

将棋プロ棋士の脳から直感の謎を探る

2008年のノーベル物理学賞を受賞した益川敏英 博士は、素粒子のクォークが6種類あるというアイデアが風呂場で突然ひらめいたという。理研脳科学総合研究センター（BSI）の伊藤正男 特別顧問は、「サイエンスの世界では、直感的なひらめきが大発見につながった例がたくさんあります」と語る。「そのような直感が働く仕組みを脳科学で解明したいと、ずっと思っていました」BSIでは2007年から、将棋プロ棋士の脳活動を計測して直感の仕組みを探るプロジェクト“将棋における脳内活動の探索研究”を日本将棋連盟の協力を得て、富士通(株)、(株)富士通研究所と共同で進めている。世界的にもユニークな直感の謎を探る研究を紹介しよう。

将棋と直感

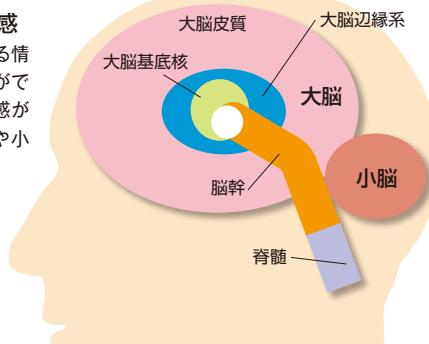
——なぜ将棋で直感の仕組みを調べることになったのですか。

伊藤：2006年3月、“理研文化の日”というイベントで、日本将棋連盟の米長邦雄 会長が理研で講演されました。そのときのテーマが“人間の脳と将棋”という、とても挑戦的な内容で、びっくりしました。講演の前、米長会長とお話しする機会があり、「将棋では直感が大事なのではないですか」と尋ねたところ、「その通りです。脳科学で直感を調べることはできるのですか」と返ってきました。「直感のような思考にかかる研究は、ヒトの脳活動を計測しなければならないので難しいですね」と答えたところ、「それなら、うちの連盟にはいい実験台がいっぱいいます」と(笑)。

ヒトの脳活動の計測で難しいのは、個人差がとても大きいことです。一方、将棋のプロ棋士は子どものころから将棋の訓練を続けてきた人たちです。その脳は将棋に特化した思考回路ができているはずです。日本将棋連盟にご協力いただき、プロ棋士の方たちの脳活動を計測すれば、個人ごとにばらつきのないきれいな計測データが得られるかもしれないと思いました。

図1 脳の構造と直感

大脑皮質以外で行われる情報処理は意識することができない。プロ棋士の直感が働くとき、大脑基底核や小脳の活動が見られた。



そのようなきっかけで、BSIの三つの研究チームが参加し、日本将棋連盟と富士通(株)と共同での研究プロジェクトが発足しました。

直感＝小脳が行う予測？

——直感はどのような仕組みで働くと考えられますか。

伊藤：私たちのチームでは小脳が関係していると考えてきました。小脳は主に運動の中核として知られています。例えば、自転車の乗り方を覚えるとき、最初は意識して手足を動かしますが、乗り方を覚えると意識しなくてうまく乗れるようになります。それは手足をこう動かせば自転車はこう動くという予測を小脳ができるようになるからです。野球選手がボールを打つときも予測なしにはできないはずです。投手が投げたボールを捕手が捕るまでたった0.2秒しかかかりません。ところが私たちが目で情報をとらえて行動を起こすまでに0.1秒以上かかります。つまり、投手が投げたボールが半分くらいまで来たところでバットを振り始めなければ間に合いません。その時点で球がどこに来るかを正確に予測しなければ、ヒットやホームランは打てないです。そのような運動の予測を小脳が行っていると考えられています。さらに小脳は、運動だけでなく思考でも働いていると私は考え、「直感には小脳が行う予測が重要」という仮説を立てました。

——運動は無意識にできても、思考は難しいように思えますが。

伊藤：大脑皮質で起きていることは意識に上ってくるのですが、それ以外の大脳基底核や小脳、脳幹で起きていることは意識に上っていません（図1）。脳内では無意識の状態でもたくさんの情報処理が行われているのです。

運動では最初、大脑皮質を使って意識的に手足を動かしてうまくいったかどうかを確認しながら練習します。そして



図2 羽生善治 名人の直感が働くときの脳活動のfMRI計測
詰め将棋などの問題を短時間で答えるときの脳活動を計測して、直感で働く脳の領域を探っている。羽生名人の脳活動の計測も行われ、ほかのプロ棋士では見られない活動領域がとらえられた。

