

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 以 3D 人體掃描資料修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 100-2221-E-216-019-  
執行期間：100 年 08 月 01 日至 101 年 07 月 31 日  
執行單位：中華大學工業管理學系

計畫主持人：林靜華

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：葉政昌

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 101 年 10 月 23 日

中文摘要： 本研究的目的是以 3D 人體掃描資料修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測。人體表面積(BSA)是醫學及工業衛生上很重要的參考指標。然而目前廣泛被應用在實務上的 Du BOIS 和 Du BOIS 的 BSA 公式及線性量測公式是在量測不易，無法收集大量樣本，且量測的精確性受到質疑的情況下所建立的。由於 3D 人體掃描技術的發展，人體表面形狀的量測已較為容易也較為精確，而且已經有許多大型人體測計資料庫的建立是利用這種量測方法。利用這樣的 3D 人體掃描資料我們將可以用來驗證 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測公式並修正之。故本研究利用 270 筆 3D 人體掃描資料，以軟體技術進行全身肢段的切割及肢段表面積(SBSA)、肢段長、肢段圍度的量測。再利用所量測的 SBSA 值驗證 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測公式之估算誤差，以所量測肢段長、肢段圍度及 SBSA 值修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測公式之係數，並比較原始公式與修正公式之估算誤差。

以本研究迴歸所得公式與 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)公式相比較，差異最大的是‘頭’的公式，其係數分別為 0.8918 與 0.308，相較之下其他公式的係數之間則差異很小；除了頭之外，稍有差異的是手、腳和軀幹，其他形狀較單純的肢段，手臂、小腿、大腿，則差異非常小，由此可見，肢段形狀越複雜的越不容易估量。比較 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 公式與本研究修正公式的平均估算誤差；本研究最大者為兩大腿的 6.81%，而 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)各肢段中，只有兩小腿與兩臂的平均誤差低於 6.81%，其餘均高出許多，尤其是頭的誤差高達 65.56%，差異相當大，所有估算誤差均為負值，即 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)的頭部公式均大大低估了樣本人實際的頭表面積。將各肢段加總可獲得樣本人的全身表面積，平均誤差分別為 2.22%及 1.91%，均比各肢段公式之估算誤差小很多，是因為各肢段高估與低估相消的結果，反而使全身 BSA 的估計較肢段估計來得準確。

Du BOIS 和 Du BOIS 的 7 個 SBSA 線性量測公式已廣為被各領域應用，本研究利用 3D 人體掃描資料驗證這些公式的誤差，期望使各領域的應用者了解使用這些公式時的可能誤差狀況，幫助其確認誤差的可接受性，也可提供已應用這些公式的各領域參考。人體表面形狀的複雜使得表面積的量測困難，本研究以 3D 雷射掃描資料利用軟體技術進行量測，已大大提昇了過去的主流量測法—紙張覆蓋法，但是軟體技術在肢段切割上仍不是容易的，故研究過程中，耗費較多時間與人力在肢段的切割與各肢段長度、圍度的量測，建議後續發展可以在此處多加著墨，以期發展出更加容易及準確的方法。

中文關鍵詞：人體表面積、Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測、3D 人體掃描、人體測計

英文摘要：Human body surface area (BSA) is an important parameter which is widely applied in normalizing physiological responses, administrating drug doses, estimating burnt percentage of human body skin, as well as computing body heat transfer. However, the measure of BSA was technically difficult and BSA data was deficient. The segment BSA (SBSA) formulae of Du BOIS and Du BOIS have been widely applied, yet, which were established based on 9 samples of inaccurate data. Now, the measure of BSA has become easier using 3D scan technology. Such that more accurate and larger samples can be acquired and better BSA formulae can be established. Thus, this study aimed to revise Linear Measurement of Du BOIS and Du BOIS using 3D body scan data, which was dissected into 7 segments, then the length, circumferences and SBSA of each segment was computed. Using these outcomes, Linear Measurement of Du BOIS and Du BOIS was validated and revised.

Comparing the formulae coefficients of this study and Du BOIS and Du BOIS, the results showed that the Head formula was the most different, 0.8918 for this study and 0.308 for Du BOIS and Du BOIS. Relatively, the differences between coefficients of other SBSA formulae were quite small. It appeared that the difference was directly relative to the complexity of the segment's surface shape. Comparing the formula estimation errors of this study and Du BOIS and Du BOIS, the results showed that the largest mean %Error of this study was 6.81% of Thighs; for formulae of Du BOIS and Du BOIS, only errors of Shanks and Arms were smaller, others were much higher, especially the 65.56% of Head. Actually, the Head formula of Du BOIS and Du BOIS much underestimated head SBSA of all samples of this study.

The complexity of human body surface shape brings about the difficulties of measure of SBSA. Using 3D laser scan technology has already made it easier, however, the segment dissects and the lengths or

circumferences measures were still not easy and reliable enough.

英文關鍵詞： Body Surface Area, Linear Measurement of Du BOIS and Du BOIS, 3D Body Scan, Anthropometry

# 目錄

目錄.....	i
前言.....	1
文獻探討.....	1
研究方法.....	4
結果、討論與建議.....	6
參考文獻.....	10

## 前言

人體表面積(BSA, Body Surface Area)、肢段表面積(SBSA, Segment Body Surface Area)以及標準化 SBSA(NSBSA, Normalized Segmental Body Surface Area), 是醫學及工業衛生上很重要的參考指標。然而 BSA、SBSA 非常不容易量測, 在無法收集大量樣本且量測的精確性受到質疑的情況下, 仍有許多 BSA 及 SBSA 估算公式的建立, 並廣泛的被應用在實務上; 其中以 Du BOIS 和 Du BOIS(1915, 1916) 的 BSA 公式(Direct Measurement)及 SBSA 公式(Linear Measurement, 故稱其為線性量測)最廣為被使用。目前由於 3D 人體掃描技術的發展, 人體表面形狀的量測較為容易也較為精確, 而且已經有許多大型人體測計資料庫的建立是利用這種量測方法。本研究利用這樣的 3D 人體表面資料, 以軟體技術做肢段切割、肢段尺寸量測及 SBSA 量測, 並驗證 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測公式及嘗試發展更好的 SBSA 估算公式。

本研究的主要目的是以 3D 人體掃描資料驗證 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測; 包括以 3D 人體掃描資料量測 SBSA、測試 Du BOIS 和 Du BOIS 線性量測的估算誤差、討論 Du BOIS 和 Du BOIS 線性量測估算的結果及加總為全身 BSA 的結果、嘗試修正 Du BOIS 和 Du BOIS 線性量測中各肢段公式的係數。

## 文獻探討

BSA 在醫學及工業衛生上是很重要的參考指標, 例如人體新陳代謝量的估算、器官體積的計算或器官功能指標之標準化、臨床上用藥劑量的控制、燒燙傷的處理以及人體熱平衡的估算等。在新陳代謝方面, 早在 1883 年, Rubner 認為人體的新陳代謝量與 BSA 成正比, 而成為知名的 Rubner's Law, 並引起後人研究的興趣(Du BOIS 和 Du BOIS, 1915)。在器官功能方面, 例如肝臟體積的計算, 有學者利用人體的 BSA 值建立估算公式(Vauthey 等人, 2002); 例如腎臟的腎絲球過濾率(Glomerular filtration rate, GFR), 即腎絲球過濾血液為尿液的速率, 不同個體之間 GFR 值差異頗大, 若將 GFR 值以 BSA 標準化之後其變異可縮小在一定的範圍內, 而適合用來作為決定腎功能好壞的重要指標(Aswegen, 2000)。在用藥劑量方面, 當投藥量的多寡與病人的 BSA 成正比時, 病人血液中藥劑量濃度較為一致(Crawford, 1950), 故目前均認為 BSA 是一個令人滿意的藥劑量控制指標。這種指標已經廣泛用在癌症化療的藥劑量控制上。在燒燙傷處理方面, 利用 SBSA 佔全身 BSA 的百分比值, 即 NSBSA, 估算燒燙傷面積百分率是很關鍵的工作, 它決定了燒燙傷治療的輸液量、營養補充量及預後評估等, 高估或低估對病患的預後均有不良的影響(Berkow, 1924; Boyd, 1935; Lund 和 Browder, 1944; Wallace, 1951; Rossiter 等人, 1996; Wachtel 等人, 2000; Berry 等人, 2001; Hettiaratchy 和 Papini, 2004)。在工業衛生方面, BSA、SBSA 及 NSBSA 均是相當重要的數據, 可用以計算經由對流、輻射和蒸發的熱量交換來估算身體熱平衡狀態(Phillips, 2000)。

