

2021 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180006

參展科別 地球與環境科學

作品名稱 利用海冰體積與北極震盪指數預測聖嬰現象發生之可能性

就讀學校 國立新竹高級中學

指導教師 鄭妙靜

作者姓名 陳宥羽、廖邦宇、楊云皓

關鍵詞 聖嬰現象、北極震盪、海冰體積

作者簡介



我是來自新竹高中的陳宥羽。高一時報名參加地球科學奧林匹亞全國初選，接觸後，對這門學科有了很大的興趣。選專題題目時，腦中對於地球科學其實還很陌生，只跑出了之前聽過的一個詞-北極震盪，所以選它作為研究題材，希望能在這次國際科展增加自己的見聞、開拓視野。



我是廖邦宇，來自新竹高中。興趣是看科普書籍，和神奇科學現象的影片。高一時，國中同學問我要不要一起做專題，當時覺得滿有趣的就開始一起進行研究。漸漸地我也對地球科學的各種現象有了初步的認識和興趣，參加國際科展對我來說是非常寶貴的經驗。



我是楊云皓，來自新竹高中數資班。相對於文科，我對理科有更多的敏感度。喜歡聽英文歌、演奏樂器、跑步、打各種球類。從小我就想要一探究竟這個浩瀚的世界，想要了解這世界的運行法則，因此激發了我對研究的熱誠。與同組同學一起栽進了大氣研究，進行研究後也使我更加了解最近紅起來的聖嬰和北極震盪。很高興可以有機會參加國際科展，有更多不同的學習。

摘要

本研究利用海冰覆蓋面積的變化、北極震盪指數(Arctic Oscillation index, AOI)和南方震盪指數(Southern Oscillation index, SOI)的相關性，希望可以探討與聖嬰現象的關聯。

取用 1950 年到 2020 年的海冰覆蓋面積資料及 1951 年到 2020 年的 SOI 及 AOI 資料。我們將 AOI 和 SOI 做折線圖、X-Y 圖，數據分成平常年、聖嬰前、聖嬰時、聖嬰後、反聖嬰前、反聖嬰時、反聖嬰後，試圖找出一些規則。利用區間分析來觀察區間範圍大小及上下界的數值隨不同事件發生的次序，探討各個事件的特徵。

聖嬰年時，區間縮小，反聖嬰年則區間略為放大且數值上升。最後將 1997 年聖嬰年的數據和區間做疊圖，並以 2018 年底到 2020 年的聖嬰轉反聖嬰來做驗證。若 AOI 的區間縮小、或海冰覆蓋面積下降後上升，表示可能是聖嬰現象要來的前兆。此外，本研究也發現，無法單獨區隔聖嬰年和反聖嬰年，兩者間會相互影響，應該要把聖嬰跟反聖嬰合併為一個氣候變化週期，才能做準確的預測。

Abstract

Using the correlation of Arctic Sea Ice volume, Arctic Oscillation index (AOI) and Southern Oscillation index (SOI), we want to predict the arrival of El Niño or La Niña.

Making AOI and SOI as line graphs, X-Y graphs and then distinguishing every month into normal years, before El Niño, El Niño, after El Niño, before La Niña, La Niña, and after La Niña. We found that there were some rules: (1) Arctic Sea Ice volume was more than the previous years' in El Niño; (2) AOI and SOI values have positive correlation in line graphs; (3) In X-Y graphs, AOI and SOI have a little positive relationship in El Niño, but the others don't.

Then we use range analysis, which taking the middle 90% of the data of each time period and comparing the range size, to observe the size of the range and the value of upper and lower bounds which change because of different events, and to explore the characteristics of each event. We

found that the range size reduced during El Niño, and slightly enlarged during La Niña. The value of it also increased during La Niña.

We used similar ways to analysis the 1997 El Niño data and the current data from 2018 to 2020 to verify the arrival of El Niño or La Niña. We find the data of 2018 to 2020 is a La Niña event after an El Niño event before two or three years ago.

If the range size is reducing or Arctic Sea Ice rises after decreasing, El Niño may come. And we also find a way to let us conveniently know that it is an El Niño event or a La Niña event now. The most important, we find that we should combine El Niño and La Niña period, then human beings can predict the arrival of special event in this study.

壹、 前言

一、 研究動機:

近幾年，極端氣候頻傳，有時有暴雨；有時是酷暑；或者是超冷的寒流。聖嬰現象、北極震盪都屬於極端氣候的一種，並影響著世界各地的氣候。1997~1998 年的聖嬰現象是有氣象紀錄以來最溫暖的一年，祕魯的降水量是平均的四倍，平常該下雨的西太平洋發生森林大火，各地都傳出災情。聖嬰現象造成如此嚴重的災害，但是它的規律性尚未被發現。

另外海冰覆蓋面積的異常值可能跟聖嬰現象造成的極端氣候有關聯，從我們以前的研究發現海冰覆蓋面積跟北極震盪指數(AOI)有相關性，我們從之前所做的小論文中，將海冰和北極震盪指數(AOI)的關係、北極震盪指數(AOI)和南極震盪指數(SOI)的關聯性做出比對，我們在其中發現了一些關聯性，在這次科展中，做更進一步研究，試圖找出聖嬰現象的規律性跟預測方法。

二、 研究目的：

- (一) 探討北冰洋海冰和北極震盪以及南方震盪，三者如何在海洋與大氣之間互相影響。
- (二) 從北冰洋海冰覆蓋面積、北極震盪指數、南方震盪指數中，找出它們數值間的關聯性，以及其所代表的意義。
- (三) 能在一年前就大致預測出聖嬰現象的發生。

貳、 研究方法與過程

一、 文獻探討：

(一) 北極震盪與南方震盪定義：

1. 北極震盪(Arctic Oscillation , AO)

北極震盪可以用來觀察極地渦旋的強弱，提供有關北極地區變化的自然階段的信息。它與北半球中高緯度地區的寒流與極地噴流有極高的相關性，而極地噴流的強弱與走向則主要由北極渦旋的分佈與強弱決定（Sheng Ping He, Yongqi Gao , Fei Li, Huijun Wang, Yanchun He, 2017）。極地氣壓場決定北極渦旋的強弱與分佈，進而影響極地噴流。這種北半球極地氣壓場變化被稱作北極振盪。

AO 主要分為正相位與負相位，當 AO 在正相位，代表極區的氣壓值較正常值低，而中緯度的氣壓則較平常高，此時極區上空的西風噴射氣流會較強，能將北極的冷空氣限制在北極圈的上空，使極區冷空氣較不容易南下影響中低緯度地區，一般稱之為「正北極震盪」；當 AO 在負相位，代表極區的氣壓較正常值高，而中緯度的氣壓則較平常低，此時極區上空的西風噴射氣流會較弱，導致原本限制於北極圈高空內的冷空氣向外逸散移往中低緯度，使中低緯度溫度較低，一般稱之為「負北極震盪」。

北極震盪指數(Arctic Oscillation Index , AOI)算法：

對在 20 度北緯~90 度北緯 1000-hPa 的月平均高度異常進行經驗正交函數 (Empirical orthogonal function ,EOF)分析的第一個主導模式，再通過月度指標的標準偏差（1979-2000 年基準期）進行標準化。其數值在 0 時，代表那時的大氣在這空間中為最標準的分布，而-1 代表 AO 在負相位;+1 代表 AO 在正相位。

2. 南方震盪(Southern Oscillation, SO)

南太平洋海平面的氣壓在兩個不同的模式之間來回擺動，英國氣象學家吉爾伯特·沃克爵士(Sir Gilbert Thomas Walker)稱其為南方震盪(Southern Oscillation)。當大溪地以東和東部的壓力高於達爾文以西的壓力，沿赤道的東西壓差使地面空氣向西流動，稱作南方震盪的高指數階段；當南方震盪切換到「低指數」階段時，氣壓值向西上升，向東下降，表示達爾文和大溪地之間的壓力差減小，東風減弱甚至吹西風。

SOI 是用來檢測是否為聖嬰現象的指數。SOI 有許多的算法，本研究中我們取得的 SOI 數值的計算方法為： $(\text{大溪地標準化地表氣壓}-\text{達爾文標準化地表氣壓})/(\text{兩地每個月標準化地表氣壓的差異})$ 。標準化的過程是先將該地的地表氣壓，減掉這個地區的長期平均地表氣壓，會得到氣壓變化量。接著，再除以這個地區地表氣壓資料的標準差，得到的數值乘以 10 是一個慣例。使用此定義，SOI 的範圍從大約-35 到大約+35，並且 SOI 的值可以引用為整數。SOI 的持續負值低於-7 通常表示聖嬰現象。SOI 的持續正值大於+7 是典型的反聖嬰現象。為方便和 AOI 做比較，本研究沒有將 SOI 值乘以 10，是直接使用取得的數字。

(二) 過去科學家預測聖嬰現象發生的方法：

科學家監測海平面氣壓、地表風的緯向分量及經向分量、海面海溫、地表氣溫、雲的總遮蔽量共六種數據，並在 1990 年代發展出新的「多重 ENSO 指數」(Multivariate ENSO Index, MEI)。六種數據在每個月取當月及前一月的數值計算，經過彙整及標準化後求出指數。正值的 MEI 代表傾向暖事件(即聖嬰期)，負值則代表傾向冷事件(即反聖嬰期)。最成功的預測是 1997-1998 年的聖嬰現象，它預測了聖嬰現象的到來，但是它的超強影響力和超快發展速度，都超過科學家的想像。而現在的科技迅速發展，科學家利用高速電腦進行氣候預測，成功地能夠察覺聖嬰的到來。

(三) 使用海冰覆蓋面積與北極震盪指數探討聖嬰現象的原因：

選擇 AOI(北極震盪指數)來觀察跟聖嬰現象的相關性，是因為觀察聖嬰現象使用的 SOI(南方震盪指數)，跟 AOI 一樣同為氣壓值變化的觀察，且北極震盪和聖嬰現象都會影響到中緯度的氣候變化，另外在 NOAA 的網站上(參考文獻十五)，發現聖嬰現象與噴流有關聯，都會影響美國的氣候。令人猜測難道聖嬰現象中的東風減弱是由於噴流和三胞環流間的交互關係？

我們認為 AOI 為負相位的時候，冷空氣往北極圈外擴散，故北冰洋上溫度較高，海冰覆蓋面積會減少。而極地噴流的減弱，藉由三胞環流影響了赤道地區的東風，使其減

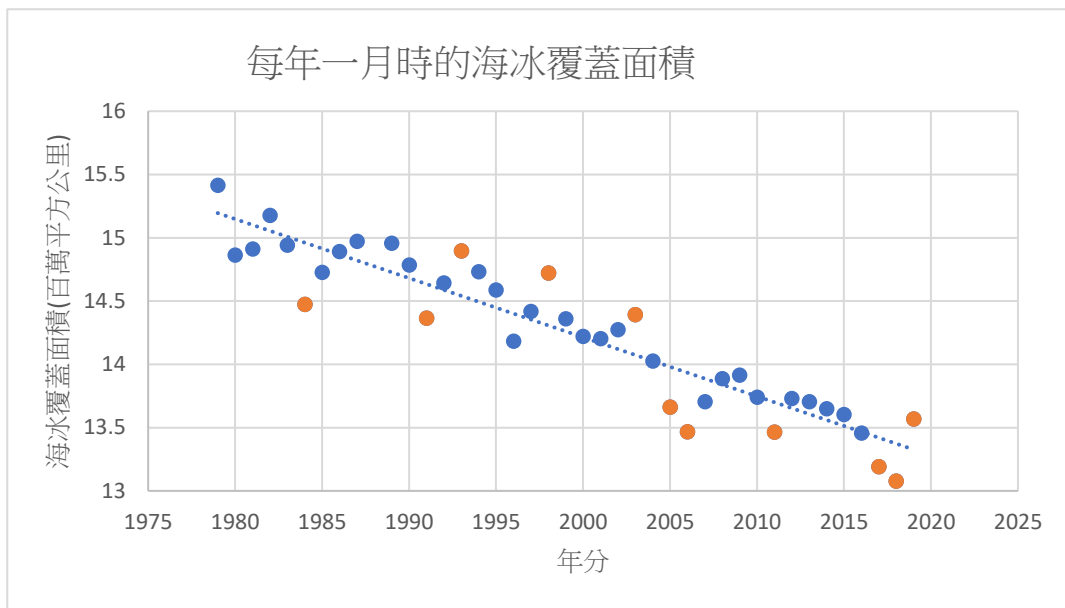
弱，可能導致聖嬰現象的發生。而 AOI 和 SOI 每天都有數據，有足夠的數據量可供分析。我們想探討 AOI 與聖嬰現象之間的關聯性以及大氣和海洋交互影響，認為 AOI 可能會和北極海冰覆蓋面積的變化會有關聯。故我們將北極海海冰覆蓋面積也拿來跟 AOI、SOI 做比較，希望會找到預測聖嬰發生的方法。

二、 研究方法：

- (一)步驟一：將聖嬰年及反聖嬰年時、海冰覆蓋面積每一個月隨著年分下降的趨勢異常值、AOI 大於 1 或小於-1 的時候，放在表格中列出並觀察其中重複或接近的時段。
- (二)步驟二：將每個月的 AOI 值和 SOI 值放在折線圖上做疊圖分析，觀察兩者隨著月分的走向趨勢，跟聖嬰年和反聖嬰年做比較，觀察兩者之間的關係。
- (三)步驟三：將北極震盪指數 AOI 值(X 軸)和南方震盪指數 SOI 值(Y 軸)作圖，探討在聖嬰前、中、後 12 個月時兩個指數的趨勢，希望可以歸納出一套方法來預測聖嬰。
- (四)步驟四：過去 AOI 值在聖嬰、平常年、反聖嬰區間比對：取各個聖嬰及反聖嬰和其前後各 12 個月的 AOI，分別將極大值與極小值各 5%刪除，得到各個數據(常態分布)的上界及下界，將相鄰事件串起來，做折線圖，看區間變化。
- (五)步驟五：觀察 2018 年的聖嬰到 2020 年的反聖嬰 AOI 和 SOI 兩者的關係有沒有符合預測值。

三、 相關數據資料分析：

- (一) 海冰在近五十年受到了全球暖化的影響，覆蓋面積每年都下降了許多，而且海冰覆蓋面積會受到季節的影響，所以我們以每年的各月畫趨勢圖，將偏離趨勢較多的數據點作為異常值(圖一)。



