

高解析度模式於東亞地區預報影響之分析

戴俐卉¹ 魏士偉¹ 洪景山¹ 馮欽賜¹
氣象資訊中心
中央氣象局

摘要

模式中解析度的增加對於預報結果一般而言都有正面的影響，因為隨著模式解析度的增加，來自地面的強迫(如高解析度的地形、地表特徵都較為接近真實大氣，且透過模式物理過程在較高解析度網格下產生小尺度的現象等，都會使高解析度的預報模式看起來較為貼近真實大氣。本文主要為因應氣象局下一代高解析度(15/3公里)模式的發展，針對氣象局所使用的WRF模式，分別增加其垂直及水平解析度，探討對於東亞地區之主要預報分別及整體之影響，以及如何透過垂直分層的選擇與物理參數法的調整等，進一步改進高解析度模式在東亞地區之預報效能。

關鍵字：中央氣象局

一、前言

隨著超級電腦計算效能的不斷進步，數值天氣預報的解析度得以不斷的提升，以近幾年來各國天氣預報作業中心之數值預報發展趨勢來看，先驅國家無不致力於增進數值模式的解析度以期能藉此對更小尺度、更劇烈的對流系統有較佳的掌握能力。一般而言，模式中解析度的增加對於預報結果一般而言都有正面的影響(Mass et al, 2002; Kain et. Al, 2008; Colle and Mass, 2000; Benoit et al. ,2000)，因為隨著模式解析度的增加，來自地面的強迫(如高解析度的地形、地表特徵較為接近真實大氣，且透過模式物理過程在較高解析度網格下產生小尺度的現象等，都會使高解析度的預報模式看起來較為貼近真實大氣(Anthes et al.,1985; Anthes, 1986; Paegle et al. 1997; Vukicevic and Enrico, 1990; Warner et al. 1997)。本文主要在研究氣象局所使用的WRF模式，在分別增加模式垂直及水平解析度下對於東亞地區之主要預報分別及整體影響，以及透過垂直分層的選擇與物理參數法的調整等，進一步改進高解析度模式在東亞地區之預報效能，得到最佳化的高解析度模式組合。

二、模式設定

本研究為瞭解WRF模式中不同網格解析度對東亞地區預報之影響，使用與氣象局線上作業(OP25)相同之WRF (ARW) V3.1.1版本模式，控制組模式水平解析度設定為巢狀45/15公里兩層，垂直解析度45層。分析場及側邊界來源為2008年6月與12月之NCEP GFS 之分析與預報場資料。操作組模式有四(如表1)：操作組A是維持與控制組相同的水平解析度，將垂直解析度由原來的45層增加至52層，並將模式層頂由原來的30hPa提升至

10hPa，進行模式預報試驗。操作組B為維持與控制組相同之垂直解析度下，僅改變水平解析度，使其在與控制組相同的兩層巢狀積分範圍下將解析度提升為15/3公里之模式設定。操作組B-2則為與操作組B相同設定下增加模式地形重力波拖曳效應達原來設定值3倍。操作組C為同時增加水平解析度至13/5公里、垂直解析度為52層、模式層頂提升至10hPa之實驗設計。

三、垂直解析度

垂直解析度的劃分一般而言是隨高度的增加而漸減，本實驗中，新垂直解析度設計的概念主要是希望提高模式高層的解析度，期望能藉此改善高層的分析與預報結果，並且對旺盛的對流過程能有較佳的描述，因此在不減少相較於原來控制組垂直層其他區段的垂直解析度的條件下，仿照ECMWF全球模式系統垂直62層的分層方式(參照ECMWF網頁 http://old.ecmwf.int/products/data/technical/model_levels/index.html)，並且在考慮作業模式計算資源的限制之下，設計了52層的模式垂直解析分層結構。圖1即為各模式垂直解析度的設定方式，藍線為原始控制組模式垂直45層的設定，綠線為ECMWF模式垂直62層的設定，紅線則是本實驗垂直52層的設定。由圖中可以發現，新的垂直分層相較於原來控制組的垂直層設定呈現較為平滑的指數累積分布型態，且在300hPa~100hPa間之解析度也有明顯較為增加的趨勢。圖2和圖3為以該組垂直解析分層設計進行的模式預報與控制組在2012年6月及12月東亞地區(Domain1)之預報72小時的結果比對。由圖中所示，改變模式的垂直解析度對於預報之高度場的影響較為明顯，且垂直解析度較高的操作組A在高層(200hPa)預報都有比較明顯的