由於 BSA、SBSA 的重要性, 因此自百餘年來就發展出許多種量測方法, 較直接的量測方法有覆蓋法、表面積分法及攝影法等。為了更方便、快速地估算 BSA、SBSA 值, 也有較間接的方法, 如幾何估算法及公式法等。直接法中, 覆蓋法是最早發展出來的方法, 它是以各種材質覆蓋在人體表面以計算全身面積。Du BOIS 和 Du BOIS(1915)的覆蓋法是先人體表面纏繞紙膠帶加以定型成一個人形紙模, 如圖 1, 接著在紙模上畫下 7 個肢段的切割線, 取下各肢段紙模並用剪刀分割各肢段成小模片, 再將這些小模片放在相紙上曝曬求得投影面積, 最後再計算、加總相紙的面積以獲得各肢段 SBSA,

加總各肢段即得 BSA 數據。



圖 1 人形紙模(Du BOIS 和 Du BOIS, 1915)

Du BOIS 和 Du BOIS 的覆蓋法可能有三個問題。一為纏繞紙帶的鬆緊程度難以準確拿捏，太鬆怕不夠準確，太緊怕身體變形。二為執行這種量測相當耗時費力，會讓受測者很不舒適，也無法量測太多樣本。三是在計算面積時將原為曲面的小模片，放在相紙上求取平面的投影面積來加總 BSA，其結果必定不精確。小模片愈大，曲面變平面的誤差愈大；小模片愈小，則從相紙剪下投影面時，描邊的誤差愈大。

間接法中的幾何估算法是將每個肢段視為一個簡單的幾何體，再以肢段的長度及周徑等尺寸來估算表面積。例如視上臂為圓柱體，則上臂之 SBSA 就是臂長乘以圍度；或視下臂為截頭錐，則下臂之 SBSA 則為臂長乘以上圍與下圍之平均等。若想計算全身的 BSA 則將所有肢段的 SBSA 加總即得。1906 年 Letulle 和 Pompilian 將身體各肢段均當成截頭錐，在每個肢段均量測一個長度及兩個圍度值來估算面積值(Du BOIS 和 Du BOIS, 1915)。後來 Du BOIS 和 Du BOIS 參考並修正這個方法，於 1915 年發展出大家廣為應用的 7 個 SBSA 公式，並將其稱為線性量測法。此法的肢段區分為頭、手臂、手、軀幹(含頸)、大腿、小腿、腳等 7 個部份。各肢段分別量測一個長度及一個或數個圍度。長度乘圍度再乘以修正係數即構成 SBSA 公式。

Du BOIS 和 Du BOIS 曾利用其覆蓋法的量測結果來檢視這個線性估算法的誤差，結果 1915 年的 5 個受測者之平均誤差為 1.7%，1916 年的 4 個受測者之平均誤差則為 1.3%(Sawyer 等人, 1916)。然而本人認為這些線性量測公式的修正係數就是利用這 9 筆覆蓋法數據所修正出來的，所以再用同樣這些數據來檢視誤差時，誤差應是最小的，並不代表在廣泛應用上，誤差都會是這麼小的。

Stevenson(1928)認為這 7 個 SBSA 線性公式雖全身加總起來誤差尚稱合理，實則是因為各肢段誤差正負相抵的關係，若單看各區域單獨的誤差則頗大，因而認為有修正線性公式的必要。1955 年 Banerjee 和 Sen 綜合地用各種方法量測了 15 個男性印度人，包括手、腳用細膠帶纏繞，大腿、軀幹用表面積分器加幾何法計算，頭部則先製出石膏模型，再用 Du BOIS 和 Du BOIS 的方法製作紙模來量測。Banerjee 和 Sen 評估了 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性公式，並發現身體左右側算出的表面積值不同，尤

其是手臂和手掌的部分，所以他們對於全身 7 個區域的線性公式所用的修正係數均作了修改，並建議量測長度、圍度值時宜左右都量，平均後再乘上新的修正係數。

所有線性公式所用到的肢段長度及圍度加起來一共需要量測 19 個尺寸，量完以後再一一代入 7 個 SBSA 線性公式。所以量測 1 個人可能大約要花 15 分鐘以上才能算得全身 BSA。與覆蓋法比較起來，這個方法簡單多了，所以也有些研究利用 7 個 SBSA 線性公式進行全身 BSA 量測，再將所得數據用來建立 BSA 公式--以身高、體重估算 BSA(Stevenson, 1937)。Du BOIS 和 Du BOIS(1916)也有用其 9 筆覆蓋法 BSA 數據建立 BSA 公式( $BSA = 71.84 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$ )，是至今最廣泛被引述與應用的，在今天幾乎已經成為一個標準的 BSA 計算公式。

3D 人體掃描儀是一個三維的光學量測系統。可以快速地複製人體表面的形狀成為數位化的資料。這種系統的優點是量測快速、不必接觸人體，無變形之虞、數位化處理一致性高、資料具有一定的精確度、資料存取方便等。缺點是成本高、資料量大，處理耗時。另外這種系統也有量測資料不完整的問題需要加以解決。目前已有許多人體計測計劃採用這種量測技術來進行。

以 Cyberware 所製造的 WB4 系統為例，參見圖 2 (Daanen and Water, 1998)，4 個固定在垂直支架上的測頭環繞著受測者，掃描時這些測頭同步地由下往上移動，測頭投射的雷射光在受測者表面形成光曲線，CCD(charge couple device)照相機拍攝光曲線，即可將人體表面的點座標資料擷取下來。測頭移動的垂直位置決定點座標的 z 值，x、y 值則由照相機所記錄的光曲線影像來推算受測者的實際空間點座標。Cyberware WB4 之 4 測頭系統的水平解析度為 5mm，是受限於照像機裏的 CCD chip 的解析度；而垂直解析度為 2mm，則是由照像機拍攝速度及測頭的垂直移動速度來決定的。

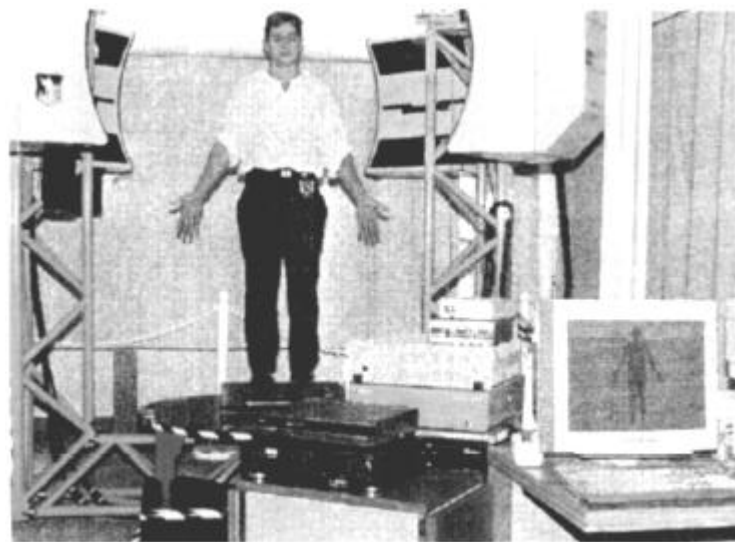


圖 2 Cyberware 的 WB4 人體掃描儀(Daanen and Water, 1998)

利用 3D 人體掃描儀量測下來的表面點資料必須經過軟體的處理，包括遺失的座標點的補強及尺寸的萃取等。由於測頭投射出的雷射光平面為水平方向，所以若受測者的表面亦恰為水平方向則雷射光將無法反射回來使照相機留下光曲線影像，也無法獲得點座標資料，故常會造成受測者的頭頂、下巴及肩膀等處有破洞。此外，在受測者的腋下、胯下等處則因為受到手臂及大腿的遮蔽，雷射光無法到達而形成破洞。另外受測者的頭髮、皮膚會吸收掉部分雷射光，也會造成資料的漏失。這些都會使



得掃描下來的人體表面不完整，必須利用軟體設法加以處理。而處理好的人體表面點資料也必須透過軟體來辨識特徵點以便於計算尺寸或將人體分割成各個肢段，計算表面積大小等。目前已利用 3D 人體掃描儀來建立人體資料庫的有日本的 HQL(Research Institute of Human Engineering for Quality Life, 1992-1994)、歐美的 CAESAR(Civilian American and European Surface Anthropometry Resource, 1997-)、SIZE UK(2002)及 SIZE USA(2002)等。

