

香港中學生在學生能力國際評估計劃 2012 的 解難能力表現及其對教學的啟示

張錦華、謝志成

香港中文大學教育心理學系

解難能力是 2012 年學生能力國際評估計劃（Programme for International Student Assessment，下稱 PISA）的其中一項評估範疇。全球 44 個國家及地區的 15 歲學生參加這項國際評估。香港有 2,714 名學生參與這項評估，並取得平均 540 分的佳績，在參與國家及地區中排名第 4。本文根據 PISA 2012 的解難能力評估架構和數據，分析香港學生在解難能力的表現，並探討這些表現為香港的教育政策及前線教學人員帶來甚麼啟示。

關鍵詞：香港；學生能力國際評估計劃；解難能力；教學

學生能力國際評估計劃（Programme for International Student Assessment，下稱 PISA）由經濟合作與發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development，下稱 OECD）策劃，目的是評估 15 歲青少年在接近完成基礎教育時在閱讀、數學、科學及解難 4 個範疇上所具備的能力。由於 PISA 主要探討學生在日常生活中應用知識的能力，其評估項目緊貼現實生活。除了常規筆試外，2012 年的評估計劃還加入了電腦化評估，以測試學生在電腦上的解難、數學及閱讀能力表現。解難能力是這次電腦化評估的主要範疇，學生需要在電腦互動介面所提供的模擬情境上搜尋和探索，從而解決難題（學生能力國際評估計劃—香港中心，2014）。在 2012 年，共有 44 個國家及地區參與 PISA 2012 的電腦化評估（OECD, 2014）。香港亦有來自 148 所中學的 2,714 名 15 歲學生於 2012 年 4 月至 5 月期間參與是次評估。總體來說，香港學生在解難能力的表現排行第 4（540 分），稍遜於新加坡（562 分）、韓國（561 分）及日本（552 分）的學生。

解難能力的評估要求學生在不同情境下運用所知，融合學科內容，並結合不同的理念、知識和思考過程去解決問題。到底香港學生在這次解難能力評估的表現對前線教學人員有何啟示？香港的教育政策又如何促進學生的解難能力？本文嘗試探討上述問題。文章首先介紹 PISA 2012 中對解難能力的定義，然後綜述香港中學生在 PISA

2012 的解難能力表現，最後探討是次解難能力評估的表現為香港的教育政策及前線教學人員帶來甚麼啟示。

PISA 2012 對解難能力的界定

根據 OECD (2013b)，PISA 2012 對學生的數學能力、閱讀能力、科學能力和解難能力有不同定義。數學能力指學生在不同情境脈絡中能夠形成、應用和詮釋數學的能力，當中包括數學推理以及對數學概念、程序和數學工具的運用，藉此描述、解釋和預測數學現象。閱讀能力的定義是理解、運用、省思及投入文本。科學能力則包括學生運用科學知識、辨識科學問題、獲得新知、解釋科學現象，並利用證據進行科學推論。與這些獨立「學科」能力不同，OECD 在 PISA 2012 界定解難能力（problem-solving competence）為學生於現實生活中運用認知方法，面對及解決現實中「跨學科」難題的能力（OECD, 2014），當中所使用的解決方法並非是直接的，而測試範疇亦不屬於數學、閱讀或科學等單一領域（Funke & Frensch, 2007; Mayer, 1992）。

解難能力是世界公民的重要基礎（OECD, 2013b, p. 123）。不同國家的教育組織就 21 世紀的公民需要具備哪些技能展開研究，重申對解難能力的重視，並確定解難能力為學習所必備的能力之一（Partnership for 21st Century Skills, 2011）。OECD 對解難能力的要求，亦是許多國家教育計劃的核心目標（Association of American Colleges and Universities, 2002; Matthews & Lally, 2010; Norris, 1992）。根據 PISA 2012 的評估和分析架構（OECD, 2013b），解難能力的評估着重學生個人的一般推理能力（Mayer & Wittrock, 2006）。解難時，學生首先要認識問題所在，並理解問題的本質及處境，除了識別具體需要解決的問題，還要進一步計劃和執行解決方案，並監控和評估整個解難過程。例如理解問題需要分辨事實和意見、構思對策、分析變項、挑選策略、考慮因果等（Funke, 2010; Mayer, 1998）。由於 PISA 2012 評估學生解難能力的題目範疇不受傳統課程限制，亦包羅了現實生活中的不同情境，故此學生並不能只具備某一領域的專業知識、公式、常規和模式便可完成任務（Adey, Csapó, Demetriou, Hautamäki, & Shayer, 2007）。要解決 PISA 2012 的難題，學生需要把不同學科的知識融會貫通，運用和結合各種深度的思維，並協調不同的認知能力以達到目的。

PISA 2012 的解難能力架構

PISA 2012 解難能力評估的架構包含三大元素：（1）疑難情境的性質（nature of

the problem situation），（2）解難過程（problem-solving process），（3）疑難情境（problem context）（OECD, 2014, p. 31）。

疑難情境的性質

疑難情境的性質分為互動式（interactive）與靜態式（static）。互動式的疑難情境主要關於如何操作一些科技產品或設備，例如操作自動售票機或空氣調節系統等。在某些情況下，難題中並不會一開始便把所有相關信息顯現出來，相反會把一些重要而相關的信息刻意隱藏起來，透過學生探索難題，使他們構思假設，並搜尋、組織、衡量和評估相關情境的資訊。例如，遙控器上某些按鈕雖然並沒有標示其功能，但透過與疑難情境的互動，學生能夠根據某些產生出來的結果而對按鈕的功能建立假設，從而解決難題。至於靜態式的疑難情境則較為簡單，題目往往從一開始便把所有相關資訊透露出來，學生不需要與情境互動就可以解決這類難題。

