

國立交通大學土木工程研究所

碩士論文

颱風期間花蓮港船隻動態的 ANN 預警模式之建立

ANN alert model for ship escape from Hualien harbor
during typhoon period



指導教授：張憲國 博士

研究生：黃臻瑜

中華民國九十三年七月

颱風期間花蓮港船隻動態的 ANN 預警模式之建立

研究生：黃臻瑜 指導教授：張憲國 博士

國立交通大學土木工程研究所

摘要

本文利用花蓮港港務局所提供 85 年~92 年之船隻動態記錄，分析其船隻動態之時間與颱風規模及位置之關係。經由往昔之文獻選取影響波高之可能影響因子，並將其分類，進而利用類神經網路建立花蓮港船隻異動指數的預警模式。為得到最佳之預警模式，類神經網路測試的參數，包含隱藏層神經元數、隱藏層轉換函數及隱藏層層數，輸入之影響因子為颱風路徑、颱風規模、颱風經緯度、颱風風速以及颱風中心與花蓮港之方位角。經由模式測試結果可知，最佳花蓮港船隻預警模式為單層隱藏層其神經元數為 27，且轉換函數為正切轉換函數，此模式可精準地預測出颱風來臨時之船隻異動指數，使未來花蓮港船隻在颱風來襲之時，能經由此模式模擬出之船隻異動指數，以判定船隻是否有出港避湧之需要。

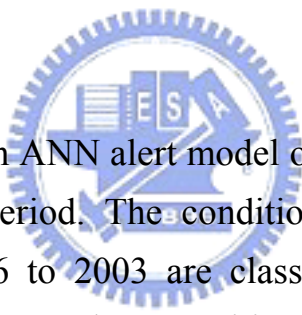
ANN alert model for ship escape from Hualien harbor during typhoon period

Author : Chen-Yu Huang

Advisor : Dr. Hsien-Kuo Chang

Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

ABSTRACT



The paper develops an ANN alert model of ship escape from Hualien harbor during typhoon period. The conditions of official annual ship escape reports from 1996 to 2003 are classified into four grades and related to the corresponding typhoon position and scale. Typhoon's path, scale, maximum wind speed and position are the dominant affecting factors to be the input parameters in the present ANN model. The present ANN model with 27 neurons in only one hidden layer and with hyperbolic tangent sigmoid transfer function is examined to provide the fittest and most precise alert system for ship escape from Hualien harbor during typhoon period. The construction of the present ANN model can be extended to the other harbor if the ship escape report is detailed and long enough.

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機與目的.....	1
1-2 研究方法.....	2
1-3 文獻回顧.....	3
1-4 文章結構.....	4
第二章 船隻動態之影響因子分析.....	5
2-1 影響因子的選擇.....	5
2-2 船隻異動指數.....	16
第三章 船隻動態預警模式之建構.....	18
3-1 倒傳遞神經網路簡介.....	18
3-2 影響船隻異動之颱風範圍.....	20
3-3 學習與驗證的颱風.....	25

3-4 模式之建立	28
3-4-1 輸入參數	28
3-4-2 類神經網路架構及參數之選擇	29
3-5 模式學習	32
3-6 不同個數之輸入變數比較	35
3-7 模式之驗證	36
第四章 結論與建議	41
4-1 結論	41
4-2 建議	42
參考文獻	43
附錄 1 花蓮港之船隻動態表	46
附錄 2 颱風路徑圖	58
附錄 3 倒傳遞類神經網路之簡介	67



圖目錄

圖 2-1	中央氣象局定義五種西行颱風的路徑示意圖.....	7
圖 2-2	中央氣象局定義兩種北行颱風的路徑示意圖.....	7
圖 2-3	中央氣象局定義颱風路徑 8 之示意圖.....	8
圖 2-4	中央氣象局定義颱風路徑 9 之示意圖.....	8
圖 2-5	颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖.....	14
圖 2-6	颱風距離與觀測站指示波高關係.....	15
圖 3-1	颱風規模 1 影響船隻異動的範圍.....	23
圖 3-2	颱風規模 2 影響船隻異動的範圍.....	23
圖 3-3	颱風規模 3 影響船隻異動的範圍.....	24
圖 3-4	颱風規模 4 影響船隻異動的範圍.....	24
圖 3-5	颱風規模 5 影響船隻異動的範圍.....	25
圖 3-6 (A)	學習範例颱風的路徑圖.....	26
圖 3-6 (B)	學習範例颱風的路徑圖 (續)	27
圖 3-6 (C)	學習範例颱風的路徑圖 (續)	27
圖 3-7	驗證颱風之路徑圖.....	28
圖 3-8	類神經網路模式之每次疊代之均方誤差.....	33
圖 3-9	以本類神經網路模擬楊妮 (YANNI) 颱風侵台時在花蓮港船隻 之船隻異動指數.....	37
圖 3-10	以本類神經網路模擬尤特 (UTOR) 颱風侵台時在花蓮港船隻	

之船隻異動指數.....	38
圖 3-11 以本類神經網路模擬碧利斯 (BILIS) 颱風侵台時在花蓮港船 隻之船隻異動指數.....	39
圖 3-12 模擬 7 場颱風之預測船隻異動指數與實際值之比較.....	40
圖 A-1 倒傳遞網路之基本架構.....	67



表目錄

表 2-1 研究颱風之颱風路徑歸類表	10
表 2-2 SAFFIR-SIMPSON 的颱風規模分類標準.....	11
表 2-3 研究颱風之颱風規模歸類表	12
表 2-4 風級浪高對照表.....	13
表 2-5 研究颱風之船隻異動指數歸類表.....	17
表 3-1 颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數	21
表 3-2 函數 TRAINLM 的訓練參數	30
表 3-3 單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之模式之最終誤差均 方 (6 個輸入參數)	31
表 3-4 雙層隱藏層模式的最終學習誤差均方 (6 個輸入參數)	32
表 3-5 預測學習颱風之船隻異動指數與實際值之比較	34
表 3-6 單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之模式之最終誤差均 方 (5 個輸入參數)	35
表 3-7 雙層隱藏層模式的最終學習誤差均方 (5 個輸入參數)	36

第一章 緒論

1-1 研究動機與目的

根據張（1996）分析花蓮港船隻動態與長波之關係中得知，每年颱風波浪造成船隻出港避風之次數高達 5 至 6 次之多，而除了強烈的風力對船隻停泊有影響外，長波所造成船隻的搖晃，亦是造成船隻斷纜或出港之主要因素，所以船隻動態與颱風波浪關係密切。

花蓮港為東西二防波堤圍築而成之人工港，沒有自然岬灣或灣澳的遮蔽，又因台灣東部海底地形外海具有峽谷，地形陡峭，且在夏季平均約有 3 至 4 個颱風侵襲，所以，具有特殊港形的花蓮港面臨著港池震盪的問題。往昔學者，如張和郭（1999）、蘇等人（1996）等等，研究花蓮港許多共振之機制，並企圖解決其共振問題，但其結果僅確定一些花蓮港可能產生共振之波浪週期與振幅放大率（amplification），然而，卻無法肯定此入射長週期波浪之造成原因，進而提出改善花蓮港共振之合適方案，因此花蓮港之船隻停泊在颱風侵台期間目前仍面臨出港躲避湧浪之困擾。

本研究欲從花蓮港港務局的船隻動態記錄，分析其船隻動態之時間與颱風規模及位置之關係，並利用類神經網路來建立花蓮港船隻異動指數之預警模式，期望可在颱風來襲之前，利用預警模式判斷船隻是否需要出港避風、何時該出港避風或是船隻是否會有斷纜等情形，

以減少船隻因來不及出港避風而受損的情況。

1-2 研究方法

張（1996）所述花蓮港碇泊船隻動態與長波有關，而此長波係由颱風強烈風速所造成，並由郭（2001）所述颱風波浪的大小與颱風之規模強度、颱風風速及颱風的行進方向等有很大的關係。因此花蓮港在颱風期間的船隻動態與颱風因子有相當關係。若分析二者記錄資料彼此相關性，應可得到影響花蓮港船隻停泊安全的颱風規模及位置。

因為颱風有不同的規模強度、行進路徑與前進速度，即使在同一場颱風，不同時間其風速、前進速度均會不同，所以颱風的風場結構相當複雜，難以用精準的數學模式來描述。況且由颱風風場所產生之波浪，在傳遞至花蓮港造成港池共振之力學機制相當複雜，難以用函數來描述颱風特性所造成花蓮港颱風波浪之大小及到達時間。因此本文選擇以統計迴歸方法來處理颱風影響花蓮港船隻動態之時間及程度。

由上述可知本文之影響因子間有著非線性之複雜關係，並且交互影響著，是一般之統計迴歸所難以計算的。因此，本文選擇能建構非線性模式且模擬準確度高的類神經網路，其能表達變數間之交互作用及接受邏輯、數值、有序分類、無序分類等變數作輸入，適應力極強。

1-3 文獻回顧

在花蓮港共振機制上，往昔學者做了許多的研究與探討，蘇(1996)在實際花蓮港港池之解析計算上，以有限元素法解析其港池共振問題，並提出改善方案。簡和曾(1999)分析颱風資料得到颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關。張和郭(1999)提出花蓮港在波浪週期 $T = 96 \text{ sec}$ 時會有明顯港池共振現象，若岸壁反射率小於 0.9 時則共振情況會緩和且當外海入射波向為 SE 之波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大，因此花蓮港容易受到夏季太平洋之颱風波浪或東南方向遠洋傳來之湧浪影響，造成港池不靜穩。張和簡(2002)探討颱風期間實測波浪延時變化，其結果顯示波浪成長與颱風路徑、最大風速、中心移動度等有密切關係。

類神經網路已應用於許多方面，如在醫學方面，林(1994)利用自組織映射圖類神經網路作病症辨識。楊(1997)利用小波轉換結合類神經網路進行心電圖病症分類辨識等。在金融投資方面，楊(2000)利用類神經網路預測個股未來一週內，股價的波段最高、最低點何者先發生。張(2001)經由類神經網路進行股價漲跌預測等。在土木工程的應用上，駱(1994)以類神經網路應用在結構系統的辨識上，以評估結構物之安全性。劉(1995)以過去石門水庫歷年操作紀錄為訓練資料，建立類神經網路水庫操作模式。

在海岸工程的應用上，過去有許多學者利用類神經網路於預測潮汐及波浪等方面，朱(1997)應用倒傳遞類神經網路建立波浪預報模式，預測單一測站波浪時序列變化特性。沉(1998)利用類神經網路進行波浪資料補遺及預報。謝(2000)藉由倒傳遞類神經網路結合調和方程式，建立可以預報長時期潮汐變化的模式。李等(2002)以倒傳遞類神經網路，結合調和方程式，建立一套簡便可行的潮汐補遺推算模式。錢等人(2002)利用神經-模糊網路推算颱風波浪並建立颱風行為及氣象與颱風波浪間的關係。張和錢(2003)利用類神經網路建立三種不同影響參數之模式以模擬颱風波浪。



1-4 文章結構

本文第一章為緒論，主要說明研究動機、目的與研究之方法及文獻回顧。第二章是說明選取了哪些影響船隻動態之影響因子與選取之原因，並加以分析分類。第三章為利用花蓮港船隻動態表，訂定出颱風影響船隻動態之範圍，並選取本研究模式所需之參數(神經元、轉換函數等)，利用選取出來之參數建立本研究之預警系統模式，並加以學習與驗證。第四章則是結論，針對本研究之模式結果定下結論。

第二章 船隻動態之影響因子分析

2-1 影響因子的選擇

愈接近颱風中心的風力愈大，波浪亦大，造成港池振盪愈劇烈，且愈影響船隻停泊的安全。因此，颱風強弱影響波浪大小，波浪大小影響港池之靜穩度，而港池靜穩度則關係船隻停泊或者出港避浪等不同的動態，故本節將分析足以影響船隻動態的颱風因子。

依據花蓮港務局提供民國 85 至民國 92 年的船隻動態表(見附錄 1)其所記錄之颱風或低氣壓，共有 65 個，若依 Saffir-Simpson 之五級颱風標準，則共有颱風 46 個。此 46 個颱風路徑由 <http://www.weather.unisys.com> 網路資料整理繪製，示如附錄 2。

簡和曾(1999)所述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關；而波浪是由風吹送而造成的，風愈大波浪亦愈高；颱風中心與花蓮港之角度影響颱風波浪是否直接侵襲花蓮港而造成花蓮港之共振，張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向(SE)波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大。張和錢(2003)發現當颱風距離推算點在 1500 公里以內時，波高隨著颱風的接近明顯升高，由此可知，波高與距離有著明顯的關係。可利用颱風中心之經緯度代表颱風距離，而當做影響船隻動態之影響因子。

由以上整理颱風與花蓮港波浪結果可知影響船隻動態的因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等五個。本文逐項詳述此五種影響船隻動態之影響因子如下：

1. 颱風路徑

依中央氣象局（ <http://www.cwb.gov.tw> ）之颱風路徑分類法，將侵台的颱風路徑分為九種：其中包括西行颱風部份，當颱風中心位置在東經 122°時，依不同的緯度區分為 5 種路徑，示如圖 2-1：

颱風路徑 1：颱風在 25°N 緯度以上之西行者；

颱風路徑 2：颱風在 24°-25°N 緯度間上西行者；

颱風路徑 3：颱風在 23°-24°N 緯度間西行者；

颱風路徑 4：颱風在 22°-23°N 緯度間西行者；

颱風路徑 5：颱風低於 22°N 以下西行者。

另外，以中央山脈軸線為界將北行颱風分為兩種，在東者為颱風路徑 6，在西者為颱風路徑 7，示如圖 2-2。

颱風路徑 8 則為自太平洋西行而後「東北」轉向，示如圖 2-3。

颱風路徑 9 為南海生成之颱風，示如圖 2-4。

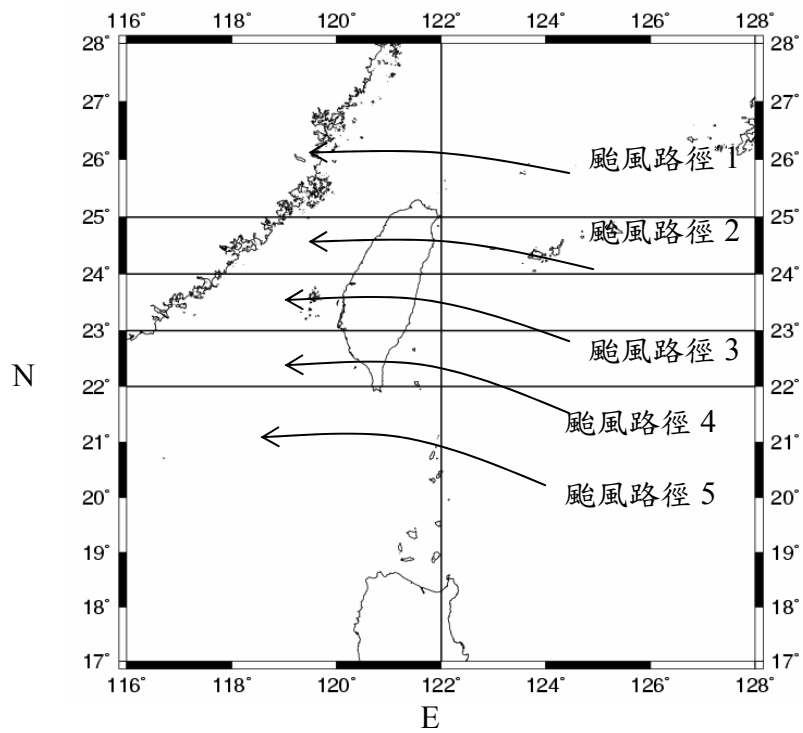


圖 2-1 中央氣象局定義五種西行颱風的路徑示意圖

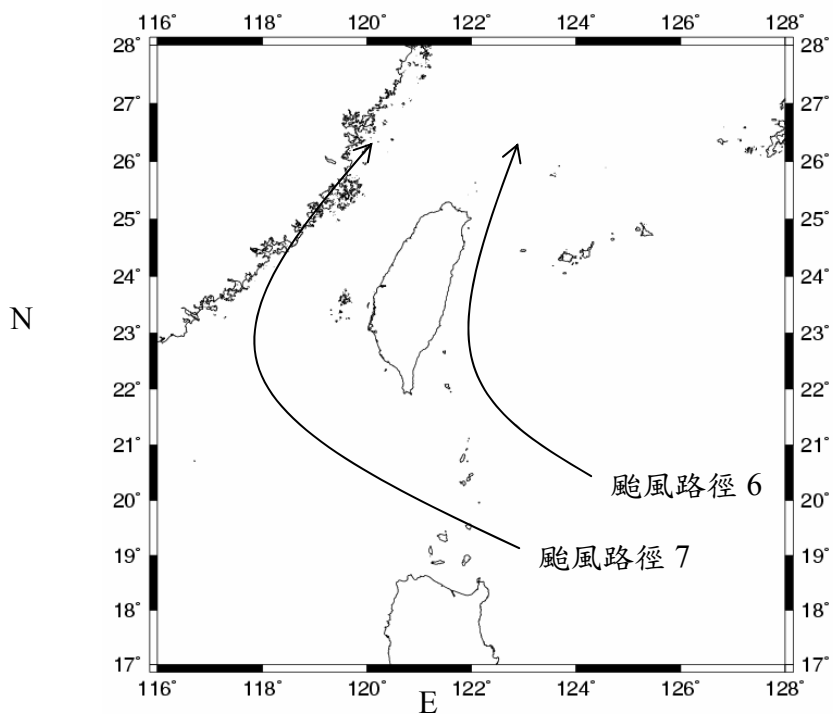


圖 2-2 中央氣象局定義兩種北行颱風的路徑示意圖

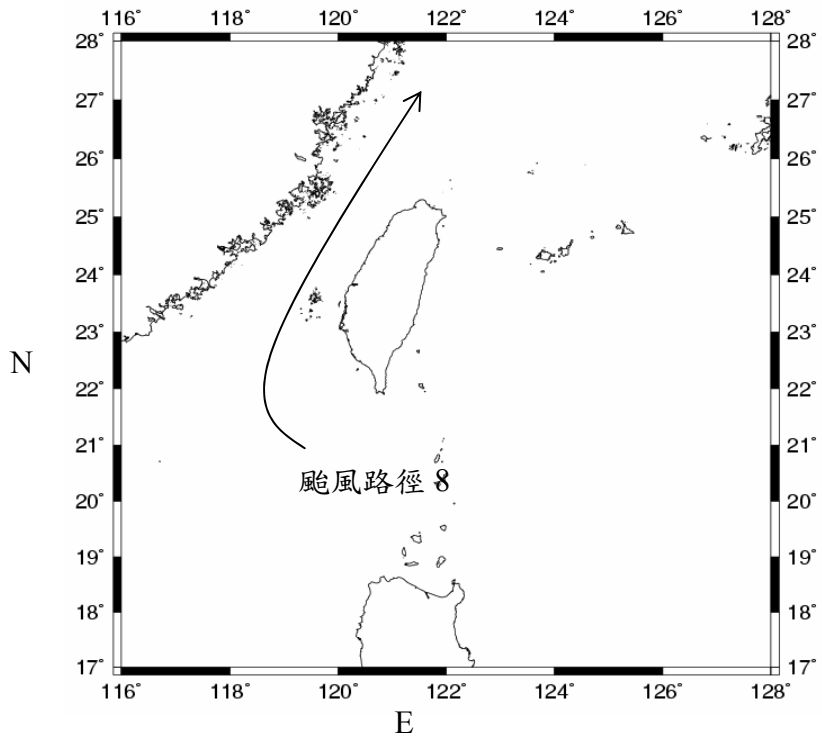


圖 2-3 中央氣象局定義颱風路徑 8 之示意圖

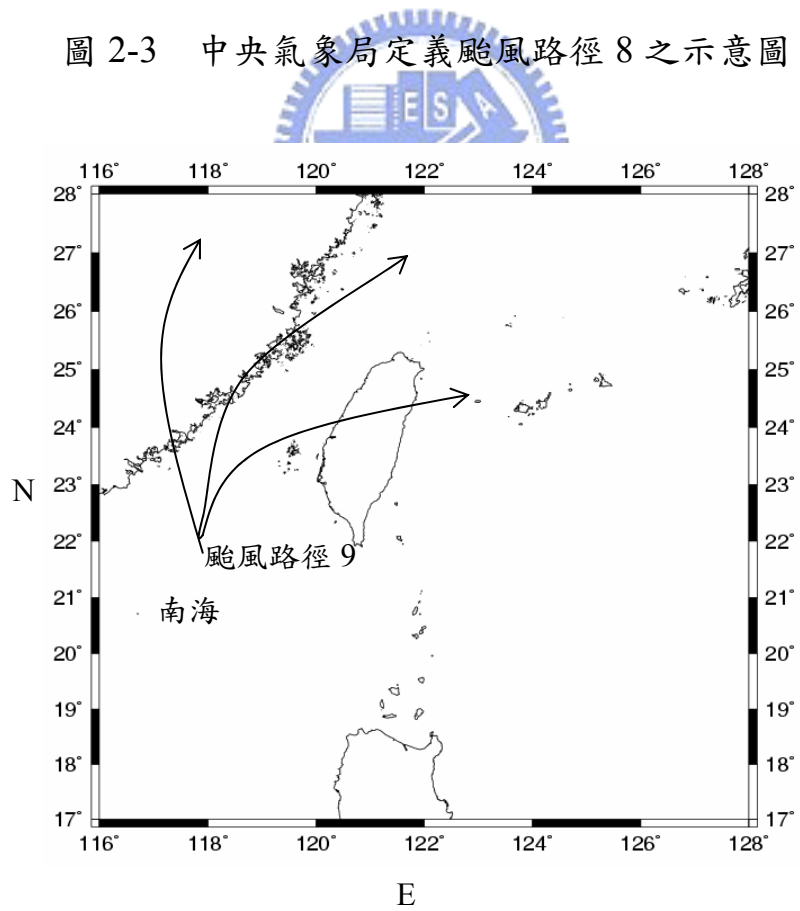


圖 2-4 中央氣象局定義颱風路徑 9 之示意圖

本文根據此九種颱風路徑分類法，將 46 場颱風整理其路徑分類，如表 2-1 所示。由表 2-1 發現第 6 種路徑最多，共有 22 個；其次為第 5 種路徑有 9 個，而第 2、4、9 種路徑最少，僅各有一個。

