國立台東大學體育學系

碩士論文

指導教授：溫卓謀　先生

自行車滾筒式訓練台練習對騎乘動作協調型態與控制能力影響之研究

研 究 生： 范永奕　　撰

中 華 民 國 九 十 九 年 一 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 范永奕 君

所提之論文 自行車滾筒式訓練台練習對騎乘動作協調型態與控制能力影響之研究

業經本委員會通過合於 ■ 碩士學位論文 □ 博士學位論文 條件

論文學位考試委員會：

林德陰

（學位考試委員會主席）

陳秀惠

溫卓謀

（指導教授）

論文學位考試日期：99年 1月 20日

國立台東大學

NTTU Library

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 體育學系　九十八 學年度第一學期取得　碩 士 學位之論文。

論文名稱：自行車滾筒式訓練台對騎乘動作協調型態與控制能力影響之研究

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：溫卓謀

研 究 生簽名：范永奕

學　　號：9600515

日　　期：中華民國　99　年　1　月　27　日

謝　誌

雖然慢了一點，終於我還是把論文完成了。明天論文送印、裝訂成冊後，碩士班的日子是該告一個段落了。心中的感覺是複雜的，總覺得好像不應該就這樣，對於很多的、很多的問題好像都還一知半解，在求解答的過程中又發現了更多的問題。論文的完成好像僅只是一篇文章，只書寫幾段後劃上的句號，未完待續…..。不過總是一個段落，教學工作與碩士學業上兩頭燒的緊張情況也將獲得舒緩。

寫謝誌，不免俗的要感謝一些人：朋友、老師、父母親等。回想我這二年半的過程要感謝的人還真多，真不知從何寫起？其實我覺得最應該感謝是我有這樣一個機會可以回到學校再進修，體驗了何謂「學習是福」這一句的內涵，也讓我在往後體育課程的教學上有更大發揮的空間。如果，我的人生少了這一段，將失去不少的精彩。溫卓謀與陳秀惠二位老師，在我大學的階段即將結束之前才來到學校，真的沒機會上到你們課，記憶中，好像只上到了溫老師一堂課就畢業了，這是我一直引以為憾的。還好，在碩士班的階段可以跟兩位老師學習，當時的遺憾總算能有所彌補。從基礎理論、方法學到實際研究過程、NASPSPA 的研究發表與論文的完成，若沒有二位老師就沒有這一切。

育誠、阿布、小菩、小古、威寰、仲緯、邦遠、政璋等沒有提到你名字的各位同學、學弟妹們，原諒我沒有在此一一對你們訴說我的感激之意，與各位在實驗室不分日夜的記憶與情誼會伴隨著我一輩子。說實在的，跟各位相比，我僅比各位多了那麼一點幸運，現在才有一份穩定的教職工作。相信我，你們的才華與能量是令我折服的，絕對不會輸給任何一位現職的教師。加油！期望未來大家都能有自己的一片天；還有感念附小的同仁們，尤其是學務處的各位，在我趕論文的這段時間內對我工作上的幫忙與包容。

最後還是要以一段你、妳還有我所熟捻的一段話來當作結尾：雲如何變幻？煙如何消散？風雨如何肆暴？在看似隨機、混亂的現象中竟隱含了驚人的次序….沒錯！是「動力系統」。系統的演進有快、有慢，我也演進到了論文完成的固定點了，我所感謝的各位們，讓我們一起期待下一次足夠的擾動所引起的動力分歧，讓一切更精彩。

范永奕　謹誌

2010.01.28

NTU Library

自行車滾筒式訓練台練習對

騎乘動作協調型態與控制能力影響之研究

研 究 生：范永奕

國立臺東大學　體育學系碩士班

摘　要

本研究主要目的在透過分析自行車滾筒訓練台的學習各階段控制能力、及協調型態改變情形，嘗試著量化與分析多肢段複雜運動的學習過程。方法：以 12 位沒有自行車滾筒式訓練台騎乘經驗之男性(身高：175.8cm；年齡：19.5)，進行 5 天，每天 10 分鐘自行車滾筒式訓練台的練習，1 週後進行 1 分鐘的保留測驗。記錄每一位參加者每一次試作的成功騎乘時間繪製學習曲線;以紅外線高速攝影機，蒐集實驗參加者與自行車每一次練習 3 維的運動學參數、記錄踩踏頻率與以肌電測量儀蒐集下肢肌電訊號。首先，比較 5 天的學習與隔週的保留控制能力的差異情形，接著透過學習曲線的分析，找出動力分歧發生的時間，將整個學習過程劃分為轉移前、分歧、轉移後三個階段。分析三個階段中車架的擺動頻率、幅度的差異與以車架在左、右水平軸的移動軌跡進行自相關分析，找出騎乘的控制模式。再以主成份分析法對參加者全身與自行車運動學參數進行量化，藉以瞭解每一個階段協調型態的改變。最後，透過比較下肢肌電訊號在轉移前與轉移後 2 個階段的差異情形，來瞭解滾筒訓練台練習對下肢踩踏的改變情形。研究結果：1.控制能力的二項指標：穩定操控能力與穩定踩踏能力的進步集中於第 1 天與第 2 天，穩定操控能力有較佳的保留效果;2.控制模式是由學習初期有意識的補償控制至學習後轉變為自動控制；3.自行車滾筒式訓練台學習過程為不連續的學習過程；4.由主成份分析後所得到成份矩陣可反映出騎乘者經練習後動作協調結構轉變的情形，學習過程協調結構產生重組，達到騎乘穩定。5.騎乘者動作中存在二種連動的平衡控制協調結構，且與車架移動軌跡的自相關相呼應，平衡控制協調結構在成份的地位越重要，自相關的型態快速收斂到負相關的值越大。6.學習前雙腳用力不均的差異，在學習後是增加或減少，則因參加者而有不同，顯示踩踏用力情形並不影響騎乘的穩定。

關鍵詞：自行車騎乘、協調型態、控制能力

The effect of riding roller bike trainer on the pattern of riding coordinate and movement control

Yung-Yi Fan

Abstract

The main purpose of study aimed to quantify and analyze the changes of control, steady riding ability and coordinate pattern within different phases of riding on a roller bike trainer as the learning process of multiple-segmental complex movement. **Method**：12 health males without any experience of riding on a roller bike trainer were recruited to learn to ride a bicycle on the roller trainer and practiced ten minutes per day for five days. There was a one minute retention test after a week from the last train trial for each participant. The successful riding time of each participant each trial was recorded to plot learning curves. The three-dimensional coordinates of whole body joints, pedal frequency and EMG data of lower body of participants were collected. First of all, the comparison of control ability between 5 days and retention test was made. Furthermore, dividing the entire learning process into three phases (before, after transformation and bifurcation) was according to the time emerging bifurcation via analyzing the learning curves. The diversity of the frame of swing frequency, amplitude and autocorrelation of the frame in horizontal axis the moving trace in three phases were used to find out the riding control pattern. The change of coordinate pattern in each phase was quantified the kinematics of participants and the bike via Principle Component Analysis (PCA). In the end, comparing the differences in two phases (before and after transformation) from EMG data of lower body of participant was to realize the changes of pedal on a roller bike trainer. **Results**：1. The standards of riding control were mainly improved in the first and second day. 2. Learning to ride the bicycle on roller trainer revealed a discrete progressing process. 3. The control pattern in the beginning was compensate-control with consciousness but transformed to auto-control after learning. 4. The component matrix from PCA reflected the change of coordinate movement structure after learning. The structure of movement coordinate was recombined during the learning process. 5. There were two types of balanced coordinated control movement structure which existed within the riding and reacted with the autocorrelation of the moving trace of the bike frame. 6. The unequal force in pedaling of participants were reduced or increased after learning which demonstrated the force in pedaling was not affected the steady performance of riding.

Key words:cycling, coordinate pattern, movement control

目　　次

中文摘要..... i
內容.....ii
表次.....iii
圖次.....iv

第壹章　緒論.....1
　第一節　問題背景.....1
　第二節　研究重要性.....3
　第三節　研究目的.....4
　第四節　研究問題與假設.....4
　第五節　研究範圍與限制.....5
　第六節　名詞操作性定義.....6
第貳章　理論基礎與文獻探討.....8
　第一節　動作行為與學習基礎理論.....8
　第二節　三角限制、量化動作學習與協調之相關研究.....11
　第三節　自行車騎乘姿勢控制與動作分析.....16
　第四節　肌電訊號.....18
　第五節　文獻總結.....20
第參章　研究方法與步驟.....21
　第一節　研究架構.....21
　第二節　研究對象.....22
　第三節　研究工具.....23
　第四節　場地佈置.....27
　第五節　實驗流程與步驟.....28
　第六節　資料處理分析與統計.....33
第四章　結果與討論.....38
　第一節　自行車滾筒訓練台學習曲線.....38
　第二節　騎乘動作協調型態的轉變.....43
　第三節　騎乘者動作調整機制分析.....65
　第四節　控制能力改變情形分析.....69
　第五節　控制模式.....74
　第五節　肌電訊號分析.....76
　第七節　綜合討論.....90

第五章　結論與建議 94
第一節　結論 94
第二節　建議 95
參考文獻 96
中文部分 96
西文部分： 97
附　錄 101
附錄一　實驗流程說明及注意事項 101
附錄二　各階段大於 1 的特徵值與解釋量 102
附錄三　Broken stick 篩選後之成份矩陣 104
附錄四　成份矩陣圖 136
附錄四　轉移前、後成份分數圖 146
附錄五　學習階段區分圖 154

NTTU Library

表　　次

表 3-1　參加者基本資料表 22
表 3-2　研究假設與統計考驗一覽表 36
表 4-1　滾筒訓練台練習各階段 PCA 解釋量.. 44
表 4-2　轉移前、後階段成份分數相關分析 47
表 4-3　一般學習組踩踏結構轉移趨勢表 60
表 4-4　5 天與保留測驗頭管中心點 Y 軸位移描述統計摘要表 70
表 4-5　5 天與保留測驗頭管中心點 Y 軸位移變異數分析摘要表 70
表 4-6　5 天立即表現測驗與保留測驗平均踩踏頻率描述統計表 71
表 4-7　5 天立即表現與隔週保留測驗踩踏頻率變異情形描述統計摘要表 72
表 4-8　5 天立即表現測驗與保留測驗踩踏頻率變異數分析摘要表 72
表 4-9　轉移前、中、後車架擺動頻率描述統計摘要表 75
表 4-10　轉移前、中、後車架擺動頻率變異數分析摘要表 75
表 4-11　轉移前、中、後車架擺動幅度描述統計摘要表 75
表 4-12　轉移前、中、後車架擺動幅度變異數分析摘要表 76
表 4-13　轉移前後二階段左、右股直肌、股二頭肌 EMG 比值變異數分析摘要表 76
表 4-14 轉移前、後階段與左右腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值單純主要效果描述統計摘要表 79
表 4-15　轉移前、後階段與左右腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值單純主要效果變異數分析摘要表 81
表 4-16　轉移前、後二階段與左、右臀中肌 EMG 變異數分析摘要表 83
表 4-17　轉移前、後階段與左、右臀中肌肌電訊號單純主要效果描述統計摘要表 86
表 4-18　轉移前、後與左、右側臀中肌肌電訊號單純主要效果變異數分析摘要表 87

圖　　次

圖 3-1　研究架構圖 21
圖 3-2　實驗參加者跨下長測量方法 23
圖 3-3　滾筒式訓練台 23
圖 3-4　反光球 24
圖 3-5　MOTION CAPTURE 高速攝影機 24
圖 3-6　校正棒 24
圖 3-7　校正架 24
圖 3-8　硬碟式攝影機 24
圖 3-9　NORAXON TELEMYO 2400T G2 肌電測量儀 25
圖 3-10　CYCLEOPS POWER TAP 26
圖 3-11　場地器材配置圖 27
圖 3-12　滾筒式訓練台操作方式與 POWER TAP 安裝方式示意圖 28
圖 3-13　實驗流程圖 29
圖 3-14　反光球位置圖 30
圖 3-15　電極黏貼位置圖 31
圖 3-16　實驗操作流程圖 32
圖 3-17　三維空間座標示意圖 33
圖 4-1　快速學習組學習曲線圖 39
圖 4-2　一般學習組 N3、N5、N6、N7 學習曲線圖 40
圖 4-3　一般學習組 N8、N10、N11、N12 學習曲線圖 41
圖 4-4　N10 學習過程每三次表現的標準差曲線圖 42
圖 4-5　各成份解釋量圖 45
圖 4-6　各階段整體平均 1～4 成份解釋量統計 45
圖 4-7　快速學習組總解釋量變化圖 46
圖 4-8　一般學習組總解釋量變化圖 46
圖 4-9　快速學習組轉移前（左）、後（右）二階段成份分數圖 48
圖 4-10　一般學習組轉移前（左）、後（右）二階段成份分數圖 48
圖 4-11　參加者 N1 轉移前階段成份矩陣圖 49
圖 4-12　N1 轉移中、後階段成份矩陣圖 50
圖 4-13　N2 三階段成份矩陣圖 51
圖 4-14　N4 三階段成份矩陣圖 52
圖 4-15　N9 轉移前、中階段成份矩陣圖 53
圖 4-16　N9 轉移後階段成份矩陣圖 54
圖 4-17　N3 轉移前階段成份矩陣圖 54
圖 4-18　N3 轉移中、後階段成份矩陣圖 55

圖 4- 19　N7 三階段成份矩陣圖 56
圖 4- 20　N8 三階段成份矩陣圖 57
圖 4- 21　N10 三階段成份矩陣圖 58
圖 4- 22　平衡控制結構..... 61
圖 4- 23　N3 轉移階段第一成份成份矩陣圖與自相關分析圖 62
圖 4- 24　一般學習組轉移前、後階段第二成份分數 64
圖 4- 25　快速學習組轉移前、中、後時間延遲自相關..... 66
圖 4- 26　一般學習組 N3、N6、N7、N8 轉移前、中、後時間延遲自相關 67
圖 4- 27　一般學習組 N10、N11、N12 轉移前、中、後時間延遲自相關 68
圖 4- 28　方向操作能改變趨勢圖 71
圖 4- 29　穩定騎乘能力趨勢圖 73
圖 4- 30　參加者 N3 轉移中階段車架 Y 軸（左、右向）位移軌跡圖。 74

NTTU Library

第壹章　緒論

本章共分為六節：第一節 問題背景；第二節 研究重要性；第三節 研究目的；第四節 研究問題與假設；第五節 研究範圍與限制；第六節 名詞操作性定義

第一節　問題背景

一般而言，運動技能學習是指來自經驗或透過練習造成特定能力表現上的長久性改變。Fitts (1964) 定義運動技能學習為「瞭解技能表現在時間與空間上如何達到高度的組織」。上述是對學習的定義。而人類是如何學會一項新的技能或動作？這是一個存在已久的問題，一直以來都是研究人類動作的科學家們很感興趣的一個問題。學習如何來量化？是什麼改變了而讓人學會一項新的運動技能？早在1926年Snoddy就利用學習鏡描的實驗來探討人類的動作學習並且以學習曲線的方式量化學習。之後許多的對動作技能學的研究與相關理論被提出，特別是認知心裡學中由訊息處理理論的觀點，針對動作學習提出了許多著名的學習理論，對動作學習的研究奠定相當的學理基礎。然而早期受限於科技與科學發展所限制，所以過去動作學習的過程是較不容易被觀察的，使得關於動作技能學習的研究多偏向於結果或表現的量化，且對於全身性複雜動作的學習，這些研究與理論最大問題就是過於抽象。

最早於1970年代由美國加州柏克萊大學的一群數學家開始，用一種以非線性的數學方法探討自然界中非線性的複雜系統的各種現象（人體的動作行為亦屬於非線性的複雜系統之一），由自然界中看似混亂的各種系統中描繪出隱含於其中次序，並透過對外顯行為的分析藉以瞭解系統動力的轉變情形，這個方法即為動力系統理論。對於動作的學習動力系統將之視為各子系統的互動、協調及自我組織後所產生的結果，各子系統包含神經、肌肉、骨骼等個體本身的系統或外在各項因素。

當將動力系統理論的研究範圍延伸至人類動作行為的這一個領域時。研究人體動作的科學家注意到了俄國神經生理學家 Bernstein (1967) 提出的自由度 (degree of freedom) 概念，認為動作學習為「有效的控制身體多餘的自由度」，正與動力系統中系統如何轉變並產生次序的概念符合。自此，動作學習過程中協調型態與自由度改變開始被頻繁的探討與研究。Haken, Kelso和Bunz (1985) 以簡單的手指擺盪的研究（HKB模式）開始一連串的相關研究檢驗了動力系統各項特性，

如動作型態的轉移、吸引子的特性等。同一時期Newell (1986) 於動力系統的架構下提出，在限制之間的交互作用下會決定個體活動的最佳協調與控制，限制若能滿足，動作協調即會形成，這三種限制是為有機體限制（Organismic Constraints）、環境限制（Environmental Constraints）、工作限制（Task Constraints）。至此，在動力系統的概念下透過外顯的行為或子系統間的互動，研究動作學習過程中協調型態的產生是可行的。因此，動力系統研究對動作行為的最大貢獻是提供了方法與概念對於新動作的產生過程做清楚的描述。同時又因科技大幅進步的關係對人體動作的研究也逐漸由單肢段的簡單動作，朝全身性多肢段的複雜運動方向轉變。對於學習的過程中到底是哪裡發生了改變而致於習得如游泳、騎自行車等這些全身性的動作技能？這個問題也開始逐漸有了較明確的解答。

那麼在動力系統的架構下，複雜運動的學習如何量化呢？個體本身各關節、神經、肌肉等自由度如此的龐大，如何將之一一量化。傳統量化學習的學習曲線以動力系統理論進行探討是一個可行的方法（陳秀惠，2003；廖庭儀、劉有德，2003；陳秀惠、劉有德，2007；Chen, 2001；Liu, Mayer, & Newell, 2006），因為複雜運動為一個動力系統，研究系統在時間刻度下的變化，可以瞭解系統行為的演進；至於複雜運動自由度過於龐大如何有效的探討？延續Bernstein (1967)、Newell (1986) 的概念，學習初期僵硬的動作是為了幫助有機體處理大量的自由度，在練習之後肢段間僵硬固定的結構會開始動搖成為特定工作目的下的協調結構，成為僅依賴數個由自由度連動而產生動作。所以透過研究系統維度的變化也可以瞭解系統狀態的演進。在統計學上的因素分析中主成份分析法是用來對龐大的資料進行分類、縮減的方法，可去除高維度資料中重複的訊息，也可將之縮減為最少的模式或結構。這個概念，應用在複雜動作中的運用可以找出動作中所含有連動的自由度，使得人體多肢段複雜的協調結構可以較少的成份動作來進行分析，是一個可行的分析方式（陳秀惠，2005）。

在眾多的運動技能之中自行車一直有相當的獨特性存在。幾乎每一個人都有學習騎自行車的經驗，是一種相當普遍的運動、是一種交通工具，同時也是由第一屆奧林匹克運動會就存在至今的競技項目之一。自行車本身就是一種工作限制，車架、輪徑的大小、曲柄的長度、齒輪比等任何一種排列組合的搭配都會使騎乘者有不同的踩踏方式。騎自行車是多數大眾所熟悉的一項動作技能，但對滾筒式訓練台（圖3-12）的騎乘卻是一項全新的體驗、一個新的動作協調或者現有的騎乘協調結構必須修正。儘管本身已經會騎自行車了，但第一次上滾筒訓練台仍然無法雙腳離地於上面停留，即便是選手若從來未騎過滾筒訓練台也是如此，更別談

騎乘了。在經過幾次的練習後開始可以於其上騎乘但仍然有控制的問題，稍不留神或動作改變即出現跌倒的情形。經過一段時間的練習後，開始可以穩定的騎乘與操控位置，最後，如專業的選手們甚至可以於其上做出單手、放手、加速、衝刺等騎乘動作。練習騎乘滾筒訓練台是自行車選手訓練踩踏動作的穩定以求更高的騎乘效率常用方法之一。一般教練、選手們認為滾筒訓練台的練習可以使雙腳踩踏施力更為的平均以致於騎乘效率的改善。也就是說由無法在上面騎乘到可以穩定的騎乘於其上面，雙腳的施力情形是重要的關鍵。但由不會學到會，再由學會到增加踩踏效率這之間僅僅是這樣單純的雙腳施力更平均所致的改變嗎？或者是其原理是透過工作限制改進騎乘動作整體協調型態，進而達到改善運動表現的目的。這樣一個過程似乎正如Newell (1985)所提協調、控制、技能三階段，也反映出自由度凍結與釋放現象 (Bernstein, 1967) ，因此觀察其學習的過程亦即是觀察協調型態改變的過程。

在過去自行車的研究中多集中於生理學、力學用以增進騎乘成績的表現，而忽略騎乘動作本身是研究動作技能學習與協調型態的產生相當適合的一種全身性的複雜運動、是個體發生動作。Sparrow, Lay 與 O'Dwyer (2007)延續HKB模的概念，由動作學習與協調動力的觀點自行車騎乘進行同相 (in-phase)、反相 (antiphase)及90°相（90°phase）三個相位的踩踏對能量的消耗進行探討，發現同相的踩踏是最經濟的。王甯（2007）也提出除身體素質之外，優秀游泳運動員在空間與時間的調配應有其固定且穩定的協調，並強調四肢協調對於游泳前進速度表現是重要參數之一。所以，良好的協調型態對運動表現是有助益的。

第二節　研究重要性

三角限制的作者Karl M. Newell在多次的場合中不止一次的強調對於「研究全身性複雜運動的重要性」。所以這是當今運動技能學習與動作控制的一個趨勢與必須的方向。不過全身性複雜運動的探討仍有其困難所在：全身肢段這麼多的維度要如何去探討？什麼是重要的？實驗操作上實際執行面的困難等等。再者研究者所選擇的工作項目 (Task)，或者觀察、分析的指標等都直接的影響研究的成功與否。所以在過去動作技能學習或協調型態相關研究仍然多以簡單的單肢段動作技能或系統發生動作如：走路、平衡等進行探討，且多以橫斷性研究法進行之。又因為資料龐大處理難度相對提高，所以實驗參加者的人數多以個案或5～6人進行之，而難以達到統計上的推論效果，而無法對複雜動作進行完整的探討。例如：

相對於隨著時間累積而持續進步這種連續性的學習型態，像游泳、騎單車這種不連續的學習型態在全身性複雜運動中是常見的,卻不容易在實驗中被量化與記錄，尤其是實驗的工作是多肢段複雜運動，所以對於實際運動技能的學習與技能表現的增進也無法提供較直接的助益。

在動力系統的觀點下運動技能學習是指身體動作在各子系統為達成特定目地的自我組織所產生協調結構的轉變。所以欲瞭解複雜動作是如何發生，對研究整個學習過程中，身體各肢段間協調結構與動作型態進行完整探討是不可或缺的重點。自行車滾筒訓練台學習是一個合適的探討項目，其難易度適中，沒有移動範圍的問題，是全身性的複雜運動等。因此，本研究嘗試以較多的樣本（12人）騎乘自行車滾筒訓練台學習，期望藉此反映與自行車學習過程那種不連續的學習型態，再由反應騎乘控制能力的結果變項，搭配學習過程中騎乘控制模式及協調型態變化情形，進行探討與勾勒全身性多肢段複雜系統學習過程整體轉變的全貌。也期望能藉此找出自行車學習的重要關鍵，進而提供實際教學上的參考。

第三節　研究目的

本研究主要之研究目的在透過探討自行車滾筒式訓練台學習過程，藉以瞭解全身性多肢段複雜運動的學習。共分為兩大部分：

一、透過參加者個別化的學習曲線探討學習過程整體學習型態的變化、控制模式與動作協調的改變情形。

二、透過推論統計分析學習過程騎乘控制能力、控制模式改善的情形，以及雙腳踩踏肌電訊號變化情形。

第四節　研究問題與假設

一、 研究問題

（一）個別化分析

1. 自行車滾筒式訓練台學習過程學習曲線型態變化為何？
2. 學習過程中控制模式及動作協調型態變化情形為何？

（二）推論統計

3. 控制能力

(1) 自行車滾筒訓練台學習過程穩定操控的能力進步情形為何？

(2) 自行車滾筒訓練台學習過程穩定踩踏的能力進步情形為何？

4. 控制模式

(1) 自行車滾筒訓練台學習過程車架擺動頻率改變情形為何？

(2) 自行車滾筒訓練台學習過程車架擺動幅度改變情形為何？

5. 自行車滾筒訓練台學習過程雙腳肌電訊號變化情形為何？

二、 研究假設

（一）控制能力

1-1 學習者穩定操控能力在 5 天的學習過程及保留測驗的差異達顯著水準。

1-2 學習者穩定踩踏能力在 5 天的立即表現測驗及保留測驗的差異達顯著水準。

（二）控制模式

2-1 學習過程轉移前、中、後三階段車架單位時間內左、右擺動的頻率達顯著差異。

2-2 學習過程轉移前、中、後三階段車架單位時間內左、右擺動的幅度達顯著差異。

（三）雙腳肌電訊號

3-1 轉移前、後二階段與左、右腳股二頭肌、股直肌肌電訊號比值交互作用達顯著差異。

3-2 轉移前、後二階段與左、右臀中肌電訊號交互作用達顯著差異。

第五節　研究範圍與限制

一、 範圍

三角限制對協調的型態有絕對性的影響，其中有機體限制的部分，參加者不同造成協調的結果可能是個人化的，所以研究結果對教學、訓練之建議可能僅止於較大的原則。

二、 限制

（一）本研究所給予參加者之學習目標為 80rpm 與 150 watts，但卻無法要求參加者準確的執行，僅能要求參加者在騎乘過程中透過及時的回饋，在學習初期往目標趨近，學習過程中、後段儘量維持在目標踩踏頻率與功率。

（二）因為參加者 N5、N6 參加者在資料蒐集的過程中發生反光點脫落的情形，且未即時發現，造成轉移前資料缺損無法進行主成份分析。所以僅有 10 位參加者的資料進行主成份分析；在控制模式自相關部分，參加者 N5 轉移前

檔案在處理過程遺損，所以無法進行自相關考驗。

（三）本研究中對於成份矩陣的分析，目前尚缺乏更客觀之方法或工具，所以僅能由研究者透過 Matlab 軟體編寫程式，進行模擬成份動作做出判斷。

（四）參加者所騎乘之自行車設定依其身材循標準原則設定，確定後即不再進行更動，以避免對實驗結果造成影響。所以其設定可能並非參加者最佳的騎乘設定。

第六節　名詞操作性定義

一、 協調型態

Bernstein（1967）指出，協調就是控制多餘自由度的過程。Kugler, Kelso 與 Turvey (1980) 認為協調是包含多重的空間與時間刻度的複雜關係。Newell (1985) 將協調、控制、技能分為三個層次，認為協調是指身體肢段在特定時間、空間下的組合。從事相關運動或外顯行為可辨別其動作形式，就可以說達到協調，有協調還不代表動作執行能力好，只表示已經具有協調的型態在裡面（王甯，2007）。Turvey (1990) 將協調定義為身體肢段在特定時間時必須出現在相對環境中的位置，是最基礎的動作型態。

本研究以主成份分析所獲取的成份分數、成份矩陣內容表示之，並比較學習前後的變化找出生手學習滾筒訓練台踩踏的過程動作型態的轉變情形；以 MR-XP 1.07 Master Application Protocols 軟體分析所擷取之肌電訊號，找出各左、右腳股直肌與股二頭肌（互為拮抗與作用肌）的肌電訊號標準化後，求得作用肌與拮抗肌相除的比值用以反應動作者肌肉協調情形。

二、 控制能力

身體在環境當中所從事的工作任務，控制身體姿勢的定位，被定義為身體在工作任務中，身體各個部份能夠維持在適當的關係中，包含在空間中控制身體的定位和身體的穩定度。本研究操作型定義指騎乘者自行車穩定操控能力與踩踏穩定的程度。方法如下：

（一）穩定操控能力：以 5 天及保留測驗每天第一次試作車架頭管光點位置在 Y 軸之位移的標準差變化量化之，藉以瞭解該點變異的情形，標準差越大代表操控的穩定性越差，藉以反應映騎乘者穩定操控能力。

（二）踩踏穩定能力：以 5 天及保留測驗每一次試作動作者騎乘的踩踏頻率標準差量化之，標準差越大代表踩踏穩定能力越差。

三、 整體學習型態

以記錄每一位實驗參加者由第一次練習開始至可以連續 5 次完成 2 分鐘騎乘的這段過程中，每一次雙腳離地至落地的次數與時間。以次數為橫座標軸，該次騎乘時間為縱座標，製作個別學習曲線表示之。並依循動力系統理論將學習過程區分為轉移前、中、後三階段。

四、 控制模式

（一）以車架頭管光點在三維空間 Y 軸（左、右向）的擺動頻率及幅度量化之。

（二）將車架頭管光點在三維空間中 Y（左、右向）軸擺動的軌跡進行自相關分析，藉由比較光點自身前後的關係反映動作者的控制模式。

NTTU Library

第貳章　理論基礎與文獻探討

本章乃在針對基礎理論及過去相關研究做歸納整理，共分為六節：第一節 動作行為與學習基礎理論；第二節 三角限制、量化動作學習與協調之相關研究；第三節 自行車騎乘姿勢控制與動作分析；第四節 肌電訊號，第五節 文獻總結。

第一節　動作行為與學習基礎理論

一、動作學習概念

運動技能學習是指來自經驗或透過練習造成特定能力表現上的長久性改變，Fitts (1964) 定義運動技能學為「瞭解技能表現在時間與空間上如何達到高度的組織」。Bernstein (1967) 則認為運動技能的學習與人體自由度的控制有密切的關係。Kerr (1982) 將運動技能的學習區分為「系統發生動作」與「個體發生動作」兩大類。系統發生動作所指的為一般正常人隨系統發展而學會的動作，如伸手取物、走路、跳躍等。而個體發生動作則為個體需加以訓練才能學會的技能，如騎自行車、籃球上籃與直排輪等；綜合以上所述運動學習是指身體動作在達成特定目的工作時精確度和熟練度上的增進。

二、動力系統理論下的技能學習

以動力系統的觀點來看，技能的學習是從一種不會的穩定的狀態到另一個會的穩定狀態的過程，是對現存的協調結構的修正。也是固有動力往工作動力修正的過程，且兩者之間的關係是非線性的關係。Newell, Liu & Mayer（2001）將學習以學習景觀來加以譬喻，學習景觀如地形等高圖一般，有高低起伏，隨著學習的進行景觀也不斷的再在改變。個體的偏好也就是較穩定較常出現的行為即固有動力，就如一顆球停留在景觀中較低的位置，越低的點代表越穩定的動作型態，隨著動作的發展，景觀隨著改變，原本凹陷的位置可能變得較為平緩，因此球變得較不穩定較容易離開原來的位置，到另一個穩定的位置即目標動力的方向移動。換言之，在學習的過程中隨著動作的發展，新動作因為舊動作變得不穩定而產生。學習是一種在現有協調基礎下形成新型態的過程，所有的學習皆來自於對現有的結構做修正（陳秀惠，2005），隨著學習的過程，整個景觀 (landscap) 會不斷的轉換。

（一）練習

練習會導致整個協調系統的型態產生變化，同時使這個變化呈現出來。經過練習，原先的協調對稱型態會被打破，新的型態隨之產生。以學騎腳踏車為例，身體的重心總是朝著地心引力的方向（重力）去，必須等到改變這樣的習慣（協調結構），會將重心往反方向作平衡後，才能順利的上路。經充分練習後，不穩定的協調型態會被轉換，而原先穩定的會繼續保持或更為穩定 (Kelso, 1995)。

（二）保留

學習既然為恆久性的行為改變，也就代表著所練習新動作的進步可以留存於個體一段時間；所以可以將練習學會的運動技能在一段時間不再練習後繼續留存下來就稱為保留。以動力系統來解釋，已達穩定的技能會有較深較陡的景觀，所以久未練習的技能很快的就能回到景觀底部的附近。

（三）遷移

動作技能遷移在動力系統的架構下可視為，欲學習新動作的動力與學習者本身固有的動力合作或競爭的結果，當固有動力與工作動力相近或一致時，新的動作或協調就比較容易產生，也就是動力系統理論中所謂的合作現象。反之，當兩者不一致時，競爭的現象也因之而發生。兩個動作動力一致時容易產生正向的遷移，動力互相競爭時則容易產生負向的遷移。Zaone & Kelso (1997) 延續之前的 HKB 模式以兩手食指的擺動，來探討學習與遷移。在這個實驗中他們將參加者分成兩組分別操作學習兩手食指的相位差 90 度和 270 度的技能，然後於過程檢驗實際表現與目標的差距。結果發現於練習前表現最穩定的位置是 180 度與 306 度，經過練習後 90 度這一組的誤差逐漸縮小，但原先較穩定的 180 度這一個位置差距卻變大，沒有練習過的 270 度的這個位置的差距也隨之縮小。另一組學習 270 度的也發現同樣的情形，270 度差距縮小，原先穩定的 180 度差距變大，90 度差距變小。此一實驗結果為動作技能的遷移提出具體的解釋。

三、協調型態的產生

（一）人體運動的自由度

神經生理學家 Bernstein (1896-1966) 提出關於人體自由度的問題，探討人體動作的協調結構，指出動作者在從事新的動作時，會凍結身體多

餘的自由度。因為個體為達成目標動作的要求，必須掌握的是千百條肌肉的收縮、放鬆與各骨骼關節於其能轉動的軸向活動等相當複雜且龐大的變數。透過將自由度凍結降低至較容易掌控身體的動作，透過學習後再慢慢釋放各個關節，將自由度增加而可以控制，因此 Bernstein (1967) 認為「運動中身體的控制，是要能管理多餘的自由度」，而且建立各元素之間的關係是降低自由度的方法之一。

（二）協調、控制與技能

人是個自由度相當龐大的組合體，而中樞神經沒有可能逐項控制肌肉、關節與可能的動作型態，因此個體會將動作自由度壓縮到最小、最容易控制的單位，即稱為協調結構（成戎珠，1994）。個體是如何達到降低自由度？使原本各自獨立的元素在同一條關係函數上，就能轉換成協調結構的型態並達到降低自由度的效果（陳秀惠，2005）。建立元素間的關係即能降低自由度形成協調結構。Kugler, Kelso and Turvey 於 1980 年透過數學函式說明協調、控制與技能三者之間關係 (Newell，1985)：

1. 協調

協調是一個將各種變數 (A, B, C, ... X, Y, Z) 限制在一定範圍並且賦予變數間關係的函數形式，可以用 f (A, B, C, .. X, Y, Z) 的函數意義來表示協調的意義。

2. 控制

在既有協調結構上確定方向、速度、力量等控制參數，可用 f (Ai, Bj, Ck….Xr, Ys, Zt) 函數形式來表示控制的意義。

3. 技能

技能就是 f (Ai, Bj, Ck……. Xr, Ys, Zt)之間各個變數與參數值的關係達到最佳化，以符合該技能項目的最理想型態，達到最有效率的作功。

四、三角限制

Newell（1986）於動力系統的架構下提出，個體動作在三種限制之間的交互作用下會決定最佳的協調與控制，限制若能滿足，協調即會浮現，而這三種限制是為有機體限制（Organismic Constraints）、環境限制（Environmental Constraints）、工作限制（Task Constraints），三種限制的內容敘述如下（Newell，1986）：

（一）有機體限制

個體的身高、體重、經驗、反應等個項因素，亦即個體本身生理與心理的各項狀態限制，可分為「結構性限制」與「功能性限制」，個體的身高、體重在發展上有一定的順序與規則，且改變的速度十分緩慢，需要相當冗長的時間才能完成，因此身高、體重被假定為個體在協調發展上的「結構性限制」，相反地，神經突觸間的連結是協調發展最根本的元素，因此個體的反應、經驗等被視為「功能性限制」。

（二）環境限制

環境限制一般被認為是在生物體以外環境屬性所附加的限制。在有機體和環境交互作用下非有機體內部的任何限制都可以被視為環境限制，例如：個體的重力、實際比賽情境中氣溫、風向、光線等。

（三）工作限制

工作限制所界定範圍為動作完成所需符合的特定目標、規則以及所使用的工具；本實驗工作限制為自行車滾筒訓練台。

五、小結

在動力系統理論架構下動作技能的學習是整個景觀不斷改變的歷程。動作協調是各子系統互動的結果，各系統間並沒有主從的關係，是在同時符合環境、工作、有機體三個子系統限制下出現的行為（Newell, 1986）。三者之中任一個有些許的改變都會對協調形成有很大的影響（動力系統對初始條件的敏感度）。因此，藉由工作限制來促進動作協調的形成，或是藉由工作限制的介入使其技能表現獲得改善，是相當可行的。如自行車滾筒式訓練台的訓練，此一部份也為本研究欲探討的重點之一。

第二節　三角限制、量化動作學習與協調之相關研究

一、 三角限制相關研究

Brown & Jensen (2006) 以成年人、青少年、幼童各七人探討肢體質量和轉動慣量對自行車踩踏影響的研究中發現，當將幼童、青少年大腿與小腿重量的比例調整成與成人一樣時，幼童、青少年的踩踏力量結構型態就變得與成人相當接近。證明小孩與成人踩踏力量結構不同是來自於結構性的有機體限制，而非中樞神經發展的影響。同時肢體的質量與轉動慣量皆與重力有關，所以也可視為環境限制所造成的差異。

Kamm, Thelen & Jensen (1990) 對於初生嬰兒學步動作做了一系列的研究，他們首先記錄嬰兒 2-6 週身體生長的變化，發現這時期嬰兒的體重增加的比例較身高快許多。然後分別在腿上綁上重物和沒有綁重物的嬰兒出現步行動作的次數，結果後者步行較多。然後又將嬰兒放進水中藉著水的浮力減少嬰兒腿部的負擔，在跟沒有放進水中的比較出現步行動作的次數，結果發現腿部負擔小的嬰兒出現較多的步行動作（成戎珠，1994）。實驗的結果證明了嬰兒學步的動作並非早期所認為的反射動作，符合動力系統理論中次系統限制（有機體限制）產生行為的觀點。

林耀豐（2002）以不同技能水準三組及 9 種球拍型態的工作限制探討網球正手拍擊球，研究結果指出，不同技能水準與不同工作限制，對網球正手擊球之技能表現結果與品質，有一定程度的影響，且各動作成分之間的發展並非同步。

李梅華（2004）以嬰幼兒運動發展的理論為基礎，選擇抓握動作為特定項目，以 10 名嬰幼兒為對象，從 9 週至 37 週，每兩週一次，以不同質地、大小的球體，觀察嬰幼兒在不同工作限制下其抓握動作的發展；以影片拍攝的方式收集資料。結果顯示，嬰幼兒在 9 週大時由於視覺、動作能力尚未成熟，未能產生自主性的手部動作，至 17 週時由於視覺敏銳度及身體姿勢控制能力的提昇，可觀察到嬰幼兒產生自主性的手部粗略動作。透過一段時間的探索，嬰幼兒在 37 週大時，可以應用控制觸覺及視覺訊息，完成更順暢、適當的抓握動作。從不同工作限制(質地、大小)的結果比較發現，嬰幼兒抓握動作的發展，除了受年齡的因素影響外，工作限制也是影響嬰幼兒抓握動作產生的重要因素。

Liu (1997) 藉由真實比賽情境使用之籃球與飛鏢的投擲技能，控制其不同的距離及條件，以探討不同工作限制對投擲技能的影響情形。結果發現不同的投擲距離與條件，會影響投擲的技能型式與穩定性。

在國內自行車相關研究，多集中於生理學與機械工程領域。Fan (2009) 以不同踩踏頻率為工作限制，對自行車坐姿騎乘的踩踏動作進行分析探討。研究以紅外線高速攝影機及動作擷取系統蒐集騎乘時的運動學資料，再以主成份分析（PCA）進行分析結果發現，不同的踩踏頻率會以不一樣的協調型態完成，且有個別的差異。顯示不同的工作限制會對動作協調型態造成相當的影響。

二、 主成份分析（principal component analysis, PCA）相關研究

在統計學上是將變異情形類似的變項分類，使能夠只以少數的成份就可以代表許許多多彼此有關的變項之結構，是一件經濟有效的工具（林清山1986）。人體肢段的活動受到身體自然結構的限制而存在著關聯性，動作學習的目的，就在於使眾多的自由度得以組織進而達到協調，Bernstein（1967）提出動作協調就是控制多餘的自由度，其中之一的方法就是建立元素間的關係（陳秀惠，2005）。因此，無論是人體天生的結構或是後天的學習都會賦予或改變動作中的協調結構。基於此論，動作行為的研究似乎能夠利用 PCA 來進行資料的縮減。在主成份分析中有兩種分析法，一種為 Covariance matrix（共變數矩陣，COV） 另一種是 Correlation matrix（相關矩陣，CORR），兩者關係是後者是前者各變項的變異量再除以其標準差。兩者所得的結果有所不同，共變數矩陣最主要的變異會來自動作位移較大的肢段，而相關矩陣因標準化的關係，移動較小的肢段則有機會被歸類到主要的變異來源。

Haken (1996) 以主成份分析踩板車 (pedalo) 操作動作的全身性動作型態，並且指出如果經過充分的練習後，該項動作協調與控制的維度將會縮減至一個成份。Daffertshofer, Lamoth, Meijer 與 Beek (2004) 在 PCA 研究協調和變異的研究中，以個案的方式分析原地跑步機上步行的運動學和肌電圖 (EMG) 訊號，並認為主份分析是可行的檢驗方式用以運動學參數與肌電訊號 (EMG) 資料的分析，從中找出少數具有代表性的協調型態，作為深入分析的起點。

Hong 與 Newell (2006) 以主成份分析五 5 位參加者學習使用滑雪模擬機過程中下肢左、右邊髖、膝、踝共 18 維的運動學參數。結果練習前、後前三成份平均總解釋量由 90.2%增加至 94.6%。參加者個別的前三成份總解釋量也是增加，但在前兩個成份個別解釋量在練習前、後增加或減少則有個別差異存在。

Chen, Liu, Mayer-Kress, 與 Newell (2005)以 4 名（1 位女性、3 位男性）平均年齡 21 歲的成年人進行踩板車的實驗，7 天共進行 350 次的試作。以 2 台紅外線高速攝影機，採樣頻率為 60Hz，蒐集參加者全身 13 個位置與踩板車兩邊前端 2 點，共 15 個位置（45 維）的運動學參數。接著透過型態的差異、動作時間的學習曲線進行試配與以運動學參數進行主成份分析，探討多生物自由度協調工作的學習函數與動作協調。其中主成份分析的結果顯示學習初期有 5 至 6 個大於 1 的特徵值總解釋變異量為 93.5%，學習後有 4 至 5

個大於 1 的特徵值總解釋變異量增加為 94.5%。第一成份平均解釋量增加：由 54.2%增加至 60.1%，但個別第一成份解釋量學習前後有 2 位參加者增加 2 位減少，並無一定的趨勢，第二成份也具相同的現象。

陳秀惠（2005）收集 1 位參加者踩板車試作全身 15 個肢段的三維座標資料進行主成份析（PCA），以檢驗主成份分析法來簡化全身行協調眾多維度資料之可行性。結果經過主成份的分析原本 45 維的變項簡化成三至五個，第一與第二成份所代表的都較初學時增加，解釋量達 90%，而在學習前後，成份間會有解釋量重新分配的情形；實驗結果指出自由度的調控似乎是由凍結到釋放的過程，且認為主成份分析法對於複雜肢段協調的量化應該是一個可行的分析工具。

陳秀惠與劉有德（2007）以 4 名實驗參加者，平均年齡 19 歲，平均身高 171 公分，學習兩手丟三球技能，每回合練習的時間為 30 分鐘，每位參加者至少練習 16 回合，每回合練習中有動作資料擷取的試作與練習的試作。記錄過程中的接球數和以 4 台高速攝影機蒐集兩肩、肘、腕、髖關節運動學資料，擷取頻率為 120Hz。經過學習，代表動作協調的成份數由 3 個增加到 4 至 5 個，主要成份的解釋量也有顯著的變化。從主成份分析的結果中可看出動作協調的自由度隨著技能的熟練而增加。由標記點變項和各成份的關係發現球與各成份的係數值隨著練習有逐漸分散的現象，同時與手和肢段標記點變項的分屬不同成分。代表經過練習，球的拋接有較明顯的時間結構，且肢段間的協調型態由受球控制，轉變成較小幅度且獨立穩定型態。隨著技能的純熟，自由度出現由凍結至釋放的過程 (Bernstein, 1967)。

Chen 與 Daffertshofer (2009) 以 2 男 2 女，共 4 人為實驗參加者，以紅外線高速攝影機 2 台，擷取頻率 120Hz，記錄踩板車學習過程及之後上坡或下坡的遷移測驗全身運動學參數，以主成份分析進行分析，並且使用相關矩陣進行，結果在學習與保留三種情況下特徵值大於 1 的成份都是 8 個，且解釋量也並無太大的差別。透過成份分數與成份矩陣顯示第一成份的成份動作為描述踩板車動作的基本型態，第二成份反應學習過程動作協調型態的改變，且成份分數有效值 (effective value) 的變化與動作時間進行相關考驗後呈現四位參加者中有三位呈現 .80 以上的高相關。

戴遠成與劉有德（2007）以平衡板的學習過程探討工作限制對動作協調型態產生所造成的差異。將參加者在二種不同限制下學習過程前、中、後測的運動學參數進行主成份分析後發現在解釋量、與每一成份中所包含上下半

身肢段的數目都有所不同。戴遠成（2008）以 Bernstein (1967) 所提出自由度的問題當成其探討的出發點，用 8 位大學女生作為實驗參加者。在練習的時段要求參加者雙手握持橫木桿站立於動態平衡台，並且盡量維持水平的姿勢。每天 20 次試作練習，每次試作 30 秒，共計 6 天 (120 次試作) 的練習。以 4 部高速攝影機以 60Hz 取樣速度，擷取全身肢段 17 個點的三維座標運動學參數。採用主成份分析進行分析。研究結果中缺乏充分的證據可以支持 Bernstein (1967) 所提及的凍結與釋放自由度假說。人體全身多肢段中眾多機械自由度會以自我組織的方式，縮減成少數幾個動態自由度來獲得解決。運動學習過程中，練習不但會改變全身多肢段可控制的維度的數量，而且還會導致其相關變數解釋量的轉變。最後此研究發現顯示，複雜的運動行為其機械自由度的招募與壓縮會深受工作、個體與環境多重限制的交互作用影響，同樣地動態自由度的時間空間組織也會因這些限制而改變。

三、 學習曲線相關研究

學習曲線是最早用來說明經練習動作改變過程的一種方式。方法為先找到一個觀察變項，然後將它隨著時間序列變化一一的記錄下來，繪製成為一條曲線，以這一條曲線代表運動學習的過程和變化，透過以數學函數對曲線進行試配來解釋運動學習。在過去觀察的變項多以平均的結果表現為主，所以無法反映學習的情形，這樣的分析方式無法由其中得到比較有意義的訊息。由於動力系統理論的發展，對於學習曲線的分析開始有不同於以往的方法與結果。

Chen (2001)以踩板車和虛擬排球兩個實驗以動力系統理論為基礎建構運動學習曲線的理論與分析方法，對運動學習過程中動力系統所提的現象，如何由學習曲線量化之，提出了說明。廖庭儀與劉有德（2003）以不同初始速度觀察學習者進行搖搖球運動的學習表現。並根據動力系統理論將學習過程區分為轉移前、中、後三階段。結果顯示，轉移前以對數和指數函數適配並無差異，轉移後以指數函數適配較為合適。與動力系統理論的預測符合，顯示轉移後動作型態較穩定（接近吸引子），並且在轉移中觀察到擴大變異的現象，支持動力系統中狀態轉移時的分歧現象。Liu, Mayer, 與 Newell (2006) 以搖搖球透過學習曲線更深入的探討學習過程質與量的轉變，型態轉變時分歧、與吸引子的行為。

陳秀惠與劉有德（2007）以指數函數和對數函數就二手丟三球學習過程接球數曲線和時間結構曲線進行適配，並且對動作協調子系統進行主成份分

析。整體的接球數曲線呈現對數函數行為；而分段結果曲線中，發現的指數函數與技能表現具有一致性，動作協調也隨著練習出現結構上的改變，證實了整體結果曲線，會因子系統的互動及演進而呈現對數函數的行為。說明了複雜系統的學習曲線能反映子系統間的互動和演進的過程。

四、小結

上述研究於三角限制部分實驗對象、技能、實驗的操作及目的皆不盡相同，但卻都得到一個相當一致的概念性的結果：動作技能的學習與發展是三個限制交互作用下的結果。運動學參數與肌電訊號(EMG)與主成份分析(PCA)處理後，成份分數與成份係數可分別反映出動作型態與協調情形，成份數則可對自由度的凍結與釋放進行觀察。自由度變化的情形則與Bernstein (1967)所提出的三階段模式不盡相同，自由度的調控並非單向途徑變化。於本實驗中參加者學習過程自由度的變化情形為何？是為本實驗觀察的重點之一。

陳秀惠（2009）指出若研究的目的在探討肢段間的關係，可考慮採用相關矩陣，而協調最基本的意義就是指肢段間的關係。所以若欲瞭解一個動作的協調型態或學習過程協調型態的轉變，應該是以相關矩陣進行主成份分析，這樣動作幅度小的部位才能被涵蓋到主要成份。

要透過學習曲線得到比較真確有意義的訊息，個別學習者且逐次的曲線是比較好的選擇。而將整體的學習按照練習的階段分開來分析，可避免不同時間刻度累積造成的函數誤判現象（陳秀惠、劉有德，2007）。

第三節　自行車騎乘姿勢控制與動作分析

一、 姿勢控制基本概念

當個體的重心受到外力干擾或在動作執行時干擾重心，但是身體仍然能繼續維持重心在支持底面積上，保持身體的穩定度，使得身體維持直立，不會發生跌倒的能力，稱之為姿勢控制。Shumway 與 Horak (1986) 提出感覺策略概念來解釋人體維持平衡控制，並且認為個體在感覺情境改變時，會以快速地判別感覺回饋的正確性，而選擇最有效的感覺訊息以維持平衡的決策過程（戴遠成，2008）。當人體執行運動控制時，必需仰賴許多的感覺器官來獲得有效的訊息並且作為調節動作重要的依據。訊息來源包含：視覺 (vision)、本體感覺 (som atosense) 與前庭覺 (vestibule) 等 (Shumway, & Horak, 1986; Winter, 1995；戴遠成，2008) 感覺系統的輸入，而實際控制的部分則神經系統（Neuromusclar system）與肌肉骨骼系統（Musculoskeletal system）兩大部分執行。其中肌肉骨骼系統，是維持平衡控制次重要的一個系統。生態系統

（Ecological system）雖未直接參與調控，但對結果仍有相當影響。

一、 自行車騎乘時身體姿勢

自行車與騎乘者，主要的接觸位置為把手、坐墊以及腳踏。把手位置主要是與人體手臂的支撐力與反作用力有關，而坐墊支撐臀部所承受身體的重量，踏板則影響人體下肢有效踩踏踏板力量的輸出。由把手、坐墊與踏板這三處位置的相互關係來看，坐墊處與把手處的相對位置直接影響軀幹關節的角度範圍、上肢與軀幹的角度範圍以及上半身重心位置。而坐墊處與腳踏板處的相對位置則直接影響膝關節的角度範圍，以及小腿與大腿的活動範圍。因此，身體各關節在騎乘自行車的運動狀態中，於合適的角度範圍中操作才能獲得最適合的操作姿勢，進而發揮最大的輸出功能。在自行車運動中，軀幹的操作姿勢與其他身體部位的活動有著密切的關係。Brown 與 Jensen (2006) 量測騎乘自行車時人體上半身的肌電壓，發現下肢在踩踏腳踏時，下肢肌肉活動會隨著上半身方位的變化而改變；Marras, Davis, 與 Granata (1998) 以量測肌電壓之實驗，證明人體軀幹彎曲與旋轉，會增加脊椎附近肌肉的活動量。由上面可以推論得知，騎乘自行車時，人體軀幹的操作姿勢與下肢運動效能是相關的。Fan (2009) 分析五位專家選手在不同踩踏頻率下（100、110、120、130、Max RPM）動作型態的差異。結果證明，在不同踩踏頻率的騎乘狀態下，身體的協調型態亦有所不同。

二、 相關研究

在感覺系統部分 Barela, Jeka, 與 Clark (1999) ; Lackner, Rabin, 與 Dizio (2001) 進行觸覺識別力 (tactile sensibility) 對姿勢控制的影響研究，結果發現探索過程中，觸覺也是可以成為調節姿勢控制的重要知覺訊息來源；生態系統部分 Nashner (1976) 利用平衡測試儀，分別為年輕人和老年人做橫向和旋轉兩個方向來測試他們對於姿勢適應的能力。實驗結果發現，老年人在一開始上去旋轉平衡測試儀時，發生快跌倒的次數和使用較多腓腸肌收縮的情形比年輕人多。但反覆幾次後，使用腓腸肌收縮的次數也和年輕人差不多了，由此可見年輕人和老年人姿勢適應的能力是相當的。因此，只要反覆的訓練和練習，是可以增進老年人控制平衡的能力的。Gautier, Thouvarecq, 與 Larue (2008) 以測力板和高速攝影機量測體操選手和非體操選手於平衡情境改變時身體的控制情形，發現體操選手在平衡被破壞時會使用膝關節來穩定姿勢，迅速蹲低減少重心及關節角度的改變，而非體操選手無法迅速的反應，且是以髖關節（先後仰再拉回）來維持動作穩定。

嚴雅婷與劉有德（2007）以 10 位，平均年齡 21.6 ± 0.9 歲的女性練習動態平衡板，並在練習的過程中要求實驗參加者進行接球的動作。結果顯示在

練習動態平衡板的過程中，隨著練習的增加，平衡板的擺動振幅顯著減少且擺動頻率顯著加快，表示參與者對平衡板的擺動更具敏感性。當平衡板稍微偏離水平狀態時，就可偵測到失去平衡的狀況，對擺動的反應亦較迅速，因此可在平衡板失去平衡時很快地產生反應。擺動頻率在各情境間並無顯著差異，但在擺動振幅的部分，在反映出參與者在增加單手接球的工作時，由於接球的動作增加了平衡板上下擺動的幅度。但增加接球工作，並不影響參與者可快速反應平衡板失去平衡的表現。

三、 小結

姿勢控制的方式會因動作者的技能水準不同而有所不同，姿勢控制的能力會因訓練而有所改善。且當進行操作器械性的平衡時，擺動的頻率和震幅可以反映出動作者的技能水準。回顧過去研究多針對較簡單的系統發生能力探討，所以本研究嘗試以屬於個體發生的運動項目，進行不同平衡情境姿勢控制進行探討。

自行車運動主要動作肢段與動力的來源為下肢，上身的動作、角度對騎乘的控制與下肢的踩踏有相當影響，且騎乘的動作型態在不同的限制下也有所不同。顯示自行車騎乘是全身性的協調，是複雜的運動系統。

第四節　肌電訊號

一、 基本概念

經由運動神經傳遞來產生動作電位，依其神經衝動頻率的改變對運動單位(motor unit) 徵召程度之不同，而會有所謂肌肉力量、反應速度的強弱之分。在整個肌肉收縮過程中的電位差變化，可經由儀器加以記錄分析，稱之為肌動電流描述技術，也就是肌電圖(electromyography, EMG)。對記錄的肌電訊號可以積分肌電圖（iEMG）與均方根值（RMS）加以處理後分析，後者則多用於連續性運動項目的評估，在單位時間內值越大代表著運動單元的召募越多。均方根值（RMS）呈現的連續波形訊號，由坡谷至下一個坡谷所呈現的是肌肉放鬆-收縮-放鬆的一個過程，其振幅高低代表招募的運動單元的高低。肌肉啟動的時宜與作用的強度都可以透過肌電訊號反應被觀察出。因此，肌電圖訊號用於評估漸增負荷運動，可達到一定的信效度，也是個用來評估運動能力的良好指標（王宇涵、周峻忠、林信甫，2007）。

二、 相關研究

Hontz 與 Fisher (1995) 使用肌電圖分析騎乘自行車騎乘下肢肌肉的肌電值變化情形，實驗結果發現踩踏是有次序且重複的動作；Dorel 等（2008）以 11 位鐵人三項的選手進行自行車非最大努力（sub-maximal）的踩踏測驗

同時以 EMG 對下肢 10 個肌群進行量測後，認為肌電圖對於踩踏動作，在單位時間內肌肉的效能水平與活化的時間探討，是良好的運用。而運動生理學觀點下的協調，為神經動作過程神經衝動的興奮，和抑制的相互配合，和協同與肌肉在適當的時間做適當強度的收縮。包括運動單元（motor unti）招募的數量（作用肌用力的程度）與肌肉收縮啟動的時機（用力的時間次序）。Sparrow, Lay, 與 O'Dwyer (2007) 由動作學習與協調動力的觀點以自行車踩踏進行同相 (in-phase)、反相(antiphase) 及 90°相（90°phase）三個相位的踩踏，並收集運動學參數與肌電訊號對能量的消耗進行探討，發現同相的踩踏是最經濟的。Litzenberger, Illes, Hren, Reichel, 與 Sabo (2008) 針對不同踩踏位置的騎乘下肢肌肉作用的時序、力量進行探討，發現不同的踩踏位置會造成下肢肌肉在收縮時時序的不同，且主要作用肌群也不一樣。

劉強、龔榮堂與相子元（2003）在其不同球棒重量對肌肉活化的影響研究中，以肌電圖為工具，量測參加者前導手（右打者為左手、左打者為右手）肱三頭肌（作用肌）與肱二頭肌（拮抗肌）的肌電訊號，並將兩者的肌電訊號標準化後相除，求得作用肌與拮抗肌的比值，以此視為兩者的共收縮及肌肉間的協調指標。同時亦發現兩者在揮棒期及擊球期，被徵召的運動單位有順序性的現象。肱三頭肌在揮棒末期才開始徵召大量的運動單位，在擊球期幾乎沒有被活化；肱二頭肌在揮棒初期有大量的運動單位被徵召，且在揮棒期末期有些許的肌電訊號，在擊球期則有大量的運動單位被徵召。

吳忠芳、王予仕、黃彥鈞、王順正與王國樑（2008）探討不同橢圓機坡度運動下肢肌群（脛前肌、腓腸肌、股直肌、股二頭肌、臀大肌）肌電訊號與生理反應之差異。以 8 名參加者從事不同橢圓機坡度的試驗之後計算每個週期平均的均方根振幅(root mean square, RMS)，再將每個坡度 RMS 除以最大值，以百分比相對強度(% RMSmax)呈現，探討不同坡度的變化情形。結果除了脛前肌會隨著橢圓機坡度的增加，% RMSmax 值呈現顯著下降的趨勢；其他的肌群（腓腸肌、股直肌、股二頭肌、臀大肌）隨著橢圓機坡度增加，改變下肢肌群參與情形。

三、 小結

在過往對自行車踩踏的研究中因著重的領域範疇關係，鮮少以協調的角度切入，多是以 EMG 在搭配輸出功率、踩踏力量或攝氧等生理指標，探究踩踏效率或肌肉動員的情形，EMG 的量測集中在身體同一側的肢段。踩踏力量、輸出功率兩者都是各肌肉與肢段協調後產生的一個結果，透過儀器量測

而得，所以這樣的結果會是較總結性的。而 Brown 與 Jensen (2006)量測騎乘自行車時人體上半身的肌電壓，發現下肢在踩踏時，下肢肌肉活動會隨著上半身方位的變化而改變。所以自行車的踩踏雖為下肢的動作，但卻是全身性的協調。因此本實驗嘗試著以動作協調與控制的範疇出發，透過對自行車騎乘時，雙腿肌群肌電訊號的測量，探討下肢的協調型態。

綜合上述運動生理學對協調的觀點與肌電反應的量測概念，動作的協調型態似乎可以透過肌電反應加以描述。本研究以騎乘時左、右腳股直肌與股二頭肌（互為拮抗）的肌電訊號標準化後，求得作用肌與拮抗肌的比值相除用以反應動作者的動作協調型態；在肌電訊號處理方面將每個學習階段 RMS 除以最大值，以百分比相對強度(% RMSmax)呈現，探討不同學習階段的變化情形。

第五節　文獻總結

運動學習的目的，主要是使動作協調的型態改變。在過去的研究中一直忽略經由學習過程所獲得的協調型態改變（廖庭儀，2003），而且用以探討動作技能學習，多為較簡單的系統發生能力的動作，或動作較單純的個體發生動作。目前，運動行為學家開始著手以線性多變項 (linear multivariate) 方法來進行維度的分析（戴遠成，2008），且技能學習過程中維度的變化是相當值得探討的重點。所以本研究選擇相當普遍的自行車運動，且屬運動技能中較複雜的個體發生運動：嘗試透過自行車滾筒訓練台騎乘練習，探討工作限制對自行車技能改善的情形，及對騎乘協調型態、控制模式的影響。並根據上述文獻探討結果，以下列方法進行動作協調、控制的量化與分析：1.以學習曲線記錄每一位實驗參加者成功騎乘時間，繪製個人學習曲線。並透過學習曲線檢查學習過程中分歧發生的時間，據此區分整個過程為轉移前、中、後三個階段。2.協調型態的轉變則透過以主成份分析之相關矩陣進行分析，並針對三階段之解釋量、成份數、成份分數、成份矩陣予以探討。3.檢查下肢左、右兩邊之肌電訊號（EMG）在學習前、後是否有呈現不一樣的型態。4.在自行車的平衡控制方面則嘗試以擺動的頻率與幅度反應學習三階段的差異。

第參章　研究方法與步驟

本研究採實驗研究法，研究架構、方法步驟、場地器材配置及儀器校正等相關內容，分別詳述如下列各小節。共分六節，第一節　研究架構；第二節　研究對象；第三節　研究工具；第四節　場地佈置；第五節　實驗流程與步驟；第六節　資料處理與統計分析。

第一節　研究架構

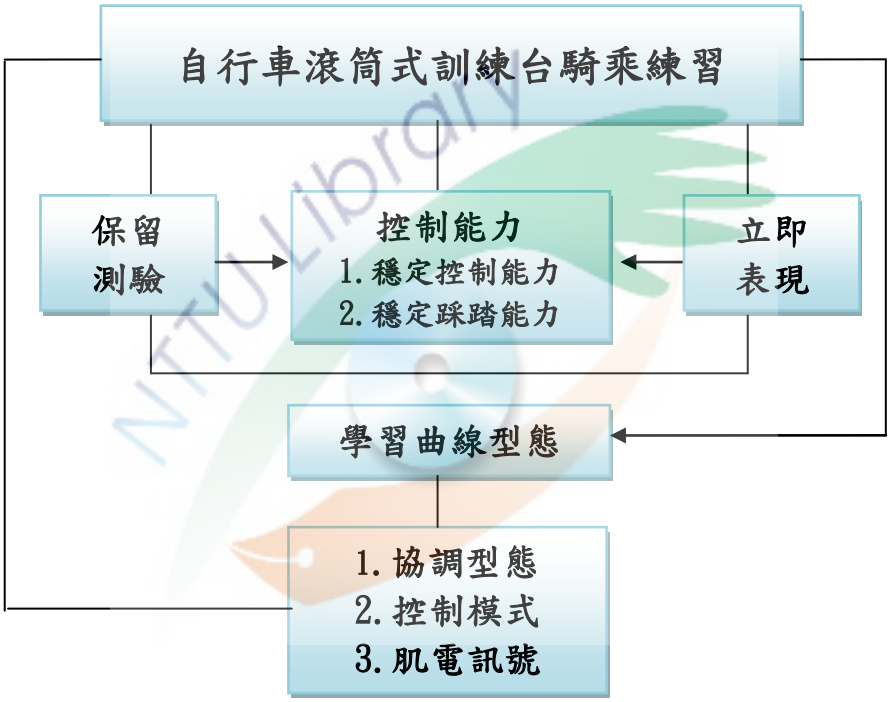


圖 3- 1　研究架構圖

本實驗研究架構如圖 3- 1 所示。參加者進行 5 天，每天 10 分鐘自行車滾筒式訓練台的練習及一分鐘的立即表現測驗，1 週後進行保留測驗。透過蒐集動作者練習過程、立即表現、保留之運動學參數與肌電訊號後進行分析，探討參加者協調型態、控制模式與肌電訊號、控制能力的改變情形。