改進，溫度及風場的差異則不大，而12月的預報表現行為與6月份相似，在高層有較明顯的改進，但在500hPa以下高度場也可以觀察到有些微的改進，較6月份明顯。

四、水平解析度調校

在本單元測試中，垂直解析度維持和控制組相同的45層，而水平解析度的增加主要由原來作業的45/15/3公里三層巢狀網格改為15/3公里兩層巢狀網格，第一層(Domain1)15公里之積分範圍設定與原來作業模式45公里的第一層相同，而第二層(Domain2)3公里之積分範圍設定則與原來作業模式的15公里第二層相同。圖4為控制組與操作組B之模式背景地形高度場之比較圖，由圖中可見，15公里之高解析度模式所使用的地形背景場比較接近真實地形，高度場分布也較為細緻。45公里模式所解析到的地形最高是5904公尺，而15公里模式中最高地形可以到達6520公尺高。圖5為控制組與操作組B於2012年6月第一層(Domain1)的模式預報72小時結果，由圖中可見，一般而言15公里解析度的模式預報結果(藍線)都要比45公里解析度模式之預報結果(紅線)來得好一些，僅在高度場850hPa以下有略為變差的情形。但以2012年12月同樣的模式預報結果(圖6)而言，高解析度模式高度場(藍線)的整體表現略差，溫度場及風場在低層略佳(約700hPa~900hPa)，中高層表現則略差。參考模式高度場72小時預報差值平均之二維分布圖(圖7a)可以發現高解析度模式在東亞主槽的各層低壓槽區都有預報過深的現象，因此我們在模式中嘗試去調整其因次網格地形產生之重力波拖曳力對風場的影響參數，使其放大為原來設定的3倍，進行同樣的2012年12月之預報實驗(操作組B-2)。圖7(b)即為經過調整前後模式預報差值平均場二維分布圖，由圖中可見，經過三倍放大之地形重力波拖曳調整後，原來高解析度模式所預報東亞主槽過強的槽區會因增強了地形重力波拖曳的影響消耗掉部分西風帶能量進而使得槽線變淺(圖7b)，因此可將綜觀尺度的預報結果進行修正。圖6中的綠線即為操作組B-2於2012年12月之72小時預報表現，相較於未經調整前之15公里高解析度之預報(藍線)，放大地形重力波拖曳力確實能相當程度的改進模式在東亞地區的預報結果，在高度場、溫度場及風場上都有明顯的進步，而相較於45公里之控制組(紅線)模式，經過調整的操作組B-2預報結果整體而言也都有比45公里模式預報來得好一些，但在高度場300~100hPa、溫度場500~300hPa以及風場200hPa以上的高度層上有稍差一些表現。在本單元測試中，除了改變地形重力波拖曳參數的放大倍率(tuning factor)外，亦嘗試針對模式之地形重力波拖曳參數法使用的次網格背景地形場進行不同解析度的調整測試(未置圖)，但測試結果綜整而言仍是以調

整放大倍率3倍的預報表現最佳，因此整合測試中將以該組實驗(操作組B-2)作為測試選項。

五、整合測試

圖8為整合水平15/3公里、垂直52層之2012年12月72小時預報之結果。由圖中可以看出，相較於控制組，經過調整的高解析度模式，除了150hPa以上的風場表現略差外，其餘場皆有較優的預報表現，由單元測試的結果可以推論，中低層的改進主要來自於地形重力波拖曳調整的結果，而重力位高在高層的改善則多是來自於垂直解析度調整的貢獻。此外，若將高解析度模式的第一層(Domain1)切割成與控制組模式之第二層(Domain2)一樣大小，進行同為15公里解析度的預報結果比較(圖9)，結果亦可以看出和Domain1類似的比較結果，整體來說，整合測試的操作組C模式預報結果都略優於控制組，只是其與控制組的差距不若Domain1來的大。而在觀測點上的校驗結果(未置圖)也顯示，平均來說經過調整的高解析度模式都有較原來控制組不錯的預報表現。

