

運動システムと帯状回

萩原 仁 (広島大学・名誉教授)
松岡 重信 (広島大学)
坂本 和丈 (鳴門教育大学)

1. 序

大脳には、前頭葉、頭頂葉、側頭葉などに囲まれて、その下部に帯状回が横たわっている。この帯状回が損傷すると、無感覚、運動遅鈍乃至無動無言となり、家族関係を維持出来なくなる。つまり、帯状回の崩壊は、家族行動、母子関係の音声交信、遊びの欠如となる。不登校児の問題を考えるに当たって、この帯状回の機能を検討することは不可欠の条件である。

強迫神経症、鬱病等の精神症状に対する最近の臨床医学、行動学、生理心理学は、主として帯状回の機能と構造に注目している。児童生徒の発育発達を願う教師にとって、不登校という事実は、教育活動を阻害するばかりでなく、教育の場の構成を危くする。不登校児本人の素因もあるが、家庭の環境、特に、親子、母子関係、さらに、その友人関係について考慮されねばならない。この問題は認知関係ではなく、深く情動的に関わっている。つまり、情動的な拒絶反応である。

2. 神経行動学的所見

提示された食べ物が旨いものと評価すれば、子供は手を出して食べようとする。嫌いなものは、反対の評価をして、手を出さず、食べようとしない。つまり、報酬であれば、接近し、嫌悪的なもの、即ち、罰に対しては、避難乃至逃亡する。この過程は、刺激提示—評価—対応 coping からなる。自己を取り巻く環境に変化があれば、刺激となるが、それは好悪に二分される。乳児は好悪に関係なく、母乳を飲む。これは固体維持の本能的選択であり、そのこと自体が評価・対応である。授乳期から離乳期に移行すると、(1)エネルギーの補給、(2)栄養素の養値配当比、特に蛋白質最適化、(3)無機塩類、(4)ビタミン、(5)成長ホルモンなどを栄養補給、食物に対する条件づけ、餓がなされる。一方、空腹、満腹、或いは虫刺され、陰部の不潔に関する乳児の訴えがある。即ち、満腹は、摂食拒否、空腹は、泣き叫びによる欲求活動となる。離乳食は、栄養学の視点から、強制的な摂食を強いることになる。換言す

ると、幼児にとっては、一つの学習機会が与えられる。Rolls は、これを強化乃至学習という。かくして、栄養摂取並びに所謂「食わず嫌い」が陶冶される。

乳児は頸部の固定とともに、不器用ではあるが、四肢の伸展・屈曲力を増し、匍匐、不安定な起立姿勢、伝え歩き、独立した起立歩行と、動作は発達する。顔の表情も豊かになり、情動的側面が未分化ではあるが、複雑化する。つまり、未分化な運動システムの萌芽が認められる。動作は未だ十分制御されていないから無秩序、無目的、危険であり、親は声を大きくして注意・監視する。危険な冒険的行動の志向が示唆されたとき、MacLean のいう separation cries が発せられる。原始的な発声行動は、内的欲求の高度化とともに、単語の数を増加し、発話活動が発展する。また、舐める、おしゃぶりといった口の運動も発達する。但し、手当たり次第であるから、即ち、清潔感がない為、不潔動作が乱雑に展開される。

家族関係における母親の介護・看護は、次第に、音声のコミュニケーション活動へと移行する。摂食に関する第一信号系が、音声という第二信号系により制御されるようになるが、言語並びに言語運動の発達は、第一信号に対する刺激の多様化・高度化を促進する。また、母と子の遊びは豊かな社会参加への萌芽を用意する。

2.1. 辺縁系の歴史的概観

図1, 2, 3は、それぞれ、大脳の左外側面、右外側面及び家兎の帯状回の概要図に、Broadman 地図の数字を挿入したものである。図3に示されているように、大部分の進化的に古い皮質は、Broca が、脳幹を囲む境界線を形成しているから、大きな辺縁葉と称した輪回状の脳回の中に包括されている。1952年に辺縁系という用語が、辺縁皮質と脳幹と、これに直結した構造に対する命名として紹介された。

