

邁向 專家心智之路

專家的能力從何而來？科學家藉由研究西洋棋大師的思路，了解人類如何在專業領域內成為行家。

撰文 羅斯 (Philip E. Ross)

翻譯 黃榮棋

1909年，古巴西洋棋王卡帕布蘭卡 (José Raúl Capablanca) 在一場表演賽中，一人獨對數十位業餘棋士。卡帕布蘭卡在棋桌圍成的圈子內走著，依序輕瞥每個棋盤兩、三秒之後，下了一步，而外圍的業餘棋士則等棋王在所有棋盤都下了一步之後，開始沉思回應之道。比賽結果一面倒，棋王贏了全部28局。這場表演賽是卡帕布蘭卡巡迴比賽中的一場，他連贏了168局。

他怎麼會下得這麼好、這麼快？在這麼短的時間之內，他能想幾步棋呢？據說卡帕布蘭卡是這麼回答的：「我每次只會想一步棋，但總是正確的一步。」

卡帕布蘭卡短短一句話，正是後來心理學研究花了一世紀才得到的結果：西洋棋大師 (chess master) 比新手強的

地方，主要在最初幾秒的思考。這種知識導向的快速感知 (perception)，有時稱為統覺 (apperception)，在其他領域的專家身上也看得到。就像大師記得住比賽中下過的每步棋一樣，訓練有素的音樂家也經常可以記住只聽過一次的奏鳴曲樂譜。而且就像大師能在瞬間想到最佳棋步一樣，有經驗的醫師有時也可以在看了病人幾眼之後，就做出正確的診斷。

不同領域的專家，如何擁有如此非凡的技巧呢？其中有多少是天生的？又有多少是密集訓練的結果？心理學家在研究了這些西洋棋大師之後，找到了答案。這類研究在一個世紀中累積下來的結果，產生了一個新的理論，可以解釋心智是如何組織並提取訊息的。更甚者，這項研究可能還對教育工作人員意義重大。也許棋士用來鍛鍊技巧的方



法，也可以用在課堂上，教導學生的閱讀、寫作與算術。

認知科學的最佳研究對象：西洋棋

人類的專業技術始於狩獵，這項技巧攸關人類祖先生存。經驗老道的獵人不僅知道獅子曾待過的地方，也能判斷出獅子會往哪兒去。美國加州州立大學福勒頓分校的波克（John Bock）說，許多研究指出，孩童成長的過程中，追蹤技巧會以「線性方式一直增強，直到30多歲才停止」。腦外科醫師都不用訓練這麼久。

如果無法證明自己具有遠遠超越新手的優勢技巧，就不能算是個真正的專家，充其量不過是個有證書的外行人罷了。當然囉，這類人比比皆是。20年來的嚴謹研究指出，專業選股投資人的投資不比業餘人士來得成功；著名品酒師的品評能力也與村夫差不多；而擁有一疊證書的精神疾

西洋棋大師高過生手之處，就在於最初幾秒鐘的思考過程。

病治療師，也不會比認證較少的同業，更知道怎麼幫助病人。毫無疑問，像是在教學或商業管理的領域中，的確有專家的存在，但也經常難以測量，更不用說去解釋他們的專業能力從何而來了。

但西洋棋技卻可以測量，並且能將棋技分解、個別進行實驗測試，也很容易在自然環境（比賽廳）中觀察。正是這些原因，讓西洋棋成了檢驗思考理論的最佳單項實驗，有人稱之為「認知科學的果蠅」（果蠅是生物學重要的實驗動物）。

比起其他的遊戲、運動或競賽活動，西洋棋技的測量更進一步。統計結果可以用來評估棋手最近與先前的表

西洋棋的啟示

- 由於西洋棋技很容易測量，而且可以接受實驗測試，因此很容易拿來做實驗，以檢視認知科學的理論。
- 研究人員找到的證據指出，西洋棋特級大師依靠的是對棋局具備豐富知識。有些科學家認為，西洋棋特級大師以意元集組的方式來組織資訊，這些集組可以迅速從長期記憶中提取出來，然後在工作記憶裡加以運用。
- 西洋棋特級大師通常會潛心鑽研多年，累積大量結構性知識，持續挑戰並超越自己的能力。音樂、數學與運動方面的頂尖人物，似乎也以同樣的方式成為專家，而動力則來自競賽與勝利的喜悅。

