

第肆章 結果

第一節 不同情境的動作結果表現

一.利用回饋方程式的作用

利用指導語與回饋方程式提供分數給予實驗參與者做為回饋，而實驗參與者利用所得到的回饋分數來調整不同動作策略來將分數降低，而此回饋方程式有著不同的比重(weighting)在強調動作時間與動作的準確度，在快速度情境比重為(1000:1)、中快速度情境為(500:1)、速度與準確度皆注重比重為(1:1)、中慢情境為(1:500)與注重準確度情境比重為(1:1000)。本實驗將最好分數定為 1 為最好分數，小於 1 為次好，大於 1 為最差，實驗參與者必須利用此依限制將試做表現調整動作速度或是瞄準目標的準確度來達到最好分數。圖 4-1 為實驗參與者實際的結果表現在動作時間與空間誤差做圖來觀察主要分為兩種趨勢，在 12 位實驗參與者有 8 位根據在不同情境根據不同比重的回饋方程式給予分數回饋，透過回饋分數其動作結果表現有逐漸被引導到五個不同區域裡，但剩下 4 位實驗參與者雖透過回饋的分數改變其動作表現，但結果並不明顯。圖 4-2 為根據上述實驗參與者的表現分數在不同情境下表現的情形改變情形，圖中紅色線 6 表示最好分數 1，可以觀察到也分為兩種趨勢，其一為所有實驗參與者隨著試做次數的增加，表現分數也逐漸趨近於最好表現分數 1，呼應圖 4-1 上面的情形，惟獨在第五情境中，這樣的趨勢並不明顯，原因可能是因為此一情境的困難度高，所以產生這樣的結果，另一為在每一個情境裡實驗參與者的分數都上下起伏很大，其原因可能為實驗參與者只利用一種策略，但其策略只符合一種情境，而並非所有情境也反應出圖 4-1 下圖的情形。

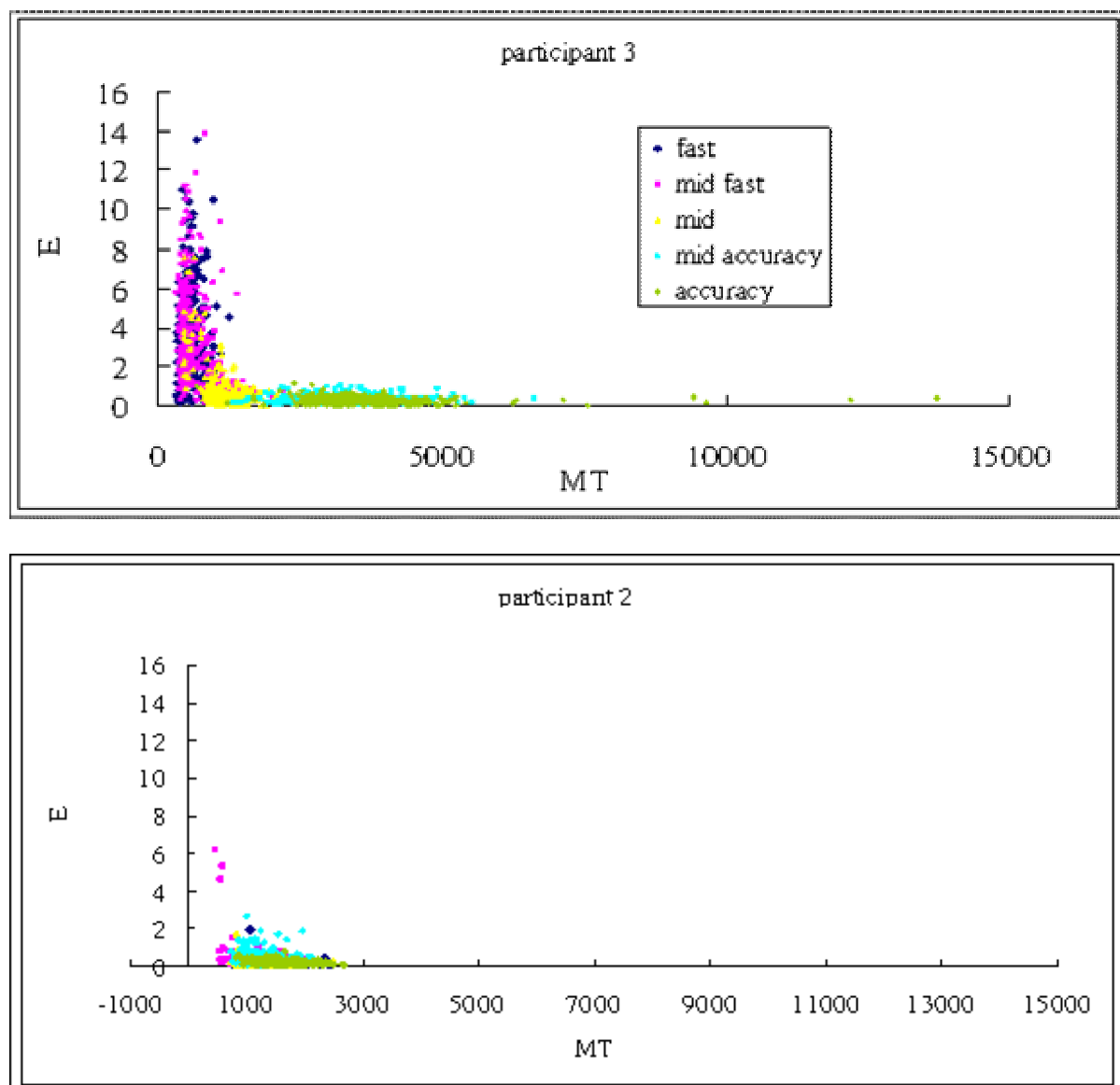


圖 4-1 為實驗參與者 3 與實驗參與者 2 動作時間與誤差，從這樣的結果可以觀察到由從相同的回饋程式所給予的回饋，但其實驗參與者的表現會有所不同。

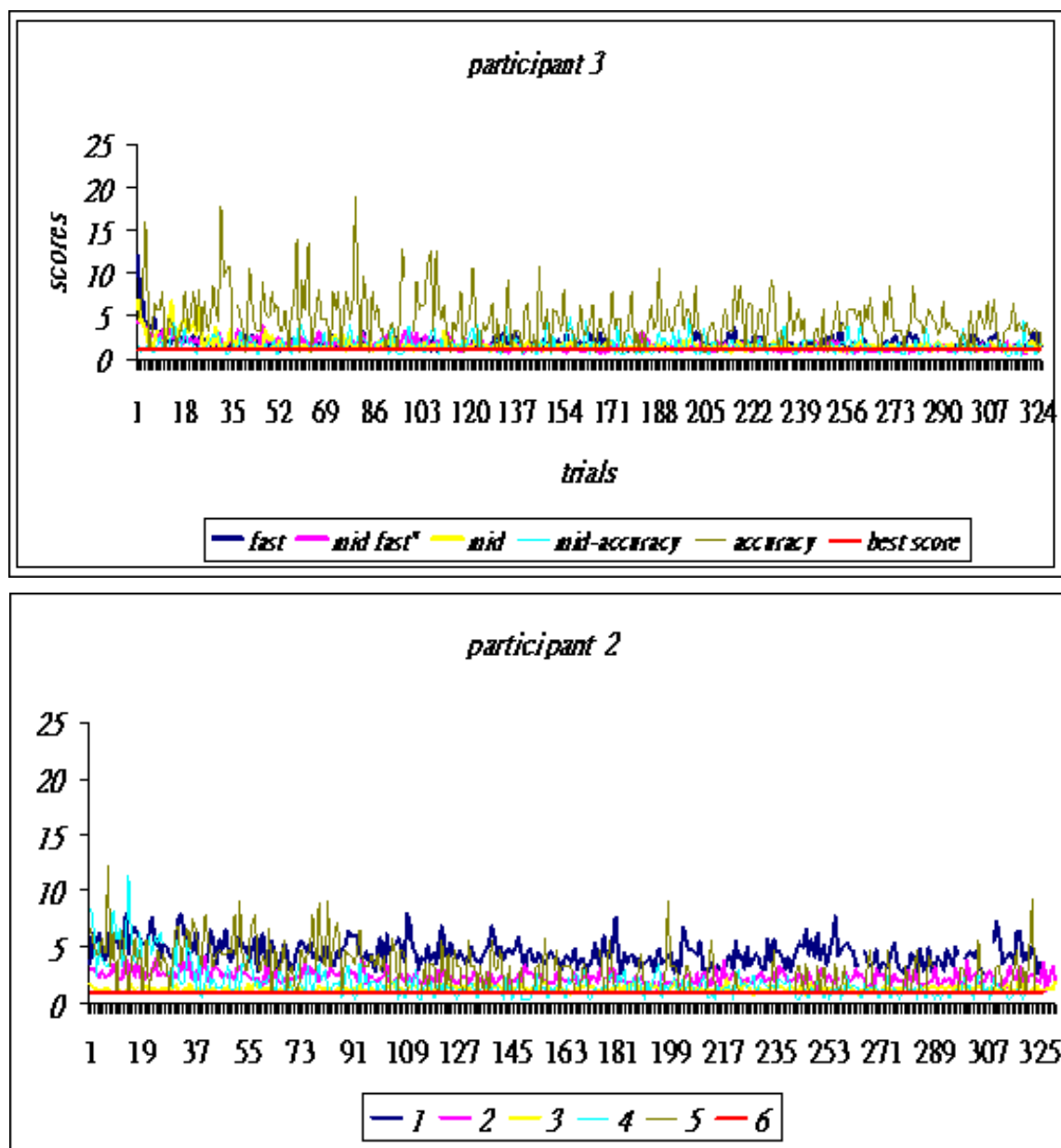


圖 4-2 實驗參與者 2、3 動作表現分數，實驗參與者的表現分數主要分為此兩種趨勢，一種為分數隨著試做次數增加而減少(上圖)，另一種則為在每一個情境裡上下起伏都很大，惟獨在某一情境裡分數隨著試做次數而降低(下圖)，幾乎所有實驗參與者在第五情境(準確)的分數上下起伏都很大，而在其他情境都有隨著試做增加而降低的趨勢。

二.動作時間

圖 4-3 為所有實驗參與者在不同情境下的動作時間平均數，其中又將所有實驗參與者的動作時間平均數分為七個長條區塊(blocks)，每一個區塊為 50 次試做的動作平均數，惟獨每一個情境的最後一個區塊為 300 次試做後，20 到 30 不等

的動作時間平均數。從圖中可以觀察到在第一個情境與第二情境裡，此兩種情境皆為注重時間，而動作時間隨著試做次數的增加而減少，代表說實驗參與者逐漸根據回饋方程式所給予的回饋分數來調整動作策略，增加動作速度來將分數降至 1。

