

Study of Movable Two Dimensional Manikins

Yi-Xue Yang, Mao-Kuang Chang and Chi-Yuang Yu

Department of Industrial Engineering
National Tsing Hua University
Hsinchu, Taiwan

Abstract

There are two primary types of anthropometric measurements: static anthropometry and dynamic anthropometry. In Taiwan, static anthropometry database has been established. However, if we want to realize the envelope of human movement in advance, only the static data is not enough. This study used available static anthropometric data in Taiwan to make up 2-D manikins in the sagittal plane, and to simulate movable condition in dynamic movements. Because of low correlation between human body segments' size, eg. a man with long hands is not always with long legs, this research divided the human body into three parts: upper limbs, lower limbs and trunk. According to the available static database and foreign made up manikins, we could calculate the size ratio of upper limbs, lower limbs, and trunk between Chinese people and foreign manikins. Projecting the slide of established foreign 2-D manikins on the wall, we modified the shape of human body segments according to the ratio calculated above, and then made up 2-D manikins of Taiwanese. Using this 2-D manikins, we can simulate human movement in the sagittal plane for the designer to use in workstation design, or furniture design, etc.. For the further study, these manikins can be computerized to simulate the human movement in 3-D.

Keywords: Anthropometry, 2-D manikin

二度空間人體活動模型之研究

楊宜學 張茂廣 游志雲

國立清華大學工業工程系

摘要

人體計測可分為靜態量測和動態量測兩種，而國內在這方面的研究大多只在靜態量測的資料庫之建立。但是，如果我們想進一步瞭解人體活動時的活動範圍，只有靜態資料是不足夠的。本研究則在利用現有的靜態資料數據，做成國人二度空間的人體側面的活動模型，以模擬動態時的運動情況。由於人體各肢節間的尺寸大小並非有高度相關，如手長的人不一定腿也長。因此，本研究大致上把人分為上肢、下肢及軀幹三大部份，然後再將國內已有的靜態數據和國外已完成的模型，算出二者在上肢、下肢及軀幹三大部份間的比例關係，再將國外人體模型的幻燈片所投射出的影像，按已求出的比例關係，轉換成國人的尺寸，製成二度空間人體側面的活動模型。利用這套模型，我們可以模擬人體正矢面 (sagittal plane) 的一些動作及活動範圍，借此有助於人體活動空間的設計，更可能為將來在三度空間的人體活動模型及模擬程式的製作上鋪路。

關鍵詞：人體計測；人體二度空間模型

壹、前言

目前，國內許多產品規格在設計上常常是直接引用國外已有的數據，與人體相關的資料亦復如是。如鞋子、服飾、流理台的高度、浴缸的尺寸...等等。而外國人的體型先天上就與國人不同，故外國所使用的標準尺寸，必不能合於國人的使用或操作，因此發展出一套適合國人的人體計測資料庫是必須要的。

國內人體計測的肇始是在民國六十一年時，農復會委託中華民意測驗協會舉辦台灣地區國民身高、體重的調查，這份資料是用來評核國人體格發育上是否有進步，因此只調查身高、體重兩項，但樣本包括了各年齡層（3歲～70歲以上），共有121,493人接受測量。直到最近幾年，人體計測才又在國內有了一番進展，台北工專的杜壯及李五龍在民國七十三年以台灣地區的18～25歲男性青年為對象，以馬丁式人體計，測量身高、體重等二十四個項目，共取2,145個樣本；屏東農專的邱鏡津，以南部地區6～18歲的女學生約1,200人為對象，計測60項人體數據，主要是應用於服裝設計上。前述三種調查都是以直接測量的方式，與此三種不同的量測是由清華大學的蔡正中與黃雪玲，以攝影方式的間接測量，其抽樣母體是選擇最接近台灣地區人體結構的台中縣，樣本數為2,000人，其中包括15～64歲的各年齡層及可能影響體型大小的各職業別，特別是，它包含了95項人體各部份之尺寸，因此這套資料庫可說是應用最廣的。

然而，根據標準姿勢所測得靜態資料並不能知道人體活動範圍。例如伸手拿東西的最遠距離並不等於手長，還必須考慮肩部的活動、軀幹的扭轉及背部的彎曲情形。為了獲得這些資料，最簡易的方法就是製作人體活動模型。

