

A New Approach to Dynamic Anthropometry

Gen-Tsu Lin and Yi -Xue Yang

Department of Industrial Engineering
National Tsing Hua University

Abstract

There are longings for new methods and devices for dynamic anthropometry since decades. The present method and devices are often criticized as hard to use follow, difficulty to handle and low accuracy.

This study proposes a new method on measuring range of motion, which is the main part of dynamic anthropometry. This method introduces the use of rigidbody instead of the markers presently used. The method further proposes the idea that range of motion of two segments is the same as the angle between two vectors from rigid bodies which are attached on the two segments.

There are 8 - 12 infrared emitting devices (IRED) on each rigid body. Therefore, the center of rigid body will not be lost ever since more than 3 IRED are sensed by the position sensor. The 3D position of center is determined by position sensor in real time. This may avoid the risk of being out of track or slip away from position as single marker often encounter. Therefore, using rigid body will determined ROM in 3D space which make the measurement more accurate.

Keywords: anthropometry ; range of motion; rigidbody

人體計測之動態量測的技術探討

國立清華大學工業工程研究所
林健次 楊宜學

摘要

動態的人體計測是以量測關節活動角度與空間活動範圍為主。而傳統的量測儀器大多為角度計 (goniometer)。例如: Leighton Flexometer、Bubble Level Goniometer 等等。它們的缺點在於量測參考點的不易掌握、精確度低、量測速度緩慢、以及操作不便。

因此,本研究將以紅外線動作分析儀量測身體各個肢節的活動能力 (Range of Motion)。該儀器是由三台解析度高達 2048 的線性 CCD 照像機所組成。在它的取像範圍內,最多可以同時掃描到 254 顆紅外線二極體 (IRED),由二極體在 3 台 CCD 的成像,我們將可以迅速且精確地計算出這些 IRED 的空間座標。藉此,我們可以配合使用數個橢圓環剛體 (Rigid Body),於其上黏貼 8-12 顆 IRED,並將其固定於人體肢節上。由於剛體是無法變形的,所以這些 IRED 之相對位置均為固定。雖然動作分析儀無法將這 8-12 顆 IRED 同時掃描取像,但是只要有 3 個以上的 IRED 被掃描到,則該控制器便會將其餘 IRED 的空間座標計算出來,進而推算出目標剛體的位置。不但如此,我們還可以經由向量的運算,來求出所需要的量測角度。

本量測方式,將可以有效地協助人體計測之動態量測的部份,更希望其將來的技術演進,能夠有助於建立二度空間人體模型,以及人體關節活動模式的發展。

關鍵字:人體計測;活動角度;剛體

壹、前言

人體的空間活動範圍在工業設計上是一個重要的參數。例如：工作空間的最佳配置、交通工具、航空器的內裝設計、都需要正確的動態尺寸來配合設計，以增加空間的使用效率與安全性。

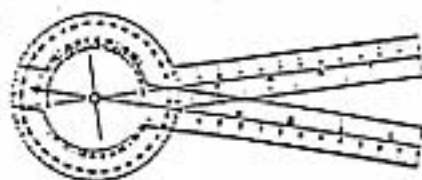
然而，我國雖已擠身開發國家之林，卻尚未建立完善的人體計測資料庫，實屬可惜。所以，為了提昇我國的工業水準，大規模的動態量測是勢在必行。

以往各國的量測方式，多以量角器與角度計為主。本研究將改進這些量測上的缺失，擬以紅外線動作分析儀再配合剛體來進行量測。這套量測系統的優點乃在於它是以全面電腦化的方式處理資料。它不但加快了量測速度，甚至還提高了量測的精確度。

