

YSU GRIMs淺積雲參數法之評估

蔡雅婷、洪景山、曾千祐

中央氣象局氣象資訊中心

摘要

Hong et al. (2013) 提出YSU (Yonsei University) GRIMs (Global/Regional Integrated Model System) 淺積雲參數法，考慮了淺積雲內渦旋隨濕靜能垂直剖線之擴散效應，並與YSU邊界層耦合。

本研究將分析YSU GRIMs淺積雲參數法在WRF模式中與邊界層、積雲和輻射參數法之交互作用，並進一步評估淺積雲參數法對模式預報的影響。

一、前言

大氣運動會遵循一定的物理法則，因此可藉由電腦求解大氣基本控制微分方程之近似解，來達到天氣預報的目的。但即使可靠著準確的模式初始場、合理的數值天氣預報模式與快速的電腦運算來提供預報的準確性，在數值天氣預報與實際天氣之間仍會存在著些許差異。

本研究動機為發現模式預報在海洋地區低層會覆蓋一層低雲，由於邊界層與上層自由大氣間的能量交換主要是藉由淺積雲與邊界層中逸入層 (entrainment layer) 來達成，而邊界層參數法中已包含逸入層的效應，故推測此一低雲與模式中未加入淺積雲參數化方法，使得邊界層不夠活躍有關，因此，本文旨在分析加入YSU Grims淺積雲參數化方法是否能改善海洋邊界層的發展並降低低層雲過多的現象。

二、研究方法

(一) 淺積雲參數法介紹

在自然界中，淺積雲的形成如圖1所示，在海洋混合邊界層成長過程中，空氣塊沿乾絕熱線上升至舉升凝結層 (Lifting Condensation Level) 成雲，受到副熱帶高壓沉降作用影響，使淺積雲消散。圖一右黑線所示為沒有淺積雲時溫度與濕度隨高度的變化，邊界層中溫度向上遞減，濕度向上遞增，上層有沉降增溫，使濕度減少；當產生淺積雲時，在雲底會變得較暖濕，雲頂則變得較冷乾，環境變得較不穩定，垂直變化如藍線所示，此外邊界層中的溫濕度也會調整成綠線所示。

在模式中，淺積雲參數法為次網格尺度 (sub-grid scale)，僅能參數化其效應。本研究選用YSU Grims淺積雲參數化方法來評估淺積雲參數法，其參數法主要使用混合方法來參數化

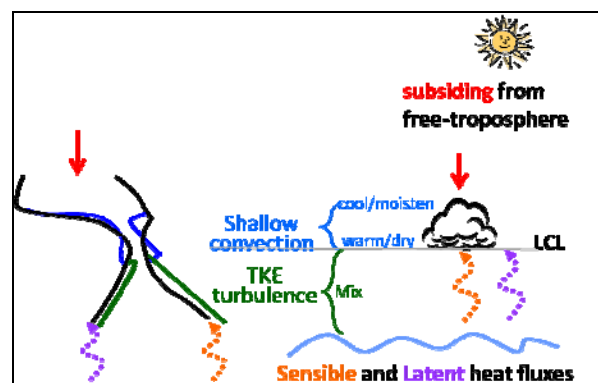


圖1 淺積雲概念圖。摘自

<http://www.meted.ucar.edu/nwp/pcu3/newsgroup/Eta2mTd/page5.htm>

淺積雲的效應，實作步驟需要透過計算氣塊浮力找出舉升凝結層與自由對流高度 (Level of Free Convection) 來設定邊界層頂為雲底與有最小濕靜能的位置為雲頂，再以公式1來調整雲內溫度及濕度，其中， K 為渦流擴散係數， w 為邊界層對流速度， δ 為逸入層厚度。

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left[\bar{\rho} K \left(\frac{\partial \bar{T}}{\partial z} + \Gamma \right) \right]$$

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left[\bar{\rho} K \frac{\partial \bar{q}}{\partial z} \right]$$

$$K = RH \times 1.47 w \times \delta \times \left(1 - \left(\frac{z}{h} \right)^3 \right) \quad (1)$$

