

T R - 91-006

臉部表情之立體動畫效果

中研院資訊所圖書室



3 0330 03 000340 9

私立淡江大學資訊工程研究所

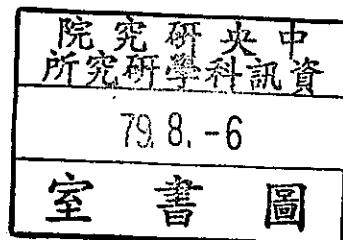
碩士論文

指導教授：鄭 國 揚 教授

臉部表情之立體動畫效果

研究生：顏 文 龍 撰

中華民國七十九年六月



Title of Thesis: Animation of Human Faces Total Pages : 92

Name of Institute: Graduate Institute of Information
Engineering, Tamkang University

Graduate Date : June, 90 Degree Conferred: Master

Name of Student : Wun-Lung Yen Advisor: K. Y. Cheng

Abstract: 顏文龍

Follow the mega trend of computer development, the usage of computer moved from the traditional Data Processing task to the general problem solving task. At the same time, the computer graphics technology moved from simple 2D graphics to the complicated 3D design. Realistic animation of a human face is extremely difficult to render by computer. There exist two problems for designing a facial expression animator: how to define the shape of a skeleton and how to create a vivid facial expression.

In the past, some of the computer scientists simulate the facial muscles to achieve facial expression animation. The others use complicated mathematical model to describe the facial expression. All these methods are very complicated and hard to implement. In this thesis, we tried to find a new way to solve these problems. After studied the Drawing The Head and Hands by Andrew Loomis(1986) and the concept of comics by a Japanese artist, Teka Shiomushi, the point of view of art is presented. The design level phase falls into three steps:

First, applied rules from drawing to create the shapes of skeleton, although the shape of a skeleton may come from digitizing methods, parametric-surface approaches or other system support models. The system allow user to adjust the shape of skeleton to create beloved skeleton shape.

Second, applied the comics area, which is designed by Teka Shiomushi(1984), and embedded the comics area in the system. User can adjust the facial expression via the comics area easily.

Finally, applied key frame approach to display images designed by user, to achieve the animation purpose.

The goal of this research is to propose a new idea for designing a facial expression animator. This idea is based on art instead of real muscles. This research proved: rules derived from art can be used in a facial expression animation system, and it is a much easier way than the simulation and the parameterized models.

論文名稱：臉部表情之立體動畫效果

頁數：92

校(院)所組別：淡江大學資訊工程研究所

組

畢業時間及提要別：七十八學年度第二學期碩士學位論文摘要。

研究生：顏文龍

指導教授：鄭國揚博士

論文摘要內容：

隨著電腦軟、硬體的快速蓬勃發展，使得電腦的應用從傳統的資料處理，進步到對一般問題的處理，同時電腦繪圖也由簡單的平面圖形，發展到複雜的立體圖形。用電腦來製作人類臉部表情之立體動畫是一個具有相當難度的問題。於設計人類臉部表情之立體動畫系統時，有二個常見的問題：一是如何定義顱骨的型狀，另一則是如何建立一生動的臉部表情。

以往的電腦科學家們，有人以模擬臉部肌肉的方式來製作人類臉部表情之立體動畫系統；有人以複雜的數學模式來描述臉部的表情。這些方法本身就相當複雜，在使用這些方法來撰寫程式時也就比較困難。本論文嘗試著以一種新的觀點來處理此一問題。當研究了 Andrew Loomis (1986) 寫的頭首素描畫法以及手塚治蟲寫的人物漫畫入門之後，就已決定了本論文要以藝術為出發點。

首先，作者初步決定以塑描的規則來建立頭部的基本外型。同時也希望能接收由數位法或是參數表面法得來的資料。於設計之初，本論文希望能藉著以調整的方式製作出合於個人好惡的頭部外型。

其次，本論文引用了日本漫畫家手塚治蟲所界定的漫畫區域（手塚治蟲先生是一位醫學博士），並將漫畫區域的觀念引入程式，希望能透過此一觀念，簡化製作面部表情的過程。

最後，本論文以主架構法處理動畫問題。

本研究的目標，在於提出一個設計人類臉部表情之立體動畫系統時，確實有效的新觀念。此一觀念的基本論點是以藝術為出發點而不是以模擬肌肉為出發點。於最後，本論文證明藝術的觀點及方法，確實可以用以製作人類臉部表情之立體動畫系統。除此之外，尚有極佳的簡單性。

誌謝

誠摯地感謝吾師鄭國揚博士的悉心傳授與指導，以及吳憲明博士及胡咸博士於口試時提供寶貴意見。此外對洗鏡光老師越洋熱心提供資料，致最由衷的謝忱。

本篇論文多蒙好友方永慶、謝仁偉與葉集忠的鼎力協助整理稿件、校對與攝影，同學楊致真、許丕忠、嚴漢偉、曾德沛及朱首龍於研究期間的切磋與幫助，以及家人、朋友的支持與鼓勵，使得本論文得以順利完成，在此一併致謝。

其次，對中央研究院資訊科學研究所，於本論文撰寫期間，所提供的優良設備與研究環境；圖書館管理人員於查尋資料時所給予的最大協助，致十二萬分的謝意。

最後，謹將本論文獻給我最敬愛的父母親。

目次

	頁次
第一章 緒論	1-1
1.1 前言	1-1
1.2 臉部塑型	1-2
1.3 臉部動畫	1-5
1.4 章節簡介	1-6
第二章 電腦立體動畫	2-1
2.1 動畫與電腦動畫	2-1
2.2 電腦動畫的分類	2-2
2.3 處理電腦立體動畫的方法	2-3
2.3.1 三維主構架系統	2-5
2.3.2 參數系統	2-7
2.3.3 程式化動畫及描述系統	2-8
2.3.4 模擬或模型驅動系統	2-11
第三章 臉部生理結構探討	3-1
3.1 臉部的生理結構	3-1
3.1.1 肌肉	3-1
3.1.2 面部肌肉之特性	3-6
3.1.3 巢骨	3-11

3.2 生理機構的模型化	3-14
3.3 新觀念的導入	3-16
第四章 藝術的結合	4-1
4.1 素描與電腦輔助塑型	4-1
4.2 漫畫與表情	4-11
4.2.1 漫畫的表示法	4-12
第五章 製作的工藝	5-1
5.1 前言	5-1
5.2 臉部立體模型	5-1
5.2.1 世界性座標	5-2
5.2.2 臉部模型的組成成份	5-1
5.2.3 多邊形網格表示法	5-5
5.3 臉部漫畫區域與運動方式	5-6
5.3.1 眉毛區	5-6
5.3.2 眼臉區	5-8
5.3.3 眼珠區	5-10
5.3.4 嘴唇區	5-10
5.3.5 嘴角區	5-11
5.3.6 下頷區	5-13
5.3.7 表情之產生	5-13
5.4 逼真影像的處理	5-14
5.5 動畫處理	5-15

5.6 系統架構與作業環境	5-16
5.7 驗證用的工具	5-18
第六章 系統之測試結果	6-1
第七章 結論與瞻望	7-1
參考文獻	

第一章 緒論

1.1 前言

近年來，由於電腦軟硬體科技的快速蓬勃發展，使得電腦繪圖學(Computer Graphics)與電腦動畫(Computer Animation)的應用層面日益廣泛，尤其在製片工業的應用上，最為突顯。譬如：膾炙人口的科幻電影「星艦迷航記第二集」(Star Trek II) [Smith 1983]，「星際大戰」(Star War) [Smith 1983]，華德迪斯耐公司的「電子爭霸戰」(Tron) [Smith 1983]，以及電視影集「雙面麥斯」(Max Headroom) [Thalmann 1987]等影片均大量採用電腦繪圖學與電腦動畫技術以產生具有特殊效果的影像。

此外，以電腦所產生之影像，也隨著彩色顯像技術的提昇，不僅在畫質及逼真程度上有大幅的改進，同時在應用的領域中也呈現出了多樣性的變化。

在電腦動畫的研究領域中，人類臉部表情的立體動畫效果之製作，牽涉到頭部外型的塑型，臉部表情的製作，以及動畫效果的製造，所以這個問題不僅有趣且極具挑戰

性。本論文是在行政院國家科學委員會專題研究計畫「電腦圖學理論與應用之研究」下，從事臉部表情之立體動畫效果的研究。

1.2 臉部塑型

就應用於電腦繪圖的幾何學而言，在塑造臉部外型時所會遇到的問題，主要在於如何輸入任意圖形。目前電腦界對於這個問題的解決方案有二 [Thalmann 1989]：使用數位化方法(Digitizing method) 和參數曲面法(Parametric-surface)。其中的數位化方法較為費時且缺少創造力。以參數曲面法塑造臉型較為簡易； M. Nahas, H. Huitric和M. Saintourens 於 1987 年驗証了此種方法。

於數位化方法所使用的技術中，最直接的作法是使用三維 (3D) 數位儀將立體物的三維座標值直接輸入電腦 [Smith 1983] [Blum 1979]，另一種常用於構建立體物的方法則是：將多量的二維資訊整合成三維資料。例如：將若干張平面照片整合成三維的資料，或將一組連續的斷層資料(例如：斷層掃描的結果)整合成三維的資料。

F. I. Parke是著名的臉部動畫專家 [Thalmann 1985]

，他曾用二維的照片建立出臉部的三維資料 [Parke 1974]。於該論文 [Parke 1982] 中 Parke 提出了臉部動畫的參數化模型 (Parameterized model，以下稱為 Parke 模型)，該模型定義了二種參數：expression 和 conformation。Expression 參數用以控制臉部的表情；conformation 參數則用以調整膚色、頸寬、鼻子的特徵等等。

Parke 模型中的臉部塑型是依嘗試錯誤法 [Parke 1982] 調整出來的。(請參見圖 1-1)。三個多邊形網格面中有一個面部網格面以及二個眼球網格面。

Thalmann 所提出塑製臉型的新構想 [Thalmann 1989] 為：(1) 採用局部變換法 (Local transformation) 來修改或編輯既有臉型資料；(2) 對二個既有臉型則採用差補方法 (Interpolating methods) 以求得新臉型。

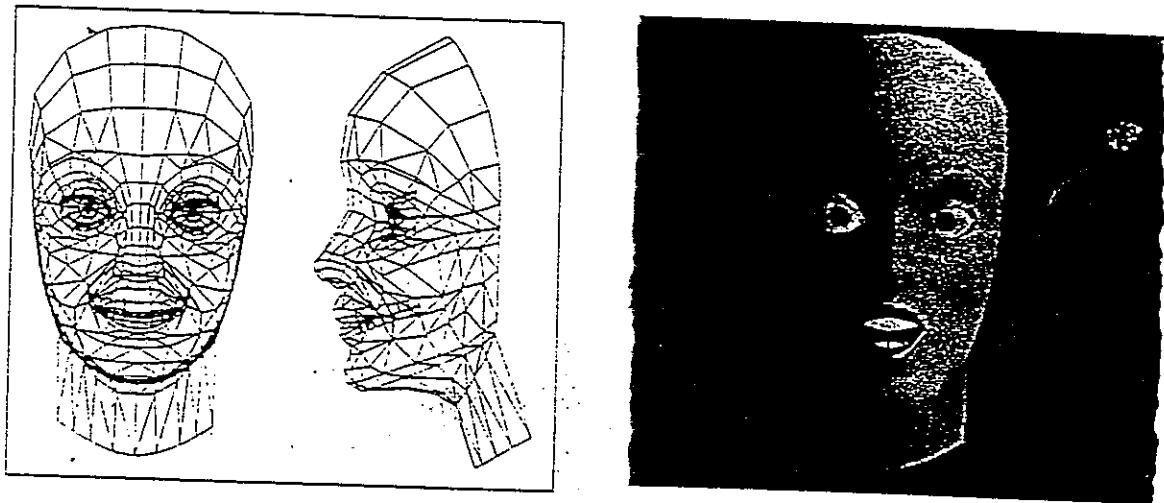


圖 1-1 Parke 模型中臉部資料的
正視圖以及側視圖

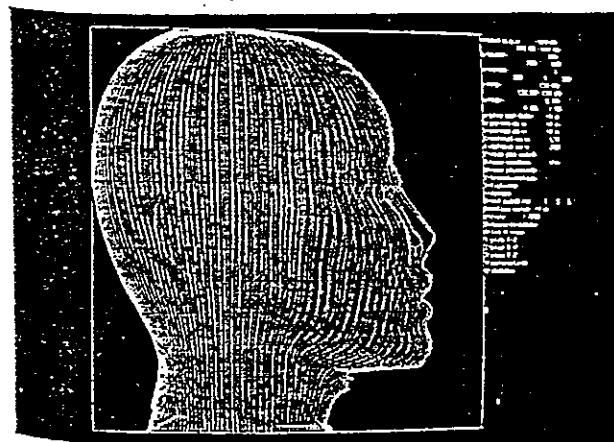


圖 1-2 頭部的 B-Spline 近似曲面

Nahas 運用 B-Spline 近似曲面來構做臉部的塑型 [Nahas 1988]，請參見圖 1-2。

1.3 臉部動畫

研究人類的臉部，是一件很有趣的事。臉部的塑型決定於顱骨的形狀，顱骨的外觀看起來是由頭顱骨及下巴骨等二大塊骨頭所構成的，而事實上，這二大塊骨頭卻是由 22 塊形狀各異的骨頭所拼出來的。

臉部的表情是由臉部肌肉運動帶動臉部皮膚所表現出來的。臉部表情的立體動畫效果，則是先以極小的時間為單位，將臉部肌肉在當時運動的狀況記錄下來，再連續的依次顯現這些臉部表情的記錄，即可造成臉部表情的立體動畫效果。

在過去，電腦科學家們以極為複雜的數學模式來模擬人類臉部的肌肉，肌肉的彈性，肌肉的收縮性，肌肉的張力，皮膚的彈性及肌皮膚的張力 [Platt and Badler 1981] [Waters 1987] 以達成臉部表情的立體動畫效果。在使用這種方式來製作程式前，必需先研讀拗口難解的生理解剖學。在瞭解了顱骨的結構、臉部各肌肉的形狀、各肌肉

纖維的走向、各肌肉運動的方式、肌肉的彈性，收縮性與張力間的關係，肌肉與皮膚間的關係，皮膚的光澤… 等相關學問之後，還要以複雜的數學結構來代表各肌肉、肌肉與肌肉、肌肉與皮膚間的複雜關係，最後還要建立出控制此種數學結構的數學結構，以完成臉部表情的立體動畫效果。

本論文的重點在於提出一個易於瞭解且計算簡單的新觀點，以產生出臉部表情的立體動畫效果，此一新觀點以藝術為出發點，使用素描的方法塑製臉部外型，以漫畫的方法製作面部表情，以主構架(Key Frame) 的方法造成動畫效果。由於本論文的重點在於提出新的觀點並予以驗證，所以，對皺紋的產生以及皺紋的運動不予討論。

1.4 章節簡介

於第二章中，將對動畫、電腦與動畫、電腦動畫的分類以及處理電腦立體動畫的方法做一回顧。

於第三章中，將對臉部的生理結構、生理機構之模型化做一探討，於瞭解了臉部的生理結構及其複雜度之後，簡單地提出本論文所要驗証的新觀點。

於第四章中，將對本論文所提出的觀點做進一步的解說。首先陳述素描與臉部塑型之間的關係，再說明漫畫區域於觀念上的界定，並分析漫畫區域與臉部表情之間的關係。

於第五章中，將對本論文處理程式以及對不同問題之處理方法做一說明。

於第六章中，將以程式執行的結果與論文所引進之觀點做一實際的比較，以驗證新觀點的可行性。

於第七章中，則對新觀點作成結論並提出對未來之瞻望。

第二章 電腦立體動畫

2.1 動畫與電腦動畫

動畫的發展歷史由來已久，基本上來說動畫是利用人類視覺暫留的生理特質，將一連串具有相關性的連續動作畫面，以一定的速度顯示在人類的眼前，使靜止且間斷的圖像變成活動的影像。

根據人類視覺暫留的持續時間推算，典型的動畫製作方法是以每秒鐘顯示24張畫面的速度，連續顯示靜止的圖像，以造成動畫的效果。若依動畫的處理方式，則可分成有限動畫及無限動畫 [視覺美學會 1988]：

(1) 有限動畫：

有限動畫指的是在每秒鐘需顯示的24張畫面中，儘可能的使用相同的畫面，如此一來，相當於延長靜止的時間，因此就能減少所需畫面的張數。

(2) 無限動畫：

無限動畫則是在每一秒鐘內都必需顯示出大量的畫面，有某些動作，甚至必須在一秒內顯示出24

張以上的畫面，如此對人類的視覺感官才能造成生動的感覺。

以動畫做為媒介來表達抽象的意念，可以讓讀者很容易直觀地掌握以傳統式文字說明或靜止畫面所無法表達的事物，諸如圖像內物體的意義、性質、現象、以及變化的情形。這種特性表示人類所具備的圖形辨識及推理能力比其他的聽覺、觸覺來得強，而且物體的動作變化若在空間變化外再加上時間變化，會使人更容易理解抽象的意念。

電腦動畫的本質，是利用電腦來產生一連串的畫面，同時將這些螢幕畫面以一定的速度連續顯示，藉由人類視覺暫留的特質而產生動感。

第一個電腦動畫是使用早期的系統如 TWEEN 及 ANTICS [Catmull 1979] [Kitchen 1973]，來模擬手部運動的情形，此一動畫的演算法是由嚴謹的數學及物理的定義與定理所構成復加以系統化的程式規劃所形成，但是由於受到當時客觀因素的限制，使得該系統缺乏彈性。其後，隨著電腦圖學的演進及發展，使得電腦動畫的研究有了大幅度的轉變，成為視覺溝通(visual communication)的新途徑。

就動畫悠久的歷史來看，電腦動畫的發展過程還相當

年輕，但是它卻可提供傳統式動畫所無法提供的新的應用。電腦動畫的應用很廣泛，諸如廣告業、電影、工業、教育、醫學研究、國防軍事的訓練及模擬等等均可藉著電腦動畫以提高生產力及學習效果。

2.2 電腦動畫的分類

依表現的手法而言，電腦動畫大致可以分為二維的電腦輔助動畫及三維的模型動畫 [Thalmann 85]。

(1) 電腦輔助動畫：

也稱為特徵動畫 (Character Animation) 或卡通動畫 (Cartoon Animation)，或主構架動畫 (Key-frame Animation)，主要指以電腦輔助傳統卡通的製作，包括輸入圖畫、產生中間圖像、描述物體沿一路徑動作、著色、產生背景及動作與聲音同步等。

