

# 觸覺感知與體感回饋於弱視兒童肢體律動導引應用

趙方麟

朝陽科大工業設計系副教授

e-mail: flin@cyut.edu.tw

## 摘要

音樂律動能培養智能發展，還能增進非音樂性之能力發展，對視障生與弱視生有重要作用。本研究運用科技與設計結合的方式，研發教具，應用於視力或行動障礙兒童肢體律動教育，以改善其活動與學習的限制。藉由電腦及電子硬體與 Kinect 體感回饋與教學軟體支援，結合現場教學經驗，提出簡化的律動教學輔具，以利於推廣，提高視力障礙者之接受度。亦於盲校進行使用觀察與試用，針對需求回饋進行改善。

**關鍵詞：**觸覺感知、體感回饋、律動導引。

## Abstract

Exercise with music and rhythm not only can help pupil developing talents, but also enable their physical and social abilities. This is very important for students with visual impairments. This study in-cooperates technology with design, to create learning tools for those who have physical disabilities. The aim is to enhance their daily activities and to bypass their learning boundaries. By combining hardware, software development and product design, a set of simplified learning tools which combine gas flow, vibrator and Kinect sensor was proposed. After practice in Special Education School, improvements were made. The teaching results had shown the effectiveness of the activities and the equipments on developing physical movement skill of children.

**Keywords:** haptics, body movement, rhythm.

## 1. 前言

肢體律動包含了音樂、節奏、身體動作的

搭配，不僅呈現美感，也讓身心得到紓放。視力障礙兒童缺少戶外活動或肢體律動的參與機會。因為許多活動需要高度的借重於視覺回饋；限於障礙，只能固守於生活的安全空間之中。視力障礙者過去在學習肢體律動時，主要憑藉觸摸帶領者或聆聽其口語指令。但是直接觸摸會有性騷擾的顧慮，單純聽口語指令又無法清楚體會。所以肢體律動的教學過程，需高度的依賴老師重複的提示。本研究運用下列觸覺回饋，提出與現有 Kinect 教學軟體結合的律動教學輔具：

- (1) 以分佈在身體的無線微型振動器，配合韻律動作引導不同部位肢體動作。
- (2) 以分佈在身體周圍的氣流噴口，使用空氣壓縮機搭配樂曲之時序，以氣流導引肢體動作。
- (3) 藉由擬人模型呈現出身體姿態，以觸摸方式認識肢體動作。

所設計的簡易觸覺感知輔具，可應用於弱視兒童肢體律動教學中，降低教學活動的困難。

## 2. 文獻探討

視障學生在律動學習的最大困擾，是無法觀察模仿老師的動作。本研究針對視障學生，提出觸覺感知律動教學輔具，減少模仿學習動作的障礙。舞蹈的另一個角度是自我表達。「創造性舞蹈是一種展現內在思想與情感的身體活動。這種藝術的形式別強調創造力、解決問題以及表達想法與情感[1]」。曾瑞媛[2]曾經結合螺旋式課程，幫助視障學生學習創造性舞蹈，特別著重於視障學童身體經驗的認知。本研究提出的觸覺感知輔具，除了模仿學習動作，亦能當做提示與激發創造性肢體動作的手段。

肢體動作遊戲需要讓使用者投入(engagement)，Sweetser [3]曾提出了影響因素：需要有核心(concentration)元素、有挑戰性的成分、能依使用者能力調整狀態、能提供即時的回饋，盡可能的加入同儕互動，才能提高過程

的喜悅感。能適當的拿捏，具有挑戰性又不會過於困難，才能提供持續的趣味。遊戲之所以能吸引兒童參與，在於其過程中的趣味、新奇、及不可預測性。提高投入度是設計必須著力的部份，近年來許多成功的情境式互動學習遊戲被發展出來，藉由敘事性的情境故事讓學童融入遊戲內。如果能在體感回饋與教學軟體能支援補足先天缺少的視覺回饋，這些遊戲就可能被視力障礙兒童所使用。

肢體動作遊戲亦曾使用於復健領域，例如：協助恢復身體損傷的機能、提高平衡度的掌控。因為在家中即可進行活動，能有效降低醫療成本，減少專業復健師的投入時間。Morelli [4] 在 2010 年發現視障者運動時需要很多的導引，擔心受傷也怕別人的譏笑；她將現有的保齡球肢體動作遊戲，加入振動與聲音提示，得到視障者的肯定。Morelli 與 Yuan [5] 亦曾利用 Wii 的網球/吉他遊戲，加入振動回饋、聲音提示，他們發現綜合使用振動與聲音提示時，視障者喜悅感與滿意度都明顯提高。

