

WRF 模式積分範圍對模式預報的影響

Impact of the WRF model domain on the forecast performance

魏士偉¹ 洪景山¹

¹資訊中心

摘要

本研究透過中央氣象局作業之 WRF 模式探討積分範圍對模式預報的影響。實驗結果顯示 WRF 模式的北邊界位置越北，預報誤差（RMSE）越大。而模式的預報誤差主要可分成自邊界條件引入來自 NCEP 全球模式的預報誤差以及 WRF 模式本身的預報誤差。進一步分析結果指出，這兩者都有隨緯度增加而增加的特性。因此，在設計以 NCEP 全球模式做邊界條件的 WRF 模式積分範圍時，需額外考量這兩種預報誤差的特性。

一、前言

目前中央氣象局作業之 WRF 模式共有三種積分範圍設定，分別為 DA、M00 與 M03，其地理覆蓋範圍如圖 1 所示。其中 DA 與 M00 的網格間距皆為 45 公里，DA 實際為 M00 延伸四側邊界所得，而 M03 的使用相同的投影法，但投影相關的參數設定以及網格間距與前述兩者不同。圖 2 為 2014 年 5 月份 M00 與 M03 的 72 小時預報之 500 百帕高度場對 NCEP 全球模式分析場校驗的均方根誤差（RMSE）水平分布，可發現 M00（圖 2a）於積分範圍北側有較 M03（圖 2b）大的 RMSE。顯示覆蓋範圍較大的積分範圍設計有較大的預報誤差。

另外，我們曾經嘗試使用 DA 與 M00 的積分範圍分別進行 72 小時預報，同於 M00 的範圍對 NCEP 全球模式分析場校驗，其結果如圖 3b 所示，DA 的 RMSE 明顯較 M00 高。圖 3a 則是 DA 與 M00 在 500 百帕高度場 72 小時預報的差異，積分範圍北側有著明顯的不同。於此同樣發現積分範圍越大，預報誤差也會越大。

因此本研究想了解原因造成前述情形的原因，並釐清在相同的網格間距設定下，不同積分範圍大小對

於 WRF 模式預報結果有何影響。

二、實驗設計

如前言所述，圖 2 與圖 3 顯示了不同積分範圍的預報誤差的差異主要集中在積分範圍北側，因此本研究以改變北方邊界的位置設計三組實驗。實驗詳細設定內容列於表 1，其中第一組實驗名稱為 O，使用藍伯特保角投影法（Lambert Conformal Projection），投影參數設定以及網格間距與 M00 相同。第二組實驗名稱為 N，基本投影法參數設定與實驗 O 相同，差異在於北方邊界的位置較實驗 O 往北移 20 個網格點，大約 900 公里。第三組實驗名稱為 S，基本設定亦與實驗 O 相同，僅將北方邊界位置自實驗 O 的位置向南移 20 個網格點。我們希望透過這三組實驗在 2012 年 6 月及 12 月月平均的 72 小時預報均方根誤差（RMSE）探討積分範圍的北邊界位置對於臺灣附近區域預報的影響，實驗的積分範圍與校驗區域如圖 4 所示。

三、實驗結果分析與討論

1. 預報邊界條件

在圖 5 當中，實驗 S 在 2012 年 6 月份於高度場（圖 5a）400 百帕及 500 百帕都有較低的 RMSE，但

是高層與低層都較實驗 O 與 N 為大。在溫度場（圖 5b）三組實驗沒有顯著差異，不過 S 實驗在水平風場（圖 5c、d）的誤差也較大，顯示北邊界位置較南對於台灣附近區域 6 月份的預報並沒有正面的影響。另外兩組實驗的主要差異在高度場，實驗 N 的 RMSE 較 O 來得更大，溫度場與水平風場兩者間沒有明顯差異。圖 6 則是 2012 年 12 月三組實驗的月平均 RMSE，可發現實驗 S 不論在高度場、溫度場或風場都有著較佳的表現，而實驗 N 最差，尤以高度場最為明顯。

三組實驗在 6 月份以原始積分範圍的實驗 O 最佳，北邊界較北的實驗 N 次之，北邊界較南的實驗 S 最差。12 月份則以實驗 S 最佳，實驗 O 次之，實驗 N 最差。整體來說，三組實驗當中以原始的積分範圍有著較好的預報表現，實驗 S 次之，實驗 N 最差。

