

認知神經科學家 曾志朗
圍棋大師 沈君山

探索專家的心智

圍棋高手能夠一眼理會錯綜複雜的棋局，認知科學家則想理出專家心中錯綜複雜的思路。究竟專家是如何思考？專家知識系統如何建立？

整理 龐中培、許碧純

攝影 王培麟



科學人（以下為問）：我們經常會聽到「專家」這個詞，但如何定義專家？他們和一般人有何不同？

曾志朗（以下稱曾）：在專業的領域中，我們可以看到有些人對於領域內的問題，解決得特別快；對問題的掌握，能夠針對當時的情境，很快的連結上問題的解答。換句話說，這些人對於領域中的知識非常豐富，能夠掌握理論與事實的來龍去脈，快速解決問題。這樣的人，在該領域中

就稱為專家。

利用腦部造影，我們可以量測專家和生手的認知能量，如何測量？例如給予干擾。生手在干擾之下，注意力會分散，解決問題所花的時間會拉長。但是專家不一樣，面對干擾時，專家雖然會稍微停頓，但是很快就能夠專注，再回到問題上。可以說，專家解決問題的過程變得自動化，也就是說不需要花什麼資源。觀察專家與生手在解決問



題時腦部的活動，可以發現專家動得很少，而生手動得很多，因為生手必須在腦裡面動用很多迴路去尋找相關性。從生理的觀點、神經的觀點，或從解決問題的實際行為，這些證據都可了解生手和專家之間的差異。

問：專家的記憶力是否比一般人好？專家是天才嗎？

曾：有人認為專家是天才，但是也有人認為很多專家是努力訓練造就而成。後者主張專家不是天賦異稟，而是可

以經由訓練，根據特定的程序、步驟、方向，訓練成為專家；他們也認為，有的訓練需要較早開始，像是音樂或數學，有的可以晚一點開始，但都可以在長期訓練下成為專家。但是一個人可以成為不同領域的專家嗎？以沈君山教授來說，他所擅長的圍棋與橋牌，都有職業選手的水準，這些不同領域的能力，是否能夠轉移或是貫穿？也就是說如果橋牌訓練得好，圍棋能力會增強嗎？圍棋強，西洋棋

專家看棋局，99%的可能下法可以丟掉，因為那些都不合型態；但生手只能丟掉90%。相差9%，就差很多。

就下得好嗎？又例如一個好的羽球國手，是否就能成為好的網球選手？目前這些都有爭議。甚至專家究竟能否訓練出來，或只是具有特殊能力而剛好在專業領域中發揮出來，也都存在著爭議。

問：專家在每個領域都存在嗎？本期〈通往專家心智之路〉中提到，專業股票挑選員的投資不比業餘人士成功，著名品酒師對於酒的品評也不會比村夫好，是這樣嗎？

曾：每個領域與專業都有不同的知識，稱之為特定領域知識結構（domain specific knowledge），一個領域的專業，很難轉移到另一個領域。有時候能夠轉移，是指在執行的層次上，但領域的專業知識和智慧則很難轉移。品酒師在某些測驗之下，並不會比一般人好；但假如是在專門評定品酒師的評鑑上，表現得就會比平常人好。也就是說，要有一定的程序，以帶出專業的特徵在哪裡。

例如，盲人的眼睛雖然看不到，但耳朵比較靈敏，他們

能聽聲辨「色」（指臉部表情），也非常準確，那麼盲人是否能成為聽覺專家？如果好好檢測盲人與一般人對於聲音的敏感度，像音量大小、音頻高低等，會發現盲人與一般人沒有差異，那他們優異的聽力能力哪裡去了？再仔細檢驗，會發現盲人對於聲音的純物理性質雖然沒有特別敏銳；但對於聲音頻率、強度以及方向等所代表的「意義」，的確比一般人敏銳許多。也就是盲人對整理聲音物理性「意義」的能力、對聲音的「詮釋」能力，過於常人。所以專家擅長的就在於意義的掌握，包括表面訊息背後所隱含的意義，這是為什麼我們常可見到，專家的生活能力與一般人沒有差別，但是在與專長領域相關並且能帶來意義的東西，就能夠很快而準確的反應，並且不會動用到什麼資源。

