

出國報告（出國類別：國際會議）

赴美國夏威夷參加 2018 年亞洲大洋洲地球科學聯合研討會

服務機關：交通部中央氣象局氣象資訊中心

姓名職稱：李志昕技士

派赴國家：美國

出國期間：民國 107 年 6 月 3 日至 6 月 11 日

報告日期：107 年 7 月 13 日

摘要

亞洲大洋洲地球科學年會 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)每年輪流在西太平洋不同的國家舉行一次會議，讓學術界、研究機構和社會大眾有機會針對重要的地球科學問題，彼此交換新知，以增進對災害成因的認識，並深入探討災害相關的議題，本年（107 年）為第 15 屆，在美國夏威夷舉辦。

李志昕技士在中央氣象局負責發展區域系集預報系統，其於 106 年發展之 15 公里解析度系集預報系統，為一個全新系統，並進行上線作業，因此將研究成果於會議中發表，題目為「The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance Results on 15 Km Resolution」，向國際科學家介紹臺灣在數值天氣預報的技術發展及應用成果。此外，也於會中聆聽相關議題的新發展和了解各國數值預報作業現況，方能知己知彼，並且展望未來。

目次

一、	目的.....	3
二、	過程.....	3
三、	心得與建議.....	13
四、	攜回資料名稱及內容	15
五、	發表論文全文或摘要	15

一、 目的

亞洲和大洋洲地區易受天然災害的侵襲，所造成的生命財產損失約占全球的80%。本次參與之會議為2018年15th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society (第十五屆亞洲海洋與地球科學會年會)，此年會每年輪流在西太平洋不同的國家舉行會議，讓學術界、研究機構和社會大眾有機會針對重要的地球科學問題，彼此交換新知，以增進對災害成因的認識，並深入探討與災害相關的議題。該學會成立以來，與全球相關領域之機構保持良好關係，如美國地球物理學會(American Geophysical Union, AGU)、歐洲地球科學學會(European Geosciences Union, EGU)、日本地球科學學會(Japan Geosciences Union, JPGU)、美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)及亞洲科學理事會(Science Council of Asia, SCA)等。因此本次會議逐漸受到亞太地區相關學者之重視，參加者與日俱增。

李員主要負責中央氣象局區域系集天氣預報相關技術發展，此行除了聆聽相關議題的科學進展外，並於會議中發表以「The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance Results on 15 Km Resolution」為題之張貼論文，15公里解析度之區域系集預報為中央氣象局全新發展之系集預報系統，除了能向國際科學家介紹臺灣在系集預報的技術發展及應用成果，更期望獲得回饋，能提供未來技術發展之指引。

參加此次 AOGS 年會，不僅可透過彼此的科技交流與研討，助於瞭解及掌握國際間最新氣象測報技術的發展，做為氣象局未來科技研發與業務規劃之參考，更可開啟未來與國外專家學者合作的契機，同時提升臺灣的國際參與和能見度。

二、 過程

日期	預定停留地點	行程
107/06/03 (日)	臺灣-夏威夷	去程
107/06/04 (一)	夏威夷	論文發表

107/06/05 (二)	夏威夷	參加 2018 AOGS 國際研討會
107/06/06 (三)	夏威夷	參加 2018 AOGS 國際研討會
107/06/07 (四)	夏威夷	參加 2018 AOGS 國際研討會
107/06/08 (五)	夏威夷	參加 2018 AOGS 國際研討會
107/06/9 (六) ~ 107/06/11 (一)	夏威夷-臺灣	回程

本屆會議舉辦時間為 6 月 03 日至 6 月 8 日為期 6 天，地點為美國夏威夷 Hawaii Convention Centre。Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society 為亞太地區地球科學界參與人數最多之會議，討論範圍從地球內部到太空，橫跨地球物理等各領域。本次 2018 年第十五屆亞洲海洋與地球科學會年會之主題，除特別議題組（special sessions）外共分為下列 8 類：

- (1) 大氣科學 Atmospheric Sciences (AS)
- (2) 地球生物學 Biogeosciences (BG)
- (3) 水文學 Hydrological Sciences (HS)
- (4) 跨領域地球科學 Interdisciplinary Geosciences (IG)
- (5) 海洋科學 Ocean Sciences (OS)
- (6) 行星科學 Planetary Sciences (PS)
- (7) 太陽與地球科學 Solar & Terrestrial Science (ST)
- (8) 固體地球科學 Solid Earth Science (SE)

並細分為 142 個子議題，得以使得全球地球科學研究人員藉由口頭報告(ORAL)以及張貼論文(POSTER)等方式，達成相互學術研究交流及開拓視野之目的。於口頭報告方面，採完全開放方式，各參與會議之研究人員，可依不同時段之報告主題，選擇進場聆聽或離席；海報展覽說明方面，大會係依據不同研討主題清楚標示展示位置，提供立即導覽與討論，有效達成學術交流之目的。

