

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究方法

一、研究對象

本實驗是以八十九學年度全國中學運動會羽球項目團體第三名選手八位為實驗對象。

表 3-1 受試者基本資料

編號	年齡	身高 (cm)	體重 (kg)
1	18	182	75
2	19	171	63
3	18	174	64
4	19	173	65
5	18	174	65
6	18	175	68
7	18	177	72
8	19	167	66
平均數	18.4	174.1	67.3
標準差	0.52	4.6	4.2

二、時間及地點

民國 90 年 4 月 2、3 日在國立台灣海洋大學育樂館內實施。

三、器材

- (一)、Redlake 數位彩色高速攝影機二台，電腦主機
- (二)、Peak Performance Motus 7.0 動作分析軟體一套
- (三)、Peak Performance 3D 參考座標架一組
- (四)、1000W 投射照明燈 8 支
- (五)、羽毛球柱一組
- (六)、羽毛球網一面
- (七)、金斯頓比賽級羽毛球 10 打
- (八)、延長線 2 捲
- (九)、高功率電源供應器一組
- (十)、30M 皮尺一捲
- (十一)、計分牌一付
- (十二)、反光貼布一捲

四、主襄試人員

主試人員一人，襄試人員電腦操作二人，燈光控制二人，協助貼反光布及基本資料填寫二人。

第二節 步驟

一、場地佈置

本實驗場地與儀器佈置安排如圖 3-1。

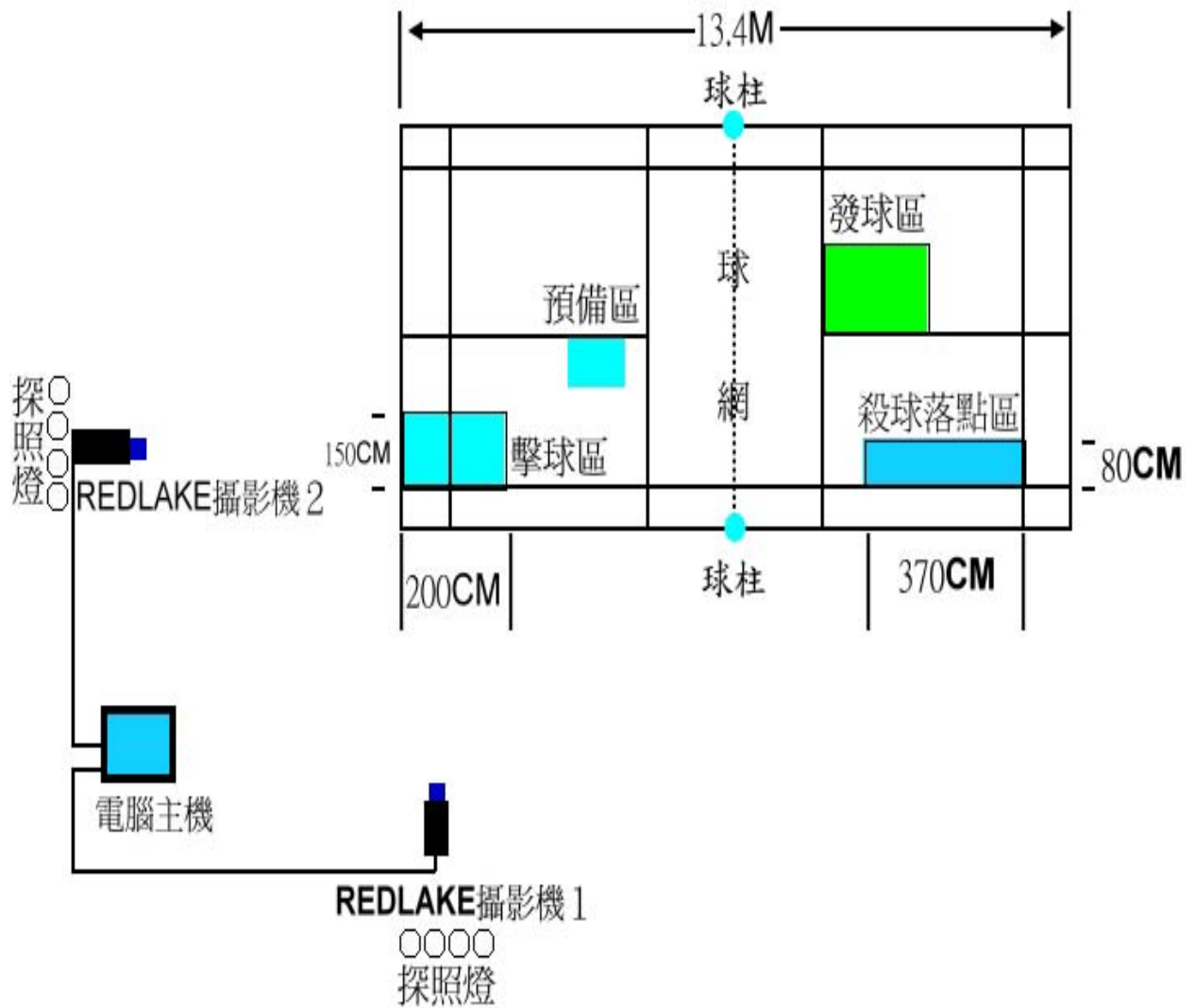


圖 3-1:實驗場地與儀器佈置圖

二、儀器架設

以二台 Redlake 數位彩色高速攝影，分別架設於受試者之右側與正後方。右側之高速攝影機與運動方向垂直。二部攝影機同時連接至電腦主機，並以該系統之同步訊號啟動器連結，將所拍攝接受到之資料儲存於電腦硬碟中。每部攝影機之拍攝影片速度為 250Hz，快門速度為 1/2500 秒。

