

TPARC 實驗之投落送觀測資料對辛樂克颱風侵臺前路徑預報的影響研究

馮欽賜 陳雯美

中央氣象局

摘 要

辛樂克颱風侵臺之前有連續數日的飛機聯合投落送觀測，與以往台灣實施追風計畫大多對颱風個案僅能提供單一時間點的觀測條件非常不同。本研究旨在利用 CWBGFS 為工具，探討這些特殊的加強觀測資料對辛樂克颱風路徑預報的影響。測試結果顯示，T-PARC 實驗提供的額外資料對當時連續 4 日的路徑預報顯現持續性且清楚的正面效益。去年(2009) CWBGFS 對物理參數化做了較大幅的更新，我們發現新版物理參數化能比舊版發揮更大的資料效益。新版的 72 小時內路徑預報，因 TPARC 資料加入可改善 9-18%的誤差，而且不論是傳統觀測資料較充裕的 00/12Z 或相對匱乏的 06/18Z，均有減小路徑誤差的顯著效果。不過舊版的資料效益則不均勻，改善主要出現在 00/12Z 個案，48 小時後的預報誤差可減少達 15%，但 06/18Z 則反而出現負面影響。兩者的資料效果在 06/18Z 出現顯著差異，可能與新版模式的預報對大尺度環流的掌握較佳，在此時能提供較佳的猜測場幫助飛機資料在分析過程發揮更好的效用有關。此外，本研究也測試不同投落送資料使用條件下對颱風路徑預報的敏感性，例如對此資料的同化採用間斷式取代連續式循環，或者只取用部分資料取代全部性使用等。

一、前言

辛樂克颱風為 2008 年的 T-PARC (WMO/WWRP Observation System Research and Predictability Experiment (THORPEX) Pacific-Asian Regional Campaign (PARC), T-PARC)觀測實驗期間，飛機聯合投落送觀測的重要個案。尤其，在颱風影響臺灣之前的 9 月 9 日至 12 日，連續有來自臺灣、美國與日本等國的飛機合力投擲投落送，增強觀測的時間與空間密度，另外美國軍機 C130 並做穿越飛行提供飛行層觀測資料(Flight Level Data, 簡稱 FL 資料)。表一呈列這段期間每個資料在

中央氣象局全球預報系統(簡稱 CWBGFS)資料同化窗區，可獲使用的實驗觀測資料種類及數量，對於密度過高的 FL 資料在同化時必須篩檢來降低使用量。這些資料的空間分布，除了日本 DLR 投落送觀測主要落於日本區域海面，未進入颱風環流之外，其餘美國 AF305/306(C130)、NRL(P3)與臺灣 ASTRA 都針對颱風環流投擲投落送，尤其 AF305/306 在 9 月 9 日 06Z、9 月 10 日 06Z、9 月 11 日 12Z 與 9 月 12 日 18Z 直接穿越颱風核心，就在中心附近投擲投落送，不過穿越飛行在 700hPa 左右，因而其投落送剖面只有 700hPa 以下高度。圖 1 為 9 月 11 日 00Z 的資料空間分布與衛星雲圖

之疊加，當時除了臺灣在颱風周圍投擲投落送之外，美國 NRL(P3)並在可能影響颱風路徑的高敏感區，加強投落送的投擲。

由於辛樂克颱風侵臺之前有連續數日的飛機聯合投落送觀測，與以往台灣實施追風計畫大多對颱風個案僅能提供單一時間點的觀測條件非常不同。本研究旨在利用 CWBGFS 為工具，探討這些特殊的加強觀測資料對辛樂克颱風路徑預報的影響，包含測試不同物理參數化以及不同投落送資料使用條件下對颱風路徑預報的敏感性。

