

# 國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

區域降雨序列推估模式之發展與應用



Development and Application of Regional Hyetograph Estimation Model

研究生：吳歆淳

指導教授：楊錦釗 博士

吳祥禎 博士

中華民國九十八年六月

區域降雨序列推估模式之發展與應用

Development and Application of Regional Hyetograph  
Estimation Model

研究生：吳歆淳  
指導教授：楊錦釗  
吳祥禎

Student: Hsin-Chun Wu  
Advisor: Jinn-Chuang Yang  
Shiang-Jen Wu

國立交通大學  
土木工程研究所  
碩士論文



A Thesis Submitted to Civil Engineering  
College of Engineering  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master  
in  
Civil Engineering  
June 2009  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

# 區域降雨序列推估模式之發展與應用

研究生:吳歆淳

指導教授: 楊錦釗

吳祥禎

國立交通大學土木工程研究所碩士班

## 摘要

過去區域降雨量推估之相關研究常將降雨之時間與空間特性分開各別討論，例如:降雨總量採用徐昇式面積權重法，而降雨在時間之分佈(即雨型)則採用單站資料配合同位序平均法，或降雨強度設計作為全流域之代表雨型，上述作法往往忽略降雨在時間上相關性，故所推得降雨特性其合理性及準確性有待商榷。因此，本研究主要發展一套可整合降雨在時間與空間特性之區域降雨序列推估模式，用以推估未設雨量測站或雨量紀錄短缺地區之降雨資料，期望可有效地增加原有實測降雨資料之可用性。

本研究發展之區域降雨序列推估模式架構係以 11 種理論空間-時間半變異數模式(Spatial-temporal semi-variogram models)為基礎，依目標函數選取其中最佳半變異數模式應用外，亦採用為減少選取不正確的半變異數模式所引起不確定性所發展而成之權重半變異模式(Weighted semi-variogram model)，並配合克利金系統方程式(Kriging system equations)，推估未設測站之總雨量及雨型，再將其組合成降雨組體圖。

本研究主要以石門水庫集水區內 16 個雨量站所測得之 25 場颱風事件為應用案例，並採用交叉驗證法，以實際降雨事件作為模式之驗證。模式驗證的重點在於測試權重半變異數模式及最佳半變異數模式

與試驗半變異數模式，在降雨事件空間與時間分佈條件下，對未知點位降雨特性推估之差異性。除了驗證權重與最佳之空間-時間半變異數外，本研究亦評估當用於區域水文量推估之距離倒數法與上述兩種空間-時間半變異數於降雨總量、雨型及降雨組體圖推估之差異性。

由模式建立及驗證結果可知，權重半變異數模式在總降雨量推估優於最佳半變異數模式及距離倒數法，且雨型無因次降雨比率之推估也比距離倒數法之推估結果來穩定性及可靠度較好。此外，由權重半變異數模式所得之總降雨量與雨型無因次降雨比率所合成之降雨組體圖之可靠度及準確性，亦比最佳半變異數模式及距離倒數法高。因此，本研究所發展以空間-時間權重半變異數模式為基礎之區域降雨序列推估模式，應可適用於未設測站降雨序列之推估。

**關鍵字:**積合模式、半變異數模式



## Abstract

In the past, the spatial and temporal characteristics of rainfall are investigated individually for the estimation of rainfall. For illustration, the rainfall depth is calculated by using Thiessen method, and the typical time distribution of rainfall for a watershed, called storm pattern, is estimated by using the identical ranking method or intensity-duration-frequency method with rainfall data at a single gage. However, due to lack of the temporal correlation of rainfall, the above methods probably estimate inaccurate and unreliable rainfall events. Therefore, this study develops the regional model, which takes in account the spatial and temporal characteristic of rainfall, to estimate rainfall hyetograph for the area, lack of rain-gauge or shortage of rainfall record. It is expected to enhance the applicability of rainfall information.

The proposed model is based on eleven spatio-temporal semi-variogram models and the Kriging system equation. In this study, two types of semi-variogram models are used, and they the best-fit model and weighted model. The best-fit model is determined by using the objective function resulting from the calibration of model parameters. The weighted model is developed for reducing the uncertainty of selecting improper best-fit model resulting from the rainfall data. It is incorporated with eleven theoretical semi-variogram models using the weights, defined as the inverse value of objective function

The 25 typhoon events recorded at sixteen rainfall gauges in Shinmen reservoir watershed are adopted for the model development and verification. The model validation is performed for two tasks by using the

cross-validation with the observed rainfall events. The first task is to compare estimated rainfall characteristics at ungauged area by the best-fit and weighted semi-variogram models. The other task is to compare the estimated rainfall depth, storm pattern and hyetograph by the proposed model and inverse distance method.

In view of results of model verifications, the estimated rainfall depth by the proposed model with the weighted semi-variogram model is more accurate those by the inverse method and the proposed model with the best-fit semi-variogram model. For the estimation of storm pattern, the proposed model with the weighted semi-variogram model is superior to other two models. Based on the above result, the estimated hyetograph composed of the rainfall depth and storm pattern by the proposed model with the weighted semi-variogram model is more accurate and reliable than those by the inverse model and the proposed model with the best-fit semi-variogram model. As a result, it can be concluded that the proposed model with the weighted semi-variogram model is appropriate to the estimation of rainfall hyetograph at the ungauged area.

***Keywords: Product-sum model ; Semivariogram model***

## 誌謝

研究所兩年的時間，看著即將付梓的論文，心中充滿著無限的感激，這段時間的學習過程將成為人生中最重要的回憶。承蒙恩師楊錦釧教授的細心指導與諄諄教誨，在此致上衷心感謝，吳祥禎博士於研究期間對於拙者在觀念上的指導、論文架構的匡正及其對於學術研究積極的態度，深表感謝與佩服。於研究期間，湯有光教授的教導與寶貴建議，讓學生獲益良多。於論文審查期間，感謝口試委員虞國興教授、徐年盛教授、張胤隆博士的悉心指正與寶貴意見，使本論文更加完善，在此深致感謝之意。

在學期間，感謝東霖學長、德勇學長、夢祺學長、胤隆學長、昇學學長、曉萍學姐、世偉學長、環宇學長、珊瑜學姐、浩榮學長、弘恩學長、仲達學長、欣瑜學姐、建華學長、歆婷學姐、鏡如學姐、仙藝學姐，於各方面的指導與協助。感謝同寢室友王琳、JOY 張陪伴拙者給予生活上及精神上的支持。感謝同窗好友振家、全鎰、俊宏、宇翔、柏傑、冠曄在此研究相處的兩年，帶來許多歡笑的時光，亦感謝學弟妹琦雯、群玲、仁猷、昀軒的幫忙。

最後，感謝父親、母親、大姐、二姐、三姐、小鐵熊、小白漆、小粉圓、大大，在我多年求學的過程中，扮演著不可或缺的角色，謹以此論文獻予你們並分享我的喜悅。

# 目 錄

摘要	I
Abstract	III
目 錄	VI
表目錄	IX
圖目錄	XVII
符號表	XXX
第一章、緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 文獻回顧	2
1.3 研究目的與內容	6
1.4 論文架構	6
第二章、理論基礎	7
2.1 區域化理論之簡介	7
2.2 空間-時間半變異數	9
2.2.1 半變異數基本定義	9
2.2.2 半變異數特性	10
2.3 試驗半變異數圖(Experimental Semi-variogram Diagram)	11
2.4 理論半變異數模式 (Theoretical Semi-Variogram Models)	12
2.5 空間-時間半變異數模式	13
2.5.1 模式簡介	13
2.5.2 積合模式基本理論	13
2.6 克利金推估方法	15
2.6.1 克利金特性	15
2.6.2 克利金系統方程式	16



第三章 區域降雨序列推估模式之發展	21
3.1 模式基本概念	21
3.2 降雨特性之分析	22
3.3 空間-時間半變異數模式參數之率定	24
3.3.1 最佳半變異數模式	24
3.3.2 權重半變異數模式	24
3.4 克利金權重之推估	26
3.4.1 應用於空間半變異數	26
3.4.2 應用於時間半變異數	27
3.4.3 應用於空間-時間半變異數	27
3.5 總降雨量與雨型無因次降雨比率之推估	28
3.6 降雨組體圖之合成	29
第四章 案例應用及驗證分析	33
4.1 降雨資料之選取	33
4.1.1 石門水庫集水區概況	33
4.1.2 雨量站資料整理	33
4.2 模式之建立	34
4.2.1 容忍角之決定	35
4.2.2 參數最佳值之推估	36
4.2.3 最佳半變異數模式之決定	36
4.2.4 權重半變異數模式之建立	36
4.3 模式驗證	37
4.3.1 固定測站數	38
4.3.2 不固定測站	44
第五章 結論與建議	197

5.1 結論	197
5.2 建議	198
參考文獻	199



## 表目錄

表 2.1 理論半變異數模式分類表 .....	19
表 4.1 石門水庫 16 個雨量測站位置座標 .....	47
表 4.2 1998~208 年颱風事件 .....	48
表 4.3 四種方向數目之角度範圍 .....	49
表 4.4(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點).....	50
表 4.4a(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1) .....	51
表 4.4b(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2) .....	52
表 4.4c(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3) .....	53
表 4.5(空間 0~90 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點).....	54
表 4.5a(空間 0~90 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1) .....	55
表 4.5b(空間 0~90 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2) .....	56
表 4.5c(空間 0~90 度)各理論半變異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3) .....	57
表 4.6(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(9 個率定點).....	58
表 4.6a(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 1) .....	59
表 4.6b(空間-90~0 度)各理論半變異數模式率定成果表(9 個率定點)(續	

2) .....	60
表 4.6c(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續	
3) .....	61
表 4.7(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點) .....	62
表 4.7a(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續	
1) .....	63
表 4.7b(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續	
2) .....	64
表 4.7c(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續	
3) .....	65
表 4.8(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點) ...	66
表 4.8a(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
1) .....	67
表 4.8b(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
2) .....	68
表 4.8c(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
3) .....	69
表 4.9(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點) ...	70
表 4.9a(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
1) .....	71
表 4.9b(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
2) .....	72
表 4.9c(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續	
3) .....	73
表 4.10 (時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點).....	74



表 4.10a(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1).....	75
表 4.10b(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2).....	76
表 4.10c(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3).....	77
表 4.11 (時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點).....	78
表 4.11a(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 1).....	79
表 4.11b(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 2).....	80
表 4.11c(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 3).....	81
表 4.12 (時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點).....	82
表 4.12a(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 1)....	83
表 4.12b(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 2)....	84
表 4.12c(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 3)....	85
表 4.13(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6 個率定點).....	86
表 4.14(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6 個率定點).....	87
表 4.15(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9 個率定點).....	88
表 4.16(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9 個率定點).....	89

表 4.17(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12 個率定點).....	90
表 4.18(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12 個率定點).....	91
表 4.19(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6 個率定點) .....	92
表 4.20(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9 個率定點) .....	93
表 4.21(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12 個率定 點).....	94
表 4.22 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點) .....	95
表 4.22a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定 點)(續 1).....	96
表 4.23(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點) .....	97
表 4.23a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定 點)(續 1).....	98
表 4.24 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點) .....	99
表 4.24a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定 點)(續 1).....	100

表 4.25(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)	101
表 4.25a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)(續 1)	102
表 4.26 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)	103
表 4.26a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)	104
表 4.27(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)	105
表 4.27a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)	106
表 4.28 (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)	107
表 4.28a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)(續 1)	108
表 4.29(時間)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)	109
表 4.29a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)(續 1)	110
表 4.30(時間)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)	111
表 4.30a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)	112
表 4.31 各半變異數模式於 25 場颱風事件之總降雨量推估值的均方誤	



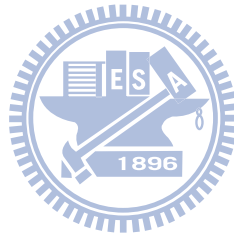
差(MSE)平均值(4 個驗證點).....	113
表 4.32 各半變異數模式於 25 場颱風事件之總降雨量推估值的均方誤	
差(MSE)平均值(7 個驗證點).....	114
表 4.33 各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨量推估值的均方誤差	
(MSE)平均值(10 個驗證點).....	115
表 4.34 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性	
表(6 個率定點).....	116
表 4.35 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性	
表(9 個率定點).....	116
表 4.36 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性	
表(12 個率定點).....	117
表 4.37 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨型推估值的均方	
誤差(MSE)平均值(4 個驗證點).....	118
表 4.38 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨型推估值的均方	
誤差(MSE)平均值(7 個驗證點).....	119
表 4.39 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨型推估值的均方	
誤差(MSE)平均值(10 個驗證點).....	120
表 4.4 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計	
特性表(6 個率定點).....	121



表 4.41 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(9 個率定點).....	121
表 4.42 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(12 個率定點).....	122
表 4.43 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(6 個率定點).....	123
表 4.44 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(9 個率定點).....	123
表 4.45 各半變異數模式降雨組體圖均方(MSE)之統計特性表(12 個率定點).....	124
表 4.46 各半變異數模式於 25 場颱風事之總降雨推估值的均方誤差(MSE)平均值(不固定測站).....	125
表 4.47 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(不固定測站).....	126
表 4.48 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨型推估值的均方誤差(MSE)平均值(不固定測站).....	127
表 4.49 各半變異數模式無因次雨型均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(不固定測站).....	128
表 4.50 各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨組體圖推估值的均方	

誤差(MSE)平均值(不固定測站).....129

表 4.51 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特  
性表(不固定測站).....130



## 圖目錄

圖 2.1 半變異數與共變異數示意圖 .....	20
圖 2.2 半變異數圖 .....	20
圖 2.3 容忍角與區段距離圖(Deutsch and Journel,1992).....	20
圖 3.1 模式架構圖 .....	30
圖 3.2 降雨事件之無因次化 .....	30
圖 3.3 空間克利金系統方程式示意圖 .....	31
圖 3.4 時間克利金系統方程式示意圖 .....	31
圖 3.5 空間與時間克利金系統方程式示意圖 .....	31
圖 3.6 降雨組體圖之合成 .....	32
圖 4.1 石門水庫集水區各測站位置圖 .....	131
圖 4.2 石門水庫集水區 6 個率定點雨量站位置圖 .....	132
圖 4.3 石門水庫集水區 9 個率定點雨量站位置圖 .....	133
圖 4.4 石門水庫集水區 12 個率定點雨量站位置圖 .....	134
圖 4.5(-90~-45 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較 圖 .....	135
圖 4.6(-45~0 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖 .....	135
圖 4.7( 0~45 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖 .....	136

圖 4.8(45-90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	136
圖 4.9(-90~-30 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	137
圖 4.10(-30~30 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	137
圖 4.11(30~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	138
圖 4.12(-90~0 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	138
圖 4.13(0~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	139
圖 4.14(-90~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖	139
圖 4.15 奧托颱風(1998)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)	140
圖 4.16 啓德颱風(2000)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)	140
圖 4.17 潭美颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)	140

圖 4.18 桃芝颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	141
圖 4.19 納莉颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	141
圖 4.20 利奇馬颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	141
圖 4.21 娜克莉颱風(2002)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	142
圖 4.22 敏督利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	142
圖 4.23 艾利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	142
圖 4.24 2004 年納坦颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	143
圖 4.25 2005 年海棠颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	143
圖 4.26 2005 年馬莎颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	143
圖 4.27 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點).....	143



證點) .....	144
圖 4.28 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	144
圖 4.29 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	144
圖 4.30 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	145
圖 4.31 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	145
圖 4.32 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個 驗證點) .....	145
圖 4.33 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個 驗證點) .....	146
圖 4.34 凱米颱風 2006 各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	146
圖 4.35 桑美颱風 2(006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個 驗證點) .....	146
圖 4.36 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗 證點) .....	147

圖 4.37 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點).....	147
圖 4.38 2008 年鳳凰颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點).....	147
圖 4.39 2008 年辛樂克颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點).....	148
圖 4.40 1998 年奧托颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	148
圖 4.41 2000 年啟德颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	148
圖 4.42 2001 年潭美颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	149
圖 4.43 2001 年桃芝颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	149
圖 4.44 2001 年納莉颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	149
圖 4.45 2001 年利奇馬颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點).....	150
圖 4.46 2002 年娜克莉颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7	



個驗證點).....	150
圖 4.47 2004 年敏督利颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點).....	150
圖 4.48 2004 年艾利颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個 驗證點).....	151
圖 4.49 2004 年納坦颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個 驗證點).....	151
圖 4.50 2005 年海棠颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個 驗證點).....	151
圖 4.51 馬莎颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗 證點).....	152
圖 4.52 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗 證點).....	152
圖 4.53 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗 證點).....	152
圖 4.54 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗 證點).....	153
圖 4.55 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗 證點).....	153





圖 4.56 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	153
圖 4.57 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	154
圖 4.58 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	154
圖 4.59 凱米颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	154
圖 4.60 桑美颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	155
圖 4.61 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	155
圖 4.62 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	155
圖 4.63 鳳凰颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	156
圖 4.6 辛樂克颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)	156
圖 4.6 奧托颱風(1998)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)	156



證點).....	156
圖 4.6 啓德颱風(2000)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗 證點).....	157
圖 4.67 潭美颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	157
圖 4.686 桃芝颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	157
圖 4.69 納莉颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	158
圖 4.70 利奇馬颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點).....	158
圖 4.71 娜克莉颱風( 2002)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點).....	158
圖 4.72 敏督利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點).....	159
圖 4.73 艾利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	159
圖 4.74 納莉颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	159

圖 4.75 海棠颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點).....	160
圖 4.76 馬莎颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	160
圖 4.77 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	160
圖 4.78 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	161
圖 4.79 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	161
圖 4.80 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	161
圖 4.81 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	162
圖 4.82 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點).....	162
圖 4.83 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點) .....	162
圖 4.84 凱米颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個	

驗證點) .....	163
圖 4.85 桑美颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	163
圖 4.86 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	163
圖 4.87 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	164
圖 4.88 鳳凰颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個 驗證點) .....	164
圖 4.89 辛樂克颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點).....	164
圖 4.90 1998 年奧托颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	165
圖 4.91 2000 年啓德颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	166
圖 4.92 2001 年潭美颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	167
圖 4.93 2001 年桃芝颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	168
圖 4.94 2001 年納莉颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	169
圖 4.95 2001 年利奇馬颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	170
圖 4.96 2002 年娜克莉颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	171
圖 4.97 2004 年敏督利颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	172

圖 4.98 2004 年艾利颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	173
圖 4.99 2004 年納坦颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	174
圖 4.100 2005 年海棠颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	175
圖 4.101 2005 年馬莎颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	176
圖 4.102 2005 年珊瑚颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	177
圖 4.103 2005 年卡努颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	178
圖 4.104 2005 年丹瑞颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	179
圖 4.105 2005 年龍王颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	180
圖 4.106 2006 年珍珠颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	181
圖 4.107 2006 年艾維尼颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	182
圖 4.108 2006 年碧利斯颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	183
圖 4.109 2006 年凱米颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	184
圖 4.110 2006 年桑美颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	185
圖 4.111 2006 年寶發颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	186
圖 4.112 2006 年珊珊颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	187
圖 4.113 2008 年鳳凰颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	188
圖 4.114 2008 年辛樂克颱風總降雨推估值之分佈圖 .....	189
圖 4.115 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值圖(4 個 驗證點).....	190

圖 4.116 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值圖(7 個 驗證點).....	190
圖 4.117 各場事件於推估總降雨量之均方誤差(MSE)平均值圖(10個驗 證點).....	190
圖 4.118 三種驗證點數於 25 場颱風事件總降雨量之均方根誤差(MSE) 平均值圖.....	191
圖 4.119 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點).....	191
圖 4.120 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點).....	191
圖 4.121 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點).....	192
圖 4.122 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點).....	192
圖 4.123 各場事件於推估雨型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖 (4 個驗證點).....	192
圖 4.124 各場事件於推估雨型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖 (7 個驗證點).....	193
圖 4.125 各場事件於推估雨型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖	

(10 個驗證點) .....	193
圖 4.126 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點) .....	193
圖 4.127 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點) .....	194
圖 4.128 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點) .....	194
圖 4.129 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點) .....	194
圖 4.130 三種驗證點數於 25 場颱風事件降雨組體圖之均方根誤差 (MSE)平均值圖 .....	195
圖 4.131 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)圖(不固定測站) .....	195
圖 4.132 各場事件於推估無因次雨型之均方根誤差(MSE)平均值平均 值圖(不固定測站) .....	195
圖 4.133 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值平均值 圖(不固定測站) .....	196



## 符號表

$a$ =主軸方向

$\theta$ =最大搜尋距離，稱之容忍角

$sill$ =臨界變異元

$C_0$ =碎塊效應

$\gamma(h,t)$ =半變異函數(Semivariogram)

$Cov$ =共變異數(Covariance)

$Var$ =變異函數(Variance)

$W$ =權重因子

$E$ =期望值

$h$ =相對距離

$MSE$ =均方誤差

$Z(x,t)$ =任一位置  $x$ 、時間  $t$  之隨機變數

$\mu$ =平均值

$\sigma^2$ =變異數

$\lambda$ =權重因子

$v$ =拉格蘭茲乘常數

$\varepsilon$ :=誤差項

$OBS$ =觀測值





# 第一章、緒論

## 1.1 研究動機

台灣地區四面環海又位於西太平洋北回歸線上之區域，屬於亞熱帶海島型氣候，年平均降雨量 2500mm，每到七月至十月為颱風侵襲帶來豐沛的雨量也隨之而來的天然災害，因此降雨量之量的多寡以及時間上分布上對於水資源調配、防洪工程、水資源開發規劃及管理影響很大，所以降雨資料的正確性相當重要，若規劃地區所應用之資料代表性不足或不恰當，則相關之水文規劃容易產生錯誤，而造成依其規劃結果所設計之水利建造可能存在防洪功能不足之風險。

任何洪水預報系統模式模擬都需要用到降雨資料，台灣地區的降雨資料主要由地面雨量筒所收集之資料，但由於地面雨量筒為點估計降雨量，對於大面積區域範圍不能準確推估真實降雨量分佈，因此需要考慮到空間之降雨總量，其原理利用雨量站利用一面積權重或以內插方式求得各格網點降雨量。目前對於空間降雨量推估方法，有算術平均法(Arithmetical Averaging Method)、徐昇式多邊形法(Thiessen Polygons Method)、高度平衡多邊形法(Height-balance Polygons method)、等雨量線法(Isohyetal Method)(王與易, 1979; Chow 等, 1988)及克利金方法(Kriging Method)但上述此方法均受選用雨量站位置影響，若雨量站位置選擇不當則會降低空間降雨量推估之準確性。

一般而言，各降雨事件由不同之降雨延時、雨量、雨型及事件間隔時間所組成，因此降雨事件發生次數(Number of Rainstorm)、降雨延時(Storm Duration)、雨量(Rainfall Depth)、雨型(Storm Pattern)及事件間隔時間(Inter-event Time)為組成降雨序列之基本元素，稱之為降雨特性，上述降雨特性基本上可分為空間(降雨量、降雨延時)及時間(雨型、間隔時間)兩類特性。對於過去區域降雨量推估之相關研究常

將降雨之時間與空間特性分開各別討論，例如：降雨總量採用徐昇式面積權重法，而降雨在時間之分佈(即雨型)則採用單站資料配合同位序平均法，或降雨強度設計作為全流域之代表雨型。上述作法往往忽略降雨在時間上相關性，故所推得降雨特性其合理性及準確性有待商榷。因此，如何整合降雨在時間與空間之特性下，有效地增加原有實測降雨資料之可用性，並提高相關水文水理分析結果之準確性及可靠度，實為水資源調配、防洪工程安全設計重要課題之一。

## 1.2 文獻回顧

### 1.地理統計之發展

法國數學地質學家馬特隆(G.Matheron)研究南非礦冶工程師克利金(Krige, D.G.)等人之實際探礦資料於 1962 年提出地質統計學，其後 Matheron(1963)提出區域化變數為基礎，探討自然資源在空間上分佈之相關性並且運用在勘察或是推估自然資源上，此理論經過 30 餘年之研究不僅實際應用於礦冶之自然資源探測工作，還廣泛應用在各學門中，如環境汙染擴散、降雨分佈、地下水等有關空間變量分佈之分析及實際應用。本研究主要針對地理統計方法應用於降雨量之推估，其相關文獻作一說明。

邱清安、林博雄(2004)以 219 個氣溫站及 877 個雨量站資料做為克利金法的空間推估分析之點狀氣候資料，結合數值高程模型(DEM)，重新檢視台灣地區氣溫與降水氣候值之空間分布，並與農業試驗所 PRISM 推估結果比較，經交叉驗證之誤差均方根比較各種不同推估方法後，以先將資料對數轉換後再進行一般克利金推估之結果最佳。

孫志鴻、張智昌(2006)以整合氣象雷達與即時降雨資料於颱風降雨推估之研究，利用氣象局 QPESUMS 雷達觀測系統之雷達估計雨量(時間解析度約 10 分鐘)進行雨量特性分析，整合地面雨量站觀測再

透過數值與統計分析方法得到代表性的定量降雨估計資訊，其中地面降雨的分佈，藉由克利金方法內插方式求得。從案例研究成果發現，克利金方法在插值校正上的表現較準確，且在局部大雨區域或周圍雨量站較少時，其降雨量估計亦較其他雨量站客觀分析法為佳。

陳文福、王仲豪、曹舜評、梁隆鑫(2006)以集水區降雨量空間變異性探討-以南勢溪為例，應用克利金法於集水區 1 小時最大颱風降雨量之空間內插分析，並繪製等雨量線分布圖，建立集水區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子曲線，得到集水區颱風降雨量在空間分佈之狀況。研究結果顯示為南勢溪流域之 1 小時最大颱風降雨中心位於福山雨量站，且降雨量之分佈呈現自西北向東南遞減趨勢。

## 2. 空間-時間半變異數模式公式演變

已有相當多關於時間與空間的區域化模式發展出來，而這些模式基本上依其共變異數公式上可分為空間-時間分開的共變異數模式 (Separable Space-Time Covariance model) 與空間-時間不分開的共變異數模式 (Non-Separable Space-Time Covariance model) 此兩種形式的空間-時間模式。

### (1) 時間-空間分開共變異數模式

主要含積模式(The Product Model)、線性模式(The Linear Model) 及距離模式(The Metric Model)，茲將各模式簡介如下，

積模式(The Product model)(Rodriguez-Iturbe and Meija, 1974；De Cesare et al.,1997)，此模式為一簡單的方法是將時間與空間分開當成各自獨立的變數，則計算是把時間與空間的共變異數相乘形成為時空共變異數，Posa(1993)運用此時空共變異數並假設一時間的獨立影響範圍，因此使時空的共變異數改寫成與時空的半變異函數之關係式；線性模式(The Linear Model)(Rouhani and Hall,1989)在計算上是將時

間與空間共變異數相加，在此模式中時空的資料結構形成的共變異數矩陣為奇異矩陣(Myers and Journel,1990；Rouhani and Myers,1990)，表示共變異函數僅符合半正定條件但是不滿足理想預測；空間-時間模式提供一機率架構來進行分析及繪圖實際觀測點之時空現象，但有效又實際空間-時間模式並計算其參數，此作法相當困難，因此，提出距離模式(The Metric Model) (Dimitrakopoulos and Luo, 1994)主要在共變異數公式中，將時空共變異數假設其空間與時間共變異數分別各有一參數範圍，例如:Snepvanger et al.(2003)應用空間-時間距離模式於荷蘭一 0.36 公頃(ha)草原之克利金土壤水分含量。

## (2)時間-空間不分開共變異數模式

不分離模式(The Non-separable Model，Cressie and Huang,1999)又稱為 Cressie-Huang Model，此模式在計算上是將時空定常性共變異函數合起來討論，並且利用 Bochner's 所提出的理論為基礎，選定一合適的光譜密度(Spectral Concentration)結合而成時空共變異數公式；The Product-sum Covariance Model 由 De Cesare,Myers, and Posa(2001)提出將兩個簡單模式(The Product Model and Nested Model)延伸成為一種模式稱為積合模式(The Product-sum Covariance Model)(Myers and Posa,2001)，積合模式為一空間-時間不分開共變異數模式，此模式結合積模式(product model)及考慮總合(sum)空間共變異數(或是空間半變異函數)、時間共變異數(或是時間半變異函數)的概念，使用積合模式解決許多計算上的問題。例如僅使用積模式時，空間、時間共變異數透過計算得到時空的共變異數無法轉化成時空的半變異函數。此外，若單使用合模式處理計算時，則總合(sum)空間共變異(或是空間半變異函數)及時間共變異數(或是時間半變異函數)不符合半正定條件。

### 3.空間-時間半變異數模式應用

Bastin et. Al.(1984)探討降雨量之半變異數模式，在不同降雨量與不同季節條件下之變化狀況，研究結果發現半變異數值在不同條件會產生不同特性，故利用克利金推估法推估降雨量時，對於半變異數模式之選擇應該考慮降雨量與季節，此兩項重要影響因子。

易任、葉惠中(1991)探討中部地區年降雨量之空間分布，以記錄年限 34 年之年降雨量數列為變量，利用主成分分析及群集分析探討空間分佈及群集特性，訂出中部地區之豐雨區、中間區、少雨區，發現玉山與阿里山一帶屬於中部地區之豐雨區，而西部沿海地區則為中部地區之少雨區。朱會義、賈紹鳳(2004)降雨信息空間插值的不確定性分析，根據 58 個雨量站 1990 年的降雨觀測數據，採用反距離權重法、克利金法、趨勢面法等插值方法，分析站點數量變化、時間尺度變化、插值方法的差異對降雨數據空間差值結果的影響，剖析降雨插值中的不確定性。結果發現插值站點數量越大，區域降雨插值的不確定性越小，且尺度 50m~1000m 間變化對降雨插值的不確定性影響性相當微小。此外，對應於時間尺度由年、月、日的變化，降雨插值的不確定性隨時間尺度的減小而顯著增大。此研究並評估不同空間插值方法影響到降雨空間差值的不確定性之差異，發現距離倒數法及克利金法精度相對較高，特別是克利金法，但仔細分析各測站點的插值誤差，發現克利金精度高並非對於每個測站點的插值精度都高。鄭士仁等(2005)以區域化變數理論應用於降雨之時間與空間特性之研究，研究中採用半變異圖與交叉半變異圖，藉由無因次半變異圖與區塊克利金法快速推估逐時平均雨量，研究結果顯示，對於雨量測站之推估平均雨量及測站遺漏時，提出一有效估計方法於以推估其遺漏值，適用性與精確性合乎要求。

### 1.3 研究目的與內容

本文主要目的為發展一套區域降雨序列推估機制，應用於未設測站地區之降雨組體圖的建立，以解決降雨資料不足。其研究內容為首先蒐集具有足夠雨量紀錄年限之雨量站並從中擷取降雨事件，且根據降雨資料之降雨特性，配合空間與時間相關文獻選定空間與時間的積-合半變異數模式(The Product-sum Semi-variogram Model)，及利用克利金推估法的理論，整合成一區域化降雨序列推估機制，並將其應用於研究區域石門水庫集水區，且採用交叉驗證方法(Cross-validation Method)，驗證本研究所發展之區域降雨序列推估模式應用於未設站之降雨組體圖推估之適用性與準確性。

### 1.4 論文架構

第一章緒論包含文獻回顧、研究動機、目的及方法；第二章研究理論，介紹本研究所使用的理論基礎；第三章區域降雨序列推估模式之發展，介紹區域降雨序列推估模式之建置過程；第四章為模式應用於實際案例之驗證與比較；第五章結論與建議，根據第四章模式驗證結果，提出結論並提出建議對未來相關研究之方向；參考文獻。

## 第二章、理論基礎

本章主要介紹所發展區域降雨序列機制之過程，主要以所需應用之區域化理論，包括半變異數之定義、理論半變異數模式、空間與時間半變異數模式及克利金權重之推估等方法。並將上述方法之理論說明如下。

### 2.1 區域化理論之簡介

在自然現象中如能以特定統計空間與時間分佈結構，稱之為區域化(regionalized)。若 $f(x,t)$ 定義為位置 $x$ 、時間 $t$ 之隨機量測值，則 $f(x,t)$ 稱之為區域化變數(regionalized variable)。區域化變數具有兩種特性:(1)點與點間呈現不規則變化，因此視為隨機變數；(2)用某種統計結構代表其平均結構(Journel 與 Huijbregts,1978)。一般來說，區域化變數 $f(x,t)$ 為位置 $x$ 、時間 $t$ 之隨機量測值無法真正得知，但可由觀測平均值替代之，在統計學上常使用共變異數(Covariance)或變異函數(Semivariogram)來描述隨機函數在空間、時間分佈之結構特性。共變異函數描述空間上兩點之物理量相關性，其定義如下：

$$\text{Cov}[z(x), z(x')] = E[(z(x) - E[z(x)])(z(x') - E[z(x')])] \quad (2.1)$$

其中 Cov 為協方差， $z(x), z(x')$  分別為兩相異位置點， $x, x'$  與為隨機函數， $E$  為期望值。變異函數則為兩點隨機函數差值的變異數，表示如下：

$$\text{Var}[z(x) - z(x')] = E[(z(x) - z(x'))^2] - [E(z(x) - z(x'))]^2 \quad (2.2)$$

式中 Var 為變異數(Variance)。

區域化變數可分為定常性(Stationarity)與非定常性(Nonstationarity)，定常性是指在區域內的隨機變數其統計特性相似且不會隨時間與空間之不同而改變，反之則為非定常性；區域化變數理論之基本假設如下：

## 1. 二階定常性假設(2nd order stationary hypothesis):

此假設為在區域內隨機變數滿足二階的統計特性定常之要求，即表示數學期望值及共變異數存在且定常，如下表示

(1) 在不同位置及不同時間之隨機變數的期望值為一定值:

$$E[z(x,t)] = \mu = \text{const.} \quad (2.3)$$

其中 $\mu$ 為平均值。

(2) 不同位置及不同時間的隨機變數之變異數為一定值:

$$\text{Var}[z(x,t)] = \sigma^2 = \text{const.}$$

(2.4)

(3) 在空間-時間中任何兩個位置及任兩個時間點的隨機變數  $Z(x,t)$  與  $Z(x+h_s, t+h_t)$  之共變異函數(Covariance)只與兩點之相對距離及時間差有關，與其個別所在位置與時間點無關，如下式表示

$$\text{Cov}[z(x,t), z(x+h_s, t+h_t)] = E\{[z(x,t) - \mu][z(x+h_s, t+h_t) - \mu]\} = C(h_s, h_t) \quad (2.5)$$

## 2. 本質假設(Intrinsic Hypothesis)

在定常性假設中變異函數(Variogram)必須存在，且變異函數應為有限值，但實際上許多物理現象並不滿足其假設，故提出本質假設，即表示不同位置的隨機變數之差亦為一隨機變數，且期望值與變異數只和隨機變數間之距離有關，與位置無關。當符合以下條件即滿足本質假設:

(1) 空間-時間中任意兩個位置及任意兩個時間點之隨機變數，其差值的期望值為兩個點間的函數，如下式表示:

$$E[z(x+h_s, t+h_t) - z(x,t)] = m(h_s, h_t) \quad (2.6)$$

其中  $E$  表示為期望值； $m$  表示為任一常數值； $z(x,t)$ 、 $z(x+h_s, t+h_t)$  表任一位置  $x$ 、任一時間  $t$  與距離  $h_s$ 、 $h_t$  之隨機變數。

(2) 空間-時間中任意兩個位置、時間點之隨機變數  $z(x,t)$  與  $z(x+h_s, t+h_t)$



的變異函數，和所在位置無關，等於兩倍的半變異元函數，如下式表示：

$$\text{Var}[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)] = 2\gamma(h_s, h_t) \quad (2.7)$$

其中  $\gamma(h_s, h_t)$  為空間與時間半變異函數(semi-variogram)； $z(x, t)$ 、 $z(x+h_s, t+h_t)$  表任一位置  $x$  及任一時間  $t$  與距離  $h_s$ 、 $h_t$  之隨機變數。

由上述說明二階定常性假設與本質假設中發現，二階定常性假設之要求較嚴格，隨機函數之平均值須為一已知之定值且其變方必須存在，並且在二階定常性假設成立下可推得之關係，如下式所示，

$$\gamma(h_s, h_t) = C(0, 0) - C(h_s, h_t) \quad (2.8)$$

若一隨機函數滿足定常性假設其必符合本質假設，但反之並不成立。

## 2.2 空間-時間半變異數

### 2.2.1 半變異數基本定義

由本質假設中(2.7)式可知，兩不同位置點隨機變數  $Z(x, t)$ 、 $Z(x+h_s, t+h_t)$  之變異數與其相對距離之半變異數關係，如下所示：

$$\begin{aligned} \gamma_{s,t}(h_s, h_t) &= \frac{\text{Var}(z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t))}{2} \\ &= \frac{E\{[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)] - E[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)]\}^2}{2} \\ &= \frac{E\{[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)] - E[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)]\}^2}{2} \end{aligned} \quad (2.9)$$

其中  $Z(x, t)$  為位置點  $x$ 、時間點為  $t$  時刻之隨機變數； $Z(x+h_s, t+h_t)$  為位置點  $x+h_s$ 、時間點為  $t+h_t$  時刻之隨機變數。

若(2.6)式  $m(h_s, h_t) = 0$  則表示  $E[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)] = 0$ ，則半變異數可表示為：

$$\gamma_{s,t}(h_s, h_t) = \frac{E\{[z(x+h_s, t+h_t) - z(x, t)]\}^2}{2} \quad (2.10)$$

## 2.2.2 半變異數特性

將半變異數之相關特性說明如下，

### 1. 條件正定(Positive Definiteness Condition)

為了使半變異函數為有效函數，因此在(2.5)式中的共變異數 $C_{st}$ 必須滿足條件正定 (Positive Definiteness Condition)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j C_{st}(s_i - s_j, t_i - t_j) \geq 0 \quad (2.11)$$

其中 $(s_i, t_i), (s_j, t_j) \in D \times T$  及  $a_{ij} \in R, i=1, \dots, n$  ;  $(s_i, t_i), (s_j, t_j)$  為兩個隨機變數之位置點、時間點； $D, T$  為一隨機空間及隨機時間，包含隨機空間及時間則表示為  $R$ ； $a_i, a_j$  為隨機空間、時間之係數值。

### 2. 半變異數與共變異數之關係

由(2.4)式  $Var[z(x, t)] = \sigma^2 = const.$ ，改寫成

$$Var[z(x, t)] = Var[z(x + h_s, t + h_t)] = \sigma^2$$

再將(2.5)式  $Cov[z(x, t), z(x + h_s, t + h_t)]$

$$E\{[z(x, t) - \mu][z(x + h_s, t + h_t) - \mu]\} = Cov(h_s, h_t)$$

，改寫成  $Cov(h_s, h_t) = E\{[z(x, t) \times z(x + h_s, t + h_t) - \mu^2]\}$

再根據(2.10)式，則可推得半變異函數與共變異數之間的關係如下式：

$$\begin{aligned} \gamma_{s,t}(h_s, h_t) &= \frac{E\{[z(x + h_s, t + h_t) - z(x, t)]^2\}}{2} \\ &= \frac{E[z(x + h_s, t + h_t)^2] - E[z(x + h_s, t + h_t) \times z(x, t)] + E[z(x, t)^2]}{2} \\ &= \frac{E[z(x + h_s, t + h_t)^2] - E[z(x + h_s, t + h_t) \times z(x, t)] + E[z(x, t)^2]}{2} \\ &= \frac{E[z(x + h_s, t + h_t)^2 - \mu^2] - E[z(x + h_s, t + h_t) \times z(x, t) - \mu^2] + E[z(x, t)^2 - \mu^2]}{2} \\ &= \frac{Var[z(x + h_s, t + h_t)^2] - Var[z(x, t)]}{2} - Cov(h_s, h_t) \end{aligned}$$

$$= \sigma_z^2 - Cov(h_s, h_t)$$

$$\text{即可得到 } \gamma_{s,t} = \sigma_z^2 - Cov(h_s, h_t) \quad (2.12)$$

### 3. 半變異數圖之特性

由半變異數基本定義如(2.10)公式中可知，當相對距離( $h_s=0$ )及相對時間差( $h_t=0$ )等於零時，其半變異數也等於零，表示半變異數此函數在圖形座標上是由原點開始，依其相對距離及相對時間差的關係中加以延伸，表示成半變異數圖(如圖 2.1)，圖形也代表著函數的連續性，並將其特性說明如下，

#### (1) 碎塊效應(Nugget Effect)

在理論上在相對距離( $h_s=0$ )及相對時間差( $h_t=0$ )時，則半變異函數 $\gamma_{s,t}=0$ ，但是在實際應用上卻並非如此，由於量測誤差或是非常短的距離時所測量的量測值  $Z(x,t)$  其產生相當大的變異，使得半變異函數在極小的距離內無法表現其變化特性，而使起始值並非從零開始，如圖(2.2)表示之。

#### (2) 臨界變異元值(Sill)

在理論上當兩點間之相對距離及相對時間差越大時，則相互影響的關係越小而半變異函數其值越大，由圖 2.2 觀察到，當相對距離及相對時間差達到某一特定值則其相對應的半變異函數趨近於一臨界值，此臨界值稱之臨界變異元。

#### (3) 影響範圍(Influence Range)

影響範圍表示同一空間、時間裡各變量間相互影響的最大距離，此一距離內個變數存在著特定之空間、時間的相依特性，如圖 2.2 所示，當半變異函數達到臨界變異元值時，其所對應之相對距離及相對時間差稱之為影響範圍。

### 2.3 試驗半變異數圖(Experimental Semi-variogram Diagram)

一般而言，理論半變異數圖通常為未知，須由實際觀測資料所得之半變異數圖稱之為試驗半變異數模式，由於觀測資料本身所具有之隨機性(randomness)，所得之試驗半變異數圖會呈現不規則之現象，因此在實際資料處理時，在空間與時間上可由同一範圍內之兩點 $(x_i, t)$ 與 $(x_i+h_s, t+h_t)$ 組成 $z(x_i, t)$ 和 $z(x_i+h_s, t+h_t)$ 配對計算 $E[z(x_i+h_s, t+h_t)-z(x_i, t)]^2$ ，其配點方式如圖 2.3 所示，圖中 a 為主軸方向，d 為最大搜尋距離， $\theta$  為容忍角(Tolerate Angle)，凡落在  $h-\varepsilon$  與  $h+\varepsilon$ (灰色區域內)皆視為與  $z(x_i, t)$ 距離為 h 的資料點，資料點透過下式計算，

$$\gamma_{s,t}^*(h_{s,t}) = \frac{1}{2n(h_s, h_t)} \sum_{i=1}^{(h_s, h_t)} [z(x_i, t) - z(x_i + h_s, t + h_t)]^2 \quad (2.13)$$

其中  $z(x_i, t)$ :位於  $x_i$  點及時間 t 時之觀測值； $z(x_i + h_s, t + h_t)$ :位於  $x_i + h_s$  點及時間在  $t + h_t$  時之觀測值； $n(h_s, h_t)$ 配對數= $n(h_s) + n(h_s) \times n(h_t)$ 。在空間上不同位置具有方向性，因此設定容忍角的範圍，分別計算某範圍區間之空間之試驗半變異數

$$\gamma_s^*(h_s) = \frac{1}{2n(h_s)} \sum_{i=1}^{n(h_s)} [z(x_i) - z(x_i + h_s)]^2 \quad (2.14)$$

其中  $z(x)$ :位於 x 點之觀測值； $z(x_i + h_s)$ :位於  $x_i + h_s$  點時之觀測值； $n(h_s)$ 配對數。若只考量時間上之半變異數關係，則可採用下式

$$\gamma_t^*(h_t) = \frac{1}{2n(h_t)} \sum_{i=1}^{n(h_t)} [z(t) - z(t + h_t)]^2 \quad (2.15)$$

其中  $Z(t)$ :在時間 t 時之觀測值； $Z(t+h_t)$ : 在時間  $t+h_t$  時之觀測值； $n(h_t)$ 配對數。

## 2.4 理論半變異數模式 (Theoretical Semi-Variogram Models)

上一節所介紹的試驗半變異數圖為數個不連續點所連接而成的，在實際應用上無法直接利用克利金推估方法，所以需要一套連續性的

模式配套完成後才可以實際應用。此連續的模式稱之為理論半變異數模式，本研究將使用常見的 11 種理論半變異數模式，彙整如表 2.1 所示。

## 2.5 空間-時間半變異數模式

### 2.5.1 模式簡介

在模擬空間-時間之間的相關性時有兩個主要困難點，第一點是如何確定此模擬出的模式為一有效的模式(Chrisktakos,1984)，第二點是如何讓數據與模式符合；本研究所選定的空間-時間模式是由 De Cesare et al.(1997)提出一空間-時間的積模式(product model)並且加以延伸成為一空間-時間的積合模式(product-sum model)(De Cesare et al.,2001)，整體來說，積合模式提供一新的類別模式，能夠全方面的考慮到空間、時間的參數並且在計算上較簡單，再搭配上上述介紹的試驗半變異數模式以及理論半變異數模式，就可以形成空間與時間的半變異模式。



### 2.5.2 積合模式基本理論:

#### 1.空間、時間共變異數基本定義:

$$C_{s,t}(h_s, h_t) = k_1 C_s(h_s) C_t(h_t) + k_2 C_s(h_s) + k_3 C_t(h_t) \quad (2.15)$$

其中  $C_{s,t}(h_s, h_t)$  距離差為  $h_s$ 、時間差為  $h_t$  之共變異數； $C_s(h_s)$  距離差為  $h_s$  之共變異數； $C_t(h_t)$  時間差為  $h_t$  之共變異數； $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  為係數值。

#### 2.空間、時間半變異數與共變異數關係:

令  $h_s=0$ 、 $h_t=0$  時，則(2.15)式改寫成

$$C_{s,t}(0,0) = k_1 C_s(0) C_t(0) + k_2 C_s(0) + k_3 C_t(0) \quad (2.16)$$

又由(2.8)式  $\gamma_{s,t}(h_s, h_t) = C_{s,t}(0,0) - C_{s,t}(h_s, h_t)$

$$\gamma_s(h_s) = C_s(0) - C_s(h_s) \quad (2.17)$$

$$\gamma_t(h_t) = C_t(0) - C_t(h_t) \quad (2.18)$$

將(2.17)、(2.18)式移項，得到下式

$$C_s(h_s) = C_s(0) - \gamma_s(h_s) \quad (2.19)$$

$$C_t(h_t) = C_t(0) - \gamma_t(h_t) \quad (2.20)$$

將(2.19)、(2.20)式代入(2.15)式，得到下式

$$\begin{aligned} C_{s,t}(h_s, h_t) &= \gamma_s(h_s)[-k_1 C_t(0) - k_2] + \gamma_t(h_t)[-k_1 C_s(0) - k_3] + k_1 \gamma_s(h_s) \gamma_t(h_t) \\ &+ [k_1 C_s(0) C_t(0) + k_2 C_s(0) + k_3 C_t(0)] \end{aligned} \quad (2.22)$$

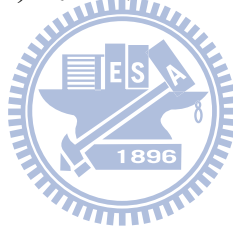
將(2.22)式代入(2.17)式，得到半變異數與共變異數關係

$$\gamma_{s,t}(h_s, h_t) = \gamma_s(h_s)[k_1 C_t(0) + k_2] + \gamma_t(h_t)[k_1 C_s(0) + k_3] - k_1 \gamma_s(h_s) \gamma_t(h_t) \quad (2.23)$$

3. 係數推導:

由(2.8)、(2.17)、(2.18)式中得知，當  $h_s=0$ 、 $h_t=0$ ，可得到如下關係式

$$\gamma_{s,t}(0,0) = \gamma_s(0) = \gamma_t(0) = 0 \quad (2.24)$$



將(2.24)式代入(2.23)式

$$\begin{aligned} \gamma_{s,t}(h_s, 0) &= \gamma_s(h_s)[k_1 C_t(0) + k_2] + \gamma_t(0)[k_1 C_s(0) + k_3] - k_1 \gamma_s(h_s) \gamma_t(0) \\ &\Rightarrow \gamma_{s,t}(h_s, 0) = \gamma_s(h_s)[k_1 C_t(0) + k_2] \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} \gamma_{s,t}(0, h_t) &= \gamma_s(0)[k_1 C_t(0) + k_2] + \gamma_t(h_t)[k_1 C_s(0) + k_3] - k_1 \gamma_s(0) \gamma_t(h_t) \\ &\Rightarrow \gamma_{s,t}(0, h_t) = \gamma_t(h_t)[k_1 C_s(0) + k_3] \end{aligned} \quad (2.26)$$

由(2.25)、(2.26)式中可得知以下兩個關係式如(2.29)、(2.30)式，並結合(2.16)式可得到係數  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  之值，如(2.31)式:

$$k_1 C_t(0) + k_2 = 1 \quad (2.29)$$

$$k_1 C_s(0) + k_3 = 1 \quad (2.30)$$

$$k_1 = \frac{k_s C_s(0) + k_t C_t(0) - C_{s,t}(0,0)}{C_s(0) C_t(0)} \quad (2.31.a)$$

$$k_2 = \frac{k_s C_{s,t}(0,0) + k_t C_t(0)}{C_s(0)} \quad (2.31.b)$$

$$k_3 = \frac{C_{s,t}(0,0) - k_s C_s(0)}{C_t(0)} \quad (2.31.c)$$

將係數代回(2.15)、(2.23)式即可得在時間與空間上的半變異數及共變異數。

## 2.6 克利金推估方法

克利金推估方法起源於地質學家研究南非礦冶工程，用以討論地下水分佈問題。針對區域化變數理論所具有之特性，如定常性假設及單一或多個變數等特性，分別發展出不同點或區域的推估系統方程式，一般最常見的克利金方法有，簡單克利金法(Simple Kriging)、一般克利金法(Ordinary Kriging)及通用克利金法(Universal Kriging)，本研究以單一點位之一般克利金推估法來作為研究探討目標。

### 2.6.1 克利金特性

克利金推估法具有最佳線性不偏估 (Best Linear Unbiased Estimator，又簡稱 BLUE)之特性，特性說明如下：

1.線性(Linear):估計值與觀測值之線性組合

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} [Z(x,t)] \quad (2.32)$$

其中  $i=1,2,\dots,n$ ； $Z(x,t)$  點位上之觀測值； $Z^*(x,t)$  為空間為  $x$ 、時間為  $t$  時之推估值； $\lambda_{0i}$  為  $Z^*(x,t)$  所對應之權重值。

2.不偏估(Unbiased):估計值之期望值等於隨機變數之期望值

$$E[Z^*(x,t)] = E[Z(x,t)] \text{ or } E[Z^*(x,t) - Z(x,t)] = 0 \quad (2.33)$$

其中  $Z^*(x,t)$  為空間為  $x$ 、時間為  $t$  時之推估值； $Z(x,t)$  為空間為  $x$ 、時間為  $t$  時之觀測值； $E$  為期望值。

3.最佳化(optimal):估計值與觀測值之變異數為最小

$$\min \left\{ \text{Var} [Z^*(x,t) - Z(x,t)] = E [Z^*(x,t) - Z(x,t)]^2 \right\} = 0 \quad (2.34)$$

其中  $Z^*(x,t)$  為空間為  $x$ 、時間為  $t$  時之推估值； $Z(x,t)$  為空間為  $x$ 、時間為  $t$  時之觀測值；Variance 為變異數。

## 2.6.2 克利金系統方程式

### 1 簡單克利金(Simple Kriging)推估方法

對於整個研究區域當變數的平均值已知之狀況下，此平均值在整個區域的之測站其值是相等，假設其值不會受到資料群集而產生影響，將測量值減掉平均值則殘留值被用來校正估計值，並利用克利金權重值  $\lambda$  為局部修正值，則局部修正值為一測站資料或是群集以及距離在數據與估計資料之間為條件之函數，簡單克利金表示如下式：

$$Z^*(x,t) = m(x,t) + \sum_{i=1}^n \lambda_i(x,t) [Z(x_i, t_i) - m(x,t)] \quad (2.35)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(x,t) \gamma [Z(x_i, t_i) - Z(x_j, t_j)] = \gamma [Z^*(x,t) - Z(x_i, t_i)] \quad (2.36)$$

其中  $j=1, \dots, n$ ； $\gamma [Z(x_i, t_i) - Z(x_j, t_j)]$  與  $\gamma [Z^*(x,t) - Z(x_i, t_i)]$  表示為兩測點間的觀測值之差的變異函數與一測站觀測值及估計值之差的變異函數。

### 2. 一般克利金(Ordinary Kriging)推估方法

簡單克利金與一般克利金推估方法主要是在計算系統控制方程式的  $\lambda$  值不同，對於簡單克利金來說平均值是為已知值，但在一般的情況下由於受到測量數據的群集特性影響平均值，很難經由計算得知，對於一般克利金推估法來說主要應用於二階定常性假設的區域化理論，隨機變數  $Z(x,t)$  之期望值為一定值，其值不隨位置的不同而改變，藉由(2.32)及(2.33)式可推得，總合權重值為 1，如下式

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(x,t) = 1 \quad (2.37)$$



並將(2.32)式代入(2.34)式中可得知

$$E[Z^*(x,t) - Z_0(x,t)] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_{0i} \lambda_{0j} E[(Z_i - Z_0)(Z_j - Z_0)]$$

$$\text{由(2.10)式 } \gamma_{s,t}(h_s, h_t) = \frac{E\{[Z(x+h_s, t+h_t) - Z(x,t)]^2\}}{2}$$

$$\text{可得到 } E[Z^*(x,t) - Z_0(x,t)]^2 = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_{0i} \lambda_{0j} \gamma[x_i - x_j] + 2\sum_{i=1}^n \lambda_{0i} \gamma(x_i - x_0)$$

為了使得估計值與觀測值之差能達到最佳化效果，因此將線性式(2.32)式代入最佳化(2.34)式中，且同時須滿足不偏估之特性，故引入拉格蘭茲乘數(Lagrange Multipliers)  $\mu$  值為修改值，其方法如下：

$$\begin{aligned} L &= \text{Var}[Z_0^*(x,t) - Z_0(x,t)] - 2\mu \left( \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} - 1 \right) \\ &= E[Z_0^*(x,t) - Z_0(x,t)]^2 - 2\mu \left( \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} - 1 \right) \\ &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_{0i} \lambda_{0j} \gamma(x_i - x_j) + 2\sum_{i=1}^n \lambda_{0i} \gamma(x_i - x_0) - 2\mu \left( \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} - 1 \right) \end{aligned}$$

將上式分別對  $\lambda_{0i}$  及  $\mu$  取偏微分，並令其微分式為 0，可得到一般克利金系統方程式表示如下式：

$$Z^*(x,t) = -\sum_{i=1}^n \lambda_{0i} + Z(x_i, t_i) \quad (2.38)$$

$$\begin{cases} -\sum_{i=1}^n \lambda_{0i}(x,t) \gamma[z(x_i, t_i) - z(x_j, t_j)] + \mu = \gamma[z^*(x,t) - z(x_i, t_i)] \\ \sum_{i=1}^n \lambda_{0i}(x,t) = 1 \end{cases} \quad (2.39)$$

其中  $j=1, \dots, n$ ； $C[z(x_i, t_i) - z(x_j, t_j)]$  與  $C[z^*(x_i, t_i) - z(x_i, t_i)]$  表示為兩測點間的觀測值之差的變異函數與一測站觀測值及估計值之差的變異函數； $\mu$  為拉格蘭茲乘數(Lagrange Multipliers)。

若以矩陣型式表示則克利金系統方程式表示如下，

$$\begin{pmatrix} \gamma(z_1, z_1) & \gamma(z_2, z_1) \cdots \gamma(z_n, z_1) & 1 \\ \gamma(z_1, z_2) & & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma(z_1, z_n) & & 1 \\ 1 & 1 \cdots \cdots \cdots 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(z_1, z^*) \\ \gamma(z_1, z^*) \\ \vdots \\ \gamma(z_1, z^*) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2.40)$$

其中  $\gamma(z_i, z_j) = 1/2 \left\{ E[z_i(x, t) - z_j(x, t)]^2 \right\}$ ， $i, j = 1, 2, \dots, n$ ，此半變異數表示觀測點位彼此之間的相關特性； $\gamma(z_1, z^*)$  表示為觀測點位和推估點位間的相關特性； $\lambda_i$  表示為觀測點位所對應的權重因子。

傳統上求解(2.40)式矩陣之作法來求出各別  $\lambda_i$  值，若測站點過多時會使克利金系統方程式之矩陣過於複雜而難以求解，因此本研究選用率定多參數模式之蒙地卡羅為基礎之最佳化方法(Simulation based optimization method)來決定各測站點之權重因子；率定過程如下說明：

(a) 蒙地卡羅法產生滿足  $\sum_{i=1}^n \lambda_{oi}(x, t) = 1$  之權重因子；

(b) 將各推估點之權重因子模擬值代入，(2.39)式計算出  $\gamma_{i0}$  之值；

(c) 將其代入理論半變異數模式計算求得各推估點之  $\hat{\gamma}_{i0}$ ，

(d) 計算  $\gamma_{i0}$ 、 $\hat{\gamma}_{i0}$  之均方根誤差，即  $MSE = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n (\gamma_{i0} - \hat{\gamma}_{i0})^2 \right)^{0.5}$ ，其中 n 為推估點數；

(e) 取均方根誤差之差異最小者，則該組模擬值為該模擬之推估權重因子  $\lambda$  最佳值；當克利金系統方程式所求得之點位最佳估計係數  $\lambda_i$ ， $(i=1, 2, \dots, n)$  代入(2.44)式即可得到最佳不偏估計值，而其所對應之克利金係數變異數則表示如下式：

$$\sigma_k^2 = \text{var} [z_0^* - z_0] = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(h_s, h_i) \quad (2.41)$$

表 2.1 理論半變異數模式分類表

模式類型	$\gamma(h)$ 值	h 範圍
1. 球型模式 Spherical Model	$c \left[ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right]$	$0 \leq h \leq a$
	c	$h > a$
2. 指數模式 Exponential Model	$c \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right]$	$h \geq 0$
3. 高斯模式 Gaussian Model	$c \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h^2}{a^2}\right) \right]$	$h \geq 0$
4. 冪次模式 Power Model	$ch^a$	$h \geq 0 ; 0 < a \leq 2$
5. 碎塊模式 Nugget Model	0	$h = 0$
	c	$h \geq 0$
6. 線性模式 Linear Model	ch	$h \geq 0$
7. 線性臨界變異模式 Linear-with-sill Model	$c \left( \frac{h}{a} \right)$	$0 \leq h \leq a$
	c	$h > a$
8. 圓形模式 Circular Model	$c \left[ \frac{2h}{\pi a} \sqrt{1 - \left( \frac{h}{a} \right)^2} + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{h}{a} \right]$	$0 \leq h \leq a$
9. 五球模式 Pentasperical Model	$c \left[ \frac{15h}{8a} - \frac{5}{4} \left( \frac{h}{a} \right)^3 + \frac{3}{8} \left( \frac{h}{a} \right)^5 \right]$	$0 \leq h \leq a$
	c	$h > a$
10. 對數模式 Logarithmic Model	0	$h = 0$
	$c \left[ \log(h+a) \right]$	$h > 0$
11. 周期模式 Periodic Model	$c \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi h}{a}\right) \right]$	$h \geq 0$

註 C 值代表臨界變異元值(Sill)；a 表示為影響範圍(Influence Range)；h 表距離(Distance)；(Edzer,1999；Davis,1973)。

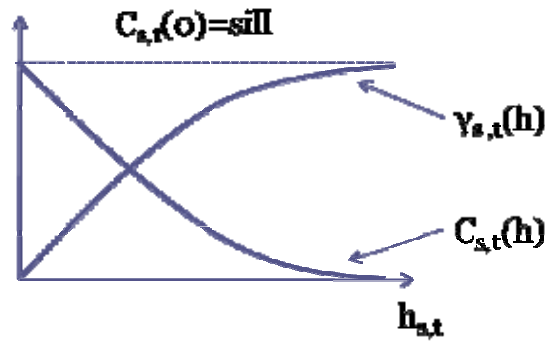


圖 2.1 半變異數與共變異數示意圖

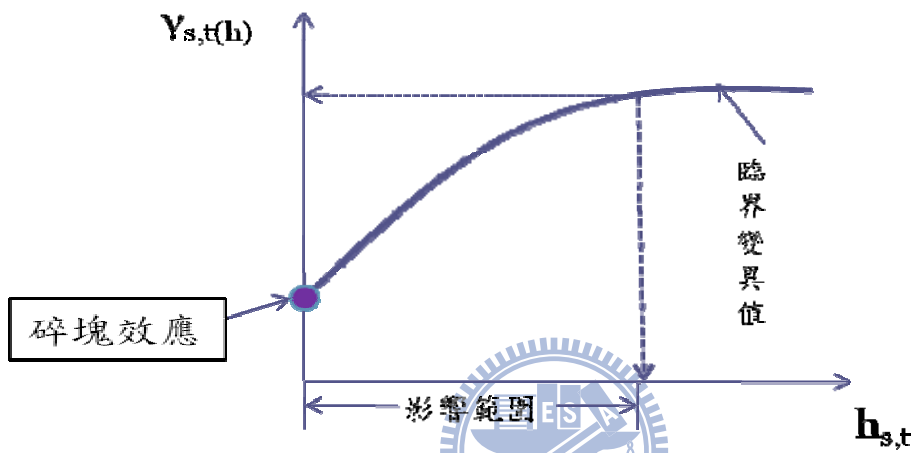


圖 2.2 半變異數圖

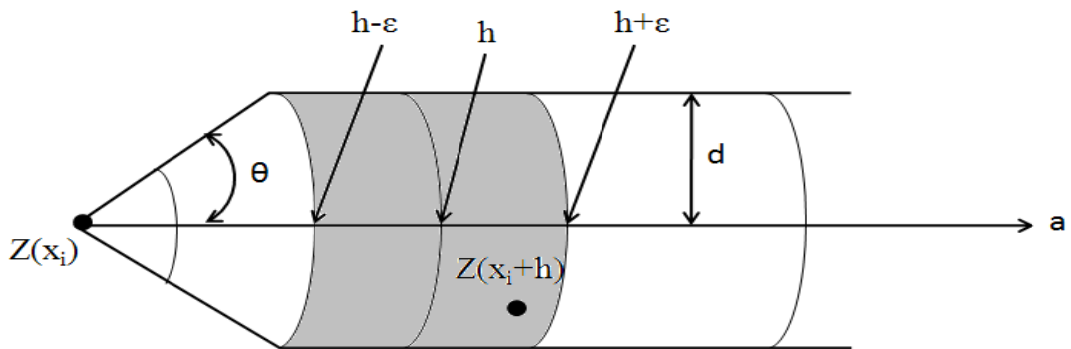


圖 2.3 容忍角與區段距離圖(Deutsch and Journel,1992)

## 第三章 區域降雨序列推估模式之發展

本研究目的是發展一套區域降雨序列模擬機制，用於集水區域當雨量站缺少降雨資料或是需要未設雨量站之降雨量資料時，可運用此模式進行推估而得到未設測站地區之降雨組體圖。本章主要針對本研究所發展的區域降雨序列推估模式之模式架構及其所採用之理論及分析方法，作一說明。茲將模式發展過程說明如下。

### 3.1 模式基本概念

本研究所發展區域降雨序列推估模式，主要以空間-時間半變異數模式為基礎，應用降雨事件可分為總降雨量與雨型兩種特性下，分別針對總降雨量與雨型進行推估，再將所推得總降雨量及雨型整合成降雨組體圖，茲將模式架構說明如下。

#### 1. 降雨特性之分析

主要將所蒐集已知測站降雨事件進行分析，以降雨事件取得總降雨量及雨型。其中雨型為事件經無因次化分析所求得，無因次降雨比率所組成。

#### 2. 空間-時間半變異數模式之參數率定

此步驟主要分別採用總降雨量與雨型無因次降雨比率，進行空間-時間半變異數模式參數之率定，以應用於未知測站半變異數之推估。

#### 3. 克利金權重值之推估

此步驟主要應用由步驟 2 所推得之未知測站總降雨量與雨型無因次降雨比率之半變異數，藉由克利金系統方程式，推得未知測站與已知測站之權重(即為克利金權重值)。

#### 4. 總降雨量與無因次降雨比率之推估

採用步驟 3 所推得之未知測站之克利金權重，配合步驟 1 已知測站總降雨量及雨型無因次降雨比率，推得未知測站上述兩種降雨特

性。

## 5. 降雨組體圖之合成

將上步驟所推得未知測站之總降雨量與雨型無因次降雨比率合成為降雨組體圖。

模式架構圖可參考圖 3.1，茲將上述模式架構各步驟之內容說明如下。

### 3.2 降雨特性之分析

本研究所發展之區域序列推估模式，主要推估未知測站之總降雨量及雨型無因次降雨比率。其中總降雨量係為降雨事件於延時內所有雨量之總和，可直接由雨量資料求得，但事件之雨型則須經由無因次分析求得，茲將總雨量無因次化方法說明如下。

#### (1) 無因次化方法

由於各降雨事件之延時及雨量彼此間具有差異，連帶造成將雨型間亦有所不同，因此將各降雨事件予以無因次化，以利於雨型的分群。降雨事件之無因次化可藉由調整累積降雨曲線之時間與雨量之尺度，如(3.1)式，如圖 3.2 所示

$$\tau = \frac{t}{d} ; F_{\tau} = \frac{D_{\tau \times d}}{D_d} ; P_{\tau} = F_{\tau} - F_{\tau-1} \quad (3.1)$$

式中  $\tau$  為無因次時間，其值介於 0 跟 1 之間 ( $\tau \in (0,1]$ )； $d$  為降雨延時； $F_{\tau}$  為無因次累積雨量 ( $F_{\tau} \in [0,1]$ )； $P_{\tau}$  無因次降雨量。

在降雨事件無因次化之前，需決定無因次時間點數目，若取的時間點數太少則可能無法完整描述降雨型態，反之太多點將因太詳細描述雨型之細部變化，複雜的雨型且掩蓋雨型主要的變化，本研究考量上述的原因後，將降雨延時區分成數段也就是無因次時間點數目為，最後求得各時間點之相對無因次累積雨量  $F_{\tau}$  或無因次降雨量  $P_{\tau} = F_{\tau} - F_{\tau-1}$ ， $\tau:1/M$ 。其中本研究將無因次時間之數目  $M$  定為 12。

(2)利用對數比率轉換方法(Log-ratio Transformation method)

在模擬降雨事件過程中，當模擬降雨延時、降雨量後，接著需模擬降雨在時間的分佈(即雨型)，雨型有兩種重要特性:(a)無因次降雨量  $P_\tau$  為非負變量且局限於 0 跟 1 之間( $0 \leq P_\tau \leq 1$ )；及(b)不同的無因次時間  $\tau$  的  $P_\tau$  彼此間存在著相關性，也就是  $P_\tau$  屬於具有相關性之非常態變量。此限制式如下：

$$(I) \text{總合為 } 1: \sum_{\tau=1/M}^{M/M} P_\tau = 1 \quad (3.2a)$$

$$(II) \text{非負變量: } P_\tau > 0, \tau=1/M, 2/M, \dots, M/M \quad (3.2b)$$

其中  $M$  為無因次時間數目；本研究採用 Log-raio 轉換法(Fang 及 Tung,1996)之研究，將原本存有限制條件之  $P_\tau$  轉換成無制約條件之 Log-raio 值  $R_\tau$ ，如下式

$$R_\tau = \log\left(\frac{P_\tau}{P_\tau^*}\right), \tau=1/M, 2/M, \dots, M/M; \tau \neq \tau^* \quad (3.3)$$

其中  $\tau^*$  定為標準無因次時間， $P_\tau^*$  定為標準無因次降雨比率，及  $-\infty < R_\tau < \infty$ ；因無因次降雨量介於 0 跟 1 之間( $0 \leq P_\tau \leq 1$ )，避免  $P_\tau$  為 0 時，在對數之計算上錯誤，本研究根據所蒐集的降雨資料分析結果，將標準無因次時間定為  $\tau^*=5/12$  且標準無因次降雨比率為  $P_\tau^*$ 。

本研究利用此無因次降雨比率 Log-raio 值  $R_\tau$ ，用於半變異數模式參數之率定及克利金權重之推估。當推得未知測站之 Log-raio 值  $R_\tau$ ，由(3.3)式求得  $P_\tau = P_\tau^* \exp(R_\tau)$ ，則可由(3.4)式轉換成無因次降雨比率  $P_\tau$ 。

$$P_\tau^* = \frac{1}{1 + \sum_{\tau=1/M}^{M/M} \exp(R_\tau)} \quad (3.4)$$

$$P_\tau = \frac{\exp(R_\tau)}{1 + \sum_{\tau=1/M}^{M/M} \exp(R_\tau)}, 0 < \tau \leq 1; \tau \neq \tau^* \quad (3.5)$$

