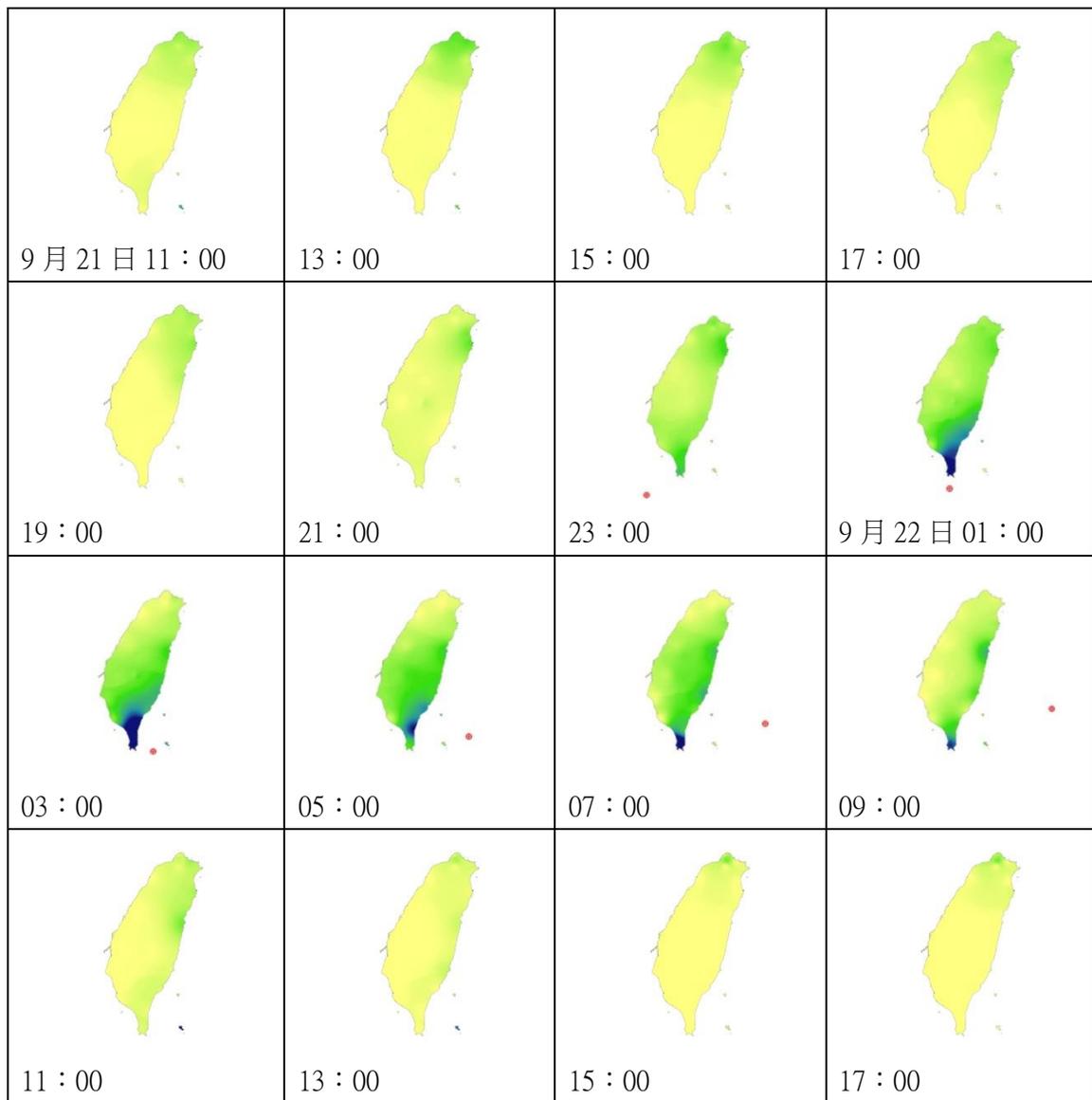




圖十、賽洛瑪颱風逐時降水量分布圖（7月24日07：00-7月25日19：00）

（八）路徑八（1995 賴恩，1995 年 9 月 20 日 17：05 發布海上颱風警報）

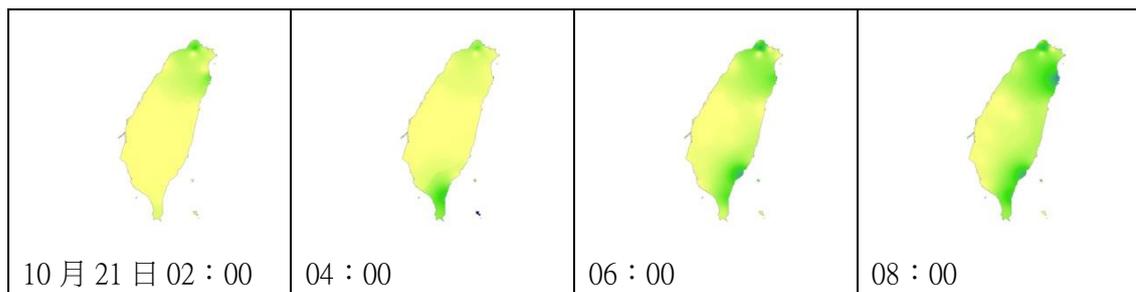
賴恩颱風造成恆春半島及東、南部地區有強風豪雨發生，公路多處坍方，鐵、公路及航空交通受阻。蘭嶼地區全島電力、電信中斷，災情嚴重。有 1 人死亡、3 人失蹤。其降水量主要集中在東北部及南部，依序由東南向西北增加。9 月 21 日 11：00 颱風在臺灣西南方，西北部出現降水，到 13：00 降水皆集中在北部地區，15：00 之後降水移至東北部及南部地區，其後降水由東南部向西北部遞增持續八個小時降水。23：00 颱風來到臺灣正南方，降水又漸漸向南部及東部集中。22 日 11：00 之後降水量開始減少。

