

出國報告（出國類別：國際會議）

赴日本奈良參加美國氣象學會「第 39 屆
國際雷達氣象研討會」

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：張保亮簡任技正

派赴國家/地區：日本奈良

出國期間：108 年 9 月 15 日至 108 年 9 月 21 日

報告日期：108 年 12 月 6 日

摘 要

第 39 屆「國際雷達氣象研討會」於 2019 年 9 月 16 日至 20 日第 1 次在亞洲的日本奈良市舉行，會議主題涵蓋雷達氣象學各個主要領域，包括新分析方法的發展、新儀器的進展、劇烈天氣分析、資料同化、定量降水估計與預報、雲微物理、水文學研究、氣象防災等。會議中有相當多的論文是關於使用星載雷達、相位陣列雷達、雲雷達、剖面儀的先驅研究，都是具有指標性的研究發展。本次會議共有 481 篇論文發表，其中 156 篇為口頭報告論文發表，325 篇為海報論文發表。與會者包括日本、美國、中國、南韓、德國與臺灣等 26 個國家的 426 學者及學生，其中研究生超過 100 位，其中臺灣參加的學者專家有國立中央大學、國家科技災害防救中心(NCDR)、中央氣象局及臺灣大學，合計有 14 位，以參加人數來看排名第 6；以相對於國家人口數比率而言，更屬積極。

參加此次研討會，感受到近年來亞洲國家在大氣學術研究領域投入大量經費及人力資源，逐步顯現成果，他們在研究方面投入的精神與執著是值得我們學習與效法的。建議在經費充裕的情況下，應多主動鼓勵國內的學者專家參與國際性的研討會，以提升我國的大氣科學研發成果及實際大氣作業技術。

目 錄

摘要.....	2
壹、目的.....	4
貳、過程.....	5
參、心得及建議.....	8
肆、攜回資料.....	8
伍、照片.....	9
陸、附錄.....	13

壹、目的

「國際雷達氣象研討會」係由美國氣象學會所主辦，每 2 年舉行 1 次，為國際上雷達領域最重要，也是最知名的學術研討會，每次舉辦均有來自世界各地的雷達氣象專家與會，並發表近期重要的雷達硬體與應用技術研究成果。108 年 9 月 16 日至 20 日於日本奈良市舉行的「第 39 屆雷達氣象國際研討會(39th International Conference on Radar Meteorology)」，主題包括陣列雷達、雷達資料品質處理、雷達定量降水估計及雷達網連與應用等。內容涵蓋雷達軟硬體技術、資料同化、劇烈天氣分析、定量降水估計與預報、雲微物理，以及新分析方法、新儀器的進展等觀測與應用的領域。其中也包括星載雷達、相位陣列雷達、雲雷達、剖風儀的先驅研究，都是具有指標性的研究發展。張員此行赴日除以口頭報告方式發表「The influences of extremely strong wind on radar observations (極端強風速對於雷達觀測的影響)」論文，內容為探討雷達在颱風近中心極端強風速影響下，對於雷達回波及都卜勒速度觀測的影響，展現我國在雷達觀測與應用技術方面的實力外，也實際了解國際間有關最新雷達觀測與應用技術，所收集之資訊對氣象局後續之雷達建置與應用技術規劃、應用雷達在劇烈天氣監測與預報相關作業的推展均極有助益，亦能增加與國際氣象界之交流及能見度。

貳、過程

張保亮簡任技正此行目的行程如下表。

日期	地點	工作記要
108年9月15日	臺灣--日本大阪	搭機前往日本大阪。
108年9月16至20日	日本奈良	出席「第39屆雷達氣象國際研討會(39th International Conference on Radar Meteorology)」會議，並發表論文。
108年9月21日	日本大阪--臺灣	自日本大阪機場搭機返回臺灣

「雷達氣象國際研討會」大都在美國本土舉辦，此次是該會議第1次在亞洲舉辦，共有481篇論文發表，其中156篇為口頭報告論文發表，325篇為海報論文發表，會議主題及口頭、海報發表的情形如下表。與會者包括日本、美國、中國、南韓、德國與臺灣等26個國家的426學者及學生，其中研究生超過100位。其中臺灣參加的學者專家有國立中央大學10位、國家科技災害防救中心(NCDR)2位、中央氣象局(以下簡稱氣象局)及臺灣大學各1位，合計有14位參加，以參加人數來看排名第6；以相對於國家人口數比率而言，更屬積極。

