

台灣地區SCAN即時預報系統之 對流胞路徑誤差統計分析

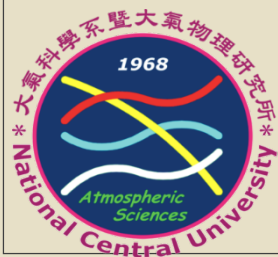
鍾高陞¹ 柯靜吟¹ 鄒益豪

² 林秉煜 ² 陳新淦 ² 劉宇其 ² 賈愛玫

¹ 國立中央大學大氣物理所

² 中央氣象局 預報中心

108年天氣分析研討會，台北，南港展覽館



大綱

1. 簡介與研究動機
2. 研究方法
3. 統計結果分析
4. 結論

1. 簡介與動機

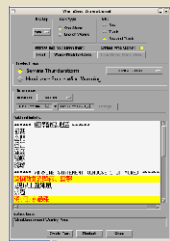
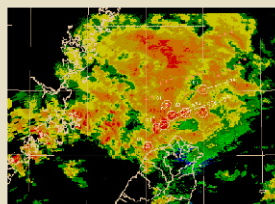
現行災害型天氣訊息發布分類

- 低溫特報
- 陸上強風特報
- 濃霧特報
- 大雨特報
- 即時天氣訊息
- 大雷雨即時訊息

大雨特報：1小時 $\geq 40\text{mm}$ 或 24小時 $\geq 80\text{mm}$
 豪雨特報：3小時 $\geq 100\text{mm}$ 或 24小時 $\geq 200\text{mm}$
 大豪雨特報：24小時 $\geq 350\text{mm}$
 超大豪雨特報：24小時 $\geq 500\text{mm}$

1. 未達特報標準但可能致災者
2. 預報預期外需補充提醒者
3. 高溫、冰雹

致災性大雷雨即時訊息



觀測資料傳輸
(10分鐘)

追蹤對流發展
(12分鐘)

WarnGen 作業
(5分鐘)

產品傳輸流程
(7分鐘)

實際發生

開始追蹤

SCAN

決定發布

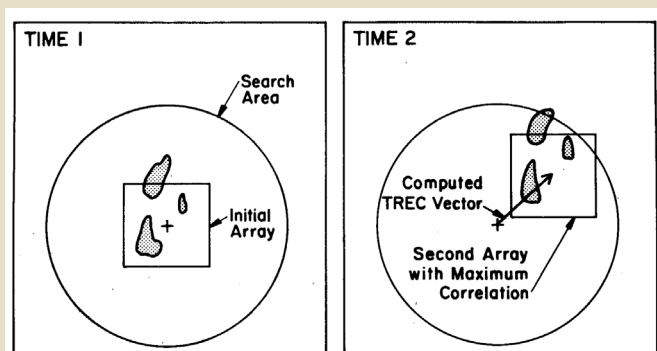
審核

上網

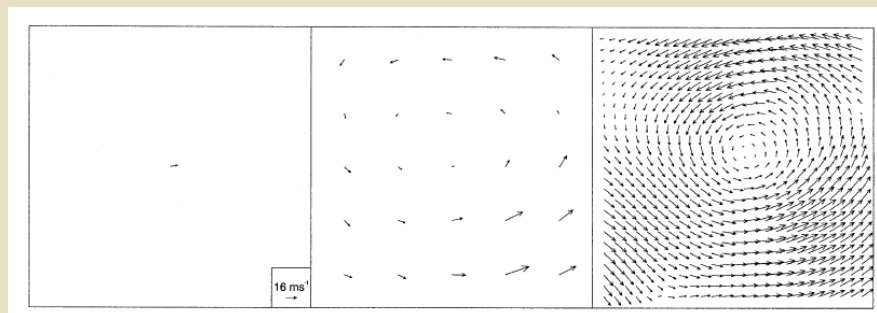
國際間所使用之預報與預警系統

— 第一類：雷達區域預報系統

(全面性、預報時間長)



TREC法，使用相關係數進行路徑追蹤預報
(Tuttle and Foote 1990)



VET法，MAPLE使用移動向量場追蹤預報
(Germann and Zawadzki 2002)

系統	全名	使用國家	追蹤方法與描述	參考文獻
MAPLE	McGill Algorithm for Precipitation Nowcasting Using Semi-Lagrangian Extrapolation	加拿大	使用變分回波追蹤法(Variational Echo Tracking, VET)，計算觀測回波的移動場資訊，再由半拉格朗日後推平流法(semi-Lagrangian backward advection)進行降水系統的預報	Germann and Zawadzki (2002)
KONOS	KOrea NOwcasting System	韓國	以MAPLE為基礎的短期預報系統，包含地形加強與消散作用。預報項目為雷達回波轉換後的降雨率。	Jin et al. (2011)
VSRF	Very-short-range Forecasting of Precipitation	日本	相關係數演算法，預報與分析降雨系統，將雷達觀測的回波與地面觀測結合轉換為降雨率，再結合中尺度數值模式得到預報的降雨分布。	
STEPS	Short-Term Ensemble Prediction System	澳洲	利用傅立葉轉換將降水系統(雷達回波)依照不同空間尺度進行分解後進行外延預報(Spectral Prognosis, S-PROG)，並和降尺度NWP預報結合進行系集的降水機率預報	
SWIRLS	Short-range Warning of Intense Rainstorms in Localized Systems	香港	MOVA演算法(Multi-scale Optical flow by Variational Analysis)，網格回波移動場追蹤對流。TREC演算法。系統整合閃電偵測與預報系統。	

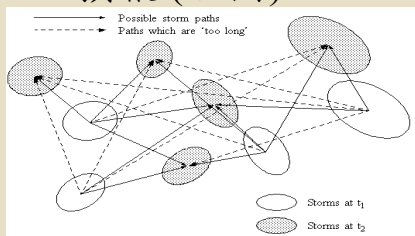
國際間所使用之預報與預警系統

— 第二類：雷達目標追蹤預報系統

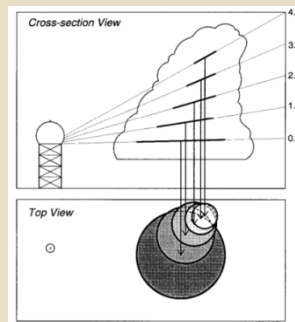
(針對性，適用小區域劇烈天氣預警)

- **SCIT演算法**: the operational Warning Decision Support System-Integrated Information (WDSS, Eilts et al. 1996) → **SCAN系統之核心，SCIT演算法追蹤對流胞**
- **TITAN演算法**: Thunderstorm Information Initiation, Tracking, Analysis, and Nowcasting (TITAN, Dixon and Wiener 1993)
- **FAST**: Fuzzy logic Algorithm for Storm Tracking (Jung and Lee 2015)
[TITAN based]
- **CONO** 演算法: CONvection Nowcasting Objects 在網格座標追蹤對流胞, 線性外延

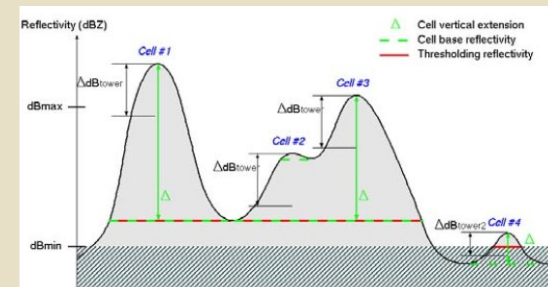
預報 (法國)



TITAN系統對流胞路徑追蹤(卡氏座標)
Dixon and Wiener 1993



SCIT對流胞追蹤(雷達觀測PPI)
Johnson et al. 1998



CONO追蹤法(卡式座標)
Brovelli et al.(2005), Morel (2002)

SCAN – The System for Convection Analysis and Nowcasting

主要以 都卜勒雷達觀測，配合其他相關資訊(如探空、地面觀測、數值模擬)，整合發展出對流監測平台，稱為SCAN (the System for Convection Analysis and Nowcasting)，來 監測劇烈天氣的發展，進而對外發布危險天氣預警。

Level 2 Radar Data

各仰角、各時間的
雷達資料



Radar Product Generator

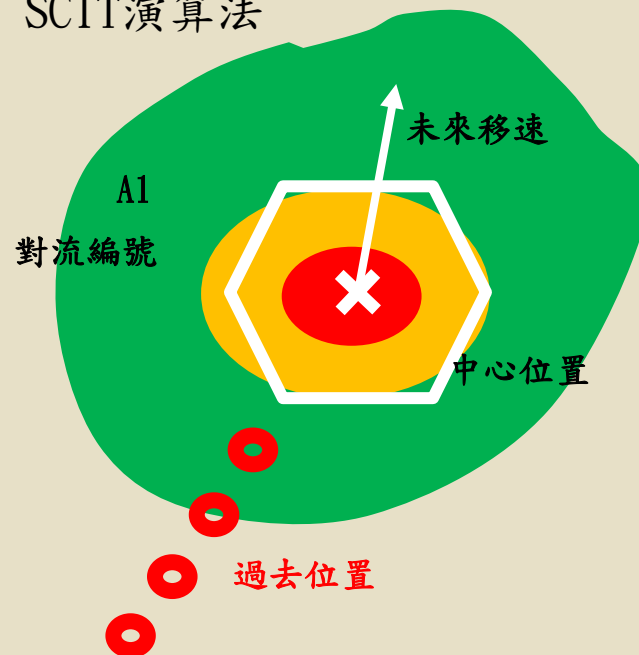
Level 3 Data

整合回波
對流位置、移速
QPF...etc



SCAN

SCIT演算法



SCAN (cells table)

對流

RCWF CELL Table																							
File: working		Configurations		Rank: default		Attributes		Link to Frame		CWA Filter		Unwarned		Vert		Tips		Wed Aug 2 05:10 2017					
ident	azm	rng	tvS	mdaSR	posh	poh	hSize	vil	dbz	dbzHt	top	dir	spd	polh	svrwx	hvyPr	pPos	cgRate	totRate	cape	sreh	avgQPF	county
D0	119	153	NONE	NONE	0	0	0.00	8	46	3.05	5.61	-1	-1	0	8	N/A	0	0.0	0.0	N/A	N/A	0.0	N/A
C0	236	50	NONE	NONE	0	0	0.00	6	48	0.7	4.02	156	4	0	4	N/A	0	0.0	0.0	N/A	N/A	0.0	復興區
B0	238	74	NONE	NONE	0	0	0.00	4	47	1.1	2.35	158	6	0	4	N/A	0	0.0	0.0	N/A	N/A	1.0	橫山鄉