其中  $P_\tau$  為無因次降雨量； $P_\tau^*$  為選定之標準無因次降雨量及  $R_\tau$  為無因

次降雨比率 log-ratio 值。

### 3.3 空間-時間半變異數模式參數之率定

#### 3.3.1 最佳半變異數模式

由第二章所提到常見 11 種理論半變異數模式分別為球型模(Spherical Model)式、指數模式(Exponential Model)、高斯模式(Gaussian Model)、冪次模式(Power Model)、碎塊模式(Nugget Model)、線性臨界變異模式(Linear-with-sill Model)、圓形模式(Circular Model)、五球模式(Pentaspheical Model)、對數模式(Logarithmic Model)。在進行 11 種理論半變異數模式套配時，首先需計算每個測站之間相對距離，稱之為配對點數。將每一配對點數之相對距離計算其試驗半變異數模式(由 2.3 節得知)，並取其平均值得到每一層的試驗半變異數值，再利用每一層之配對點數之平均相對距離代入各理論半變異數模式之中，推得理論半變異數再與試驗半變異數相減得差值，即為均方誤差(Mean Squared Error, MSE)，當所有模式中 MSE 值最小者，稱之為最佳半變異數模式

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\gamma_m(h_i \parallel \theta^*) - \gamma_0(h_i)]^2 \quad (3.6)$$

其中  $n$  為配對數， $h_i$  配對點之間相對距離； $\gamma_m$  為  $m=1\sim 11$  之理論半變異數及  $\gamma_0$  為試驗半變異數。

#### 3.3.2 權重半變異數模式

在利用克利金系統方程式推估未知測站與相對於已知測站之權重(即克利金權重)時，須先透過連續性的理論半變異數模式之套配，找出較適合之模式後，才可進行克利金權重之推估。但因水文資料本身之不確定，導致在決定合適的理論半變異數模式亦產生不確定性，近而影響推估之準確性。因此陳柏宏(2007)提出一權重半變異數模



式，以克服因選取不合適之模式所造成之不確定性，並提昇推估結果之準確性。權重半變異數模式其理論基礎說明如下，

在實際進行理論半變異數模式套配過程中，當理論半變異數模式進行參數之率定時，需計算模式所求得之理論半變異數與試驗半變異數之均方誤差(即目標函數)，如下式

$$F_{obj}(m) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\gamma_m(h_i \parallel \theta^*) - \gamma_0(h_i)]^2 \quad (3.7)$$

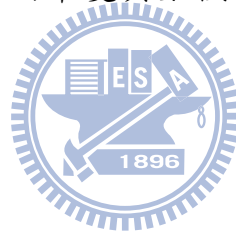
當  $F_{obj}(m)$  為最小時，所求得之參數值為第  $m$  半變異數模式參數之最佳值。因每一理論半變異數模式皆可推得參數最佳值及其目標函數  $F_{obj}$  值，故理論上，所有模式中  $F_{obj}(m)$  最小者，應為最佳模式。因此，為了減少模式本身之不確定性，故採用模式目標  $F_{obj}(m)$  之倒數為加權因子(如下式)，將理論半變異數模式之計算結果，整合為一權重半變異數。

$$W_i(m) = \frac{1/F_{obj}(m)}{\sum_{m=1}^{11} 1/F_{obj}(m)} \quad (3.8)$$

$$\gamma_w = \sum_{m=1}^{11} W_i(m) \times \gamma_m \quad (3.9)$$

其中  $\gamma_m$  為第  $m$  個理論半變異數模式所求得半變異數； $\gamma_0$  為試驗半變異數模式及  $\gamma_w$  為權重半變異數； $\varepsilon_{dj}$  為配對點  $j$  間之半變異數之差。

權重半變異數模式之優點，在於由 3.2.1 節所定義之最佳半變異數模式在權重半變異數模式中仍占有較大之比例。若最佳半變異數模式之  $F_{obj}(m)$  遠小於其他模式之  $F_{obj}(m)$ ，則權重半變異數模式計算結果接近於最佳半變異數模式，但相反地，若各模式之  $F_{obj}(m)$  差異甚小時，無法判定最佳半變異數模式進而採用不合適之模式時，權重半變異數模式因可整合各模式之計算結果，而避免上述無法決定最佳半變異數



模式之困難。

本研究將分別運用於上述之最佳半變異數模式與權重半變異數模式，進而計算總降雨量及雨型無因次降雨比率 log-ratio 值  $R_r$  之推估。

### 3.4 克利金權重之推估

推求未知測站半變異數之值，須使用克利金系統方程式推估某一未知測站相對每一已知測站之權重(即為克利金權重)，以用於未知測站總降雨量及雨型無因次降雨比率 log-ratio  $R_r$  值之推估。因半變異數可分為空間半變異數、時間半變異數及空間-時間半變異數，茲將不同半變異數之克利金權重推估方法說明如下。

#### 3.4.1 應用於空間半變異數

本研究假設有 2 個已知測站其位置點分別為  $x_1$ 、 $x_2$ ，以推求中間測站  $x_0$  之半變異數推估值為範例，說明採用空間半變異數來推估克利金權重之過程，示意圖如圖 3.3 所示。未知測站之半變異數值  $\gamma(h_0)$  對某一已知測站之半變異數值  $\gamma(h_{0-1})$  因應用(3.10)式推得。依此類推，未知測站相對於其他已知測站之半變異數之計算公式可組成克利金系統方程式，如(3.11)式所示。

$$\gamma(h_{0-1}) = \lambda_1 \gamma(h_{1-1}) + \lambda_2 \gamma(h_{1-2}) \quad (3.10)$$

$$\begin{pmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \gamma(h_{23}) \\ \gamma(h_{31}) & \gamma(h_{32}) & \gamma(h_{33}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \nu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(h_{01}) \\ \gamma(h_{02}) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

其中  $\gamma(h_{11})$ 、 $\gamma(h_{12})$  為測站  $x_1$  與  $x_1$ 、 $x_2$  之相對距離之半變異數值； $\gamma(h_{21})$ 、 $\gamma(h_{22})$  為測站  $x_2$  與  $x_1$ 、 $x_2$  之相對距離之半變異數值； $\gamma(h_{01})$ 、 $\gamma(h_{02})$  為未知測站  $x_0$  與  $x_1$ 、 $x_2$  之相對距離之半變異數值； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  為各觀測點位所對應的權重因子； $\nu$  為拉格蘭茲法所引入之係數。

### 3.4.2 應用於時間半變異數

本研究假設有 2 個已知時間點其時間點分別為  $t_1$ 、 $t_2$ ，以推求時間點  $t_0$  之半變異數推估值為範例，作為說明採用時間半變異數來推估克利金權重之過程，示意圖如圖 3.4 所示。未知時間點之半變異數值  $\gamma(t_0)$  對某一已知時間點之半變異數值  $\gamma(t_{0-1})$  可用(3.12)式推得。依此類推，未知時間點相對於其他已知時間點之半變異數之計算公式可組成克利金系統方程式，如(3.13)式所示。

$$\gamma(t_{0-1}) = \lambda_1 \gamma(t_{1-1}) + \lambda_2 \gamma(t_{1-2}) \quad (3.12)$$

$$\begin{pmatrix} \gamma(t_{11}) & \gamma(t_{12}) & \gamma(t_{13}) \\ \gamma(t_{21}) & \gamma(t_{22}) & \gamma(t_{23}) \\ \gamma(t_{31}) & \gamma(t_{32}) & \gamma(t_{33}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \nu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(t_{01}) \\ \gamma(t_{02}) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

其中  $\gamma(t_{1-1})$ 、 $\gamma(t_{1-2})$  為測站於  $t_1$  時刻與  $t_1$ 、 $t_2$  時刻之相對時間差之半變異數值； $\gamma(t_{2-1})$ 、 $\gamma(t_{2-2})$  為測站於  $t_2$  時刻與  $t_1$ 、 $t_2$  時刻之相對時間差之半變異數值； $\gamma(t_{0-1})$ 、 $\gamma(t_{0-2})$  為測站於  $t_0$  時刻與  $t_1$ 、 $t_2$  時刻之相對時間差之半變異數值； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  為各觀測點位所對應的權重因子； $\nu$  為拉格蘭茲法所引入之係數。

### 3.4.3 應用於空間-時間半變異數

本研究假設有 2 個已知測站點及時間點，其位置點分別為  $x_1$ 、 $x_2$ ，時間點分別為  $t_1$ 、 $t_2$ ，以推求未知測站點位  $x_0$  之半變異數推估值及未知時間點  $t_0$  之半變異數推估值為範例，作為說明採用空間-時間半變異數來推估克利金權重之過程，示意圖如圖 3.5 所示。未知空間-時間點之半變異數值  $\gamma(h_0, t_0)$  對某一已知空間-時間點之半變異數值  $\gamma(h_{0-1}, t_{0-1})$  可用(3.14)式推得，依此類推，未知空間-時間點相對於其他已知空間-時間點之半變異數之計算公式可組成克利金系統方程式，如(3.15)式所示。

$$\gamma(h_{0-1}, t_{0-1}) = \lambda_1 \gamma(h_{1-1}, t_{1-1}) + \lambda_2 \gamma(h_{1-2}, t_{1-2}) \quad (3.14)$$

$$\begin{pmatrix} \gamma(h_{11}, t_{11}) & \gamma(h_{11}, t_{12}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & 1 \\ \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & \gamma(h_{12}, t_{13}) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1(x_1, t_{11}) \\ \lambda_2(x_1, t_{12}) \\ \lambda_3(x_2, t_1) \\ \lambda_4(x_2, t_2) \\ \nu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(h_{01}, t_{01}) \\ \gamma(h_{01}, t_{02}) \\ \gamma(h_{02}, t_{01}) \\ \gamma(h_{02}, t_{02}) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.15)$$

其中  $\gamma(h_{11}, t_{11})$ 、 $\gamma(h_{11}, t_{12})$ 、 $\gamma(h_{12}, t_{11})$ 、 $\gamma(h_{12}, t_{12})$  分別為已知測站  $x_1$  與  $x_1$ 、 $x_2$  與時間點  $t_1$  與  $t_1$ 、 $t_2$  之相對距離之半變異數； $\gamma(h_{21}, t_{21})$ 、 $\gamma(h_{21}, t_{22})$ 、 $\gamma(h_{22}, t_{21})$ 、 $\gamma(h_{22}, t_{22})$  為測站  $x_2$  與  $x_1$ 、 $x_2$  與時間點  $t_2$  與  $t_1$ 、 $t_2$  之相對距離之相對距離之半變異數值； $\gamma(h_{01}, t_{01})$ 、 $\gamma(h_{02}, t_{02})$  為未知測站  $x_0$  與  $x_1$  與未知時間點  $t_0$  與  $t_1$  之相對距離之半變異數及未知測站  $x_0$  與  $x_2$  與未知時間點  $t_0$  與  $t_2$  之相對距離之半變異數之相對距離之半變異數值； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  為各觀測點位所對應的權重因子； $\nu$  為拉格蘭茲法所引入之係數。

### 3.5 總降雨量與兩型無因次降雨比率之推估

未知測站之總降雨量及兩型 log-ratio 值  $R_\tau$ ，可藉由 3.4 節所推得未知測站相對於每一已知測站之克利金權重，配合已知測站之總降雨量及兩型  $R_\tau$  值，推求得知，如下式，

$$D(x_0) = \sum_{i=1}^k \lambda(x_i) x(i) \quad (3.12)$$

其中  $D(x_0)$  為未知測站  $x_0$  之總降雨量 (Depth)； $k$  為已知測站數目及  $\lambda_i$  為已知測站之克利金權重； $x(i)$  已知測站 (i) 之總降雨量

$$R_\tau(x_0) = \sum_{i=1}^k \sum_{\tau'=1}^{N_\tau} \lambda(x_i, \tau') R_{\tau'}(x_i) \quad (3.13)$$

其中  $R_\tau(x_0)$  為未知測站  $x_0$  之之 log-ratio 值  $R_\tau$  值； $\lambda(x_i, \tau')$  為已知測站位置點  $x_i$  於時間差為  $\tau'$  之克利金權重因子； $R_{\tau'}(x_i)$  為已知測站位置點  $x_i$  於無因次時間  $\tau'$  之 log-ratio 值及  $N_\tau$  為兩型之無因次時間差數

目。

### 3.6 降雨組體圖之合成

將 3.5 節所推得未知測站之總降雨量及雨型 log-ratio 值  $R_r$  值，先用(3.5)式將總降雨量及  $R_r$  值轉換至無因次降雨比率  $P_r$  後，再根據降雨延時並採用內插法，將雨型轉換成與降雨延時相同之無因次降雨比率，最後再搭配總降雨量，則可求得降雨組體圖，上述合成過程可參考圖 3.6 所示。



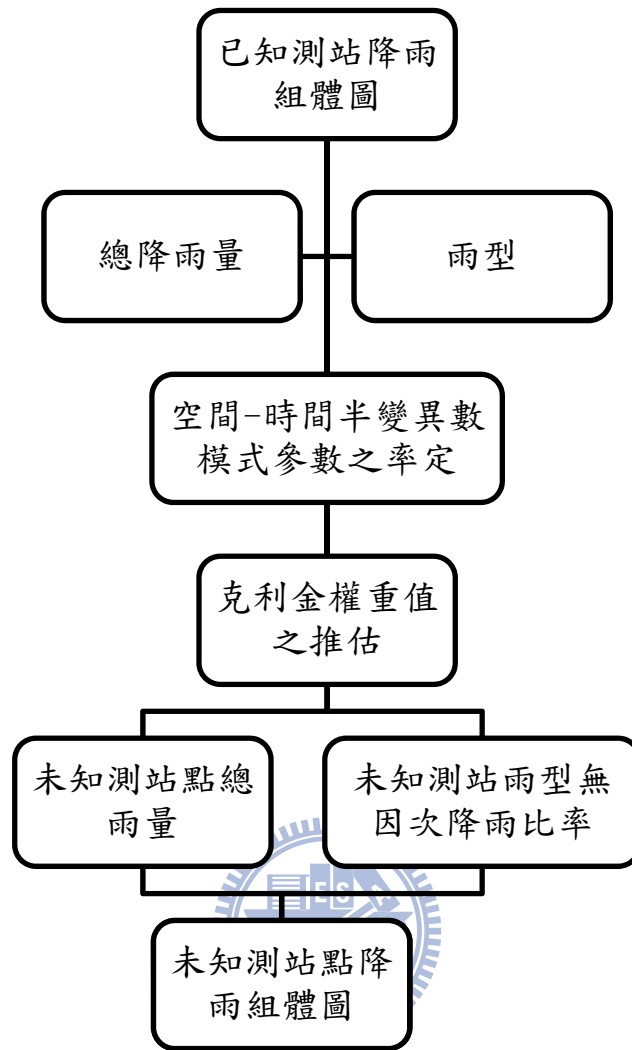


圖 3.1 模式架構圖

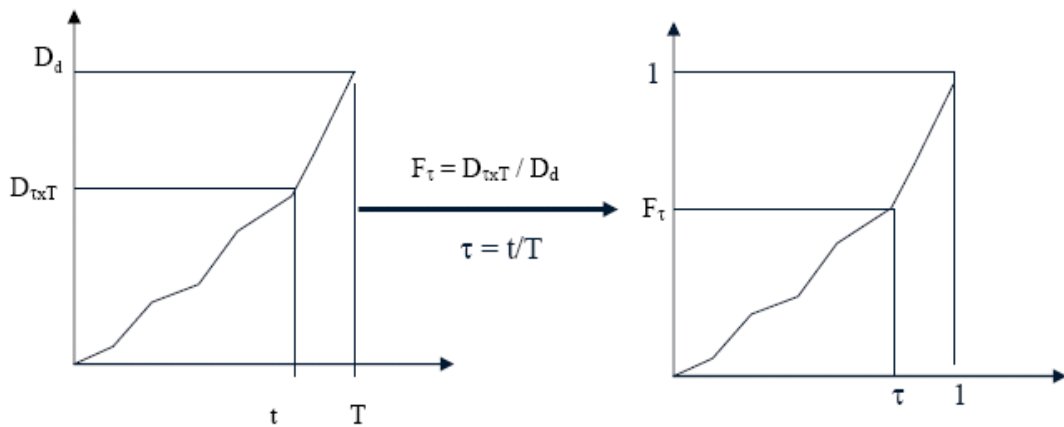


圖 3.2 降雨事件之無因次化

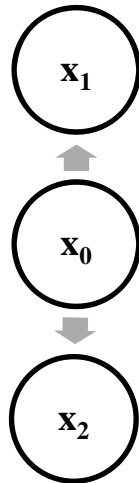


圖 3.3 空間克利金系統方程式示意圖

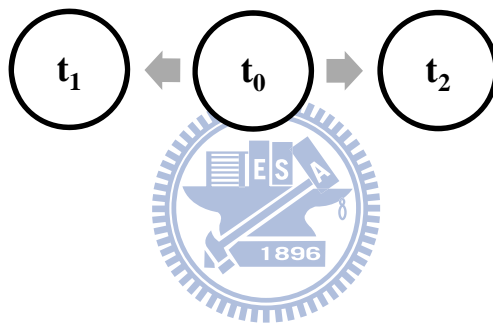


圖 3.4 時間克利金系統方程式示意圖

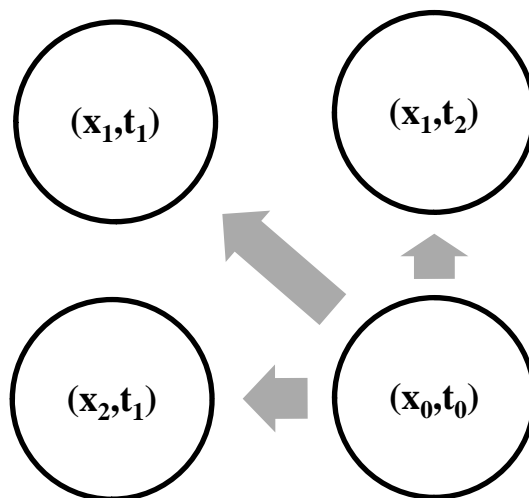


圖 3.5 空間與時間克利金系統方程式示意圖

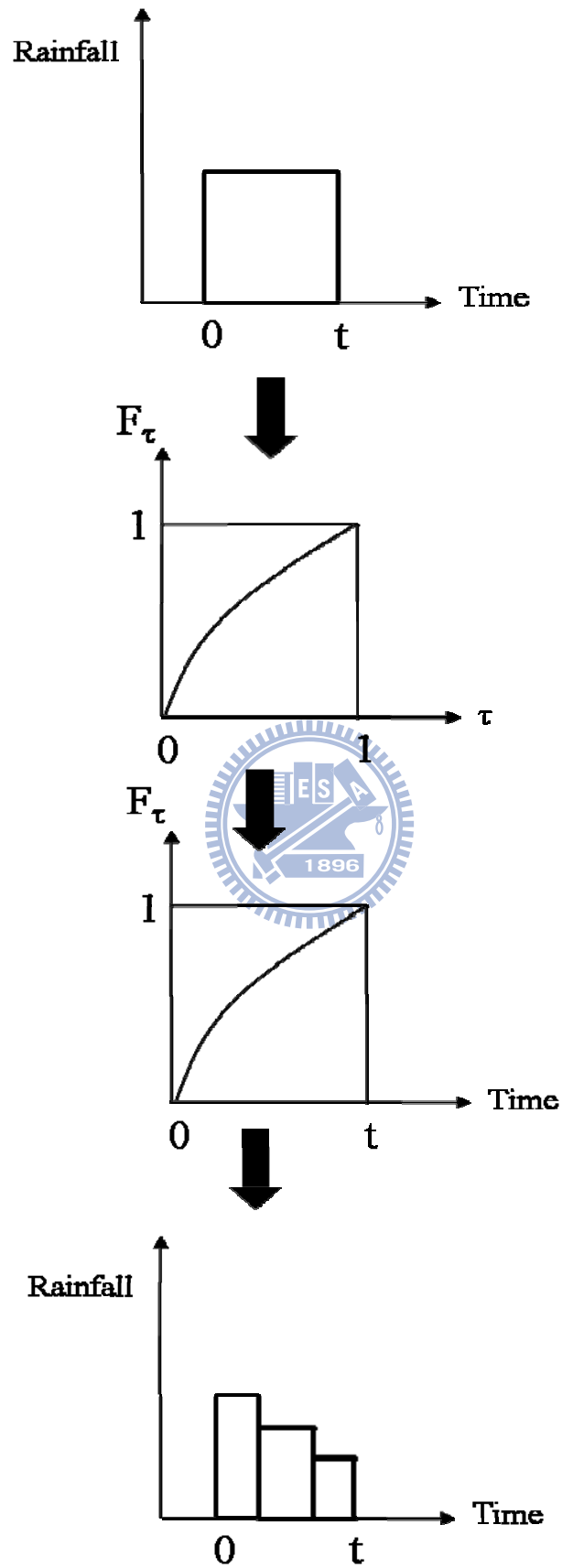


圖 3.6 降雨組體圖之合成



## 第四章 案例應用及驗證分析

本章採用石門水庫集水區為應用案例，驗證第三章以空間與時間的權重及最佳半變異數模式為基礎，所建立之區域降雨序列推估模式之推估成效，並評估於降雨特性及降雨組體圖之差異性。

本章主要根據第三章所述區域降雨序列推估模式之架構，首先說明所選取降雨資料，再分別進行空間-時間半變異數模式參數之率定，克利金權重之推估，未知測站的總降雨量與雨型之推估，最後為未知測站的降雨組體圖之推估，並與降雨特性之觀測值進行比較，以驗證模式之可靠度及準確性。茲將上述模式建立及驗證過程，說明如下。

### 4.1 降雨資料之選取

本研究主要採用石門水庫集水區建立 16 個測站所紀錄之雨量資料應用於模式之建立與驗證。茲將石門水庫案例概況及其所選取之颱風事式件彙整如下。



#### 4.1.1 石門水庫集水區概況

石門水庫集水區地理位置居於東經  $120^{\circ}10'15''$ ~ $121^{\circ}23'10''$ ，北緯  $24^{\circ}25'45''$ ~ $24^{\circ}51'20''$  之間，以淡水河上游之大漢溪流域為其主流，集水區面積大約為 760 平方公里，東鄰台北、宜蘭二縣，南接台中縣，西南與苗栗縣相連，西屬桃園與新竹二縣，行政區域東邊之一部分屬宜蘭縣大同鄉，西端一帶屬新竹縣五峰鄉，西北角之極少部分屬新竹縣關西鎮、桃園縣大溪鎮與龍潭鄉外，大部分地區均隸屬桃園縣復興鄉與新竹縣尖石鄉。

#### 4.1.2 雨量站資料整理

本研究雨量資料選取為石門水庫集水區內其 16 個雨量測站 1985~2008 年間之 25 場颱風期間逐時雨量紀錄，作為模式建立及驗證之用。其中雨量測站之位置圖如表 4.1 及圖 4.1 所示，且所選取 25

場颱風事件之名稱與發生時間相關資訊如表 4.2 所示。

## 4.2 模式之建立

本研究所發展之區域降雨序列推估模式，主要採用空間-時間半變異數模式所建置而成，故本節主要說明半變異數模式參數率定過程，其中權重半變異數模式(Weight Semi-variogram Model)及最佳半變異數模式(Best-fit Semi-variogram Model)分別定義為 Weight\_SV、BEST\_SV。

由前 2.5 節可知，空間-時間半變異數  $\gamma_{st}$  主要採用積-合模式方法推求之，也就係分別推求空間與時間半變異數( $\gamma_s$  及  $\gamma_t$ )，再應用(2.23)式合成空間-時間半變異數，故需分別針對空間及時間半變異數模式參數進行率定。一般而言，半變異數模式參數之率定過程，包括

- (1) 容忍角之決定
- (2) 參數最佳值之推估
- (3) 最佳半變異數模式之決定



本研究主要依循上述率定過程，針對總降雨量及雨型之無因次降雨比率其 log-ratio 值，分別進行模式參數之率定，其中總降雨量為空間上的隨機變數，故需先決定容忍角後再進行參數率定，反之雨型 log-ratio 值為時間之隨機變數，無容忍角決定之問題，故僅針對總雨量進行半變異數模式之容忍角之決定。

本研究分別採用石門水庫集水區內 16 個測站中，再考量測站空間分佈位置下，分別選取 6、9 及 12 個測站(如圖 4.2~4.4 所示)，作為已知測站(即定義為率定點)，並將其所記錄 25 場颱風事件之降雨量與雨型無因次降雨比率 log-ratio 值，用於空間-時間半變異數模式參數之率定。

### 4.2.1 容忍角之決定

對空間上來說，各測站之總降雨量資料其半變異數具有方向性，故首先在空間上各測站位置進行分區，也就是容忍角初始值設定四種方向數，如表 4.3 所示，並依不同方向數目進行測站之配對，其中每一方向之測站配對值分段(class)最多分 10 段，分段層公式如(4.1)式：

$$\text{Distance range} = h = \frac{\text{distance}_{\max} - \text{distance}_{\min}}{N - 1} \quad (4.1)$$

$$\text{LB} = \text{Low Boundary} = (I_{\text{class}} - 1) \times (\text{distance range}) + \text{distance}_{\min}$$

$$\text{UB} = \text{Upper Boundary} = I_{\text{class}} \times (\text{distance range}) + \text{distance}_{\min}$$

$$\text{LB} \leq h \leq \text{UB}$$

其中 LB 表示為下層邊界；UB 表示為上層邊界； $\text{distance}_{\min}$  為配對點中最小的相對距離； $\text{distance range}(h)$  為配對點中相對距離之範圍； $I_{\text{class}}$  為第  $I_{\text{th}}$  層及 N 為每層之配對數點數。

根據以上概念，先設定不同容忍角範圍之總降雨量，再推求每一個容忍角之總降雨量試驗半變異數圖，並與不同理論半變異數模式所推求之半變異數圖進行比較。以 9 個率定點條件下選定 2005 年海棠颱風為例，依表 4.3 中所列四種方向之容忍角範圍，計算由 11 種理論半變異數模式所得理論半變異數並與試驗半變異數進行比較，如圖 4.5~4.14 所示。由圖 4.5~4.8 所示，在四個方向數中，容忍角為 -45~0 度率定點配對數過少，使得各理論半變異數模式沒有明顯的變化，故可與 -90~0 度相結合。上述現象亦同樣發生，在三個方向數中之 -30~30 度(如圖 4.9~4.11 所示)。由圖 4.12、4.13 所示，在兩個方向數中，配對數分配均勻使得半變異數模式有明顯的趨勢變化；在一個方向數中，配對點數過多造成測站之方向性降低，使得半變異數模式沒有明顯的變化趨勢。

由上述可知當方向數目多(分四個方向數)，測站相對距離分割的

很細，每一個方向內的其測站就分的很少，使得半變異數模式沒有明顯的變化趨勢，但是方向數目少，每一方向內的測站數目多，使得半變異數模式的不確定性較大。因此在空間上本研究選用兩個方向數，針對區域內測站之間相對距離分為兩個方向(-90~0 度、0~90 度)進行模式參數之率定。

#### 4.2.2 參數最佳值之推估

採用均方誤差(Mean Squared Error,MSE)為目標函數，當均方誤差為最小值時，其相對應之參數值即為率定值。表 4.4~4.12 為 25 場颱風事件所得於空間-時間各理論半變異數模式參數之率定值及其相對應目標函數 MSE 值。

#### 4.2.3 最佳半變異數模式之決定

本研究主要參考 11 種理論半變異數模式於推得參數率定值時之相對應 MSE 中，選取其中最小者為最佳半變異數模式。依循上述原則，在不同率定點數目下，各事件之最佳半變異數模式，彙整如表 4.13~4.21 所示。由表 4.13~4.21 可發現，在空間上(-90~0 度)冪次模式(9 次)被選為最佳半變異數模式，(0~90 度)週期模式(14 次)被選為最佳半變異數模式。而在時間上為冪次模式(26 次)被選為最佳半變異數模式，線性模式則最少次(8 次)。

總合上述結果可知，空間上兩個不同方向所選定最佳半變異數模式，因配對點數之差異而影響其最佳半變異數模式之選取。若未來在進行未設站地點之半變異數推估時，可直接採用冪次模式，其所可能因模式選取不正確所引起不確定性最小。

#### 4.2.4 權重半變異數模式之建立

由 3.2 節可知，權重半變異數模式主要採用 11 種理論半變異數模式，於推得模式參數率定值時之相對應 MSE 之倒數為權重因子，

整合各理論半變異數模式之計算結果，表 4.22~4.30 不同事件之 11 個理論半變異數之權重因子表。

可由表 4.22~4.30 可發現，在採用 6、12 個率定點時，在空間上，兩個方向之權重因子平均值最大為五球模式，於 9 個率定點則為周期模式，在時間上採用 6、9、12 個率定點時，則是冪次模式。

上述結果顯示，若原來應為最佳半變異數模式者，其計算結果在權重半變異數模式中，自然站有較高之比例。此外，由空間-時間最佳及權重半變異數模式計算結果與試驗值之比較可知，在空間上兩個容忍角度中，權重與最佳半變異數模式皆相當接近試驗值，但於時間上時，權重半變異數模式反而較最佳半變異數模式接近試驗值，會發生上述現象之原因在於權重半變異數模式係有整合 11 種理論半變異數模式，理論上可避免因資料不確定性，選取不合適最佳半變異數模式之誤差。



### 4.3 模式驗證

模式驗證的重點在於測試權重半變異數模式及最佳半變異數模式，在降雨事件空間與時間分佈條件下，對未知點位的推估之差異。本研究除了驗證權重與最佳之空間-時間半變異數外，本研究亦評估常用於區域水文量推估之距離倒數法與上述兩種空間-時間半變異數於降雨總量、雨型及降雨組體圖推估之差異性。

距離倒數法是利用鄰近的已知點之數值來進行加權運算，所定的權重是利用未知測站與已知測站間之距離來計算之，公式如下：

$$W_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (4.2)$$

$$\gamma_{IDW} = \sum_{m=1}^n \gamma_{m,i} W_i \quad (4.3)$$

其中  $\gamma_{IDW}$  為距離距離倒數法之半變異數； $i=1,2,\dots,n$  為測站數目； $d_i$  為

各測站間相對距離； $W_i$ 為權重因子； $\gamma_m$ 為第  $m$  個理論半變異數模式之半變異數值。

驗證的方式係採用交叉驗證法(cross validation method)，其理論主要在於將可用的資料分為率定點 (training data) 跟驗證點 (testing data)，先以訓練組的資料來建立模型，然後再用測試組的資料來評估所建立模型的準確度。此外，本研究在驗證過程中依是否考量空間分佈之不確定性，分為兩種驗證方法(1)固定測站:不考量已知測站之空間分佈之不確定性；(2)不固定測站:考量已知測站空間分佈之不確定性，茲將模式於總降雨量、雨型無因次降雨比率及降雨組體圖之推估驗證結果及分析成果，說明如下。

#### 4.3.1 固定測站數

##### 1.總降雨量之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法，於 6、9 及 12 固定測站之率定點，採用 25 場颱風事件總降雨量推求未測站之地點，定義為驗證點之降雨量。圖 4.15~4.89 為各半變異數模式於不同率定點數其總降雨量之比較圖。由圖 4.15~4.39 中 4 個驗證點(即 12 個率定點)總降雨量值，發現實際總降雨量(Obs)與權重半變異數模式(WEIGHT\_SV)、最佳模式(BEST\_SV)大致上有較接近之變化趨勢，但距離倒數法(IDW)變化趨勢不同，例如:圖 4.37 珊珊颱風(2006)，於驗證點位 1 至 3 權重半變異數模式(WEIGHT\_SV)、最佳模式(BEST\_SV)與實際觀測值皆呈現上升之趨勢，其中在第 3 個驗證點時，權重半變異數模式之推估總降雨量值(227.045)與實際觀測值(223)相當接近，而最佳模式變化趨勢有相近但推估值(191.944)有低估之現象，另於驗證點 3 至 4 權重半變異數模式(WEIGHT\_SV)、最佳模式(BEST\_SV)與實際觀測值皆呈現下降之趨

勢，其中在第 4 個驗證點時，權重半變異數模之推估總降雨量值(139.779)與實際觀測值(139)相當接近，但最佳模式推估總降雨量值(144.995)則有低估的現象。此外與率定點 6 及 9，亦有如同 12 個率定點之比較結果。

此外，本研究亦比較，實際觀測值與權重半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法所推得等雨量線圖與觀測值差異，如圖 4.90~4.114 所示。以丹瑞颱風(2005)為例(如圖 4.104)，實際觀測值與權重、最佳半變異數模式等高線圖之曲線變化差異相似，距離倒數法則有小區塊等高線圖之曲線明顯的偏差。其中權重半變異數模式等高線分佈刻度線與實際觀測值相當一致，其分佈疏密程度高於最佳半變異數模式，較接近實際觀測值。因此可得知，權重半變異數模式所推估總降雨量有較相近於實際觀測值優於最佳半變異數模式及距離倒數法

本研究亦藉由各計算不同數目率定點下，各半變異數模式於 25 場颱風事件總降雨量推估值之均方根誤差，結果如表 4.31~4.33 及圖 4.115~4.117 所示；由表 4.31、圖 4.115 可知，各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨量推估值均方根誤差平均值最大值發生於第十七場事件，權重半變異數模式其均方根誤差值遠小於最佳半變異數模式又遠小於距離倒數法，其中權重半變異數模式為 300.12，而最佳半變異數模式為 324.53、距離倒數法為 478.28。另由表 4.32、圖 4.116 中可知，各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨量推估值均方根誤差平均值最大值發生於第十場事件，權重半變異數模式、最佳半變異數模式及距離倒數法分為 45.33、4.878、4.287，各半變異數模式其值差異不大。此外，由表 4.33 及圖 4.117 中可知，各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨量推估值均方根誤差平均值最大值發生於第十七

場事件，權重半變數模式均方根誤差平均值遠小於最佳半變異數模式及距離倒數法，其中權重半變異數模式為 368.39、最佳半變異數模式為 462.10、距離倒數法為 474.13。由上述可知權重半變異數模式於各場事件之均方根誤差平均值較小，表示權重半變異數模式所推得結果相當穩定。

由表 4.34~4.36 各降雨事件推估總降雨量均方根誤差平均值之統計特性表其結果可發現，在 6 個率定點時，權重半變異數模式(83.394)小於最佳半變異數模式(95.322)及距離倒數法(104.508)；在 9 個率定點時，權重半變異數模式均方根誤差平均值(76.075)小於距離倒數法(99.6)，但其標準偏差(85.996)大於最佳模式(70.558)，小於距離倒數法(107.091)；於 12 個率定點時，權重半變異數模之均方根誤差平均值(70.868)小於最佳模式半變異數模式(78.906)及距離倒數法(109.948)，其標準偏差(77.792)小於最佳半變異數模式(85.302)及距離倒數法(125.13)。於 6、12 個率定點時，權重半變異數模式於均方根誤差平均值皆小於最佳半變異數模式及距離倒數法，另外，於 9 個率定點雖其均方根誤差平均值、標準偏差大於最佳半變異數模式，但遠小於距離倒數法，表示權重、最佳半變異數模式推估總降雨量遠優於距離倒數法。

由圖 4.118 三種不同率定點於 25 場颱風事件推估總降量之均方根誤差平均值圖中可知，當率定點越少，權重半變異數模式所推估總降雨量之均方誤差值呈現下降趨勢，顯示在未知測站點越多，其推估結果相對其他模式較穩定。因此，當已知測站數越少時，權重半變異數模式較適用於總降雨量之推估。

## 2. 兩型無因次降雨比率之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距



離倒數法，於 6、9 及 12 固定測站之率定點，採用 25 場颱風事件兩型無因次降雨比率推求未測站之地點，定義為驗證點之兩型無因次降雨比率。由圖 4.119~4.122 可知，在 4 個驗證點(即為 12 個率定點)中，以龍王颱風(2005)為例，從測站 1(石門站)各半變異數模式與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值所對應的無因次時間之位置點不同，其中實際觀測值之無因次時間為 0.5，各半變異數模式之無因次時間為 0.583；在測站 2(霞雲站)各半變異數模式與實際觀測值之無因次尖峰降雨量所對應無因次時間點為 0.0583，權重半變異數模式、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值分別相差 0.025、0.065、0.088；在測站 3(玉峰站)各半變異數模式與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值所對應無因次時間點為 0.0583，權重半變異數模式、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值分別相差 0.019、0.084、0.009。另在測站 4(西丘斯山站)各半變異數模式與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值所對應無因次時間點為 0.0583，權重半變異數模式、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值分別相差 0.004、0.003、0.049。將上述各半變異數模式與實際觀測值之無因次降雨比率尖峰值差發現，於測站 2 時，權重半變異數與實際觀測值之差小於最佳半變異數模式及距離倒數法。另於測站 3 時，權重半變異數與距離倒數法與實際觀測值其差值差異不大，其中最佳半變異數模式之差值極高，於測站 4 時，各半變異數模式之差值不大。此外，於 6、9 個率定點，亦呈現如同於 12 個率定點之比較結果。

本研究亦藉由各計算不同數目率定點下，各半變異數模式於 25 場颱風事件推估無因次兩型降雨比率之均方根誤差平均值，由表 4.37 以及圖 4.123 可得知，權重半變異數模式、最佳半變異數模式及距離倒

數法其推估無因次雨型降雨比率之均方根誤差平均值最大值，發生於第二十三場事件(2001年潭美颱風)，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法其值分別為 0.22421、0.2446、0.17738。由表 4.38 及圖 4.124 可知，各場颱風事件其權重半變異數模式、最佳半變數模式及距離倒數法其推估無因次雨型降雨比率之均方根誤差平均值最大值，於第二十三場事件(2001年潭美颱風)，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法其值分別為 0.19988、0.20521、0.2194。由表 4.39、圖 4.125 可知，各場颱風事件其權重半變異數模式、最佳半變數模式及距離倒數法其推估無因次雨型降雨比率之均方根誤差平均值最大值，發生於第二十三場事件(2001年潭美颱風)，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法其值分別為 0.23399、0.16777、0.23187。

由表 4.40~4.42 中，各半變異數模式推估無因次雨型降雨比率其均方根誤差平均值之統計特性表可知，當 6 個率定點時，權重半變數模式其均方根誤差平均值(0.105)等於最佳半變異數模式(0.105)，當 9 個率定點時，距離倒數法(0.093)最小，但權重半變異數模式之均方根誤差平均值(0.102)雖大於距離倒數法，但其標準偏差(0.053)小於距離倒數法標準偏差(0.055)，當 12 個率定點時，距離倒數法(0.094)最小，但權重半變異數模式之均方根誤差平均值(0.105)雖大於距離倒數法，但其標準偏差(0.055)卻小於距離倒數法(0.063)。

此外，權重半變異數模式之均方根誤差平均值雖略大於距離倒數法，但權重半變異數模式其標準偏差卻小於距離倒數法，表示權重半變異數模式之資料可靠度較高。

### 3. 降雨組體圖之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法，於 6、9 及 12 固定測站之率定點，採用 25 場颱風事件所

得驗證點總雨量、雨型無因次降雨比率之驗證點，合成降雨組體圖之差異性。在 4 個驗證點中(即 12 個率定點)，以艾利颱風(2004 年)為例，如圖 4.126~4.129 所示，測站 1 於時間點 39hr 為降雨量最大值，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際降雨量其值相差分別為 8.323、12.926、26.107；測站 2 於時間點 39hr 為降雨量最大值，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際降雨量其值相差分別為 1.038、2.1127、13.5688；測站 3 於時間點 39hr 為降雨量最大值，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際降雨量其值相差分別為 17.962、14.6256、31.5928；測站 4 於時間點 39hr 為降雨量最大值，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法與實際降雨量其值相差分別為 22.2512、24.544、16.002。由上述可發現，於測站 1、2 權重半變異數與實際觀測值之差小於最佳半變異數模式及距離倒數法，於測站 3 時，最佳半變異數模式其差值為最小，於測站 4 時，距離倒數法其差值為最小。有此現象可知，總降雨量與雨型無因次降雨比率之不確定性亦會影響推估降雨組體圖之結果。此外與率定點 6、9 亦呈現如同 12 個率定點之比較結果。

各模式推估降雨組體圖均方根(MSE)平均值之統計特性表如表 4.43~4.45 所示，於 6 個率定點時，距離倒數法之推估降雨組體圖均方根誤差平均值(3.278)最小，權重半變異數模式其值(3.34)雖大於距離倒數法，但其標準偏差(2.26)小於距離倒數法(2.306)，95%信賴區間窄度權重半變異數模式為最小(8.181)；同樣地，在 9 個率定點時，距離倒數法之均方根誤差平均值(3.063)雖為最小，但其標準偏差(1.996)卻大於權重半變異數模式(1.933)，其 95%信賴區間窄度(8.225)也大於權重半變異數模式(7.369)；在 12 個率定點時，權重半變異數模式之均方根誤差平均值最小(3.053)，其 95%信賴區間窄度(6.863)

也小於距離倒數法(9.684)。由上述可發現，距離倒數法其均方根誤差平均值雖略小於權重半變異數模式，但權重半變異數模式其標準偏差值及 95%信賴區間窄度卻小於距離倒數法，顯示表示權重半變異數模式所推得之降雨組體圖其可靠度高於距離倒數法。由圖 4.130 中三個率定點之均方根誤差平均值可知，當率定點越少時，最佳半變異數模式及距離倒數法之 MSE 值趨勢變化幅度大，而權重半變異數模式之 MSE 值變化並不明顯，表示權重半變異數模式受於率定點的多寡之影響性為最小。因採用權重半變異數模式所推得降雨組體圖之準確度及可靠度優於最佳半變異數模式及距離倒數法。

#### 4.3.2 不固定測站

##### 1. 總降雨量之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法，本研究所述之不固定測站方式既是採用 Bootstrap 方法重複 10 次，從 16 個測站之中隨機選取 9 個率定點，採用 25 場颱風事件總降雨量推求未測站之地點(驗證點)之總降雨量。本研究亦藉由各計算不同數目率定點下，各半變異數模式於 25 場事件之總降雨量推估值的均方根誤差平均值，如表 4.46 及圖 4.131 中所示，第十四、十七、二十場事件發生極端事件為均方根誤差較大之。以第十七場事件為例，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法其值分別為 279.422、294.772、442.436，權重半變異數模式其值小於距離倒數法。

由表 4.47 各半變異數模式推估總降雨量均方根(MSE)平均值之統計特性表可知，經過 10 次反覆抽樣，權重半變異數模式之平均值為最小，分別由小而大排列:WEIGHT\_SV(74.155)<BEST\_SV(81.271)<IDW(102.261)，標準偏差由小到大排列:WEIGHT\_SV(80.33)<BEST\_SV(90.45)<IDW(116.609)，95%信賴區間窄度差異由小

到大排列 :WEIGHT\_SV(4.26~313.846)<BEST\_SV(3.862~352.045)  
<IDW(3.772~481.983)。權重半變異數模式於均方根誤差平均值、標準偏差及 95%信賴區間窄度皆小於距離倒數法，表示權重半變異數模式所推得知總降雨量資料之可靠度高於最佳半變異數模式及距離倒數法。

## 2. 雨型無因次降雨比率之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法，本研究所述之不固定測站方式既是採用 Bootstrap 方法重複 10 次，從 16 個測站之中隨機選取 9 個率定點，採用 25 場颱風事件雨型無因次比率推求未測站之地點(驗證點)之雨型無因次降雨比率。由表 4.48 與圖 4.132 中，以第二十三場事件為例，各半變異數模式於 25 場颱風事件之均方根誤差平均值，權重、最佳半變異數模式及距離倒數法分別為 0.206、0.208、0.239，權重半變異數模式略小於最佳半變異數模式及距離倒數法。

由表 4.49 模式之雨型無因次降雨比率均方根(MSE)平均值之統計特性表可知，經過 10 次反覆抽樣，距離倒數法之平均值最小(0.096)，而權重、最佳半變異數模式之平均值(0.109)大於距離倒數法，且距離倒數法之標準偏差為最小(0.061)，而權重半變異數模式與最佳半變異數模式分別為 0.063、0.062，且 95%信賴區間窄度差異不大(0.237)，最佳半變異數模式窄度大小為 0.225，距離倒數法窄度大小為 0.241。整體來說，各變異數模式於均方根誤差平均值、標準偏差、95%信賴區間窄度差異不大。

## 3. 降雨組體圖之推估

本節主要分別評估空間-時間半變異數、最佳半變異數模式及距離倒數法，本研究所述之不固定測站方式既是採用 Bootstrap 方法重

複 10 次，從 16 個測站之中隨機選取 9 個率定點，採用 25 場颱風事件所推得總降雨量及雨型之無因次降雨比率相結合，成為未測站之地點之降雨組體圖。由表 4.50 及圖 4.133 中可知，於第十八場事件發生極端事件，距離倒數法其均方根誤差平均值(1.731)差異最大。

由表 4.51 各半變異數模式降雨組體圖之均方根(MSE)平均值之統計特性表可知，經過 10 次反覆抽樣，權重半變異數模式之平均值為最小，分別由小而大排列:WEIGHT\_SV(3.204)< IDW(3.206) < BEST\_SV(3.292)，標準偏差由小到大排列:WEIGHT\_SV(2.022)<BEST\_SV(2.028) <IDW(2.038)，95%信賴區間窄度差異由小到大排列:WEIGHT\_SV (0.45~8.437)<BEST\_SV(0.457~8.66) <IDW(0.485~10.876)。由上述可知，權重半變異數模式所推得降雨組體圖受測站之空間分佈之不確定性之影響較其他模式為小。



表 4.1 石門水庫 16 個雨量測站位置座標

測站編號	雨量測站	X	Y
1	三光	287101.8	2729401
2	十一份	274392.8	2747568
3	巴陵	289999.8	2730971
4	玉峰	280478.8	2728109
5	石門	274279.8	2744891
6	池端	298063.7	2727240
7	秀巒	278862.8	2723571
8	長興	281037.8	2743682
9	高義	286584.8	2733837
10	復興	285522.8	2745702
11	新白石	276365.8	2720232
12	嘎拉賀	290483.8	2726133
13	鞍部	278533.8	2728910
14	霞雲	286898.8	2742827
15	鎮西堡	281063.8	2718605
16	西丘斯山	286852.8	2712949

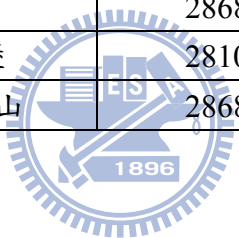


表 4.2 1998~208 年颱風事件

編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度
200813	辛樂克	SINLAKU	09/11~09/16	強烈
200808	鳳凰	FUNG-WONG	07/26~07/29	中度
200613	珊珊	SHANSHAN	09/14~09/16	中度
200609	寶發	BOPHA	08/07~08/09	輕度
200608	桑美	SAOMAI	08/09~08/10	中度
200605	凱米	KAEMI	07/23~07/26	中度
200604	碧利斯	BILIS	07/12~07/15	輕度
200603	艾維尼	EWINIAR	07/07~07/09	中度
200601	珍珠	CHANCHU	05/16~05/18	中度
200519	龍王	LONGWANG	09/30~10/03	強烈
200518	丹瑞	DAMREY	09/21~09/23	中度
200515	卡努	KHANUN	09/09~09/11	中度
200513	泰利	TALIM	08/30~09/01	強烈
200510	珊瑚	SANVU	08/11~08/13	輕度
200509	馬莎	MATSA	08/03~08/06	中度
200505	海棠	HAITANG	07/16~07/20	強烈
200424	納坦	NOCK-TEN	10/23~10/26	中度
200417	艾利	AERE	08/23~08/26	中度
200407	敏督利	MINDULLE	06/28~07/03	中度
200208	娜克莉	NAKRI	07/09~07/10	輕度
200119	利奇馬	LEKIMA	09/23~09/28	中度
200116	納莉	NARI	09/08~09/10	中度
200108	桃芝	TORAJI	07/28~07/31	中度
200105	潭美	TRAMI	07/10~07/11	輕度
200004	啟德	KAI-TAK	07/06~07/10	中度
199802	奧托	OTTO	08/03~08/05	輕度



表 4.3 四種方向數目之角度範圍

方向數目	第一方向	第二方向	第三方向	第四方向
1	-90~90 度			
2	-90~0 度	0~90 度		
3	-90~-30 度	-30~30 度	30~90 度	
4	-90~-45 度	-45~0 度	0~45 度	45~90 度



表 4.4(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	27.051	28.000	15.413	0.916	11.640	29.101	20.157	23.080	18.595	10.629	50.815
	C	2.435	4.330	2.957	0.141	1.723	0.400	2.525	2.593	2.944	0.568	1.433
	MSE	1.741	1.560	1.655	1.423	1.959	6.873	1.757	1.726	1.728	1.827	1.993
2000 啓德	A	40.113	24.554	15.119	1.129	15.654	32.549	33.730	30.323	24.195	4.292	5.802
	C	2.582	3.125	2.349	0.061	1.334	0.383	3.105	2.516	3.599	0.425	2.078
	MSE	0.641	0.622	0.543	0.922	0.832	7.247	0.852	0.656	1.552	0.691	1.844
2001 潭美	A	40.823	39.568	22.241	0.951	23.727	19.702	32.174	35.024	11.000	7.198	9.699
	C	2.276	3.635	3.431	0.081	1.115	0.398	2.680	2.480	2.356	0.427	1.283
	MSE	1.568	1.557	1.724	1.557	1.665	7.807	1.595	1.584	1.732	1.619	1.754
2001 桃芝	A	24.092	13.377	11.471	0.644	13.106	15.911	20.017	18.796	18.852	7.535	14.484
	C	2.656	3.035	2.535	0.342	1.885	0.345	2.723	2.617	3.135	0.618	1.592
	MSE	1.913	1.841	1.862	1.758	2.030	5.976	1.894	1.915	1.917	1.914	2.066
2001 納莉	A	12.652	8.524	7.016	0.475	27.262	17.192	10.836	10.902	6.252	11.182	14.970
	C	1.220	1.412	1.166	0.311	1.092	0.377	1.213	1.222	1.190	0.362	0.888
	MSE	0.688	0.706	0.630	0.785	0.674	7.879	0.669	0.678	0.677	0.752	0.971
2001 利奇馬	A	25.106	20.153	11.764	0.717	39.895	8.772	19.682	19.608	17.193	10.835	14.167
	C	2.395	3.534	2.524	0.251	1.642	0.400	2.413	2.334	2.817	0.576	1.518
	MSE	1.526	1.381	1.522	1.281	1.730	6.903	1.529	1.538	1.542	1.588	1.528
2002 娜克莉	A	12.283	4.585	6.067	0.340	22.336	41.086	11.118	9.466	6.724	17.848	8.072
	C	1.652	1.715	1.743	0.593	1.507	0.414	1.632	1.657	1.644	0.434	0.842
	MSE	0.896	0.894	0.944	0.887	0.824	8.266	0.900	0.902	0.925	0.842	0.861

表 4.4a(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	66.181	37.144	29.812	1.248	16.263	15.212	32.281	41.915	11.324	12.279	10.222
	C	3.534	3.612	5.818	0.047	1.025	0.355	2.600	2.753	2.268	0.378	1.056
	MSE	0.705	0.839	0.782	0.652	1.430	6.105	0.694	0.778	1.161	1.245	1.294
2004 艾利	A	20.672	12.256	10.171	0.598	26.106	31.643	15.633	15.939	14.831	11.336	6.020
	C	1.397	1.694	1.459	0.222	1.073	0.345	1.394	1.390	1.660	0.399	1.318
	MSE	0.722	0.793	0.738	0.894	0.736	6.985	0.719	0.718	0.830	0.817	1.198
2004 納坦	A	10.754	4.946	5.040	0.259	23.468	25.157	10.846	10.808	6.800	12.063	19.484
	C	0.819	0.963	0.854	0.433	0.829	0.316	0.932	0.935	0.931	0.349	0.632
	MSE	0.752	0.692	0.736	0.642	0.757	5.916	0.710	0.709	0.704	0.622	0.906
2005 海棠	A	22.659	14.896	12.358	0.707	20.103	7.866	19.756	19.461	16.420	5.932	13.323
	C	1.610	1.927	1.695	0.163	1.064	0.365	1.451	1.599	1.943	0.383	1.144
	MSE	1.255	1.217	1.268	1.175	1.288	6.911	1.263	1.250	1.305	1.223	1.340
2005 馬莎	A	14.160	3.798	7.160	0.336	24.645	41.147	12.138	12.049	26.330	12.877	8.055
	C	1.145	1.111	1.213	0.439	1.080	0.379	1.152	1.172	4.732	0.324	0.906
	MSE	0.686	0.701	0.681	0.768	0.728	7.697	0.690	0.688	2.374	0.740	1.164
2005 珊瑚	A	58.737	30.538	19.472	0.937	26.690	9.851	21.602	31.522	12.129	12.120	59.455
	C	3.588	3.690	3.111	0.104	1.231	0.437	2.199	2.621	2.397	0.388	1.429
	MSE	0.537	0.490	0.657	0.548	0.869	8.143	0.511	0.520	0.891	0.741	0.658
2005 卡努	A	6.603	5.042	6.453	0.254	22.739	12.877	7.626	6.311	26.231	21.240	8.176
	C	0.934	1.153	0.902	0.430	0.928	0.323	0.884	0.955	3.218	0.421	0.936
	MSE	0.815	0.752	0.821	0.852	0.826	6.347	0.823	0.799	1.645	0.848	1.255

表 4.4b(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	22.662	14.058	10.758	0.578	32.818	14.096	18.737	19.181	17.085	22.268	13.620
	C	1.580	1.884	1.604	0.237	1.113	0.304	1.718	1.433	1.961	0.265	1.161
	MSE	1.013	1.033	1.021	1.050	0.759	6.436	1.119	0.921	1.309	0.698	1.393
2005 龍王	A	24.199	24.229	12.931	0.852	26.434	10.121	19.558	18.815	15.232	8.496	37.029
	C	2.100	3.419	2.366	0.146	1.421	0.462	2.359	1.911	2.248	0.496	1.060
	MSE	1.026	1.059	1.062	1.120	1.090	9.029	1.101	0.993	1.092	1.043	1.377
2006 珍珠	A	34.999	19.873	15.157	0.934	12.449	25.918	20.432	19.590	17.403	5.557	53.427
	C	3.304	3.606	3.429	0.156	1.979	0.359	2.991	2.528	3.543	0.690	1.746
	MSE	1.300	1.317	1.330	1.293	1.757	6.001	1.435	1.431	1.290	1.574	1.410
2006 艾維 尼	A	10.411	6.415	6.454	0.281	23.203	21.738	4.965	6.311	7.077	29.731	13.773
	C	1.796	2.020	1.940	0.927	1.798	0.223	1.780	1.799	1.782	0.449	1.994
	MSE	0.783	0.817	0.837	1.074	0.864	3.937	0.834	0.811	0.759	0.799	1.575
2006 碧利 斯	A	5.430	4.609	6.563	0.277	29.075	14.386	3.785	7.291	23.863	26.210	18.827
	C	1.541	1.878	1.588	0.666	1.499	0.326	1.554	1.489	3.302	0.424	1.166
	MSE	1.118	1.144	1.017	1.032	1.111	6.239	1.129	1.056	1.432	1.121	1.466
2006 凱米	A	33.246	32.148	15.176	1.347	13.701	25.513	20.169	19.332	17.871	13.296	5.277
	C	2.407	3.613	2.378	0.033	1.290	0.328	1.995	1.896	2.400	0.403	1.718
	MSE	1.267	1.192	1.291	1.148	1.481	5.684	1.348	1.357	1.400	1.393	1.626
2006 桑美	A	57.517	32.423	16.094	1.212	22.474	17.006	19.777	19.568	11.294	14.724	5.494
	C	2.407	2.417	1.737	0.034	0.788	0.419	1.302	1.409	1.565	0.383	1.031
	MSE	1.529	1.522	1.538	1.609	1.556	8.155	1.514	1.460	1.584	1.314	1.560

表 4.4c(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	5.126	5.147	5.236	0.315	11.618	29.147	5.439	5.984	3.492	58.786	18.478
	C	1.579	1.632	1.777	0.627	1.507	0.364	1.464	1.692	1.846	0.389	1.081
	MSE	1.179	1.162	1.203	1.053	1.184	6.472	1.198	1.185	1.194	1.147	1.817
2006 珊珊	A	11.051	5.560	4.807	0.350	12.811	15.022	10.742	10.202	10.313	24.242	7.802
	C	1.696	1.992	1.862	0.502	1.597	0.381	1.741	1.694	1.679	0.433	1.340
	MSE	0.963	0.993	1.004	0.962	1.043	7.270	0.928	0.940	0.892	1.020	1.113
2008 鳳凰	A	23.707	16.568	11.920	0.658	18.020	19.405	18.786	19.432	18.706	9.906	13.921
	C	2.390	3.111	2.603	0.288	1.707	0.425	2.574	2.339	2.873	0.561	1.502
	MSE	1.935	1.816	1.904	1.709	2.120	7.505	1.938	1.931	1.921	1.993	1.891
2008 辛樂 克	A	20.835	9.270	10.023	0.577	36.460	12.728	18.432	19.379	16.121	13.267	13.523
	C	1.928	1.997	1.978	0.314	1.486	0.270	2.106	2.200	2.627	0.460	1.496
	MSE	0.770	0.798	0.765	0.849	0.949	4.642	0.756	0.780	0.947	0.886	1.557

表 4.5(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	20.716	9.659	6.355	0.315	16.990	39.178	8.591	7.038	15.107	8.655	13.057
	C	0.961	1.080	0.893	0.385	0.884	0.346	0.846	0.904	1.045	0.369	0.516
	MSE	1.482	1.471	1.515	1.468	1.557	5.702	1.528	1.525	1.462	1.521	1.524
2000 啓德	A	45.639	26.891	26.390	1.190	16.834	19.512	23.287	27.517	12.874	7.587	11.647
	C	2.650	3.061	4.214	0.050	1.416	0.328	2.067	2.252	1.807	0.582	1.144
	MSE	0.774	0.750	1.052	0.992	0.934	5.505	0.784	0.830	0.741	1.179	0.864
2001 潭美	A	16.089	6.818	6.252	0.141	26.051	35.738	14.543	14.821	9.481	6.264	29.219
	C	0.905	1.020	0.911	0.622	0.894	0.288	0.967	0.942	0.973	0.412	0.616
	MSE	1.106	1.099	1.097	1.111	1.144	4.767	1.110	1.113	1.053	1.136	1.222
2001 桃芝	A	41.077	40.548	27.857	0.794	9.522	30.357	24.248	67.243	15.297	8.179	55.274
	C	1.904	3.416	4.042	0.121	1.103	0.365	1.670	3.696	1.428	0.355	0.864
	MSE	1.479	1.461	1.210	1.456	1.770	5.368	1.499	1.429	1.605	1.672	1.481
2001 納莉	A	49.779	26.049	13.161	0.979	19.927	28.575	25.115	25.219	18.123	4.939	7.827
	C	4.461	4.863	2.708	0.155	2.217	0.207	3.386	3.233	2.860	0.770	1.455
	MSE	1.646	1.675	1.780	1.578	2.182	1.932	1.539	1.605	1.872	1.913	2.309
2001 利奇 馬	A	51.048	30.816	23.890	1.400	11.681	16.302	23.204	32.240	14.983	15.589	12.618
	C	3.521	3.473	3.828	0.034	1.408	0.369	2.112	2.628	1.884	0.424	0.991
	MSE	1.438	1.271	1.426	1.736	1.407	6.342	1.332	1.317	1.317	1.383	0.941
2002 娜克 莉	A	8.699	9.739	8.929	0.255	14.341	7.796	5.650	8.898	20.328	8.168	10.341
	C	0.551	0.567	0.512	0.217	0.496	0.318	0.464	0.496	3.211	0.311	1.087
	MSE	1.328	1.340	1.347	1.349	1.360	5.080	1.362	1.349	1.555	1.209	1.670

表 4.5a(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	16.363	7.358	8.060	0.314	32.917	15.250	14.783	14.972	24.158	23.539	10.596
	C	0.863	0.878	0.837	0.323	0.832	0.203	0.969	0.891	2.588	0.270	2.024
	MSE	0.940	0.945	0.953	0.919	1.021	2.486	0.870	0.916	0.421	0.916	1.332
2004 艾利	A	20.323	17.341	11.209	0.850	15.312	19.993	14.862	14.754	13.162	13.523	10.661
	C	1.528	2.234	1.689	0.125	1.374	0.229	1.620	1.535	1.717	0.423	2.691
	MSE	0.890	0.883	0.871	0.920	1.086	3.363	0.915	0.911	0.822	1.030	2.085
2004 納坦	A	24.633	15.568	9.766	0.675	14.348	26.216	12.684	12.456	8.708	17.742	7.582
	C	2.183	2.794	2.007	0.273	1.855	0.360	1.858	1.940	2.104	0.512	1.065
	MSE	1.158	1.178	1.135	1.211	1.417	5.534	1.159	1.178	1.319	1.330	1.957
2005 海棠	A	7.207	7.236	6.851	0.305	48.961	25.497	5.845	8.743	7.782	31.897	11.393
	C	1.180	1.346	1.296	0.518	1.213	0.380	1.218	1.255	1.207	0.314	0.913
	MSE	0.635	0.691	0.684	0.734	0.651	7.152	0.654	0.674	0.648	0.675	0.976
2005 馬莎	A	23.902	24.063	11.229	0.876	20.049	19.751	14.848	14.482	14.068	11.662	11.256
	C	1.810	3.128	1.844	0.130	1.560	0.432	1.610	1.701	1.905	0.458	1.676
	MSE	0.644	0.783	0.656	0.892	0.894	7.437	0.595	0.672	0.681	0.792	1.267
2005 珊瑚	A	35.566	17.933	3.467	0.558	27.831	21.111	20.567	19.847	15.915	12.039	13.791
	C	1.850	2.032	1.250	0.255	1.243	0.273	1.456	1.447	1.483	0.463	0.751
	MSE	1.014	0.967	0.892	0.987	0.886	5.251	0.876	0.892	0.947	1.204	0.539
2005 卡努	A	8.900	7.018	4.960	0.263	17.074	13.954	6.128	6.979	21.697	17.603	6.322
	C	0.700	0.767	0.666	0.289	0.691	0.365	0.669	0.698	2.749	0.385	0.702
	MSE	0.583	0.610	0.579	0.602	0.581	7.072	0.579	0.582	1.618	0.973	0.728

表 4.5b(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	33.691	22.995	19.401	1.257	12.237	21.374	22.095	26.362	18.123	6.200	50.407
	C	3.077	3.878	3.747	0.060	1.969	0.377	2.632	3.044	2.625	0.659	1.394
	MSE	1.188	1.222	1.220	1.363	1.429	5.547	1.192	1.179	1.322	1.315	1.165
2005 龍王	A	6.596	6.200	8.143	0.223	26.618	12.509	6.550	5.566	6.829	27.279	16.035
	C	0.715	0.837	0.715	0.366	0.747	0.331	0.737	0.743	0.710	0.328	0.827
	MSE	1.038	1.018	1.044	1.031	1.030	5.917	1.032	1.031	1.039	1.026	1.425
2006 珍珠	A	68.602	36.285	38.290	0.908	12.505	40.667	28.872	37.792	16.723	10.229	12.017
	C	1.985	1.960	3.766	0.048	0.703	0.322	1.182	1.379	0.905	0.306	0.573
	MSE	0.272	0.307	0.258	0.277	0.524	5.488	0.261	0.284	0.334	0.569	0.497
2006 艾維 尼	A	32.350	34.087	15.454	1.196	4.562	11.144	25.829	19.609	17.477	6.611	7.934
	C	3.008	5.139	2.901	0.070	2.051	0.268	3.041	2.229	2.302	0.657	1.306
	MSE	1.632	1.572	1.547	2.013	1.428	4.590	1.650	1.270	1.298	1.417	1.061
2006 碧利 斯	A	20.790	15.441	9.917	0.710	21.880	22.898	12.648	11.901	10.785	7.259	8.356
	C	1.410	1.971	1.460	0.171	1.291	0.327	1.396	1.275	1.480	0.396	0.886
	MSE	1.111	1.204	1.138	1.271	1.046	6.070	1.110	1.037	1.108	1.064	0.767
2006 凱米	A	54.223	26.942	24.735	0.960	27.311	43.200	21.427	26.596	16.669	9.336	12.907
	C	3.324	3.459	4.444	0.118	1.649	0.292	2.127	2.468	2.118	0.523	1.103
	MSE	1.193	1.185	1.568	1.447	1.252	4.834	1.193	1.290	1.366	1.225	0.981
2006 桑美	A	7.964	6.700	7.474	0.381	20.885	29.048	6.552	7.890	7.388	8.246	15.624
	C	1.486	1.728	1.260	0.527	1.475	0.247	1.458	1.461	1.397	0.448	1.239
	MSE	1.099	1.180	0.870	1.246	1.207	4.486	1.075	1.078	1.025	1.155	1.354



表 4.5c(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	39.886	32.456	16.849	0.971	32.693	17.739	29.142	42.099	11.211	14.786	8.140
	C	2.226	3.227	1.959	0.080	1.255	0.370	2.166	2.707	1.357	0.406	0.758
	MSE	0.949	0.950	0.936	0.899	1.194	5.995	0.911	0.915	1.128	1.157	1.154
2006 珊珊	A	7.470	5.558	5.864	0.229	9.629	16.080	7.944	8.441	19.711	12.716	10.629
	C	0.659	0.856	0.586	0.403	0.679	0.256	0.787	0.724	4.170	0.305	1.539
	MSE	0.444	0.576	0.379	0.569	0.505	4.782	0.554	0.499	2.579	0.832	1.847
2008 鳳凰	A	48.740	46.923	24.450	1.080	25.964	5.559	54.250	33.326	16.300	26.904	12.888
	C	2.129	3.637	2.610	0.043	1.009	0.361	3.428	1.892	1.332	0.410	0.605
	MSE	0.874	0.882	0.921	0.836	0.955	6.229	0.893	0.871	0.942	1.207	0.806
2008 辛樂 克	A	45.688	27.939	27.747	1.145	21.390	30.483	20.273	45.159	13.359	10.193	90.655
	C	2.754	3.361	4.240	0.060	1.467	0.402	1.840	3.530	1.796	0.436	2.330
	MSE	1.380	1.360	1.605	1.665	1.221	7.557	1.218	1.475	1.284	1.175	1.878

表 4.6(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	33.840	26.501	14.687	0.858	11.050	28.045	22.670	21.686	20.125	4.497	47.600
	C	2.485	3.877	2.540	0.149	1.485	0.266	2.393	2.231	2.439	0.586	1.207
	MSE	0.965	0.964	1.002	0.851	1.268	3.670	1.032	1.058	1.138	1.162	1.316
2000 啓德	A	24.030	17.879	11.221	0.885	22.442	52.682	15.817	15.832	13.776	8.961	6.502
	C	1.414	1.993	1.498	0.090	0.988	0.376	1.456	1.391	1.496	0.462	1.130
	MSE	1.034	0.985	0.974	0.941	1.354	5.623	1.005	1.052	0.967	1.087	1.734
2001 潭美	A	15.366	6.674	6.487	0.265	40.066	14.940	10.895	11.127	31.412	10.005	29.353
	C	1.194	1.198	1.283	0.445	0.966	0.246	1.148	1.213	4.707	0.343	1.142
	MSE	1.648	1.662	1.610	1.731	1.814	2.688	1.678	1.646	1.418	1.652	2.057
2001 桃芝	A	33.965	28.822	14.045	1.019	13.111	9.980	21.737	21.233	21.157	8.389	42.807
	C	2.414	4.023	2.507	0.085	1.428	0.304	2.258	2.148	2.406	0.451	1.237
	MSE	1.013	1.072	1.089	0.930	1.208	4.781	1.073	1.080	1.192	1.109	1.449
2001 納莉	A	57.896	29.610	11.563	0.497	7.615	6.118	32.627	40.418	30.115	27.084	4.689
	C	1.583	1.635	0.918	0.191	0.630	0.268	1.235	1.445	2.084	0.296	0.538
	MSE	1.143	1.107	1.068	1.061	1.080	4.494	1.156	1.133	1.312	0.953	1.082
2001 利奇 馬	A	33.975	22.389	15.254	1.228	42.526	27.999	21.032	21.317	21.011	4.839	46.340
	C	2.385	3.191	2.497	0.048	1.365	0.369	2.172	2.228	2.582	0.382	1.201
	MSE	0.992	0.979	0.989	0.647	1.392	5.434	1.085	1.097	1.076	1.309	1.431
2002 娜克 莉	A	5.017	5.435	4.033	0.291	24.419	10.473	7.073	5.361	5.806	16.020	8.049
	C	1.155	1.224	1.327	0.492	1.184	0.384	1.265	1.173	1.213	0.356	1.115
	MSE	0.747	0.615	0.717	0.601	0.753	6.088	0.680	0.722	0.596	0.692	1.200