2. 颱風規模

颱風規模乃根據 <http://www.weather.unisys.com> 中 Saffir-Simpson 之分類標準，將颱風規模依據颱風中心氣壓及最大風速分為五級，其標準示如表 2-2，本文中依此標準將選擇的 46 場颱風分類出其颱風規模，詳見如表 2-3。由表 2-3 可知 46 場颱風在五種颱風規模的個數相當平均，分別各有 7 至 12 個。



3. 風速

英國海軍上將蒲福(Admiral Sir Francis Beaufort)於 1806 年所訂定的蒲福風級(Beaufort Scale)，在 1838 年採用時蒲福風級僅有十三級，目前已延伸至十八級。表 2-4 即為此十八級風所對應之風速與可能的波高範圍。由表 2-4 中可知，每級蒲福風級之對應的風浪之名稱及風速跟可能波高跟最大波高的值。觀察此表可得知，當風速越大，波高則越大，風速與波高有著明顯的關係，因此，本文將風速亦納入影響因子中。

表 2-1 研究颱風之颱風路徑歸類表

颱風路徑	颱風名稱
1	溫妮(Winnie, 86)、辛樂克 (Sinlake,91)
2	賀伯 (Herb, 85)
3	安珀 (Amber, 86)、奧托 (Otto, 87)、碧利斯 (Bilis, 89)、桃芝 (Toraji, 90)
4	莫拉克 (Morakot, 92)
5	莎莉 (Sally, 85)、貝絲 (Beth, 85)、瑪姬 (Maggie, 88)、山姆 (Sam, 88)、貝碧佳 (Bebinca, 89) 尤特 (Utor, 90)、尹布都 (Imbudo, 92)、科羅旺 (Krovanh, 92)、杜鵑 (Dujan, 92)
6	魏萊特 (Violet, 85)、薩恩 (Zane, 85)、戴兒 (Dale, 85)、伊莎 (Isa, 86)、歐珀 (Opal, 86)、彼得 (Peter, 86)、羅西 (Rosie, 86)、蒂娜 (Tina, 86)、楊妮 (Yanni, 87)、瑞伯 (Zeb, 87) 凱特 (Kate, 88)、歐佳 (Olga, 88)、奇洛基 (Kirogi, 89)、雷馬遜 (Rammasun, 91)、科吉拉 (Kujira, 92)、艾陶 (Etau, 92)、米勒 (Melor, 92)、蘇迪勒 (Soudrlor, 92)、梅米 (Maemi, 92)、海燕 (Haiyan,90)、盧碧 (Lupit, 92)、巴比崙 (Prapiroon,89)
7	葛樂禮 (Gloria, 85)、奇比 (Chebi, 90)、丹恩 (Dan, 88)、
8	艾文 (Ivan, 86)、維琪 (Vicki, 87)、象神 (Xangsane, 89)
9	芭比絲 (Babs, 87)

表 2-2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準

颱風規模	壓力 (mb)	風速 (knts)
1 級颱風	>980	64~82
2 級颱風	965~980	83~95
3 級颱風	945~965	96~112
4 級颱風	920~945	113~134
5 級颱風	<920	>134



表 2-3 研究颱風之颱風規模歸類表

颱風規模	颱風名稱
1 級颱風	彼得 (Peter, 86)、楊妮 (Yanni, 87)、奧托 (Otto, 87)、凱特 (Kate, 88)、歐佳 (Olga, 88)、山姆 (Sam, 88)、尤特 (Utor, 90)、莫拉克 (Morakot, 92)、米勒 (Melor, 92)
2 級颱風	貝絲 (Beth, 85)、葛樂禮 (Gloria, 85)、蒂娜 (Tina, 86)、歐珀 (Opal, 86)、維琪 (Vicki, 87)、象神 (Xangsane, 89)、貝碧佳 (Bebinca, 89)、科羅旺 (Krovanh, 92)、巴比崙 (Prapiroon, 89)、海燕 (Haiyan, 90)
3 級颱風	薩恩 (Zane, 85)、安珀 (Amber, 86)、丹恩 (Dan, 88)、瑪姬 (Maggie, 88)、奇比 (Chebi, 90)、桃芝 (Toraji, 90)、雷馬遜 (Rammasun, 91)、艾陶 (Etau, 92)
4 級颱風	魏萊特 (Violet, 85)、奇洛基 (Kirogi, 89)、杜鵑 (Dujan, 92)、科吉拉 (Kujira, 92)、尹布都 (Imbudo, 92)、蘇迪勒 (Soudelor, 92)、辛樂克 (Sinlake, 91)
5 級颱風	戴兒 (Dale, 85)、賀伯 (Herb, 85)、莎莉 (Sally, 85)、溫妮 (Winnie, 86)、伊莎 (Isa, 86)、艾文 (Ivan, 86)、羅西 (Rosie, 86)、瑞伯 (Zeb, 87)、芭比絲 (Babs, 87)、碧利斯 (Bilis, 89)、盧碧 (Lupit, 92)、梅米 (Maemi, 92)

表 2-4 風級浪高對照表

蒲福 風級	名稱		風速		浪高 (公尺)	
	風	浪	每時海哩	每秒公尺	可能波高	最大波高
0	無風	-	1 以下	0 - 0.2	-	-
1	軟風	微波	1 - 3	0.3 - 1.5	0.1	0.1
2	輕風	微波	4 - 6	1.6 - 3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7 - 10	3.4 - 5.4	0.6	1.0
4	和風	小浪	11 - 16	5.5 - 7.9	1.0	1.5
5	清風	中浪	17 - 21	8.0 - 10.7	2.0	2.5
6	強風	大浪	22 - 27	10.8 - 13.8	3.0	4.0
7	疾風	大浪	28 - 33	13.9 - 17.1	4.0	5.5
8	大風	巨浪	34 - 40	17.2 - 20.7	6.0	7.5
9	烈風	猛浪	41 - 47	20.8 - 24.4	7.0	10.0
10	暴風	猛浪	48 - 55	24.5 - 28.4	9.0	12.5
11	狂風	狂濤	56 - 63	28.5 - 32.6	11.5	16.0
12	颶風	狂濤	64 - 71	32.7 - 36.9	14.0	16 以上
13	颶風	狂濤	72 - 80	37.0 - 41.4	14 以上	16 以上
14	颶風	狂濤	81 - 89	41.5 - 46.1	14 以上	16 以上
15	颶風	狂濤	90 - 99	46.2 - 50.9	14 以上	16 以上
16	颶風	狂濤	100 - 109	51.0 - 56.0	14 以上	16 以上
17	颶風	狂濤	109 - 118	56.1 - 61.2	14 以上	16 以上

4. 颱風中心與花蓮港之角度

颱風中心與花蓮港之角度影響颱風所引起之波浪是否直接侵襲花蓮港而造成花蓮港之共振。本文定義颱風中心及花蓮港連線與花蓮港緯度線之夾角，如圖 2-5 所示，代表颱風中心位在花蓮港的方向，並以花蓮港之緯度線為界取順時針為正。若 $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ 時，表示颱風位於花蓮港之東北方；而若 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 時，則表示颱風位於花蓮港之西南方，及 $-180^\circ < \theta < -90^\circ$ 時，表示颱風於花蓮港之西北方，在上述三種角度之颱風所產生之波浪均不易傳入花蓮港內而引起港池共振。當颱風中心與花蓮港之東南方時，影響花蓮港較大。

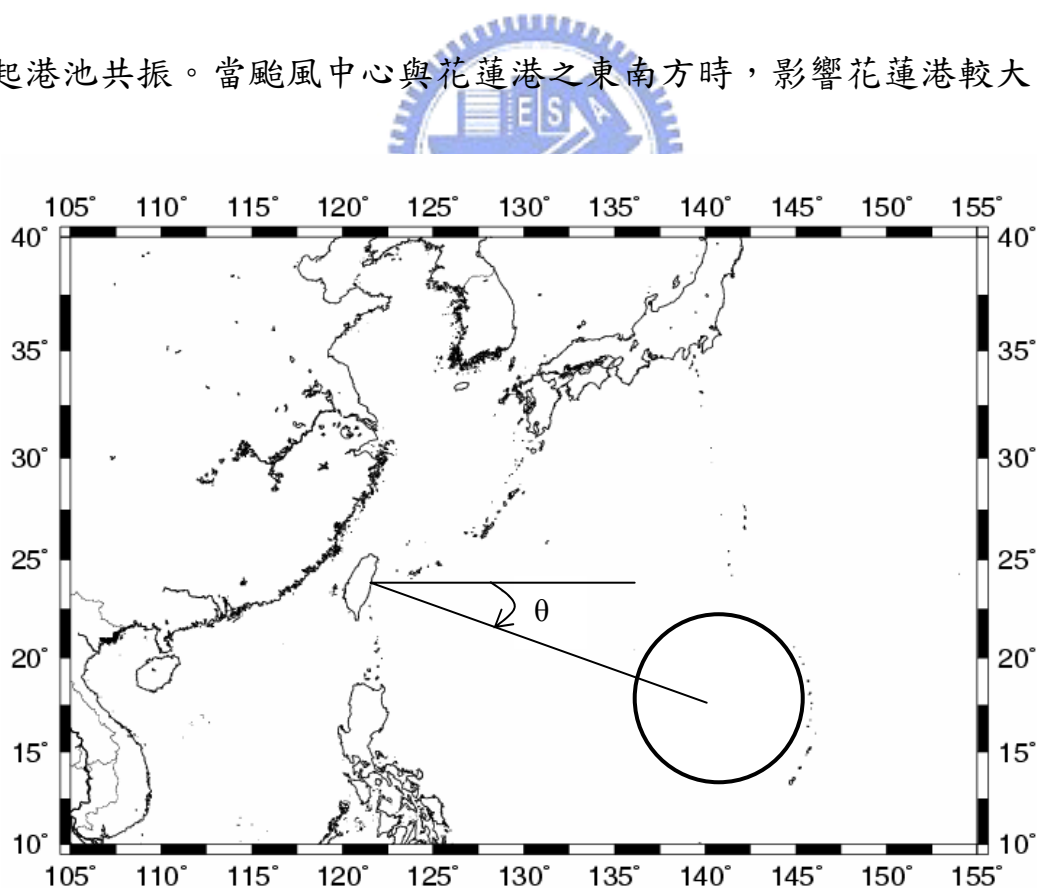


圖 2-5 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖

5. 颱風中心之經緯度

張和錢（2003）整理分析颱風中心位置距離觀測站的距離與觀測站的指示波高的關係圖，如圖 2-6 所示。圖 2-6 可以發現當颱風距離推算點在 1500 公里以上時波高與颱風無明顯關係，若在 1500 公里以內則波高與距離有著明顯的關係。

颱風中心之經緯度代表著颱風之所在位置，當颱風位於花蓮港之東南方時（即 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ），而颱風中心位置的經度越大，緯度越小時，表示颱風距離較遠；反之，當颱風位於花蓮港之東北方時（即 $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ ），颱風中心之經度越小，緯度越小時，表示颱風距離較近。在本文中，利用此規則，以颱風中心之經緯度與角度代表颱風距離，如此，可節省掉計算距離之時間。

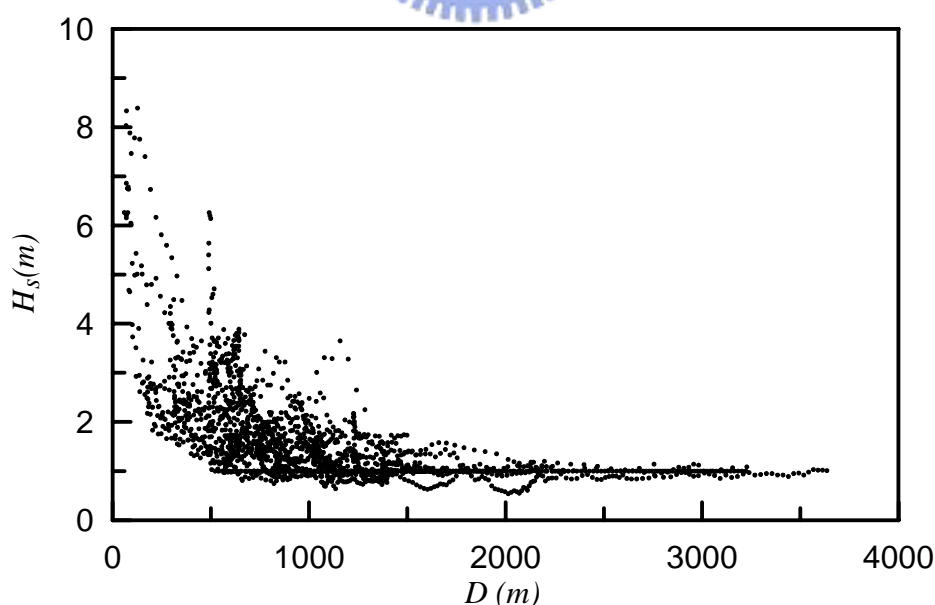


圖 2-6 颱風距離與觀測站指示波高關係

2-2 船隻異動指數

根據花蓮港港務局所公布的船隻動態表，表中記錄了由民國85~92年之船隻動態表，包括颱風來臨之時間、颱風名稱、颱風中心之經緯度、行進方向速度、七級風半徑、十級風半徑、中心最大風速、瞬間最大風速及船隻的動態等資料。本文整理此表可發現，在颱風來臨期間，共分成四種船隻動態分別為(1)對港及船隻皆未造成影響；(2)港內產生湧浪但未影響船隻裝卸作業；(3)船隻出港避風未造成斷纜及(4)船隻斷纜等情形。本文根據此四種船隻動態，依對船隻異動之嚴重性，將定義為四個等級的船隻異動指數 (Index for ship escape, ISE)。

船隻異動指數 1：花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響。

船隻異動指數 2：花蓮港內產生湧浪，但湧浪並未大到影響裝卸作業，船隻亦不需出港避風。

船隻異動指數 3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。

船隻異動指數 4：船隻產生了斷纜。船隻發生斷纜可能造成船隻在港內任意漂泊進而造成船隻更嚴重之船隻異動，如可能與港內其他之船隻產生破撞等，因此，我們將斷纜歸於最嚴重之船隻異動指數 4。

根據此 4 個船隻異動指數，將本文選擇的 46 個颱風加以分級，示如表 2-5。由表 2-5 可知 46 場颱風中有 21 場造成船隻的斷纜，有 6 場颱風對船隻沒有造成影響，8 場颱風有湧浪的產生，11 場颱風船隻需出港避風的情形。

表 2-5 研究颱風之船隻異動指數歸類表

船隻異動指數	颱風名稱
1	貝絲 (Beth)、維琪 (Vicki)、凱特 (Kate)、貝碧佳 (Bebinca)、海燕 (Haiyan)、巴比崙 (Prapiroon)
2	彼得 (Peter)、蒂娜 (Tina)、楊妮 (Yanni)、丹恩 (Dan)、辛樂克 (Sinlake)、莫拉克 (Morakot)、科羅旺 (Krovanh)、梅米 (Maemi)
3	魏萊特 (Violet)、戴兒 (Dale)、羅西 (Rosie)、瑪姬 (Maggie)、山姆 (Sam)、奇洛基 (Kiroji)、奇比 (Chebi)、尤特 (Utor)、柯吉拉 (Kujira)、米勒 (Melor)、杜鵑 (Dojuan)
4	葛樂禮 (Gloria)、賀伯 (Herb)、莎莉 (Sally)、薩恩 (Zane)、伊莎 (Isa)、歐珀 (Opal)、溫妮 (Winnie)、安珀 (Amber)、艾文 (Ivan)、奧托 (Otto)、瑞伯 (Zeb)、芭比絲 (Babs)、歐佳 (Olga)、碧利斯 (Bilis)、象神 (Xangsane)、桃芝 (Toraji)、雷馬遜 (Rammasun)、蘇迪勒 (Soudelor)、尹步都 (Imbudo)、艾陶 (Etau)、盧碧 (Lupit)

第三章 船隻動態預警模式之建構

3-1 倒傳遞神經網路簡介

倒傳遞神經網路的全名為倒傳遞法則之多層前向式全連結神經網路 (multi-layer feed-forward fully-connection neural network back-propagation rule)，此網路屬於監督式學習網路，適用於診斷、預測、分類等方面。

倒傳遞神經網路之基本原理是利用「最陡坡降法」(gradient steepest descent method) 的觀念，將表達網路實際輸出與目標輸出之差異的誤差函數最小化，並透過加權值的不斷調整，來達成網路的訓練。當輸入每一筆學習範例資料時，在輸出層會得到預測的輸出值，令目標輸出值和預測值間的差異為誤差函數。接著將誤差函數予以微分求其最小化，網路即利用微分產生的結果調整層與層之間的權值，調整的幅度和誤差函數對該權值的敏感程度成正比。網路就是藉由權值不斷的改變而達到學習的效果。

