

# 中央氣象局110年天氣分析與預報研討會

## 未來14日高時空解析度降雨機率預報技術發展

劉冠倫<sup>1</sup> (Liu K.-L.) 陳昱璉<sup>1</sup> (Chen Y.-T.) 馮智勇<sup>1</sup> (Feng C.-Y.) 賴冠良<sup>2</sup> (Lai K.-L.) 賈愛玫<sup>2</sup> (Chia A.-M.) 許乃寧<sup>2</sup> (Hsu N.-N.)

<sup>1</sup>多采科技有限公司 <sup>2</sup>中央氣象局預報中心

### 摘 要

考量數值天氣模式定量降雨預報偏差特性可能隨著預報領先時間(lead time)與空間位置差異而有所不同，嘗試以預報及分析場之間的頻率關係建立機率預報校正方法，提供未來 14 日高時空解析降雨機率預報產品。研究是利用數值模式的累積降水預報場和雷達降水真實場，逐格點依據預報降水統計落於不同預報區間或大於不同門檻的次數，再計算在預報對應的時間每個格點實際上是否有降雨的次數，兩者相除即可得到相對降水頻率，而此相對降水頻率可理解為預報降雨值在不同區間或門檻時的降雨機率。

此研究使用 NCEP 和 EC 兩種不同來源的預報資料，分析場的部分為 QPESUMS 的降水估計資料，資料時間我們使用 2018~2020 年三年的資料來做分析。將預報資料多個領先時間的降雨資料合併統計，並分成 12 種區間或門檻，計算出當預報降雨在各個門檻中的數量，再計算對應預報時間 QPESUMS 是否有降雨的次數，即可套用前一段所述之方法得到降雨機率模組。使用此方法分別對不同季節和不同領先時間做出降雨機率模組，並分別檢視降雨機率在不同狀況下的表現。隨著預報降雨強度增加，相對應的降雨機率也有增加，而不同時間、降雨強度時的降雨機率都不相同，代表此降雨機率在不同模式降雨強度與時空下是有解析度的，並且這也符合我們的預期目標。

**關鍵字：**降雨機率預報

## 一、前言

降雨對人們生活影響甚鉅，而降雨預報一直是在天氣預報上很大的挑戰，使用數值天氣預報模式的定量降水預報是目前常用的方式，但在預報降雨時，使用模式的定量降水預報會有不同的誤差，像是不同季節的降雨特性、模式與真實世界的地形差異所產生的降雨分布差異，或是在模式預報時間的後半因預報能力下降而產生的誤差，在不同時空下會有不同的誤差特性，且可能會隨預報的領先時間(lead time)增加而使得誤差放大或縮小，因此在使用上需要考量預報降雨的特性。

本研究嘗試使用歷史的模式降雨資料作為預報場以及相對應時間的 QPESUMS 作為真實場，統計兩者間的發生頻率對應關係以建立降雨機率預報方法。本文會先簡述使用的預報和真實資料以及統計方法，再來使用統計方法來計算降雨機率，最後則是結論和未來工作。

## 二、使用資料和方法

本研究使用 QPESUMS 的降雨資料作為真實場，以及 NCEP 和 EC 的數值模式預報降雨資料最為預報場，三者的詳細資料如表一。

在資料的時間部份，QPESUMS 的降雨資料是每小時一筆。EC 為每日有 00z、12z 兩筆，在預報時間 144 小時內為間隔三小時產出一筆預報，144~240 小時則為間隔六小時產出一筆預報。而 NCEP 則為 00z、06z、12z、18z 四筆預報資料，在預報時間 120 小時內為間隔三小時產出一筆預報，在 120~240 為間隔六小時產出一筆預報，240~384 小時則為間隔 12 小時產出一筆預報。在本研究中三者使用的時間皆為 2018 年 1 月至 2020 年 12 月的資料。

統計時的資料處理分成三個部分說明，第一部分是資料內插的部分，所有資料都統一使用 QPESUMS 的網格點當作標準，EC 和 NCEP 的資料都會經過最鄰近四點距離反比內插到 QPESUMS 的網格點上來做計算。

