

網格氣象模式效能精進與氣象模擬規範建立之研究

1. 完成氣象模式的轉移 (MM5 -> WRF)

本計畫初期使用 MM5 模式進行氣象場模擬，但 MM5 模式在 2005 年後便停止開發，且逐漸被 WRF 模式所取代，因此在建立 2010 年的氣象網格資料時，同時以 MM5 與 WRF 模式進行氣象場模擬並比對模擬性能；表 1 至表 3 為 2010 年 WRF 模式與 MM5 模式於溫度、風速與風向性能比對結果，WRF 模式與 MM5 模式於各項氣象變數之模擬結果均符合國內氣象模式模擬評估規範，在不同氣象變數模擬結果方面，WRF 與 MM5 模式各有優劣。

表 1 2010 年 WRF 模式與 MM5 模式 溫度 性能比對

2010 年	WRF		MM5	
溫度	MB	MAGE	MB	MAGE
北部地區	-0.2	1.2	0.3	1.3
中部地區	0.1	1.4	1.0	1.5
雲嘉地區	-0.3	1.5	1.7	2.1
南部地區	-0.4	1.5	1.3	1.8
東部地區	-0.9	1.5	-0.4	1.0

表 2 2010 年 WRF 模式與 MM5 模式 風速 性能比對

2010 年	WRF		MM5	
風速	MB	RMSE	MB	RMSE
北部地區	0.8	2.3	0.4	1.6
中部地區	0.7	2.4	0.5	1.4
雲嘉地區	-0.03	2.2	-0.6	1.4
南部地區	0.3	2.3	-0.3	1.5
東部地區	0.6	2.4	0.3	1.6

表 3 2010 年 WRF 模式與 MM5 模式 風向 性能比對

2010 年	WRF		MM5	
風向	WNMB	WNME	WNMB	WNME
北部地區	-0.6%	18.4%	-0.3%	13.3%
中部地區	-0.6%	16.0%	0.3%	11.0%
雲嘉地區	-1.7%	15.5%	-1.7%	10.1%
南部地區	-1.9%	15.0%	-1.5%	10.2%
東部地區	2.7%	18.3%	2.3%	11.3%

2. 完成模式模擬規範有關氣象模式的條文制定

本團隊完成氣象模式的轉移與性能評估後，利用 MM5 和 WRF 模式模擬結果與 2010 年觀測資料進行比對，並提出氣象模式之性能評估指標與目標值之建議，如表 4；進一步透過文獻彙整與本土資料蒐集，制定網格氣象模式之定性評估方法及定量評估目標，並完成後續有關氣象模式模擬規範的條文制定，如表 5 所示。

表 4 由 2010 年全年案例週分析所訂定之氣象網格模式模擬結果目標值

	MM5	WRF
風速 MBx	-0.1m/s~+2.1m/s	-0.2m/s ~+1.5m/s
風速 MAGE	2.8m/s 以內	2.4m/s 以內
向量偏差	4.0m/s 以內	3.3m/s 以內
氣溫 MBx	-2.0°C~+1.1°C	-0.7°C~+1.7°C
氣溫 MAGE	2.4°C 以內	2.1°C 以內

表 5 環保署訂定氣象模式模擬結果性能評估規範

氣象變數	規範代稱	Benchmark
溫度	MBE MAGE	$\leq \pm 1.5^{\circ}\text{K}$ $\leq 3^{\circ}\text{K}$
風速	MBE RMSE	$\leq \pm 1.5\text{m/s}$ $\leq 3\text{m/s}$
風向	WNMB WNME	$\leq \pm 10\%$ $\leq 30\%$

