

- (一) 大學女生肌力、肌耐力越強者，柔軟度越好。
- (二) 大學男、女生肌力、肌耐力越強者，心肺功能也越強，爆發力也越強。
- (三) 大學男、女柔軟度越好，爆發力也越好，心肺功能亦較佳。
- (四) 大學生肌力、肌耐力，爆發力、心肺功能，柔軟度等體適能因子，個體機能存在著相互影響的關係，忽略任何一項均將影響體適能的表現及個體健康。

伍、建 議

- 一、根據本研究發現：如果將身高、體重單獨直接與體適能做相關探討，其結果較不客觀。往後如有興趣作此研究者，可直接用 BMI 值作關聯性研討。
- 二、BMI 值影響體能狀況甚鉅。體育教師在授課時，除加強體適能觀念的灌輸與訓練外，有關身體質量指數影響健康體適能的資訊仍屬教學重點。

參考文獻

- 方進隆 (民 80)：台北市國中女生體型與體能狀況調查研究，80 學年度體育學術研討會專刊，30 頁。
- 方進隆 (民 82)：運動與健康，漢文出版社。25 頁
- 行政院衛生署 (民 86)：促進國民健康體能指引，13 頁。
- 李素箱 (民 78)：私立德育護理專科學校學生 B 型肝炎輕、重患者與一般學生的體能差異研究，文山報導出版社，5 頁。
- 李素箱 (民 87)：港澳、馬來西亞、印尼等地區學生的體格、體能比較研究，文山報導出版社，19 頁。
- 李素箱 (民 90)：不同運動習慣婦女健康體適能研究，國際運動教練科學研討會論文集，463 頁。
- 卓俊辰 (民 81)：體適能運動處方的理論與實際，國立師範大學體育學會出版，27 頁。
- 洪嘉文 (民 90)：學校體育政策規劃及指標之探討，大專體育學刊第三卷第二期，175 頁。
- 陳定雄 (民 82)：健康體適能，國立台灣體育專學報第二期，3-4 頁。
- 陳俊忠 (民 86)：體適能與疾病預防，教師體適能指導手冊，教育部印行，90-91 頁。
- Sedell, J. C., Visscher, L. S., Hoogreen, R. H. (1999), Overweight And Obesity in the mortality Rate DatCurrenteridence and Research Issuse : Medicine and Science in sport and Exercise, 31 (11), S597-S601。

跑步支撐期之動力系統模型

邱靖華

摘 要

本研究主要目的是針對跑步支撐期動作建立人體動力系統，用以模擬跑者在支撐期間對地面的推蹬力，及身體各主要關節軸的力矩、功率與相對角動量。在研究方法上，本系統將人體關節結構，規劃成三十八個自由度的多變數系統，此外考量到未來研究上，可以應用本系統發展成爲人體動作控制系統，因此採用 Lagrange-Euler 方程，但捨棄以往學者所用的 D-H 轉換矩陣，改採一般描述齊次轉換矩陣之旋轉運算元及平移運算元，定義七型齊次轉換矩陣來進行設計，使本動力系統，既能用於人體分支體(Branching Body)系統，也能轉換爲狀態空間方程。接著應用兩部攝影機(Peak Performance)與測力板(Kisltter)，測試一名受試者 (年齡：22 歲；身高：1.81m；體重：75kg) 跑步支撐期之相關資料，並經由本人以 C++ 輯寫之電腦程式進行模擬，結果發現本動力系統確實能模擬跑者對地面的推蹬力，及人體各主要關節軸的力矩及功率。

關鍵字：支撐期、矩陣、力矩、功率、角動量

壹、前言

跑步是人類與生俱來的生活能力之一，同時也是田徑運動的基礎，就人體機械功能而言，跑步時身體移動速度，主要源自於支撐足對地面的推蹬力，及配合各活動關節肌群所產生的動力，來維持人體動作的穩定性與協調性。縱觀過去文獻，尚未見到一套有效方法，能完整的提供跑步支撐期的推蹬力，及各關節力矩、功率與相對角動量之相關資料。時下是講究高科技訓練的時代，尤其百公尺比賽，成績差距常在零點一秒以下，故教練與選手對於改進技術，與

