

運用觸覺回饋裝置結合線上博物館以提升學齡兒童認知學習之成效

Use a Haptic Feedback Device with the Online Museum to Enhance the Effectiveness of School-age Children's Cognitive Learning

徐子焯¹ 葛如鈞²

Xu, Zi-Han¹ Ko, Ju-Chun²

¹國立台北科技大學 互動設計系 研究生

¹National Taipei University of Technology Department of Interaction Design Student

E-mail : xuzihanxuzihan@gmail.com

²國立台北科技大學 互動設計系 助理教授

²National Taipei University of Technology Department of Interaction Design

Assistant Professor

E-mail : dablog@gmail.com

摘要

觸覺是人類認知行為中不可或缺的一個方式，也是交互設計領域中不可忽視的一部分。隨著科技的發展，技術的革新與增進同樣推動著觸覺回饋裝置的發展，由觸覺回饋方式以增進抽象信息的認知能力已經被廣泛運用。皮亞傑提出的建構主義主張學習過程不是兒童被動的接受知識，而是積極地建構知識的過程，學習活動是以兒童為中心，因此學習具有發展性、演化性，並非一陳不變。在此基礎上本文探索一個觸覺回饋裝置原型之設計概念，它可增強使用者對博物館文物信息的認知能力。為參觀博物館的學齡兒童提供更具體的感官體驗，輔助兒童在真實情境的互動中學到知識，激發兒童主動求知的欲望，進而創造出「個人、空間、互動」三種情境下的優質教育體驗。

關鍵詞：觸覺回饋、教育技術、學齡兒童

Abstract

Touch is an indispensable way of human cognitive behavior, and it is also a part that cannot be ignored in the field of interaction design. With the development of science and technology, the innovation and improvement of technology also promote the development of haptic feedback devices, and haptic feedback methods have been widely used to improve the cognitive ability of abstract information. The constructivism proposed by Piaget advocates that the learning process is not the passive acceptance of knowledge by children, but the active construction of knowledge. This paper explores the design concept of a tactile somatosensory feedback device prototype, which can enhance users' cognitive ability to museum cultural relics information. Provide more specific sensory experience for school-age children visiting the museum, assist children to learn knowledge in the interaction of real situations, stimulate children's desire to actively seek knowledge, and then create a high-quality educational experience in three situations of "personal, space, and interaction".

Keywords : Haptic Feedback 、 Educational Technology 、 Children

壹、前言

人類的觸覺系統是自身感知與探索外在世界的基礎，是一個幫助我們處理資訊的重要感知系統。從幼兒時期開始，我們通過觸摸來獲取物體的信息，如距離、大小、形狀、質量等，因此觸覺被定義為是一種主動探索的認知行為(Loomis & Lederman, 1986)。當視覺無法為我們提供物體更具體的信息時(Klatzky et al., 1985)，觸覺就成為了我們感知信息的有效手段。

傳統的教育型態無法給學齡兒童提供真實的體驗，因此兒童難以有透徹的理解與體會。由於觸覺為我們提供豐富的感官信息增加我們感知能力，它逐漸成為兒童的教學工具。因此隨著科技的進步，多媒體教育除了以視覺與聽覺輔助呈現，觸覺回饋的加入也給學齡兒童創新了學習體驗，以多模態方式的互動讓兒童理解未知物體的質量。

貳、文獻探討

一、觸覺

1931年，Revesz首次提出“觸覺”一詞，該詞來源於希臘單詞「haptikos」與「haptesthai」，前者表達的意思是「能夠觸摸」，後者的意思則是「能夠抓住」(Révész, 1950)。而如今所謂的觸覺還包含壓覺，是皮膚受到觸、壓等機械刺激所引起的感覺，因此觸覺可以說是一個完整的感覺系統，為了解物體表面的觸覺信息，人類會主動觸摸物體表面，並經由皮膚去感知物體表面特徵。而人類的手指中包含高密度的低閾值力學感受器，因此能快速的進行信息的傳遞(Johnson, 2001)，所以當我們通過手指觸摸物體表面時，手指接觸所產生的震動，在皮膚中傳播並激活力學感受器，力學感受器接收到一個刺激後，將其轉換成一個電信號，最後將刺激發送到大腦再由大腦進行編碼(Ndengue et al., 2016)。

二、觸覺與認知

皮亞傑曾認為兒童是通過體驗世界，並與世界互動來建構知識結構的積極過程(Hourcade, 2008)，兒童的學習方式應為實踐學習，而非被告知學習。因此通過結合觸覺與視覺的通感往往能出乎意料的起到豐富視覺信息的效果，激發學齡兒童對於未知事物的好奇心並增強學習動機。Antle的團隊(Antle et al., 2009)在研究中提出，兒童是否實際動手能影響他們對於事物的理解深度，並且強調了觸覺能夠更好的刺激大腦有助於兒童理解。