利用重複量數 ANOVA(7 區塊 X 5 情境)來檢驗不同區塊在不同的情境是否有影響，不同情境之間有差異 $F(1.892, 20.810)=24.318, p<.05$ ，在組內不同區塊沒有顯著差異 $F(2.284, 25.120)=.836, p>.05$ ，而不同區塊與不同情境有交互作用 $F(4.174, 45.919)=3.071, p<.05$ ，在單純主要效果裡在第一情境裡有顯著差異 $F(6,66)=14.678, p<.05$ ；在第二情境也有顯著差異 $F(6,66)=13.292, p<.05$ ；第五情境也有顯著差異 $F(6,66)=3.139, p<.05$ 。在組間裡每一個情境的動作時間裡有顯著差異 $F(4,55)=22.855, p<.05$ ，看事後比較，第一個情境小於第四、第五情境， $p<.05$ ；第二情境小於第三、四、五情境， $p<.05$ ；第三情境大於第二情境， $p<.05$ ，小於第四、第五情境， $p<.05$ ；第四與第五都大於第一、二、三情境， $p<.05$ 。從以上可以看出主要分為兩群體，一為第一、第二與第三情境，另一為第四與第五情境，而其現象合理，因為第一、第二與第三情境中期影響因素皆為有注重動作時間。

從交互作用來看，在第一情境裡每一個區塊有顯著差異 $F(1.942,21.367)=14.678, p<.05$ ；第二情境裡每一個區塊有顯著差異 $F(2.443,26.871)=13.292, p<.05$ ；第五情境每一個區塊有顯著差異 $F(4.010,44.115)=3.139, p<.05$ ；第三與第四情境裡的每一個區塊則無顯著差異 $F(2.856,31.412)=.584, p>.05$ ； $F(1.651,18.657)=.574, p>.05$

。

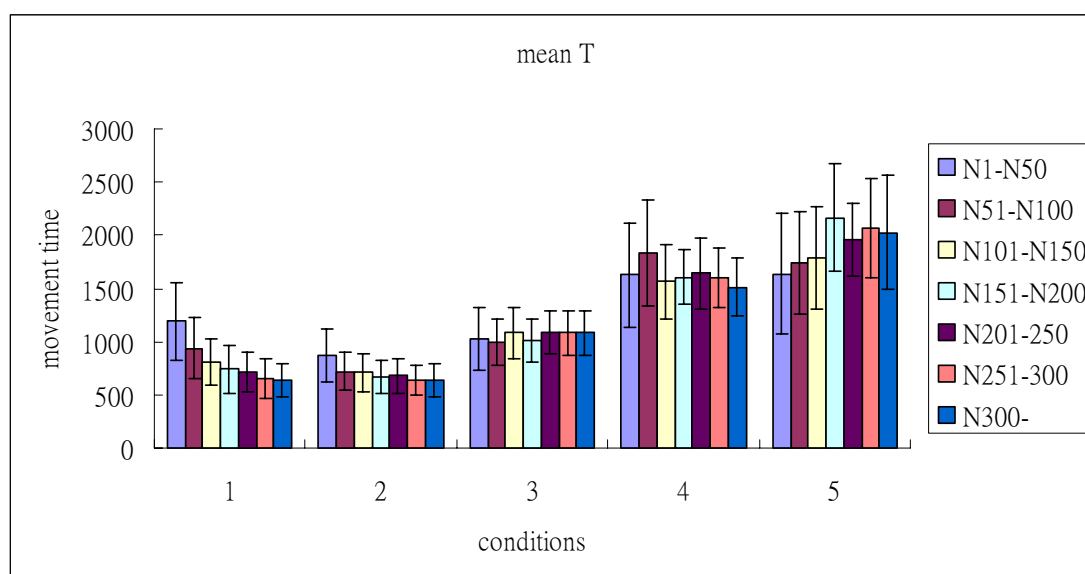
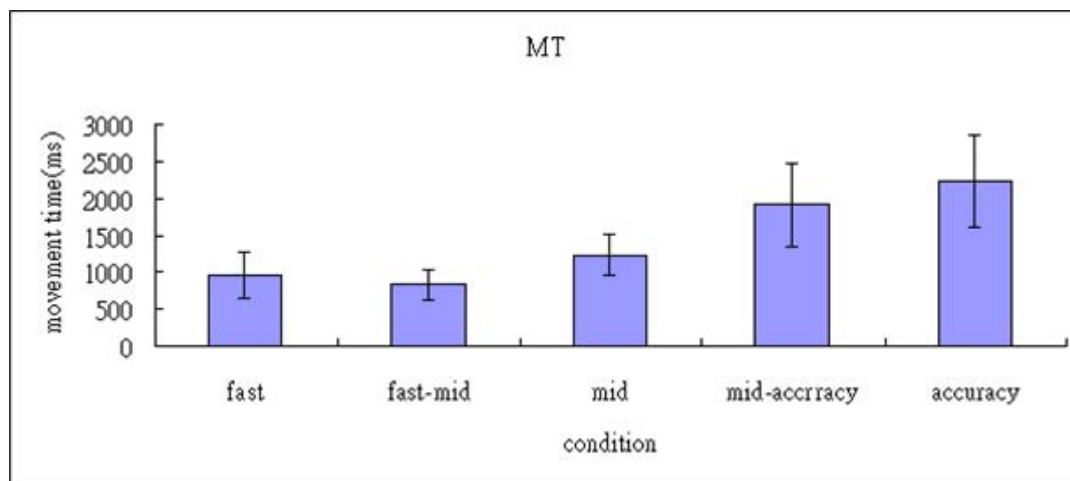
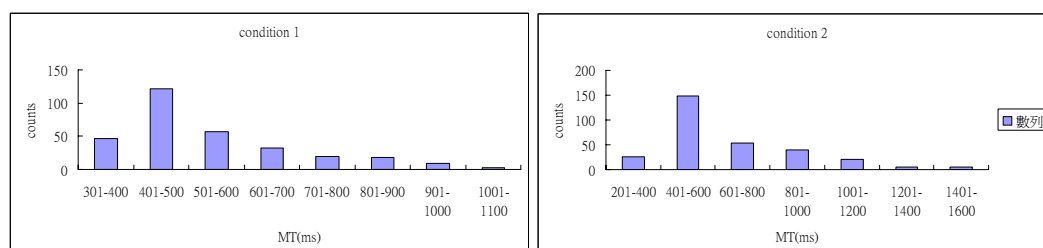


圖 4-3 平均動作時間結果在第一與第二情境為注重時間，所以可以觀察到動作時間隨著試做次數降低，而其他三種情境為注重準確度，其降低的趨勢不明顯。

不同情境下動作時間結果如圖 4-4，從圖中可以觀察到在第一與第二情境裡為注重時間的情境，所以其分佈為正偏態，大部分的試做集中在快速度區域裡，而另外三個情境不是在強調速度，所以我們可以觀察到其分佈情形接近常態分佈，符合 Hancock 和 Newell(1985)的預測。



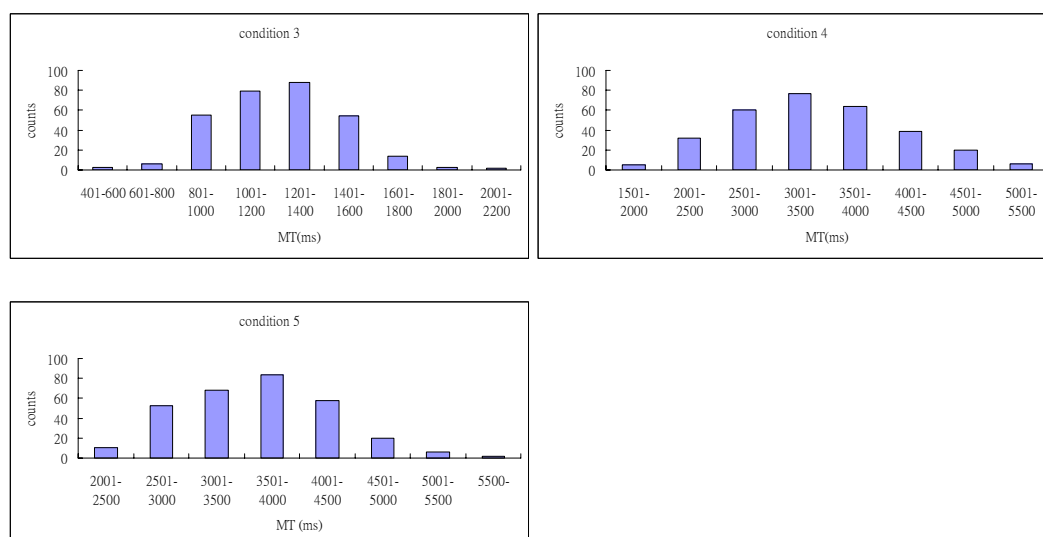


圖 4-4 為實驗參與者 3 在不同情境下動作時間的分佈圖

三.動作誤差

在動作結果表現誤差方面可以看到圖 4-5，同樣的也將所有實驗參與者在不同情境中的動作表現誤差作平均，在分為七個區塊，每一個區塊代表為 50 次試做，其每一個情境中最後一個區塊為 20 到 30 不等的試做動作表現誤差的平均數，從圖中可以觀察到在第一個情境中誤差隨著試做次數而增加，這呼應先前圖 4-3 在第一與第二情境裡犧牲準確度來縮短動作時間，根據速度與準確度消長的關係，減少動作時間而增加了動作誤差，而在第三、四與五情境裡為注重準確度的情境，可以觀察到誤差有隨著試做次數的增加而減少的趨勢，從圖 4-5 可以觀察到此現象，符合我們所預測的結果。

利用重複量數 ANOVA 對不同情境的動作表現誤差來做檢測，在情境有顯著差異 $F(1,308,14.385)=12.226$ $p<.05$ ；在組內不同區塊之間沒有顯著差異 $F(2,676,29.437)=1.695$ $p>.05$ ，而不同區塊在不同情境交互作用有顯著差異 $F(3,939,43.325)=2.640$ $p<.05$ ，在單純主要效果上，第一情境有顯著差異 $F(6,66)=2.598$ ， $p<.05$ ；第四情境有顯著差異 $F(6,66)=3.179$ ， $p<.05$ ；第五情境有顯著差異 $F(6,66)=12.492$ ， $p<.05$ ，其他情境則無顯著差異 $p>.05$ 。在組間有顯著差異 $F(4,55)=10.399$ ， $p<.05$ ，看事後比較，第一情境大於第四、第五情境 $p<.05$ ；第二情境大於第三、第四、第五情境 $p<.05$ ；第三情境小於第二情境 $p<.05$ ；第四

情境大於第五情境 $p < .05$ ；第五情境小於第四情境 $p < .05$ 。

在交互作用方面，第一情境的不同區塊有顯著差 $F(3.042, 33.459) = 2.597$, $p < .05$ ；第三情境的不同區塊有顯著差異 $F(1.630, 17.935) = 4.027$, $p < .05$ ；第四情境的不同區塊有顯著差異 $F(2.307, 25.381) = 3.118$, $p < .05$ ；第五情境的不同區塊有顯著差異 $F(5.341, 58.755) = 12.686$, $p < .05$ ；但在第二情境裡則無顯著差異 $F(1.838, 20.222) = .148$, $p > .05$ 。