提升競技成績相關訊息的企求，自不在話下，因此建立跑步支撐期動力系統，提供競技訓練之參考，更顯得十分必要。

由於人體關節系統的自由度眾多，因此跑步支撐期的人體動力系統十分複雜，在設計上，本研究根據人體關節結構，在不失跑步動作特性的情況下，將本系統規劃成三十八個自由度的廣義坐標、廣義速度及廣義加速度，做為動力系統的輸入變數。根據 Fu 等人(1987)及 Lewis 等人(1993)指出，一般 Lagrange-Euler 方程的動力系統，是以 D-H 轉換矩陣(Denavit-Hartenberg matrix)設計的，該矩陣除了可以簡潔的表示方程式之外，還可以讓 Lagrange-Euler 方程易於規劃成控制系統。不過從文獻得知，應用 D-H 轉換矩陣設計的動力系統，一般只運用在單鏈的機械人手臂，但對於人體肢段與肢段間具有分支連接現象的多鏈系統，並未提出有效的解決方案。為了探討此一問題，在本研究方法中，將不採用 D-H 轉換矩陣，而是應用一般齊次轉換矩陣(Homogeneous Transformation Matrix)之旋轉運算元(Basic Homogeneous Rotation Matrices)與平移運算元(Basic Homogeneous Translation Matrices)，定義七型齊次轉換矩陣來替代。

本動力系統所需的肢段參數，包括有肢段長度、質量及慣性張量。關於人體肢段參數，曾有諸多專家學者研究：如 Bate(1957)，Clauser (1969)，Dempster (1955)，Zatsiorsky&Seluyanov(1983)。其中 Zatsiorsky & Seluyanov 採用 Gamma-Ray 進行人體肢段參數研究，相較其他學者而言，他們所建立的人體肢段參數資料較為完整且精確，因此本動力系統所使用的肢段參數資料，將以 Zatsiorsky & Seluyanov 的研究資料為基礎。

本研究主要目的是針對跑步支撐期動作建立人體動力系統，用以模擬跑者對地面的推蹬力，及身體各主要關節軸的力矩及功率。本動力系統僅限於右足支撐期間的動作，不包括左足支撐期及人體騰空期間。而關於本動力系統之數值運算，將由本人輯寫之電腦程式(採用 C++物件導向程式輯寫)來進行演算。

一、符號說明

以下所列之數學方程符號與相關說明，是參考學者 Fu 等人(1987)、Lewis 等人(1993)及 Craig(1989)之定義。

L	Lagrangian 方程	K	人體動力系統的總動能
P	人體動力系統的總位能	q_i	廣義坐標
\dot{q}_i	廣義速度	\ddot{q}_i	廣義加速度

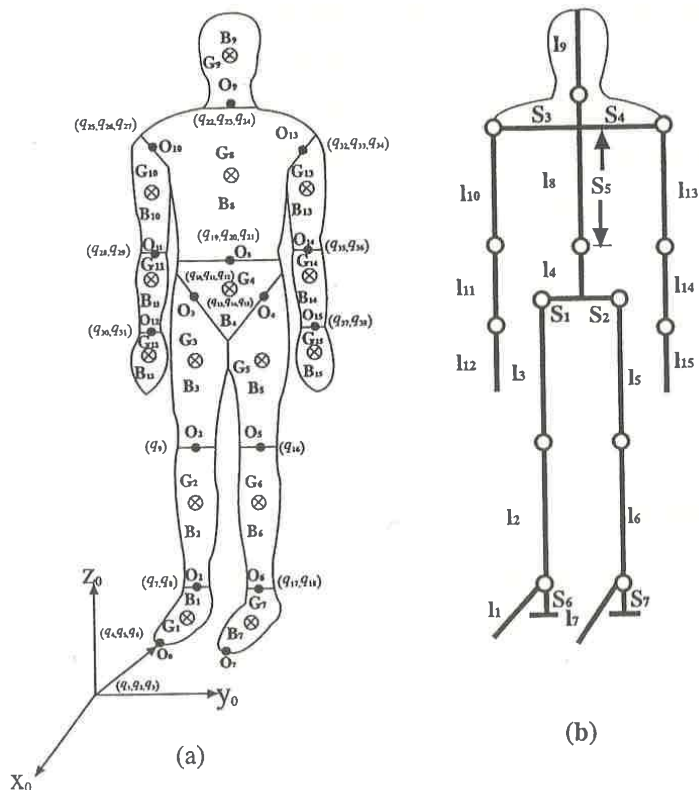
τ_i	廣義力矩	H_i	廣義角動量
P_i	功率	g	$g=[0,0,- g ,0]$, $g=9.8062 \text{ ms}^{-2}$
J_i	4×4 pseudo-inertia 矩陣	\bar{r}_i	第 i 肢段質心向量 $\bar{r}_i=(\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i, 1)^T$
U_{ij}	定義為 $\partial^0 A_i / \partial q_j$	U_{ijk}	定義為 $\partial^0 U_{ij} / \partial q_k$
Q_i	為 U_{ij} 及 U_{ijk} 的輔助矩陣	$D(\dot{q}(t))$	慣性矩陣
$h(q(t), \dot{q}(t))$	柯氏力及離心力向量	$c(q(t))$	重力向量
${}^{i-1}A_i$	第 i 座標框相對於第 $i-1$ 座標框的齊次變換矩陣	0A_i	從 0 坐標框到 i 坐標框的齊次變換矩陣 ${}^0A_i = {}^0A_1 {}^1A_2 {}^2A_3 \dots {}^{i-1}A_i$