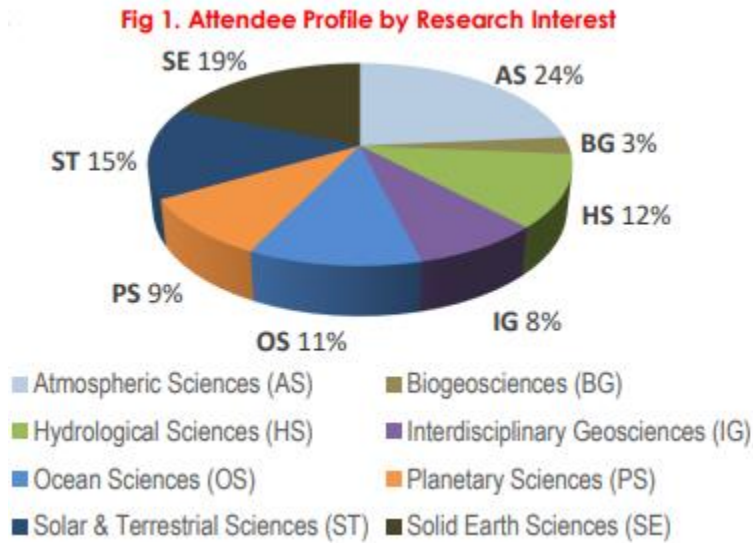


圖 1、與會者的領域之分布情形

圖 1 為與會者在各領域之分布情形，其中大氣科學(Atmospheric Sciences)佔 24% 為最多的；在 30 幾個參與國家中，我國排第 4，僅次於日本、中國與南韓(圖 2)。

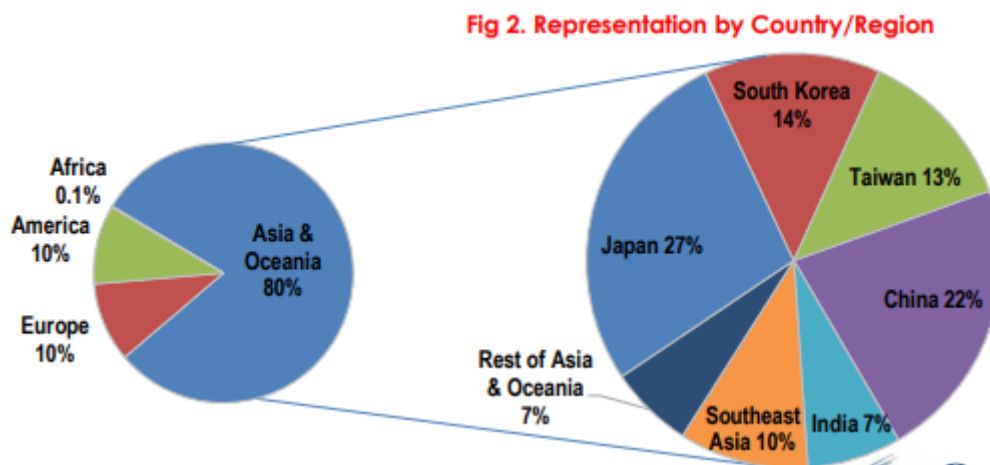


圖 2、與會者的各國家之分布情形

本次研討會，中央氣象局洪景山副主任、陳得松副研究員、蔡雅婷副研究員、江琇瑛技士和李員參與(如圖 3)，主要參加大氣科學類別會議，與大氣科學(AS)

議題相關者共有 52 個主題，其中最感興趣的部分為探討颱風、定量降水預報、中小尺度天氣預報及資料同化技術等相關主題之會議如下。

AS05- The Science and Prediction of Heavy Rainfall and Floods

AS06- Application of Cloud-resolving Model Simulations for Studying Cloud-related Processes in Climate

AS12- Data Assimilation for Earth System Applications

AS20- High-resolution Simulation, Prediction, and Projection of High-impact Weather Events and Climate Change

AS23- Observation, Modeling, Theory and Climatology of Mesoscale Processes

AS29- Precipitation Extremes - Observations, Modelling, Projections

AS31- The Science and Prediction of Tropical Cyclones

AS41- Extreme Weather Resiliency: Prediction and Response Strategies

AS42- Satellite Data Assimilation and Applications for the Weather Forecasting and Climate Study

AS49- Mesoscale Meteorology and High-impact Weather

AS50-Observations and Representations of Subgrid-scale Processes for Improving Models



圖 3、依序為陳得松副研究員、洪景山副主任、蔡雅婷副研究員、李志昕技士和江琇瑛技士於會場合影

6/4(週一)參加 AS12 專題會議為主，其聚焦於不同資料同化方法之發展與應用。會議的報告內容包含：（1）系集資料同化系統之應用與發展，此系統已應用於氣象局區域預報系統作業中；（2）於熱帶氣旋個案使用全天空紅外輻射，結果顯示同化輻射資料可大幅改善熱帶氣旋強度，亦可得到更真實之颱風內核結構；（3）使用系集卡爾曼濾波法同化衛星輻射觀測資料，改善同化衛星資料之局地化之水平與垂直尺度，可獲得比使用最大局地化尺度較好的模式預報結果；（4）土地資料同化於土壤水分與雪量之估計，結果顯示雪覆蓋資料可有效改善中高緯地區之降雪估計，但無法有效改善土壤濕度估計，亮溫觀測可改善土壤水分與雪量之估計；（5）多分辨率混合四維資料同化系統之發展，混合四維資料同化系統為下一代數值資料同化方法選項之一，目前氣象局區域模式正著手多分辨率四維資料同化技術發展，期能建立一套妥善同化臺灣區域時空綿密的觀測資料之進一步對流尺度資料同化系統，提升短延時強降雨的預報能力，進一步能與國際接軌，評估更新資料同化系統至混合四維資料同化。