圖一：1979年~2019年各年一月的海冰覆蓋面積，標出的點即為高於或低於趨勢的時間。

(二) AOI：當 AO 為正相位時，數值為正值；當 AO 為負相位時，數值為負值。我們以 AOI 大於 1 和小於-1 作為異常值。

(三) 聖嬰強弱定義：

我們以澳洲氣象局對 SOI 和聖嬰現象的判斷標準作為依據，如表一。

表一：聖嬰的強弱定義，利用 SOI 的數值做比較

SOI 的數值		海溫距平(採用 NINO3.4 區數據)	
強聖嬰期：	-2.0 以下	強聖嬰期:	連續 5 個月以上均高於 0.4°C,最高值大於 1.5°C
中聖嬰期：	-1.4~-1.5		
弱聖嬰期：	-0.7~-0.9	弱聖嬰期:	連續 5 個月以上均高於 0.4°C,且最高值介於 0.5°C~1.5°C
正常期：	0.7~-0.7	正常期:	介於-0.5°C~-0.50°C或未持續 5 個月在 0.5°C 以上或-0.5°C 以下
弱反聖嬰期：	0.7~0.9	弱反聖嬰期:	持續 5 個月以上均低於-0.4°C,且最低值介-0.5°C~-1.5°C

中反聖嬰期：	1.4~1.5		
強反聖嬰期：	2.0 以上	強反聖嬰期：	持續 5 個月以上均低於-0.4°C,且最低值低於-1.5°C

判斷聖嬰年、反聖嬰年，不只是由每個月 SOI 的數值來判斷，也會看氣壓差的穩定度、時間長短等。舉例來說：(1)某年中數個月數值高於 2.0，且氣壓變化穩定度高就會判斷強反聖嬰年；(2)某年中數個月數值雖然高於 2.0，但氣壓變化的穩定度低，就只會判斷為中或中強反聖嬰年。

參、 研究結果與討論：

一、 步驟一：將 AOI、SOI、海冰的異常值列在表中，觀察發生時間的關聯性

- (一) 1982 年聖嬰，前一年海冰覆蓋面積比整體趨勢少
- (二) 在 1981 的冬天 AOI<-1 且海冰覆蓋面積比趨勢低
- (三) 在 1984 年的冬天海冰覆蓋面積下降後，AOI 在其之後下降
- (四) 在 1988 年冬天 AOI>1 且海冰覆蓋面積到隔年春天下降到比趨勢低
- (五) 在 1990 年春天 AOI>1，到夏天時海冰覆蓋面積比趨勢低
- (六) 1991 年的聖嬰，前一年海冰覆蓋面積比整體趨勢少
- (七) 在 1992 年的冬天海冰覆蓋面積比趨勢低且 AOI>1
- (八) 1994 年的聖嬰年時海冰覆蓋面積偏高
- (九) 1995 年冬天 AOI<1 且海冰覆蓋面積較低
- (十) 1997 年的聖嬰年在一年前海冰覆蓋面積多數低於趨勢，而聖嬰年後期時，海冰覆蓋面積偏高
- (十一) 在 2002 年的冬天 AOI<-1，之後海冰覆蓋面積偏低
- (十二) 在 2006 的冬天，AOI>1 且海冰覆蓋面積偏低
- (十三) 2009 年聖嬰時，海冰覆蓋面積偏高
- (十四) 2015 年的聖嬰，在前一年海冰覆蓋面積偏高，聖嬰年時偏低
- (十五) 在 2018 年的冬天，海冰覆蓋面積偏高，之後 AOI>1

表二：海冰覆蓋面積與不同時期時的情況下的變化

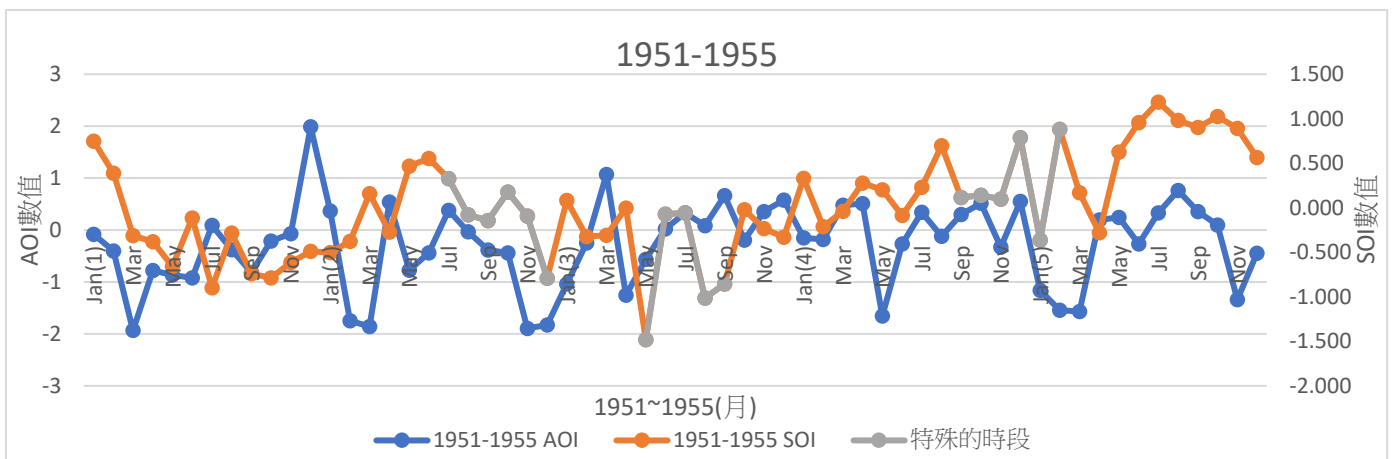
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
圖示:	粗體:	AOI<-1 (負北極震盪)				斜體底線 AOI>1 (正北極震盪)							
圖示:		強聖嬰		中強聖嬰		中聖嬰		弱中聖嬰		弱聖嬰			
圖示:		弱中反聖嬰			中反聖嬰		中強反聖嬰		強反聖嬰				
圖示:	紅字	海冰體積比趨勢低				藍字	海冰體積比趨勢高						
1978	海冰體積										<i>11.645</i>	13.667	
1979	海冰體積	15.414	16.175	16.342	15.447	13.857	12.53	10.311	8.041	7.051	8.748	10.943	<i>13.336</i>
1980	海冰體積	14.862	15.955	16.041	15.429	13.793	12.205	10.1	7.984	7.667	9.183	11.383	13.593
1981	海冰體積	14.91	15.604	15.632	15.01	13.802	12.43	10.271	7.844	7.138	8.856	10.929	13.341
1982	海冰體積	<i>15.177</i>	15.974	<i>16.044</i>	<i>15.466</i>	13.973	12.476	10.367	8.139	7.302	9.421	11.627	13.642
1983	海冰體積	<i>14.942</i>	16.006	16.085	15.172	13.491	12.296	10.57	<i>8.186</i>	7.395	<i>9.334</i>	11.461	13.299
1984	海冰體積	14.473	15.299	15.584	15.015	13.577	12.152	9.977	7.771	6.805	8.561	10.842	12.989
1985	海冰體積	14.725	15.466	15.886	15.357	<i>14.073</i>	12.219	9.744	7.402	6.698	<i>8.546</i>	11.025	13.05
1986	海冰體積	14.89	15.785	<i>15.91</i>	15.059	13.379	11.976	10.146	7.979	7.411	<i>9.484</i>	11.453	13.222
1987	海冰體積	14.97	16.05	15.816	15.211	13.743	12.486	10.333	7.628	7.279	9.049	11.224	
1988	海冰體積		15.583	15.957	15.123	13.561	11.943	9.809	7.892	<i>7.369</i>	9.135	11.331	<i>13.626</i>
1989	海冰體積	<i>14.955</i>	<i>15.495</i>	<i>15.223</i>	<i>14.328</i>	<i>13.044</i>	12.245	10.13	7.882	7.008	8.829	11.115	13.387
1990	海冰體積	<i>14.783</i>	<i>15.578</i>	<i>15.867</i>	<i>14.65</i>	13.226	11.641	9.247	6.797	6.143	8.485	11.075	<i>13.106</i>
1991	海冰體積	14.364	15.249	15.416	14.86	13.473	12.108	9.514	7.415	6.473	8.541	10.885	<i>12.945</i>
1992	海冰體積	14.643	<i>15.462</i>	15.481	14.677	<i>13.216</i>	12.147	10.323	7.925	7.474	9.319	11.379	<i>13.407</i>
1993	海冰體積	<i>14.896</i>	15.686	15.813	15.077	13.368	11.871	9.476	7.335	6.397	8.786	<i>11.319</i>	13.319
1994	海冰體積	14.73	15.562	<i>15.554</i>	14.888	13.624	<i>12.016</i>	9.925	7.639	7.138	8.915	<i>11.123</i>	13.272
1995	海冰體積	14.586	<i>15.226</i>	15.26	14.449	12.972	11.44	8.987	6.744	6.08	7.829	10.761	12.921
1996	海冰體積	14.181	15.155	15.123	14.216	13.094	12.084	10.164	8.18	7.583	9.161	10.402	12.861
1997	海冰體積	14.417	<i>15.437</i>	<i>15.467</i>	14.563	13.177	11.738	9.411	7.285	6.686	8.337	10.684	13.076
1998	海冰體積	14.721	15.746	15.598	14.892	13.59	11.706	9.415	7.509	6.536	8.452	10.441	<i>12.759</i>
1999	海冰體積	14.359	15.309	15.398	15.084	13.751	11.779	9.488	7.226	6.117	8.603	10.796	<i>12.641</i>
2000	海冰體積	<i>14.22</i>	<i>15.141</i>	15.225	14.558	13.153	11.665	9.513	7.168	6.246	8.379	10.321	12.637
2001	海冰體積	14.203	15.211	15.516	14.857	13.51	11.456	9.07	7.461	6.732	8.298	10.658	12.491
2002	海冰體積	<i>14.273</i>	<i>15.342</i>	15.349	14.299	12.971	11.583	9.274	6.599	5.827	8.162	10.342	12.608
2003	海冰體積	14.391	15.193	15.485	14.512	<i>13.016</i>	11.604	9.215	6.936	6.116	7.848	10.125	12.588
2004	海冰體積	14.026	14.914	14.993	13.987	12.558	11.447	9.431	6.855	5.984	7.925	10.343	<i>12.554</i>
2005	海冰體積	13.661	14.373	14.687	14.09	12.911	11.162	8.649	6.301	5.504	7.352	10.216	12.228
2006	海冰體積	13.466	14.325	14.421	13.906	12.517	<i>10.92</i>	8.46	6.496	5.862	7.541	9.659	<i>11.955</i>
2007	海冰體積	<i>13.703</i>	14.513	<i>14.542</i>	13.845	12.78	11.22	7.943	5.342	4.267	6.04	9.76	<i>12.034</i>
2008	海冰體積	13.887	14.953	15.179	14.352	12.974	11.208	8.678	5.913	4.687	<i>7.35</i>	10.343	12.359
2009	海冰體積	13.914	14.812	14.984	14.496	<i>13.187</i>	11.32	8.465	6.136	5.262	6.92	9.772	12.2
2010	海冰體積	13.739	14.581	15.137	14.659	12.866	10.585	8.075	5.875	4.865	6.984	9.614	11.831
2011	海冰體積	13.464	<i>14.363</i>	<i>14.546</i>	<i>14.108</i>	12.681	10.749	7.724	5.863	4.561	6.465	<i>9.772</i>	<i>12.154</i>
2012	海冰體積	13.729	14.553	<i>15.196</i>	14.626	13.012	10.674	7.672	4.723	3.566	5.886	9.388	12.006
2013	海冰體積	13.703	14.723	15.032	14.299	12.997	11.36	8.132	6.014	5.208	7.455	<i>9.939</i>	<i>12.184</i>
2014	海冰體積	13.648	14.418	<i>14.758</i>	14.088	12.701	11.033	8.108	6.078	5.22	7.232	10.115	12.353
2015	海冰體積	<i>13.602</i>	<i>14.401</i>	<i>14.37</i>	<i>13.893</i>	12.468	10.879	8.378	5.599	4.616	6.966	<i>9.846</i>	<i>12.045</i>
2016	海冰體積	13.457	14.203	14.4	13.681	11.924	10.413	7.938	5.371	4.528	6.082	8.658	<i>11.459</i>
2017	海冰體積	13.19	14.12	<i>14.29</i>	13.753	12.631	10.756	7.939	5.481	4.822	6.767	9.493	11.743
2018	海冰體積	13.077	13.967	14.298	13.696	<i>12.232</i>	10.778	8.268	5.615	4.785	6.134	9.823	11.862
2019	海冰體積	13.567	<i>14.394</i>	<i>14.574</i>	13.434	12.186	10.594	7.589	5.026	4.364	5.735	9.353	11.903

(十六) 步驟一小結：總體而言，聖嬰年時海冰的覆蓋面積大致較趨勢高，有些聖嬰年前一、二年海冰覆蓋面積會低於其趨勢許多，使的聖嬰時海冰覆蓋面積顯得較高;有時則是聖嬰當下海冰覆蓋面積高於趨勢，這可能是聖嬰年的徵兆之一。而 AOI 和海冰覆蓋面積

