

# Reconstruction of climatic and weather characteristics over the Shanghai area during 1644-1911 清代上海地區天氣與氣候特徵之重建

Pei-Hua Tan 談珮華 博士      Bo-Lin Wu 吳柏霖  
國立嘉義大學應用歷史學系(前身為史地學系)

研究目的：由中國歷史文獻重建清代上海地區

- (1) 降水及溫度的時間序列及變化特徵
- (2) 特殊天氣現象如颱風、冰雹、雷暴、龍捲風及潮溢的時空分布與變化特徵
- (3) 分析溫度降水與特殊天氣現象之間的相關性。

- ▶ 使用歷史文獻來重建氣候，前人研究在**區域範圍方面**，有些涵蓋了較大的區域，例如全中國 (中央氣象局氣象科學研究院編 1981；王紹武、趙宗慈 1979；張德二等 1997；葛全勝等2002；Ge et al. 2005；Wang and Zhang 1992；Zheng et al., 2001；Zheng et al. 2006)，或是數個省的範圍如中國東部地區 (王日昇、王紹武 1990；王紹武、王日昇 1990) 及長江流域等 (張德二、王寶貫 1990；陳家其、施雅風 2002；Ge et al., 2003)，或是單一省分如廣東 (Liu et al. 2001)、江蘇 (陳家其等 1998) 和河南 (鐘兆站、趙聚寶 1994)，或是特定的城市如南京、蘇州、杭州 (Wang and Zhang 1991；Zhang and Wang 1989) 和北京 (Wang et al. 1992；Wang et al. 1993)。
- ▶ **研究的時間範圍**，有些能延伸超過千年 (竺可楨 1973；陳家其等 1998；陳家其、施雅風 2002；葛全勝等2002；Ge et al., 2003；Zheng et al. 2001；Zheng et al. 2006)，有些是幾百年或數個朝代 (中央氣象局氣象科學研究院編 1981；王日昇、王紹武 1990；王紹武、王日昇 1990；王紹武、趙宗慈，1979；Wang and Zhang 1992)，或針對單一朝代 (徐勝一 2003；鄭景云、趙會霞2005；Wang and Zhang 1991；Zhang and Wang 1989)。

- ▶ 研究議題方面，有些專注在重建**氣溫序列** (王日昇、王紹武 1990；王紹武、王日昇 1990；葛全勝等 2002；Ge et al. 2003)，例如有的研究重建了自1470年以來近500年的長江中下游地區，春夏秋冬四季的10年平均的氣溫距平 (王紹武、王日昇 1990)。
- ▶ 有些著重在**降水序列** (中央氣象局氣象科學研究院編 1981；王紹武、趙宗慈 1979；張德二 1997；Wang and Zhang 1991；Zhang and Wang 1989；Zheng et al. 2001；Zheng et al. 2006)，例如蒐集自中國120個觀測站點，從1470-1979年的文獻資料，繪製過去500年全中國的旱澇分布圖 (中央氣象局氣象科學研究院編 1981)。
- ▶ 有些則處理**特殊的天氣現象**如季風 (Wang and Zhang 1992)、梅雨 (張德二、王寶貫 1990)、大雨 (徐勝一等 1999)、颱風侵襲 (Liu et al. 2001)、雷電 (徐勝一 1997；Wang and Chu 1982)、冬雷與冬溫的關係 (Wang 1980) 及極光 (徐勝一等 1997；Wang and Siscoe 1995)。有些則研究**氣候改變及自然災害對政治及經濟的影響** (王紹武等 1993；徐勝一 2003)。

- ▶ 以上提及的許多研究，在時空範圍上，跨越幾千年幾百年或多個朝代或涵蓋整個中國領域，但由於歷史記錄多是片段而不連續的，所呈現的結果可能有著極大的不確定性。另外，城市空間尺度的氣候特徵、特殊天氣的時空特徵及氣象因子間的相關分析相對較少被研究。

- ▶ **現今上海地區為中國最大的都市之一，也是古代重要城市，在歷代政治、社會及經濟發展上有其重要地位。**
- ▶ **我們希望藉由研究此地區過去氣候及天氣的特徵，日後能進一步了解氣候及天氣對文明發展的可能影響。**
- ▶ 該區資料量及品質均為清代之冠，的確可提高過去氣候重建的可靠性及真實度。

# 研究方法 – 研究期間及地區

- ▶ 清朝，1644-1911年，共268年。
- ▶ 10個皇帝：順治、康熙、雍正、乾隆、嘉慶、道光、咸豐、同治、光緒、宣統。
- ▶ 王紹武、王日昇 (1990) 發現自1470年代到1890年代氣溫普遍比20世紀低，證明了小冰河期的存在。所以清朝是處於一個小冰河時期。