1954年，美國密西根大學進行一項研究計劃，得出坐姿的活動範圍(Space requirement of the seated operator)，並製作5%，50%，95%三個百分位數的二度空間人體側面模型。而因為國人與外國人的體格並不相同，如：國人一般身體比例上是軀幹較長而腿短，因此，我們不能直接沿用外國人體型比例的模型來作為國人的模型。所以，我們將人體的軀幹、上肢、下肢，分別與外國的模型作比較，再以國人的靜態人體計測資料為依據，製作成男女各有三個百分位數(5%，50%，95%)的六套人體側面模型。

這套模型模擬出人體側面觀察時，各肢節活動的範圍、各關節的配合情形，包括了兩個人體上較複雜的關節——肩關節與髖關節。由此模型，我們可以設計出適合人活動及操作的空間或產品，如：汽車坐椅的高度及煞車板的位置、流理台的高度及水槽的尺寸、桌子的高度及椅子的配合、工作站的規劃如圖一等。

總之，在邁向已開發國家的我們，要提昇生活

品質，產品能切合國人的使用與操作、工作環境舒適合理，將是重要的一環，因此動態模型研究結果，是為國家發展的一項重要資料。

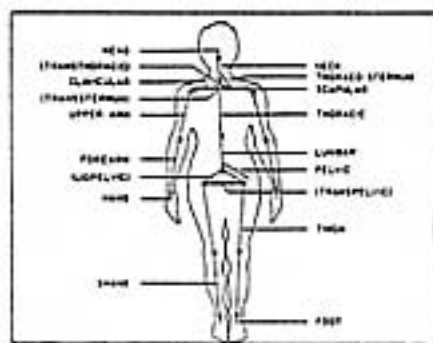


圖一 二度空間人體模型在工作站設計上的應用

貳、研究方法

在人體計測上，為求資料的明確且能在將來合動態模型的運用，所以在人體結構的分析上，可能將人體分為幾個區塊(link segment)，由這區塊的組合，我們將簡單、清楚地了解到人體肢的組合與可能的活動情形。一般我們稱這些由區組合而成的人體模型為 linkage system，如圖所示。而使用 linkage system 有二項必要的假：

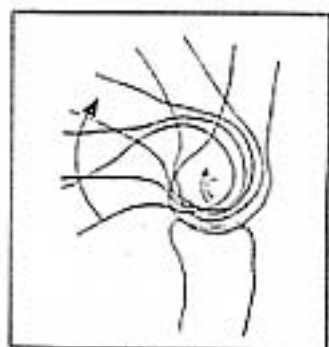
- (1) 各區塊的長度固定，不因運動而改變。
- (2) 各區塊連接軸點的位置固定，不因運動而改變。



圖二 Linkage system (Webb Associates, 1975)

但 Braune and Fischer, (1889)、Dempster (1955)及 Snyder, Chaffin & Schultz, (1972) 研究中，曾分別利用死屍或照相來分析人體骨骼構。他們發現實際上各區塊的長度及區塊間的連接軸點，都會因人體活動而有些許變動，如圖三所膝關節在大腿由彎曲漸漸伸直時，關節連接軸點隨之向上旋轉移動。

由此一舉，由於區塊長度是由該區塊兩端連接軸點的距離來決定，所以區塊長度也因此會隨連接軸點的移動而改變，違反了 linkage system 假設。可是就實際測量結果可發現，這種因活動產生的偏差，皆僅在 ±5% 以內，是可以省略的，區 linkage system 在實際上是相當有用的。



圖三 鏈結四肢模型(lexion) 百伸屈(extension) 時，
連續轉寫運動的軌跡(Fractal and Nordie,
1962, p.121)

本研究乃是以 linkage system 的觀念，配合現有美國密西根大學所完成的二度空間肢解圖(圖四)，將肢解圖製成幻燈片，投影於厚紙板上，製作出三種尺寸的外國男子模型。再依據蔡正中、黃雪玲和王明揚(1986)建立的國人靜態資料庫資料，換算成各區塊所應放大或縮小的比例，製作出國人尺寸的二度空間側面人體模型。



