

## 論文目錄

摘要.....	I
致謝.....	II
第一章 前言.....	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 文獻回顧.....	2
1.3 論文架構.....	4
第二章 資料及模式介紹.....	6
2.1 使用資料.....	6
2.2 模式介紹.....	8
第三章 模式檢驗.....	18
3.1 海面溫度之季節變化.....	19
3.2 洋流之季節變化.....	20
3.3 鹽度之季節變化.....	21
3.4 海溫垂直結構.....	22
3.5 平均氣候狀態下的能量收支.....	23
第四章 模擬結果與討論.....	39
4.1 現在氣候態與未來氣候態下的 El Niño.....	39
4.2 能量收支分析.....	44
第五章 總結.....	84
參考文獻.....	88
附錄 A. 高解析度版本(0.25°x0.25°)El Niño 模擬.....	89

## 圖目錄

圖 2.1 : 水平 B-Grid 網格, 座標中 x 方向向右為正(通常為東方), y 方向向上為正(通常為北方)。	14
圖 2.2 : POP 模式之垂直網格配置, k 表示模式第 k 層深度。	14
圖 2.3 : POP 模式海底地形圖。	15
圖 3.1 : RRMSE 值主要校驗區域空間分布圖。	24
圖 3.2 : SODA 同化資料之海平面溫度(SST)四季變化, (A)~(D)分別為春、夏、秋、冬季, 等值線間距為 4°C。	25
圖 3.3 : 同圖 3.2, 但為 POP 模式模擬之海溫四季變化。	26
圖 3.4 : 年平均之海平面溫度全球分布圖, (A)為 POP 模式模擬結果, (B)為 SODA 海洋同化資料。	27
圖 3.5 : SODA 海洋同化資料之海表面洋流四季變化, 流速單位為 cm/s, 由(A)~(D)分別為春季至冬季。	28
圖 3.6 : 同圖 3.5, 但為 POP 模擬之四季變化情形。	29
圖 3.7 : 年平均之表面洋流全球分布, (A)為 POP 模式模擬結果, (B)為 SODA 海洋同化資料。	30
圖 3.8 : SODA 資料之海表面鹽度四季變化, 由(A)~(D)分別為春季至冬季。	31
圖 3.9 : 同圖 3.8, 但為 POP 模擬之鹽度四季變化。	32
圖 3.10 : 年平均之全球鹽度分布, (A)為 POP 模式模擬結果, (B)為 SODA 海洋同化資料。	33
圖 3.11 : SODA 資料之赤道太平洋地區海溫垂直剖面四季變化, 等值線間距為 1°C, 由(A)~(D)分別為春季至冬季。	34

圖 3.12 : 同圖 3.11 , 但為 POP 模擬之海溫垂直剖面。.....	35
圖 3.13 : 年平均之赤道海溫垂直剖面 , (A) 為 POP 模式模擬結果 , (B) 為 SODA 海洋同化資料。.....	36
圖 3.14 : 海表面平均氣候狀態的海溫趨勢方程式中 , 各個控制項之 時間序列圖。.....	37
圖 3.15 : 同圖 3.14 , 但為斜溫層處的能量收支。.....	38
圖 4.1 : 實驗 2 現在氣候態 El Niño 模擬各個時期之 SST 全球分布圖 , 由(A)~(D)分別為發展期、轉變期、成熟期以及消散期 , 等值 間隔為 4°C。.....	50
圖 4.2 : 同圖 4.1 , 但為實驗 3 未來氣候態 El Niño 模擬之空間分布..	51
圖 4.3 : 實驗 2 現在氣候態 El Niño 模擬各個時期之赤道海溫垂直剖 面圖 , 由(A)~(D)分別為發展期、轉變期、成熟期以及消散期 等值線間隔為 1°C。.....	52
圖 4.4 : 同圖 4.3 , 但為實驗 3 暖化氣候態 El Niño 模擬結果。.....	53
圖 4.5 : 赤道太平洋地區(0°N ; 140°E~80°W)最大垂直溫度梯度強度 (深度不固定) , 單位為°C/m。黑色實線為模式現在氣候態 , 紅色虛線為暖化後未來氣候態之分布。.....	54
圖 4.6 : 實驗 2 現在氣候態 El Niño 模擬各個時期之 SST 距平值全球 分布圖 , 等值線間距為 1°C。.....	55
圖 4.7 : 同圖 4.6 , 但為實驗 3 未來氣候態 El Niño 模擬之全球分布圖。 .....	56
圖 4.8 : 暖化前後 El Niño 事件 SST 距平值之差異 , 等值線間距為 0.5°C。.....	57

- 圖 4.9 : Nino3.4 區域 SST 距平值在 El Niño 年期間的時間序列，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。(A)為現在氣候態與未來氣候態之比較，(B)為未來氣候態的風場驅動現在氣候態下與現在氣候態實驗之比較。.....58
- 圖 4.10 : 現在氣候態 El Niño 實驗各個時期之赤道海溫距平值的垂直剖面圖，等值線間距為 $1^{\circ}\text{C}$ 。.....59
- 圖 4.11 : 同圖 4.10，但為實驗 3 未來氣候態 El Niño 模擬之垂直剖面圖。.....60
- 圖 4.12 : 暖化前後 El Niño 事件海溫距平的赤道垂直剖面圖。.....61
- 圖 4.13 : 計算海溫距平方程式等號右邊各項所得海表層之海溫距平變化趨勢。.....62
- 圖 4.14 : 海表面層緯向平流項之(A)為 El Niño 0~1 年之時間序列，(B)為現在氣候態成熟期之空間分布，(C)為現在未來氣候態成熟期之空間分布。.....63
- 圖 4.15 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為緯向平流項。.....64
- 圖 4.16 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為經向平流項。.....65
- 圖 4.17 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為經向平流項。.....66
- 圖 4.18 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為垂直平流項。.....67
- 圖 4.19 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為垂直平流項。.....68
- 圖 4.20 : 同圖 4.14(A)~(C)，但為表面熱通量項。.....69
- 圖 4.21 : (A)、(B)水平擴散項及(C)垂直擴散項在 El Niño 0~1 年的時間序列。.....70