七、結論與未來工作

本研究在討論於氣象局中尺度模式的預報積分範圍下，分別提高模式的垂直解析度及水平解析度對於東亞地區預報的分別及整合影響。垂直分層的設計主要參考歐洲全球模式(ECMWF)垂直62層之指數累積分布型態，進行由原來45層增加至52層之調整。水平解析度則是由原來的45/15公里提升至15/3公里，並且將地形重力波拖曳參數放大至原來設定的三倍，以適當的抑制冬季高解析度模式對東亞主槽過深的預報。經過調整後的高解析度模式整體而言對綜觀天氣的預報都優於原來的45/15公里模式的預報表現，另外對其在個案上的分析也較粗網格模式更貼近真實大氣的表現(未置圖)。本研究未來將繼續針對此一高解析度模式進行資料同化策略的測試實驗，以及3公里解析度的積分範圍下模式對於台灣地區預報的特性，特別是劇烈天氣或颱風的降水預報進行更進一步的分析與了解，以期能針對氣象局下一代高解析度之中尺度預報模式作出最佳化的選擇與調整。

八、參考文獻

Benoit, R., P. Pellerin, N. Kouwen, H. Ritchie, N. Donaldson, P. Joe, and E. D. Soulis, 2000: "Toward the use of coupled atmospheric and hydrologic models at regional scale." *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1681-1706

Colle, B. A., and C. F. Mass, 2000a: "High-resolution observations and numerical simulations of easterly gap flow through the Strait of Juan de Fuca on 9-10 December 1995." Mon. Wea. Rev., 128, 2398-2422

Kain, J. S., S. J. Weiss, D. R. Bright, M. E. Baldwin, J. J. Levit, G. W. Carbin, C. S. Schwartz, M. L. Weisman, K. K. Droegemeier, D. B. Weber, K. W. Thomas, 2008: "Some practical

considerations regarding horizontal resolution in the first generation of operational convection-allowing NWP. "Wea. Forecasting, 23, 931-952.

Mass, C.F., D. Ovens, K. Westrick, and B.A. Colle, 2002: "Does Increasing Horizontal Resolution Produce More Skillful Forecasts?" Bull. Amer. Meteorol. Soc. 83: 407-430

表1：實驗設計之各模式設定列表

控制組	巢狀二層，水平解析度45/15公里、垂直45層，無使用資料同化(NODA)之WRF模式預報
操作組A	水平解析度45公里、垂直52層，模式層頂由原來之30hPa提高至10hPa，無使用資料同化(NODA)之WRF模式預報
操作組B	巢狀二層，水平解析度15/3公里、垂直45層，無使用資料同化(NODA)之WRF模式預報
操作組B-2	巢狀二層，水平解析度15/3公里、垂直45層，放大重力波拖曳至原設定之3倍，且無使用資料同化(NODA)之WRF模式預報
操作組C	巢狀二層，水平解析度15/3公里、垂直52層，放大重力波拖曳至原設定之3倍，且無使用資料同化(NODA)之WRF模式預報

