

高解析度動力降尺度預報系統(MSM) 之地真資料與陸地模式更新

吳佳瑩¹ 汪鳳如² 陳映如¹ 陳建河¹ 張庭槐²
氣象資訊中心¹ 氣象科技中心²
中央氣象局

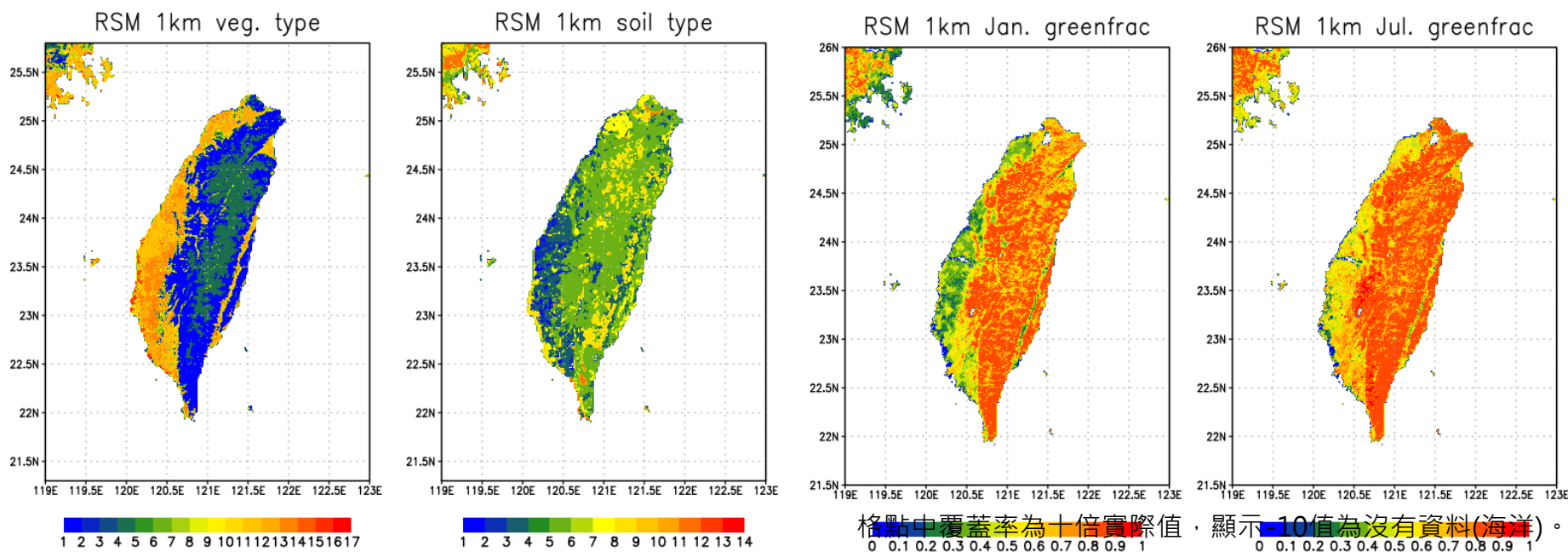
高解析度非靜力動力降尺度預報系統(MSM)

- ▶ 高解析度非靜力動力降尺度預報系統(MSM，non-hydrostatic Mesoscale Spectral Model)為串接於中央氣象局全球預報系統(CWBGFS，Central Weather Bureau - Global Forecast System)中之區域模式。
- ▶ 由美國NCEP-RSM (National Centers for Environmental Prediction - Regional Spectral Model)靜力模式架構加上非靜力擾動發展出來的版本(Juang, 1992; Juang, 2000)。



我們需要更新...