第二節　研究對象

本實驗採立意取樣，參加者（n＝12）條件為會騎自行車但無騎乘自行車滾筒式訓練台經驗之體育系男性。基本資料如下（表 3-1）：

表 3- 1　參加者基本資料表

編號	年齡	身高	體重	胯下長	座管高度（BB 中心-座墊頂）
1	22	178	75	82	72.57
2	19	177	76	79	69.92
3	20	176	79	82	72.57
4	19	172	65	79	69.92
5	19	178	75	80	70.80
6	19	175	63	81	71.69
7	19	175	62	82	72.57
8	19	171	69	72	63.72
9	22	173	57	79	69.92
10	19	177	65.2	80	70.80
11	19	180	76	81	71.69
12	19	178	85	80	70.80
最大值	22	180	85	82	72.57
最小值	19	171	57	72	63.72
平均	19.58	175.83	70.6	79.75	70.58
標準差	1.16	2.72	8.28	2.70	2.39

註：胯下長測量方法如圖 3- 2。

胯下長測量方法說明如下：參加者未穿著鞋子，背部緊貼牆壁並雙腳開立與肩同寬。以水平尺置於參加者胯下頂，一端與牆壁緊靠，一端突出與牆面垂直。接著調整水平尺使水平氣泡居中，最後以捲尺測量水平尺突出端上緣至地面之垂直距離，所得之垂直距離即參加者之胯下長（如圖 3- 2　實驗參加者跨下長測量方法）。

圖 3- 2　實驗參加者跨下長測量方法

第三節　研究工具

一、 公路自行車

GIRS 公路自行車一台，尺寸：龍頭中心至座管中心 (C to C)（水平）55 cm，B.B 中心至立管頂 (C to T)：52.5 cm。

二、自行車滾筒式訓練台一台（圖 3- 3），規格：長 130 cm、寬 44.5 cm。

圖 3- 3　滾筒式訓練台

三、 Qualisys Track Manager (QTM) 動作擷取系統

用以蒐集分析騎乘過程動作者運動學資料，詳細介紹如下：

（一）Motion Capture（型號：ProReflex）高速攝影機六部（圖 3- 5），本研究擷取頻率為 240Hz。Qualisys Track Manager 電腦軟體系統一組。

（二）反光貼球數顆（半徑 1 公分）（圖 3- 4）。

（三）L 型校正架（圖 3- 7）。

（四）T 型校正棒（圖 3- 6）

圖 3- 5　Motion Capture 高速攝影機

圖 3- 4　反光球

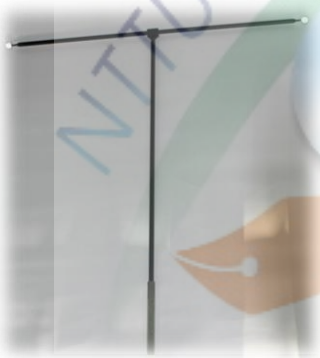


圖 3- 6　校正棒

圖 3- 7　校正架

圖 3- 8　硬碟式攝影機

NTTU Library

四、 硬碟式攝影機（圖 3- 8）

用以記錄實驗過程，提供資料處理時動作分析時參考之依據與回顧、瞭解實驗中發生之各項狀況。拍攝頻率為 30fps。

五、 Noraxon TeleMyo 2400T G2 肌電測量儀器（圖 3- 9）

用以擷取、處理分析肌肉活動電位的資料，本研究擷取頻率訂為 1500Hz，詳細介紹如下：

（一）主機包含：無線傳輸卡、電極線插槽、頻道調整鈕等。

1. 無線傳輸卡：EMG 主機蒐集完肌肉活動電位的資料，透過無線傳輸卡將資料傳送到接收器，其最大傳送範圍可達 100M。
2. 電極線插槽：目前最多可同時連接 8 條電極線。即可同時量測 8 個部位的肌肉活動電位。
3. 頻道調整鈕：主機與訊號接收器須使用相對應的頻道。用以找到合適的頻道傳送及接收資料。

圖 3- 9　Noraxon TeleMyo 2400T G2 肌電測量儀

（二）肌電訊號接收器（PC-Interface Receiver）

包含無線傳輸卡、USB 傳輸線插槽、頻道調整鈕等。

1. 無線傳輸卡：訊號接收器透過無線傳輸卡接收最遠可達 100M 外的 EMG 主機所量測到的肌肉活動電位的資料。
2. USB 傳輸線插槽：訊號接收器藉由 USB 傳輸線，與筆記型電腦連結。當連線完成後，研究者可於軟體觀察實驗參加者當下的肌肉活動電位的變化情況，並進行資料的蒐集。

3. 頻道調整鈕：功能如同 EMG 主機之調整鈕。

（三）相關物件

1. 電極線：共 8 條電極線，從 Channel 1 到 Channel 8，其中 Channel 1 包含有一條地線，與其他 7 個頻道不同。
2. 電極貼片：黏貼於肌群上，用於蒐集肌肉活動電位的訊號。
3. USB 傳輸線：使訊號接收器與電腦主機連接。

六、 CycleOps Power Tap 自行車功率計（圖 3- 10）

包含微電腦、特殊的花鼓，可記錄與對動作者及時呈現騎乘時功率、踩踏頻率、速度、騎乘者心跳等。本實驗最主要用以記錄踩踏頻率及立即的提供實驗參加者踩踏頻率回饋，安裝方式如圖 3- 12 所示。

圖 3- 10　CycleOps Power Tap

七、 資料處理軟體

（一）Qualisys Track Manager (QTM)

接收、處理Motion Capture高速攝影機之空間參數。可對資料進行修匀、計算角度、角速度等處理。

（二）MR-XP 1.07 Master Application Protocols

可觀察即時的電位變化情況以及對初步記錄的原始肌電訊號進行濾波去除雜訊、整流翻正、包絡線的修匀等作用。

（三）Microsoft Office Excel 2003

用以處理各項實驗所得數據之基本計算、整理、保存。

（四）SPSS for Windows 12.0

用以進行各項統計考驗。本實驗進行相依樣本變異數分析、二因子混和設計等。

（五）PowerAgent 7.4

處理與輸出Power Tap花鼓所上載至電腦之踩踏頻率、功率等各項騎乘數據。

（六）Matlab2009a

本實驗用以處理分析大量、繁複的數據，如自相關、資料長度內差等，以及整理、繪圖。

第四節　場地佈置

一、 實驗地點

國立台東大學體育系生理學實驗室，場地及各項器材配置如圖 3-11 所示。

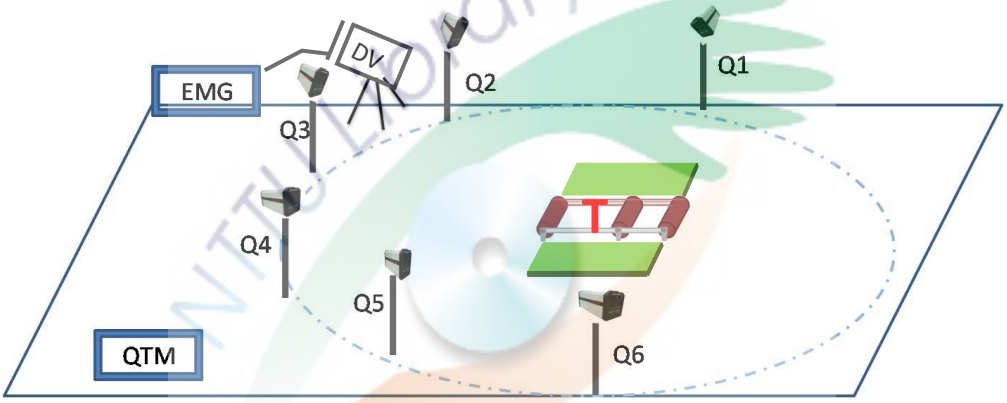


圖 3- 11　場地器材配置圖

註：a.Q1~Q6：紅外線高速攝影機。T：滾筒式訓練台。b.DV：硬碟式攝影機。c.EMG：NOPAXON EMG & Senor Systems 肌電訊號擷取系統。d.QTM：動作擷取系統。e.訓練台二兩側綠色為墊子，高度墊至與訓練台同高。詳細放置方式可參閱圖 3- 12。

二、 滾筒式訓練台

如圖 3- 11 中所示 T，至於場地中央，參加者於上面進行自行車的騎乘，騎乘方式如下圖 3- 12 所示。

三、 高速攝影機

如圖 3- 11 中 T 所示 Q1~Q6。以專用腳架架設於場地周圍，將參加者包圍且儘量將高度架高避免攝影機之間互相干擾，以獲得較佳之動作數據。

四、 硬碟式攝影機

如圖 3- 11 中 DV。用以記錄實驗過程之實際情況做為動作分析的參考。

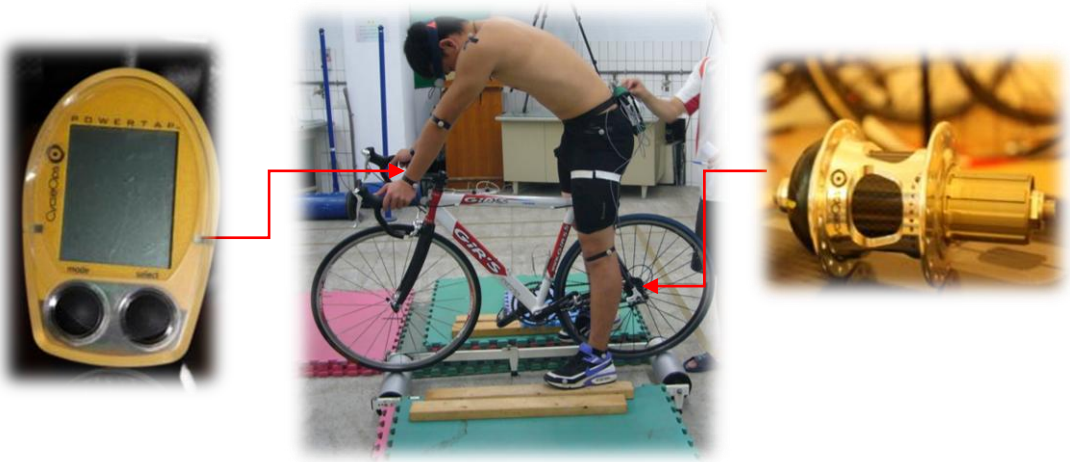


圖 3- 12　滾筒式訓練台操作方式與 power tap 安裝方式示意圖

第五節　實驗流程與步驟

本實驗工作要項及流程如圖 3- 13 所示，實驗流程與步驟詳述如下：

一、 確認參加者

依照本研究所設定之條件取樣，並與之聯絡確定施測時間、需自行準備之器材等相關事宜。

二、 預試

第一次預試，以 1 位已經騎乘訓練台的成年男性為對象進行，於 2009 年 3 月中旬，在台東大學體育系動作行為實驗室進行。首先確認紅外線高速攝影機架設位置以 4 台攝影機以四邊形包覆的擺放位置、高度儘量升高，以求動作過程各位置反光球遮蔽情形減至最低。於預試後檢驗所得的資料是否完整。結果決定修改攝影機擺放的位置與數量，採半圓形包覆的方式放置 6 台高速攝影機（圖 3- 11）。

第二次預試於 2009 年 4 月初在台東大學體育系動作行為實驗室進行，實際以 1 位生手進行預試，目的在確定資料擷取最佳時間、方法與再度檢視攝影機的擺放位置。考量動作擷取系統的負荷與如何獲得更全面的資料，因此，將原先設定的實驗方式：每天練習一次 10 分鐘，在第 1-2、5-6、9-10 分鐘資料擷取方式，修正為每天 5 次，每次 2 分鐘，全程進行資料蒐集。結果發現第 2 天結束前至第 3 天前幾次練習，參加者即可穩定的於訓練台上面騎乘，但因考量個別差異的因素，因此將正式實驗的期程訂為 5 天，每天 5 次，每次 2 分鐘；攝影機半圓形的包覆用於生手一樣可獲得完整的數據。

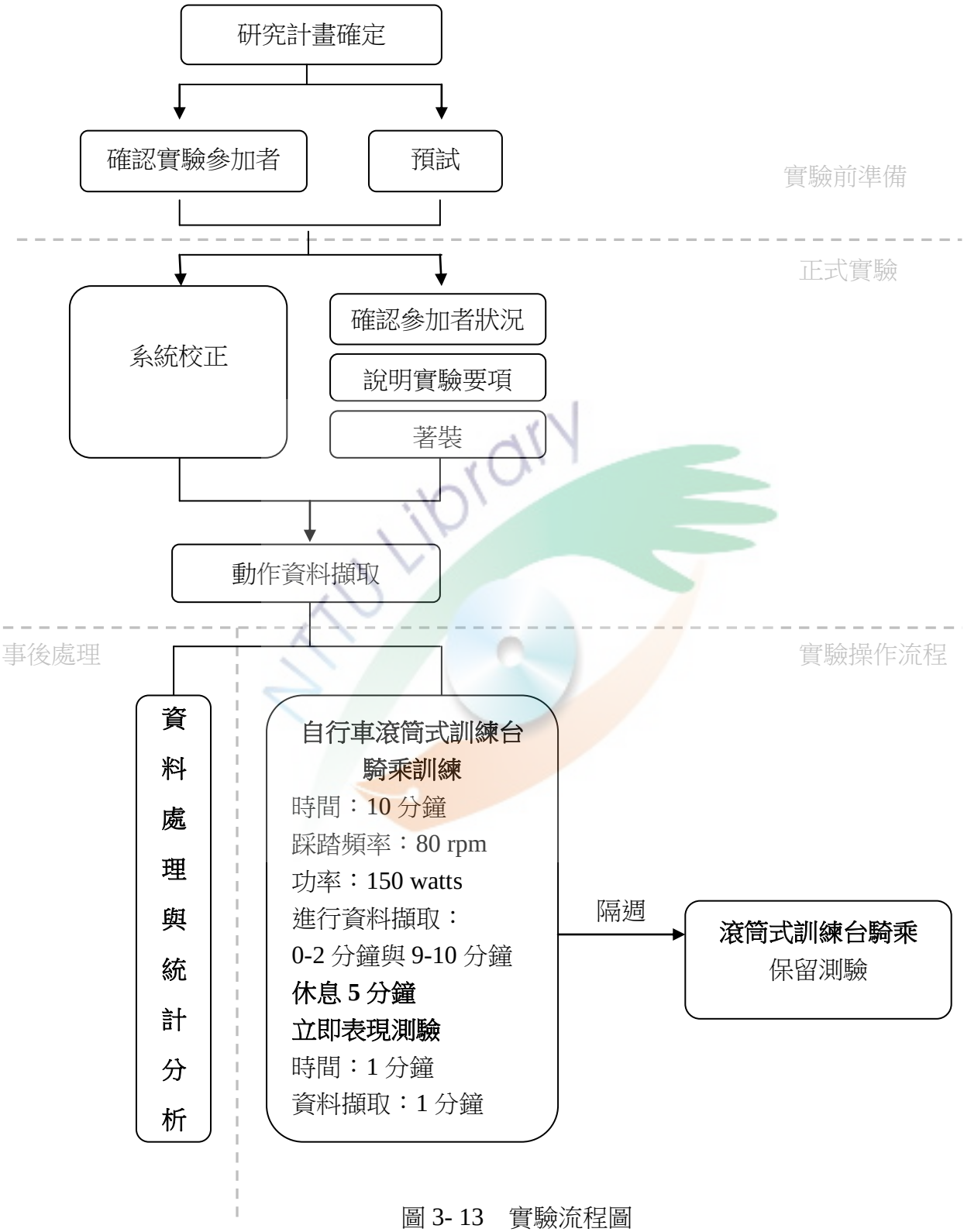

研究計畫確定
確認實驗參加者
預試
實驗前準備
正式實驗
系統校正
確認參加者狀況
說明實驗要項
著裝
動作資料擷取
事後處理
實驗操作流程
資料處理與統計分析
自行車滾筒式訓練台
騎乘訓練
時間：10 分鐘
踩踏頻率：80 rpm
功率：150 watts
進行資料擷取：
0-2 分鐘與 9-10 分鐘
休息 5 分鐘
立即表現測驗
時間：1 分鐘
資料擷取：1 分鐘
隔週
滾筒式訓練台騎乘
保留測驗

圖 3- 13　實驗流程圖

三、 正式施測

時間：2009 年 4 月 13 日至 5 月 8 日；地點：台東大學體育系動作行為實驗室。

四、 實驗前準備

以書面（如附錄）與口頭解釋告知參加者實驗流程、注意事項，並詢問參加者生理狀況是否有異常情形，如：生病等。

五、 參加者填寫同意書及個人基本資料。

六、 反光球與電極定位

（一）反光球位置

1. 頭部：額骨上，眉心上方位置
2. 左、右肩關節：尖峰突上
3. 左、右肘關節：肘尖（尺骨鷹嘴突）
4. 左、右腕關節：尺骨莖突上
5. 左、右髖關節：關節外側
6. 左、右膝關節：髕骨上
7. 左、右踝關節：關節外側
8. 左、右腳小指趾骨第二趾節外側
9. 車架頭管：前方中央位置，前夾器上方

共 16 個位置，如下圖 3- 14 所示：

圖 3- 14　反光球位置圖

（二）電極位置

雙腳股直肌中央、股二頭肌（長頭）、臀中肌，如圖 3- 15。

圖 3- 15　電極黏貼位置圖

註：a.上圖左為股直肌電極位置； b. 圖右下白色電極為股二頭肌電極位置;c.紅色圈選位置為臀中肌電極位置，電極貼於參加者兩側臀部上方皮膚之上，在穿上緊身褲將電極包覆。

七、 儀器校正

（一）Qualisys Track Manager (QTM) 動作擷取系統

使用工具為 L 型校正架及 T 型校正棒。分別固定 6 架攝影機於 6 個位置，且確認彼此不會有干擾之後開始進行校正：將 L 型校正架放置於滾筒式訓練台位置，接著在攝影機拍攝範圍內以 T 型校正棒在 L 型校正架上方揮舞，儘量使動作範圍內的三維空間平均佈滿參照點，讓紅外線攝影機擷取校正棒上反光球在空間中的相對位置。校正之目的如下：

1. 建立實驗室之三度空間座標。
2. 建立實驗室原點所在位置。
3. 建立每台紅外線攝影機相對位置。
4. 確定反光球在實驗室的位置。
5. 使紅外線攝影機對於空間中移動之反光球計算出絕對位置（平均誤差範圍在 1mm 以下）。
6. 確保反光球能均勻分佈在此次實驗空間中。每一台攝影機抓取到反光球的座標，對應地面上 L 型校正架，當兩台攝影機抓取到同一個反光球時，便能運算出此一反光球三度空間座標。

（二）**Noraxon TeleMyo 2400T G2 肌電測量儀器**

1. 資料蒐集前，透過 MR-XP 1.07 Master Application Protocols 軟體觀察參加者在全放鬆的狀態下肌電電訊號的震幅。
2. 肌電訊號值 5uV 以下，表示良好不需調整。
3. 肌電訊號值 5-10 uV，仍然為可接受之範圍亦不需調整。
4. 若肌電訊號值大於 10 uV，則必須調整電極安置、進行皮膚的清潔或調整傳輸線組的安裝。之後重新開機再進行一次校正。
5. 無線傳輸範圍為 100 公尺。

八、 實驗操作（圖 3- 16）

（一）自行車滾筒訓練台訓練

共 5 天，參加者每天進行 5 次，每次 2 分鐘的騎乘訓練。並以踩踏頻率 80 rpm 及 150 watts 且騎乘 2 分鐘不落地為目標進行練習；過程中要求實驗參加者於騎乘時儘量保持於訓練台中央不左右偏移、身體動作儘量穩定且到達練習目標。

（二）立即表現測驗

每天自行車滾筒訓練台騎乘訓練結束後，休息 5 分鐘，接著進行時間 1 分鐘的立即表現測驗。測驗情境與練習情境一致。

（三）保留測驗

5 天的騎乘訓練結束，相隔 1 週後進行保留測驗，時間為一分鐘(測驗情境與練習情境一致)。

圖 3- 16　實驗操作流程圖

九、 資料蒐集

（一）運動學參數

以 QTM 動作擷取系統蒐集之。依照實驗操作的流程，對參加者動作過程全程進行資料蒐集，所以資料擷取時間為 5 個 2 分鐘，共 10 分鐘，擷取頻率為 240Hz。

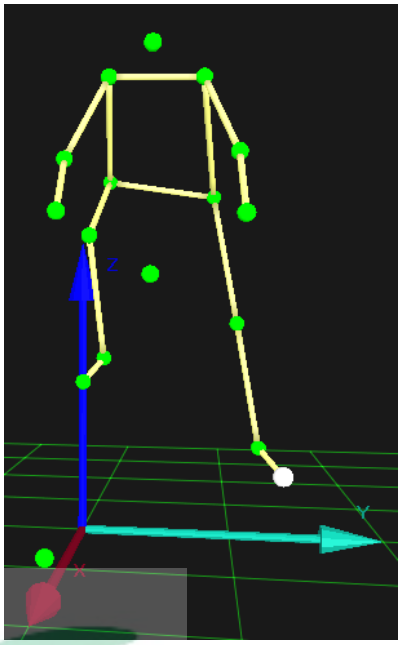


圖 3- 17　三維空間座標示意圖

（二）肌電訊號

使用 Noraxon TeleMyo 肌電測量儀器依照實驗操作的流程，對參加者動作過程全程進行資料蒐集。資料擷取時間與運動學參數相同，擷取頻率為 1500Hz。

（三）踩踏頻率

透過 Power Tap 自行車功率計，對踩踏頻率進行記錄，對參加者動作過程全程進行資料蒐集。

第六節　資料處理分析與統計

一、 資料處理

（一）運動學資料

將紅外線高速攝影機所擷取之運動學資料，以 Qualisys Track Manager (QTM)軟體過濾雜訊及再以系統軟體進行 Fit 2nd degree curve 進行計算前修匀 Frames in filter 設定為 35 後輸出後以 TVS 檔案格式輸出存檔，之後再轉換 Microsoft Office Excel 2003 存檔，準備進行後續數據分析。

（二） 肌電訊號資料

將 Noraxon TeleMyo 2400T G2 肌電測量儀，所得之肌電訊號以本身軟體進行翻正、修匀後轉換為均方根值（RMS）肌電訊號後另存新檔後輸出轉存為 Microsoft Office Excel 2003 檔案，準備進行後續數據分析。

二、 資料分析

（一）學習曲線

分別統計每位實驗參加者第一次開始練習至連續完成 5 次 2 分鐘試

作這一段過程中，每一次雙腳離開地面至落地的時間，亦即每一次的成功騎乘時間，逐次的記錄下來，統計至參加者可以連續五次完成 2 分鐘騎乘後停止。再依此資料繪製個人的自行車滾筒式訓練台學習曲線。接著將連續 3 次成功時間，以 moving windo 的方式，計算出由第 1 次試作開始連續三次試作時間的標準差，接著計算出由第 2 次試作開始連續三次試作時間的標準差，依此類推，然後將所得之連續的標準差繪製成變異曲線。並依此進行學習階段的區分。根據動力系統理論系統由一個狀態轉變至另一個狀態中間可以觀察到一個擴大變異的現象。所以系統轉移前的變異會大於轉移後，轉移中會大於轉移前、後（廖庭儀、劉有德，2003）。標準差在大幅上揚以前為轉移前階段、標準差連續 5 次為 0 之第一筆以後為轉移後，兩階段中間為轉移中階段。

（二）控制能力

1. 穩定操控能力

以動作擷取系統 Qualisys Track Manager (QTM)，擷取自行車頭管中心位置的反光球（圖 3- 14 最右）在 Y 軸（左、右）（圖 3- 17）的位移資料，接著計算出其每一位參加者，在 5 天中，每天第 1 次試作及保留測驗 Y 軸絕對位移（頭管中心 Y 座標-訓練台右邊前端位置 Y 座標後取絕對值），再計算出位移的標準差後進行統計考驗。標準差越低代表控制越佳。

2. 穩定踩踏能力

將 5 天的立即表現測驗及保留測驗踩踏頻率的標準差，進行統計考驗。標準差越低代穩定踩踏能力越佳。

（三）控制模式

將已修勻處理後之全身肢段與頭管中心運動學參數，轉移前階段選取第一筆長度超過 8 至 10 秒的試作、轉移中階段選取第一筆 10 秒以上的試作、轉移後階段選取第一次試作的資料。以參加者將雙腳同時放在踏板上的時間為起點往後剪取 10 秒，再選取出以車架頭管 Y 軸位移的資料分別進行以下處理：

1. 以 Matlab 軟體進行，以低通為 4 的 Butterwort 數位濾波，標準化截止頻率為 0.04 (butter function)，進行 Zero-phase 數位濾波 (filtfilt function)，將資料修勻。接著篩選出擺動的次數、峰值的位置，篩選的最小長度為 30，然後計算其擺動的頻率、幅度，再分別進行統計考驗。

頻率為 10 秒內車架擺動的次數，其計算方式：

（峰值的次數/影格數）×10

幅度的計算方式為相鄰 2 個峰值座標相減後取絕對值。

2. 以 Matlab 軟體進行自相關分析，延遲的影格數為該資料影格數的 1/2。

（四）協調型態

以控制模式同一筆資料之全身運動學參數（轉移前、中、後三階段）進行下列步驟處理、分析：

1. 以第一次右腳最低位置為起點，剪取兩圈的踩踏動作的三維運動學參數。
2. 以所有資料中影格數最長的一筆為基準，用 Matlab 編寫程式進行內插，使所有資料的長度一致，皆為 1422 張影格。
3. 進行主成份分析。可獲得解釋量、成份分數、特徵向量矩陣等相關數據。

主成份分析其概念為在對每一個變項進行加權，使得其加權後能解釋最大百分比的總變異，又彼此獨立的條件下求出各變項的係數。接著將係數由共變異數矩陣中簡化抽出為特徵值λ_k，計算公式如下（公式一），公式中 λ 為特徵值，$\vec{v}$ 為特徵向量(Daffertshofer, Lamoth, Meijer, & Beek, 2004)。

$$\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} Cov}\begin{bmatrix} Cov_{11} & Cov_{12} & \cdots & Cov_{1n} \\ Cov_{21} & Cov_{22} & \dots & Cov_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ Cov_{n1} & Cov_{n2} & \dots & Cov_{nn} \end{bmatrix} \cdot \vec{v}^{(k)} = \lambda_k \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \vec{v}^{(k)}$$

（公式一）

成份分數計算公式如下（公式二）：S_n 為成份分數的 n 筆數值，x_{in} 為變項 i 在第 n 個成份的值，$\overline{X}_i$ 是變項 i 的平均數，λ 為成份的特徵值，ν 為準化特徵向量(Daffertshofer, Lamoth, Meijer, & Beek, 2004)。

$$S_n = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(x_{in} - \overline{X}_i\right) \times \nu_i\right]}{\sqrt{\lambda}}$$

（公式二）

4. 探討轉移前、轉移後成份分數間的關係。
5. 將特徵向量矩陣以 broken stick (Peres-Neto, Jackson & Somers, 2003) 過濾掉過小無意義的值，所得結果再由 Matlab 軟體編寫程式，分別重建模擬成份動作，並配合成特徵向量矩陣圖逐一檢視。broken stick 公式如下（公式

三)：公式中 n 為欲觀察的變項數目，b_k是地 k 個成份相較於λ_k的參照值，如果$\lambda_k > b_k$，ν_k就會被保留在成份中。

$$b_k = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \times \frac{1}{k}$$

（公式三）

（五）肌電訊號

選取對應運動學參數資料的選取點之轉移前、後階段的肌電訊號雙，腳開始踩踏 10 秒。先將所得之肌電訊號進行濾波、翻正、修勻後轉為均方根肌電訊號後轉換為百分比，再分別對每一條肌肉的均方根肌電訊號，以最大值進行標準化後，接著進行以下處理：

1. 將互為拮抗的股直肌、股二頭肌相除算出比值後作為量化指標。
2. 左、右兩邊臀中肌則直接以轉換為百分比之肌電訊號量化指標。

三、 統計考驗

本研究之假設與所使用之統計考驗如下表 3- 2　研究假設與統計考驗一覽表所示，統計顯著水準皆設為 α = .05：

表 3- 2　研究假設與統計考驗一覽表

研究假設	統計考驗
學習者穩定操控能力在 5 天的學習過程及保留測驗的差異達顯著水準。	5 天第一次試作及 1 週後的保留測驗為自變項，車架頭管在 Y 軸位移的變異（標準差）為依變項進行相依樣本單因子變異數分析，若達顯著水準則以 LSD 法進行事後比較。
學習者穩定踩踏能力在 5 天的立即表現測驗及保留測的驗差異達顯著水準。	5 天立即表現測驗與 1 週後保留測驗為自變項，參加者踩踏頻率為依變項進行相依樣本單因子變異數分析，若達顯著水準則以 LSD 法進行事後比較。
控制模式-頻率 學習過程轉移前、中、後三階段車架單位時間內左、右擺動的頻率達顯著差異。	轉移前、中、後三階段為自變項，車架擺動之擺動頻率為依變項以相依樣本單因子變異數分析進行考驗，若達顯著水準則以 LSD 法進行事後比較。

控制模式-幅度 學習過程轉移前、中、後三階段車架單位時間內左、右擺動的幅度達顯著差異。	轉移前、中、後三階段為自變項，車架擺動之擺動幅度為依變項以相依樣本單因子變異數分析進行考驗，若達顯著水準則以 LSD 法進行事後比較。
轉移前、後二階段與左、右腳股二頭肌、股直肌肌電訊號比值交互作用達顯著差異。	以二因子混和設計分析轉移前、後二階段與左、右腳股直肌、股二頭肌之肌電訊號比值之差異情形。若二因子交互作用達顯著，進行單純主要效果檢定。若交互作用未達顯著，則針對各因子之主要效果進行探討。
轉移前、後二階段與左、右臀中肌電訊號交互作用達顯著差異。	以二因子混和設計分析轉移前、後二階段與左、右側臀中肌之肌電訊號之差異情形。若二因子交互作用達顯著，進行單純主要效果檢定。若交互作用未達顯著，則針對各因子之主要效果進行探討。

NTTU Library

第四章　結果與討論

本章節將呈現此實驗之各項結果，並針對各項結果與過去相關研究比較並加以討論。共分七節：

第一節 藉由學習曲線反應自行車滾筒訓練台學習的型態；第二節 分析參加者學習過程中協調型態改變的情形；第三節 焦點為車架擺動之軌跡進行自相關分析後之結果探討騎乘控制模式改變；第四節 探討自行車滾筒訓練台學習過程穩定操控能力與穩定踩踏能力改變的情形；第五節 透過分析車架擺動的頻率與幅度的變化探討騎乘控制模式的轉變；第六節 肌電訊號分析；第七節 綜合討論。

第一節　自行車滾筒訓練台學習曲線

本節所呈現內容如下：一、自行車滾筒式訓練台的學習型態；二、透過學習曲線的變化區分學習的階段與動作型態轉移的過程；三、本節結果之討論。

主要目的在動力系統時間刻度概念下分析參加者個別的學習曲線，來瞭解自行車滾筒訓練台學習的過程。將參加者由開始學習至可以連續 5 次完成騎乘 2 分鐘、踩踏圈數 80rpm 之目標，這段時間內每一次雙腳離地至任一隻腳落地的時間、次數繪製自行車滾筒訓練台騎乘之學習曲線。

一、 學習的型態

根據學習者完成連續 5 次 2 分鐘試作之前，所需經歷試作次數的多寡，研究者主觀的以分佈集中的情形將參加者分成快速學習及一般學習二種學習型態。快速學習組最多落下 21 次，最少 7 次左右即可穩定完成二分鐘的騎乘，共有編號 N1、 N2、N4、N9 4 位參加者，其餘 8 位參加者為一般學習組最多需要 83 次，最少需要落下 31 次才能穩定完成二分鐘的騎乘，為編號 N3、N5、N6、N7、N8、N10、N11、N12。其學習曲線圖如下：

（一）快速學習組

本組共有 4 位參加者，其學習曲線如下圖 4- 1 所示。N1 需要 17 次、N2 要 9 次、N4 要 21 次、N9 要 7 次的試作可達到學習目標。

（二）一般學習組

本組共有 8 位參加者，其學習曲線分別如下圖 4- 2、圖 4- 3，每一位參加者完成學習目標所需的次數如下：N3-69 次、N5-51 次、N6-82 次、N7-50 次、N8-64 次、N10-63 次、N11-30 次、N12-36 次。

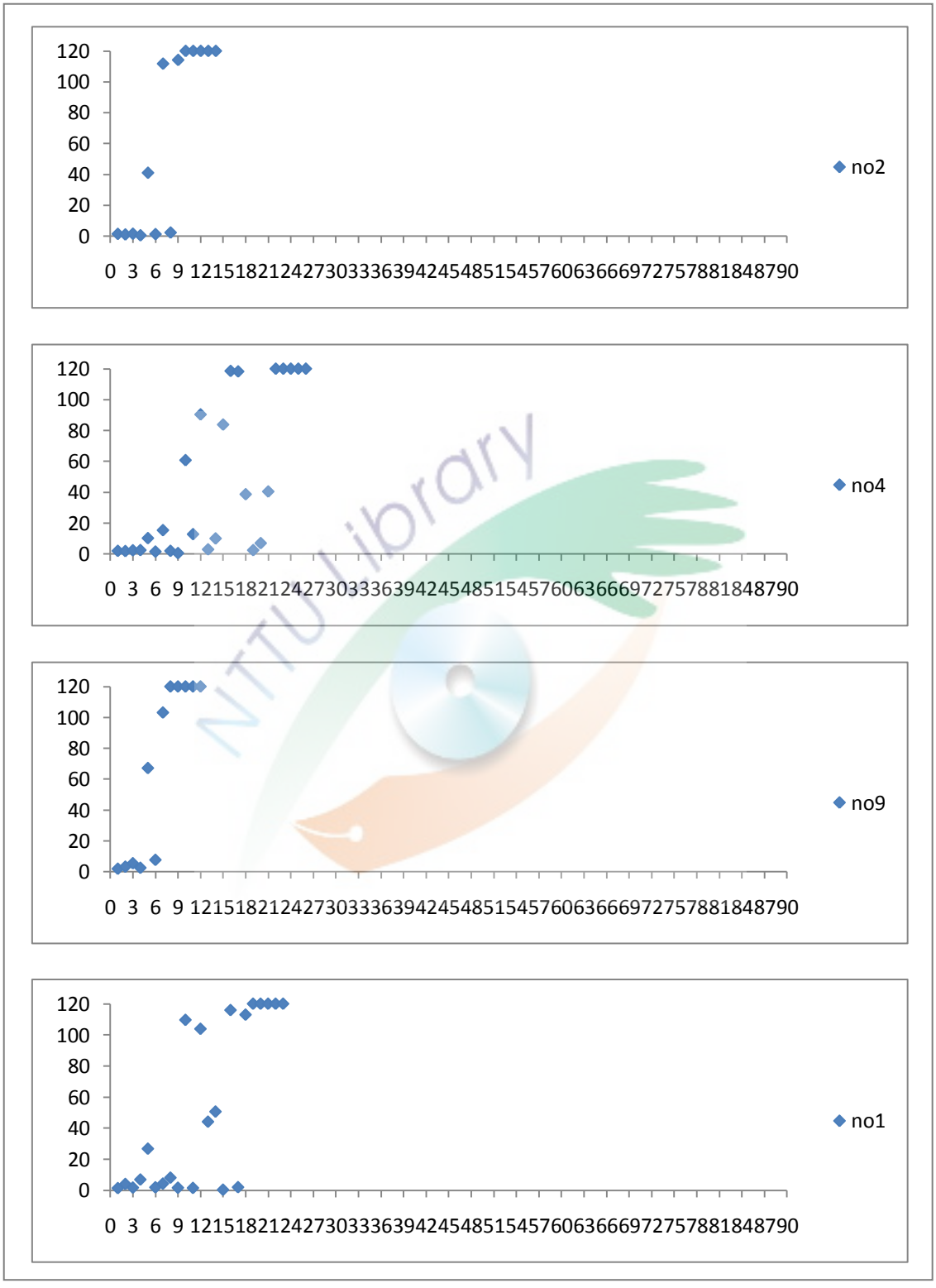


圖 4- 1　快速學習組學習曲線圖

註：橫座標為成功試作的次數，縱座標為騎乘時間（單位：秒）。

NTTU Library

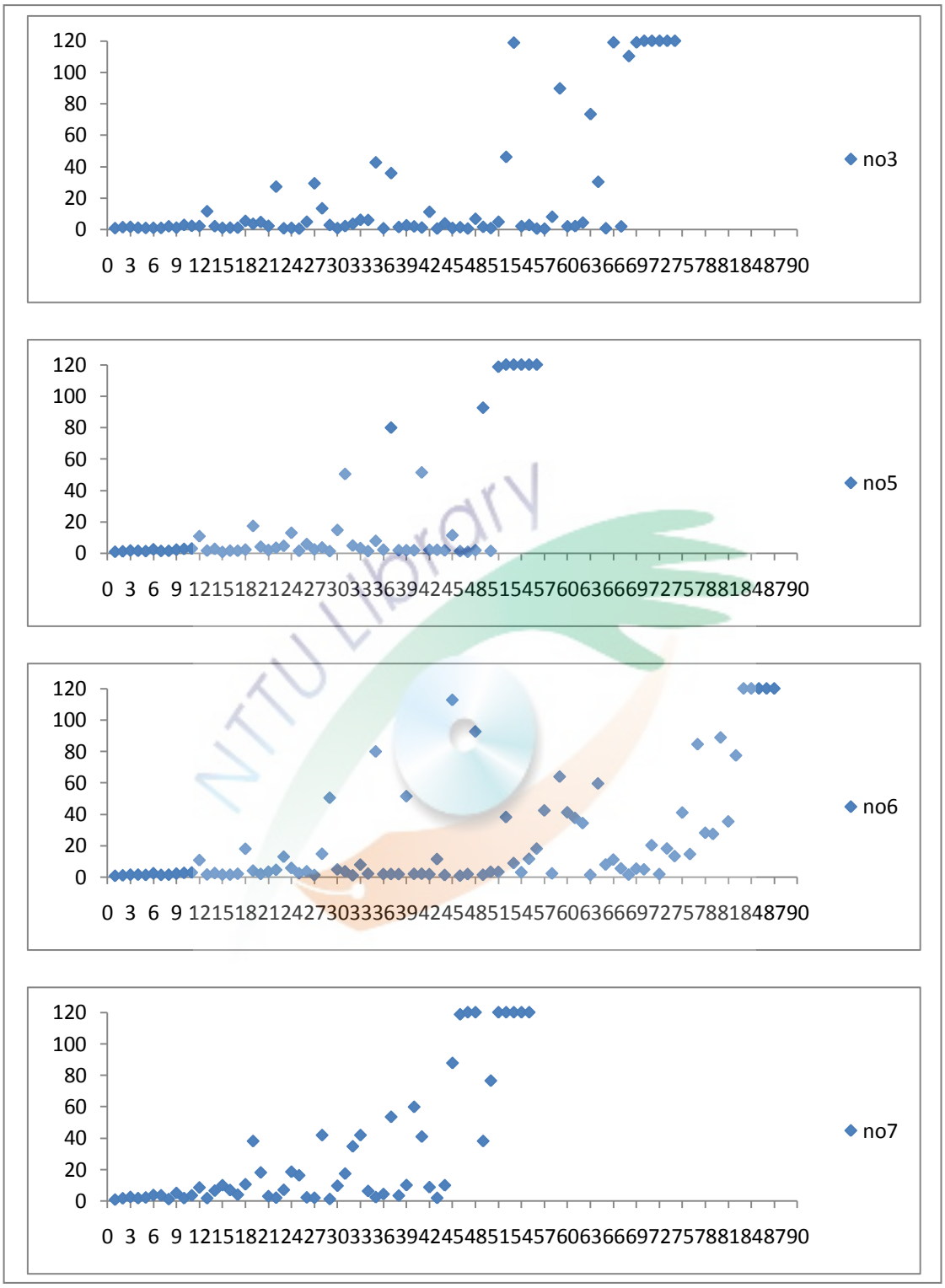


圖 4- 2　一般學習組 N3、N5、N6、N7 學習曲線圖

註：橫座標為成功試作的次數，縱座標為騎乘時間（單位：秒）。

NTTU Library

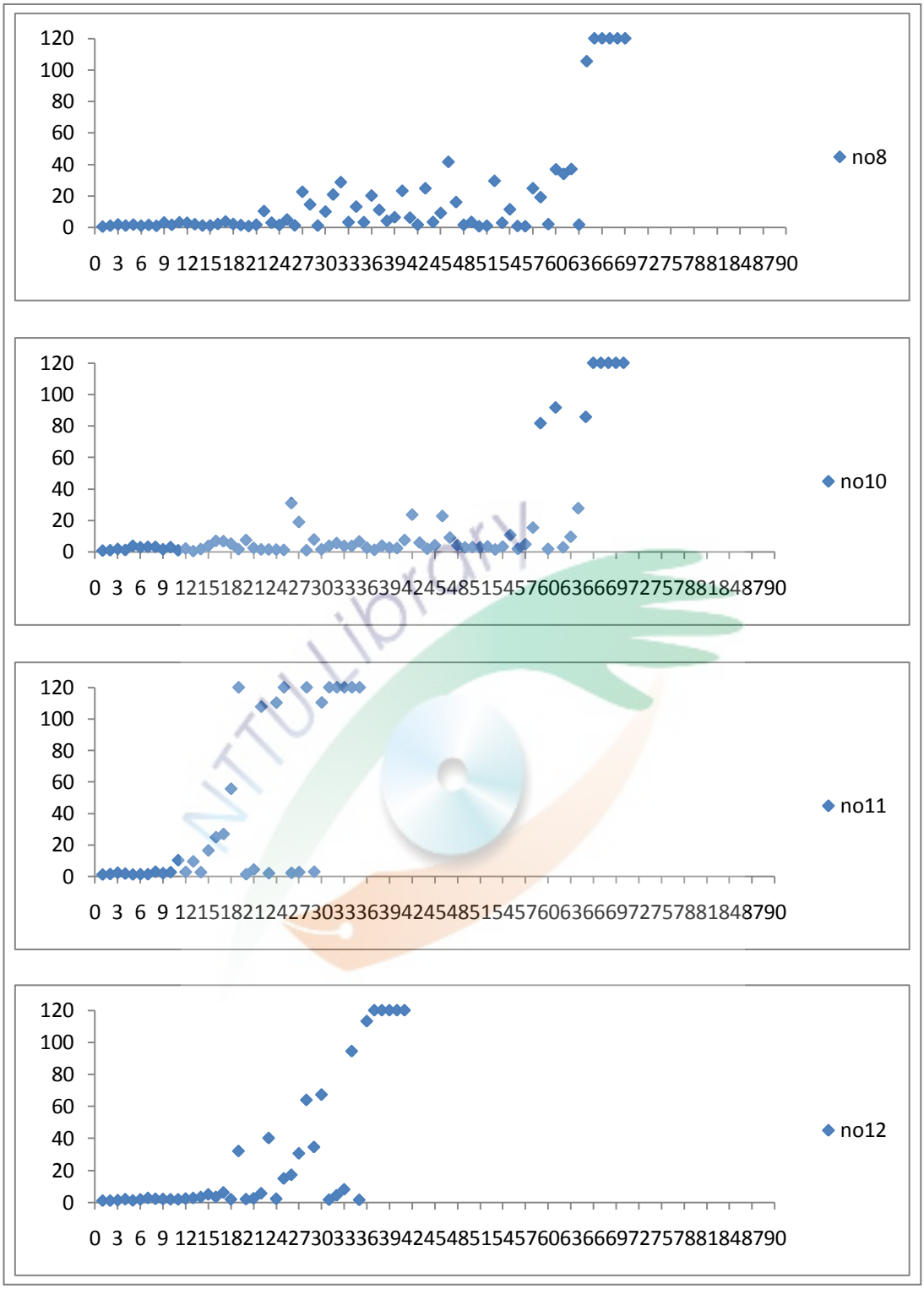


圖 4- 3　一般學習組 N8、N10、N11、N12 學習曲線圖

註：橫座標為成功試作的次數，縱座標為騎乘時間（單位：秒）。

二、 學習階段與轉移

全身性的複雜運動可視為一個多元的動力的複雜系統(Davids, Button & Bennett, 2008, 第 2 章)。根據動力系統理論，系統在一個穩定狀態轉換到另一個穩定的狀態的過程稱為轉移 (transition) 。在轉移的過程中系統會經歷一段不穩定的時期，動作表現會有極大的變異，這個現象稱之為分歧(bifurcation) (Garnett, 1997, 第 12 章)。由學習曲線的變異情形可以反應出這樣的現象，且在轉移階段變異大於轉移前與轉移後（Chen, 2002；廖廷儀、劉有德，2003；Liu, Mayer,& Newell, 2006）。圖 4- 4 為參加者 N10 每一次騎乘的時間以 moving windo 的方式，計算出由第一次試作開始連續三次試作時間的標準差，接著計算出由第二次試作開始連續三次試作時間的標準差，依此類推，然後將所得之連續的標準差繪製成變異曲線（廖廷儀等，2003）。可以觀察到 1 至 22 次變異較小，22 次至 66 次試作間有擴大變異性現象，之後趨於穩定，結果支持動力系統演進及轉移的概念。因此，依據理論及上述相關研究，可將所有實驗參加者整個學習過程區分為轉移前、轉移中、轉移後三個階段。本研究設定標準差連續 3 次超過 10 以前為轉移前階段，標準差開始連續 5 次為零時為轉移後階段，兩階段之間為轉移中階段（所有參加者學習過程階段區分圖，請詳見附錄五）。

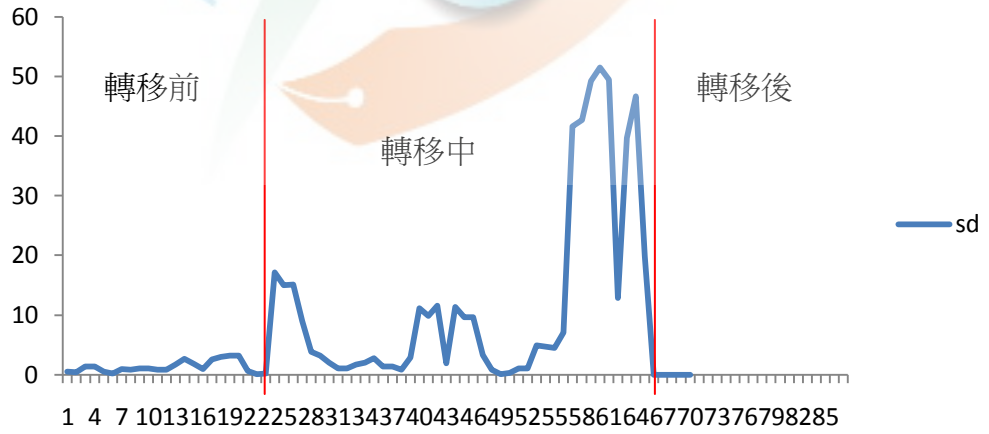


圖 4- 4　N10 學習過程每三次表現的標準差曲線圖

註：橫座標為試作的次數，縱座標為連續三次騎乘時間的標準差

三、 討論

綜觀所有參加者的學習曲線，可以反映出在學習之初參加者每一次的試作都無法完成一圈的踩踏或甚至是無法將雙腳同時放在踏板上的狀態，經過

一段時間的練習之後，突然可以騎乘比較長的時間，但是掉下來後又回到騎不上去的情形。如此斷斷續續的反覆維持一段時間，最後到達可以穩定的完成 2 分鐘騎乘的狀態。根據上述，由動作者外顯的表現做區分，一開始為無法騎乘上去的時期，接著是騎一下、掉一下斷斷續續的時期，最後為每一次都成功的騎滿 2 分鐘的時期，共可分為三個時期，且每一個時期動作者所需經歷的時間有很大的個別差異。此種學習的型態與著名的 Crossman (1959) 捲煙草工人捲一支雪茄的速度逐漸進步的情形不同，顯然的不符合乘冪函數描述的結果。也就是進步的幅度並不是隨著練習而連續累積的，而與搖搖球的學習情況相同（廖廷儀等，2003；Liu 等 2006），呈現出一開始一直處於不會的狀態一段時間，然後突然就有很大的進步，一段時間停滯又突然的急速進步，這種不連續的情形，根據動力系統理論，此一時期系統正處於動力分歧的階段。因此，自行車滾筒訓練台的學習這種全身性多肢段運動，是屬於一種學習曲線不連續的學習曲線。

純熟的運動技能系統擁有穩定的吸引子，使得表現具有高度的一致性，而練習的目的則在使當前的動作系統朝向吸引子邁進（陳秀惠、劉有德，2007），因此，學習的過程則可視為是系統朝向吸引子靠近的過程。本研究中透過個人學習曲線呈現的是一種不連續性的學習過程，且每一位參加者學習速度存在著很大的個別差異，但共同的是都有歷經轉移的過程，才能達到能騎乘 2 分鐘的穩定狀態。快速學習組的參加者僅需幾次練習即可跨越轉移的過程到達穩定，一般學習組則需較長的時間才能到達轉移階段，也需要較多的練習才能跨越轉移階段達到穩定。這種不連續的學習過程與動力分歧的現象普遍存在於各運動項目中，但因為在實驗操作上有其限制存在，所以過去被記錄與量化的多為單肢段簡單的運動，全身性多肢段運動是非常少的。

在本研究後續分析資料篩選則依據轉移前、中、後三個階段進行。

第二節　騎乘動作協調型態的轉變

在本研究中動作者的協調結構是以主成份分析 (PCA) 來進行探討。以自相關分析相同之資料繼續進行分析，但 N5、N6 參加者因轉移前資料缺損左膝關節之運動學參數，所以予以剔除不進行分析。其餘資料先透過踩踏動作篩選使騎乘動作同步，再以 Matlab 進行內差處理，讓所有參加者在三階段的資料長度一致後，再使用 Matlab 軟體以相關矩陣 (CORR) 進行主成份分析。所得結果分別就一、成

份數與解釋量；二、成份分數；三、成份矩陣內容；四、平衡控制協調結構分別予以呈現，最後進行整體性的討論。

一、 成份數與解釋量 (Variance Explained)

以相關矩陣 (CORR) 進行主成份分析後，整體而言大於 1 的特徵值(Eigenvalues)有 6 至 8 個，轉移前、中、後增加或減少並無次序性。所以本研究則依據整體平均解釋量之陡坡圖進行篩選，曲線趨於平緩之後，也就是特徵值無顯著代表性的成份不取（嚴雅婷、劉有德，2009，頁 15）。圖 4- 5 為整體平均解釋量圖，橫軸第四成份以後曲線趨於平緩，所以選取出前四個成份進行後續分析。各階段整體平均 1 至 4 個成份解釋量達 85%以上（圖 4- 6）。

表 4- 1　滾筒訓練台練習各階段 PCA 解釋量

	參加者	C1	C2	C3	C4	總解釋量
轉移前	N1	0.44	0.23	0.14	0.06	0.87
	N2	0.33	0.23	0.17	0.11	0.84
	N3	0.30	0.29	0.17	0.09	0.85
	N4	0.37	0.22	0.18	0.08	0.86
	N7	0.38	0.26	0.14	0.09	0.86
	N8	0.47	0.23	0.14	0.06	0.90
	N9	0.37	0.23	0.14	0.10	0.83
	N10	0.37	0.21	0.15	0.10	0.83
	N11	0.35	0.27	0.13	0.11	0.86
	N12	0.40	0.21	0.17	0.07	0.85
	平均	**0.38**	**0.24**	**0.15**	**0.09**	**0.85**
		C1	C2	C3	C4	
轉移中	N1	0.43	0.27	0.12	0.07	0.89
	N2	0.41	0.22	0.11	0.09	0.84
	N3	0.34	0.25	0.14	0.10	0.84
	N4	0.40	0.25	0.13	0.09	0.88
	N7	0.41	0.24	0.17	0.08	0.89
	N8	0.37	0.26	0.18	0.06	0.87
	N9	0.33	0.20	0.15	0.13	0.82
	N10	0.33	0.26	0.17	0.08	0.85
	N11	0.47	0.26	0.10	0.07	0.90
	N12	0.39	0.30	0.10	0.09	0.88
	平均	**0.39**	**0.25**	**0.14**	**0.09**	**0.86**

		C1	C2	C3	C4	
轉移後	N1	0.34	0.26	0.15	0.10	0.85
	N2	0.33	0.28	0.19	0.07	0.88
	N3	0.41	0.30	0.13	0.07	0.91
	N4	0.43	0.19	0.16	0.09	0.87
	N7	0.39	0.23	0.16	0.08	0.86
	N8	0.45	0.29	0.10	0.05	0.90
	N9	0.37	0.26	0.17	0.08	0.88
	N10	0.39	0.23	0.11	0.11	0.84
	N11	0.34	0.29	0.12	0.10	0.86
	N12	0.38	0.26	0.16	0.10	0.90
	平均	**0.38**	**0.26**	**0.15**	**0.09**	**0.87**

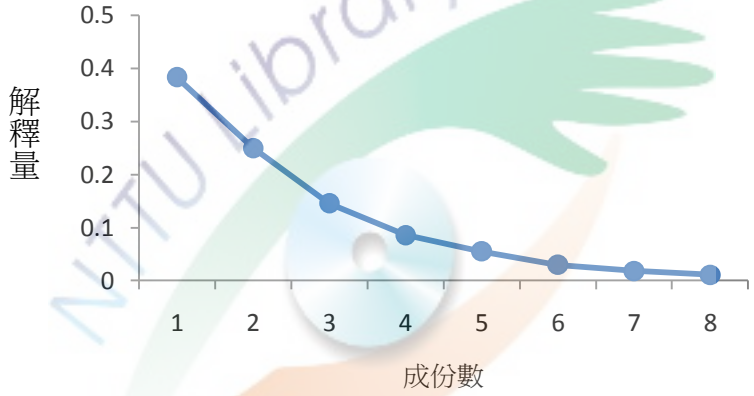


圖 4- 5　各成份解釋量圖

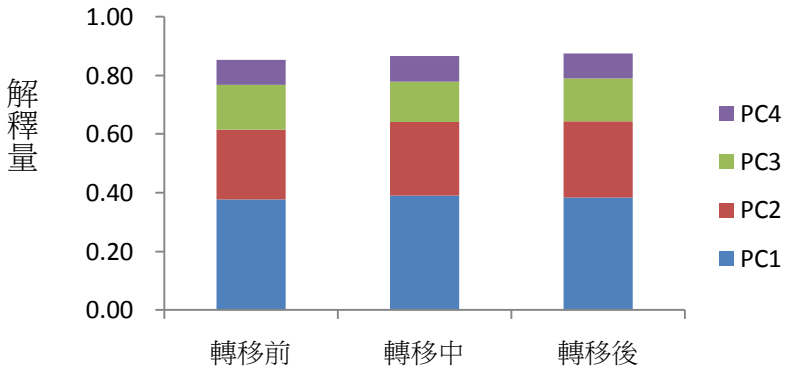


圖 4- 6　各階段整體平均 1～4 成份解釋量統計

註：S1：轉移前、S2 轉移中、S3 轉移後；PC1 代表第一成份之解釋量，依此類推。

在解釋量的部分，一般學習組與快速學習組並無差別存在。各成份解釋量隨著練習而增加或減少沒有一個固定的趨勢，在於不同實驗參加者身上有不同情形（表 4- 1 所示）。例如：N1 轉移前、中、後第一成份解釋量分別為 0.43、0.44、0.34 呈現在轉移後階段降低的現象；N3 三階段第一成份解釋量分別為 0.30、0.34、0.41，為遞增趨勢；N12 則為 0.40、0.39、0.38 呈現無太大變化的情況。每一個人三階段之總解釋量變化也如上述情形一般沒有固定的一個趨勢，因參加者不同而有所不同（表 4- 1 或、圖 4- 7、圖 4- 8 所示）。

第 1 至第 4 成份整體平均解釋量轉移前、中、後三個階段並無明顯變化（表 4- 1 粗體部分所示）。

圖 4- 7　快速學習組總解釋量變化圖

註：橫座標為階段，縱座標為解釋量。

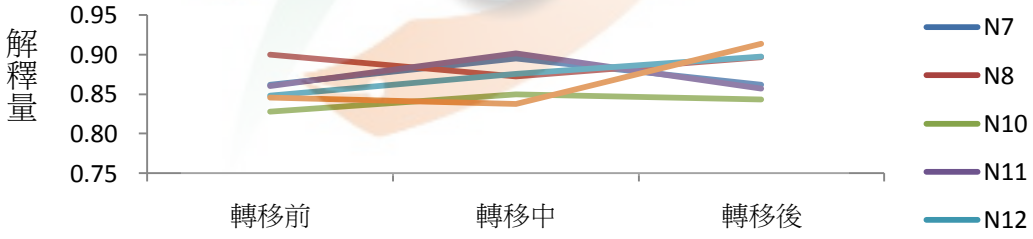


圖 4- 8　一般學習組總解釋量變化圖

註：橫座標為階段，縱座標為解釋量。

二、成份分數

原始的資料經由主成份分析轉化為成份分數，各變項間的變異量達到最大，且成份間的變異彼此獨立。所以，可將成份分數視為各成份對原始資料的描述。將轉移前、後階段的成份分數進行相關考驗後結果如下（表 4- 2）。由轉移前、後成份分數的相關分析結果可知轉移前、後各成份之間的相關幾乎全部達到顯著，但卻也幾乎都呈現較低的相關係數，由圖 4- 9、圖 4- 10 轉移前、後階段成份分數

圖的比較，可以看出轉移後階段圖中的曲線較為圓滑、平順且與轉移前呈現幾乎完全不同的型態。

表 4- 2　轉移前、後階段成份分數相關分析

		轉移前 C1	C2	C3	C4
	轉移後 C1	0.02**	-0.80**	-0.25**	0.00
n1	C2	0.59**	0.13**	0.19**	-0.16**
	C3	-0.71**	-0.18**	0.21**	-0.25**
	C4	0.32**	-0.38**	-0.22**	-0.10**
n2	C1	0.15**	-0.13**	-0.20**	0.74**
	C2	0.65**	-0.48**	0.56**	0.02**
	C3	0.04	0.41**	0.43**	0.20**
	C4	-0.06*	0.20**	0.00	0.51**
n3	C1	0.28**	-0.18**	-0.04*	0.38**
	C2	0.25**	0.15**	0.31**	-0.07**
	C3	0.13**	-0.11**	0.26**	0.07**
	C4	0.37**	0.25**	0.04*	0.27**
n4	C1	0.27**	0.04**	-0.49**	0.28**
	C2	0.69**	-0.48**	0.40**	-0.13**
	C3	0.23**	0.30**	0.37**	0.24**
	C4	-0.01	0.18**	0.02	-0.09**
n7	C1	-0.14**	-0.44**	-0.01	0.53**
	C2	0.13**	-0.12**	0.17**	0.24**
	C3	-0.07**	0.48**	0.34**	0.28**
	C4	-0.39**	0.13**	-0.04*	0.12**
n8	C1	-0.01	0.35**	-0.31**	0.30**
	C2	-0.06**	-0.19**	0.30**	0.15**
	C3	0.32**	0.17**	0.05**	0.12**
	C4	0.11**	0.34**	0.08**	0.48**
n9	C1	-0.27**	-0.04*	-0.06**	0.26**
	C2	0.35**	-0.49**	0.44**	-0.26**
	C3	0.16**	0.10**	0.47**	0.18**
	C4	-0.03	-0.05*	0.14**	0.32**
n10	C1	-0.30**	-0.10**	-0.14**	0.18**
	C2	0.48**	-0.56**	0.36**	-0.07**
	C3	-0.22**	0.33**	0.28**	0.14**

	C4	-0.20**	-0.13**	0.02	0.42**
n11	C1	0.52**	-0.18**	-0.10**	0.43**
	C2	0.30**	-0.52**	0.52**	0.10**
	C3	-0.16**	0.00	0.11**	0.36**
	C4	-0.05**	-0.05*	0.16**	0.04**
n12	C1	0.43**	-0.27**	0.01	0.42**
	C2	0.66**	-0.16**	0.11**	-0.09**
	C3	0.03	0.52**	0.17**	0.11**
	C4	0.03	0.27**	-0.11**	0.28**

** P<.001,* p<.05

註：n1 為參加者，C1 代表第一成份，依此類推。

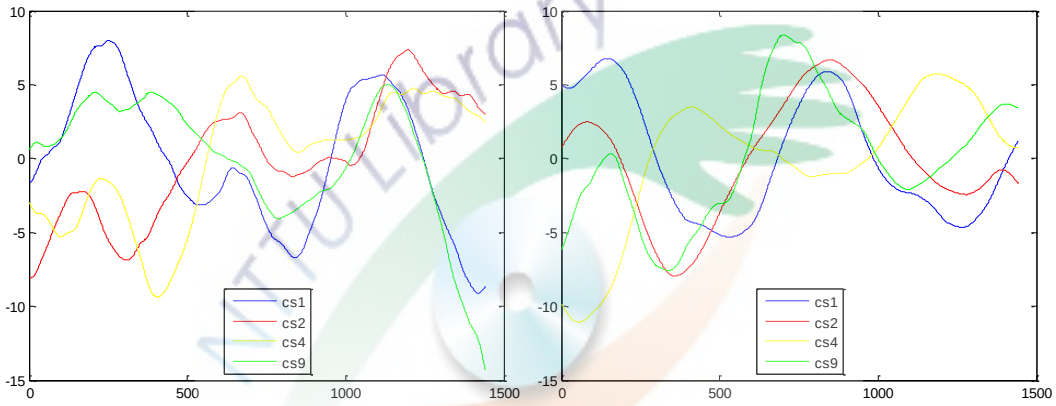


圖 4- 9　快速學習組轉移前（左）、後（右）二階段成份分數圖

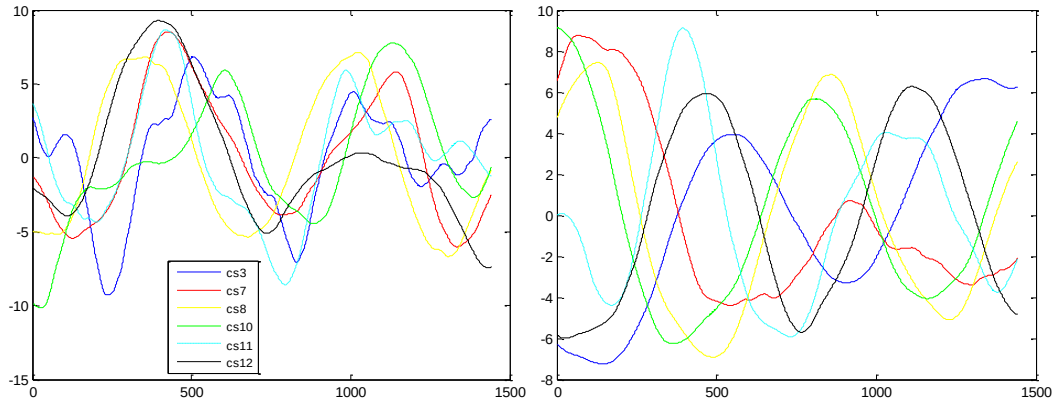


圖 4- 10　一般學習組轉移前（左）、後（右）二階段成份分數圖

三、成份矩陣內容

動作之運動學參數，經主成份分析後，各肢段的變異就轉換為成份動作來描述。一個成份動作由數個肢段變項的變異組成，而同一個動作，可能集中於某一個成份解釋，也可能必需由數個成份來描述。資料經主成份分析後可獲得一個特徵向量矩陣，為了利於檢視，於是將每個係數取絕對值，同時以 broken stick 法 (Peres-Neto, Jackson & Somers, 2003) 過濾掉過小無意義的值，所得結果再由 Matlab 軟體程式編寫分別重建模擬成份動作並配合成份矩陣圖逐一檢視（broken stick 後之矩陣資料請參照附件）。檢視方法說明如下：成份矩陣係數圖中（如圖 4-11）X、Y、Z 為三維空間座標，X 為前後向、Y 左右向、Z 垂直軸；C1 代表第一成份，其他成份依此類推；圖中水平軸 R 代表右邊、L 代表左邊，由左至右 h、s、e、w、h、k、a、f 依序為頭、肩、肘、腕、髖、膝、踝、趾，先為右半身，然後為左半身，最後 b 為車架頭管的中心點；圖中縱軸為係數向量大小；s1 表示轉移前、s2 表示轉移中 s3 表示轉移後；綜合上述 n1s1,C1 表示參加者 N1 在轉移前階段第一成份。以下將所得之成份矩陣分快速學習與一般學習兩組，再依每位參加者分別敘述如下（大部分 C4 動作較為零碎，所以此部分不予以說明）：