辺縁系は原始的な心理過程の研究に対し、比類ない関心を抱かせる。また、実際、過去の実験結果並びに臨床的情報は、個体維持本能、種族保存本能に必要と

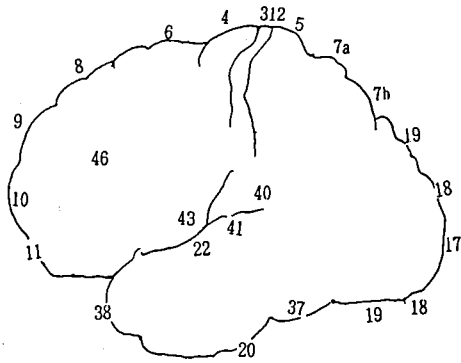


図1
ブロードマン脳地図から (萩原)

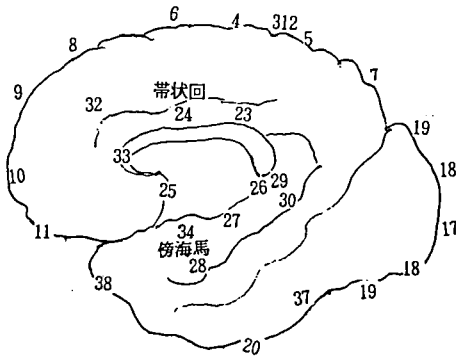


図2
ブロードマン脳地図から (萩原)

RABBIT

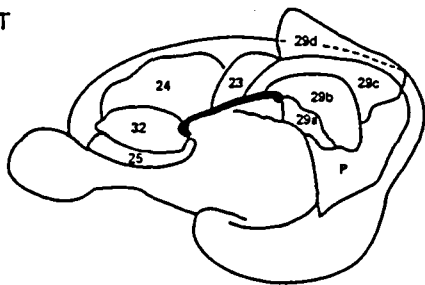


図3 帯状回の四大領野
ブロードマン脳地図から (萩原)

される行動を導出する情動的フィーリングによる情報を提供している。扁桃核を刺激すると動物は激烈な怒り反応、恐怖を超えた過激な行動を起こす。つまり、臨床所見は、辺縁系が情動行動に関与しているということ、即ち、事実、これが情動の主観的経験の本質を

構成している唯一の証拠であることを呈示している。癲癇発作は、強度の恐怖から恍惚にいたるまでの活潑な情動的フィーリングを鮮明に示す。此等の情動は、行動を起こす基礎的な役割を果たすばかりでなく、個人的行動の発生、さらに、高度の認識論に至るまでの、広汎にわたる、そして、深遠な意味を持つ人格形成を果たす本質的な資源となっている。

爬虫類から哺乳類へと進化する移行過程の特徴は、体温調節機能の他に、三つの基本的行動発達である。即ち、(1)母親の介護と結びついた看護、(2)母子接触を維持するための音声交信、(3)母子間、子供同士間の遊びである。此の独特な家族関係の三つの特徴があるから辺縁系の進化は、哺乳類進化の歴史であり、換言すれば、哺乳類進化の歴史は、家族関係進化の歴史と言えるかもしれない。

哺乳類では、新皮質・旧皮質・古皮質という明確な神経細胞層があり、一般的に、大脳皮質が、学習と記憶に関係しているとされている。これは、部分的な真理であって、萌芽的な、僅少な皮質しかもっていないトカゲや七面鳥のような標本では、このような複雑且つ高度な学習や記憶の機構が組織化されていない。生後三箇月のトカゲが、シャールの中で、捕食すべき虫を捕らえる単純な課題解決学習に失敗したという報告がある。しかし、「祖先からの学習」及び「祖先伝来の記憶」によって、線条体複合体と極微小な萌芽的皮質を持ったトカゲは、大きな学習能力があり、彼等は、占拠地域内外の特徴を学び、一見して、新しい訪問者を識別し、また、分娩後、飢えた親の捕食活動から逃れて、早朝、叢の中へ潜入し、其処で生活することを知っている。

