

## 第四章 媒材評估與實作

### Media Estimate and Implementation

根據第三章所得到的手勢與虛擬建模軟體的整合結論，可以初步得知手勢動作與建模指令之間的轉換模式。本章主要的重點在於說明在手勢辨識工具的選擇上有何考量，並且敘述本研究媒材 GeFS(Gesture Forming System)之內部架構以及實作原則。

#### 4.1 使用設備評估

本研究主要以數據手套做為手勢辨識工具，不過由於需求的不同，大部分虛擬建模環境所用的數據手套，都是針對配套軟體所開發的，真正在市面上常看到的數據手套如下：



##### 4.1.1 CyberGlove

CyberGlove 是 immersion 公司於 1995 年針虛擬實境體驗所推出的數據手套(Vince 1995)，目前已是第四個版本。其使用 22 組高感度彎曲感應器，最小可以偵測到手指 0.5 度的彎曲。手掌追蹤則利用 6 DOF (degrees of freedom)追蹤感應器，精準度相當的高。另外還可附加立回饋裝置，可以把使用者的虛擬環境的視覺感受轉換為觸覺。主要是應用在需要精密作業的工作上，比如說操作遠端機械手臂。但是價錢昂貴，所以鮮少使用在虛擬建模環境中(圖 4-1)。



圖 4-1 CyberGlove(取自 Vince 1995)

#### 4.1.2 5DT Data Glove

5DT Data Glove 是 Fifth Dimension Technologies e 公司的產品。利用光纖折射的角度來判斷手指的彎曲程度與位置，可以用它來模擬滑鼠( mouse)和無線遙桿 (joystick) 的功能,而已使用者也可以戴著它做其他相關事情,像是使用鍵盤(Bimber 1999)。價格方面稍貴，手指彎曲度判斷精準。手掌位置在追蹤上沒有遲滯(inertia)問題，但是不夠精準，而且手套材質與光纖影響容易手部動作(圖 4-2)。

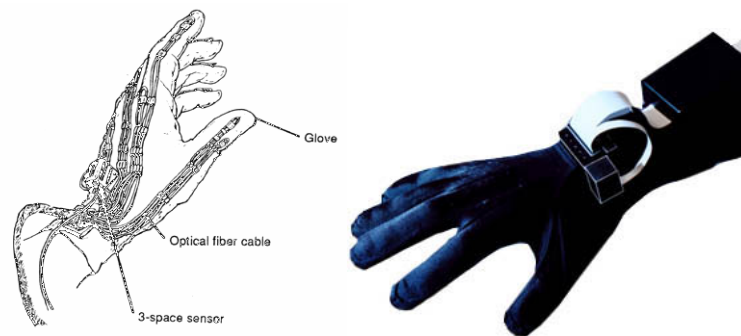


圖 4-2 5DT Data Glove(取自 Bimber 1999)

#### 4.1.3 P5 Data Glove

P5 Data Glove 一開始是 Essential Reality 公司針對遊戲開發的手套輸入設備，而目前的版本與虛擬建模軟體在結合已上相當出色。主要是以彎曲感應器(bend sensor)與遠距追蹤(remote tracking technologies)為主要的技術，可以偵測手指的十五段彎曲程度以及手掌的空間位置與選轉角度(Bimber 1999)。價格低，但是在辨識精細度，操控性，輕巧度都有很好的表現。但是在使用時會感覺到手套在實虛環境間的對應有落差(圖 4-3)。



圖 4-3 5DT Data Glove 取自(Bimber 1999)

#### 4.1.4 評估結果

根據研究目的以及 Donath(1999)對於虛擬輔助環境介面之操作所提出的條件，本研究之媒材應該具備的條件如下：1)容易學習，即使是虛擬輔助軟體的初學者一樣能迅速習慣操作方式。2)讓使用者盡量不用思考要如何操作，容易預想操作的結果。3)易於普及化。4)可在多種虛擬建模環境下使用。為了滿足上述條件，本研究最後選擇 P5 Data Glove 做為手勢辨識之工具，因為 P5 本身支援多種作業系統，且其價格便宜，容易達到普及化的目的。其本身具有可以編輯的 Software Develop Kit(SDK)，可以因應不同的虛擬建模環境進行調整。而在辨識能力方面，擁有手掌位置(XYZ)，手指彎曲度(joint-angle)，手掌旋轉角度(YPR)等辨識功能，且其手掌位置辨識相當精準，能夠滿足一般使用者之需求。