圖 4.22 : (4.6)式等號右邊各項在(A)現在氣候態及(B)未來氣候態下海表面層處 El Niño 0~1 年之時間序列，total 為各控制項之和。	71
圖 4.23 : 暖化前後(4.6)式右邊各項在海表層(0~10m)之差異。	72
圖 4.24 : 計算海溫距平方程式等號右邊各項所得平均斜溫層之海溫距平變化趨勢。	73
圖 4.25 : 平均斜溫層處緯向平流項之(A)為 El Niño 0~1 年之時間序列，(B)為現在氣候態成熟期之空間分布，(C)為現在未來氣候態成熟期之空間分布。	74
圖 4.26 : 同圖 4.24(A)~(C)，但為緯向平流項。	75
圖 4.27 : 同圖 4.24(A)~(C)，但為經向平流項。	76
圖 4.28 : 同圖 4.24(A)~(C)，但為經向平流項。	77
圖 4.29 : 同圖 4.24(A)~(C)，但為垂直平流項。	78
圖 4.30 : 同圖 4.24(A)~(C)，但為垂直平流項。	79
圖 4.31 : (A)、(B)水平擴散項及(C)垂直擴散項在 El Niño 0~1 年的時間序列。	80
圖 4.32 : (4.6)式等號右邊各項在(A)現在氣候態及(B)未來氣候態下平均斜溫層處 El Niño 0~1 年之時間序列，total 為各控制項之和。	81
圖 4.33: 暖化前後(4.6)式右邊各項在平均斜溫層之差異。	82
圖 4.34 : 暖化前後平均溫度的垂直溫度梯度在斜溫層處之比較，m	

代表赤道上每 10 個經度斜溫層深度之改變。	83
圖 5.1：能量收支平衡示意圖。	87
附錄 A.1：高解析度版本現在氣候態 El Niño 實驗各個時期之 SST 全球分布圖，等值線間距為 4°C。	89
附錄 A.2：高解析度版本未來氣候態 El Niño 實驗各個時期之 SST 全球分布圖。	90
附錄 A.3：高解析度版本現在氣候態 El Niño 實驗各個時期之赤道海溫垂直剖面圖。	91
附錄 A.4：高解析度版本未來氣候態 El Niño 實驗各個時期之赤道海溫垂直剖面圖。	92
附錄 A.5：高解析度版本現在氣候態 El Niño 實驗各個時期之 SST 距平值全球分布圖。	93
附錄 A.6：高解析度版本未來氣候態 El Niño 實驗各個時期之 SST 距平值全球分布圖。	94
附錄 A.7：高解析度版本暖化前後 El Niño 事件 SST 距平值之差異	95
附錄 A.8：高解析度版本現在氣候態 El Niño 實驗各個時期之赤道海溫距平值的垂直剖面圖。	96
附錄 A.9：高解析度版本未來氣候態 El Niño 實驗各個時期之赤道海溫距平值的垂直剖面圖。	97
附錄 A.10：高解析度版本暖化前後 El Niño 事件海溫距平的赤道垂直剖面圖。	98
附錄 A.11：高解析度版本現在氣候態與未來氣候態之 SST Anomaly	

---

在 El Niño 年期間的時間序列。.....	99
附錄 A.12：高解析度版本(4.6)式等號右邊各項在(A)現在氣候態及(B)未來氣候態下海表面層處 El Niño 0~1 年之時間序列，total 為各控制項之和。.....	100
附錄 A.13：高解析度版本暖化前後(4.6)式右邊各項在海表層(0~10m)之差異。.....	101
附錄 A.14：高解析度版本(4.6)式等號右邊各項在(A)現在氣候態及(B)未來氣候態下平均斜溫層處 El Niño 0~1 年之時間序列，total 為各控制項之和。.....	102
附錄 A.15：高解析度版本暖化前後(4.6)式右邊各項在平均斜溫層之差異。.....	103



## 表 目 錄

表 1: IPCC AR4 提供之 6 個數值模式的基本資料及設定.....	16
表 2: POP 模式個別實驗之各項基本設定.....	17
表 3: POP 模式個別實驗之各項參數設定.....	17
表 4: 利用 POP 模式的海平面溫度與 SODA 海洋資料計算得到之 RRMSE 值.....	27
表 5: 利用 POP 模式的海表面洋流與 SODA 海洋資料計算得到之 RRMSE 值.....	30
表 6: 利用 POP 模式的海平面鹽度與 SODA 海洋資料計算得到之 RRMSE 值.....	33
表 7: 利用 POP 模式的垂直海溫(0~200m)與 SODA 海洋資料 (0~200m)計算得到之 RRMSE 值.....	36

