

2017 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180002

參展科別 地球與環境科學科

作品名稱 洶氣精靈與 IOD 關聯性之探討

得獎獎項 大會獎：二等獎

就讀學校 臺北市立第一女子高級中學

指導教師 林郁梅、許瑞榮

作者姓名 葉冠汝、林柔吟

關鍵字 洶氣精靈、IOD、降雨

作者簡介



我們是葉冠汝(左)、林柔吟(右)，現為北一女中高三學生，我們都很喜歡科學，謝謝一路幫助我們的師長、教授、學姊，讓我們的研究過程中充滿了歡笑和樂趣，讓我們順利成長茁壯。

摘要

前人研究發現聖嬰南方震盪(El Niño–Southern Oscillation, ENSO)和淘氣精靈(Elves)兩者間有顯著關係，顯示淘氣精靈的變化受太平洋上 ENSO 影響，因此我們想探討淘氣精靈與印度洋震盪(Indian Ocean Dipole, IOD)間是否也存在相似的關聯性。一般以 DMI(Dipole Mode Index)代表 IOD 的發生情形，研究中我們挑出 2005 年 6 月 2015 年 11 月 IOD 正負事件時的海溫、雨量、閃電及淘氣精靈進行比較。研究結果顯示淘氣精靈在印度洋上也有震盪的現象，且其趨勢與海溫相同，再將其與雨量變化做比較後，我們推論 IOD 造成的海溫變化影響了大氣，進一步影響淘氣精靈的發生。

Abstract

Previous studies discover that the occurrences of lightning and elves are influenced by El Niño/Southern Oscillation (ENSO) on Pacific Ocean. Whether the Indian Ocean Dipole (IOD) also affects elves and lightning activity is worth exploring problem. To investigate impacts of IOD on the occurrences of elves on Indian Ocean, we discuss not only the variations of Sea Surface Temperature (SST), precipitation, lightning and elves, but also the correlation between all of factors in positive and negative events, which are defined by the Dipole Mode Index (DMI) in the period between June 2005 and November 2015. The results indicate that elves also shows dipole structure on Indian Ocean, and variation of elves is closed related to the variation of SST that result from IOD. Further comparing precipitation with SST and elves, all of the factors have same phase in IOD events, and the results indicate that the variation of SST affects the atmospheric convection and further influences the occurrence of elves and the activities of lightning.

壹、前言

一、研究動機

在尋找科展題目時，看見「淘氣精靈」一詞，覺得十分有趣，在老師說明後，了解其為高空閃電(高空短暫發光現象)的一種，進一步查詢資料後才發現其與一般所說的閃電相當不同，並依發生原理分為五種，分別為紅色精靈、精靈暈盤、淘氣精靈、藍色噴流、巨大噴流。而淘氣精靈為閃電所引發的現象，在電離層底部發生，因此會受到對流層中的天氣變化影響，且一般認為會影響電離層的電流迴路。閱讀相關文獻後，得知成功大學有團隊研究此課題，其以福爾摩沙衛星二號及地面觀測站觀測高空閃電，累積多年資料且有相當的分析系統及研究成果，其中一項研究為探討淘氣精靈分布及數量上的變化與 ENSO 兩者間的關聯性，因此我們想以淘氣精靈為研究題材，探討淘氣精靈與印度洋天氣現象之關聯性。

二、研究目的

- (一)探討淘氣精靈在印度洋上的變化
- (二)探討淘氣精靈與 IOD 之關聯性。
- (三)探討印度洋上影響淘氣精靈變化的因素。

貳、研究過程與方法

一、研究設備與器材

本研究使用的數據均來自福爾摩沙衛星二號的觀測資料，再經由 IDL 的程式處理以分析大量的全球衛星資料。以下為更詳細的介紹：

(一)IDL

IDL 是一個直譯互動式的電腦語言，可用於計算及繪圖，在科學和工程資料分析方面已有廣泛的運用。

(二)福爾摩沙衛星二號(福衛二號)

