

## 第參章 研究方法與步驟

本研究旨在探討跆拳道選手以「預蹲站姿」和「跳動站姿」兩種預備站姿進行中端及上端跳後踢動作的生物力學特徵及差異，根據研究目的將研究方法與步驟分為：第一節、研究對象；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗設計；第四節、實驗儀器與設備；第五節、實驗步驟與流程；第六節、資料處理與統計分析。

### 第一節 研究對象

本研究是以十名男子跆拳道運動績優生保送生為受試對象，受試者的比賽量級屬於第三及第四量級，接受專項訓練時間至少達六年以上，目前身心狀況良好，且均已熟練以預蹲站姿及跳動站姿來進行跳後踢動作。研究者向受試者說明研究計畫主題及實驗方法與流程後，徵得受試者同意並於同意書上簽名後，即正式成為本研究受試對象，受試者基本資料如表 3-1 所示。

表 3-1 受試者個人基本資料表

受試者	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	專項訓練 (年)	最佳成就
A	22	175	63	14	亞運培訓隊
B	22	178	63	12	世青國手選拔賽第二名
C	18	179	67	8	亞青少國手選拔賽第二名
D	18	180	62	6	全中運第一名
E	19	175	67	8	世大運國手選拔賽第二名
F	21	180	68	11	亞青國手選拔賽第二名
G	20	178	60	10	全國青少年錦標賽第二名
H	21	175	68	8	世青國手選拔賽第三名
I	21	176	64	12	全中運第一名
J	22	181	65	10	全運會第二名
平均值	20.4±1.5	177.9±2.4	64.7±2.6	9.9±2.3	

## 第二節 實驗時間與地點

本研究進行之實驗時間與地點如下：

- 一、預備實驗時間：民國 96 年 1 月 25~27 日。
- 二、正式實驗時間：民國 96 年 9 月 8~15 日。
- 三、實驗地點：台北市立體育學院運動器材科技研究所。

## 第三節 實驗設計

本實驗自變項分別為不同預備站姿（預蹲站姿、跳動站姿）與不同踢擊高度（中端：117 公分，全體受試者以預蹲站姿站立時，軀幹中心點距離地面高度的平均值；上端：145 公分，全體受試者以預蹲站姿站立時，下巴下緣距離地面高度的平均值）。依變項分別為重心位移與速度、軀幹角速度、下肢各關節線速度與角速度、動作速度與各階段時間、地面反作用力、衝量與踢擊力量。