對流編號 方位角 距離

龍捲風中尺度
渦旋 訊號 強度

冰雹 冰雹 液態 最大 最大
機率 尺寸 水含 回波 回波
量 量 量 高度 高度

移速 移向 嚴重冰雹機率

劇烈天氣發生機率 強降雨發生機率

對地閃電 正電比例

總閃電

對流風暴可用螺旋位能度

縣市

風場

File: working																	Configurations		Rank: default		Attributes		Vert		Tips		Thu May 5 17:21 2005					
strmID	ident	azm	rng	mdaSR	llvr	llgtg	base	depth	relDep	maxVr	htMxVr	tvS	dir	spd	msi	county																
M0	384	276	102	10	47	79	13	31	61	13	47	N	249	42	4437	W/V TUCKER																
H0	385	162	45	7 L	35	39	4	40	29	8	49	N	243	27	4570	VA KINGGEOP																
G0	539	193	63	6	36	71	13	19	60	18	44	N	0	0	3435	VA LOUISA																
H0	266	164	48	4 L	25	48	4	10	32	9	35	Y	231	29	3061	VA KINGGEOP																

對流編號 環流編號 方位角 距離 中尺度渦旋強度 底層旋轉風 底層相鄰風速差 渦旋底部 渦旋厚度 渦旋厚度比例 最大旋轉風 最大旋轉風高度 龍捲風渦旋訊號 移向 移速 MSI 縣市

SCAN (WINS) 2018.03.05 Convection line (RCWF 五分山雷達)

Nowcasting Fcst Obsolete Ensembles Maps GIS Help

Auto-Nowcaster(test)

SCAN

FFMP

SAFERAIN 04.1701 RCCG

SAFELAND 04.1701 RCKT

1hr Station Plot(new) 05.0100 RCHL

Shp Station Plot 05.0210 RCMK

Mesonet Station Plot 05.0245 RCKK

Rain Data Plot

Interval Rainfall...

WRF_D_3KM

WRF_D_15KM

STMAS 2D 2P5KM

STMAS_WRF_GFS_9KM

STMAS_WRF_GFS_3KM

STMAS_WRF_M04_9KM

GT ANA

RCWF

SCAN: RCWF

Storm Cells / Site Storm Threat 05.0239

Storm DMD Icons & Table 05.0239

QPF from RCWF

SCAN CWA Threat Index 05.0239

Hail Diagnostic Grids from RCWF

Precipitation Rate (mm/hr) 05.0239

Volume Satellite CGM Surface1 Surface2 UpperAir Radar Nowcasting Fcst Obsolete Ensembles Maps GIS Help

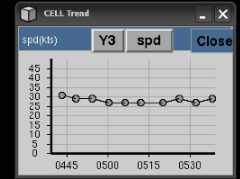
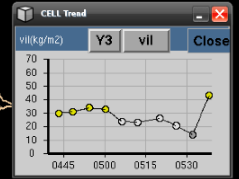
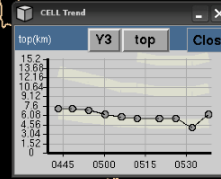
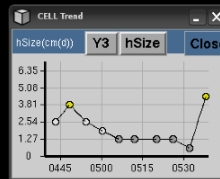
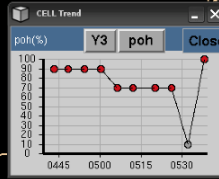
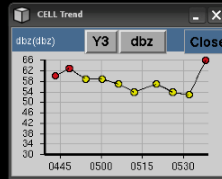
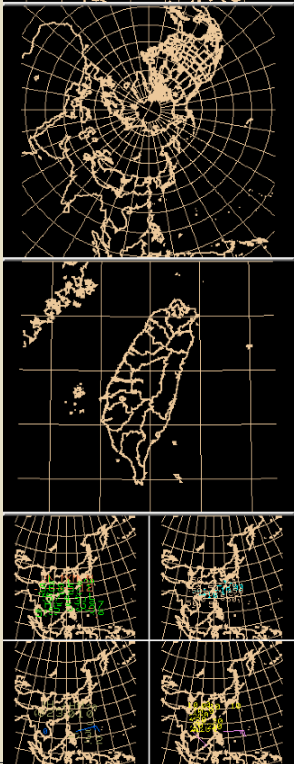
Frames: 12 Mag: 1 Density: 1

Cells table

RCWF CELL Table

File: working Configurations Rank: vil Attributes Link to Frame CWA Filter Unwarned Vi Tips Mar 5 05:38 2018

ident	azm	rng	tsv	mdaSt	posh	poh	hSize	vil	dbz	dbzH	top	dir	spd	polh	svrw	nvyp	pPosgRat	otRat	cape	sreh	count	
Y3	161	53	NONE	NONE	100	100	4.45	43	66	4.6	6.28	266	29	4	21	31	13	1.4	1.5	N/A	N/A	N/A
B7	237	64	NONE	2	40	60	1.27	22	56	4.3	6.74	268	14	4	21	21	20	1.7	2.4	N/A	N/A	開路機
A8	178	55	NONE	2	30	70	1.27	19	57	2.6	6.13	-1	-1	0	12	31	67	0.5	0.7	N/A	N/A	飛渡機
Z8	88	205	NONE	3	30	70	1.27	17	50	4.8	8.47	-1	-1	0	8	10	0	0.0	0.0	N/A	N/A	N/A
E6	78	133	NONE	NONE	0	60	0.63	16	43	4.75	3.58	35	0	0	10	0	0	0.0	0.0	N/A	N/A	N/A
Y3	161	53	NONE	NONE	100	100	4.45	43	66	4.6	6.28	266	29	4	21	31	13	1.4	1.5	N/A	N/A	XXXXX

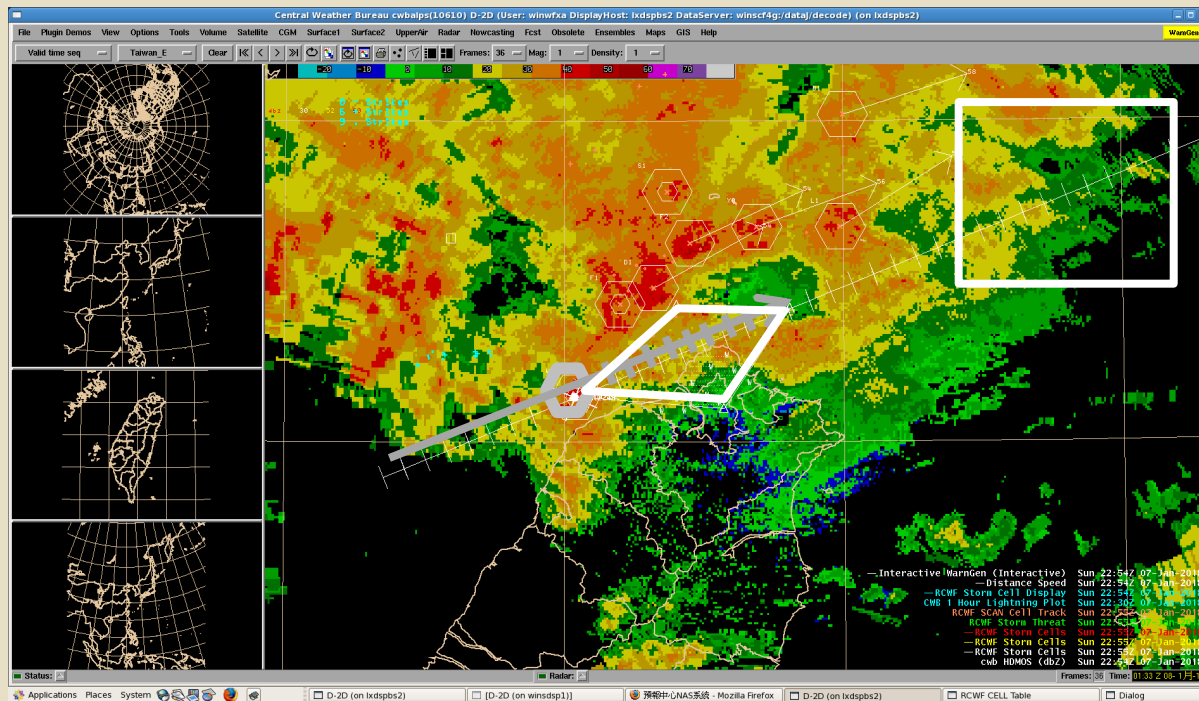


Time serious

RCWF Storm Cell Display Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF SCAN Cell Track Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Storm Threat Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Storm Cells Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Storm Cells Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Storm Cells Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Storm Cells Mon 05:38Z 05-Mar-2018
 RCWF Composite Ref1 (dBZ) 4bit Mon 05:38Z 05-Mar-2018

大雷雨即時訊息發布程式

- 估計影響區域 [目前以人為經驗進行操作] ← 透過路徑誤差改善



WarnGen: Operational

Backup: cwb

Track type: One Storm, Line of Storms

Edit: Box, Track, Box and Track

Redraw Box on Screen from: Warned Area Visible:

Track: Warned/Hatched Area, Dam Break Threat Area

Product type: Severe Thunderstorm, Hurricane Force Wind Warning

Time range: Duration: 60 min

01:33 08-1月 to 02:33 08-1月

Optional bullets:

- ***** 選擇離島地區 *****
- 澎湖
- 金門
- 連江
- 綠島
- 蘭嶼
- 琉球
- ***** WARNING STATEMENT (CHOOSE 1 OR MORE) *****
- 請慎防劇烈降雨、雷擊
- 9級以上強陣風
- 冰雹
- 溪(河)水暴漲

