



● 人因工程

以3D掃描進行軍職人員 足部計測資料蒐整與足型分類

提要

石裕川、鮑芊葶

- 一、國軍在作戰訓練時，鞋具扮演重要角色，如不合適，輕則產生水泡、扭傷、擦傷等情形，重則引發下肢的肌肉骨骼傷害，進而影響部隊作戰任務，足見軍鞋合腳性之重要性。
- 二、軍鞋之合腳性仰賴專屬國軍之足型計測資料庫作為尺碼規劃與設計依據，為利足型計測資料庫之建立，本研究先擬訂定欲量測之足部尺寸項目共27項，及其進行量測時所需之足部標記點，進而利用3D掃描儀進行測量。
- 三、本研究共計量測219人之足部尺寸，除蒐集尺寸資料外，同時規劃出國軍之鞋碼表，並計算出尺碼涵蓋率。

關鍵詞：足型計測資料、3D掃描儀、鞋具



壹、前言

鞋具對需要執行不同作訓與任務的國軍弟兄而言，是非常重要的個人裝備。如果鞋具不合，輕則產生水泡、扭傷、擦傷等情形，進而影響部隊作戰任務；重則引發下肢的肌肉骨骼傷害，如膝蓋、髖關節、腳踝等，不但影響個人健康與增加醫療支出，更是對部隊作戰能力造成負面影響。所以一雙合適的軍鞋，不只是對於國軍弟兄足部健康扮演重要角色，更是影響部隊作戰能力能否發揮的重要個人裝備之一。鞋楦是製鞋的基模，而足型計測資料更是設計鞋楦的重要參考依據。為利足型計測資料之建立，本研究將先擬訂定欲量測之足部尺寸項目共27項，及其進行量測時所需之足部標記點，進而利用3D掃描儀進行測量；同時進行3D掃描儀與資料之驗證，以為國軍進行足型計測調查之先驅。綜上所述，本研究之主要研究目的如下：

一、以校正規及鞋楦進行各項尺寸之驗證，以檢驗重複量測之3D掃描儀器精準度。

二、蒐集相關研究與資料庫，訂出本研究需收集的尺寸項目及對應之標記點。

三、本研究以219人為樣本進行量測，除蒐集資料外，並規劃出國軍之鞋碼表，計算

出尺碼涵蓋率。

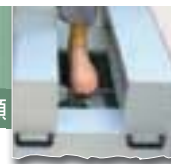
四、訓練測量人員之測量技術，以為建立足部計測資料庫之後續計畫運用。

貳、計畫背景與動機

足型計測在許多國家研究單位受到重視之程度相當高，無論是鞋品舒適度設計或尺碼系統發展、足部醫學，以及足部生物力學等研究，都必須仰賴足型計測資料。而對於武裝部隊來說，足部所需適應的狀況與運動型態相當多，如走、跑、跳、爬等，如軍靴不符人體足型時，會造成水泡、擦傷，拇趾囊腫脹，扭傷和損傷等，進而影響訓練成效，¹因此美軍早在1946年起即開始重視足型計測之相關研究，相較於當時美國民間缺乏足型計測資料，許多製鞋商是採用軍方足型計測資料設計鞋楦，供給一般美國民眾。²

本文彙整國內外之足型計測相關研究（如表一），顯見國內外對於足部尺寸量測之重視。足部量測可說是有關足部相關設計之基石，然我國國軍足部相關服裝補給品高達44項，尺碼設計卻僅套用一般國人尺碼系統，未曾針對官兵足部尺寸進行調查，而國軍人員大多為20~40歲，且工作型態比起

- 1 Dycky, W. R., "A Study of the Relationship Between Foot Size and Combat Boot Size in the Canadian Forces Defence and Civil Inst of Environmentalmedicine Downsview," (2000).
- 2 White, R. M., "Comparative anthropometry of the foot" (No. NA-TICK/IPL-230). ARMY NATICK RESEARCH AND DEVELOPMENT LABS MA INDIVIDUAL PROTECTION LAB (1982).



表一 國內外相關足型計測研究

區分	研究單位 (作者)	年代	研究結果
國外民間	英國SATRA研究中心 ³	1953-1954年	針對英國女性進行足型量測
	中國大陸 ⁴	2005-2008年	3D掃描量測20,000名兒童
國內民間	經濟部工業局與財團法人鞋類暨運動休閒科技中心	2011-2012年	建立足型計測資料庫
	黃台生 ⁵ 與許馨文 ⁶	2008 & 2012年	運用3D足型資料發展出客製化鞋楦相關研究
	杜信宏 ⁷	2008年	以3D足型掃描建構不同鞋跟高度足型資料庫
	林宜婕 ⁸	2011年	以3D足型掃描建構國人足弓尺碼規格系統
	Lee, Lin and Wang ⁹	2010年	運用3D技術探討國人足型差異
國外軍事	美軍 ¹⁰	2010-2012年	量測13,000位陸軍與3,600位海軍陸戰隊之13項足部尺寸
	加拿大軍方 ¹¹	2000年	探討現役軍靴 (MKIII) 尺碼分類是否合適現役軍人之足型，結果發現男性部分足型寬度 (穿襪) 較加拿大制式軍靴大2.8-3.0mm

資料來源：本研究整理

- 3 Browne, R., Clatton, C., and Hanley, J., Modern shoemaking No29: lasts. (UK: SATRA Footwear Technology Center, 1990).
- 4 Ran, L., Zang, X., Choa, C., & Liu, T., "Anthropometric Measurement of the Feet of Chinese Children," Lecture Notes in Computer Science, Vol 6777 (2011), 30-36.
- 5 黃台生, 〈3D量測在鞋款設計應用〉《設計學報》, 第13卷01期, 西元2008年。
- 6 許馨文, 〈以三維足型資料建置客製化鞋楦〉(新竹市:國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文, 西元2012年)。
- 7 杜信宏, 〈3D 動態腳型資料庫之建立與應用〉(新竹市:國立清華大學工業工程與工程管理研究所博士論文, 西元2008年)。
- 8 林宜婕, 〈以三維足型尺寸建立足弓型態分類與應用〉(新竹市:國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文, 西元2011年)。
- 9 Lee, Y., Lin, G., & Wang, M. J., "Evaluating gender differences in foot dimensions," The 9th Pan-Pacific Conference on Ergonomics (2010).
- 10 Hotzman, J., Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Corner, D. B., Mucher, M., Kristensen, S., Paquette, S., & Blackwell, L. C., Measurer's Handbook (US Army and Marine Corps Anthropometric Surveys 2011).
- 11 同註1。



一般國人腳部負荷更加沉重(如站哨或行軍演習等),實需建立一套專屬之足部計測資料庫,作為足部裝備相關尺碼系統規劃或其他武器裝備之設計依據,以維國軍弟兄足部健康。因此本研究先擬定欲量測之足部尺寸後,進行3D掃描之精準度驗證,最後以219人為樣本進行足部尺寸量測,除蒐集資料外並規劃出國軍之鞋碼表,計算出尺碼涵蓋率。

參、研究方法與進行步驟

一、足部標記點與量測項目(尺寸)訂定

Gordon等學者¹²指出訂定標記點之目的在確保每個尺寸可精確量測,每位受試者在尺寸擷取上方具一致性,各項尺寸是擷取自人體上點到點或點到一固定平面(如舟狀骨高)之距離,而圍度尺寸則是利用人體上某一點做為基準擷取環繞人體特定部位一周之長度。故訂定標記點以作為量測項目之起

點、終點或量測基準點相當重要。以下分別敘述本研究標記點訂定與量測項目(尺寸)訂定。

本研究在進行量測前會先以目視或觸摸受試者皮膚表面尋找出標記點,再以特製貼紙在受試者皮膚表面貼上各個標記點,以便在3D掃描完成後從影像圖檔中擷取出對應標記點,進而計算出尺寸。於手動與掃描量測間資料之驗證時,利用先前貼好之標記點進行手動量測可減少量測時之誤差、減少與掃描資料間之差異。本研究之標記點定義參考鞋技中心¹³與美軍海軍陸戰隊人體計測手冊¹⁴(合計16項標記點,如表二)。

此外,本研究參考鞋技中心量測國人之足型尺寸¹⁵、國立清華大學客製化鞋楦研究¹⁶及美軍海軍陸戰隊人體計測調查手冊¹⁷之量測項目,擬訂出7項寬度尺寸、4項圍度尺寸、10項高度尺寸及6項長度尺寸(共計27項,如表三),詳細之標記點與尺寸圖文說明請參見「建立軍職人員足型計測資料庫之先導研

12 Gordon, C. C., Blackwell, C. L., Bradtmiller, B., Parham, J. L., Hotzman, J., Paquette, S. P., Corner, B. D., and Hodge, B. M., "2010 Anthropometric Survey of U.S. Marine Corps Personnel: Methods and Summary Statistics," U.S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center Natick(2013).

