

使用 VEX123 機器人幫助低年級學習者銜接實體與虛擬程式設計

Connecting Physical and Virtual Programming for K-3 Students with VEX 123

林榆涵¹, David Weintrop², Jason McKenna³, 羅木迪⁴
Yuhan Lin¹, David Weintrop², Jason McKenna³, Mudi Luo⁴

¹ 馬裡蘭大學 教育與學習暨政策與領導力研究 博士生

¹ University of Maryland Department of Teaching and Learning, Policy and Leadership
Doctoral Student

E-mail: jimmylin@umd.edu

² 馬裡蘭大學 教育與學習暨政策與領導力研究 教授

² University of Maryland Department of Teaching and Learning, Policy and Leadership
Assistant Professor

E-mail: weintrop@umd.edu

³ VEX 機器人公司 全球教育策略總監

³ VEX Robotics Director of Global Educational Strategy

E-mail: jason@vex.com

⁴ 淡江大學 教育科技系 碩士生

⁴ Tamkang University Department of Educational Technology Master Student
E-mail: 607734018@gms.tku.edu.tw

摘要

本文介紹了專為低年級學習者（5-8 歲）設計的機器人 VEX123 和配套的程式設計工具。VEX123 通過三種不同的方法支持程式設計，旨在支持年輕學生的程式設計之旅。學生可以通過以下方式對 VEX123 進程式設計：（1）按機器人的按鈕（2）使用通俗易懂的編碼板和編碼卡，按順序排列編碼卡（3）使用電腦或平板上的視覺化程式來編寫程式。在本文中，我們介紹了在國小課堂上使用 VEX123 進行的前導研究的結果。前導研究的學生既使用了按機器人的按鈕又使用了編碼板和編碼卡。這項研究為如何向低年級學習者介紹程式設計領域的文獻介紹了一種新的程式設計工具和一種新穎的程式設計範例。

關鍵字：教育機器人；視覺化程式設計；人機互動

Abstract

This paper presents VEX123, a robot and accompanying programming tools, designed for young students (ages 5-8). VEX123 supports programming via three distinct methods

designed to support young students at their programming journey. Students can program VEX123 by: (1) directly pressing buttons on it; (2) using a physical Coder and Coder Cards to define a sequence of instructions; (3) authoring programs with a block-based programming language on a tablet or computer. In this paper, we present findings from a pilot study using VEX123 in an elementary classroom. Students from the pilot study have both used pressing buttons and using the Coder Cards. This work introduces a new programming tool and a novel programming paradigm to the literature on how to introduce youth to programming.

Keywords: Education Robotics, Block-based programming, Human Computer Interaction

壹、緒論

隨著科技快速發展，程式設計能力逐漸成為學生必須具備的技能之一。儘管目前大多數教授程式設計的環境側重於國高中的高年級學習者，但越來越多的工具和環境為國小的低年級學習者設計 (Bers, 2018; Bers et al., 2014; Duncan et al., 2014; Yu & Roque, 2018)。這些環境採取一系列方法，包含讓兒童透過直接與機器人互動定義機器人行為(e.g., (Bers, 2018))，設計不需要電腦的實體程式設計工具(e.g., (Horn et al., 2009))，使用人體動作作為定義機器人行為的方式(e.g., (Fojtik, n.d.))，以及使用圖形或動畫的虛擬程式設計環境來讓不識字的使用者定義程式指令 (Flannery et al., 2013; Resnick et al., 2009)。

隨著程式設計環境及其支援的程式形式不斷增加，產生如何將這些程式設計方法整合的問題。學習者如何及何時從一種工具/環境進階到另一個？當轉變到另一個環境時，學習者從先前程式設計環境培養的技能、知識或興趣是否會延續？此問題對於為低年級學習者設計的程式設計工具格外重要，因為現有針對低年級學習者的程式設計工具的學習門檻非常低（意味著他們很容易上手），但同時有相對偏低的上限（他們的程式能力及可以編寫的程式複雜程度有限）。因此，本研究旨在探討如何支持低年級學習者從低門檻程式設計環境過渡到更高階的程式設計環境。



圖一：(a) VEX123. (b) 編碼板和編碼卡和(c) 虛擬程式設計環境

VEX123 (圖 1(a)) 是一款針對低年級學習者設計的新型程式機器人，透過支援多種程式設計方法提供足夠的框架支撐學習者的程式知識與技能得到提升。為此，VEX123 可透過三種不同的方法編寫程式：(1) 按機器人的按鈕 (2) 使用通俗易懂的編碼板和編碼卡 (圖 1(b))，按順序排列編碼卡 (3) 使用電腦或平板上的視覺化程式來編寫程式 (圖 1(c))。