解難過程

PISA 2012 解難能力的評估是要找出學生解決問題的過程，當中包括四種認知過程：「探索和理解」（exploring and understanding）、「表徵和制定」（representing and formulating）、「規劃和執行」（planning and executing）及「監控和反省」（monitoring and reflecting）。現分述如下：

1. 探索和理解——對每個問題所提供的信息建立心智表像。
2. 表徵和制定——從疑難情境中選取相關信息，建立一致、融貫的心智表像；並能利用心智表像進行組織，及整合已有知識與疑難情境中的相關信息。
3. 規劃和執行——能澄清總體目標，在有需要時設定子目標，制定可達成目標的計劃或策略，並付諸實行。
4. 監控和反省——檢核中期和最終結果，偵測有否出現預期之外的事情，並在必要時採取補救措施。此外，學生需要反思自己的方案，例如從多方面檢視解決方案，對假設和替代方案進行批判性的評估，確定是否需要額外的資訊或澄清，並選取合適的媒介表達方案。

疑難情境

OECD（2013b）的解難能力評估架構強調解決現實生活的問題。因此，在 PISA 2012 的解難能力評估中所設定的情境往往以個人生活、學校生活或社區為背景，避免與學生的經驗脫節。故此，學生對疑難情境的熟悉程度及理解能力亦可能會影響

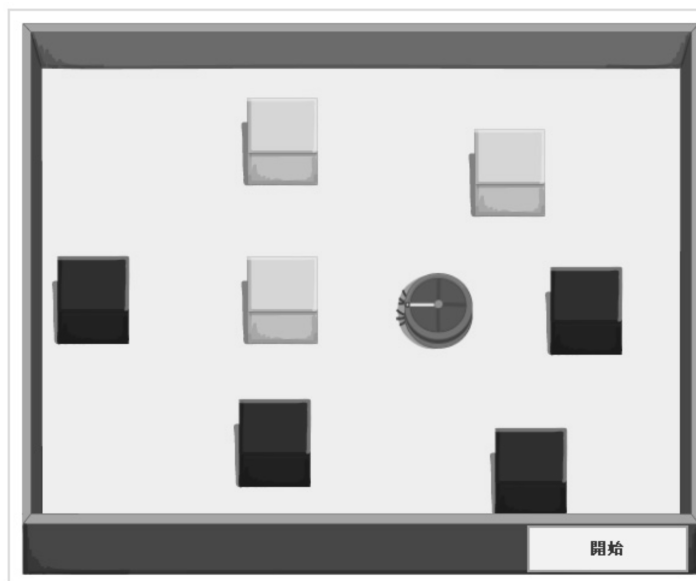
其解難能力。疑難情境主要分為兩大範疇，即所涉設置與科技有關（technology）還是與科技無關（non-technology），以及問題所關注的在個人層面（personal）還是在社會層面（social）。具有科技設置的情境包括對一些科技儀器的運用，例如數位鐘錶、空氣調節系統或自動售票機等；不具科技設置的情境則不牽涉科技儀器的使用，例如制定任務的流程表、作出決策等。疑難情境若是關注個人層面，則難題涉及學生本人、學生的家人或其友儕。疑難情境若是關注社會層面，則難題所牽涉的處境便較為廣泛，例如與社群生活或社會熱點相連結起來。譬如，要為數位手錶調校準確時間可列為科技的和個人層面的解難問題，而為籃球隊隊員訂立練習時間表則可理解為非科技的和社會層面的解難問題。

由此可見，在解決疑難的過程中，學生需要協調不同的認知能力去理解疑難，為疑難建立表徵，制定解難的行動，並監察和反思解難的過程。學生在解決疑難時，並不是單憑運用某一學科範疇的知識及技能便可成功解難。PISA 2012 的解難能力評估便是要找出學生應用在解決不同處境的認知過程，並以量化的方式表示出來。

樣本試題剖析

PISA 2012 解難能力評估分為 16 項主題，當中包含 42 題深淺程度不同的題目。這 16 項主題分為 4 組，每組需要 20 分鐘完成。以樣本試題「機械吸塵機」（Robot Cleaner）這項主題為例（見圖一）（OECD, 2014, pp. 42–44），學生觀看一部機械吸塵機在房間內移動的動畫，從而觀察它碰到不同類型物體（如紅積木〔深色者〕）時的反應。接着，學生要回答一些問題。有些題目考核學生能否根據動畫的情節，理解吸塵機的基本運作，例如：「吸塵機碰到紅積木時有甚麼反應？」學生要在 4 個選項中選出最佳答案：（A）它立即移到另一塊紅積木。（B）它轉彎，移到最接近的黃積木〔淺色者〕。（C）它轉四分之一圈（90 度）並向前移動，直至碰到其他物件。（D）它轉半圈（180 度）並向前移動，直至碰到其他物件。另一些題目則考核學生能否根據已知事實（吸塵機的基本運作），解決新的問題，例如：「動畫開始時，如果吸塵機不是面向左邊牆，而是面向右邊牆，到動畫結束時，它會推動了多少塊黃積木？」學生要決定黃積木的數量是 1 塊、2 塊、3 塊還是 4 塊。以上選擇題學生只要選中答案會取得滿分。但有些題目則會根據學生答案的完整程度給予滿分或半分，例如：「吸塵機遵循一套規則運作。請根據動畫，寫出一條規則，描述吸塵機碰到黃積木時的反應。」如果學生能夠答出「吸塵機會一直推着黃積木直至碰到牆壁或是紅積木，它就會轉動 180 度」，便可取得滿分。但如果學生只能夠答出「吸塵機會推着黃積木」或「吸塵機會轉動 180 度」之類的不完整答案，他們只會取得半分。

