

# 中央氣象局第二代動力統計氣候預報系統簡介

胡志文 黃文豪 鄭凱傑 施宇晴 李清滕

中央氣象局 科技中心

## 摘要

中央氣象局（以下簡稱本局）「動力統計氣候預報系統」已於民國 99 年正式上線作業，此系統中所用的全球大氣動力模式（以下簡稱第一代模式）的水平解析度為 T42(2.8125° x2.8125°)，垂直方向有 18 層。基於大氣環流模式的隨時間的進步，及本局第一代模式的解析度不足以解析颱風及季內震盪等易造成臺灣地區災害的系統，因此本局在民國 100 年起推動為期 6 年的「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」（以下簡稱 P5 計畫）中將使用新版的全球大氣動力模式，以求有能力解析易造成臺灣地區災害之系統，並有能力預報這些系統的統計特性。

第二代動力統計氣候預報系統的主要架構與第一代相同，仍採用二步法的預報。但其中的海溫預報，GFS 大氣環流模式及統計降尺度預報皆已更新。本文主要目的在介紹第二代動力統計氣候預報模式的作業流程，並比較兩代 GFS 大氣環流模式的差異與預報能力。海溫預報及統計降尺度預報將在其他論文中詳述。大氣環流模式中所選用的全球大氣動力模式為本局數值天氣預報系統 99 年底所用的預報版本（以下簡稱第二代模式），其水平解析度為 T119(1° x1°)，垂直方向有 40 層。初步分析顯示新版 GFS 模式不論在氣候場、季風及年季變化的模擬及預報上皆有較佳的結果。

## 一、前言

本局自民國 91 年起進行為期 8 年的「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，為因應短期氣候預報的需求計畫中發展了「動力統計氣候預報系統」，此系統主要設計是以短期氣候預報為主，目前的主要預報時間為未來一季。經過 8 年的研發與建置「動力統計氣候預報系統」（下簡稱第一代系統）已於民國 99 年正式上線作業（胡等，2009）。第一代系統包含下列 5 大子系統：1、最佳化全球海溫預報系統（Optimum Global SST Forecast, OPTSST）；2、大氣模式前處理系統；3、2 步法大氣環流模式預報系統；4、統計降尺度預報系統與 5、動力降尺度預報系統（圖 1）。

(T42(2.8125°x2.8125°，垂直方向有 18 層)的解析度不足以解析颱風及季內震盪等易造成臺灣地區災害的系統，因此本局在民國 99 年起推動為期 6 年的「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」（以下簡稱 P5 計畫）中將建置新版的全球大氣動力模式，以求有能力解析易造成臺灣地區災害之系統，並有能力預報這些系統的統計特性。P5 計畫中所選用的全球大氣動力模式為本局數值天氣預報系統 98 年底所用的預報版本（以下簡稱第二代模式），其水平解析度為 T119(1° x1°)，垂直方向有 40 層。

本文第二節中將介紹第二代動力統計氣候預報系統，第三節將對兩代系統中大氣環流模式的事後預報結果做初步的比較，第四節為小結。

## 二、第二代動力統計氣候預報系統

本局第二代動力統計氣候預報系統（下簡稱第二代系統），的主要架構與第一代系統相同，也有 5 個子系統，分別為 1、第二代最佳化全球海溫預報系統（Optimum Global SST Forecast version 2, OPGSSTv2）；2、大氣模式前處理系統；3、第二代 2 步法大氣環流模式預報系統；4、第二代統計降尺度預報系統與 5、動力降尺度預報系統（圖 2）。以上子系統除了 5 動力降尺度預報系統外，都有大幅度的更新。

子系統 1 的結果請參考童(2013)。子系統 2 主要的功能是将觀測場與海表面溫度預報場處理成大氣環流模式的初始場與下邊界條件，所用的方法為單純的水平線性內插。第二代系統所用的觀測場為美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)所建置之第二代氣候預報系統