Tikuisis 等人(2001)、Yu 等人(2003)、Yu 等人(2010)均曾利用 3D 人體表面資料以軟體技術量測 BSA，但均局限於 BSA 公式的探討，缺乏各肢段 SBSA 公式的分析。Yu 等人(2008)、Yu 和 Tu(2009)則曾分別利用手、腳的 3D 掃描資料進行手 SBSA 公式、腳 SBSA 公式的發展。至於以 3D 人體掃描資料量測全身各肢段 SBSA 及發展 SBSA 公式的研究目前仍未見到。由於 Du BOIS 和 Du BOIS(1915,1916)的七肢段切割線已為大家所熟悉，Wallac(1951)、Lund 和 Browder(1944)均以 Du BOIS 和 Du BOIS 的肢段切割線為基礎，再細分肢段來設計燒燙傷面積百分比估計表，可惜這些表格上的 NSBSA 值也只是利用 Du BOIS 和 Du BOIS 七肢段 SBSA 值去推估的，真正實際量測 SBSA 並建立相關估算公式的仍只有 Du BOIS 和 Du BOIS(1915,1916)。

## 研究方法

本研究利用 270 筆 3D 人體掃描資料，以軟體技術進行全身肢段的切割及 SBSA、肢段長、肢段圍度的量測。再利用所量測的 SBSA 值驗證 Du BOIS 和 Du BOIS 的 7 肢段線性公式之估算誤差，以所量測肢段長、肢段圍度及 SBSA 值修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的 7 肢段線性公式，提供各應用領域參考。

本研究所使用的 270 筆 3D 人體掃描資料是利用工研院所開發的 3D 全身掃描儀(垂直解析度 1mm，水平解析度 2mm)及 TriD 軟體系統所量測及修補的。這些資料的修補是先利用 2 台可攜式掃描儀及 1 台手-腳掃描儀掃描全身資料會有破洞的部位，如下巴、腋下、胯下等，再以軟體技術將其與全身資料縫合，最後再以模板法(吳，1995)做最後修正，以使其 3D 人體掃描資料可記錄樣本人之原始形狀並修補完整；與其他直接以平面網格縫補的方式(Tikuisis, 2001)比較起來，是修補得相當仔細。該資料庫的抽樣方法是以男、女兩性在全國人口中依身高、體重的分佈分層抽樣。依據行政院衛生署食品衛生處於 91 年所進行“台灣地區居民體位及肥胖狀況”的調查結果，選用 18~64 歲的抽樣總數進行估算全國人口的身高、體重分佈情形，作抽樣級距的規劃。為確保在每個身高級距中都能夠合理的抽樣到胖、中、瘦的代表人，設定每個身高級距中至少含有 10 個以上的樣本人，結果總抽樣人數為男女兩性各 135 人，共 270 人。而抽樣後這 270 人的資料庫之身高、體重的分佈，與衛生署所調查的分佈情形並無顯著的差異(Yu 等人, 2010)。

利用這 270 筆 3D 人體表面資料，進行 7 肢段的切割及 SBSA、肢段長、肢段圍度等的量測。7 肢段的切割乃依據 Du BOIS 和 Du BOIS(1915,1916)的切割線，如表 1 所列。在手臂、手、大腿、小腿及腳等肢段的切割將包括左、右兩側，即手臂、手、大腿、小腿及腳的 SBSA 值為左右相加的結果。各肢段所需的長度、圍度值亦依據 Du BOIS 和 Du BOIS(1915,1916)的線性公式之所需來進行量測，如表 2 及圖 3 所示，其中手臂、手、大腿、小腿及腳的長度、圍度值均為量測右側肢段。

肢段切割及 SBSA 的計算是以龍騰科技公司所開發的 Anthro3D 軟體來進行。由於工研院所開發的 TriD 軟體在肢段切割的操作上彈性較小，無法隨心所欲的決定切割線，恐無法依據 Du BOIS 和 Du BOIS 的切割線來切割肢段；而其計算表面積的演算法是以掃描資料的 z 軸方向，每 2mm 切割一圍度線所積分出來的，所得之 BSA 或 SBSA 誤差稍高些。龍騰科技公司所開發的 Anthro3D 軟體，其肢段

切割的操作可利用滑鼠自由移動來決定切割線，彈性較大；而其計算表面積的演算法是將 3D 人體掃描資料中的 3D 座標點，以三角網格的形式，將網格中所有小三角形的面積加總所得。在 3D 人體掃描資料修補完整的情況下，其 BSA 或 SBSA 誤差將由掃描儀本身的精確度及解析度來決定。以工研院的量測系統所得的資料，再利用龍騰科技公司所開發的 Anthon3D 軟體量測 BSA，其誤差經實際驗證為  $13.5\text{cm}^2$  (0.36%) (Yu 等人, 2010)。

表 1 Du BOIS 和 Du BOIS 之 7 個肢段的切割線

肢段	切割線
頭	沿著下顎骨的下緣向後切到耳後顛骨下乳突狀的突起，然後筆直地切到後腦枕骨的隆起處。
臂	由肩峰處沿矢狀面方向前後切割至腋下。
手	沿垂直於臂縱軸方向於尺骨突點作切割。
大腿	由會陰部向後切至臀部皺摺處，再垂直向上切至大轉子，最後連直線至會陰部。
小腿	沿垂直於腿縱軸方向於髌骨下緣作切割。
腳	切於兩踝骨突點連線。
軀幹	上述 6 部位切割後所餘下的部分。

表 2 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)的線性公式

區域	公式	量測位置
頭	$0.308 * A * B$	A 為頭頂到下巴的長度； B 為位於眉毛上緣的頭圍。
手臂	$0.611 * F * (G + H + I)$	F 為外側鎖骨尾端到橈骨下端之長度； G 為位於腋窩之上臂圍度； H 為前臂之最大圍度； I 為手腕之最小圍度。
手	$2.22 * J * K$	J 為橈骨下端到食指尖之長度； K 為手掌圍度。
軀幹	$0.703 * L * (M + N)$	L 為胸骨凹處到恥骨上緣； M 為位於肚臍的腹圍； N 為位於乳尖處的胸圍。
大腿	$0.552 * W * (P + Q)$	W 為恥骨上緣到髌骨下端之長度； P 為位於會陰下緣之大腿圍； Q 為位於粗隆處之臀圍。
小腿	$1.40 * R * S$	R 為腳底到髌骨下緣之長度； S 為髌骨下緣之腿圍。
腳	$1.04 * T * (U + V)$	T 為腳長； U 為位於小腳趾根部之腳掌圍； V 為腳踝處之腳圍。

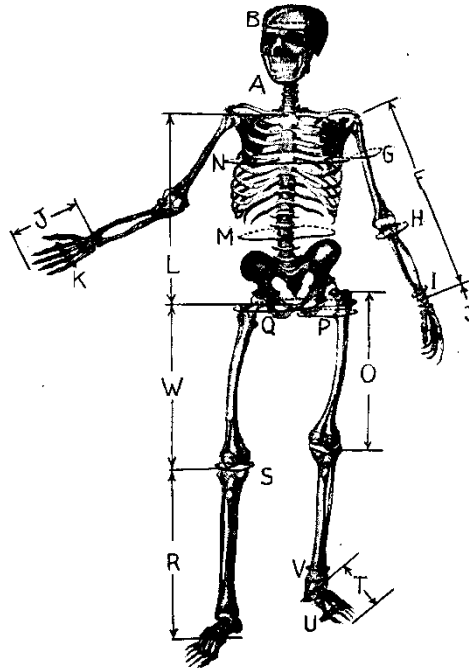


圖 3 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)線性公式符號的量測位置

將量測所得的 19 個長度、圍度數據，代入 DuBOIS 和 DuBOIS 的 7 個線性公式，其結果再以量測所得的 SBSA 計算誤差。另外，利用 DuBOIS 和 DuBOIS 的線性公式模式，以量測所得的 19 個長度、圍度及 SBSA 數據，以非線性迴歸方式來修正公式係數，並分別針對男性樣本人(135 筆)、女性樣本人(135 筆)及全部樣本(270 筆)進行迴歸，並比較之。利用這些新公式估算樣本人各肢段 SBSA 值，與 Anthro3D 計算的 SBSA 值比較，亦加總後與 Anthro3D 計算的 BSA 值比較。另外新公式也與原 DuBOIS 和 DuBOIS 公式進行比較。

### 結果、討論與建議

本研究的目的是以 3D 人體掃描資料修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測(Linear Measurement)。研究結果首先介紹各肢段長度、圍度及 SBSA 的量測結果。接著，以量測所得資料利用最小平方方法進行迴歸，重新修正 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 7 肢段公式之係數，並比較新舊係數間的差異。最後利用 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 公式與本研究公式估算各肢段 SBSA 值，並討論估算誤差情形。