由於大型研討會近年來逐漸受到作業單位的重視，會場中也可見到來自美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)、法國氣象局(Meteo France)、德國氣象局(German Weather Service)、瑞士氣象局(MeteoSwiss)、中國氣象局(China Meteorological Administration, CMA)、日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)、韓國氣象廳(Korea Meteorological Administration, KMA)、菲律賓氣象局(Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration)等許多國家的作業單位人員熱烈參與。

TOPICS 主題	ORAL 口頭	POSTER 海報	TOTAL 總計
A. Spaceborne Radar and Its Observation 衛星雷達與觀測	16	37	53
B. Phased Array Radar Technology and Its	14	28	42

Observation 相位陣列雷達技術與觀測			
C. Wind Profiler, Cloud Radar, and NonHydrometeorological Radar 剖風儀、雲雷達與非降水雷達	12	19	31
D. New and Emerging Radar Technology 新穎與創新雷達技術	10	20	30
E. Radar Networks, Quality Control, Processing and Software 雷達網連、品質控管、資料處理與軟體	22	48	70
F. Quantitative Precipitation Estimation and Hydrology 定量降水估計與水文	18	42	60
G. Microphysical Studies with Radars 微物理雷達研究	18	36	54
H. Organized Convection and Severe Phenomena 組織性對流與劇烈現象	22	44	66
I. Use of Radar Data for Nowcasting and Numerical Models 即時預報與數值模式之雷達資料使用	24	51	75
TOTAL	156	325	481

張員發表論文題目為「The influences of extremely strong wind on radar observations (極端強風速對於雷達觀測的影響)」，內容為探討雷達在颱風近中心極端強風速影響下，對於雷達回波及都卜勒速度觀測的影響。研究所分析資料來源為日本氣象廳所屬的石垣島 C 波段都卜勒雷達，發現天鵝颱風 (2015) 接近石垣島附近時，其陣風風速高達 71m/s，且雷達所記錄的仰角出現明顯的震盪現象，最大達 0.4 度，此仰角震盪對於雷達回波及都卜勒速度產生明顯的影響，而形成觀測資料出現週期性的強弱訊號特徵。透過快速傅立葉變換 (FFT) 分析顯示，在天線旋轉速度每分鐘 4 轉數的情況下，振盪週期約為 0.25-0.33 秒。此天線仰角受高風速影響而產生的震盪現象，在颱風海棠 (2005) 侵襲臺灣東部地區時曾出現，當時花蓮氣象站測得的陣風風速達 58.5m/s。由分析推論，在高風速的環境中，可能導致雷達塔的振動，進而影響雷達天線運轉而產生震盪現象，此現象可能嚴重影響雷達的觀測品質。由於此現象在高風速潛勢區 (如颱風、颶風易侵襲區) 均可能發生，與會學者對此現象均覺得相當有趣且重視，此影響可

