

特別寄稿・連載 『**お手玉玉と前頭前野**』

『**お手玉が脳にとって良いのか否か**』

第 3 回 前頭前野からの出力（平成 31 年 3 月）

脳科学者 森 昭 雄（日本のお手玉の会顧問）

ここでは、分かり易く説明するために、前頭前野への入力と出力と分けていますが、実際にはこれらが複雑に絡み時系列的に組み合わせられた状態で、働いているものと考えられます。

例を挙げると、お手玉をおこなっている時に、軽いものと重いものを混合していた場合、手の力加減（お手玉の上げ方）を微妙に調節して同じ高さになるように、無意識的に行っています。お手玉が手のひらに落ちた瞬間、皮膚への触感情報（感覚情報）が脊髄を介して対側の床視の感覚中継核を経由して大脳皮質の体性感覚野に行き、そこから皮質―皮質投射によって出力細胞（腕

の筋肉へどのくらい収縮させる）のある運動野に情報を送ります。また、同時に運動野からの情報は大脳基底核（尾状核、被殻、淡蒼球が含まれる）を介して床視を経由し、前頭前野へ入力され意思決定されます。大脳基底核は、運動開始と筋の緊張にも関与しています。特に、尾状核は前頭前野と密接な関係があることが知られています。

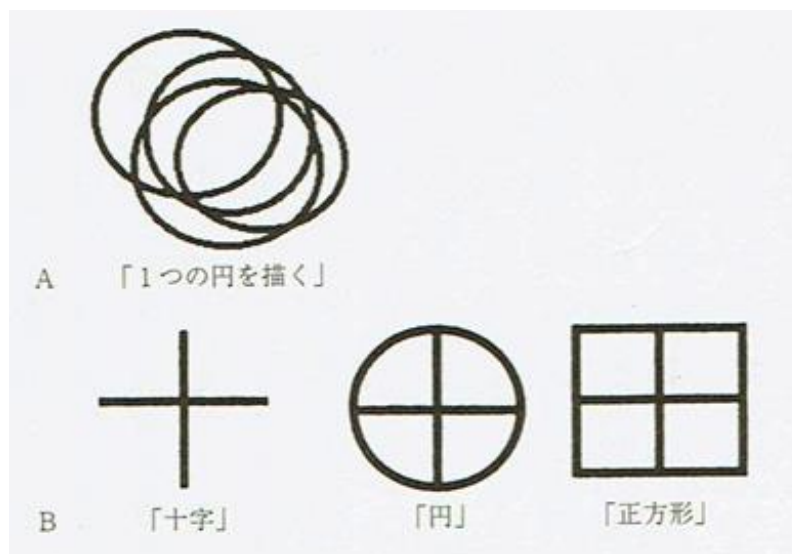


図 1 前頭前野の各課題に対する保持反応

A: 前頭前野が運動出力をコントロールしているため、多動性保続がみられている。B: 前頭前野の出力をコントロールしているが、それが損ねた例

一般的に大脳基底核は、前頭前野から常に抑制の信号を受けて、前頭前野と共同で働いています。もし、前頭前野の細胞が機能しなくなった場合、運動が上手くいなくなることが想像されます。実際に、前頭前野の発達が良くなかったり、損傷したりすると、何に対しても責任感が無く、自己中心になりがちになります。

特に、この領域の機能障害で、犯罪行動を引き起こしやすいとされています。特に前頭前野からの出力は、扁桃核（古い脳）に対して常に抑制的に働き、動物的にならないようにしています（前回の図を参照）。

前頭前野の疾病患者では、支持どおりの課題に図形を描くことが困難になります。また、一つの課題から別の課題へ移行することが非常に困難となります（図1）。図中のAの課題は、1個の円を描いてくださいと言うと反復して円を次から次へと書いて、運動のコントロールができない。Bは、十字、円、正方形を描いて下さいと言う課題に対して十字が持続的に前頭前野に記憶として残っているために、次の円課題でも十字が描かれてしまう。その次の正方形でも十字が保持されているために十字が描かれてしまう。異常な前頭前野では、次のことに対し課題に対して切り返しが出来なくなってしまう。