本實驗設計架構圖如圖 3-1 所示：

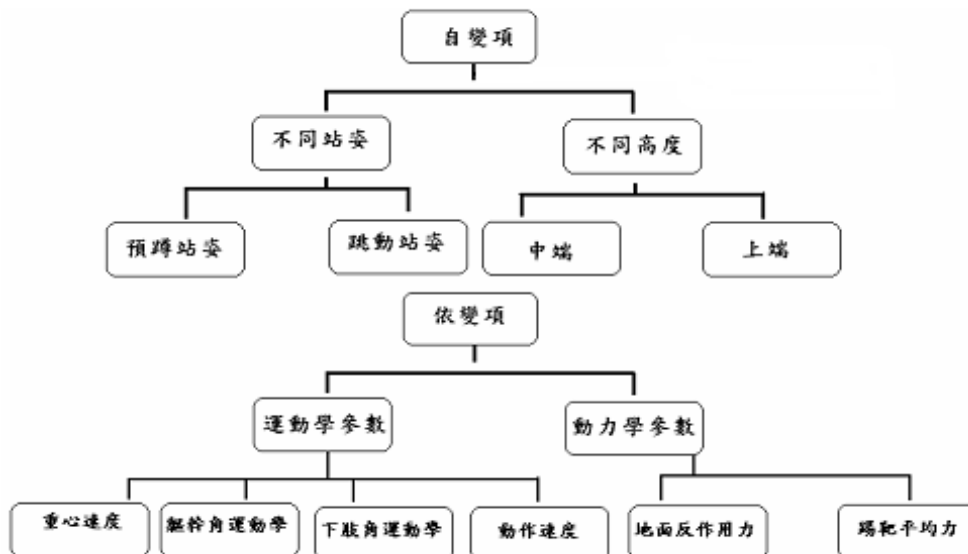


圖 3-1 實驗設計架構圖

## 第四節 實驗儀器與設備

本研究所採用的實驗方法中使用的儀器與設備，可區分為運動學測量 (Kinometry) 與動力學測量 (Dynamometry) 兩大部分。動作分析系統：觀察人體及踢靶運動；測力板系統：觀察前腳支撐、制動及後腳之推蹬情形。本研究是以一套 Motion Analysis System 之軟體 EVaRT.4.6，以及 Orthotrak 軟體推算質心運動學，結合 10 台 Eagle Hawk 紅外線三維光點攝影機、2 台 AMTI 測力板、Bio-pac MP35 擷取系統，以同步擷取受測者在跳後踢之運動學資料及跳後踢騰空前之地面反作用力資料，以及踢靶作用期踢擊平均力等資料。各測量系統分別詳述如下：

### 一、動作分析系統

Motion Analysis System 提供紅外線光點攝影機之資料處理器 (D-Link)，以及類比訊號終端機 (SCB-100)，透過 EVaRT 軟體於電腦主機之軟體保護鎖 (Dongle)，進行數位化與軟體同步分析，例如：經過 D-Link 之光點影像之即時 (Real time) 棒狀圖，以及經過 SCB-100 之肌電、測力板等訊號資料。10 台 Eagle Hawk 紅外線光點攝影機，將受測者身上的關節反光球反射回來的光點移動訊號，傳輸至處理器 (D-Link /analog signal)，進入主機之軟體保護鎖 (EVaRT Dongle) 轉成數位訊號分析 (亦即即時棒狀圖之運動分析)。

### 二、AMTI 測力系統

測力板是一塊長方形的金屬板面，在四個角落各裝有三個方向的壓電材料感應器，可以接受到從測力板上傳來的三種不同方向的力量資料，代表人體運動的向量。硬體組件包含有測力板 (AMTI Force Plate)、類比訊號終端機 (SCB-100)、電腦及 EVaRT 分析軟體、電源線及傳輸線。測力板部份採用兩塊與攝影機同步之 AMTI 測力板，其

中一塊為 60 cm × 40 cm，另一塊大小為 60 cm × 90 cm，截取頻率設為 1000 Hz。實驗時雙腳各站在一塊測力板上，聞訊號後才開始動作。訊號透過放大器傳至 16 頻道多功能接收盒，再傳入 A/D 類比-數位訊號轉換器，再傳入電腦之 Motion Analysis System 軟體作分析。測力板座標系統定義為前後 X 軸、左右 Y 軸、垂直 Z 軸（參見圖 3-2）。