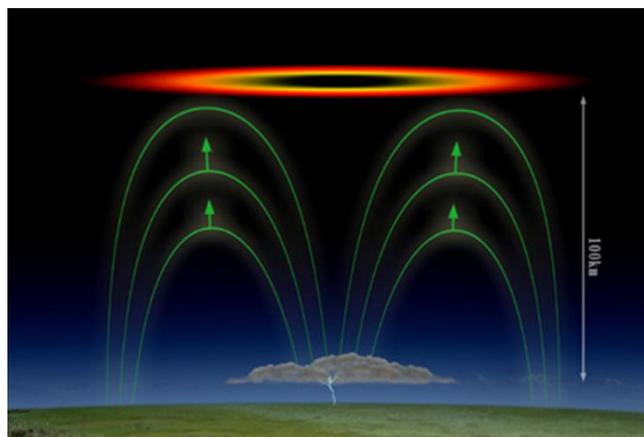
福衛二號是台灣第二顆自主擁有的科學衛星，2004年5月21日發射升空，以太陽同步每天14圈的速率繞地運行，任務時間原定5年，但因狀況良好至今仍持續運作中。白天進行地面攝影，夜間則進行高空閃電及閃電的觀測。酬載儀器包括增強影像儀、光譜光度儀、陣列光度儀。三種儀器有不同特性，藉此可從不同時間、波段及空間解析度紀錄高空閃電及閃電事件。本研究資料來源主要來自此衛星的觀測資料。

二、前人研究

淘氣精靈為本實驗主要探討對象，IOD 與 ENSO 分別為在印度洋以及太平洋上的海氣震盪現象，DMI 為表示 IOD 的指數，以下分別為更詳細的敘述：

(一)淘氣精靈

淘氣精靈是一種由閃電所引發的高空發光的現象，其成因是雲對地閃電所發出的電磁脈衝，傳遞到電離層的底部後，加熱該處的分子並使它們發出紅色輝光。更精確地說，這種強烈的電磁脈衝是以雲對地閃電為中心，以光速傳遞的電波。



圖一、淘氣精靈形成原因示意圖

(二)淘氣精靈與 ENSO 之關係

根據 Wu 等人(2012)的研究，討論了三個 ENSO 敏感區(西太平洋 165°E~165°W，10°S~10°N；中太平洋 130°E~150°E，10°S~20°N；大溪地 165°W~135°W，25°S~5°S)，發現淘氣精靈發生情況跟 SOI 數值之間有相關性，顯示淘氣精靈與 ENSO 有一定關聯性:中太平洋區域在 ENSO 的暖期時淘氣精靈數量明顯的增加，冷期則下降；西太平洋區域在冷期時淘氣精靈數量上升，暖期時則被抑制；大溪地在冷期時淘氣精靈數量上升，暖期時被抑制。

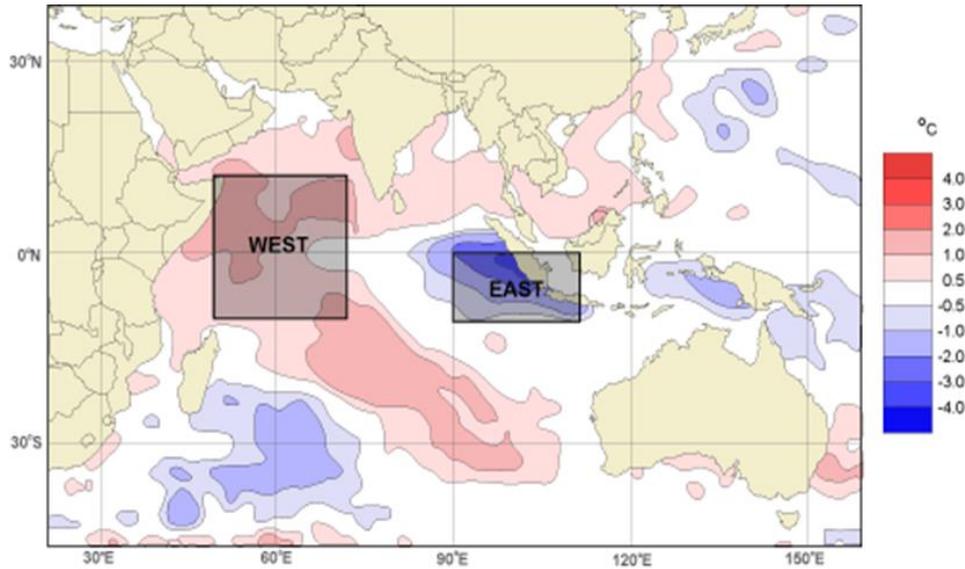
(三)IOD

IOD 是印度洋東邊和印度洋西邊的海表面溫度之間，如同翹翹板一般有擺盪的現象。印度洋偶極振盪分為正、負兩種事件:正的事件代表西印度洋的海表面溫度高於平均場，而東印度洋的海表面溫度相對而言比較低，同時也造成西印度洋的雨水豐沛，東印度洋一些接近陸地的區域印尼、澳洲容易產生乾旱的現象；負的事件則代表相反的狀況，東印度洋的海面溫度上升，雨區集中於東印度洋的印尼等地區，西印度洋則又冷又乾。