Instructions: Adjust box around Warning Area

Create Text Restart Close

SCAN系統在臺灣地區追蹤對流胞以及路徑預報之掌握，尚未針對區域特性，如緯度之不同、複雜地形以及天氣型態，進行評估。

→ 修正此預警監測系統達到最佳化設定

2. 研究方法

- SCAN對流胞資料
 - ✓ 時間：2017年5月～8月
 - ✓ 雷達：RCWF五分山雷達(北部)、RCCG七股雷達(南部)
- 方均根誤差(RMSE)計算空間上預報和觀測對流胞移動路徑的差異量，以了解整體預報的誤差程度，公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F - O)^2}{N}}$$

- 偏差量(BIAS)計算對流胞預報後，在經向與緯向的偏差量，比對對流胞本身的移動方向和速度，試著了解預報和實際對流胞路徑的偏差量值，公式如下：

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (F - O)}{N}$$

氣象局SCAN系統與還原歷史資料

SCAN系統即時顯示表

(2018.08.24, RCCG)

The screenshot shows the 'RCCG CELL Table' window. On the left is a list of attributes with checkboxes, including 'ident', 'azm', 'rng', 'tvs', 'mdaSR', 'posh', 'poh', 'hSize', 'vil', 'dbz', 'dbzHt', 'top', 'dir', 'spd', 'azm15', 'rng15', 'azm30', 'rng30', 'azm45', 'rng45', 'azm60', 'rng60', 'mvtErr', 'mvtMn', 'lat', 'lon', 'polh', 'svrwx', 'hvyPr', 'pPos', 'cgRate', 'totRate', 'cape', 'sreh', and 'county'. The main table displays data for these attributes across several columns (G3, U3, Q0, R0, V3). The 'dir' row is highlighted with a blue box, and the 'spd' row is highlighted with a red box. The 'lat' and 'lon' rows are also highlighted with red boxes.

歷史還原資料表

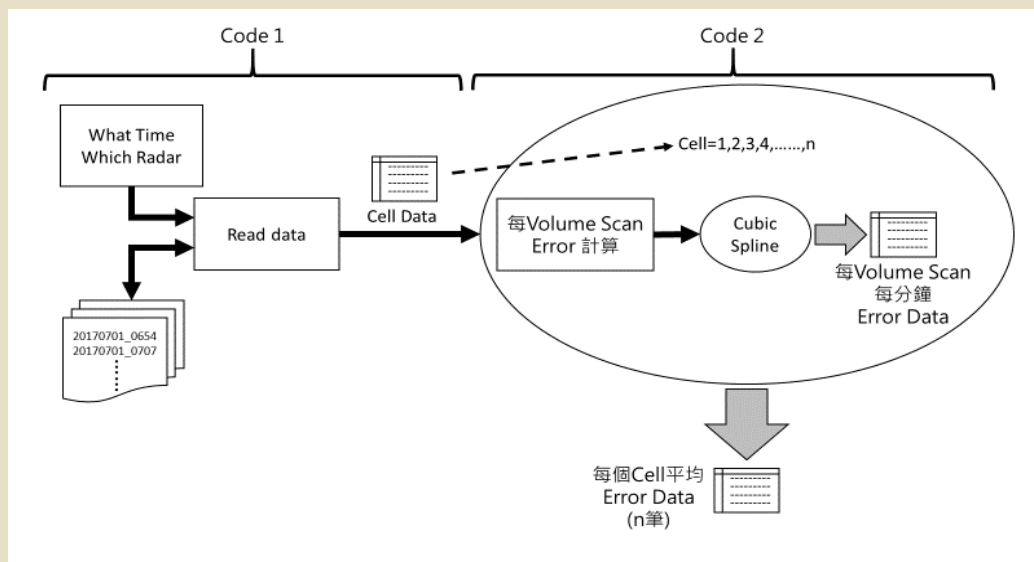
Attribute	Definition	Units
1532671560	time	Time (secs since 1970/01/01 00:00:00)
RCWF	site	Site
B0	ident	Storm Cell ID
197	azm	Current Azimuthal Position
14	rng	Current Radial Position
1	rank	Storm cell Rank
NONE	Tvs	TVS Characteristics
NONE	mdaSR	Mesocyclone Strength Rank
40	Posh	Probability of Sever Hail
80	Poh	Probability of Hail
0.50	hsize	Maximum Expected Hail Size
24	vil	Cell-Base VIL
55	dBZ	Maximum Reflectivity
9.7	dBZHt	Height of Maximum Reflectivity
>30.8	top	Storm Top
223	dir	Forecast Movement, Direction
6	spd	Forecast Movement, Speed
-999	azm15	Forecast Azimuthal Position (15min)
-999	rng15	Forecast Radial Position (15min)
-999	azm30	Forecast Azimuthal Position (30min)
-999	rng30	Forecast Radial Position (30min)
-999	azm45	Forecast Azimuthal Position (45min)
-999	rng45	Forecast Radial Position (45min)
-999	azm60	Forecast Azimuthal Position (60min)
-999	rng60	Forecast Radial Position (60min)
-999	mvtErr	Forecast Movement Error, Error
-999	mvtMn	Forecast Movement Error, Mean
24.85	lat	Latitude
121.70	lon	Longitude
4	polh	Probability of Large Hail
21	svrwx	Probability of Sever Weather
40	hvyPr	Probability of Heavy Precipitation
9	pPos	Percent Positive Lightning Strikes
5.6	cgRate	Cloud-to-Ground Lightning Rate
6.0	totRate	
221	vcp	Volume Coverage Pattern
-999.9	cape	Storm CAPE
-999.9	sreh	Storm Relative Helicity
TWCF10,TW	county	County Location

SCIT對流胞預報檢驗方式

(1) 程式流程

Code 1：篩選對流胞資料

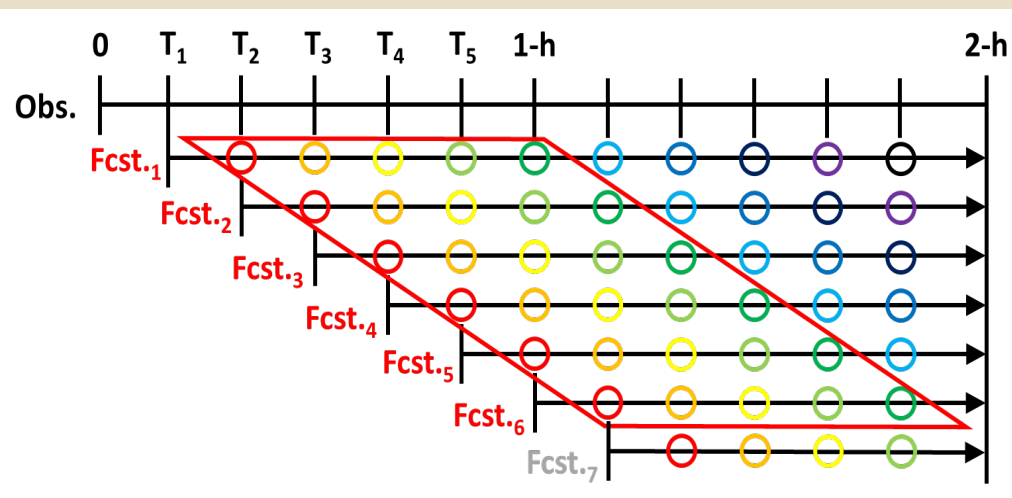
Code 2：計算誤差、內插



(2) 篩選門檻

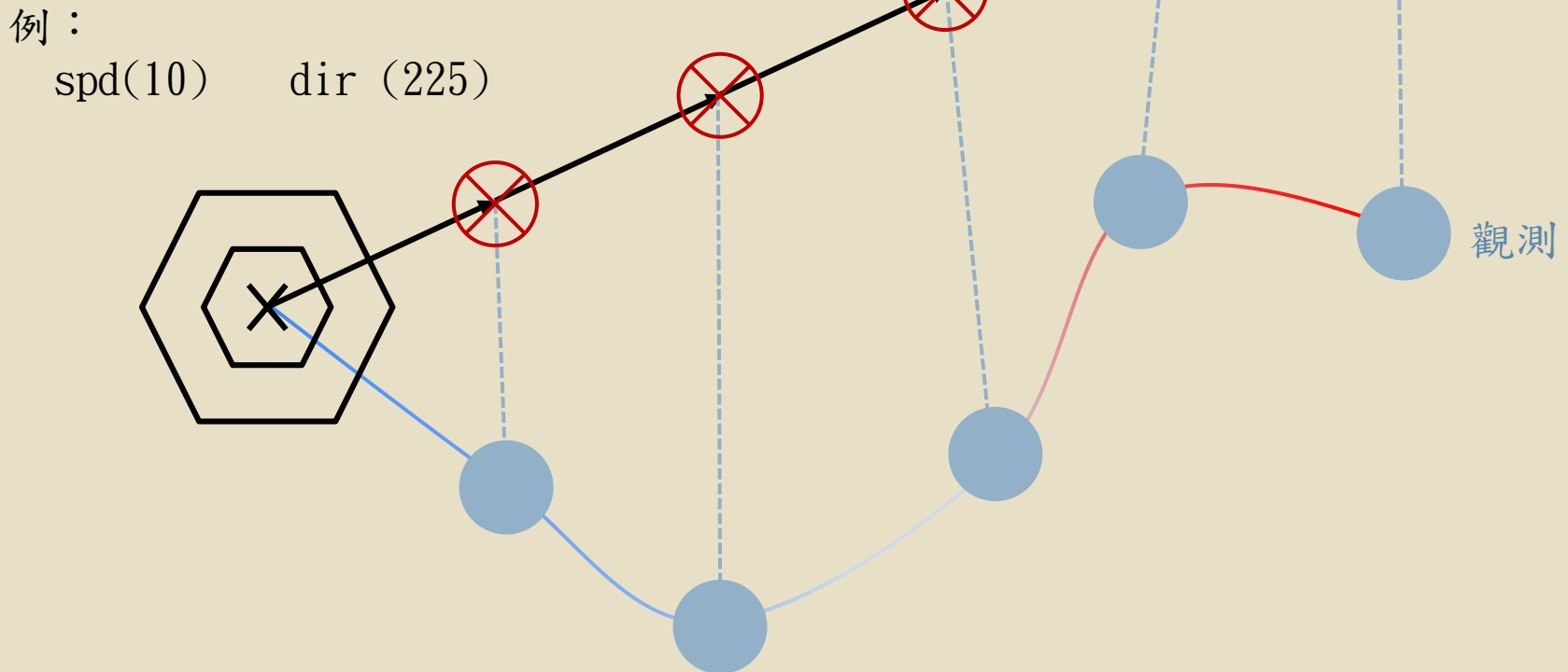
生命週期至少 2 小時

→ 可預報 0-1 小時



研究方法與資料-路徑預報

簡單的線性外推法，將對流胞當時紀錄的移動速度和方向，直接乘上兩筆雷達觀測之時間差，進行外延的動作



* 註：移動方向為箭頭來向

3. 統計結果分析

分析時間: 2017年5~8月份

生命週期超過 2 小時: 305個對流胞

預報 0-1 小時的次數: 5219次

- 整體統計分析[分為夏季、南北區域和月份探討]