貳、研究方法

一、人體模型

本研究人體模型如圖一(a)所示，是採用 Zatsiorsky&Seluyanov(1983)十六肢段模型，為了簡化動力系統的設計，將原來模型的上腹部(肚臍以上)及胸部合併為上軀幹，即成為十五肢段人體模型，圖中 $B_i(i=1, \dots, 15)$ 代表支體編號， B_1 及 B_7 為左右足掌， B_2 及 B_6 為左右小腿， B_3 及 B_5 為左右大腿， B_{12} 及 B_{15} 為左右手掌， B_{11} 及 B_{14} 為左右前臂， B_{10} 及 B_{13} 為左右上臂， B_4 、 B_8 及 B_9 分別為下軀幹、上軀幹及頭部。在圖一(a)中 $O_i(i=0, \dots, 15)$ ，除了 O_0 及 O_7 分別代表左右足尖外，其餘則表示活動關節點，另外 $G_i(i=1, \dots, 15)$ 則表示肢段質心位置(Huston&Passerelle, 1982)。

圖一(b) l_i 表示肢段長度， l_1 及 l_7 為左右小腿長度， l_2 及 l_6 為左右大腿長度， l_3 及 l_5 為左右手掌長度， l_{12} 及 l_{15} 為左右前臂長度， l_{11} 及 l_{14} 為左右上臂長度， l_4 、 l_8 及 l_9 分別為下軀幹、上軀幹及頭部長度， s_1 、 s_2 左右髖關節點位置至左右髖關節的距離， s_3 、 s_4 左右肩關節中點位置至左右肩關節的距離， s_5 左右肩關節中點位置至腰關節 O_7 的距離， s_6 、 s_7 左右踝關節至地面高度(Zatsiorsky&Seluyanov, 1983; Huston&Passerelle, 1982)。



圖一 人體模型與肢段長度

二、動力方程式

本研究亦將人體視為鋼體結構，比照此方法建立人體動力模型，如圖一(a)所示，使用右手法則(Right-Hand Rule)，在足掌之外取固定座標框 $ox_0y_0z_0$ 為起點(框表示一個座標系)，首先根據人體關節的結構，以 38 個自由度，做為本系統變數，而每一個自由度(變數)分別使用一個座標框。接著本研究參考學者 Fu 等人(1987)指出的機械手臂動力方程，將本動力系統 Lagrange 方程 $L=K-P$ 寫成：

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{38} \sum_{j=1}^{38} \sum_{k=1}^{38} [\text{Tr}(U_{ij} J_i U_{ik}^T) \dot{q}_j \dot{q}_k] + \sum_{i=1}^{38} m_i g^0 A_i \bar{r}_i \quad (1)$$

而 Lagrange-Euler 方程可寫成：

$$\tau_i = d/dt(\partial L/\partial \dot{q}_i) - \partial L/\partial q_i \quad (2)$$

則本系統廣義力可寫成：

$$\tau_i = \sum_{k=1}^{38} D_{ik} \ddot{q}_k + \sum_{k=1}^{38} \sum_{m=1}^{38} h_{ikm} \dot{q}_k \dot{q}_m + c_i \quad i=1,2,3,\dots,38 \quad (3)$$

方程式(3)中 D_{ik} 、 h_{ikm} 、 c_i 分別可寫成：

$$D_{ik} = \sum_{j=\max(i,k)}^{38} \text{Tr}(U_{jk} J_j U_{ji}^T) \quad i,k=1,2,3,\dots,38 \quad (4)$$

$$h_{ikm} = \sum_{j=\max(i,k,m)}^{38} \text{Tr}(U_{jk} J_j U_{ji}^T) \quad i,k,m=1,2,3,\dots,38 \quad (5)$$

$$c_i = \sum_{j=1}^{38} (-m_j g U_{ji} \bar{r}_j) \quad i=1,2,3,\dots,38 \quad (6)$$