倒傳遞神經網路中有三項重要參數的設定：(1) 隱藏層處理單元數目；(2) 隱藏層層數；(3) 學習速率。但這些參數並無一明確的設定值，往往需透過試誤法找出最佳的值。一般參數擬定準則摘要如下：

1. 隱藏層處理單元數目之選定：神經元數目越多，類神經網路結果越精確，誤差值越小，缺點就是收斂速度慢，系統資源可能耗費在沒有價值的虛工上面；但若太少則不足以收斂，誤差值會較大，權衡兩者，以取適當之數目為宜。通常，隱藏層神經元數目可依下列二個原則來決定：

$$(1) \text{ 隱藏層神經元個數} = \frac{1}{2}(\text{輸入層神經元個數} + \text{輸出層神經元個數})$$

$$(2) \text{ 隱藏層神經元個數} = (\text{輸入層神經元個數} + \text{輸出層神經元個數})^{0.5}$$

2. 隱藏層層數的選定：一般問題採用一層隱藏層，較複雜的問題才採用兩層的隱藏層，因隱藏層若是太少時，無法表示變數間的交互作用，若層數太多時則可能使得誤差函數陷入極小值，導致誤差振盪發生，進而無法收斂的情況。
3. 學習速率：學習速率越高越容易快速逼近實際值，因為學習速率為網路的修正加權向量，但學習速率過高會產生修正過量的問題發生；若太小則會有時間上的考量，依照經驗約取 0.1 到 1.0 的值會有良好的收斂性（倒傳遞類神經網路之原理詳見附錄 3）。

3-2 影響船隻異動之颱風範圍

依據花蓮港務局提供民國 85 至 92 年的船隻動態表，表中記載著颱風發生之時間、颱風名稱、颱風中心之經緯度、行進方向速度、七級與十級風半徑、颱風中心與瞬間最大風速及船隻的動態等資料。經過分析此船隻動態表得知，熱帶性低氣壓均未對花蓮港船隻造成影響，因此，研究中所選擇之研究對象為颱風規模 1 至颱風規模 5 共 46 個之颱風。

經由整理分析花蓮港所提供之船隻動態表得知，凡是沿著花蓮港通過或直接穿過花蓮港之颱風，船隻若未出港避風，則必會斷纜，如安珀 (Amber, 86)、瑞伯 (Zeb, 87)、象神 (Xangsane, 89)、桃芝 (Toraji, 90)，其路徑見附錄 2。

表 3-1 為整理颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數，由表 3-1 可知，在颱風規模 4 以上之颱風其船隻異動指數除了辛樂克 (Sinlake) 及梅米 (Maemi) 為 2 以外，其餘皆為 3 以上，因此，船隻在颱風規模 4 以上之颱風來襲之時，皆需出港避風。

表 3-1 颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數

颱風規模 4		颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鵑	3	溫妮	4	賀伯	4
柯吉拉	3	伊莎	4	碧莉絲	4
奇洛基	3	戴兒	3	莎莉	4
魏萊特	3	盧碧	4	艾文	4
尹布都	4	瑞伯	4	芭比絲	4
蘇迪勒	4	羅西	3	梅米	2
辛樂克	2				

簡及曾 (1999) 定義波浪開始明顯增大之時間，當做增大起始時刻，並計算此起始時刻至波高達到最大時之時間間距為增大作用時間；同樣選取波高開始明顯消退之時間當做消退起始時刻，並計算此起始時刻至波高消退回復至平常波高值之時間當做消退作用時間，而颱風波浪之總作用時間則為兩者之總合。簡及曾 (1999) 指出花蓮港之颱風波浪的總作用時間大部份為 1 至 2 日，本文將附錄 1 之船隻動態中記錄之湧浪產生、船隻出港及船隻斷纜之時間往前推算兩日，當做颱風波浪影響花蓮港船隻停泊之起始點。本文將船隻停泊受颱風波浪影響之起始點與產生船隻異動之時間調整成格林威治時間 (GMT)

後，且對照當時颱風之經緯度，繪製出不同颱風規模所產生船隻異動點之可能區域，分別示如圖 3-1 至圖 3-5。

由圖 3-1 至圖 3-5 中可知，在颱風規模為 3 以下時，需較靠近花蓮港才會有船隻可能需出港避難或斷纜的可能，但在颱風規模 4 跟颱風規模 5 時，卻從東經 125° 開始就產生了船隻異動，比較圖 3-1 至圖 3-5 可知，颱風規模越大者，其船隻異動之區域離花蓮港越遠，即越早產生船隻異動。因圖 3-2 的颱風規模 2，由於颱風之筆數不多，因此，亦較難觀察出此規則。另外使花蓮港產生船隻異動指數為 2 以上之颱風，皆位於花蓮港之東南方。由圖 3-1 可知颱風規模 1 之船隻異動區域位於東經 120° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 22.5°；由圖 3-2 可知，颱風規模 2 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 21°；由圖 3-3 可知，颱風規模 3 之船隻異動區域位於東經 122.5° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 22.5°；由圖 3-4 可知，颱風規模 4 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 136° 及北緯 12.5° 至北緯 22°；由圖 3-5 可知，颱風規模 5 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 137° 及北緯 12° 至北緯 23°。綜合上述颱風產生船隻異動區域大約在東經 120° 至東經 138° 及北緯 10° 至北緯 23°。因此，本研究將此影響船隻異動的颱風所在範圍定於東經 120° ~ 140°、北緯 10° ~ 25° 之間，且此範圍亦為本模式模擬學習時選擇的颱風。

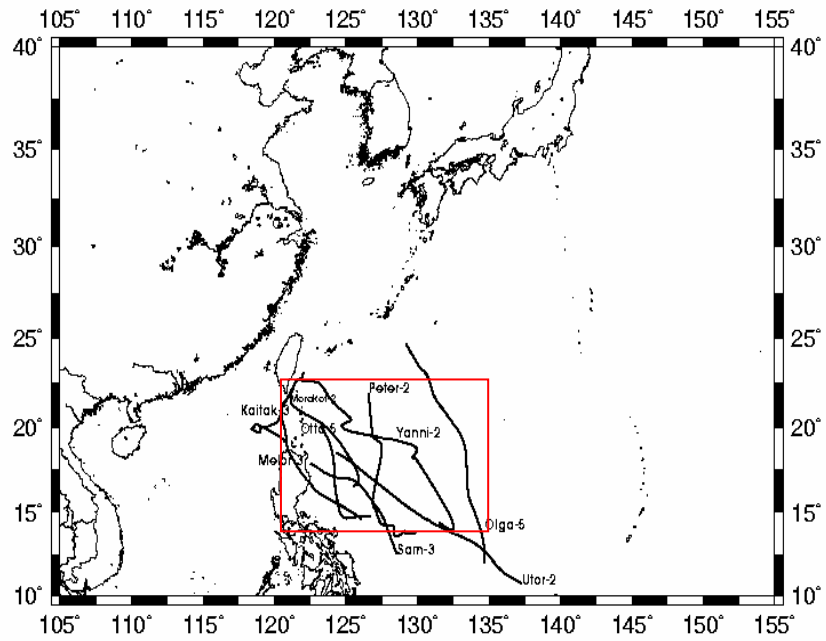


圖 3-1 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍

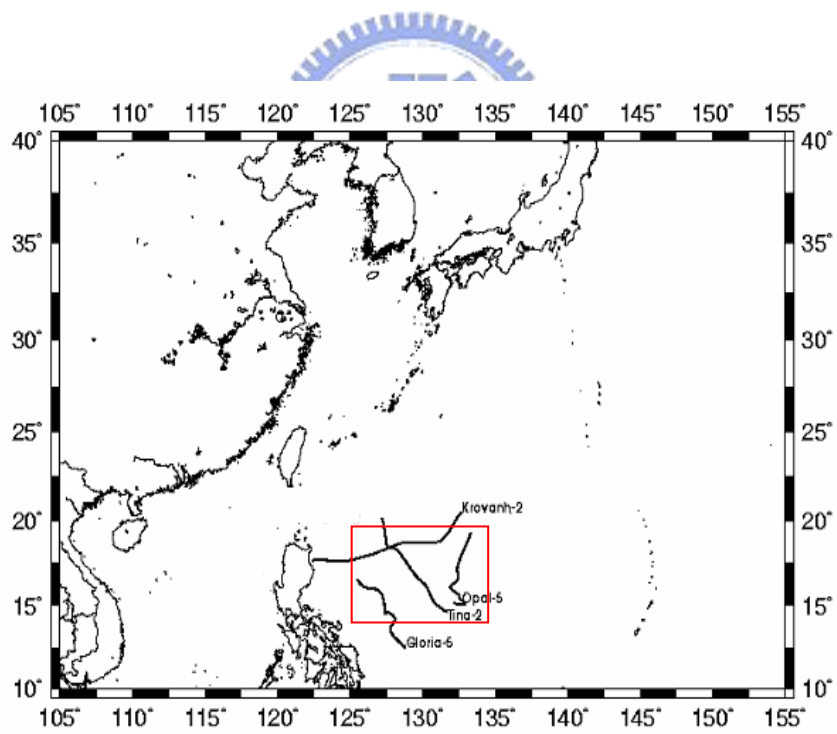


圖 3-2 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍

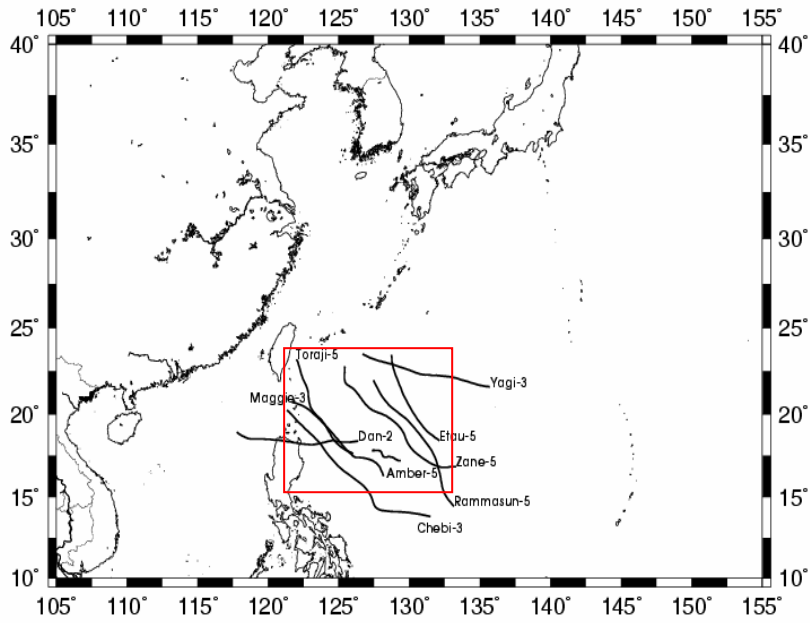


圖 3-3 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍

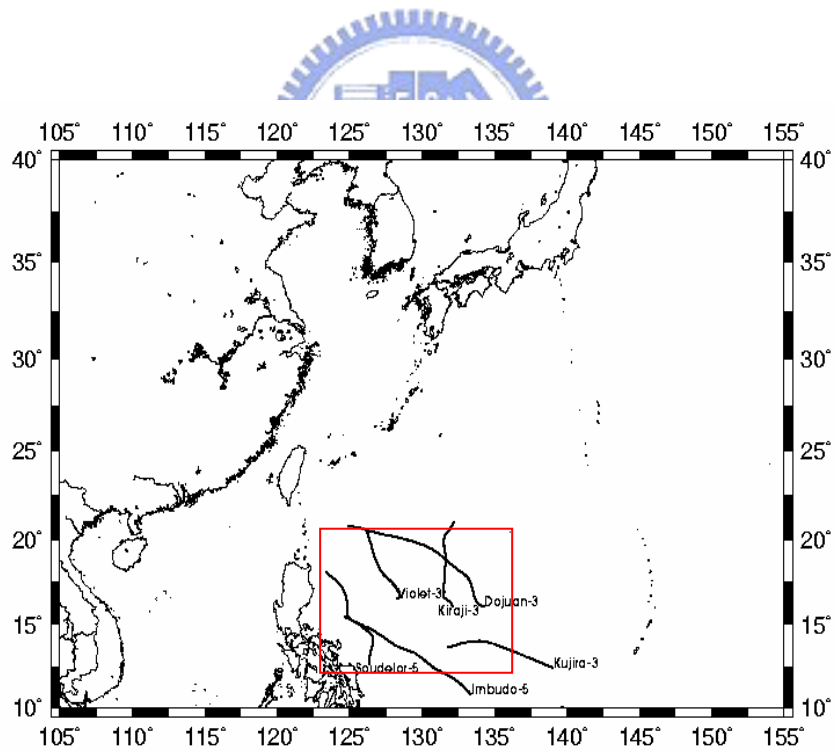


圖 3-4 颱風規模 4 影響船隻異動的範圍

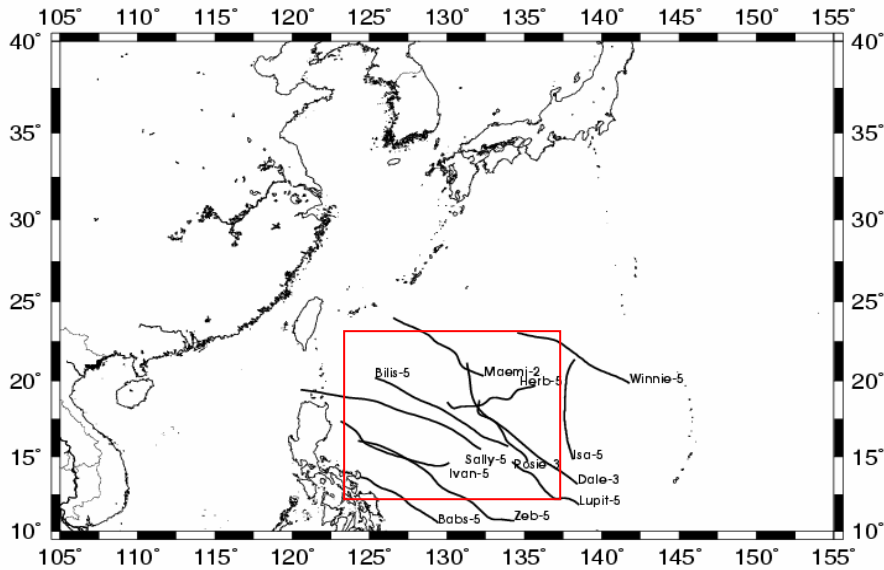


圖 3-5 颱風規模 5 影響船隻異動的範圍

3-3 學習與驗證的颱風

本研究所選擇之學習範例為含蓋 5 種颱風規模、4 種船隻異動指數及 9 種颱風路徑之颱風共 36 個，分別為奧托 (Otto)、桃芝 (Toraji)、瑪姬 (Maggie)、山姆 (Sam)、科羅旺 (Krovanh)、薩恩 (Zane)、歐珀 (Opal)、彼得 (Peter)、蒂娜 (Tina)、葛樂禮 (Gloria)、奇比 (Chebi)、艾文 (Ivan)、丹恩 (Dan)、梅米 (Maemi)、莎莉 (Sally)、戴兒 (Dale)、羅西 (Rosie)、杜鵑 (Dujan)、象神 (Xangsane)、艾陶 (Etau)、雷馬遜 (Rammasan)、歐佳 (Olga)、尹布都 (Imbudo)、溫妮 (Winnie)、伊莎 (Isa)、瑞伯 (Zeb)、賀伯 (Herb)、貝絲 (Beth)、維琪 (Vicki)、奇洛基 (Kiroji)、凱特 (Kate)、海燕 (Haiyan)、辛樂克 (Sinlake)、魏萊特 (Violet)、安珀 (Amber)、芭比絲 (Babs)

等做為研究中類神經之學習範例。其颱風路徑圖如圖 3-6 (a)~圖 3-6 (c)。

其他十場颱風則當為已建立模式之驗證範例，分別為尤特 (Utor)、碧利斯 (Bilis)、楊妮 (Yanni)、柯吉拉 (Kujira)、盧比 (Lupit)、米勒 (Melor)、莫拉克 (Morakot)、蘇迪勒 (Soudelor)、貝碧佳 (Bebinca)、巴比崙 (Prapiroon)，其颱風路徑圖如圖 3-7。

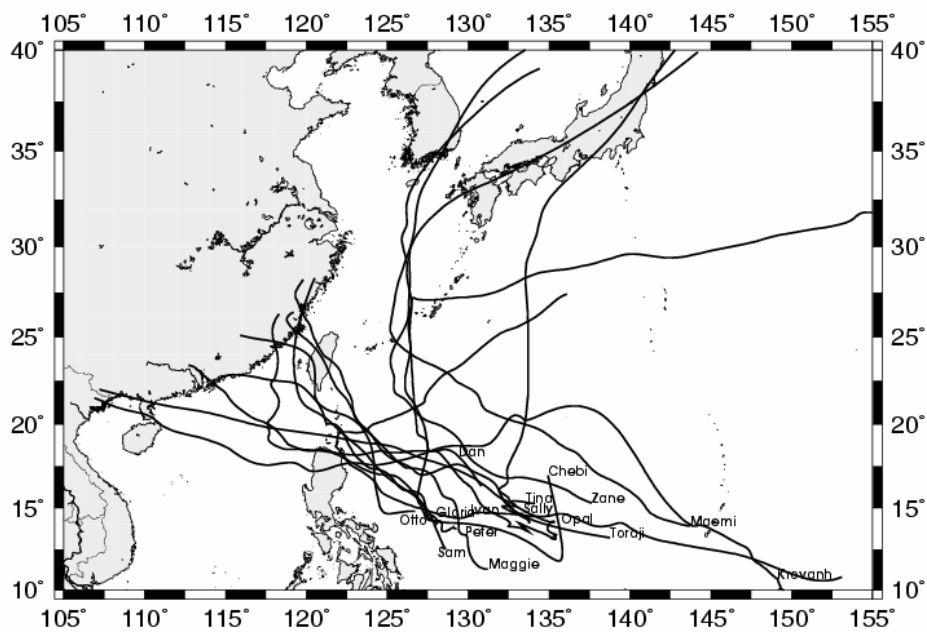


圖 3-6 (a) 學習範例颱風的路徑圖

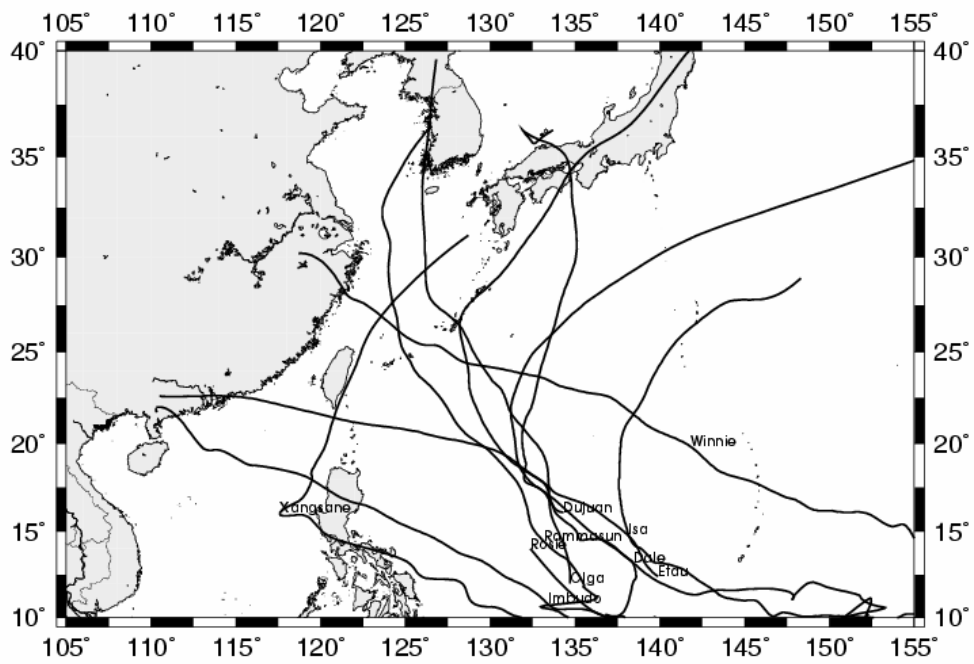


圖 3-6 (b) 學習範例颱風的路徑圖 (續)