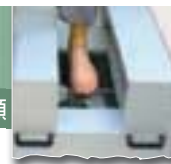
13 財團法人鞋類暨運動休閒科技研發中心,《我國成年女性之足型量測資料分析報告》(經濟部工業局專題研究報告,西元2012年)。

14 同註12。

15 同註13。

16 同註4。

17 同註12。



表二 足部標記點

標記點	說明
1. 足跟點	足踵端最凸點; 跟骨後端最凸點
2. 足跟著地點	足後跟與地面接觸點
3. 足跟骨最寬點(兩側各一點)	足跟骨水平最寬處
4. 內踝最凸點	內踝最凸處; 距骨上方之脛骨最凸處
5. 內踝下緣點	內踝最凸處之正下緣點; 距骨上方與脛骨相交處
6. 外踝最凸點	外踝最凸處; 外側距骨上方之脛骨最凸處
7. 外踝下緣點	外踝最凸處之正下緣點; 外側距骨上方與脛骨相交處
8. 短跟點	腿與腳的交界皮膚摺痕處
9. 足背最高點	中間楔狀骨遠端上凸處(足背點)
10. 內側足球點	第1趾遮趾遠端頭內側最凸處(內側足球點)
11. 第一蹠趾上方關節點	第一蹠趾上方關節點(足折疊點)
12. 外側足球點	第5趾遮趾近端頭外側最凸處(外側足球點)
13. 第一趾最高點	第一趾骨高點
14. 第五趾最高點	小趾最高點; 第五趾骨最高點
15. 內側足弓點	舟狀骨突出處
16. 第一、二、三、四、五趾尖點	第一趾趾骨遠端處(餘第二、三、四、五趾亦同)

資料來源: 本研究整理

表三 足部尺寸項目

類別	圍度	寬度	高度	長度
尺寸項目	1. 足圍 2. 短跟圍 3. 足背圍 4. 腰圍	5. 最大跟寬 6. 跟寬 7. 內側足踝寬 8. 外側足踝寬 9. 背圍寬 10. 最大足寬 11. 短根圍寬	12. 足弓高 13. 短跟高 14. 足背高 15. 腰高 16. 最大足趾高 17. 內踝最凸點高 18. 內踝下緣點高 19. 外踝最凸點高 20. 外踝下緣點高 21. 第五趾尖點高	22. 短根圍長 23. 最大足長 24. 外側足踝長 25. 內側足踝長 26. 內側足背長 27. 外側足背長

資料來源: 本研究整理



究」¹⁸論文附錄。

二、實驗儀器與設備

本研究採用龍騰科技公司設計之LT 3D Laser Foot Scan System，為我國自行設計生產之人體掃描儀，可於11秒內量測完整之腳型3D資料，於消除雜訊、後端標記點座標值選取後可擷取足型尺寸（掃描儀規格如表四）。

三、正式實驗—樣本搜集

本研究之正式實驗可區分為準備階段、實驗階段及資料擷取處理階段，詳述如後。

（一）準備階段

1. 徵求受試者：本研究以219名軍士官為受試者。
2. 說明實驗目的及程序：於實驗前事先向受試者說明本實驗之目的、性質與程

序。

3. 填寫同意書：受試者填寫基本資料與簽署實驗同意書。
4. 儀器準備：於量測前進行校正與熱機。

（二）實驗階段

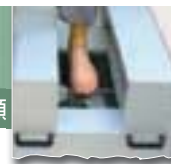
1. 量測受試者身高與體重：以身高體重計測量受試者之身高與體重。
2. 貼上標記點：為避免足部髒污影響掃描圖檔品質並維護機器清潔，每位受試者將以酒精與濕紙巾擦拭雙腳，量測者以目視與觸摸之方式尋找受試者皮膚表面各標記點，並以特規貼紙貼上。
3. 掃描足部：請受試者維持站姿（體重平均分攤至雙足），左、右腳均量測。
4. 實驗結束。

表四 LT 3D Laser Foot Scan System掃描儀規格表

	雷射量測組尺寸	長65cm×寬50cm×高40cm
	儀器量測範圍	長30cm×寬20cm×高20cm
	解析度	1.0mm
	精準度	+/- 0.25mm
	投光方式	一字線紅光與綠光雷射
	測頭數	3組
	拍攝速度	11秒
	搭配軟體	Beauty3D + Anthro3D

資料來源：龍騰科技公司3D Laser Foot Scan System型錄

18 林昭良，〈建立軍職人員足型計測資料庫之先導研究〉（臺北：國防大學運籌管理系碩士論文，西元2013年）。



(三) 資料擷取處理階段

1. 步驟一：將量測所得之原始資料透過 Beauty3D v3.1 軟體進行修圖、消除雜訊，使後續軟體計算足部尺寸時能較精確。
2. 步驟二：將檔案上傳至足型計測資料庫，手動點選標記點以利獲取標記點之空間座標。
3. 步驟三：擷取足部計測尺寸。

(四) 足型計測資料分析與比較

本研究將收集之資料透過統計軟體進行以下分析：

1. 敘述性統計：呈現資料之平均值 (Average)、標準差 (Standard Deviation, SD) 及百分位數值 (Percentile, %ile)。
2. 資料比較：分析受試者不同足別與性別之差異，並將以上敘述性統計資料與其他資料庫進行比較 (如國人、美軍)，以了解軍職人員足部型態與其他資料庫之差異。
3. 足部尺碼規劃：將本研究受試者進行分群，並規劃出尺碼規劃與尺碼涵蓋率，供後續研究參考與應用。

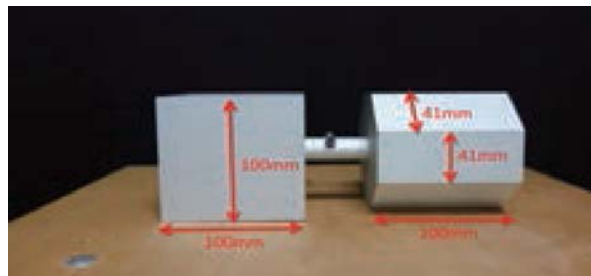
作為驗證對象，詳述如後。

一、已知尺寸之固定剛體驗證—校正規

此階段之目的主要為驗證3D掃描儀之信效度。本研究採用一個整合校規來檢驗3D掃描儀之量測信效度。該校規是由一個邊長41mm之正六方型與一個邊長100mm之正立方體兩種幾何形狀所組成 (如圖一)。運用3D掃描儀重覆掃描量測校正規10次之後，可獲得10筆尺寸資料並以統計軟體Statistica計算平均數、標準差、CV值 (coefficient of variance)、95%信賴區間 (95% CI) 等 (結果如表五)。由CV值來看，其值不超過1%，可知透過3D掃描再經人工取點運算後每筆的差異在平均值的百分之1以下 (原廠提供之儀器精確度為 $\pm 1\text{mm}$)，而以校正規驗證結果顯示高度與長度尺寸在95%信賴區間下，長度最大誤差值至多為0.7mm，而高度最大誤差值為1.7mm，已超出原廠提供之誤差範圍 (1mm)。本研究量測校正規長、高平均差異值為0.4與0.7mm，與相關研究相比，杜信宏¹⁹以圓球與長方體校規進行10次重複量測，長、寬、高度誤差值分別為

肆、3D足型掃描儀器校驗與量測人員訓練評估

本研究將足型掃描儀器校驗與量測人員訓練評估分為3階段，利用校正規、石膏足模



圖一 校正規 (資料來源：本研究提供)

19 同註7。



表五 校正規之3D掃描驗證值(單位:mm)

量測次數	長度			高度		
	3D掃描	真實值	差異值	3D掃描	真實值	差異值
1	99.9	100.0	0.1	101.4	100.0	1.4
2	100.0	100.0	0.0	100.5	100.0	0.5
3	99.3	100.0	0.7	102.7	100.0	2.7
4	100.0	100.0	0.0	100.7	100.0	0.7
5	101.3	100.0	1.3	100.3	100.0	0.3
6	99.3	100.0	0.7	100.7	100.0	0.7
7	100.0	100.0	0.0	100.5	100.0	0.5
8	100.0	100.0	0.0	100.2	100.0	0.2
9	99.3	100.0	0.7	100.3	100.0	0.3
10	99.6	100.0	0.4	100.1	100.0	0.1
平均數	99.9	—	0.4	100.7	—	0.7
標準差	0.6	—	0.4	0.75	—	0.7
CV值	1%	—	—	1%	—	—
95% CI	99.4~100.3	—	0.1~0.7	100.2~101.3	—	0.2~1.3

資料來源：本研究整理

4、2及5mm，另以ISO20685²⁰所要求之腳型測量準確度(要求標準為2mm)來比較，本研究3D腳型掃描儀之校正規量測值誤差值小很多，量測準確度在可接受範圍。

二、未知尺寸之固定剛體驗證—足部模特

本階段目的主要為未知尺寸之固定剛體驗證，將以3D掃描儀進行量測，藉以驗證其信度。

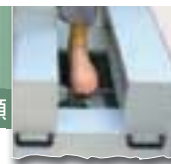
本研究以足部模特進行第二階段驗證，足部模特乃由真人足部以石膏包覆製作，其形狀與表面曲線近似於真人足型，且為一剛性物體，可視為一個保持穩定姿勢之足部，以摒除在掃描與手動量測過程中，因受試者之

站立姿式角度、身體晃動或雙腳承受重心位偏等因素造成誤差。本研究以3D掃描3次後，各別完成修圖，將3次的圖檔重複上傳5次，共可擷取15次之3D量測尺寸。掃描3次為檢視重複3D掃描之穩定度，圖檔上傳5次目的是檢驗人工點選標記部分之穩定度(本階段流程如圖二)。

3D掃描之操作人員穩定度分析方式與結果如下：

第1次所修圖檔重複點選標記點計算出之5次尺寸值($x_{1,j}$, $j=1,2,3,4,5$)的平均數、標準差及變異係數分別以 M_1 、 S_1 及 CV_1 表示，第2次($x_{2,j}$, $j=1,2,3,4,5$)及第3次($x_{3,j}$,

20 ISO 20685, “3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases,” (2005).



圖二 足部模特驗證流程圖

(資料來源：本研究提供)

$j=1,2,3,4,5$) 所修圖檔依此類推。由 CV_1 、 CV_2 及 CV_3 可了解同一圖檔重複取點之穩定度，為評估重複掃描量測間差異，分別將每次修圖之5次數據進行兩兩相減取絕對值，將此10筆差異值取平均後以 $d_i, i=1,2,3$ 表示，其中 i 表第 i 次修圖，詳如公式(1)。

$$d_i = \frac{\sum |x_{i,j} - x_{i,k}|}{10}, j, k = 1, 2, 3, 4, 5; j < k, \text{ where } i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