本研究同時介紹一個 1-2 年級 (6-8 歲) 的小規模課堂實驗。此實驗促進研究者探討如何透過不同方法協助低年級學習者進行編寫程式以及如何建構一個支持低年級學習者從基礎的程式設計銜接到更複雜的程式設計框架。

貳、文獻探討

一、給低年級學生的程式設計工具

本研究建立在諸多關於如何幫助低年級學習者學習程式設計的研究上 (Angeli & Valanides, 2020; Bers, 2018; Bers et al., 2014; Duncan et al., 2014; Hamilton et al., 2020; Yu & Roque, 2018)，以上研究都是延續 Papert 和其同事們的研究以及他們的 groundbreaking Lego 研究 (Papert, 1980)。近十年來，已經有越來越多的研究人員對低年級學習者程式教育產生興趣 (Duncan et al., 2014; Yu & Roque, 2018)。例如：學生們現在能夠編寫著重於移動實體或虛擬物體的程式 (Hu et al., 2015)，編寫故事或遊戲 (ter Stal et al., 2020)，以及創造程式設計相關的手工藝品 (Kafai et al., 2014)。

二、針對低年級學習者設計的綜合實體與虛擬環境程式設計

現今發展出的一系列的新型程式設計環境支援混合實體與虛擬的，其通常透過改變實體物品的方式來編寫程式控制虛擬的任務如 Strawbies 程式設計環境 (Hu et al., 2015) 和桌面拼圖圖形系統 (Tabletop Puzzle Block System) (Oh et al., 2013)。此方式的另一種型態是 Roberto book 以故事書形式讓使用者透過貼紙方式編寫較短的程式，這些程式可在平板上運行並幫助介紹故事。此設計是使低年級學習者藉由使用實體積木類的操作工具來引導練習程式設計。同時，也有混合環境允許學習者在虛擬環境中編寫程式來控制實體設備，此方式在較年長學習者的機器人工具中很常見 (例如 Sphero、Finch)，但也在為低年級學習者設計的環境中存在，例如 Dash & Dot 和 Blue-Bot。這種方式借鑑為青少年設計虛擬環境的研究，透過機器人在實體世界的參與度與趣味性以及虛擬環境的靈活性來呈現程式設計指令。

參、遇見 VEX123

VEX123 (圖 1) 外觀小巧，旨在吸引低年級學習者使用。它的大小和形狀大致與冰球相當，包含多個可互動的傳感器 (包括陀螺儀和多個光學傳感器)。VEX123

的外殼共有三種顏色，搭配一個藝術環，讓學生可以自行設計機器人的外觀（圖 2）。



圖二：(a)三個示例展示藝術環自定義的 VEX123 和 (b) 來自我們研究的自訂 VEX123。

VEX123 的主要設計目標是通過支持多種程式設計方法支援各階段的學習者：觸控按鈕程式設計、編碼板和編碼卡以及 VEXcode123。表一敘述 VEX123 支援的三種程式設計方法之特性。

表一、VEX123 支援的三種程式設計方法之特性

程式設計方式	敘述
觸控按鈕程式設計	觸控按鈕程式設計讓學習者通過按下其表面上的按鈕直接與 VEX123 機器人互動進程式設計。
編碼板和編碼卡	受實體程式設計研究的啟發例如，(Horn et al., 2009))，編碼板與編碼卡讓使用者通過按順序排列非電子設備的實體物品，作為定義機器人行為的一種方式。 VEX123 採用一種新穎的實體程式設計方法，該方法使用塑膠的編碼板。編碼板的形狀類似智慧型手機，頂部有三個按鈕（運行、下一步、停止），並通過藍牙連接到機器人。編碼板有 11 個垂直排列的插槽，可以容納名為 [編碼指令卡] 的程式指令。編碼指令卡以文本和符號定義指令，旨在模仿視覺化程式設計的程式指令。
VEXcode 123	VEXcode123 是一個虛擬程式設計環境，讓學習者通過電腦或平板電腦對機器人進程式設計。此方法使用視覺化程式設計介面，利用視覺化程式設計的特性，使其成為幫助學習者入門的有效程式設計環境，包含最小化語法錯誤使指令/功能易於發現(Bau et al., 2017; Maloney et al., 2010; Weintrop & Wilensky, 2015)。

