

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 工程學科(一)科

佳作

052305

無障礙廁所更有愛

學校名稱：國立草屯高級商工職業學校

作者：  職三 何美臻  職三 李家鐸  職三 黎家興	指導老師：  彭賢義  顏育騰
---	-----------------------------

關鍵詞：無障礙廁所、液壓機械手臂、電動推桿

## 摘要

隨著身障者權益的提升，許多公共空間或是機關也都搭配法規設置無障礙廁所，一般民眾頂多覺得無障礙廁所就是有扶手、空間大等印象，但實質上對於乘坐輪椅的民眾而言，卻是一個又愛又恨的設施。

我們針對輪椅族群設計了一款改善他們如廁便利性的機構，協助身障者能夠輕鬆從輪椅上移動至馬桶上，享受輕鬆自在的如廁經驗。

我們應用學校課程上所學的液壓機構、機電實習、確動傳動等原理，設計出具實際功能的模型，並搭配軟體計算出相關的受力並符合人體工學，讓使用者能夠放心的使用本設計產品。

有誰希望自己在如廁時還需要別人幫忙呢？本研究是一項能夠提升身障者尊嚴的設計，希望能夠幫助到更多的社會弱勢族群。

## 壹、研究動機

無障礙設施一直是社會上關注的議題，隨著老年化人口的增加，無障礙設施更顯得重要，而無障礙廁所更是許多公共空間會設置的設施之一。

我們研究發現，無障礙廁所雖名為無障礙，但其中仍有可以改善的地方，特別是對於乘坐輪椅的不便族群，如何讓自己在無他人協助情況下，從輪椅移動到馬桶上如廁似乎是一件困難的事情。

再者，我們在高三的專題製作課程中有學習製作關於液壓機械手臂的模型機構，在課程的模型製作過程中，從資料蒐集時發現網路上有許多創作者分享出自己所製作的液壓機構，於是我們就想到如果可以将機械手臂安裝在無障礙廁所中，讓機械來協助這些身體上有不便的人們，一定是可以減輕他們的負擔。

有鑑於此，本研究的研究對象是針對乘坐輪椅的不便者，設計出能夠讓其自己完成如廁的動作，能夠不需旁人協助即可完成從輪椅移動至馬桶位置上。我們希望能夠將機件原理及專題製作課程中，所學習到關於液壓機械手臂相關的機構，應用於本次研究中。

## 貳、研究目的

- (一)探討身障者在使用無障礙廁所的實際存在問題。
- (二)設計協助雙腳不便的使用者能獨立完成如廁的設施。
- (三)探討機械手臂應用於無障礙空間的可能性。

## 參、研究過程與方法

### 一、研究架構

本研究將發想及製作等過程，繪製成流程圖，如圖 1 所示。

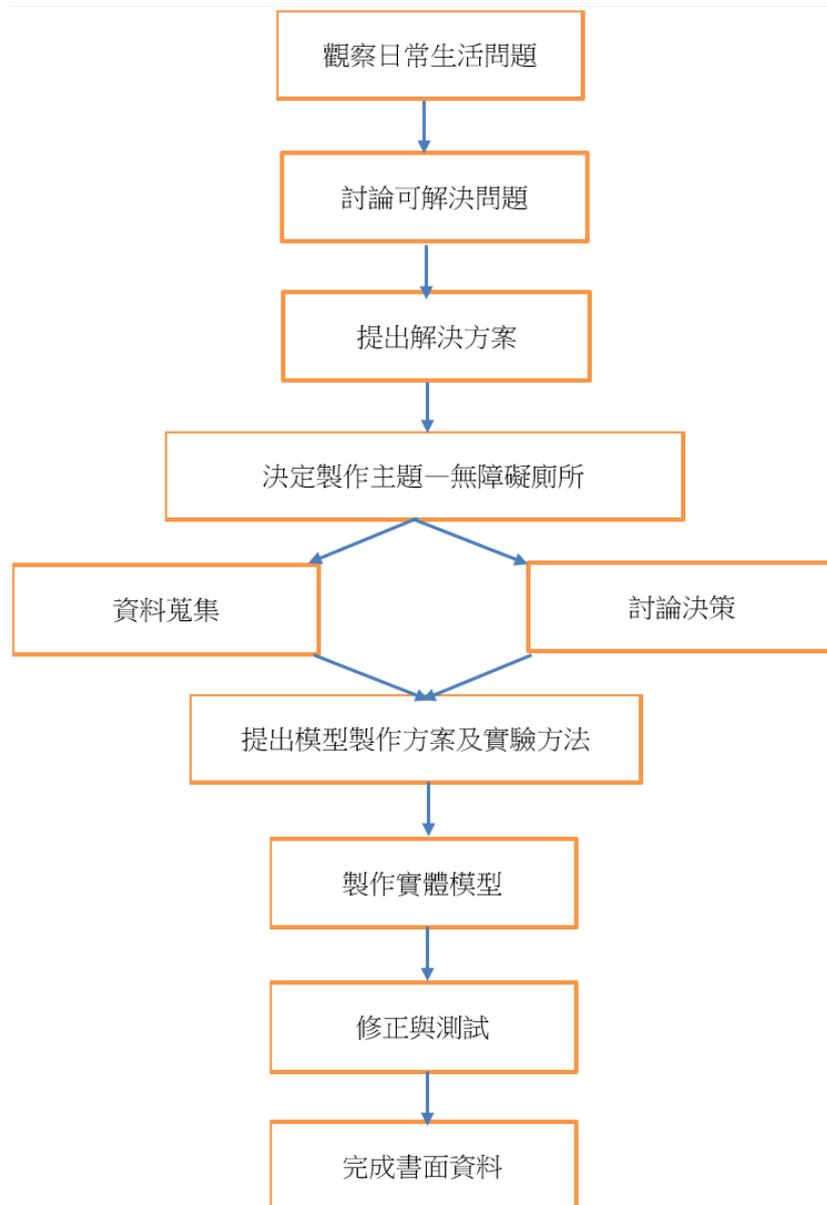


圖 1 本研究流程圖

## 二、文獻探討

### (一) 建築物無障礙設施設計規範

內政部 103 年 12 月 1 日台內營字第 1030813014 號令修正，自 104 年 1 月 1 日施行的建築物無障礙設施設計規範中，明文規定無障礙的相關規範。

在第一章總則中，針對一些專有名詞做了嚴謹的定義：

1. 行動不便者：個人身體因先天或後天受損、退化，如肢體障礙、視障、聽障等，導致在使用建築環境時受到限制者。另因暫時性原因導致行動受限者，如孕婦及骨折病患等，為「暫時性行動不便者」。
2. 無障礙設施：又稱為行動不便者使用設施，係指定著於建築物之建築構件，使建築物、空間為行動不便者可獨立到達、進出及使用，無障礙設施包括室外通路、避難層坡道及扶手、避難層出入口、室內出入口、室內通路走廊、樓梯、昇降設備、廁所盥洗室、浴室、輪椅觀眾席位、停車空間等。
3. 無障礙設備：設置於建築物或設施中，使行動不便者可獨立到達、進出及使用建築空間、建築物或環境。如昇降機之語音設備、廁所之扶手、有拉桿之水龍頭等。

在第五章廁所盥洗室裡亦規範設置無障礙廁所盥洗室者，其設計應符合相關規定，其中 504 廁所規範中，提及下列規範：

1. 淨空間：廁所盥洗室空間內應設置迴轉空間，其直徑不得小於 150 公分(如下圖 2 所示)。
2. 門：廁所盥洗室空間應採用橫向拉門，出入口之淨寬不得小 80 公分(如下圖 2 所

示)，且門把距門邊應保持 6 公分，靠牆之一側並應於距門把 3-5 公分處設置門擋(如下圖 3 所示)，以防止夾手；門扇得設於牆之內外側。

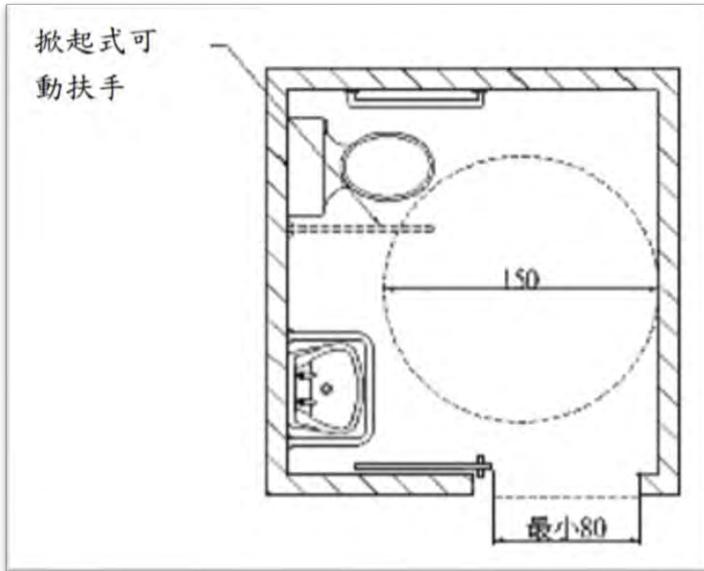


圖 2 淨空間與出入口之淨寬說明圖

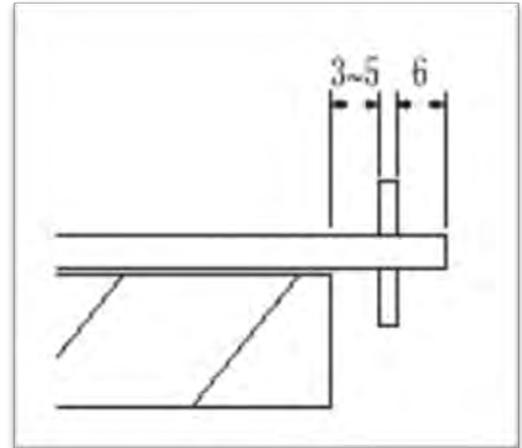


圖 3 門把及門擋設置說明圖

在 505 馬桶及扶手的設置規定：

1. 淨空間：馬桶至少有一側邊之淨空間不得小於 70 公分，扶手如設於側牆時，馬桶中心線距側牆之距離不得大於 60 公分，馬桶前緣淨空間不得小於 70 公分(如下圖 4 所示)。