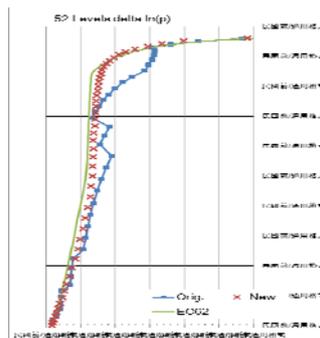


圖1：模式垂直分層設定。綠色實線為EC模式垂直62層設定，藍線點線為原來控制組45層設定，紅色叉叉則為操作組A之52層垂直設定。

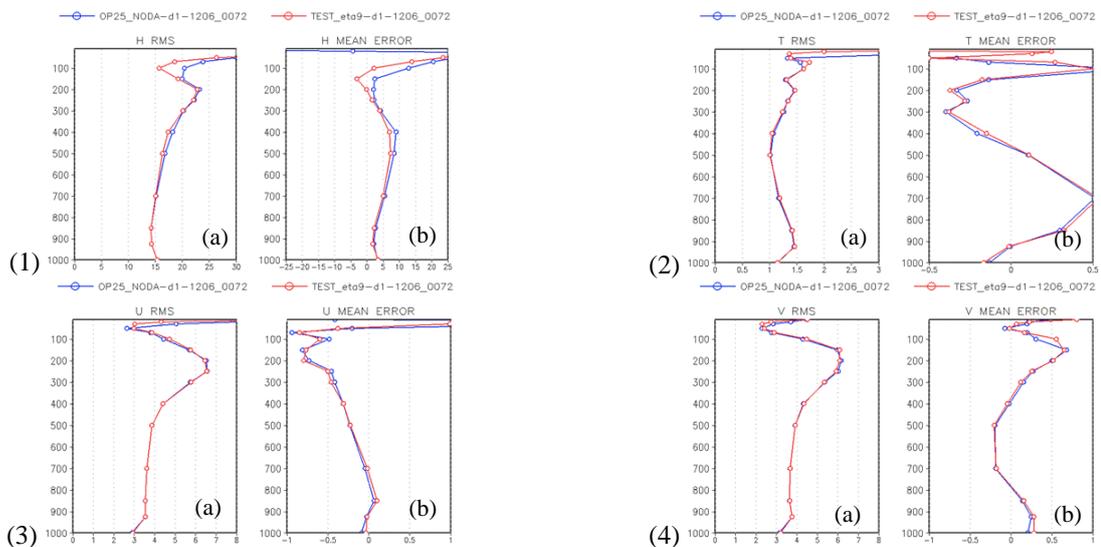


圖2：2012年6月控制組(藍線)與操作組A(紅線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3) U及(4) V之垂直平均圖，(a) 均方根誤差，(b) 標準差。

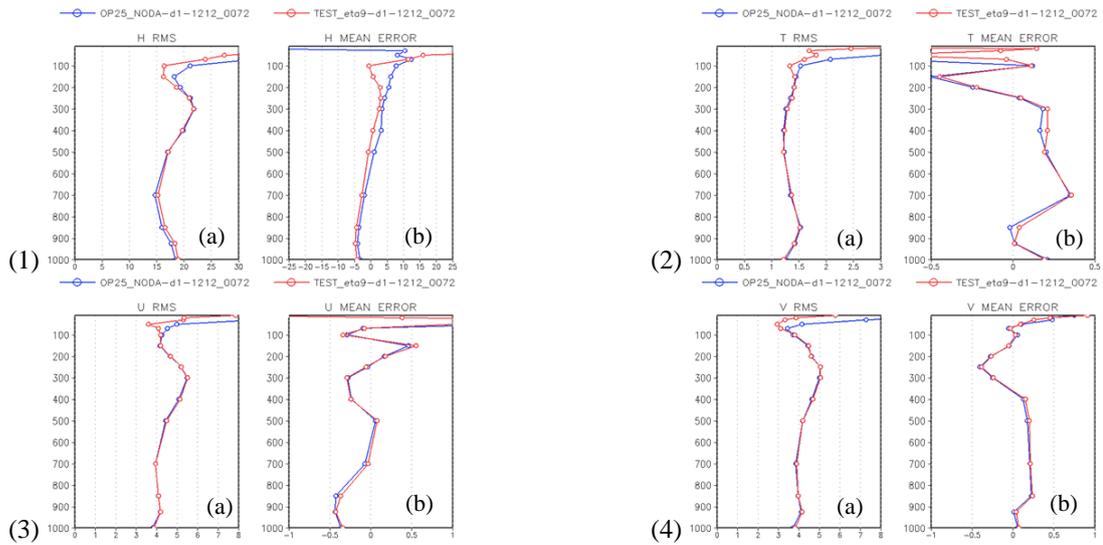


圖3：2012年12月控制組(藍線)與操作組A(紅線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3) U及(4) V之垂直平均圖，(a) 均方根誤差，(b) 標準差。