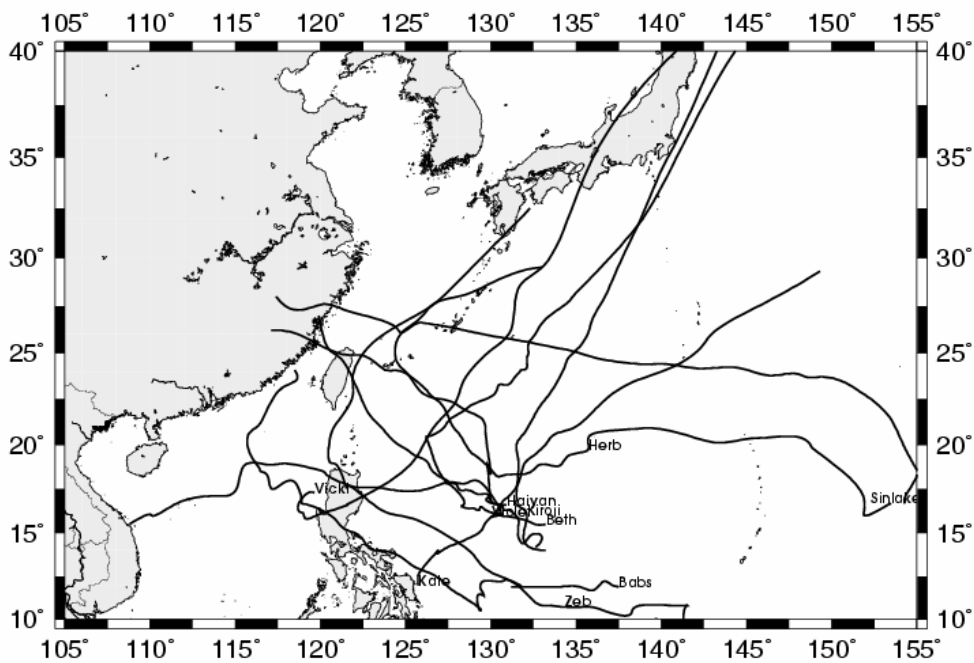


圖 3-6 (c) 學習範例颱風的路徑圖 (續)

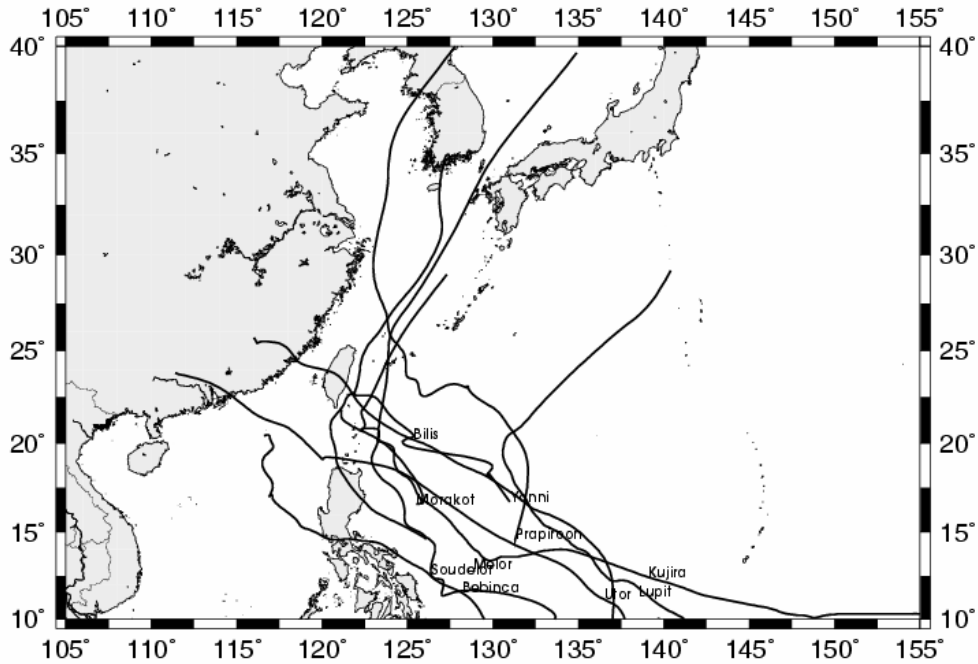


圖 3-7 驗證颱風之路徑圖

3-4 模式之建立

在建立倒傳遞網路模式時，需要決定一些合適的參數，使網路有較佳的預測能力，譬如，決定何種變數輸入網路、輸入參數選取的方法、類神經網路參數（如學習速率、轉移函數、神經元數等參數）及選擇學習範例等，以下依序介紹有關本研究之模式架構流程。

3-4-1 輸入參數

由第二章影響因子之討論可知，影響船隻動態的因子有颱風路徑、颱風規模、颱風中心之經緯度、颱風風速以及颱風中心與花蓮港之角度。

3-4-2 類神經網路架構及參數之選擇

若擁有已知各個颱風輸入參數的時序資料以及輸出參數之時序資料，因此，可採用類神經中同時具有輸入及輸出參數監督式學習中的倒傳遞類神經網路，並利用 matlab 軟體的類神經網路工具箱來建立網路。

六個輸入參數分別為颱風路徑、颱風中心之經度、颱風中心之緯度、颱風規模、颱風中心與花蓮港之方位角度及颱風風速。在輸出層的 1 個單元，即為要預測之船隻異動指數。在最佳化 (Optimization)，求取最小的目標函數，一般使用最陡坡降法，而 Levenberg-Marquardt 演算法因適合較廣泛之問題，且收斂快速而常被使用。此法以 Hessian 矩陣形式逼近方式，將牛頓法的步驟表示如下：

$$X_{k+1} = X_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (3-1)$$

其中：

J：是 Jacobian 矩陣，包含網路誤差對於權重值和偏權值的一階微分；

e：網路誤差的向量。

上式當 $\mu=0$ 時，即剛好是使用近似化 Hessian 矩陣的牛頓法；當 μ 值很大時，上式變成具有小步階且大的梯度的下降優點。牛頓法在誤差極小值附近較快且較正確，所以上述公式的目的就是要儘可能快速地

移向牛頓法。因此，在每個成功的步階（即在此步階內性能函數降低）之後，就降低 μ 值，只有當一個暫時的步階將增加係能函數時才增加 μ 值。在這種方式中，性能函數在此演算法的每個疊代上總是會被降低。Levenberg-Marquardt 演算法能快速的收斂，減少網路學習之時間，因此，本文選擇 Levenberg-Marquardt 演算法為本模式之訓練函數（在 matlab 軟體之表示為 trainlm），其訓練參數如下表 3-2 所示：

表 3-2 函數 trainlm 的訓練參數

訓練參數 (matlab 之表示法)	內定值	描述
Net.trainParam.mem_reduc	1	用於記憶/速度交換的係數
Net.trainParam.mu	0.001	動量的初始值
Net.trainParam.mu_dec	0.1	動量的減少係數
Net.trainParam.mu_inc	10	動量增加係數
Net.trainParam.mu_max	e^{10}	動量的最大值

一般而言，隱藏層之層數最佳為 1 至 2 層。由 3-1 節所述隱藏層之神經元數目計算之原則，在本模式中之輸入參數有 6 個，而每筆颱風資料皆有 4 筆，因此本模式之輸入神經元為 $6 \times 4 = 24$ 個，輸出層為 1 個，計算隱藏層之神經元數目 $= \frac{(6 \times 4 + 1)}{2} = 12.5$ ，為求最佳之神經元個數，本研究將測試隱藏層神經元為 12、17、22、27、32 個狀況。

隱藏層轉換函數本文採用正切雙彎曲轉換函數（tansig）或對數

雙彎曲轉換函數 (logsig) 二種。表 3-3 為不同轉換函數及不同神經元數之模式預測誤差均方，由表 3-3 知當神經元數為 27 且轉換函數為正切轉換函數時有最小之誤差均方，此網路架構之模式有最佳的學習效果。

一般而言，第二層隱藏層之神經元數約為第一層之半，且為偶數 (見葉, 1993)。因此在測試時，第二層隱藏層之神經元數選擇為 12、14、16 個神經元。表 3-4 為雙層隱藏層模式的最終學習誤差均方，由表 3-4 可知有 27 個神經元之單層隱藏層模式比雙層隱藏層模式有較低之均方誤差。因此，本文採用有 27 個神經元的單層隱藏層模式進行後續的學習與驗證。



表 3-3 單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之模式之最終誤差均方 (6 個輸入參數)

轉換函數	神經元數	誤差均方
正切轉換函數	12	0.448
	17	0.429
	22	0.236
	27	0.098
	32	0.194
對數轉換函數	12	0.321
	17	0.706
	22	0.529
	27	0.553
	32	0.584

表 3-4 雙層隱藏層模式的最終學習誤差均方（6 個輸入參數）

第一層神經元	第二層神經元	誤差均方
27	0	0.098
27	12	0.171
27	14	0.139
27	16	0.134

3-5 模式學習

在學習類神經網路的過程中，採用批次訓練方式，即只有在所有輸入都提供給網路之後，才更新權重值和偏權值。目標函數為均方誤差，而最終學習次數定為 5000，每 25 次輸出一均方誤差值，在均方誤差近似於 0 或學習次數為 5000 時，網路即停止學習。圖 3-8 為類神經網路模式之每次疊代之均方誤差，圖中之橫軸為訓練之循環次數，模式於循環 5000 次時停止學習，而縱軸則為每次循環之均方誤差值，由圖 3-8 之最上方顯示可知，最佳之學習誤差約為 0.098。

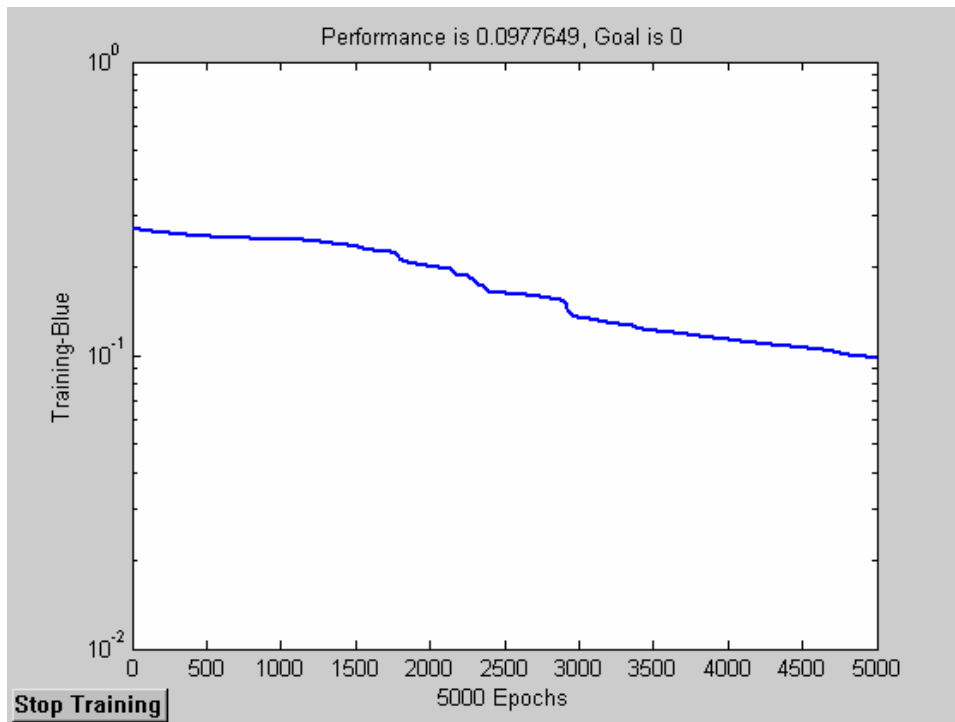


圖 3-8 類神經網路模式之每次疊代之均方誤差

表 3-5 為 36 場學習颱風由最佳模式所預測的不同時間的船隻異動指數與實際值之比較。表中有灰階底者為在預測船隻異動指數與實際值不同者。此表中之第一欄位為學習颱風之名稱；第二欄為學習時間，由於每場颱風僅取一天之時間，且為 6 小時取一次之數據，因此，每場颱風共有四筆學習資料；第三欄為預測之船隻異動指數；第四欄為實際之船隻異動指數。由表 3-5 可知所有誤差皆為船隻異動指數一級之誤判，且數量極少，僅有 17 筆資料有這樣的誤判，因此，可知學習後之網路誤差極小，即模式學習的狀況極佳。

表 3-5 預測學習颱風之船隻異動指數與實際值之比較

颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o
奧托	6	1	1	魏萊特	6	1	1	丹恩	6	1	1	蒂娜	6	1	1	凱特	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1
	18	2	2		18	2	2		18	1	1		18	1	1		18	1	1
	24	3	4		24	3	3		24	2	2		24	2	2		24	1	1
桃芝	6	1	1	安珀	6	2	1	梅米	6	1	1	葛樂禮	6	2	2	歐佳	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	3	2		12	2	2		12	1	1
	18	2	2		18	2	3		18	2	2		18	2	2		18	1	1
	24	4	4		24	3	3		24	2	2		24	4	4		24	2	2
瑪姬	6	2	2	伊莎	6	1	1	莎莉	6	1	1	奇比	6	2	1	奇洛基	6	3	3
	12	2	2		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	3	3
	18	2	2		18	3	3		18	1	1		18	2	2		18	3	3
	24	3	3		24	4	4		24	3	4		24	3	3		24	3	3
山姆	6	1	1	羅西	6	2	1	戴兒	6	1	1	艾文	6	1	1	象神	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1
	18	1	1		18	2	2		18	1	1		18	2	2		18	1	1
	24	3	3		24	3	3		24	3	3		24	4	4		24	1	1
科羅旺	6	1	1	溫妮	6	1	1	貝絲	6	1	1	雷馬遜	6	1	2	瑞伯	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	2	2		12	1	1
	18	1	1		18	2	2		18	1	1		18	4	4		18	3	3
	24	2	2		24	4	4		24	1	1		24	4	4		24	4	4
薩恩	6	2	2	芭比絲	6	2	2	賀伯	6	1	1	杜鵑	6	2	2	辛樂克	6	1	1
	12	2	2		12	2	2		12	2	1		12	3	3		12	1	1
	18	2	2		18	4	4		18	2	3		18	3	3		18	1	1
	24	4	4		24	4	4		24	4	4		24	3	3		24	1	1
歐珀	6	1	1	維琪	6	1	1	海燕	6	1	1	艾陶	6	1	1	尹步都	6	1	1
	12	1	1		12	2	1		12	1	1		12	1	1		12	2	1
	18	1	1		18	1	1		18	2	1		18	2	1		18	2	3
	24	4	4		24	1	1		24	1	1		24	3	4		24	4	4
彼得	6	1	1																
	12	1	1																
	18	1	1																
	24	2	2																

3-6 不同個數之輸入變數比較

由於颱風中心之經緯度及颱風中心與花蓮港之角度為相依關係，故本文將測試有無颱風中心與花蓮港之角度之影響因子是否對模式之精準度有影響，表 3-6 及表 3-7 即為測試 5 個變數時不同神經元數與轉換函數跟不同隱藏層層數之最終誤差均方。將表 3-6 與表 3-7 與表 3-3 及表 3-4 做比較可發現，相同的網路架構時，擁有 6 個參數即含有颱風中心與花蓮港之角度者，擁有較小之誤差均方。因此，本文篩選的模式將採用 6 個輸入參數。

表 3-6 單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之模式之最終誤差均方（5 個輸入參數）

轉換函數	神經元數	誤差均方
正切轉換函數	12	0.499
	17	0.525
	22	0.336
	27	0.164
	32	0.238
對數轉換函數	12	0.517
	17	0.590
	22	0.529
	27	0.453
	32	0.614

表 3-7 雙層隱藏層模式的最終學習誤差均方（5 個輸入參數）

第一層神經元	第二層神經元	誤差均方
27	0	0.164
27	12	0.251
27	14	0.213
27	16	0.261

3-7 模式之驗證

經由學習後所得之網路，輸入沒有學習的颱風資料，透過輸出之船隻異動指數與實測值之比較，可驗證網路之預測能力。本文選擇 10 場颱風當做驗證之颱風，且將船隻異動指數為 2 之楊妮 (Yanni) 颱風、船隻異動指數為 3 之尤特 (Utor) 颱風及船隻異動指數為 4 之碧利斯 (Bilis) 颱風以時序之方式呈現，另七場僅以預測之最大船隻異動指數與實測值之比較圖說明本模式之模擬能力。因本文定義船隻異動指數為 1 至 4 之正整數，而模式之輸出轉移函數為線性轉移函數，其輸出值非一定為整數，因此，在本模式計算出數值後，再以四捨五入法，將 1.5 以下之輸出值歸為船隻異動指數 1，而 1.5~2.5 的輸出值則歸為船隻異動指數 2，2.5~3.5 的輸出值歸為船隻異動指數 3，3.5 以上的輸出值則歸類為船隻異動指數 4，利用此規則，可獲得 1 至 4 間之整數。

楊妮 (Yanni, 87) 颱風為第 6 類颱風路徑且颱風規模為第 1 級。

圖 3-9 為楊妮 (Yanni) 颱風經由網路計算出來之預測船隻異動指數，由圖可看出每一時間之船隻異動指數，由網路所預測出楊妮 (Yanni) 颱風的最大船隻異動指數為 2，亦即只會造成湧浪產生，而且湧浪並不會大到船隻需出港避風，由附錄 1 中可知，Yanni 颱風之船隻異動指數為 2，因附錄中未清楚記在湧浪產生之時刻，故本文以表中開始紀錄之時刻為湧浪產生之時，即 7 月 28 日 0 時，如圖 3-9 中之虛線所示處。由圖 3-9 中可知，本模式在湧浪之產生時刻判斷上，產生了 3 小時左右延時。因本模式在學習時間上取六個小時時序輸入，故產生 3 小時之延時是測良誤差的容許範圍。

