



以問題解決為基礎的科技教學活動設計

—以創意機器人研習為例

張玉山／國立台灣師範大學工業科技教育系副教授

許雅婷／國立台灣師範大學工業科技教育系研究生

一、前言

在科技學習活動中，實作技術的學習是課程的核心。過去的行業技術教學導引下，大眾擔心中小學實作技術變成技術人員的先期訓練中心，對實作技術教學抱持著「敬而遠之」的態度，導致我國中小學學生實作經驗與能力不足。Seemann（2003）指出，科技教育應該讓學生從科技實作中學習知識。美國馬里蘭州科技教育課程也強調，科技教育應該讓學生利用科技方法來解決實務的問題（設計、製作、及機械機構操作）（Maryland State Department of Education, 2005）。簡單地說，科技教學應該多使用實作性的問題解決教學策略。

另一方面，九年一貫課程對問題解決經驗與能力培養，亦特別強調與重視。其中提到，「問題解決」方式是一個很好的學習方式。透過解決問題的過程，提供發展批判和創造思考技能的必要經驗……。「解決問題」之過程可表為一序列啟發式計畫（heuristics）的組合，至少包含五個步驟：瞭解與思考、探究與計畫、選擇策略、尋找答案、以及省思與擴展問題。……來培養學生解決生活上與職場上、非例行性問題的能力（國教專業社群網，2007）。誠如美國亞歷桑納州教育廳（Arizona Department of Education, 2007）在州的科技學科標準（Arizona Academic Standards）（包括藝術、綜合健康與體育、外語與母語、語文、數學、

科學、社會、科技、職場技能等科目）中指出，科技是利用工具來解決問題，以擴展人類潛能造福社會。也就是說，問題解決能力很重要，而科技本身具有解決問題的本質。

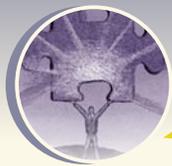
當我們看過中小學科展的生活應用類作品，以及全國青少年創意發明競賽的作品時，就能體會中小學學生的創造力與問題解決能力是多麼另人激賞，同時，也會滿心期待全國中小學生都具有這樣的創造力、實作能力、問題解決能力。這些作品也說明，創意點子還需要實作技術來具體化。本文旨在從本質面向，探討科技與問題解決的特性，再說明科技實作問題解決活動的設計，並以機器人研習活動設計為例，設計教學活動，並進行教學，最後則提出教學發現以及建議，供相關單位與教師教學設計參考。

二、問題解決在科技教學的意義

當我們引導學生利用問題解決程序，進行科技學習時，除了問題解決的步驟之外，是否應考慮其他的問題？面對許多現成的問題解決活動，教師應該如何選擇，才更適合科技領域的學習？或許，回到本質面的考量，會更容易獲得解答。以下即從本質面向，探討科技學習與問題解決的特質。

（一）科技是實務性的問題解決

哲學家兼教育家杜威（John Dewey）認為，知識的目的是為了要「實踐」並且也從實踐的過程中獲得知識（程祿基，1960）。



此一實踐的基本歷程包括「問題產生、瞭解問題、提出假設、檢討假設、進行驗證」。而教育的目的在透過實踐過程，使個體得以充份發展（高廣孚，1991；葉學志，1988）。如此，個體不但能夠適應社會，進而能夠改造社會，促進社會的發展（林寶山譯，1989）。簡單地說，透過問題解決的實踐歷程，知識發揮實用效果，新知識藉以產生，個人得以適應社會，社會也得以改造。

另一方面，從哲學論證角度來說，Feenberg（2003）以科技的實用主義與批判理論角度，論證科技的意涵，並同意Hickman（2001）所主張的，科技是問題解決的智慧活動，科技是將人類與大自然能量加以運用，來滿足人類需求的明智技術（intelligent techniques）。美國的國際科技教育學會也指出，人類的三大適應系統（意識型態的、社會的、科技的）中（Savage

& Sterry，1990），透過工具材料應用，來解決問題，滿足需求的實務性適應系統，就是科技的適應系統。因此，科技也是人類行動面的創新（human innovation in action）（ITEA,1996）。

