

本能と煩悩（全 12 回）

第 12 回 煩悩と信じる心

浦野明央（北海道大学名誉教授）

本連載では、初回に、煩悩は本能に根ざした人の心の働きであると述べた。その後、十回ほどにわたり、系統発生的な視点から、動物個体の生存および種の存続に関わる本能行動の制御機構を見てきた。まず言えることは、おそらく海綿動物を除く¹⁾全ての多細胞動物において、摂食行動あるいは生殖行動といった本能行動が、感覚系、運動系および統合系（動機づけ系を含む）からなる神経ネットワークによって制御されていること、またペプチドや生体アミンといった情報分子が動機づけに関わることであった。脊椎動物では、脳内の多くの部位に投射している間脳・視床下部のオレキシンニューロンが摂食行動、GnRH ニューロンが生殖行動に携わるネットワークを動機づけていることを示した。本稿では、それぞれのニューロン集団が局在している領域を、便宜上、本能行動（場合によってはそれぞれの行動）の中枢とよぶことにする。

本能行動の動機づけに携わっている視床下部のニューロンは、感覚系と運動系に投射しているだけでなく、いわゆる大脳辺縁系（以下、辺縁系）²⁾、さらには新皮質にまで投射している（図 1）。その一方で、新皮質および辺縁系（すなわち上位脳）のニューロンから、視床下部にあるそれぞれの本能行動の中枢に対して情動と認知に関わる情報を伝える投射もある。宗教心理学的には、神あるいは仏を信じることにとって、情動的因子と認知に関わる知的因子はたいへん重要であるという（小口偉一・堀一郎，1973）。したがって、人の本能行動の中枢ニューロンは、上位中枢に由来する情動および認知に関わる神経情報の影響下に、本能行動を制御していると考えられる。上位中枢の信仰における役割について、まだ信頼できる明確なデータがあるとは言えないが、まったく研究がないわけではないので、今回は、それを紹介したい。

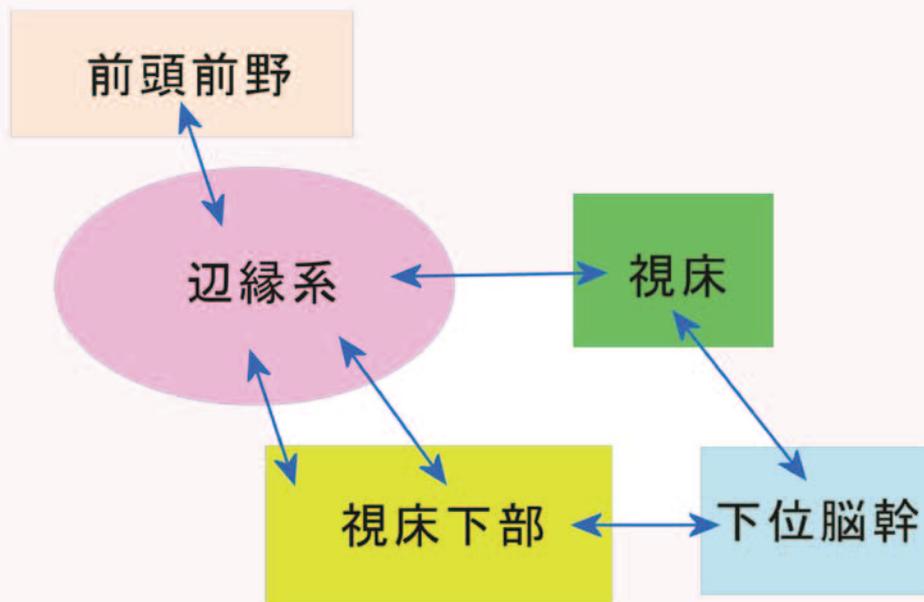


図1 視床下部と脳内他部位との間の相互的な神経連絡

表1 ヒトの脳波の主要な成分

種類	波長 (Hz)	振幅 (μV)	特徴
β 波	13 - 15 ~ 60	30	覚醒時
α 波	8 ~ 12	30 ~ 50	安静時, 瞑想時
θ 波	4 ~ 8	50 ~ 100	辺縁系の活動を反映
δ 波	0.5 ~ 4	100 ~ 200	深い睡眠時

海馬と信じる心

この連載の中で何回かふれてきたのだが、仏教やキリスト教など主要な宗教では、摂食行動や生殖行動などの本能行動を否定的にとらえ、それを抑制すべき対象としている。そのためか、修行を積んだ聖職者や宗教心の厚い信者の脳の働きには、宗教的な経験が少ない通常の人との違いがあるという。

