

自己意識の脳科学

亀谷 秀樹

1 宗教体験と自己意識の変容

19世紀の著名なアメリカの心理学者であるウィリアム・ジェームスの「宗教体験の諸相」という古典期名著には、宗教体験に関連する数多くの事例が引用されており、文字通り宗教体験の諸相を概観することができる。以下に、同書の神秘主義の項に引用されている J.A.シモンズ氏の体験をみてみよう。

「突然、教会であろうと、仲間と一緒にいるときであろうと、あるいは、なにか読んでいるときであろうと、とにかく、いつでも自分の筋肉が休んでいると思うときに、私はこの気分が接近するのを感じた。いやおうなくこの気分は私の心と意志を占領し、まるで永遠と思われるほど永く続き、麻酔から覚めるときに似た、いろいろな感覚が、急激に交替しながらひとしきり続いてから消えて行った。(中略)それは、空間と時間と感覚と、私たちが好んで自己と呼んでいるものの性質をなしていると思われる経験の種々さまざまな因子とが、一つまた一つと、だんだんに、しかし速やかに消えてゆくことであった。こうして正常な意識の条件が引き去られてゆくのに比例して、下層にある意識、あるいは本質的な意識の感じが強度を加えてきた。最後には、**純粋な、絶対的な、抽象的な自己のほかにも残らなかった。**宇宙は形もなくなり内容も空虚になってしまった。しかし、**自己は、恐ろしいほどいきいきと鋭く研ぎすまされて、現実に対して極度に激しい懐疑を感じながら、まるでその泡がそのまわりで破れるように世界が破れ散るのも平気で、生き続けた。**そしてそれからどうしたか？解体が来はしないかという不安、この状態が意識的自己の最後の状態なのだという冷厳な確信、私の存在の最後の糸を辿って深淵の辺まで至り

ついてしまい、永遠の虚妄あるいは幻影の証明に達してしまったという感じ、それらが私をふたたび揺り動かした、あるいはうちゆすぶるように思われた。——（中略）——そして生命とはなにかという謎は解かれないままであったが、私はこうして深淵から引き返してきたことに、あの畏しい懐疑の秘儀への参入から解放されたことに、感謝したのであった」（梶田啓三郎 訳, 1969）

少々引用が長くなったが、シモンズ氏の言うところの、「単なる現象的な意識を満たしているすべての環境は、幻影のような非実在であるという印象を植え付けた」「そういう裸の、鋭い感覚的知覚を伴った、形のない存在状態」として捉えられる宗教的な神秘体験には、強い情動状態を伴った自己意識（セルフアウェアネス）の突然の変容と、その結果として、自らを取り巻く環境との関わりかたとその感じ方の変化が強烈に意識されることが分かる。「空間と時間と感覚と、私たちが好んで自己と呼んでいるものの性質をなしていると思われる経験の種々さまざまな因子とが、一つまた一つと、だんだんに、しかし速やかに消えてゆき」、「最後には、純粹な、絶対的な、抽象的な自己のほかになにも残らなかった。宇宙は形もなくなり内容も空虚になってしまった。しかし、自己は、恐ろしいほどいきいきと鋭く研ぎすまされた」のである。ここには、いまこの状態に「マインドフル」になった自己意識の変化が見事に記述されている。

この記述に見られるように、個人的、宗教的な神秘体験あるいは回心においては、自己意識の変容が中心的なテーマである。自己意識の拡大または消滅、非物質的世界との結合感、恍惚感、畏敬の念、悟りの心境、死者の霊との交信など、さまざまな側面において自己及び自己に対する意識に顕著な変容が起きる。つまり、宗教的な神秘体験を理解する鍵となるのが、自己意識だと考えられる。こうした自己意識の変化は、突然予期しない形で生じることあれば、宗教的な修行や瞑想で意図的に起こすこともある。また、自己への意識の変化を期待して薬物を摂取する方法も用いられる。

どのような方法であれ、こうした自己意識の変容は、自己意識を生み出している脳の働きの変化が引き起すことはいうまでもない。

本稿では、自己意識を巡る問題について、主に脳科学の立場から考えてみたい。また、自己意識の変容を起こす神秘体験や瞑想による自己意識の変化などに関する、これまで報告されてきた興味深い脳科学研究を紹介する。

2 自己を生み出す脳

「あなたは何者ですか？」という問に対してどのような回答があるだろうか？ある人は、履歴書のように、生まれてから現在までの自分の経験を語るかもしれない。いつ生まれて、どのような経験をしてきたのか？未来の夢はなにか？つまり、過去から現在、未来まで一貫して登場する物語の主人公が自分である。このように語るができる自己を、ナラティブセルフという。

これに対して、たとえ記憶を喪失して自分の過去をなくしたとしても、なお残る自己、つまり自己の要件を最低限満たしているミニマルな自己というものがありうるだろう。自分は、いろいろなことを感じている身体をもったなにものかであり、たとえば、手を動かそうと自ら意図すると、その意図通りに自分の手を動かすことができる、こうした経験の主体となる身体としての自己が自分である。このような基本的で原初的な、なにものかであり、直接体験される自己を哲学者のギャラガーらは、ナラティブセルフと対照させて、ミニマルセルフと名づけた (Gallagher & Zahavi, 2007)。

さらに、自己は、社会関係のなかから構築されるものとみなすこともできる。群れのボスとして、あるいは母親としての自己、こうした集団の中の他者との関係から生まれる自己をソーシャルセルフ(社会的自己)という。

以上見たように、自己とは多様で重層的な概念であるが、自己に関わる脳メカニズムの研究は、複数の自己生成システムが脳内に存在することを

明らかにしてきた。そこでまず初めに、自己意識に関わる脳の仕組みについて、これまでの研究を概観することしよう。

2-1 ミニマルセルフ

2-1-1 ミニマルセルフとはなにか

ミニマルセルフとは、自己であることを最低限満たすなにものかであり、それは、自分が今ここにあるという、身体感覚に基づいた原初的な意識のことである。いまこのように自分は感じている、自分が存在しているという感じ、身体内部と外界の膨大な感覚を受け止めている主体が自分であるという「現前性」の意識がミニマルセルフである。ミニマルセルフを支える基本的な要素が、自己意識のハブとなる身体である。ミニマルセルフは、自分の身体は自分のものだという感覚（これをオーナーシップ感覚という）、身体を動かしているのは、他者ではなく、他ならぬ自分自身の意思であるという感覚（これをエージェンシー感覚という）、視覚、聴覚、触覚などの外界からの外受容感覚と自分の身体の内部からやってくる内受容感覚を統合した、いまここに、いろいろな感覚を受け止めている自分が存在しているという感覚（これを現前性の感覚という）、さらには、自分が世界のどこに存在しているかというナビ感覚という、異なった、しかし通常では互いに渾然一体となった感覚から成り立っている。これらの感覚はあまりに当たり前で、普段格別に意識することはないかもしれない。しかし、ミニマルセルフを生み出すこれらの感覚に異常が生じると、自己意識が大きく変容してしまうことが知られている。以下に、そうした特殊な事例を見ながら、ミニマルセルフの構造について解説する。

2-1-2 身体のオーナーシップ感覚

朝ベッドから起きて、庭の椅子に座って朝食を始めた自分を想像してみよう。この瞬間に、庭の木々から鳥のさえずりが聞こえてくる。頬に当たる朝の日差しや心地良い風を感じる。テーブルの上のカップからは香ばし

いコーヒーの香りが漂ってくる。また、食べ始めたジャムトーストの甘い味覚を感じる。これらの視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚、温度感覚など、外界からやってくる豊穡な感覚の波を自分の身体が受け止めているのが感じられるだろう。さらに、自分の心臓の鼓動や胃の蠕動、呼吸の際の横隔膜が上下する感覚など、自分の身体が発する多彩な身体内部の感覚もまた同時に感じられる。身体の内と外の求心性の膨大な感覚情報を知覚することで、それらの感覚を受け止めているのが、まさに自分の身体に他ならないという身体のオーナーシップの感覚が生まれてくる (Tsakiris et al., 2007)。これにより、自分が「ここにいる」感じ (the sense of being there, Lombard & Ditton, 1997) または「いまここ」にある感じ (being now there, Metzinger, 2003) という自己の現前性 (presense) の感覚が生じる。

身体失認におけるオーナーシップ感覚の変容

しかし、このオーナーシップ感覚が変容を起こすと、自分の身体が自分のものだと感じられなくなる。脳梗塞患者では、しばしば半側身体失認という症状が起きることが知られている。半側身体失認は、脳の右半球の梗塞で身体の左側の身体のオーナーシップ感覚が失われる症状のことである (丹治, 2013)。患者は、自分の身体の麻痺を否認したり (病態失認)、半側の身体を動かさなかったり (不使用)、自分の半側の四肢が自分の身体の一部であると認識できない。

幻肢

身体が揃っているのにその一部を認識できない身体失認とは反対に、四肢の一部が失われているにも関わらず、まだ存在しているかのように色々な感覚が生じる現象が幻肢 (phantom limb) である (Ramachandran & Blakeslee, 1997)。例えば、戦闘で片足を失った患者が回復後に失った脚の痛みを訴えることがある。このような、四肢切断後も続く慢性的な痛

みを幻肢痛といい、あたかも失われた四肢がまだ存在するかのように、患者は、きわめてリアルに痛みを感じる。幻肢痛は、もちろん実際の身体部位の痛みではないので、鎮痛剤は効果がない。その結果、患者は長い間、痛みに苦しめられることになる。

幻肢が生じる原因は、いまのところ完全には解明されていない。末梢の感覚神経の切断部位が刺激を受け、この誤った感覚情報が脳に伝えられて、存在しない手足の感覚が生じるとする末梢起源説がこれまで提唱されていたが、現在では、幻肢に関する中枢性メカニズムが有力視されている。四肢の感覚情報は、感覚神経を經由して身体とは反対側の頭頂葉体性感覚野に投射される。ここでは、頭や四肢などの部位に対応した身体マップが描かれている。四肢の切断が起きると、感覚神経の体性感覚野への投射パターンの再構成化され、新たな身体マップが作られることが明らかになっている。右手の体性感覚は左半球の頭頂葉体性感覚野に投射するが、右手を切断して右手からの投射線維が失われると、近接領域に投射している他の線維（たとえば、頬の感覚神経）が入力の失われた領域に侵入して身体地図の再マッピングが起きる。その結果、頬に触られると、無くなった手に触れられたように感じられるのである。