3. 完成符合模式模擬規範氣象網格模式資料提供與精進

配合國內環境政策制定需求與排放清冊之更新期程，本團隊建立 2013 年氣象模擬資料庫，並依國內模式模擬規範完成性能評估作業，以提供後續空氣品質模式模擬所需的氣象初始場。除完成 2013 年氣象模擬外，亦持續進行氣象模式模擬參數精進；本團隊挑選 2013 年 PM_{2.5} 濃度較高的 9 月與 12 月，以不同模式版本、地形資料、微物理參數、邊界層參數與再分析場進行組合，分析 17 組不同參數條件的模式模擬且完成驗證分析(如表 6 所示)，並找出各空品區適合的參數設定模擬測試(表 7 和表 8)；此外，為了增加模式模擬性能的準確度，本計畫參考 Hu 等人使用的系集驗證法(Hu et al., 2017)，將 17 組設定合併，以線性的方式做系集評估，其結果均顯示，各空品區整體氣象模擬以系集評估結果設定較佳，其表 9 所示。以上不同情境之測試結果，均可運用於後續評估，以強化模擬之準確度。

表 6 2013 年 9 月及 12 月 WRF 模式模擬不同參數設定

設定(簡稱)	模式	地形資料	微物理參數	邊界層參數	再分析場
設定 1 (381GM5Y_N)	WRF3.8.1	GMTED2010	WSM5	YSU	NCEP
設定 2 (381US5M_N)	WRF3.8.1	USGS	WSM5	MYJ	NCEP
設定 3 (381US6Y_N)	WRF3.8.1	USGS	WSM6	YSU	NCEP
設定 4 (381US6M_N)	WRF3.8.1	USGS	WSM6	MYJ	NCEP
設定 5 (381US5M_E)	WRF3.8.1	USGS	WSM5	MYJ	ECMWF
設定 6 (381US6Y_E)	WRF3.8.1	USGS	WSM6	YSU	ECMWF
設定 7 (381US6M_E)	WRF3.8.1	USGS	WSM6	MYJ	ECMWF
設定 8 (381USKY_N)	WRF3.8.1	USGS	Kessler	YSU	NCEP
設定 9 (391GM5Y_N)	WRF3.9.1	GMTED2010	WSM5	YSU	NCEP
設定 10 (391GM6M_N)	WRF3.9.1	GMTED2010	WSM6	MYJ	NCEP
設定 11 (391GM6Y_N)	WRF3.9.1	GMTED2010	WSM6	YSU	NCEP
設定 12 (391GMKM_N)	WRF3.9.1	GMTED2010	Kessler	MYJ	NCEP
設定 13 (391GMKY_N)	WRF3.9.1	GMTED2010	Kessler	YSU	NCEP
設定 14 (加了觀測納進法) (381US5Y_NO)	WRF3.8.1	USGS	WSM5	YSU	NCEP
設定 15 (加了觀測納進法) (371US5Y_NO)	WRF3.9.1	USGS	WSM5	YSU	NCEP
設定 16 (371MZ5Y_N)	WRF3.7.1	MODIS+Z0	WSM5	YSU	NCEP
原始設定 (371US5Y_N)	WRF3.7.1	USGS	WSM5	YSU	NCEP

表 7 9 月 WRF 模式模擬不同地區適合之參數設定

	海平面氣壓		溫度		濕度		風速		風向		統計結果
	NMB	NME	MBE	MAGE	NMB	NME	MBE	RMSE	WNMB	WNME	
北部	◆	☛	+	+	★	+	×	×	×	✱	✚381US6Y_N
中部	★	☛	☛	*	◆	◆	×	×	★	☛	☛391GM6Y_N
雲嘉	★	★	✦	*	★	☛	×	×	×	*	✕391GMKY_N
南部	★	☛	✦	*	✦	☛	×	×	☺	*	☛391GM6Y_N
東部	☺	☛	✦	◆	★	×	×	☛	☺	☺	☺391GMKM_N

◆371US5Y_N ●381GM5Y_N ■381US5M_N ◆381US6M_N ✚381US6Y_N
 ✦381USKY_N ▲381US5M_E ▲381US6M_E ★381US6Y_E *381US5Y_NO
 ✕391GM6M_N ☛391GM6Y_N ☺391GMKM_N ✕391GMKY_N ✱391GM5Y_N
 ✱391US5Y_NO ♪371CT5Y_N