再來是資料的範圍選用上，每個格點會取以自身為中心往經緯度正負各 0.1 度內格點的降雨資料來做統計。

最後在使用資料的時間範圍上，分月輸出一組降雨機率統計關係，每個月統計的資料時間為往前後各一個月延伸，也就是前後各一個月共三個月，配合降雨資料有三年總共九個月的資料來計算。而使用的預報時間則如下：每次預報間隔三、六小時區間內使用 24 小時的預報資料來計算，而在預報間隔十二小時的區間內使用 48 小時的資料來計算，使用的預報領先時

間範圍如下：1~12, 13~36, 37~60, 61~84, 85~108, 109~120, 121~144, 145~168, 169~192, 193~216, 217~240, 241~288, 289~336, 337~384，總共 14 種預報領先時間區間。其中 1~12 和 109~120 分別為 NCEP 的間隔三小時預報的最初和最後預報，會這樣擷取時間是為了預報模式一開始可能會不穩定，所以先取 1~12 當作最一開始的區間後，在預報領先時間 13 開始取 24 小時並以此類推。而 EC 的預報領先時間只有到 240 為止，總共 11 種預報領先時間的區間。

統計方法的部分，本研究先將預報資料依照上述的處理方式處理，再依照降雨強度分成 12 類，預報降雨量的分界點為 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 4, 6, 10, 30, 50，一共可以區分為 12 個區間或是門檻。接著依照分類好預報降雨資料的時間找出對應的真實降雨場是否有降雨，是否有降雨的判斷是依據是否當個網格點在時間內 QPESUMS 的降雨量超過 0.5mm。

將分類好的預報降雨次數當作分母，對應時間真實降雨場有降雨的次數當作分子，即可算出相對降水頻率，其意義為歷史上在預報某個降雨強度時，實際上真的有降雨的機率，其公式如下：

$$\frac{\text{當預報在降雨強度區間或門檻中，實際有降雨的次數}}{\text{預報的雨量在降雨強度區間或門檻的預報次數}}$$

以此公式即可算出預報在不同月分時各降雨強度時各格點的相對降水頻率，可理解為預報降雨值在不同區間或門檻時的降雨機率。

### 三、結果分析

本研究使用的二節所述方法得到模式預報降雨對應之降雨機率，一組降雨強度區間或門檻可以對應一種降雨機率預報值。圖一所示為 NCEP 預報領先時間 15~36 小時的八月降雨機率圖，分別有 12 種降雨強度區間對應 12 張圖，從圖上可以看到隨著預報的降雨強度增加，降雨機率有隨之增加的趨勢，符合預報降雨越多越有可能降雨的假設，且各個降雨強度區間的降雨機率之間有差異性，代表此降雨機率在不同降雨強度與時空下是有解析度的。

再來可以用同樣角度檢視 EC 的表現如圖二，圖二為 EC 預報領先時間 15~36 的八月降雨機率圖，也可以看到有和 NCEP 一樣隨著預報降雨強度增加，降雨機率隨之增加的趨勢，而各個降雨強度區間之間也有差異性存在。不過 NCEP 和 EC 相比，EC 在弱降雨強度的降雨機率比較低，而強降雨強度的降雨機率比較高，代表 EC 的趨勢較明顯，預報降雨表現比較好一些。

除了以上的特徵外，NCEP 和 EC 在預報為高強度降雨的時候，可能因為高強度降雨個數比較少或是模式對較極端事件預報能力問題，造成上述的隨著降

雨強度增強，降雨機率增加的趨勢在高強度降雨時反而有些下降，為了找出此趨勢大概會在降雨強度為多少時出現下降趨勢，所以使用中位數來判斷。作法為計算出不同降雨強度時的中位數，若其中位數有隨著降雨強度增加而增加，代表應有降雨機率隨之增加的趨勢，若中位數有下降，則代表趨勢下降。