表 4.6a(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	33.495	21.827	7.130	0.498	22.812	25.837	24.399	23.736	23.908	12.001	16.614
	C	1.456	1.853	1.134	0.248	0.941	0.469	1.408	1.272	1.801	0.377	0.535
	MSE	1.749	1.751	1.898	1.773	1.997	7.241	1.762	1.818	1.719	1.834	2.363
2004 艾利	A	46.803	41.295	13.716	0.954	20.475	9.319	27.557	27.073	13.615	14.189	47.887
	C	1.875	3.127	1.418	0.070	0.867	0.174	1.521	1.516	1.287	0.370	0.742
	MSE	0.990	0.989	0.893	1.075	0.879	2.821	0.967	0.937	0.833	0.928	0.786
2004 納坦	A	10.440	14.329	8.614	0.652	15.226	16.857	26.971	9.488	24.374	44.121	19.078
	C	0.584	0.747	0.631	0.078	0.488	0.350	0.736	0.454	1.012	0.300	0.522
	MSE	0.629	0.631	0.622	0.609	0.690	5.913	0.632	0.716	0.556	0.569	0.798
2005 海棠	A	11.902	5.789	6.431	0.423	29.849	18.846	10.777	11.017	27.589	12.364	8.502
	C	1.261	1.316	1.314	0.342	1.122	0.333	1.263	1.309	3.345	0.342	0.553
	MSE	1.334	1.300	1.338	1.229	1.325	5.037	1.344	1.326	0.757	1.272	1.698
2005 馬莎	A	36.211	28.747	14.296	0.928	25.338	34.892	26.631	28.570	17.794	10.343	49.521
	C	1.767	2.408	1.502	0.070	0.945	0.310	1.604	1.607	1.428	0.233	0.705
	MSE	1.048	1.032	0.989	1.105	0.933	5.446	1.046	1.028	1.137	0.961	0.905
2005 珊瑚	A	39.025	27.029	20.167	1.030	15.388	6.659	21.000	39.563	12.213	7.801	55.228
	C	2.889	3.670	2.979	0.085	1.351	0.323	2.097	3.277	2.236	0.522	1.125
	MSE	0.901	0.942	0.938	0.923	1.355	4.474	1.015	0.932	1.202	1.156	1.022
2005 卡努	A	6.558	4.850	5.602	0.250	47.114	14.283	4.141	5.448	4.047	17.387	12.981
	C	1.464	1.258	1.249	0.704	1.397	0.367	1.422	1.231	1.601	0.370	1.139
	MSE	0.927	0.872	0.850	0.950	0.934	6.357	0.939	0.893	0.998	0.927	1.054

表 4.6b(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	21.543	17.856	9.252	0.741	15.019	34.659	12.690	18.222	30.913	12.476	38.068
	C	1.022	1.370	0.966	0.101	0.736	0.338	0.986	1.020	2.148	0.393	0.721
	MSE	0.832	0.874	0.802	0.923	0.815	6.148	0.765	0.848	1.019	0.997	0.808
2005 龍王	A	9.855	5.103	4.921	0.317	40.871	31.464	8.198	7.293	5.148	10.246	14.571
	C	1.600	1.706	1.550	0.701	1.520	0.326	1.617	1.617	1.368	0.496	0.878
	MSE	0.894	0.878	0.844	1.015	0.929	5.620	0.888	0.912	0.721	0.974	0.989
2006 珍珠	A	32.523	36.549	24.449	1.060	11.096	14.706	34.344	28.593	17.482	8.348	62.556
	C	2.446	4.298	4.519	0.086	1.428	0.288	3.600	2.652	2.387	0.521	1.353
	MSE	1.677	1.565	1.323	1.349	1.982	4.256	1.389	1.609	1.680	1.865	1.543
2006 艾維 尼	A	38.985	43.711	22.205	0.972	15.976	19.913	37.726	31.102	20.754	7.755	56.295
	C	2.241	4.705	2.944	0.093	1.149	0.233	2.859	2.364	2.034	0.468	1.068
	MSE	0.469	0.403	0.393	0.321	0.921	2.991	0.331	0.427	0.787	0.740	0.622
2006 碧利 斯	A	6.885	3.413	4.622	0.330	13.616	31.168	6.399	7.103	5.636	28.620	7.529
	C	1.348	1.647	1.427	0.567	1.338	0.437	1.436	1.446	1.264	0.403	1.356
	MSE	1.441	1.308	1.382	1.234	1.459	6.497	1.391	1.383	1.444	1.332	1.267
2006 凱米	A	39.791	33.950	16.048	1.503	15.927	18.575	21.373	21.363	20.853	8.125	5.706
	C	2.568	3.997	2.464	0.020	1.284	0.425	2.333	2.082	2.272	0.488	1.750
	MSE	0.832	0.843	0.896	1.260	0.564	7.388	0.929	0.804	0.863	0.693	1.636
2006 桑美	A	30.317	32.539	15.338	1.004	26.194	15.895	21.667	21.318	21.318	10.536	39.424
	C	2.041	3.388	2.125	0.082	1.264	0.249	1.890	1.781	2.189	0.365	1.006
	MSE	1.560	1.598	1.642	1.662	1.525	3.730	1.580	1.566	1.524	1.554	1.673

表 4.6c(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	12.283	6.587	6.429	0.478	11.029	37.726	8.099	8.880	29.760	12.219	8.627
	C	1.337	1.455	1.244	0.321	1.172	0.335	1.342	1.357	3.941	0.374	0.751
	MSE	0.772	0.736	0.764	0.662	0.799	5.398	0.790	0.792	0.635	0.742	1.193
2006 珊珊	A	10.008	4.723	4.775	0.370	19.153	14.047	7.422	7.642	16.510	17.336	7.604
	C	1.526	1.402	1.379	0.511	1.397	0.388	1.588	1.549	1.785	0.385	1.607
	MSE	0.687	0.701	0.683	0.782	0.769	6.545	0.691	0.693	0.807	0.762	1.438
2008 鳳凰	A	39.196	22.722	16.595	1.047	14.471	12.650	21.468	21.436	20.812	11.197	54.871
	C	2.775	3.423	2.669	0.084	1.479	0.380	2.437	2.148	2.555	0.435	1.230
	MSE	1.348	1.407	1.359	1.184	1.735	5.848	1.507	1.507	1.496	1.630	1.507
2008 辛樂 克	A	22.783	20.224	11.275	0.796	20.378	38.606	21.223	20.551	18.066	7.116	40.010
	C	1.899	2.761	1.944	0.153	1.301	0.345	2.030	1.987	2.120	0.487	1.149
	MSE	0.595	0.586	0.622	0.605	0.810	5.225	0.590	0.584	0.726	0.651	0.979

表 4.7(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	43.654	48.765	23.198	0.973	30.336	24.928	31.734	62.936	16.089	12.329	65.088
	C	1.233	2.456	1.508	0.040	0.679	0.407	1.305	2.267	1.097	0.394	0.651
	MSE	1.790	1.757	1.734	1.792	1.980	5.746	1.719	1.720	1.690	1.592	1.686
2000 啓德	A	29.695	29.066	33.506	1.016	21.898	28.750	49.788	35.994	17.450	9.850	53.047
	C	1.724	3.265	6.003	0.081	1.279	0.345	3.755	2.633	1.786	0.474	1.105
	MSE	0.822	1.000	1.438	1.156	0.771	6.174	0.977	1.015	1.034	1.030	1.072
2001 潭美	A	78.766	40.320	26.095	1.273	10.091	21.688	36.760	53.994	26.413	13.201	10.763
	C	2.909	3.440	2.862	0.032	1.076	0.310	2.358	2.848	2.760	0.334	1.221
	MSE	0.634	0.830	0.903	1.123	0.659	5.753	0.851	0.750	1.358	0.709	0.975
2001 桃芝	A	29.334	35.346	15.281	0.998	23.438	27.981	19.454	19.617	18.321	11.526	42.619
	C	1.253	2.465	1.344	0.052	0.910	0.349	1.214	1.217	1.388	0.423	0.579
	MSE	2.001	1.940	1.966	1.899	2.202	4.189	1.990	1.997	2.249	1.849	2.201
2001 納莉	A	44.633	19.835	19.618	0.865	17.815	30.003	21.557	23.499	19.186	8.422	46.830
	C	3.387	3.383	3.608	0.134	1.802	0.445	2.388	2.520	2.639	0.571	1.293
	MSE	1.041	1.175	0.972	1.044	1.507	6.791	1.207	1.180	0.922	1.386	1.359
2001 利奇 馬	A	27.234	30.625	15.093	0.874	26.072	10.034	19.600	19.495	18.432	8.121	4.429
	C	1.399	2.607	1.615	0.091	0.982	0.146	1.342	1.413	1.658	0.393	0.847
	MSE	1.010	0.915	0.898	0.843	1.264	1.275	1.017	1.009	1.207	1.096	1.465
2002 娜克 莉	A	9.347	4.950	5.733	0.202	18.214	21.061	7.154	8.509	29.051	6.888	24.501
	C	0.958	1.010	1.051	0.402	0.860	0.282	0.841	0.933	2.657	0.465	0.972
	MSE	1.046	1.016	0.997	1.150	1.098	3.821	1.109	1.058	0.218	0.777	1.272

表 4.7a(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	6.703	6.846	6.016	0.330	15.856	31.854	4.762	13.495	10.627	24.984	9.841
	C	1.423	1.635	1.485	0.570	1.450	0.322	1.444	1.476	1.560	0.376	1.151
	MSE	0.920	0.792	0.877	0.731	0.922	4.718	0.921	0.799	0.668	0.857	1.487
2004 艾利	A	47.487	27.108	23.786	1.074	25.949	7.729	27.719	33.395	22.472	9.304	5.153
	C	2.254	2.861	3.070	0.064	1.168	0.341	1.995	2.267	2.007	0.409	0.990
	MSE	1.007	1.059	1.309	1.296	0.690	6.208	1.083	1.097	0.937	0.874	1.050
2004 納坦	A	17.240	11.686	9.843	0.483	12.754	7.391	14.046	13.200	6.544	6.600	43.152
	C	2.131	2.608	2.235	0.497	1.858	0.410	2.108	2.038	2.014	0.619	1.172
	MSE	1.108	1.117	1.029	1.146	1.374	5.725	1.059	1.141	1.331	1.236	1.087
2005 海棠	A	12.220	4.932	8.622	0.401	15.668	18.595	8.674	8.545	7.538	8.528	37.567
	C	1.066	1.085	1.132	0.300	0.984	0.274	1.044	0.955	1.030	0.321	0.607
	MSE	0.542	0.536	0.558	0.500	0.515	4.637	0.542	0.504	0.535	0.535	0.707
2005 馬莎	A	36.161	32.575	17.437	1.063	36.079	24.402	21.448	31.732	11.399	40.335	55.197
	C	1.848	2.946	1.838	0.060	1.109	0.258	1.527	1.976	1.334	0.342	0.858
	MSE	0.908	0.898	0.921	1.098	0.584	4.563	0.833	0.921	0.849	0.825	0.920
2005 珊瑚	A	20.596	8.234	8.819	0.347	34.408	34.642	19.643	19.382	32.144	14.771	4.456
	C	1.008	1.091	1.009	0.327	0.862	0.408	1.028	1.024	2.984	0.388	0.947
	MSE	0.632	0.631	0.649	0.575	0.583	7.525	0.588	0.591	0.813	0.980	0.746
2005 卡努	A	6.258	5.794	5.466	0.287	16.819	24.819	6.579	5.382	27.997	10.318	28.338
	C	0.782	0.696	1.048	0.282	0.720	0.241	0.735	0.799	2.624	0.297	0.619
	MSE	0.352	0.280	0.499	0.251	0.331	4.009	0.335	0.359	0.876	0.428	0.746

表 4.7b(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	37.010	29.851	21.571	1.222	21.778	20.343	20.344	22.855	16.457	7.428	50.581
	C	2.820	4.183	3.468	0.047	1.599	0.354	2.336	2.299	2.534	0.508	1.088
	MSE	1.226	1.202	1.384	1.326	0.991	5.589	1.231	1.162	1.786	1.016	1.249
2005 龍王	A	7.467	5.271	6.685	0.242	27.893	15.729	8.467	8.111	27.453	9.798	14.697
	C	0.583	0.668	0.724	0.275	0.561	0.401	0.571	0.598	2.099	0.401	0.441
	MSE	1.334	1.282	1.238	1.324	1.349	6.112	1.342	1.324	0.588	0.890	1.715
2006 珍珠	A	55.576	33.541	32.265	0.421	21.435	38.424	51.627	35.879	27.009	8.787	17.241
	C	0.729	0.996	1.570	0.114	0.469	0.389	1.228	0.796	1.031	0.353	0.428
	MSE	2.281	2.232	2.101	2.287	2.266	5.108	2.176	2.187	2.052	1.758	2.428
2006 艾維 尼	A	27.459	27.856	15.864	0.819	25.492	12.283	20.081	19.486	14.010	14.723	4.312
	C	1.744	2.930	2.252	0.142	1.280	0.335	1.674	1.667	2.081	0.382	1.248
	MSE	0.886	0.978	1.166	1.174	0.567	6.111	0.864	0.842	1.245	0.668	1.095
2006 碧利 斯	A	47.200	35.485	11.216	0.678	29.139	19.116	32.973	28.017	24.931	27.083	79.535
	C	1.324	1.906	0.906	0.108	0.719	0.318	1.348	1.104	2.374	0.316	0.860
	MSE	0.665	0.683	0.662	0.688	0.591	6.131	0.722	0.689	1.300	1.071	0.817
2006 凱米	A	23.742	22.137	14.634	0.828	29.422	56.781	19.760	18.799	19.277	16.283	4.456
	C	1.243	2.022	1.525	0.102	0.985	0.300	1.398	1.414	1.635	0.352	1.439
	MSE	1.159	1.100	1.093	1.068	1.281	4.123	1.101	1.071	1.366	1.111	0.673
2006 桑美	A	14.149	6.042	7.096	0.368	24.675	17.739	10.586	8.679	27.711	11.929	31.126
	C	1.171	1.233	1.144	0.384	1.083	0.409	1.133	1.136	3.150	0.340	0.857
	MSE	0.806	0.810	0.773	0.797	0.758	7.700	0.775	0.809	1.553	0.829	1.036



表 4.7c(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	19.828	6.986	7.480	0.313	29.908	22.626	15.238	14.251	10.241	19.340	8.264
	C	1.080	1.152	1.136	0.391	0.987	0.320	1.138	1.109	1.131	0.345	0.841
	MSE	1.195	1.172	1.194	1.148	1.228	4.847	1.192	1.198	1.223	1.160	0.973
2006 珊珊	A	13.714	11.506	9.724	0.386	8.020	16.564	9.625	8.888	27.521	9.702	22.477
	C	0.486	0.489	0.456	0.117	0.386	0.216	0.512	0.450	1.133	0.337	0.598
	MSE	0.222	0.180	0.207	0.173	0.195	3.837	0.236	0.209	0.283	0.754	0.512
2008 鳳凰	A	24.457	22.729	13.277	0.830	14.241	19.919	20.447	19.665	14.652	14.312	13.729
	C	0.971	1.493	1.031	0.075	0.733	0.401	1.013	0.994	1.166	0.474	0.748
	MSE	1.064	1.059	1.054	1.006	1.212	6.099	1.050	1.048	0.832	0.712	1.426
2008 辛樂 克	A	24.683	24.325	14.304	0.660	30.573	9.494	19.507	19.597	19.487	10.970	39.638
	C	1.269	2.102	1.495	0.162	0.973	0.270	1.269	1.346	1.325	0.345	0.766
	MSE	0.797	0.858	0.868	0.876	0.703	5.047	0.793	0.861	0.601	0.888	0.839

表 4.8(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	25.727	10.770	5.705	0.552	21.343	23.899	20.718	19.952	19.043	10.325	42.853
	C	2.048	2.108	1.563	0.335	1.428	0.322	2.081	1.950	2.408	0.501	1.074
	MSE	1.262	1.262	1.350	1.182	1.336	5.593	1.234	1.253	1.100	1.304	1.638
2000 啓德	A	22.405	16.283	10.108	0.653	20.610	37.607	15.817	15.514	11.684	13.598	38.706
	C	1.869	2.500	1.948	0.254	1.264	0.298	1.792	1.864	1.652	0.342	1.096
	MSE	1.211	1.200	1.249	1.220	1.297	5.150	1.243	1.270	1.300	1.278	1.549
2001 潭美	A	17.102	11.327	7.979	0.511	15.847	9.933	13.245	14.337	10.313	6.657	31.939
	C	1.608	1.993	1.630	0.355	1.248	0.327	1.637	1.658	1.585	0.418	0.916
	MSE	1.279	1.205	1.276	1.170	1.374	5.492	1.287	1.271	1.299	1.287	1.747
2001 桃芝	A	25.327	22.961	9.400	0.791	40.900	23.559	11.965	23.021	19.576	10.791	48.666
	C	2.240	3.354	1.958	0.184	1.424	0.277	1.779	2.171	2.788	0.493	1.119
	MSE	1.295	1.257	1.297	1.306	1.218	4.861	1.317	1.195	1.215	1.234	1.240
2001 納莉	A	12.394	9.582	9.314	0.446	19.487	16.487	13.833	16.415	7.236	8.982	17.037
	C	0.682	0.941	0.947	0.193	0.643	0.409	0.754	0.788	0.652	0.242	0.638
	MSE	1.182	1.227	1.205	1.261	1.191	8.493	1.194	1.234	1.189	1.204	1.183
2001 利奇 馬	A	33.962	37.921	9.961	0.816	25.367	35.260	24.094	30.762	19.609	14.243	47.726
	C	2.534	4.587	1.939	0.173	1.375	0.359	2.334	2.799	2.710	0.378	1.114
	MSE	1.239	1.192	1.382	1.214	1.425	6.263	1.226	1.201	1.140	1.374	1.487
2002 娜克 莉	A	12.246	3.927	5.117	0.373	20.403	16.680	11.644	10.650	11.084	9.214	25.354
	C	1.457	1.474	1.245	0.480	1.365	0.247	1.489	1.505	1.534	0.420	1.081
	0.76	0.786	0.650	0.777	4.310	0.786	0.789	0.794	0.702	1.103	0.815	0.805

表 4.8a(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	29.194	34.730	14.470	0.824	9.905	24.176	28.452	25.693	14.317	20.470	6.490
	C	1.576	2.860	1.801	0.100	0.941	0.470	2.006	1.639	1.589	0.338	0.981
	MSE	1.113	1.002	1.037	0.972	1.390	8.556	0.922	1.073	1.138	1.249	1.455
2004 艾利	A	31.592	30.442	11.432	0.876	18.174	13.061	18.048	17.864	17.859	8.350	42.552
	C	1.539	2.583	1.401	0.087	0.912	0.365	1.383	1.212	1.444	0.413	0.692
	MSE	1.536	1.600	1.441	1.681	1.561	6.994	1.393	1.447	1.684	1.459	1.274
2004 納坦	A	7.841	9.696	11.440	0.592	13.559	24.652	17.224	12.546	26.338	12.019	8.324
	C	0.751	0.850	0.791	0.137	0.617	0.397	0.873	0.729	1.649	0.409	0.336
	MSE	1.354	1.350	1.353	1.304	1.414	7.497	1.299	1.363	1.299	1.220	1.787
2005 海棠	A	27.934	9.998	7.985	0.414	9.804	13.633	17.013	20.931	18.689	11.720	47.358
	C	1.575	1.465	1.126	0.397	1.020	0.322	1.349	1.415	1.584	0.310	0.791
	MSE	1.257	1.315	1.434	1.203	1.482	5.179	1.348	1.319	1.378	1.409	1.543
2005 馬莎	A	21.207	14.949	10.071	0.662	20.288	9.345	17.921	17.606	17.595	10.776	43.459
	C	1.273	1.693	1.287	0.170	0.954	0.278	1.356	1.282	1.491	0.307	0.725
	MSE	1.443	1.528	1.443	1.609	1.543	5.163	1.398	1.424	1.713	1.536	1.256
2005 珊瑚	A	46.863	29.137	16.334	1.204	16.099	15.829	20.612	44.289	20.127	9.909	49.583
	C	2.839	3.212	2.466	0.042	1.149	0.316	1.962	3.600	1.910	0.438	0.968
	MSE	0.940	1.042	1.024	0.771	1.454	5.028	1.196	0.896	1.168	1.283	1.420
2005 卡努	A	7.043	2.442	6.447	0.322	16.391	12.797	5.132	5.776	3.110	8.207	7.294
	C	1.472	1.225	1.465	0.582	1.355	0.426	1.184	1.334	1.342	0.395	1.170
	MSE	1.158	1.235	1.159	1.273	1.188	8.213	1.251	1.195	1.192	1.267	0.969

表 4.8b(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	13.502	7.074	8.031	0.326	16.924	10.777	11.751	11.274	31.051	5.570	30.563
	C	1.043	1.064	1.198	0.376	0.824	0.317	1.047	1.087	3.017	0.443	0.711
	MSE	0.972	1.007	1.039	1.041	0.949	6.500	0.971	0.980	1.677	1.188	0.927
2005 龍王	A	17.522	10.458	7.322	0.609	13.448	11.875	15.769	15.280	6.776	24.437	35.765
	C	1.494	1.901	1.523	0.252	1.253	0.340	1.680	1.862	1.417	0.376	0.929
	MSE	1.111	1.195	1.125	1.327	1.146	6.481	1.096	1.143	1.131	1.158	0.900
2006 珍珠	A	58.218	45.157	27.063	1.017	11.240	10.471	36.967	49.284	17.823	8.947	80.322
	C	4.214	5.060	4.614	0.097	1.225	0.312	3.778	4.679	2.583	0.372	1.468
	MSE	0.967	0.891	0.710	0.924	1.263	5.257	0.923	1.038	1.215	1.169	0.530
2006 艾維 尼	A	14.983	10.289	6.581	0.545	26.121	16.011	11.473	10.207	6.035	7.972	2.472
	C	1.478	1.746	1.394	0.289	1.200	0.209	1.436	1.406	1.495	0.422	0.617
	MSE	0.981	0.929	1.046	0.869	1.198	2.772	1.015	1.037	0.973	0.989	1.824
2006 碧利 斯	A	35.057	24.497	11.195	0.860	13.186	14.025	39.459	26.963	17.810	18.309	46.164
	C	2.171	2.892	1.754	0.123	1.198	0.390	3.310	2.148	2.129	0.348	0.979
	MSE	1.286	1.283	1.241	1.340	1.382	6.895	1.387	1.282	1.048	1.349	1.312
2006 凱米	A	31.641	33.998	17.143	0.965	14.072	17.984	23.281	40.313	19.937	16.670	51.830
	C	2.063	3.517	2.391	0.089	1.165	0.304	1.944	2.933	2.205	0.344	1.163
	MSE	1.321	1.364	1.361	1.467	1.316	5.574	1.307	1.418	1.607	1.307	1.255
2006 桑美	A	8.104	7.341	4.848	0.274	8.806	5.739	7.879	8.169	6.365	7.752	15.731
	C	1.302	1.616	1.456	0.683	1.273	0.400	1.324	1.340	1.486	0.458	0.881
	MSE	1.362	1.251	1.336	1.174	1.369	6.833	1.357	1.354	1.333	1.212	1.772

表 4.8c(空間-90~0 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	15.768	9.507	5.741	0.477	5.903	7.836	12.410	10.776	22.180	22.616	9.141
	C	1.268	1.521	1.239	0.313	1.071	0.222	1.278	1.204	2.342	0.275	0.705
	MSE	1.277	1.227	1.291	1.184	1.312	3.612	1.292	1.295	1.147	1.295	1.561
2006 珊珊	A	22.283	18.971	9.212	0.649	24.191	34.065	16.834	17.327	17.139	7.625	45.113
	C	2.051	3.023	1.993	0.279	1.435	0.497	2.049	2.154	2.405	0.428	1.147
	MSE	1.148	1.346	1.125	1.446	1.171	9.603	1.130	1.128	1.364	1.243	0.875
2008 鳳凰	A	60.320	38.384	16.476	0.984	39.969	11.421	30.978	30.711	20.468	6.287	55.554
	C	3.825	5.081	2.685	0.103	1.305	0.373	3.021	2.770	2.528	0.523	1.168
	MSE	1.171	1.240	1.218	1.199	1.446	6.497	1.188	1.206	1.212	1.339	1.265
2008 辛樂 克	A	16.735	9.500	8.414	0.605	22.062	17.114	12.229	11.979	5.910	6.154	36.996
	C	1.805	2.082	1.792	0.308	1.457	0.330	1.781	1.757	1.597	0.538	1.059
	MSE	1.258	1.226	1.250	1.237	1.318	5.627	1.273	1.274	1.289	1.241	1.581

表 4.9(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	14.436	13.137	8.604	0.252	10.280	17.791	7.961	8.681	5.461	7.544	4.481
	C	0.668	1.033	0.727	0.333	0.630	0.275	0.767	0.733	0.752	0.384	0.509
	MSE	1.262	1.262	1.350	1.182	1.336	5.593	1.234	1.253	1.100	1.304	1.638
2000 啓德	A	50.468	52.620	28.219	0.976	12.958	12.739	28.743	57.240	17.022	8.486	14.777
	C	1.799	2.521	2.733	0.052	0.579	0.342	1.364	2.322	1.857	0.417	0.693
	MSE	1.211	1.200	1.249	1.220	1.297	5.150	1.243	1.270	1.300	1.278	1.549
2001 潭美	A	53.307	29.180	32.709	0.991	8.962	13.879	29.389	45.062	14.676	14.889	10.884
	C	2.424	2.311	3.856	0.075	0.884	0.296	1.752	2.498	1.445	0.373	0.738
	MSE	1.279	1.205	1.276	1.170	1.374	5.492	1.287	1.271	1.299	1.287	1.747
2001 桃芝	A	51.605	45.590	25.663	0.757	25.103	26.645	42.650	39.099	19.421	5.716	13.544
	C	1.688	2.375	2.259	0.099	0.659	0.277	2.024	1.593	1.699	0.365	0.903
	MSE	1.295	1.257	1.297	1.306	1.218	4.861	1.317	1.195	1.215	1.234	1.240
2001 納莉	A	39.852	23.084	21.672	1.062	17.315	36.289	30.827	30.835	18.985	9.773	52.534
	C	2.856	3.301	4.069	0.086	1.414	0.313	3.273	3.129	3.308	0.485	1.439
	MSE	1.182	1.227	1.205	1.261	1.191	8.493	1.194	1.234	1.189	1.204	1.183
2001 利奇 馬	A	53.000	84.549	36.810	0.950	11.658	9.168	23.021	51.358	17.107	11.556	14.277
	C	1.706	3.658	3.768	0.057	0.645	0.348	1.060	1.905	1.965	0.354	0.910
	MSE	1.239	1.192	1.382	1.214	1.425	6.263	1.226	1.201	1.140	1.374	1.487
2002 娜克 莉	A	9.235	5.787	5.428	0.297	10.321	12.988	6.628	8.082	27.847	24.664	27.279
	C	1.141	1.286	1.083	0.530	1.112	0.295	1.173	1.182	3.730	0.314	0.807
	0.76	0.786	0.650	0.777	4.310	0.786	0.789	0.794	0.702	1.103	0.815	0.805

表 4.9a(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	41.784	31.531	21.981	1.005	26.948	51.073	24.260	23.267	23.075	15.091	9.282
	C	2.242	2.926	2.845	0.069	1.089	0.392	1.707	1.634	2.378	0.341	1.109
	MSE	1.113	1.002	1.037	0.972	1.390	8.556	0.922	1.073	1.138	1.249	1.455
2004 艾利	A	71.151	35.295	19.630	0.912	12.906	12.188	34.688	36.568	16.405	9.943	51.738
	C	3.852	3.988	3.131	0.106	1.140	0.392	2.716	2.790	1.596	0.358	1.210
	MSE	1.536	1.600	1.441	1.681	1.561	6.994	1.393	1.447	1.684	1.459	1.274
2004 納坦	A	12.779	4.925	8.280	0.319	18.016	24.241	11.110	10.674	10.348	9.698	31.556
	C	1.935	1.859	2.055	0.803	1.756	0.288	1.990	1.782	1.923	0.586	1.044
	MSE	1.354	1.350	1.353	1.304	1.414	7.497	1.299	1.363	1.299	1.220	1.787
2005 海棠	A	10.637	5.490	7.208	0.388	19.697	25.728	6.807	6.185	27.414	7.350	31.163
	C	1.257	1.250	1.382	0.427	1.191	0.390	1.190	1.230	3.039	0.440	0.696
	MSE	1.257	1.315	1.434	1.203	1.482	5.179	1.348	1.319	1.378	1.409	1.543
2005 馬莎	A	42.383	19.398	17.110	0.661	13.391	41.644	35.313	20.912	9.181	13.031	49.233
	C	2.183	2.288	2.358	0.186	1.170	0.310	2.725	1.529	1.302	0.442	1.114
	MSE	1.443	1.528	1.443	1.609	1.543	5.163	1.398	1.424	1.713	1.536	1.256
2005 珊瑚	A	12.812	5.932	4.942	0.187	19.208	28.230	10.286	10.323	10.664	3.603	30.094
	C	0.990	1.026	1.005	0.550	0.916	0.316	1.005	1.004	1.016	0.371	0.593
	MSE	0.940	1.042	1.024	0.771	1.454	5.028	1.196	0.896	1.168	1.283	1.420
2005 卡努	A	8.311	5.797	5.999	0.144	6.305	16.261	7.744	5.389	27.807	10.240	22.443
	C	0.873	0.987	0.888	0.588	0.894	0.407	0.916	0.971	2.717	0.612	0.734
	MSE	1.158	1.235	1.159	1.273	1.188	8.213	1.251	1.195	1.192	1.267	0.969

表 4.9b(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	41.320	29.570	27.112	1.095	21.083	15.119	25.326	52.972	19.041	12.778	64.608
	C	2.586	3.737	4.545	0.073	1.288	0.272	2.429	4.225	2.882	0.416	1.355
	MSE	0.972	1.007	1.039	1.041	0.949	6.500	0.971	0.980	1.677	1.188	0.927
2005 龍王	A	8.900	6.384	5.182	0.339	12.218	36.014	8.566	8.582	7.651	11.341	23.494
	C	0.850	0.867	0.869	0.312	0.808	0.278	0.802	0.845	0.906	0.376	0.541
	MSE	1.111	1.195	1.125	1.327	1.146	6.481	1.096	1.143	1.131	1.158	0.900
2006 珍珠	A	59.094	21.811	32.721	0.419	23.101	25.383	30.908	31.551	14.443	16.568	13.382
	C	0.966	0.843	1.906	0.145	0.459	0.375	0.760	0.729	0.514	0.414	0.512
	MSE	0.967	0.891	0.710	0.924	1.263	5.257	0.923	1.038	1.215	1.169	0.530
2006 艾維 尼	A	50.456	49.482	30.277	0.959	24.190	16.895	23.339	49.171	18.007	7.281	13.983
	C	2.056	2.814	4.018	0.063	0.726	0.195	1.397	2.393	2.279	0.409	1.193
	MSE	0.981	0.929	1.046	0.869	1.198	2.772	1.015	1.037	0.973	0.989	1.824
2006 碧利 斯	A	21.389	29.323	12.602	0.718	12.938	19.223	16.090	16.155	13.287	12.914	36.543
	C	1.187	2.436	1.374	0.139	0.907	0.369	1.192	1.119	1.170	0.474	0.601
	MSE	1.286	1.283	1.241	1.340	1.382	6.895	1.387	1.282	1.048	1.349	1.312
2006 凱米	A	8.714	18.176	5.946	0.535	36.571	15.039	8.388	21.377	17.252	24.653	14.130
	C	0.786	1.401	0.829	0.184	0.773	0.435	0.817	1.033	1.968	0.435	1.096
	MSE	1.321	1.364	1.361	1.467	1.316	5.574	1.307	1.418	1.607	1.307	1.255
2006 桑美	A	9.161	9.113	7.452	0.423	11.540	21.010	11.583	11.785	6.625	10.624	39.106
	C	0.843	0.995	1.029	0.257	0.815	0.386	0.888	0.758	0.971	0.409	0.484
	MSE	1.362	1.251	1.336	1.174	1.369	6.833	1.357	1.354	1.333	1.212	1.772



表 4.9c(空間 0~90 度)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	7.534	5.251	5.395	0.392	24.165	27.359	13.233	6.879	26.338	11.169	40.839
	C	0.953	1.069	0.906	0.315	0.935	0.379	0.971	0.840	2.358	0.600	0.585
	MSE	1.277	1.227	1.291	1.184	1.312	3.612	1.292	1.295	1.147	1.295	1.561
2006 珊珊	A	14.540	8.169	7.357	0.333	21.414	15.433	14.871	11.963	36.601	41.085	43.988
	C	0.649	0.549	0.614	0.215	0.525	0.369	0.636	0.553	1.516	0.392	0.348
	MSE	1.148	1.346	1.125	1.446	1.171	9.603	1.130	1.128	1.364	1.243	0.875
2008 鳳凰	A	11.468	9.667	4.565	0.353	37.306	17.542	6.121	8.351	17.885	21.532	14.058
	C	0.686	0.838	0.759	0.234	0.637	0.340	0.670	0.686	1.534	0.278	0.952
	MSE	1.171	1.240	1.218	1.199	1.446	6.497	1.188	1.206	1.212	1.339	1.265
2008 辛樂 克	A	52.441	42.898	26.310	0.951	17.377	33.702	22.842	22.803	17.929	12.369	14.317
	C	1.487	2.149	1.947	0.051	0.556	0.324	0.884	0.871	1.516	0.419	0.721
	MSE	1.258	1.226	1.250	1.237	1.318	5.627	1.273	1.274	1.289	1.241	1.581

表 4.10 (時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	0.235	0.249	0.327	0.653	0.679	0.380	0.404	0.411	0.314	1.610	1.347
	C	30.155	38.833	41.940	69.113	20.023	43.575	32.767	32.711	36.287	23.085	24.811
	MSE	15.194	12.143	12.804	9.877	22.726	16.871	15.295	15.023	14.836	23.550	15.844
2000 啓德	A	1.109	0.582	0.389	0.750	0.362	0.290	0.782	0.820	1.076	1.048	1.218
	C	24.221	24.885	18.397	24.656	6.417	28.892	22.355	21.888	34.132	28.870	9.368
	MSE	8.656	9.765	10.699	8.783	17.602	8.763	9.130	9.203	14.040	10.787	12.053
2001 潭美	A	0.184	0.305	0.122	0.552	1.136	0.491	0.243	0.223	0.127	1.402	0.269
	C	23.673	38.924	24.449	52.051	17.564	40.256	29.623	31.757	31.832	20.754	23.133
	MSE	20.294	14.919	19.954	12.413	23.881	16.268	17.998	17.554	17.885	24.956	22.000
2001 桃芝	A	0.605	0.233	0.244	0.686	1.061	0.164	0.649	0.415	0.318	1.660	1.257
	C	35.031	20.390	30.536	49.998	13.339	49.121	49.115	31.257	29.864	16.449	17.878
	MSE	8.895	20.516	11.726	8.038	24.724	12.789	8.403	10.708	12.785	24.613	15.099
2001 納莉	A	0.840	0.513	0.171	0.627	0.939	0.652	0.862	0.816	0.611	1.087	1.573
	C	16.171	20.505	11.150	18.320	5.814	25.884	23.016	19.249	25.589	23.788	8.544
	MSE	7.762	7.419	9.914	7.346	13.215	5.394	5.550	6.572	4.735	7.755	8.139
2001 利奇 馬	A	0.790	0.854	0.535	0.870	0.231	0.355	0.754	1.024	0.355	1.063	1.528
	C	13.594	23.933	19.171	18.803	4.835	21.319	14.728	19.346	11.057	20.437	7.893
	MSE	5.803	5.970	7.187	6.282	2.815	7.161	5.636	6.388	4.093	4.661	6.596
2002 娜克 莉	A	0.126	0.175	0.114	0.467	0.708	0.437	0.133	0.206	0.114	1.264	0.180
	C	11.042	14.788	11.555	16.521	7.362	26.872	11.565	11.989	10.405	16.476	6.429
	MSE	8.927	6.453	8.619	7.362	12.182	6.211	8.509	8.202	9.505	9.678	13.284

表 4.10a(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	0.760	0.246	0.322	1.085	0.158	0.327	0.664	0.441	0.241	1.155	1.049
	C	33.083	32.491	29.260	55.011	11.105	40.724	32.365	24.339	22.115	20.224	12.599
	MSE	11.752	10.355	11.556	8.660	16.645	8.182	11.590	11.885	12.065	13.384	15.141
2004 艾利	A	0.396	0.213	0.150	1.065	0.323	0.314	0.256	0.329	0.242	1.116	1.123
	C	7.121	7.794	6.189	15.169	3.331	14.440	6.550	6.837	6.628	12.055	4.017
	MSE	6.859	6.765	6.959	6.129	18.047	10.457	4.807	4.503	8.345	23.207	14.029
2004 納坦	A	0.260	0.273	0.240	0.659	0.685	0.653	0.471	0.699	0.308	1.131	0.978
	C	36.524	38.576	35.515	66.448	17.881	36.524	36.525	48.877	41.429	20.890	24.946
	MSE	6.168	5.903	6.319	10.173	18.066	16.734	5.656	5.789	6.640	18.601	12.372
2005 海棠	A	1.261	0.137	0.564	0.578	0.480	0.668	0.855	1.170	0.544	1.177	1.682
	C	22.300	11.027	20.596	19.369	6.082	23.459	20.487	24.336	21.657	17.679	7.995
	MSE	6.317	6.916	6.273	6.278	9.080	6.629	6.289	6.305	6.564	6.659	5.953
2005 馬莎	A	0.460	0.293	0.301	0.791	0.500	0.743	0.408	0.462	0.448	1.379	1.032
	C	29.348	36.353	31.135	53.939	13.092	71.191	30.245	30.409	36.353	17.865	16.901
	MSE	7.242	5.950	4.469	15.024	17.155	14.993	5.263	10.083	6.815	22.452	13.486
2005 珊瑚	A	0.472	0.154	0.243	0.724	0.646	0.371	0.409	0.420	0.322	1.199	1.091
	C	27.609	27.329	28.744	48.407	13.065	39.528	32.670	32.457	28.268	12.722	17.088
	MSE	1.180	1.129	1.023	3.401	2.845	3.133	1.073	1.074	1.158	1.020	2.529
2005 卡努	A	0.490	0.336	0.213	0.751	0.312	0.432	0.384	0.379	0.250	1.273	1.193
	C	19.037	25.351	20.181	34.525	8.692	35.958	19.748	18.568	18.692	19.834	12.543
	MSE	7.127	9.216	9.114	6.439	22.036	9.266	7.528	12.228	14.280	20.866	19.376

表 4.10b(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	0.135	0.174	0.078	0.527	0.870	0.360	0.182	0.173	0.097	1.102	0.344
	C	12.788	16.428	12.813	24.774	8.096	30.563	14.446	12.714	12.789	24.004	9.021
	MSE	10.857	6.317	8.023	8.252	21.176	16.152	7.241	12.361	14.421	28.843	20.165
2005 龍王	A	0.447	0.335	0.257	0.864	0.502	0.307	0.530	0.431	0.318	1.243	1.117
	C	30.727	38.254	40.028	63.072	14.279	33.487	35.640	31.248	31.962	20.996	18.347
	MSE	10.246	10.845	13.945	13.237	17.940	17.375	9.521	9.803	13.445	17.792	17.494
2006 珍珠	A	0.181	0.238	0.139	0.653	0.224	0.613	0.107	0.158	0.160	1.589	0.201
	C	23.512	29.339	15.560	42.997	14.381	31.737	19.151	22.293	22.021	30.965	15.571
	MSE	11.064	8.578	11.568	9.640	14.879	8.340	11.387	11.087	9.663	11.283	10.881
2006 艾維 尼	A	0.293	0.230	0.186	0.688	0.315	0.714	0.198	0.202	0.107	1.253	0.578
	C	25.839	30.799	29.054	46.864	13.306	35.195	24.331	27.083	21.916	28.034	17.734
	MSE	22.480	20.175	20.220	14.425	32.789	24.650	23.627	21.522	25.523	28.702	28.400
2006 碧利 斯	A	0.166	0.175	0.129	0.379	0.236	0.337	0.120	0.156	0.141	1.223	0.199
	C	14.440	19.597	14.204	19.620	9.327	32.487	13.991	14.440	16.722	22.912	13.902
	MSE	17.583	17.447	23.051	15.949	23.357	21.080	20.073	18.222	18.407	17.250	20.155
2006 凱米	A	0.342	0.181	0.186	0.665	0.234	0.825	0.292	0.143	0.220	1.539	0.573
	C	31.717	47.647	27.284	56.713	19.273	43.335	38.258	29.049	29.415	26.750	26.120
	MSE	8.462	9.813	11.665	18.890	15.401	13.762	9.404	8.256	8.370	16.524	4.252
2006 桑美	A	0.479	0.231	0.291	0.686	0.219	0.193	0.350	0.212	0.424	1.437	1.026
	C	31.405	42.140	43.635	60.800	17.343	39.509	37.261	27.906	32.978	11.901	23.610
	MSE	9.834	8.457	9.863	6.384	12.930	6.488	9.099	9.924	9.840	9.159	11.319

表 4.10c(時間)各理論半異數模式率定成果表(6 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	0.447	0.298	0.169	1.052	0.550	0.536	0.422	0.303	0.230	2.110	1.361
	C	34.127	51.317	24.205	95.000	17.398	35.881	41.872	37.682	34.001	19.013	24.672
	MSE	5.733	2.759	5.526	3.926	14.269	7.800	6.987	5.723	4.943	9.534	13.692
2006 珊珊	A	0.167	0.285	0.262	0.462	0.427	0.551	0.205	0.287	0.339	1.534	0.198
	C	28.739	37.207	33.171	44.287	18.173	47.746	29.615	28.894	33.875	21.324	18.393
	MSE	11.230	11.503	11.475	7.439	16.433	8.017	11.365	11.427	12.194	11.040	14.615
2008 鳳凰	A	0.377	0.208	0.144	0.600	0.386	0.654	0.269	0.289	0.216	1.070	0.638
	C	13.635	13.965	13.234	23.974	6.671	27.103	13.375	13.310	12.321	24.807	8.595
	MSE	8.597	9.147	10.365	9.128	15.280	12.608	8.570	9.247	13.969	16.943	15.245
2008 辛樂 克	A	0.319	0.210	0.173	0.534	0.538	0.109	0.210	0.212	0.234	1.778	1.030
	C	23.614	29.929	24.136	37.742	13.565	43.625	21.955	23.748	25.248	21.910	13.574
	MSE	25.383	16.404	32.860	5.455	38.459	32.727	20.148	22.767	25.479	36.629	21.236

表 4.11 (時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	0.522	0.267	0.115	0.605	0.991	0.315	0.195	0.406	0.345	2.181	0.308
	C	41.656	40.003	33.537	64.334	19.649	60.015	33.400	38.595	47.378	22.741	18.771
	MSE	4.212	4.487	4.940	3.443	10.694	6.121	4.484	4.431	5.364	3.351	9.657
2000 啓德	A	1.004	0.817	0.456	0.779	0.231	0.488	0.848	1.240	0.429	1.154	1.370
	C	23.978	36.712	24.141	29.770	7.155	31.753	24.983	34.675	17.129	28.859	9.633
	MSE	5.881	5.147	5.524	4.117	2.444	6.200	6.192	5.584	4.218	3.516	6.919
2001 潭美	A	0.206	0.151	0.133	0.468	1.132	0.479	0.146	0.162	0.091	1.282	0.263
	C	25.386	26.582	29.960	38.610	16.490	39.155	22.561	27.608	17.361	39.986	17.176
	MSE	7.164	5.827	7.160	4.780	10.354	4.782	7.248	4.982	4.928	6.848	9.632
2001 桃芝	A	0.406	0.231	0.331	0.653	0.541	0.312	0.425	0.297	0.304	1.287	1.068
	C	41.021	33.307	35.889	60.828	16.589	35.002	39.964	37.518	36.848	19.309	19.054
	MSE	5.993	9.189	9.561	7.117	20.684	16.626	5.824	6.220	8.437	24.193	18.603
2001 納莉	A	0.423	0.434	0.195	0.888	0.256	0.599	0.311	0.951	0.585	1.191	1.183
	C	14.003	21.330	14.202	25.387	6.487	27.630	13.678	24.062	24.867	18.446	7.899
	MSE	20.434	19.704	18.712	15.258	25.516	17.256	21.774	19.651	24.755	17.862	23.812
2001 利奇 馬	A	1.140	0.543	0.484	0.598	0.764	0.393	1.055	0.890	0.364	1.005	1.767
	C	15.557	15.556	14.246	12.143	4.400	18.227	19.220	14.842	10.310	17.468	8.157
	MSE	9.474	8.990	10.399	8.457	17.335	9.822	10.412	9.594	12.021	10.144	11.950
2002 娜克 莉	A	0.495	0.197	0.154	0.586	0.495	0.371	0.401	0.367	0.224	1.215	0.993
	C	16.927	16.874	15.468	25.264	8.314	33.541	16.942	16.461	15.366	29.984	10.390
	MSE	10.553	11.588	13.402	7.534	23.257	10.242	13.412	11.663	14.616	19.848	28.577

表 4.11a(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	0.435	0.228	0.384	0.947	0.584	0.411	0.493	0.334	0.329	2.290	1.754
	C	28.763	34.607	30.545	61.735	11.968	34.348	33.902	29.773	30.686	14.145	23.798
	MSE	11.318	10.893	11.191	8.824	16.956	7.876	11.652	11.798	12.110	13.469	16.830
2004 艾利	A	0.407	0.188	0.164	0.643	0.751	0.439	0.263	0.301	0.225	1.024	0.880
	C	5.734	5.987	5.620	9.143	2.879	12.072	5.608	5.762	5.508	10.431	3.621
	MSE	3.917	4.803	12.944	8.378	13.618	7.923	4.187	5.121	10.680	13.413	14.794
2004 納坦	A	0.920	0.280	0.309	0.706	0.148	0.527	0.306	0.406	0.173	1.009	0.844
	C	51.688	30.396	45.727	71.521	17.566	33.500	31.442	28.853	38.682	26.622	22.605
	MSE	6.209	9.334	7.783	17.091	13.277	10.174	6.294	6.125	5.937	16.286	10.270
2005 海棠	A	0.122	0.106	0.619	0.664	0.655	0.278	1.416	0.837	0.557	1.117	0.201
	C	8.774	8.992	22.475	17.032	5.899	21.681	30.011	14.887	18.927	21.114	7.576
	MSE	7.949	7.765	6.483	6.294	9.390	6.507	6.494	6.374	5.635	6.413	10.644
2005 馬莎	A	0.473	0.178	0.316	0.784	0.238	0.176	0.445	0.379	0.219	2.107	1.022
	C	34.067	38.403	39.251	64.624	15.175	51.674	36.130	34.068	29.811	10.856	20.321
	MSE	10.035	9.746	7.236	16.788	17.168	15.604	5.499	8.072	6.851	21.357	19.170
2005 珊瑚	A	0.340	0.103	0.156	0.596	0.341	0.155	0.268	0.321	0.292	1.713	0.981
	C	28.728	26.574	16.180	50.603	15.310	47.381	28.212	26.323	40.997	18.142	18.571
	MSE	2.361	2.293	2.412	1.392	4.541	1.514	2.401	2.329	2.555	2.603	5.206
2005 卡努	A	0.514	0.230	0.227	0.652	0.543	0.577	0.363	0.341	0.224	1.204	1.099
	C	18.159	19.494	18.593	26.654	8.019	32.308	17.361	16.931	16.440	20.076	9.114
	MSE	8.219	9.015	4.977	14.879	14.423	7.285	7.325	8.957	7.411	12.056	11.040

表 4.11b(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	0.225	0.195	0.106	0.594	0.728	0.439	0.180	0.143	0.115	1.137	0.335
	C	15.516	19.524	18.964	21.799	9.721	37.292	14.914	15.259	13.671	30.611	9.805
	MSE	11.414	19.432	14.687	10.647	25.339	12.758	12.671	12.859	17.199	31.112	25.607
2005 龍王	A	0.696	0.395	0.422	0.911	1.098	0.513	0.375	0.284	0.330	1.529	1.041
	C	43.323	41.985	43.323	68.546	14.705	40.582	30.566	38.692	30.850	15.726	22.307
	MSE	6.416	12.293	15.732	9.194	16.392	16.473	12.323	8.949	14.206	28.113	18.773
2006 珍珠	A	0.161	0.113	0.185	0.363	0.490	0.394	0.215	0.186	0.114	1.267	0.550
	C	21.093	20.356	18.488	39.838	15.182	42.772	18.083	21.807	26.785	39.887	19.156
	MSE	8.810	7.754	9.014	5.620	12.480	7.238	7.775	7.986	8.521	8.686	13.080
2006 艾維 尼	A	0.448	0.257	0.231	0.868	0.631	0.252	0.346	0.384	0.221	1.802	1.418
	C	32.969	31.622	32.149	68.896	14.872	39.951	28.754	33.273	30.737	19.918	21.053
	MSE	17.635	20.155	18.556	5.656	31.346	21.843	20.772	17.545	19.559	28.683	16.629
2006 碧利 斯	A	0.147	0.154	0.132	0.407	0.631	0.515	0.145	0.154	0.148	1.643	0.196
	C	16.451	19.009	16.681	27.590	11.121	37.367	18.783	18.194	17.130	19.590	10.337
	MSE	19.052	20.102	21.844	15.055	22.849	17.981	21.290	18.859	16.440	17.235	19.029
2006 凱米	A	0.255	0.517	0.335	0.487	0.380	0.526	0.247	0.215	0.283	1.813	0.376
	C	33.588	45.106	53.401	51.361	20.468	41.702	26.133	29.794	32.456	8.632	22.318
	MSE	12.693	9.428	11.823	20.611	13.926	11.448	7.243	13.320	7.144	15.710	7.340
2006 桑美	A	0.463	0.224	0.262	0.679	0.292	0.950	0.344	0.238	0.301	0.989	1.011
	C	37.729	26.717	33.826	64.274	16.766	61.788	34.901	33.825	30.235	21.895	19.152
	MSE	6.854	6.346	7.498	5.271	9.020	7.971	6.911	6.886	7.124	5.112	8.156



表 4.11c(時間)各理論半異數模式率定成果表(9 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	0.493	0.226	0.272	0.912	0.483	0.542	0.518	0.382	0.266	1.668	1.008
	C	35.693	45.722	43.161	88.540	18.637	49.244	38.864	44.127	40.385	17.745	15.707
	MSE	3.212	5.070	2.898	6.017	13.889	8.687	4.941	4.241	5.684	12.846	13.223
2006 珊珊	A	0.265	0.335	0.157	0.433	0.338	1.489	0.266	0.194	0.326	1.311	0.859
	C	27.200	28.984	28.951	46.755	18.809	35.124	35.975	35.440	30.031	21.396	19.854
	MSE	16.979	16.752	16.980	13.451	21.185	12.741	16.730	16.673	16.695	14.462	19.440
2008 鳳凰	A	0.315	0.155	0.131	0.582	0.410	0.195	0.268	0.291	0.223	1.209	0.640
	C	11.551	12.202	11.537	20.303	6.255	25.384	11.905	12.016	12.037	23.306	7.626
	MSE	9.595	12.420	9.554	10.157	14.639	14.655	9.805	9.542	11.540	18.659	20.445
2008 辛樂 克	A	0.373	0.422	0.203	0.619	0.635	0.309	0.267	0.234	0.111	1.410	1.008
	C	27.243	33.537	29.552	44.263	13.519	50.119	24.218	25.596	24.301	20.836	14.994
	MSE	25.980	20.424	21.002	3.420	38.930	26.045	24.208	20.476	23.908	41.429	41.708

表 4.12 (時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	A	0.363	0.288	0.145	0.472	0.433	0.784	0.396	0.347	0.263	2.067	1.190
	C	34.918	25.834	26.737	50.894	19.597	39.708	41.511	33.175	25.533	7.634	24.470
	MSE	14.917	13.209	14.115	13.449	19.394	9.680	15.137	14.924	15.943	15.332	18.786
2000 啓德	A	0.948	0.333	0.082	0.703	1.122	0.410	0.735	0.614	0.217	1.001	1.262
	C	24.481	21.803	12.738	27.120	7.988	31.595	25.246	21.386	15.094	30.582	9.876
	MSE	2.444	2.443	2.675	2.366	4.074	2.767	2.688	2.376	2.293	2.154	2.843
2001 潭美	A	0.172	0.174	0.187	0.407	1.193	0.624	0.207	0.252	0.225	1.528	0.202
	C	22.767	24.847	28.796	35.257	14.624	29.663	26.891	25.590	25.796	24.091	17.085
	MSE	10.587	8.898	10.479	7.128	14.759	6.395	7.353	7.377	5.884	6.816	9.911
2001 桃芝	A	0.558	0.353	0.135	0.686	0.833	0.390	0.313	0.420	0.250	2.091	1.277
	C	41.507	47.513	32.765	58.593	16.112	37.819	29.689	32.765	26.591	14.990	23.228
	MSE	4.523	6.228	7.370	9.659	21.123	17.037	9.852	8.452	12.696	22.163	9.230
2001 納莉	A	0.453	0.412	0.177	0.763	0.415	0.651	0.786	0.839	0.611	1.052	1.483
	C	12.095	17.922	12.262	22.102	5.450	25.478	19.969	19.899	23.142	31.658	8.027
	MSE	21.088	20.205	17.947	15.596	26.852	22.503	18.776	19.525	19.906	23.263	25.518
2001 利奇 馬	A	1.240	0.514	0.445	0.873	0.357	1.284	0.881	0.900	0.367	1.224	1.585
	C	12.934	12.057	11.001	13.222	3.464	14.944	13.012	12.035	8.464	11.331	5.482
	MSE	13.005	13.274	16.394	13.003	20.677	13.948	13.073	13.105	15.274	16.616	15.979
2002 娜克 莉	A	0.163	0.170	0.196	0.375	0.187	0.221	0.143	0.214	0.121	1.280	0.197
	C	13.922	16.676	15.376	18.440	8.642	31.968	13.667	14.000	12.689	20.438	9.545
	MSE	13.070	19.881	16.669	10.402	21.295	17.896	13.268	14.165	20.572	31.050	21.309

表 4.12a(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2004 敏督 利	A	0.552	0.538	0.414	1.140	0.678	0.257	0.705	0.521	0.309	1.287	1.015
	C	27.811	46.921	33.910	59.771	10.829	45.990	31.825	29.090	27.453	24.630	16.004
	MSE	13.862	12.642	13.530	11.320	19.752	10.080	14.027	13.857	14.511	16.401	15.176
2004 艾利	A	0.360	0.242	0.151	0.619	0.975	0.399	0.297	0.296	0.218	1.091	0.961
	C	6.091	7.308	5.939	9.717	2.963	12.991	6.076	6.055	5.998	11.964	3.733
	MSE	4.279	3.204	5.640	10.452	11.885	7.975	3.626	4.435	5.298	9.652	16.249
2004 納坦	A	0.591	0.109	0.146	0.685	0.730	0.942	0.288	0.283	0.196	1.316	0.885
	C	36.938	37.996	28.071	64.714	16.530	41.595	28.730	34.380	33.253	26.805	21.679
	MSE	6.532	5.793	5.073	11.183	18.014	11.155	4.649	4.817	7.142	15.845	6.643
2005 海棠	A	0.115	0.629	0.603	0.642	0.597	0.558	0.721	1.123	0.568	1.228	0.207
	C	9.489	21.622	22.967	19.344	6.117	23.278	16.643	23.123	19.201	18.925	7.364
	MSE	5.531	5.219	6.255	5.754	6.420	6.359	5.081	5.759	6.083	4.868	8.436
2005 馬莎	A	0.611	0.206	0.241	0.823	0.454	0.473	0.479	0.454	0.226	1.304	1.223
	C	41.231	33.043	32.160	58.813	13.744	39.688	37.463	32.318	28.717	24.875	19.725
	MSE	7.164	8.032	13.111	9.169	22.983	16.022	12.476	8.474	9.616	21.798	23.131
2005 珊瑚	A	0.486	0.207	0.136	0.622	0.251	0.382	0.329	0.351	0.158	1.173	0.907
	C	31.466	29.292	31.709	51.180	15.141	44.617	27.924	31.709	29.253	31.106	16.115
	MSE	1.742	1.298	1.821	1.093	3.951	1.943	1.769	1.768	1.905	1.313	4.166
2005 卡努	A	0.469	0.309	0.184	0.611	0.201	0.433	0.342	0.373	0.248	1.171	1.292
	C	16.862	21.047	17.317	25.220	7.559	32.185	16.508	16.882	15.550	19.713	10.959
	MSE	7.611	8.680	7.270	13.763	16.949	9.911	7.344	7.020	7.537	12.966	12.135

表 4.12b(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 2)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	A	0.164	0.155	0.167	0.376	0.256	0.430	0.136	0.151	0.134	1.258	0.339
	C	14.077	15.421	14.470	22.479	8.378	30.059	14.528	13.330	10.304	24.270	9.164
	MSE	16.191	15.542	17.270	17.312	24.970	20.209	14.714	17.942	16.150	23.926	23.177
2005 龍王	A	0.470	0.305	0.266	0.810	0.926	0.322	0.514	0.395	0.250	1.056	1.087
	C	32.087	35.711	38.164	63.642	14.370	41.626	39.756	34.355	28.951	19.041	19.402
	MSE	7.273	10.147	11.948	12.020	16.990	20.396	8.826	7.399	12.509	22.327	18.523
2006 珍珠	A	0.135	0.150	0.196	0.556	0.418	0.669	0.094	0.164	0.153	1.656	0.202
	C	21.986	24.513	28.202	40.432	15.785	45.398	18.137	24.720	16.565	19.074	17.979
	MSE	12.405	12.671	12.838	9.541	16.690	9.850	13.491	11.691	12.605	13.315	13.516
2006 艾維 尼	A	0.471	0.167	0.146	0.759	0.394	0.231	0.529	0.642	0.244	1.632	1.294
	C	30.840	31.721	28.726	59.278	15.536	32.842	40.360	44.624	30.840	14.117	20.530
	MSE	19.323	18.821	20.572	8.168	31.155	26.096	13.449	11.109	19.512	34.357	18.862
2006 碧利 斯	A	0.166	0.126	0.167	0.521	0.697	0.264	0.176	0.116	0.138	1.319	0.202
	C	17.762	17.658	17.796	29.440	10.959	40.010	15.941	19.281	17.455	23.408	12.751
	MSE	19.842	19.831	19.064	17.757	23.693	19.689	22.095	18.550	23.177	24.009	18.866
2006 凱米	A	0.283	0.283	0.218	0.547	0.657	0.607	0.228	0.207	0.156	1.121	0.360
	C	33.380	46.368	31.087	53.897	20.072	33.269	31.087	32.639	24.900	28.952	27.766
	MSE	8.256	8.505	11.451	20.500	11.657	11.250	12.006	9.441	7.981	15.458	4.244
2006 桑美	A	0.340	0.173	0.309	0.765	0.444	0.516	0.376	0.369	0.216	1.598	1.144
	C	28.749	31.623	33.044	75.946	16.810	40.630	33.331	27.498	29.523	22.939	17.526
	MSE	9.148	8.830	9.452	6.536	12.931	6.727	8.935	9.565	11.535	7.834	10.997

表 4.12c(時間)各理論半異數模式率定成果表(12 個率定點)(續 3)

事件	參數	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 寶發	A	0.208	0.551	0.316	0.858	0.964	0.511	0.426	0.724	0.213	1.728	0.903
	C	29.659	48.817	26.705	85.085	18.446	35.944	33.403	48.120	29.424	15.894	22.214
	MSE	3.178	3.050	4.328	5.408	13.509	9.549	5.987	4.274	7.308	11.383	12.323
2006 珊珊	A	0.541	0.196	0.205	0.586	0.239	1.766	0.131	0.346	0.328	1.002	0.921
	C	31.344	36.816	27.210	49.877	17.206	42.548	31.640	35.619	30.428	51.382	18.909
	MSE	8.320	7.451	8.271	6.832	13.173	6.580	8.155	8.540	8.674	10.880	11.816
2008 鳳凰	A	0.367	0.245	0.162	0.557	0.826	0.241	0.285	0.272	0.250	1.071	1.104
	C	16.098	19.282	16.501	22.976	7.729	30.897	16.565	15.549	15.378	19.934	10.111
	MSE	14.283	12.656	15.083	14.209	18.702	17.082	11.414	13.085	15.894	17.136	22.997
2008 辛樂 克	A	0.352	0.126	0.267	0.581	0.246	0.326	0.203	0.242	0.202	1.820	1.034
	C	27.018	29.231	28.129	42.769	13.946	33.555	22.604	25.068	21.850	18.297	15.182
	MSE	27.966	23.665	31.161	6.252	36.290	30.933	25.767	17.366	28.236	39.582	41.698

表 4.13(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	冪次	1.423
2000 啓德	高斯	0.543
2001 潭美	指數	1.557
2001 桃芝	冪次	1.758
2001 納莉	高斯	0.63
2001 利奇馬	冪次	1.281
2002 娜克莉	碎塊	0.824
2004 敏督利	冪次	0.652
2004 艾利	圓形	0.718
2004 納坦	對數	0.622
2005 海棠	冪次	1.175
2005 馬莎	高斯	0.681
2005 珊瑚	指數	0.49
2005 卡努	指數	0.752
2005 丹瑞	碎塊	0.759
2005 龍王	圓形	0.993
2006 珍珠	五球	1.29
2006 艾維尼	五球	0.759
2006 碧利斯	高斯	1.017
2006 凱米	冪次	1.148
2006 桑美	對數	1.314
2006 寶發	冪次	1.053
2006 珊珊	冪次	0.962
2008 鳳凰	冪次	1.709
2008 辛樂克	線性臨界變異元	0.756

表 4.14(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	五球	1.462
2000 啓德	五球	0.741
2001 潭美	五球	1.053
2001 桃芝	高斯	1.21
2001 納莉	線性臨界變異元	1.539
2001 利奇馬	周期	0.941
2002 娜克莉	對數	1.209
2004 敏督利	五球	0.421
2004 艾利	五球	0.822
2004 納坦	高斯	1.135
2005 海棠	球型	0.635
2005 馬莎	球型	0.644
2005 珊瑚	周期	0.539
2005 卡努	圓形	0.582
2005 丹瑞	周期	1.165
2005 龍王	指數	1.018
2006 珍珠	高斯	0.258
2006 艾維尼	圓形	1.27
2006 碧利斯	周期	0.767
2006 凱米	周期	0.981
2006 桑美	高斯	0.87
2006 寶發	高斯	0.936
2006 珊珊	高斯	0.379
2008 鳳凰	周期	0.806
2008 辛樂克	對數	1.175

表 4.15(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	冪次	0.851
2000 啓德	高斯	0.974
2001 潭美	五球	1.418
2001 桃芝	冪次	0.93
2001 納莉	對數	0.953
2001 利奇馬	冪次	0.647
2002 娜克莉	五球	0.596
2004 敏督利	五球	1.719
2004 艾利	周期	0.786
2004 納坦	五球	0.556
2005 海棠	五球	0.757
2005 馬莎	周期	0.905
2005 珊瑚	球型	0.901
2005 卡努	指數	0.872
2005 丹瑞	線性臨界變異元	0.765
2005 龍王	五球	0.721
2006 珍珠	高斯	1.323
2006 艾維尼	冪次	0.321
2006 碧利斯	冪次	1.234
2006 凱米	碎塊	0.564
2006 桑美	五球	1.524
2006 寶發	五球	0.635
2006 珊珊	高斯	0.683
2008 鳳凰	冪次	1.184
2008 辛樂克	圓形	0.584



表 4.16(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	對數	1.592
2000 啓德	碎塊	0.771
2001 潭美	球型	0.634
2001 桃芝	對數	1.849
2001 納莉	球型	1.041
2001 利奇馬	冪次	0.843
2002 娜克莉	對數	0.777
2004 敏督利	五球	0.668
2004 艾利	碎塊	0.69
2004 納坦	高斯	1.029
2005 海棠	冪次	0.5
2005 馬莎	對數	0.825
2005 珊瑚	冪次	0.575
2005 卡努	線性臨界變異元	0.335
2005 丹瑞	碎塊	0.991
2005 龍王	五球	0.588
2006 珍珠	對數	1.758
2006 艾維尼	對數	0.668
2006 碧利斯	高斯	0.662
2006 凱米	周期	0.673
2006 桑美	碎塊	0.758
2006 寶發	周期	0.973
2006 珊珊	冪次	0.173
2008 鳳凰	冪次	1.006
2008 辛樂克	五球	0.601

表 4.17(空間-90~0 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	五球	1.1
2000 啓德	指數	1.2
2001 潭美	冪次	1.17
2001 桃芝	圓形	1.195
2001 納莉	球型	1.182
2001 利奇馬	五球	1.14
2002 娜克莉	指數	0.65
2004 敏督利	線性臨界變異元	0.922
2004 艾利	周期	1.274
2004 納坦	對數	1.22
2005 海棠	冪次	1.203
2005 馬莎	周期	1.256
2005 珊瑚	圓形	0.896
2005 卡努	周期	0.969
2005 丹瑞	周期	0.927
2005 龍王	周期	0.9
2006 珍珠	周期	0.53
2006 艾維尼	冪次	0.869
2006 碧利斯	五球	1.048
2006 凱米	周期	1.255
2006 桑美	對數	1.212
2006 寶發	五球	1.147
2006 珊珊	周期	0.875
2008 鳳凰	球型	1.171
2008 辛樂克	指數	1.226

表 4.18(空間 0~90 度)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12  
個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	五球	1.1
2000 啓德	指數	1.1
2001 潭美	冪次	1.17
2001 桃芝	五球	1.215
2001 納莉	球型	1.182
2001 利奇馬	五球	1.14
2002 娜克莉	指數	0.65
2004 敏督利	線性臨界變異元	0.922
2004 艾利	周期	1.274
2004 納坦	對數	1.22
2005 海棠	冪次	1.203
2005 馬莎	周期	1.256
2005 珊瑚	圓形	0.896
2005 卡努	周期	0.969
2005 丹瑞	周期	0.927
2005 龍王	周期	0.9
2006 珍珠	周期	0.53
2006 艾維尼	冪次	0.869
2006 碧利斯	五球	1.048
2006 凱米	周期	1.255
2006 桑美	冪次	1.174
2006 寶發	五球	1.147
2006 珊珊	周期	0.875
2008 鳳凰	球型	1.171
2008 辛樂克	指數	1.226

表 4.19(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(6 個率定  
點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	指數	12.143
2000 啓德	球型	8.656
2001 潭美	冪次	12.413
2001 桃芝	冪次	8.038
2001 納莉	五球	4.735
2001 利奇馬	碎塊	2.815
2002 娜克莉	線性	6.211
2004 敏督利	線性	8.182
2004 艾利	圓形	4.503
2004 納坦	線性臨界變異元	5.656
2005 海棠	周期	5.953
2005 馬莎	高斯	4.469
2005 珊瑚	對數	1.02
2005 卡努	冪次	6.439
2005 丹瑞	指數	6.317
2005 龍王	線性臨界變異元	9.521
2006 珍珠	線性	8.34
2006 艾維尼	冪次	14.425
2006 碧利斯	冪次	15.949
2006 凱米	周期	4.252
2006 桑美	冪次	6.384
2006 寶發	指數	2.759
2006 珊珊	冪次	7.439
2008 鳳凰	線性臨界變異元	8.57
2008 辛樂克	冪次	5.455

表 4.20(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(9 個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	對數	3.351
2000 啓德	碎塊	2.444
2001 潭美	冪次	4.78
2001 桃芝	線性臨界變異元	5.824
2001 納莉	冪次	15.258
2001 利奇馬	冪次	8.457
2002 娜克莉	冪次	7.534
2004 敏督利	線性	7.876
2004 艾利	球型	3.917
2004 納坦	五球	5.937
2005 海棠	五球	5.635
2005 馬莎	線性臨界變異元	5.499
2005 珊瑚	冪次	1.392
2005 卡努	高斯	4.977
2005 丹瑞	冪次	10.647
2005 龍王	球型	6.416
2006 珍珠	冪次	5.62
2006 艾維尼	冪次	5.656
2006 碧利斯	冪次	15.055
2006 凱米	線性臨界變異元	7.243
2006 桑美	對數	5.112
2006 寶發	球型	3.212
2006 珊珊	線性	12.741
2008 鳳凰	圓形	9.542
2008 辛樂克	冪次	3.42

表 4.21(時間)25 場颱風事件之最佳半變異數模式之成果表(12 個率定點)