當日晚上則參加張貼論文發表議程，李員於 AS23 議程「Observation, Modeling,

Theory and Climatology of Mesoscale Processes」發表了與洪景山博士、馮欽賜博士共同著作之「The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance Results on 15 Km Resolution」論文，主要內容詳細介紹了中央氣象局區域系集預報系統(WEPS)之最新發展，為了改善系集預報離散度，因此針對系集成員擾動方法進行測試與評估，引用了隨機後項散射法(Stochastic Kinetic Energy Backscatter scheme, SKEB)和隨機物理擾動趨勢法(Stochastic Perturbation of Physics Tendencies, SPPT)來增加系集預報離散度，結果指出使用此兩法不會影響系集平均之預報誤差，僅會增加系集預報離散度，而 SKEB 最能有效增加預報離散度，而使用 SPPT 能增加低層溫度離散度，因此加入兩個方法能最有效改善預報離散度。

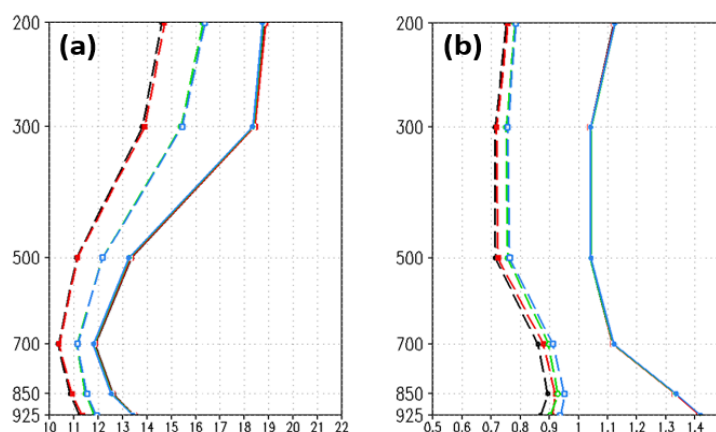


圖 4、系集離散度 (虛線) 和系集平均預報誤差 (實線) 之結果，其中 (a) 高度場預報結果，(b) 溫度場預報結果。不同顏色為不同實驗結果：控制組實驗 (黑色)，使用 SPPT (紅色)，使用 SKEB (綠色)，使用 SPPT 和 SKEB (藍色)

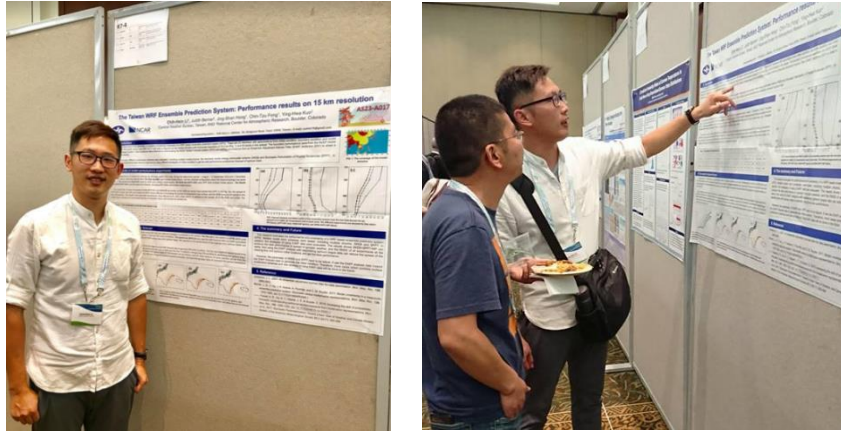


圖 5、李志昕技士張貼論文發表情形

江琇瑛技士和蔡雅婷副研究員於 AS05 議程「The Science and Prediction of Heavy Rainfall and Floods」分別發表了「Application of the Multi-Scale Blending Scheme on Continuous Cycling Radar Data Assimilation」和「Operational Radar Data Assimilation for Short-Range Quantitative Precipitation Forecasting」，主要內容為中央氣象局在雷達資料同化之最新發展，以及對短延時強降水之預報效益。中央氣象局之雷達資料同化系統（**RWRF**），為使用三維變分法（**3DVAR**）進行高解析度雷達資料同化，提供逐時滾動式更新的即時定量降水預報，以改善模式的短期定量降雨預報能力。其中，**RWRF** 中之雷達前處理程序包含雷達徑向風與回波資料之稀化程序，此步驟能有效降低資料數量，並解避免於資料分布過於密集所造成的過度權重問題。並且，於實際個案中實驗中，採用無資料同化（NoDA）、冷啟動實驗（Cold）、權循環更新（Full）3 種策略，發現 Full 策略不但可得到較為正確的回波預報，亦有最佳之定量降水校驗得分（圖 6 所示）。