## 4.2 手套實作測試

### 4.2.1 測試說明

為了瞭解 P5 在虛擬建模環境中的使用情況，所以先進行前置測試。因為 3DSMAX 與 P5 Data Glove 有十分良好的連結性且具有最高的虛擬建模軟體市場佔有率，所以將其做為測試環境。並且根據 Liang(1997)所做的手勢研究，本研究將手勢辨識的系統分為內部辨識及外部辨識兩個部分，內部辨識為手指彎曲程度(Finger Angle Data)，外部辨識為手掌之空間位置(XYZ Data)以及旋轉角度(YPR Data)，最後再將兩個辨識的結果在建模軟體中做整合。以 C++為主要的開發工具，運用 P5 Data Glove SDK (Software Develop Kit)的函式庫來辨識手指間的動作以及空間位置，使其夠判斷使用者之手勢指令(詳細程式碼見附錄二)。其指令轉換如下：

- 1) 手掌旋轉：物件或環境角度旋轉(R)。
- 2) 握拳：瀏覽環境模式啟動(F)。
- 3) 彎食指：(BT)：點選。
- 4) 彎中指：(BI)：呼叫快速面板。

### 4.2.2 測試過程與紀錄

測試人員為進行虛擬建模軟體測試時(詳見 3.2)，3DSMAX 組的測試者 A，以 P5 Data Glove 建立同一模型，所得結果如下(表 4-1)：

手掌移動(M)，手掌旋轉(R)，握拳(F)，彎食指(BT)，彎中指(BI)，彎拇指(BM)，鍵盤輸入(K)，介面輸入(D)，直接輸入(I)，快速面板(E)

使用時機	輸入動作	使用方式	使用特性	使用量	花費時間
基本創建	使用創建面板	M,BT	D	4	5 分鐘
	使用熱鍵複製	M,BT,K	I	3	
物件內部資料的修改	既有參數輸入	M,BT,K	D	8	24 分鐘
	快速設定	M,BM	E	3	
	使用修改面板	M,BT	D	13	
物件外部資料的修改	位置參數輸入	M,BT,K	D	4	19 分鐘
	直接修改	M,BT,K	I	2	
	點選面板移動功能	M,BT	I	6	
物件選取	直接選取物件	M,BT	I	40	1 分鐘
環境瀏覽	視角移動	M,BM,K	I	36	7 分鐘
	視角旋轉	R	I	30	
	使用環境面板	M,BT	D	35	

表 4-1 測試者 A 以 P5 做為輸入工具時的指令行為紀錄

因為使用特性並不會因輸入工具的不同而有太大的影響(可由與附錄 A 之表 A-1 比較後得知),所以觀察的重點放在輸入動作的使用量及花費時間上。P5 Data Glove 在使用有三個象度(XYZ),而且本身即具有判斷角度旋轉(YPR)的能力,所以在使用上比滑鼠方便許多。但是當 P5 Data Glove 要同時判斷旋轉與位移時,判斷內容會產生錯誤。手指彎曲指令在使用上也很方便,但是在持續性的動作上(比如說拖曳)容易產生疲累感。另外再使用手套的同時,很難再去使用鍵盤的功能,勉強使用很容易讓手勢判斷產生錯誤。

#### 4.2.3 測試結論

根據測試的結果,整理出目前 P5 Data Glove 在虛擬建模軟體中的問題:

- 1) 同時判斷旋轉與位移時,判斷內容會產生錯誤。
- 2) 在持續性的動作上容易產生疲累感。
- 3) P5 Data Glove 所能做的手勢無法自然的轉換換為快速建功能。

由此可以得知,在虛擬建模軟體中單獨使用 P5 Data Glove 做為指令輸入的工具不但無法幫助使用者,反而還造成了使用者的負擔。因此,本研究另外增加一套可以幫助解決上述問題的輔助性