肆、研究方法

本研究團隊於美國中西部城市中一所私立學校的兩個國小教室（一個一年級和一個二年級）進行前導實驗。本研究是為期一年的電腦科學課程的一部分。整間學校有超過 70%學生來自經濟困難的家庭，十五名學生參與本研究的前導實驗（表 2）。前導研究持續 10 週，學生每週進行一節 40 分鐘的 VEX123 課程，學生們兩到三人一組進程式設計活動。兩位老師一同教授此課程，老師們都有教授低年級學習者程式設計的經驗。

表二、參與研究的學生年級與種族分布

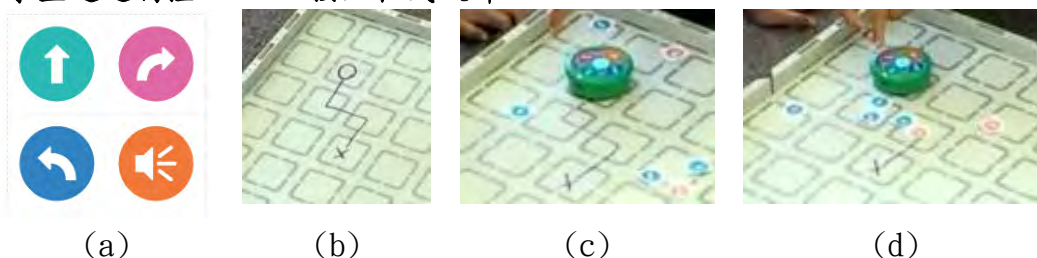
	黑人		西班牙裔		多種族裔		白人		總計
	男	女	男	女	男	女	男	女	
一年級	3	1	0	0	1	1	0	0	6
二年級	3	5	0	0	0	1	0	0	9
總計	6	6	0	0	1	2	0	0	15

本研究團隊在課堂上收集各種實驗數據。首先，本研究於 10 節程式設計課程期間，針對整間教室及兩個焦點小組全程錄影。其次，10 節課結束後，對學生進行半結構式訪談。訪談中採訪學生對 VEX123 最喜歡及最不喜歡的部分分別為何，他們更喜歡觸控按鈕程式設計還是編碼板，並請他們向研究團隊展示並解釋他們編寫的最喜歡的活動之程式。

伍、結果

本研究展示三個簡要的研究成果。

一、學生通過觸控 VEX123 按鈕程式設計



圖三. (a) 觸控按鈕的剪紙(b) 學生在場地上需要跟隨的路徑(c) 開始和 (d) 最終的學生規劃 (使用觸控按鈕的剪紙)

老師給學生們的第一個程式設計項目稱為[路徑查找器]，並要求學生們使用觸控按鈕方式將 VEX123 從 0 移動到 X (圖 3b)。為幫助他們規劃路徑並“記住”他們按下的按鈕，老師提供學生們觸控按鈕的剪紙 (圖 3a)。

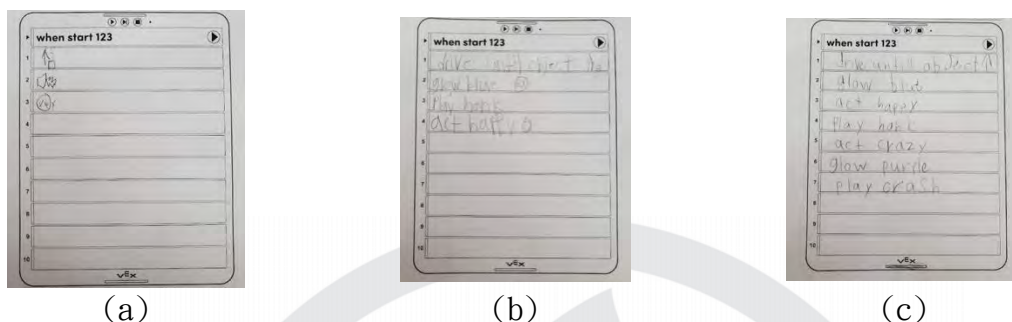
為展示更多觸控按鈕程式設計這款工具的特性，以下提供兩位一年級學生 Peter 和 Nick 在觸控按鈕程式設計時一同努力尋找路徑的課程畫面。Nick 拿起機器人，按下綠色箭頭讓它向前移動一次，然後讓它運行起來，隨後機器人按照預期，執行程式的第一步。接著，Peter 將機器人留在場地上同時按下左鍵。然後按下運行按鈕 (沒有回到 0)，Nick 希望機器人向左轉 (他剛剛按下的按鈕)，而不是機器人向前移動然後向左轉 (即重新運行兩個指令)，從而將機器人移動到場地外。看到機器人移動到場地外，Nick 拿起機器人，透過搖晃機器人消除指令，放到 0 旁邊，按下前進按鈕，點擊運行，看著機器人向前一步。接下來，兩人重複了完全一樣的步驟：Peter 按下左按鈕 (因為他想讓機器人向左轉)，點擊運行，機器人再次向前移動然後向左轉。Peter 感到疑惑，他拿起機器人，清除指令，並將其放回起點。