(四)DMI

此指數由 N. H. Saji 於 1999 年提出[Saji et al,1999]。將 50°E~70°E,10°N~10°S 及 90E°~110°E,0°S~10°S 兩區域的海溫變化分別標準化後相減定義為 DMI，可藉由分析 DMI 變化了解 IOD 的發展情況，正值代表傾向正事件，負值則代表較傾向負事件，圖二框出的範圍分別為定義 DMI 的兩區域。DMI 的算法如下所示，其中 X_W 代表西邊區域某時海溫， \bar{X}_W 代表西邊區域平均海溫， X_E 代表東邊區域某時海溫， \bar{X}_E 代表東邊區域平均海溫。

$$DMI = (X_W - \bar{X}_W) - (X_E - \bar{X}_E)$$



圖二、用以定義 DMI 的東、西兩區域

三、研究步驟



(一)取得資料

本研究中使用的淘氣精靈資料為福衛二號觀測結果，閃電資料則是使用熱帶降雨測量衛星(TRMM)上閃電觀測儀器(LIS)的觀測結果。海溫與降雨量的資料由美國國家海洋大氣總署(NOAA)網站中取得。以上資料皆以 0.5° 為單位將地表分為 720 個格點表示。

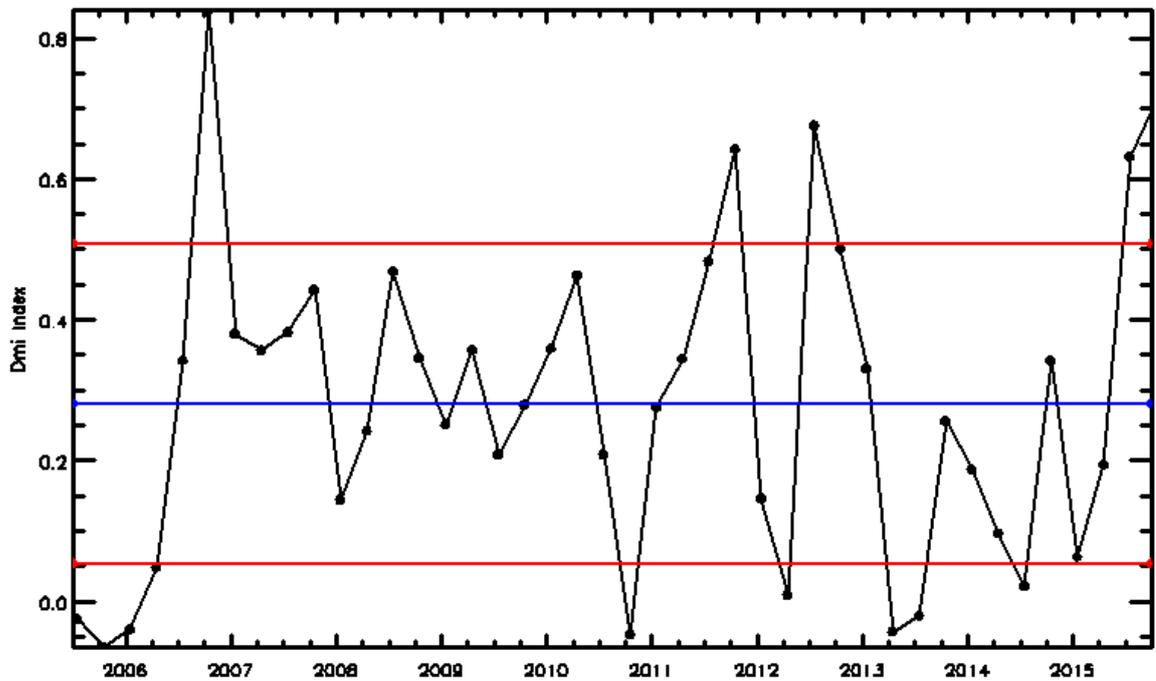
用以表示 IOD 震盪程度的 DMI 資料由日本國立研究開發法人海洋研究開發機構網站中取得，資料中含以月為單位之標準化距平後的東邊及西邊區域海溫和 DMI 數值。本實驗採用由 2005 年 6 月至 2015 年 11 月共 42 季的資料。

(二)處理資料

由於儀器與季節等原因使得在各地的觀測時間並不相同。又地球為球狀體，造成雖然同為 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 的格點卻因所處的緯度而面積不同。所以在計算