- ▶ 植被種類、土壤種類與植物覆蓋率之解析度均為 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$



- ▶ 更新的地真資料由CWB/WRF提供，來源解析度分別是：植被種類約500m，土壤種類與植物覆蓋率約為800m，將資料內插至一公里解析度的MSM模式網格點



植被種類	舊版	新版	新版植被種類 對應粗糙長度
1	常綠闊葉林	常綠針葉林	1.089
2	落葉闊葉林	常綠闊葉林	2.653
3	混和林	落葉針葉林	0.854
4	常綠針葉林	落葉闊葉林	0.826
5	落葉針葉林	混和林	0.800
6	闊葉林與草原	封閉性灌木叢	0.050
7	多年生植被	開放性灌木叢	0.010
8	闊葉灌木與多年生植被	木質稀樹草原	0.856
9	闊葉灌木與裸土	稀樹草原	0.856
10	矮樹與地被灌木(苔原)	草地	0.150
11	裸土	永久濕地	0.040
12	耕地	作物	0.130
13	冰河	都市與建築	1.000
14		作物與自然植被	0.250
15		雪與冰	0.011
16		貧瘠或稀疏植被	0.010
17		水	0.001
18		多樹的苔原	0.076
19		混和苔原	0.050
20		裸露的苔原	0.030

土壤種類	舊版	新版
1	粗質	砂土
2	中等	壤質砂土
3	精細	砂質壤土
4	粗質-中等	粉質壤土
5	粗質-精細	淤泥
6	中等-精細	壤土
7	粗質-中等-精細	砂質黏壤土
8	有機質	粉質黏壤土
9	冰川陸冰	黏質壤土
10		砂質黏土
11		粉質黏土
12		黏土
13		有機質
14		水
15		基岩
16		其他(陸冰)
17		海灘
18		岩漿
19		白沙



我們需要更新...

- ▶ 模式中原始的陸地模式為OSU LSM(Oregon State University Land Surface Model (Mahrt and Ek 1984; Mahrt and Pan 1984; Pan and Mahrt 1987; Ek and Mahrt 1991))：為在1980年代發展的陸地模式，模式中土壤層為兩層，土壤層中的水文由Richardson's equation導出。
- ▶ 陸地模式更新為NOAH LSM (NOAH Land Surface Model (Koren et al. 1999; Ek et al. 2003))：土壤層增加至四層，並且植物根系影響深度改由植被種類選擇(在OSU LSM中為固定值)、新增土壤冰含量預報、凍土對土壤熱傳送的影響、修改裸土蒸發率的計算等等，為較新的土壤模式。



我們需要更新...

- ▶ 從過去的模式模擬中發現，臺灣陸地常有近地表風速過大的情況發生。
- ▶ 在OSU LSM中，會讀入 $1^\circ \times 1^\circ$ 的地表粗糙長度(z_0)氣候資料作為模式模擬當時的 z_0 ，而在NOAH LSM中改為由根據植被種類給定，並在模式中計算相當地表粗糙長度(z_e)作為地表過程運作時實際使用的粗糙長度：

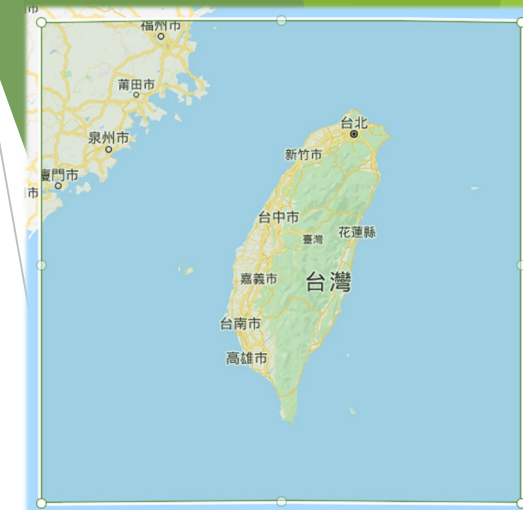
$$z_e = \exp[(1 - \text{shd}_{max})^2 \ln(0.01) + (1 - (1 - \text{shd}_{max})^2) \ln(z_0)]$$

shd_{max}：最大植物覆蓋率

- ▶ 調整陸地模式中的 z_0 ：
 1. 將封閉灌木叢與草原以外的植被種類地表粗糙度計算公式修改為 $z_e = z_0$
 2. 將都市與建築的植被種類對應之地表粗糙長度由1.0m更改為2.1m (Cheng et al., 2019)



