

メタ認知に関する行動学および神経科学的研究

船橋新太郎（こころの未来研究センター教授）

■メタ記憶と前頭連合野

私たちは、今何をしようとしているのか、何を知っていて何を知らないのか、何が得意で何が不得意か、今何を考えているのかなど、今の自分の「こころ」の状態を知ることができる。自分自身のこころの状態をモニターする働きや、自身が記憶している内容やそれを思い出せるかどうかなど、こころの状態をモニターする働きを総称して「メタ認知」と呼んでいる。メタ認知に関わる脳内の仕組みを理解することにより、自分のこころの動きを知る仕組みを明らかにできると考えられる。

メタ認知機能の1つとして「メタ記憶」が知られている。これは自分自身の記憶内容やその状態をモニターするしくみである。メタ記憶は記憶内容やその状態をモニターすると同時に、その結果をもとに、「知っている」とか「知らない」といった反応の方向をコントロールすることから、メタ記憶には、作動している記憶プロセスの機能状態のモニタリングと、そのプロセスを適切な反応に導くコントロールの2つの機能があると考えられている。

一方、前頭連合野は他の領域で行われている情報処理をモニターすると同時に、制御信号をその領域に送り、情報処理を制御することが知られている。前頭連合野のこのような機能は、メタ記憶のもつモニター機能とコントロール機能によく対応しており、事実、人の臨床研究や脳機能イメージング研究により、前頭連合野がメタ記憶機能と密接に関わっていることが明らかになっている。そこで、われわれの研究グループで明らかにしてきたワーキングメモリに関わる前頭連合野の神経機構をもとに、その働きをモニターしコントロールする仕組みを明らかにすることにより、メタ記憶に関わる神経基盤を理解しようと試みた。

■動物のメタ記憶能力の検証

動物のメタ記憶能力を検証するために、記憶課題遂行中に、難易度の違うテストを混在させ、時々難易度の高いテストを行わせると同時に、記憶テストを受けるか回避するかを動物自身に選択させるという方法がある。この場合、テストを回避した試行では、テストを受けて正解した時に得られる報酬よりは劣るものの、不正解時よりは好ましい報酬を与えるようにし、記憶に自信がある試行ではテストを受け、自信のない試行ではテストを回避すると有利になるように報酬条件を設定する。もし動物がメタ記憶能力をもつとすると、このような条件下では、①課題の難度の上昇に伴いテスト回避率が増加する、②動物が自ら記憶テストを選択した場合の正答率は、強制的に記憶テストを受けさせられた場合の正答率よりも高くなる、ことが予想される。そこでこの2点が動物のメタ記憶能力を示すことの指標として用いられている。

本研究では、この方法に基づいて作成した作業記憶課題をサルに行わせ、前頭連合野外側部からニューロン活動記録を行い、メタ記憶に関与する前頭連合野の神経機構の解明を試みた。この課題では、CRT上に呈示された視覚刺激の位置を記憶し、5-10秒の遅延後の反応期に視覚刺激の呈示された位置まで眼球運動を行えば報酬を与えた。ただし、反応期の直前に、記憶テストを受けるか否かを動物に選択させる条件と、強制的に記憶テストを受けさせる条件が試行ごとにランダムに挿入される。記憶テストの難易度は、遅延期に呈示される妨害刺激の数で操作し、報酬量は両条件での強化率を変えることで操作した。

■実験の結果

実験に用いた2頭のうち1頭では、選

択条件の記憶成績が強制条件のそれよりも高く、メタ記憶を使用してテストを受けるか回避するかを選択していたことが示唆された。もう1頭でも同様の傾向が見られたが、強制条件の記憶成績が非常に高かったため、条件間の成績差は僅かなものであった。どちらのサルにおいても、遅延期間中に方向選択性をもって持続的に発火する神経細胞が複数観察された。空間情報の記憶を反映していると考えられるこの神経活動を解析した結果、1頭のサルではテストに正解した試行と比べ、テストを回避した試行における遅延期間中の方向選択性強度が低下していた。別の1頭においても同様の傾向が観察されたが、行動データと同じく神経活動データも不明瞭であった。そこで、このサルの外側前頭前野にムシモールを注入し、この脳領域の機能を一過性に低下させたところ、注入前と比較して注入後に強制条件の記憶成績が低下するとともに、選択条件におけるテスト回避率が上昇した。さらに、注入後においては、強制条件よりも選択条件の記憶成績の方が明確に高くなった。以上の結果は、外側前頭前野における神経細胞集団の遅延期間活動として表象される記憶情報の強度が、確信度判断の材料として利用されていることを示唆する。