中位數的分析如圖三，圖三為 NCEP 八月的降雨機率中位數分析圖，X 軸為降雨強度，Y 軸為中位數的機率數值，不同顏色代表是不同預報領先時間的數值，圖上總共有 14 條線，分別對應到不同預報領先時間帶。從圖上來看可以看到在降雨量到 10mm 以下，中位數都是隨之上升的狀況，在 10mm 以上開始不同預報領先時間就有不同的表現，預報領先時間較長的表現上升趨勢較緩或略微下降，領先時間較短的表現變化幅度較大並且相對機率隨著降雨強度而上升但到了高強度降雨時會有比較大的變動，這是因為在間隔三小時且預報領先時間較小的預報中，高強度降雨的數量很少，所以如果出現一些報不準就會有較大的變動。

整體來看，間隔三小時一報(~120)的降雨機率中位數隨降雨強度增加而增加的趨勢相當明顯，到 10mm 以上的時候開始趨緩，預報領先時間較大的部分趨緩的比較明顯。而間隔六小時一報(121~240)的中位數上升趨勢比較小一些。最後間隔十二小時一報(241~)的降雨機率中位數的上升趨勢就趨緩不少，從弱降雨強度的中位數就比較高，雖然有隨著降雨強度增加的趨勢，但上升幅度較小。

再來看 EC 八月的降雨機率中位數分析圖如圖四，可以看到在降雨量到 6mm 以下時，中位數隨降雨強度增加的趨勢還算明顯，但在比較強的降雨強度時，有明顯差異，預報比較中後期的部分中位數開始出現上升趨緩或下降，前期的部分則維持上升的趨勢。

整體來看間隔三小時一報(~144)的降雨機率大部分中位數上升趨勢明顯，少部分後期的中位數在強降雨的部分有下降。間隔六小時一報(144~)的降雨機率則上升趨勢較緩，到約降雨強度 10mm 左右出現下降，可能跟預報能力有關，也有可能跟 EC 預報一天兩筆有關，造成資料量較少。另外兩種間隔的後段預報都比較差可能的原因是在資料的部分，EC 在 2020 年 2 月前預報領先時間 1~72 是間隔三小時，73~216 為間隔六小時，因此 72~144 以及 216~240 的部分資料量會比較少，可能和這點有關。

最後分析使用降雨強度區間和門檻的差異。使用區間代表當預報降雨在區間內的才會計算進去，像是 0~0.05mm 代表預報降雨必須大於 0 且小於等於 0.05mm，而門檻則是代表預報降雨在某一門檻以上的就會計算進去。圖五為使用門檻分類，和圖一相同時間和預報領先時間帶的降雨機率圖，從圖上可以看到一樣有隨預報降雨強度增加，而降雨機率隨之增加的趨勢，且每個門檻的降雨機率表現不同，代表時空解

析度是存在著的。而圖五和圖一比較可發現，圖一弱降雨的機率較低，強降雨的機率較高，也就是說圖一隨降雨強度增加而降雨機率趨勢比較明顯，代表區間的分類方式比較有區別性，原因可能是門檻會包進不同降雨強度的降雨數所導致。

#### 四、結論和未來工作

本研究使用歷史真實場和預報場的降雨資料經過統計後得到不同領先時間時不同預報降雨強度對應的降雨機率。經過分析，發現大部分的降雨機率都有隨降雨強度增加，降雨機率隨之增加的趨勢，符合預報強降雨時降雨機率比較高的預期。且每種降雨機率之間並不是相似的，代表有降雨機率在不同降雨強度和不同時空下是有解析度的。