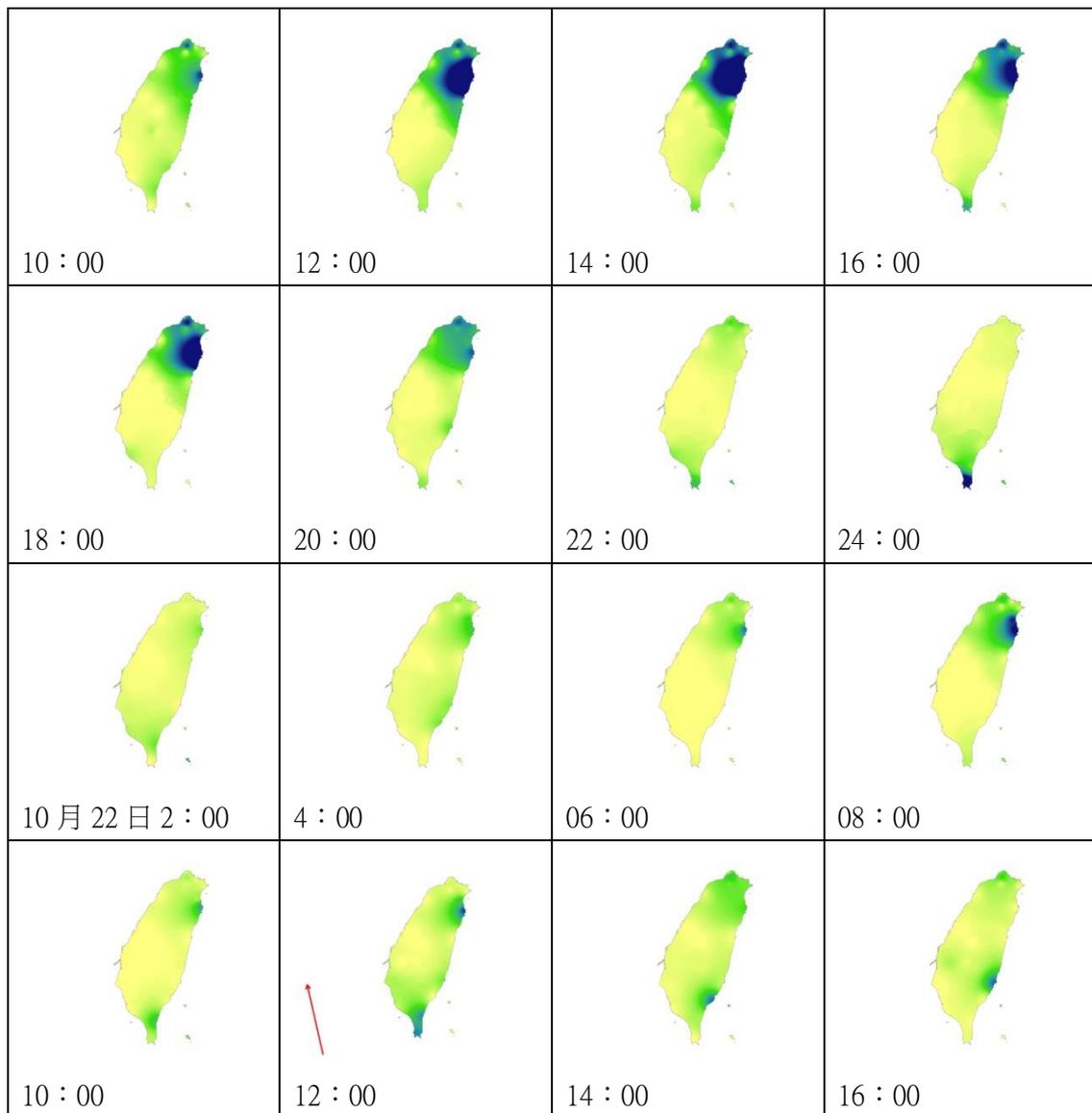


圖十一、賴恩颱風逐時降水量分布圖(9月21日11:00-9月22日19:00)

(九) 路徑九(2010梅姬, 2010年10月21日02:30發布海上颱風警報)

梅姬颱風與東北季風的共伴效應影響, 造成北臺灣降下豪雨, 宜蘭地區淹水、土石流及蘇花公路多處坍方等嚴重災情, 全臺38人死亡。10月21日08:00到10月21日20:00之間颱風在臺灣西南方, 降水量強烈集中於臺灣東北部, 22日14:00之後降水量漸漸減少。路徑九的颱風也是因為迎風面的關係, 於宜蘭地區降水較為豐沛。





圖十二、梅姬颱風逐時降水量分布圖（10月21日02：00-10月22日22：00）

由此看來，進行各路徑逐時降水量分析可以讓我們清楚看到各颱風路徑的降水趨勢變化，以及不同時間點的降水分布。然而，颱風逐時降水量變化是否可以量化推估呢？於是我們運用 SPSS 統計軟體，研究逐時降水量與環境因子間的關係，嘗試建立推估模式。

#### 四、運用 SPSS 逐步迴歸分析推估逐時降水量

##### （一）SPSS 多元迴歸分析

「逐步迴歸法」是複迴歸分析方法之一，其分析步驟簡述如下：

- 1.在模式中原先不包括任何的預測變項，而與效標變項相關最高者，首先進入迴歸方程式。
- 2.其次，控制迴歸方程式中的變項後，根據每個預測變項與效標變項間之淨相關的高低

來決定進入方程式的順序，而進入方程式的標準在於預測變項的標準化迴歸係數必須通過 F 值或 F 機率值規定之標準。

3.已被納入方程式的預測變項必須再經過反向剔除法的考驗，以決定該變項是否被保留，進入迴歸方程式的變項若符合剔除標準，則會被淘汰。

## (二) 逐步迴歸分析結果

以下為我們的公式代號對照表：

代號	項目	代號	項目
Rp	逐時降水量	Wa	平均風速
El	海拔高度	Wh	最大風速
Ps	測站氣壓	Wm	瞬間風速
Tm	氣溫	Wn	北風
Rh	相對濕度	We	東風