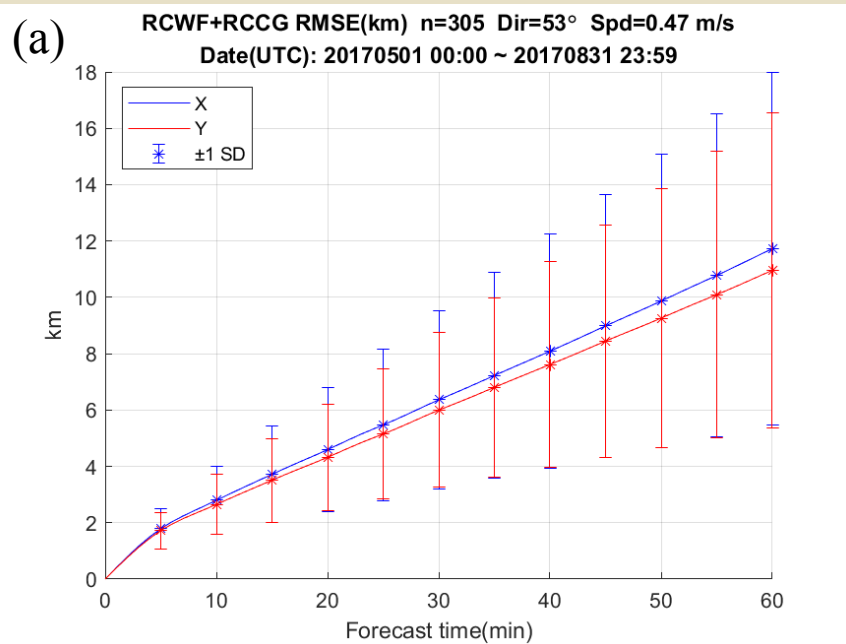
1. 整個夏季(5-8月, 整體綜合)
2. 南北區域(五分山、七股雷達分別討論)

- 針對10個強對流胞個案(**> 40dBZ**)初步分析

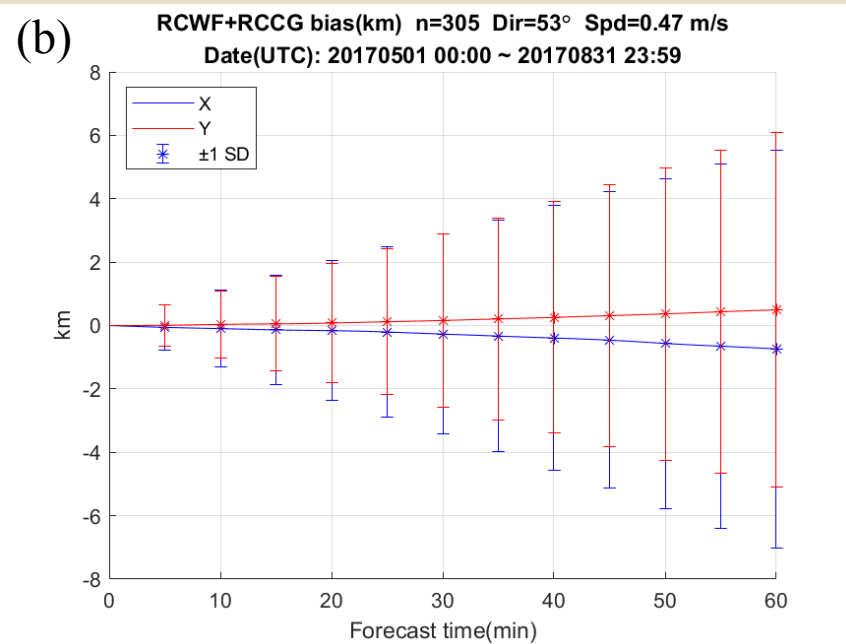
1. 鋒面
2. 午後熱對流
3. 颱風

統計結果-綜合分析

RMSE



BIAS

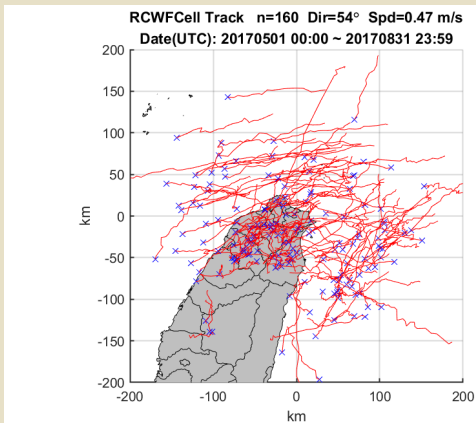


- 台灣夏季，一個小時預報外延誤差約為10公里，對流胞東-西方向誤差和標準差都略大於南-北方向，而一個標準差範圍約在5~8公里

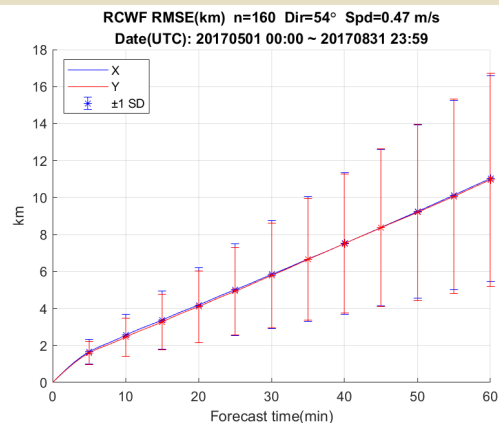
- 平均對流胞移動方向為西南往東北移動，速度約為8 m/s，預報偏差量以南北向為正偏差(預報位置偏北)，東西向為負偏差(預報位置偏西)

統計結果 – 南北區域分析

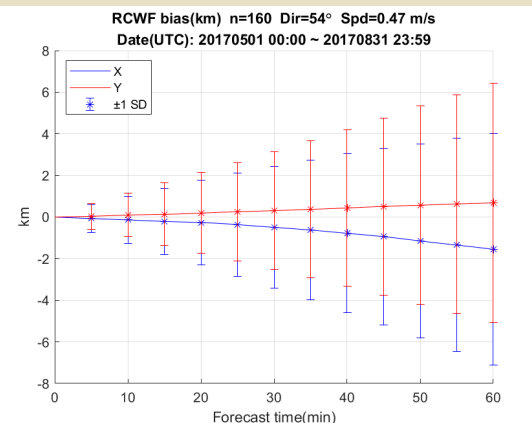
RCWF Track



RMSE

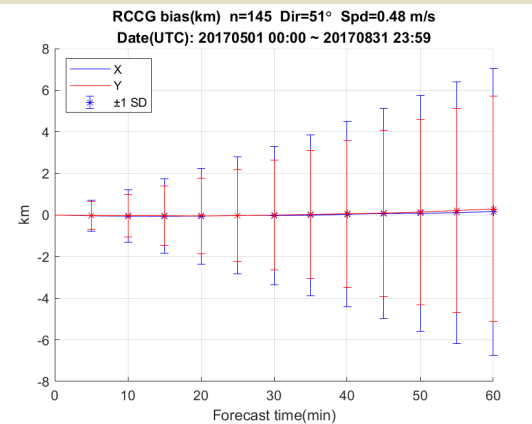
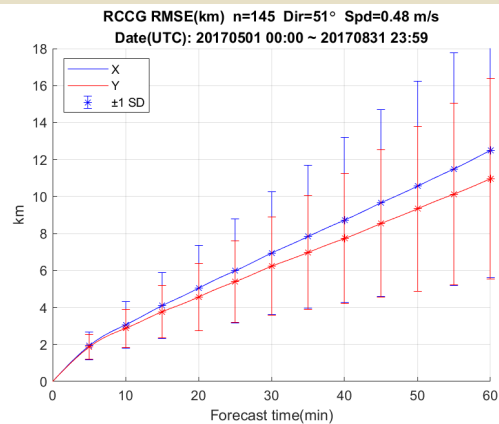
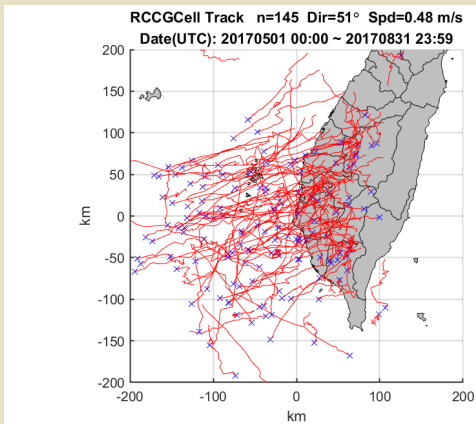


