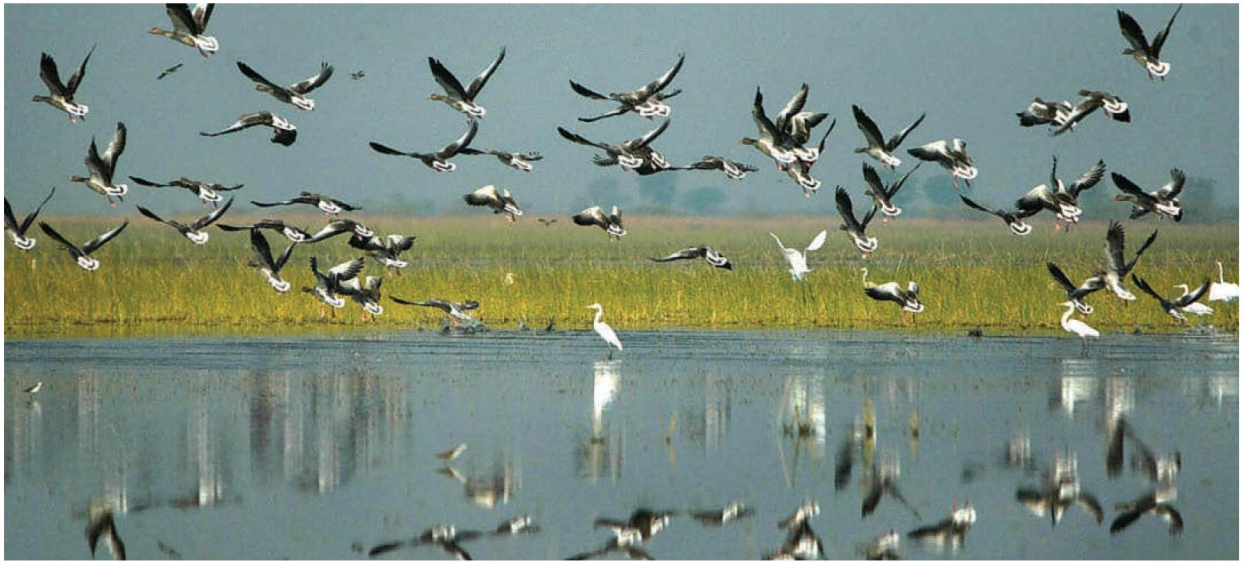
Changes in Seasonality季節變遷

(Winter and Summer)

許晃雄、黃威凱

中研院環境變遷研究中心

Migrating greylag geese 雁的季節性遷徙



S. PANTHAKY/AFP/GETTY IMAGES

© ROBERT J. WILSON

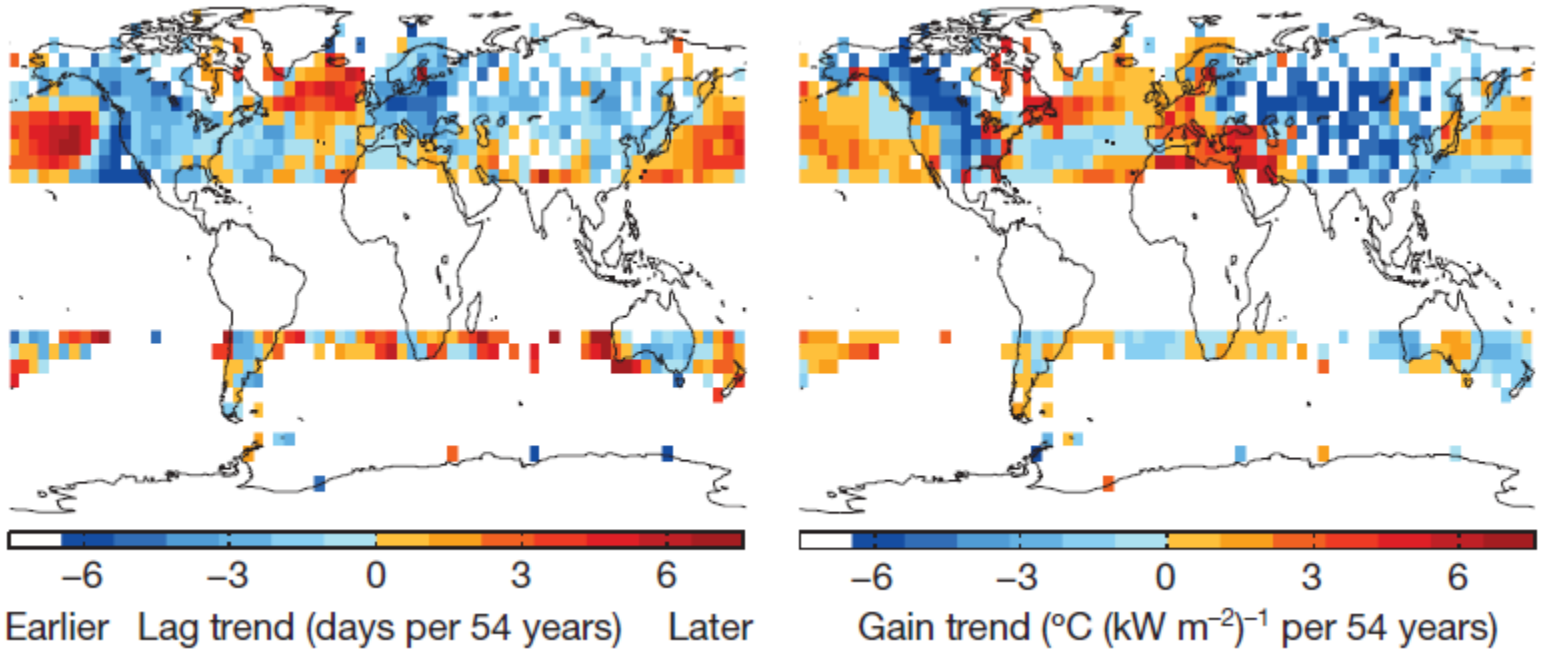
蝴蝶提早**2-3**周出現

Duke of Burgundy butterflies
In Britain, the first annual appearance of this species (*Hamearis lucina*) now occurs two to three weeks earlier than it did three decades ago.
(NATURE CLIMATE CHANGE | VOL 1 | MAY 2011)

蓮霧 **wax apple**
Syzygium samarangense

高溫多雨導致蓮霧減產、售價大幅下滑

Stine et al. (2009, Vol 457|22 January 2009| doi:10.1038/nature07675)
“phase of the annual cycle of surface temperature over extratropical land shifted towards earlier seasons by 1.7 days between 1954 and 2007”
1954-2007年間，中緯度陸地溫度年變化提前**1.7**天

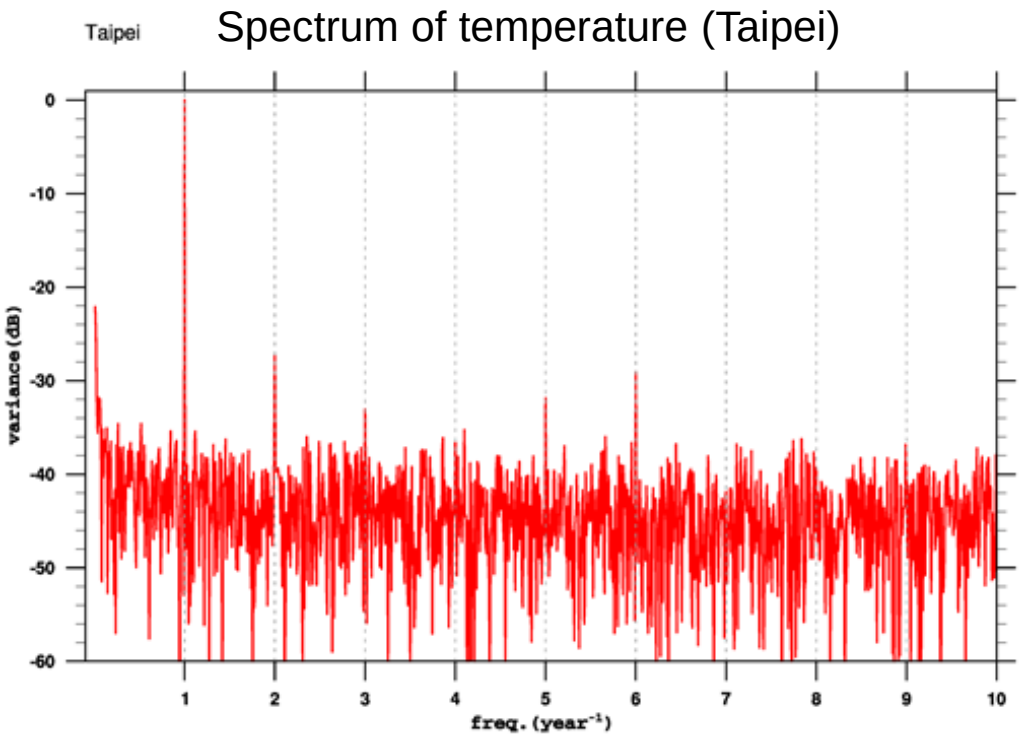


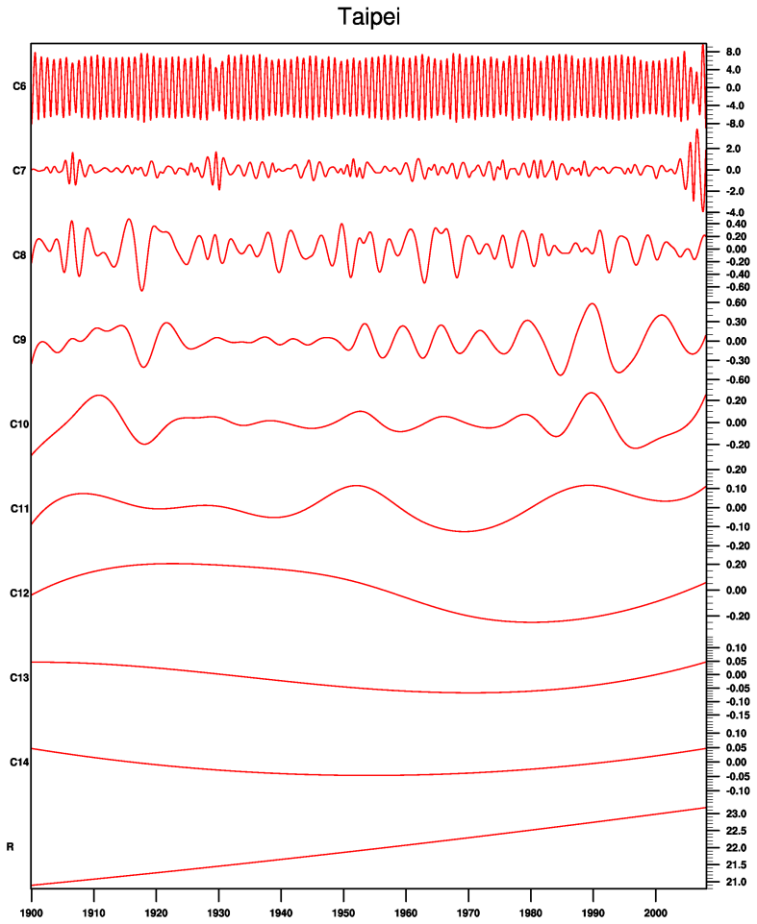
資料

- 中央氣象局測站
  台北、台中、台南、恆春、台東、花蓮
- 全球
  NCEP R1、ERA40、20 Century Re-analysis

EEMD/HHT and FFT:

- FFT: 保留週期長於6個月
- HHT: 保留 C6+C7+ … + Residual



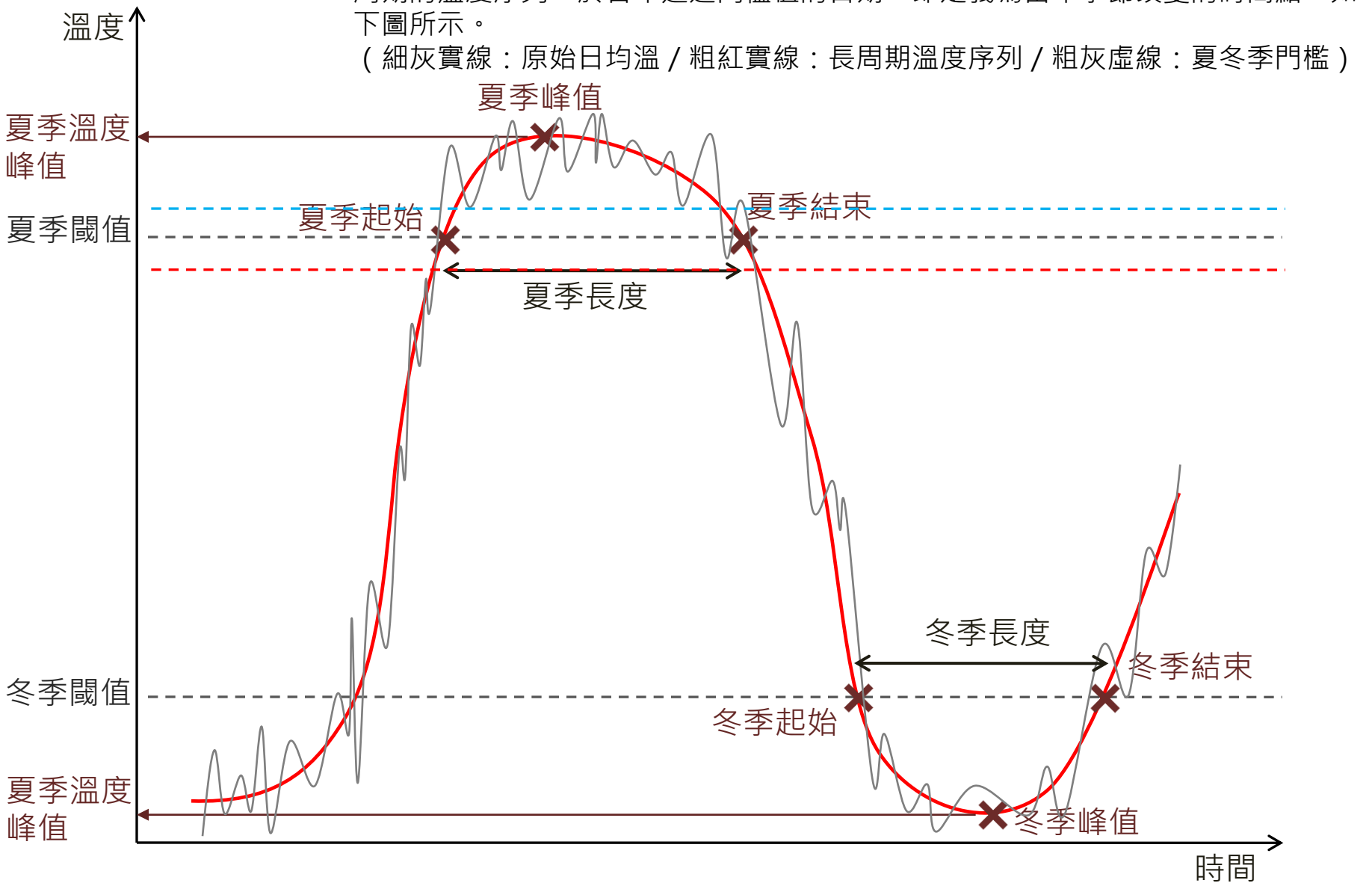


方法

參考Yan et al.(2011)，取1961~1990年間的日均溫為氣候值，將最熱（冷）的連續90日之頭尾日溫度平均，得到夏（冬）季的氣候門檻值。

對整個資料長度，以Hilbert-Huang Transform / Fourier Transform方法分解，再合成長周期的溫度序列，於各年通過門檻值的日期，即定義為當年季節改變的時間點。如下圖所示。

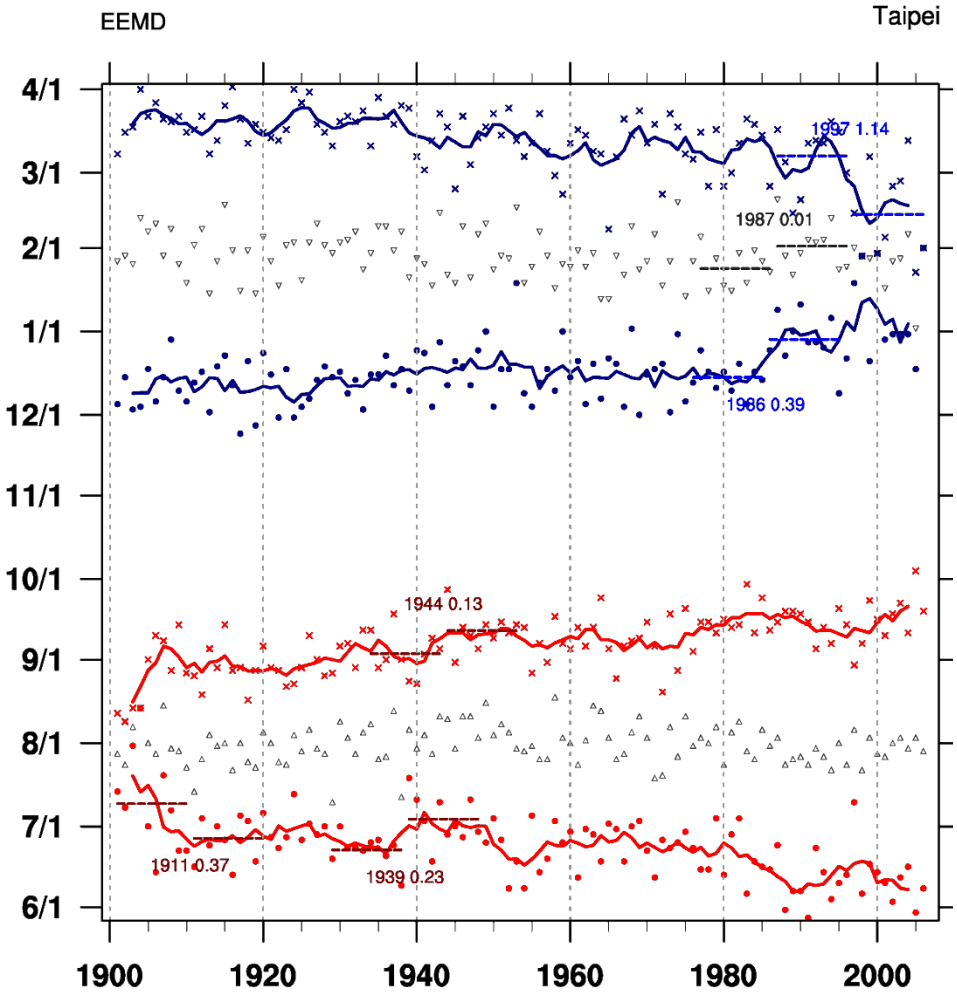
（細灰實線：原始日均溫 / 粗紅實線：長周期溫度序列 / 粗灰虛線：夏冬季門檻）