手勢。

### 4.3 手勢與指令轉換

根據手勢與虛擬建模軟體整合的結論(詳見 3.4)，一般指令分為直接輸入與間接輸入兩種，而真正需要手勢取代的指令以直接輸入為主(間接手是需要的只有選取的部分)，再加上手套實作測試所得到的結論(詳見 4.2.3)，本研究之媒材在手勢將控制指令之手勢分為主要手勢與輔助手勢兩部分。

主要手勢基本上將第一類自然手勢(選擇動作)，類比為選取及瀏覽兩種指令動作。在主要手勢動作行為上，分為內部動作與外部動作兩部分，以此做為實作時分類的準則可以讓手勢辨識更為精準。輔助手勢基本上是運用第二類自然手勢做為指令下達的準則，主要分為 1)持續性指令(抓取動作)，2)主要手勢外部資料的轉換以及 3)快速指令(包含熱建及其他指令)三個部分。以下將分類詳述之：

#### 4.3.1 主要手勢的內部動作

由於點選動作及快速面板呼叫本身都具有指令過程迅速的特性，所以在手勢轉換上以食指與中指的輕點取代，食指負責點選，中指負責快速面板呼叫(圖 4-4, 4-5, 4-6)。



圖 4-4 平常的狀態



圖 4-5 點選指令執行



圖 4-6 快速面板呼叫

#### 4.3.2 主要手勢的外部動作

外部手勢主要負責的部分為手掌的空間位置與選轉角度，由於這兩種事屬於自然動作指令，所以並不需要類比轉換(圖 4-7,4-8)。

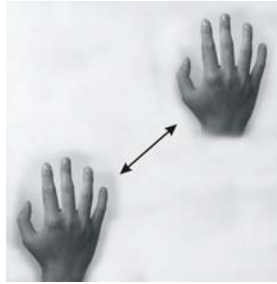


圖 4-7 手掌位置(XYZ)



圖 4-8 手掌選轉角度(YPR)

主要手勢所取代的指令都是在虛擬建模軟體中最常被使用，因此在辨識上是否精準也就格外重要。本研究以 P5 Data Glove 做為主要手勢之辨識工具，且基於精準度的考量下，P5 Data Glove 不再用於其他手勢的辨識上，細節將於媒材實作中詳述。

#### 4.3.3 輔助手勢的持續性指令

從手套實作測試的結果(詳見 4.2.3)來看，單純利用手指的彎曲做為持續性指令的動作，對使用者而言並不是一種良好下達持續性指令的方式，因此使用輔助手勢來幫助使用者下達這類型的指令(圖 4-9)。

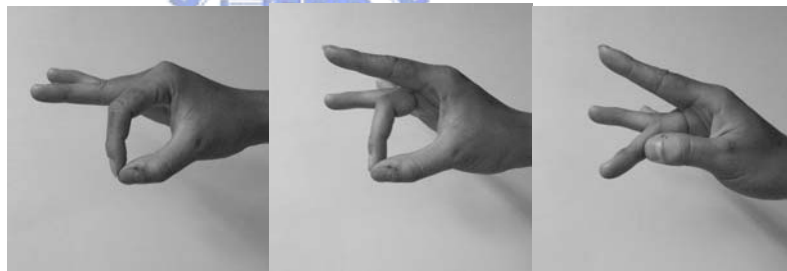


圖 4-9 下達持續性指令的手勢

#### 4.3.4 輔助手勢對主要手勢外部資料的轉換

根據手套實作測試的結果(詳見 4.2.3)，紅外線感應器同時判斷旋轉與位移時，判斷內容易產生錯誤。因此必須要有一個可以切換主要手勢外部資料的指令，而這種指令在使用上又很頻繁，所以需要使用輔助手勢來幫助使用者下達這類型的指令(圖 4-10)。

