

メタ認知に関する行動学的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。

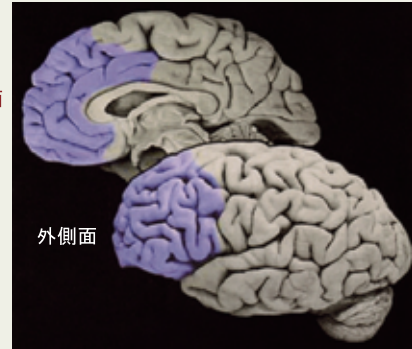
一方、前頭連合野は他の領域で行われている情報処理をモニターすると同時に、制御信号をその領域に送り、情報処理を制御することが知られている。前頭連合野のこのような機能は、メタ記憶のもつモニター機能とコントロール機能によく対応しており、事実、人の臨床研究や脳機能イメージング研究により、前頭連合野がメタ記憶機能と密接に関わっていることが明らかになっている。そこで、われわれの研究グループで明らかにしてきたワーキングメモリに関わる前頭連合野の神経機構をもとに、その働きをモニターしコントロールする仕組みを明らかにすることにより、メタ記憶に関わる神経基盤を理解しようと試みた。

■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て操作した。

テストを受けるか、回避するかを選



択期の直前500 msの遅延期間活動を、強制選択条件 (forced test)、自身でテストを受けることを選択した条件 (chosen test)、テスト回避を選択した条件 (chosen escape) で比較したところ、Chosen-test条件に比べてChosen-escape条件で遅延期間活動の方向選択性が弱まっていることが明らかになった。遅延期間活動の方向選択性の強さを条件間で定量的に比較するため discrepancy index を定義し、その値を比較した結果、chosen-test条件に比べてchosen-escape条件で値が有意に大きいことが示された。

■結果と今後の課題

以上の結果から、用いた課題では前頭連合野の多くのニューロンで方向選択性のある遅延期間活動が見いだされることが知られているが、遅延期間活動の方向選択性の強さがテストを選択するか、テスト回避を選択するかを決定する要因になっていることが明らかになった。一方、chosen-test条件またはchosen-escape条件のいずれかで特異的に活動するニューロンは見いだされなかった。しかしながら、このようなニューロンが動物の行動選択を決定づけていることから、引き続き前頭連合野においてこのようなニューロンの存在の有無を検討していく計画である。