再舉一個例子，剛才在沈教授家裡，沈教授示範下棋，他說，白棋放這裡，黑棋要放那裡，還要「小馬步」、「飛」和「尖出去」，但我都聽不懂，因為我不會下圍棋。沈教授最後完成的棋局，如果把棋子全部拿走，要我重新放回去，我大概只能放回7、8顆棋子。因為每一顆棋子的位置都是有意義的，我不懂它的意義，所以無法根據意義重新放棋子。但是對於沈教授或會下圍棋的人而言，只要這盤棋是真正的棋局，他們可以記住50、60個棋子沒有問題。這就是專家。

專家知識系統的建立

問：這樣的記憶力真是驚人，那麼專家的記憶重要嗎？要如何培訓專家的能力？

曾：以往我們不了解，以為培養專家就是讓他了解該專業領域的知識，像音樂家或圍棋高手，因為記了很多樂譜或棋譜之類，所以成為專家。現在慢慢發現，記憶其實分為很多種。像有兩種記憶，一種是歷程（process）記憶，專門負責如何計畫和執行，前者是經理，後者則是執行者。另一種是結構（structure）記憶，指有結構、有含義的記憶。現在我們已經了解，如果要訓練專家，先要知道程序上的記憶，然後使程序上的東西自動化，之後就心有餘力、不花資源，而把資源放在高層次的思考，去尋找意義。也就是說，訓練一個專家，要讓他不時的看到各種型





態 (pattern)，讓他們知道型態背後的意義、來龍去脈與可能的結果。所以訓練專家，就是歷程記憶先完成，使它變成自動化，接下來是加強專業領域中的內容與涵義，這屬於結構型記憶。

問：沈教授不但會下圍棋、象棋，橋牌也有專業水準，可否請沈教授說明一下學棋的經驗與成為專家的過程？

沈君山 (以下稱**沈**)：我學圍棋的過程很簡單。高中畢業以後從大陸到台灣，沒有進大學，當時沒事幹，當太保，在街上和人打架，打輸了，幫派解散，恰好路過一家茶館，看到一堆人在下棋，學武不成只好學文，就在茶館看人下棋。看著看著，就學會了。

橋牌、圍棋和象棋，我多少懂一些。橋牌和圍棋、象棋是完全不同的技藝。橋牌有52張牌，每張都不一樣，變化有限，而且規矩簡單，就是大牌吃小牌。但打橋牌看不到對手的牌，所以對牌局的資訊並不完整，而且要和同伴交換資訊 (叫牌)，增加了複雜度。

相較於橋牌，棋是另一類技藝，它需要的能力有三種：第一是計算；第二是型態識別 (pattern recognition)；第三是記憶。三種能力當中，最基本的是計算，最重要的是型態識別，專家和生手的差別，就在於此。生手看到一盤棋，腦子裡拚命計算各種棋步，但是就是不知道怎麼下。專家根本不必算，看一眼，馬上就可以下出正確的一步。

我年輕的時候，這三種能力中，最強的是計算能力，人家算10步，我能夠算20步。到美國讀書後，參加美國本因坊，才真正下得好，那時候棋理比較通，像是悟道一般。我沒有老師指導，就是和朋友互相切磋。雖然下圍棋記憶不是非常重要，但是一定要有型態在心裡，專家看到一盤棋局，99%的可能下法都可以丟掉，因為那些下法都不合型態；但是生手看一盤棋局，只能丟掉90%。相差9%，就差很多。

棋盤上，專家生手見真章

沈：圍棋和象棋有四點異同可以討論。第一是下盲棋，第二是覆盤，第三是一人對多人下，第四則是和電腦下棋。

最難的是下盲棋，圍棋不可能下盲棋。有人算過，所有棋當中，最多變化的是圍棋。圍棋開始下的時候，棋盤上

沒有棋子，海闊天空，能夠產生的變化最多；後來棋越下越多，能下的地方就少了，變化也就少了。但象棋和西洋棋的棋子越下越少，變化卻越來越多。

所謂覆盤就是下完之後，把自己與對手的棋步，依次還原出來。我年輕的時候，一盤棋下過一星期後，還能夠覆盤，現在不行了。覆盤主要不是靠記憶，而是靠推理。把棋步的可能性找出來，就很自然的把其他棋步都排除掉。