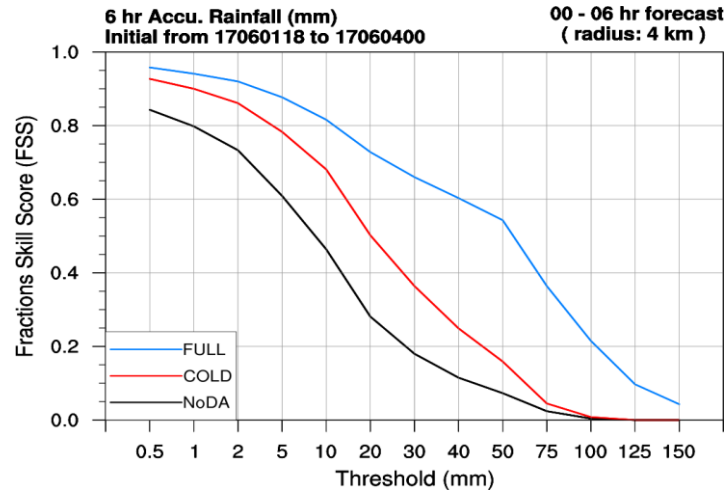


圖 6、模式 0-6 小時定量降雨預報得分。黑線、紅線與藍線分別為 NoDA、Cold 與 Full 實驗。

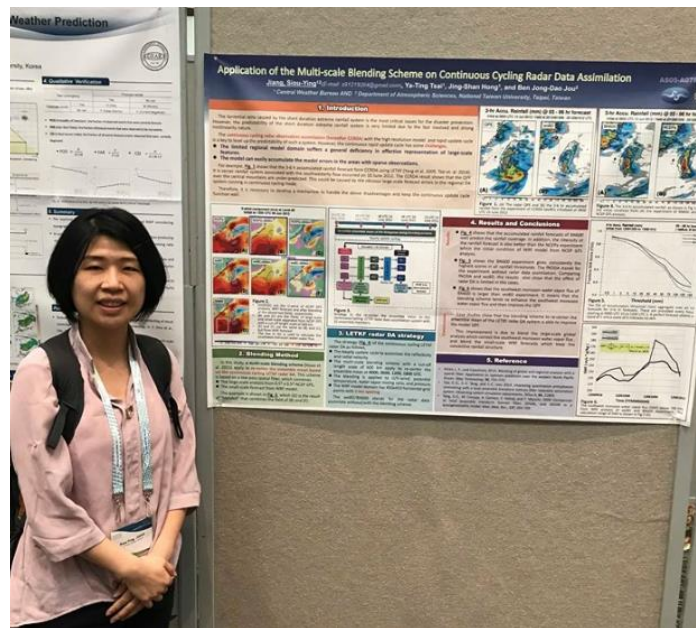


圖 7、江琇瑛技士張貼論文發表情形

6/5 (週二) 以參加 AS31 專題會議為主， 主題為「The Science and Prediction of Tropical Cyclones」。AS31 這個專題主要聚焦在颱風預報及相關的科學議題，包含數值模式中如何選擇物理參數設定能獲得較好的結果，或是使用投落送資料能改善颱風結構和強度等。其中來自中國氣象局的 Xubin Zhang 博士所報告之「A Grapes-Based Mesoscale Ensemble Prediction System for Tropical Cyclone Forecasting:

Configuration and Performance」，內容提及該局針對颱風預報發展之高解析度系集預報系統，使用了和中央氣象局發展之區域系集預報系統相似的建置方法，以及更提及針對颱風降雨預報發展了兩項系集預報產品，optimal member 和 optimal probability，能改善原本僅使用機率擬合平均之降雨預報；在小雨預報不足的問題方面，雖然因為時間不足，未能詳細說明計算方法，但於會後向 Xubin Zhang 博士請教並索取發表之論文，希望未來將針對此一產品進行研究。

6/6 (週三) 以參加 AS35 專題會議為主，主題為「Mountain and Island Effects on Airflow, Precipitation, Weather, and Climate」。此專題主要是聚焦在地形與島嶼對於大氣環流、降水及天氣等之影響，其中對於臺灣地形降水之議題更是這個專題的核心。會議的報告內容包含：(1) 使用數值模式評估梅雨鋒面伴隨西南氣流對臺灣降水之研究，結果顯示，當西南氣流較弱時，臺灣地區的降雨主要受白天熱對流或局部環流驅動；隨著西南風增強，臺灣地形開始扮演著重要角色，使山區迎風面成為降雨中心。(2) 建置與評估都市化數值模式對臺灣北部降水的影響，由結果表示，正確的土地利用資料對城市熱島模式研究至關重要，其將影響熱島效應在熱動力過程中之作用，進而影響雷暴和降水的位置。(3) 臺灣複雜地形之局部環流研究，目的是要了解複雜地形上之大氣動力/熱力過程的發展，如何影響局部環流，以及其對空氣污染物擴散的後續影響。(4) 發展新的降尺度的方法，目的是期望從大尺度模式中獲得較正確的小尺度現象，尤其是在複雜地形上。該方法採用更完整的中尺度氣象物理方程作為變分方法的約束條件，其結果可滿足不同氣象要素之間的所有控制方程。

當日下午則參加張貼論文發表議程，洪景山副主任於 AS12 議程「Data Assimilation for Earth System Applications」發表了「Impact of the Surface Data Assimilation on the Afternoon Thunderstorm Prediction in Taiwan」論文，主要內容是在高解析度預報系統中，使用近地面觀測資料對於午後對流預報之效益。