圖四 人體肢解圖
此圖是以 3~5 個符合場之模型(身高 stature、膝下高 crouch height、肩高 acromial height、手長 upper limb length) 百分比位數的變異數，經由排列輪廓，再加以調整各段的區域圖形，圖中各區域(segment) 的長度與型體區域(linkage segment) 應有者一定的比例。(Dempster 1955 (1), Fig.70)

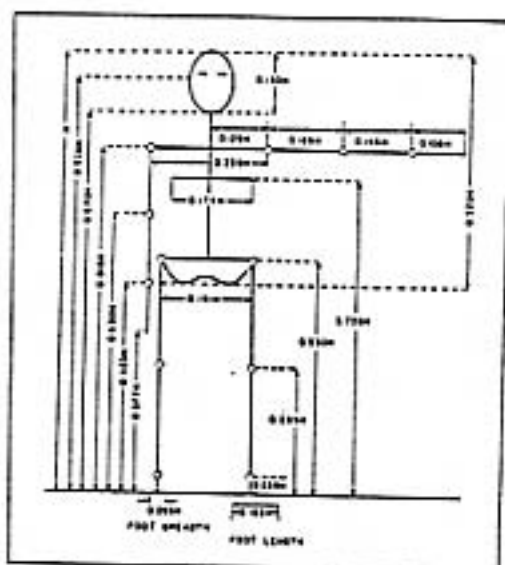
Drills 和 Contini (1975)曾提出人體各區塊長短和身高之間有著固定的比例，如圖五所示，是其大致的關係。為了調整東、西方體型上的差異及簡化模型的製作，本研究依此假說亦人體試分為三大部份：(1) 軀幹(2) 上肢(含上臂、小臂及手)(3) 下肢(含大、小腿及足)，分別調整其比例。

但是由於國人靜態資料庫中，並無法直接查得此三項數據，故間接地以 (a) 身高 (b) 地至膝下高 (c) 地至肩高 (d) 地至腕高，這四項數據來得，再配合國外厚紙板模型的實測資料(測量方法見附錄一)，經下列算式可算出這三部份(軀幹及上、下肢) 所應放大或縮小的比例。算式如下：

$$\text{式(一) 軀幹比例} = \frac{\text{國人身高} - \text{國人地至膝下高}}{\text{外國人體型身高} - \text{外國人體型地至膝下高}}$$

$$\text{式(二) 上肢比例} = \frac{\text{國人地至腕高} - \text{國人地至膝高}}{\text{外國人體型地至腕高} - \text{外國人體型地至膝高}}$$

$$\text{式(三) 下肢比例} = \frac{\text{國人地至膝下高}}{\text{外國人體型地至膝下高}}$$



圖五 人體各區塊的長度可由身高的比例來表示(Reuback, Kroemer and Thomson, 1973)

經由不同比例的投影調整製成不同區塊模型後，最重要的工作是區塊的鏈結，特別是在肩關節與體關節兩處的結合情形最為複雜，因此對於此等關節的活動情況，須有所了解(請參閱附錄二)，然而有關各關節點活動角度，國內缺乏這類資料，所以我們利用 Dempster, 1955 (1), p.107~p.108 的實驗結果見表 1，來完成關節點的製作。

表 1 各關節活動角度(Dempster, 1955 (1))

資料類別	角度(度)
I	flexion 133.2 ± 9.4
	extension 43.0 ± 14.1
II	flexion 137.1 ± 12.7
	flexion 141.0 ± 9.3
III	abduction 24.3 ± 10.2
	abduction 44.3 ± 9.1
IV	flexion 112.3 ± 12.3
	flexion 19.0 ± 7.8
V	flexion 11.4 ± 7.8
	extension 41.4 ± 10.4

參、實驗步驟

一、外國人體紙板模型的製作：

1. 將 Dempster, 1955 (1), p.153~p.155, 實驗結果的三種體型(5%, 50%, 95%) 肢解圖製作成幻燈片。
2. 將幻燈片投影於牆上的全開厚紙板，調整幻燈片上肢解圖，使圖上大體部份標準線達到 10 inches 長。