因此，科技是實務性問題解決，科技程序就是問題解決的過程。

（二）科技程序就是問題解決的過程

杜威所謂實踐的過程，是基於實際的生活（包括風俗、制度、信仰、娛樂、與職業），以真實的或模擬的問題（操作性的、知識的、與道德性的問題），加以問題解決的教學方式（注重個別性、參與性、創造性、與道德性），促使經驗的改造（操作性的、知識系統的、與道德性的經驗）（趙一葦譯，1979），以解決問題或滿足需求，進而達到適應社會與改造社會的目的。其整體模式如圖1所示。

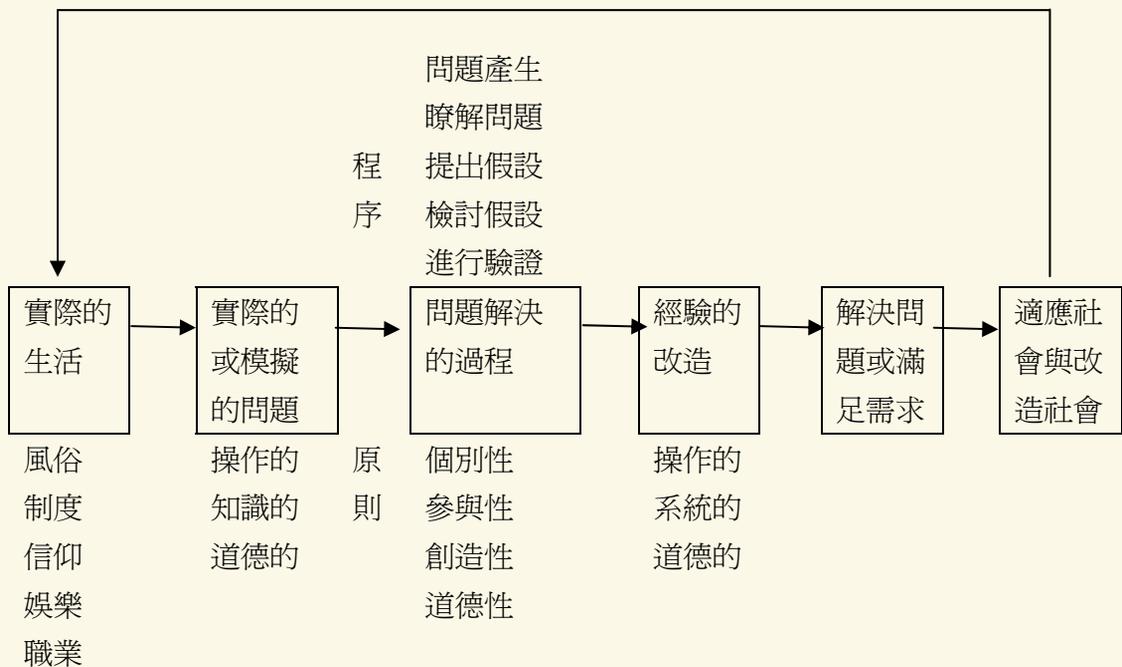
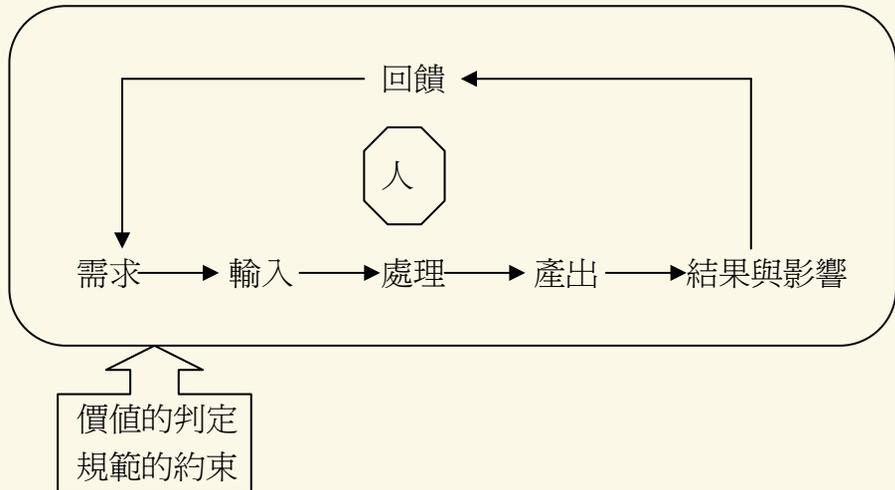