(二) 模式設定

本研究使用WRF 模式 (Weather Research and Forecasting model, Michalakes et al., 2001), 模式水平採網格間距別為45公里, 網域分布如圖 2。垂直層數為 45 層, 模式頂設為 30 hpa。模式物理參數法包括 NOAH 土壤模式、Goddard 微物理參數法、YSU 邊界層參數法、Kain-Fritsch 積雲、RRTMG 長波輻射和短波輻射參數法等, 各參數法之介紹詳見 WRF 使用手冊 (Skamarock et al., 2008)。

模式之側邊界採用NCEP全球模式 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的分析與預報場, 模式初始場為NCEP全球模式 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的分析場。

本研究包含控制組 (CTL) 和實驗對照組 (SHCU) 2組實驗。在SHCU組中之模式設定同於控制組, 額外再加入YSU Grims淺積雲參數化方法。

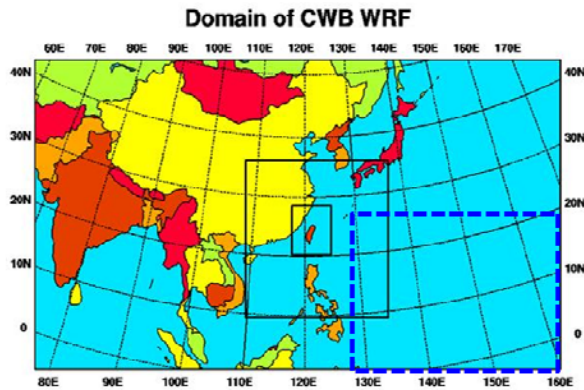


圖2 本研究之模式積分範圍。

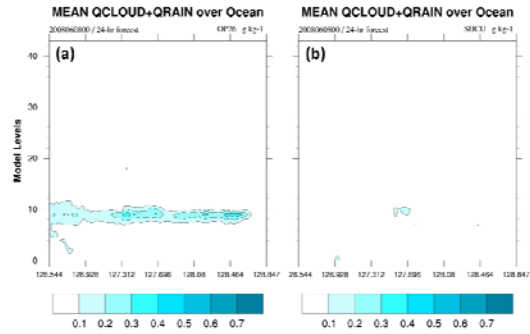


圖4 模式預報在海洋地區(圖2藍色虛線內範圍)之低層雲之模式y方向平均。(a)為CTL組、(b)為SHCU組。

三、 結果與分析

分析個案選用2008年6月8日0000UTC, 進行48小時預報, 分析YSU Grims淺積雲參數化方法對模式預報的影響。

圖3為CTL組與SHCU組在950mb、925mb與90mb的相對溼度, 灰色表示相對濕度大於90%的區域, 由圖得知SHCU組在網域左下與右下區域由灰色轉成藍色, 可明顯改善CTL組在海洋地區低層過濕的現象。

為了更進一步分析海洋區域的情況, 因此剔除地形的影響, 選擇圖2中藍色虛線區域針對海洋地區做分析。圖4為海洋區域雲水混合比與雨水混合比加總, 在海洋區域之模式y方向平均值, 明顯得知CTL組在低層約eta level為0.945至0.87間形成一層低雲, 而SHCU組由於加入淺積雲參數化方法, 使得邊界層較為活躍, 覆蓋在低層的雲會消散, 因此, 相對於CTL組而言, SHCU組有較多的短波輻