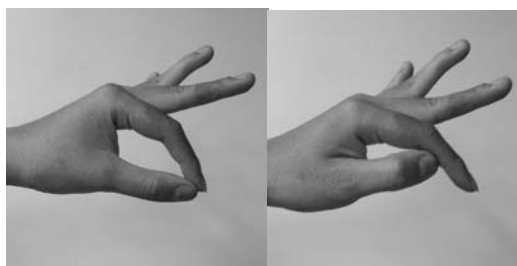


圖 4-10 主要手勢外部資料轉換的手勢



#### 4.3.5 輔助手勢的快速指令

根據第手勢與虛擬建模軟體整合的結果(詳見 3.4)，快速指令應由第二類手勢取代，但是單獨使用 P5 Data Glove 將無法使用自然手勢取快速指令功能(因為無法使用鍵盤)，所以本研究使用輔助手勢來幫助使用者下達這類型的指令(圖 4-11)。由於輔助手勢在指令轉換上，以第二類自然手勢為主。然而這類型的指令，並無法以自然行為所描述或類比，且這些指令常常會因為使用者的不同，而有不同的設定(如快速指令)。因此，在輔助手勢的辨識上，本研究自行設計了一套辨識系統。基於前述的理由，這套系統在使用上可以依照使用者的習慣而自行設定。

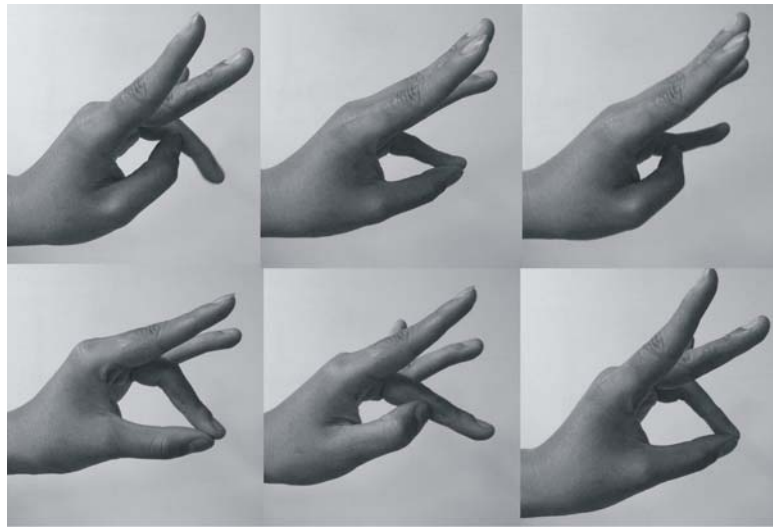


圖 4-11 下達快速指令的手勢

## 4.4 GeFS 實作

除了負責主要手勢辨識的 P5 Data Glove，本研究另外設計了一套可以辨識輔助手勢的系統，其名爲 Gesture Forming System(GeFS)。基於手勢指令的分類方式，GeFS 在架構上共亦分爲兩部分：主要手勢辨識及輔助手勢辨識。手勢動作輸入後，根據不同辨識工具所得到的訊息可以判斷出是主要手勢動作或者是輔助手勢動作。而根據手勢與指令轉換的方式，主要手勢辨識又分爲內部手勢資料與外部手勢資料兩種。GeFS 在主要手勢的辨識上使用的是 P5 Data Glove，而輔助手勢辨識則由本研究自行開發的訊號控制模組負責辨識，GeFS 之完整運作架構如(圖 4-12)。主要手勢輸入基本上將第一類自然手勢類比爲選擇或抓取的指令，手勢動作透過 P5 Data Glove 操作後可以分爲內部資料與外部資料兩部分。在辨識上分爲內部資料(手指彎曲度)與外部資料(手掌空間

位置與手掌選轉角度)兩種。外部資料在取得與位置辨識依據後，決定目前是手掌空間位置辨識或手掌旋轉角度辨識，之後會得到一組手掌的空間資料，將這份資料與內部資料轉換為虛擬建模軟體可以判斷的數據。當虛擬建模軟體得到數據後，再判斷下達的指令是針對 WIMP 介面還是虛擬空間環境(以選擇為主的指令)。