- 將肢解圖描於厚紙板上，裁下，並將關節軌跡溝槽及轉軸處挖空。
- 以螺釘組合各區塊，測量身高、地至肘下高、地至肘高、地至腕高。量測方法參見附錄一。結果如表 2 所示。

表 2 外國人體型資料

		單位: cm		
項目	型別	S (15%)	A (50%)	L (15%)
身 高		167.13	176.27	186.35
地至肘下高		78.23	84.16	89.88
地至肘高		140.90	148.22	154.78
地至腕高		84.13	88.41	97.67

二、國人體紙板模型的製作：

- 由國人靜態資料庫中，可得身高、地至肘下高、地至肘高、地至腕高等資料。見表 3.1 與表 3.2。
- 利用式(一)~式(三)，計算出軀幹、上肢、下肢等部份的比例關係。見結果分析表 A。
- 依表 A 之比例，將軀幹、上肢、下肢等不同部份，投影在厚紙板上，繪出各肢解圖，並裁下，挖空軸點。
- 組合各區塊，測量身高、地至肘下高、地至肘高、地至腕高、地至腕高。見結果分析表 B。

表 3.1 國人靜態資料：男性

項目	型別	S (15%)	A (50%)	L (15%)
身 高		157.82	167.58	177.71
地至肘下高		45.48	51.33	57.43
地至肘高		129.28	138.27	147.38
地至肘高		88.23	105.34	111.78
地至腕高		72.9	80.32	87.11

表 3.2 國人靜態資料：女性

項目	型別	S (15%)	A (50%)	L (15%)
身 高		147.38	156.27	164.24
地至肘下高		45.18	47.72	51.45
地至肘高		129.70	127.71	134.30
地至肘高		70.22	84.91	101.80
地至腕高		68.83	78.19	77.74

三、模型修整及關節點的製作：

- 由國人靜態資料庫中，可得厚度等其他相關之資料列於表 4，對組合成的模型做修整。
- 參照表 1，製作關節點

(1) 肩關節：

- 由表中得知手臂向前上舉，最大角度為 193.2° ，向後擺最大角度為 63° 。
- 取肩關節相對於軀幹的活動軌跡圖，如附圖 2.5 所示。作重力線 (gravity

表 4 國人體型人體測量資料

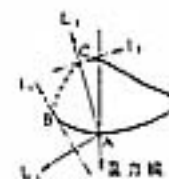
項目	型別	單位: cm					
		S (15%)	A (50%)	L (15%)	S (15%)	A (50%)	L (15%)
地至第七頸節		120.24	142.70	151.19	122.64	140.82	141.83
地至肩峰		45.15	51.53	57.82	41.17	47.43	53.43
地至腋窩		84.18	124.00	131.71	86.57	88.27	103.32
地至肘高		8.44	10.18	11.15	8.74	8.68	10.18
地至腕高		72.22	83.21	90.32	70.71	78.67	82.28
地至肘下高		111.11	118.52	128.31	99.21	107.14	115.05
胸 厚		10.14	23.15	27.28	19.19	22.22	27.25
腰 厚		14.92	21.44	27.44	16.25	19.72	24.38
臀 厚		21.47	24.15	27.58	20.24	22.72	24.92
足 高		23.18	25.19	27.22	21.12	23.24	24.31

line) 與軌跡之下方交點 A，以 A 為標準點。

- 以重力線為起始線，順時針與逆時針分別量取 63° 與 193.2° ，並作 A 與 AL2。



- 沿著軌跡作 AL1 與 AL2 的垂直線 11 及 12，令 11 與 12 和軌跡相切的點 B 與 C。則 BAC 為肩關節活動範圍。
- 沿 BAC 挖開一寬 4mm 的溝槽。

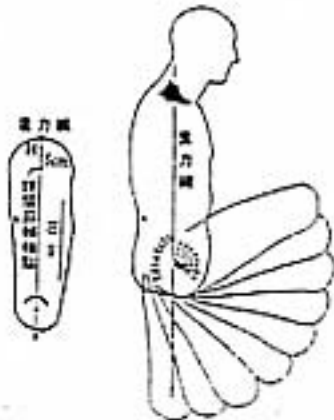


(2) 肘關節

- 由表 1 得知肘關節，大臂向前上舉大角度為 117° 且不能向後擺，其相對於軀幹的活動範圍為一圓弧。
- 求出活動範圍中心點 O，以重力線為起始線，畫一 117° 的圓弧，將 O 挖空，且每隔 15° 標示之。