將各尺寸重複量測獲得之15筆數值的平均數、標準差及變異係數分別以 M_s 、 S_s 及 CV_s 表示。為評估重複掃描量測間差異，將各尺寸之15次數據進行兩兩相減取絕對值，可得105筆(C_2^{15})差異值，公式如(2)：

$$d_s = \frac{\sum |x_{i,m} - x_{j,n}|}{105}, i, j = 1, 2, 3; j < k, m, n = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (2)$$

105筆差異值取平均後以 d_s 表示，與Lee at all (2011)²¹中針對足型重複量測間差異評估使用MAD (Mean Absolute Difference) 之算法相同(足模3D掃描量測驗證如表六)。

首先觀察 d_1 、 d_2 及 d_3 ，以瞭解3D掃描量測人員人工擷取標記點之差異，結果最大落於足背圍(d_2)，為1.7mm，未超過ISO20685中規範圍度量測最大允許差異(4mm)，其餘尺寸皆未超過規範。從 CV_1 、 CV_2 及 CV_3 評估重複人工取點間變異程度，差異最大落於高度尺寸：足弓高之 CV_2 至高為2.2%，但該尺寸差異值(d_2)僅1.4mm，仍未超過ISO20685中規範之量測最大允許差異(2mm)。再者，3D重複掃描量測間之差異(d_s)至多為足背圍(2mm)，亦未超過ISO20685中規範重複量測最大允許差異(2mm)，餘尺寸亦未超過。觀察 CV_s 評估重複修圖間之變異程度，差異最大落於足弓高(3.9%)，但該尺寸

21 同註9。



表六 足型模特之3D掃描驗證值

尺寸	M ₁	S ₁	CV ₁	d ₁	M ₂	S ₂	CV ₂	d ₂	M ₃	S ₃	CV ₃	d ₃	M _s	S _s	CV _s	d _s
1. 足圍	252.7	0.2	0.1	0.1	252.8	0.2	0.1	0.3	252.5	0.3	0.1	0.2	252.7	0.3	0.12	0.8
2. 短跟圍	324.4	0.6	0.2	0.6	320.3	0.3	0.1	0.4	320.4	0.7	0.2	0.5	321.7	2.1	0.64	0.5
3. 足背圍	249.1	0.1	0.0	1.7	249.6	0.2	0.1	0.4	247.9	0.1	0.0	1.0	248.9	0.7	0.30	2.0
4. 跟寬	61.7	0.5	0.8	0.6	61.8	0.3	0.5	0.4	61.9	0.4	0.6	0.5	61.8	0.4	0.67	0.5
5. 最大足寬	104.3	1.6	1.5	0.0	103.6	0.3	0.3	0.0	106.8	1.5	1.4	0.0	104.9	1.9	1.85	0.6
6. 最大足長	241.5	0.0	0.0	0.7	241.2	0.0	0.0	0.5	242.4	0.0	0.0	0.6	241.7	0.5	0.22	0.7
7. 內側足背長	171.3	0.5	0.3	0.9	170.4	0.4	0.2	0.8	171.3	0.3	0.2	0.9	171.0	0.6	0.37	1.1
8. 外側足背長	147.7	0.7	0.4	0.9	146.2	0.6	0.4	1.2	146.1	0.2	0.2	1.0	146.7	0.9	0.65	0.8
9. 足弓高	39.1	0.6	1.7	1.0	38.9	0.9	2.2	1.4	38.9	0.4	1.1	1.2	39.0	0.7	1.80	1.1
10.內踝最凸點高	73.2	0.8	1.0	0.4	72.3	1.0	1.3	0.7	73.8	0.5	0.7	0.5	73.1	1.0	1.39	1.1
11.內踝下緣點高	59.7	0.3	0.5	0.3	58.6	0.5	0.9	0.4	60.6	0.6	1.1	0.4	59.6	0.9	1.62	0.7
12.短跟高	80.1	0.2	0.3	0.6	79.1	0.3	0.4	0.7	79.7	0.6	0.8	0.7	79.6	0.6	0.77	1.0
13.足背高	59.1	0.5	0.8	0.4	58.0	0.7	1.2	0.4	59.6	0.5	0.8	0.4	58.9	0.9	1.53	1.2
14.最大足趾高	39.8	0.3	0.9	0.5	38.6	0.3	0.7	0.3	40.6	0.5	1.3	0.4	39.7	0.9	2.46	1.0
15.第五趾尖點高	23.9	0.4	1.5	0.5	23.4	0.2	1.0	0.6	22.0	0.3	1.5	0.6	23.1	0.9	3.90	0.8
16.外踝最凸點高	68.9	0.3	0.5	1.2	68.5	0.5	0.7	1.0	67.7	0.5	0.8	1.1	68.4	0.7	1.00	1.0
17.外踝下緣點高	50.5	0.9	1.8	1.2	50.3	0.7	1.5	1.0	49.5	0.3	0.7	1.1	50.1	0.8	1.70	1.0

1.資料來源：本研究整理

2.註：CV值之單位為百分比(%)，其餘單位為公厘(mm)

之差異值(d_s)僅有0.8mm，未超過ISO20685中規範量測最大允許差異(2mm)，因此3D掃描量測員人工擷取標記點穩定度與修圖皆具可信度。

伍、量測結果分析

一、受試者基本資料分析

本研究共計量測219名軍士官，其中包含145位男性與74位女性，受試者基本資料分布

依年齡、身高及體重分述如後。

(一) 年齡分布

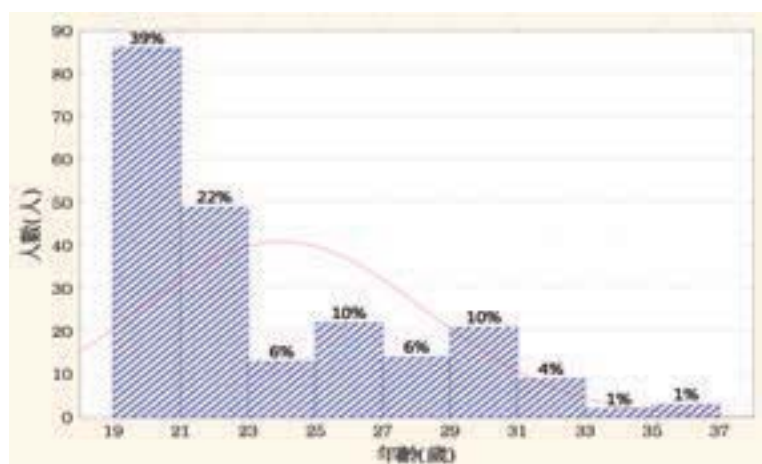
受試者年齡分布從19至37歲，平均年齡為24歲，標準差為4.3(年齡分布如圖三)。

(二) 身高分布

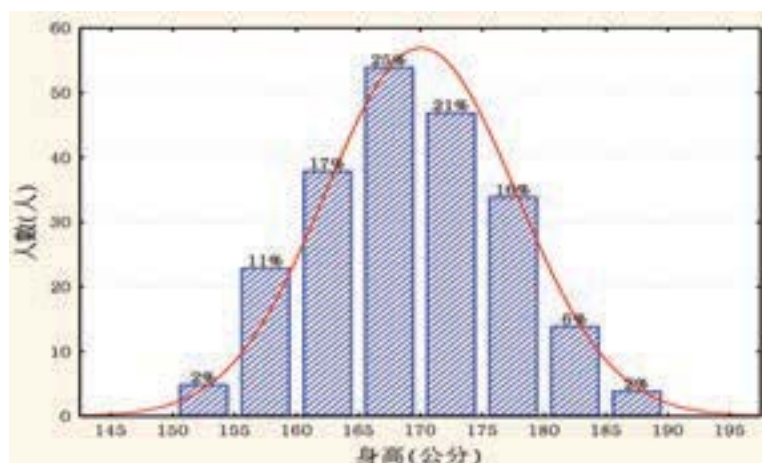
受試者身高分布從153至190公分，平均身高為169.9公分，標準差為7.7(身高分布如圖四)。

(三) 體重分布

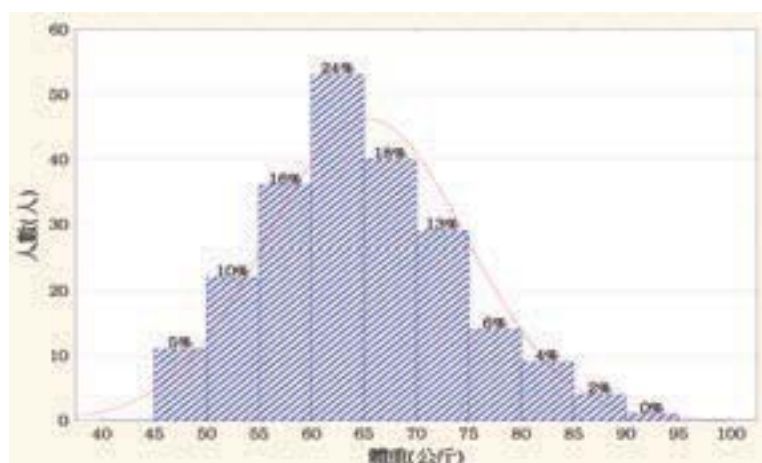
受試者體重分布從45.4至94公斤，平均



圖三 受試者之年齡分布圖 (資料來源:本研究繪製)



圖四 受試者之身高分布圖 (資料來源:本研究繪製)



圖五 受試者之體重分布圖 (資料來源:本研究繪製)

體重為65.2公斤，標準差為9.4（體重分布如圖五）。

二、各項尺寸之敘述性統計

本研究計算出受試者各項尺寸之平均、標準差 (SD)、最小值 (Minimum, Min) 及最大值 (Maximum, Max)，以及第5、25、75及95百分位數 (%ile)（受試者左、右腳敘述性統計如表七與表八）。