發生密度時將該格點的發生機率除以格點觀測時間與格點面積，經過此方式處理才能準確表示淘氣精靈的發生。

在挑選 IOD 正負事件的部分，我們採用 DMI 的數值做挑選，交比平均大於一倍標準差的事件定義為正事件，小於的為負事件，如圖三。



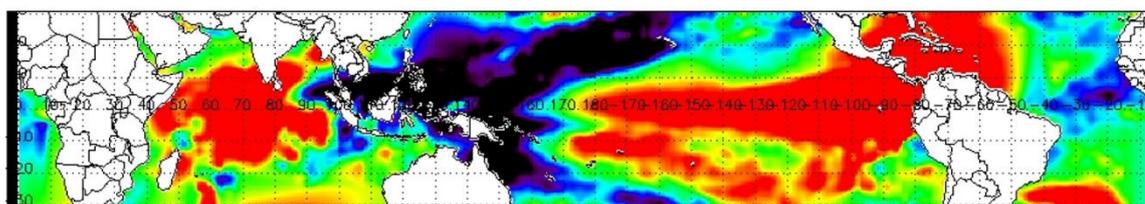
圖三、DMI 正負事件

交下來將本研究所使用的資料，包括淘氣精靈發生密度、閃電發生密度、海溫、降雨量等資料每三個月平均(把資料以三、四、五月，六、七、八月，九、十、十一月，十二與隔年一、二月分季)，轉化為以季為單位的資料後開以以下的分析。

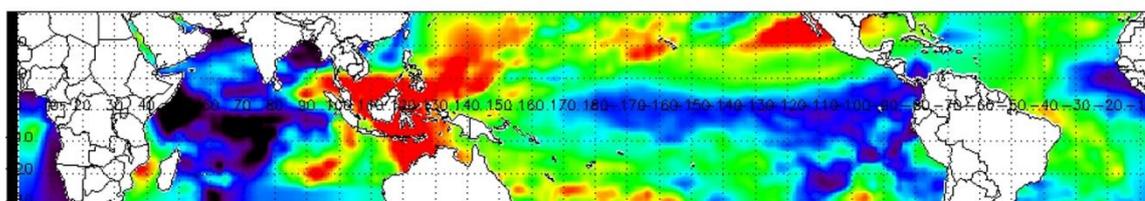
(三)分析海溫與 IOD 之間的關係

為了解海溫在 IOD 正負事件時期分別的變化，我們先講 IOD 的正負事件挑出，並將明顯影響的海溫的季節變化消去，把正負事件海溫資料分別標準化，將結果繪製成圖四。

SST in Positive Event



SST in Negative Event



-5.000 -4.000 -3.000 -2.000 -1.000 0.000 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000(degree)