2. 分析邊界條件

從前一部分的結果得知有較大的積分範圍的確會有較差預報，但是使用預報邊界條件，會自側邊界引入 NCEP GFS 本身的預報誤差。為了釐清此情況是來自於 WRF 模式本身的預報還是 NCEP GFS 的預報誤差，我們改以 NCEP 每 6 小時的分析資料製作邊界條件，以去除 NCEP GFS 預報誤差的影響。同樣分析實驗 O、N 與 S 在 2012 年 6 月與 12 月的 72 小時預報之月平均 RMSE，結果如圖 7 與圖 8 所示。

在圖 7 與圖 8 中，不論是 6 月或 12 月三組實驗的高度場 RMSE 差距明顯減少，6 月份的風場、12 月份的溫度場也變得幾乎沒有差異，顯示來自 NCEP GFS 的預報誤差透過邊界條件影響了 WRF 模式在台灣附近地區的預報。在 WRF 本身的誤差方面，實驗 S 於 6 月份高度場表現最差，但在 12 月份 U 風場有最低的 RMSE。溫度場，高度場低層仍有較高的 RMSE。整體來說，6 月份仍以實驗 O 最佳，實驗 S 最差；12 月份則是實驗 S 最佳，實驗 O 與 N 則互有優劣。

3. 72 小時預報誤差緯向平均分析

使用預報邊界條件的敏感度實驗重現了積分範圍越大預報誤差也越大的情形，改以 NCEP GFS 分析場作為邊界條件後，三組實驗之間預報誤差的差異隨即降低許多，應是 NCEP GFS 的預報誤差主導了 WRF 模式的預報誤差差異。因此，本部分將透過緯向平均的方式分析 WRF 模式本身以及 NCEP GFS 的預報誤

差以釐清 NCEP GFS 的預報誤差所扮演的角色。

首先，圖 9（6 月份）與圖 10（12 月份）為三組實驗使用分析邊界條件在北緯 0 度至 60 度之間預報誤差的緯向平均分布圖，可發現 WRF 模式在高度場、溫度場以及 500 與 850 百帕 V 方向風場的預報誤差都有明顯隨緯度增加而增加的情況，U 風場則否。值得注意的是三組實驗緯向平均的預報誤差在北緯 35 度以南的區域三者的差異並不明顯，較高緯度的區域由於接近各組實驗的北邊界，使其誤差會依次減小。由此得知北邊界的位置對於整體積分範圍裡 WRF 模式本身的預報誤差影響較小。

進一步從 2012 年整年度 NCEP GFS 在東經 40 度至西經 170 度，南緯 10 度至北緯 70 度這個範圍內 72 小時的預報誤差之緯向平均圖中（圖 11 至圖 14），可發現除了 U 風場，其他三個變數的 72 小時預報誤差皆隨著緯度增加而增大，代表 WRF 模式的北邊界往北推移越多，容易引入 NCEP GFS 較大的預報誤差，進而影響使用預報邊界條件的預報誤差。

四、結論

本研究嘗試從調整北側邊界位置的敏感度實驗探討其對於 WRF 模式預報的影響。實驗結果顯示，雖然 WRF 模式本身的預報誤差會隨著緯度增加有增大的趨勢，但是從使用分析邊界條件的預報誤差垂直分布及緯向平均可知北側邊界的位置變動對於 WRF 模式本身的預報誤差影響並不顯著。由此可知，透過不同北側邊界位置引入不同的全球模式預報誤差（本文使用 NCEP GFS）才是主要影響台灣附近區域預報有所差異的關鍵因素。因此在設計積分範圍時，WRF 模式本身的預報誤差，以及作為邊界條件的全球模式預報誤差都應該列入考量。但是預報邊界條件與分析邊界條件的預報誤差在量級上並沒有顯著差異，顯示降低 WRF 模式本身的預報誤差仍是改善預報最重要的課題。