- c. 於大腿區塊上，由髖關節轉軸點沿重力線向上 5cm 處，挖一直徑 4mm 的小孔 H。
- d. 以螺釘經髖關節上的圓弧與大腿區塊的髖關節轉軸點結合。
- e. 由 0° 開始，大腿區塊上順著移動髖關節轉軸點至圓弧的對應位置，透過 H 孔，每 15° 做一個記號，直至轉到 117° 止。
- f. 將所得之記號，以平滑曲線連接，此一平滑曲線為大腿區塊的參考點 H，相對於髖關節在大腿移動時的軌跡，將此軌跡挖開一寬 4mm 的溝槽。



(3) 膝關節

- a. 由表 1 得知膝關節 flexion 最大角度為 120°，因此先在大腿區塊上，以髖關節轉軸點為圓心，重力線為角平分線，半徑 4cm，繪一 120° 的圓弧，將圓弧挖空。
- b. 在小腿區塊，以髖關節轉軸點為圓心，重力線為起始線，半徑 4cm，逆轉針 60°，取一點 R，將之挖空。



其他如踝關節、肘關節及腕關節的製作方法，同膝關節的作法，不贅述之。

四、壓克力模型的製作

1. 將組已完成之紙板模型區塊，分別繪於 2mm 厚的透明壓克力板上，裁製之。
2. 螺釘組合各區塊，並標示刻度及組別於完成品上。
3. 量測完成製作的模型。

肆、結果分析

一、外國人體模型和國人靜態資料中上肢、下肢及髖關節的比例如表 A 所示。由此表我們可以看出國人的體型上與外國人的差異，這也是本實驗要將各區塊做比較，以完成較符國人體型的模型。

表 A 國人和外國人體型上的比例關係

性別	男				女			
	上肢	腿幹	下肢	上肢	腿幹	下肢		
L	0.933	1.238	0.877	0.822	0.956	0.827		
A	0.956	1.242	0.858	0.835	0.941	0.805		
S	0.877	1.238	0.838	0.825	0.975	0.783		

二、修整前後之紙板模型測量數據與國人靜態資料比較：

表 B-1 男性模型 - 調整前的數據與國人靜態資料比較

資料名稱	調整前值	調整後數據*		B-A 調整後值 %
		cm	cm	
L	165 身 高	178.70	178.70	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	77.40	77.40	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	141.20	141.20	0.00 (0.00)
A	165 調整肘下長**	120.20	122.10	1.90 (1.58)
	120 調整肘高	85.90	86.90	1.00 (1.16)
	180 調整肘高	167.40	167.40	0.00 (0.00)
S	165 身 高	167.40	167.40	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	77.70	77.70	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	127.20	127.20	0.00 (0.00)
B	165 調整肘下長	120.20	122.40	2.20 (1.83)
	120 調整肘高	78.50	78.50	0.00 (0.00)
	180 調整肘高	167.40	167.40	0.00 (0.00)
Y	165 身 高	177.20	177.20	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	88.80	88.80	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	129.20	129.20	0.00 (0.00)
Z	165 調整肘下長	98.20	98.20	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	78.20	78.20	0.00 (0.00)
	180 調整肘高	166.40	166.40	0.00 (0.00)

表 B-2 女性模型

資料名稱	調整前值	調整後數據*		B-A 調整後值 %
		cm	cm	
L	165 身 高	166.70	166.70	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	77.50	77.50	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	129.20	129.20	0.00 (0.00)
A	165 調整肘下長**	98.40	100.40	2.00 (2.03)
	120 調整肘高	78.20	78.20	0.00 (0.00)
	180 調整肘高	166.40	166.40	0.00 (0.00)
S	165 身 高	166.40	166.40	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	88.70	88.70	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	127.70	127.70	0.00 (0.00)
B	165 調整肘下長	98.40	98.40	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	78.20	78.20	0.00 (0.00)
	180 調整肘高	166.40	166.40	0.00 (0.00)
Y	165 身 高	166.40	166.40	0.00 (0.00)
	180 調整肘下長	88.70	88.70	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	127.70	127.70	0.00 (0.00)
Z	165 調整肘下長	98.40	98.40	0.00 (0.00)
	120 調整肘高	78.20	78.20	0.00 (0.00)
	180 調整肘高	166.40	166.40	0.00 (0.00)