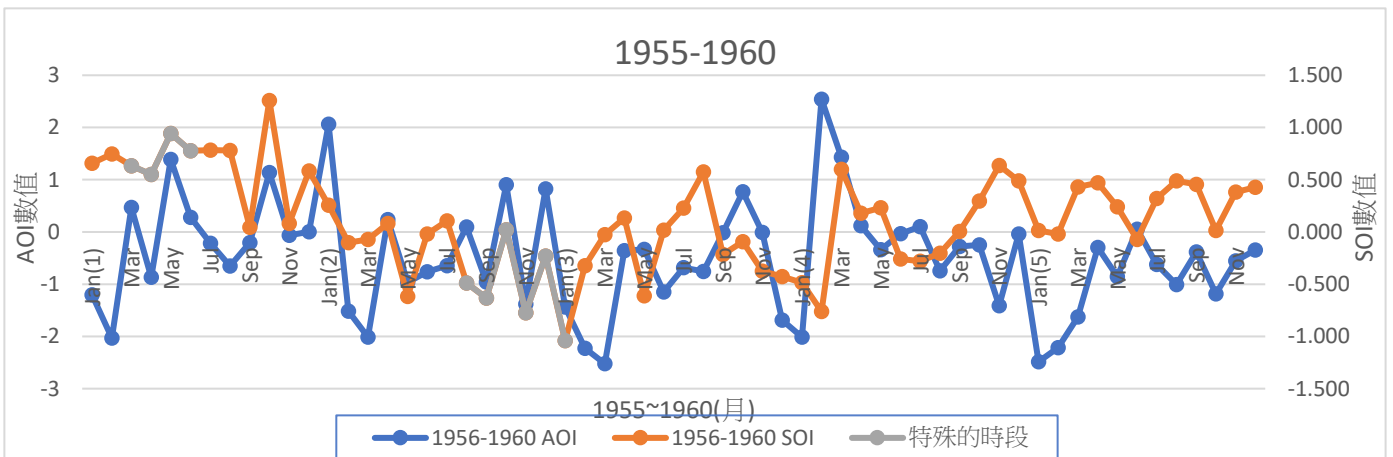
之間有關連性，在大部分時段海冰覆蓋面積會較 AOI 慢出現變化，我們認為是因為海冰要形成需要時間的累積，而以此結果能知海冰覆蓋面積不適合預測聖嬰現象，可能只能幫助後知，但能夠幫助我們繼續做驗證(表二)。

二、 步驟二：利用 AOI 與 SOI 折線圖討論

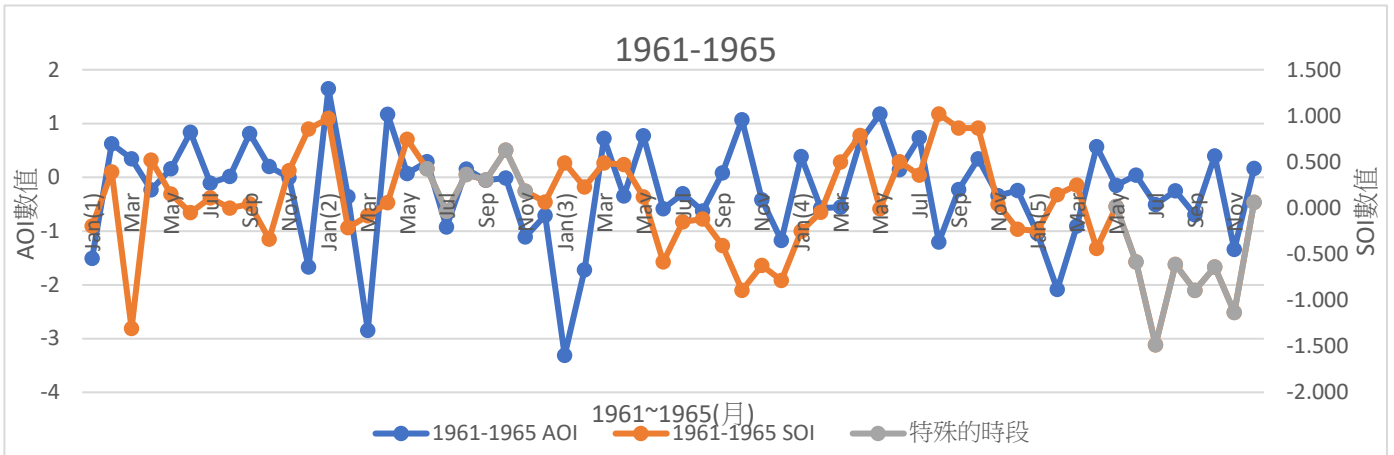
(一) 步驟一中，我們利用各項事件找出共通點，但沒有明確發現。我們將每月的 AOI 和 SOI 放在折線圖上觀察，想以長時間中兩者特異的時間與聖嬰、反聖嬰做比較。



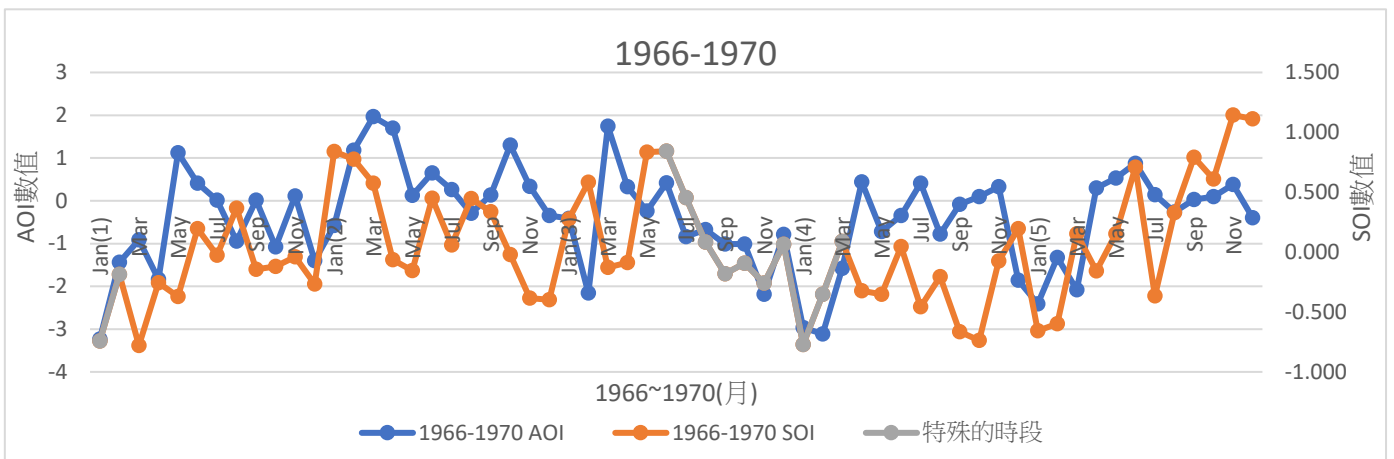
圖二：1951~1955，例外:1952/07~1953/01、1953/05~1953/09、1954/09~1955/01
反聖嬰(平行)



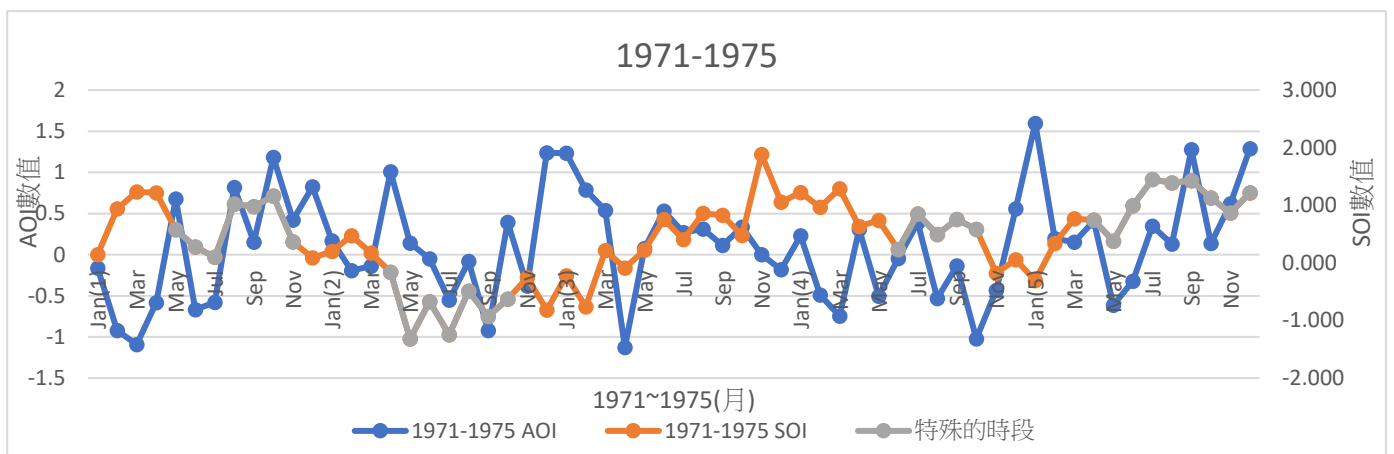
圖三：1956~1960，例外:1956/03~1956/06 反聖嬰、1957/08~1958/01 聖嬰(平行)



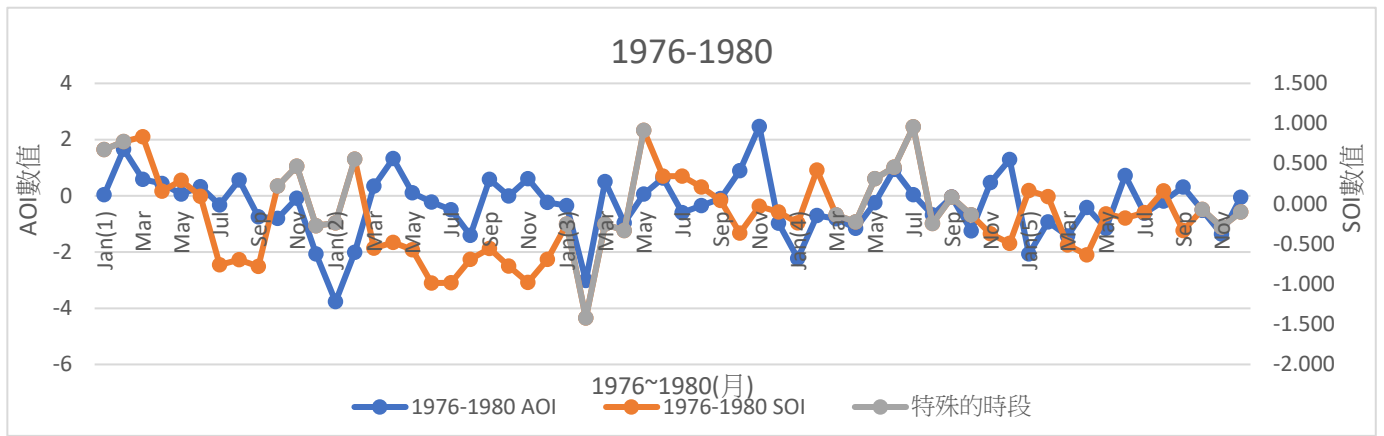
圖四：1961~1965 例外:1962/06~1962/11 (重疊)、1965/05~1966/02 聖嬰(平行)



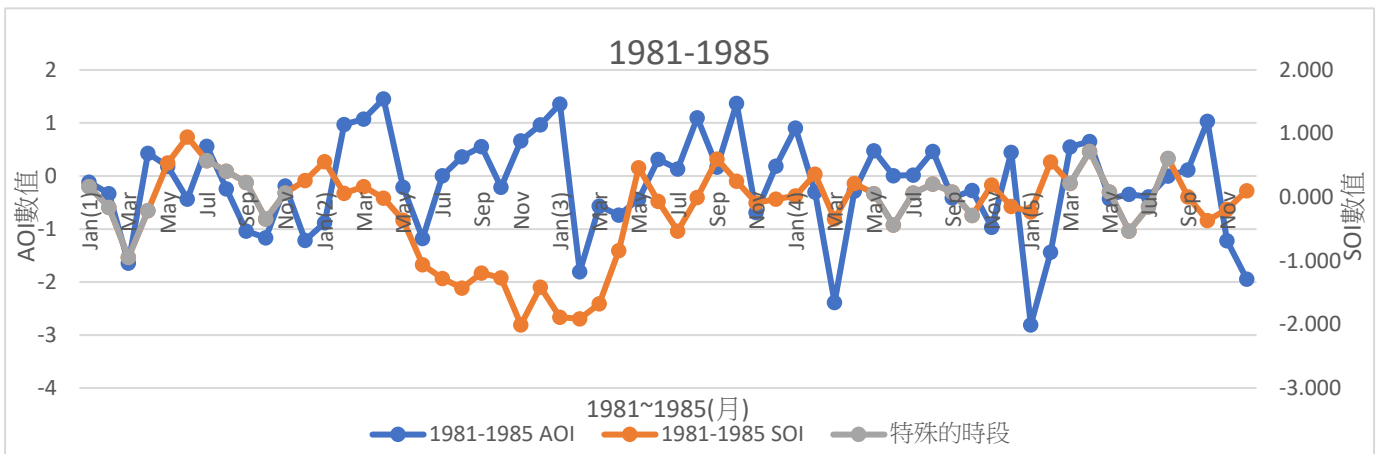
圖五：1966~1970，例外:1968/06~1969/03 聖嬰前一年。(平行近重疊)



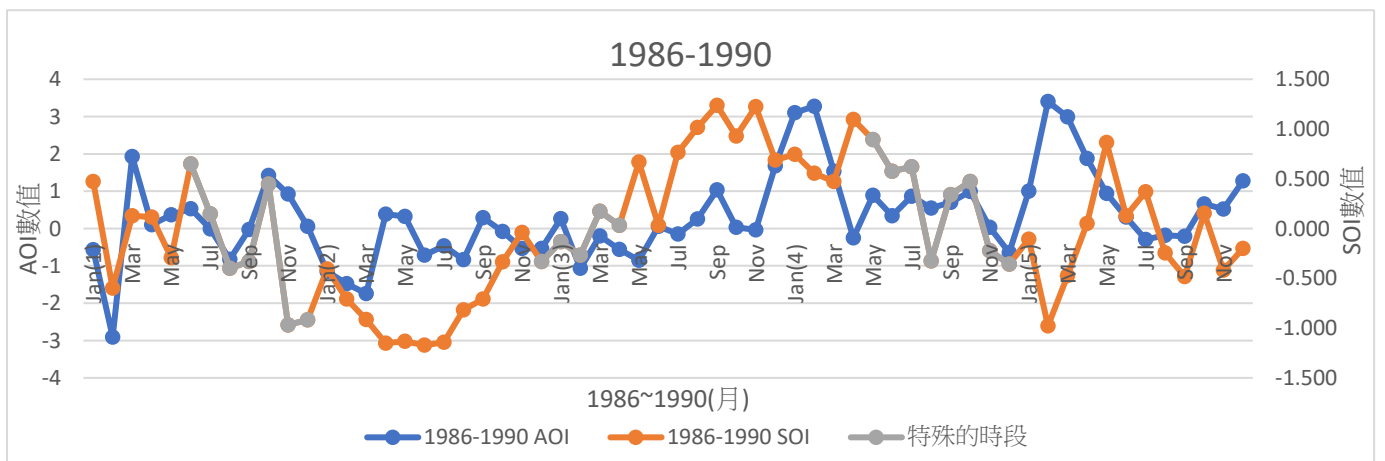
圖六：1971~1975，例外:1971/05~1971/11 反聖嬰、1972/04~1972/10.聖嬰(平行)、1974/06~1974/10.反聖嬰、1975/04~1976/02 反聖嬰



