

學經歷

- 1998/09 — 2002/06 畢業於中國文化大學大氣科學系
2002/09 — 迄今 中國文化大學地學研究所大氣科學組
2003/09 — 迄今 中國文化大學地學研究所
2001：甄試第一名成績考上中國文化大學地學研究所大氣科學組
2003：獲頒九十一學年度第一、第二學期華岡研究獎學金
2003：獲頒九十一學年度研究生學術研究成果獎
2003：以第一名成績，逕修地學研究所博士班
2004：獲頒九十二學年度研究生學術研究成果獎
2005：獲第五屆全國大氣科學研究生研討會博士生組最佳論文獎
2005：獲頒九十三學年度研究生學術研究成果獎
2006：獲頒九十四學年度研究生學術研究成果獎

期刊論文

張振瑋，余嘉裕，2003: 大氣海洋系統年際變異度之初步分析。華岡理科學報, **20**, 209-228.

張振瑋，余嘉裕，2005: 大氣與海洋年代震盪特徵分析。大氣科學, **33**, 321-340。

張振瑋，余嘉裕，2008: 奇異值分解法之介紹與應用。氣象預報與分析, **196**, 1-10。

研討會論文

張振瑋，余嘉裕，2004：利用奇異值分解法探討熱帶大氣與海洋交互作用。第八屆全國大氣科學學術研討會論文集編。P434~439。(May 17~20)

張振瑋，余嘉裕，2004: 適合海氣耦合研究之經驗大氣模式簡介。第四屆全國大氣科學研究生學術研討會。(國防大學中正理工學院)

Chang, C.-W., and J.-Y. Yu, 2005: Some preliminary results from tropical air-sea interaction study. The university allied workshop for climate and environmental modeling. (July 11~13, Busan, Korea)

張振瑋，余嘉裕，2005：熱帶大氣海洋交互作用之研究。第五屆全國大氣科學研究生學術研討會。(中國文化大學)

Chang, C.-W., and J.-Y. Yu, 2006: Modeling the surface wind response to interannual SST variability: an empirical approach. The University Allied Workshop for climate and environmental modeling. (July 18~20, Taipei, Taiwan)

張振瑋，余嘉裕，2007：大氣年代風場特徵驅動海洋之反應研究。第九屆全國大氣科學學術研討會論文集編。A5-3A-08。

Chang, C.-W., and J.-Y. Yu, 2007: On the oceanic response to decadal atmospheric wind forcing. The University Allied Workshop for climate and environmental modeling. (June 18~20, Beijing, China)

Chang, C.-W., and J.-Y. Yu, 2008: Mechanisms controlling ENSO: A simple hybrid coupled model study. The University Allied Workshop on Climate and Environmental Studies for Global Sustainability. (July 01~03, Tokyo, Japan)

論 文 目 錄

摘要.....	I
致謝.....	III
簡歷.....	IV
論文目錄.....	VI
圖表說明.....	VIII
第一章、前言.....	01
1.1、研究動機與目的.....	01
1.2、文獻回顧.....	04
1.3、論文架構.....	08
第二章、資料來源、研究方法、與模式介紹.....	09
2.1 資料來源.....	09
2.2 研究方法.....	10
2.3 數值模式簡介.....	17
第三章、數值模式校驗.....	28
3.1 經驗大氣模式.....	28
3.2 簡單混合型耦合模式.....	38
3.3 POP 海洋環流模式.....	43
3.4 CCSM 氣候系統模式.....	50

第四章、太平洋年際震盪：簡單耦合模式實驗	56
4.1 觀測資料分析	56
4.2 西風爆發與不均勻海氣交互作用	68
4.3 小結	81
第五章、太平洋年代震盪：海洋模式模擬	82
5.1 觀測資料分析	82
5.2 表層能量收支分析	88
5.3 小結	93
第六章、太平洋年代震盪：耦合模式模擬	95
6.1 太平洋年代震盪特徵	95
6.2 表面能量收支分析	97
6.3 小結	102
第七章、總結與討論	103
7.1 觀測資料分析	103
7.2 年際震盪機制探討	104
7.3 年代震盪機制探討	105
7.4 討論與未來工作	106
參考文獻	108
附錄 A：相對均方根誤差	114