三、性別於各項尺寸之差異

本研究將男、女性足型尺寸進行T檢定，結果顯示左腳尺寸除了足弓高與內側足踝長以外，其餘尺寸皆存在顯著差異；右腳尺寸除了足弓高與外側足踝長以外，其餘尺寸皆存在顯著差異。另外，可發現無論左右腳，男女性在所有寬度與圍度類型尺寸上，皆具顯著差異（男、女性左、右腳差異如表九與表十）。

四、左右腳之差異

本研究進而分析受試者之雙腳是否存在顯著差異，以相依樣本T檢定進行分析，結果顯示無論性別，受試者於最大跟寬、背圍寬、最大足趾高（手動）、內踝下緣點高、第五

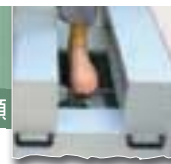


表七 左腳之敘述性統計表

量測項目	N	平均	SD	Min	5%ile	25%ile	75%ile	95%ile	Max
1. 最大跟寬	204	73.1	5.9	57.4	63.5	68.9	77.4	83.2	86.6
2. 跟寬	203	60.3	6.9	46.5	50.2	54.8	64.9	70.9	90.2
3. 內側足踝寬	202	43.0	10.3	20.5	27.7	36.4	48.4	64.5	76.8
4. 外側足踝寬	190	32.5	10.4	16.0	19.6	24.5	38.3	52.4	68.8
5. 背圍寬	203	92.2	7.7	73.9	79.7	86.2	98.1	104.1	107.2
6. 最大足寬	202	104.0	6.8	88.2	92.8	99.0	109.5	114.3	122.5
7. 短根圍寬	204	86.0	7.4	70.0	74.5	80.7	91.6	97.8	102.6
8. 足弓高	201	35.3	6.4	16.0	23.4	31.7	38.9	45.6	54.9
9. 短跟高	199	82.0	6.9	60.9	71.1	78.1	85.8	94.4	117.2
10. 足背高	204	60.5	4.9	46.3	52.2	57.5	63.5	68.9	72.9
11. 最大足趾高	203	33.1	3.0	20.0	28.6	31.3	35.0	37.8	41.7
12. 最大足趾高 ^M	141	25.5	2.3	21.0	22.1	24.2	26.9	29.1	34.8
13. 內踝最凸點高	202	78.1	5.5	64.3	69.9	74.9	81.4	87.6	99.0
14. 內踝下緣點高	204	62.3	6.3	42.9	52.9	58.8	65.9	72.8	81.5
15. 外踝最凸點高	203	68.7	5.8	53.2	59.9	65.1	72.2	79.3	85.1
16. 外踝下緣點高	204	52.2	5.8	36.2	42.7	48.2	55.9	62.3	67.5
17. 第五趾尖點高	199	19.2	3.7	10.9	13.3	16.5	21.6	25.5	33.5
18. 第五趾尖點高 ^M	141	21.6	2.7	11.0	17.6	20.1	23.1	25.9	28.2
19. 短根圍長	202	95.1	6.7	79.6	84.1	90.6	99.3	106.5	112.7
20. 最大足長	193	255.7	12.6	227.8	235.5	246.5	264.8	276.6	287.6
21. 外側足踝長	201	48.3	7.4	31.4	36.7	43.3	52.9	60.9	66.7
22. 內側足踝長	201	56.9	7.9	33.9	42.3	52.5	62.6	68.9	74.3
23. 內側足背長	201	184.0	9.8	162.0	168.7	177.2	190.8	200.1	212.6
24. 外側足背長	193	159.9	8.6	140.2	146.9	153.6	165.6	174.6	185.5
25. 足圍	200	247.6	15.8	212.2	221.9	236.5	259.9	271.9	285.7
26. 短跟圍	202	323.5	19.7	280.7	291.2	308.7	338.1	355.1	375.2
27. 足背圍	200	246.2	16.7	209.1	218.4	233.0	259.5	270.6	286.1

1. 資料來源：本研究整理

2. 註：單位為公厘 (mm)，M表手動量測項目，n表有效樣本數



表八 右腳之敘述性統計表

量測項目	N	平均	SD	Min	5%ile	25%ile	75%ile	95%ile	Max
1. 最大跟寬	207	73.4	5.8	56.8	63.8	69.4	77.3	83.1	85.9
2. 跟寬	206	59.5	7.5	44.3	48.0	53.0	65.6	71.9	76.1
3. 內側足踝寬	206	48.9	10.0	26.5	33.9	41.2	56.9	65.5	71.7
4. 外側足踝寬	206	36.0	11.1	15.5	21.4	27.0	45.0	54.4	66.4
5. 背圍寬	207	92.3	7.7	74.3	79.9	86.3	98.2	103.9	108.5
6. 最大足寬	207	103.4	7.0	87.9	92.3	98.6	108.1	114.0	126.7
7. 短根圍寬	207	85.6	7.6	67.8	72.5	80.0	91.1	98.2	101.6
8. 足弓高	207	36.9	6.8	17.6	24.9	32.0	41.8	46.9	58.7
9. 短跟高	207	82.9	7.4	64.5	72.2	77.9	87.8	95.3	111.9
10. 足背高	208	61.0	5.2	46.3	52.9	57.5	64.3	70.2	74.2
11. 最大足趾高	208	29.3	6.9	18.3	20.5	23.2	36.3	39.8	43.2
12. 最大足趾高 ^M	141	25.5	2.4	20.5	21.8	23.8	26.8	29.8	32.5
13. 內踝最凸點高	207	79.1	5.9	66.0	69.1	75.0	83.3	88.9	95.4
14. 內踝下緣點高	205	62.8	6.5	46.7	52.5	58.5	66.9	74.0	80.5
15. 外踝最凸點高	205	69.5	6.2	56.3	60.2	65.4	73.6	79.5	90.6
16. 外踝下緣點高	205	52.4	6.6	37.9	41.4	47.9	56.7	63.0	70.5
17. 第五趾尖點高	207	19.6	3.2	13.2	14.6	17.0	21.7	25.1	30.2
18. 第五趾尖點高 ^M	141	21.5	2.8	12.5	15.7	20.1	23.4	25.7	28.0
19. 短根圍長	207	93.8	7.0	69.4	82.2	89.6	98.8	104.4	114.2
20. 最大足長	202	256.0	12.5	220.0	236.9	247.6	265.1	278.1	284.5
21. 外側足踝長	201	46.4	10.0	21.6	30.4	39.8	53.0	62.9	76.9
22. 內側足踝長	200	49.4	12.8	22.0	28.0	37.8	58.4	69.1	77.3
23. 內側足背長	202	182.5	9.9	158.4	166.5	174.5	190.8	197.7	205.7
24. 外側足背長	198	162.3	9.0	137.7	147.4	155.8	168.6	179.1	186.5
25. 足圍	204	247.3	16.8	208.3	218.8	233.6	261.1	271.1	289.2
26. 短跟圍	203	323.9	20.9	278.1	290.8	307.8	338.6	360.1	371.6
27. 足背圍	204	246.8	18.0	207.0	217.1	233.4	260.9	274.2	288.4

