©NSCA JAPAN
Volume 29, Number 9, pages 5-13

特集 feature

脳の中の３つのネットワークが示す自尊心と人間性を育てるコーチングの大切さ

小谷 泰則, Ph.D., 東京工業大学 リベラルアーツ研究教育院 助教

1. 様々な災害に見舞われる現代社会における自尊心の大切さ

東日本大震災、大きな風水害、そして新型コロナウイルス感染症と、予想もしなかった災害や紛争が次々と発生するような世界に我々は生きている。そして災害時には大きなストレスが人々を襲うことがわかっており、特に女性・青少年・精神疾患経験者のメンタルヘルスが悪化することがわかっている(21)。このような大きなストレスが発生する中で、我々はどのようにメンタルヘルスを保っていけばよいのであろうか。近年の脳科学では、大きなストレスに対して、「自尊心」という一見すればストレスや災害とは何も関係のないような心の持ち方が人間のストレス耐性を大きく向上させることがわかってきた。例えば、東日本大震災後の追跡調査では、震災によって脳の一部の体積が減少するものの、自尊心の高い人ほど脳の体積の回復量が多いことが報告されている(24)。その他にも、記憶を司る脳の海馬は自尊心が高い人ほど体積が大きいこと(22)、自尊心が高いと血中の炎症物質が下がることなどが報告されている(19)。これらの報告は、自尊心は災害時のストレス耐性を高め、心と身体、さらには脳を守ってくれることを意味している。そのため日頃から自尊心を高めておくことが重要となる。しかし、成人の場合、自尊心はすでに獲得されたもののため変化しにくく、また思春期には自尊心が下がる傾向にあるといわれている(9)。一方で、運動により体力・体格の向上を知覚すると、年齢に関係なく自尊心が向上することもわかっている(6,14)。このことは、運動を用いると年齢に関係なく自尊心を向上させることができ、結果的に脳の形や機能にまで好影響を及ぼす可能性があることを意味する。

これらの最新の脳研究から、我々はスポーツや身体運動を通して身体を鍛えることができるだけでなく、自尊心というストレス耐性を高める非常に重要な心の要素も鍛えることができ、運動には、最終的に脳の形や機能をも変化させる可能性があることがわかってきた。ではこの自尊心といった少し漠然とした心の機能の重要性は、いったいどのようにして脳科学で明らかにされてきたのだろうか？

2. 脳が見える時代の到来

この30年間でパーソナルコンピュータの能力は飛躍的に向上し、また、それと同時にソフトウェアの開発も容易に行なえるようになってきた。このような、ハードウェア、ソフトウェアの技術発達は、脳研究を進める上で非常に重要なツールをもたらすこととなる。そのひとつがfMRI(functional magnetic resonance imaging：機能的磁気共鳴画像法)である。fMRIは脳内の血流量の変化を酸化ヘモグロビンなどの活動から捉える装置であり、脳の活動を視覚化することができる**(図1)**。さらにこのfMRIのデータを分析するためのSPM(statistical parametric mapping)と呼ばれるソフトウェアは、無料で公開されており、誰でも利用できるようになっている。その使用方法なども動画サイトなどで公開され、ユーザー同士が情報を公開するためのメーリングリストも作られており、トラブルがあっても簡単に解決策を見つけることができるようになっている。その結果、世界中の多くの研究者が同じソフトウェアを使って脳の機能について研究を行なえるように

図１　fMRI（functional magnetic resonance imaging：機能的磁気共鳴画像法）装置

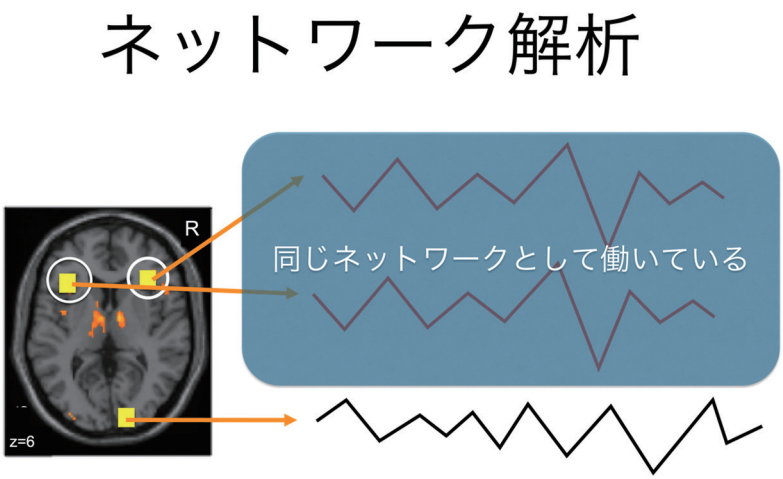

図２　ネットワーク解析の概念図（複数の脳領域における活動の時間変化を抽出し、同期して活動している脳領域をひとつのネットワークとして活動しているとみなす）

なってきた。このようなソフトウェア、ハードウェアの進化が脳研究のハードルを下げ、医学系の研究者の他に、心理学や社会学の研究者までもが脳研究を行なえるような時代になった。そのため、これまで漠然としてわからなかった人間の心のメカニズムや、人間同士の社会性の脳内メカニズムなど、様々なことが脳の活動メカニズムとして明確に示されるようになってきた。