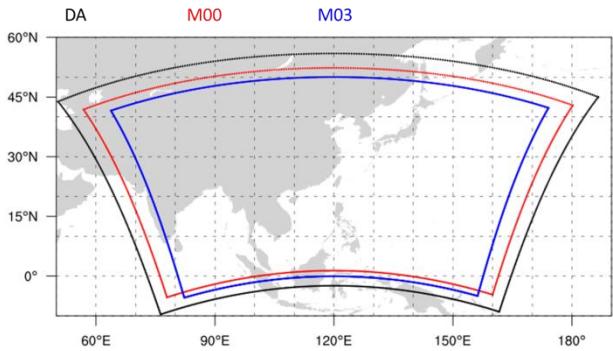


圖 1 DA (黑色)、M00 (紅色) 與 M03 (藍色) 積分範圍示意圖。

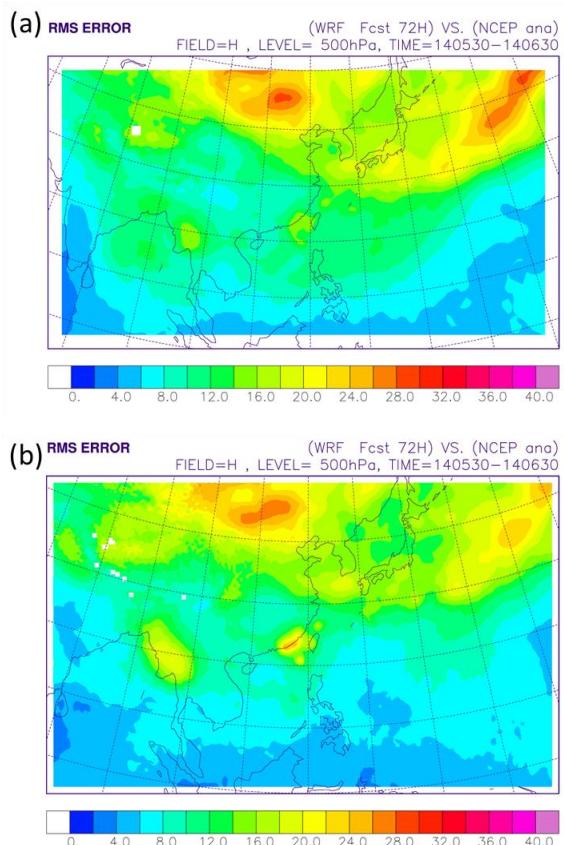


圖 2 2014 年 5 月 500 百帕 72 小時平均預報誤差 (RMSE) 水平分布圖 (a) M00 45 km 積分範圍 (b) M03 20 km 積分範圍。

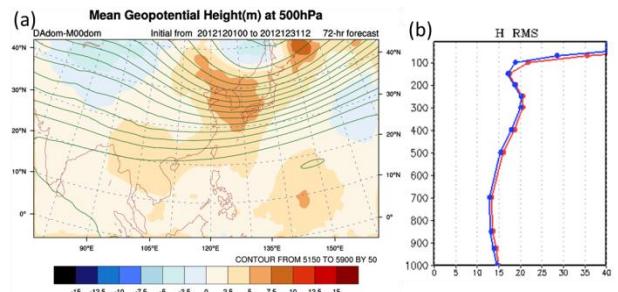


圖 3 DA 積分範圍與 M00 積分範圍 2012 年 12 月 72 小時 (a) 500 百帕月平均差異水平分布圖 (b) 月平均預報誤差 (RMSE) 垂直分布圖。其中 DA 為紅線，M00 為藍線。

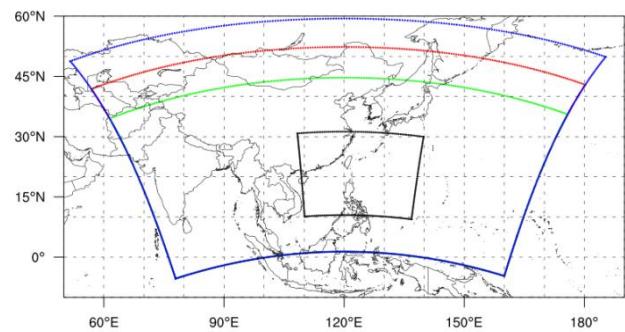


圖 4 北邊界位置敏感度實驗積分範圍設計示意圖，北邊界位置較北，代號 N (藍色)；原始北邊界位置，代號 O (紅色)；北邊界位置較南，代號 S (綠色)。校驗區域 (黑色)。