以透過濾除高波數的訊號或在天線罩內安裝減震器來大幅降低。此論文已於會後完成論文初稿，並投稿至美國氣象學會期刊，現正審查中。

此外，於會中聽取國內外學者之最新研究成果，摘列部分觀測研究成果如下：

1. 國立中央大學廖宇慶教授所報告的論文為使用具地形解析能力的四維變分同化技術，在同化雷達與地面測站資料後，產出高時空解析度的三維氣象場，並根據其結果探討發生在北臺灣 1 個強降雨事件的完整過程。
2. 美國大氣研究中心李文兆博士報告飛機相位陣列雷達的發展計畫，陣列雷達裝載於飛機外部的不同方位，藉由陣列雷達具多角度快速掃描特性，透過分析反演方法，可更快速、更正確獲得三度空間的降水及風場資訊。此計畫案現正向美國政府爭取經費，未來獲准執行後，將能顯著提升飛機雷達對於劇烈天氣的即時掌握能力，並提供研究更細緻與準確的觀測資料來源。
3. 日本理化學研究所利用深度學習方法進行三度空間的降水即時預報，資料來源為每 30 秒更新的相位陣列雷達資料，並利用光流法與機器學習方法進行 10 分鐘的預報比較，分析結果顯示，機器學習方法在部分個案中，可較光流法有效掌握系統降水的增強、減弱，顯示機器學習方法在即時預報上有發展的潛力。
4. 美國國家劇烈風報實驗室 (NSSL) 報告相位陣列雷達的校準分析，此雷達為美國國家大氣總署 (NOAA) 與美國聯邦航空總署 (FAA) 提供經費所建置的先進雷達，相位陣列雷達具有快速掃描的優點，但觀測的效能上，仍須克服水平與垂直電磁波束在硬體校準的問題，以達與傳統碟形天線觀測一致的效能。NSSL 使用高約 45 公尺的校驗塔來收集資料，以進行校準分析，初步分析發現，利用相位陣列雷達所估算的水平與垂直電磁波束能量差異，與校驗塔的觀測一致，顯示該雷達使用之演算法，能有效提供高品質的雙偏極化觀測參數。
5. 美國科羅拉多大學報告衛星雲雷達與地面雙波長雙偏極化雷達 (Ka 與 W 波段) 及 S 波段雙偏極作業雷達的觀測比較，分析結果顯示，三者在水相雲微物理的觀測上具有一致性，由粒徑反演的比較分析發現，不同反演方法對於結果有明顯的差異，顯示利用統計來建立反演回歸關係，並進行粒徑估計是較穩定的做法。
6. 日本鹿兒島大學利用垂直指向 X 波段航海雷達與飛機投擲碎石，來模擬觀測火山噴發時的噴發物的軌跡，並首次成功偵測到火山的碎石塊的噴飛軌跡，研究內容相當有趣且具有極高的應用價值。

參、心得及建議

參加此次研討會，感受到近年來亞洲國家在大氣學術研究領域上投入大量經費及人力資源，逐步顯現成果，他們在研究方面投入的精神與執著是值得我們學習與效法的。目前日、韓、中國大陸已開始使用更高頻率的毫米級雲雷達進行觀測研究與應用，且資料已經累積了數年之久。日本與中國大陸已自行開發出可以進行高速掃描的相位陣列雷達，而日本更已經在技術上有所突破，發展出雙偏極化相位陣列雷達。未來臺灣之雷達建置如能迎頭趕上，除能大幅提升研究雷達氣象相關的研究能量外，亦可實質增加我國在氣象災害防救工作上的效益。

在類似的大型的國際學術研討會中，各國學有專精的科學家們齊聚一堂，報告各自的研究精華及心得，並相互交流，不但能提升參與者的視野，更能激發研究者的潛能與創造力，並做為自身研究主題與方法的參考。建議在經費充裕的情況下，應多主動鼓勵國內的學者專家參與國際性的研討會，以提升我國的大氣科學研發成果及實際大氣作業技術。此外，雷達氣象界另一重要的研討會—「第 11 屆歐洲雷達氣象研討會」，將於 2020 年 8 月 31 日至 9 月 4 日在瑞士舉辦，亦期望氣象局與科技部鼓勵相關研究人員參與，透過國際研討會發表研究成果與交流研究、作業經驗，皆有助於提升氣象局研發能力與國際能見度並和國際發展進程緊密接軌。

肆、攜回資料名稱及內容

1. 攜回存有所有論文摘要的 USB。
2. 「第 39 屆國際雷達氣象研討會 39th International Conference on Radar Meteorology」會議議程、報告摘要，可於官網下載，網址如下：
https://cscenter.co.jp/icrm2019/pdfs/ICRM39th_program_fin_cs09181.pdf
<https://cscenter.co.jp/icrm2019/program/data/ICRMprogram.html>