(2) 模型動畫 (Modeled Animation)：

建立及處理一般化的三維模型，且使其於三維空間中動作。

兩者的主要差異在於：模型動畫於製作動畫前，必需

先建立三維模型，當建立模型之繁冗工作完成後，三維的模型動畫在許多方面會優於二維的電腦輔助畫面。其中的關鍵點是：當三維的模型動畫系統在以描影(Shading)系統自動處理環境的改變（如物體相對位置的變化）後，所有消除隱藏線、陰影、光源、紋彩等的計算均可交給系統自動處理。這些煩雜的工作在二維的電腦輔助動畫系統中卻必需以人工的方式來處理大量的手繪畫面。

2.3 處理電腦立體動畫的方法

在本章節中將對處理電腦立體動畫的方法，做簡短的介紹；至於動畫介面(Animation interfaces)則變異較大，取決於應用目的的要求及標準。先決的條件是該介面必須在動畫設計者與實際程式的發展之間，扮演高度的緩衝角色。

電腦立體動畫（即三維的模型動畫）的主要步驟如下 [Thalmann 1985]：

(1) 三維物體的模型塑造：

將線構架(Wire-frame)或實體(Solid)模型加以描述或建構。

(2) 物體運動及虛擬攝影機運動的描述：

描述物體在一段時間內所會改變的運動、形狀、位置等等。同時虛擬攝影機所代表的觀察者的移動也必須加以描述。

(3) 構架的表現 (rendering the frames)：

經由去除隱藏線及加入描影的效果產生實際的圖像。

處理立體動畫的方法則有 [Watt 1989]：

- (1) 三維主構架系統(Three-dimensional key-frame systems)。
- (2) 參數系統(Parametric systems)。
- (3) 程式化動畫及描述系統(Programmed animation and scripting systems)。
- (4) 模擬或模型驅動系統 (Simulated on model-driven systems)。

2.3.1 三維主構架系統

三維主構架系統是目前最常使用的動畫系統，在觀念上對傳統的主構架方法做了一個增補。在三維電腦動畫方

面，三維主構架系統用來做剛體(rigid bodies)的動畫，系統操作者在某些特定的時段指定物體的位置或者方向（即先定義出「主構架」），隨後由系統推演出路徑並產生其餘的構架。

如果動畫的背景不會太複雜或者物體是以線架構的方式描繪，則在處理動畫時甚至可用即時(real time)顯示並以交談方式重複指定或修改主構架，然後審視結果。下圖是個簡單的例子：

Key position number	Time (s)	Position		
		x	y	z
1	0.0	-3000	0	2000
2	1.0	-2000	-2000	3000
3	2.0	0	-3000	2000
4	5.0	2000	1400	-2200
5	8.0	3000	3000	-3000

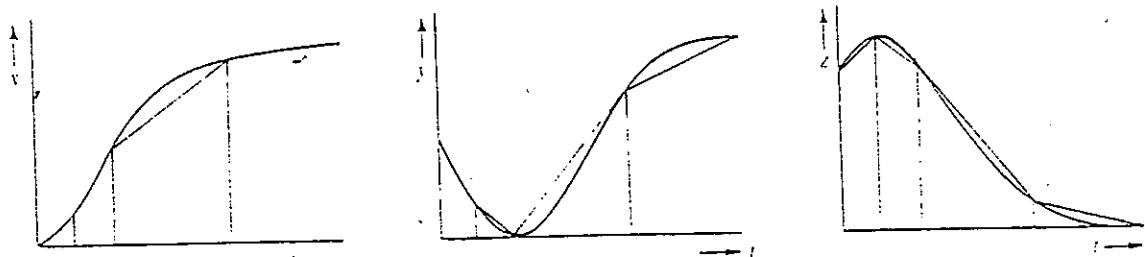


圖 2-1 通過已知資料點的三次多項式spline

上圖利用三次多項式spline做為插補方法(interpolating method)，藉著資料點產生平滑的移動路徑。定義了表格內的數值（以三個單變數的函數表示）後，即可產生對應的多項式曲線。俟多項式曲線產生後，可在相等的間隔取樣，取得其餘構架所需的位置資訊。

知名的臉部動畫專家 Parke曾將此技術運用於臉部動畫上，獲得不錯的結果。然而此技術應用於三度空間上，卻因需要給出許多主構架而顯得較不實際 [Parke 1972]。

2.3.2 參數系統

參數系統和主構架插補方式相似，但是在主構架的資訊給定方面較為複雜，同時包含了參數在內，控制物體隨後的行動，而非單純指定位置。

典型的系統如em [Hanrahan and Sturman 1985]，比主構架系統更為精巧，同時允許物體在主構架間有更複雜的動作。另外一項優點是，參數系統的交談式設計能夠產生更大的效果。

Hanrahan系統模型的輸入變數，其數值是從實際的界面設備推演而得。例如：

```
dx+=wheelx  
dy+=wheely  
spin+=10*joyz
```

為指定敘述，敘述左側為動畫物體模型的參數；右側則是物體的輸入變數或函數。設定交談式的迴圈後，我們可以利用輸入的設備，控制物體在其他構架（主構架以外）間的動作行為。

2.3.3 程式化動畫及描述系統

程式化動畫及描述系統皆利用程式的撰寫，產生物體動作的程序。程式可以用兩種方式撰寫：

- (1) 程式以標準高階語言撰寫，而物體的動畫經由繪圖界面產生。
- (2) 以特殊設計的動畫描述系統(animation scripting system)撰寫程式。

物體動作的程序，只有當程式撰寫完畢後，才能夠目睹。動畫的效果反應在高階語言的結構上，諸如for 迴圈

等等，而“描述”和所欲效果之間的差距則稱為反直覺（anti-intuitive）。很顯然的，建立動畫程序的工作需要高度訓練的程式設計專家，動畫的品質取決定動畫設計者是否能夠適切地跨越程式結構和實際視覺效果之間的鴻溝。

程式化動畫常見的發展方式有二種：

(1) 另外發展動畫語言。

(2) 在一般用途的電腦語言中提供動畫功能的擴展。

產生動畫的程式通常稱為劇本(script)，典型的例子是 Reynolds 的 Actor Script Animation System (ASAS) [Reynolds, 1982]。

ASAS提供的環境中可以使用幾何物體、定義這些物體的動作或使用 animate 區塊來指導actor的動作。actor 實質上是一組程式碼，會在每個構架執行一次，actor 代表動畫程序中一個可視單元 (visible element)，而該組程式碼則包含了該物體相關的所有數值及計算處理。

下面是一個劇本的範例 [Reynolds 1982]，其中的 animate 區塊啟動兩個相似的 actor:

```

(script spinning-cubes

  (local: (runtime 96)
          (midpoint(half runtime)))

  (animate (cue (at 0)
                (start(spin-cube-actor green)))

            (cue (at midpoint)
                (start (spin-cube-actor blue)))

            (cue (at runtime)
                (cut))))
```

另外一種類似的處理方式由Magnenat-Thalmann及Thalmann[1985]所提出，基本的精神在提供一個便利的動畫式程式環境。Magnenat-Thalmann及Thalmann引入向量(vector)作為動畫擴充類別(animated extended types)，起啟數值、終止數值及運動規則可以併入類別的宣告內，而後以單獨的變數名稱引用所要的向量：

下面是範例（使用的語言為CINEMIRA）[Thalmann 1985]：

```

type TVEC = animated VECTOR;
  val << 0, 10, 4 >> .. UNLIMITED;
  time 10..13;
  law << 0, 10, 14 >> + << 3, 0, 0 >> * (CLOCK - 10);
  end;
var VEC: TVEC;
```

其中定義了一個vector，從時間10開始，以固定速度《3,0,0》，從《0,10,4》點移動，至時間13終止。

Magnenat-Thalmann及Thalmann以CINEMIRA 程式碼發展出藝術者導向系統(artist-oriented system)，稱為AN-IMEDIT。利用此系統，動畫製作者可以定出完整的劇本，而無須使用CINEMIRA撰寫程式，同時ANIMEDIT為交談式系統，不受限結構化程式的架構，使動畫製作者可以完全發揮其創造力。

2.3.4 模擬或模型驅動系統

模擬動畫較著名的例子可以在Waters[1987]的研究中找到。作法是將臉部的肌肉動作，利用物理及數學模型並加以參數化而產生臉部表情的動畫，其中以照相技術取得臉部的「多邊形網格表示法」(polygon mesh representation)，而肌內模型則用來控制嘴唇、眼皮、眉毛、顎部的轉動。藉由肌肉模型的推演模擬諸如愉快、害怕、憤怒、噁心及驚訝的表情。

第三章 臉部生理結構探討

3.1 臉部的生理結構

人類的表情是由皮下的肌肉附著於顱骨上運動所造成的效果。瞭解面部肌肉及骨骼的位置及功能，在架構面部的表情時，可以不致陷於猜測的錯誤。本節專就人類面部的肌肉及骨骼進行討論。

3.1.1 肌肉

人類所具有的肌肉可分為三類：隨意肌（Voluntary muscles），不隨意肌（Involuntary muscles）以及心臟肌（Cardiac muscle）。[詹遠華 1988]由於面部的肌肉均為隨意肌，所以本論文僅就隨意肌提出討論。

隨意肌因其能隨著個人意志的控制而運動，所以稱為隨意肌，又因其附著於骨骼上，所以又稱為骨骼肌（skeletal muscles），又因其於顯微鏡下，顯示出有規則的橫紋，故，又稱為橫紋肌（Striated muscles）。此一橫紋是由

肌纖維(muscles fibers)所組成，肌纖維的斷面呈圓形或橢圓形，長短則不一，短者僅數毫米，長者則可達約30公分。

人類面部的肌肉可分為表情肌及咬肌等二大類（見圖3-1）。

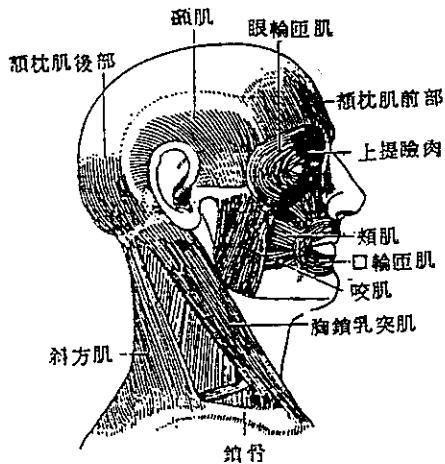


圖 3-1 人類面部的肌肉

面部肌肉的大小及位置可決定個人顏面外觀的細部。由於面部肌肉甚多，故於此處僅列出其中較為重要者：

(1) 枕額肌(Occipito-Frontalis muscle)

可分為二部份，即枕部肌與額部肌。有一扁平的

肌腱或腱膜將這二部份之肌肉接合於顱頂，此一肌腱或腱膜稱之為顱頂腱膜(epicranial aponeurosis)。枕部肌起於上項線，額部部肌起於眉間、眉弓、眼眶上緣，全部肌肉均止於顱頂腱膜，於揚動眉毛時，就會用到這些肌肉。

(2) 上提瞼肌(Levator palpebrae superioris)

此肌起源於眼眶的後部而終止於眼瞼之上。將眼瞼向上提時需用到此一肌肉。

(3) 眼輪匝肌(Orbicularis oculi)

為環繞眼裂周圍之輪走肌，其起始及停止約分為二部，第一部份稱為眼瞼部(Palpebral portion)也就是位於眼瞼內之環走肌，起自內眼瞼筋帶，終於外眼瞼筋帶，第二部份稱為眼眶部(orbital portion)也就是位於眼眶外緣之環走纖維，但此二部纖維並無明顯之界限，這二塊肌肉的主要作用為閉鎖眼裂(screwup)。

(4) 養肌(Buccinator muscle)

為長方形肌肉，可分為頰骨肌及大頰骨肌，起自上頷骨之犬齒窩，纖維向內下方走，止於口角部之口輪匝肌，其作用為牽引上下唇向後外方。又

稱為喇叭手肌，因吹喇叭或口哨時需用到這塊肌肉 (trumpeters muscle)。

(5) 口輪匝肌(Orbicularis oris muscle)

為環繞嘴唇周圍之輪走肌，其結構為二層薄薄的纖維較外層的纖維，起自外皮。較內層之纖維，起自粘膜，內外二層纖維，於口角之外側接合，其作用為閉攏嘴部，及吹口哨。

(6) 咬肌(Masseter muscle)

為強厚的長方形肌肉，屬於咀嚼肌，起自顴骨弓，肌纖維向後下方走，止於下頷枝外側之咬肌粗隆，其作用為牽引下頷骨向前上方運動。

(7) 顳肌(Temporalis muscle)

為扇形肥厚之咀嚼肌，滿佈於整個顳窩內，起於顳窩之骨面，顳肌膜纖維向下方集中，經過顴骨弓之內側，止於下頷枝之冠狀突，其作用為牽引下頷骨向後上方運動。

(8) 翼肌(Pterygoid muscles)

～分內外二部份

(一) 外翼肌(External Pterygoid muscle)

為三角形肌肉起於蝶骨之顳下方，及蝶骨翼

突之外板，纖維向後方橫走，止於下頷骨之翼小窩及下頷關節囊處，其作用為牽引下頷向左右移動。

(二)內翼肌(Internal pterygoid muscle)

亦為三角形肌肉，位於外翼肌之內側，起自蝶骨翼窩，纖維斜向外下方走，止於下頷內面之翼肌粗隆，其作用為牽引下頷骨向內上方運動。

(9) 笑肌～(喜)(Risorius muscle)

(一)喜：為薄三角肌，起於耳下腺咬肌，膜纖維向內側橫走，止於口角處之外皮，其作用為牽引口角向外下方表示笑意。

(二)怒：上唇方肌(M. Quadratus labii superior)～(怒)

為扁薄方形肌肉，位於上唇之上方，其起點有三，一個內眥頭(Angular head)起於上頷骨之顴突，二個眼眶下頭(infraorbital head)起於眼眶下緣之內端，三頭之纖維均向下集中，止於上唇之口輪匝肌及外皮。其作用為舉起上唇，苦笑或泣涕。

(10)下唇方肌 (M.Quadratus labii inferior)

～（怒）

亦為方形，位於下唇之下方，纖維向上，止於下唇部之口輪匝肌及外皮，作用為下掣下唇，強笑或嘔吐時會用到此一肌肉。而口三角肌用以牽引口角向外下方運動，用以表示不滿或鄙視。

(11)皺眉肌～（哀）(Corrugator muscle)

為眼輪匝肌的一部份，起於額骨之鼻部或眉間，纖維向外上方走，止於眉毛內端之皮膚，其作用為牽引眉毛向內側運動，用以顯愁苦之表情。

(12)顴骨肌～（樂）(Zygomatic muscle)

為長方形肌肉，起於顴骨之外側，纖維斜向內下方走，止於口角部的外皮，用以牽引口角向外上方運動，用以顯示微笑或愉快。

茲將各種表情會使用到的肌肉列於表 3-1。

3.1.2. 面部肌肉之特性

面部肌肉的特性有彈性，收縮性，應激性以及張力等四種，以下就此四種特性逐一介紹：

表 3-1 臉部肌肉與表情的關係

醫學名稱	微笑	笑	憤怒	驚訝	憂慮	悲傷	懷疑
眼輪匝肌	✓	✓	✓			✓	✓
枕額肌			✓	✓	✓	✓	✓
皺眉肌			✓		✓	✓	✓
顴骨肌	✓	✓					✓
上提臉肌				✓	✓		✓
翼肌			✓	✓			✓
頰骨肌	✓	✓					✓

表 3-1(續) 臉部肌肉與表情的關係

醫學名稱	微笑	笑	憤怒	驚訝	憂慮	悲傷	懷疑
大頰骨肌	✓	✓					✓
咬肌			✓				✓
顫肌			✓	✓	✓		✓
笑肌	✓	✓	✓	✓		✓	✓
口輪匝肌			✓		✓	✓	✓
下唇方肌			✓	✓		✓	✓

(1) 彈性(elasticity)

正常肌肉可被外力伸展至一定限度，在其彈性限度以內，其所伸展之程度與所受外力成正比，當外力消失後，肌肉可恢復原狀。

(2) 收縮性(contractility):

當刺激由運動神經傳到肌肉時，每一條神經纖維都維控制了一條肌纖維。當刺激強到足以引起收縮時，肌肉會全力收縮，變短變厚，此稱之為悉無律 (All or none law)。

肌肉可因意志的控制或外來的刺激（例如：受到電，熱，化學或機械的刺激）而收縮，橫紋肌會以三種不同的方式收縮：

(一) 靜態或等長的收縮(Static or isometric contraction) 肌肉收縮時不許其縮短，因此祇能發生張力，而長度不變，即肌肉起點和終點間之距離不會改變。

(二) 向心或等張收縮(Concentric or isotonic contraction) 命令肌肉縮短，舉起一定重量，張力發生於起點與終點逼近時。

(三) 離心收縮(Eccentric contraction)。

(四) 收縮力量(Force of muscle contraction)

收縮力量源於刺激的強度，當刺激的強度增加時，肌肉的反應趨於強烈。而肌肉收縮的力量則由受刺激之肌纖維數的多寡而定。當刺激漸趨強烈時會有更多的肌纖維受到控制，所以產生出來的收縮力量會跟著變大。

(3) 應激性(Irritability)：

肌肉反應來自神經或外在刺激而改變原有狀態，肌肉收縮的狀態如下圖所示。

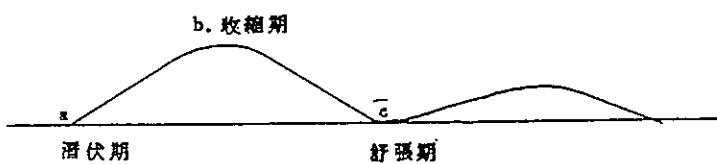


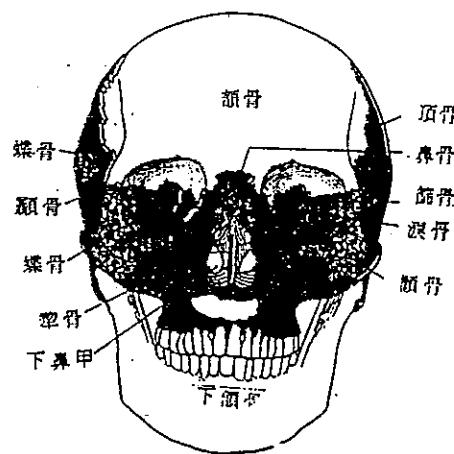
圖 3-2 肌肉之單收縮 (實驗)