此畫面重點介紹了觸控按鈕程式設計的一些功能及挑戰。首先且最重要的是，我們看到兩位一年級學生合作編寫機器人的程式，並遇到概念、互動挑戰和程式設計的基礎方面，例如序列和狀態。概念的部分，他們兩次在運行程式之前都沒有將機器人移回起點，這種初始化失敗在文獻中被記錄為新手工程師的挑戰 (Franklin et al., 2016)。此外，我們還看到互動上的挑戰，即機器人不提供任何先前給定指令的提示。

二、通過編碼板和編碼卡對 VEX123 進行支架式編程

完成觸控按鈕程式設計後，學生們開始使用編碼板和編碼卡進行程式設計。本研究收集的數據顯示編碼板如何幫助學生們理解指令的含義，識別他們的行為與發展除錯 (Debug) 練習。特別的是，學生們發現的下一步按鈕成為他們開發高效除錯 (Debug) 練習的重要資源 (下一步按鈕是編碼板頂部的黃色按鈕，一次次地推進程式設計)。老師創建的另一個框架突出該設備如何為除錯 (Debug) 開闢更多途徑。

老師製作編碼板學習單（圖 4），讓學生們透過書寫成為規劃過程的框架。在三個學習單中，編碼卡的設計支援具有不同讀寫能力和電腦知識的低年級學習者使用，從完全符號化（圖 4a）到完全文字化（圖 4c）的程式，也有學生將文字與符號混合使用（圖 4b）。



圖四. 三個 VEX 編碼板的學習單例子，包含 (a) 完全符號化 (b) 符號和文字混合和 (c) 完全文本化。

(1) 對 VEX123 的看法

在整個程式設計過程中，課堂氣氛很活躍，學生們表示他們很喜歡程式設計。在回答他們是否喜歡 VEX123 時，一位學生一邊舉著她的編碼板項目一邊說：“我最喜歡的部分是編寫程式！”（“*My part that I LOVED is the coding!*”）另一位學生說：“我喜歡這種思考方式。因為如果你不考慮清楚，它就行不通！”（“*I liked the thinking. Because if you don't think it through, it won't work!*”）第三位學生分享：“我喜歡製作的部分，我們不得不嘗試很多次。”（“*I liked the making part. We had to try a lot of times.*”）VEX123 在程式設計時鼓勵合作被視為一大亮點：“我喜歡與[我的合作夥伴]一起構建和編寫程式。”（“*I loved getting to work with [my partners] to build it and code it together.*”）特別的是，VEX123 支援敘事和說故事的能力也是一大優勢，能夠引發低年級學習者的共鳴。當研究者向學生們詢問他們最喜歡的 VEX123 活動時，他們說：“殺死/擊敗龍”（“*kill/beat the dragon*”）和“擊退大灰狼”（“*knock off the big bad wolf*”），展示了 VEX123 的說故事能力如何將程式設計活動帶入引人入勝的環境中。

陸、討論

一、實體程式設計？ 虛擬程式設計？ 魚與熊掌不可兼得？

現在有很多方法可以將低年級學習者引導入電腦科學領域 (Duncan et al., 2014; Yu & Roque, 2019)，以及許多平台跟論文在研究教育機器人 (Anwar et al., 2019)。此兩個設計空間的交匯是一個不斷發展的教育機器人生態系統，旨在向低年級學習者介紹程式設計。包含完全依賴實體程式設計的機器人 (例如 Bee-Bot、KIBO)，以及其他透過虛擬程式設計環境控制機器人 (例如 Finch、Sphero)。VEX123 為這種設計空間提供一種新穎的方法，包括傳統的實體與虛擬程式設計方法，以及一種融合兩者的新方法。