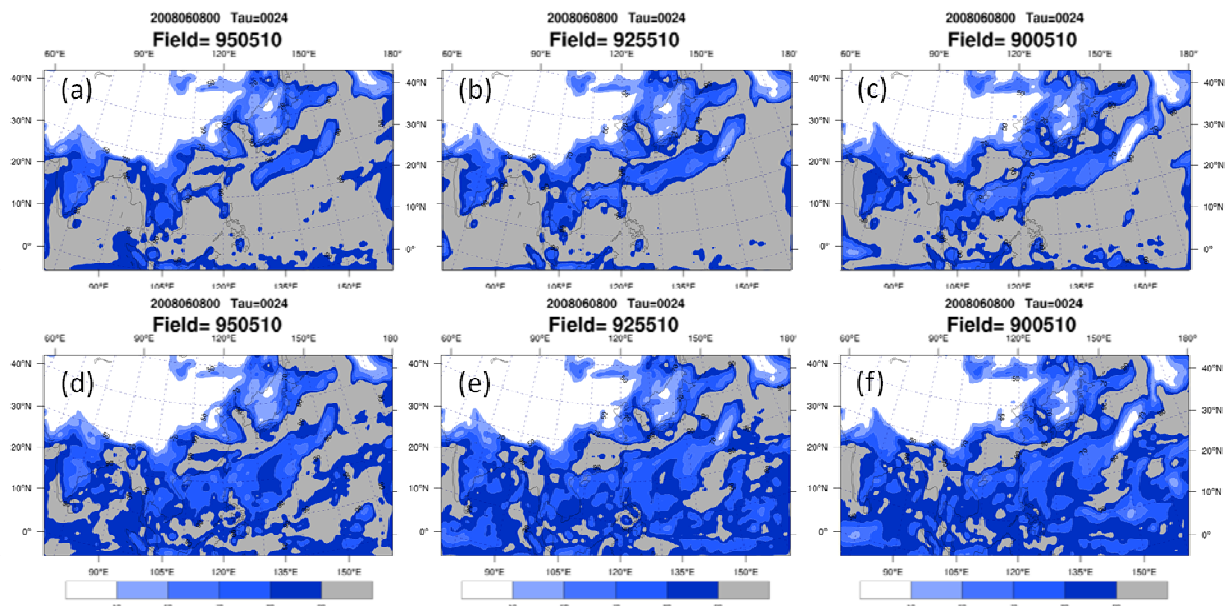


圖3 模式預報不同高度之相對溼度。(a)、(b)、(c)為CTL組在950mb、925mb與900mb的相對濕度, (d)、(e)、(f)則改為SHCU組。

射可到達洋面，增加到達洋面的短波輻射（SWDOWN），並且邊界層內的溫度增加、淺熱通量減少。

圖5為溫度與水汽混合比差值隨高度的變化紅線為溫度差值，藍線為濕度差值，正值表示SHCU組高於CTL組。圖中所示在綠色方框內的溫度差值在模式第8層和第13層分別有加熱變乾和冷卻變濕的極值，而水汽混合比差值則為隨高度先減少再增