練習を重ねるうちに、手足の模型のようなものが、大脳皮質にできてきます。それを私たちは“メンタルモデル”と呼んでいます。大脳皮質にメンタルモデルができると、当初はそれを使って予測しますが、ある段階でそれが小脳にコピーされます。するとその小脳の“内部モデル”を使って予測するようになります。意識しなくても手足が正確にうまく動くようになります。小脳で起きることは意識することができません。大脳皮質のメンタルモデルが小脳に移されることによって意識から無意識への移行が行われるわけです。

思考はモノを動かすという点で運動と似ています。運動では手足を動かしますが、思考ではイメージや概念を動かします。運動と同様のことが、思考の場合でも当てはまると考えます。

思考でも最初は大脳皮質にメンタルモデルができます。大脳皮質の後ろ側にある頭頂・側頭連合野にイメージや概念が記憶されていて、それを前側の前頭連合野が動かします。それが意識的な思考です。そして、いろいろ思考しているうちに、概念やイメージのモデルが頭頂・側頭連合野から小脳にコピーされると、無意識のうちに小脳の内部モデルが予測して、つまり直感的に答えを出すようになると考えます。

プロ棋士の強さの秘密

——将棋プロジェクトでは、どんな実験を行っているのですか。

伊藤：今までに、プロとアマチュアを含めて50人以上の方々にご協力いただいています。fMRI（機能的核磁気共鳴装置）や脳波計を使って、将棋の問題で直感が働くときの脳活動を調べてきました（図2）。詰め将棋や次の一手を考える問題を、短時間の間に直感で答えてもらい、脳のどこが活動しているのかを調べるのです。

——どのようなことが分かつきましたか。

伊藤：次の一手を直感で選ぶ実験で、プロ棋士でのみ活動している領域が見つかりました。大脳基底核です（図1）。ここは情報の選択装置ではないかと、私は考えてきました。大脳皮質は同時にいくつもの活動指令を出しています。しかし、それらをすべて実行していたのでは、支離滅裂になってしまいます。大脳基底核は大脳皮質の、特定の活動指令だけ抑制を外して実行させ、それ以外の指令は抑制する。そ

のような選択を行う仕組みが大脳基底核にあると考えられてきました。今回の実験から、大脳基底核がプロ棋士の直感において重要な働きをしていることが分かりました。

——小脳の活動はいかがですか。

伊藤：プロの方、アマの方、両方で小脳に活動が見られました。将棋に限らず、何かを最初に練習するときには、小脳の広い範囲が活動します。そして練習が進むとその範囲がだんだん狭くなり、熟練した段階ではとても小さな特定領域だけが活動します。最初は、うまくいかないので、いろいろな神経回路を総動員する。やがてスムーズに処理できる神経回路が特定領域にできていくと考えられます。直感＝小脳の予測という仮説でいえば、より精密な予測が可能な内部モデルができるに相当します。今回の実験でも、直感が働くとき、アマの方よりも熟練したプロの方の方が小脳の活動領域が狭いという傾向が見されました。

——小脳と大脳基底核の関係はどのように考えられますか。

伊藤：運動でいえば、いくつかの運動指令があって、そのうちのどれを選択するかを大脳基底核で行い、選択された指令の運動を正確に、巧みに行うために小脳が働くと考えられています。思考でも、運動と同様な処理が脳内で行われているのか。直感で重要なのは小脳か大脳基底核か。これを明らかにしたいですね。

脳vsコンピュータ

——チェスでは、コンピュータが人間の世界チャンピオンに勝ちましたね。

伊藤：コンピュータは可能な手をすべて調べ尽くして、その中でどの手が最も良いかを評価する数式を使って、次の手を選び出します。しかし、チェスや将棋で可能な手の数は膨大です。膨大な手数を、ヒトの脳が短時間ですべて検討することは不可能です。ヒトでは小脳が実際の局面と内部モデルに蓄えられた数々の局面とを比較します。比較すれば違いがすぐに分かります。その違いから、良さそうな手を素早く予測しているのだと思います。このような脳の