幻肢の治療には、体性感覚の再マッピングが有効である。幻肢痛の治療法である「鏡の箱」を使った例では、箱によって失われた手の位置を隠しながら残された正常な片手を箱の側面の失われた手の位置に映しだす。残された手に接触刺激を加えると、失われた手が刺激されたように感じられるようになり、やがて幻肢を動かすといった感覚が生まれてくる。こうした訓練によって幻肢をコントロールできるようになると、幻肢痛を軽減することが可能となる（Ramachandran & Blakeslee, 1997）。

ラバーハンド・イリュージョン

身体失認や幻肢といった病理的なケースだけでなく、健常な人においても、身体のオーナーシップ感覚は容易に変化する。ラバーハンド・イ

リュージョンという錯覚では、特殊な実験条件下で、ゴムの手がまるで自分の手のように感じられるのだ (Botvinick & Cohen, 1998)。実験では、被験者はテーブルに片手を出すよう指示される。片手はスクリーンで遮蔽されて被験者からは見えないようになっている。その手の脇にゴムでできた人工の手を置く。ゴムの手の手元は覆われて見えないが、あたかも被験者の手に見えるように置かれている。被験者には、ゴムの手に注意を集中するよう指示する。この条件下で、実際の被験者の手とゴムの手に同時に、筆などで刺激を与える。この刺激を数分間持続すると、被験者はやがてゴムの手の刺激が自分の手への刺激のように感じられるようになってくる。最後に、スクリーンを取り除いて、自分の手に触るよう指示すると、驚くべきことに、被験者はゴムの手を触ろうとした。自己の手とゴムの手に対する触覚刺激が同期し、かつゴムの手が撫でられているのを見ているという視覚刺激によって、自己の身体イメージが容易に自己の身体から外部へ拡張することが示唆されたのである。この実験から、身体の自己所有感は絶対的なものではなく、変容可能で柔軟なものであるということが出来る (平原, 2013)。

自己視

身体のオーナーシップ感覚が失われた他のケースに、自己視 (autoscopy) という現象がある。これは、自分の身体から魂が抜けだして、自分の身体を眺めているという奇妙な幻覚である。自己視は、(1) 自己像幻視 (autoscopy hallucination)、(2) 身体離脱 (out of body experience)、(3) 幽体離脱 (heautoscopy) という3つの異なるタイプに分けられている (Lopez, et al., 2008)。

第1の自己像幻視では、自己の身体イメージには大きな変化はなく、自己の身体感覚や位置感覚は維持されているものの、自己の身体があたかも鏡に映しだされているように、外部に投影されており、眺めることができる。見える自己像は、頭部や頭部を含む上半身であり、全身が見えること

は少ない。自己像幻視は持続時間が短く、また他の錯視を伴う場合が多い。第2の身体離脱現象では、身体から抜け出した魂が上から自己の身体を見つめているように感じられる。身体は横たわっており、それを上方から眺めている自己の魂が生き生きとリアルに感じられるのが特徴である。後述する臨死体験において、この心身離脱がしばしば起きることが報告されている。第3の幽体離脱は、自己像幻視と身体離脱との中間的な特性をもっている。幽体離脱では、自己が身体にあるのか、その身体を見つめている自己にあるのかが判然としない場合が少なくない。このため、自己意識が身体と身体を見つめる自己の間を行ったり来たりする。

オーナーシップ感覚の脳内機構

身体のオーナーシップ感覚は、どのような脳の部位が関与しているのだろうか？身体の内外的感覚を統合して、「いまここ」に自分がいるという現前性を生み出しているキーとなる部位が島皮質である。島皮質は大脳皮質の一領域であるが、側頭葉と頭頂葉を分けるシルビウス裂の内側に折りたたまれていて、外側からみることができない。島皮質は、内受容感覚野ともいい、身体内部の様々な感覚の処理に関わっているが、それだけでなく、身体情報を情動やより高次の認知に統合する役割を果たしている(Craig, 2009)。右半球の島皮質の活性レベルと半側身体失認の程度に強い関連性があり、右側島皮質は半側身体失認の責任病巣であるとされている。それゆえ、右島皮質は、身体のオーナーシップ感覚を構成する脳内ネットワークの中心的な部位であると考えられている。

オーナーシップ感覚には、島皮質だけでなく、後部頭頂葉下部の頭頂側頭接合部も関与している。頭頂葉の損傷、とりわけ右側の損傷で身体の所有感覚が損なわれる。また、臨死体験では、心筋梗塞で脳が虚血状態になると、まず初めに脳血管の末端部で血流が途絶する。頭頂側頭接合部は、脳血管の末端部に当たるので、虚血の影響が真っ先に起きる部位である。頭頂側頭接合部の機能低下により、この部位が関与する身体の所有感覚が

障害されて、身体離脱体験が起きるらしい。幽体離脱は、側頭葉てんかん、島皮質の腫瘍形成、腸チフス、偏頭痛、統合失調症やうつ病などの精神疾患などに伴って起きる。また、左側側頭頭頂接合部が責任病巣であるとする知見がある (Lopez et al., 2008)。

2-1-3 身体のエージェンシー感覚

身体オーナーシップ感覚とカップリングしたもう一つの重要な感覚が、自分の身体を動かしているのは、自分自身であるという身体のエージェンシー感覚である。

予測と予測誤差

エージェンシー感覚がどのように生じるかを説明する理論に、内部モデル理論がある (Francis & Wonham, 1976)。この理論では、脳は常に自分の動作と動作の結果に関する予想を行うマシーンであると考えられている。例えば、目の前のカップをつかむといった動作をする場合、脳はカップをつかむ動作の指令を運動系に送るとともに、その指令のコピーである遠心性コピーに基づき、その動作を行うことで手の感覚にどのような変化が生じるかを予測する (この予測を順モデルという)。そして、予測された結果と実際に起きた感覚の変化を比較して動作の有効性を判断し、もしも予測が不正確で予想誤差が大きければ動作を修正するための新たなプランを作成する (これを逆モデルという)。

なぜ脳は予測を行うのだろうか？その理由は、我々と世界との関係は、我々自身の動作によって常に変化するので、安定した外界のイメージを保持するためには、予測が必要不可欠だからである。眼球を左右に動かすと網膜に映る像は大きく変化するが、網膜の視覚的イメージだけでは、網膜像の変動が外界の変化によるものか、それとも自分自身の眼球が動いたことによる変化なのか、判断できない。そこで、自分の目を動かすという動作により、視覚的イメージがどのように変化するのかを予測することによ

り、視覚イメージの変化を知ることができる。眼球の動きの予測と網膜像の変化が一致した場合は、知覚される外界のイメージに変化はない。予測と実際の変化の差分が外界の変化による視覚イメージの変化と判断できる (Bridgeman, 2010)。

動物を用いた実験で眼を通常とは異なる位置に固定すると、予測されたイメージと実際のイメージに常に誤差が生じるので、この誤差をなくそうとする異常な行動が起きる。スペリーらが行った古典的実験 (Sperry & Arora, 1965) では、魚の左眼の向きを手術で180度曲げ、そのうえ右眼を閉じてしまうと、魚は左か右のどちらかの向きで回転行動を起こした。魚の正常な右目は閉じられているので、180度向きが変わってしまった左目からの視覚情報は、予測と全くマッチしない。そのため、誤差を解消しようとして、魚は身体の向きを変え続けて回転運動を起こすのだ。

脳は常に予測を行い、予測と実際の変化の比較をしているが、このプロセスは自動的なので、予測していることに自ら気づくことはないだろう。そこで、脳の予測が動作を自動的に修正していることを示す簡単な実験をやってみよう。左の手のひらに水の入ったカップを乗せる。このコップを自分の右手で持ち上げても、左手の位置に変化は起きないだろう。しかし、他者が左の手のひらのカップを持ち上げると、左手がすっと上方に動いてしまうはずである。自分でコップを持ち上げても手は動かないのに、他人が持ち上げると手が勝手に動いてしまうのはなぜか。自分でコップを持ち上げる場合には、遠心性コピーによって動作結果が予測可能である。この予測に基づき、コップを取り除く動作の結果起きる左手における重さの感覚変化を予測することが可能となる。これにより、コップを保持していた手の位置が、コップを取り除いても変化しないよう補正することができるのである。しかし、他者がカップを持ち上げる時には、遠心性コピーが存在しないので、手の位置を補正するための予測ができない。このため、これまでカップを支えていた手の力を生み出す指令がそのまま残り、コップが取り除かれると手が上方に動いてしまうのである。このように、順モデ

ルによる動作結果の予測誤差の大きさは、自他の動作を区別する出掛かりになる。自分の動作の場合は予測可能なので、予測誤差は小さい。しかし、他者の動作は予測不能のため、予測誤差は大きくなる。予測誤差の大きさが、行動が自分のものかどうかというエージェンシー感覚を決定しているのである。

エイリアンハンド症候群

身体に関するエージェンシー感覚に障害が起きると、日常生活に様々な不都合が生じる。エージェンシー感覚障害の奇怪な事例が、エイリアンハンド症候群である (Biran et al., 2006)。エイリアンハンド症候群の患者は、自分の手が自分の身体の一部であるという認識は保持されており、手に対するオーナーシップ感覚は残存しているが、手に対する行為者 (エージェント) としての自己意識が損なわれているので、自分で手の動きをコントロールすることができない。手があたかも自ら意識をもっているように勝手に動くように感じられるのだ。エイリアンハンド症候群は、脳梁を切断した分離脳患者にしばしば発生する。分離脳とは、てんかんの病巣除去手術などによって、左右の大脳半球を結ぶ線維の通路である脳梁が切断され、左右の大脳半球が分離状態になってしまった脳のことである。左右の脳が分離独立しているため、それぞれの半球は身体の片側のみをコントロールできるが、反対側の身体情報を受け取ることも、身体をコントロールすることもできない。このために、片側の手を自ら動かすことができない、あるいは勝手に動いてしまうという感覚が生まれるらしい。エイリアンハンド症候群はまた、脳梗塞で前頭葉、頭頂葉、後頭葉が広範に障害された患者においても発症例が知られている。これらの例では、運動の指令を出す運動野が、感覚情報を統合して指令作成に必要な動作の企画や構成を行う運動前野から分離されてしまうことが、症状を生み出す原因になっているらしい。