各肢段長度、圍度及 SBSA 的量測結果如表 3，包括各尺寸資料的平均值(Mean)、標準差(SD)、最小值(Min)及最大值(Max)。由表 3 所見，各肢段長度、圍度及 SBSA 的平均值與最小值，男性均大於女性；但最大值中 H 前臂圍、N 胸圍與 S 小腿圍則是女性大於男性。而男性 7 肢段的 SBSA 平均值中以軀幹(Trunk)的  $6057.29 \text{ cm}^2$  最大，其次是兩大腿和(Thighs)的  $3474.59 \text{ cm}^2$ ，兩手臂和(Arms)的  $2631.84 \text{ cm}^2$ ，兩小腿和(Shanks)的  $2490.36 \text{ cm}^2$ ，頭(Head)的  $1277.71 \text{ cm}^2$ ，兩腳和(Feet)的  $1220.77 \text{ cm}^2$ ，最小的是兩手和(Hands)的  $854.85 \text{ cm}^2$ ；SBSA 最小值與最大值的大小順序與平均值相同，唯最大值的兩小腿和(Shanks)的  $3322.77 \text{ cm}^2$  稍大於兩手臂和(Arms)的  $3296.89 \text{ cm}^2$ 。男性各肢段長度的平均值以 L 軀幹長的  $55.38 \text{ cm}$  最大，即面積最大肢段(Trunk)的長度也最長；面積次大的 Thighs 之 W 大腿長， $38.14 \text{ cm}$ ，則不及 F 臂長的  $52.58 \text{ cm}$ ，和 R 小腿長的  $45.13 \text{ cm}$ ；長度最短的末三個則是 T 腳長的  $26.08 \text{ cm}$ ，A 頭

長的 24.80 cm，及 J 手長的 18.61 cm。男性各肢段長度的最小值與最大值之大小順序與其平均值的順序相同。男性各肢段圍度以 Q 臀圍最大，平均值 97.34 cm、最小值 83.13cm、最大值 118.44cm；其次才是 N 胸圍，平均值 92.74 cm、最小值 73.73cm、最大值 117.19cm；然後是 M 腹圍，平均值 84.69cm、最小值 64.02cm、最大值 115.47cm；B 頭圍為平均 58.35cm，P 大腿圍為平均 57.80cm，B 頭圍的最大值 62.88cm 則小於 P 大腿圍的最大值 72.69cm。其餘圍度平均值均在 40cm 以下，最小為 I 腕圍平均 18.06 cm。

表 3 各肢段長度、圍度及 SBSA 量測結果

(cm, cm <sup>2</sup> )	男				女				全部			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
A 頭長	24.80	1.47	20.81	28.19	23.05	1.23	19.54	26.32	23.87	1.60	19.54	28.19
B 頭圍	58.35	1.77	54.20	62.88	56.08	1.89	52.34	60.98	57.14	2.16	52.34	62.88
Head	1277.71	79.21	1091.11	1508.29	1172.43	75.47	973.27	1343.48	1221.56	93.30	973.27	1508.29
F 臂長	52.58	3.44	44.09	60.27	47.38	3.47	39.02	54.07	49.81	4.32	39.02	60.27
G 上臂圍	32.50	4.49	24.63	45.08	29.21	3.89	22.86	40.36	30.74	4.48	22.86	45.08
H 前臂圍	27.01	2.60	19.48	33.28	23.45	2.51	18.81	37.22	25.11	3.11	18.81	37.22
I 腕圍	18.06	1.32	15.10	21.03	16.07	1.40	13.08	19.87	17.00	1.69	13.08	21.03
Arms	2631.84	312.68	1934.99	3296.89	2074.64	254.49	1518.52	2728.40	2334.66	396.75	1518.52	3296.89
J 手長	18.61	1.58	15.31	22.12	16.51	1.32	13.41	19.18	17.49	1.78	13.41	22.12
K 掌圍	22.13	1.53	18.52	26.72	19.16	1.67	13.72	23.52	20.54	2.19	13.72	26.72
Hands	854.85	92.70	663.62	1079.52	685.42	91.92	433.80	893.10	764.49	125.11	433.80	1079.52
L 軀幹長	55.38	3.79	47.36	62.76	50.05	3.09	41.24	60.04	52.54	4.34	41.24	62.76
M 腹圍	84.69	12.97	64.02	115.47	78.19	10.36	58.98	103.38	81.22	12.06	58.98	115.47
N 胸圍	92.74	9.98	73.73	117.19	84.17	10.94	67.11	124.35	88.17	11.31	67.11	124.35
Trunk	6057.29	710.06	4617.42	7784.90	4963.30	658.57	3894.23	7090.34	5473.83	873.74	3894.23	7784.90
W 大腿長	38.14	2.92	31.70	46.19	37.38	2.73	29.77	43.04	37.73	2.84	29.77	46.19
P 大腿圍	57.80	6.61	43.15	72.69	55.51	5.90	42.25	70.25	56.58	6.33	42.25	72.69
Q 臀圍	97.34	8.16	83.13	118.44	93.60	8.97	79.43	117.89	95.35	8.78	79.43	118.44
Thighs	3474.59	405.19	2609.49	4377.75	3145.29	371.13	2406.96	4153.21	3298.96	419.88	2406.96	4377.75
R 小腿長	45.13	2.81	39.22	52.00	40.81	2.23	35.72	47.06	42.83	3.31	35.72	52.00
S 小腿圍	38.59	2.96	30.63	45.38	35.87	3.25	29.71	46.72	37.14	3.39	29.71	46.72
Shanks	2490.36	321.24	1895.83	3322.77	2086.65	262.03	1497.47	2800.88	2275.05	353.63	1497.47	3322.77
T 腳長	26.08	1.50	23.17	30.69	23.04	1.64	18.99	27.83	24.45	2.19	18.99	30.69
U 腳掌圍	25.23	1.56	22.14	29.48	22.07	2.63	13.37	27.88	23.55	2.70	13.37	29.48
V 腳踝圍	24.25	1.50	20.76	28.33	21.88	1.71	17.94	26.95	22.99	2.00	17.94	28.33
Feet	1220.77	118.50	969.43	1505.20	959.99	108.41	675.75	1343.65	1081.69	172.54	675.75	1505.20

女性 7 肢段的 SBSA 平均值與最大值的大小順序與男性最大值的順序相同，也是 Shanks 稍大於 Arms，但最大值中頭(Head)與兩腳和(Feet)幾乎相等，分別為 1343.48 cm<sup>2</sup> 與 1343.65 cm<sup>2</sup>；最小值的大小順序則與男性平均值與最小值的順序相同。女性各肢段長度的平均值、最小值與最大值的大小順序與男性的順序相同，只有在 A 頭長與 T 腳長的大小順序稍有出入，二者的平均值幾乎相等，分別為 A

頭長 23.05cm 與 T 腳長 23.04cm。女性各肢段圍度也是以 Q 臀圍最大，平均值 93.60 cm、最小值 79.43cm；其次才是 N 胸圍，平均值 84.17 cm、最小值 67.11cm；但圍度的最大值中則是以 N 胸圍 124.35cm 最大，其次才是 Q 臀圍的最大值 117.89cm；然後是 M 腹圍，平均值 78.19cm、最小值 58.98cm、最大值 103.38cm；B 頭圍為平均 56.08cm，最小值 52.34cm；P 大腿圍為平均 55.51cm，最小值 42.25cm；而圍度的最大值中，B 頭圍 60.98cm 是小於 P 大腿圍 70.25cm。其餘圍度平均值均在 40cm 以下，最小的也是 I 腕圍平均 16.07 cm。

利用量測所得資料以最小平方法進行迴歸，保留原公式之數學模式，重新修正 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 7 肢段公式之係數，結果如表 4。表 4 中”全部”表示以所有樣本迴歸的結果，”男”表示僅以男性樣本資料迴歸的結果，”女”則表示僅以女性樣本資料迴歸的結果。由表 4 的結果，本研究所迴歸的男、女公式中，各肢段公式的係數值相差並不大，若硬要比較的話，則以”手”的係數差異最大(0.0946)，其次是”頭”(0.0250)和”大腿”(0.0202)；即男、女性肢段的表面形狀之間並沒有太大的差異，可以不需要使用不同的公式來估算。以全部樣本迴歸所得公式與 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)公式相比較，差異最大的是”頭”的公式，分別為 0.8918 與 0.308，相較之下其他公式的係數之間則差異很小；除了頭之外，稍有差異的是手、腳和軀幹，其他形狀較單純的肢段，手臂、小腿、大腿，則差異非常小，由此可見，肢段形狀越複雜的越不容易估量。以係數的大小來看，在長度與圍度相乘之後，手需要修正約 2.1 倍，除因估算兩手面積和之外，尚需補償指縫間的面積；小腿需要修正約 1.4 倍，低於 2 倍，可能因為髌骨下緣之腿圍已較大於小腿的平均圍度；腳與大腿均用了兩個圍度相加，腳的係數接近 1，但大腿的係數則約為 0.6，是因為使用了粗隆處的臀圍；手臂使用了三個圍度相加但係數仍只有約 0.6，大概是因為此三個圍度均比上下臂的平均圍度小的關係。軀幹也使用了兩個圍度相加，但係數約 0.6 大於 0.5，可能是胸圍較大的影響，對於較胖的樣本人則可能是腹圍較大的關係。至於頭部的係數約 0.9 應該是因為臉的下緣雖較尖不似圓柱體，但臉部的凹凸曲面又增加了不少面積，所以係數有點接近 1；但 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)公式則只有 0.308，可能是因為其 SBSA 是以紙張纏繞來量測的，對於臉部的凹凸曲面可能較無法量測仔細的關係。

