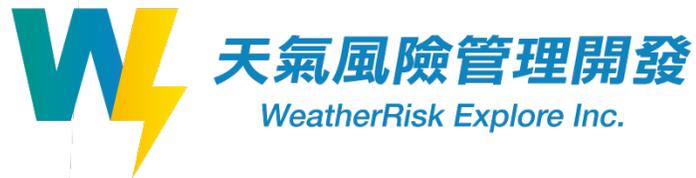


# 台灣地區閃電發生與分布之特徵分析

吳聖宇 周昆炫 賈新興

中國文化大學地學研究所  
中國文化大學大氣科學系  
天氣風險管理股份有限公司

2020/10/15





# Introduction

---

- ◆閃電為地表最劇烈的天氣現象之一，主要出現在發展旺盛的積雨雲中。依據放電的方式有兩種類型，包括**雲對地閃電 (Cloud to Ground, CG)**，以及**雲中閃電 (Intra-Cloud, IC)**，數量占全部閃電數量的絕大部份，雖然不直接影響地面，但是 IC 的活躍通常象徵雷暴的發展。
- ◆在雷暴發展初期，閃電活動以 IC 最為活躍，隨著對流系統發展成熟，對流胞核心 (main core of the cell) 高度下降時，CG 閃電才逐漸出現，因此，**IC 發生次數的峰值通常提前於 CG 的峰值出現**。全閃電 (Total lightning, TL) 則是指把 IC 加上 CG 的閃電數量。
- ◆台灣電力公司自 1990 年起架設台灣的閃電偵測系統，2002 年更新的全閃電偵測系統 (**Total Lightning Detection System, TLDS**) 已能同時偵測並且分辨 CG 與 IC 的放電型態，提供了更多可用於閃電研究的資料。
- ◆中央氣象局亦於 2015-2016 年間建置完成**閃電偵測系統 (Central Weather Bureau Lightning Detection System, CWBLDS)**。本研究則是使用由天氣風險管理公司在台灣本島及周圍離島共 11 個點所建置的**台灣全閃電監測網 (Taiwan Total Lightning Network, TTLN)** 所觀測之閃電資料進行台灣地區閃電發生分布與特徵的分析。



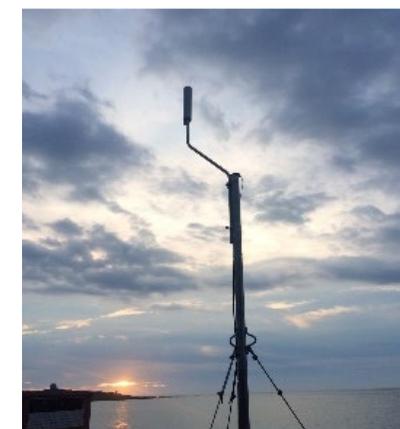
## Data & Method

---

- ◆台灣全閃電監測網 (TTLN) 是由台灣天氣風險管理公司 Weatherrisk 與澳洲民間氣象公司 Weatherzone 在 2017 年共同建置完成，自 2018 年 1 月起開始提供觀測資料，同時將台灣周圍的閃電觀測資料與**美國全球閃電偵測網 (Earth Network, EN)** 串聯，成為其全球網絡的其中一部分。
- ◆偵測頻段介於 1-12 MHz 間，依據不同的頻譜結構 (Waveform) 可將閃電類型分為正、負 IC 或 CG 閃電。定位方式採用時間到達差法 (Time difference of arrival)，即利用不同觀測站接收到同一個閃電頻譜的時間差，計算閃電發生的經緯度，對於 IC 會進行閃電發生高度的運算。對於 IC 信心度 95 % 的偵測距離為 200 km，對於 CG 信心度 95 % 的偵測距離為 1000 km，閃電定位誤差為 150 m，閃電偵測率可達到 98 % 以上。
- ◆閃電資料格式包括閃電的發生時間 (年、月、日、分、秒)、閃電發生的經緯度、閃電的類型 (IC 或 CG)、IC 的發生高度 (公尺)、以及閃電的能量 (安培，區分為正、負)。
- ◆本研究取用的資料時間自 2018 年 1 月至 2019 年 12 月，取用的資料範圍介於 21.5 N 至 25.5 N、119.5 E 至 122.5 E 之間區域。將上述的資料範圍再細分為每平方公里 (0.01 度\* 0.01 度) 一個網格點，計算指定時段內發生在此網格點中的閃電次數，並畫出次數的空間分布圖，同時將每個網格點中的閃電次數加以記錄，除了空間分布狀況外，也可以進行量化的比較。



- 偵測頻段：1Hz-12MHz
- 雲中閃電95%信心偵測距離：200km
- 對地閃電95%信心偵測距離：1,000km
- 台灣周遭閃電定位誤差率：150m以下
- 台灣周遭閃電捕捉率：98%以上



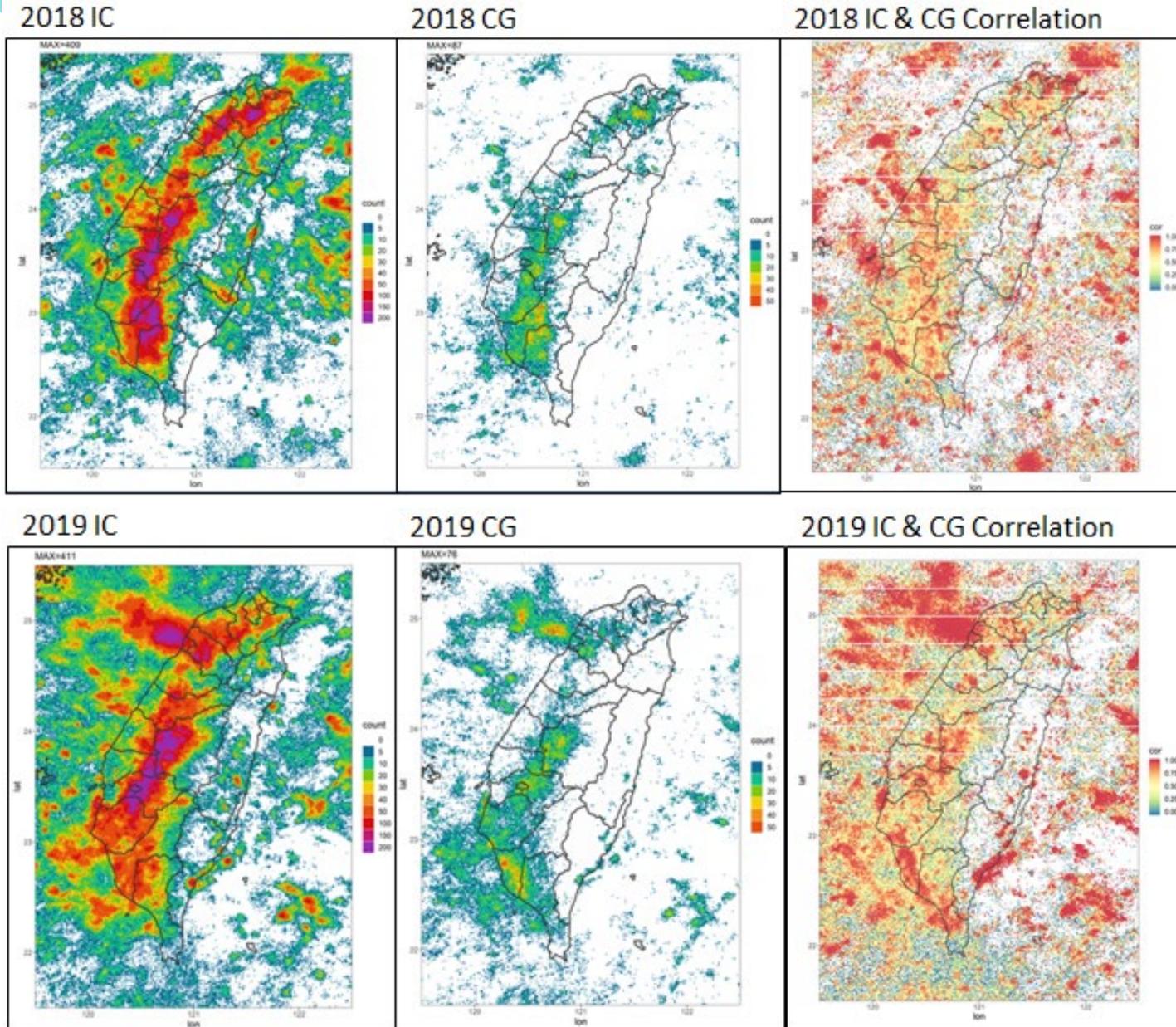


# 台灣閃電偵測系統

| 系統      | 天氣風險 TTLN                       | 氣象局        | 台電           |
|---------|---------------------------------|------------|--------------|
| 使用系統廠商  | Earth Networks (美)              | TOA (美)    | Vaisala (芬蘭) |
| 系統現況/起始 | 2012起，2017完成TTLN佈建              | 持續維護增建     | 持續維護         |
| 基礎監測方法  | 到達時間差法 (5-25站)                  | 到達時間差法     | 到達時間差法+MDF   |
| 資料處理系統  | 全球雲端伺服器中心 (@AWS)                | 區域伺服器主機    | 區域伺服器主機      |
| 架設站點    | TTLN 11站<br>+ 全球1500站，全球單一閃電監測網 | 15 (區域監測網) | 8 (區域監測網)    |
| 偵測距離    | 全球偵測網                           | 台澎金馬及部分海域  | 台灣及周遭部分海域    |
| 資料即時性   | 每秒即時傳輸                          | 每分鐘傳輸一次    | 每秒傳輸         |
| 偵測閃電種類  | 全閃電(包含雲中及對地)+雲中閃電高度             | 全閃電        | 主要為雲中閃電      |