統合失調症

エージェンシー感覚の障害と考えられる第2のケースが統合失調症である。主要な精神疾患である統合失調症には、幻覚、妄想、思考の異常などの統合失調症患者に特有の症状（これを陽性症状という）と感情鈍麻、ひきこもりなどの、健常者が本来持っている機能が統合失調症患者では欠けている症状（これを陰性症状という）がある。このうち、統合失調症の陽性症状には、次のような一連の特有の症状が含まれている。その一つが、他人の考えが自分の中に入ってくる、誰かに考えを吹きこまれていると思ひ込む、思考吹入である。また、行動の主体性がなくなり、誰かの命令で行動したように感じ、勝手に身体が動いてしまうと感じる場合もある。陽性症状の中でも最も特徴的なのが、実際には存在しない声や音がリアルに聞こえる幻聴である。人の声が外から、あるいは頭の中で聞こえてくる。その内容は、「なにになしろ」という命令や「お前はバカだ」といった攻撃的なものが多い。幻聴は耳を塞いでも聞こえるので、患者の苦痛は大きい。

なぜ、他人の考えが自分の中に入り込んだり、存在しない人の声が聞こえるのだろうか？最近の理論では、統合失調症は、適切な予測コードを生成できず、予測誤差が拡大して自他の区別がつかなくなるエージェンシー感覚の障害であると考えられている（Firth, 1992; Blackmore et al., 2002）。幻聴を聞いている統合失調症患者をよく調べると、患者の口部の筋肉は動いており、幻聴は患者のつぶやきに他ならないことが明らかになった（McGuigan, 1966）。また、患者の独言をモニターすると、幻聴の内容と一致したという報告もある（Green & Preston, 1981）。このように、実際には自分の独言であるにも関わらず、患者は自他を区別できないので、自己の発話を他者に帰属してしまう。そのために、他人の声が幻聴となって聞こえてくるのである（浅井・丹野, 2010）。また、健常者では、くすぐるという運動指令の遠心性コピーが感覚野に送られてくすぐったい感覚を抑制するので、自らくすぐってもくすぐったく感じることはない。しかし、予測コードが生成できない統合失調症患者は、自分をくすぐると、他人にく

すぐられたようにくすぐったく感じてしまう (Lemaitre et al., 2016)。

2-1-4 身体の位置感覚

エゴセントリックとアロセントリックな自己定位

自己意識にとって重要な要素の一つが、空間認識である。我々は空間をどのように認識するのか、その空間の中で自己の占める位置はどこなのか？世界と自己の関係について、2つの異なった視点がある。第一は、自己を中心において世界を見る視点である。天動説のように、原点である自己との位置関係によって、世界を構成する、こうしたアプローチをエゴセントリック、自己中心的 (egocentric) 視点という。これに対して、地動説のように、世界を基準にして自己の位置を捉える視点を他者中心的なアロセントリック (allocentric) な視点という。

場所細胞と格子細胞

脳のナビシステムには、エゴセントリックとアロセントリックの2つのメカニズムが揃っている。視覚について考えてみよう。光子が網膜に当たって視細胞が興奮し、その電気シグナルを受け止めた脳の視覚野において、世界の視覚像が構成される。こうして出来たイメージはもちろん自己から見た世界であり、エゴセントリックな視点で出来上がっている。

一方、世界のどこに自分は存在しているのか？このような空間の中の自己の位置をどのように知ることができるのか？2014年のノーベル医学賞は、脳の中のアロセントリックなナビシステムを解明した研究に与えられた。受賞者の1人であるオキーフは、ラットの海馬に電極を慢性的に埋め込んで、迷路走行中の海馬ニューロンの活動を記録した (O'Keef & Burgess, 1996)。その結果、海馬のニューロンは、ラットが迷路の中のある特定の場所にいる時に発火することが明らかとなった。このような、特定の場所をコード化しているニューロンを場所細胞という。オキーフの弟子であるモザー夫妻は、海馬への入力部位である嗅内野という部位のニューロン活動を記

録すると、ラットが動いた空間の複数の場所に反応するニューロンがあることを見出した (Moser & Moser, 1998)。ある特定のニューロンが反応した場所をつないでみると、六角形の格子状のパターンが見つかったのである。モザー夫妻は、嗅内野のニューロンを、その格子状発火パターンから格子細胞と名付け、格子細胞は、空間における座標軸に関する情報を提供すると考えた。格子細胞の座標軸の情報は海馬に送られ、個別の場所に対応する場所細胞の情報がグリッドに書き加えられることにより、脳内に空間地図が描かれるのである。

世界のどこに自分がいるのかを認識することは、空間の中を移動して餌を獲得したり、縄張りを確保するために必須の能力である。ロンドンのタクシー運転免許を取得するには、ロンドン市内のあらゆる通りの名前を覚えなければならない。免許を取得するには、何度もテストを受けて数年かかるという。このきわめて難しい免許試験に合格したタクシー運転手の海馬を調べると、試験の不合格者や一般人と比べて、海馬が大きくなっていることが明らかとなった (Maguire et al., 2006)。タクシー運転手は、分厚い地図帳のように、学習によって海馬の場所細胞に詳細な空間地図を書き込んでいるためである。この脳内ナビシステムに異常が起きて、空間の認知地図が破損すると、場所の見当識が障害されて自分が世界のどこに存在しているかがわからなくなる。動物の海馬を破壊すると、迷路学習成績が著しく悪くなる。アルツハイマー病では、様々な侵襲に脆弱な海馬の細胞が真っ先に脱落する。そのため、脳のナビシステムは機能なくなり、患者は外に出ると自宅に戻れずに迷子になってしまうのである。

2-2 ナラティブセルフとデフォルトモード・ネットワーク

ミニマルセルフに対して、語ることでできる自己であるナラティブセルフに関わっているのがデフォルトモード・ネットワークという、脳内システムである。このシステムの働きにより、我々は過去の自分を振り返り、未来の自分を想像することができる。

2-2-1 デフォルトモード・ネットワークとはなにか

一日に我々が消費するエネルギー量は、およそ2000kcalであるが、脳はそのうち20%の400kcalのエネルギーを使って活動している。この脳が使う400kcalのエネルギーのうち、脳が意識的な活動をしていないベースラインのアイドリングの状態、60-80%のエネルギーが消費されており、脳が具体的な仕事や読書をするために使うエネルギーは、ベースライン量の5%程度しかないという。つまり、何もせずにぼんやりとしている時に脳は大量のエネルギーを使っていることになる。ワシントン大学のマーカス・レイクルは、この膨大なエネルギーを宇宙のダークエネルギーになぞらえて、脳のダークエネルギーとよんだ (Raichle, 2010)。

脳は、この大量のエネルギーを消費していったいなにをしているのか。この謎を解明するために、レイクルらは、高い注意力が求められる認知課題を行っている時の脳活動と何もしていない時の脳活動の比較を行った (Raichle & Snyder, 2007)。認知課題遂行中には、脳の注意に関与する部位が高い活動性を示す。しかし、内側前頭前野と後部帯状皮質という2つの領域は、認知課題遂行時に活性が低下し、むしろ何もしていない時に活動レベルが高まることが明らかになったのである。レイクルは、このボンヤリしている時に活動する、内側前頭前野や後部帯状皮質を含む機能的結合を示す脳のネットワークをデフォルトモードネットワークと名付け (以下DMN)、特定の課題遂行と関わりのない、ベーシックで重要な心的活動を支えている役割を担っていると考えている。DMNには、前頭前野内側部、後部帯状皮質の他、楔前部、内側頭頂皮質、外側頭頂皮質、下頭頂皮質 (前部及び後部内側皮質、両側性側頭葉、上部前頭葉・頭頂葉) などが含まれる。これらの部位は機能的に連関しており、0.1ヘルツ (10秒間に1回の割合) でリズムに連動している (Raichle, 2010)。

2-2-2 デフォルトモード・ネットワークと自己言及プロセス

デフォルトモード・ネットワーク (DMN) は、一体どのような働きを

しているのだろうか。最近の諸研究の結果、**DMN**の機能は、いわゆる内省すること、すなわち、過去の記憶を参照しながら自己に関わるさまざまな情報を意識的に処理する自己言及プロセスにあることが明らかになってきた。

グスナードら (Gusnard et al., 2001) は、「お人好し」、「おこりっぽい」などの人格を示す様々な言葉が提示し、その表現が自分のことを言い表しているかどうか、被験者に尋ねて、その際の脳活動を検討した。被験者は、判断の際に自分のストーリーを展開して、これらの形容詞が自分のパーソナリティの記述として適切であるかどうか自問自答しなければならない。こうした自己言及的プロセスが起きると、**DMN**の中心的なハブの役割を果たしていると考えられている内側前頭皮質や後部帯状皮質の活動が特異的に高まることが分かった。また、セステイエリら (Sestieri et al., 2011) の研究では、被験者に30分間のテレビドラマを見せた後に、ドラマの人物の登場場面に関する記憶について質問を行った。質問リストには、たとえば、「ラリーのオフィスの壁に掛かっていたのはどんな絵でしたか」といった項目が含まれている。被験者のエピソード記憶想起時の脳活動を調べると、**DMN**に含まれる角回という頭頂葉の一領域が活性化した。さらに、アンドレアスら (Andreasen et al., 1995) は、これまでの人生における印象深い記憶、たとえば、初恋や入学式などの自伝的記憶を想起してもらい、その間の脳活動を記録したところ、自伝的記憶の想起によって**DMN**の活性が高まることを確かめている。さらにまた、**DMN**は「心の理論」すなわち他者の心の状態を推し量る心の働き (メンタライズ) にも関与しているという。アモディオとフリス (Amodio & Frith, 2006) は、被験者にいろいろなストーリーを提示して、ストーリーに登場する人物の気持ちを推し量ってもらった。その結果、他者の心を推し量る際に**DMN**の活性が高まることが確かめられた。**DMN**が道徳的判断、とくにモラルジレンマ (5人を救うために1人を犠牲にできるか) に関与していることを示唆する報告もある (Greene et al., 2001)。