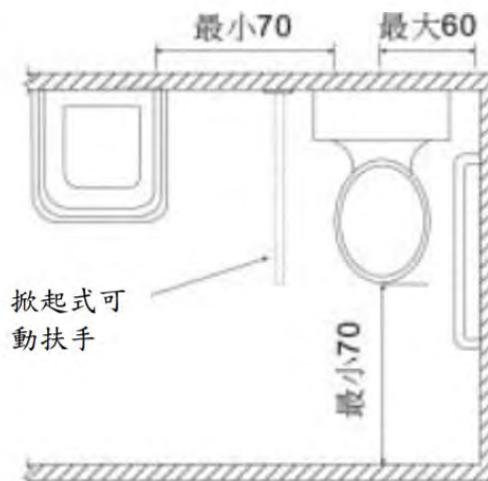


圖 4 無障礙廁所馬桶設置淨空間規定說明圖

2. 高度：無障礙廁所盥洗室應使用一般形式之馬桶，座位之高度為 40-45 公分，馬桶不可有蓋，且應設置靠背，靠背距離馬桶前緣 42-48 公分，靠背與馬桶座位淨距離為 20 公分。

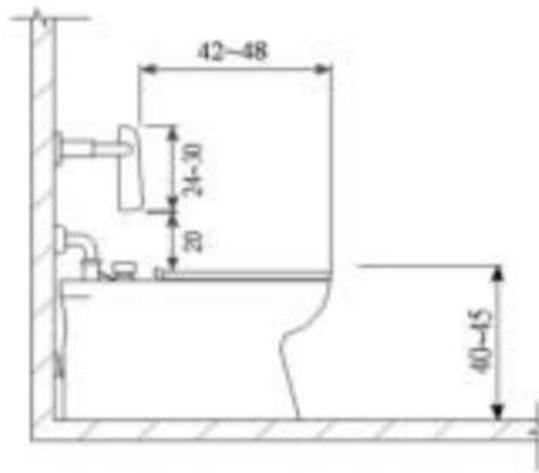


圖 5 無障礙廁所馬桶設置高度相關規範說明圖

## (二) 如廁用輔具

衛生福利部社會及家庭署多功能輔具資源整合推廣中心在「個人照顧與保護輔具」分類中，如廁用輔具含升高馬桶、內建灌洗器馬桶、便盆、便器椅、便器擋板等。以下針對本研究較相關之如廁輔具做說明。

### 1. 方便推臀椅

可用於洗澡、如廁兩種用途，附便桶與桶蓋，上完廁所可暫時蓋上，放在床邊使用非常方便；也可將推臀椅推行至馬桶上方，就可直接上廁所。安全設計包含安全束帶、座椅防誤彈起安全勾扣及輪子安全扣。椅腳可調整高度，具輪子方便移動。尺寸 52\*56\*(107~115)cm，商品重量約 13 公斤，可承重約 100 公斤。售價約新台幣 1 萬元左右。



圖 6 方便推臀椅產品圖



圖 7 方便推臀椅使用示意圖

## 2. 瑞統 Rifton - Support Station(清潔輔助架)

Support Station 是安裝於牆上的一種設施，平時可收納於牆上不占空間，需要使用時將平台調整至合適的高度，身障者可趴在平台上移轉至馬桶上，再自行坐上馬桶。但從輪椅爬上平台，再從平台移至馬桶上的過程中，身障者需耗費相當大的體力，或是需要身旁照護者協助。

Support Station 獨特功能使得即使是部分承重的人也能夠以直立的姿勢接受衛生保健或尿布更換，讓過程更加端莊，並且消除了護理人員的繁重工作。

透過 Support Station，身障者可以利用他們自己的力量和技能參與護理，從而協助進行坐式轉移。隨著時間的推移，使用 Support Station 的身障者實際上會改善他們的站立和洗手的能力，為更大的獨立性和更好的健康鋪平道路。



圖 8 Support Station 商品圖示



圖 9 Support Station 使用情形

### (三)液壓機械手臂探討

本研究初步模型製作時，使用到學校課程中所學的液壓機械手臂，利用針筒內注入流體，讓相對應的針筒產生相對運動，相關資料探討如下：

#### 1. 機械手臂原理

機械手臂在日常生活中經常都會使用，特別是在大型工業的生產線中，協助人類處理重覆性及危險性的工作，例如焊接、汽車生產、噴油等等。

常見的機械手臂會仿照人類手臂的關節移動，又稱為「關節型機器人手臂」。一般有三個或以上的轉動軸，其中一個在基座上旋轉，另外兩個就不同方向轉動，使能夠進行水平和垂直的移動。

#### 2. 液壓機械手臂

液壓機器人手臂是運用了「流體力學」的「帕斯卡原理」，在密閉容器中，靜止流體的某一部分發生壓力變化，它會毫無損失地傳送至流體的各部分和容器的內壁。藉由水壓體力學的原理，來驅動不同鉸位關節的活動。

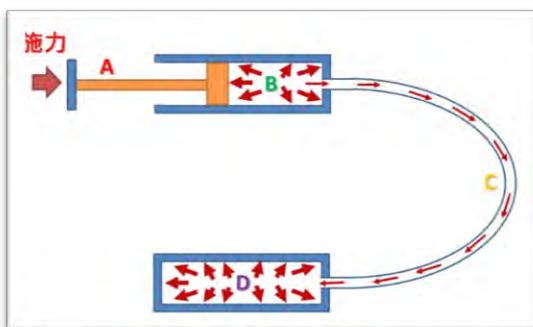


圖 10 帕斯卡原理壓力說明圖

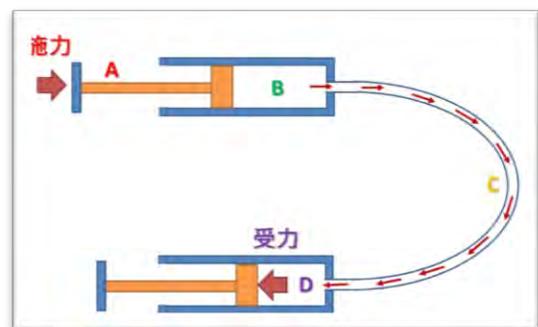


圖 11 帕斯卡原理動作說明圖

當施力於 A 的活塞，會使膠針筒 B 內受到壓力，而膠針筒 B 所受的壓力會傳到膠管 C 內，再傳至膠針筒 D 內，實際上 B、C 和 D 所受的壓力是相同的。

利用兩個膠針筒和一條膠管來製作裝置，即可釋水壓體力學的原理：

- (1) 把其中一個膠針筒注滿水，接上膠管。
- (2) 將針筒的水推出，讓膠管的空氣排出，再抽滿水至膠針筒和膠管內。
- (3) 膠管的另一端接上另一支膠針筒，就完成了。