# 2018 & 2019 lightning

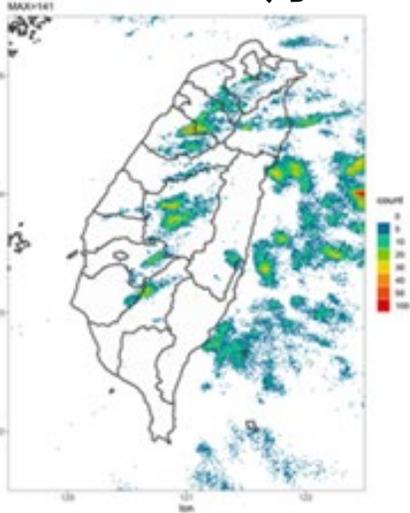


- ◆台灣本島上空閃電發生次數以中央山脈、雪山山脈西側山坡較多，山脈以東閃電發生次數相對偏少。
- ◆閃電發生次數最多的區域集中在西部平原與丘陵的交界到海拔大約 1000 公尺左右的山區，大致呈現南北帶狀。
- ◆以海面上而言，西側台灣海峽閃電發生的次數較多，東半部海面閃電發生的次數較少。
- ◆ IC 及 CG 發生次數的比例大約為 4:1，2019 年閃電發生次數多於 2018 年，2019 年台灣海峽上閃電發生次數明顯多於 2018 年，顯示 2019 年的海面對流較為活躍，閃電發生次數比 2018 年為多。
- ◆ IC、CG發生次數相關係數高的分布區域較偏向海面及沿海區域，陸地區域的相關係數相對較低，似乎顯示陸地對流系統之 IC、CG 發生位置有較大差異，海面對流系統之 IC、CG 發生位置較為一致。