宗教的な瞑想と脳波の成分： ヒトの場合、脳全体の活動状態を知る指標の一つである脳波には、周波数の高い方から順に β （ベータ）波、 α （アルファ）波、 θ （シータ）波、 δ （デルタ）波という4つの主要な成分がある（表1）。脳波記録装置が実用的になったのは1950年代であるが、それ以降、多くの研究者によって、禅瞑想（座禅）やヨーガ瞑想、あるいは超越瞑想³⁾にともなう

脳波の変化が研究され、一般に α 波の出現、その振幅の増大、周波数の低下、続いて周期的な θ 波の混入という順序で脳波が変化するという結果が報告されているという(杉下守男・伊藤元雄, 1986)。

座禅の経験の有り無しで脳波の変化を比較すると、修行歴に関係なくほとんどの被験者に α 波の変化が見られたが、 θ 波は座禅の経験のない被験者にはみられず、修行歴の長い禅僧の多くに観察されている(村田哲人, 1993)。

θ 波について、村田(1993)は「暗算・想起など課題遂行時の精神作業中に起こりやすく、無課題でも考え事に没頭した時や問題解決の時などに出現すると報告されている。坐禅は静坐して雑念を追わず、注意を内部へ集中させる努力を続け、無我の境地に自然に達するような修行である。本研究で観察された θ 波は、修行歴の長い僧侶ほど、坐禅の時間的経過につれて多く出現し、修行によってもたらされた坐禅の本質、すなわちリラックスしながらも過度な緊張が保たれ、かつ意識の集中の高まった精神状態を反映していることが示唆された。」と考察している。

θ 波と海馬： 脳波は、脳内の多くのニューロンの活動を総合的にとらえたものであるが、 θ 波は、辺縁系の活動を反映したものであるという。辺縁系に含まれる構造の1つである内側中隔のニューロンは、脳幹や間脳といった下位の脳の働きを受けて律動的に活動している(図1, 図2)。そのニューロン活動⁴⁾は、次に、やはり辺縁系に属する海馬の錐体ニューロンに律動的な電気活動を生じさせる。 θ 波は、その律動的な電気活動を反映したものである(Vertes and Kocsis, 1997; Buzsaki, 2002)。なお、海馬は情動の発現や記憶の形成に関わる重要な領域であるが、 θ 波の発生を抑えると、記憶の形成が妨げられるという。

信仰と海馬： 先に述べたように、座禅のような宗教的な深い瞑想により、脳波に海馬の活動を反映する θ 波が現れる。ところが、核磁気共鳴画像法(MRI)によって268人の59歳以上の成人男女の脳の構造を調べたところ、カトリックかプロテスタントかに関わらず、深い宗教経験をもち被験者の海馬が、若干ではあるが、有意⁵⁾に萎縮していたというのである(Owen et al, 2011)。

この宗教的な経験による海馬の萎縮を報告した研究グループは、同じ被験者

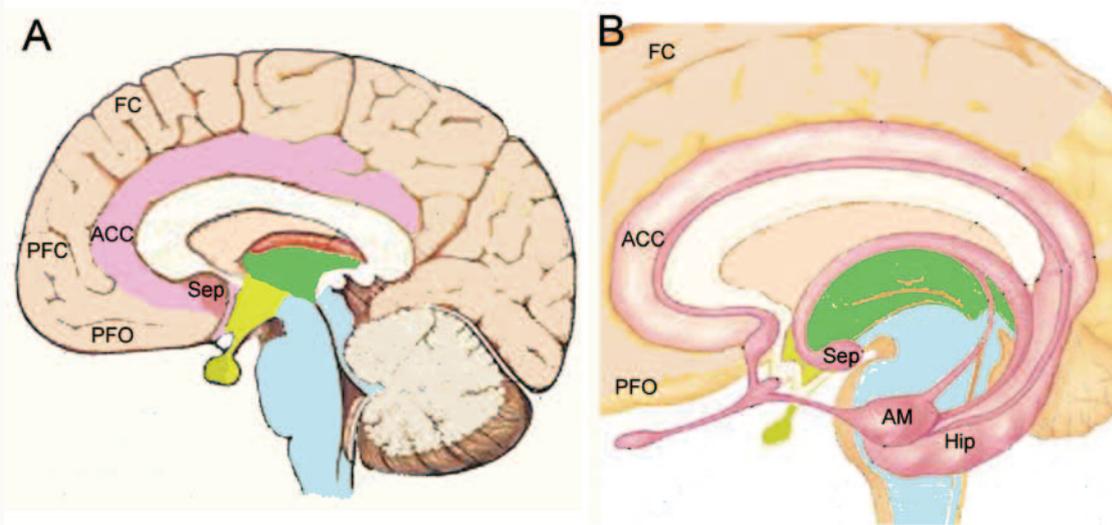


図2 宗教的瞑想に関わると考えられるヒトの脳内部位. A, ヒトの脳内における辺縁系の位置. B, 主要な辺縁系の部位. ラベルは本稿で名のでた主要な部位だけに付してある. また部位の色分けは図1に併せてある. ACC 前帯状回; Am 扁桃核; FC 前頭野; Hip 海馬; PFC 前頭前野; PFO 前頭眼窩野; Sep 中隔.