圖一：樣本試題「機械吸塵機」的動畫



資料來源：學生能力國際評估計劃－香港中心（2014，頁 2）。

根據前述 OECD（2013b）的解難能力評估架構，PISA 2012 訂立一系列題目測試學生的解難能力。下文以 PISA 2012 解難能力評估中的樣本試題為例作說明。在樣本試題「車票」（Tickets）（OECD, 2014, pp. 39–40）這項主題中，展示了鐵路車站內一部自動售票機。該自動售票機允許購票者購買不同種類的車票，即是說，根據每項指定任務的具體要求，購票者可以購買不同鐵路網絡的車票、不同票價的車票，或選擇全日通車票還是指定乘搭次數的車票。由於在這個「車票」樣本試題的 3 項任務中，購票者皆牽涉使用一些較為不熟悉的儀器來解決真實生活的問題，故此，這樣本試題具有互動式的疑難情境性質。因為這樣本試題涉及使用購票設備，並且情境關乎社群生活，故這試題與科技有關並牽涉社會層面。

有關「車票」的第 1 項任務，學生需要購買 1 張能使用 2 次的個人車票，這張車票為正價，並能夠行經全國網絡。學生在解決此難題時，涉及運用「規劃和執行」的認知過程（OECD, 2014, pp. 39–40）。學生首先要選擇合適的鐵路網絡，然後決定票價類型，再選擇全日通車票還是指定乘搭次數的車票，最後選擇使用次數為 2。該解決方案需要多個步驟，而學生只要合乎任務要求，可用不同購票程序來完成任務。

在「車票」的第 2 項任務中，學生需要購買一張能使用 4 次的最便宜車票，使他們能夠在同一天內使用地下鐵路網絡遊覽全城。身為學生，他們可以使用優惠票價購買車票。該任務涉及「探索和理解」的認知過程（OECD, 2014, p. 40）。為了完成這項任務，學生必須使用目標導向的探索策略。首先，學生要建立至少 2 個最明顯可行的解決方案，然後驗證這些方案，確立哪一方案得出的結果為最便宜的車票。

若學生在購買車票前先對不同的可行方案進行價格比較，則能獲得滿分。若學生在購買車票時未為不同的可行方案進行價格比較，則只能獲取部分分數。

至於「車票」的第 3 項任務，學生需要購買一張能使用 2 次的地下鐵路車票。身為學生，他們可以使用優惠票價購票。該任務涉及「監控和反省」的認知過程，因為自動售票機會要求他們修改原先計劃（OECD, 2014, p. 40）。當學生在自動售票機上按下優惠票價鍵時，售票機會顯示「優惠車票已經售罄」。學生需要意識到自己並不能貫徹初步計劃，若是要完成任務，必須調整原先計劃，為行程購買正價車票，以取代優惠票價的車票。

學生的解難能力特徵

以 PISA 2012 的結果為例，OECD 的平均值為 500 分，標準差為 100 分，當中便有 3 分之 2 的學生分數介乎 400 分至 600 分之間。為方便理解學生的解難能力水平，PISA 2012 將學生的解難能力分為 6 個級別，以表示不同的解難能力表現。第 6 級為最高級別，其分數在 683 分或以上，佔整體的 2.5%；第 1 級為最低級別，其分數介乎 358 分至 423 分之間。PISA 2012 把整體學生中分數最低的 8% 列為低於第 1 級別能力者，其分數在 358 分以下。故此，獲取第 1 級或以上者佔整體的 91.8%。PISA 2012 又將獲得第 5 級及第 6 級的學生稱為高水平者（top performers），其分數在 618 分或以上，佔整體的 11.4%；又把第 2 級以下（即第 1 級及低於第 1 級）的學生稱為低水平者（low performers），其分數在 423 分以下，佔整體的 21.4%（OECD, 2014, p. 50）。

具有高水平解難能力的學生，其解難表現有以下特徵（OECD, 2013b, p. 131）：

- 能夠規劃並執行涉及複雜步驟的方案；當遇到不同的限制條件時，能使用複雜的推理能力，並監察整個解決方案的進度；在有需要時，能修訂出可行方案，使能根據任務目標繼續進行。
- 能夠理解不熟悉的、零散的資訊，並整合出具意義的連結。
- 能夠以系統化的方式解決問題，不怕複雜問題，願意努力不懈地找尋隱藏信息。

至於只有低水平解難能力的學生，其解難表現則具有以下特徵（OECD, 2013b, p. 131）：

- 只能夠規劃並執行涉及少量步驟的方案。
- 只能夠解決涉及一或兩個變項的問題；疑難題目包含單一的限制條件。
- 只能夠制定簡單的規則；利用雜亂無章的方式探索隱藏的信息。

透過對解難表現的描述，PISA 2012 便能盡量把學生的解難能力以量化方式顯示出來，從而比較不同類別的學生（OECD, 2014）。

香港學生在 PISA 2012 解難上的表現

整體表現

整體而言，香港學生在 PISA 2012 解難上的表現屬於高水平，平均得分為 540 分（OECD 的平均值為 500 分，標準差為 100 分），在 44 個參與國家及地區中排名第 4，成績較上海（536 分）和台北（534 分）的為高。澳門學生同樣以 540 分與香港學生並列第 4。新加坡學生以 562 分居於首位，韓國以 561 分站於次位，日本則以 552 分排第 3 位。所有這些亞洲國家及地區的學生，表現均高於北美和歐洲地區的學生。

