

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

全球定位科學應用研究委託案(3/3)

101年度「全球定位科學應用研究中心」

期末報告

工作項目(1.2): 出國報告

執行期間： 2012/2/18~2013/2/17

計畫主持人：黃清勇

參與人員：黃成勇、蔡和芳、曾子榜、吳怡娟、翁佩芬、

吳靜美、謝涵蓁

執行單位：全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)

中 華 民 國 1 0 2 年 2 月

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

102 年 2 月 6 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	黃清勇
會議時間	101 年 10 月 30 日 至 11 月 1 日		
會議地點	UCAR, Boulder, Colorado, U.S.A.		
會議名稱	(中文) (英文) Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop		
發表論文題目	(中文) (英文) Impacts of GNSS RO Observations on Prediction of Typhoon Morakot: An OSSE Study for COSMIC-2		

報告內容應包括下列各項：

一、會議目的

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop 為台美輪流舉辦之福衛三號國際研討會，今年由美方 UCAR 主辦，在 Boulder 舉行三天。此次會議主要為口頭報告一篇論文，兩篇為張貼論文，介紹我個人研究成果。

二、參加會議經過

10 月 29 日(一)：抵達：洛杉磯(LOS ANGELES INTL AIRPORT)

10 月 29 日(一)：抵達：丹佛(DENVER INTL AIRPORT)

10 月 30 日(二)：上午會議開始，詳見附件一(議程)

11 月 01 日(四)：下午會議結束，詳見附件一(議程)

11 月 01 日(四)：出發：丹佛(DENVER INTL AIRPORT)

11 月 03 日(六)：抵達：臺灣桃園機場(TAIWAN TAOYUAN AIRPORT)

三、與會心得

此次會議主要為口頭報告一篇論文(詳見附件二)，兩篇為張貼論文(詳見附件三) 及摘要彙整。口頭報告論文為福衛七號觀測對 Morakot 颱風預報可能的影響，在會中引起迴響。個人亦擔任一個氣象 session 主持人(詳見附件一)，在大會結論 session 時，協助整理氣象資料同化及模擬部分，進行口頭總結報告。目前國際研究及作業單位對福衛三號的觀測及模擬應用已非

常投入，成果豐碩，對福衛七號觀測有很大的期望。我國可再利用此福衛七號觀測任務，加強國際合作交流，將福衛七號價值發揚光大。

四、建議

參加國際會議可增長見聞，知己知彼，了解自己研究需加強、補實部份。今年 2013 年輪由我方主辦，應鼓勵國內相關研究人員踴躍參加，及早開始規劃邀請國內與國際人士報告，更能促進後續計畫的國際合作交流。

五、攜回資料名稱及內容

隨身碟(摘要彙整)。

六、其他

附件一： 研討會議程

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus
3080 Center Green Drive, Building #1 (CG-1)
Boulder, Colorado U.S.A.

*Agenda Last Updated: 26 October 2012**

Day One: Tuesday, 30 October 2012		
8:00-9:00	<i>Registration (CG-1, Lobby)</i>	
Session 1: 9:00-12:00	Programmatic (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: Bill Kuo –UCAR/COSMIC)	
9:00-9:20	Opening Remarks	Tom Bogdan – UCAR Tiger JY Liu – National Space Organization Chia-Pei Chou – TECO Houston Shu-peng Ben Ho – UCAR/COSMIC
9:20-9:50	NASA's Global Environmental Remote Sensing Program	Jack Kaye – NASA
9:50-10:20	The Important Role of Satellite Data in Advancing the Weather Forecasts	Louis Uccellini – NCEP/NOAA
10:20-10:40	<i>Break and Group Photo</i>	
10:40-11:00	COSMIC-2: A Platform for Advanced Ionospheric Observations	Paul Straus – The Aerospace Corporation
11:00-11:20	New Science Opportunities on COSMIC-2/FORMOSAT-7	Anthony Mannucci – JPL/Caltech
11:20-11:40	Some Key Challenges in climate sciences with a GPS perspective	Graeme Stephens – NASA
11:40-12:00	A Status Report on the Development of the ATOMMS Remote Sensing System	Rob Kursinski – Broad Reach Engineering
12:00-13:00	<i>Lunch (CG-1)</i>	
Session 2: 13:00-14:00	CDAAC Operations (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: Anthony Mannucci – JPL/Caltech)	
13:00-13:30	CDAAC: Current Status and Future Plans	Bill Schreiner – UCAR/COSMIC
13:30-14:00	Session 2 Discussion	
14:00-14:15	<i>Break</i>	
Session 3: 14:15-16:00	Scientific Applications and Data Validation (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: William Randel – NCAR/ACD and Co-chair: Josep Maria Aparicio – Environment Canada)	
14:15-14:30	Reproducibility of GPS Radio Occultation Data for Climate Monitoring: Profile-to-Profile Inter-comparison of CHAMP Climate Records 2002 to 2008 from Six Data Centers	Shu-peng Ben Ho – UCAR/COSMIC

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

14:30-14:45	Tropical tropopause variability observed in GPS data and links with stratospheric water vapor	William Randel – NCAR
14:45-15:00	The Impacts of GPS Radio Occultation Data on the Analysis and Prediction of Tropical Cyclones	Bill Kuo – UCAR/COSMIC
15:00-15:15	Probing a hurricane's eye with the GPS radio occultation technique	Panagiotis Vergados – Jet Propulsion Laboratory
15:15-15:30	Turbulence Locations and Intensities from Radio Occultation Soundings	Lakshmi Kantha – University of Colorado, Boulder
15:30-15:45	Assimilation of GNSS Radio Occultation Data at GRAPES	Yan Liu – China Meteorological Administration
15:45-16:00	Reconstructing the GPS Refractivity Profiles inside the Atmospheric Boundary Layer with MODIS Cloud-top-temperature over Subtropical Eastern Oceans	Feiqin Xie – Texas A&M University – Corpus Christi
16:00-17:00	Student Poster Introductions (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: Zhen Janet Zeng – UCAR/COSMIC and Co-Chair: Pay-Liam Lin - NCU)	
17:00-18:30	Poster Session and Reception (CG-1, South Auditorium and Lobby)	
	Assimilations of GPS radio occultation data with vertical thinning	Shu-Ya Chen – UCAR/COSMIC
	Preliminary Studies of the Applications of HHT (Hilbert-Huang Transform) on FORMOSAT-3/COSMIC GOX Payload Trending Data	Chen-Joe Fong – National Space Organization (NSPO)
	Discussion on the global features and trends of the tropopause derived from GPS/COSMIC RO data	Tingting Han – Ezhou Polytechnic
	Calibration of Microwave Temperature in the Lower Stratosphere from 2001 to 2010 using GPS RO Data	Shu-peng Ben Ho – UCAR/COSMIC
	Characteristics of Global Precipitable Water in ENSO Events Revealed by COSMIC Measurements	Ching-Yuang Huang – National Central University
	Forecast Sensitivity of Typhoon to GPS RO Observations using WRF adjoint	Ching-Yuang Huang – National Central University
	Space System for Disasters Research including GNSS Receivers for TEC Measurements	Anatoliy Lozbin – Institute of Space Techniques and Technologies
	Warming in the tropical tropopause layer estimated from GPS radio occultation data during 2001-2010	Sanjay Mehta – RISH, Kyoto University
	Calibration of Temperature of Tropopause/Stratosphere (TTS) from Microwave Measurements using Radiosonde Types Identified by Radio Occultation Data	Liang Peng – UCAR/COSMIC

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

	Inclusion of atmospheric profiles from GNSS radio occultation on the CPTEC-INPE's global model	Luiz Sapucci – INPE-CPTEC
	GNSS for Global Earth Observation: The European coordination action GfG2	Jens Wickert – GFZ Potsdam
	Statistic analysis of the ionospheric topside scale height based on COSMIC RO measurements	Xu Xu – UCAR/COSMIC
	A feasibility study of the radio occultation electron density retrieval aided by ionospheric data assimilation model	Xinan Yue – UCAR/COSMIC
	Student Posters	
	Role of sensible and latent heat fluxes from the ocean in the genesis of Cyclone Nargis (2008)	Vanessa Almanza – University of Hawaii at Manoa
	Validating estimates of the width of the tropical belt from reanalyses with FORMOSAT/COSMIC radio occultation data	Nicholas Davis – Colorado State University
	Assimilation of FORMOSAT-3/COSMIC electron density profiles into a coupled Thermosphere/Ionosphere model using ensemble Kalman filtering	I-Te Lee – NCAR/HAO
	The effects of 3D error covariance for an ionospheric data assimilation model	Chi-Yen Lin – CU-CIRES, NOAA-SWPC
	Initial atmospheric refractivity profile results from airborne GPS radio occultation measurements during PREDICT	Brian Murphy – Purdue University
	Ocean Wave Slopes from GPS and XM-Radio Reflections for Sea Salt Salinity (SSS) Corrections	Nicole Quindara – Purdue University
	Height-Integrated Pedersen Conductivity in both E and F regions from COSMIC Observations	Cheng Sheng – University of Texas at Arlington
	Inference of meridional neutral winds and zonal electric fields from NmF2 and hmF2 observations	Yang-Yi Sun – CIRES-CU, NOAA-SWPC
	The impact of COSMIC radio occultation data on the prediction of typhoon Morakot	Matthias Trattler – University of Graz
	Data Assimilation of COSMIC GPS Radio Occultation (RO) soundings impacts on the rainfall simulation of a Mei-Yu event during TiMREX (2008)	Chuan-Chi Tu – University of Hawaii
	Airborne and Spaceborne GPS Radio Occultation Signal Strength and Performance Comparison	Kuo-Nung Eric Wang – Purdue University
	Detection of ionospheric sporadic-E layer by using signal to noise ratio data of GPS radio occultation technique	Wen-Hao Yeh – National Central University

