

國立臺東大學體育系研究所
碩士論文

指導教授：陳秀惠 博士

暖身減低現象在運動學習上的意義



研 究 生：莊勝期 撰

中華民國 97 年 7 月

國立臺東大學體育系研究所
碩士論文

指導教授：陳秀惠 博士

暖身減低現象在運動學習上的意義



研究生：莊勝期 撰

中華民國 97 年 7 月



國立台東大學
學位論文考試委員審定書

系所別：體育學系

本班 莊勝期 君

所提之論文 暖身減低現象在運動學習上的意義

業經本委員會通過合於 ☒ 碩士學位論文 條件
☐ 博士學位論文

論文學位考試委員會：

劉有德

(學位考試委員會主席)

溫卓謀

陳永東

(指導教授)

論文學位考試日期：96 年 6 月 15 日

國立台東大學

附註：1. 本表一式二份經學位考試委員會簽後，送交系所辦公室及註冊組或進修部存查。

2. 本表為日夜學制通用，請依個人學制分送教務處或進修部辦理。

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學 體育系(所)
組 96 學年度第 2 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：暖身減低現象在運動學習上的意義

本人具有著作財產權之論文全文資料，授權予下列單位：

同意	不同意	單 位
☒	☐	國家圖書館
☒	☐	本人畢業學校圖書館
☒	☐	與本人畢業學校圖書館簽訂合作協議之資料庫業者

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

☒同意 ☐不同意 本人畢業學校圖書館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為： ，請將全文資料延後半年再公開。

公開時程

立即公開	一年後公開	二年後公開	三年後公開
☒	☐	☐	☐

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：陳永泰 (親筆簽名)

研究生簽名：莊騰期 (親筆正楷)

學 號：9400510 (務必填寫)

日 期：中華民國 97 年 7 月 28 日

1.本授權書(得自 <http://www.lib.nttu.edu.tw/theses/> 下載)請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

2.依據 91 學年度第一學期一次教務會議決議:研究生畢業論文「至少需授權學校圖書館數位化，並至遲於三年後上載網路供各界使用及校內瀏覽。」

授權書版本:2008/05/29

謝誌

很高興也很榮幸能夠在台東大學體育學系碩士班讀了兩年的碩士課程，在其中我感受到體育人的活力與專業，每個人都有矯健的身手與認真向學的精神，同學間能夠彼此分享與互相幫忙，老師又是各各學有專精且溫馨關懷，在體育系的課程兩年受益良多。

尤其要感謝我的指導教授 陳秀惠博士，跟著他三年研究討論的過程，讓我的國際觀又更向上提升了一個層次，秀惠老師自己的學術研究都是朝著國際發表的方向，言行舉止間也都這樣鼓勵我們，「運動控制與學習」的領域所需收集關注的期刊文章也都是以國際上發表的為主，這些種種讓我更密切地接觸英文這項國際語言，留意的也會是領域中國際最有份量與尖端的部分。

這是一個突破，不會再是井底之蛙的視野，知道世界是一個地球村，任何有突破性的意見與研究都是自己必須吸收的範圍，只有跨出去，才能夠與人在同一個水準之中。

這次的研究也要感謝同學 黃曉穗的幫忙，沒有她，這次的研究過程是不可能完成的，也要感謝同研究室的 阿布的支援，當然參與研究的學弟妹，也感謝你們的參與，你們是我能夠完成這個研究重要的功臣。

另外也要謝謝 劉有德老師，從我開始考碩士班收集題庫資料的時候，就受到你的照顧與幫忙，之後也擔任我的論文口試委員，你的研究精神與成就也是我所敬佩的。

最後仍謝謝體育系這個蓬勃有生氣的大環境，在這裡真的學習到了很多，也肯定是對我往後人生有舉足輕重影響的經驗。

勝期 謹誌

民國九十七年七月

暖身減低現象在運動學習上的意義

莊勝期

國立臺東大學體育系研究所

中文摘要

暖身減低現象是我們運動學習中常見的現象，之前的觀點將暖身減低現象視為是一種短暫現象，研究的重點是找出他發生的原因並且讓暖身減低現象的影響降低，卻忽略暖身減低現象可能是一個系統性的行為改變，可能有他在運動學習上的意義。本研究的目的是以動力系統為理論基礎，從時間刻度改變的觀點來看暖身減低現象。本研究採用的方法為以 8 位臺東大學學生，每間隔 24 小時練習一回平衡板平衡，共 12 回，每回 10 次的練習，紀錄其每次的平衡時間作為依變量，並以指數函數、對數函數公式對每回合做適配，以判斷其學習曲線型態。結果發現每回合減低的秒數與平衡成績無顯著相關；暖身減低的減低次數在適配後的指數函數與對數函數回合中，並無明顯不同；每回合成績前三次的斜率比起後七次來得大；暖身減低階段的改變率相較於十二回合的改變率屬於比較快的；而將參與者的成績平均起來也得到上述三種結果。本研究部分結果符合動力系統中以時間刻度看暖身減低現象時的推論，其不能證實部分，推估為子系統尚未有一致的改變率，採用暖身減低值和回復次數的方法敏感度仍不夠來呈現暖身減低的情形，所以沒辦法得到一致的趨勢。

關鍵詞：暖身減低、運動學習、動力系統

Examining the meaning of warm-up decrement in motor learning

Abstract

Warm-up decrement is commonly perceived in motor learning. The previous studies have regarded it as a temporary phenomenon and most of the emphasis has been put on why warm-up decrement happens and how people can lessen its influences. However, the possibility is ignored that warm-up decrement might be a systematical behavioral change and might have played a vital role on learning process. This study was based on the theory of dynamical system, aiming to view warm-up decrement in the light of time scale. The participants of the study were 8 National Taitung University students, who were asked to balance on stabilometer 10 times a round, 24 hours between each round, and 12 rounds in all. We recorded the balance time as the dependent variable and plotted as the function of practice trials. The learning curves of each practice round and totally were fitted by exponential function and power function. There were three main results founded in this study. First, no significant relationship was showed between the values of warm-up decrement in every practice and the individual's balance performance. Second, no significant difference was founded between the fitting by exponential and power functions in each practice sessions. Third, among the 10 trials in every round, the slopes of the former 3 trials were larger than those of the latter 7 trials. Besides, the change in warm-up decrement part is faster than the learning process in all. Similar results were showed in averaged data. The conclusion of this study came to that the hypothesis of warm up decrement from dynamical system were only supported partially. It might be the different time scales among subsystems in whole body coordination and the fail of the sensitivity of variables applied in this study that accounted for the inconsistent results.

Key Words : warm-up decrement 、 motor learning 、 dynamical system

目次

中文摘要	I
英文摘要	II
目次	III
表次	V
圖次	VII
第壹章 緒論	1
第一節 問題背景	1
第二節 研究的重要性	4
第三節 解釋名詞	5
第四節 研究的範圍與限制	7
第貳章 文獻探討	8
第一節 運動學習理論	8
第二節 學習曲線	21
第三節 暖身減低現象的相關研究	27
第四節 研究問題與假設	32
第參章 研究方法與步驟	32

第一節 研究參與者	33
第二節 實驗設計	33
第三節 資料處理與分析	35
第肆章 結果	37
第一節 學習成績與暖身減低現象	37
第二節 學習曲線適配	66
第三節 暖身減低與平衡表現	73
第四節 個別與平均的曲線	75
第伍章 討論	80
第一節 從動力系統架構看暖身減低現象	80
第陸章 結論與建議	85
第一節 結論	85
第二節 建議	86
參考文獻	87
中文文獻	87
外文文獻	87
附錄一 參加者須知與同意書	92

表次

表 4-1 實驗參與者暖身減低總回合數	56
表 4-2-1 實驗參與者 A 暖身減低現象摘要表	57
表 4-2-2 實驗參與者 B 暖身減低現象摘要表	58
表 4-2-3 實驗參與者 C 暖身減低現象摘要表	59
表 4-2-4 實驗參與者 D 暖身減低現象摘要表	60
表 4-2-5 實驗參與者 E 暖身減低現象摘要表.....	61
表 4-2-6 實驗參與者 D 暖身減低現象摘要表	62
表 4-2-7 實驗參與者 G 暖身減低現象摘要表	63
表 4-2-8 實驗參與者 H 暖身減低現象摘要表	64
表 4-3-1 第 2-5 回前三次與後七次斜率比較.....	64
表 4-3-2 第 6-9 回前三次與後七次斜率比較.....	65
表 4-3-3 第 10-12 回前三次與後七次斜率比較	66
表 4-4-1 實驗參與者 A 指數函數與對數函數適配表	67
表 4-4-2 實驗參與者 B 指數函數與對數函數適配表	67
表 4-4-3 實驗參與者 C 指數函數與對數函數適配表	68
表 4-4-4 實驗參與者 D 指數函數與對數函數適配表	68
表 4-4-5 實驗參與者 E 指數函數與對數函數適配表.....	69

表 4-4-6 實驗參與者 F 指數函數與對數函數適配表.....	69
表 4-4-7 實驗參與者 G 指數函數與對數函數適配表	70
表 4-4-8 實驗參與者 H 指數函數與對數函數適配表	70
表 4-5 R^2 逐回曲線適配結果彙整表 $\sim R_n$ 檢查前	72
表 4-6 R_n 檢查結果.....	73
表 4-7 暖身減低與該回合成績（平均）相關情形.....	74
表 4-8 指數與對數回合暖身減低次數摘要表	74
表 4-9 暖身減低階段變化率平均與整體曲線改變率摘要表	75
表 4-10 平均後資料暖身減低情形摘要表	77
表 4-11 平均後資料暖身減低秒數與該回合成績（平均）相關情形 ..	77
表 4-12 平均後成績指數函數與對數函數適配表	78
表 4-13 平均後資料 R_n 與理論推估值比較.....	79

圖次

圖 2-1 訊息進行的步驟及形式	11
圖 2-2 穩定與不穩定的吸引子	15
圖 2-3 景觀的改變圖	18
圖 2-4 對數函數曲線示意圖	22
圖 2-5 指數函數曲線圖	24
圖 2-6 追蹤儀實驗結果圖	27
圖 3-1 實驗器材與場地佈置	34
圖 4-1 參與者 A~H 練習成績	38
圖 4-2 參與者 A 第 1~12 各回練習成績	41
圖 4-3 參與者 B 第 1~12 各回練習成績	43
圖 4-4 參與者 C 第 1~12 各回練習成績	45
圖 4-5 參與者 D 第 1~12 各回練習成績	47
圖 4-6 參與者 E 第 1~12 各回練習成績	49
圖 4-7 參與者 F 第 1~12 各回練習成績	51
圖 4-8 參與者 G 第 1~12 各回練習成績	53
圖 4-9 參與者 H 第 1~12 各回練習成績	55
圖 4-10 平均後的練習成績	76

第壹章 緒論

第一節 問題背景

運動學習過程中，我們透過練習與回饋改變了固有的動力，因此學會新的動作型態（Kelso, 1997）。我們在這個過程中有些事情是會共同經驗到的，例如暖身減低現象（warm-up decrement）。

暖身減低現象不只發生在運動學習過程中，在其他的認知學習也會見到（Underwood, 1957），一般指的是在休息之後，得有一段時間才能夠達到休息前的水準，而此現象尤其在運動學習過程中容易觀察到，例如網球擊球時，在休息前我們經過了練習，已經可以將球在最恰當的時間點上擊出，但在休息後，我們總是很難如休息前一樣在最恰當時間點上擊到球，但又經過一小段時間的練習後，這樣的情形消失了，我們又可以回到休息前的水準，不但時間點抓對了，力道也控制得剛剛好，回到我們的水準，甚至又經過一段時間的練習後，比起休息前我們更進步了。這樣的現象常常出現在運動學習的過程中，且不止在如網球這樣開放性的運動技能上；在閉鎖性的運動技能中我們也會有這樣的經驗，例如體操的空中旋轉動作，在休息後，往往得練習一段時間，才能夠將技巧表現得跟休息前一樣。如此現象，就是我們通常認識的暖身減低現象。

對於此現象，從二十世紀初就有學者關注到，並且做了相關的探討文獻，Adams（1961）對於之前的暖身減低現象文獻做了一些整理，歸納整理了二十世紀初直至1961年所對於暖身減低現象所下的定義，及為什麼會有暖身減低的種種原因，其中最普遍且直覺為大家所接受的原因就是「遺忘」（memory losses）。何謂暖身減低現象？這個定義在過去的研究中並無一致性，暖身減低的發生是什麼原因造成的也有許多不同的看法，Adams（1961）年的文獻中也認同Irion（1948）年指出的集合假說（set hypothesis），就是說暖身減低的因素不只是因為遺忘而已，還有注意力的因素在。而在Adams之後的二十年中，沒有人再對此有更新的見解與

看法出現，直到 1971 年 Schmidt & Nacson才提出新的看法，對原來的定義做了補充，也是目前為止最廣為人接受的理論，也就是活動集合假說(activity-set theory) 理論，認為暖身減低發生的原因不只是因為休息時，對特定目標忘記了或還沒準備好而已，而且是全身整體性的狀態還沒準備好，例如覺醒程度、動機、整個身體的神經緊張狀態。

歷史上對於暖身減低的解釋，其實也都反應了當時的心理學主流，例如二十世紀初對於暖身減低的解釋主要以「刺激—反應」的制約理論作為解釋，著眼點在遺忘及制約的強度 (Adams, 1961)，而在心理學在60年代開始受到電腦的發展影響而轉為訊息處理理論的認知心理學時 (張春興，1991)，剛好也是活動集合論理論提出的時候，認為身體活動還跟腦中的認知有關係，暖身減低一部份就是因為認知系統還沒有準備好所致。

在活動集合假說的檢驗上，實驗者以操弄休息時的各種相關元素以減少暖身減低效應的負面影響，證實了暖身減低並不只是跟目標有直接連結關係的因素才有影響，而是全身普遍的狀態還沒準備好所致。但此關注傾向卻忽略了對暖身減低階段的改變進行分析，也忽略了暖身減低過程可能也是對動作學習過程是具有意義的。

基模理論 (schema theory) 是由認知理論發展出來，對動作行為領域做出廣泛性地解釋，此理論卻在近年受到不少的挑戰 (K. M. Newell, 1991)，發展最盛的莫過於動力系統理論 (dynamical system theory) 的提出，動力系統這解釋方法包含著非線性力學 (nonlinear dynamics)，而非線性理論又包含著渾沌理論 (chaos theory)，是還正在發展的一個理論 (Liu, Mayer-Kress, & K. M. Newell, 2004)，認為人的動作行為不只是因為大腦中的控制，學習也不止僅由大腦做為主宰，運動中，尤其是在新型態的動作學習及突發性的動作上，動力系統理論認為人受到環境 (environment)、工作 (task)、有機體 (organism) 上的限制而以自我組織 (self-organize) 的方式進行動作的控制與學習 (K. M. Newell, 1986)，能對新的

協調型態及突發性不經思索的動作產生有比較合理的解釋。

動力系統認為動作行為是相關系統間或系統間各元素交互作用下所表現出的結果，但因為此交互作用在形成的過程無法觀察，因此必須在目標動作中量化一個觀察的表現，這個外顯表現越能夠隨著練習敏感地改變越好，我們也用這個改變的值來描述經學習過程後協調型態的變化（Higgins, 1991; Kelso, 1997 ; K. M. Newell, 1985）。對於這個值，在科學研究中，經常透過數學的方法來描述，如此以學習過程中改變的結果值對練習量的關係作成曲線或圖，稱為「表現曲線」，也有學者認為也可以是「學習曲線」（Cohen, Dunbar, & MacClelland, 1990; Kramer, Strayer, & Buckley, 1990; Logan, 1988; R. A. Newell & Rosenbloom, 1981; Snoddy, 1926）。

以學習曲線來紀錄與描述運動學習的情形時，我們會透過數學方法找到這些學習資料的規則，最常見的就是看這個資料形成的曲線是屬於對數函數曲線、指數函數曲線或 S 型函數曲線，除此之外，也可以透過計算每次練習的改變率的作法來觀察學習者的學習情形，雖然以這個方式不免會因為裡頭所包含的訊息比較凌亂而困擾，但這方法能夠顯示出更多的訊息，讓我們更明白練習者運動學習的情形（Liu 等，2004）。

觀察分析學習狀況時一般都觀察單一能力的改變情形，通常是分析比較長時間的變化，但用不同的時間段落來觀察，整個運動學習卻可以呈現更多的意義（K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001），而暖身減低是我們運動控制與學習上常見的現象，屬於以比較短的時間刻度可以觀察得到的運動控制與學習行為，動力系統主張暖身減低不只是一種短暫的現象，而是有其在運動學習上的意義的（K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001）。

第二節 研究的重要性

除了以長時間的行為變化來看運動學習外，以不同的時間段落來觀察學習過程，整個運動學習是可以呈現更多的意義（K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001）。運動學習過程中短時間的改變，可能會有不同於長時間變化的情形，例如我們觀察一個學習者學習網球發球時，我們觀察他六個月的練習，會發現他的動作從不協調改變為協調，球的力道從施不上力改變為凌厲，發球的落點也從無法發進而改變為有漂亮的落點。但是除了以這樣長時間的技術改變的觀點之外，如果我們以較短的時間間隔分析他學習的過程，我們可能會發現他的動作是如何從不協調改變為協調，如何從太快揮拍或太慢揮拍，而最後能在剛好的時間點上打到球。在以往這樣短時間的變化可能都僅被認為是噪音或隨機發生而已，但這樣的變化可能不止是隨機或沒意義而已，而是在運動學習上有它的意義存在。

在過去對於暖身減低的想法，如集合假說理論、活動集合論理論等雖然對暖身減低現象提出解釋，研究者也針對這個現象所可能有的影響因素做研究，但所著眼的層面，都是如何減少暖身減低的現象，研究如何讓選手、學習者一到運動情境或競賽情境能控制影響的因素，快速地到達自己的水準，在這個觀點底下的研究，都是將暖身減低視為是一種短暫現象，以減少此現象為目標，並沒有將暖身減低效應如此短時間的變化視為是一種系統性的行為改變，有可能有他學習上的意義，而有很多學者近來以動力系統的觀點來解釋學習行為的短時間變化，證實這些變化並不是隨機出現而是有他系統上的意義（K. M. Newell 等, 2001）。而 K. M. Newell 等主張應該從時間刻度（time scale）的觀點來瞭解運動學習時的系統變化，以前我們常做的是從較長如一個月一年的長時間刻度的角度來看變化，但是較短的時間刻度，如每一次的練習間的變化，也會有其運動學習上系統的意義，暖身減低現象就是這樣以較短時間刻度觀察運動學習時，常可以觀察得到的行為。而動力系統提出動作的吸引子（attractor point）及動作學習的景觀

(landscape) 的觀念，越靠近該動作的吸引子，動作會越穩定，也會越快回到穩定的狀態 (Thelen & Smith, 1993)，如此可能也可以替暖身減低的現象提供一個很好的解釋，對暖身減低現象在運動學習上可能有的意義提供一個理論可能性。

另外在推論分析暖身減低現象或者其它運動學習時，通常都以群體運動學習的成績平均後加以分析，並用以解釋運動學習的成效，但平均後的成績卻往往掩蓋了個體不同的學習改變率所呈現的意義 (Liu 等, 2004)，成績平均後雖然讓雜訊的干擾降低了，但是有可能意義也不同了，且如半開玩笑解釋的蝴蝶效應的看法：今天北平一隻蝴蝶展翅揮舞所對空氣造成的擾動，可能觸發下個月紐約的暴風雨，初始的小小不同會大大影響以後的結果 (Griffiths, Hart, & Blair, 1991)，這種略去不看的小小差異，卻有可能正是影響日後學習成果的關鍵，我們將成績平均起來所掩蓋的小小差異有可能就會導致推論的不正確。

因此本研究將以時間刻度的觀點，檢驗暖身減低現象是否符合動力系統理論模型預測，並以個別學習者的學習情形與群體平均後所推估出的學習情形作比較，看群體資料與個別學習資料中的差異。

第三節 解釋名詞

一、 暖身減低現象

暖身減低現象一般指的是在休息之後需要一段時間的練習來達到休息之前的水準，根據 Irion 在 1948 年的操作定義為「在休息後前期，表現進步的斜率比起休息前更高」，在本研究中指的是每回合第一次試作到第一個表現峰值 (peak trail) 的練習稱之，也稱為「暖身減低階段」。

在暖身減低現象的量化部份：

(一)暖身減低：計算第一次試作到峰值間平衡秒數的差距

(二)回復次數：計算第一次試作到峰值間所需的次數。如第三次試作為峰值，則其所需「回復次數」為 $3-1=2$ ，其回復次數為 2 次。

在學習曲線的分析部份

(三)整體曲線：指第一回到第十二回共 120 次試作所記錄的平衡成績對練習次數所的曲線。

(四)逐回曲線：指每回合的 10 次試作所記錄的平衡成績對練習次數所得的曲線。

二、運動學習

學習是一個透過經驗或練習，造成行為上長久性改善的過程，而運動技能的純熟是來自內在、持續的變化所產生的外在行為（Magill, 1998），本研究以練習的時間對表現做圖而成的點狀分佈圖，並以此呈現學習時系統的演進過程，在本研究中指的是平衡板學習時，三十秒中保持平衡板在左右兩邊正負 5 度內的累積時間作為學習時表現的成績。

三、改變率

指系統隨著每次練習而產生的行為變化率，適配後並由適配值算出不同函數推估出的逐次改變率：

(一) 兩次操作間改變的程度，公式為逐次改變率 $R_n = (W_n - W_{n+1}) / (W_n - B_{exp}) \cdot W_n$ 為第 n 次得分， W_{n+1} 為第 $n+1$ 次得分， B_{exp} 是最佳表現。

(二) 指數、對數逐次改變率：

1、對數函數逐次改變率為 $R_n = 1 - (1 + 1/n)^{-r_{pow}}$ ， n 代表第 n 次練習得分， r_{pow} 指的是以對數函數公式適配時所得到的指數。

2、指數函數改變率： $1 - e^{-r_{exp}}$ ， r_{exp} 指的是以指數函數進行適配時所得到的理論改變率， e 指的是自然指數，自然指數為 2.718。

3、將整回或整體曲線加以適配，以指數函數公式適配，算出整回或整體的指數改變率。

第四節 研究的範圍與限制

本研究情境為實驗室內，實驗參與皆控制在每天的同一時間進行平衡板的平衡練習，也就是休息時間是固定的。本研究的平衡技能為配合平衡測驗儀所進行的基底上下移動的平衡技能。



第貳章 文獻探討

第一節 運動學習理論

有很多的理論對動作如何學習得來提出不同的看法，最開始令人注目的說法是閉鎖環理論(closed-loop theory)，是第一個對運動學習有深遠影響的理論(K. M. Newell, 1991)，但因為仍有許多的運動學習與控制的情形是閉鎖環理論無法合理解釋，所以後來有基模理論的提出，用以解釋運動學習與控制，基模理論也成為運動控制與學習上廣為接受的解釋方式。在基模理論之後，運動控制與學習上有動力系統的提出，動力系統本來是一套用來解釋物理現象的數學方法，但被認為仍可以用來解釋運動控制與學習，在許多基模理論所沒有探究與完整解釋的層面上，用動力系統能夠有更系統性的解釋，以下將以這三種運動學習的理論做探討。

一、閉鎖環理論

運動學習在70年代之前認為是跟一般的認知學習一樣的機制，所以用來解釋運動學習發生的理論也都引用自語文技能(verbal skill)建構出的理論，後來學者發現，動作技能的學習在特性上跟其他語文學習、認知學習是有明顯的不同。

首先提出對之後的運動學習都有重大的影響的就是 Adams (1971) 提出「閉鎖環理論」(K. M. Newell, 1991)，他用閉鎖環理論來描述、解釋及預測動作技能的學習。此理論提出後，造成動作技能學習研究方向的改變，重新引發動作技能學習定律的探討(Kerr, 1980)。Adams理論裡指出人類的動作學習與技能是靠著不斷地修正來達成動作的目標，在這過程中基本上是運用回饋(feedback)、正確的參考(reference of correctness)、偵測錯誤(error detection)來達成(Schmidt, 1982)。此理論認為人的學習是靠兩個機制來運作的，一個是「記憶痕跡」(memory trace)，一個是知覺痕跡(perceptual trace)(Adams, 1971)。中樞神經中有一「記憶痕跡」，他的角色是負責選擇動作從哪裡開始及讓人知道動作的起使狀態要用怎樣的力量

強度。記憶痕跡中有訊息知道動作該如何執行，動作一旦開始執行後，便以「知覺痕跡」作為參考值，經回饋比較後修正，產生新的記憶痕跡，成為下一次動作的標準。此理論中認為運動學習就是反覆根據動作產生的內在及外在回饋而進行對記憶痕跡的修正，因此在動作後，回饋及同樣動作反覆練習是必要的（Adams, 1971）。也就是說運動學習是以「記憶痕跡」與「知覺痕跡」為基礎的「雙歷程閉鎖環理論」(two-processes closed-loop theory)，以解釋人類的動作行為（Kerr, 1980）。

閉鎖環理論的限制與挑戰第一個是邏輯上的矛盾，並不是所有的動作都會成為一個閉鎖性的循環，也就是說一個進行中的動作卻遇到突發狀況必須反應時，可能沒有一個記憶痕跡可以來做比較，動作時訊息可能就得要跟動作自己做比較，動作在進行的同時就得要立即進行修正以完成任務（K. M. Newell, 1991），例如很多球類的狀況在狀況突然改變的時候，就得立即動作。如網球的抽球，來球的旋轉出乎自己的意料而動作已經做出時，我們得立刻的改變自己的動作與力道以應付來球，在這樣的情況下，閉鎖環理論將很難對於動作的控制提供解釋。

