

應用自我檢核策略於教育機器人教學對國小數學學習扶助  
考試評估與後設認知之影響

**Application of Self-checking Strategy to Educational  
Robot on Test-evaluation and Metacognition for Elementary  
Mathematics Remedial Teaching**

葉思吟<sup>1</sup> 陳素芬<sup>2</sup>

Ssu-Yin, Yeh<sup>1</sup> Sufen, Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立台灣科技大學 數位學習與教育研究所 研究生

<sup>1</sup>National Taiwan University of Science and Technology of Graduate Institute of  
digital Learning and Education Student

E-mail : [future3031@gmail.com](mailto:future3031@gmail.com)

<sup>2</sup>國立台灣科技大學 數位學習與教育研究所 講座教授

<sup>1</sup>National Taiwan University of Science and Technology of Graduate Institute of  
digital Learning and Education Professor

E-mail : [sufchen@mail.ntust.edu.tw](mailto:sufchen@mail.ntust.edu.tw)

**摘要**

本研究探討國小四年級數學學習扶助融入自我檢核策略的教育機器人教學對於學習或考試時的自我監控和自我反思是否有所改變。為了瞭解此教學模式之成效，以臺灣中部某所公立小學的四年級學習扶助學生為研究對象，共6名。學生進行十節自主學習教育機器人課程和自我檢核清單，並使用考試評估表進行三次施測，以及後設認知前後問卷。透過相依樣本重複測量與相關統計進行資料分析，研究結果發現：(一)比較三次考試評估表的分數，發現學生從課程前到課程中的成績分數有顯著進步。(二)學生的考試評估能力越高，則後設認知的能力也越高。

**關鍵字：**學習扶助、教育機器人、自我檢核、後設認知

**Abstract**

This study investigated how educational robots incorporating self-checking strategies affected fourth graders' ability to monitor and reflect on self-learning or tests. The participants comprised 6 fourth-grade students in mathematics remedial education of a public elementary school. Students used the educational robots to learn ten lessons. Student used self-checklists to guide their learning during the course. The test-evaluation questionnaire was administered three times during the course along with pre-and post-questionnaires on metacognition. The results of the data analysis through one-way repeated measured ANOVA and correlations of the dependent samples revealed that, first, comparing the scores of the three test-evaluation questionnaires, there was a

significant improvement in students' scores from the pre-course to the mid-course tests. Second, the higher the student's ability of test-evaluation, the higher the ability of metacognition.

**Keywords : Remedial teaching, Educational robots, self-checking, metacognition**

## 壹、前言

### 一、研究背景與動機

數學是各領域的基礎科目，重視學生的演算、邏輯訓練及抽象思維的能力。但是對許多學生來說，抽象的數學概念不僅難以理解，反覆的計算過程也容易降低學習動機、自我效能與學習態度 (Dowker, Sarkar & Looi, 2016)。因此，過去研究提供學習動機低落與學習成效不佳的學生即時的補救教學來減少學習落差 (Banerjee, Cole, Duflo & Linden, 2007)。但是許多學校面臨師資匱乏，以及輔導時間有限，導致學習扶助教師仍是以一對多的講述式教學，教師在課程中也難以提供每位學生適性化課程。

為了解決上述的教學困境，許多學者證實可以透過電腦或平板進行線上影片課程，適性化的單元內容與立即性的學習回饋能有效提升學生的學習動機與成效，教師也能透過後端資料庫掌握學習狀況 (Choi & Johnson, 2005; Torrington & Bower, 2021)。儘管使用電腦、平板等科技進行自主影片學習已是一個有效的學習模式，但 Margaryan, Littlejohn & Vojt (2011) 指出多數學生使用電腦或平板等媒介進行社交交流和娛樂，導致教師使用此媒介於課程時，容易造成學生分心，加上學生對於制式化的課程解題影片沒有動機和學習興趣。有鑒於此，透過科技的迅速發展，許多學者探討機器人應用在教育領域上能否改善學生注意力不集中的問題，發現人型機器人不僅可以吸引學生的動機與興趣，也能透過互動式的課程內容，來提升學習成效與態度 (Li, Chang & Chen, 2009; Lin, Liu, Chang & Yeh, 2009)。因此，為了瞭解學生的自我學習能力，本研究以自我檢核策略協助學生自我監控與反思學習過程，並使用一對一的教育機器人教學模式，以加強學生個別所需的基礎數學概念，探討此教學模式是否能提升學生的自我檢核能力與後設認知。