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

Day Two: Wednesday, 31 October 2012 (Parallel Sessions)		
Session 4: 8:30-12:00	RO Applications for Meteorology/Weather Forecast (CG1, Center Auditorium) (Chair: Ching-Yuang Huang - NCU and Co-chair: Anthony Reale – NOAA/STAR)	
8:30-8:45	Improvement of Rainfall Ensemble Forecast of Typhoon Morakot (2009) from Assimilation of GPS RO Refractivity Data	Xingqin Fang – UCAR/COSMIC
8:45-9:00	Assimilation of GPS RO Data for Tropical Cyclone Prediction with HWRF	Chunhua Zhou – NCAR
9:00-9:15	Relative impact of GPSRO observation on forecast error	Thomas Auligne – NCAR
9:15-9:30	Impacts of GNSS RO Observations on Prediction of Typhoon Morakot: An OSSE Study for COSMIC-2	Ching-Yuang Huang – National Central University
9:30-9:45	The Impact of Data Assimilation on the Simulation of Typhoon Approaching Taiwan	Pay-Liam Lin – National Central University
9:45-10:00	Recent Improvements to WRF/DART Ensemble Assimilation System for GPS RO Data Assimilation	Hui Liu – NCAR
10:00-10:15	Impact of Quality Control and Data Thinning of GPS RO Data in WRF-Var on Typhoon Track Forecast	Ming-En Hsieh – Taiwan Typhoon and Flood Research Institute
10:15-10:30	<i>Break</i>	
10:30-10:45	Impact of assimilating COSMIC GPS RO moisture and temperature profiles on Polar WRF simulations of West Antarctic cyclones	Francis Otieno – BPRC The Ohio State University
10:45-11:00	Impact of GPS radio occultation data on the analysis and prediction of an intense synoptic-scale storm over the Southern Ocean near the Antarctic Peninsula	Shu-Ya Chen – UCAR/COSMIC
11:00-11:15	Further Explorations of the Meteorological Value of Radio Occultation Data: The Strength of the Constraints to the Radiance Bias Correction	Josep Maria Aparicio – Environment Canada
11:15-11:30	Assimilation of GNSS RO refractivity data into the JMA global NWP system	Hiromi Owada – Japan Meteorological Agency
11:30-12:00	Session 4 Discussion	
12:00-13:15	<i>Lunch (CG-1)</i>	
Session 6: 13:15-17:00	RO Applications for Climate (CG-1, Center Auditorium) (Chair: Rob Kursinski - BRE and Co-chair: Thomas Birner - CSU)	

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

13:15-13:30	Longitudinal dependence in the inter-annual variation of the temperature anomalies	Sanjay Mehta – RISH, Kyoto University
13:30-13:45	Intercomparison of GPS-RO temperature soundings with collocated measurements from AMSU	Carl Mears – Remote Sensing Systems
13:45-14:00	Quantifying the deep convective temperature signal within the tropical tropopause layer (TTL) using co-located measurements from CloudSat and COSMIC	Thomas Birner – Colorado State University
14:00-14:15	Structural Evolution of the Madden-Julian Oscillation from COSMIC Radio Occultation Data	Zhen Zeng – UCAR/COSMIC
14:15-14:30	COSMIC Validation and Potential Benchmark Status in the NOAA Products Validation System (NPROVS)	Anthony Reale – NOAA/STAR
14:30-14:45	Towards improved corrections for radiation-induced biases in radiosonde observations	Bomin Sun – NOAA/NESDIS/STAR
14:45-15:00	Global Assessment of Radiosonde Systematic Temperature Biases in the Lower Stratosphere using COSMIC, CHAMP, and GRACE from 2001 to 2010	Shu-peng Ben Ho – UCAR/COSMIC
15:00-15:15	<i>Break</i>	
15:15-15:30	Detection of cold region in the stratosphere and its seasonal variation over higher latitudes using COSMIC/FORMOSAT-3 satellite observation during 2007-2011	Vinay Kumar – University of Delhi
15:30-15:45	Monthly climatologies of geopotential height and geostrophic wind from ten years of GPS RO data	Olga Verkhoglyadova – JPL/Caltech
15:45-16:00	Separation of the lapse rate and cold-point tropopauses in the tropics and the impact on cloud top – tropopause relationships	Laura Pan – NCAR
16:00-16:15	A Deep Convection Climatology over the Central Amazon derived from COSMIC Radio Occultations Water Vapor Profiles	Antônio Alciélio Amorim da Rocha – Universidad de Estado do Amazonas
16:15-16:30	Estimating the Low Latitude Free Tropospheric Water Vapor Feedback using COSMIC GPS RO Data	Rob Kursinski – Broad Reach Engineering
16:30-17:00	Session 6 Discussion	
17:15	<i>Bus to restaurant leaves from CG-1 front door.</i>	
18:00	<i>Banquet for all registered workshop participants and speakers at Golden Lotus restaurant.</i>	
Day Two: Wednesday, 31 October 2012 (Parallel Sessions)		

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

Session 5: 8:30-12:00	RO Data Processing (CG-1, North Auditorium) (Chair: Chi Ao - JPL and Co-chair: Estel Cardellach - ICE-CSIC/IEEC)	
8:30-8:45	An Analysis of the Short-Term Stability of GNSS Satellite Clocks	Erin Griggs – University of Colorado
8:45-9:00	Processing and application of GPS radio occultation data at GFZ: recent results from GRACE-A, MetOp-A, TerraSAR-X and TanDEM-X	Florian Zus – GFZ Potsdam
9:00-9:15	EUMETSAT Radio Occultation Observation With Metop-A and Metop-B in Orbit	Axel von Engel – EUMETSAT
9:15-9:30	Simplified generation of radio occultation climatologies	Hans Gleisner – Danish Meteorological Institute
9:30-9:45	Measurement noise and how to deal with it in data processing	Tae-Kwon Wee – UCAR/COSMIC
9:45-10:00	Systematic Residual Ionospheric Errors in Radio Occultation Data and a Potential Way to Minimize them	Julia Danzer – Wegener Center
10:00-10:15	On the Resolution and Noise Characteristics of GPS Radio Occultation Retrievals: A Simulation Study	Chi Ao – JPL
10:15-10:30	<i>Break</i>	
10:30-10:45	Detection of tropospheric ducts with GPS radio occultation	Sergey Sokolovskiy – UCAR/COSMIC
10:45-11:00	Specifying the Equatorial Ionosphere using DINEOFs	Russell Stoneback – University of Texas at Dallas
11:00-11:15	Theoretical sensitivity of the GNSS polarimetric radio-occultation technique to precipitation events	Estel Cardellach – ICE-CSIC/IEEC
11:15-11:30	Global 3-D Ionospheric Electron Density Reanalysis based on Multi-Source Data Assimilation	Xinan Yue – UCAR/COSMIC
11:30-12:00	Session 5 Discussion	
12:00-13:15	<i>Lunch (CG-1)</i>	
Session 7: 13:15-17:00	RO Data Applications for Ionosphere (CG-1, North Auditorium) (Chair: Paul Straus – The Aerospace Corporation and Co-chair: Geoff Crowley – ASTRA)	
13:15-13:30	Use of Radio Occultation Data in Ionospheric Assimilation Algorithms	Geoff Crowley – ASTRA
13:30-13:45	Impact of COSMIC Radio Occultation Ingestion on GAIM Electron Density Profile Specification	Mark Butala – NASA JPL