另一個閉鎖環理論的限制與挑戰是無法解釋變異練習的效果（Schmidt, 1982），為了加強記憶痕跡，因此需要加強練習同一組動作，不斷的加以修正記憶痕跡，使其能夠正確的達成任務，閉鎖環理論受到很多的挑戰，因為其基礎建構在速度慢的運動上，如在變異練習中所得到的回饋是不同的知覺痕跡，因此根據閉鎖環的推論，變異練習是較無效果的練習方式，因為並非對同一知覺痕跡進行修正，與實證研究上的結果不相符合，事實上變異練習可以提高學習效果（Schmidt, 1982），如球類的練習就很難讓每個練習都有相同的情境，因此球類的練習所得到的效果就很難以閉鎖環理論的解釋來說明，也就是球類的變異練習是有效的，但這卻與閉鎖環理論推論不同。在此閉鎖環理論裡面，我們動作的基模是一個一對一的關係，一個基模是控制著一組動作，我們唯有對這個基模不斷地加強練習，才能夠透過練習時的回饋、修正而產生好的動作，但這樣的一對一的關係必須要有太多的基模來讓我們應付現實的狀況，所以閉鎖理論面對了兩個質

疑，一個是我們需要多少個基模才能夠面對外界的情境呢？而我們的有機體我們的大腦有辦法儲存這麼多的基模嗎？第二個挑戰與質疑是如果閉鎖環裡頭都是這樣一個基模對應一個動作，那我們的新動作是如何產生的呢？（K. M. Newell, 1991）在這樣的挑戰與質疑底下，孕育出基模理論的產生背景，閉鎖環理論這樣一對一的關係在基模理論裡頭，被修正成爲一對多的關係，也就是一個運動基模可以對應多組的動作（K. M. Newell, 1991）。

二、基模理論

基模理論的基模與動作的關係是一個一對多的關係，也就是一個動作基模會因爲不同的參數的輸入而有不同的動作產生（K. M. Newell, 1991），閉鎖環的運動控制與學習模式在基模理論的原則下，也就變成一個開放環的架構（Schmidt, 1975）。基模本來是一個心理學跟神經學的概念，但一直到Schmidt（1975）年時才根據閉鎖環理論擴展並將這個概念引用到動作控制與學習上（K. M. Newell, 1991）。

在基模理論裡面一樣有著閉鎖環理論的記憶與再認的關係，這個關係不只是擴張到一個一對多的關係而已，記憶基模在基模理論裡面比起在閉鎖環理論中扮演了更重要的角色，記憶基模儲存著過去曾經有過的動作的結果與回饋間產生的關係的種種經驗，再認基模則去察覺動作基本的協調型態、本體覺所察知的訊息跟結果間有什麼不一樣（K. M. Newell, 1991）。

基模理論也可以說是基於訊息處理（information processing）而來的，訊息處理指的是認知心理學中對人類「知之歷程」的推論性解釋，也就是人類如何經由感覺器官接受訊息、儲存訊息以及以後如何使用訊息的整個心理歷程。支持訊息處理的學者，把人類的動作控制視爲一種訊息處理的過程（Schmidt, 1975）。人類被看做像一台電腦一樣，訊息就如同是指令，大腦就如同是電腦的中央處理器一樣，中央處理器中有預先設定好的各種程式，電腦因爲訊息而選擇不同的程式，

接著將訊息透過程式的轉譯而輸出一組指令給我們運動神經、肌肉等來執行（Schmidt，1975）。在這樣的假設底下，大腦扮演主宰的地位，決定一切的行為，而動作的練習就是要熟悉對執行動作的各種參數，這樣當情境來臨時，也就是訊號來的時候，大腦才能夠快速地檢索出一組正確的動作程式與參數，以正確地面對動作的情境，達成想要達成的目標。而這樣的概念底下，動作學習必須透過各種情境的練習，才能獲得足夠的訊息，以將此動作抽象化、概念化，並形成長期記憶（Schmidt，1982）。

且在這訊息處理流程中，Donders（1868/1969）認為應該有三個階段（圖2-1）：



圖2-1 訊息進行的步驟及形式（本圖引自：Schmidt & Lee, 2004, p.56）

（一） 刺激確認階段（stimulus-dientification stage）：

在這個階段個體必須察覺到情境中所給予的訊息（stimulus detection），這個訊息可能是進入視網膜的光線或者是進入耳朵的聲音，都必須先轉化為訊號透過神經到我們的腦子裡，在這時候這個訊號要有用處，必須要能夠激發我們的一些記憶或與一些過去的經驗作連結（例如，紅燈的訊號就代表著說要停），在這個時候不少的記憶與經驗會被激發，這樣我們人才能夠從中選擇一些正確的記憶與經驗

來跟這個刺激做正確的連結。除了正確的連結之外，通常這個時候訊號會被歸納為某種類型的訊號（pattern recognition），例如說一個一個迎面開來的卡車、一顆快速向眼睛飛來的球，就會被歸納為「快躲」（Schmidt, 2004）。在這個階段個體很重要的事情是要知道發生了什麼。

（二） 反應選擇階段（Response selection）：

當個體知道發生了什麼，並且對這個訊號已經作了分析與連結之後，個體在這個階段必須要知道如何去反應。例如說棒球被打者打到外野之後，防守者必須做出是要在空中接殺這個球或者是等他落地之後再去接他，而向這樣的反應與決定不管是在球場或者是在操作機器、開車上都是的。在這個階段我們常面臨的問題就是會有多少個選擇，當選擇越多的時候，我們通常就需要越多的反應時間（reaction time）（Schmidt & Lee, 2004）。

（三） 反應計畫階段（response-programing stage）

在個體經過前面兩個階段將訊號確認並且決定如何反應之後，就會進入反應計畫階段，在這個階段裡面個體必須將只有概念性的反應運作成一組肌肉、神經、骨骼該如何活動的訊號傳遞給我們的相關器官（Schmidt, 2004）。這個階段對我們的人體是非常複雜的，我們必須從我們的記憶中檢索出已經做出的決定應該要如何的變成動作，在這個階段中，我們如果已經知道什麼樣的訊息就要用某一種反應的話，我們的反應時間會比較短；如果我們對於訊息還需要選擇是要用哪一種反應的話，我們的反應時間則會比較長（Klapp, 1996）。

從閉鎖環理論到基模理論的運動控制與學習，基模跟動作的關係已經從一對一的關係變成一對多，運動基模只要調整基模內的不同的參數就可以面對同組外在狀況，達成動作目標。變異練習在基模理論中被是視為是有益的，因為不同的情境可以讓基模對於訊息的分類與反應的選擇、動作程式的選擇更為熟練（Schmidt, 1991）。相對於閉鎖環理論，基模理論對可以應對解釋到開放性的運動，如球類及現實生活的各種情境。

三、動力系統（dynamical systems）的學習理論

Bernstein（1967）提出工作自由度（degree-of-freedom）的問題。自由度的概念裡頭認為人的自由度太多，有大約800條的肌肉，100個以上的關節，而外界的需要我們反應的動作情境又是那麼複雜，大腦不可能控制那麼多的自由度的變化，所以應該不是完全由大腦來控制，而是我們人在有著與外在環境互動的關係。

在這個觀點下，動作的練習是促使我們不斷地去練習如何以更有效的策略，使協調結構去解決達成動作目標的問題。而後Fowler & Turvey（1978）也指出動作的獲得就是我們搜尋出一個可以解決外在動作的要求的協調結構。我們身體因應外在環境有自我組織（self-organize）的特性，將許多必須共同動作的自由度壓縮成爲一個協同或協調結構（synergy, coordinative structure），個體只需要控制協調結構。而動作的學習就是一種我們的感官、動覺、動作與我們希望達到的動作、環境的挑戰達成一種協調和諧的關係的一種學習（K. M. Newell, 1991）。

成戎珠（1994）指出動力系統理論起源於(1)蘇聯神經生理學家Bernstein在1967年所提出的動作協調控制理論（the coordination and regulation of movement），(2)生物學中的系統理論（systems theory），特別是強調非線性的動力系統理論(3)Gibson的生態心理學（ecological psychology）。也就是說動力系統融合這些理論的內涵，以數學的方法，探討隨著時間改變時，系統內狀態的改變（Kelso, 1997）。個體必須與環境互動去尋求有利於它本身的動作，個體必須主動適應環境的限制（Gibson, 1979）。動作的產生除了刺激反應的結果外，更重要的還有動作與動作情境之間的關係。

以下分成四點來介紹動力系統：

（一）生物體是一個複雜、多層次系統（complex, multidimensional system），包括許多子系統（subsystem），子系統彼此會互動會合作，但這些子系統並沒有一個從屬上下的關係，也沒有優劣的分別（成戎珠，1994）。這點和「訊息處理論」中大腦是一切的主宰，由大腦發命令來控制有所不同，但在動力系統中大腦的角色

只被認為是一個子系統，不具有絕對優勢。K. M. Newell (1986) 指出影響動作技能表現的三大子系統為環境 (environment)、工作 (task)、有機體 (organism)，這三種子系統同時也成為三種主要的限制，動作就是這三種限制交互作用而顯形 (emerge) 的行為特性。

(二) 沒有動作表徵 (motor prescription) 的存在，動作行為的表現，完全取決於各子系統彼此互動、交互作用的結果，也就是自我組織的結果。動作會從原本既有的協調型態，因為練習時環境、工作、有機體的三大限制而演變成另外一種可以應付動作要求的協調型態，但這些協調型態並非由大腦指揮而成的，是協調組織搜尋到最佳可以完成動作要求的策略，協調組織以自我組織的方式來達成動作目標的。如Shapiro等 (1981) 就發現當人的步伐到達特定的頻率時，就會開始從走的動作轉換成跑的動作。

(三) 協調組織因應外在環境及動作要求自我組織完成後，將會處於一個偏好 (preferred) 的狀態，我們可以以吸引子 (attractor) 來做比喻，吸引子本來是一個物理的概念，指的就是那較常出現、較穩定的系統狀態，在動力系統理論解釋人的動作與控制時，也以吸引子來比喻協調組織與外在環境及動作要求處於一個較穩定的狀態。且我們可以以圖像來比喻吸引子停留的位置，稱之為吸引子井 (attractor well) (如圖 2-2)。井的深淺代表著系統由此結構轉換到另一結構的難易度，深井表示此結構是比較穩定與不容易改變的，如果吸引子在深井中即代表著要當系統想要轉換成另外一個結構時，就必須有更大的能量投注在上面使其改變才行，就如同如球在不同深淺的沙洞裡，要讓球離開洞需要不同的能量一樣 (Kamm, Thelen, & Jensen, 1990)。根據動力系統架構，動作學習是一個朝向系統的固定點演進的過程 (K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001)。當我們看到籃球賽在最後關鍵時，選手可以不理會全場觀眾的吵鬧聲音，成功地穩定地表現出平

常的水準，將球跳投投進，我們可以稱此選手有跳投的吸引子，即是說他在跳投的動作上有穩定的表現。

以圖2-2為例：吸引子的穩定性可以當作位能，愈低的位置愈穩定，也就是表現愈穩定。圖2-2中的A有較高的位能，只要給它小小的力量即可以使它移動，就像一個選手的動作協調型態是屬於不穩定時，只需要有些外力（如練習），它就會滾入一個吸引子井，進入一個比較穩定的狀態。B在谷底的球處於一個相當穩定的狀態，如果要讓它移動，必須使它脫離原本的井，相對的要花很多的練習。圖B也說明選手有相當的穩定性，雖然有外力，例如不同的場地、不同的對手等影響，也不會影響動作表現，即使受到外力的影響仍然會很快地回到原本狀態。在峰谷C的球之穩定狀態相較於隔壁峰谷的吸引井的位能是比較不穩定，也就是說比較起來會比較容易改變他的狀態，但這是一個相對的比較。動力系統中對不同吸引子間的轉換即為轉移，一個選手可經由練習、回饋而使動作技能由一個較不穩定的吸引子轉移至另一個較穩定的吸引子（Thelen & Smith, 1993）

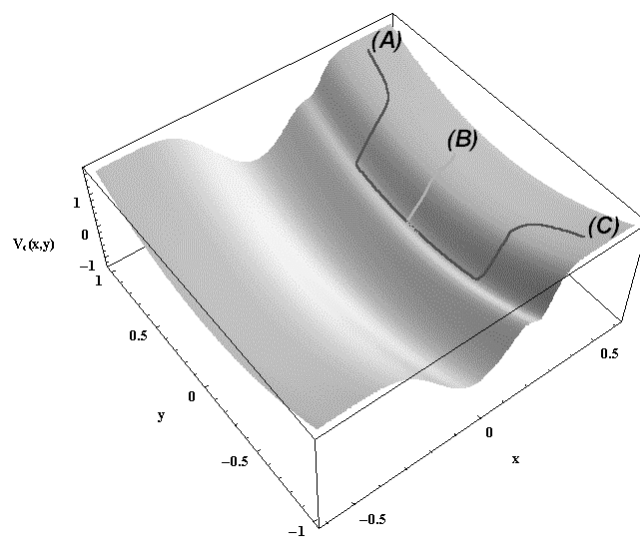


圖2-2 穩定與不穩定的吸引子（引自Thelen & Smith, 1993）

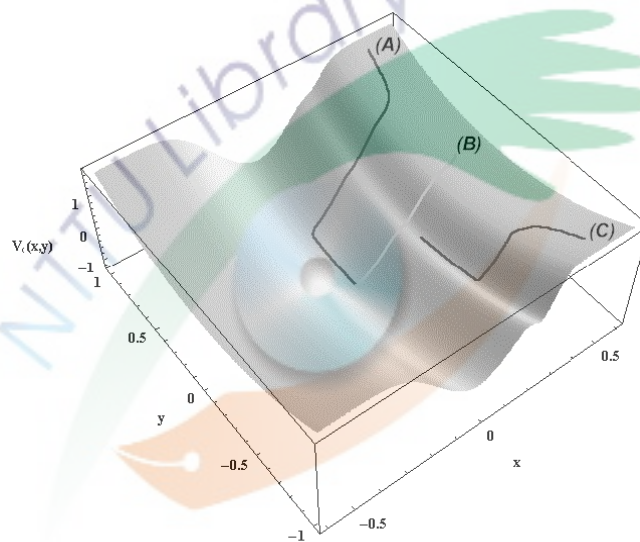
相對於只有一個吸引子，吸引子的數量可能不止一個。Liu, K. M. Newell, & Mayer-Kress (2003) 使用景觀 (landscape) 的概念來視覺化多個吸引子的狀態（如圖2-3），這個以景觀的改變來描述運動學習時的進步情形是源自於Waddington's (1957) 年時的方法，可以讓我們的動作協調狀態以更立體化的方式來呈現更多

子系統交互作用的關係。當我們以這樣三度空間來比擬我們全身整體動作的話，可以將整體的動作表現視為一「景觀」，新動作學習前，會因為個體發展、經驗等不同而會有不同景觀，當我們學習一新的技能或動作協調型態時，如同在景觀中，代表每個子系統的穩定狀態的吸引子在尋找往更深動作谷底的路，而這個尋找的方式就是練習，若你找到山谷，意味著你的新動作協調型態已是更穩定吸引子，因為你的吸引子以新協調型態來說是處於比較深的吸引井，就會比較穩定，也就是說經過更長久的練習，隨吸引子挖深，使得動作技能更加的穩定。子系統在改變吸引子位置同時，整體的景觀亦隨之改變，也就代表著動作可以從原有的協調型態轉換成另外一種新的協調型態（K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001）。而除了一些少部分單肢段的動作學習外，通常一個全身的協調動作都包含了不少子系統在裡面，例如說打網球時的正手擊球，要學習這個動作的吸引子就可能有肌肉系統、神經系統、時間空間的準確性等子系統，也就是說會有代表不少子系統的穩定狀態的吸引子在裡面。而在圖2-3中，景觀中坡度的傾斜程度代表著動作朝向穩定的谷底的力量，另外一個是滑動的軌道，當軌道是比較平直地到谷底的話，代表吸引子從原來的狀態的峰頂到新狀態的峰谷中間沒有遭到任何阻礙，也就會以更快的速度地到穩定的動作技能，而這樣的軌道可能也不一定是直的，可能是彎曲的。運動學習同時也可以說是透過練習、回饋等讓景觀重整的過程（K. M. Newell等, 2001）。圖2-3中的甲圖中動作的初始狀態，(A)(B)(C)吸引子在這個圖中都只能到達第一個谷底，這個第一個谷底相對於峰頂已經是一個比較穩定的狀態，但相對於乙圖的峰谷就是比較不穩定的狀態。到了乙圖時，(A)與(B)吸引子已經能夠到達最深的谷底，但是(B)有比較快的速度可以到達，因為它遭受的阻礙與需要的轉折比較少，到了丙圖時，(A)(B)(C)吸引子都已經到達谷底，也就是說(A)(B)(C)這三個子系統都能夠到達穩定的狀態，這個演進圖同時也說明了子系統在到達穩定的過程中，並不會以同樣的速率到達穩定的（K. M. Newell等）。

甲



乙



丙

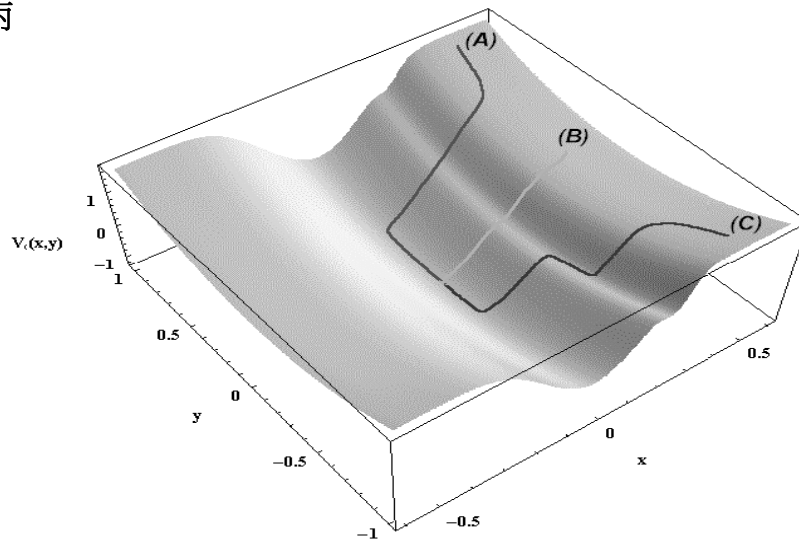


圖2-3 景觀的改變圖（引自K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001, p66）

(四) 在動力系統理論中動作是非線性的。系統結構的改變不是呈線性關係，系統中的各個成分具有緩衝（buffering）能力，以維持系統原有的結構，不會因某種組成成分的改變（量的改變），系統結構就改變（質，或者說形式的改變）。但當組成成分的改變（量的改變）達到一個臨界點時，某一特定成分的一點點變化，就可以將整個系統結構改變成另一個全新的形式（成戎珠，1994）。就像圖2-3的景觀改變圖，每個子系統代表的吸引子有不同的路徑與速度向穩定的狀態改變，當其中一個子系統已經到達代表穩定狀態的峰谷時，整個協調型態並無法立刻呈現改變或不同，必須等到其他的子系統也到達了代表新協調型態的峰谷後，才能夠將新的協調型態顯現在外（K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001），所以可以說動作的發展具有非線性的特性，必須要整個型態的子系統的力量超過臨界點後才能夠呈現，以數學型式及做圖表示的話，就是屬於一個非線性的，也可以說動作的學習具有非線性的特徵。

四、不同時間刻度下的運動學習

學習是一個透過經驗或練習，造成行為上長久性改變的過程；而技能的純熟是來自內在、持續的變化所產生的外在表現 (Magill, 1998)。這樣一個改變的過程，多久去觀察這樣的變化比較好呢？不同的間隔去觀察這樣的變化會有什麼不同的訊息可以看到呢？如果我們與開始的狀態做比較，比較的是練習了一年兩年後進步的情形，那們我們可以說我們觀察的是比較長時間的變化，也就是我們從比較長的時間刻度來觀察。時間刻度指的就是這樣的觀察間隔，就像是測量動作系統改變情形的一把「量尺」，隨著量尺的改變我們可以看到行為改變的不同面。例如，騎腳踏車這樣的技能在轉移的瞬間很明顯，我們往往可以很清楚地說出我們是在什麼時候學會騎腳踏車的，這樣的技能用短的時間刻度可以清楚的分辨；但是像打網球，一項網球的技能的學會是慢慢累積的，如果我們用短的時間刻度來觀察，往往很難分辨變化的過程，必須從比較長的時間刻度來分辨，因此我們很難說清楚自己是在哪一天學會打網球的。而對此，K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress (2001) 根據動力系統理論架構，主張以時間刻度的角度來探討動作的變化，以下針對時間刻度屬於長的時間刻度與短的時間刻度做探討。

(一) 以長時間連續的變化來看運動學習

我們關注運動學習中長時間而連續的變化，因為這些改變很容易可以注意到，且觀察長時間的動作學習時，我們學習的路徑不止一種，每個人都可以不同，且並不需要用同一種方式來學會 (K. M. Newell, 1986; Shirley, 1931; Thelen & Smith, 1993)。我們通常將學習的情形與練習作成學習曲線來呈現，因為曲線圖較能表示出學習前後的不同，相關的討論也通常集中於該學習曲線的行為是屬於哪種型式的學習曲線學習型態，學習曲線通常可分為指數函數型態、對數函數型態，及S型函數型態，關於學習曲線的部分將在第二節時探討。

(二) 運動學習與發展中短暫的變化

運動學習中有許多種不同的短暫改變，卻往往被忽略掉或者是被平均掉的，

這些短暫現象不像我們之前所提的長時間的改變因為改變明顯而被觀察到，這些短暫現象通常出現得非常的快，可能只是一組練習中出現，或者不同往常，單獨出現在學習的過程中。但這些短暫現象可能不只是隨機出現的，這些短暫而重複的出現的變化可能是具有它的意義的（K. M. Newell等, 2001）。

過去這些逐次的變化通常會被認為是一種干擾，一種噪音，想把它略去不理會，常見的使用的就是把幾次的練習做平均或整回的練習成績平均起來，或者將不同學習者的成績平均來看，這樣這些短暫被認為是雜訊的訊息就會自然的消失。這是使用超過一整個世紀的方法，但是這些短暫的變化卻可能不止是噪音或雜訊而已，這樣的以平均的成績來推論的方式，卻遮蓋掉個人成績資料中的變化所寓含的意義，但這些改變訊息卻是具有更進一步探討的空間的（K. M. Newell等, 2001）。

五、小結

早期對於動作學習的看法都是以其它知識學習的看法來解釋，但是 Adams 首先讓動作學習找到比較符合它自己的解釋，而繼 Adams 的閉環理論後是基模理論，同樣以大腦為動作命令的起源，認為大腦主宰一切。而還在發展中的動力系統理論，提供動作學習一個理論基礎，認為人也是宇宙的一部份，應該會符合宇宙物理的運行原則，另外因為人也有他自己適應環境的方式，所以動力系統理論結合Gibson的生態心理學，成為自己對於動作學習的看法，動力系統理論從不同的時間刻度下來看動作的變化，長時間的變化與短時間的變化各有它不同的意義，但短時間的變化常常是被忽略的，這種被忽略掉的最具代表性的就是暖身減低現象。目前為止學習理論沒有一個是可以解釋全部的動作控制與學習狀況，但是在協調、新型態的學習上，似乎動力系統理論的運動學習觀比較能夠廣泛地解釋運動學習。

第二節 學習曲線

呈現一段時間內行為變化的一個好方法就是以行為的改變值對時間點作圖，會得到一個點狀分佈圖，而對這些點以適當的函數適配可以加以描述行為的型態，並得到一個曲線，我們稱為表現曲線，用以描述系統的改變（Cohen, Dunbar, & MacClelland, 1990; Kramer, Strayer, & Bucklley, 1990; Logan, 1988; R. A. Newell & Rosenbloom, 1981; Snoddy, 1926）而此曲線能不能真正代表學習的情形呢？只要我們能夠選擇所觀察變項是對動作改變敏感度高的變項，表現的結果可以當作學習的結果（K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001）。

Snoddy（1926）以鏡相追蹤（mirror-tracing task）的實驗提出學習曲線概念，以練習者表現與試作的次數各取其對數，得到呈現一個近乎線性的曲線，這也是研究者所宣稱的學習曲線。學習曲線的樣式很多，一般常見的有對數曲線（powerlaw 曲線）、指數曲線（exponential 曲線）、S型曲線等（Mazure & Hastie, 1978; R. A. Newell & Rosenbloom, 1981; K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001）。而學習曲線的不同往往代表著動作有不同的型態（Liu, Mayer-Kress, & K. M. Newell, 2004）。

以下將針對兩種常見的對數函數曲線、指數函數曲線做探討。另外學習是個人的動作行為，但我們研究上常常以群體的成績來研究學習曲線，因此本節也探討以平均運動學習表現來製作曲線，可能會掩蓋一些重要訊息的情形。

一、對數函數曲線

傳統的練習率所呈現的學習函數為對數函數，一般而言，將表現與練習次數各取其對數，兩者可得線性關係，用來說明經由練習後表現改變的趨勢（Schmidt & Lee, 2004）。R. A. Newell and Rosenbloom（1981）甚至宣稱運動學習的進步情形一定會是一個對數函數曲線。對數函數會持續地進步（如圖2-4），當各個子系統獨立

運作時，其分別有不同的變化率，當子系統獨立運作時表現在外的整體學習曲線可能為對數函數之型態（K. M. Newell ,Liu, & Mayer-Kress, 2001）。對數函數其基本的函數形式如公式一。

$$Y = y_0 + aN^{r_{pow}} \quad (\text{公式一})$$

Y 是表現結果， y_0 是一個常數，N 是練習次數， r_{pow} 是一個指數。當 N 等於 1 時， $N^{r_{pow}}$ 也等於 1；這時 $y_0 + a$ 就是起始的表現值（R. A. Newell & Rosenbloom, 1981）。例如圖2-4是學習者練習飛鏢擲準的60次練習成績（誤差），以練習成績與次數所做的點狀分配圖，如當其練習表現呈對數函數曲線特性時，應該就會像底下的圖一樣，成績會不斷的進步，但是進步的程度緩慢。