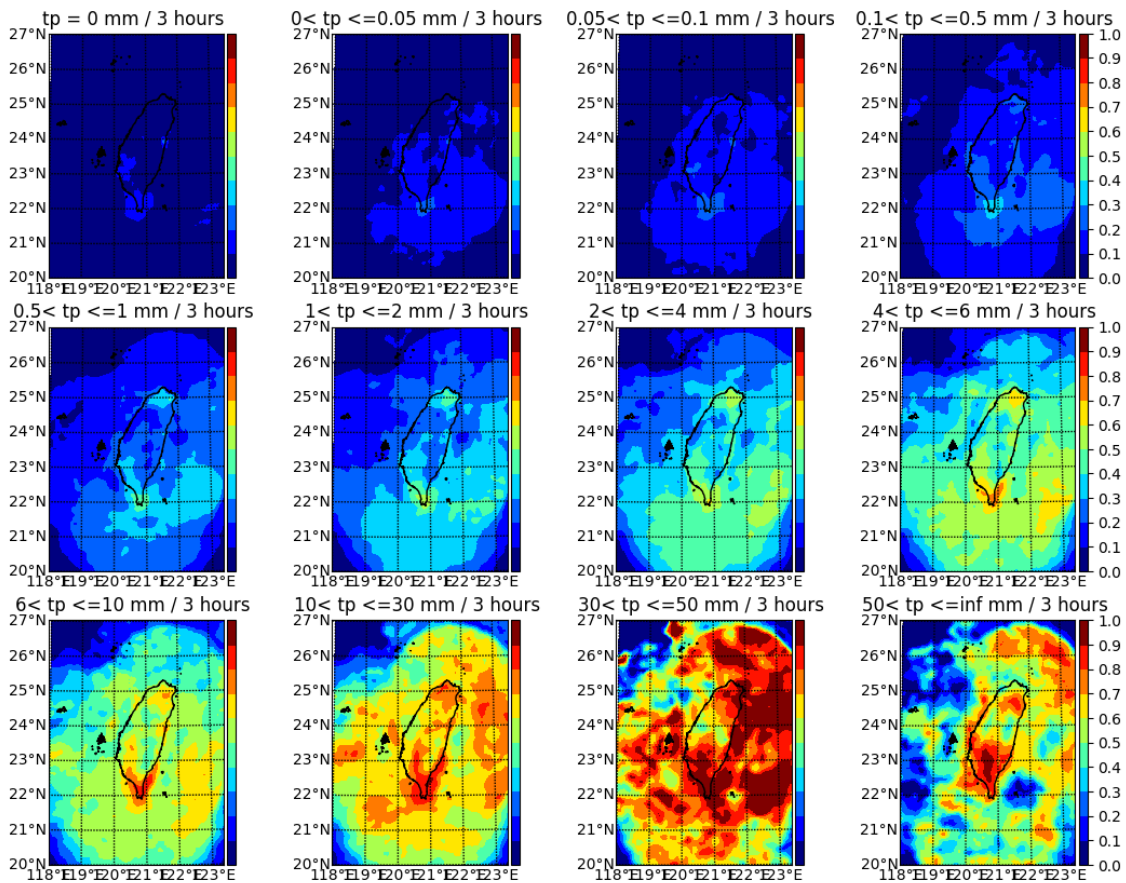
細部來看，大部分降雨機率隨降雨強度增加的趨勢約在 10mm 左右開始趨緩，趨緩的原因可能是資料數不足或是預報後期的預報能力不足。也發現預報間隔較久的降雨機率隨降雨強度增加的趨勢就較平緩，且預報後期的表現較差，和模式預報後期的預報能力較差的預期相符。而使用區間和門檻兩種降雨強度的分類方法來說，使用區間的分類方法教有區別性。

目前資料使用到 2020 年年底，未來會再繼續將資料延伸到 2021 年，來補上 EC 因為預報間隔切換造成的空缺。並測試是否可以使用中位數來判斷何時使用區間或門檻的降雨強度分類。

	經度	緯度	網格點	時間
QPESUMS	118°E ~ 123.5E	20°N ~ 27°N	561×441	2018/01/01 00:00 ~2020/12/31 23:00
EC	116.0E ~ 127.0E	18.0 N~ 29.0N	111×111	2018/01/01 00z ~2020/12/31 12z
NCEP	115.0°E ~ 125.0°E	20.0°N ~ 30.0°N	41×41	2018/01/01 00z ~2020/12/31 18z