三、觸覺回饋

在現實生活中人類通過觸覺探索與操作事物，沒有觸覺就無法確定物體以及其的表面特徵，但在早期研究中人類是通過材料本身的視覺運動來評估物體屬性，而觸覺回饋的出現是為了將虛擬物體的形狀以及表面特徵，如紋理、質量、重量等更精準的傳遞給使用者，讓其有如觸碰到真實物體之感。Israr(Israr et al., 2014)的團隊所提出的觸覺回饋裝置能夠更好的增加兒童故事的體驗。類似的觀點在Rovers團隊(Rovers & van Essen, 2004)的研究中也有提及：觸覺回饋可以彌補實際接觸的抽象信息表達。如今已經開了許多呈現力的觸覺回饋裝置，例如：Lecuyer(Lécuyer, 2009)在虛擬環境中讓使用者以恆定的速度移動正方體，根據使

用者的推力計算出虛擬環境中的摩擦力，當正方體位於具有較高摩擦力的區域時，將以恆定的速度減慢並要求使用者維持立方體的速度，通過力的變化與立方體的視覺反饋讓使用者體驗到摩擦力的差異。Haptic Bed(Koge et al., 2014)、Novint Falcon(Karbasizadeh et al., 2016)以及 Haptic Links(Strasnick et al., 2018)，他們通過施加真正的物理力以表達不同形式的力。除此之外，一些作品也通過觸覺回饋裝置以引發兒童對於學習的興趣。Kinder BURU BURU cushion(Shibasaki et al., 2020)通過坐墊與兒童書籍進行結合，通過震動的觸覺回饋方式增加兒童對於書記、故事的興趣。

參、研究實施與設計

一、研究工具

(一) 觸覺回饋裝置

1. 裝置概念

此裝置通過觸控方塊與 3D 列印機 (ender5) 上層框架進行結合，以牛頓第二定律為原理核心，通過不間斷且隨機方向（前、後、左、右四個方向）對觸控方塊施加不同大小的力，以感受在改變不同運動狀態下觸控方塊所用力的大小，去瞭解物體質量這一物理屬性（即物体所受到的外力不變，則物體的加速度與質量成反比。質量越大，越難改變原有的運動狀態）。裝置模型與實際主體如圖 1 所示。

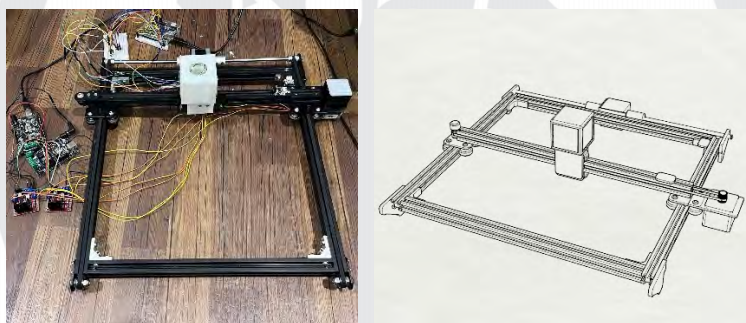


圖 1：實體裝置圖與模型圖（本研究自行繪製）

2. 裝置組成

(1) 觸控方塊

a. 硬體結構

觸控方塊分為框架主體與四個觸控區，為方便結合多樣化列印物品（例線上下博物館文物應用）故設計為方形，其外觀與內部細節結構如圖 2 所示，分別為主體結構框架，支撐架，壓力傳感器框架固定結構以及壓力觸碰區活動面板。

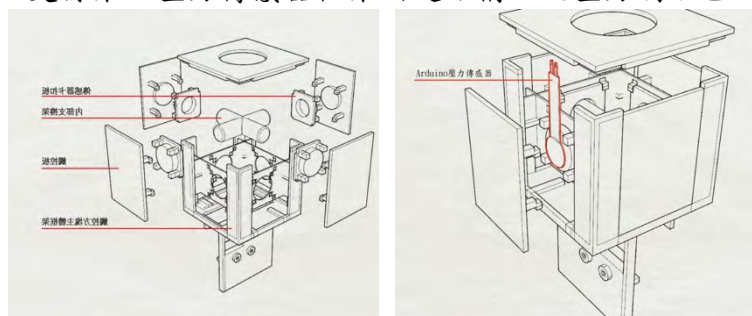


圖 2：觸控方塊整體爆炸圖及傳感器安裝位置（本研究自行繪製）

方塊整體採用光固化列印為確保裝置結構精度及觸控面感測力之靈活度，亦可使用家中任意可正常工作之 3D 列印機自行打印與安裝。觸控方塊主要由 Arduino 傳感器模組收集數據，其安裝位置如圖 2，通過摠動觸控區域之觸控板以採集壓力數據。