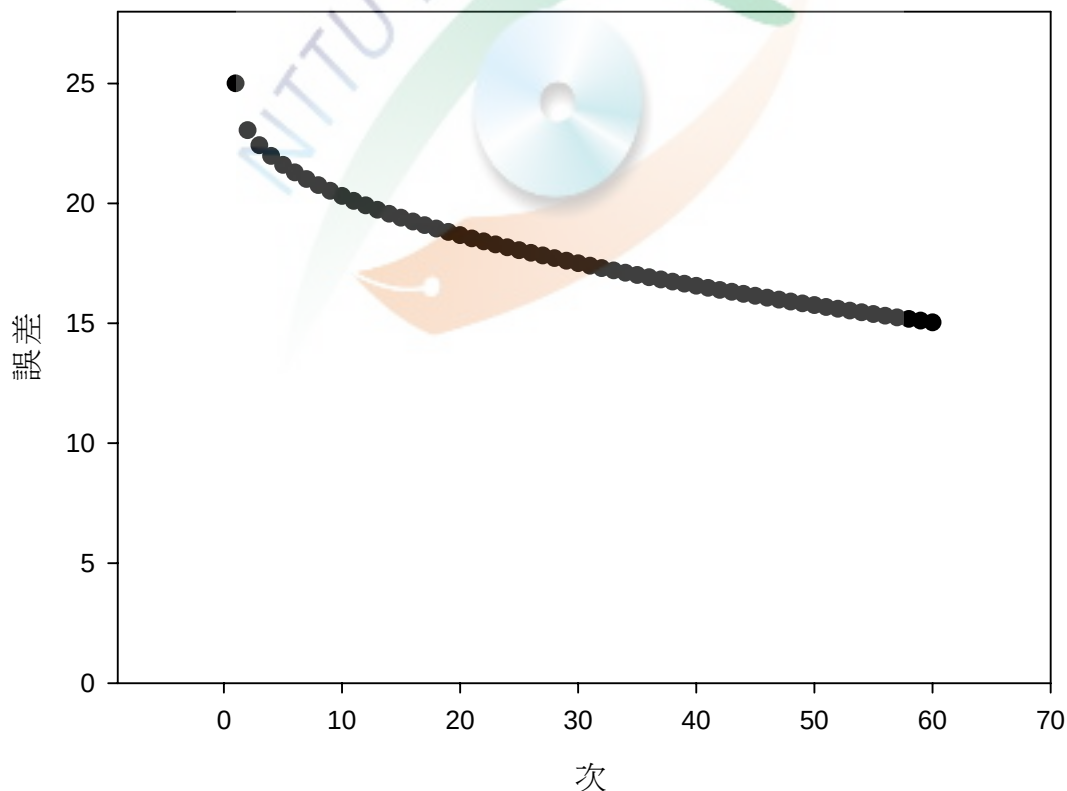


圖 2-4 對數函數曲線示意圖

雖然以對數曲線作為運動學習曲線獲得相當多的支持，但是以這個函數來否決其它形式的曲線是值得商榷的，對數函數也不一定就是唯一依據的做法（Chen, 2002）。早在1978年，Mazur & Hastie（1978）就指出各種學習函數都可以找得到符合的資料，而近年來，也有研究者提出以群體或小組的方式將資料加以平均的做法，容易使得結果偏向對數函數（Myung, Kim & Pitt, 2000）。

二、指數函數曲線

相對於對數曲線的是指數曲線。其基本函數形式如公式二：

$$Y = y_0 + a e^{-r_{\text{exp}}(n+n_0)} \quad (\text{公式二})$$

在這個函數中 y_0 是漸近值(asymptote)，代表最佳表現； a 是起始的表現； r_{exp} 是改變率； n 代表練習時間（或次數）。指數曲線會快速接近漸近值（如圖2-6）（陳秀惠，2003）；當一個學習者練習擲飛鏢六十次的成績（誤差）與練習次數呈現指數函數曲線時，就會呈現圖2-5的情形，成績會快速的接近漸近值，在此圖中漸近值就是17，可是之後的進步幅度就會非常少。

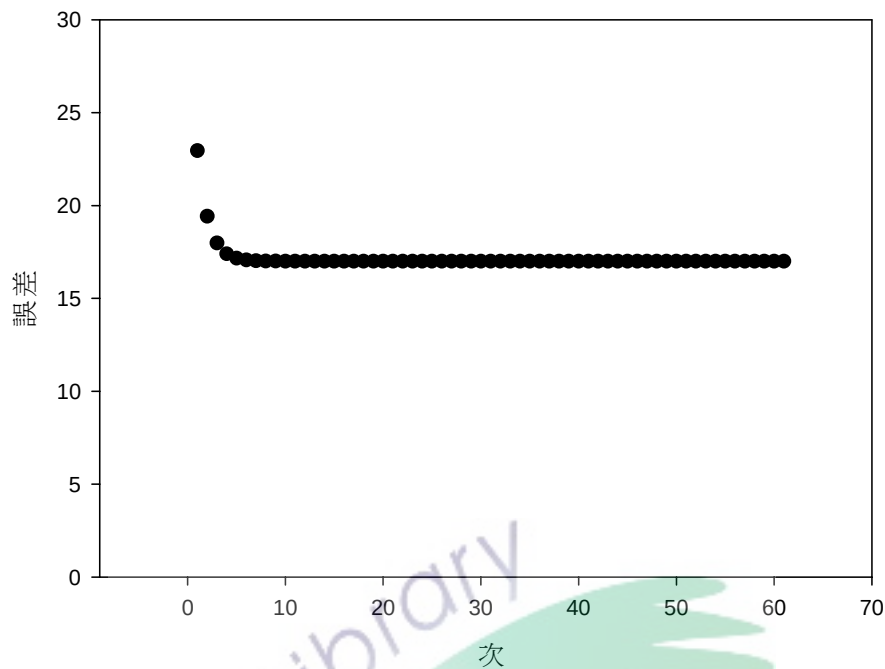


圖 2-5 指數函數曲線圖

K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, (2001) 指出當行為已在動作目標的軌道上朝向吸引子方向前進時，其變化率為單一改變率，也就是指數函數，因此也可以用指數函數的學習曲線來證實說目標已經往吸引子的方向前進。K. M. Newell等指出，在短時間的練習下因為沒有系統的重整而出現的指數行為，但如果把練習時間延長，則可能因動作景觀的重整而出現對數行為。

三、以平均方式來判定學習曲線可能會發生的錯誤

有研究指出對數函數是唯一可以描述動作的學習曲線 (R. A. Newell & Rosenbloom, 1981)，但為何在傳統的研究中指出對數函數是唯一可以描述學習曲線呢？相關研究提出可能是因為使用群體資料的平均數所造成的偽訊 (Sidman, 1952; Estes, 1956; Heathcote, Brown, & Mewhort, 2000)，但運動學習注重的部分是個體經由練習後個體表現改變的過程，如果以群體平均數的方式進行學習曲線的繪

製，可能掩蓋掉很多訊息，所以探討個體和群體的學習曲線應該是不同(Estes, 1956; Kling, 1971; Sidman, 1952; Heathcote, Brown, & Mewhort, 2000)。研究者推論，當系統已朝向固定點前進時，其時間刻度應為單一時間刻度的指數函數的型態(Chen, 2002; K. M. Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2001)，但是每位參加者為單一個獨立的個體，每個人以不同的固定率朝向吸引子，而團體的平均資料形成多個時間刻度，而將單個時間刻度的現象混雜，將無法看出以單一個改變率前進。所以，以群體平均數、個體的方式進行學習曲線的繪製應是不同(Estes, 1956; Heathcote & Brown, 2000; Sidman, 1952; Kling, 1971)。在 K. M. Newell等時，也指出練習者本來有各自的指數函數行為，但是這種不同的指數函數的結果以群體平均的方式，結果變成了對數函數曲線，原因就是因為平均後被導向對數函數。且值得注意的，平均後所表現出來的曲線雖然讓雜訊消除了，但也可能掩蓋了這些可能不只是雜訊的短時間變化所蘊含的運動學習含意(Liu, Mayer-Kress, & K. M. Newell, 2004)。

四、確認學習函數的其它方法—逐次改變率

我們對於學習函數的型態判斷是以學習資料進行統計上的 R^2 值來判斷，但是這樣的判斷方式如果遇到太相近的 R^2 值時，便無法判斷屬於何種學習曲線(Liu, Mayer-Kress, & K. M. Newell, 2004)，因此學者也希望如果在 R^2 值太接近而無法判斷時，能夠有輔助的方式來協助判斷。逐次改變率的檢查方法就是一種常用的輔助方法，也稱做 R_n 檢查法，當學習曲線的型態無法以 R^2 的值判斷時可以當作輔助判斷的方法(Liu, Mayer-Kress, & K. M. Newell, 2004)。

Liu 等(2004)指出在研究中如果對於學習函數的適配的確是顯示出沒有差異，正好鼓勵研究者去找不同的狀況對於學習函數的判斷方法，如可以使用 R_n 檢查法(逐次改變率檢查法)的方法來做判斷。

R_n 檢查法這種判斷方法是個早就已經被使用的判斷方法，尤其是當我們用來

決定行為在一段時間的改變是否屬於一個單一的變化情形時候 (Liu 等, 2004), 而最明顯而完美的指數函數情形, 當然就是以數學統計方式來看資料的改變變化時, R_n 值能呈現一直線, 也就是改變率呈現固定的狀況 (Liu 等)。

計算每次改變率 R_n (公式六), 分析其斜率作為判定學習函數的另一個方式。 W_n 為第 n 次得分, W_{n+1} 為第 $n+1$ 次得分, B_{exp} 是最佳表現, 也就是進行指數函數適配時所得到的 y_0 值。

$$R_n = (W_n - W_{n+1}) / (W_n - B_{exp}) \quad (\text{公式六})$$

當我們得到每兩次間的逐次改變率後, 我們會將得到的這個值對練習次數 (時間) 進行適配, 看有無明顯的型態出現, 以輔助判斷該技能學習曲線的型態。

五、小結

以學習函數曲線來判斷動作行為是一個有效率的方法, 本節探討了指數、對數學習函數曲線, 每一種曲線表現形式對照動力系統分別有其意義存在, 也就是說雖然呈現出的只是曲線型態的改變, 但其實已在動作內涵上有了極大的改變, 這個改變也可以說是整個動作的景觀已經重整與否, 吸引子是否以處更穩固技能水準狀態。另外, 我們在運動學習上習慣用群體平均後的成績來判斷學習曲線, 瞭解學習情形, 但學習是很個人的事, 用群體的成績可能讓一些重要訊息混淆, 或者造成誤判, 可能會因為平均卻將個人原有的指數函數行為判斷為對數函數行為, 而暖身現象過去的文獻通常也都是以群體成績來看其暖身減低的情形, 因此本研究也將針對群體表現與個人表現的暖身減低情形做研究。最後, 當我們無法以 R^2 值來判斷該學習行為的學習曲線型態時, 可以以 R_n 檢查法來輔助判斷

第三節 暖身減低現象的相關研究

暖身減低是我們在運動學習過程中常常可以見到的情形，這個現象很早就被注意並且推測它發生的可能原因，在很多臨場表現上暖身減低的發生常常讓人覺得困擾，尤其在操作一些危險的器具時，無法以最好的表現操作就有可能發生危險；當一個運動員從休息區到場上的時候，教練與運動員自己也都會希望能夠用自己最好的水準來表現，希望暖身減低現象的影響能夠降到最低。而在一些運動學習的保留測驗時，因為中間會隔著很長的休息時間，當開始想要判定到底學習保留了多少時，將會很難判斷學習者無法表現得跟練習一樣好是因為學習是效果不彰或者是因為暖身減低效應的影響。

但暖身減低的定義與原因卻是隨著時代的演進而有不同的切入點，圖 2-6 是 Adams 在 1952 年的一個追蹤儀的實驗，實驗中學習者每天做三十六次的追蹤儀練習，而在圖中可以看到在每次休息後，都會有明顯的減低現象，以下從暖身減低定義的發展說明起，接著探討各種對於暖身減低的原因，最後探討動力系統對於暖身減低的看法。

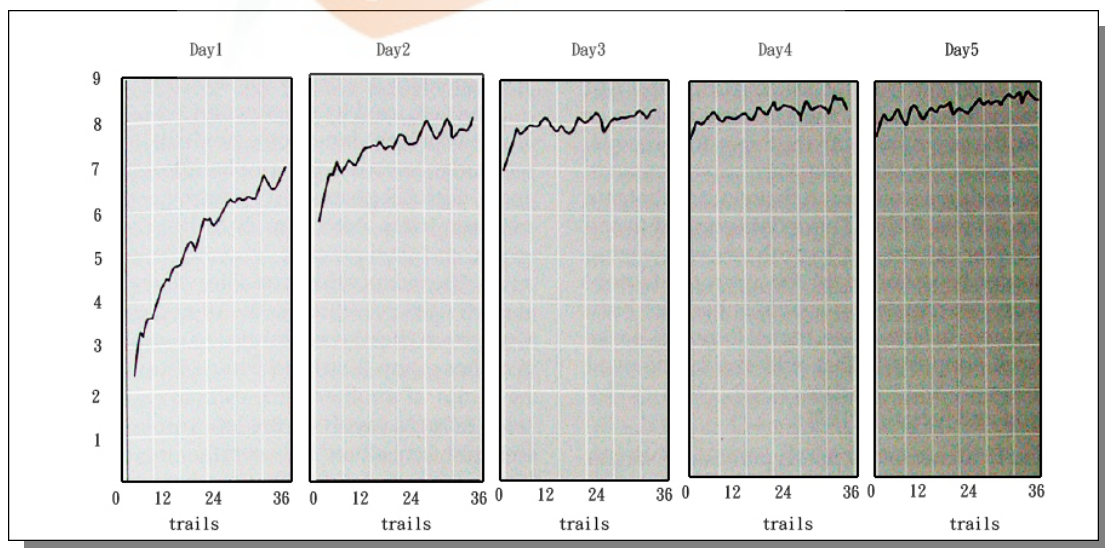


圖 2-6 Adams 追蹤儀實驗結果圖（引自 Schmidt, & Lee, 2004, p449）

一、暖身減低定義的發展

暖身減低很早就被注意到了，最普遍也最簡單被大家所接受的原因就是因為遺忘，因為休息，所以我們忘記了應該如何做出最佳表現，所以暖身減低最被大家直覺想到的就是休息之後的第一次表現不如休息前的表現，也以此稱做暖身減低現象（Adms, 1961）。但是在暖身減低現象的界定上，卻早在 1914 年時，Thorndike 就有一個影響之後甚多的說法，他說「暖身減低」就是「在休息後，開始練習或表現時，不斷地提升表現效率的那個階段」；他並說「要降低暖身減低現象對成績的影響，並不只是單單在表現之前多活動某個器官或肢體就能夠的」，他指出的這個原因同時也影響到之後對於暖身減低的解釋上（引自 Adams, 1961）。而在 Thorndike 後，Watson（1919）指出暖身減低現象只會發生在在肌肉活動較多的行為上，他指出「暖身減低現象」指的是需要一段「時間」來讓表現到達最佳表現，所以在 Watson（1919）年的定義中，暖身減低現象的消除是需要時間來回到之前的最佳表現的技能狀態。第二次大戰後，Ammons（1947）指出所謂的「暖身減低現象」是在休息後第一次表現的成績與休息前一次所評定的技能水準的差別，這兩者休息前後的成績差別也是普遍所認定的暖身減低現象，而休息後指的是休息後第一次的表現；跟之前所認定不同的暖身減低定義不同的是 Irion 在 1948 年定義「暖身減低現象」為「在休息後前期表現的進步斜率比起休息前更高」，在這個定義中，隱含著強調休息之後的表現並不一定會比休息前差，在這裡「暖身減低」中的「減低」其實只是一個通稱，所以在此「暖身減低現象」指的是一種現象，是休息後的表現有比較陡的斜率，並不一定是表現得比較好或者是表現得比較差，定義中指的是有比較陡的表現斜率的那個階段就稱做「暖身減低現象」。這種說法，Irion 並不是第一個指出的，在 1912 年時，Arai 就已經指出來了，也就是說這個在休息之後會有比較急速的成績變化的表現階段，是很早就被觀察到的（引自 Adams, 961）。所以雖然休息後的初始表現階段常常是表現減低的，但即使沒有減低仍是在暖身減低的定義的一部份，指的就是休息後的表現

跟休息前比較，會有比較陡的斜率改變。

二、暖身減低發生的原因

雖然「暖身減低現象」並不一定指的是有減低的效果，但是我們都不希望有這樣的現象產生，最好能夠在休息後，一開始就一樣以自己的最佳技能水準來表現，因為在比賽的情境中，如果能夠完全沒有減低現象，那麼比賽獲勝的可能性就會增加。但為什麼會有暖身現象的現象產生呢？暖身減低一開始被認為是因為「遺忘」而產生的，休息一方面是在調整狀態，一方面卻也是一種干擾，暖身減低一開始是被認為是在休息時，對於該如何表現出最佳狀態有所遺忘所產生的現象（Shepherd, 1950），這個解釋中，暖身現象的原因是單一個因素的，「遺忘」是唯一的因素，這個解釋也被稱為「遺忘假說」（forgetting hypothesis），因此休息後因為持續地練習，休息時對於目標行為的「遺忘」，就會再度被喚起記得，所以表現上昇了回復了，就會回到休息之前的水準甚至有所進步，暖身減低現象只是另外一個遺忘的形式而已。只是遺忘嗎？卻早就在 Thorndike（1914）時就已經指出不只是這樣單一因素的影響，Thorndike 認為應該有其它影響的因素在。Irion（1948）提出集合假說（set hypothesis），這個假說是第一個對於暖身減低提出系統性解釋的。Irion 的集合假說首先對前面所說的單一因素的看法提出補充，認為除了遺忘的因素外，一些如肌肉力量、肌肉控制注意力的降低也是造成暖身減低的重要因素，所以在此時暖身減低的因素從之前的單一因素的影響，加入了「注意力」的因素，變成是雙因素造成的結果。Irion（1948）做了一個實驗，實驗中學習者的任務是要做一次口語的記憶，分成兩組，一組在休息時純粹只是休息，一組卻在休息時唸著一些顏色的字眼，而這些字眼是跟記憶的東西是沒有關係的，結果是在休息時有做無相關的顏色口語練習的實驗組有比較少的暖身減低現象，但是一些無相關的顏色的口語練習是跟促進記憶是無相關的。所以 Irion 推測在學習時，暖身減低的原因不只是因為遺忘，而是一些跟學習相關的肌肉、注意力有所關係，而休息後的前期，因為練習重新喚醒了對於目標行為的記憶及提升

了在休息時候的注意力，所以在暖身減低階段的表現曲線會有急速的提升（Irion，1948）。另外一個 Ammons（1951）的實驗也可以證實動作的學習並不只是跟記憶有關而已，任務是追蹤儀（pursuit rotor）動作的學習，他讓實驗者在休息的時候觀看其他人追蹤儀的動作，如果暖身減低是因為記憶的關係而已，那這樣子應該在休息時不至於會對動作有所遺忘，但實驗後發現，暖身減低情形跟控制組並無不同，因此推論暖身減低的發生原因並不只有「遺忘」的關係而已。

Irion 對於暖身現象的解釋其實反映了當時的心理學解釋的主流，集合假說（set hypothesis）理論其實是以刺激跟反應的連結這一角度在看待暖身減低，之所以會有暖身減低的現象，是因為刺激與反應在休息之後彼此的連結不再像休息前那麼強所導致的，也就是說休息是對刺激與反應中間的連結造成了一種干擾。只是集合假說理論同時認為暖身減低情形並不一定只是單純因為身體活動的因素所影響，包含著如注意力這樣的第二項因素（Adams, 1961）。

集合假說理論一直從 Irion（1948）年提出後一直被認為是對於暖身減低現象最好的解釋，而所謂集合指的就是一種狀態，暖身減低在集合假說理論裡面指的就是指在休息後對於目標行為的刺激所造成的狀態的減低，集合假說理論著重在於暖身減低階段的姿勢和注意力上調整（Schmidt & Nacson, 1971）。Schmidt與Nacson（1971）指出這個集合假說理論對於暖身減低的解釋是還不夠完備的，因為不論是在Irion或者是之後Adams（1961）年所歸納整理的暖身減低裡，雖然已經將影響原因擴及至遺忘之外的原因了，但都僅指的是對於目標行為的調整。Schmidt認為暖身減低的原因還不止於此，因此提出了活動集合假說理論，用以解釋暖身減低的原因，Schmidt與Nacson（1971）做了一個實驗，20 位實驗參與者同時學習一個右手的畫線任務，其中十位是控制者，休息時單純的只有休息，10 位實驗組在休息時請他們進行左手的抓握活動，結果證實在休息時有進行左手抓握的實驗組是對於任務的暖身減低現象減少是有所幫助的，所以Schmidt與Nacson（1971）推測除了記憶、注意力之外，如覺醒程度、動機、身體的整體準

備狀態都是會造成暖身減低效應的。Anshel與Wrisberg（1993）以網球練習當作實驗任務，指出心象練習（imagery practice）是可以減少暖身減低效應的影響的。這個活動集合假說是到目前為止，一直是暖身減低最認為完備的解釋。這個理論指出在休息之後之所以會有暖身減低並不止是因為對於目標行為的「特定」狀態的減低，其實是因為在休息時候，整體的普遍狀態還沒有準備就緒所造成的。

在 1985 年時，Mark H. Anshel 整理了之前對於暖身減低的原因，歸納出了本世紀以來曾有的對於暖身減低的五種推論：(A)遺忘(B)抑制，被情況或習慣所抑制(C)休息時注意力的渙散(D)集合假說理論，身體或意識對於目標達成度的減低(E)休息時內在狀態的調整，如覺醒程度或注意力程度。第五種(E)指的也就是 Schmidt 所提出的活動集合假說。

三、動力系統對暖身減低的預測

動力系統中以不同時間刻度的觀點來看運動學習時，認為暖身減低不只是一種短暫現象，而是當學習者從一個技能水準的均衡狀態中放鬆後，需要一段時間練習才能回到吸引子，也就是穩定的技能水準上，但因為已經接近吸引子了，所以回復的型態應該是屬於指數的型式，且相對於整體的學習情況，因為暖身減低階段屬於處於吸引子附近，回復時軌跡應是屬於指數的形式，因此相較於整體所顯現出的是快的時間刻度。而根據這個概念，暖身減低現象應該符合下列三種假設（K. M. Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001）：

- （一） 暖身減低的逐次改變率應該是屬於指數的。
- （二） 暖身減低現象應該隨著技能水準越好而減低得越少。
- （三） 暖身減低階段的逐次改變率對照長時間的改變應該是屬於比較快的。

暖身減低效在運動學習或我們每天生活中，是那麼常地見到，但是自 Schmidt（1982）後，直至 K. M. Newell 等（2001）以 1952 的追蹤儀（pursuit rotor）實驗結果數據做了初步的檢查，以 R^2 值的適配結果得出暖身減低階段較屬於指數函數的研究外，就沒有人對它做過理論上的大規模檢驗（K. M. Newell 等）。

四、小結

暖身減低的定義是隨著時代而不同的，也表示這個現象是從本世紀初就已經被注意到，但卻一直只把它當作一個短暫現象，只希望它如果能夠不出現該有多好，尤其是在選手上場的時候，無不希望如果沒有暖身現象這回事該有多好，立刻能夠用自己的技能水準來應對，但這樣的短暫快速的現象卻可能是在運動學習中有它的意義，尤其是暖身減低這個以往最常希望它不存在的現象。且之前對於暖身減低的影響因素雖然有理論嘗試解釋，但研究重點在如何消除，而不是在瞭解暖身減低現象在運動學習過程中可能有的意義，因此本研究也試圖對暖身現象是否符合動力系統理論模型做檢驗。

第四節 研究問題與假設

根據以上的文獻探討，提出本研究的研究問題：

- 一、隨著技能水準成績越好，是否暖身減低的減低程度越少？
- 二、暖身減低階段的逐次改變率是否是屬於指數函數？
- 三、暖身減低階段的改變率相較於整體曲線變化率是否是屬於比較快的？
- 四、以全體平均資料與個人學習資料來作分析在暖身減低上是否有所不同？

針對研究問題經文獻探討後，本研究的假設如下：

- 一、隨著技能水準成績越好，暖身減低的減低程度會越少。
- 二、暖身減低階段的逐次改變率屬於指數函數。
- 三、暖身減低階段的改變率相較於整體曲線變化率屬於比較快的。
- 四、以全體平均資料與個人學習資料來作分析在暖身減低上有所不同。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究參與者

本研究以 8 位台東大學體育系學生為實驗參加對象，性別為男性 7 位，女性 1 位，年齡為 20-22 歲，實驗參與者在參與本研究練習之前都沒有過動態平衡板的練習經驗。

第二節 實驗設計

（一）器材與場地布置：

本研究使用動態平衡儀（Lafayette model 16020 LR），也叫做平衡儀（stabilometer），圖 3-1 為實驗時的場地與器材，此器材在記錄者按下啟動器後，會記錄操作者在 30 秒內的平衡時間，在本研究中以板子在水平上下 5 度內作為已達平衡，每次研究開始以量角器測量儀器是否會在板子離開 5 度時計分器停止。





圖 3-1 實驗器材與場地佈置

（二） 研究步驟與流程

實驗參加者進行在實驗進行前，必須先簽署實驗參加者同意書兩份（附錄一），一份為研究者保留，另一份為參加者保留。隨後參加者站立在動態平衡儀進行平衡試作，每一位參加者均由右邊開始平衡站立，當確定參加者準備就緒後，研究者同時按下動態平衡儀所設置的平衡時間擷取器並有提示開始的聲音，實驗