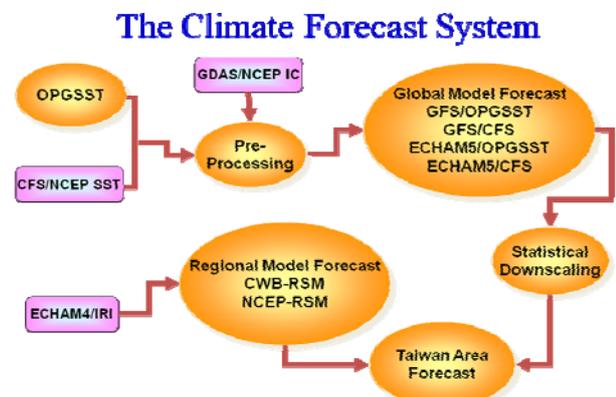


圖 1、第一代動力統計氣候預報系統流程圖。

基於大氣環流模式及統計方法的隨時間的進步，及本局第一代中所用的大氣環流模式

(Climate Forecast System version 2, CFSv2)中氣候資料同化系統(Climatology Data Assimilation System, CDAS)的分析場。所使用的海表面溫度預報則有 2 組，分別是本局發展的二代最佳化全球海溫預報系統，及 NCEP CFSv2 的全球海溫預報。

### 2nd Generation Monthly and Seasonal Climate Forecast System

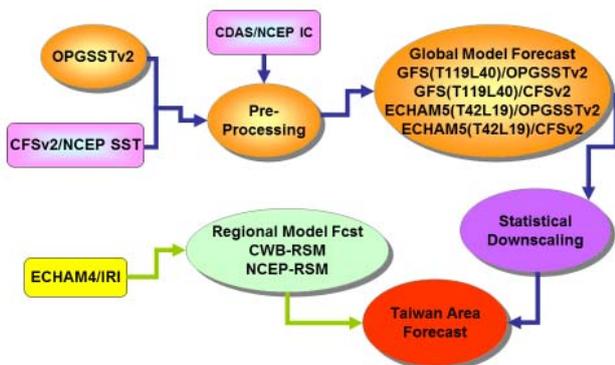


圖 2、二代動力統計氣候預報系統流程圖。

子系統中 3 中的大氣候環流模式有 2 組，分別是本局發展的 GFS(T119L40)及與德國 Max Planck Institute 發展的 ECHAM(第五版)模式(T42L19, Roeckner 等, 2003)。與第一代系統中所使用的 GFS 相比，二代系統中的 GFS 在物理參數化方面有重要的更新(詳見表 1)。

表 1、兩代模式物理參數化

	T119L40 (二代模式)	T42L48 (一代模式)
輻射參數化	Unified two-stream calculation with K-correlated method (Fu and Liou 1992,1993; Fu et al. 1997)	Harshvardihan et al (1987)
積雲參數化	Simplified Arakawa-Schubert (Pan and Wu 1994)	Relax Arakawa-schubert (Moothi and Suarez 1992)
大尺度降水	Predict cloud water scheme (Zhao and Carr 1997)	以相對溼度區分
淺積雲降水	Turbulent diffusion-based approach Li (1994)	Turbulent diffusion-based approach Li (1994)
垂直渦流混合	First-order closure of nonlocal scheme (Troen and Mahrt 1986, Hong and Pan 1996)	TKE-ε scheme (Detering and Etling 1985)
地面通量	Similarity theory (Businger 1971)	Similarity theory (Businger 1971)
陸地模式	Noah land surface model - 4 layers (Ek et al, 2003)	Bucket method (Manabe 1969)

重力波阻	Palmer et al. (1986)	Palmer et al. (1986)
------	----------------------	----------------------