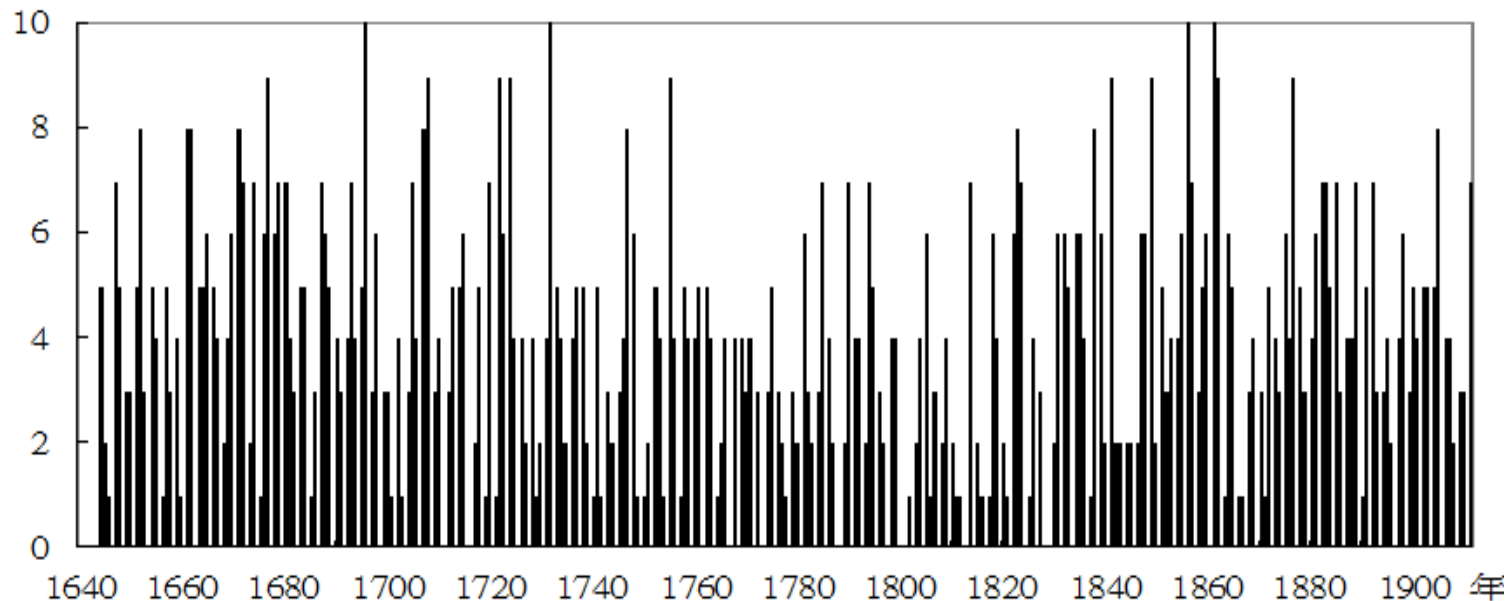
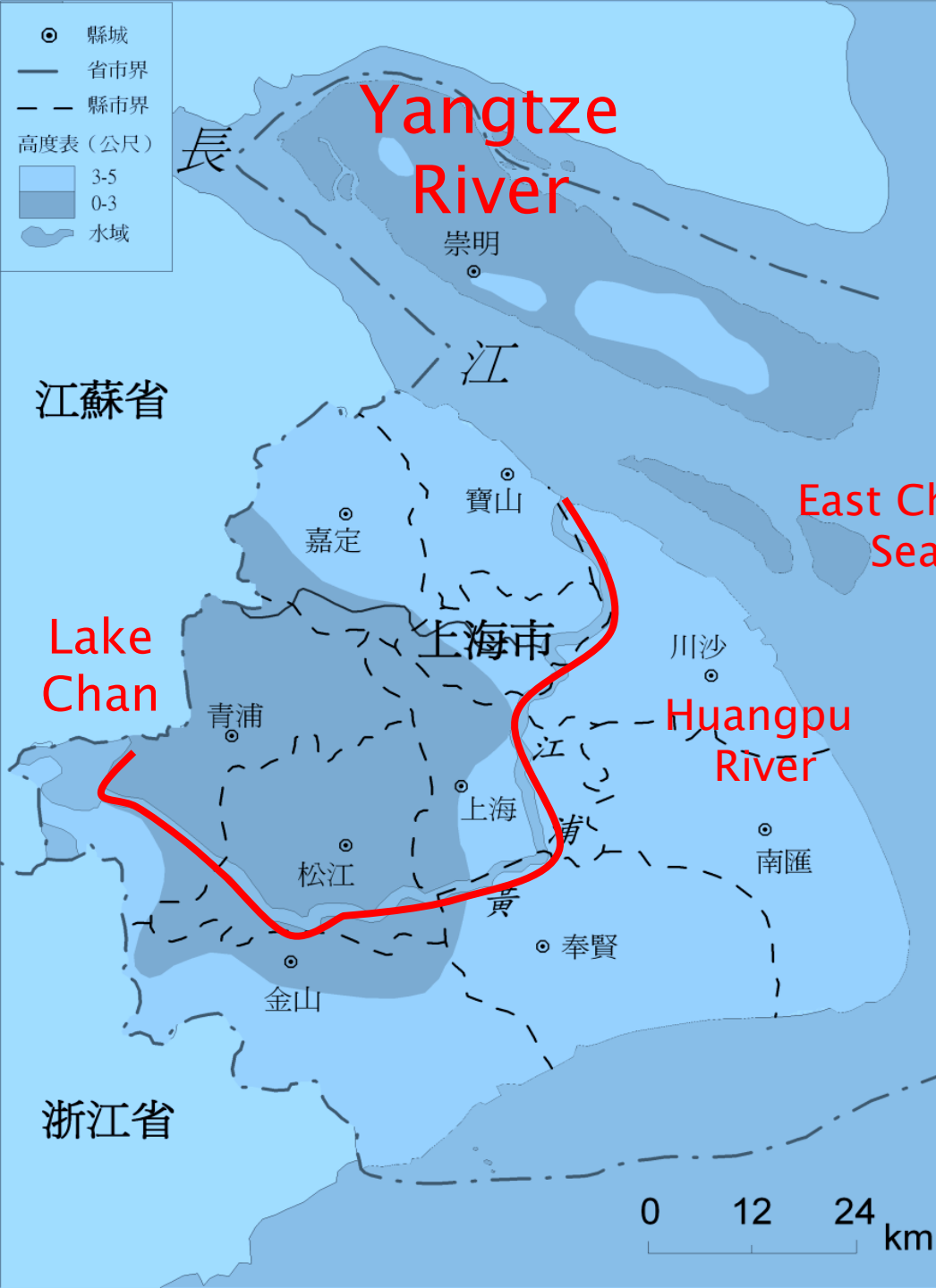


圖1. 上海地區1644-1911年歷年有紀錄的縣數統計



# Shanghai Area

- ▶ Year 2008
- ▶ Population: About 20 million
- ▶ Population density 2,978/ km<sup>2</sup>
- ▶ Area: 6,340 km<sup>2</sup>
- ▶ 4 m above mean sea level
- ▶ Monsoon climate
- ▶ 10 divisions
- ▶ 縣市分類時，是依張德二 (2004) 10個縣市分級，將上海市及上海縣當成同一類別。

# 研究資料

- ▶ 《中國三千年氣象紀錄總集》 (張德二主編2004)
- ▶ 20 years / 8 million words / 8228 documents
- ▶ Classical Chinese essay → Record digitization  
→ statistical analysis
  
- ▶ 清·順治五年 (西元1648年) 「春正月朔，大風霾。夏亢旱，水竭。秋大海溢。」《光緒·川沙廳志》
- ▶ 3 records: spring-January 1st, strong wind and haze;  
summer -drought and no water supply; autumn-severe  
tidal overflow
- ▶ 清·順治十八年 (西元1661年) 「是月 (一月) 至四月連雨。  
夏五月至秋大旱。」《雍正·崇明縣志》
- ▶ 9 records: rain in spring-January (February, March) and  
in summer-April, drought in summer- May (June) and in  
autumn (July, August, September)

# Data analysis

- ▶ **Precipitation index (annual data)** 乾溼等級
  - Extreme precipitation index 全區極端
  - Average precipitation index 全區平均
- ▶ **Temperature index (decadal data)** 溫度指數
  - Summer temperature index 夏半年溫度
  - Winter temperature index 冬半年溫度
  - 冬半年是指9月至隔年1月；夏半年是3至7月
- ▶ **Frequency of special weather event (annual data)**
  - Typhoon, hail, thunder, tornado and tidal overflow



**Table 1. Precipitation indexes and associated criteria and literature descriptions for each division**  
**分區之乾溼等級**

index	standard	Description	
		Natural aspect	Social aspect
1 (torrential rain)溼	Long duration of rainfall over half a month, and the presence of certain degree of social disasters	夏秋霖雨，大雨浹月 舟行陸地等 boat on the land	斗米千錢，黜免多，有賑濟，民多流徙，賣男鬻女者眾，餓殍塞道等 bodies of the starved
2 (heavy rain)偏溼	One season or one month of rainfall, and the presence of light social disasters	某季霖雨害稼，某月大雨無麥等 low harvest	斗米百錢，黜免少，民多逃亡道饑相望等 bodies of the starved
3 (normal) 正常	A plentiful harvest or no weather records	大有年、大稔 stable harvest	斗米不足百錢 stable rice price
4 (drought) 偏乾	One season or one month of dryness, and the presence of light social disasters	少雨，不雨，久旱傷苗，旱蝗等 locusts	斗米百錢，黜免少，民多逃亡道饑相望等 bodies of the starved
5 (great drought) 乾	Long duration of dryness over half a month, and the presence of certain degree of social disasters	數月、夏秋併旱，池港坼裂；河道乾涸，飛蝗蔽日等 locusts	斗米千錢，黜免多，有賑濟，民多流徙，賣男鬻女者眾，餓殍塞道等 bodies of the starved

▶ Source: modified from Zhong and Zhao 鍾兆站和趙聚寶(1994) [drought-flood]

Table 2.

The standard of **regional extreme precipitation index**  
**全區極端乾溼等級**

index	rain or drought conditions for a region
1 (torrential rain) 溼	<b>At least one</b> out of 10 divisions is index one, others are index 2 or index 3
2 (heavy rain) 偏溼	<b>At least one</b> out of 10 divisions is index 2, others are index 3
<b>3 (normal)正常</b>	<b>Most of divisions are index 3</b>
4 (drought) 偏乾	<b>At least one</b> out of 10 divisions is index 4, others are index 3
5 (great drought) 乾	<b>At least one</b> out of 10 divisions is index 5, others are index 4 or index 3

- ▶ Source: Modified from Wang et al.王紹武等(1993) [**station number**]

## Regional average precipitation index 全區平均乾溼等級

(Zhong and Zhou 1994) 鍾兆站和趙聚寶

$$K = (\Sigma F + \Sigma D + \Sigma E) / (N \cdot E) \quad (1)$$

加權平均數，全區平均乾溼指數k

F: index values for rain divisions

D: index values for drought divisions

E: index values for normal divisions

N: division number

Weighted average relative to the normal index (=3)

Table 3. The standard of regional average precipitation index (k)

由k查表得全區平均乾溼等級

Index	1 (torrential rain) 溼	2 (heavy rain)	3 (normal)	4 (drought)	5 (great drought) 乾
k	<b>0.33</b> -0.67	0.68-0.90	<b>0.91-1.10</b>	1.11-1.32	1.33- <b>1.67</b>

• Source: Zhong and Zhou (1994).