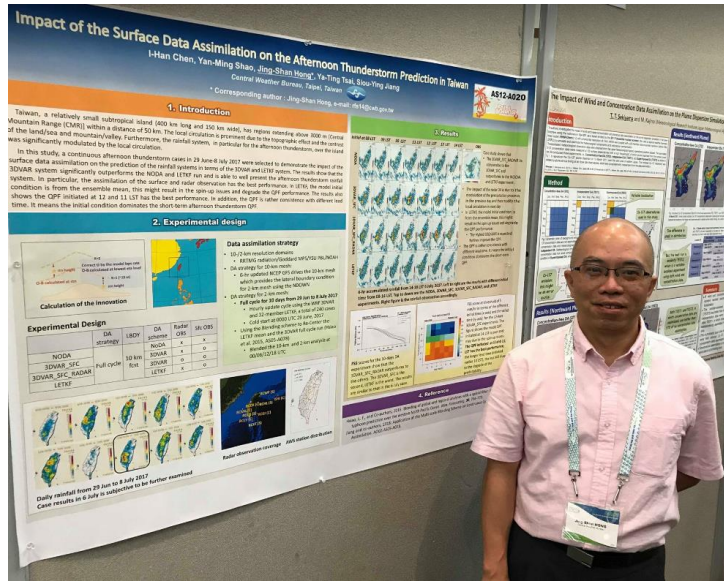


圖 8、洪景山副主任張貼論文發表情形



圖 9、李志昕技士會中與韓國氣象廳人員交流情形

6/7 (週四) 以參加主題為「Extreme Weather Resiliency: Prediction and Response Strategies」的 AS41 專題會議為主。此專題主要聚焦於極端天氣方面的研究。會議的報告內容包含了：(1) 2012 年 6 月 11-12 日臺灣北部強降水事件研究，透過天氣圖和觀測資料分析、數值模式敏感度測試，探討引發強降水事件的主要機制(2) 系集預報應用隨機擾動參數化方法在強降水事件之評估，初步結果顯示，

此法對微物理參數法和邊界層參數法的預報影響時間較長。(3) 針對臺灣 2008 年 6 月 16 日午後雷雨個案，進行對流尺度資料同化對極短時強降水預報的敏感性研究，分別探討回波與徑向風觀測資料，如何影響雷暴之熱動力條件，進而對降水預報之影響。除此之外，雷達觀測資料品質好壞也攸關降水預報表現。(4) 針對 SoWMEX-IOP8 期間，探討不同微物理參數法對於降水預報之影響，結果顯示，在預報 8 小時後，發生強對流的西南沿海地區附近，其熱動力結構分布明顯不同，尤其與冰相有關的區域。

6/8(週五)主要主題為「The Science and Prediction of Heavy Rainfall and Floods」的參加 AS05 專題會議，本場次之議題主要聚焦於系集預報系統在定量降雨預報的表現。會議的報告內容包含：(1) 評估美國國家環境預報中心之全球系集預報資料於淮河流域之降雨預報表現。結果顯示，降雨預報之離散度不足，因此機率預報在大雨期間的表現不佳。(2) 發展一套多模式系集預報系統，並且發展局地性機率擬合平均定量降雨預報產品，此一產品在 3 小時累積雨量之預報表現更佳，並能更有效維持小尺度降雨結構。(3) 評估系集成員之初始場來源對預報表現之影響，使用全球系集預報系統或是區域系集卡爾曼濾波同化系統 (WRF_LETKF) 產生初始場，結果指出，當 WRF_LETKF 同化較大量的觀測資料時，所得到的系集預報離散度和預報表現皆會較佳。反之，當某區域地觀測資料不足時，使用 WRF_LETKF 則有較差的表現。(4) 評估使用 WRF_LETKF 同化雙偏極化雷達之觀測參數於蘇迪勒颱風之降雨預報之影響，結果指出能有效地改善前三小時之降雨預報結果。

三、 心得與建議

2018 AOGS 為國際地球科學界之重要大會之一，亞太地區地球科學社群最群聚之會議，以大氣科學所關心的議題而言，因東亞至東南亞等地域的相鄰，緯度、

氣候及地形條件相近，致常遭遇之自然災害亦相似或相連，就我們臺灣較為關注之颱風、劇烈降水及中小尺度天氣預報等議題，同時亦為中國大陸、日、韓及東南亞國家熱議的研究主題，甚至彼此攜手合作實驗計畫、分享觀測資料，因此透由參與本會議之機會，來自鄰近國家之相近領域專家能同聚一堂進行技術或經驗交流，特別能引發共鳴及討論，而獲得未來研究上許多寶貴想法與借鏡。

本次 AOGS 年會，數值天氣預報小組總共發表了 8 篇論文，包含了颱風數值預報、高解析度系集預報和其在定量降雨預報之應用，以及雷達資料同化等技術發展成果，且皆已具國際前列之水準，此會議也有助於增進國際對臺灣氣象作業能力的了解以及爭取與鄰國氣象單位合作交流。

臺灣無聯合國之國際連結，限縮了國家氣象單位科研人員參與國際官方氣象組織的交流活動，然臺灣氣象作業技術長期與美國接軌，在颱風數值預報、高解析度系集預報和其在定量降雨預報之應用，以及雷達資料同化等技術發展成果，皆具國際前列之水準，近年菲、越、泰等東南亞國家氣象機構皆主動與中央氣象局洽商合作，中央氣象局亦不吝提供颱風與雷達方面的技術培訓及支援服務，因此可多藉參與此類會議增進國際了解中央氣象局之氣象作業能力，持續爭取與國際氣象單位合作交流之機會。

數值天氣預報小組發表論文之參考文獻如下：

Chen, D.-S., T.-C. Yeh, L.-F. Hsiao, C.-T. Fong, J.-S. Hong, 2018: Recent Improvement of TWRP and the Effect on High-Impact Typhoon Predictions over the Western North Pacific. *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

Chang, H.-L., K.-J. Chen, H.-C. Chang, J.-S. Hong, S.-C. Yang, 2018: Evaluation and Calibration of the Probabilistic Quantitative Precipitation Forecasts (PQPFs) from WRF Ensemble Prediction System in Taiwan Area. *AOGS 15th Annual Meeting*.