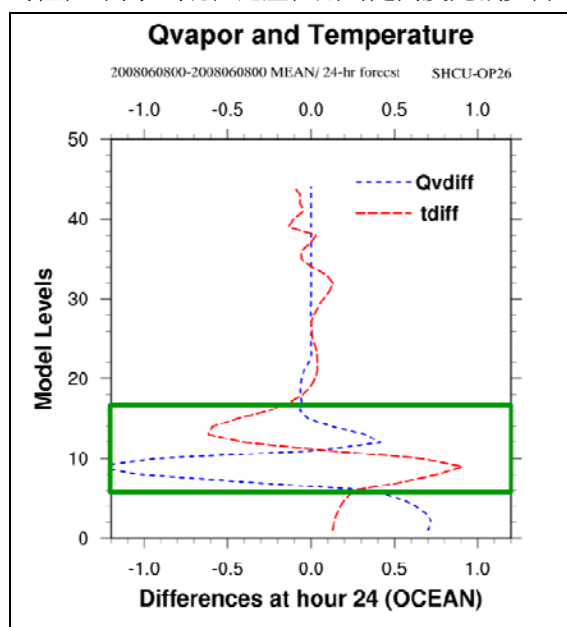


圖5 模式預報在海洋地區之CTL組與SHCU組的溫度與水汽混合比差值隨高度變化。藍線為水汽混合比，紅線為溫度。

加在減少情況，其溫度與濕度隨高度的變化與圖一右示意圖相呼應，皆是使得環境變得較不穩定。

圖6與圖7分別為兩組實驗在淺積雲、積雲、邊界層及輻射參數過程中對溫度與水汽混合比的影響。其中CTL組沒有淺積雲參數化過程，綠線所示則為邊界層高度。

當加入淺積雲參數化方法，圖6(e)在邊界層頂溫度趨勢為正，上方溫度趨勢轉為負，水汽趨勢圖7(d)和溫度趨勢剛好相反。

又因為淺積雲參數化方法在邊界層頂的加熱使得環境較不穩定，此有利於深對流發展，如圖6(f)所示，CTL組則不利深對流發展，並且在邊界層頂發展出一層較淺的對流，如圖6(b)邊界層頂的正溫度趨勢與7(b)邊界層頂的負水汽混合比趨勢所示。

此外，加入淺積雲參數化方法在邊界層頂附近的增溫效應，會使得增溫層下方變得更為穩定，不但會造成邊界層高度降低，亦會降低在邊界層內的溫度梯度，使得溫度趨勢值減小，如圖6(c)邊界層內溫度趨勢相較於SHCU組實驗大。

並且，CTL組受到邊界層頂的淺雲影響，如圖6(d)所示，造成雲頂有較強的輻射冷卻，以及雲底的輻射增強。

圖6(c)在邊界層頂所產生的藍色溫度趨勢負值與黃色高溫度趨勢正值，則為邊界層中逸入層的效應，如同淺積雲參數化方法一般，皆會在使得低層變得暖乾，高層變得冷濕，造成環境的不穩定。總而言之，加入淺積雲參數化的結果強化了邊界層和自由大氣的熱量與水汽的變換，也消滅了膜是過度預報的低層薄雲。

四、 總結與未來展望

由於數值預報模式之預報結果與實際狀況有偏差，因此，期望藉由淺積雲參數法來改善邊界層與自由大氣的熱量與水汽的變換。

由分析結果得知，使用YSU GRIMs淺積雲參數化方法，經由將下層變得暖乾，上層變得冷濕，使的環境變不穩定來改善低層「濕度過高」、「層狀薄雲層覆蓋」與「邊界層溫度偏冷」的狀況。並進行2012年6月1日至2012年6月15日，總共15天的預報實驗，將預報實驗與NCEP資料做校驗後發現，結果與單一個案相同，但在邊界層內的溫度卻從較小的負偏差變成有較大的正偏差。

雖然，淺積雲參數法能有效改善低層薄雲況，但卻也使得邊界層內溫度偏暖，未來期望可藉由調整渦流擴散係數得到較好的預報結果。

五、 參考文獻

- Hong, S. Y., J. Jang, J. Lee: The GRIMs shallow convective scheme. The 14th Annual WRF Users Workshop. Abstract retrieved June 24-28, 2013.
- Michalakes, J., S. Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, and W. Skamarock 2001: Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology, Singapore. pp. 269-27
- Skamarock, W. C., Coauthors 2008: A description of the Advanced Research WRF version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