### 二、研究目的

本研究探討應用自我檢核策略的教育機器人教學課程對於國小數學學習扶助學生考試評估之影響，以及考試評估能力與後設認知之關係，提出兩個研究目的，如下所述：

- (一) 探討自我檢核策略的教育機器人教學對於四年級學習扶助學生的考試評估能力。
- (二) 探討考試評估能力與後設認知之間的關係。

### 三、研究問題

根據上述研究目的，其具體研究問題詳述如下：

(一) 融入自我檢核策略的教育機器人教學課程前、中、後之考試評估能力是否有顯著提升？

(二) 融入自我檢核策略的教育機器人教學後，考試評估與後設認知是否存在正相關？

## 貳、文獻探討

### 一、教育機器人融入教學

近年來，機器人技術在各領域的應用上趨於成熟。特別是在教育領域上，教育機器人已廣泛使用在各個學科領域上 (Lietal., 2009)。過去研究也發現大多機器人使用互動的界面和擬人化的機器人身體，來吸引學生的注意力 (Lin et al., 2009)。Nishimura 等人 (2007) 比較教育機器人和電腦教學代理的學習課程，發現人們對於教育機器人的內容更有印象。因此，越來越多研究開始將教育機器人融入課堂中。在語言學習方面，Shih, Chang & Chen (2007) 讓機器人擔任說故事的角色，發現不僅可以提供學生的參與度，也解決教師的教學負擔。在工程與數學學習方面，Klassner 和 Anderson (2003) 以大學生為研究對象，使用機器人來學習程式的基礎概念和架構，發現可以提高學生的學習成效、參與度與自我效能。有此得知，教育機器人可以有效促進學生的課堂參與度與動機。但是，許多教師在設備成本、機器人課程設計的經驗，以及機器人介面熟悉度上較容易遇到困難。Chin, Hong 和 Chen (2014) 認為仍需進一步瞭解教育機器人的有效性與教學潛力。因此，本研究所使用教育機器人將輔助教師進行教學設計，教師可以針對每位學生的學習問題進行個別規劃，提供一對一的學習課程，給予及時的回饋，減少教師的教學負擔，同時透過鎖定功能避免學生分心以提高學習動機。

### 二、後設認知

Flavell 心理學家在 1979 年提出了後設認知 (Metacognition)，意旨個人對自己認知活動的理解、意識與監控。Pintrich 和 De Groot (1990) 將後設認知分為三個面向：自我規劃 (Self-planning)、自我監控 (Self-monitoring)、自我反思 (Self-reflection)，並認為這三面向是一個循環的學習過程，彼此之間都會相互影響。Flavell (1987) 進一步說明後設認知是由兩個因素所組成，分別是後設認知知識以及後設認知經驗。後設認知知識是指學生對自己認知歷程的理解。而後設認知經驗是指學生在認知歷程的自我反思和自我調適能力。Du Toit 和 Kotze (2009) 進一步提出，後設認知也是一種高層次的認知能力，包含策略使用和學習動機。

García, Rodríguez, González-Castro, González-Pienda & Torrance (2016) 發現

不同程度學生的後設認知能力會有所不同。尤其，低成就的學生缺乏對自我認知的理解，無法擬定適當的學習目標和判斷合適的學習策略，協助他們將新舊的數學概念進行連結，導致他們在學習時容易產生焦慮，對數學也興趣缺缺。為了協助不同程度的學生習得後設認知能力，研究發現透過數位學習的輔助教學可以促使學生學習自我規劃目標、監控及反思學習歷程的能力，以提升學習成效和表現（Lai & Hwang, 2021; Cho & Heron, 2015）。因此，本研究以 Pintrich 等人（1990）所提出的後設認知策略，設計自我檢核策略嵌入課程活動中，學生在使用教育機器人學習，同步使用自我檢核清單進行監控與反思，並透過問卷調查探討學生於課程前後的後設認知能力。