三、儀器之同步

由於本實驗為二台高速攝影機同時拍攝，因此藉由 Redlake 高速攝影機本身系統連接同步頻道 (trigger)，當發球員將羽球以正手發高遠球至最高點時，立即啟動二部攝影機將受試者動作紀錄存檔。

四、施測與流程

- (一)、說明實驗流程
- (二)、填寫實驗同意書、受試者基本資料
- (三)、受試者熱身並作擊球動作練習
- (四)、換穿束褲，脫上衣，在關節點貼上反光標誌
- (五)、受試者至球場練習並等候通知開始測試。
- (六)、拍攝時，發球員將羽球以高遠球發出至對場擊球區，高度必須超過 2.44M 同時，受試者由預備區向後移位至擊球區將球分別依不同殺球方式，將球擊入落點區才算有效。

五、拍攝 3D 參考座標架

於受試者動作完成後，將 Peak Performance 3D 參考座標架 (Calibration Frame) 置於擊球區中央，然後啟動 Redlake 數位彩色高速攝影機，於實驗動作實施前與實施後均拍攝一次，參考座標架 25 個座標點所涵蓋的範圍為 2.2M×2.2M×1.6M 的立體空間。

六、資料處理

本實驗所得的影像資料，透過影像擷取軟、硬體將類比影像資料轉換成數位影像資料，利用 Peak Performance 公司研發的 Motus7.0 動作分析軟體系統進行直接線性轉換 (Directional Linear Transformation) 與各參數的運算，由於三度空間角度過於複雜，本研究所採用角度為投影在矢狀面的角度。並以 SAS 8.02 版統計分析軟體計算，並得到以下的數值：

(一)、人體標誌點 (Landmark)

頭頂、右耳、左耳、右肩關節、左肩關節、右手肘關節、左手肘關節、右手腕關節、左手腕關節、右中指根部、左中指根部、右腕關節、左腕關節、右膝關節、左膝關節、右踝關節、左踝關節、右腳跟、左腳跟、右腳尖、左腳尖。

(二)、十四個肢段 (Segment)