對不同性質的疑難情境的表現

一般而言，互動式解難表現與靜態式解難表現兩者之間有着高度密切的相關性（OECD, 2014）。同樣，各種不同認知過程之間和各種不同解難情境之間亦有着高度密切的相關性。總括全體國家及地區的表現，找出兩種疑難情境性質的比值（relative success），可以透過靜態式解難表現為每一個國家及地區的互動式解難表現預測分數。以疑難情境性質為例，若果互動式解難表現與靜態式解難表現的比值顯著地大於 1（參考值），這表示香港學生的互動式解難表現顯著地高於預測分數；若果互動式解難表現與靜態式解難表現的比值顯著地小於 1，這表示香港學生的互動式解難表現顯著地低於預測分數；若果互動式解難表現與靜態式解難表現的比值不顯著地大於或小於 1，這表示香港學生的互動式解難表現與預測分數相符。根據互動式解難表現與靜態式解難表現的比值數據（OECD, 2014），香港學生的數值為 0.99，不顯著地小於 1，表示香港學生在互動式解難的表現合乎預期。

對不同解難過程的表現

參考上述方式，PISA 2012 便可以為學生在解難過程中四種認知類型的表現以比值的方式顯示出來。表一展示四種認知類型的比值。香港學生在「探索和理解」（1.17）及「表徵和制定」（1.23）兩項獲得顯著較高的比值，表示他們在這兩種認知類型表現高於預期。然而，「規劃和執行」（0.78）則錄得顯著較低的結果，表示他們在這種認知類型表現低於預期。最後，「監控和反省」（0.97）雖然略低於

表一：四種認知類型的比值

	平均分	認知類型的比值 (OECD 比值為 1.00)			
		探索和理解	表徵和制定	規劃和執行	監控和反省
新加坡	562	1.19	1.23	0.71	1.08
韓國	561	1.16	1.32	0.71	1.02
日本	552	1.11	1.08	0.88	1.00
澳門	540	1.09	1.38	0.80	0.86
香港	540	1.17	1.23	0.78	0.97
上海	536	1.04	1.33	0.78	0.98
台北	534	1.11	1.36	0.79	0.87
OECD 平均分	500	1.00	1.00	1.00	1.00

註：粗體比值表示與 OECD 比值有顯著差異。

資料來源：OECD (2014, p. 168, Table V.3.2)。

OECD 的比值 1.00，但它與這參考值（即 1.00）距離相當接近亦不顯著，表示他們在這種認知類型表現合乎預期。

對不同疑難情境的表現

就疑難情境表現方面，無論在與科技有關（technology）（55.0%）或與科技無關（non-technology）（52.2%）的難題上，香港學生的表現均高於 OECD 平均值（分別為 45.5% 和 44.4%），反映香港學生無論對是否牽涉運用科技儀器的疑難情境，表現皆優於 OECD 平均值。根據與科技有關的解難表現及與科技無關的解難表現的比值數據（OECD, 2014），香港學生的數值為 1.12 且顯著，表示香港學生在與科技有關的題目，解難表現高於預期。這可能與香港學生日常生活有較多機會接觸科技儀器（例如智能手機）有關。

至於就問題所關注的對象而言，香港學生在個人層面（personal）（49.5%）和社會層面（social）（58.5%）兩方面的解難表現均高於 OECD 平均值（分別為 41.5% 和 49.1%）。根據社會層面的解難表現與個人層面的解難表現的比值數據（OECD, 2014），香港學生的數值為 0.99 且不顯著。這表示香港學生在社會層面题目的解難表現合乎預期。

對不同解難任務的表現

PISA 2012 解難能力評估把上述其中三種認知過程分為兩類與知識相關的任務，分別為知識的習得任務（knowledge acquisition task）和知識的運用任務（knowledge utilization task）。

知識的習得包括評估「探索和理解」與「表徵和制定」兩種認知過程，目標是建立或修正問題空間（problem space）的心智表像，並在心智表像中產生和操控信息；其過程是由具體到抽象，由信息到知識。知識的運用則評估「規劃和執行」這種認知過程，目標是解決具體的問題；其過程是由抽象到具體，從知識到行動。

比較香港學生解難水平與 OECD 平均值，香港學生在知識的習得任務（57.7%）和知識的運用任務（51.1%）兩方面的解難表現均高於 OECD 平均值（分別為 45.5% 和 46.4%），反映香港學生無論由建立心智表像以至解決具體問題兩方面皆優於 OECD 平均值。就任務所需認知過程而言，香港學生在知識的習得任務中表現較強。與以上各種認知過程的比值數據一致的是，香港學生在「探索和理解」或「表徵和制定」表現較預期為佳，而「規劃和執行」表現則較預期遜色。