圖1 杜威的問題解決教學之整體模式



科技是「人類為了滿足慾望及需求，將資源加以處理，藉以控制物質環境的過程」（Savage & Sterry, 1990；張玉山，1994），

其主要程序則包括「確認需求、輸入、處理、產出、結果與影響」。如圖2所示。



說明：

1. 需求：必需的、想要的
2. 輸入：人力、時間、資本、材料、能源、資訊、機具
3. 處理：生物技術、傳播技術、製造技術、運輸技術、營建技術
4. 輸出：產品、服務
5. 影響：個人的、環境的、社會的

圖2 科技運作的模式

Towers, Lux及Ray（1966）亦將科技定位在實踐性知識的領域當中（張一蕃等，1992）。其認為實踐性知識的本質在於探討有效行動的實踐方案，科技即為其中之一。就如同杜威對「模擬問題」與「經驗改造」操作的、知識的、道德的內容中，操作的經驗改造，就與科技的本質十分吻合。因此，如以實用與實驗主義的知識論點，分析科技的起源與特性，將得到如下結果：

1. 科技的起源乃在於解決問題。
2. 科技具有實用性、行動性導向。
3. 科技的主要過程包括設計、生產、使用、及評鑑等。

4. 科技的目的重在解決問題，亦在實踐，並非純心智或理性的訓練。

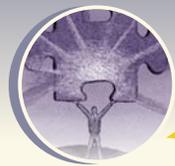
5. 科技的運作具有連續性。

6. 科技的處理結果具有價值目的性。

綜合以上所述，科技就是實務性的問題解決，科技的過程就是問題解決的過程。透過問題解決的過程，也最能獲得實務性問題解決的經驗改造。

三、科技教學的問題解決活動設計

「問題解決」是解題者從啟始狀態邁向目標狀態的一連串心理歷程，也是個體利用



已學過的知識、技能，去滿足新情境的需要，以獲致解決的過程（陳繁興，2004）。一個問題的出現到解決，通常具有以下要素：

1. 情境：問題產生的社會、文化、科技背景系絡。
 2. 啟始狀態。
 3. 目的狀態。
 4. 可用資源：可用以解決問題的資源，包括具體的工具材料及抽象的資訊與經驗。
 5. 限制：在解決問題過程中，必須遵守、不可違犯的規定。
- 問題解決的類型，主要因問題設計的不

同，而有不同的類型，在科技教育的學習活動中，因實作導向的特性，邏輯問題、演算問題、決策問題、故障排除問題、策略執行問題、設計問題、及兩難問題較常被教師用來設計為教學活動。而問題解決能力也就是針對不同形式的問題，所產生的結果，如圖3。教師在設計科技問題解決活動時，應考慮領域知識面（已學部份、未學部份、應學部份）、認知型態、學習型態、問題解決策略、自信與動機，並參照教學目標，設計問題（情境系絡、啟始、目的、資源、限制、目標），給予學生適當的問題難度與挑戰性。

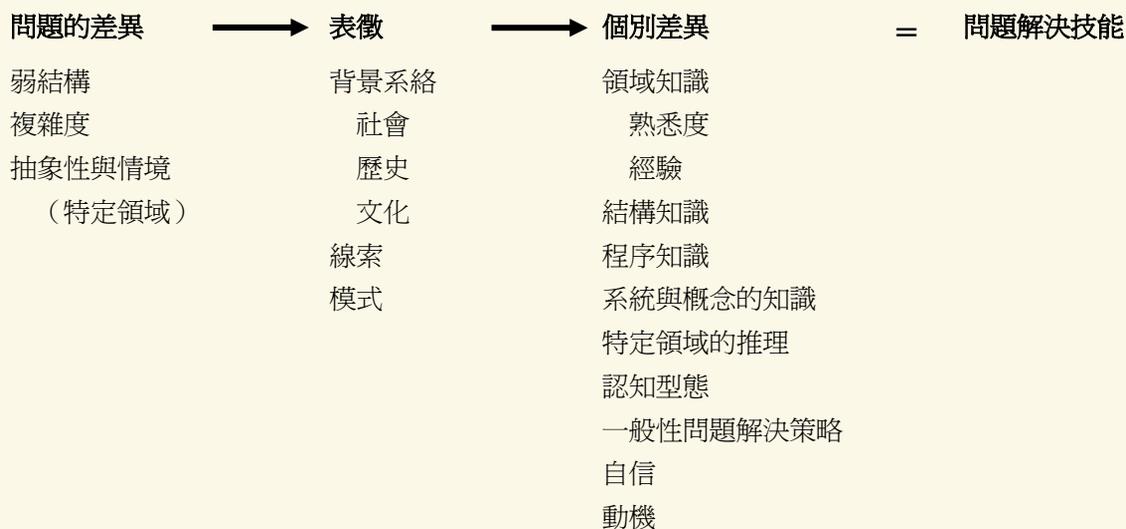
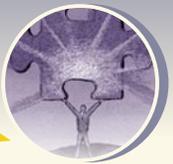


