

3D 臉型資料在半面罩呼吸防護具設計之應用

楊宜學¹ 許家榮² 林顯昌¹ 游志雲²

¹工業技術研究院 光電所

²清華大學 工業工程系

E-Mail: 880023@itri.org.tw

摘要

本研究的目的是在探討如何使用 3D 頭型資料庫來設計半面罩呼吸防護具。由於 3D 人體量測技術的進步，建構大型 3D 人體資料庫已非難事，只是如何分析與應用 3D 人體資料在產品設計之上仍尚未被廣泛的分析與研究。因此，本研究將使用行政院勞委會於 1995 年委託清華大學建構的勞工頭型資料庫來設計並規劃出半面罩呼吸防護具設計的方法論，以提高面罩與顏面的密合度。

在本研究中，我們將先利用輔助軟體點選 3D 臉型上表面參考點的位置，計算出傳統的 1D 臉型尺寸(臉長與嘴寬)以作為建立尺碼分類的依據並將 3D 資料分成 L, M, S 三個尺碼群組。接著在每一個尺碼群組中以分群尺寸作為參考，建構出一個面罩設計的 2D 輪廓投影線，並將此輪廓線投影到此尺碼群組中所有的 3D 頭型資料之上，以得到每一個 3D 頭型資料的理想面罩罩裙設計曲線。計算與分析這些投影曲線間的型態差異，我們可以找到一個具有最小總合型態差異的 3D 頭型以作為半面罩罩裙設計的參考。

前言

呼吸面罩的基本目的在保護勞工呼吸系統免於受到工作環境中污染物質的危害，其保護方式是將空氣中之有害物質在吸入人體器官前與已去除或隔離，或以其他來源提供合乎人體健康的可呼吸性空氣。呼吸面罩的種類依照供氣方式可以分為空氣供

應型及空氣淨化型二種，但不論其是屬於哪一種型式其基本要求就是面罩的罩杯與顏面的介面必須有效的吻合，使得面罩內的空氣與環境的空氣能有效的隔離，才能確保使用的安全與衛生。

但目前市售的呼吸面罩是否有依照標準臉型輪廓來設計並不得而知。但是各國多訂定呼吸面罩產品的密和度檢測標準(Australian Standard 1716, 1984; CEN, 1989; NIOSH, 1988; 日本, 1983)來為面罩進行最後的把關動作，主要是抽取特定尺寸範圍中固定人數的真人進行測試。如此以簡單的一維尺寸來設計與檢測急需三度空間尺寸資料的軟體，勢必會造成呼吸面罩的密和度不佳。Oestenstad (1990a, b)的研究指出，呼吸面罩的洩漏有 89%多發生於鼻子或下頰等部位，而這些部位正是臉部的骨突部位。由於骨突部位不似臉部軟性組織具有較大的彈性範圍，可以藉由壓迫來調整他與呼吸面罩的配合，因此骨突部位的立體曲面資料將是影響密合度的重要因素。

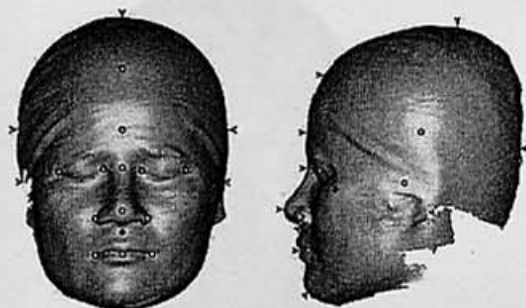
然而人的顏面是個複雜曲面，單單想要為一個特定的人來製作他專用的呼吸面罩就不是件簡單的工作，因為我們必須要能夠有效且精確量測兩者間介面的 3D 空間曲線。更何況呼吸罩供應商在成本效益的考量下，並不可能為每一個人來設計個人專屬的面罩。以一個有限的產品系列來達到最大使用者的涵蓋比例是經常使用的方式。因此我們希望利用勞委會安全衛生研究所建置的 3D 頭型資料庫(行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所, 1995)，建構一套方法論來產生半面型呼吸罩之面罩與顏面之參考介面線。