現，再根據對手的程度，來決定勝局的機率。統計結果得出的選手評分，能夠預測比賽結果，而且出奇地可靠。如果甲選手的評分比乙選手高出200分，甲選手就有75%的機會贏乙選手。這樣的預測適用於排名最前面的或是一般的選手。蘇俄西洋棋特級大師（grandmaster）卡斯帕洛夫（Garry Kasparov）的評分是2812，若與評分2616、排名第100名的荷蘭西洋棋特級大師亨曼（Jan Timman）較量，將有75%的勝算。同樣的，在美國的賽場，評分為1200的中等程度棋手，在面對評分為1000（排名約為後40%）的棋手時，也一樣有75%的勝算。評分制度讓心理學家可以用專精程度、而非名聲，來評估一個棋手，同時也可以針對特定的棋手，追蹤其職業生涯的棋技變化。

認知科學家會選擇西洋棋當做研究模型，而非撞球或橋牌，有另一個理由：西洋棋的名聲。用德國詩人歌德的話來說，是「知性的試金石」。長久以來人們將西洋棋大師的棋技歸因於其魔法般的心智能力，而最厲害的表現，則是進行不看棋盤的盲棋。1894年，共同發明第一個智力測驗的法國

心理學家比奈（Alfred Binet），要西洋棋大師描述他們是如何下盲棋的。比奈原先以為大師運用腦中幾近真實的棋盤影像，但不久後他就了解到，大師在下盲棋時，所「看」到的東西要抽象得多。大師看到的不是騎士（馬）的鬃毛，也不是木材的紋路，而是騎士與其他棋子的相對位置的全盤概念。這與通勤者對地下鐵停靠站的內隱知識（implicit knowledge）是類似的。

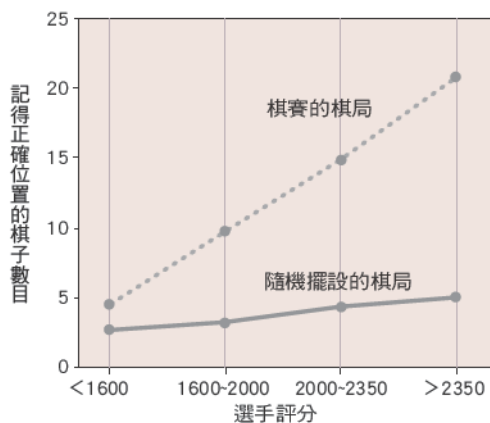
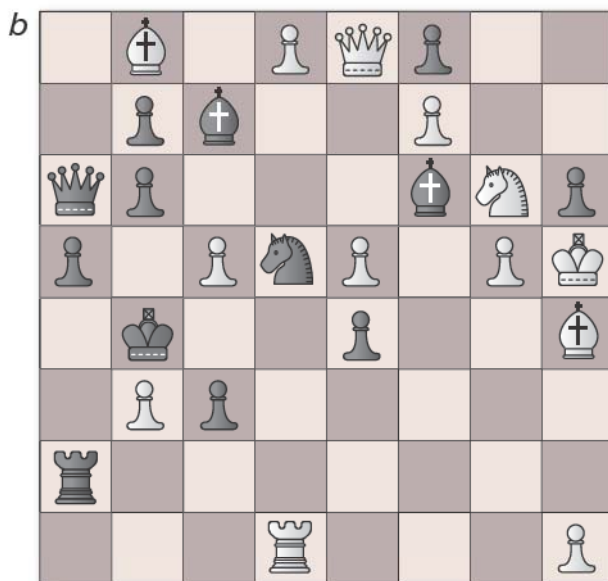
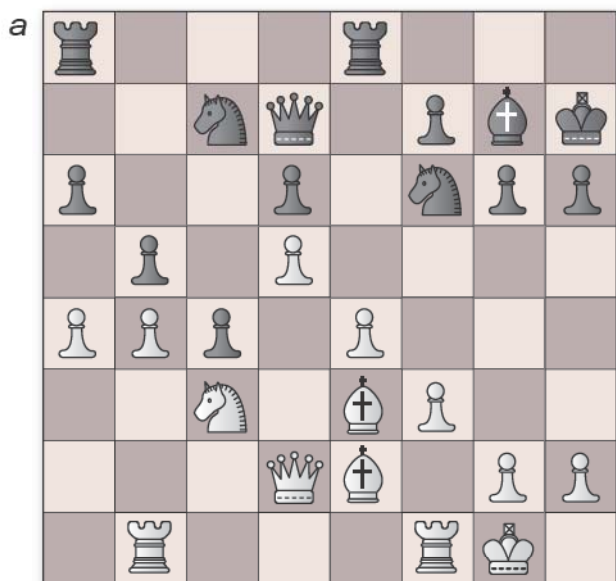
下盲棋的大師還提供了另一項知識的細節，這是有關目前的棋局與曾經下過的棋步中，重要部份的記憶。我們或許可以說，大師多少記不得士兵的確切位置，但他可以從典型的開棋策略開始（開棋部份已研究得相當徹底，沒有多少種開棋走法），找出士兵應該出現的位置。或者他可以記得之前棋步的邏輯，例如推敲著「前兩步沒有逮到主教，表示士兵一定擋在前面……」。大師不見得需要時時都記得所有細節，因為他可以透過組織良好的連結系統，重建任何特定的細節。