只要推壓注滿水的針筒，水便從針筒到另一針筒，產生水壓來推動另一針筒移動，整個過程就是能量轉移，力量由一端傳至另一端，而另一端所接收的受力和施力差不多。

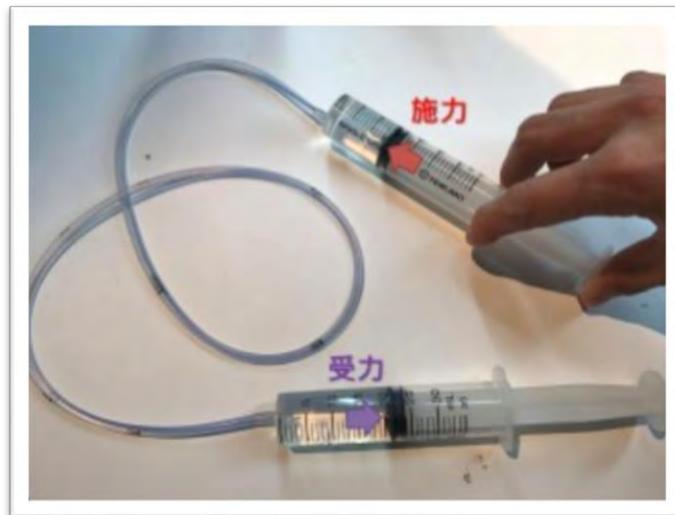


圖 12 利用針筒製作液壓機構圖示

### 3. 帕斯卡原理計算

在帕斯卡原理中，提及到水壓動力裝置，而計算壓力的公式是：

$$\text{壓力 (P)} = \text{力 (F)} / \text{面積 (A)}$$

根據公式，如果在施力一方的活塞面積小，而受力一方的活塞面積大，操作上可以使用較小的人力去推動或抬起重物。

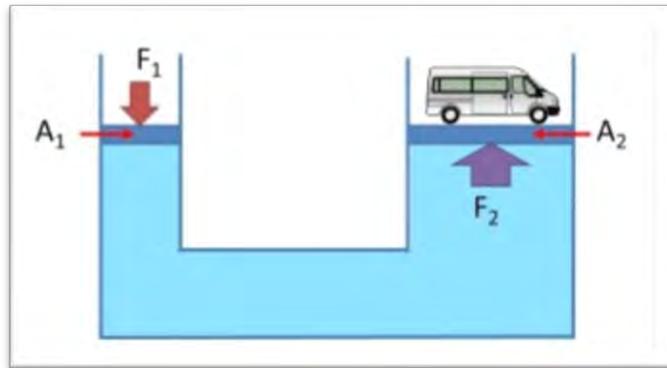


圖 13 帕斯卡原理圖示

#### 4. 液壓機械手臂的應用

液壓機械手臂的好處是在不需要連接電池或電動機，只需透過操作控制桿連接缸體及膠管，再施加力到盛滿液體的缸體，就可改變「水壓」來操作的機械手臂不同關節的活動。

在機械工具中，經常會用滑塊機械和搖桿機械配合運用來令關節活動，如圖 14 所示。

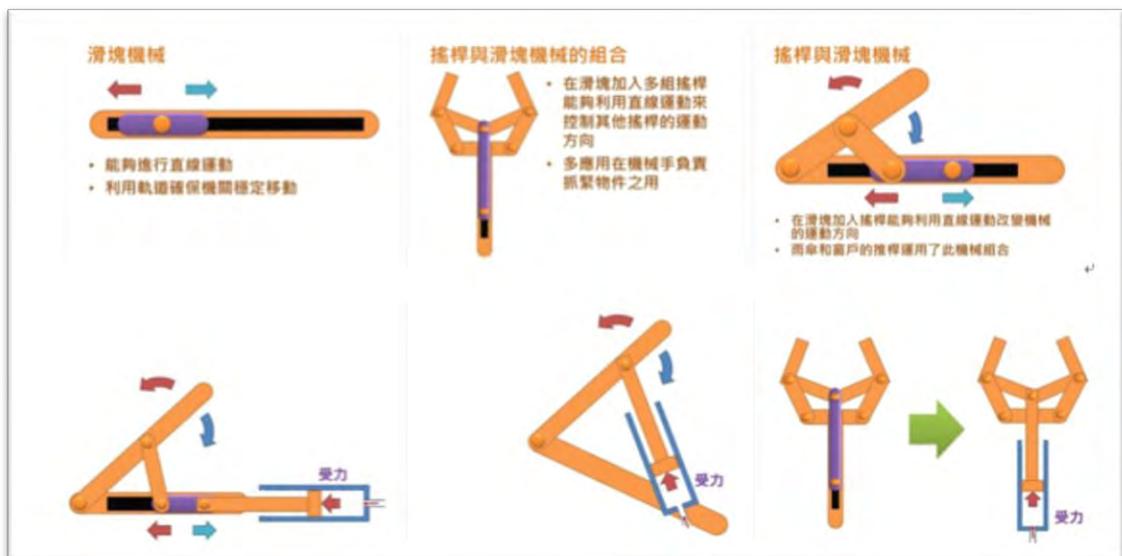


圖 14 液壓機械手臂各種應用於機構動作的情形

#### (四) 電動推桿

電動推桿又名直線驅動器，是一種將電動機的旋轉運動轉變為推桿的直線往復運動的電力驅動裝置。可用於各種簡單或複雜的工藝流程中做為執行機械使用，以實現遠距離控制、集中控制或自動控制。可以認為是旋轉電機在結構方面的一種延伸。電動推桿主要由電機推桿和控制裝置等機構組成的一種新型直線執行機構。



圖 15 電動推桿圖示(圖片取自德邁傳動)

電動推桿主要結構由驅動電機、減速齒輪、螺桿、螺母、導套、推桿、滑座、彈簧、外殼及渦輪、微動控制開關等工具組成。

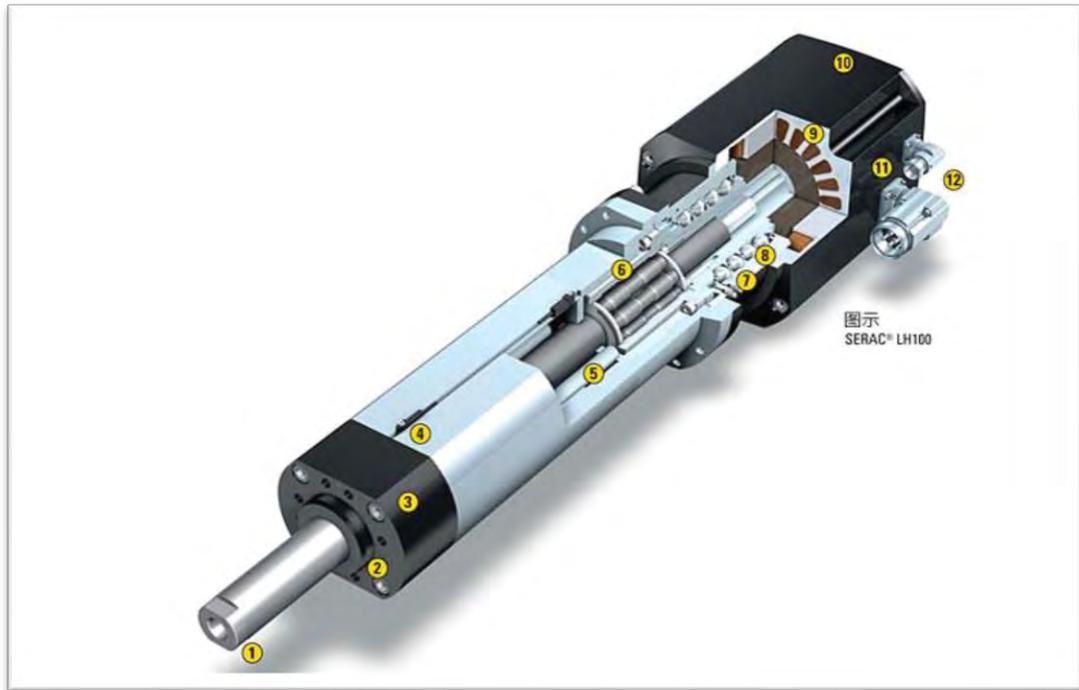


圖 16 電動推桿內部結構圖示(取自 <http://www.szruan.com.cn/>)

電動推桿是一種新型的電動執行機構，電動推桿主要由電機、推桿和控制裝置等機構組成的一種新型直線執行機構，可以實現遠距離控制、集中控制。電動推桿在一定範圍行程內作往返運動，一般電動推桿標準行程在 100、150、200、250、300、350、400mm，特殊行程也可根據不同應用條件要求設計定做。電動推桿可以根據不同的應用負荷而設計不同推力的電動推桿，一般其最大推力可達 6000N，空載運行速度為 4mm~35mm/s, 電動推桿以 24V/12V 直流永磁電機為動力源，把電機的旋轉運動轉化為直線往復運動。推動一組連杆機構來完成風門、閥門、閘門、擋板等切換工作。採用電動推桿作為執行機構不僅可減少採用氣動執行機構所需的氣源裝置和輔助設備，也可減少執行機構的重量。氣動執行機構在整個控制運行過程中都需要有一定的氣壓，雖然可採用消耗量小的放大器等，但日積月累，耗氣量仍是巨大的。現已被越來越多的部門用它來代替機構手、液壓閥、減速傳動機構的自動裝置。

### 三、研究構想及設計

本研究將以無障礙廁所為目標，設計出一款可以提供乘坐輪椅的使用者能夠憑藉自己的力量完成如廁的動作，重拾其自信及尊嚴。因此本研究的目標對象並非所有的輪椅族群，而是雙手仍然具有功能能夠自行完成部分生活起居，只因為雙腳不便而需乘坐輪椅的這些人，讓這些人不需要他人協助即可自行如廁。

為了可以達到協助身障者起身，我們利用在學校所學到的液壓機械手臂原理，討論如何應用於廁所中，並搭配其他機構使乘坐輪椅者能夠移動至馬桶上。

在機構設計的部分，一開始設計時，我們構思乘坐輪椅者進入無障礙廁所時，可以自行移動至馬桶旁邊的等待區，並將輪椅煞車固定使其不會移動。此時使用者將其雙腳放在橫向移動平台上並按下啟動開關後，機械手臂會下降至使用者前方，並伸出手臂提供使用者穿過腋下後夾住，將使用者抬起離開輪椅，使用者此時呈現站立姿勢，接下來機械手臂與橫向移動平台會同時移動，將使用者移動至馬桶前方，定位後將使用者放下於馬桶上，機械手臂隨即放開並上升不影響使用者如廁(如圖 17 所示)。



圖 17 本研究設計第一版構想圖示

研究發現，上述設計需要較多的馬達及零件來完成動作，花費成本也會較高，因此開始構思第二個版本的設計。

為了減少機構零件的使用，我們想到用原地旋轉的方式，讓整組機械手臂旋轉，藉此將使用者從面對馬桶的位置移動到與馬桶同向(如下圖 18 所示)

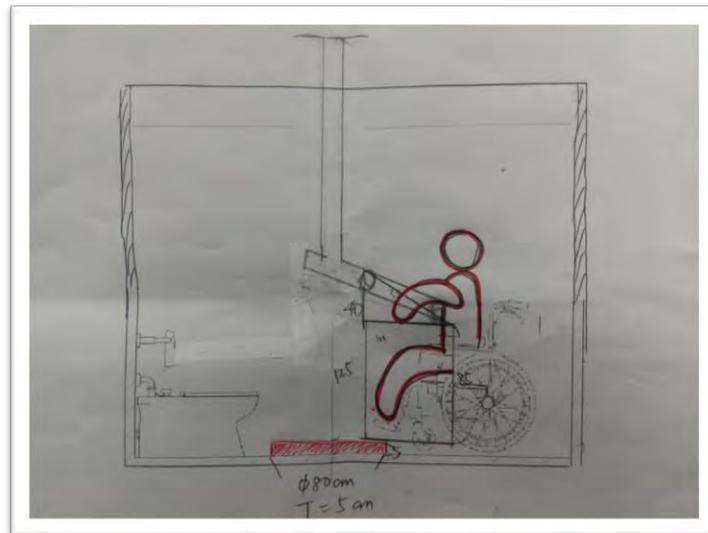


圖 18 第二版設計構想圖

## 四、製作過程

本研究共分 2 個版本，其中第一版本在研究討論製作時就因為結構複雜及成本問題，修改為第二版本的設計，因此以下的製作過程將以第二版的設計來做說明。

### (一) 設計模型比例

根據無障礙廁所空間設計的法規，我們以馬桶為比例參考物件，根據馬桶的設置規定，馬桶高度應為 40~42 公分；根據製圖規範建議，比例尺的縮放最好是以 2 或 5 的倍數來呈現，因此本研究模型比例尺設計為 1:5，故馬桶模型尺寸設計為 8 公分高。