このように、**DMN**が関係する機能には、過去の自分の人生を思い起さず、自分の将来を想像する、他者の心を推し量る、道徳的判断を下すなどなど、さまざまな心的プロセスが含まれる。一見して異なって見えるこれらの多様なプロセスに共通するものはなにか？自分自身の心の働きを深く考え、反省し、まとめる。また他者の心のあり方についても、深く思いを馳せる。これらの心の働きを一言でまとめると、内省として捉えることができる。**DMN**は、具体的な課題の解決を迫られていない、ゆとりのある余った時間を使って内省を行う神経システムであると考えられる (Jack & Shallice, 2002)。

一方、ハーバード大学のバックナーら (Buckner et al., 2008) によれば、**DMN**が関わる過去と未来、自己と他者など、それぞれ異なる心的活動に共通するのは、「いまここの自己」とは異なる自己を想像することであるという。バックナーらは、**DMN**は2つのサブシステムから成り立つと考えている。サブシステムの一つは記憶系 (側頭葉) であり、もう一つが、この記憶に基づいて自己に関連した事柄についてシミュレーションを行うシステムである。バックナーらによれば、**DMN**は、過去の経験を活用して将来起きうることを予測する「ライフシュミレーター」であるという。**DMN**は、環境からの刺激を分析し、それに適切に反応する「いま、ここ」の現在に関わるシステムと拮抗的に働き、いまここから自己をいったん遮断して、過去の記憶を参照しながら将来を予想するシステムであるというのが彼らの考えである。

2-2-3 さまよう心：**DMN**とマインドワンダリング

これらの研究から示唆されたように、**DMN**は、脳が特定の認知課題に取り組まなくてよいアイドリング状態を活用して、自伝的なエピソード記憶を呼び出して過去の自己を反省したり、あるいは自己の未来を夢想するといった、いわば白昼夢に近い心的活動を行っていると考えられている。「いま、ここ」の自己ではなく、過去や未来を行き来して自己の物

語を紡ぐ装置であると言い換えてもいいかもしれない。こうした心的活動は、自己意識を支える重要な役割を担っているのはいうまでもないだろう。しかし一方で、この状態は、心が定まらずにさまよっている状態でもある。心がさまよっている状態を英語で、マインドワンダリング (mind wondering) という。また道教の「散心」という用語も、マインドワンダリングに近い状態を指している。DMNが働いていると、マインドワンダリングが起きることを示す様々な証拠が集まりつつある。

そもそも、マインドワンダリングは覚醒中の心的活動時間のおよそ50%もの時間を占めていると推定される。キリングワースとギルバート (Killingsworth & Gilbert, 2010) は、ネット上にサイトを立ち上げて、調査に協力してくれるボランティアを募り、83カ国に及ぶ国々の5000名からデータを集めて、人々が何もしていない時の心のさまよいとその際の感情との関係を検討した。質問は、(1) いま、なにをしていますか？ (2) いま、していること以外のことを考えていますか？ (3) いま、どれくらい幸せですか？の3項目である (0-100段階評価)。こうして集められた膨大なデータを解析したところ、46.9%のサンプルでマインドワンダリングが生じており、日々の生活における種々の心的活動のうち、少なくとも30%の割合でマインドワンダリングが観察された (ただし、セックス中にマインドワンダリングはほとんど見られなかったという)。また、マインドワンダリングと幸福感には負の相関が認められ、マインドワンダリングが起きる頻度が高いほど、幸福感は低下する傾向があった。マインドワンダリングは42.5%がポジティブな内容であり、ネガティブなトピックは26.5%、ニュートラルなトピックは31%であった。しかし、ポジティブなトピックのマインドワンダリングが起きている時ですら、マインドワンダリングが生じていない時と比べて幸福感は高くなかった。ニュートラルあるいはネガティブなトピックのワンダリングでは、幸福感は著しく低下した。統計解析の結果、マインドワンダリングは低い幸福感の結果ではなくて、その原因であることが明らかになっている。以上の結果から、キリングワース

とギルバートは、さまよう心は不幸な心であると結論づけている。

2-2-4 DMNとうつ病

DMNが暴走すると、過剰な自己批判と抑うつ感情が生まれてくる。それがうつ病である。うつ病の認知理論を提唱したバックによると、うつ病患者には特有の認知的な歪みがあるという。ものごとを極端に、「全か無か」「白か黒か」に分けて考えようとしたり、ささいな出来事を重大視し、自分の人生が破滅してしまうと考える。さらに、身の回りで起きる良くない出来事を何でも自分の責任だと思ってしまう。こうした自己否定的な認知の歪みは、抑うつ感情を強めるが、抑うつ的な状態ではますます自責感が高まる。こうしてネガティブなフィードバックにはまってしまうことで、うつ病の症状が悪化してしまうのだ。うつ病患者のDMNを調べると、過活動状態にあることが認められている。DMNの過剰な活動はうつ症状の重症度と相関する。うつ病では、内省システムであるDMNが暴走して、くよくよと自分のマイナスのことばかり頭に浮かび、自己否定的な認識に脳活動が費やされているのである（亀谷, 2002）。

2-3 社会的自己とミラーニューロン

DMNが自己言及プロセス、物語としての自己というべき自己処理プロセスに関連しているのに対して、それとは異なる自己を表象しているのが、ミラーニューロン・システムである。ミラーニューロンは、他者の行為や情動、感覚を脳の中でシミュレートし、他者の心を理解し、共感する役割を担っていると考えられている。

2-3-1 ミラーニューロンの発見

ミラーニューロンが最初に発見されたのが、動作に関わる前頭葉にあるF5と呼ばれる運動前野の脳領域である。

サルの前頭葉運動野について研究していたイタリアのパルマ大学のリゾ

ラッティ (Rizzolatti, G) らの研究グループは、サルに慢性的に電極をうめ込み、ピーナッツなどをつかむなどの動作をした時のF5のニューロンの活動を調べる実験を行っていた。脳の単一ニューロンの活動を調べる実験では、オシロスコープにニューロンの電気活動を表示するとともに、この電気活動を増幅して音に変換する方法がしばしば用いられる。ニューロンの活動が増えると、ザザーという音が高まり、ニューロン活動の変化を直感的に捉えやすくなる。

ある日の実験の休憩時間中に、研究助手がサルの前でカップを手にとってコーヒーを飲んだ時のことである。その時、助手の目の前の檻の中にいたサルのニューロン活動を示すスピーカーの音が急に大きくなった。サルは、その時なんの動作もしていなかった。ただ、目の前で助手がコーヒーカップをつかんだのを見ていただけである。ただ他者の動作を観察しただけでサルの運動前野のニューロンが突然活動を始めたのである。自らある動作を行う時のみならず、他者が動作をするのを観察するだけで活動するニューロンが存在することが、このエピソードをきっかけに発見されたのである。これは驚くべき発見であった。模倣や共感といった社会性の基礎をなす神経システムが見つかったのだ。発見されたニューロンは、他者の動作に鏡のように反応することから、ミラーニューロンと名付けられた (Rizzolatti & Craighelo, 2004)。

2-3-2 ミラーニューロン系の機能

ミラーニューロンは、観察した動作にどのように反応しているのか？ミラーニューロンを巡る活発な研究が行われ、その結果、ミラーニューロンの本体がおぼろげながら分かってきた。例えば、リゾラッティのグループが行った実験では、赤毛ザルに、手でカップをつかむ動作と、それと同じ動作をするが実際にはカップをつかまない動作を見せた。同じ手の動作であっても、カップをつかむという明確な意図をもっていない動作にミラーニューロンは反応しなかった。この結果は、ミラーニューロンが身体の

特定の活動パターンに反応しているのではなく、動作の「意図」の読み取りという高次の機能に関係していることを強く示唆する (Rizzolatti & Craighelo, 2004)。

運動前野で発見されたミラーニューロンは、その後の研究で運動に関連する脳部位以外の情動や感覚に関与する脳領域にも遍在することが明らかになっており、動作の意図の理解だけでなく、他者の感情や感覚を理解し、他者の心に共感するうえでも重要な役割を果たしているらしい。

情動や感情の共感に関わるミラーニューロンの存在する脳部位のひとつが島皮質である。フリップスらの実験 (Phillips et al., 1997) では、様々な感情を表出した顔写真を被験者に提示し、その際の脳の反応を脳画像法によって検討した。島皮質は、自分が不快な感情を味わっているときに活性化することがすでに明らかになっていたが、Phillipsらは、自ら不快な体験をした時のみならず、他者の不快な表情を見るだけで、島皮質が活性化することを見いだした。他者の表情を観察すると、その表情に含まれる情動成分が島皮質においてシミュレートされ、その結果、他者の情動に対する理解と共感が生まれると推察できる。他者の不快な表情によって生じる島皮質の活性化の程度は、共感性テストの成績と正の相関があることから、島皮質が他者の心を理解する共感性に関与しているといえよう (Jabbi et al., 2006)。前述したDMNの他者の心を推測する心の理論 (Theory of Mind: TOM) 機能は、「私は他者の心の状態を知っている」というクールな共感性であったのに対して、ミラーニューロンによる共感とは、「私は他者と同じように感じている」というホットな共感である点に違いがある。

さらに島皮質は、情動のみならず、痛みの感覚にも関与している。ジャクソンら (Jackson et al., 2005) は、ドアに指を挟んでいる写真やナイフで指をカットした写真など痛みを想起させる写真を提示し、その時の脳の反応を調べた。その結果、島皮質及び帯状皮質という自己が痛みに対応する部位は、他者が痛みを感じているのを見ただけでミラーリングを起こして活性化した。

このように、脳には、運動、感覚、情動に関わる多くの脳部位に他者の心をミラーリングするニューロンが遍在することが明らかになっている。では、ミラーニューロン系の機能はいったいなにか。ミラーニューロンは、他者の動作を観察者の脳のなかでシミュレートし、その結果を他者の動作の意図の理解に翻訳する働きをもっている。脳科学者のラマチャンドランは、他者の行為の意図を読み取る脳内システムとして進化したミラーニューロンが、ミラーを自己に向けることで、自己意識を生み出すことにも関わるようになったと考えている (Oberman & Ramachandran, 2008)。ミラーニューロンのもつミラーリング機能によって、鏡に映った自分の姿を眺めるように、自己の行為や感覚、感情を他者の視点から捉えることが可能になったのである。この説によると、まず他者の心を読み取る脳機能が進化し、その後この機能を活用して自己意識が生まれたことになる。

2-3-3 ミラーニューロンと自閉症

ヒトは社会的動物なので、他者への共感性が障害されると、社会生活が困難になる。自閉症スペクトラム障害の患者は、他者のこころに共感するための「こころの理論」をもつことができない。そのため、他者と社会的、情緒的な相互関係を築くことができない。