附錄 B：距平相關係數.....	115
------------------	-----

附錄 C：Parallel Ocean Program (POP) 模式設定簡表.....	116
---	-----

表目錄

表 3.1：以 1949~1978 年與 1979~1995 年不同資料背景之 SVD1~SVD7 為模式基礎函數反求 1997/98 ENSO 成熟時期之 RRMSE 值。.....	37
--	----

表 3.2：為不同投影常數模擬 ENSO 事件合成之成熟時期結果校驗上部分為投影常數隨緯度變化之模擬校驗下部分為 V 風場之投影常數隨緯度變化之模擬校驗。.....	38
--	----

表 3.3：HCM 中不同耦合係數實驗之模擬特徵。.....	43
--------------------------------	----

表 3.4：相對均方根誤差 (RRMSE) 與距平相關係數 (ACC) 校驗模式與觀測之四季變化結果。.....	45
--	----

表 3.5：相對均方根誤差 (RRMSE) 與距平相關係數 (ACC) 校驗模式與觀測之四季變化結果。.....	52
--	----

圖目錄

圖 2.1：Cane-Zebiak 模式之垂直剖面示意圖。.....	19
------------------------------------	----

圖 2.2：水平 B-grid 分佈，於座標中方向以向左為正向增加，Y 方向為向上為正向增加，實線部分為 T-cell，斜線部分為 U-cell，HTN，HTE，HUW，HUS 為模式物理量之變化範圍指標。.....	23
--	----

- 圖 2.3：CCSM 耦合模式示意圖，其中包含大氣(atm)模式、海洋(ocn)模式、陸地(lnd)模式、海冰(ice)模式，與交換個環境場物理量之耦合模式(cpl)。.....26
- 圖 3.1：1949~2000 年期間，風場和海溫前十五個奇異向量可解釋變異量百分比分佈。.....29
- 圖 3.2：8 個 ENSO 事件觀測 1000hPa 風場與海溫距平合成圖，上、中、下圖分別為增暖期（9~11 月）、成熟期（12~2 月），衰退期（2~5 月）分佈。.....30
- 圖 3.3：同圖 3.2，但為經驗大氣模式模擬風場距平。.....31
- 圖 3.4：經驗大氣模式對 ENSO 事件合成之風場模擬結果校驗。橫軸部分分為 NCP, EEP, WNP, 與 IO 四區，而每一區又分為藍柱（增暖期），綠柱（成熟期）與紅柱（衰退期），縱軸為 RRMSE 值，其值越低表示經驗大氣模式之模擬成果越好。.....32
- 圖 3.5：同圖 3.4，但為模擬個別 ENSO 事件之校驗結果。.....34
- 圖 3.6：上圖為 1997/98 ENSO 成熟時期觀測 1000hPa 風場與海平面溫度距平圖，中圖為以冷年代（1949 年~1978 年）為基礎背景，由海平面溫度反求 1997/98 ENSO 成熟期之風場距平，下圖為以暖年代（1979 年~1995 年）為基礎背景，由海平面溫度反演 1997/98 ENSO 成熟期之風場距平。.....36
- 圖 3.7：上圖為耦合模式模擬 20 年之海溫氣候平均分佈圖，下圖為 1982~2000 年之海溫與 1000hPa 風場氣候平均分佈圖。...39
- 圖 3.8：HCM 模擬之海平面溫度季節氣候值，其中左列為模式模擬值，右列為觀測值，上至下為春、夏、秋與冬天。.....40