事件	最佳半變異數模式	MSE
1998 奧托	線性	9.68
2000 啓德	對數	2.154
2001 潭美	五球	5.884
2001 桃芝	球型	4.523
2001 納莉	冪次	15.596
2001 利奇馬	冪次	13.003
2002 娜克莉	冪次	10.402
2004 敏督利	線性	10.08
2004 艾利	指數	3.204
2004 納坦	線性臨界變異元	4.649
2005 海棠	對數	4.868
2005 馬莎	球型	7.164
2005 珊瑚	冪次	1.093
2005 卡努	圓形	7.02
2005 丹瑞	線性臨界變異元	14.714
2005 龍王	球型	7.273
2006 珍珠	冪次	9.541
2006 艾維尼	冪次	8.168
2006 碧利斯	冪次	17.757
2006 凱米	五球	7.981
2006 桑美	對數	7.834
2006 寶發	指數	3.05
2006 珊珊	線性	6.58
2008 鳳凰	線性臨界變異元	11.414
2008 辛樂克	冪次	6.252

表 4.22 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.145	0.158	0.081	0.000	0.013	0.000	0.200	0.188	0.209	0.000	0.003
2000 啓德	0.171	0.121	0.070	0.003	0.185	0.000	0.124	0.095	0.160	0.005	0.066
2001 潭美	0.097	0.165	0.078	0.000	0.278	0.000	0.089	0.111	0.139	0.002	0.041
2001 桃芝	0.039	0.042	0.043	0.009	0.047	0.421	0.047	0.036	0.056	0.202	0.059
2001 納莉	0.103	0.100	0.106	0.098	0.072	0.002	0.109	0.106	0.125	0.071	0.108
2001 利奇 馬	0.117	0.089	0.125	0.128	0.047	0.013	0.106	0.105	0.088	0.062	0.121
2002 娜克 莉	0.068	0.068	0.076	0.002	0.086	0.000	0.083	0.091	0.315	0.010	0.202
2004 敏督 利	0.080	0.061	0.053	0.001	0.054	0.210	0.130	0.080	0.058	0.140	0.133
2004 艾利	0.094	0.093	0.094	0.095	0.089	0.001	0.095	0.095	0.116	0.056	0.170
2004 納坦	0.105	0.091	0.058	0.014	0.090	0.051	0.123	0.101	0.125	0.089	0.153
2005 海棠	0.113	0.088	0.121	0.074	0.059	0.001	0.125	0.116	0.140	0.031	0.131
2005 馬莎	0.073	0.063	0.059	0.001	0.054	0.119	0.083	0.073	0.071	0.209	0.195
2005 珊瑚	0.115	0.065	0.080	0.002	0.074	0.220	0.092	0.067	0.065	0.120	0.099
2005 卡努	0.099	0.092	0.093	0.009	0.101	0.075	0.096	0.098	0.096	0.100	0.141

表 4.22a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	0.080	0.073	0.087	0.011	0.082	0.146	0.139	0.086	0.080	0.135	0.080
2005 龍王	0.105	0.101	0.110	0.119	0.064	0.031	0.098	0.100	0.084	0.080	0.108
2006 珍珠	0.094	0.054	0.049	0.002	0.057	0.281	0.145	0.060	0.048	0.142	0.068
2006 艾維 尼	0.136	0.158	0.172	0.001	0.048	0.000	0.166	0.159	0.134	0.001	0.025
2006 碧利 斯	0.106	0.108	0.076	0.024	0.141	0.000	0.090	0.103	0.237	0.005	0.109
2006 凱米	0.128	0.131	0.104	0.001	0.101	0.000	0.152	0.159	0.196	0.001	0.025
2006 桑美	0.042	0.036	0.035	0.049	0.040	0.107	0.042	0.043	0.042	0.504	0.060
2006 寶發	0.187	0.143	0.060	0.001	0.234	0.000	0.081	0.107	0.140	0.016	0.032
2006 珊珊	0.166	0.112	0.089	0.001	0.220	0.000	0.141	0.077	0.120	0.002	0.072
2008 鳳凰	0.081	0.074	0.112	0.001	0.049	0.029	0.093	0.086	0.309	0.057	0.107
2008 辛樂 克	0.070	0.113	0.083	0.178	0.040	0.016	0.164	0.140	0.052	0.069	0.077
平均值	0.105	0.096	0.085	0.033	0.093	0.069	0.113	0.099	0.128	0.084	0.095
標準偏差	0.036	0.035	0.030	0.050	0.066	0.107	0.036	0.034	0.074	0.106	0.052



表 4.23(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨界 變異元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.137	0.166	0.130	0.003	0.049	0.000	0.140	0.159	0.184	0.004	0.027
2000 啓德	0.111	0.136	0.077	0.007	0.170	0.000	0.143	0.162	0.157	0.003	0.033
2001 潭美	0.095	0.102	0.081	0.003	0.046	0.000	0.061	0.086	0.441	0.002	0.083
2001 桃芝	0.018	0.051	0.132	0.000	0.224	0.061	0.025	0.036	0.018	0.254	0.179
2001 納莉	0.074	0.066	0.145	0.083	0.029	0.000	0.078	0.069	0.284	0.035	0.137
2001 利奇 馬	0.080	0.056	0.113	0.114	0.037	0.015	0.085	0.081	0.249	0.048	0.123
2002 娜克 莉	0.132	0.151	0.217	0.001	0.037	0.000	0.160	0.147	0.145	0.001	0.010
2004 敏督 利	0.107	0.080	0.093	0.000	0.101	0.089	0.098	0.096	0.106	0.104	0.126
2004 艾利	0.085	0.079	0.084	0.074	0.085	0.001	0.085	0.085	0.133	0.066	0.223
2004 納坦	0.064	0.024	0.033	0.001	0.044	0.099	0.046	0.063	0.047	0.054	0.526
2005 海棠	0.065	0.057	0.062	0.055	0.064	0.001	0.063	0.062	0.167	0.042	0.361
2005 馬莎	0.037	0.026	0.030	0.001	0.029	0.021	0.038	0.041	0.051	0.036	0.691
2005 珊瑚	0.136	0.052	0.072	0.002	0.077	0.117	0.059	0.093	0.091	0.147	0.155
2005 卡努	0.068	0.061	0.068	0.008	0.100	0.210	0.059	0.080	0.065	0.187	0.094

表 4.23a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2005 丹瑞	0.130	0.081	0.092	0.000	0.039	0.009	0.174	0.108	0.201	0.054	0.113
2005 龍王	0.050	0.045	0.053	0.062	0.025	0.006	0.054	0.050	0.079	0.030	0.547
2006 珍珠	0.062	0.031	0.041	0.001	0.114	0.066	0.057	0.114	0.041	0.397	0.075
2006 艾維 尼	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.996	0.000	0.000
2006 碧利 斯	0.129	0.133	0.117	0.008	0.090	0.000	0.123	0.115	0.145	0.006	0.134
2006 凱米	0.066	0.079	0.052	0.004	0.126	0.000	0.064	0.110	0.386	0.002	0.112
2006 桑美	0.040	0.027	0.042	0.001	0.032	0.244	0.030	0.031	0.036	0.462	0.055
2006 寶發	0.131	0.105	0.134	0.000	0.180	0.000	0.082	0.144	0.198	0.001	0.025
2006 珊珊	0.133	0.102	0.069	0.001	0.063	0.000	0.080	0.088	0.343	0.002	0.120
2008 鳳凰	0.123	0.066	0.099	0.000	0.133	0.012	0.091	0.133	0.134	0.119	0.089
2008 辛樂 克	0.085	0.053	0.062	0.195	0.032	0.078	0.119	0.075	0.109	0.042	0.151
平均值	0.086	0.073	0.084	0.025	0.077	0.041	0.081	0.089	0.192	0.084	0.168
標準偏差	0.039	0.041	0.045	0.047	0.055	0.066	0.042	0.040	0.197	0.120	0.174

表 4.24 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.107	0.101	0.115	0.105	0.038	0.004	0.119	0.110	0.134	0.055	0.107
2000 啓德	0.100	0.097	0.108	0.095	0.067	0.002	0.109	0.105	0.113	0.063	0.100
2001 潭美	0.086	0.080	0.087	0.073	0.071	0.004	0.089	0.088	0.105	0.072	0.086
2001 桃芝	0.099	0.096	0.106	0.095	0.058	0.007	0.109	0.106	0.144	0.068	0.099
2001 納莉	0.115	0.114	0.107	0.103	0.072	0.001	0.116	0.115	0.144	0.041	0.115
2001 利奇 馬	0.100	0.097	0.109	0.104	0.060	0.005	0.107	0.104	0.139	0.068	0.100
2002 娜克 莉	0.097	0.088	0.096	0.084	0.097	0.002	0.096	0.097	0.097	0.092	0.097
2004 敏督 利	0.096	0.098	0.086	0.102	0.085	0.001	0.099	0.100	0.175	0.077	0.096
2004 艾利	0.107	0.106	0.109	0.104	0.064	0.008	0.109	0.109	0.118	0.060	0.107
2004 納坦	0.106	0.106	0.098	0.109	0.105	0.001	0.102	0.104	0.135	0.025	0.106
2005 海棠	0.100	0.099	0.100	0.098	0.091	0.003	0.100	0.101	0.109	0.096	0.100
2005 馬莎	0.104	0.104	0.102	0.104	0.077	0.003	0.106	0.105	0.116	0.079	0.104
2005 珊瑚	0.105	0.100	0.120	0.108	0.051	0.005	0.114	0.105	0.113	0.061	0.105
2005 卡努	0.094	0.078	0.076	0.079	0.095	0.004	0.095	0.094	0.092	0.087	0.094
2005 丹瑞	0.107	0.103	0.112	0.100	0.077	0.001	0.109	0.107	0.133	0.050	0.107
2005 龍王	0.103	0.105	0.102	0.101	0.100	0.003	0.102	0.103	0.097	0.105	0.103
2006 珍珠	0.093	0.097	0.128	0.129	0.043	0.006	0.122	0.103	0.111	0.054	0.093

表 4.24a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維尼	0.103	0.104	0.108	0.108	0.061	0.013	0.107	0.106	0.117	0.070	0.103
2006 碧利斯	0.097	0.089	0.095	0.085	0.096	0.001	0.096	0.096	0.095	0.091	0.097
2006 凱米	0.100	0.098	0.110	0.106	0.059	0.004	0.107	0.102	0.127	0.068	0.100
2006 桑美	0.102	0.100	0.106	0.102	0.070	0.011	0.109	0.106	0.117	0.077	0.102
2006 寶發	0.09756	0.09718	0.09309	0.09943	0.0887	0.00181	0.09704	0.09711	0.11393	0.09692	0.09756
2006 珊珊	0.09722	0.0957	0.09641	0.09667	0.09538	0.00409	0.09666	0.09703	0.09445	0.09711	0.09722
2008 鳳凰	0.10195	0.09798	0.10557	0.10436	0.06171	0.00486	0.10613	0.10204	0.14147	0.06989	0.10195
2008 辛樂克	0.10061	0.09488	0.10432	0.0921	0.06646	0.00449	0.10885	0.10531	0.12736	0.07599	0.10061
平均值	0.10078	0.097776	0.103152	0.099498	0.074044	0.004158	0.105287	0.102652	0.120277	0.071932	0.120419
標準偏 差	0.00572	0.007803	0.010989	0.01101	0.018457	0.00307	0.007907	0.005736	0.019828	0.018988	0.037761

表 4.25(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.105	0.105	0.100	0.105	0.076	0.000	0.107	0.106	0.168	0.029	0.098
2000 啓德	0.074	0.082	0.139	0.119	0.023	0.001	0.113	0.100	0.158	0.028	0.163
2001 潭美	0.093	0.093	0.100	0.100	0.082	0.007	0.097	0.094	0.124	0.085	0.125
2001 桃芝	0.096	0.094	0.099	0.093	0.065	0.001	0.110	0.105	0.191	0.044	0.103
2001 納莉	0.079	0.067	0.101	0.062	0.031	0.001	0.087	0.077	0.355	0.040	0.101
2001 利奇 馬	0.086	0.083	0.092	0.083	0.065	0.025	0.094	0.091	0.134	0.068	0.180
2002 娜克 莉	0.092	0.087	0.090	0.084	0.089	0.005	0.092	0.093	0.100	0.064	0.204
2004 敏督 利	0.076	0.076	0.071	0.078	0.078	0.002	0.077	0.076	0.086	0.079	0.301
2004 艾利	0.101	0.094	0.133	0.114	0.042	0.001	0.115	0.104	0.134	0.052	0.109
2004 納坦	0.120	0.104	0.130	0.090	0.046	0.001	0.137	0.124	0.105	0.068	0.076
2005 海棠	0.104	0.100	0.101	0.092	0.087	0.002	0.109	0.104	0.114	0.092	0.096
2005 馬莎	0.114	0.109	0.129	0.105	0.042	0.001	0.121	0.113	0.093	0.039	0.135
2005 珊瑚	0.099	0.093	0.099	0.087	0.078	0.001	0.100	0.101	0.125	0.048	0.170
2005 卡努	0.109	0.088	0.072	0.084	0.110	0.001	0.109	0.108	0.128	0.070	0.121
2005 丹瑞	0.082	0.075	0.113	0.088	0.032	0.002	0.092	0.080	0.286	0.040	0.109
2005 龍王	0.109	0.098	0.094	0.098	0.106	0.001	0.111	0.110	0.114	0.030	0.130
2006 珍珠	0.107	0.111	0.232	0.079	0.047	0.000	0.143	0.122	0.113	0.007	0.039

表 4.25a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維 尼	0.086	0.083	0.092	0.082	0.064	0.005	0.094	0.091	0.143	0.068	0.192
2006 碧利 斯	0.099	0.100	0.097	0.099	0.073	0.001	0.100	0.101	0.205	0.039	0.086
2006 凱米	0.039	0.038	0.041	0.037	0.030	0.001	0.044	0.041	0.059	0.031	0.639
2006 桑美	0.091	0.081	0.091	0.067	0.071	0.000	0.092	0.091	0.147	0.070	0.199
2006 艾維 尼	0.086	0.083	0.092	0.082	0.064	0.005	0.094	0.091	0.143	0.068	0.192
2006 寶發	0.095	0.095	0.090	0.093	0.088	0.001	0.096	0.097	0.105	0.075	0.164
2006 珊珊	0.101	0.094	0.092	0.097	0.108	0.001	0.101	0.109	0.123	0.025	0.150
2008 鳳凰	0.096	0.091	0.098	0.089	0.074	0.001	0.105	0.102	0.146	0.028	0.171
2008 辛樂 克	0.098	0.091	0.103	0.088	0.069	0.003	0.110	0.106	0.133	0.074	0.125
平均值	0.094	0.089	0.104	0.088	0.067	0.003	0.102	0.098	0.144	0.052	0.159
標準偏差	0.016	0.015	0.034	0.017	0.025	0.005	0.019	0.017	0.063	0.022	0.113

表 4.26 (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.099	0.106	0.094	0.109	0.079	0.003	0.098	0.105	0.143	0.090	0.099
2000 啓德	0.103	0.087	0.129	0.077	0.042	0.003	0.119	0.106	0.109	0.046	0.103
2001 潭美	0.099	0.080	0.113	0.067	0.045	0.002	0.112	0.101	0.156	0.056	0.099
2001 桃芝	0.106	0.106	0.111	0.103	0.065	0.008	0.105	0.108	0.117	0.076	0.106
2001 納莉	0.112	0.108	0.103	0.104	0.082	0.000	0.106	0.100	0.122	0.088	0.112
2001 利奇 馬	0.105	0.105	0.104	0.105	0.064	0.004	0.105	0.106	0.137	0.071	0.105
2002 娜克 莉	0.092	0.086	0.086	0.071	0.084	0.008	0.092	0.092	0.090	0.078	0.092
2004 敏督 利	0.106	0.106	0.100	0.102	0.050	0.000	0.110	0.110	0.182	0.049	0.106
2004 艾利	0.109	0.109	0.111	0.107	0.065	0.001	0.116	0.112	0.107	0.058	0.109
2004 納坦	0.119	0.114	0.089	0.112	0.125	0.001	0.096	0.109	0.115	0.028	0.119
2005 海棠	0.105	0.114	0.088	0.109	0.081	0.001	0.096	0.110	0.124	0.099	0.105
2005 馬莎	0.106	0.105	0.105	0.104	0.074	0.003	0.109	0.109	0.106	0.085	0.106
2005 珊瑚	0.112	0.099	0.134	0.107	0.039	0.002	0.120	0.108	0.104	0.047	0.112
2005 卡努	0.098	0.096	0.077	0.082	0.104	0.002	0.098	0.099	0.104	0.090	0.098
2005 丹瑞	0.106	0.093	0.107	0.085	0.075	0.002	0.117	0.110	0.128	0.056	0.106
2005 龍王	0.107	0.097	0.111	0.083	0.048	0.001	0.127	0.103	0.105	0.053	0.107
2006 珍珠	0.108	0.095	0.155	0.119	0.043	0.006	0.117	0.103	0.104	0.050	0.108

表 4.26a (空間-90~0 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	11 個理論半變異數模式										
	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維 尼	0.102	0.098	0.108	0.096	0.075	0.012	0.108	0.103	0.128	0.085	0.102
2006 碧利 斯	0.111	0.112	0.100	0.113	0.061	0.001	0.109	0.112	0.120	0.070	0.111
2006 凱米	0.103	0.104	0.101	0.110	0.061	0.004	0.111	0.108	0.139	0.068	0.103
2006 桑美	0.104	0.102	0.105	0.103	0.095	0.001	0.107	0.108	0.096	0.101	0.104
2006 艾維 尼	0.102	0.098	0.108	0.096	0.075	0.012	0.108	0.103	0.128	0.085	0.102
2006 寶發	0.097	0.101	0.095	0.105	0.085	0.005	0.096	0.097	0.140	0.089	0.097
2006 珊珊	0.103	0.103	0.103	0.102	0.077	0.003	0.105	0.105	0.117	0.085	0.103
2008 鳳凰	0.108	0.103	0.104	0.110	0.051	0.003	0.110	0.108	0.142	0.064	0.108
2008 辛樂 克	0.106	0.096	0.120	0.084	0.050	0.002	0.115	0.106	0.155	0.066	0.106
平均值	0.105	0.101	0.106	0.099	0.069	0.003	0.108	0.106	0.124	0.070	0.110
標準偏差	0.006	0.009	0.016	0.014	0.021	0.003	0.009	0.005	0.022	0.019	0.038



表 4.27(空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.094	0.088	0.090	0.091	0.087	0.001	0.092	0.096	0.097	0.029	0.237
2000 啓德	0.083	0.078	0.114	0.086	0.057	0.002	0.087	0.084	0.306	0.034	0.071
2001 潭美	0.100	0.094	0.116	0.101	0.076	0.005	0.103	0.100	0.113	0.069	0.123
2001 桃芝	0.094	0.092	0.099	0.091	0.077	0.003	0.095	0.093	0.161	0.058	0.137
2001 納莉	0.092	0.081	0.141	0.108	0.046	0.005	0.104	0.091	0.160	0.053	0.119
2001 利奇 馬	0.089	0.087	0.095	0.088	0.076	0.003	0.091	0.088	0.180	0.059	0.144
2002 娜克 莉	0.089	0.080	0.086	0.072	0.080	0.002	0.089	0.090	0.131	0.077	0.202
2004 敏督 利	0.087	0.086	0.085	0.088	0.076	0.002	0.089	0.089	0.125	0.079	0.194
2004 艾利	0.124	0.098	0.151	0.121	0.038	0.001	0.127	0.115	0.072	0.046	0.107
2004 納坦	0.106	0.092	0.103	0.081	0.075	0.006	0.116	0.109	0.120	0.079	0.113
2005 海棠	0.132	0.099	0.093	0.074	0.093	0.000	0.132	0.124	0.088	0.069	0.095
2005 馬莎	0.116	0.119	0.156	0.095	0.040	0.001	0.134	0.113	0.083	0.038	0.104
2005 珊瑚	0.104	0.091	0.102	0.083	0.082	0.001	0.112	0.110	0.122	0.077	0.116
2005 卡努	0.106	0.092	0.100	0.095	0.102	0.001	0.108	0.104	0.110	0.016	0.167
2005 丹瑞	0.087	0.081	0.124	0.106	0.042	0.005	0.099	0.092	0.202	0.048	0.115
2005 龍王	0.110	0.090	0.108	0.085	0.100	0.002	0.111	0.110	0.112	0.051	0.122
2006 珍珠	0.123	0.113	0.159	0.099	0.074	0.000	0.130	0.122	0.119	0.006	0.056

表 4.27a (空間 0~90 度)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維 尼	0.086	0.085	0.093	0.087	0.075	0.019	0.088	0.086	0.166	0.067	0.147
2006 碧利 斯	0.107	0.102	0.118	0.099	0.064	0.001	0.125	0.118	0.126	0.027	0.113
2006 凱米	0.086	0.085	0.085	0.086	0.084	0.002	0.087	0.086	0.147	0.047	0.206
2006 桑美	0.138	0.105	0.093	0.098	0.107	0.000	0.137	0.115	0.105	0.021	0.080
2006 艾維 尼	0.086	0.085	0.093	0.087	0.075	0.019	0.088	0.086	0.166	0.067	0.147
2006 寶發	0.121	0.113	0.100	0.115	0.141	0.001	0.100	0.109	0.104	0.019	0.078
2006 珊珊	0.105	0.118	0.116	0.111	0.125	0.000	0.101	0.125	0.111	0.007	0.081
2008 鳳凰	0.080	0.079	0.080	0.080	0.079	0.001	0.081	0.082	0.151	0.060	0.226
2008 辛樂 克	0.092	0.091	0.096	0.091	0.081	0.002	0.095	0.092	0.171	0.035	0.154
平均值	0.102	0.094	0.108	0.093	0.079	0.003	0.105	0.102	0.135	0.047	0.132
標準偏差	0.016	0.012	0.023	0.012	0.025	0.004	0.017	0.014	0.048	0.023	0.049

表 4.28 (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.148	0.203	0.058	0.137	0.013	0.025	0.111	0.186	0.072	0.021	0.026
2000 啓德	0.146	0.117	0.097	0.075	0.016	0.050	0.147	0.154	0.101	0.058	0.039
2001 潭美	0.216	0.098	0.038	0.278	0.022	0.024	0.137	0.098	0.036	0.022	0.032
2001 桃芝	0.067	0.166	0.025	0.383	0.010	0.014	0.121	0.082	0.056	0.012	0.063
2001 納莉	0.070	0.250	0.082	0.229	0.009	0.012	0.223	0.042	0.031	0.006	0.046
2001 利奇 馬	0.147	0.108	0.060	0.110	0.032	0.032	0.130	0.209	0.075	0.041	0.054
2002 娜克 莉	0.202	0.079	0.043	0.126	0.026	0.020	0.172	0.157	0.088	0.055	0.032
2004 敏督 利	0.122	0.134	0.093	0.163	0.028	0.047	0.118	0.109	0.094	0.047	0.045
2004 艾利	0.176	0.069	0.039	0.059	0.047	0.026	0.154	0.173	0.131	0.063	0.064
2004 納坦	0.080	0.080	0.159	0.187	0.008	0.014	0.148	0.106	0.102	0.010	0.106
2005 海棠	0.117	0.101	0.107	0.100	0.040	0.062	0.100	0.118	0.124	0.080	0.051
2005 馬莎	0.161	0.153	0.077	0.098	0.008	0.048	0.166	0.159	0.080	0.016	0.034
2005 珊瑚	0.204	0.072	0.072	0.099	0.006	0.014	0.195	0.233	0.054	0.004	0.046
2005 卡努	0.117	0.108	0.072	0.090	0.006	0.045	0.204	0.182	0.094	0.007	0.075
2005 丹瑞	0.081	0.084	0.060	0.104	0.058	0.084	0.084	0.084	0.178	0.125	0.058
2005 龍王	0.077	0.067	0.085	0.081	0.014	0.017	0.085	0.065	0.117	0.012	0.380
2006 珍珠	0.143	0.131	0.107	0.050	0.014	0.057	0.146	0.146	0.111	0.057	0.037

表 4.28a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(6 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維 尼	0.164	0.084	0.076	0.199	0.014	0.085	0.166	0.098	0.064	0.017	0.035
2006 碧利 斯	0.113	0.118	0.046	0.260	0.028	0.039	0.091	0.093	0.087	0.085	0.040
2006 凱米	0.088	0.100	0.064	0.109	0.027	0.100	0.090	0.100	0.148	0.113	0.061
2006 桑美	0.093	0.108	0.073	0.116	0.023	0.097	0.095	0.103	0.143	0.099	0.051
2006 寶發	0.227	0.017	0.086	0.226	0.007	0.042	0.121	0.153	0.063	0.008	0.050
2006 珊珊	0.134	0.106	0.067	0.163	0.033	0.029	0.102	0.135	0.155	0.027	0.050
2008 鳳凰	0.103	0.117	0.039	0.203	0.010	0.111	0.103	0.121	0.041	0.129	0.026
2008 辛樂 克	0.084	0.135	0.064	0.342	0.022	0.027	0.077	0.088	0.079	0.025	0.057
平均值	0.131	0.112	0.072	0.160	0.021	0.045	0.131	0.128	0.093	0.045	0.062
標準偏差	0.048	0.047	0.028	0.087	0.014	0.030	0.040	0.046	0.039	0.039	0.068

表 4.29(時間)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.117	0.125	0.085	0.247	0.021	0.043	0.126	0.118	0.059	0.029	0.031
2000 啓德	0.114	0.124	0.049	0.151	0.014	0.126	0.108	0.131	0.054	0.088	0.041
2001 潭美	0.147	0.115	0.052	0.182	0.031	0.027	0.110	0.135	0.054	0.106	0.040
2001 桃芝	0.085	0.042	0.031	0.117	0.006	0.008	0.511	0.089	0.069	0.005	0.037
2001 納莉	0.108	0.131	0.089	0.120	0.022	0.106	0.106	0.116	0.098	0.055	0.050
2001 利奇 馬	0.097	0.100	0.063	0.116	0.029	0.098	0.098	0.101	0.164	0.074	0.059
2002 娜克 莉	0.096	0.167	0.041	0.287	0.014	0.044	0.080	0.102	0.063	0.081	0.025
2004 敏督 利	0.039	0.040	0.033	0.629	0.006	0.015	0.084	0.035	0.045	0.008	0.068
2004 艾利	0.155	0.115	0.120	0.073	0.010	0.039	0.168	0.166	0.094	0.030	0.029
2004 納坦	0.108	0.048	0.174	0.119	0.020	0.022	0.106	0.070	0.104	0.016	0.213
2005 海棠	0.086	0.087	0.059	0.104	0.061	0.080	0.080	0.077	0.171	0.134	0.060
2005 馬莎	0.123	0.048	0.108	0.088	0.007	0.025	0.319	0.130	0.055	0.006	0.092
2005 珊瑚	0.244	0.087	0.017	0.187	0.011	0.028	0.198	0.121	0.041	0.013	0.054
2005 卡努	0.141	0.135	0.086	0.125	0.013	0.061	0.139	0.141	0.092	0.028	0.040
2005 丹瑞	0.128	0.099	0.071	0.077	0.040	0.051	0.112	0.147	0.121	0.100	0.054
2005 龍王	0.336	0.079	0.067	0.131	0.008	0.019	0.094	0.042	0.086	0.009	0.129
2006 珍珠	0.175	0.098	0.042	0.075	0.053	0.036	0.067	0.132	0.165	0.091	0.065

表 4.29a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(9 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾維 尼	0.117	0.083	0.090	0.303	0.013	0.029	0.087	0.120	0.081	0.017	0.060
2006 碧利 斯	0.328	0.096	0.031	0.101	0.024	0.017	0.094	0.137	0.095	0.052	0.026
2006 凱米	0.296	0.056	0.042	0.165	0.041	0.032	0.080	0.166	0.045	0.019	0.057
2006 桑美	0.285	0.029	0.054	0.166	0.009	0.042	0.240	0.093	0.043	0.005	0.034
2006 寶發	0.072	0.146	0.102	0.338	0.010	0.020	0.055	0.181	0.046	0.010	0.021
2006 珊珊	0.140	0.033	0.068	0.265	0.024	0.017	0.143	0.210	0.046	0.017	0.036
2008 鳳凰	0.134	0.130	0.088	0.106	0.019	0.054	0.130	0.138	0.105	0.059	0.037
2008 辛樂 克	0.239	0.049	0.060	0.139	0.009	0.030	0.131	0.226	0.078	0.012	0.026
平均值	0.156	0.090	0.069	0.176	0.021	0.043	0.139	0.125	0.083	0.043	0.055
標準偏差	0.082	0.039	0.034	0.120	0.015	0.030	0.097	0.045	0.039	0.038	0.040

表 4.30(時間)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)

事件	球型	指數	高斯	冪次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
1998 奧托	0.156	0.031	0.052	0.385	0.023	0.023	0.126	0.113	0.031	0.012	0.048
2000 啓德	0.102	0.147	0.047	0.305	0.012	0.078	0.089	0.107	0.045	0.037	0.031
2001 潭美	0.164	0.118	0.053	0.217	0.034	0.025	0.107	0.112	0.064	0.059	0.047
2001 桃芝	0.225	0.293	0.069	0.161	0.006	0.010	0.061	0.101	0.029	0.007	0.036
2001 納莉	0.095	0.115	0.077	0.124	0.020	0.099	0.094	0.107	0.123	0.099	0.048
2001 利奇 馬	0.096	0.101	0.062	0.109	0.028	0.096	0.096	0.100	0.167	0.086	0.059
2002 娜克 莉	0.101	0.167	0.040	0.243	0.021	0.033	0.087	0.103	0.087	0.078	0.038
2004 敏督 利	0.066	0.134	0.077	0.364	0.008	0.096	0.072	0.093	0.052	0.014	0.025
2004 艾利	0.160	0.122	0.115	0.075	0.009	0.038	0.158	0.159	0.088	0.048	0.027
2004 納坦	0.144	0.064	0.068	0.101	0.015	0.024	0.079	0.145	0.107	0.019	0.234
2005 海棠	0.080	0.084	0.062	0.107	0.057	0.085	0.084	0.085	0.166	0.133	0.057
2005 馬莎	0.091	0.060	0.093	0.078	0.006	0.014	0.301	0.205	0.056	0.009	0.088
2005 珊瑚	0.217	0.080	0.054	0.151	0.007	0.014	0.080	0.319	0.048	0.010	0.021
2005 卡努	0.133	0.147	0.074	0.140	0.013	0.070	0.125	0.137	0.090	0.030	0.040
2005 丹瑞	0.138	0.111	0.058	0.093	0.041	0.054	0.129	0.137	0.077	0.109	0.053
2005 龍王	0.081	0.052	0.142	0.108	0.006	0.015	0.336	0.111	0.041	0.005	0.101
2006 珍珠	0.198	0.095	0.047	0.077	0.058	0.037	0.115	0.175	0.069	0.058	0.072

表 4.30a (時間)各理論半異數模式權重因子成果表(12 個率定點)(續 1)

事件	球型	指數	高斯	幕次	碎塊	線性	線性臨 界變異 元	圓形	五球	對數	周期
2006 艾 維尼	0.102	0.115	0.088	0.232	0.018	0.024	0.105	0.156	0.088	0.017	0.054
2006 碧 利斯	0.202	0.157	0.034	0.100	0.032	0.024	0.087	0.116	0.123	0.083	0.043
2006 凱 米	0.177	0.097	0.049	0.116	0.038	0.023	0.125	0.200	0.099	0.024	0.051
2006 桑 美	0.134	0.178	0.055	0.108	0.014	0.022	0.243	0.080	0.099	0.019	0.047
2006 寶 發	0.1561	0.03059	0.05246	0.38473	0.02315	0.02294	0.12583	0.11282	0.03105	0.01212	0.0482
2006 珊 珊	0.0280 5	0.02937	0.01608	0.74351	0.00873	0.01139	0.03951	0.05877	0.02948	0.00848	0.02663
2008 鳳 凰	0.0743 8	0.3263	0.03804	0.16141	0.01504	0.01752	0.12556	0.14726	0.04421	0.01866	0.03162
2008 辛 樂克	0.1381 1	0.12924	0.10523	0.09891	0.0148	0.05901	0.14515	0.13349	0.11664	0.0235	0.03593
平均值	0.2376 2	0.12444	0.03694	0.19275	0.0094	0.01246	0.09698	0.20818	0.04267	0.01348	0.02508
標準偏 差	0.1336 36	0.123098	0.064499	0.18363	0.020572	0.040188	0.124229	0.136311	0.079292	0.040871	0.053671



表 4.31 各半變異數模式於 25 場颱風事件之總降雨量推估值的均方誤

差(MSE)平均值(4 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	163.2084	201.5032	215.7342
第二場	138.3821	157.3583	190.9117
第三場	13.5827	23.78981	60.82712
第四場	14.10477	13.2587	23.86682
第五場	14.08089	9.8497	31.9292
第六場	30.2432	38.99829	37.11791
第七場	160.7765	134.5225	120.1029
第八場	4.52031	3.20394	2.62363
第九場	5.40594	4.27973	17.07411
第十場	81.43287	68.69695	85.33223
第十一場	52.78752	45.95778	77.74921
第十二場	29.73211	41.45223	47.8929
第十三場	14.22555	30.14299	33.37767
第十四場	234.8032	244.6363	369.9054
第十五場	136.1806	136.0517	152.1978
第十六場	86.42676	77.37407	112.6966
第十七場	300.1216	324.5255	478.2816
第十八場	24.93823	25.25555	39.66315
第十九場	36.9164	39.26892	28.49974
第二十場	129.7928	212.4052	387.3029
第二十一場	43.28137	51.80463	115.1627
第二十二場	12.46724	40.61844	45.79248
第二十三場	1.89244	7.58444	4.61817
第二十四場	30.63753	27.23127	55.80405
第二十五場	11.77016	12.86891	14.2243
所有事件平均	70.86845	78.90556	109.9475

表 4.32 各半變異數模式於 25 場颱風事件之總降雨量推估值的均方誤

差(MSE)平均值(7 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	3.56099	3.33502	3.89263
第二場	2.69657	2.47087	3.6917
第三場	3.80867	4.39023	2.29138
第四場	2.62554	2.88929	2.2671
第五場	3.11371	3.12714	2.57669
第六場	1.41451	1.19825	1.11435
第七場	3.06731	3.00596	2.9945
第八場	0.51216	0.57303	0.47486
第九場	1.3947	1.31218	1.08353
第十場	4.53376	4.87809	4.28772
第十一場	2.62969	3.06513	2.60837
第十二場	4.03121	4.1114	4.32462
第十三場	1.47386	1.4406	1.95732
第十四場	7.78143	6.57083	7.2829
第十五場	5.1867	4.95919	4.65525
第十六場	3.30274	3.28936	3.98264
第十七場	7.86335	8.25776	9.14265
第十八場	2.22252	2.27589	2.06869
第十九場	2.29259	2.05522	1.46723
第二十場	2.21517	2.30073	2.7494
第二十一場	5.95914	5.91028	4.85353
第二十二場	2.02679	1.68497	1.86787
第二十三場	0.44241	0.83988	0.64236
第二十四場	3.22111	3.46205	3.60494
第二十五場	0.56195	0.6343	0.69929
所有事件平均	3.56099	3.33502	3.89263

表 4.33 各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨量推估值的均方誤差

(MSE)平均值(10 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	214.193	186.77161	230.95159
第二場	92.99303	127.12182	132.80167
第三場	68.26497	71.074	63.26943
第四場	20.60084	20.91592	20.68741
第五場	48.57928	63.57373	52.9009
第六場	27.0945	34.5795	33.2804
第七場	98.48284	100.19869	96.59255
第八場	3.56226	3.44101	2.237
第九場	16.57594	21.42205	23.61593
第十場	72.45807	64.32988	75.98256
第十一場	40.81401	43.71656	65.8217
第十二場	45.69297	44.70291	38.04693
第十三場	21.06055	28.78451	37.73562
第十四場	300.47593	356.87766	342.86846
第十五場	128.23922	150.05303	137.53846
第十六場	74.00442	94.3103	107.80562
第十七場	368.38683	462.10202	474.13203
第十八場	28.74549	36.93019	37.94426
第十九場	31.25387	33.21148	24.638
第二十場	208.13325	260.17913	334.20401
第二十一場	109.5507	111.78093	176.28887
第二十二場	23.39861	26.21387	33.72264
第二十三場	7.32556	7.76465	8.16746
第二十四場	27.34411	25.4728	51.40724
第二十五場	7.70197	7.51013	10.06456
所有事件平均	214.193	186.77161	230.95159

表 4.34 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性

表(6 個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	83.397	95.322	104.508
Stdev	92.674	111.431	118.456
Skew	0.456	0.485	0.467
Kurt	5.19	6.219	5.18
Max	368.387	462.102	474.132
Median	45.693	44.703	52.901
Min	3.562	3.441	2.237
95% Lower Limit	5.269	5.271	5.059
95% Upper Limit	355.136	441.57	448.52

表 4.35 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性

表(9 個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	76.075	69.56	99.6
Stdev	85.996	70.558	107.091
Skew	1.579	1.912	1.513
Kurt	4.583	6.931	4.204
Max	331.46	320.159	398.393
Median	33.663	42.057	53.117
Min	3.198	3.61	1.979
95% Lower Limit	4.145	6.009	4.218
95% Upper Limit	316.741	293.099	395.942

表 4.36 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性

表(12 個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	70.868	78.906	109.948
Stdev	77.792	85.302	125.13
Skew	1.39	1.383	1.693
Kurt	4.166	3.919	4.854
Max	300.122	324.525	478.282
Median	30.639	40.618	55.804
Min	1.892	3.204	2.624
95% Lower Limit	3.147	4.015	4.478
95% Upper Limit	287.377	308.937	460.53

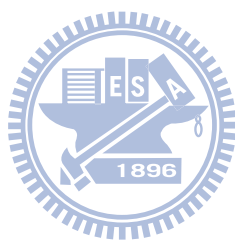


表 4.37 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨型推估值的均方

誤差(MSE)平均值(4 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	0.04745	0.04693	0.04141
第二場	0.05964	0.06487	0.06159
第三場	0.1357	0.13473	0.08226
第四場	0.12637	0.17165	0.10935
第五場	0.12637	0.17165	0.10935
第六場	0.1741	0.17067	0.1599
第七場	0.12601	0.12359	0.12825
第八場	0.22421	0.2446	0.17738
第九場	0.07907	0.07964	0.05862
第十場	0.0387	0.04497	0.04199
第十一場	0.11972	0.09252	0.063
第十二場	0.06193	0.07929	0.05847
第十三場	0.08787	0.08068	0.08948
第十四場	0.03396	0.03395	0.02856
第十五場	0.06533	0.04937	0.0486
第十六場	0.10323	0.11336	0.11337
第十七場	0.02968	0.02499	0.02969
第十八場	0.10827	0.09837	0.08188
第十九場	0.11797	0.10194	0.08012
第二十場	0.07589	0.06552	0.06134
第二十一場	0.05514	0.05679	0.0455
第二十二場	0.09897	0.10779	0.08409
第二十三場	0.24897	0.13867	0.32146
第二十四場	0.11707	0.09975	0.08215
第二十五場	0.1723	0.1337	0.19564
所有事件平均	0.04745	0.04693	0.04141

表 4.38 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨量推估值的均方

誤差(MSE)平均值(7 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	0.04154	0.04117	0.04229
第二場	0.04606	0.03974	0.04869
第三場	0.17516	0.16996	0.08956
第四場	0.19777	0.18201	0.13542
第五場	0.15421	0.15043	0.13576
第六場	0.20509	0.19942	0.14877
第七場	0.13358	0.12366	0.13286
第八場	0.19411	0.17336	0.18809
第九場	0.09182	0.08138	0.06866
第十場	0.049	0.04786	0.04188
第十一場	0.08336	0.10036	0.06017
第十二場	0.079	0.07969	0.067
第十三場	0.0764	0.0745	0.08332
第十四場	0.03396	0.03441	0.026
第十五場	0.05244	0.05448	0.04307
第十六場	0.09334	0.09386	0.10692
第十七場	0.02812	0.03108	0.03079
第十八場	0.08938	0.08705	0.08233
第十九場	0.12344	0.10718	0.08531
第二十場	0.06473	0.06538	0.05913
第二十一場	0.04968	0.04991	0.03987
第二十二場	0.10271	0.09393	0.08427
第二十三場	0.1988	0.20521	0.2194
第二十四場	0.10544	0.10415	0.07916
第二十五場	0.17604	0.21161	0.22563
所有事件平均	0.04154	0.04117	0.04229

表 4.39 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨量推估值的均方

誤差(MSE)平均值(10 個驗證點)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	0.04371	0.04103	0.03934
第二場	0.04561	0.04855	0.05409
第三場	0.1878	0.19891	0.11686
第四場	0.17334	0.21211	0.11932
第五場	0.15616	0.15827	0.13996
第六場	0.19754	0.20445	0.15138
第七場	0.11729	0.11262	0.14813
第八場	0.18949	0.2038	0.1579
第九場	0.09712	0.09747	0.0781
第十場	0.05026	0.05257	0.041
第十一場	0.06698	0.07422	0.05937
第十二場	0.03235	0.03523	0.02947
第十三場	0.07092	0.07059	0.062
第十四場	0.03181	0.03632	0.027
第十五場	0.05158	0.05486	0.04645
第十六場	0.07445	0.08288	0.09365
第十七場	0.03235	0.03523	0.02947
第十八場	0.10944	0.10734	0.08802
第十九場	0.11638	0.12365	0.07179
第二十場	0.06794	0.06706	0.05716
第二十一場	0.04758	0.04625	0.04311
第二十二場	0.08777	0.07675	0.07383
第二十三場	0.23399	0.16777	0.23184
第二十四場	0.11466	0.1209	0.08232
第二十五場	0.21742	0.18591	0.14624
所有事件平均	0.04371	0.04103	0.03934



表 4.40 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(6  
個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	0.105	0.105	0.088
Stdev	0.062	0.063	0.051
Skew	0.633	0.558	0.968
Kurt	2.09	1.866	3.431
Max	0.234	0.212	0.232
Median	0.088	0.083	0.074
Min	0.032	0.035	0.027
95% Lower Limit	0.032	0.035	0.028
95% Upper Limit	0.231	0.211	0.217

表 4.41 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(9  
個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	0.102	0.104	0.093
Stdev	0.053	0.056	0.055
Skew	0.565	0.564	1.034
Kurt	2.138	2.05	3.185
Max	0.205	0.212	0.226
Median	0.092	0.094	0.082
Min	0.028	0.031	0.026
95% Lower Limit	0.031	0.033	0.029
95% Upper Limit	0.204	0.21	0.224

表 4.42 各半變異數模式無因次降雨比率均方誤差(MSE)平均值之統計特性表(12  
個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	0.105	0.101	0.094
Stdev	0.055	0.051	0.063
Skew	0.876	0.816	1.97
Kurt	3.422	3.508	7.278
Max	0.249	0.245	0.321
Median	0.103	0.098	0.082
Min	0.03	0.025	0.029
95% Lower Limit	0.032	0.03	0.03
95% Upper Limit	0.244	0.23	0.297



表 4.43 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特

性表(6 個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	3.34	3.562	3.278
Stdev	2.26	2.554	2.306
Skew	0.947	1.328	1.444
Kurt	3.078	4.514	5.289
Max	8.802	10.726	10.578
Median	2.59	3.012	3.056
Min	0.507	0.445	0.442
95% Lower Limit	0.526	0.461	0.487
95% Upper Limit	8.707	10.588	10.127

表 4.44 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特

性表(9 個率定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	3.118	3.122	3.063
Stdev	1.933	1.877	1.996
Skew	0.956	0.881	1.236
Kurt	3.546	3.446	4.678
Max	7.863	8.258	9.143
Median	2.697	3.006	2.608
Min	0.442	0.573	0.475
95% Lower Limit	0.478	0.621	0.555
95% Upper Limit	7.847	7.929	8.78

表 4.45 各半變異數模式降雨組體圖均方(MSE)之統計特性表(12 個率  
定點)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	3.053	3.143	3.316
Stdev	1.945	1.922	2.39
Skew	0.759	0.741	1.467
Kurt	2.806	2.886	5.09
Max	7.384	7.427	10.645
Median	2.791	2.949	3.14
Min	0.426	0.535	0.552
95% Lower Limit	0.499	0.559	0.629
95% Upper Limit	7.362	7.412	10.313

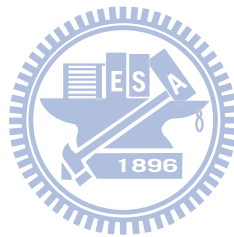


表 4.46 各半變異數模式於 25 場颱風事之總降雨推估值的均方誤差

(MSE)平均值(不固定測站)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	227.468	236.884	261.724
第二場	97.478	112.34	128.017
第三場	42.684	47.864	61.092
第四場	18.112	20.101	20.404
第五場	34.169	39.173	48.999
第六場	35.073	35.329	36.908
第七場	86.098	86.735	71.338
第八場	4.357	4.205	3.53
第九場	13.49	14.051	20.822
第十場	65.408	62.288	70.544
第十一場	39.981	40.361	67.889
第十二場	34.446	34.864	45.665
第十三場	21.078	24.615	37.851
第十四場	234.149	230.781	325.149
第十五場	123.916	131.643	126.622
第十六場	70.274	79.097	96.031
第十七場	279.422	294.772	442.436
第十八場	25.863	28.048	36.912
第十九場	28.29	28.3	26.351
第二十場	176.826	264.374	330.632
第二十一場	123.586	134.483	187.873
第二十二場	25.447	32.365	38.465
第二十三場	7.349	7.124	7.017
第二十四場	31.894	34.405	54.56
第二十五場	7.014	7.581	9.691
所有事件平均	227.468	236.884	261.724

表 4.47 各半變異數模式總降雨量均方誤差(MSE)平均值之統計特性

表(不固定測站)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	74.155	81.271	102.261
Stdev	80.33	90.45	116.609
Skew	1.534	1.717	1.681
Kurt	4.395	5.757	4.888
Max	337.021	532.533	507.698
Median	37.405	40.466	52.292
Min	2.501	2.398	2.142
95% Lower Limit	4.26	3.862	3.772
95% Upper Limit	313.846	352.045	481.983



表 4.48 各半變異數模式於 25 場颱風事件之無因次雨量推估值的均方

誤差(MSE)平均值(不固定測站)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	0.039	0.042	0.04
第二場	0.053	0.055	0.054
第三場	0.158	0.155	0.104
第四場	0.2	0.197	0.156
第五場	0.176	0.172	0.134
第六場	0.202	0.205	0.195
第七場	0.145	0.154	0.125
第八場	0.187	0.187	0.202
第九場	0.098	0.096	0.079
第十場	0.044	0.049	0.041
第十一場	0.094	0.088	0.065
第十二場	0.094	0.09	0.065
第十三場	0.073	0.068	0.076
第十四場	0.036	0.035	0.028
第十五場	0.058	0.058	0.048
第十六場	0.093	0.095	0.12
第十七場	0.029	0.03	0.029
第十八場	0.08	0.08	0.063
第十九場	0.121	0.126	0.08
第二十場	0.063	0.064	0.058
第二十一場	0.056	0.053	0.042
第二十二場	0.089	0.102	0.077
第二十三場	0.206	0.208	0.239
第二十四場	0.104	0.112	0.086
第二十五場	0.222	0.213	0.207
所有事件平均	0.039	0.042	0.04

表 4.49 各半變異數模式無因次兩型均方誤差(MSE)平均值之統計特

性表(不固定測站)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	0.109	0.109	0.096
Stdev	0.063	0.062	0.061
Skew	0.761	0.716	1.129
Kurt	2.591	2.474	3.38
Max	0.3	0.287	0.286
Median	0.093	0.009	0.075
Min	0.022	0.024	0.026
95% Lower Limit	0.03	0.031	0.028
95% Upper Limit	0.267	0.256	0.269

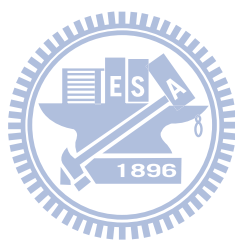




表 4.50 各半變異數模式於 25 場颱風事件之降雨組體圖推估值的均方

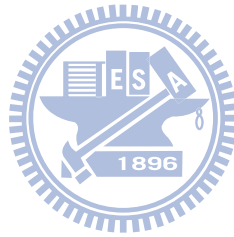
誤差(MSE)平均值(不固定測站)

降雨事件	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
第一場	3.799	3.901	3.895
第二場	3.126	3.412	3.669
第三場	3.861	3.928	2.773
第四場	2.483	2.609	2.307
第五場	3.23	3.323	2.831
第六場	1.282	1.337	1.248
第七場	3.025	3.245	2.599
第八場	0.526	0.495	0.475
第九場	1.558	1.572	1.363
第十場	4.452	4.737	4.477
第十一場	2.958	2.78	3.092
第十二場	5.363	5.234	4.255
第十三場	1.573	1.625	2.004
第十四場	7.608	7.44	7.832
第十五場	5.054	5.132	4.408
第十六場	3.615	3.96	4.711
第十七場	7.656	7.866	10.221
第十八場	2.101	2.116	1.731
第十九場	2.068	2.177	1.366
第二十場	2.035	2.448	2.702
第二十一場	6.237	6.028	5.16
第二十二場	1.746	1.961	1.776
第二十三場	0.603	0.579	0.656
第二十四場	3.436	3.673	3.822
第二十五場	0.71	0.722	0.766
所有事件平均	3.799	3.901	3.895

表 4.51 各半變異數模式降雨組體圖均方誤差(MSE)平均值之統計特

性表(不固定測站)

統計特性	WEIGHT_SV	BEST_SV	IDW
Mean	3.204	3.292	3.206
Stdev	2.022	2.028	2.238
Skew	0.842	0.773	1.466
Kurt	3.016	3.051	5.453
Max	8.61	9.347	11.516
Median	2.827	2.855	2.807
Min	0.357	0.383	0.412
95% Lower Limit	0.45	0.457	0.485
95% Upper Limit	8.437	8.66	10.876