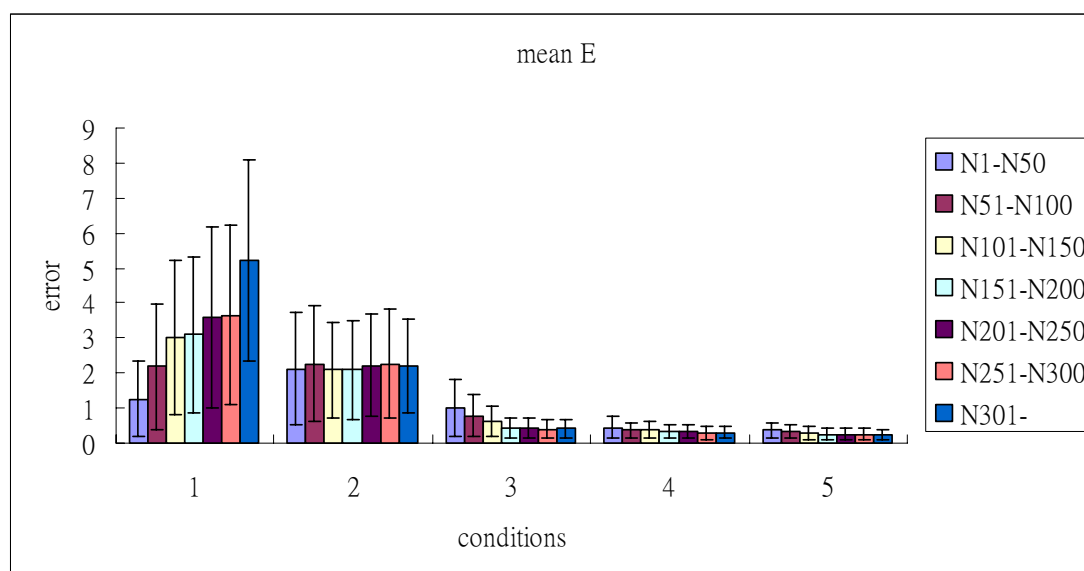
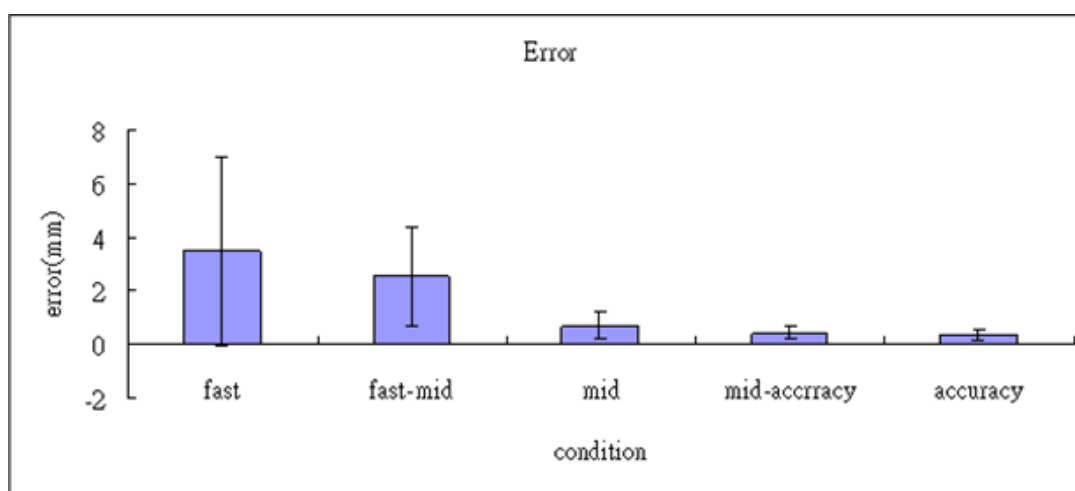


圖 4-5 平均動作誤差在第一情境裡隨著動作時間的增加其誤差也逐漸增加，而在第三、四與五情境裡為注重準確度，可以看到隨著試做次數增加有減少的趨勢。

在圖 4-6 為動作誤差的分佈圖，從圖中可以觀察到在所有的情境之中都為正偏態，本實驗的動作要求實驗參與者必須又快又準確的瞄準目標點畫一直線，所

以從圖裡可以觀察到實驗參與者將誤差降的很低，所以大部分的試做集中在誤差小的範圍內，尤其是第三、四、五情境裡。

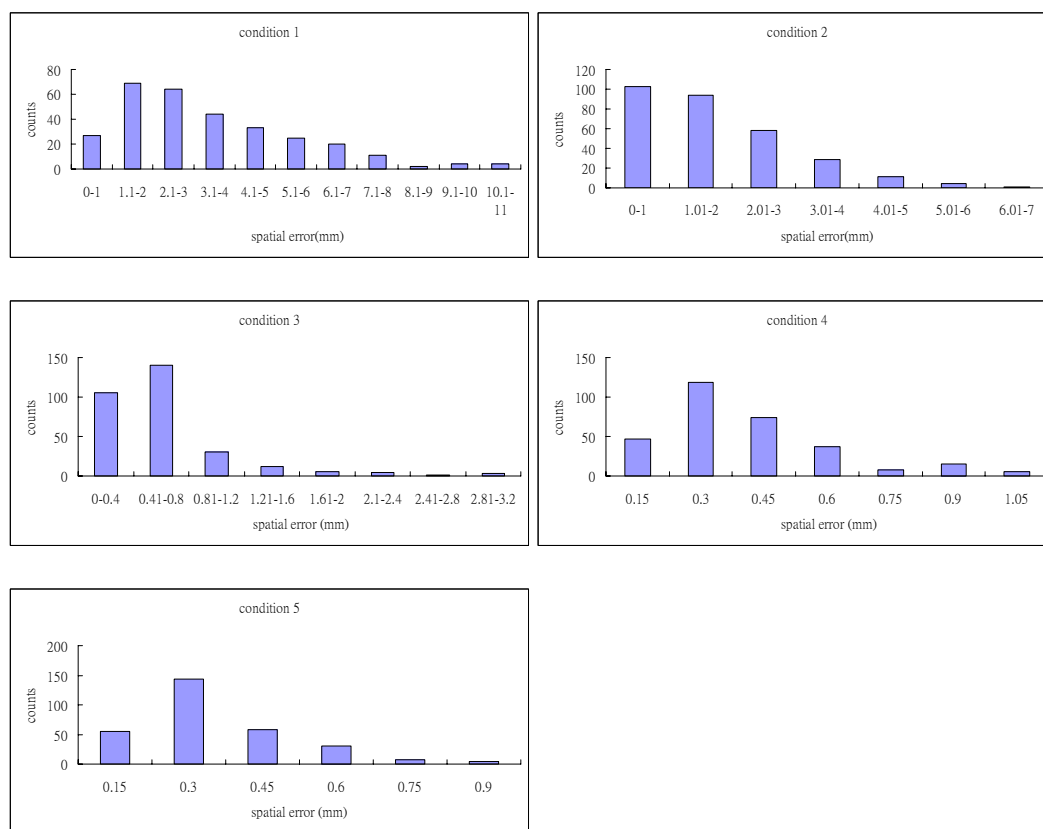


圖 4-6 實驗參與者 3 在不同情境下動作誤差的分佈圖

四.動作表現分數

與先前相同的方式利用所有實驗參與者的動作表現結果分數平均數分為五個情境，在將五個情境裡同樣的利用每一個實驗參與者每 50 次試做次數做一個平均數在分為七個區塊，所以一個區塊裡有 12 位實驗參與者每 50 次的平均數，根先前相同的每一個情境裡的最後一個區塊為 20 到 30 試做不等的平均數。從圖 4-7 可以觀察到所有情境都有表現分數隨著試做次數增加而逐漸減少的趨勢，表示實驗參與者有根據回饋方程式所提供的回饋分數來改變動作策略並嘗試著將分數降低接近 1。

利用重複量數 ANOVA 來檢驗不同情境，在不同情境裡有顯著差異 $F(2.303,25.330)=38.647, p<.05$ 在組內不同區塊在不同情境有顯著差異 $F(2.523, 27.758)=26.827, p<.05$ ，不同區塊和不同情境有交互作用

$F(12.440,136.842)=4.958, p<.05$ ，在單純主要效果上第一情境有顯著差異
 $F(6,66)=14.588, p<.05$ ；第二情境有顯著差異 $F(6,66)=15.983, p<.05$ ；第三情境
 有顯著差異 $F(6,66)=5.832, p<.05$ ；第四情境有顯著差異 $F(6,66)=3.332, p<.05$ ；
 第五情境有顯著差異 $F(6,66)=12.355, p<.05$ 。在組間有顯著差異 $F(4,55)=32.347, p<.05$ ，
 看事後比較，第一個情境大於第二、第三、第四情境但小於第五情境，
 $p<.05$ ，第二、第三、第四情境接小於第一與第五情境 $p<.05$ ，第五情境大於第一、
 第二、第三、第四情境， $p<.05$ ，這樣的結果顯示第一和第五為較困難的情境，第
 一種情境要將動作時間降的很低，反言之為要將動作速度變大才能將分數降低，
 在第五情境為注重準確度，必須要非常準，其分數才會降低，所以在這極端兩邊
 的情境比中間其他三種情境要困難許多，也可從圖中觀察到這兩端的平均分數要
 比中間三個情境的平均分數要高許多。

七個區塊之間事後比較，第 1 區塊大於第 2、3、4、5、6、7 的區塊， $p<.05$ ；
 第 2 區塊小於第 1 大於第 4、5、6、7 的區塊， $p<.05$ ；第 3 區塊小於第 1 大於第
 6、7 區塊， $p<.05$ ；第 4 區塊小於第 1、2 區塊， $p<.05$ ；第 5 區塊小於第 1 區塊，
 $p<.05$ ；第 6 區塊小於第 1、2、3 區塊， $p<.05$ ；第 7 區塊小於第 1、2、3 區塊，
 $p<.05$ 。

在交互作用之下，每一個情境都有顯著差異，第一情境為
 $F(1.926,21.183)=14.578, p<.05$ ，第二情境為 $F(2.560,28.156)=16.026, p<.05$ ，第三
 情境為 $F(1.679,18.472)=5.847, p<.05$ ，第四情境為 $F(2.325,25.572)=3.344, p<.05$ ，
 第五情境為 $F(5.416,59.580)=12.343, p<.05$ 。