觸覺機制緊密的連結運動知覺與觸覺感受。觸覺遍佈於身體各部位，小至毛髮的擾動大至於軀幹的壓力，能呈現出溫度、材質、壓力、柔軟滑膩、型態樣式、空間分佈等多種感受。觸覺是視障者的優勢感官，也是認知的重要方式。美國聾人中央研究院利用電子式觸覺、振動式觸覺、集中型的皮膚感應器，透過皮膚感覺傳達口語訊息。學者 Lowenstein (1996) 研究發現，巴齊尼小體能回應中和高頻率的暫時刺激，但對低頻率敏感性較差。

當視覺匱乏時，觸覺與聽覺可以分擔部分功能。學者曾研究用振動強度或頻率表示長度 (Sarah, 2007)，顯示出訊息能被適當的轉譯。觸覺也被運用於控制與輸入，例如當輕拍或按壓電子寵物時，他能做出相對應的回饋。觸覺不僅可用於肢體動作的提示，他也可以成為動作完成後的回饋。Yim [7] 發現當動作之後，運用觸覺回饋明顯提高了使用者的喜悅感與參與度。

微軟公司於 2010 年推出具有身體姿態感知能力的 Kinect，它接合了 RGB 相機與紅外光雷射深度感應器，能提供解析度為 640×480 的空間深度資訊。透過深度篩選可以判讀出身體姿勢，並由系統建構出有 15 個控制點的人體骨架 (skeleton) 模型 [8]。Kinect 亦能透過感應身體姿態對系統發出操作指令，此時身體本身即能成為控制器。

運用 Kinect 身體姿態感知能力，許多肢體

動作遊戲被開發出來。例如 Dance Central (2010)、Nickelodeon Dance [9]。在舞曲進行中，螢幕除了顯示出變化的舞步之外，還會篩選出關鍵序列動作，提示即將進行的姿態變化。螢幕的另一側會顯示使用者呈現的身體姿態，當感知的身體姿態與關鍵動作一致時，系統會顯示得分，給予加分讚美。變化的舞步也可以透過拆解指令，將舞步分解為三至四個姿勢，當動作簡單化後，就能逐一檢核自己的姿勢並參照關鍵動作的提示來調整。

身體姿態感知能力，亦引發了許多新的應用。例如 Stefano [10] 提出了模仿真人動作的機器人。利用 Kinect 所得到的使用者 NITE 骨架模型，傳輸到人型機器人的控制器，透過座標轉換，推動 Nao 人型機器人，複製出原來的動作。Brucina [11] 用類似的原理，轉用於生產機器人的手臂控制。在視力障礙生活運用方面，義大利學者將深度感應器轉用於障礙物偵測，發展出盲人行走避障系統。運用空間深度感知、行走偵測，透過智慧型手機以語音做障礙物迴避提示。在律動學習的教具運用方面，交通大學亦曾 [12] 提出動態互動機器人教育系統，用機器人複製自閉症學童的動作，引發自閉症學童的活動動機。

機器人複製姿態的研究雖然很多，但是成功的模仿動作仍然不容易。因為人體的自由度遠高於人型機器人關節數目，骨架模型提供的僅是人體座標，複雜變化的舞步會造成人體座標計算過程的誤差累積。考量視障者人數有限，產業無法針對特殊族群製作系統，因此設計時需能夠盡量利用現有產品，透過整合與轉用才能降低價位，落實於教育應用。

## 3 設計程序

### 3.1 步驟

首先評估各種觸覺感知特色，觀察可能的應用方式與限制，提出設計構想。其次製作產品功能原型，透過現場測試，了解使用者的接受能力。其次思考與實際 Kinect 產品搭配模式，經由實驗評估應用的限制；並找尋可取得的低價位零件，在有限預算與體積小型化原則中，提出設計方案。設計程序如圖 1 所示，其中創新模式主要是參考引用 IDEO 公司設計流程，並輔以創新技法。

IDEO 獨特的創新方法，是基於下列幾個步驟，成功的關鍵皆在每一步驟中必須掌握的

動作[13]:

- (1) 認清客戶、技術以及問題本身的限制。
- (2) 觀察人們的實際生活狀況，並找出引發這些狀況的原因。
- (3) 把概念和產品的潛在用戶予以視覺化。
- (4) 短時間內不斷重複評估和改進原型。

過程中善用空間記憶的力量，將點子記錄在板面。鼓勵將相關的東西蒐羅擺在一起；其次盡量將概念透過繪圖或製作簡單具象化模型，藉由跨領域整合達成設計目標。

創意法則的主要內涵，是應用「反向」「轉移」「組合」「延伸」「減少」等手法，自現有的物件，推演出新的概念設計。當反覆運用「反向」「轉移」「組合」「延伸」「減少」等手法就可以獲致新的概念。例如將震動器佩戴方式「反向」直接放入口袋；「轉移」氣流的方位指示為節奏指示；「組合」不同觸感的提示；「延伸」現有教學方式等手法；「減少」科技的複雜度等，於輔具設計之中。

設計方法與流程，分述於下。

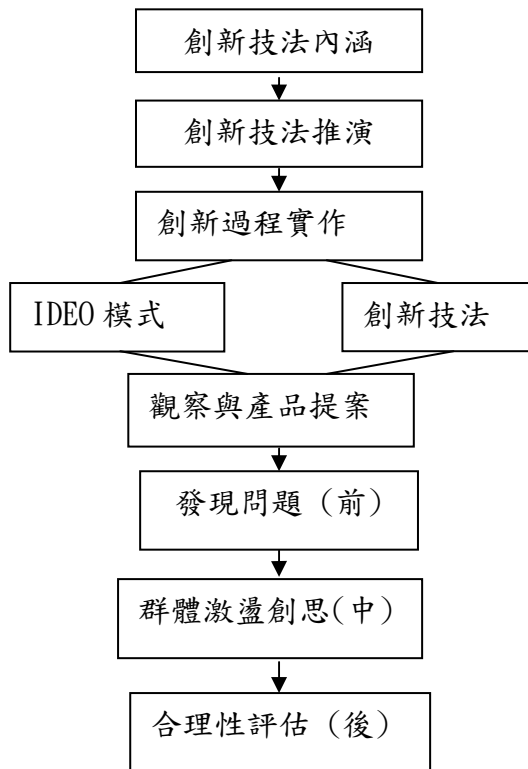


圖 1 設計方法與流程

前階段介紹創意法則的技法與主要內涵。在學習之後嘗試舉出應用實例，以發現不同情境應用之可能。第二階段為 IDEO 案例研

討，設計作品概念討論；輔以美國 ABC 廣播公司現場新聞採訪手推車的改良過程，包含公司內部成員討論與發想、驗證與製作的過程。透過案例，體驗其跨領域設計過程，帶動成員參與的熱誠及激發創意潛能。第三階段為實作階段，可分為前、中、後三步驟，前段是了解需求、決定方向。中段則透過群體激盪應用創新法則，將思考拉離吾人的習慣領域，此時設計之概念得以浮現。後段則對特定設計參數，找出合理的解答。

### 3.2 體感互動搭配方式

各種觸覺感知皆有可能的應用方式，也有其技術與物理參數之限制。本律動教學輔具，思考將下列三種觸覺感知與現有 Kinect 肢體舞蹈產品 Nickelodeon Dance [9] 搭配。

- (1) 以分佈在身體不同位置的無線微型振動器，配合韻律動作引導不同部位肢體動作。
- (2) 以分佈在身體周圍的氣流噴口，使用空氣壓縮機搭配樂曲時序，以氣流導引肢體動作。
- (3) 藉由觸摸擬人實體模型，認識並學習肢體姿態。

欲與現有 Kinect 教學軟體結合，需要先歸納主要軟體之互動介面。以 Nickelodeon Dance 系統而言；舞曲進行時，螢幕除了顯示動態變化舞步之外，還會篩選數個關鍵動作(圖 2)，序列的以圖像提示即將進行的姿態變化。動作後，經由 Kinect 體感回饋，螢幕會顯示出使用者的姿態，依據其間的差異評分。



圖 2 Nickelodeon Dance 螢幕顯示之體感姿勢與關鍵動作(Microsoft)