3. 中枢の同定からネットワークの同定へ

当初のfMRI研究は、「中枢」を探し、脳の機能を地図化（brain mapping）することが目的として行なわれていた。例えば、「悲しみ」などを思い起こさせるような写真を呈示し、そのときの脳活動をfMRIによって測定することにより、「悲しみの中枢」を同定するといった研究である。しかし、脳機能の地図化が進むに従い、同じ脳領域が複数の機能と関連していることが明らかになってきた。そのため、脳はひとつの領域がひとつの機能と結びついているのではなく、複数の脳領域が連携してネットワークを形成して様々な機能を発揮しているという考えに至っている。このような機能の連携を解明するため、2000年以降は脳の活動をfMRIで測定し、同じ活動を示す脳領域同士を同定する「ネットワーク解析」が行なわれるようになった。ネットワーク解析は、複数の脳領域の活動の時間変化を抽出し、同期して活動している脳領域をひとつのネットワークとして活動しているとみなす**（図２）**。この場合、非常に多くの脳領域をお互いに組み合わせて分析するため、データの分析量が膨大になる（例：４万ヵ所×４万ヵ所）。しかし、パーソナルコンピュータの処理能力の向上とネットワーク解析を行なう専用の無料ソフトが公開されたことにより、ネットワーク解析も誰でも容易にできるようになってきた。このようなネットワーク解析のおかげで、脳の中に様々なネットワークが存在することが明らかにされている。

4. 脳の中の３つのネットワーク

ネットワーク解析は脳の中に様々なネットワークが存在することを明らかにしてきた。その中でも比較的大規模な３つのネットワークが人間の心理的な機能に重要な働きを果たしているのではないかという仮説が提案され、この仮説は「トリプルネットワークモデル」と呼ばれている（16）。３つのネットワークは、①デフォルトモードネットワーク（default mode network）、②中央実行ネットワーク（central executive network）、③顕著性ネットワーク（salience network）と呼ばれている。本稿ではわかりやすくするために、それぞれを便宜的に、①ボーッとネットワーク、②集中ネットワーク、③切り替えネットワークと呼ぶこととする。

１つ目の「ボーッとネットワーク」は、人間が安静状態の時、すなわち「ボーッとしている時」に活動する脳のネットワークである。そのため、自分のことや他人のこと、過去や未来のことをあれこれ夢想（mental wondering）して

いるような時にこのネットワークが働く。例えば、授業中に学生が黒板のほうに目を向けていると、他人からはあたかも授業に集中しているように見えるが、頭の中では別のことを何の脈絡もなしにあれこれ考えている場合がある。外見からは授業に集中しているように見えるが、頭の中はボーッとネットワークが活動し、自分や他人のことについて、現在と過去を行ったり来たりしながら夢想しているのである。このネットワークは、人間をボーッとした状態にするが、同時にひらめきももたらすネットワークであることもわかっている。

2つ目の「集中ネットワーク」は、何かに集中している時に活動する脳のネットワークであり、短期記憶と関連する前頭部の脳領域や、注意と関連する頭頂部の脳領域を中心として構成されている。短期記憶や注意は外界からの情報に注意を向け、必要な情報を処理するために重要な機能であり、与えられた課題を集中して遂行するためにはこの集中ネットワークの活動が不可欠である。

3つ目の「切り替えネットワーク」は、生命維持（恒常性維持）のために重要な情報（顕著な情報）を検知し処理するネットワークであり、そのため学術的には「顕著性ネットワーク」と呼ばれている。さらに、このネットワークは、ボーッとネットワーク（OFF状態）と集中ネットワーク（ON状態）の切り替えを行なっているとされている。すなわち、このネットワークの活動により、あるときは集中して課題をこなし、あるときはボーッとして何も手がつかなくなる状態になったりする**（図3）**。

近年では、この3つのネットワークの相互作用が崩れた時に、うつ症状や統合失調症状を示すことがわかっており（16）、この3つのネットワークの働きは人間の心の状態に非常に大きな影響を与えるといえる。

5. 運動の影響を受ける3つのネットワーク

3つのネットワークのうち、脳の集中状態とボーッとした状態を切り替える機能をもつ「切り替えネットワーク」が重要であることが類推される。前にも述べたように、この切り替えネットワークは、ネットワークを切り替えるだけではなく、重要な情報を検知し処理する機能ももっている。では「重要な情報」とはどのような情報が含まれるのであろうか？　切り替えネットワークの中で、中心的な役割を担っているのが島皮質（とうひしつ）と呼ばれる脳領域である**（図4）**。島皮質は脳の表面からは見えない深い位置に存在し、あたかも「島」のように見えることからこのような名称で呼ばれている。特に右脳にある島皮質が重要であり、その理由は、身体の状態を「意識化」させる働きをもっているためである。例えば、この島皮質が損傷した場合は、禁煙の達成率が上がることがわかっている（18）。健常者のタバコの禁煙の達成率は38％であったのに対し、右脳の島皮質が損傷した患者では83％まで上がったことが報告されている（18）**（図5）**。さらに右脳の島皮質が損傷した場合には、氷を入れた冷水に健常者よりも長い時間浸しておくことができることもわかっている（23）**（図6）**。このような状態になる理由は、身体からの情報が島皮質