1. 資料來源：本研究整理

2. 註：單位為公厘 (mm)，M表手動量測項目，N表有效樣本數

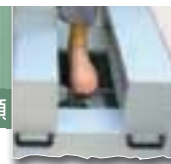


表九 男、女性左腳差異分析表

量測項目	性別 (N)	平均值	SD	Min	5%ile	25%ile	75%ile	95%ile	Max
最大跟寬*	男 (132)	76.3	4.4	61.8	69.6	73.0	79.1	84.1	86.6
	女 (72)	67.4	3.5	57.4	62.1	64.4	69.8	73.7	75.1
跟寬*	男 (132)	63.8	5.5	53.3	55.2	59.9	67.9	71.4	90.2
	女 (71)	53.9	3.9	46.5	48.1	51.3	55.8	61.5	66.4
內側足踝寬	男 (130)	43.2	12.4	20.5	24.9	34.1	51.1	65.9	76.8
	女 (72)	42.5	4.9	33.8	35.0	38.7	45.9	50.9	53.4
外側足踝寬*	男 (118)	37.1	10.4	16.0	21.6	30.1	44.3	56.2	68.8
	女 (72)	24.9	4.0	16.2	17.8	22.4	27.9	30.6	35.9
背圍寬*	男 (131)	96.5	5.3	82.9	87.1	92.5	101.0	104.6	107.2
	女 (72)	84.4	4.8	73.9	77.6	81.0	87.7	93.4	94.0
最大足寬*	男 (130)	107.1	5.7	94.3	98.5	102.7	111.1	115.8	122.5
	女 (72)	98.4	4.7	88.2	90.8	94.8	101.5	107.1	108.8
短根圍寬*	男 (132)	89.5	6.0	70.0	78.6	85.6	94.0	99.0	102.6
	女 (72)	79.6	4.8	70.1	72.3	75.9	82.9	87.8	89.5
足弓高	男 (129)	35.7	6.4	16.0	24.7	31.9	39.1	46.4	54.9
	女 (72)	34.6	6.3	21.9	22.5	29.8	38.9	43.4	48.0
短跟高*	男 (127)	84.3	6.6	67.3	75.8	79.8	87.2	95.9	117.2
	女 (72)	77.9	5.6	60.9	67.4	74.9	81.2	85.9	92.2
足背高*	男 (132)	61.6	4.7	47.8	53.4	58.6	64.5	69.5	72.9
	女 (72)	58.5	4.6	46.3	51.7	55.3	61.9	66.6	69.6
最大足趾高*	男 (131)	33.5	3.4	20.0	26.9	31.5	35.7	38.5	41.7
	女 (72)	32.4	2.0	27.5	29.7	31.0	33.7	35.8	37.2
最大足趾高 ^{M*}	男 (122)	25.8	2.1	21.5	22.3	24.6	27.1	29.1	34.8
	女 (19)	23.8	2.2	21.0	21.0	22.2	25.0	29.8	29.8
內踝最凸點高*	男 (130)	79.4	5.5	66.6	71.7	75.9	82.5	90.1	99.0
	女 (72)	75.8	4.7	64.3	68.7	72.9	78.7	83.9	87.6
內踝下緣點高*	男 (132)	64.0	6.3	44.8	55.0	60.2	68.3	74.7	81.5
	女 (72)	59.2	4.9	42.9	50.0	56.7	62.2	65.7	69.6
外踝最凸點高*	男 (131)	70.5	5.8	55.1	61.9	66.2	74.0	80.7	85.1
	女 (72)	65.4	4.1	53.2	58.3	62.6	67.8	71.1	74.4
外踝下緣點高*	男 (132)	54.3	5.4	38.5	45.6	50.9	57.4	63.2	67.5
	女 (72)	48.2	4.2	36.2	41.3	45.4	51.1	54.7	57.8
第五趾尖點高*	男 (128)	20.8	3.3	10.9	15.3	18.9	22.7	25.7	33.5
	女 (71)	16.2	2.1	11.4	12.7	14.8	17.7	19.8	21.0
第五趾尖點高 ^{M*}	男 (122)	22.3	2.2	18.1	19.1	20.6	23.4	26.0	28.2
	女 (19)	17.8	2.7	11.0	11.0	15.3	19.7	22.5	22.5
短根圍長*	男 (130)	97.3	6.4	79.8	86.5	93.4	101.2	109.2	112.7
	女 (72)	91.1	5.3	79.6	82.0	87.6	94.6	99.7	102.7
最大足長*	男 (121)	261.6	10.5	238.7	245.9	253.2	268.8	278.8	287.6
	女 (72)	245.8	9.1	227.8	233.0	238.6	252.7	262.1	265.9
外側足踝長*	男 (129)	49.4	7.8	31.4	37.1	43.8	54.8	62.3	66.7
	女 (72)	46.4	6.3	33.3	35.0	41.5	51.7	55.1	62.9
內側足踝長	男 (129)	56.8	9.2	33.9	40.4	49.7	64.3	71.1	74.3
	女 (72)	57.2	4.4	44.3	50.3	54.4	59.9	64.3	67.3
內側足背長*	男 (129)	187.3	9.4	165.5	170.7	180.5	193.5	203.3	212.6
	女 (72)	178.1	7.2	162.0	164.3	172.9	183.2	189.5	195.4
外側足背長*	男 (121)	162.7	8.4	144.1	150.0	156.6	167.9	177.3	185.5
	女 (72)	155.3	6.9	140.2	144.9	151.0	159.1	168.8	171.6
足圍*	男 (128)		11.7	225.4	237.4	247.9	264.1	273.8	285.7
	女 (72)	232.7	10.2	212.2	216.3	225.5	239.8	251.0	256.9
短跟圍*	男 (130)	333.9	14.8	296.5	309.3	324.6	342.9	360.7	375.2
	女 (72)	304.8	12.1	280.7	284.2	295.1	315.0	323.6	329.4
足背圍*	男 (128)	255.9	10.9	233.1	238.5	247.4	264.4	271.2	286.1
	女 (72)	228.8	9.5	209.1	214.9	221.1	235.0	245.2	252.5

1.資料來源：本研究整理

2.註：*p<0.05。單位為公厘 (mm)，M表手動量測項目，N表有效樣本數 (須左、右足均有數值，並使用pair t-test實施分析)



表十 男、女性右腳差異分析表

量測項目	性別 (N)	平均值	SD	Min	5%ile	25%ile	75%ile	95%ile	Max
最大跟寬*	男 (133)	76.4	4.3	64.9	69.3	73.7	79.6	83.7	85.9
	女 (74)	67.9	3.9	56.8	60.7	65.1	70.8	73.3	76.3
跟寬*	男 (132)	63.6	5.6	51.6	54.5	60.3	67.6	73.4	76.1
	女 (74)	52.1	3.8	44.3	46.8	48.9	54.1	58.9	60.7
內側足踝寬*	男 (132)	53.3	9.4	26.5	36.6	46.6	59.8	68.1	71.7
	女 (74)	41.2	5.2	30.1	33.5	37.1	44.4	50.4	54.3
外側足踝寬*	男 (132)	41.2	10.3	19.3	24.5	33.6	49.2	56.4	66.4
	女 (74)	26.7	4.3	15.5	19.5	23.7	29.6	33.1	36.6
背圍寬*	男 (133)	96.6	5.5	80.8	87.2	93.4	100.9	105.1	108.5
	女 (74)	84.7	4.5	74.3	78.1	81.0	88.0	93.2	94.6
最大足寬*	男 (133)	106.7	5.8	94.4	98.4	102.9	110.6	116.2	126.7
	女 (74)	97.5	4.9	87.9	89.4	94.2	100.1	106.9	112.2
短根圍寬*	男 (133)	89.3	6.1	67.8	79.6	85.3	92.6	99.5	101.6
	女 (74)	78.9	5.1	67.9	71.7	75.0	82.7	87.2	91.7
足弓高	男 (133)	37.2	7.0	17.6	25.7	31.8	42.9	48.4	58.7
	女 (74)	36.3	6.4	18.9	23.5	33.0	41.2	44.6	53.9
短跟高*	男 (133)	85.9	6.7	72.4	76.4	81.4	89.4	97.4	111.9
	女 (74)	77.5	5.4	64.5	68.3	73.5	81.0	86.5	89.8
足背高*	男 (134)	62.9	4.7	51.2	56.4	59.0	66.0	71.6	74.2
	女 (74)	57.5	4.1	46.3	51.8	54.2	60.5	64.3	67.8
最大足趾高*	男 (134)	33.0	5.9	20.4	22.7	27.4	37.4	40.3	43.2
	女 (74)	22.7	2.1	18.3	19.6	21.0	24.2	26.1	27.1
最大足趾高 ^{M*}	男 (122)	25.9	2.2	21.1	22.9	24.4	27.1	29.8	32.5
	女 (19)	23.0	2.0	20.5	20.5	21.5	24.7	27.0	27.0
內踝最凸點高*	男 (133)	80.5	6.1	66.7	71.4	76.3	85.0	91.7	95.4
	女 (74)	76.6	4.8	66.0	67.0	74.3	79.7	84.6	88.0
內踝下緣點高*	男 (131)	64.7	6.3	50.0	54.6	60.7	69.5	75.2	80.5
	女 (74)	59.4	5.2	46.7	51.4	56.3	62.3	68.7	71.9
外踝最凸點高*	男 (131)	72.1	5.5	61.8	63.9	67.7	75.7	81.8	90.6
	女 (74)	64.8	4.3	56.3	59.1	61.6	67.7	72.6	77.3
外踝下緣點高*	男 (131)	55.7	5.2	44.4	47.4	52.0	58.7	64.8	70.5
	女 (74)	46.5	4.5	37.9	39.2	43.6	49.6	54.5	55.8
第五趾尖點高*	男 (133)	21.1	2.7	13.3	16.3	19.5	22.6	25.6	30.2
	女 (74)	16.8	2.0	13.2	14.0	15.5	18.1	20.1	25.9
第五趾尖點高 ^{M*}	男 (122)	22.1	2.1	16.9	19.1	20.5	23.5	25.9	28.0
	女 (19)	17.1	2.8	12.5	12.5	14.9	19.1	22.0	22.0
短根圍長*	男 (133)	96.0	6.8	69.4	84.6	92.6	100.4	105.2	114.2
	女 (74)	89.9	5.5	73.2	81.1	85.5	93.4	99.0	103.9
最大足長*	男 (128)	261.5	10.7	234.0	244.0	253.9	268.3	280.8	284.5
	女 (74)	246.5	9.2	220.0	233.2	240.2	252.8	263.9	269.3
外側足踝長	男 (127)	45.4	11.5	21.6	27.3	36.6	53.0	64.8	76.9
	女 (74)	48.2	6.2	31.6	38.2	44.5	53.1	57.9	61.8
內側足踝長*	男 (126)	46.2	14.7	22.0	26.4	34.6	60.4	70.3	77.3
	女 (74)	55.0	5.0	42.8	47.3	51.1	58.4	64.3	66.8
內側足背長*	男 (128)	186.5	8.8	164.0	173.0	180.0	193.8	199.8	205.7
	女 (74)	175.7	7.9	158.4	164.0	170.3	180.8	191.1	195.0
外側足背長*	男 (124)	164.8	9.0	141.4	149.2	159.7	170.1	181.4	186.5
	女 (74)	158.2	7.3	137.7	147.3	152.5	162.7	171.3	175.5
足圍*	男 (130)	256.7	11.5	224.4	240.0	248.8	266.2	274.1	289.2
	女 (74)	230.7	10.8	208.3	213.0	224.5	237.2	247.9	265.3
短跟圍*	男 (129)	335.7	15.0	301.1	314.5	324.7	344.5	361.8	371.6
	女 (74)	303.3	11.9	278.1	284.5	293.7	311.9	322.8	327.2
足背圍*	男 (130)	257.6	11.4	234.2	240.1	249.3	265.3	275.6	288.4
	女 (74)	227.8	10.0	207.0	213.6	220.0	234.9	245.1	256.3

1.資料來源：本研究整理

2.註：* $p < 0.05$ 。單位為公厘 (mm)，M表手動量測項目，N表有效樣本數 (須左、右足均有數值，並使用pair t-test實施分析)