頭、軀幹、右上臂、左上臂、右前臂、左前臂、右手掌、左手掌、右大腿、左大腿、右小腿、左小腿、右足、左足。

(三)、將 Peak Performance 3D 參考座標架影像座標數位化。

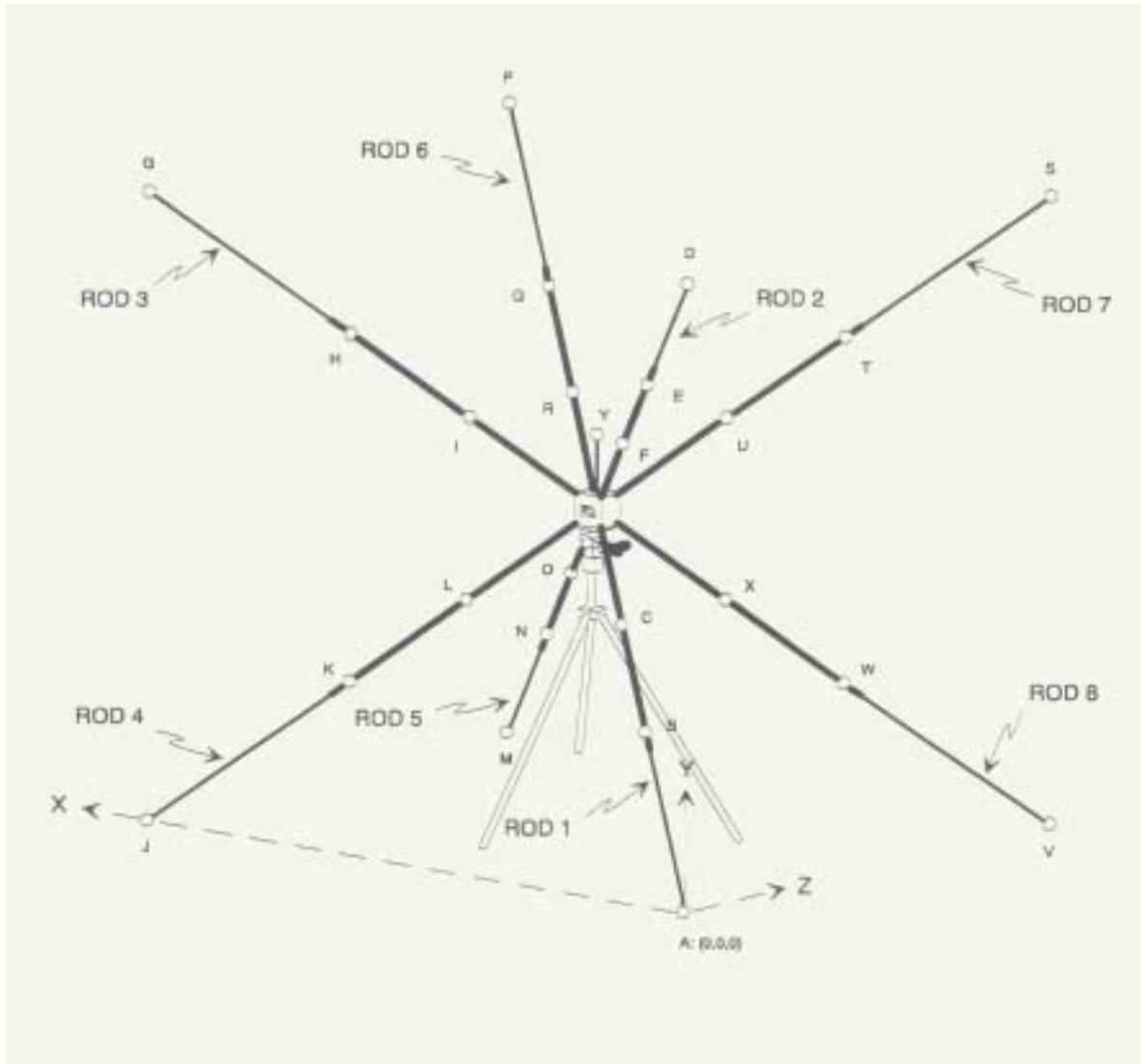


圖 3-2: Peak Performance 3D 參考座標架

(四)、計算參考點的誤差，在 X, Y, Z 軸三個方向的誤差必須小於實際空間長度的 0.5% ，如表 3-2 所示。

表 3-2 25 點參考點實際座標值與線性轉換後之誤差

	X 方向	Y 方向	Z 方向
誤 差：	0.004	0.004	0.004 公尺
誤差百分比：	0.1928	0.1994	0.2729 %

(五)、運動學資料與數位化的過程

本研究是使用 Peak Performance 公司研發的 Motus7.0 動作分析軟體系統，分別點取二部攝影機不同殺球動作的人體二十一個關節標誌點、球拍握把底端、拍頂、羽球標誌點及地面參考點，透過三度空間座標系統資料的直接線性轉換後，即可獲得實際的三度空間座標值 (X, Y, Z)。有關整個數位化的原理與過程說明如下：

1、直接線性轉換 (DLT)

利用影片分析三度空間座標時，取影片座標與空間座標的線性關係來計算空間座標的方法，稱為直接線性轉換法 (DLT)，它必須以控制點來計算轉換常數，並依兩部攝影機的轉換常數來計算空間座標 (王金成等人，1990)。其計算攝影機常用的方法，是以 12 個方程式計算 11 個轉換常數，方法如下：

設 攝影機號碼 $i=1,2$ ；控制點號碼 $j=1,2,\dots,n$

U_{ij} = 控制點 j 、攝影機 i 的水平座標

V_{ij} = 控制點 j 、攝影機 i 的垂直座標

$A \sim K$ 為轉換常數；

x 、 y 、 z 為控制點的空間座標

其線性關係如下：

$$U_{ij} = \frac{A \cdot x_j + B \cdot y_j + C \cdot z_j + D}{E \cdot x_j + F \cdot y_j + G \cdot z_j + 1}$$

$$V_{ij} = \frac{H \cdot x_j + I \cdot y_j + J \cdot z_j + K}{E \cdot x_j + F \cdot y_j + G \cdot z_j + 1}$$