BIAS



- 東西向和南北向誤差(RMSE)和標準差接近，
- 偏差量(BIAS)的表現在南北向為正偏差(預報偏北)，東西向有較大的負偏差(預報偏西)。

RCCG



- 在東西向之誤差(RMSE)和標準差大於南北向，略高於整體平均值。
- 偏差量不明顯。

統計結果—南北區域 v.s. 月份分析

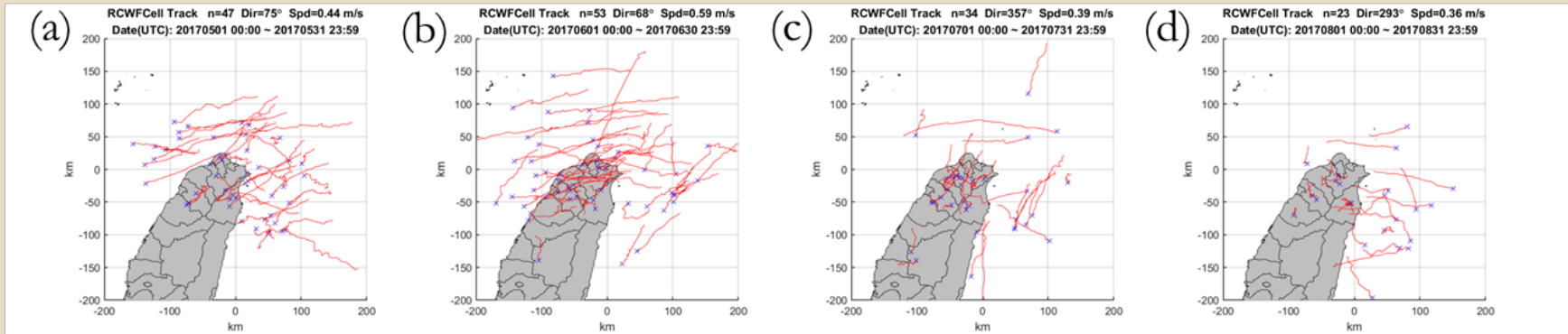
觀測路徑追蹤

RCWF 5月

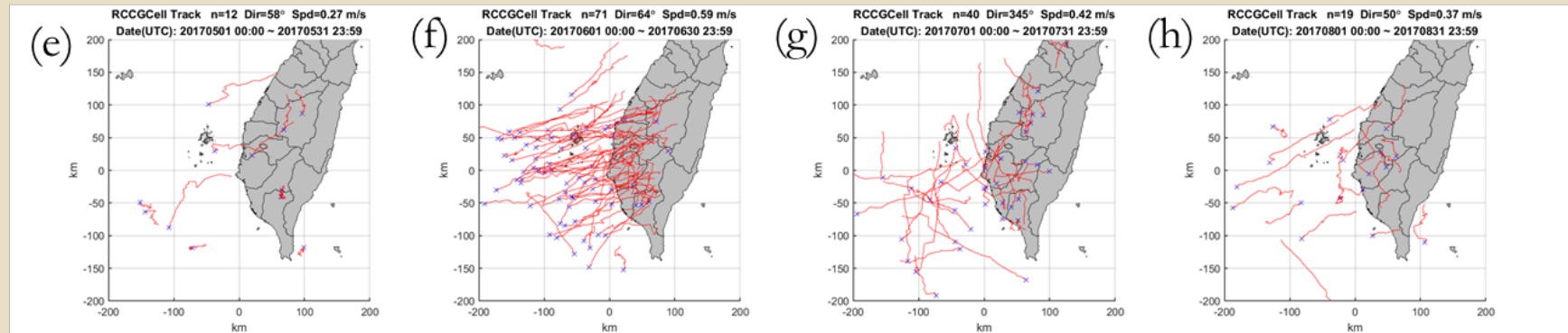
6月

7月

8月



RCCG



- 北部對流胞數量明顯比南部多，移動方向主要為西南往東北移動。
- 對流胞數量最多，由西南往東北移動，且南部多由海上往陸地移動
- 對流胞數量較少，改由東南往西北移動，整體對流胞移動方向比較不一致
- 對流胞數量最少，北：由東南東往西北西移動，而南：由西南往東北移動。