(4) 張力(Tonicity)

在平時肌纖維呈輕度緊張狀態，肌肉會保持一定張力，當受到刺激後，能迅速產生反應。介乎刺激與反應之間的狀態稱為潛伏期。

3.1.3 頭骨

頭骨的形狀可決定個人顏面外觀的大部，而頭骨是由面骨及頭骨所構成的[詹遠華 1988]，面骨的形狀如圖3-3所示，共計14塊。頭骨的形狀如圖3-4所示，共計8塊。



- a. 頭骨
- b. 上頷骨
- c. 鼻骨
- d. 液骨
- e. 犀骨
- f. 下鼻甲骨
- h. 下頷骨

圖 3-3 面骨正視圖

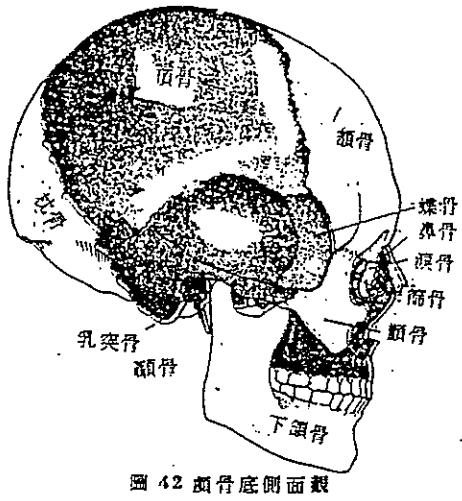


圖 42 頭骨底側面觀

a.額骨 b.頂骨(2塊) c.顳骨 d.枕骨 e.蝶骨 f.篩骨

圖 3-4 頭骨的側視圖

在面部的各骨骼中，只有下頷骨能夠活動。下頷骨可以乳突骨的上方為軸心轉動。下頷，兩頰肌肉及嘴部張合的基本動作，就是由轉動下頷骨而來。有關下頷骨轉動的方式請參見圖3-5。

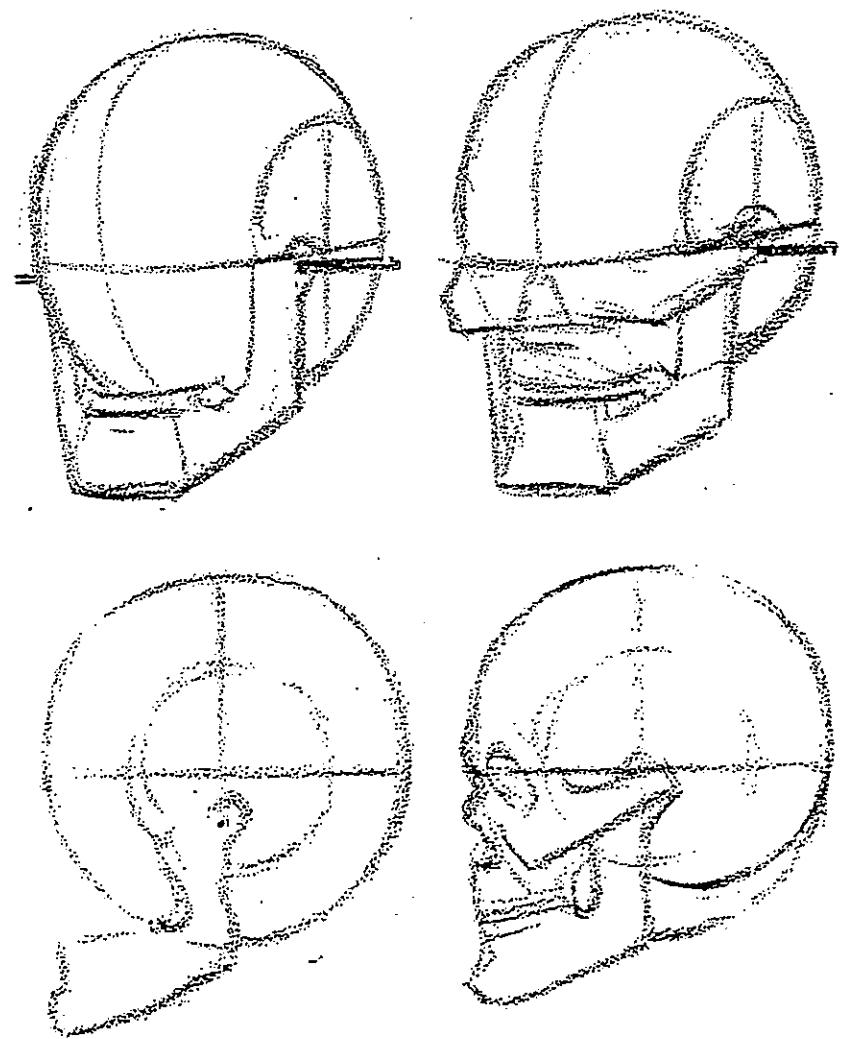


圖 3-5 下頷骨轉動的方式

3.2 生理機構的模型化

Platt與Badler[platt and Badler 1981]曾經就解剖生理機構的觀點，提出一篇極為重要的論文，於該論文中將骨骼、肌肉及皮膚分成三個不同的層面並予以模型化：骨骼層位居最內層，形狀固定不變。皮膚層是最外層，形狀可自由變化。肌肉層是一組帶“彈性”arc的點，位處中層。圖3-6表示這三者之關係：當力作用於點M（肌肉）時，點B（骨骼）固定不動，而點S（皮膚）則牽動與其相鄰的點。

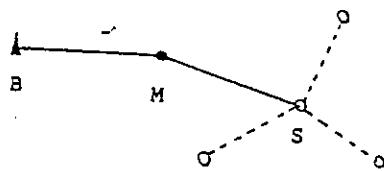


圖 3-6 簡式肌肉纖維（虛線代表arc）。

肌肉則由若干肌纖維組成。圖3-7為一範例。

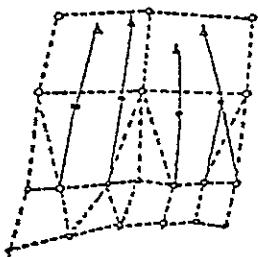


圖 3-7 肌肉（三角形代表骨骼，黑點代表肌肉，白點，代表皮膚）

Platt和Badler 模型僅適用於其所設計的單一臉部資料，而缺乏通用性。

Keith Waters [Waters 1987]提出臉部表情立體動畫的肌肉模型，該模型可應用於一般性臉部資料而非特定資料。

他的作法是實際分析許多人臉部的合成影像資料，並且將研究的重點放在臉部自上提臉肌至下唇方肌的區域中，這個區域佔了臉部面積的三分之二。其次建立以14條肌肉為主的模型；這些肌肉是決定臉部表情的主要因素。該14條肌肉中，有一條為括約肌(sphincter)型肌肉，其餘為線性(linear)肌肉。此外，於該論文中的每條肌肉都有若干參數(parameters)用以控制肌肉的張力(tension)，會受

到該肌肉張力影響的區域及肌肉收縮(contraction)的能力等。他的目標是產生六種主要的臉部表情。

最後結果是每個構架(frame)都需要用到56個參數來控制該模型，造成了使用模型的複雜度，此外，該系統還需數個輔助資料檔來協同控制模型的動作。使用者可任意修改某個資料檔中的資料，然而在修改的過程中，該系統卻不會自動調整其他相關檔案中的資料，以致大幅提升了正確調整資料的困難度。譬如，所有肌肉同時收縮，即產不可能出現的臉部表情。

3.3 新觀念的導入

在以往臉部動畫的研究中，研究者多以趨近模擬或實際模擬的方式來架構出臉部外觀，然後以模擬肌肉動作的方式達成動畫的效果。以此一觀點所製作出之臉部動畫系統，均具有相當程度的逼真性，但若以實作的角度來審視這種模擬系統，即可發現，無論是系統設計者，或系統使用者均需投入大量的時間研讀並分析臉部肌肉運動的生理模型及數學表示法，於使用該類型之模擬系統時，當使用者調整某一參數後，無法自行預估系統模擬出來的結果。

換言之，當使用此類型的系統時，只有藉著嘗試錯誤的方法，才能建立某種臉部肌肉的模型，也只有藉著嘗試錯誤的方法，才能實驗出預期的動畫效果。

至此，筆者不禁起疑是否必需使用拗口難解的生理解剖學加上複雜的數學觀念才能達成臉部的立體動畫效果？經過細心的觀察之後，筆者發現，在現存文獻的資料記載中，除了生理解剖學外，尚有以藝術為基礎的素描技巧及日常可見的漫畫手法可用以簡單的描述臉部的立體動畫效果。於是筆者便嘗試著自藝術的觀點來達成臉部的立體動畫效果。

第四章 藝術的結合

由於以模擬真實肌肉運動的方式來製作臉部表情之立體動畫效果的製作過程極為複雜，而且極易顧此失彼，造成極為怪異的結果，所以本論文希望能找出一種較為簡單且易於調整、控制的新觀點及方法，來製作臉部表情之立體動畫效果。

要製作描述臉部表情的方法就必需先對人類的臉部進行觀察，以往的電腦科學家所做的多半是實體觀察，由於觀察的出發點是以實體為對象，所以做出來的也就是對實體的模擬。現在本論文以藝術的描述方式為對象，進行觀察，由於觀察的出發點是以藝術的描述方式為對象，所以做出來的也就是對藝術的描述方式的模擬。

本論文的出發點在於：

- (1) 使用素描的方式輔助製作面部的立體塑型；
- (2) 以漫畫的方式製作面部的表情。

4.1 素描與電腦輔助塑型

從素描的觀點而論，顱骨的外形是決定個人面貌的

基本要素。例如：方頭、圓頭、窄頭、寬頭等不同之基本外貌，就是由顱骨的形狀所決定的（見圖4-1）

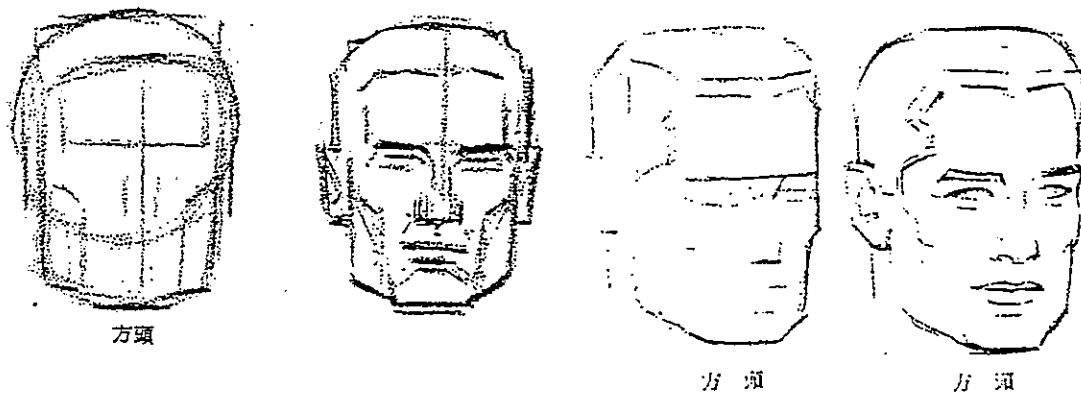


圖 4-1A 顱骨與面貌的關係

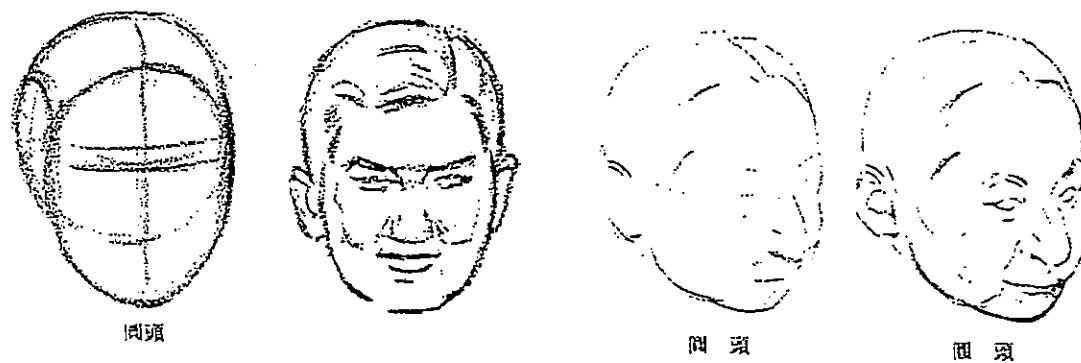


圖 4-1B 顱骨與面貌的關係

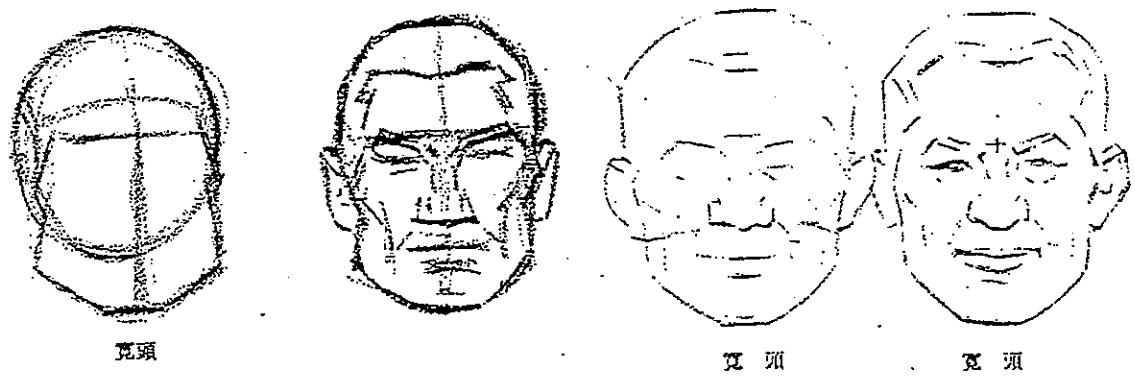


圖 4-1C 頭骨與面貌的關係

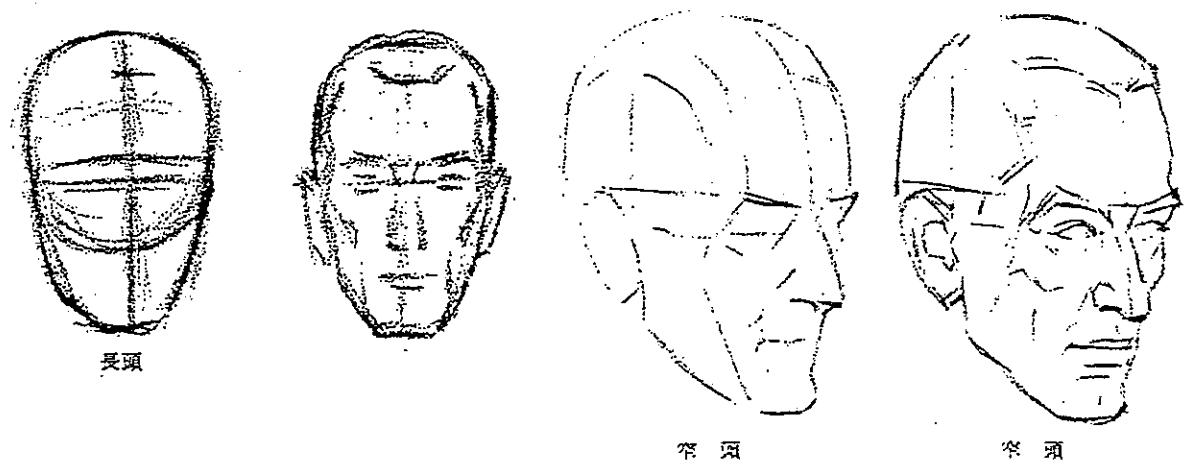


圖 4-1D 頭骨與面貌的關係

由上圖，不難發現，頭骨的形狀與個人面貌的塑型確

有相當的關係。在塑造一個面貌時，對顱骨的細節方面、製作的正確與否並不十分重要，最重要的是顱骨的外形是否正確。

以素描繪製臉部時，最重要的區域是由與鼻子垂直的直線（稱為「臉部中線」）與沿兩眉平行的橫線（稱為「眉線」）相交的交點。（見圖4-2）

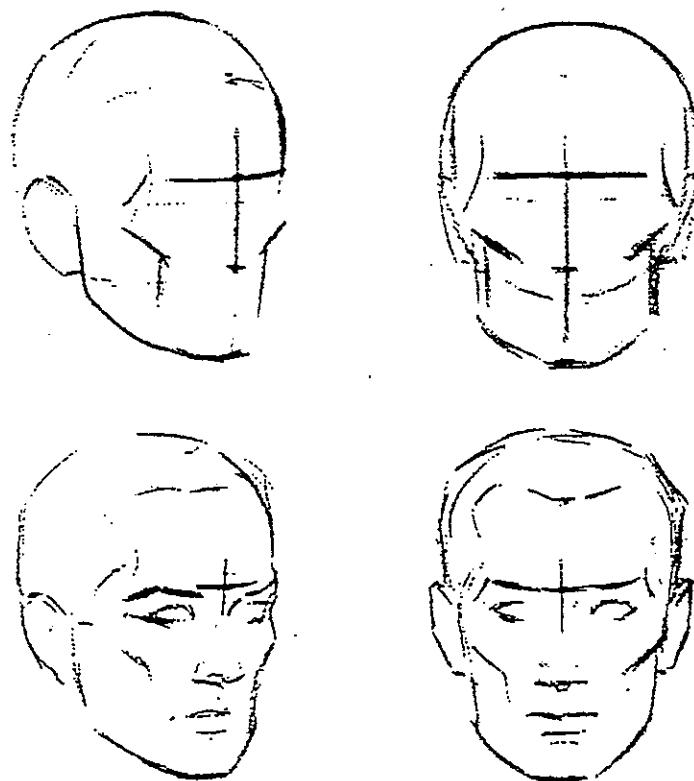


圖 4-2 臉部中線與眉線

臉部中線與眉線的交點永遠是固定的，這兩條線將頭廓劃分成縱、橫各兩半，所有對臉部的衡量與比例均源於此點。

臉部的大小與各部的比例並不是完全相同的，下述使用之基本量度法與簡易平均比例法，是非常實用的，這種方法稱為輔助線法。成人臉部的正面恰好三個單位寬，三個半單位長；呈長方形。用這種比例線分割臉部，可以使眼睛，鼻子，與嘴，在下半部各分割區域中都得到正確的位置。眼睛恰好位於從頂端到基底的整個頭中間的一條橫線上，這是根據測量大多數人的臉部所得的平均比例。這種方法，除將臉部正面分成三個單位，並劃出了髮線。頭的側面恰好呈正方形，上下與左右每一個方向都是三個半單位 [Loomis 1986]。