當然，如果擁有這種複雜結構的知識，不僅可以解釋下盲棋，還可以解釋大師的其他能力，像是計算棋步與計畫策略，那麼西洋棋的專業知識就不會是依靠天生的能力，而是特殊的訓練。荷蘭心理學家德葛魯特（Adriaan de Groot）自己是西洋棋大師，1938年，他利用荷蘭舉行的一次大型國際比賽的機會，比較了世界頂尖特級大師、

西洋棋大師的記憶奧秘

實驗指出，西洋棋大師的記憶針對的是棋局。在1996年發表的一篇回顧文章中，綜合了1973~1996年所進行的13項研究，指出讓不同等級的選手看真正棋賽（a）與隨機擺設的棋局（b），並要選手在觀察棋局10秒鐘或短於10秒鐘之後，憑記憶將棋局排設出來。結果如底部的圖表

顯示，比起實力較弱的選手，西洋棋大師（評分在2200以上）與特級大師（一般評分在2500以上）記住棋賽棋局的能力要強得多，但記住隨機擺設的棋局，則只稍微好一點點。這些恰到好處的長期記憶，似乎是西洋棋高手所不可或缺的。



棋局的結構性知識，讓西洋棋特級大師能夠迅速下出正確的棋步。右邊這場棋局是拉斯卡（Emanuel Lasker）（白）與鮑爾（Johann Bauer）（黑）在1889年對弈的一盤名局。新手必須分析整盤棋局之後，才能找出白棋的制勝棋步，但任何一位西洋棋特級大師都可以馬上看出來。正確的制勝棋步在第63頁。

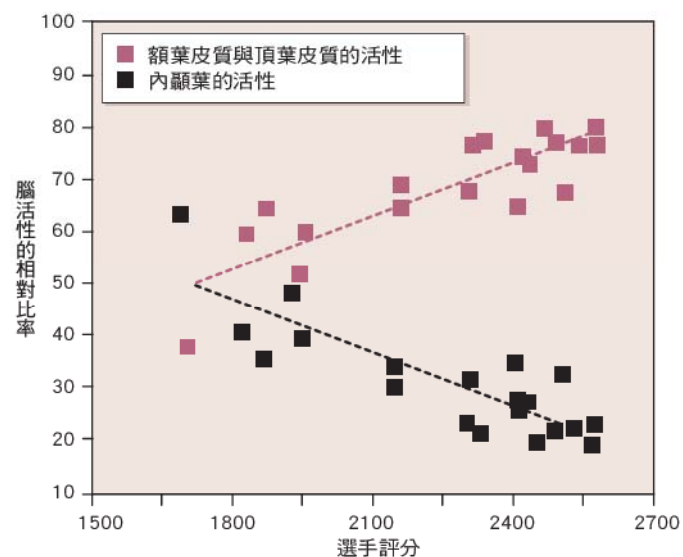
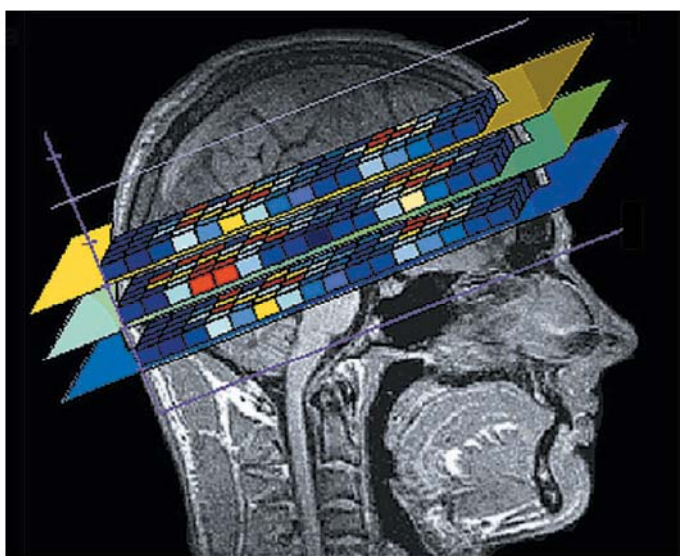