### 三、考試評估能力

學生在完成每次的學習階段後，皆會透過考試、測驗的方式來進行學習評量。但學生在面對考試時，經常因為緊張或缺乏考試策略而未能有預期的表現，甚至會產生考試焦慮的情形，導致學生在學習上失去動機與信心。不過，Struthers, Perry 和 Menec（2000）卻發現，透過考試的評估方法，不僅可以瞭解教學策略的有效性，也可以提升學生在解決問題的能力與積極性，進而提高了他們的學習成效。

過去研究也針對考試策略提出一些看法，認為教師在日常學習時應培養學生的學習態度，並且在測驗後進行課堂問題討論與反思，以評估教學策略的合適性，同時引導學生改變與調整自我的學習狀態，提升學生的後設認知能力（Schraw, 1996; Spada, Nikcevic, Moneta & Ireson, 2006）。Diegelmann 和 Test（2018）使用多重基線設計學習障礙學生的自我檢核課程，發現檢核清單不僅可以激勵他們學習，也可以提高他們的學習成效。因此，本研究參考潘裕豐等人（2015）的考試評估表，於教育機器人課程前、中、後使用考試評估表進行三次施測，目的是讓學生審視自己過去考試的經驗，以及對自我的表現進行評估，以探討學生對考試測驗的認知是否有改變。

## 參、研究實施與設計

### 一、研究方法

本研究對象為臺灣中部某所公立小學四年級學習扶助學生，共 6 人，分別為女生 1 位，男生 5 位。所有研究對象皆為 2021 年五月教育部基本能力篩選測驗未通過之四年級學習扶助學生，因此，本研究以篩選測驗之能力指標來設計學習課程。介入期間為 2022 年 2 月，實驗時間共十節，每節 40 分鐘，所有學生使用教育機器人進行學習。在正式進入第一節研究課程前，研究者先請學生填寫後設認知前問卷，以及第一次考試評估表。全部學生填寫完問卷後，研究者向學生介紹教育機器人的介面與自我檢核策略的內容，接下來由學生個別使用教育機器人

進行課程學習與測驗。第五節課時填寫第二次考試評估表。第十節課程結束後，請學生填寫後設認知後問卷，以及第三次考試評估表。

## 二、研究工具

本研究使用的研究工具包含一教學工具「教育機器人」和「自我檢核策略」，二評量工具「後設認知問卷」和「考試評估表」於下面篇幅逐一說明。

### (一) 教學工具

本研究的教學工具有教育機器人與自我檢核策略，設計與教學方式描述如下：

#### 1. 教育機器人

本研究的教學工具使用臺灣 KIZLAB 公司所開發的教育機器人。每個單元包含三個學習內容，分別為(1)故事情境影片學習：將影片內容以生活情境內容呈現，把抽象概念具象化，以提升學習動機和興趣。(2)重點知識精講：將故事中的重點數學概念統整與解析，加強基礎觀念。(3)課後測驗題庫：以素養導向設計題型，訓練學生的解決問題能力與信心養成。圖 1 為教育機器人之外觀與學習內容。



圖 1：教育機器人之外觀與學習內容

#### 2. 自我檢核策略

此策略之目的在引導學生在進行課程時，學習自我監控與反思學習歷程，以嵌入性課程的方式將此策略融入實驗課程中。本研究保留 Pintrich 等人 (1990) 的後設認知策略，並參考 Peters 和 Kitsantas (2010) 所發展的自我監測提示 (Self monitoring prompts)，提供學生核對清單 (Check-list)，並與教育專家討論措辭之合適度，目的在於訓練學生自我監控與反思的能力。透過此策略引導學生進行自我檢核的訓練，除了提醒學生在自主學習時，有哪些學習方法可以使用，也藉由在活動後勾選自己的表現，監控與反思自己的學習歷程，以提升學生的後設認知能力。