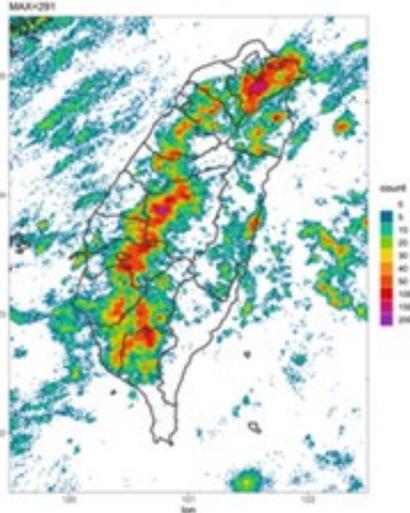


# 2018 & 2019 lightning

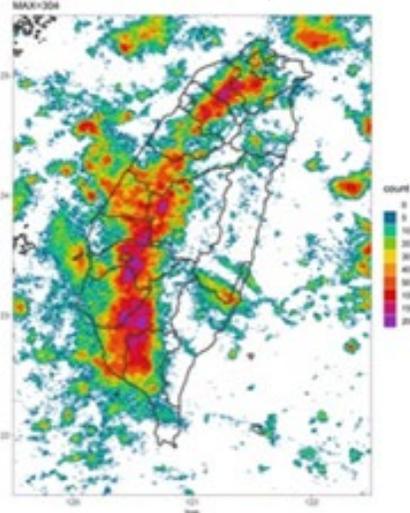
2018 2-4月



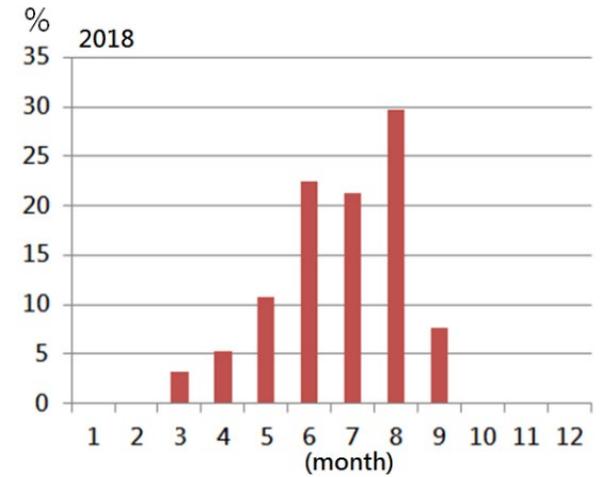
2018 5-6月



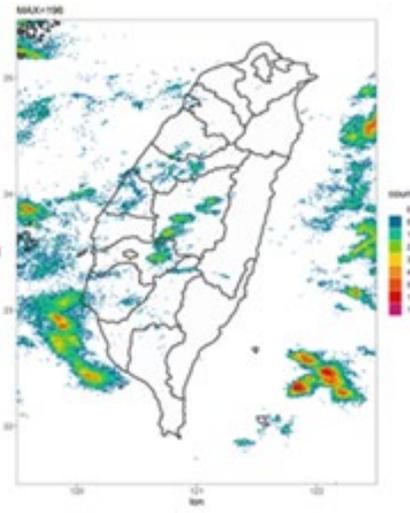
2018 7-9月



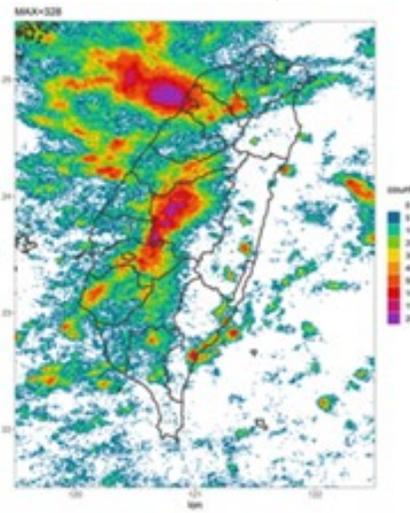
2018 10-12月



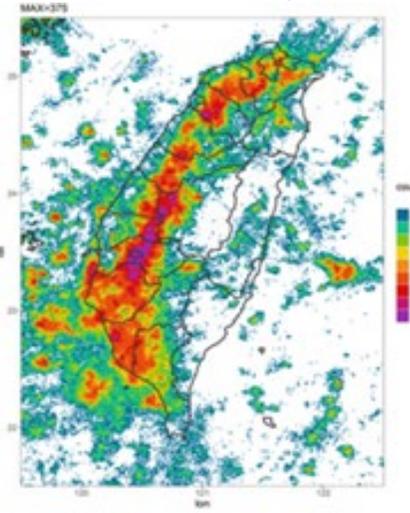
2019 2-4月



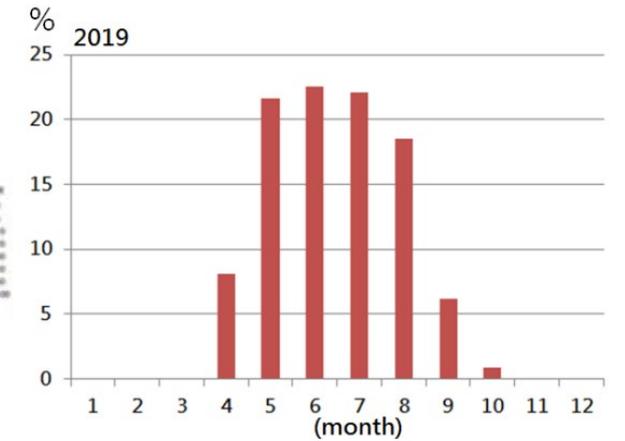
2019 5-6月



2019 7-9月

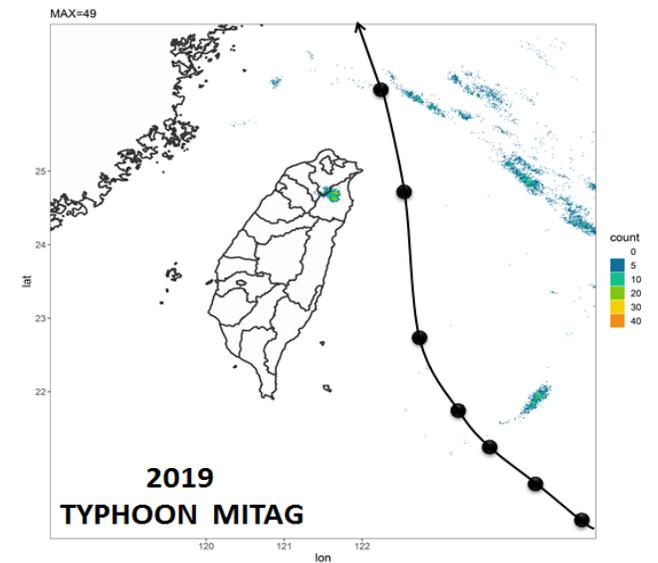
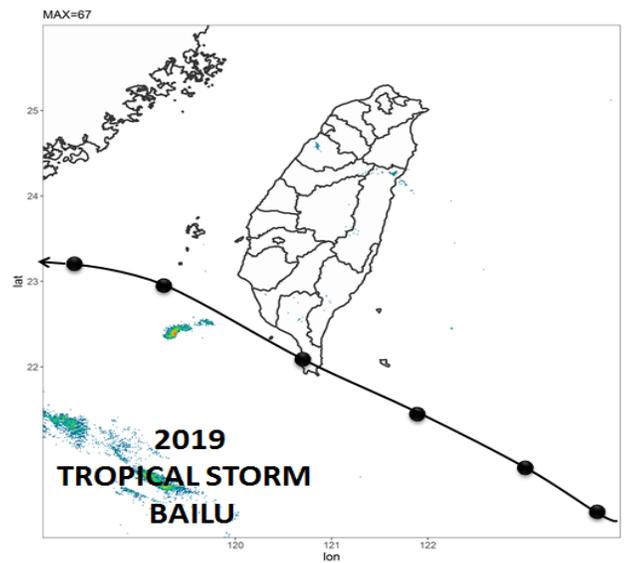
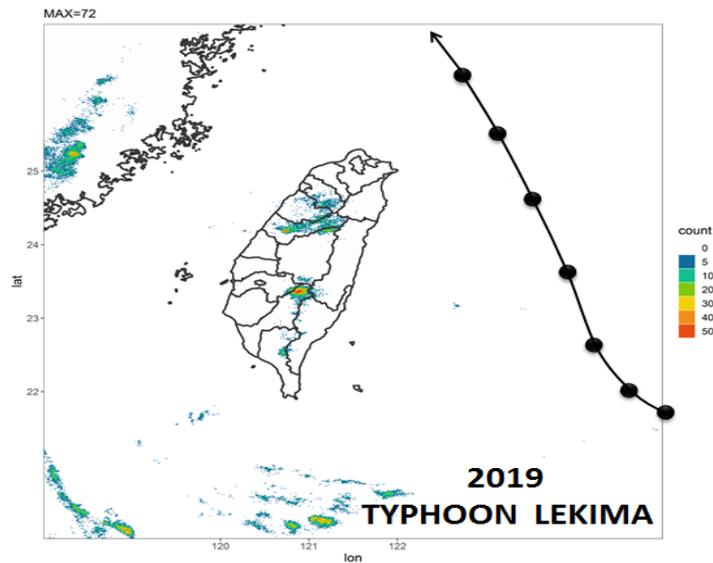
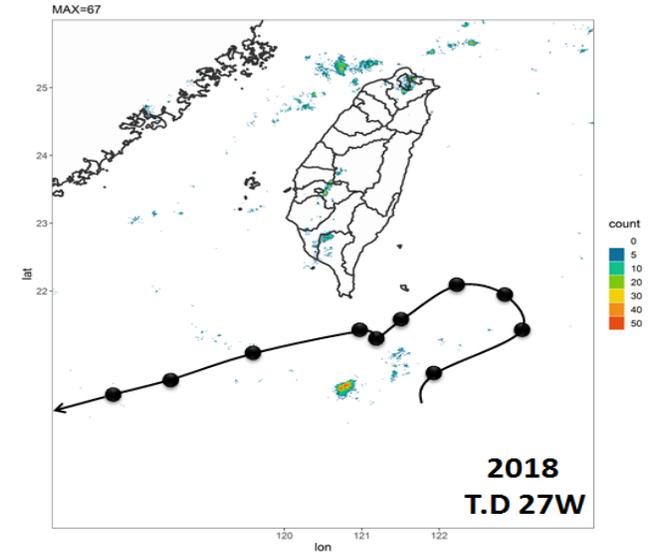
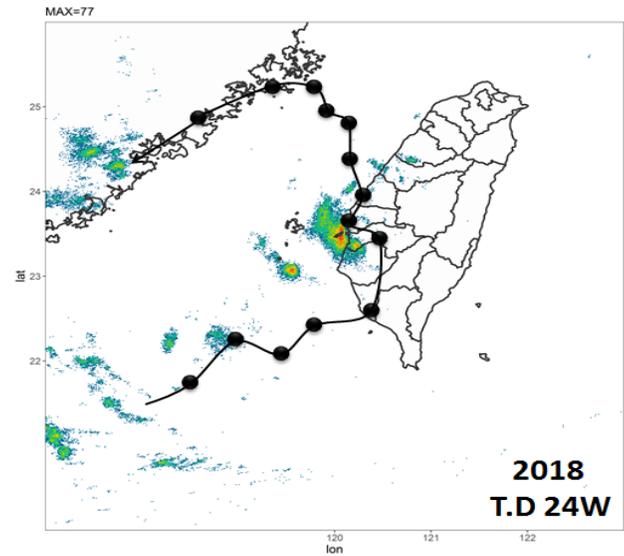
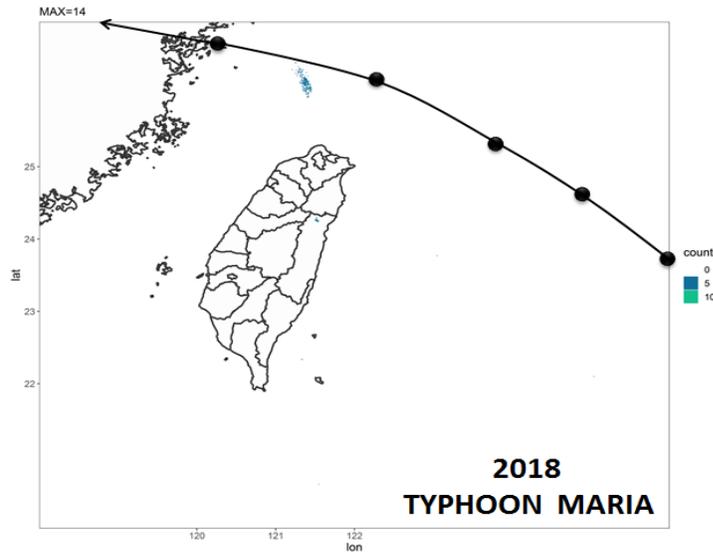