統計結果- 南北區域 v.s. 月份分析

RMSE

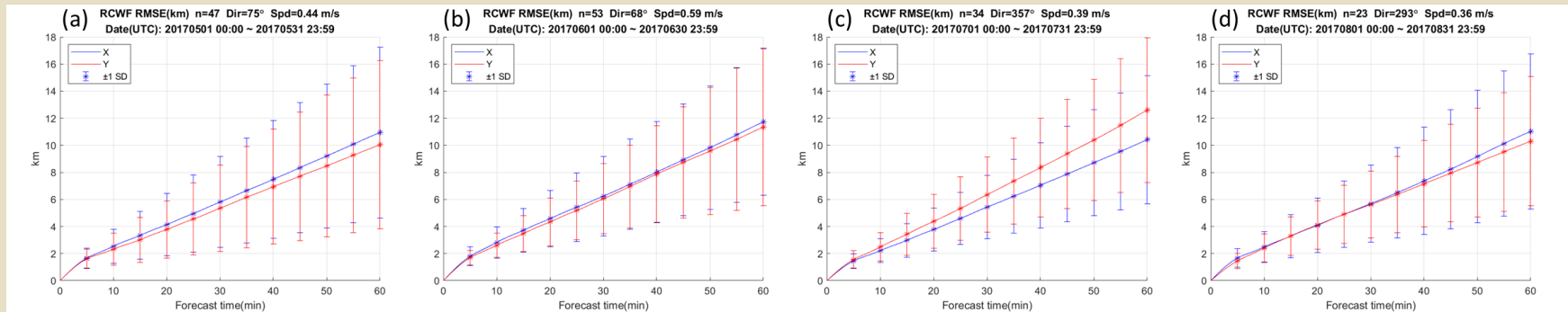
RCWF

5月

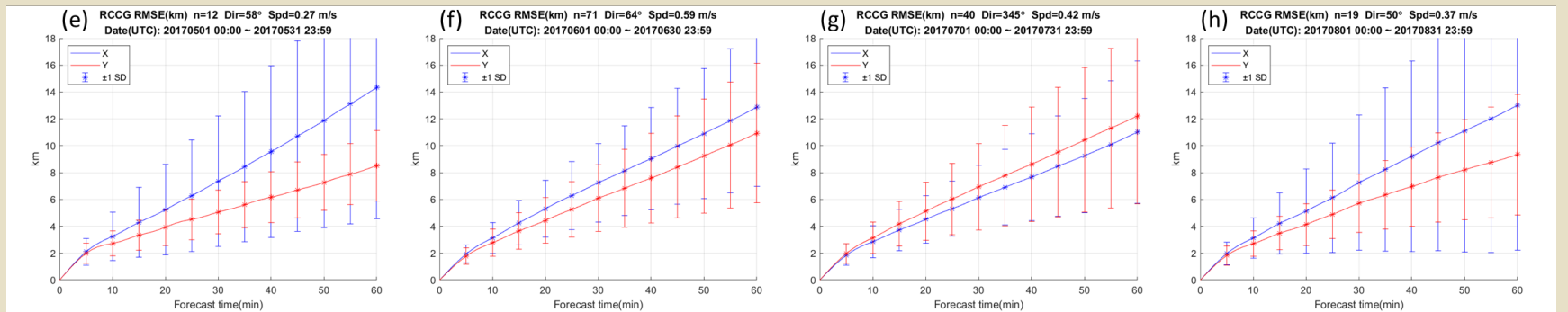
6月

7月

8月



RCCG



- 比較東西向與南北向誤差(RMSE)
北部在每個月份都差異不大，
整體而言，南部路徑誤差都比北部大。

- 7月比較特別
誤差(RMSE)：南北向誤差大

統計結果—南北區域 v.s. 月份分析

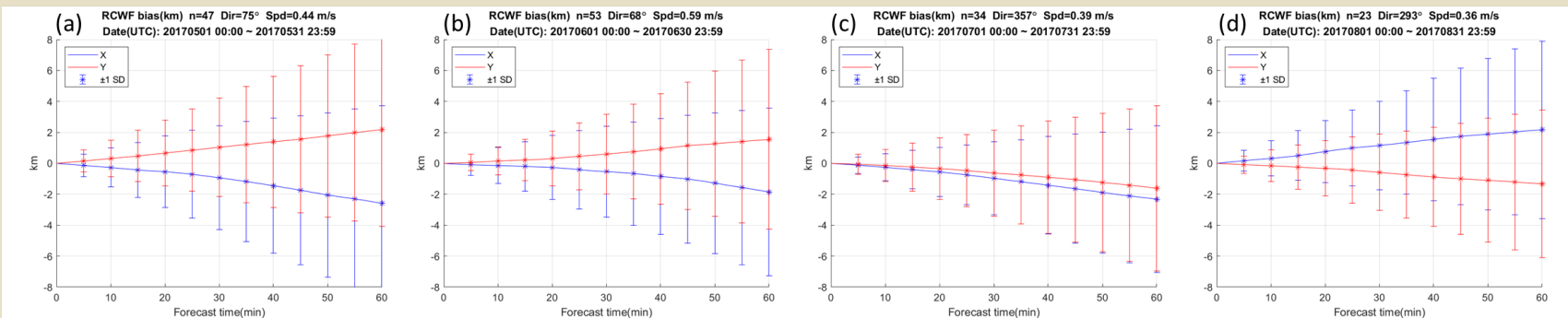
BIAS

RCWF 5月

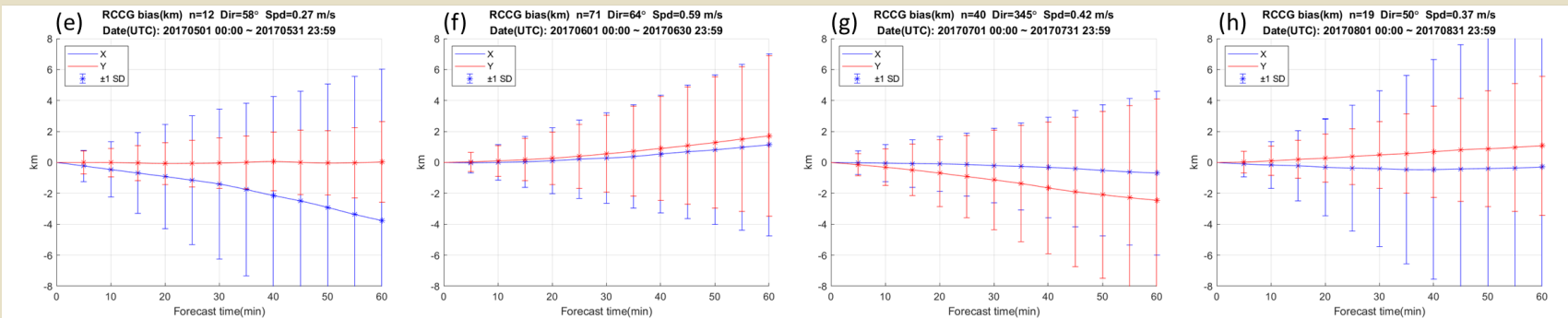
6月

7月

8月

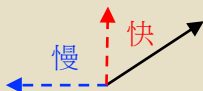


RCCG



- 5月和6月

參考對流胞的移動方向由西南往東北
北部的東西向為負偏差(預報偏慢)
南北向為正偏差(預報偏快),



- 6月份南部較多海上對流胞的個案
偏差(BIAS)都是正值, 代表預報偏快。

- 7月在對流胞方向改變, 偏差都變為負值
→ 代表預報速度東西向(偏快), 南北向(偏慢)。
北部: 東西向偏差量大,
南部: 南北向偏差量大。

- 8月

北部東西向正偏差(預報偏慢)
南北向負偏差(預報偏慢),
南部東西向負偏差(預報偏慢),
南北向正偏差(預報偏快)。

4. 結論

- 本研究使用短期預報預警系統SCAN，取出SCIT追蹤對流胞演算法，對於臺灣2017年夏季的對流胞進行預報路徑誤差(RMSE, BIAS)的統計分析。
- 研究蒐集長生命週期超過兩小時的對流胞，進行一個小時的預報校驗，資料結果顯示
 - 2017年夏季長生命週期的對流胞路徑追蹤預報，我們發現在BIAS上整體特性東西方向預報出現向西的偏差(BIAS)，而南北方向是向北的偏差(BIAS)。在RMSE上整體特性表現，0-1小時預報誤差量約為11公里，東西方向的誤差量比南北方向稍大一點。
 - 若將北部和南部分開統計夏季對流胞特性時，北部在兩個方向的誤差(RMSE)差異不大，而南部是在預報兩個方向，對流胞平均皆為沒有偏差(BIAS)。
 - 從不同月份分析探討南北部差異時，發現對流胞整體移動方向都是由西南往東北走，路徑預報誤差(RMSE)在東西向比較大，6月對流胞最多，7月移動方向最不同，而南部對流胞的平均移動速度相較於北部快一點，除了5月南部因對流胞個數很少，可能造成的統計誤差。

Thank you for your attention

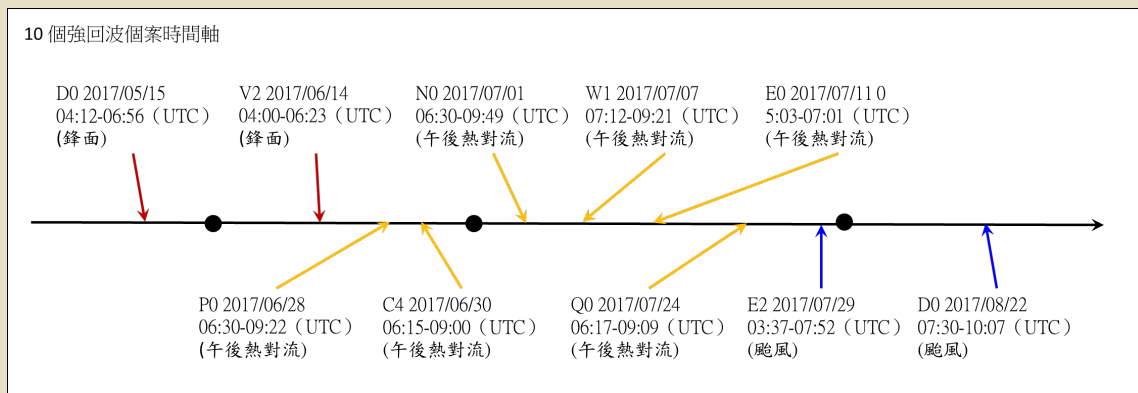
10個強對流胞個案分析

(1) 強對流門檻

生命週期超過 2 小時

可預報 0-1 小時

回波大於 40 dBZ



(2) 天氣類型分類

鋒面(2):

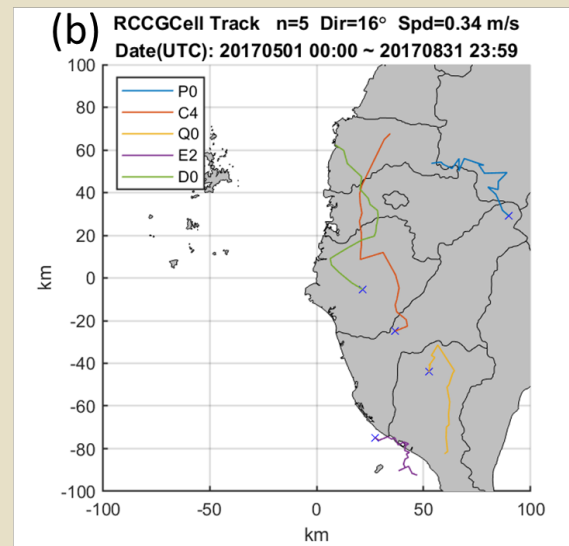
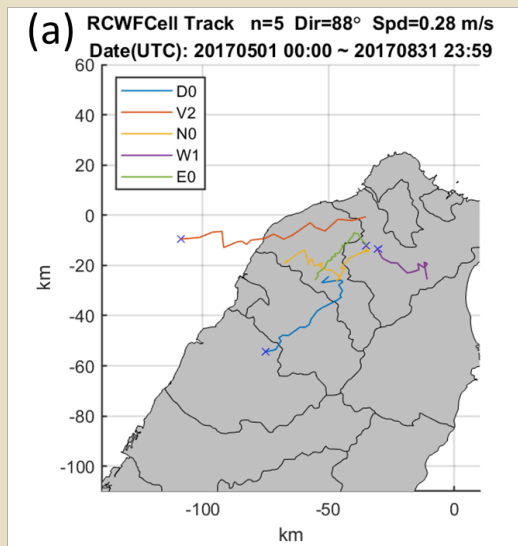
D0(RCWF), V2(RCWF)

午後熱對流(6):

P0(RCCG), C4(RCCG),
N0(RCWF), W1(RCWF),
E0(RCWF), Q0(RCCG)

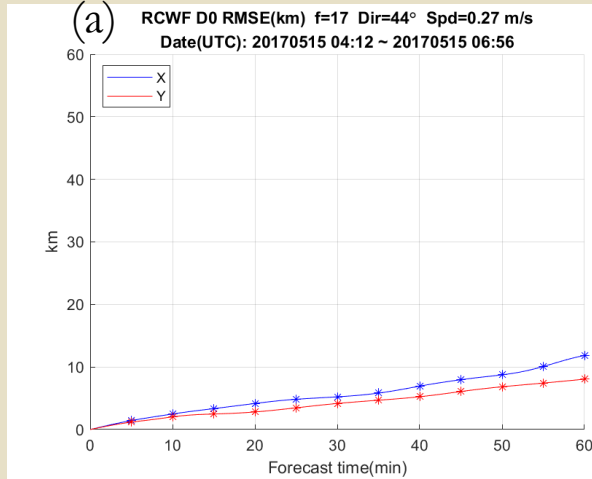
颱風(2):

E2(RCCG), D0(RCCG)

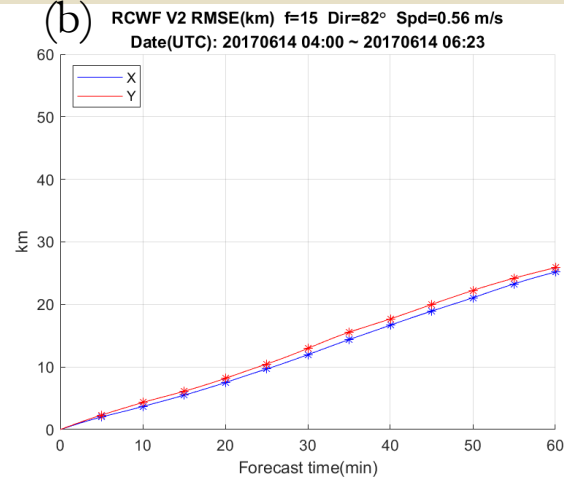


10個強對流胞個案分析-鋒面

D0(RCWF)



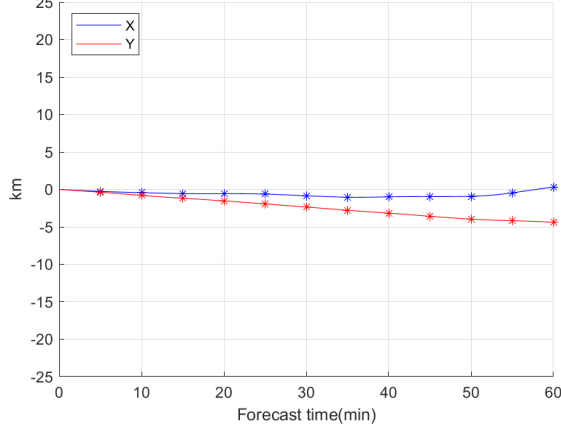
V2(RCWF)



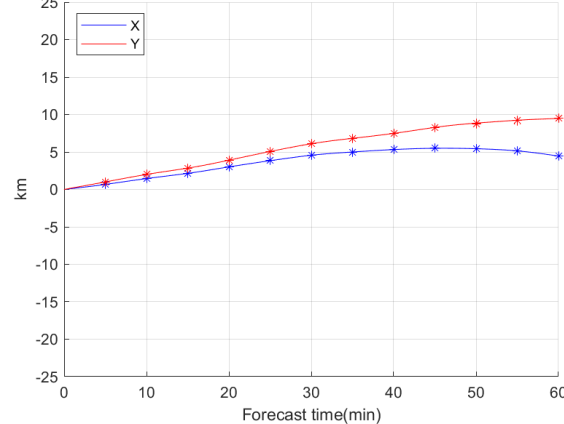
東西向和南北向的誤差量在單一對流胞的差異不大

RMSE

(a) RCWF D0 bias(km) f=17 Dir=44° Spd=0.27 m/s
Date(UTC): 20170515 04:12 ~ 20170515 06:56



(b) RCWF V2 bias(km) f=15 Dir=82° Spd=0.56 m/s
Date(UTC): 20170614 04:00 ~ 20170614 06:23