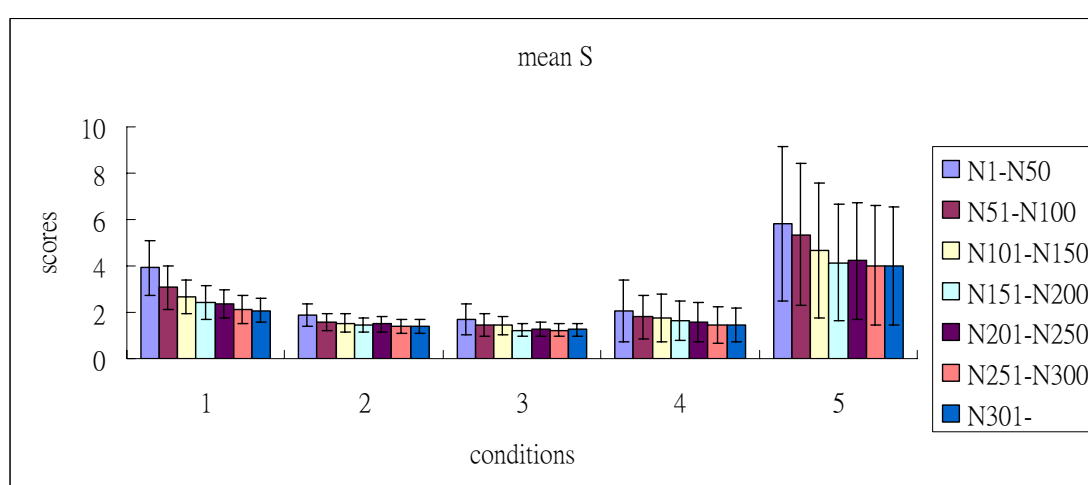
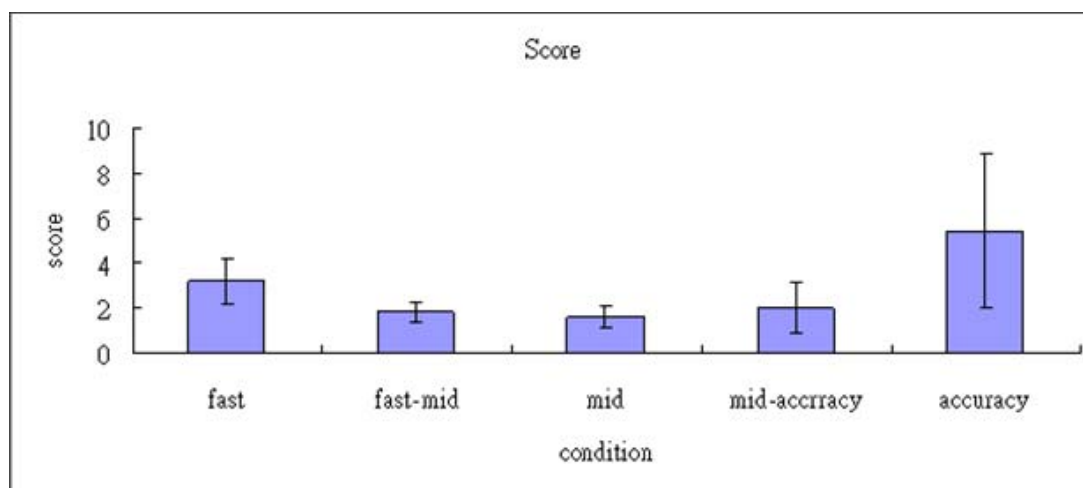
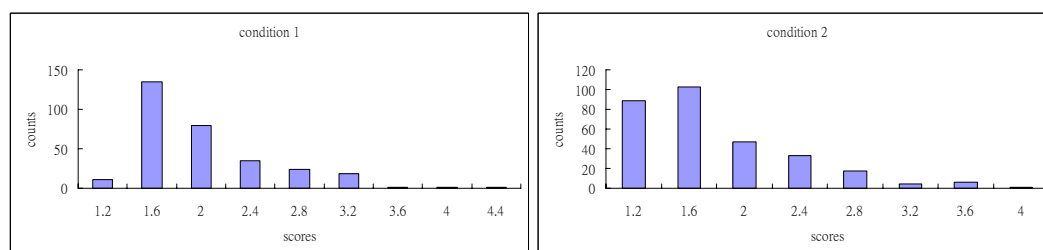


圖 4-7 動作表現平均數在所有的情境中，分數都有隨著試做次數增加而降低。

從圖 4-8 中我們可以觀察到表現分數在不同情境的分佈圖，在所有的情境裡都為正偏態，從此可了解實驗參與者的分數都集中在最好分數 1 左右，也符合實驗參與者遵循其回饋分數與指導語的指示改變其動作策略來降低或調整分數。



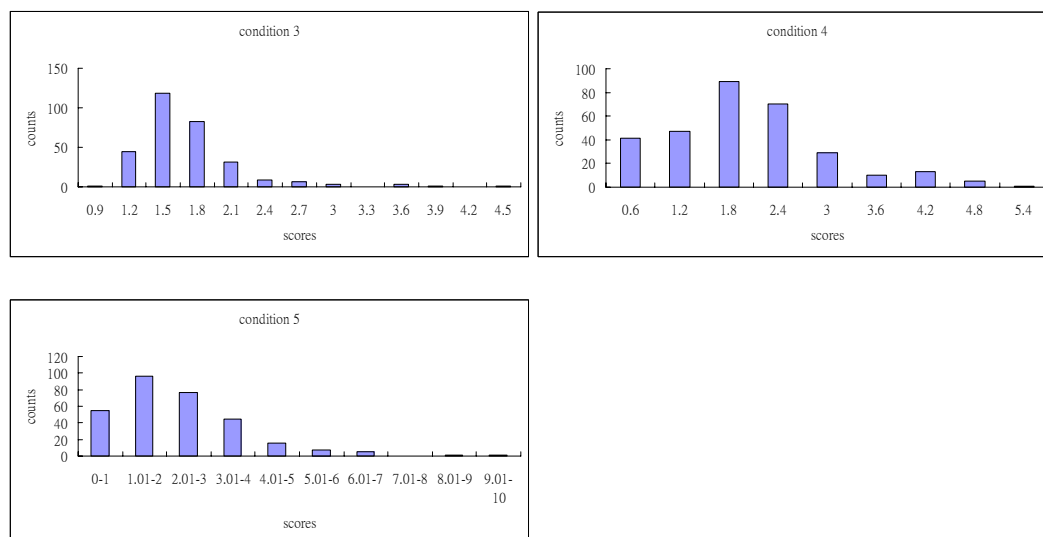


圖 4-8 為實驗參與者 3 在不同情境下的表現分數分佈圖

五. 動作時間偏態、峰度與熵值

利用描述統計系統化的來檢驗在動作表現結果的動作時間資料分佈是否為常態可利用四個動差(moments)再藉由第三動差與第四動差來計算偏態與峰度，林清山(1992)將常態分配與偏態來比較，常態分配值為 0，大於 0 為正偏態，小於 0 為負偏態，其所有實驗參與者在不同情境裡的偏態值在圖 4-9。從圖 4-9 可以看到在第一、第二、第四、第五情境的偏態與峰度明顯與 0 不同，但第三情境裡的偏態接近於常態，而峰度則與常態不同。利用單因子重複量數來檢驗五個情境裡的偏態與峰度在動作時間的不同，其結果都不顯著，偏態 $F(4,44)=1.798, p>.05$ ；峰度 $F(4,44)=.553, p>.05$ 。本實驗根據這樣的原則用獨立樣本 T 考驗來檢驗所有實驗參與者在不同情境計算的偏態值與常態分佈值 0 比較。動作時間偏態在第一、二情境有顯著差異不同於 0， $t_{11}=3.550$ (第一情境) $p<.05$ ， $t_{11}=4.047$ (第二情境)， $p<.05$ ，而在第三、四、五情境則無顯著差異 $p>.05$ ，其結果指出在第一、二情境分佈非常態分佈。

同樣用描述統計中的第四動差來計算峰度，與偏態相同的是與常態分配比較時常態分配值被設定為 0，大於 0 為高峰度，小於 0 為低闊峰，利用獨立樣本 T 考驗來檢驗峰度值與常態分配值 0 比較，第二與第四情境有顯著差異 $t_{11}=3.182$ (第二情境) $p<.05$ ， $t_{11}=2.432$ (第四情境)， $p<.05$ ，而在其他情境則無顯著差異 $p>.05$ ，

其結果指出在第二、四分佈非常態分佈。

圖 4-10 為利用動作時間的資料並藉由 Scott 的方程式來計算適合的 bin 大小在計算熵值，如果其原始資料的偏態與峰度值與 0 的差異非常大也會影響原始資料計算熵值與用原始資料來假設常態分佈的值。拿原始資料來假設常態分佈並計算熵值，其假設常態分佈熵值的範圍是利用原始分數的最大值與最小值來限定範圍，其兩值接進最大值有可能超過最大值，接近最小值有可能小於最小值，兩值不一定等於其最大值與最小值。如果其原始資料的分佈為常態分配則兩熵值會相似，利用單因子重複量數 ANOVA 來分析，兩種熵值比較有顯著差異 $F(1.742,.792)=65.418, p<.05$ ，每一個情境則無顯著差異 $F(.267,8.420)=.349, p>.05$ ，交互作用有顯著差異 $F(2.983,32.818)=8.081, p<.05$ 。所以利用成對 T 考驗來檢驗不同情境的動作時間熵值和利用其原始資料假設常態分佈值來比較，在第一、二、三、五情境原始資料熵值和常態分配熵值皆有顯著差異， $t_{11}=-5.580$ (第一情境) $p<.05$ ， $t_{11}=-4.775$ (第二情境) $p<.05$ ， $t_{11}=-3.535$ (第三情境) $p<.05$ ， $t_{11}=-3.414$ (第五情境) $p<.05$ ，而在第四情境無顯著差異 $p>.05$ ，其結果顯示在這四種情境都不為常態分佈。