這種比例係經過素描畫家研究確定的，既簡單，又實用，非常適合於塑製臉部外型的需要。

圖 4-3 所示為臉部正面與側面的標準比例。頭部的全高為三個半單位，寬約三個單位。三個單位將面部分成前額，鼻子，與頷部（俗稱「下巴」）三個區域。耳朵，鼻子到眉毛與唇與頷部各為一個單位。

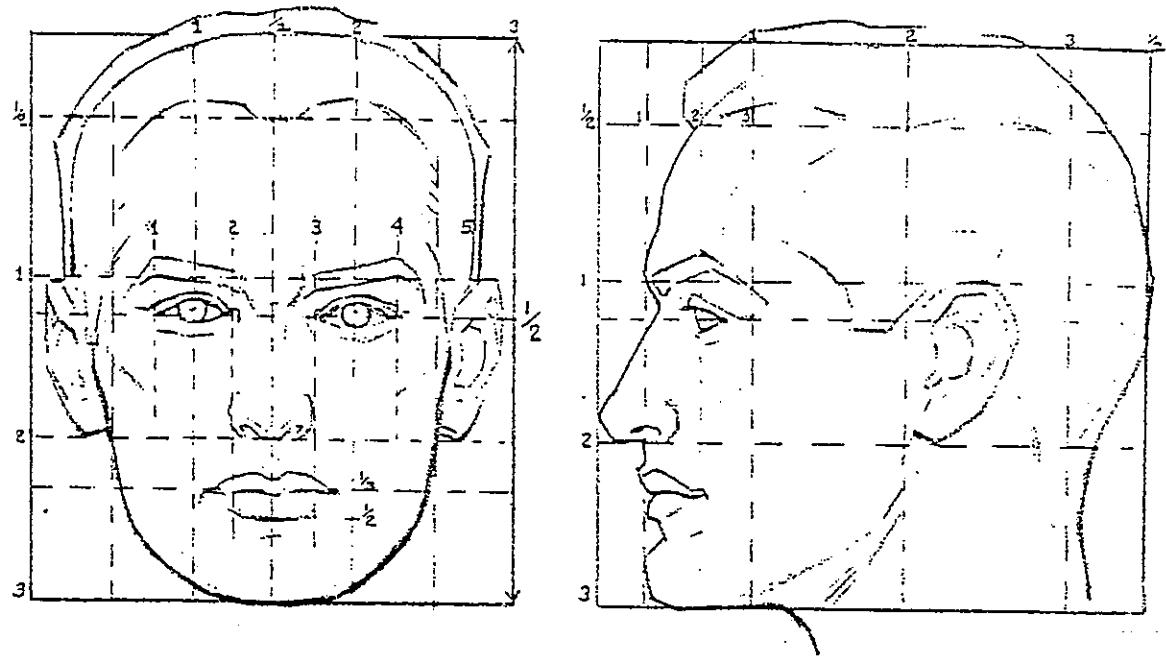


圖 4-3 臉部的比例

在素描中，臉部中線的左右兩側應該是完全對稱的，因而本論文於設計程式時考慮到，使用者僅需輸入右半部的臉型，程式就會自動的產生出一個完整且完全對稱的立體臉部塑型。

由於人類在不同的年齡，面部就會呈現出不同的比例。在素描的領域中定有五種比例不同的臉部輔助線，於圖4-3中所說明的是成人的臉部輔助線。其他尚有青年，青少

年，兒童及嬰兒臉部之輔助線。

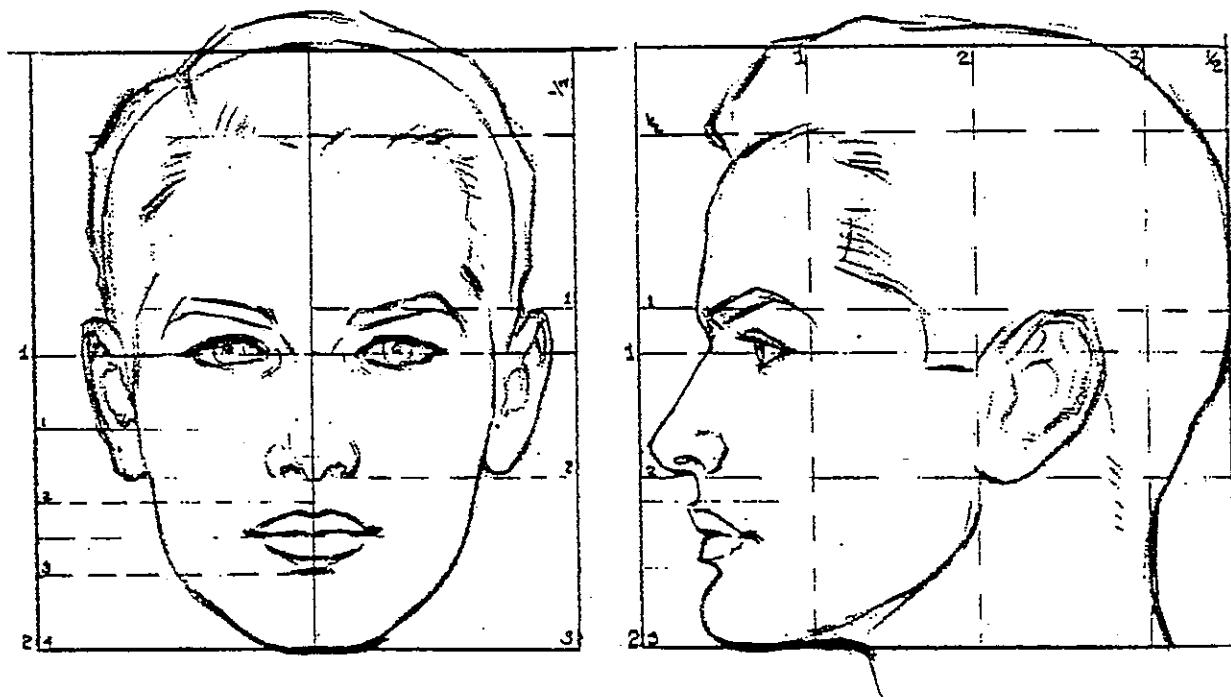


圖 4-4 構製青年臉部之輔助線

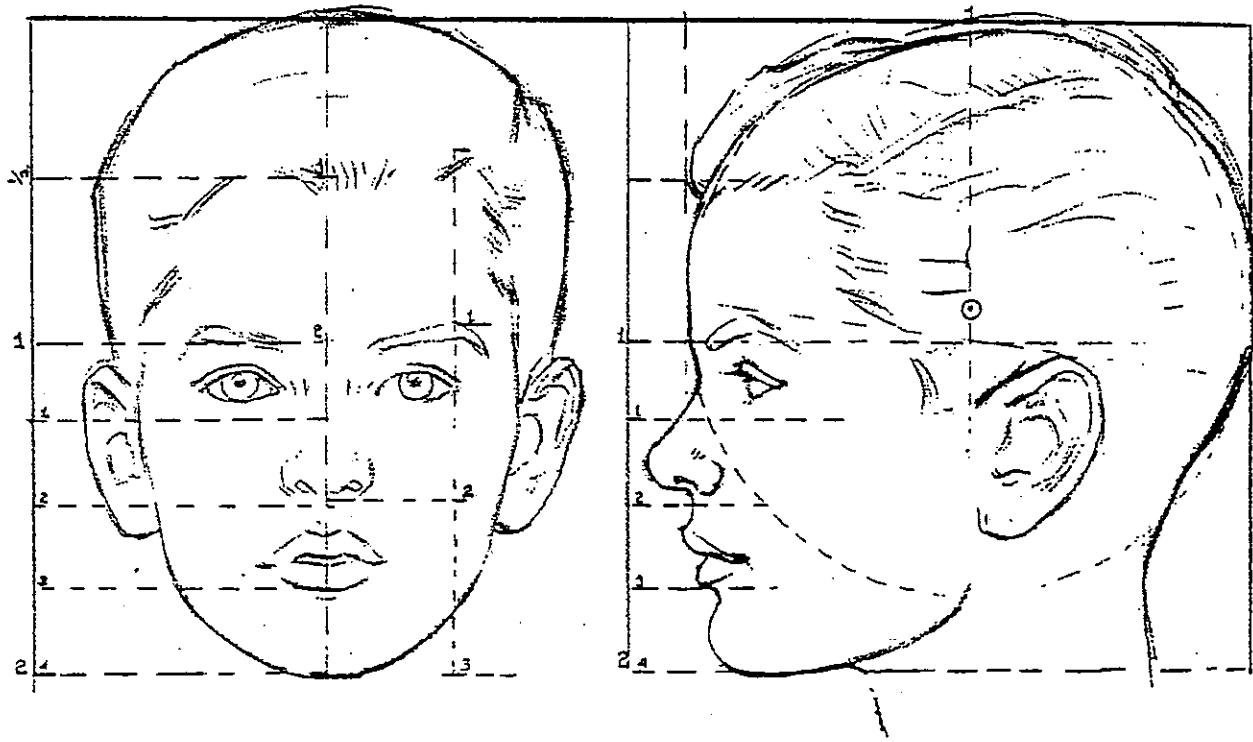


圖 4-5 構製青少年臉部之輔助線

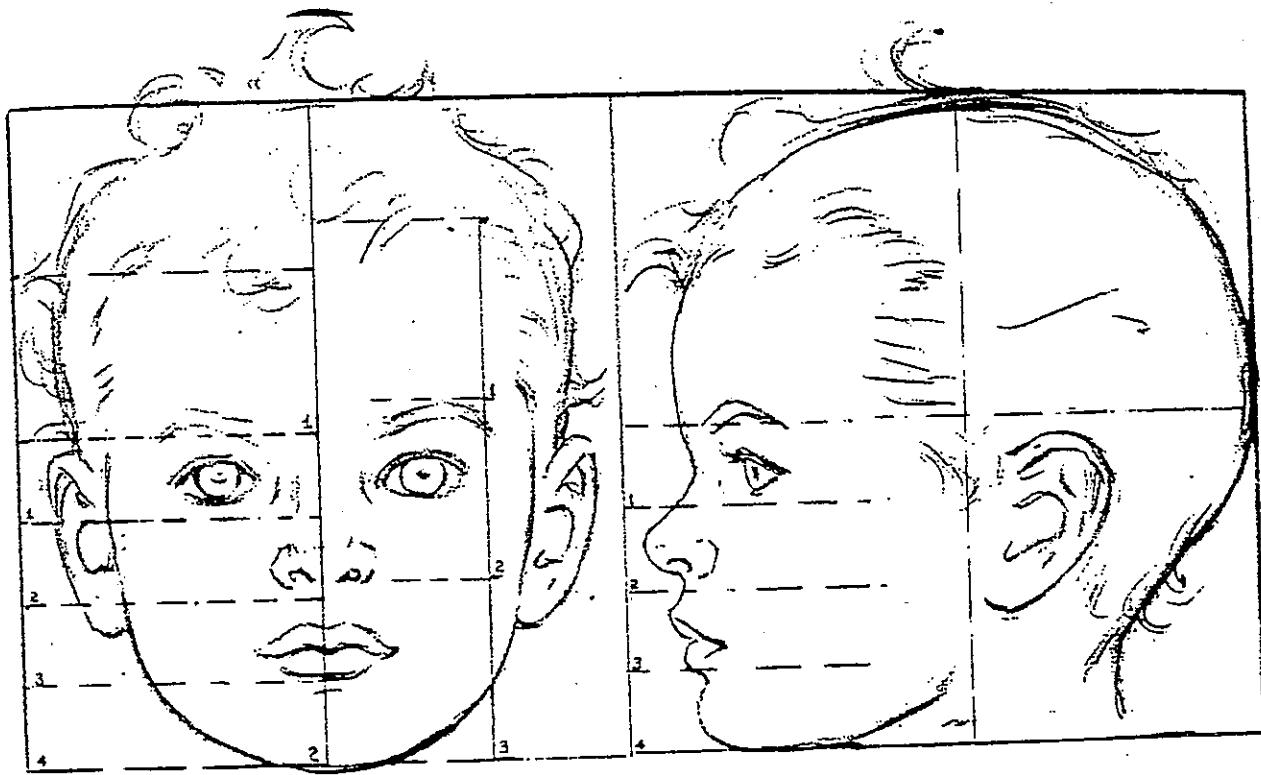


圖 4-6 構製兒童臉部之輔助線

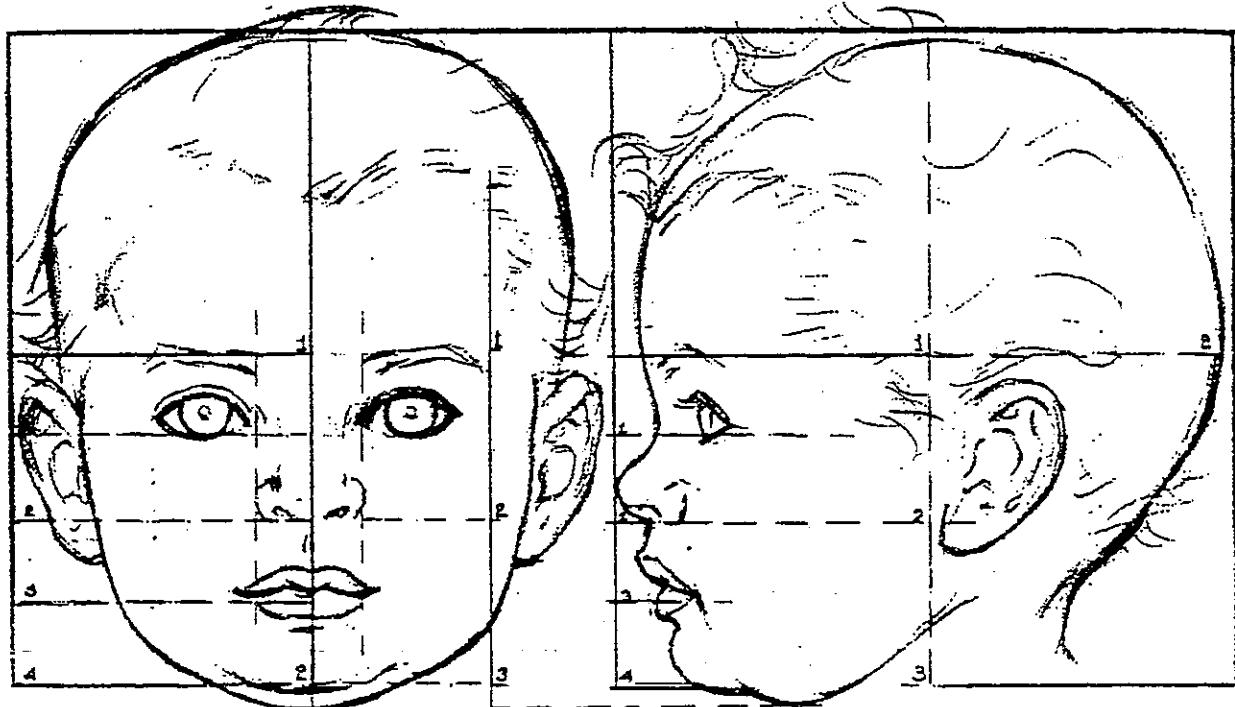


圖 4-7 構製嬰兒臉部之輔助線

使用素描的輔助線，以及簡易平均比例法所製做出之電腦輔助塑型，具有一項特性，那就是當使用者定好輔助線以及臉部比例後，程式可將成人的臉部塑型逐漸的退化為兒童的臉部塑型。

在以素描的觀點完成了臉部的塑型之後，接著就要讓塑製完成的臉部產生表情，在處理表情方面，素描仍採用了生理解剖學中的肌肉模式，這就將表情的製作帶回了

Platt 及 Waters 的老路子，必需學習極其複雜的肌肉模型，筆者至此不禁起疑：在藝術的領域中，除了模擬肌肉的模式外，是否還存有其他的手法可用以製作臉部表情？在閱讀了大量與藝術相關的書籍之後，筆者發現除了素描以外，還有漫畫的手法可用以製作臉部表情。

4.2 漫畫與表情

在以漫畫的手法製作臉部表情的領域中，將人類表情粗分為七大類 [手塚治蟲 1984]：

- (1) 微笑；
- (2) 笑；
- (3) 憤怒，憎恨，屈辱，咒罵；
- (4) 驚訝，大叫；
- (5) 恐怖，憂慮，吃驚；
- (6) 悲傷，痛苦，害羞，擔憂；
- (7) 嘘疑，譏嘲，輕視，自傲。

就心理學分析 [Ekman 1982] 的觀點來看，人類的情緒可分為六大類：

- (1) 喜悅，快樂；

- (2) 生氣；
- (3) 警訝；
- (4) 懼怕；
- (5) 憂傷；
- (6) 討厭，懷疑。

比對上述研究的結果可發現，以漫畫手法製作之表情的類型與人類的情緒完全契合，所以從邏輯推理的觀點來看，以漫畫的手法所製作出之臉部表情，應可涵蓋到人類情緒表現的大部。故本論文採用漫畫的手法來製作臉部的表情。

4.2.1 漫畫的表示法

在漫畫的領域中，將人類臉部與表情有關的部份分成九個漫畫區域，其中的一個漫畫區域，就代表了臉部的某一個區域，茲將漫畫區域列於下：

漫畫區域共可分為九區：

- (1) 左眉毛區

運動方式為：向上移動，向下移動，向右移動，向左移動，向順時鐘方向做小幅度的旋轉，以及

向逆時鐘方向做小幅度的旋轉。

(2) 右眉毛區

運動方式為：向上移動，向下移動，向左移動，向右移動，向逆時鐘方向做小幅度的旋轉，以及向順時鐘方向做小幅度的旋轉。

(3) 左眼臉區，可分為左上眼臉區及左下眼臉區運動方式為：上眼臉區可向下調整及向上調整，下眼臉區可向上調整及向下調整。

(4) 右眼臉區，可分為右上眼臉區及右下眼臉區運動方式為：上眼臉區可向下調整及向上調整，下眼臉區可向上調整及向下調整。

(5) 左眼珠區

運動方式為：向上移動，向下移動，向左移動，向右移動。

(6) 右眼珠區

運動方式為：向上移動，向下移動，向左移動，向右移動。

(7) 嘴唇區，又可分為上唇區及下唇區

運動方式為：上唇區可向下調整及向上調整，下唇區可向上調整及向下調整。

(8) 嘴角區，又可分為左嘴角區及右嘴角區

運動方式為：左嘴角區可向左調整，向右調整，向上調整及向下調整，右嘴角區可向右調整，向左調整，向上調整及向下調整。

(9) 下頷區

運動方式為：垂直的向下移動以及垂直的向上移動。

臉部表情與漫畫區域的關係如下：

(1)微笑：

- 將左上眼臉區向下調整
- 將右上眼臉區向下調整
- 將上唇區向上調整
- 將左嘴角區向左調整並小幅向上調整
- 將右嘴角區向右調整並小幅向上調整



(2)笑：

- 將左上眼臉區向下調整
(調整的幅度要比微笑大)
- 將右上眼臉區向下調整



(調整的幅度要比微笑大)