如果能用觸覺取代視覺提示，就能讓視障生運用。先將舞步分解為三至四個關鍵動作，

用人偶呈現出關鍵動作。老師再配合用移動氣流提示動作部位與方向，或利用振動器提示姿勢差異的部位，學生就可檢核自己的姿勢並逐步調整。

然後利用 Kinect 可得到人姿勢的骨架模型，我們可以將感知到的身體骨架模型直接在電腦中與標準姿態比較。如果系統能再以語音提示出差異最大的部位，就能有效的給予視障者回饋。

例如抽取 OpenNI [14]所產生的人體骨架座標，經過正規化計算取得以身體軀幹為原點的座標。再與關鍵姿勢樣本比對各關節的座標，計算歐幾里得距離。只需將差距最大的身體部位找出，就能據以調整姿態，減少執行的困難。

圖 3 所示，為三種觸覺感知與 Kinect 產品可能的搭配方式。惟，現今 Kinect 產品並未開放內碼，僅提出該部份的搭配學習模式[15]，供未來發展的參考。為了讓學校老師能夠順利應用，模式中觸覺提示零件選取，也是盡量以容易取得的低價位組件、不需特定技術背景能設定使用為原則[16]。

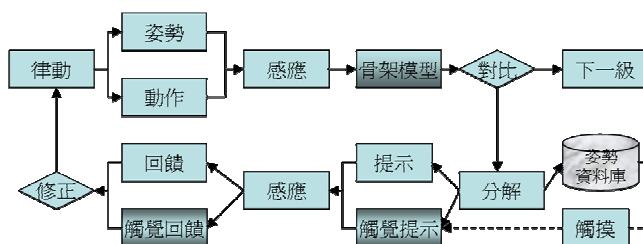


圖 3 三種觸覺感知與 Kinect 搭配方式

## 4 簡易觸覺感知組件教學應用

### 4.1 律動教學輔具組成

觸覺提示零件選取中，用桌上型空壓機提供壓縮空氣，便於攜帶；出氣控制可用美工噴筆頭；搭配手動的無線振動器，控制振動型態。人形機器人雖然能表達不同的動作，但是觸摸時會干擾現有動作。在經費壓縮考量下，所以選用多數個靜態的人體木偶，分別表現序列的關鍵動作。

律動教學輔具是否能幫助弱視者動作的學習？——是存在我們心中許久的問題。我們以三種觸覺感知與 Kinect 產品搭配，增加視障生的學習動機、減少老師教學負擔。並於台中市惠明盲校進行了三次實驗教學。肢體動作教學進行方式，如觀察表 1 所示。首先選出啦啦隊

常用基本動作的部分段落，再分段學習幾種基本動作。

律動教學輔具包含人偶姿態模擬，氣流、振動提示。器材都選自市面上可購得的商品(圖 4)，規格為：

- (1) 人偶×3，木製 35×7×3cm，單價(NT) 200 元。
- (2) 氣流：靜音式空壓機 30×30×10cm，單價 3000 元；美工噴筆 19×10×3 cm，單價 1000 元。
- (3) 振動器：可遙控振動器×1，8.0×3.2×1.9 cm，單價 490 元。重量 30g，無線傳輸距離為 4 公尺。



圖 4 輔助實驗器材(Kinect、人偶、遙控振動器、靜音空壓機、美工用噴筆)

### 4.2 弱視學生實驗



惠明盲校今年成立了啦啦隊，訓練了八個月之後，終於參加了今年中部地區肢體障礙啦啦隊競賽。參賽隊伍中只有惠明是視障學生，他們在學習啦啦隊動作的過程中歷盡艱辛，甚至老師都曾想要放棄。

正文是一個視聽雙障的孩子[17]，在練習中碰到許多難題。在學習動作時往往需要兩個老師，一個示範動作，一個帶領觸摸身體姿勢及動作。經由多次練習與修正，才能展現出動作。興善是全盲生，在啦啦隊是當小隊的排頭，如何走位、在何處停止、何時開始動作，都會影響其他隊友。興善身高約 160 公分，膝蓋曾受損，所以走路時略顯搖擺。但是每週一的啦啦隊排練課程，雖然要重複練習動作，但是他不嫌煩。成功的演出之後，興善露出了高興的笑容。