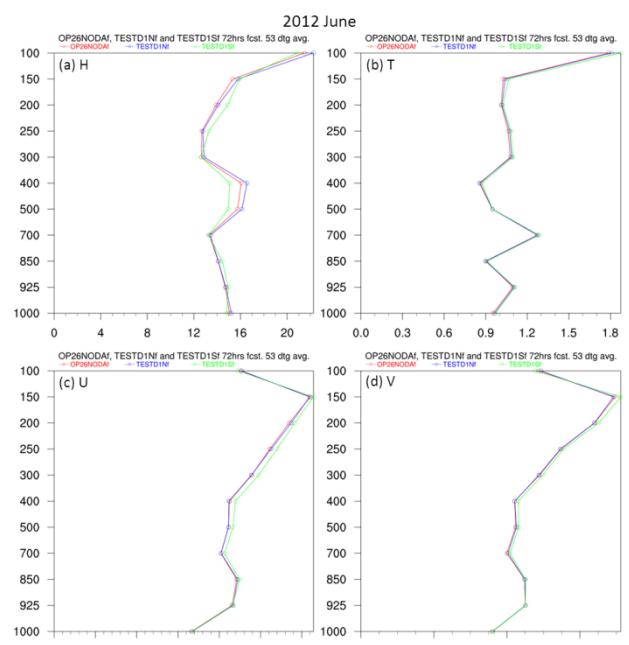


圖 5 2012 年 6 月 O (紅線)、N (藍線)、S (綠

線)三組實驗使用預報邊界條件在(a)高度場、(b)溫度場、(c)U 方向風場及(d)V 方向風場的 72 小時預報之月平均方均根誤差垂直分布。

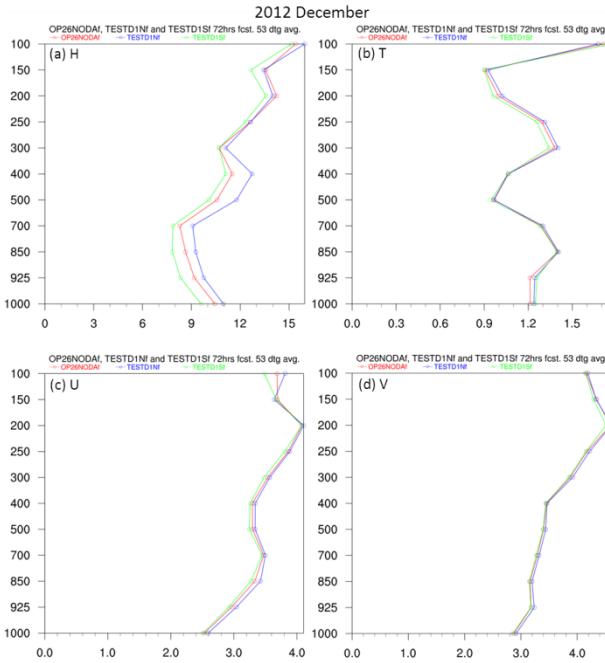


圖 6 同圖 5，但是為 2012 年 12 月的月平均方均根誤差。

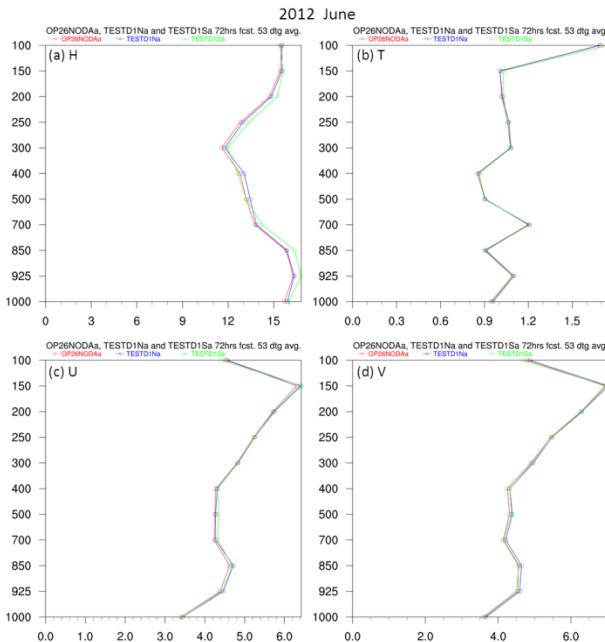


圖 7 2012 年 6 月 O (紅線)、N (藍線)、S (綠線)三組實驗使用分析邊界條件在(a)高度場、(b)溫度場、(c)U 方向風場及(d)V 方向風場的 72 小時預報之