參加者聽見此提示聲音後開始站立平衡，動態平衡儀開始累計參加者平衡過程的時間，30 秒後會出現結束的提示聲音，隨後停止平衡動作，同時平衡秒數也停止累計，研究者並告知實驗參與者此次所平衡的累積時間。每位實驗參與者進行每回合 10 次共計 12 回的練習，每次三十秒，紀錄其每次累積平衡時間，且在每回的實驗間隔控制為休息 24 小時，每次與每次間的平衡練習時間為休息 30 秒。

第三節 資料處理與分析

本研究將實驗參與者的平衡時間換算成誤差時間以計算，也就是說以 30 秒減去平衡時間，所得到的分數為誤差時間，所以底下所有的分析都是以誤差時間而不是平衡時間作為分析與解釋的；並且以第 2-12 回為計算暖身減低現象的回合，第 1 回合略去不看。

(一) 將每回合的學習資料進行指數函數與對數函數適配：

將每位實驗參與者每次累計平衡時間誤差值與練習次數作圖，進行學習函數的適配，指數函數的適配公式為 $f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}}e^{-r_{\text{exp}}t}$ ，對數函數的適配公式為 $f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}}t^{-r_{\text{pow}}}$ ， t 是練習次數。得到指數函數的 R^2_{exp} （適配值）、 B_{exp} （最佳表現）、 A_{exp} （代表開始學習時的表現）、 γ_{exp} （理論改變率）值，對數函數的 R^2_{pow} （適配值）、 B_{pow} （最佳表現）、 A_{pow} （代表開始學習時的表現）、 γ_{pow} （指數）值，如果 R^2_{exp} 或 R^2_{pow} 值都低於 0.4，則歸納為無法辨認該回合的學習曲線型態。 R^2_{exp} 或 R^2_{pow} 值其一超過 0.4，則比較兩者差距，如果相差 0.1 以上，則判斷該回合練習的學習型態屬於該函數型態，如果相差在 0.1 以內，則進行 R_{η} 檢查，以進一步確認該回合的學習型態屬於何者，如果仍無法確認，則判定為無法辨認。

(二) R_n 檢查法輔助判斷該回合的學習型態：

計算每兩次練習間的實際逐次改變率 $R_n = (W_n - W_{n+1}) / (W_n - B_{\text{exp}})$ ，並

計算指數函數推估的逐次改變率 $1 - e^{-r_{\text{exp}}}$ 及對數函數推估出的逐次改變

率 $1 - (1 + 1/n)^{-r_{\text{pow}}}$ ， n 代表該回合第 n 次練習。以實際逐次改變率對指數函數

逐次改變率及對數函數逐次改變率作成對樣本 t 檢定，若未達顯著水準則判

斷其為相同，可確認該回合屬於該類學習函數型態。

(三) 以2-12回合的暖身減低秒數誤差值與平衡成績誤差值作積差相關，判斷成績與暖身減低程度的關係。

(四) 計算每位實驗參與者整體學習資料的指數函數適配後的改變率，並算出其推估上的逐次改變率，與屬指數回合的逐次改變率作大小上的比較，以判斷長時間的改變與短時間的改變是否有所差異。

(五) 將每位參與者的每次成績作平均，並以平均後的成績分別作上述資料處理。

(六) 以上考驗均以 SPSS 公司的 SigmaPlot 2002 for windows 8.0 軟體及 SPSS for windows 12.0 統計套裝軟體，進行統計考驗，本研究之統計顯著水準 α 訂為.05。

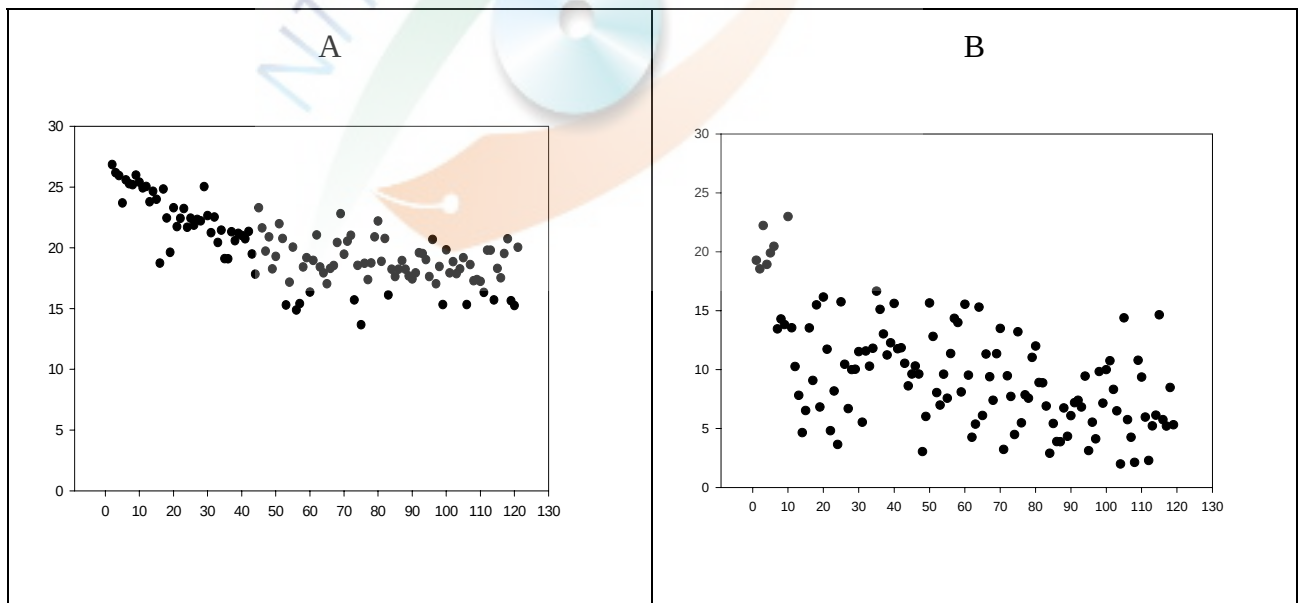
第肆章 結果

第一節 學習成績與暖身減低現象

本研究的八名實驗參與者在第一次練習的表現成績雖有所差異，但本研究比較的是實驗學習者每次練習的情況，與之相比的是自己的成績，雖然也會參考其平衡成績來判別其是否穩定，但其實平衡能力是有相當大的個別差異的。因為是在觀察每個實驗參與者自己在練習中間每回合開始前的變化，所以這些參與者間彼此的差異並不會影響本研究的推估。

一、練習狀況

整體看來所有的研究參與者都在練習間有了進步，如圖 4-1，尤其是在前三回時，每位參與者都能夠有比較明顯的進步，而進步的幅度，隨著回合數的增加，有漸漸趨緩的情形。



續下頁

接上頁

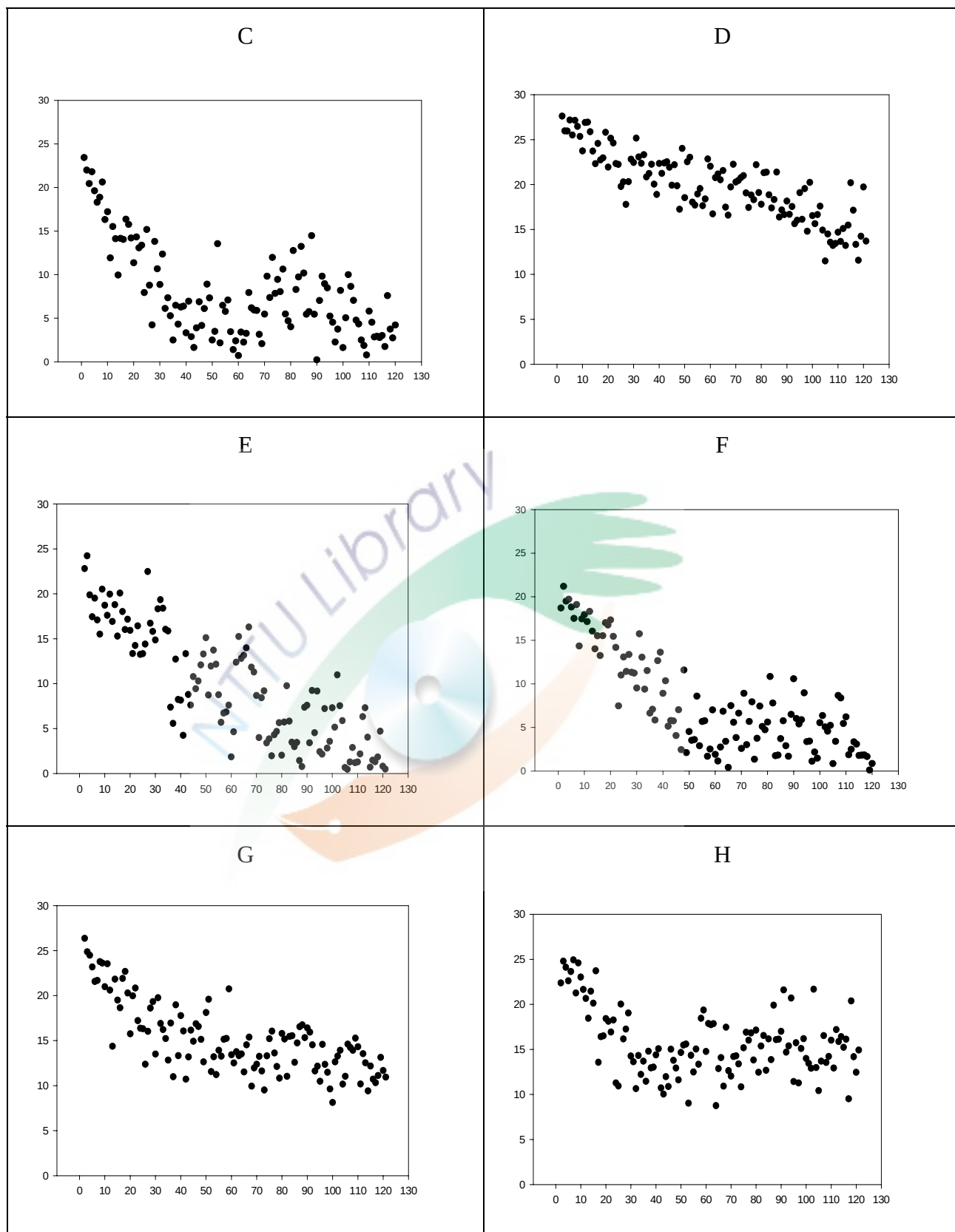


圖 4-1 參與者 A~H 練習成績

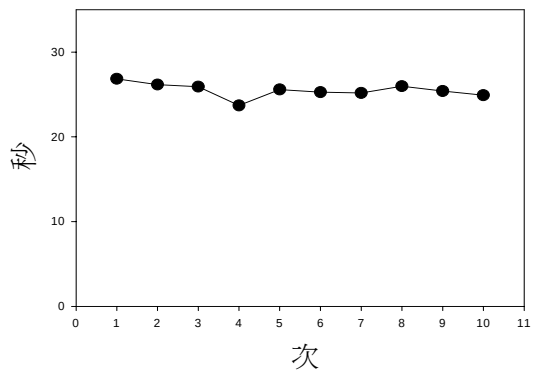
二、個別練習狀況

(一) 研究參與者 A：參與者 A 各回合的練習狀況如圖 4-2，各回合平均數和標準差成績如表 4-2-1，可以看到他的進步幅度沒有其他參與者來得大，但在可以看到他的成績維持得很穩定，整體回合的標準差平均僅為 1.53，是八個研究參與者中最低的。在這八回合中只有幾個點是突然地成績進步，像第五回合練習的第三次練習，成績從誤差 21.34 到誤差 17.81 的，而 17.81 的練習成績也就是本回合的峰值，所以第一個練習到第三個練習也就是本回合的暖身減低現象。

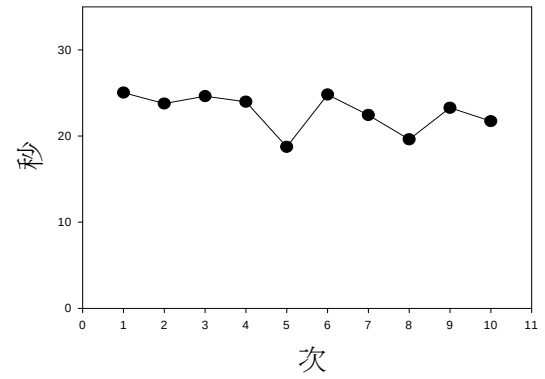
參與者 A 他除了第一回成績是比較低的平均誤差 25.49 與第二回的 22.81 外，其他十個回合的上下起伏都在 17 到 20 中間，雖然成績不高，但是卻是呈現相當穩定的狀態。



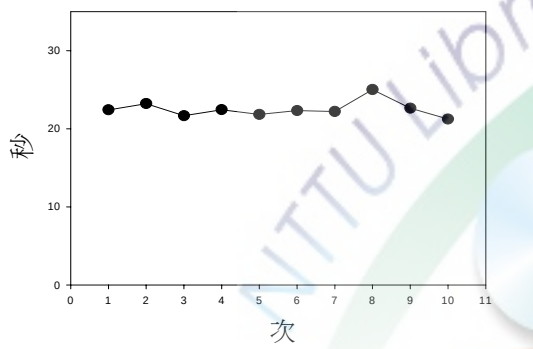
第1回



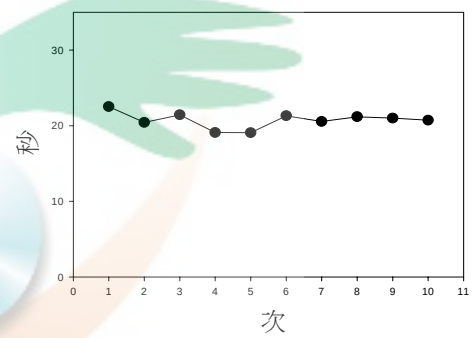
第2回



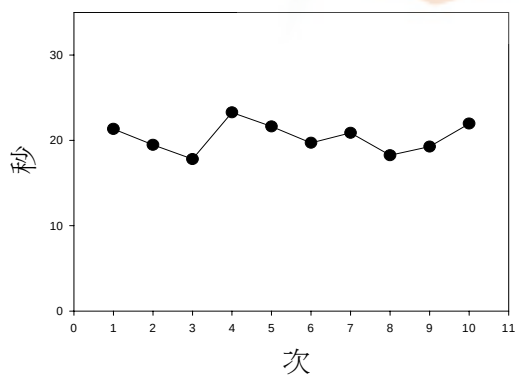
第3回



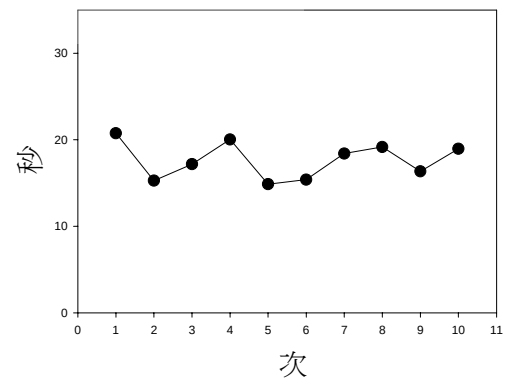
第4回



第5回



第6回



續下頁

接上頁

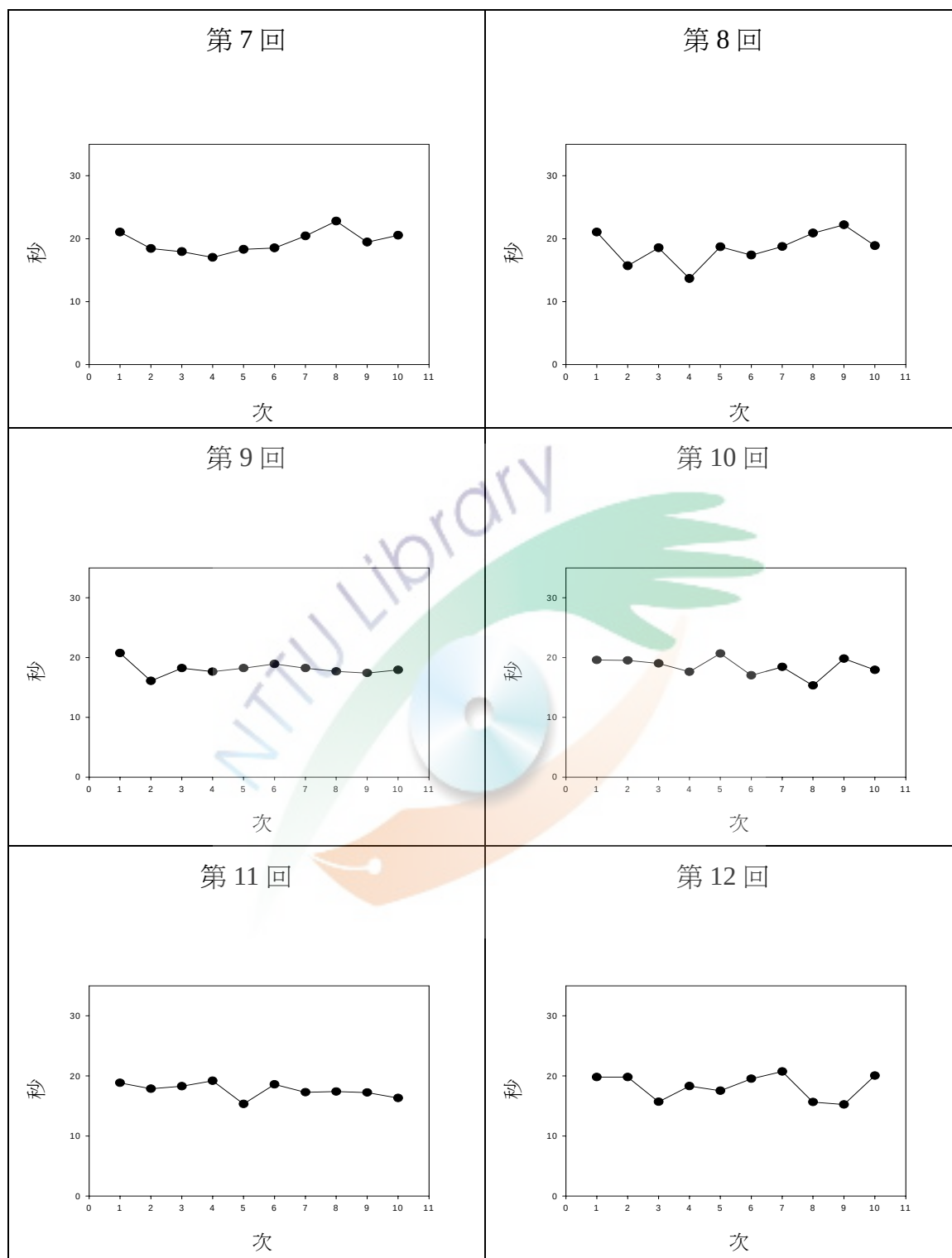
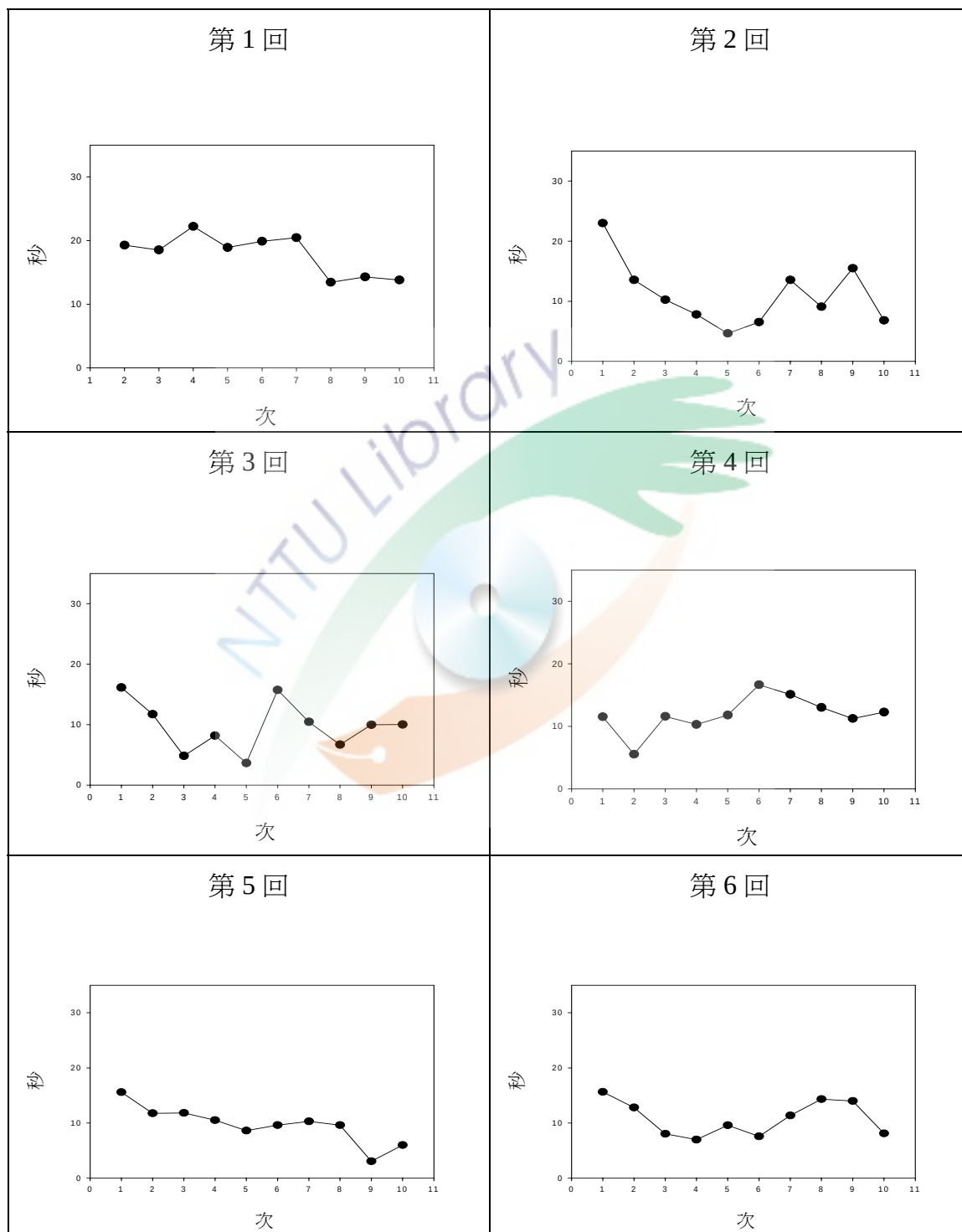