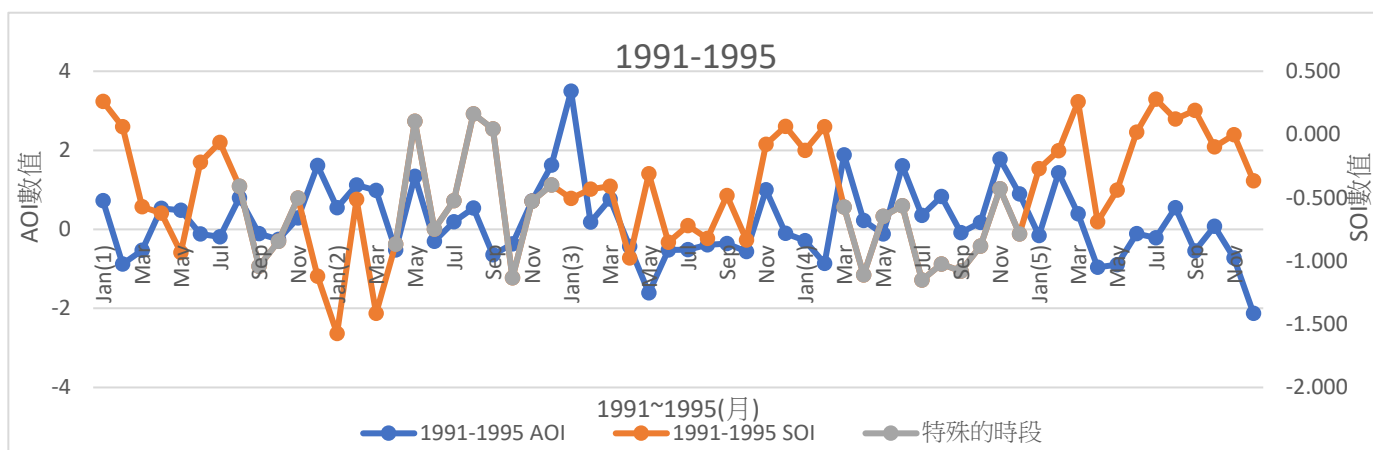
圖七：1976~1980，例外:1976/10~1977/02 反聖嬰、1978/01~1978/05 聖嬰(重疊)、1979/03~1979/10(重疊)、1980/10~1981/04 (重疊)



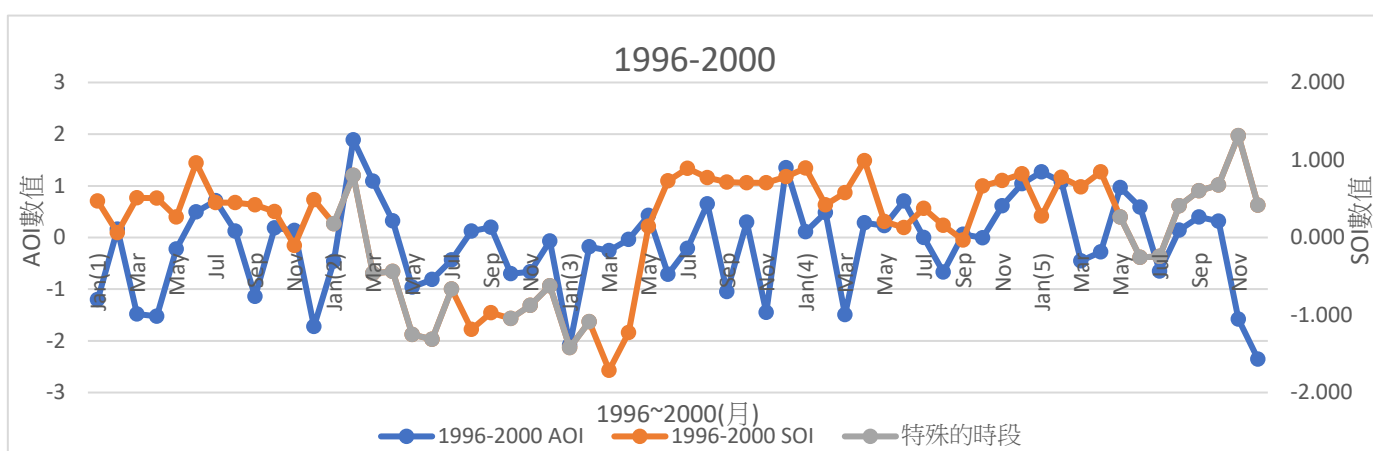
圖八：1981~1985，例外:1981/07~1981/11(平行)、1984/05~1984/10(重疊)、1985/03~1985/08(重疊)



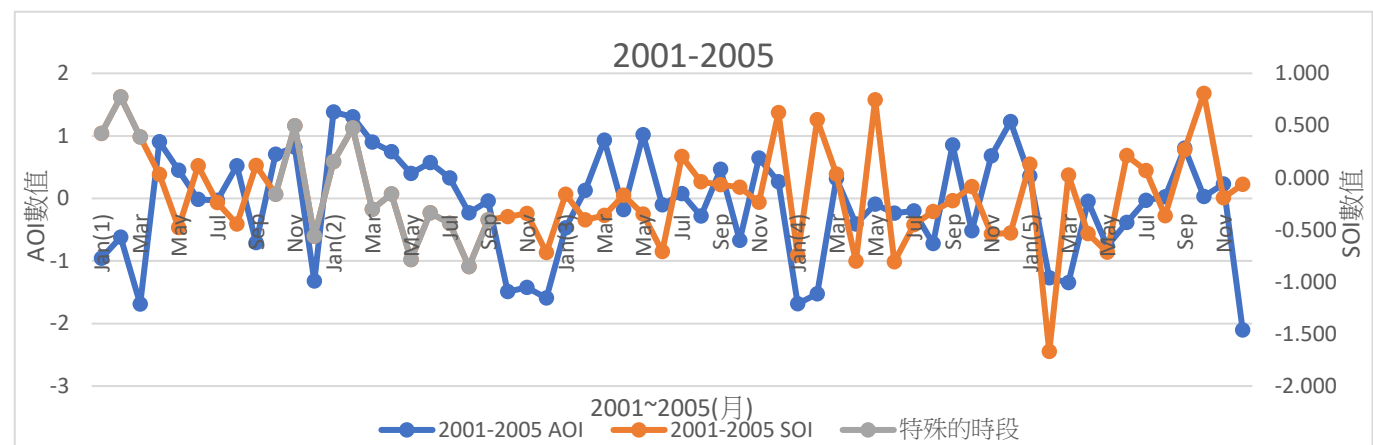
圖九：1986~1990，例外:1986/06~1986/12、1987/12~1988/04 聖嬰後到反聖嬰前、1989/05~1989/12.反聖嬰



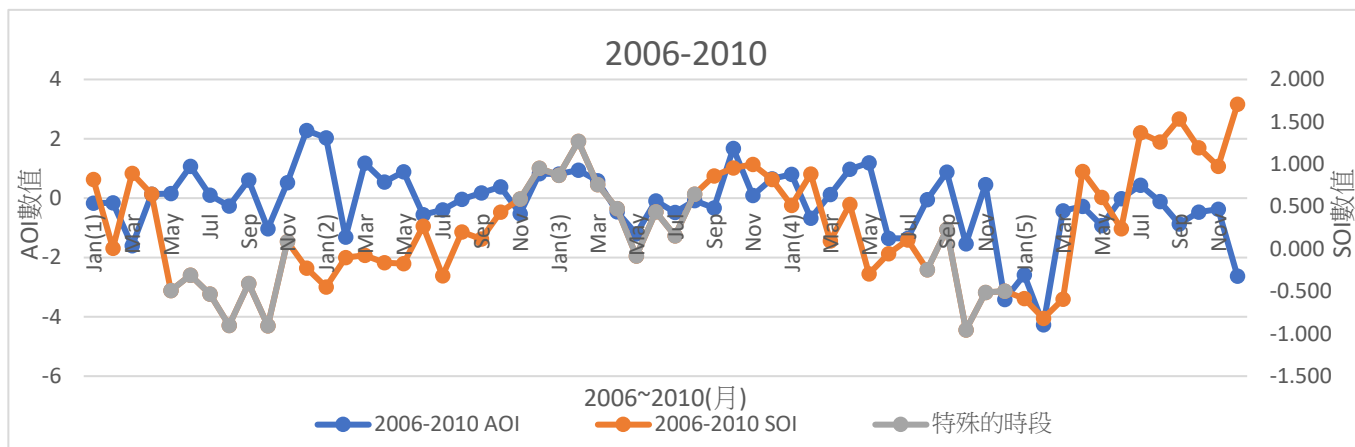
圖十：1991~1995，例外:1991/08~1991/11 聖嬰(平行)、1992/04~1992/12、1994/03~1994/12 聖嬰(平行)



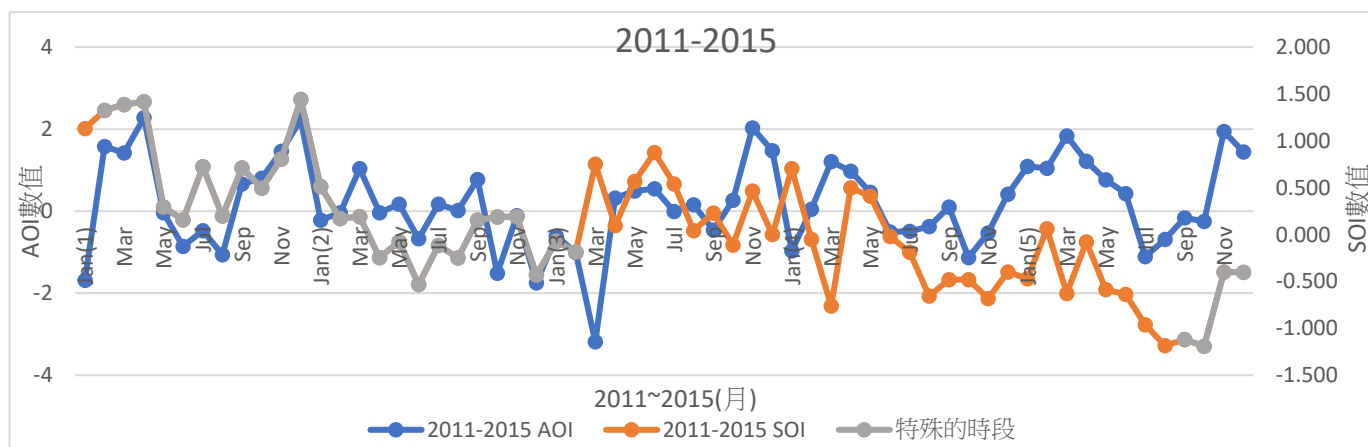
圖十一：1996~2000，例外:1997/01~1997/07.聖嬰、1997/10~1998/02 聖嬰(平行)、2000/05~2001/03 反聖嬰(平行)



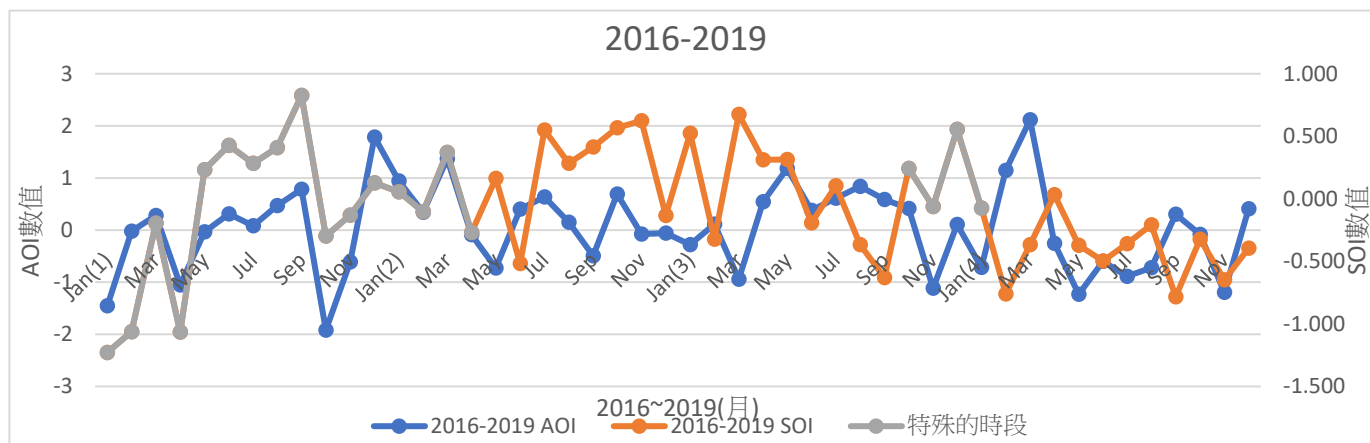
圖十二：2001~2005，例外:2001/10~2002/09 聖嬰



圖十三： 2006~2010，例外:2006/05~2006/11 聖嬰(平行)、



圖十四： 2011~2015，例外：2011/02~2013/02 反聖嬰(重疊後平行)



圖十五： 2016~2019，例外：2015/09~2017/04 聖嬰

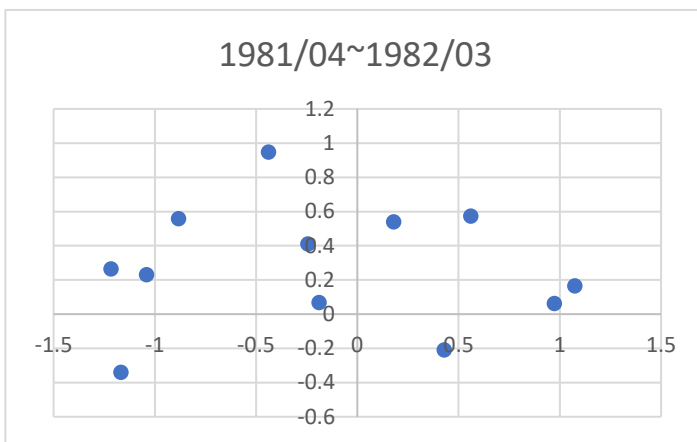
(二) 方法二的小結：大部分兩者趨勢相反(當 AOI 上升時，SOI 就下降；AOI 下降時，SOI 就上升)，但有些例外，AOI 值和 SOI 值的趨勢會相似，甚至上升與下降的比