在颱風資料庫我們所能取得的北風及東風資料為方位角的風向資料，藉由了解北風及東風與降水量之間的相關性，便能進一步探討此測站位於迎風面或背風面時降水量的差異。

### 1.全臺局屬測站逐時資料的迴歸分析

從全臺 20721 筆逐時資料的逐步迴歸分析結果中可以看出臺灣整體環境因子與逐時降水量的關係。結果顯示顯著的變項共有七個（表三），多元相關係數為 0.418，聯合解釋變異量為 17.5%。相對濕度具有最大正相關性，其後依序為瞬間風速、平均風速、東風、最大風速、北風、海拔高度。由逐步迴歸分析結果，得出颱風降水量與各因子的標準化迴歸方程式：

$$Rp=0.256Rh+0.641Wm-0.321Wa-0.090We-0.177Wh+0.017Wn-0.014El$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
相對濕度	0.293	0.086	0.0860	1949.249	1949.249	0.256
瞬間風速	0.351	0.123	0.0373	1456.770	881.458	0.641
平均風速	0.406	0.165	0.0418	1365.271	1036.633	-0.321
東風	0.416	0.173	0.0077	1081.594	192.669	-0.090
最大風速	0.418	0.175	0.0019	876.770	47.715	-0.177
北風	0.418	0.175	0.0003	732.025	7.025	0.017
海拔高度	0.418	0.175	0.0002	628.110	3.988	-0.014
n=20721						

## 2.基隆測站迴歸分析

從基隆 770 筆逐時颱風資料的逐步迴歸分析結果得知，進入迴歸方程式的顯著變項共有四項（表四），多元相關係數為 0.510，聯合解釋變異量為 26.0%，達顯著水準。瞬間風速是影響基隆測站最大的相關因素，其次為相對濕度、平均風速、東風、測站氣壓。由分析結果中我們可以得到基隆測站的颱風降水量標準化迴歸方程式：

$$R_p = 0.820W_m + 0.338R_h - 0.440W_a - 0.140W_e + 0.105P_s$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
瞬間風速	0.359	0.129	0.129	113.943	113.943	0.820
相對濕度	0.464	0.215	0.086	105.112	83.970	0.338
平均風速	0.490	0.240	0.025	80.633	25.077	-0.440
東風	0.501	0.251	0.011	64.172	11.480	-0.140
測站氣壓	0.510	0.260	0.009	53.752	9.289	0.105
n=770						

## 3.臺中測站迴歸分析

從臺中 622 筆逐時颱風資料的逐步迴歸分析得知，影響臺中測站颱風降水量的顯著因子共有相對濕度、最大風速及北風等三個。多元相關係數為 0.461，聯合解釋變異量為 21.3%，達顯著水準。推估颱風逐時降水量標準化迴歸方程式為：

$$R_p = 0.356R_h + 0.246W_h - 0.189W_n$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
相對濕度	0.384	0.147	0.147	107.15	107.15	0.356
最大風速	0.426	0.182	0.035	68.894	26.276	0.246
北風	0.461	0.213	0.031	55.778	24.355	-0.189
n=622						

## 4.高雄測站迴歸分析

從高雄 632 筆逐時颱風資料的逐步迴歸分析結果得知，影響高雄測站的颱風降水量的顯著變項共有相對濕度、瞬間風速、平均風速三個，多元相關係數為 0.543，聯合解釋變異量為 29.5%。其颱風逐時降水量的標準化迴歸方程式為：

$$R_p = 0.333R_h + 0.570W_m - 0.247W_a$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
相對濕度	0.426	0.181	0.181	139.447	139.447	0.333
瞬間風速	0.536	0.288	0.106	126.952	93.894	0.570
平均風速	0.543	0.295	0.007	87.553	6.525	-0.247
n=632						

### 5. 花蓮測站迴歸分析

從花蓮 702 筆逐時颱風資料的逐步迴歸分析結果得知，進入迴歸方程式的顯著變項共有瞬間風速、氣溫、相對濕度、平均風速、測站氣壓等五個，多元相關係數為 0.485，聯合解釋變異量為 23.6%，達顯著水準。其颱風逐時降水量的標準化迴歸方程式：

$$R_p = 0.720W_m - 0.170T_m + 0.246R_h - 0.350W_a + 0.151P_s$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
瞬間風速	0.274	0.075	0.075	56.745	56.745	0.720
氣溫	0.410	0.168	0.093	70.799	78.566	-0.170
相對濕度	0.448	0.201	0.033	58.544	28.468	0.246
平均風速	0.468	0.219	0.018	48.783	15.783	-0.350
測站氣壓	0.485	0.236	0.017	42.890	15.309	0.151
n=702						