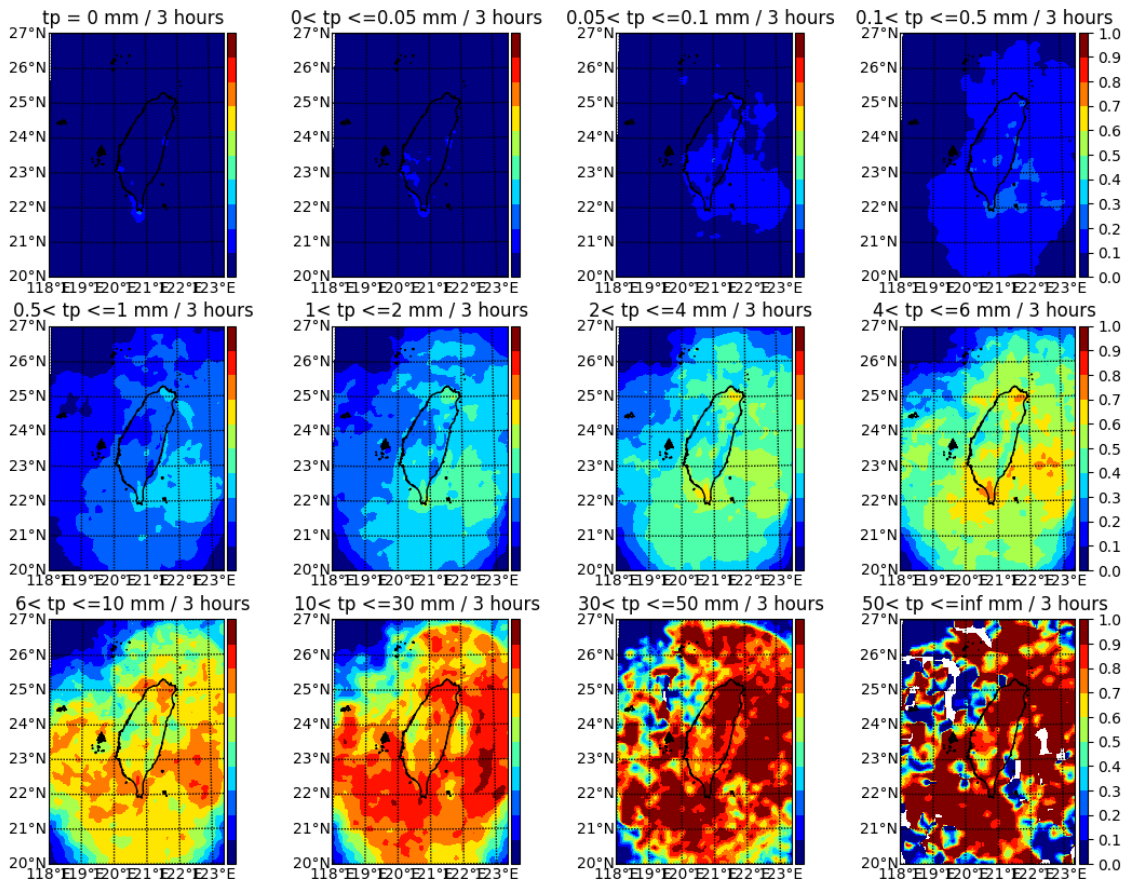
表一 降雨資料說明

NCEP,2018~2020 Jul-Sep,leadtime = 15~36, threshold:  $\geq 0.5$  mm / 3 hours

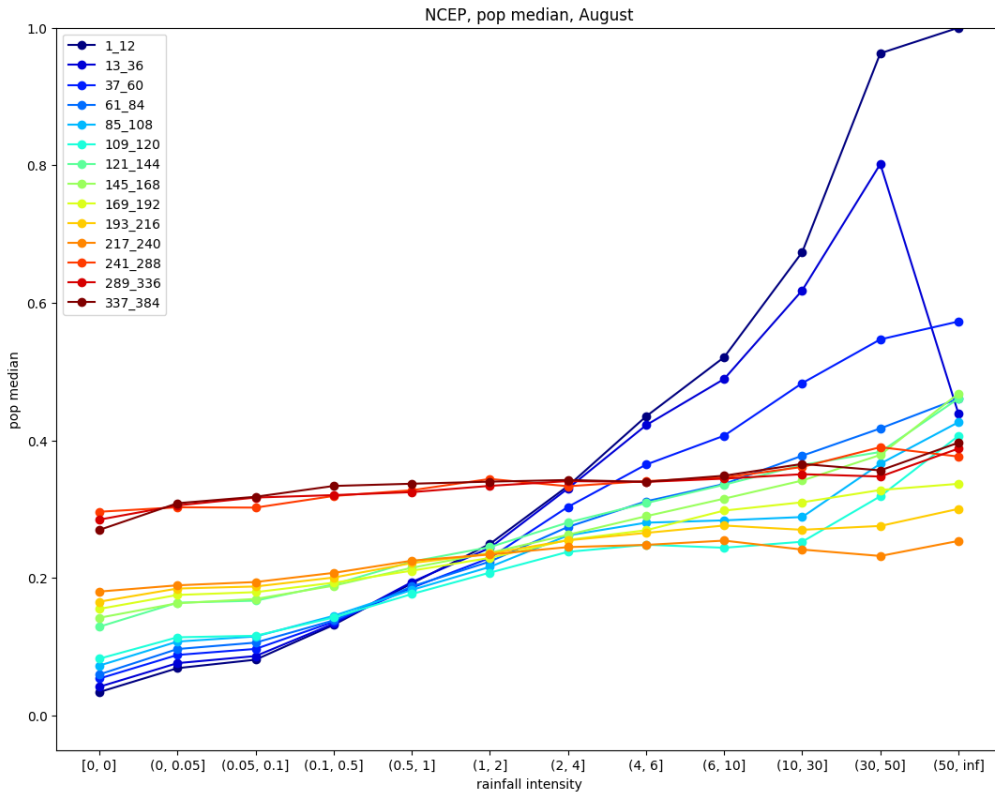