*註：調整後數據為調整前值與國人靜態資料之平均值。

從修整前的資料我們可以觀察出，地面至肘關節的高度的誤差，一直是最大的。這是因為我們是以整個上肢為比例所做出來的模型，必須再根據上臂與小臂的比例關係加以調整。而數據顯示地面至肘高的實際資料總比模型來得大，因此吾人大膽推定，對外國人而言，國人的上臂較短而小臂較長。所以我們把模型作上臂減短、小臂加長的調整，得出的結果百分位誤差值也較為平均。

此外，我們亦對手臂長、軀幹長和膝下高三項量測結果作如下分析：

		男		
資料類別	模型類別	①模型資料 (cm)	②實際資料 (cm)	百分誤差 $\frac{ \text{①}-\text{②} }{\text{②}}$
L	手臂長	56.59	42.83	7.35
	軀幹長	151.55	98.88	3.29
	膝下高	77.63	78.83	1.25
A	手臂長	57.73	57.75	0.09
	軀幹長	94.73	95.73	1.04
	膝下高	72.72	72.84	0.18
S	手臂長	55.25	55.48	0.72
	軀幹長	92.05	92.45	1.91
	膝下高	66.85	65.48	1.32

		女		
資料類別	模型類別	①模型資料 (cm)	②實際資料 (cm)	百分誤差 $\frac{ \text{①}-\text{②} }{\text{②}}$
L	手臂長	55.93	55.28	1.43
	軀幹長	91.22	90.48	2.58
	膝下高	71.32	73.45	2.12
A	手臂長	52.19	52.24	2.18
	軀幹長	89.05	88.53	2.16
	膝下高	65.75	67.72	2.91
S	手臂長	52.23	52.90	2.25
	軀幹長	87.18	86.83	3.42
	膝下高	59.52	61.28	2.48

為何按照比例作出來的模型，還有相當大的誤差(如95%男性手臂長)，主要是因為參考點不明顯所致，因本研究量測時，都是參考模型輪廓上的點，而這些點在投影描繪時有些許差錯，就會造成量測上相當大的影響。因此，必須以關節點做為參考點，才能有較準確的結果。

三、厚度修正參考一些厚度資料，以描繪出近似國人的整體外形。在描繪過程中，還考慮了美觀因素，如：國人的平均腰厚大於平均胸厚。

在不影響量測項目的情況下，稍微厚度上的修正。

四、根據修正後踏板模型所製成的壓克力模型，量測結果分析如下：

		男		
資料類別	模型類別	①修正力模型 (cm)	②實際資料 (cm)	百分誤差 $\frac{ \text{①}-\text{②} }{\text{②}}$
S	身高	157.43	157.83	0.25
	地面膝下高	66.82	65.48	2.34
	地面肘高	120.10	129.15	0.58
	地面肘高	54.35	58.23	0.94
	地面腕高	74.80	73.93	1.22
A	身高	186.50	187.54	0.42
	地面膝下高	72.52	71.44	2.32
	地面肘高	114.93	128.27	0.97
	地面肘高	134.08	151.54	1.18
	地面腕高	80.25	80.52	0.38
L	身高	177.62	177.71	0.44
	地面膝下高	71.25	78.83	2.00
	地面肘高	147.65	147.74	0.23
	地面肘高	112.40	113.78	1.13
	地面腕高	87.90	87.11	0.90

		女		
資料類別	模型類別	①修正力模型 (cm)	②實際資料 (cm)	百分誤差 $\frac{ \text{①}-\text{②} }{\text{②}}$
S	身高	147.83	147.94	0.13
	地面膝下高	61.47	61.16	0.51
	地面肘高	121.78	120.73	1.22
	地面肘高	69.40	80.22	3.82
	地面腕高	89.95	88.83	1.12
A	身高	156.43	156.27	0.16
	地面膝下高	68.22	67.72	0.20
	地面肘高	128.38	127.73	2.66
	地面肘高	88.25	84.88	2.44
	地面腕高	75.75	78.48	1.26
L	身高	164.25	164.14	0.09
	地面膝下高	73.45	73.45	0.20
	地面肘高	124.45	124.93	0.28
	地面肘高	109.11	103.40	0.28
	地面腕高	79.13	79.74	0.41