### (二) 評量工具

本研究的評量工具有考試評估表與後設認知問卷，設計與施測方式描述如下：

### 1. 考試評估表

本問卷使用之目的是瞭解在自主學習前、中、後學生對考試測驗的認知是否有所改變。本研究參考潘裕豐等人（2015）的考試評估表，共 14 題。與國小學習扶助教師討論，僅針對文字之合適度進行修改，題目包含「我覺得我已經盡力做到自己能力所及的考前準備。」、「考試後，我會思考如何加強考前準備和考試策略。」等。計分方式採 Likert Scale 五點量表，依序為 5 代表非常像我、4 一點點像我、3 還好、2 一點點不像我、1 非常不像我。整份問卷與國小學習扶助教師共同檢視內容之題目向度與措辭合適度加以修改，皆認為此問卷適宜具專家效度，並以 Cronbach's  $\alpha$  進行考驗，Cronbach's  $\alpha$  為 0.766，內部信度達一致性。

### 2. 後設認知問卷

本問卷使用之目的是在瞭解教學前、後學生的後設認知是否有提升。本研究改編至教育部的自主學習認知與行為問卷（2020），依據問卷構面測量學生自我規劃、監控及反思之程度，並與國小學習扶助教師共同檢視問卷內容，並改編後稱為後設認知問卷。為避免學生填答過程中負擔過重，並提升學生對量表之題意理解，最後保留與本研究相關之數學概念敘述題目，總計 13 題，包含 1 題反向題，題目包含「我會將每天學到的內容整理到我的筆記裡。」、「我每天會檢查有沒有完成預定的學習計畫。」計分方式採 Likert Scale 五點量表，5 代表非常像我，而 1 代表非常不像我。整份問卷與國小學習扶助教師共同檢視內容之題目向度與措辭合適度加以修改，皆認為此問卷適宜具專家效度，並以 Cronbach's  $\alpha$  進行考驗，Cronbach's  $\alpha$  為 0.897，內部信度達一致性。

## 肆、結果與討論

本研究以 SPSS 22 軟體進行資料分析，分別回答兩個研究問題：

### 一、考試評估重複測量分析

透過單因子相依樣本重複測量分析，回答學生在實驗課程前、中、後對自我考試評估表的分數有何差異，描述統計摘要表如表 1。在進行變異數分析之前，首先檢驗資料是否符合球形檢定，檢驗結果顯示  $p$  值為 .141 > .05，資料符合球形檢定，適合進行變異數分析。由表 2 的變異數分析結果可知，學生在三次施測之分數有顯著不同， $F(2, 6) = 5.366, p < .05, \eta^2 = 0.518$ ，且發現顯著性主要出現在課程前與課程中之間， $p$  值為 .022，而課程中與課程後之間未出現顯著性，但透過平均分數發現仍有出現些微的進步。由圖 3 的學生三次自我考評估之進步情形，可以看出學生課程前到課程後有顯著的進步。

表 1：在實驗課程前、中、後的自我考試評估分數之描述性統計

施測時間	課程前施測 (N=6)	課程中施測 (N=6)	課程後施測 (N=6)
<i>M</i>	3.286	3.642	3.845
<i>SD</i>	0.361	0.275	0.552

表 2：在實驗課程前、中、後的自我考試評估分數之變異數分析摘要表

<i>SV</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	$\eta^2$	事後比較
施測時間	0.963	2	0.482	5.366*	.026	0.518	課程中>課程前
誤差	0.897	10	0.09				