圖3 Jonassen 的問題解決技能理論

資料來源：D. Jonassen. (2007). P41

在科技學習活動中，除了知識的學習，基於實踐的科技本質，實作更是一大學習重點。技術操作的練習，不是任意的、隨便的、機械地反覆做某種行為，練習過程中需要重申解題的捷思法（陳繁興，2004），使學生在問題解決的過程中，熟練技術操作，同時習得問題解決技術，並增進創造力。原

使用在工程教育的開放式（open ended）小型實作計畫，是創意培養非常有效的一個方法（徐業良及黃宗正，2000）。在課程實施上除原有之課程講授、基本技巧練習之外，亦透過開放式小型實作計畫，讓學生以課堂所學解決真實問題，並在學生解決問題程序中鼓勵彈性的思考、創新的方法、與創意的



展現。

基本上，問題解決與問題導向學習活動的設計，已有模式可供依循（劉佩雲及簡馨瑩譯，2003），而科技學習的問題解決活動設計程序，則可以包括以下八項：

1. 設定課程目標：決定主題範圍、參考課程標準、理論基礎、有效資源應用。
2. 進行相關分析：決定教學內容、瞭解學生、學習策略與知能。
3. 教材分析：列出教材細目，將具有應用與操作特質的細目勾選出來，作為活動內容的基礎，對於未勾選的教材細目，也作為補充教學的檢核依據。
4. 決定主題：選定科技學習的問題解決活動主題，其應具有以下特性為佳，
 - (1) 生活性，與實際生活有關的。
 - (2) 實用性：具有應用價值的。
 - (3) 技術性：包含新技術的學習。
 - (4) 可習得科技概念。
 - (5) 可習得問題解決技術。
 - (6) 半開放的，可以有多种解決方案的。
5. 發展次主題：大主題是較大單元的整合性問題解決，次主題則是將較少教材的學習結果，透過小問題的解決，達到整合與形成性評量的目的。
6. 選擇適合的問題解決策略。
7. 規劃教學資源。
8. 選擇評量項目與方式。

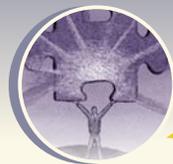
四、以問題解決為基礎的機器人創意教學活動

本文以機器人創意教學活動為例，問題解決活動為基礎，教學對象為國中學生，設計一個為期四個半天（共計16小時）的研習活動，並實際進行研習活動。活動設計程序與重點如下：

1. 設定課程目標：決定主題範圍、參考

課程標準、理論基礎、有效資源應用。本活動旨在學習機器人的組裝與控制，以三人一組的合作學習作為學習理論基礎。

2. 進行相關分析：決定教學內容、瞭解學生、學習策略與知能。主要教材包括組裝、馬達應用、各式感測器應用、電腦程式設計、綜合應用。對象為國中學生。
3. 教材分析：主要教材包括機器人結構組裝、傳動機構組裝、馬達組裝、各式感測器組裝（光源感測器、影像感測器、聲音感測器、觸控感測器等）、電腦程式設計與應用。
4. 決定主題：選定科技學習的問題解決活動主題。以國中學生所熟悉的運動場及闖關競賽，作為設計的大主題，活動目標是「達到終點、快速達到、不同方式達到、很有造型地達到」。
5. 發展次主題：除了基本的「創意建構車體」等小活動之外，將各式感測器分配到四項活動中，進行操作示範教學以及問題解決活動。該四項活動說明如下：
 - (1) 機器人障礙達陣賽：比賽目標為「機器人越過各種障礙，將球完好無缺的由起跑區送到對方達陣區」。
 - (2) 機器人全壘打挑戰賽：比賽目標為「擊出球後，開始往一壘方向奔跑，經由二、三壘跑回本壘得分」。
 - (3) 機器人接力賽：比賽目標為「同隊的機器人，以接力的方式，由起點跑到終點」。
 - (4) 機器人闖關競賽：比賽目標為「機器人沿著軌跡前進，並越過各種關卡，最後將位於終點的氣球撞破」。