伍、照片



圖 1：全體與會人員大合照。

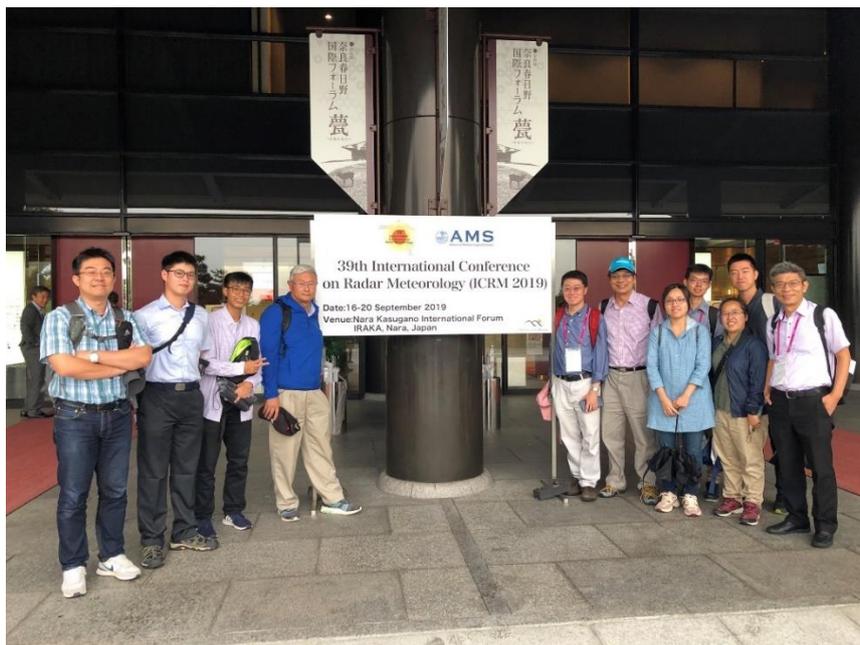


圖 2：張保亮簡任技正(右 1)與國立中央大學張偉裕教授(左 1)、廖宇慶教授(左 4)、鐘高陞教授(右 7)與林沛練教授(右 6)及學生們合影。

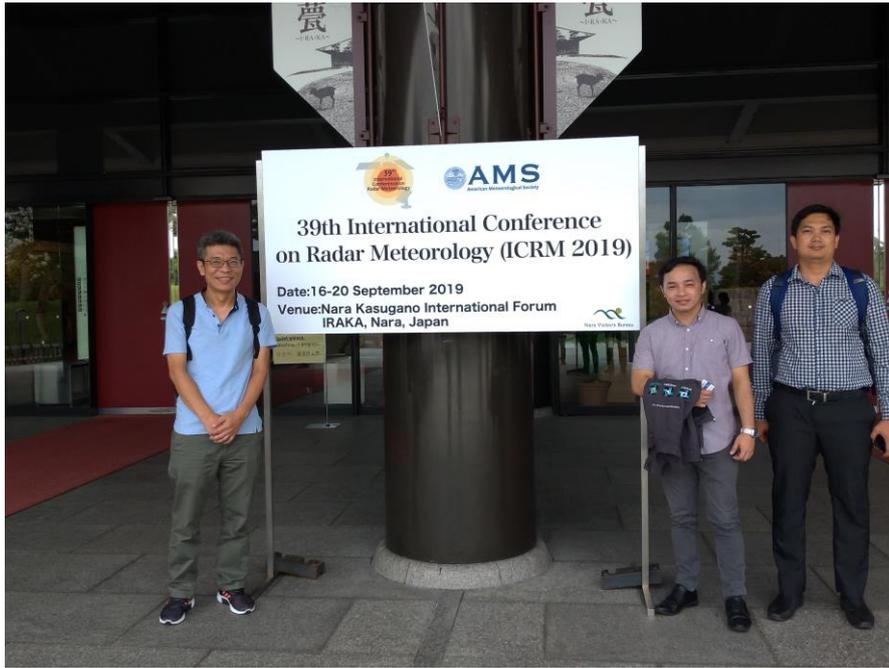


圖 3: 張保亮簡任技正與菲律賓氣象局(PAGASA)人員 Mr. Lester Kim M. Lagrimas(右 2)與 Mr. John Grender C. Almario(右 1)於會場合影。