# Table 4. Criteria of **temperature index** 溫度指數

Temperature index	Winter 冬溫	Summer 夏溫
-2 (cold)	較大自然水體封凍、車馬行冰上等描述 large freezing water body, horse vehicle on ice	嚴霜、連日大雪等記載 Heavy snow for days
-1 (slightly cold)	大雪、木冰等記載 heavy snow, ice on the trees	持續一個月以上之降雨描述 Rainfall over one month
0 (normal)	無相關記載 no records	無相關記載、短天數之降水等 No record. Rain for days.
1 (warm)	冬暖如春、熱如夏等描述 warm winter as in spring and summer	酷熱、兩月以上不雨、乾旱之記載 Very hot. No rain over two months. Drought.

Source: Modified from Wang and Wang 王紹武、王日昇(1990), Chen and Shi 陳家其、施雅風 (2002) [List the descriptions found in our study]

# Summer and winter temperature index

## 夏冬溫指數

(Chen and Shi陳家其、施雅風2002 )

Decadal data (10年期資料)

$$\begin{aligned} \text{Temperature index} &= 10 - 2N_1 - N_2 + N_3 \quad (2) \\ &= 10 + (-2)*\text{年數} + (-1)*\text{年數} + (1)*\text{年數} \end{aligned}$$

$N_1$ : year number of temperature index = -2

$N_2$ : year number of temperature index = -1

$N_3$ : year number of temperature index = 1

temperature index = 10 → normal

< 10 → cold

> 10 → warm

# Special weather

- ▶ Typhoon, hail, th (與天氣相關的記錄)

冬雷頻率 Wang (1980)與氣溫 Chu (1973)

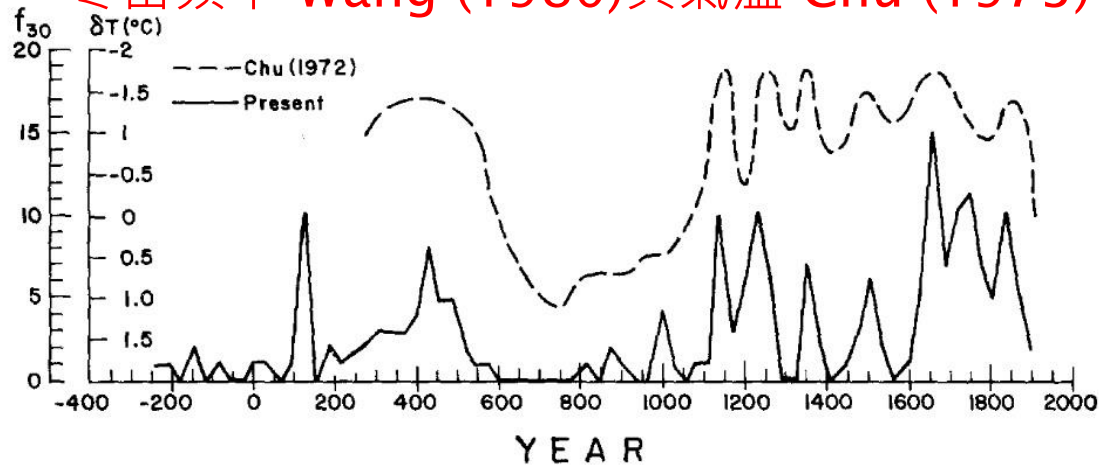


Fig. 3 Comparison between  $f_{30}$  and the  $\delta T$  of Chu (1973).

## ▶ Tornado

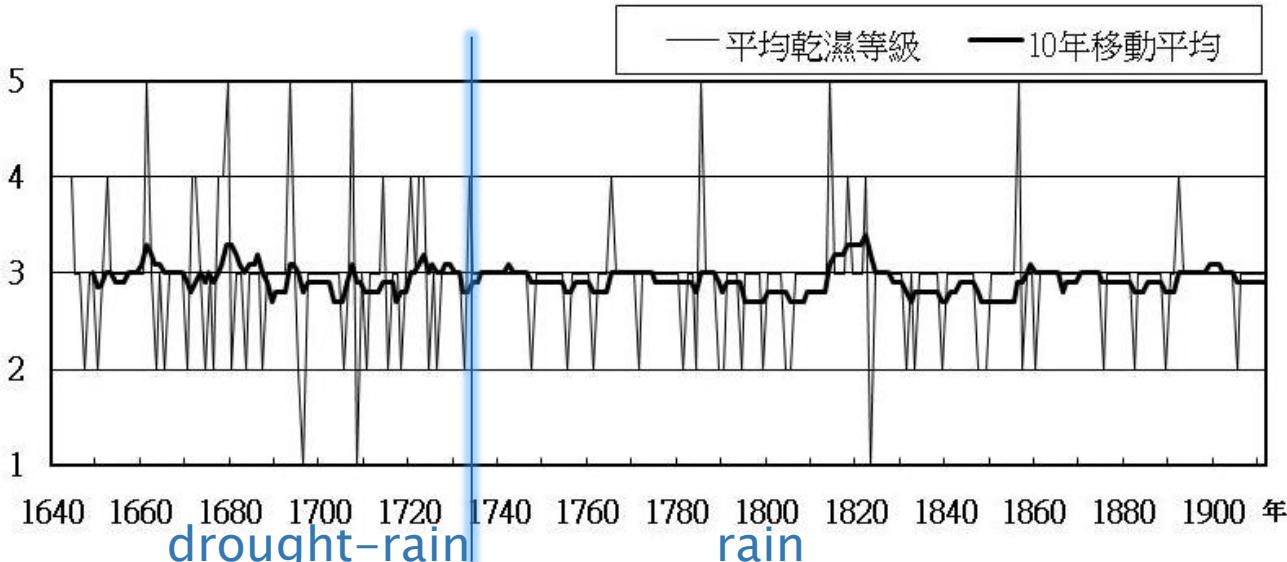
- ▶ 清·同治十年 (西元1871年) 「六月七日，雲中有龍下垂，風雨隨之，自白興鎮到虹橋鎮止，昏黑如夜，器物人民有攝至空中復落者，皆無恙，僅壞民廬數家，濱鎮一民家曬麥蘆席上，攝數丈高，及落地勻鋪如故，無傾側狀。」《光緒·崇明縣志》
- ▶ 清·康熙二十一年 (西元1682年) 「冬十月龍見。」《乾隆·青浦縣志》

Average precipitation index 平均乾溼(thin) 10-yr running mean (thick)