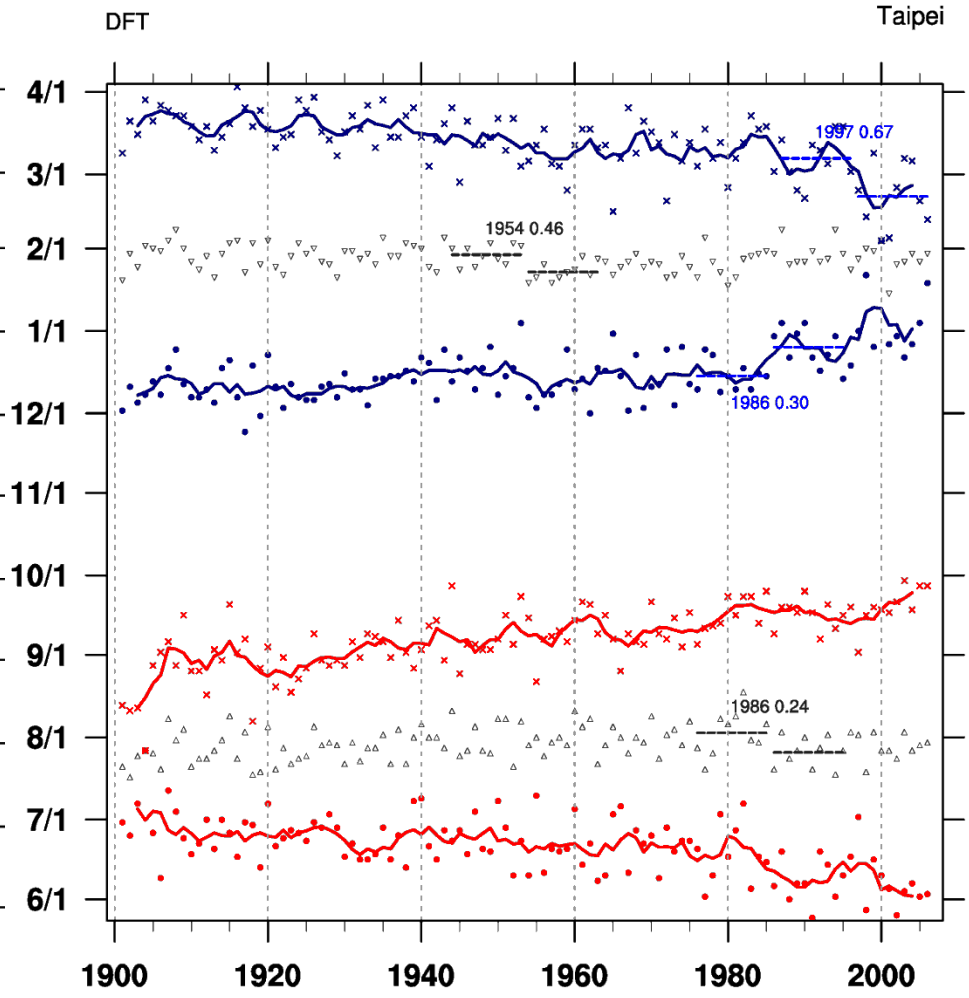


臺北

分別標出各年的夏、冬季起始、峰值、結束日期。橫軸為年份，縱軸為日期。

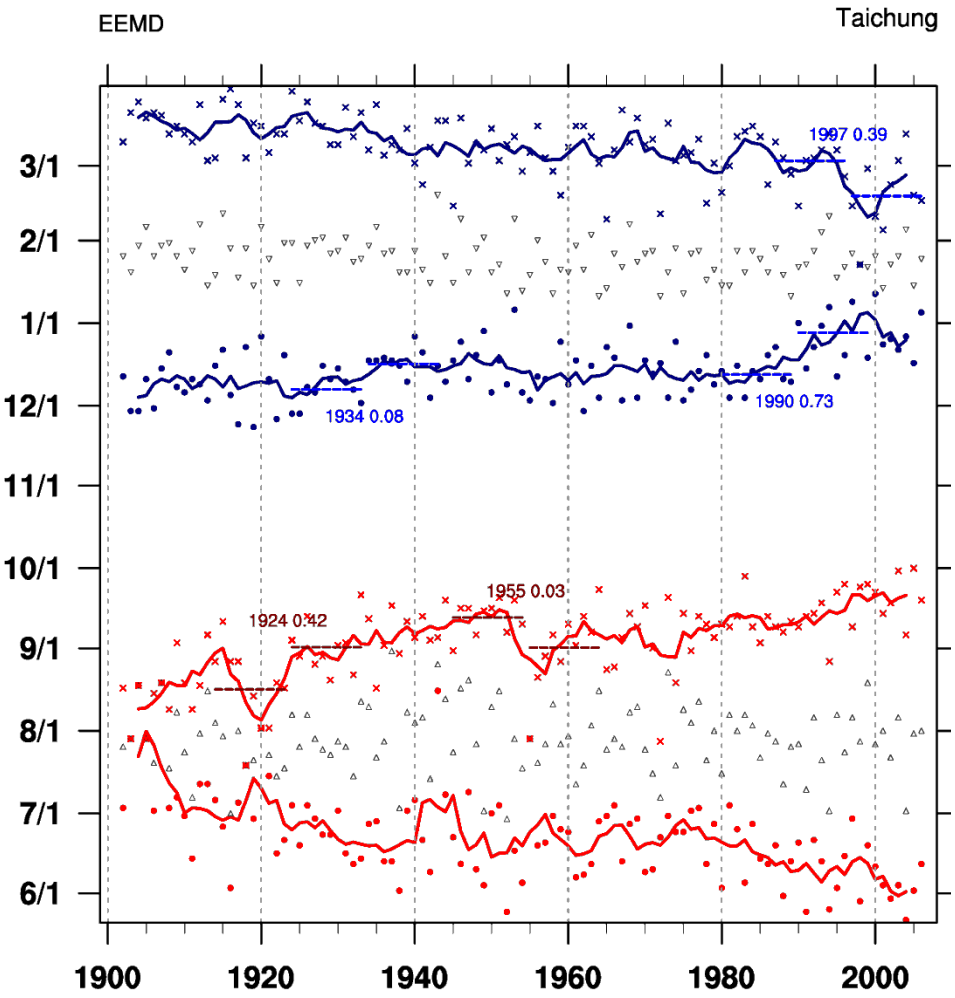
計算有通過regime shift測試的年份，圖中所標數字為年份及該瞬變點的RSI值。兩橫虛線各為前後十年的平均。

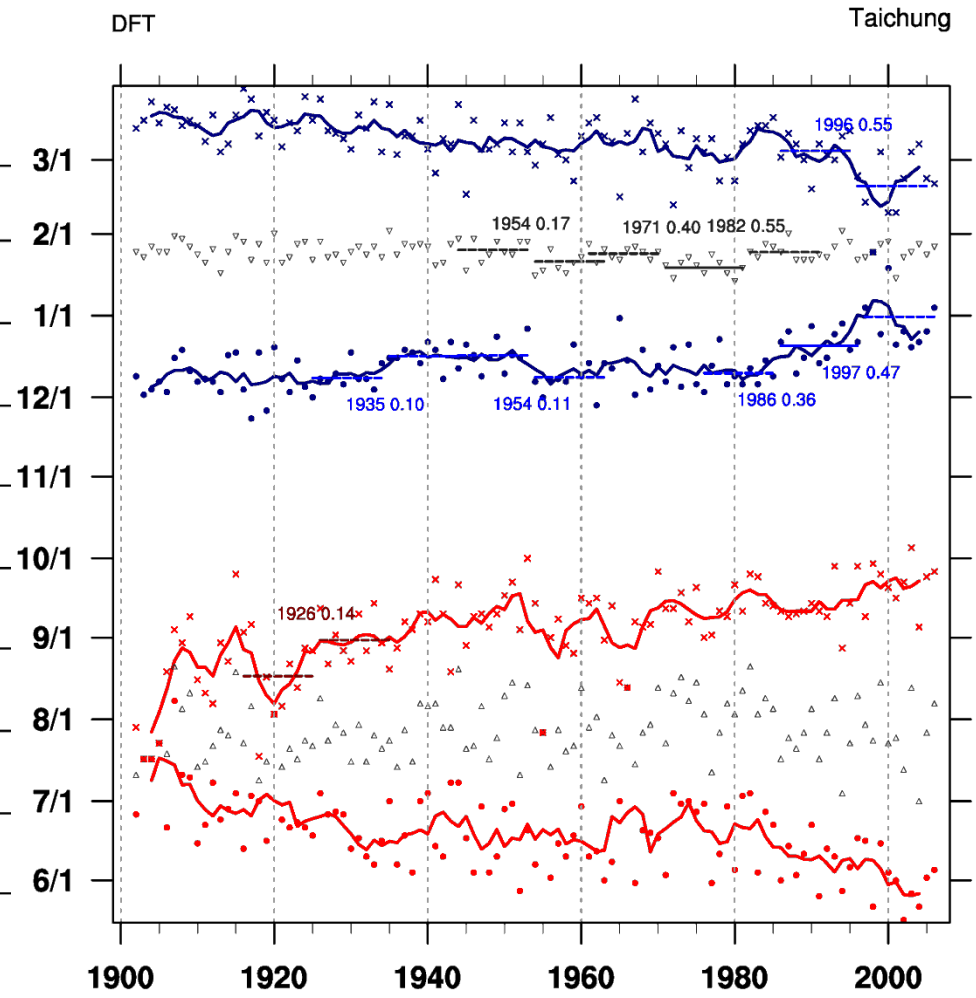




台中

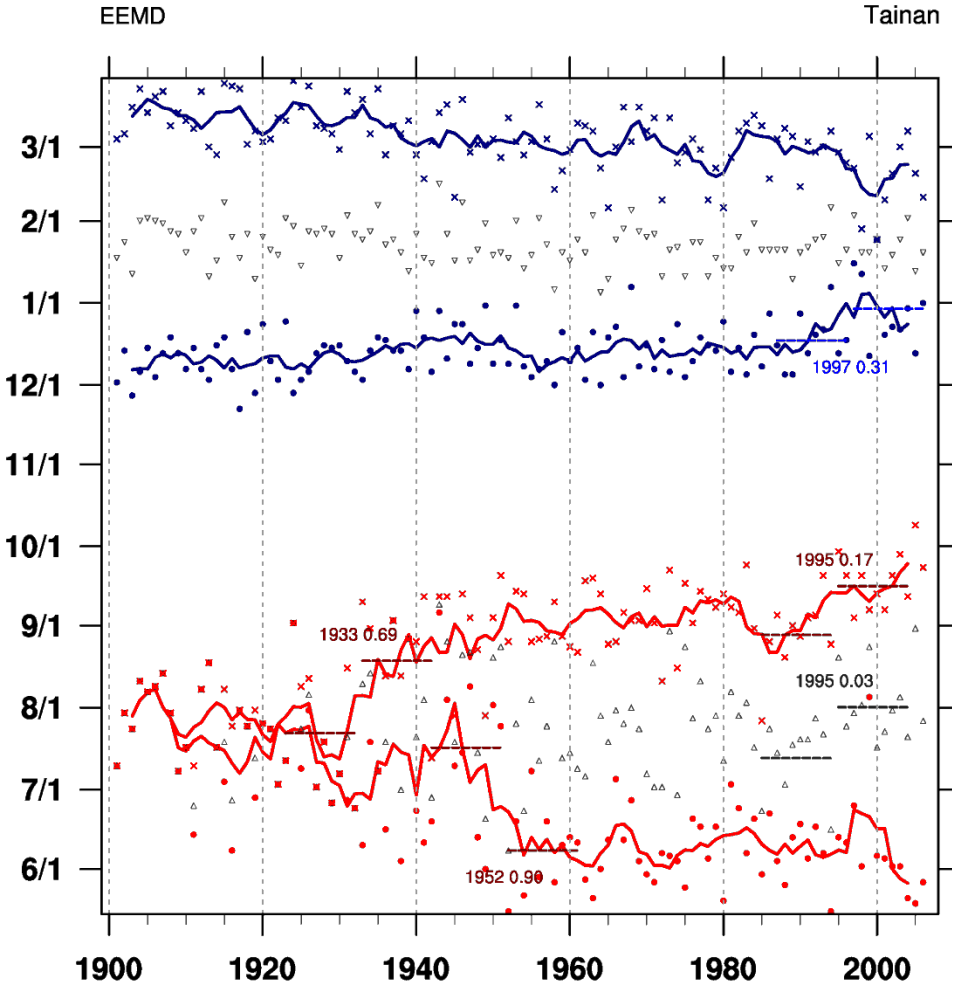

Taipei
Taichung
Hualien
Tainan
Taitung
Hengchun

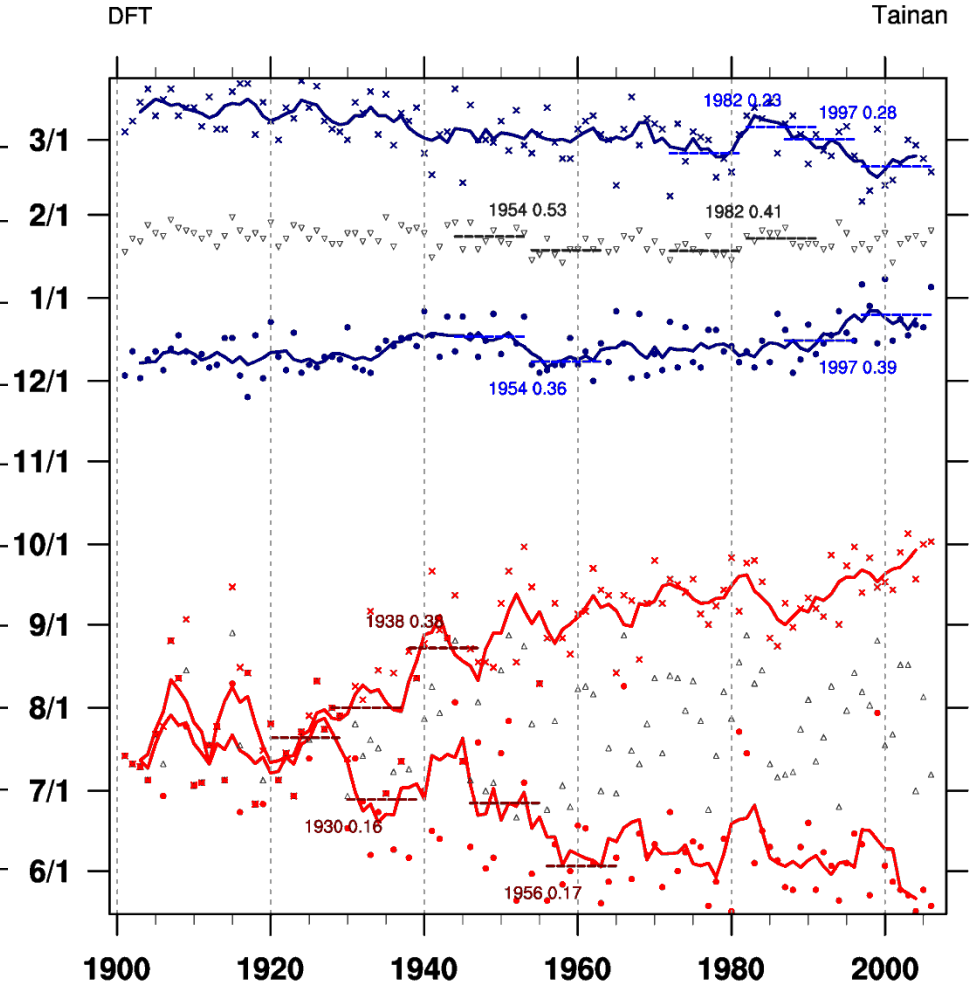

EEMD
Taichung
1997 0.39
1934 0.08
1990 0.73
1924 0.42
1955 0.03
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000


DFT
Taichung
1996 0.55
1954 0.17
1971 0.40
1982 0.55
1935 0.10
1954 0.11
1997 0.47
1986 0.36
1926 0.14
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000

台南

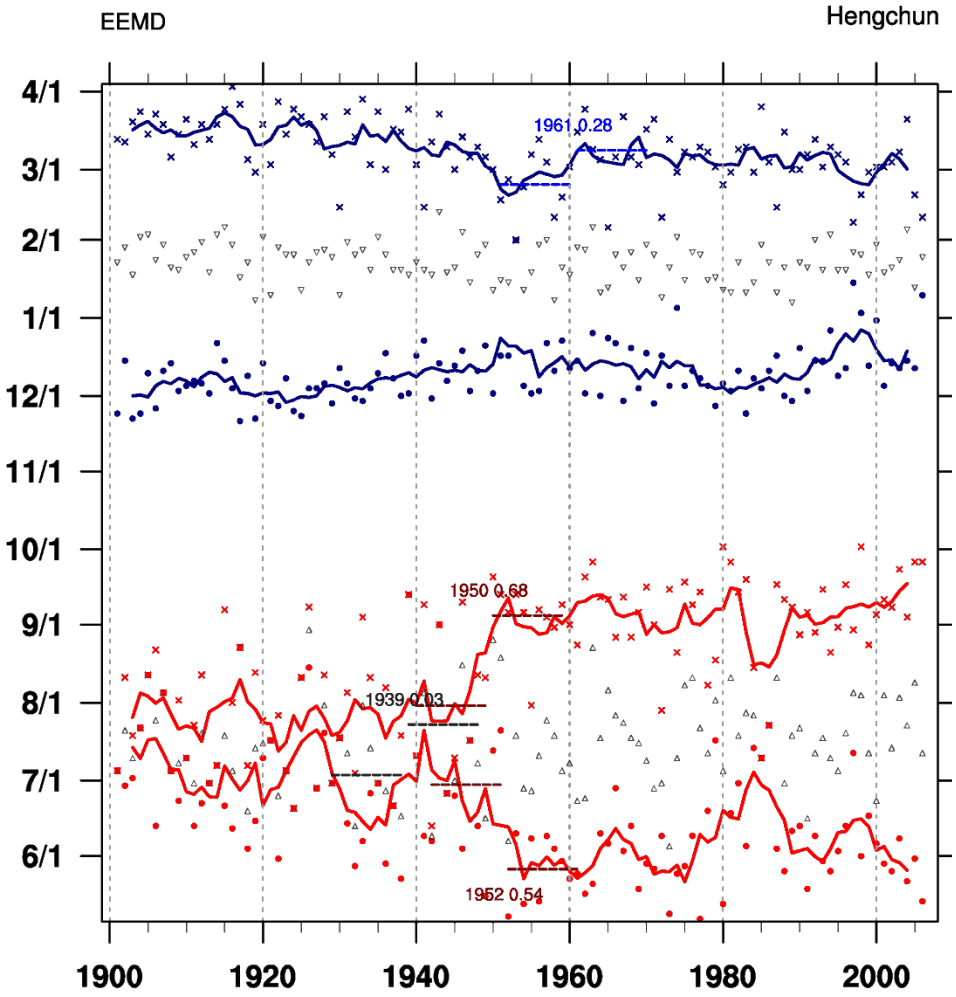

Taipei
Taichung
Hualien
Tainan
Taitung
Hengchun

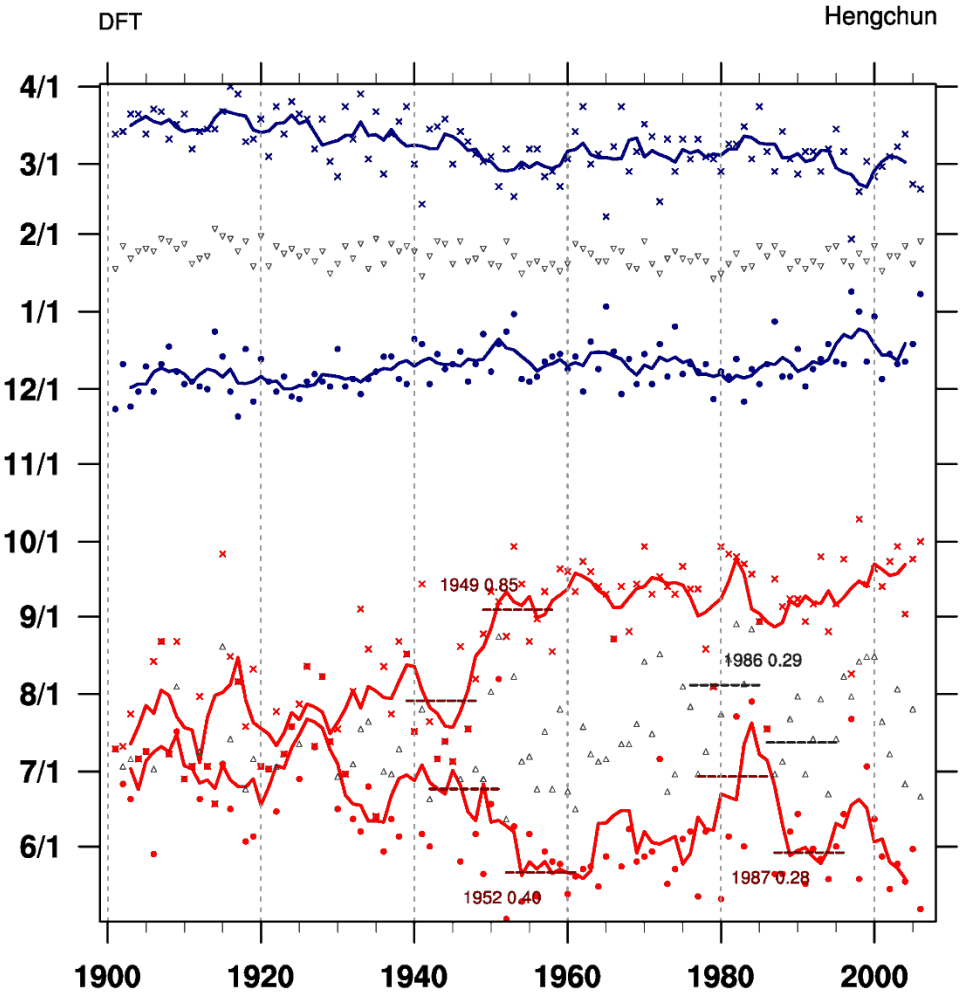

EEMD
Tainan
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1997 0.31
1995 0.17
1933 0.69
1995 0.03
1952 0.99
1900
1920
1940
1960
1980
2000