根據 Fu 等人指出的方法，方程式(3)可用矩陣表示

$$\tau(t) = D(q(t)) \ddot{q}(t) + h(q(t), \dot{q}(t)) + c(q(t)) \quad (7)$$

關於功率 P_i 則為廣義力與廣義速度的乘積，因此可寫成

$$P_i = \tau_i \dot{q}_i \quad i=1,2,3,\dots,38 \quad (8)$$

三、定義本系統的齊次轉換

一般用以描述齊次轉換矩陣之運算元，根據 Fu 等人(1987)與 Craig(1989)指出，包括有三個旋轉運算元(Basic Homogeneous Rotation matrices)及一個平移運算元(Basic Homogeneous Translation Matrices)。以上之三個旋轉運算元分別以 $T_{x,q}$ 、 $T_{y,q}$ 及 $T_{z,q}$ 表示，如方程式(9)(10)(11)，而平移運算元則以 T_{tran} 表示，如方程式(12)。在旋轉運算元中以 q_i 代表廣義座標，且設 $c q_i = \cos q_i$ ， $s q_i = \sin q_i$ 。

則 $T_{x,q}$ 、 $T_{y,q}$ 、 $T_{z,q}$ 及 T_{tran} 矩陣形式則可寫成：

$$\mathbf{T}_{x,q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & cq_i & -sq_i & 0 \\ 0 & sq_i & cq_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9) \quad \mathbf{T}_{y,q} = \begin{bmatrix} cq_i & 0 & sq_i & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -sq_i & 0 & cq_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{T}_{z,q} = \begin{bmatrix} cq_i & -sq_i & 0 & 0 \\ sq_i & cq_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11) \quad \mathbf{T}_{tran} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_i \\ 0 & 1 & 0 & y_i \\ 0 & 0 & 1 & z_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

在 \mathbf{T}_{tran} 矩陣中 $(x_i, y_i, z_i)^T$ 位置向量，以 p_i 表示， p_i 為第 i 座標框對第 $i-1$ 座標框的平移量，在本研究中將用於描述肢段兩端點的相對位置向量。接著根據齊次轉換矩陣定理，本研究應用方程式(9)(10)(11)(12)之旋轉與平移運算元，定義以下七型齊次轉換矩陣來替代 D-H 轉換矩陣。第一型 i 座標框對 $i-1$ 座標框先平移後再對 X_{i-1} 軸旋轉時定義 ${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{x,q} \mathbf{T}_{tran}$ 。第二型 i 座標框對 $i-1$ 座標框先平移後再對 Y_{i-1} 軸旋轉時定義 ${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{y,q} \mathbf{T}_{tran}$ 。第三型 i 座標框對 $i-1$ 座標框先平移後再對 Z_{i-1} 軸旋轉時定義 ${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{z,q} \mathbf{T}_{tran}$ 。當向量 p_i 元素 x_i, y_i 及 z_i 同時為零時，表示 i 座標框與 $i-1$ 座標框原點在同一位置。其次，第四型 i 座標框對 $i-1$ 座標框在 x_{i-1} 軸平移時定義：

$${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{tran-x,q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & q_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

第五型 i 座標框對 $i-1$ 座標框在 y_{i-1} 軸平移時定義：

$${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{tran-y,q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & q_i \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

第六型 i 座標框對 $i-1$ 座標框在 z_{i-1} 軸平移時定義：

$${}^{i-1}A_i = \mathbf{T}_{tran-z,q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

以上第四型 $\mathbf{T}_{tran-x,q}$ 、第五型 $\mathbf{T}_{tran-y,q}$ 及第六型 $\mathbf{T}_{tran-z,q}$ 齊次轉換矩陣，是運用平移運算元 \mathbf{T}_{tran} 在三座標軸的平移量，改設為變數，此種定義方法詳見於 Fu 等人(1987)及 Craig(1989)之專書。最後，第七型齊次轉換矩陣 ${}^{i-1}S_i$ (i 為正整數)較為特殊，既不平移也不旋轉，定義為 4×4 階單位矩陣：

$${}^{i-1}A_i = {}^{i-1}S_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

連續多個 ${}^{i-1}S_i$ 相乘則定義成：

$${}^m S_n = {}^m S_{m+1} {}^{m+1} S_{m+2} \dots {}^{n-2} S_{n-1} {}^{n-1} S_n \quad (m, n \text{ 為正整數，且 } n > m) \quad (17)$$

從方程式(17)得知， ${}^m S_n$ 還是等於原來 ${}^{i-1}S_i$ 單位矩陣 (${}^m S_n$ 與其他六型中任一型矩陣相乘，最後還是等於原來與它相乘的矩陣)。