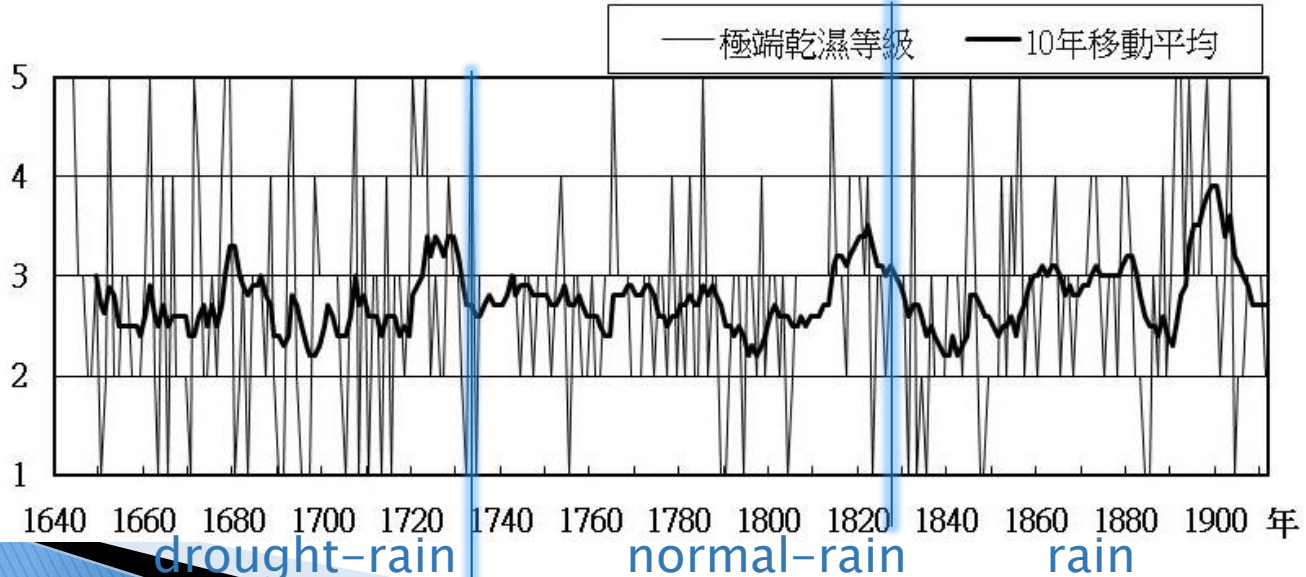
drought



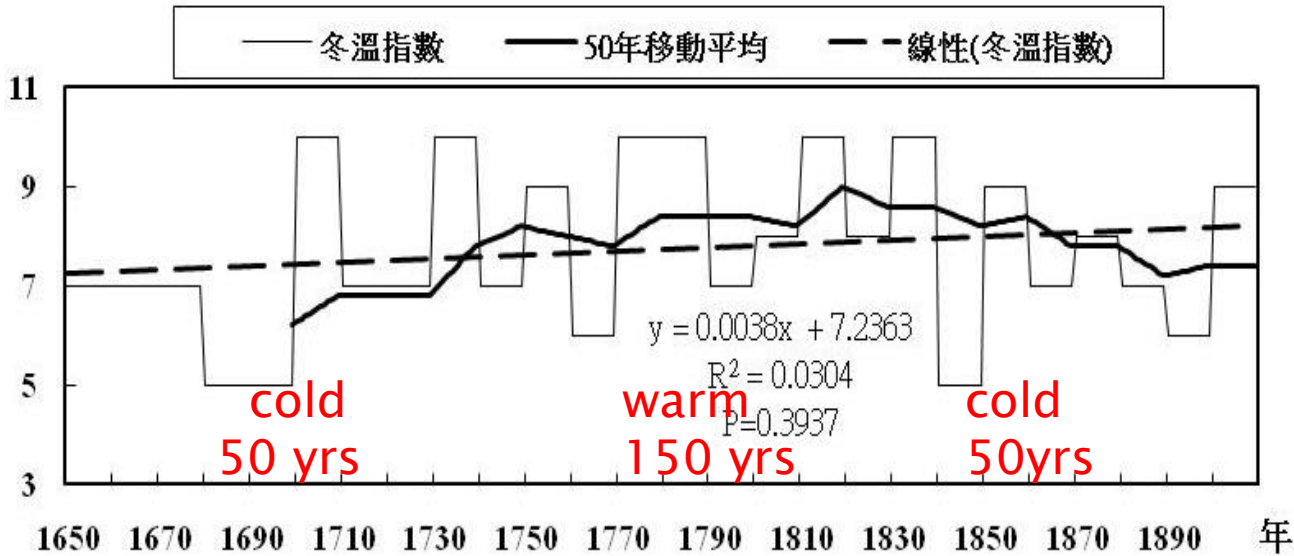
rain



extreme precipitation index 極端乾溼 (thin) 10-yr running mean (thick)



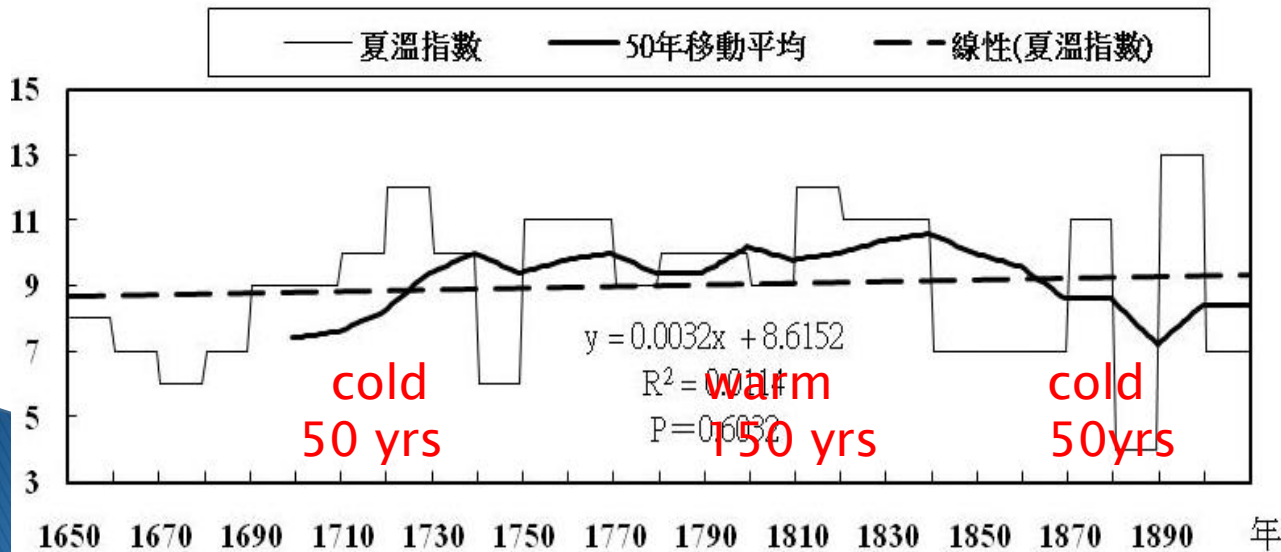
Winter temp 冬溫指數 (thin) 50-yr mean (thick) trend (dashed)



annual data  
1644-1911  
(268 yrs)

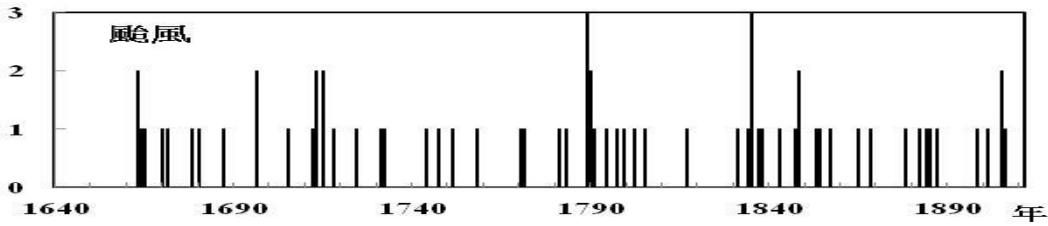
decadal data  
1650-1909

summer temp 夏溫指數 (thin) 50-yr mean (thick) trend (dashed)

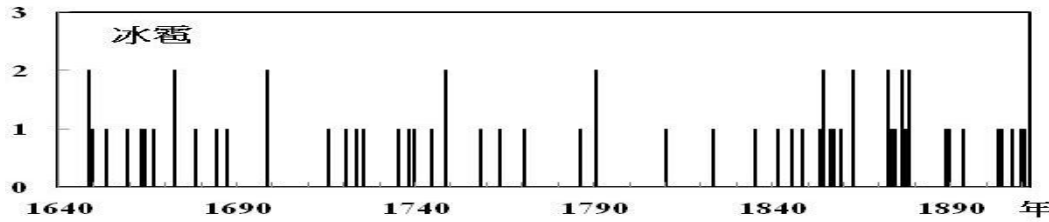


No warming trend.