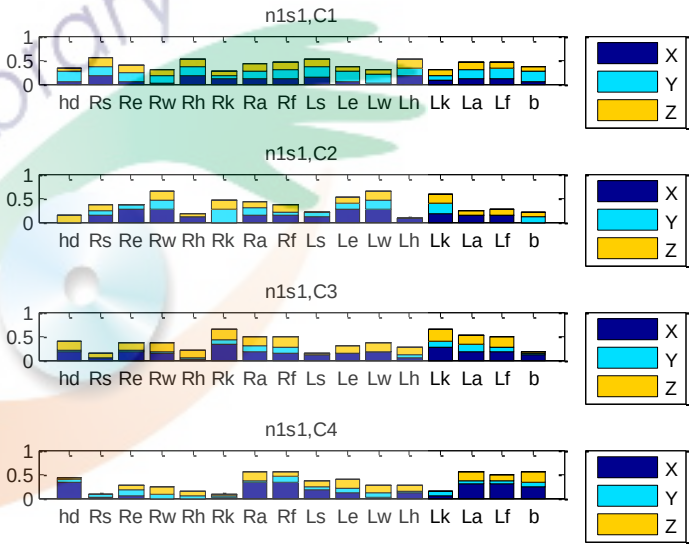


圖 4- 11　參加者 N1 轉移前階段成份矩陣圖

（一）快速學習組

1. N1

（1） N1 轉移前階段（如圖 4- 11）：

C1 包含全身各肢段的動作，以 Y 軸為主，反映自行車騎乘基本型態。

C2 成份動作以上肢 X 軸向（前後）為主，與膝關節 Y（左右）、Z 軸向平衡調整的動作。表示騎乘者全身有較大的前後晃動，並伴隨著主要為膝關節的左右、上下的擺動。

C3 以雙腳(k)、踝(a)、趾(f) X、Z 為主，所組成的踩踏動作。X 軸代表前後，Z 軸為上下，前後與上下的移動所描述的是往矢狀面畫圓的動作，且又集中於下肢。下肢往矢狀面畫圓的動作即為踩踏的動作。

C4 為雙腳腳踝及腳趾 X、Z 如鐘擺一般的動作。

（2） N1 轉移中階段（如圖 4-12）：

C1：全身肢段各軸向的自行車騎乘基本型態，相較於轉移前階段下肢X、Z軸向，轉移前右膝、踝、趾皆 X 軸，向量為 0.10，轉移中階段依序為 0.19、0.13、0.13，Z 軸也有 0.01～0.07 的增加（詳見附錄成份矩陣）。左邊增加則不如右邊明顯，右下肢係數變大，顯示右腳踩踏動作加大。

C2：雙腳膝、踝關節 X、Y、Z 為主組成的踩踏動作為主。

C3：右邊上肢、左腕、左髖 X 軸，右邊髖、膝、踝及左膝 Y 軸所組合而成，平衡調整的動作。

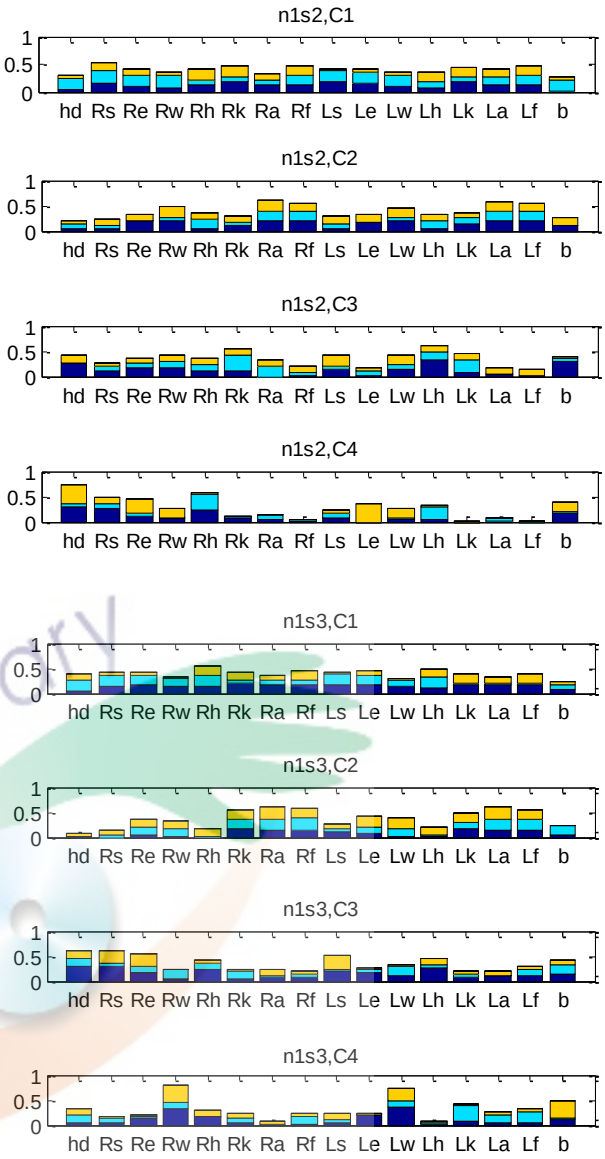


圖 4- 12　N1 轉移中、後階段成份矩陣圖

（3） N1 轉移後階段（圖 4- 12）：

C1：仍然為自行車騎乘基本型態，但相對於前兩階段上下半身有更明顯的區分，上肢以 X、Y 軸動作為主，下半身則以 X、Z 軸動作為主。

C2：主要成份動作為下肢三個軸向的踩踏動作

C3：主要描述上肢 X、Z 軸的移動。

（4） N1 學習過程整體變化

C1 為自行車騎乘的基本型態，但隨著技術的純熟，下肢踩踏動作 Y 軸逐漸消失，最後幾乎由 X、Z 軸組合，上下踩踏的動作逐漸加大；上、下半身的動作至轉移後有明顯分別於第二、三成份；描述下肢踩踏的結構也逐漸上升至第二成份，上肢結構則降至第三成份。反映出動作者隨著練習上身晃動縮小，踩踏動作加大的趨勢。類似平衡調整結構在轉移前於第二成份，至轉移中移至第三成份，轉移後則於前四個成份中消失。

N2

（1） N2 轉移前階段（圖 4- 13）

C1：主要成份動作以上肢 Y 軸為主橫向移動的動作與些許腳踝、腳趾 Y、Z 軸前後的動作。

C2：為下半身上下踩踏的動作。

C3：為上肢 X、Z 軸，下半身髖、膝、踝、趾 Y 軸類似平衡調整的動作。

（2） N2 轉移中階段

C1：包含全身各軸向，主要描述自行車騎乘的基本型態與 Y 軸的位移。

C2：包含下肢各軸向，主要成份動作為下肢踩踏的動作，顯示頭部、肩、肘跟隨著上下移動。

C3：為全身 X 軸向的移動。

（3） N2 轉移後階段

C1：包含全身各軸向，以 Y 軸和 Z 軸組合的結構為主，成份動作為自行車騎乘基本型態。

C2：全身 X、Z 軸與髖、膝、踝、趾 Y 軸的動作結構。成份動作主要是雙腳踩踏、及調整平衡的動作。

C3：為上肢 X、Y 軸的動作為主與下肢 X、Z 軸所組合的結構。所描述的是雙手進行平衡或方向調整的動作。

（4） N2 學習過程整體變化

N2 為全部實驗參加者中，

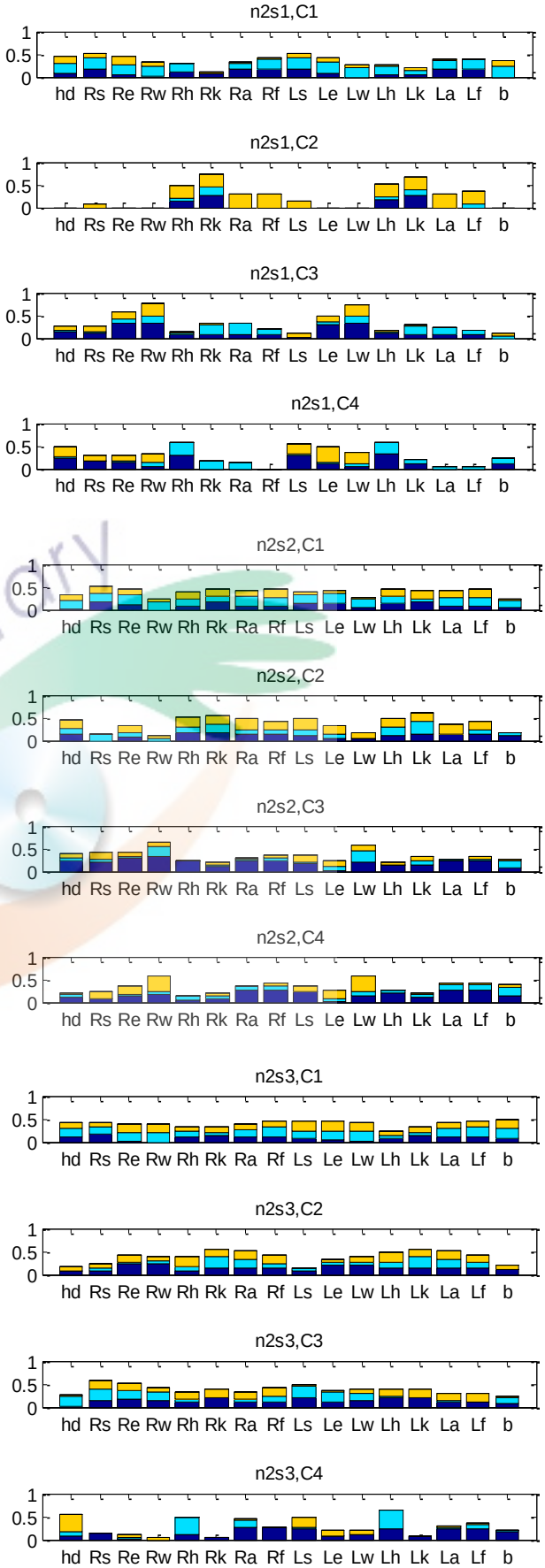


圖 4- 13 N2 三階段成份矩陣圖

學習次快的。隨著技能的熟練 C1 全身肢段各軸向所佔的比例有逐漸平均的趨勢。

在學習之初轉移前階段，描述踩踏動作的結構即很強的在 C2 且描述上、下半身動作的結構很清楚分別在 C2 與 C3。轉移中 C2 也轉變為幾乎包含全身肢段各軸向的型態。轉移後 C1 至 C3 都幾乎包含全身肢段各軸向的型態。

2. N4

（1） N4 轉移前階段（圖 4- 14）

C1：包含全身肢段各軸向，成份動作為自行車騎乘的基本型態與左、右位移。

C2：內容主要為下肢 X、Z 軸的動作，其成份動作為下肢上、下踩踏動作。

C3：以上肢 X、Z 軸及肩、肘、腕、膝、車架 Y 軸為主，成份動作是類似平衡調整的動作。

（2） N4 轉移中階段

C1：包含全身肢段各軸向，主要描述自行車騎乘的基本型態與左、右位移。

C2：為全身 X、Z 軸與肩、肘、腕、膝、車架 Y 軸為主，成份動作為踩踏與平衡調整的動作。

C3：包含全身肢段 X、Z 軸加上些許下肢 Y 軸，成份動作為上肢矢狀面運動與下肢上下踩踏。

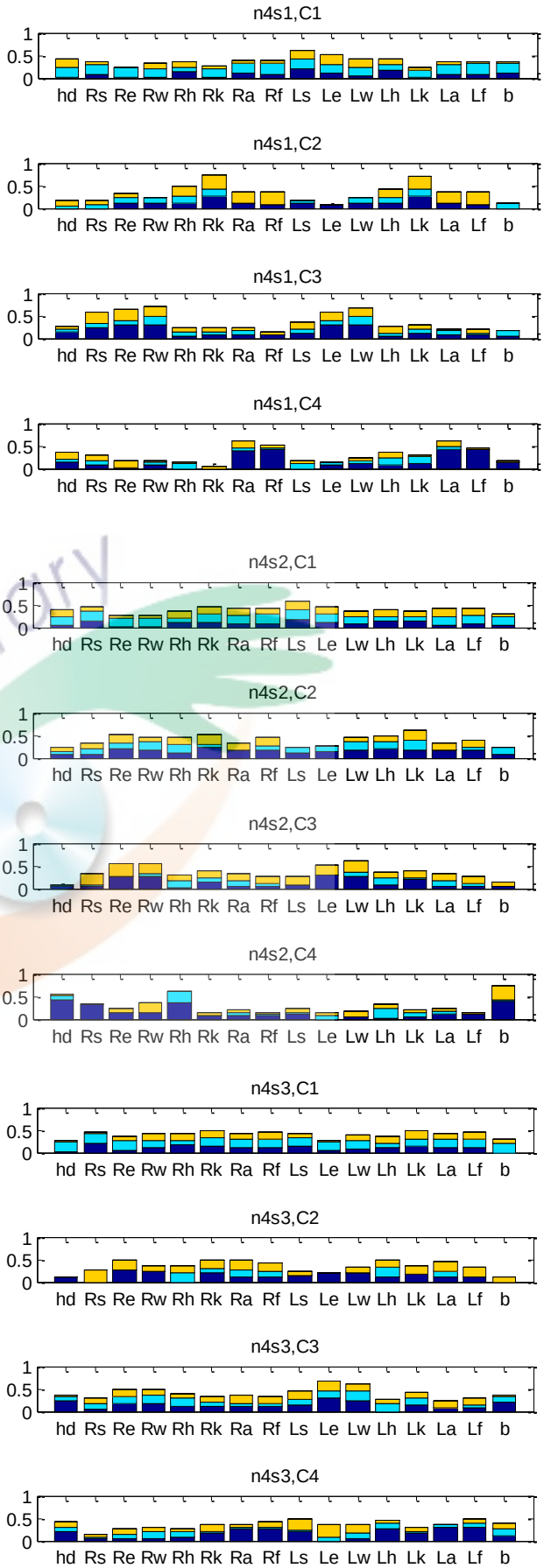


圖 4- 14　N4 三階段成份矩陣圖

NTU Library

（3） N4 轉移後階段

C1：包含全身肢段各軸向，成份動作為自行車騎乘的基本型態與左、右位移。

C2：為上肢 X、Z 軸與下肢三個軸向所組成，成份動作為下肢踩踏動作與上肢矢狀面的移動。C3 與 C2 相反為上肢三個軸向與下肢 X、Z 軸所組成，成份動作為上肢左、右的位移與踩踏動作。

（4） 學習過程整體變化

隨著技能的熟練 N4 的 C1 全身肢段各軸向所佔的比例有逐漸平均的趨勢。C2 主要描述的為下肢的踩踏動作，C3 為上肢的動作，這樣的情形在轉移前很明確，在轉移中至轉移後階段則漸趨模糊。

3. N9

（1） N9 轉移前階段（圖 4- 15）

C1：包含全身肢段各軸向，為自行車騎乘的基本型態。

C2：由全身肢段 X、Z 軸與肘、腕及下肢 Y 軸組成。主要成份動作為上肢矢狀面運動及下肢踩踏動作。

C3：髖、膝、踝、趾三個軸向為主要的內容，成份動作為平衡調整的動作。

（2） N9 轉移中階段（圖 4- 15）

C1：由上肢 X、Y 軸，下半身 X、Z 軸及全身 Y 軸所組成，成份動作為下肢踩踏動作及左、右的位移。

C2：為肩、肘、腕、膝、趾三個軸向所組成，成份動作為平衡調整的動作。

C3：由全身肢段 Y 軸組成，成份動作為全身左、右方向的位移。

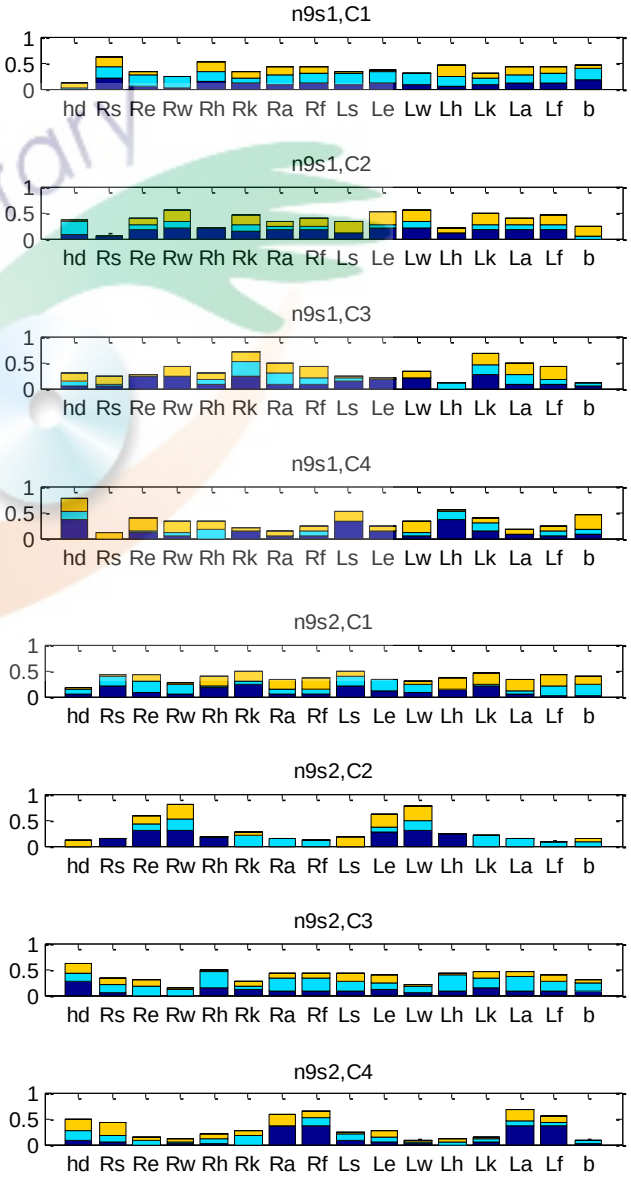


圖 4- 15　N9 轉移前、中階段成份矩陣圖

（3） N9 轉移後階段（圖 4- 16）

C1：包含全身肢段各軸向，為自行車騎乘的基本型態。

C2：以下肢三個軸向為主，成份動作為下肢的踩踏動作，但有較大的左右移動。

C3：由上肢 X、Z 所組成，成份動作為上半身矢狀面的搖動。

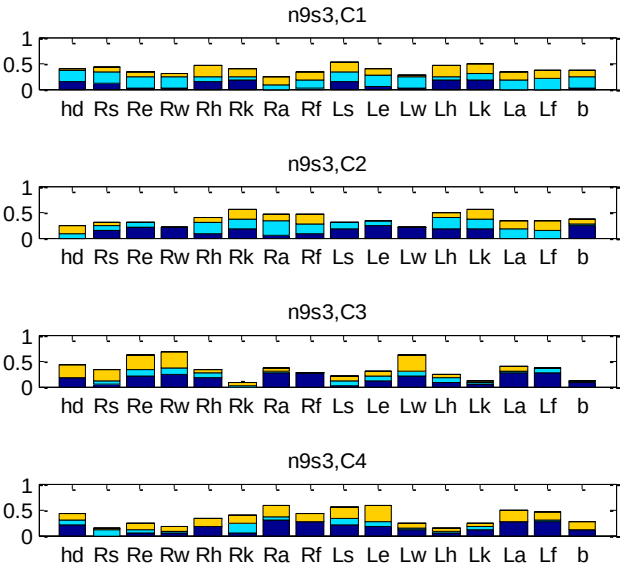


圖 4- 16　N9 轉移後階段成份矩陣圖

（4） N9 學習過程整體變化

踩踏動作在轉移中階段上移至第一成份，顯示踩踏動作相較於轉移前有加大的趨勢。至轉移後就呈現與其他快速學習組參加者轉移後階段相似的型態：C1 為騎乘基本型態、C2 為踩踏，C3 為上肢動作，但區分不明確。

4. 快速學習組整體騎乘動作型態轉變情形

（1） 在轉移前階段 C2 的成份動作為下肢踩踏的動作，C3 為上肢的動作。

（2） 在轉移前階段上、下半身動作結構會明顯區分在不同的成份，隨著技能純熟轉移中、後二階段，上、下半身的區分逐漸不明顯。

（3） 有平衡調整的結構存在於第二、三成份。且會隨著技能進步而係數逐漸減少或消失。

（二）一般學習組

1. N3

（4） N3 轉移前階段（圖 4- 17）

C1：主要為由肩、肘、腕、膝、趾、單車 X、Y 軸組合之結構，其成份動作為平衡調整的動作。

C2：由全身肢段 Y、Z 軸及肘、腕、膝 X 軸所組成，成份動作為騎乘的基本型態與全身左右的位移。

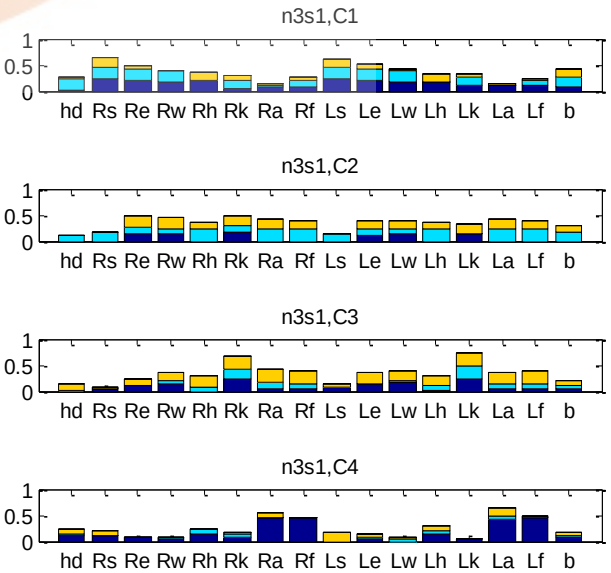


圖 4- 17　N3 轉移前階段成份矩陣圖

C3：全身 Z 軸及下肢三個軸向所組成，成份動作為下肢踩踏的動作。

（5） N3 轉移中階段（圖 4- 18）

C1：為全身各軸向的騎乘基本型態。

C2：主要為肩、肘、腕、髖、膝、單車各軸向的動作及全身 Z 軸的動作所組成，成份動作為上肢平衡調整的動作。

C3：主要由下肢 X 軸所組成，成份動作為下肢踩踏前後的擺動。

（6） N3 轉移後階段（圖 4- 18）

C1：為全身肢段 X、Y 軸及些許的 Z 軸所組成，成份動作為以左右移動的過程與踩踏的基本型態。

C2：以下肢各軸向為主，成份動作為下肢踩踏動作。

C3：上半身 X、Z 軸所組成，成份動作為上肢矢狀面的擺動。

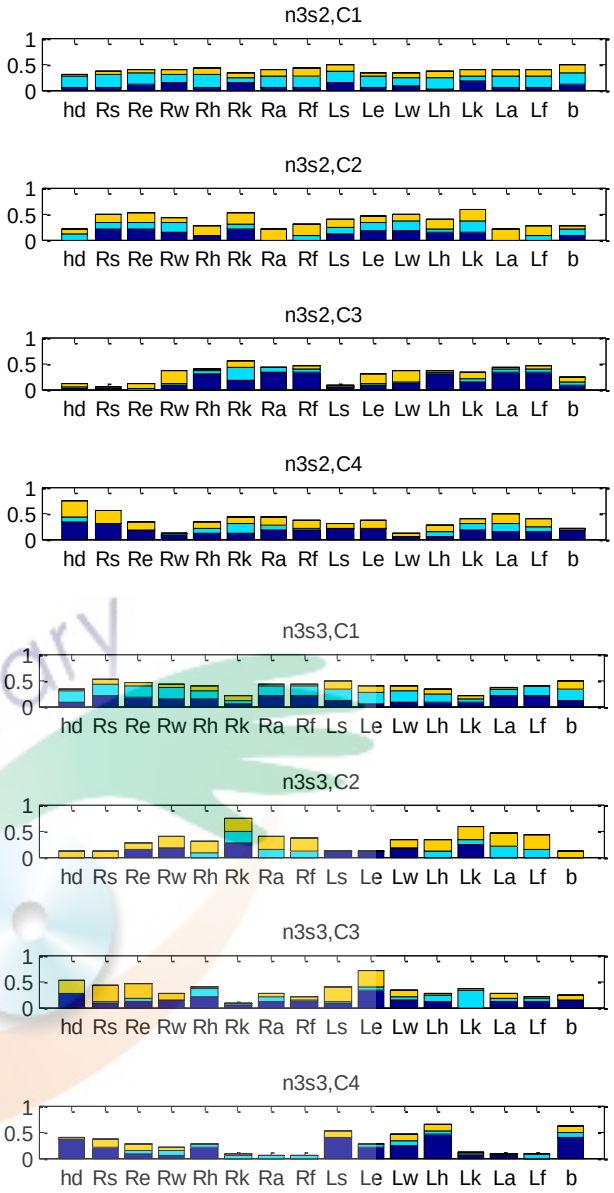


圖 4- 18　N3 轉移中、後階段成份矩陣圖

（7） N3 學習過程整體變化

原先下肢的踩踏動作轉移前階段在 C3，經練習後至轉移後階段上升至 C2；上肢的動作在轉移後階段移至 C3。原來在轉移前階段處於 C1 的平衡調整動作至轉移中階段則出現於 C2，轉移後階段則消失。

2. N7（圖 4- 19）

（1） N7 轉移前階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為左、右位移與騎乘的基本型態。。

C2：上肢 X 軸與下肢各軸向所組成，成份動作為以下肢為主的平衡調整動作。

C3:以下肢 Z 軸為主要的組成，成份動作主要為下肢上下踩踏的動作。

（2） N7 轉移中階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為全身左、右位移與騎乘的基本型態。

C2：上肢 X 軸與下肢各軸向所組成，成份動作為以下肢為主的平衡調整動作。

C3：由下肢各軸向組成，成份動作為下肢踩踏的動作。

（3） N7 轉移後階段

C1 為全身各軸向所組成，成份動作為左、右位移與騎乘的基本型態。

C2 髖、膝 X、Z 軸與踝、趾 Z 軸為主要組成，成份動作為下肢踩踏的動作。

C3 組成以上半身 X、Z 軸為主，成份動作為上肢矢狀面擺動。

（4） N7 學習過程整體變化

在轉移前階段上、下半身動作在各成份都無法被明顯的區分，轉移後階段下肢踩踏動作與上半身動作即明顯的位於 C2、C3。下肢平衡調整的動作於轉移前、中階段一直出現在第二成份，至轉移後階段則消失不見。

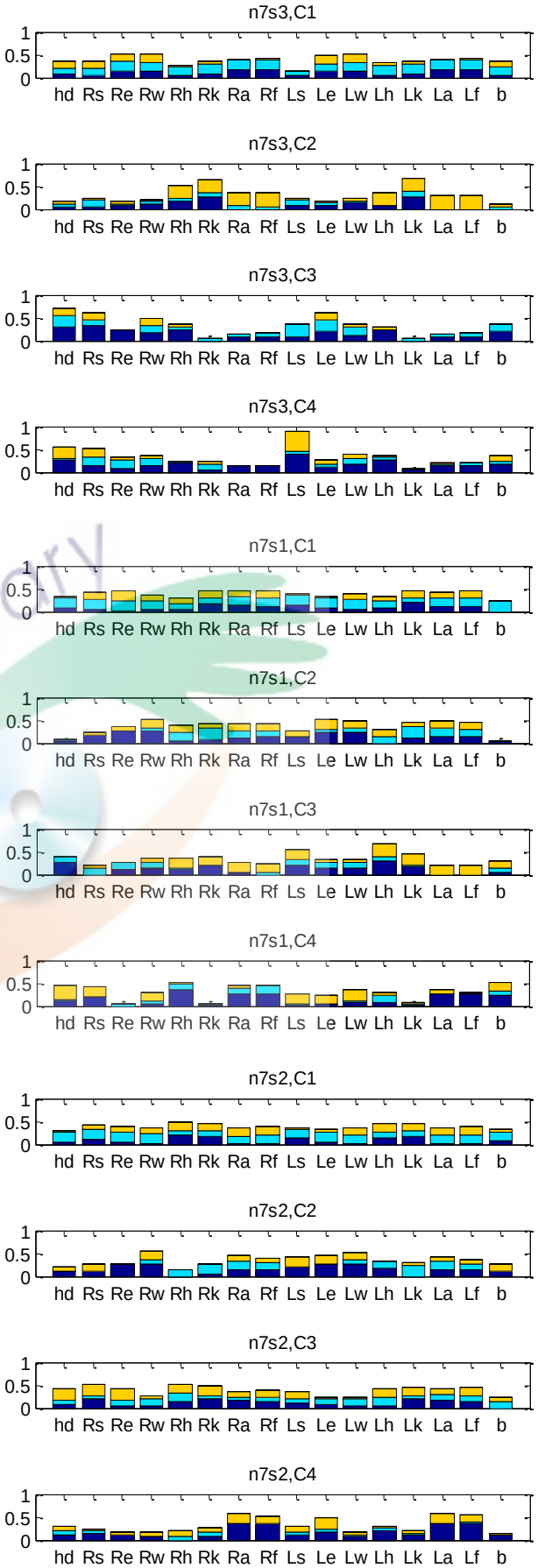


圖 4- 19　N7 三階段成份矩陣圖

3. N8（圖 4- 20）

（1） N8 轉移前階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為左、右位移與騎乘的基本型態。

C2：由上肢 X、Y 軸動作為主要由膝、踝、趾 Z 軸共同組成。成份動作為平衡調整的動作。

C3：以全身肢段 X 軸為主要組成，成份動作為左上肢矢狀面擺動與下肢前、後移動的動作。

C4 下肢 X、Z 軸為主要組成，其成份動作為下肢踩踏動作。

（2） N8 轉移中階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為右、位移與騎乘的基本型態。

C2：以上半身 X、Y 軸為主要及踝、趾 X、Z 所共同組成，成份動作為平衡調整動作。

C3：下肢 Z 軸為主要，成份動作為下肢踩踏動作與全身左、右的移動。

（3） N8 轉移後階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為左、右位移與騎乘的基本型態。

C2：上半身 Y、Z 軸與下肢 X、Z 所組成，成份動作為踩踏的動作且上身隨著左右、上下的擺動的平衡調整動作。

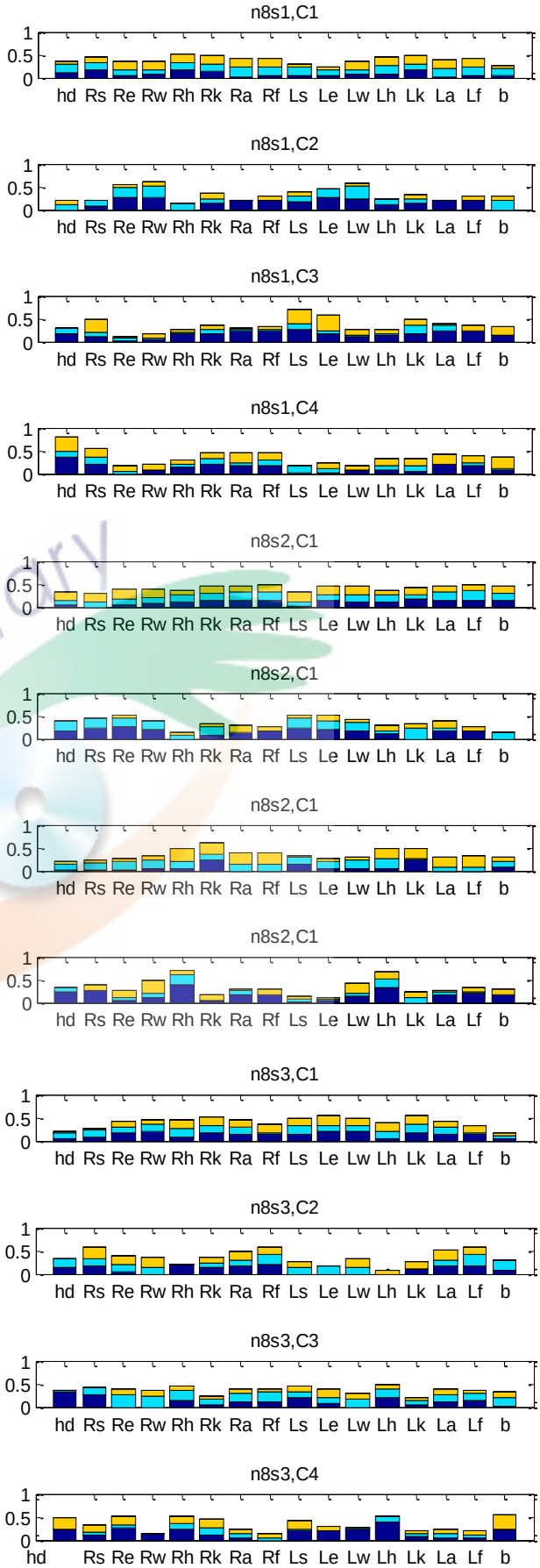


圖 4- 20　N8 三階段成份矩陣圖

C3：包含全身肢段各軸向，其成份動作主要為全身左右的位移與下肢矢狀面的擺動。

（4） N8 學習過程整體變化

描述踩踏的結構在轉移前階段位於 C4，轉移中階段上升至 C3，轉移後階段再升至 C2；平衡調整的動作存在於轉移前、中、後階段的 C2，至轉移後階段動作較不明顯。

4. N10 （圖 4- 21）

（1） N10 轉移前階段

C1：為全身各軸向所組成，成份動作為左、右位移與騎乘的基本型態。

C2：全身肢段 X、Z 軸為主要組成，成份動作為下肢踩踏動作。

C3：肩、肘、腕、膝及單車 X、Y 軸為主要組成，成份動作為平衡調整的動作。

C4：以下肢 X 軸為主要組成，成份動作為下肢前、後的擺動。

（2） 轉移中階段

C1：以全身肢段 Y 軸為主，成份動作為整個過程左、右的位移。

C2：主要由下肢 Z 軸所組成，成份動作為下肢上、下的踩踏動作。

C3：由上肢 Z 軸，下肢 X 軸所組成，成份動作為上肢矢狀面的擺動。

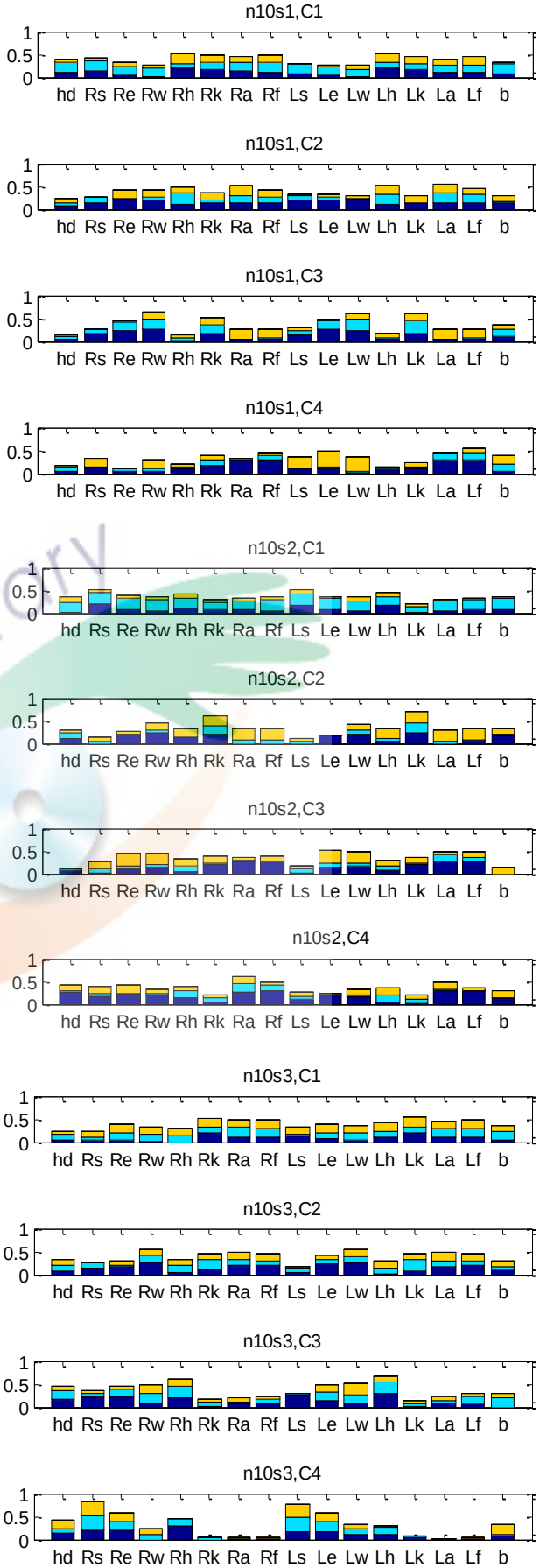


圖 4- 21　N10 三階段成份矩陣圖

（3） N10 轉移後階段

C1：由全身肢段 Y、Z 軸與下肢各軸向所組成，成份動作為騎乘的基本型態。

C2：由全身肢段各軸向所組成，成份動作為下肢上下踩踏的動作。

C3：以頭、肩、肘、腕、髖 X、Y 軸為主，成份動作為下肢前後擺動及全身些許左、右晃動的動作。

（4） N10 學習過程整體變化

平衡調整的僅存在轉移前階段位於 C3，轉移中、後則沒有這些動作。描述踩踏動作的結構於一直存在於 C2。

5. N11 學習過程整體變化（矩陣圖參照附錄）

踩踏的結構轉移前階段位於 C3，轉移中階段上移至 C1。轉移前階段成份動作於 C2、C3 有明顯上、下半身的區分，轉移中、後階段則無明顯區別。有平衡調整的結構位於 C3 但是係數值微小。轉移後階段 C1 上半身肢段 Y 軸減少，表示騎乘者動作過程左、右移動很小。

6. N12 學習過程整體變化（矩陣圖參照附錄）

上、下半身成份動作至轉移後階段有區分於 C1、C2：轉移前階段 C2 由上肢 Y、Z 軸、下肢 X、Z 軸所組成，至轉移中階段轉變為以全身肢段 X、Z 軸為主所組成，轉移後階段下肢 Z 軸係數值降低至幾乎消失，變成由上肢 Y、Z 軸、下肢 X、Y 軸所組成。轉移後階段下肢 Z 軸係數相較於前兩階段有明顯的增加。這樣的轉變表示在學習的過程中騎乘者上下踩踏的動作逐漸加大。

（三）小結

整體而言，第一成份的成份動作為一個包含全身肢段各軸向的騎乘基本型態，以 Y 軸為主要描述一個整體性的動作，包括該次試作左、右位移以及騎乘動作的基本型態；第二、三成份動作為上、下半身的動作，隨技能進步所出現的動作結構轉變大多反映在這 2 個成份內，並且也可以反映出參加者騎乘動作特性；第四成份則多為細小零碎的動作，如：前、後或左、右的微小晃動，僅少數參加者在轉移前階段第四成份有較具意義的動作。

一般學習組與快速學習組兩者在不同的階段所呈現的動作轉變有不同的趨勢，而不同的個體也存有許多個別差異，這是全身性多肢段複雜運動的特性。儘管如此，仍然反映出一些共同的特性與趨勢。

1. 快速學習組整體騎乘動作型態轉變情形

在轉移前階段 C2 的成份動作為下肢踩踏的動作，C3 為上肢的動作。在轉移前階段，上、下半身動作結構會明顯區分在不同的成份，隨著技能純熟轉移中、後 2 階段上、下半身的區分逐漸不明顯；平衡調整的結構存在於第二、三成份，並且會隨著技能進步而係數逐漸減少或自前 4 個成份消失。

2. 一般學習組整體騎乘動作型態轉變情形

隨技能的熟練至轉移後階段 C2、C3 會有明顯上下半身動作區分，但 N12 區分的型態與其他參加者不同。N11 則與快速學習組較為相近； 描述下半身踩踏動作的結構會隨著練習而往前面的成份移動，不同的參加者有不同的轉變情形如表 4- 3 所示。平衡調整結構會隨著技能的純熟，往較低的成份移動或自前 4 個成份消失，或一直存在於某一成份但隨著進步係數逐漸變小。

表 4- 3　一般學習組踩踏結構轉移趨勢表

參加者	成份	轉移前	轉移中	轉移後
n3	C3			
	C2			
	C1			
n7	C3			
	C2			
n8	C4			
	C3			
	C2			
n10	C2			
n11	C3			
	C1			
n12	C2			

註：以 N3 參加者為例，踩踏動作結構轉移前於第三成份、轉移中移至第二成份，轉移後移至第一成份。其他參加者依此類推。

四、平衡控制結構

將主成份分析所得到的資料，分別將每一個成份以 Matlab 軟體模擬重建後逐一檢視，在各成份動作中可以分析出兩種平衡控制的結構，第一種為以上肢為主，左、右二邊的肩、肘、腕、膝、單車 Y 軸所組成的動作結構（圖 4- 22 上）。第二種為以下肢為主，左右兩邊髖、膝、踝、趾 Y 軸所組成的動作結構（圖 4- 22 下），當這兩種結構其中之一出現，且為該成份之主要結構，則該成份動作即為左、右擺動的平衡控制動作。該動作就如同實際情形中，騎乘自行車在原地不前進時，進行平衡時必要的身體扭動。這個平衡控制結構會隨著技能的純熟往較低的成份移動或自前 4 個成份消失，或一直存在於某一成份，但隨著進步係數逐漸變小。

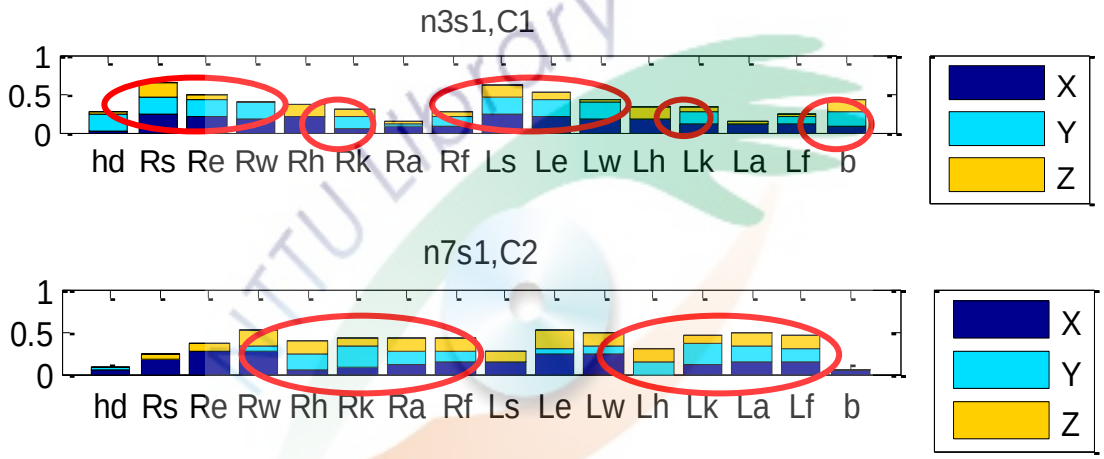


圖 4- 22　平衡控制結構

註：紅線圈起之淺藍色部分為平衡控制結構；圖上為上肢為主型，圖下為下肢為主型。

除 N2、N12 二位參加者之外，其餘每一位在轉移前階段皆可以發現這二種平衡控制之一的動作結構，且與本章第三節自相關的分析結果相互呼應。如果平衡控制結構在第一成份或第二成份且為主要組成，那麼對應該次自相關分析的結果就可以看到一個快速收斂到 0.4 至 0.5 的負相關的型態，若在第二成份但不是主要的組成或第三成份對應自相關的分析，則為快速收斂至最多 0.2 的負相關或呈現穩定下降至負相關的型態。若結構的成份係數越大所呈現越高的負相關，反之，係數越低則負相關程度越低。如：N3 的調整結構出現在解釋量最高的第一成份，且為主要成份。因此，對應到自相關分析為將近 0.6 的負相關（圖 4- 23）。

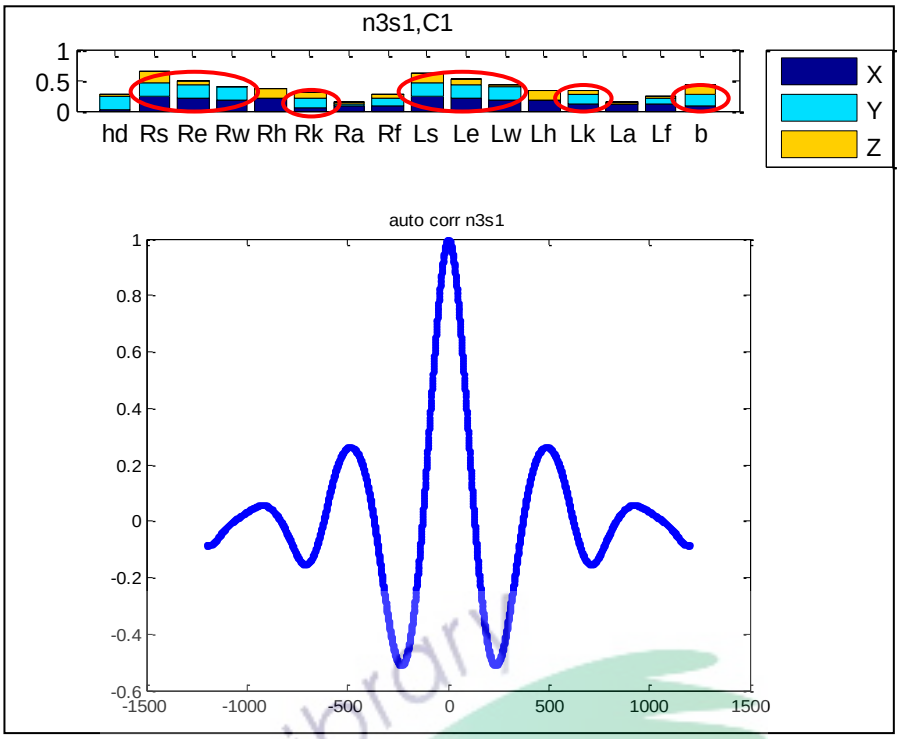


圖 4- 23　N3 轉移階段第一成份成份矩陣圖與自相關分析圖

註：a.圖上為 N3 第一成份矩陣圖。b.圖下為車架中心點 Y 軸移動軌跡自相關圖，橫軸為延遲的影格張數，縱軸為相關係數。

五、討論

（一）成份數與解釋量

不論是轉移前、轉移中、轉移後三個階段，整體一至四成份的解釋量均無明顯變化。換言之，解釋量並沒有隨技能的成熟而有增加或減少的趨勢。第一成份的平均解釋量轉移前 38%、轉移中 39%、轉移後 38%，第二成份轉移前、中、後三階段分別為 24%、25%、26%，第三成份分別為 15%、14%、15%，第四成份三階段皆為 9%（表 4- 1 粗體部分所示）。相較於過去主成份分析相關研究 (Chen, Liu, Mayer-Kress and Newell, 2005; Hong and Newell, 2006)，與上述各項結果有很大的不同；而參加者個別學習過程解釋量變化的幅度、趨勢也無特定的趨勢（圖 4- 15 所示）。

Post, Daffertshofer, and Beek (2000) 兩手丟三球的研究指出隨著練習兩個主要成份的解釋量會隨之提高；Hong and Newell (2006) 主成份分析探討滑雪機的學習，所得到的結果也指出經過練習之後整體的解釋量由 90%增加至 94%，第一成份解釋量由 53%增加至 56%；Chen 等 (2005) 以

PCA 分析 1 位女性與 4 為男性練習踩板車的過程，第一成份的解釋量由 54.2%增加至 60.1%。在過去這些主成份相關研究的結果在整體解釋量都隨著技能的進步而增加，第一成份的解釋也是增加的趨勢，且在大於 1 的特徵值 (Eigenvalues）也隨之減少，顯示出解釋整體動作變異量往前幾個成份集中。相互比較之下過去研究與本研究的結果有相當大的不同。但如果仔細的檢視過去研究 (Hong and Newell, 2006; Chen, Daffertshofer, 2009) 的數據可以發現，實驗參加者個別的總解釋量與各成份解釋量在學習過程的變化並無一定的趨勢，與本研究是相同的（可參閱圖 4- 7、圖 4- 8 所示）。所以，造成不同的是平均之後的結果，上述相關研究實驗參加者人數過少，大約 4～5 人，所以只要有一、二位的解釋量有大幅的減少或增加就會造成整體平均的增加或減少，此為可能原因之一。

另一原因可能為進行主成份分析時所使用的矩陣不同，由上述過去研究所呈現資料的型態判斷應是使用共變數矩陣 (COV) ，因為目的需要探討肢段間的關係所以所使用的是相關矩陣 (CORR)。Chen, Daffertshofer (2009)以 PCA 分析踩板車學習研究即使用相關矩陣分析，在解釋量與成份數方面就與本研究有類似的結果。

（二）成份分數

成份分數為主成份萃取後變數的加權係數，在經轉換後所得的值，可視為原始變數的綜合性指標，所呈現的型態即為該成份對原始資料的描述。若將轉移前、後成份分數以繪圖呈現（圖 4- 24），可觀察出相較於轉移前，轉移後的成份分數明顯的較為圓滑平順。陳秀惠（2005）指出成份分數圓滑的型態反映出較穩定的動作型態。顯示出實驗參加者動作經過練習後騎乘動作更穩定了。

更深入的探究轉移前、後成份間的關係，透過比較動作在轉移前、後的每一成份分數的關聯性即可找出每一成份轉移前、後的關係。若對轉移前、後階段各成份分數進行相關考驗，所得結果正相關越高代表各成份對原始動作的描述越相近，也就是動作的改變越小。反之，相關越低動作改變越大。張育誠（2009）探討不同工作限制對打擊動作的影響，即是以主成份分析後所得之成份分數進行相關考驗，以比較兩邊動作的一致程度；本實驗的研究結果顯示在轉移前、後各成份的相關幾乎都達到顯著，顯示這些成份之間存在著一些特定的關係，但是所呈現的相關程度卻都很低（表 4- 2 所示）。表示每一個成份分數對原始動作的描述在

轉移後確實改變了，轉移前、後兩階段各成份所代表的動作型態相關程度低，但是之間仍然是有關係的。關係為何？則需要進一步的由成份矩陣進行探討。

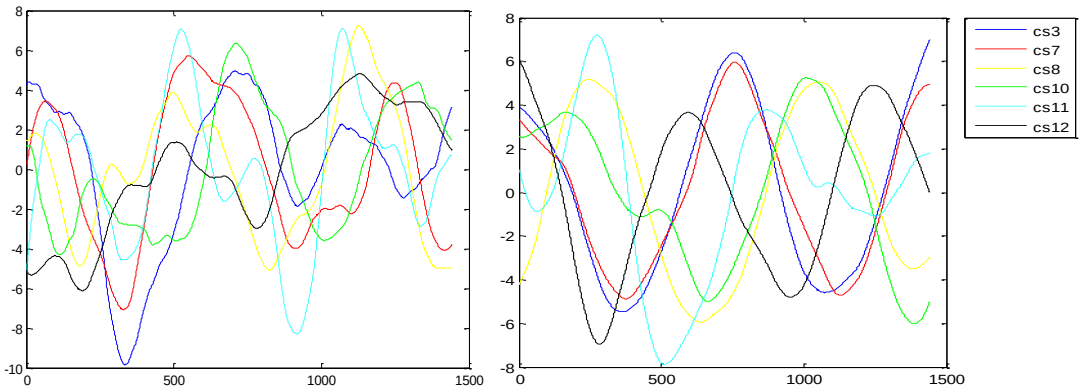


圖 4- 24　一般學習組轉移前、後階段第二成份分數

註：左邊為轉移前，右邊為轉移後；轉移後曲線明顯較圓滑。

（三）成份矩陣與動作型態

在過去研究中對於成份矩陣的著墨較少。戴遠成、劉有德（2007）平衡板的研究中，以統計成份矩陣中每一個成份中分別包含主要的身體肢段個數，來分析學習過程與不同工作限制下動作型態的改變；Fan (2009) 也是透過統計每一個成份中主要的身體肢段個數來分析自行車騎乘在不同踩踏頻率下的動作型態。上述研究的僅止於成份中主要的身體肢段個數或成份區分上下、半身肢段在各成份中分別有幾個。這樣的方法可以反映出動作型態確實有轉變，但動作型態如何轉變則無法有很清楚的描述。Chen 等 (2009) 由成份分數改變找出踩板車學習過程與 2 種不同工作限制下主要成份改變，再透過成份矩陣分析出學習前後與不同限制下動作型態之差異。此研究所使用的分析方法為以完整成份矩陣僅篩選掉隨機的值，然後進行完整的分析。即分析每一個成份的動作結構，再透過不同限制或學習前後的比較，描述出整體動作型態改變的過程。

本研究主成份分析的部分以 Chen, Daffertshofer (2009) 的方法進行，探討學習過程中動作型態的改變。成份矩陣反映了騎乘者的個別差異，以及參加者如何透過協調結構的重組完成工作的目標。學習之初對於動作者而言，必要的動作結構會位於第一成份，隨著練習而變的不是那麼的必要而往下方的成份移動或消失。反之，學習之後原先較弱的結構可能會上升至較重要的成份，或者出現新的動作結構。在本實驗的工作目

標下參加者在學習之初（轉移前階段）都必須非常的專注於操控與平衡上，所以平衡控制的動作結構就會位於前二個成份。但在技能純熟之後，控制的結構減弱或消失了，最後的動作型態轉變為一種全身隨著雙腳踩踏動作前後或左右自然擺動的動作結構；一般學習組與快速學習組所呈現的動作結構變化也有很大的不同。一般學習組在學習之初，其成份矩陣所呈現的是每一個成份包含全身肢段各軸向，幾乎無法辨識是怎麼樣的成份動作，反映在實際的動作上就像機器人在騎乘自行車一般左右扭動。至轉移後，成份矩陣會很清楚呈現出該成份所反應的是整體動作的哪一個部分，以本研究的工作目標騎自行車而言，會呈現出下肢踩踏的動作結構與上半身的動作結構，且兩動作結構會清楚的分別位於兩個成份中，在實際的動作上就是踩踏的動作加大幅度，且頻率變快；快速學習組在轉移前成份矩陣呈現出下肢踩踏的動作結構與上半身的動作結構，且清楚的分別於第二、三成份，是相對於一般學習組在轉移後的動作型態了。當技能純熟（轉移後階段），成份矩陣所呈現的動作結構就沒有一個特定型態，反映出快速學習組在轉移後放鬆隨意的騎乘姿態。

第三節　騎乘者動作調整機制分析

本節內容主要將進行擺動頻率、幅度探討後繼續以 matlab 軟體進行修勻後的資料（N5 除外，因轉移前資料遺損）進行自相關 (Autocorrelation)考驗後結果分別依快速學習組（圖 4- 25）、一般學習組（圖 4- 26、圖 4- 27）呈現。

若圖形隨遲延時間距離數值之增加而快速收斂，表示此時間序列數據與過去某一筆遲延時間距離數值的事件有一定程度之短期關聯。若用以探討滾筒訓練台騎乘的控制模式，則可以反映出騎乘者根據當前所在之位置所做出之調控情形。若快速的收斂達負相關，顯示騎乘者有做出相對於之前位置或移動方向的補償動作，若負相關程度越高代表補償的程度越高。

一、快速學習組（圖 4- 25）

（一）轉移前階段所呈現之自相關型態有參加者 N2、N4 沒有隨時間延遲增加而快速收斂的型態。N2 呈現出隨時間延遲緩慢的下降至約 1200 張影格後達-0.2 相關，N4 則隨機時間序列的型態。其餘二位參加者之自相關型態雖然都出現快速收斂的型態，但只有 N3 達到將近-0.5 相關。

（二）轉移中、後階段僅有 N4 參加者在轉移中階段 200 個影格內快速收斂至-0.2 相關以及 N2 轉移後階段於 600 個影格左右出現收斂至-0.2 相關型態。其餘皆呈現出數據為隨機時間序列或存在一些特定週期性變化的型態。

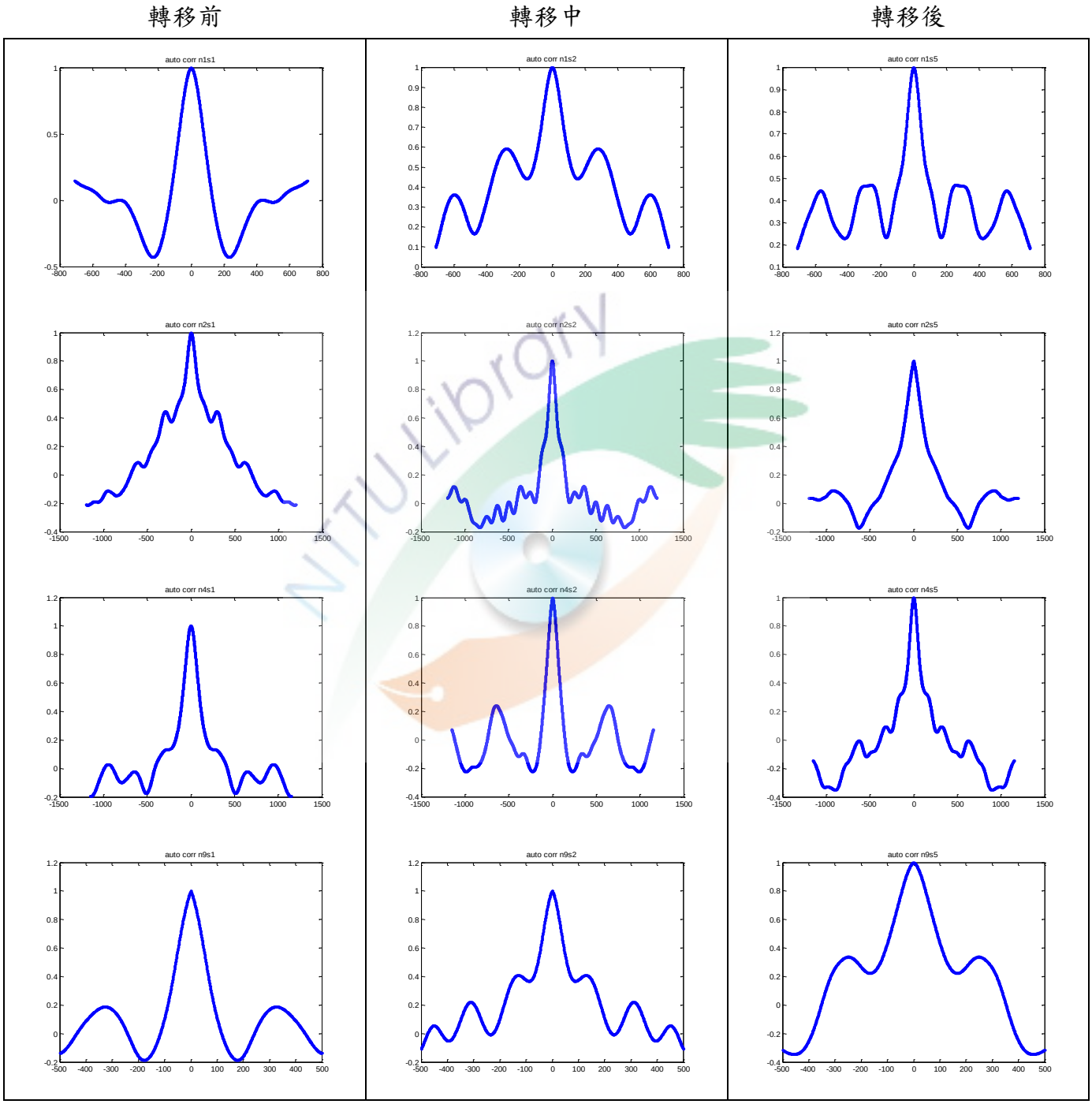


圖 4- 25　快速學習組轉移前、中、後時間延遲自相關

註：上圖各細格圖中橫座標為延遲的影格數（每秒有 240 張），縱軸為相關係數。

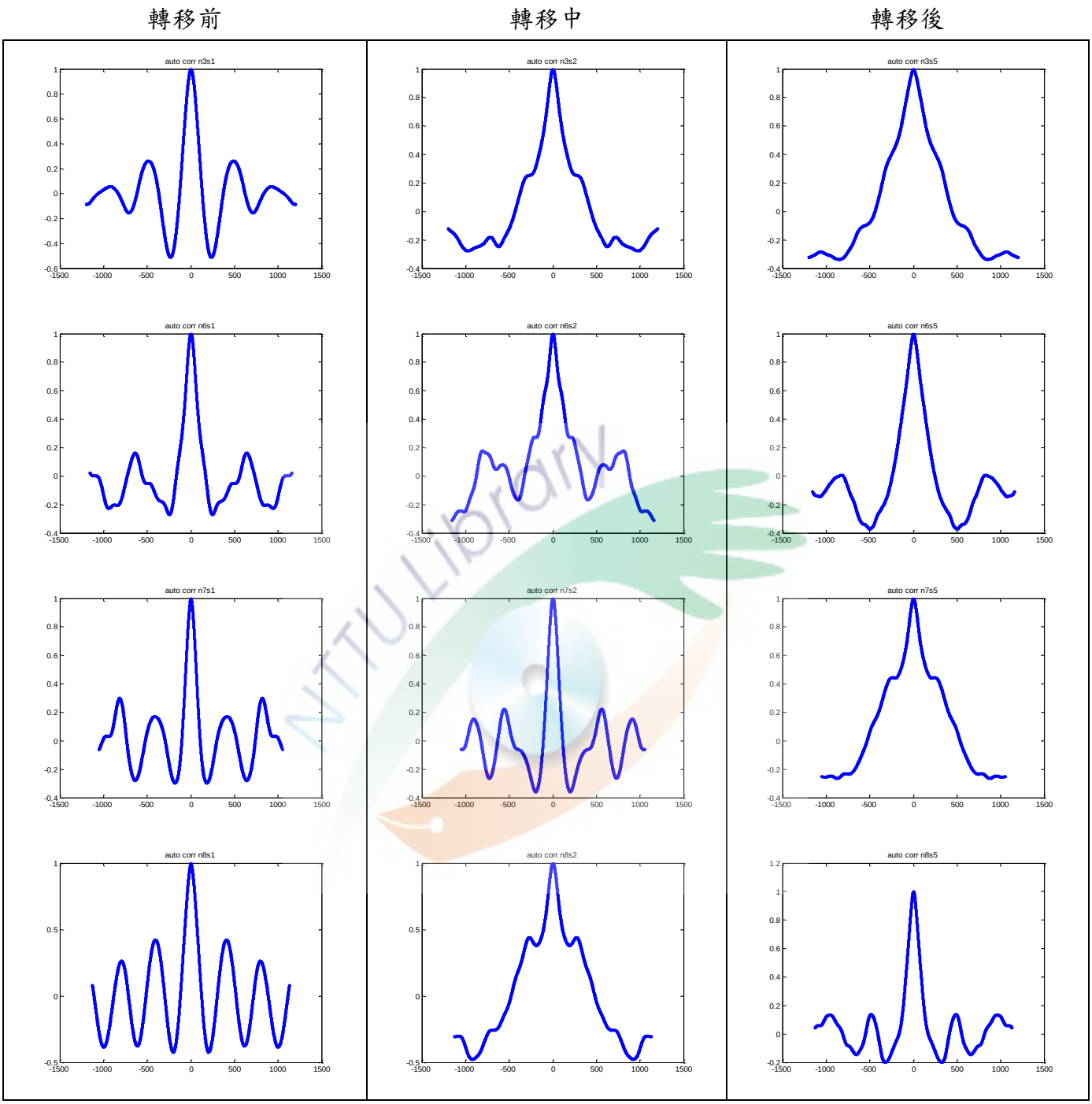


圖 4- 26　一般學習組 N3、N6、N7、N8 轉移前、中、後時間延遲自相關

註：a.編號 N3、N6、N7、N8 四位實驗參加者在轉移前階段自相關都呈現一個快速收斂到-0.3 至-0.5 相關的的型態。

b.上圖各細格圖中橫座標為延遲的影格數（每秒有 240 張），縱軸為相關係數。

NTTU Library

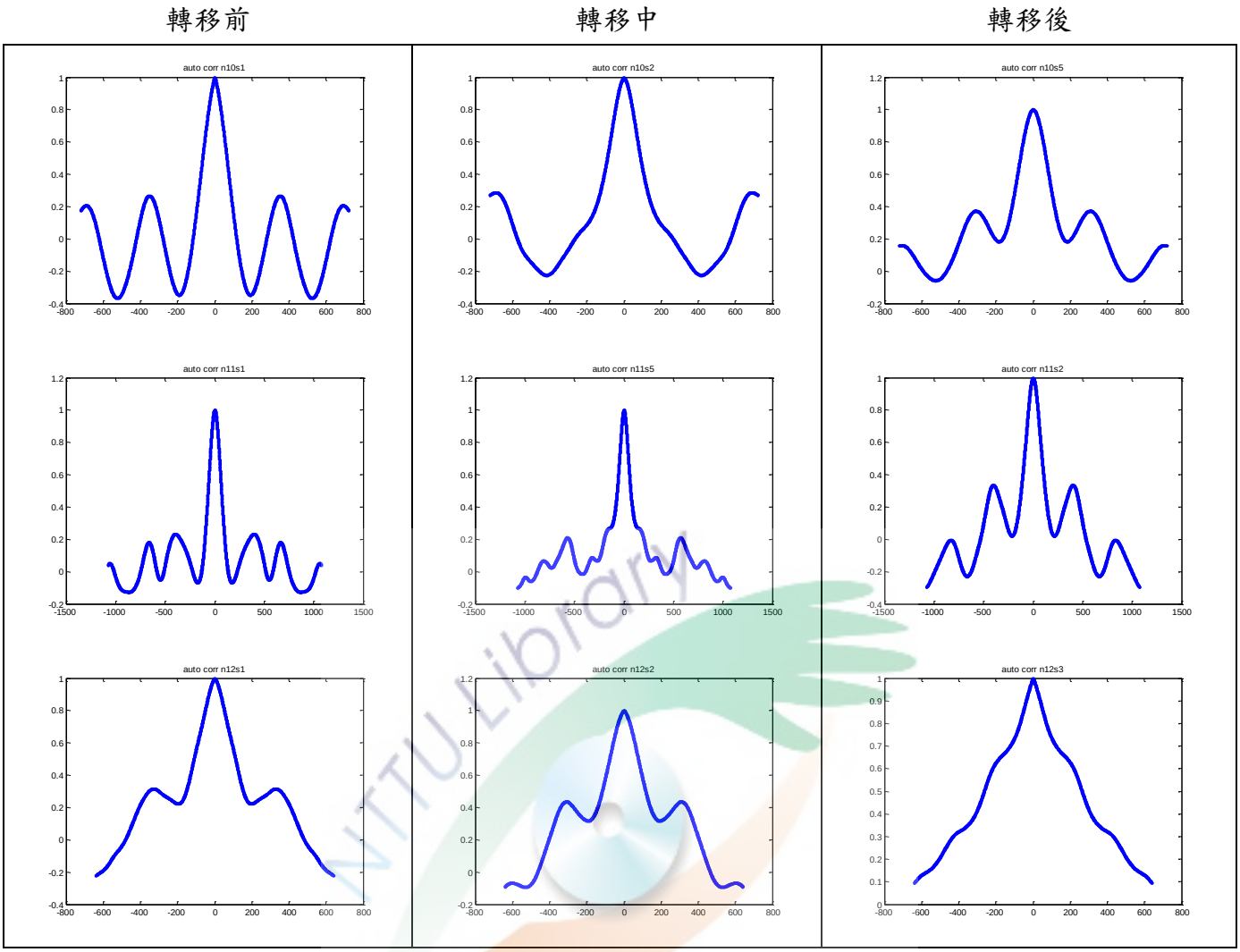


圖 4- 27　一般學習組 N10、N11、N12 轉移前、中、後時間延遲自相關

註：a.編號 N10、N11 實驗參加者在轉移前階段自相關都呈現一個快速收斂到負相關的型態，N12 則無此情形。b.上圖各細格圖中橫座標為延遲的影格數（每秒有 240 張），縱軸為相關係數。