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

13:45-14:00	Study of the Accuracy and Spatial-Temporal Resolution of Ionospheric Data Assimilation due to Ingestion of RO Observations from Satellite Constellations	Gary Bust – JHUAPL
14:00-14:15	Upper Atmosphere Data Assimilation With an Ensemble Kalman Filter	Tomoko Matsuo – University of Colorado, Boulder/NOAA
14:15-14:30	Advanced assimilation of ground- and space-based observations for ionospheric specification	Alex Chartier – University of Bath
14:30-14:45	Daytime Climatology of Ionospheric NmF2 and hmF2 from COSMIC data	Alan Burns – NCAR
14:45-15:00	<i>Break</i>	
15:00-15:15	Solar Cycle and Seasonal Variations of the Ionospheric F2 Peak	Liyang Qian – NCAR/HAO
15:15-15:30	Coordinate investigation of the F2 layer stratification at low-latitude ionosphere: results from the COSMIC and GIRO	Biqiang Zhao – IGGCAS
15:30-15:45	First Results from the GPS Compact Total Electron Content Sensor (CTECS) on the PSSCT-2 Nanosat	Rebecca Bishop – The Aerospace Corporation
15:45-16:00	Amplitude morphology of GPS radio occultation data for sporadic-E layers	Cheng-Yung Huang – National Central University
16:00-16:15	Morphology of Sporadic E Layer Retrieved from COSMIC GPS Radio Occultation Measurements	Yen-Hsyang Chu – National Central University
16:15-16:30	On the occurrence of the equatorial F-region irregularities during solar minimum using radio occultation measurements	Brett Carter – RMIT University
16:30-17:00	Session 7 Discussion	
17:15	<i>Bus to restaurant leaves from CG-1 front door.</i>	
18:00	<i>Banquet for all registered workshop participants and speakers at Golden Lotus restaurant.</i>	

Day Three: Thursday, 1 November 2012

Session 8: 8:30-11:00	COSMIC-2 and Future Missions (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: Jens Wickert – GFZ Potsdam and Co-chair: Dan Mamula - NOAA)	
8:30-8:50	Observations and predictions of atmospheric rivers: Current capabilities and future challenges associated with extreme precipitation	Marty Ralph – NOAA

Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop
30 October – 1 November 2012
UCAR Center Green Campus, CG-1

8:50-9:05	Approaching the First GNSS Operational Radio Occultation Satellites Mission Carrying TriG Receiver	Chen-Joe Fong – National Space Organization (NSPO)
9:05-9:20	Development of the next generation GRAS instrument	Jacob Christensen – RUAG Space
9:20-9:35	CICERO: Community Initiative for Continuing Earth Radio Occultation	Tom Yunck – GeoOptics Inc.
9:35-9:50	Quality assessments of GPS receiver clocks onboard COSMIC and GRACE satellites based on orbit determination using GPS	Tzu-Pang Tseng – GPSARC, National Central University
9:50-10:00	<i>Break</i>	
10:00-10:15	An Instrument Suite for Neutral and Ion-drifts, Equivalent Temperatures, and Composition	Loren Chang – National Central University
10:15-10:30	Filling a Data Gap in the Ionosphere	Dave Rainwater – University of Texas Applied Research Laboratories (ARL:UT)
10:30-10:45	GNSS radio occultation at GFZ: Recent results and activities related to future missions	Jens Wickert – GFZ Potsdam
10:45-11:00	FORMOSAT-7/COSMIC-2 Status Report	Dan Mamula – NOAA
11:00-12:00	Wrap up Discussions (CG-1, Center and North Auditoriums) (Chair: Bill Kuo – UCAR/COSMIC and Co-chair: Tiger JY Liu – National Space Organization)	
12:00	<i>Workshop adjourns</i>	

**agenda is subject to change*

Impacts of GNSS RO Observations on Prediction of Typhoon Morakot: An OSSE Study for COSMIC-2

Ching-Yuang Huang^{1,2} and I-Tzu Chen¹

¹Department of Atmospheric Sciences, National Central University, Jhong-Li, Taiwan

²GPS Science and Application Research Center, National Central University, Jhong-Li, Taiwan

Abstract

This study utilizes OSSE (Observing System Simulation Experiments) to investigate the impact of GNSS RO observations on typhoon prediction for COSMIC-2. The case chosen for impact study is the Morakot typhoon (2009) that affected Taiwan significantly. To reasonably represent the natural state, the MM5 4DVAR with bogus data assimilation (BDA) was used to simulate Morakot. This natural run at the integration time of 12 h then provides the atmospheric conditions for a 2-D ray-tracing model to generate the refractivity and bending angle soundings, given RO events in a hypothetical period during COSMIC-2.

To highlight the impact from OSSE without the identical-twin problem, another model, WRF, is initialized by the NCEP global reanalysis and is integrated for 72 h as the control run. For the assimilation run, the simulated RO soundings are assimilated by WRF 3DVAR. There are about 120 RO points in the regional model domain in a 2-hour assimilation window. Both control run and assimilation run are verified against the natural run. It was found that the improvement on Morakot track prediction increases with more assimilated RO refractivity or bending angle soundings from COSMIC-2 (GPS and/or Galileo). Furthermore, assimilation with local bending angles appears to outperform that with local refractivity by about 10%. This, in turn, further improves the simulated patterns of severe rainfall over Taiwan.

Characteristics of Global Precipitable Water in ENSO Events Revealed by COSMIC Measurements

Wen-Hsin Teng¹, Ching-Yuang Huang^{1,2,*}, Shu-Peng Ho³, Ying-Hwa Kuo³, and Xin-Jia Zhou³

¹Department of Atmospheric Sciences, National Central University, Jhong-Li, Taiwan

²GPS Science and Application Research Center, National Central University, Jhong-Li, Taiwan

³COSMIC, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, USA

1. Introduction

The derived temperature and water vapor profiles from Global Positioning System (GPS) radio occultation (RO) data are proven to be useful for various climate and meteorological applications. COSMIC and ECMWF water vapor profiles agree within 0.05 g kg^{-1} above 2 km and 0.2 g kg^{-1} below 2 km [Ho *et al.*, 2010].

Despite local and regional comparisons between COSMIC water vapor profiles and in situ observations [Ho *et al.*, 2010a], and other satellite data (e.g., Wick *et al.* [2008]), global and long-term assessments of COSMIC PW over remote oceans, especially during ENSO events, are still unavailable.

This study is the first attempt to characterize the global PW distributions from COSMIC during the ENSO events and conduct inter-satellite PW comparisons especially over oceans. The five-year RO data cover three ENSO events (one El Niño and two La Niña). We validate GPS RO PW against those from SSM/I and AMSR-E.

2. The Data and Methodology

Data from 2007 to 2011 (binned into 72×36 global grids) include: GPS RO retrieved specific humidity, SSM/I and AMSR-E estimated PWs (taken from Remote Sensing System), NCEP global reanalysis, the gridded global precipitation rate from GPCP, outgoing longwave radiation (OLR), and SST.

We only use the available RO retrievals with perigee heights below 1 km. To calculate COSMIC PW, we integrate the specific humidity upward from the lowest tangent point to the retrieved maximum height (60 km) and compensate the layer of void data from the perigee height to the surface by filling the same water vapor value obtained at the perigee height.

Year	2007	2008	2009	2010	2011
Total amounts	639033	649588	646551	493204	412811
Perigee height < 1km	465941 (72.9%)	486337 (74.9%)	485766 (75.1%)	367146 (74.4%)	307833 (74.6%)

3. Global Zonal and Spatial COSMIC PW Distributions During the ENSO Warm and Cold Events

a. Global Variation of Mean Latitudinal COSMIC PW

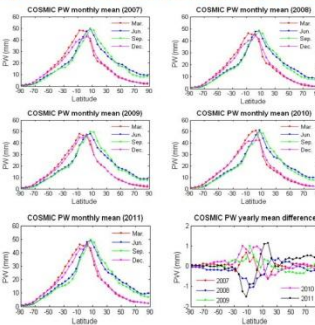
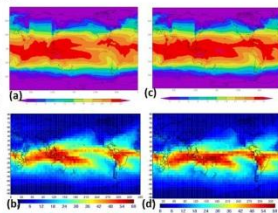


Fig. 1. Zonal mean distribution of COSMIC PW (mm) for monthly mean at March, June, September and December in 2007-2011, and also zonal yearly mean PW differences from 2007 to 2011 averages (the lower right).

- The peak of zonal mean PW follows the seasonal variation of the ITCZ.
- The latitudinal variations of zonal mean PW are of similar magnitude.
- The COSMIC PW anomalies in 5 years are within 1.5 mm.
- During the ENSO events (2007, 2009 and 2010), most of the tropical regions are dominated by positive PW anomalies, while the negative PW anomalies dominate in the other two years (2008 and 2011).

b. 2007 La Niña (cold event) & 2009 El Niño (warm event)

Fig. 2. Seasonal average of the winter months from December 2007 to February 2008 (the cold ENSO event) for (a) SST ($^{\circ}\text{C}$), (b) COSMIC PW (mm), (c) and (d) as in (a) and (b) but for December 2009 to February 2010.



• Tropical variations of COSMIC RO PW and SST are in very good agreement. Strong vertical convection is observed over Amazon, which is also of high COSMIC PW values.

4. Global inter-satellite PW comparisons for the ENSO events

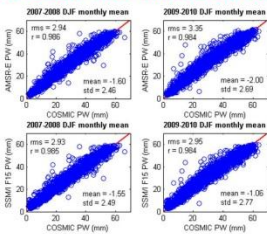


Fig. 3. The scattering plots of monthly mean PW for COSMIC, SSM/I and AMSR-E in $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ grids for three winter months in 2007-2008 (cold event) and 2009-2010 (warm event).

- For both 2007 cold event and 2009 warm event, the COSMIC PWs are highly correlated with those from SSM/I and AMSR-E with the correlation coefficient equal to 0.985 and 0.986, respectively.
- The RMS differences of inter-satellite PW are less than 3 mm. But, COSMIC PW exhibits negative mean difference (or bias).

