

# 小狗移動的3D模擬及分析

## 高中組應用科學科第三名

台灣省立新竹高級中學

作者：林建良、郭智誠、楊智傑、郭宇軒  
指導教師：謝迺岳

### 一、研究動機

在日常生活中，常常看到許多四足動物移動的方式大致上相似。然而我們懷疑這種移動方式是否對平衡有利，且節約能量，於是想利用電腦3D繪圖的技術來分析證明之。

### 二、研究目的

- (一)設計一套有效而經濟的設備以方便進行圖像分析研究。
- (二)以小狗為對象探討四足動物在移動時是否一直維持重心在同一高度。

### 三、研究設備

- (一)兩部攝影機
- (二)Video Saviour影像擷取卡
- (三)PC電腦一台
- (四)小狗
- (五)Turbo C v2.0
- (六)Microsoft MASM v5.1
- (七)Microsoft Windows v3.1

### 四、研究過程

- (一)使用兩部攝影機在垂直方向同步拍攝小狗的移動。
- (二)將影像經影像擷取卡呈現在電腦螢幕上，並抓取成動畫檔。
- (三)利用程式將動畫檔每一個frame抓下來存成圖形檔，再用所寫的程式，把小狗各部位的參考座標抓取出來。
- (四)將抓取的小狗座標交給電腦運算出一些動作的資料。
- (五)撰寫3D繪圖程式，把小狗的移動過程描繪出來。
- (六)計算小狗各部位的重心及整體重心，並描繪整體重心移動的軌跡。

(七)比較小狗各部位的運動所作的功，並探討小狗在移動過程中所耗費的能量。

## 五、實驗結果

(一)研究對象的小狗其各部位資料如下：

小 狗 元 件	上底面 積半徑 (cm)	下底面 積半徑 (cm)	圓台柱 高(cm)	圓角錐 高(cm)	圓台柱 體積 (cm <sup>3</sup> )	圓角錐 體積 (cm <sup>3</sup> )	圓角錐 質心座 標	圓台柱 質心座 標	整個圓 角錐質 心座標
口至頭	2.2	2.2	4.5	0	0	0	0	2.3	0
頭至頸	4.1	2.2	6.5	7.5	208.7	38.1	8.3	2.6	3.5
頸至胸	3.5	3.5	11.0	0	208.7	0	0	5.5	3.5
胸至腰	5.4	5.2	9.0	234.0	794.3	6625.9	67.5	4.4	60.7
腰至腹	5.2	5.2	9.0	0	794.3	0	0	4.5	60.7
腹至尾	5.8	5.2	10.0	86.6	951.2	2454.0	31.6	4.8	24.2
前大腿	1.9	1.9	6.0	0	951.2	0	0	3.0	24.2
前中腿	1.9	1.7	6.0	51.0	61.1	154.3	18.7	2.9	14.3
前小腿	1.7	1.2	4.0	9.6	26.6	14.4	6.4	1.8	3.4
前腳掌	1.2	1.1	4.0	44.0	16.6	55.7	15.0	1.9	12.0
後大腿	2.5	2.2	8.0	58.6	138.9	297.3	22.6	3.8	16.7
後中腿	2.2	1.9	8.0	50.6	105.8	191.5	20.6	3.8	14.7
後小腿	1.9	1.3	5.0	10.8	40.6	19.1	7.7	2.2	4.0
後腳掌	1.3	1.3	2.5	0	40.6	0	0	1.3	4.0

(二)儀器組裝完成，程式運作順利。

(三)發現小狗在移動過程中，其重心上下晃動程度不會超過5%，對小狗整體而言可以說是省能量的移動方式。

(四)程式具有讓小狗的3D圖樣任意轉向、調速及放大縮小等功能，以方便觀察小狗的細部動作。

## 六、討 論

(一)小狗重心計算方面：

1.小狗各部位的重量不容易計算出來（因為不可能肢解小狗）所以採用的方法是假設小狗全身密度均勻，而用平均密度乘上各部位體積以逼近。

2.本研究爲了求出小狗的質心，使用了圓錐體去逼近小狗的體積，再推出一些公式求小狗的質心，實際用排水法所得小狗體積爲3648立方公分，而圓錐體逼近的體積爲3682立方公分，非常接近，所以所求出的小狗質心的位置也是接近準確。

3.在分析小狗參考座標的過程中，會有不可避免的誤差，如小狗的腿在移動的前後，前腿和後腿重疊了，對分析出來的座標可能會有些許影響。

(二)在程式方面：

1.在建立3D系統時，把小狗的身體、大腿和小腿立體的外觀形狀先內建成一個資料檔存下來，這樣在繪圖時可以比較美觀。本程式在動畫播放時，小狗的大腿、小腿和身體，都是連接起來的，所以分析座標時，就只要分析關節點的座標即可。

2.爲了加速程式，使用了一些運算技巧，如：

(1)旋轉視點所用到的三角函數值，皆事先算好而建立成表格。

(2)不使用浮點數運算，如：乘上0.8可改成乘上8再除以10，後者因爲是使用整數運算，所以即使是兩個步驟，還是比浮點數運算的一個步驟快。另外三角函數表也是一樣先變成整數，要使用時，再除回來。

(3)把旋轉視點和透視投影和途角函式皆用組合語言改寫成函式庫，再和主程式連結起來，因爲組合語言是非常快的，所以主要是速度瓶頸的地方用它改寫，就可以提昇整體速度。

(三)小狗的移動模式：

首先，小狗抬起左前足，此時另外的三隻腳成一平面，能使身體平穩；當左前腳著地時，右後腳馬上抬起，這時另三腳又成一平面；當右後腳又著地時，輪到右前腳抬起，而當此腳落地時，左後腳又抬起；如此形成一個週

期性的運動。我們發現小狗通常只有一隻腳在空中，其餘三腳總是成一平面，能使身體穩定，如此它的重心才不會在鉛直面上晃動。但仔細觀察時，發現它會在某一腳快著地時，下一腳已經抬起，或許這樣能使它的動作較為流暢，也能減少因為停頓而損耗的動能，而節約能量。

## 七、結 論

- (一) 小狗移動時，重心上下偏移量在5%以內證實移動方式是節約能量的。
- (二) 就儀器上來說，本研究的設計是以攝影機+影像擷取卡+PC等設備來研究小狗的移動，應用上發現不僅設備操作簡單，再加上本程式具有GUI人機介面，極易使用，所以整體上是相當有效的。
- (三) 本程式系統已開發完成，不只可以研究小狗，還可以研究其它動物的各種行為。

## 八、參考資料

- (一) 組合語言實務，施威銘。旗標資訊，台北市。
- (二) Turbo C語言實務，施威銘。旗標資訊，台北市。
- (三) 程式設計講座(八) 立體向量繪圖，劉陳祥。軟體之星雜誌10，p7~9，大宇資訊，台北市。
- (四) EGA / VGA程式設計指南，Richard F. Ferraro，黃三益、許錦松譯。儒林資訊。
- (五) IBM PC / XT BASIC圖形處理技術，利世旭編譯。全華。
- (六) Virtual Reality Programmer's Kit, Willy Gradeki。

## 評 語

1. 利用電腦繪圖的技術，探討小狗移動時的重心與平衡現象，採用的方法係先用兩部攝影機從正面及側面同時拍攝小狗移動的影像，在電腦中建構3D模型，並將其運動的各部位，以錐形與圓柱體逼近其體積及計算其重心，在螢幕上顯示狗走動的情形及重心之變化。顯示作者對於電腦的使用技巧純熟，方法上也有相當的難度。
2. 本作品很完整，技術程度高，確是件好作品。