壓克力模型與實際資料相比較，誤差都大。可是，如果以這些模型和真人比較，即發現男性模型的腿太粗而軀幹太長，為何有此的差異？是否原來的靜態資料在這項有關數據上，發生了問題？由於本研究所使用的靜態資料，是以照相間接測得的結果，當

男性是著運動短褲，加上男性的身體構造的影響，所測得的膝下高較低而膝肘長，這些因素造成資料上的影響，是可理解的。

伍、討論

- 一、與外國人體模型做比較的三項國人靜態資料數據，其中膝肘長與上肢長，分別是由兩項相關數據相減的方式，間接得到的結果。這種方式取得的資料，會因統計上數據的交互作用的影響，使得所得到的數據與實際統計母體的值，存在著更大的變異。此外，對模型修整的程序，並沒有完整的資料用以資助（如：地至膝高的資料）。因此，國人的靜態資料庫有擴充的必要。
- 二、在整套模型的製作，是以外國人體模型的幻燈片，投影描繪而成，同時定出關節點。換言之，我們已先假設國人的關節連線和區域長度間的比例關係，和外國人相同。而且我們在前面已提過，參考點取在輪廓上，會造成誤差加大，而以關節點為參考點就不致產生這樣的問題。由上述二項本研究所遭遇的阻礙，我們可知道以關節點為參考點的人體測量資料，是應該建立的。
- 三、本研究完成的此套模型，是人體側面的二度空間模型，且由頭頂至膝下，這整個區域當成一個區域，沒有再加分頭、腰等特殊的關節點，因此人體的厚度（如：胸厚、腰厚），沒有影響本研究所要測量的項目。然而，若想將人體模型發展成三度空間模型，則厚度資料亦將是重要的一環，此方面的資料搜集，是應增入靜態資料之中。

陸、結論

國人二度空間動態模型的製作是刻不容緩的，而本研究提供了一個製作模型的參考方法，整個研究已在此方法下順利完成，但其中不足的是國人動態方面的資料（如：關節可活動的角度及活動空間）缺乏，使得本研究須以外國已有的相關資料來製作。此外，靜態資料的不完備，使得完成後的模型與數據，和國人的真實體型結構關係不能契合。這些使得本研究無法完美完成的原因，我們深感遺憾。

所以，一套完整且正確的國人人體測量資料庫的建立，是絕對需要的。在此也呼籲有關當局，在邁向已開發國家的我們，應對此一基礎的資料之建立，加進更多的關注與支持。

柒、參考書目

1. Akerblom, B., (1948), "Standing and Sitting Posture. With Special Reference to the Construction of Chairs", Nordiska Bokhanden, Stockholm, Doctoral dissertation.

2. Chaffin, D.B.; Andersson, G.B.J., (1984), "Occupational Biomechanics", John Wiley & Sons.
3. Dempster, W.T., (1955), "Space Requirement of the Seated Operator", WADC Technical Report 55-159, Wright Air Development Center.
4. Kapandji, L.A., (1974), "The Physiology of the Joints", Vol.3, Churchill, Livingstone, Edinburgh.
5. Pheasant, S., (1988), "Body Space: Anthropometry, Ergonomics, and Design", London, Philadelphia, Taylor & Francis.
6. 蔡正中、黃雪玲、王明揚, (1986), "國中靜態人體測量資料庫之建立", 國科會專案研究計劃, 行政院國家科學委員會。
7. 杜社、李五龍, (1984), "我國青年期人體計測調查研究", 工業設計研討會 '84 論文集, p.264-288, 行政院國家科學委員會。
8. 邱鏡津, (1988), "台灣地區女子 (6~18 歲) 人體計測調查之研究", 技術學刊, p.81-100, 國立台灣工業技術學院技術職業教育研究中心。