圖一 NCEP 預報領先時間 15~20 8 月 使用區間分類的降雨機率圖

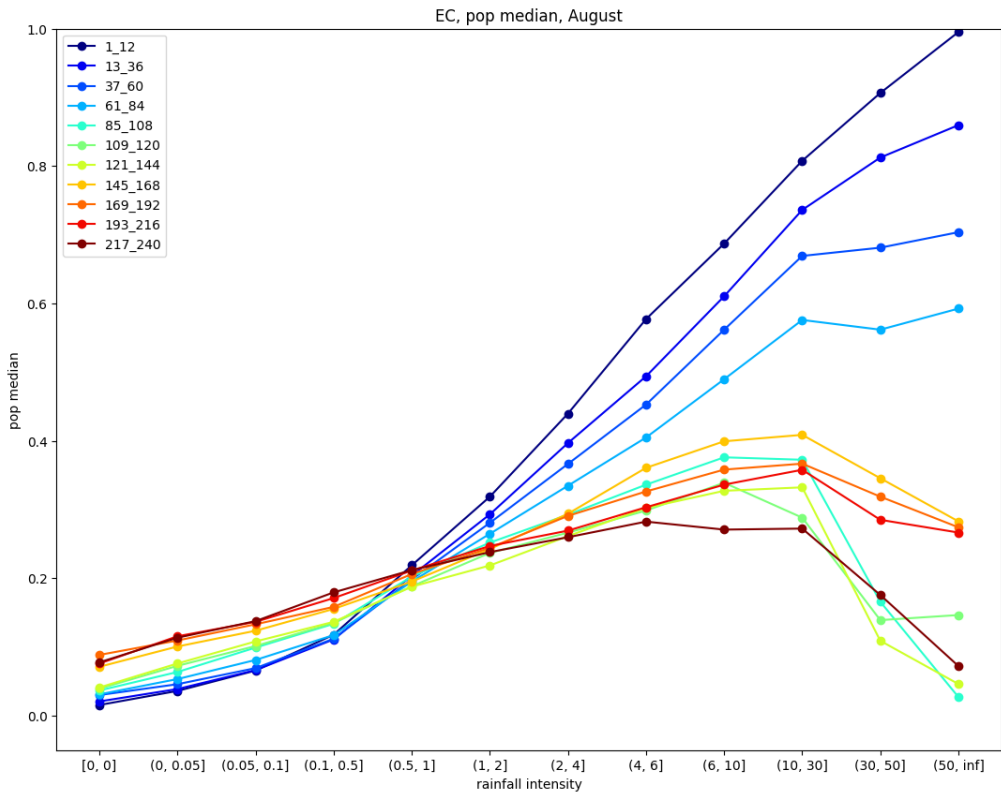
EC, 2018~2020 Jul~Sep, leadtime = 15~36, threshold:  $\geq 0.5$  mm / 3 hours