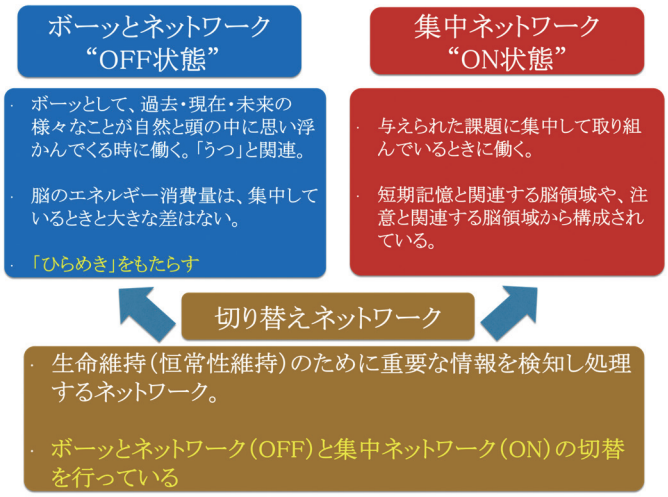

図3　脳内の3つのネットワーク

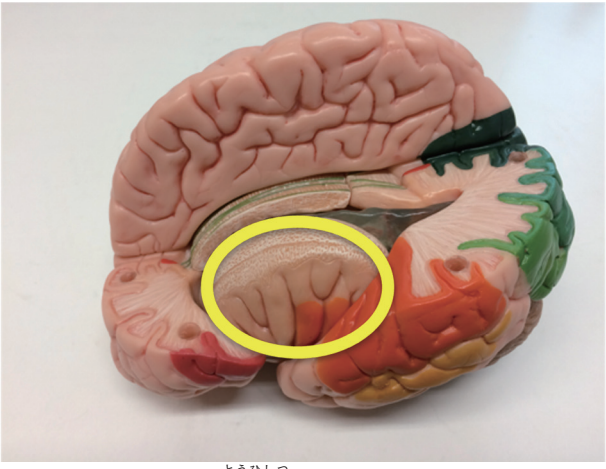

図4　島皮質（とうひしつ）（黄色線の部分）

の損傷によりブロックされ、「タバコが吸いたい」といった欲求感情や「冷水で手が痛い」といった不快感情が発生しないことから、禁煙の達成率の増加や、冷水に手を浸す時間の延長が生じるものと考えられている。これらのことは、切り替えネットワークの中心的な役割を果たす島皮質が、身体(末梢)ときわめて深い関係にあることを示している。現に、末梢からの神経を染色しその経路をたどると、最終的に右脳の島皮質に繋がっていることもわかっている(2)。

このほかにも最近では、運動や生活スタイルがどのように3つのネットワークに影響を与えるかという研究も行なわれるようになっている。例えば、1つ目のボーッとネットワークでは、身体の疲労度が高くなるとボーッとネットワークの働きが強くなることがわかっている(8)。2つ目の集中ネットワークについては、一日当たりの座っている時間が長くなると集中ネットワークの働き(ネットワークの連結の強さ)が弱くなることがわかっており(5)、逆に、一日当たりの運動量が長い場合には集中ネットワークの働きが強くなると報告されている(5)。3つ目の切り替えネットワークについては、高齢者のうち、歩くスピードが速い人ほど切り替えネットワークの機能が高くなる(5)。また中程度のウォーキングを12週間行なうことで、切り替えネットワークで中心的な役割を果たす島皮質の働きが強化されることもわかっている(27)。

このような3つのネットワークと運動・生活スタイルの関係を見てみると、切り替えネットワークが検知する重要な情報に「身体の状態」が含まれていることは確実なようである。すなわち、身体が疲れている時には、切り替えネットワークがボーッとネットワークを稼働させ、脳をOFF状態にし、できるだけ身体を休めさせようとする。逆に、身体の状態が良い場合には、切り替えネットワークが集中ネットワークを稼働させ、脳をON状態に切り替え、様々なタスクをこなせる状態にしていると考えられる(13)。我々の脳の働きは、思っている以上に身体の調子・状態の影響を受けるようなメカニズムになっているといえる。そのため、仕事・学業・スポーツにおいて良いパフォーマンスを発揮するためには、身体の状態を整えるということがきわめて重要になってくる。

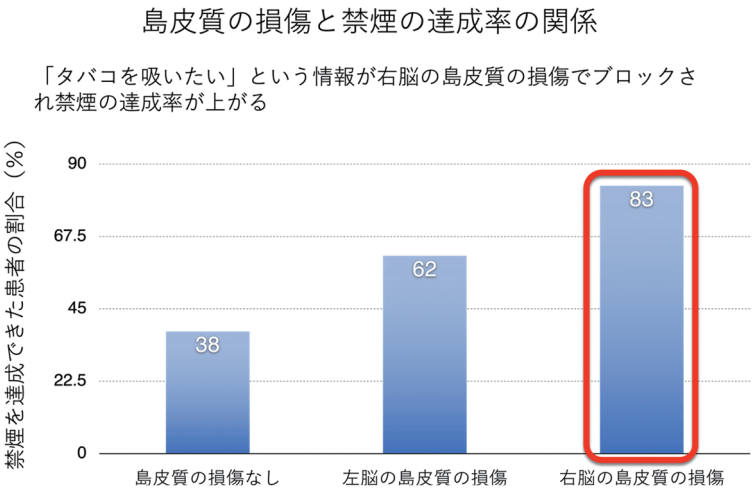

図5　島皮質の損傷による禁煙達成率(文献18を基に作成)

