中央氣象局下一代全球預報系統(FV3GFS) 巢狀網格之次網格地形重力波拖曳參數法 山脈阻塞效應調整與測試研究

陳郁涵^{1,3} 蕭玲鳳¹ 陳政友^{2,3} 陳建河² 郭鴻基³

1中央氣象局氣象科技研究中心

2中央氣象局氣象資訊中心

3國立臺灣大學大氣科學系

摘要

中央氣象局預計以美國國家環境預測中心(National Centers for Environmental Prediction; NCEP) 之 FV3GFS (Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core Global Forecast System)模式為基礎,作為其下一代全球 預報系統。本研究旨在針對此開發中系統之巢狀網格區域,透過調整次網 格地形重力波拖曳參數法中的山脈阻塞(mountain block)效應,評估其對 模式預報的影響。FV3GFS 使用的山脈阻塞計算取自 Lott and Miller (1997),其中預設參數參考 NCEP 區域版本 FV3 模式 (FV3 stand-alone regional model; FV3-SAR)之設定。挑選 2019 年冬季東北季風盛行個案 進行三天預報,並對中央氣象局地面測站進行校驗,各實驗2米溫度場及 10 米風場的全臺平均誤差量值相近,但風場最顯著的差異位於臺灣北部 測站。隨著次網格地形的山脈阻塞效應減弱,臺灣北部的風速增大,東北 部沿海的累積降雨量减少,其中以參考 FV3-SAR 設定值進行之控制實驗 較能反映實際的觀測風速及降雨量。本個案研究結果顯示模式次網格地形 重力波拖曳參數法之山脈阻塞效應,對FV3GFS模式高解析度巢狀網格預 報有一定程度之影響。其中,特別是對地面風速與降雨的預報,可供未來 上線作業參考。

關鍵字:FV3GFS、次網格地形重力波拖曳參數法、山脈阻塞、數值天氣 預報

一、前言

中央氣象局自 1983 年開始發展數值 天氣預測技術,至今已累積近 40 年的經 驗,發展目的為提供臺灣高水準氣象預報 與防災所需的災害天氣預報,並維持能與 歐美日等氣象科技先進國家相當的進步 水準(Chen and Lee, 2017)。

2017 年美國國家環境預測中心 (National Centers for Environmental Prediction; NCEP)指出 Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core (FV3)將 成為該機構下一代作業用全球預報系統 (Global Forecast System; GFS),並希望 能推廣該模式為社群模式。為了進一步提 升全球氣象預報能力,中央氣象局遂引進 FV3GFS,自 2018年起將研究重點放在此 預報系統的建置工作,在局內高速電腦環 境下培養自行研發及維護預報模式之能 力,發展具臺灣特色的中央氣象局下一代 全球預報系統,未來可提供中央氣象局區 域模式所需的邊界條件。

FV3GFS 計算方法之動力核心採用 cubed-sphere 網格,並在各子域(面)中 以有限體積法離散偏微分方程來執行計 算,該方法自 1996 年至今已擁有 25 年的 發展,模式在使用網格資料、運算模組及 物理機制模組化方面皆有相當的成熟 度。

一般而言,全球模式使用重力波 拖曳參數法來掌握次網格的重力波效應, 以避免北半球冬季西風帶與平流層風速 過強的現象(Palmer *et al.*, 1986; Shepherd, 2000)。隨著模式水平解析度提高,Smith et al. (2006)利用氣流過山個案探討模式 解析度對次網格地形重力波拖曳的敏感 度測試,結果顯示即使模式解析度提高至 4 公里,仍需考慮次網格地形重力波拖曳 之影響。因此,本研究針對 FV3GFS 巢狀 網格(詳見第二章介紹)之次網格地形重 力波拖曳參數法進行研究及測試工作。 FV3GFS 計算次網格地形重力波拖曳共 考慮兩種效應,分別為取自 Kim and Arakawa (1995)的地形重力波拖曳力