(2) 基座框架

a. 硬體結構

基座框架為裝置有效工作區域大小，其取決於基座拼裝后實際面積為主。為減少裝置的特定性，並隨著主題裝置的設計推進行，此裝置採用 3D 列印機框架結構之材料。但目前研究裝置僅限 Ender5（或相同材料為結構主體之 3D 列印機）之框架結構延申使用設計為核心。通過雙步履馬達、傳動履帶，Arduino 及雙 12V 電源進行組裝。此裝置可自由拼裝框架總長與總寬，方便使用者隨意控制所需要的體驗區域。

(3) Arduino 控制與連接

觸控方塊與基座之鏈接方式為通過 Unity 中開源素材包 ARDITY 以 PORT 方式互相連接，連接邏輯如圖 3。通過將 Arduino 1（觸控方塊數據）中的訊息傳入 Unity 中，結合 Unity 中自帶物塊的物理屬性進行數據運算（Rigidbody 物理屬性），並將數據傳輸給 Arduino 2（基座移動數據），通過 Arduino 自行編寫之程式驅動基座的兩個步履馬達以帶動觸控方塊。以此給予使用者作用力與反作用力，讓使用者通過觸覺回饋方式感受不同模擬物體質量的物理特性。



圖 3：裝置工作流程圖

二、 研究方法

(一) 裝置應用與實驗設計

1. 線上博物館場景應用

此裝置具有相對較方便的組裝與移動特性，加之疫情時代的來臨。故設計此裝置之應用於線上交互，從而緩解學齡兒童由疫情導致的課外常識性認知之學習機會的減少。裝置應用方式為列印線上博物館之展品模型安裝於裝置上（如圖 4 所示），以供學齡兒童體驗。

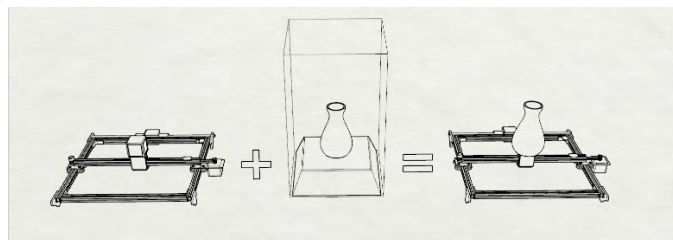


圖 4：實驗裝置安裝示意圖

2. 實驗設計

本研究以準實驗研究，研究對象為學齡兒童（一至六年級），邀請約 30 人參與本實驗。

(1) 研究流程

研究流程如圖 5 所示，先進行與受測者簡單問答，了解測驗對象是否有接觸過其他觸覺回饋裝置，接著進行實驗說明，讓學齡兒童了解到實驗中設計了 5 項任務，進入到正式測試，研究者會在必要時輔助幫助完成任務，並在觀察受測者對任務的反應，最後進入 SUS 問卷填寫與簡短的訪談，收集受測者對於本研究觸覺回饋裝置的滿意度與建議。

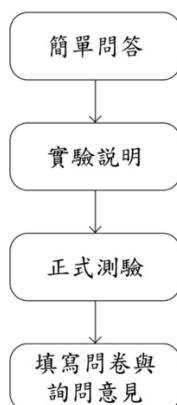


圖 5：研究流程

(2) SUS 系統易用性量表

當受測者進行觸覺回饋裝置體驗后，研究者對受測者進行 SUS 系統易用性量表填寫。此問卷共為 10 題，其中奇數題為正向題，偶數題為負向題，並採用李克特 5 分量表，選項從 1 分非常不同意到 5 分非常同意。在計算 SUS 分數時，應將奇數題分數減去 1 分，用 5 分減去偶數題分數，將 10 項數據加總后乘 2.5 即為 SUS 分數。SUS 問卷題目內容見附錄。預通過此量表了解學齡兒童對於觸覺回饋裝置之易用性與滿意程度。