圖 4-2 參與者 A 第 1~12 各回練習成績

(二) 研究參與者 B：研究參與者 B 在第二回有顯著的進步幅度，但其穩定性在

之後的回合階段並不高，整體回合的標準差為 3.3，第三回標準差為 3.93、第七回標準差為 3.71、都是有比較明顯的成績起伏的回合。



續下頁

接上頁

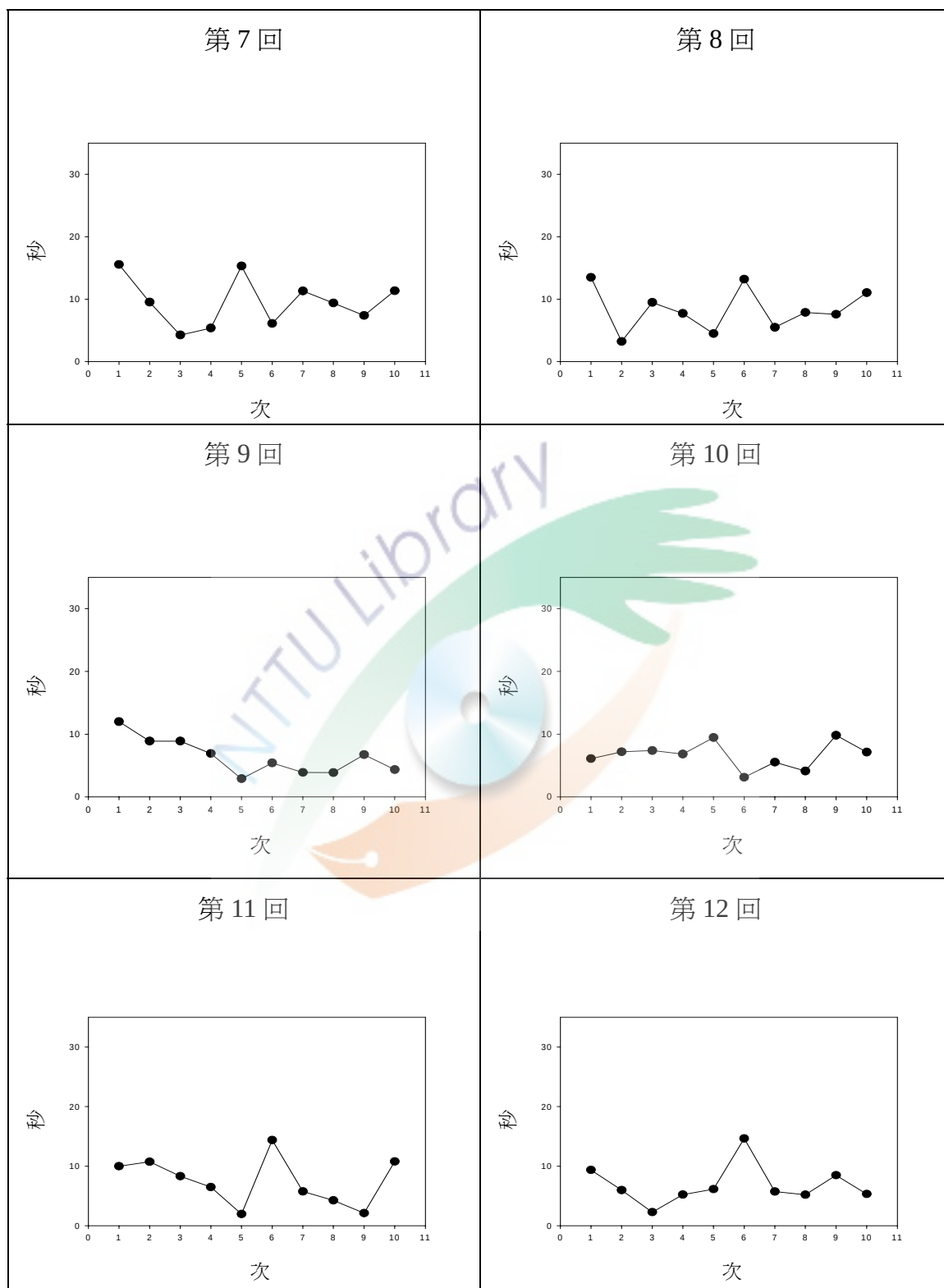
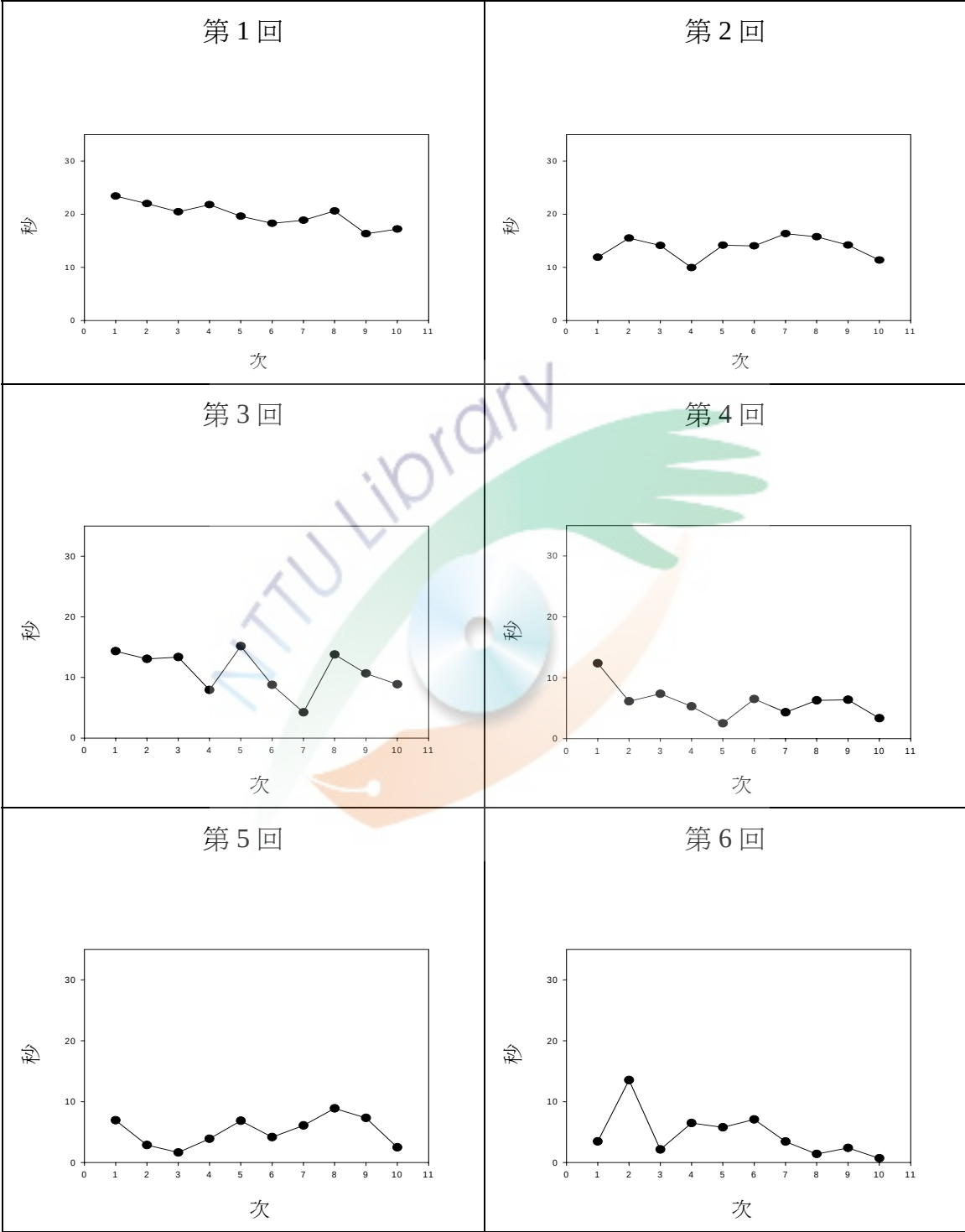


圖 4-3 參與者 B 第 1~12 各回練習成績

(三) 研究參與者 C：參與者 C 有著穩定的進步，但第三回標準差有 3.3、第六回標準差 3.6、第九回標準差 4.18，則是成績起伏比較明顯的回合。



續下頁

接上頁

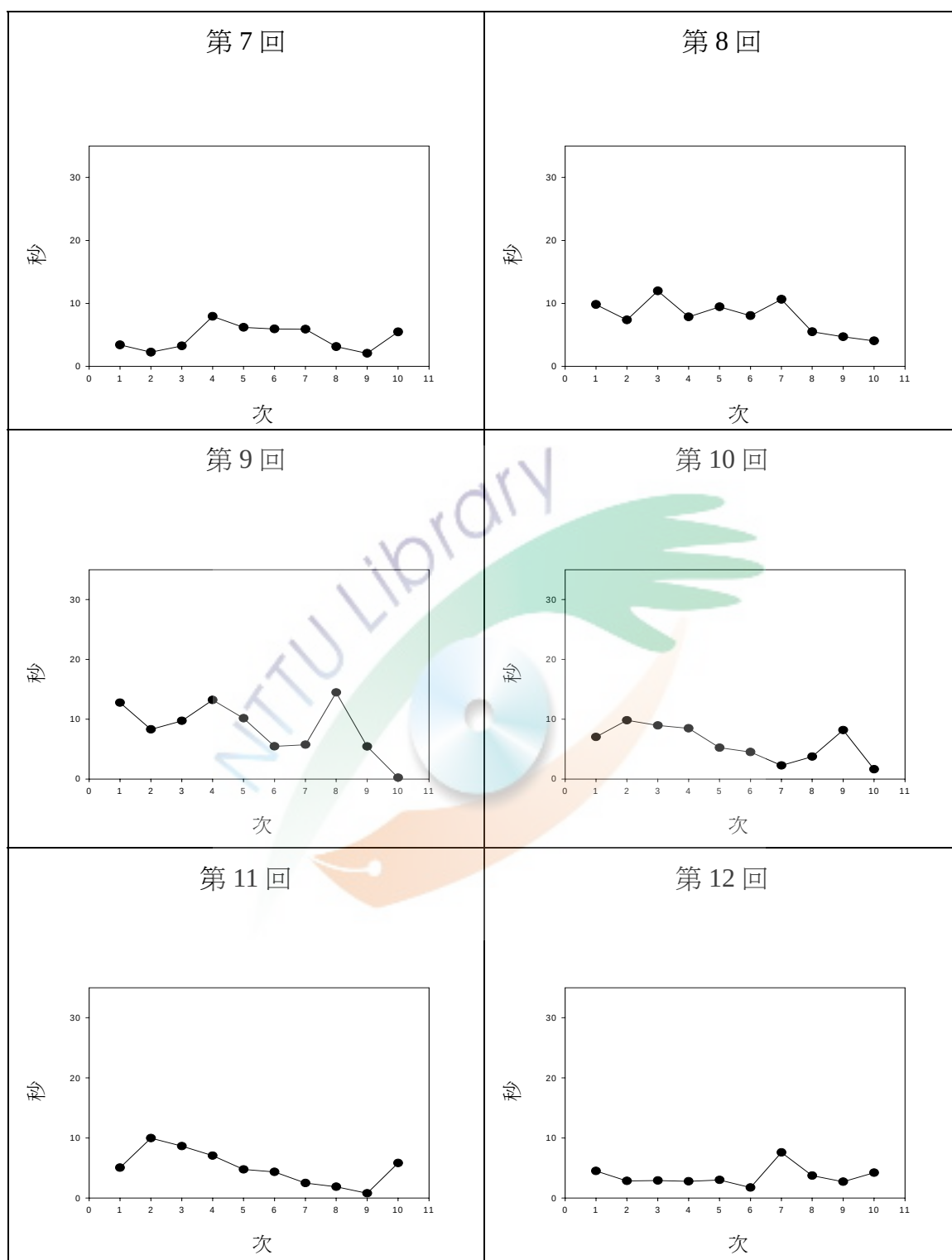
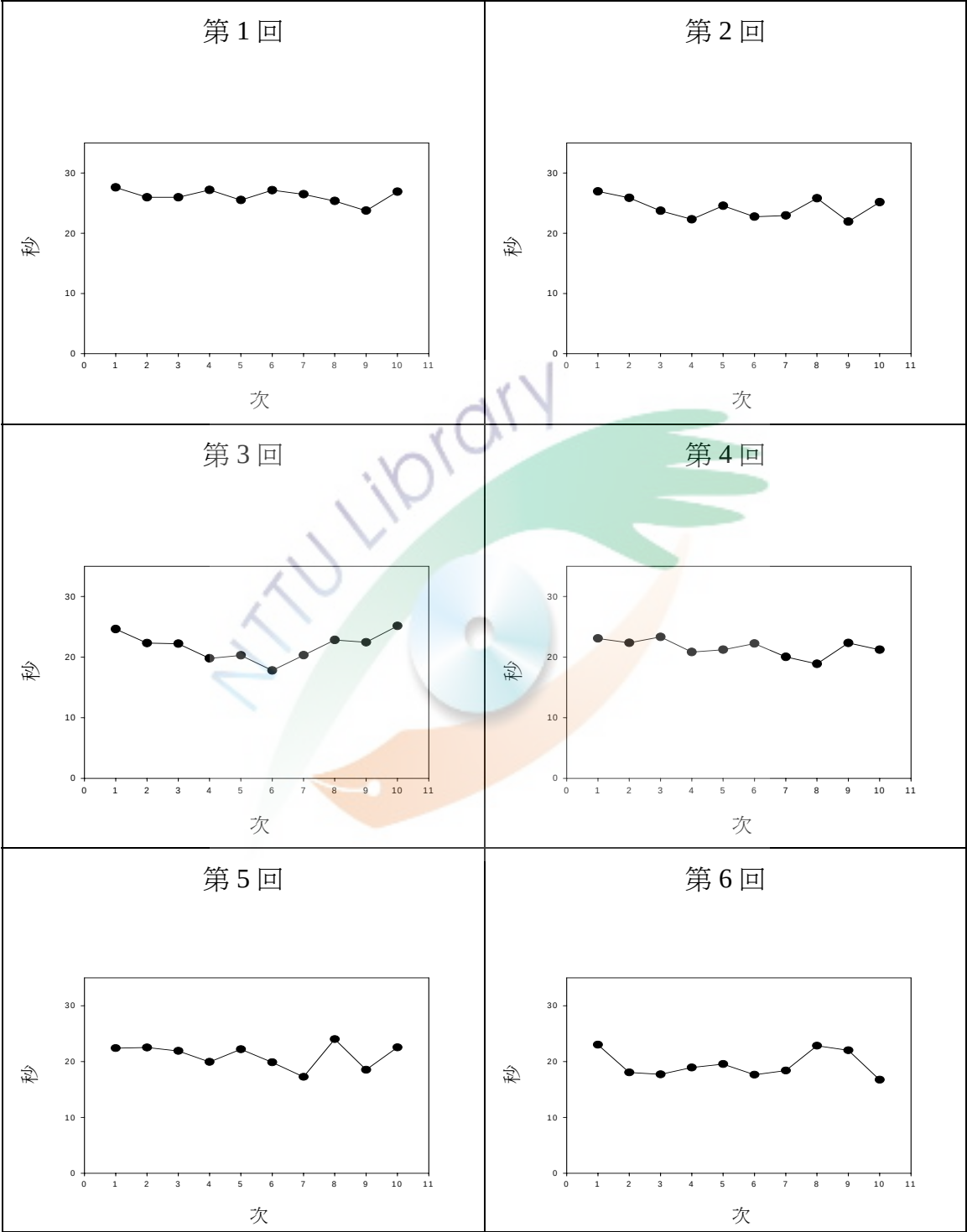


圖 4-4 參與者 C 第 1~12 各回練習成績

(四)研究參與者 D：實驗參與者 D 有明顯的進步，雖然整體成績僅為誤差 14.37 並不高，但整體表現穩定，標準差僅為 1.79，成績並無大的起伏。



續下頁

接上頁

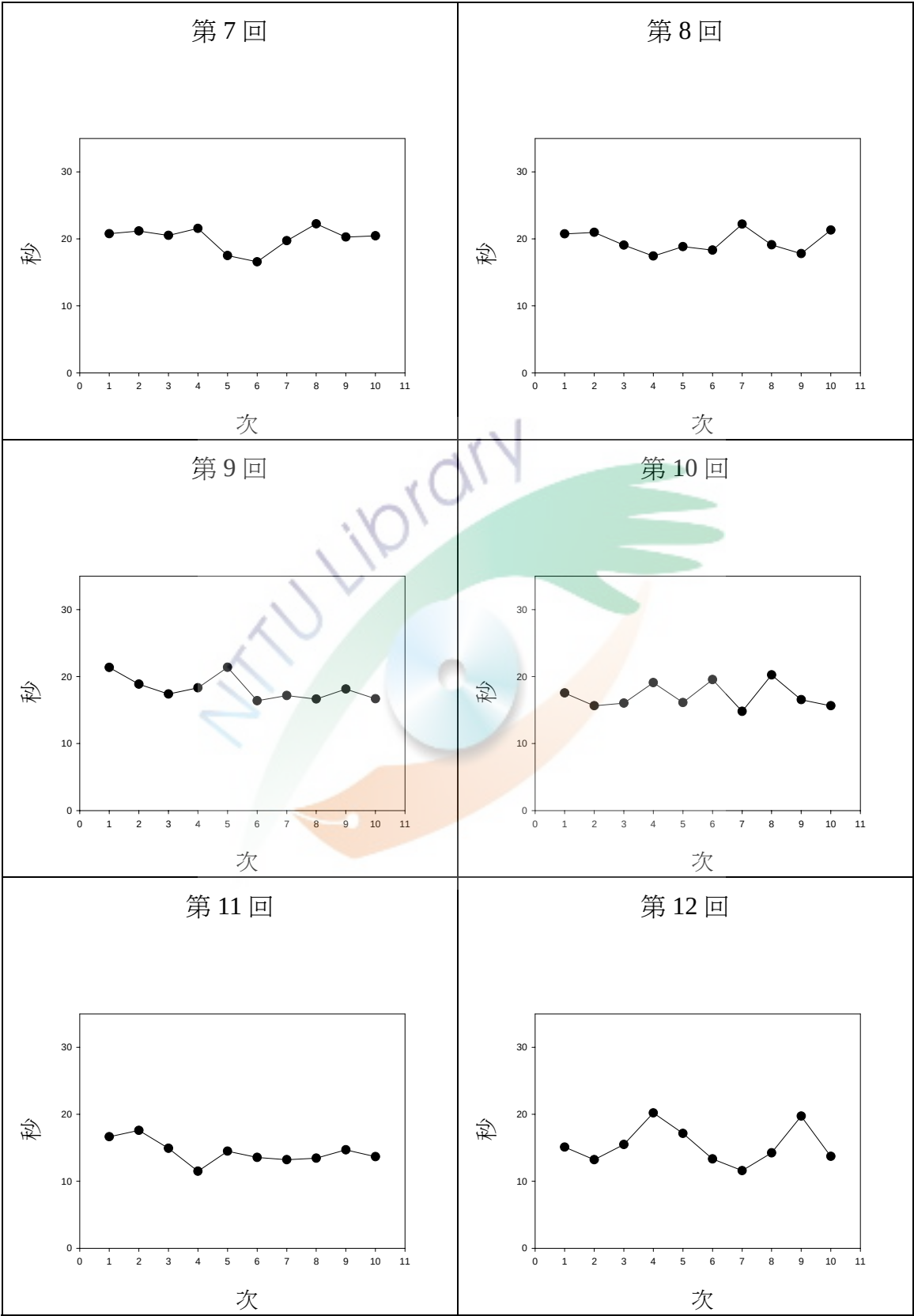
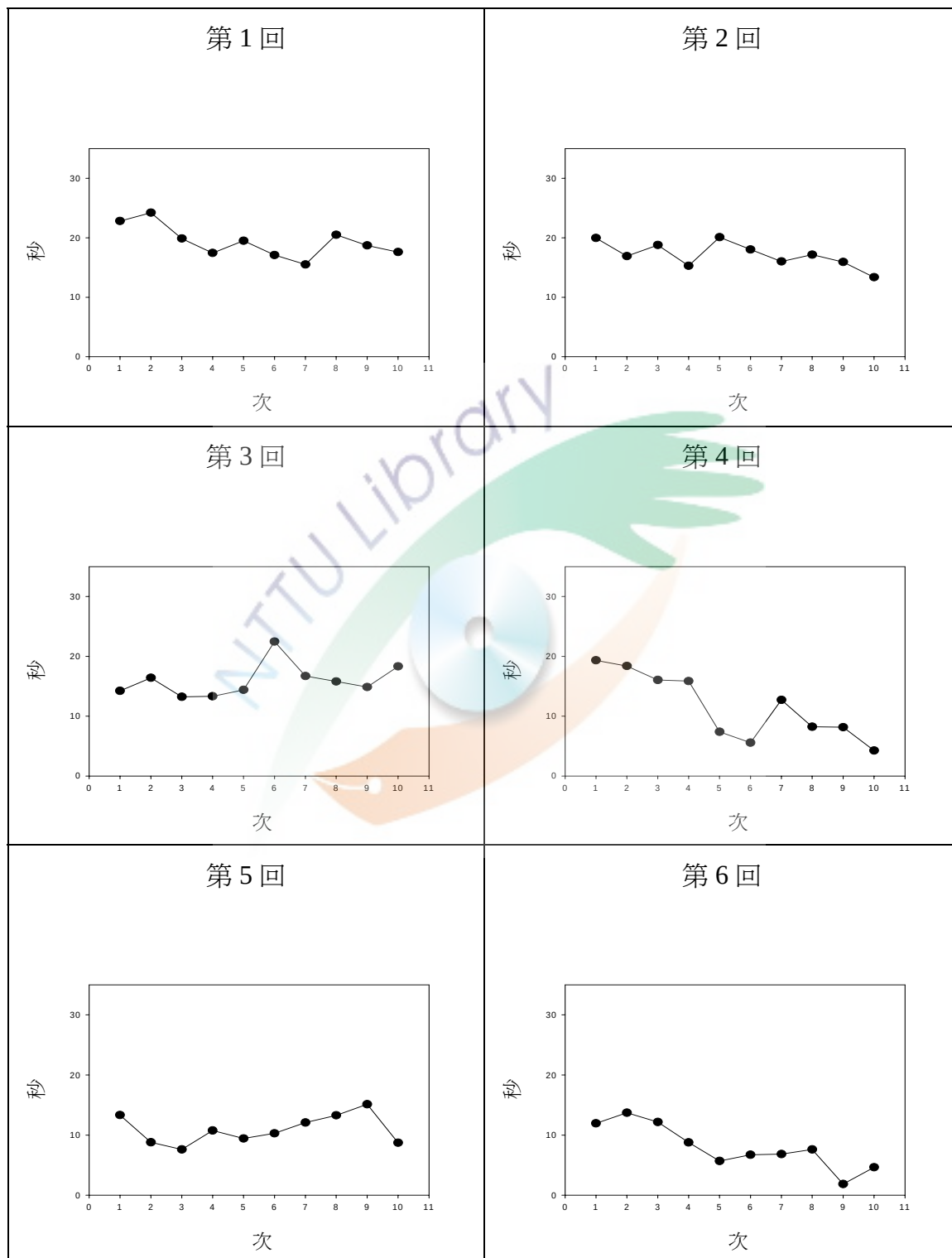


圖 4-5 參與者 D 第 1~12 各回練習成績

(四) 研究參與者 E：參與者 E 在第四回第一次練習誤差 19.33，到當回合第六次練習誤差 5.57，共進步了 13.76，在該回合中看出有很明顯的進步。



續下頁

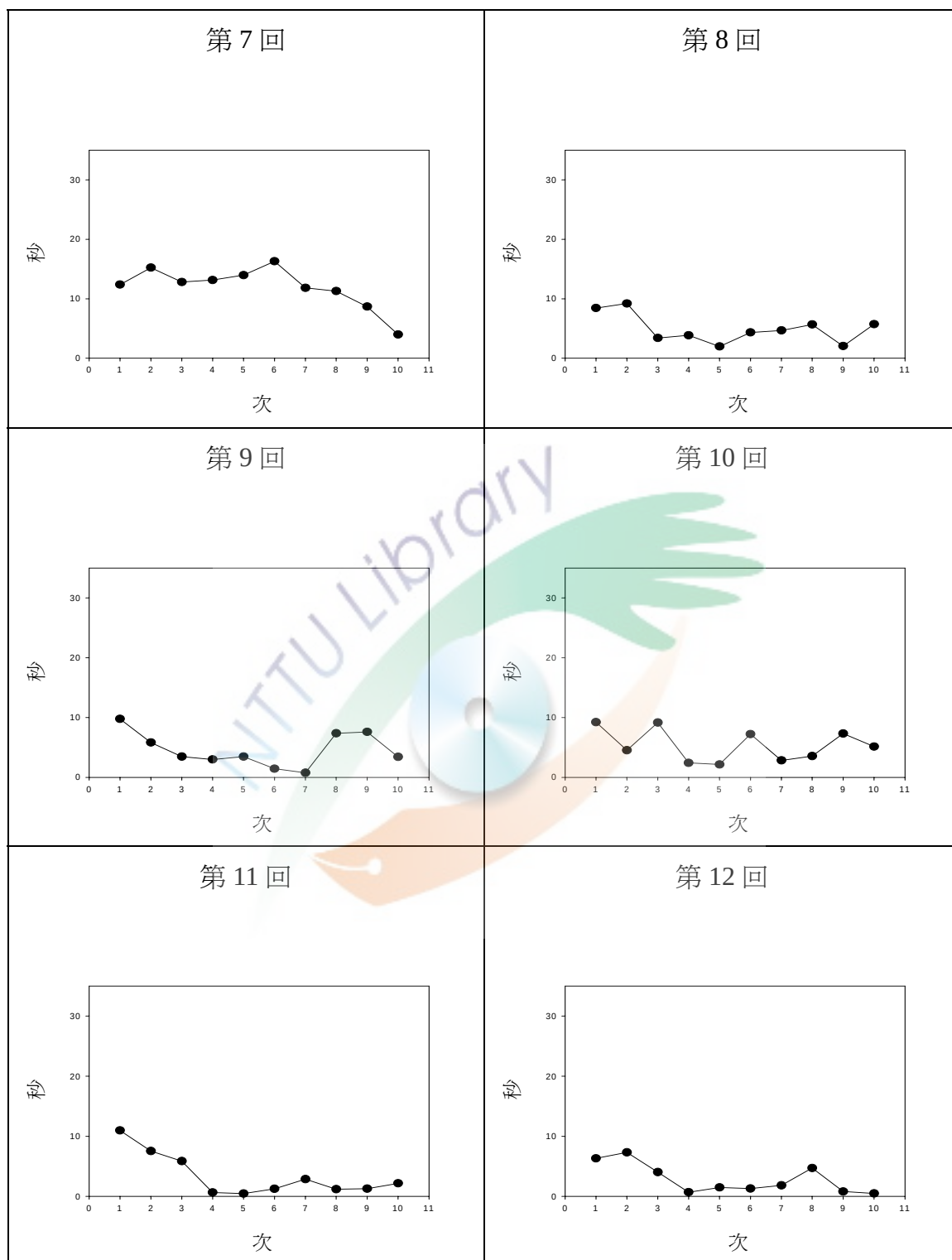
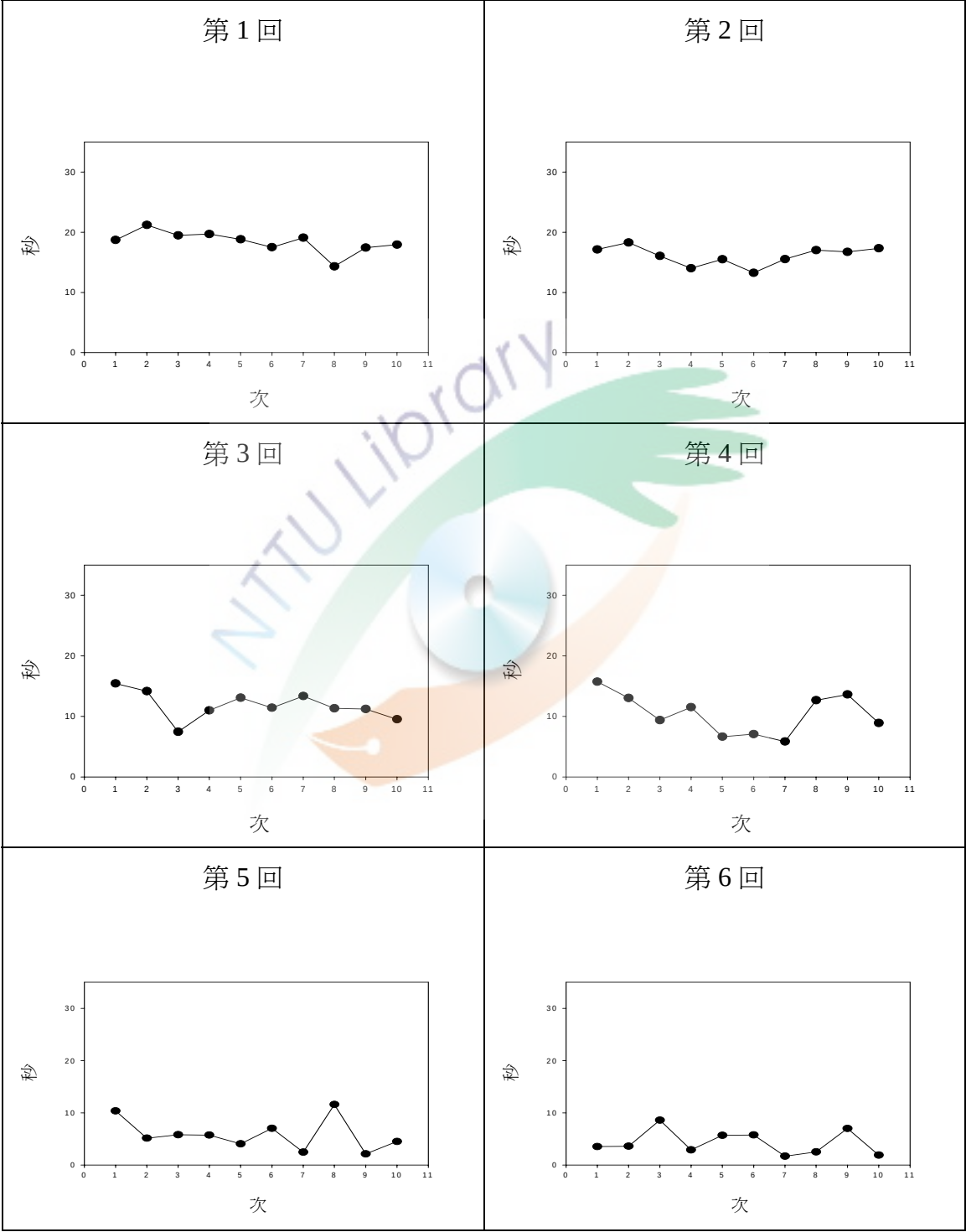