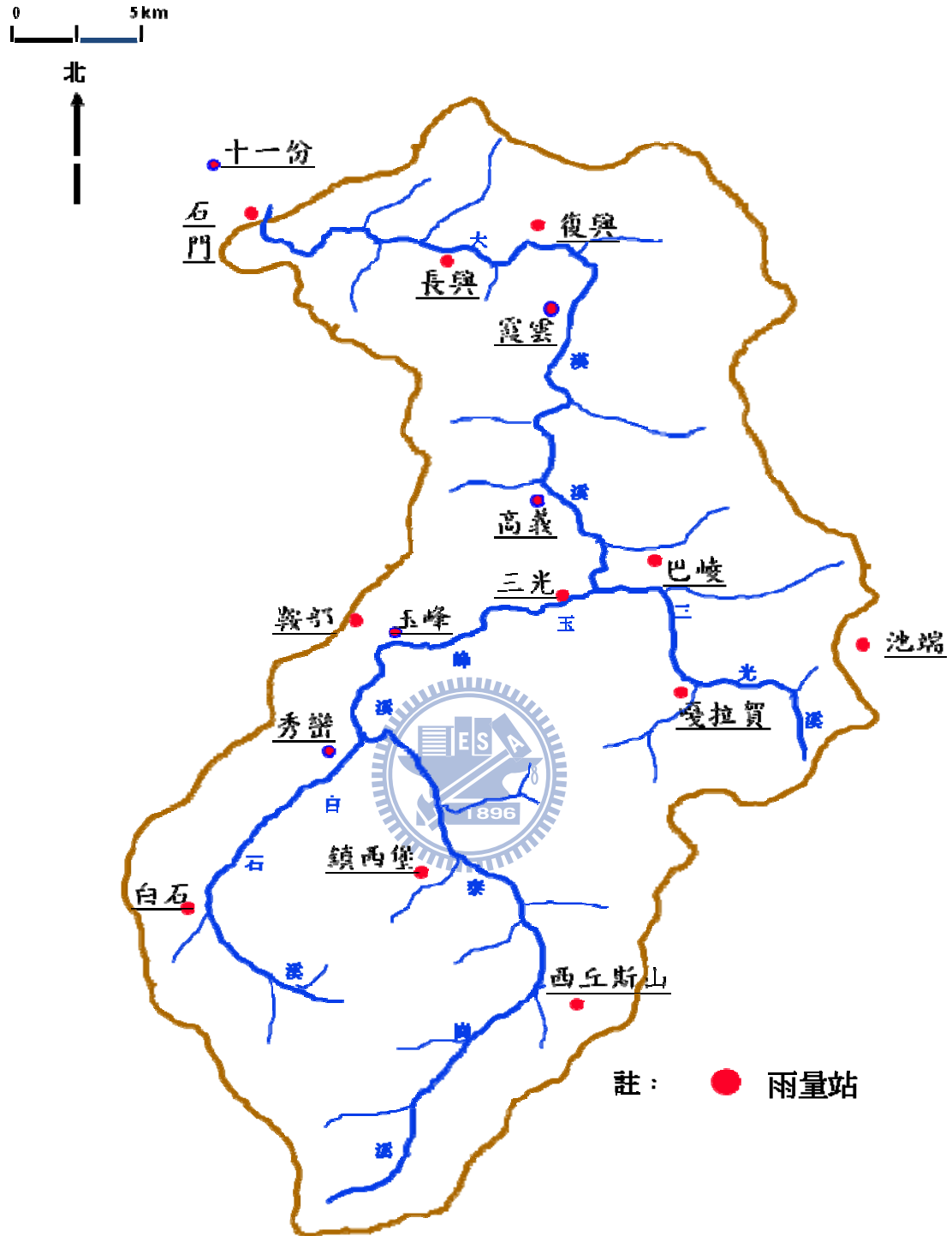


圖 4.1 石門水庫集水區各測站位置圖

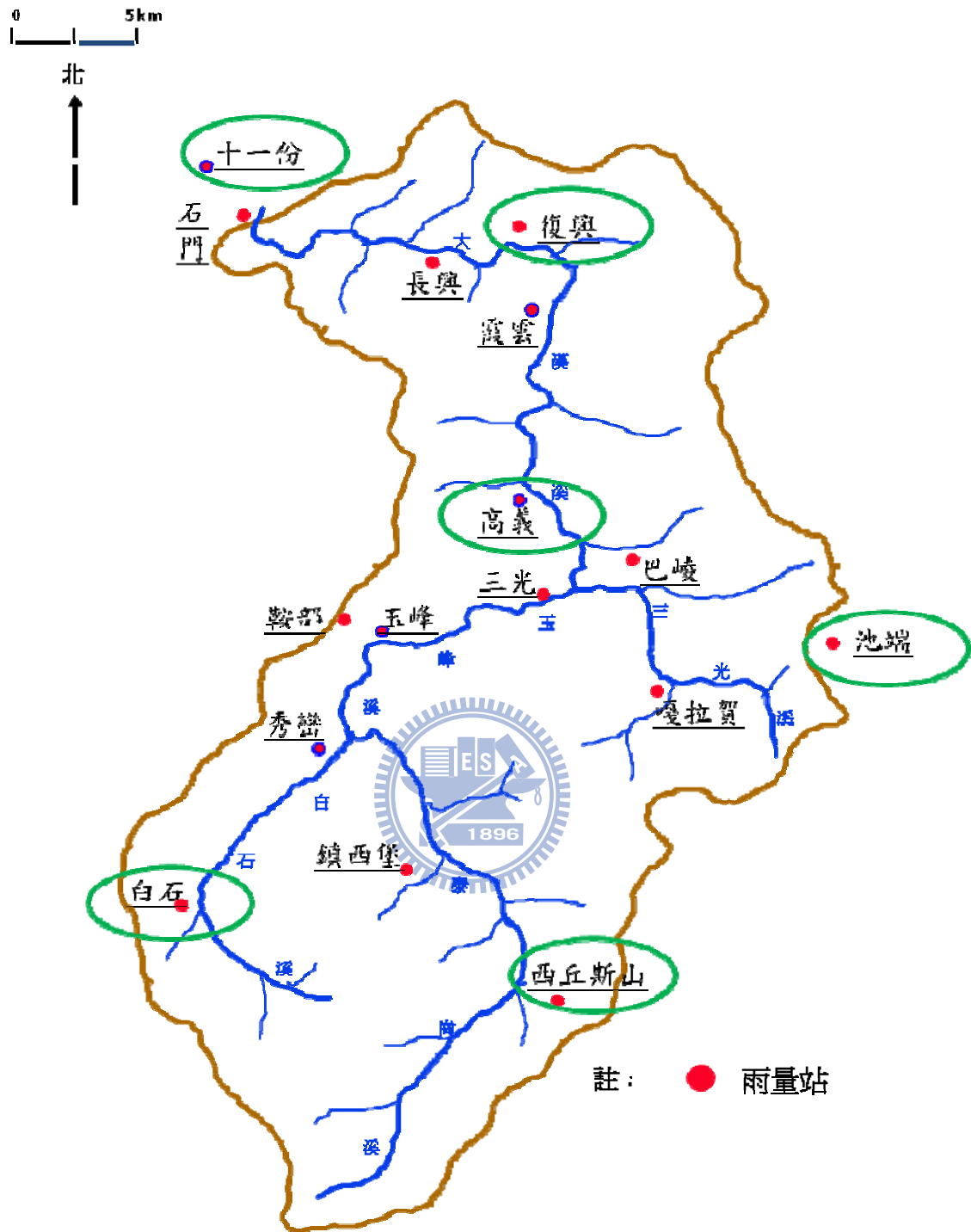


圖 4.2 石門水庫集水區 6 個率定點雨量站位置圖

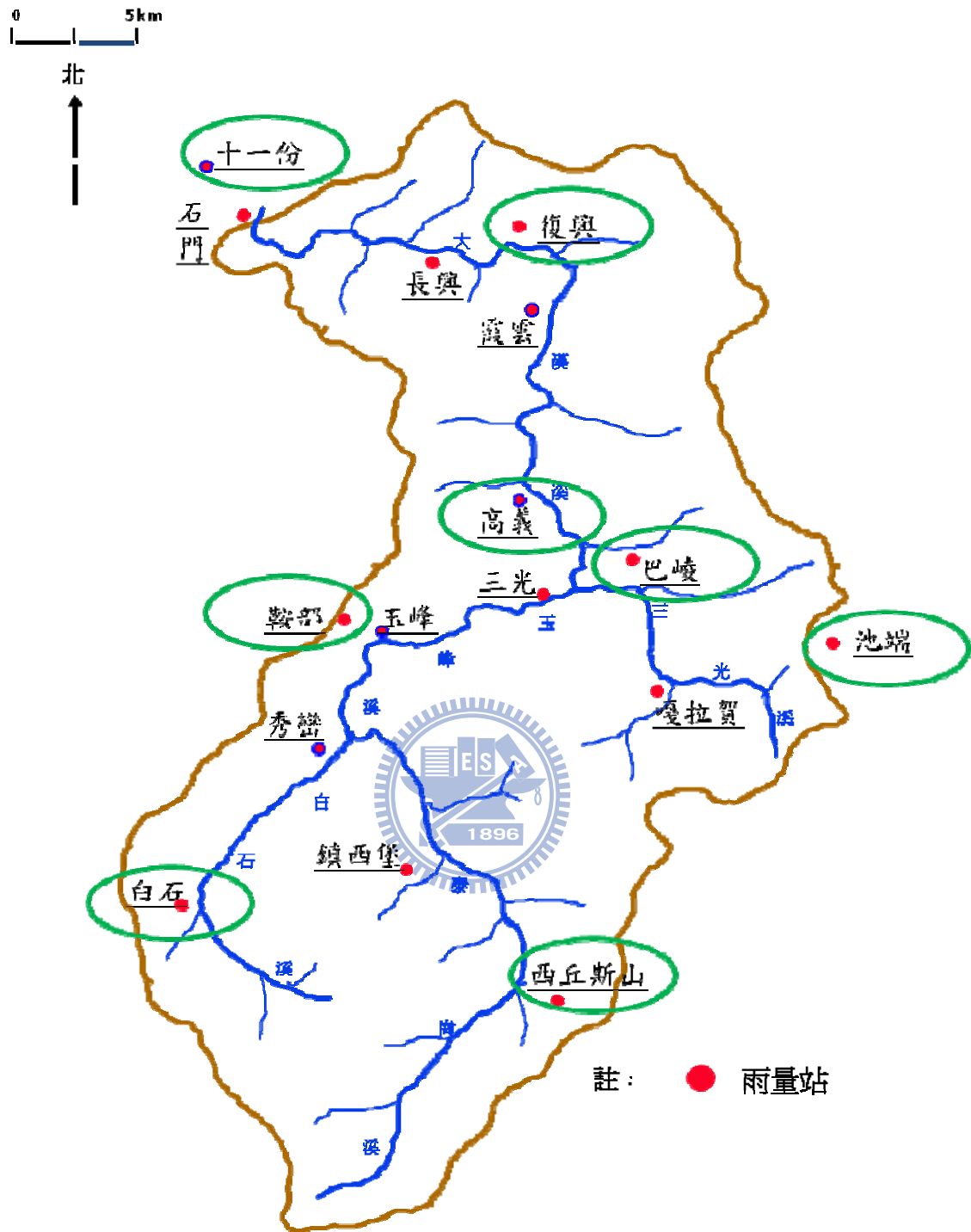


圖 4.3 石門水庫集水區 9 個率定點雨量站位置圖

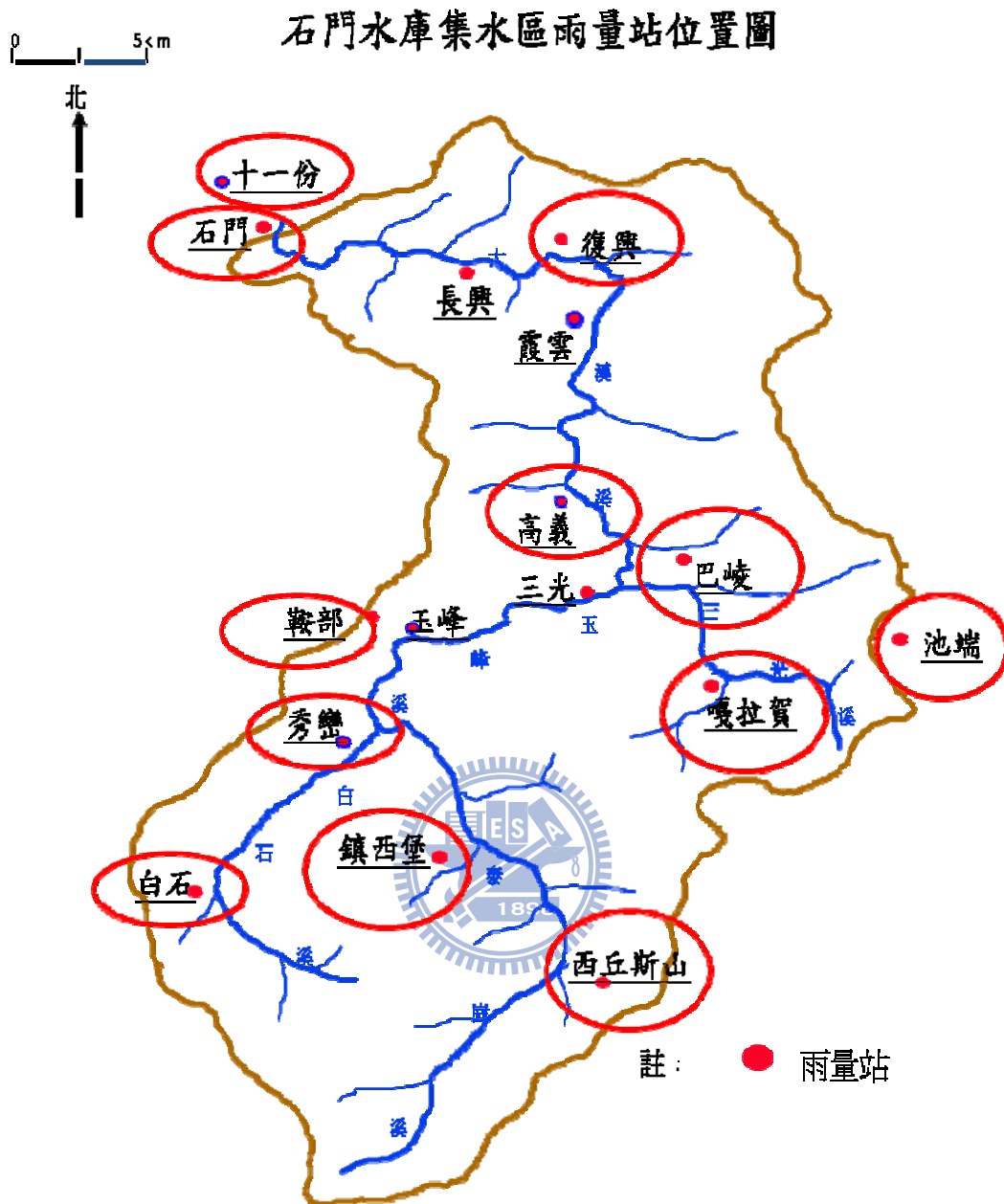


圖 4.4 石門水庫集水區 12 個率定點雨量站位置圖

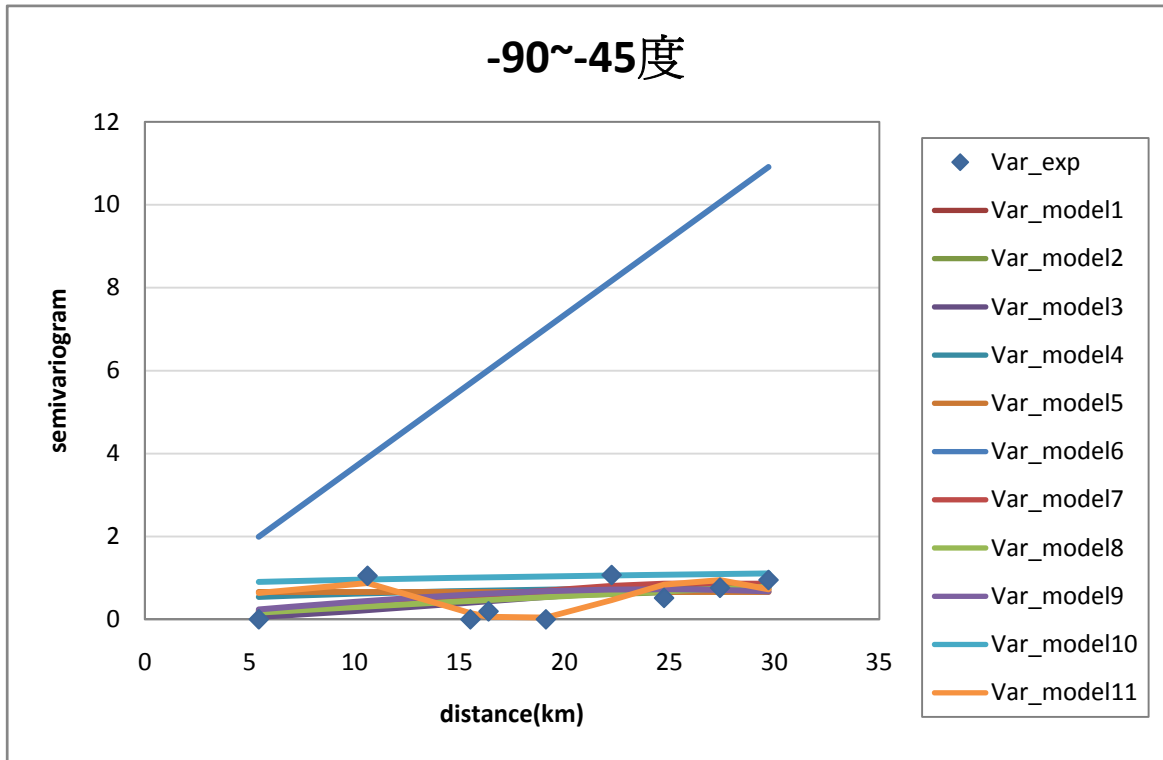


圖 4.5(-90~-45 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比

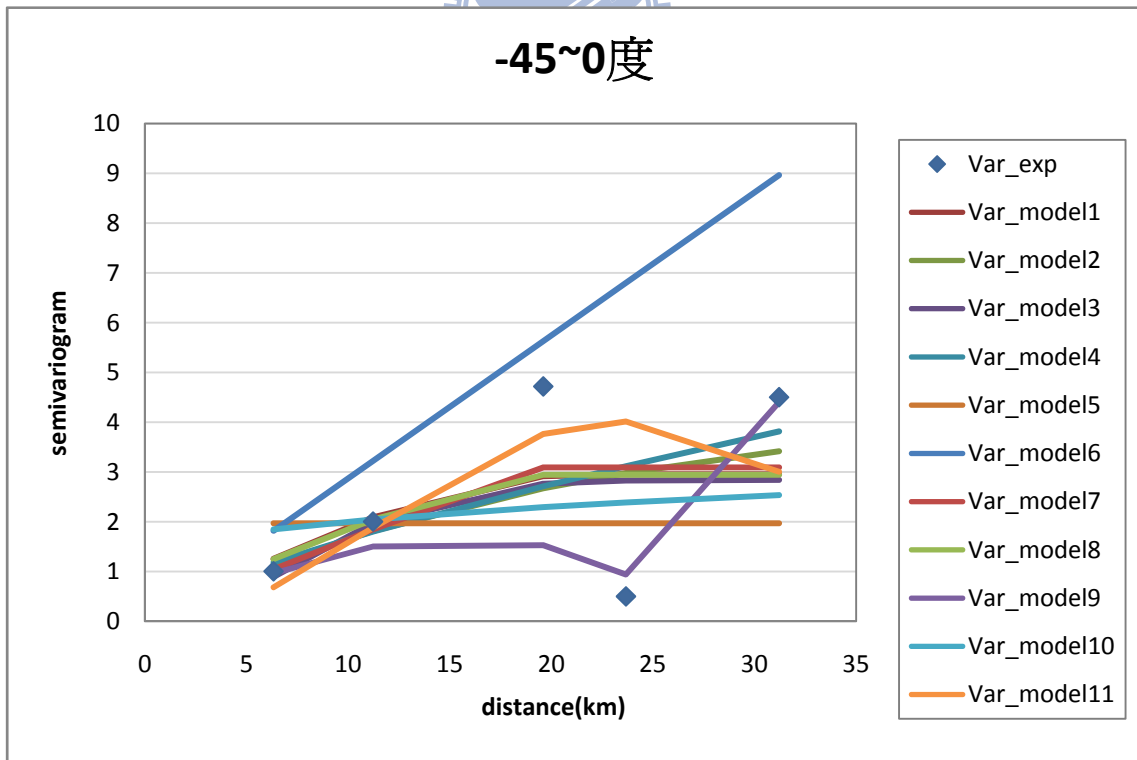


圖 4.6(-45~0 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

圖

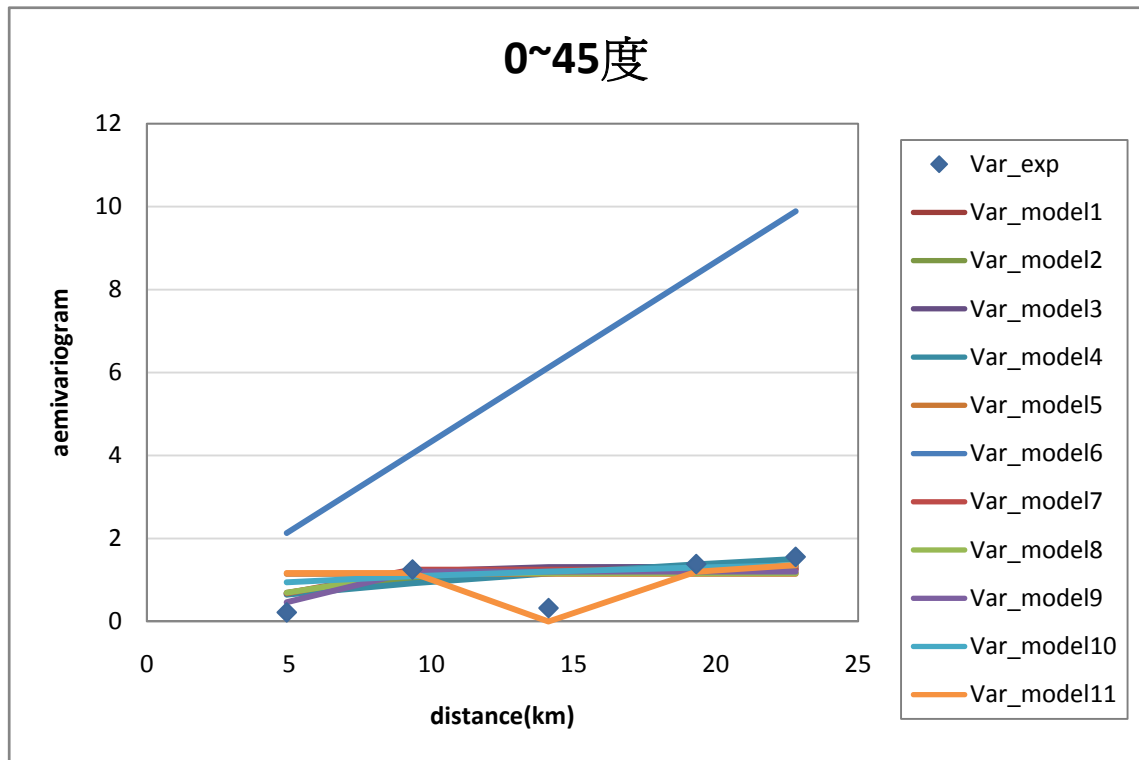


圖 4.7(0~45 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較圖

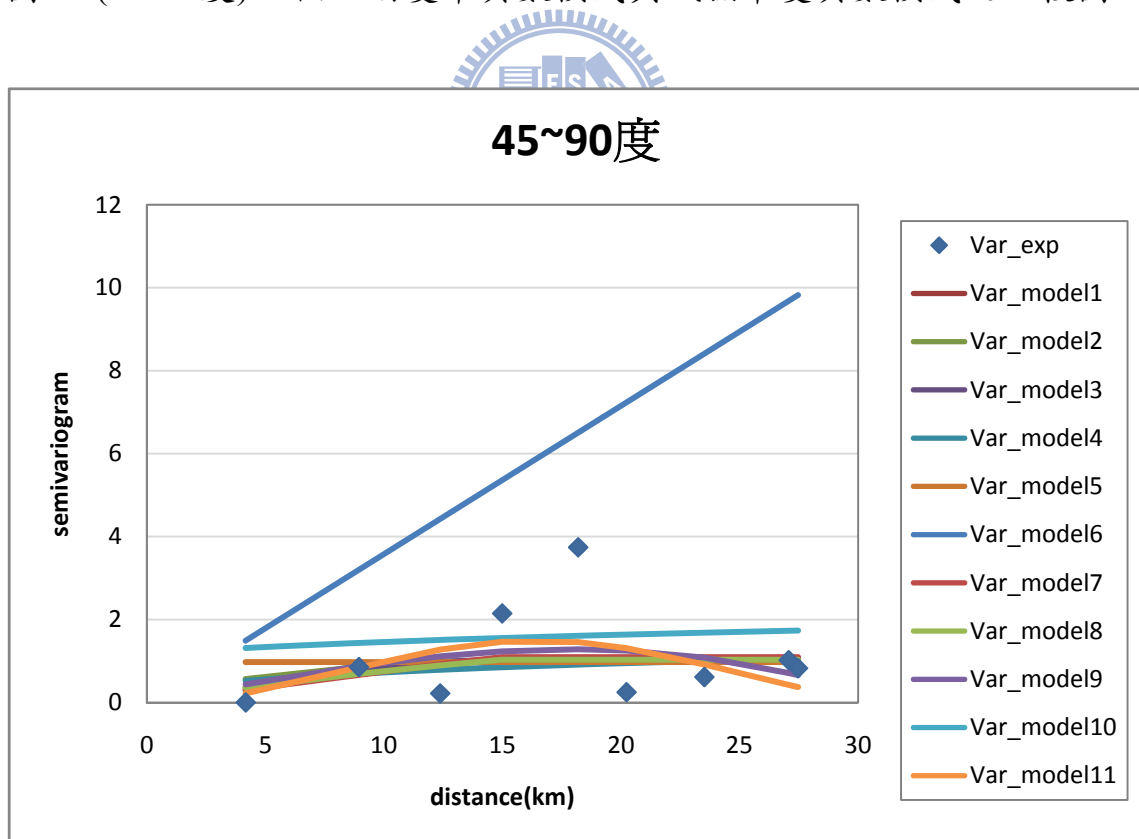


圖 4.8(45-90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

圖



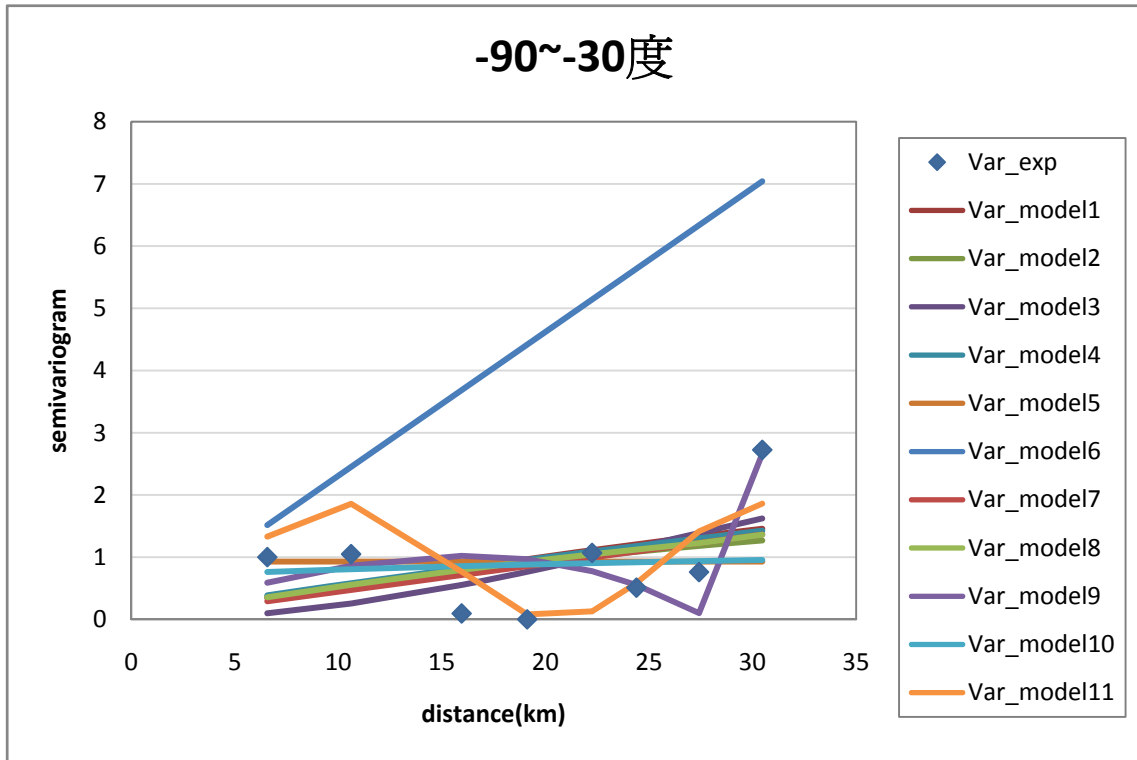


圖 4.9(-90~-30 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

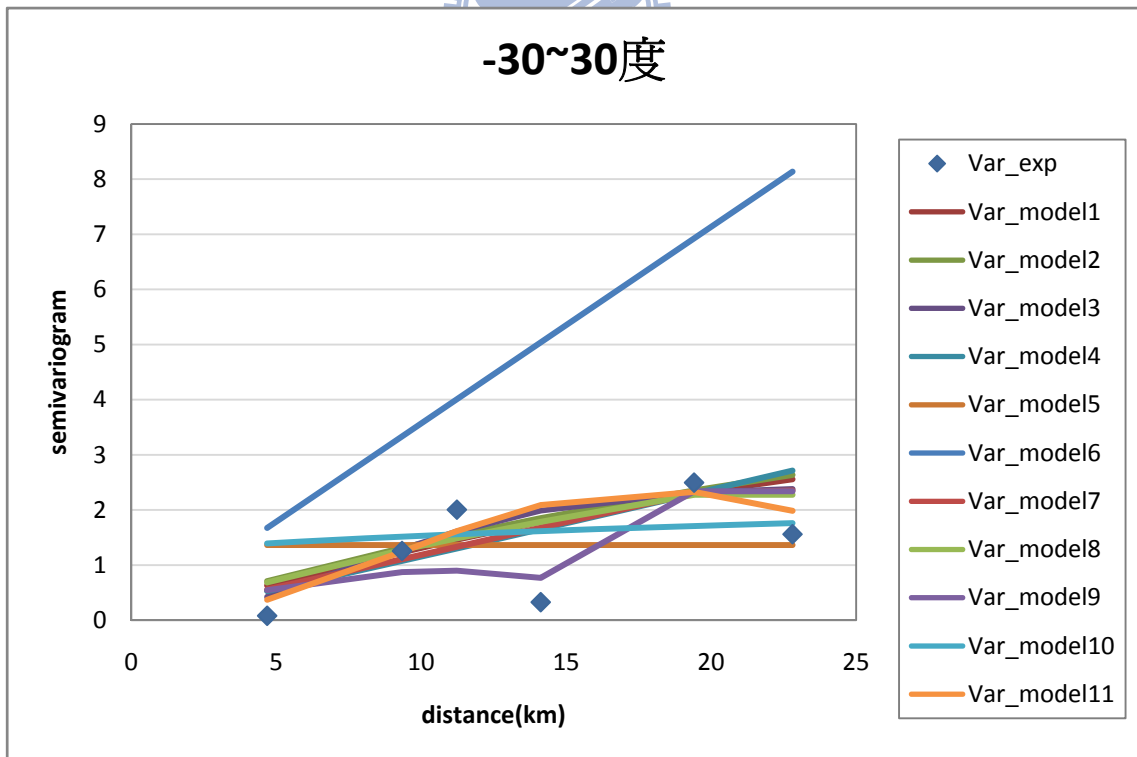


圖 4.10(-30~30 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

圖

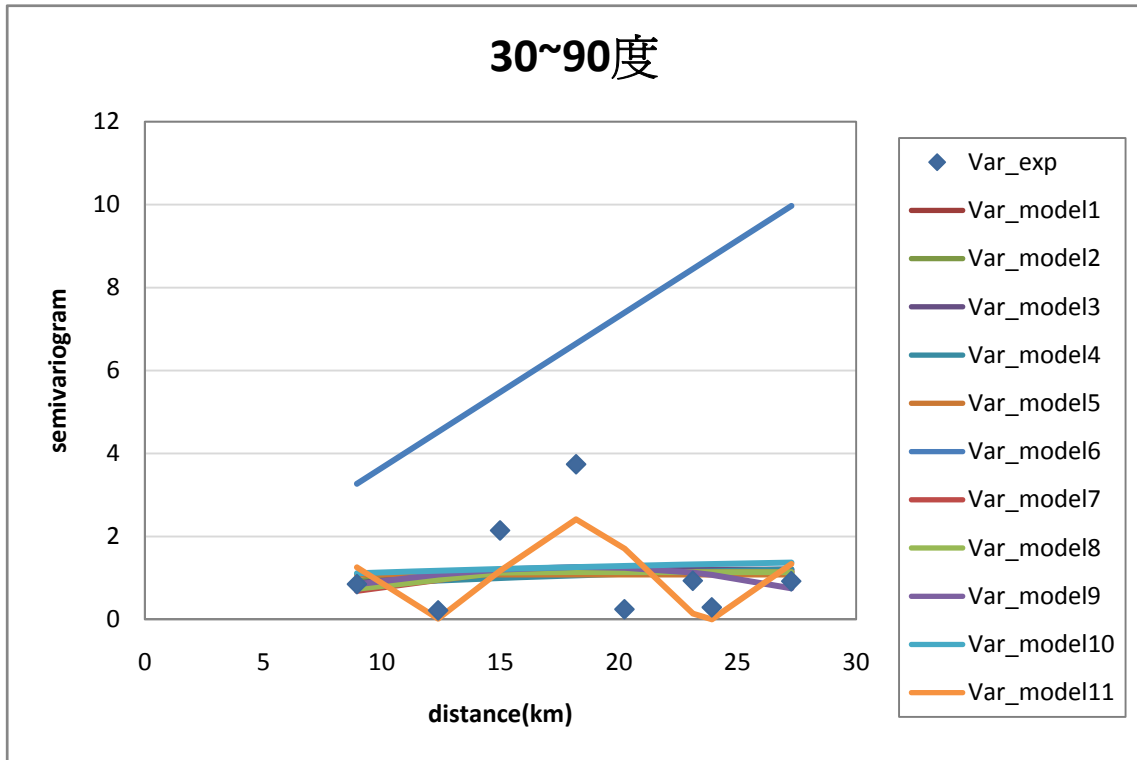


圖 4.11(30~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

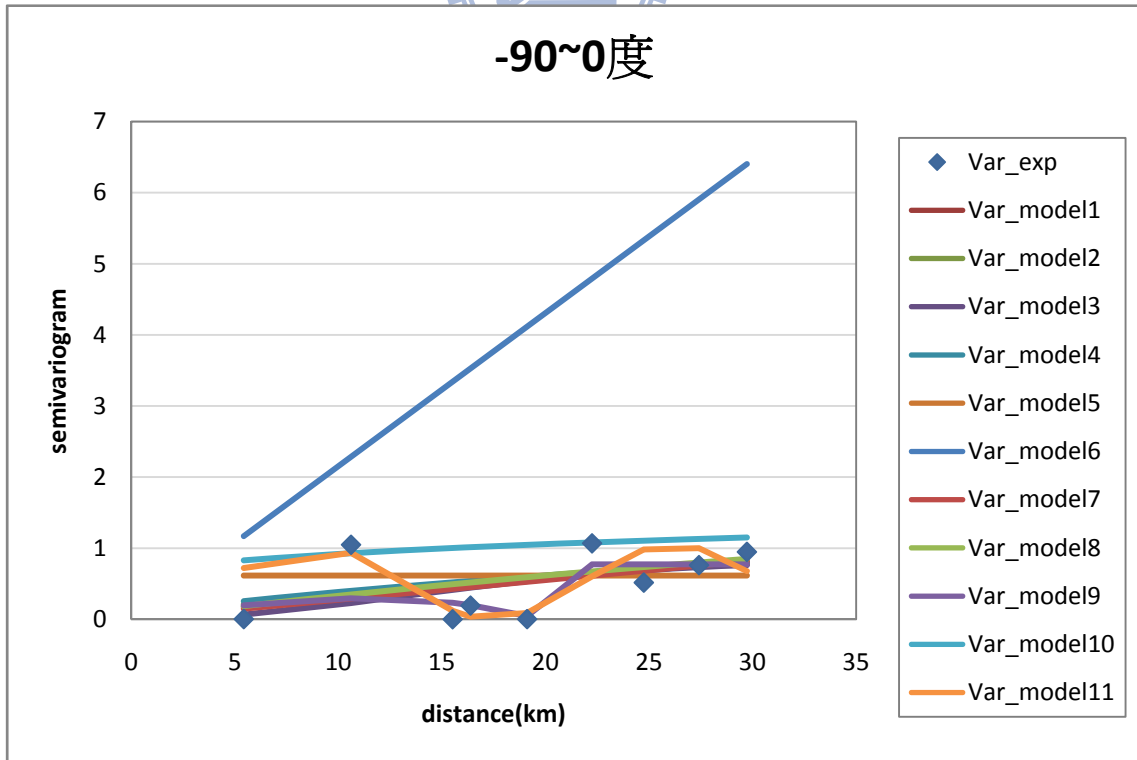
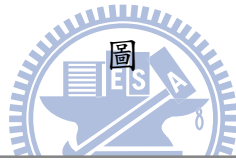


圖 4.12(-90~0 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

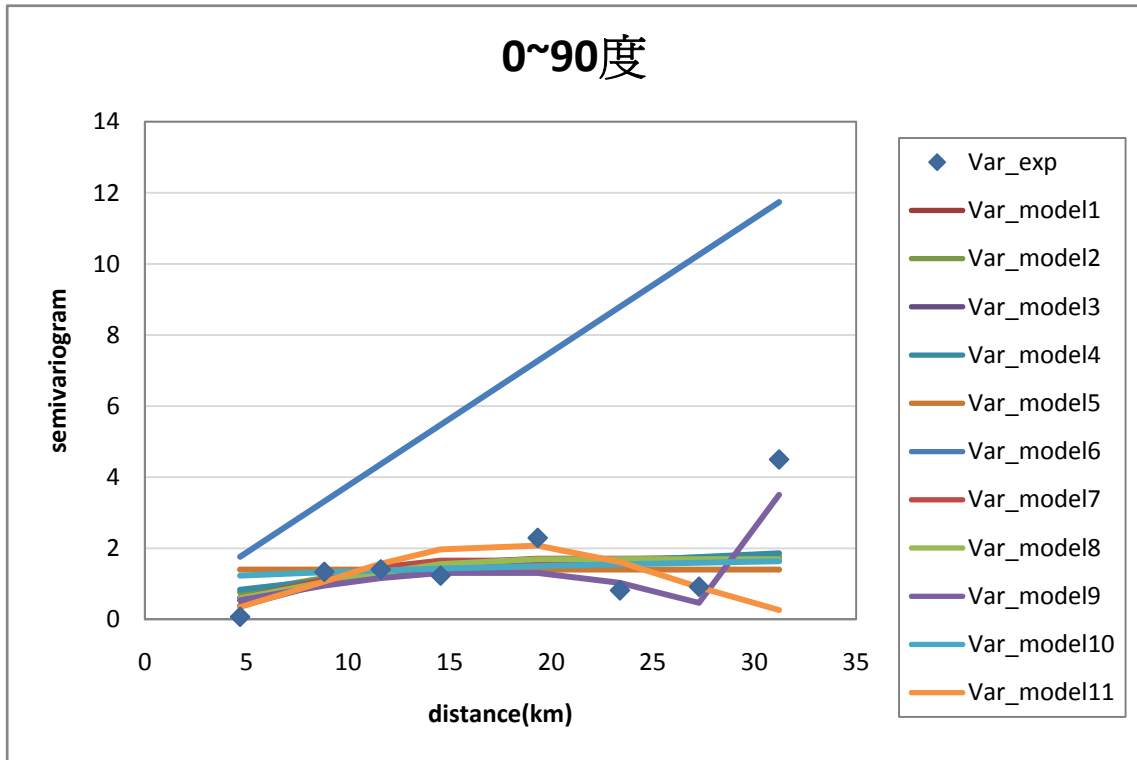


圖 4.13(0~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

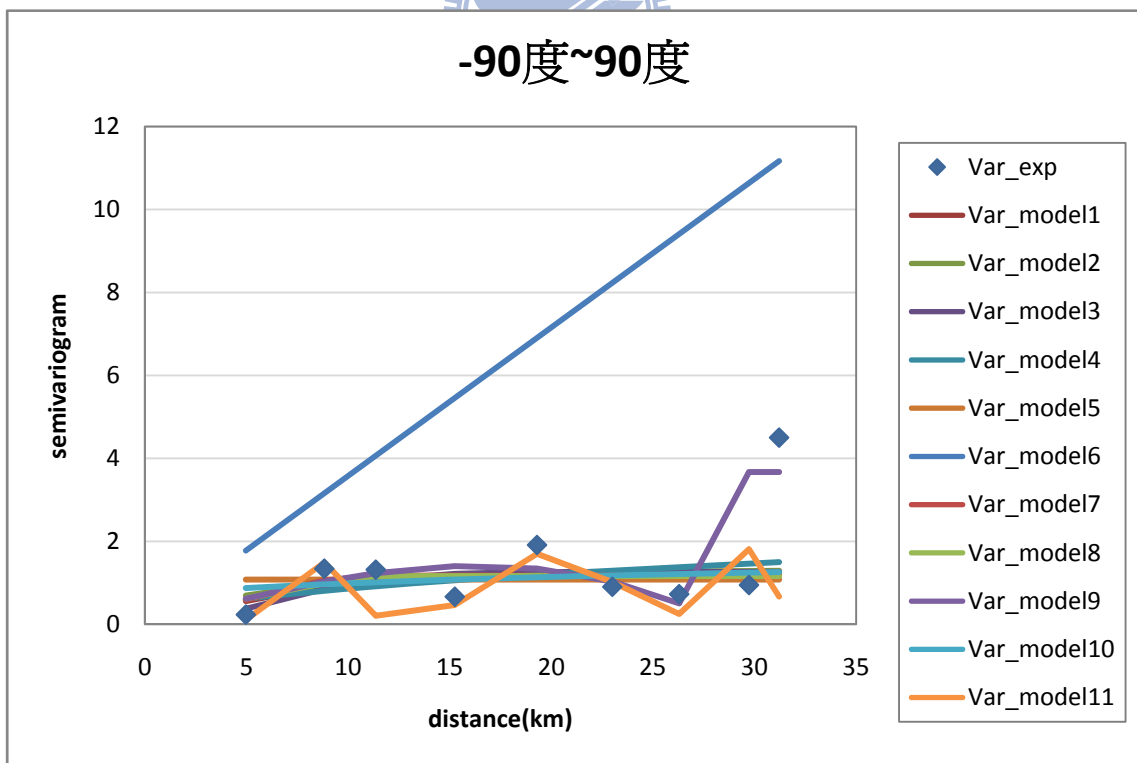


圖 4.14(-90~90 度)11 個理論變半異數模式與試驗半變異數模式之比較

較圖

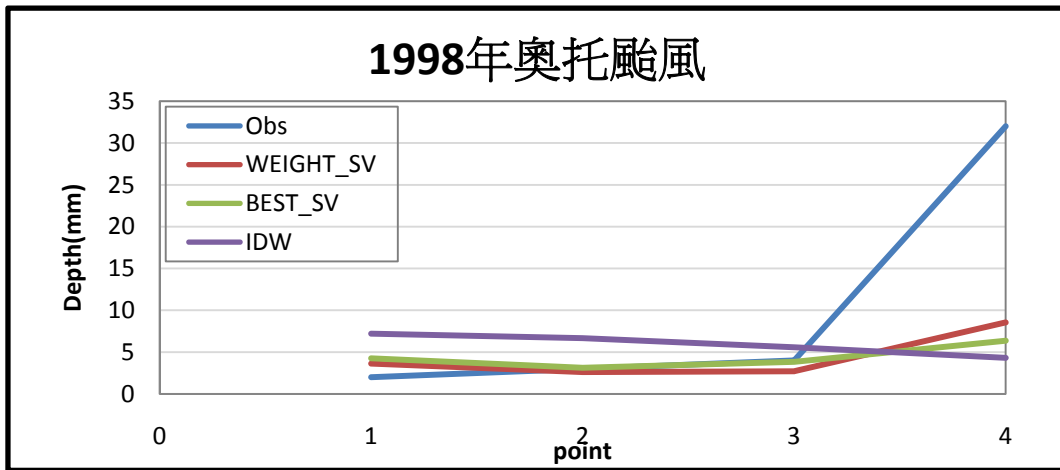


圖 4.15 奧托颱風(1998)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

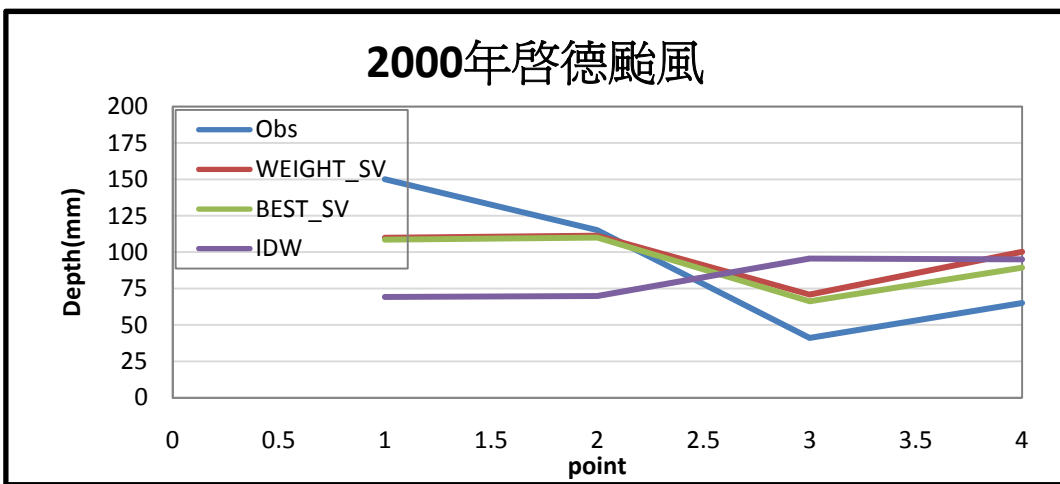


圖 4.16 啓德颱風(2000)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

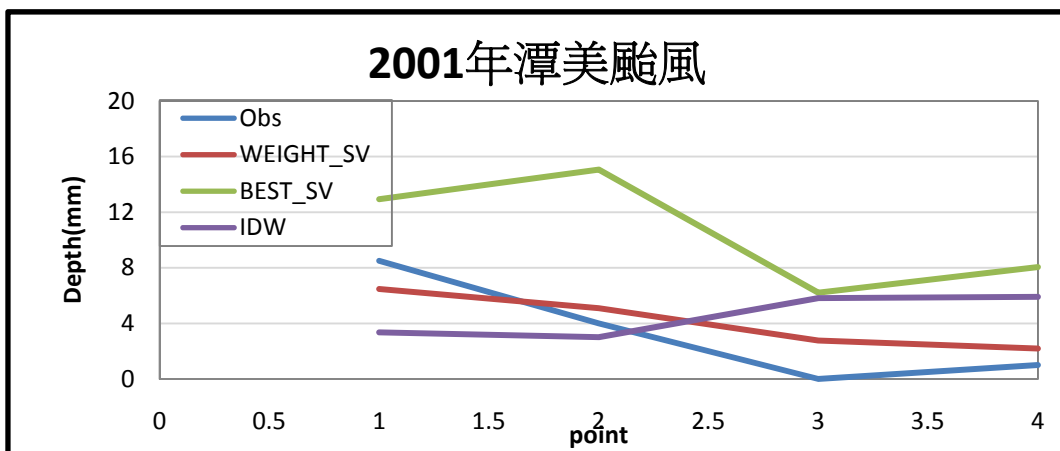


圖 4.17 潭美颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

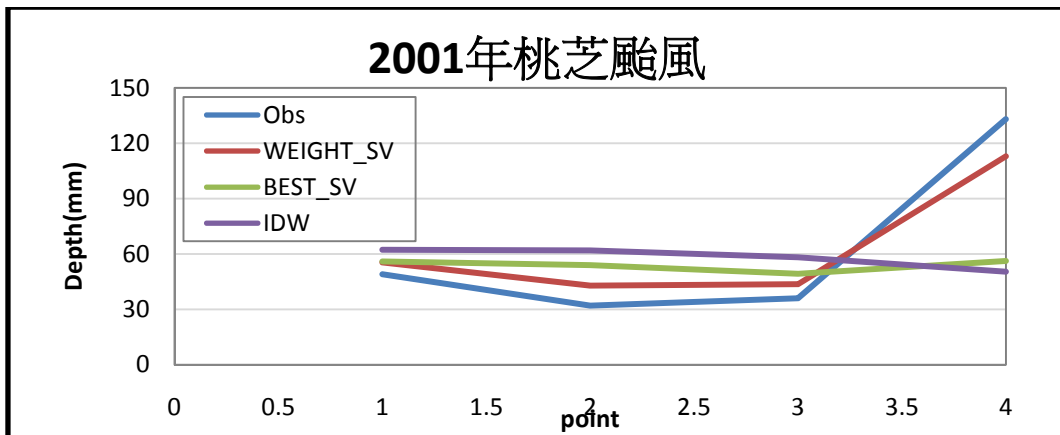


圖 4.18 桃芝颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

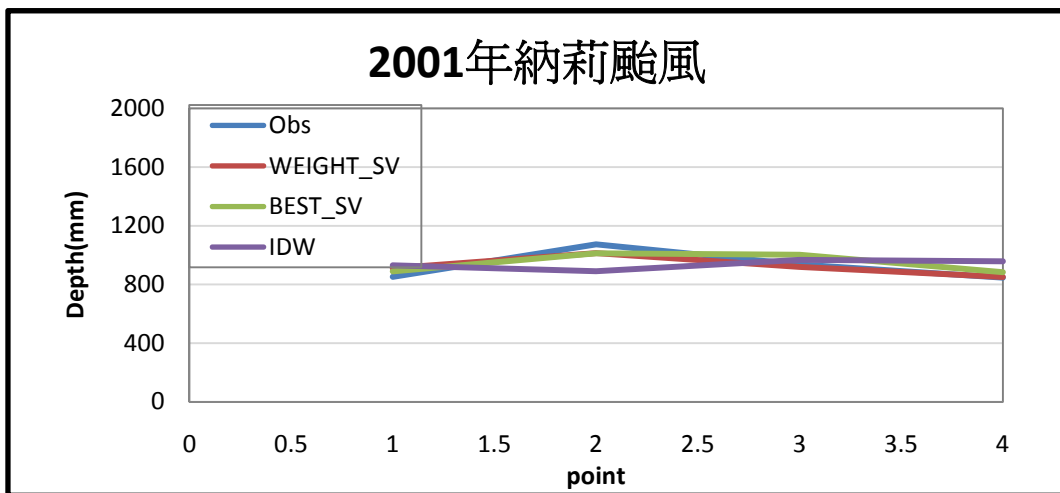


圖 4.19 納莉颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

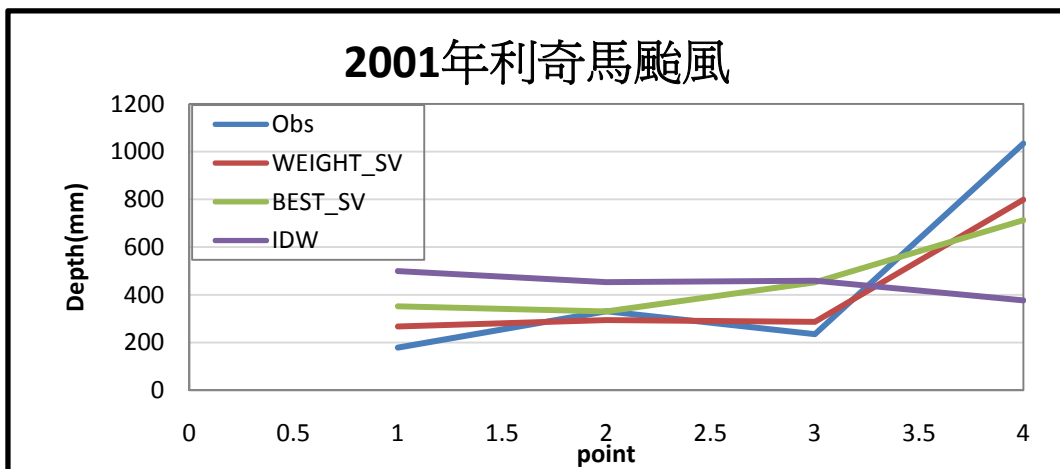


圖 4.20 利奇馬颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

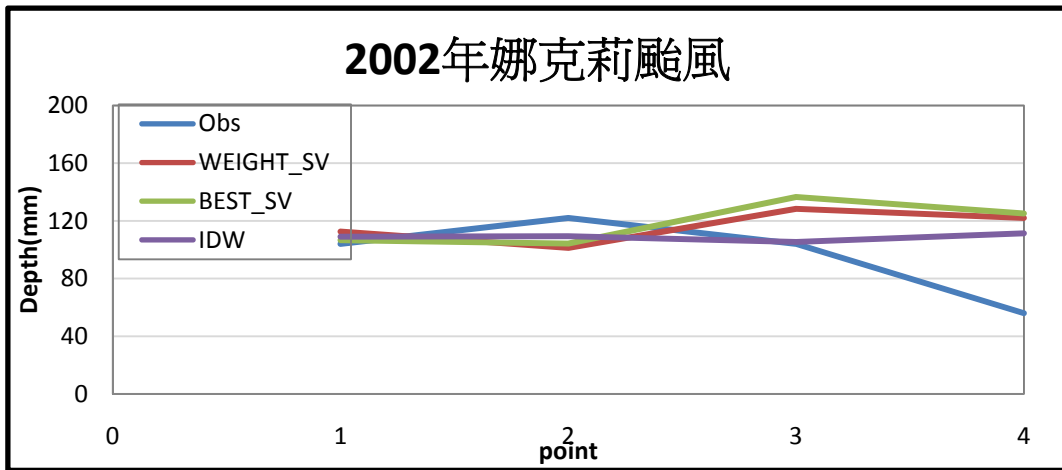


圖 4.21 娜克莉颱風(2002)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

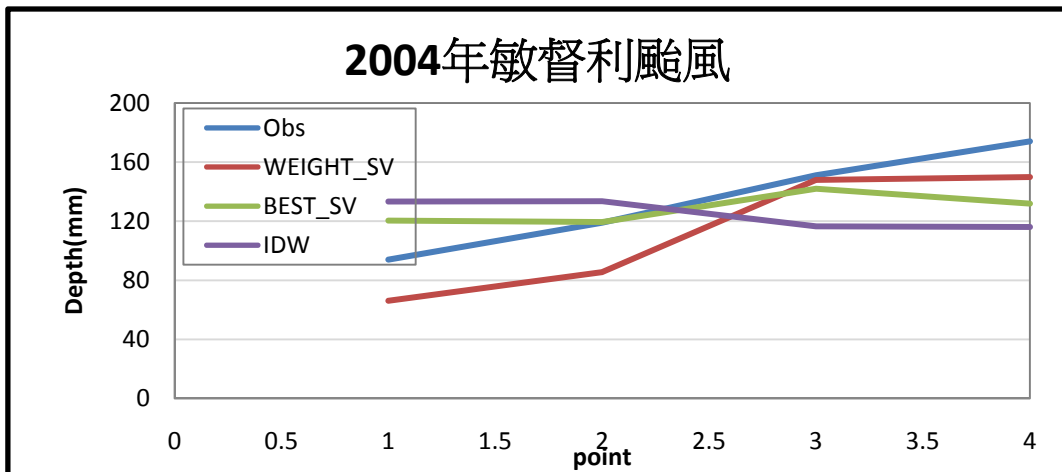


圖 4.22 敏督利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

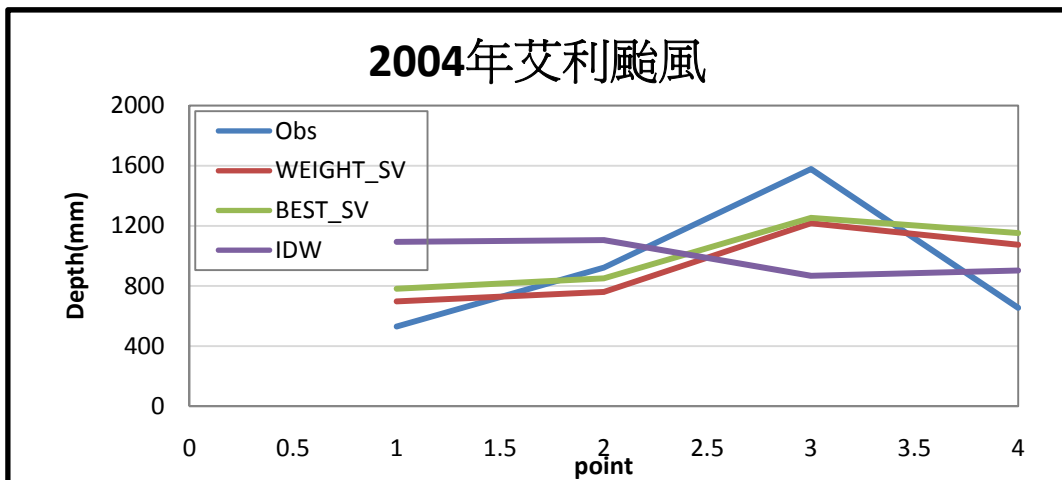


圖 4.23 艾利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

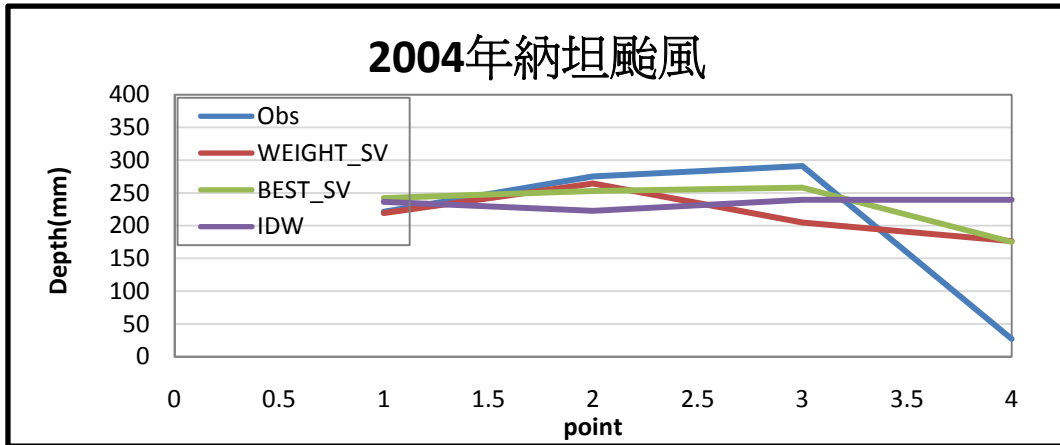


圖 4.24 2004 年納坦颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)

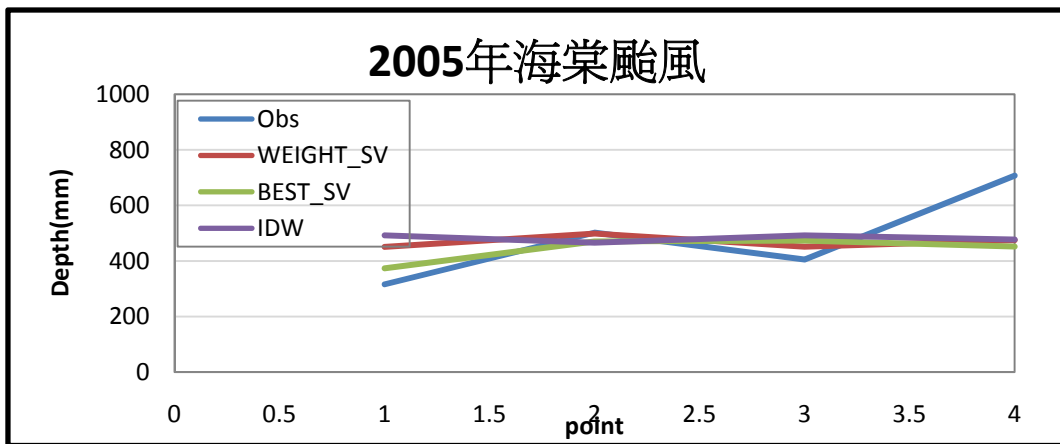


圖 4.25 2005 年海棠颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)

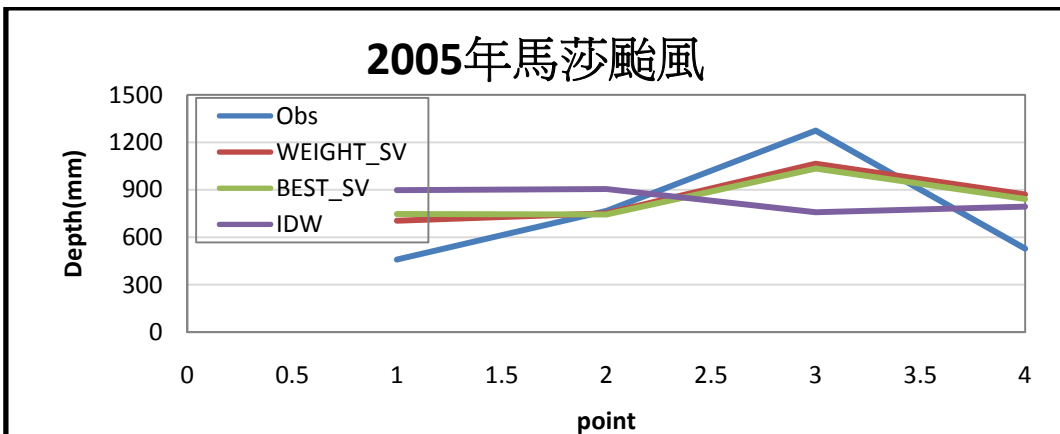


圖 4.26 2005 年馬莎颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)

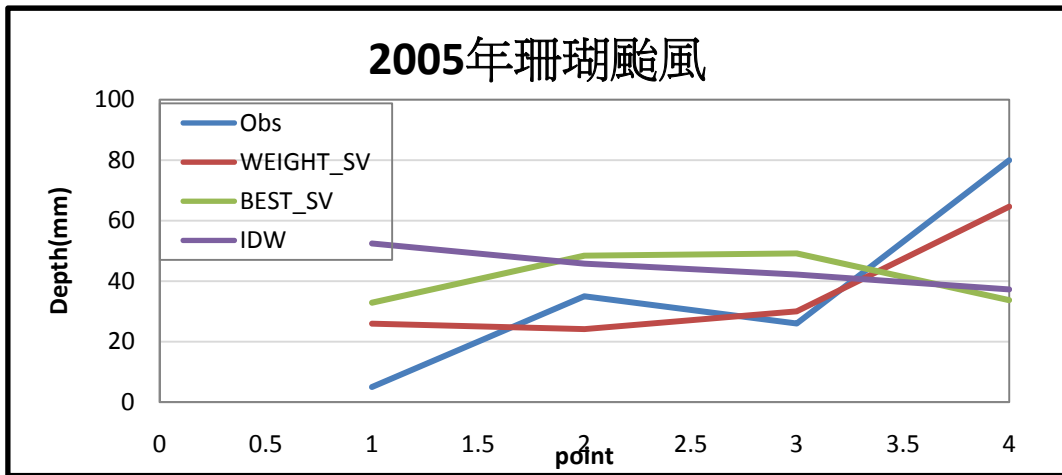


圖 4.27 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

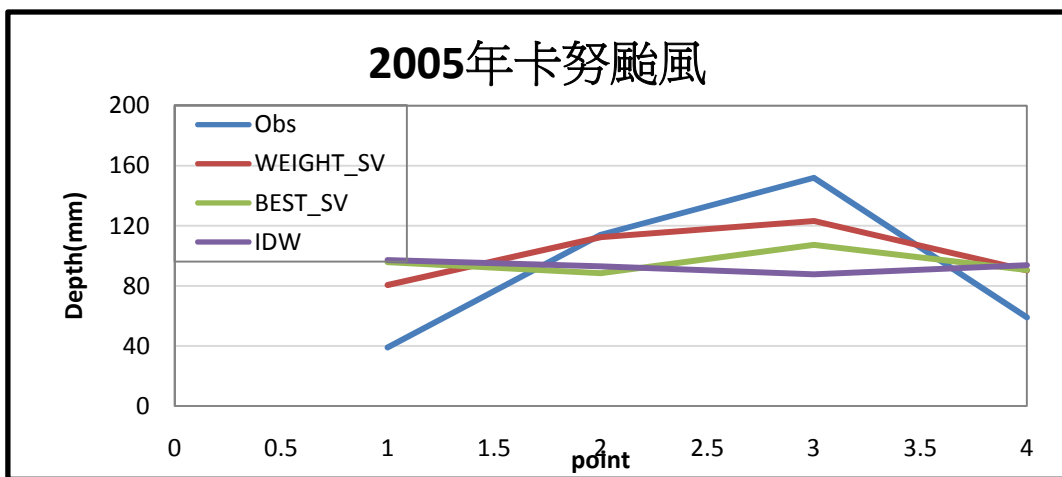


圖 4.28 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

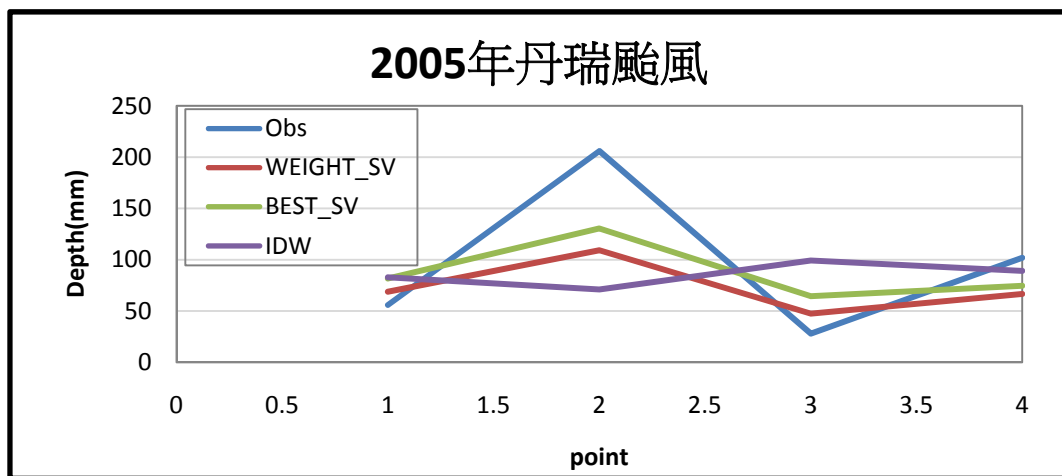


圖 4.29 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)



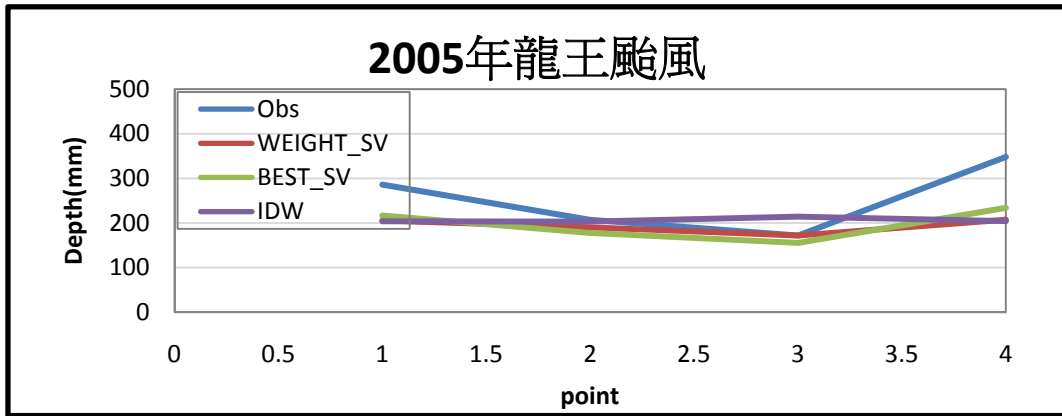


圖 4.30 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

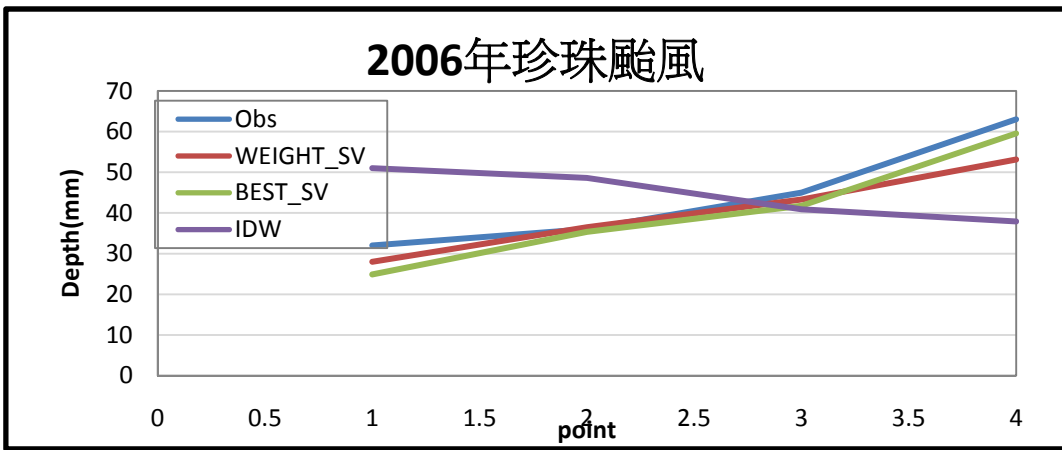


圖 4.31 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

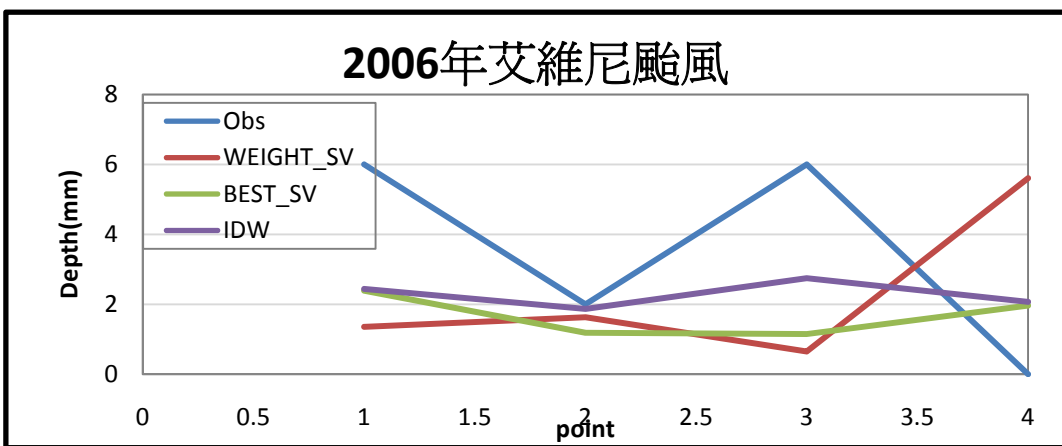


圖 4.32 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

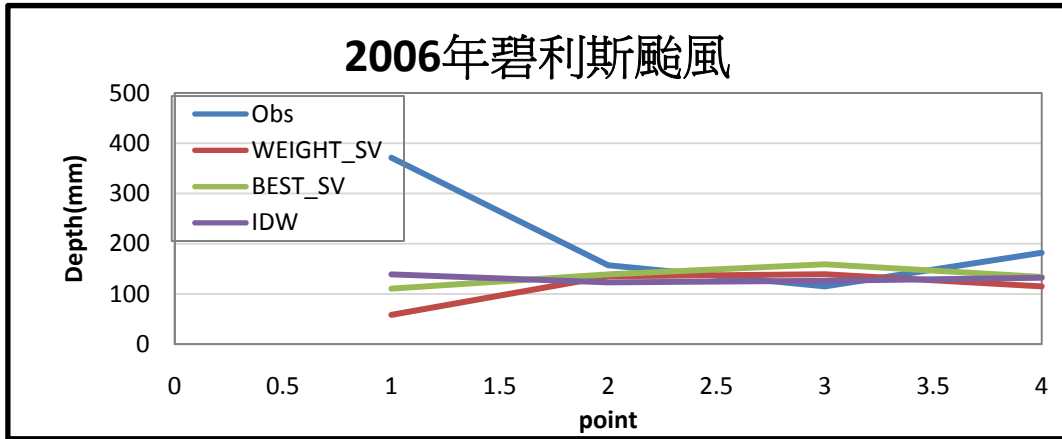


圖 4.33 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

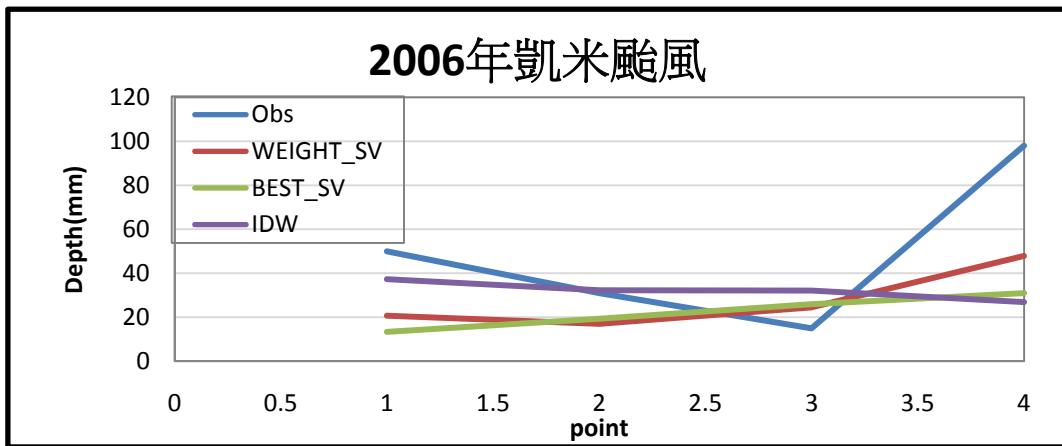


圖 4.34 凱米颱風 2006 各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

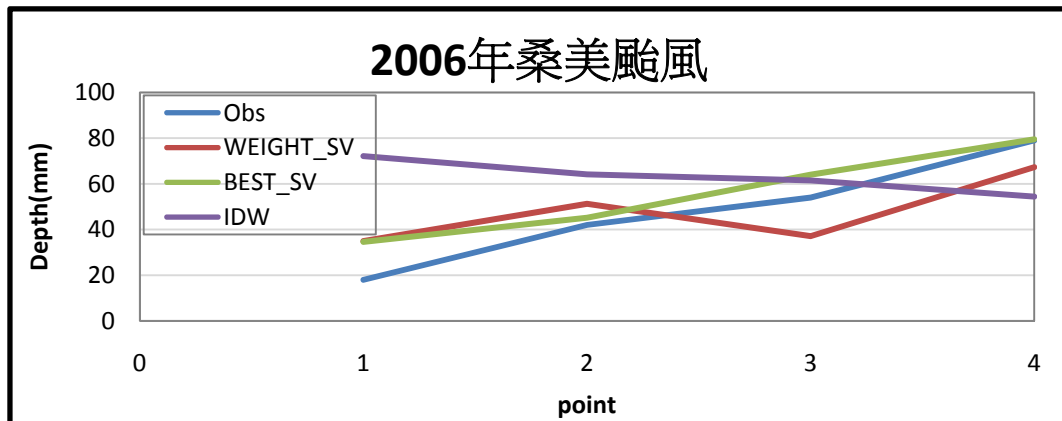


圖 4.35 桑美颱風 2(006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

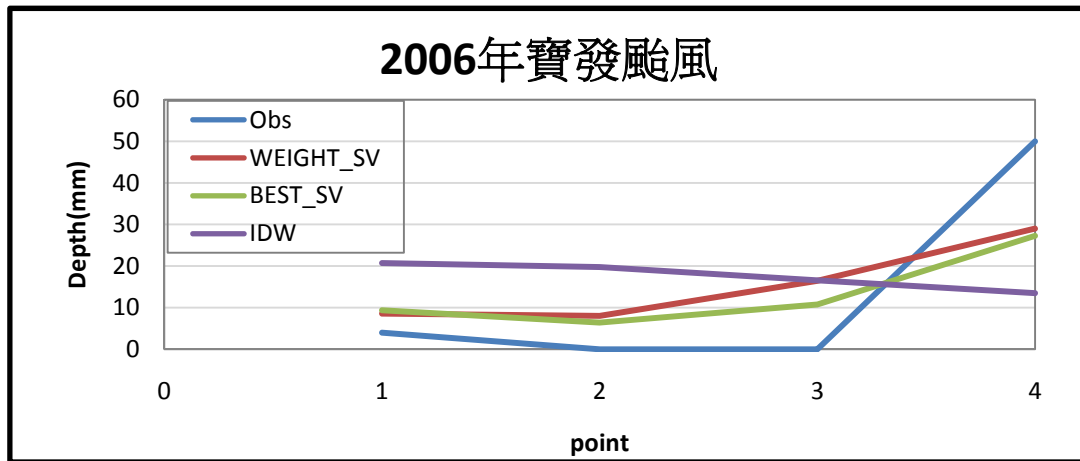


圖 4.36 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

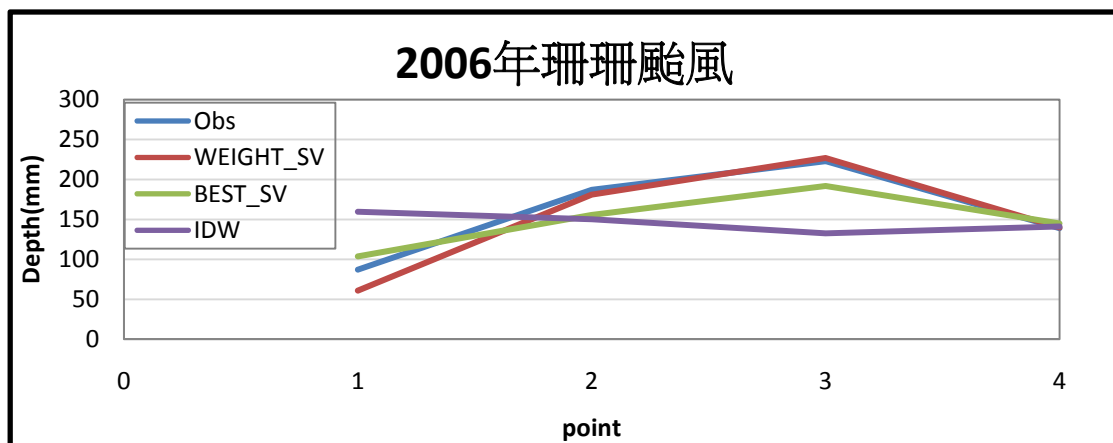


圖 4.37 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

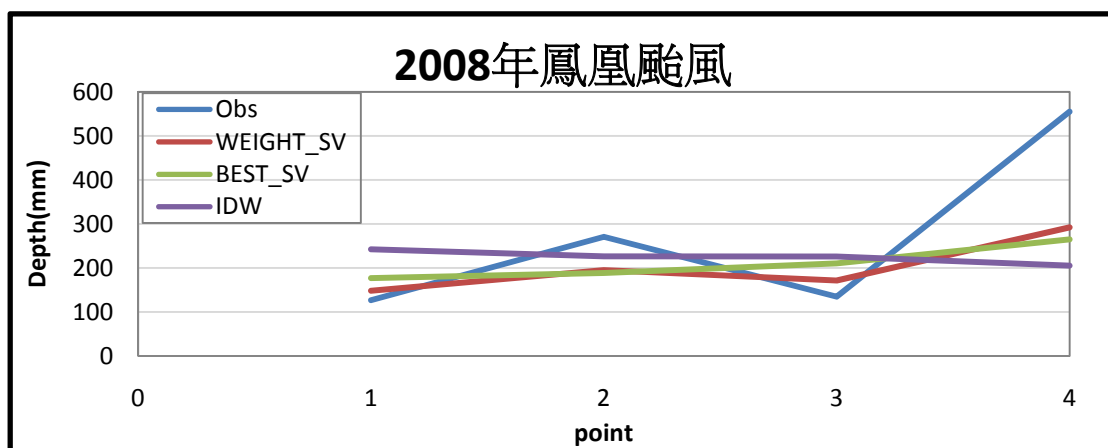


圖 4.38 2008年鳳凰颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4個驗證點)

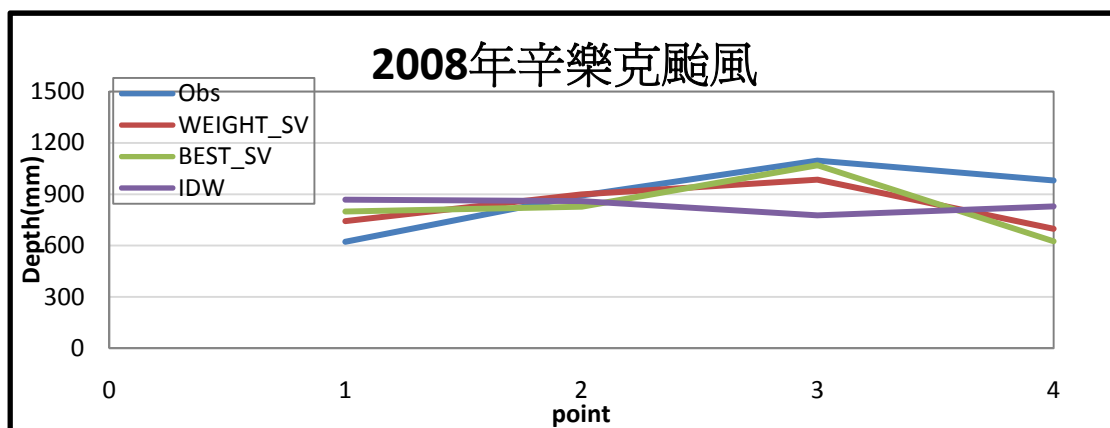


圖 4.39 2008 年辛樂克颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(4 個驗證點)