- 將上唇區向上調整

(調整的幅度要比微笑大)

- 將下唇區向下調整

- 將左嘴角區向左調整並

大幅度的向上調整

- 將右嘴角區向右調整並

大幅度的向上調整

(3) 憤怒、憎恨、屈辱、叱責、咒罵

- 將左眉毛區向右移動

- 將左眉毛區向順時鐘方
向做小幅度的旋轉

- 將右眉毛區向左移動

- 將右眉毛區向逆時鐘方
向做小幅度的旋轉

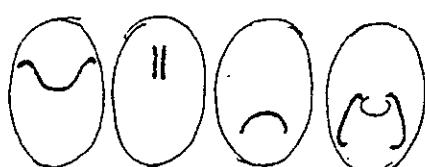
- 將上唇區向上調整

(4) 驚訝：

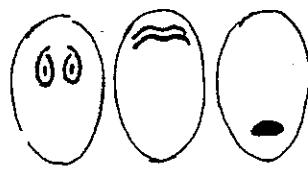
- 將左眉毛區向上移動

- 將右眉毛區向上移動

- 若這表情愈強烈，則左



上眼臉區及右上眼臉區
愈往上調整。



(5)大叫（和驚訝的表情不同的部份）：

- 將上唇區向上調整
- 將下唇區向下調整
- 將左嘴角區向右調整
- 將右嘴角區向左調整
- 將下頷區垂直向下移動



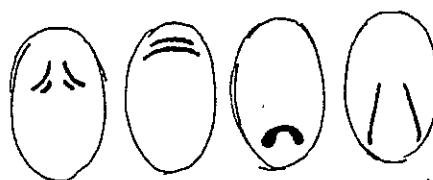
(6)恐怖，憂慮，吃驚等等：

- 將左眉毛區向上移動
- 將右眉毛區向上移動
- 將左上眼臉區往上調整
- 將右上眼臉區往上調整
- 將上唇區向上調整
- 將下唇區向下調整
- 將下頷區垂直向下移動



(7)悲傷、痛苦、害羞、擔憂：

- 將左眉毛區向右移動少許
- 將右眉毛區向左移動少許
- 將上眼臉區向下調整。



- 將左嘴角區向左做小幅調整
- 將右嘴角區向右做小幅調整
- 將左嘴角區向下做小幅調整
- 將右嘴角區向下做小幅調整

(8)懷疑，囁嚅，輕視，自傲

(這些表情常常不像1到7那樣的左右對稱)：

- 將左眉毛區單獨向上移動

或

- 將右眉毛區單獨向上移動

- 將左上眼臉區往上調整並

將右上眼臉區往下調整

或

- 將右上眼臉區往上調整並

將左上眼臉區往下調整

- 將左嘴角區單獨向左調整

或

- 將右嘴角區單獨向右調整

- 將上嘴唇區及下嘴唇區合攏

將漫畫式的臉部表情歸納分析後，可得到一項觀查結果：在七類表情中，除了最後一類（懷疑）以外，其他的



六類表情都是左右完全對稱的，所以，以素描的臉部中線所塑造出之臉型與漫畫式的表情表示法與具有相輔相成的效果。

茲將七類表情會使用到的部位列於下表。

漫畫區域	微笑	笑	憤怒	驚訝	憂慮	悲傷	懷疑
左眉毛區			✓	✓	✓	✓	✓
右眉毛區			✓	✓	✓	✓	✓
左眼臉區	✓	✓		✓	✓	✓	✓
右眼臉區	✓	✓		✓	✓	✓	✓
左眼珠區	*	*	*	*	*	*	*
右眼珠區	*	*	*	*	*	*	*

(續前)

漫畫區域	微笑	笑	憤怒	驚訝	憂慮	悲傷	懷疑
嘴唇區	✓	✓	✓	✓	✓		✓
嘴角區	✓	✓		✓		✓	✓
下頷區				✓	✓		

* 可單獨調整

第五章 製作的工藝

5.1 前言

本論文依據素描作畫的技巧、漫畫表現的手法、以及數學上的幾何轉換法，製作了一套用以輔助構製臉型及處理臉部表情動畫的程式。

本論文的系統設計目標有四：

- (1) 以電腦程式驗証顱骨的形狀是否可決定個人外貌的大部；
- (2) 驗證素描的輔助線，於可調整的狀態下是否仍然可行；
- (3) 驗證以局部移動漫畫區域的方式，是否可製造出各種表情；
- (4) 驗證以連續移動漫畫區域的方式，是否可製造出臉部表情之立體動畫效果。

5.2 臉部立體模型

這一節探討臉部立體模型的相關資訊，例如，模型所用的座標系統，臉部模型之三度空間座標的取得方式，以及本論文所採用的三度空間物體的表示法等。

5.2.1 世界性座標

真實世界裡的真實物體應該具有三度空間：寬度，高度及深度。因此，如果能在電腦螢幕上能夠模擬出物體的寬度，高度以及深度，則該影像就稱為三度、三維或3D的影像。這種影像在電腦繪圖上就稱為 3D 模型。而建立影像的過程則稱為模型化。

，本論文是以 X, Y, Z 座標顯示基本模型。經由座標系統的使用，即可定義出高度、寬度及深度的三度空間值。一般習慣上都用 X 軸表示橫向由左到右的維度； Y 軸表示縱向由上到下的維度；Z 軸表示由近到遠的維度。從圖 5-1 可以看出，最初的觀察點是位於 0, 0, 0 ；其中 $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$ 。所謂的觀察點 (Viewpoint) 即為觀察者的位置。

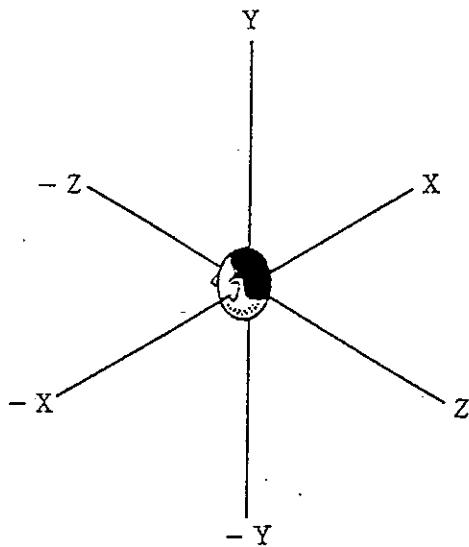


圖 5-1 XYZ 座標系統

無論使用何種形狀的模型，3D 模型上的每個重要點都可以用 XYZ 座標的集合來代表。每個 XYZ 的組合都可以表示座標系統的 3D 空間內的特定位置。因為每個 XYZ 點都位於真實世界的 XYZ 座標系統模型內，所以此座標也稱為世界性座標 (World coordinate)。

建立物體模型的第一個步驟，就定義此物體的世界性座標。這些世界性座標就是模型的基本形狀或設計方式。世界性座標也稱為絕對座標、笛卡爾座標或模型空間座標。基本上來說，世界性座標構成了模型設計時的資料庫依

據。

5.2.2 臉部模型的組成成份

如下圖所示，臉部立體模型是由許多三度空間平面所組成的不規則網狀面，其中每個平面用一個多邊形來表示，而多邊形的描述則藉端點來達成（請參閱 5.2.3 節）。

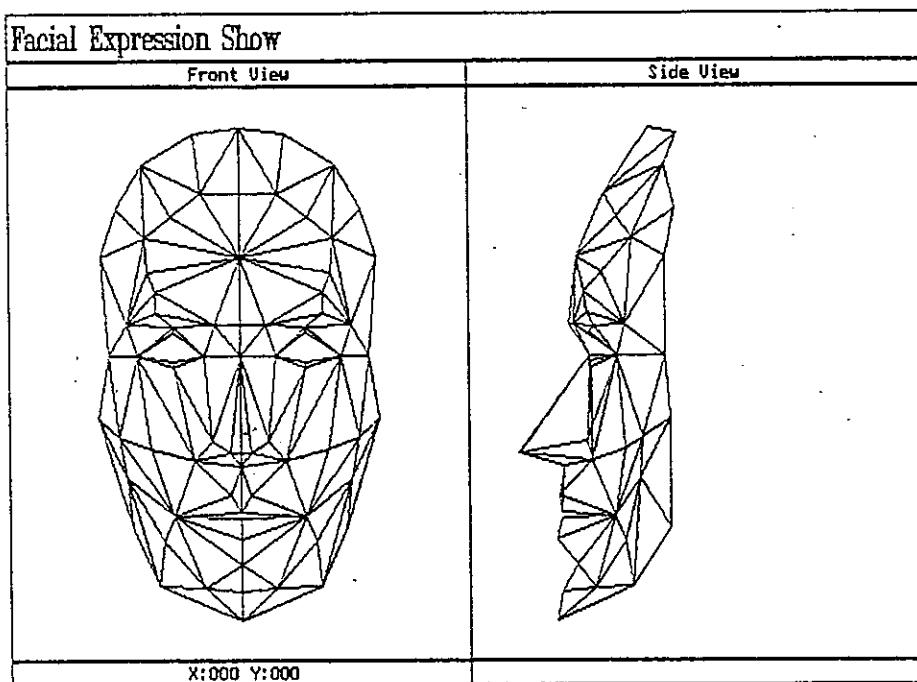


圖 5-2 臉部模型

臉部立體模型中各個端點的位置都有其重要性，而這些位置一方面是參考 [Platt and Badler 1981] [Parke 1982] [Forchheimer and Kronander 1989]，一方面由圖 5-3 觀察復加以嘗試錯誤得出的。

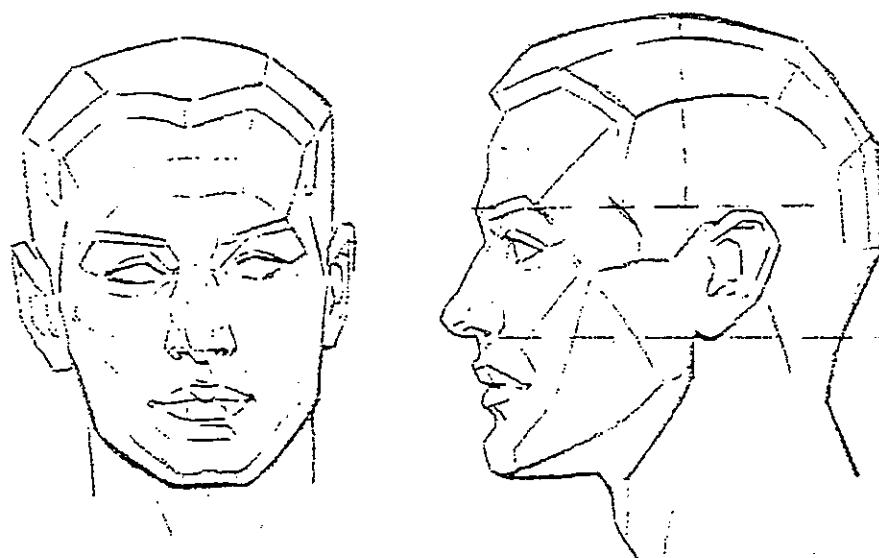


圖 5-3 臉部素描

5.2.3 多邊形網格表示法

本論文所用的三度空間物體表示法是以端點串列中的序號來定義多邊形 [Foley and Dam 1982]。此一方法中，每個端點座標的儲存，皆恰好出現一次。由於此法只儲存端點一次，空間之考量較佳。另外端點的座標值可容易修

改。不過，就另一方面而言，此一方法仍不足以簡捷地找出多邊形的共用邊，而且於繪圖時無法避免共用邊被繪出兩次。

ANIMATOR (5.4 節) 與 THREED (5.6 節) 的「物體外形定義」(.pf) 檔均採用此表示法。

使用此法時必須注意多邊形網狀模型是否連貫（一致性）；也就是說，所有多邊形是否均為封閉區域，所有的邊是否使用一次以上，但不超過某一數限，是否每個端點均至少與兩個邊有關連。

5.3 臉部漫畫區域與運動方式

4.2 節所介紹的漫畫區域是針對與臉部表情相關的部位概念性的界定；但在程式的實際製作上，必須予以釐清，而且對各區域運動的方式也必須有精確的描述。

5.3.1 眉毛區

於漫畫區域中，眉毛區分左右兩區，兩區運動方式相同，所以底下以左眉區為代表來討論。

左眉區運動方式有上移、下移、左移、右移、順時鐘或逆時鐘旋轉。移動範圍必須清晰的訂定，因此本論文用四個變數分別定義：

- (1) 上限：EYEBROW_L_U_VERT_LIMIT
- (2) 下限：EYEBROW_L_D_VERT_LIMIT
- (3) 左限：EYEBROW_L_L_HORT_LIMIT
- (4) 右限：EYEBROW_L_R_HORT_LIMIT

同理，右眉區之範圍為：

- (1) 上限：EYEBROW_R_U_VERT_LIMIT
- (2) 下限：EYEBROW_R_D_VERT_LIMIT
- (3) 左限：EYEBROW_R_L_HORT_LIMIT
- (4) 右限：EYEBROW_R_R_HORT_LIMIT

經上、下限之橫軸(與 X軸平行)與過左、右限之縱軸(與 Y 軸平行)交會形成的封閉區域即為眉毛之移動範圍(圖 5-4)。

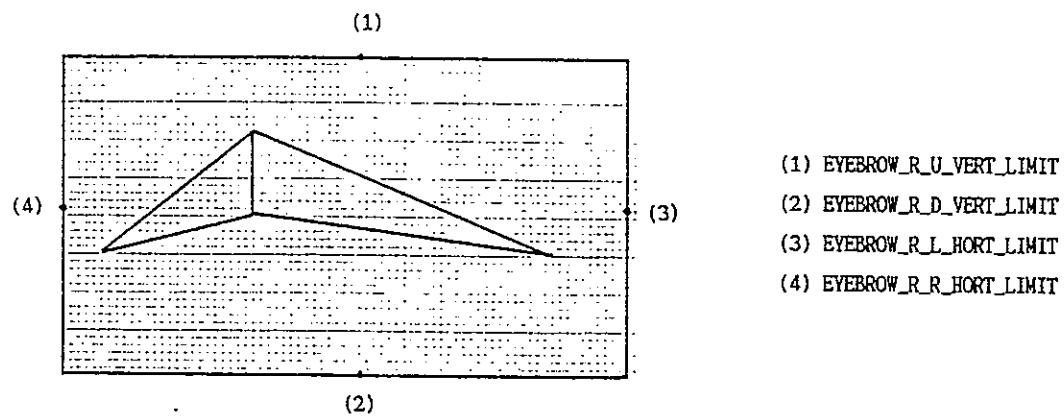


圖 5-4 眉毛區

眉毛超出範圍與否，由眉毛之最高點與最低點決定。

眉毛另一項運動為旋轉，逆時鐘旋轉之軸心(與 Z 軸平行)為眉毛最左端；順時鐘旋轉之軸心(與 Z 軸平行)為眉毛最右端。旋轉幅度則由變數 EYEBROW_ROTATE_RANGE 來決定。

本論文運用幾何轉換法中的平移與旋轉來解決眉毛區之運動問題。

5.3.2 眼臉區

於漫畫區域中，眼臉區分左右兩區，兩區運動方式相

同，所以底下以左眼臉區為代表來討論。

左眼臉區又分上、下兩區，其運動方式有上移、下移，所以移動範圍必須加以界定，因此本論文用一個變數來定義左上眼臉之上限：EYELID_LU_U_VERT_LIMIT；其下限則由下眼臉之原始位置決定(圖 5-5)。

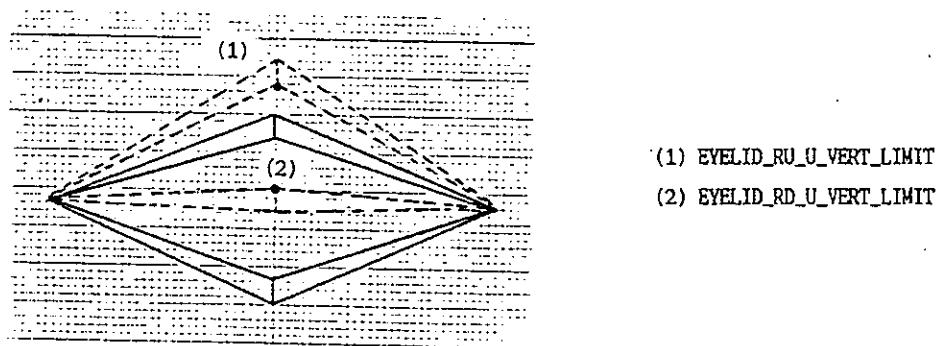


圖 5-5 眼臉區

左下眼臉之上限由變數 EYELID_LD_U_VERT_LIMIT 決定；其下限則由下眼臉之原始位置決定。

同理，右眼臉區之移動上限由下列兩個變數來決定：

(1) 右上眼臉區：EYELID_RU_U_VERT_LIMIT

(2) 右下眼臉區：EYELID_RD_U_VERT_LIMIT

眼角的位置不受眼臉移動之影響。

本論文運用幾何轉換法中的平移來解決眼臉區之運動問題。

5.3.3 眼珠區

於漫畫區域中，眼珠區分左右兩區，兩區運動方式相同，所以底下以眼珠區統稱兩者。

眼珠區運動方式有上移、下移、左移、右移。而其移動範圍由其所屬之眼臉區的原始位置決定。

本論文運用幾何轉換法中的平移來解決眼珠區之運動問題。

5.3.4 嘴唇區

於漫畫區域中，嘴唇區分上、下兩區，其運動方式有上移、下移，所以移動範圍必須加以界定，因此本論文用一個變數來定義上唇區之移動上限：LIP_U_VERT_LIMIT；其下限則由變數 LIPS_MATCH_LEVEL 來決定；此位置同時界定了下唇區之移動上限。而下唇區之移動下限則由變數 LIP_D_VERT_LIMIT 決定(圖 5-6)。