在惠明盲校進行三次實驗教學；首先分解出不同的關鍵動作元素，製作觀察量表(表 1)。每次的教學中，依據指令提示導引，並進行紀錄。茲將教學步驟與發現敘述於下。

**表 1 肢體律動觀察表**

|  |     |   |   |              |
|--|-----|---|---|--------------|
| 動作1: Fly 飛翔<br>左彎4, 雙臂平舉、右上左下<br>右彎4, 雙臂平舉、左上右下<br>情境: 老鷹空中盤旋、俯瞰地面 |     |  |  | 動作特徵<br>note |
| 模仿確實度  | 手部H |   |   |              |
|  | 軀幹B |   |   |              |
|  | 腿部F |   |   |              |
| 姿態轉化A-B, 順暢嗎?  |     |   |   | 困難           |
| 加入氣流提示1  |     |   |   | 改善           |
| 加入氣流提示2  |     |   |   | 改善           |
| 用何振動提示?  |     |   |   | 可幫忙..        |

第一次的測試中，每個人時間為 30 分鐘，進行 4 個動作段落。步驟如下：

- (1) 介紹在此段落的情境。
- (2) 將情境中的兩個主要姿態，以人偶呈現。
- (3) 盲童觸摸人偶 A 之後，呈現出該姿態 A，老師依據模仿確實度評分。
- (4) 繼續觸摸人偶 B 之後，呈現出該姿態，評分並給予糾正。
- (5) 其次依據情境，將動作連貫，觀察姿態轉化 A→B 過程是否順暢？
- (6) 觀察困難點，依據主要動作特徵，加入氣流提示，記錄改善狀況。
- (7) 依據觀察差異的動作次特徵，再加入氣流提示並記錄改善狀況。
- (8) 用振動提示，提升動作主特徵的確實度。
- (9) 用振動提示動作特徵的時間。

以下將第一次觀察發現，以質化方式進行說明。

#### 動作 1 Fly 飛翔：

想像老鷹在空中盤旋，俯瞰地面的情境。動作主特徵是：左彎 4 次，雙臂平舉、身體呈右上左下的傾斜；接著右彎 4 次，雙臂則是呈左上右下的傾斜。動作次特徵在雙腿膝蓋處是微彎著，依據飛翔的律動而上下移動。我們從

教學中發現：

- (1) 盲童觸摸人偶之後，雖能模仿該姿態；但是常常不能確實。例如身體應該是傾斜的、雙腿膝蓋處是微彎的；但表現出來則往往會是雙腿膝蓋直立、手臂呈現水平、或比例不一的上揚。
- (2) 此時會再次敘述姿態情境，例如想像老鷹在空中盤旋的情境，再由老師幫忙調整。
- (3) 盲童觸摸人偶之後，人偶本身姿態也會改變偏移(圖 5)。



**圖 5 觸摸人偶**

- (4) 當觸摸兩個人偶之後，姿態轉化由 A 到 B 的過程通常不順暢。因為觸摸是靜態姿勢，尚需要依想像插入動態動作。
- (5) 動作主特徵是手部傾斜，加入氣流的提示，是用斜對角線的氣流從正面噴向受測者；讓學生感受空間型態。
- (6) 在飛翔的 4 次動作中，分別出現 4 次對角氣流。此時氣流能在空間方位、節奏上引導，盲童在節奏與姿態呈現的確實度都有明顯改善(圖 6)。
- (7) 振動提示則用於 4 次律動之後，轉換為另一方向傾斜時，作為主動作階段轉變的提示。



圖 6 氣流提示

### 動作 2 蚱蜢探路：

情境是蚱蜢在草叢跳躍著找食物、探路、避開障礙的動作。動作主特徵是：雙手平曲於胸前，雙腿同步跳躍。動作次特徵是雙腿膝蓋處是彎曲著，依據老師隨機指出的方位而跳躍移動。我們從教學中發現：

- (1) 觸摸人偶幫助體會雙手向前彎曲的姿態 A，但是跳躍完畢時軀幹伸直的姿態 B，較容易與立正姿態混淆；當又回到姿態 A 時常會忽略雙腿膝蓋是彎曲的特徵。
- (2) 姿態轉化由 A 到 B 的過程聯想不順暢，這時仍需藉由口語提示去瞭解。
- (3) 當老師指出方位而學童跳躍移動時，會有明顯延遲。其中一位視多障生，出於對環境的生疏，不願意跳離原地，會持續在原地跳動。
- (4) 加入氣流提示後，老師用氣噴往下一個跳躍點的位置，學生都能清楚辨別出該方位，完成定方位跳躍。因為氣流是在空間、節奏作引導，所以在節奏與位置判斷上都有明顯的改善。