2019 10-12月



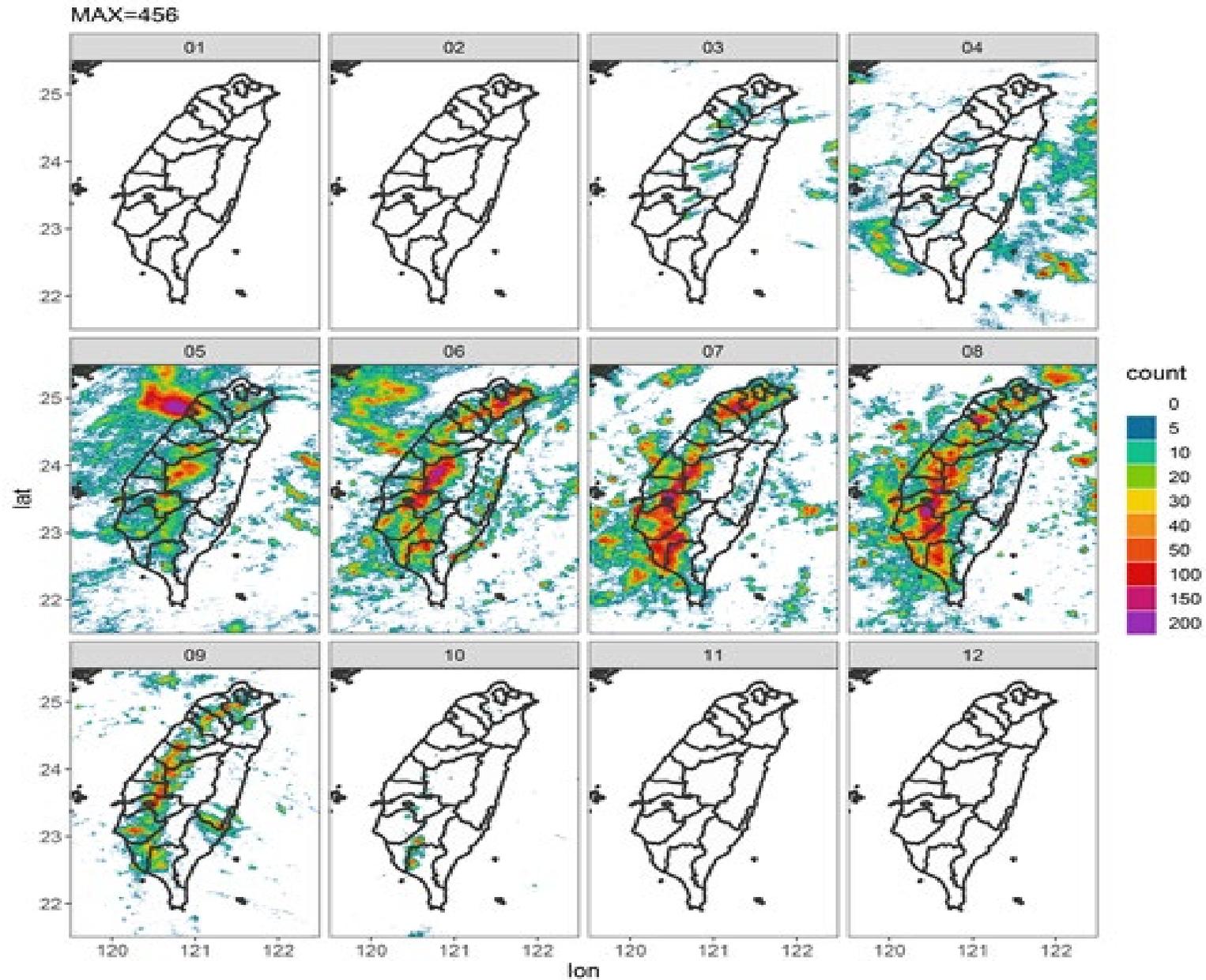


# 2018 & 2019 lightning



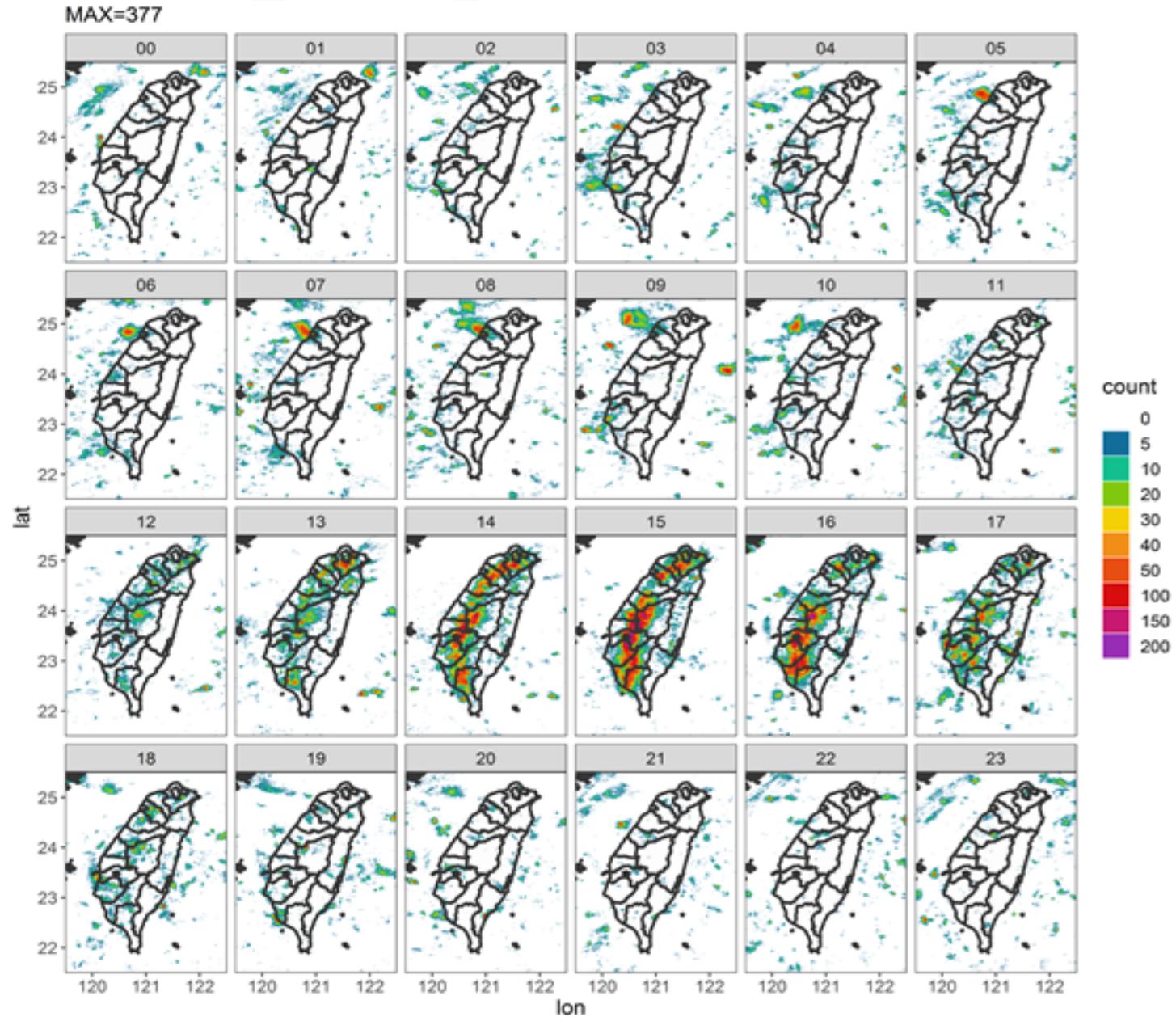


# 2018 & 2019 lightning





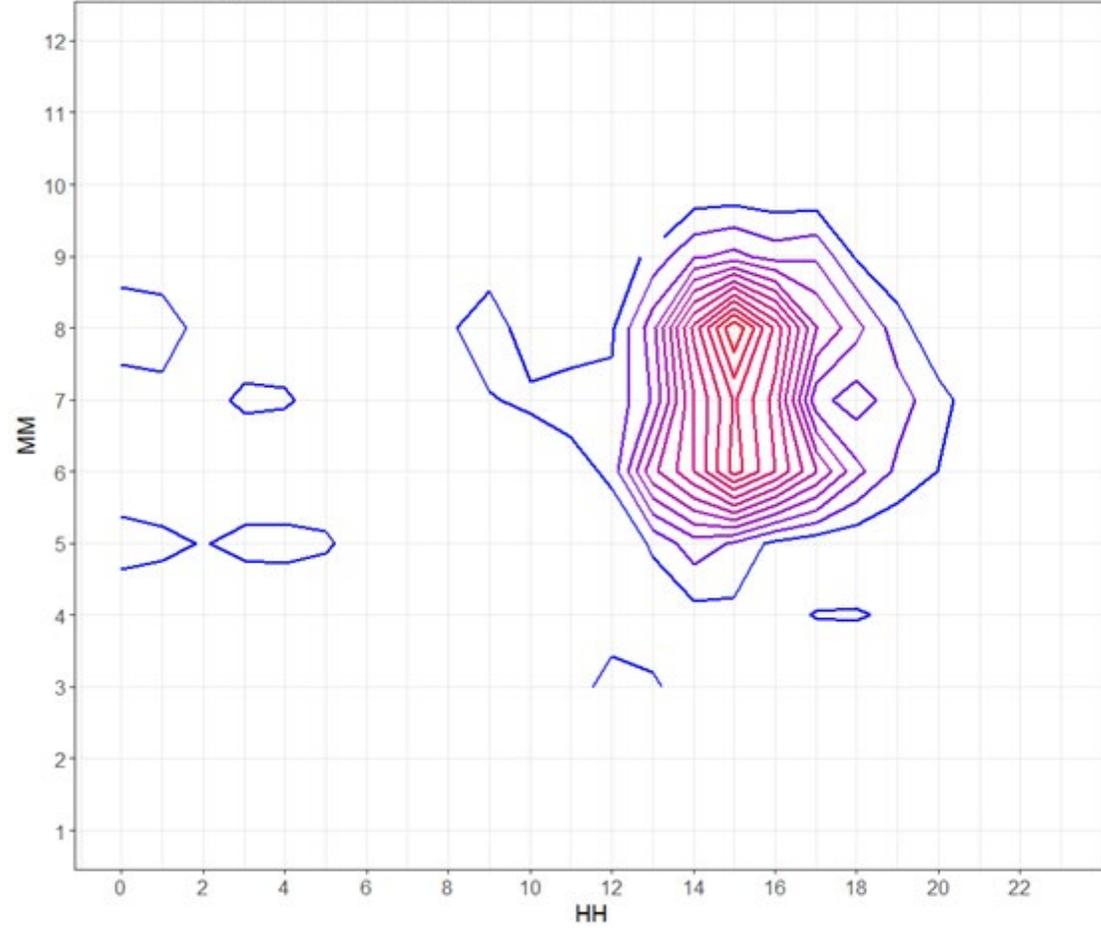
# 2018 & 2019 lightning



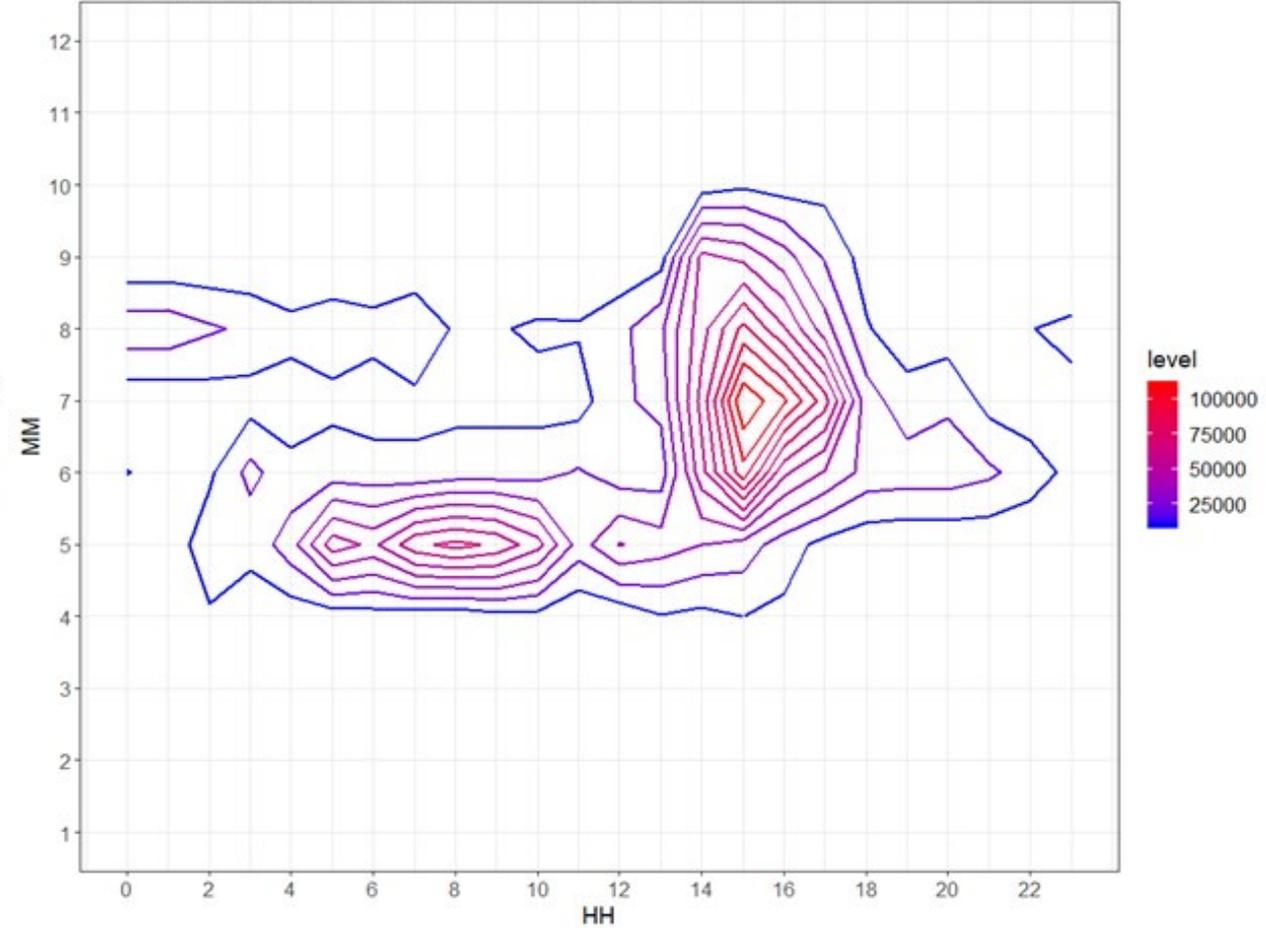


# 2018 & 2019 lightning

2018 Lightning 21.5N-25.5N 120.0E-122.0E