(orographic gravity wave drag),以及Lott and Miller (1997)的山脈阻塞(mountain block)效應。在 FV3GFS 中可透過修改 cdmbgwd 的兩個參數以調整次網格地形 重力波拖曳參數法之影響程度。

二、FV3GFS 模式介紹與次網格 地形重力波拖曳參數法說明

FV3 最早由美國地球物理流體動力 學實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory;GFDL)研究開發,過去已發 表許多著作。其動力核心數值方法使用 monotonicity-preserving Finite - Volume schemes (Lin and Rood, 1996;Lin, 2004), 透過有限體積法處理氣壓梯度力(Lin, 1997),可達四階精確。模式結合 Arakawa C、D 網格風場配置以計算通量及渦度 (Lin and Rood, 1997), 垂直方向數值方法 使用 Vertically Lagrangian control-volume (Lin, 2004),並利用 semi-implicit 方案建 置 non-hydrostatic solver。 Lin (2017)比較 FV3 與當時 NCEPGFS及EC模式在200hPa的動能 頻譜分布,結果顯示FV3較NCEPGFS更 能合理模擬出中尺度動能頻譜分布,並略 勝EC模式的表現。北半球10天預報之 500hPa高度場距平相關顯示,以FV3動 力架構、當時NCEPGFS物理模組、搭配 13公里解析度的預報表現,可贏過當時 NCEPGFS;若另使用EC模式分析場作 為初始場,則預報表現與EC模式(解析 度9公里)相當。

本研究 FV3GFS 全球網格配置(圖 1)由六個面組成,每個面在經緯向各有 384 個格點,水平解析度約為 25 公里。 和 NCEPGFS 配置不同,此處將臺灣固定 於網格面的正中心,此設計稱為 C384T。 臺灣周圍設計雙向回饋巢狀網格(Harris and Lin, 2013),提供約 4.8 公里之高解析 度預報資訊,可應用於短期颱風或龍捲風 等小尺度劇烈天氣現象,本研究使用的巢 狀網格範圍約為東經 116 至 126 度、北緯 19 至 29 度。

在數值模式中,根據氣流流速與地形 高度之關係,可判別氣流將繞過或跨過地 形。當地形上游的氣流所具有的動能,不足 以克服跨過地形所需的位能時,氣流將繞 過地形,反之則跨過地形。繞過地形的氣流 會受到地形影響造成阻塞,而跨過地形的 氣流,則可能因跨過地形時的垂直運動而 產生重力波,對應於這兩種不同的情況,可 分別計算過程中於次網格地形所產生的重 力波拖曳。



- 圖 1. 中央氣象局 FV3GFS 全球及巢狀網格配置。全球區域由六個面組成(左圖:解析度約 25 公里;C384T),巢狀網格(右圖:解析度約 4.8 公里)同時針對臺灣周圍進行預報工作。
- Figure 1. FV3GFS global and nested domains at Central Weather Bureau (CWB). The global domain with about 25-km horizontal resolution consists of six tiles (left). The nested domain with about 4.8-km horizontal resolution (right) is targeted for the weather forecast around the Taiwan area.

如上所述,動能與位能的關係將決定 氣流過山的物理過程,並考量兩種不同效 應進行後續計算。首先,於模式中計算分界 流線(dividing streamline),此流線在地形 上游所具備的動能,恰好等於跨過次網格 地形所需的位能,流線在垂直方向的高度 可由積分方程式獲得:

$$\frac{U^2(h_d)}{2} = \int_{h_d}^{H} N^2(z)(H-z) \, dz \qquad (1)$$

其中 h_d 為流線高度,U為地形上游的風速, N為 Brunt-Väisälä 頻率,H為次網格地形的 最大高度。模式計算出流線高度後,h_d到地 表之間的氣層(即地形以下)將考量山脈阻 塞效應,h_d到模式層頂(即地形以上)則考 量地形重力波拖曳力效應。