2.2. 神経行動学的所見

帯状回の神経行動研究は、猿の24野の刺激・反応を観察したことに始まった(Wilner Smith, '45)。軽度麻酔時に、電気刺激を実施して、呼吸・循環・瞳孔変化ばかりでなく、発声も変化することが証明された。また、四匹の猿の「24野」全部を切除して、二ヶ月間その行動が観察された(Arther Ward, '48)。術後、猿は模倣行動の減少、対人恐怖の喪失を起こした。大きな檻の中に、他の動物と居た時、「毛繕いや情動活動を示さず」、「恰も、全く未知の仲間かのように其の周囲を徘徊していた」と述べられている。

1955年 John Stamm は、帯状回切除が母性行動崩壊を生じたと報告したが、Mac Lean ('78) は、ハムスターで、色々な実験的接近を行い、帯状回欠損を鍵概念とする母性行動崩壊を観察し、さらに、若い動物では「遊び」が発達しないことを発見した。リスザルで

行った実験では、吻側帯状回皮質が、母子間の音声交信である separation cry (or isolation call) 発生に關与しており、これが基本的に母子間の接触に役立っていることを強調している。

2.3. 母性行動と其の内分泌機序

数日間、乳児をあてがわれると、雌雄ともに、親らしい行動を起こし、また、脳下垂体・性腺ホルモン欠乏に対応するが、完全な行動発達は内分泌腺に依存している (Slontick, '75)。内分泌の機序は、前部脳下垂体を介するエストロゲンとプロゲステロンとオキシトシン生産の機序である。

視床下漏斗は、ゴナドトロピン放出ホルモンを伝達する神経繊維の収斂場所である。此のホルモンは、脳下垂体前葉に至る下垂体門脈に入る。この放出ホルモンは、下垂体の濾胞刺激ホルモン及び黄体ホルモンを放出する。神経終末と門脈門門の間にある結合は、下垂体前葉の特殊な部位の中で行われる。これが視床下部と繋がる漏斗部を形成する。ニューロペプチドである。黄体化ホルモン放出ホルモンが、内側中隔核・内側前四丘体領野・前部視床下部の外層と軸索内に存在することは、免疫化学法で証明されたが、此等細胞の軸索は、内側突起に繋がるから、このことは、間脳ばかりでなく終脳も、直接黄体化ホルモン放出に關与していることを意味している (MacLean, '78)。プロラクチン、即ち、催乳ホルモンは、前部下下垂体腺内の好酸性細胞で生産される。但し、妊娠期間中このホルモンの放出は、視床下部の所謂プロラクチン抑制要因で抑えられていて、分娩終了と同時に、その抑制が取れる (Slontick, '75)。

2.4. 帯状回切除効果

Slontick は、16匹の帯状回を切除したが、その中で、主として前部帯状回を切除したのが4例、後部帯状回を切除したのが3例、前後部ともに切除したのが9例であった。前部切除で、若干、膝下帯状回皮質を侵襲しているのが含まれていた。後部帯状回切除は、大部分、後脳梁帯状回を損傷していたと述べている。

前部、後部帯状回双方切除例の母性機能不全は、片側切除の場合よりも其の影響が強烈であったという。両領域切除例は、造巣ができず、子供の救助は著しく障害されていた。また、その運動様式の概要は保有されていたけれども、「不規則で混乱した方法」で遂行されていた。子供は、全員を集めて保育ことはなく巣の内外に再三移動させられ、無茶苦茶に放置された。分娩後五日間は子供を藁床に生かしていたけれども、その体重は、対照群の半分以下であったという。

右前中隔帯状回皮質の広汎な損傷及び後脳梁膨大・上脳梁帯状回を完全に切除したハムスターの内、10日間の生活において、mating 後、16日で、10匹の子を産んだが、此の場合、産後第一日目には、7匹が巣の中で見られ、3匹は放置されていた。此の雌は、子供をくわえ、「無目的に」運び回り、第二日目には、唯一匹の子しか残っていなかったという (MacLean, '78)。実の親子でない別の子を檻の中に入れた場合、此の雌は、何等母性的関心を示さなかったことも報告されている。これは、傍膝帯状回及び前中隔帯状回を含めた内側前頭葉皮質を無傷に保持することが保育のため必要であることを示す。というのは、此の領域を無傷に保った雌は、哺乳活動を維持したが、上脳梁皮質・後脳梁膨大部皮質を喪失したハムスターは、子供の救助活動を示さなかったからである。