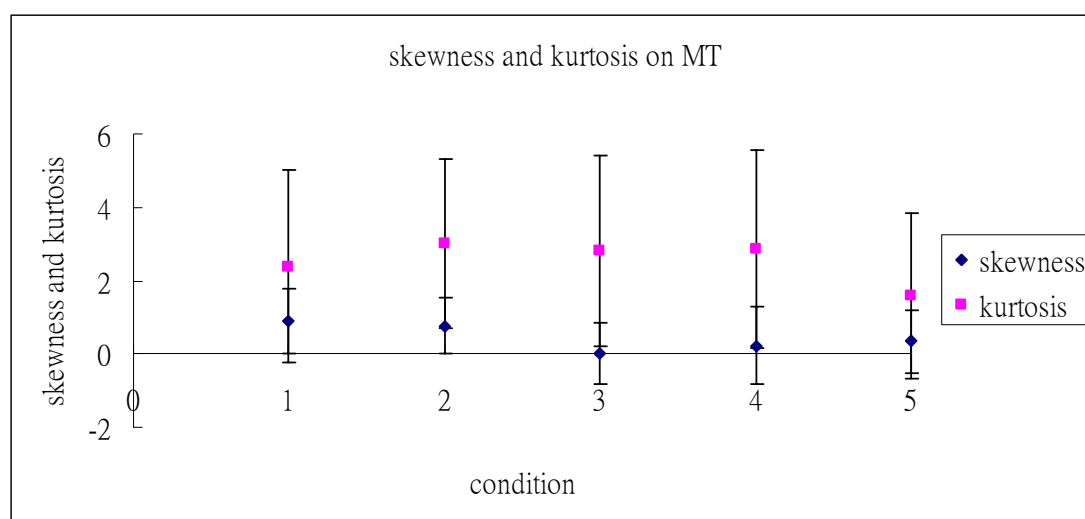


圖 4-9 為偏態與峰度在不同情境裡的呈現，可以觀察到在不同情境裡偏態與峰度與常態分佈 0 值都有些許差距。

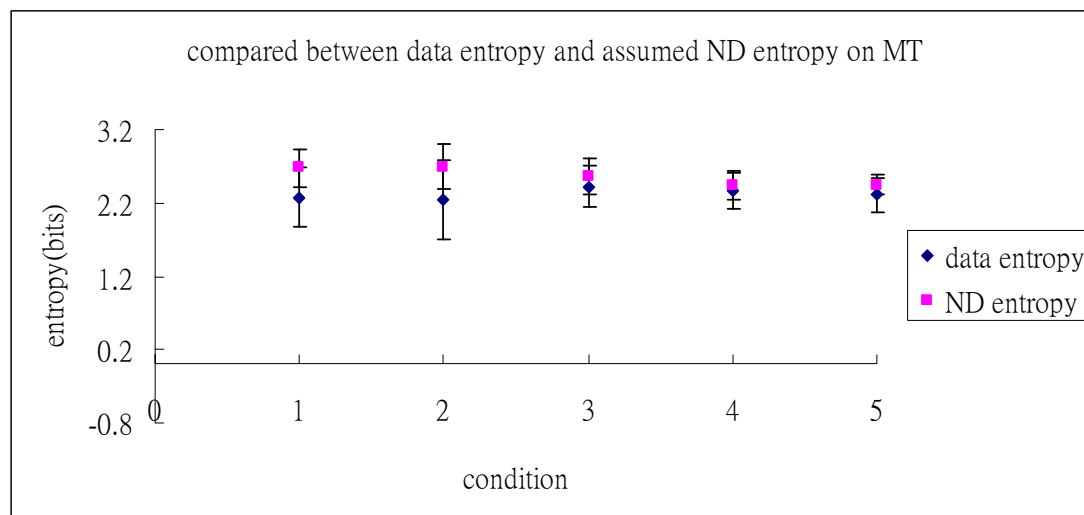


圖 4-10 為原始資料熵與假設常態分佈熵值在不同情境裡的比較，在所有情境裡原始資料熵值與假設常態分佈熵值都有差別

六.動作誤差偏態、峰度與熵值

利用相同描述統計的系統化方式來檢驗動作誤差的偏態、峰度與熵值，可以看到圖 4-11 中在每一個情境裡的偏態與峰度都與常態分佈 0 有明顯的不同，利用單因子重複量數來檢驗，每一個情境的偏態值無顯著差異 $F(2.385, 26.233) = .449$, $p > .05$ ；峰度值無顯著差異 $F(2.219, 24.413) = .283$, $p > .05$ ，用獨立樣本 T 考驗來檢驗動作誤差的偏態與峰度在五種不同情境與常態分佈值 0 想比較，在偏態方面，在五種情境都有顯著差異 $t_{11} = 2.499$ (第一情境) $p < .05$ ， $t_{11} = 3.109$ (第二情境) $p < .05$ ， $t_{11} = 3.532$ (第三情境) $p < .05$ ， $t_{11} = 3.574$ (第四情境) $p < .05$ ， $t_{11} = 5.473$ (第五情境)， $p < .05$ ；在峰度方面，只有第五情境有顯著差異 $t_{11} = 2.413$ ， $p < .05$ ，其他情境則沒有顯著差異， $p > .05$ 。

利用單因子重複量數來比較兩種熵在不同情境的差異如圖 4-12，兩種熵值有顯著差異 $F(1, 11) = 22.625$, $p < .05$ ；五種情境無顯著差異 $F(3.803, 41.833) = 1.033$, $p > .05$ ；無交互作用 $F(2.952, 32.477) = 1.947$, $p > 0.5$ 。用成對 T 考驗來檢驗原始資料熵值與用原始資料假設常態分佈熵值，其結果發現在第三、四、五情境有顯著差異， $t_{11} = -2.534$ (第三情境) $p < .05$ ， $t_{11} = -2.879$ (第四情境) $p < .05$ ， $t_{11} = -4.170$ (第五情境)， $p < .05$ ，則第一、二情境無顯著差異 $p > .05$ 。此結果顯示在動作誤差方面第三、四、

五情境不為常態分佈。

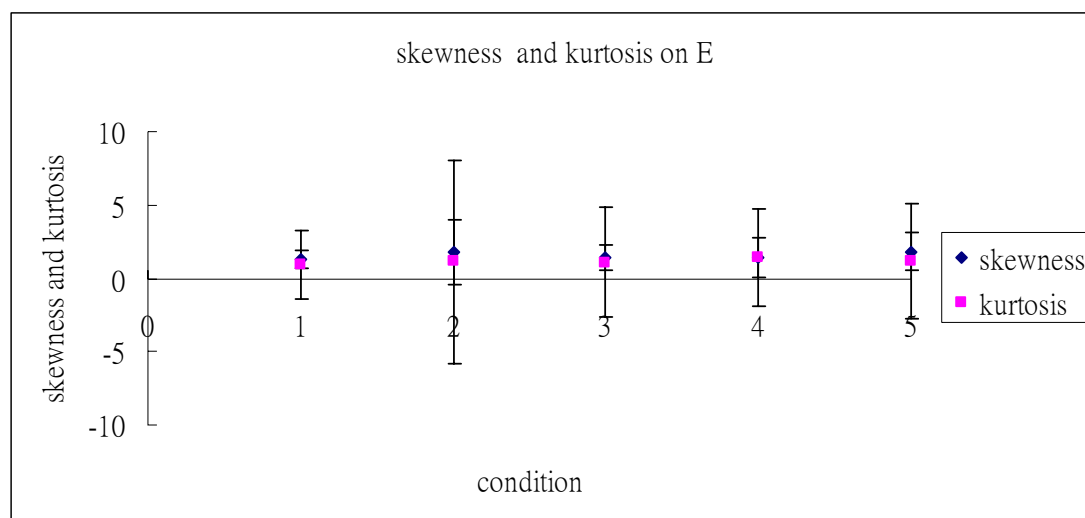


圖 4-11 為動作誤差在不同情境的偏態與峰度值都和常態分佈 0 值有些許差距。

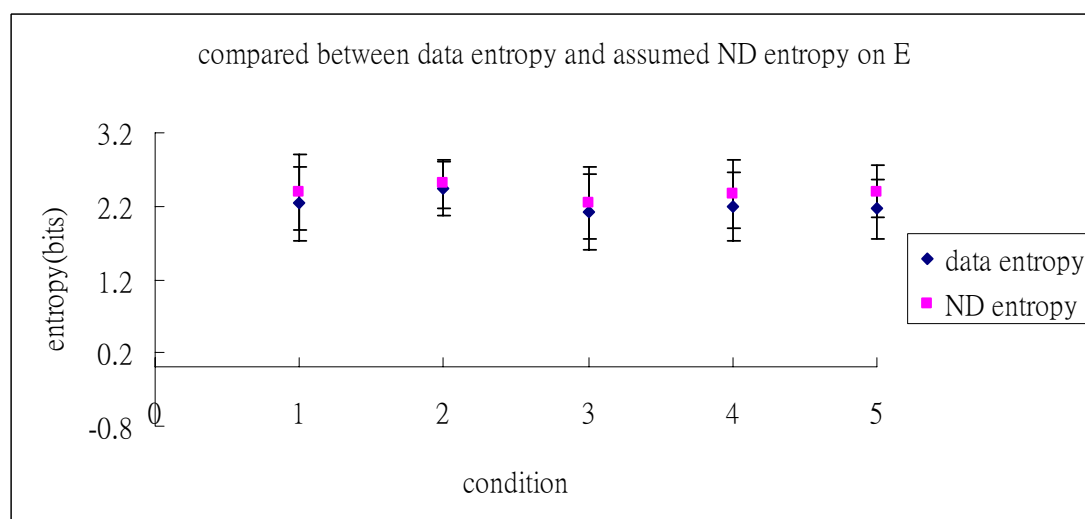


圖 4-12 為動作誤差的原始資料熵值與假設常態分佈熵值在不同情境的比較，其原始資料熵值與假設常態分佈熵值都有差距。

七.動作表現分數的偏態、峰度與熵值

利用單因子重複量數來檢驗偏態與峰度值在表現分數上，偏態值與峰度值在五種情境無顯著差異 $F(3.641,39.754)=.571, p>.05$ ； $F(2.236,24.595)=1.121, p>.05$ ，用獨立樣本 T 考驗來檢驗偏態與常態分佈值 0 的比較，其結果為所有情境都有顯著差異 $t_{11}=4.198$ (第一情境) $p<.05$ ， $t_{11}=3.928$ (第二情境) $p<.05$ ， $t_{11}=2.857$ (第三情境) $p<.05$ ， $t_{11}=4.170$ (第四情境) $p<.05$ ， $t_{11}=5.938$ (第五情境)， $p<.05$ 。在峰度分面，在

第二、四、五情境有顯著差異 $t_{11}=3.302$ (第二情境) $p<.05$, $t_{11}=2.257$ (第四情境) $p<.05$, $t_{11}=2.737$ (第五情境) $p<.05$, 在第一、三情境則無顯著差異 $p>.05$ 。

同樣用單因子重複量數 ANOVA 來檢驗兩種熵值在不同情境裡，其結果為兩種熵值有顯著差異 $F(1,11)=51.481$, $p<.05$; 五種不同情境有顯著差異 $F(3,414, 37.554)=1.098$, $p<.05$; 交互作用有顯著差異 $F(4,44)=2.939$, $p<.05$, 用成對 T 考驗來檢驗原始資料熵值與假設常態分佈熵值來做比較其結果顯示所有情境都有顯著差異 $t_{11}=-6.254$ (第一情境) $p<.05$, $t_{11}=-4.559$ (第二情境) $p<.05$, $t_{11}=-3.571$ (第三情境) $p<.05$, $t_{11}=-3.626$ (第四情境) $p<.05$, $t_{11}=-2.758$ (第五情境) $p<.05$ 。這樣的結果表示所有情境動作表現分數都不為常態分佈。