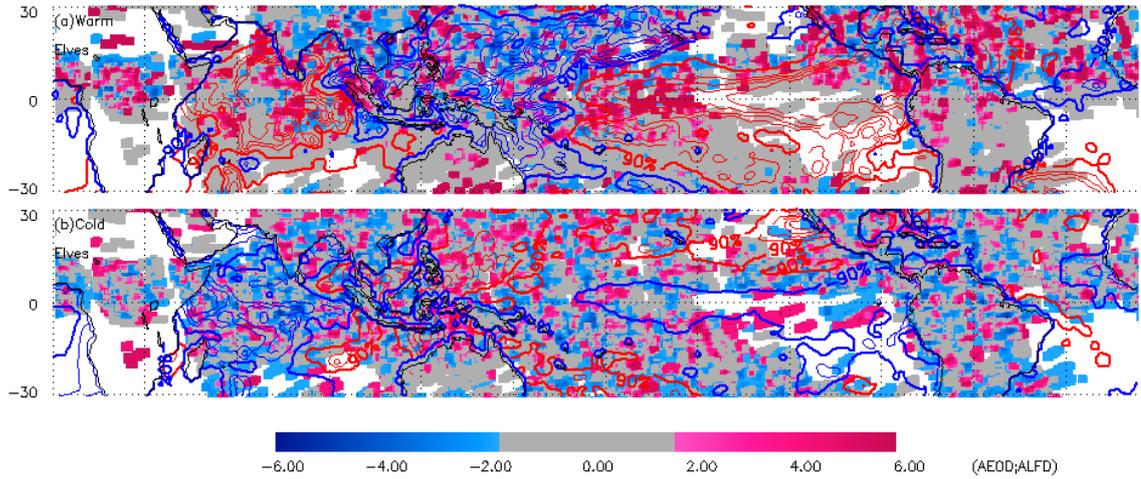
圖四、海溫在正負事件時期標準化資料

圖四中上方的圖代表著海溫在正事件時期的變化，下方則為在負事件時期的海溫變化，圖中紅色部分代表當地海溫高於平均場，藍色部分則小於。

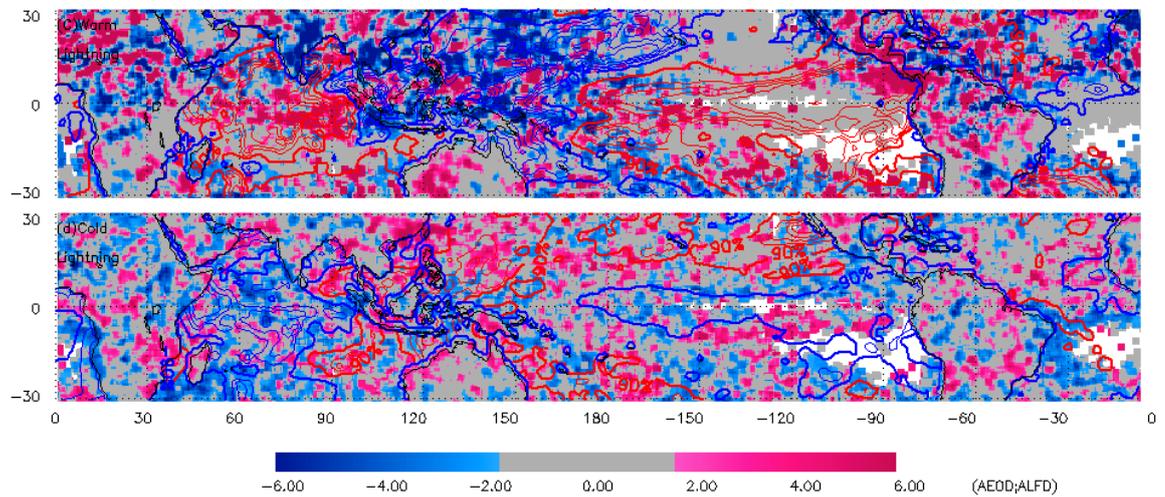
由圖我們可以發現海溫在正負事件時有明顯的震盪，也顯示我們挑選出的正負事件能充分反映 IOD 的震盪。

(四)加入淘氣精靈與閃電資料一起綜合比較

為了瞭解 IOD 與淘氣精靈以及閃電的相關性，我們加入以上兩項一起討論。首先我們先將 IOD 正負事件挑出，將淘氣精靈以及閃電的發生密度扣除季節變化後標準化，把其在正負事件的變化量與海溫的變化量繪製成圖五圖六。



圖五、淘氣精靈與海溫在正負事件時期的變化



圖六、閃電與海溫在正負事件時期的變化

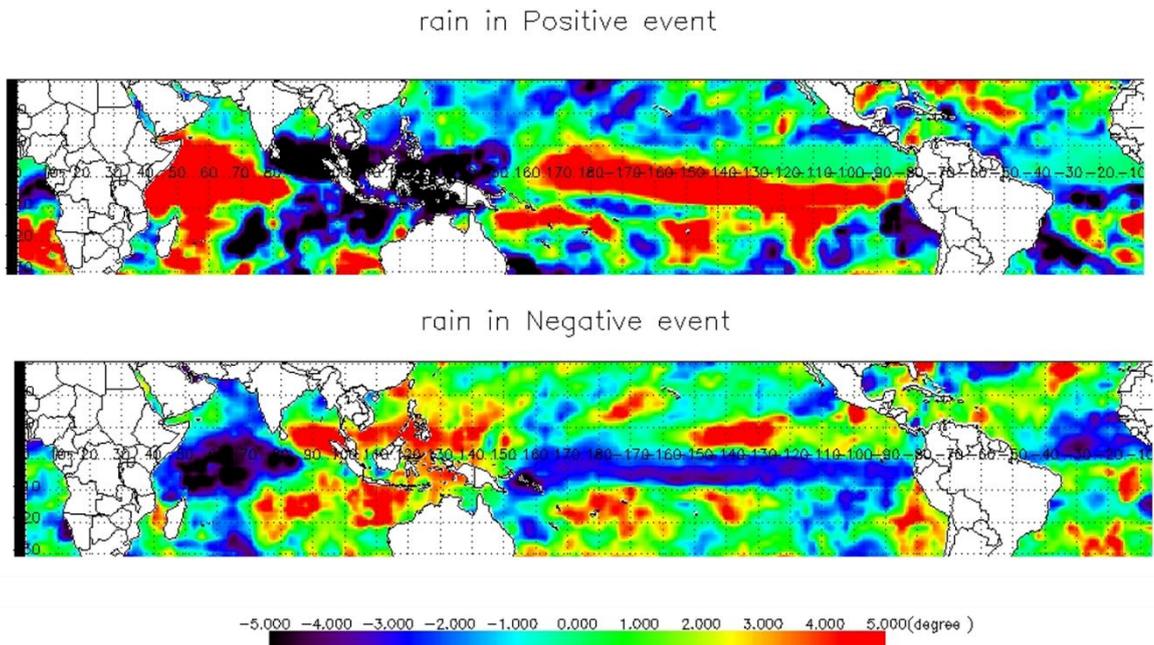
圖中色塊部分分別代表淘氣精靈(圖五)、閃電(圖六)標準化距平資料，紅色部分代表發生密度大於平均場，藍色則代表小於。實線部分為海溫標準化距平資料，紅色線條代表海溫高於平均場，藍色線條則表示小於。