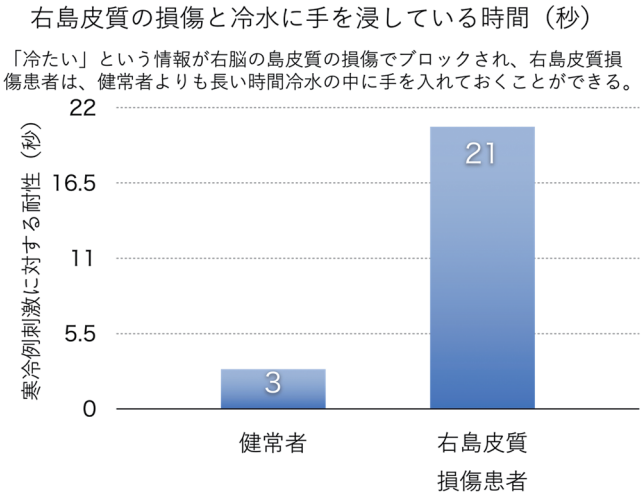

図6　右島皮質損傷患者の寒冷刺激(氷水)に対する耐性
氷水の中に手を入れておくことのできる時間(秒)(文献23を基に作成)

6. 疲れを感じることには意味がある

島皮質を中心とした切り替えネットワークが、身体の状態を意識化させ、脳の状態を集中状態にしたり、ボーッとしたOFF状態に切り替えたりすることは理解できるが、なぜわざわざ「意識化」させるのであろうか。意識化させなくとも身体の状態から自動的に集中ネットワークとボーッとネットワークを切り替えるようにしてもよいのではないだろうか。この理由のひとつとして、切り替えネットワークの役割のひとつに、中枢性疲労、すなわち「疲労感」を発生させ生命維持(恒常性維持)のた

めに運動や行動を停止させることにあるという考えが提案されている(15)。中枢性疲労のメカニズムを説明する仮説のひとつに、セロトニン仮説がある。セロトニンは鎮静作用と眠気を催す物質であり、この仮説によると、運動によりセロトニンの前駆物質であるトリプトファンが血中に増え、最終的には脳内のセロトニンの濃度が上がるとされている。運動により増加した脳内のセロトニンが鎮静や眠気を誘発させ、最終的に中枢性の疲労が生じるという考えがセロトニン仮説である。このセロトニン仮説から始まり、セロトニンとドーパミンの相互作用による仮説、中枢性疲労は脳内のセロトニンとドーパミンとの相対的な濃度比から決まるという仮説、さらには、エピネフリン、ノルエピネフリンとセロトニンとの関係性を基にした仮説などが提唱されるなど、現在においてもその詳細なメカニズムに関して様々な研究が行なわれている(15)。

運動を継続することは体温の上昇や発汗による水分の喪失など、人間の生命維持(恒常性維持)にとって非常に危険な状態を招く場合もある。そのため、恒常性を維持することができなくなり、生命の維持が危険に曝される前に、中枢性疲労を発生させ、さらに主観的な疲労感により「運動を止めたい、休みたい」と感じさせる。すなわち、島皮質が身体の状態を意識させる意味は、身体の状態をモニターし、必要に応じて中枢性疲労すなわち主観的な疲労感を発生させ、恒常性維持・生命維持のために運動や行動を停止させるというブレーキの役割を担うということなのかもしれない。

筆者が所属している日本スポーツ心理学会では、スポーツメンタルトレーニング指導士(SMT指導士)の育成を行なっており、SMT指導士としてアスリートに帯同しながら、アスリートのサポート活動を行なっている研究者が多数所属している。SMT指導士の活動は学会等で定期的に紹介され、どのような心理的サポートが必要なのか活発な議論が行なわれる。その中で、オリンピックでメダル確実といわれていたある柔道選手のサポートを行なっていた活動が報告された。担当のSMT指導士によると、その選手の心理状態を把握するためにPOMS(profile of mood states：心理状態を把握する質問紙)を定期的に測定していたが、オリンピックの約1ヵ月前にPOMSの得点が急に下がる現象が認められたという。オリンピックの1ヵ月前にトレーニング量を落とすことに危機感もあったが、コーチや選手と相談してトレーニング量を調整することにし、結果として期待どおりの成績を残せたことが報告されていた。このように、選手自身の主観的な疲労感などは、脳が身体の状態を総合的に判断して発生させるものであり、トレーニング量の調整などにおいて非常に重要な手がかりをもたらしてくれる。そのため、トレーニングにおけるパフォーマンスの記録を取るとともに、トレーニングに対する気持ちや感情、心で感じる身体の調子、すなわち心理的な状態も記録しておくことは、オーバートレーニングによるケガの発生や「燃えつき症候群(バーンアウトシンドローム)」防止にとっても非常に有用な情報をもたらしてくれる。