二、限制和後續步驟

在進行此研究時，我們發現 VEX123 的局限性。例如，學習者很難記住已經按下了哪些按鈕以及通過觸控按鈕逐步編寫程式。從研究的角度來看，本研究是一個前導實驗，只初步探討 VEX123。未來研究中，本研究團隊計畫與學生一起開展更多活動。最後，本研究的重點為觸控按鈕程式設計以及編碼板與編碼卡，尚未邀請學生嘗試視覺化程式設計的介面。未來與較高年級學習者的研究中，本研究團隊計畫陪伴學生們進入完全虛擬的程式設計環境。

柒、結論

本研究介紹了 VEX123，並提供使用 VEX123 的低年級學習者的數據。數據顯示 VEX123 成功的成為適合低年級學習者的入門級實體機器人，並可能帶領學習者前往更複雜的程式設計。在三種程式方法中，VEX123 利用實體與虛擬程式設計互動來幫助學習者理解他們的動作 (按下按鈕、插入編碼卡或螢幕上拖放)，由此產生機器人的互動關係。在此過程中，VEX123 提供一個新穎的程式設計平臺，以利向新手介紹程式設計和更廣泛的電腦科學領域。

參攷文獻

- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behavior, 105*, 105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A Systematic Review of Studies on Educational Robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 9*(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>

- Bau, D., Gray, J., Kelleher, C., Sheldon, J., & Turbak, F. (2017). Learnable programming: Blocks and beyond. *Communications of the ACM*, 60(6), 72–80. <https://doi.org/10.1145/3015455>
- Bers, M. U. (2018). Coding, playgrounds and literacy in early childhood education: The development of KIBO robotics and ScratchJr. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2094–2102. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363498>
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Duncan, C., Bell, T., & Tanimoto, S. (2014). Should your 8-year-old learn coding? *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 60–69. <https://doi.org/10.1145/2670757.2670774>
- Flannery, L. P., Silverman, B., Kazakoff, E. R., Bers, M. U., Bontá, P., & Resnick, M. (2013). Designing ScratchJr: Support for early childhood learning through computer programming. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485785>
- Fojtik, R. (n.d.). *The Ozobot and education of programming | New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. Retrieved October 21, 2020, from <https://un-pub.eu/ojs/index.php/pntsbs/article/view/2666>
- Franklin, D., Hill, C., Dwyer, H., Hansen, A., Iveland, A., & Harlow, D. (2016). Initialization in Scratch: Seeking Knowledge Transfer. *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, 217–222. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2844569>
- Hamilton, M., Clarke-Midura, J., Shumway, J. F., & Lee, V. R. (2020). An Emerging Technology Report on Computational Toys in Early Childhood. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 213–224. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09423-8>
- Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., & Jacob, R. J. K. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 975–984). Association for Computing Machinery. <http://doi.org/10.1145/1518701.1518851>
- Hu, F., Zekelman, A., Horn, M., & Judd, F. (2015). Strawbies: Explorations in tangible programming. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '15*, 410–413. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771866>
- Kafai, Y. B., Lee, E., Searle, K., Fields, D., Kaplan, E., & Lui, D. (2014). A Crafts-Oriented Approach to Computing in High School: Introducing Computational

- Concepts, Practices, and Perspectives with Electronic Textiles. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 1–20. <https://doi.org/10.1145/2576874>
- Maloney, J. H., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 10(4), 16.
- Oh, H., Deshmane, A., Li, F., Han, J. Y., Stewart, M., Tsai, M., Xu, X., & Oakley, I. (2013). The digital dream lab: Tabletop puzzle blocks for exploring programmatic concepts. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, 51–56. <https://doi.org/10.1145/2460625.2460633>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- ter Stal, S., Catala, A., Theune, M., & Reidsma, D. (2020). Designing a Smart Toy Interactive Setting for Creating Stories. In A. Brooks & E. I. Brooks (Eds.), *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation* (pp. 601–610). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53294-9_44
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2015). To Block or Not to Block, That is the Question: Students' Perceptions of Blocks-based Programming. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 199–208. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771860>
- Yu, J., & Roque, R. (2018). A survey of computational kits for young children. *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*, 289–299. <https://doi.org/10.1145/3202185.3202738>
- Yu, J., & Roque, R. (2019). A review of computational toys and kits for young children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 21, 17–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2019.04.001>