由圖中我們可以看出淘氣精靈、閃電和海溫有著類似的震盪，以西印度洋為例，正事件時期海溫有著明顯的上升，同時淘氣精靈與閃電的發生密度也上升了。

5、比較降雨與 IOD 之相關性

由於 IOD 代表了印度洋上海溫的震盪，淘氣精靈和閃電皆是大氣中短暫的發光現象，而降雨則顯現了大氣中有著不穩定的系統。因此我們想要藉

由加入降雨的資料，探討海洋與大氣間的交互作用。首先我們想先了解降雨是否像海溫一般在印度洋上擁有類似的震盪，因此我們利用圖四的方法，將降雨的資料繪製成圖七。



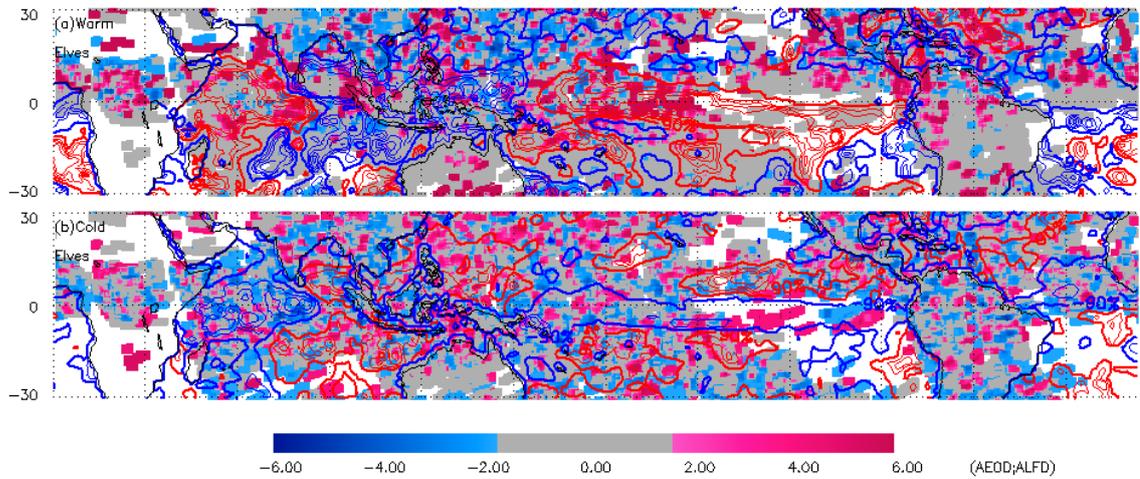
圖七、降雨在正負事件時期的變化

圖七中上方的圖代表著降雨在正事件時期的變化，下方則為在負事件時期的海溫變化，圖中紅色部分代表當地海溫高於平均場，藍色部分則小於。

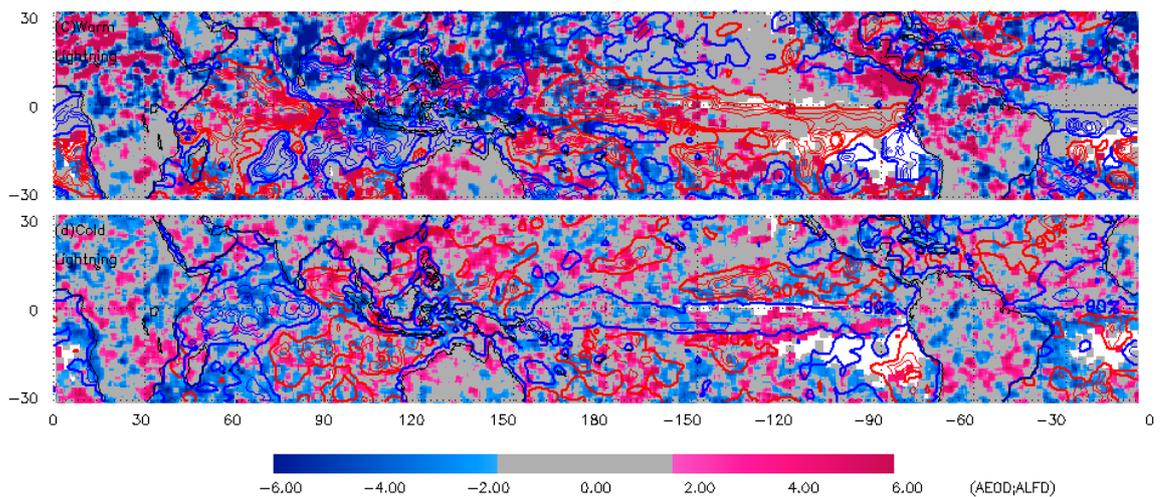
圖中我們可以看中降雨在 IOD 正負事件時期有著明顯震盪，且趨勢與海溫相同。

6、討論降雨、淘氣精靈和閃電與 IOD 的關係

接著我們一樣加入淘氣精靈與閃電的資料，重複圖四、圖五的分析過程，並將分析的結果繪製成圖八圖九。



圖八、淘氣精靈與降雨在正負事件時期的變化



圖九、閃電與降雨在正負事件時期的變化

圖中色塊部分分別代表淘氣精靈(圖八)、閃電(圖九)標準化距平資料，紅色部分代表發生密度大於平均場，藍色則代表小於。實現部分為降雨標準化距平資料，紅色線條代表降雨高於平均場，藍色線條則表示小於。

由圖我們發現降雨、淘氣精靈和閃電在正負事件擁有相似的震盪，且趨勢與海溫相同。同樣西印度洋為例，正事件時期降雨量上升，淘氣精靈和閃電的發生密度也有增加的趨勢。