爾後所設計的相關物件比例亦均依 1:5 比例來製作。

### (二) 量測本校無障礙廁所的相關大小尺寸

我們先量測校園內其中一間無障礙廁所的空間(如下圖 13 所示)，藉此模型抓出整體模型的尺寸。



圖 19 本校無障礙廁所實際尺寸

### (三) 製作輪椅模型

參考市售輪椅的比例，配合本研究整體比例 1:5 來縮小輪椅尺寸，利用木料來製作組裝輪椅模型。

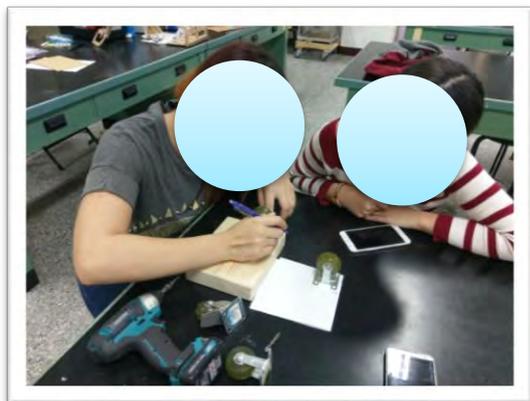


圖 20 設計輪椅尺寸



圖 21 組裝輪椅材料

### (四)繪製馬桶模型

我們利用 SolidWorks 軟體來進行繪製馬桶的實體模型，如下圖 22 所示。並將坐墊與本體分開繪製，結合後模擬坐墊活動情形，如下圖 23 所示。

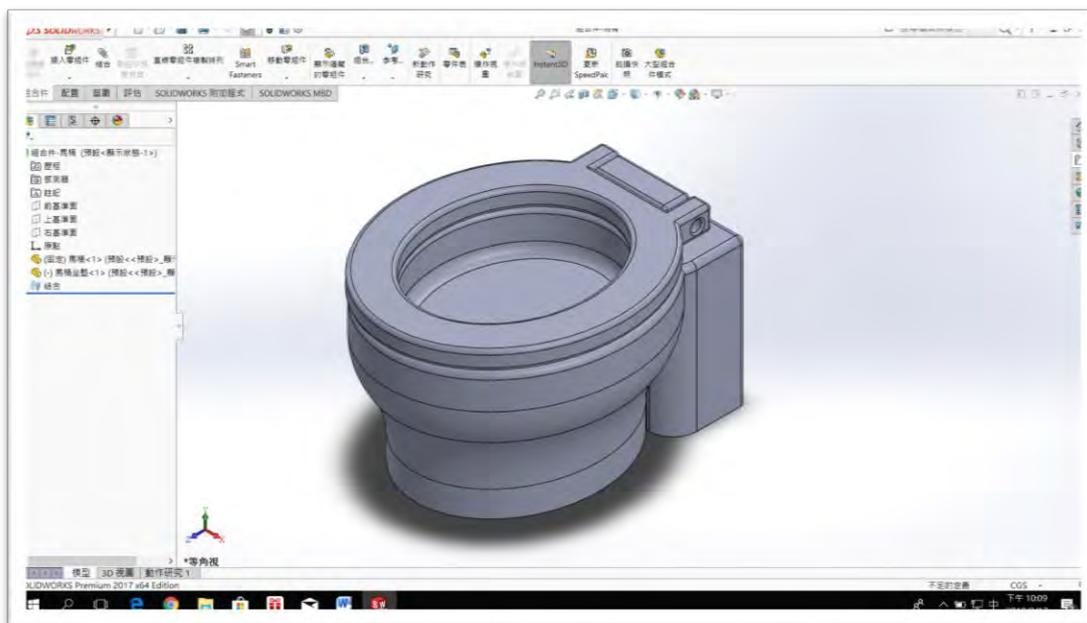


圖 22 馬桶本體與坐墊組合圖

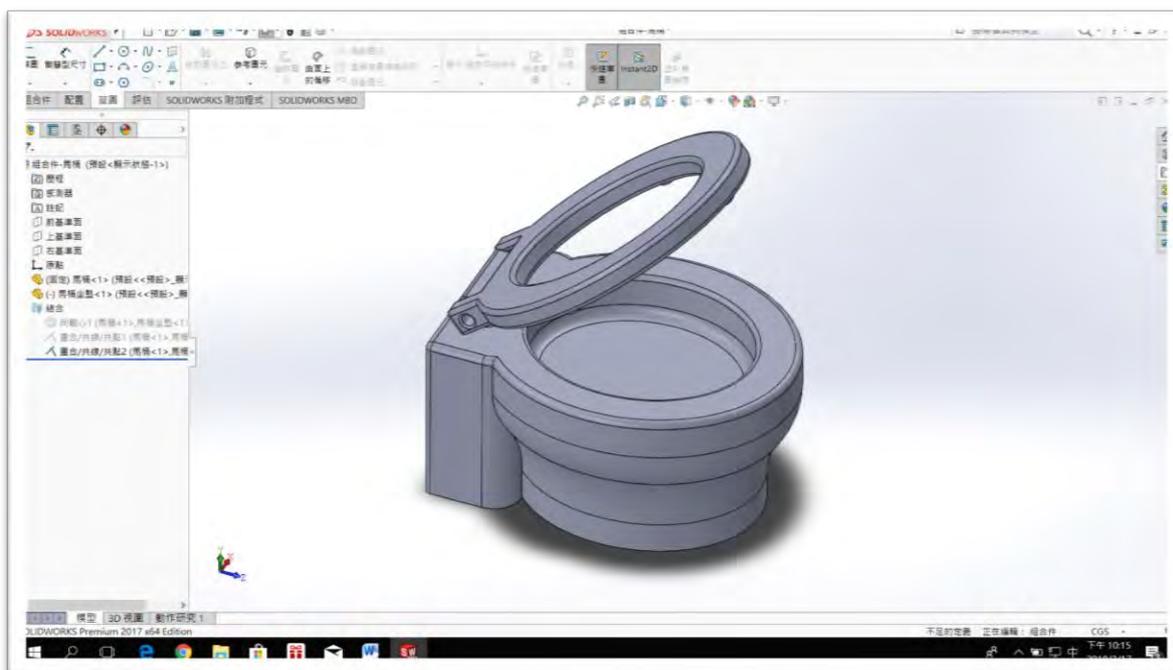


圖 23 馬桶坐墊可活動示意圖

因馬桶的設置規定不可以有蓋子，故本馬桶模型無繪製馬桶蓋。水箱部分則用木方塊來替代。



圖 24 馬桶水箱(木頭)及馬桶(3D 列印)模型圖

### (五)製作廁所模型框架

因本研究將自廁所上方降下機械手臂來協助使用者，故需製作框架，並因機械手臂空間範圍不大，框架範圍僅製作馬桶上方約 1/3 廁所寬即可。

框架材料則利用 20mm\*20mm 的鋁擠型來製作。

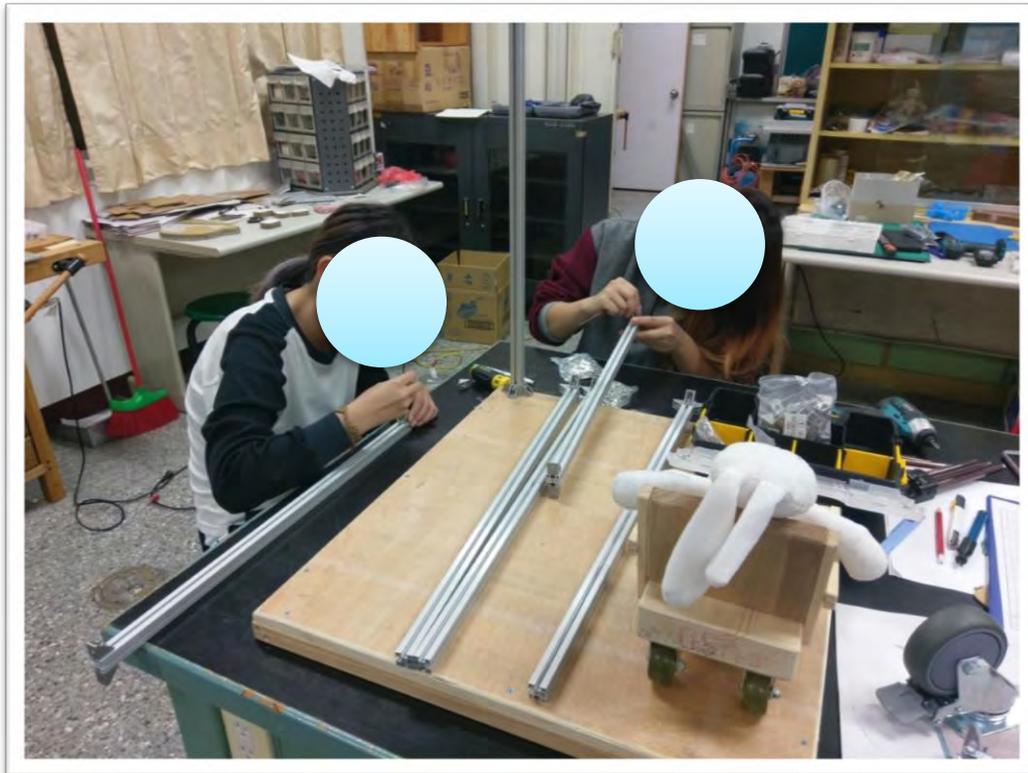


圖 25 組裝框架情形

### (六)設計機械手臂動作

我們想要以最簡單的動作來呈現功能，因此希望機械手臂從天花板降下到達定位後，再伸出另一隻機械手以供使用者攙扶，再將使用者抬起呈站立姿，旋轉至馬桶前方後將使用者放下後，機械手離開不干擾如廁行為。相關位置與動作說明如下操作說明：