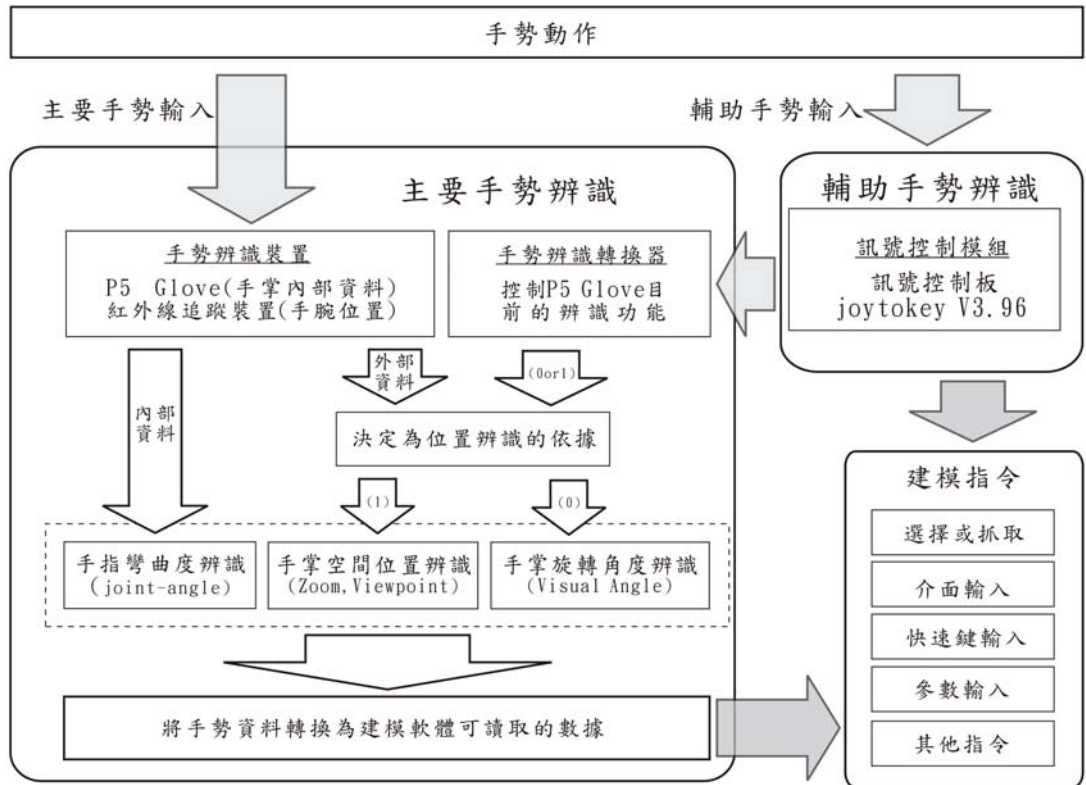


圖 4-12 GeFS 運作架構

輔助手勢輸入後，透過 GeFS 的感應器(圖 4-19)，並由訊號控制模組(包括訊號控制板(圖 4-13)及 joytokey V3.96(圖 4-20))會將其轉換為鍵盤訊號，透過控制介面(joytokey v3.96)，使用者可以自定手勢的指令內容。



圖 4-13 訊號控制板



#### 4.4.1 主要手勢辨識

根據手勢與指令轉換的方式，主要手勢辨識又分為內部手勢資料與外部手勢資料兩種。內部手勢資料是用利彎曲感應器感應手指彎曲的程度所得到的數據，在利用這個數據來判斷指令動作是否執行。在 GeFS 中，當手指的彎曲達瞬間達 30 度或以上時(圖 4-14)，即判定指令已被下達(詳細程式碼參見附錄二)。

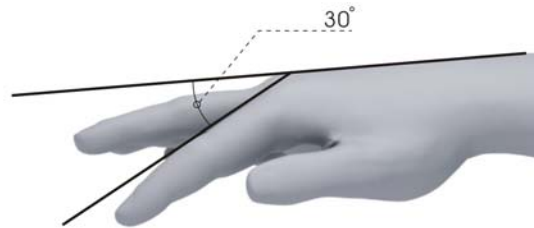


圖 4-14 手指彎曲 30 度之定義

外部手勢資料則是利用利用 P5 Data Glove 上八個紅外線感應器(圖 4-15)，接收由紅外線發射器(圖 4-16)所發射出來的紅外線訊號，根據每個感應器所感應到的不同訊號強弱，判斷每一個感應點在每一次感應時的相對位置並得到的數據。利用這個數據，可以判斷手掌的空間位置及翻轉角度。至於目前需要的是何種訊息，則由手勢辨識轉換器所得到的命令決定。