表 4 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)與本研究各肢段公式之係數

肢段	Du BOIS 和 Du BOIS(1916)公式	This Study		
		全部	男	女
頭	$0.308 * A * B$	0.8918	0.8799	0.9049
手臂	$0.611 * F * (G + H + I)$	0.6389	0.6431	0.6333
手	$2.22 * J * K$	2.0983	2.0602	2.1548
軀幹	$0.703 * L * (M + N)$	0.6102	0.6122	0.6076
大腿	$0.552 * W * (P + Q)$	0.5719	0.5820	0.5618
小腿	$1.40 * R * S$	1.4240	1.4260	1.4216
腳	$1.04 * T * (U + V)$	0.9405	0.9420	0.9384

利用 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 公式與本研究全部樣本迴歸所得修正公式估算各肢段 SBSA 值，其估算誤差結果如表 5；SBSA 為各肢段及全身平均表面積值，單位為  $\text{cm}^2$ 、Error 為估算誤差，單位亦為  $\text{cm}^2$ ，且為了避免正負相消的狀況，所有誤差均取絕對值後再平均、%Error 則為估算的百分率誤差。由表 5 所見，利用 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 公式估算的結果，平均誤差約介於 4.73% ~ 65.56%；以

兩小腿(Shanks)的 4.73%最小，其次是兩臂(Arms)的 5.64%、兩大腿(Thighs)的 7.37%、兩手(Hands)的 7.40%、兩腳(Feet)的 10.93%以及軀幹(Trunk)的 26.53%，最大且嚴重的是頭(Head)的 65.56%。利用本研究修正公式(This Study) 估算的結果，平均誤差約介於 4.15% ~ 6.81%；以頭(Head)的 4.15%最小，其次是軀幹(Trunk)的 4.44%、兩臂(Arms)的 4.45%、兩小腿(Shanks)的 4.65%、兩腳(Feet)的 4.86%以及兩手(Hands)的 5.93%，最大的是兩大腿(Thighs)的 6.81%。

比較 DuBOIS 和 DuBOIS (1916) 公式與本研究修正公式的平均估算誤差；本研究最大者為兩大腿的 6.81%，而 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)各肢段中，只有兩小腿與兩臂的平均誤差低於 6.81%，其餘均高出許多，尤其是頭的誤差高達 65.56%，差異相當大。回顧 DuBOIS 和 DuBOIS (1915, 1916)用來發展公式所用的樣本其 SBSA 值是利用呂宋紙纏繞在人體表面製作出受試者之人形紙模所量測出來的，頭部尤其是臉的一些細緻凹凸表面與呂宋紙恐因無法適切的密合而被明顯低估了。而本研究所用的 3D 人體表面資料是利用垂直解析度為 1 mm、水平解析度為 2 mm 的全身掃描儀所量測，細密的取點資料可以將臉的一些細緻凹凸表面積量測出來。所以，當我們使用 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)的公式來估算本研究的樣本人之頭部表面積時，所有估算誤差均為負值，即 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)的頭部公式均大大低估了樣本人實際的頭表面積。將各肢段加總可獲得樣本人的全身表面積，平均誤差分別為 2.22% 及 1.91%，均比各肢段公式之估算誤差小很多，是因為各肢段高估與低估相消的結果，反而使全身 BSA 的估計較肢段估計來得準確。

表 5 Du BOIS 和 Du BOIS(1916)與本研究各肢段公式之估算誤差

	DuBois & DuBois						This Study					
	SBSA	(SD)	Error	(Max)	%Error	(Max)	SBSA	(SD)	Error	(Max)	%Error	(Max)
Head	420.64	39.41	800.93	978.13	65.56%	71.48%	1217.93	114.10	50.89	221.70	4.15%	17.42%
Arms	2227.24	388.70	132.53	493.75	5.64%	22.44%	2328.94	406.45	104.52	496.97	4.45%	21.72%
Hands	802.96	150.87	56.83	333.85	7.40%	34.13%	758.94	142.60	45.41	261.92	5.93%	26.77%
Trunk	6277.29	1118.23	807.50	1935.64	14.61%	26.53%	5448.65	970.62	244.71	1053.71	4.44%	18.04%
Thighs	3168.30	425.28	250.49	996.02	7.37%	31.84%	3282.52	440.61	229.02	1144.70	6.81%	36.59%
Shanks	2234.94	330.75	110.97	550.92	4.73%	20.36%	2273.25	336.42	107.92	505.01	4.65%	22.42%
Feet	1190.93	202.65	116.79	540.29	10.93%	49.52%	1076.99	183.26	52.47	384.22	4.86%	35.22%
Whole	16322.29	2375.37	369.57	1672.88	2.22%	8.90%	16383.99	2341.75	321.24	1654.20	1.91%	8.80%

Du BOIS 和 Du BOIS 的 7 個 SBSA 線性量測公式已廣為被各領域應用，本研究利用 3D 人體掃描資料驗證這些公式的誤差，期望使各領域的應用者了解使用這些公式時的可能誤差狀況，幫助其確認誤差的可接受性，也可提供已應用這些公式的各領域參考。本研究以較精確的 SBSA 量測方法所得數據來修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測公式，一方面可保留原線性公式的數學模式，使已熟悉這些公式的領域可方便持續應用；另一方面可使這些公式的誤差下降，提昇各應用領域的估算結果。對其他領域提供 SBSA、BSA 估算的新選擇，滿足其應用的需要。

人體表面形狀的複雜使得表面積的量測困難，本研究以 3D 雷射掃描資料利用軟體技術進行量測，已大大提昇了過去的主流量測法—紙張覆蓋法。但是軟體技術在肢段切割上仍不是容易的。由於一個樣本人的 3D 人體掃描資料是由大約五十萬個 3D 座標點所構成，雖以三角網格面來呈現但切割線的位置

置仍不易精確判斷，如大轉子的位置、或後腦枕骨的隆起處等；加上是以滑鼠在螢幕上畫線的操作方式，更增加了切割的一致性。然由於肢段切割的適切與否大大影響本研究的結果，加上目前並沒有更好的方式可以進行此部份的操作，所以本研究只能更耐心、仔細的進行這個步驟，分工時採特定人員專責特定肢段的切割與尺寸的量測。另外，在 DuBOIS 和 DuBOIS (1916)7 肢段公式中(如表 2)，L 為軀幹長，是胸骨凹處到恥骨上緣的長度；Q 為大腿圍度之一，是位於粗隆處之臀圍，與恥骨上緣的位置非常接近；量測時亦需留意勿使軀幹與大腿兩肢段發生重疊之現象。本研究進行過程，耗費較多時間與人力的地方是在肢段的切割與各肢段長度、圍度的量測，雖為人工操作但仍盡量讓各樣本間的切割處或量測處達到一致，建議後續發展可以在此處多加著墨，以期發展出更加容易及準確的方法。

## 參考文獻

1. 吳揚程，以模板法修補 3D 掃描人體表面資料之破洞，碩士論文，國立清華大學，工業工程與工程管理學系，民國九十四年，1995。
2. 行政院衛生署食品衛生處，”台灣地區居民體位及肥胖狀況”，民國 91 年，[www.doh.gov.tw/newdoh/90-org/org-3/nutrition/2.html](http://www.doh.gov.tw/newdoh/90-org/org-3/nutrition/2.html)。
3. Du Bois D, Du Bois EF. The measurement of the surface area of man. *Archives of Internal Medicine, Clinical Calorimetry, Fifth Paper*, pp. 868-881, 1915.
4. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine, Clinical Calorimetry, Tenth Paper*, pp. 863-871, 1916.
5. Tikuisis P, Meunier P, Jubenville CE. Human body surface area: measurement and prediction using three dimensional body scans. *Eur J Appl Physiol* 85:264-271, 2001.
6. Yu, Chi-Yuang; Lin, Ching-Hua; and Yang, Yi-Hsueh, Human Body Surface Area Database and Estimation Formula, *Burns*, 36, 616-629, 2010.
7. van Aswegen, A., Marais, J., Jansen, S.E., Otto, A.C. and Lotter, M.G., *A Comparison of Glomerular Filtration Rate Values Determined Using Four Radionuclide Techniques in Healthy Volunteers*, Engineering in Medicine and Biology Society, the Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Annual International Conference of the IEEE, 07/23-07/28, 2000.
8. Banerjee S, Sen R. Determination of the surface area of the body of Indians, *J Appl Physiol* 7:585-588, 1955.
9. Berkow, S. G. *Arch. Surg.*, 8:138-148, 1924.
10. Berry, M. G., Evison, D. and Roberts, A. H. N. The Influence of Body Mass Index on Burn Surface Area Estimated from the area of the Hand. *Burns*, Vol. 27, pp. 591-594, 2001.
11. Boyd E. *Growth of Surface Area in Human Bodies*. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1935.
12. Crawford, J. D., Terry, M. E. and Rourke, G. M., Simplification of Drug Dosage Calculation by Application of the Surface Area Principle, *Pediatrics*, Vol. 5, pp. 783-790, 1950.