例相同，在圖上呈現平行與重疊。經過聖嬰年和反聖嬰年的比較後，發現在大部分聖嬰年和反聖嬰年都會有 AOI 和 SOI 趨勢相同的情形(圖二-圖十五)。猜測聖嬰現象和反聖嬰現象都可能與 AOI 的變化有所關聯，試著找出兩者如何互相影響。

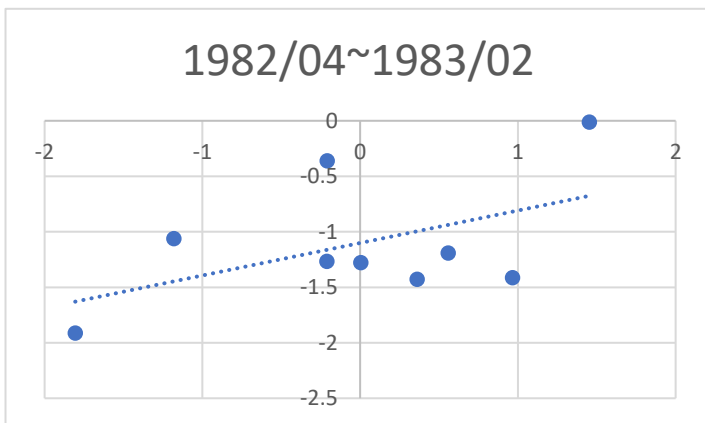
三、 步驟三：在聖嬰年與反聖嬰年，以 x(AOI)-y(SOI)圖中找趨勢

步驟二中發現例外的時間通常為聖嬰現象和反聖嬰現象時，我們便直接以聖嬰現象和反聖嬰現象的期間來作討論。除了取各個聖嬰年和反聖嬰年的每個月份的 AOI 跟 SOI，也取發生前後各 12 個月，想找出兩者間誰先受到影響或甚至是影響者。

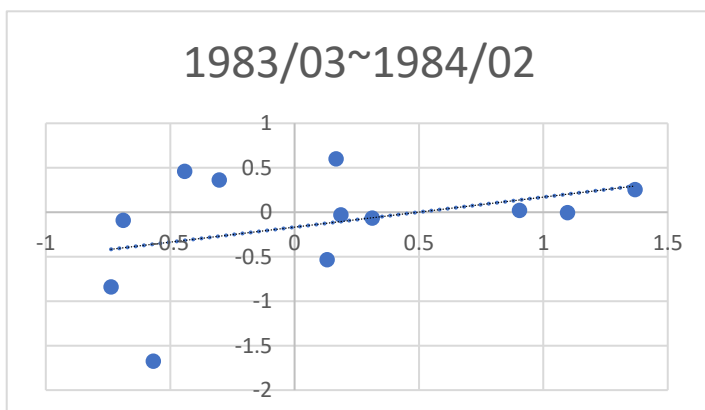
(一) AOI、SOI 在聖嬰前 12 個月、聖嬰時、聖嬰後 12 個月的 X-Y 圖