の左脳・前頭眼窩野にも同じような萎縮が認められたが、右脳にはそのような萎縮がなかったと報告している (Hayward et al, 2011). 前頭葉の腹側、眼窩の上部に位置しているこの領域は、扁桃核、海馬、線条体および視床下部と密接な結びつきがあり、情動や動機づけの制御に関わっている。しかも言語脳ともよばれる左脳は、概念や計算、論理的な思考などに携わっている。

上に述べた宗教的な経験により海馬とそれにつながる前頭野の領域が萎縮するという報告は、信仰が脳の機能に有益な影響を与えるというこれまでの考えにはそぐわない。脳の構造に対する長期的な宗教的経験の影響を調べた研究は少ないので、信頼できる仮説が提唱されるためには、より多くの研究が必要であるという (Newberg, 2011)。

前頭野および辺縁系と信じる心

信仰（仏教用語では信心）という心の問題を、科学的に取り扱うのは容易でない。動物を用いた実験が不可能だけでなく、信じる心を定量的に表現して脳の活動に対応させるのが困難だからである。しかし、脳の構造と機能を結びつけて解析することができる陽電子放射断層撮影法 (PET)、機能的核磁気共

鳴画像法 (fMRI) あるいは単一光子放射断層撮影法 (SPECT) などを利用する研究により、宗教的な信じる心に関わる神経ネットワークが、特別なものではなく、よく知られている通常のネットワーク上にあることが明らかになってきた (Kapogiannis et al, 2009).

脳内各部位の血流量と宗教的瞑想： ニューロンの電気活動が盛んな脳内の領域では、エネルギー源のグルコースとそれを代謝するための酸素を供給するために、血液の流量が増えるとされている。そのため、放射性同位体を血液中に注入し、上に述べた方法のいずれかで脳内各部位の放射活性の変動をモニターすることで、特定の行動や刺激による脳内各部位の活動レベルの変化を捉えることができる。この方法によって、宗教的な瞑想を司る脳内の領域について以下のような情報が得られている。

宗教的瞑想による脳の変化： Newberg et al (2010) によれば、チベット仏教の僧やフランススコ修道会の尼僧も含んだ 15 年以上の瞑想の経験をもつ被験者の脳では、前頭前野、頭頂葉、下側頭葉、線条体、視床、脳幹、小脳において、宗教的な瞑想の経験がない被験者の脳と比較して、血流量が有意に多かったという。なお、視床には、被験者によって左側、右側の違いはあるが、著しい左右差があった。また前頭葉では、左側の血流量が多かった。宗教的な瞑想の経験によって変化を生じたこれらの脳内領域は、注意、情動、および自律機能に関わるとされている。

宗教的瞑想の短期的な影響： 上に名前の出ている Newberg のグループは、瞑想を支えている脳の短期的な活動が、瞑想の経験者に見られた脳内の特定領域における血流量の変化につながるか確かめる研究も行っている (Wang et al, 2011)。この研究では、被験者は 30 年以上のヨーガの経験がある平均 54 歳の成人で、同じ人が 2 つの方法 (精神統一を図る方法と呼吸による方法) で瞑想を行い、脳内の血流量の変化を行っている。結果は、精神統一を図る方法では、前頭前野内側部と左側の尾上核 (線条体の一部) の血流量が増加し、左側の上後頭葉、下頭頂葉および右側の下後頭葉の血流量が減少したが、呼吸による方法では扁桃核や海馬を含む辺縁系で血流量が大きく増え、大脳皮質の多くの部位では減少していたという。これらの結果は、知的な認知をとともなう瞑想では、

前頭野が短期的にも長期的にも重要なことを示しているように思われる。

信じる心と前帯状回： 信仰の重要な要因として考えられるものには、情動的な因子、畏れの因子、不安と内調整、感情の両極性（例：愛と憎しみ）、知的因子（認知と意味づけ）があるとされている（小口偉一・堀一郎, 1973）。生理心理学的な研究から見ると、これらの要因のいくつか、とくに「動機づけられた意味づけ（motivated meaning-making）」に深く関わっている脳内の部位に前帯状回があるという（Inzlicht et al, 2009）。帯状回は辺縁系の一部で、左右の大脳皮質内側部の底部を前後に走っている。前頭前野に接するその前部は、情動の制御に関わっているとされているが、無信心な被験者に比べて、神を信じている被験者では、間違いを犯した時の恐れや不安に対する反応が小さくなっていったという。