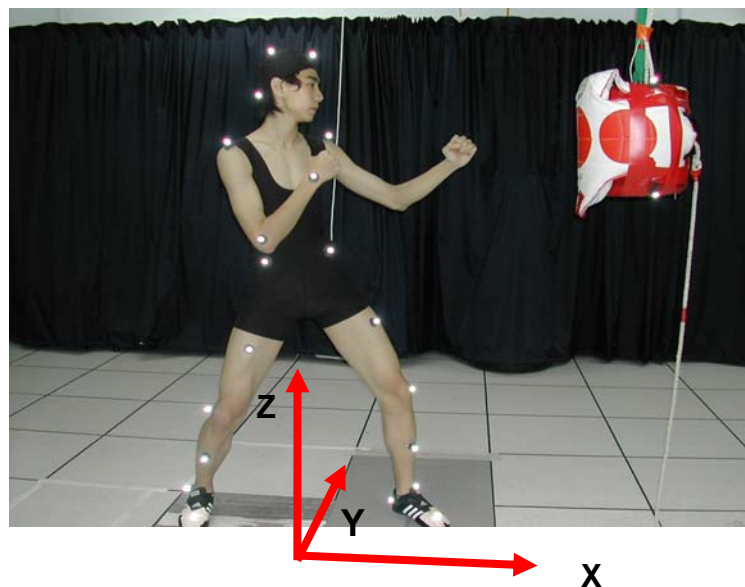


圖 3-2 測力板座標系統示意圖

### 三、EVaRT 軟體同步連結

開啟軟體設定鍵 (Setup) 設定連結測影機與測力板 (AMTI / 1000 Hz) 類比 (Analog) 訊號輸入 (圖 3-3)，並將測力板與動作影像之三軸合成為一。

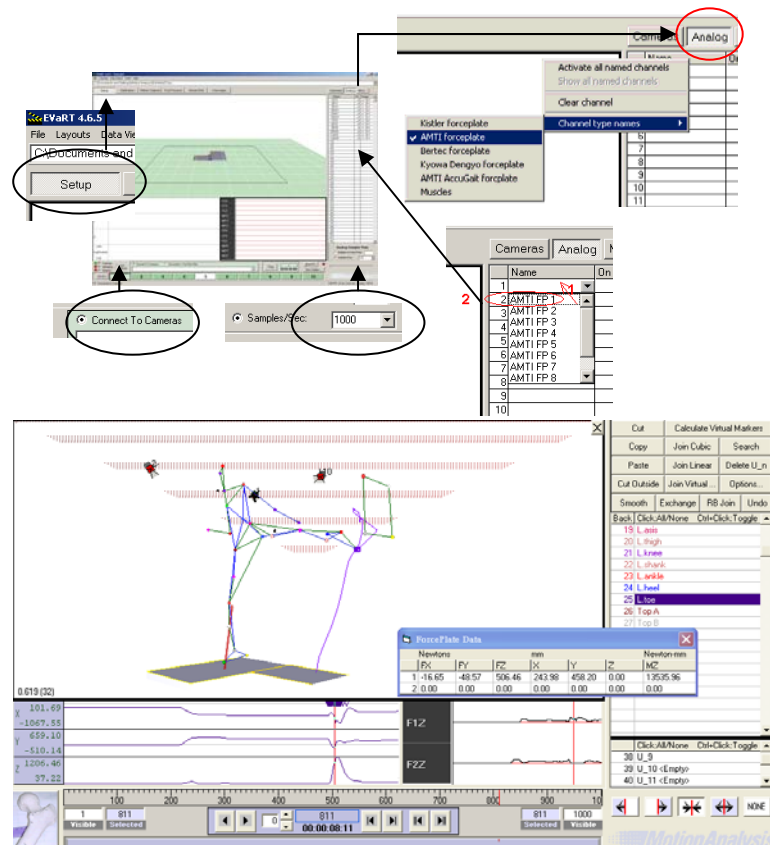


圖 3-3 EvaRT 同步連結運動學與動力學示意圖

#### 四、力量量測系統

為了直接量測出跳後踢動作的攻擊效果，本力量量測系統除了 Motion Analysis System 外，主要設備有兩種，分別為圓柱型踢靶一個（如圖 3-4）以及壓力感測器（Flexi-force Sensor, 如圖 3-5）。自行設計的圓柱型踢靶（其重量為 20 公斤，高度為 45 公分，直徑為 35 公分，踢靶內層由鐵片組合而成的圓柱型體，內裝有細沙，外層包覆泡棉。壓力感測器黏附於踢靶表面，經由 Motion 動作分析系統計算出踢靶質心於碰撞前後之速度變化乘上踢靶重量，再除以由 Biopac MP35 所量測之時間後，即可測得踢靶於作用期之踢擊平均力量。



圖 3-4 自製踢靶



圖 3-5 壓力感測器

## 第五節 實驗步驟與流程

本研究所挑選的受試者均是目前國內跆拳道現役選手，均已具備良好的踢擊手準，且已熟悉本實驗的動作要求。為使受試者更能適應本實驗的動作要求，於實驗前四週安排熟練實驗踢擊動作之預備訓練課程，每週兩次，每次 30 分鐘，並請教練協助督導。本研究之實驗步驟如實驗流程圖（圖 3-6）所示：