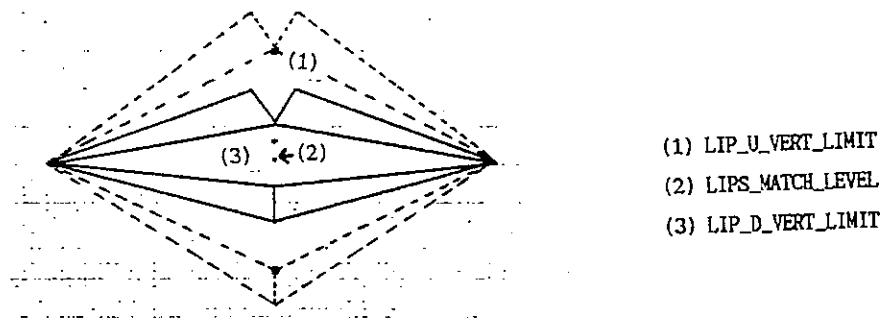


圖 5-6 嘴唇區

嘴唇區移動時，嘴角區之位置固定不動。

本論文運用幾何轉換法中的平移來解決嘴唇區之運動問題。

5.3.5 嘴角區

於漫畫區域中，嘴角區分左右兩區，兩區運動方式相同，所以底下以左嘴角區為代表來討論。

左嘴角區之運動方式有上移、下移、左移、右移。運動範圍必須清晰的訂定，因此本論文用四個變數分別定義：

- (1) 上限 : MOUTH_CORNER_L_U_VERT_LIMIT
- (2) 下限 : MOUTH_CORNER_L_D_VERT_LIMIT
- (3) 左限 : MOUTH_CORNER_L_L_HORT_LIMIT
- (4) 右限 : MOUTH_CORNER_L_R_HORT_LIMIT

同理，右嘴角區之範圍為：

- (1) 上限 : MOUTH_CORNER_R_U_VERT_LIMIT
- (2) 下限 : MOUTH_CORNER_R_D_VERT_LIMIT
- (3) 左限 : MOUTH_CORNER_R_L_HORT_LIMIT
- (4) 右限 : MOUTH_CORNER_R_R_HORT_LIMIT

經上、下限之橫軸(與 X 軸平行)與過左、右限之縱軸
(與 Y 軸平行)交會形成的封閉區域即為嘴角之移動範圍
(圖 5-7)。

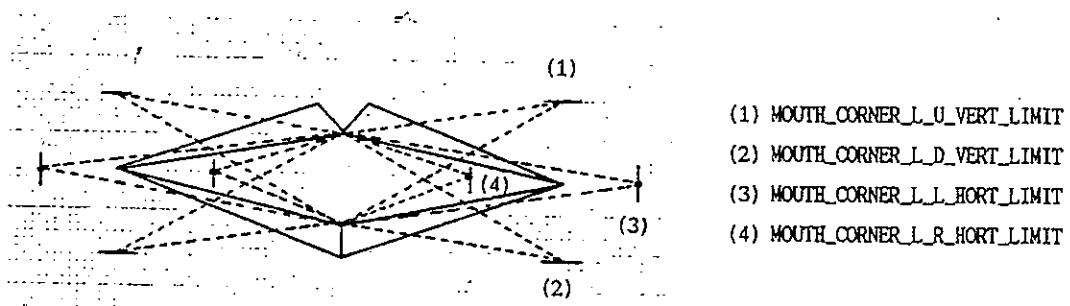


圖 5-7 嘴角區

嘴唇區受嘴角區移動之影響。

本論文運用幾何轉換法中的平移來解決嘴角區之運動問題。

5.3.6 下頷區

於漫畫區域中，下頷區之運動方式有上移、下移。移動上限由嘴唇區之變數 LIPS_MATCH_LEVEL 來決定；移動下限，則用變數 CHIN_D_LIMIT 定義。

本論文運用幾何轉換法中的平移來解決下頷區之運動問題。

5.3.7 表情之產生

運用 4.2.1 節所介紹的臉部表情與漫畫區域的關係，調整漫畫區域，即可產生各式各樣的表情。

第六章驗證此論點。

5.4 逼真影像的處理

本論文將臉部的逼真影像之處理作業交由 ANIMATOR 動畫系統去完成。ANIMATOR是由美國 Colorado 州立大學所發展出來的。這套軟體專門處理物體的逼真表現，其輸出入的部分則均以檔案的方式達成。本論文利用ANIMATOR所提供的指令，建構好所需的：

- (1)「物體描述」(.obj) 檔
- (2)「景物描述」(.scn) 檔
- (3)「物體外形定義」(.pf) 檔
- (4)「多邊形色彩」(.pcl) 檔

作為其輸入，ANIMATOR即依據這些檔案中所定義的參數值對臉部做繪影、表面紋理、透明度等效果的處理後，產生「影像」(.ras)檔，最後再透過psout程式將.ras 檔的內容呈現於影像顯示幕上[Fitzzhorn and Johnson 1987]。

ANIMATOR的工作，主要分為「景物分析」和「物體逼真影像處理」兩階段[Fitzzhorn and Johnson 1987]：

(1) 景物分析：

此階段的目的是將景物中所有的物體，依其大小、距觀測點的距離遠近，以掃描線演算法(Scan-

line algorithm)賦予每個物體等級(Priority)，同時也根據觀察點的位置與及視界(Viewport)的大小，將物體做適當的觀測轉換(viewing)以及修裁(Clipping)等。

在物體的排序上，則是根據「重疊」(Overlay)與「等級與分隔性」(Priority and Separability)等測試，來決定物體彼此的先後順序關係，同時據此定出物體的優先權，以便提供給第二階段使用。

(2) 物體逼真影像處理：

這個階段則是根據第一階段分析後所得到的資訊，對物體進行描影、表面紋理、透明度、Anti-aliasing、和亮度等逼真表現的處理。

5.5 動畫處理

本論文處理臉部動畫的方法採用2.3.1節所介紹的「三維主構架系統」，簡言之，電腦依據兩個主構架，再按某種演算法，求出其間之中間構架(Inbetweens)。本論文使用線性(Linear)方式，間隔取樣，以獲得其餘構架所需

的位置資訊。最後將產生的每一個構架以 .pf 檔的型式遞交給 ANIMATOR (5.4節) 去進行逼真影像的處理。

5.6 系統架構與作業環境

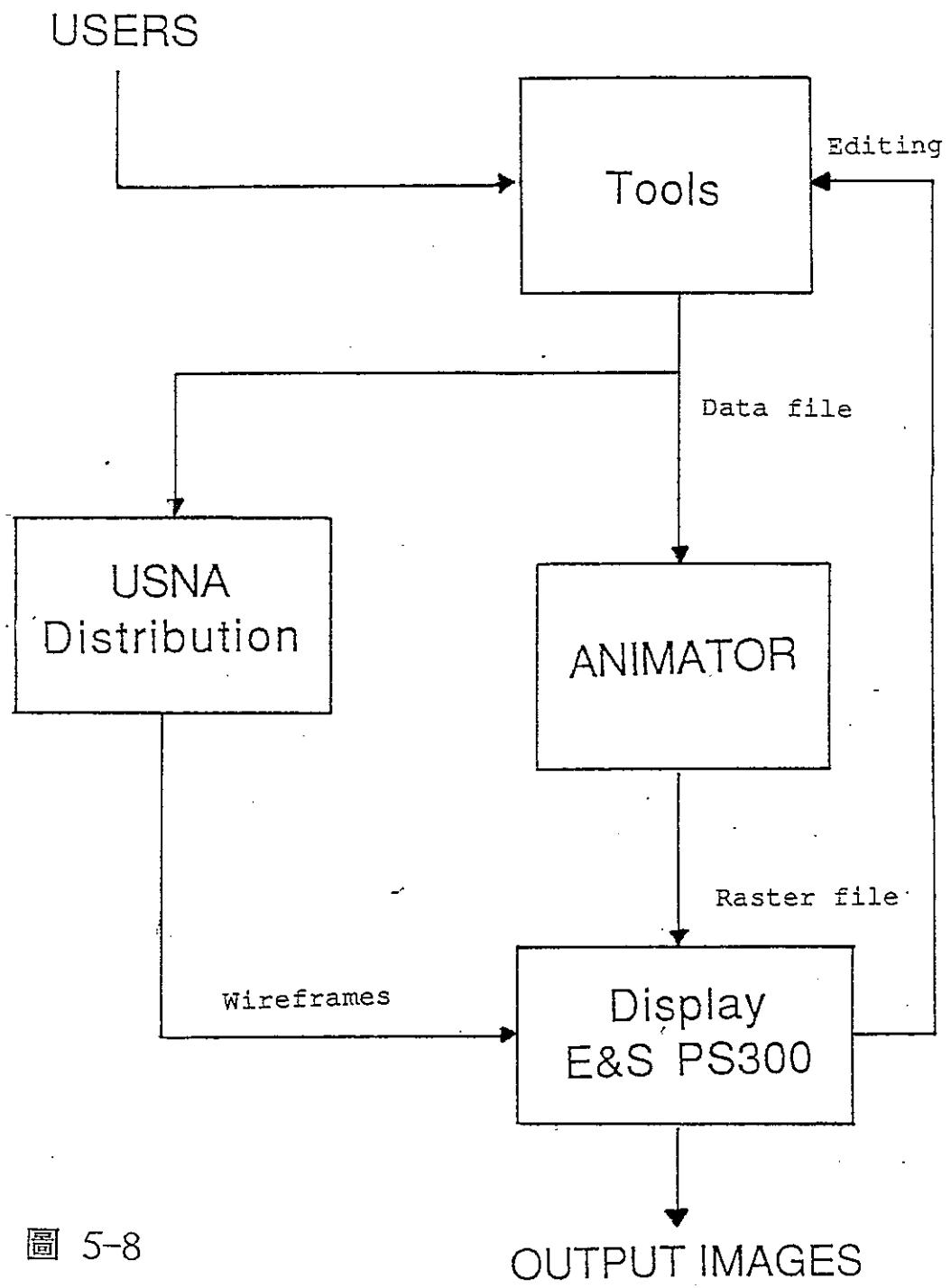
這一節介紹本論文於臉部動畫製作上的整體系統架構(圖 5-8)，以及使用的軟、硬體系統。

本系統可分為三個部分：

- (1) 臉部資料的產生
- (2) 影像的顯示等
- (3) 動畫影像的產生

本論文以 PC/AT 個人電腦上的程式負責產生臉部圖形的立體資料，然後將此資料經網路傳至 VAX 11/750 迷你電腦的 Ultrix，或是 SUN 工作站上的 UNIX 等作業系統下，再使用 ANIMATOR 軟體來進行動畫影像的產生。最後的影像顯示部份，則是透過 Evans & Sutherland 公司的 PS390 彩色繪圖工作站顯示出來。

此外，可於 Ultrix 作業系統下，使用由美國海軍學院(USNA) 所發展的線構架塑形系統(USNA Distribution) 中的 THREED 程式觀看臉部的線構架立體圖形。



SYSTEM STRUCTURE

5.7 驗證用的工具

本論文為了方便觀察臉部的圖形資料之差異，設計了一個工具，其功能有二：一為觀察某個臉部圖形的正視圖與側視圖(如圖 5-2)；一為同時觀看兩個臉部圖形的正視圖(如圖 5-9)。第六章的圖像即用此工具產生。

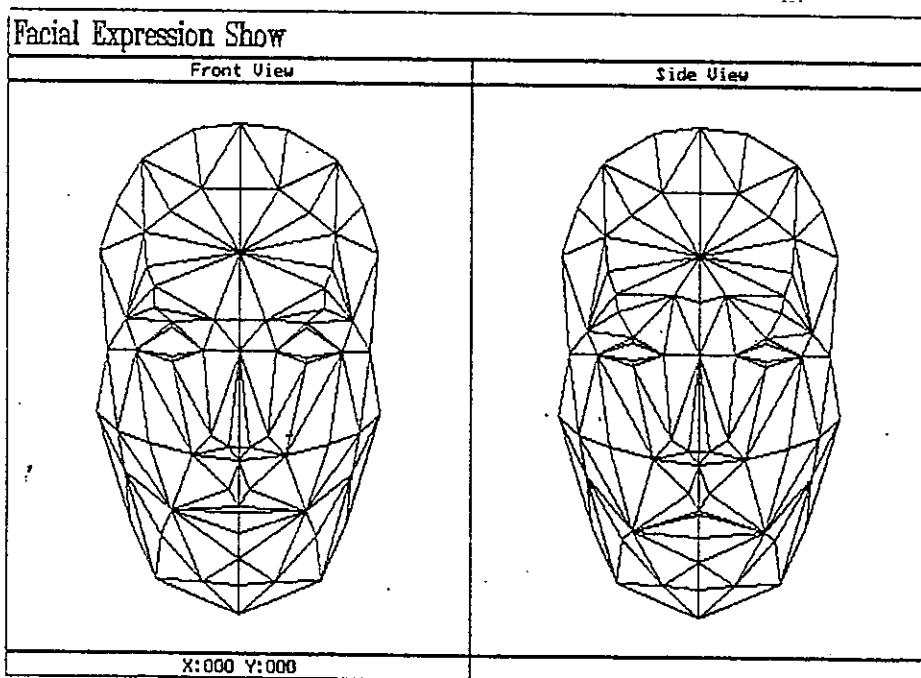


圖 5-9 不同表情比較圖

第六章 系統之測試結果

本論文於系統設計階段時欲驗證的目標有四：

- (1) 以電腦程式驗証顱骨的形狀是否可決定個人外貌的大部

從素描的眼光來看，最常見的顱骨計有：方頭、圓頭、寬頭以及窄頭。以下即為電腦程式結果與素描圖像的比對。

方頭：

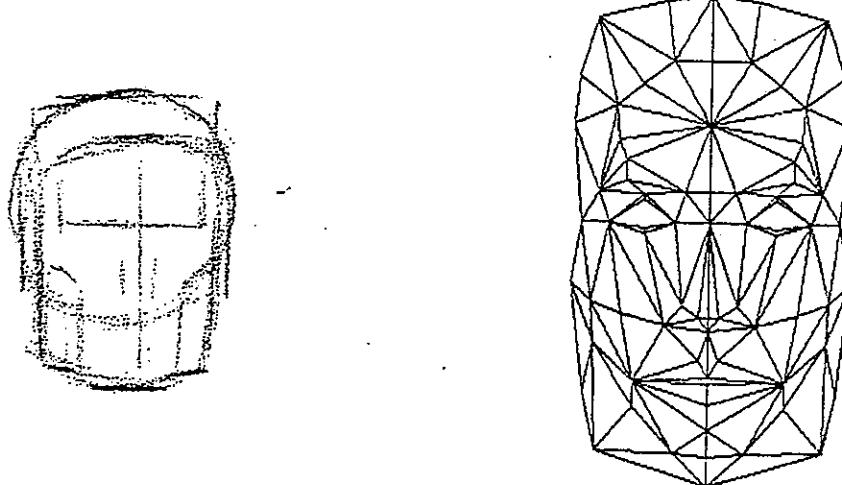


圖 6-1 電腦程式結果與素描圖像的比對(方頭)

圓頭：

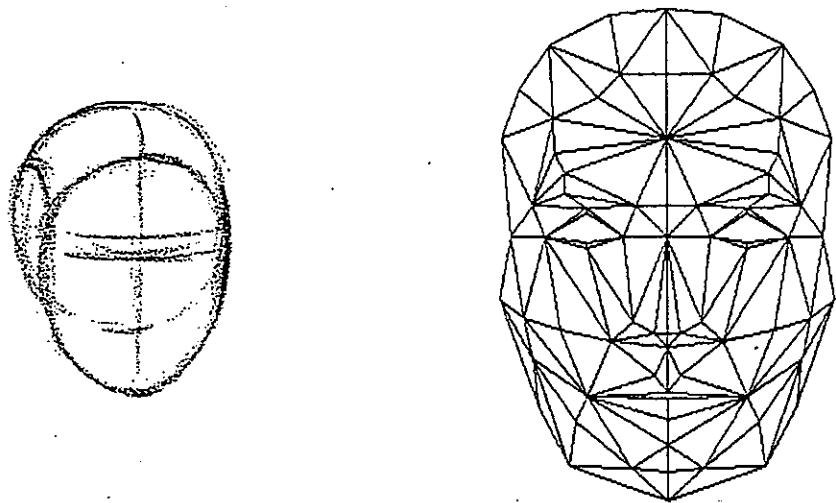


圖 6-2 電腦程式結果與素描圖像的比對(圓頭)

寬頭：

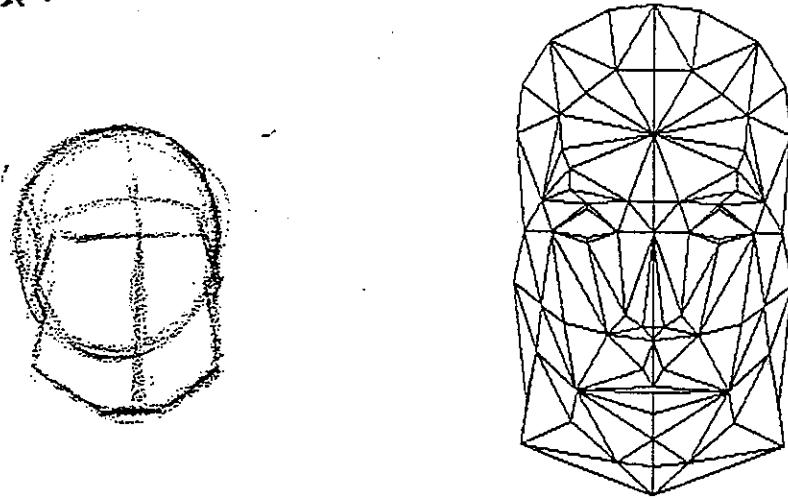


圖 6-3 電腦程式結果與素描圖像的比對(寬頭)