1. 使用者面對馬桶，雙腳放在旋轉盤上

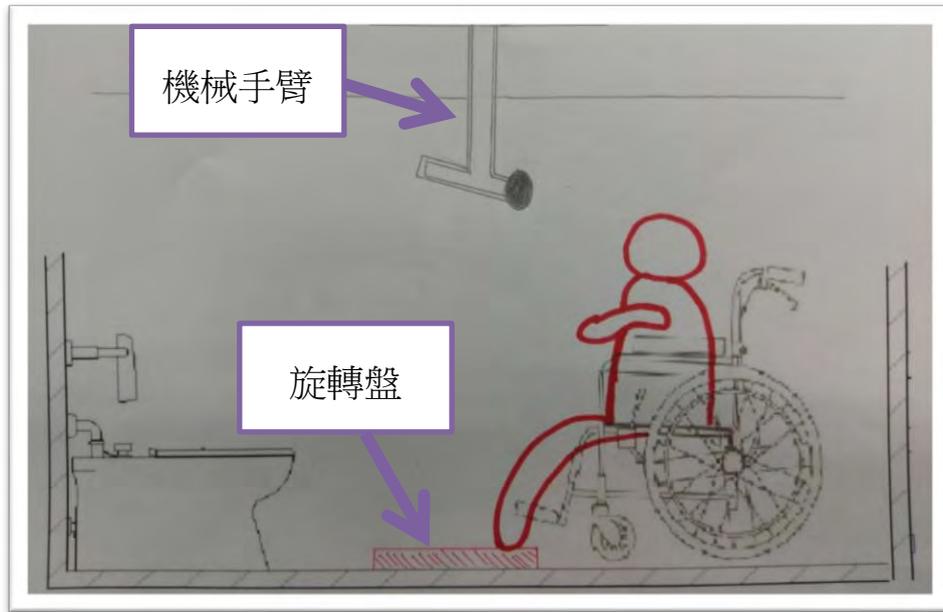


圖 26

2. 按下遙控，使機械手臂下降並調整至使用者胸前位置，使用者將雙手搭在機械手臂上。



圖 27



圖 28

3.使用者按下遙控，使手臂收回，協助自輪椅起身站立，並旋轉 180 度至馬桶前。

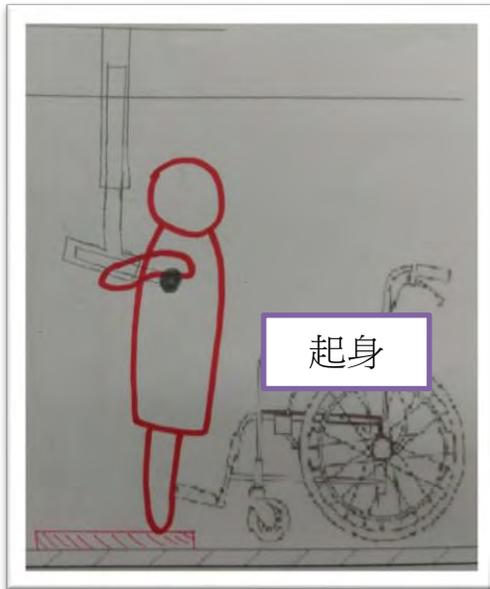


圖 29



圖 30

4.機械手臂協助使用者下降至馬桶上，並收回不影響使用者如廁



圖 31



圖 32

5. 上完廁所後，使用者可以按照相反的操作步驟，讓機械手臂再次下降，協助回到輪椅上，擁有輕鬆的如廁經驗。

(七)利用針筒作出液壓機構測試動作功能

我們利用專題製作課程所學的液壓機械手臂原理為基礎，使用針筒模擬液壓缸的動作，並搭配市售的 PVC 水管來設計機械手下降及伸出的動作。

藉由液壓機構的實驗，我們可以確定設計的零件相關位置及條件，進而找尋適合的電機零件來完成實體模型。



圖 33 液壓機構應用於本研究之示意圖

#### (八)加入控制元件

經由針筒液壓設計動作確定後，我們可以知道設計的方向是可以符合我們當初所預期的動作功能，接下來就是要思考如何運用電子相關零件來達成自動控制的目標。

首先，我們想到的是運用減速機馬達來驅動齒輪，藉由齒輪與齒條的配合，讓齒條作升降的動作，藉此達到機械輔助手可以下降至使用者前方的功能。

決定好傳動的方式後，接下來就是要開始購買零件，此時，意外的從超商上方的窗戶發現一個機構是可以替代我們的設計，並且美觀又便宜，那樣機構就是「電動推桿」。

我們發現，電動推桿它也是裡面有一個馬達，將旋轉運動轉換成直線運動，而且大小也不會太大，電源的選擇也很多元，更重要的是，它的推拉力最高竟然可以達到 6000 牛頓，也就是將近 600 公斤的承重能力，因此就決定購買電動推桿當成我們的主要機構元件。



圖 34 本研究在分區展示所採用之電動推桿及配件(取自舜元貿易)

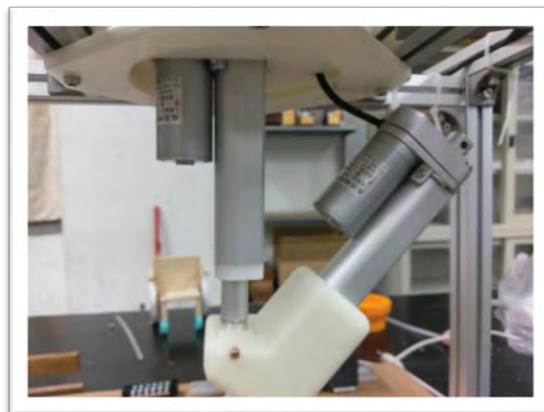


圖 35 本研究重新製作所採用之電動推桿圖示

### (九) 規格確定及繪製工作圖

為了購買正確的尺寸零件，我們向學校護理師借輪椅，到學校裡面的無障礙廁所，進行實際的尺寸模擬，並搭配模型 1：5 的比例，找出電動推桿需要的尺寸，行程分別為 150mm 及 120mm，尺寸說明如下圖所示。

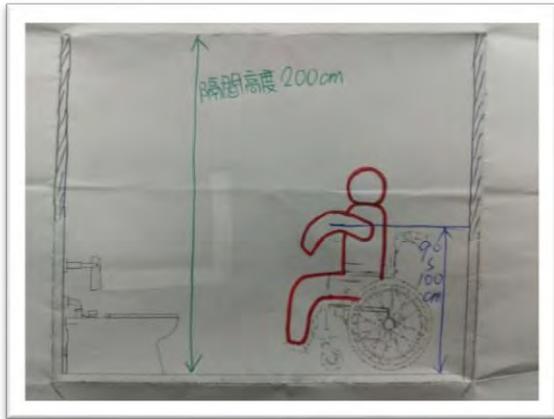


圖 36 相關基本尺寸圖示說明

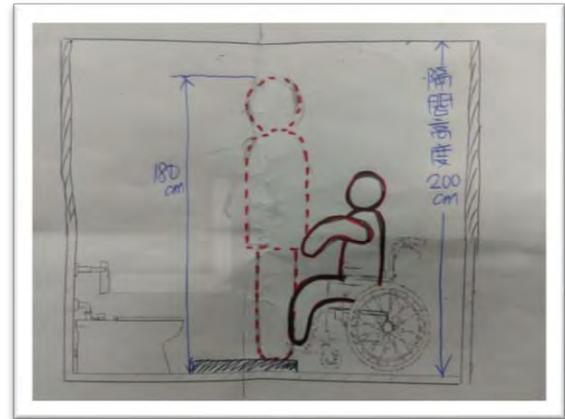


圖 37 機械臂安裝高度示意圖

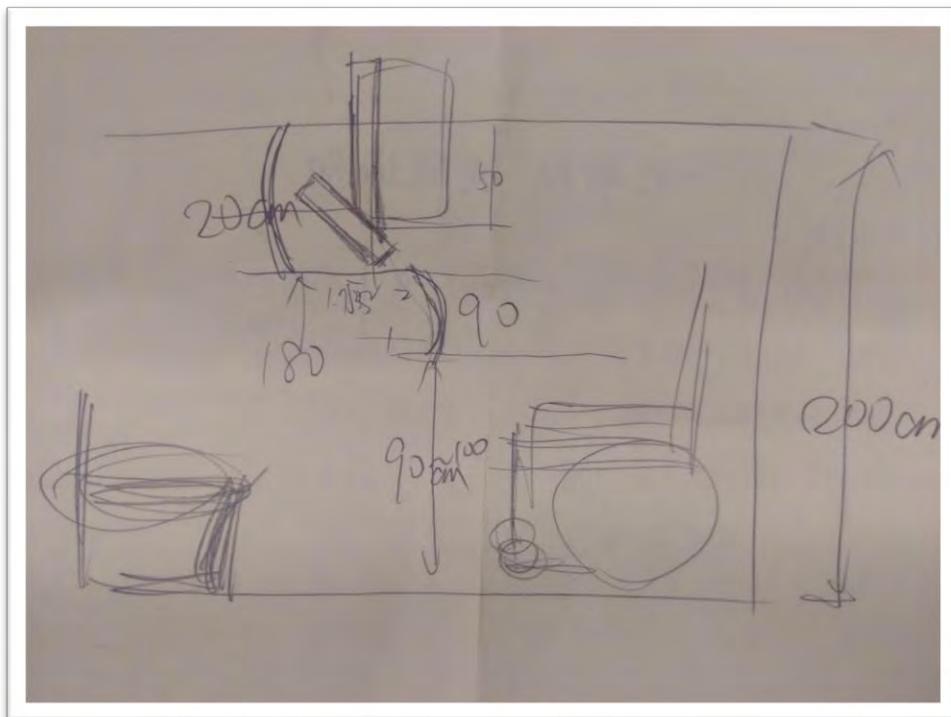


圖 38 動作模擬及相關尺寸說明圖

#### (十)旋轉盤及旋動傳動方式設計

我們以男性腳掌長度為基礎，設計實際大小直徑為80公分的轉盤設置於地面上，當使用者將雙腳放置於轉盤時，腳尖位置不會超過轉盤中心點。因此模型轉盤尺寸則為直徑16公分，其中內有滾珠軸承讓轉動更為平順。