自閉症スペクトラム障害には、ミラーニューロンの機能不全が関与していることを示唆する証拠が得られている。ダプレットら (Dapretto et al., 2006) は、様々な表情をした人の写真を健常児及び自閉児に提示して、その表情を模倣するよう指示した。健常児と自閉症児は、どちらも表情の模倣をすることができたが、模倣した表情にどのような感情が表れているのか、自閉症児は分からなかった。表情を表面的に模倣できても、その背後にある感情を理解することができなかったのである。

他の研究では、脳波のミューリズムを指標として、自閉児のミラーニューロン障害を検討している (Obermana et al., 2005)。ミューリズムとは、7-11ヘルツの周波数帯の脳波で、他者の動作を見てそれを模倣する時に

ミューリズム抑制が起きることから、ミラーニューロンの活動性を反映すると考えられている。健常者と自閉症スペクトラム障害患者に、自分の腕を動かす、あるいは他人が腕を動かしているのを見るように教示すると、健常者では、自分の動作や他人の動作の観察時にミューリズム抑制が起きた。しかし、自閉症スペクトラム障害患者では、自分の動作時に抑制が観察されたが、他者の動作を見ただけでは、ミューリズム抑制が見られなかった。

丸い曲線でできた図形とギザギザ直線でできた図形を見せて、それぞれに、プーバかキキという名前をつけてもらうと、多く的人是、丸みのある図形にはプーバ、ギザギザの図形にはキキという名前を選ぶ。これをプーバ・キキ効果という。人は、異なるモダリティの感覚を統合することにより、意味あるものとして認知するので、プーバという音には、ふわふわした丸みのある図形を関連付け、キキという音にはギザギザした図形を連想するのである。こうした聴覚と視覚が交差する部位がミラーニューロン系に含まれる角回という部位であることが分かっている。しかし、自閉児では、プーバ・キキ効果が認められない。角回のミラーニューロンの障害が自閉児にプーバ・キキ効果が得られない理由と考えられる (Oberman & Ramachandran, 2008)。

3 神秘体験における自己意識の変容

これまで、自己意識を生み出す脳のメカニズムとして、ミニマルセルフに関わる脳の様々な仕組みやDMNとミラーニューロン・システムを取り上げて説明してきた。次に、これらの多面的な自己意識に大きな変容をもたらすヌミノーゼ的な神秘体験について、脳科学の立場から考えてみよう。

ここで取り上げる神秘体験とは、ルドルフ・オットーのいうヌミノーゼ (numinose)、すなわち、超越的なものに出会ったという、畏怖と魅惑を含んだ感覚を起こす体験のことである (Otto, 1917)。本稿の初めに述べた宗教における回心は、こうしたヌミノーゼ的な体験が契機となることが少

なくないが、回心の瞬間を科学的に捉えて研究することは困難なので、ヌミノーゼ的体験として捉えうるいくつかのケースを取り上げる。

3-1 臨死体験

すでに述べた身体離脱を伴うことの多い奇妙な体験が臨死体験 (Near death experience) である。臨死体験は、糖尿病患者の低血糖状態や心筋梗塞などで一時的に心肺停止状態になった後に蘇生した人々の間で、かなり高い割合で見られるが、「三途の川を渡ってあの世に行った」、「天国を垣間見た」といった報告が共通する。

臨死体験のある患者は次のように語っている (Lommel et al., 2001)。

「意識はとてもはっきりしていて、自分が死んでいるという自覚がありました。身体が暖かいなと感じたとたん、自分の魂が身体からすっと抜け出ると感じたかと思うと、自分の身体を上から見下ろしているもうひとつの自分がありました。そのうち、光のトンネルが見えて、自分が天国に昇っていくと思いました」。

オランダの研究者たちは、344人の心筋梗塞で死の淵を経験した患者にサーベイを行った (Lommel et al., 2001)。80%以上の患者は、発作が起きたときの記憶がなかったが、20%の患者では発作時のことを思い起こすことができた。さらに、このうちの約4割で臨死体験に該当する経験をしていることが明らかになった。つまり、調査した患者全体の8%が臨死体験を経験したことになる。臨死体験をした者のなかで、半数は死んでいると感じ、またポジティブな情動を経験したと答えている。約25%の患者が離人体験をしており、30%が光のトンネルの中を移動したという (Lommel et al., 2001)。

これらの報告から、臨死体験には、ある共通の特性があることが分かる。まず第1に、臨死体験には、自分が死んでいるという感覚が伴っているということである。さらに、人の声や鐘のなる音などが聞こえたとする報告が多い。また、光が見える、それが光のトンネルのように見えて、あたか

も天国の門のように思われたという。暖かさといった温度感覚を伴うことも多い。臨死体験では、こうした聴覚や視覚などの感覚が、現実であるかのようにきわめてリアルなものとして体験される。この他、身体的にも独特の感覚が生じる。それが、先に述べた、自分の魂が身体から分離したかのように感じられる心身離脱体験である。これは、魂が身体から分離して漂い、自分の肉体を上から見下ろしているという自己視という独特の感覚である。そして、自己を超えた、なにか超越的な存在に触れているかのように感じられるという。臨死体験には、強い喜びの感情が伴うことが多い。臨死体験そのものは、宗教体験というわけでないが、信仰をもった人には、臨死体験において、神に出会った、あるいは天国の入り口を覗いたかのように思われ、信仰を深める契機となることも少なくない。これは、ウィリアム・ジェームスが「宗教体験の諸相」で紹介している「回心」「神秘体験」の事例とも共通する。

臨死体験といった特殊な体験がなぜ生じるのか。臨死体験について、これまで様々な仮説が提唱されている。

まず第1の仮説が脳機能の障害説である (Lommel, et al., 2001)。この説は、脳虚血によって脳機能が障害されることで、臨死体験に見られる独特の経験が生じるとするものである。身体離脱が、頭頂・側頭境界域の血流低下で起きる可能性をすでに指摘したが、同様に、光の感覚や温度感覚などの臨死体験のその他の特徴的変化もまた、感覚野の機能障害によって説明可能かもしれない。光のトンネルは、臨死体験だけでなく、人為的に起こすこともできる。強いGホースを受けた航空機のパイロットは、数秒間視覚の周辺から中心にかけた部位が欠損してあたかもトンネルのように見えることがあるという。網膜の血流が低下して虚血状態になると、こうした光のトンネルの知覚が起きるらしい。緑内障の症状にも、トンネル視覚が含まれている。

また、臨死状態は、脳内麻薬用物質であるエンドルフィンの遊離が関与しているとする考えもある (Carr, 1981)。これが第2の脱抑制説である。

臨死状態の脳では、しばしば脱抑制が起きる。臨死状態から想像されるのとは反対に、臨死状態では神経細胞の間の抑制が外れて、脳が超覚醒状態になるのだ。脳の覚醒レベルが上昇したことを示すガンマ波という超高周波の脳波が観察される。脱抑制の結果、脳内では神経伝達物質の過剰遊離が起きる。エンドルフィンとは脳内麻薬と言われるように、モルヒネと類似した化学構造を持っている。エンドルフィンには、痛みを抑える働きがあり、また恍惚感をもたらす。臨死状態でエンドルフィン分泌が高まることで、臨死体験の基本的な特徴の一つである深い安らぎと幸福感が得られるのかもしれない。エンドルフィンは、脳内のミュー型オピオイド受容体に結合する。麻酔薬であるケタミンを投与すると、臨死体験に見られるような、強い幻覚や喜びの感情、離人体験が起きることがあるが、ケタミンはミュー型のオピエート受容体に結合することが分かっている。したがって、臨死体験における喜悦感、過剰に遊離したエンドルフィンがミューオピオイド受容体に結合した結果起きると考えられる。

臨死体験時には、実際には短時間であるにもかかわらず、これまでの自分の人生を振り返る人生の回顧（ライフレビュー）が起きることも知られている。人生における様々な出来事が走馬灯のように蘇り、その時の様々な場面や自分の感情を再体験するのである。人生回顧は、デフォルトモード・ネットワークの機能のひとつであるので、臨死時の脳の過覚醒には、デフォルトモード・ネットワークも含まれているのかもしれない。

3-2 メスカリン・LSDとサイケデリック体験

薬物と宗教は、歴史的に見ても、かなり密接な関係にある。メキシコのインディオは宗教儀式において、サボテンの一種であるペヨーテを食べて恍惚状態になり、様々な幻覚妄想が起きる意識変容を重んじていた。サボテンにはメスカリンという物質が含まれているが、メスカリンは、幻覚・妄想を引き起こし、意識変容をもたらすことが明らかになっている。

メスカリンを服用した体験を「知覚の扉」に記したオルガス・ハクスレー

は、その効能について、その本の一節で次のように述べている。「私は花々を見つめ続けた。そして花々の生命を持った光の中に、呼吸と同じ性質のものが存在しているのを看たように思う—だがその呼吸は、満ち干を繰返して、もとのところにもどることのある呼吸ではなかった。その呼吸は、美からより高められた美へ、意味深さからより深い意味深さへと向かってだけ間断なく流れ続けていた。—神の示現、至福の自覚—私は生まれて初めて、これらの言葉の意味するものを理解した」(Huxley, 1954)。このように、ハクスレーは、メスカリンによる視覚、時間間隔、空間感覚などの知覚の変容体験を通して、神秘的宗教体験に至ったのである。

1960年代にヒッピーの間で流行した人工的に合成されたLSDのようなサイケデリックドラッグもまた、目くるめくような幻覚・妄想を起こすことが知られている。LSDは、スイスの薬理学者であったホフマンが1938年に合成した薬物である。LSDを摂取すると、自己を取り巻く世界が次々とめまぐるしく変化していく。周りの事物は、折れ曲がり、あるいはグルグル回転運動を起こして、まさに万華鏡を覗いたような世界が眼前に出現する。認知機能は障害され、時間が永遠に続くような時間感覚が生じてくる。症状が進むと、自己の分裂が始まり、自分の思いと違うことを言葉として発したり、身体離脱現象が起きることもある。