其中,關於山脈阻塞效應,大氣的雷諾 數(Reynolds number)數量級約為10⁵,滿 足此條件下,由實驗室的風洞結果可知,鈍 體的阻力係數C_d約為常數,且量值接近於 1,Lott and Miller (1997)根據此實驗數據, 將山脈視為鈍體,計算氣流經過山脈的阻 力,方程式詳列如下:

$$D_{\rm b} = -C_{\rm d} \max\left(2 - \frac{1}{R}, 0\right) \rho \frac{\sigma}{2h'} ZLEN \, \max(\cos(\psi), \gamma \sin(\psi)) \frac{U^2}{2}$$
(2)

其中 C_d 為阻力係數, $R = \frac{\cos^2(\psi) + \gamma \sin^2(\psi)}{\gamma \cos^2(\psi) + \sin^2(\psi)}$ 代 表山脈的高寬比, γ 為地形的不對稱性, ψ 為氣流對山脈的入射角, ρ 為空氣密度, h'為地形高度標準差, σ 為地形坡度, U^2 為上 游氣流的風速平方, $ZLEN = \sqrt{\frac{Z_b-Z}{Z+h'}}$, Z_b 為 空氣繞流的厚度, z為入射氣流的高度。根 據 Lott and Miller (1997), 令山脊為長軸, 跨越山脊為短軸,當長軸遠大於短軸時,地 形可視為二維分布。若地形接近二維分布, 則 C_d 接近於 2;若地形為三維分布,則 C_d 接 近於 1。

模式中調整次網格地形重力波拖曳參數法之參數為 cdmbgwd_1 及 cdmbgwd_2,前者正比於山脈阻塞的影響程度,此參數 與C_d的關係式如下:

$$C_{\rm d} = \frac{4 * 192}{n_{\rm lon}} * {\rm cdmbgwd}_{-1}$$
(3)

其中*n*lon代表繞赤道一圈所需的模式網格 點數,在C384T解析度下*n*lon = 384×4 = 1536,至於192是NCEP在模式中給定的 常數。同理,在FV3GFS巢狀網格區域中, *n*lon的數值等於巢狀網格在緯向的格點數, 以目前網格配置代入(3)式,求得三維及二 維地形之理想 cdmbgwd_1 值分別為 1.125 及 2.25。本研究同時參考NCEP 發展之 FV3 stand-alone regional model (FV3-SAR),此 區域模式(Dong *et al.*, 2020)水平解析度為 3 公里, cdmbgwd 1 設定值為 3.5。

另一方面,cdmbgwd_2 正比於地形重 力波拖曳力的影響程度 $C_{\rm m}$,兩者的關係式 如下:

$$C_{\rm m} = \frac{5 \times 10^{-6}}{\sqrt{\frac{n_{\rm lon}}{192}}} * {\rm cdmbgwd}_2$$
 (4)

—44—

其中 n_{lon} 的定義與前述相同,(4)式中數字 皆為常數。根據 Kim and Arakawa (1995)所 述,典型的 C_m 值應遵守 $C_m\Delta x = 1 \circ FV3$ -SAR 的設定將 cdmbgwd_2 定為 0.01,使 $C_m\Delta x$ 遠 小於 1,表示次網格地形重力波拖曳力在 FV3-SAR 中幾乎沒有作用。因此,本研究 將 cdmbgwd_2 依照 FV3-SAR 的設定值, 特針對山脈阻塞效應(即 cdmbgwd_1 之調 整)進行討論。

三、2019年冬季東北季風個案及 實驗設計

本研究主要針對 FV3GFS 巢狀網格區 域進行測試,透過調整次網格地形的山脈 阻塞程度探討其對降雨事件的影響,以改 進 FV3GFS 的預報表現。選取的個案以環 境場風向單純、無特殊天氣系統(例如:颱 風或鋒面)通過者為佳,個案選定 2019 年 12 月 7 至 10 日臺灣冬季降雨事件,此段 期間環境場盛行東北風,臺灣地區降雨主 要發生在東北角。