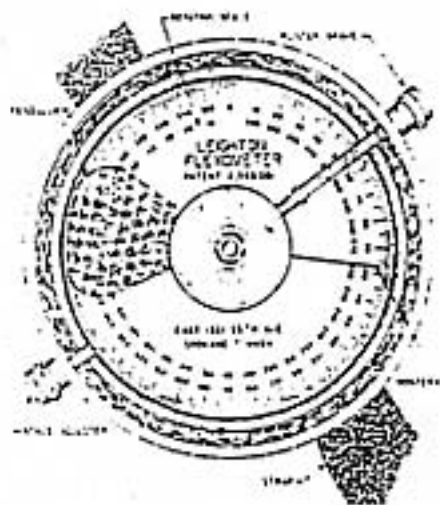
貳、量測技巧之文獻回顧

以往用來量測肢節活動角度的儀器，不外乎是 Two-Arm Goniometer, Inclinator, Flexometer 等角度器（圖一）。這些儀器共通的特性就體積小、輕便、操作容易、原理簡單、隨即可得數據而不用經過繁雜的運算。然而，人體計測最主要的目的就是要取得精確的人體計測數值。但上述這些儀器所量測出來的數據精確度相當低，其最主要的原因有下列三項：一、量測參考位置不易掌握：這些儀器都必須附著在人體表面來操作。然而人體一旦有所動作，如：屈曲、伸張、或是旋轉，則骨骼肌肉及皮膚組織必定會產生相當程度的變化。因此，選擇一個最佳的量測參考位置並不容易。二、儀器的穩定性不佳：這些儀器必須由量測人員親手固定在受測者身上，無形之中會限制到受測者的活動範圍；再者，若是量測參考位置無法有效地之稱按儀器，如頭顱，則會造成儀器的滑動。三、人為誤差：這些儀器皆為非電子式的，必須由量測人員用目測法讀出該數據的近似值，因此使得誤差範圍變大。此外，當量測人員面對大量的數據時，難免會發生錯誤的記錄。

綜合上述三點，我們發現即使使用這些儀器所量測出來的角度，其精確性仍是值得爭議的。



圖一a. Two-Arm Goniometer



圖一b. Flexometer

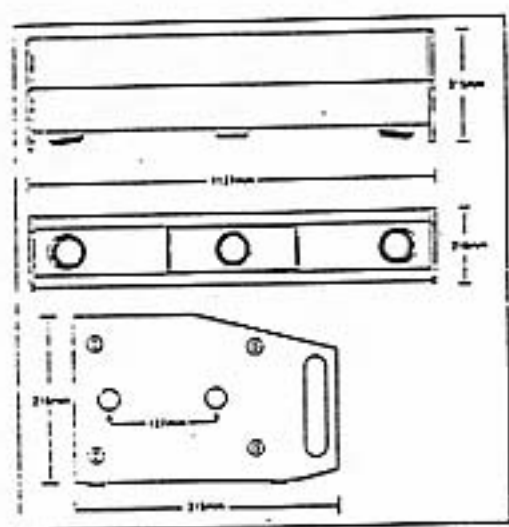
參、研究方法

為求便利且精確地量測動態尺寸，本研究特提出另一套量測方法。整個量測系統包含了四個部份：第一個為紅外線動作分析儀；第二個為剛體（Rigid-Body）；第三個為姿勢固定架；第四個為電腦程式設計。以下分別介紹這四個部份。

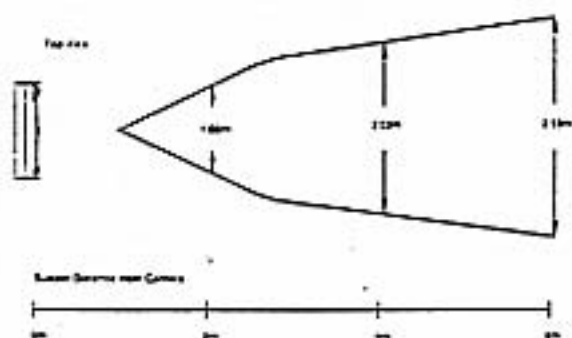
3.1 紅外線動作分析儀

3.1.1 儀器簡介

如圖二所示，此紅外線動作分析儀是由三台解析度高達2048的線性 CCD照相機所組成，裝置在長方形箱中（1127mm*315mm*216mm），個別取像範圍為34°*34° square，精確度在距離 2.25m時，X與Y座標為0.1mm，Z座標為0.15mm。在它的取像範圍內（三台必須同時偵測到）（圖三），最多可以同時掃描 254顆紅外線二極體（IRED）。