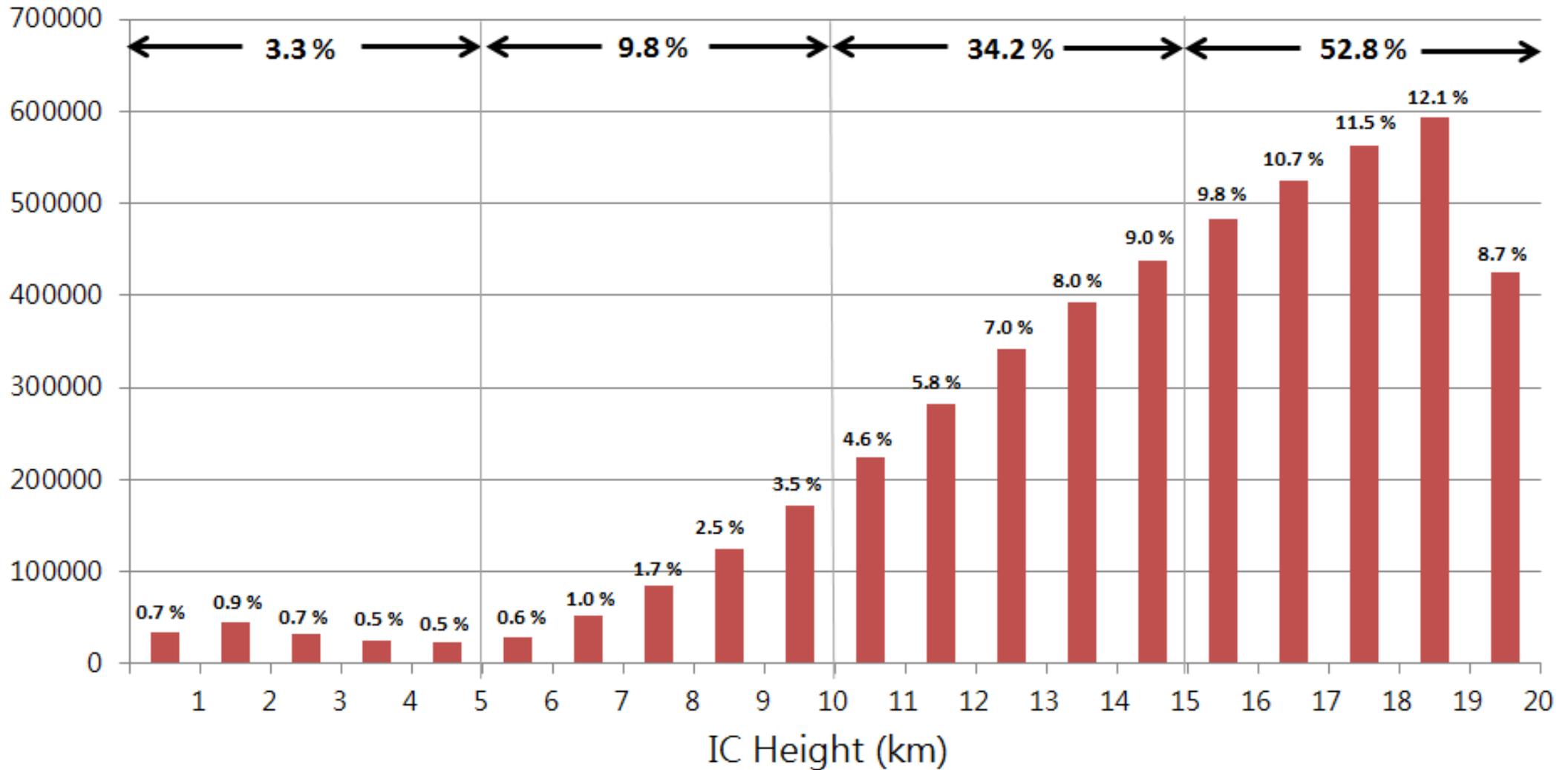
2019 Lightning 21.5N-25.5N 120.0E-122.0E





# 2018 & 2019 IC Height

count 2018 -2019 IC Lighting





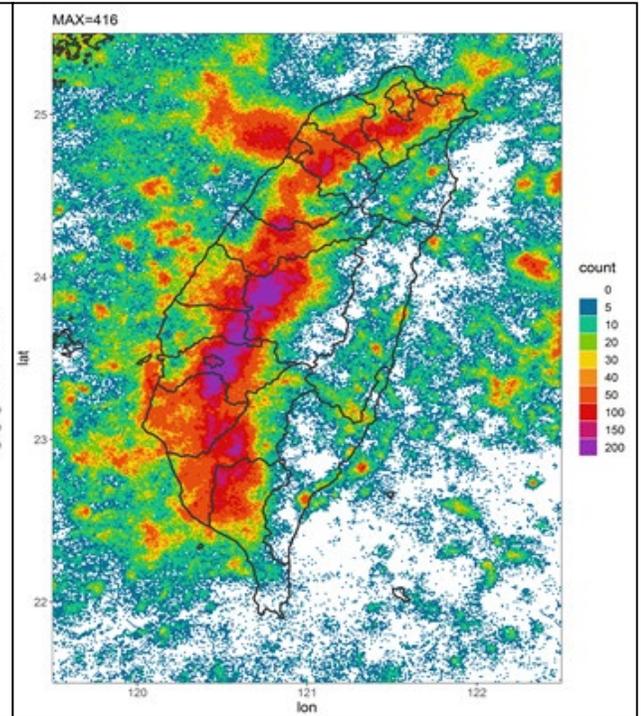
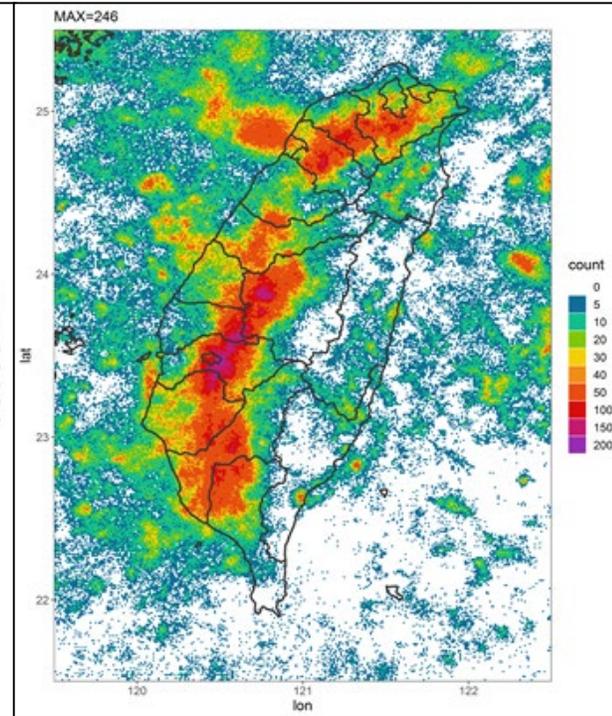
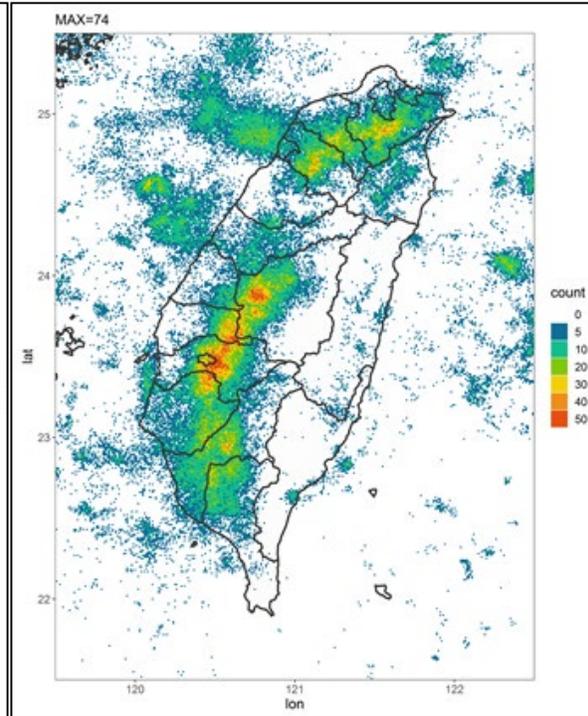
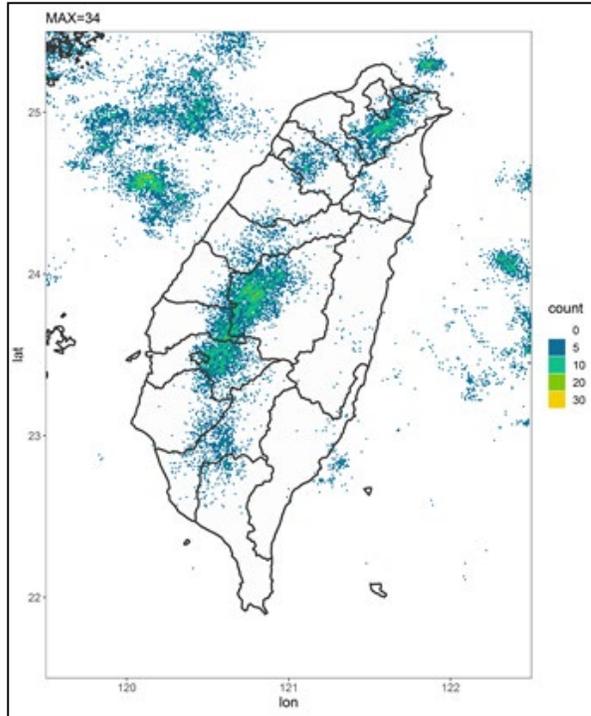
# 2018 & 2019 IC Height