模式設定

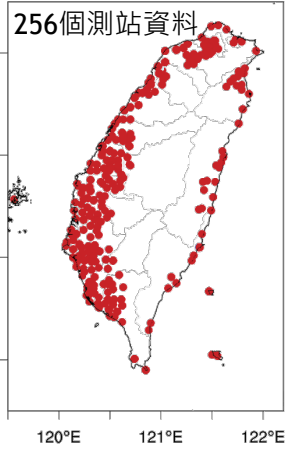


變數	MSM設定
水平解析度	1km × 1km
水平格點數	576 × 576
垂直層	42層
模擬時間/時長	2019.07.23.00Z/120h
接收GFS資料提供時間	模式初始00h及每六小時預報時
陸地模式	OSU LSM / NOAH LSM
邊界層參數化法	YSU(Yonsei University scheme) Hong et al. 2006
微物理參數化法	WSM3(WRF-single-moment-microphysics class 3) Hong et al. 2004

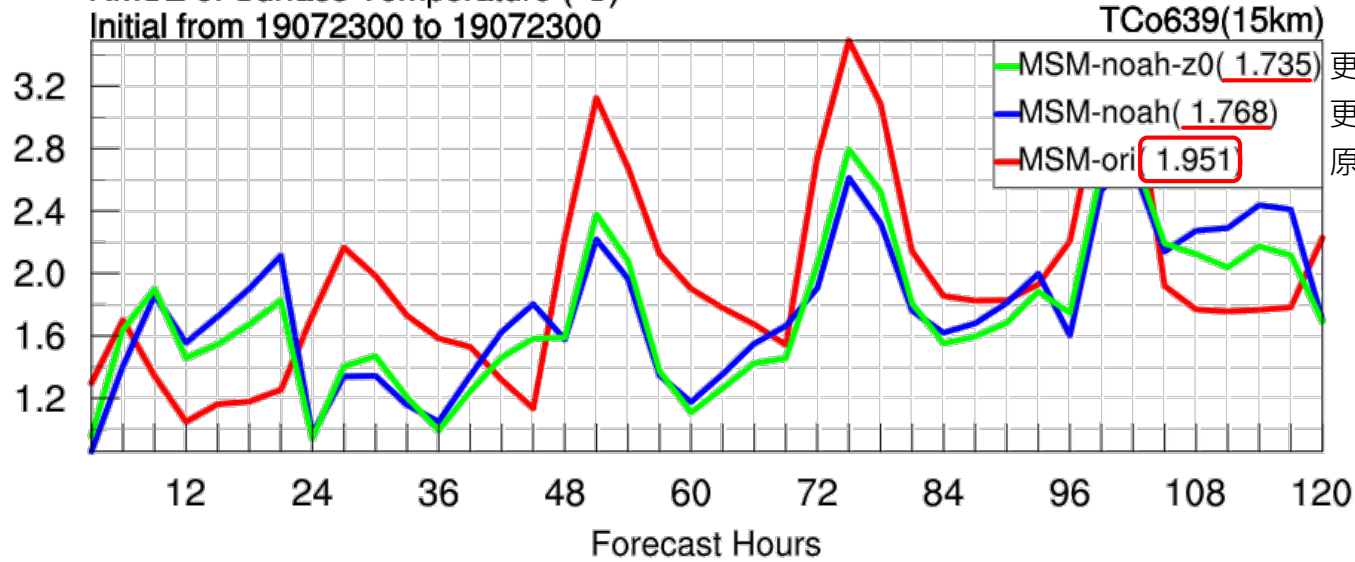
變數	GFS設定
水平解析度	0.140625° × ~0.140625°
水平格點數	2576 × 1280
垂直層	72層
模擬時間/時長	2019.07.23.00Z/120h