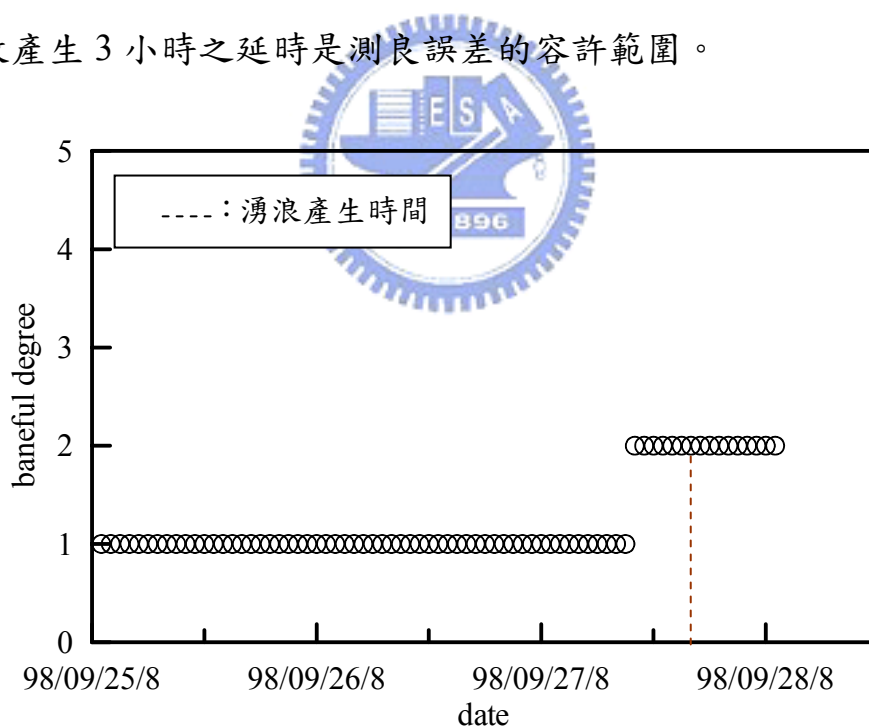


圖 3-9 以本類神經網路模擬楊妮 (Yanni) 颱風侵台時在花蓮港船隻之船隻異動指數

尤特 (Utor, 90) 颱風為第 5 類颱風路徑、颱風規模為第 1 級。

圖 3-10 為經由網路計算所得尤特 (Utor) 颱風之預測船隻異動指數。

圖 3-10 可看出每一時間點之船隻異動指數，並可知由網路預測尤特 (Utor) 颱風之最大船隻異動指數為 3，亦即船隻有出港避風的必要性。由附錄 1 中可知，Utor 颱風來襲之時，有船隻出港避風，所以，判定尤特 (Utor) 颱風之船隻異動指數為 3，且湧浪產生之時間為 7 月 4 日早上 7 點 30 分，為圖中之虛線所在，可知模式之預測船隻異動指數亦為 2，而船隻之出港避風時間則為圖中之實線部份，由圖可知，在模式中，亦預測出了船隻需出港避風。

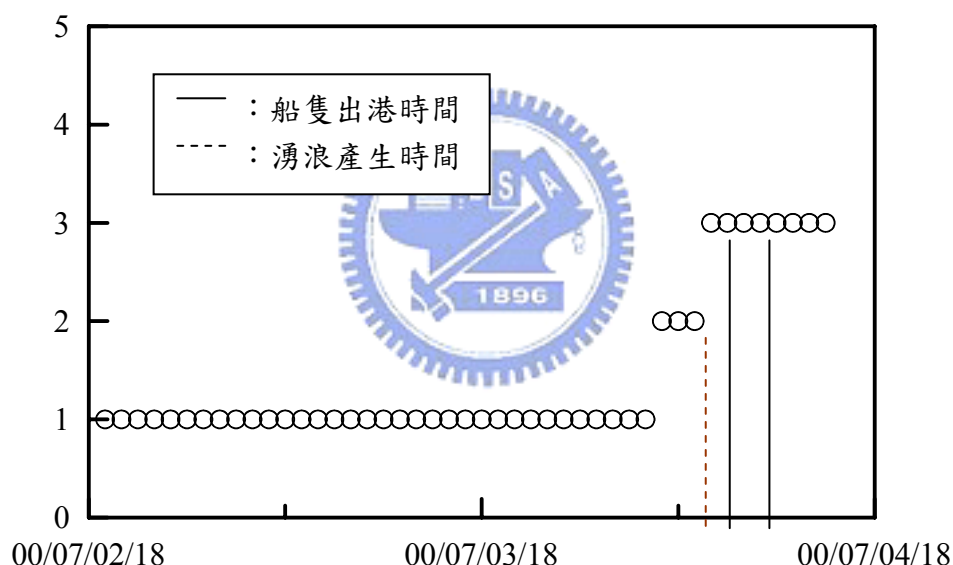


圖 3-10 以本類神經網路模擬尤特 (Utor) 颱風侵襲時在花蓮港船隻之船隻異動指數

碧利斯 (Bilis, 89) 颱風為第 3 類路徑颱風規模為 5 級。圖 3-11 為由網路計算所得碧利斯 (Bilis) 颱風之預測船隻異動指數，由圖 3-11 可看出每一時間點之船隻異動指數，且由網路預測碧利斯 (Bilis) 颱風之最大船隻異動指數為 4，亦即船隻有斷纜的可能。由

附錄 1 中可知，碧利斯（Bilis）颱風來襲時，有船隻出港避風並產生了斷纜之現象，因此，判定碧利斯（Bilis）颱風之船隻異動指數為 4，而船隻之斷纜且出港避風時間則為圖中之實線部份，由圖可知，在模式預測上，亦判定為船隻有斷纜之可能。在附錄 2 中，船隻由於斷纜才出港避風，本預警模式預測出船隻應提早出港，以避免斷纜之現象發生。

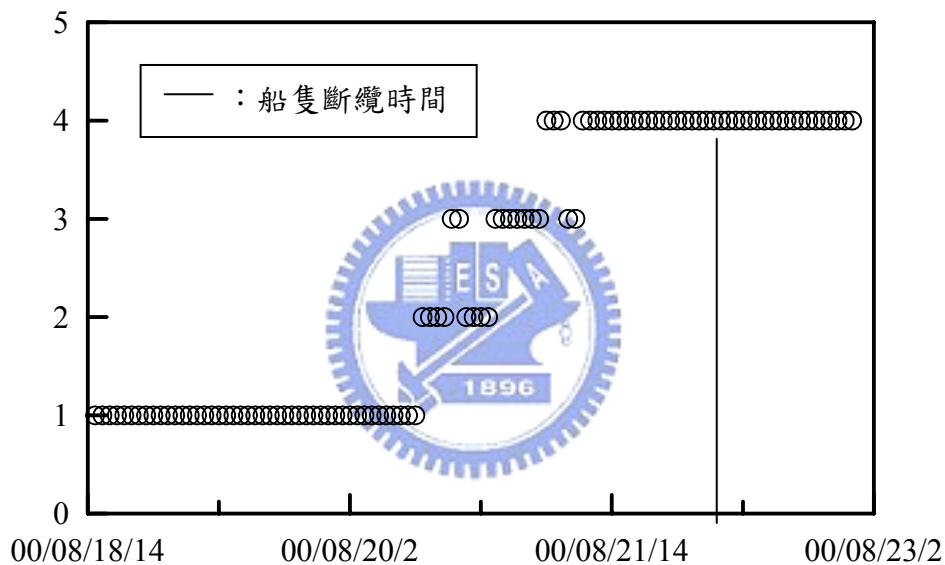


圖 3-11 以本類神經網路模擬碧利斯（Bilis）颱風侵台時在花蓮港船隻之船隻異動指數

圖 3-12 為以本模式預測另外 7 場颱風之船隻異動指數與實際值之比較。橫軸為 7 場之颱風名稱，縱軸為其船隻異動指數。由圖 3-12 可知預測各個颱風船隻異動指數均與實測值相同，顯示本模式有高準確度的預測船隻異動指數的能力。

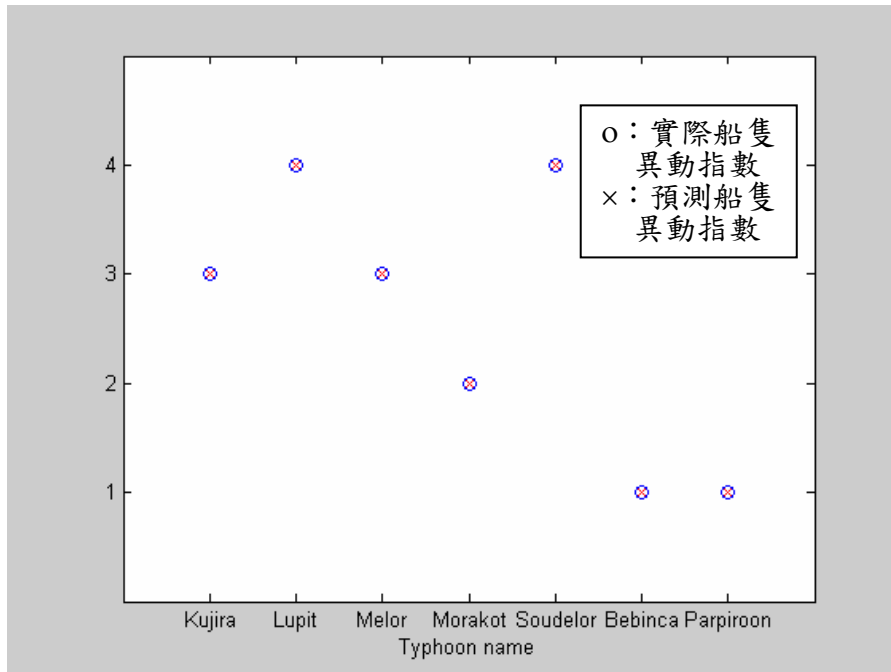


圖 3-12 模擬 7 場颱風之預測船隻異動指數與實際值之比較



第四章 結論與建議

4-1 結論

經由前章的颱風資料與船隻動態分析及預警系統模式建立的驗證結果可整理如下：

1. 若以花蓮港船隻動態表結合波浪之作用時間為一天的限制，颱風對於船隻異動之影響範圍位於東經 $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 、北緯 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之間，並此範圍的颱風皆位於花蓮港之東南方。
2. 經由網路的測試結果得知，在隱藏層為單層隱藏層且其神經元數為 27 及轉換函數為正切轉換函數時，可得到最小之均方誤差為 0.098，為本研究之最佳模式。
3. 在網路學習方面：利用 36 場颱風當做學習資料，並採 24 小時之時序以 6 小時輸入一次學習資料，共有 144 筆的颱風資料下，僅有 16 筆資料產生了一級船隻異動指數的誤差，因此，本模式有良好之學習效果。
4. 在網路驗證方面：利用其餘 10 場颱風當做驗證資料，不管在時序上的呈現或是僅以最大船隻異動指數呈現，本模式皆可獲的良好的驗證。是以針對颱風期間花蓮港內作業或碇靠之船隻，本研究所建立之船隻動態預警模式，極具實務應用

價值，文內所提之資料分析背景或模式之建立與驗證皆頗為正確，模式結果可供相關港務單位參考應用。

4-2 建議

為了使模式更為精準，未來可朝以下方向進行改進：

1. 壓力越小，波高越大，反之，壓力越大則波高越小，颱風之中心氣壓亦是影響波高很重要的因子之一，本研究中由於未能獲得颱風之中心氣壓的資料，因此本模式中之影響因子並未採用颱風之中心氣壓，建議未來若能有完整之颱風中心氣壓的資料時，能加入影響因子中，獲取更精準之網路。
2. 在船隻動態上，船型之大小亦是重要的因素之一，因為若船型越大，需越大的波浪才可能造成破壞，反之，若船型較小，可能小波浪就會造成船隻的破壞，是以未來在模擬更好之網路時，可將此因素參考其中。
3. 由於現今尚未有完整之波高記錄，因此未與波高資料互相驗證，未來若將波高資料建全後，可將此網路所獲得之船隻異動指數與實際波高相互比較，得到較好之驗證效果，亦可得知多大的波高下會造成船隻的破壞。

參考文獻

1. 湯麟武(1989)，“港灣及海域工程”，中國土木水利工程學會。
2. 葉怡成(1993)，“類神經網路應用與實作”，儒林圖書公司。
3. 林俊榮(1994)，“自動心電圖特徵值擷取與病症分類之研究”，私立中原大學醫學工程學系碩士論文。
4. 駱國陽(1994)，“類神經網路在結構系統辨識上之應用”，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
5. 劉新達(1995)，“類神經網路在水庫操作之應用”，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
6. 蘇清和、蔡清貴、張金機(1996)，“花蓮港港灣設施改善計劃之研究-第三子計畫-數值模擬”，港灣技術研究所研究報告專刊第 218 號。
7. 張金機(1996)，“花蓮港長波與碇泊船隻動態關係”，花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，pp.61~82。
8. 朱良翰(1997)，“倒傳遞類神經網路在波浪預報之應用”，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
9. 楊銘耀(1997)，“利用小波與類神經網路進行心電圖特徵擷取與病症分類”，私立中原大學醫學工程學系碩士論文。
10. 沈家恩(1998)，“類神經網路在多測站波浪推算之應用”，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。

11. 簡仲景、曾相茂 (1999), “花蓮港颱風波浪特性研究”, 第二十一屆海洋工程研討會論文集, pp.55-62。
12. 張憲國、郭一羽 (1999), “花蓮港共振機制研究”, 台灣省政府交通處研究報告。
13. 謝榮哲 (2000), “類神經網路在長時期潮汐預報之應用”, 國立中興大學土木工程學系碩士論文。
14. 楊孟龍(2000), “類神經網路於股價波段預測及選股之應用”, 中央大學資訊管理研究所碩士論文。
15. 張政一(2001), “類神經網路於有價證券預測股價及漲跌之研究”, 中國文化大學國際企業管理研究所碩士論文。
16. 張憲國 (2001), “波浪推算”, 郭一羽主編, 海洋工程學, 第四章, 文山書局。
17. 郭一羽 (2001), “不規則波理論”, 郭一羽主編, 海洋工程學, 第三章, 文山書局。
18. 張金機、簡仲璟 (2002), 「花蓮港外海颱風波浪研究」, 第 24 屆海洋工程研討會論文集, pp.405~410。
19. 李宗霖、蔡清標、謝榮哲、徐月娟、陳進益、劉聖義 (2002), “倒傳遞類神經網路在潮汐補遺之應用”, 第 24 屆海洋工程研討會論文集, pp.453~460。

20. 錢維安、張憲國、何良勝 (2002), “神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用 II”, 第 24 屆海洋工程研討會論文集, pp.461~468。
21. 張憲國、錢維安 (2003), “台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究 (二)”, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
22. Bowditch, N. (1958) "American Practical Navigator", H.O. Pub. No.9。



附錄 1 花蓮港之船隻動態表

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (距離,km)	備註
85.05	凱姆 (Cam)	22/14:00 23/08:00 14:00		船舶進出港作業正常		19.9 N,119.6E 20.9N,122.0E 21.3N,123.3E	
85.07	葛樂禮 (Gloria)	24/14:00 25/08:00 26/08:00 27/08:00	#25 #23 #4	暴風圈涵概本港 船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪 船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪 船隻「吉拉」因斷纜出港避風浪 成立防颱中心		17.3N,124.2E 18.8N,122.4E 21.1N,120.8E 24.7N,118.5E	
85.07	賀伯 (Herb)	29/11:00	#23 #25 #19 #6 #24 #13 #15	暴風圈涵蓋本港 船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪 船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪 船隻「安康」因斷纜出港避風浪 船隻「安吉拉」因斷纜出港避風浪 船隻「克蘭」因斷纜出港避風浪 船隻「福全」因斷纜出港避風浪 船隻「聯榮」因斷纜出港避風浪 成立防颱中心		18.7N,129.7E 20.3N,127.9E 22.0N,127.2E 24.0N,124.6E 25.4N,120.4E	
85.08		30/02:00 14:00 31/08:00 01/08:00 02	#20	船隻陸續出港 船隻「普提」因主機故障無法出港，在碼頭經歷過極度之危險，並碰損碰墊及船體			
85.09	莎莉 (Sally)	07/08:00 08/02:00	#10 #23 #13	09/08 05:50 船隻「宏安」斷纜經推頂重新帶纜 09/08 07:53 至 0854 船隻「長貴」出港避風浪 09/08 0753 至 08:54 船隻「艾特絲」出港避風浪		18.1N,127.0E 19.2N,121.9E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
85.09	莎莉 (Sally)	08/14:00 09	#23	船隻「長貴」進港 船隻「艾特絲」進港		19.7N,118.0E	
85.09	魏萊特 Violet	15/20:00 16/08:00 17:00 20:00	#20	船隻「友萊六號」進泊無法靠泊隨即出港		18.8N,126.6E 20.0N,126.3E 20.5N,126.2E 20.5N,126.6E	
85.09	薩恩 Zane	27/14:00 28/02:00 08:00 20:00	#22 #24	船隻「冒險家」因斷纜出港避風 船隻「富國新六號」因油料不足，無法在港外頂浪而緊急勉強進靠。 港內船隻多因斷纜而加強帶纜		21.5N,126.1E 22.0N,125.5E 22.9N,125.4E 24.3N,125.6E	
85.10	貝絲	17/02:00 18/02:00 19/02:00		無明顯湧浪 無船舶斷纜或出港避風		17.7N,125.2E 17.6N,122.1E 18.6N,119.6E	
85.11	爾尼			花蓮地區豪雨達六百餘公釐，花蓮港多處圍牆及擋土牆傾倒，無影響船舶靠泊			
85.11	戴兒	10/08:00 11/02:00 13/02:00		在港商船五艘全部出港避風 船鼻船陸續返港		16.8N,133.8E 19.4N,131.6E 29.3N,138.8E	
86.04	伊莎	21/16:00 22/04:00 08:00 23/02:00		下午港內產生湧浪，船隻「榮華」、「卓越」移泊內港，仍有斷纜 仍受湧浪影響，多有斷纜 仍受湧浪影響，多有斷纜 已較緩和，裝卸仍受影響		24.3N,139.5E 24.5N,139.7E 27.4N,143.7E	
86.05	里維	28/02:00 29/02:00 30/02:00		港內船隻未受影響 港內船隻未受影響 港內船隻未受影響		18.8N,126.3E 23.2N,127.5E 27.3N,132.4E	
86.06	歐珀	16/08:00 17/08:00 18/08:00	#25	06/18 至 06/19 港內產生微湧，船隻「裕亨」艙艙各斷纜一次		15.0N,132.9E 16.4N,132.4E 20.7N,133.6E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
86.06	歐珀	19/08:00	#24	06/19 0856 時, 船隻「米雪」於碼頭碰撞船體受損		27.4N,133.7E	
86.06	彼得	24/14:00 25/08:00 26/02:00 08:00 14:00 27/02:00	#24 #23 #21	外港產生湧浪, 內港裝卸作業正常 0820 船隻「明維」移至#3 碼頭 1030 船隻「安傑利」移至#6 碼頭 1800 船隻「友泰六號」移至#11 碼頭 外港仍有湧浪		15.0N,129.0E 17.0N,127.0E 19.3N,127.2 20.6N,126.5E 21.9N,126.3E 24.9N,126.5E	
86.07	羅西	21/02:00 21/14:00 22/08:00 23/08:00 24/08:00 25/02:00		港內有湧浪產生, 船隻「亞五」、「富國新六號」提早出港, 其他各船尚能勉強靠泊, 惟至 0725 均影響正常裝卸作業		14.7N,135.2E 15.9N,134.0E 17.5N,132.6E 19.1N,131.9E 22.4N,132.5E 25.9N,133.6E	
86.08	蒂娜	01/14:00 02/08:00 03/08:00 04/08:00 05/08:00 06/02:00 14:00		港內有湧浪產生, 然船舶進出港作業均未受影響		13.4N,135.0E 13.5N,133.5E 14.5N,131.5E 17.0N,129.2E 20.0N,127.0E 22.0N,126.2E 24.2N,126.5E	
86.08	溫妮 Winnie	13/14:00 14/08:00 15/08:00 16/08:00 17/08:00	#22 #8 #24 #23	港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「昌盛」因斷纜出港 港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「宏記」因斷纜出港 港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「諄鵝」因斷纜出港 船隻「希吉」移至#4 碼頭惟仍斷纜		19.6N,142.2E 20.9N,139.5E 22.6N,135.7E 23.7N,132.0E 24.5N,128.3E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離(0) (距離,km)	備註
86.08	安珀 Anber	27/08:00 28/02:00 14:00 29/02:00 14:00	#23 #17 #6	08/26 1834 時起船隻 「亞士皮」因斷纜出港避風迄 0830 再返港 08/26 1834 時起船隻 「法羅」因斷纜出港避風迄 0830 再返港 08/26 1834 時起船隻 「千業」因斷纜出港避風迄 0830 再返港 0400 左右颱風眼通過本港，造成東防波堤胸牆倒塌等嚴重災情。		19.1N,126.2E 20.3N,124.2E 21.4N,122.9E 23.4N,121.6E 24.8N,120.0E	
86.10	艾文 Ivan	18/08:00 19/14:00 20/08:00 21/08:00 14:00	#23 #18	外港有湧浪，外港船隻有斷纜情形，船隻「肯尼克」出港 港內正常 外港有湧浪，外港船隻有斷纜情形，船隻「嘉新一號」出港 港內正常		14.8N,127.2E 17.1N,123.4E 18.8N,122.0E 19.4N,122.6E 19.8,123.9E	
87.08	奧托 Otto	03/02:00 08:00 15:00 20:00 04/07:00	#22 #23 #25	19:42 船隻「西里」預知颱風先出港避湧浪 05:00 左右港內開始明顯產生湧浪 10:00 威力防颱中心 20:00 解除 13:00~15:00 湧浪最劇 07:22~10:37 船隻「北斗星」因斷纜出港避風 07:22~10:37 船隻「希吉」因斷纜出港避風 07:22~10:37 船隻「福運」因斷纜出港避風		15.5N,124.8E 16.7N,124.5E 18.7N,123.7E 20.1N,123.4E 21.8N,121.8E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離(0) (距離,km)	備註
87.08	奧托 Otto	04/07:00 16:00 17:00	#20 #21	07:22~10:37 船隻 「富國新六號」因斷 纜出港避風 船隻「花蓮一號」、 「友泰六號」分別移 至#4 及#3 碼頭，幸 安然度過，惟仍有斷 纜產生		23.7N,120.8E 24.2N,120.5E	
87.09	維琪 Vicki	18/02:00 21/02:00 14:00		船舶正常進出港及 裝卸作業 船舶正常進出港及 裝卸作業 船舶正常進出港及 裝卸作業		17.0N,118.7E 23.2N,128.7E 26.0N,131.0E	
87.09	楊妮 Yanni	28/00:00 02:00 17:00	#21	船隻「新華」移至#4 碼頭，外港除「宏安」 靠#18 碼頭外不他船 進泊，內港仍維持裝 卸作業，外港「宏安」 雖無法做為，然仍僅 稍受湧浪影響 10:00 成立防颱中心 17:30 即恢復正常職 守 21:30 時即解除臺 中心		22.2N,123.0E 22.6N,122.4E 24.0N,122.2E	
87.10	瑞伯 Zeb	12/02:00 14:00 13/02:00 14:00 14/02:00 15/02:00 16/08:00 18:00	#15 #24 #23 #11	22:49 船隻「卡迪」 預知颱風動態自碼 頭出港 17:30 成立防颱中心 06:51~08:42 船隻 「江美」因斷纜出港 避風 06:51~08:42 船隻 「華榮」因斷纜出港 避風 06:51~08:42 船隻 「亞七」因斷纜出港 避風 船隻「捷運」私自於 內港迴船池拋錨 18:00 解除防颱中心		11.0N,133.7E 12.3N,131.3E 13.6N,129.0E 15.5N,126.0E 16.2N,123.7E 18.8N,121.3E 23.8N,122.3E 25.4N,123.5E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離(0) (距離,km)	備註		
87.10	芭比絲 Babs	20/02:00				11.0N,129.0E			
		21/02:00		19:00 左右港內產生湧浪		12.7N,126.4E			
		22/02:00		08:00 船隻「德洋福星」移內港		13.9N,123.5E			
		14:00	#25	07:30 左右港內湧浪加劇		15:02~19:30 船隻「尊傑」因斷纜出港避風		14.6N,122.6E	
					#22	15:02~19:30 船隻「飛鷹」因斷纜出港避風			
						#18	15:02~19:30 船隻「華榮」因斷纜出港避風		
							#23		15:02~19:30 船隻「克蘭」因斷纜出港避風
						#8			船隻「伊斯拉」移至#6碼頭
			#21	船隻「富國新」靠泊僅 rolling 無 pitching 現象,而得勉強度過湧浪侵襲					
				#20	船隻「富國新六號」靠泊僅 rolling 無 pitching 現象,而得勉強度過湧浪侵襲				
		23/02:00				15.3N,121.4E			
		24/02:00			17.0N,118.5E				
		25/08:00			19.4N,116.4E				
87.12	費絲 Faith	10/02:00		船舶正常進出港及裝卸作業(冷鋒南下)		11.7N,126.0E			
		11/08:00		船舶正常進出港及裝卸作業(冷鋒南下)		12.0N,122.0E			
		14:00		船舶正常進出港及裝卸作業(冷鋒南下)		11.5N,120.1E			
88.04	凱特 Kate	23/08:00		本港未受影響		13.7N,126.9E			
		24/14:00		本港未受影響		15.0N,129.0E			
		26/08:00		本港未受影響		19.9N,133.0E			
		27/02:00		本港未受影響		22.2N,136.3E			
88.06	瑪姬 Maggie	03/02:00				14.3N,129.4E			
		04/14:00				16.6N,127.9E			
		05/08:00		18:00 成立防颱中心 23:00 港內湧浪加劇		18.9N,124.5E			