3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

-----, K.-J. Chen, H.-C. Chang, S.-C. Yang, J.-S. Hong, 2018: What Benefit Can be Obtained if Making Decisions Based on Ensemble Probabilistic Forecasts Instead of Ensemble Deterministic Forecasts? *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

Li, C.-H., J. Berner, J.-S. Hong, C.-T. Fong, Y.-H. Kuo., 2018: The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance results on 15 km resolution. *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

Hong, J.-S., I.-H. Chen, Y.-M. Shao, Y.-T. Tsai, C.-H. Chiang., S.-Y. Jiang, 2018: Impact of the Surface Data Assimilation on the Afternoon Thunderstorm Prediction in Taiwan. *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

Tsai, Y.-T., W.-T. Fang, Y.-M. Shao, S.-Y. Jiang, J.-S. Hong., 2018: Operational Radar Data Assimilation for Short-Range Quantitative Precipitation Forecasting. *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

Jiang, S.-Y., Y.-T. Tsai, S.-Y. Jiang, J.-D. Jou., 2018: Application of the Multi-Scale Blending Scheme on Continuous Cycling Radar Data Assimilation. *AOGS 15th Annual Meeting*. 3-8 JUN, Honolulu, Hawaii.

四、 攜回資料名稱及內容

本次出國參與國際研討會攜回電子論文集及大會議程 1 冊（如附件 1）。

五、 發表論文摘要與全文

The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance results on 15 km resolution

Chih-Hsin Li¹, Judith Berner², Jing-Shan Hong¹, Chin-Tzu Fong¹, Ying-Hwa Kuo²

¹*Central Weather Bureau, Taiwan*

²*National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado*

Abstract

A Weather Research and Forecast model (WRF) based ensemble prediction system (WEPS) covered East Asia area was developed for well handle the forecast uncertainty and provide the reliable probabilistic forecasts. In this study, a series of numerical prediction experiments were designed to assess the performance of the WEPS among the suite of the multi-physics, the SKEB (Stochastic-Kinetic Energy Backscatter), and the SPPT (Stochastic Perturbation of Physics Tendencies) schemes.

The results show that none of the stochastic schemes deteriorates the RMS error, but adding stochastic perturbations improve the spread/error ratio and consequently probabilistic forecast skill. Combining SKEB and SPPT with multiple physics suite leads to the best performance skill for 500 hPa-geopotential and 850 hPa-temperature fields. Moreover, the results also showed that the single physics with SPPT scheme generates the larger error of ensemble mean forecast. It indicates multi-physics approaches in mesoscale ensemble prediction system plays important role to reduce the accuracy of the ensemble forecast.

Key word: ensemble forecast, SKEB, SPP

The Taiwan WRF Ensemble Prediction System: Performance results on 15 km resolution



Chih-Hsin Li¹, Judith Berner², Jing-Shan Hong¹, Chin-Tzu Fong¹, Ying-Hwa Kuo²
¹Central Weather Bureau, Taiwan, AND ²National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

Corresponding author : Chih-Hsin Li ; Address: 64, Gongyuan Road, Taipei 10048, Taiwan ; E-mail: cwbb679@gmail.com



1. Introduction

The goal of this study is the generation of reliable probabilistic forecasts of a WRF based ensemble prediction system (EPS). There are 20 members with perturbations from initial condition, boundary condition and model perturbations. The model version was WRF V3.7.1 and was configured as two nested domains with horizontal resolution of 15-3 km (Fig. 1) and 52-levels in the vertical. The boundary perturbations were from the NCEP Global Ensemble Forecast System. Initial conditions were obtained by downscaling the NCEP Global Forecast system (GFS) and adding perturbations from an Ensemble Adjustment Kalman Filter (EAKF; Anderson 2001) to obtain a 20-member ensemble.

To reach our goal, different model-error schemes were evaluated, including multiple model physics, the stochastic kinetic energy backscatter scheme (SKEB) and Stochastic Perturbation of Physics Tendencies (SPPT). In addition, more experiments were done for typhoons by using different strategies of initial condition to get the well-performance probabilistic forecast of typhoon track.

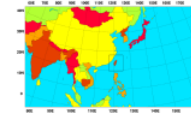


FIG 1. The coverage of the model domains

2. The results of model perturbations experiments

Four configurations of model-error schemes for EPS were used in this study. During the experiment period 1 August – 15 September 2015 and 1 December 2015 – 15 January 2016 was reported here. The first one (MP) used multiple model physics, and the detailed configuration about the physical package was given Table 1. The second one (SKEB+MP) used the SKEB with multiple model physics. The third one (SPPT+MP) used SPPT with multiple model physics. The fourth one (SKEB+SPPT+MP) used all model-error schemes, including SPPT, SKEB, and multiple model physics.