前帯状回で見られたのと同じような信仰の影響は、扁桃核にも見られる。それだけでなく、視床下部—下垂体—副腎系（HPG系）がストレスにตอบสนองして分泌される副腎皮質ホルモンの血中量の上昇も、信仰によって抑えられるという。ストレスに対するHPG系の応答は、扁桃核も含めた情動系の働きと密接に結び付いている。これらのことから、信仰を司る神経ネットワークが実在すること、前帯状回あるいはその近傍の前頭前野に「信じる心」が局在するとは言えなくても、それがネットワークの重要な一員であることを示していると言ってもいいように思われる。

主要な宗教が、本能に根ざす様々な煩悩を抑制すべきものとしているが、この教えに対応するかのような神経ネットワークが前頭前野—辺縁系で機能していることが、MRIを始めとするイメージング法を用いて明らかにされてきた。まだ「信じる心」を科学的なパラメーターで定量的に表現することは困難であるし、脳の活動の解析にも空間および時間分解能の制約がある。とは言っても「心の科学」への道は開かれた、と言ってよいだろう。心についての研究の進展が楽しみである。

註

- 1) 現時点では、摂食行動や生殖行動といった本能行動のメカニズムに関わる研究が、海綿動物に見当たらない。
- 2) 大脳皮質のうち、旧皮質と古皮質をあわせて大脳辺縁系とよんでいる。古くから、この系は、本能的な欲求が充足されたときの満足感や快感、充足されないときの不満足感や不快感、あるいは怒りや恐れなどの情動に関わるとされている。
- 3) 超越瞑想は、古代ヒンドゥー教文献に基づいて、心の安らぎを得ることを目的にマントラを唱えて行う日常的な瞑想の方法。ビートルズが行っていることで有名になった。
- 4) 内側中隔のコリン作動性ニューロン（錐体ニューロンの樹状突起基部で興奮・底部で抑制）と GABA ニューロン（錐体ニューロンの底部で抑制）の律動的な活動により、多くの海馬・錐体ニューロンが、同期した律動的な活動電位を生ずる (Vertes and Kocsis, 1997)。
- 5) 統計学的に検定して差があった時に、差が「有意」である、あるいは有意差があるという。生物学的な研究で、「差がある」という表現は、原則的には有意差が認められた時にだけ用いられる。

参考文献

- 小口偉一・堀一郎 [監修]：宗教学辞典。東京大学出版会（1973）
- 杉下守男・伊藤元雄：座禅に関する心理生理学的研究。愛知学院大学人間文化研究所紀要 2: 256-240 (1986)
- 村田哲人：定量脳波と P300 による座禅の神経生理学的研究。科研費報告書 05770716 (1993-1994)
- Buzsaki G.: Theta oscillations in the hippocampus. *Neuron* 33: 325-340 (2002)
- Hayward R.D., Owen A.D.; Koenig H.G., Steffens D.C., Payne M.E.: Associations of religious behavior and experiences with extent of regional atrophy in the orbitofrontal cortex during older adult food. *Religion Brain Behav* 1: 103-118 (2011)

Inzlicht M., Tullett A.M., Good M.: The need to believe: a neuroscience account of religion as a motivated process. *Religion Brain Behav* 1: 192-212 (2011)

Kapogiannis D., Barbey A.K., Su M., Zamboni G., Krueger F., Grafman J.: Cognitive and neural foundations of religious belief. *Proc Natl Acad Sci USA* 106: 4876-4881 (2009)

Newberg A.B., Wintering N., Waldman M.K., Amen D., Khalsa D.S., Alavi A.: Cerebral blood flow differences between long-term meditators and non-meditators. *Consciousness and Cognition* 18: 899-905 (2010)

Newberg A.B.: Religious experiences shrink part of the brain. *Scientific American* May 31, 2011.

Owen A.D., Hayward R.D., Koenig H.G., Steffens D.C., Payne M.E.: Religious factors and hippocampal atrophy in late life. *PLoS ONE* 6 (3) : e17006 (2011)

Vertes R.P., Kocsis B.: Brainstem-diencephalo-septohippocampal systems controlling the theta rhythm of the hippocampus. *Neuroscience* 81: 893-926 (1997) .

Wang D.J.J., Rao H., Korczykowski M., Wintering N., Pluta J., Khalsa D.S., Newberg A.B.: Cerebral blood flow changes associated with different meditation practices and perceived depth of meditation. *Psychiat Res* 191: 60-67 (2011)

本稿へのコメント・質問は aurano@sci.hokudai.ac.jp でお待ちしています。