メスカリンやLSDの薬理作用はまだ不明の点が多いが、セロトニンという脳のモノアミン系神経伝達物質に作用してその効果を発揮するらしい。メスカリンやLSDなどの催幻覚物質はセロトニン受容体に結合し、脳内のセロトニン神経伝達を増強するが、セロトニン神経の増強がもたらす効果の一つが、視床における感覚刺激のフィルタリング機能の抑制である(Vollenweider, 2001)。感覚刺激は、その中継基地である視床から大脳皮質感覚野に送られた後に再び視床に送り返されて、視床における感覚刺激のフィルタリング機能を介して、不要な刺激で脳がオーバーロードしないように調整するフィードバックの仕組みが働いている。セロトニン神経の増強は、前頭葉から視床へのフィードバックループを抑制するので、視床

の感覚フィルターが機能しなくなり、感覚情報が脳の中に溢れたオーバーロード状態が起きる。このような感覚刺激の氾濫が幻覚・妄想を生み出し、自己の殻が溶解して現実世界から跳躍した超越的で神秘的な体験として感じられるのである。

3-3 側頭てんかんと神秘体験

てんかんとは、様々な原因により、一部のニューロンの異常な発火によって起きる発作を特徴とする脳疾患の一種である。通常、ニューロンは互いに情報を交換し合いながら活動しているが、突然一部のニューロンが過剰に発火を繰り返す異常な過活動（脳の電気的な嵐）を起こして生じるのが、てんかん発作である。てんかん発作が生じると、意識障害が起きる他、自動症といって、舌なめずり、揉み手といった行動が無意識に起きる。また筋肉の不随意的収縮であるミオクロニー発作が生じる。

てんかん発作時に見られる典型的な症状の他に、てんかんには、しばしば非常に強い恍惚感が伴うことがある。この状態を、神聖病とか感情発作と呼ぶこともある。てんかん発作時の恍惚感には、次のような特徴が見られる。第1が、強い幸福感である。全身が温かさに包まれて、えもいわれぬ幸福感に浸った感覚が起きる。喜びが体の中からわき上がり、舞い上がるような気分になる。第2に、自己意識が異常に充進して、感覚が研ぎ澄まされ、いろいろな感覚が実に生き生きと感じられるのだ。あらゆるものが美と調和に満ちており、また、完璧ないまの瞬間が永遠に続くような時間が止まったように感じられるという。

自らてんかん持ちであったドストエフスキーは、小説「白痴」のなかで、主人公でてんかん患者であるミシュキンに、てんかん発作時の恍惚感について、次のように語らせている。「さまざまなもの思いのうちに、彼（ミシュキン）はまたこういうことも思ってみた。彼がてんかんに近い精神状態には一つの段階がある。（ただし、それは意識が醒めているときに発作がおこった場合のことである）それは発作の来るほとんどすぐ前で、憂愁

と精神的暗黒と圧迫を破ってふいに脳髓がぱっと炎でも上げるように活動し、ありとあらゆる生の力が一時にもすごい勢いで緊張する。生の直覚や自己意識はほとんど十倍の力を増してくる。(中略) その間、知恵と情緒は異常な光をもって照らし出され、あらゆる憤激、あらゆる疑惑、あらゆる不安は、諧調に満ちた歓喜と希望のあふれる神聖な平穏境に忽然と溶け込んでしまうかのように思われる。」(米川正夫 訳)。

てんかん発作における強烈な恍惚感には、前部背側島皮質が関与しているらしい。てんかん巣切除のために、手術前に脳の色々な部位を電気刺激した研究によると、側頭葉を刺激するとてんかん発作が起きた。一方、前部背側島皮質を刺激すると、てんかん発作の代わりに、強い恍惚感が生じた (Gschwind & Picard, 2016)。てんかんの病巣は側頭葉にあるが、側頭葉にてんかん発作が起きると、ニューロンの異常な発火は近隣の部位である島皮質にも広がり、島皮質のニューロンが興奮することで、てんかん時の強烈な恍惚感が生じると考えられる。

てんかん発作による側頭葉の過活性を人為的に起こすことで発作時に経験されるヌミノゼ経験を再現できるだろうか？それを可能にしたのが、ゴッド・ヘルメットである。カナダ、ローレンシアン大学のパーシンガー (Persinger, M.) は、経頭蓋磁気刺激装置を組み込んだヘルメットを開発した。経頭蓋磁気刺激法 (TMS) は、磁気パルスによって神経細胞の活動に変化を起こし、脳機能を改善することを目的とする技術である (Ruttan et al., 1990)。TMSで脳を刺激すると、うつ病患者の抑うつ感情が劇的に軽減することが知られている。また、TMSは認知症の初期症状にも有効であるという。パーシンガーのゴットヘルメットは、側頭葉に当たる位置に組み込んだTMSによって側頭葉を刺激し、ニューロンの異常な放電を起こして側頭葉てんかんと類似した状態を作り出すことを目的としている。TMSによる特殊な磁気パルスの刺激を側頭葉に受けた被験者は、目に見えない、なにか超越的な存在を身近に感じたり、自己が溶解して全宇宙につながっているように感じると報告した。この結果から、パーシンガーは、

側頭葉こそ自己と神が出会う場であると考えている。パーシingerによると、TMSや側頭葉てんかんによる神秘体験と同様に、宗教における回心においても側頭葉のゴッドスポットが活性化されて、神との出会いが起きるといふ。

4 瞑想による自己意識の変容

4-1 瞑想とはなにか

臨死体験やてんかん発作、薬物による神秘体験は、いずれも自己が溶解して、世界と一つになるよう作用する。これに対して、瞑想は自己に注意を集中して「いまここ」の自己意識を研ぎ澄ますことを目的とした自己意識の変容技法である。瞑想は仏教など、色々な宗教において、修行法の一つとして古くから実践されてきた長い歴史があるが、近年では、宗教色の薄いメンタルトレーニングの技法としても広まりつつある。

瞑想とは、明晰で安定した心、バランスの取れた感情、思いやりのあるマインドフルネス（気付き）の感覚、慈愛や慈悲の心といった、人間の基本的な特質を涵養する行為のことである。

瞑想法にはいろいろな種類があるが、注意をどのようにコントロールするかによって、次の3つに大別できる。

第1がフォーカス・アテンション瞑想である。この瞑想法は、瞑想中に単一の事象に注意を向けるように努める。注意を向ける事象には、自らの呼吸、マントラ、外界の事物などがある。修行が進むと、注意が乱れることが少なくなり、集中することが可能となる。このフォーカス・アテンション瞑想には、仏教のサマサ瞑想、チャクラ瞑想、マントラ瞑想などが含まれる。

第2のオープン・マインド瞑想では、特定の事象ではなく、いまここに生起するあらゆる体験について、判断することなく、ただ注意を向けていく。この瞑想法に含まれるのが、仏教のヴィパッサナー瞑想や現在注目されているマインドフルネス瞑想である。マインドフルネスとは、今の瞬間

に集中しながら現在を評価したり感情的に反応したりしない心的モードのことである。マサチューセッツ工科大学教授のジョン・カバット・ジンは、ヴィパッサナー瞑想を西洋医学と融合させたマインドフルネス瞑想を開発した。

第3の瞑想法は、エフォートレス・プレゼンスあるいはチョイスレス・アウェアネスと呼ばれるもので、注意をむけることなく、あるがままに身の回りや心の中で起きる出来事を受け入れていく。

4-2 瞑想の脳科学研究

フォーカス・アテンション瞑想やマインドフルネス瞑想では、「いまここ」の自己であるミニマルセルフについて注意を集中する。このような注意の集中という心的プロセスはタスクポジティブな課題であるので、タスクネガティブなDMNを抑制する効果をもつはずである。つまり、自己の呼吸など、自己の身体への注意の集中は、身体化した自己に関わる、島皮質のような脳内システムを活性化するとともに、タスクネガティブなマインドワンダリングを起こすDMNを抑制する結果をもたらすと考えられる。その結果、迷いや不安、抑うつを生み出すマインドワンダリングが低減して、心の安定がもたらされるだろう。身体的自己への注意の集中は、島皮質などの機能を高め、より研ぎすまされた身体感覚が生じるとともに、ミラーニューロンともリンクして他者への共感が高まり、慈悲や慈愛といった感情が生まれてくると予測される。瞑想に関する脳科学研究は、こうした予想が正しいことを示している。

4-2-1 瞑想による脳活動の変化

リカルら (Ricard et al., 2014) は、フォーカス・アテンション瞑想法を行っている間の脳の変化を画像で捉えることに成功している。この研究において、被験者は、自分の呼吸に注意を集中すること、そして、その状態をありのままに受け止め、価値判断しないように教示を受けて瞑想を開

始した。瞑想中、自らの呼吸に注意を集中し続けるのは熟練した瞑想者にとっても容易ではない。注意を向ける努力をしても、注意がそれて妄想がわき起こることは止めることができない。瞑想者は、心の乱れに気づくと、再び呼吸に注意を向け直そう努力する。脳画像法で瞑想者の脳のモニターを行うと、瞑想中の様々な心の変化が、ネオンサインのパターンが刻々と変化していくように見事に捉えることができた。

瞑想中、心が乱れて呼吸に注意が向けられず、注意散漫の状態であると被験者が認識したら、ボタンを押すように予め教示されている。被験者がボタンを押す前の脳画像を調べると、予想どおり、**DMN**のハブをなす後部帯状皮質や楔前部が活性化していることが確認できる。つまり、**DMN**が活動して瞑想者の心は乱れ、注意散漫の状態にあることが分かる。次いで、ボタンが押される際には、前部島皮質、前部帯状皮質などの、いわゆる顕著性ネットワークが活性化する。顕著性ネットワークは、外界の変化の気づきに関係したネットワークである。これにより、注意散漫への気づきが起きる。さらに、背外側前頭前野及び下頭頂葉という実行機能に関わる部位が働いて、注意が呼吸に再び向けられ、注意の向け直しが可能となる。このように、フォーカス・アテンション瞑想の実践中において、自己の身体に注意を向けている状態ではミニマルセルフに関わる脳内システムが優位となっており、一方、注意が逸れると、タスクネガティブな**DMN**が活性化することが明らかとなった。

瞑想の脳科学研究のパイオニアの1人であるニューバーグらは(Newberg et al., 2001)、長年瞑想を続けてきた10人の被験者を対象として、自らの呼吸に注意を集中するフォーカス・アテンション瞑想を行ってもらい、瞑想前、瞑想中、瞑想後の被験者の脳を機能的核磁気共鳴法によってスキャンした。その結果、瞑想によって前頭前野、前帯状皮質、大脳辺縁系、頭頂葉の活動レベルが変化することが認められた。また、異なる瞑想法によって、これらの部位の活性パターンに相違が見られた。興味深いのは、瞑想の深さと、島皮質、下部前頭前野、側頭葉などの主に左脳の前頭