窄頭：

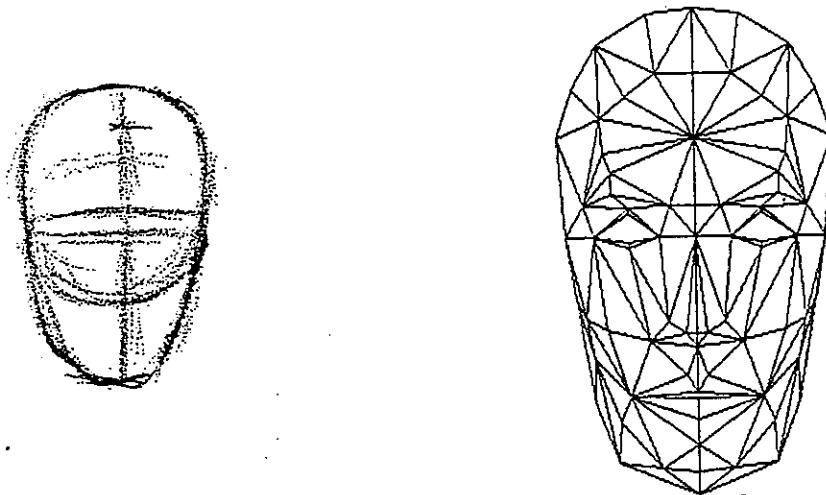


圖 6-4 電腦程式結果與素描圖像的比對(窄頭)

經由比對以上的圖片，可以獲至第一項結果：顱骨的形狀確實可決定個人外貌的大部。除此之外，由於電腦本身提供了複製資料的能力以及調整資料的功能，所以用電腦輔助塑製人類的臉型時，可直接將現有的臉部塑型檔叫出並予修改。此與電腦輔助設計的觀念是相同的。

(2) 驗證素描的輔助線，於可調整的狀態下，是否仍然可行

在素描中繪製臉部時，對不同年齡的人必需使用不同

比例的輔助線，以下即為電腦程式結果與素描輔助線的比對。

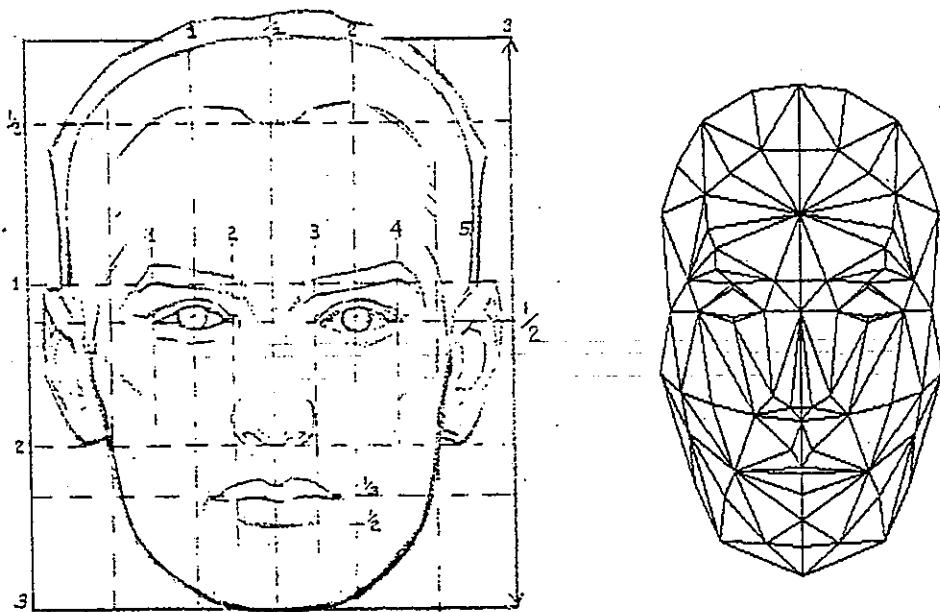


圖 6-5 繪製成人臉部的輔助線與
電腦程式結果的比對

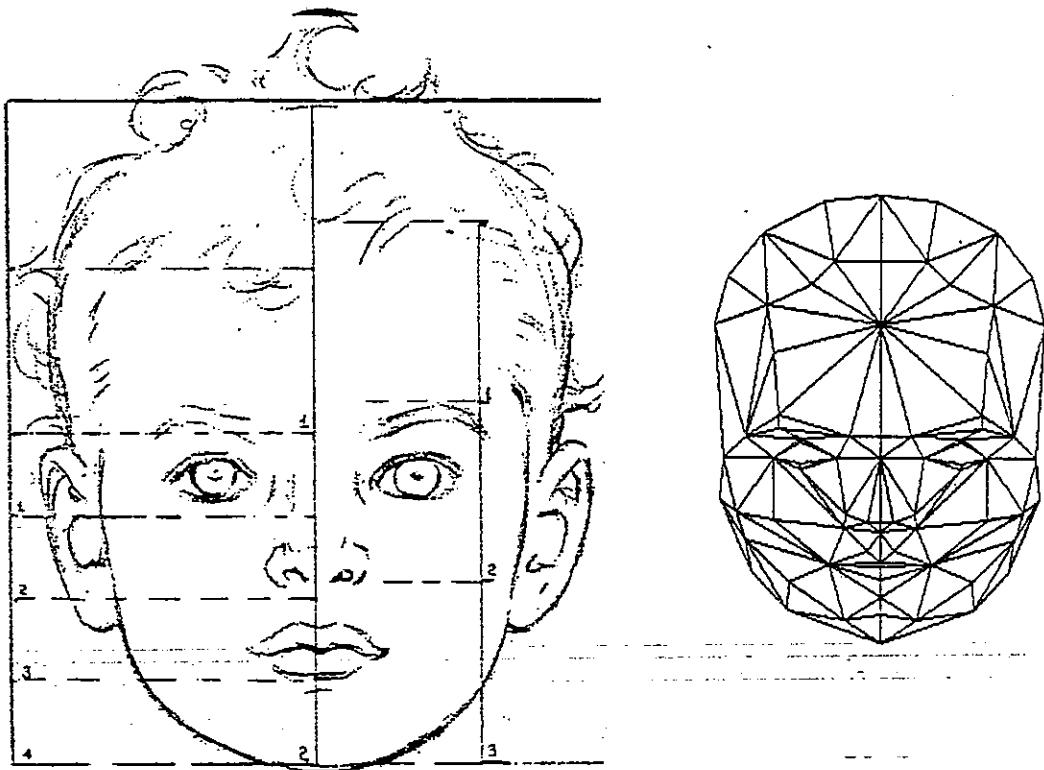


圖 6-6 繪製兒童臉部的輔助線與
電腦程式結果的比對

經由比對以上的圖片，可以獲至第二項結果：素描的輔助線，於可調整的狀態下依然可行。除此之外，由於電腦具有快速顯示資料的能力，因而可以將某一年齡層的臉型以動畫的方式在顯示器上將之逐漸演化成另一年齡層的臉型。

(3) 驗證以局部移動漫畫區域的方式，是否可製造出各種表情

在以漫畫手法繪製人類臉部表情時，會先將人類的臉部分成九個漫畫區域，然後再將代表某一表情的形狀逐一填入各漫畫區中。以下即為使用電腦程式局部移動漫畫區域所製造出：代表人類六種主要情緒的表情平常心（標準臉型）。

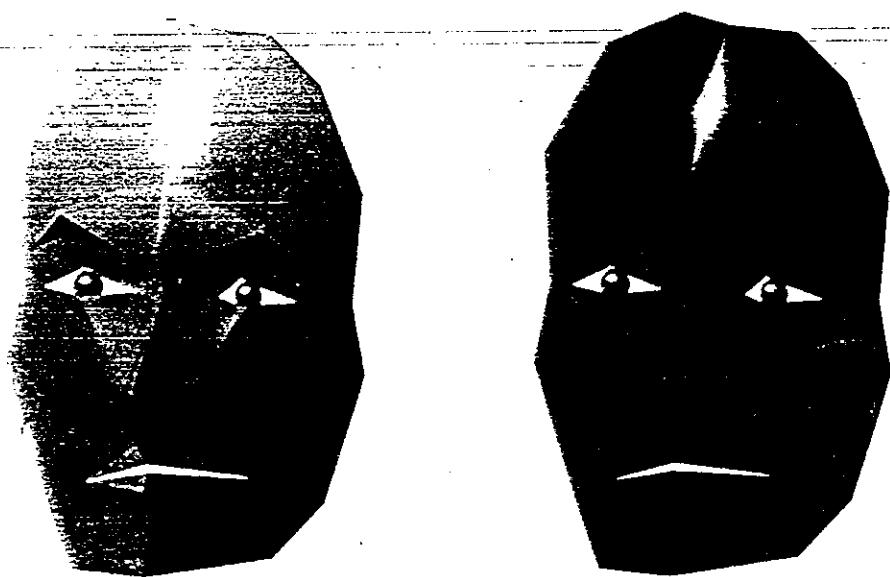


圖 6-7 電腦程式的結果：

平常心（標準臉型）

1. 喜悅，快樂的表情

(以下表情的表示法，請參閱 4.2.1 節及 5.3 節)