### 動作 3 舒放：

情境是完成一件事後的歡呼！動作是先直立，依節拍微動腳與身體三拍，當時間到時，雙手腳伸展張開，並維持一拍後回復原位。我們從教學中發現：

- (1) 舒放動作是大肢體運動，但盲生在觸摸人偶模仿該姿態時，表現出的幅度通常偏弱；例如雙手與腿應該是 45 度角的外伸，但是表現出來則是較小角度的動作。此時需要老師再度提示去調整。
- (2) 姿態轉化由 A 到 B 的過程不順暢，主因是節奏不協調。為了改善此狀況，依據動作節拍特徵，加入氣流提示。先有 3 下微小的氣流，第 4 下則是加長的大氣流，代表著積蓄等待後的釋放。
- (3) 加入氣流提示後，盲童在節奏上有明顯改善。此處的氣流表現的並不是在空間、或個別身體部位的引導，而是一種意境與節奏的導引。用氣流呈現動作的意象。

總結第一次的實驗教學：盲童觸摸人偶之後，人偶本身姿態也會改變，雖能模仿該姿態；但是常不確實。於是在第二次實驗教學時，改變教學方式為：

- (1) 老師先站在盲童背面以手帶領姿態 A，盲童嘗試用人偶做出該姿態 A。
- (2) 做完之後，自己再呈現出該姿態 A，依據模仿確實度評分。
- (3) 同樣完成姿態 B。
- (4) 其次老師站在盲童背面，以手帶領盲童將動作連貫(A→B)。
- (5) 姿態轉化過程，老師依據動作特徵加入氣流提示。或當身體呈現有差異時，用氣流提示該部位或特定的移動方向。
- (6) 用振動提示主段落的變化時機。

第二次改變教學方式後，發現盲童觸摸人偶時，姿態改變的顧慮減少了。老師先以手帶領姿態，盲童自己隨即需用人偶做出該姿態，因此非常小心。經歷了身體動作、回憶以及用手實踐的程序，加深了肢體姿態的記憶。此時增加了學生的參與感，他們不只是被動的模仿，也有身心的投入。以下分別就第二次發現，進行質化說明：

### 動作 1 Fly 飛翔：

接收動作引導後，盲童能用人偶複製該姿態；之後亦能模仿出姿態，但還是有部分偏差。

例如身體姿態應該是傾斜的，一位弱視生表現出來則是水平；另一位盲生則將人偶的手



伸展向前。雖然本身能表現出主要動作，但是人偶的展示卻不完整，仍需老師幫忙調整(圖 7)。加入氣流提示的飛翔動作後，盲童在節奏上有明顯改善。振動器也用於主要動作的切換提示；在左彎四次改換到右彎的時間點發出振動，有助於律動時間確實度的掌握。



圖 7 複製姿態

#### 動作 2 蚱蜢探路：

能展現人偶雙手平曲胸前的動作特徵，依據老師指示原地跳躍。加入氣流提示後，在節奏與位置變換的敏捷度都有明顯改善。

氣噴往下一個跳躍的位置時，能清楚的辨別出跳躍的方位。一開始時呈現出的只是向左或向右，當老師提出挑戰後，已經能自由的向前、後、斜後方...呈現多變化移動。

#### 動作 3 舒放：

是大肢體運動，雖然在複製人偶姿態時，表現出的幅度仍弱；雙手與腿 45 度的外伸，有時呈現了平舉的姿態。

節奏協調部分，開始時部分受測者誤解了動作形式，每一拍都將手腳張開，姿態顯得生硬。依據動作節拍特徵加入氣流提示，先是用三段微小的氣流，第四次則是長而大的氣流；發現受測者在節奏與動作幅度，已能表現出強與弱的精細動作變化，顯現出節奏協調性。

惠明盲校的啦啦隊另一位成員(阿雄)，參與了第二次的測試。開始的訪談中，提到了啦啦隊在走位、動作時間控制的困難。於是我們將振動器應用在特別動作的觸發或動作切換，當行進中感受到振動時，即停止行進或變換方位。

振動器使用時，先前是配戴在四肢上，有時會有束縛感；因而產生排斥或拉扯。此次實

驗將單一振動器放入褲子口袋，使用方式相當直接，亦未發生排斥現象。

啦啦隊的另一位視聽雙障生，因為完全憑藉觸覺，則需要個別調整。教學中，人偶模仿、振動提示的份量會加重，使用氣流提示時亦需與身體直接接觸。振動提示上需要用不同幅度，才能呈現與傳達特定含意(如漸增、漸弱)。