2.5. 遊び活動

正中線帯状回を切除したハムスターは、母性行動の変化を起こすが、その他に、興味のある点は、遊び行動が発達しないことである (Stam & Slotnick, '55)。ハムスターでは、生後13日目から格闘遊びが巣の中で発生するが、帯状回損傷の雌は「雄の兄弟は、格闘遊びで彼女に接近することが多いけれども、母親は、それを避け、雄の子とは遊ばない」と報告している。遊びは、多くの病的条件に抑圧されて、明らかに「脆弱な」行動である。MacLean 等は、遊びの行動観察で (1)歓迎跳び上がり invitation bounce, (2)追い駆けっこ chasing, (3)身体各部 (例えば、耳・尾) 掴む, (4)疑似噛みつき mock biting, (5)格闘, (6)押えこみ pinning, (7)擬似性交活動及び (8)連合発声 associated vocalization を分類した。Franzen & Meyer ('73a) は、前頭前野障害が遊び行動を減少したとも報告した。

現在、遊びは、通常、成人の行動学習及び生存競争に必要な力とスキルを得る方法だと説明されている。或いは、過剰なエネルギーの消散方法として役立つという。

しかし、此等の意見に対して、MacLean は、遊び行動の発達は、根源的に巣の中の調和、次に、成人後、社会集団への関係付けを促進するのに役立つと提言している (MacLean, '78c, '81 '82)。類人猿レベルにおける遊びの平和維持機能は、Jane Goodall ('81-'82) が記載したチンパンジーの母親で例証されるだろう。此の母親は、自分の息子と、自分が恰もその妹であるかのように、活発で、しかも、乱暴に、何時も、遊ぼうとした。

予言能力及び「未来の記憶」に関する前頭一小脳関係の機能に由来して、全てのかかる機能は、辺縁系の三

大区分並びに個体維持・種族保存の各役割に対する新前頭 neofrontal の関係を考慮しなければならない。特に、視床帯状回との強固な相互関係に注意すべきで、最近の研究は、親の介護、遊び、社会的結合機能、即ち、ヒトの感情移入・利他主義に関する感覚の進化に貢献している機能にその重要性を認めるようになってきている。上脳梁帯状回刺激によって、ある患者に、遊ぼうと誘ったコミュニケーションの遊戯的な身振りを誘発したという報告もある。

社会学では、遊びを文化と位置づけている。Mating—巣作り—出産—保育と続く過程は、巣立ちを迎え、子は親の巣を離れる。所謂、子の親離れ、親の子離れである。巣の中の母子、子供同士の遊びは、他の子供との交遊となる。

本来、遊びは、社会的な相互契約の許で行われる。そこには、相互の尊重を前提としたルールが設定されているが、幼年期には子の相互契約が曖昧・不分明で、ルールの有無さえ理解できない。従って、子供の遊びには、混乱・葛藤が付随する。この問題解決は、主として、長幼の序、親の介入によってなされる。そして、問題点の収集、分析、順序付け、系列化は、システム分析の手法に準拠する。こうして、遊びの教授はルールの萌芽を育成することとなる。子供の遊びは、多種多様で、独創的であるが、発育発達とともに整理されて、成人の遊びの根源を形成する。成人の遊びは四つのカテゴリーに分類される。(1)競争を主体とするアゴーン、(2)勝敗を主眼にした興味深いアレア、(3)陶醉事態を求めるイリンクス、(4)物真似表現を対照とするミミクリーである。例えば、スポーツはアゴーンに入る。しかし、遊びは定量的制限がないので、変質事態を露呈する。(1)アゴーンの世界は、その結果的報酬による権力の志向へ、(2)興味本位の世界は、純然たる賭博の世界へ、(3)イリンクスの極限は、典型的な恍惚となる薬物中毒へ、(4)物真似は、優れた俳優のように、その役柄に同化し、所謂ジキルとハイドに似た二重人格へと変質する。そこで遊びのルール改正が始終行われる。その考察の根幹は、平和維持活動と相互関係の具体的な尊重からなる。子供の遊びは、ルールの設定、規定を第一義としない自己中心的な活動である。ここで思い出されることは、Mac Lean が主張したような、遊び行動の発達は根源的に巣の中の調和であり、次に社会集団への関係付けを促進することである。separation call は、その第一関門を構成しているものと考えられる。しかし、最近の遊具は非常に発達していて、友達などの社会的集団への関係付けを拒絶する程、子供の興味を惹きつけている。この為、かかる遊具を与えている母親は、自分の子供が独りで好く遊