實驗結果

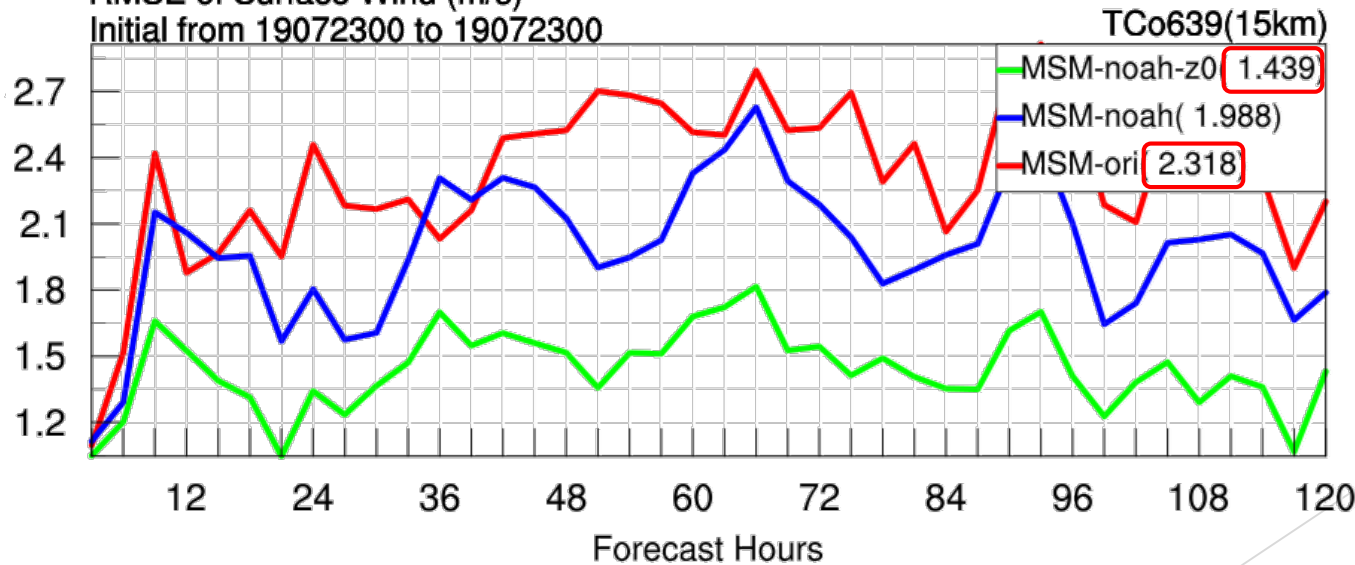


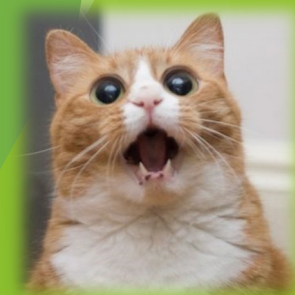
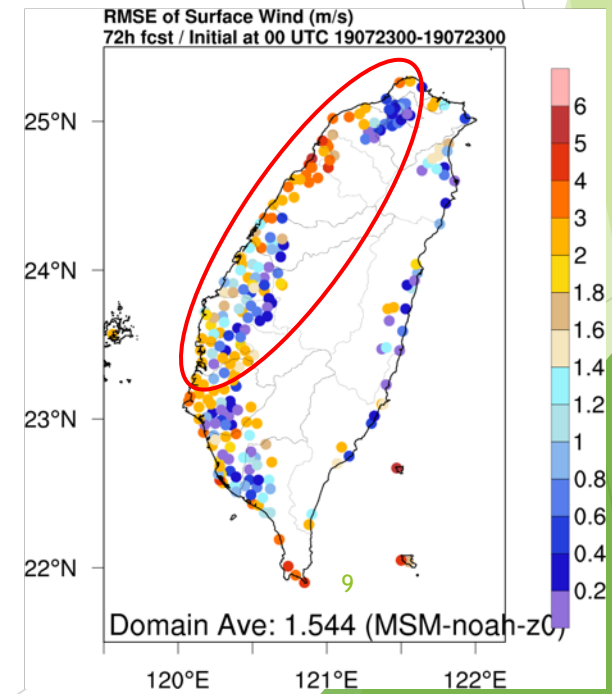
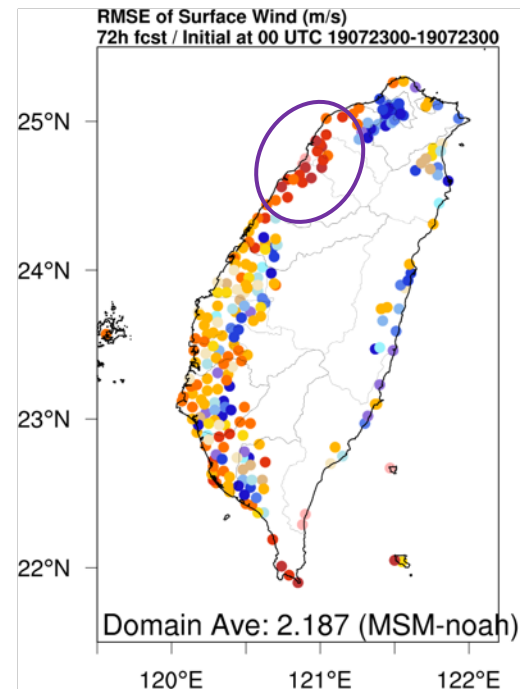
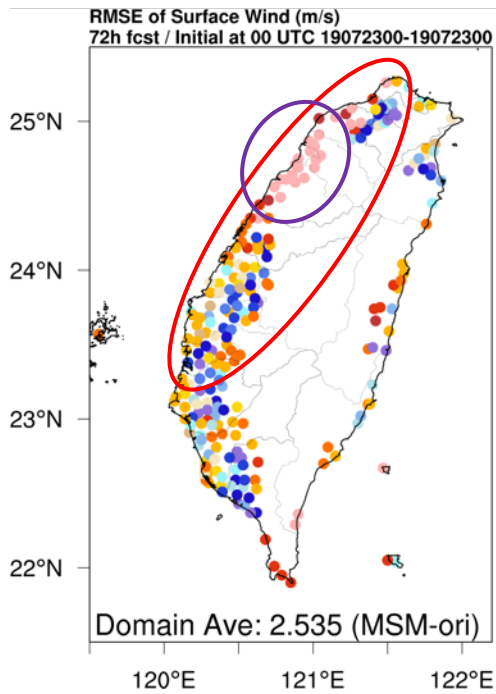