圖 4-6 參與者 E 第 1~12 各回練習成績

(六) 研究參與者 F：參與者 F 在第四回開始就能夠接近只有 10 秒的誤差，第四回之後也表現得很好，十二回合的平均誤差是 7.78 秒，屬於平衡能力較佳的實驗參與者。



續下頁

接上頁

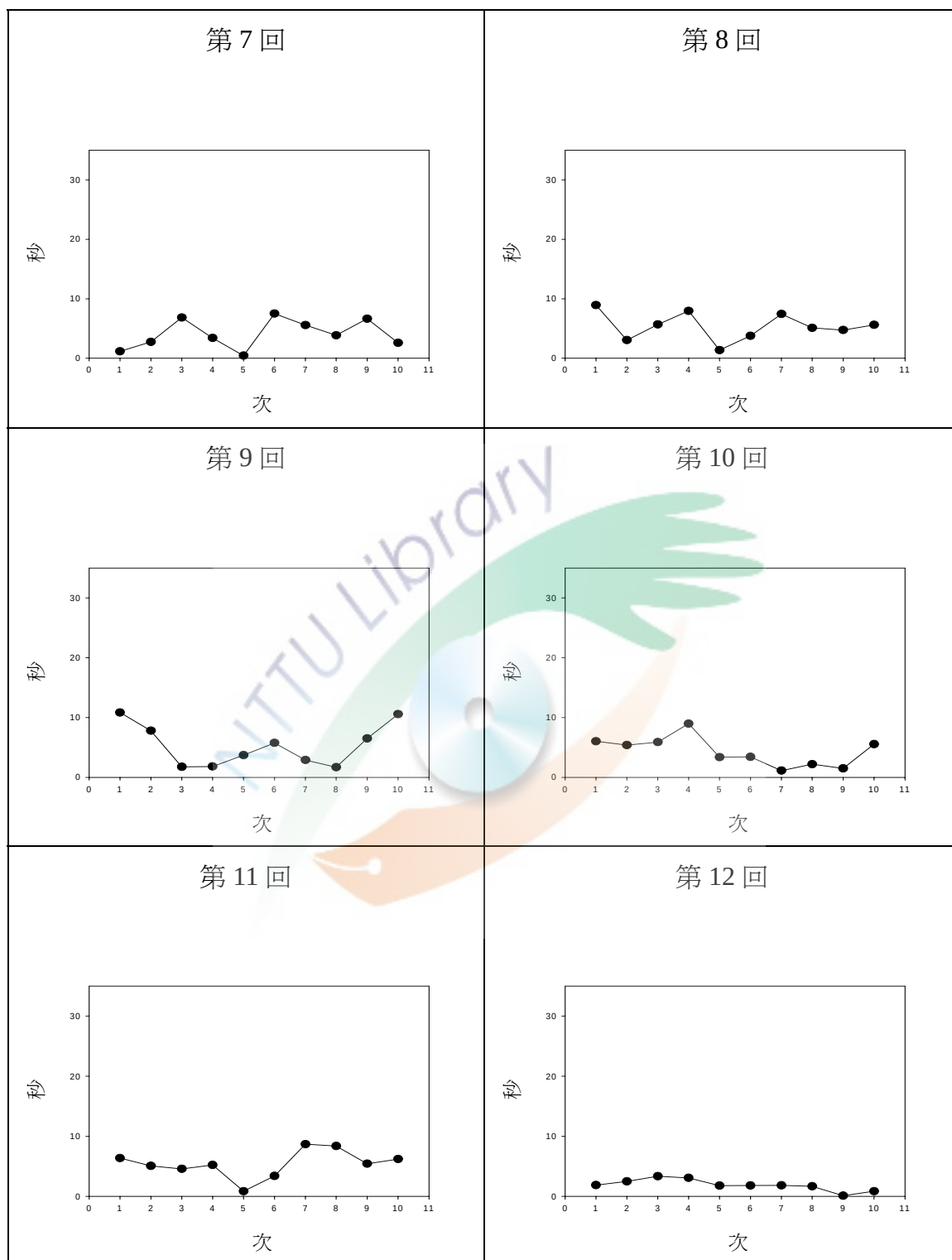
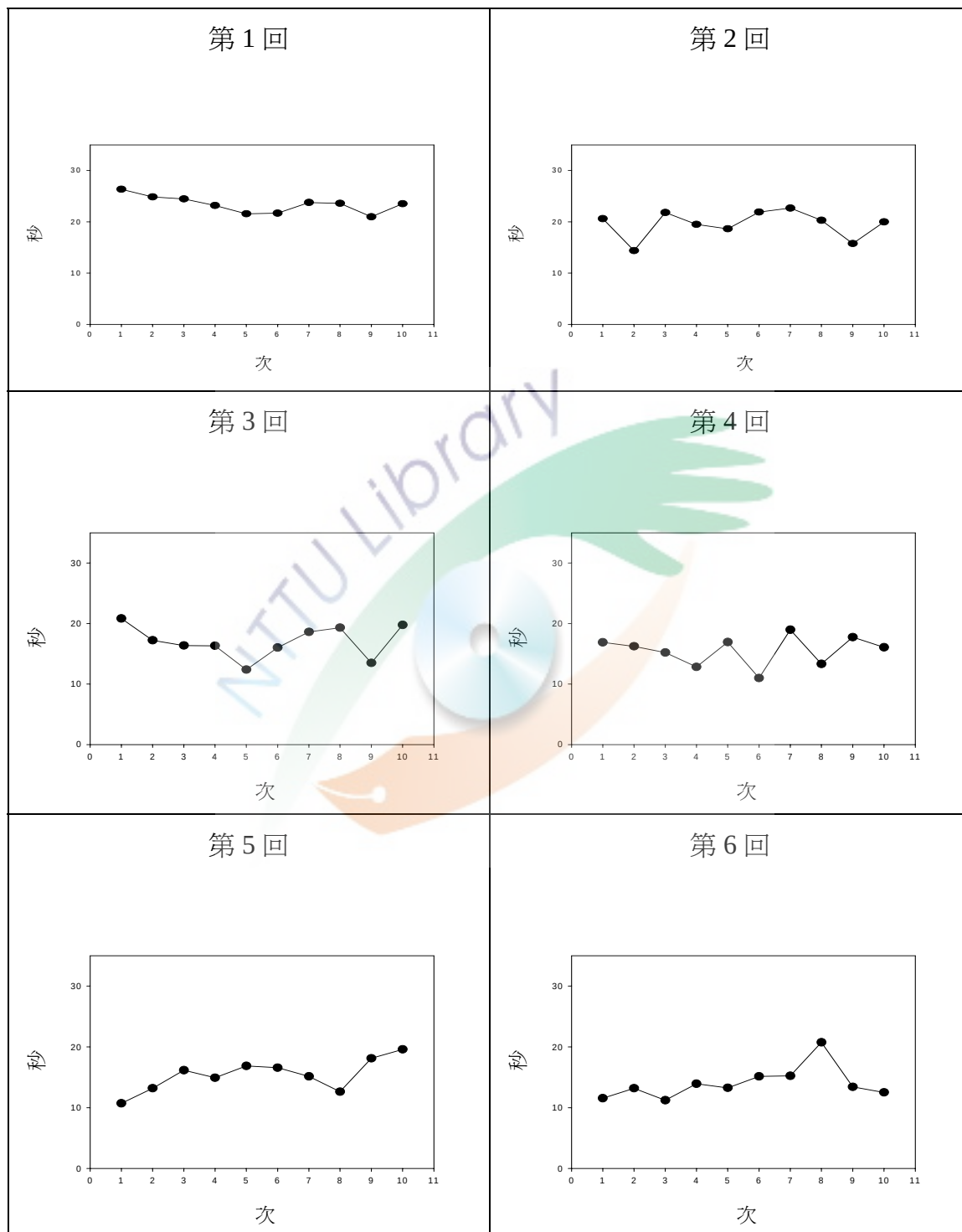


圖 4-7 參與者 F 第 1~12 各回練習成績

(七) 研究參與者 G：實驗參與者 G 最好成績約為十秒的誤差時間，但第三回的標準差 2.57、第六回標準差 2.56，屬於比較不穩定的回合。



續下頁

接上頁

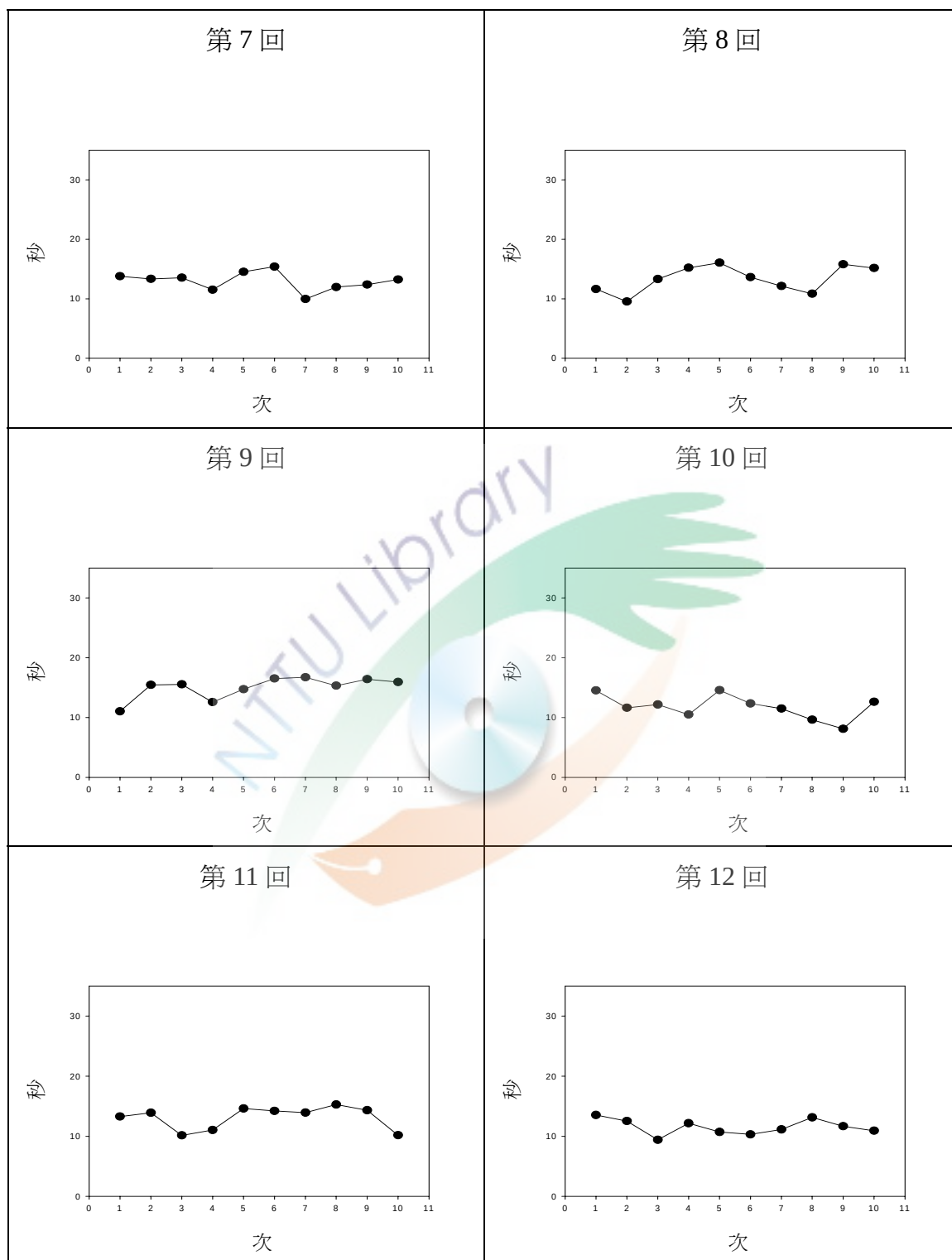
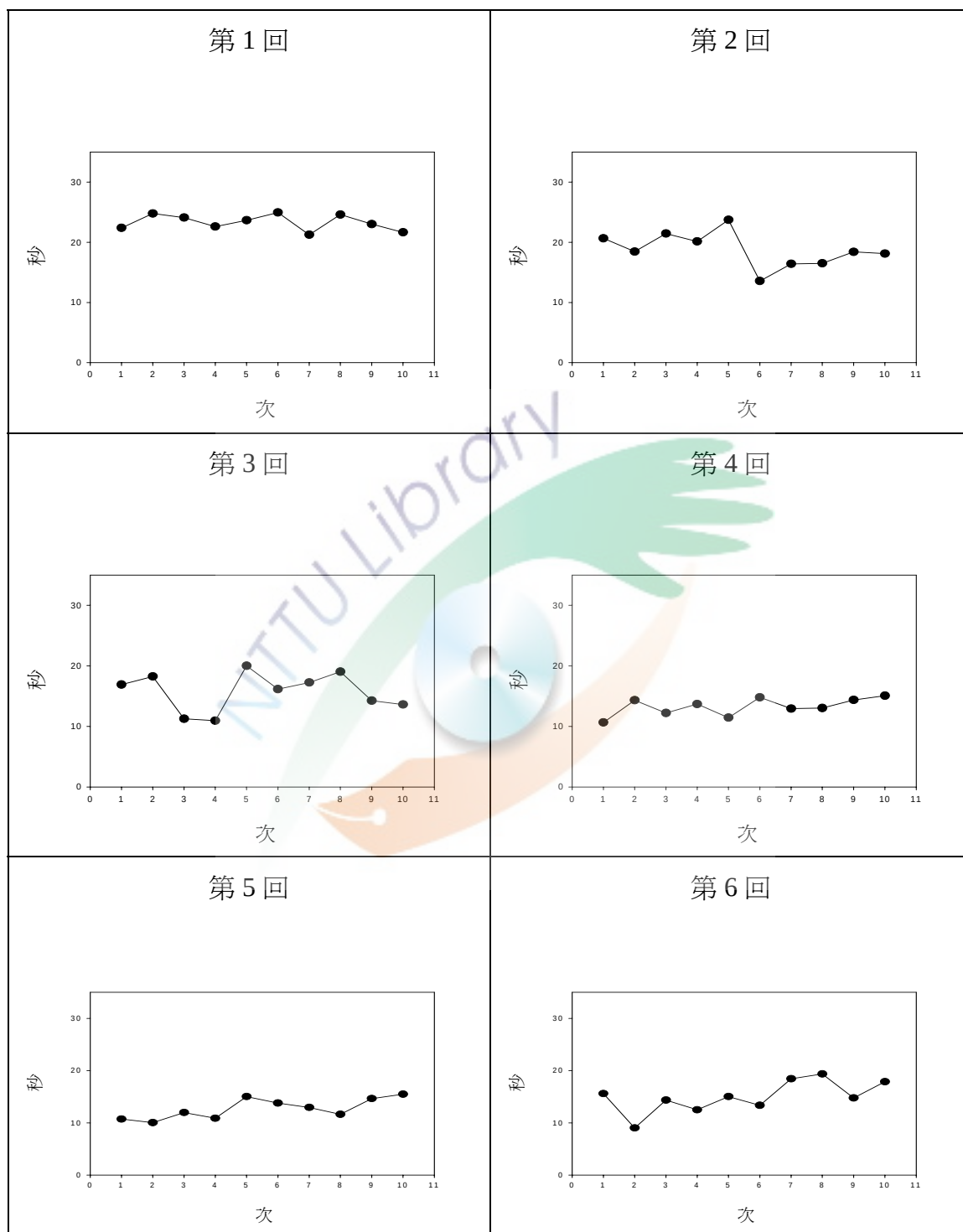


圖 4-8 參與者 G 第 1~12 各回練習成績

(八) 研究參與者 H：參與者 H 整體回合練習的平均誤差為 15.7，從第三回合開始，每回合的平均成績大概就穩定在這樣的平衡成績上。



續下頁

接上頁

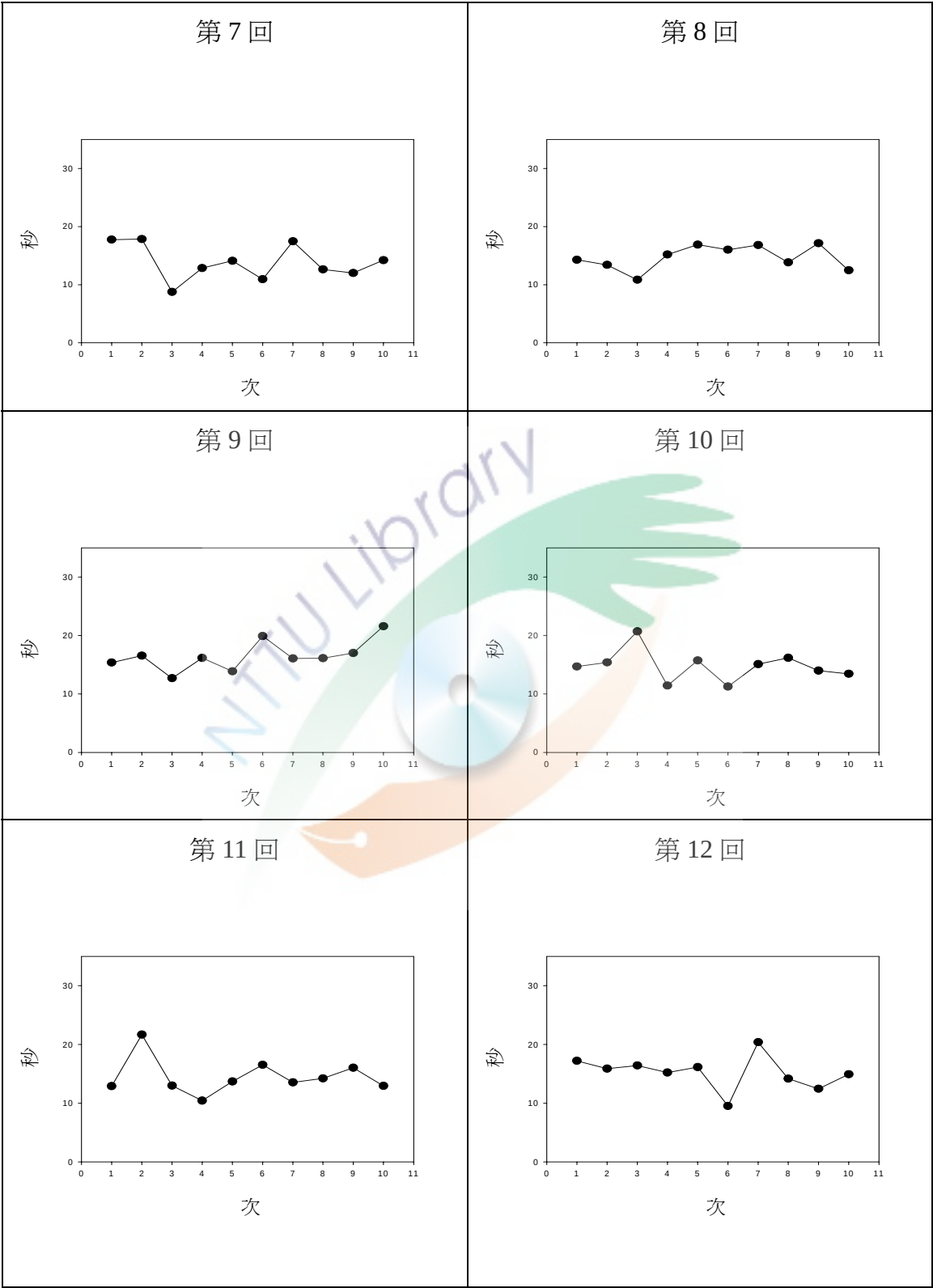


圖 4-9 參與者 H 第 1~12 各回練習成績

三、實驗參與者暖身減低現象

實驗參與者並不是每一回合都會出現本研究所定義的暖身減低現象，也就是沒有成績減低的情形，實驗參與者有多少回出現暖身減低彙整如表 4-1；而表 4-2-1 至 4-2-8 呈現每個人的暖身減低現象。我們可以看到 1 次沒有暖身減低現象的有 A，出現 2 次沒有暖身減低現象的有 B，出現 3 次的有 G，4 次的有 C、D，5 次的有 F，6 次的有 E、H，但反過來說，12 次練習中，即使出現最多的有六次，還是有超過一半的次數會有練習前期出現上昇階段的暖身減低現象。

表 4-1

實驗參與者暖身減低總回合數								
參與者	A	B	C	D	E	F	G	H
暖身減低總回合數	10	9	6	7	6	7	8	6

實驗參與者 A 的暖身減低現象如表 4-2-1，可以看到每回合的第一個點與峰值的差距，除了本身就是峰值外，並沒有隨著練習次數而越來越少的情況出現，而在暖身減低現象上，實驗參與者 A 有出現 10 次的暖身減低現象，在所有的參與者裡面，是出現最多次的實驗參與者。

表 4-2-1

實驗參與者 A 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	22.81	2.07	25.05	23.77	-1.28	1
第 3 回	22.50	0.99	22.42	22.42	0	0
第 4 回	20.74	0.99	22.53	20.43	-2.1	1
第 5 回	20.36	1.65	21.34	17.81	-3.53	2
第 6 回	17.64	2.01	20.76	15.28	-5.48	1
第 7 回	19.44	1.65	21.04	17.02	-4.02	3
第 8 回	18.57	2.42	21.03	15.69	-5.34	1
第 9 回	18.11	1.12	20.75	16.1	-4.65	1
第 10 回	18.50	1.50	19.59	17.62	-1.97	3
第 11 回	17.62	1.13	18.84	17.86	-0.98	1
第 12 回	18.22	1.96	19.79	15.69	-4.1	2

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 B 的暖身減低現象如表 4-2-2，暖身減低現象在第二回合出現相當明顯，高達 18.33，其他如第三、第六至九回合，也都有相當的暖身減低現象，也就是實驗參與者 B 練習時前期的呈現大幅度的進步，但觀察這些進步幅度的次數，第二次是用了四次的練習次數來達到進步 18.33 秒，第八回合的 10.28 秒卻只用了一個回合，第三回合的 11.33 秒與第七回合的 8.57 秒用了 2 次的練習次數達成。整體看來暖身減低現象的次數並沒呈現明顯規律，但是以差距上來看則通常有出現大幅度的暖身減低現象。

表 4-2-2

實驗參與者 B 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	11.06	5.18	22.98	4.65	-18.33	4
第 3 回	9.74	3.93	16.14	4.81	-11.33	2
第 4 回	11.89	2.79	11.52	5.52	-6	1
第 5 回	9.69	3.22	15.6	11.76	-3.84	1
第 6 回	10.84	3.03	15.63	6.97	-8.66	3
第 7 回	9.55	3.71	15.54	6.97	-8.57	2
第 8 回	8.35	3.30	13.49	3.21	-10.28	1
第 9 回	6.38	2.72	11.99	2.89	-9.1	4
第 10 回	6.66	1.99	6.08	6.08	0	0
第 11 回	7.48	3.87	9.99	9.99	0	0
第 12 回	6.83	3.17	9.35	2.28	-7.07	2

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 C 的暖身減低現象如表 4-2-3，整體的表現是都能夠從第一次的練習很快到達峰值，也就是說暖身減低現象的期程不會很長；另外，在扣除掉第一回不算的 11 回的平衡練習中，有 8 回出現暖身減低現象。

表 4-2-3

實驗參與者 C 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	13.73	1.95	11.9	11.9	0	0
第 3 回	11.01	3.33	14.32	13.06	-1.26	1
第 4 回	6.03	2.56	12.34	6.11	-6.23	1
第 5 回	5.12	2.30	6.94	1.64	-5.3	2
第 6 回	4.64	3.60	3.47	3.47	0	0
第 7 回	4.54	1.88	3.39	2.24	-1.15	1
第 8 回	7.92	2.48	9.81	7.37	-2.44	1
第 9 回	8.54	4.18	12.76	8.28	-4.48	1
第 10 回	5.98	2.76	7.02	7.02	0	0
第 11 回	5.08	2.78	5.04	5.04	0	0
第 12 回	3.60	1.53	4.51	2.84	-1.67	0

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 D 的暖身減低摘要表為表 4-2-4，共有 7 回出現暖身減低現象。