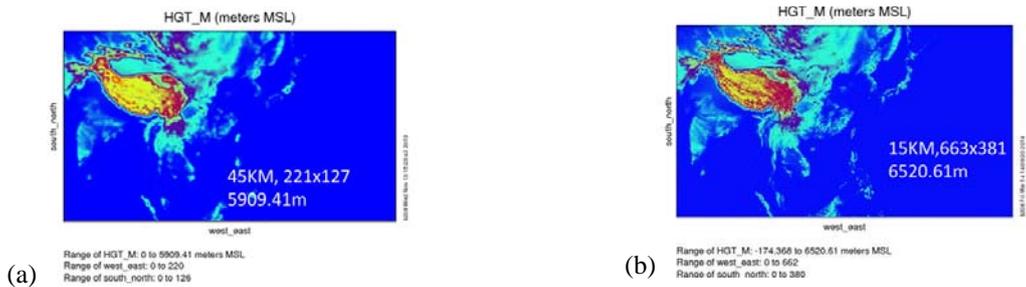


圖4：控制組45公里模式(a)與操作組15公里模式(b)之背景地形高度場之比較圖。

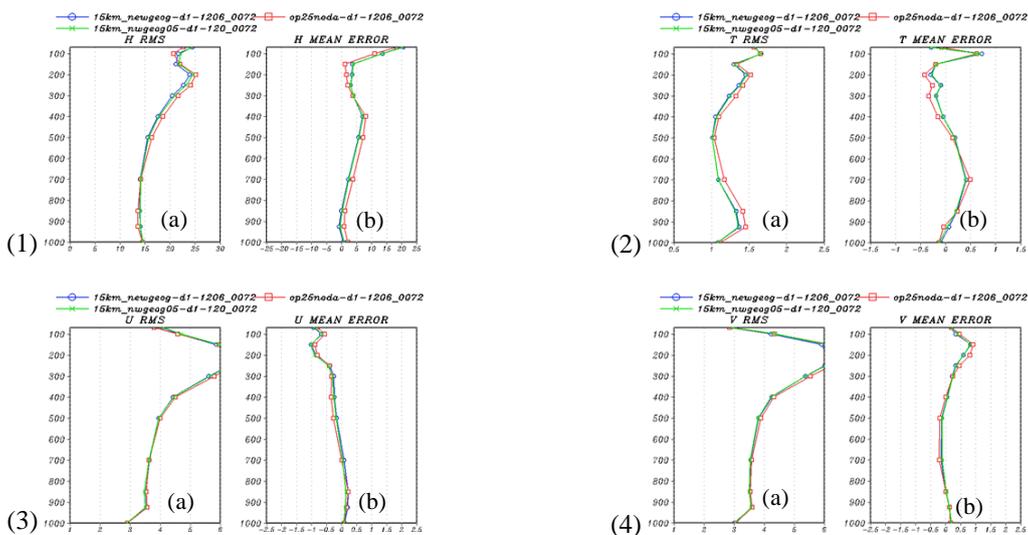


圖5：2012年6月控制組(紅線)、操作組B(藍線)及操作組B-2(綠線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3) U及(4) V之垂直平均圖，(a) 均方根誤差，(b) 標準差。