一般棋手、有實力棋手後，也證實了這種想法。他所用的方法是要求比賽選手針對該場比賽的一局棋，描述他們的想法。他發現，西洋棋高手（expert，大師的次一等級）的確要比棋技較弱的選手，多考慮了幾步棋，但大師或特級大師所考慮的棋步沒有再增加。一如卡帕布蘭卡所說，棋下得好的選手考慮的不是更多棋步，而是更好的棋步。

最近的研究指出，德葛魯特的發現，也取決於他所選定的棋局。比起業餘選手，需要全面精確計算的棋局，更能

讓特級大師大展身手，他們會深入探討各種棋步可能產生的變化。可以推論，有經驗的物理學家也許偶爾會比物理系學生考慮較多的可能性。不過就這兩者而言，專家依靠的比較是自己知道的結構性知識，而不是原本就比較強的分析能力。面對一盤高難度的棋局，較弱的選手可能會考慮個半小時，往往想了許多步棋，卻又錯失了該下的棋步；特級大師卻可以一眼看出來，完全不必刻意分析。

德葛魯特也讓受測者檢視一盤棋局一小段時間之後，要



西洋棋大師與新手的腦活性樣式不同。2001年一篇的論文指出，研究人員在受測者與電腦對弈時，利用腦磁圖來偵測腦中電流產生的磁場變化。實力較弱的選手（上方影像），腦子內顳葉（彩色切片的左側）的活性要比額葉皮質與頂葉皮質（右側）的活性高，這意謂著業餘棋手正在分析不尋常的新棋步。但特級大師的額葉皮質與頂葉皮質就比較活躍，顯示正從長期記憶擷取資訊（圖表右邊的数据點）。

他們憑記憶將棋局重新排設出來。執行這項工作，就可以看出新手與大師之間棋技的差別。初學者即使是看了30秒鐘，還是只能記得極少數的棋子位置，而特級大師只看了幾秒鐘，往往就可以正確無誤地排設出棋局。這種差異代表著某種特殊的記憶，專責棋賽中經常出現的棋子位置。這種特殊的記憶必然是訓練的結果，因為西洋棋特級大師在一般的記憶測試結果，並不會比平常人好。

橋牌選手記得住許多比賽的牌局、程式設計師寫得出大量的電腦程式、音樂家記得住很長的樂曲片段，都是類似

的能力。這種特定領域主題的記憶能力，很明顯就是證明專家存在的標準測試。

專家比較依賴結構性知識而非分析能力，也在一個罕見的案例研究當中得到證實。一位姓名縮寫為DH的選手原本實力不強，但在九年內，成為加拿大1987年的頂尖大師。美國弗羅里達州立大學的心理學教授查尼斯（Neil Charness）指出，DH的實力雖然增強了，但不是因為他能更廣泛的分析棋局，而是對棋局陣勢及其相關策略的知識大幅增加的結果。

窺探專家的記憶方式

1960年代，美國卡內基美倫大學的賽門（Herbert A. Simon）與蔡斯（William Chase）想從記憶能力的局限，來探討專家的記憶。他們延續德葛魯特的工作，要求不同等級的選手，憑記憶排設出人工設計的一種種棋局，也就是棋子隨機分佈在棋盤上的棋局，而非經典棋賽的棋局（見53頁的〈西洋棋大師的記憶奧秘〉）。結果顯示，面對棋子隨機分佈、而非真正棋賽的棋局時，選手的棋技與記憶正確性之間的相關性就降低很多。