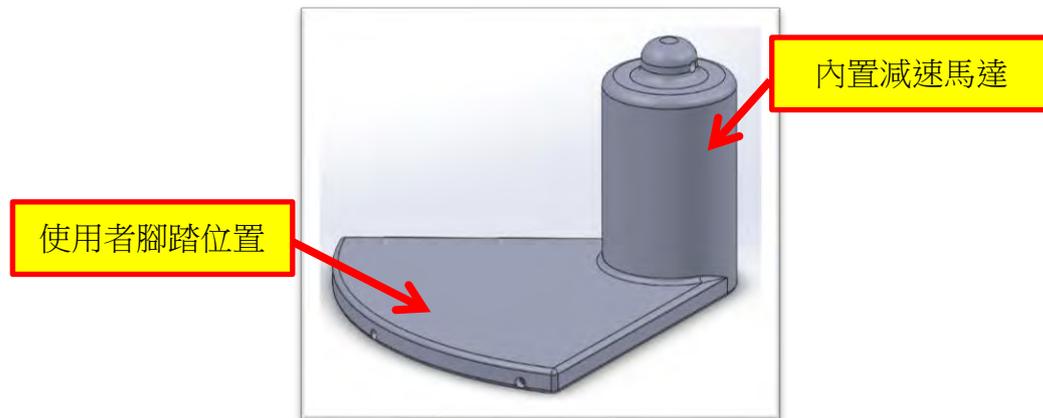


圖 39 旋轉盤 3D 設計圖

#### (十一)馬達等電機零件配置

旋轉機構的設計，我們選用 24V、5RPM 的減速機馬達，並搭配機電實習所學的繼電器等電子零件，控制整組機構的旋轉、升降及伸縮，為了安全起見，另外還設置了一組急停開關，以免發生意外。



圖 40 機電零件圖示

## 肆、研究結果

本研究希望設計出不同於現有的機械手臂裝設於無障礙廁所，藉此機構來協助乘坐輪椅的使用者，並減輕照護者的負擔，讓身障者能獲的更多的尊嚴。

我們利用兩組電動推桿並計算出理想角度來製作機械手臂，透過機械手臂協助身障者不需費力即可自輪椅起身，並利用旋轉盤讓身障者旋轉至馬桶前方位置，機械手臂再將身障者緩緩放下，使其坐在馬桶上，相關機構再收回上升不干擾其如廁。上完廁所後，身障者可以再次啟動機構，協助其離開馬桶並移動至輪椅上。

由本研究所製作出的機構，目前尚在模型階段，雖然在模型上的機構動作都是沒問題的，但尚未製作出 1：1 的實體實際安裝在無障礙廁所上，因此仍有繼續研究的價值。

本研究整理出相關的研究成果如下：

- 一、在探討無障礙廁所相關規範時，發現目前法規對於無障礙廁所內的相關設施仍不足，以至於相關團體到目前為止仍然在積極爭取建置完整設施。
- 二、無障礙廁所在建置時，若建置單位無同理心僅依照政府法規大小及規範建置，那麼無障礙廁所的設置可能形同虛設，毫無實質幫助。
- 三、研究過程發現市售的電動推桿能夠精確有效的達成機械手臂的功能，以身高 180 公分至 160 公分的使用者為對象，經過研究計算符合人體工學的設計，利用兩組電動推桿即可協助身障者自輪椅起身不費力，旋轉盤機構可以讓身障者輕鬆移動轉向至馬桶前方。
- 四、如以雙腳有障礙但雙手仍尚健全者而言，可以不需要旁人協助即可自行完成整個如廁的動作，讓其擁有人性最基本的尊嚴－能夠自行如廁。若不能自行完成如廁者，也可以大大的減輕身旁照顧者的壓力及負擔。

## 伍、討論

本研究以電動拉桿作為機械手主要元件，並搭配減速馬達讓整組機構旋轉 180 度，協助使用者從輪椅移動至馬桶上，以下幾點尚可討論：

- 一、本研究以本校其中一間無障礙廁所的真實大小做 1:5 比例縮小至做出實體模型，藉此模型來模擬相關的尺寸及機構動作。受限於比賽展示時作品的尺寸限制，本研究之模型所使用的電動推桿如果按照我們所設計的位置安裝，會超過大會所規定的高度限制，因此在模型裝設時，我們降低了安裝高度，但這個部分卻也讓電動推桿在伸出時的動作模擬無法發揮出來。
- 二、無障礙廁所在其空間內所有的設施必須經過政府相關單位審核並核發許可證方可生產及裝設，本研究所設計出的機構是否能夠真正落實裝設協助身障者如廁，仍需經過與相關單位的研議。
- 三、目前所設計的操作方式雖然有經過少數的身障者認同理念及操作方式符合其需要，但在經費及空間的規劃，相信應該會有更新穎及更經濟的方式，我們目前算是拋磚引玉，希望大家能夠重視身障者的生活，給予他們更多的協助及關懷。

## 陸、結論

隨著身障者權益的提升，無障礙空間的建置是近幾年非常被關注的，許多公共空間或是機關也都搭配法規設置無障礙廁所，我們學校也是者幾年才將一樓廁所做局部修建成立一個無障礙廁所的空間出來。

無障礙廁所對於一般民眾並無太多的感覺，頂多就是有扶手、空間大等印象，但實質上對於乘坐輪椅的民眾而言，卻是一個又愛又恨的設施，就是因為不是那麼完美，讓我們研究團隊激起著手改造的想法。

研究成果顯示，透過等比例縮放模型實際的操作，可以精準的模擬使用者的使用情形，在完成這份報告書時，我們還來不及製作實際 1:1 的機構，同時也因為參加科學展覽競賽時有規定作品的尺寸大小，只能先製作出 1:5 的縮小版模型，不過功能並不馬虎。

接下來我們的研究不會停止，我們將會在自己的學校的無障礙廁所中，實際裝設一部與模型功能相同的機構出來，讓我們的想法實現出來，甚至希望能夠先推廣至學校鄰近周邊的單位，提供這些弱勢族群更多的協助。

## 【評語】 052305

1. 應用液壓機構及直線驅動器，針對輪椅族群設計了一款如廁便利性的機構，協助身障者能夠輕鬆從輪椅上移動至馬桶上。研究主題清楚，內容切題且聚焦。
2. 研究所製作出的機構，目前尚在模型階段，但仍可看出作品的創新及實用性。有繼續研究價值，俾於製作出實體雛型後，再予探討、改進，而有達實用化，甚或商品化可能。
3. 對作品的構想由來，理論基礎，創意及設計過程，說明詳細。
4. 應多調查開發之場域及使用者資料，以免因過度主觀而導致偏頗之設計

# 摘要

對於一般人而言，如廁是在平凡簡單不過的事，但是對於乘坐輪椅的身障人士而言，卻是一大挑戰。我們研究無障礙廁所的設置相關法規及訪談身障者，發現目前所設置的無障礙廁所對這些人而言卻是障礙重重。

本之研究探討機械手臂結構，利用市售的**兩組電動推桿及減速馬達**，設計出**連接的接頭及傳動齒輪**，並依據**符合人因設計**的尺寸，將設施裝設於無障礙廁所中，提供乘坐輪椅的身障人士能夠獨自完成如廁的動作，讓這些人能夠擁有基本的人性尊嚴。

研究結果也證實此機構的確能夠協助乘坐輪椅的部分身障者獨自如廁。

## 壹、研究動機

**無障礙設施**一直是社會上關注的議題，隨著老年化人口的增加，無障礙設施更顯得重要，而無障礙廁所更是許多公共空間會設置的設施之一。

我們研究發現，無障礙廁所雖名為無障礙，但其中仍有可以改善的地方，特別是對於**乘坐輪椅的不便族群**，如何讓自己在**無他人協助情況下**，**從輪椅移動到馬桶上如廁**似乎是一件困難的事情。

有鑑於此，本研究的研究對象是針對乘坐輪椅的不便者，設計出能夠讓其自己完成如廁的動作，能夠不需旁人協助即可完成從輪椅移動至馬桶位置上。

## 貳、研究目的

- (一) 探討身障者在使用無障礙廁所的實際存在問題。
- (二) 設計協助雙腳不便的使用者能獨立完成如廁的設施。
- (三) 探討機械手臂應用於無障礙空間的可能性。