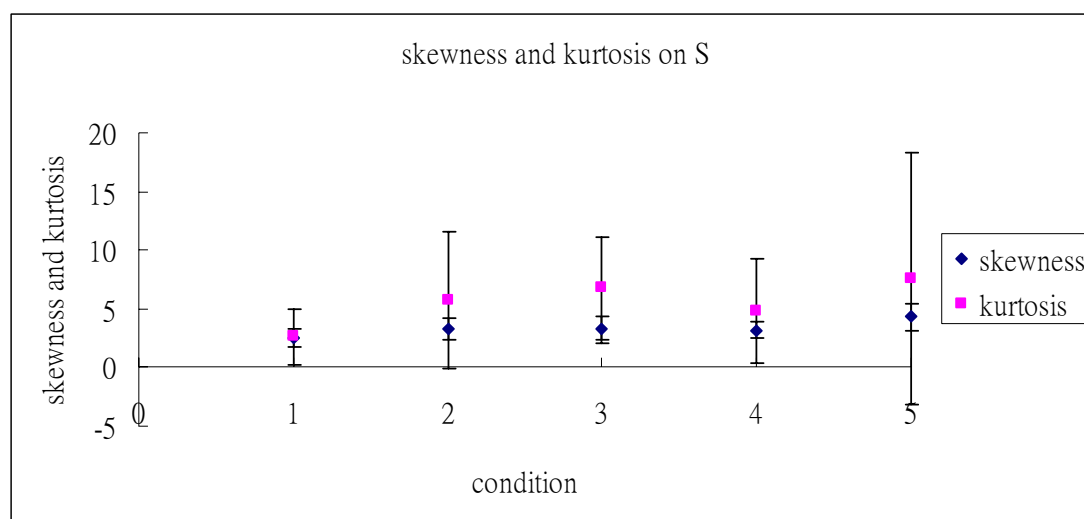


圖 4-13 為動作分數在不同情境的偏態與峰度值與常態分佈值 0 都有差別。

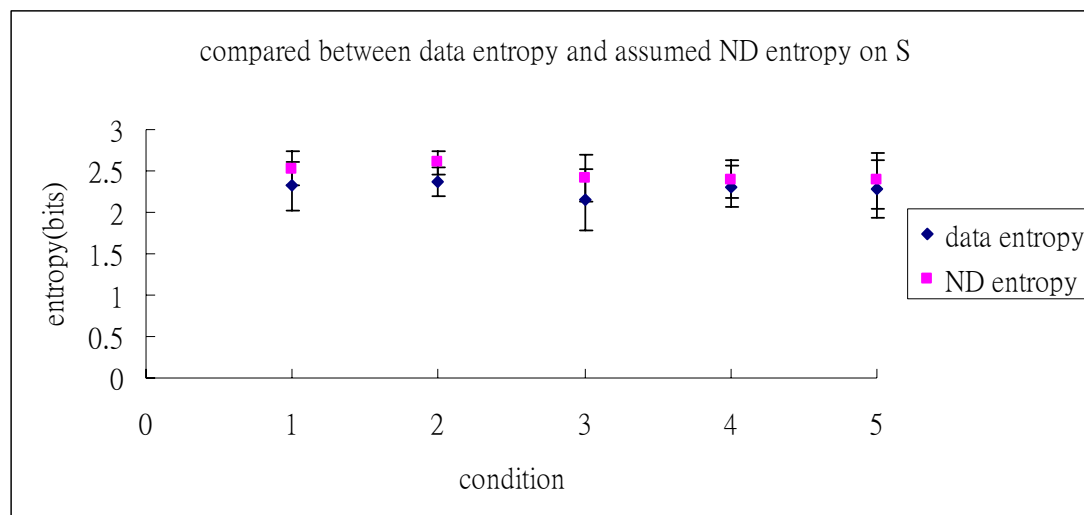


圖 4-14 為動作誤差的原始資料熵值與假設常態分佈熵值在不同情境的比較，其原始資料熵值與假設常態分佈熵值都有差別。

八.不同情境的動作過程表現

(一)動作軌跡

從圖 4-15 為實驗參與者 1 在第一情境實際所有實驗試做的動作軌跡(x 軸座標)，把所以實驗試做標準化，我們可以看到軌跡為 s 型，x 軸為時間序列，y 軸為位移，可以看到動作逐漸加速，中間的斜率為最大，在到達終點前開始減速並停止。可以從數次試做的軌跡觀察出，在中間的部份變異性是最大，雖然每一次的動作都相同，但實際軌跡不同，利用標準差做圖 4-16，可以觀察到在動作軌跡中間的部份標準差為最大，也是變異最大的部份，在利用所有動作平均數±標準差做圖 4-17，符合先前兩個圖所表示在動作軌跡中段的部份其變異為最大，而在兩端部分逐漸變小，左為起點部份，右為目標點。

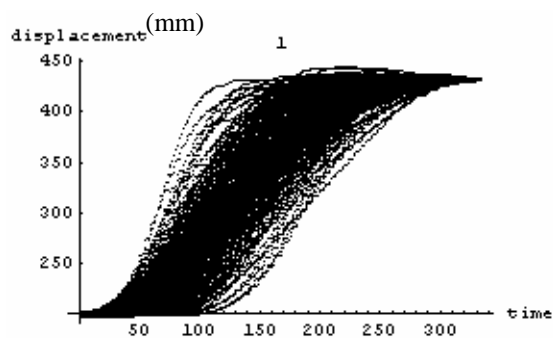


圖 4-15 動作軌跡

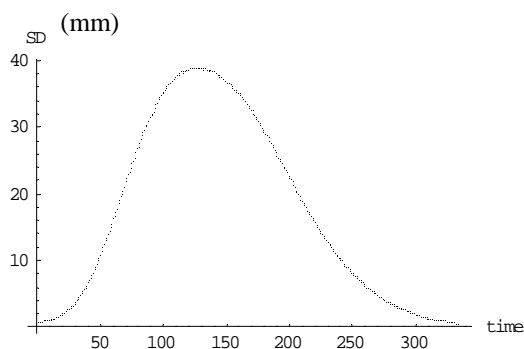


圖 4-16 動作軌跡標準差

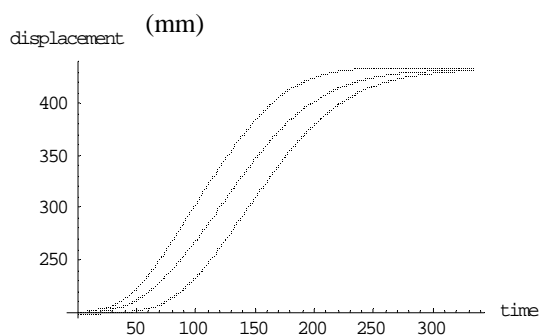


圖 4-17 平均數±標準差

(二)動作軌跡的偏態、峰值與熵

同樣利用描述統計裡四個動差的方式來計算動作軌跡的偏態與峰值，從圖 4-18 到圖 4-20 為實驗參與者 1 在第一情境裡動作軌跡、偏態與峰度，圖 4-21 到圖 4-23 為第二情境的動作軌跡、偏態與峰度，圖 4-24 到圖 4-26 為第三情境的動作軌跡、偏態與峰度，圖 4-27 到圖 4-29 為第四情境的動作軌跡、偏態與峰度，圖 4-30 到圖 4-32 為第五情境的動作軌跡、偏態與峰度，從圖中可以觀察到隨著動作軌跡時間序列的改變，偏態值變為正偏態原因是因為大部分的試做一開始的位置集中在慢速的部份，在加速的時候其偏態值逐漸變為常態分佈在此時動作位置是最混亂的通過常態分佈位置後動作開始減速，此時偏態值轉變為負偏態，因為大部份試做集中在快速部分，在到達目標點後每一試做都靜止了此時分佈逐漸變為常態分佈，在第一、二情境因為注重在動作時間所以其加速與減速的偏態值較陡，相對於第四、第五情境，為注重準確度，速度的影響不會和第一與第二相同，所以偏態值較平緩；同樣的情形在峰度也出現，我們可以觀察到在第一、二

與三情境裡，峰度值集中在兩極端的位置，其道理與偏態值相同，一開始大部份的值偏重在慢速部份，形成一高狹峰，到了後半段，大部份的試做集中在快速部份又再一次形成高狹峰，相對的在第四與第五情境的不是著重在速度其峰度值較平緩。