### 一、解說實驗流程與研究目的

將整個實驗的流程，實驗的儀器功能與作用，以及實驗的目的告知受試者，使受試者對本實驗更加瞭解。

### 二、填寫同意書

受試者在接受實驗前需填寫同意書（如附錄一），表示受試本身願意參與本實驗所有過程。

### 三、受試者填寫基本資料

讓受試者填寫基本資料，受試者的基本資料如附錄二所示。

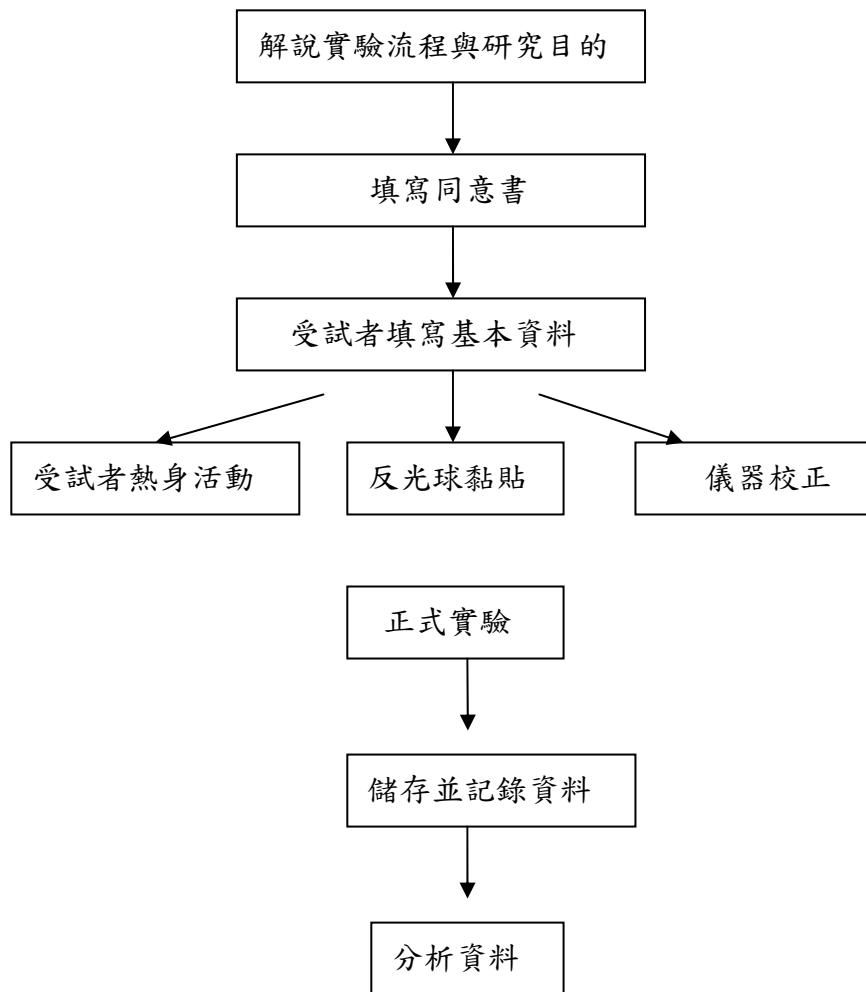


圖 3-6 實驗流程圖

#### 四、受試者熱身活動

依照受試者平常在訓練前所做的熱身活動，包括慢跑、伸展操及踢擊動作。

#### 五、光球黏貼位置

為了方便 Motion Analysis System 攝影機截取資料，根據 Helen Hey 的全身光點貼法（動態 25 光點，靜態 29 光點）貼上反光球，以便於 Orthotrak 軟體推算人體質心（採用 Dempster 之人體肢段模型與人體肢段參數）。其反光球黏貼位置及名稱如表 3-2 和圖 3-7 所示。