因此，棋局的記憶能力比想像的更專一，它不僅專屬於西洋棋而已，還必須是典型的棋局。這些研究結果支持了先前就確證的結論：某個領域的能力不能轉用到另一個領域。一個世紀前，美國心理學家桑戴克（Edward Thorndike）最先提及這種能力無法轉移的觀點。舉例來說，他的研究就指出，學習拉丁文並不能增進英文的能力；幾何的證明也無法教導我們在日常生活使用邏輯。

賽門利用稱為意元集組（chunk）這種含有有意義的樣式，建立一個模型，來解釋何以大師無法重建人工隨機棋局。他用這個觀念來說明大師如何運用似乎超越工作記憶所能負荷的大量儲存的資訊。美國普林斯頓大學的心理學家米勒（George Miller），在1956年發表了一篇著名的論文〈神奇數字7加減2〉，估計了工作記憶（心智的便條紙）的極限。米勒指出，人們一次只能思考5-9個項目。賽門認為，一旦將資訊分級組裝成意元集組之後，大師就可以克服這個極限。因為透過這個方法，大師就可以處理5-9個集組，而非同樣數目的小細節。

以“Mary had a little lamb”這句話為例，其中包含的資訊意元集組數目，會因不同人對詩與英文的理解程度不同，而有所差異。對大多數以英語為母語的人而言，這句話包含在一首耳熟能詳的詩中，後者是一個大得多的集組。但對了解英文卻不知道這首詩的人而言，這句話是個單一且

獨立的集組。而對記得這些字卻不知其義的人而言，這句話有五個集組；對只知道字母卻不認識這些字的人而言，這句話則有18個集組。

同樣的差異，也可以在西洋棋新手與特級大師身上看到。對初學者來說，棋盤上有著20顆棋子的棋局，所包含的資訊可能不只20個集組，因為棋子可以排設成許多種不同的組合。但特級大師可能會將棋局的一部份看成「主教在王側騎士之前、王短移位」（見右圖），以及「中央壅塞的古印度式防禦」，因而將整盤棋局壓縮成五、六個集組。賽門測量一個新集組變成記憶所需要的時間，以及一個人達到特級大師的程度，需要花多少時間研究棋局。他估計，一般大師可以掌握約略5~10萬個西洋棋資訊集組。特級大師可以單看一眼棋局，就從記憶提取出集組，就像大多數以英語為母語的人一樣，可以只聽到“Mary had a little lamb”前面幾個字，就可以背出整首詩一樣。

即便如此，意元集組理論還是有缺陷，無法完全解釋記憶的某些面向，像是專家即使注意力受到干擾（記憶研究的慣用伎倆），依然能夠完成任務。美國弗羅里達州立大學的艾瑞克森（K. Anders Ericsson）與查尼斯認為，勢必還有其他的機制讓專家能夠利用到長期記憶，就好像是便條紙一樣。艾瑞克森說：「棋技高超的選手在下盲棋時，幾乎能不損其棋技。光是這種情況，就讓意元集組理論無法解釋，因為你必須知道棋子的位置，然後你還必須在記憶裡探索。」這類運作，需要交換儲存的意元集組，起碼從某些角度來說，可以把它看成是倒背“Mary had a little lamb”。我們可以做得到，但不會太容易，而且一定會出現許多次錯誤。但特級大師在快速盲棋比賽中展現的精湛棋藝，常會讓人訝異不已。

艾瑞克森也參考了其他人的研究，指出醫師顯然會將資訊貯存在長期記憶之中，然後提取出來幫助診斷病情。他指出，最平常的例子也許就是閱讀了。1995年，他與美國科羅拉多大學的金取（Walter Kintsch）在一項研究中發現，閱讀能力極佳的讀者被打斷時，幾乎可以毫不遲疑地繼續閱讀下去，最終也只斷掉幾秒鐘。為了解釋這項發現，研究人員求助於長期工作記憶（long-term working memory）這個構造。這幾乎是個自我矛盾的用語，因為這個詞語將長期記憶與思考放在一起。一直以來，思考與長期記憶都界定成不可並存的。不過，2001年德國康士坦茲大學所做的腦造影研究卻支持這項理論，這項研究指出，棋技高超的選手使用長期記憶的機會，要比新手高出許多（請見54頁插圖）。