下部領域の神経活動に有意な正の相関が見られたことである。瞑想中のみならず、瞑想を終えた後にも、左脳の島皮質前部及び前中心回の活動レベルの変化が持続した。

イェール大学のジャドソンらの研究 (Judson et al., 2011) もまた、瞑想が島皮質や背外側前頭前野などの脳内ネットワークを活性化するとともに、**DMN**を抑制することを明らかにしている。長年瞑想を実践している人々に、マインドフルネス瞑想を行ってもらい、その時の脳の状態を機能的核磁気共鳴法で観察した。その結果、瞑想実践経験のある被験者では、瞑想中に、**DMN**の主要なネットワークハブである内側前頭前野及び後部帯状皮質の活動レベルが低下した。ジャドソンらによると、この結果は、**DMN**がマインドフルネス瞑想の主要なターゲットであることを示しているという。この他、マインドフルネス瞑想によって、背外側前頭前野などのタスクポジティブネットワークは、より大きな活性を示した。しかも、こうした瞑想中の脳の活性パターンの変化は、瞑想を行っていない休息時にも持続したのである。瞑想を長年続けることにより、瞑想をしていない時にも、瞑想時のような心の迷いのない、「いまここ」にマインドフルな状態が生み出されると考えられる興味深い結果である。

慈悲と慈愛を養う瞑想は、過度に緊張せず弛緩もしない快適な身体姿勢をとり、自己変容を望み、他者の安寧や他者の苦しみの軽減を願う瞑想法である。この瞑想を実践すると、**DMN**の内側前頭前野及び後部帯状皮質の活動レベルが有意に低下する (Garrison et al., 2014)。慈悲と慈愛を養う瞑想は、不安や抑うつをもたらず扁桃体を不活性化して、ポジティブで安寧な気分を高める効果があることも分かっている。慈悲と慈愛を養う瞑想は、ミラーニューロン系の共感回路を活性化することで、他者を思いやる共感性を高める効果もある。

これまでの瞑想の脳科学研究の多くは、瞑想による**DMN**の不活性化と島皮質、背外側前頭前野、ミラーニューロン系などの活性化という結果を示しているが、瞑想のタイプによっては、全く異なる結果も報告されてい

ることには注意を要するだろう。チョイスレス・アウェアネス瞑想は、自然にわき上がる様々な思いや記憶、感覚、感情に対して、とくに注意を向けることなく、あるがままに身を委ねる瞑想法である。この瞑想法は、情動体験の処理を促進するストレスマネジメント法として用いられているが、この瞑想法で強調されている自然にわき起こる思いや感覚、感情とは、まさにDMNが引き起すマインドワンダリングに他ならない。チョイスレス・アウェアネス瞑想中の脳をスキャンしたシューらの研究 (Xu et al., 2014) では、これまで紹介した諸研究とは反対に、チョイスレス・アウェアネス瞑想によって内側前頭前野、眼窩前頭前野、前部帯状皮質、海馬、扁桃体などのDMN領域の活性が高まることを見いだしている。この結果について、シューらは、瞑想のタイプによっては、脳機能に全く異なる影響が見られる可能性を指摘する。マインドワンダリングとはすなわち内省プロセスに他ならないので、我々は、マインドをワンダーして迷い苦しみ、内省を深めた後に初めて明鏡止水の悟りの状態に達することができるのかもしれない。瞑想中のDMNの活性化は、悟りに達するまでの心の葛藤を反映するといえよう。シューらと同様に、トラビス (Travis, 2011) もまた、チョイスレス・アウェアネス瞑想によって、DMN領域に相当する脳の内側部におけるアルファ波の増強を観察した。

4-2-2 瞑想による脳の可塑的变化

長期間瞑想を実践すると、瞑想中のみならず、瞑想を行っていない時の脳の状態にも変化が見られることを先ほど述べたが、このような脳機能の変化には、脳の構造そのものの可塑的变化が関係している可能性が示されている。筋力トレーニングを行うと、特定の筋肉が増強するように、長期間瞑想を実践して注意の集中などを繰り返し訓練することで、注意を支える心的プロセスに関わる脳の構造にはっきりとした変化が起きるのである。

一日30分間、計8週間のマインドフルネス瞑想に参加した被験者の脳を

スキャンすると、脳の奥深くに位置して恐怖などの情動を生み出す扁桃体という組織に萎縮が認められている (Taren et al., 2013)。また、気付きや意思決定に関わる前頭皮質は、瞑想を実践することで肥大化が起きていた (Hölzel et al., 2011)。また、8週間の瞑想によって、異なる脳部位間の機能的結合の強さ (functional connectivity) にも変化が起きる。扁桃体と他の脳部位との機能的結合は弱まるが、注意や意思決定に関与する部位の機能的結合はより強化されるという (Luders et al., 2011)。これらの結果から、瞑想によって前頭前野の実行機能が向上し、前頭前野が扁桃体の働きをよりよく制御することができるようになることが推察される。同様に、ハーバード大学の研究チームは、8週間瞑想を続けると、海馬の体積が増えることを見いだしている (Luders et al., 2015)。脳の部位の大きさや各脳部位の間の機能的連携といった大きな変化が、8週間という比較的短期間の瞑想の実践で達成することができることは、瞑想が脳に及ぼす強力なパワーを示している。

瞑想は、脳内の神経伝達物質遊離量にも影響を与える。クジャール (Kjaer, 2002) によると、瞑想経験者の側坐核では、ドーパミン遊離量が非瞑想者と比較して65%も増大していた。側坐核のドーパミンは快感を生み出していることが分かっている。依存性薬物は、ドーパミンニューロンを活性化して、ドーパミン遊離を増やすことで、快感を生んでいるのである。瞑想による喜悦感は、側坐核におけるドーパミンの増加が関係している可能性がある。これに対して、カークとモンターギュ (Kirk & Montague, 2015) は、報酬に対する期待とドーパミンシステムの反応が瞑想者で低減していることを見出した。長年瞑想をしている人と瞑想未経験者に、手がかり刺激定時後に報酬を与える実験を行った。ノーマルイベント条件では、黄色のライトが1秒間点灯し、その6秒後に報酬 (ジュース) が被験者に与えられる。ノーマルイベント条件の間に、ライト点灯から10秒後に報酬が与えられる遅延条件を挿入した。この条件では、ノーマル条件で6秒後に報酬が提示されるのに、その時点で報酬が得られない

ネガティブな予測誤差と10秒後に報酬をゲットできたポジティブな予測誤差が起きる。それぞれの時点での脳の報酬系である被殻の反応を調べると、瞑想者では、ネガティブ、ポジティブのいずれの予測誤差においても、非瞑想者と比較して反応が小さいことが見出された。また、被殻の反応性の低下は後部島皮質の活性化とリンクしていた。この結果は、瞑想によって、目先の報酬の有無に影響されない心の状態が生まれることを示唆していると筆者らは論じている。さらにまた、8週間の瞑想訓練を行うと、物事の価値を計算するときに働く腹内側前頭前野が抑制され、一方で「いまここ」の集中する時に働く左側の前部島皮質の活性が高まった。

5 まとめ

自己意識といった高次の心理機能の脳内メカニズムの解明は神経科学にとって、もっともチャレンジングなテーマの一つであり、比較的最近まで、脳科学において意識を正面から取り扱うことはあまりにも無謀であると考えられてきた。しかし、近年、意識をタイトルに冠した脳科学分野における論文や著作が爆発的に増えつつある。こうした変化をもたらしたのは、脳科学研究法の進歩発展によるところが大きい。とりわけ、ニューロイメージング法により、非侵襲的に心的活動と同期した脳活動の変化をスナップショットとして捉えることができるようになり、自己意識、信仰、神秘体験といった、これまで決して取り扱われることがなかったテーマに果敢にチャレンジすることが可能となったのである。本稿においてもニューロイメージング法などを駆使した最新の研究成果に基づいて、自己意識の異なる側面である、ミニマルセルフ、ナラティブセルフ、ソーシャルセルフに関わる脳メカニズムとその故障で生じる様々な症状について解説するとともに、宗教経験や瞑想による自己意識の変容の可能性について概説した。

【参考文献】

- Amodio, D. M. & Frith, C. D. (2006) Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Review Neuroscience* 7: 268-277.
- Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Cizadlo, T., et al. (1995) Remembering the past: two facets of episodic memory explored with positron emission tomography. *The American Journal of Psychiatry* 152: 1576-85.
- 浅井智久 丹野義彦 (2010) 声の中の自己と他者—幻聴の自己モニタリング 仮説— *心理学研究* 81: 247-261.
- Biran, I., Giovannetti, T., Buxbaum, L. & Chatterjee, A. (2006) The alien hand syndrome: What makes the alien hand alien? *Cognitive Psychology* 23: 563-582.
- Blakemore, S.-J., Wolpert, D. M. & Frith, C. D. (2002) Abnormalities in the awareness of action. *Trends in Cognitive Sciences* 6: 237-242.
- Blanke O, Arzy S, Landis T. (2008) Illusory perceptions of the human body and self. In: Goldenberg G, Miller B, editors. Handbook of Clinical Neurology. *Neuropsychology and behavioral neurology* 88, Paris: Elsevier.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1988). Rubber hands'feel'touch than eyes see. *Nature* 391: 756.
- Bridgeman, B. (2010) How the brain makes the world appear stable. *i-Perception* 1: 69-72.

Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R. & Schacter, D. L. (2008) The Brain's Default Network: Anatomy, Function, and Relevance to Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1124: 1-38.

Carr, D. (1981) . Endorphins at the approach of death. *Lancet* 317: 390.

Charland-Verville, V., Jourdan, J.-P., Thonnard, M., Ledoux, D., Donneau, A.-F., Quertemont, E. & Laureys S. (2014) Near-death experiences in non-life-threatening events and coma of different etiologies. *Frontier of Human Neuroscience* 27 doi: 10.3389/fnhum.2014.00203.

Craig, A. D. (2009) How do you feel-now? -The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience* 10: 59-70.

Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y. & Iacoboni, M. (2006) Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience* 9: 28-30.