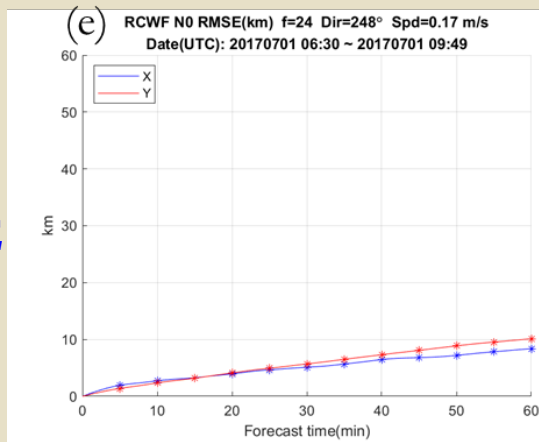


正負和大小並無明顯一致性，但在東西向和南北向偏差(BIAS)特性與對流胞本身相關。

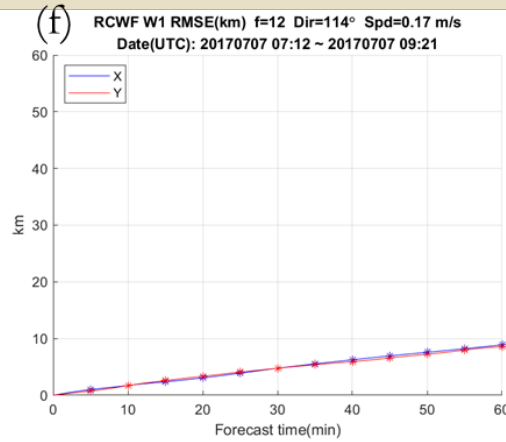
BIAS

10個強對流胞個案分析- 午後對流1

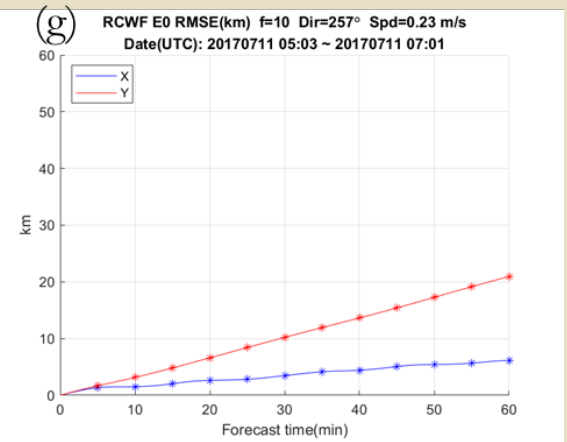
N0(RCWF)



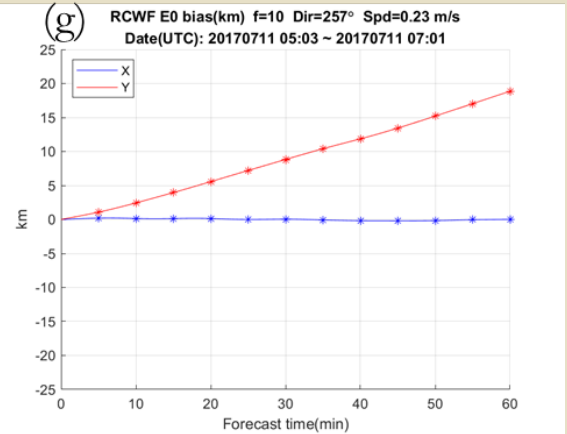
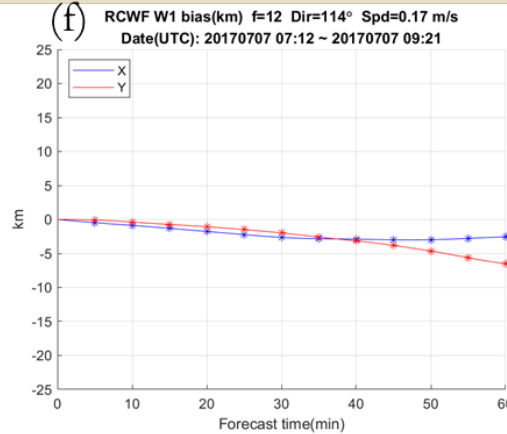
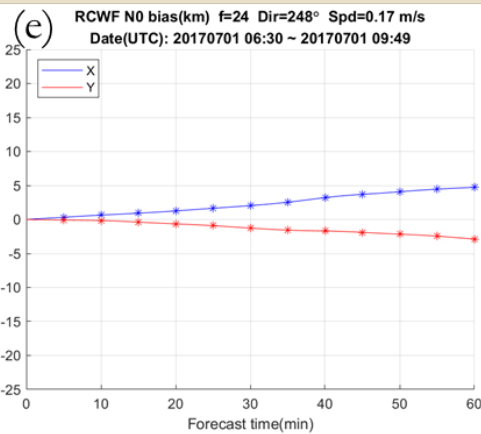
W1(RCWF)



E0(RCWF)



RMSE

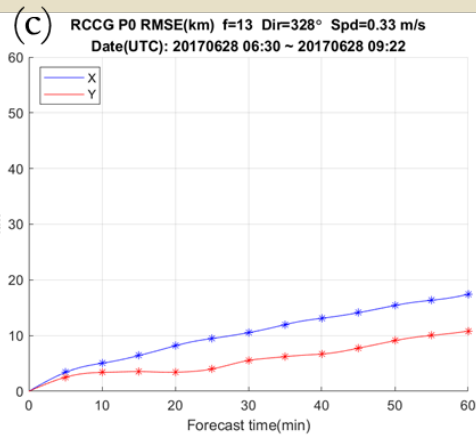


BIAS

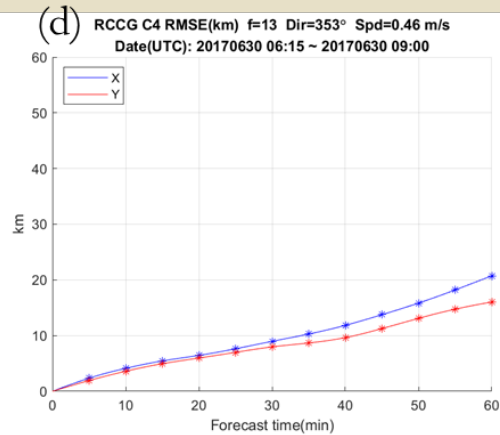
並無明顯的特性，或是和統計呈現一致的表現。

10個強對流胞個案分析- 午後對流2

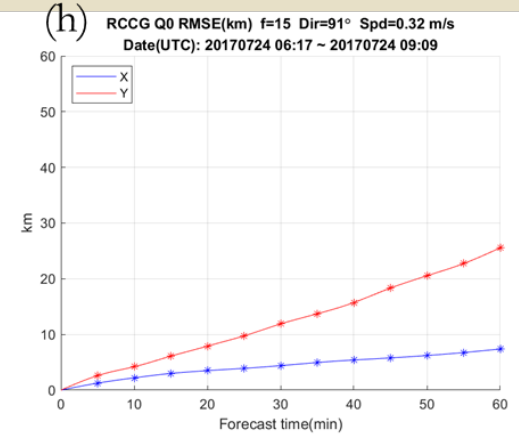
P0(RCCG)



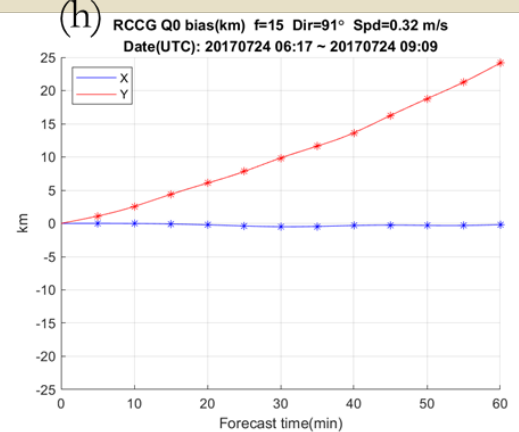
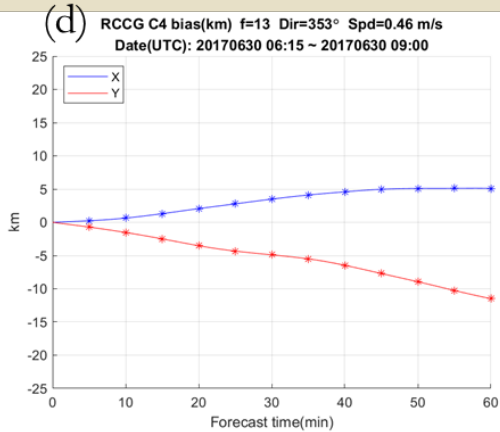
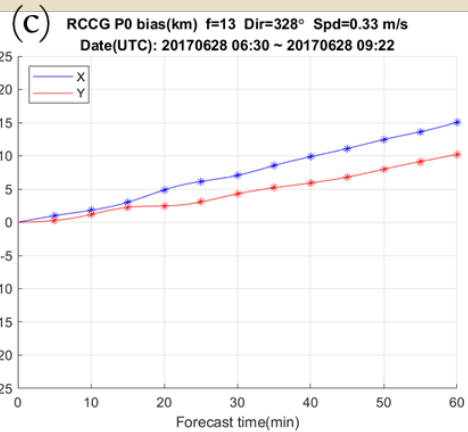
C4(RCCG)



Q0(RCCG)



RMSE



BIAS

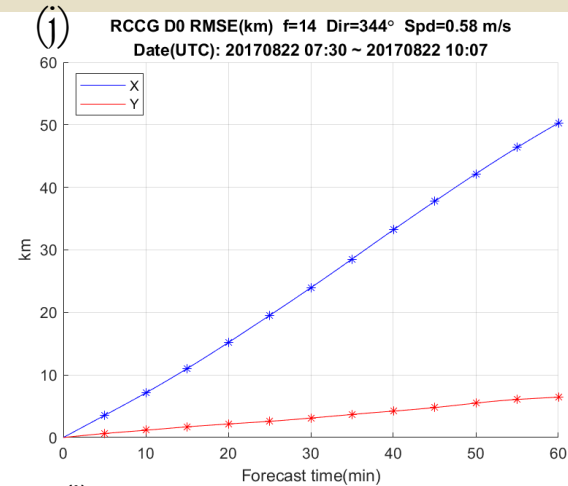
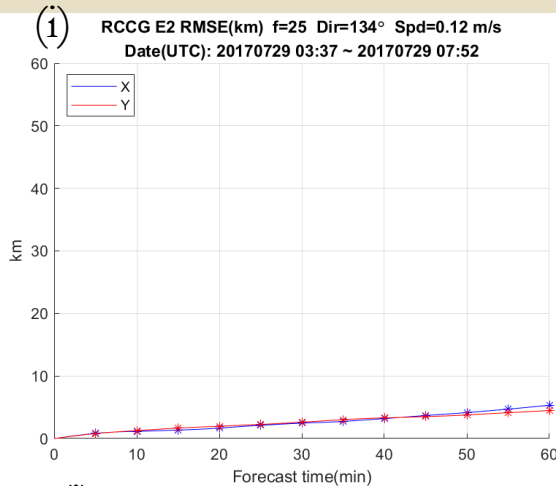
並無明顯的特性，或是和統計呈現一致的表現。