二、一般學習組（圖 4- 26、圖 4- 27）

（一）轉移前階段自相關型態除 N11、N12 外其餘 5 位參加者在皆約 200 影格(約 0.83 秒）快速收斂至 0.3～0.6 負相關。

（二）轉移中階段 N7 仍然出現與轉移前階段相同的型態：200 影格內收斂至-0.4 的相關；N3、N6、N8、N10 也呈現出收斂至負相關的型態，但速度稍微減慢約 500～600 影格左右，相關程度也下降至 0.2～0.3 的負相關。

（三）轉移後 N10、N11、N12 呈現數據為隨機時間序列與非平穩序列 (Non-stationary Series)的型態；N3、N7 為緩慢收斂至負相關的型態；N6、N8 則為與轉移中類似快速收斂至負相關的型態。

（四）N11、N12 呈現出與快速學習組接近的自相關型態。

三、討論

快速收斂至負相關的型態反映出騎乘者快速往反方向控制的補償動作，如圖 4- 26 左上 N3 轉移前；而緩慢的收斂至負相關的型態代表著騎乘者穩定的往一個方向移動到一定位置後開始慢慢的往反向移動的過程，如圖 4- 26 右上 N3 轉移後；其他的自相關型態則代表騎乘者隨機或有週期性的擺動。

所以根據上述一般學習組在轉移前階段多有快速往反方向控制的補償動作，隨著練習這樣一個往反方向控制的補償動作在轉移中階段減弱（收斂時間：0.83 秒增加至約 2 秒），負相關降低（-0.3～-0.6 降至-0.2～-0.3）。轉移後階段多數呈現沒有這樣的動作，僅 N8 例外有反向控制的補償動作（圖 4- 26 最右下）。快速學習組與 N12、N11，除 N1 轉移前階段外，其餘各階段之自相關型態與一般學習組轉移中、轉移後有相同的型態。

快速學習組轉移前階段的控制方式僅 N1 與一般學習組相同，其餘 3 位則與一般學習組轉移中、後階段控制方式相同；屬於一般學習組的 N11、N12 各階段之控制型態與快速學習組類似，其原因可藉由學習曲線獲得解釋。N11 在第 31 次試作、N12 在第 36 次試作以後即到達轉移後階段，亦即可以穩定的完成 2 分鐘的騎乘。學習曲線的型態正介於快速與一般學習組之間，所以呈現出的控制方式與快速學習組類似。

整體而言，轉移前階段控制方式屬於補償控制參加者，共佔有 9/11 的比例，轉移後控制方式屬於自我控制的參加者，也佔整體 9/11，僅有 N8、N6 又出現補償控制型態。在轉移中階段則兩種控制方式都可以被觀察到。轉移前、後會有較一致的型態，分歧階段變異性高，所以型態不一致性高，變化過程符合動力系統預測，也與學習曲線所呈現的型態相吻合。

本節透過車架左右擺動軌跡之自相關分析之結果，與第二節中所提平衡控制的協調結構相呼應，當平衡控制協調結構在整體動作中所佔有的地位越重要，那麼自相關則呈現出快速收斂至更大的負相關。

第四節　控制能力改變情形分析

本節主要目的，在透過分析滾筒訓練台學習穩定操控能力，與穩定踩踏能力探討整體騎乘控制能力改變的情形。先分別呈現、分析穩定操控能力與穩定踩踏能力之實驗結果，之後再進行綜合討論。

一、穩定操控能力

將5天每天第一次練習的成功騎乘與1週後保留測驗的車架頭管中心點，在水平軸（Y 軸）位移計算出標準差，作為量化穩定操控能力的指標，進行相依樣本單因子變異數分析後，結果如下：由表 4-4 頭管中心點 Y 軸位移描述統計摘要表，可以看出第 1 天車架頭管中心點在水平軸（Y 軸）位移的標準差最大 80.96mm，至第 2 天大幅度的降低至 41.93mm，第 3 天至第 5 天由 32.84mm 至 27.74mm，逐天小幅的降低。保留測驗有最低的位移 24.69mm。單因子變異數分析結果如表 4-5。

表 4-4　5天與保留測驗頭管中心點Y軸位移描述統計摘要表　（單位:mm）

練習天數	平均數	最大值	最小值	標準差	人數
day1	80.96	122.04	55.29	20.65	12
day2	41.93	63.75	24.15	13.49	12
day3	32.84	47.77	23.18	8.13	12
day4	31.16	60.37	16.57	11.17	12
day5	27.74	44.23	16.87	7.26	12
保留	24.69	40.42	17.50	6.72	12

表 4-5　5 天與保留測驗頭管中心點 Y 軸位移變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig.	事後比較
組間	26341.825	2.335	11283.084	46.88***	0.000*	day1>day2,3,4,5,保留
組內						
受試者間	3688.071	11.000	335.279			day2>day4,5,保留
殘差	6180.317	25.681	240.658			
全體	36210.213	39.016				day3>day5,保留

***p<.001

考驗結果 Mauchly 檢定值為 .015，轉換後的卡方值為 38.065 （df=14，p=.001<.05），達顯著水準，顯示分析的資料違反球形檢定，因此必須使用校正統計量 Greenhouse-Geisser 的數據。F 值=46.88，p<.001，亦即在五天的學習與保留測驗中，參加者對自行車的穩定操控能力有顯著的不同。以 LSD 法事後比較結果顯示出第 1 天大於 2、3、4、5 天及保留；第 2 天大於第 4、5 天、保留；第 3 天大於第 5 天、保留。車架頭管中心點在水平軸（Y 軸）位移的標準差越小顯示穩定操控能力越佳，因此，考驗結果顯示第四天以後的穩定操控能力（含保留測驗）

顯著優於第 1、2 天。第 1 天至第 2 天有大幅度的進步情形，第 2 天以後控制能力持續進步，但進步幅度趨緩。1 週後的保留測驗與第 4、5 天進步未達顯著，但相較於前 3 天則有顯著的進步，顯示穩定操控能力有相當良好的保留效果。由圖 4- 28 可以更清楚的看見上述穩定操控能力進步的趨勢。

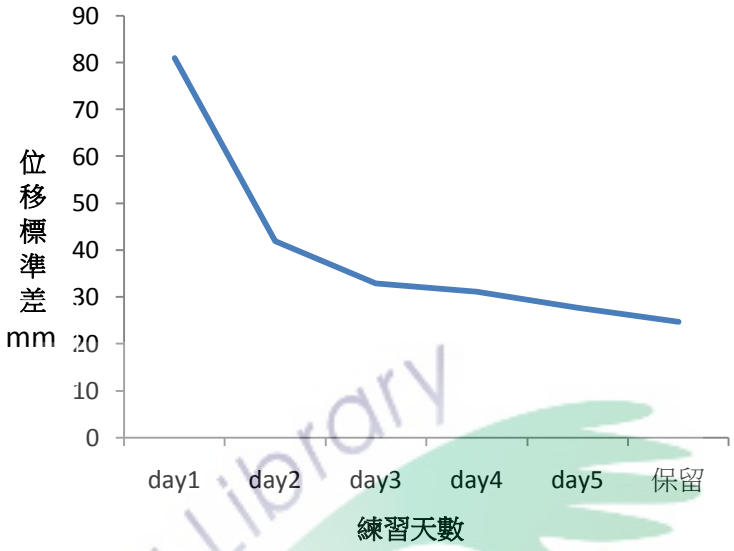


圖 4- 28　方向操作能改變趨勢圖

二、穩定踩踏能力

本實驗以踩踏頻率的變異（標準差）作為參加者穩定騎乘的指標，表 4- 6 5 天立即表現測驗與保留測驗平均踩踏頻率描述統計表　　（單位：RPM）。表 4- 7 為參加者 5 天練習後的立即表現測驗與 1 週後的保留測驗踩踏頻率的變異情形（標準差）之描述統計摘要表。由表 4- 7 之平均數可以看出第一天的踩踏頻率有最大的變異 16.91 RPM，所以最不穩定。第 2 天後迅速下降為 5.37 RPM，之後下降幅度趨緩，第 3 天至第 5 天由 2.37 RPM 降至 1.52 RPM。保留測驗為 9.68 RPM 僅優於第一天，再由表 4- 6 可以得知保留測驗的平均踩踏頻率相較於第 5 天是降低的。所以可以得知，影響保留測驗踩踏頻率標準差增加的原因，是因為參加者的踩踏頻率降低的原因所致。

表 4- 6　5 天立即表現測驗與保留測驗平均踩踏頻率描述統計表　　（單位：RPM）

練習天數	平均數	最大值	最小值	標準差	個數
day1	56.19	68.23	38.62	9.35	12
day2	74.10	79.81	59.62	5.99	12
day3	77.39	81.51	66.59	3.80	12

day4	79.48	83.15	75.32	2.31	12
day5	80.01	84.99	77.03	2.39	12
保留	79.37	86.81	76.19	3.32	12

表 4- 7　5 天立即表現與隔週保留測驗踩踏頻率變異情形描述統計摘要表

（單位：RPM）

練習天數	平均數	最大值	最小值	標準差	個數
day1	16.91	34.45	9.27	7.28	12
day2	5.37	12.78	0.92	3.70	12
day3	2.37	5.97	0.62	1.90	12
day4	2.24	6.92	0.43	1.80	12
day5	1.52	3.46	0.52	0.99	12
保留	9.68	11.94	5.81	1.96	12

表 4- 8　5 天立即表現測驗與保留測驗踩踏頻率變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig.	事後比較
組間	2154.467	1.723	1250.694	33.843***	0.000*	day1>day2,3,4,5,保留
組內						
受試者間	162.054	11.000	14.732			day2>day3,4,5
殘差	700.258	18.949	36.955			保留>day2,3,4,5
全體	3016.779	31.671				

***p<.001

表 4- 8 為踩踏頻率變異數分析摘要表。踩踏圈數標準差經統計考驗分析結果：Mauchly 檢定值為 .007，轉換後的卡方值為 44.803（df=14，p=.000<.05），達顯著水準，顯示分析的資料違反球形檢定，因此必須使用校正統計量 Greenhouse-Geisser 的數據。F 值=33.84，p<.001，亦即在五天的學習與保留測驗中參加者的踩踏圈數有顯著的不同，以 LSD 法事後比較結果為第 1 天大於 2、3、4、5 天以及保留測驗；第 2 天大於第 2、4、5 天；保留測驗大於第 2、3、4、5 天。踩踏頻率標準差越小代表踩踏頻率的變異小，也代表踩踏的穩定性越佳。因此，考驗結果顯示第 3、4、5 天踩踏的穩定性顯著優於第 1、2 天。保留測驗結果相較於 2、3、4、5 天有顯著的退步情形，但仍顯著的優於第 1 天（圖 4- 29）。

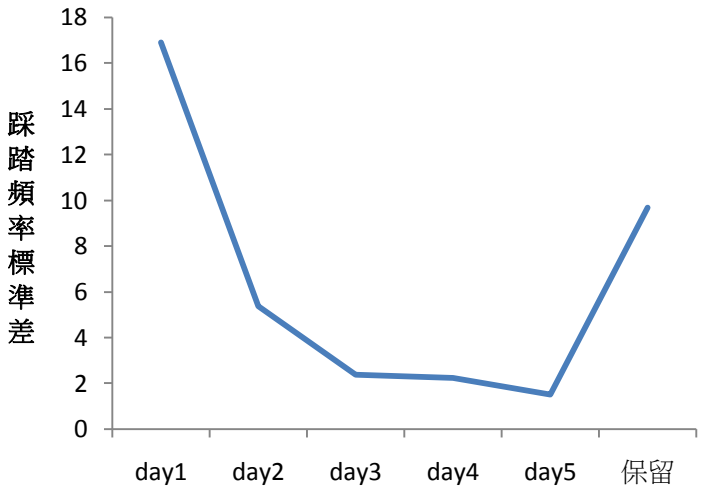


圖 4- 29　穩定騎乘能力趨勢圖

三、討論

（一）穩定操控能力

穩定操控能力改變的趨勢為第 1 天至第 2 天進步迅速，第 3 天以後趨緩。1 週後的保留測驗相較於先前 5 天的密集練習仍然有進步的情形，且與前 3 天的試作相比仍達顯著的差異。然密集練習與保留測驗這 1 週的時間內，參加者是被禁止練習騎乘滾筒式訓練台的。根據早期 Ebbinghaus 所提出的遺忘曲線，保留測驗結果應較第五天的練習來得差。然而於此卻是相反的結果，而與駱宗義（2005）搖搖球的研究有類似的結果：保留測驗優於前面 1 週的密集練習。這個結果顯示 1 週休息的過程中參加者似乎仍有持續的進步情形。

（二）穩定踩踏能力

與穩定操控能力的結果類似，第 1 天至第 2 天進步迅速，第 3 天以後趨緩，唯一不同之處是保留測驗的部分無持續進步的情形發生，但仍優於學習之初。所以穩定踩踏能力的保留效果，不若穩定操控能力一樣有良好的效果。由表 4- 7 可知 1 週後保留測驗的踩踏頻率平均數為 79.37 RPM，相較於第 4、5 天的試作只有約 0.5 RPM 的退步。但是其標準差卻有顯著的增加（表 4- 6）。顯示出參加者無法將踩踏頻率穩定維持於目標 80 RPM，騎乘過程中不是過高就是過低，以致於有上述結果產生。因為，保留測驗只進行一次 1 分鐘，所以探究其可能為暖身減低的因素所造成。

（三）小結

根據上述二項指標的統計考驗結果反映出這一項運動技能學習的一個特性：學得之後就是會了，不容易因時間的關係完全忘記；根據動力系統的理論來說，第 1 天至第 2 天為學習的關鍵時期，應是狀態改變的階段，因此，於這兩天中動作型態應該有相當改變。第 3 天後趨於穩定，顯示動作系統的改變到達了一個目標吸引子。

第五節　控制模式

本節主要內容為探討滾筒式訓練台學習過程控制模式的改變情形，主要呈現在不同學習階段車架頭管中心點在 Y 軸（左、右向）位移擺動的頻率與幅度。

將轉移前、中、後三階段的車架頭管中心點 Y 軸（左、右向）的位移資料以 matlab 軟體進行 butterworth function 修勻及 findpeaks 篩選出每一個車架頭管中心點 Y 軸（左、右向）位移軌跡峰值的位置及出現的次數，如圖 4- 30 所示。再以峰值的位置、出現次數計算出頻率及位移，作為量化擺動頻率及幅度的指標進行相依樣本單因子變異數分析，結果分述如下：

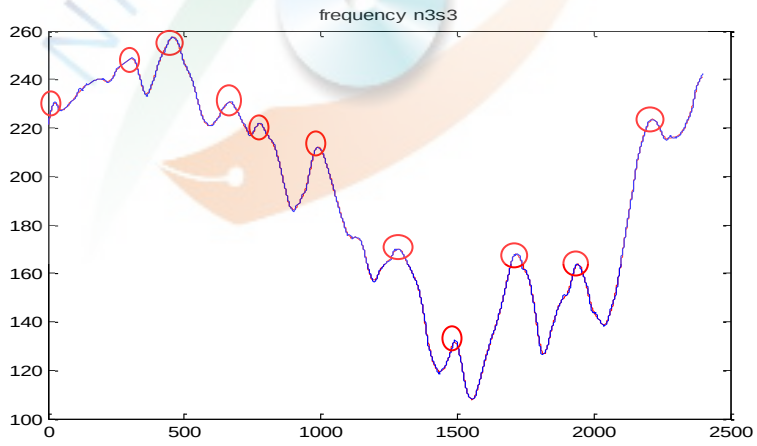


圖 4- 30　參加者 N3 轉移中階段車架 Y 軸(左、右向)位移軌跡圖。

註：a.圈選位置、次數即為峰值的位置即出現次數。b.橫軸為影格張數（每秒有 240 張）；縱軸為 Y 軸的座標。

一、擺動頻率

整體而言，由表 4- 9 車架擺動敘述統計摘要表，可以看出車架的擺動頻率隨著學習階段轉移而加快，由轉移前每 10 秒 9.828 次至轉移後最快的擺動頻率每 10 秒 15.173 次。

表 4- 10 為車架擺動頻率變異數分析摘要表，車架擺動頻率經統計考驗分析結果：Mauchly 檢定值為 .912，轉換後的卡方值為 .926（df=2，p=.629>.05），未達顯著水準，顯示分析的資料未違反球形檢定，不需進行校正。F=19.827，p<.001，顯示車架擺動頻率改變達顯著水準，經由事後比較得知轉移中、轉移後的擺動頻率大於轉移前。轉移後擺動頻率雖然大於轉移中，但未達顯著差異。

表 4- 9　轉移前、中、後車架擺動頻率描述統計摘要表　（單位：次/10 秒）

階段	平均數	最大值	最小值	標準差	個數
轉移前	9.828	15	5.06	3.245	12
轉移中	13.678	18	9.98	2.925	12
轉移後	15.173	18.74	9.98	2.464	12

表 4- 10　轉移前、中、後車架擺動頻率變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig.	事後比較
組間	182.506	2	91.253	19.827	0.000	
組內						
受試者間	175.482	11	15.953			轉移前<轉移中，轉移後
殘差	101.255	22	4.602			
全體	459.243	35				

***p<.0

二、擺動幅度

由表 4- 11 可以看出在車架擺動幅度上轉移前階段有最大的擺動幅度，轉移中階段次之，轉移後階段擺動幅度最小。

表 4- 11　轉移前、中、後車架擺動幅度描述統計摘要表　（單位：mm）

階段	平均數	最大值	最小值	標準差	個數
轉移前	35.06	56.73	11.32	13.35	12

轉移中	27.72	46.19	16.99	9.66	12
轉移後	20.31	42.73	11.12	9.08	12

表 4- 12　轉移前、中、後車架擺動幅度變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig.	事後比較
組間	1306.123	2	653.062	6.324	0.007	
組內						
受試者間	1621.680	11	147.425			轉移前>轉移後
殘差	2271.870	22	103.267			
全體	5199.673	35				

***p<.001

表 4- 12 為車架擺動幅度變異數分析摘要表，車架擺動幅度經統計考驗分析結果：Mauchly 檢定值為 .983，轉換後的卡方值為 .175（df=2，p=.916>.05），未達顯著水準，顯示分析的資料未違反球形檢定，不需進行校正。F=6.324，p<.05，顯示車架擺動幅度的變化達到顯著的差異。在經由事後比較得知轉移前的擺動幅度大於轉移後。

根據上述統計分析之結果可歸納以下結果：在轉移前階段車架擺動的幅度大，頻率慢，轉移後擺動頻率變快，每一次擺動的幅度變小，且在統計上達到顯著差異。至於為何會有此一現象，則必須與車架 Y 軸位移的時間延遲自相關考驗結果共同討論。

第五節　肌電訊號分析

本節內容為肌電訊號分析之結果。將實驗所得轉移前、後階段之雙腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值及左、右兩邊臀中肌之肌電訊號，以左、右兩側進行二因子混和設計檢定，結果如下：

一、轉移前後階段左、右側股直肌、股二頭肌 EMG 比值

表 4- 13　轉移前後二階段左、右股直肌、股二頭肌 EMG 比值變異數分析摘要表

參加者	變異來源	SS	df	MS	F	p
N1	對側肌群	209498.087	1	209498.087	7599.577	0.000***

	階段	18066.215	1	18066.215	628.584	0.000***
	交互作用	75939.699	1	75939.699	2642.197	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	826957.063	29998.000	27.567		
	殘差	862175.935	29998.000	28.741		
	全體		59999.000			
N 2	對側肌群	16177.285	1	16177.285	1346.010	0.000***
	階段	1501.144	1	1501.144	124.834	0.000***
	交互作用	3845.956	1	3845.956	319.828	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	360536.720	29998.000	12.019		
	殘差	360728.361	29998.000	12.025		
	全體		59999.000			
N 3	對側肌群	4896.257	1	4896.257	456.809	0.000***
	階段	2499.539	1	2499.539	267.837	0.000***
	交互作用	2075.747	1	2075.747	222.426	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	321530.503	29998.000	10.718		
	殘差	279950.733	29998.000	9.332		
	全體		59999.000			
N 4	對側肌群	48567.879	1	48567.879	1581.021	0.000***
	階段	8435.693	1	8435.693	253.918	0.000***
	交互作用	5883.144	1	5883.144	177.085	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	921517.797	29998.000	30.719		
	殘差	996596.878	29998.000	33.222		
	全體		59999.000			
N 5	對側肌群	4924.490	1	4924.490	1183.268	0.000***
	階段	130.111	1	130.111	36.939	0.000***
	交互作用	8212.048	1	8212.048	2331.423	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	124844.769	29998.000	4.162		
	殘差	105662.918	29998.000	3.522		
	全體		59999.000			
N 6	對側肌群	464.672	1	464.672	5.598	0.018*
	階段	195769.054	1	195769.054	2454.636	0.000***

	交互作用	88268.483	1	88268.483	1106.748	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	2489818.35	29998.000	82.999		
	殘差	2392485.27	29998.000	79.755		
	全體		59999.000			
N 7	對側肌群	2068.482	1	2068.482	582.736	0.000***
	階段	186.396	1	186.396	61.676	0.000***
	交互作用	14350.714	1	14350.714	4748.443	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	106481.009	29998.000	3.550		
	殘差	90659.773	29998.000	3.022		
	全體		59999.000			
N 8	對側肌群	2593.429	1	2593.429	76.602	0.000***
	階段	19369.060	1	19369.060	518.447	0.000***
	交互作用	33368.454	1	33368.454	893.165	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	1015603.56	29998.000	33.856		
	殘差	1120718.99	29998.000	37.360		
	全體		59999.000			
N 9	對側肌群	31883.159	1	31883.159	1494.901	0.000***
	階段	80158.781	1	80158.781	3926.916	0.000***
	交互作用	66602.856	1	66602.856	3262.822	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	639795.552	29998.000	21.328		
	殘差	612338.818	29998.000	20.413		
	全體		59999.000			
N 10	對側肌群	102448.626	1	102448.626	1825.334	0.000***
	階段	346900.726	1	346900.726	5982.999	0.000***
	交互作用	19294.721	1	19294.721	332.776	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	1683666.83	29998.000	56.126		
	殘差	1739316.20	29998.000	57.981		
	全體		59999.000			
N 11	對側肌群	2939.397	1	2939.397	42.006	0.000***
	階段	253707.625	1	253707.625	3566.988	0.000***
	交互作用	565.937	1	565.937	7.957	0.005*

	組內（誤差）					
	受試者間	2099110.06	29998.000	69.975		
	殘差	2133655.11	29998.000	71.127		
	全體		59999.000			
N 12	對側肌群	367.308	1	367.308	52.017	0.000***
	階段	6233.853	1	6233.853	897.046	0.000***
	交互作用	1260.912	1	1260.912	181.444	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	211826.182	29998.000	7.061		
	殘差	208465.574	29998.000	6.949		
	全體		59999.000			

***p<.001　*p<.05

由上表 4- 13 可知 12 位實驗參加者轉移前、後階段與左右腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值的交互作用都達顯著，因而更進一步進行單純主要效果檢定（F 值請查閱表 4- 13）。

表 4- 14 轉移前、後階段與左右腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值單純主要效果描述統計摘要表　（單位：%MVIC）

		step1		step2		邊緣平均數
		Mean	SD	Mean	SD	
N1	右側 (N=15000)	2.441	2.880	1.288	1.453	3.729
	左側 (N=15000)	3.928	4.633	7.276	8.986	11.204
	邊緣平均數 (N=30000)	3.184	3.928	4.282	7.098	7.466
N2	右側 (N=15000)	3.097	4.850	2.275	3.630	5.372
	左側 (N=15000)	1.553	2.019	1.743	2.703	3.295
	邊緣平均數 (N=30000)	2.325	3.794	2.009	3.211	4.334
N3	右側 (N=15000)	3.023	3.927	2.243	1.982	5.266
	左側 (N=15000)	3.222	3.045	3.186	3.389	6.408
	邊緣平均數 (N=30000)	3.123	3.515	2.714	2.816	5.837
N4	右側 (N=15000)	5.665	7.455	4.288	6.019	9.953
	左側 (N=15000)	3.239	3.929	3.115	4.544	6.354

	邊緣平均數 (N=30000)	4.452	6.081	3.702	5.365	8.154
N5	右側 (N=15000)	2.103	2.405	1.270	1.758	3.373
	左側 (N=15000)	0.790	1.589	1.437	1.993	2.227
	邊緣平均數 (N=30000)	1.447	2.141	1.353	1.881	2.800
N6	右側 (N=15000)	5.222	9.181	4.035	6.310	9.257
	左側 (N=15000)	7.471	14.124	1.433	1.378	8.905
	邊緣平均數 (N=30000)	6.347	11.965	2.734	4.749	9.081
N7	右側 (N=15000)	1.003	0.906	1.870	1.649	2.872
	左側 (N=15000)	2.352	2.951	1.263	0.945	3.615
	邊緣平均數 (N=30000)	1.678	2.285	1.566	1.378	3.244
N8	右側 (N=15000)	3.599	5.680	6.226	7.983	9.825
	左側 (N=15000)	4.674	4.823	4.319	4.814	8.993
	邊緣平均數 (N=30000)	4.136	5.296	5.273	6.660	9.409
N9	右側 (N=15000)	2.310	3.219	2.105	3.564	4.415
	左側 (N=15000)	5.875	7.500	1.456	2.043	7.331
	邊緣平均數 (N=30000)	4.092	6.040	1.781	2.923	5.873
N10	右側 (N=15000)	7.886	12.776	1.943	3.348	9.829
	左側 (N=15000)	4.138	7.294	0.464	0.753	4.602
	邊緣平均數 (N=30000)	6.012	10.570	1.203	2.537	7.215
N11	右側 (N=15000)	2.400	3.272	6.707	9.600	9.108
	左側 (N=15000)	3.037	4.361	6.956	12.662	9.993
	邊緣平均數 (N=30000)	2.719	3.868	6.831	11.236	9.550
N12	右側 (N=15000)	1.843	2.571	1.488	2.512	3.331
	左側 (N=15000)	1.976	3.614	1.042	1.429	3.018
	邊緣平均數 (N=30000)	1.909	3.137	1.265	2.056	3.174

NTTU Library

表 4- 15　轉移前、後階段與左右腳股直肌、股二頭肌肌電訊號比值單純主要效果變異數分析摘要表

	變異來源		SS	Df	MS	F 值	p	事後比較
N1	對側							
	step	在 step1	16587.130	1	16587.130	1114.676	0.000	L>R
		在 step2	268850.656	1	268850.656	6489.664	0.000	L>R
		在右側	9963.209	1	9963.209	1816.693	0.000	S1>S2
		在左側	84042.705	1	84042.705	1616.269	0.000	S2>S1
N2	對側							
	step	在 step1	17899.404	1	17899.404	1296.940	0.000	R>L
		在 step2	2123.837	1	2123.837	207.355	0.000	R>L
		在右側	5076.327	1	5076.327	274.834	0.000	S1>S2
		在左側	270.774	1	270.774	48.529	0.000	S2>S1
N3	對側							
	step	在 step1	297.995	1	297.995	24.140	0.000	L>R
		在 step2	6674.008	1	6674.008	866.027	0.000	L>R
		在右側	4565.451	1	4565.451	508.681	0.000	S1>S2
		在左側	9.835	1	9.835	1.015	0.314	S1>S2
N4	對側							
	step	在 step1	44129.116	1	44129.116	1242.885	0.000	R>L
		在 step2	10321.907	1	10321.907	362.987	0.000	R>L
		在右側	14204.161	1	14204.161	297.912	0.000	S1>S2
		在左側	114.676	1	114.676	6.111	0.013	S1>S2
N5	對側							
	step	在 step1	12927.526	1	12927.526	3112.646	0.000	R>L
		在 step2	209.012	1	209.012	59.196	0.000	L>R
		在右側	5204.753	1	5204.753	1400.123	0.000	S1>S2
		在左側	3137.406	1	3137.406	942.926	0.000	S2>S1
N6	對側							
		在 step1	37962.215	1	37962.215	267.536	0.000	L>R
		在 step2	50770.940	1	50770.940	2434.063	0.000	R>L

	step						
		在右側	10564.452	1	10564.452	188.522	0.000	S1>S2
		在左側	273473.085	1	273473.085	2642.980	0.000	S1>S2
	對側						
		在 step1	13657.918	1	13657.918	2866.162	0.000	L>R
		在 step2	2761.278	1	2761.278	1528.466	0.000	R>L
N7	step						
		在右側	5633.039	1	5633.039	3412.454	0.000	S2>S1
		在左側	8904.071	1	8904.071	2026.574	0.000	S1>S2
	對側						
		在 step1	8678.323	1	8678.323	312.589	0.000	L>R
		在 step2	27283.559	1	27283.559	627.890	0.000	R>L
N8	step						
		在右側	51791.494	1	51791.494	998.278	0.000	S2>S1
		在左側	946.019	1	946.019	41.422	0.000	S1>S2
	對側						
		在 step1	95324.559	1	95324.559	2862.200	0.000	L>R
		在 step2	3161.455	1	3161.455	374.760	0.000	R>L
N9	step						
		在右側	313.700	1	313.700	24.452	0.000	S1>S2
		在左側	146447.936	1	146447.936	5231.061	0.000	S1>S2
	對側						
		在 step1	105331.966	1	105331.966	973.335	0.000	R>L
		在 step2	16411.381	1	16411.381	2786.583	0.000	R>L
N10	step						
		在右側	264910.635	1	264910.635	2966.927	0.000	S1>S2
		在左側	101284.811	1	101284.811	3797.098	0.000	S1>S2
	對側						
		在 step1	3042.440	1	3042.440	204.701	0.000	L>R
		在 step2	462.895	1	462.895	3.667	0.056	L>R
N11	step						
		在右側	139119.372	1	139119.372	2590.667	0.000	S2>S1
		在左側	115154.189	1	115154.189	1300.399	0.000	S2>S1
	對側						
N12		在 step1	133.564	1	133.564	13.582	0.000	L>R
		在 step2	1494.655	1	1494.655	357.868	0.000	R>L

step							
	在右側	943.753	1	943.753	152.982	0.000	S1>S2
	在左側	6551.012	1	6551.012	847.526	0.000	S1>S2

註：上表事後比較中 S1 為轉移前階段，S2 為轉移後階段；R 代表右側，L 代表左側。

由上述單純主要效果顯著性的檢定結果（表 4- 14、表 4- 15）如下：

轉移前、轉移後左右兩側股直肌、股二頭肌肌電訊號的比值 12 位參加者存在著顯著的差異，但左右兩側的大小沒有固定的趨勢；而左右兩側股直肌、股二頭肌肌電訊號的比值在轉移前、後也達顯著的差異，但 12 位參加者的改變也無一定的趨勢；而轉移前左右兩側股直肌、股二頭肌肌電訊號比值的差異至轉移後縮小或增加也因參加者而有所不同。上述結果顯示，參加者在學習前、學習後雙腳大腿用力情形仍然存在著不均衡的現象，且學習前、後的改變存在個別差異。

二、轉移前後階段左、右側臀中肌

表 4- 16　轉移前、後二階段與左、右臀中肌 EMG 變異數分析摘要表

變異來源		SS	df	MS	F	p
N1	對側肌群	24901.369	1	24901.369	3725.504	0.000***
	階段	1389.844	1	1389.844	195.264	0.000***
	交互作用	11820.394	1	11820.394	1660.692	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	200507.453	29998.000	6.684		
	殘差	213518.376	29998.000	7.118		
	全體		59999.000			
N2	對側肌群	994.235	1	994.235	194.400	0.000***
	階段	3236.010	1	3236.010	756.464	0.000***
	交互作用	7774.581	1	7774.581	1817.419	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	153421.430	29998.000	5.114		
	殘差	128325.855	29998.000	4.278		
	全體		59999.000			
N3	對側肌群	62411.593	1	62411.593	7022.664	0.000***
	階段	53698.401	1	53698.401	7490.679	0.000***
	交互作用	141666.667	1	141666.667	19761.845	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	266597.268	29998.000	8.887		

	殘差	215046.552	29998.000	7.169		
	全體		59999.000			
N4	對側肌群	56099.124	1	56099.124	18172.186	0.000***
	階段	6349.694	1	6349.694	1907.555	0.000***
	交互作用	83.685	1	83.685	25.140	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	92606.446	29998.000	3.087		
	殘差	99854.579	29998.000	3.329		
	全體		59999.000			
N5	對側肌群	20081.699	1	20081.699	2247.300	0.000***
	階段	4157.211	1	4157.211	409.050	0.000***
	交互作用	4717.024	1	4717.024	464.133	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	268059.817	29998.000	8.936		
	殘差	304872.294	29998.000	10.163		
	全體		59999.000			
N6	對側肌群	21.009	1	21.009	4.610	0.032*
	階段	49848.431	1	49848.431	11162.621	0.000***
	交互作用	524.717	1	524.717	117.500	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	136704.074	29998.000	4.557		
	殘差	133960.761	29998.000	4.466		
	全體		59999.000			
N7	對側肌群	21403.829	1	21403.829	2991.821	0.000***
	階段	71480.670	1	71480.670	11213.357	0.000***
	交互作用	21328.241	1	21328.241	3345.816	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	214609.106	29998.000	7.154		
	殘差	191225.266	29998.000	6.375		
	全體		59999.000			
N8	對側肌群	3221.557	1	3221.557	991.919	0.000***
	階段	30649.795	1	30649.795	9038.167	0.000***
	交互作用	8949.252	1	8949.252	2639.001	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	97427.554	29998.000	3.248		
	殘差	101727.770	29998.000	3.391		

	全體		59999.000			
N9	對側肌群	21205.092	1	21205.092	3237.083	0.000***
	階段	2348.155	1	2348.155	348.636	0.000***
	交互作用	17968.724	1	17968.724	2667.855	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	196507.298	29998.000	6.551		
	殘差	202044.662	29998.000	6.735		
	全體		59999.000			
N10	對側肌群	485893.890	1	485893.890	25005.130	0.000***
	階段	1247.330	1	1247.330	63.539	0.000***
	交互作用	6659.814	1	6659.814	339.252	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	582914.190	29998.000	19.432		
	殘差	588886.881	29998.000	19.631		
	全體		59999.000			
N11	對側肌群	594058.030	1	594058.030	31372.921	0.000***
	階段	36275.756	1	36275.756	1773.355	0.000***
	交互作用	77478.134	1	77478.134	3787.551	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	568023.394	29998.000	18.935		
	殘差	613639.039	29998.000	20.456		
	全體		59999.000			
N12	對側肌群	314395.270	1	314395.270	39600.433	0.000***
	階段	5056.231	1	5056.231	693.431	0.000***
	交互作用	159.353	1	159.353	21.854	0.000***
	組內（誤差）					
	受試者間	238159.753	29998.000	7.939		
	殘差	218733.736	29998.000	7.292		
	全體		59999.000			

***p<.001　*p<.05

由上表 4- 16 可知 12 位實驗參加者轉移前、後階段與左、右側臀中肌電訊號的交互作用都達顯著，因而更進一步進行單純主要效果檢定。

表 4- 17　轉移前、後階段與左、右臀中肌肌電訊號單純主要效果描述統計摘要表

（單位：%MVIC）

		step1		step2		邊緣平均數
		Mean	SD	Mean	SD	
N1	右側 (N=15000)	4.833	3.022	4.250	2.358	9.083
	左側 (N=15000)	2.657	2.630	3.849	2.448	6.506
	邊緣平均數(N=30000)	3.745	3.035	4.049	2.411	7.794
N2	右側 (N=15000)	1.492	1.664	2.676	2.881	4.168
	左側 (N=15000)	1.954	2.192	1.699	1.707	3.653
	邊緣平均數(N=30000)	1.723	1.959	2.187	2.418	3.910
N3	右側 (N=15000)	3.222	2.718	2.040	2.198	5.262
	左側 (N=15000)	2.188	2.154	7.153	3.905	9.342
	邊緣平均數(N=30000)	2.705	2.506	4.597	4.072	7.302
N4	右側 (N=15000)	0.855	1.106	1.431	1.556	2.287
	左側 (N=15000)	2.715	2.215	3.440	2.069	6.155
	邊緣平均數(N=30000)	1.785	1.982	2.436	2.088	4.221
N5	右側 (N=15000)	3.561	2.638	3.526	3.048	7.087
	左側 (N=15000)	4.157	3.224	5.244	3.399	9.401
	邊緣平均數(N=30000)	3.859	2.961	4.385	3.341	8.244
N6	右側 (N=15000)	2.625	2.417	0.989	1.274	3.615
	左側 (N=15000)	2.775	3.065	0.765	1.089	3.540
	邊緣平均數(N=30000)	2.700	2.761	0.877	1.190	3.577
N7	右側 (N=15000)	4.420	3.779	1.045	1.218	5.465
	左側 (N=15000)	2.033	3.019	1.043	1.475	3.076
	邊緣平均數(N=30000)	3.227	3.623	1.044	1.353	4.271
N8	右側 (N=15000)	1.477	1.357	2.134	1.719	3.610
	左側 (N=15000)	1.168	1.194	3.369	2.656	4.537
	邊緣平均數(N=30000)	1.322	1.288	2.751	2.321	4.073
N9	右側 (N=15000)	3.719	2.826	3.020	2.858	6.739
	左側 (N=15000)	1.435	1.617	2.925	2.793	4.361
	邊緣平均數(N=30000)	2.577	2.570	2.973	2.826	5.550
N10	右側 (N=15000)	3.258	2.420	2.880	2.821	6.138
	左側 (N=15000)	8.283	6.522	9.238	4.666	17.521
	邊緣平均數(N=30000)	5.770	5.524	6.059	4.997	11.829
N11	右側 (N=15000)	2.398	2.427	6.226	4.341	8.624

	左側 (N=15000)	10.964	5.900	10.246	4.385	21.210
	邊緣平均數(N=30000)	6.681	6.220	8.236	4.804	14.917
N12	右側 (N=15000)	2.026	2.266	1.342	1.299	3.368
	左側 (N=15000)	6.501	4.026	6.023	2.726	12.524
	邊緣平均數(N=30000)	4.263	3.959	3.683	3.169	7.946

表 4- 18　轉移前、後與左、右側臀中肌肌電訊號單純主要效果變異數分析摘要表

	變異來源	SS	Df	MS	F 值	p	事後比較
N1	對側						
	在 step1	35517.338	1	35517.338	4424.922	0.000	R>L
	在 step2	1204.425	1	1204.425	208.554	0.000	R>L
	step						
	在右側	2551.910	1	2551.910	346.174	0.000	S1>S2
	在左側	10658.329	1	10658.329	1552.842	0.000	S2>S1
N2	對側						
	在 step1	1604.164	1	1604.164	423.792	0.000	L>R
	在 step2	7164.652	1	7164.652	1277.819	0.000	R>L
	step						
	在右側	10521.133	1	10521.133	1799.815	0.000	S2>S1
	在左側	489.458	1	489.458	180.615	0.000	S1>S2
N3	對側						
	在 step1	8009.122	1	8009.122	1331.737	0.000	R>L
	在 step2	196069.138	1	196069.138	19525.252	0.000	L>R
	step						
	在右側	10462.849	1	10462.849	1977.803	0.000	S1>S2
	在左側	184902.220	1	184902.220	20437.384	0.000	S2>S1
N4	對側						
	在 step1	25924.689	1	25924.689	8459.185	0.000	L>R
	在 step2	30258.120	1	30258.120	9029.266	0.000	L>R
	step						
	在右側	2487.736	1	2487.736	2336.176	0.000	S2>S1
	在左側	3945.644	1	3945.644	705.519	0.000	S2>S1
N5	對側						
	在 step1	2666.641	1	2666.641	307.333	0.000	L>R
	在 step2	22132.082	1	22132.082	2123.534	0.000	L>R
	step						

	在右側	8.837	1	8.837	0.997	0.318	S1>S2
	在左側	8865.397	1	8865.397	773.289	0.000	S2>S1
N6	對側						
	在 step1	167.869	1	167.869	22.034	0.000	L>R
	在 step2	377.856	1	377.856	269.117	0.000	R>L
	step						
	在右側	20072.250	1	20072.250	5099.277	0.000	S1>S2
	在左側	30300.897	1	30300.897	6066.222	0.000	S1>S2
N7	對側						
	在 step1	42732.037	1	42732.037	3652.700	0.000	R>L
	在 step2	0.033	1	0.033	0.018	0.892	R>L
	step						
	在右側	85450.032	1	85450.032	12106.055	0.000	S1>S2
	在左側	7358.880	1	7358.880	1293.131	0.000	S1>S2
N8	對側						
	在 step1	715.998	1	715.998	438.139	0.000	R>L
	在 step2	11454.810	1	11454.810	2288.777	0.000	L>R
	step						
	在右側	3237.738	1	3237.738	1258.313	0.000	S2>S1
	在左側	36361.309	1	36361.309	8638.481	0.000	S2>S1
N9	對側						
	在 step1	39106.858	1	39106.858	7376.581	0.000	R>L
	在 step2	66.958	1	66.958	8.386	0.004	R>L
	step						
	在右側	3662.799	1	3662.799	501.970	0.000	S1>S2
	在左側	16654.080	1	16654.080	2697.586	0.000	S2>S1
N10	對側						
	在 step1	189391.328	1	189391.328	7826.336	0.000	L>R
	在 step2	303162.376	1	303162.376	20396.562	0.000	L>R
	step						
	在右側	1071.388	1	1071.388	136.158	0.000	S1>S2
	在左側	6835.756	1	6835.756	217.747	0.000	S2>S1
N11	對側						
	在 step1	550305.975	1	550305.975	27040.583	0.000	L>R
	在 step2	121230.189	1	121230.189	6367.045	0.000	L>R
	step						

		在右側	109891.828	1	109891.828	9304.515	0.000	S2>S1
		在左側	3862.061	1	3862.061	132.710	0.000	S1>S2
N12	對側							
		在 step1	150199.193	1	150199.193	14077.204	0.000	L>R
		在 step2	164355.430	1	164355.430	36033.978	0.000	L>R
	step							
		在右側	3505.413	1	3505.413	1083.723	0.000	S1>S2
		在左側	1710.170	1	1710.170	150.694	0.000	S1>S2

註：上表事後比較中 S1 為轉移前階段，S2 為轉移後階段；R 代表右側，L 代表左側。

由表 4- 17、表 4- 18 轉移前、後與左、右二側臀中肌肌電訊號單純主要效果顯著性檢定結果可以得知：

在轉移前、後階段左、右兩側的臀中肌肌電訊號都達到顯著差異，但是大小則因參加者而有所不同；就左、右兩側的臀中肌肌電訊號而言，轉移前、後達顯著差異，但是增加或減少也因受試者而有所不同。轉移前左、右兩側臀中肌肌電訊號的差異至轉移後縮小或增加也無特定趨勢，會因參加者而不同。

上述結果顯示，參加者在學習前、學習後雙腳大腿左、右兩邊臀中肌仍然存在著不均衡的用力現象。左、右兩側臀中肌肌電訊號在學習前、後的改變有很大的個別差異。

三、 討論

綜合肌電訊號考驗結果顯示滾筒式訓練台的練習會對下肢踩踏施力造成改變，但是雙腳施力不均的情形並沒有因練習而消失。學習前雙腳用力不均的差異，在學習後是增加或減少，則因參加者而有不同。

在轉移前階段參加者的踩踏動作如預期一般呈現出不均衡的用力型態。如果，這個雙腳踩踏施力不均勻的情形是造成參加者於轉移前階段騎乘不穩定的原因，那麼在轉移後參加者可以很穩定的完成騎乘的目標，則應該表示參加者經過練習後雙腿踩踏用力不均的情形應該會改善才是。然而結果是踩踏施力不均的現象一直存在，不管參加者技能純熟與否，甚至有些參加者在學習後差異更大。所以，這樣的結果顯示雙腳用力情形的差異並不影響動作的學習與穩定。

第七節　綜合討論

本節主要內容將就本研究之結果進行綜合性的討論，內容呈現如下：一、技能表現；二、控制；三、協調。

一、技能表現：成功騎乘時間

自運動學習相關研究開始發展之初學習曲線就是一個常被科學家們使用的方法。先找到一個觀察變項，然後將它隨著時間序列變化一一的記錄下來，成為一條曲線，以這一條曲線代表運動學習。透過分析曲線是屬於哪一種函數所描述的行為來解釋運動學習，如：早期的鏡描實驗及前面章節提到的捲煙草的範例，而有「對數率」的提出。

隨著動力系統理論的發展，對這條曲線也開始有了新的分析方式及更深入的探討。透過不同的實驗操作，在動力系統的架構下探討運動技能學習過程、系統的演進或特性。陳秀惠與劉有德（2007）以兩手丟三球探討複雜系統的學習曲線；廖廷儀與劉有德（2003）以搖搖球的學習曲線描述複雜系統演進型態的轉移及 Liu, Mayer, 與 Newell (2006) 一樣以搖搖球更深入的探討學習過程型態轉變時分歧、與吸引子的行為。這些研究為本研究提供了一個很好的方法。上述各項技能學習實驗中所觀察到分歧的現象，在本實驗中也有這樣的現象存在。本實驗所觀察到學習曲線的型態也與上述搖搖球實驗所觀察到學習曲線的型態相同，皆為不連續的學習曲線。

在實驗中 N11、N12 這 2 位參加者學習曲線所呈現的學習型態是介於一般學習組與快速學習組之間。所以，在反映控制模式自相關的型態上與快速學習組相同，但是在轉移前、中、後的成份矩陣是不同於一般學組與快速學習組。這個現象符合陳秀惠、劉有德（2007）所指出複雜系統的學習曲線能反映系統演進的過程。

二、控制

（一）控制能力

穩定操控能力第一天至第二天有最大的進步，第三天以後進步趨緩，前三天的進步達到統計上的顯著水準。保留測驗與第五天雖未達顯著但仍優於第五天。穩定踩踏能力的進步情形與穩定操控能力類似，最大不同之處為保留測驗的部分是退步的，但仍顯著的優於第一天；一開始的進步情形與成功騎乘時間的學習曲線相呼應為一個非連續的狀態。從動力系統的觀點而言，這種情形是複雜系統的特性：行為的潛在非線性化。

型態改變需要相當的擾動才能使其失去穩定。如典範的 HKB 模式控制參數（擺動頻率）到一定的數值後反相變為同相的擺動。

穩定操控能力的保留測驗則呼應了在正規的學習停止後，有機體仍在組織整合的相關研究。穩定踩踏能力保留測驗有退步的情形，是因為在自行車的騎乘中穩定的踩踏頻率是一個較精細的動作，所以會有較多的衰退情形。兩者保留的情況反映出動作技能學習的特性符合動力系統理論中關鍵性的緩慢。意指系統狀態在改變之後要回到原來的狀態需要一段比較慢的時間，這也顯示出運動技能學習與單純認知學習最大的不同處，運動技能學習是各子系統互動的結果。

（二）控制模式

綜合車架擺盪頻率、幅度的改變與車架擺盪軌跡自相關分析的各項結果，可以歸納出滾筒訓練台騎乘各階段控制方式改變情形是由有意識的補償控制型態轉換至自我控制型態。一般學習組在轉移前階段騎乘者需不斷往反方向進行補償控制維持平衡才不致於由訓練台跌落，而這一個補償控制可由車架擺動頻率慢、幅度大且自相關型態呈現快速收斂至 0.3～0.6 的負相關檢驗之。轉移後車架擺動頻率快、幅度小、自相關呈現出隨機或穩定往一個方向移動，顯示騎乘者以不需有意識的進行補償控制，而只憑藉著本身協調結構快速進行擺動，進行自我控制。此一結果與學習動態平衡板的過程相近。

車架擺動的頻率及幅度呈現與過去動態平衡板的研究（嚴雅婷、劉有德，2008）類似，在學習初期必須透過有意識的擺盪進行平衡控制，在學習後會隨著不同的條件，以調整協調結構的方式進行平衡。所以反映在幅度、頻率上的情形為學習初擺盪幅度大、頻率慢，技能純熟後擺盪幅度小、頻率快。而車架 Y 軸位移的自相關考驗結果顯示出在轉移前車架 Y 軸的位移並非隨機而是存在著一定程度的關係，轉移中、後多呈週期性或隨機的關係。上述自相關結果配合頻率擺動的幅度的統計考驗結果，可以推論自行車滾筒訓練台的控制模式轉變是由有意識的補償控制到以依靠本身協調結構調整的自動控制。確實地，也透過主成份分析由成份矩陣中分析出了兩種平衡控制的動作結構，且平衡控制結構與自相關的考驗有相呼應。從動力系統的觀點來看，動作協調是個別系統，符合各種限制的需求下所浮現的特徵，即為 Newell (1986) 所提的限制概念。

三、協調

（一）主成份分析

自 Bernstein(1967)對學習動作協調的定義，並提出自由度的概念之後許多的研究者在動力系統的架構下開始採用各種的方法對協調、自由度等相關問題進行探討，主成份分析為一個常用方法。本研究的結果顯示學習前後在整體解釋量與成份數都沒有太大的改變，這個情形與 Chen 等 (2009) 的研究類似，但與其他主成份相關研究確有一些出入（戴遠成等，2007；Haken, 1996; Chen, 2005; Hong et al. 2006）。造成這些差異的原因已於前面章節說明。

成份分數相關分析的結果（表 4- 2）整體而言，學習前、後每一成份的成份動作之間相關性低（N1、N2 各有一次 0.7 的相關），代表學習前、後動作協調結構產生轉變。再由分析成份矩陣的內容，證實練習過程會使身體協調結構重整。此研究結果與前段敘述之過去研究相符。由每一位實驗參加者的成份矩陣的變化可以觀察出協調結構的組合過程是動態的，來自於動作者的主要特質。隨著練習，協調結構從早期為管理動作系統之眾多自由度而成的固定僵硬型態變得較有彈性。協調結構會隨著每次的動作目標而重建，而每次動作者在動態的環境中實施動作時，協調結構也都會有些許不同 (Davids, Button & Bennett, 2008)。

至於自由度的部分是不是如 Bernstein (1967) 所預測的是一個先凍結再釋放的過程，目前支持的實證研究不多，也還沒有一致性的解釋。Hong 等（2006）的滑雪機的研究顯示支持，Newell (2005)則提出自由度的控制會隨工作不同而有差異。所以本實驗的研究結果顯示自行車滾筒訓練台的騎乘練習，應該是屬於凍結到釋放。由成份矩陣可以看出一般學習組學習過程由轉移前動作者的動作型態固定僵硬，到轉移後踩踏動作加大，前三成份的每一個成份所描述的動作明確（由成份分數圖也可以反應之），顯示上、下半身原本的結構凍結的結構釋放了。快速學習組則由原本上下、半身已經釋放的情況下到轉移後轉變為更放鬆的型態，全身隨著明確的踩踏有韻律的擺動，所以原本結構明確的成份矩陣又變得不明確了。這也說明了隨著練習和經驗，協調固定化的特性在動作系統自由度的釋放下逐漸改變，轉換為特定目的不同結構或協同結構。學習者可以透過不同型態的協調來達成動作結果 (Davids, Bennett, & Newell, 2006)，亦即所謂殊途同歸 (degeneracy) 的概念。

（二）平衡控制結構

綜合過去平衡相關研究皆指出平衡的控制與動作協調有關係（戴遠成等，2007； Gautier, Thouvarecq & Larue, 2008）。本研究結果進一步的透過主成份分析發現在成份的動作結構中存在 2 種平衡控制的協調結構，這 2 種平衡控制的協調結構與以車架 Y（左、右向）軸位移為量化指標的控制模式存在著一定的關係。負相關值越大，平衡控制結構在成份裡的地位越高。

（三）肌電訊號

由肌電訊號的分析結果顯示，在學習前左、右不對稱的的踩踏、至學習後仍持續的存在，甚至於有些參加者的差異更大。但由於穩定均勻的踩踏是更高技術水準的要求，如果實驗參加者在轉移後階段所被觀察到用力不均的現象是學習過程中的現象，或再經過一段更長時間的練習則可以有穩定、均勻的踩踏，因此，仍然值得繼續探討。但是，從穩定的型態與穩定的結果表現來看，雙腳踩踏用力控制是不對稱的，亦有可能是殊途同歸(degeneracy)的現象，但在這一部份還需更深入的分析。

第五章　結論與建議

本章根據研究的目的，透過研究結果的呈現和討論，歸納出以下結論與提出後續研究的建議，以為日後相關研究提供參考。本章共分二節，第一節：結論；第二節：建議。

第一節　結論

根據本研究的的研究過程與各項實驗結果，可以得知自行車滾筒式訓練台的學習過程，存在且符合著許多動力系統理論對多肢段複雜運動學習過程的描述。所以，以動力系統理論的觀點探討人體多肢段複雜運動是一種可以得到更真確且深入的一種方法。

針對研究中各項探討指標所得結論如下：

一、學習曲線

觀察自行車滾筒訓練台學習過程中，可以觀察到一條不連續的學習曲線，且過程中存在著動力分歧的現象。雖然這種不連續的學習過程普遍的存在於各項全身性運動技能的學習中。

二、控制能力

代表控制能力的二項指標：穩定操控能力與穩定踩踏能力，其跳躍式的進步情形符合動力系統理論對複雜系統的描述。

三、控制模式

透過車架的擺動頻率、幅度與車架位移之自相關考驗及主成份分析後，重建模擬後所得的平衡控制結構四者之間的關係可以推論自行車滾筒式訓練台學習過程控制模式的變化為有意識的補償控制到協調結構的自動控制。

四、動作協調型態

（一）學習的速度與動作協調型態變化存在個別差異。

（二）自行車滾筒式訓練台，這種多肢段複雜運動的學習過程，是透過練習使身體的協調結構產生重組，產生最適應性的連動結構，學會訓練台的騎乘，進而達到騎乘的穩定。

（三）雙腳踩踏動作之施力是否均衡並非決定騎乘是否穩定的重要因素。

第二節　建議

一、數值化的呈現修正結構

主成份分析轉化後所得的資料是具有統計上的意義。研究者必須透過對數據的判讀與分析才能對所資料做出有意義的解釋。本研究中對於成份矩陣的分析是研究者透過 Matlab 軟體模擬成份動作做出判斷，藉此找到平衡控制的動作結構，再對應由自相關分析的結果予以確認。但是若能將此一發現予以明確的數值化，在研究上會更具意義。

二、後續研究建議

Newell(1986)由動力系統觀點所提的限制概念，認為動作協調是個別系統，符合各種限制的需求下所浮現的特徵。因此，後續研究可繼續就其不同工作限制下的型態進行探討。如：不同平衡情境（爬坡或左、右側高低）、執行降低或加快踩踏頻率。

NTTU Library

參考文獻

中文部分

王宇涵、周峻忠、林信甫（2007）。不同騎乘姿勢對原地腳踏車運動攝氧量與與肌電圖反應之影響。*大專體育學刊*，9（1），103-113 頁。

王甯（2007）。*蝶泳手腳協調型態分析*。碩士論文，國立台灣師範大學。

成戎珠(1994)。動作發展新理論-動力系統理論之介紹。*中華物療誌*,19(1),88-97。

李梅華（2005）。不同工作限制對嬰幼兒抓握能力之探討。碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。

林清山（1986）。*多變項分析統計法（四版）*。台北市：台灣東華。

林耀豐（2003）。*工作限制下技能水準差異和訓練對網球正手拍技能表現的影響*。博士論文，國立台灣師範大學。

吳忠芳、王予仕、黃彥鈞、王順正、王國樑（2008）。橢圓機坡度改變對下肢肌群肌電訊號與生理反應之影響。*體育學報，41*（2），31-41。

陳秀惠（2003）。運動學習曲線的意義 - 以跳舞機運動為例。*台東師院學報，14*（上），229-244。

陳秀惠(2005)。量化全身性協調之工具—主成份分析。*體育學報*,38(4),39-51。

陳秀惠、劉有德（2007）。複雜運動系統的學習曲線。*體育學報*,*40*（2），39-50。

陳秀惠(2009)。以主成份分析量化多肢段運動協調的方法與實作。載於劉有德(主編)，*運用主成份分析量化運動行為*（頁43-62）。台北市：五南出版社。

張育誠（2009）。*工作限制對棒球打擊動作表現影響之研究*。未出版碩士論文，國立台東大學，台東縣。

廖庭儀（2002）。*自然回饋強度對運動技能學習曲線結構之影響*。碩士論文，國立台灣師範大學。

廖庭儀、劉有德(2003)。以學習曲線描述協調型態轉移。*台東大學體育學報，1*，73-87。

劉強、龔榮堂、相子元（2003）。球棒重量對肌肉活化之影響：適當球棒重量之探討。*大專體育學刊*，5（2），121-129。

駱宗義（2005）。*自我控制工作難度對學習搖搖球的影響*。未出版碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。

戴遠成等、劉有德（2007）。練習與工作限制對動態平衡姿勢控制的影響。高雄師

大學報，22，23-38。

戴遠成（2008）。*工作限制對人體多肢段運動學習的影響*。未出版博士論文，國立台灣師範大學，台北市。

嚴雅婷、劉有德（2007）。工作難度對學習平衡的影響。*台灣運動心裡學報，11*，55-66。

嚴雅婷、劉有德（2009）。原理與引導。載於劉有德（主編），*運用主成份分析量化運動行為*（頁1-24）。台北市：五南出版社。

西文部分：

Bernstein, N. A. (1967). The problem of the interrelation of coordination and localization. In N. A. Bernstein (Ed.), *The co-ordination and regulation of movements* (*pp*. 15-59). Pergamon Press.

Barela, J.A., Jeka, J.J., & Clark, J.E. (1999). The use of somatosensory information during the acquisition of upright stance. *Infant Behavior & Development, 22*, 87-102.

Brown, & Jensen, (2006). The Role of Segmental Mass and Moment of Inertia in Dynamic - Contact Task Construction. *Journal of Motor Behavior*, 2006, Vol. 38, No. 4, 313–326.

Crossman, E. r. w. (1959). A theory of the acquisition of speed skill. *Ergonomics, 2*, 153-116.