二、實驗設計與說明

本研究使用的 CWBGFS 為 T239L30 解析度，資料同化系統為 SSI (Spectrum Statistics Interpolation)。實驗的測試期間為 9 月 9 日 00Z 至 9 月 12 日 18Z，每 6 小時進行一次資料同化及 72 小時預報，除了日常作業使用的觀測資料之外，也可加入 TPARC 的加強觀測資料。本研究所設計的實驗如表二所示，由這些實驗希望測試並比較的議題有：(1)TPARC 的觀測資料對颱風路徑預報的影響，以及其影響效果在使用不同物理參數化下的反應變化(mops, mden, mopsg2, mdeng2)。CWBGFS 在 2009 年 5 月更換了邊界層與積雲對流的物理參數化，新版物理參數化比舊版有較完善的物理機制，測試顯示其對模式預報的系統性誤差有相當正面的改進作用，尤其受物理變動影響較直接的熱帶地區之改善程度特別突顯(馮等 2009)。(2) TPARC 的觀測資料影響效果，在使用不同資料同化方式下的反應變化(mopsg2, mdeng2, mopspdg2)，mopspdg2 實驗使用間斷式同化 TPARC 的觀測資料，與所謂循環式同化(cycling)的差別在於資料同化時的猜測場，間斷式同化的猜測場來自 mdeng2 實驗(即無同化 TPARC 觀測資料的實驗組)，不像循環式同化的猜測場來自本身前一次分析場的 6 小時預報，前者只有單次 TPARC 觀測資料的影響效

果，而後者會有資料影響的累積，檢視兩者的差異可瞭解這種累積性的作用。

此外，針對 9 月 11 日 00Z 當時包含兩種的投落送觀測來源(如圖 1)，我們亦設計了一組實驗，測試只使用其中一種資料情形下的敏感性。

三、實驗結果

對於實驗結果的比較，除分析整段時期的平均路徑預報誤差的變化之外，我們又分開 00/12Z 及 06/18Z 兩種時間的結果做統計，因為前者是全球探空資料的主要釋放時間，後者則是觀測資料相對匱乏的時間，我們發現 TPARC 觀測資料的影響在兩者間有所不同。

首先對於使用舊版物理參數化之兩組實驗 mops 與 mden 的路徑預報誤差比較(未圖示)，加入 TPARC 觀測資料整體平均的路徑預報改善只有在 72 小時才出現(約 8%)，48 小時以內為中性，但進一步分析發現 TPARC 資料效益並非無影響，只是在此呈現不均勻的現象。大多數的 00/12Z 預報個案是有改善，以 00/12Z 的個案平均而言，48 小時之後的預報改善程度可達 15%的改善，資料的正面效益極為明顯。不過，06/18Z 的平均結果則顯示額外資料反而使颱風路徑的預報變差，24 及 48 小時的平均路徑預報誤差增加約 10%及 21%。

然而，TPARC 資料發生在舊版模式不均勻的現象，卻在使用新版物理參數化後獲得很大的改善，而且我們發現 TPARC 資料對颱風路徑預報的助益有整體性的提升。圖 2 及表三分別呈現新版物理模式的颱風預報路徑比較圖及統計結果，從圖可看出實驗 mopsg2 的預報路徑較實驗 mdeng2 更向實際觀測路徑集中，代表使用實驗觀測資料使預報路徑對颱風移動方向的掌握變的更好。表三路徑預報誤差的比較可以看到對大部分的個案而言，實驗 mopsg2 的路徑預報誤差均有減小，實驗 mopsg2 的 24/48/72 小時路徑預報誤差的全體平均值為

69/97/128 公里，較實驗 mdeng2 的 76/119/141 公里，分別改善了 9% - 18% 的路徑預報誤差，而且即使分開傳統觀測資料較充裕的 00/12Z 或傳統觀測資料匱乏的 06/18Z 進一步檢視，也清楚顯示 TPARC 觀測資料的使用均能減小路徑的預報誤差。新舊物理版本在 06/18Z 出產資料效果的顯著差異，是值得注意的問題，它可能與新版模式的預報對大尺度環流的掌握較佳，在此時能提供較佳的猜測場幫助飛機資料在分析過程發揮更好的效用，而有助突顯額外資料對颱風路徑預報的改進程度有關。

另外，就相同資料條件也可比較新舊模式的結果，對照之下可發現新版本改善颱風路徑預報的顯著效果。實驗 mopsg2 的 24/48/72 小時之平均路徑預報誤差為 69/97/128 公里，比實驗 mops 相對的 83/97/201 公里，在 24 及 72 小時之路徑預報誤差分別降低了 17% / 36%，是非常明顯的改善，這些改善在 00Z/12Z 以及 06/18Z 時段都有發生，不過後者的改善情況似乎更為明顯，以後者平均的 72 小時路徑預報誤差為例，舊版模式為 169 公里，新版模式則只有 91 公里，改善率 46%。