0-5000m 3.3 %

5001-10000m 9.8 %

10001-15000m 34.2 %

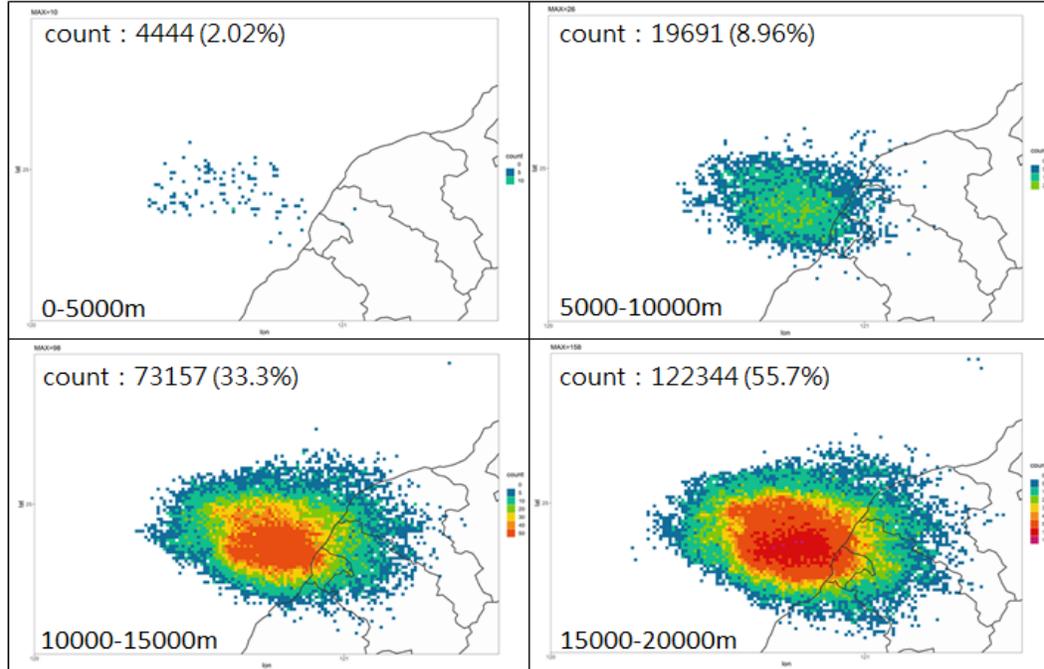
15001-20000m 52.8 %



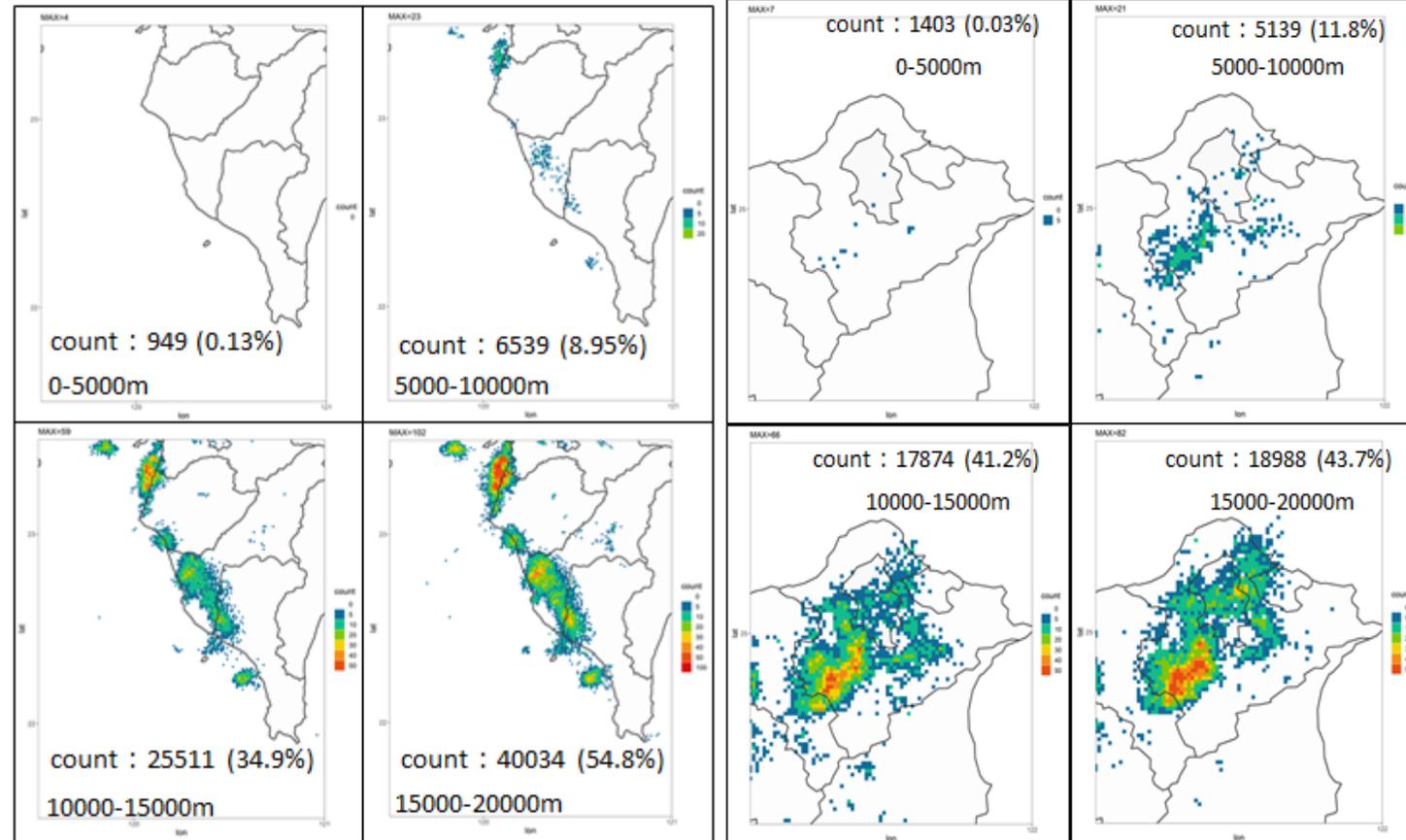


# 2018 & 2019 IC Height

2019/05/17 Convection cell IC Lighting

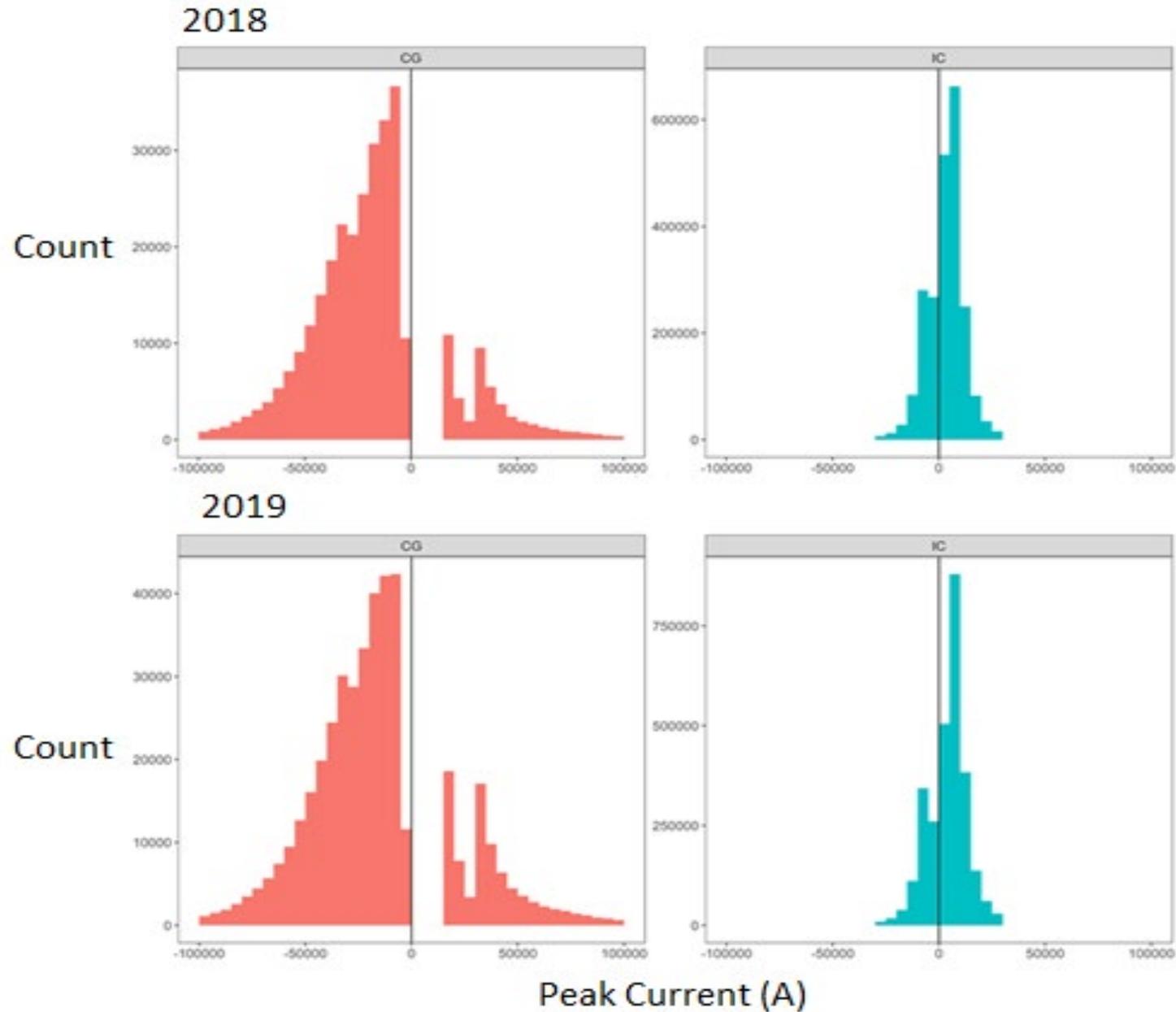


2019/07/19 Convection cell IC Lighting





# 2018 & 2019 Peak Current





# 2018 & 2019 Peak Current (IC)

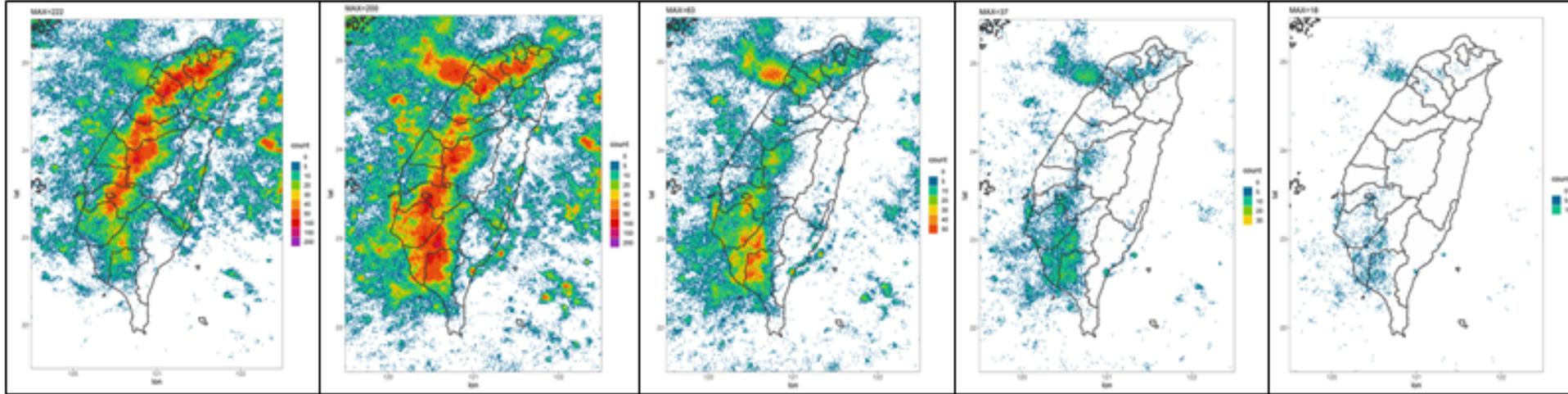
0-5KA

5-10KA

10-15KA

15-20KA

20-25KA



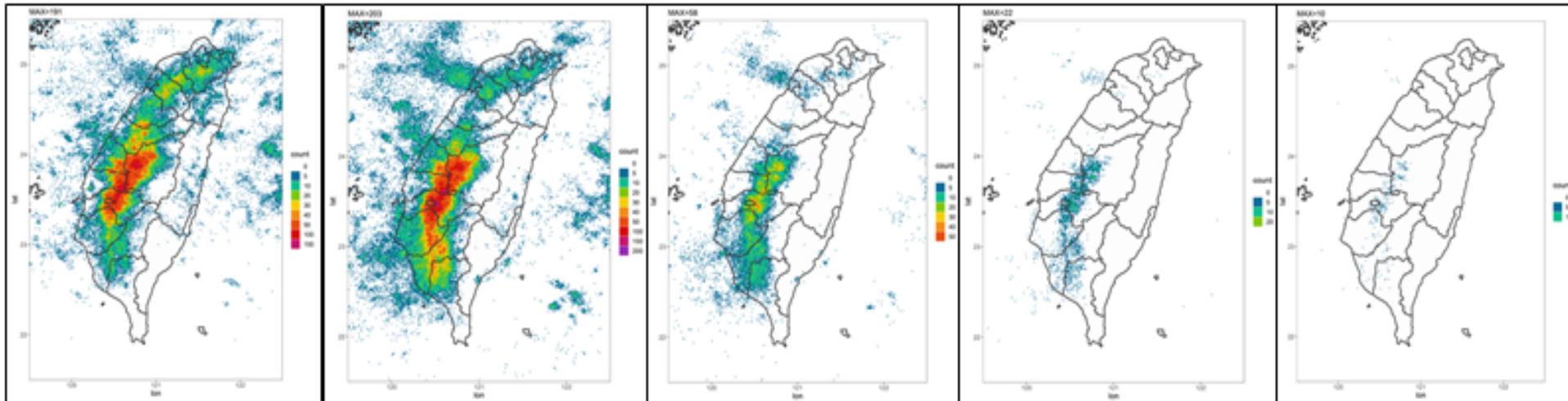
0- -5KA

-5- -10KA

-10- -15KA

-15- -20KA

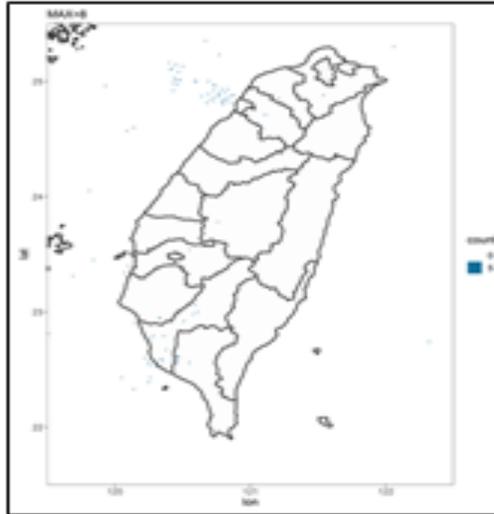
-20- -25KA