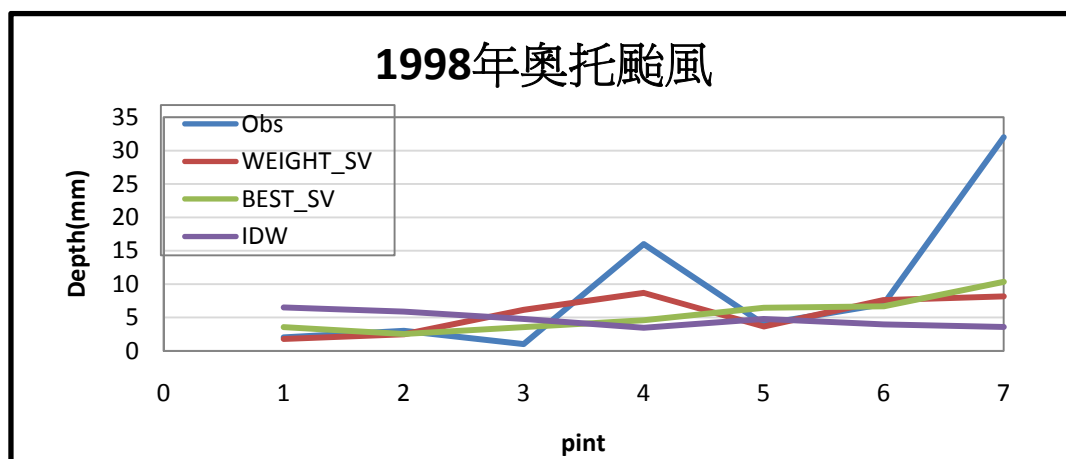


圖 4.40 1998 年奧托颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

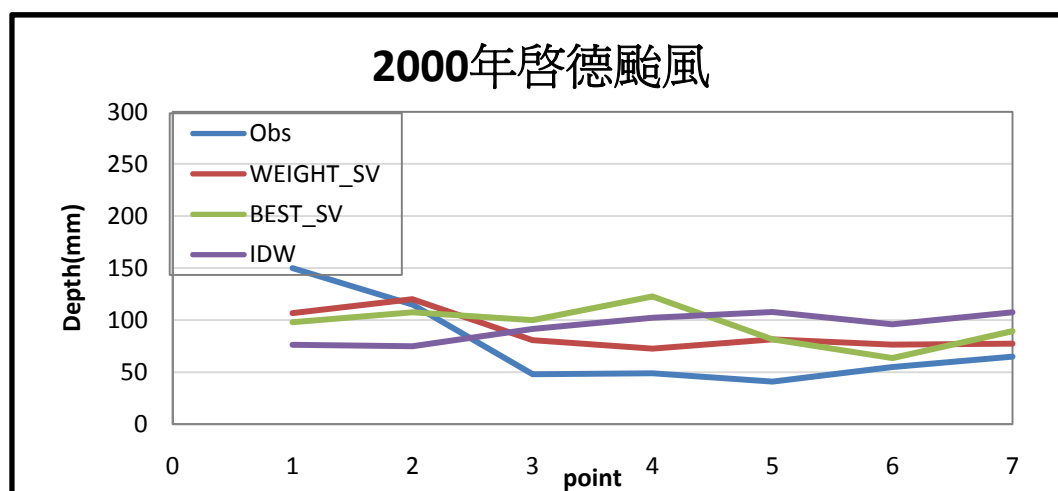


圖 4.41 2000 年啟德颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

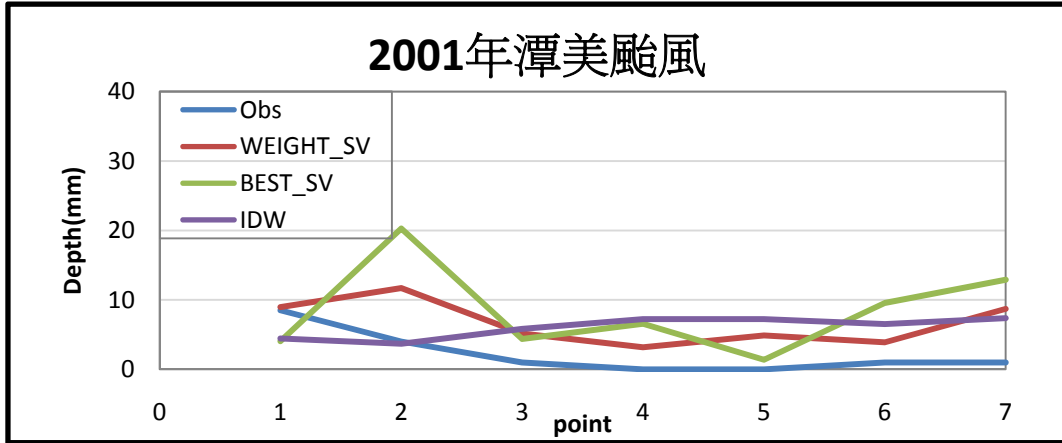


圖 4.42 2001 年潭美颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

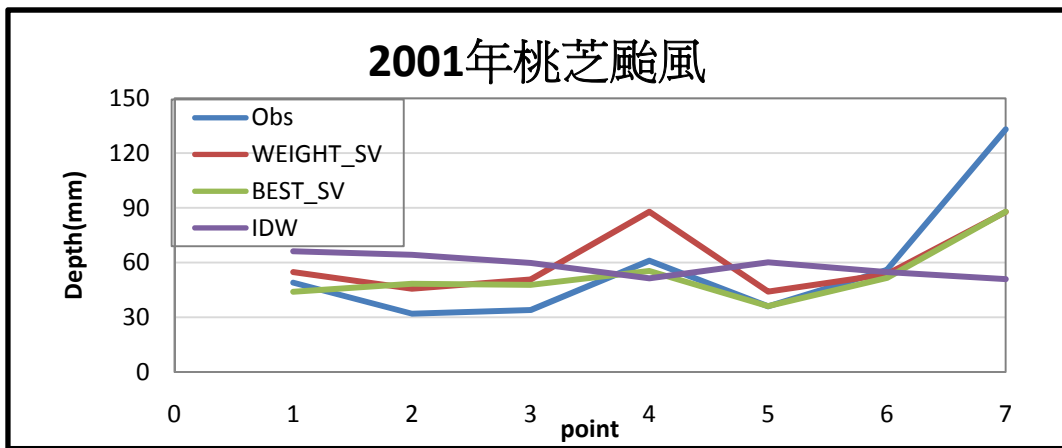


圖 4.43 2001 年桃芝颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

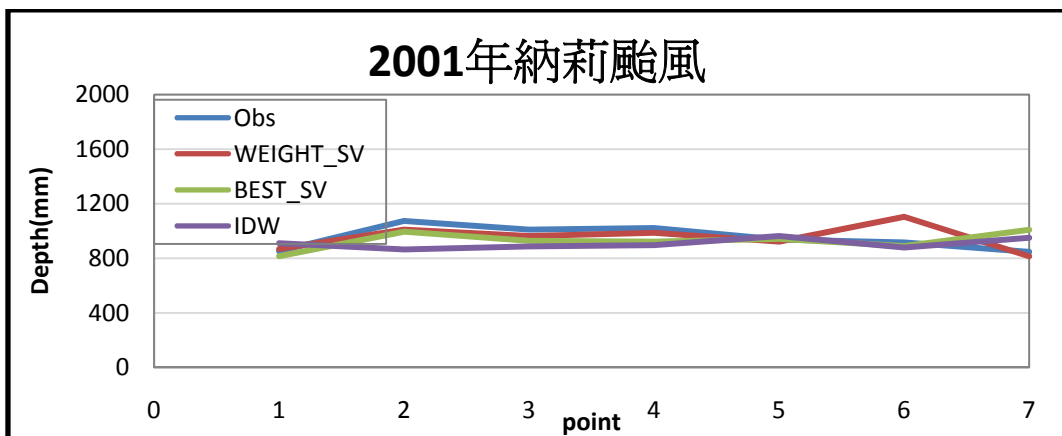


圖 4.44 2001 年納莉颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

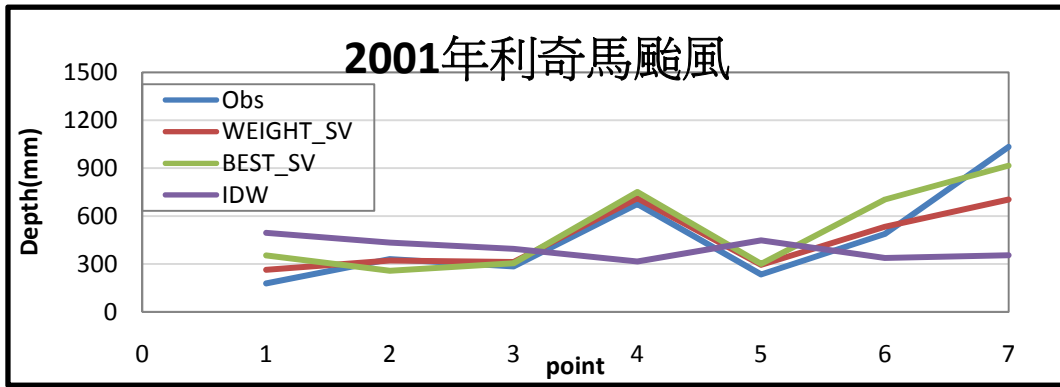


圖 4.45 2001 年利奇馬颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

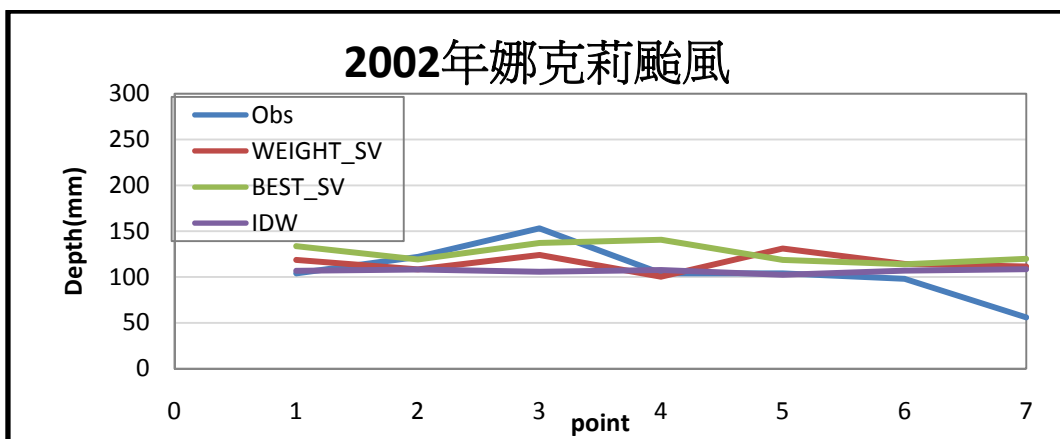


圖 4.46 2002 年娜克莉颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

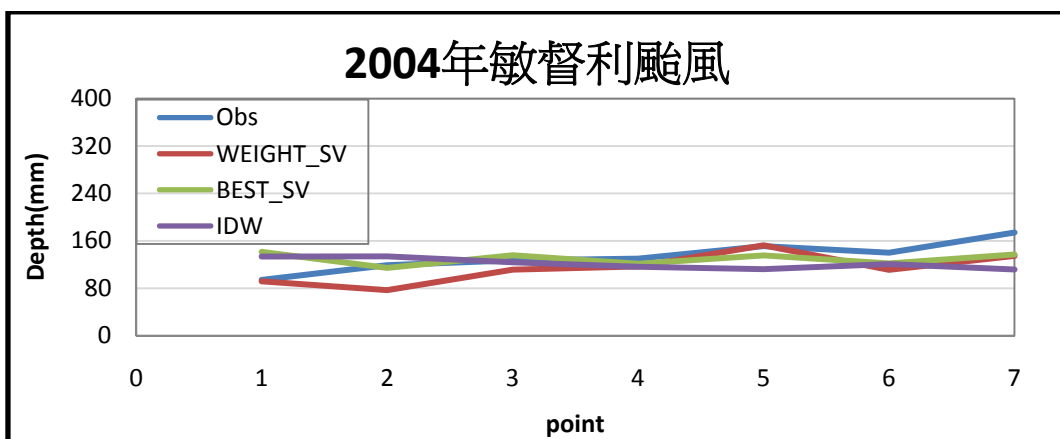


圖 4.47 2004 年敏督利颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

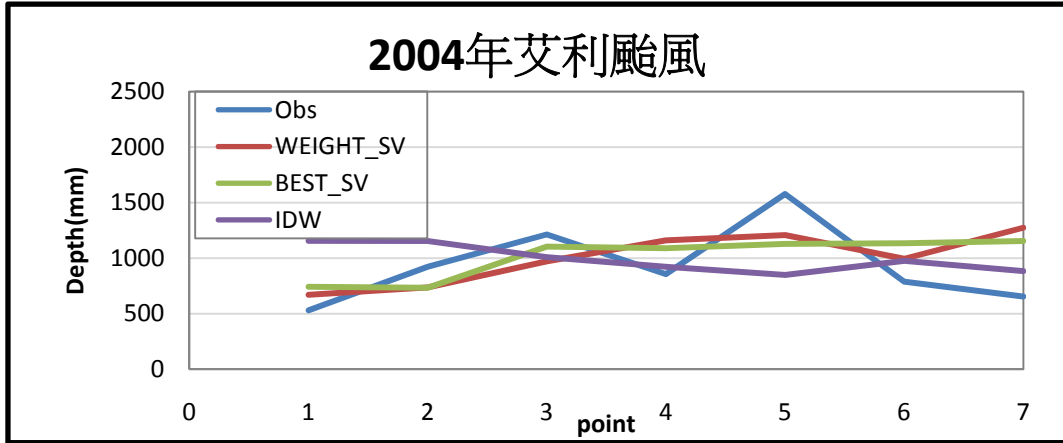


圖 4.48 2004 年艾利颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

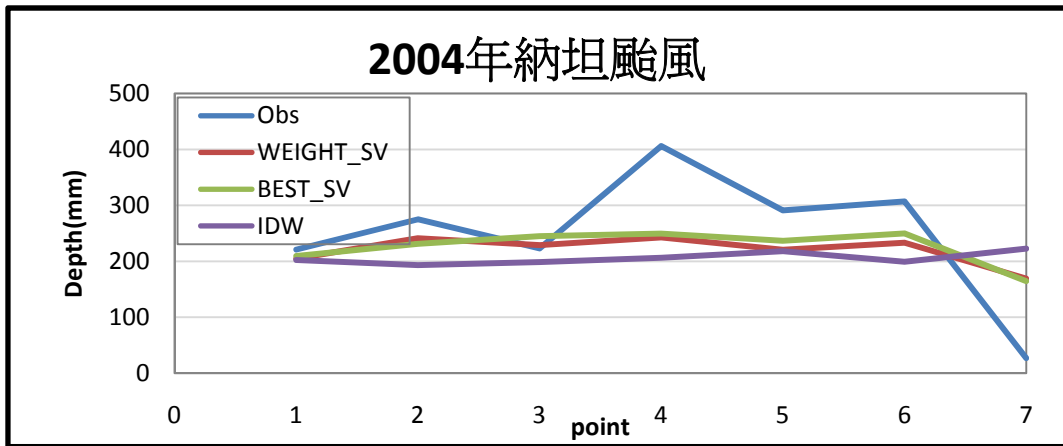


圖 4.49 2004 年納坦颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

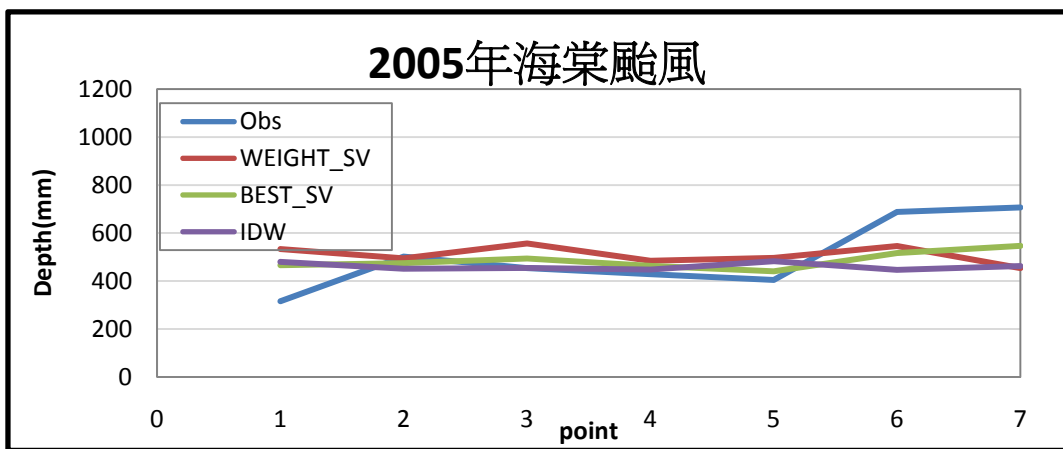


圖 4.50 2005 年海棠颱風各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7 個驗證點)

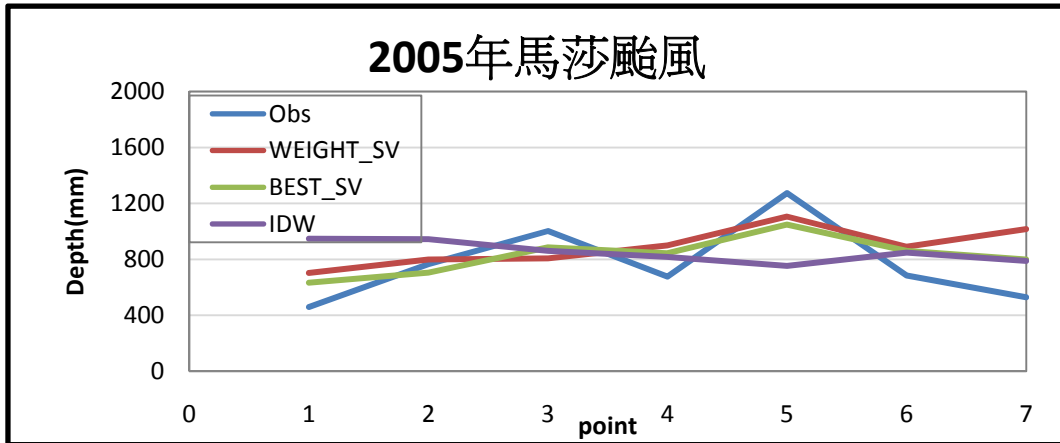


圖 4.51 馬莎颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

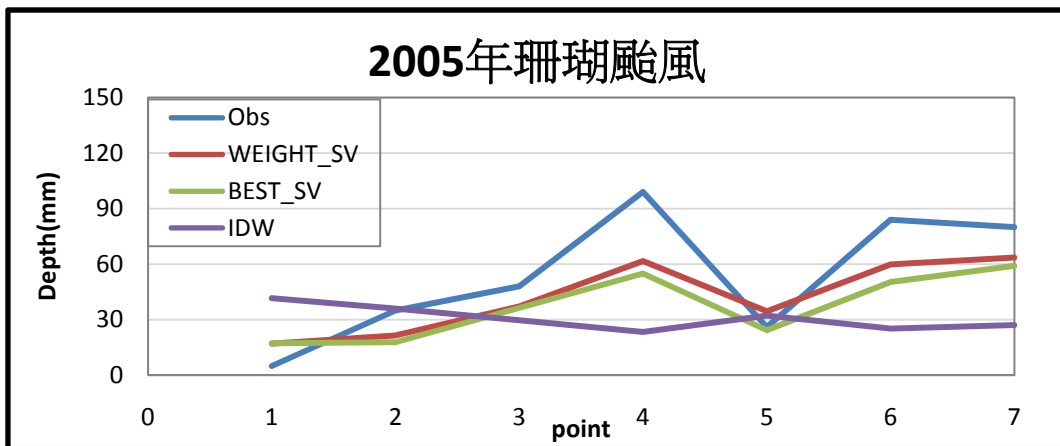


圖 4.52 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

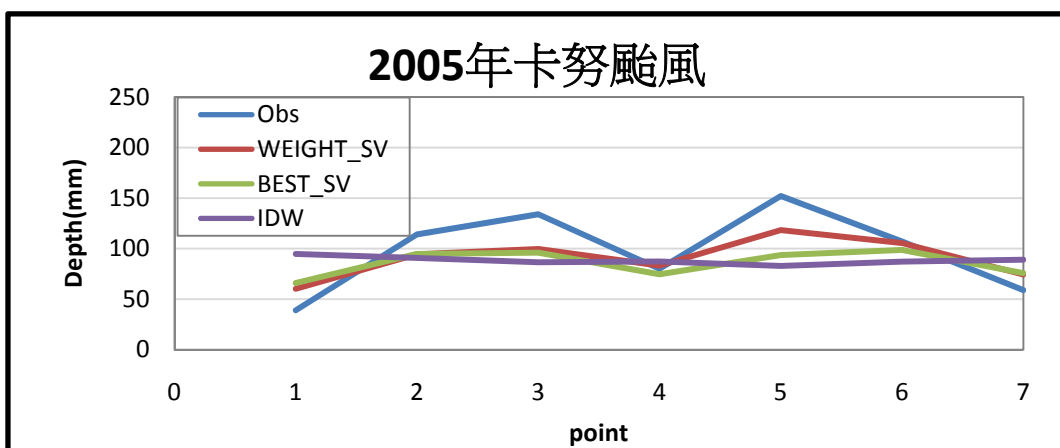


圖 4.53 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)



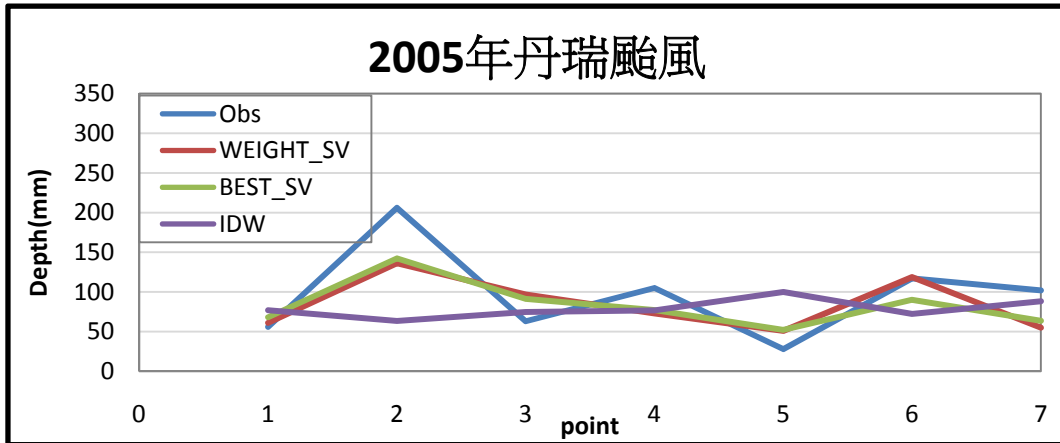


圖 4.54 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

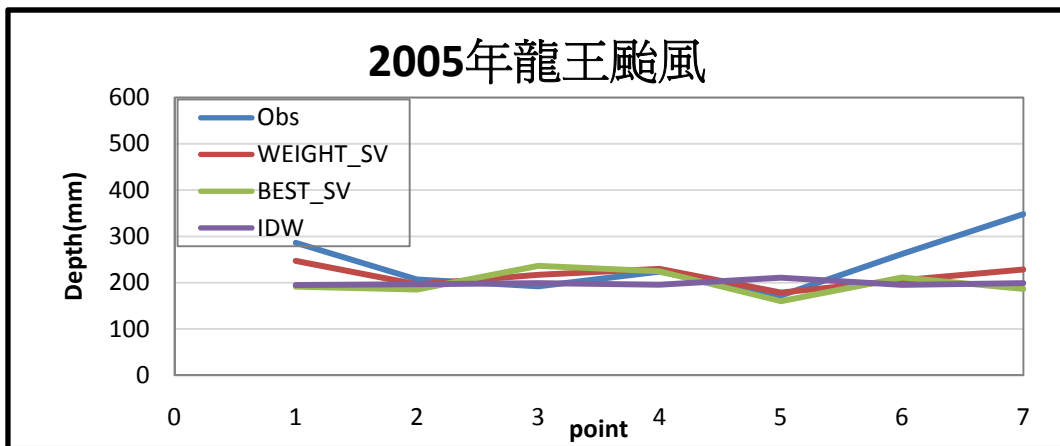


圖 4.55 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

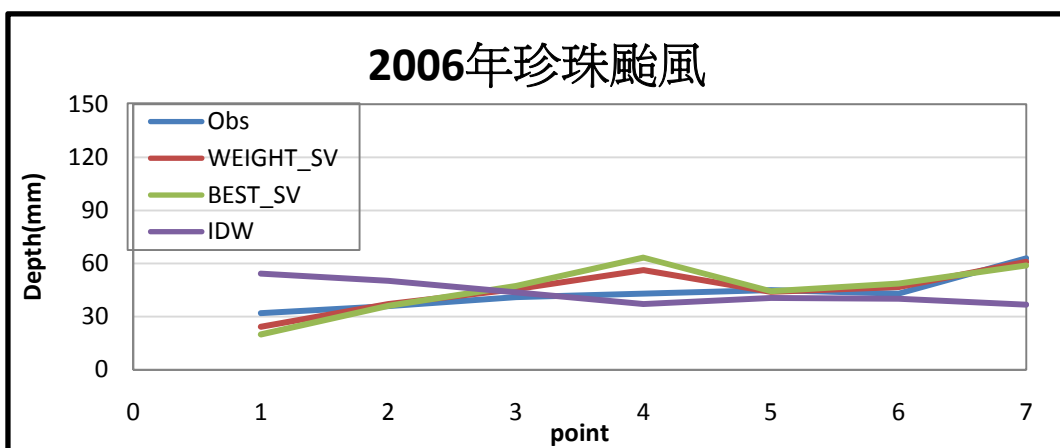


圖 4.56 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

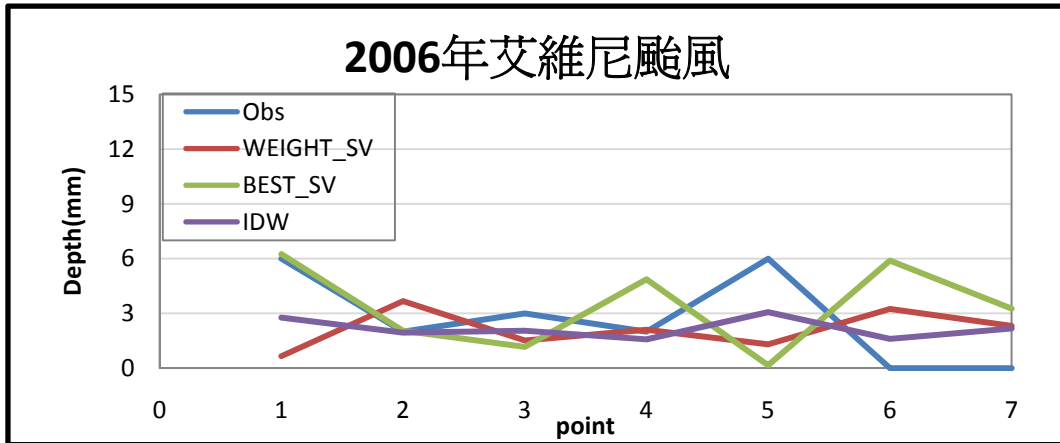


圖 4.57 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

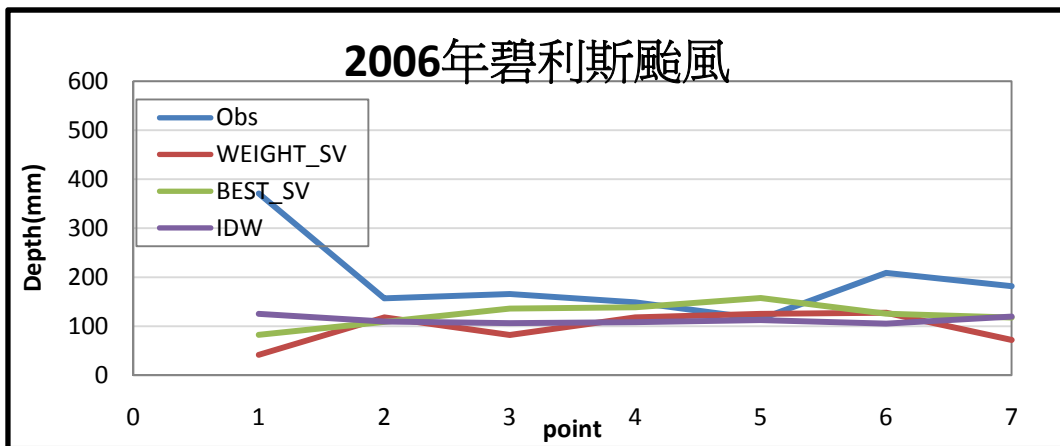


圖 4.58 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

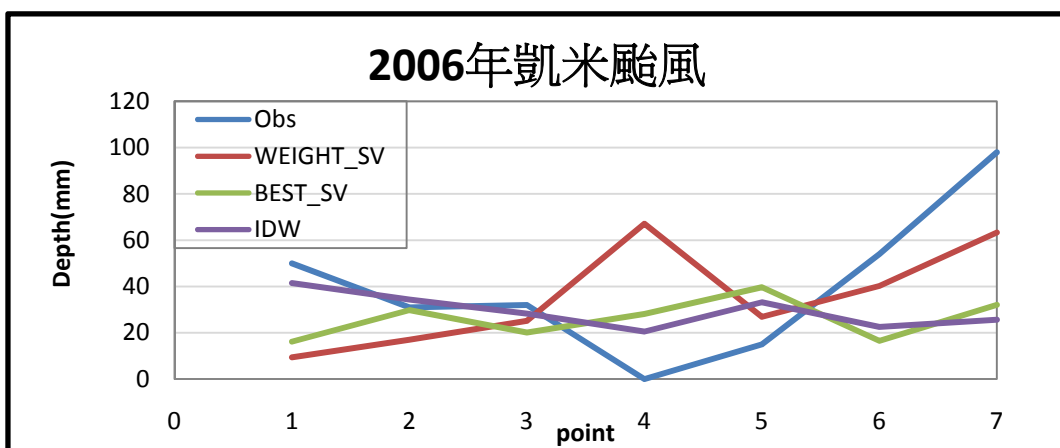


圖 4.59 凱米颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

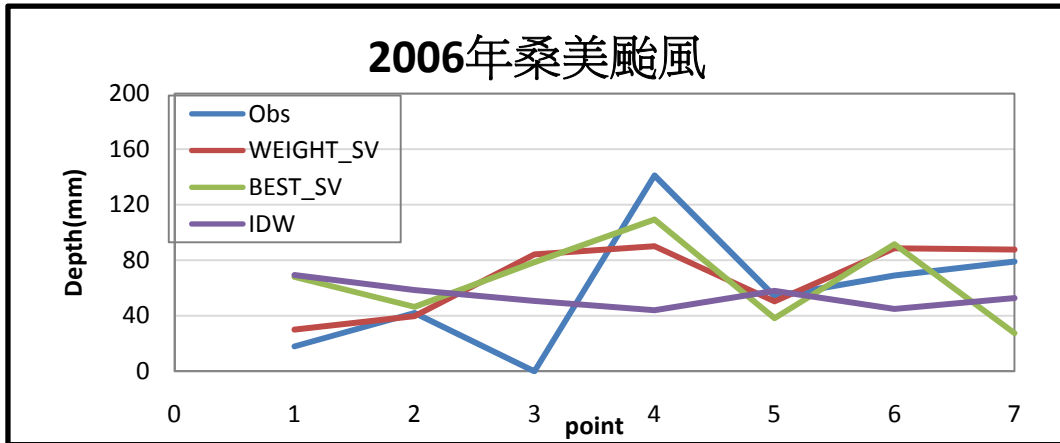


圖 4.60 桑美颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

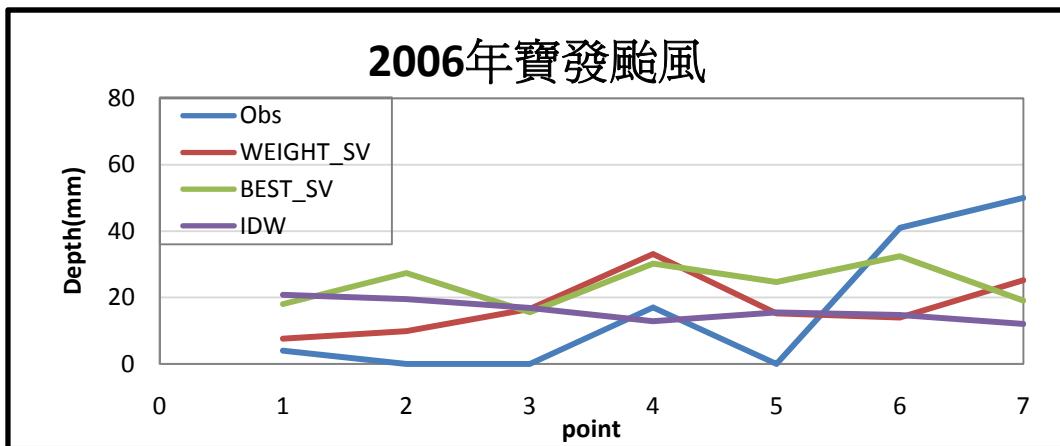


圖 4.61 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

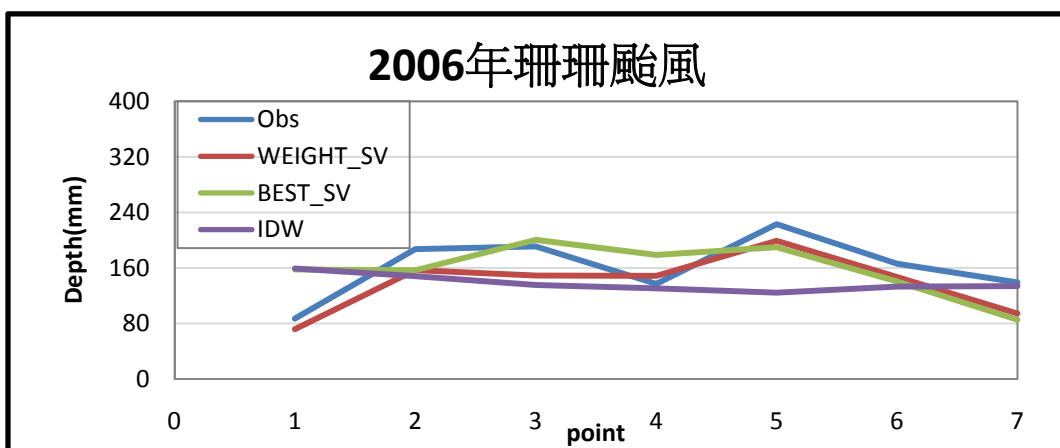


圖 4.62 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

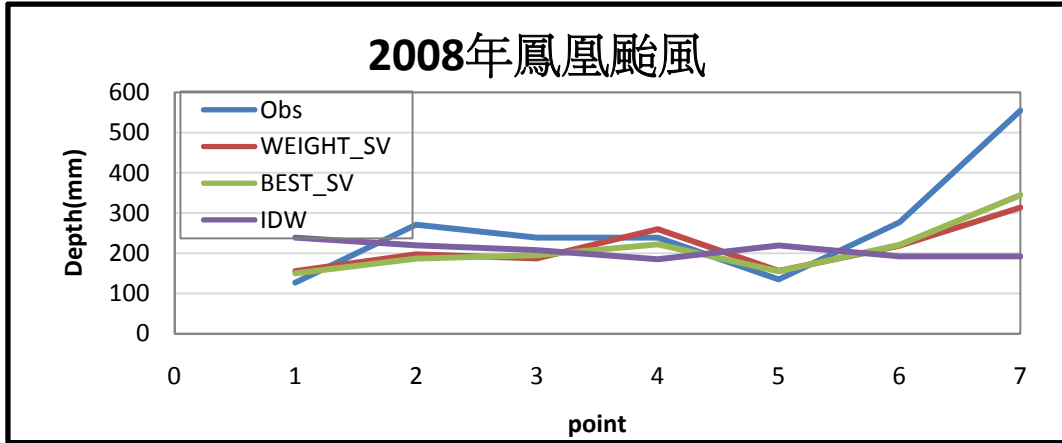


圖 4.63 鳳凰颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

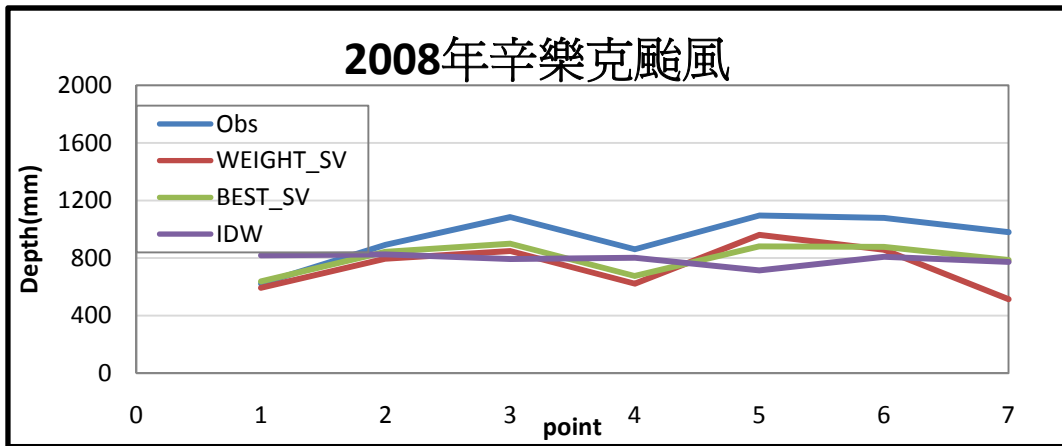


圖 4.64 辛樂克颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(7個驗證點)

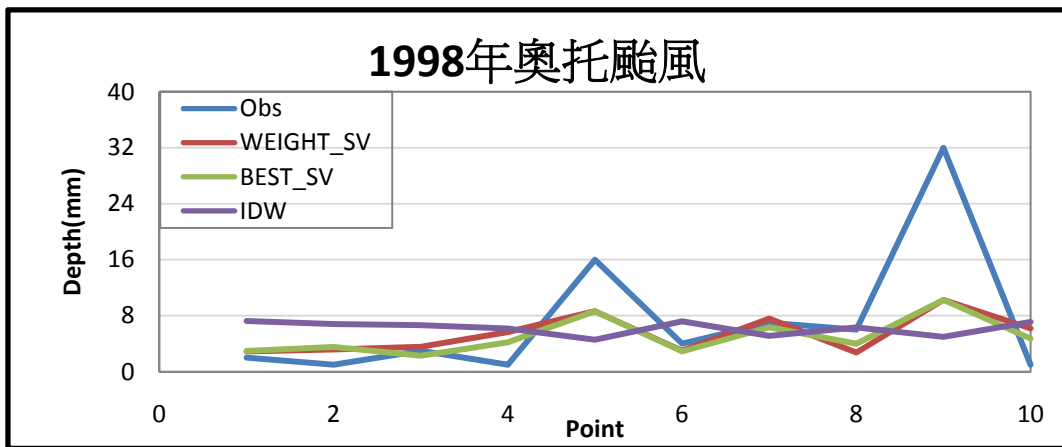


圖 4.65 奧托颱風(1998)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

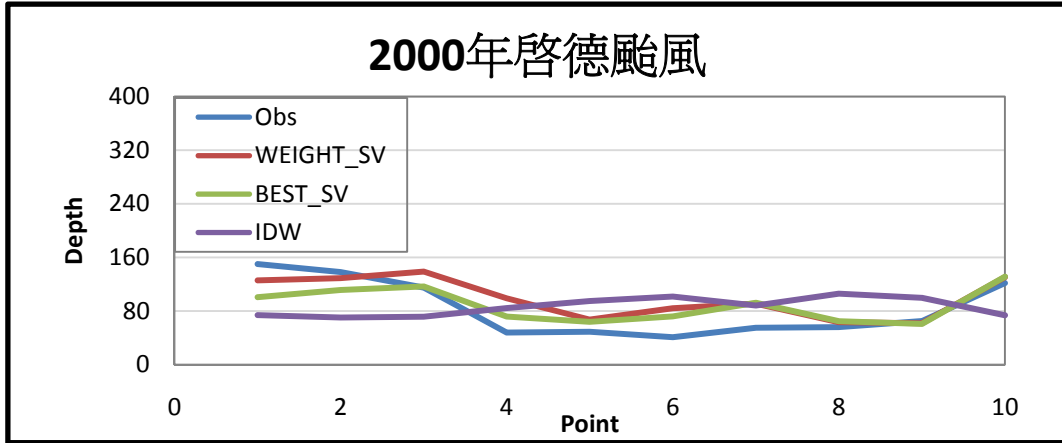


圖 4.66 啓德颱風(2000)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

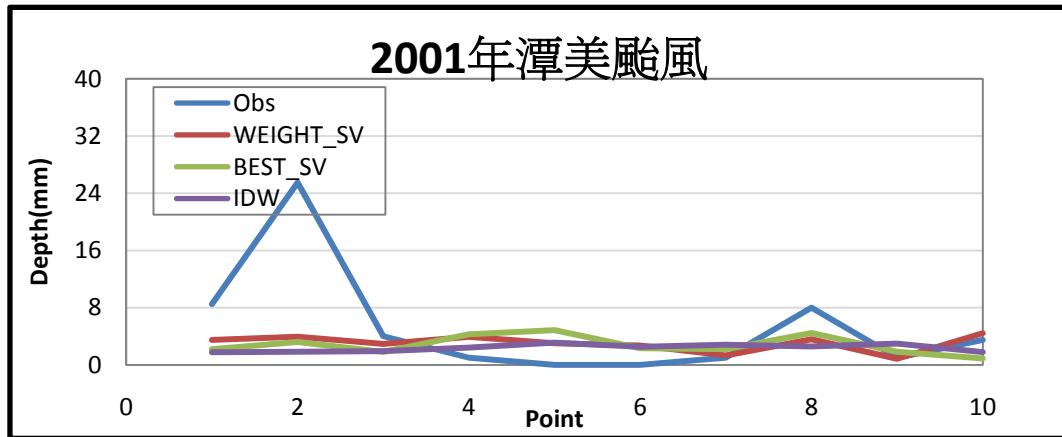


圖 4.67 潭美颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

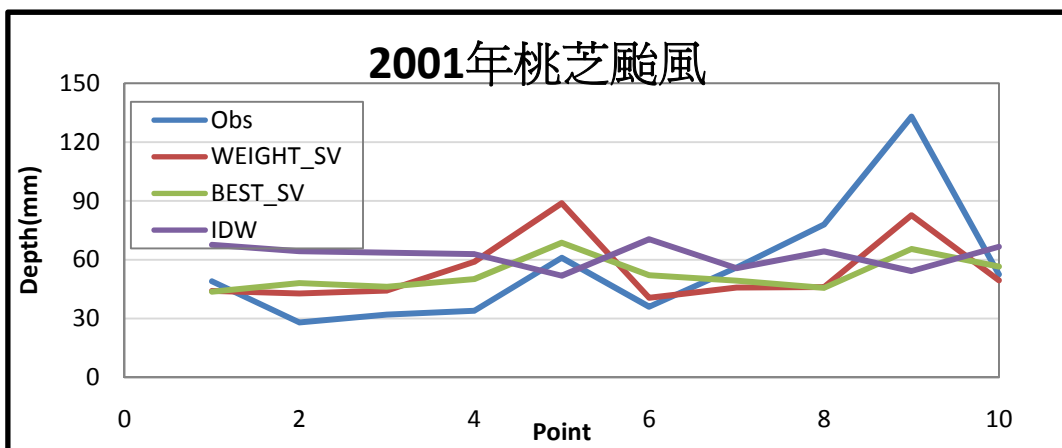


圖 4.686 桃芝颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

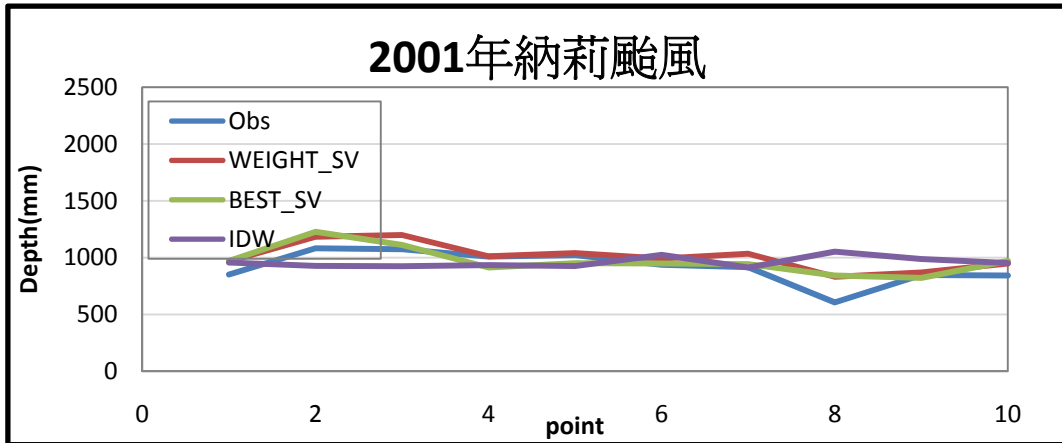


圖 4.69 納莉颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

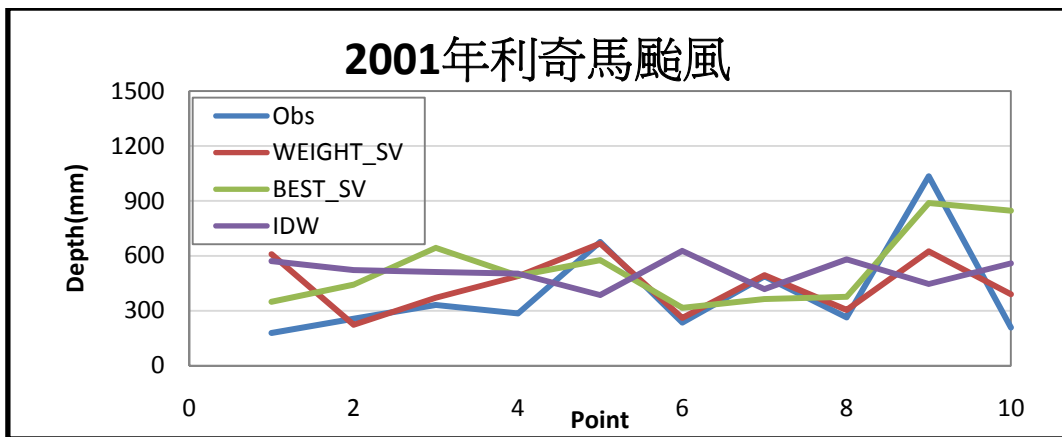


圖 4.70 利奇馬颱風(2001)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

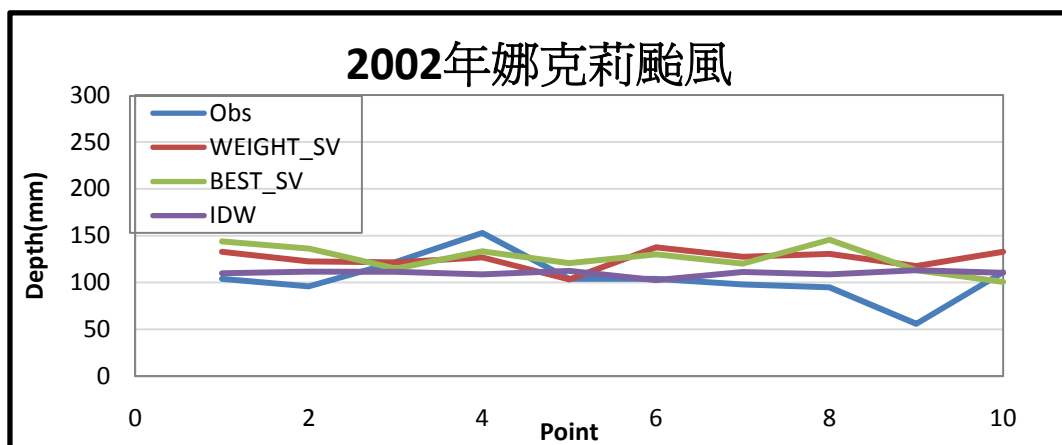


圖 4.71 娜克莉颱風(2002)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

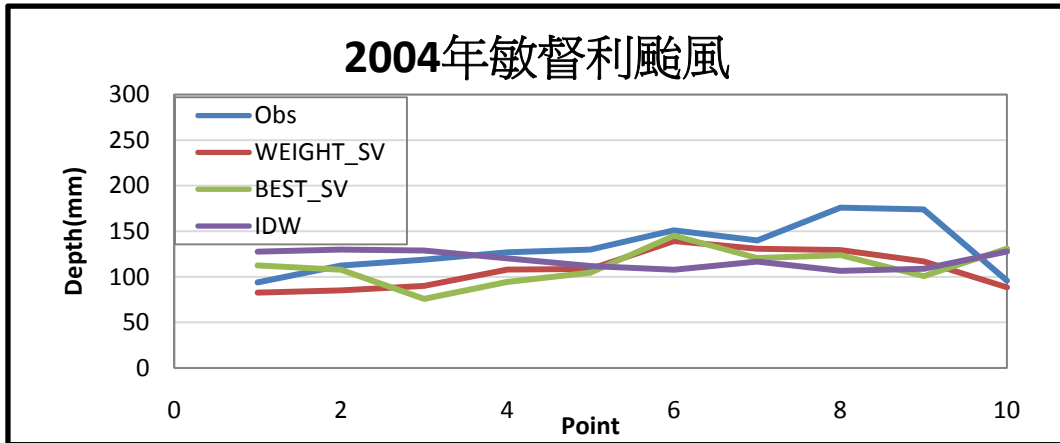


圖 4.72 敏督利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

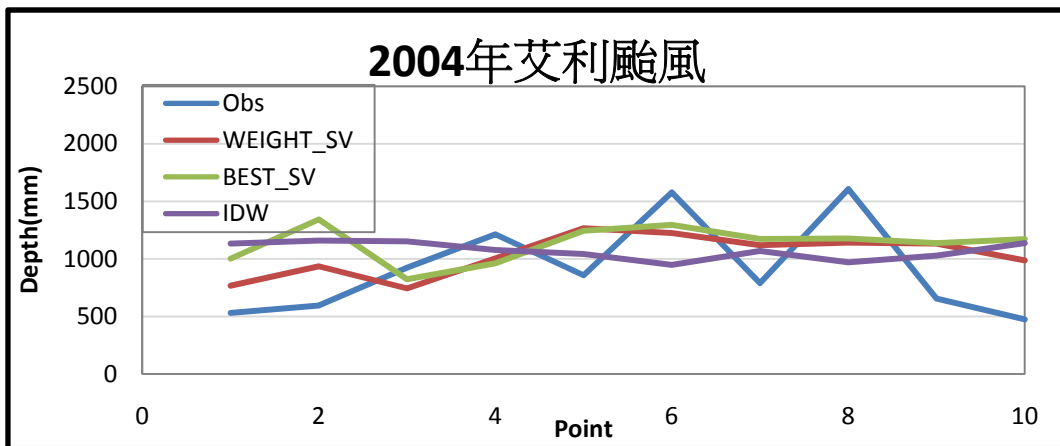


圖 4.73 艾利颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

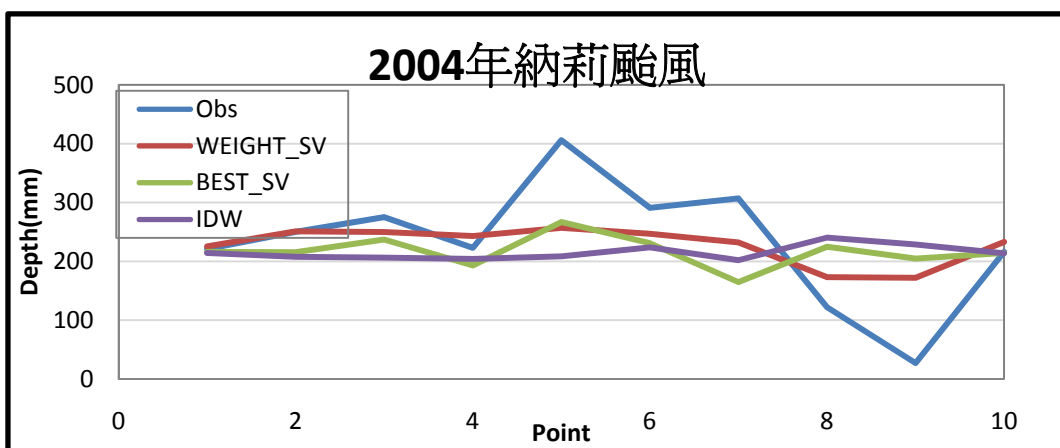


圖 4.74 納莉颱風(2004)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

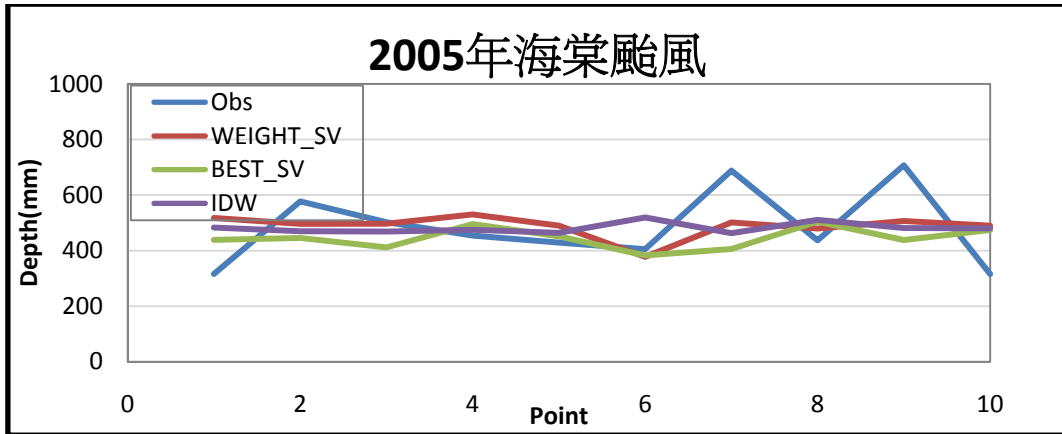


圖 4.75 海棠颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

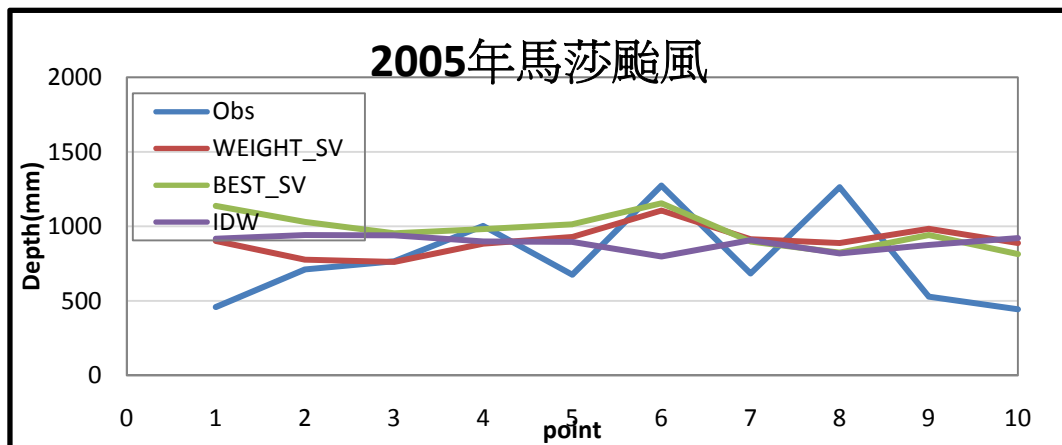


圖 4.76 馬莎颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

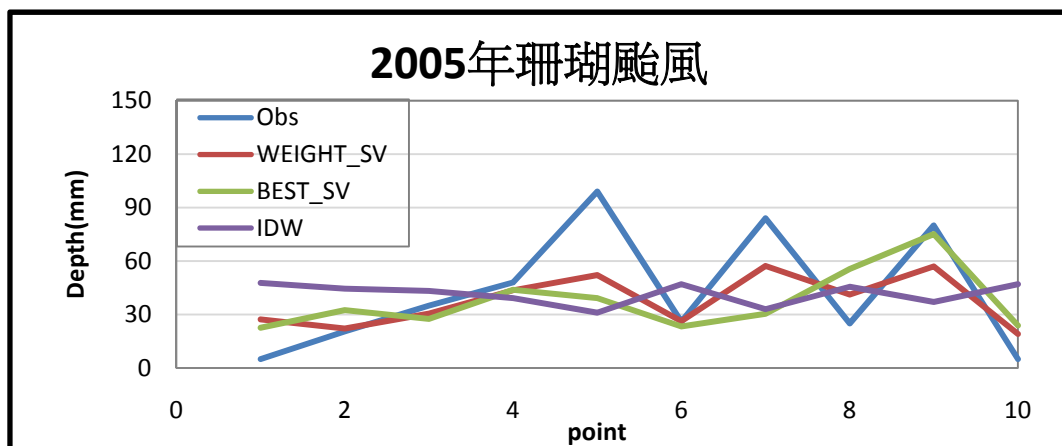


圖 4.77 珊瑚颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)



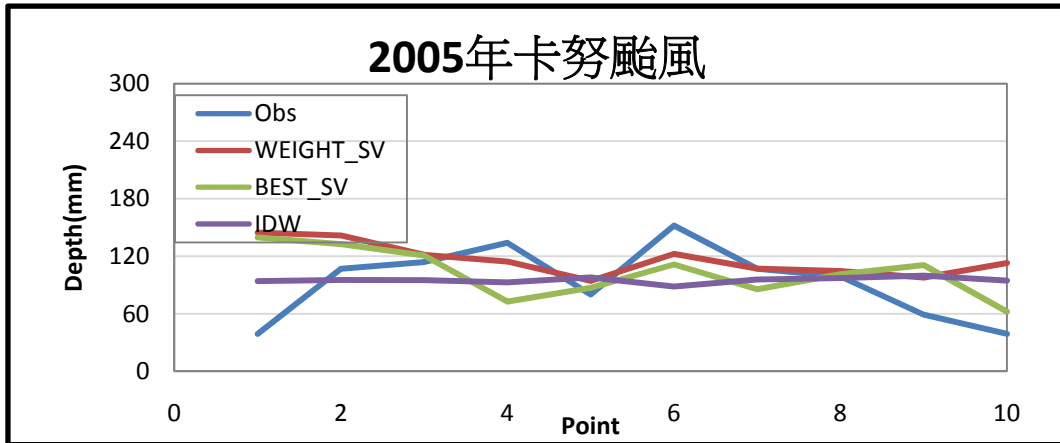


圖 4.78 卡努颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

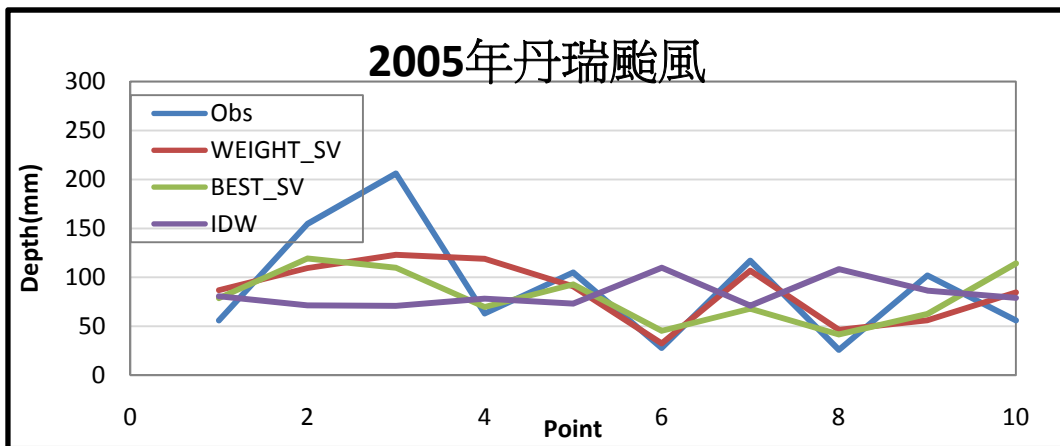


圖 4.79 丹瑞颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

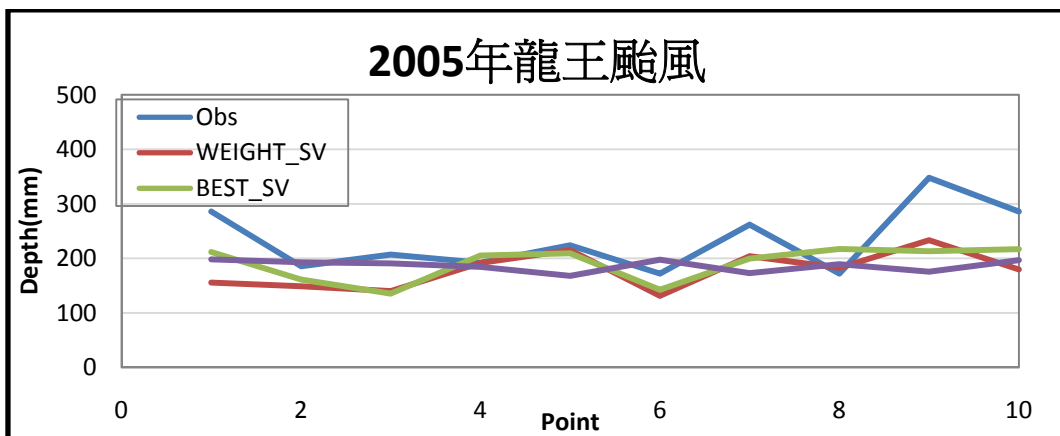


圖 4.80 龍王颱風(2005)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

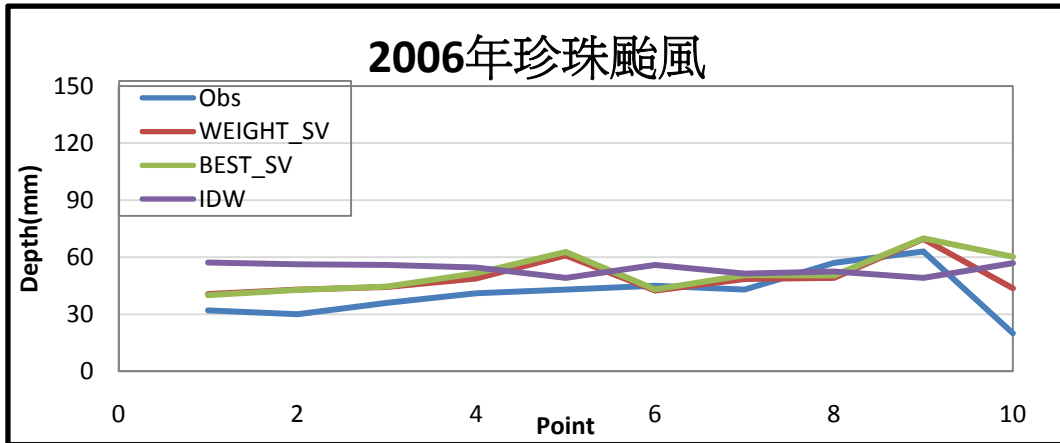


圖 4.81 珍珠颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

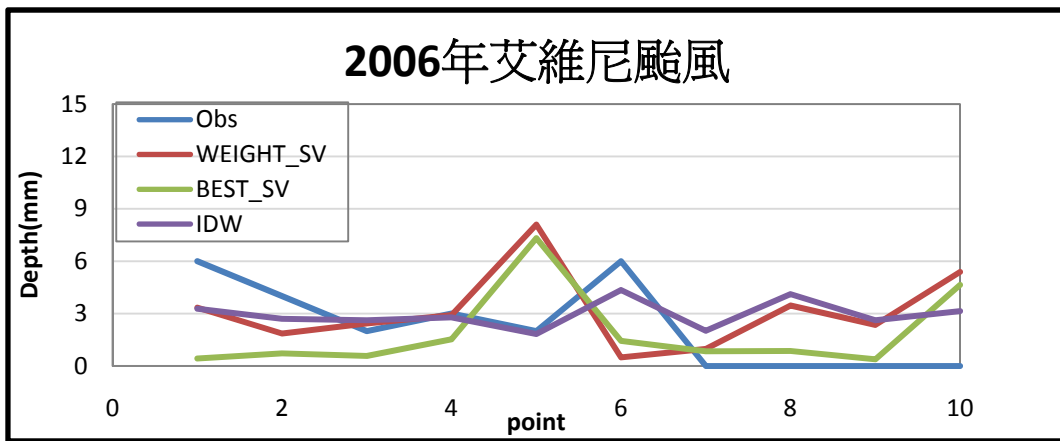


圖 4.82 艾維尼颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

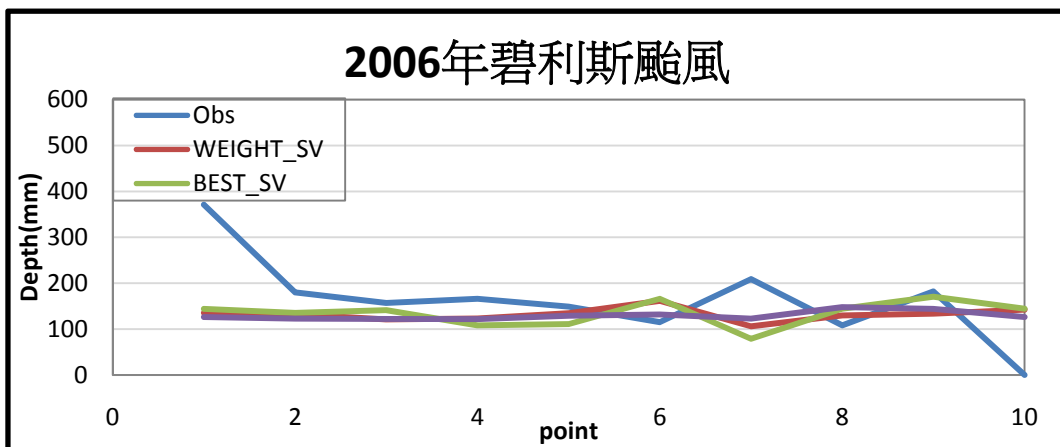


圖 4.83 碧利斯颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10 個驗證點)

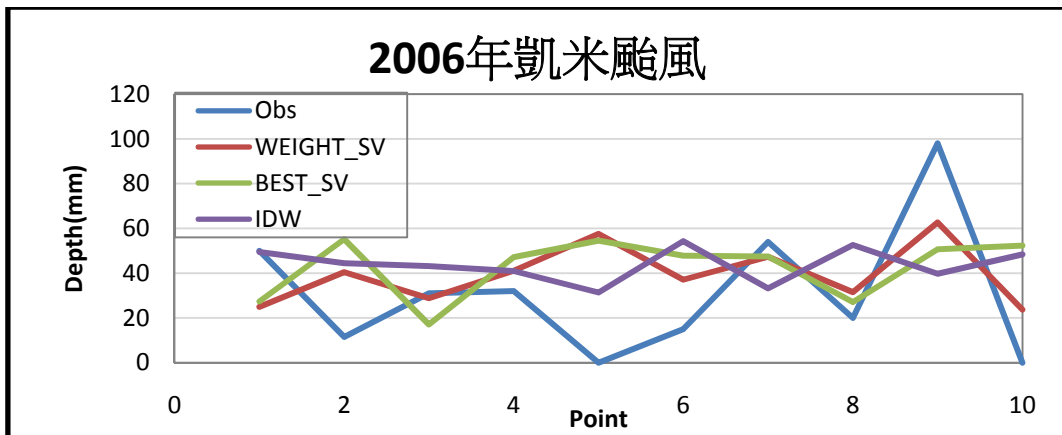


圖 4.84 凱米颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

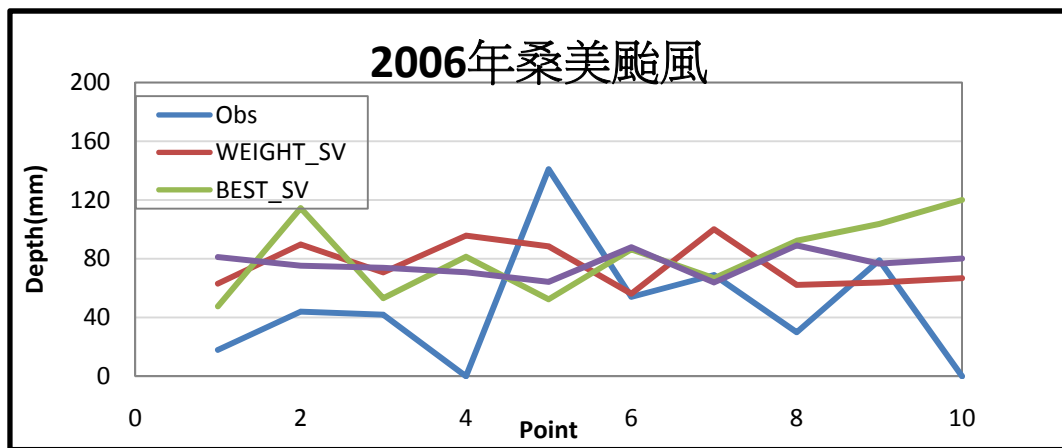


圖 4.85 桑美颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

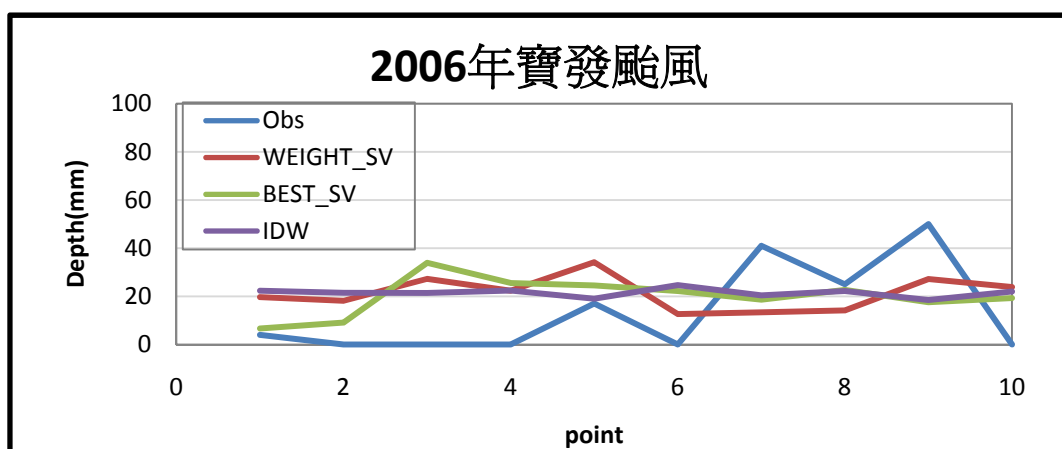


圖 4.86 寶發颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

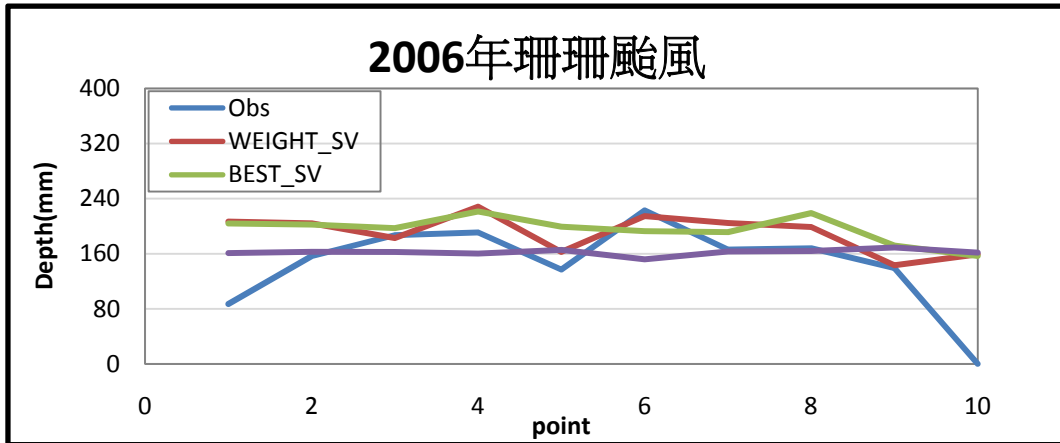


圖 4.87 珊珊颱風(2006)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

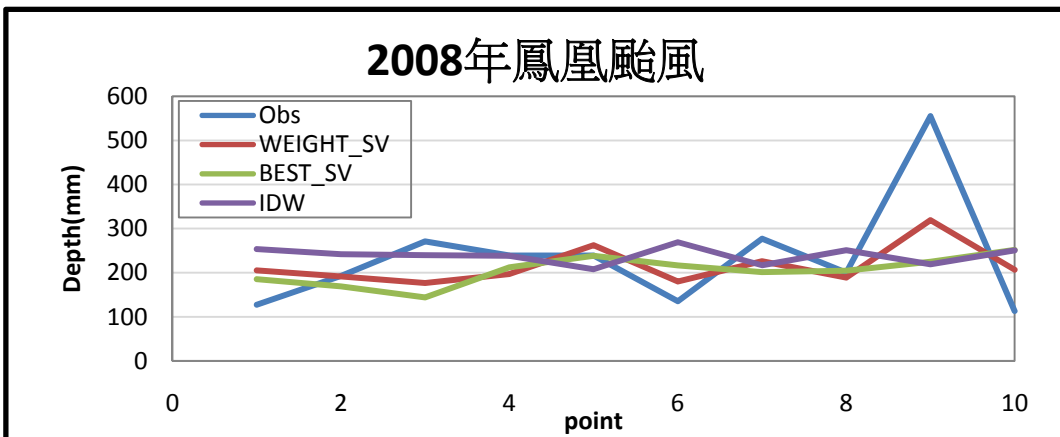


圖 4.88 鳳凰颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

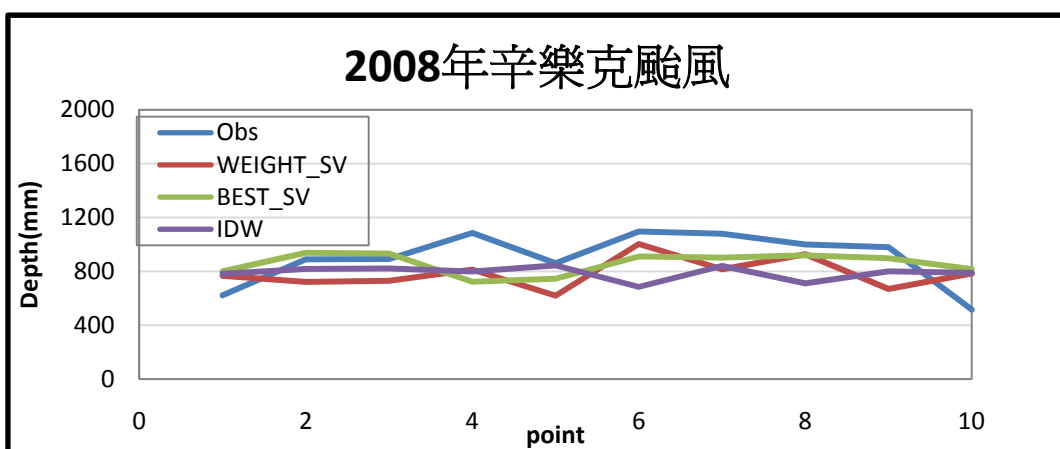


圖 4.89 辛樂克颱風(2008)各半變異數模式總降雨量推估值比較圖(10個驗證點)