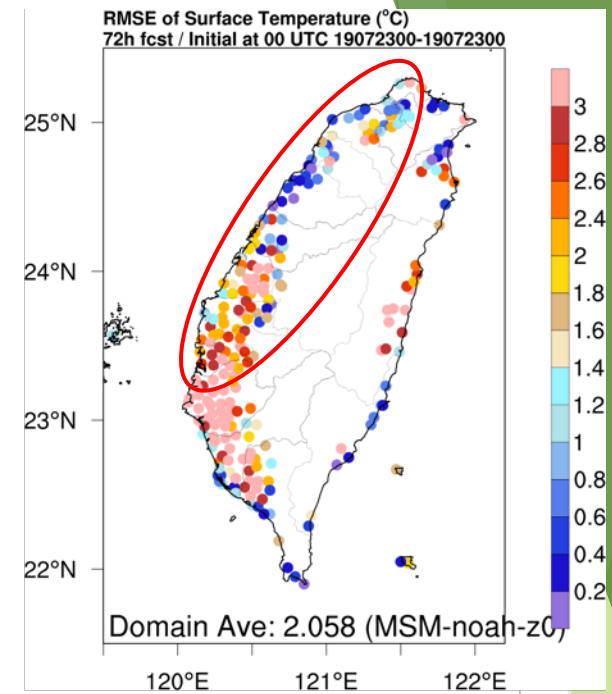
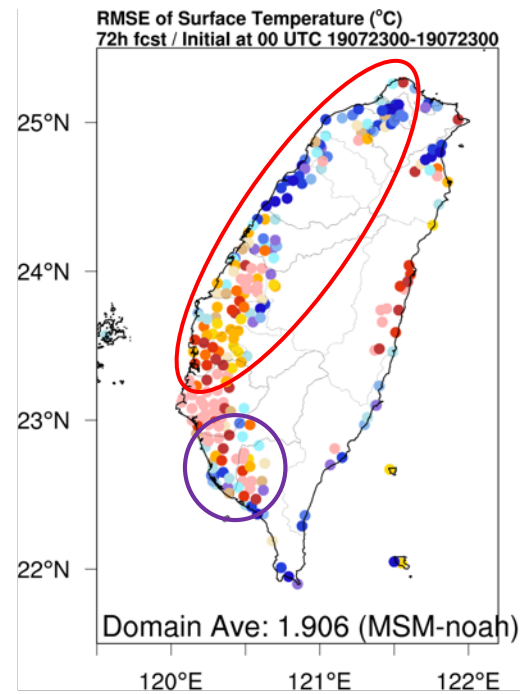
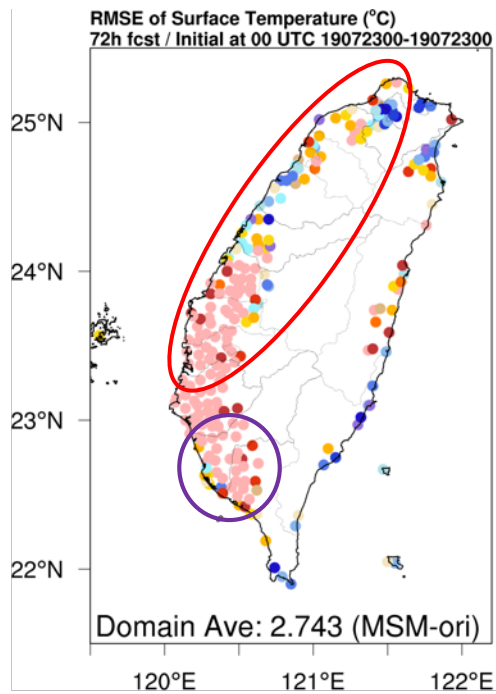
RMSE of Surface Temperature (°C)
Initial from 19072300 to 19072300