13. **Daanen, Hein A.M. and van de Water, G. Jeroen**, Whole Body Scanners. *Displays*, 19, 111–120, 1998.
14. **Du BOIS, D. and Du BOIS, E. F.**, The Measurement of the Surface Area of Man. *The Archives of Internal Medicine - Clinical Calorimetry*, Fifth Paper, pp. 868-881, 1915.
15. **Du BOIS, D. and Du BOIS, E. F.**, A Formula to estimate the approximate Surface Area if Height and Weight be Known, *The Archives of Internal Medicine -Clinical Calorimetry*, Tenth Paper, pp. 863-871, 1916.
16. **Hettiaratchy, S. and Papini, R.** ABC of burns: Initial management of a major burn: II—assessment and resuscitation. *Clinical review*, Vol. 329(10), July, 2004.
17. **Lund CC, Browder NC.** The estimation of areas of burns. *Surg Gynecol Obst* 79:352-8, 1944.
18. **Phillips CA.** *Human Factors Engineering*. John Wiley & Sons, 2000, pp. 179-250.
19. **Rossiter, N. D., Chapman, P. and Haywood, I. A.** How Big is a Hand ? *Burns*, Vol. 22, No. 3, pp. 230-231, 1996.
20. **Sawyer M, Stone RH, Du Bois EF.** Further Measurements of the Surface Area of Adults and Children. *Archives of Internal Medicine, Clinical Calorimetry*, Ninth Paper, pp. 855-862, 1916.
21. **Stevenson, P. H.** Calculation of the body-surface area of Chinese. *Chinese Journal of Physiology*, Vol. 1, pp. 13–24. 1928.
22. **Stevenson, P. H.** Height-Weight-Surface Formula for the Estimation of Surface Area in Chinese Subjects. *Chinese Journal of Physiology*, Vol. 12, No. 3, pp. 327-330, 1937.
23. **Tikuisis P, Meunier P, Jubenville CE.** Human body surface area: measurement and prediction using three dimensional body scans. *Eur J Appl Physiol* 85:264-271, 2001.
24. **Vauthey, Jean-Nicolas; Abdalla, E. K., Doherty, D. A., Gertsch, P., Fenstermacher, M. J., Loyer, E. M., Lerut, J., Materne, R., Wang, X., Encarnacion, A., Herron, D., Mathey, C., Ferrari, G., Charnsangavej, C., Do, Kim-Anh and Denys, A.**, Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults, *Liver Transplantation*, Volume 8, Issue 3, Pages 233-240, March 2002.
25. **Wachtel, T. L., Berry, C. C., Wachtel, E. E., and Frank, H. A.** The inter-rater reliability of estimating the size of burns from various burn area chart drawings. *Burns*, Vol. 26, pp. 156-170, 2000.
26. **Wallace, A. B.** The exposure treatment of burns. *Lancet*, 260:501, 1951.
27. **Yu, Chi-Yuang; Lo, Yu-Hung; and Chiou, Wen-Ko**, The 3D scanner for measuring body surface area: a simplified calculation in the Chinese adult. *Applied Ergonomics*, Volume 34, Issue 3, Pages 273-278, May 2003.
28. **Yu, C.-Y.; Hsu, Y.-W.; and Chen C.-Y.**, Determination of Hand Surface Area as A Percentage of Body Surface Area by 3D Anthropometry, *Burns*, 34(8), pp. 1183-1189, 2008.
29. **Yu, Chi-Yuang and Tu, Hsin-Hung**, Foot surface area database and estimation formula, *Applied*



*Ergonomics*, Vol. 40, pp. 767-774, 2009.

30. **Yu, Chi-Yuang; Lin, Ching-Hua;** and Yang, Yi-Hsueh, Human Body Surface Area Database and Estimation Formula, *Burns*, 36, 616-629, 2010.

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

101 年 7 月 16 日

報告人姓名	林靜華	服務機構 及職稱	中華大學 工業管理系
時間 會議 地點	2012,7,3 ~ 2012,7,5 Sapporo Japan	本會核定 補助文號	專題研究計畫 NSC 100-2221-E-216-019-
會議 名稱	(中文) 2012 商業與資訊國際資訊研討會 (英文) 2012 International Conference on Business and Information		
發表 論文 題目	(中文) 先進線上人體測計資料庫查詢系統的發展 (英文) The Development of an Advanced On Line Anthropometric Query System		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>本人的論文所發表的場次為會議第二天(7/4)的上午 8:00~9:50 之 Session C4。同一時段共有 8 個 Session。本人所在的 Session 共安排了 7 篇論文，報告過程很順利。</p> <p>二、與會心得</p> <p>本人所在 Session 的論文發表以 Operation Management and Industrial Engineering 為主題，包括供應商評選、全面品質管理、產品特性參數決策、排程方法、風險感知、以及人員績效等的探討。除可涉略不同研究主題之外，也有許多不同的分析工具或評估方法，值得多方接觸。</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>無</p> <p>四、建議</p> <p>本人的研究多以人體測計，即人因工程領域為主，然多參加較綜合性的學術會議亦能擴大自己的想法，雖所參加的 Session 仍以作業管理與工業工程為主，但與會期間能與不同領域的學者接觸，將會很有收穫。</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <p>Proceedings of 2012 International Conference on Business and Information 光碟，內含本次研討會各場次發表論文之全文集。</p> <p>六、其他</p> <p>無</p>			

Acceptance Notification and Invitation Letter  
for BAI 2012 International Conference on Business and Information  
at Renaissance Sapporo Hotel, Japan, 03-05 July 2012  
<http://bai-conference.org>

Ching-Hua Lin  
Chung Hua University  
[kate@chu.edu.tw](mailto:kate@chu.edu.tw)

Dear Ching-Hua Lin,

I am pleased to inform you that based upon the recommendations of two blind reviewers your paper has been accepted for presentation at the BAI2012, to be held in Sapporo, Japan on 03-05 July 2012.

Paper #: 6125

Title: THE DEVELOPMENT OF AN ADVANCED ON LINE ANTHROPOMETRIC QUERY SYSTEM

Author(s): Ching-Hua Lin

At this time, please make sure that you take care of the following details:

1. Please upload your camera-ready final submission (in DOC or PDF Format) via the conference website before March 31, 2012.

Final manuscripts received after the deadline may not be included in the proceedings.

Detailed instructions can be found at <http://bai-conference.org>.

2. The authors should register and pay the registration fee for the conference before 31 March 2012.

The related information about registration and conference fee could be available at online submission system <http://182.50.142.182/BAI/>.

At least one author must register and pay the registration fee by the deadline.

3. Renaissance Sapporo Hotel provides the conference participants a block of rooms at reasonable rates.

Please use the reservation link available at the conference website to reserve your room.

Room confirmation is subject to hotel availability. Please reserve early.

The details about the above can be found at <http://bai-conference.org>.

Once again thanks for your interest in the conference.

We look forward to your participation in this very important event for the business and information community.

Yours sincerely,

BAI2012 Organization Committee

## **THE DEVELOPMENT OF AN ADVANCED ON LINE ANTHROPOMETRIC QUERY SYSTEM**

*\*Ching-Hua Lin, Po-Sheng Lu*

*Department of Industrial Management, Chung Hua University  
707, Sec. 2, WuFu Rd., Hsinchu, Taiwan 300, ROC*

*\*kate@chu.edu.tw*

### **ABSTRACT**

The traditional anthropometry database offered the query of the descriptive statistics of only 1D dimensions, e.g. waist girth, arm length, foot width, sitting height and etc. Nowadays using 3D scanning technologies can measure digital 3D surface shape from the human subjects and consequently enhance the database not only the traditional 1D dimension but as well as 2D and 3D anthropometry data. However, the development of 3D scanning anthropometry seemed not as quick and fruitful as mostly thought it to be. After time-consuming and hard working, the acquirement - 3D digital model could not offer for any applications yet. A variety of anthropometry data extracting algorithms are still developing. This article addressed a concept of the development of an advanced anthropometric query system. Including three parts first was the development of anthropometry database; second was an example of 3D measurement – body surface area; the last part was discussions about problems of 3D scanning measuring.