DFT
Tainan
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1982 0.23
1997 0.28
1954 0.53
1982 0.41
1954 0.36
1997 0.39
1938 0.38
1930 0.16
1956 0.17
1900
1920
1940
1960
1980
2000

恆春

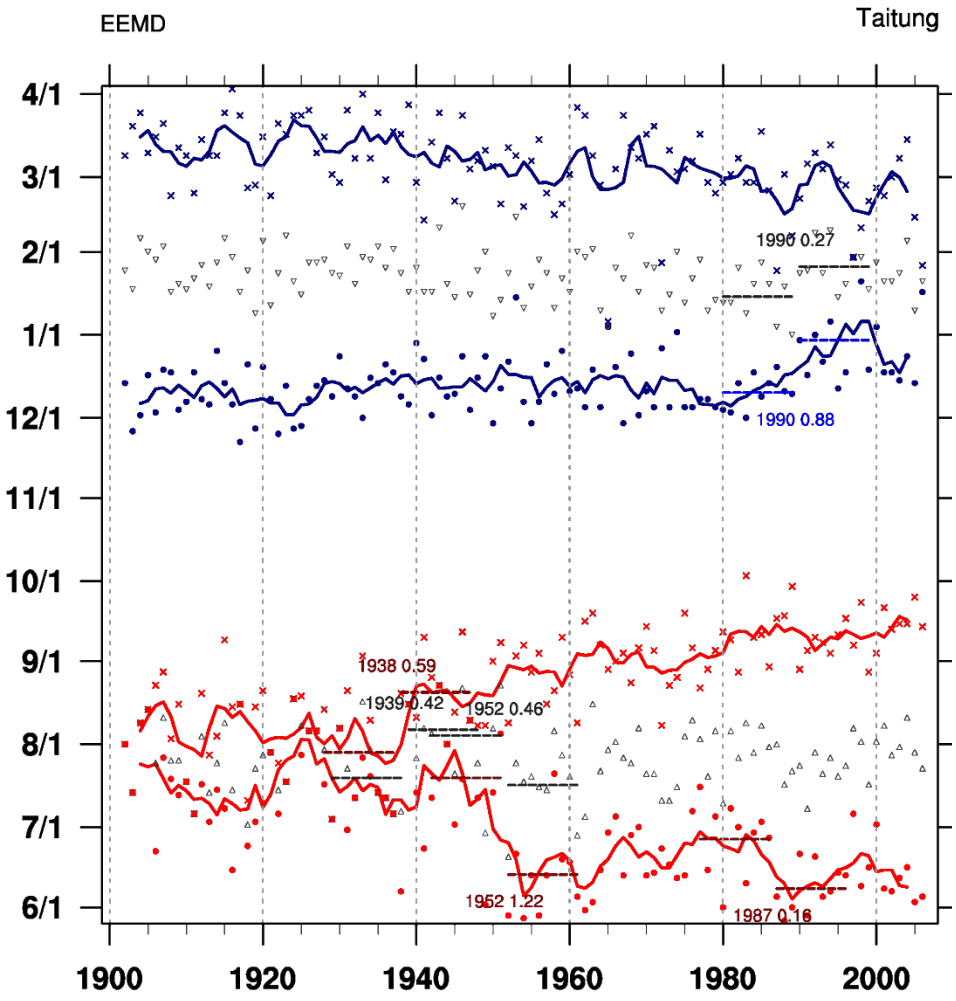

Taipei
Taichung
Hualien
Tainan
Taitung
Hengchun

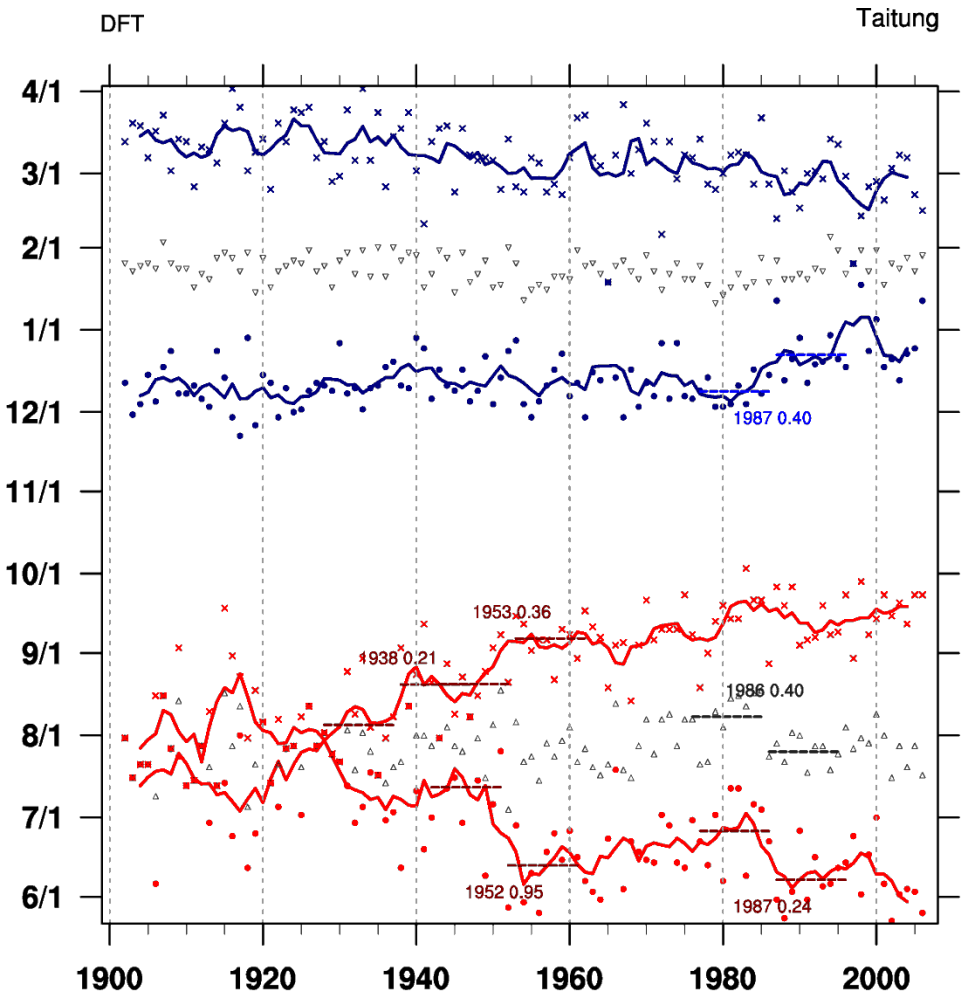

EEMD
Hengchun
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1961 0.28
1950 0.68
1939 0.03
1952 0.54
1900
1920
1940
1960
1980
2000


DFT
Hengchun
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1949 0.85
1986 0.29
1952 0.40
1987 0.28
1900
1920
1940
1960
1980
2000

台東

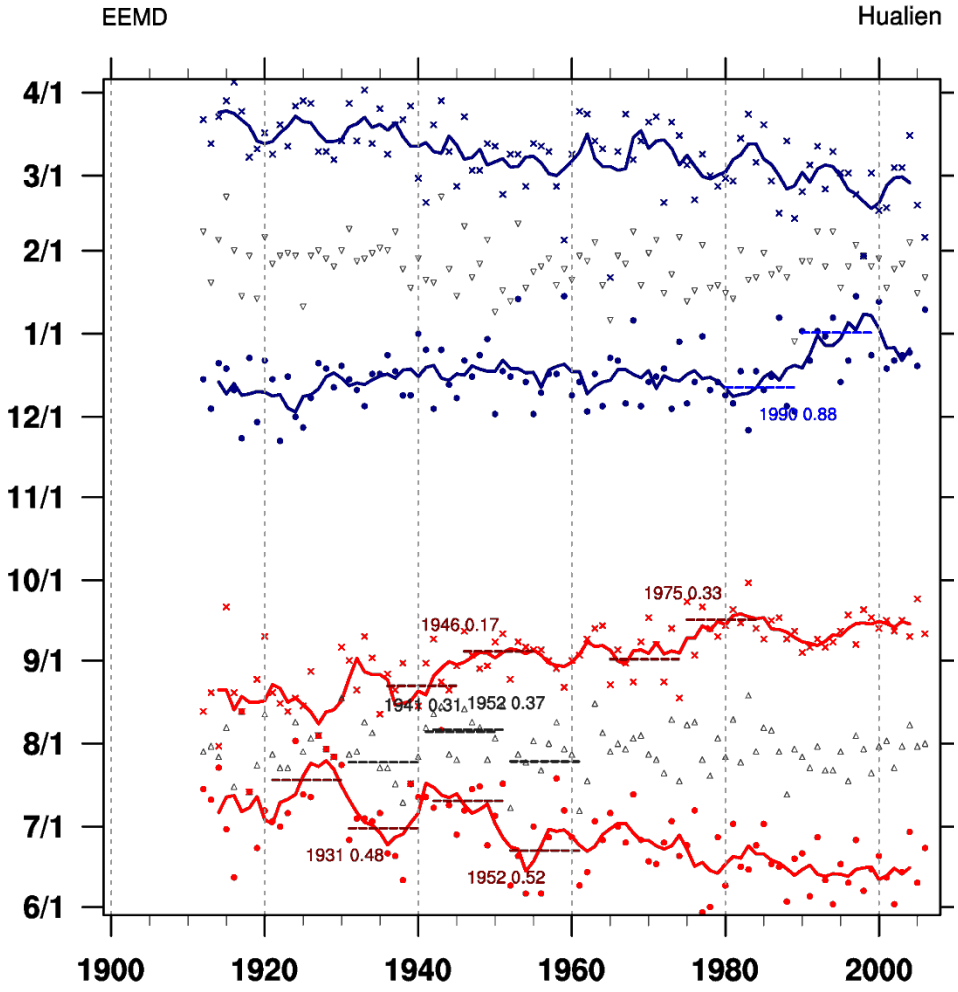

Taipei
Taichung
Hualien
Tainan
Taitung
Hengchun

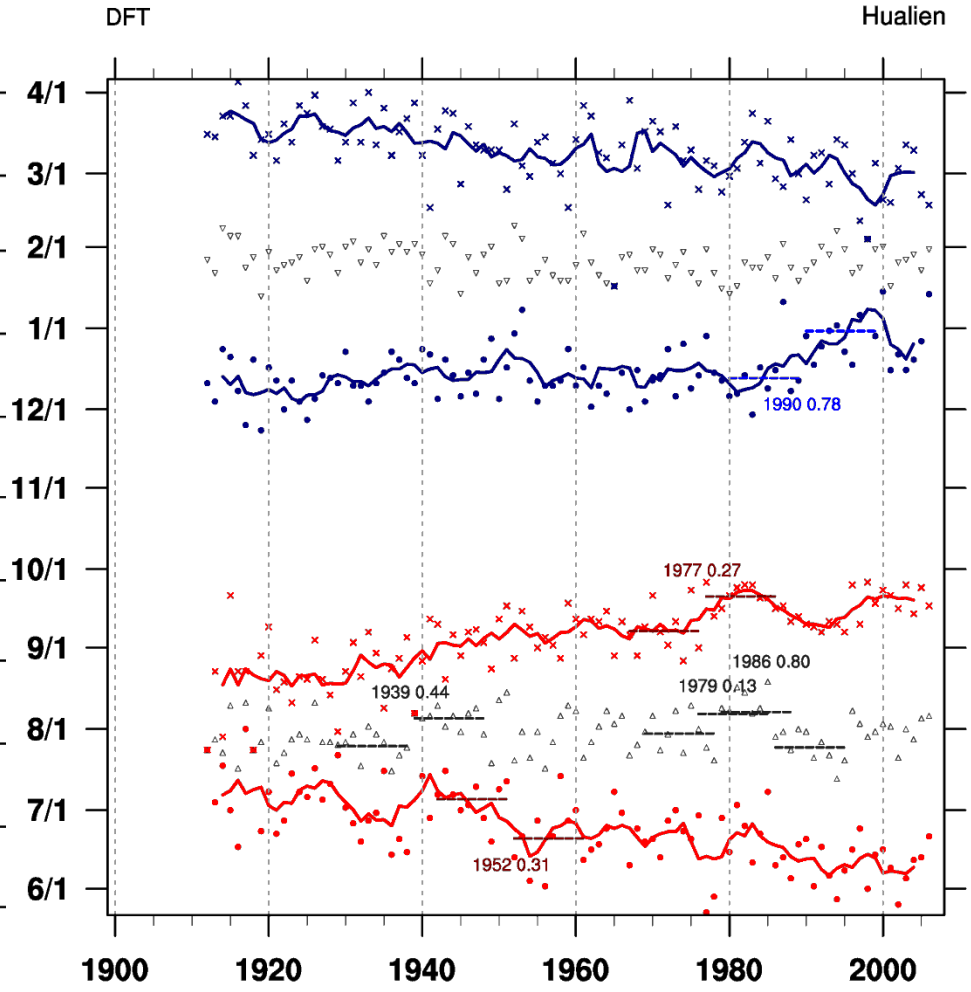

EEMD
Taitung
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000
1990 0.27
1990 0.88
1938 0.59
1939 0.42
1952 0.46
1952 1.22
1987 0.16


DFT
Taitung
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000
1987 0.40
1953 0.36
1938 0.21
1986 0.40
1952 0.95
1987 0.24

花蓮


Taipei
Taichung
Hualien
Tainan
Taitung
Hengchun


EEMD
Hualien
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000
1990 0.88
1975 0.33
1946 0.17
1941 0.31
1952 0.37
1931 0.48
1952 0.52


DFT
Hualien
4/1
3/1
2/1
1/1
12/1
11/1
10/1
9/1
8/1
7/1
6/1
1900
1920
1940
1960
1980
2000
1990 0.78
1977 0.27
1986 0.80
1939 0.44
1979 0.13
1952 0.31

台灣
線性趨勢: 1912-2006

MK-test：**95%** / 90%*

單位: 天/十年, °C/百年

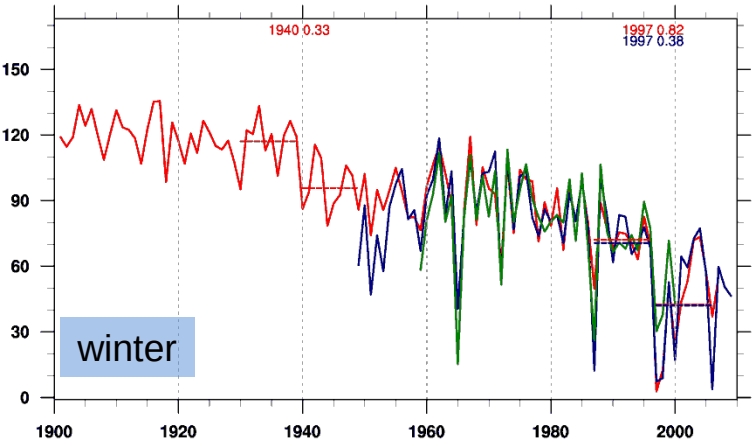
HHT(1912~2006)		臺北	臺中	臺南	恆春	臺東	花蓮
夏季	起始	**- 2.06**	**- 2.60**	**- 5.62**	**- 3.63**	**- 4.67**	**- 3.61**
	峰值	- 0.07	- 0.16	+ 0.28	+ 0.84	+0.10	- 0.11
	結束	**+ 2.09**	**+ 2.64**	**+ 5.78**	**+ 6.13**	**+ 5.08**	**+ 3.62**
	長度	**+ 4.15**	**+ 5.23**	**+ 11.40**	**+ 9.76**	**+ 9.75**	**+ 7.23**
	溫度	**+ 1.50**	**+ 1.02**	**+ 1.18**	**+ 0.99**	**+ 1.68**	**+ 1.58**
冬季	起始	**+ 2.37**	**+ 1.72**	**+ 1.52**	**+ 1.35**	**+ 1.63**	**+ 1.70**
	峰值	- 0.37	- 0.51*	- 0.43*	- 0.34	- 0.56	- 0.66*
	結束	**- 2.95**	**- 2.39**	**- 2.27**	**- 1.81**	**- 2.50**	**- 2.66**
	長度	**- 5.32**	**- 4.11**	**- 3.80**	**- 3.16**	**- 4.13**	**- 4.36**
	溫度	**+ 1.84**	**+ 1.41**	**+ 1.25**	**+ 0.72**	**+ 0.80**	**+ 1.07**