10個強對流胞個案分析- 颱風

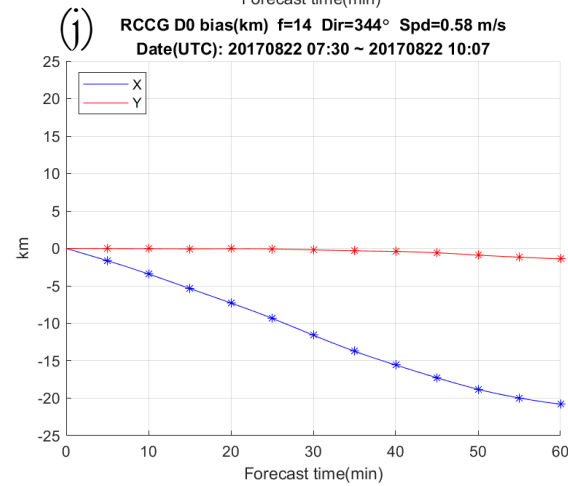
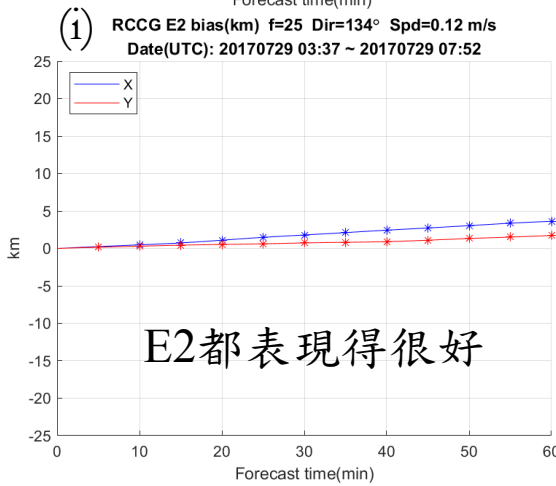
E2(RCCG)

D0(RCCG)

RMSE



BIAS

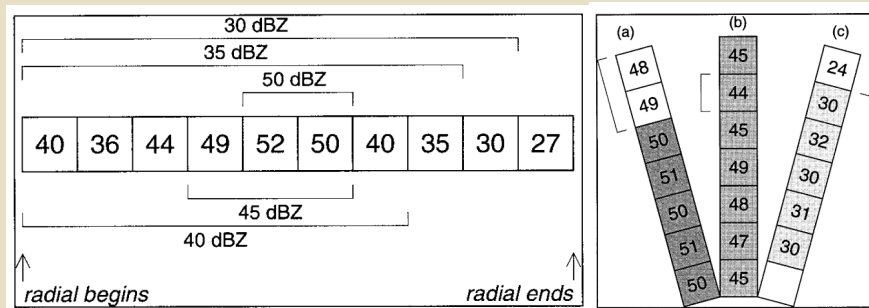


在颱風環境下的對流胞特性差異很大。

SCAN - Storm Cell Identification and Tracking 演算法

目的

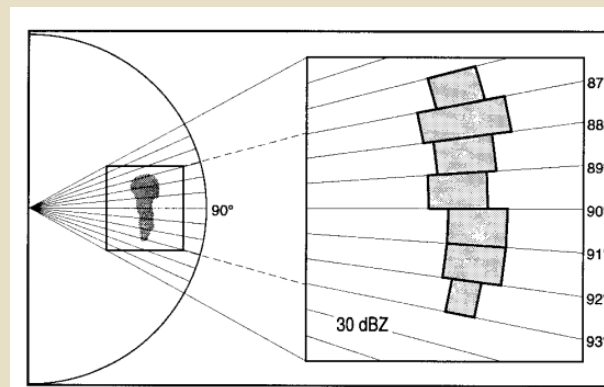
- 1) 對流胞定義
- 2) 對流胞追蹤
- 3) 對流胞位置預報



對流胞辨識-1D (對流區塊)

演算步驟

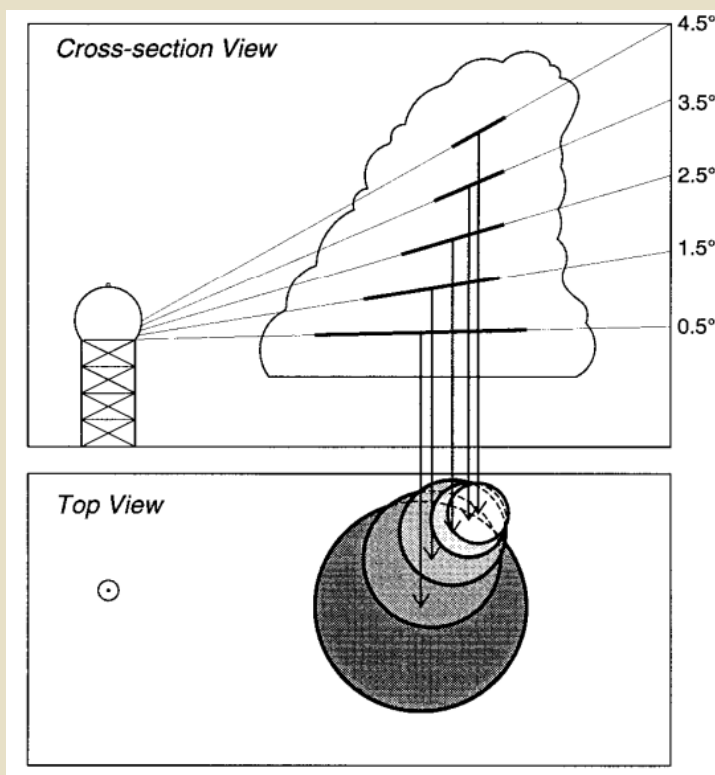
- 1) 對流胞辨識-1D (對流區塊)
- 2) 對流胞辨識-2D (對流區域)
- 3) 對流胞辨識-3D (對流胞)
- 4) 回波追蹤方法



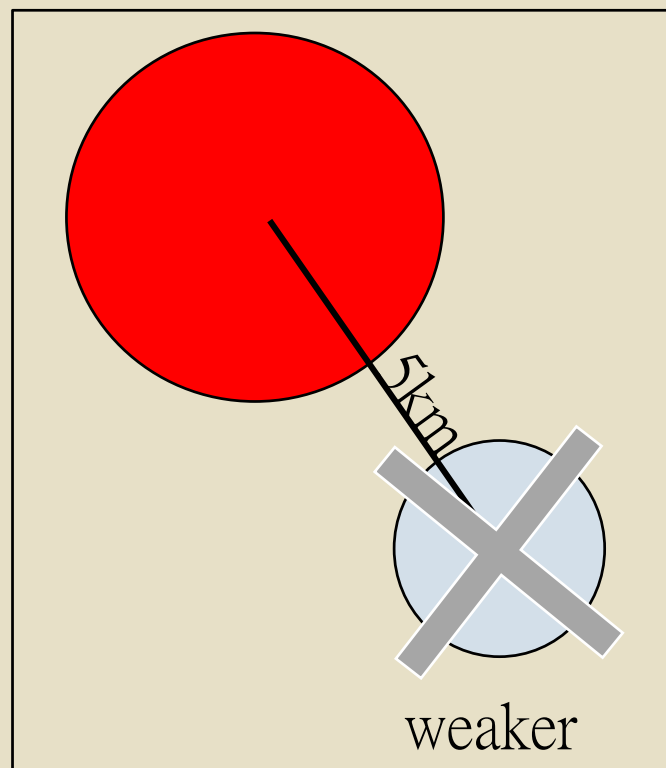
對流胞辨識-2D (對流區域)

SCAN - Storm Cell Identification and Tracking 演算法

3) 對流胞辨識-3D (對流胞)



結合2D對流區域，
判定符合條件之3D對流胞強度與範圍

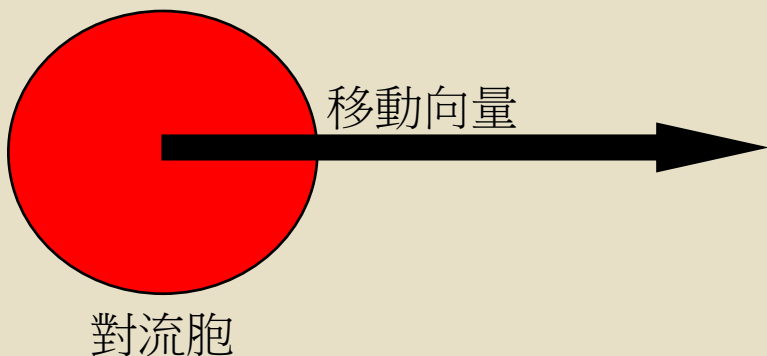


如對流胞過於接近，捨去較弱或較矮之

SCAN - Storm Cell Identification and Tracking 演算法

4) 回波追蹤方法

a) 由兩筆連續的體積掃描得到的對流胞進行比對，且不超過掃描時間門檻 (參數 TIME < 20 min)



b) 定義初始移動向量方法

1. 前一個體積掃描的對流胞之平均移動向量
2. 使用者自行輸入速度和方向
3. 使用探空觀測0-6公里的平均風
4. 來自其他方法的平均風

c) 利用前幾次(最多 10 筆)的移動向量資料，使用最小平方方法做線性擬合來決定新的預測移動向量。