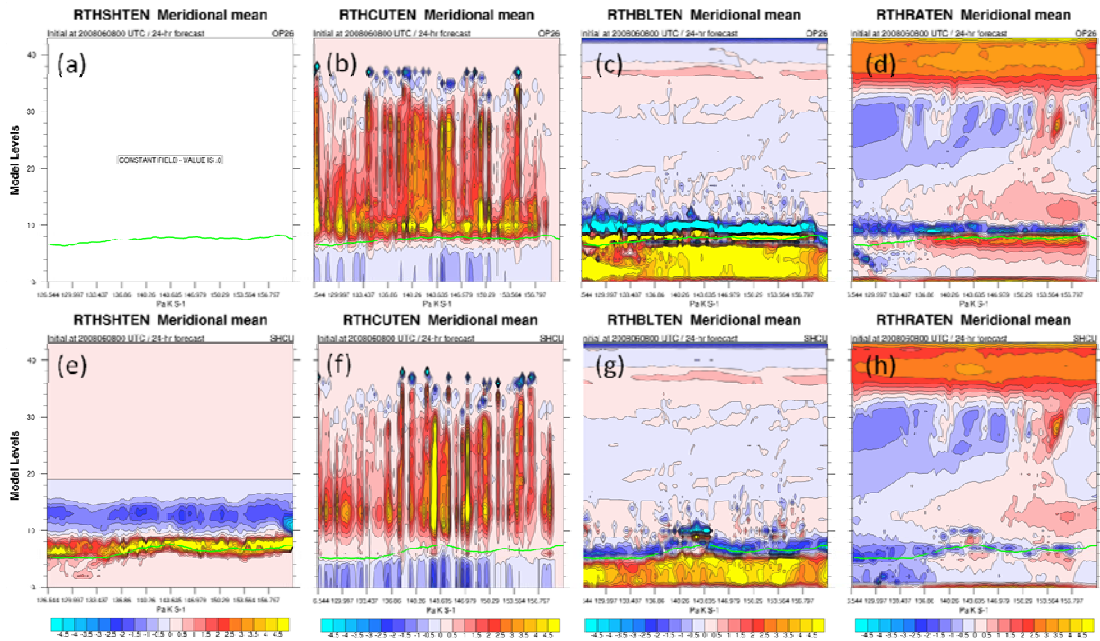


圖 6 海洋地區不同模式參數法對溫度的影響。(a)、(b)、(c)、(d)為 CTL 組之淺積雲參數法、積雲參數法、邊界層參數法與輻射參數法之溫度趨勢在模式 y 方向平均值，(e)、(f)、(g)、(h)則為 SHCU 組。綠線為邊界層頂。

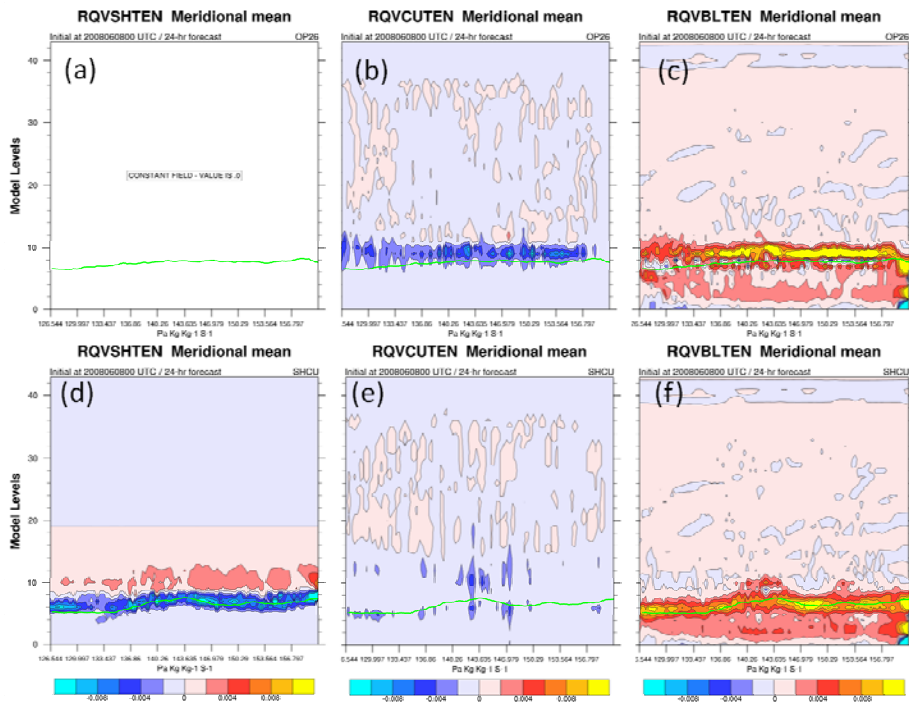


圖 7 海洋地區不同模式參數法對水汽參數的影響。(a)、(b)、(c) 為 CTL 組之淺積雲參數法、積雲參數法、邊界層參數法的水汽混合比趨勢在模式 y 方向平均值，(d)、(e)、(f) 則為 SHCU 組。