Dor-Ziderman, Y., Berkovich-Ohana, A., Glicksohn, J. and Goldstein, A. (2013) Mindfulness-induced selflessness: a MEG neurophenomenological study. *Frontiers in Human Neuroscience* 10 : doi.org /10.3389/fnhum.2013.00582.

Dostoyevsky, F. (1868) И д и о т ъ ф о р д о л ь ・ д о с т о е в с к и е 「白痴」 上・下 米川正夫 (訳) 岩波書店.

Francis, B. A. & Wonham, W. M. (1976) The internal model principle of

control theory. *Automatica* 12:457-465.

Frith, C.D. (1992). *The Cognitive Neuropsychology of Schizophrenia*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Gallagher, S. & Zahavi, D. (2007) *The penomenological mind*. Routledge.
ギャラガー・ザハビ 「現象学的な心」石原孝二ら（訳） 勁草書房

Garrison, K. A., Scheinost, D., Constable, R. T. & Brewer, J. D. BOLD signal and functional connectivity associated with loving kindness meditation. *Brain & Behavior* 4: 337-347.

Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M. & Cohen, J. D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science* 293: 2105-2108.

Green, P. & Preston, M. (1981) Reinforcement of vocal correlates of auditory hallucinations by auditory feedback: a case study. *British Journal of Psychiatry* 139: 204-208.

Gschwind, M. & Picard, F. (2016) Ecstatic epileptic seizures: A glimpse into the multiple roles of the insula. *Frontiers of Behavioral Neurosciences* 10: doi: 10.3389/fnbeh.2016.00021.

Gusnard, D. A., Akbudak, E., Shulman, G. L., & Raichle, M. E. (2001). Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 98: 4259-4564.

Hölzel, B. K., Carmody, J., Vangel, M., Congleton, C., Yerramasetti, S. M., Gard, T. & Lazara, S. W. (2011) Mindfulness practice leads to increases in regional brain gray matter density. *Psychiatry Research* 191: 36-43.

Huxley, O. (1954) *The doors of Perception*. Harper & Row. オルダス・ハクスレー 河村錠一郎 (訳) 「知覚の扉」平凡社.

Heydrichl, L. & Blanke, O. (2013) Distinct illusory own-body perceptions caused by damage to posterior insula and extrastriate cortex. *Brain* 136: 790-803.

平原憲道 (2013) 「ゴムの手」と瞑想研究が切り開く身体論 —認知科学と仏教の最前線— 武蔵野大学仏教文化研究所紀要 21-41.

Jabbi, M., Swart, M. & Keysers, C. (2007) Empathy for positive and negative emotions in the gustatory cortex. *NeuroImage* 34:1744-1753

Jack, A. I. & Shallice, T. (2001) Introspective physicalism as an approach to the science of consciousness. *Cognition* 79: 161-96.

Jackson, P. L., Meltzoff, A. N. & Decety, J. (2005) How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy. *NeuroImage* 24: 771-779.

James, W. (1902) *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature*. Being the Gifford Lectures on Natural Religion Delivered at Edinburgh in 1901-1902. ウィリアム・ジェームス 「宗教経験の諸相」上・下 梶田啓三郎 (訳) 岩波書店.

Judson, A.B., Worhunskya, P. D., Grayb, J. R., Tangc, Y-Y., Weberd, J. & Kobera, H. (2011) Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 20254-20259.

亀谷秀樹 (2002) うつ病-生物学的側面 丹野義彦 (編)「講座臨床心理学第4巻—異常心理学2」pp.127-146. 東京大学出版会

Kjaer, T. W., Bertelsen, C., Piccini, P., Brooks, D., Alving, J. & Lou, H. C. (2002) Increased dopamine tone during meditation-induced change of consciousness. *Brain Research. Cognitive Brain Research* 13: 255-259.

Killingsworth, M. A. & Gilbert, D. T. (2010) A wondering mind is an unhappy mind. *Science* 330: 932.

Kirk, U. & Montagne, P. R. (2015) Mindfulness meditation modulates reward prediction errors in a passive conditioning task. *Frontiers in Psychology* 6, doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00090.

Lemaitre, A.-L., Luyat, M. & Lafargue, G (2016) Individuals with pronounced schizotypal traits are particularly successful in tickling themselves. *Consciousness and Cognition* 41:64-71.

Lombard M., Ditton T. (1997) . At the heart of it all: the concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication* 3:1083-6101.

Lommel,P., Wees, R., Meyers, V. & Elfferich, I. (2001) Near-death experience in survivors of cardiac arrest: a prospective study in the

- Netherlands. *The Lancet* 358: 2039-2045.
- Lopez, C., Halje, P.& Blanke, O. (2008) Body ownership and embodiment: Vestibular and multisensory mechanisms. *Clinical Neurophysiology* 38: 149-161.
- Luders, E., Clark, K., Narr, K. L. & Toga, A. W. (2011) Enhanced Brain Connectivity in Long-term Meditation Practitioners. *Neuroimage* 15: 1308-1316.
- Luders, E., Thompson, P. M. & Kurth, F. (2015) Larger hippocampal dimensions in meditation practitioners: differential effects in women and men. *Frontiers in Psychology* 6:1-6. doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00186.
- Maguire, E. A., Woollett, K. & Spiers, H. J. (2006) London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus* 16:1091-101.
- McGuigan, F. J. (1966) Covert Oral behavior and auditory hallucination. *Psychophysiology* 3:73-80.
- Metzinger T. (2003). Being No-One. Cambridge, MA: MIT Press.
- Molnar-Szakacs, I. & Uddin, L. Q. (2013) Self-processing and the default mode network: interactions with the mirror neuron system. *Frontiers of Human Neuroscience* 7:1-11. doi: 10.3389/fnhum.2013.00571.
- Moser, M. B. & Moser, E. I. (1998). Functional differentiation in the

hippocampus. *Hippocampus* 8: 608–619.

Newberg, A. B., Alavi, A., Baime, M., Pourdehnad, M, Santanna J. & d'Aquili. E.G. (2001) The measurement of regional cerebral blood flow during the complex cognitive task of meditation: A preliminary SPECT study. *Psychiatry Research Neuroimaging* 106: 113-122.

Oberman, L. M., Hubbarda, E. M., McCleeryb, J. P., Altschulera, E. L., Ramachandrana, V. S. & Pinedad, J. A. (2005) EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research* 24: 190–198.

Oberman, L. M. & Ramachandran, V. S. (2008) Preliminary evidence for deficits in multisensory integration in autism spectrum disorders: the mirror neuron hypothesis. *Social Neuroscience* 3: 348-355.

O'Keef & Burgess, (1996) Geometric determinants of the place fields of the hippocampal neurons. *Nature* 381: 425-428.

Otto, R. (1917) *The idea of the holy*. ルドルフ・オットー 「聖なるもの」 久松英二 (訳) 岩波書店.

Phillips, M. L., Young, A. W., Senior, C., Brammer, M., Andrew, C., Calder, A. J., Bullmore, E. T., Perrett, D.I., Rowland, D., Williams, S. C., et al. (1997). A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature* 389: 95–498.

Raichle, M. E. (2010) The brain's dark energy. *Scientific American* 302: 44-

49.

Raichle, M. E. & Snyder, A. Z. (2007). A default mode of brain function: a brief history of an evolving idea. *Neuroimage* 37: 1083–1090.

Ramachandran, V. S. & Blakeslee, S. (1998) *Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind*. William Morrow & Co. New York: ラマチャンドラン、V・S、サンドラ・ブレイクスリー「脳のなかの幽霊」山下篤子（訳）角川書店.

Ricard, M., Lutz, A. & Davidson, R. J. (2014) Neuroscience Reveals the Secrets of Meditation's Benefits. *Scientific American* 311: 39-45.

Rizzolatti, G. & Craighelo, L. (2004) The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience* 27: 169-92.

Ruttan, L. A., Persinger, M. A. & Koren, S. (1990). Enhancement of temporal lobe-related experiences during brief exposures to milligauss intensity extremely low frequency magnetic fields. *Journal of Bioelectricity* 9: 33–54.

Sestieri, C., Corbetta, M., Romani, G. L. & Gordon, L. (2011) Episodic Memory Retrieval, Parietal Cortex, and the Default Mode Network: Functional and Topographic Analyses. *The Journal of Neuroscience* 31, 4407–4420.

Sperry, R. W. & Arora, H. L. (1965) Selectivity in regeneration of the oculomotor nerve in the cichlid fish, *Astronotus ocellatus*. *Journal of*

Embryology and Experimental Morphology 14:307–317.

Swiney, L. and Sousa, P. (2014) A new comparator account of auditory verbal hallucinations: how motor prediction can plausibly contribute to the sense of agency for inner speech. *Frontiers in Human Neuroscience* 8:1–15. doi:10.3389/fnhum.2014.00675.

丹治 順 (2013) 頭頂連合野と運動前野はなにをしているのか?—その機能的役割について— *理学療法学* 40: 641-648.

Taren, A. A., Creswell, J. D. & Gianaros, P. J. (2013) Dispositional mindfulness co-varies with smaller amygdala and caudate volumes in community adults. *PLoS ONE* 8: e64574

Travis, F. (2011) Comparison of coherence, amplitude and eLORETA patterns during transcendental meditation and TM-Sidhi practice. *International Journal of Psychophysiology* 81: 198–203.

Tsakiris, M., Schultz-Bosbach, S. & Gallagher, S. (2007) On agency and body-ownership: Phenomenological and neurocognitive reflections. *Consciousness and Cognition* 16: 645–660.

Vago, D. R. & Silbersweig, D. A. (2012) Self-awareness, self-regulation, and self-transcendence (S-ART) : a framework for understanding the neurobiological mechanisms of mindfulness. *Frontier of Human Neuroscience* 6:1-30. doi.org/10.3389/fnhum.2012.00296.

Vollenweider, F. X. (2001) Brain mechanisms of hallucinogens and

entactogens. *Dialogues in Clinical Neuroscience* 3: 265-279.

Xu, J., Vik, A., Groote, I. R., Lagopoulos, J., Holen, A., Ellingsen, Ø., Håberg, A., K. & Davanger, S. (2014) Nondirective meditation activates default mode network and areas associated with memory retrieval and emotional processing. *Frontier of Human Neuroscience* 8:1-10. doi.org/10.3389/fnhum.2014.00086.