2019年12月7日00UTC地面天氣圖 (圖2a)顯示,綜觀環境下臺灣位於大陸 冷高壓邊緣,天氣特徵為強勁的東北風,模 式以此為初始時間,進行三天預報實驗。圖 2b 為 10 日 00 UTC (預報 72 小時後)地面 天氣圖,此時環境場高壓減弱,臺灣地區東 北風減弱,但整體仍以東北風為主。根據中 央氣象局劇烈天氣監測系統 (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor; QPESUMS),個案 期間觀測 24 小時累積降水估計及 10 米風 場真值 (顧等,2011)如圖 3 所示,7 日主 要的降雨除了集中於北臺灣地區,在東部 及中部地區也多有零星降雨,8 日起降雨訊 號變得較不明顯,至 9 日較明顯的降雨發 生在臺灣東北岸及中部山區。

本研究針對次網格地形重力波拖曳參 數法之山脈阻塞效應設計敏感度測試實 驗,表1為調整 cdmbgwd_1 進行之四組實 驗:控制實驗(實驗 A)參考 FV3-SAR 將 cdmbgwd_1 設為 3.5,除了選用二維及三維 地形理想值的實驗 B(2.25)和實驗 C (1.125)外,另設計實驗 D將 cdmbgwd_1 調整為 0.35,即較控制實驗小一個數量級, 用以檢視調整此參數對模式預報的影響程 度。模式初始資料使用 NCEP 分析場,並 以全球區域之預報作為邊界條件進行雙向 回饋巢狀網格區域預報。



- 圖 2. 中央氣象局地面天氣圖, (a) 2019 年 12 月 7 日 00 UTC, (b) 2019 年 12 月 10 日 00 UTC。
- Figure 2. CWB surface analysis. (a) 00 UTC on December 7, 2019. (b) 00 UTC on December 10, 2019.



圖 3. QPESUMS 觀測降水估計及 10 米風場真值。降水累積時間為 24 小時, (a)至(c)依序為 2019 年 12 月 7 日、12 月 8 日以及 12 月 9 日 00-24 UTC。風場的時間標示於各圖上方。

Figure 3. QPESUMS 00-24-hour accumulated precipitation and 10-m wind ground truth on (a) December 7, (b) 8, and (c) 9, 2019, respectively. The time of wind field is shown above each figure.

- 表 1. FV3GFS 次網格山脈阻塞效應敏感度測試實驗。實驗 A 為控制實驗,以 FV3-SAR 設定值 3.5 為基準;實驗 B 使用二維地形理想值;實驗 C 使用三維地形 理想值;實驗 D 則較控制實驗小一個數量級。
- Table 1. Sensitivity tests of subgrid-scale mountain block in FV3GFS. Test A, the control experiment, is based on the FV3-SAR model. Test B and C use the ideal value for 2D and 3D topography, respectively. Test D is set an order of magnitude smaller than the control experiment.

實驗編號	A(控制實驗)	В	С	D
cdmbgwd_1	3.5	2.25	1.125	0.35

四、預報結果分析

本研究挑選中央氣象局 265 個具充 足觀測資料的地面測站,並將 FV3GFS 預 報資料內插至各測站點,以進行近地面溫 度及風場校驗(圖 4)。此 265 個地面測 站須符合以下篩選條件:(一)測站實際 高度與模式同樣位置之地面高度差在 150 公尺內;(二)排除測站位置在模式中 判定為海上之測站;(三)測站資料於 2019 年 1 至 5 月期間的數據完整程度在 33%以上。