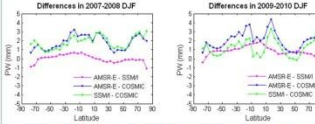
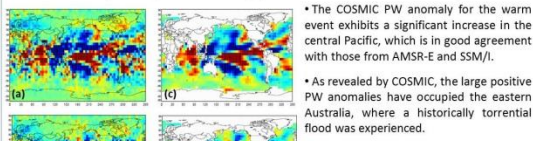


Fig. 4. Zonal seasonal mean PW and the differences among COSMIC, AMSR-E and SSM/I in the cold and warm event.

- Very similar latitudinal variations.
- Differences among COSMIC, AMSR-E, and SSM/I are within 3 mm (5 mm) outside (inside) the tropics.

5. PW anomaly during the ENSO events

The inter-satellite (COSMIC, AMSR-E and SSM/I) PW anomalies for climate variability:



- The COSMIC PW anomaly for the warm event exhibits a significant increase in the central Pacific, which is in good agreement with those from AMSR-E and SSM/I.
- As revealed by COSMIC, the large positive PW anomalies have occupied the eastern Australia, where a historically torrential flood was experienced.

Fig. 5. Seasonal average anomaly of PW (mm) in the winter months from COSMIC for (a) 2009 warm event, (b) 2010 cold event; (c) and (d) as in (a) and (b), but from AMSR-E.

Fig. 6. Scatter plots of seasonal average anomaly of PW (mm) in the winter months for the 2009 warm event (a, b), and for the 2010 cold event (c, d). Red line in each panel indicates the linear regression.

6. Time series differences of COSMIC, SSM/I and AMSR-E PW from 2007 to 2011

We quantify the time series differences among COSMIC, SSM/I and AMSR-E in the period of 2007-2011 for smaller local regions and global latitudinal zones, and find:

- The significant PW variations in EEP are associated with annual cycles. In EWP, the lower PW amounts in 2007-2008 and 2010-2011 winters well correspond to the two cold ENSO events.
- The consistent PW time series among the three satellite data sets clearly demonstrate the signals of convection activity associated with the cold and warm ENSO events.

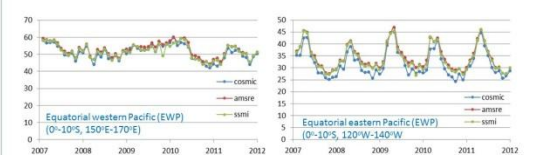


Fig. 7. Time variations of monthly mean PW (mm) in 2007-2011 for COSMIC, SSM/I and AMSR-E.

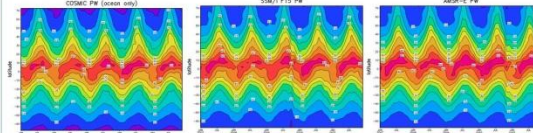


Fig. 8. Latitudinal variations of monthly mean PW (mm) in 2007-2011 for COSMIC, SSM/I, and AMSR-E.

7. Concluding remarks

- For the three ENSO events, the COSMIC monthly mean PW is in a very high correlation (up to 0.98) with those from SSM/I and AMSR-E over the ocean. The PWs from the three different satellites also have similar latitudinal variations.
- The inter-satellite PW anomaly patterns nicely concur on major ENSO signals. Although the PW anomaly correlation is not particularly high, it is encouraging for COSMIC with available RO daily observations less than 2000.
- In the selected cold pool and warm pool regions, PW retrievals from COSMIC, SSM/I and AMSR-E show very similar trends. All the three inter-satellite PWs indicate a reduced peak in the cold pool and a raised peak in the warm pool during the active phase of 2010 warm event.
- These inter-satellite comparisons show a consistent trend of latitudinal variations in monthly mean PW from 2007 to 2011 that displays similar ENSO signals in the cold and warm events.

References

Ho, S.-P., X. Zhou, Y.-H. Kuo, D. Hunt, and J.-H. Wang (2010), Global evaluation of radiosonde water vapor systematic biases using GPS radio occultation from COSMIC and ECMWF analysis, *Remote Sens.*, 2, 1320-1330, doi:10.3390/RS20101320.
Wick, G. A., Y.-H. Kuo, F. M. Ralph, T.-K. Wee, and R. J. Neiman (2008), Intercomparison of integrated water vapor retrievals from SSM/I and COSMIC, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L21805, doi:10.1029/2008GL035126.

Forecast Sensitivity of Typhoon to GPS RO Observations using WRF adjoint

Ching-Yuang Huang^{1,2}, Yu-Jhen Liou³, Xin Zhang³, and Ying-Hwa Kuo^{3,4}
¹Department of Atmospheric Sciences, National Central University, Jhong-Li, Taiwan
²GPS Science and Application Research Center, National Central University, Jhong-Li, Taiwan
³National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA
⁴University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, USA

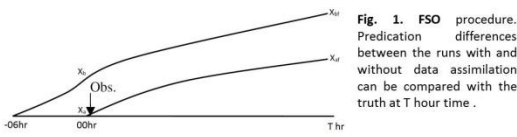
1. Introduction

OSSEs (Observing System Simulation Experiments) may be applied to assess the impact of observations on numerical prediction through denial or combination of specific data. Another robust tool has been developed as FSO (forecast sensitivity to observation) framework through application of an adjoint model and observation operators (Langland and Baker, 2004). This study attempts to explore FSO using WRF-adjoint and the GPS RO refractivity operator to highlight the impact of GPS RO data from COSMIC, relative to conventional radiosonde soundings, on Fanapi typhoon (2010) track prediction.

2. Methodology and Experiments

a. Methodology

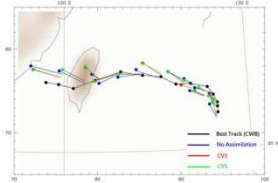
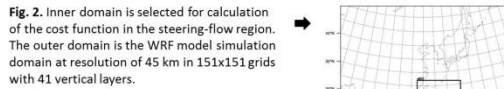
Details of the FSO method for are given by Langland and Baker (2004) in which the impact of observations can be evaluated by adjoint with different observations as shown in Figure 1.



We first define the prediction from -06 h to 00 h as X_{in} , assimilation with the observations at 00 h with the first guess X_{in} as X_{in} , and their predictions after T hours are X_{out} and X_{out} , respectively. The NCEP global reanalysis is chosen as the true state and their prediction errors are given by e_{in} and e_{out} . For the data impact, we may define a cost function $J_f = \frac{1}{2}((x_f - x_t), C(x_f - x_t))$ where C is a co-variance matrix, and then take derivative of the cost function with respect to x_f to obtain $\frac{\partial J_f}{\partial x_f}$ and $\frac{\partial J_f}{\partial x_t}$ using the adjoint model, and finally the observation sensitivity $\frac{\partial J_f}{\partial y}$, and observation impact $\frac{\partial J_f}{\partial y}(y - H(x_b))$.

b. Experiments

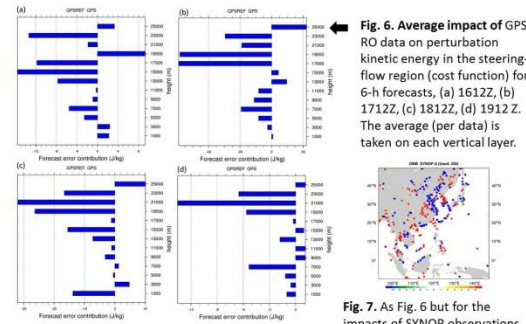
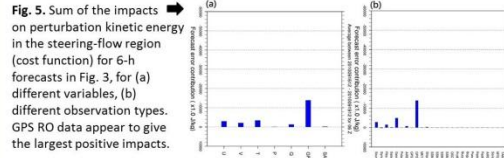
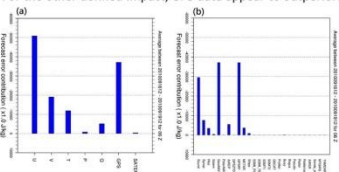
This study uses the total dry energy $\langle x, x \rangle = \frac{1}{2} \iiint [u'^2 + v'^2 + \left(\frac{g}{\sqrt{g_0}}\right) \theta' + \left(\frac{1}{\rho c_p}\right)^2 p'^2] d\Sigma$ as the cost function. In addition, we also select the horizontal-wind prediction error in the region (see Fig. 2), in which most flow steering takes effect, as the cost function $J = \frac{1}{2} \iiint [u'^2 + v'^2] d\Sigma$ where u' and v' are the prediction error of u and v in simulation of Typhoon Fanapi (2010) during 1612-1912 September.