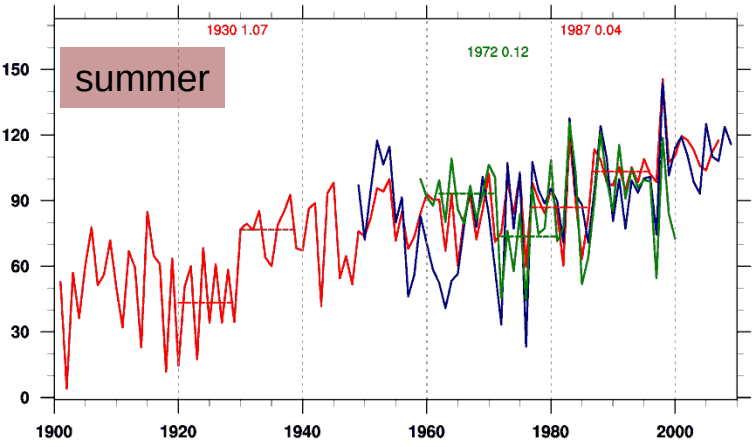
台灣鄰近區域

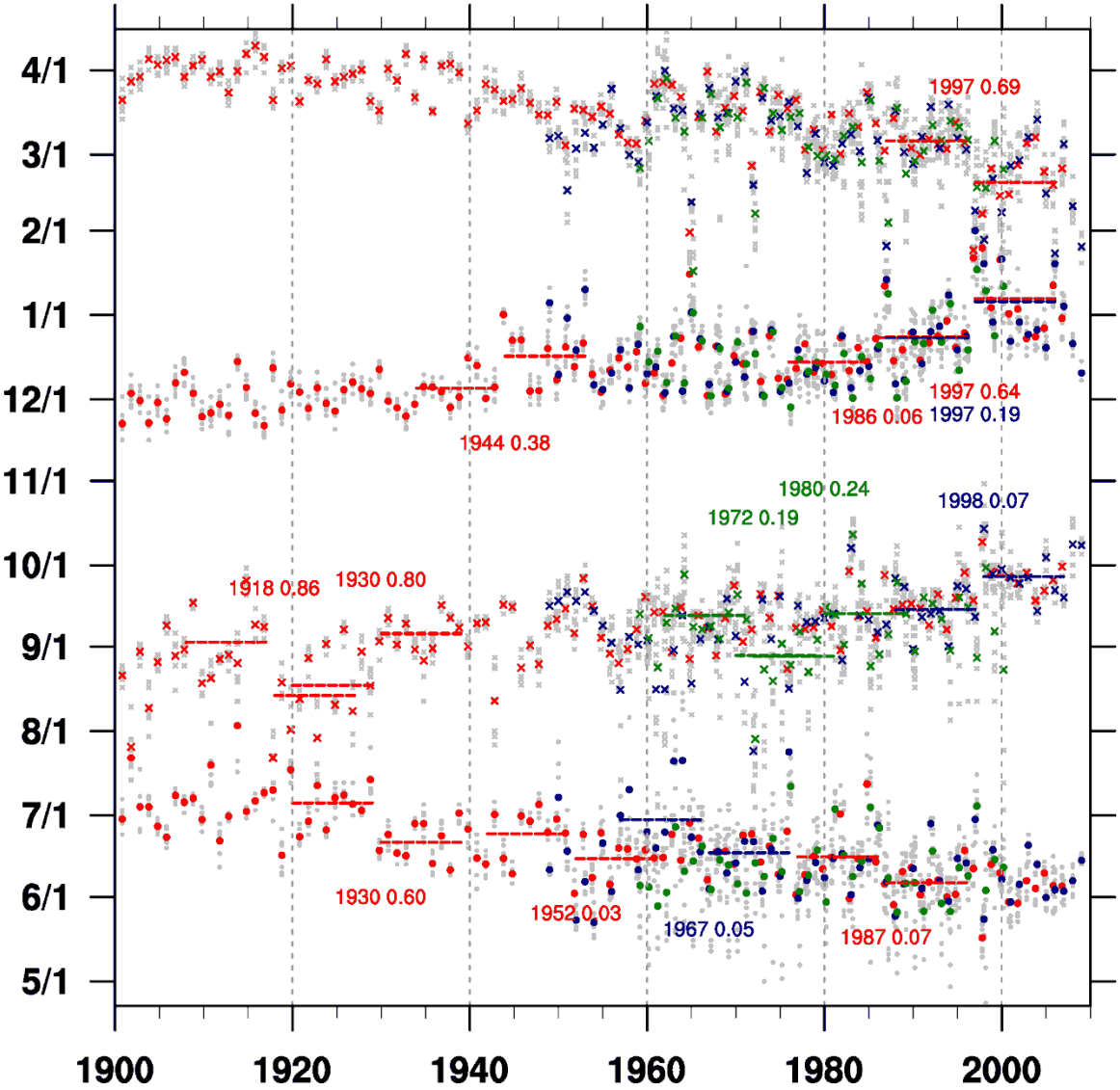
北緯20~25度、東經120~125度

20C Reanalysis
(1901~2007)
NCEP R1
(1949~2009)
ERA 40
(1959~2000)