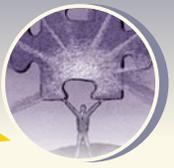
6. 選擇適合的問題解決策略：造形設計方面，引導學生使用（但不限定）類推法及腦力激盪法來進行，機能設計方面以方法一目的分析來進行，電腦程式設計則以簡化問題法來進行，至於測試階段，則以嘗試錯誤法及故障排除法來進行。
7. 規劃教學資源：以二至三人為一組的機器人模組、手提電腦、造形設計材料包為主要實習工具與材料。
8. 選擇評量項目與方式：本研習活動的重點不在問題解決能力的培養，因此評量項目以活動產出（闖關結果）為主要的評量對象。評分項目重點包括機能表現、創意機能（與程式）設計、創意造形設計三項。

而整體教學活動的模式為「提示問題（競賽活動）、基礎實作教學、競賽、成果展示與討論、延伸」。活動過程照片如圖4至圖7所示。活動結果有以下發現：

1. 動機更強：基於競賽問題的解決的任務需要，學生努力於學習的進行。因為是一種任務型的學習活動，學生對任務相關的知識與操作學習，都很投入，但是對於任務低度相關的教學，如機器人產業應用、機器人發展等課題，就顯得比較不熱衷。透過問題解決活動來提高學習動機的說法（Liu, 2005），也再一次獲得佐證。
2. 技術學習效果更好：基於競賽問題的解決，學生認真地學習機器人的相關教材，達到有效的學習。同時，在過關與競賽的過程中，也明顯感受到學生學習的成果。
3. 學習效率更高：競賽型問題解決雖沒有嚴格的時間限制，但各小組為了爭取好的表現與成績，加上允許多次修改，學生會爭取時間，盡快學會教

材，盡快到比賽場地測試，對整體學習速度來說，加快許多。雖然有研究指出，合作學習的效率可能比較低（Jermann, 2004），但是學生在本研習活動所表現出來的學習效率卻相當高，可能是受到動機因素的影響。

4. 擴展學習的深度：在追求更理想結果的動力之下，學生不僅學習教師所教授的操作方法，也會自行探索更深入的操作技術，在學習深度上面，有不錯的效果。
5. 增加學習的廣度：機器人過關活動包含速度、運動軌跡、障礙越過等機能需求，牽涉到的不只是程式的設計，更包含傳動機構、機器人結構、輪徑、左右輪距、前後軸距、迴轉半徑等問題，因此學生在整個問題解決過程中，組員會不斷觀察、討論、排除障礙、改進設計等，來達到過關，甚至快速過關的目標。
6. 有進一步挑戰的精神：在每一個問題解決競賽完成之後，學生還會繼續思考是否有其他更精良的解決對策，甚至會自動將關卡的設計，提高難度與複雜度，然後再自行挑戰過關。在一般實作教學場所，常看到學生完成教師指定的實作練習後，就匆匆地「收工」，問題解決教學中，會有較多學生主動地自我挑戰。
7. 教師的引導與協助是不可或缺的：在第一個問題解決活動時，學生無法順利使用光源感測器來控制機器人的行動路徑。教師及時透過範例暗示與引導，學生終於能掌握亮度測試與程式撰寫的要領，並能順利地以自己的方法來解決問題。在活動中，難免有學生掌握不到問題解決的關鍵，教師還是需要在必要的時後，提供協助與引



導。

8. 提供成功經驗，引起動機與激勵是教學重點：有一兩個小組在測試時，因為底盤過低，無法越過障礙物，教師利用暗示及輔助的方式，協助其解決底盤結構的問題，讓該小組得以建立

成功的經驗，隨後，該小組也能士氣高昂地順利解決其他的問題，完成整個學習。文獻也指出，有時缺乏激勵與成功經驗，許多創意也只能停留在點子的階段，而無法成為具體的成果 (Downs, 2007)。