Chen (2001). *Constructing the Theory of Motor Learning Curves - Dynamical System Approach*. Unpublished doctoral dissertation, National Taiwan Normal University.

Chen, Liu, Mayer-Kress, & Newell, M. K. (2005). Learning the Pedalo Locomotion Task. *Journal of Motor Behavior, 37* (3), 247-256.

Chen, H., & Daffertshofer, A. (2009). *Changing principal components during motor learning – riding the pedalo.* NASPSPA Conference in Austin, Tx., USA.

D. A. Brown, S. A. Kautz and C. A. Dairaghi. (1996). Muscle activity patterns altered during pedaling at different body orientations. *Journal of Biomechanics*, 29 (10), 1349-1356.

Daffertshofer, A., Lamoth, C. J. C., Meijer, O. G., & Beek, P. J. (2004). PCA in studying coordination and variability: a tutorial. *Clinical Biomechanics,* 19, 415-428.

Davids, K., Bennett, c., & Newell, K. M. (Eds.). (2006). *Movement system variability.*

Champaign, IL: Human Kinetics.

Davids, K., Button, C. & Bennett, S. (2008). *Dynamics of Skill Acquisition.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Dorel, Sylvain, Couturier, Antoine, & Hug, Francois, (2008). Intra-session repeatability of lower limb muscles activation pattern during pedaling. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 18 (5), p857-865.

Fitts, P. M. (1964). Perceptual.motor skill learning. In A. W. Melton (Ed.). *Categories of human Learnig*. New York: Academic Press, pp. 243-255.

Fan, Y., & Chen, H. H. (2009). *Constraint of Pedaling Cadences on movement coordination in Cycling*. NASPSPA Conference in Austin, Tx., USA.

Gautier, Thouvarecq & Larue (2008). Influence of Experience on Postural Control: Effect of Expertise in Gymnastics. *Journal of Motor Behavior,* 40 (5), 400–408.

Haken, H., Kelso, J. K. S., & Bunz H. (1985), A Theoretical Model of Phase Transitions in Human Hand Movements. *Biological Cybernetics, 51* (5), 347-356.

Haken, H. (1996). *Movements on a pedalo. In H. Haken., Principles of brain functionin,* (pp. 173-191). Berlin: Springer-Verlag.

Houtz S. J. & Fisher F. J. (1995). An anlysis of muscie action and joint excurison on a stationary bicycle, *J. Bone Jt. Surg*, 41, p123-131.

Hong, S., & Newell, K. M. (2006). Change in the Organization of Degrees of Freedom With Learning. *Journal of Motor Behavior, 38* (2), 88-100.

Kamm, K., Thelen E., & Jensen, J. L. (1990). A Dynamical Systems Approach to Motor Development. *Physical Therapy, 70*(12), 763-775.

Keer, R. (1982). *Psychomotor learning*. New York: Saunders College Publishing.

Kugler, P. N., Kelso, J. A. S., & Turvey, M. T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures: In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior* (pp3-47).

Kelso, J. A. S. (1995). Dynamical Patttern: The self. *Organization of Brain and Behavior.* Cambridge, Mass: The MIT Press.

Liu, S. Y. (1997). *The effects of distance and condition on the accuracy and movement patterns in basketball shooting and dart throwing*. Unpublished doctoral thesis, University of Minnesota.

Lackner, J. R., Rabin, E., & DiZio, P. (2001). Stabilization of postural by precision

touch of the index finger with rigid and flexible filaments. *Experimental Brain Research*, 139, 454-464.

Liu, Y., Mayer-Kress, & Newell K. M. (2006). Qualitative and Quantitative Change in the Dynamics of Motor Learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32* (2), 380–393.

Marras, W.S., Davis, K.G., and Granata, K.P. (1998). Trunk Muscle Activities During Asymmetric Twisting Motions. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 8*(4), 247-256.

Nashner LH, (1976). Adapting reflexes controlling posture. *Experimental Brain Research*, 26, 59-72.

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* (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. 341-361). Amsterdam, North holland.

Newell, K. M., Liu, Y. T., & Mayer. Kress, G. (2001). Time scale in motor learning and development. *Psychological Review,* Vol.108, No. 1, 57.82.

Newell, K. M., Liu, Y. T., & Mayer-Kress, G. (2005). Learning in the brain-computer interface: Insights about degrees of freedom and degeneracy in a landscape model of motor learning. *Cognitive Processing, 6* (1), 1612-4782.

Post, A. A., Daffertshofer, A., & Beek, P. J. (2000). Principal component in three-ball cascade juggling. *Biological Cybernetics 82*, 143-152.

Peres-Neto, P.P., Jackson, & Somers, K. M. (2003). Giving meaningful interpretation to ordination axes: Assessing loading significance in principal component analysis. *Ecology, 84* (9), 2347-2363.

Shumway Cook, A., & Horak, F.B. (1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Physical Therapy,* 66, 1548-1550.

Stergiou, N. (2004). *Innovative analyses of human movement: analytical tools for human movement research*. 97-100.

Stefan Litzenberger, Sandrina Illes, Martin Hren, Martin Reichel & Anton Sabo. (2008). Influence of Pedal Foot Position on Muscular Activity during Ergometer Cycling.

The Engineering of Sport 7, *1*, 215-222.

Sparrow, Lay & O'Dwyer (2007). Metabolic and Attentional Energy Costs of Interlimb Coordination. *Journal of Motor Behavior,* 39 (4), 259–275.

Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, 45, 938-953.

W. S. Marras, K. G. Davis and K. P. Granata. (1998). Trunk muscle activities during asymmetric twisting motions. *Journal of Electromyoraphy and Kinesiology*, 8, 247-256.

Winter DA. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *GaitPosture* 3: 193-214.

Williams, Garnett P. (1997). *Chaos Theory Tamed,* Washington, D.C.: Natl Academy Pr.

W. A. Sparrow N. J. O'Dwyer B. S. Lay Metabolic and Attentional. (2007). Energy Costs of Interlimb Coordination. *Journal of Motor Behavior*, 39 (4), 259-275.

Zaone, P. Z. & Kelso, J. S. (1997). Coordination dynamic of learning and transfer: collective and component level. *Journal of Experimental Psychology: Human Performance, 23*, 5, 1454-1480.

附　錄

附錄一　實驗流程說明及注意事項

實驗流程：

一、詢問參加者身體狀況。

二、測量胯下長。

三、高速攝影機反光點黏貼。

四、肌電電極黏貼。

五、每天進行 5 次 2 分鐘的滾筒訓練台練習，若中間有掉落失敗，則在 5 次練習後，繼續第 6 次的練習，至成功騎滿 10 分鐘為止。

（一）聽聞實驗主持人喊開始或停止，即可開始或停止進行騎乘練習與測驗。

（二）實驗過程中若有發生光點、電極脫落請立即停止操作。

六、每天練習後進行 1 分鐘的立即表現測驗。

（一）聽聞實驗主持人喊開始或停止，即可開始或停止進行騎乘練習與測驗。

（二）實驗過程中若有發生光點、電極脫落請立即停止操作。

七、一週後進行保留測驗。

方法與每天之立即表現測驗相同。

注意事項：

一、身體若有不適，切勿勉強。

二、騎乘過程中，可由龍頭上的碼錶得知及時的騎乘踩踏頻率和功率，數字位於中間較大的為功率，下方較小的數字為踩踏頻率。

三、騎乘過程中，儘量達到或維持 80RPM 的踩踏頻率與 150 瓦的功率。

四、騎乘過程中，上身儘可能的保持穩定，不要亂晃動。

五、騎乘過程中儘，量的將頭管的光點，控制在對準前方的參照點。

基本資料填寫				
編號	**身高**	**體重**	**年齡**	**胯下長**

附錄二　各階段大於 1 的特徵值與解釋量

N1

轉移前	轉移中	轉移後
0.44	0.43	0.34
0.23	0.27	0.26
0.14	0.12	0.15
0.06	0.07	0.10
0.04	0.04	0.04
0.03	0.03	0.03
0.02	0.01	0.02
0.02	0.01	0.02
0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01

N2

轉移前	轉移中	轉移後
0.33	0.41	0.33
0.23	0.22	0.28
0.17	0.11	0.19
0.11	0.09	0.07
0.07	0.07	0.05
0.03	0.05	0.03
0.02	0.02	0.02
0.02	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01

N3

轉移前	轉移中	轉移後
0.30	0.34	0.41
0.29	0.25	0.30
0.17	0.14	0.13
0.09	0.10	0.07
0.07	0.07	0.06
0.02	0.03	0.01
0.02	0.02	0.01
0.01	0.01	0.00
0.01	0.01	0.00
0.01	0.01	0.00
0.01	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00

N4

轉移前	轉移中	轉移後
0.37	0.40	0.43
0.22	0.25	0.19
0.18	0.13	0.16
0.08	0.09	0.09
0.08	0.06	0.06
0.02	0.03	0.03
0.02	0.01	0.02
0.01	0.01	0.01
0.00	0.01	0.00

NTU Library

N7

轉移前	轉移中	轉移後
0.38	0.41	0.39
0.26	0.24	0.23
0.14	0.17	0.16
0.09	0.08	0.08
0.05	0.04	0.07
0.03	0.02	0.03
0.02	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01
0.01	0.00	0.00

N9

轉移前	轉移中	轉移後
0.47	0.37	0.45
0.23	0.26	0.29
0.14	0.18	0.10
0.06	0.06	0.05
0.03	0.05	0.04
0.02	0.03	0.02
0.02	0.02	0.02
0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.00

N10

轉移前	轉移中	轉移後
0.37	0.33	0.39
0.21	0.26	0.23
0.15	0.17	0.11
0.10	0.08	0.11
0.07	0.06	0.08
0.04	0.04	0.04
0.02	0.02	0.02
0.02	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01

N11

轉移前	轉移中	轉移後
0.35	0.47	0.34
0.27	0.26	0.29
0.13	0.10	0.12
0.11	0.07	0.10
0.05	0.04	0.06
0.03	0.03	0.03
0.02	0.01	0.02
0.02	0.01	0.01
0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.01

N12

轉移前	轉移中	轉移後
0.40	0.39	0.38
0.21	0.30	0.26
0.17	0.10	0.16
0.07	0.09	0.10
0.05	0.04	0.04
0.05	0.04	0.02
0.02	0.02	0.01
0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01

附錄三　Broken stick 篩選後之成份矩陣

N1 轉移前	C1	C2	C3	C4	C5	C6
head-X	-0.04409	0	0.171948	-0.33706	0.138563	-0.31117
head-Y	-0.20779	0	0.046347	0.040333	0	0.03171
head-Z	-0.09092	-0.1286	-0.17238	0.03222	0.225808	-0.14599
r_sh-X	-0.16648	-0.15209	0.04872	-0.02385	0	-0.28283
r_sh-Y	-0.20639	-0.07299	0	0.053007	0	0.050818
r_sh-Z	0.162107	0.11968	-0.08073	0	0	-0.10067
r_elb-X	-0.03213	-0.25779	-0.15828	0.048003	0	-0.14504
r_elb-Y	-0.19288	-0.11655	-0.03584	0.114605	0	-0.04215
r_elb-Z	0.171463	0	-0.15792	-0.09463	0	0.145656
r_wst-X	-0.0167	-0.26974	-0.15242	0	0	-0.04106
r_wst-Y	-0.16991	-0.18198	-0.02659	0.066856	0	-0.02183
r_wst-Z	0.113578	-0.17379	-0.18628	-0.15326	0	0.208474
r_hip-X	-0.17649	0.093873	0.014273	0	0	-0.3894
r_hip-Y	-0.17632	0	0.035269	-0.04703	0.331227	0.271103
r_hip-Z	0.176929	-0.09022	0.157537	0.098774	0	-0.06309
r_kne-X	0.101258	0	0.323002	0.025048	0	-0.10059
r_kne-Y	-0.05706	0.267399	0.086321	-0.03173	0	-0.03165
r_kne-Z	0.106146	-0.19368	0.222702	0.033339	0	0
r_ank-X	-0.10063	-0.13092	0.16093	-0.33183	-0.15097	0.030661
r_ank-Y	-0.15372	0.170582	0.127722	0.028726	0.122052	0.028855
r_ank-Z	0.154768	-0.12051	0.184537	0.17093	0	0
r_foot-X	-0.10147	-0.13742	0.154684	-0.3289	-0.14767	0.047278
r_foot-Y	-0.19639	0.073059	0.096884	0.116716	0	-0.03051
r_foot-Z	0.143892	-0.13355	0.219676	0.108692	0	0
l_sh-X	0.150769	0.105313	0.098138	-0.18541	0.304396	-0.069
l_sh-Y	-0.20492	-0.08681	0	0.049129	0	0.03587
l_sh-Z	-0.14675	0	0.031658	0.11858	0.319659	0.073828
l_elb-X	0.06107	0.256569	0.128285	-0.10145	0.125974	0
l_elb-Y	-0.19156	-0.12942	0	0.088076	0	-0.05656
l_elb-Z	-0.12203	0.140887	0.17279	0.213341	0	-0.17765
l_wst-X	0.020509	0.268127	0.158224	-0.02491	0	-0.03296
l_wst-Y	-0.17325	-0.17815	-0.01506	0.069064	0	0
l_wst-Z	-0.09395	0.199863	0.175656	0.16843	-0.16648	-0.123
l_hip-X	0.156373	-0.07576	-0.05223	-0.10666	0.421458	0
l_hip-Y	-0.1845	0	0.064749	-0.04557	0.27901	0.22246
l_hip-Z	-0.18417	0	-0.16191	-0.12469	0	0
l_kne-X	-0.0839	0.161956	-0.27643	-0.04312	0	-0.03676
l_kne-Y	-0.09959	0.230784	0.114941	-0.10035	0	0.088689
l_kne-Z	-0.09999	0.183286	-0.24061	0	0	-0.04543
l_ank-X	0.118507	0.133946	-0.17087	0.2831	0	-0.11149
l_ank-Y	-0.16779	0	0.162206	-0.06327	0.115608	0.099706
l_ank-Z	-0.15972	0.108466	-0.17006	-0.20075	0	0.022662
l_foot-X	0.11791	0.12849	-0.16225	0.311671	0	-0.10445
l_foot-Y	-0.20517	0	0.089783	0.057546	0	0.038472

l_foot-Z	-0.14008	0.139162	-0.22106	-0.10821	0	-0.02813
bike-X	0.053343	0	-0.10217	-0.2334	0.295748	-0.53815
bike-Y	-0.19774	-0.10752	0.044971	0.094939	0	-0.03553
bike-Z	0.096298	0.110518	0.020333	-0.2226	-0.26078	-0.04955
N1 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.055851	-0.0529	0.279807	-0.29269	-0.10335	-0.23624
head-Y	-0.19261	-0.0934	0	0.052435	0.221848	0.060094
head-Z	-0.05516	-0.05492	0.132884	0.397016	0.179693	-0.34086
r_sh-X	-0.17096	0.054138	0.122267	-0.26009	0.130627	-0.03358
r_sh-Y	-0.20078	-0.06207	0.072257	0.088918	0.146867	0.074538
r_sh-Z	0.14944	0.104974	0.058526	0.144809	0.211013	-0.26442
r_elb-X	-0.09919	0.202613	0.180067	-0.12428	0	-0.01189
r_elb-Y	-0.20659	0	0.096759	0.055103	0.137182	0.020416
r_elb-Z	0.12241	0.139036	0.088995	0.27418	0.204873	-0.06062
r_wst-X	-0.08029	0.215067	0.185293	-0.07131	-0.09689	0.083184
r_wst-Y	-0.20692	0.050006	0.103143	0	0	0.031811
r_wst-Z	0.073997	0.208895	0.145401	0.200183	-0.1514	0.112658
r_hip-X	-0.13852	0.054778	0.121867	-0.23327	0.278477	-0.21993
r_hip-Y	-0.08835	-0.16495	0.125319	0.30729	-0.15845	0
r_hip-Z	0.173492	-0.13677	0.106337	0.028884	0.167975	0.068261
r_kne-X	0.189298	-0.09942	0.097806	-0.06256	0.124687	0.078712
r_kne-Y	0.095228	0.071299	-0.32824	0.041993	0	-0.20568
r_kne-Z	0.175774	-0.13361	0.108945	0	0.131675	0.118727
r_ank-X	0.127061	0.210305	0	-0.03882	0.125704	-0.03702
r_ank-Y	-0.0758	-0.18283	-0.21809	0.108153	-0.08978	-0.21759
r_ank-Z	0.130292	-0.20141	0.120119	0	0.099178	0.107842
r_foot-X	0.127388	0.212738	-0.02425	-0.01365	0.13413	-0.05163
r_foot-Y	-0.17275	-0.16386	-0.05029	-0.03147	0	-0.04068
r_foot-Z	0.159621	-0.16675	0.113493	0	0.103784	0.095205
l_sh-X	0.176455	-0.06086	0.132539	-0.07078	-0.27313	-0.15524
l_sh-Y	-0.19757	-0.07759	0.06632	0.111256	0.120128	0.07447
l_sh-Z	-0.05208	-0.16327	0.232368	0.067513	0	-0.32464
l_elb-X	0.159543	-0.16582	-0.02839	0	-0.16255	-0.12362
l_elb-Y	-0.20991	0	0.093334	0	0.097622	0.050441
l_elb-Z	-0.03502	-0.14851	-0.0422	-0.37484	0	-0.22675
l_wst-X	0.098085	-0.21863	-0.13574	-0.05144	0	-0.08146
l_wst-Y	-0.20934	0.039657	0.092769	-0.01727	0	0.044849
l_wst-Z	-0.03742	-0.19838	-0.19832	-0.18705	0.221522	-0.11505
l_hip-X	0.07544	-0.04293	0.331677	-0.04061	-0.32334	-0.05087
l_hip-Y	-0.10703	-0.15837	0.144807	0.263407	-0.17589	0.009554
l_hip-Z	-0.18331	0.113278	-0.12235	-0.01494	-0.15645	-0.02788
l_kne-X	-0.1799	0.129505	-0.06544	0	-0.19246	-0.05562
l_kne-Y	0.097194	-0.13157	-0.25565	0	0	-0.20035
l_kne-Z	-0.17983	0.110987	-0.14438	0.026037	-0.13835	-0.06711
l_ank-X	-0.13257	-0.20412	0.036631	-0.03089	-0.16314	0.065164
l_ank-Y	-0.14675	-0.1837	0.020261	0.057858	0	-0.13354
l_ank-Z	-0.12928	0.202091	-0.12876	0	-0.07169	-0.1081

l_foot-X	-0.12574	-0.21338	0.030258	0	-0.14635	0.052583
l_foot-Y	-0.17251	-0.16671	0	0.018584	0	-0.06636
l_foot-Z	-0.16212	0.158474	-0.12475	0	-0.10506	-0.10444
bike-X	0.014979	0.11288	0.290233	-0.17365	-0.14338	-0.23724
bike-Y	-0.21278	0	0.055219	-0.0298	0.094603	-0.02324
bike-Z	0.052691	0.159524	0.058298	0.200433	0	-0.38413
N1 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.058917	0.023097	-0.31222	0.047051	0.242945	0.113643
head-Y	0.193338	0	-0.13834	0.14795	-0.02645	-0.17845
head-Z	0.128068	-0.04572	-0.16736	-0.13834	-0.21582	-0.1093
r_sh-X	0.146864	0	-0.28331	0.048611	0.107082	-0.04414
r_sh-Y	0.221338	-0.03575	-0.06747	0.091758	0.046748	-0.1842
r_sh-Z	0.046743	0.116416	-0.26518	-0.02783	0	-0.34136
r_elb-X	0.180074	-0.0607	-0.16641	-0.14235	0.120247	0.074845
r_elb-Y	0.166136	-0.15759	0.121383	-0.02712	0.198286	-0.13541
r_elb-Z	0.060062	0.151507	-0.24737	-0.01957	-0.16552	-0.15082
r_wst-X	0.155735	-0.02107	-0.03443	-0.31747	0.118606	0.178488
r_wst-Y	0.128103	-0.13853	0.200598	-0.13995	0.186516	-0.01025
r_wst-Z	0.047147	0.180187	-0.01332	-0.32966	-0.11476	0.011399
r_hip-X	0.135491	0	-0.2343	0.165971	0.097108	0.172179
r_hip-Y	-0.20899	-0.02582	0.125631	-0.01443	0.111401	0.058596
r_hip-Z	-0.18745	-0.15868	-0.0646	-0.10981	0	-0.09413
r_kne-X	-0.1899	-0.16657	-0.05184	-0.04204	0	-0.01219
r_kne-Y	0.066278	0.205719	0.137979	0.101915	-0.08358	0.277414
r_kne-Z	-0.17853	-0.17815	-0.04878	-0.10115	-0.03372	-0.05613
r_ank-X	-0.17583	0.150403	0.083579	-0.00998	0.191686	-0.19646
r_ank-Y	0.083791	-0.21907	0.035133	0.01201	-0.23061	0.287591
r_ank-Z	-0.11224	-0.2312	-0.1003	-0.06943	-0.08802	0.069765
r_foot-X	-0.17345	0.155848	0.086515	-0.02389	0.174115	-0.19141
r_foot-Y	0.106252	-0.22764	0.049142	0.142073	-0.0362	0.172302
r_foot-Z	-0.16739	-0.19226	-0.06983	-0.08307	-0.04741	0.010928
l_sh-X	-0.169	0.099052	-0.20067	-0.04257	0.168383	0.114333
l_sh-Y	0.226062	-0.08141	-0.03801	0.082345	0.06189	-0.09785
l_sh-Z	0.036777	-0.07331	-0.28988	-0.09498	-0.0315	-0.19338
l_elb-X	-0.15642	0.087508	-0.16215	0.213328	0.163982	0.082397
l_elb-Y	0.201716	-0.12693	0.076909	0	0.147962	-0.1125
l_elb-Z	0.091769	-0.20924	-0.02136	0.022011	0.1984	-0.21097
l_wst-X	-0.1296	0.025977	-0.10424	0.350864	0.054535	-0.01472
l_wst-Y	0.143836	-0.14229	0.184558	-0.12008	0.165866	0
l_wst-Z	-0.03659	-0.21091	0.051591	0.272758	0	-0.13424
l_hip-X	-0.10475	-0.02733	-0.26454	-0.02129	0.254582	0.171918
l_hip-Y	-0.2131	-0.02057	0.076518	0.022228	0.188797	0.10909
l_hip-Z	0.181059	0.162475	0.122474	0.042774	0	0.05668
l_kne-X	0.181905	0.170738	0.064896	0.086008	0.052232	0
l_kne-Y	-0.02908	0.118335	0.061392	0.289446	-0.04349	0.133231
l_kne-Z	0.177543	0.180067	0.082242	0.052718	0	-0.01307
l_ank-X	0.177113	-0.14453	-0.09977	0.061749	-0.14383	0.187479

l_ank-Y	-0.0328	-0.21533	-0.00955	0.145972	0	-0.08531
l_ank-Z	0.106121	0.237561	0.093418	0.061255	0.096287	-0.0456
l_foot-X	0.172782	-0.15468	-0.1044	0.034895	-0.16801	0.17371
l_foot-Y	0.034306	-0.19646	0.119386	0.221865	0.202713	-0.0803
l_foot-Z	0.179193	0.181076	0.062516	0.073325	0.032567	0
bike-X	0.062728	0.041362	-0.13416	-0.10403	0.426121	0.329139
bike-Y	0.100232	-0.18806	0.193346	0.033108	0.150599	-0.03884
bike-Z	0.072004	0	0.090593	-0.36182	0.11234	-0.03786
N2 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.06662	0	0.143671	-0.24446	0.089259	-0.16065
head-Y	-0.24393	0	-0.03152	0.026002	0	0.081123
head-Z	0.140594	0	-0.09371	0.211773	0	-0.23056
r_sh-X	-0.18742	0	0.120412	0.178146	0.086502	0.022599
r_sh-Y	-0.24522	0	0.011198	0	0	0.071328
r_sh-Z	0.086786	0.081586	0.133691	0.103452	0.160891	0.44931
r_elb-X	0.036017	0	0.319542	0.130326	0	-0.14787
r_elb-Y	-0.23478	0	0.092838	0.044376	0	0
r_elb-Z	0.183191	0	0.178951	-0.12085	0	0.113227
r_wst-X	0.027998	0	0.329392	0.060295	0	-0.15329
r_wst-Y	-0.20638	0	0.16011	0.074031	0.129478	-0.0563
r_wst-Z	0.107419	0	0.270606	-0.18218	0	0.01489
r_hip-X	-0.09812	0.129186	-0.07821	0.306613	0.119125	0.052038
r_hip-Y	-0.19152	-0.06744	-0.02156	-0.26071	0	-0.01109
r_hip-Z	0.018153	-0.29466	0.044216	0	0	0.088671
r_kne-X	0.085363	-0.26203	-0.08313	0	0.116602	0
r_kne-Y	0	0.184901	-0.224	-0.17535	0	-0.10616
r_kne-Z	0.017299	-0.2979	-0.0156	0	0	0.056578
r_ank-X	0.165773	0	-0.081	0	0.394225	-0.05108
r_ank-Y	-0.13346	0	-0.25072	-0.15358	0	-0.14997
r_ank-Z	-0.01882	-0.29621	0	0	0	0.031869
r_foot-X	0.161581	0	-0.08358	0	0.400771	-0.04351
r_foot-Y	-0.23289	0	-0.11738	0	0	-0.03769
r_foot-Z	0.019151	-0.29944	-0.01691	0	0	0.023832
l_sh-X	0.163525	0	-0.02807	-0.30509	0	-0.14537
l_sh-Y	-0.24586	0	0	-0.02471	0	0.065141
l_sh-Z	0.10622	-0.14368	0.075114	0.221005	-0.17035	-0.17577
l_elb-X	0.088865	0	-0.2927	-0.11686	-0.12663	0
l_elb-Y	-0.23888	0	0.068067	0.025529	0.105742	-0.01201
l_elb-Z	0.092976	0	-0.13027	0.336548	-0.13586	-0.10412
l_wst-X	0	0	-0.33459	-0.04326	0	0.043273
l_wst-Y	-0.21117	0	0.140947	0.081257	0.137721	-0.05929
l_wst-Z	-0.04025	0	-0.27391	0.249302	-0.08665	0.04965
l_hip-X	0.031351	-0.15693	0.118155	-0.3229	0	-0.15326
l_hip-Y	-0.19417	-0.07419	-0.0211	-0.24903	0	-0.01108
l_hip-Z	-0.04017	0.293828	-0.03008	0	0	-0.02474
l_kne-X	-0.04272	0.270092	0.069918	-0.09865	-0.14058	-0.02352
l_kne-Y	-0.10767	0.121848	-0.20528	-0.08929	0.227284	-0.01854

l_kne-Z	-0.04052	0.292242	-0.01051	0	-0.0831	-0.00867
l_ank-X	-0.15846	0	0.088479	0	-0.40257	0.025005
l_ank-Y	-0.21584	0	-0.13151	-0.04612	0	-0.04584
l_ank-Z	0.013704	0.29833	0	0	0	-0.03634
l_foot-X	-0.15696	0	0.079949	0	-0.41189	0.030509
l_foot-Y	-0.22405	-0.07549	-0.08997	0.056249	0.085074	-0.02926
l_foot-Z	-0.02071	0.298158	0.010829	0	0	-0.02879
bike-X	0	0	0	0.124322	0	-0.67118
bike-Y	-0.23287	0	0.034922	0.110811	0.117233	-0.05018
bike-Z	0.113912	0	-0.08098	0	0	0.173712
N2 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.017242	-0.13388	-0.2474	-0.11691	0.268616	0.247923
head-Y	0.196862	0.129688	0.041467	0.05739	0	0.090332
head-Z	0.125347	0.187412	-0.08947	-0.02441	0.102577	-0.09498
r_sh-X	0.171716	0	-0.19264	-0.06896	0.227577	0.043989
r_sh-Y	0.196461	0.132203	0.059796	0.010857	0	0.095106
r_sh-Z	0.157769	0	-0.18507	-0.16826	0	0.143621
r_elb-X	0.109479	0.06957	-0.2872	-0.13295	0.069882	-0.25977
r_elb-Y	0.203043	0.116921	-0.05394	0.038148	0	0.023309
r_elb-Z	0.148981	0.152905	-0.06602	-0.20116	-0.12586	0.069865
r_wst-X	0	0	-0.33749	-0.16807	0	-0.30687
r_wst-Y	0.183322	0.050241	-0.20869	0.079796	0	-0.06199
r_wst-Z	-0.04415	-0.0583	-0.08664	-0.32953	-0.33588	0.018049
r_hip-X	0.070098	-0.16625	-0.22927	-0.04256	0.247666	0.161303
r_hip-Y	0.171221	0.117659	0	-0.09504	-0.1391	0.223233
r_hip-Z	-0.1447	0.229744	-0.0166	0.014174	-0.07747	0.030499
r_kne-X	-0.17503	0.163807	-0.09475	0.085945	0	0.034673
r_kne-Y	0.124384	-0.20177	0.030729	0.053601	-0.10884	0.146633
r_kne-Z	-0.16686	0.192284	-0.06379	0.069376	0	0.014641
r_ank-X	-0.08963	-0.12593	-0.24286	0.257198	-0.11402	0.075228
r_ank-Y	0.192987	0.122059	0.034065	0.08838	0	0.071016
r_ank-Z	-0.15041	0.226484	-0.02431	-0.00991	0	0.011844
r_foot-X	-0.07961	-0.13576	-0.24028	0.262917	-0.12012	0.061696
r_foot-Y	0.20069	0.103036	0.047497	0.109296	0	0.046407
r_foot-Z	-0.16607	0.196068	-0.07607	0.055419	0	0.014339
l_sh-X	-0.1428	-0.10666	-0.16887	-0.22087	0	0.174664
l_sh-Y	0.197813	0.131782	0.049315	0.016177	0	0.091078
l_sh-Z	0.058159	0.24182	-0.15104	-0.12891	0	0.207466
l_elb-X	-0.14837	-0.04612	-0.01328	-0.03049	0.207926	0.387532
l_elb-Y	0.20616	0.096395	-0.08119	0.037163	0	0.047439
l_elb-Z	-0.06543	0.190071	-0.14954	0.209551	0.159105	-0.04925
l_wst-X	-0.05174	-0.05303	0.215434	0.141435	0.26739	0.367816
l_wst-Y	0.175736	0	-0.23533	0.088756	0	-0.07642
l_wst-Z	0.053379	0.115414	0.130874	0.344345	0.194693	-0.06677
l_hip-X	-0.14265	0.113103	-0.13048	-0.20625	0.075848	0.147257
l_hip-Y	0.142755	0.168573	0.011346	-0.06036	-0.15905	0.235537
l_hip-Z	0.157262	-0.21279	0.061229	0	0	-0.05614

l_kne-X	0.174261	-0.15305	0.127909	-0.10091	0	-0.01969
l_kne-Y	0.072951	-0.25742	-0.10472	0.068543	-0.05461	0.067144
l_kne-Z	0.168824	-0.18634	0.088272	-0.04349	0	-0.04357
l_ank-X	0.076122	0.125244	0.238307	-0.27682	0.136111	-0.0527
l_ank-Y	0.203931	0	-0.01308	0.119491	0.110084	0.035573
l_ank-Z	0.142589	-0.23551	0	0.023232	0	0
l_foot-X	0.077051	0.13368	0.235127	-0.27063	0.13361	-0.05585
l_foot-Y	0.19968	0.089401	-0.03067	0.12105	0.056077	0.026221
l_foot-Z	0.16827	-0.19363	0.073891	-0.04361	0	-0.02154
bike-X	-0.03238	-0.09977	-0.08981	-0.13931	0.456952	-0.01278
bike-Y	0.169741	0.080151	-0.13965	0.188611	0	-0.0583
bike-Z	0.024998	0	0.045056	-0.06755	0.347682	-0.34716
N2 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.11929	0.088475	0.018535	-0.09038	0.169526	-0.57367
head-Y	-0.18223	0	0.202369	0.085534	0	0.051891
head-Z	-0.1061	-0.07524	-0.03949	-0.35884	0.236535	0.047469
r_sh-X	-0.18662	0.091538	0.148001	0.131031	0.092678	-0.10234
r_sh-Y	-0.14656	0.037854	0.258148	0	0	0.048396
r_sh-Z	0.098469	0.11244	0.161777	0	0.181761	-0.36923
r_elb-X	-0.02601	0.222262	0.170272	0.029143	-0.08653	-0.05973
r_elb-Y	-0.18788	0.052413	0.201683	-0.02477	0	0.01756
r_elb-Z	0.16746	0.140819	0.157454	-0.04957	0	-0.14212
r_wst-X	0	0.225693	0.14446	0	-0.18764	-0.05336
r_wst-Y	-0.19183	0.069536	0.176074	0	-0.09813	-0.0583
r_wst-Z	0.204843	0.110875	0.090445	-0.05681	-0.12686	-0.12277
r_hip-X	-0.11163	-0.07867	0.117742	0.117229	0.428604	-0.23485
r_hip-Y	-0.11451	-0.1061	0.043931	-0.3812	-0.17839	-0.06287
r_hip-Z	-0.09289	0.211384	-0.16695	0	0	0
r_kne-X	-0.14421	0.135873	-0.20487	0.052128	0	0.072401
r_kne-Y	0.059034	-0.25261	-0.00795	0	0	-0.0712
r_kne-Z	-0.13809	0.160124	-0.19078	0	0	0
r_ank-X	-0.11067	-0.14793	-0.11128	0.26016	-0.2109	-0.1707
r_ank-Y	-0.16171	-0.16733	0.05252	-0.15169	-0.09866	0.038675
r_ank-Z	-0.1096	0.205844	-0.15315	-0.04294	0.064556	0.059763
r_foot-X	-0.10678	-0.14976	-0.1177	0.257693	-0.20262	-0.18935
r_foot-Y	-0.21434	-0.09703	0.10891	0	0	0.117375
r_foot-Z	-0.13031	0.172242	-0.188	0	0	0.017242
l_sh-X	0.081487	-0.09211	-0.20036	-0.23279	0.088868	-0.34307
l_sh-Y	-0.15254	0.044233	0.250406	0.032753	0	0.045306
l_sh-Z	-0.2122	0	-0.02647	-0.21553	-0.13916	-0.13387
l_elb-X	-0.03159	-0.21274	-0.12168	-0.06737	0.253305	-0.10922
l_elb-Y	-0.18775	0.04919	0.20454	0	0	-0.03381
l_elb-Z	-0.22474	-0.07755	-0.04635	-0.12715	0	-0.04918
l_wst-X	-0.03012	-0.20701	-0.13423	0.111867	0.285614	0.041781
l_wst-Y	-0.19219	0.06928	0.175205	0	-0.09654	-0.06897
l_wst-Z	-0.20256	-0.12383	-0.06926	0.078244	0.087964	0.151426
l_hip-X	-0.07173	0.131631	-0.18754	-0.23764	-0.09244	-0.14861

l_hip-Y	-0.07976	-0.12731	0.048285	-0.39341	-0.18883	0.051677
l_hip-Z	0.095749	-0.21282	0.159118	0	0	0
l_kne-X	0.155808	-0.12836	0.197486	-0.06687	0	0.054533
l_kne-Y	-0.03663	-0.2642	0	0	0	0
l_kne-Z	0.133865	-0.16693	0.188991	0	0	-0.02606
l_ank-X	0.10942	0.15307	0.123382	-0.22405	0.228549	0.19491
l_ank-Y	-0.18996	-0.17178	0.015407	-0.02885	0	0.055532
l_ank-Z	0.109797	-0.2008	0.161623	0.049411	0	-0.07663
l_foot-X	0.112092	0.149533	0.111914	-0.24393	0.229816	0.183021
l_foot-Y	-0.2157	-0.1171	0.011271	-0.08796	0	0.067678
l_foot-Z	0.137454	-0.16528	0.187356	-0.03179	0	-0.01939
bike-X	-0.07866	0.122966	0.086136	0.163081	0.263874	0.047614
bike-Y	-0.2281	0	0.119504	0.045517	0	-0.02962
bike-Z	0.170633	0.081776	0.041205	0	-0.26179	-0.13427
N3 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.007177	0	0	0.097453	-0.47657	0.172882
head-Y	-0.23005	-0.123	-0.02108	0.033348	0	-0.09264
head-Z	-0.0355	0	-0.10506	-0.10904	0.383079	0.4014
r_sh-X	-0.24277	0	0.040424	0.103473	-0.14209	-0.01388
r_sh-Y	-0.20828	-0.15651	-0.0179	0	0	-0.10356
r_sh-Z	-0.18475	0	-0.01663	0.098723	-0.21114	-0.22433
r_elb-X	-0.1983	0.134722	0.120459	0.078741	0	0.112351
r_elb-Y	-0.22528	-0.13208	0	0	0.083974	0.016108
r_elb-Z	-0.06255	0.215973	0.12491	0	0	-0.13581
r_wst-X	-0.16265	0.154259	0.151963	0.058876	0.116504	0.136612
r_wst-Y	-0.23811	-0.085	0.038293	0.033249	0.1221	0.10335
r_wst-Z	0	0.203687	0.177322	0	0.202575	0.045653
r_hip-X	-0.19991	0	0	0.138461	-0.24451	0.124696
r_hip-Y	0.013362	-0.23005	-0.0821	-0.08603	0.174185	0.016586
r_hip-Z	0.133135	-0.1383	0.228702	0	0	-0.02365
r_kne-X	0.060975	-0.17543	0.236956	0.065581	0	0.095311
r_kne-Y	0.150925	-0.13609	-0.18788	0.072306	0	0.114857
r_kne-Z	0.069636	-0.16792	0.249262	0.046301	0	0.039715
r_ank-X	0.09131	0	0.048466	0.443373	0	0.043285
r_ank-Y	-0.02546	-0.23693	-0.13511	0	0	-0.03153
r_ank-Z	0.029196	-0.17049	0.250436	-0.11614	0	0.027292
r_foot-X	0.088372	0	0.036402	0.448646	0.082274	0.039146
r_foot-Y	-0.11184	-0.22131	-0.11118	0	0	-0.02972
r_foot-Z	0.056394	-0.17263	0.25476	0	0	0.030027
l_sh-X	0.249764	0	-0.06348	0	-0.084	0.145149
l_sh-Y	-0.21439	-0.14999	-0.02349	0	0	-0.08382
l_sh-Z	0.147708	0	-0.06785	0.16729	0	-0.32001
l_elb-X	0.200202	-0.11322	-0.15063	-0.03364	-0.10408	0.042097
l_elb-Y	-0.22428	-0.13614	0	0.034897	0	0
l_elb-Z	0.092614	-0.14985	-0.20114	0.086681	0.11601	0.113034
l_wst-X	0.165848	-0.13267	-0.16598	0	-0.17826	-0.0432
l_wst-Y	-0.23734	-0.0861	0.040309	0.050156	0.119541	0.094265

l_wst-Z	0.020162	-0.17988	-0.19387	0.042443	-0.2125	-0.15756
l_hip-X	0.162467	0	-0.02875	-0.13309	0	0.340309
l_hip-Y	0	-0.2352	-0.07852	-0.05687	0.179287	0.047152
l_hip-Z	-0.1539	0.12202	-0.20234	0.111162	0	0
l_kne-X	-0.09452	0.154425	-0.24739	-0.04518	0	0.01381
l_kne-Y	0.166317	0	-0.23437	0	0.114938	0
l_kne-Z	-0.0698	0.164861	-0.25611	0	0	-0.02025
l_ank-X	-0.10885	0	-0.0479	-0.42442	-0.11419	-0.02458
l_ank-Y	0	-0.24779	-0.07794	-0.0552	0.09859	0.038256
l_ank-Z	-0.03	0.164675	-0.24315	0.159726	0	0
l_foot-X	-0.09533	0	-0.03676	-0.43982	-0.10568	-0.02468
l_foot-Y	-0.09263	-0.23027	-0.09757	0	0.084538	-0.01976
l_foot-Z	-0.05031	0.17314	-0.25417	0.04311	0	-0.02994
bike-X	-0.07088	0	-0.06116	0.06814	-0.34792	0.545263
bike-Y	-0.2059	-0.15892	-0.03636	0.033941	0	0.084967
bike-Z	0.155968	0.140907	0.092439	-0.07674	0	-0.14581
N3 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.048282	0	-0.01919	-0.33331	-0.23408	0.270391
head-Y	-0.21476	-0.12257	-0.01783	-0.07717	0	-0.0256
head-Z	0.034895	-0.08275	-0.06027	0.313408	0.242573	0.176057
r_sh-X	-0.0619	-0.19968	-0.03029	-0.29135	0	0.091371
r_sh-Y	-0.22102	-0.12006	0	0	0	-0.02873
r_sh-Z	-0.07759	-0.1685	-0.02758	-0.26295	-0.16468	-0.12904
r_elb-X	0.106053	-0.19202	0	-0.1728	0.214203	0.168971
r_elb-Y	-0.2111	-0.14141	-0.01746	0	0	0.045785
r_elb-Z	-0.07785	-0.1745	0.081208	-0.15664	-0.13843	-0.29597
r_wst-X	0.130473	-0.15262	0.087537	-0.08065	0.291615	0.177253
r_wst-Y	-0.17709	-0.17246	-0.02227	0.019794	0.151768	0.117034
r_wst-Z	0.090005	-0.10497	0.256589	0.01891	0.248205	-0.0413
r_hip-X	0.059052	-0.07681	-0.30169	-0.10608	-0.14494	0.264538
r_hip-Y	-0.22906	0	0.059137	0.101917	0	-0.04023
r_hip-Z	0.139727	-0.20128	-0.03101	0.123992	0	-0.10432
r_kne-X	0.130017	-0.18938	-0.16939	0.099751	0	-0.01882
r_kne-Y	-0.09184	0.112966	-0.24867	0.182703	0	-0.07869
r_kne-Z	0.118687	-0.21214	-0.12782	0.124133	0	-0.08754
r_ank-X	0.047759	0	-0.32133	-0.16505	0.143665	-0.12631
r_ank-Y	-0.22312	0	-0.11459	0.088066	0	-0.05097
r_ank-Z	0.111272	-0.2181	0	0.175172	-0.12971	-0.01664
r_foot-X	0.04773	0	-0.31901	-0.16176	0.160854	-0.1451
r_foot-Y	-0.23221	-0.06943	-0.06285	0.05518	0	0.028808
r_foot-Z	0.127567	-0.21549	-0.07526	0.136513	0	-0.0614
l_sh-X	0.129805	0.118779	0.038756	0.200574	0	0.2244
l_sh-Y	-0.21856	-0.12667	0	0	0	-0.0205
l_sh-Z	-0.14145	-0.14173	-0.0526	0.089873	0.194028	0.014207
l_elb-X	-0.05379	0.175648	-0.08744	0.191586	-0.25858	0.094677
l_elb-Y	-0.2104	-0.1418	-0.01454	0	0	0.056275
l_elb-Z	0.065006	0.120433	-0.19665	0.178441	0.20467	0.258465

l_wst-X	-0.06536	0.17769	-0.11933	0.041203	-0.34	0
l_wst-Y	-0.17762	-0.17016	-0.02384	0.020164	0.154957	0.123981
l_wst-Z	-0.08042	0.136889	-0.22527	-0.04601	-0.22466	0.032564
l_hip-X	-0.01295	-0.1283	0.292451	-0.03911	0	-0.02237
l_hip-Y	-0.23116	-0.06255	0.036455	0.08889	0	-0.0474
l_hip-Z	-0.12518	0.209126	0.029415	-0.12605	0.166381	0.025089
l_kne-X	-0.1571	0.144569	0.153028	-0.15712	0	0.116944
l_kne-Y	-0.10067	0.229869	-0.05751	0.131873	0	-0.01656
l_kne-Z	-0.13729	0.206023	0.10423	-0.10625	0	0.044784
l_ank-X	-0.04882	0	0.315452	0.145079	-0.17801	0.177875
l_ank-Y	-0.22032	0	-0.09049	0.151044	0	0
l_ank-Z	-0.11697	0.207863	-0.01467	-0.19007	0.133595	0
l_foot-X	-0.04042	0	0.320702	0.14965	-0.17234	0.163321
l_foot-Y	-0.22755	-0.06881	-0.07041	0.0927	0	0.045347
l_foot-Z	-0.13215	0.210314	0.063504	-0.14756	0	0.046865
bike-X	0.122414	-0.06251	-0.07618	-0.15945	-0.12401	0.490687
bike-Y	-0.20267	-0.1385	-0.05644	0.020111	0	0.113349
bike-Z	0.169318	0.073699	0.111649	-0.03148	0	-0.28502
N3 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.08509	0	-0.2506	0.353087	0.108279	0
head-Y	-0.22012	0	0	0	0.113229	0
head-Z	0.024523	0.103148	0.251592	0.035903	-0.35113	-0.11677
r_sh-X	-0.2027	0	-0.06857	0.194275	0	-0.0964
r_sh-Y	-0.21291	0	0.054099	0	0.166166	0
r_sh-Z	-0.09281	0.098316	0.300626	0.158398	0	-0.18156
r_elb-X	-0.17224	0.144988	0.100595	0.078357	0	0
r_elb-Y	-0.21687	0	0.056047	-0.07209	0.109823	0.088364
r_elb-Z	-0.06945	0.130137	0.304953	0.117988	0	-0.11146
r_wst-X	-0.13619	0.174186	-0.15008	0.037057	0	0
r_wst-Y	-0.21595	0	0	-0.09308	0.124484	0
r_wst-Z	0.058532	0.20381	0.113555	0.069376	0.27077	0
r_hip-X	-0.14889	0	-0.21039	0.215446	-0.14274	0.206263
r_hip-Y	-0.15647	-0.07762	0.140648	0.064158	0.314128	0
r_hip-Z	0.088528	-0.21324	0.030684	0	0.214334	-0.26495
r_kne-X	0.036564	-0.25456	-0.04839	0	0	0
r_kne-Y	-0.08505	-0.23284	0.027261	-0.03376	0	0.284576
r_kne-Z	0.067778	-0.24451	0	-0.05186	0	-0.14556
r_ank-X	0.200512	0	0.111035	0	0.171024	0.287558
r_ank-Y	-0.17909	-0.14587	0.082859	-0.05716	0	0
r_ank-Z	-0.0333	-0.25036	-0.08086	0	0	-0.17397
r_foot-X	0.199676	0	0.109651	0	0.190411	0.249667
r_foot-Y	-0.20312	-0.10624	0.038442	-0.06099	0	0
r_foot-Z	0.021002	-0.25672	-0.05352	0	0	-0.12151
l_sh-X	0.108171	-0.11041	0.083537	0.385222	0.114159	0
l_sh-Y	-0.21497	0	-0.03999	0	0.152837	0
l_sh-Z	-0.14841	0	0.275081	0.125691	0	-0.15123
l_elb-X	-0.04697	-0.09428	0.324367	0.207962	0	0

l_elb-Y	-0.2114	0	-0.06897	-0.04615	0.162167	0
l_elb-Z	-0.13667	0	0.29639	0	0	-0.10145
l_wst-X	0.079594	-0.1733	0.15588	0.226155	-0.16606	0.142459
l_wst-Y	-0.21475	0	-0.04064	-0.09524	0.126142	0
l_wst-Z	-0.10975	-0.15158	0.118266	-0.13618	-0.30604	0
l_hip-X	0.076167	0	-0.09758	0.466142	0	-0.22085
l_hip-Y	-0.15465	-0.10624	0.134335	0.04913	0.287199	0
l_hip-Z	-0.10314	0.218187	0.030705	-0.11634	-0.1112	0
l_kne-X	-0.07045	0.24577	0	0.043855	0	0
l_kne-Y	0.06626	-0.08615	0.315807	0.033843	-0.17704	0.238271
l_kne-Z	-0.06391	0.24728	0.040224	-0.04192	0	0
l_ank-X	-0.19851	0	-0.11202	0.042143	-0.19491	-0.1999
l_ank-Y	-0.13863	-0.19389	0.068719	-0.051	0	0.161614
l_ank-Z	0.030592	0.252065	0.076997	0	0	0.145759
l_foot-X	-0.19965	0	-0.1127	0	-0.19066	-0.22021
l_foot-Y	-0.17624	-0.15139	0.052465	-0.07981	0	0.099195
l_foot-Z	-0.02148	0.257202	0.053187	0	0	0.105955
bike-X	-0.10648	0	-0.15146	0.379654	-0.13585	0.38132
bike-Y	-0.21714	0	0	-0.10039	0	0.085467
bike-Z	0.150628	0.120974	0.086974	-0.1267	0.187922	-0.1284
N4 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.02001	0	-0.12839	0.135496	0.233402	0.624007
head-Y	0.21579	0.06098	-0.07337	-0.07936	0.113915	0
head-Z	0.198387	0.096546	0.059039	-0.145	-0.07772	0.051396
r_sh-X	0.079707	0	-0.2441	0.066501	0.292175	0
r_sh-Y	0.214302	0.083911	-0.07629	-0.1061	0	0.046879
r_sh-Z	0.077037	0.074355	-0.26387	-0.12882	-0.17227	0.104635
r_elb-X	0.008849	0.122669	-0.3091	0.02808	0	0.073929
r_elb-Y	0.210239	0.116089	-0.08164	0	0	0
r_elb-Z	-0.01876	0.09244	-0.2447	-0.14282	-0.23393	0.230673
r_wst-X	-0.02148	0.11085	-0.30966	0.078345	0	0.076358
r_wst-Y	0.174416	0.121172	-0.18228	0.047173	0	-0.0782
r_wst-Z	-0.11819	0	-0.22639	0.052521	-0.24362	0.184952
r_hip-X	0.150002	-0.11782	-0.03823	0	0.31234	0.119963
r_hip-Y	0.080105	0.139789	0.099484	-0.10379	-0.35835	0.126822
r_hip-Z	-0.12957	0.230739	0.107941	-0.02913	0.046935	0
r_kne-X	0.008351	0.279443	0.069688	0	0.148417	0.04485
r_kne-Y	0.185286	-0.15724	0.078517	0	0	0.126669
r_kne-Z	-0.05722	0.282894	0.089551	0.03178	0	-0.03009
r_ank-X	0.094281	0.10307	0.090336	0.396357	0	0.071575
r_ank-Y	0.22156	0	0.07337	-0.06164	-0.0861	0
r_ank-Z	-0.07649	0.26289	0.062131	-0.14429	0.086104	0
r_foot-X	0.090803	0.086527	0.075793	0.417055	-0.04904	0.052068
r_foot-Y	0.233229	0	0.016687	-0.03101	0	-0.10289
r_foot-Z	-0.07007	0.279242	0.061943	-0.05868	0.074496	0
l_sh-X	-0.20183	-0.1107	0.099303	0	0	0.171985
l_sh-Y	0.214812	0.063004	-0.10081	-0.09697	0	0

l_sh-Z	0.192382	0	0.156062	-0.06576	0	0.251423
l_elb-X	0.096067	-0.07922	0.285922	-0.08959	0	0.160494
l_elb-Y	0.213741	0	-0.10465	-0.04831	0.043628	-0.17691
l_elb-Z	0.194246	0	0.174903	0	0	0.174744
l_wst-X	0.058342	-0.11318	0.290864	-0.11261	0.061879	0.05468
l_wst-Y	0.17991	0.110234	-0.17845	0.046001	0	-0.0993
l_wst-Z	0.173666	0	0.204927	-0.06203	0.125244	-0.07732
l_hip-X	-0.17925	0.11075	0.043869	-0.08217	-0.16308	0.250608
l_hip-Y	0.117606	0.117517	0.067906	-0.13723	-0.33164	0.152785
l_hip-Z	0.118275	-0.18965	-0.14763	0.128036	-0.14565	-0.07645
l_kne-X	0.020477	-0.27189	-0.1196	-0.10978	0	0.066511
l_kne-Y	0.165091	-0.15321	0.093405	0.143822	-0.13972	0.098129
l_kne-Z	0.041117	-0.28318	-0.08613	-0.02837	-0.09188	-0.02388
l_ank-X	-0.07786	-0.09562	-0.08048	-0.41885	0.072909	-0.0275
l_ank-Y	0.217761	0	0.077119	-0.07495	-0.09548	0.128901
l_ank-Z	0.073932	-0.2705	-0.05437	0.117958	-0.08624	0.026976
l_foot-X	-0.08322	-0.08145	-0.0706	-0.42788	0.057669	-0.03117
l_foot-Y	0.229886	0	0.051568	0	0	-0.0303
l_foot-Z	0.050261	-0.28664	-0.0732	0.027243	-0.06878	0
bike-X	0.104118	0	-0.06046	-0.12623	0.303829	0.224551
bike-Y	0.209071	0.098403	-0.10223	0	0	-0.12086
bike-Z	0.060337	0	0.02154	-0.03966	-0.29495	-0.17149
N4 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.038667	-0.06406	-0.04229	0.41667	-0.13671	-0.12879
head-Y	0.209039	-0.08197	-0.02172	0.099055	0	-0.08651
head-Z	0.149174	-0.07907	0	-0.03285	0	-0.50359
r_sh-X	0.150414	-0.07611	0.053558	0.314869	0	-0.12962
r_sh-Y	0.202748	-0.1125	-0.02354	0.02607	0.119163	0
r_sh-Z	0.11209	-0.13847	0.239699	0	0	-0.29314
r_elb-X	0.024401	-0.19544	0.252543	0.142231	0	0.075829
r_elb-Y	0.193739	-0.14043	-0.01453	0	0	0.125472
r_elb-Z	0.040322	-0.173	0.266179	-0.08226	0.091567	-0.20112
r_wst-X	-0.01513	-0.18472	0.252485	0.126447	0	0.274022
r_wst-Y	0.173398	-0.17489	0.062713	0	0	0.122323
r_wst-Z	-0.08865	-0.09403	0.222417	-0.23747	0	0.30564
r_hip-X	0.103559	0.119856	-0.01618	0.361385	-0.0886	0.019948
r_hip-Y	0.085348	-0.16525	-0.14896	-0.23702	0.195362	0.044957
r_hip-Z	-0.17238	-0.15348	-0.13902	0	0	-0.04298
r_kne-X	-0.11131	-0.22109	-0.14241	0.081997	0	0
r_kne-Y	0.200531	0.09113	-0.09024	0	0	0.102301
r_kne-Z	-0.13068	-0.20629	-0.14795	-0.05759	0	-0.05307
r_ank-X	0.067986	-0.17591	-0.04618	-0.08011	-0.41164	0
r_ank-Y	0.201854	0	-0.12165	-0.06123	0.131929	0.048677
r_ank-Z	-0.1607	-0.15158	-0.15105	0.053586	0.145395	-0.02114
r_foot-X	0.076646	-0.17339	-0.03785	-0.08801	-0.40531	0
r_foot-Y	0.210032	-0.08114	-0.08086	0.027925	0	0.048787
r_foot-Z	-0.14575	-0.18865	-0.14966	0.028288	0	-0.02303

l_sh-X	-0.18494	0.124105	-0.07004	0.108767	0	-0.04418
l_sh-Y	0.203662	-0.1098	0	0.043343	0.113366	-0.04475
l_sh-Z	0.176052	0	-0.20942	-0.07309	0	0.222012
l_elb-X	0.101071	0.142976	-0.2864	0	0	0.069117
l_elb-Y	0.197908	-0.12263	0	0.0641	0.095552	0
l_elb-Z	0.156637	0	-0.22316	-0.06255	-0.07001	0.302321
l_wst-X	0.069686	0.171906	-0.27925	0.059121	0	-0.10327
l_wst-Y	0.173527	-0.17448	0.069442	0	0	0.10124
l_wst-Z	0.120526	0.097121	-0.25543	0.104777	-0.07842	-0.19481
l_hip-X	-0.14186	-0.18963	-0.0782	0.02724	0.079585	0
l_hip-Y	0.082066	-0.17632	-0.14468	-0.2136	0.203852	0.067615
l_hip-Z	0.177859	0.128163	0.144517	-0.09416	0	-0.02689
l_kne-X	0.145184	0.156953	0.202628	0.035484	0	0.068807
l_kne-Y	0.09135	0.241031	-0.02794	-0.10894	-0.1474	0.068433
l_kne-Z	0.131058	0.20593	0.145531	-0.07423	0	0
l_ank-X	-0.0487	0.178954	0.045425	0.120914	0.40876	0.055833
l_ank-Y	0.199829	0	-0.13521	-0.05805	0.11977	-0.09534
l_ank-Z	0.167609	0.137699	0.137498	-0.06773	-0.16976	0
l_foot-X	-0.0699	0.173646	0.031936	0.105478	0.407618	0.035614
l_foot-Y	0.21017	-0.04873	-0.09104	0	0.124363	-0.03139
l_foot-Z	0.149418	0.182317	0.154079	-0.03699	0	0.01945
bike-X	0.044169	-0.09093	0.039995	0.387504	0	0.26834
bike-Y	0.191155	-0.15047	0	0.035915	0	0.032045
bike-Z	0.055425	0	0.0946	-0.30795	0	-0.19785
N4 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.011973	-0.10125	-0.22253	0.20739	-0.24987	-0.03417
head-Y	-0.20741	0	0.094479	-0.0792	0	0.035659
head-Z	-0.03871	0	-0.02699	-0.12624	-0.23382	-0.63513
r_sh-X	-0.20444	0	0.040398	-0.05025	0	0.181952
r_sh-Y	-0.20201	0	0.133792	-0.02949	0	0.034392
r_sh-Z	0.034302	0.278184	0.110202	0.064949	-0.20155	-0.03598
r_elb-X	0.060911	0.258685	0.167691	-0.03486	0	0.022835
r_elb-Y	-0.18991	0	0.159158	-0.10457	0	0
r_elb-Z	0.101908	0.230763	0.148653	0.139363	-0.09728	-0.05371
r_wst-X	0.098666	0.228055	0.175437	-0.06001	0	0
r_wst-Y	-0.16947	0	0.189646	-0.14384	0	0
r_wst-Z	0.167873	0.144362	0.127819	0.087578	-0.13325	-0.11093
r_hip-X	-0.18498	0	-0.10694	-0.08831	0	0.212931
r_hip-Y	-0.06534	-0.19772	0.186877	0.115149	-0.27731	-0.06582
r_hip-Z	0.181686	-0.14877	0.093621	-0.07744	0	0.035871
r_kne-X	0.13702	-0.20257	0.097231	-0.18022	0	0.077059
r_kne-Y	-0.19233	-0.10684	-0.0964	0.032641	0	0
r_kne-Z	0.154922	-0.15981	0.145816	-0.15352	0	0.031963
r_ank-X	0.107823	0.104548	-0.09437	-0.27653	-0.27152	0.152419
r_ank-Y	-0.18468	-0.15359	0.085715	-0.03107	0	-0.02521
r_ank-Z	0.127966	-0.21646	0.16476	-0.03945	0	0
r_foot-X	0.10368	0.116339	-0.09385	-0.27418	-0.27608	0.14377

r_foot-Y	-0.2016	-0.10997	0.080969	-0.03225	0	0
r_foot-Z	0.149573	-0.19374	0.139707	-0.10448	0	0
l_sh-X	0.138103	-0.12846	-0.12655	0.20337	-0.22771	-0.02981
l_sh-Y	-0.20112	0	0.132012	-0.03313	0	0.022029
l_sh-Z	0.074459	-0.10512	-0.19266	-0.23431	0	-0.34796
l_elb-X	-0.03209	-0.19195	-0.2819	0	0	0.036169
l_elb-Y	-0.19175	0	0.163815	-0.06255	0	0
l_elb-Z	0.034549	0	-0.23819	-0.30039	0.161719	-0.113
l_wst-X	-0.08949	-0.19227	-0.24647	0.033971	0	0.060984
l_wst-Y	-0.16541	0	0.196035	-0.14043	0	0
l_wst-Z	-0.1364	-0.13248	-0.16265	-0.18392	0.183805	0
l_hip-X	0.109919	-0.12431	0	0.271943	-0.30179	0.096062
l_hip-Y	-0.08488	-0.20059	0.160423	0.117528	-0.26911	-0.10574
l_hip-Z	-0.17757	0.159959	-0.10188	0.051687	0	-0.09675
l_kne-X	-0.15442	0.156778	-0.13617	0.165044	0	-0.0427
l_kne-Y	-0.15755	0	-0.16376	-0.03645	-0.26278	-0.09055
l_kne-Z	-0.15992	0.18814	-0.11709	0.082816	0	-0.0647
l_ank-X	-0.11568	-0.10613	0.070306	0.282196	0.250371	-0.14481
l_ank-Y	-0.18839	-0.12997	0.012013	-0.0849	-0.14762	-0.07899
l_ank-Z	-0.11281	0.231437	-0.16604	0	-0.10369	0
l_foot-X	-0.10038	-0.11526	0.090322	0.28249	0.275121	-0.13421
l_foot-Y	-0.20592	0	0.053141	-0.11172	0	-0.04278
l_foot-Z	-0.14473	0.205813	-0.13897	0.08667	0	0
bike-X	0	0	-0.20927	-0.09837	0	0.150604
bike-Y	-0.19366	0	0.121774	-0.15657	0	0
bike-Z	0.10959	0.115519	0.033279	-0.13938	0.139864	-0.43033
N7 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.09342	-0.05119	-0.2565	-0.11449	0	0.20689
head-Y	0.210244	-0.04123	0.127787	-0.02552	-0.10727	-0.03243
head-Z	0.016168	0	0	-0.32077	-0.11096	-0.58083
r_sh-X	0.062487	-0.15645	0	-0.19381	-0.39685	-0.08251
r_sh-Y	0.206071	0	0.140841	0	0.06613	-0.04073
r_sh-Z	-0.13865	0.08029	-0.07681	-0.23634	-0.21368	-0.28733
r_elb-X	0.020207	-0.26319	0.115993	0	0	-0.03301
r_elb-Y	0.21278	0	0.147384	-0.03918	0.061935	-0.04085
r_elb-Z	-0.21147	-0.09046	0	0	0.082309	-0.15618
r_wst-X	0.043107	-0.25147	0.128621	0.06243	0.06903	-0.02937
r_wst-Y	0.206684	-0.07892	0.14333	-0.03614	0	0
r_wst-Z	-0.11406	-0.19175	0.080669	0.188139	0.153235	-0.13058
r_hip-X	0.040941	-0.05547	0.098315	-0.35627	-0.29612	0.097594
r_hip-Y	0.135165	0.166459	-0.03018	0.13403	0.263562	-0.08511
r_hip-Z	0.131898	-0.16039	-0.21688	0.037674	0	-0.1048
r_kne-X	0.179249	-0.08193	-0.21762	-0.01356	0	0.057413
r_kne-Y	0.106918	0.24055	0	-0.02341	0.075171	-0.05149
r_kne-Z	0.181264	-0.10741	-0.18722	0.01803	0	0.022067
r_ank-X	0.133793	0.123355	-0.05308	0.256518	-0.25604	0
r_ank-Y	0.186173	0.141227	0	-0.13629	0.101611	-0.03465