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
88.06	瑪姬 Maggie	05/08:00 06/12:00		06/00:00 起內外港 「達和」、「東日」、 「富國新六號」、「海 富」、「伯那德」分別 出港避風 12:00 解除		22.3N,118.6E	
88.07	歐佳 Olga	30/08:00 31/02:00 01/08:00		港內有湧，雖未影響 靠泊，惟 0801 至 08/02 外港部份船隻 仍有湧浪		16.6N,133.7E 20.8N,131.9E 24.8N,129.3E	
88.08	山姆 Sam	19/14:00 20/11:00 21/05:00	#22	08/20 上午外港湧浪 加劇，內港狀況尚可 「捷運」、「富海」由 外港移內港 船隻「庫島」出港避 風 外港仍有湧浪		16.8N,125.4E 18.3N,121.8E 18.8N,118.9E	
88.09	巴特 Bart	19/08:00 20/08:00 21/14:00		無影響船舶進出裝 卸作業		21.8N,128.0E 23.4N,125.5E 24.5N,125.9E	
88.10	丹恩 Dan	03/14:00 04/02:00 05/08:00 06/05:00 07/08:00 08/07:00	#23 #18	上午出現湧浪 船隻「信輝」勉強靠 泊 稍受影響，裝卸作業 暫停 本次颱風船隻「富國 新」於高雄旗津擱 淺、「金門二號」於 金門沉沒		17.9N,129.4E 18.5N,127.9E 18.2N,122.4E 18.5N,119.2E 19.7N,117.3E 21.6N,118.1E	
88.11	葛樂禮 Gloria	15/02:00 16/02:00		無影響船舶靠泊作 業		21.0N,130.6E 27.6N,137.7E	
89.05	丹瑞 Damrey	08/08:00 09/08:00 10/08:00 11/08:00		正常運作		13.8N,131.4E 15.6N,133.5E 19.5N,136.8E 23.6N,139.9E	
89.05	龍王 Long-wang	19/08:00 14:00 20/02:00		正常運作		21.4N,125.5E 22.4N,126.9E 24.7N,130.7E	
89.07	奇洛基 Kirogi	04/20:00	#22	23:21 船隻「曼多」 出港避湧		19.0N,131.6E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
89.07	奇洛基 Kirogi	05/02:00 14:00 06/02:00	#25	23:21 船隻「快捷」 出港避湧 外港各船勉強維持 至 0706 下午後漸改 善恢復作業		20.0N,131.4E 21.6N,132.5E 23.3N,133.6E	
89.07	啟德 Kai-Tak	02:00 07/05:00 08/20:00 09/06:00 13:00	#25 #18 #24	成立防颱中心 07:00 通知出港避風 09:07 船隻「快捷」 出港避湧浪 10:31 船隻「宏星」 出港避湧浪 11:36 船隻「聯歐」 出港避湧浪 16:00 解除防颱中 心，翌日始恢復進出		19.0N,119.8E 20.1N,118.8E 20.6N,120.4E 22.0N,121.3E 24.2N,121.6E	
89.08	碧利斯 Bilis	21/08:00 22/07:00 20:00 23/12:00		17:30 成立防颱中心 24:00 時前除內港船 隻「天立一號」輪堅 不出港及「億滿鴻」 700噸漁船要求進港 外，均已出港避風。 「天立一號」幾乎完 全斷纜在內港迴船 池飄盪 12:00 恢復正常		18.8N,128.3E 20.7N,124.2E 22.5N,122.0E	本次本港 包括東防 波堤受到 重創
89.08	巴比倫 Prapiroon	27/20:00 28/16:00 29/11:00 30/07:00		17:30 成立防颱中心 港內運作正常 上午解除防颱中心		22.3N,130.1E 23.0N,127.1E 24.0N,125.1E 26.6N,123.4E	
89.09	寶發 Bopha	08/14:00 09/10:00 21:00 10/07:00		09:00 成立防颱中心 15:00 解除防颱中心 內外港均靠泊有船 並無斷纜情事		25.5N,128.0E 25.3N,124.7E 24.3N,123.6E 22.5N,123.0E	
89.10	雅吉 Yagi	23/02:00 24/08:00 25/08:00		港內幾無湧浪產生 17:00 成立防颱中心 並建議外港船隻「盛 寶」及內港船隻「瑞 和」出港避風		22.2N,133.8E 23.0N,128.2E 24.7N,124.9E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離(0) (距離,km)	備註
89.10	象神 Xangsane	30/02:00 31/07:00 13:00	#17	22:00 成立防颱中心 11/01 22:00 解除 船隻「泰瑞八號」於 23:30 移至#4 碼頭並 仍嚴重斷纜外,其餘 船舶均出港避風,港 內湧浪劇烈		16.0n,118.0e 18.6n,119.6e 19.3n,120.2e	
90.05	西馬隆 Cima	11/08:00 13/07:00	#23	05/12 14:00 成立防 颱中心 未造成湧浪 船隻「金瀧」待修及 沉箱渠內之沉箱均 安然		17.0N,119.0E 21.0N,121.7E	
90.06	奇比 Chebi	20/14:00 21/08:00 22/14:00 23/01:00	#23 #18 #3	16:00 成立應變小組 06/24 解除 19:00 湧浪加劇 船隻「貿易」出港 船隻「宏安」出港 內港船隻「捷運」情 況尚可		13.0N,133.0E 4.3N,127.7E 19.3N,122.4E 20.9N,120.0E	
90.07	尤特 Utor	02/14:00 03/14:00	#23 #21	07/04 08:00 成立應 變小組 07/04 07:30 已產生 湧浪 船隻「安裕」出港 12:00 船隻「源利」 及「重榮」出港,湧 浪甚劇,迄 0706 恢 復進出,惟仍有湧浪			
90.07	潭美 Trami	11/07:00		07/10 23:00 成立應 變小組 本次幾全無湧浪產 生		21.8N,121.6E	
90.07	桃芝 Toraji	27/14:00 28/08:00 29/13:00	#12	14:00 成立應變小組 20:30 湧浪開始劇烈 除船隻「華龍」斷纜 其他商船均已出港 07/30 05:00 湧浪減 緩		17.2N,126.9E 18.4N,124.8E 22.0N,122.5E	
90.09	納莉 Nari	13/14:00		09/15 成立應變小組 09/17 12:00 解除 本次颱風非常詭異 重創台灣,惟本港完 全未受影響		26.9N,126.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離(0) (距離,km)	備註
90.09	利奇馬 Lekima	25/09:00	#24	09/25 17:00 成立應變小組 09/27 12:00 解除,內港未受影響,外港自0926 上午起有湧浪到晚上稍劇 船隻「伯那」勉強撐過		20.4N,122.0E	
90.10	海燕 Haiyan			10/15 16:00 成立應變小組 10/16 21:30 解除 未受影響			
91.06	諾古力 Noguri	08/14:00		無任何影響		21.0N,118.0E 22.0N,124.5E 24.9N,125.5E	
91.06	雷馬遜 Rammasun	29/14:00	#24	港內產生湧浪多數船舶斷纜 船隻「可兒」撞損碰墊		11.3N,136.0E	
92.04	柯吉拉 Kujira	18/02:00 19/02:00 21/02:00 22/08:00 23/08:00 24/11:00		04/17 晚上出現湧浪 04/18 船舶均出港避風,至 0424 始陸續恢復船舶進港		13.6N,131.4E 13.9N,129.1E 18.0N,125.1E 19.7N,123.6E 20.8N,122.5E 22.5N,123.0	
92.05	蓮花 Linfa	28/02:00 29/08:00 30/02:00		未影響港內作為,僅於 0529 17:00 時高潮位時稍有湧浪		16.6N,122.7E 22.1N,120.3E 21.8N,122.9	
92.06	南卡 Nangka	01/20:00 02/14:00 03/02:00		無任何影響		18.2N,117.8E 20.6N,120.3E 21.8N,122.9E	
92.06	蘇迪勒 Soudelor	14/02:00 15/08:00 16/02:00 17/11:00	#13 #24 #10 #25	21:00 港內有湧並漸加劇 01:00 船隻「達和」開始斷纜,04:00 出港 船隻「雲天客」斷纜 05:30 出港 06:00 船隻「亞六」出港 07:00 船隻「裕慎」出港		11.2N,128.2E 14.0N,125.9E 16.0N,124.9E 20.3N,123.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.06	蘇迪勒 Soudelor	17/11:00 18	#23	07:30 船隻「龍天客」出港 中午以後始改善		20.3N,123.2E	
92.07	伊布都 Imbudo	17/14:00 18/02:00 20/14:00 21/14:00 21/20:00 22/02:00 22/08:00 22/14:00 23/05:00	#23 #18 #11	清晨開始明顯有湧浪，船隻「宏伶」原擬於 05:30 時出港避風，後因覺情況稍微轉好而作罷，08:30 時由壽豐頂住趕卸 10:23 出港，損壞碰墊二組 船隻「佳星」斷纜於 09:44 時出港避風，損壞碰墊二組 船隻「金瀧」堅不出港，中午過後湧浪加劇。船隻「金瀧」斷纜嚴重。 中午過後，湧浪漸減輕		8.3N,140.9E 9.3N,139.4E 12.1N,131.6E 14.3N,127.1E 15.0N,125.8E 15.7N,124.4E 16.4N,123.0E 16.9N,121.3E 18.2N,117.6E	
92.08	莫拉客 Morakot	02/17:00 02/23:00 03/05:00 03/14:00 04/14:00		本次颱風帶來雨量舒解旱象，除 08/03 晚上至 08/04 早上稍有湧浪外，均無影響船舶進出作業，亦無斷纜現象。 23:50 時成立防颱 18:30 時解除防颱		19.1N,124.6E 19.8N,123.9E 20.5N,122.9E 21.3N,121.4E 24.1N,119.0E	
92.11 92.11	米勒 (Melor)	0500 1100 1700 2200 03/0600 1100 1700		11/02 1100 成立應變小組 11/03 1600 解除 11/03 0900 時召開防颱會議要求船舶出港避風，「康運」經過強制要求於 1200 時前出港，其他船舶則均未出港避風，港內亦無明顯湧浪行成		19.6N,120.7E 20.3N,120.5E 21.0N,120.8E 21.4N,121.0E 22.4N,121.7E 22.8N,122.2E 23.5N,123.1E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

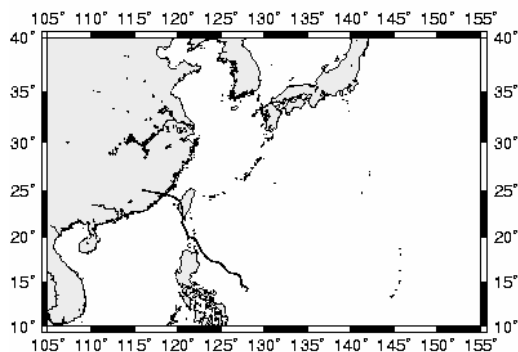
日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.08	科羅旺 (Krovanh)	21/08:00 1400 22/0200 1100 2300 23/0800		本次颱風發布海上 颱風警報。除 08/22 晚上稍有湧外，不影 響進出作業		18.8N,129.2E 18.4N,128.0E 17.9N,125.9E 17.7N,123.7E 17.7N,121.5E 17.6N,119.2E	
92.08 92.09	杜鵑 (Dujan)	30/0200 31/0200 2000 01/0200 1600 2200 02/1400	 #17 #18 #23 #21	2130 成立應變小組 1000 時左右高潮位 開始起湧，「振興」 提早於 1130 時出 港； 「晶利 3 號」1230 時出港避風； 「范迪克」在拖船協 助推頂搶卸花崗石 後 1330 時出港 「長宏」1130 時移 泊#4 碼頭 1830 解除應變小 組，「晶利 3 號」2030 時進港			

註：引自花蓮港港務局之書面報告

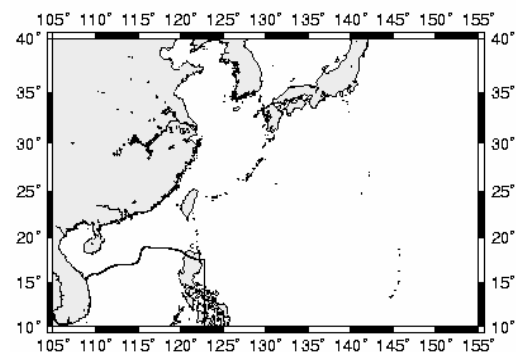
附錄 2 颱風路徑圖

1996 年

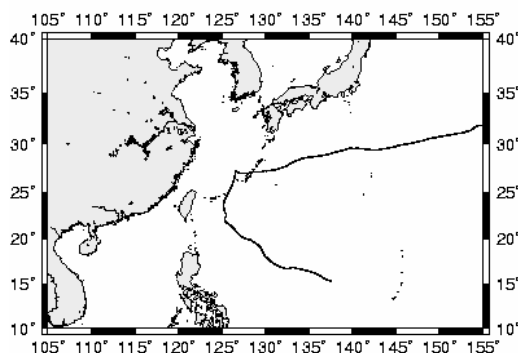
葛樂禮 (Gloria)



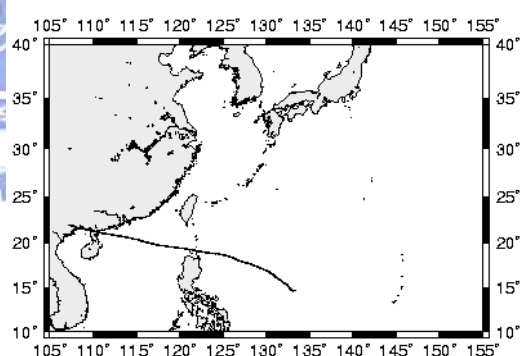
貝絲 (Beth)



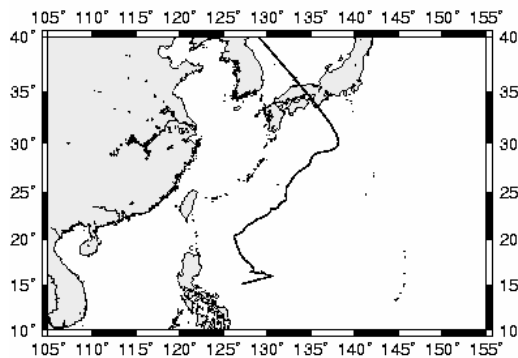
薩恩 (Zane)