- 圖 3.9：HCM 所模擬赤道區之(A)海溫(B)緯向洋流場模擬濾除季節效應之距平值隨時間變化曲線，縱軸為時間（單位：月），橫軸為經度。.....40
- 圖 3.10：HCM 所模擬之 ENSO 事件合成海溫濾除季節效應之距平值，並分為增暖期(上圖)，成熟期(中圖)，衰退期(下圖)。....41
- 圖 3.11：Nino3.4 區之海溫距平隨時間變化曲線，縱軸為溫度（單位： $^{\circ}\text{C}$ ），橫軸為時間（單位：月）。耦合係數為 1.2×10^{-4} （紅線）， 2.4×10^{-4} （藍線）與 3.6×10^{-4} （黑線）。.....42
- 圖 3.12：模式模擬（上圖）與 NCEP（下圖）之海平面溫度資料（1949～2000 年）氣候平均值。.....44
- 圖 3.13：模式模擬（左圖）與 NCEP（右圖）之海平面溫度資料（1949～2000 年）四季距平平均值，由上至下為春季、夏季、秋季與冬季。.....46
- 圖 3.14：模式模擬（左圖）與 JEDAC（右圖）之赤道地區 160°W 到 90°E 海溫垂直氣候平均圖。.....47
- 圖 3.15：模式模擬 ENSO 事件合成（1957/58、1965/66、1968/69、1972/73、1982/83、1986/87、1991/92、1997/98 之 ENSO 事件），並分為 9～11 月為增暖期（上圖），12 月至隔年 2 月為成熟期（中圖）與隔年 3～5 月為衰退期（下圖）。.....49
- 圖 3.16：1949～2000 年於 nino3.4 區域之海溫距平平均曲線圖，紅曲線為 NCEP 觀測值，藍曲線為模式模擬值。.....50
- 圖 3.17：模式模擬 100 年海平面溫度資料氣候平均值。.....51

- 圖 3.18：同圖 3.13，模式模擬 100 年之海平面溫度資料四季距平平均值，左上圖為春季、右上圖為夏季、左下圖為秋季與左下圖冬季。.....52
- 圖 3.19：同圖 3.14，模式模擬 100 年赤道地區 160°W 到 90°E 海溫垂直氣候平均圖。.....53
- 圖 3.20：模式模擬 100 年之前 10 年之於 Nino3.4 區域之海溫距平平均曲線圖，X 軸為月份。.....54
- 圖 3.21：同圖 3.15，模式模擬前 10 年 ENSO 事件合成（第一年、第三年、第五年與第八年之 ENSO 事件），並分為 9~11 月為增暖期（上圖），12 月至隔年 2 月為成熟期（中圖）與隔年 3~5 月為衰退期（下圖）。.....55
- 圖 4.1：濾除季節效應後 1949 年到 2000 年海面溫度與 1000hPa 風場之第一個奇異值分解分佈，可解釋變異量佔總變異量之 48.13%，兩變異量相關 81.31%。1949 年到 1978 年主分量平均值為 -4.02，1979 年到 2000 年之主分量平均值為 4.53。圖中之特徵向量最大和最小值介於 0.05（深紅色區）和 -0.05（淡紫色區）之間，等值線間距為 0.01。.....57
- 圖 4.2：同圖 4.1，但為第二個奇異值分解分佈，可解釋變異量佔總變異量之 14.04%，兩變異量相關 75.96%。.....58
- 圖 4.3：暖年代與冷年代 ENSO 事件之海溫與旋轉風場差異（暖年代減去冷年代），其中上圖為 ENSO 事件增暖期、中圖為成熟期、下圖為衰退期。圖中僅畫出通過 95% 信度檢驗之部分。.....60
- 圖 4.4：暖年代和冷年代聖嬰事件合成在 Nino5（上圖）、Nino3.4（中

圖)、Nino1+2 (下圖) 區之海溫距平隨時間變化曲線，縱軸為溫度 (單位： $^{\circ}\text{C}$ ，請注意溫度尺度不同)，橫軸為時間 (單位：月)。聖嬰事件增暖期 (9~11 月)、成熟期 (12~2 月)、和消散期 (3~5 月) 亦標示於圖上做參考。紅色線為暖年代，藍色線為冷年代。.....61

圖 4.5：左圖為觀測赤道地區 1961~1980 年海溫距平時空分布，右圖為 1965 年 ENSO 事件之海溫距平 (3、5、9、7、11 月)。.....63