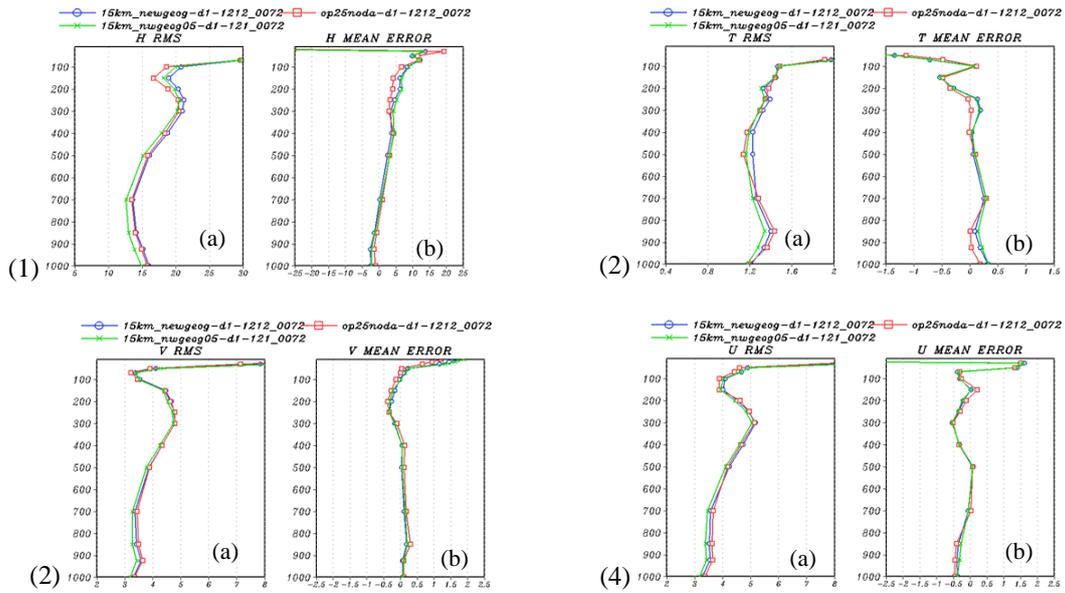


圖6：2012年12月控制組(紅線)、操作組B(藍線)及操作組B-2(綠線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3)U及(4)V之垂直平均圖，(a)均方根誤差，(b)標準差。

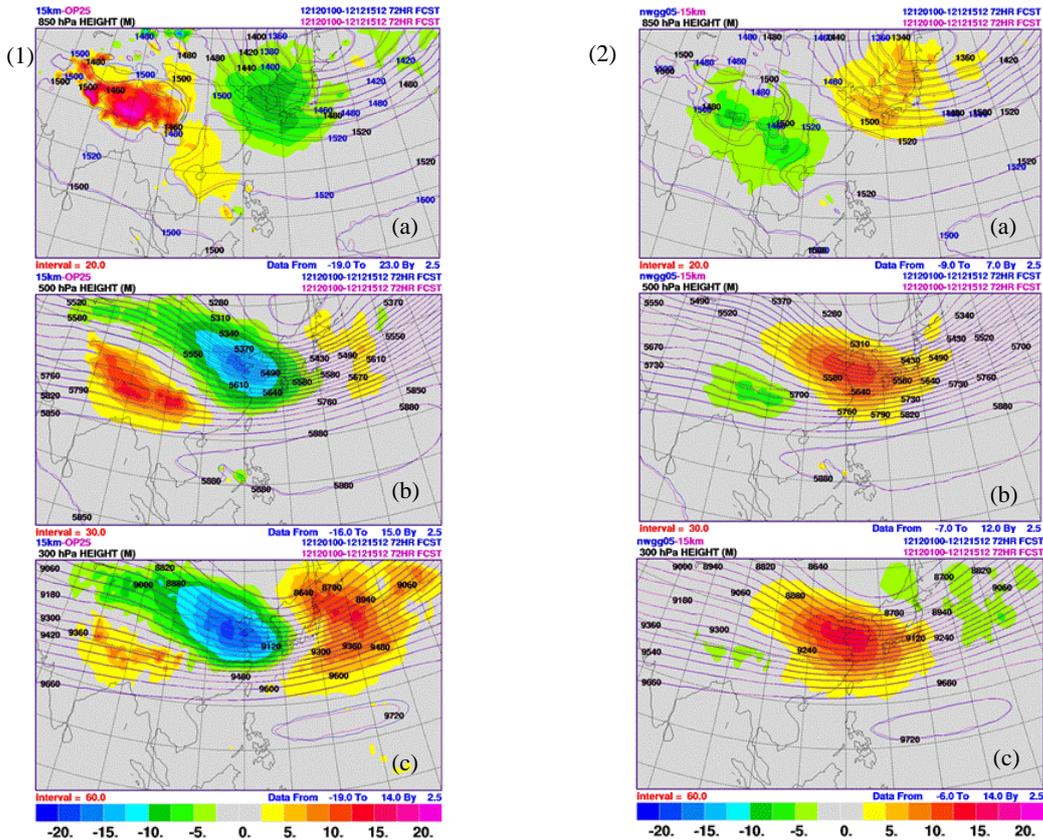


圖7：(1)操作組B與控制組於2012年12月15天預報72小時之平均高度場差值之二維分布圖。其中(a)為850hPa層、(b)為500hPa、(c)為300hPa。(2)同左圖，但為操作組B-2與操作組B之差值場。