ぶと評価し、社会的関係付けへの弱体化に気づかない。四カテゴリーの遊びは、発展的に考えると、(1)アゴーンは肉体的訓練を通した活発な社会活動となり、(2)アレアの陽気な社会的関心を喚起し、(3)イリンクスは、社会開発の恍惚感を付与し、(4)ミミクリーは、学習の成就を喜ぶべきで、平和維持、個人の尊重を基盤とするものに純化することを願わねばならぬ。

2.6. separation cry

幼児の音声交信は、早期から発達し、就学前には殆ど母国語を十分理解・表現する。音声の交信は、記号化に始まる。最初の音声交信は、森の暗所に住む小動物だったと想像されている。音声交信は母子接触維持の貴重な資産であり、母の介護・看護からの幼児の逸脱が僅かでも長期化すると、致命的な結果を発生するから、この際の separation cry は最も危機的な発声でもある。

電気刺激で、大脳皮質から延髄にいたるまでの検査結果によると、五つの発声が特定されたという。即ち、(1)ピーピーと啼く peeps, (2)囁く twitters, (3)喉をゴロゴロ鳴らす purrs, (4)産卵後出す甲高い鳴き声 cackling, (5)雑音的鳴き声 noisy cry である。しかし、此等は刺激強度により異なってくるから適切ではないとされている。Mac Lean は、前部視床下部特殊領域の中等度刺激が戦闘的な発声形式、背側視床下部の特定領域の同一刺激が、余りストレスのかかかっていない型の鳴き声を誘発するという。そこで大雑把に纏めると、separation call は peeping vocalization で、主として中隔や海馬の或る局在と視床帯状回区分の部位で同定されると思われる。前頭野、帯状回の切除実験及び臨牀的脳障害の音声分析が行われたが、要するに isolation call の自発的生産は、直回尾部皮質及び帯状回皮質に含まれる辺縁系皮質の連続帯域が交響的な活動をすると思われる。これは母子接触維持に役立つ基礎的な哺乳類発声と位置づけられる。

3.1. 帯状回の機能

脳の機能は複雑で、現在でも、不明な問題領域が多く、その研究は、(1)神経生理学的接近と、(2)脳の欠損乃至障害を通して、逆に、その機能を推定する方法が採用される。Berger が脳波を誘導したのは、前者に属するが、脳機能に接近できたのは、極一部に過ぎない。CT や MRI のような研究手段を利用するまでには長年月を要した。これに対して、脳の、疾病・障害は多くの症例があり、考察の対象にされたが、その機序の解明は難澁している。

図4は、M. S. Mega & J. L. Cumming (97)が提

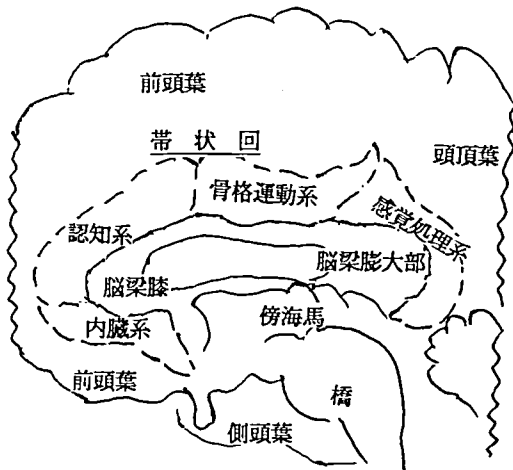


図4 帯状回の前部効果器領域と後部処置領域

案した帯状回の三つの前部効果器領域と後部感覚処理領域の模式図の一部を抽象したものである。

1) 前部帯状回損傷の効果

前部損傷で、認知、骨格運動及び内臓効果器領域がしばしば冒される。両側性損傷は無動無言状態を起こす。患者は全く無感情である。彼等は、動くことも稀で、失禁することが多く、与えられたときだけ飲食する。発話を生じて、それは質問に対する単音節語の反応だけである。情動を表現することはなく、痛覚に対してさえ無関心である。ヒトの帯状回刺激は、内臓器官の運動と感情の変化、発話の変質及び自己運動行動を表出することが多いという。要するに、25野と脳梁膝前野を中心とした前部帯状回は、内臓効果に、32野を中核とした前部帯状回は認知機能に関与していると考えられる。