註：設定代號為「模式 地形資料 微物理參數 邊界層參數_再分析場」，參數包含模式(WRF3.7.1, 3.8.1, 3.9.1)、地形資料(USGS, GMTED2010, MODIS+Z0)、微物理參數(WSM5、WSM6、Kessler)、邊界層參數(YSU、MYJ)、再分析場(NCEP, ECMWF)

表 8 12 月 WRF 模式模擬不同地區適合之參數設定

	海平面氣壓		溫度		濕度		風速		風向		統計結果
	NMB	NME	MBE	MAGE	NMB	NME	MBE	RMSE	WNMB	WNME	
北部	◆	✕	✕	✱	✕	☛	☛	☛	✱	☛	☛391GM6Y_N
中部	✱	✱	+	✱	◆	◆	×	☛	✱	✱	✱391GM5Y_N
雲嘉	✱	✱	✕	✕	★	★	✱	✱	★	✱	✱391GM5Y_N
南部	✱	✱	✕	✱	☛	☛	☛	×	★	✕	✱391GM5Y_N
東部	◆	+	✱	◆	+	✱	+	+	+	✱	✚381US6Y_N

◆371US5Y_N ●381GM5Y_N ■381US5M_N ◆381US6M_N ✚381US6Y_N
 ✦381USKY_N ▲381US5M_E ▲381US6M_E ★381US6Y_E *381US5Y_NO
 ✕391GM6M_N ☛391GM6Y_N ☺391GMKM_N ✕391GMKY_N ✱391GM5Y_N
 ✱391US5Y_NO ♪371CT5Y_N

註：設定代號為「模式 地形資料 微物理參數 邊界層參數_再分析場」，參數包含模式(WRF3.7.1, 3.8.1, 3.9.1)、地形資料(USGS, GMTED2010, MODIS+Z0)、微物理參數(WSM5、WSM6、Kessler)、邊界層參數(YSU、MYJ)、再分析場(NCEP, ECMWF)

表 9 WRF 模式模擬包含 Ensemble 不同地區適合之參數設定

		海平面氣壓		溫度		濕度		風速		風向		統計結果
		NMB	NME	MBE	MAGE	NMB	NME	MBE	RMSE	WNMB	WNME	
9 月	北部	✕	☛	✕	✚	★	✕	✕	✕	✕	✕	✕Ensemble
	中部	✕	✕	☛	*	◆	◆	✕	✕	★	✕	✕Ensemble
	雲嘉	✕	★	✦	*	★	☛	✕	✕	✕	✕	✕Ensemble
	南部	✕	☛	✦	*	✦	☛	✕	✕	☾	✕	✕Ensemble
	東部	☾	☛	✦	◆	✕	✕	✕	☛	✕	✕	✕Ensemble
12 月	北部	✕	✕	✕	*	✕	✕	☛	☛	*	✕	✕Ensemble
	中部	✕	✕	✚	*	✕	◆	✕	☛	✕	*	✕Ensemble
	雲嘉	✕	*	✕	✕	★	★	*	✕	★	*	✕Ensemble
	南部	✕	*	✕	*	✕	☛	☛	✕	★	✕	✕Ensemble
	東部	◆	✚	*	✕	✕	✕	✚	✕	✕	*	✕Ensemble

◆371US5Y_N ●381GM5Y_N ■381US5M_N ◆381US6M_N ✚381US6Y_N
 ✦381USKY_N ▲381US5M_E ▲381US6M_E ★381US6Y_E *381US5Y_NO
 ★391GM6M_N ☛391GM6Y_N ☾391GMKM_N ✕391GMKY_N *391GM5Y_N
 ✕391US5Y_NO ♪371CT5Y_N ✕Ensemble

參考文獻

Hu, J., Li, X., Huang, L., Ying, Q., Zhang, Q., Zhao, B., ...Zhang, H. (2017). Ensemble prediction of air quality using the WRF / CMAQ model system for health effect studies in China, 13103–13118.