圖 4.6：左圖為觀測赤道地區 1981~2000 年海溫距平時空分布，右圖為 1997 年 ENSO 事件之海溫距平 (3、5、9、7、11 月)。.....64

圖 4.7：為 1965/66 年 (黑線)，1972/73 (綠線) 與 1997/98 (紅線) 在赤道 ($\pm 5^{\circ}$ 平均) 之海溫距平，左上為起始時期 (Onset, ENSO+0 年春天) 與右上為發展時期 (Develop, ENSO+0 秋天)，左下為成熟時期 (Mature, ENSO+1 冬天) 以及右下衰退時期 (Decay, ENSO+1 春天)。.....66

圖 4.8：同圖 4.5，為 1965/66 (左上)、1972/73 (右上)、1982/83 (左下) 與 1997/98 (右下) ENSO 事件赤道海溫距平圖，等值線為西風距平，綠點為符合 Harten(1996) 所定義之西風爆發事件。.....67

圖 4.9：為西風爆發驅動無耦合不穩定實驗之結果，NINO3.4 區海平面溫度距平。.....69

圖 4.10：模式模擬西風爆發驅動無耦合不穩定結果之正海溫距平與表層東向海流距平 (等值線) 之時空分布。.....69

圖 4.11：為中耦合係數實驗模擬之結果，左圖為赤道地區海溫距平時

- 空分布,右圖為 Nino3.4 地區海溫距平。.....70
- 圖 4.12 : Nino3.4 區 ENSO 時期海溫距平,紅色線為中耦合係數實驗之結果,黑色線為在二月中至四月中有西風爆發驅動之結果。.....71
- 圖 4.13 : 同圖 4.10,為於春季加入西風爆發後之模擬結果。.....72
- 圖 4.14 : 熱帶地區濕穩定度氣候平均分佈圖。.....73
- 圖 4.15 : Nino3.4 區域之海溫距平分布,黑色線為中耦合係數實驗之結果,紅色線為增強西太平洋海氣交互作用實驗之結果。...74
- 圖 4.16 : 同圖 4.10,為強化西太平洋海氣交互作用實驗結果之海溫與海流向東距平(等值線)之時空分布。.....75
- 圖 4.17 : 中耦合係數(實線)實驗與加入西風爆發實驗(點線)結果與強化西太平洋海氣交互作用實驗(虛線)結果之熱帶太平洋地區 SST 與緯向表層洋流場 U 做 SVD 之第一模態結果。紅色線為海平面溫度 SST 特徵向量,綠色線為緯向海流 U 特徵向量值。.....76
- 圖 4.18 : 同圖 4.17,MC(實線)實驗與加入西風爆發實驗(點線)結果與強化西太平洋海氣交互作用實驗(虛線)結果之熱帶太平洋地區 SST 與垂直向海流 W 做 SVD 之第一模態結果。紅色線為海平面溫度之 SST 特徵向量,綠色為垂直海流 W 特徵向量值。.....78
- 圖 4.19 : MC 實驗(黑實線)與加入西風爆發實驗(紅虛線)與強化西太平洋海氣交互作用實驗(藍點線)於赤道東太平洋地區(150°W~90°W)海平面溫度(上圖)、緯向表層風場(中圖)與