前部帯状回後部に位置するが、骨格運動器領域と、補足運動領域が侵害されると、自発運動活動が消失する。脳梁帯状回が冒されて、しかも、補足運動野、骨格運動野が損傷を免れると、運動活動は、正常であるが、患者は、著名な無関心、従順さ及び課題解決の参加に対する動機付けを喪失する。認知効果器としての前部帯状回の役割は言語領域で証明される。言語と発話を可能にする背外側前頭前野は、前部帯状回と補足運動野から生じる。実行系の前頭前野である9、10、46野が崩壊すると、認知的言語障害が顕著となる。運動開始の意志喪失は補足運動野乃至帯状回骨格運動領域損傷の結果であり、認知過程の開始喪失は24、24a、24b、32野の損傷結果である。

2) 後部帯状回損傷は、記憶機能を崩壊させる。記憶を司るPapez回路に関与しているからであって、

また、29野は、空間性、非空間性記憶の習得と保持にとって不可欠に神経であるという。29野、30野には、視覚、体性感覚、聴覚の求心路が入り込んでいるから、知覚の統合作用が行われていることは容易に推定される。また、後部帯状回は、コード化中に、前部視床と海馬と呼応して作用し、長期情報の貯蔵に重要とされている。

3.2. 帯状回の構造、特に、他の領域との結合

帯状回と他部領域の結合は、複数の機能中枢への帯状回の機能分離を証明する。後部帯状回には、顆粒感覚皮質が多いのに、前部は無顆粒実行皮質からなる。後部帯状回の顕著な顆粒性の4層が視空間と記憶処理にたずさわるのに対して、前部帯状回は、感情と認知に関する実行領域であると考えられる。前部と後部帯状回間の相互接続は、前部実行領域による調節性入力の相互的調整を可能にしている。

3.2.1. 内臓性効果領域

a) 特異的求心入力：

- (1)皮質下性情報を全皮質へ送る背側正中視床の巨大細胞性区分の背側部(20, 21)
- (2)脳梁前部帯状回へ環境入力を送る正中。髄板内視床核(22)
- (3)侵害受容前部帯状回の伝達、また、上行性網様系から覚醒維持に与る海馬(8, 23)のCA1/海馬台領域
- (4)実行処理装置として機能する。これは複雑な問題解決のための行動反応を組織化する能力を必要とする。行動の知覚の構えを適切に方向づけ、運動プログラムの作成、行動を指導する言語スキル使用、遠隔記憶の活性化、自らの方向決定、環境の蓋然性からの自立をする。また、脳梁下帯状回の飢餓欲求、攻撃性、性交衝動に対するフィードバック抑制も考えられる外側前頭葉領域9、46(8)野。

b) 此の領域と相互に活動する領域：

- (1)前障を除いて、内臓機能に影響する、恐らく、共有結合の基底・付属基底扁桃核(8, 12, 14)
- (2)一部が礼儀正しく社会的適応を媒介する内側(異顆粒性)眼窩前頭葉領域(11, 12, 13; 8, 15, 16)
- (3)聴覚情報を提供して内臓機能に影響する前上部側頭極領域(38)
- (4)同じく聴覚情報により内臓機能に作用する前腹側前障(18, 19)

c) 此の領域から特異的に投射される遠心領域

- (1)自律中枢、即ち、孤束副交感神経核(24, 25)及び交感神経胸髄中間外側細胞核(26)、迷走神経背側運動核(26, 27)

(2)腹側線条体側座核／嗅結節(28, 29)。腹側線条体を介した大脳基底核の影響は、骨格運動系にも及ぶ。情動の誘意性を評価する眼窩前頭葉－傍海馬帯域を支配する。この部の患者は、興奮、易変性、機転の無さ、多幸症、不作法、無関心の症状を呈する。

3.2.2. 認知効果領域

a) 特異的求心入力:

- (1)前部脳梁上帯状回に至る特異的求心神経は、内臓効果器に関連する巨大細胞より系統発生的に新しい小細胞性の背側正中視床の背側部(20, 21)から生じる。小細胞部は背外側前頭皮質にも投射する。
- (2)覚醒と侵害受容の入力を伝える正中及び髄内視床核(22)
- (3)同様な入力がCA1／海馬台領域(8, 23)から出る。

b) 此の領域と相互に作用する領域

此の領域と相互に接続した領域は脳梁下前部領域と共に眼窩前頭－傍海馬帯域を形成。此の領域は細胞構築が発達しており、系統発生的に新しい皮質である認知実行機能に専従する背外側前頭前野8, 9, 10, 46野と強固な結合をしている。

- (1)脳梁上帯状回領域24, 32への内的感情を提供する基底扁桃核(大一, 小細胞部)
- (2)内臓効果器領域との相互結合部より尾側に位置して結合する眼窩前頭領域(8, 9, 10, 46; 8, 36)
- (3)内臓効果器領域との相互結合部より尾側に位置する側頭極領域(38)

(4)吻側島(8), 前部傍海馬(35, 36)も相互結合する。

c) 認知効果領域からの特殊的遠心路

- (1)脳梁上前部帯状回の特殊的遠心標的は、前上側頭葉22野の感覚連合野で、言語及び意味記憶装置へのアクセスに影響を与える。
- (2)後部頭頂葉7aと背側正中尾状核頭部も特殊的遠心標的である。頭頂葉7a野は、背外側前頭前野の「実行システム」と結合する身体外注意のネットワーク38の感覚構成要素である。
- (3)尾状核頭部は、また、前頭前野皮質実行系の標的である。尾状核への帯状回興奮性入力、実行認知機能と同様に、発声行動の開始を支援すると考えられる。
- (4)帯状回24cへの大部分の尾側扁桃核投射は、24c前部に拡がり、橋の顔面神経核で直接結合する顔貌の表象領域に投射する。

(5)背側正中橋灰白質への遠心神経は、覚醒に関する上行性網様体と、その制御に、下行性帯状回の影響を及ぼす。

4. 要約

前部帯状回尾部の骨格運動系は、帯状回の背側で、24c野と23c野が、また、中段で、23c野と24c野が相互結合し、後部帯状回感覚統合系からの影響を受ける。従って、骨格運動系は、前部の内臓効果器系、認知効果器系から直接的に、また、他領域との相互結合を通して間接的に、全体的な影響を受けることになっている。換言すれば、前部帯状回の実行領域により制御されているばかりでなく、一方、感覚的処理を統合した調節的知覚制御の許に骨格運動は作動することになっている。さらに、24野は前方へ拡がって補足運動野と接触しているから、前頭皮質と補足運動野の間に生成されるレディネスポテンシャルの作用も考慮すべきである。また、小脳から視床を経由する神経衝撃は、大脳の背外側前頭皮質ばかりでなく、皮質下諸核を介して帯状回前部に伝達されること、即ち、予測活動が行われる機序に注意すべきである。但し、此等の神経システムは確実に証明されておらず、将来の研究にまつ。

帯状回の損傷は、臨床的に、無動、無感覚となることを証明している。かかる所見は、不登校という事実と無関係ではないと思われる。

【主な参考文献】

- ①MacLean, P. D.; The Triune Brain in Evolution, Prentice-Hall, N.Y.; pp.380-410
- ②Mega, M. S. & Cummings, J. L.; The Cingulate and Cingulate Syndromes, Beh. Neurol. '77, 189-214
- ③Rolls, E. T.; The Brain and Emotion, Oxford Univ. Press, 1999; pp.5-7, pp.148-159
- ④Smith, W. (1945); Ward, A(1948); Stamm J. (1955), quoted from "the Triune Brain in Evolution by Maclean, p.388
- ⑤Goodall, J. (1981, 1982); Franzen & Meyed (1973a); p.397 ibid
- ⑥Fuster, J. M.; Cognitive Functions of the Frontal Lobes, in The Human Frontal Lobes edited by Miller, B. L. & Cummings, J. L.; Guilford Press, 1999, pp.187-195