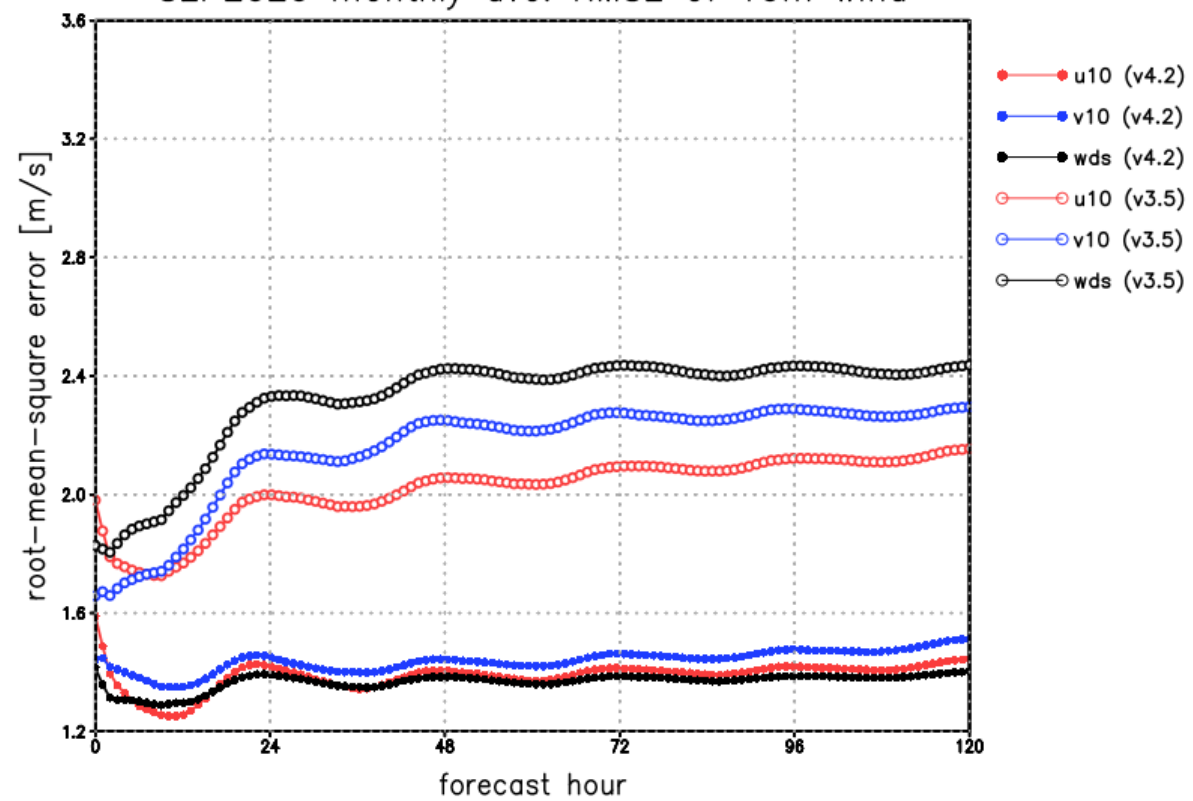
更新land model與修改 z_0
更新land model(z_0 由植被種類決定)
原始模式設定