這是一個典型的西洋棋開局（僅顯示白方棋步）。白方的兵向前到g3，主教接著走到g2，就如圖所示。如果國王要短移位（王由e1移動到g1，城堡由h1移動到f1，這樣只算一步棋），則需要再移動騎士到f3，讓王和城堡之間沒有棋子阻擋。



英國倫敦布魯內爾大學的哥貝特（Fernand Gobet），在1990年代末期與賽門合作，提出了一項相抗衡的理論。在這個理論中，他們將非常特殊的極大型樣式（約由10幾個棋子組成）這種概念，納入意元集組，使得意元集組的概念加以延伸，成為他們所稱的模板（template），模板上會有許多插槽，讓大師用來安插士兵或主教，產生各種變化。例如可能會有一個模板專門用來代表「尼姆佐印度式開局（Nimzo-Indian Defense）的皇后孤兵」的觀念，大師可以在改變其中一個插槽後，重新加以分類成同樣的棋局「沒有了走黑格的主教」。回到那首詩的比較，就有點像是維持“Mary had a little lamb”的即興重複片段，但將某些插槽的元件以音韻相當的字彙置換，像是“Mary”改成“Larry”或“school”改成“pool”等。任何知道原始模板的人，都應該能立即記住改變過的模板。

訓練得以造就天才

所有想要建立專家理論的學者都同意，這樣的心智結構，需要極大的努力才能建立起來。賽門自創了一個「10年定律」的心理法則，內容是在任何領域中要成為專家，都需要歷經10年的寒窗苦讀。即便是神童，像數學界的高斯、音樂界的莫札特以及西洋棋界的費雪（Bobby Fischer），想必也付出了相當的努力，或許是比別人起步得早、用功得多。

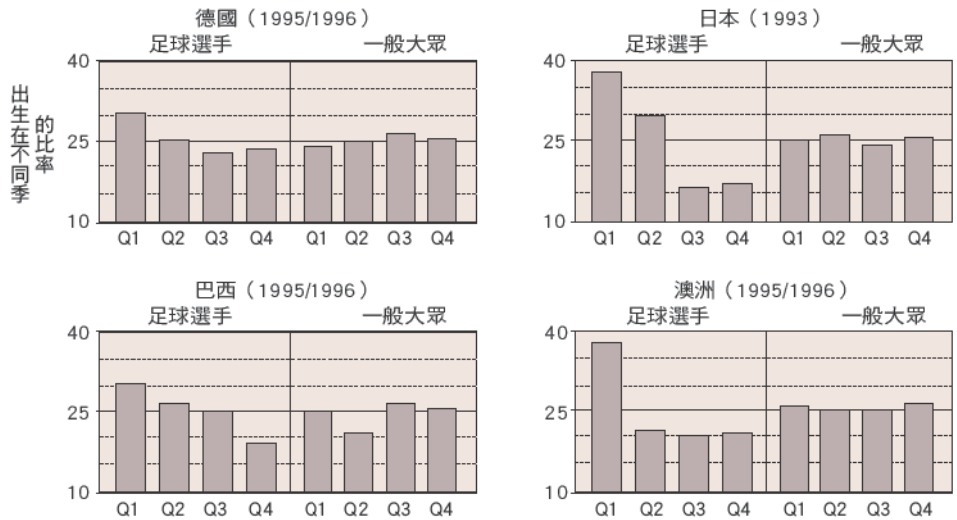
根據這個觀點，近年來西洋棋天才數量激增，也許不過是反映出電腦導向訓練時代的降臨，因為現在的孩童可以研究的經典賽局，比起前人多出了許多；可以與大師級電腦對手對弈的機會，也一樣大為提高。費雪在1958年以15歲幼齡獲得特級大師頭銜後，風光一時；然而這項紀錄後來由烏克蘭的卡雅金（Sergey Karjakin）打破，當年他才12歲又7個月大。