圖 4: 張保亮簡任技正與著名雷達氣象學家 Dr. Dusan Zrnica 合影。



圖 5: 張保亮技正與美國國家劇烈風暴實驗室科學家 Dr. Jian Zhang(左 1)與 Dr. Pengfei Zhang(右 1)於會場合影。



圖 6: 研討會口頭報告會場 1。



圖 7: 研討會口頭報告會場 2。



圖 8: 張保亮簡任技正於口頭報告會場 1 發表論文。

陸、附錄

張保亮簡任技正研討會論文摘要與簡報內容

The influences of Extremely Strong Wind on Radar Observations

Pao-Liang Chang (張保亮), Pin-Fang Lin (林品芳), Wei-Ting Fang (方偉庭), and
Yu-Shuang Tang (唐玉霜)
Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan

Abstract

Extremely strong winds frequently damage radar systems, especially the radome and antenna. Even if the radar radome can resist extremely strong winds, radar tower vibrations could reduce the quality of radar observations. The intense wind speed influences on radar observations are investigated in this study based on the Ishigaki C-band Doppler radar operated by the Japan Meteorological Agency (JMA).

During the passage of Typhoon Goni (2015) near Ishigaki Island, an extremely strong wind with a maximum gust wind speed of 71 m s^{-1} was observed. The radar recorded elevations that oscillated with a maximum amplitude of 0.4° at a -0.1° elevation, and the oscillation phenomenon was reflected in the reflectivity and Doppler velocity fields as Goni's eyewall encompassed Ishigaki Island. The main oscillation period is approximately 0.25-0.33 seconds given an antenna rotational speed of ~ 4 rpm (revolutions per minute) using a Fast Fourier Transform (FFT) analysis.

There are two antenna oscillation periods that occurred on 23 Aug., one occurred from approximately 1030-1200 UTC, and the other occurred from 1330-1430 UTC. Between these two oscillation periods, the oscillation phenomenon stopped because Goni's eye moved over the radar site. Relative to the oscillation in the reflectivity field, the antenna oscillation exhibits a feature that is out of phase and generally consistent with the vertical reflectivity profile. The antenna oscillation influences on the Doppler velocity field are partially mitigated due to the presence of less vertical varieties. A similar oscillation phenomenon is also found in the radar observations of Typhoon Haitang (2005) when its eyewall reached the Hualien radar site in eastern Taiwan, with a maximum wind speed gust of 58.5 m s^{-1} . The influence of antenna oscillations on radar

observations could be mitigated using the QC procedure by filtering the high wave numbers from wave numbers 45-60.

The Influences of Extremely Strong Wind on Radar Observations

Pao-Liang Chang, Pin-Fang Lin,
Wei-Ting Fang, and Yu-Shuang Tang

Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan

Thank the Japan Meteorological Agency for providing the radar data.

The great influence on radar observations is – radome damage



San Juan radar in Puerto Rico was destroyed by Hurricane Maria in 2017.



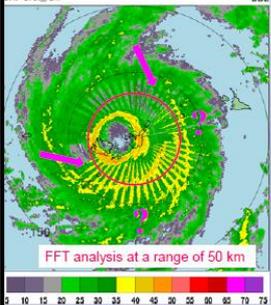
Guiuan radar Haiyan in Philippines was destroyed by Super Typhoon in 2013.



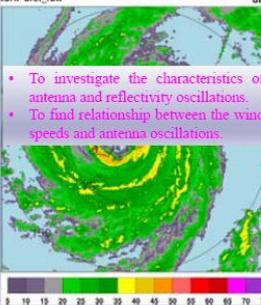
Wu-Fen-San radar in Taiwan was destroyed by Typhoon Soudelor in 2015.

Motivation

Even the radar radome can resist extremely strong winds, the radar observation still could be influenced.