胡等(2013)對兩代 GFS 模式使用觀測海溫所做的長期積分有詳盡的比較，其結果顯示，GFST119L40 模式不論在年週期或年際變化方面的結果皆與觀測場較接近。但在季風指標的分析上，兩代模式各有優劣。子系統 4 二代統計降尺度系統使用 SVD 方法並考慮預報因子隨時間的演變，詳細請見資拓宏宇國際股份有限公司 103 年度「改進統計降尺度並開發以測站為目標之統計動力預報方法」期中進度報告(32pp)。子系統 5 的結果請參考吳與蕭(2011)及蕭等(2011)。

二代動力統計氣候預報系統中採用了兩組預報海溫(OPGSSTv2/CWB, CFSv2/NCEP)，及兩組大氣環流模式(GFST119L40/CWB, ECHAM5/MPI)組成多模式系集預報(Multi-Model Ensemble forecast, MME)。在所採用的兩組海溫中 OPGSSTv2 每月預報一次，每次預報長度為 12 個月，海表面溫度產出的時間為每月 15 日。另一方面 CFSv2 每天預報 4 次，每次預報長度為 9 個月，以上兩組海溫所產出的海表面溫度預報皆為月平均場。大氣環流模式所使用的 CFSv2 海表面溫度預報場為每日 4 次的平均場。

二代動力統計氣候預報系統中子系統 3 的作業方式為依不同的大氣模式與海表面溫度預報，每日執行 4 組全球動力模式預報，4 組預報分別為 GFST119L40/OPGSSTv2, GFST119L40/CFSv2, ECHAM5/OPGSSTv2 及 ECHAM5/CFSv2。所使用的初始條件為 CDAS/NCEP 的 1200UTC 分析場，每組預報的長度為 280 天。所採用的系集方法為使用過去(含預報當日)30 天當做成員，以單純的算術平均產生每組預報的系集預報。4 組模式預報可以產生 4 個系集預報，再以算術平均產生多模式系集預報。也就是二代動力統計氣候預報系統的多模式系集預報是由 120 個預報所組成。

由於事後預報(hindcast)需要龐大資源，下節的分析將以比較兩代模式以 2 月份為初始場的事後預報。

### 三、兩代模式事後預報的比較

以下分析的結果只是 GFS 模式使用 OPGSST 海表面溫度預報的預報，兩代系統除了模式的不同(表 1)外，事後預報的長度，系集數目及三分類的區間也各不相同。第一代系統中事後預報的時間由 1981 到 2005 年共 25 年，每個系集預報只有 10 個成員，三分類的區間為 3, 4, 3。二代系統的事後預報時間為 1982 到 2011 年共 30 年，每個系集預報有 30 個成員，三分類的區間改為 3, 3, 3。

圖 3 及圖 4 分別為 GFST119L40 及 GFST42L18 以 2 月份初始場預報 3~5 月季平均降水的 GSS(Gerrity Skill Score)技術得分，GSS 的值大於零就代表有預報技術。兩代模式降水有系統性技術的區域大多集中在熱帶太平洋，其中 GFST119L40 模式在副熱帶北大西洋 GSS 的表現較 GFST42L18 好。