四個實驗在近地面 2 米溫度場的表 現相近,此校驗結果符合預期,因為實驗 主要改變的是氣流受次網格地形之山脈 阻塞程度,在短時間內較不易對地表溫度 造成顯著影響。近地面 10 米風場在實驗 A、B和C三個實驗間的預報表現差距不 大,三天預報平均以實驗 A 誤差較小。 校驗結果亦顯示隨預報時間增加實驗 D 明顯與其他三個實驗差距顯著,仔細比較 實驗 D 和實驗 A (控制實驗),較顯著的 差異發生在預報第 48 與 66 小時以後,兩 實驗風場平均誤差相差約達 0.5 m s⁻¹ 以 上。在三天預報期間內,前期實驗 D 偶 有較小的平均誤差,但後期則較實驗 A 的 平均誤差大,兩實驗表現隨預報時間互有 優劣,因此三天預報的整體平均誤差差異 不大。以臺灣地面測站平均校驗而言,此 結 果 顯 示 調 整 cdmbgwd_1 參 數 對 FV3GFS 三天預報的影響程度相當小,推 測應為四個實驗結果之主要差異僅限於 局部區域所致,圖 4 由 265 個測站點平 均,無法比較各測站點間的誤差特性。

本研究選定的東北季風個案,預期各 實驗風場的主要差異發生在臺灣北部迎 風面,進一步比較四個實驗在各測站點的 風場誤差。根據預報第三天(圖 5)結果, 證實風場誤差較大的站點集中於臺灣北 部,隨著 cdmbgwd_1 設定值的調整,各 實驗間較顯著的差異同樣位於北部, cdmbgwd_1 越小使得次網格中山脈阻塞 效應越小,四個實驗於北部測站點呈現的 風場誤差也逐漸增大,以實驗 A 的風場 較接近觀測資料。此外,實驗 D 由於設 定值小了一個數量級,臺灣各站點整體的 風場誤差也偏大。 進一步分析臺灣東北部的地面風場 (圖 6),可發現各實驗間的風場差異多 位於地形及其周圍。實驗 D 和 A 的風場 差值(圖 6(e))顯示,雖然環境場同樣由 東北風主宰,但隨著 cdmbgwd_1 的設定 值減小,實驗 D 在臺灣北部地區的風速 增加,此外風向在臺灣東西兩側海域及臺 灣南端也發生較明顯的變化。以上結果顯 示次網格地形重力波拖曳參數法之山脈 阻塞效應對氣流過山的影響。隨著次網格 山脈阻塞效應減弱,各實驗在地形迎風面 的累積降雨也有減少的現象。預報第三天 的結果顯示,實驗 A 預報臺灣東北部的 降雨特徵較接近觀測(圖3最右圖),但 與觀測相比,模式降雨的發生位置更接近 臺灣地形。此降雨訊號同時也能被實驗 B 和 C 掌握,但隨著 cdmbgwd_1 的設定值 減小,東北部的降雨量也越小,實驗 D 的 降雨訊號已經很不明顯。



圖 4. FV3GFS 模式預報 2 米溫度場(上圖)及 10 米風場(下圖)地面校驗。預報初始時間為 2019 年 12 月 7 日 00 UTC,橫軸為預報時間第 0 至 72 小時,縱軸為各測站平均之誤差量 值,緣、藍、紅、黃線依序代表實驗 A 至 D。

Figure 4. Ground verification of 2-m temperature (top) and 10-m wind (bottom) fields from FV3GFS. The initial time is at 00 UTC on December 7, 2019. Horizontal axis shows the forecast hours from 0 to 72. Vertical axis shows the mean error. Green, blue, red, and yellow lines represent experiment A, B, C, and D, respectively.



圖 5. FV3GFS 模式預報第三天 10 米風場之地面校驗。預報初始時間為 2019 年 12 月 7 日 00 UTC,圓點代表中央氣象局地面測站位置,色階代表誤差量值,(a)-(d)依序為實驗 A 至 D 的結果。

Figure 5. Ground verification of 10-m wind field from FV3GFS third-day forecast. The initial time is at 00 UTC on December 7, 2019. Dots represent CWB surface stations, with their colors representing the error values. (a)-(d) are experiment A, B, C, and D, respectively.