四、定義系統變數

本動力系統如圖一(a)所示，從 $OX_0Y_0Z_0$ 固定座標框到各個肢段的齊次轉換，總共 38 個自由度，關於這些代表自由度的變數及 ${}^{i-1}A_i$ 型態，分別定義於表一中(Huston&Passerelle, 1982)。

表一 變數 q_i 及 ${}^{i-1}A_i$ 型態

變數	${}^{i-1}A_i$ 型態	說明
q_1	${}^0A_1 = \mathbf{T}_{tran-x,q}$	右足掌 B_1 對固定座標框的平移
q_2	${}^1A_2 = \mathbf{T}_{tran-y,q}$	
q_3	${}^2A_3 = \mathbf{T}_{tran-z,q}$	
q_4	${}^3A_4 = \mathbf{T}_{y,q} \mathbf{T}_{tran}$	右足掌 B_1 對固定座標框的旋轉
q_5	${}^4A_5 = \mathbf{T}_{z,q} \mathbf{T}_{tran}$	
q_6	${}^5A_6 = \mathbf{T}_{x,q} \mathbf{T}_{tran}$	
q_7	${}^6A_7 = \mathbf{T}_{y,q} \mathbf{T}_{tran}$	右小腿 B_2 對右足掌 B_1 的旋轉
q_8	${}^7A_8 = \mathbf{T}_{z,q} \mathbf{T}_{tran}$	

q_9	${}^8A_9 = T_{y,q} T_{tran}$	右大腿B ₃ 對右小腿B ₂ 的旋轉
q_{10}	${}^9A_{10} = T_{z,q} T_{tran}$	下軀幹B ₄ 對右大腿B ₃ 的旋轉
q_{11}	${}^{10}A_{11} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{12}	${}^{11}A_{12} = T_{y,q} T_{tran}$	
q_{13}	${}^{12}A_{13} = T_{y,q} T_{tran}$	左大腿B ₅ 對下軀幹B ₄ 的旋轉
q_{14}	${}^{13}A_{14} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{15}	${}^{14}A_{15} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{16}	${}^{15}A_{16} = T_{y,q} T_{tran}$	左小腿B ₆ 對左大腿B ₅ 的旋轉
q_{17}	${}^{16}A_{17} = T_{y,q} T_{tran}$	左足掌B ₇ 對左小腿B ₂ 的旋轉
q_{18}	${}^{17}A_{18} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{19}	${}^{18}A_{19} = T_{y,q} T_{tran}$	上軀幹B ₈ 對下軀幹B ₄ 的旋轉
q_{20}	${}^{19}A_{20} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{21}	${}^{20}A_{21} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{22}	${}^{21}A_{22} = T_{y,q} T_{tran}$	頭B ₉ 對下軀幹B ₈ 的旋轉
q_{23}	${}^{22}A_{23} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{24}	${}^{23}A_{24} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{25}	${}^{24}A_{25} = T_{y,q} T_{tran}$	右上臂B ₁₀ 對上軀幹B ₈ 的旋轉
q_{26}	${}^{25}A_{26} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{27}	${}^{26}A_{27} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{28}	${}^{27}A_{28} = T_{y,q} T_{tran}$	右前臂B ₁₁ 對右上臂B ₁₀ 對的旋轉
q_{29}	${}^{28}A_{29} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{30}	${}^{29}A_{30} = T_{y,q} T_{tran}$	右手掌B ₁₂ 對右前臂B ₁₁ 的旋轉
q_{31}	${}^{30}A_{31} = T_{x,q} T_{tran}$	

q_{32}	${}^{31}A_{32} = T_{y,q} T_{tran}$	左上臂B ₁₃ 對上軀幹B ₈ 的旋轉
q_{33}	${}^{32}A_{33} = T_{x,q} T_{tran}$	
q_{34}	${}^{33}A_{34} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{35}	${}^{34}A_{35} = T_{y,q} T_{tran}$	左前臂B ₁₄ 對左上臂B ₁₃ 對的旋轉
q_{36}	${}^{35}A_{36} = T_{z,q} T_{tran}$	
q_{37}	${}^{36}A_{37} = T_{y,q} T_{tran}$	左手掌B ₁₅ 對左前臂B ₁₄ 的旋轉
q_{38}	${}^{37}A_{38} = T_{x,q} T_{tran}$	

五、 J_i 矩陣

根據 Fu 等人(1987)及 Lewis(1993)等人指出， J_i 矩陣被寫成

$$J_i = \begin{bmatrix} (-I_{xx} + I_{yy} + I_{zz})/2 & I_{xy} & I_{xz} & m\bar{x}_i \\ I_{xy} & (I_{xx} - I_{yy} + I_{zz})/2 & I_{yz} & m\bar{y}_i \\ I_{xz} & I_{yz} & (I_{xx} + I_{yy} - I_{zz})/2 & m\bar{z}_i \\ m\bar{x}_i & m\bar{y}_i & m\bar{z}_i & m_i \end{bmatrix} \quad (18)$$