一人對多人下棋，這是專家和一般人最大的不同。專家看棋局，一眼看過去，就知道該怎麼下，所以一點都不累。我問過林海峰對多人下棋的經驗，他站在多張棋桌圍成圈的中間，一桌桌下過去。他說這樣好累，不是下棋累，是腿累！這是因為他的經驗和感覺，99%都不會錯，因此每盤棋只要看一眼，就知道怎麼下了，用不著多少腦力。不過，下棋是跟對手角力，人都會犯錯，要計算清楚，而且絕對正確，很難；但只要有信心，就會贏！

至於人和電腦對弈，圍棋是最容易的，目前專家電腦還是下不過九歲的專家小朋友。這是因為圍棋的變化很多，電腦能力還有限，因此算不清。圍棋重經驗、靈感、直覺，型態識別是很重要的，電腦目前還不行。

曾：沈教授所討論的四個方向，的確可以區分專家和生手。從認知科學來講，盲棋是很難的，因為眼睛看不見，完全要憑記憶來掌握棋局，除了要記得自己的棋步，還要

下盲棋時，特別需要用到認知系統的「視覺心象」，就像珠算高手最後可以不用算盤，而在心裡面計算。

記得對方的棋下在哪裡，這之間的關係變化無窮。專家面對棋盤的可能變化，是有很豐富的知識的，他們往往能夠從棋子之間的相對應關係所帶來的型態，一眼就辨識出來，並知道對方心裡可能的打算。由於下盲棋時看不到棋盤，就特別需要用到認知系統中的「視覺心象」(visual imagery)。就像一個珠算高手到最後可以不用算盤，而在心裡面計算。他不是手在動，有時是眉毛在動，有時是鼻子在動，如果把他的手腳綁起來，他臀部就動起來了，也就是他們身體的某一部份與心象連結，一起動起來。

在覆盤時，要把棋子重走一遍，對非專家而言，也很困難，不但要用到推理，並且要知道相對關係。至於一人對多人的棋賽，專家是靠推論，因此不需要消耗太多腦部資源，不過仍然需要記住每一盤棋之前的棋步。雖然需要動用很多記憶的能量，但專家主要是靠推論與棋步的意義，所以心智不累，而是腿累！

電「腦」與人「腦」如何下棋？

曾：目前的專家研究，著重在西洋棋和象棋，因為這些棋對於棋手有一定的等級分類，又能夠敘述每個步驟的邏輯。做研究時，我們可以請專家說明為何要如此移動棋子，這個過程稱為語音複誦(oral protocol)，然後把這些話錄音下來，以電腦來分析、比對這些步驟與結果，並且建立模式。所以西洋棋對於專家系統的研究，是很重要的。此外，我們也可以做操弄，比如轉移專家注意力，然後把某一顆棋拿掉、改變位置，看專家如何應對，檢驗他重新思考的方式。這樣的研究方式對於了解專家系統是比較有效的。所以20年來，建立了相當豐富的知識。

其中有一位諾貝爾經濟學獎得主賽門(Herbert Simon)從研究解決問題的層次出發，研究專家系統，尤其是在西洋棋中，到底要經過哪些階段，才能成為專家。認知科學在這方面的研究正開始，跟腦神經科學之間的關聯，也正呈現出一些有趣的數據。

問：多年前沈教授就曾應美國貝爾實驗室的邀請，與電腦下圍棋，可不可以談談您親身的經驗呢？

沈：那時候電腦和現在完全不一樣，那是1962年，電腦剛剛發展出來，美國的貝爾實驗室也發展了一套圍棋電

腦程式，就是找一個很好的圍棋手，把他所知道的型態輸入，電腦依照那些型態，去回應對弈的人；當時的電腦還沒有解題的能力，靠的是模式，所儲存的模式也有限。我去下的時候，就想了一個頑皮的招數，把第一枚棋子下在1-1位置(最角落)。這是最糟的位置，沒有人會這麼下，電腦找不到模式，不知如何對應，只好投降。

曾：當年電腦只儲存了一些棋局的基本型態，對於解題的過程並不清楚。剛才提到的賽門，就發展出一個普遍性解題程式(General Problem Solver)，這個程式後來應用很廣，例如輸入70多年來的化學經驗，可以得出一個熱動力學(thermodynamic)的化學定理，很厲害。

計算能力的提升與越來越多的經驗累積，使電腦下棋的能力也越來越精進。現在的電腦程式設計出來後，並不是只有那些能耐，它會從輸棋中學到新的東西，自我修改。像打敗過西洋棋王的電腦深藍(Deep Blue)，擁有自我學習的機制，因此棋下得越多、程度就越好。