長度







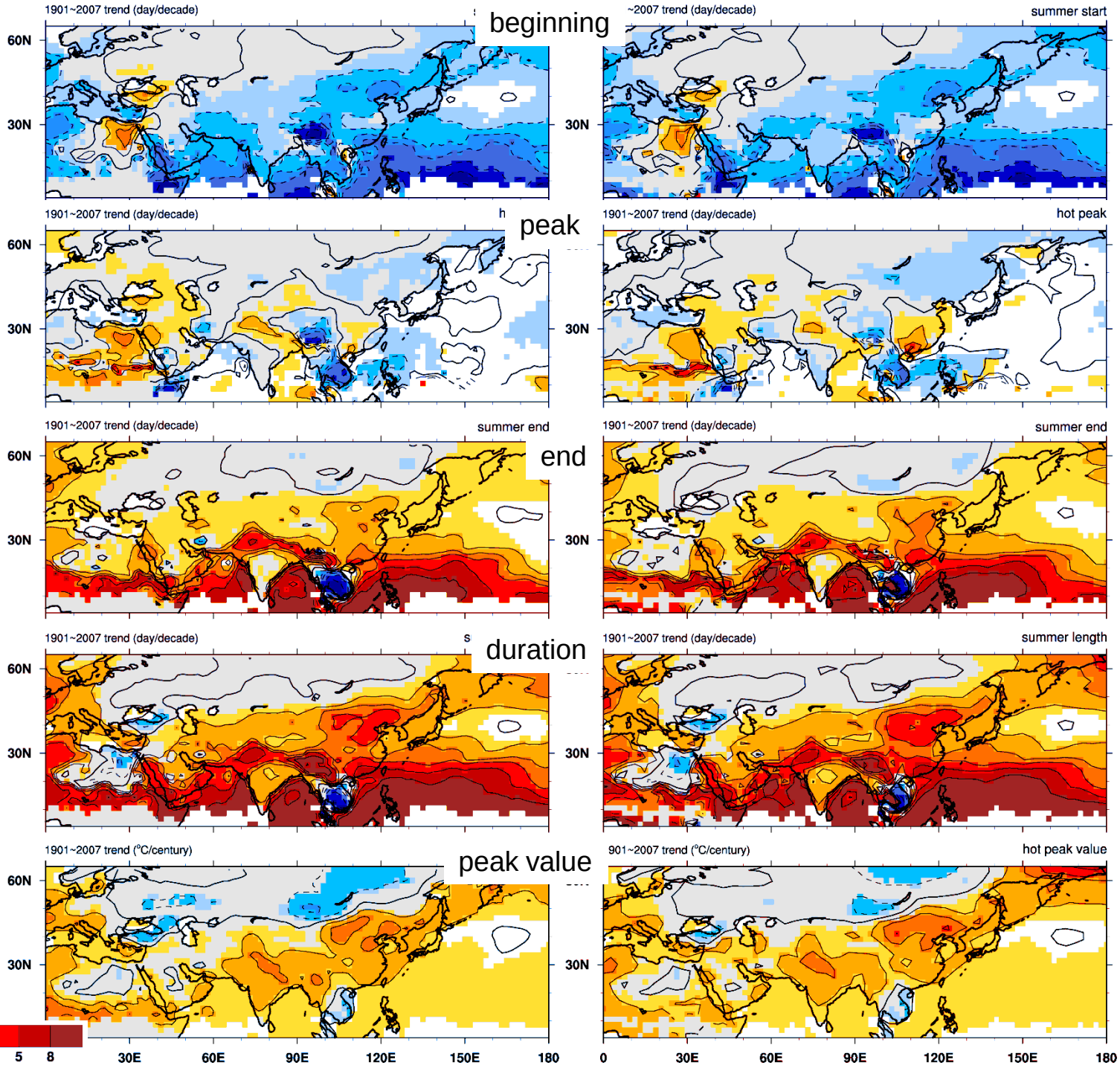
亞洲/夏季

20 Century，
1901~2007 trend

Left：HHT
Right：FT

Unit：
day/decade
°C/100 year

Shaded：MK-test 95%



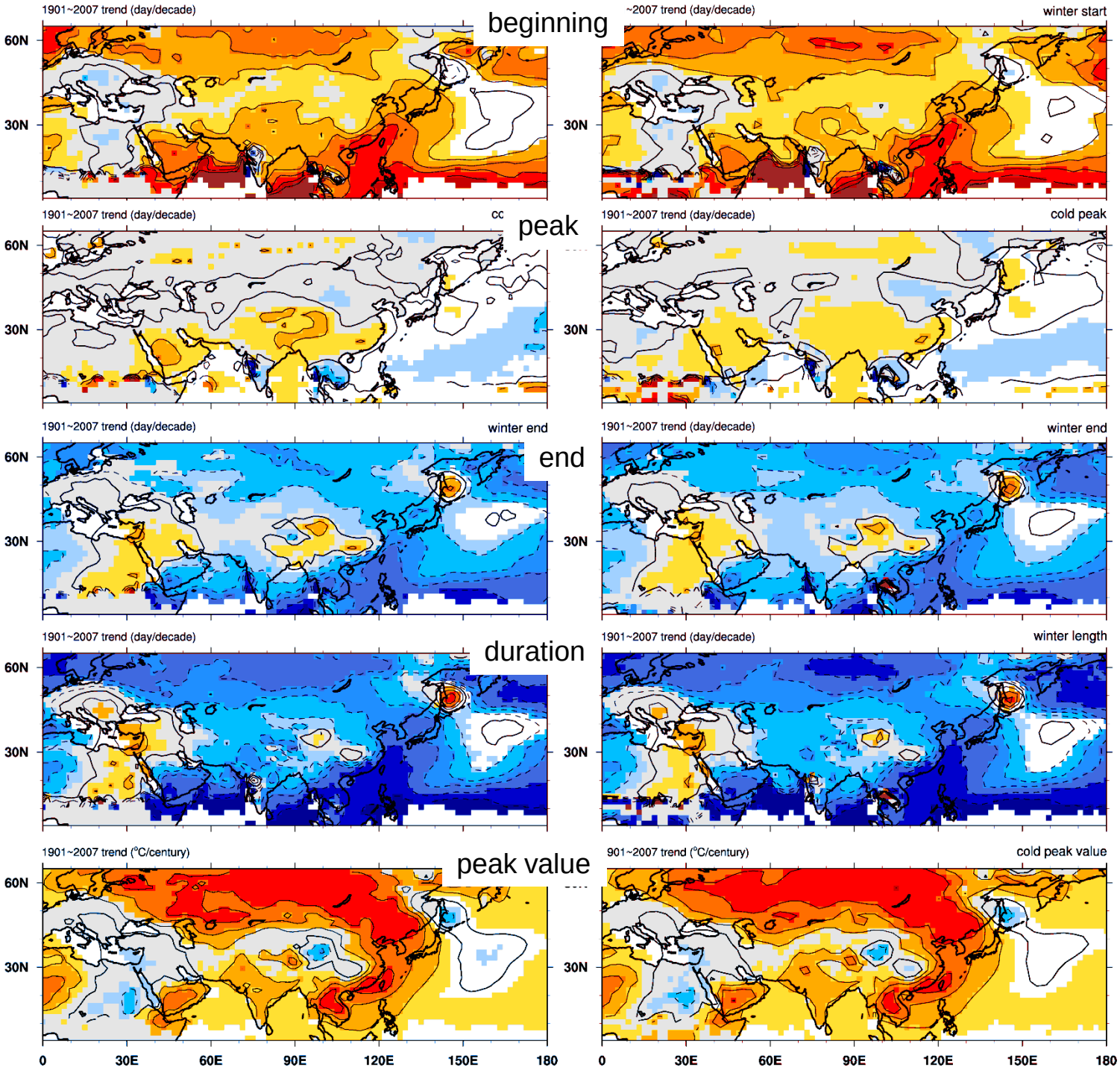
亞洲/冬季

20 Century，
1901~2007 trend

Left：HHT
Right：FT

Unit：
day/decade
°C/100 year

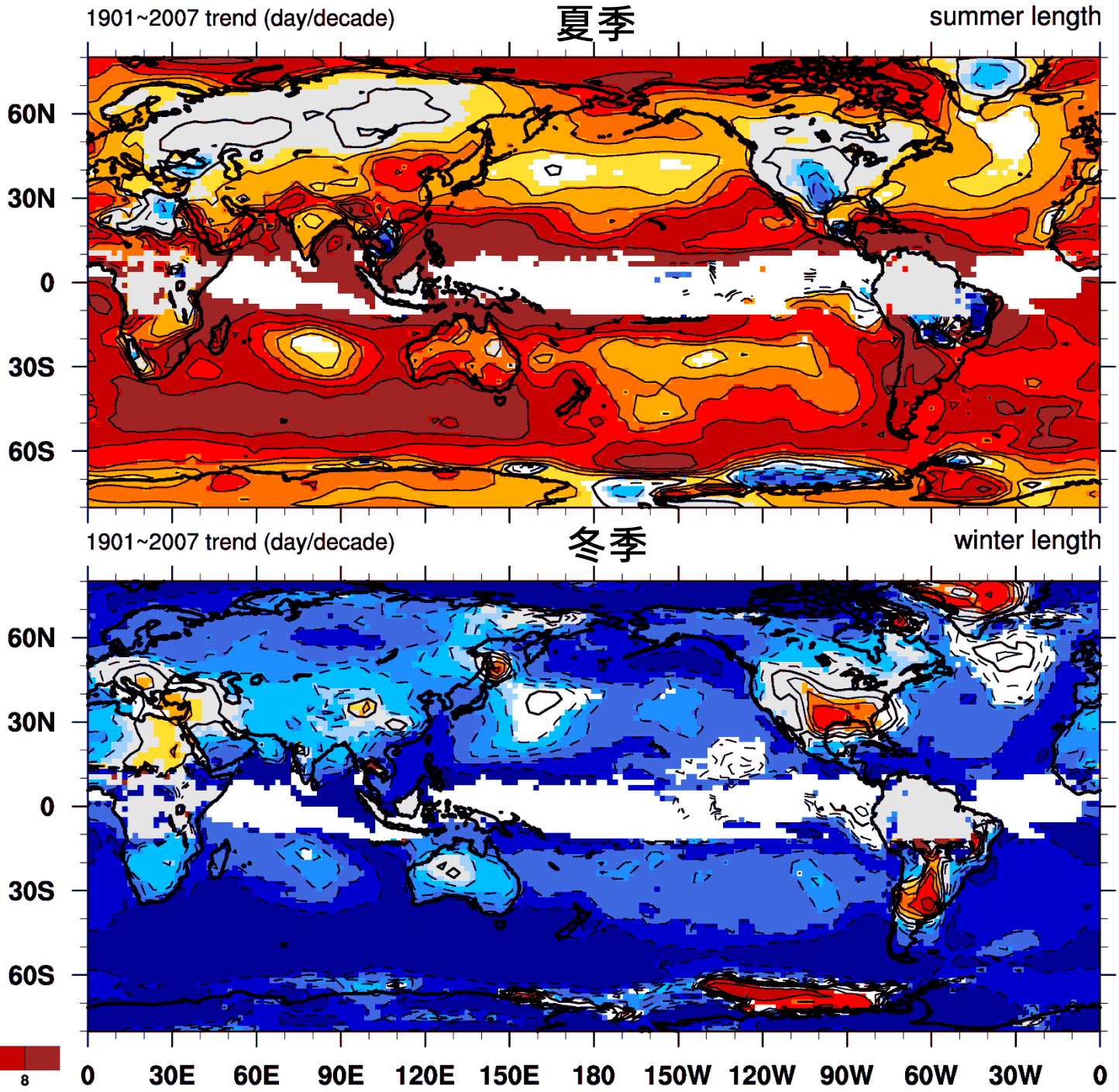
Shaded：MK-test 95%



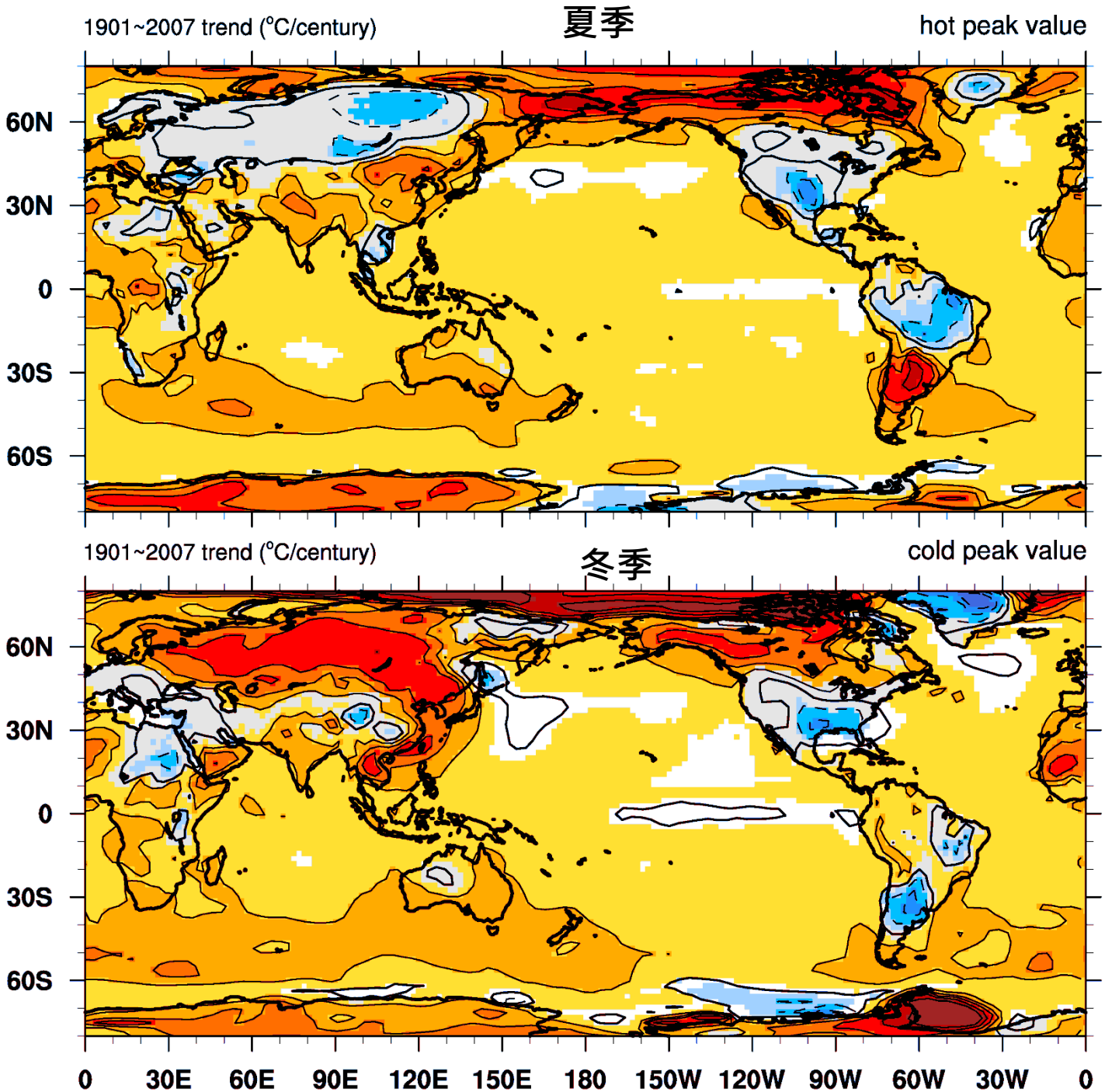
全球
夏、冬季長度

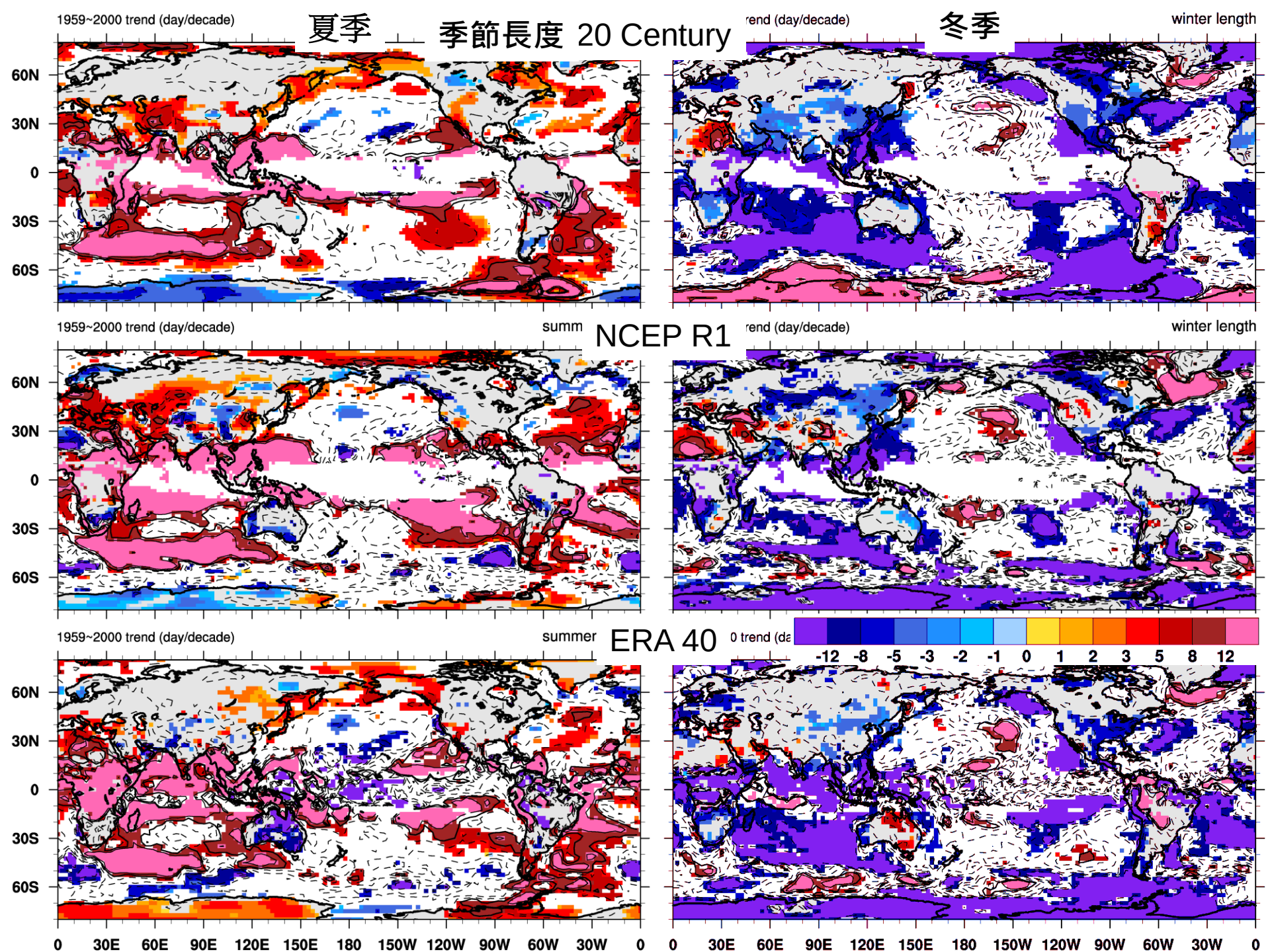
20 Century Re-analysis
1901~2007 線性趨勢

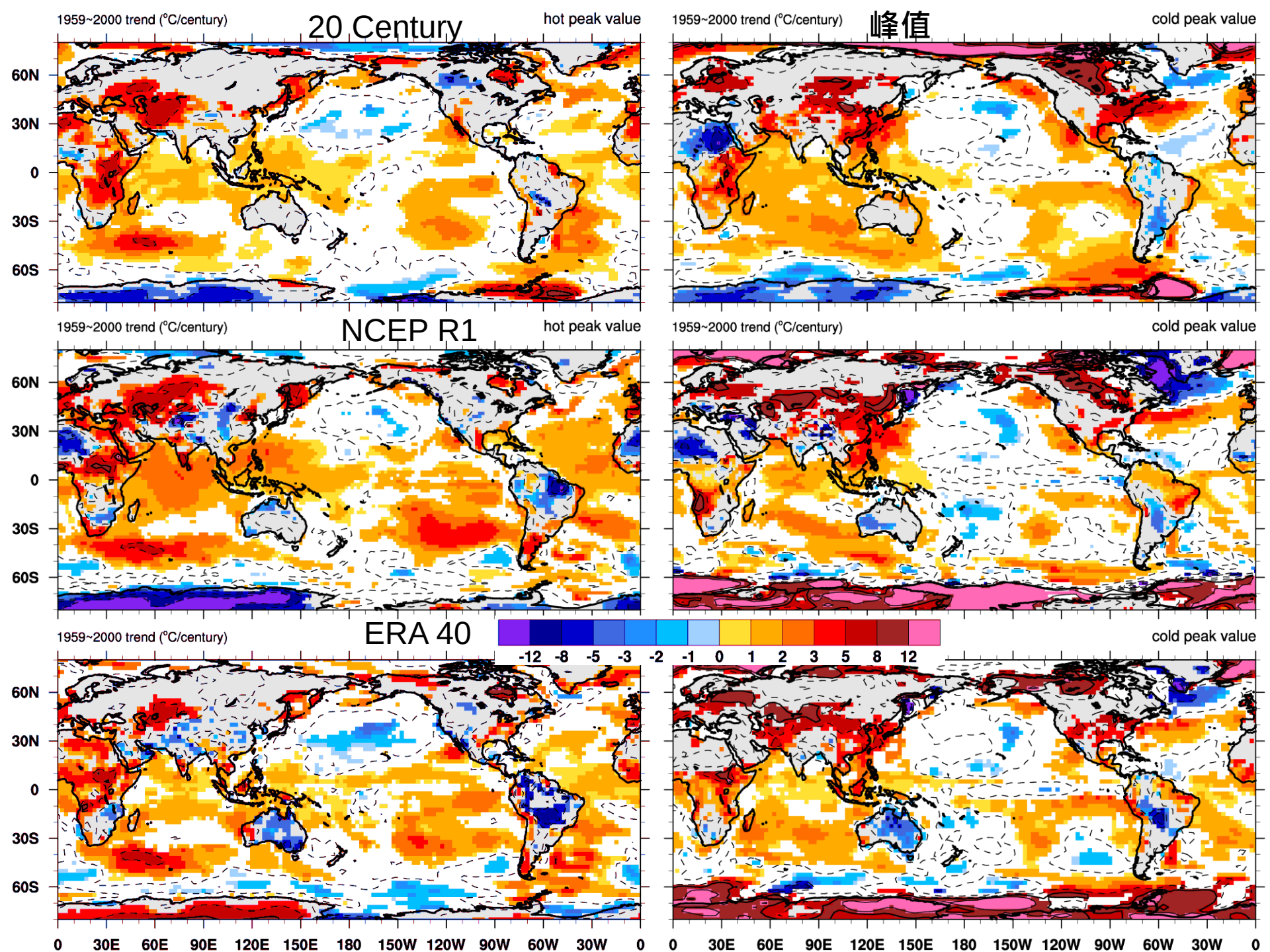
DFT



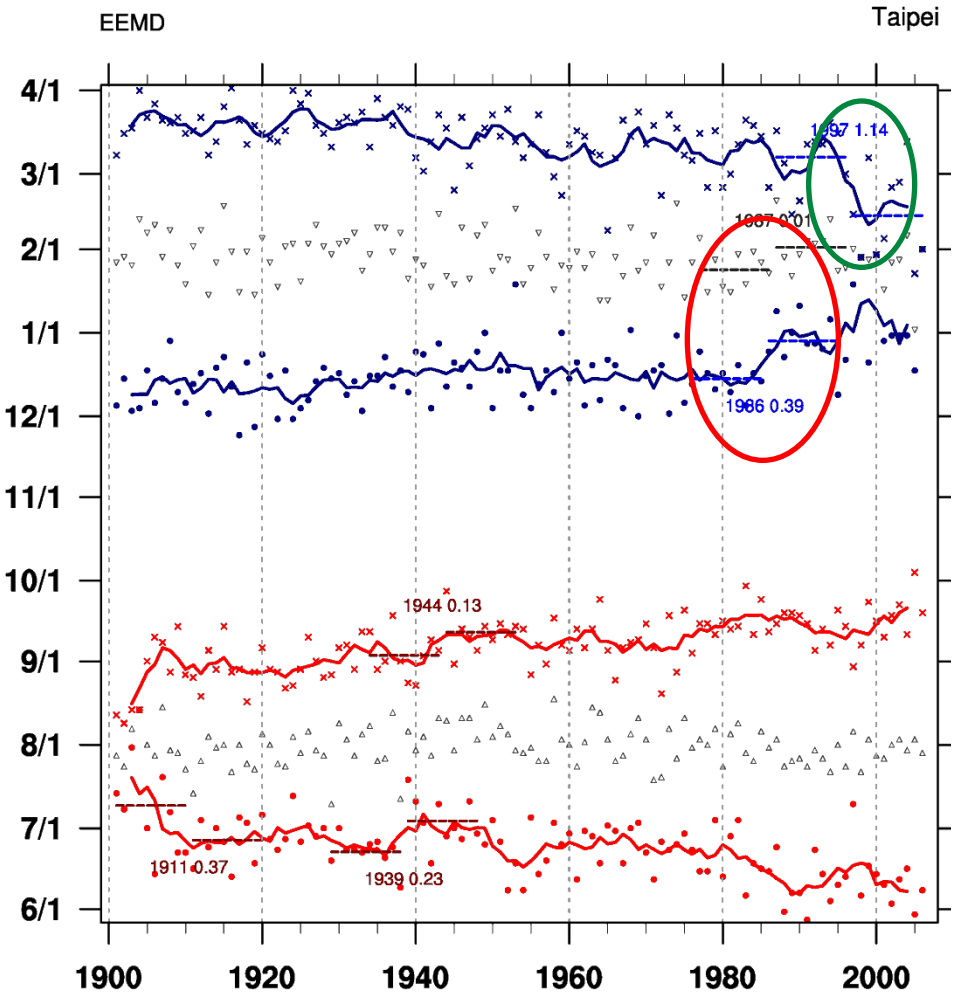
全球
夏、冬季峰值

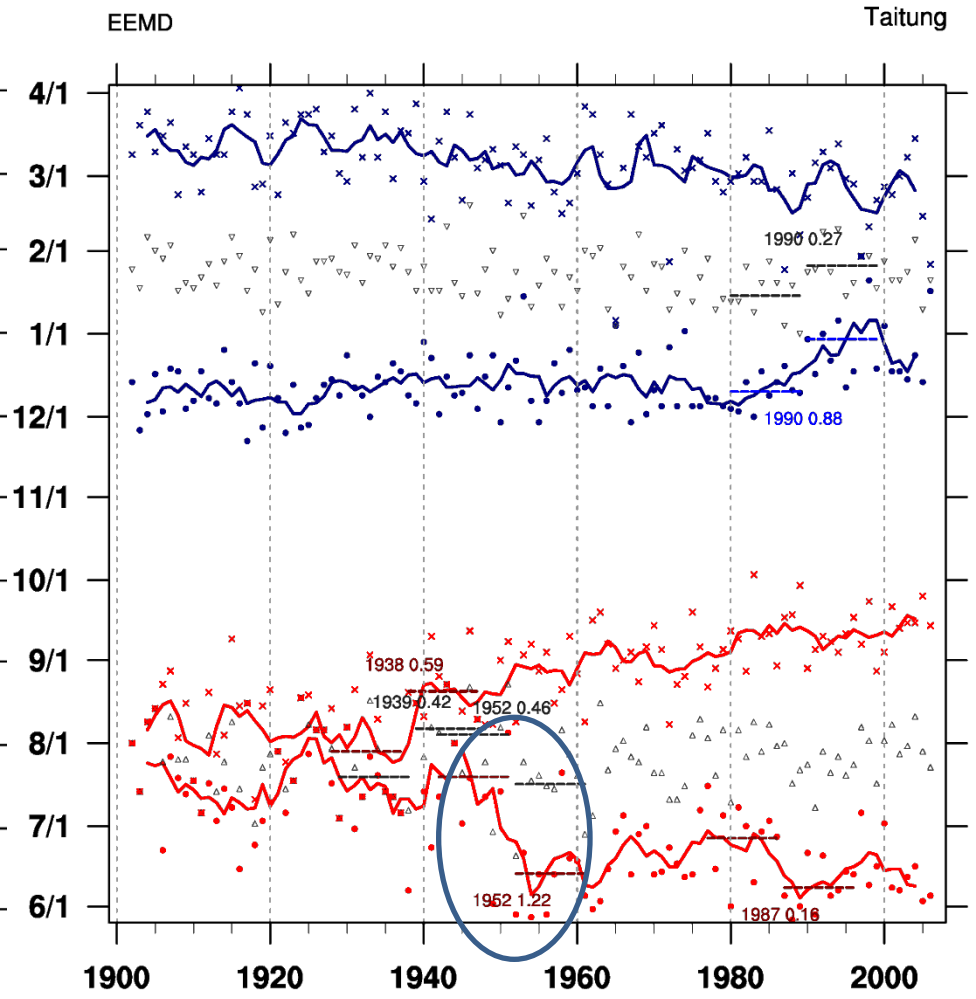

1901~2007 trend (°C/century)
夏季
hot peak value
60N
30N
0
30S
60S
1901~2007 trend (°C/century)
冬季
cold peak value
60N
30N
0
30S
60S
0
30E
60E
90E
120E
150E
180
150W
120W
90W
60W
30W
0


夏季
季節長度 20 Century
冬季
1959~2000 trend (day/decade)
winter length
NCEP R1
summer
ERA 40
-12 -8 -5 -3 -2 -1 0 1 2 3 5 8 12
60N
30N
0
30S
60S
0 30E 60E 90E 120E 150E 180 150W 120W 90W 60W 30W 0


1959~2000 trend (°C/century)
20 Century
hot peak value
1959~2000 trend (°C/century)
峰值
cold peak value
60N
30N
0
30S
60S
1959~2000 trend (°C/century)
NCEP R1
hot peak value
1959~2000 trend (°C/century)
cold peak value
1959~2000 trend (°C/century)
ERA 40
cold peak value
-12 -8 -5 -3 -2 -1 0 1 2 3 5 8 12
0 30E 60E 90E 120E 150E 180 150W 120W 90W 60W 30W 0

- 季節變遷長期趨勢明顯:
  - 夏季提早開始、延後結束、持續時間變長
  - 冬季延後開始、提早結束、持續時間變短
- 短時間偏移現象:1950初期 (夏季) 、1980 晚期(冬季)、1997/8(冬季)





Early 1950s Summer Warming

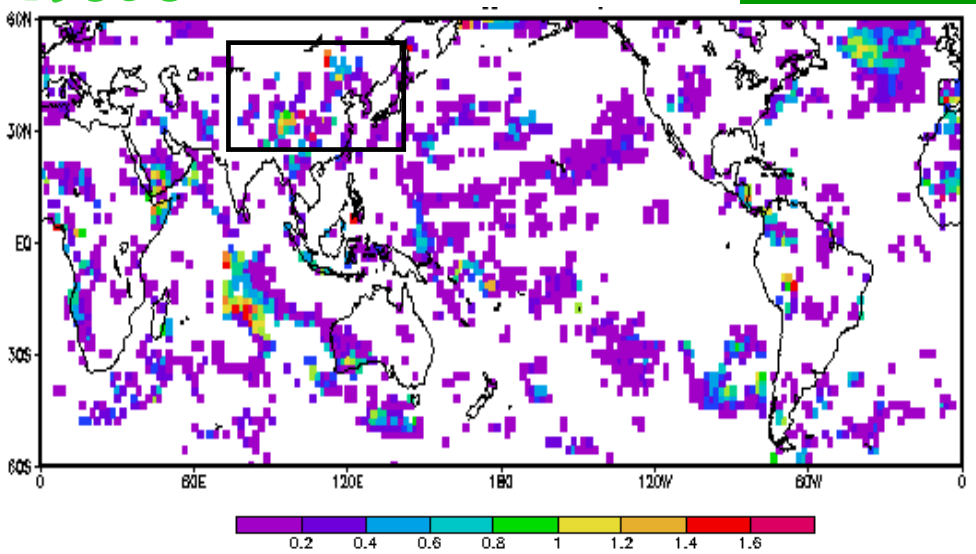
global contribution of change points

Shaded---RSI > 0

1950's

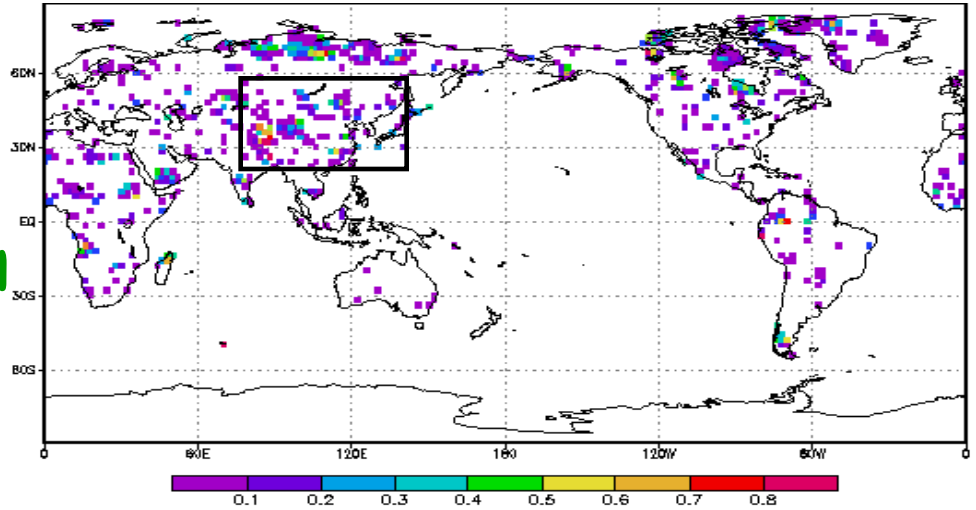
JJA

TEMPERATURE



JJA

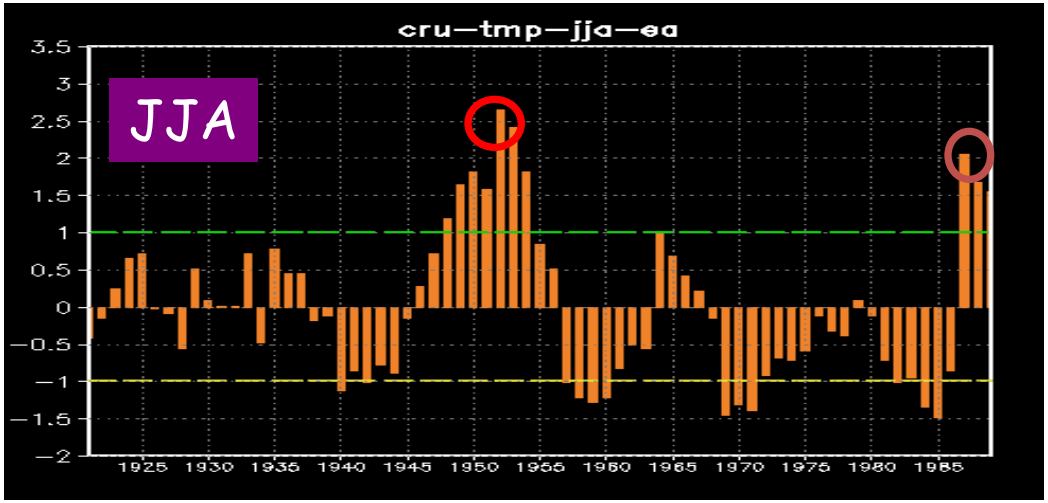
PRECIPITATION



Using method by Rodionov (2004) to detect the abrupt change of east-asia(90-140E,20-50N)

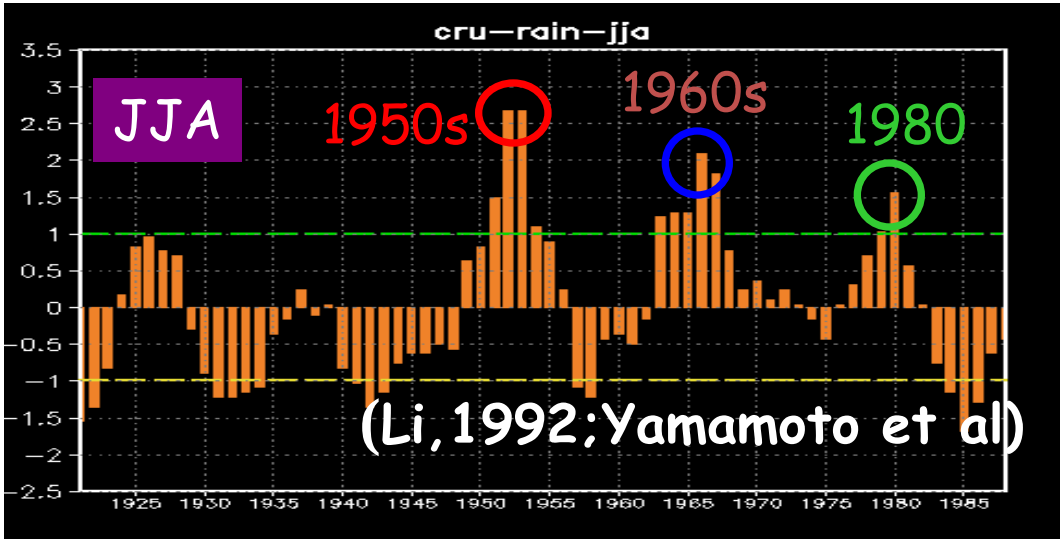
TEMPERATURE

Besides Taiwan , 1950's and 1980's abrupt changes are detected in east Asia ,too.