參、研究結果

一、海溫與降雨在 IOD 正負兩事件差異的比較

從圖四中可看出在正事件時西印度洋的海溫高於平均，東印度洋的海溫低於平均，而負事件時相反。進一步與降雨進行比較，從圖七中可觀察獲得雨量與海溫在不同事件時期的變化趨勢一致，以正事件時為例，當西印度洋海溫高於平均時，雨量也同樣較平均高。由此可推知印度洋震盪時的海溫變化確實影響了雨量變化，而海溫震盪的兩區域分界線約在 90°E ，雨量變化分界則約在 80°E 。擴大區域觀察，在太平洋上近赤道地區海溫及雨量也產生震盪的現象，且其趨勢與西印度洋變化一致，太平洋上海溫、雨量與印度洋震盪具有顯著關聯性。

二、海溫、降雨、閃電及淘氣精靈等不同因素在 IOD 正負兩事件差異的比較

(一)海溫、閃電及淘氣精靈在正負兩事件差異的比較

西印度洋海溫在正事件時明顯高於平均(圖四)，閃電及淘氣精靈的發生密度同樣較平均高(圖五、圖六)，而在海溫較平均低的東印度洋，閃電及淘氣精靈的發生密度則較少，相同的變化趨勢也在負事件中顯現。(圖五、圖六)。除此之外，閃電的發生在印度洋上隨海溫震盪而在不同事件交替表現相反變化的情形在西印洋較東印度洋明顯。

(二)降雨、閃電及淘氣精靈在正負兩事件差異的比較

正事件時西印度洋的降雨高於平均，而閃電及淘氣精靈的發生也較多，在東印度洋的閃電與淘氣精靈則較平常少，與降雨的變化相同。而此趨勢也表現在負事件中，降雨上升的東印度洋地區，閃電及淘氣精靈的發生同樣高於平均，西印度洋地區的降雨、閃電和淘氣精靈則都低於平均。(圖八、圖九)而我們將正負兩不同事件中各因素在東西印度洋的變化趨勢簡單以表一及表二呈現。(↑表示高於平均，↓表示低於平均。)