研究方法

本研究使用勞委會安全衛生研究所建置的 3D 頭型資料庫為基礎，經由參考點與尺寸計算，尺碼分群，與 3D 投影線差異比較，來建構出半面罩的設計參考曲線。進一步說明如下：

參考點與尺寸計算

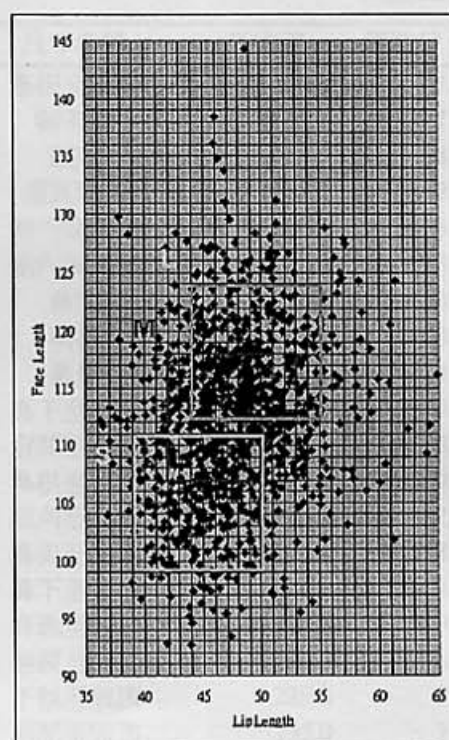
重新處理頭型資料並以軟體工具輔助點選出 24 個參考點位置(圖一)，以這 24 個參考點位置可以進一步計算出 33 項一維尺寸，而我們將應用一維尺寸中臉長與嘴寬這兩個尺寸作為呼吸罩分群的基準。



圖一:24 個顛顏參考點

尺碼分群

由於一般廠商(3M, 2002)經常將呼吸罩分成三種尺碼:大(L), 中(M), 小(S), 在此我們也將資料庫中的 1080 筆資料分成 3 群。我們首先將所有資料依照臉長與嘴寬分配在雙變數圖表之上，以臉長與嘴寬的三倍標準差作為分群的方框，在雙變數分析圖表之中框出群組的範圍。由於 M 尺碼在傳統上應該是函括最多族群樣本群組，因此我們將以這個群組為框在雙變數分析圖中搜尋可包括最多受試者人數的區域作為 M 尺碼，接著從此區域的右上移動找尋與 M 尺碼具有最大聯集人數與最小交集人數的方框範圍作為 L 尺碼，同理從中間尺碼向左下移動搜尋可以找出 S 尺碼。(圖二)



圖二:雙變數尺碼分群圖

3D 投影線差異比較

在此我們將利用一個 2D 的輪廓線投影在 3D 頭型資料之上，取出其投影後的 3D 臉部輪廓線(圖三)來進行差異分析，找出群組中與其他成員之間有著最小整體輪廓線差異者來作為該群組的呼吸罩設計依據。由於國內並沒有標準呼吸面罩輪廓線定義，因此本研究將依照臉部尺寸來繪出呼吸罩投影的輪廓線。首先，我們定義鼻根點與鼻尖點的中點為輪廓線的原點，唇裂點與下齒點的 2/3 處為輪廓線的最下緣點，顴骨點與嘴角點的一半處為輪廓線的兩側邊緣點如圖四所示。我們可以在方格紙上標出這四點的位置，從原點每隔 2mm 取出點座標建構出 2D 的輪廓投影線。

表一: 33 項臉部一維尺寸

尺寸名稱	單位(mm)	
	平均值	標準差
鼻根至下頤	112.2	7.3
顴骨寬	132.3	7.0
頭寬	168.5	8.9
兩耳珠寬	158.7	9.2
兩外眼角寬	106.3	6.7
兩內眼角寬	32.4	3.6
鼻寬	39.5	3.4
嘴寬	47.6	4.5
鼻長	42.0	4.2
鼻下至鼻根	49.2	3.9
眉間至頭頂	94.6	8.5
鼻根至頭頂	117.3	9.2
眼角至頭頂	120.5	7.9
鼻尖至頭頂	153.4	8.7
鼻下至頭頂	166.5	8.7
耳珠至頭頂	137.4	9.2
唇裂至頭頂	190.3	8.8
下頤至頭頂	229.6	9.7
眉間至後腦	135.0	7.7
鼻尖至下頤	76.1	5.8
鼻下至下頤	63.1	5.3
耳珠至下頤	148.9	9.3
唇裂至下頤	39.3	4.1
鼻尖高	18.5	3.4
鼻尖至耳珠	107.0	8.3
鼻根至後腦	184.1	9.0
眼角至後腦	167.0	8.7
鼻尖至後腦	205.5	10.3
鼻下至後腦	193.2	9.8
眉間至後腦	187.4	9.1
唇裂至後腦	193.3	10.0
耳珠至後腦	98.6	8.4
下頤至後腦	184.1	9.0