\* $p < .05$

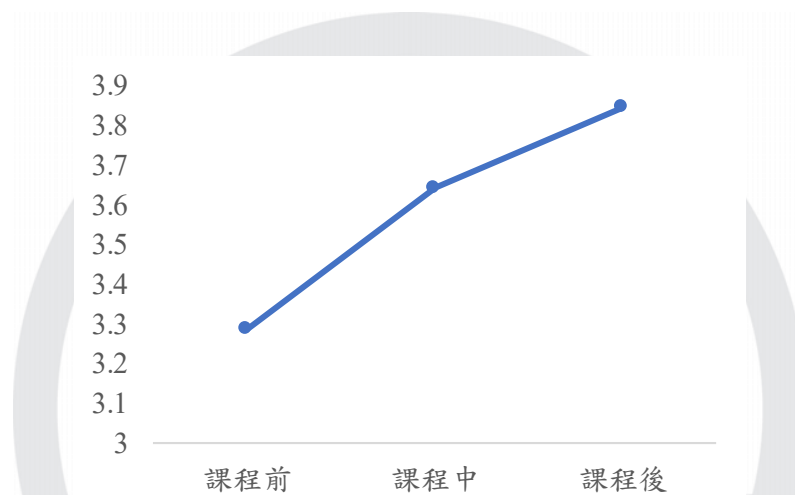


圖 2：在實驗課程前、中、後的自我考試評估折線圖

## 二、考試評估與後設認知之關係

以 Pearson 相關分析結果發現，考試評估和後設認知之間的關聯為 0.840， $p$  為 .04，達顯著高度相關，表示考試評估和後設認知之間有正相關。為了進一步瞭解考試評估是否可以有效預測後設認知，因此進行簡單迴歸分析，表 4 為考試評估對後設認知之簡單迴歸分析摘要表。由表中可知考試評估對後設認知之預測力達顯著， $F(1,4) = 9.553, p < .05$ ，校正後的  $R^2$  為 0.631，表示當考試評估能力越高，則後設認知的能力也越高。

表 3：考試評估對後設認知之簡單迴歸分析摘要表 (N=6)

預測變項	原始迴歸係數	標準誤	標準化迴歸係數	<i>t</i> 值
截距	1.001	0.883		1.134
考試評估	0.703	0.228	0.84	3.091

$F(1,4) = 9.553^*, r = 0.84^*, r^2 = 0.705, Adj. R^2 = 0.631$

## 伍、未來展望

本研究應用自我檢核策略於教育機器人之學習扶助課程中，研究結果發現，以適性化的數位輔助學習和測驗能夠提升學生的自我考試評估能力與後設認知能力，並且可以有效改善學習扶助師資與個別輔導的困境。根據結果分析比較三次考試評估表的分數，可以發現學生從課程前到課程中的成績分數有顯著的進步，表示透過自我檢核策略的教育機器人課程可以有效幫助學生自主學習，此結果也與過去研究一致（Diegelmann et al., 2018）。然而進一步使用相關與迴歸分析，與過去研究一致發現，當學生的考試評估能力越高，則後設認知的能力也越高（Schraw, 1996）。

在學術研究方面，建議未來研究可以進一步探討教育機器人的學習模式對低成就學生的數學焦慮與考試焦慮狀況是否有所改變。在實務教學方面，可以深入將此課程模式融入自我檢核策略，以培養學生後設認知能力。此外，本研究能為未來相關之學習扶助或輔導課程提供教學模式以及實施參考。

## 參考文獻

### 一、中文部分

教育部（2020）。科技輔助自主學習推動計畫。Retrieved 2020, from <https://srl.ntue.edu.tw/index.html>

潘裕豐，黃柏華，詹秀雯，王雅蘭，連文宏，陽士毅，鄭聖敏，陳秀芬，林月仙，柯惠菁（2015）。高中職階段特殊需求領域課程：學習策略課程。教育部國民及學前教育署，國立臺灣師範大學特殊教育中心。

### 二、英文部分

Banerjee, A. V., Cole, S., Duflo, E., & Linden, L. (2007). Remediating education: Evidence from two randomized experiments in India. *The Quarterly Journal of Economics*, 122 (3), 1235-1264.