改使用間斷式資料同化方式加入 TPARC 觀測資料，對路徑預報的影響如表四，相較之下，原本資料的正面效果明顯降低，其降低的現象在 00Z/12Z 以及 06Z/18Z 時段都有發生，顯示循環式同化所產生前次資料效果在猜測場的逐次改進，對同化過程獲得最佳的初始場具有重要的貢獻。

表五為針對 9 月 11 日 00Z，測試不用或者只使用部分投落送資料來源下，對路徑預報的敏感性實驗結果，相較此時未用投落送資料的路徑結果，資料的效益是存在，不過有趣的是資料全用的結果並非最佳，反而是只使用 NRL

飛機的觀測，在 48 小時及 72 小時有最小的路徑誤差，而且改善程度達 20% 以上，另一方面若只用台灣 ASTRA 飛機(DOTSTAR)的觀測，其結果則與全用類似。NRL 的觀測分布位於颱風西側，是否因屬於當時模式系集預報顯現影響颱風路徑的高敏感觀測資料區，易突顯資料的影響，尚有待進一步釐清。

四、小結

TPARC 實驗在辛樂克颱風侵臺之前有連續數日的飛機聯合投落送觀測，本研究以 CWBGFS 探討這些資料對此颱風路徑預報的影響。測試結果顯示，T-PARC 的額外資料對當時的路徑預報可顯現廣泛的正面效益，不過資料效益也同時受模式版本及不同同化方式等影響而有變化。我們發現 CWBGFS 於新版物理參數化下能比舊版發揮更大的資料效益，且不論是傳統觀測資料較充裕的 00/12Z 或相對匱乏的 06/18Z，均有減小路徑誤差的顯著效果，平均路徑預報因 TPARC 資料加入可改善 9-18% 的誤差。舊版的資料效益則不均勻，改善主要出現在 00/12Z 個案，06/18Z 則反而出現負面影響。此外，相較連續循環式的同化方式，改使用間斷式資料同化方式加入 TPARC 觀測資料，資料對路徑預報的正影響幅度也會降低。針對 9 月 11 日 00Z 的個案測試，另發現只使用其中 NRL 投落送資料的路徑預報，較同時也使用 DOTSTAR 的結果更好。

參考文獻：

馮欽賜、陳雯美、陳建河和汪鳳如，2009：物理參數化變動對颱風路徑預報之影響與分析。天氣分析與預報研討會論文彙編（2009 年 9 月 8 日-10 日），33-37。

表一：9月9日至9月12日期間，在每個資料同化窗區所提供之 T-PARC 實驗觀測資料，表中括號內數字分別說明資料的接收量與使用量。來源包含日本 DLR、美國 AF305/306(C130)、NRL(P3)與臺灣 ASTRA (DOTSTAR)。

mm dd	TPARC observations received/assimilated by CWBGFS							
	00Z		06Z		12Z		18Z	
	drps	Flvl obs	drps	Flvl obs	drps	Flvl obs	drps	Flvl obs
09 09	DLR (18/18)	AF306 (182/10)	AF3 06 (18/18)	AF306 (336/10)	0	0	0	0
09 10	DOTSTA R (17/17)	AF305 (121/10)	AF3 05 (21/21)	AF305 (390/10)	0	AF305 (151/10)	0	0
09 11	DOTSTA R (19/19) NRL (12/12)	0	DLR (19/19)	AF305 (123/10)	AF30 5 (19/19) DLR (17/17)	AF305 (402/10)	AF3 05 (2/2)	AF305 (185/10)
09 12	0	0	0	0	0	AF306 (194/10)	AF30 6 (18/10)	AF306 (400/10)

表二：本研究所設計的實驗。資料同化方面(Data Assimil.)，C 代表循環式同化(Cycling)，I 代表間斷式同化(Intermittent)。物理參數化方面(Physical Param.)，新版代表 2009 年 5 月更新的物理參數化版本。

Exp. Name	Data Assimil.	Physical Param.	TPARC data
mops	C	Old	Yes
mden	C	Old	None
mopsg2	C	New	Yes
mdeng2	C	New	None
mopspdg 2	I	New	Yes