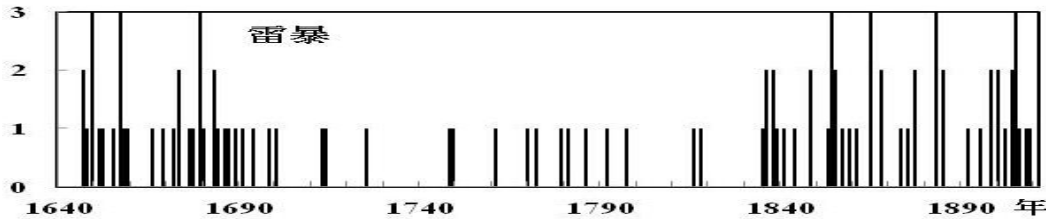




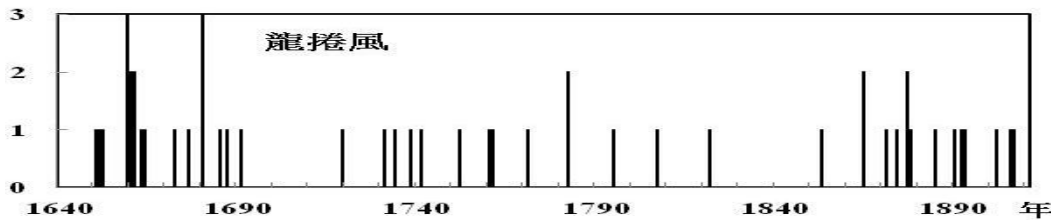
Frequency for every ten years (每10年)  
typhoon 2.5



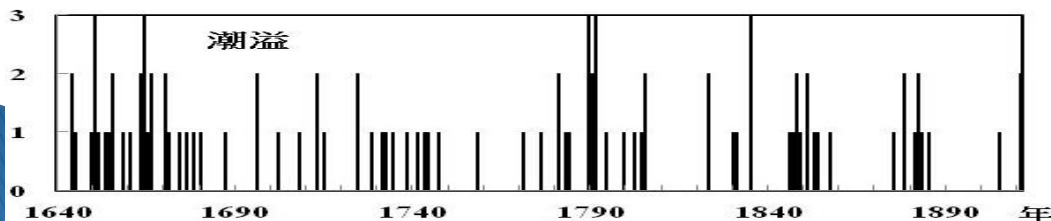
hail 2.3



thunderstorm  
3.6

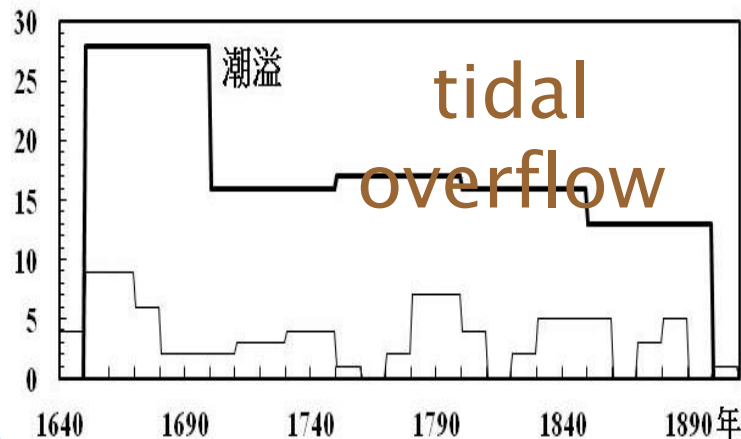
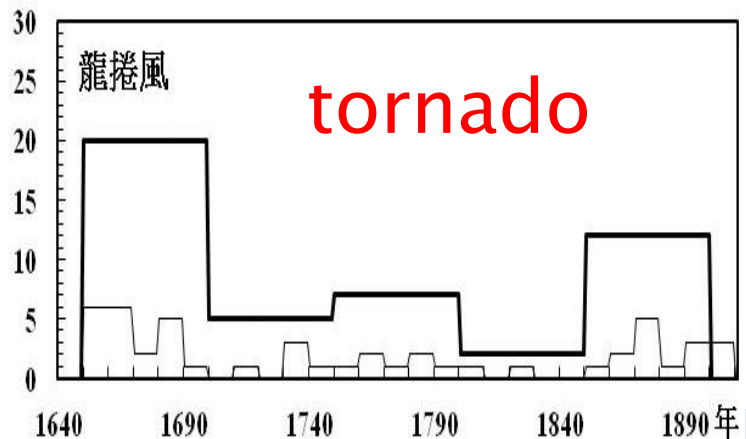
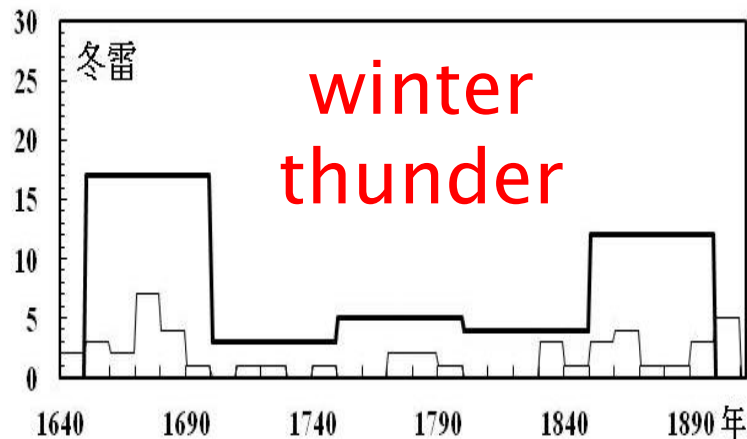
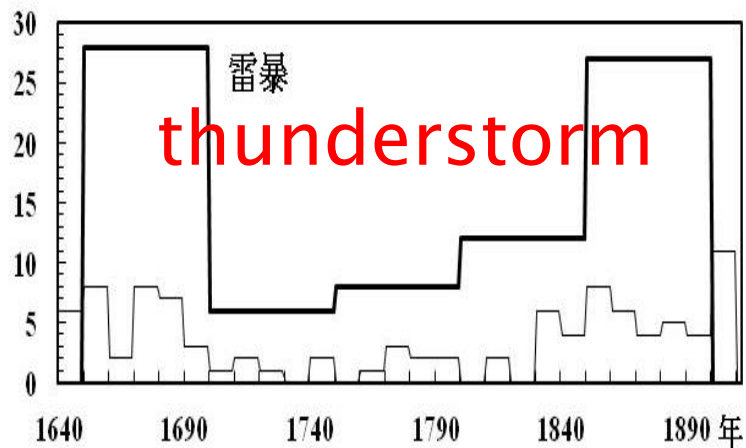
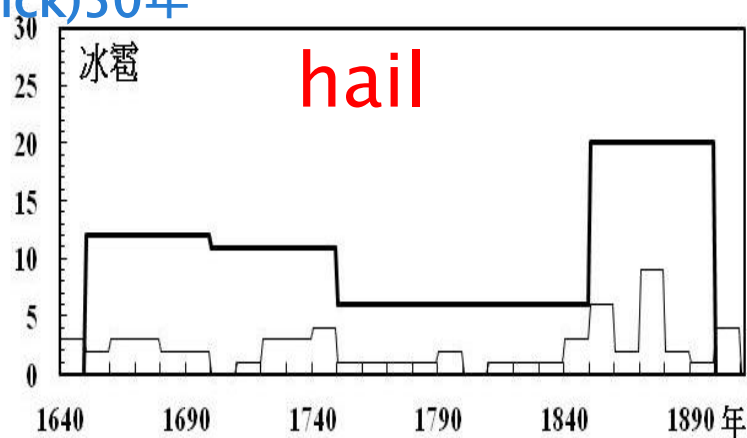
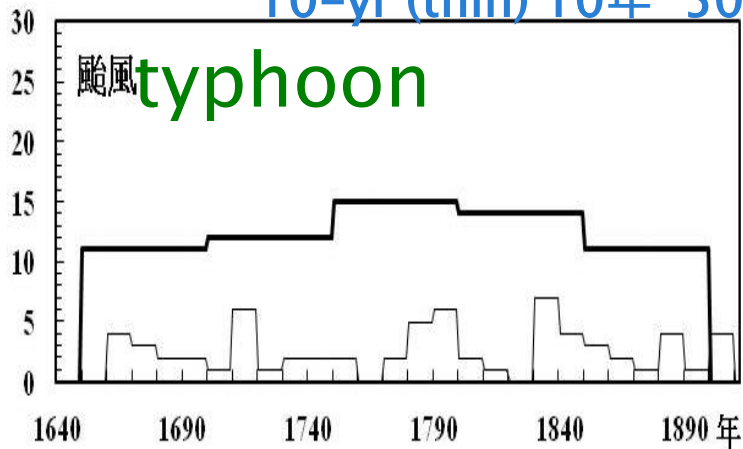