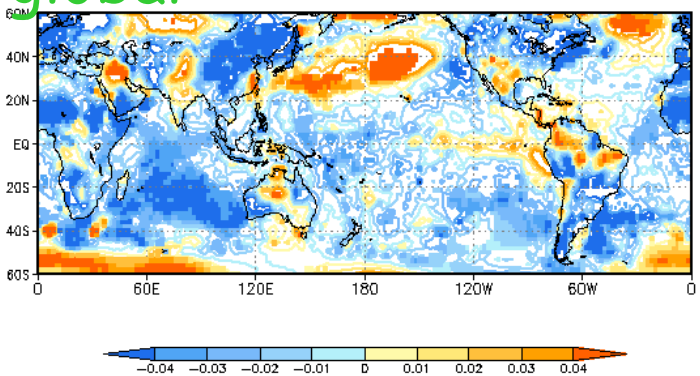
PRECIPITAION

1950's and 1960's summer abrupt change detected in east asia .

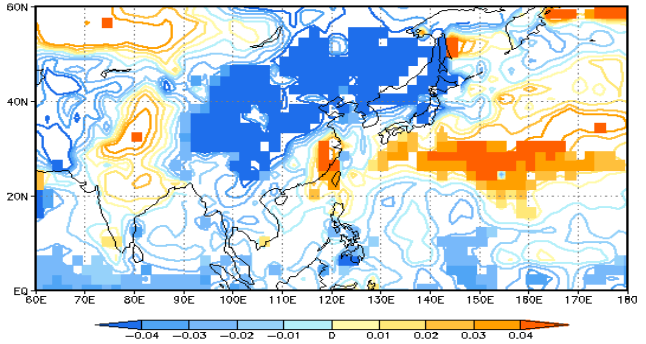


TEMP-JJA-51-ANO(1951-1965 minus 1935-1950)

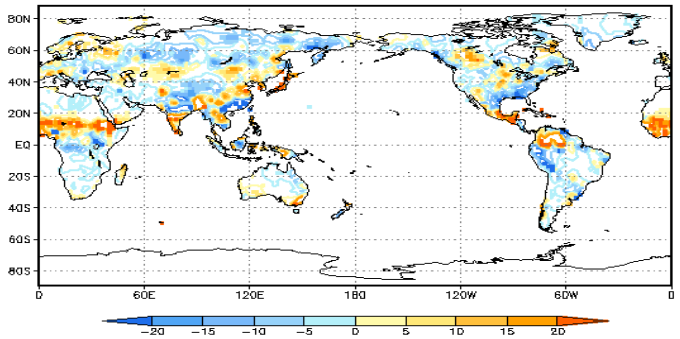
global

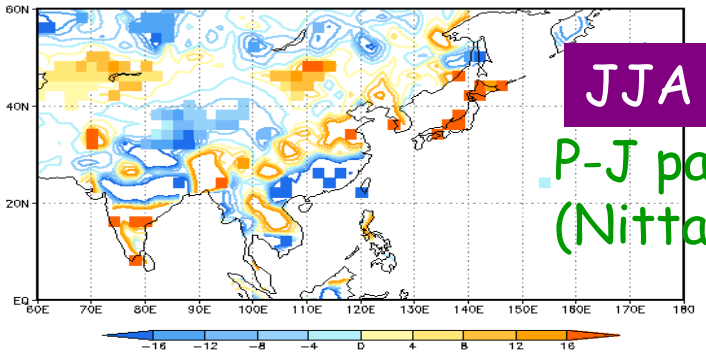


East-asia



PREC-51-ANO(1951-1965 minus 1935-1950)

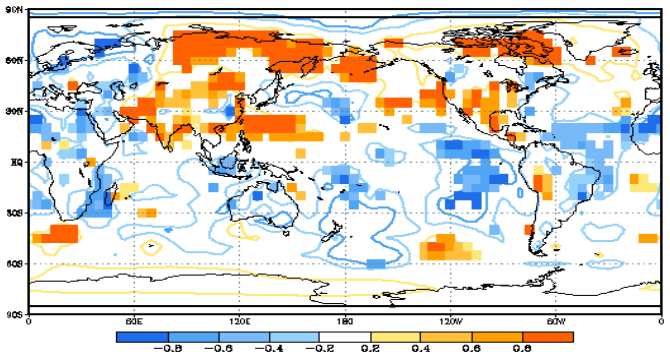


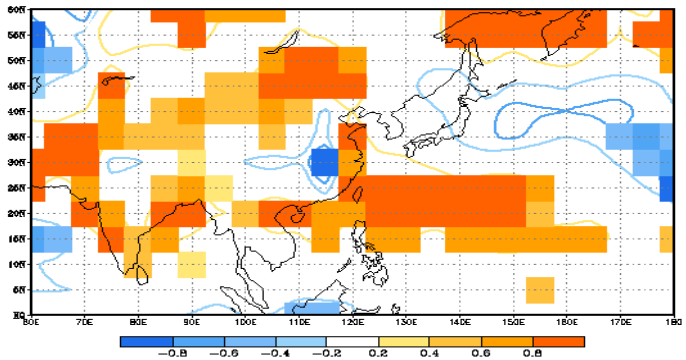


JJA

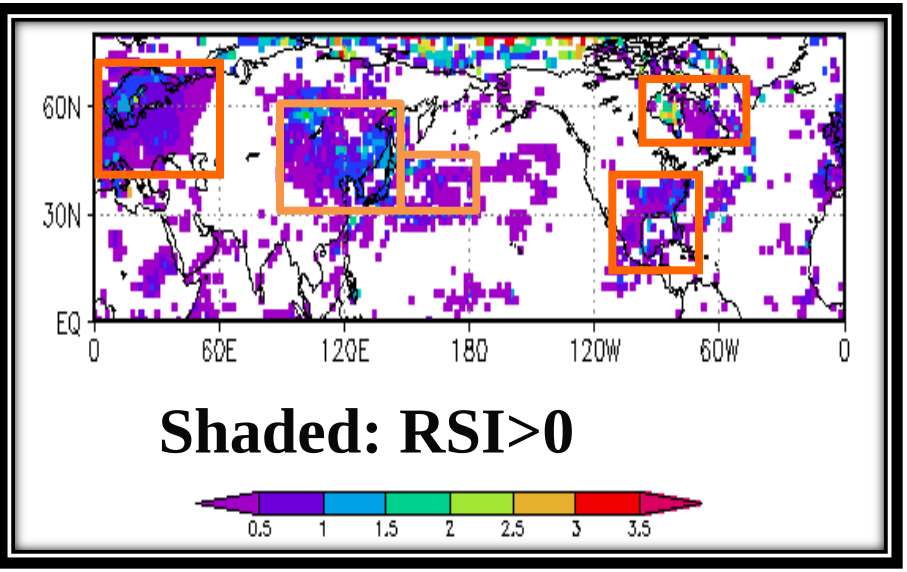
P-J pattern
(Nitta 1996)

SLP-51-ANO(1951-1965 minus 1935-1950)

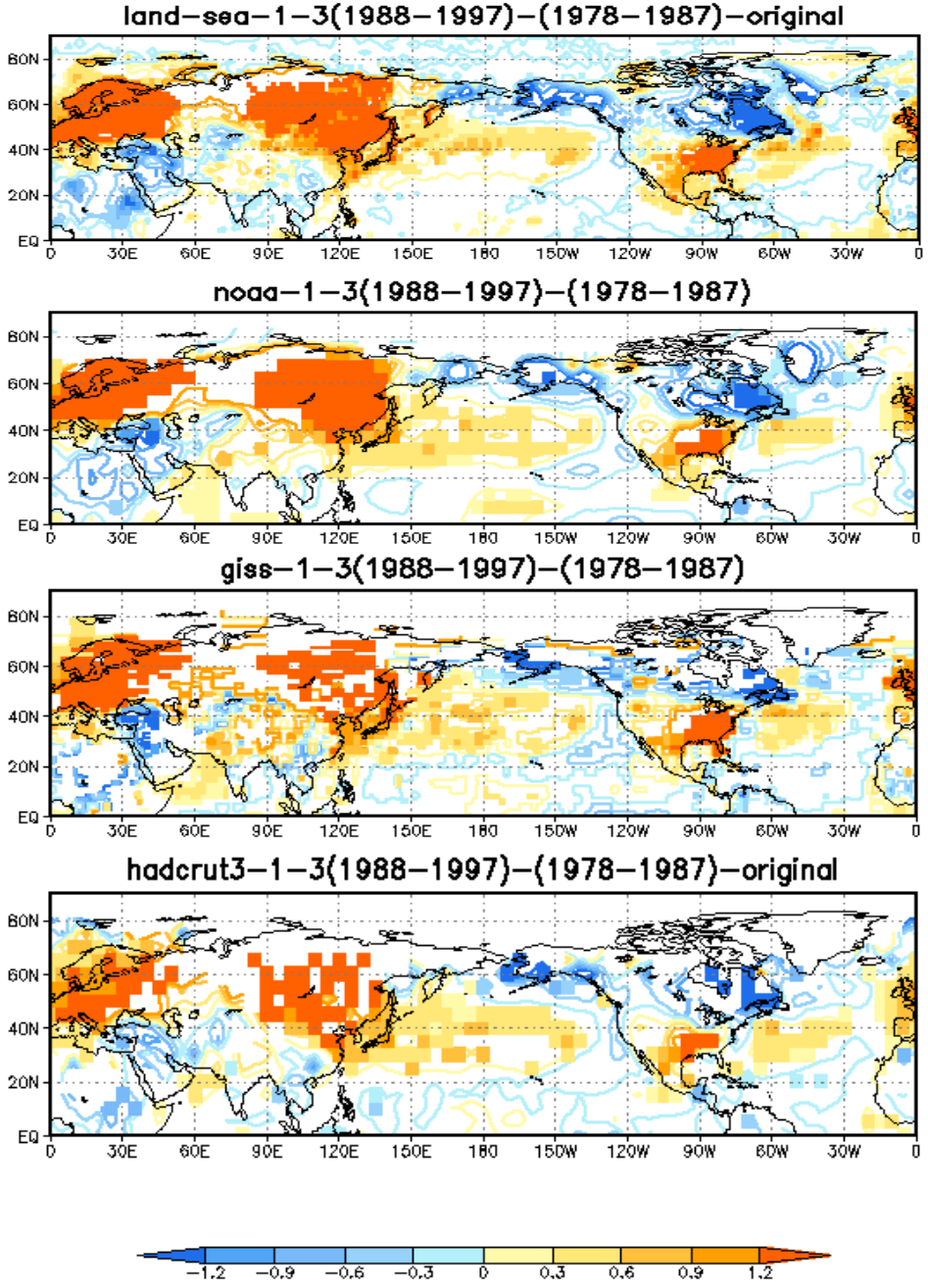


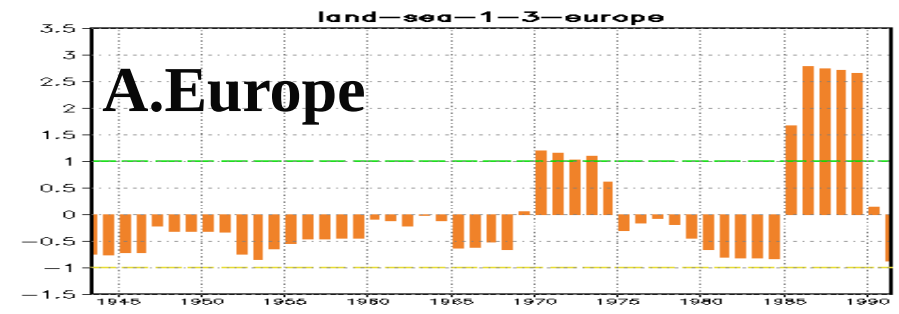


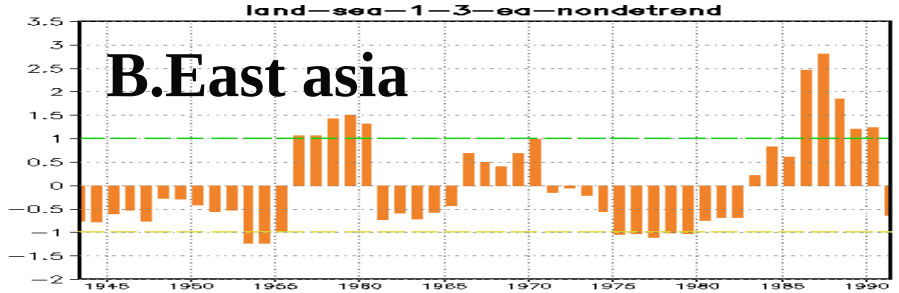
Late 1980s Winter Warming

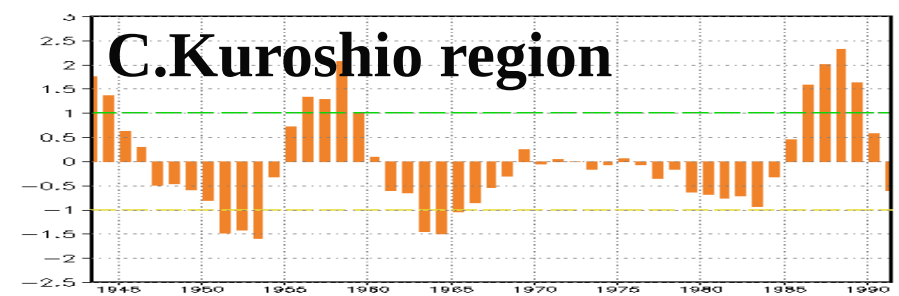


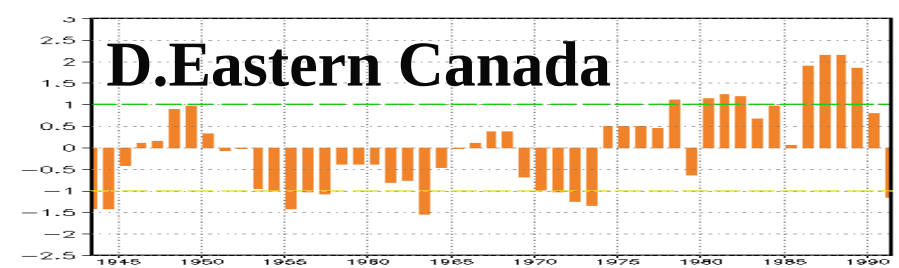
Europe: (0-50E,40-70N)
East Asia:(90-140E,30-60N)
Kuroshio region:(140-180E,30-45E)
Eastern Canada:(50-90W,50-70N)
Eastern America: (80-110W,15-40N)

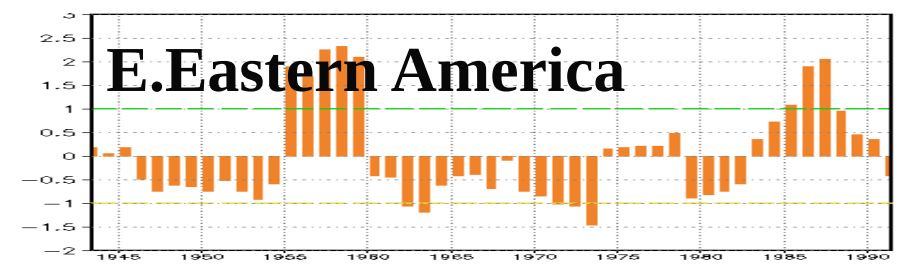




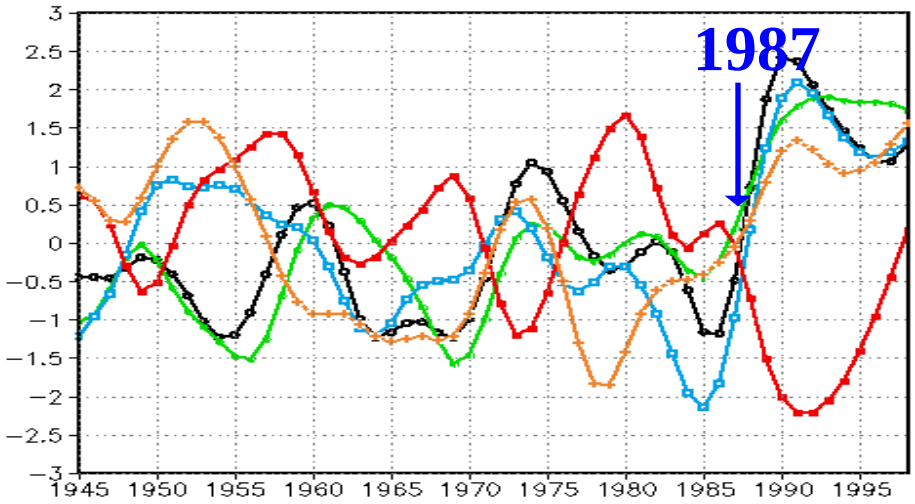








Globalization ! Synchronization!