艾克瑞森認為，真正重要的不是經驗，而是「潛心鑽研」的工夫，代表著持續接受超越個人能力的挑戰。這

訓練冠軍才能

1999年一項針對足球職業選手所做的研究指出，他們的成功主要來自訓練，而非天生的才能。在德國、巴西、日本與澳洲，職業選手出生於少年足球隊參加截止日後第一季（Q1）的比例，較一般人高。由於這些球員加入球隊時的年紀要比其他同年的隊友大，體型與體力上佔優勢，因此處理球的機會較多，得分的機會也較大。這些選手早期的成功，可能激勵了他們繼續精進球技，因此可以解釋為什麼職業選手出生於第一季的比例會這麼高。強烈的動機與訓練，也可以解釋神童的能力，像是奧地利的作曲家莫札特（左），與美國的高爾夫選手老虎伍茲（右）。

註：德國、巴西與澳洲加入少年足球隊的截止日為8月1號，日本則是4月1號。



就是為什麼熱心的愛好者可以花數萬小時下西洋棋、打高爾夫球、玩樂器，卻永遠無法超越業餘水準，而訓練有素的學生卻可以在短期內就超越他們的緣故。有件趣事值得注意，花時間研究棋局，似乎要比花時間下棋（即便是比賽），更能幫助棋士成長；這類棋賽主要的訓練價值，是能指出棋士的弱點，以便改進。

即便是新手剛開始也會努力鑽研，這是為什麼初學者在學打高爾夫球或開車時進步神速。但一到達可接受的程度，例如跟上了打高爾夫球的夥伴或拿到了駕照，大多數人就鬆懈了下來，其表現開始機械化，因此就無法繼續進步。反過來看，專家在訓練過程中，隨時會打開心智之盒，他們會檢視、批評並擴增盒中的內容，因而朝著其領域中頂尖人物的水準前進。

同時，代表成為專家的標準會越來越高。高中賽跑選手可以達到四分鐘跑1600公尺的程度，音樂學院學生會演奏曾經只有音樂大師才會試圖演奏的作品。不過，還是只

有西洋棋能讓人看到最具說服力的比較。英國數學家能恩（John Nunn）也是位西洋棋特級大師，他最近利用電腦來幫助他比較兩場國際大賽中所有賽局所犯的錯誤，一場在1911年舉行，另一場在1993年。他發現，現在選手下的棋要精確得多。能恩再比較1911年一位成績中等大師級選手的所有賽局，他的結論是，這位選手現在的評分不會超過2100，比特級大師等級要低個幾百分，「而且，這還是一切順手的時候」。早期那些最好的大師雖然要強得多，但比起現在的頂尖選手，還是差遠了。

不過話又說回來。卡帕布蘭卡與其同時代的人，既沒有電腦、也沒有西洋棋資料庫。他們必須像巴哈、莫札特、貝多芬一樣，靠自己解決問題，因此就算是棋技不如現在的大師，卻更具創造力。我們可以用同樣的標準，來比較牛頓與一般剛拿到物理博士學位的人。

許多抱持懷疑態度的人，這時可能已經按捺不住了。他們會說，要進入卡內基音樂廳，當然不能只是練習、練

LUCY READING-KKANDA. SOURCE: "THE RELATIVE AGE EFFECT IN SOCCER," BY JOCHEN MÜSCH AND ROY HAY, IN SOCIOLOGY OF SPORT JOURNAL, VOL. 16, 1999 (Graphics); MOZART MUSEUM, SALZBURG, AUSTRIA/BRIDGEMAN ART LIBRARY (Mozart); ALAN LEVENSON Corbis (Woods)

習、再練習而已。不過，人們雖然認為天生才能是重要的（最堅持這種信念的恐怕是專家本人與其訓練師了），卻一直沒有堅實的證據來加以支持。2002年，哥貝特針對英國西洋棋手進行了一項研究發現，不管是業餘選手或特級大師級棋手，棋技都無關於空間視覺能力（根據形狀記憶測得）。其他的研究人員也發現，專業評磅員預測賽馬輸贏的能力，與其數學能力無關。

雖然還沒有人有能力預測誰會變成某個領域的專家，但有一個值得注意的實驗指出，刻意培養出專家是有可能的。匈牙利的教育工作者波卡（László Polgár）在家教導三個女兒下西洋棋，每天規定用功的時間高達六個小時，結果造就了一位西洋棋國際大師（international master）與兩位特級大師——史上實力最堅強的西洋棋姊妹，其中最年輕的茱蒂特（Judit）今年30歲，世界排名第14。