4. Results

a. 6-h forecast

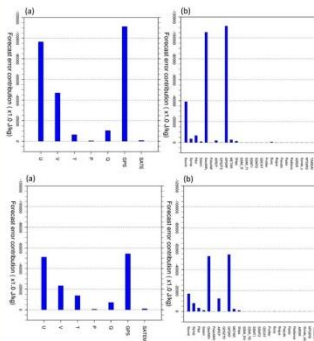
Figure 4 shows the impact of observations on the cost function using the total dry energy. Figure 5 shows the impact of observations on the cost function using perturbation kinetic energy in the steering-flow region. As seen in Fig. 4, assimilations of U and GPS RO refractivity have larger positive impacts (i.e., larger negative errors) for the total dry energy. For the other defined impact, GPS data appear to outperform other observations.



The impact results indicate that larger impacts of GPS RO data are on upper levels for both perturbation kinetic energy in the steering-flow region (Fig. 6) and total dry energy (not shown), while SYNOP observations near coasts have more evident impacts which in fact are larger on lower levels (not shown).

b. 24-h forecast

Figures 8 and 9 are similar to Figures 4 and 5, respectively, but for 24-h forecast. The impact on 24-h prediction is significantly greater than on 6-h, indicating the accumulative effects of observations with increasing prediction time.



5. Conclusions and future studies

- For cost functions defined as total dry energy and the prediction error of perturbation kinetic energy in the steering-flow region, Sounding, GeoAMV and GPS RO data all have positive impacts. GPS RO data gives significantly positive impacts on the latter (cost function) and may further improve the typhoon track prediction.
- On average (per data), larger positive impacts of GPS RO data occur on upper levels, while conventional soundings are on lower levels.
- More observation types need to be investigated in order to illustrate the relative impacts of GPS RO data.
- FSO of bending angle will be compared with FSO of refractivity using OSSE for F7/C2.

References

Langland, R. H. and N. L. Baker, 2004: Estimation of observation impact using the NRL atmospheric variational data assimilation adjoint system. *Tellus*, **56A**, 189-201.

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	楊舒芝
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input checked="" type="checkbox"/> 訪問 <input type="checkbox"/> 進修 <input checked="" type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 國際會議 <input type="checkbox"/> 其他：		
出國目的	拜訪 Prof. Eugenia Kalnay 及 Prof. Takemasa Miyoshi 討論 WRF-LETKF 系統發展及系集觀測影響評估建置事宜。		
<p>本次訪問主要進行的工作項目有：</p> <p>1. 討論系集觀測影響評估工具建立及實務應用</p> <ul style="list-style-type: none"> 在 LETKF 同化系統屬序列式同化方法，且使用了局地化減少樣本誤差等所產生的錯誤誤差相關性。因此在估算觀測影響時亦需小心考量每一個觀測對於不同網格點的貢獻皆不同。 藉由本次訪問，已成功在 WRF-LETKF 同化系統使用 Miyoshi (2011)所提出的 adaptive inflation 方法。但由於掩星觀測位置在連續的分析時間差異性頗大，可能不適合使用。但若不進行 inflation 處理，在陸地上的系集離散可能偏低，會影響陸地上掩星觀測的效益。未來應就此部分深入探討。 <p>2. 受邀進行演講與討論</p> <ul style="list-style-type: none"> 至馬里蘭大學 Weather and Chaos 實驗室進行演講與小組討論。講題為” Improving EnKF spin-up for typhoon assimilation and prediction” 國際合作 <p>Collaboration with Prof. Shu-Hua Chen from University of California, Davis. “Evaluating the impact from the airborne-based excess phase observation on typhoon assimilation and prediction”</p> 			

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

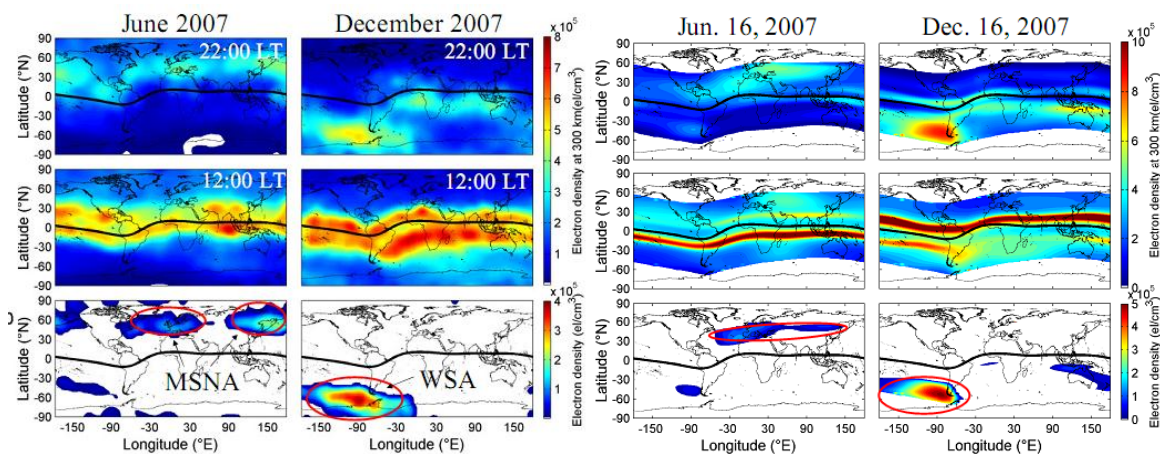
出席國際學術會議報告

102 年 2 月 4 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	陳佳宏
會議時間 會議地點	101 年 12 月 2 日 至 12 月 9 日 美國		
會議名稱	(中文) 2012 年美國地球物理學會秋季會議 (英文) 2012 AGU Fall Meeting		
發表論文題目	(中文) (英文) Modeling study of the mid-latitude ionospheric nighttime electron density enhancement by SAMI3		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、會議目的</p> <p>本次參加會議的主要目的除了發表論文之外，主要是跟 SAMI3 模式的作者 Dr. Huba 討論目前 SAMI3 模式所遇到的問題，以及其解決方法，並且討論 SAMI3 模式整合 TIEGCM 模式的可能性。</p> <p>二、參加會議經過</p> <p><u>12/02</u> 從台南市搭程高鐵在高鐵桃園站轉車到桃園機場搭機前往美國舊金山機場。出了海關之後轉電車到預定的旅館入住休息，並查詢隔天研討會的相關資料</p> <p><u>12/03</u> 前往 Moscone South 會場報到之後參加研討會。</p> <p><u>12/04</u> 在 Moscone South 會場發表研究海報。</p> <p><u>12/05</u> 在 Moscone South 與 Moscone West 會場參加研討會。</p> <p><u>12/06</u> 在 Moscone South 與 Moscone West 會場參加研討會。</p> <p><u>12/07</u> 在 Moscone South 與 Moscone West 會場參加研討會。</p> <p><u>12/08</u> 搭機返回台灣桃園國際機場。</p> <p><u>12/09</u> 到達桃園機場之後轉搭高鐵回到台南。</p> <p>三、與會心得</p>			

AGU 今年的會議安排剛好每天都有想要聽的 section，一個星期的會議認識不少國內外學者也跟他們互相交換與討論研究成果，得到許多寶貴的經驗，對我來說是這一趟行程最有價值的地方。因為本身也有在做電離層 GPS 三維電子濃度反演的研究，東京大學的 Dr. Seto 提到目前這項技術仍有一些問題需要克服：1)時間，全球和連續性問題；2)GPS 接收器誤差問題；3)垂直尺度問題；4)觀測沒有含蓋海洋問題；5)如何從資料插入等問題。他提到說，搭配各種觀測資料以及資料同化(data assimilation)的方式，是最理想的解決方式。另外，資料同化中 error covariance 是影響其結果的重要參數之一，如何取得或如何計算 error covariance 的分佈將會是一個課題。國外的研究團隊早年開始便已經投入電離層資料同化技術，然而國內目前尚處理剛開始起步的階段，期望能透過多與國外學者的交流，進而加速推動國內資料同化的技術與發展。

這一次發表的題目是利用 SAMI3 模式配合 TIEGCM 模式在不同潮汐中性風的情況之下，研究中緯度地區電子濃度增加現象的物理機制。福衛三號(FORMOSAT-3/COSMIC)提供全球的電子濃度觀測資料，其研究發現在中緯度的夏季，存在一個夜間電子濃度的異常現象：夜間電子濃度大於白天。這個異常現象發生在特定的經度區域：北半球在歐洲與東亞洲，而南半球則是發生在南美洲。理論模式研究發現，夜間往赤道吹的中性風為最主要的機制。利用 SAMI3 模式加上 TIEGCM 得到的中性風可以模擬出南半球夏季電子濃度夜間異常現象，然而北半球的模擬結果卻只能在中亞地區出現夜間異常現象，跟觀測資料有兩個異常區域不一樣，推測跟 SAMI3 模式利用 central dipole 磁座標有關，關於這個問題，在會議期間與 SAMI3 作者 Dr. Huba 討論過，期望將來可以透過改變 SAMI3 模式的磁座標為 realistic magnetic field 來修正。