## 參、研究過程

### 一、研究架構

如右圖1所示

### 二、研究設計說明

本研究將以**無障礙廁所**為目標，設計出一款可以提供**乘坐輪椅的使用者能夠憑藉自己的力量完成如廁的動作**，重拾其自信及尊嚴。

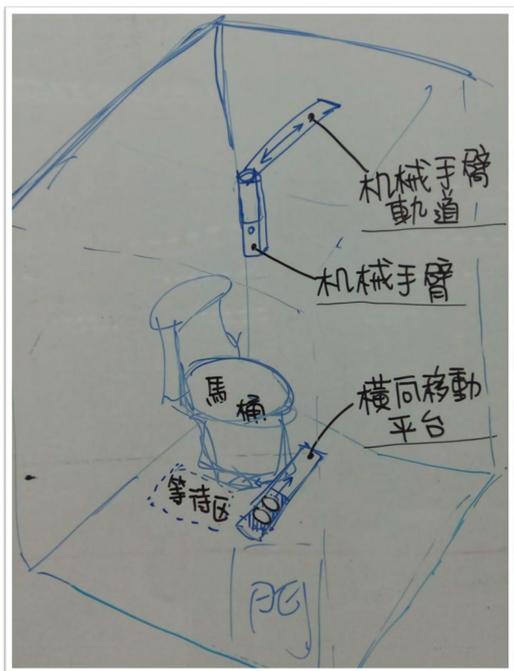


圖2 第一版設計圖

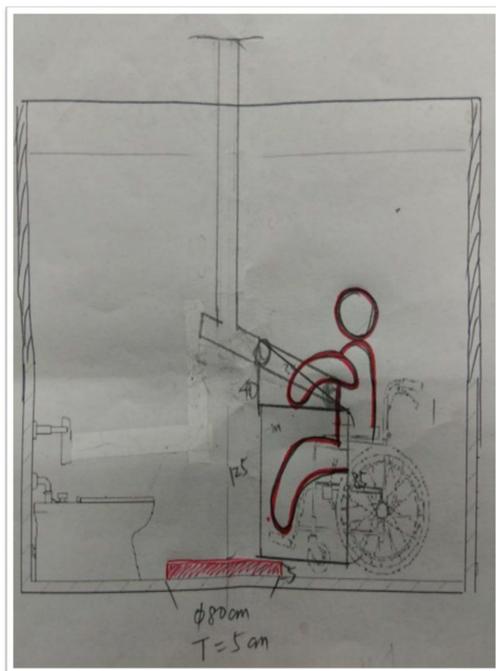


圖3 第二版設計圖

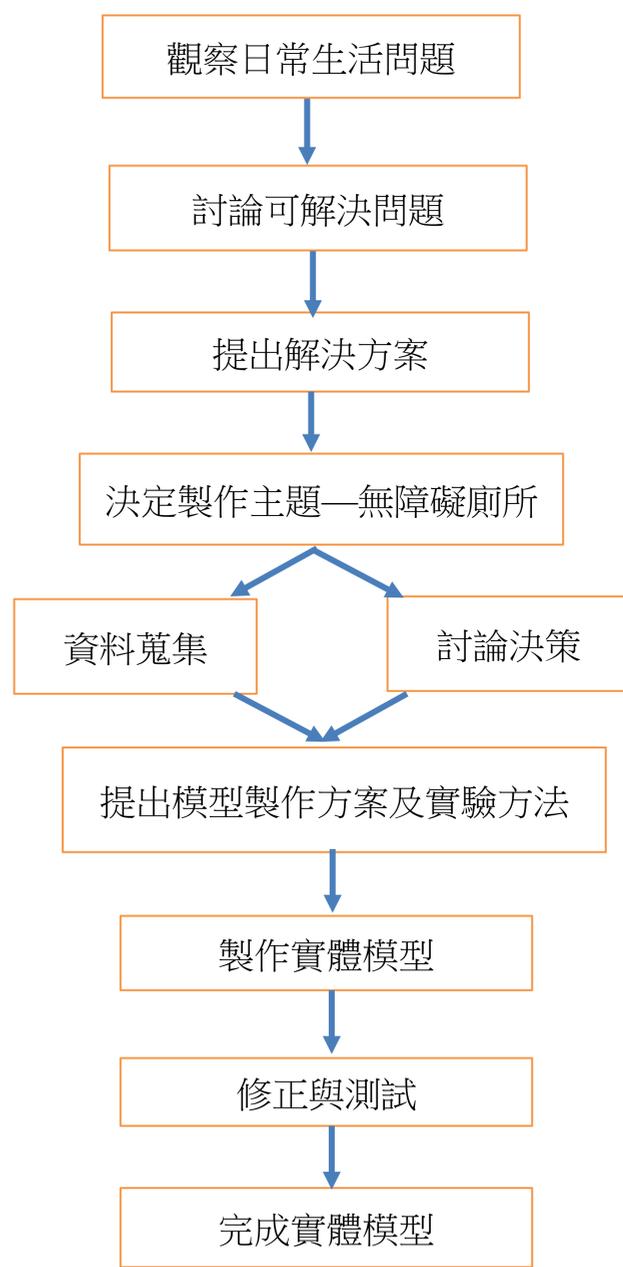


圖1 本研究架構圖

### 三、實驗設計過程

- (一) 根據無障礙廁所空間設計的法規，我們以馬桶為比例參考物件，根據馬桶的設置規定，馬桶高度應為40~42公分；根據製圖規範建議，比例尺的縮放最好是以2或5的倍數來呈現，因此本研究模型比例尺設計為1:5
- (二) 量測本校無障礙廁所的相關尺寸(如右圖4)
- (三) 實驗設計及製作模型



圖4 本校無障礙廁所空間尺寸圖示

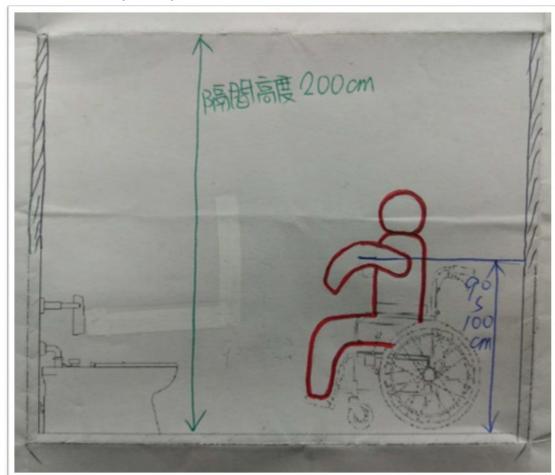


圖5 相關基本尺寸圖示說明

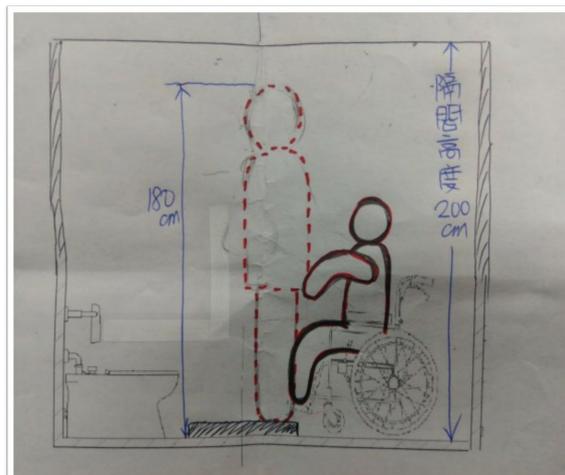


圖6 機械臂安裝高度示意圖

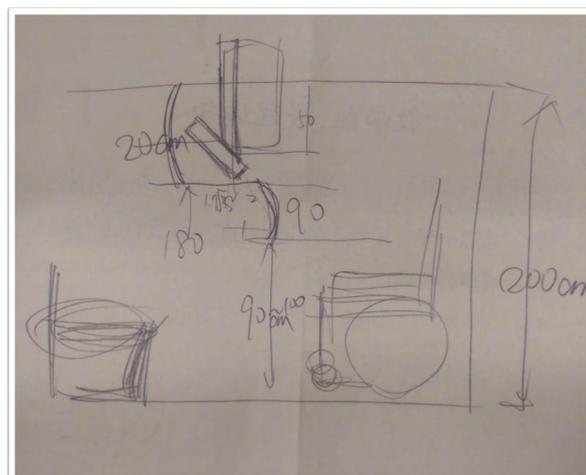


圖7 動作模擬及相關尺寸說明圖

#### 實驗一：利用針筒液壓機構原理設計機構動作

搭配學校專題製作課程所學的**針筒液壓機構原理**，設計可協助身障者如廁的機構，如圖所示。

##### 實驗結果：

1. 利用兩組針筒控制機構的上升、下降、伸出、收回的動作，可符合本研究目的。
2. 確認動作功能後，研究可實際運用的機構零件，經討論選擇市售的電動推桿。
3. 設計旋轉機構並使用減速馬達，以達到輔助使用者自輪椅位置轉移到馬桶位置。
4. 機構正下方地板，設置一組旋轉盤，使用者站在轉盤上，與機構本體整組一起旋轉。

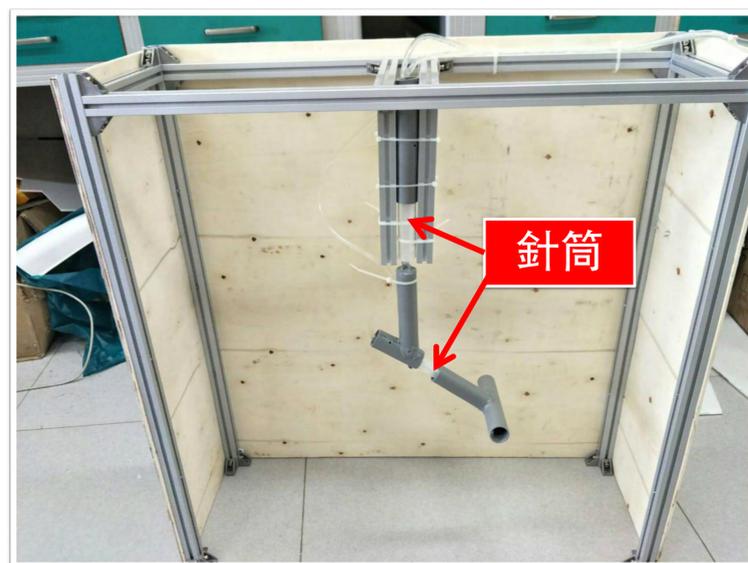


圖8 液壓針筒製作之模型

#### 實驗二：製作實際功能的機構

使用**兩組電動推桿**，及**一組馬達**，使用3D列印印製部分連接零件，符合可協助身障者如廁的機構，如圖所示。

##### 實驗結果：

1. 電動推桿規格選用：選用馬達內建於推桿內的筆型推桿及遙控模組。
2. 旋轉機構: (1)選用24V 5rpm減速馬達。  
(2)利用3D列印印出齒輪，作為馬達與機構運轉的驅動。  
(3)在機構上設計按鈕操作旋轉動作。  
(4)上、下機構旋轉部分無同步。