波卡實驗證明了兩件事：西洋棋特級大師可以養成，女性也可以成為西洋棋特級大師。波卡在發表了一本有關西

目前的心理學證據指出： 專家是後天造就，而非天生。

洋棋教育的書之後，西洋棋天才便增多了，這不可能是巧合。兩個世紀前，莫札特的父親就做過類似的事情，之後音樂天才的數目也一樣增加了許多。

因此，要變成一個專家，動機似乎比天生才能更重要。在音樂界、西洋棋界、運動界中，專業能力靠的是競爭磨練而非文憑，而父母甚或家族的投入與協助，使得職業選手的年紀變得越來越輕，不會是個偶然。

而且，成功建立在成功之上，每一次的成就都會加強小孩子的動機。1999年，一項針對多個國家的職業足球選手所做的研究指出，比起一般人，這些職業選手的出生時間，讓他們在進入少年足球隊時年紀比平均年齡來得大（見左頁〈訓練冠軍才能〉）。因此這些選手與隊友比起來，在體型與體力都極佔優勢。因為個子越大、行動越靈活的小孩，有更多的機會踢到球，得分的機會也越多，而這種成就感，讓他們想要把球踢得更好。

運動、音樂與其他領域的教師似乎相信才能的重要，同時也相信自己懂得識才辨能。事實上，他們將早熟與能力混為一談。人們通常無法單靠一場獨奏會，辨識一個年輕小提琴手的能力究竟出於天生、還是多年鈴木式訓練的結果。公認為最偉大的「天生」西洋棋選手卡帕布蘭卡，就

白棋的制勝棋步是主教吃了h7的士兵。之後黑棋的國王吃了主教，而白棋的皇后吃了h5的黑棋的騎士，同時將軍，迫使黑棋國王退回g8。之後白棋的另一個主教吃了g7的兵，然後就在g7處被黑棋國王吃了。兩隻主教犧牲，讓皇后與城堡有機會攻擊，迫使黑棋放棄皇后，以免被將軍。拉斯卡贏了這盤棋，最後在1894年贏得世界大賽冠軍，之後27年中，他一直擁有這個頭銜，直到輸給卡帕布蘭卡。



吹噓說自己從來沒有研究過西洋棋。事實上，他會被美國哥倫比亞大學退學，部份原因就在於他花太多時間下棋了。他有名的快棋是訓練的結果，而非當成訓練。

諸多心理學證據指出，專家是創造出來的，而不是天生的。更甚者，能讓小孩快速變成專家的這項證據，出現在西洋棋界、音樂界以及其他許多領域中，為學校帶來了明顯的挑戰。教育工作人員能否找到法子，鼓勵學生努力用功，以改善他們的閱讀與數學能力？美國哈佛大學的經濟學者弗萊爾（Roland G. Fryer, Jr.）已經以紐約市與達拉斯市中，學生表現不佳的學校裡進行實驗，以金錢當做報償來刺激學生學習。舉例來說，一項正在紐約進行的實驗中，每三個星期老師會測驗學生，成績好的學生得到的獎賞是小額金錢（10或20美元），初步結果相當不錯。教育工作人員與其一直想「小明為什麼讀不好？」也許應該要問：「世上為什麼有他學不會的東西？」 SA

羅斯 *Scientific American* 的特約編輯，也是個西洋棋手，他的女兒羅斯（Laura Ross）是西洋棋大師，評分高他199分。

黃榮棋 長庚大學生物學系副教授，主要研究哺乳動物生物時鐘與細胞離子通道表現。

中華民國西洋棋協會協助說明本文中西洋棋步法，並承該會岳伯威教練校對西洋棋相關內容，特此誌謝。

延伸閱讀

1. *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. Arpad E. Elo. Arco Publishing, 1978.
2. *Thought and Choice in Chess*. Adriaan de Groot. Mouton de Gruyter, 1978.
3. *Expert Performance in Sports: Advances in Research on Sport Expertise*. Edited by Janet L. Starkes and K. Anders Ericsson. Human Kinetics, 2003.
4. *Moves in Mind: The Psychology of Board Games*. Fernand Gobet, Alex de Voogt and Jean Retschitzki. Psychology Press, 2004.
5. *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*. Edited by K. Anders Ericsson, Paul J. Feltovich, Robert R. Hoffman and Neil Charness. Cambridge University Press, 2006.