解難表現所展示的性別差異

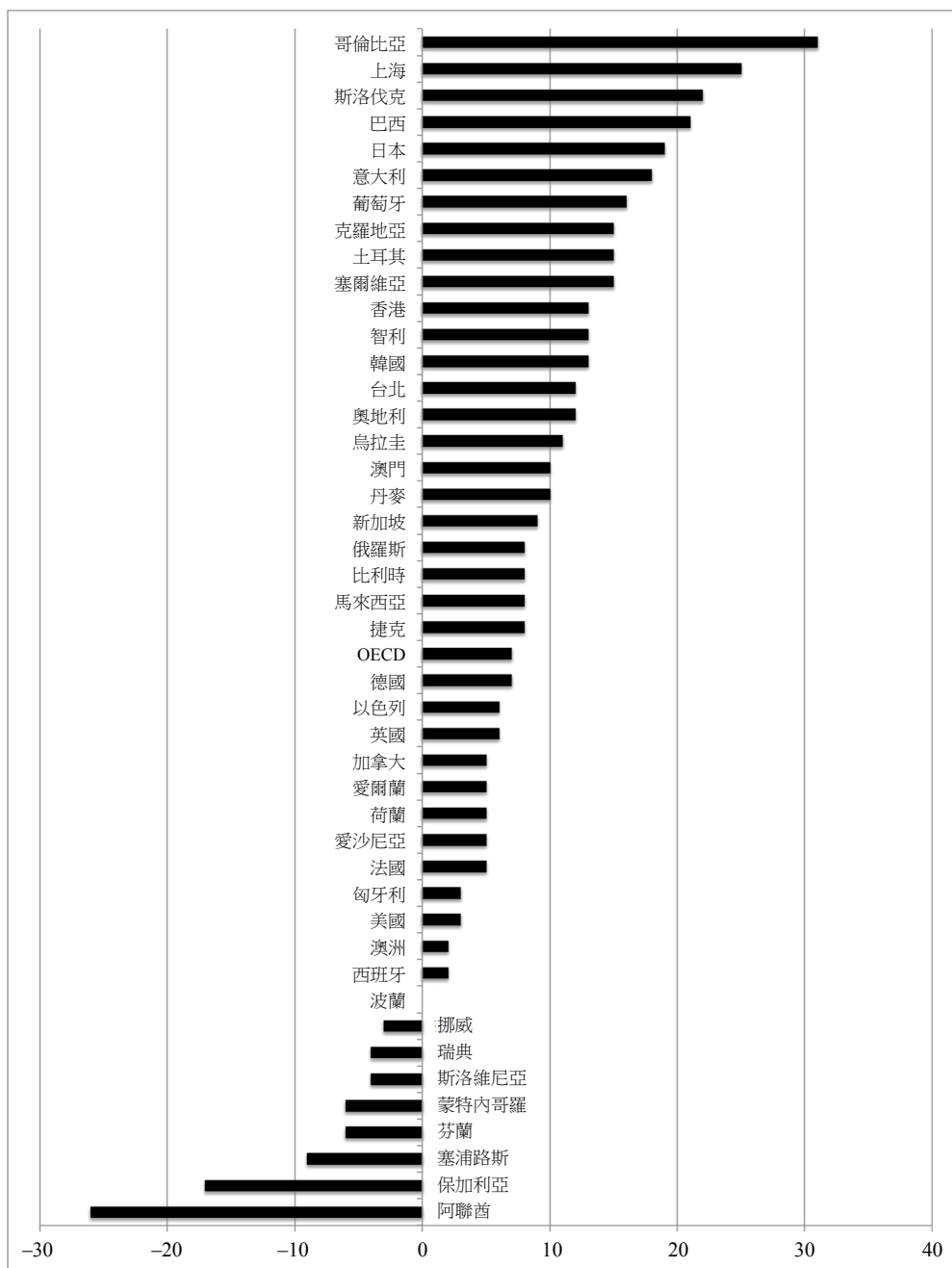
自 PISA 2000 的評估開始，性別差距的情況經常出現於不同的評估報告之中（OECD, 2014）。圖二所顯示的為不同國家及地區學生的解難表現與性別差異的關係。兩性之間的解難表現分數差異愈細（男-女），所展示的棒形圖數值便愈少。OECD 的平均值得分點差（男-女）為 7 分（503-497〔按：誤差因四捨五入所致〕），其他國家還有德國（7 分）、加拿大（5 分）、美國（3 分）及澳洲（2 分）等。

香港方面，則錄得較大的性別差異，得分點差（男-女）為 13 分（546-532），其他東南亞地區還有新加坡（9 分）、澳門（10 分）、台北（12 分）、韓國（13 分）及日本（19 分）等。至於上海，則錄得 25 分的得分點差，排名第 2，顯示性別差異更為懸殊。這些結果顯示，香港學生在解難能力的性別差異與其他亞洲國家及地區相若。在解難認知過程方面，香港女生在其中兩種過程亦較男生的表現為弱，並且達到顯著水平（OECD, 2014, pp. 103-104, 192）。在「探索和理解」方面，香港女生獲得滿分的題目比例為 56.4%，較男生的 63.5% 為低；而在「表徵和制定」方面，香港女生獲得滿分的題目比例為 50.2%，亦較男生的 58.8% 為低（在獲得滿分的題目比例上，性別差異在餘下兩種解難認知過程，即「規劃和執行」與「監控和反省」，並不顯著。）。上述有關解難的認知過程出現的性別差異，反映香港女生為疑難問題建立心智表像，以及將個人的已有知識與疑難情境中的相關信息整合這兩方面，均稍遜於香港男生。

解難能力的表現與數學、閱讀和科學表現的相關性

PISA 2012 着重學生解決「跨學科」難題的能力。雖然解難能力測試範疇並不

圖二：解難表現所展示的性別差異（男-女）



註：圖中所顯示的數值為近似值。

資料來源：OECD (2014)。

表二：解難能力與數學、閱讀及科學的潛相關係數

	數學	閱讀	科學	解難能力
數學	1			
閱讀	0.85	1		
科學	0.90	0.88	1	
解難能力	0.81	0.75	0.78	1

資料來源：OECD (2014, p. 68, Figure V.2.13)。

屬於數學、閱讀或科學等單一領域，但根據 PISA 2012 (OECD, 2013b) 對解難能力評估架構的估計，學生的解難能力是可以間接透過在學校裏數學、閱讀、科學等不同學科中習得。事實上，PISA 2012 的數據與這個估計吻合：學生的解難能力表現與數學、閱讀及科學等表現均呈正相關。表二利用 PISA 2012 的數據，顯示了解難能力與數學、閱讀及科學的潛相關 (latent correlations) 係數。