SHI bref_raw d8Z



SHI bref_raw d8Z

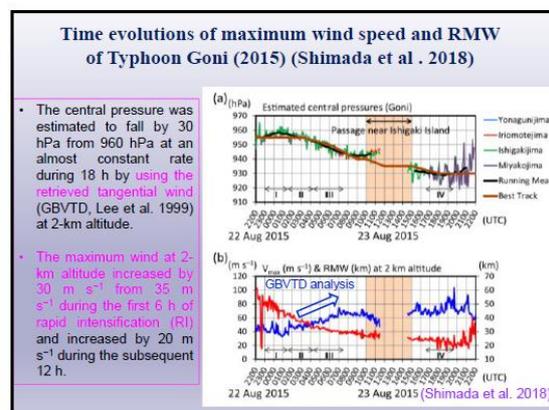
- To investigate the characteristics of antenna and reflectivity oscillations.
- To find relationship between the wind speeds and antenna oscillations.

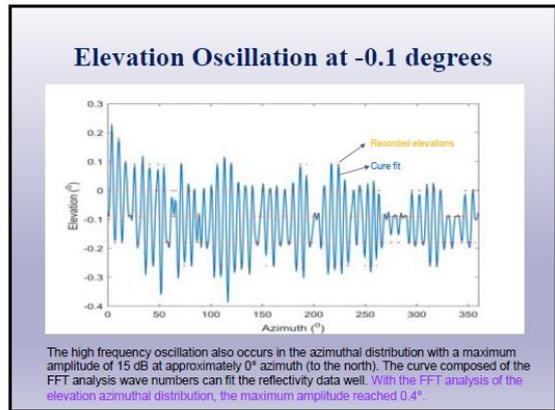
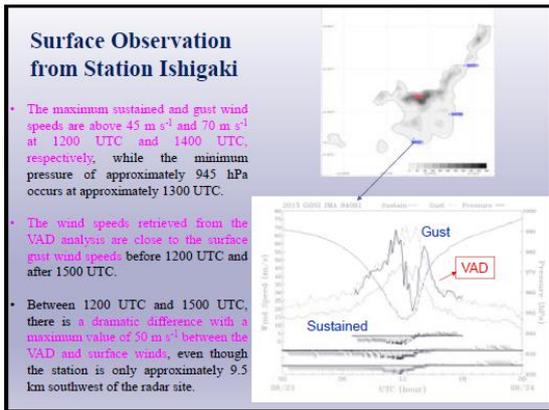
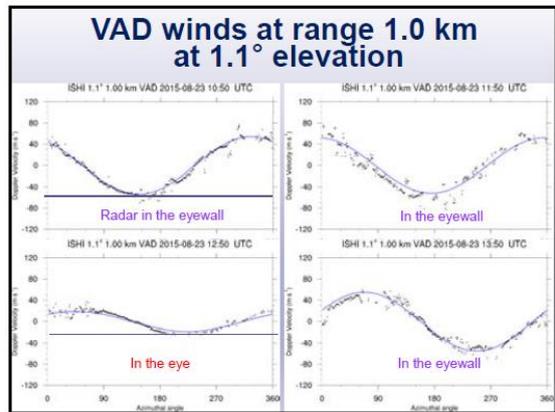
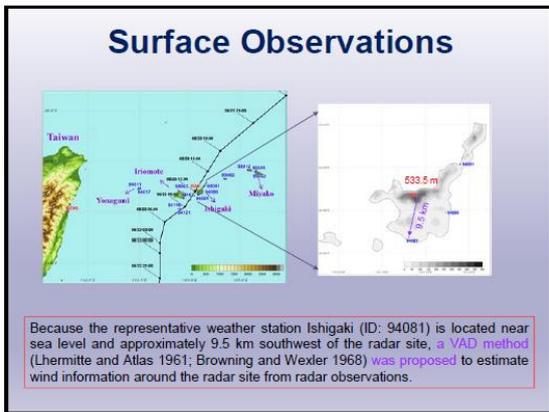
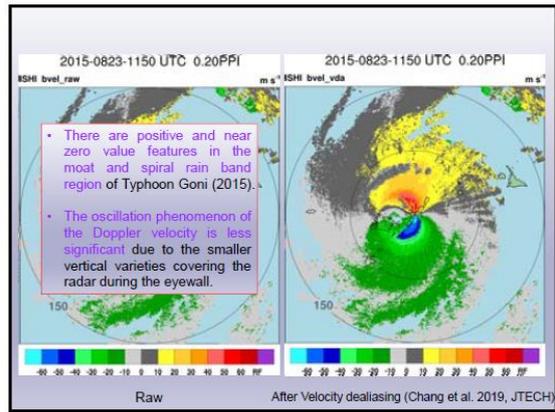
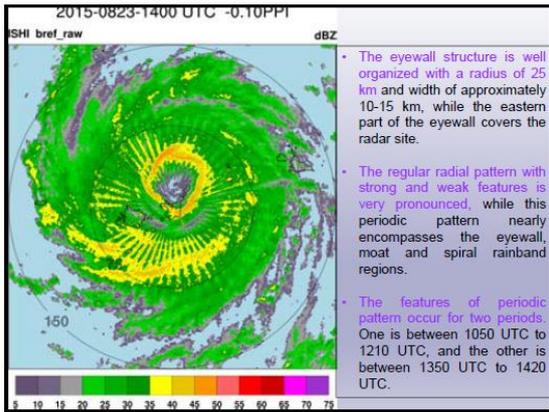
FFT analysis at a range of 50 km