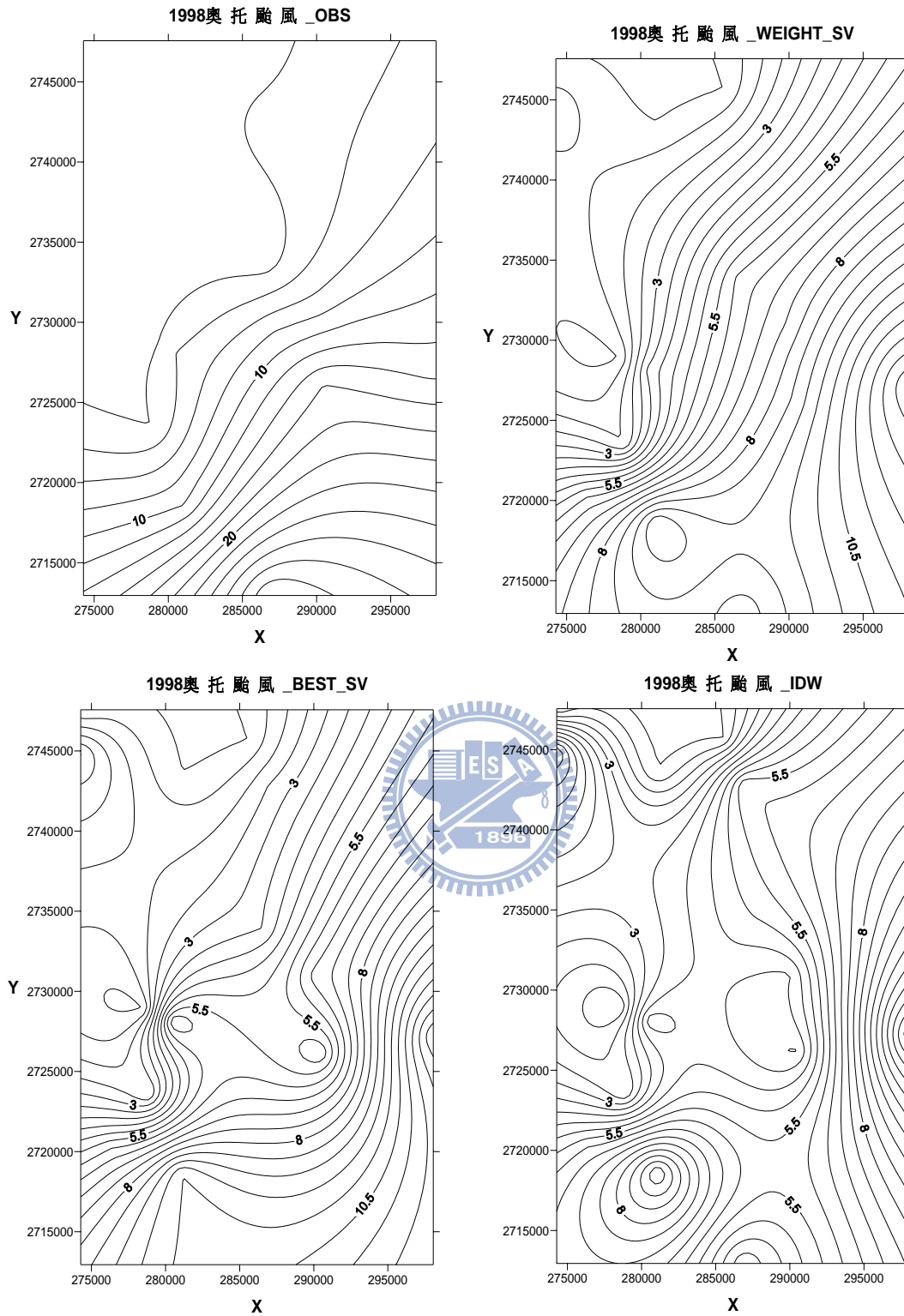


圖 4.90 1998 年奧托颱風總降雨推估值之分佈圖

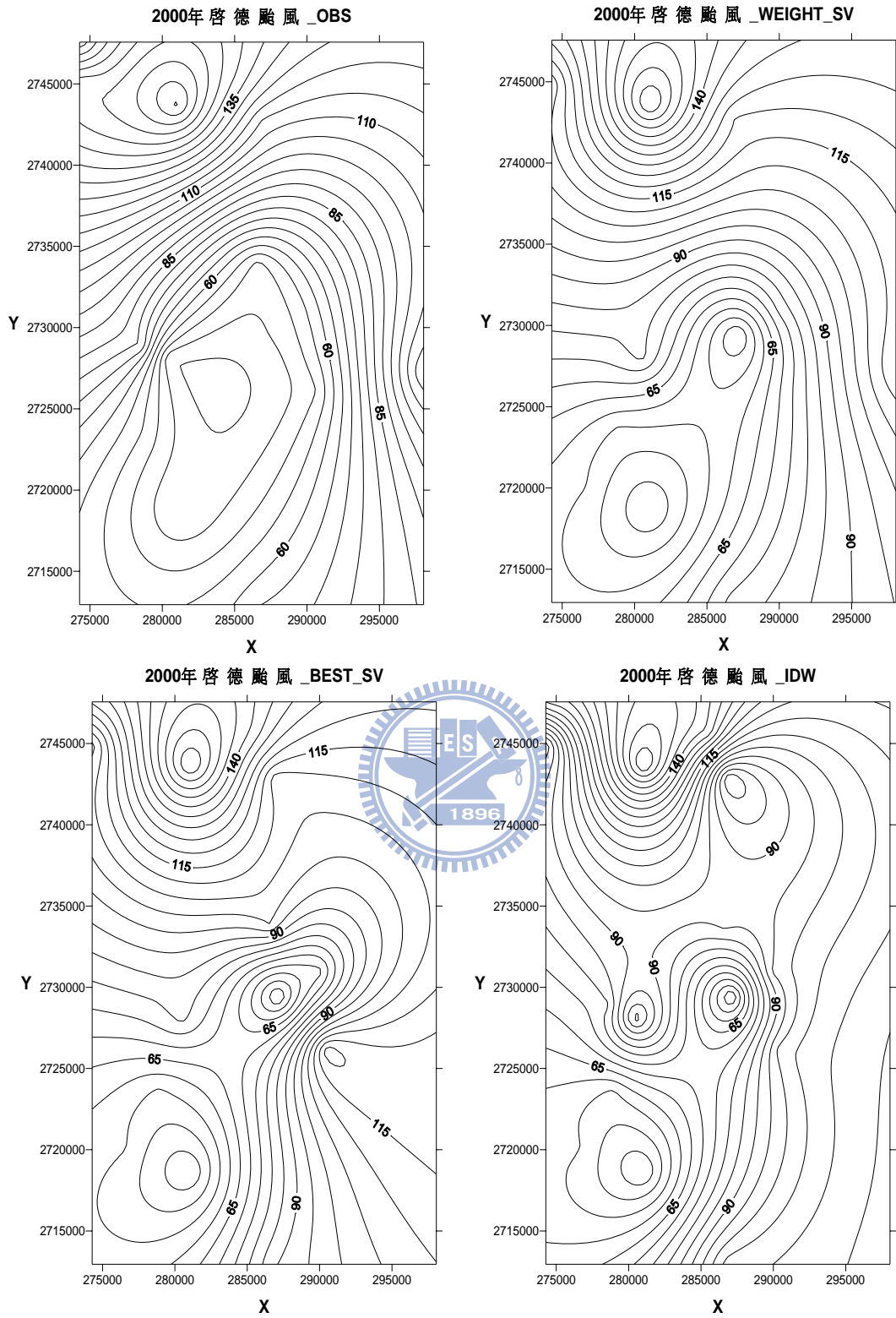


圖 4.91 2000 年啓德颱風總降雨推估值之分佈圖

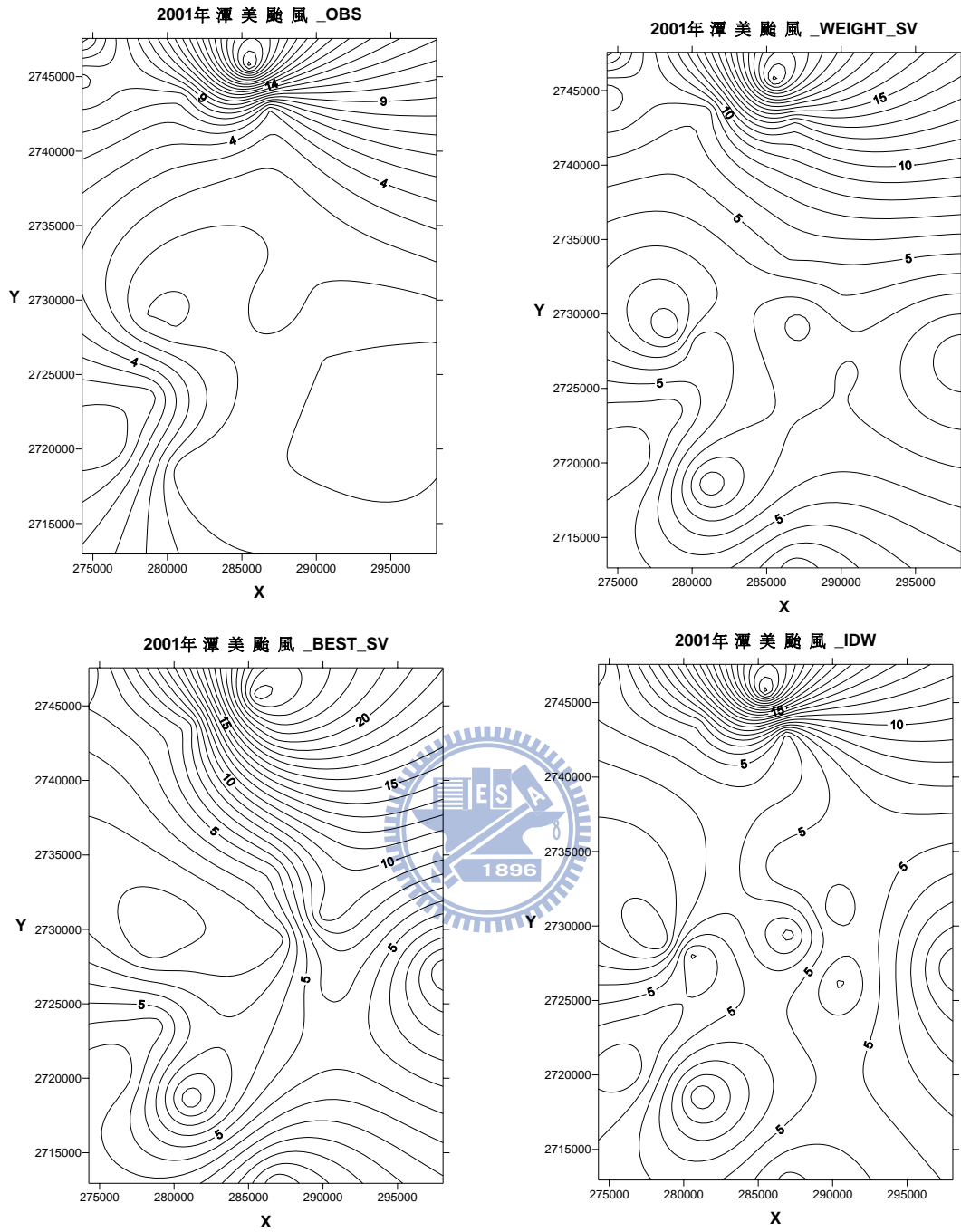


圖 4.92 2001 年潭美颱風總降雨推估值之分布圖

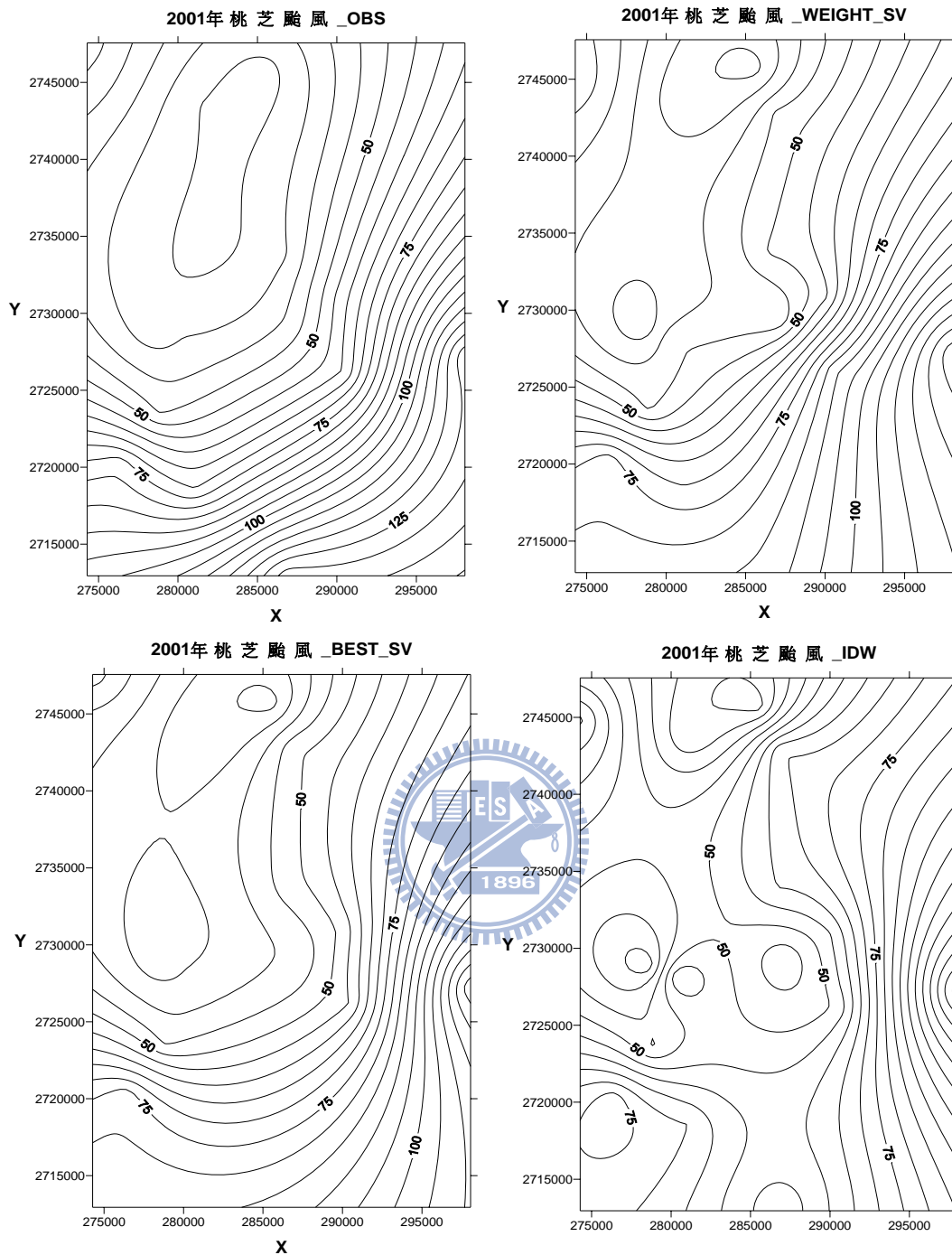


圖 4.93 2001 年桃芝颱風總降雨推估值之分布圖



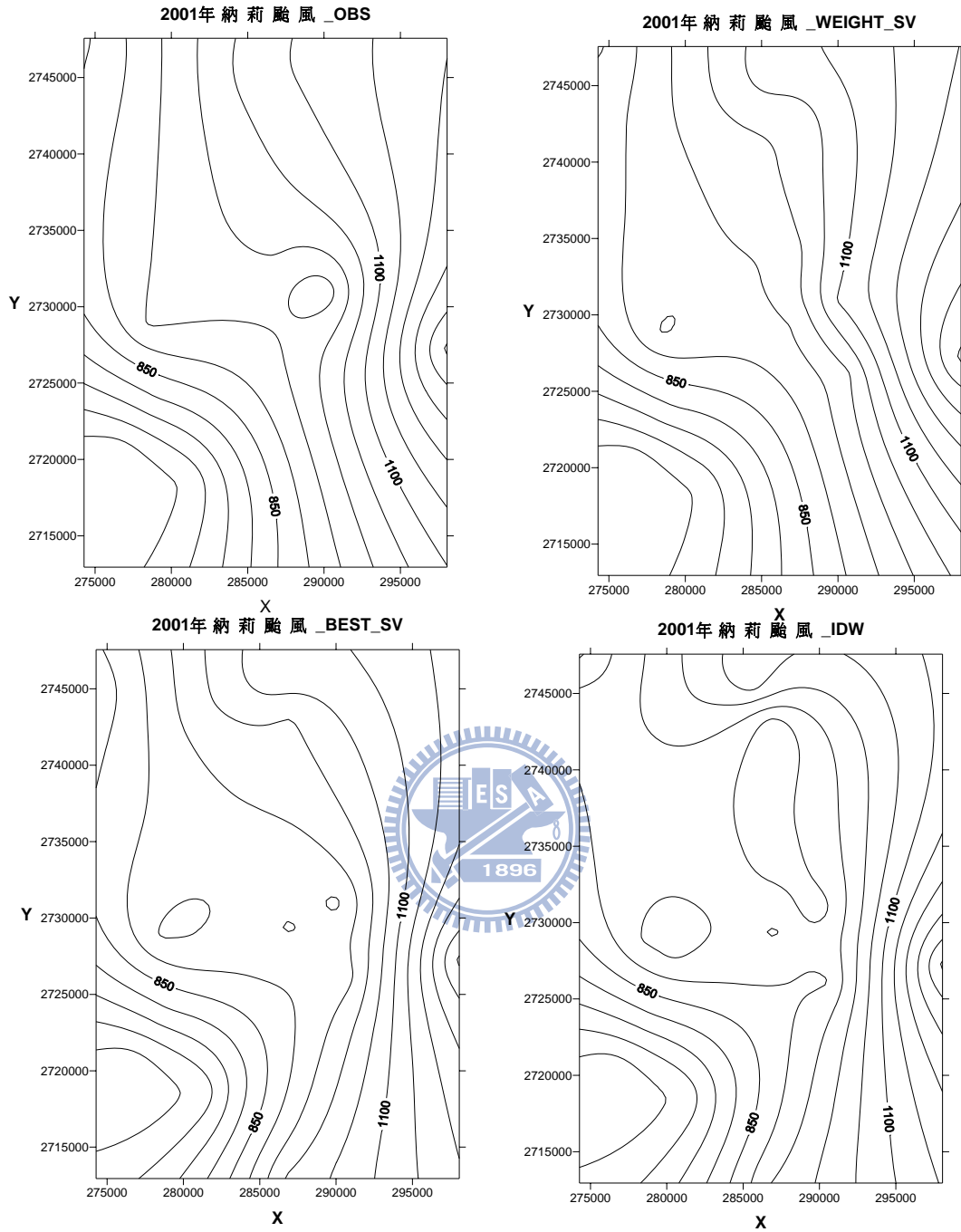


圖 4.94 2001 年納莉颱風總降雨推估值之分布圖

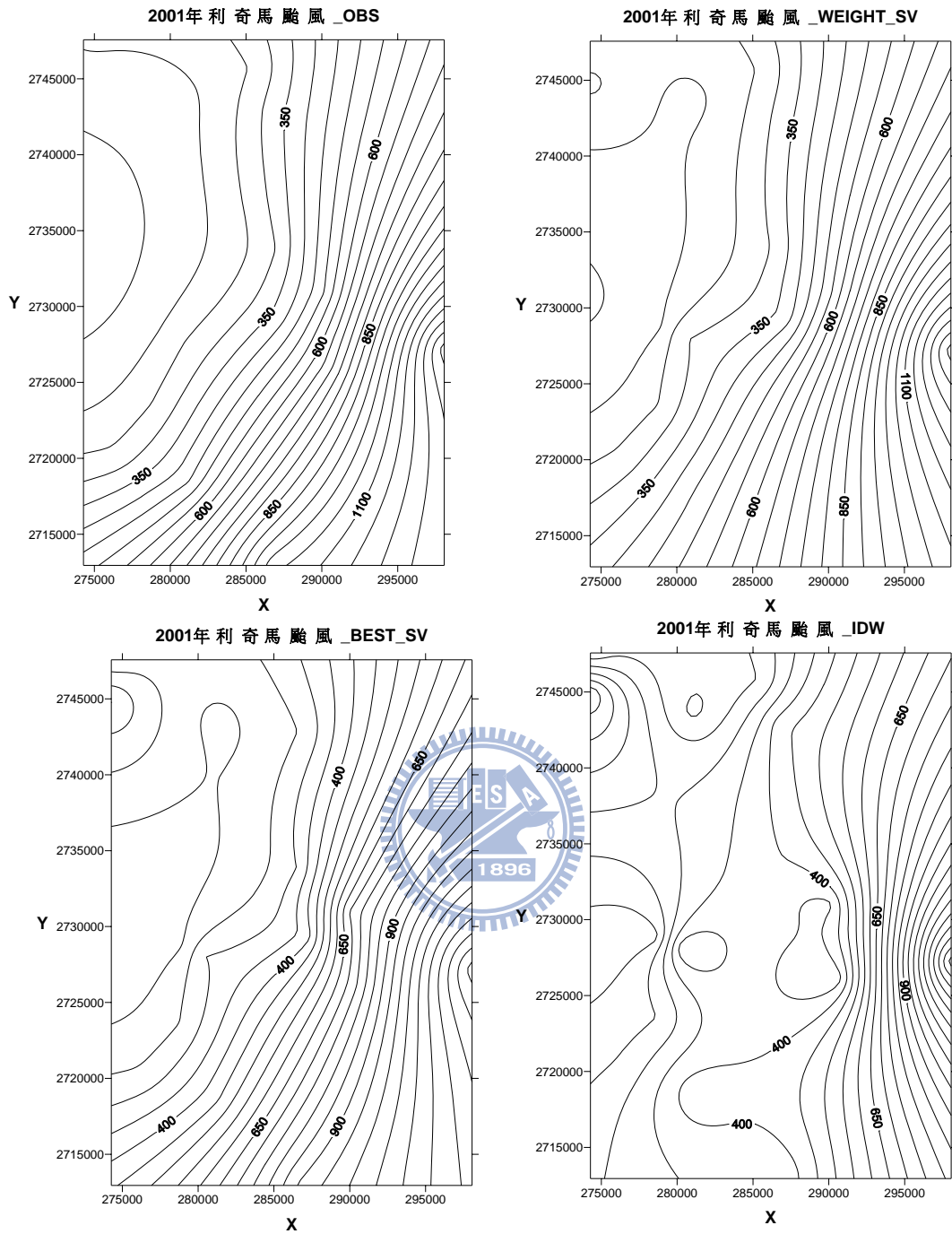


圖 4.95 2001 年利奇馬颱風總降雨推估值之分佈圖

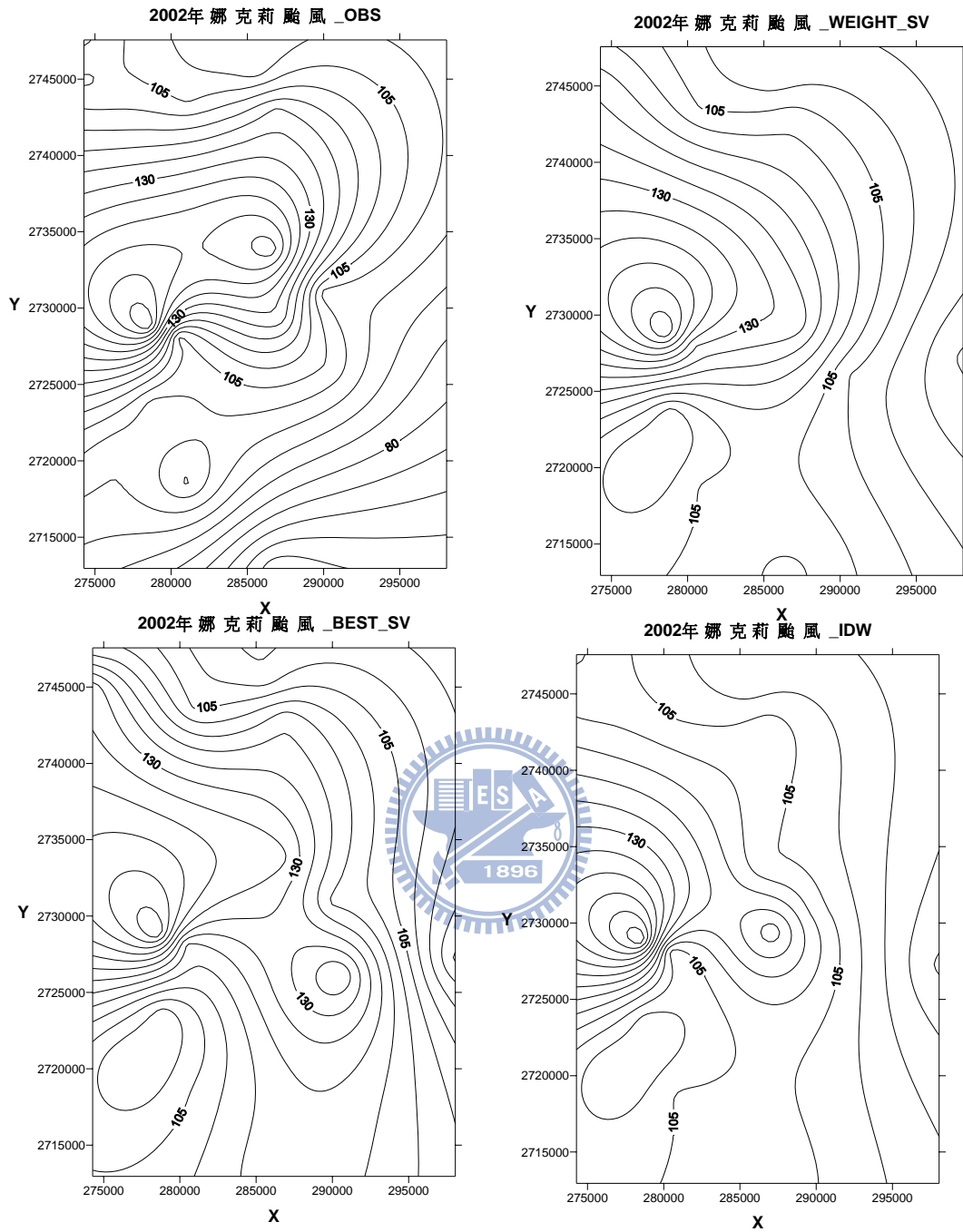


圖 4.96 2002 年娜克莉颱風總降雨推估值之分佈圖

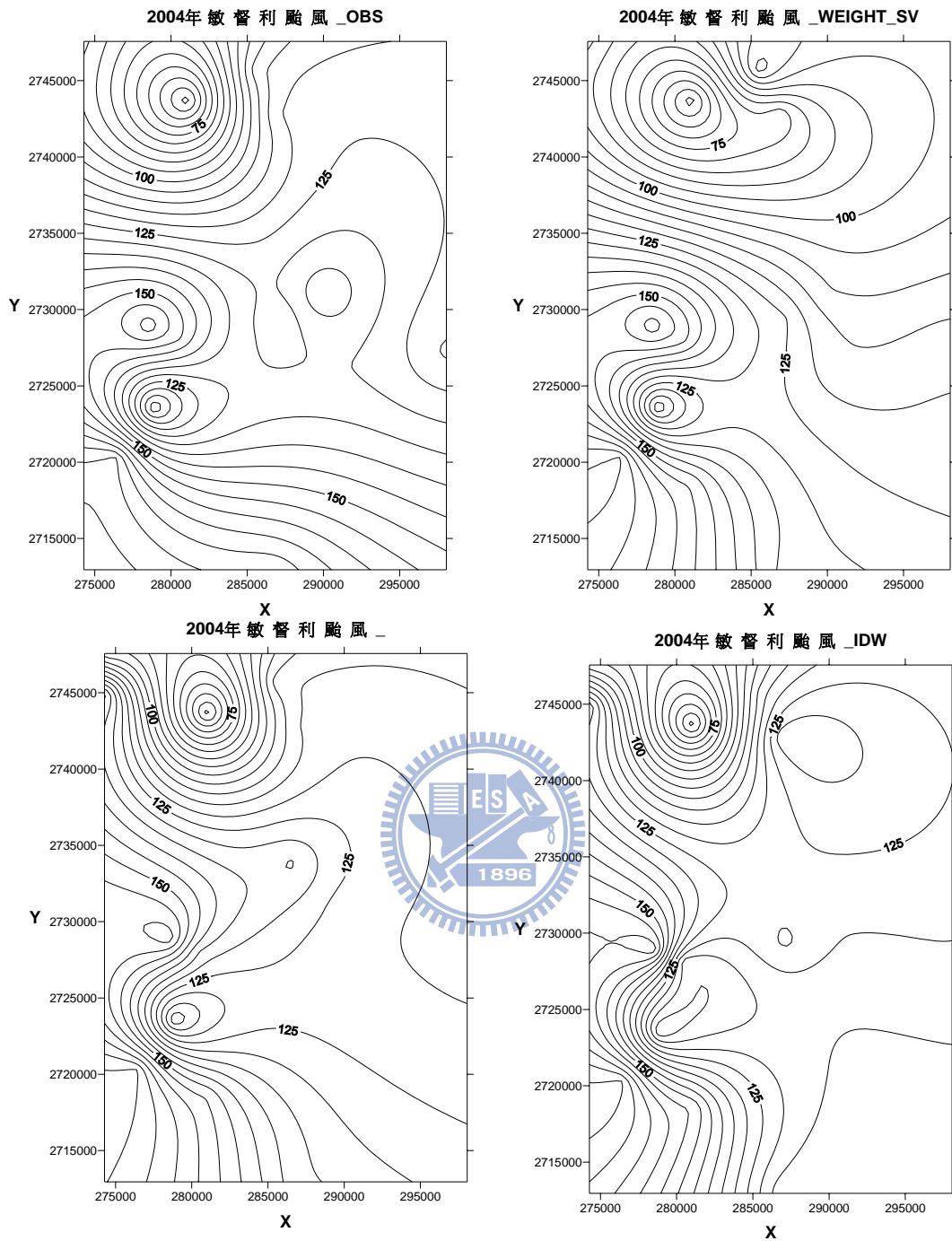


圖 4.97 2004 年敏督利颱風總降雨推估值之分佈圖

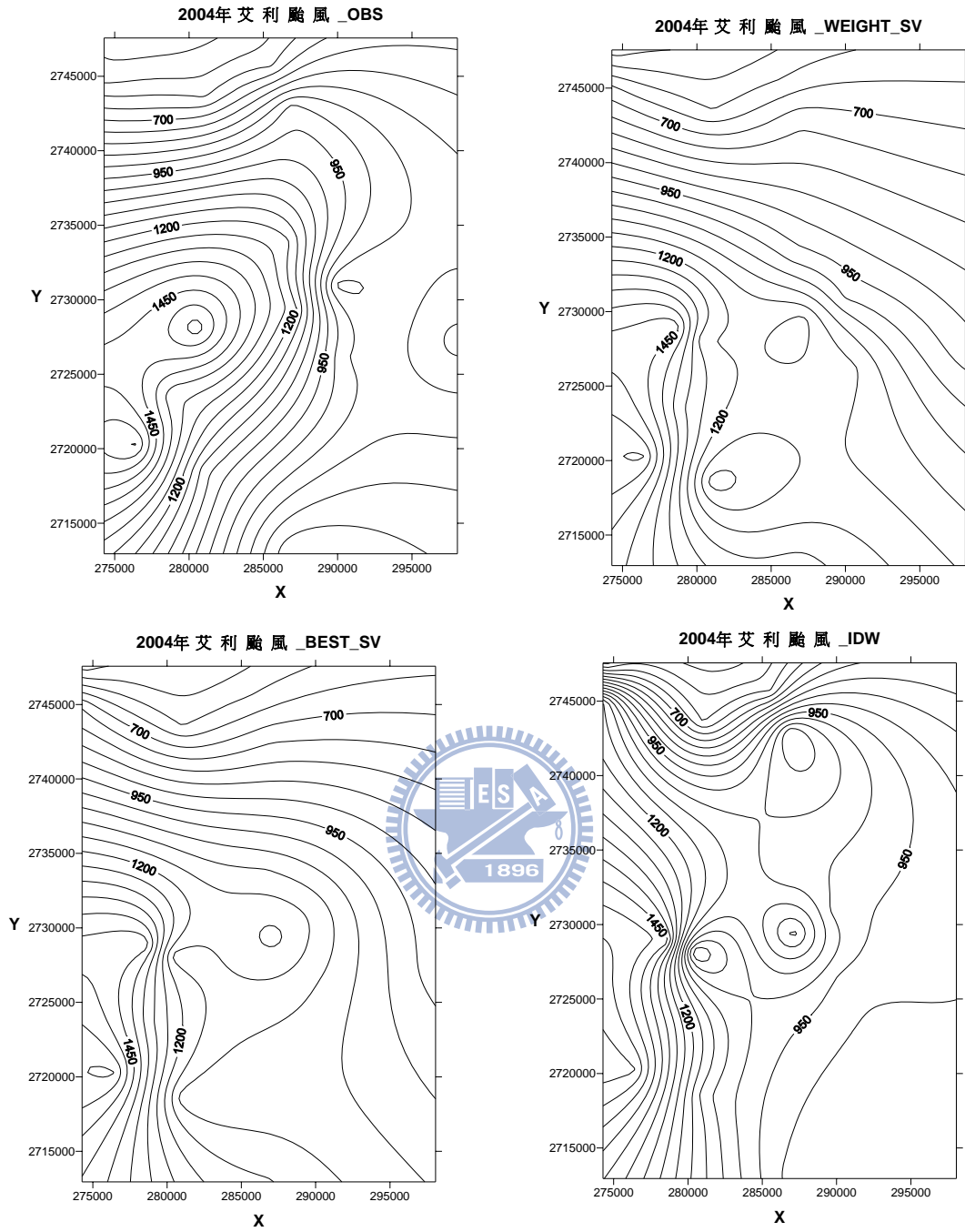


圖 4.98 2004 年艾利颱風總降雨推估值之分布圖

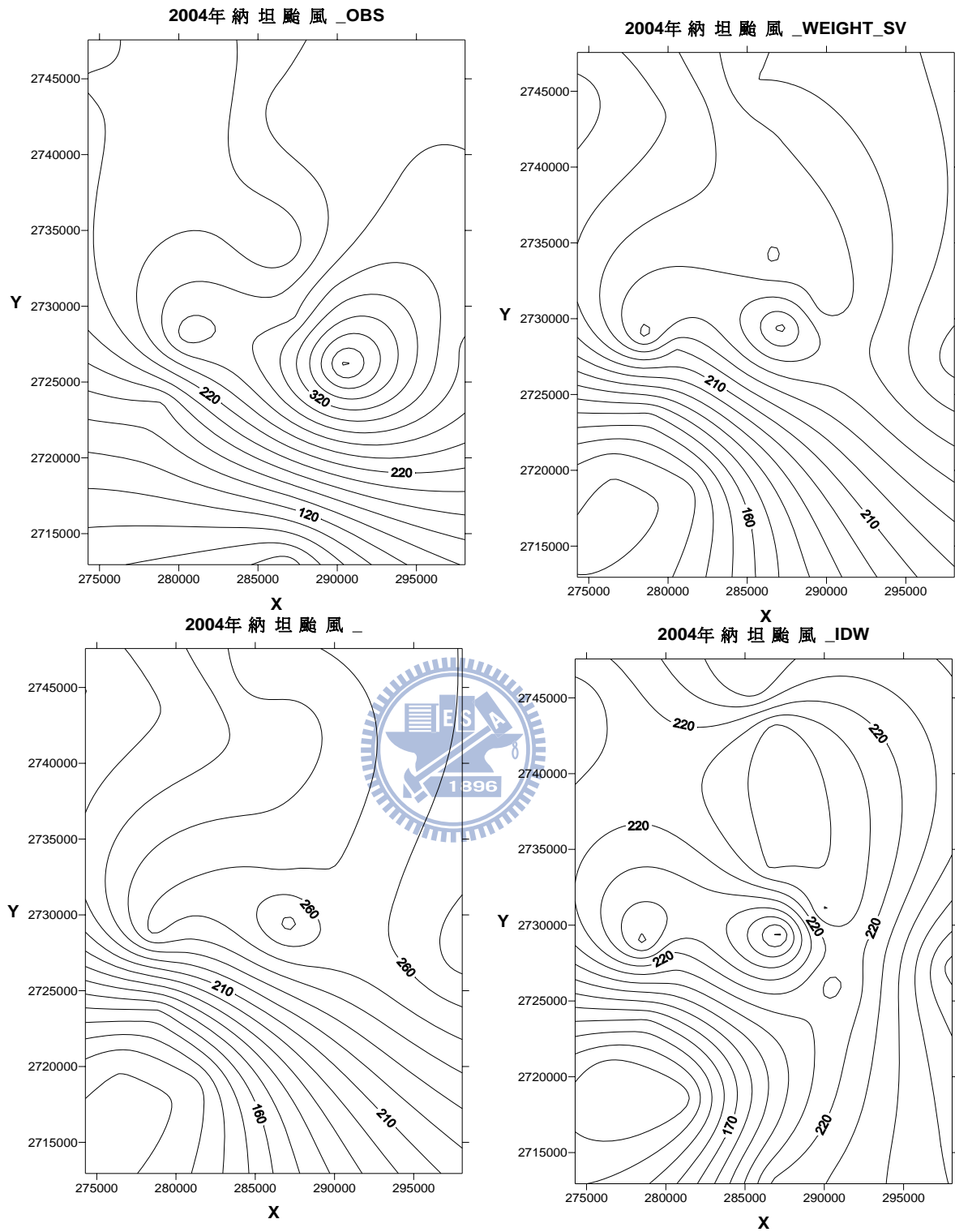


圖 4.99 2004 年納坦颱風總降雨推估值之分佈 0 圖

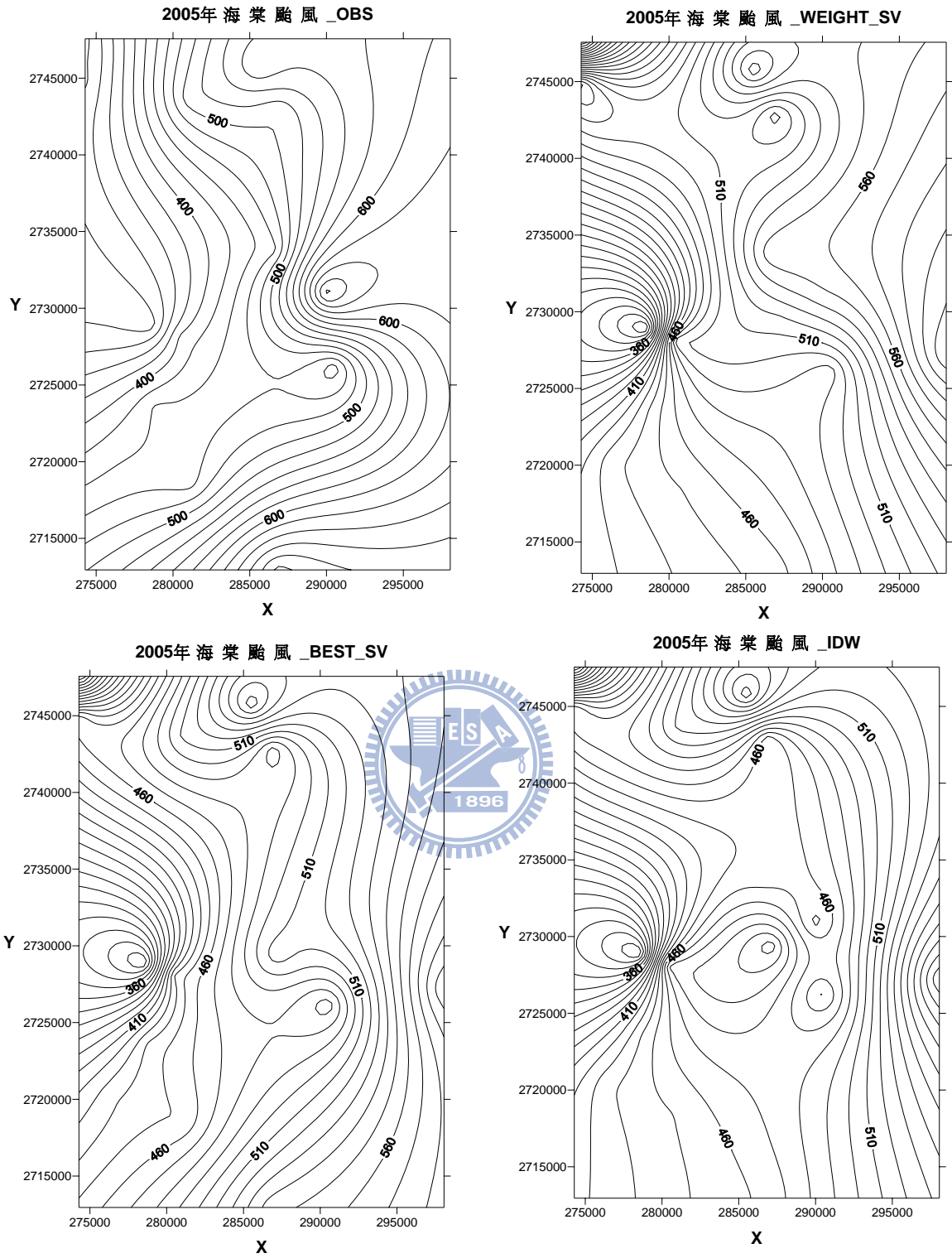


圖 4.100 2005 年海棠颱風總降雨推估值之分佈圖

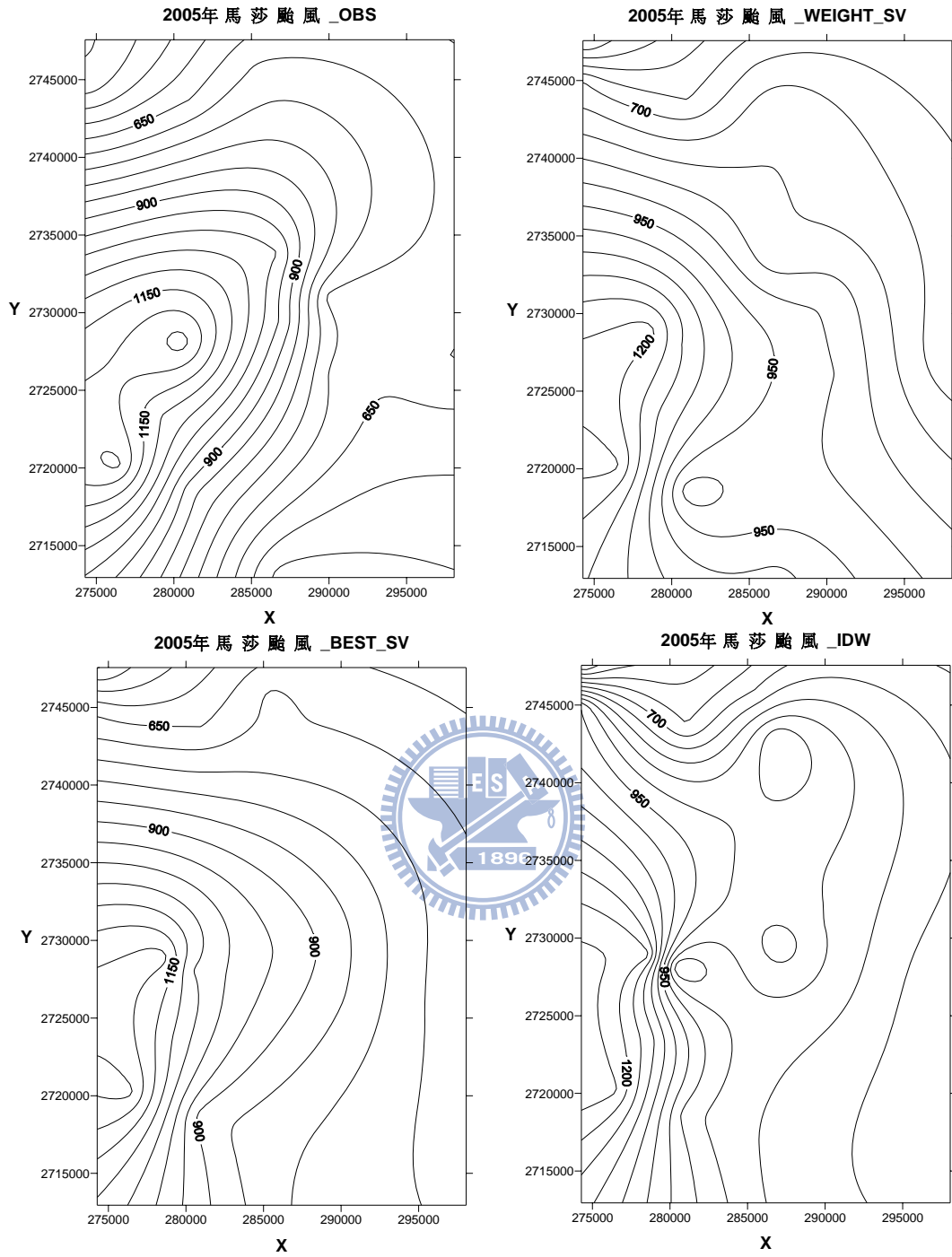


圖 4.101 2005 年馬莎颱風總降雨推估值之分佈圖



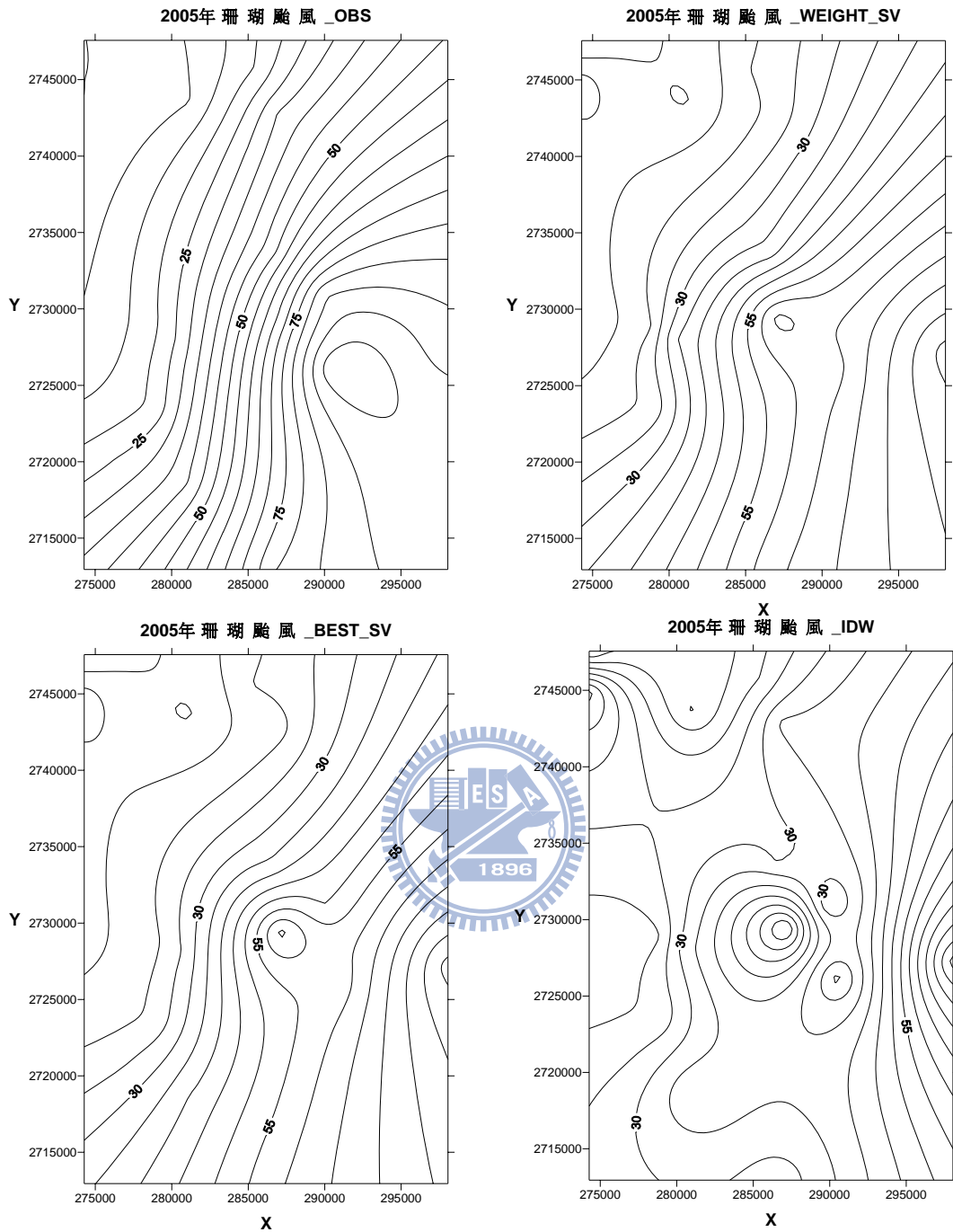


圖 4.102 2005 年珊瑚颱風總降雨推估值之分佈圖

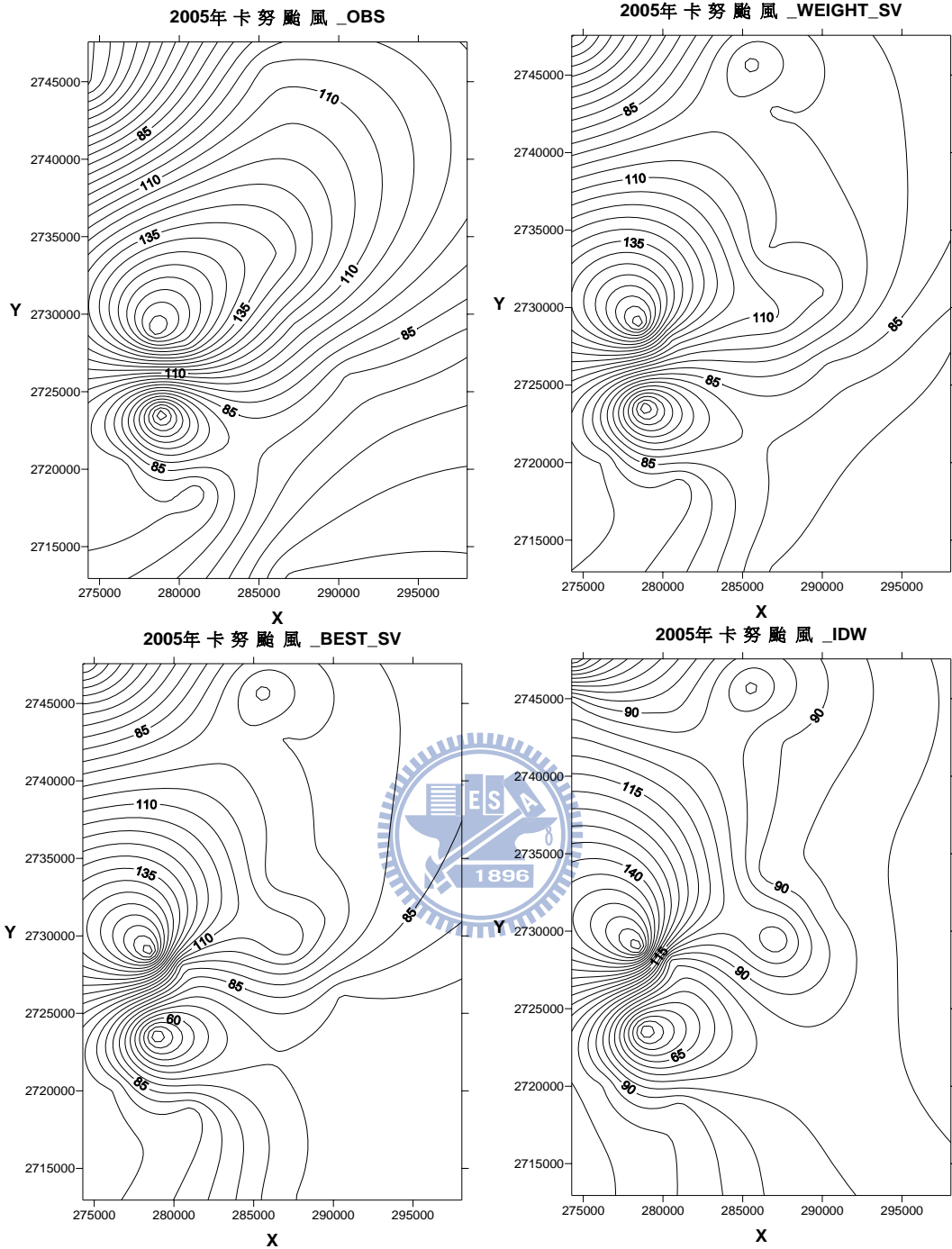


圖 4.103 2005 年卡努颱風總降雨推估值之分佈圖

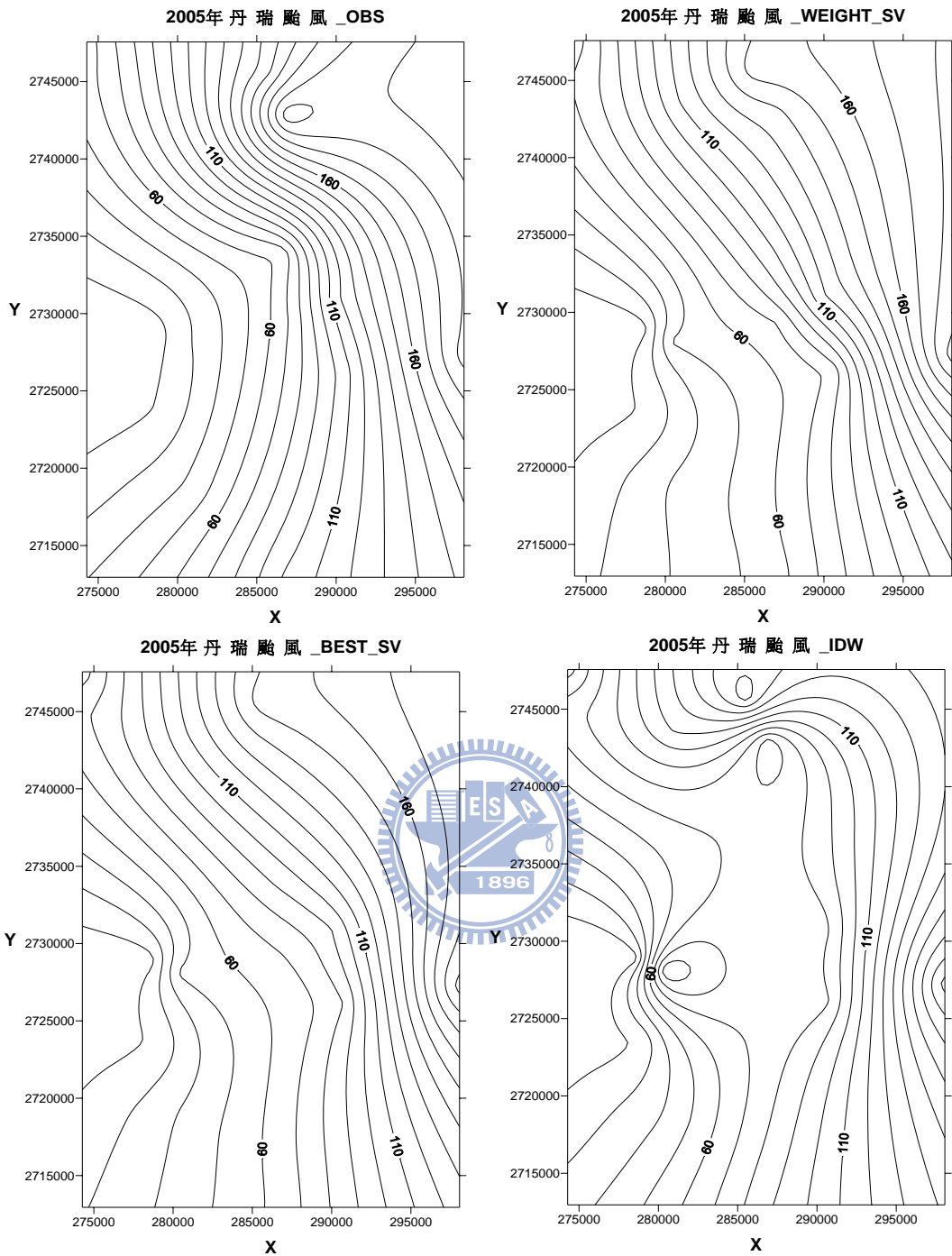


圖 4.104 2005 年丹瑞颱風總降雨推估值之分佈圖

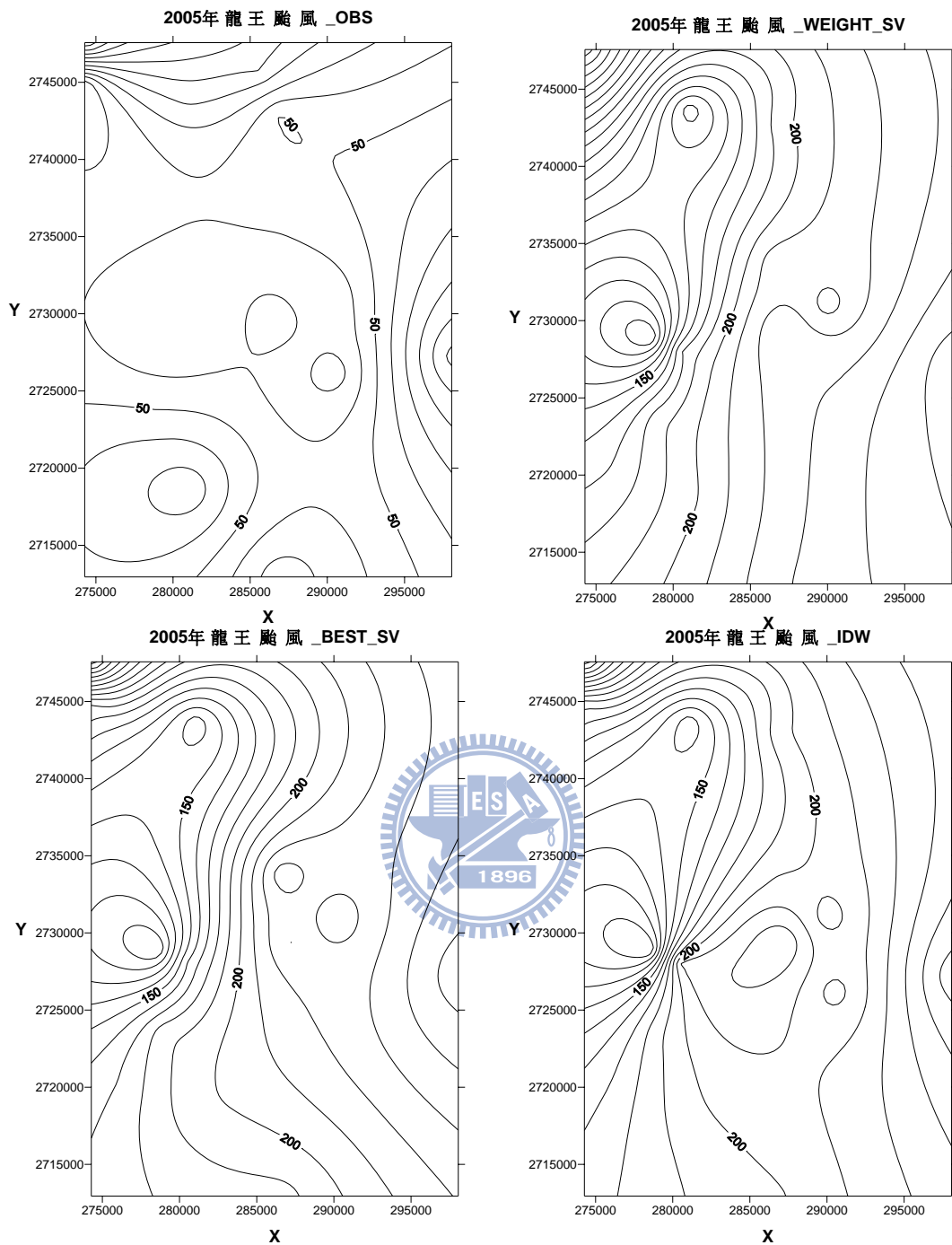


圖 4.105 2005 年龍王颱風總降雨推估值之分佈圖

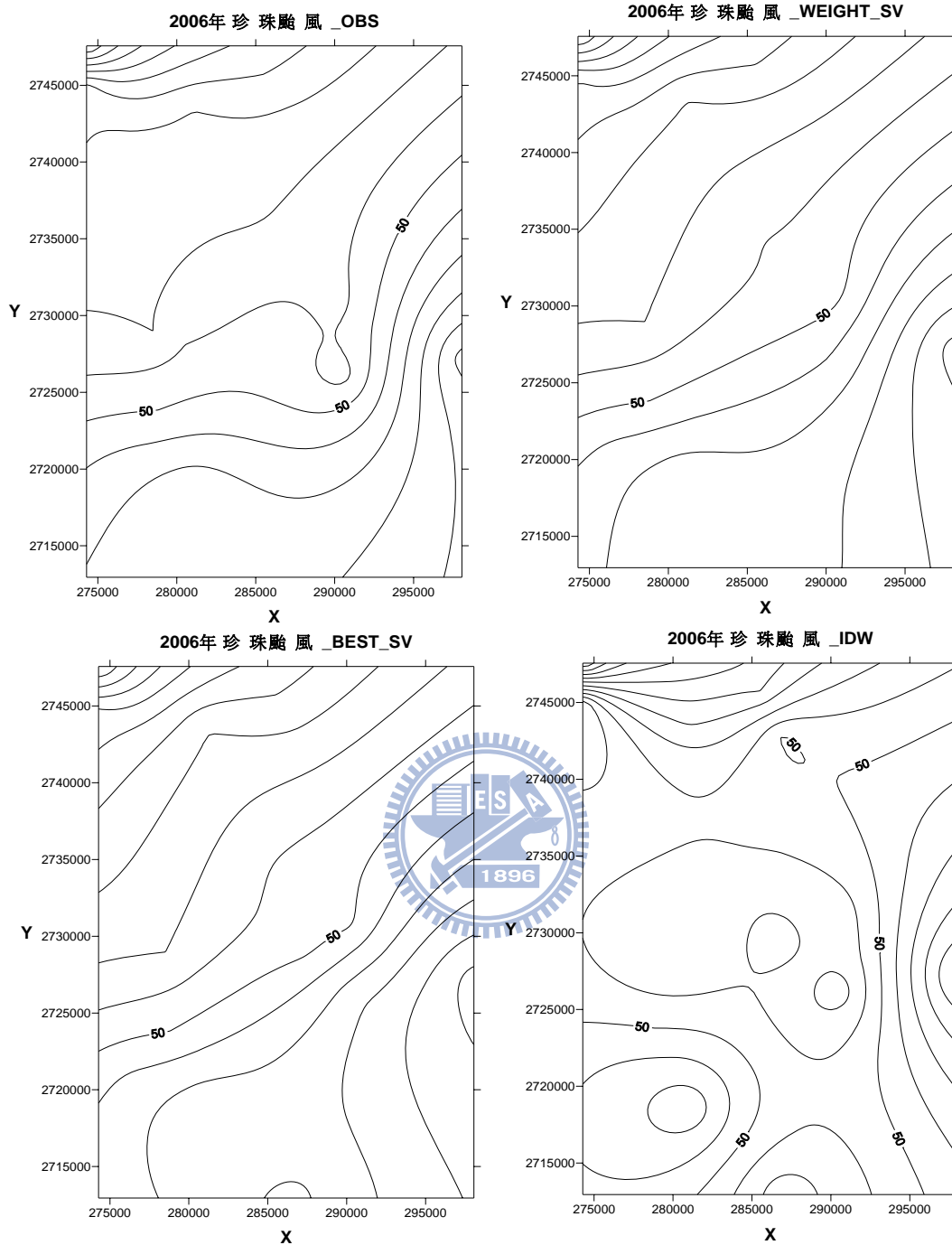


圖 4.106 2006 年珍珠颱風總降雨推估值之分佈圖

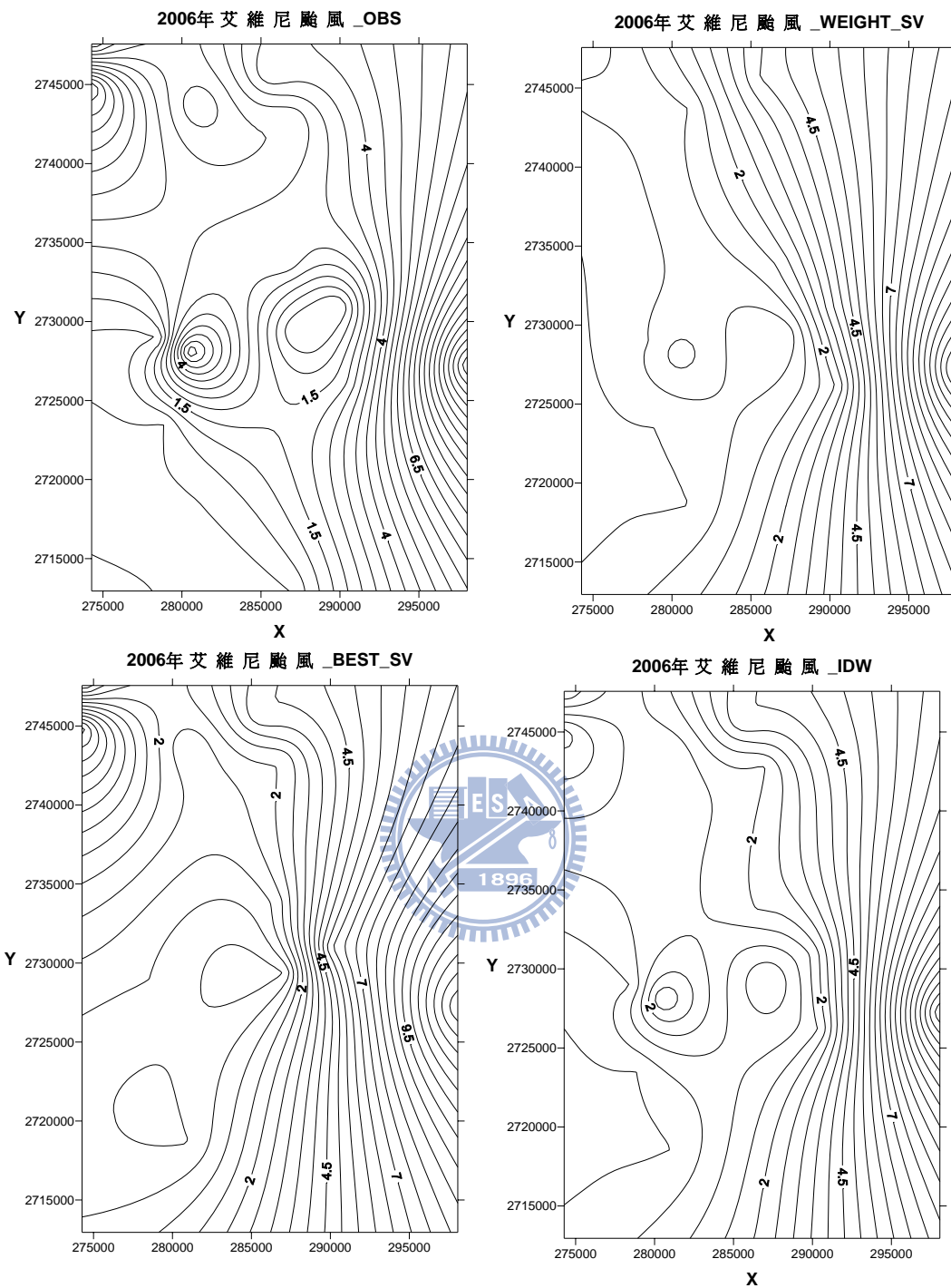


圖 4.107 2006 年艾維尼颱風總降雨推估值之分佈圖

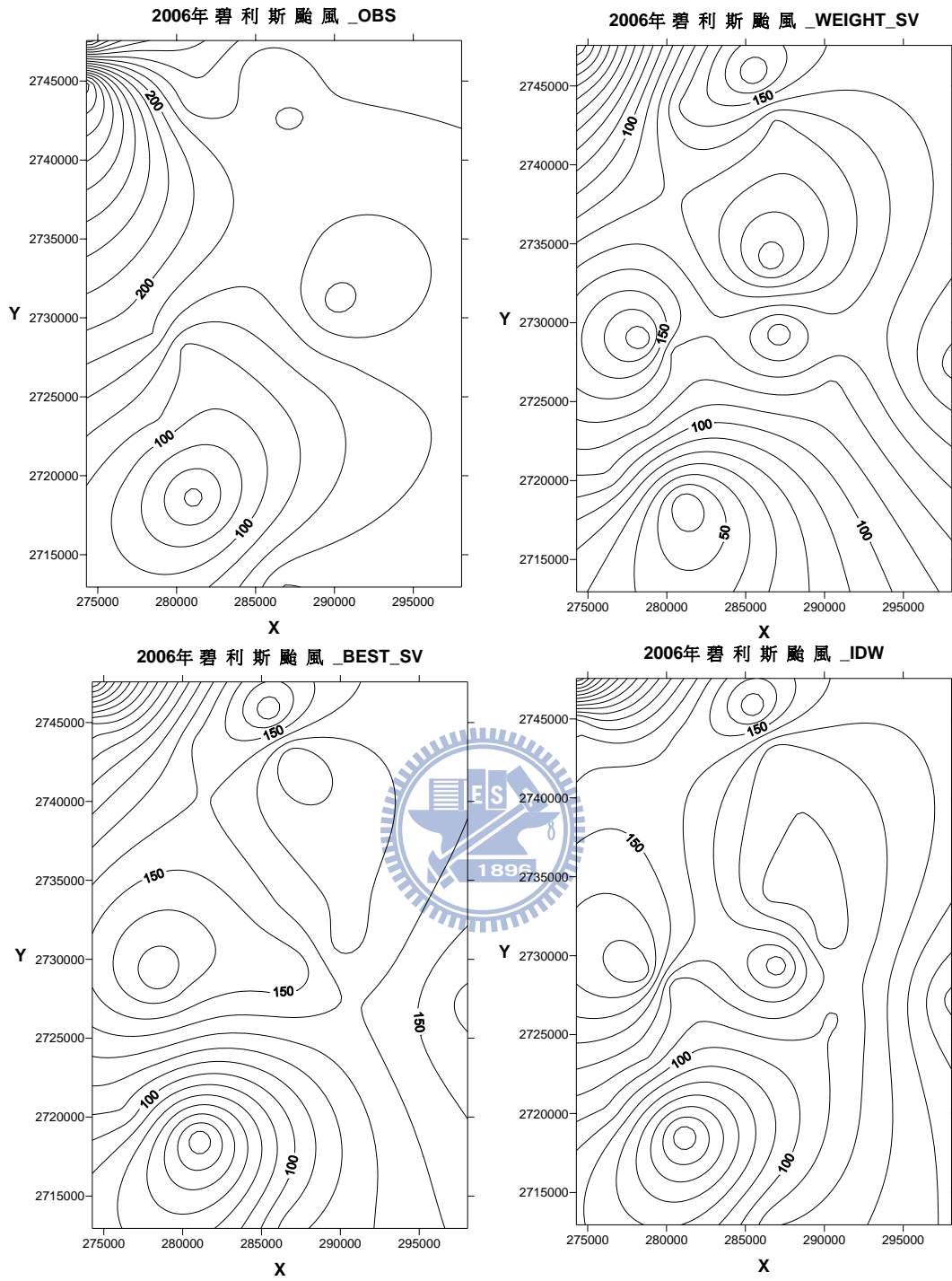


圖 4.108 2006 年碧利斯颱風總降雨推估值之分佈圖

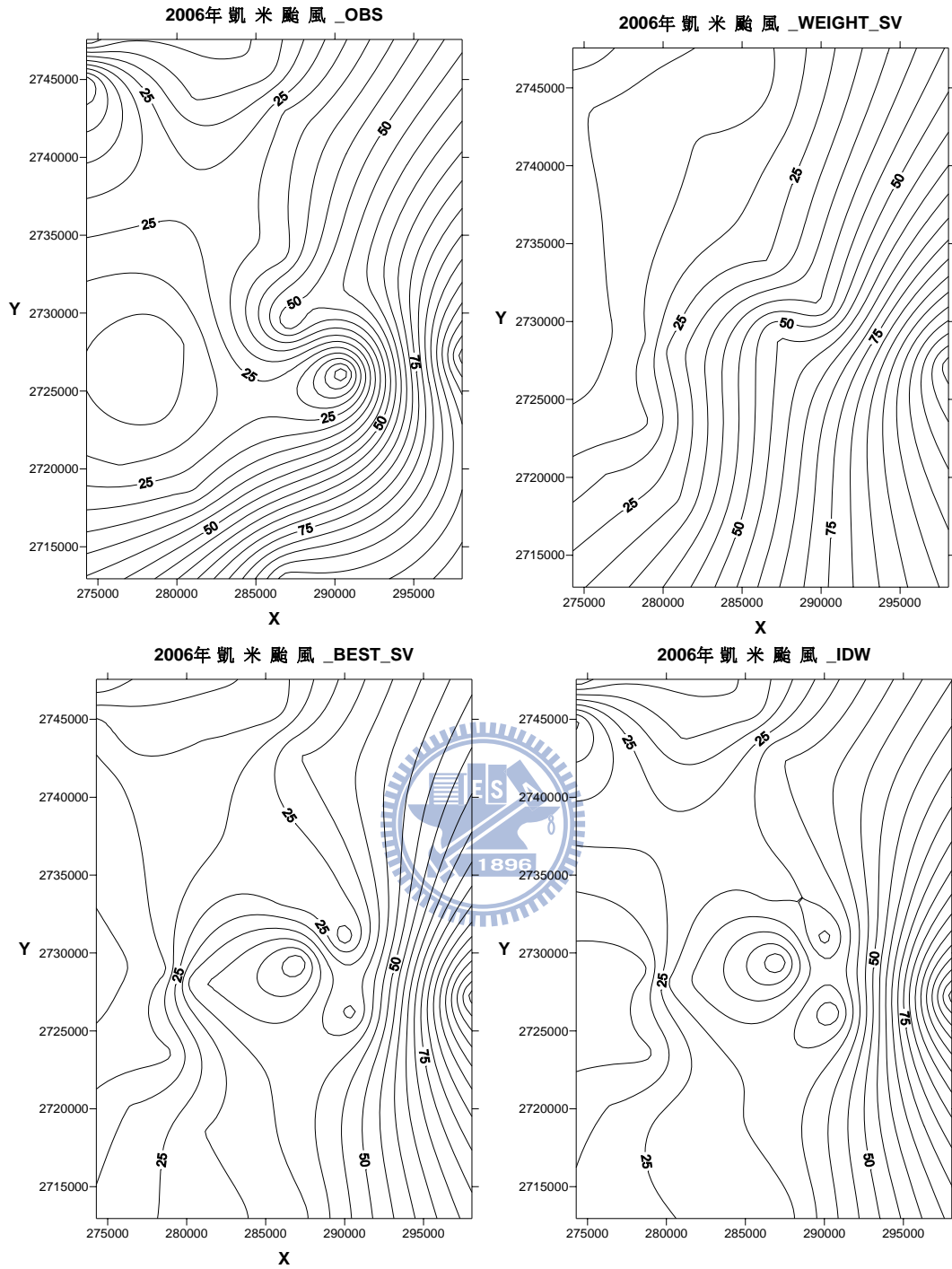


圖 4.109 2006 年凱米颱風總降雨推估值之分佈圖



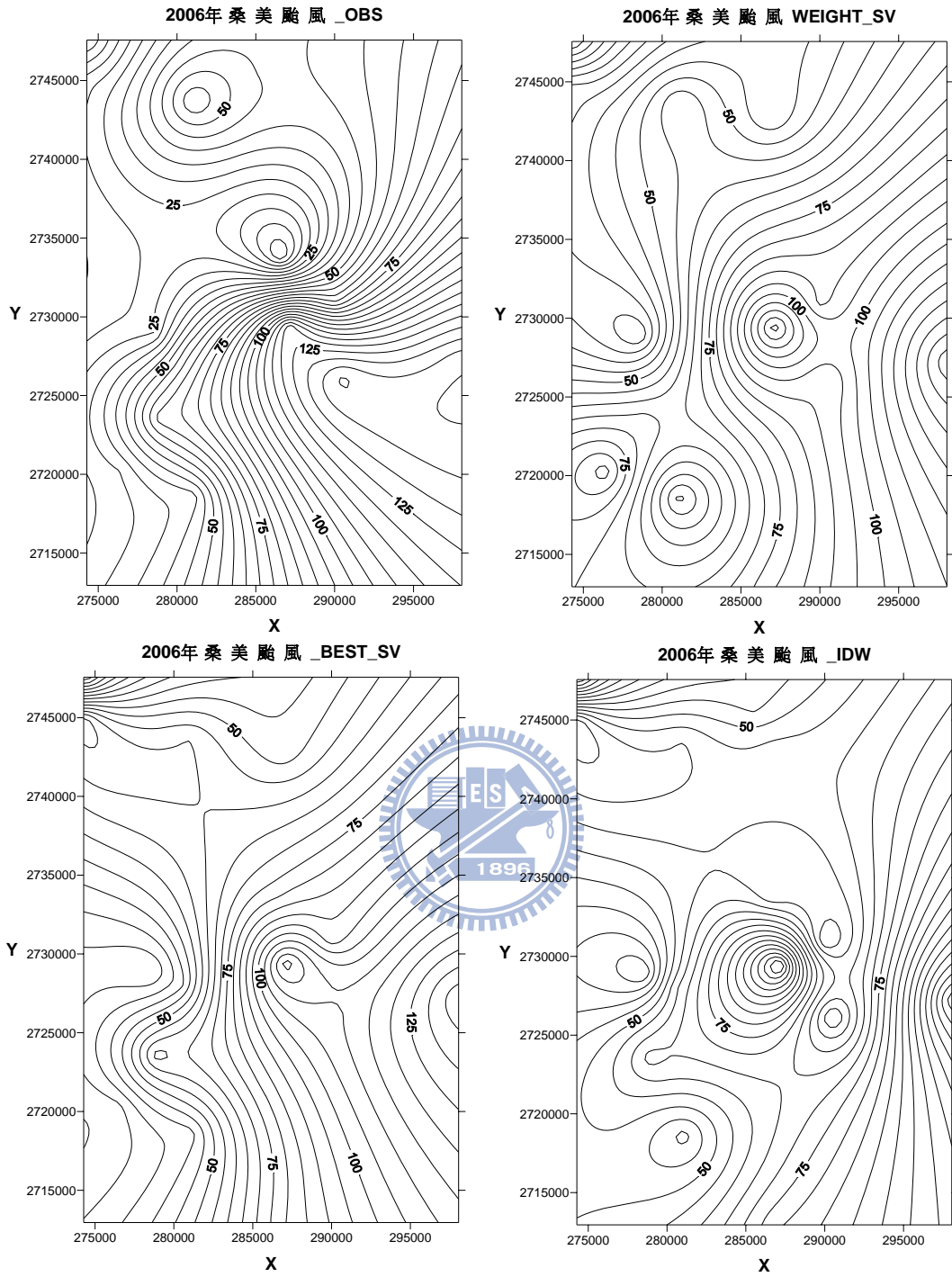


圖 4.110 2006 年桑美颱風總降雨推估值之分佈圖

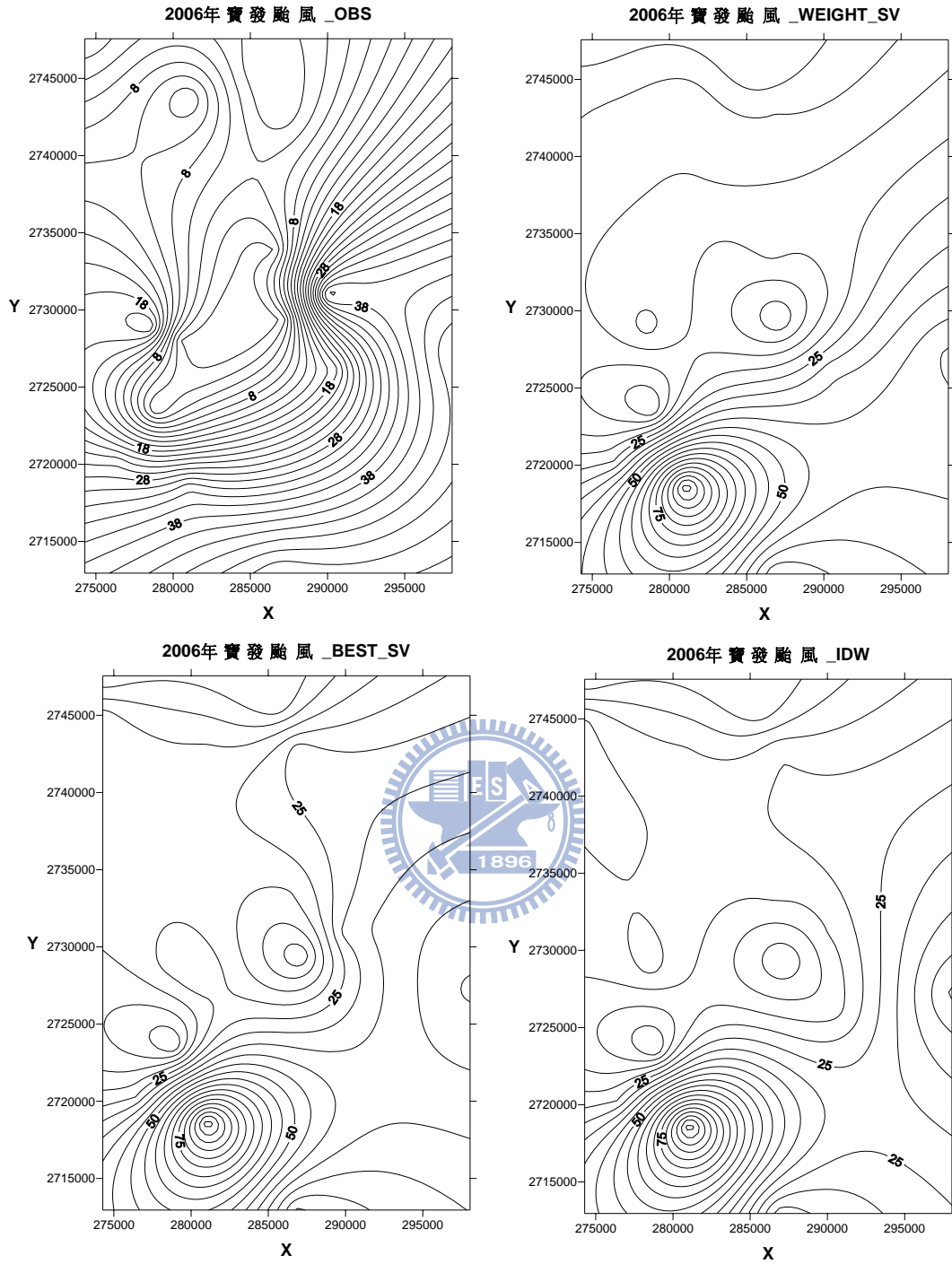


圖 4.111 2006 年寶發颱風總降雨推估值之分佈圖

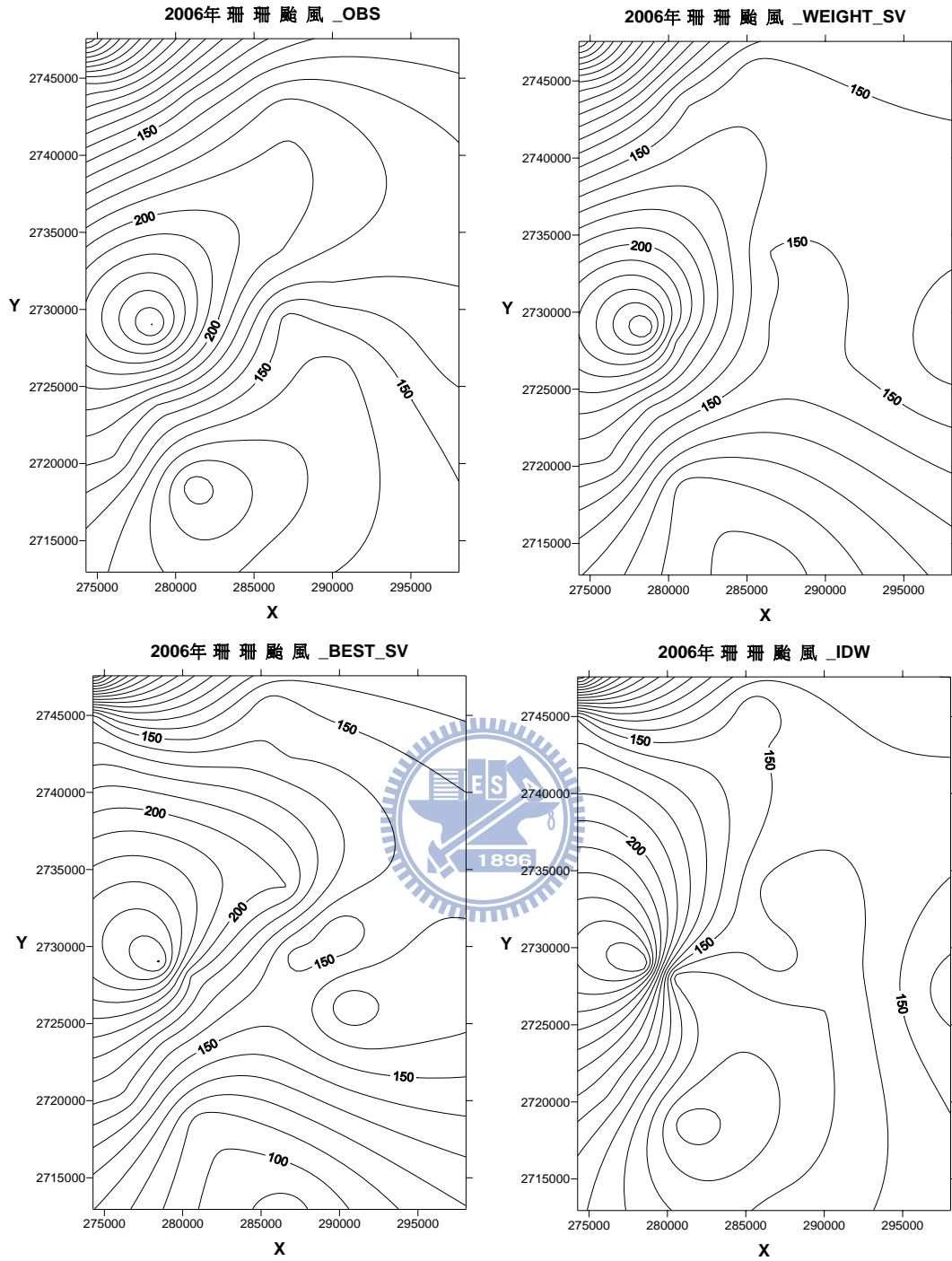


圖 4.112 2006 年珊珊颱風總降雨推估值之分佈圖

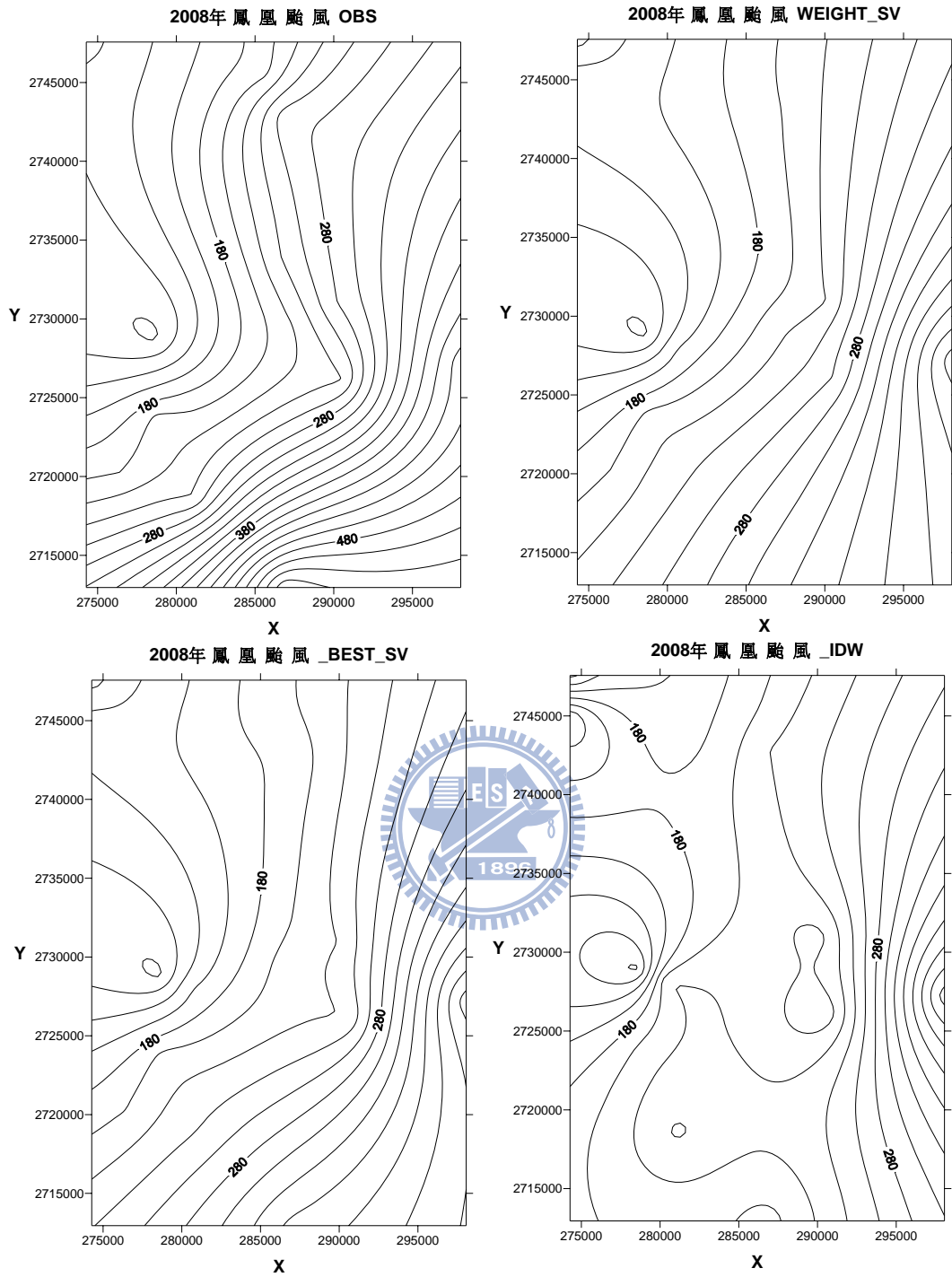


圖 4.113 2008 年鳳凰颱風總降雨推估值之分佈圖

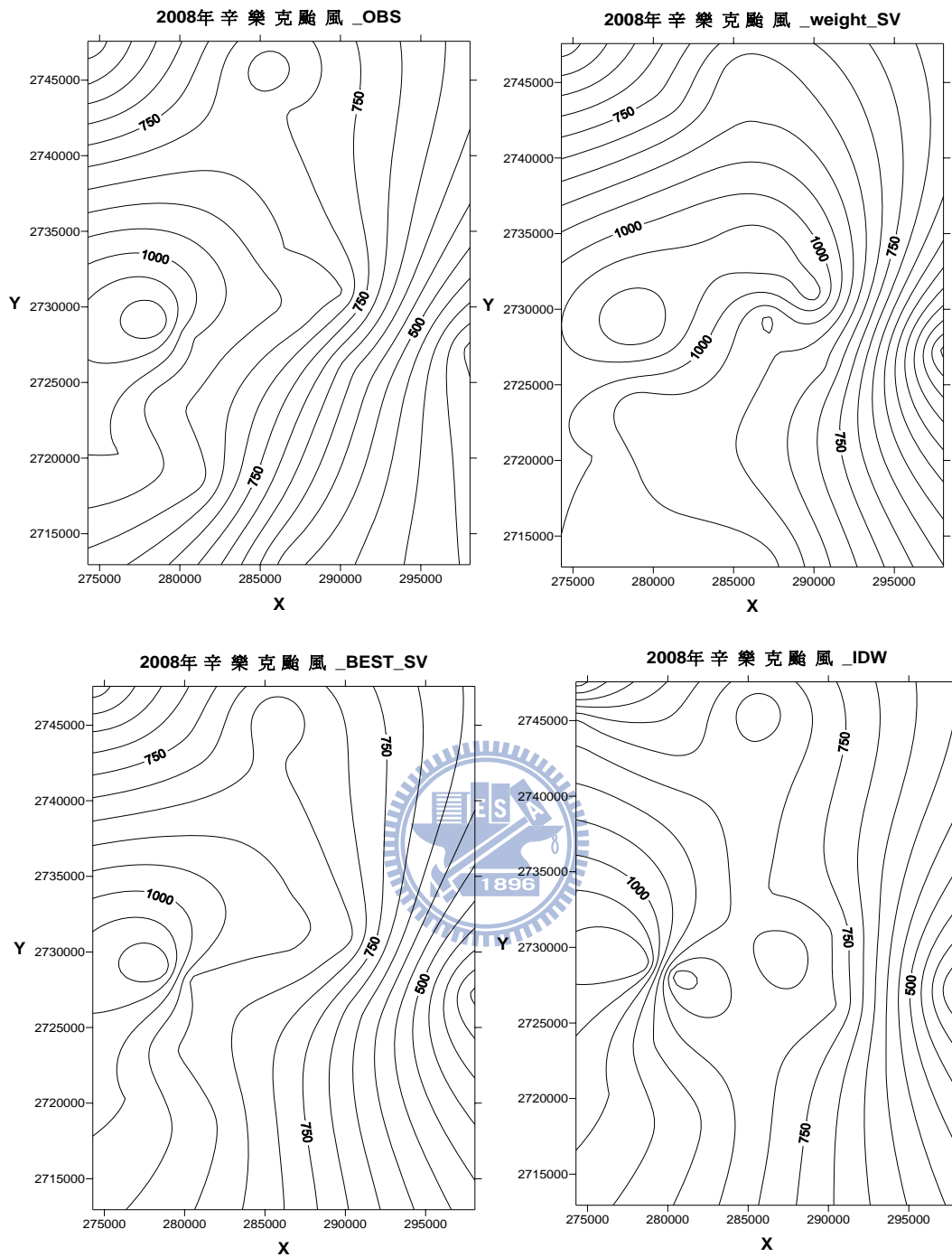


圖 4.114 2008 年辛樂克颱風總降雨推估值之分佈圖

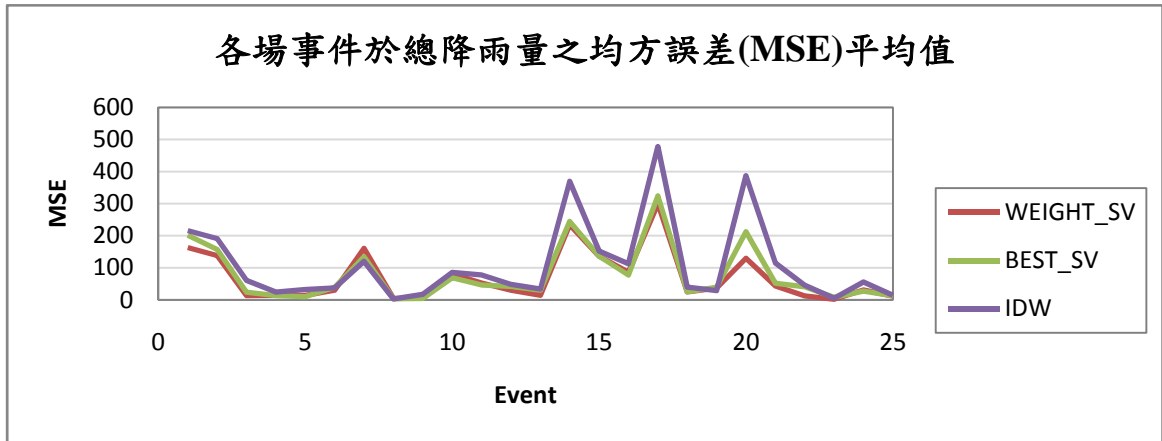


圖 4.115 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值圖(4 個驗證點)

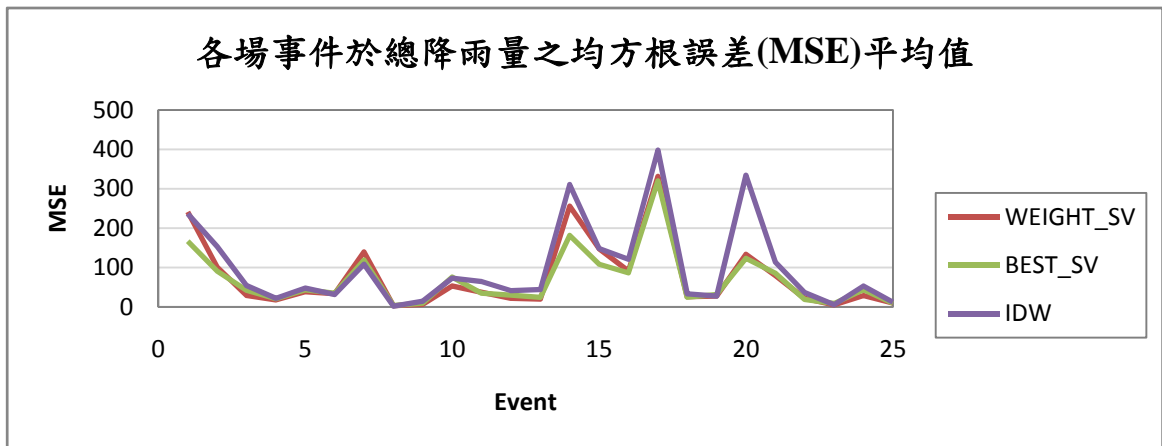


圖 4.116 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值圖(7 個驗證點)

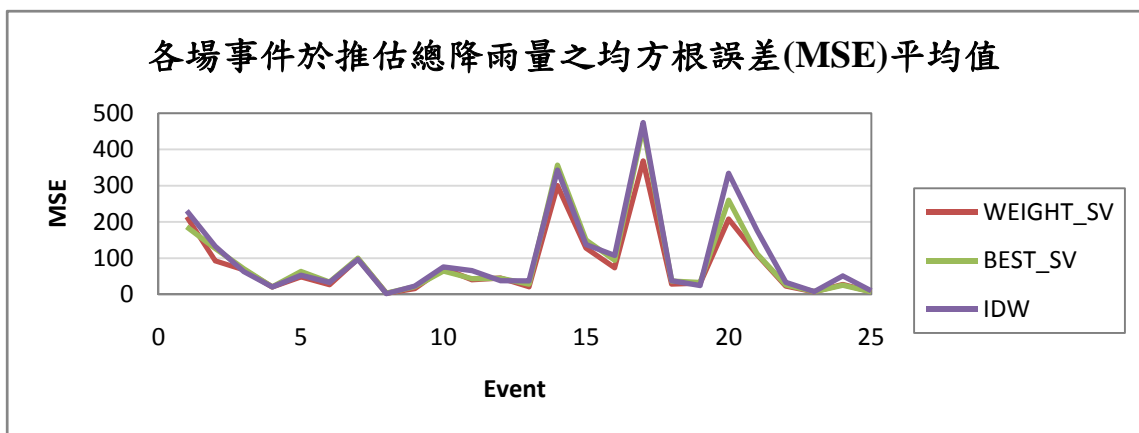


圖 4.117 各場事件於推估總降雨量之均方誤差(MSE)平均值圖(10 個驗證點)

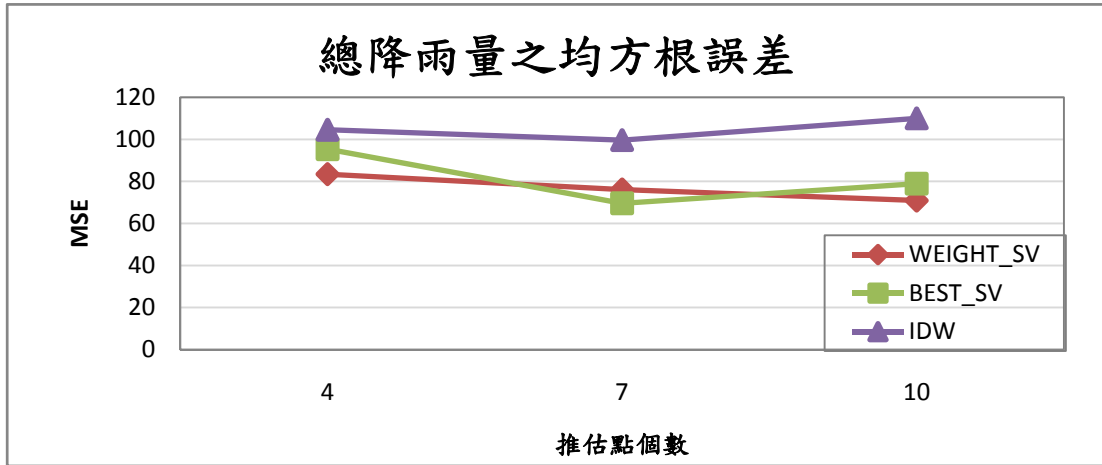


圖 4.118 三種驗證點數於 25 場颱風事件總降雨量之均方根誤差(MSE) 平均值圖

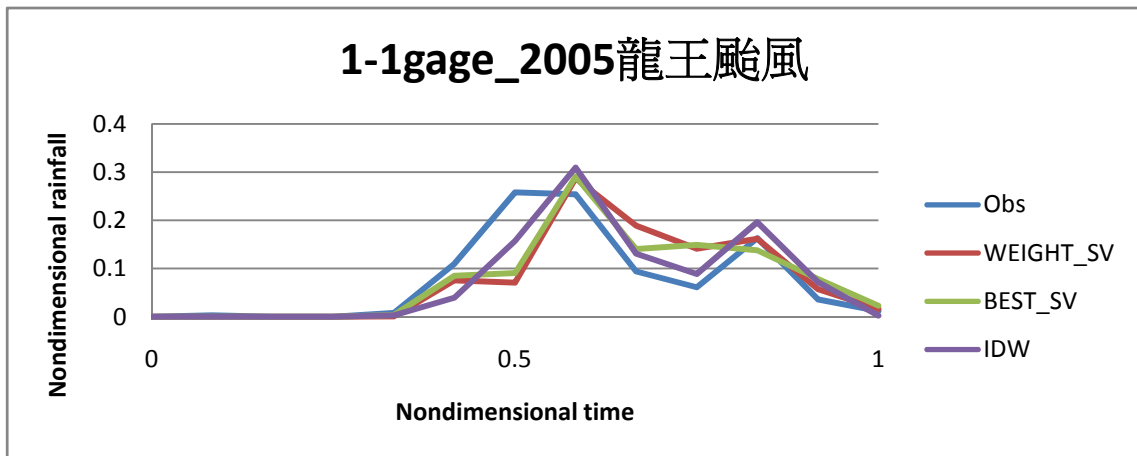


圖 4.119 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點)

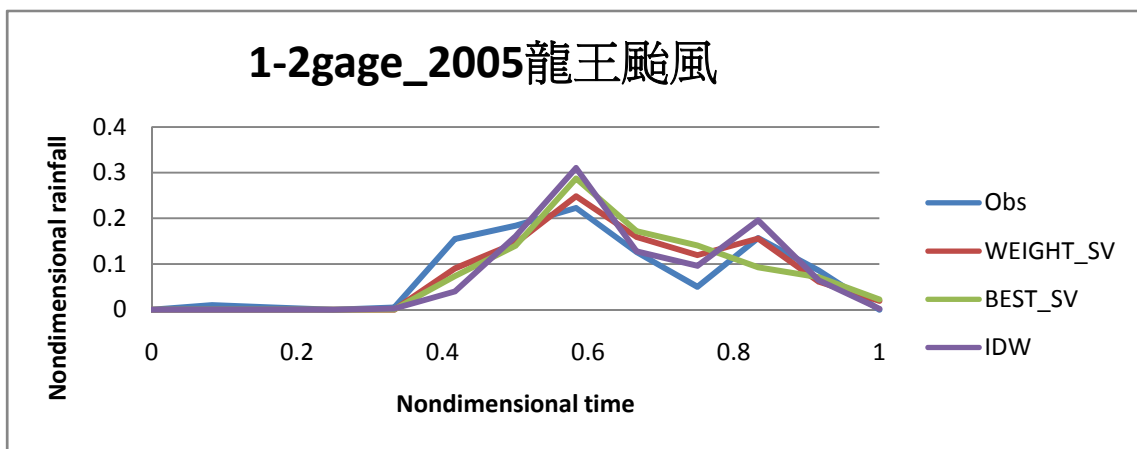


圖 4.120 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估 值比較圖(4 個驗證點)

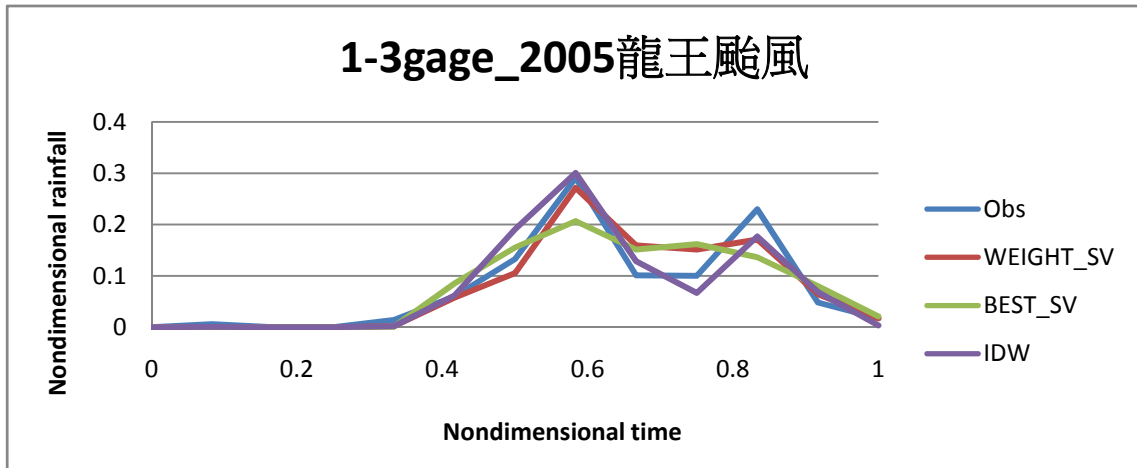


圖 4.121 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估  
值比較圖(4 個驗證點)

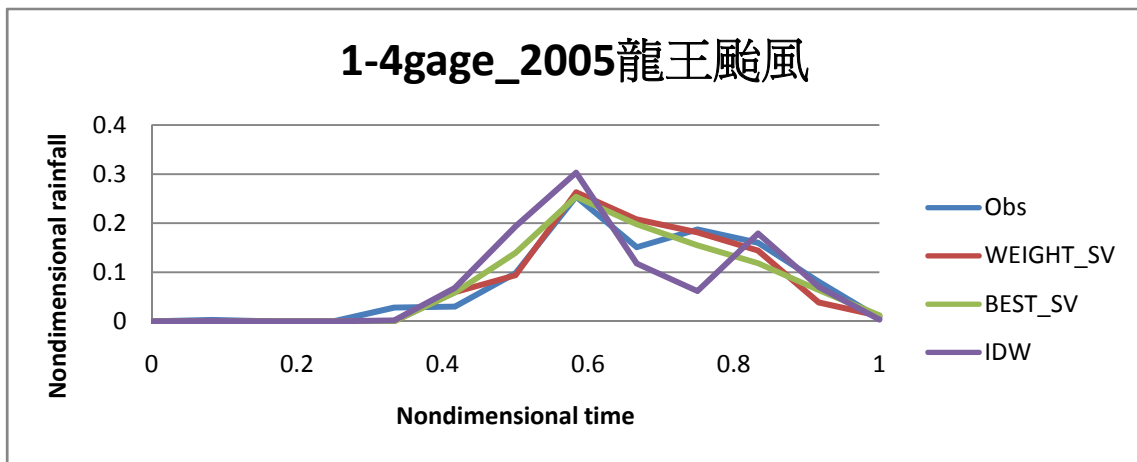


圖 4.122 2005 年龍王颱風各半變異數模式雨型無因次降雨比率推估  
值比較圖(4 個驗證點)

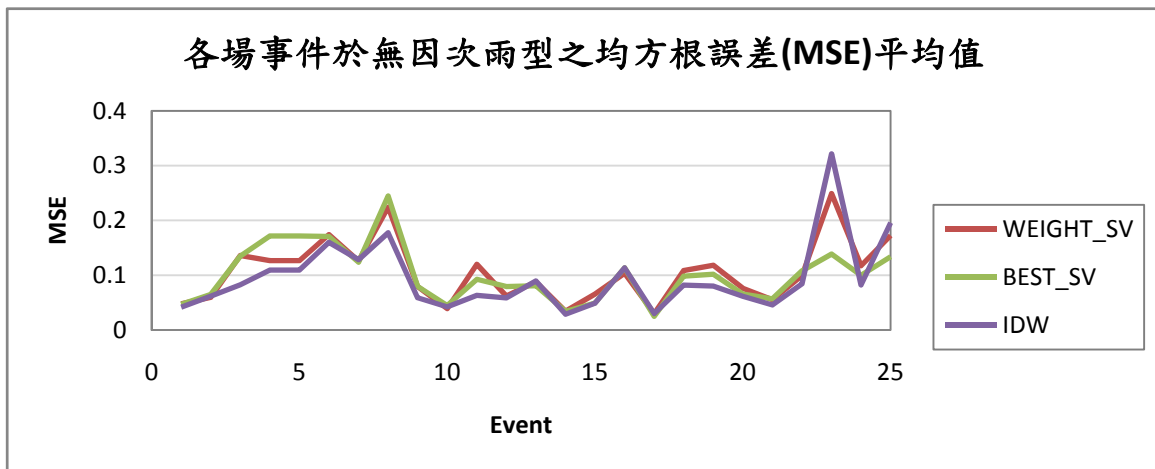


圖 4.123 各場事件於推估雨型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖  
(4 個驗證點)



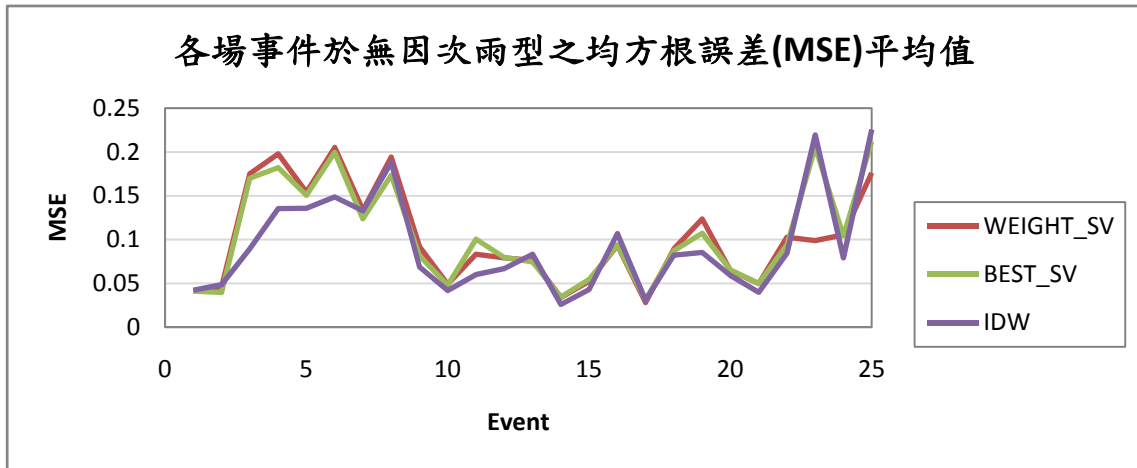


圖 4.124 各場事件於推估兩型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖  
(7 個驗證點)

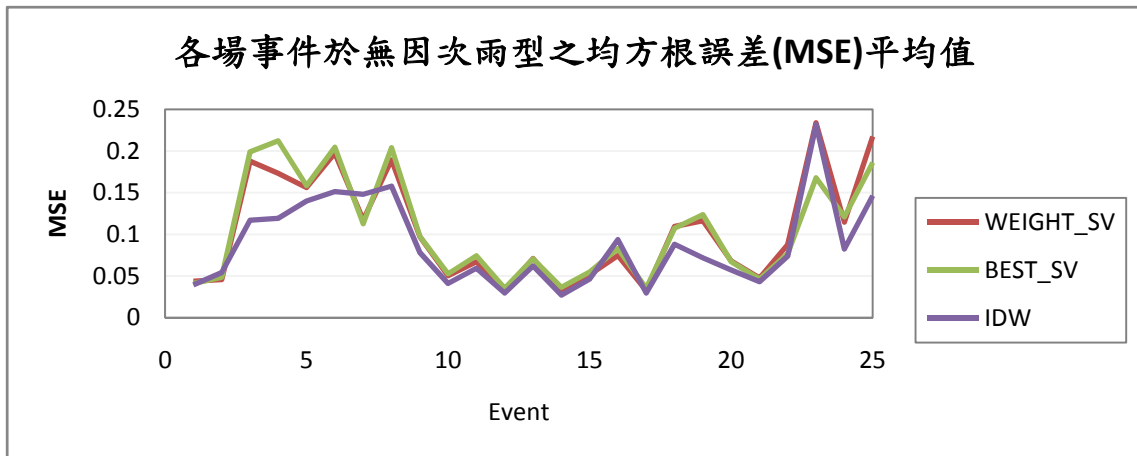


圖 4.125 各場事件於推估兩型無因次降雨比率之均方根誤差(MSE)圖  
(10 個驗證點)

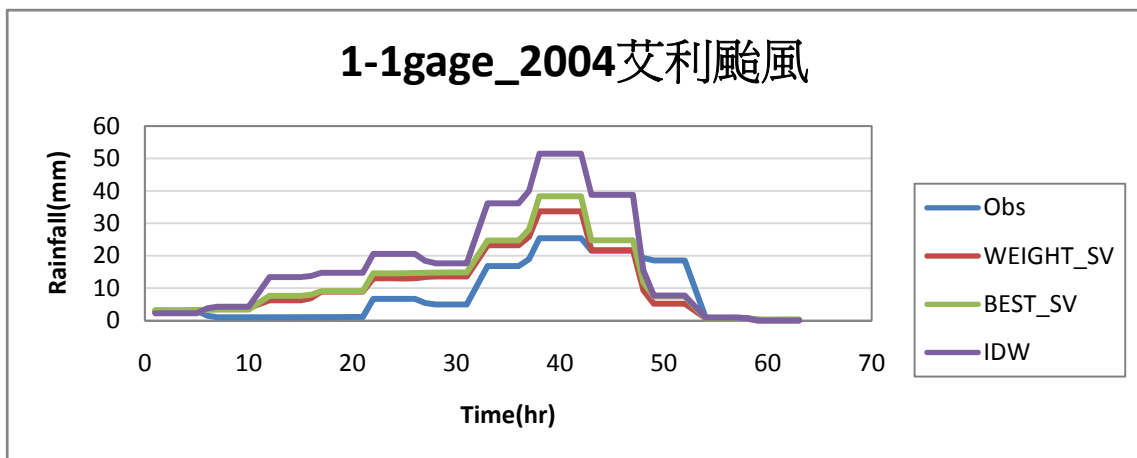


圖 4.126 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4  
個驗證點)

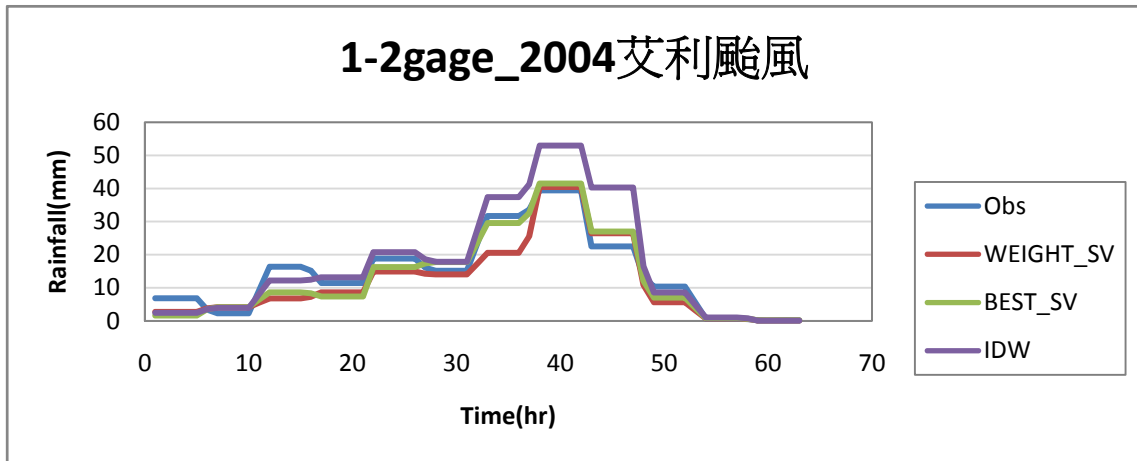


圖 4.127 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點)

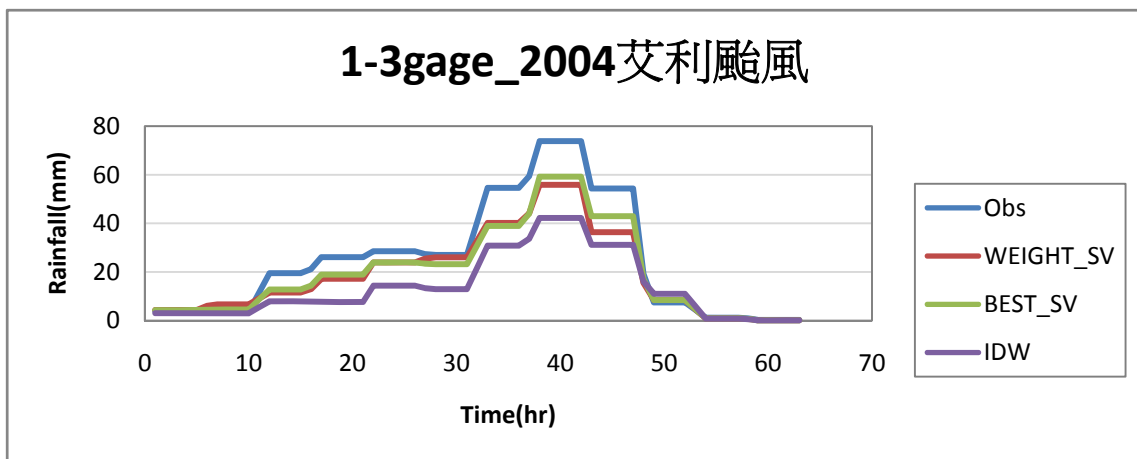


圖 4.128 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點)

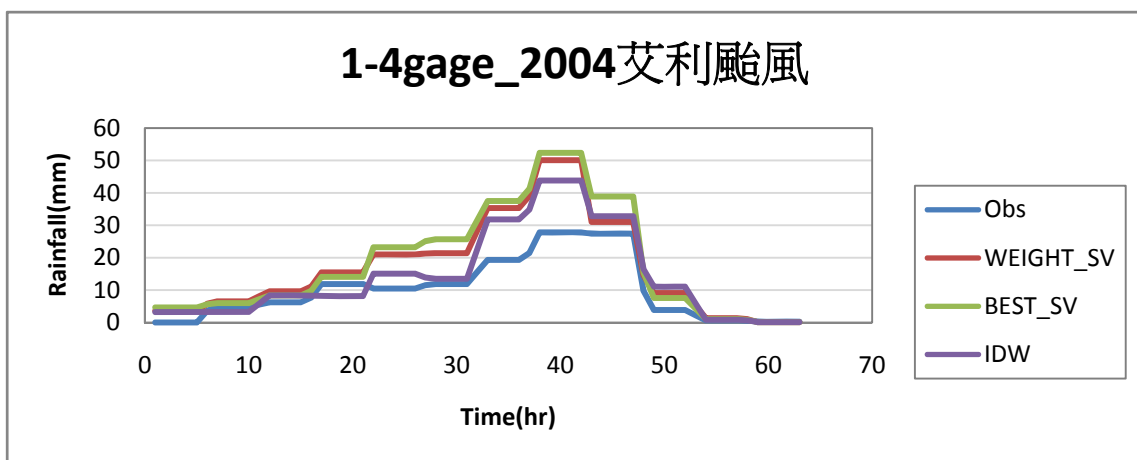


圖 4.129 2004 年艾利颱風各半變異數模式降雨組體圖推估值比較圖(4 個驗證點)

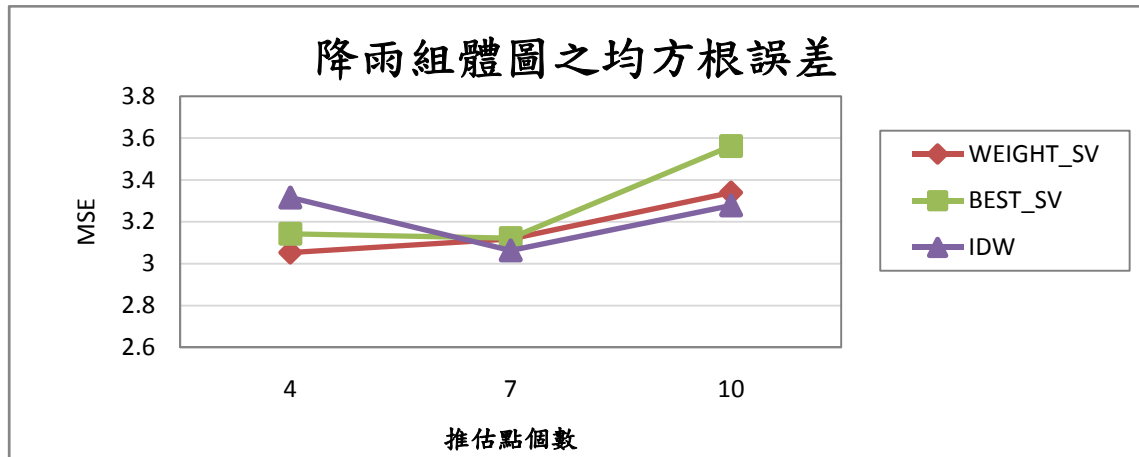


圖 4.130 三種驗證點數於 25 場颱風事件降雨組體圖之均方根誤差 (MSE) 平均值圖

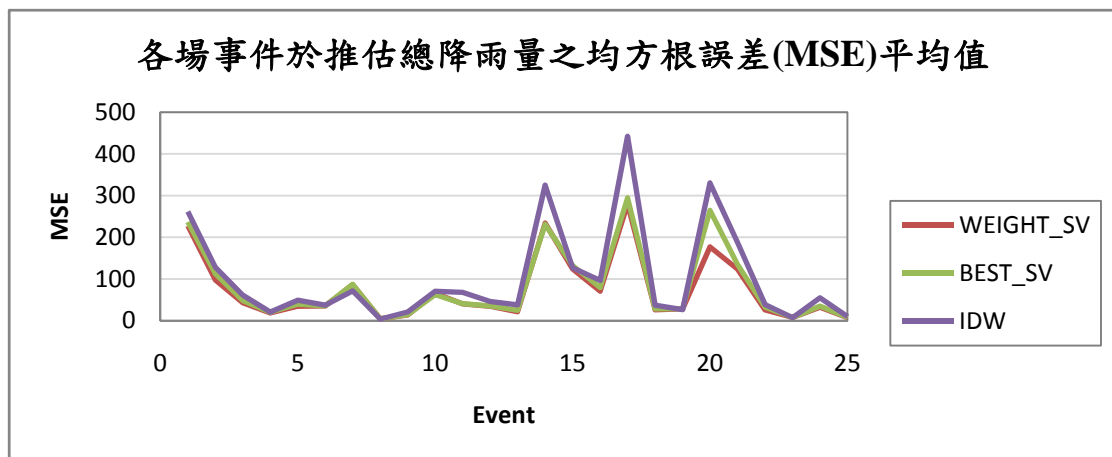


圖 4.131 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)圖(不固定測站)

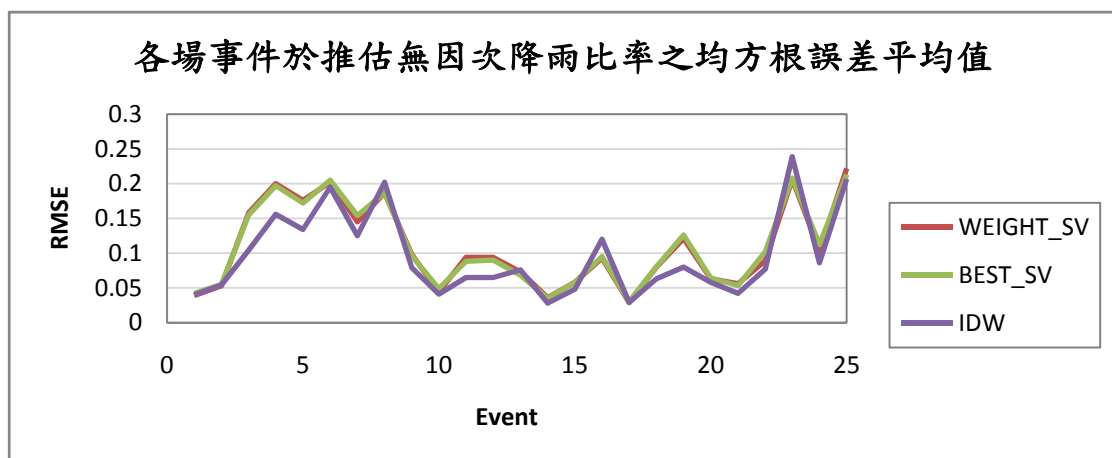


圖 4.132 各場事件於推估無因次雨型之均方根誤差(MSE)平均值平均值圖(不固定測站)

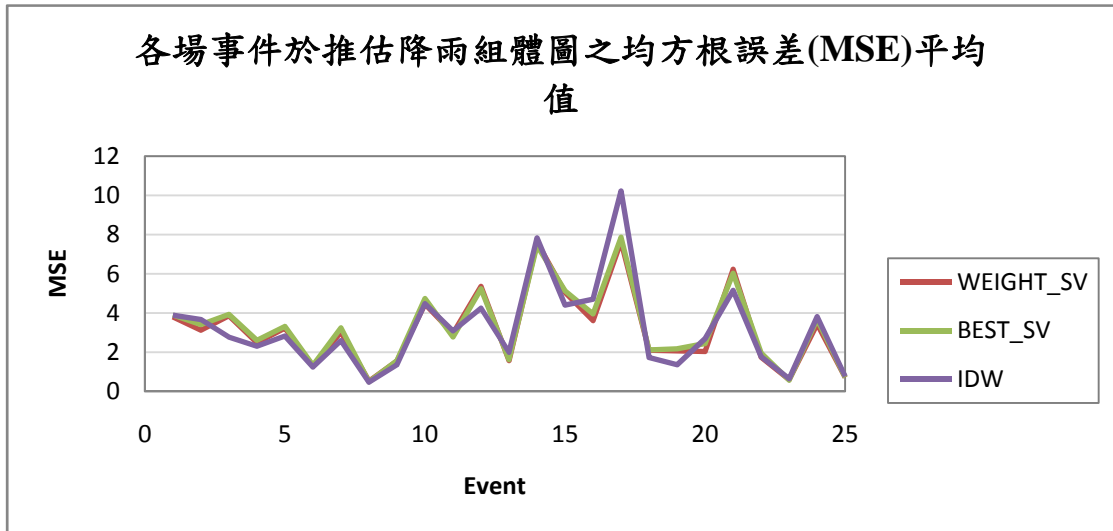