7. 身体の発達と一緒に発達する切り替えネットワーク：青少年期にオーバートレーニングを発生させないことの重要性

前節において、「疲労感」など意識化される身体の状態は、オーバートレーニングにとって重要な情報をもたらしてくれることを述べた。この身体状態の意識化は、前に述べた3つのネットワーク、すなわち①リラックス状態を作るボーッとネットワーク、②集中状態を作り出す集中ネットワーク、そして③集中とリラックスを切り替える切り替えネットワークのうち、3つ目の切り替えネットワークが行なっており、その切り替えネットワークに関連する脳領域の中でも特に、島皮質が意識化を行なっていることを述べた。

興味深いことにこの3つのネットワークのうち、1つ目のボーッとネットワークと2つ目の集中ネットワークは、生まれながらに脳に存在するネットワークであることがわかっている。一方で、3つ目の切り替えネットワークは他の2つのネットワークとは異なり、身体の成長に伴って発達するネットワークだといわれている(26)。例えば、乳幼児でも空中を見つめボーッと放心した状態になったり、おもちゃに集中して遊ぶこともある。しかし、身体の情報を収集して意識化させる切り替えネットワークは、当然のことながら身体の発達とともにそのネットワークも発達する。そのため、身体が大きく発達する青少年期は、この切り替えネットワークも発達する根幹をなす時期であると考えられる。

一方で、この切り替えネットワークは、前頭葉と呼ばれる脳の前方の領域から抑制性の神経投射を受けていることが知られている。前頭葉は人間の認知活動と関係した脳領域であり、社会性や人間の意思と関係している脳領域である。すなわち、強い意志があれば、身体の疲労状態を検知してボーッとネットワークを活動させ、身体を休ませようとする切り替えネットワークの活動を抑制することができる。言い換えるなら、疲れていても、強い意志によって集中ネットワークを賦活させ、集中状態を作り出すことができることを意味する。しかしながら、前にも述べたトリプルネットワークモデル(16)によると、3つのネットワークの相互関係やバランスが崩れることにより、精神的な障害が発生することが報告されている。3つのネットワークのうち、「切

り替え」という重要な役目を果たす切り替えネットワークが発達する青少年期に、切り替えネットワークを抑制させるような過度な状態に追い込むことは、うつ病などの精神的な障害を生じさせる可能性を上げることとなり、甚だしく危険な行為ともいえる。実際に、精神的な障害は青少年期から発症することが多いことがわかっている。そのため、青少年期に疲労にもかかわらず過度なオーバートレーニングの状態に追い込むことは、切り替えネットワークの機能を弱めることになる。

脳の研究から見た場合、青少年期は切り替えネットワークの発達という最も重要な時期にあたる。この時期にトレーニングと休養のバランスを十分にとり、適切に身体を発達させると同時に、脳の切り替えネットワークも十分機能させるように働きかけるべきである。青少年期のオーバートレーニングには特に注意を払う必要がある。

8. なぜ右脳が重要なのか

これまで脳の中のネットワークのうち、切り替えネットワークの重要性について、身体の意識化という観点から、疲労・オーバートレーニング・発達との関係性について述べてきた。この切り替えネットワークのひとつの特徴として、左脳よりも右脳の活動が大きくなるという「右脳優位性(right hemisphere preponderance)」(20)というものがある。これは、切り替えネットワークにおいては、左脳よりも右脳の働きのほうがより重要になることを意味している。感情や情動においては右脳が重要であるという話を耳にするが、なぜ右脳がより重い役割を果たしているのであろうか。

その理由として近年の研究によると、切り替えネットワークにおいて中心的に働く島皮質と前部帯状皮質(anterior cingulate cortex：ACC)に、ある特殊な神経細胞(ニューロン)が、右脳により多く存在するためだという報告がなされている(1)。その特殊な細胞とは、フォン・エコノモ・ニューロン(von Economo neuron：VEN)と呼ばれるニューロンである。VENは、他の神経細胞と比べ、細胞体のサイズが大きく、また、他の神経に情報を伝達する役目を果たす樹状突起の長さも長いことがわかっている。このことは、VENは他の神経細胞に比べ情報伝達が速いことを意味する。この処理速度の速いVENは、左脳と比べると右脳のほうが最大で30％も多く存在することがわかっている(1)。すなわち、左脳の切り替えネットワークよりも、VENをより多く含む右脳の切り替えネットワークのほうが、より速い情報処理を行なっていることになる。なぜ右脳にVENが多く存在するのかは、まだ明確な説明はなされていないが、ひとつの可能性として、島皮質が身体(末梢)から情報収集をしていることと関連していることが挙げられる。島皮質には、迷走神経という神経を通して身体の情報が送られている(2)。この迷走神経は、内受容感覚(身体の内部における感覚)と関連し、身体にまるで迷路のように張り巡らされていることからこのような名称で呼ばれている。特に心臓の状態をモニターするために身体の左側により多く分布している。基本的に人間の脳は、右脳は身体の左側と繋がりが深く、左脳は身体の右側と繋がりが強いという「対側優位」を示す構造になっている。そのため、身体の左側に心臓が存在することから、迷走神経も身体の左側により発達し、結果としてその反対側となる右脳の島皮質により多くのVENが存在するようになったのかもしれない。