趾尖點高(手動)及最大足長等6項尺寸,雙腳間無顯著差異(如表十一);而在內側足踝寬、外側足踝寬、足弓高、足背高、外踝下緣點高、外側足踝長、內側足踝長、內側足背長、外側足背長、短跟圍及足背圍等11項,無論性別雙腳間存在顯著差異。另外,男性於短跟高、內踝最凸點高及外踝最凸點高等3項,雙腳間亦存在顯著差異;而女性於跟寬、最大足寬、短根圍寬、最大足趾高、第五趾尖點高、短根圍長及足圍等7項,雙腳間亦存在顯著差異。從雙腳間具顯著差異之尺寸可發現,男性右腳尺寸普遍大於左腳(共有14項具顯著差異,其中11項皆是右腳較大),女性則反之(共有18項具顯著差異,其中13項皆是左腳較大)。左右腳差異結果可應用在鞋楦設計上,製作鞋楦時,為了設計效益,往往只設計單腳鞋楦,並用鏡射方式產生左右腳,了解樣本各尺寸之左右腳差異後,可取左右腳中較大的局部尺寸合成標準足型設計鞋楦。

五、本研究與相關研究之比較

(一) 與國內資料庫比較

本研究與學者李育奇²²比較定義相同之尺寸,該研究共計分析2,000名男性國人與

1,000名女性國人(相關比較如表十二),比較兩研究之平均值,本研究男性之最大足長、最大足寬、足圍、足背圍及足背高皆大於國人,女性除了最大足趾高以外,其餘尺寸皆大於國人。另外可發現本研究男女性之最大足趾高第95百分位數,相當接近甚至小於國人之平均值,而足圍與足背圍之第5百分位數相當接近國人之平均值;本研究女性最大足長與足背高第5百分位數亦相當接近國人之平均值。

(二) 與國外軍事資料庫比較

本研究與美軍量測報告²³與美國海軍陸戰隊量測報告²⁴比較定義相同之尺寸,美軍量測報告量測7,435名男性軍人與3,922名女性軍人,美國海軍陸戰隊計量測1,301名男性軍人與620名女性軍人(相關比較如表十三)。比較本研究與美軍研究之平均值,無論性別,美軍之內側足背長與短跟圍皆大於本研究樣本;另美軍男性之最大足長亦大於本研究樣本。除了最大跟寬以外,美軍之變異程度皆大於本研究樣本。

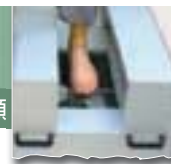
六、足型分群與尺碼分類

透過主成分分析將足部參數進行維度縮

22 李育奇,《足部尺寸量測方法比較與三維足型分類》(新竹市:國立清華大學工業工程與工程管理研究所博士論文,西元2015年)。

23 Gordon, C. C., Blackwell, C. L., Bradtmiller, B., Parham, J. L., Barrientos, P., Paquette, S. P., Corner, B. D., Carson, J. M., Venezia, J. C., Rockwell, B. M., Mucher, M. and Kristensen, S., "2012 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics," Massachusetts: U.S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center Natick (2014).

24 同註12。



表十一 左右腳差異分析表

男性		女性	
量測項目	足別 (mean)	量測項目	足別 (mean)
最大跟寬	左 (76.3) ≈ 右 (76.4)	最大跟寬	左 (67.4) ≈ 右 (67.9)
跟寬	左 (63.7) ≈ 右 (63.5)	跟寬***	左 (53.9) > 右 (52.2)
內側足踝寬***	左 (43.4) < 右 (53.3)	內側足踝寬*	左 (42.5) > 右 (41.1)
外側足踝寬***	左 (36.9) < 右 (41.0)	外側足踝寬***	左 (24.9) < 右 (26.8)
背圍寬	左 (96.5) ≈ 右 (96.5)	背圍寬	左 (84.4) ≈ 右 (84.7)
最大足寬	左 (107.1) ≈ 右 (106.8)	最大足寬**	左 (98.4) > 右 (97.5)
短根圍寬	左 (89.5) ≈ 右 (89.3)	短根圍寬*	左 (79.6) > 右 (78.9)
足弓高**	左 (35.7) < 右 (37.1)	足弓高*	左 (34.6) < 右 (36.5)
短跟高***	左 (84.2) < 右 (85.8)	短跟高	左 (77.9) ≈ 右 (77.7)
足背高***	左 (61.6) < 右 (62.8)	足背高*	左 (58.5) > 右 (57.6)
最大足趾高	左 (33.5) ≈ 右 (32.9)	最大足趾高***	左 (32.4) > 右 (22.7)
最大足趾高 ^M	左 (25.8) ≈ 右 (25.9)	最大足趾高 ^M	左 (23.8) ≈ 右 (23.0)
內踝最凸點高**	左 (79.5) < 右 (80.5)	內踝最凸點高	左 (75.8) ≈ 右 (76.7)
內踝下緣點高	左 (64.1) ≈ 右 (64.7)	內踝下緣點高	左 (59.2) ≈ 右 (59.4)
外踝最凸點高***	左 (70.4) < 右 (72.1)	外踝最凸點高	左 (65.4) ≈ 右 (64.7)
外踝下緣點高**	左 (54.3) < 右 (55.6)	外踝下緣點高**	左 (48.2) > 右 (46.4)
第五趾尖點高	左 (20.8) ≈ 右 (21.1)	第五趾尖點高*	左 (16.2) < 右 (16.8)
第五趾尖點高 ^M	左 (22.3) ≈ 右 (22.1)	第五趾尖點高 ^M	左 (17.8) ≈ 右 (17.1)
短根圍長	左 (97.3) ≈ 右 (96.2)	短根圍長**	左 (91.1) > 右 (89.8)
最大足長	左 (261.5) ≈ 右 (261.2)	最大足長	左 (245.8) ≈ 右 (246.6)
外側足踝長***	左 (49.7) > 右 (45.2)	外側足踝長***	左 (46.4) < 右 (48.3)
內側足踝長***	左 (57.1) > 右 (46.2)	內側足踝長***	左 (57.2) > 右 (55.1)
內側足背長*	左 (187.6) > 右 (186.3)	內側足背長***	左 (178.1) > 右 (175.7)
外側足背長***	左 (162.7) < 右 (164.5)	外側足背長***	左 (155.3) < 右 (158.2)
足圍	左 (255.9) ≈ 右 (256.6)	足圍**	左 (232.7) > 右 (230.8)
短跟圍**	左 (334.0) < 右 (335.3)	短跟圍***	左 (304.8) > 右 (303.6)
足背圍***	左 (255.7) < 右 (257.2)	足背圍**	左 (228.8) > 右 (227.8)

1.資料來源：本研究整理

2.註：* p<.05.** p<.01.*** p<.001。單位為公厘(mm)。M表手動量測項目



表十二 本研究與國內資料庫比較

量測項目	樣本	男性				女性			
		平均數	SD	5%ile	95%ile	平均數	SD	5%ile	95%ile
年齡	本研究	23.6	4.2	20.0	32.0	24.8	4.3	20.0	32.0
	國人	32.3	10.1	19.0	62.0	30.6	7.8	20.0	60.0
身高	本研究	173.6	6.0	165.0	184.0	162.6	4.8	155.0	172.0
	國人	172.7	5.9	164.0	183.0	160.9	5.5	152.0	170.0
體重	本研究	68.9	8.3	57.0	85.0	57.9	7.1	47.0	70.2
	國人	70.1	10.3	48.0	87.0	53.1	8.9	43.0	68.0
最大足長	本研究	261.5	10.7	244.0	280.8	246.5	9.2	233.2	263.9
	國人	259.7	11.7	240.1	279.2	235.8	10.5	220.0	254.0
內側足背長	本研究	186.5	8.8	173.0	199.8	175.7	7.9	164.0	191.1
	國人	189.6	9.8	173.8	205.7	172.5	8.4	159.1	187.2
外側足背長	本研究	164.8	9.0	149.2	181.4	158.2	7.32	147.3	171.3
	國人	169.6	8.9	154.4	183.7	153.5	8.0	141.1	167.2
最大足寬	本研究	106.7	5.8	98.4	116.2	97.5	4.9	89.4	106.9
	國人	103.9	5.5	94.6	113.1	93.7	4.8	86.1	102.2
足圍	本研究	256.7	11.5	240.0	274.1	230.7	10.8	213.0	247.9
	國人	249.1	12.7	229.3	270.0	224.9	12.9	206.9	244.2
足背圍	本研究	257.6	11.4	240.1	275.6	227.8	10.0	213.6	245.1
	國人	248.5	13.4	227.7	269.3	219.7	13.5	201.9	238.2
最大足趾高	本研究	33.0	5.9	22.7	40.3	22.7	2.1	19.6	26.1
	本研究 ^M	25.9	2.2	22.9	29.8	23.0	2.0	20.5	27.0
	國人	39.2	2.5	13.2	51.7	37.4	2.6	20.1	40.2
足弓高	本研究	37.2	7.0	25.7	48.4	36.3	6.4	23.5	44.6
	國人	39.5	3.9	28.4	51.0	34.7	4.8	25.9	45.4
足背高	本研究	62.9	4.7	56.4	71.6	57.5	4.1	51.8	64.3
	國人	61.8	5.6	53.2	71.8	55.1	5.6	48.0	63.2

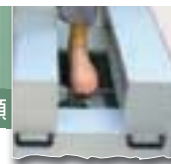
1.資料來源：本研究整理

2.註：身高之單位為公分（cm），體重之單位為公斤（kg），其餘單位為公厘（mm）。M表手動量測項目

減，找出影響足型的主要維度以進行後續分析。觀察男性足部尺寸主成分分析結果（表十四），累積解釋總變異量達82%，第一與第二主成分組成項目主要是「寬度」與「圍度」尺寸，取最重要之「最大足寬」為代表尺寸；第三、五及六主成分為「高度」因素，取最容易