- 圖 6. FV3GFS 模式預報第三天(48 至 72 小時)累積降雨及第 72 小時 10 米風場。預報初始時 間為 2019 年 12 月 7 日 00 UTC, (a)-(d)依序為實驗 A 至 D 的結果, (e)為實驗 D 與實驗 A 的差值。
- Figure 6. Daily precipitation and 10-m wind fields in the third-day forecast (48-72 hours) from FV3GFS. The initial time is at 00 UTC on December 7, 2019. (a)-(d) are experiment A, B, C, and D, respectively. (e) shows the difference of experiment D from A.

五、總結

本研究以改進中央氣象局下一代全 球預報系統為目標,針對中央氣象局 FV3GFS 次網格地形重力波拖曳參數法 之山脈阻塞效應參數 cdmbgwd_1 進行敏 感度測試實驗,調整適合臺灣巢狀網格區 域之設定值。 使用中央氣象局 265 個地面測站進 行校驗,次網格山脈阻塞的大小主要影響 地形迎風面風速,隨著 cdmbgwd_1 設定 值調小,臺灣地形在模式次網格中導致的 山脈阻塞效應越小,臺灣北部測站點的風 速也越大,其中以實驗 A(控制實驗)最 接近觀測資料。由於各實驗間的差異主要 集中在北部測站點,平均 265 個測站點資 料所求得的平均誤差差別不大,但仍可發 現實驗 D(設定值調小一個數量級)的結 果與其他三個實驗有較明顯的區別,和實 驗 A 之間除了新竹一帶,東西沿海及臺 灣南端的風場也略有不同。

降雨方面,在東北季風盛行的環境條 件下,臺灣降雨主要發生在北部至東北部 地區。FV3GFS 預報結果顯示,隨著次網 格山脈阻塞效應減小,臺灣東北角迎風面 降雨量也逐漸減少,各實驗間以實驗A預 報的降雨量較能反映觀測量值。本研究亦 針對 2020 年 1 月 10 至 13 日之東北 季風個案進行風場及降雨預報分析(圖未 示),結論與本個案相近。

綜合上述,本研究建議參考 FV3-SAR 高解析度區域模式之設定值,於中 央氣象局 FV3GFS 巢狀網格區域設定 cdmbgwd_1 為 3.5,未來可針對其他天氣 形態下的預報進行分析以適時調整模式 設定。此個案在臺灣區域地面風速與降雨 之預報結果可供未來上線作業參考。本研 究透過調整 cdmbgwd_1 參數控制次網格 地形重力波拖曳參數法之山脈阻塞對氣 流過山的影響,未來將持續調整與測試巢 狀網格區域之其他物理參數,提升全球模 式預報的能力。

參考文獻

顧欣怡、王信凱、鄭安孺、高慧萱、陳怡 送、呂國臣,2011:高解析度網格點 氣象分析系統。建國百年天氣分析預 報與地震測報研討會,259-263。

- Chen, J.-H. and C.-H. Lee, 2017: Recent development of CWB/GFS. The 2nd Taiwan West Pacific Global Forecast System Development Workshop.
- Dong, J., B. Liu, Z. Zhang, W. Wang, A. Mehra,
 A. T. Hazelton, H. R. Winterbottom, L.
 Zhu, K. Wu, C. Zhang, V. Tallapragada, X.
 Zhang, S. Gopalakrishnan, and F. Marks,
 2020: The evaluation of real-time
 Hurricane Analysis and Forecast System
 (HAFS) Stand-Alone Regional (SAR)
 model performance for the 2019 Atlantic
 hurricane season. Atmosphere 2020, 11,
 617.
- Harris, L. M. and S.-J. Lin, 2013: A two-way nested global-regional dynamical core on the cubed-sphere grid. Mon. Wea. Rev., 141, 283–306.
- Kim, Y. and A. Arakawa, 1995: Improvement of Orographic Gravity Wave Parameterization Using a Mesoscale Gravity Wave Model. J. Atmos. Sci., 52, 1875–1902.
- Lin, S.-J. and R. B. Rood, 1996: Multidimensional flux-form semi-Lagrangian transport schemes. Mon. Wea. Rev., 124, 2046–2070.
- Lin, S.-J. and R. B. Rood, 1997: An explicit flux-form semi-Lagrangian shallow water model on the sphere. Q. J. R. Meteorol. Soc., 123, 2477–2498.