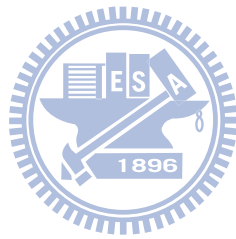


圖 4.133 各場事件於推估總降雨量之均方根誤差(MSE)平均值平均值  
圖(不固定測站)



## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

本研究主要發展以一套空間-時間半變異數模式 (包括權重及最佳半變異數模式) 為基礎之區域降雨序列推估模式，以用於推估未設站地區之總降雨量、雨型及降雨組體圖，並以石門水庫為應用案例，進行模式建立及驗證。本章將針對模式建立及驗證之相關成果作一總結說明，並提出建議以做為後續研究之參考。

1. 在空間上，試驗半變異數模式與 11 個理論半變異數模式比較圖，在方向數目為 1 時差異性最大，取兩個方向時，試驗半變異數模式與 11 個理論半變異數模式趨勢變化較明顯，表示空間方向性越明確，模式計算結果越準確，故本研究針對兩個方向用於空間-時間權重半變異數模式之模擬。

2. 由權重半變異數模式所推得總降雨量，在不同驗證點數目均方誤差平均值與最佳模式及距離倒數法比較之，其結果為最小。且當未知測站點(即驗證點)越多，權重半變異數模式所推得總降雨量與實際觀測值相對誤差愈小，顯示權重半變異數模式可適用於雨量測站資料缺少地區。

3. 由距離倒數法所推得雨型無因次降雨比率均方誤差平均值雖比權重半變異數模式之結果為小，但均方誤差之標準偏差及其 95%信賴區間而言，卻以權重半變異數模式所得之結果為最小，顯示權重半變異數模式較不受資料多寡之影響，較可推得較可靠之無因次降雨比率。

4. 採用權重半變異數模式所推之降雨組體圖其均方誤差平均值，小於最佳模式及距離倒數法之所得結果，且 95%信賴區間亦比上述之模式為窄，顯示由權重半變異數模式所推得之降雨組體圖具有較小之不確定性，也就是權重半變異數模式可推得可靠度較高之降雨組體圖。

5. 綜合案例結果可知，權重半變異數模式在總降雨量推估優於最佳半變異數模式及距離倒數法，且雨型無因次降雨比率之推估也比距離倒數法之推估結果來穩定性及可靠度較好。此外，由權重半變異數模式所得之總降雨量與雨型無因次降雨比率所合成之降雨組體圖之可靠度及準確性，亦比最佳半變異數模式及距離倒數法高。因此，本研究所發展以空間-時間權重半變異數模式為基礎之區域降雨序列推估模式，應可適用於未設測站降雨序列之推估。

## 5.2 建議

1. 本研究目前在考量測站空間分布不確定性之模式驗證方法（即文中“不固定測站驗證法”）中，並未考慮不同驗證點數目之對於模式驗證結果之影響，建議未來可將針對此部分進行相關分析及探討。
2. 本研究係以石門水庫集水區為應用案例，未來可應用於台灣其他區域進行降雨資料之推估，以評估本研究所發展之模式對於具有不同水文氣象條件流域之適用性。
3. 所發展區域降雨序列推估模式未來可與降雨-逕流模式，作一整合，以用於未設流量站區域之逕流量推估，作為水理演算或水資源相關之參考。

## 參考文獻

- 1.王如意、易任:應用水文學，上、下冊，國立編譯館出版、茂昌圖書有限公司發行，1979。
- 2.曾鴻陽、曲克恭，(1989)，「台灣北區豪雨時空分佈特性」，大氣科學，第17期，第3號，9月，PP.237-254。
- 3.孫志鴻、張智昌，(2006)，「整合氣象雷達與即時降雨資料於颱風降雨推估之研究」，國立台灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
- 4.陳文福、王仲豪、曹舜評、梁隆鑫，(2006)，「集水區降雨量空間變異性探討-以南勢溪為例」，水土保持學報，第38卷，第1期，pp.67-80。
- 5.易任、葉惠中，(1991)，「台灣中部地區降雨空間分佈之研究」，台灣水利，第三十九卷，第三期，p.1-15。
- 6.朱會義，賈紹鳳，(2004)，「降雨信息空間差值的不確定性分析」，地理科學進展，第23卷，第2期，PP34-42。
- 7.鄭士仁、洪君伯、謝惠紅、王育民，(2005)，「區域化變數理論應用於降雨之時間與空間特性之研究」，農工學報，第51卷，第4期，p.69-83。
- 8.吳祥禎，(2006)，「整合時間尺度之隨機降雨序列模擬機制之發展與應用」，國立交通大學土木工程研究所博士論文，
- 9.陳柏宏、吳祥禎、楊錦釗，(2007)，「權重克利金模式之發展與應用」，國立交通大學土木工程學系研究所碩士論文。
- 10.Rodriguez-Iturbe, I., and Mejia, J. M., 1974, The design of rainfall networks in time and space: Water Resour. Res., v. 10, p. 713-728.
- 11.De Cesare L.,Myers,D.,Posa,D.,1996. Spatial-temporal modeling of SO2 in Milan district. In: Baafi, E.Y., Schofield, N.A.(Eds.),

- Geostatistics Wollongong'96 Vol. 2. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, p.1031-1042.
- 12.Posa, D., 1993. A simple description of spatial-temporal processes. *Comput. Statistic. Data Anal.*15,p. 425-437.
- 13.Rouhani, S., Hall, T.J.,1989. Space-Time Kriging of Groundwater Data. In: Armstrong, M. (Ed.), *Geostatistics*. Klumer Academic Publishers, Dordrecht, Vol.2, p.639-651.
- 14.Myers, D.E., Journel, A.G., 1990. Variograms with Zonal Anisotropies and Non-Invertible Kriging Systems. *Math. Geology* 22, p.779-785.
- 15.Rouhani, S., Hall, T.J., 1990. Problem in space-time kriging of hydrogeological data. *Math. Geology* 22, p.661-623.
- 16.Dimitrakopoulos, R., Luo, X., 1994. Spatiotemporal Modeling: Covariance and Ordinary Kriging Systems. *Geostatistics for the Next Century*. Klumer Academic Publishers, Dordrecht, p.88-93.
- 17.Cressie, N., Huang, H.,1999.Classes of nonseparable, spatio-temporal stationary covariance functions. *JASA* 94, p.1330–1340.
- 18.De Cesare, L., Myers, D.E., Posa, D., 2001a. Product–sum covariance for space–time modeling: an environmental application. *Environmetrics* 12, p.11–23.
- 19.De Cesare, L., Myers, D.E., Posa, D., 2001b. Estimating and modelling space–time correlation structures.*Statist. Probab. Lett.* 51 (1), p.9–14.
- 20.Bastin, G., B. Lorent, C. Duque and M. Gevers, ,1984. “Optimal Estimation of the Average Areal Rainfall and Optimal Selection of Rain Gauge Locations.” *Water Resources Research*,20(4),p436-470.
- 21.Deutsch, C. V., and A. G. Journel,1992 *Geostatistics Software Library and User’s Guide(GSLIB)*, Oxford, New York.