tornado 1.8



tidal overflow  
3.6  
low-lying area

10-yr (thin) 10年 50-yr (thick)50年



- 表6呈現各季節及月份的雷暴發生次數，從季節來看，春季和冬季有記錄的次數最多，而雨量較豐沛的夏季反而次數略少於春及冬季。從各月份的次數（表6）來觀察，次數最多的月份為一月和十二月，其餘十個月份雷暴次數相差不大。這樣的結果讓本研究更確定，雨季時多數的雷暴事件應該都因太過常見而未被記錄 (Wang 1980)，因此針對冬季來討論雷暴現象，或許才能真正的瞭解當時的實際狀況，減少因為資料不完全所造成的錯誤判斷。

表6 各季節及月份的雷暴發生次數

季節	春			夏			秋			冬		
次數	29			22			19			30		
月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
次數	15	5	8	3	8	6	7	6	3	7	6	15

註：各月份的次數中，不包含只記載發生季節的記錄。五月的次數中，包含一筆閏五月的記錄。

- 由龍捲風侵襲次數在季節及月份 (表7) 可知，從季節來看，夏季是發生次數最多的季節，其次為秋季，而從月份來看，最多的是六月 (13次)，其次為七月 (8次)、五月 (6次) 以及一月 (6次)，其餘各月大多僅有1次的記錄。而從月份上推斷，農曆的五、六、七月大約是長江沿岸梅雨的季節，也就是滯留鋒影響的時候，而農曆一月差不多是受到冷鋒影響的季節，因此才使得這幾個月份有較多龍捲風的記錄。

表7 各季節及月份的龍捲風發生次數

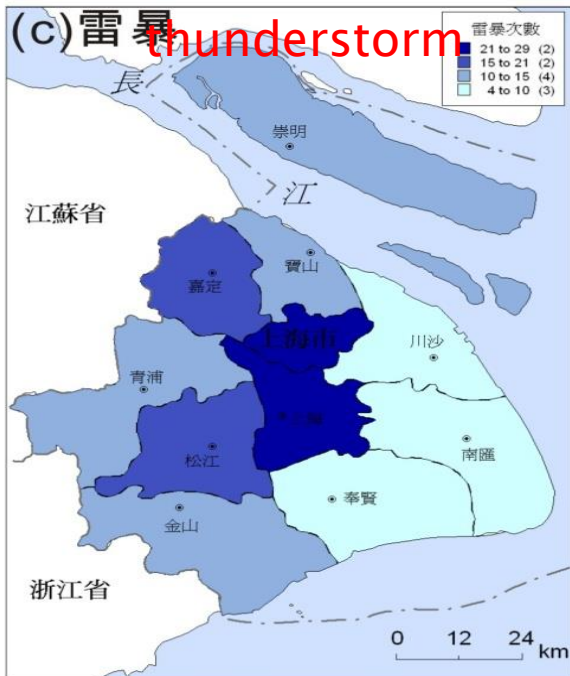
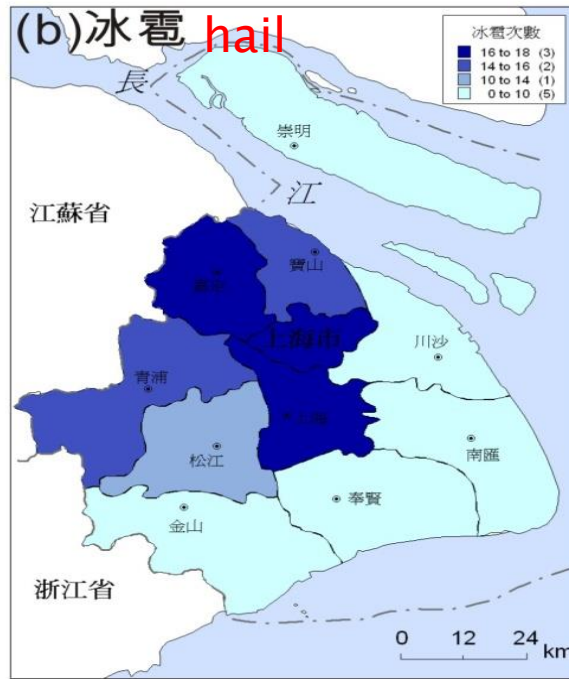
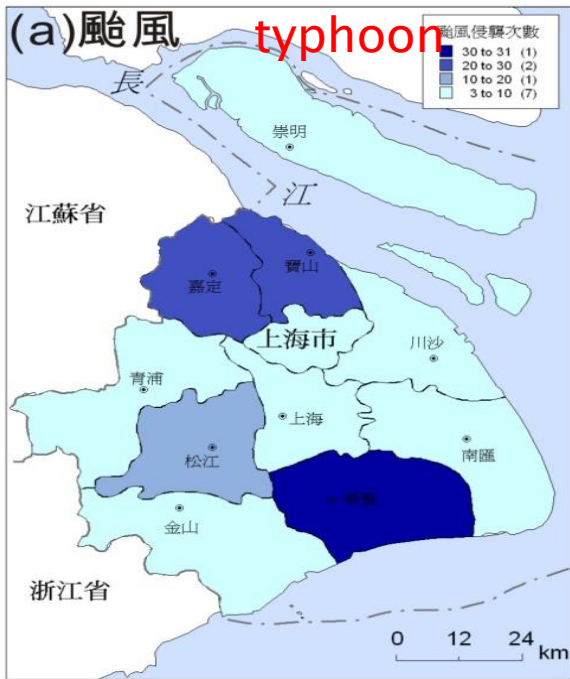
季節	春			夏			秋			冬		
次數	8			25			12			2		
月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
次數	6	1	1	1	6	13	8	3	1	1	1	0