##### 實驗產生問題：

1. 電動推桿原廠設定需有反向力才可驅動，經與廠商協調，重新調整控制模組的設定。
2. 電動推桿與旋轉機構因系統不一樣，沒有整合在同一個遙控器，在操作上不便。
3. 本次模型製作地板旋轉機構，尚未加入馬達自動旋轉，需要再設計與上方機構連動之機構。
4. 因機構本身長度有一段固定的空行程+有效行程，且科展競賽有高度50cm的限制，模型呈現完整度有限。在分區科展時也因為這個原因差一點不能參賽錯失機會。

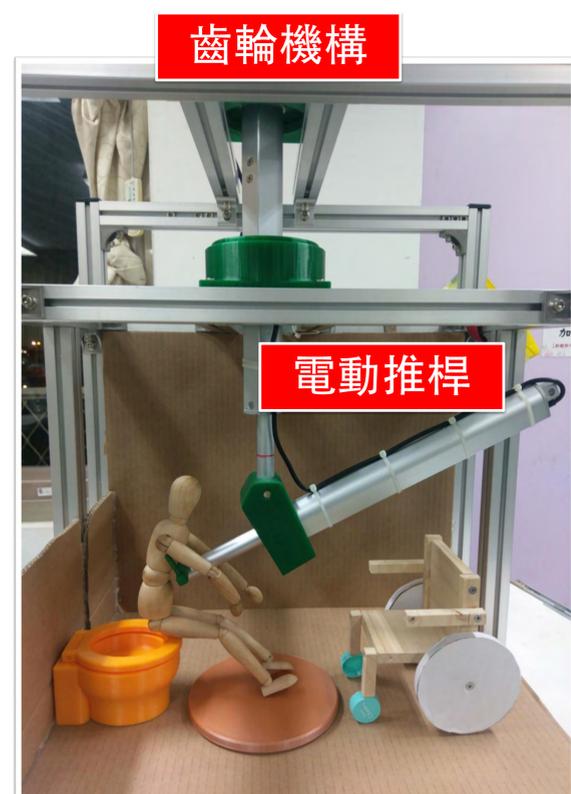
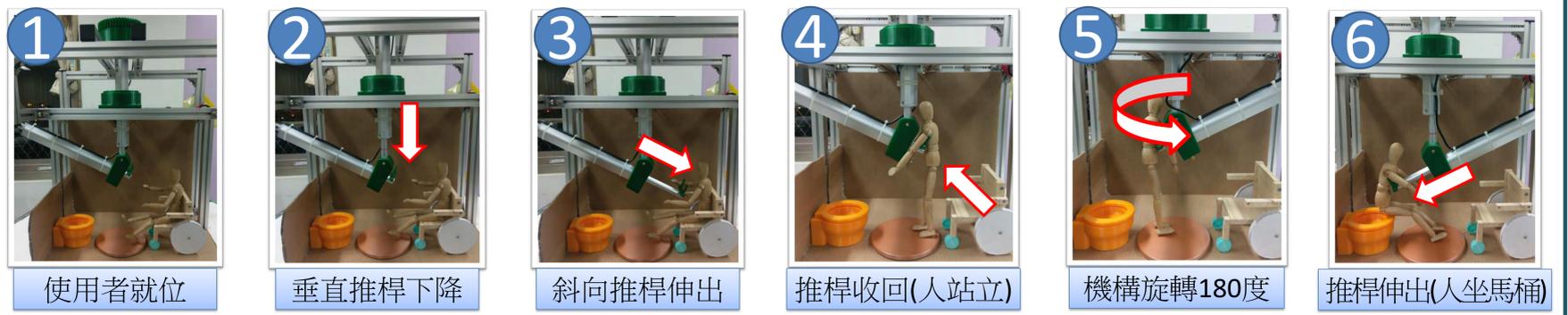


圖9 機構模擬人體使用示意圖

## 實驗二所完成的動作功能順序圖



## 實驗三：加入機電控制元件製作完整機構

我們藉由分區科展評審所給的建議，重新設計製作模型，製作重點如下：

1. **更換推桿種類**：筆型推桿因無效行程較大，因此改選用馬達齒輪箱外掛式的電動推桿。
2. **利用繼電器控制動作**：利用6組繼電器控制機構的上升、下降、斜向伸出、斜向縮回、正轉、逆轉的6個動作。
3. **整合控制方式**：為了便利使用者使用本輔助裝置，使用6個迴路的無線模組連結機構，並使用遙控器操作功能。

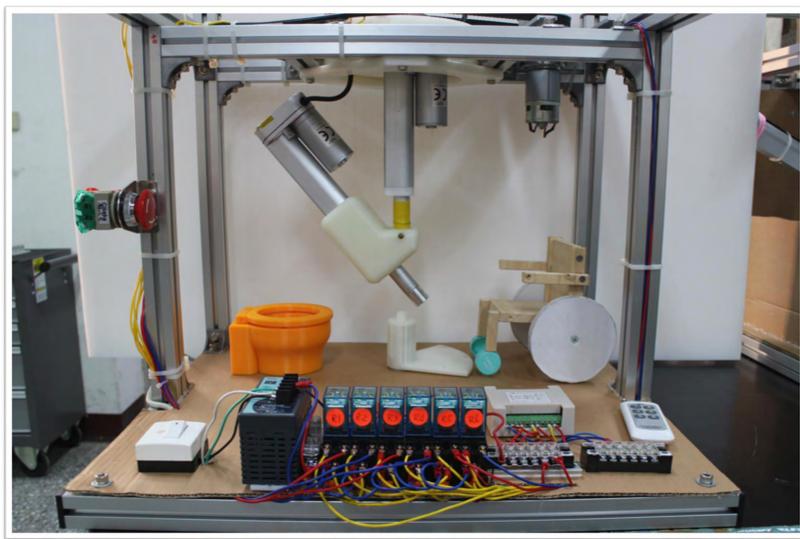


圖10 本研究設計完成的機構模型

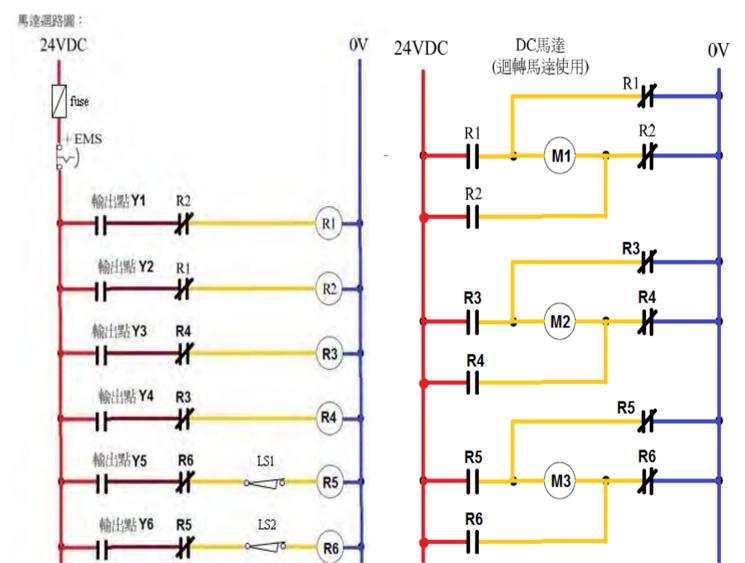


圖11 本研究機構模型之電器迴路

## 肆、研究結果

- 一、根據研究，國外有許多關於無障礙廁所的設計，但我們在建置無障礙廁所時，大多以符合政府法規大小及規範建置，因此設施尚不足，如要與國際接軌，在設施的準備仍須努力。期許我們的研究能夠貢獻小小心力。
- 二、研究過程發現市售的電動推桿能夠精確有效的達成機械手臂的功能，以身高180公分至160公分的使用者為對象，經過研究計算符合人體工學的設計，**利用兩組電動推桿即可協助身障者自輪椅起身不費力，旋轉盤機構可以讓身障者輕鬆移動轉向至馬桶前方。**
- 三、如**以雙腳有障礙但雙手仍尚健全者**而言，可以不需要旁人協助即可自行完成整個如廁的動作，讓其擁有人性最基本的尊嚴—**能夠自行如廁**。若不能自行完成如廁者，也可以大大的**減輕身旁照顧者的壓力及負擔**。

## 伍、結論

1. 本研究所設計的輔助裝置，能夠確實減輕乘坐輪椅的身障者如廁的問題。
2. 機構迴路設計具有緊急停止及保險絲，確保使用安全。
3. 本研究所製作的模型雖然不是1:1實際大小及實際測試人體使用效果，但經由與電動推桿的廠商做過討論，**電動推桿只要將目前鋁合金的材質更換為白鐵，所能承受的拉推力即可至120~150公斤，可以符合大多數體重限制。**
4. 本研究之模型因為科展作品有限制高度，因此在模型設計的呈現較為不足，但動作功能都已完成設計，也正在申請專利中，期許未來能夠真正應用於無障礙廁所，協助更多需要幫助的人。