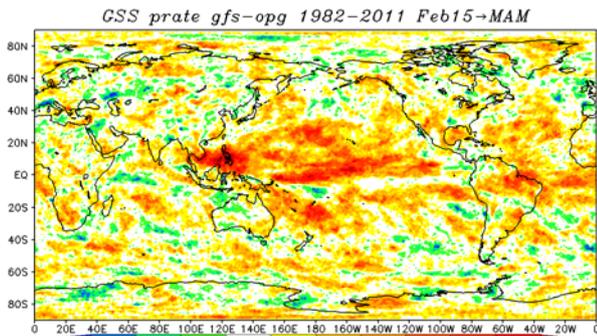


圖 3，GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均地面降水之 GSS 技術得分。

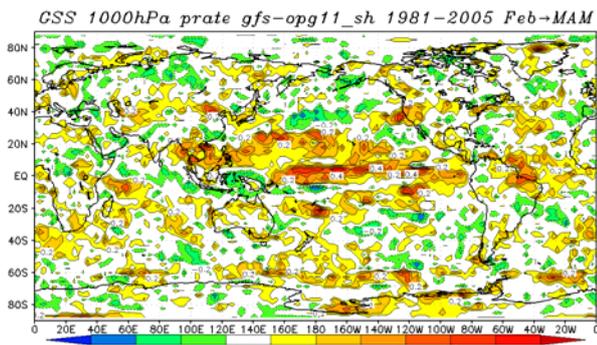


圖 4，同圖 3，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

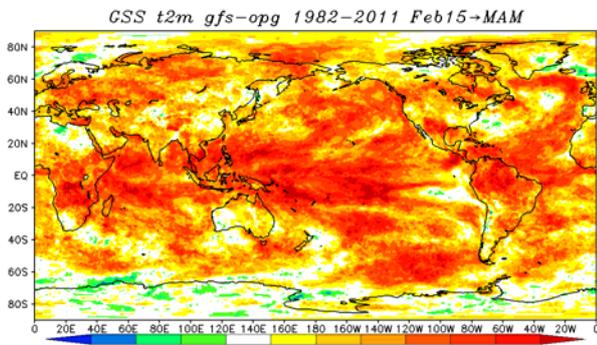


圖 5，GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均 2 米溫度場之 GSS 技術得分。

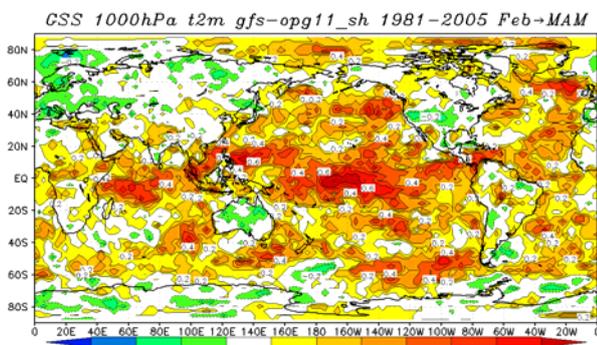


圖 6，同圖 5，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

圖 5 跟圖 6 是兩代模式預報 2 米溫度場的 GSS 得分，兩代模式在洋面上的得分相近。第二代模式在陸地上的 GSS 較好的表現。圖 7 與圖 8 為兩代模式以 2

月份為初始場預報 3~5 月季平均降水的可信賴度圖 (Reliability Diagram)，計算的區域為全球。可信賴度可以三分類{ 偏高(upper)，正常(middle)及偏低(lower)}表示，圖中線條越靠近對角線表示此分區的預報的可信賴度越高。

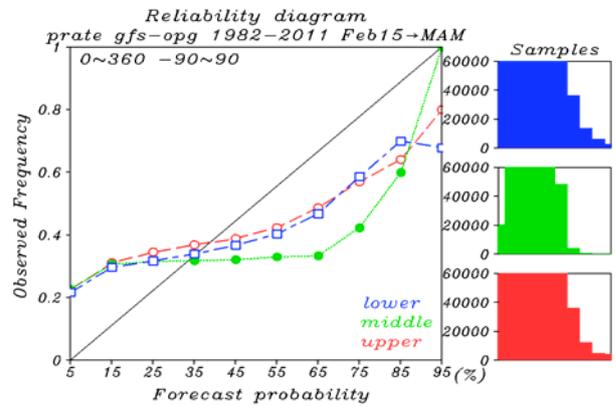


圖 7，GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均降水之可信賴度圖 (Reliability Diagram)，其中藍色為偏低 (lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏高 (upper)。