- Lin, S.-J., 1997: A finite-volume integration method for computing pressure gradient force in general vertical coordinates. Q. J. R. Meteorol. Soc., 123, 1749–1762.
- Lin, S.-J., 2004: A "vertically lagrangian" finite-volume dynamical core for global models. Mon. Wea. Rev., 132, 2293–2307.
- Lin, S.-J., 2017: Feasibility, fidelity, and accuracy of the FV3-powered global cloud-resolving model for 10-day weather prediction. The 2nd Taiwan West Pacific Global Forecast System Development Workshop.
- Lott, F. and M. J. Miller, 1997: A new subgridscale orographic drag parametrization: Its formulation and testing, Q. J. R. Meteorol. Soc., 123, 101–127.
- Palmer, T. N., G. J. Shutts, and R. Swinbank, 1986: Alleviation of a systematic westerly bias in general circulation and numerical weather prediction models through an orographic gravity wave drag parametrization. Q. J. R. Meteorol. Soc., 112, 1001–1039.
- Shepherd, T. G., 2000: The middle atmosphere. J. Atmos. Sol Terr. Phys., 62, 1587–1601.
- Smith, S. A., J. D. Doyle, A. R. Brown, and S. Webster, 2006: Sensitivity of resolved mountain drag to model resolution for MAP case-studies. Q. J. R. Meteorol. Soc., 132, 1467–1487.

Sensitivity Analysis of Mountain Block Effect of Subgrid-Scale Orographic Gravity Wave Drag Parametrization on the Nested Domain of CWB Next Generation Global Forecast System (FV3GFS)

Yu-Han Chen^{1,3} Ling-Feng Hsiao¹ Cheng-Yu Chen^{2,3} Jen-Her Chen² Hung-Chi Kuo³
 ¹Research and Development Division, Central Weather Bureau
 ²Meteorological Information Center, Central Weather Bureau
 ³Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

ABSTRACT

Based on the Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core Global Forecast System (FV3GFS) from National Centers for Environmental Prediction (NCEP), CWB is developing its next generation global forecast system. This study aims to investigate the effect of mountain block in subgrid-scale orographic gravity wave drag parametrization (Lott and Miller, 1997) on the forecast performance in the nested domain. The parameter setting of the FV3 stand-alone regional model (FV3-SAR) is taken as a reference. A northeast monsoon case in winter 2019 is selected to conduct three-day model forecast, and the results are verified against the CWB surface weather stations. CWB weather stations are chosen to evaluate the surface analysis and verification further. Although the mean error of 2-m temperature and 10-m wind fields from the four experiments are similar, the wind speed shows a significant difference at northern Taiwan. The weaker subgrid-scale mountain block influence, the faster wind speed at northern Taiwan and less accumulated precipitation along the northeast coast performed. Control experiment with the setting of mountain block parameter based on FV3-SAR can produce more accurate precipitation amount against observations. The results suggest that the surface wind and precipitation forecasts in the high-resolution nested domain are sensitive to the mountain block effect in the subgrid-scale orographic gravity wave drag parametrization.

Keywords: FV3GFS, subgrid-scale orographic gravity wave drag parametrization, mountain block, numerical weather prediction