了解並量測之「足背高」為代表尺寸；第四主成分為「長度」因素，取最容易了解並量測的「最大足長」為代表尺寸。

觀察女性足部尺寸主成分分析結果（表十五），累積解釋總變異量達85%，第一與第四主成分組成項目主要是「寬度」、「長度」及



表十三 本研究與美軍資料庫比較

量測項目	樣本	男性				女性			
		平均數	SD	5%ile	95%ile	平均數	SD	5%ile	95%ile
身高	本研究	173.6	6.0	165.0	184.0	162.6	4.8	155.0	172.0
	美軍（陸軍）	175.6	6.7	164.8	187	162.9	6.4	152.5	174
	美軍（海陸）	175.3	7.0	164.7	187.3	162.5	6.2	152.3	173.5
體重	本研究	68.9	8.3	57.0	85.0	57.9	7.1	47.0	70.2
	美軍（陸軍）	85.5	14.2	64.4	110.7	67.8	11.0	51.3	87.1
	美軍（海陸）	80.6	11.9	62.5	101.7	63.6	8.4	50.9	77.3
最大足長	本研究	261.5	10.7	244.0	280.8	246.5	9.2	233.2	263.9
	美軍（陸軍）	271.2	13.1	250.0	293.0	246.3	12.4	226.0	268.0
	美軍（海陸）	271.0	12.8	251.0	293.0	244.4	11.9	227.0	265.0
內側足背長	本研究	186.5	8.8	173.0	199.8	175.7	7.9	164.0	191.1
	美軍（陸軍）	200.9	10.5	184.0	218.0	182.1	9.6	167.0	198.0
	美軍（海陸）	200.3	10.1	185.0	217.0	180.9	9.3	167.0	196.0
最大跟寬	本研究	76.4	4.3	69.3	83.7	67.9	3.9	60.7	73.3
	美軍（陸軍）	74.8	4.1	68.0	81.0	67.0	3.5	61.0	73.0
	美軍（海陸）	73.3	3.9	67.0	80.0	65.3	3.3	60.0	70.9
足圍	本研究	256.7	11.5	240.0	274.1	230.7	10.8	213.0	247.9
	美軍（陸軍）	252.0	13.0	232.0	273.0	228.1	11.8	209.0	248.0
	美軍（海陸）	251.9	12.9	231.0	274.0	226.7	10.5	210.0	245.0
短跟圍	本研究	335.7	15.0	314.5	361.8	303.3	11.9	284.5	322.8
	美軍（陸軍）	343.5	16.6	317.0	372.0	310.3	15.3	287.0	337.0
	美軍（海陸）	339.9	16.0	314.0	367.0	305.3	13.6	283.0	327.0
外踝最凸點高	本研究	72.1	5.5	63.9	81.8	64.8	4.3	59.1	72.6
	美軍（陸軍）	72.9	5.7	64.0	83.0	62.7	5.1	54.0	71.0
	美軍（海陸）	69.4	7.0	57.0	80.0	60.0	7.0	48.0	71.0

資料來源：本研究整理

「圍度」尺寸，參考相關文獻，取最容易了解並量測之「最大足寬」與「最大足長」為代表尺寸；第二與第三主成分為「高度」因素，取最重要之「足背高」為代表尺寸。

依三大代表尺寸「最大足寬」、「最大足長」及「足背高」進行本研究樣本之分群，將男、女性受試者分別分出3個族群並予以命名，分別列出各族群於此三項代表尺寸之平

均值與標準差，以及各族群涵蓋之樣本比例（如表十六、十七）。男性族群2與女性族群1之足型皆為最長、最寬及最高，皆以LLL命名，分別涵蓋該性別26%與27%之樣本；男性族群3與女性族群3之足型皆為最短、最窄及最低，皆以SSS命名，分別涵蓋該性別28%與32%之樣本；男性族群1與女性族群2之足型無論長度、寬度及高度皆介於中間，以MMM



表十四 本研究男性足部參數主成分分析

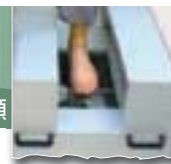
	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5	主成分6
跟寬		0.77				
內側足踝寬		0.75				
外側足踝寬		0.75				
背圍寬	0.89					
最大足寬	0.90					
短根圍寬	0.78					
短跟高			0.78			
足背高			0.73			
最大足趾高		0.80				
內踝最凸點高			0.80			
內踝下緣點高			0.76			
外踝最凸點高					0.93	
外踝下緣點高					0.94	
第五趾尖點高						0.81
第五趾尖高點 ^M						0.77
短根圍長				0.71		
最大足長				0.88		
內側足踝長				0.41		
內側足背長				0.91		
外側足背長				0.92		
足圍	0.90					
足背圍	0.88					
累積解釋總變異量 (%)	27.96	50.25	62.93	70.28	77.05	82.02

資料來源：本研究整理

表十五 本研究女性足部參數主成分分析

	主成分1 (LLL)	主成分2 (MMM)	主成分3 (SSS)	主成分4
最大跟寬	0.83			
外側足踝寬				0.84
背圍寬	0.86			
最大足寬	0.85			
短根圍寬	0.85			
短跟高			0.95	
足背高			0.93	
最大足趾高		0.73		
最大足趾高 ^M		0.71		
外踝下緣點高				
第五趾尖點高		0.92		
第五趾尖高點 ^M		0.92		
短根圍長	0.80			
最大足長	0.82			
外側足踝長	0.87			
內側足背長	0.86			
足圍	0.89			
短跟圍	0.89			
足背圍	0.82			
累積解釋總變異量 (%)	50.79	65.51	77.20	84.99

資料來源：本研究整理



命名，為人數最多之族群，分別涵蓋該性別46%與41%之樣本，其中可發現男性族群3之最大足長平均值小於女性族群1（各族群3項代表尺寸分布如圖六、七）。本研究將男女性六大族群繪製出最大足長與最大足寬之樣本散布圖（如圖八）。

本研究依據鞋碼國家標準CNS 4800-S1093定義²⁵：以5mm為足長間距，4mm為足寬間距將各足型族群細分出足型尺碼（如表十八），使足型

表十六 本研究男性足型分群與參數平均值

	族群1（MMM）	族群2（LLL）	族群3（SSS）
最大足長	261.7（4.0）	274.8（5.6）	248.8（5.0）
最大足寬	106.7（5.1）	110.8（5.6）	102.9（4.3）
足背高	62.0（4.4）	65.7（4.7）	61.5（4.2）
涵蓋樣本數	59	33	36
涵蓋樣本比例	46%	26%	28%

1.資料來源：本研究整理

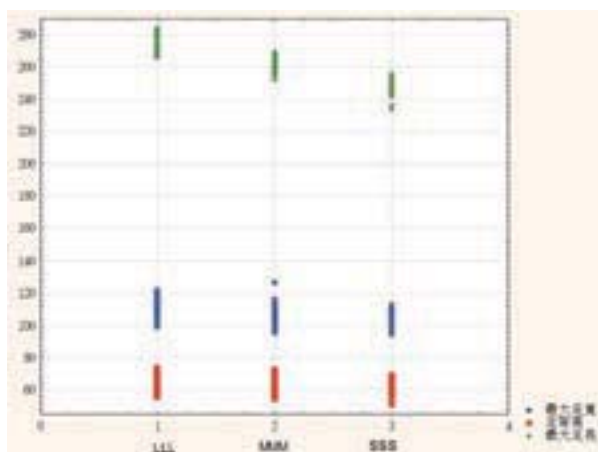
2.註：最大足長、最大足寬及足背高之單位為公厘（mm），括號內為標準差

表十七 本研究女性足型分群與參數平均值

	族群1（LLL）	族群2（MMM）	族群3（SSS）
最大足長	258.0（4.8）	246.3（3.5）	237.0（5.1）
最大足寬	100.2（4.2）	99.3（4.0）	92.8（3.1）
足背高	60.1（4.3）	57.2（3.4）	55.8（4.0）
涵蓋樣本數	20	30	24
涵蓋樣本比例	27%	41%	32%

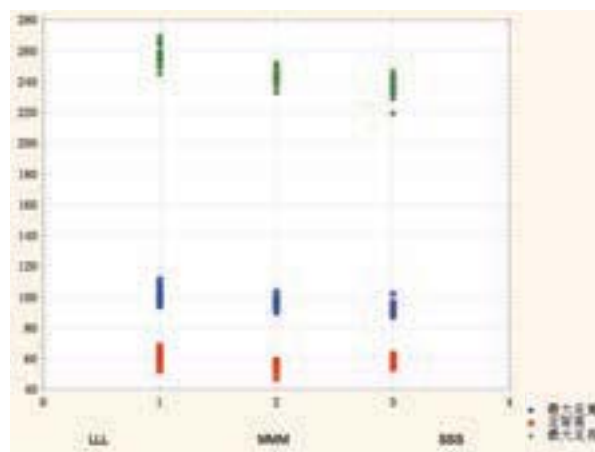
1.資料來源：本研究整理

2.註：最大足長、最大足寬及足背高之單位為公厘（mm），括號內為標準差



圖六 男性各族群之三項代表尺寸分布圖

（資料來源：本研究繪製）



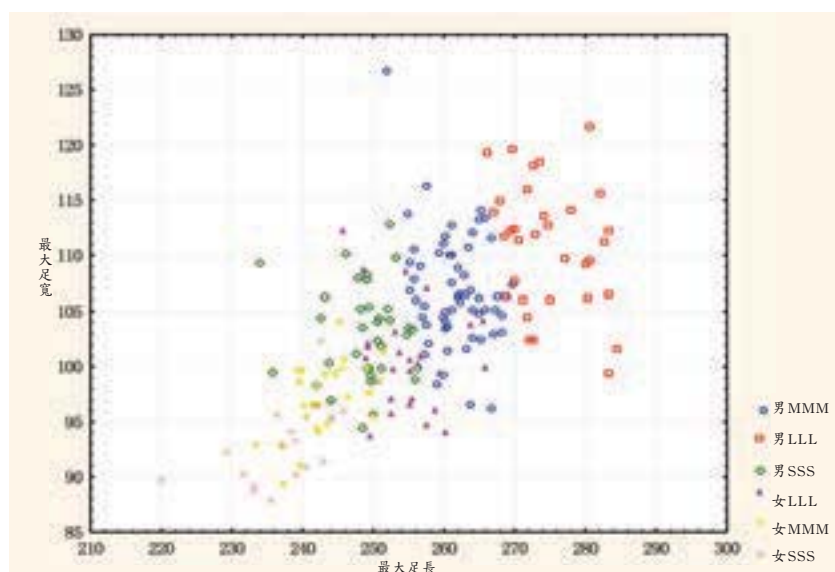
圖七 女性各族群之三項代表尺寸分布圖

（資料來源：本研究繪製）

25 同註6。



以3D掃描進行軍職人員足部計測資料蒐集與足型分類



圖八 男女性各族群最大足長與最大足寬散布圖

(資料來源：本研究繪製)