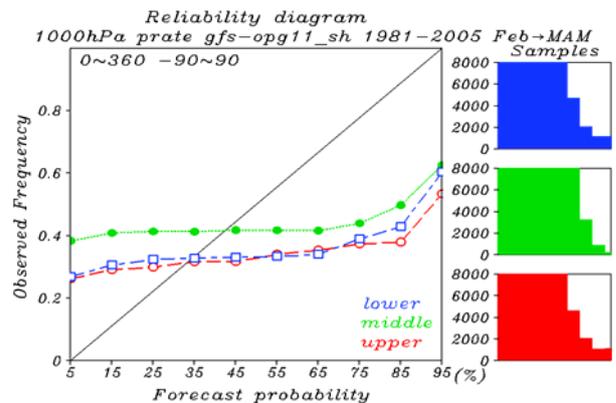


圖 8，同圖 7，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

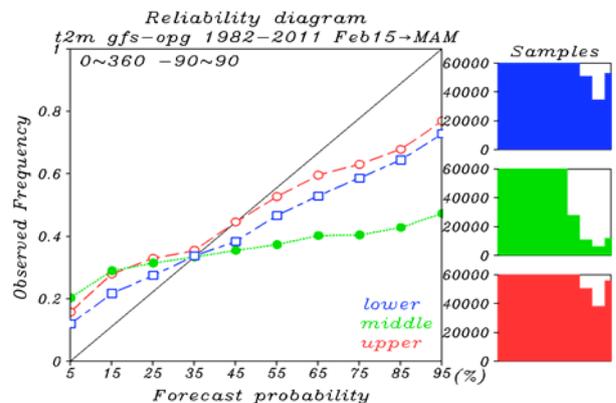


圖 9，GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均 2 米溫度場之可信賴度圖 (Reliability Diagram)，其中藍色為偏低 (lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏高 (upper)。

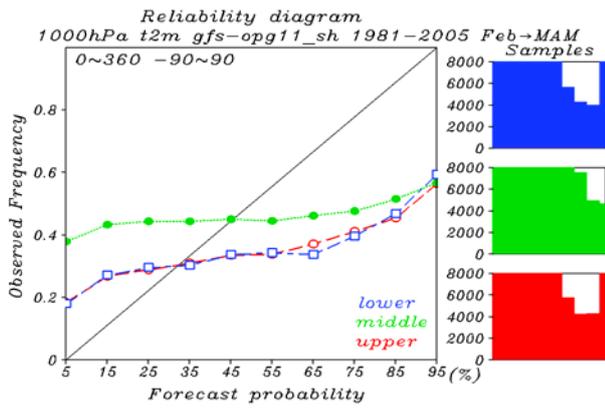


圖 10，同圖 9，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

比較 7,8 圖可知第二代模式在三個分區都有較高的可信賴度。圖 9 與圖 10 為 2 米溫度場的結果，第二代模式在三個分區也有較高的可信賴度。

圖 11 及圖 12 為兩代模式以 2 月份為初始場預報 3~5 月季平均降水的 ROC 圖，計算的區域為全球。圖中的 ROC 曲線為預報正確(hit)與預報錯誤(false alarm)的比率，曲線越趨近圖的左上角表示預報的正確率越高。圖中右下的 ROC Score 是計算曲線下的面積(標準化)。ROC Score 的值從 0 (預報完全錯誤)到 1 (預報完全正確)，一般以 0.5 為界，ROC Score 大於 0.5 才有預報技術。ROC 也可以三分類表示。比較兩圖，二代模式的結果除了正常分區的 ROC Score 略小於一代模式外，偏高與偏低分區的结果都較好。