### 6. 玉山測站迴歸分析

從玉山 1026 筆逐時颱風資料的逐步迴歸分析結果得知，進入迴歸方程式的顯著變項有東風、氣溫、北風、瞬間風速、最大風速、相對濕度、平均風速等八個，多元相關係數為 0.721，聯合解釋變異量為 52%，達顯著水準。其逐時降水量標準化迴歸方程式：

$$R_p = -0.388P_s - 0.105W_e + 0.182T_m + 0.085W_n + 0.524W_m - 0.288W_h + 0.098R_h - 0.123W_a$$

選出的變項 順序	多元相關係 數 R	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 △R	F 值	淨 F 值	標準化迴歸 係數
測站氣壓	0.632	0.400	0.400	682.004	682.004	-0.388
東風	0.658	0.433	0.033	390.750	60.121	-0.105
氣溫	0.674	0.455	0.022	284.199	40.738	0.182
北風	0.682	0.466	0.011	222.446	20.730	0.085
瞬間風速	0.699	0.488	0.023	194.776	45.401	0.524
最大風速	0.713	0.509	0.020	175.976	42.425	-0.288

相對濕度	0.719	0.518	0.009	156.084	18.547	0.098
平均風速	0.721	0.520	0.002	137.787	5.200	-0.123
n=1026						

我們整理出各測站顯著變項的重要次序如下表：

測站	顯著變項（依顯著序排列）
全臺	相對濕度、瞬間風速、平均風速
基隆	瞬間風速、相對濕度、平均風速、東風、測站氣壓
臺中	相對濕度、最大風速、北風
高雄	相對濕度、瞬間風速、平均風速
花蓮	瞬間風速、氣溫、相對濕度、平均風速、測站氣壓
玉山	測站氣壓、東風、氣溫、北風、瞬間風速、最大風速、相對濕度

## 陸、討論與分析

### 一、各路徑降水量的區域差異分析

- (一) 路徑一：由於颱風在行進途中因為逆時針旋轉，風雨由西北部桃園新竹一帶進入臺灣，因此北部山區出現較多降水量。也因此第一路徑颱風常常造成「西北颱」。中南部阿里山區的降水量，主要是因為西南風引發降水。東部花蓮及臺東等測站則因背風面而少雨。
- (二) 路徑二：位於迎風面的北部、西部山區及東北部地區測站降水量都非常豐沛；位於背風面的臺東地區測站降水則最少。阿里山降水這麼豐沛的原因是西風將臺灣海峽的水氣帶至阿里山山區並凝結降水，而東北部及北部降水則是太平洋攜入之雨水。
- (三) 路徑三、四、五：因路徑從中部及南部侵襲臺灣，所以迎風面降水量極高。尤其颱風剛接近時，降水量多集中在中央山脈東側的宜花東地區；颱風中心越過中央山脈後，降水量則集中在臺灣西部及南部山區。
- (四) 路徑六：颱風沿著東岸由南向北行進，因此臺灣東半部均為迎風面，降水量較多，並隨著颱風路徑發展，降水量分布也從東南部逐漸往北擴散。
- (五) 路徑七：由東南向西北行進的颱風，加上臺灣地形影響，所以東南部迎風面的降水量較西北部多出許多。
- (六) 路徑八、九：都是從臺灣西南方海域往臺灣海峽發展的路徑，降水量大部分在東部及南部地區的迎風面。平均降水量雖然不高，但是西部平原為臺灣重要的工商業及農業人口