表 3-2 Helen Hey 反光球黏貼位置名稱

編號	黏貼位置名稱	編號	黏貼位置名稱
1	Top. Head	16	R. Shank
2	Front. Head	17	R. Ankle
3	Rear. Head	18	R. Heel
4	R. Shoulder	19	R. Toe
5	R. Offset	20	L. Thigh
6	R. Elbow	21	L. Knee
7	Rewrite	22	L. Shank
8	L. Shoulder	23	L. Ankle
9	L. Elbow	24	L. Heel
10	L. Wrist	25	L. Toe
11	R.ASIS	26	R. Knee. Medial
12	L.ASIS	27	R. Ankle. Medial
13	V. Sacral	28	L. Knee. Medial
14	R. Thigh	29	L. Ankle. Medial
15	R. Knee		



圖 3-7 反光球黏貼位置示意圖

## 六、儀器校正與測試流程

### (一) 測試前之測力板校正 (Calibration)

測力板經移動後不是原廠三軸設定方向，所以改變測力板

記事簿中的矩陣程式，使測力板與攝影 L 座標尺同軸向。

## (二) 測試前之攝影環境校正 (Calibration)

AMTI 測力板三軸與攝影之光點座標尺相同軸，進行 3D 空間之靜態校正，再以 T 型光點刷進行 10 台攝影機攝影範圍之壘堆區的動態校正，以測試預期動作（光點移動）的攫取效果

## (三) 事前建立動作檔 (Project-file)

受試者貼光點的名稱，鍵入 Model Edit 欄位，然後讓受測者貼光點進入攝影環境，以大字形 (T-pose) 站姿，接受攫取。

## (四) 動作檔的完善與即時棒狀圖的處理

T-pose 的光點經過軟體之確認 (Identify ID) 後，給予點的連線編輯 (Edit Linkage)，以及設定點與點相互自動追蹤的連結特色 (Joint Virtual) 後，產生隨後動作攫取時的即時 (Real-time) 棒狀圖將關節點連結成棒狀圖(如圖 3-8)。