在 J_i 矩陣元素中所需要的肢段參數，包括 i 肢段質量 m_i 、質心的位置向量 $r_i = (\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i)^T$ ，及 i 肢段的慣性距 (I_{xx}, I_{yy}, I_{zz})，與慣性積 (I_{xy}, I_{xz}, I_{yz})。

六、日期、地點及影片之數位化資料

民國 88 年 3 月，在國立台灣師範大學分部田徑場進行實地影片拍攝。本研究利用 Peak 電腦軟體 Motus，首先將影片中人體設定成二十二個參考點位置，再把參考點轉換為 3D 數位化的座標資料。

參、結果與討論

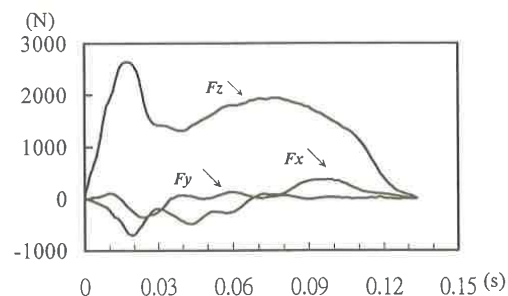
一、測試資料取得

本研究測試資料的取得，包括測力板與影片數位化資料兩部份。在測試過程，受試者熱身後，從距離測力板中心位置 30 公尺處逐漸加速，踩踏過測力板

中心位置 10 公尺以上，方開始減速直到停止。總共測試三次，每次受試者右腳掌必須完全踩在測力板上才算成功。吾人根據所拍攝的結果，取其中一次最為清晰的影片資料，作為本研究的樣本。

二、測力板資料

測力板的截取頻率為 600Hz，每次截取時間為 5 秒，蒐集的力量資料，包括了矢狀軸(前後)、橫軸(左右)及縱軸(上下)等三個方向軸力量，即固定座標框三個方向軸力量。受試者在支撐期間，身體重心的平均速率 7.739ms^{-1} ，測試的力量曲線(未經平滑修勻)，如圖二所示，支撐期時間 0.1333s，其縱軸 Fz 的蹬地力量曲線，剛開始出現的力量波形較尖銳較高，接著再出現一個較平滑的次大力量波形，分別為 2637 N 及 1934N，橫軸 Fy 力量介於 125 N 與 -359N 之間，矢狀軸 Fx 力量介於 -697 N 與 365N 之間。



圖二 測力板三個方向軸力量

三、影片數位化資料

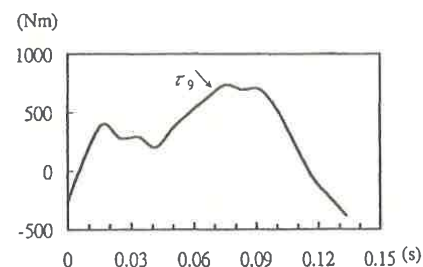
本研究影片數位化資料取得，是以兩部 Peak Performance 攝影機，拍攝以 25 個參考球架設的 $3 \times 2.5 \times 2.5\text{m}^3$ 實驗空間(矢狀軸 3m、橫軸 2.5m 及縱軸 2.5m)，根據 Peak Performance 原廠軟體(Motus 4.3 版)，自動按設定取得參考球的座標值，做為直接線性轉換(最小平方法)之已知條件，轉換後如附錄二所示。參考球的座標值與估計值之誤差：x 軸(矢狀軸)方向 0.003，y 軸(縱軸)方向 0.003，z 軸(橫軸)方向 0.006。此外，三個方向軸誤差百分比；x 軸方向 0.157，y 軸方向 0.150，z 軸方向 0.286。就一般三度空間的直接線性轉換，三個方向軸的誤差百分比 0.5 以下，尚屬容忍範圍，因此可確信本研究影片數位化資料，是在可信的範圍之內。