圖三: 3D 臉部投影輪廓線



圖四: 2D 投影輪廓線之建構

結果

33 項一維尺寸如表一所示。以此資料進行尺碼分群的結果如表二所示，這三個尺碼總涵蓋人數為 1010 人，涵蓋率為 93.5%。在三個群組之中以最小差異比較所得到的 L, M, S 樣本人的 3D 圖檔資料如圖五所示。另外，本研究也試著利用平均人的概念，對於每個群組中的 3D 投影剖面線進行加總平均，可以找出各群組中平均的 3D 輪廓線如圖六所示。

表二: 尺碼分群結果:

尺碼分類	S (mm)	M (mm)	L (mm)
臉長範圍	95-116.9	100-121.9	110-131.9
臉寬範圍	35-48.5	41-54.5	45-58.5



圖五：最小差異之群組樣本人：由左至右分別為 L, M, S 尺碼



圖六：平均 3D 投影剖線由左至右分別為 L, M, S 尺碼

結論與討論

本研究是應用 3D 人體資料在產品設計上的一個嘗試，希望能夠推廣 3D 人體資料庫的應用。由於目前 3D 人體量測技術的進步，建構大型的 3D 人體資料庫已非難事，目前世界各國已有不少的 3D 人體資料庫計劃正在進行(Robnette, R. M., et. al, 1999; SIZE UK, 2002; SIZE USA, 2002)，但是如何將這些複雜的 3D 人體資料進行分析，已非以往簡單的一維資料統計分析可以解決，本研究希望建構出一套 3D 資料應用的方法論，經由尺碼分群以及差異性分析來找出設計用的標準人。而呼吸罩的設計並非只有密合度是唯一考量的重要設計因子，諸如材質，死腔大小，濾罐，視野大小...等等都是影響呼吸罩使用效能的重要參考因子，而密合度對於呼吸罩的設計只是一個最基本但最重要的開始，或許經由數位化臉型資料的取得，配合以數位化的呼吸罩資料，死腔大小，材質模擬，視野大小的評估，濾罐的效率分析都將變得更準確，更有意義。

參考文獻

1. Australian Standards 1716, 1984. Respiratory Protective Devices, section 2. The Standards Association of Australia, North Sydney, N.S.W. Australia
2. NIOSH, 1988; "Revision of Tests and Requirements for Certification of Respiratory Protective Devices", 42 CFR Part 84, second Notice of proposed Rulemaking.
3. Oestenstad, R. K., Perkin, L. L., 1992. An assessment of critical anthropometric dimensions for predicting the fit of a half-mask respirator. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53(10), 639-644.
4. Oestenstad, R. K., Dillion, H. K., Perkins, L. L., 1990. Distribution of face seal leak sites on a half-mask respirator and their association with facial dimensions. *Am Ind. Hyg. Assoc. J.* 51(5), 285-290.
5. Robnette, R. M., Daanen, H., Paquet, E., 1999. The Caesar Project: A 3-D Surface Anthropometry Survey. 3DIM'99 Proceedings of Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, pp. 380-386.
6. 日本, 1983; "日本工業規格 T8159: 呼吸用防護具面體洩漏率測試方法"。
7. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所, 1995; "勞工頭形模式之研究", 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所, IOSH-H322.
8. 3M, 2002. <http://www.3m.com>.
9. SIZE UK, 2000. <http://www.size.org>. (Web site is no longer existed now).
10. SIZE USA, 2002. <http://www.sizeusa.com>.