圖 13 與圖 14 為兩代模式 2 米溫度場的 ROC 圖，兩圖的結果顯示二代模式在三個分區的 ROC Score 皆較一代模式為高。

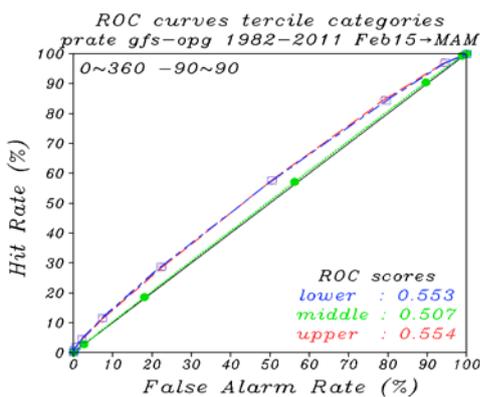


圖 11，GFST119L40(第二代)模式以 2 月份初始場，預報 3~5 月季平均地面降水之 ROC 圖(Relative Operating Characteristic)，其中藍色為偏低(lower)，綠色是正常(middle)，紅色為偏高(upper)。

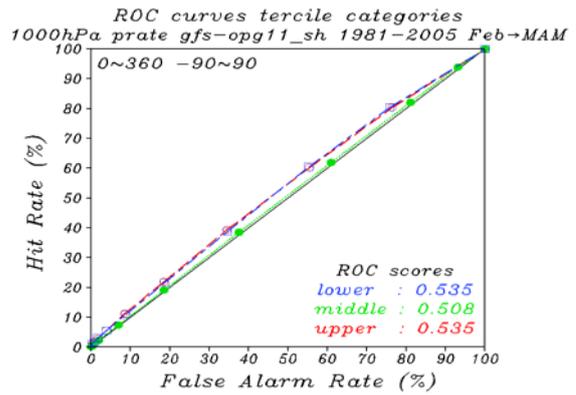


圖 12，同圖 11，但為 GFST42L18(第一代模式)的結果。

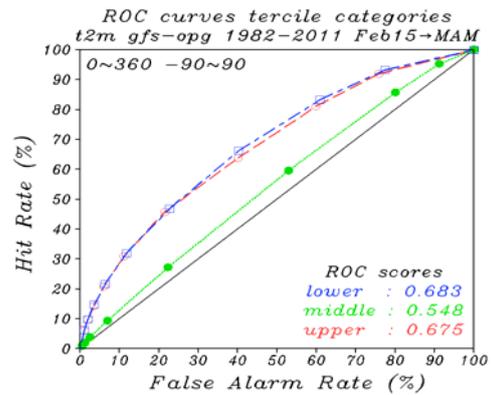


圖 13，同圖 11，但為 GFST119L40(二代模式)2 米溫度場的结果。

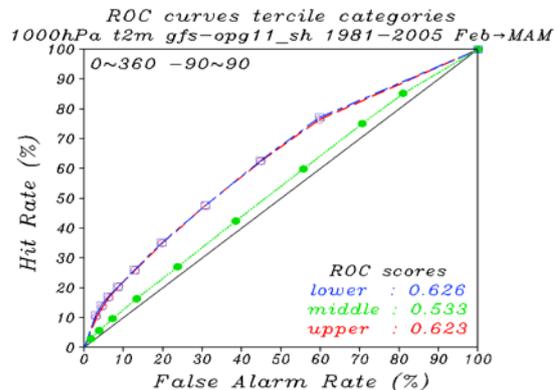


圖 14，同圖 13，但為 GFST42L18(一代模式)的结果。

#### 四、小結

本文的目的在敘述本局第二代動力統計氣候預報系統，並分析兩代 2 步法大氣環流模式的優劣。本局第二代動力統計氣候預報系統包含 5 個子系統，分別為 1、第二代最佳化全球海溫預報系統(Optimum Global SST Forecast version 2, OPGSSTv2)；2、大氣模式前處理系統；3、第二代 2 步法大氣環流模式預報系統；4、第二代統計降尺度預報系統與 5、動力降尺度預報系統。第二代動力統計氣候預報系統的架構與第一代相近，但除了子系統 5 動力降尺度預報系統外，其餘子系統皆有更新與重新發展。