利用六個以的控制點，即可將方程式以行列式表示，並以最小平方
法 (Least Square Method) 計算出 A~K 共 11 個轉換常數，其寫法如下：

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 & -U_1 x_1 & -U_1 y_1 & -U_1 z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 & -U_2 x_2 & -U_2 y_2 & -U_2 z_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 & -U_3 x_3 & -U_3 y_3 & -U_3 z_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_4 & y_4 & z_4 & 1 & -U_4 x_4 & -U_4 y_4 & -U_4 z_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_5 & y_5 & z_5 & 1 & -U_5 x_5 & -U_5 y_5 & -U_5 z_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_6 & y_6 & z_6 & 1 & -U_6 x_6 & -U_6 y_6 & -U_6 z_6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_1 x_1 & -V_1 y_1 & -V_1 z_1 & x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_2 x_2 & -V_2 y_2 & -V_2 z_2 & x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_3 x_3 & -V_3 y_3 & -V_3 z_3 & x_3 & y_3 & z_3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_4 x_4 & -V_4 y_4 & -V_4 z_4 & x_4 & y_4 & z_4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_5 x_5 & -V_5 y_5 & -V_5 z_5 & x_5 & y_5 & z_5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -V_6 x_6 & -V_6 y_6 & -V_6 z_6 & x_6 & y_6 & z_6 & 1 \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & \cdot & & & & & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \\ H \\ I \\ J \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \\ U_6 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix}$$

在求得轉換常數後，即可依轉換常數建立空間座標方程式，其方法
即將 A~K 代入方程式 (1) 中，並由二部攝影機的平面數位化資料，以
最小平方方法 (Least Square Method) 求解 x、y、z，其方程式如下：

$$\begin{bmatrix} A_1 - E_1 U_1 & B_1 - E_1 V_1 & C_1 - E_1 W_1 \\ H_1 - E_1 U_1 & I_1 - E_1 V_1 & J_1 - E_1 W_1 \\ A_2 - E_2 U_2 & B_2 - E_2 V_2 & C_2 - E_2 W_2 \\ H_2 - E_2 U_2 & I_2 - E_2 V_2 & J_2 - E_2 W_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 - D_1 \\ V_1 - K_1 \\ U_2 - D_2 \\ V_2 - K_2 \end{bmatrix}$$

由於三度空間參考座標架上的控制點之座標為已知值(實際測量而得)，故可以均方根 (Root Mean Square) 法，求得此直接線性轉換法的估計誤差值，其算法如下：

$$E_{RMS} = \frac{\sqrt{\sum (X_R - X_I)^2}}{N}$$

其中 X_R 為參考值， X_I 為實測值。

2、資料的修勻

從影片藉由 Peak Performance 3D 參考座標架關係轉換所得之座標數據稱為「原始數據」(Raw Data)，而原始數據中常常參雜有干擾 (noise)，而干擾的來源包括攝影機的震動、數位化過程的人為判斷誤差或是轉換過程中的一些隨機誤差...等 (Winter, 1990)，所以，必須將資料作修勻以降低誤差。

- (1). 使用三次樣條函數 (Cubic Spline) 的方法修勻羽球拍頭及羽球行進及殺球動作過程之右手指、右手腕及右手肘之影像座標數據。
- (2). 以 Butterworth 的方法修勻殺球動作過程之人體肢段的影像座標數據。

本研究採用的人體肢段的影像平滑方法是 Peak Performance 公司研發的 Motus7.0 動作分析軟體系統提供的四階零相位移數位濾波法 (Butterworth Fourth-order Zero Lag Digital Filter) 將數位化後的原始資料加以修勻，其修勻的方程式：

$$X^1(nT)=a_0X(nT)+a_1X(nT-T)+a_2X(nT-2T)+b_1X^1(nT-T)+b_2X^1(nT-2T)$$

X^1 ：為修勻後的座標資料

X ：為未修勻的原始座標資料

nT ：為第 n 個採樣畫面

$(nT-T)$ ：為第 $n-1$ 個採樣畫面

$(nT-2T)$ ：為第 $n-2$ 個採樣畫面

$a_0...b_2$ ：為過濾係數

本研究的數位濾波法中，選用的截止頻率 (Cutoff Frequency) 是 6Hz；修勻的方法是從原始數據帶入公式中從頭至尾過濾一次，是為二階低通濾波 (Butterworth-type low-pass filter of second order)，這時將會在截止頻率處有 90 度的相位遲滯 (phase lag)，而產生相位失真 (phase distortion)。所以，為了消除相位遲滯的情形，則需將修勻後的資料自尾至頭再修勻一次，使相位前移 90 度。