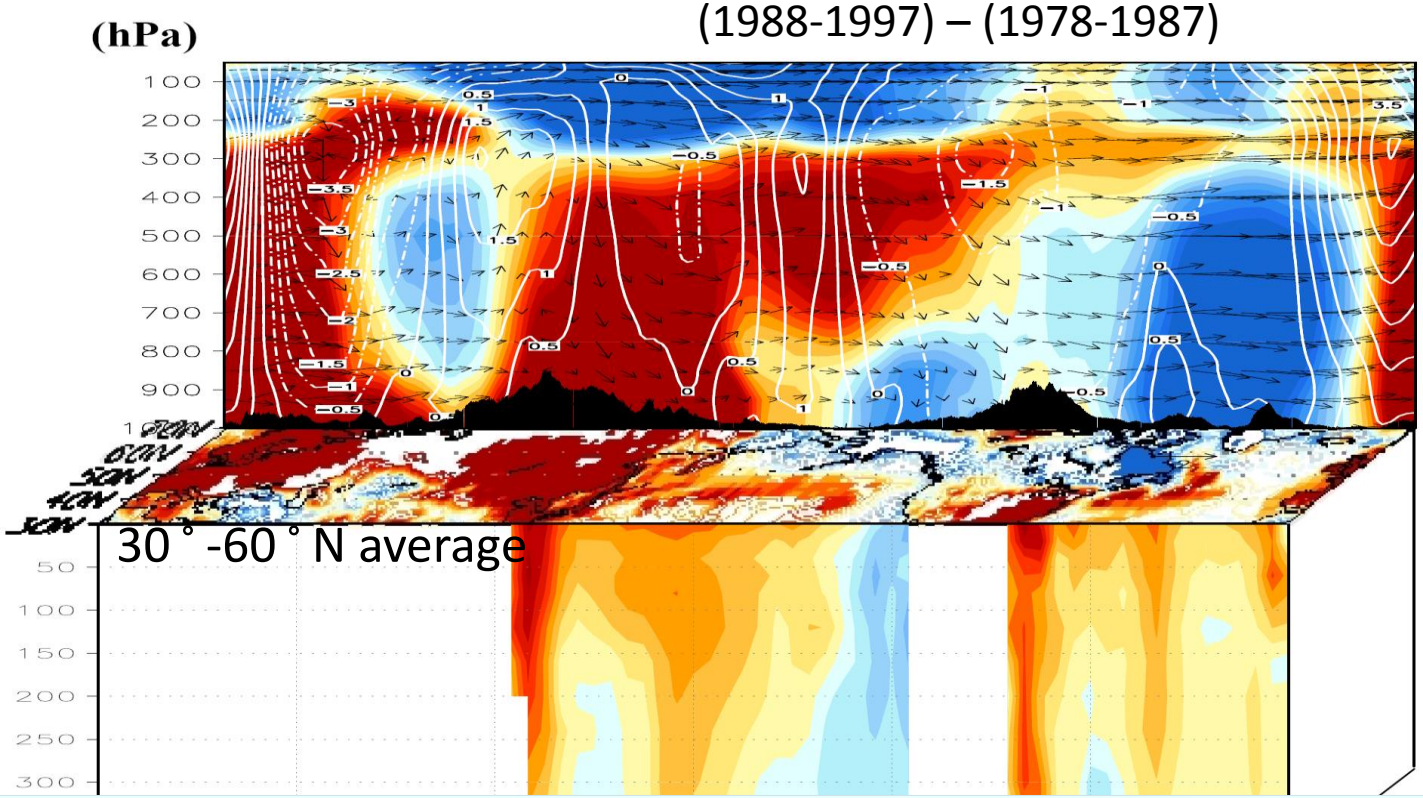


Black--Europe: (0-50E,40-70N)
Green--East Asia:(90-140E,30-60N)
Blue--Kuroshio region:(120-180E,30-45E)
Red--Eastern Canada:(50-90W,50-70N)
Orange-- Southeast USA: (80-110W,15-40N)

Late 1980s Warming in East Asia (associated with NAO/AO)

40 ˚ -70 ˚ N average

(1988-1997) – (1978-1987)



Synchronous regime shift occurred in the whole troposphere, on and under ocean surface.

下頁說明

將北緯20~25度、東經120~125度範圍內各網格點的平均，定為臺灣附近區域。

下頁

右方圖：各資料各年的夏、冬季起始、結束日期。並標上通過regime shift測試的年份及其RSI值(同前述臺灣測站之圖)。顏色點為各資料網格點的各自平均，灰色點為原始網格點所計算的日期分布情形。

左方二圖：夏季及冬季長度。

各顏色代表的資料及時間範圍：

20C Reanalysis
(1901~2007)
NCEP R1
(1949~2009)
ERA 40
(1959~2000)

由於定義季節日期時，需「犧牲」前後各一年(季節上跨年的可能)。
例如20C投入的原始日均資料長度為1900~2008年，但僅能有1901~2007年的季節日期。
(雖然作業單位提供的資料長度為1871年開始，但不處理到那麼前面的時間)

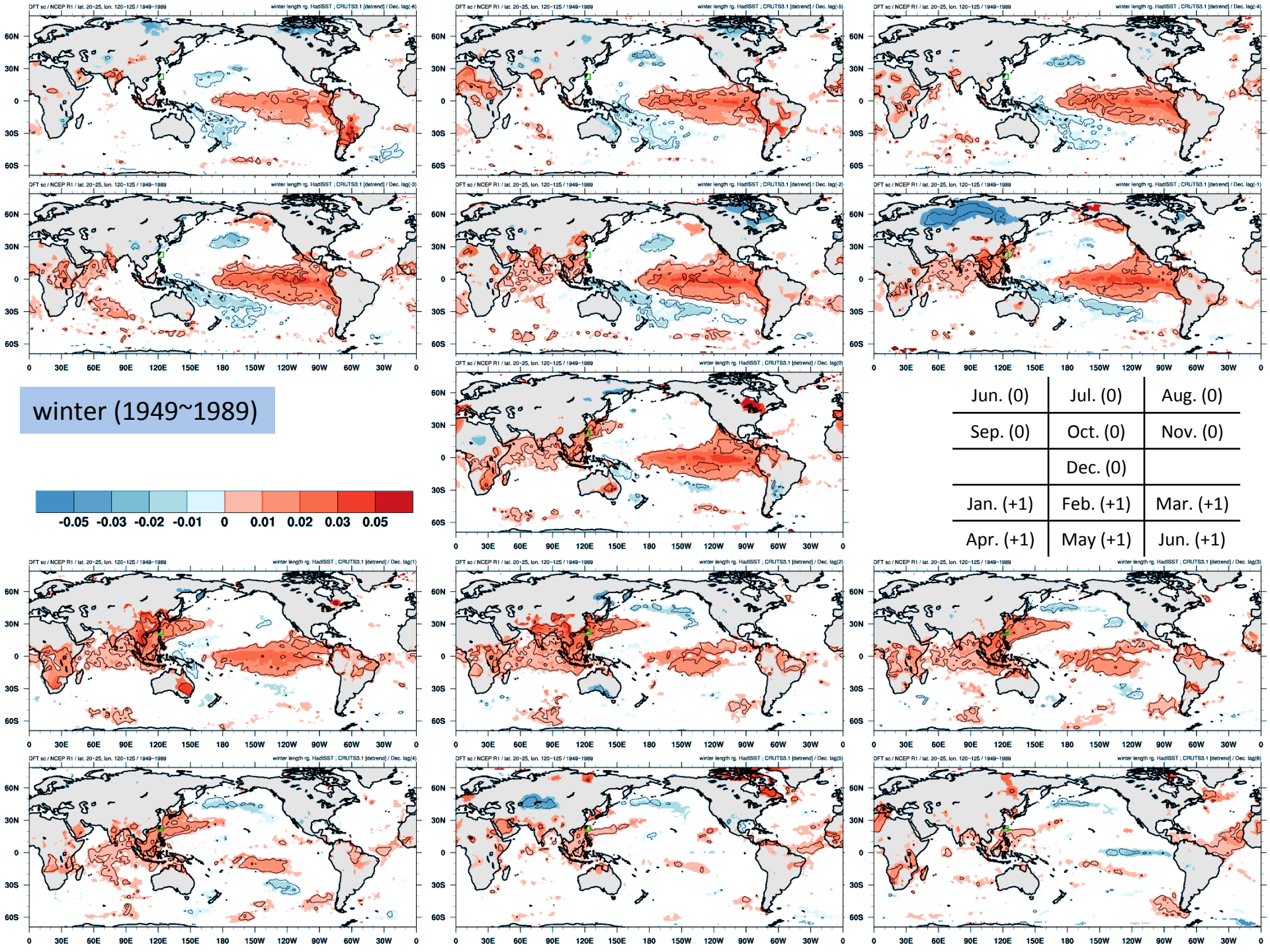
下頁起說明

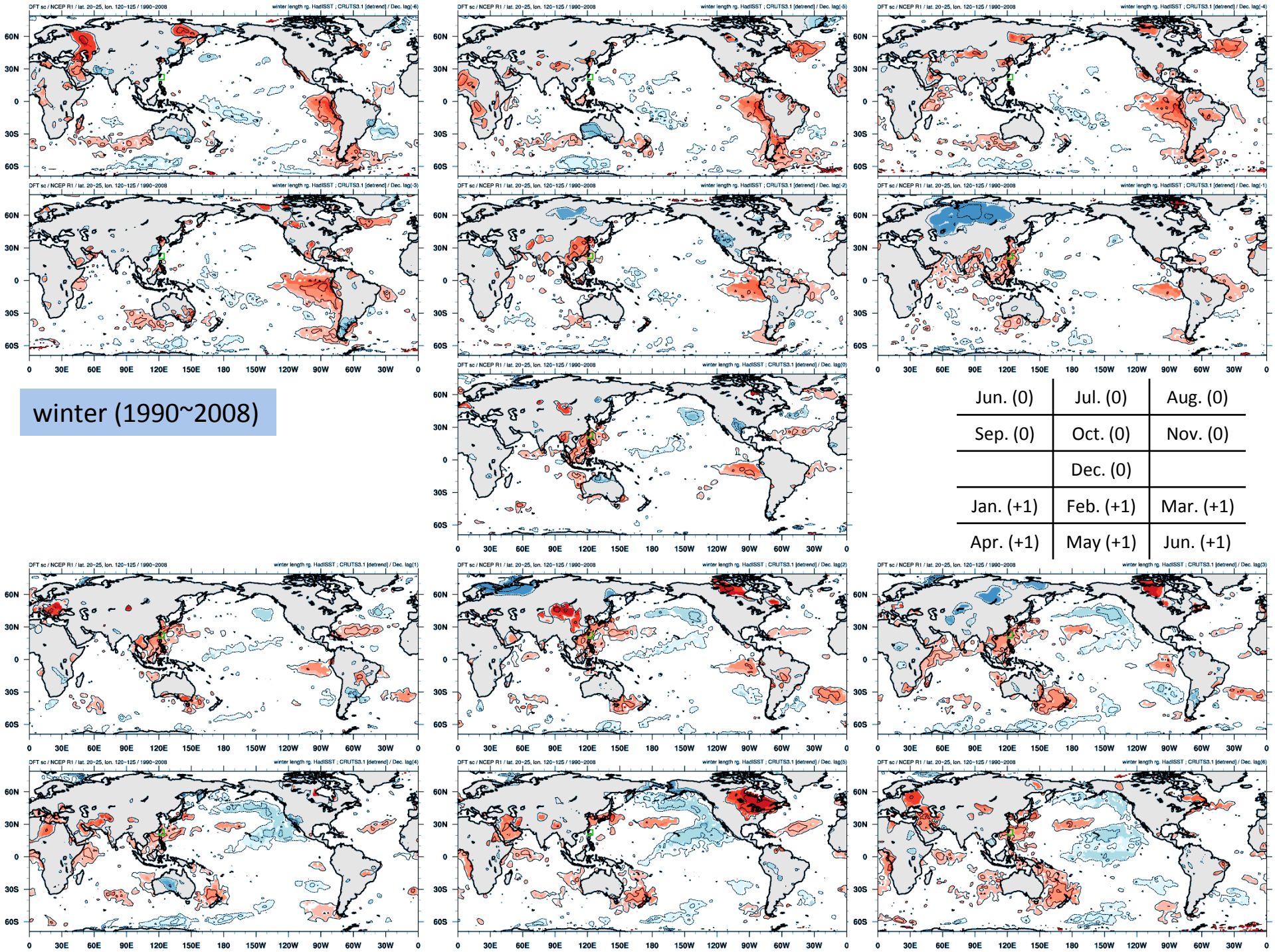
將前述的臺灣附近區域之夏、冬季節長度(NCEP R1)對全球月均海表溫及陸溫作延遲迴歸。
(資料分別為：HadISST及CRU v2.1)

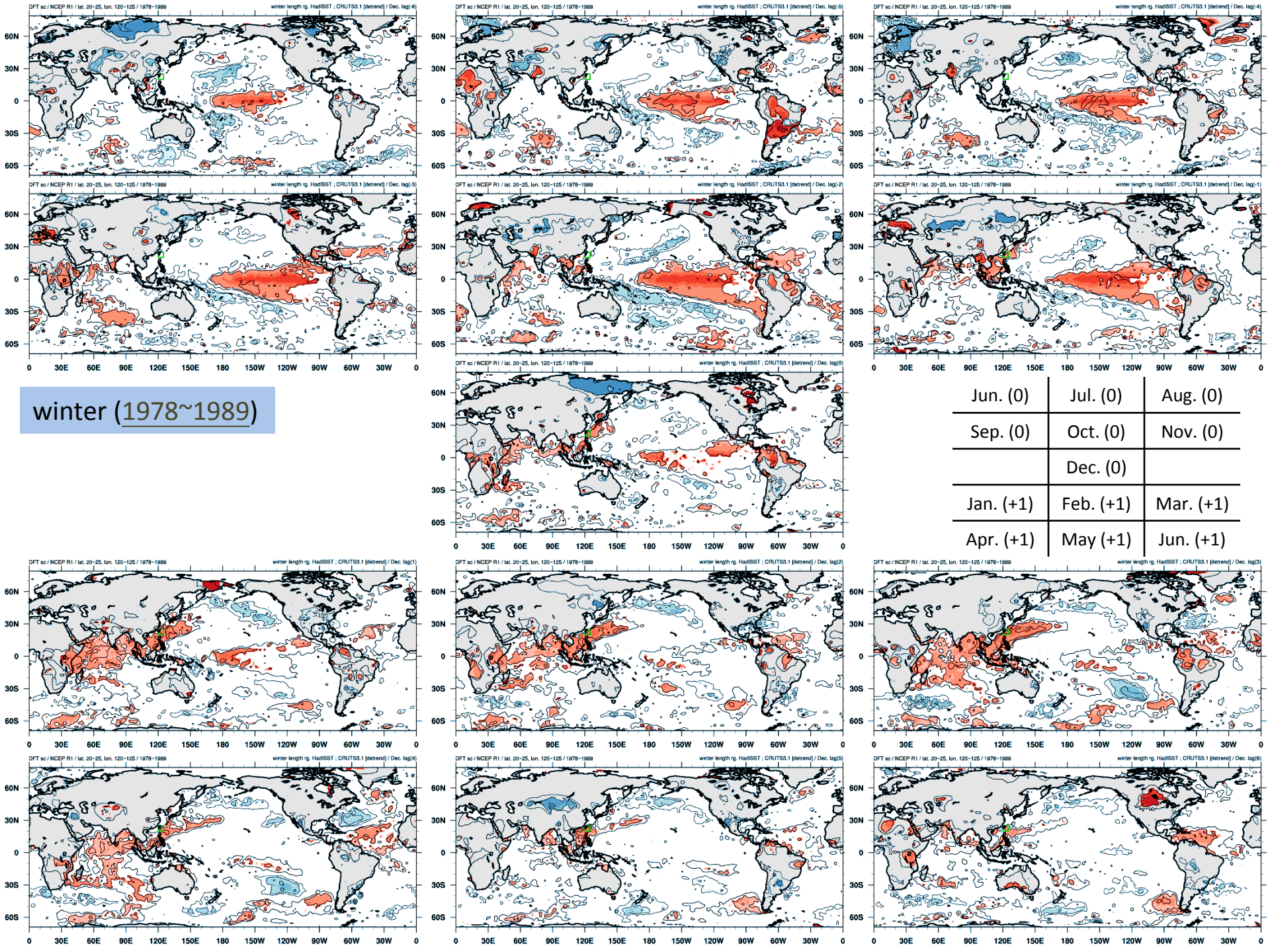
取lag(-6)至(+6)，並將冬季的結果乘負號，以表示為類似El Niño的正負值。

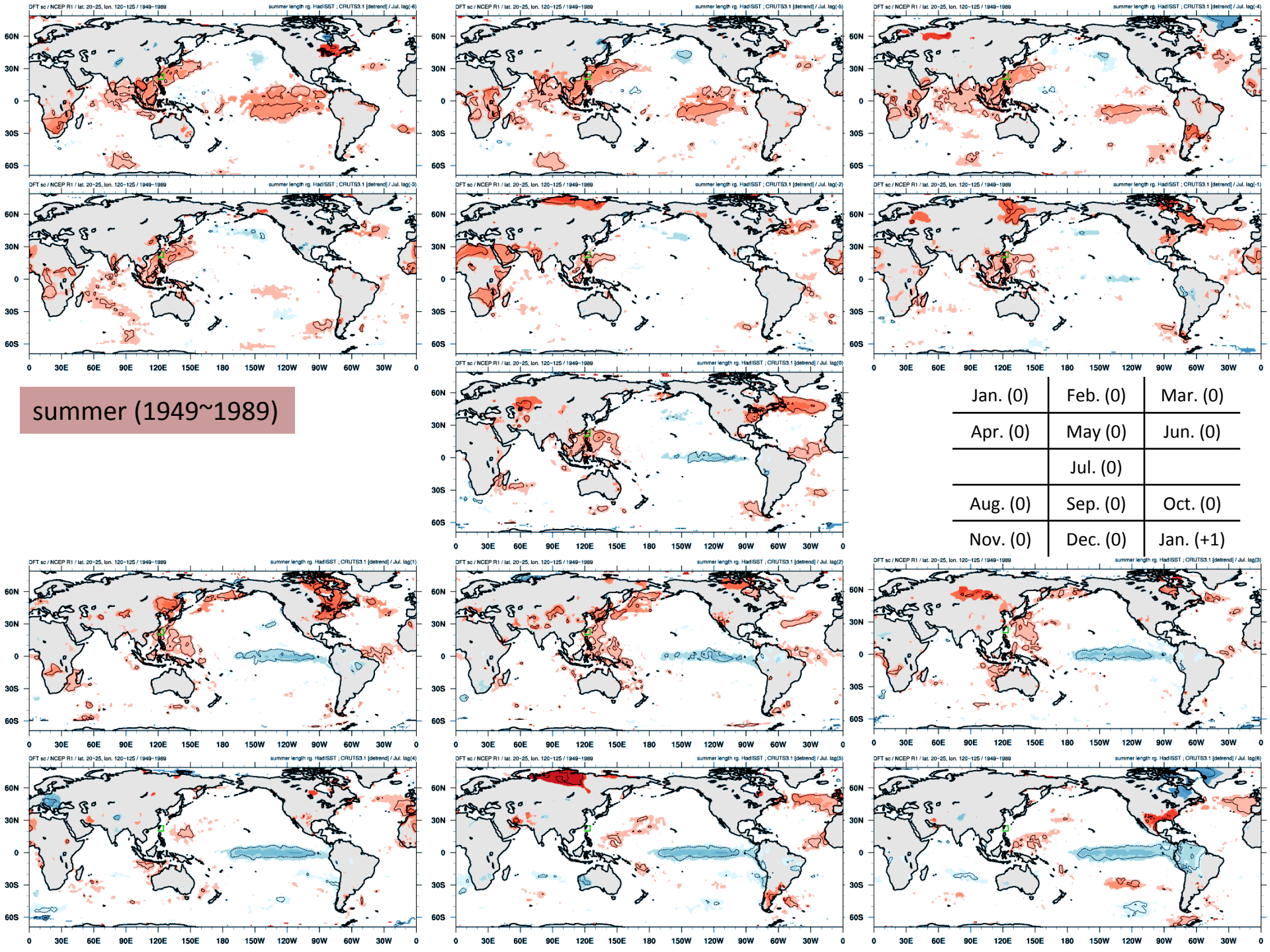
並以1990為界，分開作兩個時期：
1949~1989、1990~2007。

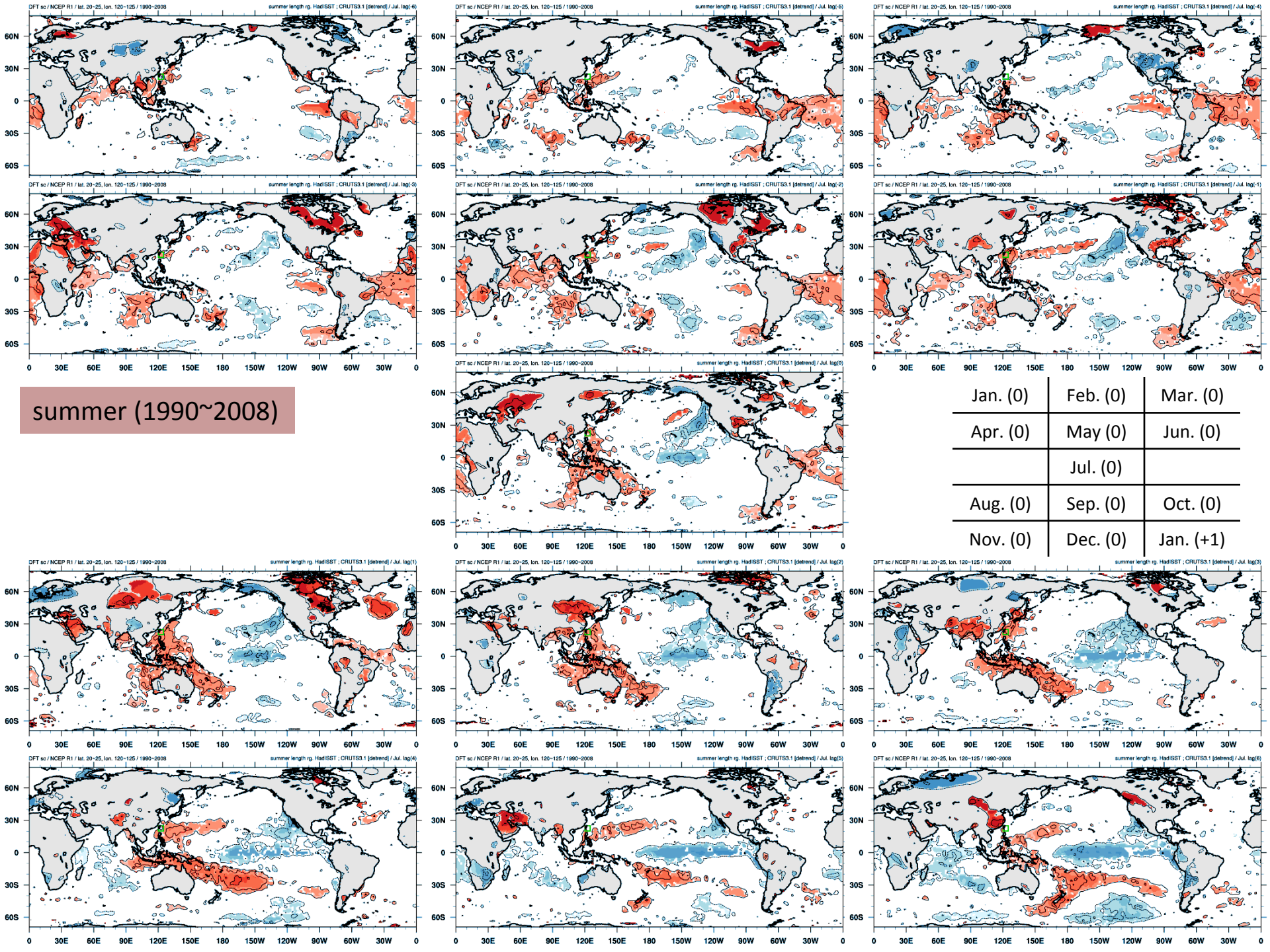
另外再作一冬季1978~1989的時期，查看若定1977/78為分界，1978~1989 此間應仍與1977以前的關係較大。