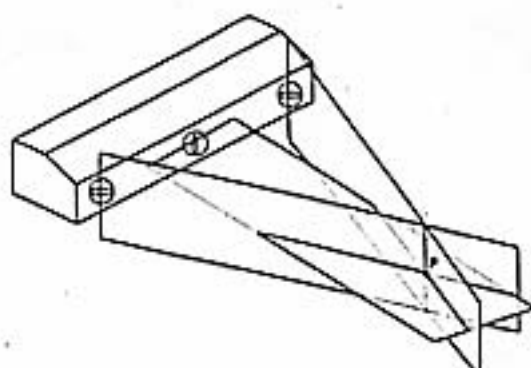
圖二 動作分析儀的三視圖



圖三 動作分析儀的取像範圍

3.1.2 取像原理

如圖四所示，此儀器的左右兩個 CCD 鏡頭各向中間的 CCD 傾斜一個正角，其內的 sensors 為水平擺設，縱軸取像；而中間 CCD 內的 sensors 為垂直擺設，橫軸取像，並且每台 CCD 各負責偵測一個平面。所以，只要在它的取像範圍內有一顆 IRED，則每台 CCD 後的 sensors 必定能夠迅速掃瞄到該 IRED 的 3D 座標。

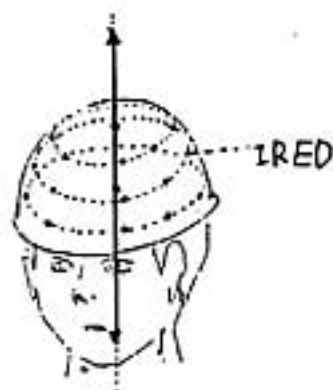


圖四 動作分析儀的取像方式

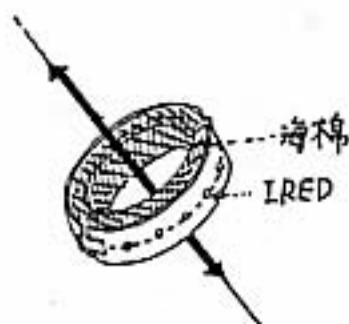
3.2 剛體

3.2.1 剛體的定義與設計

所謂剛體 (Rigid-Body) 即是一個無法任意變形的物體 (圖五、圖六)；換言之，該物體上之任意兩點的相對位置不會改變。



圖五 頭盔剛體



圖六 四肢剛體

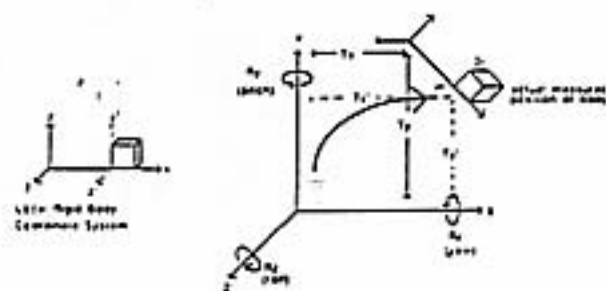
根據這個Rigid-Body的物理性質，我們將IREDs黏貼在Rigid-Body上，使得IREDs的相對座標永遠保持固定。另外，在Rigid-Body內增加上一層低形變量的海綿，這樣不但可以適合體型相近的人穿戴，還可以有效地固定Rigid-Body在各個關節上，不致於因為骨骼肌肉或是皮膚組織的變化而造成量測參考位置的不易掌握，或是造成受測者的不適。

本量測將穿戴在四肢上不同大小的Rigid-Body設計為近似橢圓形，且每一類的Rigid-Body還分成3-5個尺寸，方便於不同體型大小的受測者穿戴。

此外，量測頸部活動角度的Rigid-Body是按用特別處理過的頭盔，方便於固定在頸部，而不使受測者感到壓力。

3.2.2 剛體上之 IREds的空間座標轉換

首先將已設計好的Rigid-Body上之 IREds的相對座標位置建立在電腦內，緊接著就可以進行量測。雖然受測者在活動後，動作分析儀可能無法將所有的 IREds同時掃描取像，但是只要有3個以上的 IREds被掃描到，電腦便可以利用先前已架構好的相對座標位置來對這3顆 IREds所組成的兩個向量作平移、旋轉（圖七），到最後重合，進而可求算出剩餘 IREds的空間座標。