圖二 EC 預報領先時間 15~20 8 月 使用區間分類的降雨機率圖

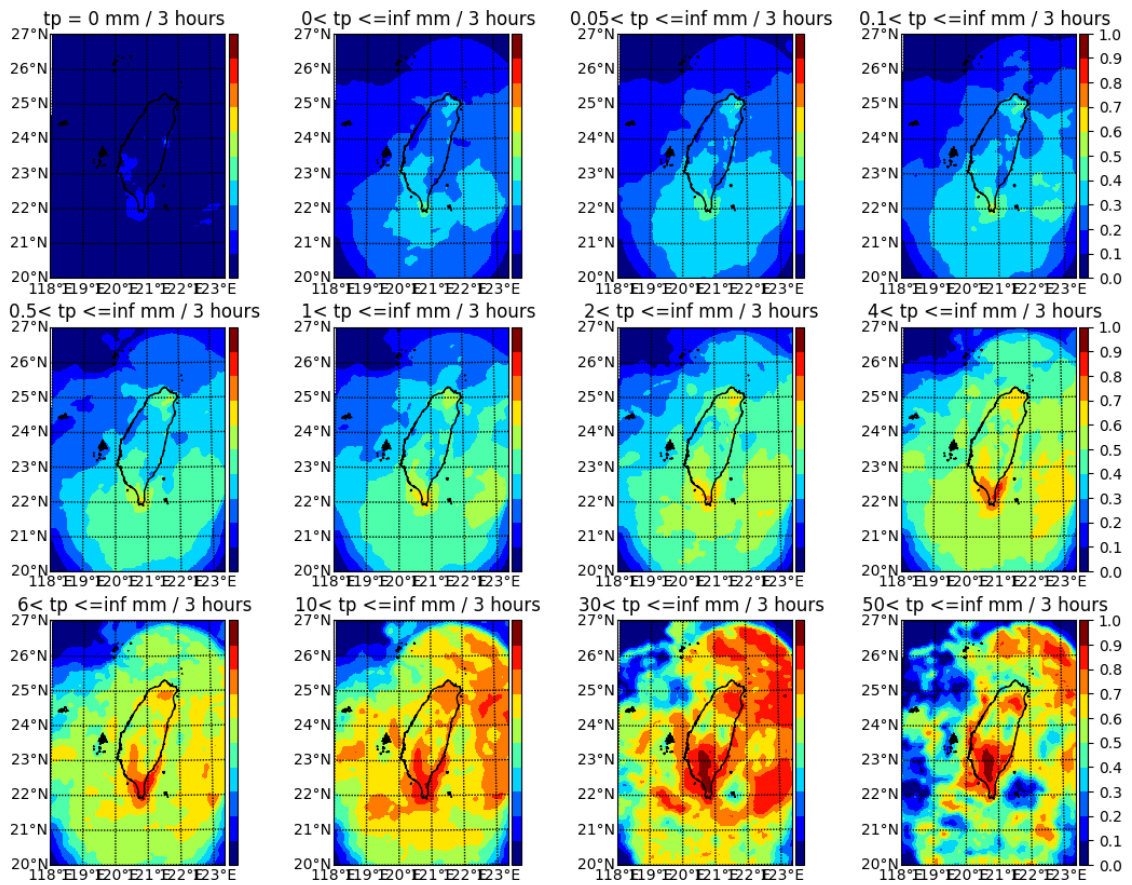


圖三 NCEP 8 月 降雨機率中位數圖



圖四 EC 8 月 降雨機率中位數圖

NCEP, 2018~2020 Jul-Sep, leadtime = 15~36, threshold:  $\geq 0.5$  mm / 3 hours



圖五 NCEP 預報領先時間 15~20 8 月 使用門檻分類的降雨機率圖