稠密區，所以也要小心。

## 二、GIS 空間內插法的探討

- (一) 許多學者曾運用 GIS 空間內插法分析降水量，如李新等（2000）、甄計國等（2009）、劉勁松等（2009）、李波等（2010）運用 GIS 四種空間內插法進行降水量誤差分析，其結果顯示 IDW 所做出的內插誤差值最小，而本研究運用 GIS 空間內插法分析颱風降水量的結果也顯示 IDW 的誤差值最小。
- (二) 儲少林等（2008）、王紅霞等（2012）指出 Kriging 所做出的結果為四種內插法中誤差最小的，但本研究的結果顯示 Kriging 較無法顯示區域差異，其原因很可能是我們所採用的 35 個局屬測站中，山區測站較少，且測站分布不夠密集影響 Kriging 的權重計算而導致明顯的誤差值。未來仍可以針對各種內插法的優劣特性再深入探究。

## 三、SPSS 逐步迴歸分析結果討論

謝信良等（2000）、葉天降等（2001）及劉崇治等（2007）曾經運用簡單線性迴歸分析等方法探討颱風降水量，獲得初步成果。但我們考量變數之間是否有共線性的問題，並且嘗試深入探究各變項的影響程度，因此我們採用逐步迴歸分析法，獲得成果討論如下：

- (一) 我們所探討的影響因素中有東風和北風這兩個變項，主要是為了討論颱風相對位置及風向與降水量的關係。北風變項可顯示出颱風的位置，當颱風位於臺灣東部還未登陸時，風向為北風，當颱風經過臺灣到達西部時，風向則轉為南風。以臺灣中央山脈阻擋的特殊地形來看，當東風呈正相關時，表示中央山脈以東吹東風，為迎風面，西部則為背風面；當東風為負相關時，中央山脈以西吹西風，為迎風面，東部則為背風面。我們也曾經嘗試不分東風北風變項，直接使用颱風資料庫的方位角原始資料放入迴歸模式分析，但結果並不易看出颱風登陸前後的差異及迎背風面的影響。
- (二) 在迴歸分析中我們並沒有將颱風的路徑加入變項中做討論，主要是因為颱風即時資料中無法得知其未來路徑，因此不宜將預測路徑做為推估逐時降水量的自變項。
- (三) 從迴歸分析結果中我們可以看出，瞬間風速、最大風速與平均風速具有共線性，表示三者之間的相關性很高。最大風速及平均風速可以反映出大氣長時間的風速狀況，但是因為颱風結構是十分不穩定的，因此瞬間風速往往可以表現出颱風的強度及降水量的多寡，

瞬間風速越大代表離颱風中心越近。

- (四) 位於西部及西南部的臺中和高雄測站，其先進入迴歸方程式的最大相關顯著變項均為相對濕度，其次是風速。原因是這兩個測站均位於臺灣西部，因此受迎風或背風的影響，在颱風通過前後的相對濕度變化較大。而風速的增大則代表颱風離測站越近。臺中測站的顯著變項除了這兩項以外，還有北風變項，並且呈現負相關，原因為當颱風到達西部時會引進西南氣流，因此南風（颱風迴南）會影響臺中測站的颱風降水量。
- (五) 花蓮與基隆為東部及東北部的代表測站，其首要的顯著變項都為瞬間風速。原因推測是颱風在太平洋形成後，由臺灣東部及東北部登陸，此時的颱風結構尚未受中央山脈所破壞，因此颱風的強度與瞬間風速對東部及東北部的降水量影響較大。
- (六) 玉山測站為高山測站，因此降水量的因素較不受地形影響。從迴歸分析結果中顯示玉山測站的首要顯著變項為氣壓，並且呈現負相關，表示當氣壓越低時降水量越多。而結果中也顯示氣溫與玉山降水量呈正相關，理論上氣溫越低代表降水量越多，呈負相關，但因玉山測站位於高山上，氣溫原本就很低，颱風為夾帶水氣的熱帶低氣壓，反而可以調節玉山的溫度，使玉山的氣溫會因颱風的降水量而升高。
- (七) 從全臺局屬測站逐時資料的迴歸分析結果中顯示，平均風速為影響颱風降水量的重要變項之一，並且呈負相關。我們推論主要原因是當颱風通過臺灣後雖然逐漸遠離，但其外圍環流及引進西南氣流，反而使臺灣西部迎風面降水量明顯增加。