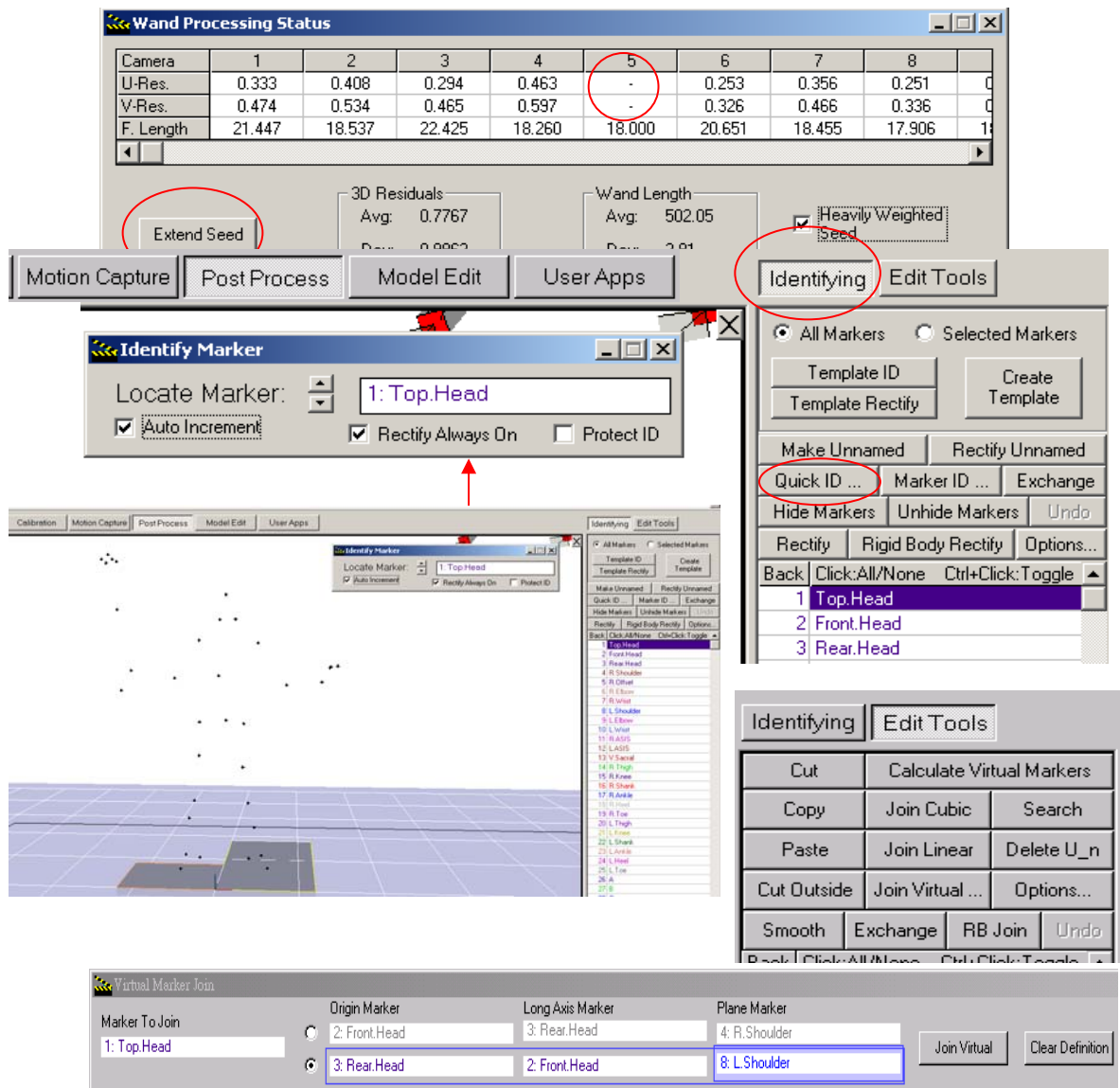


圖 3-8 人體資料檔棒狀圖的光點建檔圖

## 七、正式實驗

(一) 要求受試者穿著跆拳道專用鞋、受試者身穿黑色連身之萊卡布料緊身衣，並於受試者身上貼上白色反光球。

(二) 本實驗要求受試者以預備站姿雙腳分別站於二塊測力板上，進行兩種不同預備站姿(預蹲站姿與跳動站姿)跳後踢中端及上端踢擊動作，分別進行五次踢擊動作。受試者聽到預備口令，雙腳即刻站上測力板，採預備站姿面對踢靶，當聽到開始口令時，就直接就地跳起轉身進行跳後踢動作，當踢擊動作完成後，需回復至原來動作才能離開測力板(如圖 3-9)。受試者的攻擊腳必須踢中踢靶中心點之方形標誌(20 公分x20 公分)，才能視為有效動作。

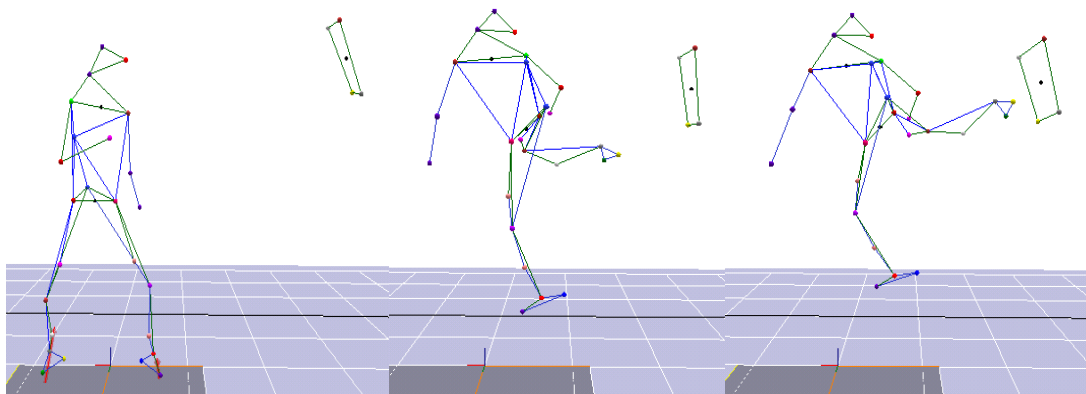


圖 3-9 踢擊踢靶示意圖 (由左→右)