正事件				
	海溫	降雨	閃電	淘氣精靈
西印度洋	↑	↑	↑	↑
東印度洋	↓	↓	↓	↓

表一、正事件時海溫、降雨、閃電、淘氣精靈的變化趨勢

負事件				
	海溫	降雨	閃電	淘氣精靈
西印度洋	↓	↓	↓	↓
東印度洋	↑	↑	↑	↑

表二、負事件時海溫、降雨、閃電、淘氣精靈的變化趨勢

肆、討論與未來展望

一、海溫、降雨、閃電和淘氣精靈的相關性探討

降雨所代表的是大氣中有不穩定的天氣系統，而從圖四及圖七中可看出海溫及降雨 IOD 正負兩不同事件中皆有相同的變化趨勢。閃電及淘氣精靈在印度洋上也有震盪的現象，且趨勢與海溫相似，而降雨的變化趨勢與閃電及淘氣精靈的變化更較海溫一致。從此結果我們推論 IOD 所造成的海溫變化影響了大氣的狀況，而進一步影響了淘氣精靈的發生。

二、地形差異所造成的影響

(一)東太平洋地區，閃電變化較西印度洋不明顯。

(二)印尼蘇門達臘地區雨量與海溫變化一致，但當地閃電及淘氣精靈變化趨勢較東印度洋其他地區不同。

以上兩結果推測可能與地形相關，閃電發生率在海、陸或兩者交界的差異明顯，東印度洋區域與東南亞眾多島嶼相連，海陸交界地形複雜，而西印度洋上無小島，為較完整的海洋區域，因此閃電的發生可能較不受當地地形變化造成數量及分布上的不同，受海溫及降雨影響產生的變化較為明顯。

三、影響淘氣精靈發生的因素

確切對淘氣精靈的發生產生影響的因素現在在科學界還有許多的討論，在研究中我們加入了海溫及降雨等因素作比較，發現各因素皆有相似的變化趨勢，但某些地區的變化較大部分地區不同，且真正影響的機制也尚未確定，未來可針對現有的因素進行更詳細、進一步量化的探討，也可加入其他因素進行較完整的影響機制建構。

四、太平洋上 ENSO 的影響及印度洋上 IOD 影響，兩者間的關係進一步的比較

前人研究顯示了太平洋上淘氣精靈的發生受 ENSO 影響，而本研究結果顯示在 IOD 正負事件時淘氣精靈發生也有類似的現象，受到 IOD 的影響而有明顯變化。未來可將兩研究結果進行進一步綜合性的討論，使影響淘氣精靈的因素能藉普遍性的探討比較而更明確。

伍、結論

- 一、降雨、閃電和淘氣精靈在 IOD 的正負事件中在印度洋上也有震盪的情形，且變化趨勢皆和海溫一致。
- 二、IOD 造成的海溫變化影響了大氣的狀況，進一步影響閃電及淘氣精靈的發生。
- 三、研究中發現海溫及降雨變化趨勢與淘氣精靈的發生相關，未來可將目前因素進行更詳細、量化的討論，加入其他因素做更進一步比較，也與前人在太平洋上與 ENSO 比較的結果一起進行綜合性的比較。

陸、參考文獻

N.H.Saji, B.N.Goswami, P.N.Vinayachandran&T.Yamagata (1999), *A Dipole Mode in The Tropical Indian Ocean*, Nature 401, 360-363.

Alfred B. Chen, Cheng-Ling Kuo, Yi-Jen Lee, Han-Tzong Su, Rue-Ron Hsu, Jyh, Long Chern, Harald U. Frey, Stephen B. Mende, Yukihiro Takahashi, Hiroshi Fukunishi, Yeou-Shin Chang, Tie-Yue Liu, Lou-Chuang Lee, *Global distributions and occurrence rates of transient luminous events* (2008), JGR, 10.1029/2008JA013101

Y. J. Wu, A. B. Chen, H. H. Hsu, J. K. Chou, S. C. Chang, L. J. Lee, Y. J. Lee, H. T. Su, C.

L. Kuo, R. R. Hsu, H. U. Frey, S. B. Mende, Y. Takahashi, L. C. Lee (2012), *Occurrence of elves and lightning during El Niño and La Niña*, *JGR*, 10.1029/2011GL049831

Earle A. Wilson, Arnold L. Gordon, Daehyun Kim, *Observations of the Madden Julian Oscillation during Indian Ocean Dipole events* (2013), *JGR*, 10.1002/d.50241

<http://sprite.phys.ncku.edu.tw/tw/tles/elves>, ISUAL team in NCKU

<http://www.jamstec.go.jp/j/>, Jamstec

<http://www.bom.gov.au/?ref=logo>, Australian Government Bureau of Meteorology

<http://www.noaa.gov/>, National Ocean and Atmospheric Administration

【評語】 180002

透過衛福二號之高空閃電觀測分析探討洶氣精靈與印度洋之震盪，海溫分布，閃電以及降水分佈變動之關係，並做了關連性之物理推論，是很具創意與潛力之作品，未來可以再加強定量關係之分析與不確定之討論。