圖 8 弱視生使用體感互動

透過累積的基本動作段落演練，在第三次實驗教學時，我們使用體感互動軟體。以簡單的曲目，配合 Nickelodeon Dance 軟體的教練模式(coach mode)，在階段動作轉換時發出語音指示。我們發現部分弱視生能勇敢嘗試，經由互動得到樂趣(圖 8)。在部分曲目中，聽到熟習的指令(例如 Swim 游泳)，他們能聯想到之前的動作印象，雖然過程尚不順暢，但已沒有排斥感。雖然全盲生由於對空間的不熟悉，尚需持久的鼓勵融入；律動教學輔具能引發學習動機克服障礙，減低排斥感。

## 5 結語

簡易型兒童律動學習模組，可以應用於視力或行動障礙兒童教育之中。本研究雖然以視力障礙兒童肢體律動為主體，但是應用對象可擴大到特殊幼兒、老年人之健康照護等面向。

不同觸覺感知亦可搭配低價零件整合體感回饋，以合適的技術(appropriate technology)實現，這才能助於教具的應用與推展。律動教學輔具透過小型化、行動化的實現，盲校老師參與教學測試，也積極提出建議；也認同律動教學輔具的設計構想，並推薦給成員。

## 致謝

特別感謝行政院國家科學委員會補助專題研究計畫，NSC 97-2218-E-324-006，NSC 99-2221-E-324-026-MY2。

## 參考文獻

- [1] MacDonald, C. J., "Creative dance in elementary schools: A theoretical and practical justification", *Canadian Journal of Education*, Vol. 16, pp.434-441, 1991.
- [2] 曾瑞媛，"教他們跳舞：談視障學童之創造性舞蹈課程設計理念"，*運動研究*，第 19 卷第 1 期，頁 95-104，2010。
- [3] P. Sweetser and P. Wyeth, "GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games," *Computer Entertain.*, Vol. 3, pp. 3-3, 2005.
- [4] T. Morelli, J. Foley, and E. Folmer, "Vi-bowling: a tactile spatial exergame for individuals with visual impairments," *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, Orlando, Florida, USA, 2010.
- [5] T. Morelli, J. Foley, L. Columna, L. Lieberman, and E. Folmer, "VI- Tennis: a vibrotactile/audio exergame for players who are visually impaired," *Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games*, Monterey, California, 2010.
- [6] Yuan Bei and Eelke Folmer. "Blind hero: enabling guitar hero for the visually impaired," *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. New York, pp.169-176, 2008.
- [7] J. Yim and T. C. N. Graham, "Using games to increase exercise motivation," *Proceedings of the 2007 conference on Future Play*, Toronto, Canada, 2007.
- [8] Kinect: The company behind the tech explains how it works. <http://www.joystiq.com/2010/06/19/Kinect-how-it-works-from-the-company-behind-the-tech/>
- [9] Microsoft Nickelodeon Dance (2011), <http://123Kinect.com/Kinect-reviews/nickelodeon-dance/>
- [10] Stefano Michieletto and Emanuele Menegatti, "Human action recognition oriented to humanoid robots action reproduction," *Proceedings of the AI Workshop and Prize (PAI)*, Rome, Italy, 2012.
- [11] Giuseppe Broccia, Marco Livesu, and Riccardo Scateni, "Gestural Interaction for Robot Motion Control," *Eurographics Italian Chapter Conference*, 2011.
- [12] Cheng-Hung Tsai, Da-Chun Yang, "Efficient Static and Dynamic Gesture Capture of the Interactive Robotic Education System," *Proceedings of International Conference on Service and Interactive Robots*, Taichung, Taiwan, 2011.
- [13] Tim Brown, *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, HarperCollins ISBN: 9780061766084.
- [14] Prime Sensor™ NITE 1.3 Algorithms notes. <http://www.primesense.com>.
- [15] Davis, J., "Laban Movement Analysis: A Key to Individualizing Children's Dance," *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, Vol. 66, 1995.
- [16] Xiaofei Ji, Honghai Liu, "Advances in view-invariant human motion analysis: a review," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part C*: Vol. 40, no. 1, 2010.
- [17] 惠明通訊，September 2012，台中市大雅區