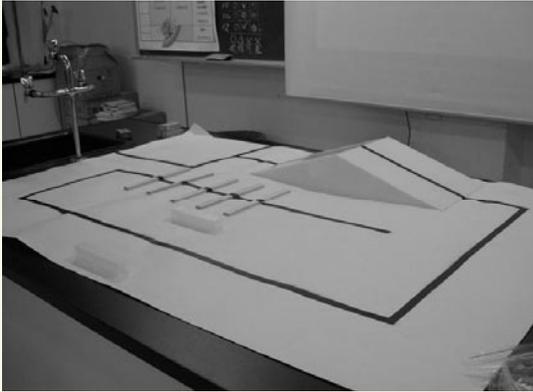


圖4 闖關設計之一



圖5 闖關測試

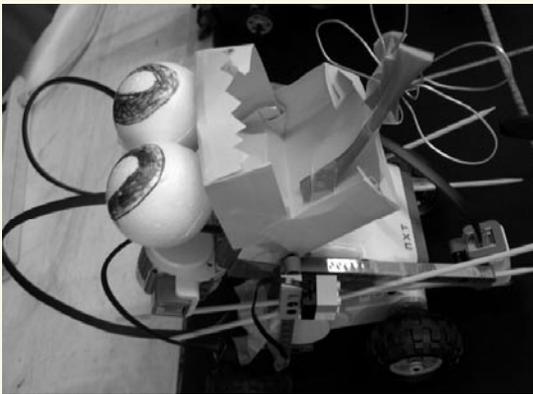


圖6 作品成果之一

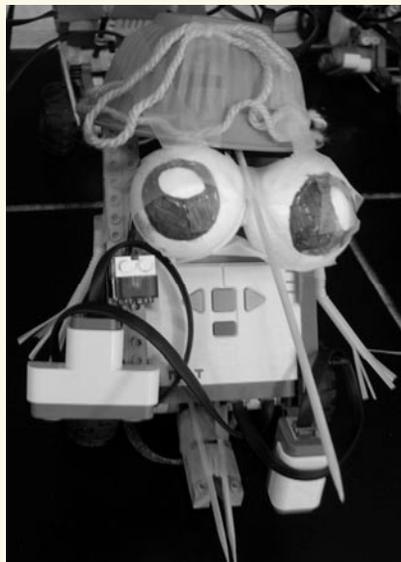
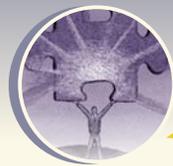


圖7 作品成果之二



五、結語

實作技術一向是創新與發明的重點，實作技術的學習也是科技學習主要內容。本文從本質面著手，探討科技實作本質與問題解決本質的符應，再以機器人創意教學活動為例，以過關競賽的方式，設計科技實作問題解決活動，並進行教學。主要的活動程序包括八大步驟：1.設定課程目標、2.進行相關分析、3.教材分析、4.決定主題、5.發展次主題、6.選擇適合的問題解決策略、7.規劃教學資源、8.選擇評量項目與方式。教學結果發現：1.學生學習動機更強、2.技術學習效果更好、3.學習效率更高、4.擴展學習的深度、5.增加學習的廣度、6.學生有進一步挑戰的精神。而教師在進行實作技術的問題解決教學時，有兩個工作重點，不容忽視：1.提供必要的引導與協助、2.提供成

功的經驗。

在以往強調行業技術的科技教學中，學生以習得固定的操作技術為目的，正確與熟練為首要目標。但是在科技變遷快速的時代，學生必須學會操作的技術，更要學會變化應用，來解決不一樣的問題。透過問題解決策略教導科技技術學習，可能會冒著損失教學效率的風險，但是如果能提高學生的學習動機，並以「限時完成」或「時間競賽」的方式來進行，應可改善學習效率的問題。此外，在實作技術的問題解決教學中，為提供學生創意發揮的空間，可以將問題解決的達成目標設計為多元目標，例如本文設計為「達到終點、快速達到、不同方式達到、很有造型地達到」，讓不同能力的學生，都有努力的目標，相信對學生創造力與問題解決能力的培養，都能伴隨實作技術的學習，有所成長。