最近、前頭前野は、運動のモニタリングをしながら運動連合野（補足運動野、前補足運動野、運動前野）、運動野へと情報を送っているのではないかと考えられています。

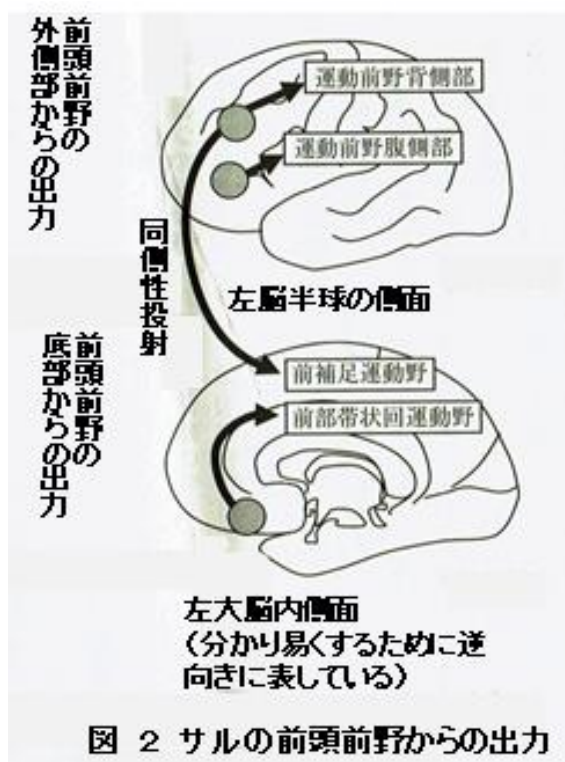
前頭前野の外側からの出力

この領域における外側の「背側部の出力」は、前補足運動野や補足運動野に出力しています。

また、ここからの出力は、心の内面に基づいた系統で動作をコントロールしていると言われています。また、この背側部は記憶の保持に関与していると考えられています。

一方、「腹側部の出力」は、外界の情報に基づき物の空間的位置や物の形状に対応して動作をコントロールしていると言われています。

運動前野の背側部は、運動のパターンに関与していると言われていますが、運動の方向や大きさをコントロールしていると考えられています。



前頭前野の底部と内側からの出力

これら2つの領域は、帯状回運動野に出力しています。サルの実験結果から報酬に関与していると考えられています。この領域は細かい運動のコントロールに関与せず、単純な反応動作に対しての『go』か『stop』に対応する細胞の存在が認められています。また、これらの領域からは、自律神経（自分の意思でコントロールできない神経系）に関係している視床下部（脳の下部位）にも出力し、心拍数、呼吸数や精神発汗に影響します。

人前でお手玉をすると緊張（ひどい場合は、心拍数が上がり、血圧の上昇により顔面が赤くなり、かつ呼吸数の上昇により、タイミングが狂って運動がスムーズに行かなくなります）

一般的には「アガル」と状況に至り、頭がポーとなって脳の状態が上手く機能しなくなり、その結果、体の動きが悪くなり過緊張になります。

スポーツ選手が、過緊張を防ぐ方法として、ヘッドホーンで音楽聴く、口で「もごもご」言う暗示めいたことなど、奇怪な行動など個人によって異なるのです。1964年の東京オリンピックの時に、器械体操競技で総合優勝した遠藤幸雄選手が演技前に口を動かして何か、「もごもご」一人ごとを言っているの、以前本人（故人）に直接質問したことがあります。その答えは、「暗示で過緊張を抑えるために行っています」と言っていました。

教え子の清水君が、長野オリンピックで競技前に、スケートリンクで仰向けに大の字になっているのを見た時には、彼なりの過緊張を防ぐ方法としていたのだと思いました。彼は見事、金メダルをとりました。私の生理学を受講している学生の中には、世界選手権やオリンピック選手が多くいました。特に、講義のときには実践に役立つ内容にし、そのいい例は上肢を左に大きく振ることで前肢後肢反射が亢進するので足の動きが良くなります。体の反

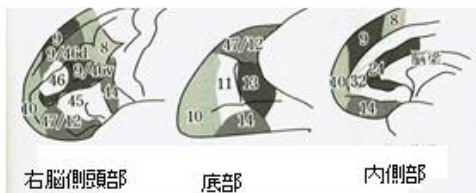
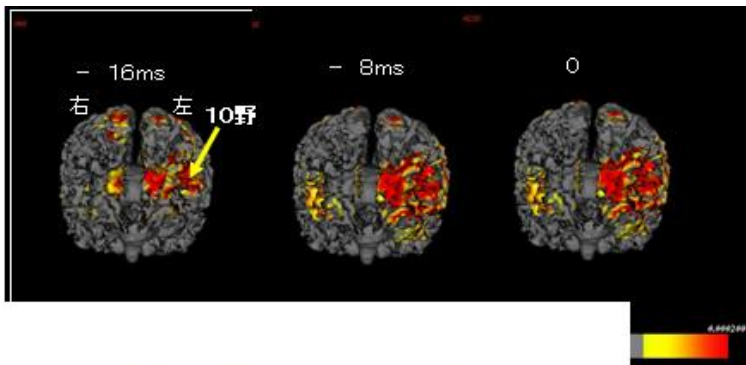


図3 前頭前野を正面から見た活動部位と領域の番号
上段: 赤になるほど強い活動を示す トップの数値は手首の伸展動作前 0: 運動開始点

射を上手に利用し、運動が円滑になる法則を知ってもらうように努力しました。

また、大相撲でも、手のひらに握った沢山の塩を空中に放り上げる、顔面を自分の手のひらで思い切り叩く、よく力士がお腹をポンポンと叩くしぐさなどは、この過緊張を防ぎ、「アガリ」から逃れるための方策なのです。

内容が大分脱線してしまいましたので、本論に戻ります。

内側部前頭前野は、脳内の広範囲から送られてくる情報を統合する前頭前野の外側部や底部からの入力を受けています。この領域は、情報の統合と行動出力に大切であると言われています。

特に前頭前野は、運動の意思決定（左10野）が関与し、かつ、運動のモニタリングをしながら運動連合野（補足運動野、前補足運動野、運動前野）、運動野へと情報を送っていると考えられています（図3）。したがって、この領域の障害による影響は、運動障害をもたらすものと考えています。

外側前頭前野は、報酬ともに作業記憶と課題中の覚える空間位置に関与していると言われています。なお、底部前頭前野は、報酬価値に関与していると言われています。（つづく）