## 第六節 資料處理與統計分析

### 一、運動學資料

本研究以肢段分析法 (segment method) 進行分析，以 Evart.4.6 軟體將收集到的運動軌跡之影像加以追蹤辨識，接著將各反光球標記之原始座標以 3cd 格式輸出，用以求取人體重心及各關節點之線運動及角運動學資料。本研究採用 Butterworth Fourth-order Zero Lag Digital 之程式將數位化後的原始資料加以修勻，截止頻率 (cutoff frequency) 為 6 Hz。由於 Motion 動作分析軟體在角運動學的計算上僅提供角度，對於角速度部分須自行再進行微分，而本研究是以中央差分公式來計算 (central-difference formula)。

中央差分公式 (central-difference formula) 計算方式如下：

$$\begin{aligned} f_i' &= \frac{1}{h} \left[ (f_i - f_{i-1}) + \frac{1}{2}(f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}) \right] + \text{誤差} \\ &= \frac{1}{h} \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2} + \text{誤差} \\ \text{誤差} &= -\frac{1}{6} h^2 f^{(3)}(\xi) \end{aligned}$$

針對頭尾則採用修正公式

針對第一點 (i=1)

$$f_1' = \frac{(-f_{i+2} + 4f_{i+1} - 3f_i)}{2h}$$

針對最後一點 (i=n)

$$f_i' = \frac{(f_{i-2} - 4f_{i-1} + 3f_i)}{2h}$$

h 為兩 frame 之時間間距

註：本部分的程式計算是以 Matlab 7.01 (The MathWorks, Inc) 版軟體來執行。

## 二、地面反作用力資料

本研究以 AMTI 測力系統對跳後踢兩種站姿上端反擊動作中之支撐腿與攻擊腿的地面反作用力進行分析，並採最佳化擷取頻率之低通濾波處理，分析資料包括地面反作用力的最大值與衝量，藉以了解攻擊腿與支撐腿在動作過程中推蹬與支撐制動的狀態。另外在衝量部分，由於 Motion-AMTI 系統僅提供力 (Force) 及力矩的大小，但對於衝量 (Impulse) 部分則無提供這方面的資料，故必須自行再做計算。而衝量的計算方式如下：

1. 先以 poly-fit 模擬力量對時間之曲線
2. 再以積分方程對所要截取的範圍內做積分，所得數值即為衝量。

註：本部分的程式計算是以 Matlab 7.01 (The Math Works, Inc) 版軟體來執行。

## 三、踢靶力量資料

根據衝量定理 ( $F\Delta t = m\Delta v$ )，本研究踢擊力量定義為攻擊腳踢中踢靶前後速度變化量除以碰撞時間而求出的踢擊平均力。

## 四、資料選取與統計分析

- (一) 實驗時每位受試者進行「預蹲站姿」與「跳動站姿」各五次上端踢擊動作，由於跆拳道是講求踢擊速度，故在資料的選取上，本研究選取其「預蹲站姿」與「跳動站姿」踢擊過程中動作時間最快的一次來進行分析（相關部分因樣本數的考量，則以動作時間最快的二次來進行分析）。
- (二) 以無母數檢定來分別考驗「預蹲中端」與「跳動中端」、「預蹲上端」與「跳動上端」跳後踢動作之運動學及動力學參數差異。
- (三) 以皮爾森 (Pearson product-moment correlation) 相關檢驗各項參數與踢擊表現之相關程度。

(四) 本研究資料之統計分析採用 SPSS 11.5 for Window 統計軟體來進行，顯著水準設為  $\alpha = .05$ 。