Keywords: Anthropometry, 3D scanning technology, body surface area

### **THE DEVELOPMENT OF ANTHROPOMETRY DATABASE**

During World War II the lack of considering the abilities of operators in military facilities design caused the blocking of equipment operations and also brought about the vigorousness of anthropometry. The book, “Human Body Size in Military Aircraft and Personal Equipment” (Randall et al., 1946), was an ancient anthropometry database. Nowadays, anthropometry databases are common in many countries and usually presented as an on-line query system. For example, the anthropometry database of Institute of Occupational Safety and Health, Council of Labor Affairs, Executive Yuan, Taiwan (2008) is an interactive query system. It offers the descriptive statistics of 266 static whole body dimensions and forty-two functional joint angles based on 1200 labors of Taiwan, twenty-four static head dimensions based on 1073 labors of Taiwan, and recommended arrangement of computer workstation, dimension of general workbenches, sizes of standard helmets, and etc.

Instead of using Martin-type instruments (FIGURE 1), calipers and tapes, anthropometry research has now been advanced to use 3D scanning technologies, using which the shapes of 2D curves and 3D curved surfaces can be recorded. A 3D body scanner usually is arranged around a subject about four scanning heads which moves simultaneously to scan from bottom to top of the subject in about ten seconds. A scanning head (FIGURE. 1) usually contains a laser emitting part, which projects laser light on to the subject and forms a light curve on the subject's body surface; and a CCD camera, which captures the image of the light curve. The system software translates the light curve into 3D coordinate points and presents the subject's body surface shape by around five hundred thousand points. Traditional anthropometry 1D measurements can then be extracted from this digital model of subjects, as well as other 2D and 3D data that traditional anthropometry cannot attain to.

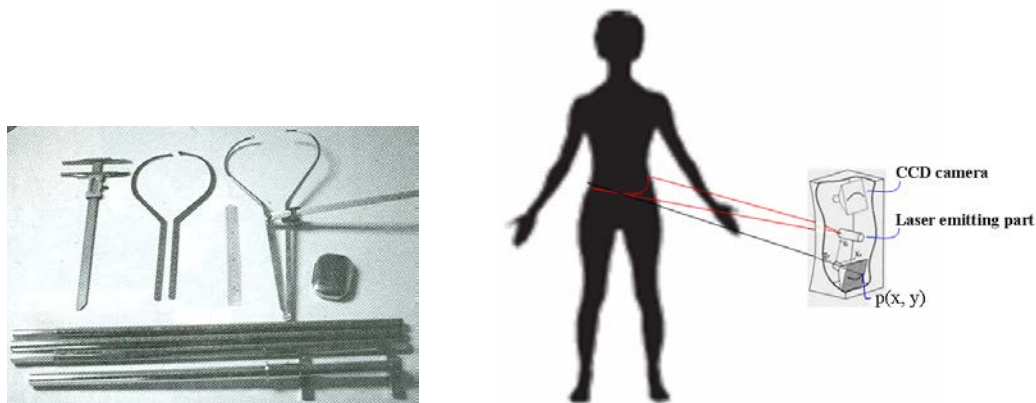


FIGURE 1. Martin-type instruments (left) and a 3D scanning head (right)

There are anthropometric survey projects universally. From the year of 1992 to 1994, HQL (Research Institute of Human Engineering for Quality Life) had established a 3D anthropometry database containing 19,000 male and 15,000 female samples (Kuriyama, 1993). The year of 1997, SAE (The Society of Automotive Engineers) and TNO (The Netherlands Organization for Applied Scientific Research) undertook a multinational survey called CAESAR (Civilian American and European Surface Anthropometry Resource) using the Cyberware WB4 whole body scanner (Daanen & van de Water, 1998) and Vitronic Viro 3D (Robnette et al., 1999). The project of SIZE UK (2002) was deployed from 1999 using three [TC]<sup>2</sup> body scanners. And SIZE USA (2002) was executed from 2002 using the same measuring system of SIZE UK. However, it is easier to collect raw digital model samples, which are benefiting academic researches and technologies innovations, but not applications to industries. To offer the statistics of a lot of anthropometry measurements and relevant information as traditional databases did, still a great deal of issues have to be

discussed and improved, e.g. how to extract from the digital model every anthropometry measurements.

### AN EXAMPLE OF 3D MEASUREMENT – BODY SURFACE AREA

Take body surface area (BSA), i.e. the area of 3D curved surface of human body, as an example of 3D scanning measurement. Despite that BSA is a very important parameter applied in medicine and industrial hygiene, the measuring of BSA was technically difficult and BSA data was deficient. Coating method to measure BSA had been mostly used. First, strips of paper were wound around and glued on subject's surface to make a mold of the body. Second, the mold was cut into scraps which were then exposed on photographic paper under sunlight. Finally the photographic paper projections were cut off and weighed to calculate areas. Du Bois and Du Bois (1915, 1916) had measured nine samples by coating method and developed accordingly fifteen segmental-BSA (SBSA) formulae and a whole BSA formula (TABLE 1), which have been widely applied ever since. If normalized-SBSA (NSBSA) is needed, Lund and Browder (1944) chart (FIGURE 2) has been widely applied in this field.

TABLE 1. The formulae of Du Bois and Du Bois

Segment	Formula	Gauge Position
<b>Whole</b>	<b><math>BSA = 71.84 \times W^{0.425} \times H^{0.725}</math></b> , W-Body weight, H-Stature height	
<b>Head</b>	<b><math>0.308 \times A \times B</math></b>	A-Around vertex and point of chin. B-Coronal circumference around occiput and forehead, just above eyebrows.
<b>Arms</b>	<b><math>0.611 \times F \times (G+H+I)</math></b>	F-Tip of acromial process to lower border of radius, measured with forearm extended. G-Circumference at level of upper border of axilla. H-Largest circumference of forearm (just below elbow). I-Smallest circumference of forearm (just above head of ulna).
<b>Hands</b>	<b><math>2.22 \times J \times K</math></b>	J-Lower posterior border of radius to tip of second finger. K-Circumference of open hand at the meta-carpo-phalangeal joints.
<b>Trunk</b>	<b><math>0.703 \times L \times (M+N)</math></b>	L-Suprasternal notch to upper border of pubes. M-Circumference of abdomen at level of umbilicus. N-Circumference of thorax at level of nipples in the male and just above breasts in the female.
<b>Thighs</b>	<b><math>0.552 \times W \times (P+Q)</math></b>	W-Upper border of pubes to lower border patella (measured with legs straight and feet pointed anteroposteriorly). P-Circumference of thigh just below the level of perineum. Q-Circumference of hips and buttocks at the level of the great trochanters.
<b>Shanks</b>	<b><math>1.40 \times R \times S</math></b>	R-From sole of foot to lower border of patella. S-Circumference at level of lower border of patella.
<b>Feet</b>	<b><math>1.04 \times T \times (U+V)</math></b>	T-Length of foot including great toe. U-Circumference of foot at base of little toe. V-Smallest circumference of ankle (just above malleoli).

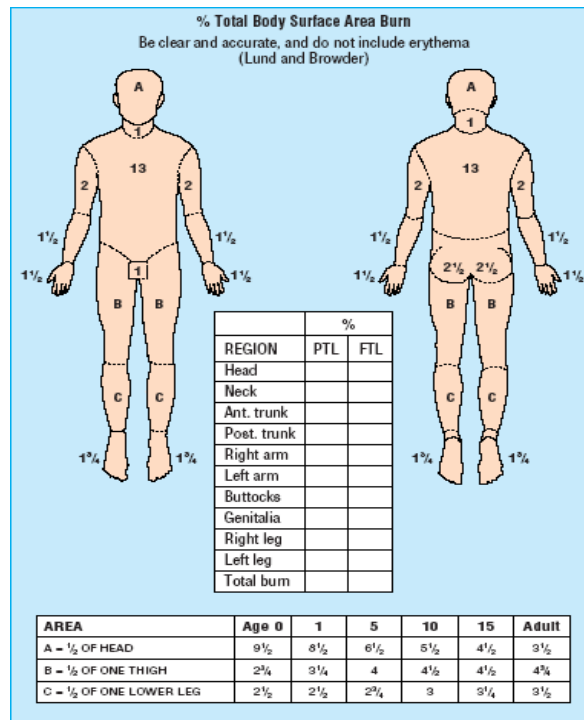


FIGURE 2. Lund and Browder chart (Hettiaratchy and Papini, 2004)

Now the measuring has become easier by 3D scanning technologies, more accurate, larger samples can be acquired and better formulae can be achieved (Tikusis, 2001; Yu et al., 2010). However, before computing BSA from digital model, how to patching completely of the holes on digital models and how to dissecting consistently body segments from the digital models are great issues which have to be fulfilled to an extent. Yu et al. (2010) fulfilled 270 samples using software technique and manual operating to seal holes and dissecting segments, consequently improved BSA measuring to under 0.57% in accuracy. Nevertheless, to fulfill massive databases a faster and easier approach is necessary. In the end, a modern on-line anthropometry query system ought to offer not only descriptive statistics of BSA, SBSA and NSBSA but also new developed BSA, SBSA formulae and NSBSA chart, as well as other having been widely applied formulae and charts in the literatures.