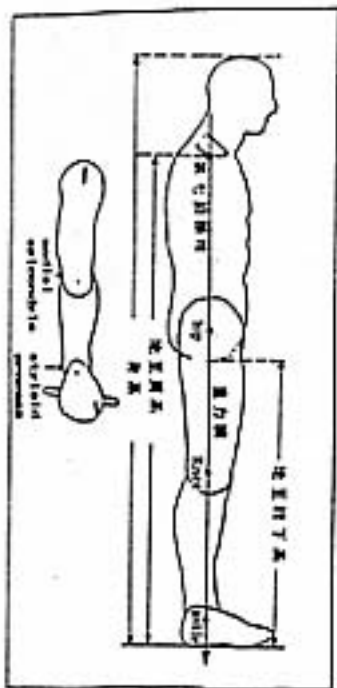
附錄一 身體區域模型的測量方法

在測量模型數據時，為求量測的標準一致，應設定標準姿勢，可是就人體結構而言，人站立時除骨架外尚有肌肉、韧带等組織，彼此協調施力以達平衡，因此姿勢會因人而異。為達標準姿勢，科學家曾定下各種規則。西元 1873, Mayer 曾提出人體重力線 (gravity line) 的模式，他的重力線透過髋關節 (hip joint) 後方 5 公分，膝關節 (knee joint) 前方 3 公分及踝關節 (ankle joint) 的一直線。此重力線可為模型標準立姿的指標。

但是，本研究採用的標準立姿時的重力線是 Brauns 和 Fischer (1889) 利用屍體實驗的結果，此重力線是自第七節頸椎，經肩關節、髋關節、膝關節至踝關節的一條直線，如附圖一所示。

附錄二 肩和髋二關節的活動情況

1. 肩關節 (shoulder joint): 當大臂在做運動時，肩關節的旋轉中心 (center of rotation) 並不會固定在同一點上，如附圖 2.1 至附圖 2.4 所示，其旋轉中心的所在位址，隨著手臂活動角度的不同而成一不規則形狀的變化。



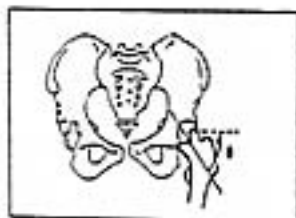
附圖一 人體各部分之長度與位置關係

由於國內缺乏國人這方面的資料，因此本實驗參照外國人關節活動範圍資料而得，有關肩關節在 Sagital plane 上活動軌跡，如附圖 2.5 所示，國外在測量此軌跡時，是令受測者做出許多手臂動作，拍備後分析之結果。

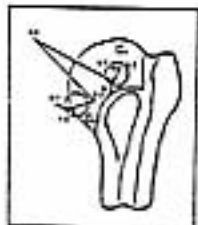


附圖 2.5 肩關節相對於軀幹之活動軌跡

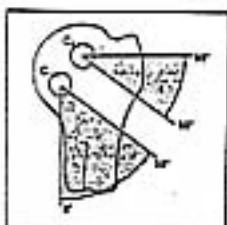
2. 髖關節 (hip joint): 髖關節的旋轉中心，並不像球體繞軸旋轉般固定，事實上，大腿骨是呈斜角地嵌在骨盆上，如附圖 2.6 所示。因此，當腿部在 sagital plane 上運動時，隨著腿部與鉛垂線間角度的改變，髖關節的旋轉中心亦隨之變化。



附圖 2.6 髖關節結構圖，大腿骨與骨盆呈一角度相連



附圖 2.1 右手臂向右上舉 (adduction) 時，肩關節旋轉中心位置變化的情形。



附圖 2.2 右上臂之動作，由此圖可明顯了解隨手臂上舉角度變化，旋轉中心位置之變化情形。



附圖 2.3 右手臂向右上舉 (flexion) 時，肩關節的旋轉中心位置上舉角度所變化的情形。



附圖 2.4 右上臂的旋轉 (axial rotation) 時，肩關節的旋轉中心變化的情形。

(註) 附圖 2.1 至附圖 2.6 皆摘自 L.A Kapandji (1987), Vol.2, Fig.19~22 及 Vol.3, Fig.39.