The result (Fig. 2) shows the spread of SKEB+SPPT+MP and SKEB+MP are similar, so the SKEB can induce most spread than SPPT. In the Fig. 2(b), the spread of SPPT+MP is larger than MP, and it means the SPPT is most effective in increasing the spread of temperature near surface, and the SKEB increase the spread in the free atmosphere. The results is the same with the previous study (Berner et al., 2011, 2015, 2017). In addition to the spread, all of the RMSE are similar. The model-error schemes can not increase the error of ensemble mean, and increase the spread only.

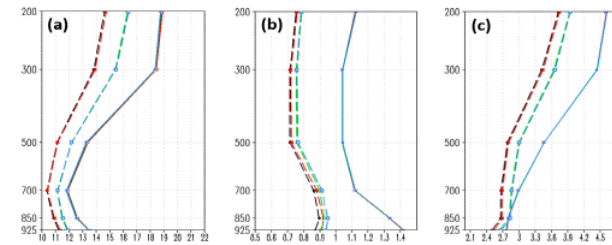


FIG. 2. Spread (dashed) and RMSE (solid) of four ensemble systems over the East Asia domain for (a) geopotential height, (b) temperature and (c) zonal wind. The different experiments are denoted by line colors: MP (black), SPPT+MP (red), SKEB+MP (green), and SKEB+SPPT+MP (blue).

Table 1. The combination of the 20-model physics suite.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Climate scheme	Onel	TwoSta	Auto-K10Sta	New K1	TwoSta	Onl SAS	New SAS	Onel	TwoSta	New SAS	TwoSta	Auto-K10Sta	New K1	TwoSta	Onl SAS	New SAS	Onel	TwoSta	New SAS	Onl SAS
PSL	YSU	YSU	MY2	MY2	MY2	MY2	MY2	ACMD	ACMD	ACMD	YSU	MY2	MY2	MY2	MY2	MY2	ACMD	ACMD	ACMD	MY2
Micro-physics	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	Goddart	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS	WISMS

3. The results of typhoon forecast

The performance of typhoon forecast by using EAKF data with different strategies is presented in this section. The first one is the control run (CTR) which used the EAKF forecast data without typhoon bogus to generate EPS initial conditions. The second one (BOGUS) also used the EAKF forecast data, but EAKF assimilated typhoon bogus data. The last one (ANA) used EAKF analysis data with typhoon bogus. We reported on the performance of two typhoon here, typhoon NESAT and typhoon NORU.

Fig. 3 shows the spread of typhoon track are too larger by using EAKF forecast data to generate EPS initial condition. And the over-dispersed spread would bring the worse ensemble mean of typhoon track, so the track error were of ANA was the best. In addition, compare the CTR and BOGUS, assimilating the typhoon bogus data can really decrease the spread. Fig 3a shows The typhoon track of CTR-member are too diverse, and the initial locations of some members are far from the best location. Because EAKF use full cycle run, the error of typhoon locations would accumulate. And assimilating bogus data can constrain the typhoon locations to avoid the error growing (Fig. 3b).

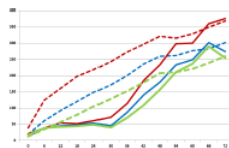


FIG. 3. Track error of the ensemble mean (solid) and spread (dashed) for four ensemble experiments as a function of lead time. The different experiments are denoted by line colors: CTR (red), BOGUS (green), and ANA (blue).

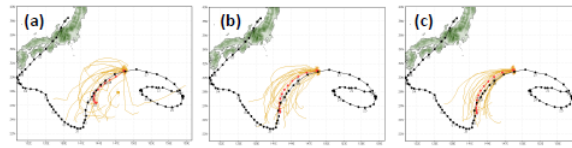


FIG. 4. Typhoon NORU forecast track of 27 July 2017 case. (a) to (c) are the forecast track of CTR, BOGUS, ANA respectively. The black line is best track, red line is forecast track of ensemble mean, and yellow lines are the forecast track of ensemble members.

4. The summary and Future

This research evaluates the performance and uncertainty of a WRF based ensemble prediction system (EPS). Multiple model error schemes were tested, including multiple physics, SKEB and SPPT. In addition, the strategies of using EAKF data were evaluated. The results shows SKEB+SPPT+MP can produce the best performance of spread in synoptic weather, and the RMSE of all experiments all the same. And using the EAKF analysis with assimilating typhoon bogus data can reduce the spread of the steering flow and typhoon initial locations, and get the best performance.

However, the parameter of SKEB and SPPT need to be adjust, if use the EAKF analysis data instead the EAKF forecast data to generate the initial condition. Therefore, more cases which combine multiple model-error schemes and new strategy of using EAKF data will be done in the future.

5. Reference

Anderson, J. L., 2001: An ensemble adjustment Kalman filter for data assimilation. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 2884-2903.
 Berner, J., S.-Y. Ha, J. P. Hacker, A. Fournier, and C. M. Snyder, 2011: Model uncertainty in a mesoscale ensemble prediction system: Stochastic versus multiphysics representations. *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 1972-1995, doi:10.1175/2010MWR3595.1.
 Fossell, K. R., Ha, S. Y., Hacker, J. P., & Snyder, C. 2015: Increasing the skill of probabilistic forecasts: Understanding performance improvements from model-error representations. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 1295-1320, doi: 10.1175/MWR-D-14-00091.1
 et al., 2017: Stochastic Parameterization: Toward a New View of Weather and Climate Models. *Bulletin of the American Meteorological Society* **98.3** (2017): 565-588.