註：各月份的次數中，不包含只記載發生季節的記錄。另外有兩筆資料並沒有註明季節、月份，因此不列入本表中。

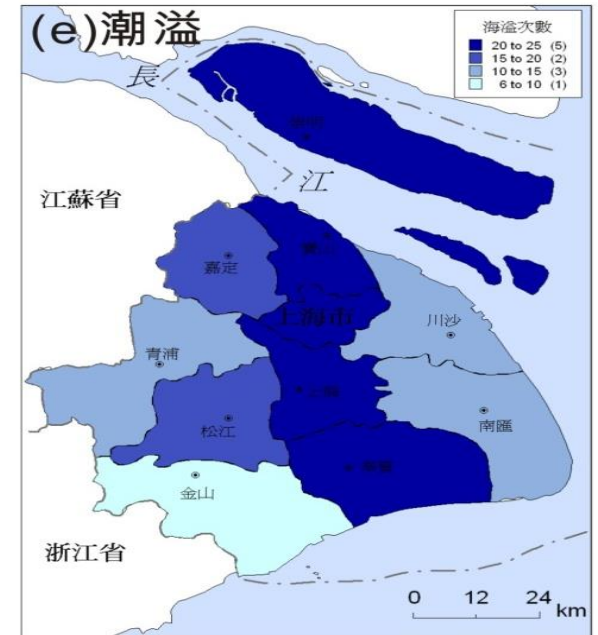


- ▶ 空間分布上，颱風侵襲次數以為奉賢 (31次) 最多，寶山 (25次) 及嘉定(22次) 次之 (圖7a及表5)。相對次數 (相對該縣市氣象資料總筆數的百分比) 亦是奉賢佔最高，約15% (表5)。
- ▶ 颱風記錄次數最多的奉賢位於上海地區的東南方，次多的寶山與嘉定則位於西北方，這些多是沿海區或位於長江口及黃浦江沿岸 (圖7a)，對照這三個縣的颱風記錄大部分都是出現在一樣的年份、日期，這代表著侵襲上海地區的颱風大多數能涵蓋整個上海地區，但除了這三個縣以外的縣市，大多只記錄了不到10次的颱風侵襲，因此造成如此縣市差異的可能原因，應該是早期判斷颱風不易，除非擁有長期的觀察經驗，否則無法輕易的察覺並記錄下颱風。主要的災害之一。

圖7a 清代上海地區 颱風發生次數縣市分布圖。



tidal  
overflow



Frequency  
in ten  
divisions

表 8 溫度與降水十年期資料的相關

Table 8. Associations of decadal data of temperature and precipitation

十年期	冬溫	平均乾 濕	極端乾濕	夏平均乾 濕	冬平均乾 濕	夏極端乾 濕	冬極端乾 濕
夏溫	0.1825	0.1270	<b>0.0667*</b>	0.0001	<b>0.0127*</b>	<b>0.0730*</b>	-0.0040
冬溫	--	0.0172	0.0333	0.0105	0.0123	0.0036	0.0134
平均乾 濕	--	--	<b>1.7921*</b>	<b>0.9025*</b>	0.0230	<b>1.6356*</b>	-0.0963
極端乾 濕	--	--	--	<b>0.2868*</b>	-0.0157	<b>0.8452*</b>	-0.0801
夏平均 乾濕	乾濕等級較高及雨量較少時，夏溫會較高；或是全年極端雨量較少，冬平均雨量較少或夏極端雨量較少時，夏溫會較高，呈現溫度與降水不同步現象。				-0.0382	<b>1.2490*</b>	-0.0186
冬平均 乾濕					--	-0.6000	<b>0.9200*</b>
夏極端 乾濕	--	--	--	--	--	--	-0.0789

註 1：表格內之數字代表相關分析斜率的平均數加減標準差，以橫向變數為橫座標，縱向變數為縱座標而得到。註 2：\*及黑體字表示  $p < 0.05$ ，有顯著性。

- ▶ 十年期資料 (表9) 顯示颱風發生次數與平均乾濕、極端乾濕、夏平均乾濕及夏極端乾濕序列有顯著的負相關 ( $p < 0.05$ )，表示颱風發生次數較多，乾濕等級較低，雨量較多。由表8可知上海雨季主要在夏季，所以颱風的發生可貢獻夏半年的平均與極端雨量，及全年的平均與極端雨量。颱風常伴隨旺盛對流及大範圍雲雨帶，攜帶水氣量多，所以颱風發生次數較多，極端降水量自然也會較多。另外，颱風常發源於熱帶海洋及好發於夏季，使得上海地區夏半年平均及極端雨量增加。

表 9 溫度降水與特殊天氣十年期資料的相關

Table 9. Associations of decadal data of temperature, precipitation and special weathers

十年期	夏溫	冬溫	平均乾濕	極端乾濕	夏平均乾濕	冬平均乾濕	夏極端乾濕	冬
颱風	-0.1905	0.1308	<b>-5.5346*</b>	<b>-2.3873*</b>	<b>-4.833*</b>	-6.8000	<b>-2.3349*</b>	
冰雹	-0.1905	-0.0885	1.5535	0.9601	1.3725	0.4000	0.1127	
雷暴	<b>-0.6825*</b>	-0.2348	1.1105	-0.3563	3.3824	<b>-18.4000*</b>	-0.6763	
冬雷	<b>-0.3413*</b>	-0.1536	2.2445	0.5415	2.9020	<b>-12.8000*</b>	0.5475	
夏雷	-0.1746	-0.3728	-0.8328	-0.6944	-0.1961	-3.6000	-0.7568	
龍捲風	-0.1349	-0.2577	0.7383	-0.1349	0.8137	4.4000	-0.9179	
潮溢	<b>-0.4444**</b>	-0.0217	-1.9197	<b>-2.4597**</b>	-1.1471	1.2000	<b>-2.9147*</b>	

註 1：表格內之數字代表相關分析斜率的平均數加減標準差，以橫向變數為橫座標，縱向變數為縱座標而得到。註 2：\*及黑體字表示  $p < 0.05$ ，\*\*及黑體字表示  $p < 0.10$ ，有顯著性。



# Temporal associations between special weather events 特殊天氣的時間相關

Decadal data	hail	thunder	tornado	Tidal overflow
typhoon	-0.3290	0.3132	-0.1877	<b>0.5902*</b>
hail	—	<b>0.5824**</b>	<b>0.3416**</b>	0.2309
thunder	—	—	<b>0.2014**</b>	0.1192
tornado	—	—	—	0.4537

# Spatial associations between special weather events 特殊天氣的空間相關

250-yr data	hail	thunder	tornado	Tidal overflow
typhoon	-0.0900	-0.1900	0.1900	<b>0.9800**</b>
hail	—	<b>0.6400*</b>	0.7100	0.2000
thunder	—	—	0.8100	0.0700
tornado	—	—	—	<b>0.3900**</b>

## ▶ 討論

- ▶ 特殊天氣現象方面，清代上海地區平均10年約有2.5個颱風侵襲。空間分布以東南及西北部沿海區發生次數最多。
- ▶ 相較於Liu et al. (2001) 重建廣東省的颱風登陸時間序列，在西元1400~1909年共510年間，平均10年有10.9個 (每年1.1個) 的頻率是較少。五十年的颱風侵襲上海累積次數顯示，以1750-1800年最多，1650-1700年、1850-1900年最少，而Liu et al. (2001) 發現在1650-1700年、1850-1900年間登陸廣東省的颱風次數最多，這些現象似乎與中國小冰期中最冷且最乾的事件一致，他們認為可能是主要颱風路徑在這個冷又乾的期間往南偏移，造成較多颱風登陸廣東。若西北太平洋颱風每年生成數目差異不太的情形下，因颱風路徑南移，有可能造成較少颱風登陸中國中部沿海。
- ▶ 統計近代1959-1990年上海地區測站資料 (中國上海市地方志，2012)，影響上海的颱風次數共108次，平均每年3.4次 (10年有33.8次)，最多年8次，最少年無颱風影響。另外，孟菲 (2008) 依據西元1949-2005年中國氣象局上海颱風研究所等資料進行分析，發現在這50年中，上海成災颱風年均生成數約1.5個 (10年15個)。顯然歷史文獻在颱風次數的觀察較近代少了許多，其中差異可能是由於近代氣候較暖及定量觀測儀器進步所致。