表 4-2-4

實驗參與者 D 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	24.19	1.63	26.94	22.31	-4.63	3
第 3 回	21.78	2.14	24.62	19.78	-4.84	3
第 4 回	21.55	1.31	23.07	22.35	-0.72	1
第 5 回	21.11	2.01	22.39	22.39	0	0
第 6 回	19.49	2.19	23.02	17.71	-5.31	2
第 7 回	20.08	1.67	20.76	20.76	0	0
第 8 回	19.58	1.54	20.75	20.75	0	0
第 9 回	18.23	1.74	21.36	17.39	-3.97	2
第 10 回	17.11	1.79	17.54	15.63	-1.91	1
第 11 回	14.37	1.66	16.64	16.64	0	0
第 12 回	15.37	2.70	15.1	13.22	-1.88	1

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 E 的暖身減低現象摘要表為表 4-2-5，其中第 4 回共花了 5 次練習才到達峰值，且相差了 13.76 秒，是其中暖身減低現象最為明顯的一次。第 11 回花了 4 次練習，相差 10.51 秒的暖身減低現象，也屬於明顯的一個回合。而其中，暖身減低現象發生的回合數僅有 6 回，也算是八名實驗參與者中，暖身減低回合數發生得最少的一名實驗參與者。

表 4-2-5

實驗參與者 E 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	17.15	2.02	19.95	16.91	-3.04	1
第 3 回	15.98	2.64	14.24	14.24	0	0
第 4 回	11.59	5.26	19.33	5.57	-13.76	5
第 5 回	10.94	2.30	13.32	7.62	-5.7	2
第 6 回	7.99	3.52	11.94	11.94	0	0
第 7 回	11.96	3.33	12.38	12.38	0	0
第 8 回	4.92	2.30	8.42	8.42	0	0
第 9 回	4.60	2.76	9.77	2.98	-6.79	3
第 10 回	5.35	2.57	9.22	4.53	-4.69	1
第 11 回	3.43	3.35	10.97	0.46	-10.51	4
第 12 回	2.90	2.38	6.32	6.32	0	0

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 F 的暖身減低現象摘要表為表 4-2-6，參與者 F 即使出現暖身減低現象，但是最多只用 2 次的練習時間就可以到達峰值，而出現暖身減低現象的回合數共有 7 個回合，出現相差較多的是第九回出現 9.09 秒。

表 4-2-6

實驗參與者 F 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	16.08	1.48	17.14	17.14	0	0
第 3 回	11.80	2.20	15.44	7.46	-7.98	2
第 4 回	10.44	3.19	15.74	9.39	-6.35	2
第 5 回	5.87	2.92	10.35	5.14	-5.21	1
第 6 回	4.31	2.20	3.53	3.53	0	0
第 7 回	4.07	2.34	1.15	1.15	0	0
第 8 回	5.35	2.20	8.92	3.02	-5.9	1
第 9 回	5.33	3.35	10.84	1.75	-9.09	2
第 10 回	4.34	2.33	6.02	5.39	-0.63	1
第 11 回	5.41	2.16	6.36	4.56	-1.8	2
第 12 回	1.88	0.91	1.87	1.87	0	0

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

參與者 G 的暖身減低現象摘要表為表 4-1-7，共有 8 個回合出現暖身減低現象，以第三回的 8.47 秒為最多。

表 4-2-7

實驗參與者 G 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	19.55	2.54	20.6	14.36	-6.24	1
第 3 回	17.03	2.57	20.84	12.37	-8.47	4
第 4 回	15.52	2.33	16.89	12.83	-4.06	3
第 5 回	15.39	2.53	10.72	10.72	0	0
第 6 回	14.02	2.56	11.56	11.56	0	0
第 7 回	12.96	1.48	13.77	13.33	-0.44	1
第 8 回	13.32	2.13	11.62	9.52	-2.1	1
第 9 回	15.03	1.75	11.03	11.03	0	0
第 10 回	11.76	1.91	14.52	11.62	-2.9	1
第 11 回	13.09	1.80	13.27	10.16	-3.11	2
第 12 回	11.56	1.23	13.54	9.41	-4.13	2

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

實驗參與者 H 的暖身減低現象摘要表為表 4-2-8，共有 6 個回合出現暖身減低現象，減低的幅度都不大，最多的是第六回的 6.57 秒，暖身減低的次數最多只有 2 次。

表 4-2-8 實驗參與者 H 暖身減低現象摘要表

	全回合平均	標準差	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	18.74	2.75	20.65	18.45	-2.2	1
第 3 回	15.77	2.99	16.91	16.91	0	0
第 4 回	13.26	1.40	10.64	10.64	0	0
第 5 回	12.71	1.85	10.72	10.04	-0.68	1
第 6 回	15.02	2.91	15.59	9.02	-6.57	1
第 7 回	13.85	2.91	17.74	17.74	0	0
第 8 回	14.68	1.99	14.28	10.84	-3.44	2
第 9 回	16.53	2.47	15.36	12.68	-2.68	2
第 10 回	14.79	2.54	14.69	14.69	0	0
第 11 回	14.49	2.89	12.89	12.89	0	0
第 12 回	15.23	2.73	17.2	15.87	-1.33	1

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

四、斜率比較

暖身減低現象的特徵也表現在休息之後前幾次的表現在絕對值上有比較大的斜率，而本研究的 8 名實驗參與者的練習成績取前三分之一的斜率與後三分之二的斜率做比較，也就是前三次與後七次作的斜率做比較，摘要如表 4-3-1 至 4-3-3，我們以其絕對值做比較，整體而言前面三次斜率顯著地大於後七次斜率，統計結果 $t(87) = 7.641$ ， $p = .000$ （雙尾），達顯著水準。表 4-3-1

第 2-5 回前三次與後七次斜率比較

參與者	第 2 回		第 3 回		第 4 回		第 5 回	
	前三	後七	前三	後七	前三	後七	前三	後七
A	-0.21	-0.10	-0.10	0.02	-0.55	-0.38	-1.77	-0.36
B	-6.37	0.76	-5.67	0.33	0.03	0.04	-1.88	-0.88
C	1.11	0.21	-0.48	-0.04	-2.50	0.06	-2.65	0.05
D	-1.62	0.23	-1.20	0.91	0.13	0.00	-0.24	0.17
E	-0.59	-0.54	-0.50	0.33	-1.64	-1.09	-2.85	0.29
F	-0.55	0.58	-3.99	-0.30	-3.18	0.42	-2.28	-0.11
G	-0.61	-0.21	-2.24	0.57	-0.84	0.49	2.72	0.45
H	0.40	-0.49	-2.83	-0.02	0.79	0.29	0.62	0.39

表 4-3-2

第 6-9 回前三次與後七次斜率比較

參與者	第 6 回		第 7 回		第 8 回		第 9 回	
	前三	後七	前三	後七	前三	後七	前三	後七
A	-1.80	0.12	-1.56	0.61	-1.25	0.93	-1.27	-0.07
B	-3.80	0.68	-5.65	0.19	-2.02	0.39	-1.56	-0.06
C	-0.66	-1.06	-0.08	-0.66	1.08	-0.84	-1.52	-1.41
D	-2.66	0.13	-0.12	0.28	-0.84	0.37	-1.99	-0.40
E	0.11	-0.69	0.21	-1.54	-2.52	0.25	-3.15	0.55
F	2.53	-0.13	2.85	0.23	-1.63	0.04	-4.55	0.99
G	-0.17	0.06	-0.13	-0.09	0.85	-0.12	-0.12	0.44
H	-0.63	0.77	-4.50	0.06	-1.72	-0.35	-1.34	0.67

表 4-3-3

第 10-12 回前三次與後七次斜率比較						
參與者	第 10 回		第 11 回		第 12 回	
	前三	後七	前三	後七	前三	後七
A	-0.29	-0.09	-0.29	-0.21	-2.05	-0.12
B	0.65	0.09	-0.84	0.11	-3.54	-0.16
C	0.96	-0.55	1.80	-0.50	-0.80	0.20
D	-0.76	-0.31	-0.86	0.24	0.19	-0.48
E	-0.03	0.53	-2.55	0.22	-1.15	0.05
F	-0.07	-0.55	-0.90	0.61	0.74	-0.36
G	-1.18	-0.33	-1.56	-0.07	-2.07	0.04
H	3.00	0.27	0.05	0.35	-0.40	-0.13

第二節 學習曲線適配

一、學習曲線適配結果

學習曲線適配的資料來源為 8 位實驗參與者在平衡板上平衡練習時誤差的秒數，以下表 4-4-1 至表 4-4-8 為每位參與者每回合的適配結果。

表 4-4-1

實驗參與者 A 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.04	20.98	4.68	0.20	0.26	31.88	-6.90	0.17
第 3 回	0.00	22.51	-7.67	4.63	0.00	22.42	0.02	0.70
第 4 回	0.36	20.54	766.15	5.97	0.10	127.95	-106.54	0.00
第 5 回	0.04	20.26	92.08	4.53	0.28	26.42	-5.97	0.02
第 6 回	0.00	17.64	501.15	64.73	0.03	49.65	-31.28	0.02
第 7 回	0.00	19.27	329.92	26.55	0.00	19.68	-0.24	0.00
第 8 回	0.00	18.57	693.68	82.15	0.21	17.46	0.01	2.65
第 9 回	0.61	17.82	962.59	5.83	0.14	47.30	-28.30	0.02
第 10 回	0.17	17.63	2.78	0.26	0.00	21.56	-1.89	0.31
第 11 回	0.27	14.83	4.09	0.07	0.28	19.09	-0.45	0.72
第 12 回	0.09	17.94	17.94	7.10	0.06	26.19	-7.00	0.08

表 4-4-2

實驗參與者 B 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.64	9.16	51.86	1.31	0.36	348	-330.71	0.01
第 3 回	0.32	8.84	43.12	1.76	0.11	69.77	-57.33	0.03
第 4 回	0.00	11.89	1564	308	0.24	5.75	3.51	0.35
第 5 回	0.73	0.00	16.04	0.10	0.74	17.82	-3.14	0.58
第 6 回	0.31	10.11	27.04	1.56	0.07	35.10	-22.56	0.04
第 7 回	0.29	8.88	22320	5.81	0.23	37.74	-27.85	0.02
第 8 回	0.00	8.35	1465	110	0.01	21.62	-12.48	0.04
第 9 回	0.78	4.34	0.48	0.48	0.72	114.51	-103	0.03
第 10 回	0.00	7.24	-0.60	0.01	0.00	6.62	0.01	1.02
第 11 回	0.12	6.29	6.94	0.46	0.10	12.05	-2.35	0.39
第 12 回	0.07	6.55	485	5.16	0.00	6.53	0.08	0.76

表 4-4-3

實驗參與者 C 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.10	13.93	-305.70	5.07	0.03	9.62	3.42	0.12
第 3 回	0.23	9.32	7.52	0.36	0.22	26.91	-12.71	0.14
第 4 回	0.70	5.06	27.91	1.36	0.51	184	-173.81	0.01
第 5 回	0.00	5.47	169.64	16.39	0.06	4.13	0.14	1.09
第 6 回	0.26	0.00	8.76	0.12	0.35	6.97	-0.03	2.27
第 7 回	0.13	4.96	-4.66	0.74	0.05	-4.22	7.90	0.06
第 8 回	0.41	0.00	11.22	0.07	0.61	9.49	0.00	3.85
第 9 回	0.29	0.00	13.41	0.09	0.47	10.19	0.00	7.42
第 10 回	0.29	0.00	13.41	0.09	0.47	10.19	0.00	7.42
第 11 回	0.43	0.00	9.43	0.12	0.44	8.50	-0.58	1.04
第 12 回	0.02	6.87	-3.71	0.02	0.03	3.27	0.01	1.92

表 4-4-4

實驗參與者 D 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.43	23.62	9.22	0.96	0.27	80.28	-54.28	0.02
第 3 回	0.22	21.33	12.92	1.36	0.04	56.94	-34.32	0.02
第 4 回	0.36	20.60	3.62	0.31	0.34	29.89	-6.75	0.14
第 5 回	0.11	20.56	3.62	0.50	0.09	28.79	-6.46	0.11
第 6 回	0.29	19.09	302.50	4.35	0.03	46.54	-26.20	0.02
第 7 回	0.00	20.08	-827.41	319.08	0.03	23.88	-3.25	0.10
第 8 回	0.00	19.58	17.73	149.61	0.03	70.65	-50.50	0.01
第 9 回	0.40	17.23	5.54	0.44	0.41	42.93	-22.34	0.07
第 10 回	0.01	17.07	180.12	5.96	0.00	14.87	2.07	0.05
第 11 回	0.51	13.49	6.90	0.58	0.42	72.49	-55.81	0.03
第 12 回	0.00	14.09	1.36	0.01	0.00	15.49	-0.01	1.32

表 4-4-5

實驗參與者 E 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.40	0.00	19.69	0.03	0.51	18.17	0.00	4.79
第 3 回	0.15	18.98	-5.43	0.12	0.14	13.35	0.88	0.67
第 4 回	0.76	1.54	22.05	0.16	0.75	28.77	-8.54	0.44
第 5 回	0.00	11.09	229	15.95	0.09	10.03	0.04	1.70
第 6 回	0.77	0.00	15.62	0.14	0.77	15.52	-2.24	0.73
第 7 回	0.41	0.00	16.21	0.06	0.00	11.26	0.70	0.00
第 8 回	0.49	3.91	11.05	0.74	0.35	105.93	-98.07	0.02
第 9 回	0.43	3.80	24.04	1.39	0.17	32.10	-25.17	0.06
第 10 回	0.25	4.72	13.59	1.15	0.14	13.80	-6.58	0.15
第 11 回	0.87	1.22	19.02	0.62	0.75	215	-205	0.02
第 12 回	0.60	1.28	9.46	0.46	0.55	48.57	-41.90	0.06

表 4-4-6

實驗參與者 F 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.00	16.08	-14.76	42.78	0.05	68.67	-51.89	0.01
第 3 回	0.36	11.21	18.30	1.41	0.23	55.98	-41.94	0.03
第 4 回	0.40	9.31	15.93	0.88	0.22	33.94	-20.42	0.09
第 5 回	0.26	5.36	179	3.62	0.33	42.97	-36.53	0.02
第 6 回	0.02	4.41	-9.62	2.38	0.06	4.90	-0.01	2.30
第 7 回	0.20	4.54	-13.26	1.34	0.13	-1.51	3.96	0.20
第 8 回	0.29	4.96	956	5.49	0.08	50.21	-43.57	0.02
第 9 回	0.00	5.33	9.73	38.27	0.08	105.03	-97.69	0.01
第 10 回	0.32	0.67	6.91	0.13	0.31	7.71	-1.11	0.67
第 11 回	0.00	4.86	0.55	0.00	0.00	5.51	-0.09	0.00
第 12 回	0.45	0.00	3.18	0.10	0.64	2.62	-0.01	2.55

表 4-4-7

實驗參與者 G 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.02	19.88	-1.79	0.42	0.01	16.72	2.31	0.13
第 3 回	0.24	16.60	700.63	5.11	0.25	36.68	-19.36	0.02
第 4 回	0.00	14.61	0.91	0.00	0.00	17.20	-1.45	0.10
第 5 回	0.51	16.63	-11.15	0.64	0.51	-23.49	35.05	0.07
第 6 回	0.25	15.63	-5.84	0.30	0.23	3.50	8.02	0.17
第 7 回	0.08	11.91	2.06	0.14	0.08	14.28	-0.57	0.52
第 8 回	0.25	14.17	-5.81	0.52	0.22	-0.38	11.61	0.11
第 9 回	0.58	15.49	-113.43	3.26	0.36	-20.70	35.13	0.02
第 10 回	0.25	9.65	4.58	0.16	0.26	18.18	-4.48	0.23
第 11 回	0.01	13.47	-1.00	0.21	0.01	12.32	0.43	0.37
第 12 回	0.33	11.26	11.18	1.56	0.13	196.72	-184.20	0.00

表 4-4-8

實驗參與者 H 指數函數與對數函數適配表

$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}} e^{-r_{\text{exp}} t} \quad f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}} t^{-r_{\text{pow}}}$								
練習回合	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.20	13.77	7.72	0.09	0.19	21.39	-0.65	0.83
第 3 回	0.03	15.57	7.49	1.54	0.00	17.06	-1.06	0.13
第 4 回	0.32	18.86	-7.26	0.05	0.33	9.37	2.31	0.32
第 5 回	0.55	18.66	-9.03	0.08	0.55	9.23	1.10	0.70
第 6 回	0.00	15.02	-11965	1387	0.38	12.40	0.19	1.47
第 7 回	0.28	13.10	16.05	1.14	0.15	60.07	-43.85	0.03
第 8 回	0.11	15.46	-3.13	0.33	0.09	10.17	3.31	0.20
第 9 回	0.32	53.82	-40.03	0.01	0.44	15.10	0.00	3.35
第 10 回	0.06	12.28	3.98	0.09	0.06	16.02	-0.22	1.00
第 11 回	0.02	14.01	2.08	0.35	0.02	16.22	-0.97	0.36
第 12 回	0.10	14.19	3.99	0.31	0.10	18.29	-1.48	0.45

二、 R_n 檢查法的結果

我們以適配後的 R^2 值來判斷該曲線是屬於指數函數型態或對數函數型態，但當 R^2 值太過於接近而無法判斷時，可以採用 R_n 檢查法判斷方式來判斷該回合屬於何種學習曲線型態，本研究採用指數或對數 R^2 在 0.4 以上的回合來做判斷， R^2 在 0.4 以下的回合則因為適配的值太低，先加以排除。而採用的回合數如果指數 R^2 與對數 R^2 差距在 0.1 以上則以高的 R^2 值為判斷依據；如果 R^2 在 0.1 以內則以指數的推估改變率 $1 - e^{-r_{\text{exp}}}$ 、對數的推估逐次改變率 $1 - (1 + 1/n)^{-r_{\text{pow}}}$ 分別對 R_n 作成對 t 檢定，判斷該回合是屬於指數或對數，其中如果該回合經過 R_n 檢查仍然無法分辨為指數函數或對數函數，或者同時不是指數函數或對數函數，那就將其歸類為無法判斷。

表 4-5 是在經過這樣的檢查程序後的結果，以 R^2 值可判斷為指數回合的有 9 個回合，可判斷為對數回合的有 7 個回合，需以 R_n 檢查法進一步檢查的有 9 個回合。

表 4-5

 R^2 逐回曲線適配結果彙整表~ R_n 檢查前

	A	B	C	D	E	F	G	H
第 2 回	—	●	—	●	◎	—	—	—
第 3 回	—	—	—	—	—	—	—	—
第 4 回	—	—	●	—	※	—	—	—
第 5 回	—	※	—	—	—	—	※	※
第 6 回	—	—	—	—	※	—	—	—
第 7 回	—	—	—	—	●	—	—	◎
第 8 回	—	—	◎	—	●	—	—	—
第 9 回	●	※	◎	※	●	—	●	◎
第 10 回	—	—	◎	—	—	—	—	—
第 11 回	—	—	※	※	●	—	—	—
第 12 回	—	—	—	—	—	◎	—	—

註：●表示該回合判斷為指數；◎表示該回合判斷皆對數；

※代表指數對數的 R^2 接近，需以 R_n 檢查法檢查；

—表示該回合無法判斷為指數或對數

表 4-5 中 9 個無法以 R^2 值判定為何種指數函數的回合，經進行 R_n 檢查後，僅有實驗參與者 B 的第九回可判定為指數，其他 8 個需判斷的回合，經過 R_n 檢查仍無法明確區分為何種函數形式。表 4-5 是經過 R_n 檢查後的資料，最後結果為指數回合有 10 個回合，對數回合有 7 個回合，其餘無法判斷為何種型式的函數情形。

表 4-6

 R_n 檢查結果

	A	B	C	D	E	F	G	H
第 2 回	—	●	—	●	◎	—	—	—
第 3 回	—	—	—	—	—	—	—	—
第 4 回	—	—	●	—	—	—	—	—
第 5 回	—	—	—	—	—	—	—	—
第 6 回	—	—	—	—	—	—	—	—
第 7 回	—	—	—	—	●	—	—	◎
第 8 回	—	—	◎	—	●	—	—	—
第 9 回	●	●	◎	—	●	—	●	◎
第 10 回	—	—	◎	—	—	—	—	—
第 11 回	—	—	—	—	●	—	—	—
第 12 回	—	—	—	—	—	◎	—	—

註：●表示該回合判斷為指數；◎表示該回合判斷皆對數；
—表示該回合無法判斷為指數或對數

第三節 暖身減低與平衡表現

一、暖身減低與平衡表現的關係

根據我們的研究假設，暖身減低會隨著技能水準越高，而減低的程度越少，本研究以誤差成績作為計算，實驗參與者的暖身平衡成績及暖身減低的秒數已如表 4-2-1 至 4-2-8。以下表 4-7 以技能水準與每回合減低的關係做 Pearson 積差相關，只有實驗參與者 A 的相關係數呈現顯著，但卻非本研究假設的負相關，其他呈現相關的實驗參與者則沒有到達顯著，有可能只是隨機的表現，因此本研究第一個研究假設：「隨著技能水準越好，暖身減低程度會越少。」並無法得到有效證實。

表 4-7

暖身減低與該回合成績（平均）相關情形

參與者	個數	自由度	相關係數	顯著性
A	11	10	0.607	.024*
B	11	10	-0.427	0.084
C	11	10	0.121	0.361
D	11	10	-0.32	0.169
E	11	10	0.104	0.38
F	11	10	0.213	0.265
G	11	10	-0.46	0.077
H	11	10	-0.293	0.191

二、回復次數與曲線型態的關係

經過第二節的檢驗，我們可以得知哪些回合是屬於指數函數。如果該回合是屬於指數函數，則其暖身減低階段即為指數函數曲線的一個部分，因此我們進一步比對這些回合是否在回復次數上有符合指數函數的特徵：如果有比較快的回復速度，我們就可以說暖身減低在回復次數上跟適配結果有所符合。

表 4-8 是指數回合與對數回合暖身減低的次數情形，可以看出指數回合的回復次數平均是 2 次，對數回合的回復次數平均是 0.57 次，呈現對數回合用比較少的練習次數即可在該回合到達峰值；從指數函數回合的回復次數最大值為 4 次，最小值為 0 次，對數函數回合的最大值為 2 次，最小值為 0 次，指數型態回合的回復次數最大值還比對數函數來得多。因此從實驗資料上來看，並沒有如指數函數時所該有的特徵。

表 4-8

指數與對數回合暖身減低次數摘要表

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
指數	10	0	4	2	1.76
對數	7	0	2	0.57	0.78

三、暖身減低階段變化率與整體曲線變化率比較結果

根據研究假設，暖身減低階段的改變率跟整體曲線改變率相比，會比較快的，表 4-9 是實驗參與者暖身減低部分的逐次改變率與整體曲線改變率的比較摘要表，在此暖身減低階段因為是採取其變化的速率，所以將其取絕對值來計算。從表中可以看出暖身減低階段的變化率平均明顯大於整體曲線改變率，而進行 t 檢定得到 $t(8) = 4.48$ ， $p = .003 < .05$ ，兩者有顯著的不同。

表 4-9

暖身減低階段變化率平均與整體曲線改變率摘要表

參與者	逐回曲線暖身減低變化率平均	整體曲線改變率
A	0.91	0.0318
B	1.82	0.0471
C	0.26	0.0604
D	1.33	0.0043
E	0.38	0.0033
F	0.86	0.0105
G	1.68	0.0323
H	0.63	0.0393

第四節 個別與平均的曲線

一、平均後的資料的整體情況

當我們將每個實驗參與者的每一次資料加以平均，得到一個平均後的資料，如圖 4-10，可以看出資料點中，沒有特別跳脫曲線之外的點，從指數函數適配得到 R^2 值為 0.918，對數函數適配得到 $R^2 = 0.909$ ，都是適配得很好的值。

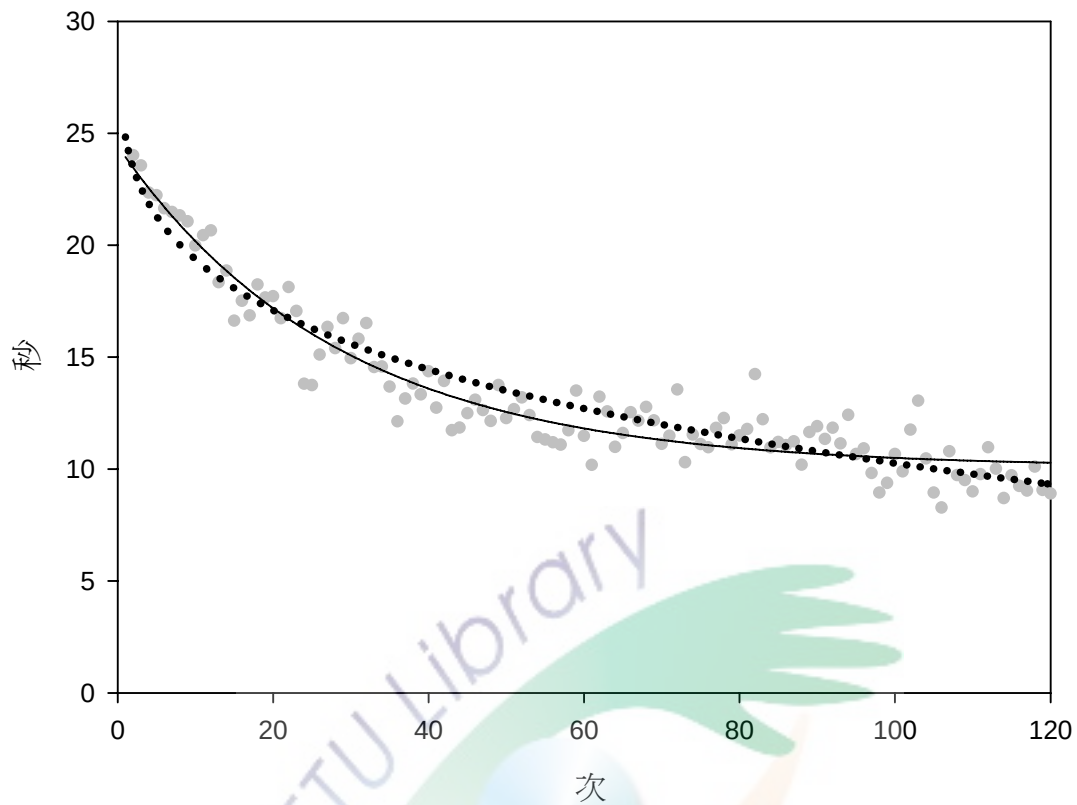


圖 4-10 平均後的練習成績

註：實線為指數函數曲線，虛線為對數函數曲線

另外由表 4-10 可以看出平均後的資料，11 個回合裡面有 10 個回合有暖身減低現象，以需要 1 次就可以到達峰值的次數最高，共有 6 次，其次是需要 2 次到達峰值的有 4 次，另外第十一回合是 0 次，沒有暖身減低現象發生。而暖身減低在這 11 回裡面，平均是 2.12 秒，並無法在各回的暖身減低秒數中，發現比較一致的趨勢變化。