表二的潛相關係數顯示，解難能力並非完全獨立於學科的基礎能力之外，而是與其他學科的能力有一定關聯。學生若在解難能力方面表現優異，在數學、閱讀和科學三方面亦會有優異表現；反之亦然 (OECD, 2014)。與解難能力的相關性最大的是數學 (0.81)，其次為科學 (0.78)，而相關性最小的為閱讀 (0.75)。

PISA 2012 又利用數學、閱讀及科學三個範疇的數據作迴歸分析，得出學生預期的解難表現 (expected performance)，並與真實的解難表現相比較。例如，韓國學生真實的解難表現分數較預期的高出 14 分。至於香港學生，其真實的解難表現分數則較預期的低了 16 分。這數據顯示，香港學生可能在執行解難任務時，未能自如地應用由其他學科範疇 (例如數學、閱讀和科學) 習得的解難技巧或策略，甚至在應用這些解難技巧或策略時會感到困惑。這與上述香港學生在知識的習得任務表現較好，但在知識的運用任務表現較差的結果一致。

解難態度與電腦化評估解難能力的關係

在電腦化年代，面對大量網絡資訊，學生需要懂得分析及整理這些紛亂的資訊，才能把有用的篩選出來，成為知識。在這過程中，學生若能夠對問題進行持續探究便顯得至為最要 (學生能力國際評估計劃－香港中心，2014)。PISA 2012 亦評估學生解難時是否具備堅持不懈及開放態度的意願。「堅持不懈」(perseverance) 的定義是面對難題時會比原來要求做得更多，不易放棄，而且努力做好的態度。至於「開放態度」(openness) 是指解決問題時不怕複雜問題，努力尋求事物背後的解釋，並把事實聯繫起來 (學生能力國際評估計劃－香港中心，2014)。對於解難的態度，香港

學生在堅持不懈程度方面取得 0.12，稍高於 OECD 平均值（0.00）。但在開放態度方面，香港學生取得的分數（-0.25）遠低於 OECD 平均值（0.00）。上述結果反映香港學生的解難態度仍有待改善。綜合各地區表現，這兩種解難態度均與電腦化評估的解難、數學及閱讀表現呈顯著的正相關。愈是堅持不懈或持有開放態度的學生，其解難表現愈高（學生能力國際評估計劃－香港中心，2014；OECD, 2014）。但相對而言，香港學生在「堅持不懈」與解難表現的相關係數偏低（0.063, $SE = 0.021$ ）〔女生的相關係數 0.096（ $SE = 0.027$ ）稍高於男生的相關係數 0.029（ $SE = 0.029$ ），兩者達統計學上的顯著差異〕；而「開放態度」與解難表現的相關係數雖較「堅持不懈」的為高，亦只有 0.219（ $SE = 0.020$ ）〔女生的相關係數 0.237（ $SE = 0.027$ ）稍高於男生的相關係數 0.189（ $SE = 0.026$ ），兩者達統計學上的顯著差異〕。雖然解難態度與解難表現之間的關係不大，學校教育仍應繼續培養學生學習上堅持不懈的態度，令學生在面對具挑戰的題目時勇於嘗試；另一方面亦須加強鼓勵學生以開放態度和多角度思考來深入面對問題。

PISA 2012 解難能力評估對教學的啟示

重視對互動式解難的訓練

隨着社會走向全球經濟一體化，各職業均強調需要專業知識、高技術型等特質，僱主更要求僱員可以對複雜的資訊靈活思考和分析，並且整合來自不同範疇的信息和觀點，持平地評估資訊的有效性和關聯，從而作出最有利的決策。面對資訊科技急速發展，在新時代的教與學中，教師和學校已不再是知識的專利擁有者（學生能力國際評估計劃－香港中心，2014）。科技日新月異，學校的課程很多時候亦未必能夠跟上步伐。學生在日常生活中不斷接觸和認識新穎的高科技產品、多元化資訊和電腦軟件系統，這些產品提供了廣闊空間使他們自行學習。例如學生在互動式（interactive）的情境下（例如透過電腦軟件進行學習），有必要自行面對一些不明確的指示，透過探索、構思假設，搜尋、組織、衡量和評估可行方案，最後為完成任務而把方案付諸實行。PISA 2012 解難能力的評估對互動式解難表現的重視，便反映了面對 21 世紀的挑戰，這些解難能力是達致終身學習、全人發展所不可或缺的條件（Curriculum Development Council, 2001）。在互動式解難表現方面，香港學生發揮出合乎預期的水平。若要學生在此項目中有更佳表現，學生必須培養出對新穎事物具開放的態度、接受困惑所帶來的不安、容忍不確定性，以及願意利用直覺來啟動解決方案。上述建議亦符合近年香港教育界對基礎教育課程（小一至中三）的改革要求（Curriculum Development Council, 2002）。

在不同的學科中強調探究式學習

從香港學生的預期解難表現低於真實表現 16 分，並且只有 39.2% 的學生高於其預期的成績可見，香港學生在執行解難任務時，未能自如地應用由其他學科範疇習得的解難技巧或策略，甚至在應用這些解難技巧或策略時感到困惑。各種認知過程的比值數據亦顯示香港學生在「探索和理解」及「表徵和制定」表現較預期為佳，但在「規劃和執行」表現則較預期遜色。就有關知識的習得和知識的運用兩方面，香港學生均獲得高於 OECD 平均值的答對率（分別為 57.7% 及 51.1%）。雖然在這兩方面香港學生的表現皆優於 OECD 平均值，但相對而言，香港學生在知識運用方面表現稍遜。對解難能力中有關認知過程的要求，散見於香港中、小學教育不同的課程上。例如近年的數學課程強調解難及在生活情境中應用數學；科學及科技科目強調發現取向及探究取向的學習模式；通識教育科強調探究式學習等。這些皆有助提升學生解難能力中知識習得和知識運用兩方面的能力。