この右脳は、特に空間に対する注意コントロールという点できわめて重大な働きをしている。その例として、右脳損傷による「半側空間無視」という病態がある。脳卒中などで右脳の領域内に何らかの損傷を受けた場合には、反対である左側の空間を無視するという「半側空間無視」が生じる。半側空間無視が発生している状態では、紙に絵を描いてもその用紙の左側部分は白紙であったり、食事をする時も左側に配置された食べ物を残してしまうという、左側に存在しているものに気がつかないという左空間に対する無視という症状が発生する。しかし、左脳が損傷した時には、右空間を無視するという右空間の半側空間無視は生じにくいといわれている(17)。すなわち、半側空間無視は右脳が損傷した時のみに反対側の左空間に発生するが、左脳が損傷しても右空間への無視は発生しにくいというのである。このような片寄り(片側性)が発生する理由は、右脳では左空間と右空間の両方をカバーしているのに対し、左脳は反対側の右空間のみをカバーしているためだといわれている(17)。言い換えると、右空間は左脳と右脳の両方でカバーされているため、片方の脳に損傷が発生しても半側空間無視は発生しない。一方、左空間は右脳のみでカバーされているため、右脳に損傷が発生すると、その反対側である左空間に無視が発生してしまう。この空間への注意分配にも島皮質を含む切り替えネットワークが関係しており(20)、右脳優位性を示す切り替えネットワークは様々な脳の機能に対して非常に重要な働きをしていることがわかる。

運動やトレーニングは、当然のことながら循環器系の能力を向上させる。この循環器系の活動は迷走神経を通して、右脳の島皮質すなわち切り替えネットワークの活動を活発化させることになる。このようなことを考えると、運動は「右脳を鍛える」という役目をもっているのかもしれない。右脳優位を示す島皮質が損傷すると、音楽を聞いても感情が発生しないという失音楽症という症状や、美味しいものを食べ

ても美味しいと感じない味覚の喪失などが発生することがわかっている。また、VENをもっている動物は歌が歌える(3)、鏡に映る自分を自分として認識できるといった特徴を有するといわれている(3)。すなわち、VENを基礎とする右脳優位性は「人間らしさ」を司っているともいえる。運動が右脳を鍛える可能性を考えると、もしかしたら運動とは「人間らしさ」もトレーニングしていることになるのかもしれない。

9. 右脳が関与する自尊心

前節にも述べたように、運動は、右脳を鍛え「人間らしさ」を育む特性をもっているのかもしれない。さらに最近の研究では、右脳が自尊心と関係があることもわかってきている。自尊心が脳に与える影響を調べた研究では、右脳の側頭部と頭頂部の境目にある側頭・頭頂結合部(temporo-parietal junction: TPJ)、前部帯状皮質、右脳の島皮質と呼ばれる3つの脳領域が、自尊心の向上に関与していることがわかっている(10)。これらの脳領域は、運動と関係の深い切り替えネットワークに含まれている。そして、このネットワークは、「顕著な情報」、すなわち人間にとって重要な情報を検知する働きをもっている。

人間にとってとても意味のある情報のひとつにフィードバック情報がある。これは、何らかの行動を起こした後に、その行動がどのような結果をもたらしたかという、行動の結果に関する情報のことである(心理学用語では、フィードバック情報を「結果の知識：knowledge of result」ともいう)。例として、ピッチャーがバッターにボールを投げて、それがストライクであったか、ボールであったかという審判の判定は、ピッチャーに対してフィードバック情報を呈示していることになる。フィードバック情報は、行動をより効率的に修正するために大変意味のある情報であり、人間を含めた生物にとって最も大切な情報であるといえる。そして、このフィードバック情報は切り替えネットワークを大きく活動させることがわかっている(11)。また、自尊心を育む場合においてもフィードバック情報が非常に重要な働きをなしている。自尊心は、「叱る」というネガティブなフィードバック情報よりも「褒める」というポジティブなフィードバックによって高まることがわかっている。また、ただ単純にうまくできたか失敗したかという結果のみならず、「結果を導き出すためのプロセスを重視した褒め方」が自尊心を高めることがわかっている(7)。右脳優位性を示す切り替えネットワークがフィードバック情報に大きく反応すること、そして、そのフィードバックの与え方とフィードバックの内容により自尊心に影響を与えることを考えると、運動が自尊心を高めるという脳のメカニズムのひとつに、右脳が大きくかかわっていることを示しているのかもしれない。