表 4-2610

平均後資料暖身減低情形摘要表

	全回合平均	第一次成績	峰值	差距	次數
第 2 回	17.176	20.65	18.34	-2.31	1
第 3 回	15.307	18.12	13.80	-4.32	2
第 4 回	13.924	16.51	14.55	-1.96	1
第 5 回	12.502	13.92	11.72	-2.20	1
第 6 回	11.977	13.19	12.40	-0.79	1
第 7 回	12.155	13.22	10.98	-2.24	2
第 8 回	11.116	13.54	10.30	-3.24	1
第 9 回	11.143	14.23	10.96	-3.28	2
第 10 回	10.637	11.84	11.13	-0.70	1
第 11 回	10.216	11.75	11.75	0.00	0
第 12 回	9.052	10.96	8.69	-2.27	2

註：^a 差距為練習第一次練習與峰值的平衡秒數差；^b 「次數」為到達峰值的次數

二、平均後資料暖身減低與成績的關係

在個人資料中，並無法發現成績誤差越少而暖身減低情形越少的狀況，表 4-11 是平均後資料的暖身減低秒數與成績的相關性，可以看到如同個人資料一樣呈現負的相關係數，但是並沒有達到顯著性，所以我們也不能推論說暖身減低現象會隨著成績進步而減少。

表 4-11

平均後資料暖身減低秒數與該回合成績（平均）相關情形

	個數	自由度	相關係數	顯著性
平均後	11	10	-3.81	.124

三、平均後資料的曲線適配結果

以平均後的成績作適配，摘要如表 4-12，可以看到成績平均後比起個人資料可以得到比較高的 R^2 值，以指數適配公式， R^2 超過 0.4 的回合有 7 個回合，以對數函數公式適配， R^2 超過 0.4 的有 6 個回合，均比以個人成績來做適配有較多超過 0.4 的 R^2 值出現。

表 4-12

平均後成績指數函數與對數函數適配表

練習回合	$f_{\text{exp}} = B_{\text{exp}} + A_{\text{exp}}e^{-r_{\text{exp}}t}$				$f_{\text{pow}} = B_{\text{pow}} + A_{\text{pow}}t^{-r_{\text{pow}}}$			
	R^2_{exp}	B_{exp}	A_{exp}	γ_{exp}	R^2_{pow}	B_{pow}	A_{pow}	γ_{pow}
第 2 回	0.73	17.38	8.23	0.93	0.59	86.41	-66.61	0.02
第 3 回	0.43	15.32	12.43	1.45	0.15	50.05	-33.26	0.02
第 4 回	0.71	13.30	7.20	0.81	0.57	83.36	-67.60	0.02
第 5 回	0.00	12.61	97.45	26.49	0.00	12.60	0.00	2.25
第 6 回	0.31	11.47	4.98	1.03	0.23	27.55	-14.83	0.04
第 7 回	0.34	11.88	6.51	1.55	0.23	23.14	-10.37	0.04
第 8 回	0.00	11.51	99.66	17.21	0.09	65.17	-53.05	0.01
第 9 回	0.81	11.18	12.01	1.36	0.47	107.81	-94.69	0.01
第 10 回	0.56	9.08	3.59	0.19	0.54	13.30	-1.32	0.45
第 11 回	0.52	9.26	5.03	0.46	0.46	35.98	-23.89	0.05
第 12 回	0.62	9.19	5.93	1.19	0.51	40.48	-29.98	0.02

本研究找出超過 0.4 的 R^2 值，如果指數 R^2 值與對數 R^2 值，相差在 0.1 以內，則進行 R_n 檢查，在進行 R_n 檢查前，可由 R^2 值判定為指數回合的有第 2、3、4、9、12 回合，而第 10、11 回合則進行 R_n 檢查，檢查結果如表 4-13，可以看出第 10、第 11 回的 R_n 指數檢查、 R_n 對數檢查均未達顯著，因此無法判定是屬於何種指數。而 R_n 檢查後，平均後的資料其屬於指數回合有第 2、3、4、9、12 回合，沒有可判斷為對數函數的回合。

表 429-13

平均後資料 R_n 與理論推估值比較

回合		個數	自由度	相關係數	顯著性
第 10 回	R_n 指數檢查	9	8	-.104	.920
	R_n 對數檢查	9	8	-.013	.990
第 11 回	R_n 指數檢查	9	8	1.007	.343
	R_n 對數檢查	9	8	1.484	.176

 $\alpha = .05$

四、暖身減低階段的改變率是否是屬於比較快的

平均後的資料其暖身減低階段改變率平均為 1.03，而將平均後資料整體曲線改變率為 0.035，暖身減低階段的改變率明顯大於整體曲線改變率。

第五章 討論

本研究根據 K. M. Newell, Liu and Mayer-Kress (2001) 所主張的時間刻度角度，企圖來了解暖身減低效應是否符合動力系統所指出的運動系統演進過程。從時間刻度角度上來說，雖然持續的行為改變一直都是定義運動學習的標準，但是系統中短暫的行為變化有時也反映出系統演進的重要特徵，值得加以重視，暖身減低就是這樣的短暫行為變化。本研究以此觀點出發，研究暖身減低效應是否能夠應證理論推估。

第一節 從動力系統架構看暖身減低現象

動力系統理論認為人是宇宙的一部份，人類的運動學習也應該符合宇宙運行的規律，也就是物理力量應該也影響著我們的運動學習行為，所以我們在學習一樣動作技能時，會有一定的物理關係存在，而這樣的關係可以用數學的方式來表達 (Kelso, 1997)。

從動力系統的架構來看技能時，可以用吸引子來比喻我們技能的熟練狀態，而不同的子系統具有不同的吸引子，構成一個景觀的概念，也就是用不同的景觀來比喻我們的技能狀態，其中不同的吸引子會用不同的路徑及不同的速率來到達景觀的谷底，也就是說子系統的熟練狀態是不同速率的，表示著當我們在練習一項技能時，中間所需要動用的子系統如肌肉系統、神經系統等會有不同的進步速率與程度來配合我們的動作，以達到目標行為。當有的子系統已經到達穩定的時候，也就是已經在吸引子附近的時候，可能其他的吸引子還沒到達穩定。

一、減低程度與技能水準的關係

K. M. Newell, Liu and Mayer-Kress (2001) 指出短的時間刻度所表現出的運動學習行為，如暖身減低效應，應該會有著技能水準成績越好則暖身減低的減低情形越少，但在本研究中，僅有一半的實驗參與者暖身減低程度與技能水準呈現負相關的值。但在統計上一樣未達顯著，所以不宜推論為暖身減低降低的程度會與

技能水準有關係，這個負值可能只是一種隨機，即使單純以可以判定為指數回合的練習回合來看此現象時，在統計上一樣呈現同樣的情形，未達到顯著的標準。此結果無法證實K. M. Newell等(2001)對於暖身減低的降低程度會隨著技能水準提升而減少的推測。動力系統中，當以吸引子的概念來比喻技能學習時，應該隨著技能的水準的提升，吸引子越穩固，休息時的干擾雖然讓技能表現離開吸引子，但是因為吸引子穩固，所以即使離開吸引子，其回復的型式也會是指數的型式。但本研究中，實驗參與者的暖身減低降低的時間並沒有證實這點。推測可能的原因為平衡板的平衡是一個全身性的平衡，所需動用到的子系統相當多，每個子系統的回復時間並不一致，呈現在成績上的就是無法在統計上達到顯著水準。

二、回復次數與斜率比較

暖身減低階段根據動力系統的預測，如果動作已經有一個穩定的吸引子了，也就是技能是一個穩定的狀態時，雖然休息造成的干擾會讓表現不同於穩定狀態，但是會快速地回到吸引子，也就是說其回復的型態是屬於指數函數的學習曲線型態(K. M. Newell等, 2001)。當本研究以數學公式適配方法搭配 R_n 檢查法判斷出該實驗參與者的某個回合屬於指數函數時，即表示該學習者該回學習是以一個固定的速率在進步的，雖然開始的階段表現不同於穩定狀況時的表現，但會像指數函數的特性一樣，快速地回到穩定狀態，當比較明確屬於指數函數的回合與明確屬於對數函數的回合時，可以發現屬於指數函數的回合平均花了2次從該回合的第一次練習回到峰值，而屬於對數函數曲線的練習回合則平均花了0.57次的次數，而屬於指數函數的回復次數在最少為0，最多為4，屬於對數函數學習回合的回復次數最少同樣為0，但是最多到達2，反而明確屬於對數的回合的回復次數的平均比明確是指數的回合的平均次數來得少，所以雖然屬於指數函數的回合理論上應該有比較快的回復速度，但單純從該回合幾次到峰值的這個值來看並無法符合，推估可能是「次數」的值對系統並不敏感，無法展現學習曲線的特徵，但並不是一個足以表現學習特徵的值。

比較陳秀惠（2003）以斜率檢查暖身減低效應的結果，本研究將前三分之一（三次）與後三分之二（七次）的成績以適配的方式求得其斜率，整體而言前面三次斜率顯著地大於後七次斜率，統計結果 $t(87) = 7.641$ ， $p = .000$ （雙尾），達顯著水準，和陳秀惠（2003）的研究相符合。也可以說整體而言，以一回合的練習階段來說，符合之前學者對於暖身減低現象的看法（Irion，1948），即是暖身減低現象的減低是需要一些時間來使表現回到穩定的水準，在成績上表現出來的就是該回合的前期表現有比較大的斜率改變。

三、暖身減低階段改變率值與整體曲線改變率比較結果

以時間刻度的觀點來看暖身減低現象，當該回合屬於吸引子附近的狀況，暖身減低現象會以指數狀況回到吸引子，也就是回到穩定的狀況，它的實際逐次改變率比起整體曲線改變率應該會屬於比較快的（K. M. Newell, Liu and Mayer-Kress, 2001），當比較在本研究中的結果，表 4-8 中可以看出暖身減低階段的改變率平均明顯大於整體曲線改變率，而進行 t 檢定得到 $t(8) = 4.48$ ， $p = .003 < .05$ ，兩者有顯著的不同。所以從結果上是證實 K. M. Newell 等文章所指出的暖身減低階段的改變率應該會是屬於比較快的。

而這點其實也符合過去的學者所觀察到的暖身減低現象，Irion（1948）即推測在學習時，暖身減低的原因不只是因為遺忘，而是一些跟學習相關的肌肉、注意力有關係，而休息後的前期，因為練習重新喚醒了對於目標行為的記憶及提升了在休息時候的注意力，所以在暖身減低階段的表現曲線會有急速的提升。在這點上動力系統從時間刻度的角度上指出的跟過去學者觀察到的並無不同，但動力系統架構下的觀點認為那個較快的改變率是學習曲線指數函數的一項特徵，而 Irion（1948）認為是練習喚醒了記憶與注意力，所以會有一個比較快的改變，兩者並無違背。

四、全體資料平均後

全體資料會不會如Heathcote, Brown, & Mewhort (2000) 年指出的，學習曲線會是對數函數曲線的原因是因為使用全體資料的平均數所造成的偽訊呢？在本研究中，全體資料的平均數的學習資料以指數函數公式適配得到 R^2 為0.918，對數函數適配得到 $R^2 = 0.909$ ，都得到很好的適配值，遠比個人成績的適配來得容易看出學習曲線型態。在此也難怪學習的研究常常使用平均的資料來作分析，但另一方面也可說全體資料的平均數的確會造成判斷上的錯誤，造成不合理的推估，並不適合個別學習者的情況。

而在暖身減低現象上是否也會造成誤判呢？首先我們可看到暖身減低的減低程度，即使以平均數的方式來分析，表4-11是平均後資料的暖身減低秒數與成績的相關性，可以看到呈現負的相關係數，但是並沒有達到顯著性，這點和個人資料比較上兩者是有部分類似的，因此暖身減低的程度與成績的關係，以本研究來看，即使成績平均之後仍無影響，推估原因是即使是全體平均後的成績，但其所代表的暖身減低階段仍然是各個子系統有不同的改變率，因此顯示在成績上的就是雖然是負的關係係數，但是因為各子系統有不同的改變率，所以成績上無法讓統計考驗達到顯著效果。

而適配後找出超過0.4的 R^2 值，當指數 R^2 與對數 R^2 值相差在0.1以內，進行 R_n 檢查。而 R_n 檢查後，平均後的資料其屬於指數對數回合有第2、3、4、9、12回合，沒有可判斷為對數函數的回合。這點與個人資料中仍會出現有學習者可判定的學習情形是指數、對數函數參雜的情形有所不同，由此可知當將成績平均後來判斷學習的情形時，資料會是屬於比較容易推估但卻容易與真實的情況偏差而稍有誤導的。但並沒有如Heathcote, Brown, & Mewhort (2000) 年指出的，學習曲線會是對數函數曲線的原因是因為使用全體資料的平均數所造成的偽訊，在本研究中並沒有出現平均後學習曲線傾向於對數函數曲線的情形。平均後的資料，後十一回

合其暖身減低階段改變率的平均為1.03，而將平均後的資料第一回合不計算取其餘的十一回合的成績，適配後得到改變率為0.035，暖身減低階段的改變率明顯大於十一回的改變率。此結果顯示平均後的學習資料同個人資料一樣，符合動力系統對於暖身減低階段的看法，即暖身減低階段的改變率比起整體學習過程的改變率是一個快的改變率的推論。

在這點上為什麼個人資料分析的結果與平均後群體資料的結果會一致的原因，推估可能是因為個人資料在暖身減低階段比起個人的整體資料即有很明顯的較快的改變率，所以平均起來並不會有不同的結果。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

依據上述的結果與討論部分，以及本研究所提出的研究問題與假設，本研究得到如下的結論：

- 一、暖身減低階段的減低秒數並沒有與平衡秒數的增加有顯著的相關。
- 二、暖身減低階段當該回合屬於指數階段時，其改變率是呈現單一穩定的改變率，且在個人資料部分可以看得到指數的回復次數並沒有少於對數階段的回復次數，此結果尚無法支持我們的研究假設。
- 三、暖身減低現象的逐次改變率是明顯大於整體曲線改變率，支持本研究的假設中所說的暖身減低階段的改變率相較於整體曲線改變率是屬於比較快的。
- 四、對平均資料作分析，可以得到比較好的適配值，證實平均後的成績是比較適合分析但容易對個人的情形有過度的推論。而在暖身減低階段部分得到的結果與個人成績相似，也一樣無法找出在統計上顯著的不同，推測可能是學習者的子系統因為都還不是處於穩定的吸引子附近，表現在外的就是有不同的改變率，即使平均之後，此一特性尚未遭到破壞，所以無法在統計考驗上有明顯不同。

第二節 建議

依據本研究的發現，提出以下建議：

- 一、本研究進行每天1回的實驗，共12回，分析每回合的學習曲線仍以無法判斷明確是指數或對數函數型態的回合居多，能明確判斷的回合中指數與對數函數回合數無明顯趨勢，如能增加研究的回合數，也許可以看到更多的回合數在後期是屬於指數函數的型態，如此分析起暖身減低現象會有更多的資料可以參考。
- 二、本研究的測量值是每三十秒實驗參與者能夠在平衡板上平衡的秒數為其技能的表現，用來反應技能的表現可能還不夠敏感，建議之後研究此主題時，可以採用對於技能表現更敏感的測量值，例如平衡板擺動的頻率、幅度、或者用多少時間可以達成在平衡板上平衡一定秒數的任務。
- 三、暖身減低的回復可能有各種不同子系統的因素在其中，用此含多種子系統的全身體動作來作理論驗證可能仍有太多的影響因素，建議可使用較單肢段的動作來作驗證。
- 四、有些技能可能根本沒有暖身減低現象存在，建議可以採用其他新的協調型態的技能學習作為研究技能，如兩手三球這樣的新的協調型態。
- 五、本研究定義該回合練習的第一個點與峰值的差異作為暖身減低現象，建議以後的研究者可以試驗各種不同的值觀察其對暖身減低效應的影響，因為如果該回合為對數函數，技能尚未到達穩定程度，技能表現沒有一個單一的變化率時，應該不能稱之為減低，其實只是一種不規則的改變率跳動而已，建議之後的研究者能夠多試驗不同的方式。

參考文獻

中文文獻

成戎珠 (1994)。動作發展新理論－動力系統理論之介紹。 *中華民國物理治療學會雜誌*，19 (1)，88-98。

陳秀惠 (2003)。運動學習曲線所代表的意義－以跳舞機運動為例。 *臺東師院學報*，14 (1)，229-244。

張春興 (1991)。 *現代心理學*。台北市：東華書局。

外文文獻

Adams, J. A. (1952) Warm-up decrement in performance on the pursuit-rotor. *Amer. J. Psychol.*, 65, 404-414.

Adams, J. A. (1961). The second facet of forgetting: A review of warm-up decrement. *Psychological Bulletin*, 58, 257-273.

Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *J. Mot. Behav.* 3:1 11-50

Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon Press.

Cohen, J., Dunbar, D. K., & MacClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of stroop effect. *Psychological Review*, 97, 332-361.

Chen, H. H. (2002). *Constructing the Theory of Motor Learning Curve-Dynamical System Approach*. Unpublished doctoral dissertation, National Taiwan Normal University.

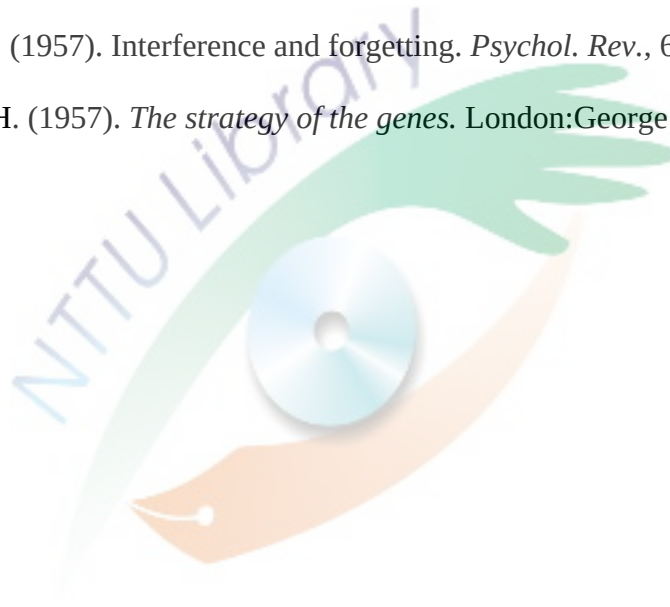
Donders, F. C. (1969). *On the speed of mental processes*. In W. G. Koster (Ed. & Trans.), *Attention and performance II*. Amsterdam: North-Holland. (Original work published in 1868)

- Estes, K. W. (1956). The problem of inference from curves based on group data. *Psychological Bulletin*, 53, 134-140.
- Fowler, C. A., & Turvey, M. T. (1978). Skill acquisition: an event approach with special reference to searching for the optimum of a function of several variables. In *Information Processing in Motor Control and Learning*, ed. G. E., Stelmach, pp. 1-40. New York: Academic. 315 pp.
- Gibson J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Griffith, D. E., Hart, A. W., & Blair, B. G. (1991). *Still another approach to administration: Chaos theory*. *Educational Administration Quarterly*, 27(3), 430-451.
- Heathcote, A., Brown, S., & Mewhort, D. J. K. (2000). The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 185-207.
- Higgins, S. (1991). Motor skill acquisition. *Physical Therapy*, 71(2), 123-139.
- Irion, A. L. (1948). The relation of "set" to retention. *Psychol. Rev.* 55, 336-341.
- Kamm K, Thelen E, Jensen J. L. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Phys Ther*, 70, 763-775.
- Kelso, J. A. S. (1997). *Dynamical pattern--the self-organization of brain and behavior*. Mass: MIT Press.
- Kerr, R. (1980). *Psychomotor learning*. New York: Saunders College Publishing.
- Klapp, S. t. (1996). Reaction time analysis of central motor control. In H.N. Zelaznik (ED), *Advances in motor learning and control* (pp. 13-35). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kling, J. W. (1971). Learning: An introductory survey. In J. W. Kling & L. A. Riggs (Eds.), *Woodworth and Schlosberg's Experimental Psychology* (pp. 551-613). New York: Holt, Rinehart & Winston.

- Kramer, A. F., Strayer, D. L., & Buckley, J. (1990). Development and transfer of automatic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16, 505-522.
- Liu, Y. T., Mayer –Kress, G. & Newell, K. M. (2003). Beyond curve fitting: a dynamical systems account of exponential learning in a discrete timing task. *Journal of Motor Behavior*, 35(2), 197-207.
- Liu, Y. T., Mayer –Kress, G. & Newell, K. M. (2004). Beyond curve fitting to Inferences About Learning. *Journal of Motor Behavior*, 36(2), 233-238.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Magill, R. A. (1998). *Motor learning: Concepts and applications* (5th ed.). Dubuque, IA: Wm. C. Brown
- Mazur, J. E. & Hastie, R. (1978). Learning as a accumulation: A reexamination of the learning curve. *Psychological Bulletin*, 85, 1256-1274.
- Murray J. F. (1982). Measurement for warm up decrement: A review. *Perceptual and Motor Skill*, 55, 253-254.
- Myung, I. J., Kim, C., & Pitt, M. A. (2000). Toward an explanation of the power-law artifact: Insights from response surface analysis. *Memory & Cognition*. 28, 832-840.
- Newell, R. A., & Rosenbloom, P. S. (1981). Mechanism of skill acquisition and the law of practice. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skill and their acquisition* (pp 1-55). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Newell, K. M. (1985). Coordination, control and skill. In D. Goodman, I. Franks, & R. B. Wilberg (Eds.), *Differing perspectives in motor learning, memory, and control* (pp.295-318). Amsterdam: North Holland.

- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. Wade & H. T. A. Whiting(Eds.), *Motor skill acquisition in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341-360). Amsterdam: Martinus Nijhoff.
- Newell, K. M. (1991). Motor Skill Acquisition. *Annual Review Psychology*, 12, 213-237.
- Newell, K. M. & Slifkin, A. B. (1998). The nature of movement variability. In J.P. Piek (Ed). *Motor behavior and human skill: A multidisciplinary approach*(pp. 143-160). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Newell, K. Liu, Y. T. & M., Mayer- Kress, G (2001). Time scale in motor learning and development. *Psychological Review*, 108(1), 57-82.
- Schmidt. R. A., & Nacson, J. (1971). Further tests of the activity-set hypothesis for warm-up decrement. *Journal of Experimental Psychology*, 90, 56-64.
- Schmidt, R. A. 1975. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychol. Rev.* 82:2 25-60
- Schmidt, R. A. (1982). More on motor programs in Human motor behavior: *An introduction*. edited by JAS Kelso. Hillsdale, NJ :Erlbaum, 187 - 217.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavior emphasis*.(2nd). Champaign , IL: Human Kinetics
- Schmidt, R.A. (1991). *Motor learning & performance: from principle to practice*. Champaign, IL : Human Kinetics Publishers.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2004). *Motor control and learning: A behavior emphasis*. (4rd). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shapiro, D.C., Zernicke, R.F., Gregor, R.J., & Diestel, J.D.(1981). Evidence for generalized motor programs using gait patterns analysis. *Journal of Motor Behavior*, 13,33-47.

- Singer, R. N. (1980). *Motor Learning and Human Performance*(3rd ed.). New York: Macmillan Publishing Company
- Sidman, M. (1952). A note on functional relations obtained from group data. *Psychological Bulletin*, 49, 263-269.
- Snoddy, W. H. (1926). Learning and stability: A psychophysical analysis of a case of motor learning with clinical applications. *Journal of Applied Psychology*, 10, 1-36.
- Thelen, E. & Smith, L. B.(1993). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Underwood, B. J. (1957). Interference and forgetting. *Psychol. Rev.*, 64,49-60.
- Waddington, C. H. (1957). *The strategy of the genes*. London:George Unwin & Unwin.



附錄一 參加者須知與同意書

研究題目：暖身減低現象在運動學習上的意義

指導教授：陳秀惠 博士

研究生：莊勝期

研究單位：國立台東大學體育學系碩士班

各位參與本次實驗的同學您好：

首先相當的歡迎您參與本次的研究！在您簽下本同意書之前，請先詳細閱讀以下實驗相關內容，以便於幫助您了解本研究的程序及相關事項，以保障您的權益。

一、研究目的：了解暖身減低對運動學習影響。

二、研究步驟：本實驗的目標動作是在設定的時間內在平衡板上保持平衡，將紀錄維持平衡的時間與動作光點，每次的試作為30 秒，每回進行10 次，進行十二回，並維持每回間固定的休息時間。

三、實驗之實驗結果：關於本實驗參加者的基本資料在未經參加者的同意前不會告知非本研究之相關人員，在發表、出版本研究時不會以可辨識參加者的方式呈現。

四、參加者的權益：研究者有保障參加者之安全與義務，並回答參加者不影響實驗結果之問題。參加者在測試中如有不舒服或改變意願，可隨時退出本實驗，但請務必事先通知實驗者。

五、實驗地點：國立台東大學心理學實驗室。

已了解上述同意書內容，在以下的表格人簽名

參加者簽名：_____ 年 月 日

研究者簽名：_____ 年 月 日