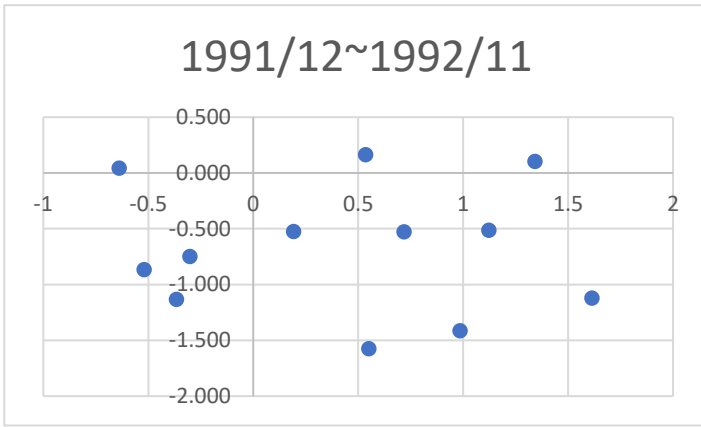
圖二十九：聖嬰前 12 個月



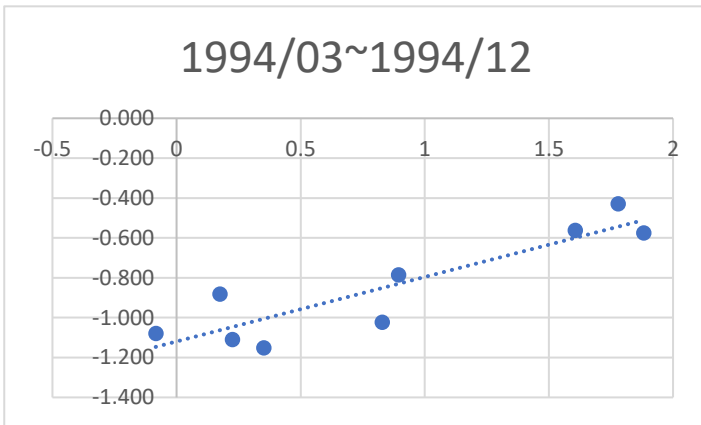
圖三十：聖嬰期間



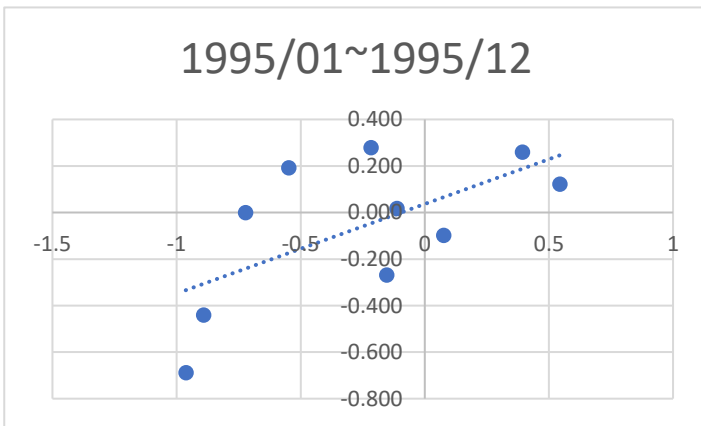
圖三十一：聖嬰後 12 個月



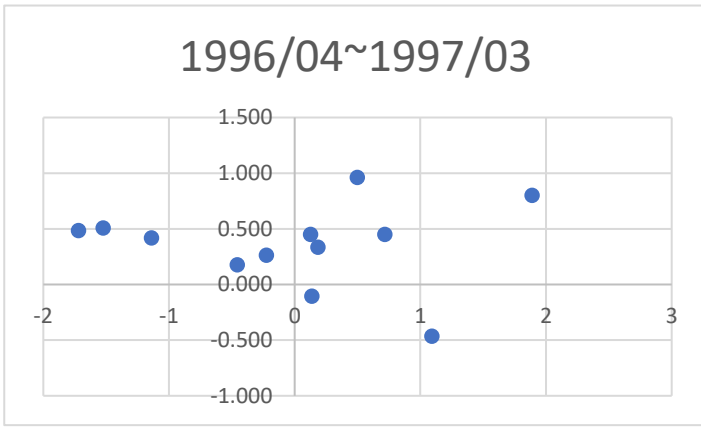
圖三十二：聖嬰前 12 個月



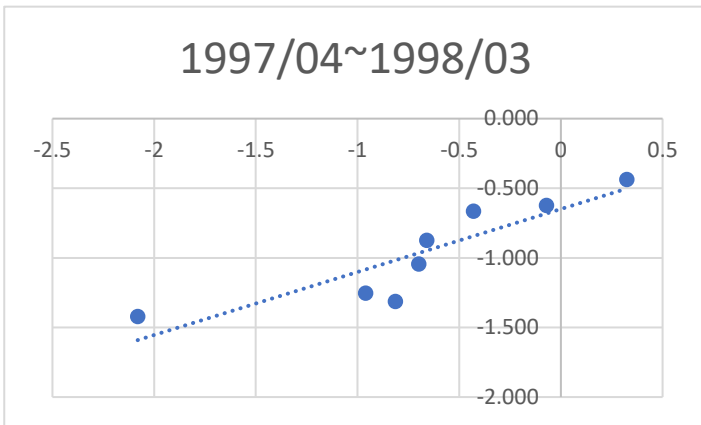
圖三十三：聖嬰期間



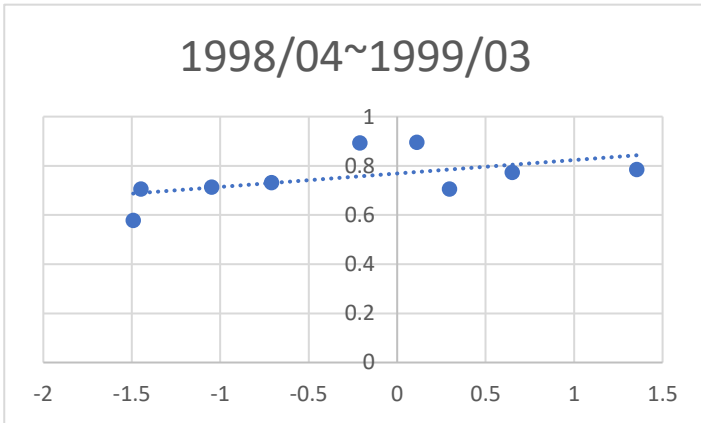
圖三十四：聖嬰後 12 個月



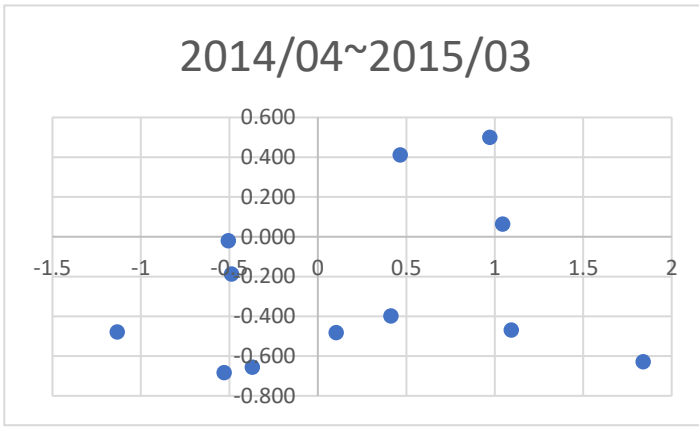
圖三十五：聖嬰前 12 個月



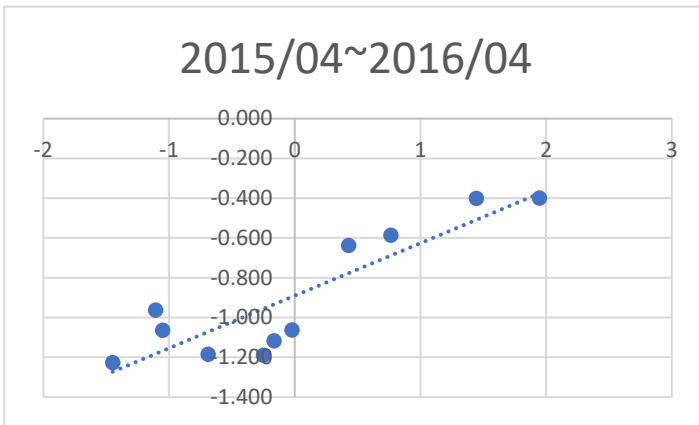
圖三十六：聖嬰期間



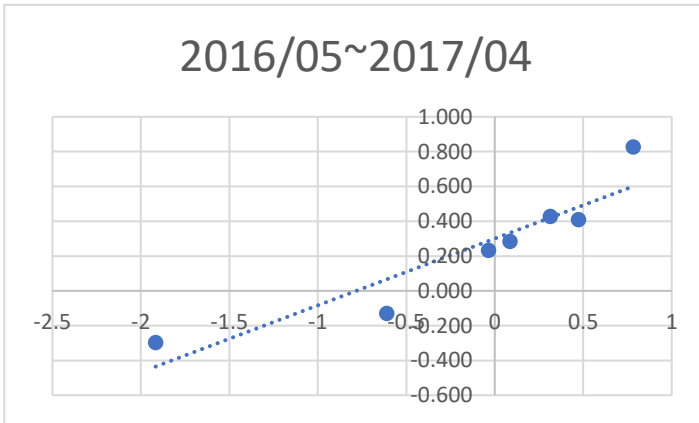
圖三十七：聖嬰後 12 個月



圖三十八：聖嬰前 12 個月

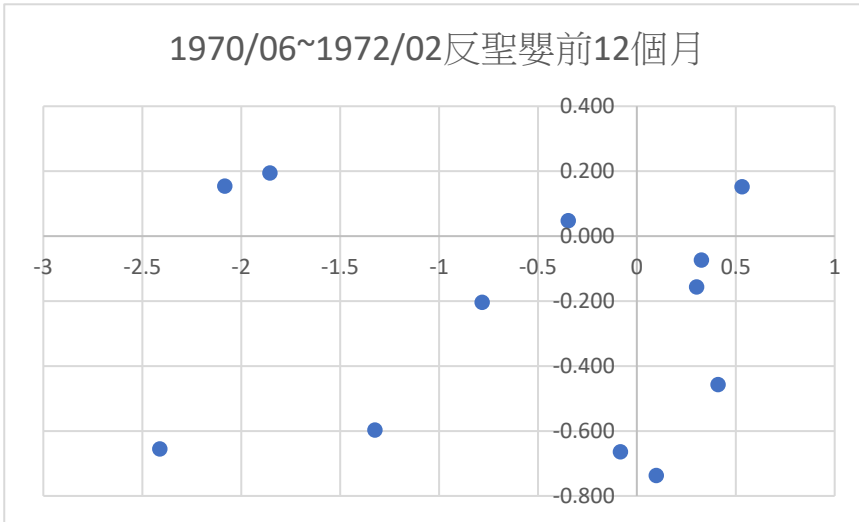


圖三十九：聖嬰期間

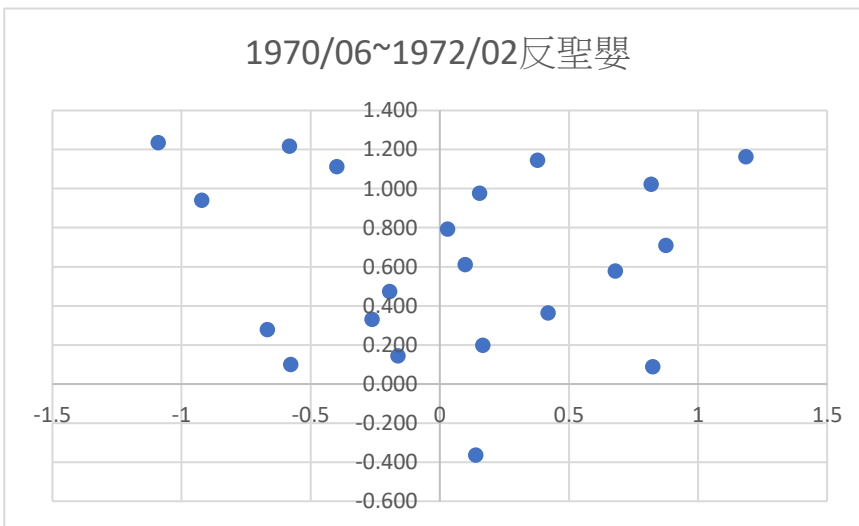


圖四十：聖嬰後 12 個月

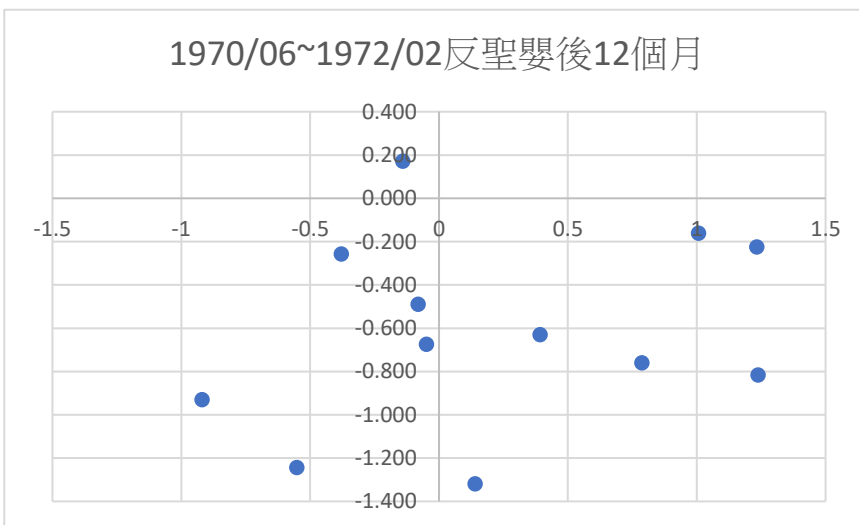
(二) AOI、SOI 在反聖嬰前 12 個月、反聖嬰時、反聖嬰後 12 個月的 X-Y 圖



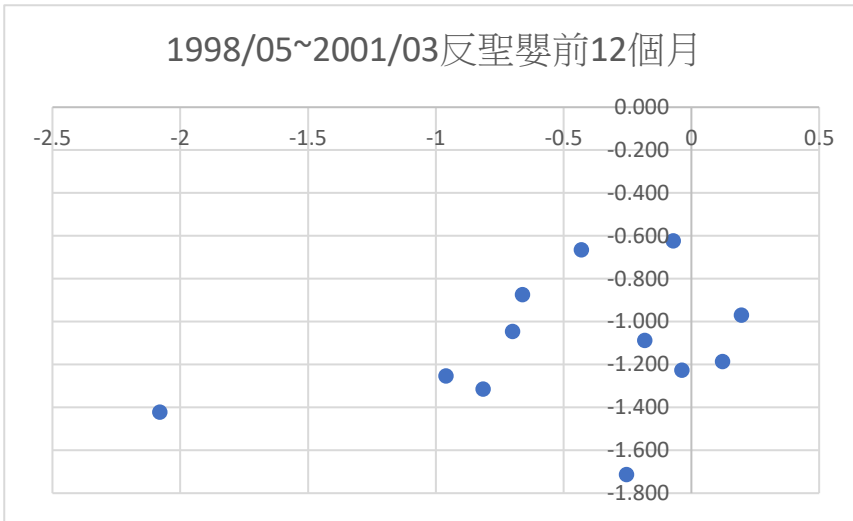
圖四十一(a)：1970/06~1972/02 反聖嬰事件發生前



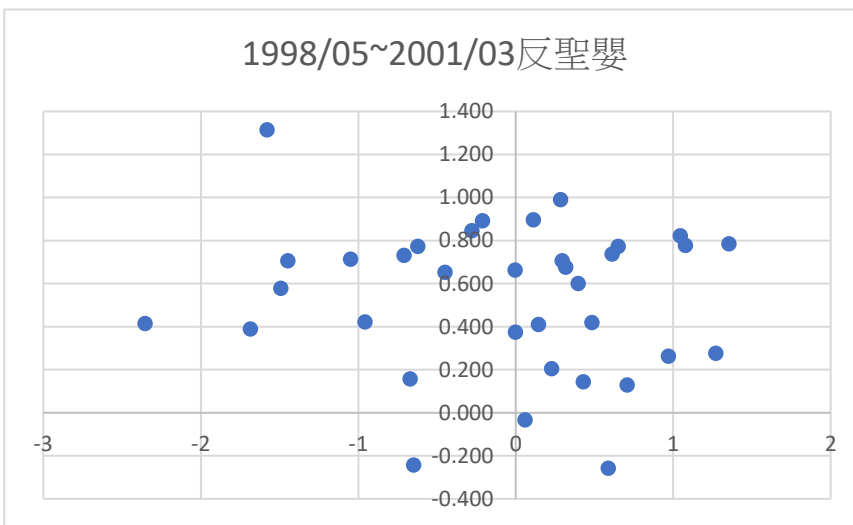
圖四十一(b)：1970/06~1972/02 反聖嬰事件



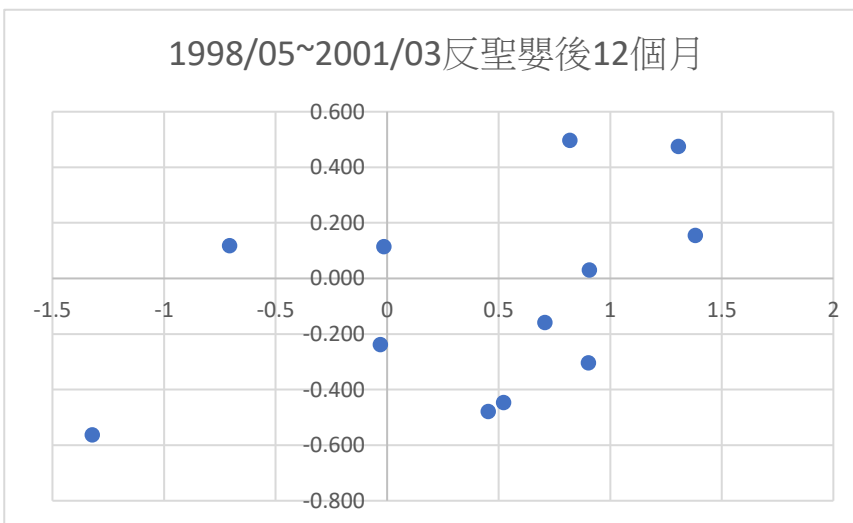
圖四十一(c)：1970/06~1972/02 反聖嬰事件發生後



圖四十二(a)：1998/05~2001/03 反聖嬰前



圖四十二(b)：1998/05~2001/03 反聖嬰期間



圖四十二(c)：1998/05~2001/03 反聖嬰期間

(一) 以聖嬰年作 X-Y 圖的小結：我們無法在聖嬰前 12 個月的圖中看出 AOI 和 SOI 的關係，但在聖嬰時和聖嬰後 12 個月兩者皆有正相關，可能聖嬰現象才是先發生的，無法如我們所猜測的有預期的方法。

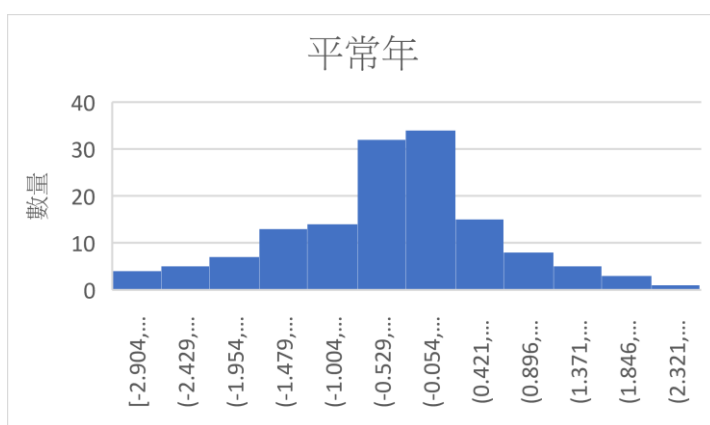
(二) AOI、SOI 在反聖嬰前 12 個月、反聖嬰時、反聖嬰後 12 個月的 X-Y 圖：我們將 1970 年六月到 1972 年 2 月的反聖嬰事件及 1998 年 5 月到 2001 年 3 月這次反聖嬰事件做成圖四十一及圖四十二。觀察顯示，反聖嬰年並沒有明顯的趨勢，我們猜測是因為反聖嬰可以持續兩三年，做出來的圖形因此沒有規則。

最後，我們認為聖嬰前所測出來的結果並沒有明確的關係，也有可能是相鄰的反聖嬰現象影響，使得單一事件不準確。因此我們決定試著考慮多重事件串在一起時的趨勢變化(第四項的區間變化)。

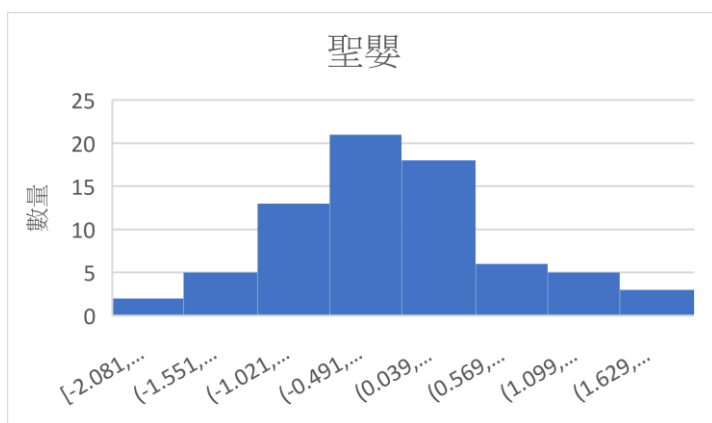
四、 步驟四：區間比對

在步驟三中，我們猜測各個聖嬰與反聖嬰事件中可能會受到鄰近的反聖嬰事件影響，而且我們只討論了較強的聖嬰事件，因此我們想取一整串相近的事件一起討論。而我們發現 AOI 很容易變化、跳動，故我們想以區間來做判斷的方式。

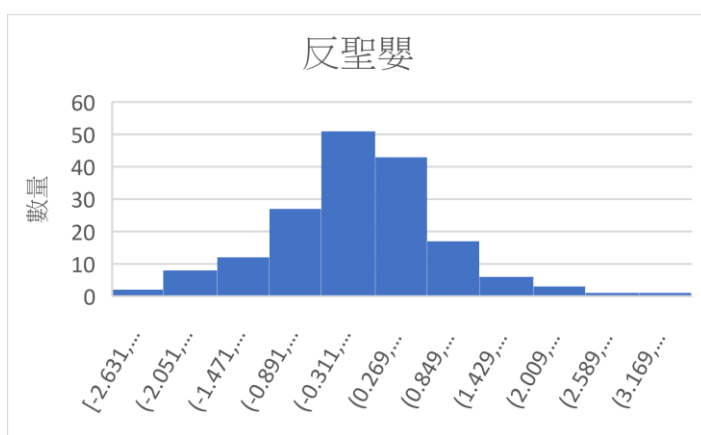
(一) 將 AOI 在各個時期繪製長條圖，可看出 AOI 值接近常態分布，因此我們以區間做為判斷的方式並不會使整個數據失去精確度。



圖四十三：AOI 值在平常年的數值的分布



圖四十四：AOI 值在聖嬰年的數值的分布

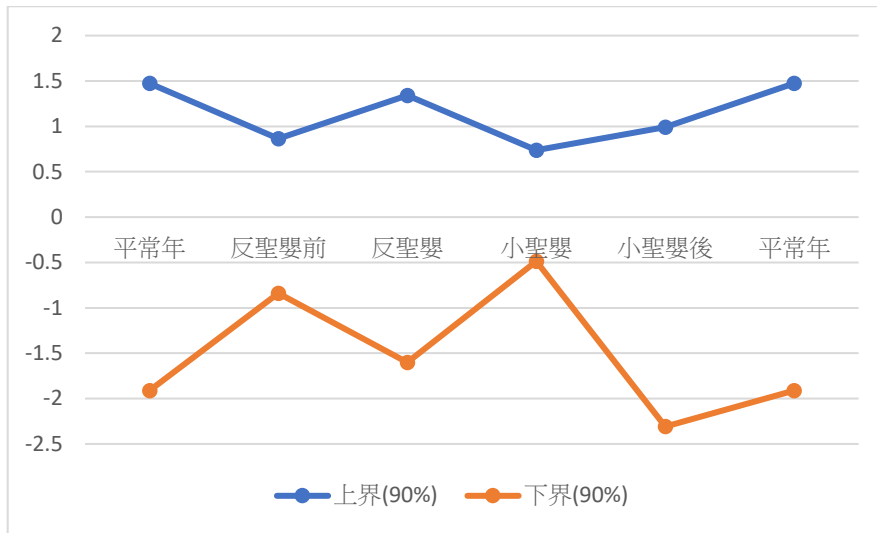


圖四十五：AOI 值在反聖嬰年的數值的分布

(二) 為了看出各個事件的影響，我們將所有事件分為平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、反聖嬰前、反聖嬰、反聖嬰後，算出他們的平均和標準差，並將差距較大的剔除，只作出資料 90% 的上下界。之後把相連的事件作上下界的折線圖，探討區間變化。

表三：1953 年 4 月到 1958 年 11 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、反聖嬰前、反聖嬰、反聖嬰後的 AOI 值的區間變化。