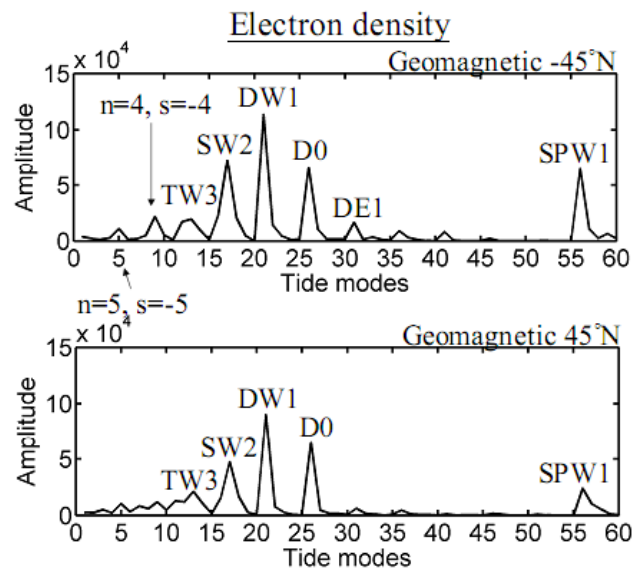
※上圖左是利用福衛三號衛星資料所觀測到的 2007 年六月份及十二月份電子濃度夜間(左上)，白天(左中)和電子濃度的差(左下)。右圖是利用 SAMI2 模式模擬電子濃度的變化。

將南半球與北半球磁緯度 45 度的資料利用下面的式子拿來做潮汐頻譜分析，可以得到不同潮汐的分量及其最初相位的分解結果。

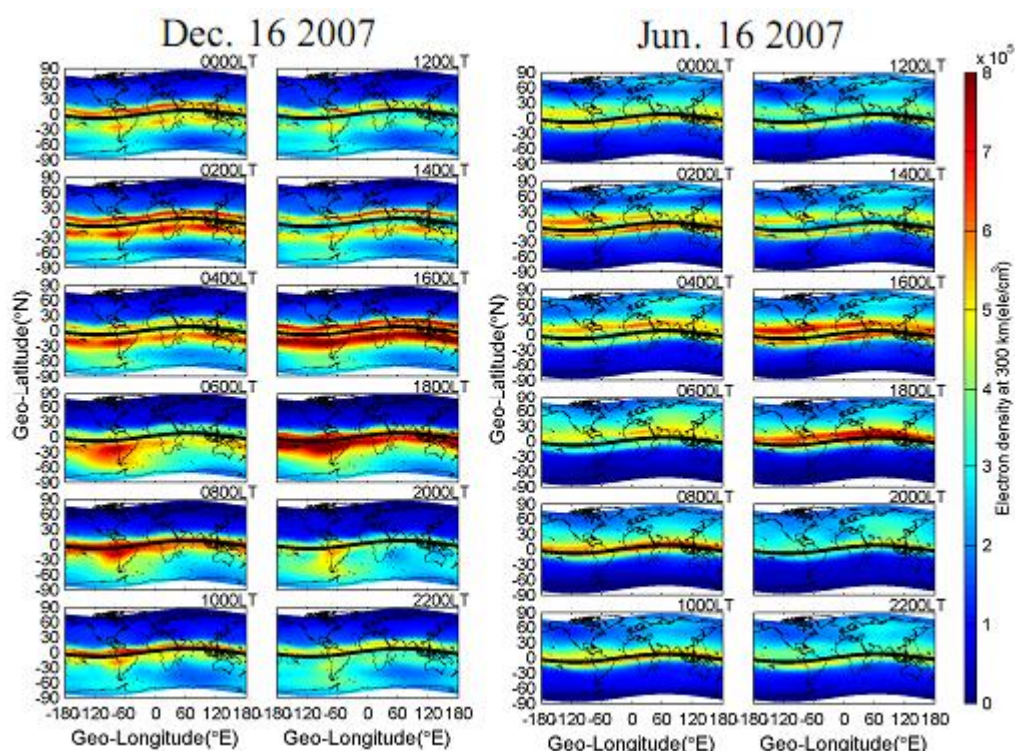
$$X(t_{LT}, \lambda) = \bar{X} + \sum_{n=1}^5 \sum_{s=-5}^5 A_{n,s} \cos[n\Omega t_{LT} - (n+s)\lambda + \theta_{n,s}] + \sum_{s=1}^5 A_{n,s} \cos(-s\lambda + \theta_{n,s})$$

其中 X 是電子濃度， \bar{X} 是徑向與時向平均電子濃度，A 是振幅， Ω 是週期，n 是簡協振盪數，s 是波數， λ 是經度， θ 是最初相位。潮汐分解分析結果如下圖所示，南北半球都存在

有太陽同步潮汐項(migrating tide)：DW1，SW2 與 TW3。另外全日潮(diurnal tide)的項也有相當明顯的振幅，說明夜間電子濃度異常最主要是由全日潮的中性風所造成的。因此，將全日潮項的中性風資料去掉之後，可以重建電子濃度隨時間的分佈。結果發現，南北半球夜間電子濃度異常現象消失，這說明了全日潮的重要性。



※南半球(上)和北半球(下)磁緯度 45 度電子濃度的潮汐分析結果。



※去掉全日潮分量之後，南半球夏季(左)和北半球夏季(右)電子濃度隨時間的變化情形。圖中黑色線為磁赤道。

跟京都大學 Prof. Saito 與電氣通信大學 Dr. Matsumura 討論將來互相合作研究。日本 7 月份發射一顆 all sky camera 到國際太空站上(ISS-IMAP)，目的由宇宙來觀測地球大氣輝光，Prof. Saito 為主要團隊的發起人。台灣福衛二號衛星同樣可以提供地球大氣輝光的觀測資

料，配合 ISS-IMAP 不同軌道的聯合觀測，預計可以反推大氣輝光的三維結構。另外，電氣通信大學 Dr. Matsumura 主要研究為大氣波動對電離層的影響，之前日本 311 地震時，他的大氣模式以理論方式驗證出地震波動傳到電離層時對電子濃度波動造成改變，其成果非常受到國際上的注目。跟他合作的題目為研究火箭升空通過電離層時，對電子濃度造成影響的理論研究，地面 GPS 觀測資料顯示有明顯的電子濃度下降的區域，希望能夠以理論模式加以驗證，預計完成之後能夠加強探空偵測的技術。

四、建議

這一次 AGU 會議跟許多平時很少能夠直接接觸到的學者互相交換研究經驗，以及討論互相合作的可能性，對於國內地球科學方面的研究能夠更進一步與國際接軌，甚至領先國際。當然，光是老師們參加國際會議是不夠的，希望以後能夠多多鼓勵與提供更多研究員與學生參與國際會議的機會，為國內地球科學研究注入新血。

五、攜回資料名稱及內容

會議摘要書一本。

六、其他

附件一： 論文摘要

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

101 年 11 月 1 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	蔡和芳
會議時間	101 年 3 月 27 日 至 4 月 5 日		
會議地點	美國		
會議名稱	(中文) 國際掩星第二次工作會議 (英文) IROWG-2		
發表論文題目	(中文) (英文) Global Distribution of Ionosphere and Plasmasphere Observed by FORMOSAT-3/COSMIC		

報告內容應包括下列各項：

一、會議目的

國際掩星第二次工作會議(IROWG-2)在美國召開,主要針對近年歐美積極發展的 GNSS 掩星科技、應用與未來發展,進行為期 6 天的通盤性討論。會中除了 GPS 掩星大氣與電離層反演技術的探討之外,也包括福衛三號掩星觀測量在大氣電離層常態與暫態變化的科學研究、掩星資料在數值天氣預報上的資料同化成效,以及創新掩星觀測實驗之設計等等。

本人於會中發表 2 篇會議論文。一篇以福衛三號觀測電離層與電漿層全球分布與變化的研究報告;一篇與黃成勇博士共同發表以福衛三號掩星大氣觀測量,估算電離層 E 層電子密度剖線的創新研究成果,均展示了國內對於福衛三號在電離層方面的探索,已獲得一定的成果。

二、參加會議經過

3 月 27 日:出發日與黃成勇博士一同啟程經舊金山,飛往美國科羅拉多州丹佛市,再搭機場接駁車抵達科州 Estes Park 的會場旅館 check-in。

3 月 28 日至 4 月 3 日:開會第一天主要討論 GPS 掩星資料在數值天氣預報上的研究成果,包括歐洲 EUMETSAT、美、加、英、法、日等國之氣象預報系統。下午是長期天氣系統的 GPS 掩星氣候應用。有學者指出負折射率偏差(negative N-bias)的主因是超折射(super-refraction)和導管(ducting)。所謂導管是一種超折射被增強的形式,導致無線