# 2018 & 2019 Peak Current (CG)

0-20KA



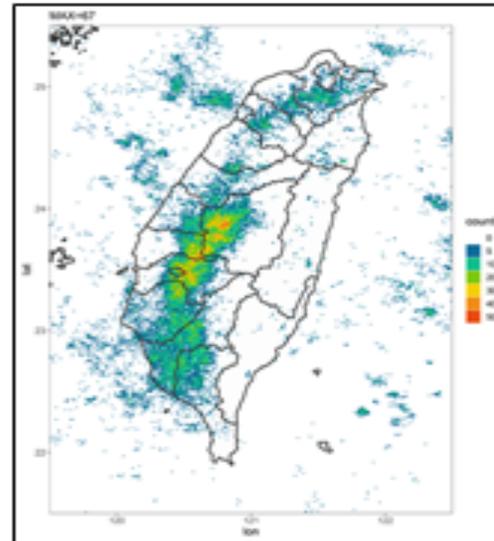
20-40KA



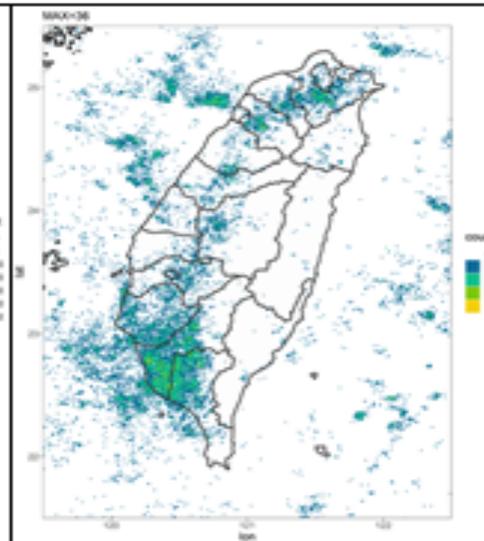
40-60KA



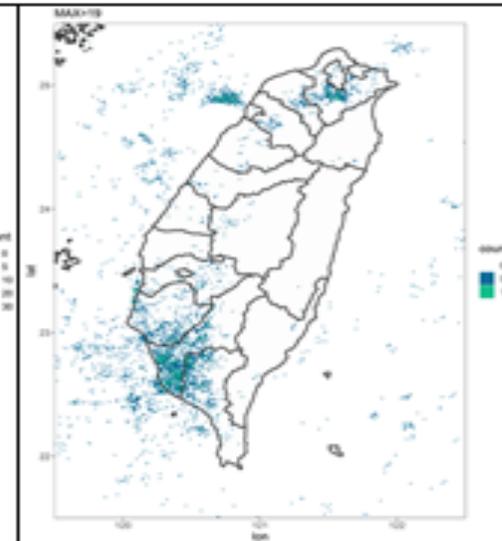
0- -20KA



-20- -40KA

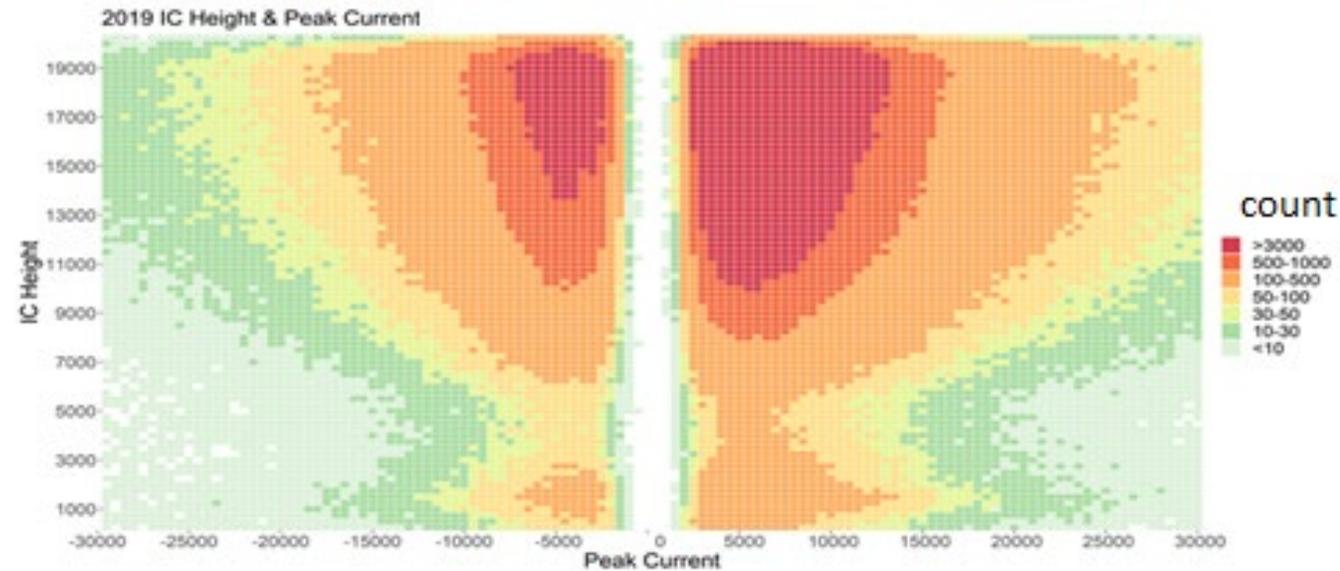
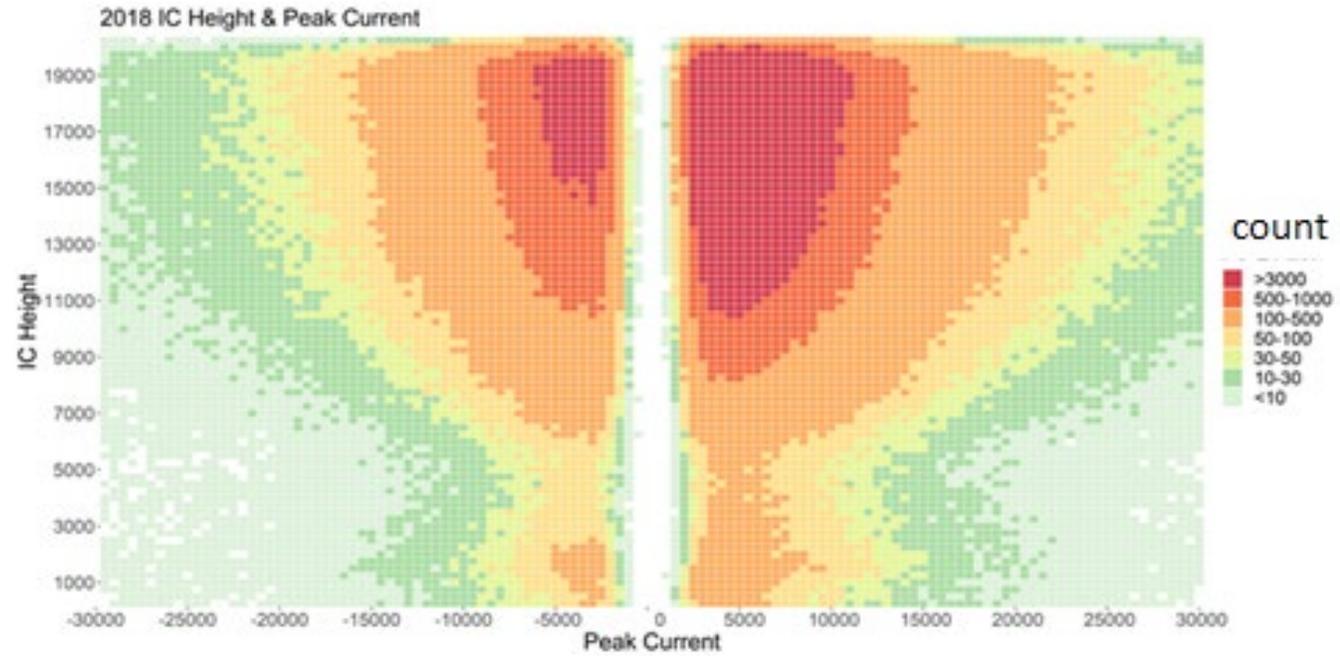


-40- -60KA





# 2018 & 2019 Peak Current & IC Height





# Conclusion

- ◆根據 TTLN 提供 2018、2019 全年的閃電觀測資料進行分析，台灣本島上空閃電發生次數以中央山脈、雪山山脈西側山坡較多，山脈以東閃電發生次數相對偏少，鄰近海域也是西側台灣海峽閃電發生的次數較多，東半部海面閃電發生的次數較少，IC 及 CG 發生次數的比例大約為 4:1。IC、CG 發生次數高低的空間分布有較佳的相關性，相關係數約 0.7，由相關係數高低的分布來看，陸地對流系統之 IC、CG 發生位置有較大差異，海面對流系統之 IC、CG 發生位置較為一致。