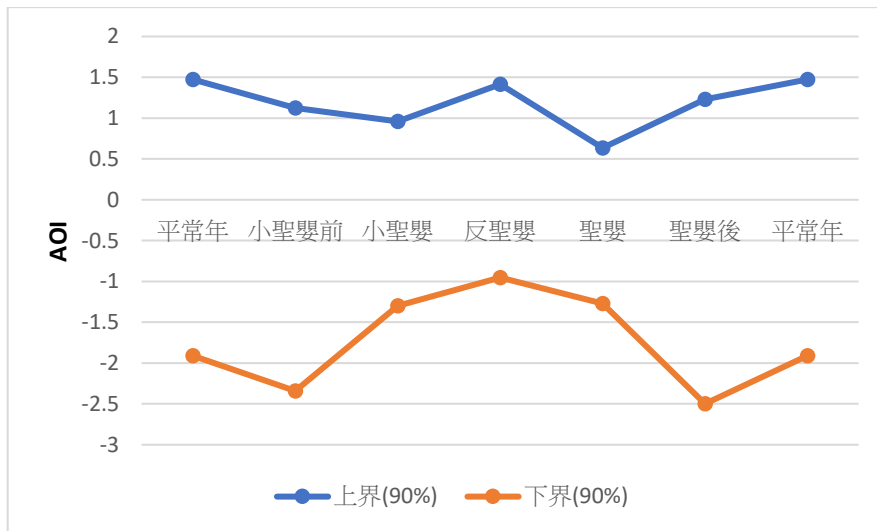
1953/04~1958/11	平常年	反聖嬰前	反聖嬰	小聖嬰	小聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	0.866	1.342	0.738	0.992	1.474
下界(90%)	-1.911	-0.838	-1.600	-0.487	-2.308	-1.911
差值	3.385	1.705	2.943	1.224	3.300	3.385



圖四十六：1953 年 4 月到 1958 年 11 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、反聖嬰前、反聖嬰、反聖嬰後的 AOI 值的區間變化，看出反聖嬰時區間變大，聖嬰時區間縮小。

1962/09~1966/11	平常年	小聖嬰前	小聖嬰	反聖嬰	聖嬰	聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	1.124	0.959	1.416	0.635	1.230	1.474
下界(90%)	-1.911	-2.340	-1.300	-0.952	-1.271	-2.498	-1.911
差值	3.385	3.464	2.259	2.368	1.906	3.728	3.385

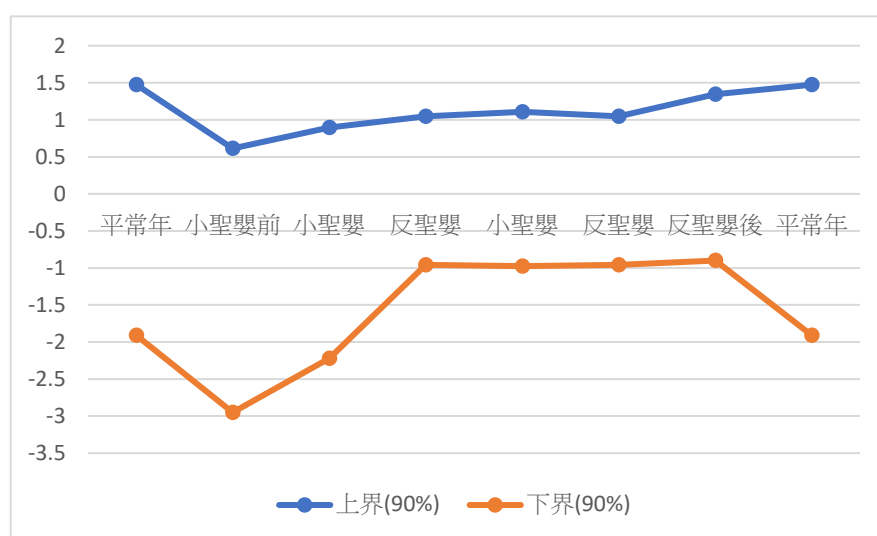
表四：1962 年 9 月到 1966 年 11 月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、反聖嬰、聖嬰、聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化。



圖四十七：1962 年 9 月到 1966 年 11 月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、反聖嬰、聖嬰、聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化。聖嬰時區間縮小，反聖嬰區間變大。

表五：1968年6月到1977年3月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、反聖嬰、小聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化。

1968/06~1977/03	平常年	小聖嬰前	小聖嬰	反聖嬰	小聖嬰	反聖嬰	反聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	0.613	0.895	1.045	1.106	1.045	1.345	1.474
下界(90%)	-1.911	-2.950	-2.222	-0.959	-0.975	-0.959	-0.900	-1.911
差值	3.385	3.564	3.117	2.004	2.081	2.004	2.245	3.385



圖四十八：1968年6月到1977年3月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、反聖嬰、小聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化，可以看出聖嬰時區間縮小，但兩個反聖嬰中間那個小聖嬰被前後影響而沒有縮小(或是本來就縮小沒有放大)。

表六：1981年4月到1984年2月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化。

1981/04~1984/02	平常年	聖嬰前	聖嬰	聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	1.120	1.156	1.236	1.474
下界(90%)	-1.911	-1.446	-0.918	-0.997	-1.911
差值	3.385	2.566	2.075	2.233	3.385

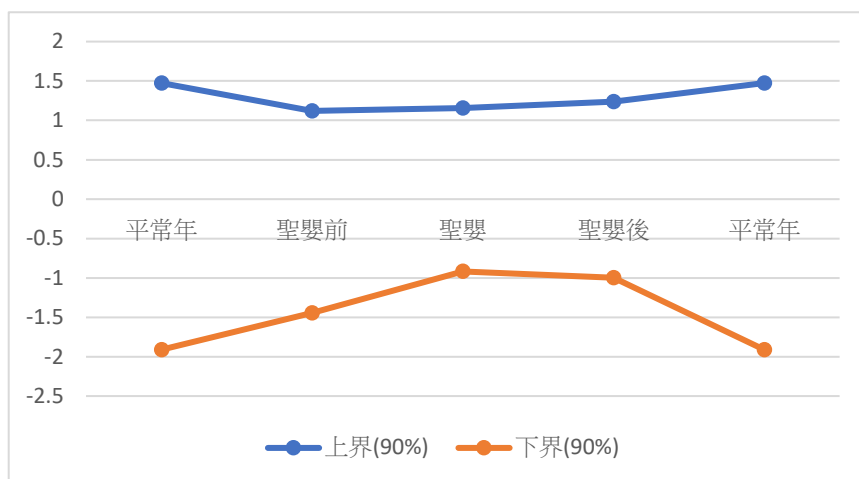


圖 49：1981 年 4 月到 1984 年 2 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化，可以看出一個沒有其他事件干擾的聖嬰現象，可以明顯的看出到聖嬰時，區間會縮小，而聖嬰前與後也會比平常年的區間還小。

表七：1986 年 5 月到 1990 年 7 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、反聖嬰後、反聖嬰後的 AOI 值的區間變化。

1986/05~1990/07	平常年	聖嬰前	聖嬰	反聖嬰	反聖嬰後
上界(90%)	1.474	1.411	0.456	2.613	2.922
下界(90%)	-1.911	-1.665	-0.964	-1.207	-0.946
差值	3.385	3.075	1.420	3.820	3.868

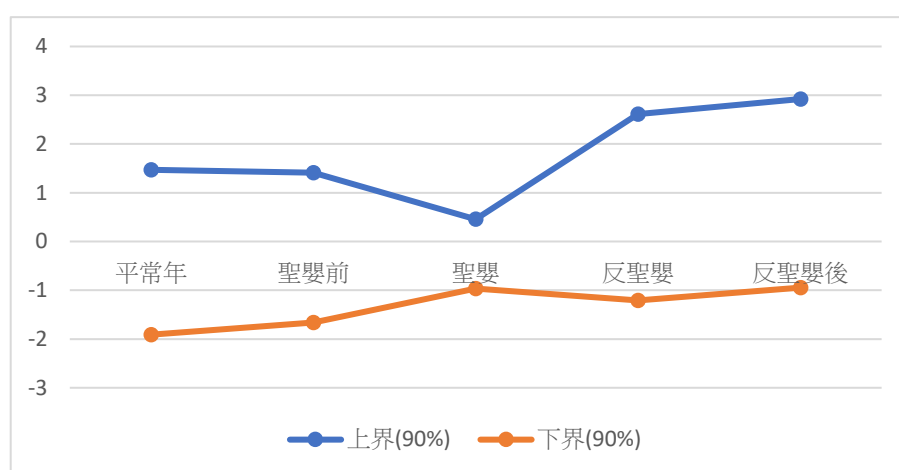


圖 50：1986 年 5 月到 1990 年 7 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、反聖嬰後、反聖嬰後的 AOI 值的區間變化，可以看出聖嬰後接反聖嬰的事件，發現聖嬰時區間會縮小，反聖嬰時會把間放大。

表八：1990年5月到1995年12月間的聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、小聖嬰前、小聖嬰、聖嬰、聖嬰後、平常年的AOI值的區間變化。

1990/05~1995/12	聖嬰前	聖嬰	聖嬰後	小聖嬰前	小聖嬰	聖嬰	聖嬰後	平常年
上界(90%)	2.307	0.782	1.636	2.723	0.729	1.352	1.130	1.474
下界(90%)	-1.018	-0.581	-0.766	-1.866	-1.040	-0.499	-1.679	-1.911
差值	3.325	1.363	2.402	4.589	1.769	1.851	2.809	3.385

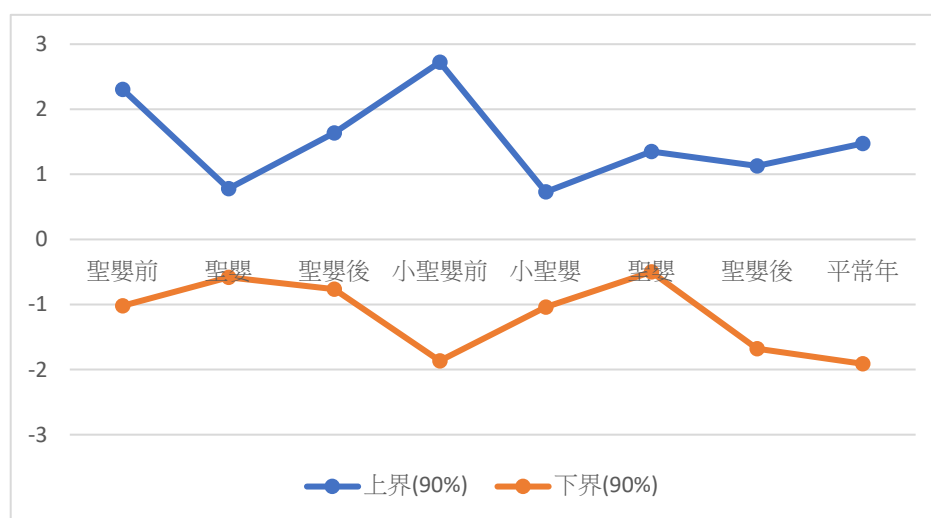


圖 51：1990年5月到1995年12月間的聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、小聖嬰前、小聖嬰、聖嬰、聖嬰後、平常年的AOI值的區間變化。若兩個聖嬰現象串在一起，兩者都有區間變小的情形，且每個聖嬰結束後，就都會放大，回復到正常年。

表九：1996年4月到2002年3月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、小聖嬰、小聖嬰後、平常年的AOI值的區間變化。

1996/04~2002/03	平常年	聖嬰前	聖嬰	反聖嬰	反聖嬰後	小聖嬰	小聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	1.637	0.576	1.387	1.677	1.241	1.215	1.474
下界(90%)	-1.911	-1.709	-1.495	-1.568	-0.857	-1.659	-1.113	-1.911
差值	3.385	3.346	2.071	2.955	2.534	2.900	2.328	3.385

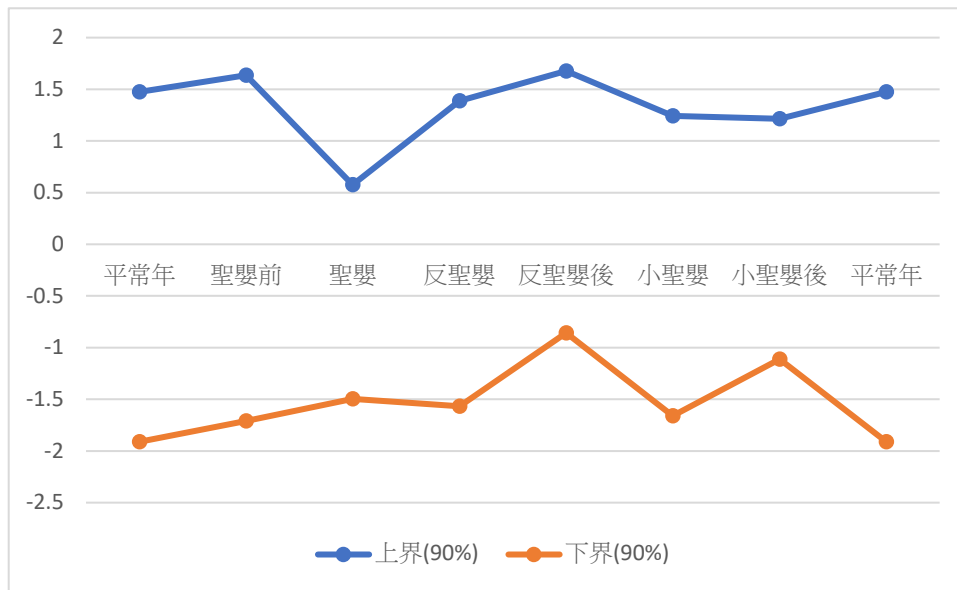


圖 52：1996 年 4 月到 2002 年 3 月間的平常年、聖嬰前、聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、小聖嬰、小聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化，可以看出若是聖嬰後接反聖嬰的事件，則聖嬰時區間縮小，而反聖嬰時則區間放大。反聖嬰後區間些微縮小，可視為後面的小聖嬰影響。

表十：2005 年 5 月到 2013 年 3 月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、小反聖嬰、小反聖嬰、小聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、平常年的 AOI 區間變化。

2005/05~2013/03	平常年	小聖嬰前	小聖嬰	小反聖嬰	小反聖嬰	小聖嬰	反聖嬰	反聖嬰後	平常年
上界(90%)	1.474	0.940	2.250	1.106	1.488	1.629	2.003	1.064	1.474
下界(90%)	-1.911	-1.604	-1.032	-0.743	-0.770	-3.896	-1.848	-2.357	-1.911
差值	3.385	2.544	3.282	1.849	2.259	5.525	3.851	3.421	3.385