3、速度與加速度的計算方法

假設位移的資料為 d_i ， $i=1、2、...、n$ (i 為影片張數)

Δt 為影片與影片間的時間間隔

(1)、速度的計算方法

當 $i = 1$ 時，速度

$$V_1 = \frac{-d_3 + 4d_2 - 3d_1}{2\Delta t}$$

當 $i = 2, \dots, n-1$ 時，速度

$$V_i = \frac{d_{i+1} - d_{i-1}}{2\Delta t}$$

當 $i = n$ 時，速度

$$V_n = \frac{d_{n-2} - 4d_{n-1} + 3d_n}{2\Delta t}$$

(2)、加速度的計算方法

當 $i = 1$ 時，加速度

$$a_1 = \frac{2d_1 - 5d_2 + 4d_3 - d_4}{\Delta t^2}$$

當 $i = 2, n-1$ 時，加速度

$$a_i = \frac{d_{i+1} - 2d_i + d_{i-1}}{\Delta t^2}$$

當 $i = 3$ 時，加速度

$$a_i = \frac{0.0833(-d_{i+2} + 16d_{i+1} - 30d_i + 16d_{i-1} - d_{i-2})}{\Delta t^2}$$

當 $i = n$ 時，加速度

$$a_i = \frac{d_{n-3} - 4d_{n-2} - 5d_{n-1} + 2d_n}{\Delta t^2}$$

(六)、將修勻過的人體資料利用電腦計算每次殺球的各種數據：

1. 擊球後羽球飛行之初速及角度
2. 擊中球瞬間的拍面與水平面所成矢狀面角度
3. 擊中球瞬間的上肢關節矢狀面角度與角速度
4. 擊球點與擊球者的距離
 - (1). 擊中球瞬間的擊球點離地面的高度
 - (2). 擊球點與身體重心的水平與垂直距離
5. 重心變化
 - (1). 從重心最低點到擊中球瞬間的動作時間
 - (2). 從重心最低點到擊中球瞬間的重心水平位移與垂直位移
 - (3). 擊中球瞬間的重心移動合速度



1.為擊球點高度 2.為擊球點與重心之垂直距離
3.為擊球點與重心之水平距離

圖 3-3:殺球擊球點與人體距離關係圖



A腕關節角度 B.肘關節角度 C.肩關節角度

圖 3-4:羽球殺球運動學角度界定圖

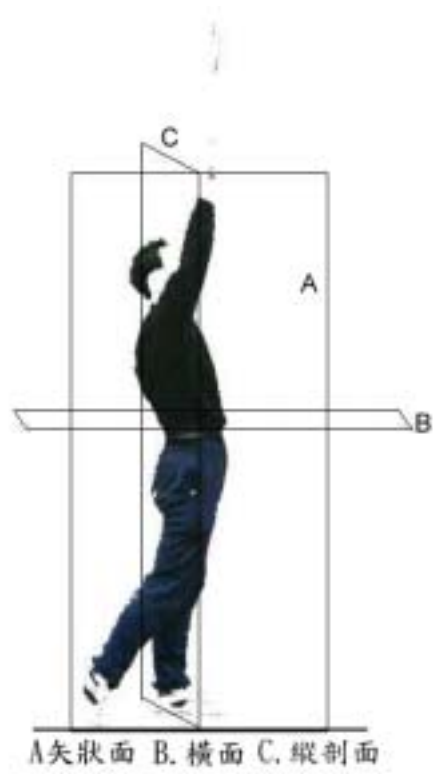


圖 3-5 人體運動方向解剖面

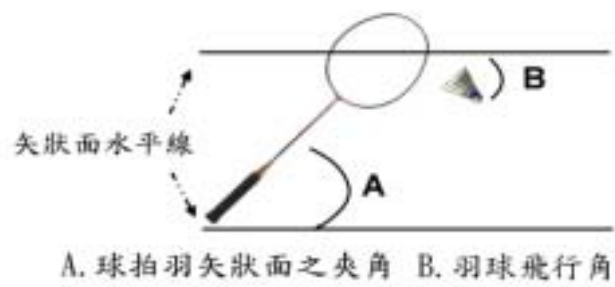


圖 3-6 羽球拍擊球角度及羽球飛行角示意圖

七、統計方法的分析

- (一)、在本實驗中是以相依樣本 t 考驗的統計方法，進行不同殺球動作各項參數的差異檢定，其顯著差異水準定為.05。
- (二)、以描述統計說明各參數之實驗結果。