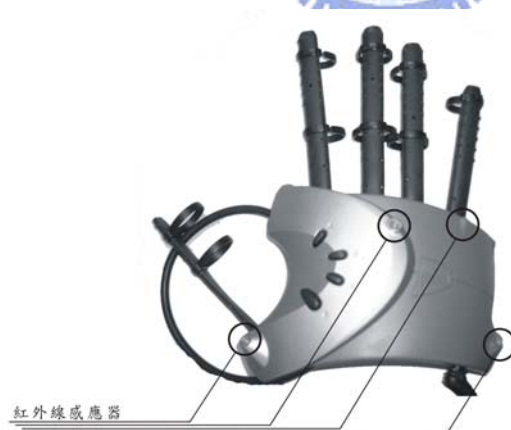


圖 4-15 紅外線感應器



圖 4-16 紅外線發射器

#### 4.4.2 輔助手勢辨識

從輔助手勢的動作來看，全部具有同一特性——拇指與其它四指皆有觸碰動作，在這種情況下，本研究選擇了斷電控制器做為手勢辨識的工具。當拇指與其他四只做觸碰動作時，感應器即成通電狀態，此時即判斷指令已下達(圖 4-17,4-18)。由於本研究在辨識的方法上從手勢的目的出發(手

勢目的即為拇指與其它四指觸碰，而非手指彎曲)，這種辨識方式看起來雖然簡單，但是比彎曲感應器精準(前提是以這種手勢為主)，而且更便宜。



圖 4-17 斷電狀態



圖 4-18 通電狀態

依照輔助手勢與指令轉換的要點(詳見 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5)，將斷電訊號模組接出十二組控制器，並將其连接到一組由本研究自製的手套上。透過這個手套工具，可以讓輕易的辨識使用者所做的輔助手勢動作(圖 4-19)。