強調探究式學習的通識教育科亦有助提升學生的解難能力。這學科被視為孕育解難能力的其中一個理想場所（Shiu & Ho, 2013）。雖然通識教育科是一門高中學科，但其對知識的理解以及探究式學習策略等重要元素，已多為初中以至小學課程所採用。根據《高中課程指引》（Curriculum Development Council, 2009）及《通識教育科課程及評估指引》（課程發展議會、香港考試及評核局，2014），在知識型社會裏，知識會以不同形式存在於各種情境之中。一方面，各學科的既有知識能幫助人們加深對現今世界的理解；另一方面，知識可由個人或社群，按着對不同情境的理解，建構不同的特定學科內容。通識教育科課程文件中亦指出，「探究式學習是設計高中通識教育科的關鍵」（課程發展議會、香港考試及評核局，2014，頁 1）。透過要求學生探討不同議題，幫助學生在學習過程中聯繫其他學科的知識，從而使他們建構屬於個人的知識、技能和態度。獨立專題探究（independent enquiry study）是通識教育科不可或缺的一部分，它「是一個自主學習的經歷，讓學生承擔學習的主要責任」（課程發展議會、香港考試及評核局，2014，頁 43）。

在通識教育科的獨立專題探究中，學生須學習成為「獨立」和「自主」的學習者，為自己訂立探究題目、確定探究範圍及方法，並採用適合表達探究結果和成果的形式。這有助培養他們的「規劃和執行」能力。在獨立專題探究中，教師是學生學習過程中的支援者，擔當促進學生學習、提供學習經歷的角色。小學和初中階段的學校課程亦可引入與獨立專題探究相類似的跨學科專題研習（project learning），以提升小學生和初中生的解難能力，包括「探索和理解」、「監控和反省」，以及香港學生在 PISA 2012 評估中表現較弱的「規劃和執行」。透過這些跨學科的專題探究活動，亦有助解難情意（willingness）的培育。例如在教學時多鼓勵學生持開放的態度，為解難問題訂立多於一個可行方案，在解決問題時不必懼怕不確定性等。

增加學生對真實情境解難的機會

解難能力並非完全獨立於學校科目的基礎能力之外，而是與其他學科有一定關聯的。因此，不同學科的教師在教授本科知識和特定的解難策略時，亦可鼓勵學生多留意策略運用的遷移性。根據 PISA 2012 的解難能力表現發現，利用日常生活情境、不同的問題類型、多元化的解難方案等，能令學生減少使用刻板的、規律化的解難方式。例如，科學科教師在教授有關食物與健康的課題時，可要求學生首先記錄個人一星期內的飲食習慣，再為自己設計一個合乎健康的飲食餐單。教師又可鼓勵學生把解難重點放在思考其深層結構，而非一些表面的事情上。除此之外，又可在不同學科中教授學生利用組織圖、表列異同、類比等方法比較不同方案。例如，通識教育科教師在教授固體廢物的可行處理方案時，可要求學生首先為方案制定評鑑準則，再利用表列方式，就不同方案列出優點與缺點，再就各方案評定分數，從而找出較可行的處理固體廢物方案。

減低解難表現上的性別差異

有關解難表現與性別差異方面，香港學生錄得 13 分的差異（男-女）。男性高分者（top performers）佔 21.8%，在 44 個國家及地區中排名第 6（OECD 平均水平為 13.1%）。然而，女性高分者則只有 16.3%，稍為低於男性高分者（兩者差異的比值為 1.34，達統計學上的顯著水平）（OECD, 2014, pp. 180-181），而香港女生在「探索和理解」及「表徵和制定」兩方面的解難認知過程均遜於香港男生。解難表現的性別差異或會引致男女之間在教育機會上出現不均等情況，因而影響女性進入職場的競爭力（OECD, 2013a）。因此，減低解難表現中的性別差異懸殊性，便應該成為香港教育政策關注的目標之一。在課堂上，不同學科的教師應明確地（explicitly）教授解難的思考框架，使女生（以及初學者）能更容易把個人已有知識套置到疑難情境之中，藉此建立問題空間的心智表像，從而更有效地操控表像。例如在通識教育課中，教師可以教授制定決策的策略（即認清問題、提出多項選擇、列出考慮因素、衡量考慮因素、衡量各項選擇、計算出一個決定、綜合評估）；在數學課上，可藉由理解難題、設計解難計劃、執行解難計劃和回顧四個步驟，來培養學生的數學解難能力。除此之外，教師又可以多鼓勵女生以開放的態度和堅持不懈的決心去面對較為艱深的難題，並且多鼓勵女生必須要先對問題或困難作好分析，然後有系統地找出解決問題的方案，最後才能落實執行，藉此協助她們提高處理複雜問題的能力。

總結及建議

面對資訊急速湧現的年代，學生很容易便可以在資訊流通的社會裏接觸到大量不同層面的新事物。他們需要有很強的接收及理解能力，才可以逐一整理這些紛雜的資訊。學校教學的步伐往往未能趕上急速變化的資訊，學生便需要透過自身能力、已有知識和經驗累積來判別這些資訊的真確性。如此，教師的角色便要從過去「教師為本」的範式轉變為「學生為本」的教育，並提升學生的自主學習能力。新穎事物的出現由於未及成為學校的學科知識，有時或會成為學生日常生活中需要面對的難題，學校的課程有必要重視對解難能力的培養（Klauer & Phye, 2008）。