r_ank-Z	0.136885	-0.16662	-0.19699	-0.07582	0.087138	0.03711
r_foot-X	0.120663	0.138217	0	0.259846	-0.26924	0
r_foot-Y	0.176157	0.140924	0.039144	-0.18507	0.08461	0
r_foot-Z	0.160553	-0.13984	-0.20539	-0.01822	0	0.027857
l_sh-X	-0.14478	0.149996	-0.20866	0.028106	0.077843	0.075959
l_sh-Y	0.209174	0	0.134124	-0.01938	0.063305	-0.10585
l_sh-Z	-0.04043	0.127118	-0.21007	-0.20626	0.167725	-0.2556
l_elb-X	-0.08641	0.236976	-0.1334	-0.04459	0	0.118437
l_elb-Y	0.214074	-0.0529	0.123057	0	0.091737	0
l_elb-Z	0.023966	0.235738	-0.07394	-0.18193	0.077064	0.128861
l_wst-X	-0.05064	0.246397	-0.14041	-0.07273	-0.04316	0.116438
l_wst-Y	0.20959	-0.06705	0.139495	-0.04238	0.059252	0
l_wst-Z	0.127387	0.174946	-0.06111	-0.23295	-0.08187	0.025534
l_hip-X	-0.09282	0	-0.31155	0.078879	0.130465	-0.18288
l_hip-Y	0.133804	0.147835	-0.07198	0.140448	0.284097	-0.08166
l_hip-Z	-0.08653	0.147706	0.285808	-0.07429	0	0.109722
l_kne-X	-0.18895	0.102557	0.169991	-0.01918	0.046675	0
l_kne-Y	0.094451	0.250305	0.045307	-0.02864	0	-0.07347
l_kne-Z	-0.16576	0.093882	0.238293	-0.03706	0	0
l_ank-X	-0.1238	-0.13753	0	-0.25258	0.273569	0.047639
l_ank-Y	0.172451	0.187333	0	0.020896	0.060761	0.036512
l_ank-Z	-0.13588	0.160254	0.205562	0.092245	-0.07956	-0.03421
l_foot-X	-0.12093	-0.139	0	-0.2593	0.268842	0.047153
l_foot-Y	0.190024	0.161396	0	0	0	0.073254
l_foot-Z	-0.15564	0.143852	0.207246	0.036906	-0.04675	-0.02852
bike-X	0	-0.05203	-0.04869	-0.23542	0	0.49404
bike-Y	0.221946	0	0.081706	-0.10651	0	0.042221
bike-Z	0	0	0.176807	-0.16001	0.27013	0
N7 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.057013	-0.11691	0.075734	-0.12245	0.488358	0.159519
head-Y	0.21187	0	-0.09408	-0.07496	0	0.038252
head-Z	-0.01698	-0.09689	0.250445	-0.08998	-0.09175	0.435378
r_sh-X	0.101718	0.117873	0.204374	-0.13205	0.300023	-0.14179
r_sh-Y	0.218026	0	-0.06568	-0.05798	-0.0642	0.049374
r_sh-Z	-0.092	-0.13245	0.255493	0.059257	0.087944	-0.18684
r_elb-X	0.042979	0.269952	0.052063	-0.09403	0	-0.17177
r_elb-Y	0.210886	0	-0.12119	-0.02444	0	0
r_elb-Z	-0.14513	0	0.242525	0.057041	-0.16885	-0.12513
r_wst-X	0.026125	0.280647	-0.0505	-0.06731	0	0
r_wst-Y	0.196646	0.074882	-0.14207	-0.01581	0	-0.10296
r_wst-Z	-0.14152	0.177055	0.063396	0.075427	-0.26555	0.075814
r_hip-X	0.189141	0	0.15329	0	0.184839	-0.12636
r_hip-Y	0.12029	-0.14851	-0.18254	0.078576	-0.23682	0.180795
r_hip-Z	-0.17994	0	-0.18063	-0.13846	0	0.162492
r_kne-X	-0.16248	-0.05576	-0.21111	-0.06284	0.124914	-0.10596
r_kne-Y	0.129712	-0.21091	0.058182	0.108494	-0.11157	-0.07969
r_kne-Z	-0.17251	0	-0.2056	-0.08606	0	0

r_ank-X	-0.02376	0.139208	-0.1641	0.366768	0.140949	0.037993
r_ank-Y	0.159387	-0.1961	-0.06311	0	-0.07394	0
r_ank-Z	-0.16379	-0.108	-0.14462	-0.2113	0	-0.03493
r_foot-X	-0.0165	0.144603	-0.15591	0.371826	0.134672	0.043418
r_foot-Y	0.183945	-0.15594	-0.06845	0	0	-0.10579
r_foot-Z	-0.17521	-0.07717	-0.17913	-0.13194	0	0
l_sh-X	-0.1282	-0.20932	0.098247	0.106247	0	0.112261
l_sh-Y	0.211998	0	-0.09316	-0.07406	0	0.116714
l_sh-Z	-0.02284	-0.2153	0.154459	0.117284	0	0.205062
l_elb-X	-0.05465	-0.25199	0.066835	0.178435	0.078314	0
l_elb-Y	0.205352	0	-0.12879	-0.0662	0	0.035159
l_elb-Z	0.057401	-0.21534	0.037804	0.232644	0.10733	-0.18526
l_wst-X	-0.02198	-0.27335	0.052444	0.076202	0.124384	0.064252
l_wst-Y	0.195947	0.070928	-0.15041	-0.02047	0	-0.0623
l_wst-Z	0.150643	-0.16826	-0.04709	-0.08165	0.230716	0
l_hip-X	-0.15044	-0.17193	-0.04087	0.203233	0	0
l_hip-Y	0.106939	-0.15717	-0.20084	0.071767	-0.18808	0.181803
l_hip-Z	0.186059	0	0.180935	-0.02993	0	-0.05927
l_kne-X	0.168241	0	0.210334	0.123371	0	0
l_kne-Y	0.125137	-0.22826	-0.0493	0.023061	-0.08412	0
l_kne-Z	0.174061	0.060757	0.200988	0.061993	-0.0944	0
l_ank-X	0.029364	-0.1497	0.159826	-0.35898	-0.10945	-0.07552
l_ank-Y	0.163506	-0.17099	-0.12461	0	0	0
l_ank-Z	0.164852	0.104918	0.144614	0.211833	0	0.045694
l_foot-X	0.020939	-0.14905	0.15613	-0.36408	-0.13079	-0.06632
l_foot-Y	0.187626	-0.12398	-0.12305	-0.03204	0	0
l_foot-Z	0.172944	0.078127	0.180649	0.138999	0	0
bike-X	0.070394	0.10878	0	-0.10143	0.435316	0.347187
bike-Y	0.204473	0	-0.14013	0	0.069455	-0.0922
bike-Z	0.057387	0.149237	0.088134	-0.05158	-0.08273	0.510761
N7 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.06738	0.042296	0.286237	0.252213	0.049343	0.039649
head-Y	-0.12588	0.075623	0.26304	-0.05376	-0.10679	-0.21351
head-Z	0.152882	-0.04636	0.165358	0.243249	0.081705	-0.10229
r_sh-X	0.056011	0.047285	0.323664	0.146382	0	-0.11091
r_sh-Y	-0.14251	0.14744	0.141331	-0.16825	-0.17939	0
r_sh-Z	0.164822	0.044564	0.148548	0.202961	-0.07088	-0.26036
r_elb-X	0.146461	-0.06787	0.2452	-0.07879	0	0.156974
r_elb-Y	-0.20261	0.049523	0	-0.19658	0	0.031417
r_elb-Z	0.182153	0.04085	0	0.046974	-0.26996	-0.0301
r_wst-X	0.133925	-0.11025	0.170989	-0.1481	0.170892	0.265919
r_wst-Y	-0.17921	-0.05601	0.171546	-0.13633	0.125547	0.030764
r_wst-Z	0.200593	0.02858	-0.15161	-0.08516	0	0.071519
r_hip-X	0.033556	0.156586	0.248362	0.192248	0.098812	-0.15611
r_hip-Y	-0.1894	0.069128	-0.04588	-0.03192	-0.12862	0.365964
r_hip-Z	-0.03401	-0.28355	-0.06977	0	-0.07206	-0.03838
r_kne-X	-0.07982	-0.27543	0	0.051114	0.038454	-0.03527

r_kne-Y	-0.203	0.092869	-0.04884	0.132086	0	-0.04255
r_kne-Z	-0.07027	-0.28097	0	0.05524	0	-0.06829
r_ank-X	-0.16946	0	-0.06676	0.12555	0.328591	-0.04116
r_ank-Y	-0.20784	0.071995	0.076759	0	-0.138	0.070506
r_ank-Z	0	-0.28815	0	0	-0.13763	-0.0405
r_foot-X	-0.16777	0	-0.06967	0.127499	0.331564	-0.03548
r_foot-Y	-0.20863	0.054955	0.114991	0	-0.11153	0.045227
r_foot-Z	-0.04502	-0.29254	0	0	-0.0543	-0.03214
l_sh-X	0.033871	0.064096	-0.08966	0.383741	0.034848	0.367757
l_sh-Y	-0.09861	0.132083	0.274362	-0.05775	-0.10028	-0.03518
l_sh-Z	0.013257	-0.04681	0	0.434843	-0.07455	0.26751
l_elb-X	-0.13508	0.092353	-0.2074	0.122331	-0.12777	-0.12424
l_elb-Y	-0.1611	0.043562	0.245941	-0.0579	0	0
l_elb-Z	-0.18651	-0.02182	-0.16747	0.088029	-0.06457	-0.06354
l_wst-X	-0.1385	0.131421	-0.11186	0.16366	-0.17273	-0.22072
l_wst-Y	-0.18359	-0.04897	0.176807	-0.11974	0.105841	0
l_wst-Z	-0.19319	-0.05837	0.085809	0.106117	-0.09936	-0.18898
l_hip-X	0.056906	-0.08832	0.244753	0.278026	-0.08285	0.207907
l_hip-Y	-0.19384	0	0	-0.03919	-0.12865	0.387781
l_hip-Z	0.062804	0.279562	-0.0533	-0.04432	0.042963	-0.02418
l_kne-X	0.085783	0.274422	0	-0.03742	-0.03154	0.075963
l_kne-Y	-0.19934	0.117244	-0.05708	0.037116	-0.08608	0
l_kne-Z	0.069081	0.283298	0	-0.0186	0	0
l_ank-X	0.162026	0	0.083854	-0.12994	-0.33647	0.046858
l_ank-Y	-0.22285	0	0.053947	0.056103	-0.06737	0.076341
l_ank-Z	0	0.291376	0	0.023464	0.120566	0.027993
l_foot-X	0.164668	0	0.074954	-0.12708	-0.33684	0.034344
l_foot-Y	-0.21897	0	0.096895	0.065506	0	0.024437
l_foot-Z	0.04107	0.292868	0	0	0.061042	0.027633
bike-X	0.035653	0	0.20552	-0.17093	0.29536	0.196013
bike-Y	-0.20085	-0.05459	0.146953	-0.06463	0.070448	-0.0397
bike-Z	0.110206	0.041655	0	-0.13616	0.233477	-0.12186
N8 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.11412	0	-0.17644	0.347943	-0.17013	0.067655
head-Y	-0.17867	0.103043	0.10775	0.131362	0.113512	-0.10202
head-Z	0.06794	0.094646	0.026727	-0.32695	0.395365	0.139341
r_sh-X	-0.16185	0.091062	-0.12265	0.208625	0	-0.13023
r_sh-Y	-0.17495	0.121381	0.093411	0.157328	0	-0.07664
r_sh-Z	0.101825	0	-0.25429	-0.18079	-0.13489	-0.1563
r_elb-X	0.036826	0.274532	-0.02691	0	0	-0.04735
r_elb-Y	-0.14362	0.210682	0.051081	0.06247	0	-0.02247
r_elb-Z	0.184543	-0.07112	-0.03691	-0.11234	0	-0.12763
r_wst-X	0.088721	0.259567	0.057179	-0.07182	0	0.130889
r_wst-Y	-0.09042	0.266614	0.03391	0	0	0.084489
r_wst-Z	0.187161	0.079955	0.079842	-0.1411	-0.1244	0.094175
r_hip-X	-0.16036	0	-0.18548	0.151824	0.163084	-0.13131
r_hip-Y	-0.16973	-0.12983	-0.00741	-0.05268	-0.1559	0.267751

r_hip-Z	0.199627	0	-0.08822	0.08034	0	-0.08878
r_kne-X	0.14155	0.125555	-0.16883	0.21433	0.106357	0.093058
r_kne-Y	-0.1693	-0.11792	-0.08505	-0.10794	0.219234	0.024719
r_kne-Z	0.178896	0.11529	-0.0949	0.115559	0	0
r_ank-X	-0.02716	0.209925	-0.24048	-0.16208	0	0.02248
r_ank-Y	-0.20729	0	-0.01868	0.072401	0	0.069939
r_ank-Z	0.192105	0	-0.04088	0.208101	0	0.031298
r_foot-X	-0.03197	0.212434	-0.22734	-0.18427	0	0
r_foot-Y	-0.2028	0	0.022754	0.110421	0	0.044085
r_foot-Z	0.187338	0.083578	-0.0829	0.157705	0	0.047629
l_sh-X	0.057	-0.18421	-0.25912	0.026012	-0.18984	0.086212
l_sh-Y	-0.16964	0.126314	0.132539	0.132282	0	-0.02754
l_sh-Z	-0.07829	-0.08782	-0.30491	-0.0287	-0.12357	0.127266
l_elb-X	-0.03311	-0.26086	-0.16149	0.026023	0.143831	0
l_elb-Y	-0.14808	0.200932	0.074023	0.069285	0	0.029896
l_elb-Z	-0.05565	0	-0.3351	-0.13142	0	0.138579
l_wst-X	-0.08495	-0.24544	-0.10454	0.09058	0.188868	-0.07017
l_wst-Y	-0.09939	0.260441	0.032647	0	0	0.093462
l_wst-Z	-0.18237	-0.07927	-0.11755	0.069371	0.19032	-0.09569
l_hip-X	0.090016	-0.10532	0.146571	0.088803	-0.25892	0.587335
l_hip-Y	-0.17415	-0.12106	-0.01969	-0.07244	-0.1579	0.25676
l_hip-Z	-0.19177	0	0.106628	-0.16547	0	0.027253
l_kne-X	-0.15784	-0.12927	0.159057	-0.06232	0	0.071864
l_kne-Y	-0.13978	-0.11864	-0.19926	-0.1162	0	-0.12204
l_kne-Z	-0.17598	-0.09498	0.131539	-0.1615	0	-0.08788
l_ank-X	0.01996	-0.21115	0.225662	0.199558	0	0
l_ank-Y	-0.18654	0	-0.12541	0	0	0.119173
l_ank-Z	-0.1898	0	0.031255	-0.23469	0	-0.03969
l_foot-X	0.033591	-0.21385	0.225008	0.181075	0	0
l_foot-Y	-0.20426	0	-0.02269	0.041092	0	-0.05059
l_foot-Z	-0.18163	-0.09071	0.101287	-0.17254	0	-0.05237
bike-X	-0.04681	0	-0.14251	0.084403	0.554942	0.461171
bike-Y	-0.14469	0.216598	0	0.02833	0	0.061599
bike-Z	0.088181	0.07961	0.185704	-0.2387	0.228934	0.065474
N8 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.055494	-0.17345	0.018226	-0.24518	0.25844	-0.3155
head-Y	0.099649	-0.22166	0.129529	-0.08709	0	0.097955
head-Z	-0.17349	0	0.051116	0	0	0.309625
r_sh-X	0	-0.24468	-0.02908	-0.27059	0	0.044553
r_sh-Y	0.099737	-0.21081	0.154816	0	-0.09185	0.089725
r_sh-Z	-0.20857	0	-0.05215	-0.11863	0	-0.09726
r_elb-X	-0.06156	-0.25593	0.024551	-0.04598	0.189253	-0.07694
r_elb-Y	0.125574	-0.19129	0.169433	0.059869	0	0.052662
r_elb-Z	-0.19494	-0.06927	0.065	0.149713	-0.12518	-0.14099
r_wst-X	-0.08834	-0.2102	0.059107	0.12342	0.265336	-0.14738
r_wst-Y	0.125773	-0.17923	0.169106	0.070901	0.129167	0.020583
r_wst-Z	-0.17845	0	0.089707	0.297284	0	-0.18024

r_hip-X	0.106782	0	-0.04011	-0.37997	0.305887	-0.02616
r_hip-Y	0.160474	0.073165	0.168035	0.227	-0.15675	-0.0672
r_hip-Z	0.107023	-0.07744	-0.27612	0.095484	0	-0.02894
r_kne-X	0.155072	-0.0738	-0.23065	0.058887	0	-0.05474
r_kne-Y	0.144981	0.184715	0.128122	0	0	0.039719
r_kne-Z	0.144848	-0.07001	-0.24425	0.111119	0	0.031333
r_ank-X	0.137066	0.156232	0	0.167093	0.328911	0
r_ank-Y	0.195901	0	0.148004	0.097212	-0.13422	0.010367
r_ank-Z	0.110066	-0.13918	-0.24414	0.0346	-0.09182	-0.01868
r_foot-X	0.129718	0.163449	0	0.1846	0.316986	0.051866
r_foot-Y	0.201938	0	0.147743	0	-0.13114	0.067403
r_foot-Z	0.138832	-0.09993	-0.23857	0.103932	0	0.010388
l_sh-X	-0.03037	0.234371	-0.13654	-0.03112	0	-0.29653
l_sh-Y	0.087266	-0.21185	0.16477	0.03979	-0.10015	0.07583
l_sh-Z	0.204081	0.073041	0.034734	-0.05527	0	-0.0742
l_elb-X	0.131482	0.21315	0.033379	-0.04216	-0.12412	-0.19389
l_elb-Y	0.129764	-0.18534	0.175022	0.043891	0	0.015486
l_elb-Z	0.195141	0.126092	0.061255	-0.02892	0.088859	-0.10339
l_wst-X	0.12346	0.183489	-0.05199	-0.15417	-0.23581	-0.08338
l_wst-Y	0.139709	-0.16294	0.17127	0.062827	0.117726	-0.03612
l_wst-Z	0.193885	0.067268	-0.06291	-0.21936	-0.14407	0.062262
l_hip-X	-0.11322	-0.10865	0.04927	0.320876	-0.13162	-0.37252
l_hip-Y	0.147758	0.075471	0.203225	0.195269	-0.1329	-0.09231
l_hip-Z	-0.10825	0.119562	0.24147	-0.156	0	0.039492
l_kne-X	-0.16605	0	0.230281	0	0	-0.10334
l_kne-Y	0.089387	0.244308	0.040249	-0.11705	0	0
l_kne-Z	-0.15193	0.095431	0.221187	-0.11304	0	0.026797
l_ank-X	-0.12521	-0.17833	0	-0.17535	-0.29391	-0.08674
l_ank-Y	0.216279	0.064493	0.071624	-0.04582	0	-0.05327
l_ank-Z	-0.10927	0.147968	0.235767	-0.0329	0.105414	0.018814
l_foot-X	-0.12673	-0.16844	0	-0.19235	-0.30524	-0.07224
l_foot-Y	0.221832	0	0.088494	-0.05	0	0.074481
l_foot-Z	-0.13705	0.1029	0.240886	-0.08933	0	0.013245
bike-X	0.125138	0	0.065288	-0.15855	0	-0.57205
bike-Y	0.18176	-0.12766	0.143304	0	0	0.034983
bike-Z	0.150522	0	0.088676	-0.13002	-0.12858	-0.0516
N8 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.042465	0.128316	-0.31874	-0.23325	-0.21153	-0.08092
head-Y	0.142278	0.190942	0.055378	0	0.11209	0.064462
head-Z	0.020913	0	0	-0.24167	0.487978	0.47933
r_sh-X	0.084806	0.183646	-0.25391	-0.12325	0.081599	0.02737
r_sh-Y	0.157129	0.154235	0.156135	-0.04575	0	0.025709
r_sh-Z	-0.01114	-0.24521	0	-0.16271	0	-0.06854
r_elb-X	0.181552	0.061687	0	-0.25406	0	0
r_elb-Y	0.114092	0.151231	0.273298	-0.06019	-0.10511	-0.04222
r_elb-Z	0.116332	-0.18582	0.103182	-0.19951	0	-0.02833
r_wst-X	0.200273	0	0	-0.12992	0	0

r_wst-Y	0.144577	0.125883	0.234067	0	-0.15904	-0.02259
r_wst-Z	0.095888	-0.21904	0.130722	0	-0.13913	-0.04578
r_hip-X	0.080603	0.189378	-0.13394	-0.22999	0.237816	-0.04054
r_hip-Y	-0.17055	0	0.223655	-0.12664	-0.16441	0.024162
r_hip-Z	-0.18992	0	-0.10488	0.149124	0	0.08968
r_kne-X	-0.17588	0.136235	-0.04959	0.119984	0	0.021478
r_kne-Y	-0.16627	-0.10558	0.126057	-0.15311	0.130972	0.187305
r_kne-Z	-0.17742	0.116492	-0.0573	0.167498	0	0.067117
r_ank-X	-0.1431	-0.17612	0.122169	0.034515	0	0
r_ank-Y	-0.16421	0.115276	0.170651	-0.10397	-0.11991	0.109578
r_ank-Z	-0.1365	0.191084	-0.1042	0.082397	0	0.025305
r_foot-X	-0.1342	-0.18863	0.124069	0	0	0
r_foot-Y	-0.0471	0.230989	0.202973	-0.03918	0	0.026902
r_foot-Z	-0.1721	0.143767	-0.07463	0.090408	0	0
l_sh-X	-0.1551	0	-0.19409	-0.19194	-0.26556	-0.15789
l_sh-Y	0.163392	0.154224	0.124605	-0.03425	0	0.065634
l_sh-Z	-0.16034	0.12699	0.146334	-0.18033	0	0.102151
l_elb-X	-0.19253	0	0.075359	-0.21482	0	-0.10693
l_elb-Y	0.148013	0.174232	0.130056	0	0	0
l_elb-Z	-0.19242	0	0.173447	-0.09591	0	0
l_wst-X	-0.18832	0	0	-0.21884	0.12946	-0.1681
l_wst-Y	0.150744	0.139811	0.174873	0.053099	-0.17916	-0.02563
l_wst-Z	-0.14364	0.176659	0.111159	0	0.143317	0.020927
l_hip-X	-0.03314	0	-0.19489	-0.37942	-0.34147	0.179169
l_hip-Y	-0.15957	0	0.206921	-0.13482	-0.24022	0.062705
l_hip-Z	0.19377	-0.08188	0.093464	0	-0.10693	0
l_kne-X	0.184332	-0.12179	0.05884	-0.07538	0	-0.02169
l_kne-Y	-0.18938	0	0.088791	-0.07297	0.17609	-0.11266
l_kne-Z	0.180717	-0.13285	0.067893	-0.04628	0	0.048482
l_ank-X	0.141743	0.182106	-0.10957	-0.05904	0	-0.01892
l_ank-Y	-0.16743	0.119788	0.170945	-0.08804	0	-0.06112
l_ank-Z	0.120411	-0.20729	0.109512	-0.09048	0	0
l_foot-X	0.135908	0.18558	-0.12702	-0.05006	0	0
l_foot-Y	-0.03278	0.243252	0.161453	-0.0632	0	0.086961
l_foot-Z	0.164736	-0.15837	0.074099	-0.0907	0	0
bike-X	-0.0419	0.083953	0.020091	-0.23917	0.236048	-0.68312
bike-Y	0.080198	0.207553	0.195056	0	-0.15781	-0.07283
bike-Z	0.052616	0	0.128016	0.295777	0.209606	-0.26052
N9 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0	-0.08992	-0.0404	0.347777	0	-0.06886
head-Y	-0.02706	0.22773	0.094102	-0.15694	0	-0.12668
head-Z	0.092554	-0.05351	-0.15232	0.250945	0	0.181537
r_sh-X	-0.20356	-0.05538	0.03391	0	0	-0.2689
r_sh-Y	-0.23042	0	-0.04067	0	0	0.037825
r_sh-Z	-0.18514	0	-0.14817	0.094703	0	-0.26287
r_elb-X	-0.04043	-0.18661	0.235822	-0.09686	-0.12034	-0.22574
r_elb-Y	-0.22495	-0.07573	0	-0.05209	0	0

r_elb-Z	-0.05673	-0.1217	0.029339	0.236494	0	-0.37619
r_wst-X	-0.02334	-0.21004	0.2404	-0.04681	-0.10791	-0.13507
r_wst-Y	-0.2124	-0.11414	0	-0.07224	-0.11259	-0.03365
r_wst-Z	-0.00772	-0.22254	0.173777	0.198085	0	-0.02532
r_hip-X	-0.12719	0.19758	-0.06506	0	0	-0.2561
r_hip-Y	-0.19675	0	-0.10882	0.167581	0	0.082565
r_hip-Z	0.188489	0	-0.12652	0.17307	0	0
r_kne-X	0.116051	-0.13023	-0.24276	-0.12742	0	-0.18138
r_kne-Y	-0.08003	0.14708	-0.26753	0	0	-0.07885
r_kne-Z	0.134843	-0.18204	-0.19573	-0.07763	0	-0.06387
r_ank-X	-0.08873	-0.17517	-0.08154	-0.04625	0.405619	-0.10174
r_ank-Y	-0.16778	0.064662	-0.22484	0	0	0.075522
r_ank-Z	0.16	-0.10024	-0.18824	-0.08801	-0.24348	-0.04251
r_foot-X	-0.09393	-0.17898	-0.07458	-0.05328	0.400081	-0.08658
r_foot-Y	-0.20993	0.051876	-0.12438	-0.07879	-0.11212	0.058189
r_foot-Z	0.129675	-0.16465	-0.21641	-0.09147	-0.11662	-0.05914
l_sh-X	0.080938	0.104889	-0.14469	0.332495	0	-0.10793
l_sh-Y	-0.23072	0	-0.05496	0	0	0
l_sh-Z	0.015427	0.217145	-0.03517	0.172861	0	-0.22557
l_elb-X	0.107764	0.197759	-0.16036	0.144885	0	-0.09162
l_elb-Y	-0.22653	-0.06834	-0.02426	0	-0.1099	0
l_elb-Z	0.030738	0.261369	-0.02787	-0.09039	0	-0.28209
l_wst-X	0.081772	0.216104	-0.20002	0.037485	0	-0.03995
l_wst-Y	-0.21512	-0.10311	0	-0.07433	-0.11299	-0.04922
l_wst-Z	0	0.241433	-0.13094	-0.20523	0	-0.07343
l_hip-X	0.039781	-0.11668	0	0.364457	-0.11793	-0.20071
l_hip-Y	-0.20806	0	-0.09553	0.149444	0	0.076314
l_hip-Z	-0.2144	0.101345	0	0.041742	0	-0.10047
l_kne-X	-0.07895	0.165313	0.257666	0.152702	0	-0.03734
l_kne-Y	-0.13466	0.109011	-0.18701	0.132817	0.137162	0.228691
l_kne-Z	-0.08851	0.196408	0.228416	0.114625	0	0.070195
l_ank-X	0.099187	0.181695	0.08294	0.070517	-0.38691	0.033248
l_ank-Y	-0.18065	0.070919	-0.1956	0	-0.11684	0.050185
l_ank-Z	-0.1446	0.126412	0.199978	0.09236	0.23097	0.030001
l_foot-X	0.107986	0.179374	0.073389	0.047956	-0.38388	0.058375
l_foot-Y	-0.18943	0.101678	-0.11114	-0.10509	-0.12354	0
l_foot-Z	-0.10981	0.179456	0.233502	0.066246	0.112751	0.035086
bike-X	0.15805	0	0.05492	-0.06794	0	-0.37914
bike-Y	-0.22024	-0.06074	-0.04917	-0.10224	-0.10652	-0.04747
bike-Z	0.067281	0.160582	0.019081	-0.28852	0	-0.11314
N9 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.0571	0	0.258817	0.070789	0.05163	0.347158
head-Y	-0.09643	0	-0.17693	-0.19728	0.145423	-0.14905
head-Z	0.017334	-0.09758	0.168724	0.226457	0	0.418305
r_sh-X	0.202215	-0.13364	-0.04536	-0.03234	0.153612	-0.03502
r_sh-Y	0.202461	0	0.167047	-0.13518	0.048808	0.054905
r_sh-Z	0.026423	0	0.109356	0.251396	0.122454	0.430485

r_elb-X	0.084995	-0.29591	0	0	0	-0.07885
r_elb-Y	0.197981	-0.11514	0.164406	-0.06464	0.052984	-0.011
r_elb-Z	-0.12592	-0.15371	0.117759	0.066577	-0.18543	0.298641
r_wst-X	0.054106	-0.30673	0	0.022435	0	-0.094
r_wst-Y	0.175262	-0.19578	0.120691	-0.02222	0.051055	-0.05311
r_wst-Z	-0.05122	-0.28767	0.021703	0.069638	-0.16	0
r_hip-X	0.166415	0.161759	-0.13582	0.02724	0.107905	-0.0386
r_hip-Y	0.02637	0	0.302835	-0.06786	-0.25973	-0.03404
r_hip-Z	-0.20193	0	0.05765	-0.1127	0.237486	0.051642
r_kne-X	-0.23143	0	0.112356	0	0.089237	-0.07221
r_kne-Y	-0.04998	0.190968	0.044267	0.170208	-0.30363	-0.01994
r_kne-Z	-0.20332	-0.0775	0.124432	-0.08798	0.175143	-0.02075
r_ank-X	-0.04008	0	0.080772	0.360804	0.134305	-0.19934
r_ank-Y	-0.09909	0.149851	0.243063	0	-0.13144	-0.15997
r_ank-Z	-0.19307	0	0.087808	-0.22183	0.081634	0.046989
r_foot-X	-0.0375	0	0.08808	0.353723	0.154128	-0.1863
r_foot-Y	0.11208	0.120623	0.234492	-0.16799	-0.04888	-0.09126
r_foot-Z	-0.21232	0	0.111067	-0.12306	0.130067	0
l_sh-X	-0.19419	0	0.091747	0.080661	-0.25699	-0.08421
l_sh-Y	0.198848	0	0.17607	-0.13417	0	0.047975
l_sh-Z	-0.0794	-0.16753	0.13944	0.021996	-0.05193	-0.16779
l_elb-X	-0.11564	0.253784	0.096361	0.045608	-0.11754	0.027875
l_elb-Y	0.201922	-0.10851	0.137089	-0.09916	0.085049	-0.03925
l_elb-Z	0	0.233159	0.143294	0.120099	0.173134	-0.05757
l_wst-X	-0.06346	0.302542	0.038441	-0.01699	0	0.049636
l_wst-Y	0.176905	-0.18655	0.131555	-0.02488	0.059636	-0.05423
l_wst-Z	0.049934	0.289571	0.018014	-0.03678	0.169013	0.032554
l_hip-X	-0.14476	-0.21997	0.066994	0	-0.14922	-0.10065
l_hip-Y	0	0	0.31435	-0.05452	-0.24572	-0.02999
l_hip-Z	0.2225	0	-0.03621	0.064889	-0.16881	-0.02954
l_kne-X	0.207882	0	-0.12918	0.038473	-0.19323	-0.00565
l_kne-Y	0.014457	0.204231	0.195457	0.081925	0.090161	-0.0681
l_kne-Z	0.21682	0	-0.12862	0.033325	-0.14896	0.02315
l_ank-X	0.034961	0	-0.07425	-0.35883	-0.16846	0.13838
l_ank-Y	0.0863	0.136958	0.276594	-0.09254	0	-0.0969
l_ank-Z	0.194912	0	-0.09038	0.213962	-0.09917	-0.04496
l_foot-X	0.027524	0	-0.07903	-0.35745	-0.16754	0.166242
l_foot-Y	0.188069	0.081561	0.185467	-0.07381	0.087048	-0.06007
l_foot-Z	0.208425	0	-0.11801	0.124779	-0.14052	0.012302
bike-X	-0.01837	0	0.088175	0.021616	-0.20687	-0.33898
bike-Y	0.207404	-0.07574	0.15264	-0.04298	0.122929	-0.03125
bike-Z	0.160231	0.071616	0.06834	-0.02486	0.18093	-0.1379
N9 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.1374	0	0.15641	0.202888	-0.22921	0.299629
head-Y	0.214952	0.070629	-0.0206	-0.10218	-0.15453	0.05174
head-Z	0.035488	0.173435	-0.23583	-0.1238	0.107843	0.06413
r_sh-X	0.121329	-0.12918	0.042842	0	-0.45951	0.188699

r_sh-Y	0.203358	0.107433	-0.07475	-0.11117	-0.10218	0.074226
r_sh-Z	-0.11	-0.07562	-0.22242	0.039993	0	0.321195
r_elb-X	-0.02172	-0.20688	-0.19545	-0.03754	-0.2171	0.063717
r_elb-Y	0.208329	0.077711	-0.11798	-0.07153	-0.10032	0.012892
r_elb-Z	-0.08289	0	-0.28313	-0.11295	0	0.20187
r_wst-X	-0.02458	-0.18971	-0.23295	-0.04367	-0.10978	0.030277
r_wst-Y	0.209261	0	-0.1353	-0.02593	-0.12151	-0.06365
r_wst-Z	-0.06579	0	-0.3116	-0.10246	0.158019	0.10511
r_hip-X	0.14523	-0.07094	0.166504	0.159861	-0.24012	0.04166
r_hip-Y	0.100629	0.233969	-0.08782	-0.02637	0.128565	0.16151
r_hip-Z	-0.20428	0.072919	-0.0645	-0.14107	-0.17663	-0.03182
r_kne-X	-0.16987	0.187045	0	-0.03261	0	-0.14023
r_kne-Y	0.061049	0.182391	-0.02368	0.209258	0.356765	0.012471
r_kne-Z	-0.16931	0.164151	-0.04485	-0.14764	0	-0.15941
r_ank-X	0	0.060194	-0.25617	0.28963	-0.10443	-0.17926
r_ank-Y	0.063587	0.25321	-0.03228	0.063634	0.124929	0.031509
r_ank-Z	-0.16447	0.148943	0.074206	-0.21248	0	-0.04668
r_foot-X	-0.0094	0.066984	-0.26227	0.275091	-0.10067	-0.18424
r_foot-Y	0.151453	0.209699	0.014104	0	0	0.047885
r_foot-Z	-0.1772	0.164622	0	-0.14023	0	-0.09275
l_sh-X	-0.14159	0.172294	0.019725	0.218581	0	0.210815
l_sh-Y	0.196364	0.123047	-0.08342	-0.10805	0	0.063201
l_sh-Z	-0.17053	0	-0.08881	0.214882	0	0.137115
l_elb-X	-0.04798	0.232511	0.097529	0.176256	0	0.12489
l_elb-Y	0.209864	0.095545	-0.09003	-0.07482	0	0.016687
l_elb-Z	-0.13376	0	0.100216	0.328212	0	-0.16614
l_wst-X	0.017334	0.217518	0.19159	0.09419	0	0.065969
l_wst-Y	0.215332	0	-0.11274	-0.03091	-0.11009	-0.0675
l_wst-Z	0.044714	0	0.308892	0.117492	-0.10161	-0.1943
l_hip-X	-0.1603	0.162428	-0.06556	0.040362	0	0.263638
l_hip-Y	0.087261	0.239495	-0.10134	-0.03165	0.115058	0.156714
l_hip-Z	0.210401	-0.0791	0.064332	0.071443	0.186768	0
l_kne-X	0.159066	-0.17416	0.038543	0.11296	0	0.222576
l_kne-Y	0.147719	0.200414	-0.03066	0.043302	-0.15347	0.010355
l_kne-Z	0.171272	-0.17543	0.042077	0.073481	0.161684	0.075786
l_ank-X	0	0	0.267476	-0.26765	0	0.230608
l_ank-Y	0.174253	0.185222	0.043114	0	0	0.025071
l_ank-Z	0.165691	-0.14727	-0.07117	0.213128	0	0.043509
l_foot-X	0	0	0.27136	-0.2641	0	0.212422
l_foot-Y	0.193372	0.144792	0.080025	-0.02475	0	-0.01459
l_foot-Z	0.170742	-0.16922	0	0.149531	0.120082	0.085635
bike-X	0.021632	0.222755	0.089082	0.096779	-0.18306	0.160656
bike-Y	0.223731	0.051821	-0.01027	0	-0.14823	-0.10148
bike-Z	0.129262	0.070115	0.010736	-0.15524	0.174853	-0.30436
N10 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.103112	0.073362	-0.0591	0.048499	-0.20134	-0.25273
head-Y	-0.21449	-0.06463	0.050182	0.097708	0	0.095821

head-Z	-0.07687	-0.11036	0.023547	0.019832	0.353627	-0.29715
r_sh-X	-0.1405	0.151594	0.177896	0.128673	-0.12107	-0.08669
r_sh-Y	-0.20708	-0.10103	0.10192	-0.01709	0.054081	0.110825
r_sh-Z	-0.08541	0	0	0.169542	0.418243	0.155783
r_elb-X	-0.03197	0.231063	0.239103	0.042789	0	0.036666
r_elb-Y	-0.20472	0	0.173533	0.058445	0	0.033111
r_elb-Z	0.082241	0.179886	0.055419	0	0.284469	0.32904
r_wst-X	-0.0137	0.217622	0.25794	-0.03466	0	-0.05187
r_wst-Y	-0.18044	0.043936	0.223503	0.066973	0	-0.04002
r_wst-Z	0.082098	0.162439	0.155549	-0.18165	0.280773	0.065495
r_hip-X	-0.20206	0.096788	-0.01273	0.096224	-0.06272	-0.1714
r_hip-Y	-0.09291	-0.25453	0.053385	-0.05093	0.19425	0.099874
r_hip-Z	0.208853	-0.12225	0.067066	0.051845	0	0.012341
r_kne-X	0.160255	-0.12682	0.175368	0.165721	0	-0.06984
r_kne-Y	-0.17201	-0.07634	-0.17453	0.121181	0.120771	-0.12822
r_kne-Z	0.165715	-0.14149	0.177603	0.115428	0	-0.03491
r_ank-X	0.127065	0.135236	-0.03245	0.298282	0.12339	-0.12958
r_ank-Y	-0.19269	-0.16662	-0.01655	0.035255	0	0.103871
r_ank-Z	0.122362	-0.20159	0.205181	0	-0.05744	0.022154
r_foot-X	0.116903	0.143394	-0.04231	0.296743	0.133188	-0.13066
r_foot-Y	-0.20734	-0.12086	0.025856	0.08862	-0.05574	0.108712
r_foot-Z	0.152192	-0.16858	0.193443	0.072812	0	-0.01145
l_sh-X	0.071952	-0.18897	-0.13212	-0.09739	0.232288	-0.29574
l_sh-Y	-0.2095	-0.10311	0.09738	-0.01866	0.074198	0.045079
l_sh-Z	-0.01001	0.042992	-0.05505	0.250883	0.267326	0.277582
l_elb-X	0.04117	-0.1982	-0.25916	0.098839	0	0.025526
l_elb-Y	-0.19842	-0.05492	0.180942	-0.02852	0.057161	-0.06739
l_elb-Z	-0.03336	0.066157	-0.05479	0.366243	-0.14875	0.269997
l_wst-X	0.008247	-0.2301	-0.24154	0.028598	-0.06159	-0.02979
l_wst-Y	-0.17297	0	0.240548	0.026327	0	-0.087
l_wst-Z	-0.07618	-0.06418	-0.1314	0.306788	-0.25411	0.156045
l_hip-X	0.202284	-0.10546	-0.04164	-0.06295	0.114086	0.011926
l_hip-Y	-0.11601	-0.23633	0.031362	-0.05306	0.211051	0.083089
l_hip-Z	-0.19041	0.160371	-0.09673	-0.03205	0	-0.0556
l_kne-X	-0.16844	0.134195	-0.17437	-0.11432	0	0.04028
l_kne-Y	-0.1246	0	-0.27479	-0.03287	0.176221	-0.14972
l_kne-Z	-0.16314	0.159914	-0.17509	-0.07931	0	-0.01101
l_ank-X	-0.12443	-0.13331	0.046433	-0.29647	-0.13346	0.113651
l_ank-Y	-0.13462	-0.21143	0.014762	0.159449	0	-0.19965
l_ank-Z	-0.13181	0.197899	-0.19553	0	0.049225	-0.01223
l_foot-X	-0.11454	-0.14211	0.052686	-0.30102	-0.13757	0.11671
l_foot-Y	-0.1588	-0.17427	0.020229	0.1531	0	-0.24274
l_foot-Z	-0.16446	0.149206	-0.18345	-0.09921	0	0.027343
bike-X	-0.09095	0.138625	0.124858	0.062103	-0.09018	-0.27632
bike-Y	-0.20218	-0.04376	0.144672	0.128814	-0.04948	-0.0442
bike-Z	0.026094	0.128113	0.088283	-0.19391	0.134749	-0.19973
N10 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**

head-X	0.012829	-0.11467	-0.05614	-0.2643	-0.35633	0.097657
head-Y	-0.22729	-0.10615	0.033251	0.031168	0	0.049611
head-Z	0.134269	0.067144	-0.02285	-0.13595	0	0.485195
r_sh-X	-0.21776	0	0.016131	-0.16818	0	0.186511
r_sh-Y	-0.23234	-0.05052	0.094533	0.05987	0	0.007026
r_sh-Z	-0.05732	0.084805	0.168743	-0.15781	-0.29903	0.266747
r_elb-X	-0.08349	0.197479	0.120108	-0.22856	0.115789	0.079963
r_elb-Y	-0.24275	0	0.06681	0.012068	0	0.034587
r_elb-Z	0.06403	0.058584	0.255932	-0.19008	-0.24362	0.09824
r_wst-X	-0.05079	0.218837	0.13893	-0.1937	0.099034	-0.01098
r_wst-Y	-0.23102	0.090212	0.062554	-0.03035	0	0.021173
r_wst-Z	0.069152	0.141304	0.261159	-0.11827	-0.0958	-0.07183
r_hip-X	-0.11401	-0.12978	-0.06174	-0.1468	0.221344	0.372154
r_hip-Y	-0.2008	0	0.110521	0.154753	-0.20842	-0.03985
r_hip-Z	0.099682	0.205795	-0.16325	0.087895	-0.09393	0.105908
r_kne-X	-0.07755	0.209892	-0.19595	0.04677	-0.08284	-0.01908
r_kne-Y	-0.14559	-0.18759	-0.02767	0.093075	0	0.072691
r_kne-Z	-0.07089	0.227178	-0.17536	0.05331	0	0.011665
r_ank-X	-0.06649	0	-0.25861	-0.26838	-0.12027	-0.1294
r_ank-Y	-0.21346	-0.07984	0.038788	0.177405	0	0.060652
r_ank-Z	-0.03891	0.258455	-0.05902	0.158998	0	0.040884
r_foot-X	-0.06243	0	-0.2511	-0.28653	-0.1158	-0.11238
r_foot-Y	-0.23106	-0.06725	0.027882	0.12542	0	0.045786
r_foot-Z	-0.05192	0.250936	-0.12543	0.087052	0	0.016855
l_sh-X	0.176065	0	-0.02136	0.109958	-0.33242	0.199105
l_sh-Y	-0.23336	-0.05393	0.088191	0.05068	0	0.024267
l_sh-Z	0.114399	-0.06684	0.073855	0.089545	-0.16146	0.461226
l_elb-X	0.090468	-0.17972	-0.15129	0.19813	-0.15847	0.03781
l_elb-Y	-0.24161	0	0.076126	0	0	0.017749
l_elb-Z	0.022809	0	-0.28473	0.049199	0.206006	0.225979
l_wst-X	0.045354	-0.20949	-0.16815	0.173026	-0.09407	0.006656
l_wst-Y	-0.23069	0.090434	0.064106	-0.03283	0	0.013378
l_wst-Z	-0.08331	-0.12801	-0.26454	0.113727	0.099403	0.072484
l_hip-X	0.166398	0.053003	0.071866	0.043696	-0.3378	-0.22775
l_hip-Y	-0.19691	-0.04116	0.109869	0.148796	-0.23077	-0.05577
l_hip-Z	-0.08299	-0.22208	0.106047	-0.16188	0.089243	-0.10428
l_kne-X	0.021389	-0.22848	0.194354	0.028727	0	-0.04515
l_kne-Y	0.121892	-0.21725	-0.0551	-0.09311	-0.09118	0.11197
l_kne-Z	0.046429	-0.25168	0.118126	-0.07932	0.092723	0.012587
l_ank-X	0.06115	0	0.258287	0.283345	0.109179	0.088467
l_ank-Y	-0.19345	-0.04786	-0.165	-0.04405	-0.18107	-0.03486
l_ank-Z	0.027923	-0.25788	0.056336	-0.17165	0	-0.04411
l_foot-X	0.064203	0.042621	0.251566	0.28176	0.124505	0.098967
l_foot-Y	-0.23054	-0.04319	-0.11187	0	-0.06976	0.018908
l_foot-Z	0.046794	-0.25199	0.126911	-0.08116	0	-0.01404
bike-X	-0.0783	0.157628	0	-0.128	0.213018	0.087809
bike-Y	-0.24437	0.04606	0	0.022055	0	0.039912

bike-Z	0.043012	0.129391	0.140162	-0.15156	0	-0.0834
N10 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.05367	0.077413	-0.1581	0.138547	-0.3598	-0.14458
head-Y	0.124082	-0.13366	0.200524	-0.09989	-0.22828	0.051357
head-Z	-0.0568	-0.12187	-0.09563	0.188648	0.182447	-0.26904
r_sh-X	0.056128	0.148839	0.229796	0.191844	-0.21437	-0.03549
r_sh-Y	0.047368	-0.12815	0.061452	-0.30913	-0.2565	-0.03394
r_sh-Z	0.142142	0	0.064615	0.31605	0.049887	0.013938
r_elb-X	0.033438	0.165378	0.225497	0.192355	0.022818	-0.17115
r_elb-Y	-0.17113	0.024983	0.179986	-0.1966	-0.08101	-0.07104
r_elb-Z	0.179277	-0.10394	-0.03382	0.182285	0.089852	-0.0596
r_wst-X	0.013213	0.279856	0.08887	0	0.045725	-0.13503
r_wst-Y	-0.15813	0.147589	0.197116	-0.11174	0	-0.03116
r_wst-Z	0.154295	0.118469	-0.20812	-0.12067	0.120665	-0.06711
r_hip-X	0	0.053917	0.216776	0.286147	-0.11855	-0.28317
r_hip-Y	-0.12558	-0.14164	-0.23785	-0.15374	-0.10112	0.021331
r_hip-Z	-0.17837	0.138161	-0.1589	-0.02008	0.109349	0.024027
r_kne-X	-0.21166	0.102809	-0.0188	0	0.082401	-0.04839
r_kne-Y	-0.10354	-0.23599	-0.07728	-0.05908	0.030913	-0.20095
r_kne-Z	-0.20309	0.107445	-0.07565	0	0.122651	0.056994
r_ank-X	-0.11972	-0.18855	0.063651	-0.0266	0.224658	-0.19345
r_ank-Y	-0.20267	-0.13046	0.044178	0	-0.02046	-0.04093
r_ank-Z	-0.17687	0.176175	-0.09513	0.025865	0	0.054036
r_foot-X	-0.10311	-0.19693	0.078663	-0.02855	0.234419	-0.19092
r_foot-Y	-0.19985	-0.11025	0.0784	0	-0.04672	-0.07076
r_foot-Z	-0.19555	0.14768	-0.0714	0.012071	0.051477	0.015332
l_sh-X	-0.13137	-0.0368	-0.26273	0.173988	-0.15789	-0.0743
l_sh-Y	0.045309	-0.1108	0.035457	-0.32285	-0.23305	-0.13485
l_sh-Z	-0.13891	-0.03236	0	0.265489	-0.01985	0.328796
l_elb-X	-0.07378	-0.22289	-0.14786	0.159347	-0.14055	-0.05104
l_elb-Y	-0.142	0.098164	0.169905	-0.23063	-0.10396	-0.08899
l_elb-Z	-0.16284	-0.08666	0.152816	0.199987	0	0.1784
l_wst-X	-0.04646	-0.25415	-0.08809	0.105578	-0.16209	-0.07318
l_wst-Y	-0.16209	0.145084	0.185845	-0.11573	-0.01767	-0.0423
l_wst-Z	-0.13791	-0.14283	0.230567	0.111839	-0.0521	0.132072
l_hip-X	-0.10476	0.022694	-0.30999	0.110435	-0.21242	-0.08389
l_hip-Y	-0.13588	-0.12813	-0.24002	-0.15155	-0.09006	0.039479
l_hip-Z	0.189191	-0.13962	0.115253	0.02608	0	0.121317
l_kne-X	0.211406	-0.08945	0.026137	-0.03472	-0.1097	-0.02793
l_kne-Y	-0.11921	-0.2367	0.050683	0.039854	-0.029	0.155989
l_kne-Z	0.208811	-0.12099	0.05501	-0.01328	-0.01951	0.032144
l_ank-X	0.104533	0.187138	-0.07367	0.020654	-0.27067	0.187127
l_ank-Y	-0.19322	-0.12088	0.082134	0	-0.10013	0.183662
l_ank-Z	0.168304	-0.19191	0.075861	0	0.023765	-0.09009
l_foot-X	0.102489	0.190573	-0.07921	0.021613	-0.25901	0.210477
l_foot-Y	-0.19254	-0.10679	0.147257	0	-0.08229	0.143377
l_foot-Z	0.193571	-0.15397	0.067468	-0.0163	-0.02556	-0.03481

bike-X	-0.03264	0.115818	0	0.074432	-0.27161	-0.48756
bike-Y	-0.19386	0.048508	0.215557	-0.04891	-0.04998	0
bike-Z	0.123677	0.13144	-0.08359	-0.21563	0.168219	-0.01071
N11 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.06587	-0.18348	-0.08135	0.035946	0.190526	0.420366
head-Y	-0.21883	-0.07612	-0.10931	0	0	-0.11968
head-Z	-0.00886	-0.07106	0.02701	-0.06921	0.421098	-0.20097
r_sh-X	-0.19556	-0.0452	-0.1196	0.100936	0.245896	0.130671
r_sh-Y	-0.22269	-0.04458	-0.12329	0	-0.05463	-0.08002
r_sh-Z	-0.17315	0.058013	0.065293	0.119388	0.15596	0.167759
r_elb-X	-0.16257	0.179721	-0.08983	0.04048	0.131638	0.040954
r_elb-Y	-0.21855	0	-0.14162	0.065218	-0.09535	-0.03365
r_elb-Z	-0.06933	0.214185	0.096852	-0.1464	0.12143	0.041095
r_wst-X	-0.13142	0.221393	-0.05963	0	0.073383	0.012946
r_wst-Y	-0.20038	0.098499	-0.14544	0.078795	-0.09092	-0.00731
r_wst-Z	-0.0173	0.252054	0.071062	-0.15245	0	-0.01322
r_hip-X	-0.11916	-0.17267	0	0.230011	0.110611	0.194966
r_hip-Y	-0.07863	-0.06234	-0.0563	-0.27418	-0.39981	0.017863
r_hip-Z	0.187527	0.076002	-0.21528	-0.0241	0	-0.01896
r_kne-X	0.175392	0.06209	-0.1994	0.176842	0	0.070677
r_kne-Y	0.086118	-0.20033	0.170665	0.116895	-0.10716	0.182122
r_kne-Z	0.181074	0.085952	-0.22492	0.054491	0	-0.04233
r_ank-X	0.045503	0.126542	0.146609	0.332415	-0.11891	0.065025
r_ank-Y	-0.02422	-0.24312	0	0.070082	-0.219	0.027023
r_ank-Z	0.167275	0	-0.2836	-0.03933	0	-0.01102
r_foot-X	0.044604	0.1276	0.153216	0.326889	-0.12491	0.0599
r_foot-Y	-0.14671	-0.18344	-0.12478	0.063577	-0.13244	0.007343
r_foot-Z	0.184449	0.06036	-0.23917	0.0488	0	0.006799
l_sh-X	0.137006	-0.16306	0.061768	-0.13743	0	0.364289
l_sh-Y	-0.22389	-0.04455	-0.11778	0	0	-0.06013
l_sh-Z	-0.03126	-0.23341	-0.05179	-0.09503	0.235224	-0.02998
l_elb-X	0.127891	-0.22848	0.037216	0	0	0.11656
l_elb-Y	-0.22193	0	-0.14557	0.044513	-0.0606	-0.01857
l_elb-Z	0.021014	-0.23361	-0.06719	0.094538	0.200047	-0.13389
l_wst-X	0.104431	-0.24065	0.022715	0.06553	0	0.071726
l_wst-Y	-0.20172	0.098331	-0.1429	0.07835	-0.08209	-0.01702
l_wst-Z	0.006452	-0.24455	-0.05275	0.174015	0	-0.11421
l_hip-X	-0.0328	0.135971	0	-0.28509	-0.0603	0.458886
l_hip-Y	-0.12088	-0.08541	-0.03189	-0.23835	-0.35465	0.018528
l_hip-Z	-0.19141	-0.05734	0.208303	0	0	-0.09057
l_kne-X	-0.21176	-0.04246	0.165052	-0.07113	0	0.059466
l_kne-Y	0.147425	-0.13239	0.202596	0	0	-0.21763
l_kne-Z	-0.18195	-0.05755	0.235538	-0.07281	0	-0.08433
l_ank-X	-0.06555	-0.13217	-0.15375	-0.3062	0.131875	-0.01329
l_ank-Y	0.050456	-0.23494	-0.06905	0.01745	-0.19178	-0.14159
l_ank-Z	-0.16177	0	0.29033	0.060646	0	0
l_foot-X	-0.04881	-0.13009	-0.15531	-0.32044	0.131969	-0.04024

l_foot-Y	-0.1262	-0.18286	-0.14603	0.128837	-0.10782	-0.12594
l_foot-Z	-0.18279	-0.05531	0.246596	-0.03892	0	-0.00982
bike-X	-0.125	0.079474	-0.14259	0.182238	0.098774	0.203987
bike-Y	-0.19531	0	-0.17019	0.159837	-0.11406	0
bike-Z	0.019932	0.156161	0.067101	0	0	-0.28376
N11 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.010512	-0.04683	-0.39681	-0.1712	0.08489	-0.07602
head-Y	-0.18426	0.099854	0.088631	-0.08129	0.109447	-0.09944
head-Z	-0.01622	-0.13503	-0.10024	-0.36512	0.131735	0.319291
r_sh-X	-0.01453	0.181163	-0.30029	-0.09645	0.179697	-0.12756
r_sh-Y	-0.16943	0.125174	0.150199	-0.06898	0.121877	-0.02441
r_sh-Z	0.075203	0.165474	-0.16062	0.086879	-0.24681	-0.38822
r_elb-X	0.125287	0.185349	-0.13849	0.108173	0.180499	0.027212
r_elb-Y	-0.11746	0.21664	0.124737	0	0.129248	0
r_elb-Z	0.15318	0.039211	0	0.285281	-0.14165	-0.263
r_wst-X	0.153077	0.153916	-0.11453	0.104784	0.152304	0.113143
r_wst-Y	-0.03718	0.27285	0.054275	0	0.12624	0.020116
r_wst-Z	0.196792	0	0.039426	0.151638	0	0.134257
r_hip-X	-0.10108	0	-0.34196	-0.07747	0.217285	-0.17834
r_hip-Y	-0.15748	0	0.273957	-0.05342	0	0.055914
r_hip-Z	0.195755	0	0.093314	-0.15263	0	0.014402
r_kne-X	0.145429	0.151469	0	-0.23377	0	-0.09317
r_kne-Y	-0.20273	0	-0.0462	0	0	-0.14096
r_kne-Z	0.172527	0.108511	0.091547	-0.19554	0	-0.07548
r_ank-X	-0.04713	0.232383	-0.12637	-0.04661	-0.24262	0.184977
r_ank-Y	-0.19838	0.066633	0.077135	-0.04605	0	-0.02201
r_ank-Z	0.186225	0.035919	0.096433	-0.18161	0	-0.15069
r_foot-X	-0.05034	0.237992	-0.11135	-0.04436	-0.24524	0.202826
r_foot-Y	-0.19701	0.061695	0.10348	-0.07667	0	-0.02077
r_foot-Z	0.171688	0.114947	0.072948	-0.19774	0	-0.07037
l_sh-X	-0.03227	-0.21934	-0.11309	-0.25144	0	-0.01492
l_sh-Y	-0.16926	0.12214	0.133747	-0.10397	0.148829	0
l_sh-Z	-0.0344	-0.15486	-0.26551	-0.21838	0	0.245317
l_elb-X	-0.16748	-0.13324	0	-0.09165	0	-0.25289
l_elb-Y	-0.10255	0.220886	0.102093	-0.08733	0.17562	0.127672
l_elb-Z	-0.15946	0.059548	-0.23607	0	-0.1471	0
l_wst-X	-0.17873	-0.10577	-0.0153	-0.09588	0	-0.25181
l_wst-Y	-0.02095	0.276463	0.037102	0	0.129081	0.057946
l_wst-Z	-0.19445	0	-0.0658	-0.07872	-0.11018	-0.12361
l_hip-X	0.145016	-0.14072	-0.07571	-0.10818	0.193645	0.164054
l_hip-Y	-0.17622	0	0.227	-0.03747	0	0.058744
l_hip-Z	-0.17332	0.067805	-0.12487	0.178355	-0.11087	0.015275
l_kne-X	-0.10206	-0.04452	-0.10798	0.305119	0.368598	0.150394
l_kne-Y	-0.16757	-0.16026	0	0.034537	-0.08603	0
l_kne-Z	-0.17211	-0.10888	-0.0752	0.191431	0	0.056947
l_ank-X	0.057449	-0.23112	0.101647	0.038307	0.290156	-0.18508
l_ank-Y	-0.20031	-0.06329	0.041665	-0.04456	0	-0.05849

l_ank-Z	-0.18436	0	-0.11133	0.185209	0	0.161362
l_foot-X	0.053096	-0.23361	0.102932	0.048483	0.270724	-0.21258
l_foot-Y	-0.1907	0.115005	0	-0.06184	0	-0.05418
l_foot-Z	-0.17519	-0.09491	-0.07998	0.209953	0	0.076179
bike-X	0.044753	0.188928	-0.23478	0.035784	0.293847	-0.18765
bike-Y	-0.09815	0.2466	0.039811	-0.03808	0.083179	-0.03697
bike-Z	0.167138	0.0502	0.026764	0.229011	0	0.083235
N11 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.13548	-0.08126	0.087182	-0.08721	-0.29738	0.25921
head-Y	0	-0.2437	-0.119	0.036442	-0.11267	-0.05297
head-Z	-0.09283	0	0.044767	0.192364	0.304939	0.168339
r_sh-X	-0.00742	-0.22104	0.050155	0.16968	-0.17434	0.196372
r_sh-Y	0.056134	-0.19934	-0.21294	-0.06777	-0.13285	-0.02488
r_sh-Z	-0.0057	-0.13991	0.181038	0.251028	-0.04533	0.1087
r_elb-X	0.188942	-0.09842	-0.0927	0.155356	-0.03022	0.233137
r_elb-Y	0.071802	-0.23708	-0.12671	0	-0.08239	-0.00891
r_elb-Z	0.171673	0.140247	-0.11836	0.031589	0.056198	0.11179
r_wst-X	0.205329	-0.05772	-0.13253	0.11764	0	0.190182
r_wst-Y	0.133767	-0.20673	-0.10861	0.055866	-0.05298	0.019744
r_wst-Z	0.186087	0.128497	-0.16164	0	0.09909	0.076028
r_hip-X	-0.13613	-0.19932	0.064566	0.117057	0	0.085164
r_hip-Y	0	0.051698	-0.18741	-0.39005	0	0.054047
r_hip-Z	0.225595	0	0.14647	-0.06037	-0.0232	-0.02917
r_kne-X	0.15499	-0.09705	0.254789	-0.1181	0.052222	0.025943
r_kne-Y	-0.23379	0	0.019067	-0.09419	0.117972	-0.04437
r_kne-Z	0.202237	-0.06011	0.189359	-0.09869	0.041688	-0.07839
r_ank-X	-0.03338	-0.20587	0.075204	-0.07143	0.318264	0.163953
r_ank-Y	-0.17025	-0.10461	-0.04302	-0.26646	0	-0.07715
r_ank-Z	0.207329	0.030095	0.179904	-0.08601	-0.11365	-0.0811
r_foot-X	-0.02938	-0.20433	0.068091	-0.06595	0.334743	0.143725
r_foot-Y	-0.13808	-0.17839	0	-0.16441	-0.16052	-0.12698
r_foot-Z	0.204929	-0.01727	0.201365	-0.10635	-0.02955	-0.04897
l_sh-X	-0.12453	0.183346	0.12804	-0.03659	-0.13383	0.228921
l_sh-Y	0.053051	-0.21618	-0.19061	-0.04363	-0.09951	0
l_sh-Z	-0.14839	0.060587	0.145947	0.246045	-0.07457	0.007358
l_elb-X	-0.18963	0.096089	0.170408	-0.08932	-0.06696	0.119196
l_elb-Y	0.09533	-0.22126	-0.15255	0.025172	-0.07283	-0.01089
l_elb-Z	-0.16629	-0.08156	0.201949	0.145963	-0.07798	-0.12051
l_wst-X	-0.20782	0.031409	0.168506	-0.08894	-0.07491	0.036456
l_wst-Y	0.135077	-0.20628	-0.1079	0.061767	-0.03867	0.019496
l_wst-Z	-0.18072	-0.12502	0.163874	0.009306	-0.06754	-0.12812
l_hip-X	0.049726	0.172576	-0.03266	-0.19267	0	0.44085
l_hip-Y	-0.0481	0.043559	-0.18852	-0.38238	0.02722	0.063534
l_hip-Z	-0.20504	0	-0.18662	0.117746	0	-0.03455
l_kne-X	-0.18875	0.064111	-0.21352	0.107977	-0.06434	0.049994
l_kne-Y	-0.19829	-0.10036	0	-0.16339	0.12833	-0.05501
l_kne-Z	-0.18777	0.034716	-0.23357	0.123763	0	-0.03341

l_ank-X	0.018728	0.203048	-0.06478	0.053488	-0.3556	-0.09407
l_ank-Y	-0.1002	-0.16791	0.099865	-0.24282	-0.12227	-0.11717
l_ank-Z	-0.20108	-0.03494	-0.19268	0.07758	0.138182	0.077753
l_foot-X	0.028301	0.205031	-0.06421	0.060998	-0.33996	-0.12566
l_foot-Y	-0.11107	-0.23232	0.034708	-0.06121	-0.02351	-0.061
l_foot-Z	-0.20175	0.024787	-0.20748	0.110841	0.032927	0.034275
bike-X	-0.09175	-0.06185	0.202339	0.041047	-0.14431	0.408103
bike-Y	0.053264	-0.25522	-0.01496	0.045247	-0.08827	-0.02436
bike-Z	0.02604	0.049262	0.089845	0.198985	0.265225	-0.34769
N12 轉移前	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0	0.077747	-0.11705	0.288862	0	0.44398
head-Y	-0.20702	0.094214	-0.07006	0.067847	0	-0.08528
head-Z	-0.12846	0.223323	-0.0441	-0.12128	0	0.115024
r_sh-X	-0.15908	-0.13519	0.063559	0.189883	0.218176	0.085238
r_sh-Y	-0.18908	0.162114	-0.0695	0.035289	0	-0.05283
r_sh-Z	0.07513	0	0.240457	0.115908	0	0.238521
r_elb-X	-0.11577	0	0.23718	-0.12603	0.243173	0.035615
r_elb-Y	-0.18707	0.176882	0	-0.02707	0	0
r_elb-Z	0.034812	0.212956	0.203759	0.053782	-0.18446	0.046618
r_wst-X	-0.03553	0.083426	0.269278	-0.22837	0.142979	0.067329
r_wst-Y	-0.16795	0.184319	0.074465	-0.06771	0.114504	0.08408
r_wst-Z	0.088303	0.20535	0.196996	-0.07171	-0.14584	0.090949
r_hip-X	-0.18046	0	0.031925	0.255496	0.125486	-0.01799
r_hip-Y	-0.02348	0.250845	-0.16644	-0.08895	-0.1666	0.068653
r_hip-Z	0.204658	0.121451	-0.04656	0.039766	0	-0.07097
r_kne-X	0.170927	0.123559	-0.06826	0.1413	0.231682	-0.08585
r_kne-Y	-0.17025	0	-0.09144	0.106651	-0.23031	-0.09629
r_kne-Z	0.180225	0.147722	-0.07047	0	0.19406	-0.08202
r_ank-X	0	0.135848	0.210255	0.331864	0	-0.15436
r_ank-Y	-0.17633	0.096552	-0.15146	0.046662	-0.14832	-0.03381
r_ank-Z	0.176962	0.10036	-0.14557	-0.0771	0.200964	-0.027
r_foot-X	-0.01308	0.138973	0.225764	0.298592	0	-0.159
r_foot-Y	-0.18448	0.089039	-0.17301	0.031071	0	0.03992
r_foot-Z	0.180485	0.152532	-0.08287	0	0.173656	-0.07203
l_sh-X	0.180637	0	-0.06551	0.126772	-0.16856	0.253208
l_sh-Y	-0.17723	0.182802	-0.08237	0.029337	0	-0.04251
l_sh-Z	-0.03833	0.19693	0.127056	0	0	0.343322
l_elb-X	0.096281	0	-0.24603	0.24502	-0.12807	0.137194
l_elb-Y	-0.1819	0.184456	-0.03825	-0.02261	0	-0.02269
l_elb-Z	-0.09845	-0.13999	0.068226	0	0.342027	0.251197
l_wst-X	0.032651	-0.09339	-0.28276	0.234825	0	-0.03375
l_wst-Y	-0.17571	0.176209	0.041346	-0.10183	0.11456	0.0256
l_wst-Z	-0.11371	-0.20073	-0.12331	0.131108	0.192112	-0.07134
l_hip-X	0.161338	0.080432	-0.06129	-0.04978	-0.12949	0.296273
l_hip-Y	-0.06526	0.242359	-0.16556	-0.06753	-0.1483	0.077719
l_hip-Z	-0.20578	-0.10944	0.06998	-0.05123	0	0.049009
l_kne-X	-0.15518	-0.17615	0.034824	-0.03986	-0.19662	0.190715

l_kne-Y	-0.19702	0	-0.09993	0.026473	-0.11528	-0.09992
l_kne-Z	-0.17811	-0.16214	0.077799	-0.04781	-0.1475	0.038634
l_ank-X	0.012002	-0.1467	-0.22216	-0.29026	0	0.173557
l_ank-Y	-0.14998	0.133797	-0.21114	0	0	0
l_ank-Z	-0.17879	-0.10765	0.143966	0.049922	-0.19199	0
l_foot-X	0.018255	-0.14774	-0.22115	-0.29416	0	0.153723
l_foot-Y	-0.18468	0.117619	-0.14735	0	0	-0.03096
l_foot-Z	-0.17741	-0.1646	0.07197	-0.03048	-0.16971	0.066459
bike-X	-0.00965	-0.08018	0.033915	0.26088	0.203051	0.349366
bike-Y	-0.19328	0.14585	0	-0.0361	0.14036	0.045292
bike-Z	0.067033	0.151504	0.192793	-0.17969	-0.14719	0
N12 轉移中	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	0.080998	0.076225	-0.16778	0.25962	-0.35547	0.167807
head-Y	-0.21499	0	-0.05825	0.035548	-0.14302	-0.16493
head-Z	-0.08968	0.141691	0.261931	0.075587	-0.12357	-0.08395
r_sh-X	-0.11333	0.124232	-0.267	0.164199	-0.1846	0
r_sh-Y	-0.22001	0	0.051561	0.075639	0	-0.14541
r_sh-Z	0.048463	0.1832	0.212042	0.053383	-0.16488	-0.13334
r_elb-X	-0.06416	0.203631	-0.16377	0.199622	0	0.074437
r_elb-Y	-0.21869	0	0.083851	0.103664	0	-0.13028
r_elb-Z	0.020131	0.186741	0.242784	0.104588	0	-0.15379
r_wst-X	-0.0294	0.214442	-0.07402	0.201105	0.179245	0.131252
r_wst-Y	-0.20819	0.069267	0.074132	0.13609	0	-0.08321
r_wst-Z	0.058287	0.170323	0.298552	0.099518	0	-0.04504
r_hip-X	-0.07656	0.099111	-0.27475	0.101563	-0.33778	-0.20181
r_hip-Y	-0.13692	-0.09648	0.317087	0.02894	0	0.067934
r_hip-Z	0.121903	-0.1962	0.086303	0.14433	0	-0.07833
r_kne-X	0.127716	-0.20023	-0.01254	0.155259	0	0
r_kne-Y	0.015499	0	0.095679	-0.41457	-0.20335	0.125494
r_kne-Z	0.084373	-0.22637	0.032503	0.148414	0	-0.05924
r_ank-X	0.206441	0	0.061402	0	0	-0.24528
r_ank-Y	-0.15131	-0.14031	0.107456	-0.19361	0	0.14597
r_ank-Z	0.02437	-0.24084	-0.03176	0.174095	0	0.033605
r_foot-X	0.200596	0.070294	0.065736	-0.02364	0	-0.2596
r_foot-Y	-0.21038	-0.10226	0.020906	0	0	0
r_foot-Z	0.087553	-0.22586	0	0.162317	0	-0.03073
l_sh-X	0.182413	0	0.209813	0.086629	0	0.197594
l_sh-Y	-0.22098	0	0.062441	0.067114	0	-0.12419
l_sh-Z	-0.17468	0	0.158695	0.191128	0	0.104783
l_elb-X	0.114855	-0.16199	0.176723	-0.0467	-0.29422	0.119545
l_elb-Y	-0.22367	0	0.037243	0.083546	0	-0.10752
l_elb-Z	-0.10712	-0.13187	-0.17822	-0.06912	0	0.225001
l_wst-X	0.061061	-0.20194	0.026517	-0.16479	-0.30817	0
l_wst-Y	-0.21351	0.068636	0.017017	0.104894	0	-0.04014
l_wst-Z	-0.10892	-0.17369	-0.14901	-0.16152	0	-0.04888
l_hip-X	0.043019	0	0.285212	0.178713	-0.12707	0.438491
l_hip-Y	-0.15136	-0.07536	0.30885	0	0	0.063124