表十八 本研究足型尺碼範圍對照表

足長尺碼	225~230	230~235	235~240	240~245	245~250	250~255
女性對照足寬	89~93	89~93	89~101	89~105	93~109	93~109
男性對照足寬	-	-	-	97~109	93~113	97~117
足長尺碼	255~260	260~265	265~270	270~275	275~280	280~285
女性對照足寬	93~109	93~105	101~109	-	-	-
男性對照足寬	97~117	97~113	97~121	101~121	105~117	103~121

資料來源：本研究整理

表十九 男性足型尺碼分類與鞋碼對照表

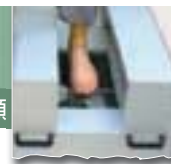
足寬	121						L270-121	L275-121		L285-121
	117			S255-117	M260-117		L270-117	L275-117	L280-117	L285-119
	113		S250-113	S255-113	M260-113	M265-113	M270-113	L275-113	L280-113	L285-113
	109	S245-109	S250-109	S255-109	M260-109	M265-109	M270-109	L275-109	L280-109	L285-109
	105	S245-105	S250-105	S255-105	M260-105	M265-105	M270-105	L275-105	L280-105	L285-105
	101	S245-101	S250-101	S255-101	M260-101	M265-103	M270-103	L275-101		L285-103
	97	S245-97	S250-97	S255-97	M260-97	M265-97	M270-97			L285-103
	93		S250-93							
		245	250	255	260	265	270	275	280	285
		足長								

資料來源：本研究整理

尺碼能對照至現行國家鞋碼（如表十九、二十）。分別以黃、紅、藍區塊表示S、M及L號，男性依S、M及L各劃分出16、16及19個鞋碼，共計規劃出51個鞋碼，尺碼涵蓋率為95.3%（如圖九）；女性依S、M及L號各劃分出7、10及18個鞋碼，共計規劃出35個鞋碼，尺碼涵蓋率為93.2%（如圖十）。

陸、總結與建議

本研究共計量測219名軍士官（年齡分布從19至37歲），其中包含145位男性與74位女性。比較男、女性之足型尺寸可發現無論左右腳，除



表二十 女性足型尺碼分類與鞋碼對照表

足 寬	109					L250-109	L255-109	L260-109		L270-109
	105				M245-105	M250-105	L255-105	L260-105	L265-105	L270-105
	101			M240-101	M245-101	M250-101	L255-101	L260-101	L265-101	L270-101
	97			S240-97	M245-97	M250-97	L255-97	L260-97	L265-97	
	93	S230-93	S235-93	S240-93	M245-93	M250-93	L255-93	L260-93	L265-93	
	89	S230-89	S235-89	S240-89	M245-89					
		230	235	240	245	250	255	260	265	270
		足 長								

資料來源：本研究整理

了足弓高與內、外側足踝長外，餘尺寸皆存在顯著差異。

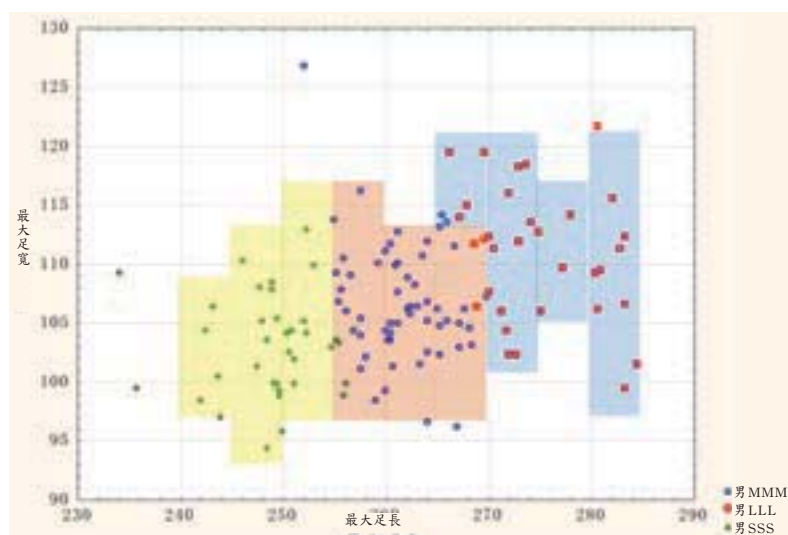
比較受試者之雙腳可發現內、外側足踝寬、足弓高等11項尺寸，無論性別左右腳間存在顯著差異；而男性右腳尺寸普遍大於左腳，女性則反之。左右腳差異結果可應用在鞋楦設計上，了解樣本各尺寸之左右腳差異後，可

取左右腳中較大的局部尺寸合成標準足型設計鞋楦。性別是造成足型特徵值有所差異之一原因，因此在進行足部相關設計時（包含鞋碼規劃、鞋楦與鞋具設計等），因性別造成之尺寸差異需特別注意。

本研究與國內資料庫（相同種族，不同職業）及美軍資料庫（相同職業，不同種族）

比較分析可知，種族與職業亦是會造成足型特徵值有所差異之一原因。在足部尺寸資料引用時，需特別注意因種族及職業的不同可能造成之差異。

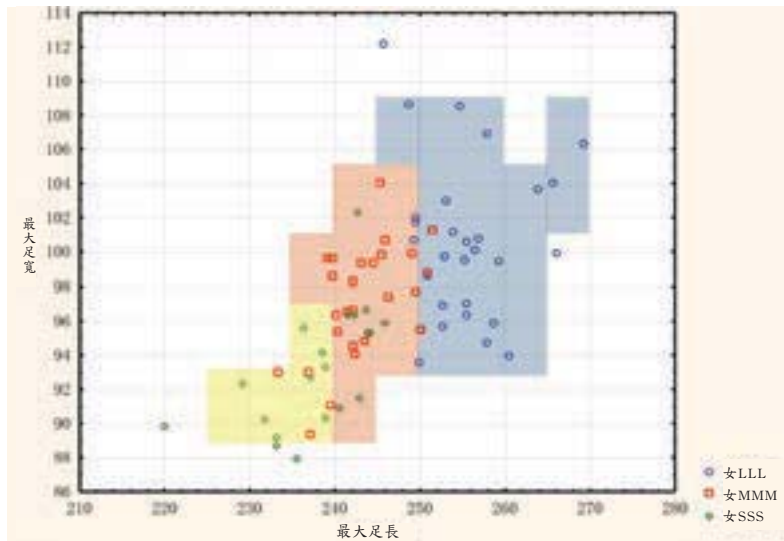
大規模量測之目的在於建立專屬之人體計測資料庫（包含身體尺寸與足部尺寸），由美軍之量測報告²⁶足見美軍對其軍事人體計測之重視，反觀我國國軍僅套用一般國人尺碼系統，未曾



圖九 男性各族群最大足長與最大足寬散布圖與尺碼規劃

(資料來源：本研究繪製)

26 同註23。



圖十 女性各族群最大足長與最大足寬散布圖與尺碼規劃

(資料來源:本研究繪製)

針對官兵足部尺寸進行調查，顯示國軍實需建立一套專屬之足部計測資料庫，作為足部裝備相關尺碼系統規劃或其他武器裝備之設計依據，以設計出能適切符合國軍體型之軍事裝備。

本研究以主成分分析挑出三大代表尺寸「最大足寬」、「最大足長」及「足背高」並進行本研究樣本之分群，將男、女性受試者分別分出三個族群，三項尺寸皆最大為LLL族群、次之為MMM、三項尺寸皆最小為SSS族群，男性三族群所佔比率由高至低為MMM (46%)、SSS (28%)、LLL (26%)，女性順序亦同為MMM (41%)、SSS (32%)、LLL (27%)。男性SSS族群之最大足長平均值小於女性LLL族群。另依據鞋碼國家標準CNS 4800-S1093定義，將各足型族群細分出足型尺碼，使足型尺碼能對照至現行國家鞋碼，供國軍足型尺碼相關規劃

參考之用。

本研究開啟為國軍進行足型計測調查之先導，持續蒐集男、女性軍職人員足型計測資料並建立更具代表性之軍人足型計測資料庫，進而發展專屬國軍尺碼分類系統為後續研究精進之目標。相關研究指出因運動或背負重亦會改變足型，為利健康與舒適性，建議未來可評估負重對足型變化之影響。

致謝：本篇文章之完成，特此感謝軍備局二〇五廠之合作開發，及林昭良上尉之文獻蒐整。

作者簡介

石裕川博士，國立清華大學工業工程博士，國防大學管理學院運籌管理學系教授、德國慕尼黑工業大學訪問學者，現就任於國防大學管理學院運籌管理學系系主任。

作者簡介

鮑芊鐔，國防大學管理學院運籌管理學系碩士，現任職國防大學管理學院軍事人因工程研究中心專任助理。