電波被困在兩巨大平面範圍之間，並且導致場強跟隨顯著的增加和變化。此外，也討論了掩星資料處理技術，及掩星酬載儀器之設計。EUMETSAT 介紹 GRAS 掩星大氣資料的反演現況；UCAR 介紹 GPS 掩星大氣偏折角的誤差評估；NSPO 也展示福衛七號計畫的進程等等。第一天開始發表的 poster，主要展示利用福衛三號 GOX 酬載儀，觀測電離層和電漿層全球分布的應用，也引起許多專家學者的興趣，並與電漿層模式專家討論電漿層電子含量的分布，在質與量方面的異同。在新一代掩星技術方面，聽取了空對空 (LEO-LEO) 微波掩星實驗，以及 GNSS 海洋反射實驗等創新試驗的進展。在電離層掩星科學與技術方面，UCAR 將電離層反演的後續發展導向全球電離層資料同化模式，以 NeQuick 和 IRI 模式為基礎，對福衛三號 GOX 掩星、地面 GNSS-TEC、IGS 的全球電離層圖 (global ionosphere map) 等觀測資料進行同化，並以卡曼濾波 (Kalman filtering) 求解，得到初步的成果，值得借鏡。同行的黃成勇博士發表一篇以複雜的誤差評估分析結果，估算電離層 E 層電子密度剖線的新方法。過去，電離層 E 層一直被認為無法以傳統的方法反演出來，因此這篇可視為少數開創 E 層反演的新方向。大會在週末安排了分組討論。其中多數專家學者感興趣的是以新的觀測量開創新的科學應用，並提議請 CGMS 組織提供財源，支持創新且重要科技的前置研發工作。在論文海報方面，有學生運用福衛三號於地震電離層擾動、火山噴發後之大氣電離層變化的觀測研究。國內中央大學蘇信一教授也發表以降低電離層反演誤差的研究。都有相當值得參考的資訊。

4 月 4 日至 5 日返國：4 日由丹佛機場啟程經舊金山，於 5 日抵臺。

三、與會心得

因應未來福衛七號掩星實驗的到來，GNSS 掩星觀測技術與科學應用一直持續受到矚目。本會議報告近期的研究成果與發展。我國今年除了本人之外，還有多位教授、研究員、博士及學生參與，顯見國內學術界對此議題的重視。此行與國際學者的交流，亦有不錯的收穫。

四、建議

空載之 GNSS 掩星觀測技術在美國等先進國家，已發展了十數年之久，而在國內仍屬新興領域，因此本次國內參與此會的人數也不多見。今年下半年歐洲也將舉辦第三次工作會議 (IROWG-3)。建議鼓勵國內相關學者參與，以促進國內相關研究。

五、攜回資料名稱及內容

無。

六、其他

附件一：第 1 篇論文摘要

Global Distribution of Ionosphere and Plasmasphere Observed by the FORMOSAT-3/COSMIC Satellites

Ho-Fang Tsai¹, Tiffany Ho², Cheng-Yung Huang¹, Jann-Yenq Liu^{3,4}

¹GPS Science and Application Research Center, National Central University, Taiwan.

²Taiwan Analysis Center for COSMIC (TACC), Central Weather Bureau, Taiwan.

³Institute of Space Science, National Central University, Taiwan.

⁴National Space Organization, Taiwan.

The traditional global ionosphere map (GIM) provides a series of “snapshots” of the total electron content (TEC), which blends with a part of the plasmasphere. The use of the FORMOSAT-3/COSMIC (F3/C) radio-occultation (RO) and non-RO data provides an opportunity to study the ionosphere and plasmasphere individually. The global plasmasphere map (GPM) constructed from the F3/C non-RO absolute TEC shows the structure and motion of the plasmasphere, while the redefined GIM blended with F3/C RO data and the plasmasphere-free ground GPS data shows the global ionospheric content below 800 km altitude. The ionosphere and plasmasphere monitoring also reveal the interaction between them.

附件二：第 2 篇論文摘要

Electron density profiles of FORMOSAT-3/COSMIC at E-Layer

Cheng-Yung Huang¹, Tung-Tuan Hsiao², Ho-Fang Tsai¹, We-Hao Yen³

¹GPS Science and Application Research Center, National Central University, Taiwan.

²Department of Information Technology, Hsing Wu Institute of Technology, Taiwan.

³Department of Electrical Engineering, National Central University, Taiwan.

The accuracy of GPS RO electron density is still need to be improved, due to errors of approximation of spherical symmetry of electron density in Abel-inversion, misestimate top electron density and others. A method combining with 1Hz ionospheric and 50Hz atmospheric excess phase data is developed to fix the bias for lower ionospheric electron density (E-Layer). The method is validated by simulation with IRI-2007 model and function well in FORMOSAT-3/COSMIC RO data except little cases. The comparisons of electron density profiles with IRI and ionosondes will be showed and the special cases will also be discussed in this study.

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

101 年 11 月 20 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	蔡和芳
會議時間	101 年 11 月 3 日 至 11 月 10 日		
會議地點	德國		
會議名稱	(中文) 參訪德國 EUMETSAT (英文)		
發表演文題目	(中文) (英文)		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、會議目的</p> <p> 本次赴德國 EUMETSAT 參訪，主要瞭解歐洲氣象衛星組織所發展的 GPS 掩星資料處理系統，作為未來福衛七號 GNSS 掩星資料處理系統之參考。</p> <p> 歐洲氣象衛星開發組織(EUMETSAT)於今年 9 月發射第二顆 Metop 衛星，酬載了 GPS 掩星觀測儀器，與臺灣近年發展的福衛三號和七號任務關係密切。去年初步造訪該組織，已瞭解其所發展的 GPS 掩星資料處理系統架構，並洽談資料交流及合作事宜。因得知該組織不止開放其掩星資料及產品，也同意公開其掩星程式，對我方發展福七 GNSS 掩星資料處理軟體有很大的參考價值，故國家太空中心與中央氣象局各派一人，合計三人一同前往 EUMETSAT 聽取其軟體發展現況，並取回軟體及掩星資料供後續分析與參考。</p> <p> EUMETSAT 表示他們受限於 3 分鐘的掩星資料處理時限，因此無法進行長時間之 LEO 精密定軌 (POD)，但其軌道精度對大氣反演結果的影響甚小，故可確保即時作業無誤。這點與美國 CDAAC 的做法相當不同，也值得借鏡。另一方面，福七衛星群預計於 2016 和 2018 年分兩次發射，與 EUMETSAT 第三顆 Metop 衛星相近，因此對方也很樂意加強臺歐雙邊關係，表示願意提供近即時的相關輔助資料給我方。這對臺灣大氣掩星方面的國際合作關係，具有顯著且實質的意義。</p> <p>二、參加會議經過</p>			

11月3-4日：3日啟程直飛德國法蘭克福機場，再搭機場接駁車抵達 Darmstadt 旅館 check-in。

11月5-8日：EUMETSAT 為發展全球氣象衛星觀測，於2006年發射了第一顆 Metop 衛星，即 Metop-A。今年9月再發射第二顆衛星 (Metop-B)，並預計於2017年發射第三顆衛星 (Metop-C)。這三顆衛星都酬了 GPS 掩星接收機 (稱為 GRAS)，因此他們發展了一套 GPS 掩星資料處理系統，即時分析 GRAS 觀測資料，以提供歐洲氣象預報中心數值天氣預報之用。過去 EUMETSAT 已公開其掩星資料及資料產品，並致力於公開其掩星資料處理程式。該組織的 Christian Marquardt 博士在今年6月5日的電子郵件中表示：他們可以提供軟體雛型 (prototype) 給我。促成此次與國家太空中心陳坤林、中央氣象局黃俊穎等三人，共赴 EUMETSAT 進行掩星資料處理軟體之交流，並取回程式一份供後續參考。參訪期間，Marquardt 亦表示：該軟體雛型已以 GPL 的形式，成為開放原始碼 (open source)，且與他們作業中的掩星資料處理之科學演算法相同。表示我們已取得與他們作業軟體一致的核心科學程式。第一天在簡單介紹雙方認識後，即由 Yago Andres 博士為我們講解 EUMETSAT 掩星資料處理系統架構，及其與外部單位交換資料的關係。他也說明作業所使用的掩星軟體與稱為 YAROS 的軟體雛型的關係，以及資料處理流程圖、資料級別 (level)、資料長度、資料格式與相關之處理程式之間的關係。在安裝 YAROS 到我們帶去的電腦前，必須先安裝很多套件。由於 Marquardt 正在撰寫安裝及操作等相關說明文件，因此大部分的時間都在對方一面講解，我們一面安裝中渡過。由於我們三人所使用的 Linux 系統版本都不相同，所以在透過網路取得並安裝所有套件原始碼時，遇到了許多困難。在解決上述問題之後，要再透過網路取得 YAROS 軟體時，又遇到 EUMETSAT 網路的設定與限制，必須經由外部網路連線，以 SVN 版本控制系統下載 YAROS 原始碼。同樣在安裝及設定 YAROS 程式時，也需要他們從旁指導才能順利完成。畢竟該軟體不是商業軟體，還沒有很完整的客製化，因此對方也在帶領我們安裝之中，學到撰寫相關說明文件應注意的地方，並修正文件草稿中的錯誤。參訪期間也帶我們參觀他們的地面操作機房，簡介衛星控制系統、操作人員的工作，以及異常提示與排除等等。其中衛星控制系統又分成主要及備用兩區。顧名思義，主要系統負責即時作業；備用系統只有在主系統無法工作時才啟動。即時作業定義為3分鐘時限，即每一筆掩星觀測量都必須在3分鐘內處理至大氣偏折角，因此無法像美國 CDAAC 那樣，取數小時的衛星軌道資料，進行長時間軌道積分及定軌。此外，他們也不使用 Bernese 商業軟體，而使用免費的 NAPEOS 軟體來解算 Metop 衛星軌道。Yoke Yoon 博士表示：儘量時間很短，但他們的 LEO 精密定軌 (POD) 處理結果之軌道精度，對於大氣反演結果之影響甚小，可忽略不計。這確保 EUMETSAT 可即時提供大氣偏折角給氣象中心之數值天氣預報系統，做掩星資料同化。最後一天，Marquardt 說明 EUMETSAT 對未來衛星的規劃進程，並明確表示他們有潛時 (latency) 50 分鐘的近即時地面觀測資料可提供給我們。因為福三和福七掩星資料處理都需要全球的地面觀測資料，因此建議臺灣資料分析中心 (TDPC) 與國家太空中心可考慮其時效之實用性。至少可用於後處理程序。