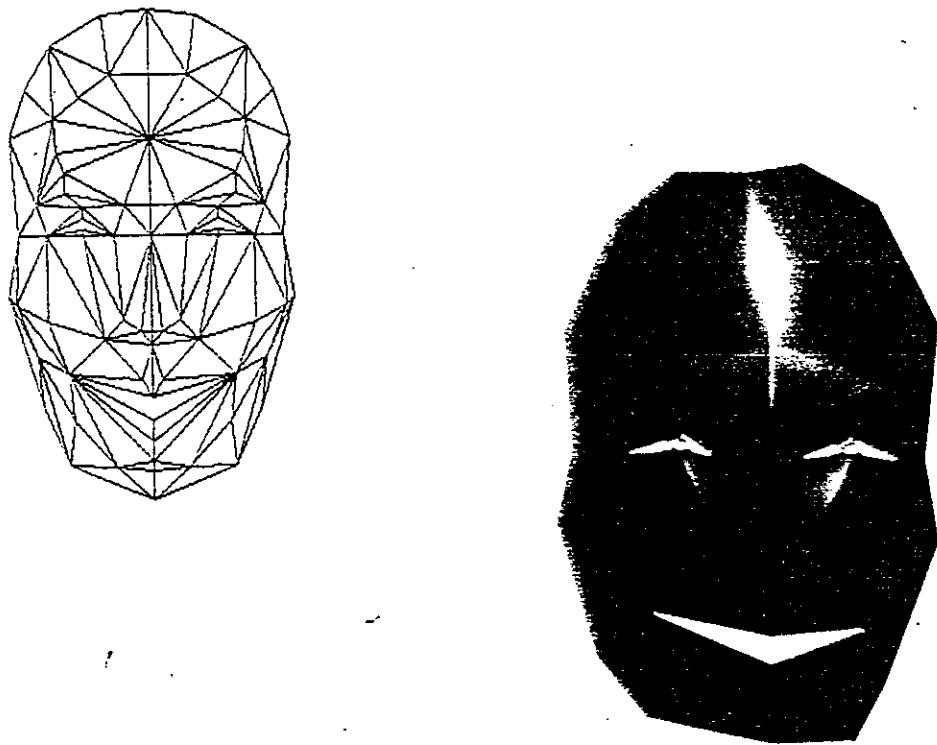


圖 6-8 電腦程式的結果：

喜悅，快樂的表情

2. 生氣的表情

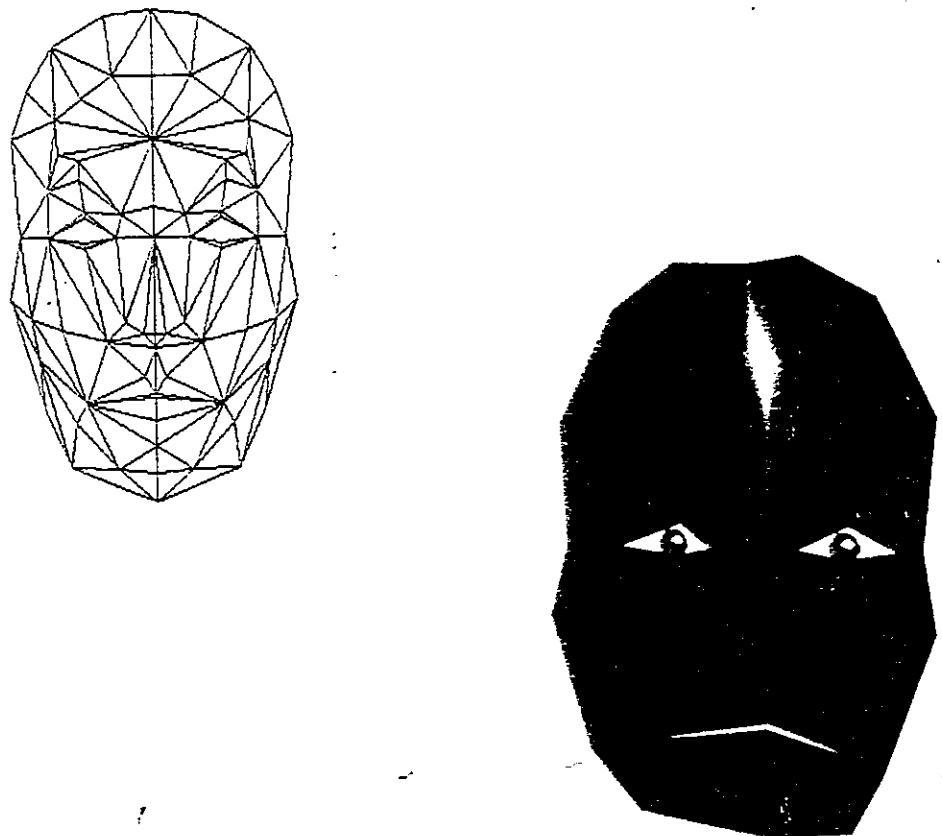


圖 6-9 電腦程式的結果：
生氣的表情

3. 驚訝的表情

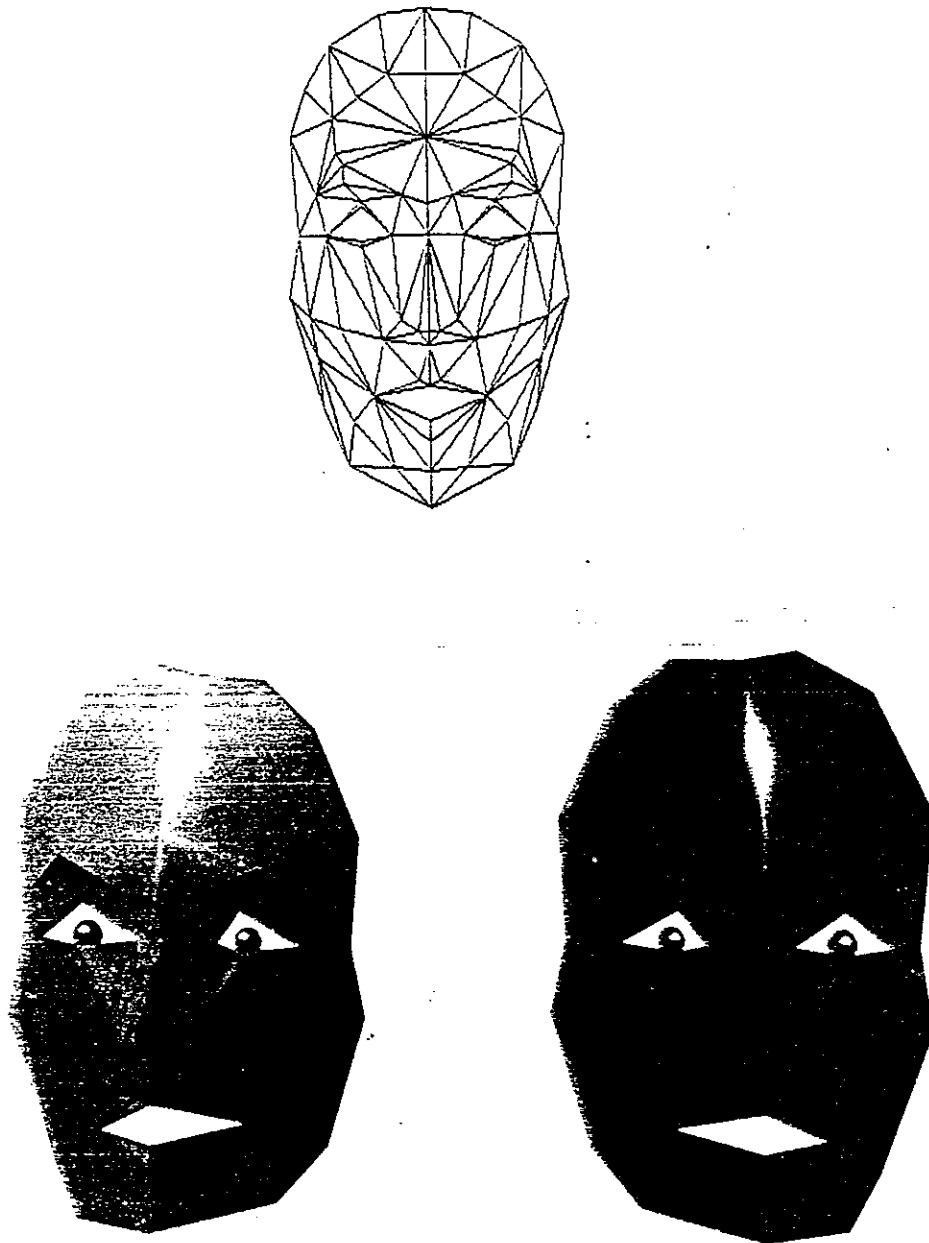


圖 6-10 電腦程式的結果：

驚訝的表情

4. 懼怕的表情

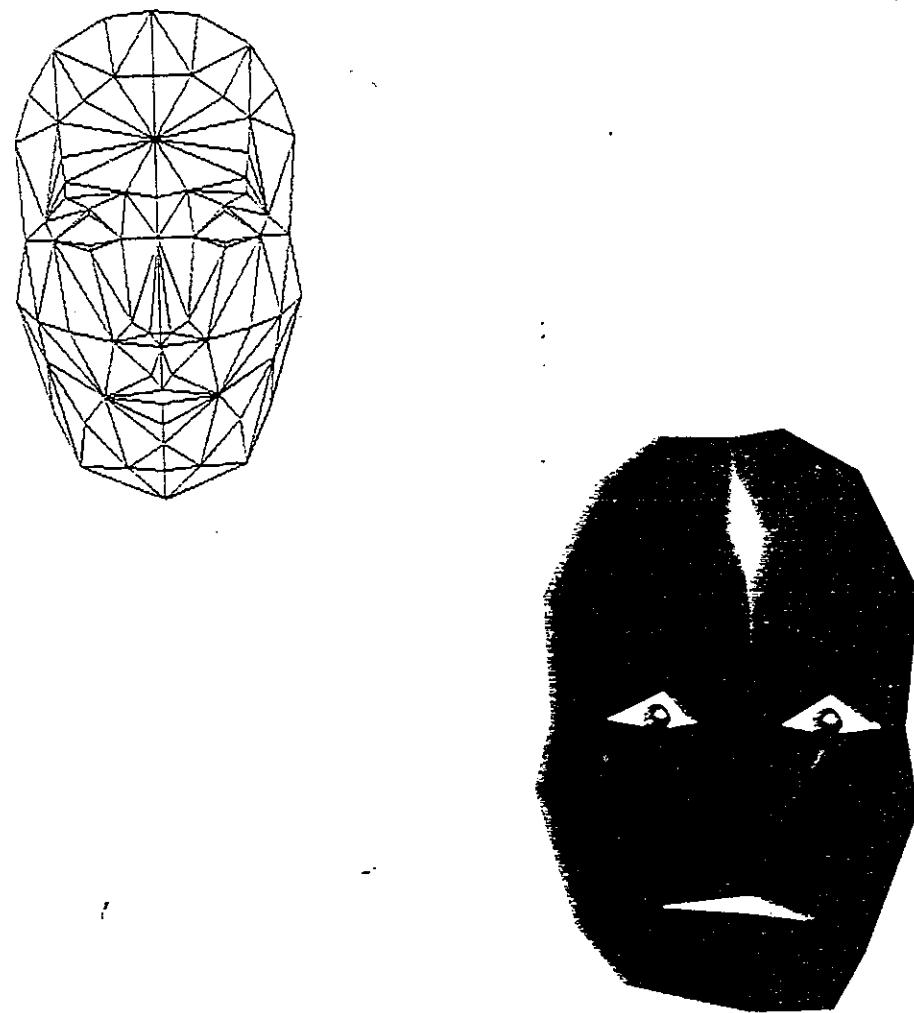


圖 6-11 電腦程式的結果：

懼怕的表情

5. 憂傷的表情

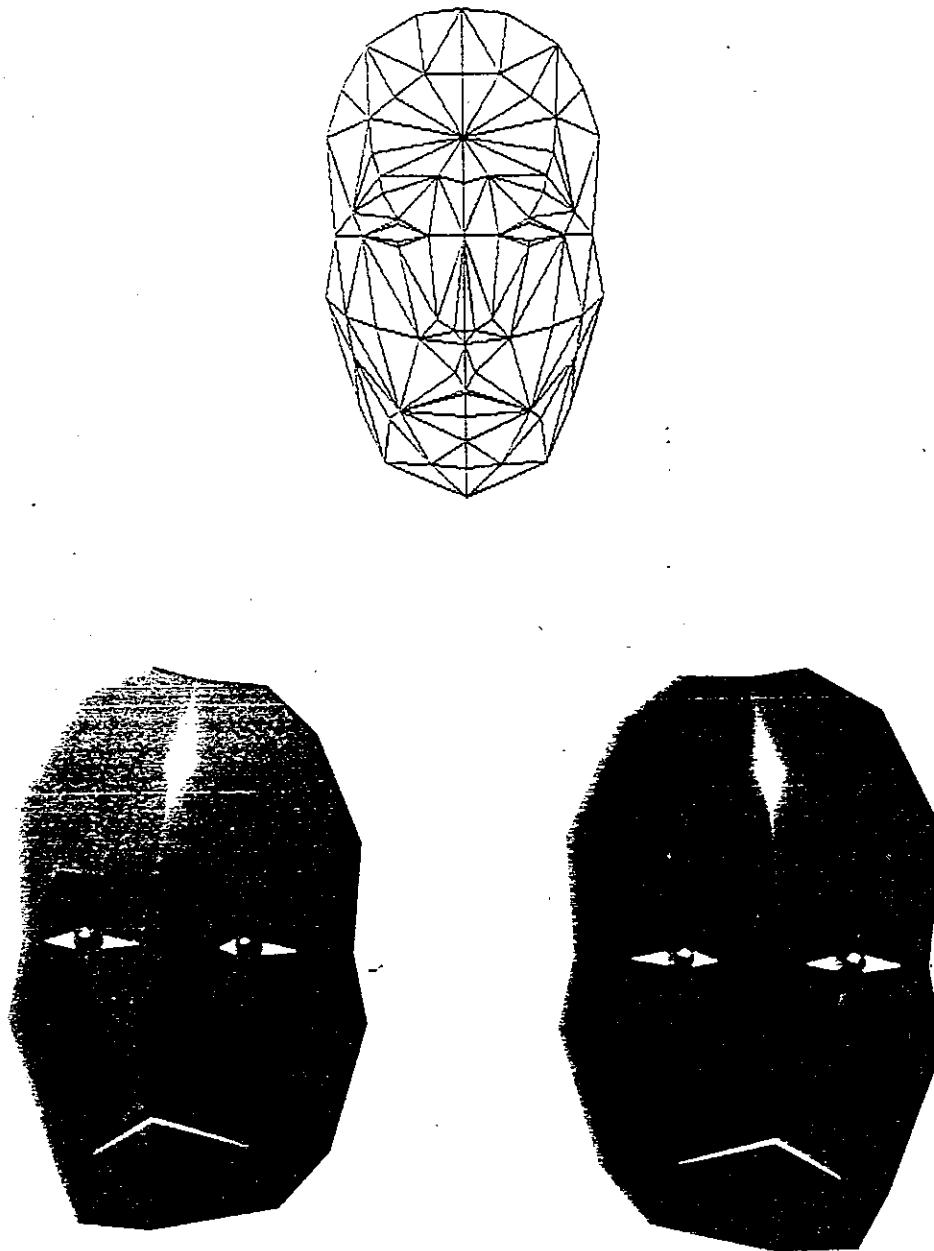


圖 6-12 電腦程式的結果：

憂傷的表情

6. 討厭，懷疑的表情

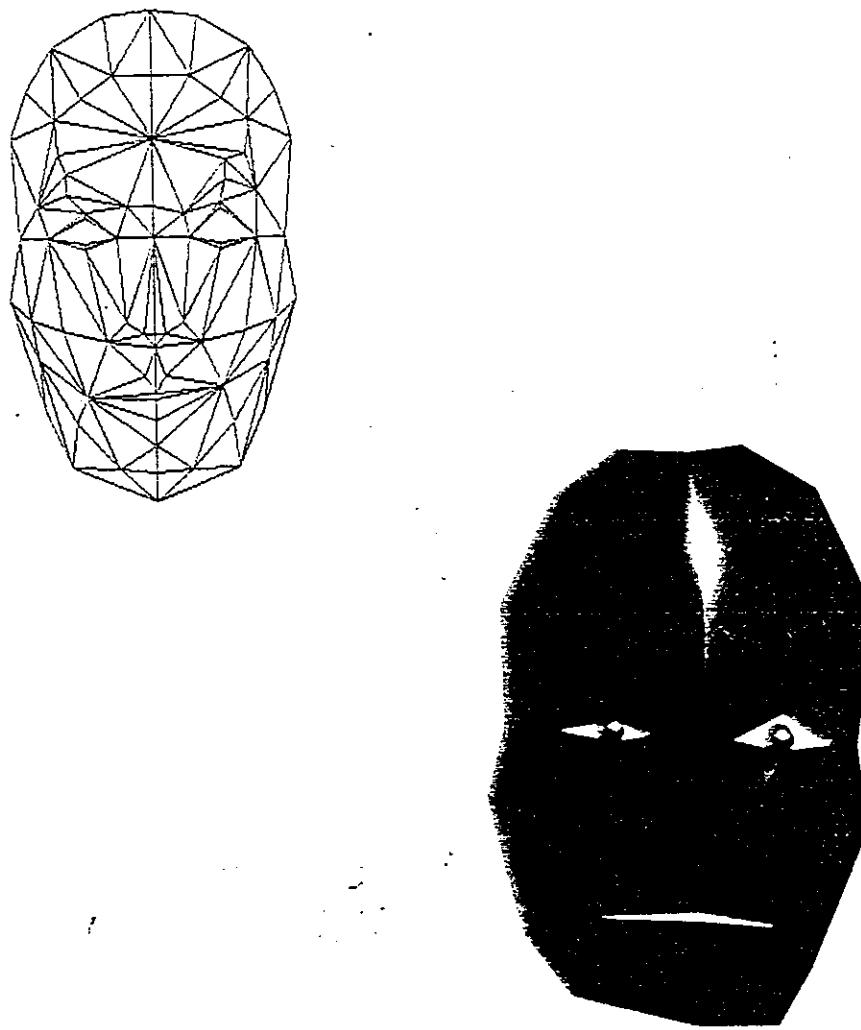


圖 6-13 電腦程式的結果：

討厭，懷疑的表情

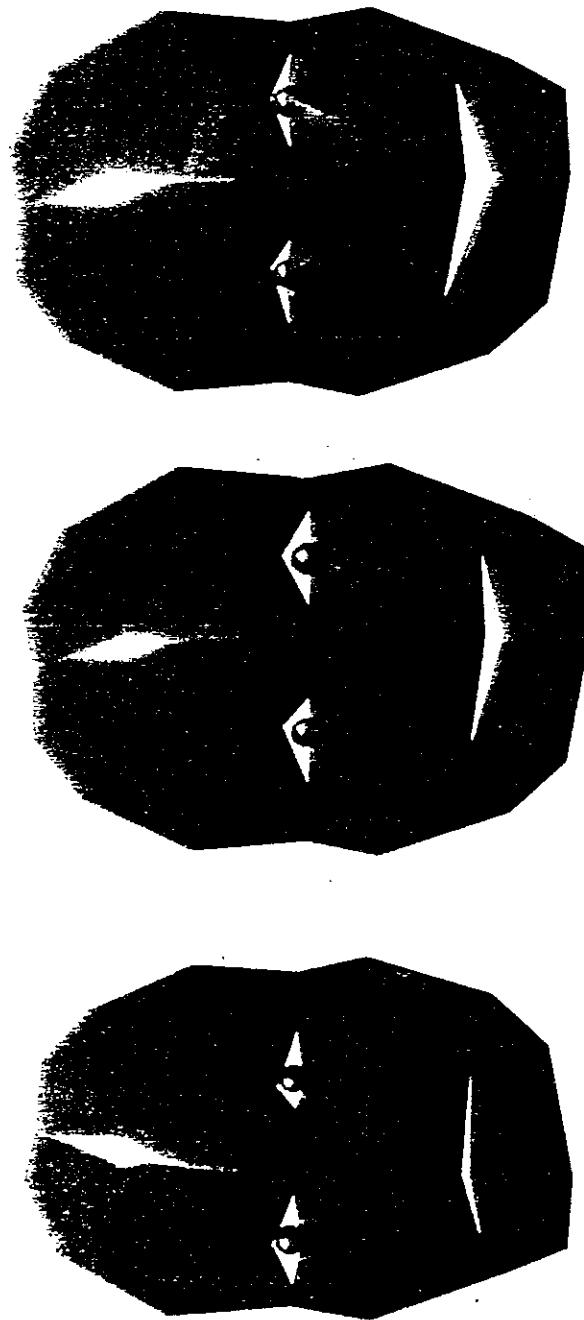
經由比對以上的圖片，可以獲至第三項結果：以局部移動漫畫區域的方式，確實可以製造出各種表情。除此之外，由於此種做法導源於藝術，所以此法不但可造出各種反應情緒的表情，更而甚之還可製作出漫畫式的誇張表情。

(4) 驗證以連續移動漫畫區域的方式，是否可製造出臉部表情之立體動畫效果

製作動畫的原則是在一秒鐘內依次連續的顯示 24 張或 24 張以上的畫面。由於此一部份無法表現於靜態的紙面上，故動態實例部份從缺，而以靜態圖像代表動態的實例(請參見圖 6-14)。

經由實驗的觀查，可以獲至第四項結果：以連續移動漫畫區域的方式，確實可以製造出臉部表情之立體動畫效果。

圖 6-14 電腦程式的結果
以靜態的圖像代表臉部表情之立體動畫效果



6-14

第七章 結論與展望

在電腦繪圖的領域中，過去有關製作臉部塑形及製作表情的探討，大致可分為三類：

(1) 以生理解剖學的研究結果為出發點：

例如：Platt 與 Badler 以模擬肌肉及皮膚的方式來塑製臉型 [Platt and Badler 1981]。

(2) 以經過整合的真實資料為出發點：

例如：Parke 以照片做為塑製臉型的基礎 [Parke 1974]。

(3) 以數學表示法為出發點：

例如：Nahas 以 B-Spline 近似曲面來構做臉部的塑型 [Nahas 1988]。

本論文就塑製臉部外形部份，提出了一新的觀點：以素描的輔助線、基本量度法及簡易平均比例法為出發點來構製臉部的外型。

使用素描的觀點來製作臉部的外形，其優點在於：

(1) 基本的輔助線法、量度法以及平均比例法既簡單又易於瞭解；

- (2) 使用量度法以及平均比例法以提供構製臉型的基本規範，可減少於製作臉型時嘗試錯誤的次數；
 - (3) 使用量度法以及平均比例法可提供臉型演化（自某一個年齡層演化至另一年齡層）的功能；
 - (4) 使用量度法以及平均比例法無需使用深奧的數學理論，可降低撰寫程式的難度及計算的複雜度；
 - (5) 對調整頭部的外型(例如：將方頭調整成圓頭)，提供了良好的彈性空間；
 - (6) 於調整臉部外型時，無需添增臉部塑型控制點。於製作臉部表情部份，本論文引用了漫畫區域的觀念，使用此一觀念來製作臉部的表情，其優點在於：
 - (1) 漫畫區域的觀念既簡單又容易瞭解；
 - (2) 與模擬肌肉的模型同出一源，可製造出相似的效果而免去了肌肉模型的複雜度與難度；
 - (3) 以調整漫畫區域製作表情時，可預見調整後的效果；
 - (4) 無需使用深奧的數學理論，可降低撰寫程式的難度及計算的複雜度；
 - (5) 對表情的調整提供了良好的實驗空間。
- 本論文的重點在於提出塑製臉型、表情的新觀點，並

對此一觀點的可行性予以驗證。於驗證的過程中，又發覺了一個新的課題：觀眾對逼真程度的認可。此一問題涉及人類認可事物之方式及觀察物體之心理觀感。例如：素描大師 Loomis 曾經說過「不要過份暈染牙齒，或在牙齒與牙齒間畫線 ... 牙齒往往只需要略畫其大體，不需要細節的描繪——除非你是賣牙膏」[Loomis 1986]，這也就是說當在塑製臉型時，如果在牙齒部份以模擬實體的方式來表現，可能反而會破壞了臉型逼真的程度。由於這類型的問題已超出本文所探討的重點，故此點尚待後人做進一步的研究。

參考文獻

Blum [1979]

Richard Blum,

"Representing Three-Dimensional Objects in Your Computer,"

BYTE, May 1979, pp.14-29.

Catmull [1979]

E. Catmull,

Tutorial on Compensation tables,

Computer Graphics, 13, pp.1-7.

Ekman [1982]

Edited by Paul Ekman

Emotion in the human face (Ed.), 2nd ed.

Cambridge University Press,

New York, 1982, pp.39-55.

Fitzzhorn and Johnson [1987]

Patrick Fitzhorn and Gearold Johnson,

User's Manual for the ANIMATOR,

Colorado State University, Ft. Collins, 1987.

Foley and Dam [1982]

J.D. Foley and A.Van Dam,
Fundamentals of Interactive Computer Graphics,
Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1982.

Forchheimer and Kronander [1989]

Robert Forchheimer and Torbjorn Kronander,
"Image Coding -- From Waveforms to Animation",
*IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal
Processing*, Dec. 1989, pp.2008-2023.

Hanrahan and Sturman [1985]

P. Hanrahan and D. Sturman,
"Interactive animation of parametric models,"
Visual Computer, Vol.1, pp.260-266.

Loomis [1986]

Andrew Loomis,
Drawing the Head & Hands,
Mayfield Publishing Company, New York, 1986.

Nahas and Huitric and Saintourens [1988]

Monique Nahas, Herve Huitric, and Michel
Saintourens,
"Animation of a B-Spline figure,"
The Visual Computer 3(5), 1988, pp.272-276.

Parke [1972]

Frederic I. Parke,
"Measuring Three-Dimensional Surfaces with
a Two-Dimensional Data Tablet,"
Computer & Graphics, Vol. 1, pp. 5-7, 1972.

Parke [1982]

Frederic I. Parke,
"A Parameterized Models for Facial Animation,"
IEEE CG&A, Nov. 1982, pp. 61-68.

Platt and Badler [1981]

Stephen M. Platt and Norman I. Badler,
"Animating Facial Expressions,"
Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '81),
Aug. 1981, pp. 245-252.

Reynolds [1982]

C. W. Reynolds,
"Computer Animation with Scripts and Actors,"
Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '82),
Aug. 1982, pp. 289-296.

Smith [1983]

Alvy Ray Smith,
"Digital Filmmaking,"
Abacus, Vol.1, No.1, pp.28-45, Springer-Verlag, 1983.

Thalmann [1985]

Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann,
Computer Animation: Theory and Practice,
Springer-Verlag, Tokyo Berlin New York, 1985.

Thalmann [1987]

Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann,
"The Direction of Synthetic Actors in the Film
Rendezvous a Montreal,"
IEEE CG&A, Dec. 1987, pp. 9-19.

Thalmann [1989]

N.Magnenat-Thalmann, H.T.Mihm, M.de Angelis,
and D.Thalmann,
"Design, Transformation and Animation of Human
Faces,"
Visual Computer, Vol.5, pp.32-39, 1989.

Waters [1987]

Keith Waters,

"A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial Expressions,"

Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '87),

July 1987, pp.17-24.

Watt [1989]

Alan Watt,

Fundamentals of Three-Dimensional Computer Graphics,

Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1989.

手塚治蟲 [1984]

手塚治蟲 編著

人物のマニガ入門

旺文社，1984.

詹遠華 [1988]

詹遠華 著

人體基礎解剖生理學

大學圖書出版社，1988.

視覺美學會 [1988]

視覺美學會 主編，蔡金蓉 編譯

卡通製作技巧

武陵出版社，1988.

任東明 [1989]

任東明 編著

人物漫畫入門，第八版

武陵出版社，1989.