winter (1949~1989)
-0.05 -0.03 -0.02 -0.01 0 0.01 0.02 0.03 0.05
Jun. (0) Jul. (0) Aug. (0)
Sep. (0) Oct. (0) Nov. (0)
Dec. (0)
Jan. (+1) Feb. (+1) Mar. (+1)
Apr. (+1) May (+1) Jun. (+1)


winter (1990~2008)
Jun. (0) Jul. (0) Aug. (0)
Sep. (0) Oct. (0) Nov. (0)
Dec. (0)
Jan. (+1) Feb. (+1) Mar. (+1)
Apr. (+1) May (+1) Jun. (+1)


winter (1978~1989)
Jun. (0) Jul. (0) Aug. (0)
Sep. (0) Oct. (0) Nov. (0)
Dec. (0)
Jan. (+1) Feb. (+1) Mar. (+1)
Apr. (+1) May (+1) Jun. (+1)


summer (1949~1989)
Jan. (0)
Feb. (0)
Mar. (0)
Apr. (0)
May (0)
Jun. (0)
Jul. (0)
Aug. (0)
Sep. (0)
Oct. (0)
Nov. (0)
Dec. (0)
Jan. (+1)


summer (1990~2008)
Jan. (0)
Feb. (0)
Mar. (0)
Apr. (0)
May (0)
Jun. (0)
Jul. (0)
Aug. (0)
Sep. (0)
Oct. (0)
Nov. (0)
Dec. (0)
Jan. (+1)

seasonal cycle 整理

- 方法
- 中央氣象局測站

  台北、台中、台南、恆春、台東、花蓮
  - 波譜分析
  - 季節的起始、峰值、結束時間
  - regime shifts
  - 線性趨勢：近百年、五十年
- 東亞
  - 線性趨勢(20C)
    - 季節的起始、峰值、結束時間、長度、峰值溫度
- 全球
  - 線性趨勢(20C)
    - 1901~2007：季節長度、峰值溫度
  - 線性趨勢(20C 、NCEP R1、ERA 40)
    - 1959~2000：季節長度、峰值溫度
- 臺灣附近區域
  - 季節時間及長度
  - 與全球季節的相關：原始、detrend
  - 與海陸溫的迴歸：1989/90分界、79~89檢查(冬)

Trend analysis

MK-test：**95%** / 90%*

計算1957~2006年的線性趨勢。
取最近50年的時間計算趨勢，以比較後半時期的趨勢變化。(另也無部分測站早期大量年份的夏季為0的情形)

DFT(1957~2006)		Taipi	Taichun	Taiaan	HengCh	Taitung	Hualien
summer	begin	**- 3.97**	**- 4.64**	**- 2.04**	+ 0.62	**- 2.99**	**- 3.75**
	peak	**- 1.16**	- 0.68	+ 1.33	+ 2.37*	- 0.19	- 0.61
	end	**+ 2.50**	**+ 3.78**	**+ 3.91**	+ 1.05	**+ 3.34**	**+ 2.67**
	duration	**+ 6.47**	**+ 8.41**	**+ 5.95**	+ 0.43	**+ 6.33**	**+ 6.42**
	T	**+ 2.48**	**+ 1.28**	**+ 1.12**	+ 0.19	**+ 1.01**	**+ 1.60**
winter	begin	**+ 5.30**	**+ 4.59**	**+ 3.29**	+ 1.65	**+ 3.89**	**+ 4.28**
	peak	**+ 1.20**	**+ 0.88**	**+ 0.74**	+ 0.35	**+ 0.90**	**+ 1.09**
	end	**- 3.20**	**- 2.95**	**- 1.82**	- 0.97	**- 2.11**	**- 2.34**
	duration	**- 8.50**	**- 7.54**	**- 5.12**	- 2.62	**- 6.00**	**- 6.62**
	T	**+ 3.61**	**+ 3.74**	**+ 2.89**	+ 1.14*	**+ 2.19**	**+ 2.78**

HHT(1957~2006)		臺北	臺中	臺南	恆春	臺東	花蓮
summer	begin	**- 4.06**	**- 4.21**	- 0.37	+ 1.08	- 2.11*	**- 3.71**
	peak	- 1.27*	- 0.70	+ 1.19	+ 1.22	+ 0.14	- 0.34
	end	**+ 2.28**	**+ 3.93**	**+ 3.26**	+ 1.13	**+ 3.90**	**+ 2.98**
	duration	**+ 6.34**	**+ 8.13**	**+ 3.62**	+ 0.05	**+ 6.01**	**+ 6.68**
	T	**+ 2.37**	**+ 1.32**	**+ 1.31**	+ 0.10	**+ 1.29**	**+ 1.87**
winter	begin	**+ 5.44**	**+ 4.28**	**+ 3.72**	+ 1.35	**+ 3.57**	**+ 3.51**
	peak	+ 0.67*	+ 0.56	+ 0.52	+ 0.27	+ 0.49	+ 0.19
	end	**- 4.44**	**- 3.06**	**- 2.10**	- 0.84	**- 2.27**	**- 2.97**
	duration	**- 9.87**	**- 7.34**	**- 5.81**	- 2.19	**- 5.83**	**- 6.48**
	T	**+ 3.84**	**+ 3.53**	**+ 2.62**	+ 0.86	**+ 1.99**	**+ 2.47**

臺灣測站 / Regime shift / 夏季

	臺北	臺中	臺南	恆春	臺東	花蓮
1911	S- 0.37 H					
1924		E+ 0.42 H				
1926		E+ 0.14 F				
1930			S- 0.16 F			
1931						S- 0.48 H
1933			E+ 0.69 H			
1938					E+ 0.59 H 0.21 F	
1939	S+ 0.23 H					
1944	E- 0.13 H					
1946						E+ 0.17 H
1949				E+ 0.85 F		
1950				E+ 0.68 H		
1952			S- 0.90 H	S- 0.54 H 0.40 F	S- 1.22 H 0.95 F	S- 0.52 H
1953					E+ 0.36 F	
1955		E- 0.03 H				
1956			S- 0.17 F			
1975						E+ 0.33 H
1977						E+ 0.27 F
1987				S- 0.28 F	S- 0.16 H 0.24 F	
1995			E+ 0.17 H			

S/E : 起始/結束
+/- : 延後/提早
number : RSI
H/F : HHT/FT

臺灣測站 / Regime shift / 冬季

	臺北	臺中	臺南	恆春	臺東	花蓮
1934		S+ 0.08 H				
1935		S+ 0.10 F				
1954		S-0.11 F	S- 0.36 F			
1961				E+ 0.28 H		
1982			E+ 0.23 F			
1986	S+ 0.39 H 0.30 F	S+ 0.36 F				
1987					S+ 0.40 F	
1990		S+ 0.73 H			S+ 0.88 H	S+ 0.88 H 0.78 F
1996		E- 0.55 F				
1997	E- 1.14 H 0.67 F	S+ 0.47 F E- 0.39 H	S+ 0.31 H 0.39F E- 0.28 F			

S/E : 起始/結束
+/- : 延後/提早
number : RSI
H/F : HHT/FT

次二頁說明

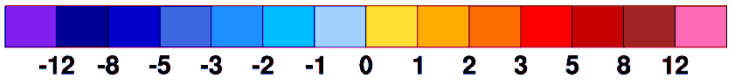
取三組再分析資料共有可計算季節的時間：
1959~2000年，再算趨勢。

圖片排列：

第一列為20C
第二列為NCEP R1
第三列為ERA 40

第一頁左排為夏季長度、右排為冬季長度
第二頁左排為夏季峰值溫度、右排為冬季峰值溫度

colorbar：

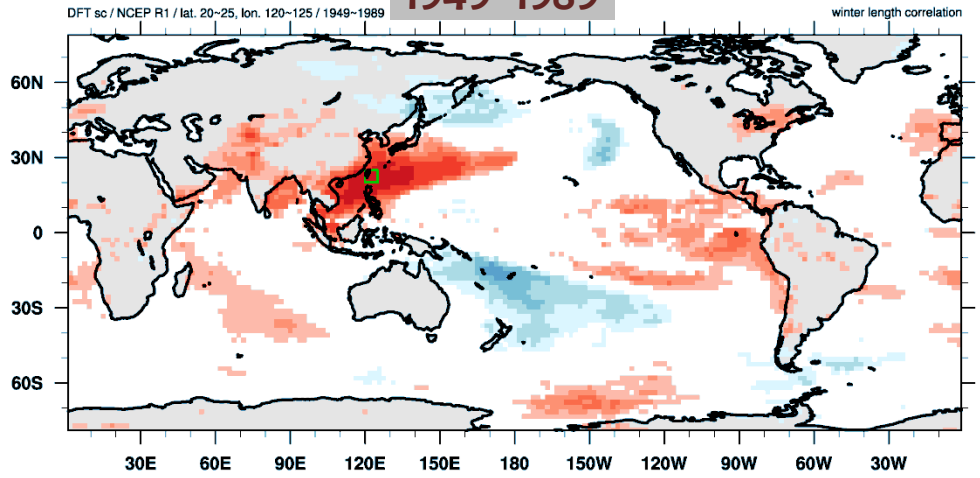


較前面多了一個+/-12的色階

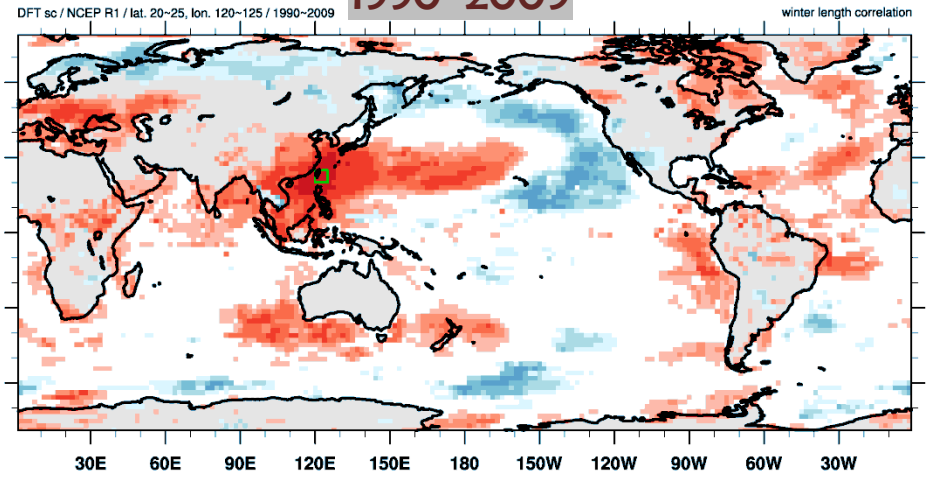
且contour僅標出值在5以上的線(避免太多線過亂)

one-point correlation (winter)

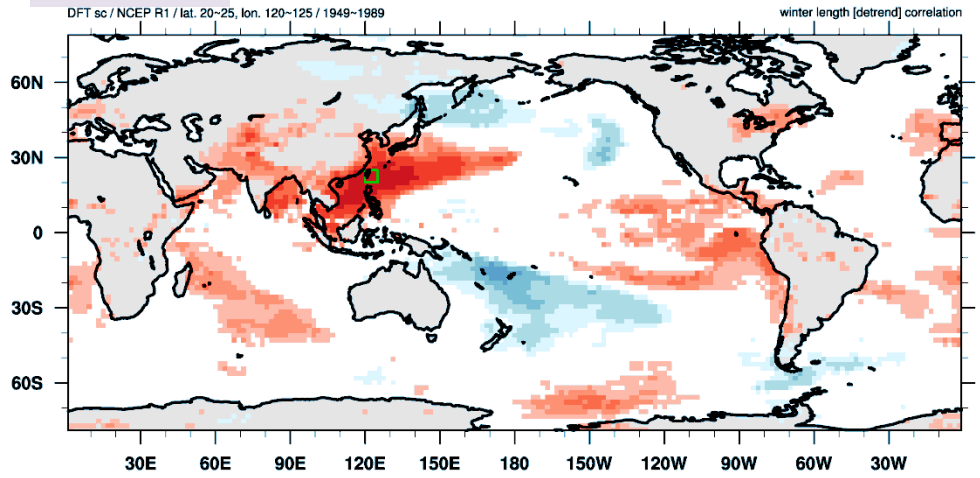
1949~1989

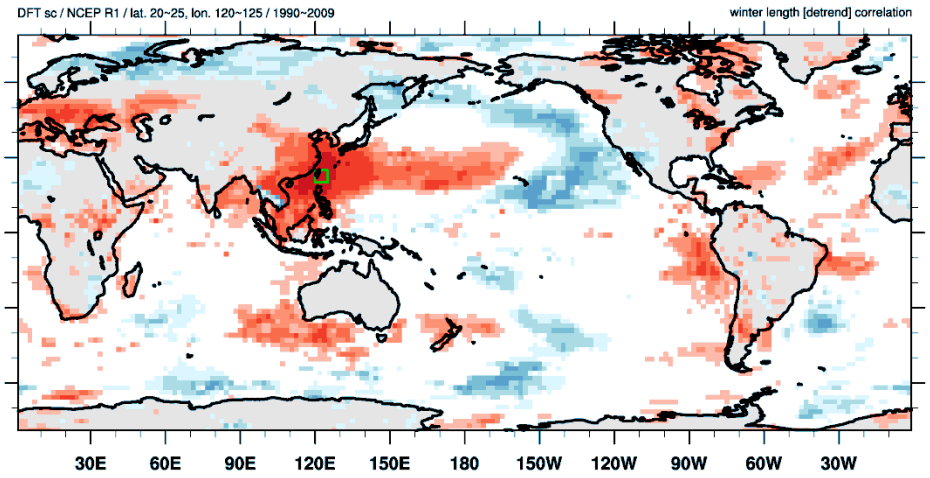


1990~2009



detrend



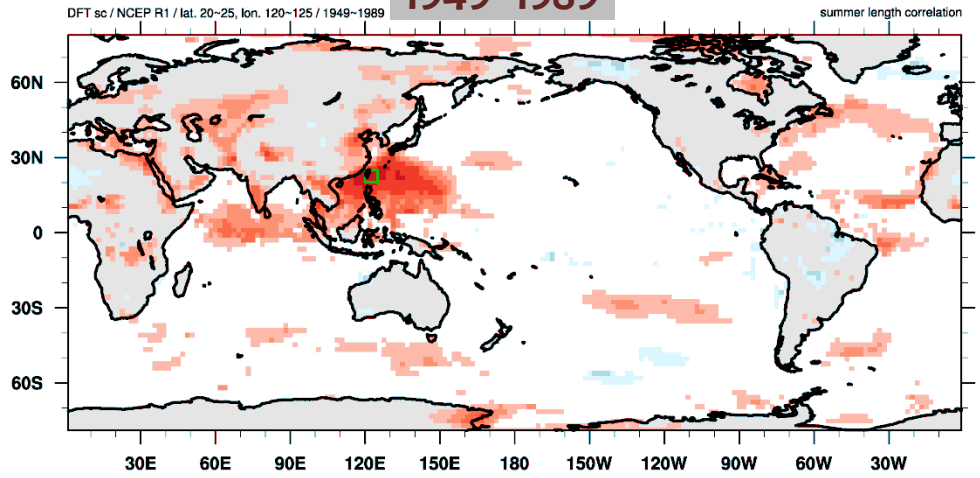


將前述的臺灣附近區域平均的季節長度，對全球其他各點同季節的長度做相關。
此以1989/90為界分為兩時期。
上列圖為原始資料，下列圖經detrend後再作相關。

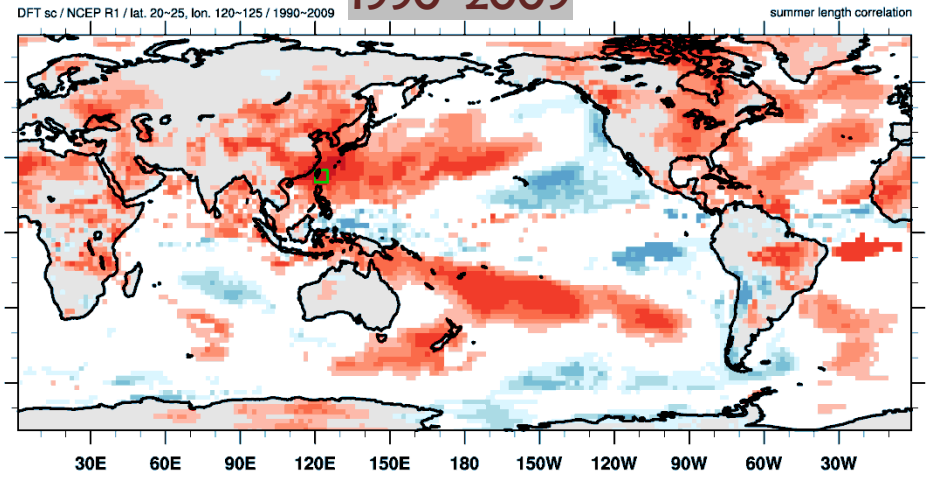
南半球須留意。為北半球的冬季對同一年的南半球冬季作相關，在定義上南半球比北半球大致提前了半年。（反之，南半球的夏季比北半球大致落後了半年）

one-point correlation (summer)

1949~1989



1990~2009



detrend