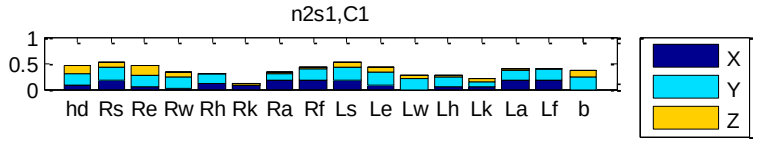
l_hip-Z	-0.10119	0.198942	-0.04112	-0.22145	0	0.053962
l_kne-X	-0.10007	0.218837	0.042773	-0.11681	0	0.134827
l_kne-Y	-0.15356	-0.14624	0.10577	-0.12777	0	-0.20259
l_kne-Z	-0.09337	0.208978	0.016821	-0.21472	0	0.046338
l_ank-X	-0.20658	-0.05741	-0.05851	0.02485	0	0.263714
l_ank-Y	-0.17825	-0.15844	0.055573	0.04702	0	-0.06372
l_ank-Z	-0.02767	0.241053	0.022465	-0.17551	0	-0.03556
l_foot-X	-0.20281	-0.07395	-0.06092	0	0	0.260154
l_foot-Y	-0.19849	-0.12571	0.01824	0.041812	0	-0.10012
l_foot-Z	-0.08748	0.222878	0	-0.1748	0	0.052636
bike-X	0.056902	0.130781	-0.08339	0.243427	-0.34103	0.165114
bike-Y	-0.22757	0	0	0.072639	0	-0.07242
bike-Z	0.099965	0.114189	0.051075	0	0.339772	-0.09845
N12 轉移後	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**
head-X	-0.07059	-0.16738	-0.02641	0.32251	0	-0.13673
head-Y	-0.12201	-0.22297	-0.00783	-0.03718	0.182775	0.035328
head-Z	-0.06199	0	0.246606	0.126554	0.388057	-0.03377
r_sh-X	-0.16112	-0.16205	0.06397	0.177798	0	0.038235
r_sh-Y	-0.16007	-0.17598	-0.08686	-0.10036	0.087107	0
r_sh-Z	-0.03548	0.193007	0	0.199827	0.349579	-0.12185
r_elb-X	-0.20352	-0.0872	0.01437	0.135689	-0.10591	0.139128
r_elb-Y	-0.10391	-0.12458	-0.25947	-0.13159	0.056792	0
r_elb-Z	-0.13403	0.199436	-0.04314	0.076382	0.162904	-0.11336
r_wst-X	-0.19978	-0.04439	-0.01702	0.114164	-0.18184	0.299232
r_wst-Y	-0.05997	-0.08672	-0.31454	-0.09259	0.108058	0.16908
r_wst-Z	-0.03957	0.241992	-0.15585	-0.03189	0.054712	0.032703
r_hip-X	-0.12035	-0.17064	-0.01831	0.230471	-0.08179	-0.25967
r_hip-Y	0.178431	0.051264	-0.20634	-0.05137	0	0.025442
r_hip-Z	0.20677	-0.05563	0.084384	0.058132	0.055207	0.119379
r_kne-X	0.214431	-0.07102	0.084105	0.038881	-0.05019	0.119465
r_kne-Y	0.10993	0	-0.2669	-0.12333	-0.09862	-0.23995
r_kne-Z	0.21367	-0.05938	0.097985	0.049385	0	0.095157
r_ank-X	0.09706	0.198251	-0.17109	0.086976	0.101509	0.170287
r_ank-Y	0.130907	-0.11775	-0.11463	-0.2752	0.059978	-0.05977
r_ank-Z	0.177189	-0.145	0.133277	0.038319	-0.06559	0.040478
r_foot-X	0.091532	0.20486	-0.17232	0.074524	0.104796	0.165669
r_foot-Y	0.067943	-0.22628	-0.12578	-0.1456	-0.12392	0
r_foot-Z	0.211905	-0.08038	0.096488	0.033679	-0.04772	0.112416
l_sh-X	0.053569	0.034828	-0.17442	0.38206	0	-0.0303
l_sh-Y	-0.13745	-0.19668	-0.11373	-0.08706	0.105501	-0.03891
l_sh-Z	-0.04079	-0.19017	0.081103	0.113916	0.365131	0.231972
l_elb-X	0.126653	0	-0.19827	0.275642	0	-0.20547
l_elb-Y	-0.14833	-0.1733	-0.15984	-0.02988	0.047848	0.082872
l_elb-Z	0.10131	-0.20873	0.036568	0.039108	0.300279	0
l_wst-X	0.17119	-0.063	-0.11503	0.170307	0	-0.38705
l_wst-Y	-0.13168	-0.11919	-0.23243	-0.03388	0	0.2649
l_wst-Z	0.124178	-0.20142	0.084787	-0.09306	0.184817	-0.13549

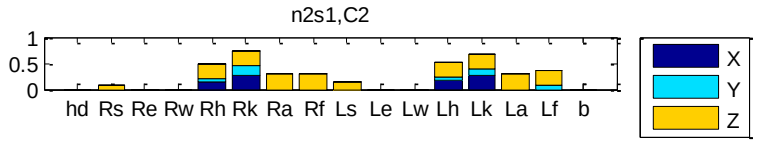
l_hip-X	0.036007	-0.04166	-0.17794	0.343055	-0.07672	0.208247
l_hip-Y	0.169315	0.043152	-0.22386	-0.08385	0	0
l_hip-Z	-0.21678	0.065598	-0.03112	-0.06749	0.096267	-0.13302
l_kne-X	-0.22167	0.048684	-0.0664	-0.07496	0	-0.06144
l_kne-Y	0.191699	0.044172	-0.16926	0	0	-0.22041
l_kne-Z	-0.21561	0.073021	-0.0534	-0.05069	0.082816	-0.14518
l_ank-X	-0.09914	-0.21525	0.138285	-0.0556	-0.11098	-0.17631
l_ank-Y	0.180823	-0.13801	-0.1189	-0.06818	0.084772	-0.02985
l_ank-Z	-0.18385	0.136847	-0.12783	0	0.067175	-0.08193
l_foot-X	-0.09107	-0.21764	0.147996	-0.05543	-0.09157	-0.18267
l_foot-Y	0.134741	-0.19175	-0.13229	-0.0411	0.155641	-0.02933
l_foot-Z	-0.21322	0.081738	-0.08531	-0.04185	0.048708	-0.10927
bike-X	-0.01218	-0.15345	-0.13238	0.3107	-0.11362	-0.03997
bike-Y	0	-0.21055	-0.21265	-0.02435	0.142922	0.091226
bike-Z	0.089596	0.099804	0.112609	-0.09518	0.3735	0

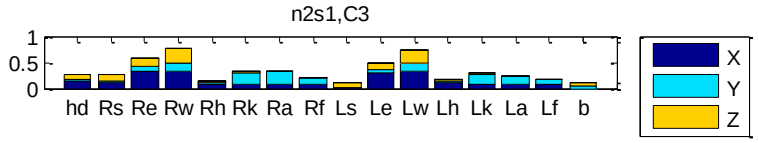
NTTU Library

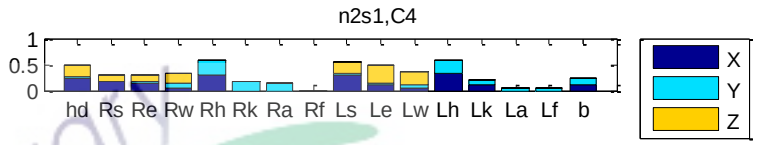
附錄四　成份矩陣圖

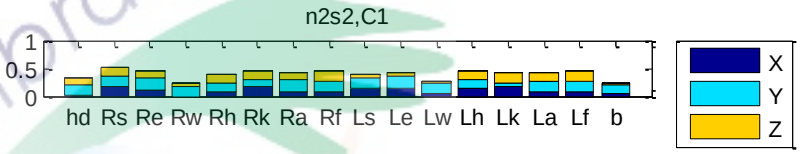
N2 成份矩陣

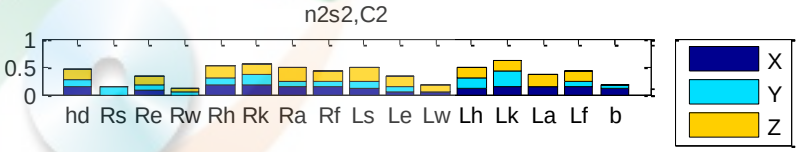


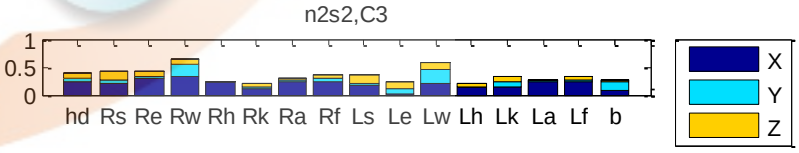


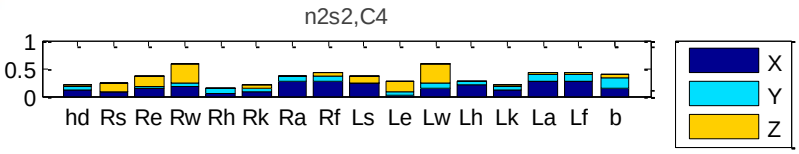


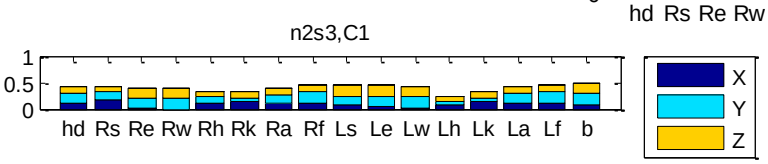


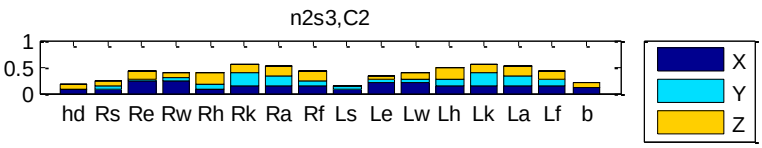


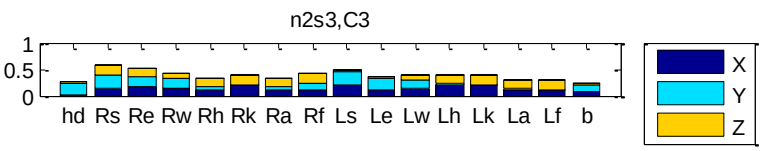


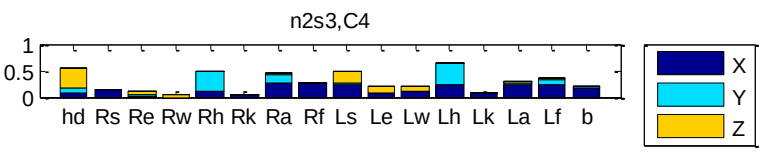






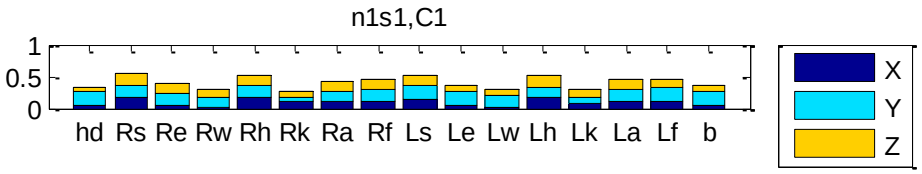


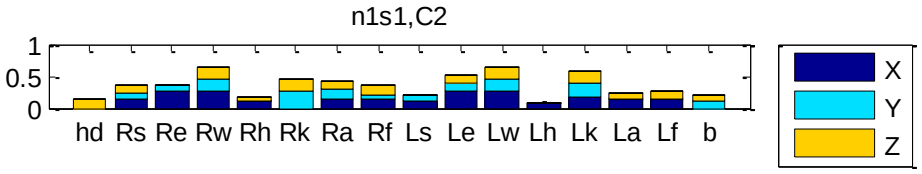


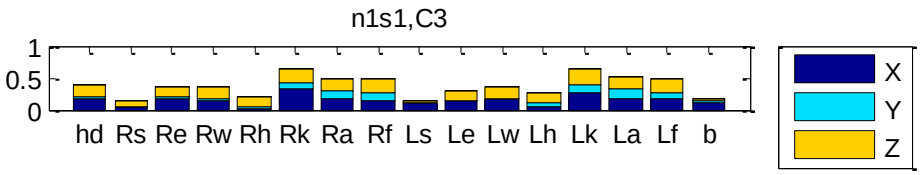


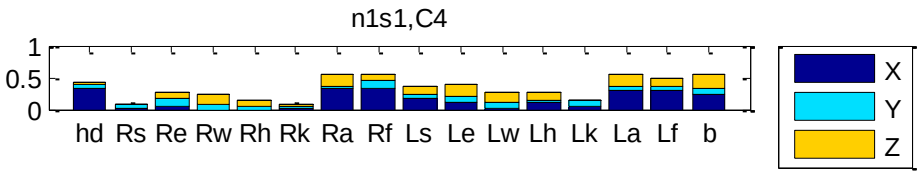
NTTU Library

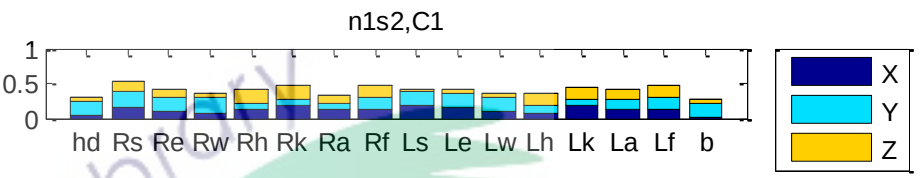
N1 成份矩陣

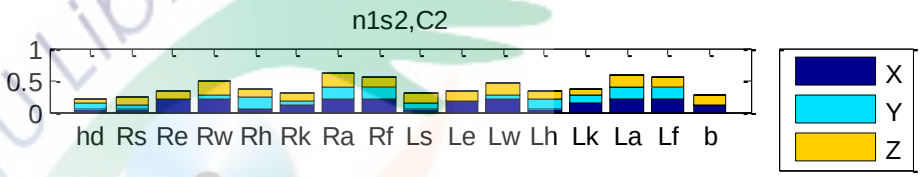

n1s1,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

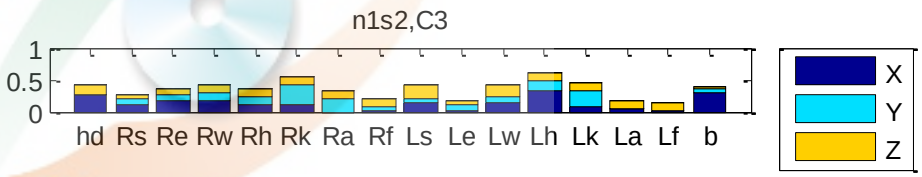

n1s1,C2
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

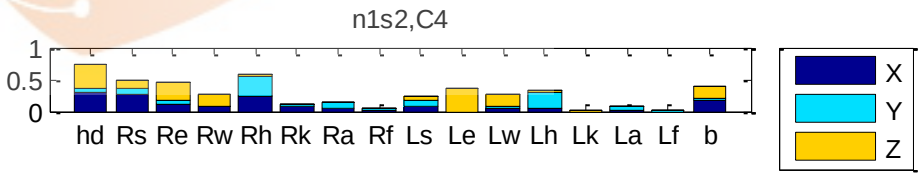

n1s1,C3
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

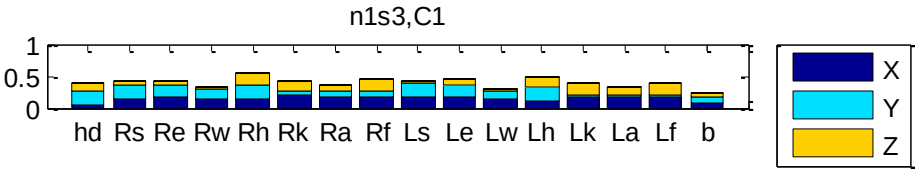

n1s1,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

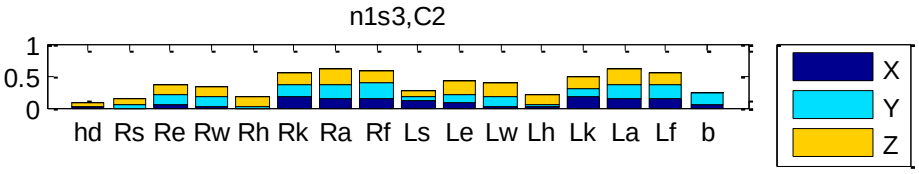

n1s2,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

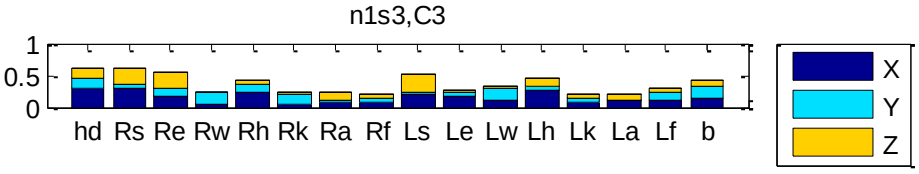

n1s2,C2
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

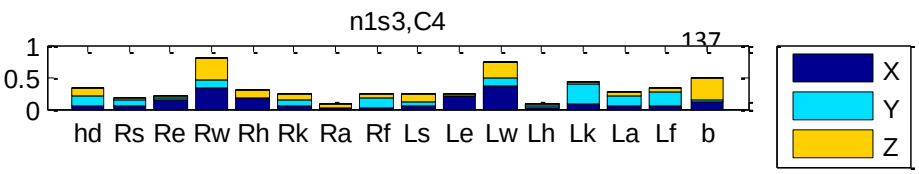

n1s2,C3
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z


n1s2,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

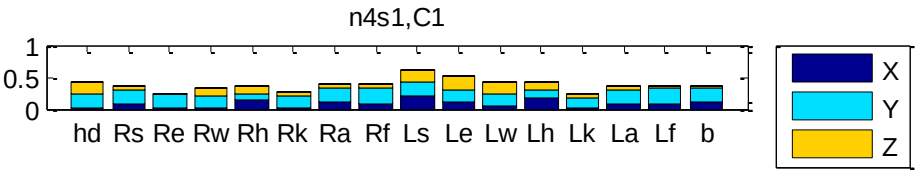

n1s3,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

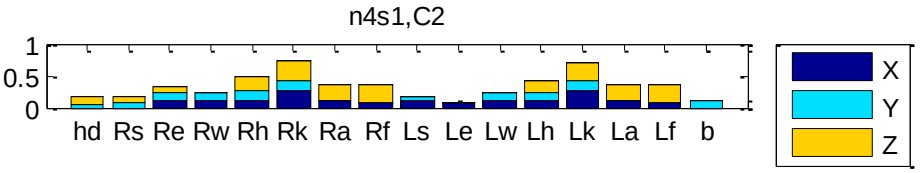

n1s3,C2
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

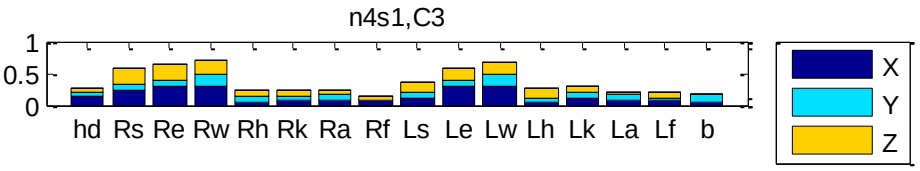

n1s3,C3
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

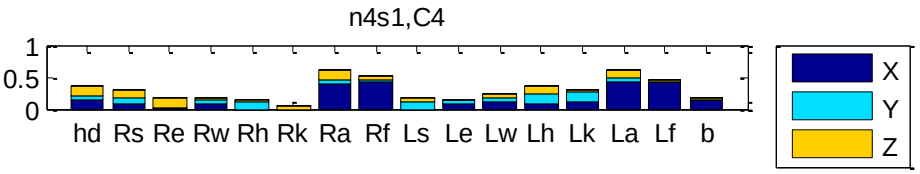

n1s3,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

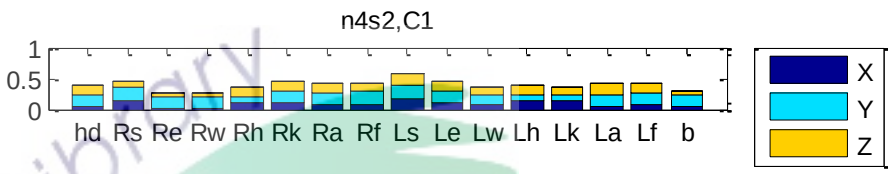
N4 成份矩陣

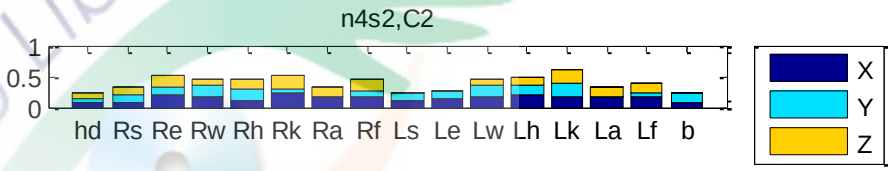


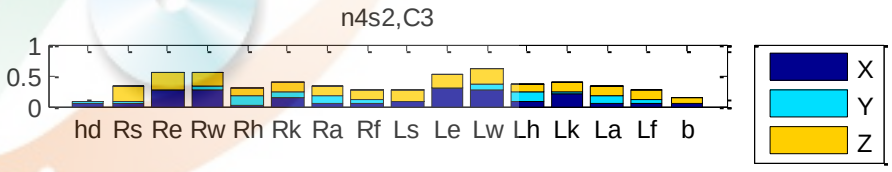


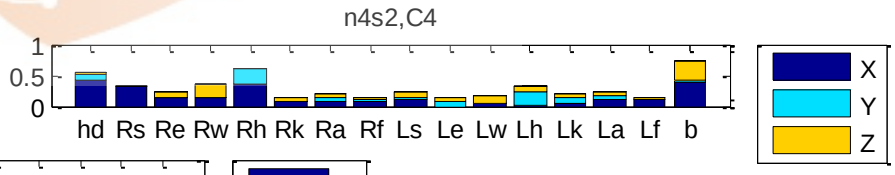


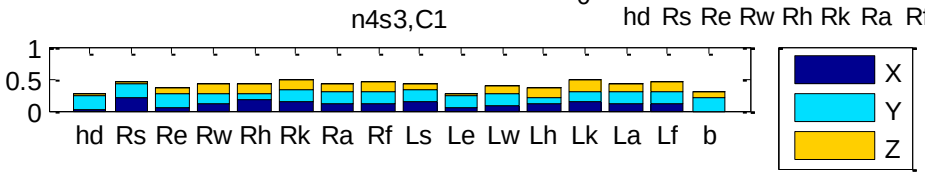


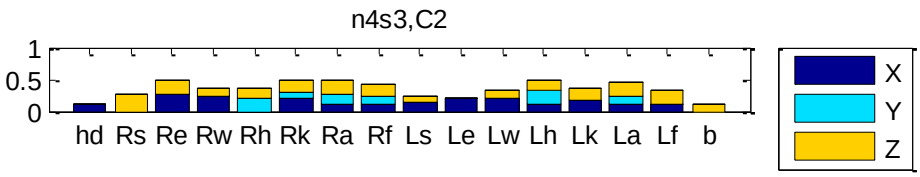


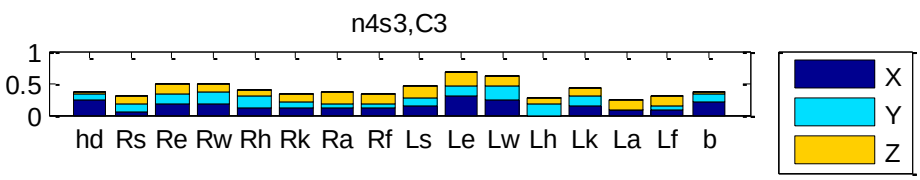


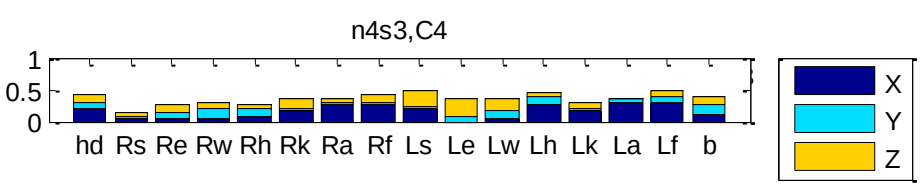






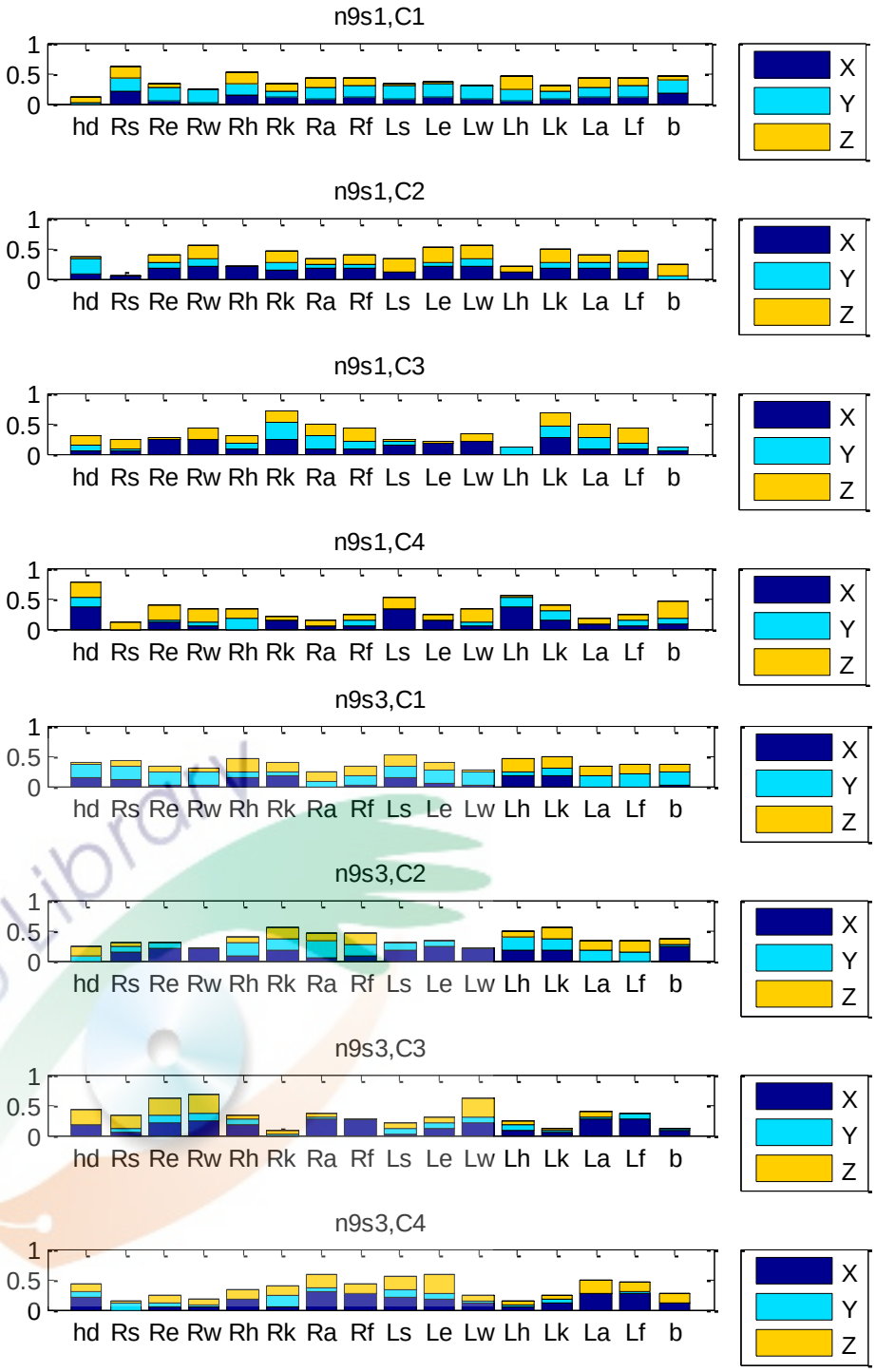


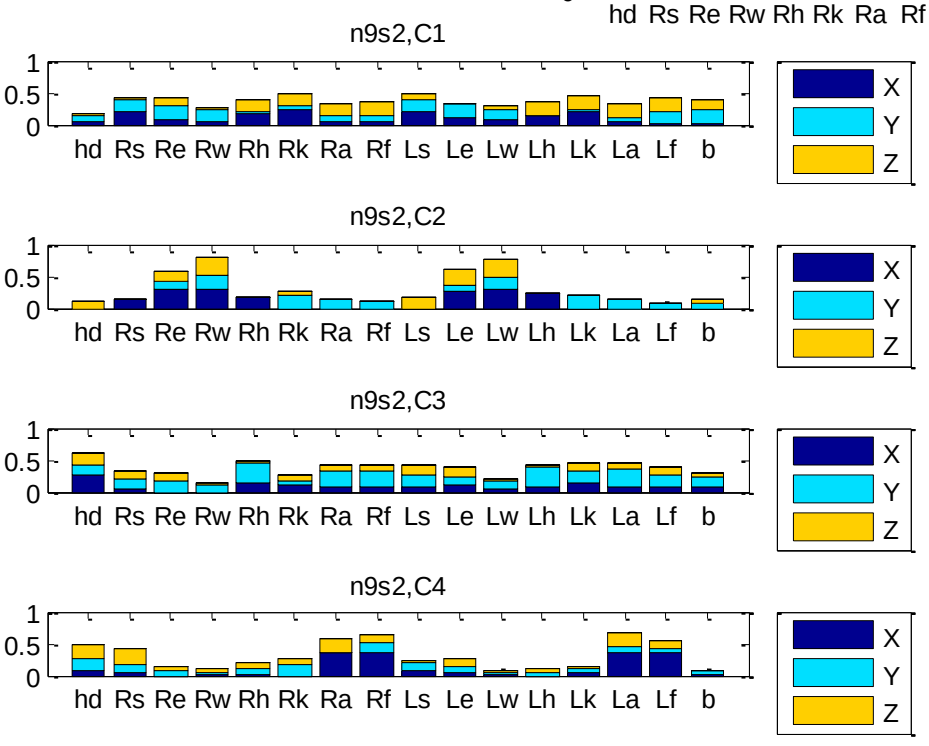




NTTU Library

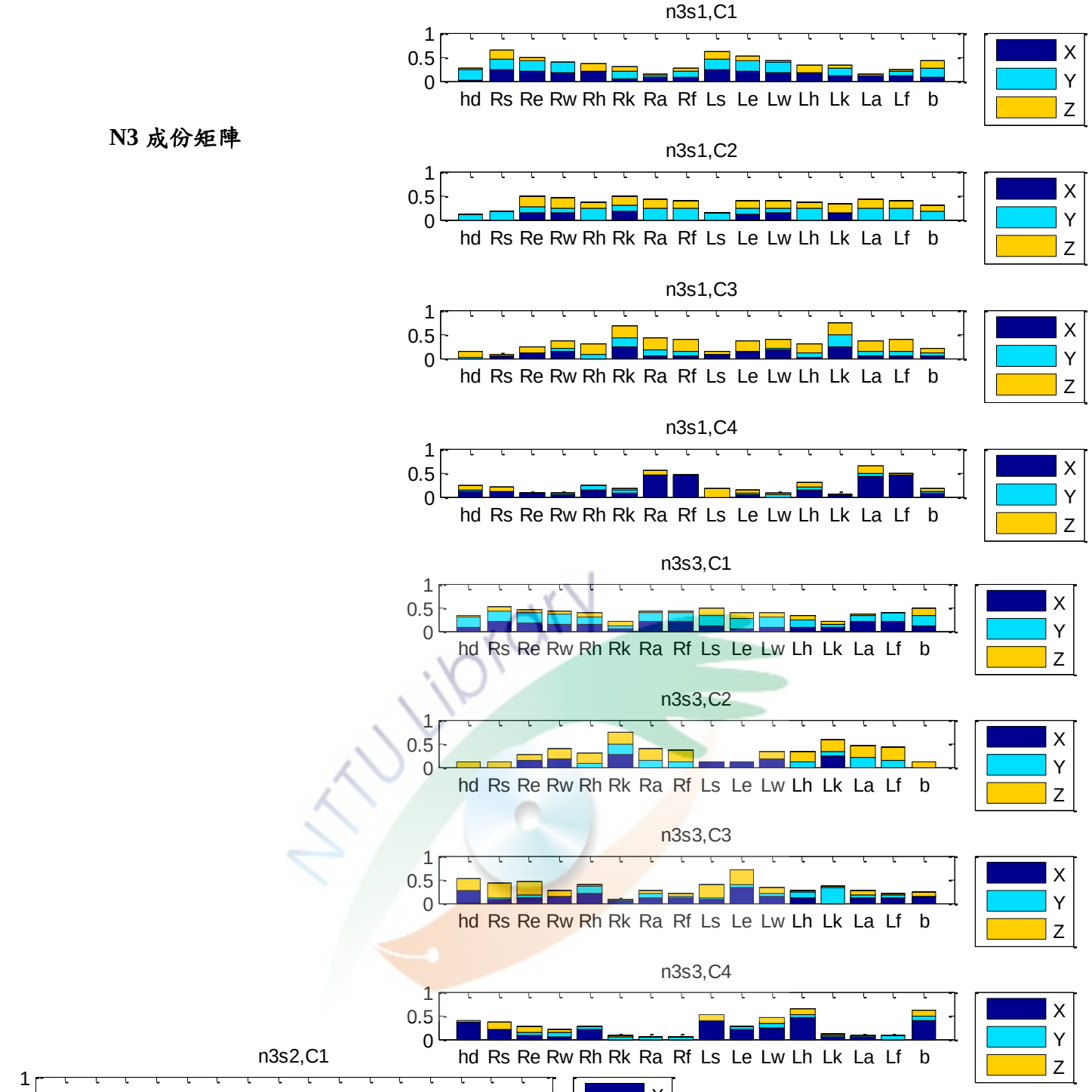
N9 成份矩陣





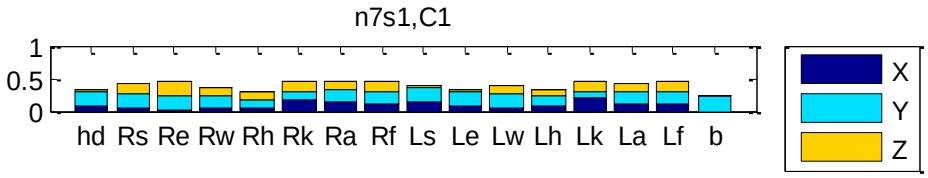
NTTU Library

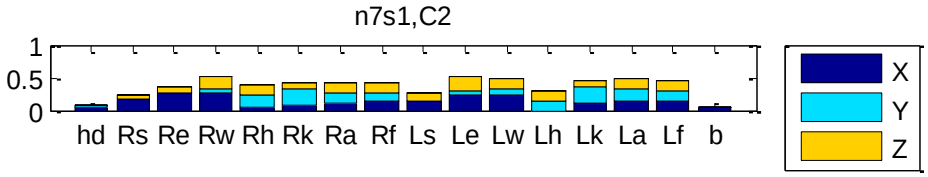
N3 成份矩陣

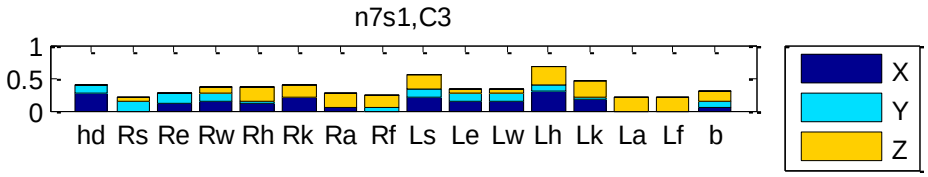


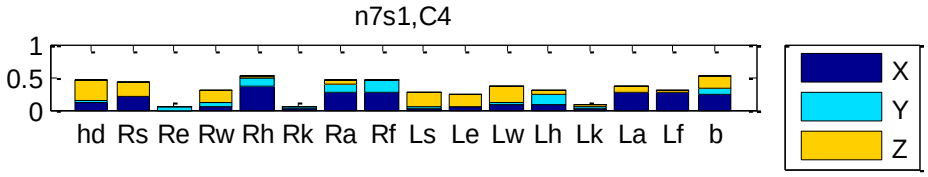
NTTU Library

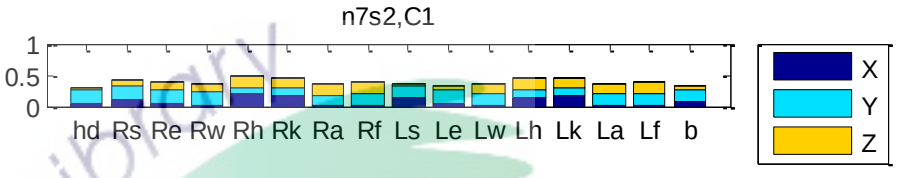
N7 成份矩陣

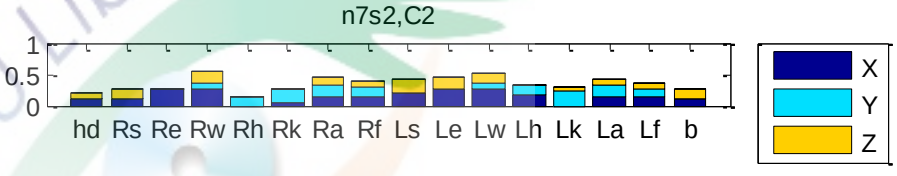


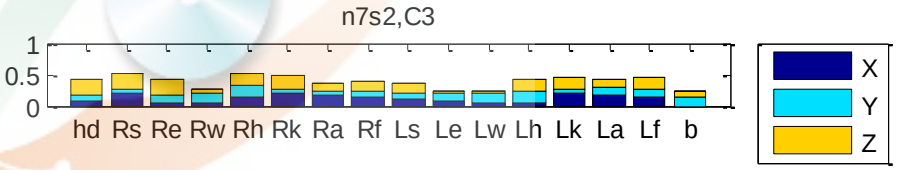


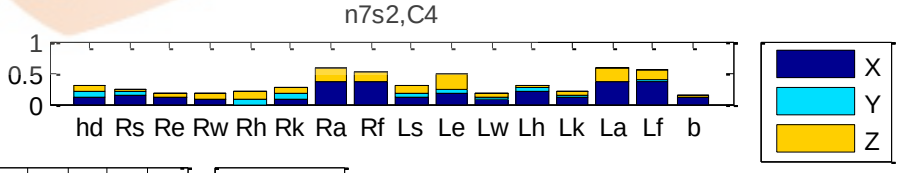


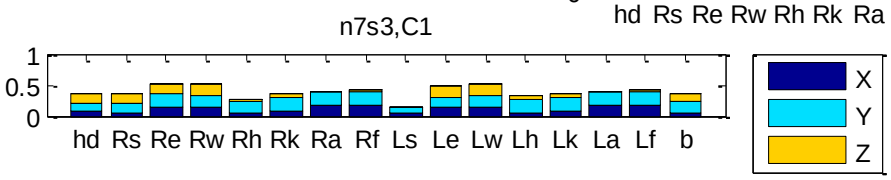


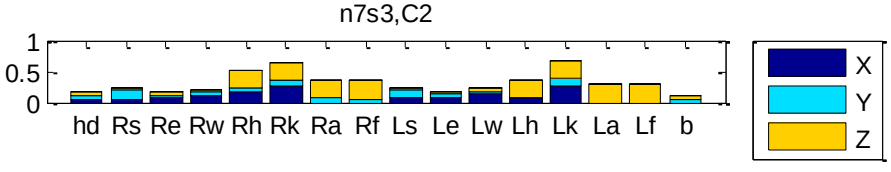


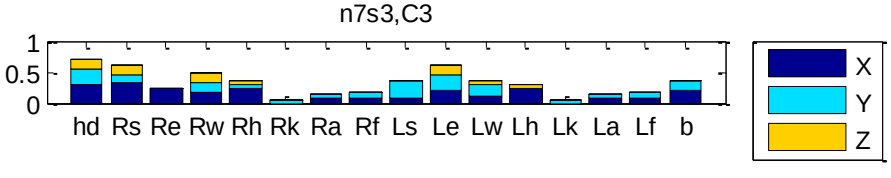


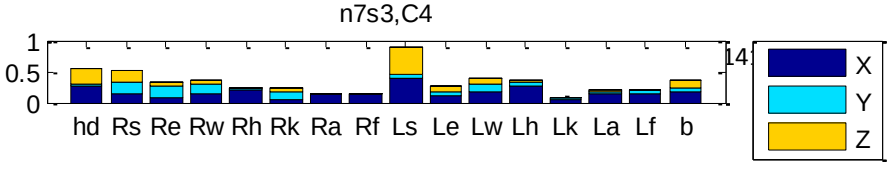






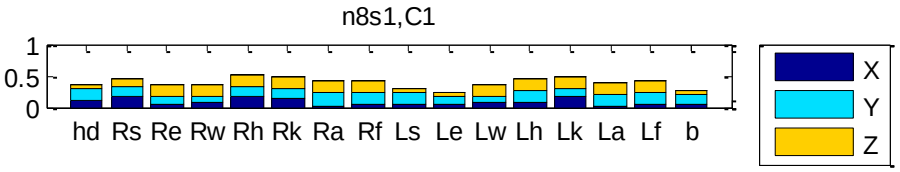


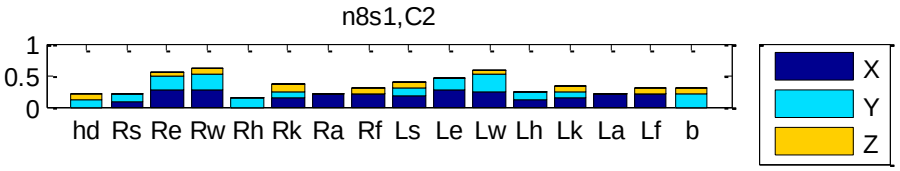


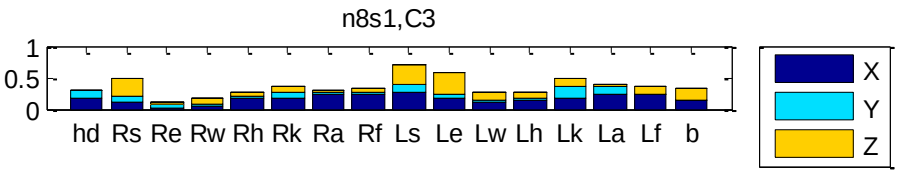


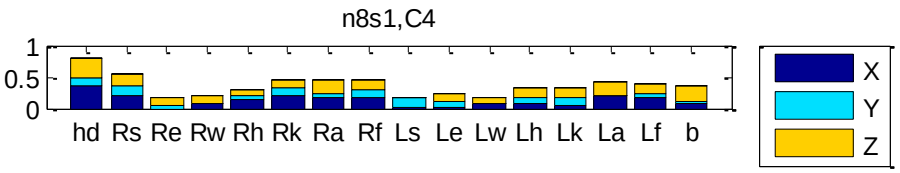
NTTU Library

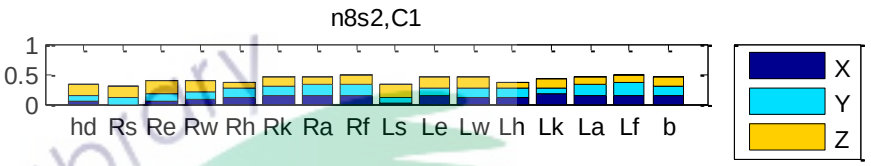
N8 成份矩陣

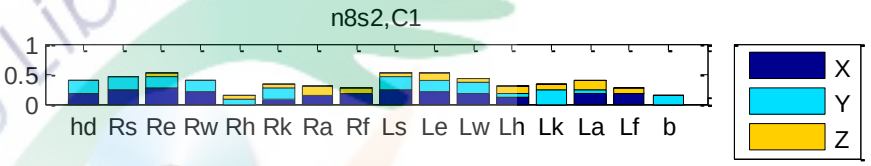

n8s1,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

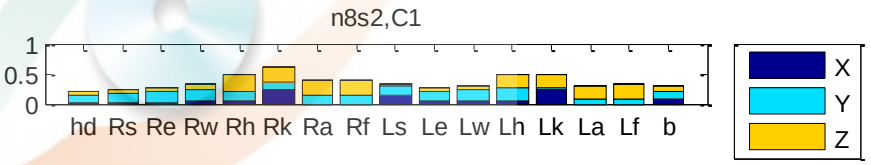

n8s1,C2
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

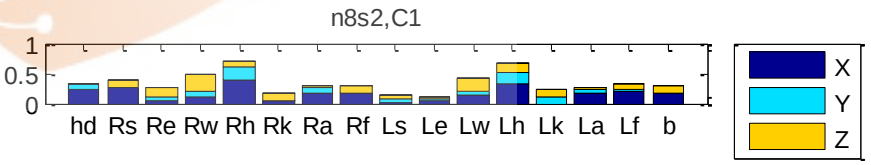

n8s1,C3
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

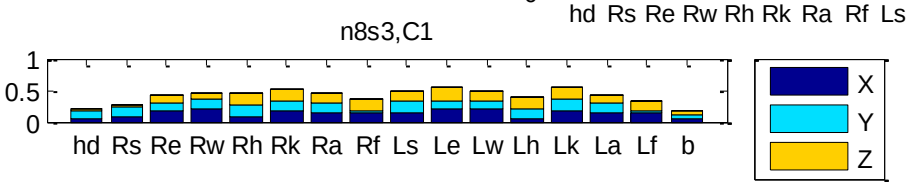

n8s1,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

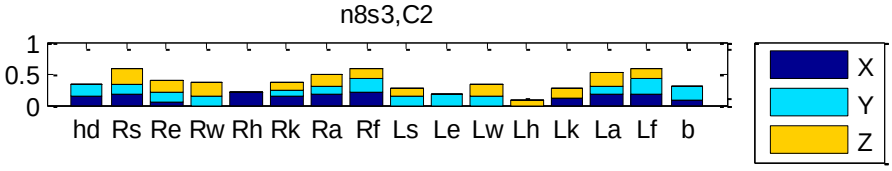

n8s2,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

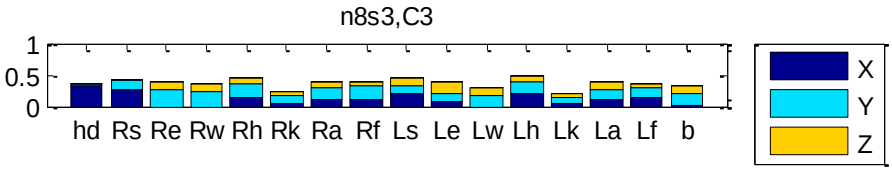

n8s2,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

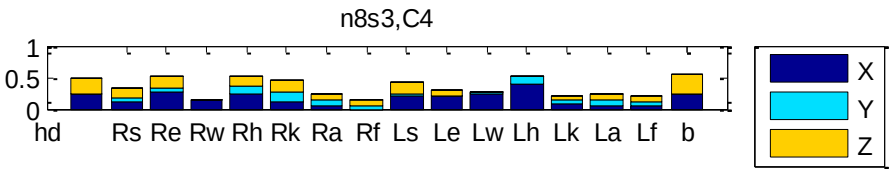

n8s2,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z


n8s2,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

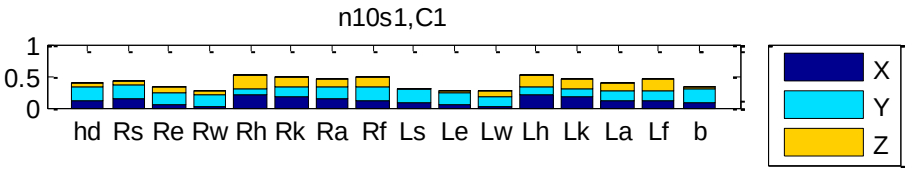

n8s3,C1
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

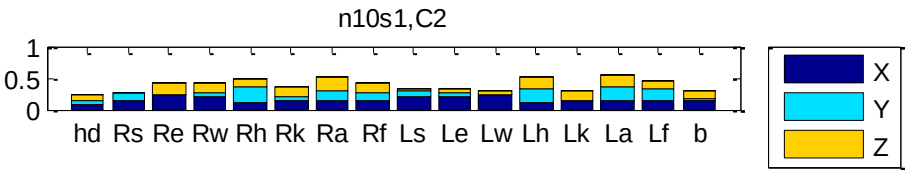

n8s3,C2
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

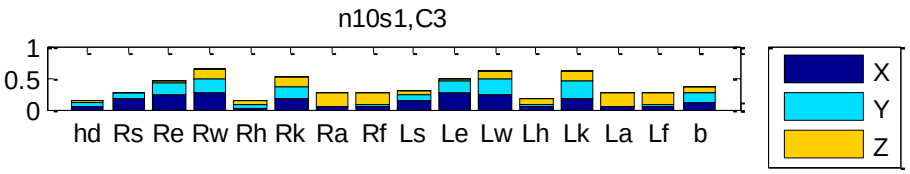

n8s3,C3
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

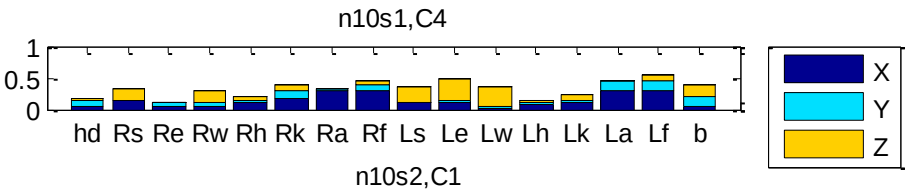

n8s3,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

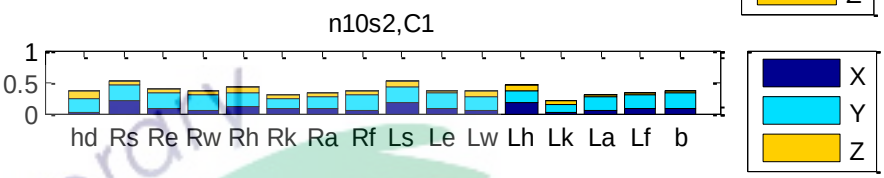
N10 成份矩陣

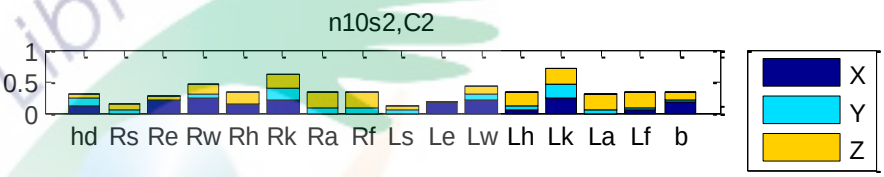


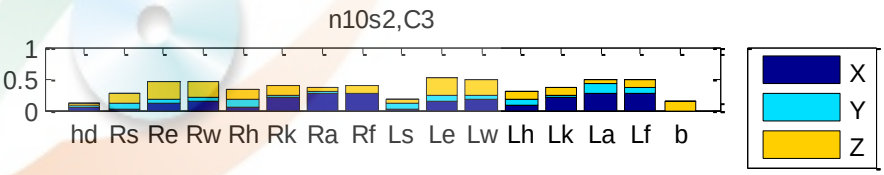


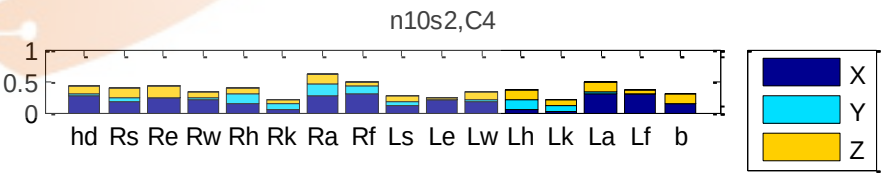


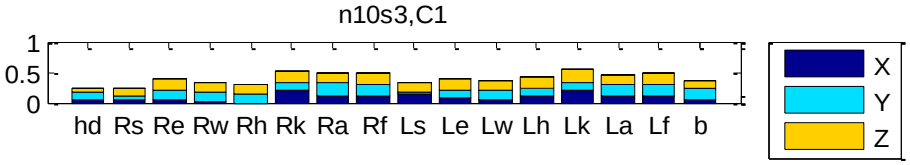


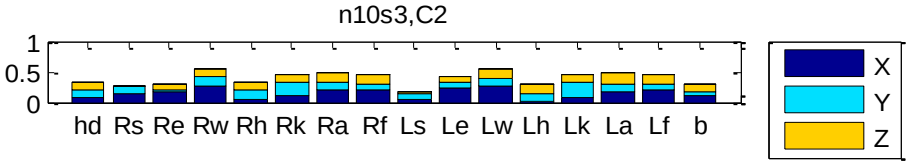


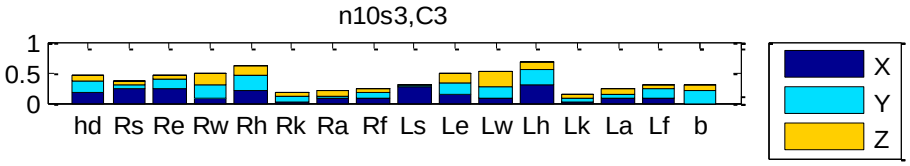


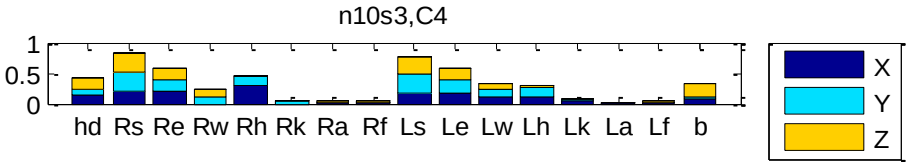






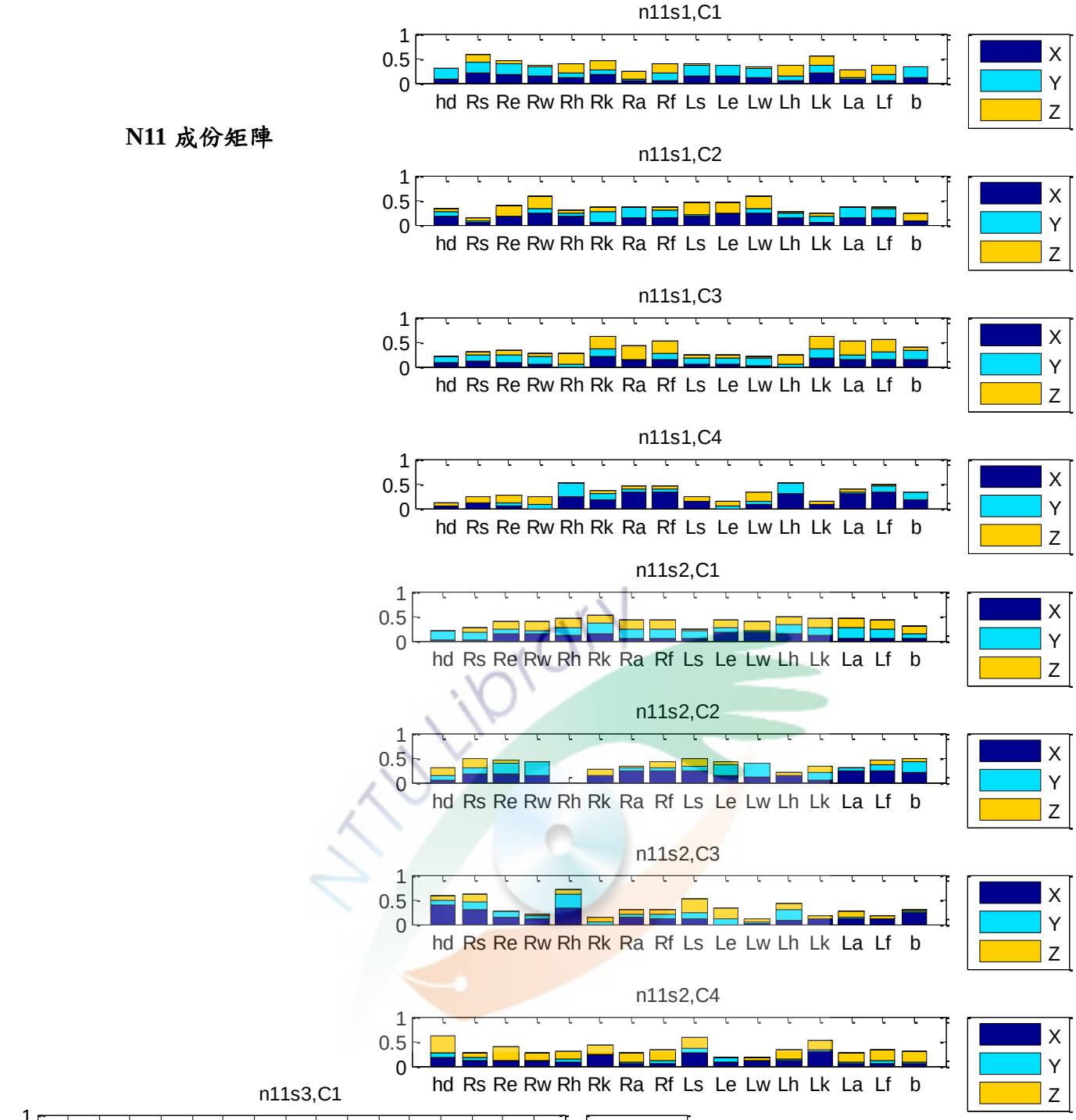




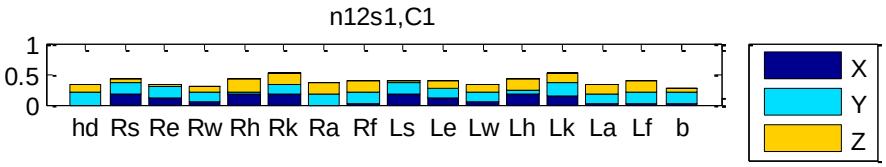


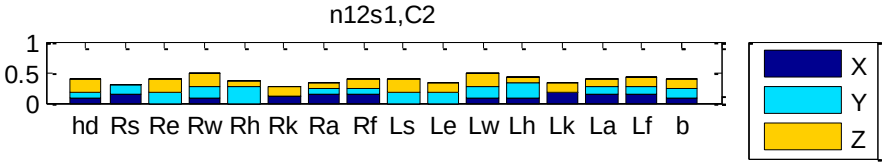
NTTU Library

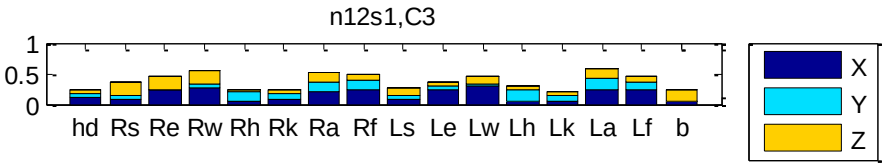
N11 成份矩陣

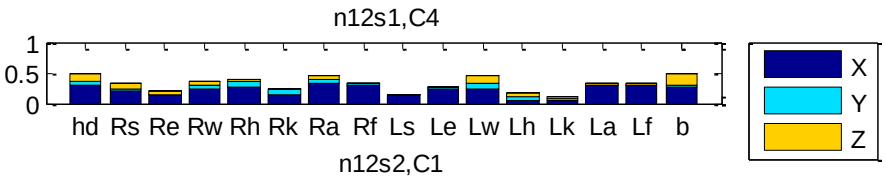

n11s1,C1
n11s1,C2
n11s1,C3
n11s1,C4
n11s2,C1
n11s2,C2
n11s2,C3
n11s2,C4
n11s3,C1
n11s3,C2
n11s3,C3
n11s3,C4
1
0.5
0
hd Rs Re Rw Rh Rk Ra Rf Ls Le Lw Lh Lk La Lf b
X
Y
Z