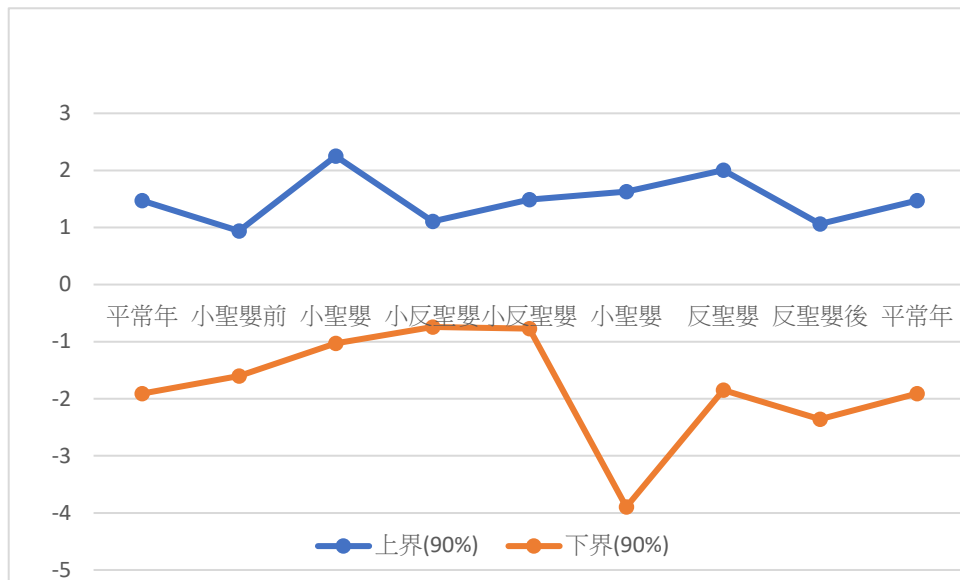


圖 53：2005 年 5 月到 2013 年 3 月間的平常年、小聖嬰前、小聖嬰、小反聖嬰、小反聖嬰、小聖嬰、反聖嬰、反聖嬰後、平常年的 AOI 值的區間變化，可以看出與前面觀察完全相反的狀態，聖嬰時區間放大，而反聖嬰時縮小，應該是反聖嬰和聖嬰相互影響造成。

(三) 步驟四的小結：從表 3 至表 11 及圖 46 到圖 54，可以看出 AOI 的區間在聖嬰前會逐漸縮小，在反聖嬰時會略為放大。但依現行教科書所言，反聖嬰會接在聖嬰後，使圖變成於聖嬰時向內凹，反聖嬰在回復的樣子。我們推測可以透過步驟四的方式，觀察折線圖，以用來預測聖嬰現象的發生。

五、 與現在的比較與預測：

(一) 2020 年被科學家定義為反聖嬰年，觀測認為大致是從 2018 年底開始的聖嬰年，到今年回復成反聖嬰年，試著以我們觀察到的趨勢來比對是否在這段時間也可準確運用。

一、總圖上下界

表 12：將全部的數據整理出平常年、聖嬰前、聖嬰、聖嬰後、反聖嬰前、反聖嬰、反聖嬰後的區間上下界來觀察。

	平常年	聖嬰前	聖嬰	聖嬰後	反聖嬰前	反聖嬰	反聖嬰後
平均	-0.219	0.002	0.015	0.010	-0.342	0.085	-0.110
標準差	1.029	0.935	0.826	0.975	0.968	0.916	1.132
上界(90%)	1.474	1.540	1.373	1.615	1.251	1.591	1.752
下界(90%)	-1.911	-1.536	-1.344	-1.594	-1.935	-1.421	-1.972

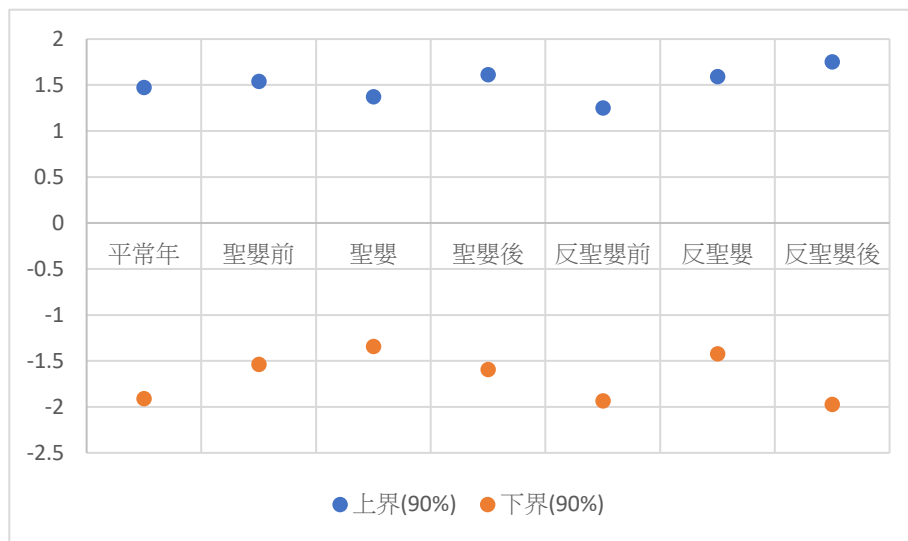


圖 56：利用表 12 的全部數據統整。算出每個時段的上下界的總圖。

二、將 1997 年聖嬰事件做驗證

1997 年是眾所皆知的大聖嬰事件，我們試著用它來驗證我們的研究方法是否正確。利用圖五十六的總圖，將事件重新排列後做出上下界，在將原數據疊圖上去(圖五十七)，發現只有一些點在區間外。但而如果只看數據，並忽略超出界限的數據，會發現聖嬰前到聖嬰的區間確實有縮小的趨勢，反聖嬰時區間則變大一點。到後來的反聖嬰後和小聖嬰，區間又變大然後縮小，然後恢復正常。可證明此方法有可能可以用來與現在做比較並找出現在的事件。

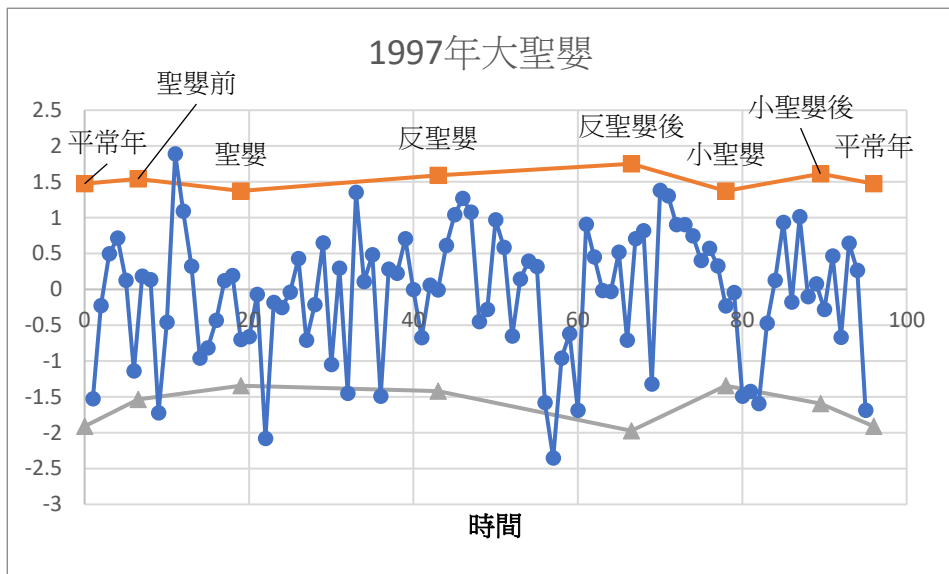


圖 57：將 1997 年聖嬰事件的數據整理後，試著驗證研究方法是否正確。

三、從 2015 年的聖嬰現象到 2020 年的反聖嬰現象之比較與驗證：

在 2015~2016 年有一個聖嬰事件，推測現在(2020 年)也有可能被影響，所以把它列入考量。利用區間方法檢查，發現 2018 年前後區間有明顯縮小，可推測有聖嬰現象。而在 2019 到 2020 年有多個數值是非常大的，甚至有超出圖表的(此處暫不討論)，可視為區間的值上升，而對照圖 56 之後會發現區間的值比較高的為反聖嬰和反聖嬰後，藉此我們可推測現在為聖嬰結束後的反聖嬰或是反聖嬰剛結束的時期。而比對文獻得知 2018 年為小聖嬰，2020 年為反聖嬰。證明我們的區間方法可以預測聖嬰年、反聖嬰年(圖 58)。

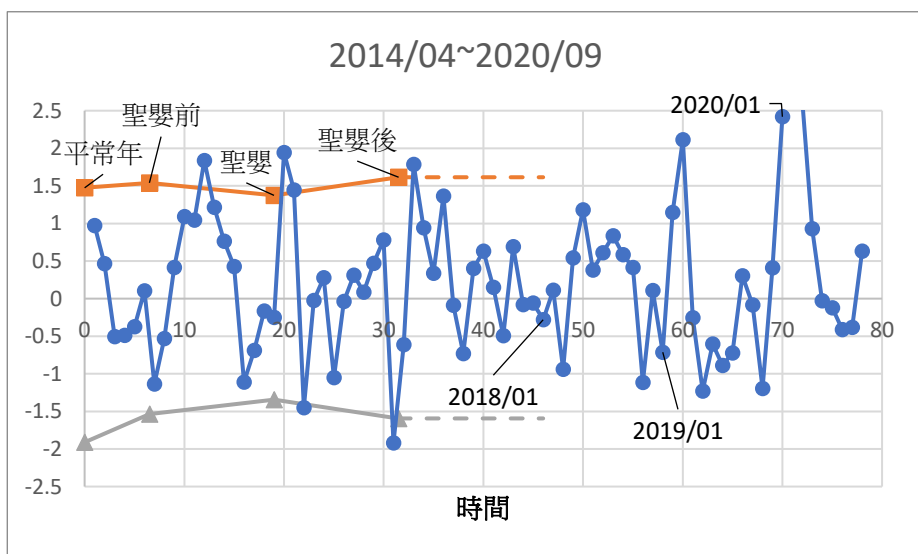


圖 58：從 2015 年的聖嬰到 2020 年的反聖嬰事件數據之比較與驗證

肆、 結論與應用：

- 一、北極震盪會影響海冰，但並非如我們想像純粹在冷空氣溢出時，覆蓋面積減少，還有其他原因。對於噴流影響赤道東風，我們發現只有聖嬰現象和反聖嬰現象發生時，我們的推論才較為符合，在大多數的情況與我們的預測不符合。
- 二、在我們的研究中，聖嬰現象發生時，海冰覆蓋面積較多，而 AOI 和 SOI 的趨勢相近，能解釋北極震盪會影響聖嬰現象，使兩者都較低或較高。另外，海冰會較晚融化，使之後的月份海冰覆蓋面積較少。
- 三、聖嬰和反聖嬰無法單獨區隔，兩者間會相互影響，以 AOI 的區間做折線圖，能以區間的變化預測聖嬰現象的發生，但可能還是會發生失誤，能利用其他檢測方式補足。

伍、 參考文獻：

- 一、簡靖蓉、蔡承庭(2020)。臺灣極端寒流個案與東亞地區冬季氣候之關聯，第 4 頁，第 5 頁，2020 年臺灣國際科學展覽會。取自
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2020/pdf/TISF2020-180012.pdf>
- 二、潘巧書、莫凱恩(2018)。統計分析大氣指數與洋流強度連動性探討，第 3 頁，第 4 頁，2018 年台灣國際科學展覽會。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/FileAtt.ashx?id=11690>
- 三、陳宥羽、廖邦宇(2020)。北極震盪對海冰覆蓋面積的影響，第 1 頁，第 2 頁，20200324 小論文。取自
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2020/03/2020032419234724.pdf>
- 四、關於南方震盪指數。澳洲氣象局。取自
<http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>
- 五、各次聖嬰、反聖嬰現象。澳洲氣象局。取自
<http://www.bom.gov.au/climate/enso/Inlist/>
- 六、本文使用的實驗數據是美國國家氣象局（National Weather Service）氣候預報中心（Climate Prediction Center）提供之北極振盪指數（Arctic Oscillation Index）和達爾

文與大溪地的月平均氣壓值，自己計算南方震盪指數(Southern Oscillation Index)。取自

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/history/method.shtml

七、北極震盪。美國國家氣象局 (National Weather Service)。取自

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/history/method.shtml

八、北極震盪指數。(Government of Northwest Territories)。取自

<https://www.enr.gov.nt.ca/en/state-environment/21-arctic-oscillation-index>

九、海冰覆蓋面積。(NSIDC, National Snow and Ice Data Center)

<https://nsidc.org/data/G02135/versions/3>

十、聖嬰現象來了沒?動手算算看。地球科學科普平台。取自

<http://www.geostory.tw/enso-elnino-math-soi/>

十一、王儷樵、吳朝榮(2011年8月16日)。印度洋偶極震盪現象。取自

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=34445>

十二、盧孟明。暖化氣候中的冷冬。取自

<https://www.cwb.gov.tw/Data/climate/Knowledge/pdf/201104-1.pdf>

十三、太平洋十年震盪。美國國家氣象局 (National Weather Service)。取自

<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo/>

十四、預測聖嬰之路。取自

<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/enso/predict3.htm>

十五、許晃雄(1998年7月)。預知聖嬰紀事。取自

<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/elnino/enso13.htm>

十六、ENSO Information。NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL)。取自

<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/elnino/enso13.htm>

【評語】 180006

本研究使用海冰體積的變化、北極震盪指數(AOI)和南方震盪指數(SOI)的相關性，希望可以預測聖嬰現象的發生。動機很明確，但要討論的問題實在太複雜，不容易由這些統計分析就可釐清三者間的複雜關係。在有限的數據中比較缺乏統計量的量化分析與解釋，以致統計的可信度與結論較薄弱。相關文獻可以加強收集歸納，探討兩個物理量之間的關係時，應先作一些物理可能關聯性之探討，否者不容易得到明確之結論。北極震盪指數(AOI)如何透過三胞環流影響到南方震盪指數(SOI)的變動缺少理論和數據的支持，宜再做深入討論。