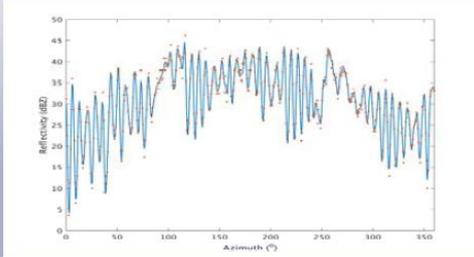
Ishigaki Radar

Location	24.4267°N	
	124.182°E	
Height (m)	533.5	
Wavelength (cm)	5.61	
Polarization	Single	
	Surveillance mode	Doppler mode
Range resolution (km)	0.5	0.5
Maximum Unambiguous Range (km)	400	250
Elevation angles (degrees)	1: -0.4, -0.1, 0.2, 0.6, 1.1	1: 0.2, 1.1, 2.7, 4.0
	2: -0.4, -0.1, 0.2, 0.6, 1.1, 1.8, 2.7, 4.0	2: 0.2, 1.1, 2.7, 4.0, 5.8, 8.3, 12.0, 17.2, 25.0
Nyquist Velocity (m s ⁻¹)	4.63	52.71

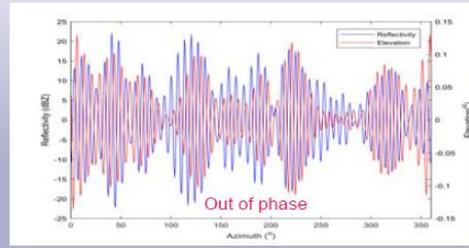


Reflectivity Oscillation at -0.1 degrees



The azimuthal distribution of reflectivity with a 50 km radar site range at 1150 UTC at a -0.1° elevation. The reflectivity intensities range from 4 to 47 dBZ for all azimuths.

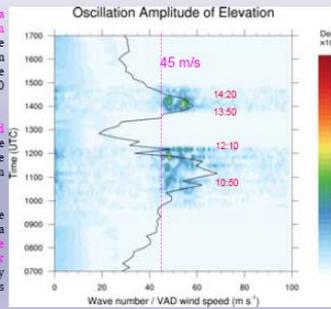
Elevation and Reflectivity Oscillation with Wavenumber 40-60



It shows the *out of phase* feature, indicating that the reflectivity decrease (increase) while the antenna elevations increase (decrease) during the period of antenna oscillation.

FFT analysis at -0.1° elevation

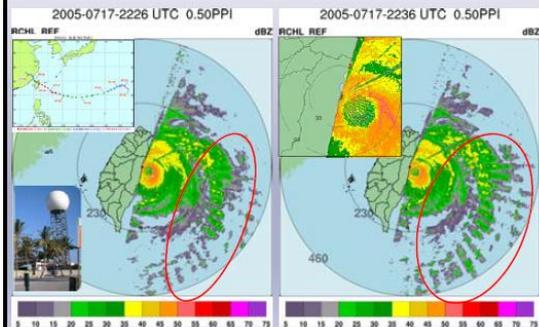
- The elevation amplitudes with a value greater than 0.03° are found in two analyzed periods from wave numbers 45 to 60. One is between 1050 UTC to 1210 UTC, and the other is between 1350 UTC to 1420 UTC.
- There is no oscillation signal found between these two periods. These two periods generally agree with the occurrences of oscillation phenomena in the reflectivity field.
- The good relationship between the VAD wind speeds and antenna amplitudes. The amplitudes increase when the wind speeds are greater than 45-50 m s⁻¹ and significantly decrease when the wind speeds lower than 45 m s⁻¹.