情報処理の仕組みをコンピュータに導入できれば画期的です。共同研究を行っている富士通(株)のコンピュータ研究者たちは、直感の仕組みにとても興味を持っています。

——コンピュータの進歩には直感が必要なのですか。

伊藤：コンピュータの計算速度は技術革新により格段に速くなりましたが、情報処理の仕組み自体はまったく進歩していないと、富士通(株)の研究者たちは言っています。1956年、米国・ダートマス大学に一流の科学者たちが集まり、人工知能をつくろうと提案しました。従来のコンピュータは人間が指示した通りの情報処理しかできません。未知のトラブルを解決したり、状況に合わせて情報処理の方法を改善したりするコンピュータ、つまりヒトの脳のような知能を持つコンピュータをつくろうと提案したのです。その提案書には10人の科学者が2ヶ月間取り組めばできるだろうと書いてありました。ところが、ヒトの脳のような人工知能は今でも実現していません。それほど難しいことなのです。その実現にはヒトの脳の仕組みを知る必要があります。従来のコンピュータとヒトの脳の大きな違いは何なのか。その一つが直感的な思考なのです。

大発見をもたらす直感の謎

——直感の解明には、今後どのような研究が必要ですか。

伊藤：今はまだ、直感で働く脳の領域を調べている段階です。私たちが本当に知りたいのは、その領域でどのような情報処理が行われているかです。しかし、ヒトの脳に電極を刺して、神経細胞の活動を詳しく調べることはできません。たとえ神経細胞の活動を調べることができても、情報処理の仕組みはすぐには分からないかもしれません。例えば、将棋に関する内部モデルが脳の小さな領域の神経回路にどのようにプログラムされているのか、大きな謎です。実験だけでなく、脳の情報処理に関する理論的な研究がとても重要になってくるでしょう。

——考え方抜いた末に突然ひらめくような直感は、内部モデルの仮説ではどのように説明できますか。

伊藤：本当はそちらの直感の方に興味があります。答えがまったく分からない問題に出会ったとき、頭頂・側頭連合野や小脳に蓄えた内部モデルを懸念に探します。それでも答えが得られないと、新しい内部モデルをつくり上げようとします。それが出来上がった瞬間に突然ひらめく。ひらめいた瞬間の脳活動を測定できればいいのですが、そういう実験を行うのは難しいですね。

——効果的に直感力を鍛える方法はありますか。

伊藤：小脳の内部モデルの仮説からいえば、自転車の乗り方を練習するように、何回も練習して失敗を繰り返し、内部モデルをたくさん蓄積し、洗練させていくことです。楽な方法はありません（笑）。

——ノーベル賞級の大発見は30歳代に成し遂げられること



伊藤正男

特別顧問

いとう・まさお。1928年、愛知県生まれ。医学博士。東京大学医学部卒業。東京大学教授、理研BSI初代所長を経て現職。小脳研究の世界的権威。

が多いと聞きます。若い人の方が、直感力が鋭いのですか。

伊藤：小脳の大きさから推定すると、ある情報を処理する神経回路の単位、チップのようなものが1万個ほどしかありません。それを使ってさまざまな運動や認知、思考の内部モデルをつくるなければなりません。若い時期はまだチップの数に余裕があるので、小脳に新しい内部モデルをつくりやすい。しかも若い人には固定観念がないので、斬新な内部モデルがつくれやすい。それが鋭い直感力を生み出し大発見につながるかもしれません。

——将棋の名人がいつまでも勝ち続けることができないのは、加齢とともに直感力が鈍るからですか。

伊藤：将棋の戦術の進歩はとても速いそうです。熟練したプロの方の内部モデルもやがて時代に合わない古いものとなり、なかなか勝てなくなってしまうでしょう。しかも年齢を重ねてチップの数に余裕がなくなると、小脳に新しい内部モデルをつくりにくくなるとも考えられます。

ただし、ここで紹介した直感＝小脳の予測という考えは、まだ作業仮説の段階です。今回の将棋プロジェクトで仮説とは異なる現象が見えてくるかもしれません。それで直感の仕組みの解明が進めばいいわけです。このプロジェクトでは若い研究者が中心となって精力的に実験を進めています。今後、詳しい研究結果を論文発表する予定です。

脳科学では、分子や細胞レベルの研究が大きく進展しています。しかしヒトでしか実験できない思考の仕組みを探る研究は難しく、なかなか手が付けられていませんでした。ずっと挑戦したかった思考の研究が、将棋のプロジェクトで実現できました。このプロジェクトは、現時点では直感という脳の思考の仕組みを探る最良のアプローチだと思います。■

(取材・構成：立山 晃／フォトンクリエイト)