(3) 觀察紀錄

在實施研究測驗過程中將採取觀察法，收集改良觸覺回饋裝置與應用的要素以及問題，同時觀察不同受測者使用時的不同行為與反應，進行觀察紀錄整理。

(4) 訪談法

在填寫 SUS 問卷後將會與受測者詢問一些開放式問題，其方向將主要圍繞受測者在體驗過後的收穫。擬定問題內容如下：

問：你喜歡用觸覺回饋裝置了解線上博物館的文物嗎？與之前去博物館相比又什麼不同感受？

問：觸覺回饋裝置有幫助你更了解博物館的文物嗎？

問：在剛剛的體驗中你能分辨不同文物之間的質量差異嗎？哪個最重？那個最輕？

問：這個裝置以後可以讓你去體驗 VR 應用中的物體你覺得怎麼樣？

在問完問題後，將會請受測者反饋一些自由建議，以此來探索裝置設計或實驗設計中的潛在可能性發展與設計。

肆、結果與討論

本論文研究目的在於透過觸覺回饋裝置並結合線上博物館，以提升學齡兒童認知學習之成效。通過結合 Arduino 傳感器與 Unity 的結合，開發新形態的教育技術。現階段研究重點為裝置主體的實現與應用方式設計，裝置主體可以通過簡單的推拉動作觸發觸覺傳感器，以 Unity 運算為核心收發數據於兩塊 Arduino 以實現觸覺回饋裝置的正常工作及預計裝置互動感受。同時擬定了將觸覺回饋裝置結合線上博物館為實驗場景，為此設計實驗並擬定相應問卷。通過此方式對裝置整體的易用性進行測試，同時瞭解學齡兒童對於實驗設計之教育環境的實際反饋。裝置主題現已調試為可供實驗狀態，其裝置主體能夠有效提供觸覺反饋，並能良好的反應不同測試物理量之質量物理屬性間的差異。

伍、未來展望

本研究為探討學齡兒童學習之成效，因此將儘快完善裝置與實驗受測者收集之相關事宜，通過未來收集與分析道的數據進行修改裝置與應用方式。同時將探索更多此觸覺回饋裝置的應用形式。若能成功且行之有效，則希望具有此些材料的任意可組裝場合，為學齡兒童創造一個有趣的學習環境，讓學齡兒童在娛樂中學習、成長。

參考文獻

- Antle, A. N., Droumeva, M., & Ha, D. (2009). Hands on what? Comparing children's mouse-based and tangible-based interaction. *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children*, 80–88.
- Hourcade, J. P. (2008). *Interaction design and children*. Now Publishers Inc.
- Israr, A., Zhao, S., Schwalje, K., Klatzky, R., & Lehman, J. (2014). Feel effects: Enriching storytelling with haptic feedback. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 11(3), 1–17.
- Johnson, K. O. (2001). The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(4), 455–461.
- Karbasizadeh, N., Aflakiyan, A., Zarei, M., Masouleh, M. T., & Kalhor, A. (2016). Dynamic identification of the novint falcon haptic device. *2016 4th International Conference on Robotics and Mechatronics (Icrom)*, 518–523.
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Metzger, V. A. (1985). Identifying objects by touch: An “expert system.” *Perception & Psychophysics*, 37(4), 299–302.
- Koge, M., Ogawa, D., Takei, S., Nakai, Y., Nakamura, T., Nakamura, T., Okazaki, R., Hachisu, T., Sato, M., & Kajimoto, H. (2014). Haptic bed: Bed-style haptic display for providing weight sensation. *Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 1–4.
- Lécuyer, A. (2009). Simulating haptic feedback using vision: A survey of research and applications of pseudo-haptic feedback. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 18(1), 39–53.
- Loomis, J. M., & Lederman, S. J. (1986). Tactual perception. *Handbook of Perception and Human Performances*, 2(2), 2.
- Ndengue, J. D., Cesini, I., Faucheu, J., Chatelet, E., Zahouani, H., Delafosse, D., & Massi, F. (2016). Tactile perception and friction-induced vibrations:

Discrimination of similarly patterned wood-like surfaces. *IEEE Transactions on Haptics*, 10(3), 409–417.

Révész, G. (1950). *Psychology and art of the blind*.

Rovers, L., & van Essen, H. A. (2004). Design and evaluation of hapticons for enriched instant messaging. *Virtual Reality*, 9, 177–191.

Shibasaki, M., Kamiyama, Y., Czech, E., Obata, K., Wakamoto, Y., Kishi, K., Hasegawa, T., Tsuchiya, S., Matsuda, S., & Minamizawa, K. (2020). Interest Arousal by Haptic Feedback During a Storytelling for Kindergarten Children. *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications*, 518–526.

Strasnick, E., Holz, C., Ofek, E., Sinclair, M., & Benko, H. (2018). Haptic links: Bimanual haptics for virtual reality using variable stiffness actuation. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12.

附錄

附錄 1：SUS 問卷

題項	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
1. 我想我會願意經常使用這個觸覺回饋裝置					
2. 我覺得這個觸覺回饋裝置過於複雜					
3. 我認為這個觸覺回饋裝置很容易使用					
4. 我想我需要有人幫助才能使用這個觸覺回饋裝置					
5. 我覺得這個觸覺回饋裝置的功能整合得很好					
6. 我覺得這個觸覺回饋裝置有太多不一致的地方					
7. 我可以想像大部份的人很快就可以學會使用這個觸覺回饋裝置					
8. 我覺得這個觸覺回饋裝置使用起來很麻煩					

9. 我很有自信能使用這個觸覺回饋裝置					
10. 我需要學會很多額外的資訊，才能使用這個觸覺回饋裝置					