- ◆暖季 (5-9 月) 發生的閃電次數總和佔全年總閃電次數的 80% 以上，其他月份的總和還不到 20%，其中熱對流季節 (7-9 月) 又佔了大部分，因此熱對流系統為台灣閃電發生次數最主要的貢獻來源，颱風對於台灣地區閃電發生次數的貢獻度很低。閃電發生次數的最高峰落在 7-8 月的下午 15 時左右，熱對流閃電的發生高峰在下午，鋒面對流閃電的發生高峰則是在清晨。以全天的發生位置而言，有明顯的日夜變化，白天以陸地上為主，夜晚清晨則以海面或沿海區域為主。
- ◆台灣周圍 IC 閃電發生的高度自 10 Km 以上開始快速增加，高度 10-15 Km 發生的閃電次數佔總次數的 34%，到了更高高度的 15-20 Km 發生的閃電次數佔了總數的 53%，逐月的 IC 發生高度分布曲線型態並沒有太大差異，僅有發生次數的多寡不同，又透過不同天氣系統的分析，其分布曲線狀態也類似，似乎顯示這樣的 IC 發生高度分布曲線可能是台灣周圍 IC 閃電發生高度的常態分布狀況。
- ◆台灣周圍發生的 IC 閃電，正 IC 的發生次數多於負 IC，且能量的分布區間較窄，集中在正、負 25KA 範圍內，次數佔總數的 95% 以上，能量偏弱。CG 閃電則是負 CG 的發生次數多於正 CG，且能量的分布區間相對寬廣，能量較 IC 閃電為強。就發生的區域變化而言，不論是正、負 IC 或 CG，閃電發生的區域都有隨能量增強而逐漸往南台灣調整的趨勢，似乎顯示南部發生的閃電能量較中、北部來得強。