月平均方均根誤差垂直分布。

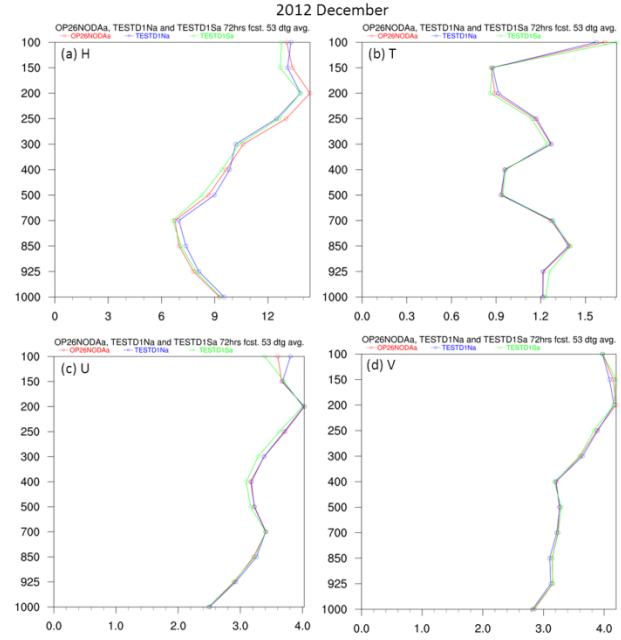


圖 8 同圖 7，但是為 2012 年 12 月的月平均方均根誤差。

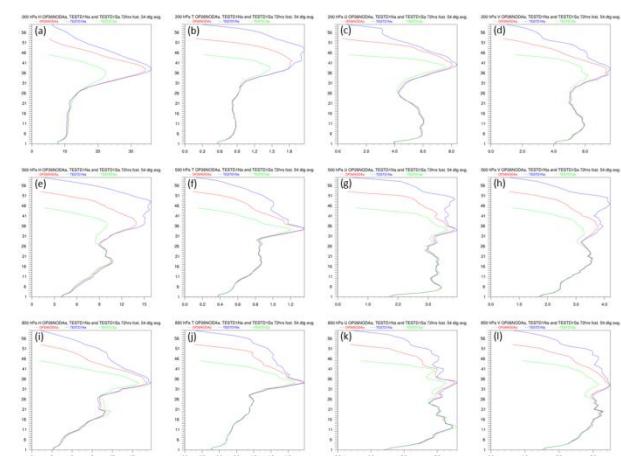


圖 9 2012 年 6 月份分析邊界條件 O (紅色)、N (藍色) 與 S (綠色) 72 小時預報誤差緯向平均分布圖，其中 (a) ~ (d) 分別為 200 百帕的高度場 (H)、溫度場 (T) 及水平風場 (U、V); (e) ~ (h) 為 500 百帕；(i) ~ (l) 為 850 百帕。