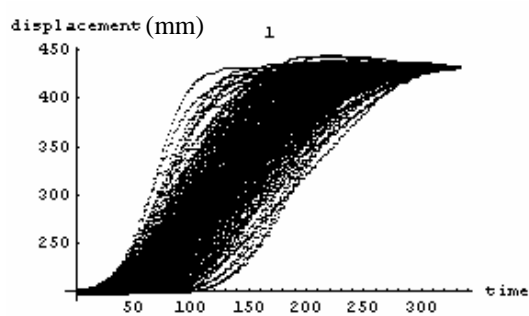


圖 4-18 實驗參與者 1 第一情境動作軌跡

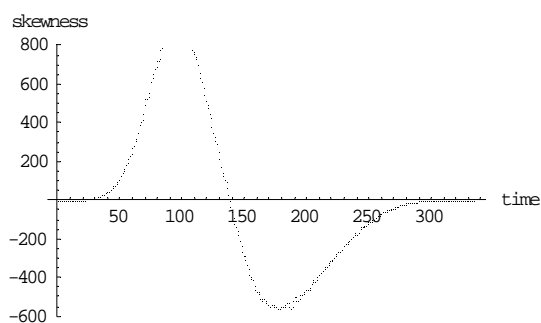


圖 4-19 實驗參與者 1 第一情境偏態

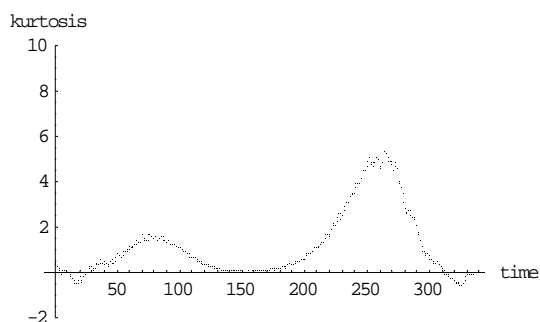


圖 4-20 實驗參與者 1 第一情境峰度

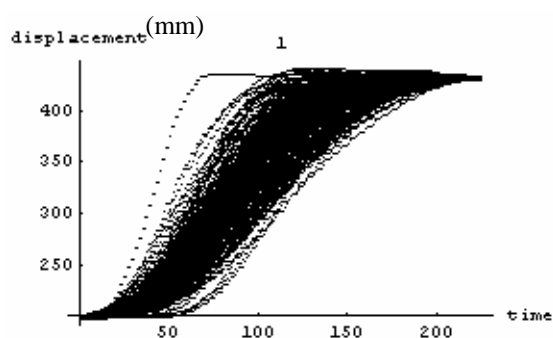


圖 4-21 實驗參與者 1 第二情境動作軌跡

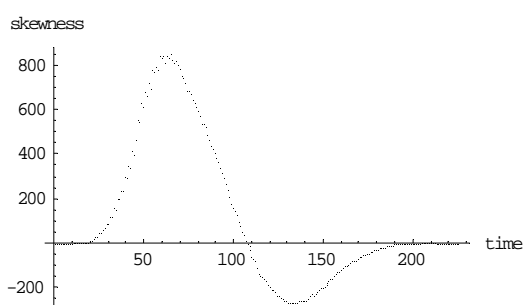


圖 4-22 實驗參與者 1 第二情境偏態

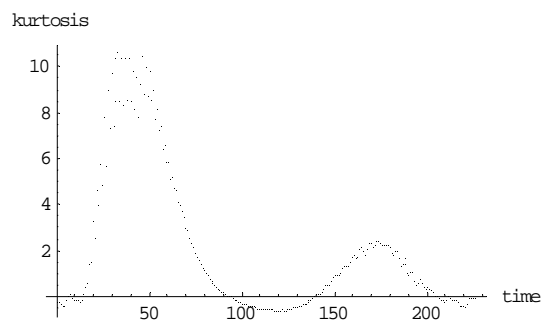


圖 4-23 實驗參與者 1 第二情境峰度

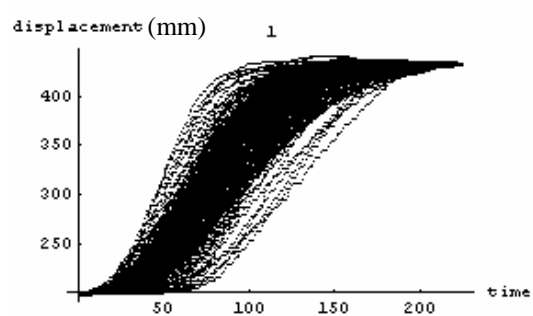


圖 4-24 實驗參與者 1 第三情境動作軌跡

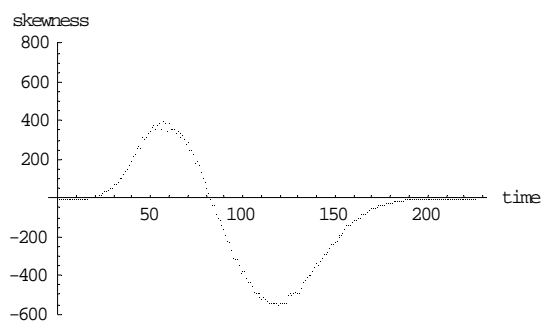


圖 4-25 實驗參與者 1 第三情境偏態

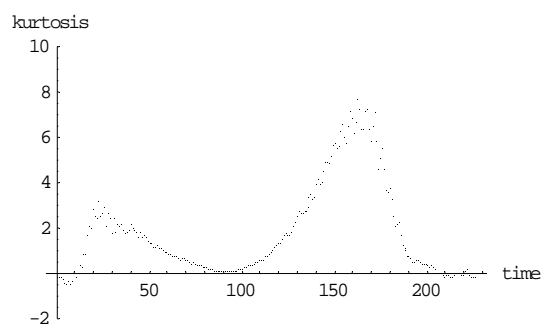


圖 4-26 實驗參與者 1 第三情境峰度

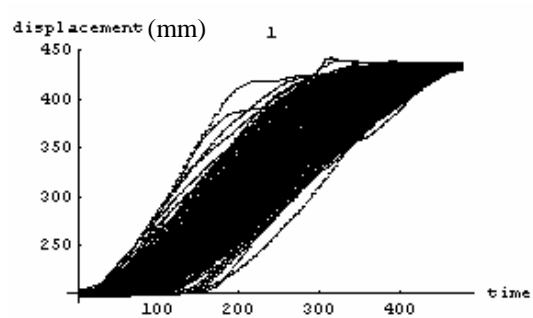


圖 4-27 實驗參與者 1 第四情境動作軌跡

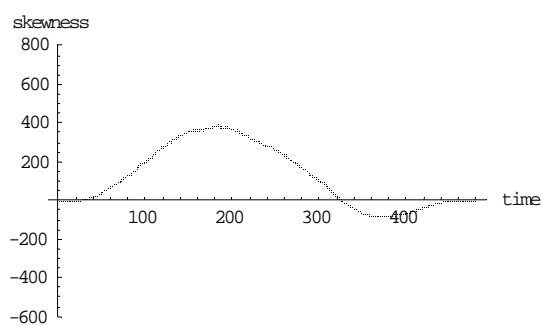


圖 4-28 實驗參與者 1 第四情境偏態

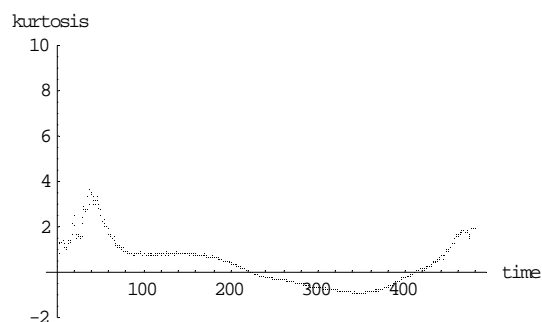


圖 4-29 實驗參與者 1 第四情境峰度

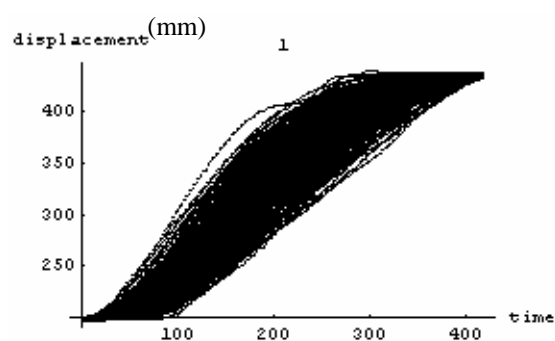


圖 4-30 實驗參與者 1 第五情境動作軌跡

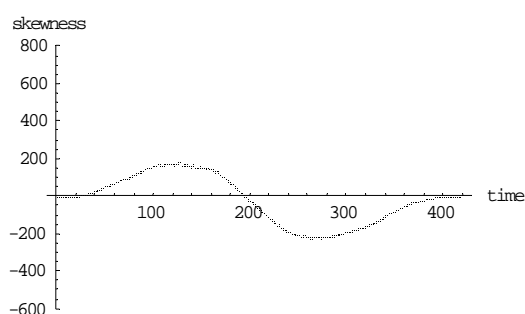


圖 4-31 實驗參與者 1 第五情境偏態

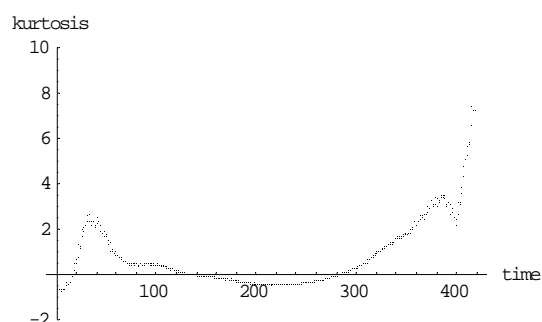


圖 4-32 實驗參與者 1 第五情境峰度

與動作結果表現不同的是計算動作軌跡熵值的方式，計算 bin 的數量是利用原始分數的最小值-1 與最大值+1 來限定範圍，而 bin 的大小則是實驗者自己設定，其數量一樣參考 Scott 方程式所建議的範圍來計算熵值；而在利用原始分數假設常態分佈的熵值與計算動作表現結果假設常態分佈熵值不同的地方為所限定常態分佈設定的範圍，在動作軌跡的假設常態分佈是利用平均數 ± 3 個標準差來限定範圍，其 ± 3 個標準差在常態分佈裡就涵蓋了 99.74% 的範圍，用原始分數和限定範圍來假設常態分佈的熵值。圖 4-33 到圖 4-37 為實驗參與者 1 第一到第五

情境的原始資料熵值與假設常態分佈熵值來比較，黑色線為假設常態分佈熵值，紅色線為原始資料熵值，可以從圖中觀察到在時間序列的中間部分為動作軌跡最混亂的部份，訊息熵是用來計算訊息的不確定性，所以我們可以了解到在運動軌跡的中間部分是最混亂也是不確定性最高的部份，這樣的趨勢也與先前的動作軌跡圖 4-15 的動作軌跡到圖 4-16 標準差和圖 4-17 平均數和標準差類似，時間序列中間部分為最混亂的部份。