11月9-10日：9日由德國法蘭克福機場啟程直飛臺北，於10日抵臺。

三、與會心得

因應未來福衛七號掩星實驗的到來，GNSS 掩星觀測技術與科學應用一直持續受到矚目。此行主要聽取 EUMETSAT 掩星資料處理之作業軟體與軟體雛型的關係、軟體雛型的內容，並取回程式一份供後續參考。在僅 3 分鐘的時限下，EUMETSAT 發展另一套解決即時精密定軌的方法，並確保其結果不會影響大氣反演的品質。此外，與其交換意見中，對方也明確表示可提供我方潛時 50 分鐘的近即地 GPS 地面觀測資料。對於未來 GNSS 掩星資料處理之發展，都有相當不錯的收穫，值得更進一步的分析其資料處理方法，以應用於未來的福七任務。

四、建議

除了美國 UCAR，歐洲 EUMETSAT 亦發展一套自主的 GPS 掩星資料處理作業軟體，用於歐洲數值天氣預報系統。其發展之軟體架構、資料處理方法、原始觀測資料及衍生之資料產品規格及發送機制，均值得國內發展福衛七號計畫之 GNSS 掩星資料處理系統之參考。因此建議鼓勵國內相關學者參與，以促進國內相關研究。

五、攜回資料名稱及內容

無。

六、其他

無。

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

年 月 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	曾子榜
時間會議	2012/10/30~2012/11/1		
地點	Boulder, Colorado U.S.A.		
會議名稱	(中文)第六次福衛三號資料使用者會議 (英文) Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop		
發表論文題目	(中文) (英文) Quality assessments of receiver clocks onboard FORMOSAT-3/COSMIC and GRACE satellites based on orbit determination using GPS		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

1. 10月29日晚上七點多搭乘班機前往美國舊金山，由於天氣關係，預定從舊金山到丹佛的航班取消，改搭班機到洛杉磯再轉機到丹佛，原本預定美國時間10月29日晚上抵達丹佛，延遲到10月30日中午才抵達開會會場。
2. 聆聽演講。
3. 10月31日的議程分成兩個 section 同時進行，上午我選擇資料處理的 section。
4. 下午選擇對自己本身研究較為相關的 RO 資料應的 section。
5. 我自身的演講被安排在11月1日上午，主要演講內容為福衛三號現階段的定軌誤差來源，以及這些誤差來源希望能在福衛七號中被改善。
6. 11月1日傍晚七點多的班機前往舊金山轉機回台灣。
7. 11月3日抵達台灣。

二、與會心得

此次參與 Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop，發覺較少人使用福衛三號的資料於衛星大地這研究領域，因此本人無法與太多相關的學者討論。但藉由吾人的演講，希望能激發其他研究團隊對於衛星定軌這一領域的重視。

三、攜回資料及內容

四、考察參觀活動(無是項活動者省略)

五、建議

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

年 月 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	黃成勇
時間會議	2012/03/27~2012/04/03		
地點	Boulder, Colorado U.S.A.		
會議名稱	(中文)全球 RO 技術學術會議 (英文) IROWG 2nd Workshop		
發表論文題目	(中文)利用三號衛星資料觀測散塊 E 層 (英文) Electron density profiles of FORMOSAT-3/COSMIC at E-Layer		

報告內容應包括下列各項：

參加會議經過

3 月 26 日從台灣搭乘長榮飛往美國，美國時間 3 月 27 日下午上抵達旅館，並完成註冊。

3 月 30 日第六個 session 報告題目為” Electron density profiles of FORMOSAT-3/COSMIC at E-Layer”。

會中討論了 RO 可改進的地方，如 WO 反演方法，邊界層如何改進，雲高參數定義等等。

與會心得

此次參加會議最重要收穫為獲得各國如歐洲和美國目前在 RO 方面技術的研究和應用。RO 在氣象的應用已被廣泛接收，其精確度也相當大的提升。在會中也對未來 RO 任務的方向以及未來進行 GNSS 訊號觀測的可能性多所討論。對未來衛星任務方向多所討論，對於 RO 和 GNSS 未來能有的觀測能力相當驚訝，可雖是讓我增加很多視野，也啟發了我的想像力。

攜回資料及內容：開會後，於 COSMIC 網站上可下載相關報告檔案。

建議：多點機會給學生參與。

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

年 月 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	黃成勇
會議時間	2012/10/30~2012/11/1		
地點	Boulder, Colorado U.S.A.		
會議名稱	(中文)第六次福衛三號資料使用者會議 (英文) Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop		
發表論文題目	(中文)利用三號衛星資料觀測散塊 E 層 (英文) Detection of ionospheric sporadic-E layer by using signal to noise ratio data of GPS radio occultation technique		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

1. 10月29日晚上七點多從台灣搭乘長榮飛往美國舊金山，由於美國東岸颶風侵襲，美國飛機調度出問題，原本從舊金山到丹佛的航班取消，改搭班機到洛杉磯再轉機到丹佛，原本預定美國時間10月29日晚上抵達丹佛，延遲到10月30日中午才抵達開會會場。
2. 10月30日到達會場後，幫 NSPO 方振洲張貼由 HHT 分析三號硬體資訊的分析成果，題目為“Preliminary Studies of the Applications of HHT (Hilbert-Huang Transform) on FORMOSAT-3/COSMIC GOX Payload Trending Data”。
3. 10月31日議程分成兩個 section 同時進行，上午聆聽資料處理的會議。下午聆聽 RO 資料對於電離層探測的應用。原本我要報告的題目，由博士生葉文豪報告，題目為 [Amplitude morphology of GPS radio occultation data for sporadic-E layers](#)，我則幫朱延祥朱教授報告下一個題目 [Morphology of Sporadic E Layer Retrieved from COSMIC GPS Radio Occultation Measurements](#)。

二、與會心得

此次參與 Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop 在學術上的收穫很多，德國 GFZ 的 Jens Wickertc 和美國學者給了許多寶貴的建議。不管是海報或是演講，都離不開 Radio Occultation 的技術及應用，並且藉由其他學者的研究結果，對於未來研究的題目以及軟體的發展都有相大大的幫助。

三、攜回資料及內容

開會後，於 COSMIC 網站上可下載相關報告檔案。

四、考察參觀活動(無是項活動者省略)

五、建議

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

「全球定位科學應用研究中心計畫」

出席國際學術會議報告

年 月 日

計畫名稱	全球定位科學應用研究委託案(3/3)	計畫編號	NSPO-S-101014
執行單位	國立中央大學-全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)	出席人員	葉文豪
會議時間	2012/10/30~2012/11/1		
地點	Boulder, Colorado U.S.A.		
會議名稱	(中文)第六次福衛三號資料使用者會議 (英文)Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop		
發表論文題目	(中文) (英文) Detection of ionospheric sporadic-E layer by using signal to noise ratio data of GPS radio occultation technique		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

4. 10月29日晚上七點多搭乘班機前往美國舊金山，由於天氣關係，預定從舊金山到丹佛的航班取消，改搭班機到洛杉磯再轉機到丹佛，原本預定美國時間10月29日晚上抵達丹佛，延遲到10月30日中午才抵達開會會場。
5. 張貼海報並聆聽演講。
6. 在下午四點到五點間，每有張貼海報論文的學生都必須上台對自己的海報內容進行三分鐘的簡介。
7. 下午五點之後為海報時間，在一個多小時的時間內，跟三至四個對自己海報內容有興趣的學者進行討論。
8. 10月31日的議程分成兩個 section 同時進行，上午我選擇資料處理的 section。
9. 下午選擇 RO 資料對於電離層探測的應用這個 section，因為跟自己目前的研究比較有相關。
10. 11月1日上午的演講大部分都是現階段福衛三號的狀況，以及未來的展望。
11. 11月1日傍晚七點多的班機前往舊金山轉機回台灣。
12. 11月3日抵達台灣。

二、與會心得

此次參與 Sixth FORMOSAT-3/COSMIC Data User's Workshop 在學術上的收穫很多，不管是海報或是演講，都離不開 Radio Occultation 的技術及應用，並且藉由其他學者的研究結果，對於未來的研究方向有更多的啟發。

三、攜回資料及內容

四、考察參觀活動(無是項活動者省略)

五、建議