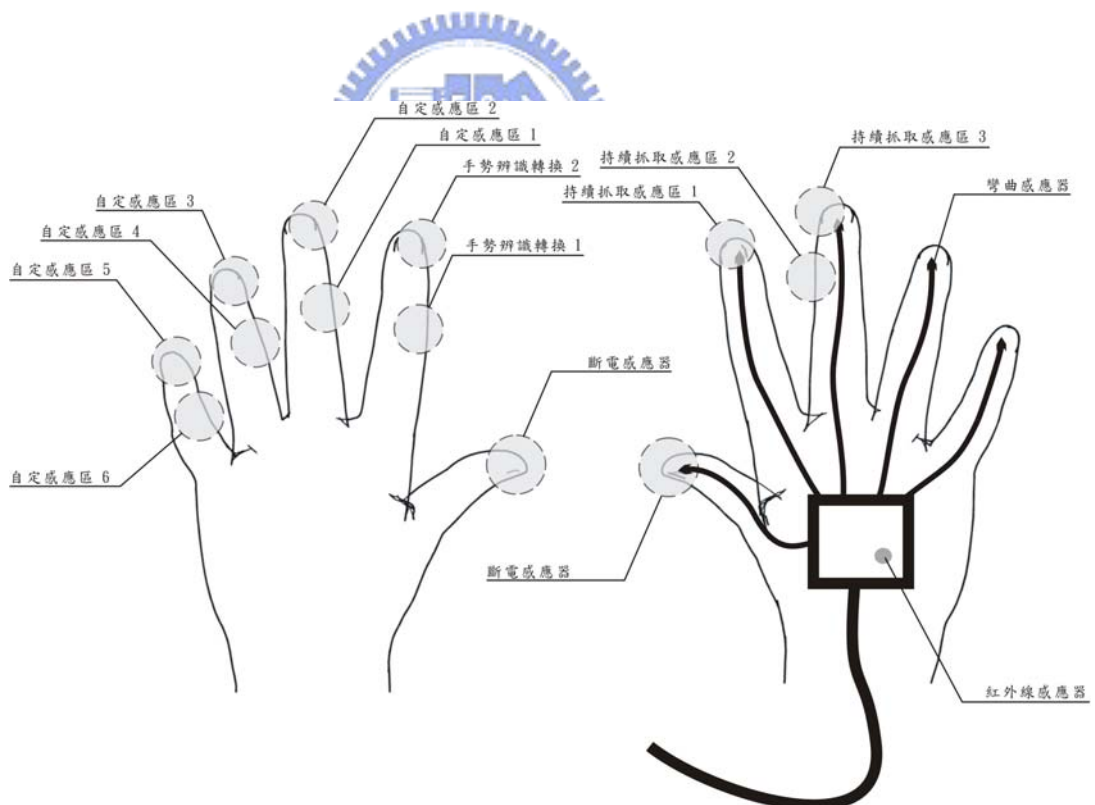


圖 4-19 GeFS 辨識手套感應配置圖

以主要手勢的目的來說，其規則應該可以適用於所有的使用者及虛擬建模軟體的，但是輔助手勢並非如此。輔助手勢常常會因為使用者或建模軟體的不同而有所改變，所以本研究運用了 Ryo(1999)所撰寫的 joytokey v3.96 做為斷電模組的控制軟體。Joytokey 可以把斷電模組所得到的

訊號轉換為鍵盤上的按鈕，利用這個控制介面，使用者就可以自定手勢的指令內容(其介面如圖 4-20)。

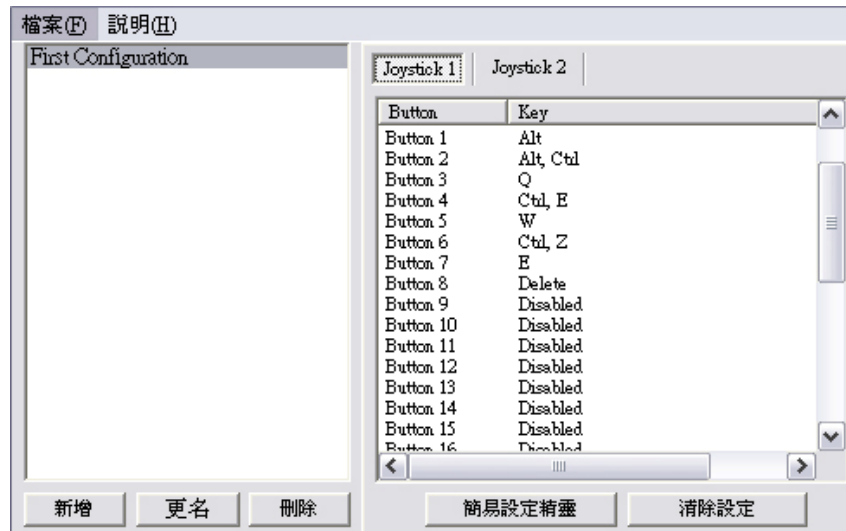


圖 4-20 感應區功能設定介面

因此，GeFS 在使用上須雙手共用，不過透過手勢取代指令及軟體本身的 WIMP 介面，GeFS 使用時是可以完全拖開桌面的(因為不需要鍵盤)，這種操作方式讓 GeFS 不僅能夠使用於虛擬建模軟體上，未來亦可做為 3D 網頁環境的瀏覽工具(圖 4-22)。