### DISCUSSIONS ABOUT PROBLEMS OF 3D SCANNING MEASURING

Problems of 3D scanning measuring roughly include the design of subjects' scanned postures, the methods of patching digital models and the development of extracting and computing algorithms.

#### The Design of Subjects' Scanned Postures

Considering how to extract most traditional static anthropometry dimensions, e.g. stature height, sitting height, arm length and etc., subjects' scanned posture has to be decided beforehand. Brunsman et al. (1997) suggested one standing and two sitting

postures. Robinette et al. (1999) modified them and suggested new three postures. In order to obtain as many measurements as commonly necessary, Chang (2002) designed a measurement posture scheme which consisted of four whole body postures and seven high resolution localized postures. Although scanning these postures of each subject may be fast enough, after scanning, all static anthropometry measurements are embedded in the digital models, software technologies have to be developed for extracting them.

### **The Methods of Patching Digital Models**

However, on the surface of the digital model are holes caused by missing points. While scanning, the surface of the subject paralleled to the laser light plane, e.g. the surface of head top, chin and shoulders; and the surface that is shadowed, e.g. the surfaces of armpits and groin, reflect nothing to the CCD camera and consequently no image can be taken. Besides, details of hands, feet and ears usually cannot be presented perfectly. Patching methods have been developing. Yu et al. (2010) used a modified whole body scanner and a high-resolution hand/foot scanner to scan whole body, hands, feet and missing patches, then used a template matching method to seal all holes of the digital model. Although the resulted model was perfect, a great amount of manual software operating was needed.

### **The Development of Extracting Algorithms**

Even if the digital model has been patched perfectly, data extracting algorithms have to be developed to offer information as traditional database did. Before scanning Geisen (1995) palpated and stock a marker on the anatomic point, e.g. C7 vertebra or great trochanter on the surface of the subjects; and after scanning searched those anatomic points by neural networks algorithm and consequently attained above ninety percent accuracy. CAESAR (Civilian American and European Surface Anthropometry Resource) project also used landmark method, plus neural networks and heuristic algorithm; and identified seventy-two anatomic points successfully (Burnsides et al., 2001).

Without markers stuck on the surface of the subjects, algorithms usually searched the inherent characteristic mark of human surface, e.g. armpits, crotch point, the tip of nose, or intersection of neck and shoulder curves (Dekker et al., 1999; Chang, 2002). Chang (2002) developed a density method – transforming coordinate points into triangular mesh, searching in grid the largest area of triangular meshes; and successfully identifying the end points of nose width and mouth width. To make searching faster, usually manual operating can instruct the proper beginning location before running the searching algorithms. Greenshields(2004) used the proportion of



segment height to stature height to automatically determine the searching area. Nurre(1997) developed a template stick person in which information of searching area was attached, aligning it with digital model, and then the anatomic points were identified more efficiently by the searching algorithms.

### **Discussions**

3D scanning technologies have improved the measuring of 2D and 3D anthropometry data; however, the accuracies of 1D measurement do not absolutely better than traditional outcome, and still many measures of traditional static dimensions by digital model have not been developed yet. Chang (2002) had totally successfully extracted 191 1D dimensions, twenty-six 2D and fourteen 3D data; but it's still not enough. And many measurements have more than one searching and identifying algorithms that have to be more considered. And these different algorithms should be compared with the traditional outcome regarding to the accuracies and even precisions. For now, the 1D measure of 3D scanning technologies seem not absolutely better than past for industrial applications, its potential and superiority of 2D and 3D measures cannot be neglected.

Embedded with unlimited measurements, besides items that was commonly necessary in traditional database, an advanced on line anthropometry query system ought to offer functions for users to extract items that are not included in the default database. This part of the system may roughly includes basic operating functions, basic anatomic points, functions for finding other anatomic points, functions for dissecting body segments, computing functions, e.g. straight distance, length of curve lines or contours, intersection areas, curved surface areas, volumes, and etc.; and finally the descriptive statistics of the items. In the future, after all these problems having been greatly improved, an advanced on line anthropometry query system, more accurate, with great-quantity, abundant measure items and information, with unlimited potential content, definitely can be expected.

### **REFERENCES**

- Brunsmann, M. A.; Daanen, H. M.; Robinette, K. M.; 1997, Optimal Postures and Positioning for Human Body Scanning, *Proceeding of the International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 66-273.
- Burnsides, D.; Robinette, K., 2001, 3-D Landmark Detection and Identification in CAESAR Project, *Proceedings of the Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp.393-398.
- Chang, Yung-Chung, 2002, *A Collection of Static Human Body Dimension Relating*

- to 3D Human Body Range Data*, Master Dissertation, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Tsing-hua University, Taiwan.
- Daanen, H. A. M., & van de Water, G. J., 1998. Whole body scanners, *Displays*, 19, 111–120.
- Dekker, L.; Douros, I.; Buxton, B.F.; Treveaven, P., 1999, Building Symbolic Information for 3D Homan Body Modeling from Range Data, *Proceedings of the Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 388-397.
- Du Bois D, Du Bois EF., 1915, The measurement of the surface area of man. *Archives of Internal Medicine*, Clinical Calorimetry, Fifth Paper, pp. 868-881.
- Du Bois D, Du Bois EF., 1916, A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, Clinical Calorimetry, Tenth Paper, pp. 863-871.
- Geisen, G.; Mason, G.P.; Houston, V.; Whitestone, J.; McQuiston, B.; Beattie, A.; 1995, Automated Detection, Identification, Registration of Anatomical Landmarks, *Proceedings of 39<sup>th</sup> Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, San Diego, pp. 750-753.
- Greenshields, I. R., 2004, Gross Computed Surface Anthropometry from 3D Datasets, *Proceedings of the 17<sup>th</sup> IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems*, pp. 39-43.
- Hettiaratchy, S. and Papini, R., 2004, ABC of burns: Initial management of a major burn: II—assessment and resuscitation. *Clinical review*, Vol. 329(10).
- Kuriyama, H., Suguyama, Y., Ikusawa, Y., Takahasi, M. & Kato, M., 1993. *Towards the construction of a database for human body shape*, Research Institute of Human Engineering for Quality Life.
- Lund CC, Browder NC., The estimation of areas of burns. 1944, *Surg Gynecol Obst* 79:352-8.
- Nurre, J. H., 1997, Locating Landmarks on Human Body Scan Data, *Proceeding of the International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 289-295.
- Randall, Francis E.; Damon, Albert; Benton, Robert S.; Patt, Donald I.; JUN 1946, *Human Body Size in Military Aircraft and Personal Equipment*, Technical rept. ADB807323, AIR MATERIEL COMMAND WRIGHT-PATTERSON AFB OH. pg. 337.
- Robnette, R.M., Daanen, H. & Paquet, E., 1999. The Caesar Project: a 3D surface anthropometry survey. 3DIM'99 *Proceedings of Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 380-386.

Yu, Chi-Yuang; Lin, Ching-Hua; Yang, Yi-Hsueh; 2010, Human body surface area database and estimation formula, *Burns*, vol. 36, pp. 616-629.

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/10/23

國科會補助計畫	計畫名稱: 以3D人體掃描資料修正Du BOIS 和Du BOIS的線性量測
	計畫主持人: 林靜華
	計畫編號: 100-2221-E-216-019- 學門領域: 人因工程與工業設計
無研發成果推廣資料	

100 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：林靜華		計畫編號：100-2221-E-216-019-					
計畫名稱：以 3D 人體掃描資料修正 Du BOIS 和 Du BOIS 的線性量測							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

Du BOIS 和 Du BOIS 的 7 個 SBSA 線性量測公式已廣為被各領域應用，本研究利用 3D 人體掃描資料驗證這些公式的誤差，期望使各領域的應用者了解使用這些公式時的可能誤差狀況，幫助其確認誤差的可接受性，也可提供已應用這些公式的各領域參考。另外，人體表面形狀的複雜使得表面積的量測困難，本研究以 3D 雷射掃描資料利用軟體技術進行量測，已大大提昇了過去的主流量測法—紙張覆蓋法。但是軟體技術在肢段切割上仍不是容易的。本研究進行過程，耗費較多時間與人力的地方是在肢段的切割與各肢段長度、圍度的量測，雖為人工操作但仍盡量讓各樣本間的切割處或量測處達到一致，建議後續發展可以在此處多加著墨，以期發展出更加容易及準確的方法。