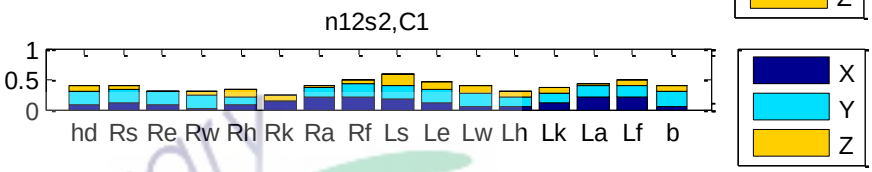
N12 成份矩陣

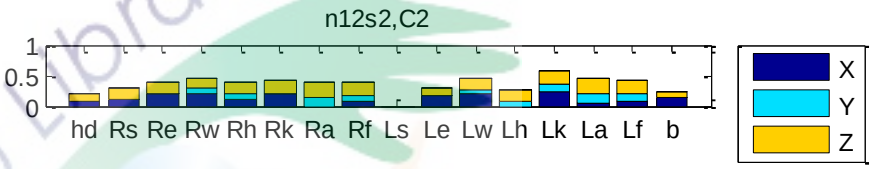


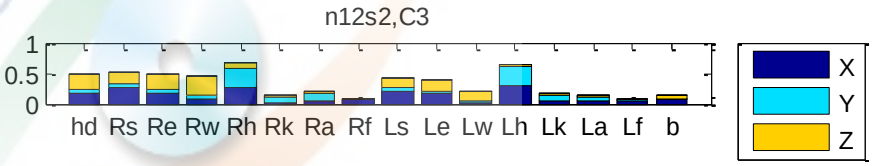


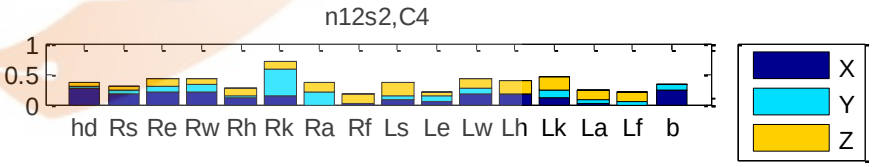


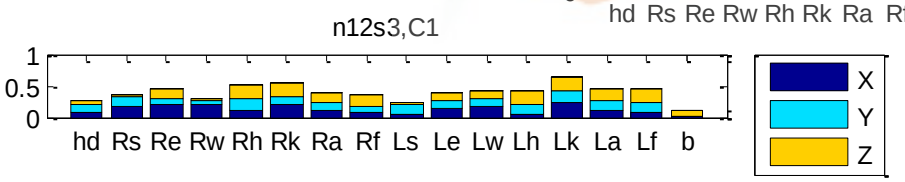


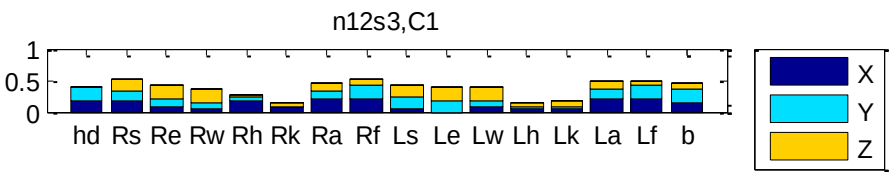


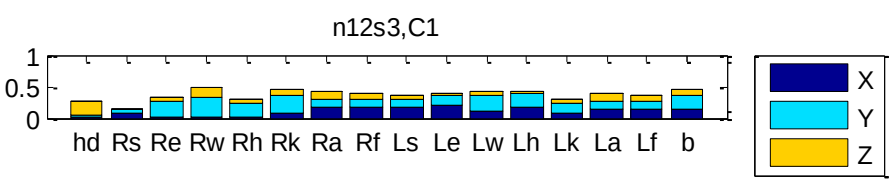


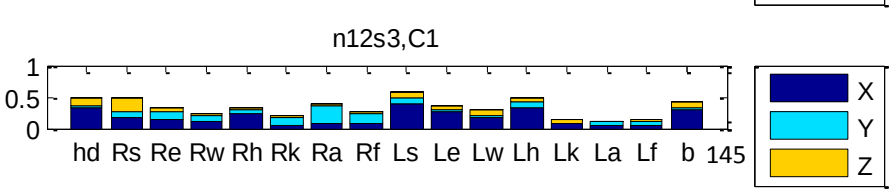








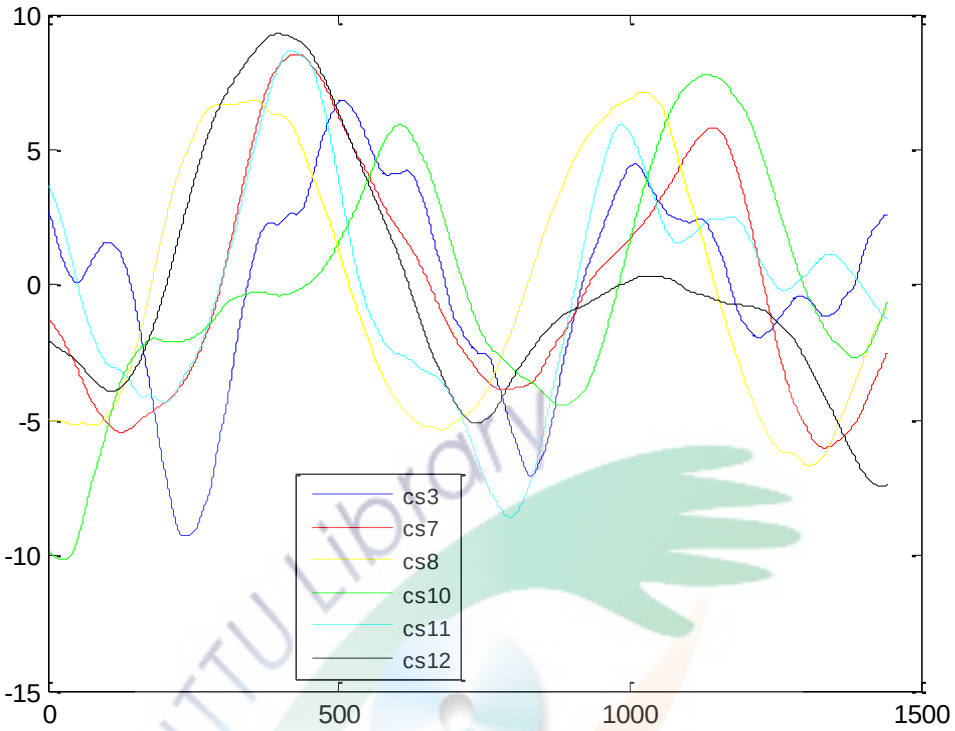


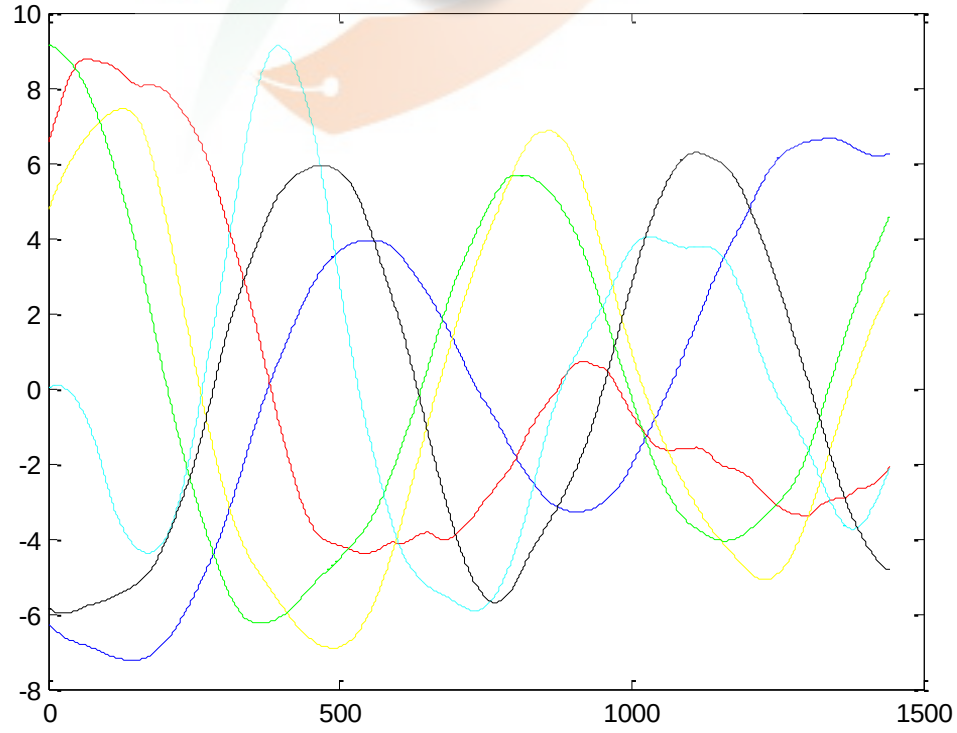


NTTU Library

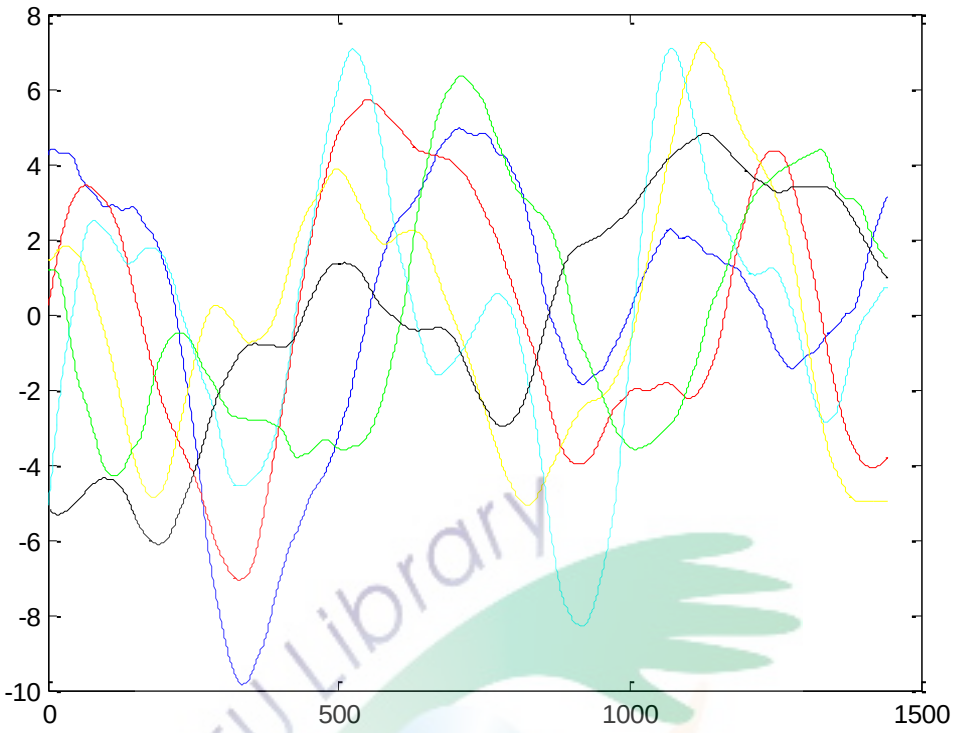
附錄四　轉移前、後成份分數圖

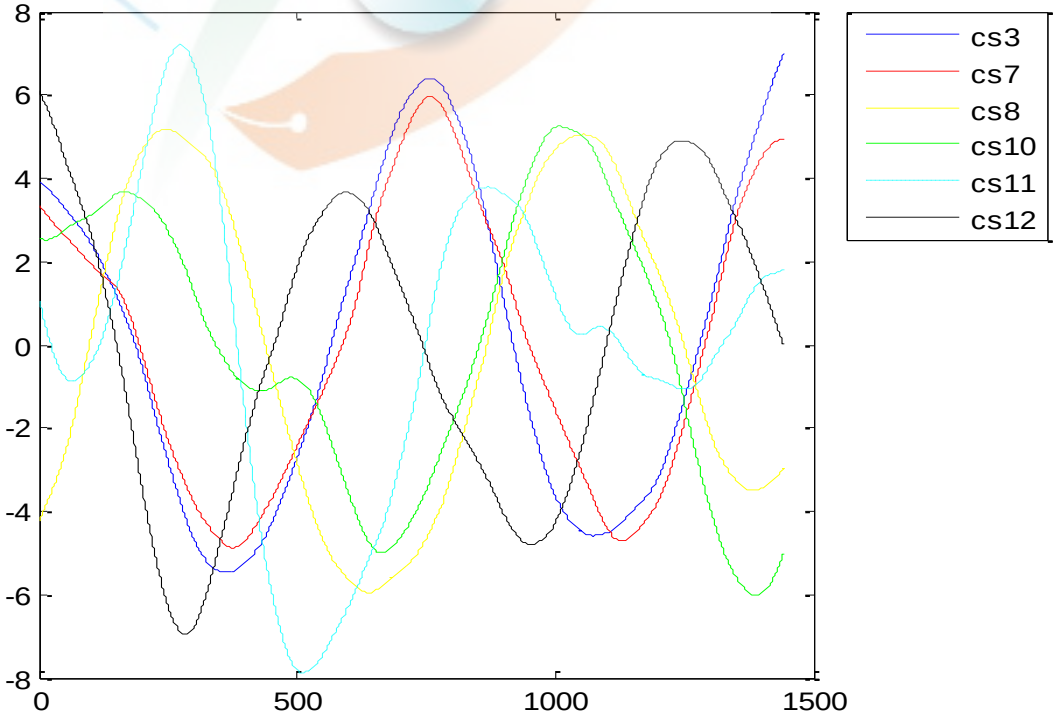
一般學習組：第一成份分數圖（上轉移前，下轉移後）





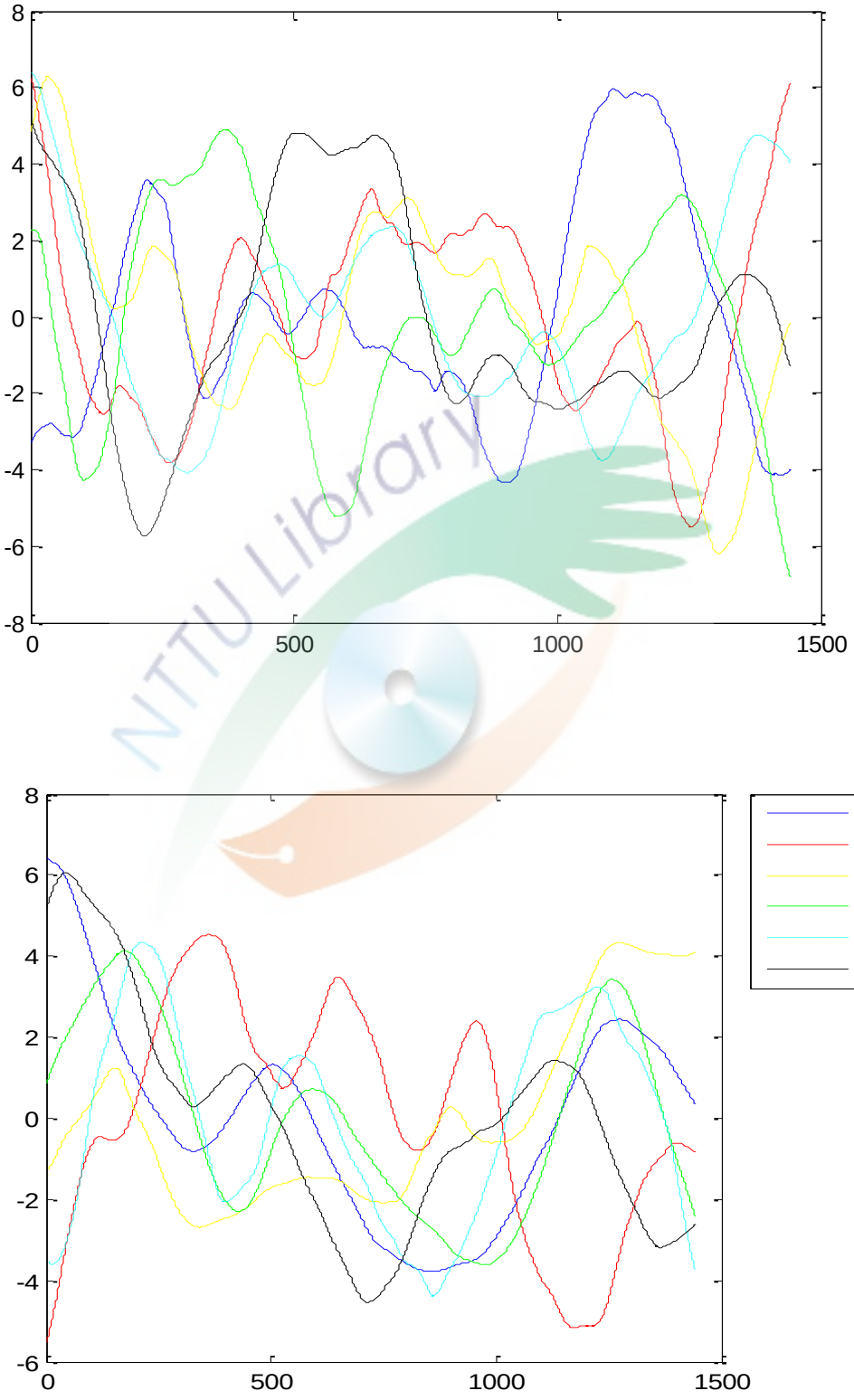
一般學習組：轉移前、後第二成份分數圖（上轉移前，下轉移後）





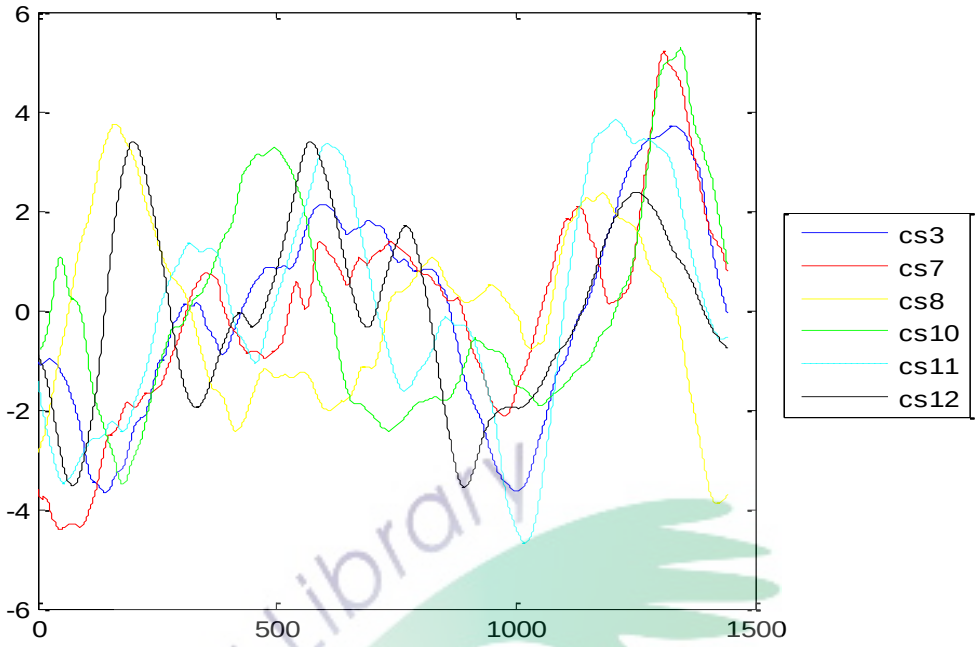
NTTU Library

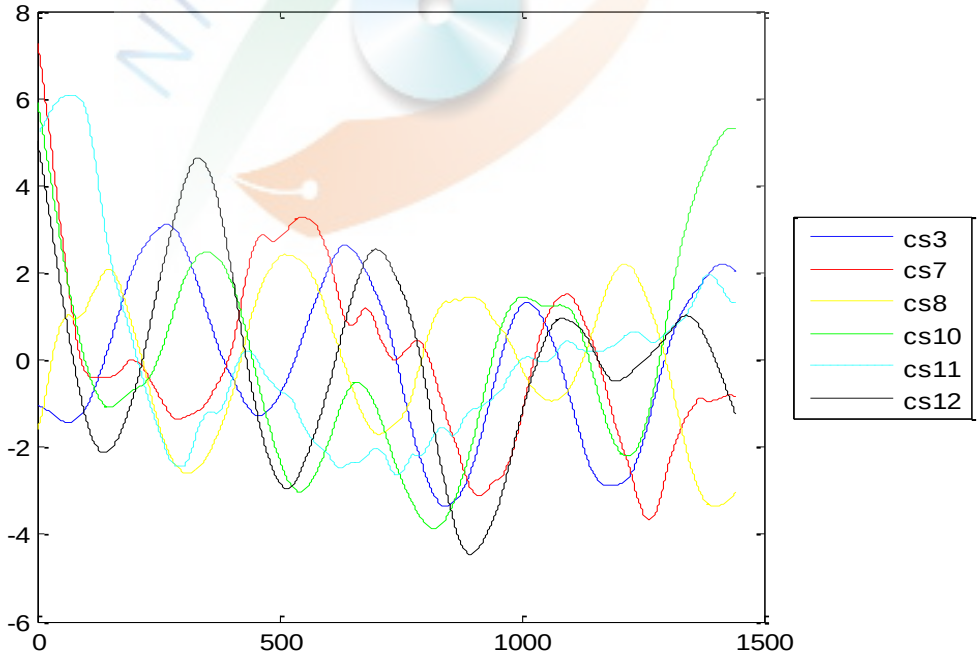
一般學習組：轉移前、後第三成份分數圖（上轉移前，下轉移後）



NTTU Library

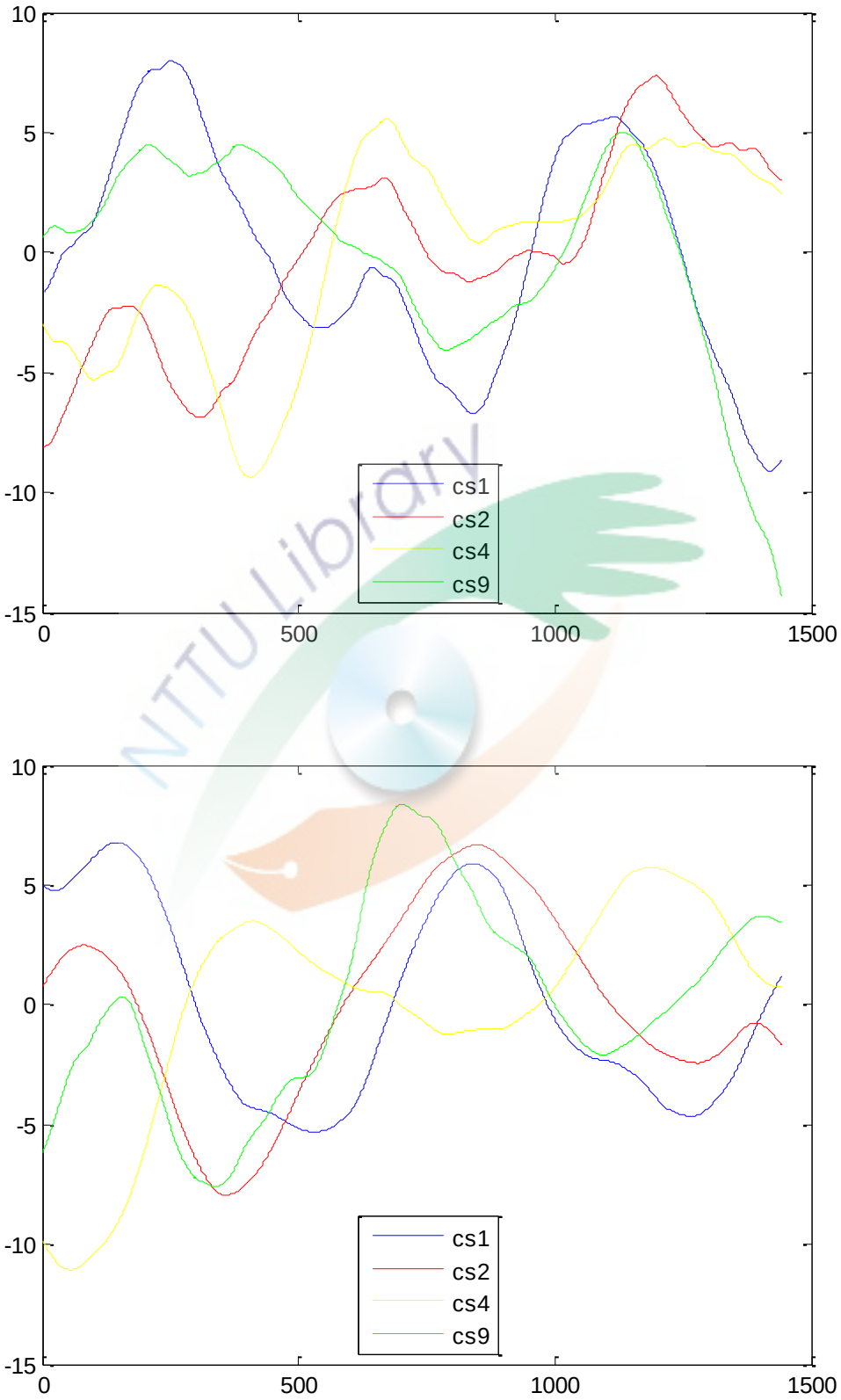
一般學習組：轉移前、後第四成份分數圖（上轉移前，下轉移後）





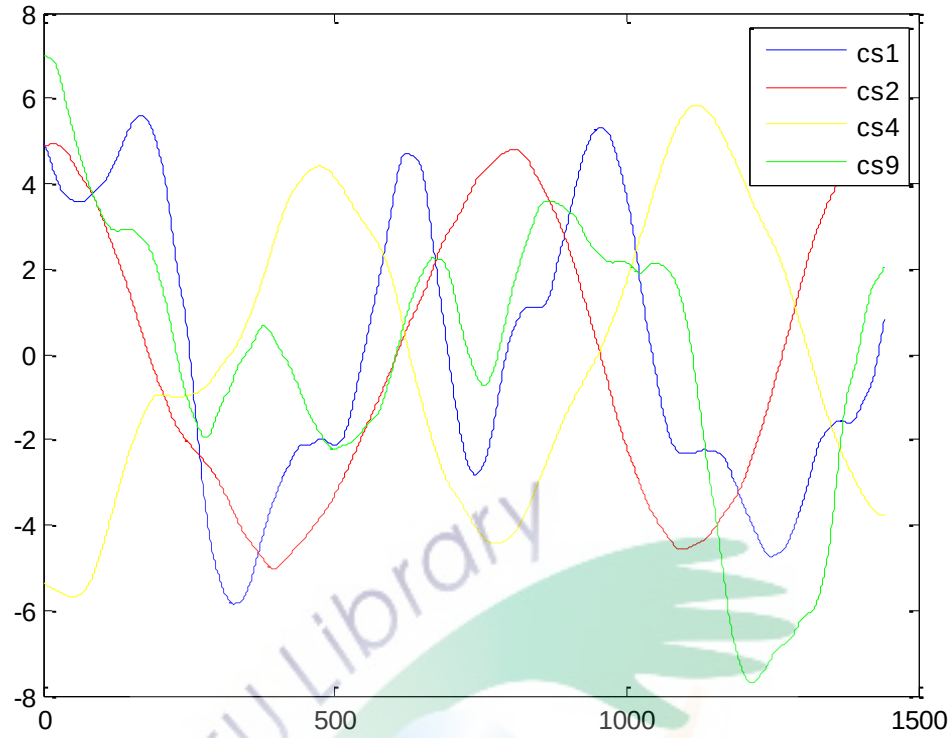
NTTU Library

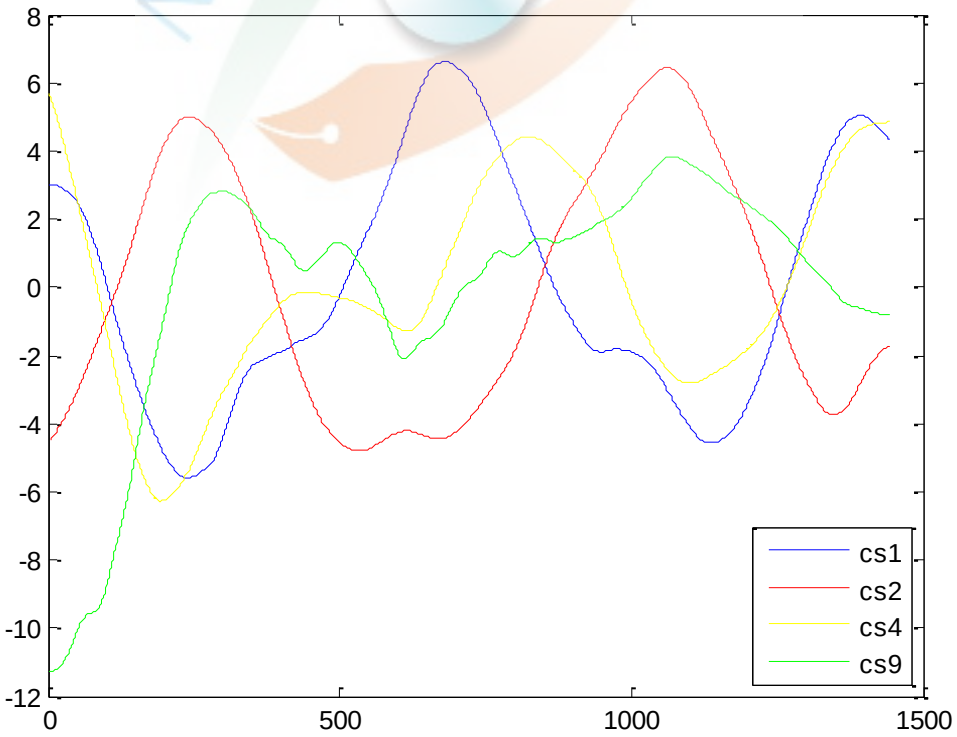
快速學習組：轉移前、後第一成份分數圖（上轉移前，下轉移後）



NTTU Library

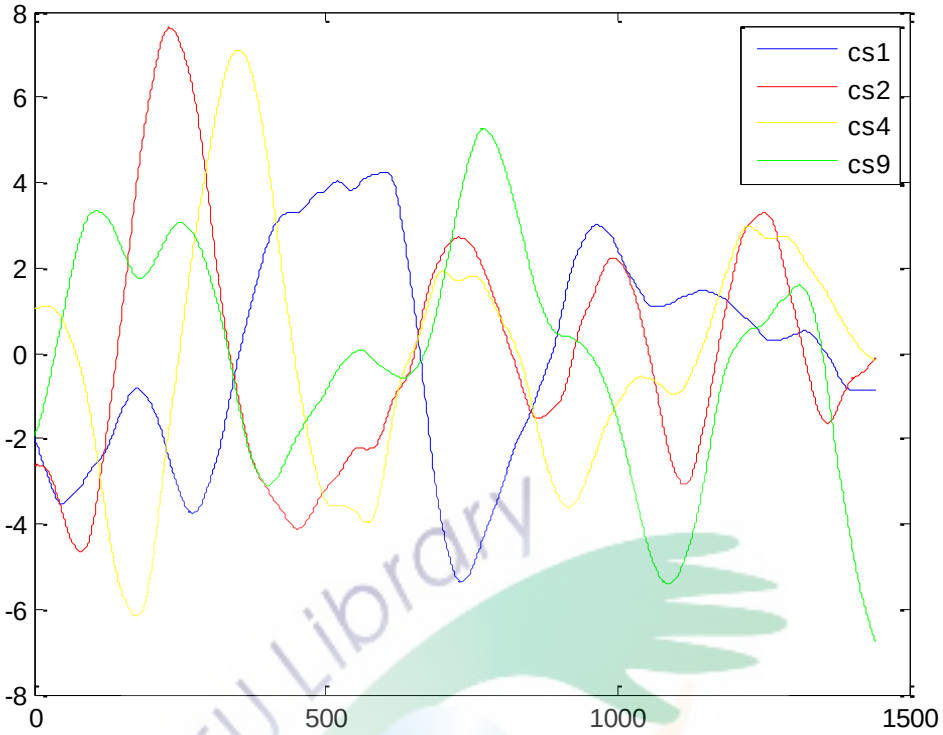
快速學習組：轉移前、後第二成份分數圖（上轉移前，下轉移後）

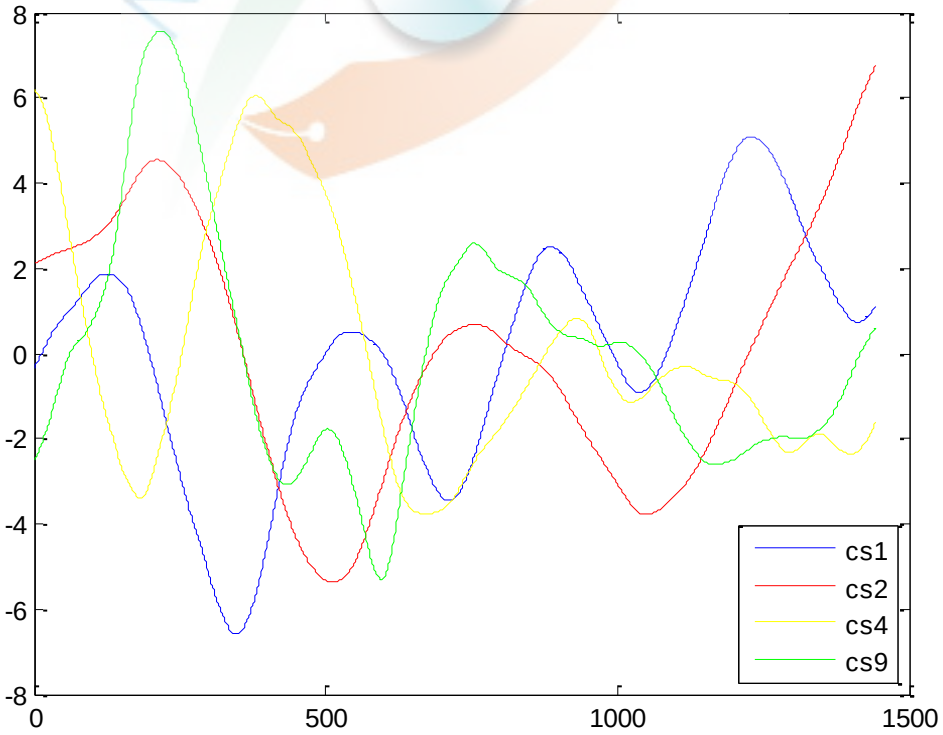




NTTU Library

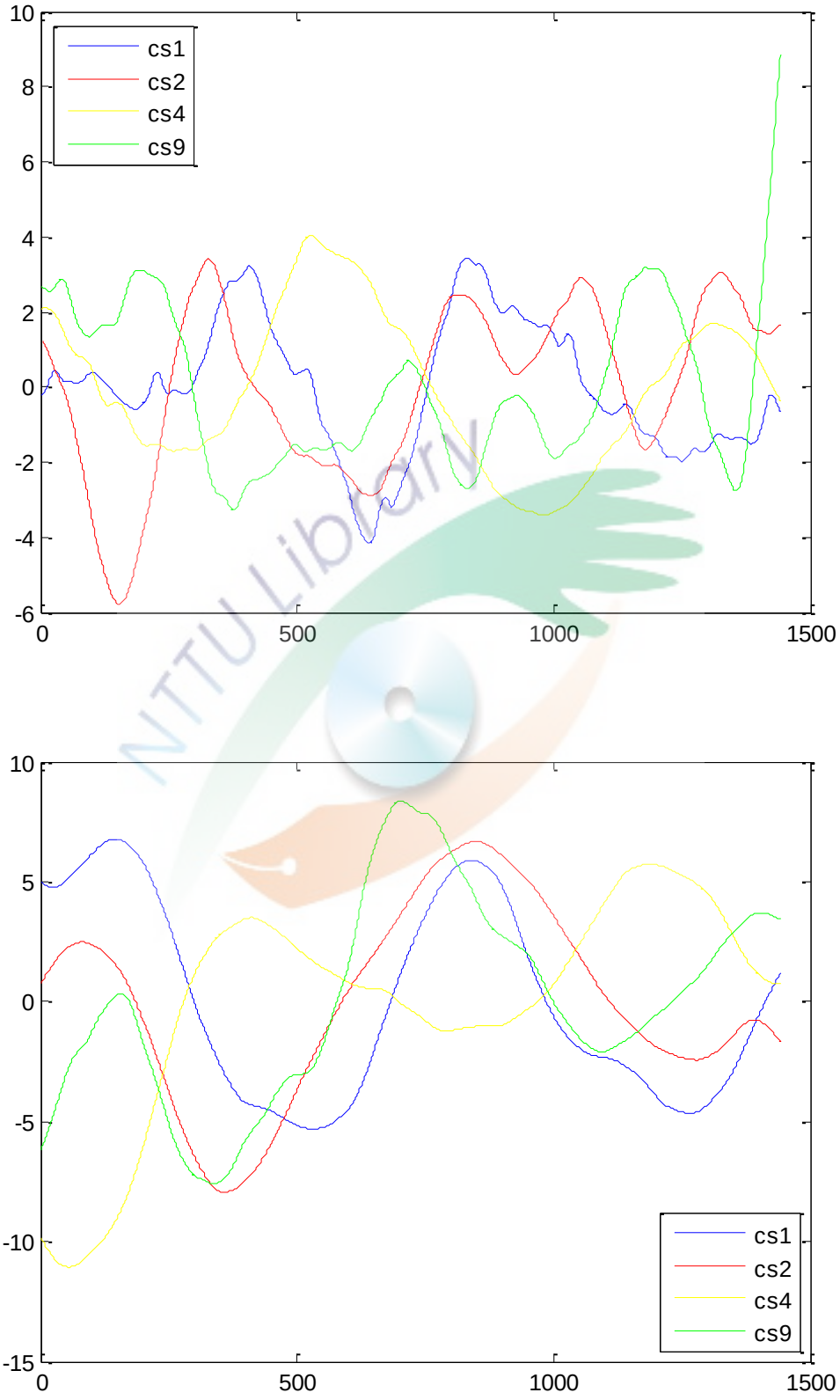
快速學習組：轉移前、後第三成份分數圖（上轉移前，下轉移後）





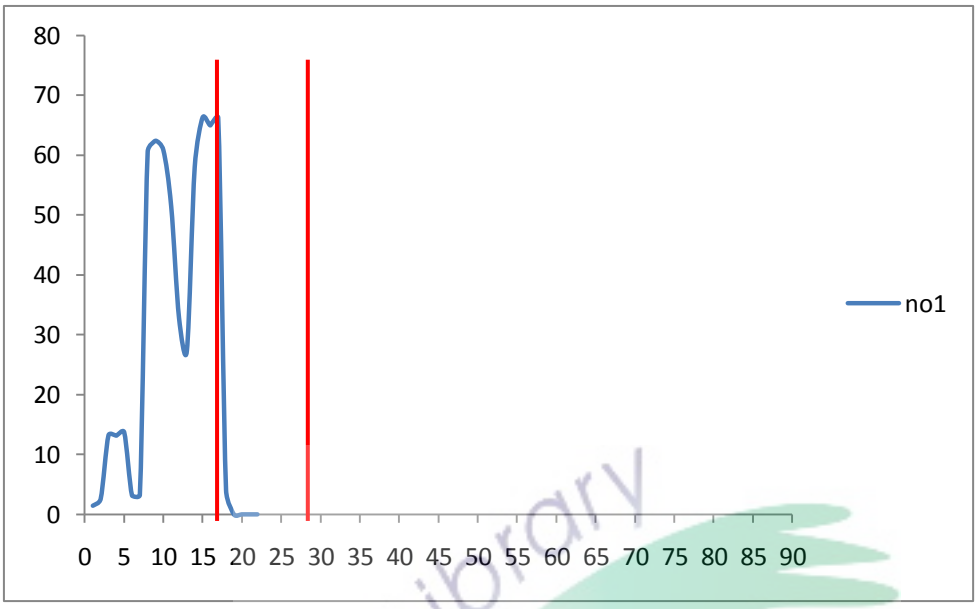
NTTU Library

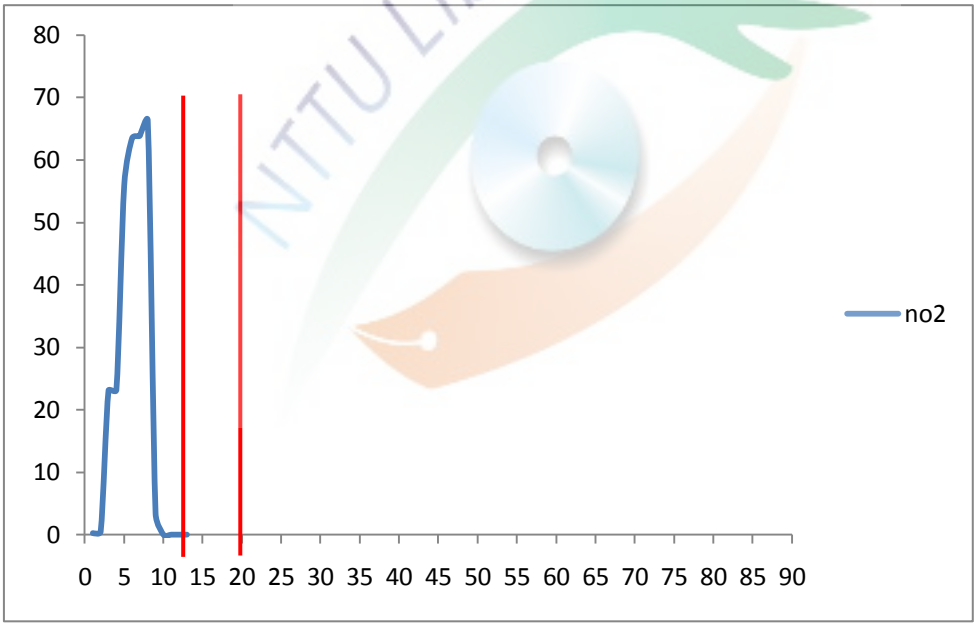
快速學習組：轉移前、後第四成份分數圖（上轉移前，下轉移後）



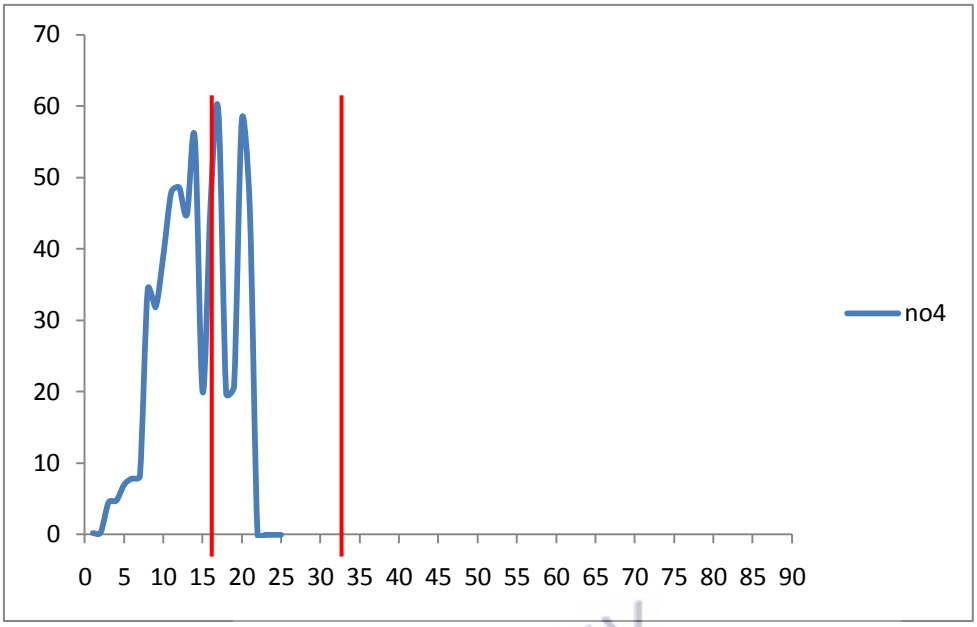
NTTU Library

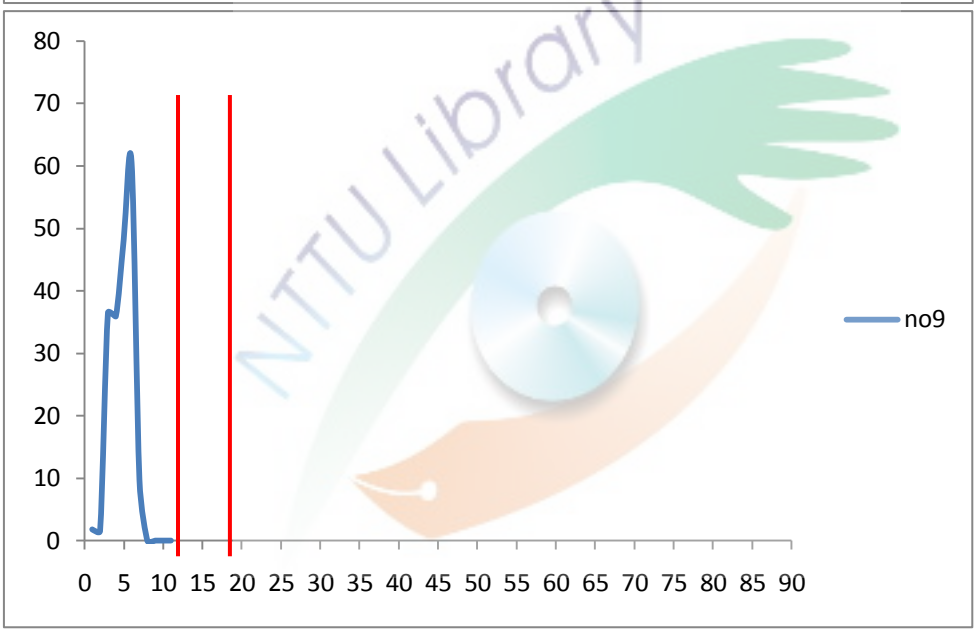
附錄五　學習階段區分圖



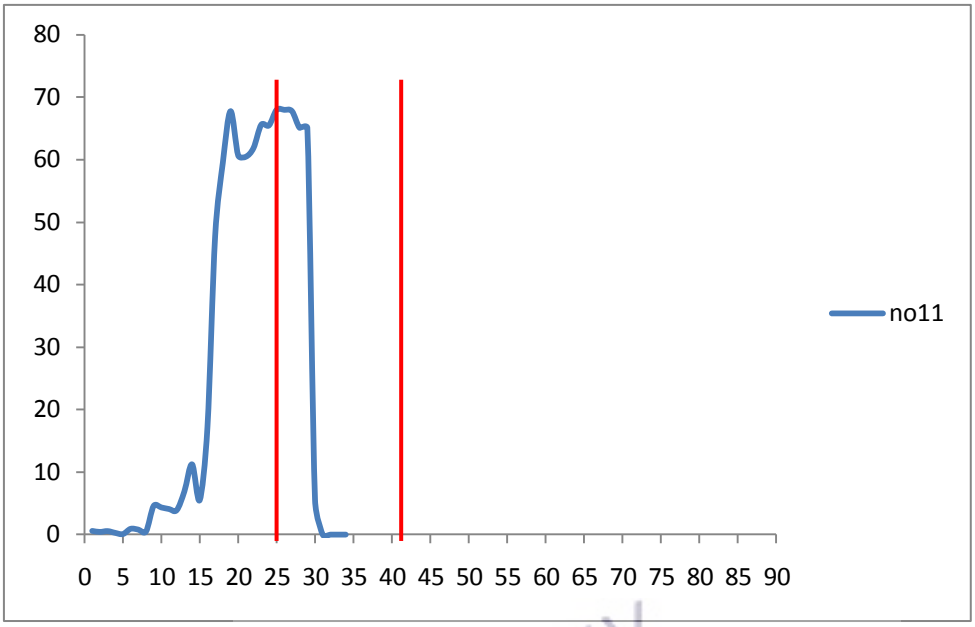


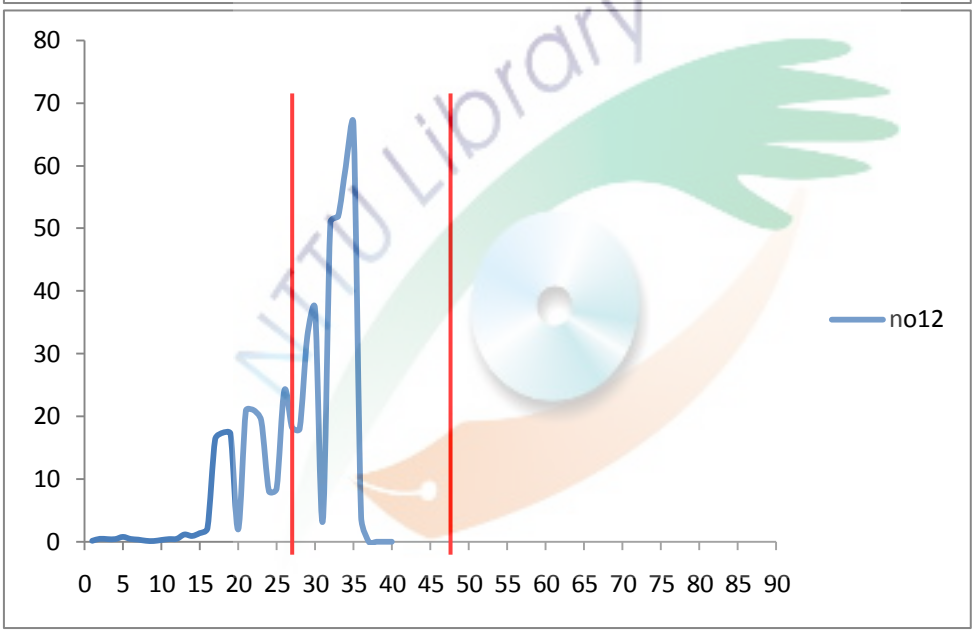
NTTU Library



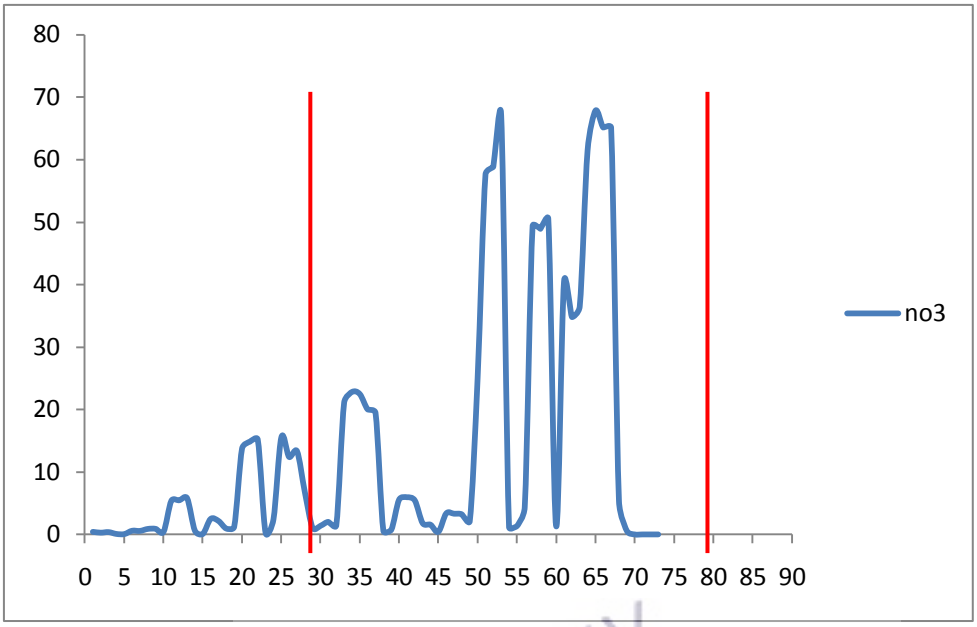


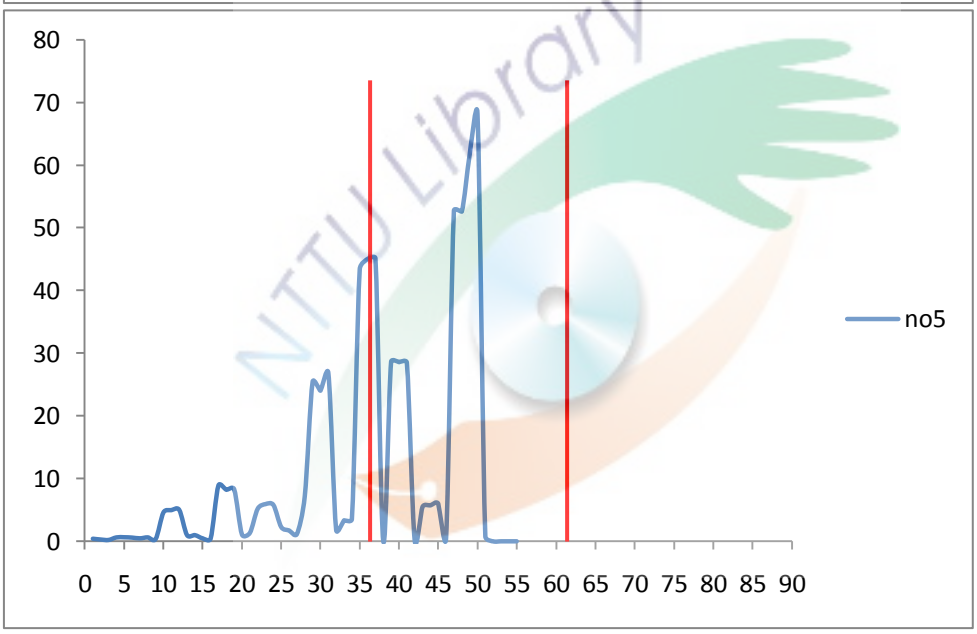
NTTU Library



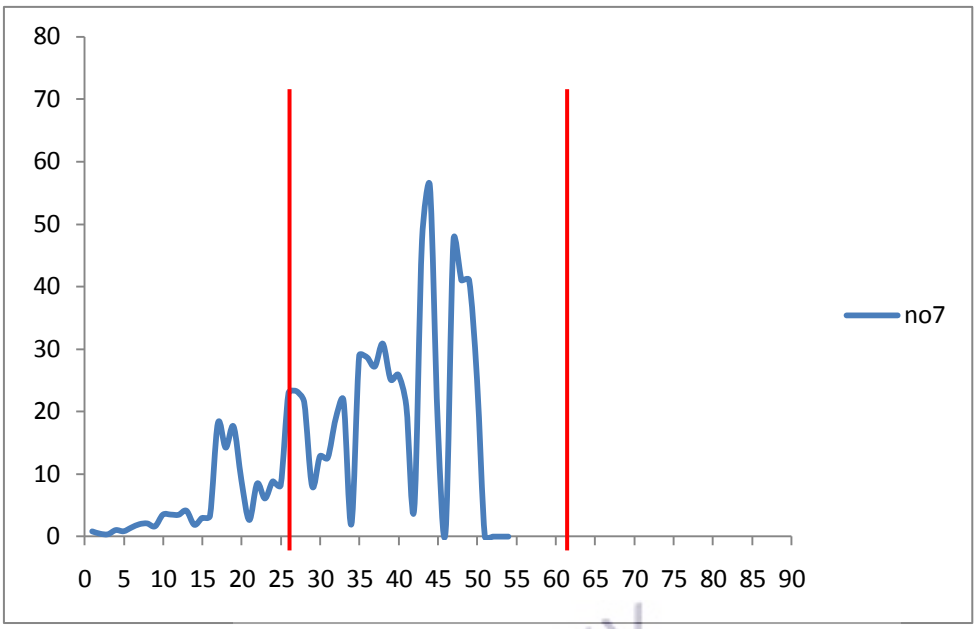


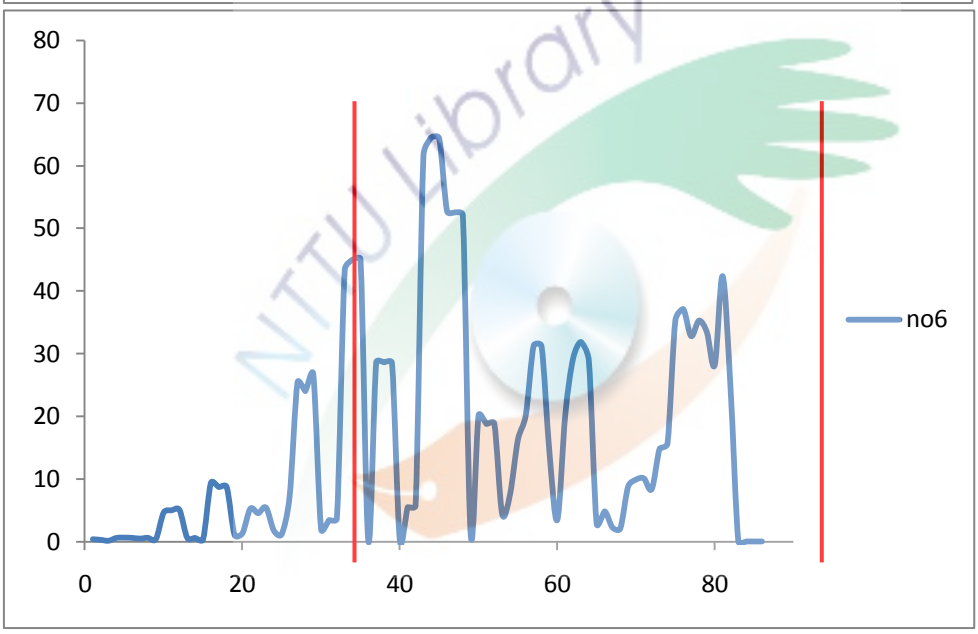
NITTU Library



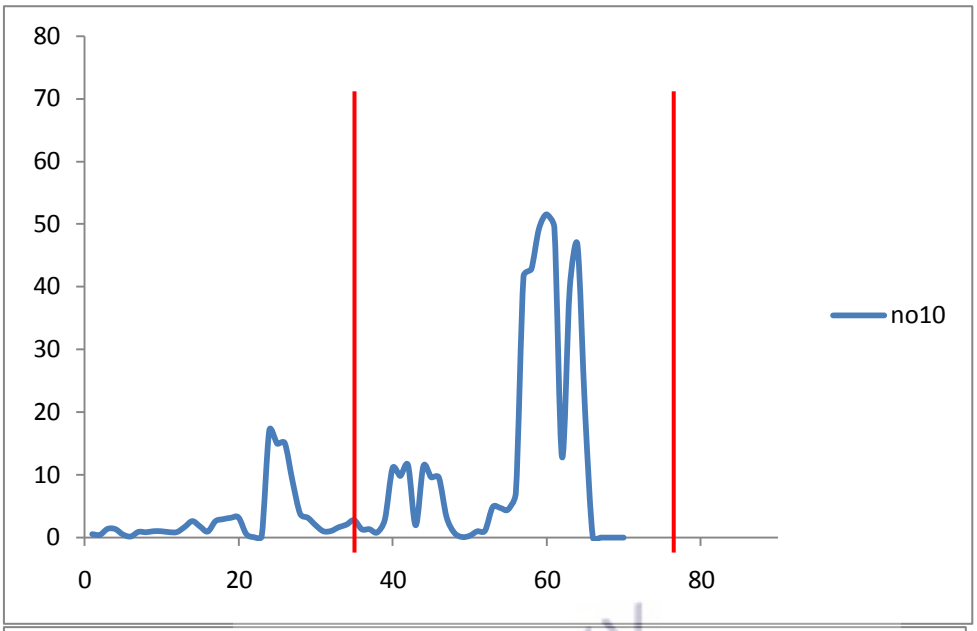


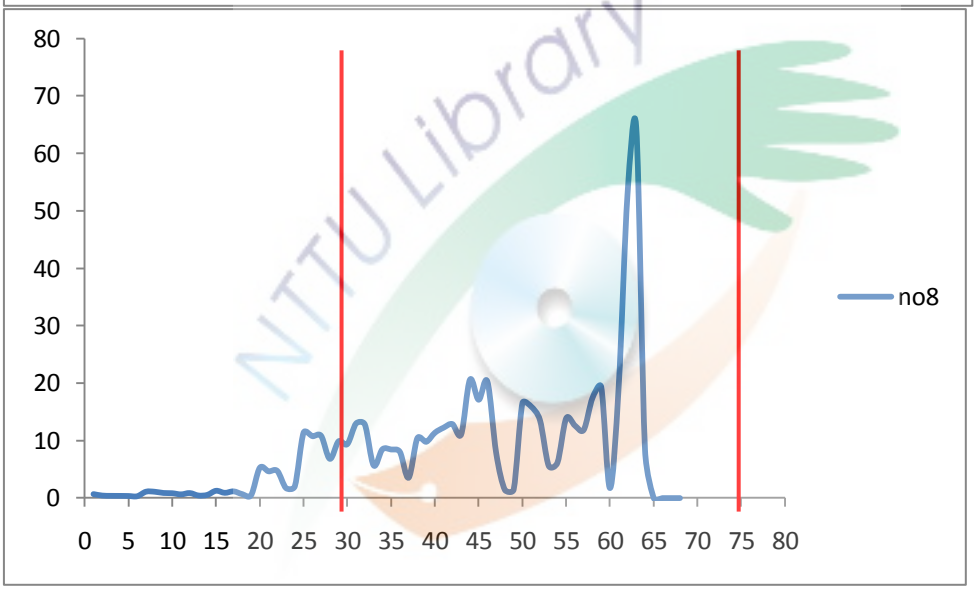
NTTU Library





NTTU Library





NTTU Library