10. 褒めすぎることは問題にならないが、叱りすぎることは大きな問題となる

スポーツ選手を指導する場合や、子どもを育てる時に、どうしても「叱る」ことが多くなる。そのため、今日においても指導者の体罰を含めた暴力的指導は社会問題になっており、いまだに根絶されていない。学術的には、褒めたほうが自尊心が上がり、子どもや選手の成長に良い影響を及ぼすことはわかっているにもかかわらず、なぜ指導者や保護者は「叱る」ことが多くなってしまうのだろうか？　その理由のひとつに「ネガティビティ・バイアス(negativity bias)」が挙げられる。これは、行なわれた行動の結果に対して報酬を与えるよりも罰を与えたほうが、その行動修正の効果が強く、そして早いことを意味する。すなわち、選手や子どもたちの行動を修正したい場合には、褒めることよりも叱ることがより効果的であり、かつ行動の変容も早く現れるということになる。ネガティビティ・バイアスについて調べたfMRI研究によると、不快(ネガティブ)な刺激を与えた場合と、快(ポジティブ)な刺激を与えた場合では、感情の発生に関与する扁桃体と呼ばれる脳領域における反応のタイミングに大きな違いがあることが報告されている。ネガティブな刺激の場合には、扁桃体はすぐに大きな反応を示すのに対し、ポジティブな刺激を与えた場合には、少し時間が経過してから扁桃体が活動していることが報告されている(28)。この結果は、「褒める」といったポジティブな刺激の効果はじわじわと効いてくるが、「叱る」といったネガティブな刺激には即効性があることを示している。しかしながら、ネガティブな刺激である罰を多用すると無力感が高まり、そして「何をしても無駄だ」という無力感が学習され、「学習性無力感」が発生してしまうことがわかっている。例えば、拘束した犬に対して電気ショックによる罰を与え続けると、最終的に犬は「暴れても無駄だ」という無力感を学習し、拘束を解いても逃げようとせずじっと電気ショックを受け続けるという状態になることがわかっている。すなわち、罰・叱ることは、効果が高く即効性はあるが、それを多用すると無力感を学習してしまい、無気力な人間を形成してしまうことになる。一方、褒めることは叱ることよりも効力や即効性はないが、その行動を強化するという性質をもっている。褒めすぎるということには大きな害は発生しないが、叱りすぎることは無気力を学習させてしまうことになり、人格形成において大きな障害となる。

11. 詳しくて正しいフィードバックが鍵となる

以上のように、運動は右脳優位を示す切り替えネットワークを活性化し、そして右脳は自尊心など人間らしさに大きな影響を与える。すなわち、運動をすることは、単に身体能力を向上させるのみならず、人間性の育成に繋がっていることを意味している。人間性の育成に対して、指導者・コーチの褒める言葉と叱る言葉には、大きな影響力がある。例えば、切り替えネットワークはフィードバック情報に大きく反応するが、「ウソのフィードバック」には反応しない(4,25)。また、自尊心の向上においても、褒められた場合に「自分が感じた手応え」と一致していることが自尊心の向上に重要であることもわかっている。また脳研究においても、単純に正解だったか間違いだったかというフィードバック情報よりも、「なぜ間違いだったのか、何が良かったのか」という詳しいフィードバック情報を与えたほうが、切り替えネットワークの活動を高めることが示唆されている(12)。これらのことは、指導者のフィードバックの仕方により、脳の活性の仕方が大きく異なることを意味している。

このようなことを考えると、どのような言葉を選手にかけるのかが指導者の力量の見せどころともいえる。

12. まとめ

これまで、脳の研究を通して、脳には右脳優位を示す切り替えネットワークがあり、そのネットワークが自尊心といった人間性と大きく関与していることを示してきた。また、運動がこの切り替えネットワークに大きな影響を与え、運動は身体能力の向上のみならず、右脳の活性化によって人間性の育成にも関与している可能性を示してきた。不思議なことに、この切り替えネットワークは、フィードバック情報、すなわち褒める言葉や叱る言葉に大きく反応を示す。これらのことは、運動やスポーツにおいて指導者の言葉がけが大きく脳活動に影響を与えることを表している。

このようなことを考えると、指導者には選手のパフォーマンスを詳しく見る観察力、そしてそれを適切に選手に伝える表現力が求められるのかもしれない。指導者からの適切でポジティブなフィードバックは、選手の脳を活性化させ学習を促進するとともに、選手の自尊心や人間性を育み、アスリートとしてだけではなく、社会における成功者として選手を育てることを可能とするものと思われる。◆