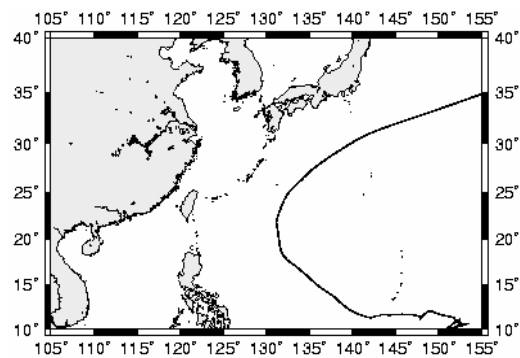
莎莉 (Sally)



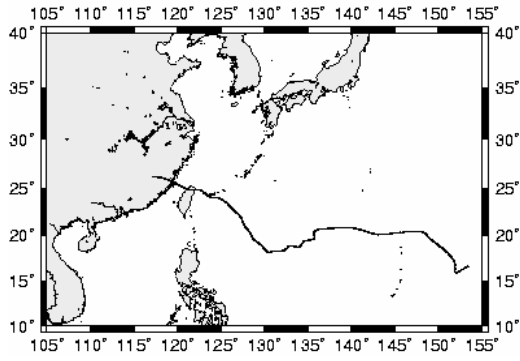
魏萊特 (Violet)



戴兒 (Dale)

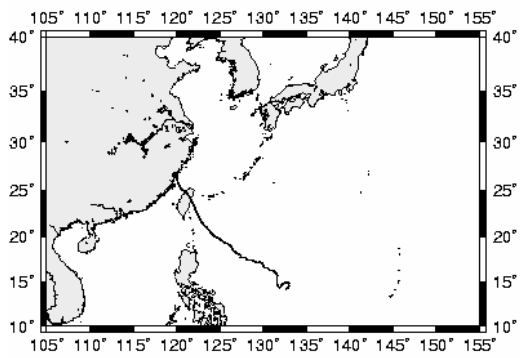


賀伯 (Herb)

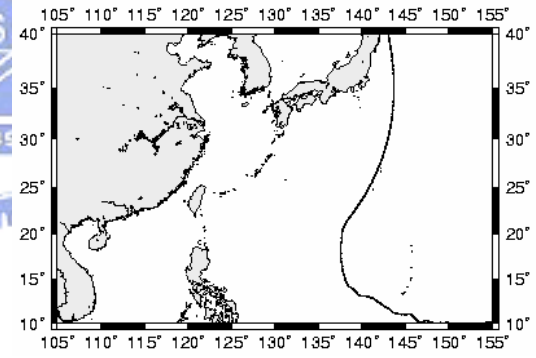
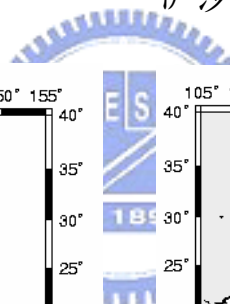


1997 年

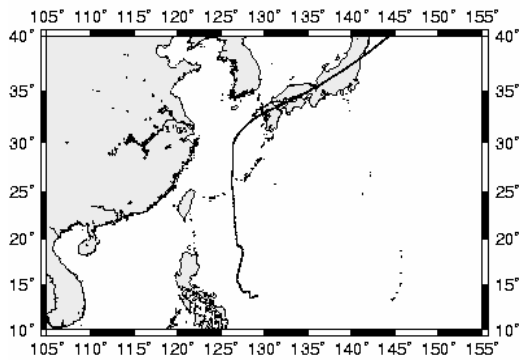
安珀 (Amber)



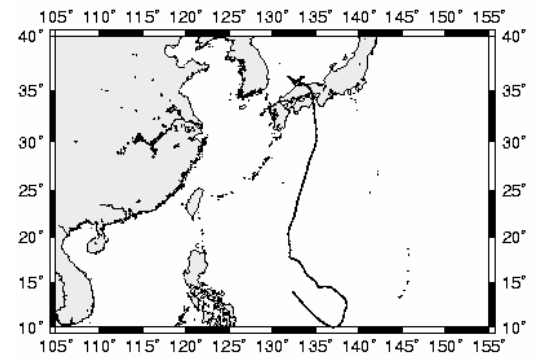
伊莎 (Isa)



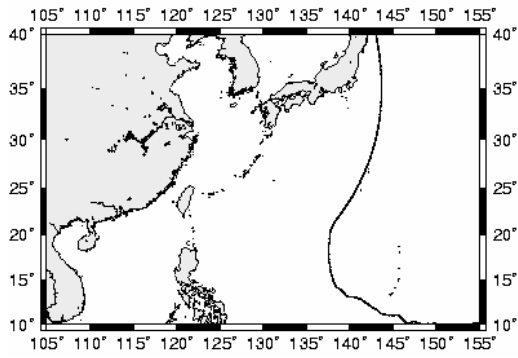
彼得 (Peter)



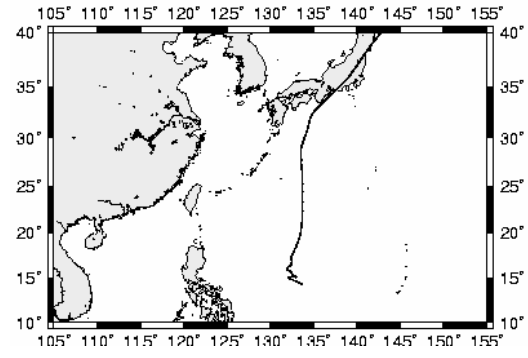
羅西 (Rosie)



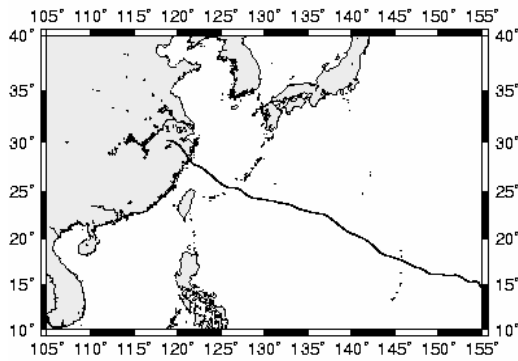
艾文 (Ivan)



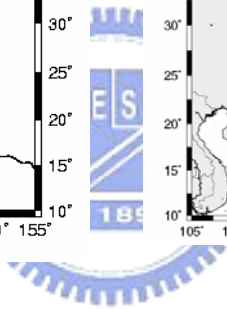
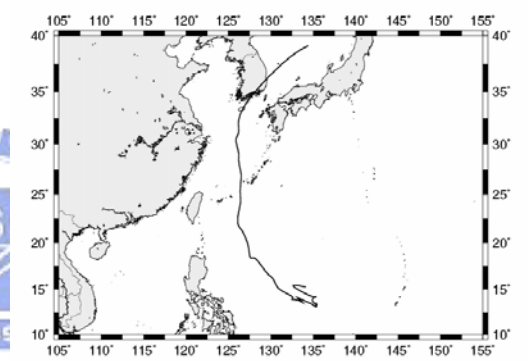
歐珀 (Opal)



溫妮 (Winnie)

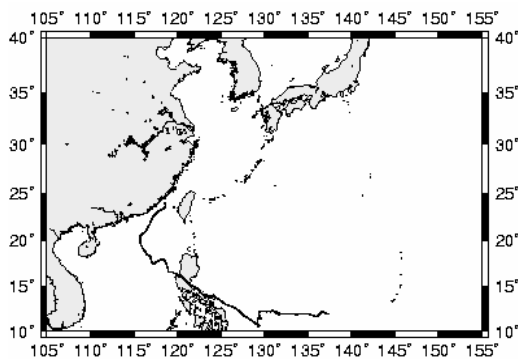


蒂娜 (Tina)

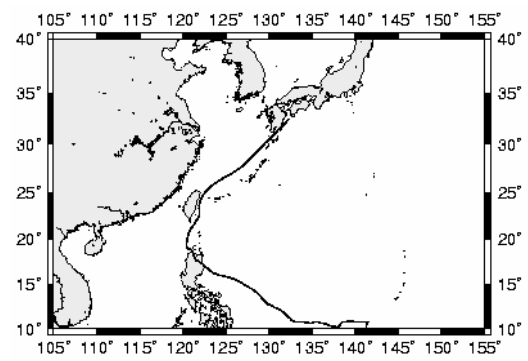


1998 年

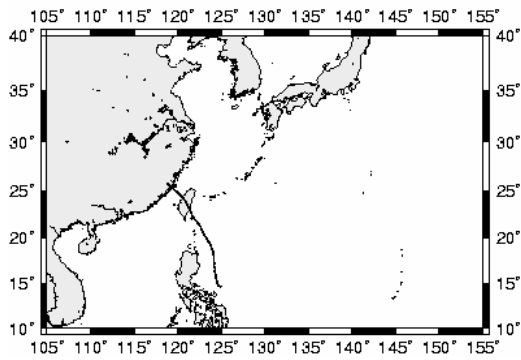
芭比絲 (Babs)



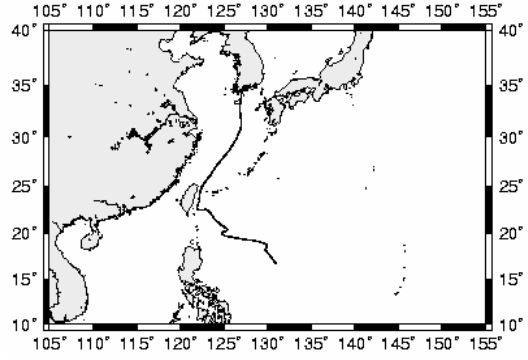
瑞伯 (Zeb)



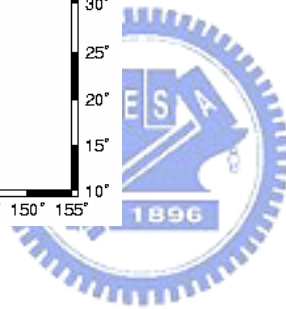
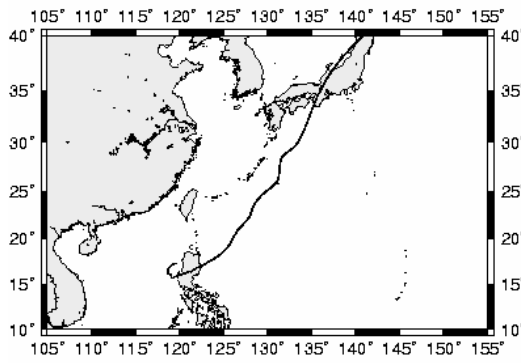
奧托 (Otto)



楊妮 (Yanni)

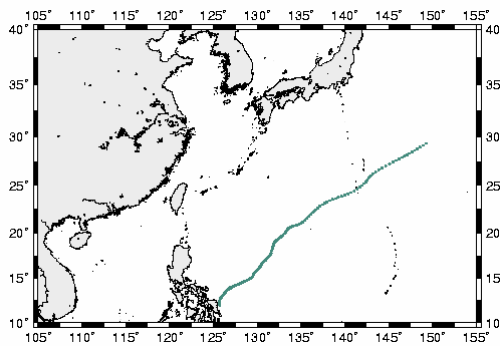


維棋 (Vicki)

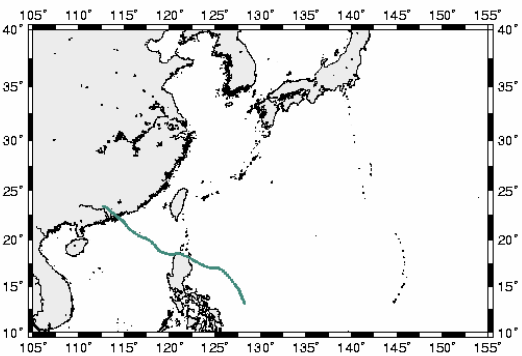


1999 年

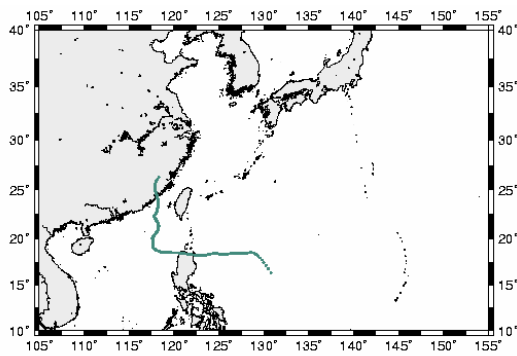
瑪姬 (Maggie)



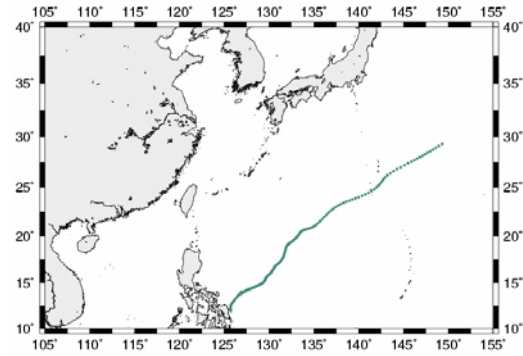
山姆 (Sam)



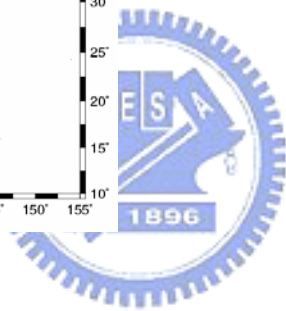
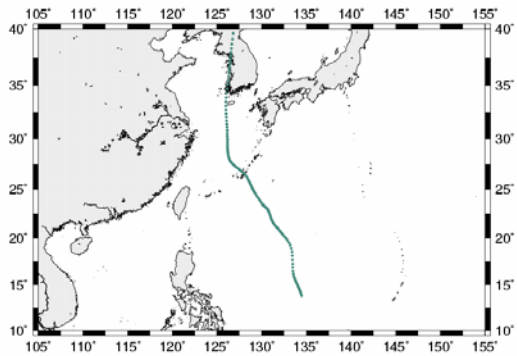
丹恩 (Dan)



凱特 (Kate)

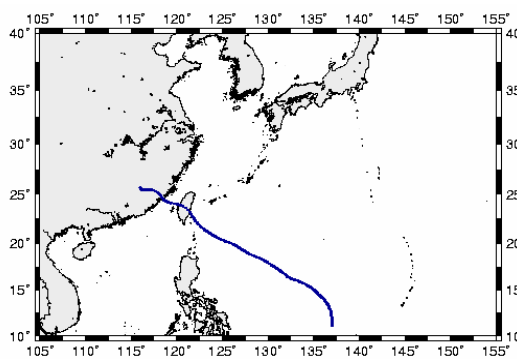


歐佳 (Olga)

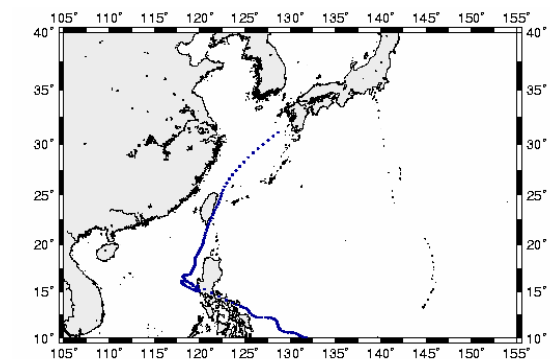


2000 年

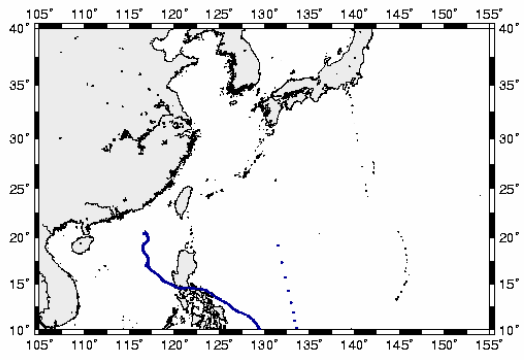
碧利斯 (Bilis)



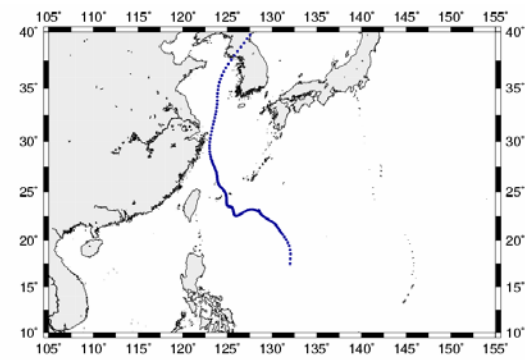
象神 (Xangsane)



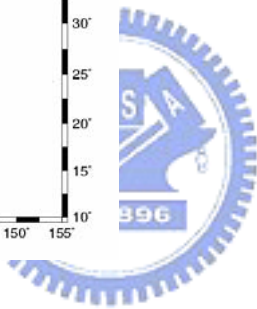
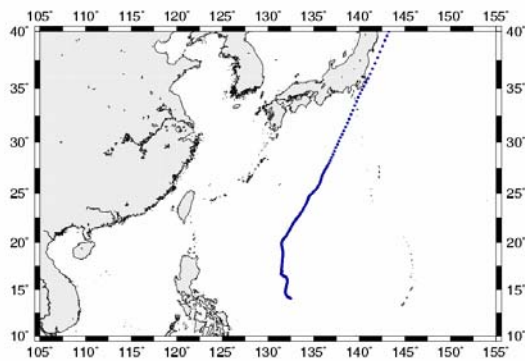
貝碧佳 (Bebinca)



巴比崙 (Prapiroon)

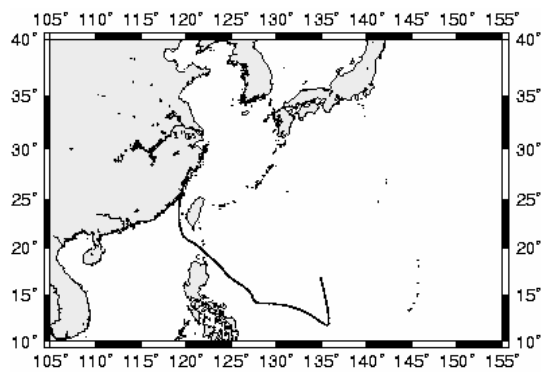


奇洛基 (Kirogi)

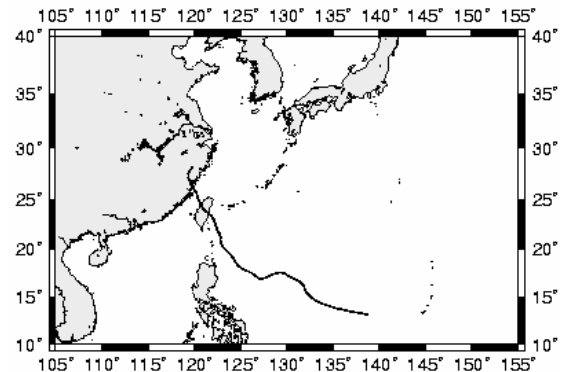


2001 年

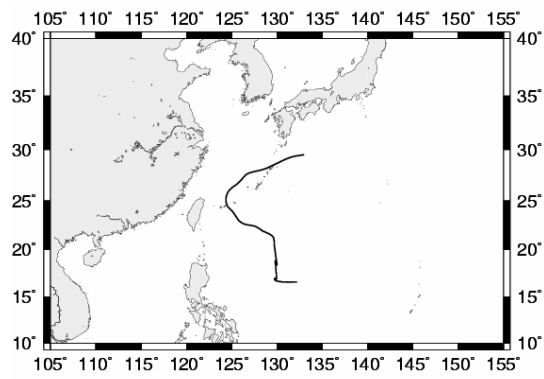
奇比 (Chebi)