## 柒、結論

本研究以探討臺灣地區颱風降水量的區域差異分析為主題，蒐集中央氣象局颱風資料庫 1958 至 2014 年間發布警報的颱風資料進行研究，運用地理資訊系統空間內插法、統計逐步迴歸分析法進行空間差異分析。獲得以下研究成果：

- 一、臺灣地區各測站歷年颱風平均降水量確實具有顯著空間差異性，鹿林山、鞍部、竹子湖、阿里山等山區測站平均降水量都超過 220mm，梧棲、臺中、嘉義、新竹等測站則低於 100 mm；各路徑中以路徑二級路徑三的平均降水量較高，均超過 160mm。
- 二、運用 GIS 地理資訊系統空間內插法可推估臺灣各地降水量分布，其中以反距離權重法(IDW) 的誤差率最低，為 0.07%。克利金法 (Kriging) 的誤差率較高。降水量推估成果可作為具體

繪製颱風降水量分布圖的依據，進而提供防災單位參考。

三、各路徑颱風的逐時降水量區域分析顯示，本研究列舉 1997 溫妮、1996 賀伯、2001 桃芝、1982 安迪、1987 琳恩、2000 象神、1977 賽洛瑪、1995 賴恩、2010 梅姬等九大路徑的代表性颱風，隨著時間序列及行進路線的改變，颱風降水量變化趨勢也各有顯著差異。

四、運用 SPSS 進行逐步迴歸分析法，建立基隆、臺中、高雄、花蓮、玉山等測站的逐時降水量的推估模式迴歸方程式，並發現影響各地區降水量的氣象環境因子也有所不同。研究成果可作為逐時降水量推估的參考。

## 捌、參考資料及其他

- 吳明隆（2000）• SPSS 統計應用實務 • 松崗，多元迴歸分析（第八章 1-18）• 臺北市。
- 謝信良、王時鼎（1998）• 百年（1897-1996）侵臺颱風之統計分析與應用 • 主計月報，85（5），74-80。
- 李新、程國棟、盧玲（2000）• 空間內插法比較 • 地球科學進展，15（3），264。
- 甄計國、陳全功、韓濤（2009）• 甘肅省各流域降水量的 GIS 模塊差值估計與改進 • 29（4），471。
- 劉勁松、陳輝、楊彬云、王衛、相云、趙超（2009）• 河北省年均降水量差值方法比較 • 生態學報，29（7），3499。
- 李波、黃敬峰、金志鳳、劉占宇（2010）• 基於 GIS 的浙江省年降水量空間分布推算方法研究 • 浙江大學學報（理學版），37（2），243。
- 儲少林、周兆葉、袁雷、陳全功（2008）• 降水空間差值方法應用研究—以甘肅省為例 • 草業科學，25（6），21。
- 王紅霞、柳小妮、任正超、魏靖瓊、潘東榮、侯建杰（2012）• 降水量的空間差值方法研究—以甘肅省為例 • 草業科學，32（5），14。
- 葉天降、謝信良、吳石吉（2000）• 簡單統計方法於臺灣地區颱風降水預測之研究（二）預測結果隨區域之分布 • 大氣科學，28（4），277-278。
- 葉天降、樊采虹、李昀寰（2001）• 臺灣地區颱風降水之迴歸預測（一）臺北颱風降水線性迴歸預測模式 • 大氣科學，29（1），91。
- 劉崇治、林裕豐、戴世忠、趙俊傑、劉振榮（2007）• SSM/I 衛星資料在估算侵臺颱風降雨之初步研究 • 大氣科學，35（1），64。
- 交通部中央氣象局颱風資料庫 • 取自 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>

## 【評語】 051910

該研究利用空間內插法討論登錄颱風在台灣地區降雨的空間分布特徵，類似的研究很早就已經開始，而且有非常深入的研究成果。該研究雖然使用統計回歸求取觀測站降雨，並加入一些參數的影響，但是缺乏結果驗證，而且使用的雨量觀測站數太少，結果可使用度需要更多的校驗。