四、廣義座標

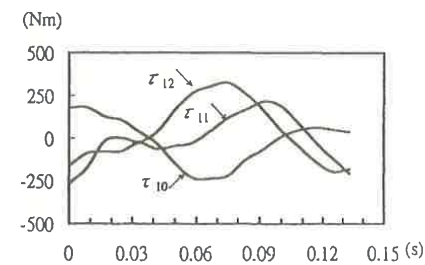
本研究經由影片取得跑步支撐期數位化資料，並以 Mutos 軟體內設 Cubic Spline，對人體 22 點數位化座標值予以平滑處理，再運用本人輯寫之電腦程式，將平滑後之座標值轉換為廣義座標 q_i ，其中 q_1, q_2, q_3 的單位為公尺(m)， q_4 至 q_{38} 的單位為弧度(rad)。由於本研究是採用攝影機與測力板同步蒐集資料，攝影機每秒拍攝 60 張，每張間隔 1/60s，而測力板以 600Hz 蒐集資料受試者踩板資料，取樣間隔 1/600s，兩者時間間隔相差十倍，為了使攝影機與測力板的搭配更精確，本研究在數位化座標值轉換為廣義座標之前，先以 Spline 內插法將影片數位化資料，內插成間隔 1/120s 數位化資料，使攝影機與測力板兩者的時間間隔，從相差十倍下降為五倍。

五、力矩

本動力系統模擬所獲得之廣義力， τ_1 至 τ_3 代表力，單位 Nm。 τ_4 至 τ_{38} 代表力矩，單位 Nm，其中 τ_4 至 τ_6 為足尖支點力矩，是屬於外力矩， τ_7 至 τ_{38} 為人體關節力矩。如圖三、四及五所示，僅列出支撐腳之右膝關節及右髖關節的力矩，其中右膝關節 τ_9 及右髖關節 τ_{12} ，所負載的力矩最大值相較人體其他關節大，它們有一個共同的特徵，皆以座標框 y 軸當旋轉軸，因此使支撐腿表現出來的動作，主要展現在跑步前進方向的推蹬能力。因此我們可以了解受試者跑步支撐期間，則以負責 y 軸轉向的肌肉力量較為重要，尤其是支撐腿之膝及髖關節。



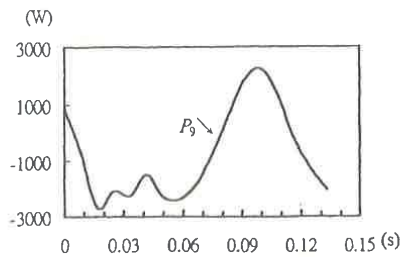
圖三 右膝關節力矩



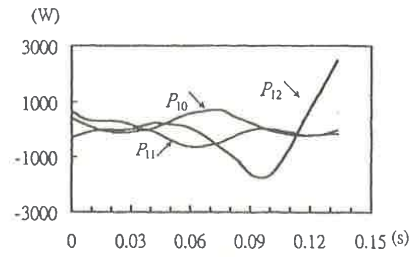
圖四 右髖關節力矩

六、功率

功率一詞，在跑步運動中所代表的意義，即肌肉爆發力，此爆發力量關係著在一定時間內跑步的加速能力，及能量消耗。因此，人體跑步期間產生的功率，對於短跑或長距離跑選手的運動能力，是一個重要的參考資料。經模擬獲得之主要關節功率曲線，如圖五、六所示，僅列出支撐腳之右膝關節及右髖關節的力矩，其中以右膝關節 P_9 及右髖關節 P_{12} ，所負載的功率相較其他關節大，它們如同關節力矩一樣，旋轉軸皆為該座標框的 y 軸，由此可知跑步支撐期間之人體肌肉爆發力，主要用於腿部的推蹬(支撐腳)與前後擺動(擺動腳)。因此一百公尺或兩百公尺的短跑，訓練應以腿部肌肉爆發力的強化為主要訴求。



圖五 右膝關節功率



圖六 右髖關節功率

肆、結論

本研究歷經理論方法的設計，電腦程式的輯寫，一直到跑步支撐期實際動作的測試，最後發現：

- 一、本研究所定義之七型齊次轉換矩陣，比 D-H 轉換矩陣，更能廣義的描述人體分支體系統的肢段位置。
- 二、本研究成功的將跑步支撐期動作之影片數位化資料，轉化成人體之關節角度，其中涵蓋了具有 3 個自由度的關節軸。
- 三、經由測試結果得知，本動力系統確實能模擬跑者對地面的推蹬力，及人體各主要關節軸的力矩、功率。