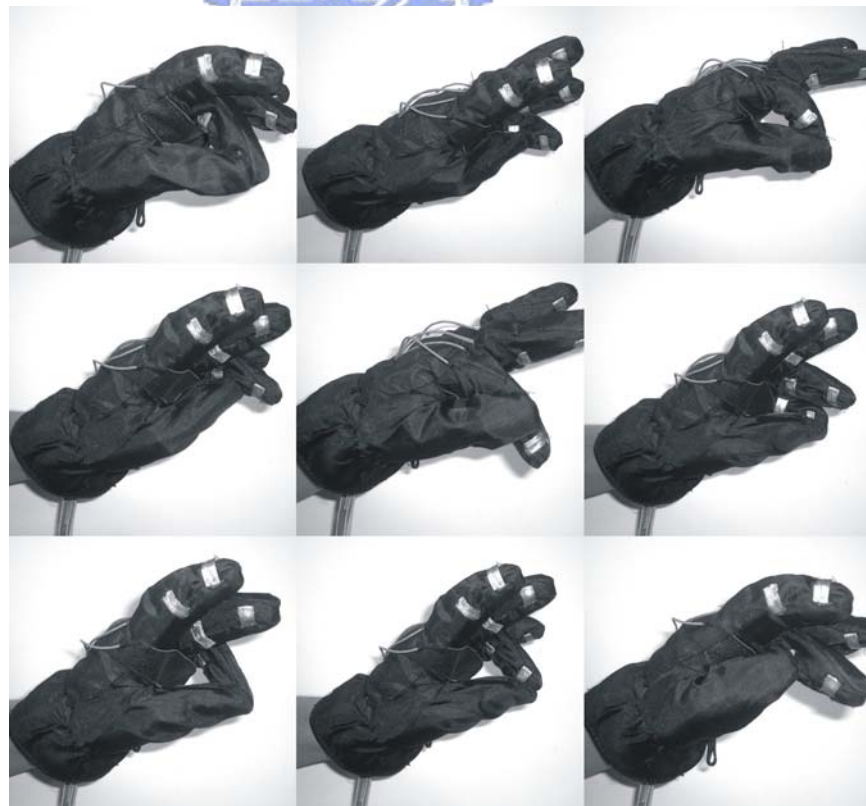


圖 4-21 GeFS 手勢輸入情形

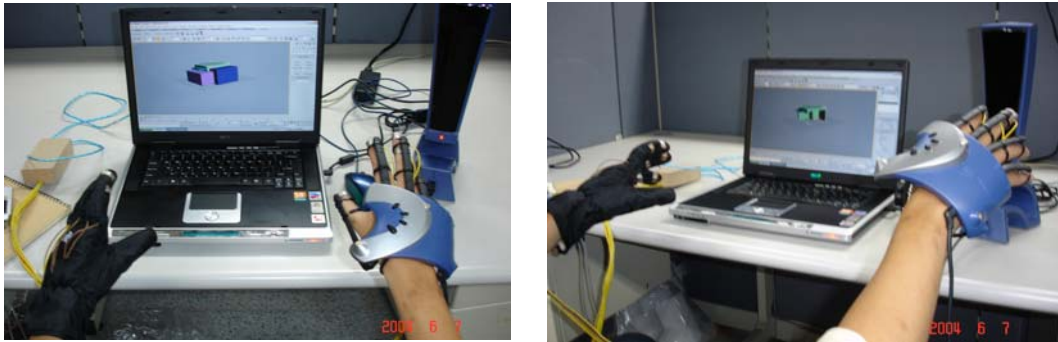


圖 4-22 GeFS 實際操作情況

#### 4.5 GeFS 與傳統工具比較

實作測試的目的在於瞭解使用者在透過 GeFS 進行虛擬建模行為時，與使用傳統工具實有何差異。本次測試以 3DSMAX 6.0 為實作環境，測試內容原則上與虛擬建模軟體指令測試(詳見 3.2)相同，測試人員為 3DSMAX 組測試者 A 與測試者 B 兩人，測試模型亦為同一個。惟一不同的是使用 GeFS 進行虛擬建模軟體的輸入工具，將其所得數據與之前做一個比較。所得的結果之平均數如下表 4-2：

手掌移動(M)，手掌旋轉(R)，握拳(F)，彎食指(BT)，彎中指(BI)，彎拇指(BM)，輔助控制輸入(A)，介面輸入(I)，直接輸入(D)，快速面板(E)

使用時機	輸入動作	使用方式	使用特性	使用量	花費時間
基本創建	使用創建面板	M,BT	D	3.5	4.5 分鐘
	使用熱鍵複製	M,BT,A	I	3.5	
物件內部資料的修改	既有參數輸入	M,BT	D	7	22.5 分鐘
	快速設定	M,BM	E	6	
	使用修改面板	M,BT	D	10	
物件外部資料的修改 物件外部資料的修改	位置參數輸入	M,BT,A	D	4	17 分鐘
	直接修改	M,BT,A	I	13	
	點選面板移動功能	M,BT	I	3	17 分鐘

物件選取	直接選取物件	M,BT	I	51	1 分鐘
環境瀏覽	視角移動	M,BM,A	I	134	3 分鐘
	視角旋轉	R	I	118	

表 4-2 測試者以 GeFS 做為輸入工具時的指令行為平均紀錄

從這次的測試結果與之前的比較起來，利用本研究媒材的使用者，瀏覽環境的時間變多，使用時間卻變少了，而對於物件的外部資料修改也有同樣的情形，這證明本研究之媒材在環境控制的能力上較傳統輸入工具為佳。然而，由於大部分的使用者並沒有使用數據手套做為輸入工具的經驗，所以在空間位置的感覺上較為遲鈍。