参考文献

1. Allman, J.M., K.K. Watson, N.A. Tetreault, A.Y. Hakeem. Intuition and autism: a possible role for Von Economo neurons. *Trends Cogn Sci*, 9(8), 367–373, 2005.
2. Craig A.D. Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis? *Trends Cogn Sci*, 9(12), 566–571, 2005.
3. Craig A. D. How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. *Nature reviews Neuroscience*, 10(1), 59–70, 2009.
4. Damen, E.J., C.H. Brunia. Is a stimulus conveying task-relevant information a sufficient condition to elicit a stimulus-preceding negativity? *Psychophysiology*, 31(2), 129–139, 1994.
5. Dion, C., J.J. Tanner, S.J. Crowley, M.E. Wiggins, T. Mareci, M. Ding, C.C. Price, T.M. Manini. Functional connectivity of key resting state networks and objectively measured physical activity in older adults with joint pain: A pilot study. *Exp Gerontol*, 153, 111470, 2021.
6. Ekeland, E., F. Heian, K.B. Hagen. Can exercise improve self esteem in children and young people? A systematic review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*, 39(11), 792–798, 2005.
7. Felson, R.B., M.A. Zielinski. Children's Self-Esteem and Parental Support. *J Marriage Fam*, 51(3), 727–735, 1989.
8. Høgestøl, E.A., G.O. Nygaard, D. Alnæs, M.K. Beyer, L.T. Westlye, H.F. Harbo. Symptoms of fatigue and depression is reflected in altered default mode network connectivity in multiple sclerosis. *PloS one*, 14(4), e0210375, 2019.
9. 加藤弘通, 太田正義, 松下真実子, 三井由里. 思春期になぜ自尊感情が下がるのか？—批判的思考態度との関係から—. *青年心理学研究*, 30, 25-40, 2018.
10. Knyazev, G.G., A.N. Savostyanov, A.V. Bocharov, P.D. Rudych. How Self-Appraisal Is Mediated by the Brain. *Front hum neurosci*, 15, 700046, 2021.
11. Kotani, Y., Y. Ohgami, T. Ishiwata, J. Arai, S. Kiryu, Y. Inoue. Source analysis of stimulus-preceding negativity constrained by functional magnetic resonance imaging. *Biol Psychol*, 111, 53–64, 2015.
12. Kotani, Y., S. Kishida, S. Hiraku, K. Suda, M. Ishii, Y. Aihara. Effects of Information and Reward on Stimulus-Preceding Negativity Prior to Feedback Stimuli. *Psychophysiology*, 40, 818-826, 2003.
13. 小谷泰則.「予測」を調べると心と体の関係が見えてくる－予測から見た心と体の相互作用－. *心理学ワールド*, Vol. 84, pp.5-8, 2019.
14. McAuley, E., B. Blissmer, J. Katula, T.E. Duncan, S.L. Mihalko. Physical activity, self-esteem, and self-efficacy relationships in older adults: a randomized controlled trial. *Ann Behav Med*, 22(2), 131–139, 2000.
15. McMorris, T., M. Barwood, J. Corbett. Central fatigue theory and endurance exercise: Toward an interoceptive model. *Neurosci Biobehav Rev*, 93, 93-107, 2018.
16. Menon V. Large-scale brain networks and psychopathology: a unifying triple network model. *Trends Cogn Sci*, 15(10), 483–506, 2011.
17. Mesulam, M.M. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 354, 1325–1346, 1999.
18. Naqvi, N.H., D. Rudrauf, H. Damasio, A. Bechara. Damage to the insula disrupts addiction to cigarette smoking. *Science* (New York, N.Y.), 315(5811), 531–534, 2007.
19. O'Donnell, K., L. Brydon, C.E. Wright, A. Steptoe. Self-esteem levels and cardiovascular and inflammatory responses to acute stress. *Brain Behav Immun*, 22(8), 1241–1247, 2008.
20. Ohgami, Y., Y. Kotani, N. Yoshida, A. Kunimatsu, S. Kiryu, Y. Inoue, The contralateral effects of anticipated stimuli on brain activity measured by ERP and fMRI, *Psychophysiology*, in press.
21. Panchal, U., G.S. de Pablo, M. Franco, C. Moreno, M. Parellada, C. Arango, P. Fusar-

Poli. The impact of COVID-19 lockdown on child and adolescent mental health: systematic review. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 1–27, 2021.
22. Pruessner, J.C., M.W. Baldwin, K. Dedovic, R. Renwick, N. K. Mahani, C. Lord, M. Meaney, S. Lupien. Self-esteem, locus of control, hippocampal volume, and cortisol regulation in young and old adulthood. *NeuroImage*, 28(4), 815–826, 2005.
23. Schön, D., M. Rosenkranz, J. Regelsberger, B. Dahme, C. Büchel, A. Leupoldt. Reduced Perception of Dyspnea and Pain after Right Insular Cortex Lesions. *Am J Respir Crit Care Med*, 178. 1173-1179. 10.1164/rccm.200805-731OC, 2008.
24. 関口敦, 自尊心が守る脳と健康—東日本大震災における追跡調査から. *Brain Nerve*, 67 (10), 1193-1204, 2015.
25. Tsukamoto, T., Y. Kotani, Y. Ohgami, K. Omura, Y. Inoue, Y. Aihara. Activation of insular cortex and subcortical regions related to feedback stimuli in a time estimation task: An fMRI study, *Neurosci Lett*, 399, 39-44, 2006.
26. Uddin, L.Q., K.S. Supekar, S. Ryali, V. Menon. Dynamic reconfiguration of structural and functional connectivity across core neurocognitive brain networks with development. *J Neurosci*, 31(50), 18578–18589, 2011.
27. Won, J., K.A. Nielson, J.C. Smith. Subjective Well-Being and Bilateral Anterior Insula Functional Connectivity After Exercise Intervention in Older Adults With Mild Cognitive Impairment. *Front Neurosci*, 16, 834816, 2022.
28. Yoshida, N., Y. Kotani, Y. Ohgami, A. Kunimatsu, Y. Inoue, S. Kiryu, Y. Okada. Effects of negativity bias on amygdala and anterior cingulate cortex activity in short and long emotional stimulation paradigms. *Neuroreport*, 32(6), 531–539, 2021.

著者紹介

小谷 泰則
博士(理学)、東京工業大学 リベラルアーツ研究教育院 助教、公認柔道指導者C指導員、日本スポーツ心理学会会員。
脳波・fMRIなどの脳研究を行ないながら、脳研究の知見をスポーツ・体育の現場にフィードバックする活動を行なっている。現役のOver 50のアマチュアサッカー選手でもある。