- 垂直海流(下圖)距平之時間序列。.....79
- 圖 4.20：同圖 4.14，熱帶地區濕穩定度分佈圖，為 1980~2000 年氣候平均值。.....80
- 圖 5.1：NCEP 之海平面溫度資料暖年代（1979~2000 年）平均值與冷年代（1949~1978 年）海平面溫度平均值之差。.....83
- 圖 5.2：JEDAC 海溫資料於 160°E~90°W，赤道地區（南北緯 5°平均）之年代變化垂直剖面距平圖，垂直分佈為海面至海面下 300 公尺。上圖左為冷年代（1949~1978 年）海溫平均剖面圖，虛線為斜溫層深度。上圖右為暖年代（1979~2000 年）海溫平均剖面圖，實線為斜溫層深度。下圖左為 1949 年~2000 年 El Nino 事件合成與 La Nina 事件合成海溫平均值差之垂直剖面圖，其中虛線為 La Nina 事件之斜溫層深度，實線為 El Nino 事件之斜溫層深度。下圖右為年代之海溫平均差異之垂直剖面圖，虛線為冷年代之斜溫層深度，實線為暖年代之斜溫層深度。.....85
- 圖 5.3：POP 海洋模式模擬之海平面溫度資料暖年代(1979~2000 年)平均值與冷年代（1949~1978 年）海平面溫度平均值之差。.....86
- 圖 5.4：同圖 5.2，POP 海洋模式模擬之海溫值，上圖左為冷年代(1949~1978 年)平均海溫垂直剖面圖，虛線為斜溫層深度。上圖右為暖年代（1979~2000 年）平均海溫垂直剖面圖，實線為斜溫層深度。圖右為年代之平均海溫垂直剖面差異圖，虛線為冷年代之斜溫層深度，實線為暖年代之斜溫層深度。.....87
- 圖 5.5：能量收支方程各項之年代變化之能量收支平衡之結果，單位

為 W/m^2 左圖上為海表面熱通量之年代差異，右圖上為海表層緯向通量之年代差異。中圖左為經向熱通量之年代差異。中圖右為垂直熱通量之年代差異。下圖為能量收支方程之海溫變化趨勢項之年代變化，其值為方程右項總和之年代差異，並反求回海溫年代變異之幅度，單位為($^{\circ}C$)。.....90

圖 5.6：海表層流場與溫度平均圖與冷暖年代之差異圖，彩色部分為海溫分佈，箭頭指標部分為海流分佈。上圖左為冷年代（1949～1978 年）海表層溫度與海流平均分佈圖，上圖右為暖年代（1979～2000 年）海表層溫度與海流平均分佈圖，下圖為 POP 模式模擬之海表層溫度與海流資料暖年代（1979～2000 年）平均值與冷年代（1949～1978 年）。其單位為（ $^{\circ}C$ 與 cm/s ）。.....92

圖 5.7：POP 模式垂直洋流資料於 $160^{\circ}E \sim 90^{\circ}W$ ， $5^{\circ}S$ 之年代變化垂直剖面距平圖，垂直分佈為海面至海面下 400 公尺。其單位為($\times 10^{-6} m/s^2$)。.....93

圖 6.1：為 CCSM 模式模擬 100 年之 NINO4 指數時間序列，黑線為 SST 距平，紅線為快速傅立葉轉換（FFT）取前四模態結果，綠線則為十年滑動平均之結果。.....95

圖 6.2：為 CCSM 模式模擬太平洋暖年代（第 40～55 年）與冷年代（第 15～30 年）之平均海溫差異。.....96

圖 6.3：同圖 5. 2，CCSM 模式之海溫值，為年代之海溫平均差異之垂直剖面圖。.....97

圖 6.4：同圖 5.6，為 CCSM 模擬能量收支方程各項之年代變化之能量收支平衡之結果，左圖上為海表面熱通量之年代差異，右圖上為海表層緯向通量之年代差異。中圖左為經向熱通量之

年代差異。中圖右為垂直熱通量之年代差異。下圖為能量收支方程之海溫變化趨勢項之年代變化。.....98

圖 6.5：濾除季節效應 CCSM 模擬 100 年之海面溫度與表層風應力之第一個奇異值分解分佈，可解釋變異量佔總變異量之 44.71%，圖中之特徵向量已標準化最大和最小值介於 1(深紅色區)和-1(淡紫色區)之間。.....100

圖 6.6：為 CCSM 模擬 100 年之緯向與經向與表層海溫距平，透過快速傅立葉轉換後取前四個模態之合成之北太平洋熱帶地區(0~5°N)時空分佈圖，縱軸為時間(年為單位)，橫軸為經度。左圖為緯向平流熱通量，中圖為經向平流熱通量，右圖為表層海溫距平。.....101

圖 6.7：同圖 6.5，濾除季節效應 CCSM 模擬 100 年之表層熱通量與表層風應力之第一個奇異值分解分佈，可解釋變異量佔總變異量之 26.88%。.....101