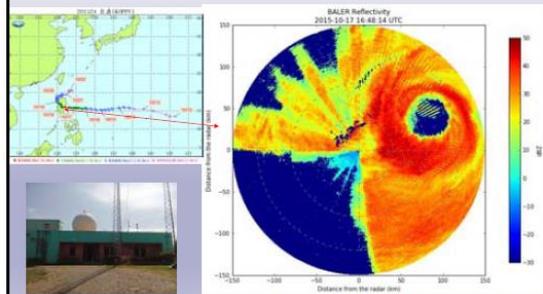
Is Typhoon Goni the only one case?

The answer is "NOT".

Typhoon Haitang (2005)

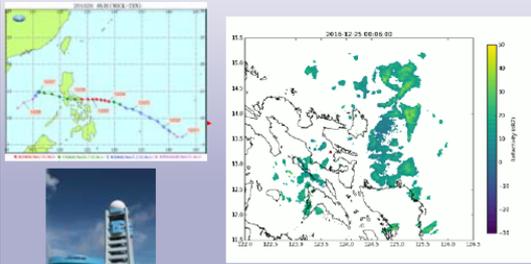


Typhoon Koppu (2015)



Thank Mr. Lester Lagrimas and Gren Almario from PAGASA in Philippines and Ms. Irene Chrisologo for providing the images.

Typhoon Nock-Ten (2016)



Thank Mr. Lester Lagrimas and Gren Almario from PAGASA in Philippines and Ms. Irene Chrisologo for providing the images.

Why does the antenna oscillate?

It is possibly resulted from the wind-induced radar tower vibration.

The fundamental period of a building

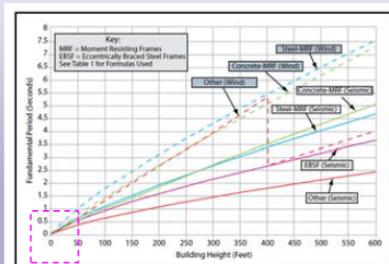


Figure 2: Approximate Fundamental Period vs. Building Height. (Jacobs et al. 2008)

According to the fundamental period of building vibrations, the height of the building is generally proportional to the fundamental period.

Summary #1

- ✦ The phenomena of antenna and reflectivity oscillations caused by extremely strong wind speeds are investigated using data from the ISHI C-band Doppler radar operated by the JMA.
- ✦ The radar recorded elevations oscillated with a maximum amplitude of 0.4° at -0.1° elevation.
- ✦ The oscillation phenomenon was reflected in the reflectivity and Doppler velocity fields as Typhoon Goni's eyewall encompassed Ishigaki Island.
- ✦ The predominant oscillation period is approximately 0.25-0.33 s via FFT analysis. There are two antenna oscillation periods.
- ✦ The oscillation phenomenon disappears with decreasing wind speeds when Typhoon Goni's eye moved over the radar site.

Summary #2

- ✦ A criterion of wind speed is $45\text{-}50 \text{ m s}^{-1}$ for the occurrence of the antenna oscillation.
- ✦ Similar oscillation phenomena are found in the observations of Typhoon Haitang (2005), Typhoon Koppu (2015) and Nock-Ten (2016) when the eyewalls affected the radar site.
- ✦ The estimated fundamental vibration periods are comparable to the antenna oscillation period, indicating that the wind-induced radar tower vibration possibly contributes to the antenna oscillations.
- ✦ The wind tunnel tests are suggested for providing solutions (ex. damper) on mitigating the vibrational effects of radar towers under extremely strong wind conditions.