RMSE of Surface Wind (m/s)
Initial from 19072300 to 19072300





SEP2020 monthly ave. RMSE of 10m wind



結論

- ▶ 地真資料為大氣模式中極為重要的下邊界之一，而陸地模式同樣為處理其下邊界過程的重要模式，因此提升地真資料的解析度為一重要工作。
- ▶ 選用CWB/WRF所提供的高解析度地真資料(植被種類水平解析度約500m、土壤種類與植物覆蓋率水平解析度約800m)內插至MSM一公里解析度網格點，以得到高解析的地表狀態。
- ▶ 陸地模式由OSU LSM更新為NOAH LSM，同時調整 z_0 與 z_e ，使近地面的風速誤差減小。
- ▶ 根據實驗顯示，在更新地真資料與陸地模式後，2m氣溫的預報平均RMSE下降約0.2°C左右；而再進一步調整 z_0 與 z_e 後，10m風速的預報平均RMSE與原始模式預報相比，有37%的下降幅度，由此可知這樣的調整方向是對模式預報有相當程度的正貢獻。



參考文獻

- Chen, Y.-J., H.-M. H. Juang, and J.-H. Chen, 2018: “High Resolution Weather Forecast of CWB-GFS Nested with NCEP-RSM”, 25th Conf. on Numerical Weather Prediction, Denver, CO, Amer. Meteor. Soc., JP2.52.
- Cheng, F. Y., Lin, C. F., Wang, Y. T., Tsai, J. L., Tsuang, B. J., and Lin, C. H., 2019: “Impact of Effective Roughness Length on Mesoscale Meteorological Simulations over Heterogeneous Land Surfaces in Taiwan” *Atmosphere*, 10 (12), 805 (SCI)
- Ek, M., and L. Mahrt, 1991: A formulation for boundary-layer cloud cover. *Ann. Geophys.*, 9, 716-724.
- Ek, M., K. E. Mitchell, Y. Lin, E. Rogers, P. Grunmann, V. Koren, G. Gayno, and J. D. Tarpley, 2003: Implementation of Noah land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta Model. *J. Geophys. Res.*, 108, 8851, doi:10.1029/2002JD003296.
- Juang, H.-M. H., 1992: A spectral fully compressible nonhydrostatic mesoscale model in hydrostatic sigma coordinates: Formulation and preliminary results. *Meteor. Atmos. Phys.*, 50, 75-88.
- Juang, H.-M. H., 2000: The NCEP Mesoscale Spectral Model: A revised version of the nonhydrostatic regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 2329-2362.
- Koren, V., J. Schaake, K. Mitchell, Q.-Y. Duan, F. Chen, and J. M. Baker, 1999: A parameterization of snowpack and frozen ground intended for NCEP weather and climate models. *J. Geophys. Res.*, 104, 19 569-19 585.
- Mahrt, L., and M. Ek, 1984: The influence of atmospheric stability on potential evaporation. *J. Climate Appl. Meteor.*, 23, 222- 234.
- Mahrt, L., and H. L. Pan, 1984: A two layer model for soil hydrology. *Bound.-Layer Meteor.*, 29, 1-20.
- Pan, H.-L., and L. Mahrt, 1987: Interaction between soil hydrology and boundary layer developments. *Bound.-Layer Meteor.*, 38, 185-202.