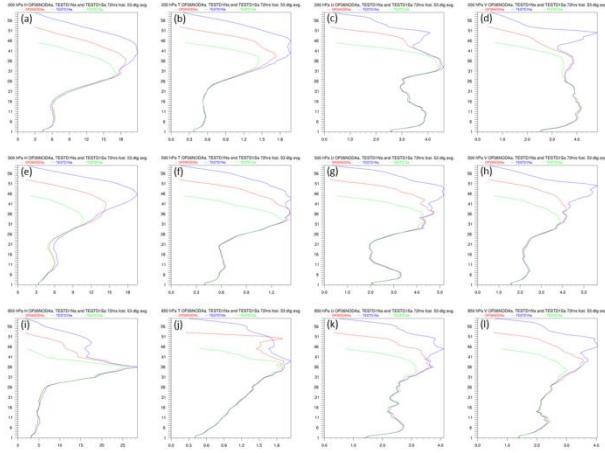


圖 10 同圖 9，但為 2012 年 12 月的 72 小時預報誤差緯向平均分布圖。

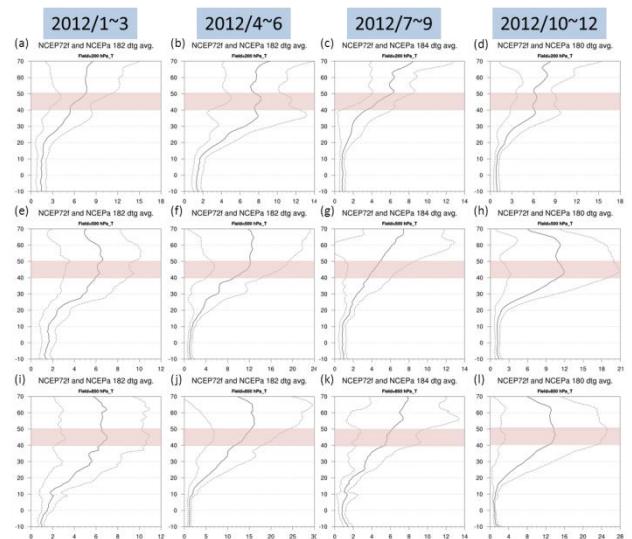


圖 12 同圖 11，但為溫度場 (T)。

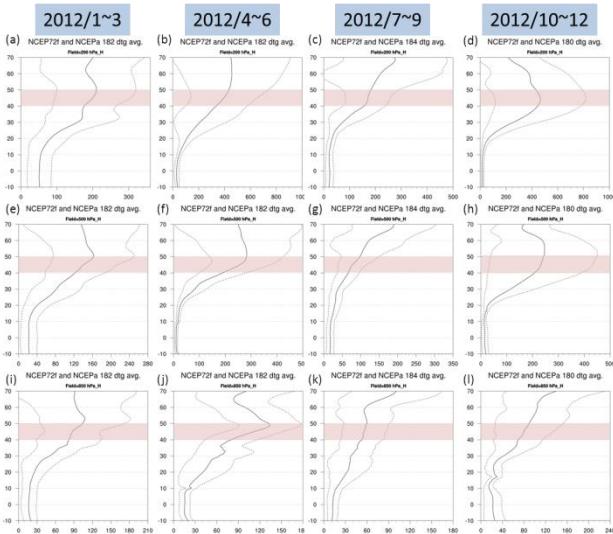


圖 11 2012 年 NCEP GFS 高度場 (H) 72 小時 RMSE 緯向平均分布圖。其中 (a) ~ (d) 為 200 百帕，(e) ~ (h) 為 500 百帕，(i) ~ (l) 為 850 百帕，色塊區域為實驗 O 北邊界的大致位置。虛線代表正負兩個標準差。

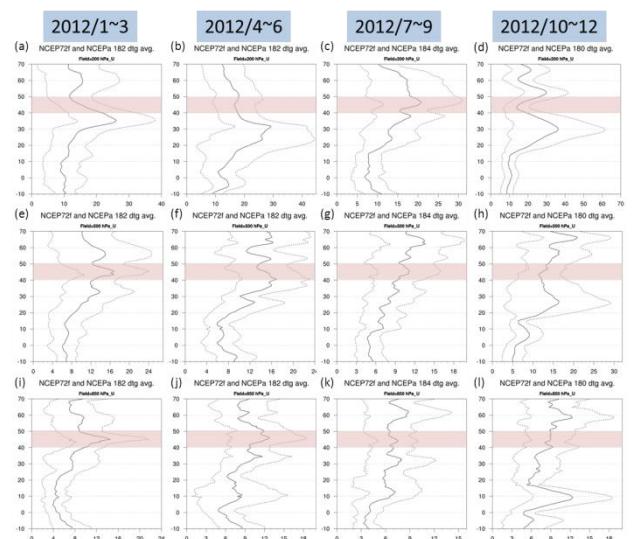


圖 13 同圖 11，但為 U 方向水平風場 (U)。

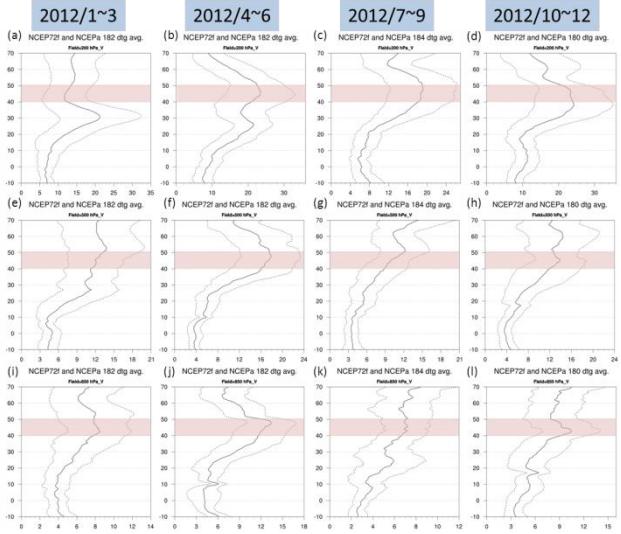


圖 14 同圖 11，但為 V 方向水平風場 (V)。

實驗名稱	O	N	S
網格間距	45 km		
x 方向格點數	221		
y 方向格點數	127	147	107
參考經度	120° E		
參考緯度	10° N、 40° N		
中心經度	118.59° E		
中心緯度	27.07° N		

表 1 三組實驗積分範圍使用之藍伯特保角投影法詳細參數設定。