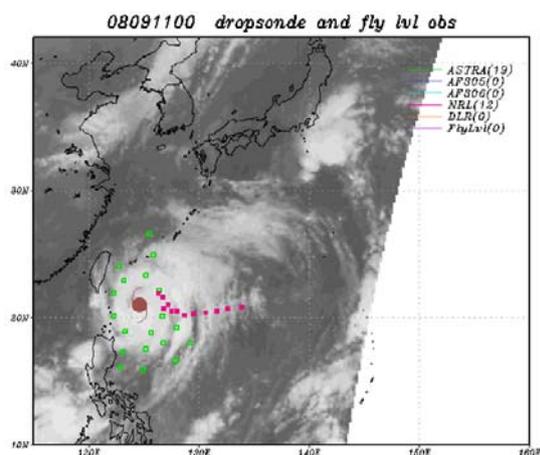


圖 1：9月11日 00Z 的資料空間分布與衛星雲圖之疊加。DOTSTAR 在颱風周圍投擲投落送，美國 NRL(P3)在颱風東側投擲弧線狀分布的投落送。

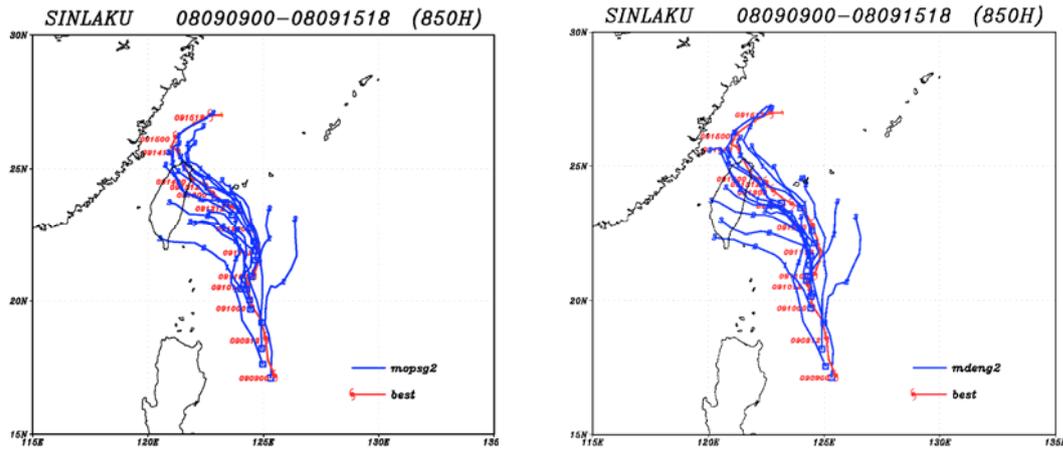


圖 2：2008 年辛樂克颱風侵臺前階段，有無使用 TPARC 實驗飛機觀測資料之(a)實驗 mopsg2 (b) 實驗 mdeng2 路徑預報比較。預報間隔為 6 小時，best 為實際颱風路徑。

表三：辛樂克颱風 9 月 9 日至 12 日期間，新版模式有(mopsg2)及無(mdeng2)使用 TPARC 觀測資料之路徑預報誤差比較。括弧中之數字為資料改善之百分比。

dtg	24hrs fcst		48hrs fcst		72hrs fcst	
	mopsg2	mdeng2	mopsg2	mdeng2	mopsg2	mdeng2
總平均	69 (+9%)	76	97 (+18%)	119	128 (+9%)	141
00/12 平均	72 (+16%)	86	107 (+22%)	137	165 (-0.6%)	164
06/18 平均	66 (0%)	66	87 (+14%)	101	91 (+23%)	118

表四：辛樂克颱風 9 月 9 日至 12 日期間，使用間斷式資料同化方式加入 TPARC 資料下，72 小時路徑預報誤差統計。括弧中之數字為資料改善之百分比。與表三百分比值相較，大(小)代表間斷式出現有較佳(差)的資料效益。

dtg	24hrs fcst	48hrs fcst	72hrs fcst
	mopspd2	mopspd2	mopspd2
總平均	69 (+9%)	109 (+8%)	133 (+5%)
00/12 平均	80 (+7%)	124 (+10%)	162 (+6%)
06/18 平均	63 (+5%)	95 (+6%)	107 (+9%)

表五：針對 9 月 11 日 00Z，測試使用不同 TPARC 投落送資料來源下對路徑預報之敏感性。mdenpod2 為此時未用任何投落送資料，mDSg2 及 mNRg2 分別只使用 ASTRA 及 NRL 來源之投落送資料，mopsg2 為全用，這些實驗均使用 mopsg2 的前 6 小時分析之預報場為同化時猜測場。

Fcst hrs	mdenpod2	mDSg2	mNRg2	mopsg2
24	32	17	49	26
48	93	81	58	81
72	138	133	104	131