不過人和電腦下棋的方式不同。電腦可以分析10步棋，專家大概只能推算幾步。但電腦是計算出所有可能性後才得到10步，這需要很大的計算能力，人無法做到。人不用算則，而是運用「啟發」(heuristic)，這種啟發常常是一種暗示、策略，就像閱讀漢字時，我們會採取「有邊讀邊，沒邊讀中間」的策略。在下棋、閱讀或專業領域上，我們常常學會一些策略，這些策略不一定會成功，但大部份會成功。專家就是在選策略時，比生手好很多，而且很少出錯。

專家可遇亦可求

問：沈教授提到胡亂下一子，電腦就慌亂了，這對專家有效嗎？專家面對不按牌理出牌時，是否真能輕易判斷出應付的辦法？

沈：我的這一手太簡單了，我只是欺負電腦而已。那時我知道電腦是怎麼想的，大概可以算出幾步，它根本沒有學習能力，創造者輸入什麼，它就下什麼，所以我下在1-1，它無法回應。任何一個小孩子都可以把它打敗，電腦是被我耍了。

曾：就像剛剛我說的，我們可以透過實驗的操弄，看專家



如何矯正錯誤過程。專家可以很快就知道有錯誤，而且知道是不可能發生的錯誤，是擺錯了嗎？或者曾經發生什麼事，使棋局出現問題？因為推理的過程原本是很順的，到了這一步突然有了變化，專家知道了，所以必須去矯正。這點生手就做不到，面對一個亂七八糟的棋局，生手看不出好壞的差別。

這其中還牽涉到訓練的問題。有時候我們驚訝於專家的特殊能力，以為是天賦異稟。例如，對於人類記憶的研究，我們一直很感興趣，我們知道人類在六、七歲以前，對圖像的記憶力特別好，讓小孩子看一幅「愛麗絲夢遊仙境」的圖，然後把圖拿走，問小孩圖中的貓咪尾巴黑白交錯的顏色有幾節，小孩子乍聽之下不知道，但是經過短暫回想，就可以數出有八節，好像眼前就有那張圖。為什麼六、七歲以前對圖像記憶特別好？為什麼長大以後就消失了？我們一直想尋找成年之後仍保有這種能力的人，探索記憶的奧秘。

有一年，我在美國俄亥俄州立大學教書，正在教記憶課程時，發現班上有位女學生竟然能夠倒拼英文句子（backward spelling），從最後一個字母「倒拼如流」，我以為她是天才，想要詳細檢查她這種能力。後來發現，她的父母與弟弟都會，簡直讓我們目瞪口呆。細問之下，才知道這是他們從小就在家裡玩的遊戲。當我們發現一個人擁有特殊能力，先不必太驚奇，因為如果探究下去，可能是訓練的結果。所以，專家是可以被訓練的，追尋訓練的

步驟和過程，很可能就會訓練出專家。

沈：真正的專家要在小的時候就培養，因為那時候腦子像一張白紙，在白紙上印上很多型態辨識，很容易就接受，等到後來學的東西越來越多，能記得的就少了。我當年學棋是先靠計算，後來才接受型態辨識的訓練，比較吃力。但是有名的棋士，都是從小開始訓練，像王銘琬是6歲、張栩10歲、林海峰11歲開始，都差不多。

問：假如專家是可以訓練的，這種刻意培育的結果，有沒有潛在的問題？是否值得鼓勵？

沈：人不是純粹理性的，光有能力是不夠的。最好的智慧是知道自己沒有完全的智慧，知道自己只在一些領域裡內行。在一般的事業上，EQ和IQ一樣重要。人的關係太複雜，因此神童需要完整的教育，而不是只埋首於領域中。

曾：這些問題要回到專家的定義來看，培育專家當然是重要的。如果根據每個人的能力與性向，鼓勵人在適合的領域中發展而成為專家，這當然是很好的，而且是應該的。現在的問題是，沒有抓到一個人的性向與學習型態，就一直強迫他去學習不適合的領域，在缺乏動機的情況下，稍有挫折，就容易放棄，若一再壓迫往前走，就變成惡性循環了。現在的補習大概就是這樣，培育了很多「績優生」，而不是「資優生」。逼迫一個小孩走一條他沒有興趣的路，這當然是不好的，但如果照一般對專家的定義，培養一個人在專業領域上具有專業知識，能夠很快理解並解決問題，我想這是非常好的事。

SA