Chin, K. Y., Hong, Z. W., & Chen, Y. L. (2014). Impact of using an educational robot-based learning system on students' motivation in elementary education. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7 (4), 333-345.

Choi, H. J., & Johnson, S. D. (2005). The effect of context-based video instruction on learning and motivation in online courses. *The American Journal of Distance Education*, 19 (4), 215-227.

Cho, M. H., & Heron, M. L. (2015). Self-regulated learning: The role of motivation, emotion, and use of learning strategies in students' learning experiences in a self-paced online mathematics course. *Distance Education*, 36

( 1 ) , 80-99.

- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. ( 2016 ) . Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508.
- Diegelmann, K. M., & Test, D. W. ( 2018 ) . Effects of a self-monitoring checklist as a component of the self-directed IEP. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 53 ( 1 ) , 73-83.
- Du Toit, S., & Kotze, G. ( 2009 ) . Metacognitive strategies in the teaching and learning of mathematics. *Pythagoras*, 2009 ( 70 ) , 57-67.
- Flavell, J. H. ( 1979 ) . Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive – developmental inquiry. *American Psychologist*, 34 ( 10 ) , 906.
- Flavell, J. H. ( 1987 ) . Speculations about the nature and development of metacognition. *Metacognition, Motivation and Understanding*.
- García, T., Rodríguez, C., González-Castro, P., González-Pienda, J. A., & Torrance, M. ( 2016 ) . Elementary students' metacognitive processes and post-performance calibration on mathematical problem-solving tasks. *Metacognition and Learning*, 11 ( 2 ) , 139-170.
- Klassner, F., & Anderson, S. D. ( 2003 ) . Lego MindStorms: Not just for K-12 anymore. *IEEE robotics & automation magazine*, 10 ( 2 ) , 12-18.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. ( 2021 ) . Strategies for enhancing self-regulation in e-learning: a review of selected journal publications from 2010 to 2020. *Interactive Learning Environments*, 1-23.
- Li, L. Y., Chang, C. W., & Chen, G. D. ( 2009, August ) . Researches on using robots in education. In *International conference on technologies for e-learning and digital entertainment* ( pp. 479-482 ) . Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lin, Y. C., Liu, T. C., Chang, M., & Yeh, S. P. ( 2009, August ) . Exploring children's perceptions of the robots. In *International Conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* ( pp. 512-517 ) . Springer, Berlin, Heidelberg.
- Margaryan, A., Littlejohn, A., & Vojt, G. ( 2011 ) . Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. *Computers & education*, 56 ( 2 ) , 429-440.
- Nishimura, Y., Kushida, K., Dohi, H., Ishizuka, M., Takeuchi, J., Nakano, M., & Tsujino, H. ( 2007 ) . Development of multimodal presentation markup language MPML-HR for humanoid robots and its psychological evaluation. *International Journal of Humanoid Robotics*, 4 ( 01 ) , 1-20.
- Peters, E. E., & Kitsantas, A. ( 2010 ) . Self-regulation of student epistemic thinking in science: The role of metacognitive prompts. *Educational Psychology*, 30 ( 1 ) , 27-52.

- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82 (1), 33.
- Schraw, G. (1996). The effect of generalized metacognitive knowledge on test performance and confidence judgments. *The Journal of Experimental Education*, 65 (2), 135-146.
- Shih, C. F., Chang, C. W., & Chen, G. D. (2007, July). Robot as a storytelling partner in the english classroom-Preliminary discussion. *In Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)* (pp. 678-682). IEEE.
- Spada, M. M., Nikcevic, A. V., Moneta, G. B., & Ireson, J. (2006). Metacognition as a mediator of the effect of test anxiety on a surface approach to studying. *Educational Psychology*, 26 (5), 615-624.
- Struthers, C. W., Perry, R. P., & Menec, V. H. (2000). An examination of the relationship among academic stress, coping, motivation, and performance in college. *Research in Higher Education*, 41 (5), 581-592.
- Torrington, J., & Bower, M. (2021). Teacher-created video instruction in the elementary classroom—Its impact on students and teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1107-1126.