子系統 1 的結果請參考童(2013)，子系統 4 第二

代統計降尺度系統使用 SVD 方法並考慮預報因子隨時間的演變，詳細請見資拓宏宇國際股份有限公司 103 年度「改進統計降尺度並開發以測站為目標之統計動力預報方法」期中進度報告(32pp)。子系統 5 的結果請參考吳與蕭(2011)及蕭等(2011)。

胡等(2013)中已對兩代系統中所用的大氣環流模式使用觀測場海表面溫度為邊界條件的長時間積分做了分析。本文只針對兩代模式使用 OPGSST 預報海溫的事後預報結果做初步的分析。所得結果顯示二代模式(GFST119L40)的結果皆較第一代模式(GFST42L18)為佳。

## 參考文獻：

- 吳慧玲, 蕭志惠, 2011: 中央氣象局動力區域氣候預報系統之現況與產品。 *建國百年天氣分析預報與地震測報研討會論文彙編*, 322-327。9月20-22日, 台北。
- 蕭志惠, 吳慧玲, 林欣怡, 2011: 動力區域氣候預報系統之短期氣候預報與校驗。 *2011年海峽兩岸災害性天氣分析與預報研討會論文彙編*, 189-194。11月28-29日, 台北。
- 胡志文、任俊儒、黃文豪、鄭凱傑、施宇晴、李清勝, 2013: 中央氣象局第二代全球大氣動力氣候預報系統之測試與建置。 *102年天氣分析與預報研討會論文彙編*, A3-70-A3-75。
- 童雅卿, 2013: 第二代全球海溫預報系統之發展與測試。 *102年天氣分析與預報研討會論文彙編*, A3-76-A3-81。
- Businger, J. A., J. C. Wyngaard, Y. Izumi, and E. F. Bradley, 1971: Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer, *J. Atmos. Sci.*, **28**, 181-189.
- Ek, M. B., K. E. Mitchell, Y. Lin, P. Grunmann, E. Rogers, G. Gayno, and V. Koren, 2003: Implementation of the upgraded Noah land-surface model in the NCEP operational mesoscale Eta model. *J. Geophys. Res.*, **108**.8851, doi:10.1029/2002JD003296.
- Fu, Q., and K. N. Liou, 1992: On the correlated k-distribution method for radiative transfer in nonhomogeneous atmospheres. *J. Atmos. Sci.*, **49**, 2139-2156.
- Fu, Q., and K. N. Liou, 1993: Parameterization of the radiative properties of cirrus clouds. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 2008-2025.
- Fu, Q., K. N. Liou, M. C. Cribb, T. P. Charlock, and A. Grossman, 1997: Multiple scattering parameterization in thermal infrared radiative transfer. *J. Atmos. Sci.*, **54**, 2799-2812.
- Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2322-2339.
- Li, J.-L., 1994: On shallow cumulus parameterization scheme for large-scale planetary boundary layers, Ph.D. thesis, University of Wisconsin-Madison, pp203.
- Moothi, S., and M. J. Suarez, 1992: Relaxed Arakawa-Schubert: A parameterization of moist convection for general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 978-1002
- Palmer, T. N., G. 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 parameterization. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **112**, 1001-1039.
- Pan, and W.-S. Wu, 1995: Implementing a mass flux convective parameterization package for the NMC Medium-Range Forecast model. NMC Office Note 409, 40pp.
- Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornblueh, E. Manzini, A. Rhodin, U. Schlese, U. Schulzweida, and A. Tompkins, 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description. *Max Planck Institute for Meteorology Rep. No. 349*. 140pp.
- Troen, I., and L. Mahrt, 1986: A simple model of the atmospheric boundary layer: Sensivity to surface evaporation. *Bound. Layer Meteor.*, **37**, 129-148.
- Zhao, Q., and F. H. Carr, 1997: A prognostic cloud scheme for operational NWP models. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 1931-1953.