陸、參考文獻

- Asada, H., & Slotine, J. J. E. (1986). *Robot Analysis and Control*. New York: Wiley & Sons, Inc.
- Banks, S. P. (1986). *Control Systems Engineering*. Britain: Prentice-Hall International (UK) Ltd.
- Barter, J. T. (1957). Estimation of the mass of body segments. *WADC Technical Report*, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 57-160.
- Beckett, R., & Chang, K. (1968). An Evaluation of the Kinematics of Gait by Minimum Energy. *J. Biomechanics*, 1, 147-159.
- Clauser, C. E., McConville, J. T. & Young, J. W. (1969). Weight, volume and center of mass of segment the human body. *AMRL Technical Report 60-70*, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 69-70.
- Craig, John J. (1989). *Introduction to Robotics Mechanics and Control* U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Dempster, W. J. (1955). Space Requirements of the Seated Operator. *WADC Technical Report*, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 55-159.
- Fu, K. S., Gonzalez, R. C., & Lee, C. S. G. (1987). *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Hinrichs, M. N., Cavanagh, P. R. & Williams, K. R. (1987). Upper Extremity Function in Running. I: Center of Mass and Propulsion. *J. Biomechanics*, 3, 222-241.
- Hinrichs, M. N., Cavanagh, P. R. & Williams, K. R. (1987). Upper Extremity Function in Running. II: Angular Momentum Consideration. *J. Biomechanics*, 3, 242-263.
- Hinrichs, M. N., Cavanagh, P. R. (1983). Upper Extremity Contributions to Angular Momentum in Running. In *Biomechanics VIII-B* (edited by H. Matsui & K. Kobayashi), pp. 641-647. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Huston, R. L., & Passerelle, C. E. (1971). On the Dynamics of a Human Body Model. *J. Biomechanics*, 4, 369-378.
- Huston, R. L., & Passerelle, C. E. (1982). The Mechanical of Human Body Motion. In D. N. Ghista (Eds.). *Human Body Dynamics: Impact, Occupational, and Athletic Aspects* (pp. 204-247). Oxford: Clarendon Press.

- Lewis, F. L., Abdallah, C. T., & Dawson, D. M.(1993). Control of Robot Maripula-tors. New York : Macmillan Publishing Company.
- Lin, D. C., & Dillman, C. J. (1983). Optimal Stride Length in Running.Biomechanics in Sports. In J. Terauds (Eds.). Research Center for Sports, 317-337.
- Payne, A. H. (1983). Foot to Ground Contact Forces of Elite Runners In Biomechanics VIII-B (edited by H.Matsui & K.Kobaya-shi) ,pp.746-753. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ramey, M. R., & Yang, A. T. (1981). A Simulation Procedure for Human Motion Studies. J. Biomechanics, 14, 203-213.
- Spong, M.W., & Vidyasagar, M.(1989). Robot Dynamics and Control. New York: Wiley & Sons,Inc.
- Zatsiorsky, V. & Seluyanov,.(1983).The Mass and Inertia Charac-teristics of the Main Segment of the Human Body. In Biomechanics VIII-B (edited by H.Matsui&K.Kobayashi), pp.152-1159. Champaign, IL: Human Kinetics.

Physical Education of
National Chung Hsing University
Vol.6, PP.95-108 (2002, 9)

興大體育
第六期, 頁 95-108 (民 91.9)

不同運動員認同之運動樂趣來源 與運動動機之相關研究

何全進

摘要

本研究主要之目的在比較不同運動員認同在運動樂趣來源與運動動機之差異, 以及各變項相關與預測。以我國大專、高中、籃球聯賽甲級男子球隊, 以及高中、大學非運動員男學生 937 人 (高中=460 人; 運動員 164 人、非運動員 296 人, 大學=507 人; 運動員 243 人、非運動員 264 人) 為研究對象, 施以運動員認同量表 (何全進、盧俊宏, 民 91)、運動樂趣來源量表 (林孟逸, 民 90) 與運動動機量表 (陳美燕, 民 84) 測驗。並將測量結果以多變量變異數分析 (Hotelling's T)、皮爾森積差相關、多元逐步回歸進行統計分析, 結果發現:

- 一、高運動員認同比低運動員認同有較高的運動樂趣來源 (社交和生活機會、社會認同和獎賞、自覺能力、活動本身) 與運動動機 (內在動機、外在動機、無動機) 且達 $P < .05$ 的顯著差異水準。
- 二、運動員認同、運動樂趣來源 (社交和生活機會、社會認同和獎賞、自覺能力、活動本身) 與運動動機 (內在動機、外在動機、無動機) 之間有顯著正相關 ($P < .05$)。
- 三、(1) 運動樂趣來源之自覺能力、社會認同和獎賞與活動本身可有效預測內在動機; 其中以自覺能力有較高的預測力。(2) 社交和生活機會、自覺能力可有效預測外在動機; 其中以社交和生活機會有較高的預測力。(3) 社交和生活機會可有效預測無動機, 本研究依結論提出研究應用以及對未來研究方向提出建議。

關鍵詞: 運動員認同、運動樂趣來源、運動動機