參考文獻

- 林美純（2004）。創造性問題解決教學模式。2007/8/7 下載自http://dlearn.ncue.edu.tw/1000110116/2004_LearningTechCongnition/new_page_26.htm。
- 林寶山譯（1989）。民主主義與教育。台北：五南。
- 徐業良及黃宗正（2000）。建立問題「解決模式」之大學機械系基礎實作課程。2007/8/6 下載自[http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/project/\(2000-05-24\)%20%AB%D8%A5%DF%B0%DD%C3D%A1u%B8%D1%A8M%BC%D2%A6%A1%A1v%A4%A7%A4j%BE%C7%BE%F7%B1%F1%A8t%B0%F2%C2%A6%B9%EA%A7@%BD%D2%B5%7B.htm](http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/project/(2000-05-24)%20%AB%D8%A5%DF%B0%DD%C3D%A1u%B8%D1%A8M%BC%D2%A6%A1%A1v%A4%A7%A4j%BE%C7%BE%F7%B1%F1%A8t%B0%F2%C2%A6%B9%EA%A7@%BD%D2%B5%7B.htm)。
- 高廣孚（1991）。教育哲學。台北：五南。
- 國教專業社群網（2007）。九年一貫課程一基本能力。2007/8/6 下載自<http://teach.eje.edu.tw/9CC/basic/basic10.php>。
- 張一蕃等（1992）。技術科學素養教育重點研究規劃。行政院國科會委託研究。
- 張玉山（1994）。從杜威的教育思想看成人教育的特性。社教資料雜誌，191，10-15。
- 陳繁興（2004）。問題解決策略在教學的應用。2007/8/8 下載自<http://www.hejh.tn.edu.tw/curator/dlfile/temp/curator183..ppt#256,1,問題解決策略在教學的應用>。
- 程祿基（1960）。杜威教育思想研究。教育研究所集刊。國立臺灣師範大學教育研究所。
- 黃茂在及陳文典（2005）。「問題解決」的能力。2007/8/7 下載自<http://www.phy.ntnu.edu.tw/nstsc/doc/book94.11/05.doc>。
- 葉學志（1988）。教育哲學。台北：三民。



- 趙一葦譯（1979）。杜威的哲學。台北：世界書局。
- 劉佩雲及簡馨瑩譯（2003）。問題解決的教與學。台北：高等教育出版。
- Arizona Department of Education. (2007). Technology education standards rationale. Retrieved 2007/8/7 from <http://www.ade.state.az.us/standards/ProficiencyDistinction/ProfTECHNOL.pdf>
- Downs, R. (2007). Problem solving. Retrieved 2007/8/7 from <http://dept.sccd.ctc.edu/southengineering/ProblemSolving.pdf>
- Feenberg A. (2003). Pragmatism and critical theory of technology. *Society for philosophy and technology*, 7(1). Retrieved 2007/8/7 from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v7n1/feenberg.html>
- Hatch, L. (1988). Problem solving approach. In W. H. Kemp & A. E. Schwaller (Eds.), *Instructional strategies for technology education* (pp. 87-98). 37th Yearbook of the Council on Technology Teacher Education. Mission Hills, CA: Glencoe.
- Hickman, L.A. (2001). *Philosophical tools for technological culture: putting pragmatism to work*. Bloomington: Indiana University Press.
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- Jermann, P.R. (2004). Computer support for interaction regulation in collaborative problem-solving. Unpublished doctoral dissertation, University of Geneve. Retrieved 2007/8/7 <http://craftsrv1.epfl.ch/%7Ecolin/thesis-jermann.pdf>
- Jonassen, D. (2007). Toward a meta-theory of problem solving. Retrieved 2007/8/7 from <http://www.coe.missouri.edu/~jonassen/problems.htm>
- Liu, W. (2005). Motivating students through problem-based learning. Paper presented in 26th Annual National Educational Computing Conference. Retrieved 2007/8/7 http://center.uoregon.edu/ISTE/uploads/NECC2005/KEY_6778393/Liu_NECC05_handoutMinLiu_RP.pdf
- Maryland State Department of Education. (2005). Maryland technology education voluntary state curriculum. Retrieved 2007/8/7 http://www.mdk12.org/instruction/curriculum/technology_education/vsc_technologyeducation_standards.pdf
- Savage, E. & Sterry, L. (1990). *A conceptual framework for technology education*. Reston, Virginia: International Technology Education Association.
- Seemann, K. (2003). Basic principles in holistic technology education. *Journal of Technology Education*, 14(2). Retrieved 2007/8/12 from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v14n2/pdf/seemann.pdf>
- Towers, E., Lux, D., & Ray, W. (1966). *A rationale and structure for industrial arts subject matter*. Columbus: Ohio State University.