- ▶ 冰雹發生次數平均10年有2.3次，空間分布上以中部西北部最多，東北部較少，這可能是好發區的地理位置位於長江口與黃浦江沿岸，以及城市開發程度較高與人口較多有關。
- ▶ 雷暴發生次數平均10年有3.6次，春冬季多於雨季時的夏季。空間分布上，雷暴與冰雹發生次數類似，只是雷暴整體次數較多。比較靳利梅、史軍 (2010) 分析近代1960-2008年上海地區的雷暴氣候特徵，結果顯示在時間上，雷暴有逐年減少之趨勢，而本研究並無此現象。
- ▶ 靳利梅、史軍 (2010) 亦發現各季節發生比例以夏季平均17.6天最多，春季 (6.2天)、秋季 (3.9天) 次之，冬季 (0.4天) 最少，此數值證實了Wang (1980) 和我們的推測，雨季時多數的雷暴事件應該都因太過常見而未被記錄，因此除了冬季之外，其餘三個季節的雷暴次數都有可能被低估了。
- ▶ 空間分布上，近代1960-2008年的雷暴以西南部 (金山) 和東北部 (崇明) 的次數較多，而中部次數較少 (靳利梅、史軍 2010)，與本文發現中部 (上海) 及西北部次數最多的結果不大相同。但若從本研究的相對次數 (相對該區總氣象資料筆數的百分比) 來看，金山卻是上海地區雷暴記錄比例最高的，而崇明次之，顯示雷暴是這二縣市的重要災害。這個空間上的差異，仍待後續進一步研究。

## ▶ **Conclusions (1)**

- ▶ The average and extreme dry–wet indexes show a frequently dry or wet change in 1644–1730, but a mostly wet change after 1740.
- ▶ The decadal winter and summer temperature indexes show that the Shanghai area is colder in the first fifty years and last fifty years than the middle period of 150 years. However, there is no warming trend during the study period.
- ▶ Summer temperature has a significantly negative relationship with extreme rainfall from decadal data, implying higher extreme rainfall and then lower summer temperature with a non–synochronous change.
- ▶ The frequency of typhoon, hail, thunderstorm, tornado and flooding is 2.5, 2.3, 3.6, 1.8 and 3.6 for every ten years, respectively, and thunderstorm and flooding have the highest frequency among the spatial weathers. The 50–year statistics shows that the number of typhoons impacting Shanghai is more in the middle period, and fewer in the initial and final periods.

## ▶ Conclusions (2)

- ▶ On the contrary, those of hail, thunderstorm and tornado are more in the initial and final periods than the middle period and that of flood is more in the initial period and fewer in the middle and final periods.
- ▶ The spatial distribution of event frequency shows that typhoon occurs more in the southeast and northwest. Hail, thunder and tornado have a similar pattern, more in the middle and northwest. This could be attributed to areas close to the sea and the river, and higher urban development status. Flooding occurs more in the counties along the river and sea or in the isolated island, due to the effect of river and sea levels.
- ▶ Associations between temperature, precipitation and special weathers show that typhoon contributes to average and extreme precipitation; more thunderstorms in the whole year or in the winter contributes to average precipitation in the whole year or in the winter, then lower summer temperature and more flooding. More typhoons and tornados might cause more flooding. Strong associations between hail, thunderstorm and tornado might be caused by severe convective systems and large-scale unstable atmosphere.

▶ Thank you for your attention.



- ▶ **18<sup>th</sup>–19<sup>th</sup> century, significant progress in meteorology**
  - progress in physics and chemistry
  - instruments of pressure, temperature, humidity, wind and rain amount
- ▶ **Earlier climate**
- ▶ **Climate proxies (indirect measurements)**
- ▶ Ice cores, tree rings, corals, pollen grains, lake and ocean sediments
- ▶ **Historical documents** can provide more direct and better time resolution in climate information (Wang and Zhang 1988).
  - Qualitative data
  - Quantitative data: Clear and Rain Records (晴雨錄), Inches of Rain and Snow (雨雪分寸)– few cities in Qing Dynasty



# Data analysis

- ▶ Precipitation index 乾溼等級
  - **Regional extreme precipitation index 全區極端等級**
    - **Table 1** – Define the precipitation index for each division (descriptions of natural and social aspects)  
**分區等級**
    - **Table 2** – Define the regional extreme precipitation index
  - **Regional average precipitation index 全區平均等級**
    - **Table 1** – Define the precipitation index for each division **分區等級**
    - **Equation 1** – calculate k value from all divisions
    - **Table 3** – Define the regional average precipitation index from k value
  - **1 for rain 5 for drought (smaller precipitation index, larger rain)**

## Table 3.

The standard of regional average precipitation index (k)  
由k查表得全區平均乾溼等級

index	1 (torrential rain) 溼	2 (heavy rain)	3 (normal)	4 (drought)	5 (great drought) 乾
k	<b>0.33</b> -0.67	0.68-0.90	<b>0.91-1.10</b>	1.11-1.32	1.33- <b>1.67</b>

• Source: Zhong and Zhou (1994).

- Ex: index values of 5 divisions (1 for rain, 5 for drought)
- Example 1: 1, 2, 3, 4, 5  
 $k=(1+2+3+4+5)/(5 \times 3) = 1 \rightarrow$  normal
- Example 2: 1, 1, 1, 1, 1  
 $k=(1+1+1+1+1)/(5 \times 3) = 0.33 \rightarrow$  torrential rain
- Example 3: 5, 5, 5, 5, 5  
 $k=(5+5+5+5+5)/(5 \times 3) = 1.67 \rightarrow$  great drought

# Data analysis

- ▶ Temperature data << precipitation data
  - **Decadal data (10年期資料而非每年資料)**
- ▶ temperature index
  - **summer temperature index 夏溫指數**
  - **winter temperature index 冬溫指數**
    - **Table 4**– Define the temperature index every year 溫度分級
    - **Equation 2**– decadal data of temperature index 十年期溫度分級指數

# Data analysis

- ▶ **Precipitation index (annual data)** 乾溼等級
  - Extreme precipitation index 全區極端
  - Average precipitation index 全區平均
- ▶ **Temperature index (decadal data)** 溫度指數
  - Summer temperature index 夏半年溫度
  - Winter temperature index 冬半年溫度
  - 冬半年是指9月至隔年1月；夏半年是3至7月
- ▶ **Frequency of special weather event (annual data)**
  - Typhoon, hail, thunder, tornado and tidal overflow
    - ▶ **Lunar calendar:** spring (Jan, Feb, March), summer (April, May, June), autumn (July, August, September), winter (October, November, December)

# 特殊天氣的絕對次數與相對次數

表5 上海地區各縣市資料總筆數及特殊天氣資料筆數，後者以絕對次數(單位：次)及相對次數(單位：百分比，在括號內)表示。

縣市	十縣市 相加	上海 地區	上海	川沙	奉賢	松江	金山	青浦	南匯	崇明	嘉定	寶山
總資料數	2363	2363	439	147	211	242	120	281	142	135	318	328
特殊天氣筆數	580	374	82	35	65	58	33	53	27	58	88	81
颱風次數	119	67(3)	5(1)	5(3)	31(15)	11(5)	7(6)	6(2)	3(2)	4(3)	22(7)	25(8)
冰雹次數	94	63(3)	8(4)	5(3)	0(0)	10(4)	4(3)	15(4)	5(4)	7(5)	16(5)	14(9)
雷暴次數	136	98(4)	29(7)	9(6)	5(2)	18(7)	14(12)	14(5)	4(3)	11(8)	20(6)	12(4)
龍捲風次數	57	49(2)	9(2)	3(2)	4(2)	3(1)	2(2)	4(1)	2(1)	13(10)	11(3)	6(2)
潮溢次數	174	97(4)	21(5)	13(9)	25(12)	16(7)	6(5)	14(5)	13(9)	23(17)	19(6)	24(7)