香港學生雖然在 PISA 2012 解難上的表現屬於高水平者，平均得分為 540 分，在 44 個參與國家及地區中排名第 4，僅次於新加坡、韓國和日本，惟尖子數量遜於鄰近地區，只有 19.3%，遠低於新加坡的 29.3%，亦較韓國和日本的為低。在學校裏，因要面對評核的公平性，且製作工作紙又十分便捷，教師側重了靜態式的解難訓練。然而，學生在日常生活中往往要面對一些涉及運作科技儀器的互動式解難問題（Mayer & Wittrock, 2006），學校課程應重視對一些解難過程中涉及的認知能力的培養（例如「探索和理解」、「表徵和制定」、「規劃和執行」、「監控和反省」），使學生能有效地對難題進行探索、組織、評估和監控（Blech & Funke, 2010）。若要深化學生的解難能力，學校課程便應設計多些互動式的解難情境，並以真實的生活處境為教材。除此之外，在不同學科中可增加跨學科的專題探究學習活動，使學生的「探索和理解」、「規劃和執行」及「監控和反省」等認知能力得以培養。

參考文獻

- 課程發展議會、香港考試及評核局（2014）。《通識教育科：課程及評估指引（中四至中六）》。擷取自 http://334.edb.hkedcity.net/doc/chi/curriculum/LS%20C&A%20Guide_updated_c.pdf
- 學生能力國際評估計劃－香港中心（2014）。〈PISA 2012 香港學生電腦化評估解難能力表現初探〉。《HKPISA 通訊》，第 19 期，頁 1-3。擷取自 http://www.fed.cuhk.edu.hk/~hkpisa/about/HKPISA_newsletter/HKPISA_newsletter_vol19.pdf
- Adey, P., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., & Shayer, M. (2007). Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability. *Educational Research Review*, 2(2), 75-97. doi: 10.1016/j.edurev.2007.05.001
- Association of American Colleges and Universities. (2002). *Greater expectations: A new vision for learning as a nation goes to college*. Retrieved from <http://www.greaterexpectations.org/pdf/gex.final.pdf>

- Blech, C., & Funke, J. (2010). You cannot have your cake and eat it, too: How induced goal conflicts affect complex problem solving. *The Open Psychology Journal*, 3, 42–53. doi: 10.2174/1874350101003010042
- Curriculum Development Council. (2001). *Learning to learn: The way forward in curriculum development*. Retrieved from <http://www.edb.gov.hk/en/curriculum-development/cs-curriculum-doc-report/wf-in-cur/index.html>
- Curriculum Development Council. (2002). *Basic education curriculum guide: Building on strengths (Primary 1–Secondary 3)*. Hong Kong, China: Author.
- Curriculum Development Council. (2009). *Senior secondary curriculum guide — The future is now: From vision to realisation (Secondary 4–6)*. Retrieved from http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/cns/sscg_web/html/english/index.html
- Funke, J. (2010). Complex problem solving: A case for complex cognition? *Cognitive Processing*, 11(2), 133–142. doi: 10.1007/s10339-009-0345-0
- Funke, J., & Frensch, P. A. (2007). Complex problem solving: The European perspective — 10 years after. In D. H. Jonassen (Ed.), *Learning to solve complex scientific problems* (pp. 25–47). New York, NY: Lawrence Erlbaum.
- Klauer, K. J., & Phye, G. D. (2008). Inductive reasoning: A training approach. *Review of Educational Research*, 78(1), 85–123. doi: 10.3102/0034654307313402
- Matthews, R., & Lally, J. (2010). *The thinking teacher's toolkit: Critical thinking, thinking skills and global perspectives*. London, England: Continuum.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2nd ed.). New York, NY: Freeman.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26(1–2), 49–63. doi: 10.1023/A:1003088013286
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). Problem solving. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed., pp. 287–303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Norris, S. P. (1992). Introduction: The generalizability question. In S. P. Norris (Ed.), *The generalizability of critical thinking: Multiple perspectives on an educational ideal* (pp. 1–15). New York, NY: Teachers College Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013a). *OECD skills outlook 2013: First results from the survey of adult skills*. doi: 10.1787/9789264204256-en
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013b). *PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. doi: 10.1787/9789264190511-en
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2014). *PISA 2012 results: Creative problem solving — Students' skills in tackling real-life problems (Volume V)*. doi: 10.1787/9789264208070-en

Partnership for 21st Century Skills. (2011). *P21 common core toolkit: A guide to aligning the common core state standards with the framework for 21st century skills*. Retrieved from <http://www.p21.org/storage/documents/P21CommonCoreToolkit.pdf>

Shiu, L. P., & Ho, E. S. C. (2013). Assessment of problem solving in PISA and its implication for curriculum reform. In E. S. C. Ho (Ed.), *Multilevel analysis of the PISA data: Insights for policy and practice* (pp. 231–257). Hong Kong, China: Hong Kong Institute of Educational Research.

Hong Kong Secondary Students' Performance in PISA 2012 Problem-solving Competence and Its Pedagogical Implications

Kam-Wah CHEUNG & Chi-Shing TSE

Abstract

Problem solving is one of the domains being assessed in the Programme for International Student Assessment (PISA) in 2012. Fifteen-year-old students from 44 countries/economies participated in PISA 2012. In Hong Kong, 2,714 students participated and performed well in the problem-solving assessment, with the average score of 540 and the fourth rank. This article overviews the characteristics of the PISA 2012 problem-solving framework and summarizes the data of Hong Kong students' problem-solving competences in PISA 2012. Pedagogical implications of these findings on enhancing students' problem-solving competences are discussed.

Keywords: Hong Kong; Programme for International Student Assessment (PISA); problem-solving competence; pedagogy