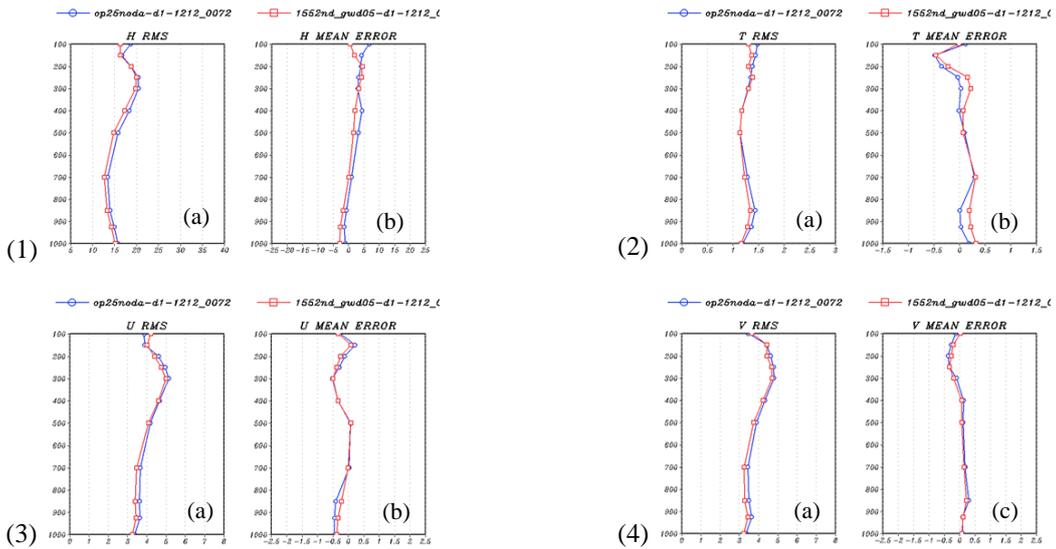


圖8：2012年12月控制組(藍線)、操作組c(紅線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3)U及(4)V之垂直平均圖，(a)均方根誤差，(b)標準差。

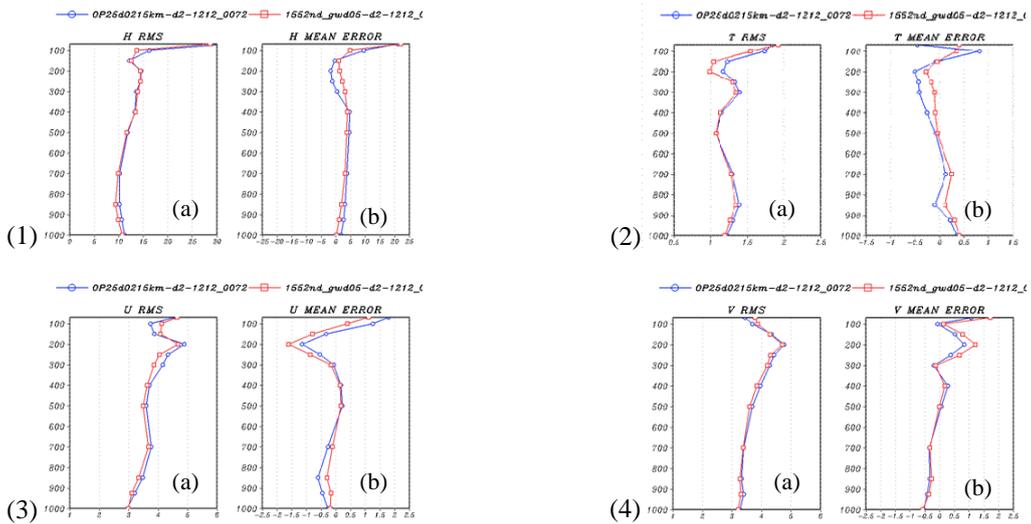


圖9：2012年12月控制組Domain2(藍線)、操作組C之Domain2(紅線)之預報72小時(1)重力位高、(2)溫度、(3)U及(4)V之垂直平均圖，(a)均方根誤差，(b)標準差。