PROGRAM OVERVIEW

Sun-3 Jun	Mon-4 Jun	Tue-5 Jun	Wed-6 Jun	Thu-7 Jun	Fri-8 Jun	Sat-9 Jun
Build-up 08:30 to 14:00 Volunteer Training 11:00 to 14:00 Room 327	Conference Registration 07:30 to 18:00	Conference Registration 07:30 to 18:00	Conference Registration 07:30 to 18:00	Conference Registration 07:30 to 18:00	Conference Registration 07:30 to 18:00	Council Meeting 09:00 to 12:30 Room 328
	AM1 Oral* 08:30 to 10:30	AM1 Oral* 08:30 to 10:30	AM1 Oral* 08:30 to 10:30	AM1 Oral* 06:30 to 10:30	AM1 Oral* 08:30 to 10:30	
	AM Coffee/Tea 10:30 to 11:00, Ballroom B	AM Coffee/Tea Innovation Theatre: Earthquake Research Institute, The University of Tokyo 10:30 to 11:00, Ballroom B	AM Coffee/Tea Innovation Theatre: Picasso, Inc 10:30 to 11:00, Ballroom B	AM Coffee/Tea Innovation Theatre: Isotopix 10:30 to 11:00, Ballroom B	AM Coffee/Tea Innovation Theatre: Springer 10:30 to 11:00, Ballroom B	
	AM2 Oral* 11:00 to 12:30	AM2 Oral* 11:00 to 12:30	AM2 Oral/Workshop* 11:00 to 12:30	AM2 Oral* 11:00 to 12:30	AM2 Oral* 11:00 to 12:30	
	IGL, PS** Kamide Lect & Section DL 11:30 to 12:30	HS, ST** Kamide Lect & Section DL 11:30 to 12:30	AS, BG** Kamide Lect & Section DL 11:30 to 12:30	OS, SE** Kamide Lect & Section DL 11:30 to 12:30	AM2 Oral* 11:00 to 12:30	
	Section Meetings** 12:30 to 13:30 (Includes Packed Meals)	Lunch Break 12:30 to 13:30	Regional Advisory Committee Meeting 12:30 to 13:30, Room 327	Lunch Break 12:30 to 13:30	Lunch Break 12:30 to 13:30	
Conf Reg 14:00 to 18:00	PM1 Oral* 13:30 to 15:30	Poster Session HS, ST 13:30 to 15:30 Ballroom B	Poster Session AS2, BG 13:30 to 15:30, Ballroom B	Poster Session OS, SE 13:30 to 15:30am Ballroom B	PM1 Oral/Special* 13:30 to 15:30	All Day Exhibition - 09:30 to 18:00, Level 4 - Ballroom B & Tear Down / Ship-Out - By 5pm AOGS2018 Closing Special Lectures, Awards & Recognition AOGS2019 Presentation 13:30 to 16:00, Ballroom A Innovation Theatre: Göralp Systems Limited 15:30 to 16:00, Ballroom B Farewell Reception 16:00 to 17:00, Ballroom A Convener's Dinner "Fri-Night Fireworks Cruise" Depart for Harbour: 16:30 Cruise Ends: 20:15 Ticketed Event: Book/Pay in Advance Field Trip Waikiki Beach Coastal Management 12:30 to 14:30/15:30
Council Meeting 16:00 to 18:00, Room 328 (Dinner to Follow)	Booth Dressing 15:00 to 18:00	PM Coffee/Tea 15:30 to 16:00 Ballroom B	PM Coffee/Tea Innovation Theatre: Earth Science Research Promotion Center & TAO Journal 15:30 to 16:00, Ballroom B	PM Coffee/Tea Innovation Theatre: IBS Center For Climate Physics 15:30 to 16:00, Ballroom B	PM2 Oral/Workshop* Meet-the-Experts 16:00 to 18:00, Ballroom B Foyer	
	AOGS2018 Opening Axford Lectures General Assembly	PM2 Oral* 16:00 to 18:00	PM2 Oral* 16:00 to 18:00	PM2 Oral/Workshop* Meet-the-Experts 16:00 to 18:00, Ballroom B Foyer		
	16:00 to 18:30, Ballroom A	Field Trip Pacific Tsunami Warning Centre 08:15 to 11:45	Field Trip Hawaii Institute for Marine Biology 09:00 to 13:45	Field Trip Coastal Geology of Oahu 09:00 to 16:00		
Welcome Reception (Exhibition Opens)	Innovation Theatre Taiwan Earthquake Research Center 18:45 to 19:15, Ballroom B		AOGS-NASA Advance Planning Meeting 18:00 to 19:00, Room 327 (Dinner to Follow)	Student Volunteer Night 19:00 to 2:00, Hiking Hawaii Café		
Poster Session AS1, IS, PS 18:30 to 20:30 Ballroom B	Kinematics, Inc. 19:30 to 20:00 Ballroom B					

*See Scientific Program on next page

**Section Meetings, Kamide Lect & Section DL: AS- Room 315, BG- Room 304B, HS- Room 301, IG- Room 323A, OS- Room 324, PS- Room 323B, ST- Room 323C, SE- Room 314