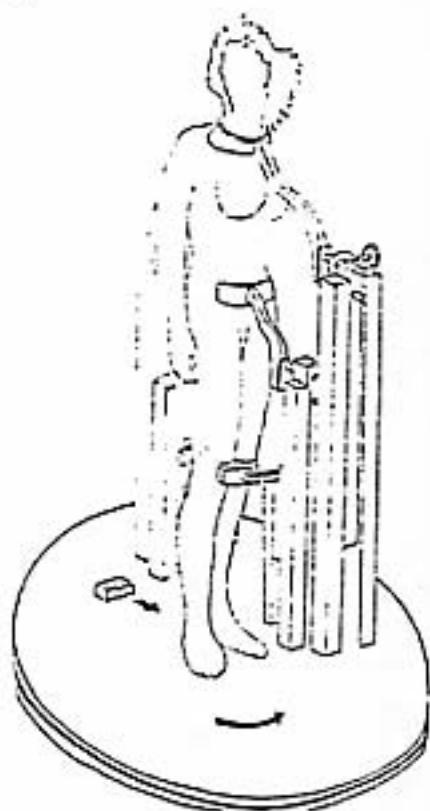
圖七 剛體空間座標轉換

3.3 姿勢固定架

為了使受測者能夠在量測時保持穩固的姿勢，且在不影響量測的情形下，姿勢固定架有其存在的必要性。

本研究設計的姿勢固定架如圖八所示，底座為一個旋轉圓盤，前面插有一根主軸，側面突出3根支架，分別固定胸骨、骨盆、及膝蓋；後面插有另一根主軸，側面突出3根支架，分別固定肩胛骨、骨盆、與腳後跟。

旋轉圓盤的功用是為了量測不同動作的角度，必須改變參考座標平面。至於其它支架的設計，則僅僅是為了穩定受測者的姿勢，尚有另外一個固定其它關節的用途。以頸部為例：當我們要計算頸部活動角度時，會希望除了頸椎以外，不要有其他關節參與活動。



圖八 姿勢固定架

3.4 電腦程式設計

從動作分析儀開始掃描起，到算出所有 IRE的空間座標位置為止，花費的時間不超過 0.5秒，所以這同時，我們將Rigid-Body的所有動作在腦內設計成 Real-Time的畫面。如此，受測者任時刻的活動，皆可由螢幕上得知，有助於操作者控制與量測。

此外，本研究的重點在於取得人體各個關節精確的活動角度範圍。所以，角度計算的程式設計便成為此部份最重要的課題。以下的例子便是說明頸部屈曲 (Flexion) 角度的計算。

如圖十所示，頭盔剛體表面貼有三圈 IREDs，每圈有八個。(1) 在最下層的 IREDs 中，虛擬出一個中心點 P，並做水平軸及鉛垂軸交於 P 點，當作參考座標軸。(2) 在最上層的 IREDs 中，虛擬出一個中心點 Q，並做出向量 PQ 當作參考向量。(3) 在受測者的 Neutral Position 之下，算出參考向量與鉛垂軸的夾角 a 。(4) 在固定鉛錘的條件下，算出頸部屈曲時的參考向量與鉛垂軸的夾角 b 。(5) $b-a$ 即可求出頸部屈曲的活動角度。

至於其他關節的活動角度皆可模擬上述這種向量的運算方式來求算。

肆、結論與發展

本研究所擬出的達到量測方法比國外各研究單位所使用的方式來的要新、要快，其出色之處乃在於此系統全面採用自動化的量測，電腦化的資料分

析及處理。它不但可以將量測時產生的誤差降至最低，還可以避免記錄時產生的人為錯誤。

希望這套量測系統可以有效地協助人體計測之動態量測部份，更希望將來技術的演進，能夠有助於建立 2D、3D 的人體模型，以及人體關節活動模式的發展。

伍、參考書目

1. Donald Hearn ; M. Pauline Baker , (1984), "Computer Graphics", Prentice Hall .
2. Don B. Chaffin ; Gunnar B. J. Andersson , (1984), "Occupational Biomechanics", John Willey & Sons.
3. J. A. Roebuck , K. H. E. Kroemer , W. G. Thomson , "Engineering Anthropometry Methods", John Willey & Sons.
4. John J. Gerhardt, "Documentation of Joint motion"
5. Dortha Esch , Marvin Lepley , Jean Magney , "Evaluation of joint Motion: Methods of Measurement and Recording".