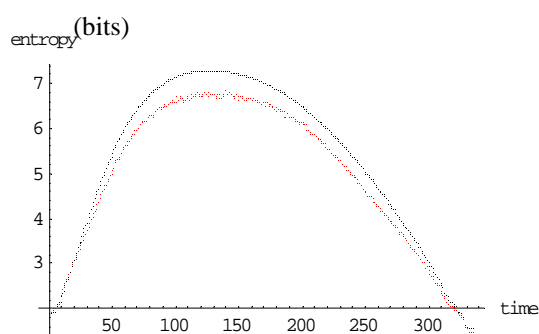


圖 4-33 實驗參與者 1
第一情境熵值相比

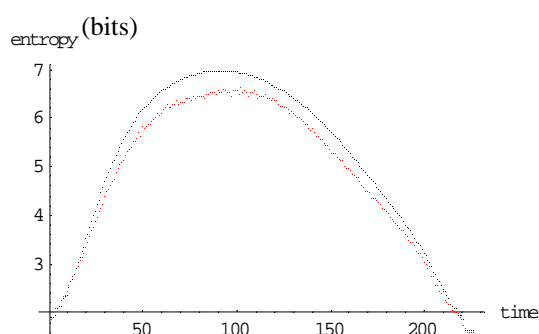


圖 4-34 實驗參與者 1
第二情境熵值相比

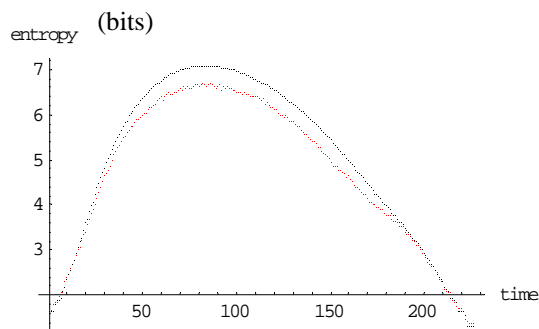


圖 4-35 實驗參與者 1
第三情境熵值相比

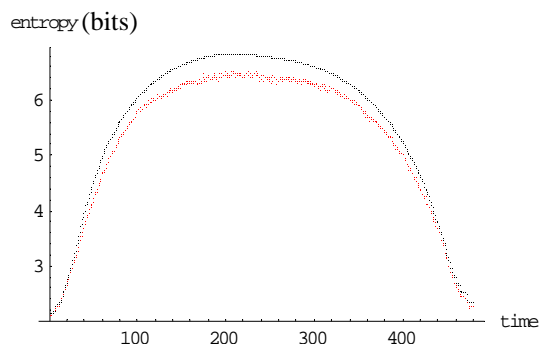


圖 4-36 實驗參與者 1
第四情境熵值相比

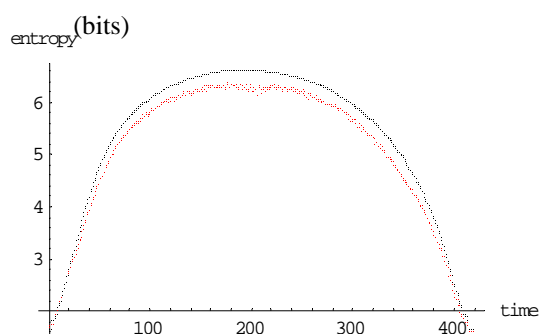


圖 4-37 實驗參與者 1
第五情境熵值相比

利用獨立樣本 T 考驗來檢驗所有實驗參與者在於不同情境下運動軌跡的偏態與峰度值來和常態分佈值 0 比較，表 4-4 為偏態 T 考驗值，可以觀察到實驗參與者的第一情境沒有顯著差異，其他情境都有顯著差異；實驗受試者 2 的所有情境都有顯著差異；實驗受試者 3 的所有情境都有顯著差異；實驗受試者 4 在第五情境沒有顯著差異，其他情境都有顯著差異；實驗受試者 5 的第一、二、四情境沒有顯著差異，第三與第五情境有顯著差異；實驗受試者 6、7 所有情境都有顯著差異；實驗受試者 8 的第三、四情境沒有顯著差異，第一、二與五情境有顯著差異；實驗受試者 9、10 的所有情境都有顯著差異；實驗受試者 11 在第三、四情境無顯著差異，第一、二與五情境有顯著差異；實驗受試者 12 在第一情境無顯著差異，其他情境都有顯著差異。這樣的結果表示在有顯著差異的情境中都不為常態分佈。

表 4-1 實驗參與者動作軌跡偏態值 t 考驗值達顯著表($p < .05$)

實驗參與者 編號	不同情境 T 值					df				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	—	5.514	-3.854	17.582	-2.572	—	225	225	479	418
2	-5.71	-8.505	-4.475	-7.778	-8.642	245	203	250	211	226
3	6.844	3.524	-8.152	20.144	-16.54	124	170	209	661	630
4	5.818	2.97	2.1	-3.137	—	196	219	215	473	—

5	—	—	-13.73	—	-11.6	—	—	444	—	734
6	12.19	7.669	-9.13	-19.95	-11.05	450	161	239	246	321
7	13.81	9.848	-4.017	-5.619	-25.58	694	157	306	335	509
8	-2.68	-6.637	—	—	15.514	198	174	—	—	600
9	-18.2	7.38	-8.565	-6.053	-12.29	837	258	198	339	344
10	11.47	10.656	-1.139	-12.07	26.541	182	166	200	505	1308
11	8.724	9.044	—	—	4.102	139	106	—	—	284
12	—	-2.117	-3.365	-3.133	-7.778	—	205	198	224	258

利用獨立樣本 T 考驗來檢驗峰度與常態分佈 0 值來比較，可以從表 4-5 觀察到所有實驗參與者在動作過程裡的峰度在所有的情境都有顯著差異。這樣結果表示所有實驗參與者的動作過程在所有情境都不為常態分佈。

表 4-2 實驗參與者動作軌跡峰度值 t 考驗達顯著表(p<.05)

實驗參與者 編號	不同情境 T 值					df				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	14.88	9.799	13.5	10.667	12.157	334	225	225	479	418
2	12.33	14.52	13.91	9.726	13.276	245	203	250	211	266
3	5.275	8.251	9.152	6.748	11.878	124	170	209	661	630
4	13.9	7.751	13.35	16.7	19.406	196	219	215	473	661
5	7.099	14.766	19.11	18.826	10.069	107	291	444	418	734
6	12.55	12.46	14.61	9.193	21.167	450	161	239	246	321
7	11.66	6.495	12.16	25.312	16.272	694	157	306	335	509
8	10.22	10.065	8.702	18.428	9.597	198	174	356	227	600
9	11.75	14.922	12.43	14.804	21.34	837	258	198	339	344

10	5.943	9.138	10.35	22.687	17.637	182	166	200	505	1308
11	6.797	7.618	7.486	10.034	18.553	139	106	262	262	284
12	9.577	13.969	12.77	14.369	12.247	209	205	198	244	258

利用成對T考驗來檢驗所有實驗參與者在動作過程裡的熵值與利用動作過程原始資料假設熵值來相比較，可以從表 4-6 可以觀察到所有實驗參與者的動作過程在所有情境都不為常態分佈。

表 4-3 實驗參與者動作軌跡原始資料熵值與假設
常態分佈熵值 t 考驗達顯著表($p < .05$)

實驗參與者 編號	不同情境 T 值					df				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	-38.8	-29.49	-22.45	-56.49	-58.02	334	225	225	479	418
2	-23.2	-28.47	-28.92	-16.15	-31.94	245	203	250	211	266
3	-7.96	-17.44	8.692	-56.44	-47.02	124	170	209	661	630
4	-42.9	-24.74	-29.44	-38.33	-48.87	196	219	215	473	661
5	-29.7	-29.01	-40.15	-114	-64.53	107	291	444	1418	734
6	-48.5	-25.05	-28.84	-15	-29.22	450	161	239	246	321
7	-42.9	-17.75	-38.24	-28.12	42.919	694	157	306	335	509
8	-27.1	-19.43	-34.02	-34.58	-54.66	198	174	356	227	600
9	-92.3	-38.57	-29.4	-26.31	-38.12	837	258	198	339	344
10	-18.2	-16.83	-28.62	-51.87	-96.58	182	166	200	505	1308
11	-17.3	-14.92	-34.09	-33.58	-31.38	139	106	262	262	284
12	-28.5	-25.32	-22.48	-29.64	-30.75	209	205	198	244	258

利用單因子重複量數 ANOVA 來檢驗偏態與峰度的最大值與偏態最大值的位
置與最小值的位置，只有偏態最大值在五種情境有顯著差異

$F(2.474, 27.219) = 21.810, p < .05$ ，在事後比較第一情境大於第三、四、五情境，
 $p < .05$ ；第二情境大於第三、四、五情境， $p < .05$ ；第三情境小於第一、二情境，
 $p < .05$ ；第四情境小於第一、二情境， $p < .05$ ；第五情境小於第一、二情境， $p < .05$ 。
峰度最小值的位置在五種不同情境裡也有顯著差異 $F(3.719, 40.913) = 6.023, p < .05$ 。

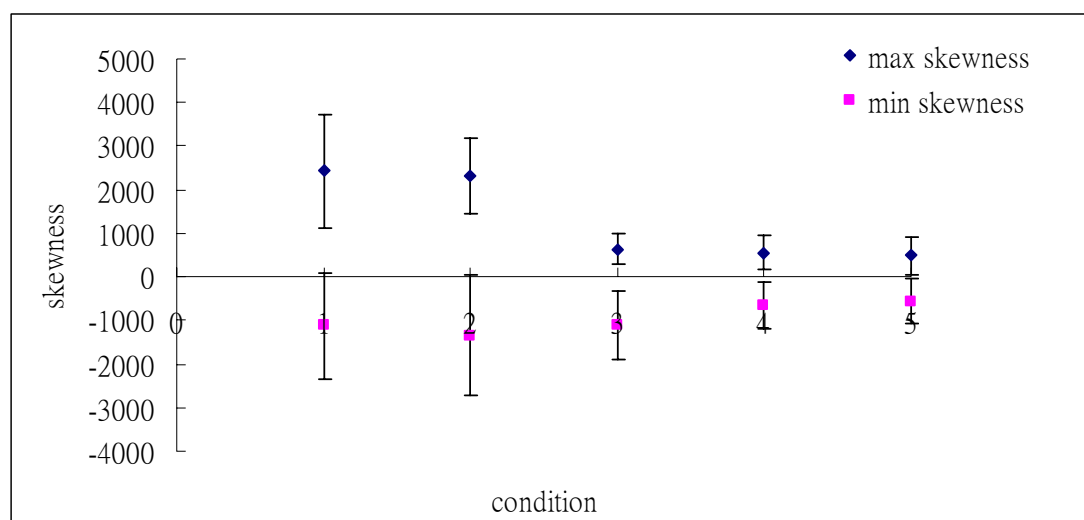


圖 4-38 偏態的最大值與最小值在五種不同情境

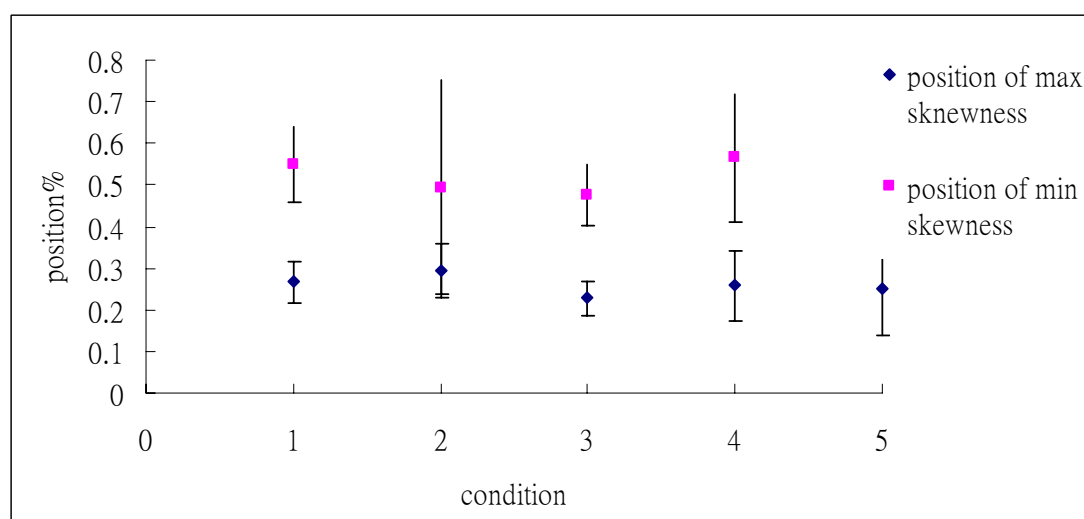


圖 4-39 為偏態最大值與最小值位置百分比在不同情境中

綜合上述的結果，我們可以知道回饋方程式透過所設定的參數值計算出來的

分數能夠引導實驗參與者到達特定的區域內，從所有實驗參與者的表現分數觀察到兩極端情境(第一情境與第五情境)相對於第二、三、四情境要困難許多，尤其是在要求準確度的情境裡(第五情境)。從所以受試者的動作表現來看，偏態、峰度與熵值呈現了普遍相同的結果，根據不同工作限制的影響，所有動作表現的分佈都不為常態分佈。而工作限制所影響的效果也只有動作時間兩種熵值比較可以觀察到。而在兩種熵值比較，可以發現假設常態常態分佈值都比原始資料熵值要來的大，其先決條件為標準差與 bin 大小都相同，而偏態最大值也會隨著工作限制系統化的改變而改變。