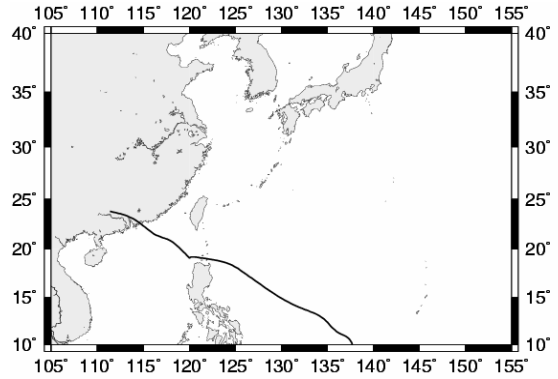
桃芝 (Toraji)



海燕 (Haiyan)

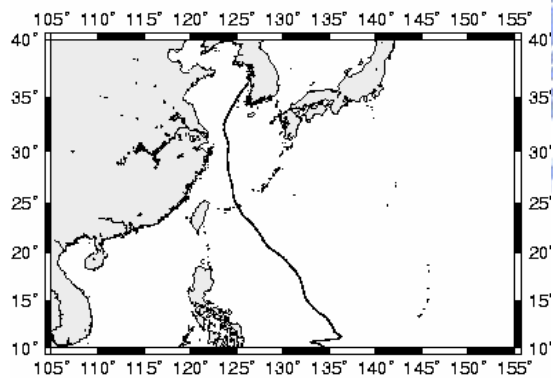


尤特 (Utor)

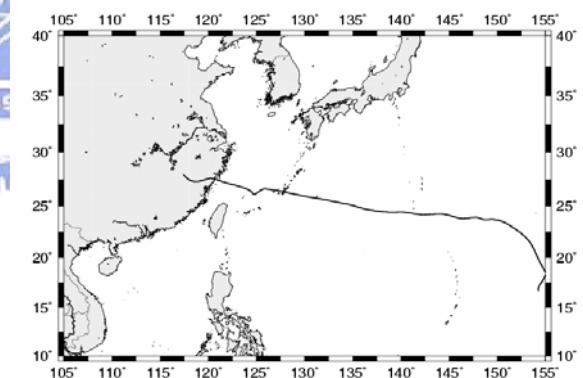


2002 年

雷馬遜 (Rammasun)

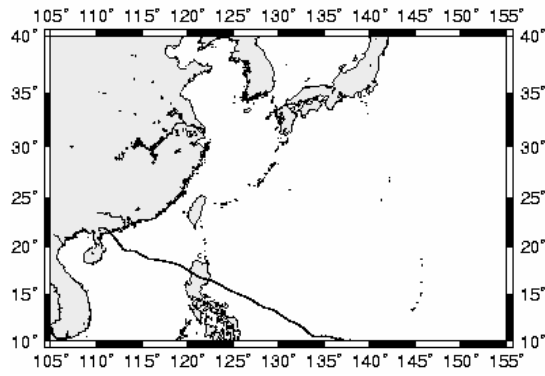


辛樂克 (Sinlake)

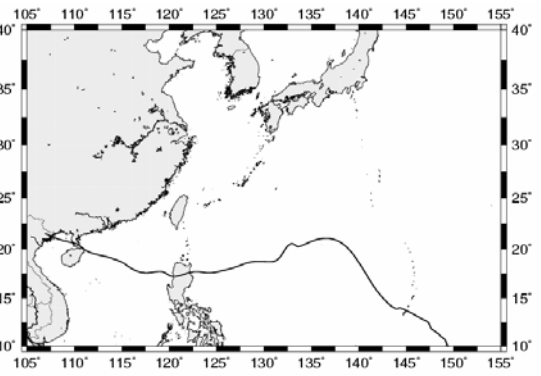


2003 年

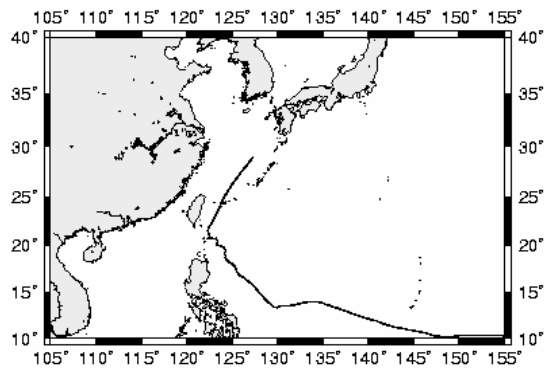
尹步都 (Imbudo)



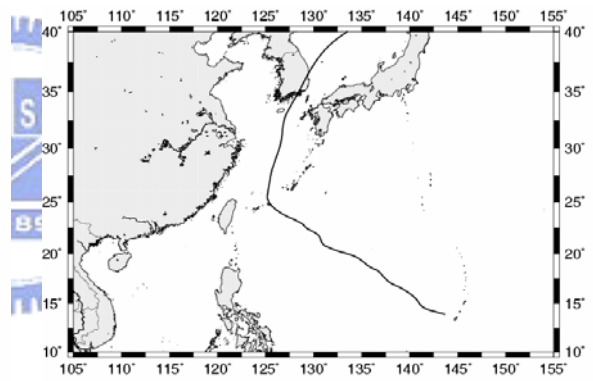
科羅旺 (Krovanh)



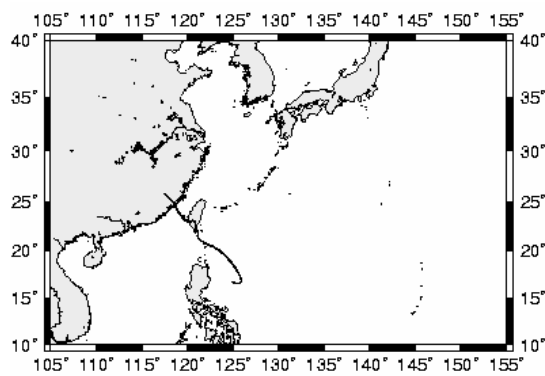
柯吉拉 (Kujira)



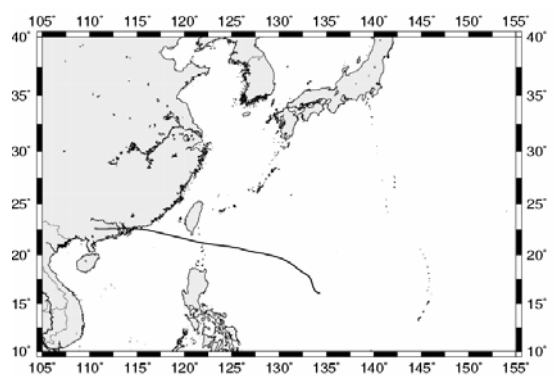
梅米 (Maemi)



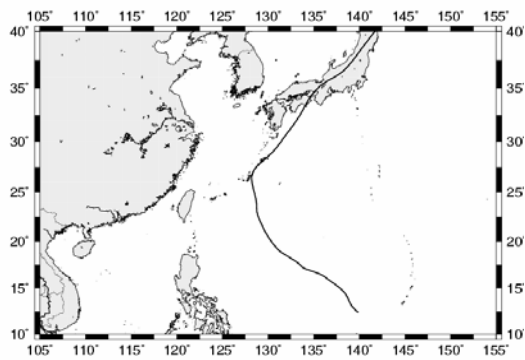
莫拉克 (Morakot)



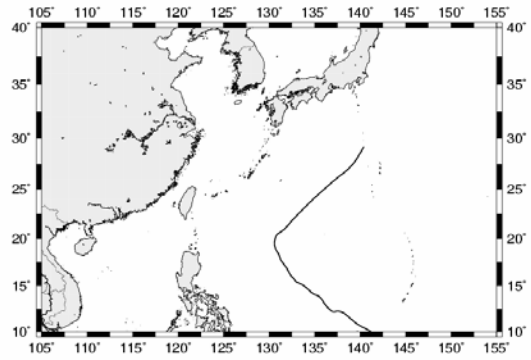
杜鵑 (Dujaun)



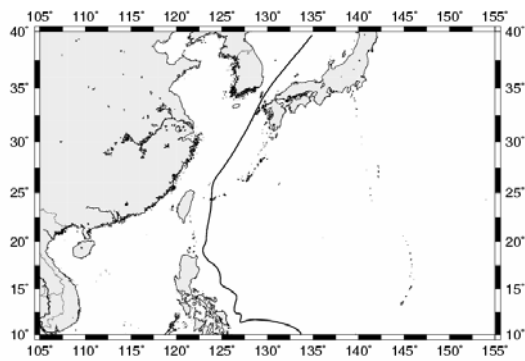
艾陶 (Etau)



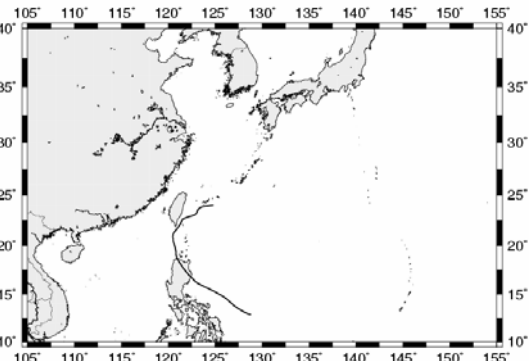
盧比 (Lupit)



蘇迪勒 (Soudelor)



米勒 (Melor)



附錄 3 倒傳遞類神經網路之簡介

倒傳遞神經網路屬於階層式連接型網路，其主要架構可分為三部分。如圖 A-1 所示。

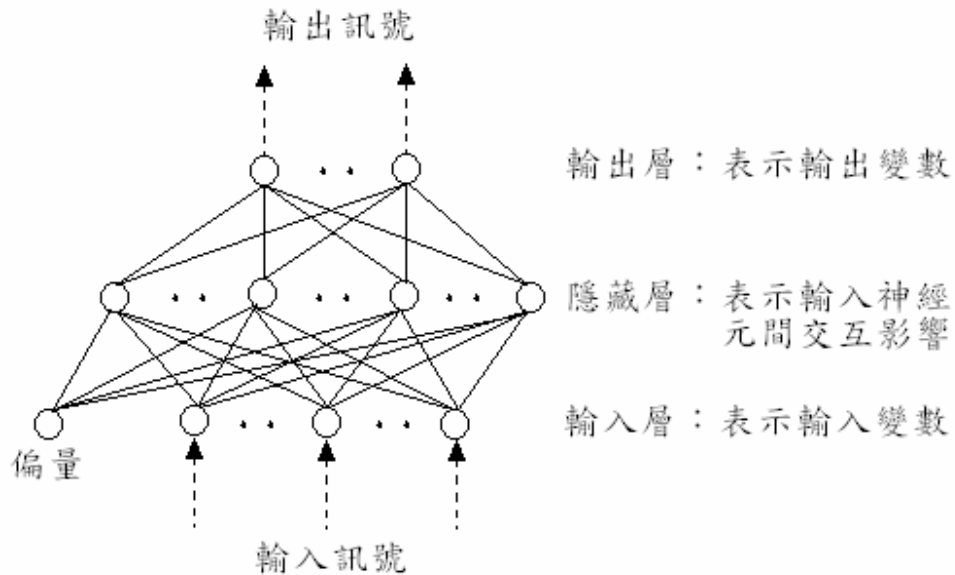


圖 A-1 倒傳遞網路之基本架構

1. 輸入層

主要用以表示網路的輸入變數，其數目的多寡由題目而定，輸入函數多用線性函數所表示。

2. 隱藏層

用以表示輸入單元間交互作用的情況，對於此層的數目並沒有一定的定論，通常需測試後決定，其網路層數可以為零到多層，所使用的轉換函數多為非線性轉換函數，但也可以採

用線性轉換函數。

3. 輸出層

用以表現網路的輸出變數，其處理單元數也是由題目而定，輸出函數多用線性轉換函數。

由於第 n 層所處理的輸入單元值為前一層的輸出單元值所提供的，因此可將網路的計算通式表現如下：

$$Y_j^{(n)} = f(\text{net}_j^{(n)}) = f\left(\sum_i W_{ij} \times Y_j^{(n-1)} - \theta_j\right) \quad (\text{A-1})$$

其中

$Y_j^{(n)}$ ：第 n 層第 j 個處理單元的輸出值

f ：層與層間的轉換函數

W_{ij} ：第 n 層的第 j 個處理單元與第 $(n-1)$ 層第 i 個處理單元間之權重

θ_j ：為第 j 個處理單元的偏權值 (bias)

轉換函數目的在把作用函數之輸出值轉換成為處理單元的輸出值，常用的有下列四種：

(1) 位階臨界轉換函數 (Step Threshold Transfer Function)：

臨界函數的輸出只隨輸入值的正負號所改變，若輸入值為負值，則輸出值為-1，若輸入值為正值，則輸出值為+1。

(2) 線性轉換函數 (Linear Transfer Function) :

函數輸入值與輸出值呈線性關係。

(3) 非線性轉換函數 (Nonlinear Transfer Function) :

函數輸出的最大值與最小值限制在一個特定的範圍內，且輸入輸出的對應關係為非線性的狀態。

(4) 臨界 S 型轉換函數 (Sigmoid Threshold Transfer Function) :

是最常被應用之函數，因為此種函數型態具有可微分且連續等性質，此特質可使網路可以應用到非線性的學習領域中。常用的函數有雙彎曲函數與雙曲線正切函數兩種

$$\text{雙彎曲函數：} \quad f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (\text{A-2})$$

$$\text{正切雙曲線函數：} \quad f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (\text{A-3})$$

倒傳遞類神經網路中的運作模式可以分成兩種：

(1) 學習過程 (Learning) : 網路依學習演算法從範例中學習，

以調整網路連接權數的過程，而學習過程的學習演算法又

可分為：

a. 監督式學習 (Supervised learning network)

從問題中所取得的訓練範例 (同時具有輸入及輸出變數)，在網路中學習輸入與輸出變數間的對映規則，以應用於新的案例。利用此種學習方式之網路有倒傳遞網路與機率神經網路(Probabilistic Neural Network)等。

b. 無監督式學習 (Unsupervised learning network)

從問題中取得只有輸入變數值的訓練範例，讓網路學習範例的內在集群規則，在預測新案例時輸入新的變數值，並推論其屬於原本訓練範例中的哪一個集群。自組織映射圖網路 (Self-Organizing Map)、自適應共振理論網路 (Adaptive Resonance Theory Network) 皆屬之。

c. 聯想式學習 (Associate learning network)

從問題中取得狀態變數值的訓練範例，並學習範例的內在記憶規則，也就是以不完整的狀態變數值，去推論其完整的狀態變數值。霍普菲爾網路 (Hopfield Neural Network)、雙向聯想記憶網路 (Bi-directional Associative Memory) 皆屬之。

(2) 回想過程 (Recalling)：經過學習過程的學習之後，類神經網路會將學習之結果儲存在網路的连接權數中，因此我們將資料輸入網路之後，經過一些數學運算即可獲得輸出的結果。

倒傳遞網路屬監督式學習，而監督式學習的主要目的在於降低網路推論輸出單元與其目標輸出值單元間之差距，一般會採用能量函數 (或稱之為誤差函數) 來表示網路學習的品質，其能量函數 (誤差函數) 的表示如下：

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (T_k - Y_k)^2 \quad (\text{A-4})$$

其中

T_k ：第 k 個輸出單元的目標輸出值

Y_k ：第 k 個輸出單元的推論輸出值

而此一能量函數 (誤差函數) 的最主要目的是在於修正網路上連結的權重 (W_{ij}) 並經由權重的修正再使得能量函數 (E) 達到最小化，即網路的推論輸出值趨近於實際的目標輸出值。其學習過程是透過最陡坡降法的方式使得能量函數 (誤差函數) 趨於最小化。其權重修正值如式 3-6 所示：

$$\Delta W = -\eta \frac{\partial E}{\partial W} \quad (\text{A-5})$$

其中 η ：學習速率 (learning rate)，用來控制當權重在迭代時修正的幅度。

對於其修正的過程在輸出層與隱藏層單元間，及隱藏層與輸入層單元間其權重修正公式有些許的不一樣推導，以下則將各層修正權重及偏權值做一說明。

1. 輸出層處理單元與隱藏層處理單元間之權重修正公式推導：

$$\Delta W_{jk} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{jk}} \quad (\text{A-6})$$

利用連鎖率 (chain rule) 可將式 A-6 等號右半邊改成：

$$\frac{\partial E}{\partial W_{jk}} = -(T_k - Y_k) \times f'(net_k) \times Y_j \quad (\text{A-7})$$

其中

W_{jk} ：輸出層第 k 個處理單元與隱藏層第 j 個處理單元間之權重值

Y_j ：隱藏層第 j 個處理單元輸出值

令 δ_k 定義為輸出層第 k 個輸出處理單元的誤差量：

$$\delta_k = (T_k - Y_k) \times f'(net_k) \quad (\text{A-8})$$

則網路輸出層處理單元與隱藏層處理單元間之權重修正量為：

$$\Delta W_{jk} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{jk}} = \eta \times \delta_k \times Y_j \quad (\text{A-9})$$

同理可證，其輸出單元的偏權值修正量為：

$$\Delta \theta_k = -\eta \frac{\partial E}{\partial \theta_k} = -\eta \delta_k \quad (\text{A-10})$$

其中：

θ_k ：輸出層第 k 個處理單元之偏權值

2. 隱藏層處理單元與輸入層處理單元間之權重修正公式推導：

$$\Delta W_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} \quad (\text{A-11})$$

利用連鎖率 (chain rule) 可將式 A-11 等號右半邊改成：

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = - \left(\sum_k \delta_k \times W_{jk} \right) \times f'(net_j) \times Y_i \quad (\text{A-12})$$

其中：

W_{ij} ：隱藏層第 j 個處理單元與輸入層第 i 個處理單元間之

權重值

Y_i ：輸入層第 i 個處理單元輸出值

令 δ_j 定義為隱藏層第 j 個輸出處理單元的誤差量：

$$\delta_j = \left(\sum_k \delta_k \times W_{jk} \right) \times f'(net_j) \quad (\text{A-13})$$

則網路隱藏層處理單元與輸入層處理單元間之權重修正量為：

$$\Delta W_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \eta \times \delta_j \times Y_i \quad (\text{A-14})$$

同理可證，其輸出單元的偏權值修正量為：

$$\Delta \theta_j = -\eta \frac{\partial E}{\partial \theta_j} = -\eta \delta_j \quad (\text{A-15})$$

其中：

θ_j ：隱藏層第 j 個處理單元之偏權值

由上述結果我們可以得到各層之間權重值的修正量 ΔW 及各偏權值的修正量 $\Delta \theta$ ，但上述並未提到轉換函數的形式，如果轉換函數採用雙彎曲函數（sigmoid function），則轉換函數可以式 A-16 來表示：

$$f'(x) = \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{1 + e^{-x}} \right) = f(x) \times (1 - f(x)) \quad (\text{A-16})$$

又 ΔW_{jk} 及 ΔW_{ij} 可改寫成下列式子：

$$\Delta W_{jk} = \eta (T_k - Y_k) \times Y_k \times (1 - Y_k) \times Y_j \quad (\text{A-17})$$

及

$$\Delta W_{ij} = \eta \left(\sum_k \delta_k \times W_{jk} \right) \times Y_j \times (1 - Y_j) \times Y_i \quad (\text{A-18})$$

以上的學習過程通常一次一個訓練範例，一直到所有的訓練範

例都完成了訓練過程，這樣稱為一個學習循環（learning cycle）。通常網路訓練需要多個循環才會達到收斂的效果。

在本研究中，為了節省網路訓練的時間，因此採用批次學習（batch learning）法則，就是將訓練範例的誤差修正量一直累積到一個學習循環結束後才進行誤差修正量的更新動作。

