

生理人類学

— 人の理解と日常の課題発見のために —

安河内 朗
岩永 光一 編著

生理人類学

— 人の理解と日常の課題発見のために —

安河内 朗
岩永 光一 編著

まえがき

資源に乏しい日本は、久しく科学技術立国として暮らしや経済を支えてきた。海外へ目を向けると、近年先進国の仲間入りを目指す国々が随分多くなり、先端技術の競争はますます激しくなっている。このような現状は技術優先の傾向をさらに高めている。一方、この流れに抗うように出てきたユニバーサルデザイン、インクルーシブデザイン、ヒューマンセントリックデザインなどの軌を一にした人間重視の姿勢はまさに機を得た運動である。英国の産業革命によって画一的で無味乾燥なものが大量に出回り、人の手によるクラフト製品が押しやられた時代があった。当時の William Morris (1834-1896) が展開するアーツ・アンド・クラフツ運動は、やがてモダンデザインへの大きな潮流となったが、現在の運動はそれに次ぐ第二の波ともいえる。第一の波では生活と芸術の一致を目指す人間性重視であったが、現在のテクノロジー社会における第二の波では、年齢や性、あるいは個人差や個人特性の違いを超えて安全性や使いやすさなどを優先させようとしている。さらに加えて、現在では生理人類学の基本的な考え方が求められている。それは、生物としてのヒトの特徴を進化・適応のプロセスを通して理解し、そのうえで技術のあり方を考えることである。つまり、ヒトの生物学的なオリジナリティとして備わったかたちや機能に馴染むように、モノや空間を合わせようとすることである。このような進化・適応のプロセスを考える重要性は、身のまわりの課題の原因把握と併せて、その解決のための発想の基盤ができるところにある。例えば、オフィスワーカーは、長い座業により腰痛が多いという課題がある。その原因は直立に適応した身体構造を知ることにより理解できる。そうすると、「長く座っても疲れない椅子」を考えようという発想では解決に繋がらない。そもそもヒトは長く座るように適応できていないからである。長く座らないことを前提としたワークプレイスのデザインを検討すべきなのである。このように、生理人類学

的視点をもつことによって、デザインのコンセプトそのものが変わってくる。

現生人類であるホモ・サピエンスとしての歴史は約20万年、サルとヒトが分かれるミッシングリンクまでは、現在の知見からは約700万年まで遡ることができる。この間のほとんどを占めるのは狩猟採集の時代であり、厳しい気候や不安定な食料条件といった環境の中で何百万年という時を通して進化・適応し、現在に至っている。しかし、現在のような快適で利便性の高い人工環境は人類史の地質学的時間のスケールからすれば一瞬に出現したものである。したがって今の人工環境や社会に適応できていない部分が多々あるはずである。ところが、私たち個人としては、今の時代に生まれているので今の環境を当たりまえと思い込んでいる。すばらしい技術に支えられて一見快適に暮らしているが、私たち人類が生物学的に適応した過去の環境と、それとは全く異なる現代の人工環境との乖離がさまざまな問題を引き起こしていることに、私たちは気づかないことが多い。生理人類学はそこに注目している。例えば、ヒトは直立二足の姿勢に適応し、それに見合うからだの構造や機能が選択されてきた。そのおかげでものを運搬したり、獲物を長距離追跡することでその捕捉に成功してきた。しかし座りがちの現代の生活は腰痛を招き、下半身の脆弱化や直立耐性の低下をもたらしている。暑さ寒さに対しては、空調設備によって四季に関係なく、あるいは熱帯や寒帯地域に関係なく快適に過ごすことができる。現代人の耐暑性や耐寒性の低下は容易に予測できる。だからこそ、近年頻発する震災や水害による停電時の耐性が危惧される。光については、自然の明暗のリズムにヒトのからだはサーカディアンリズムを形成して適応してきた。しかし本来暗いはずの夜間に人工照明に曝すと、サーカディアンリズムの位相後退や睡眠不足を招く。その繰り返しの結果、日中の作業効率の低下ばかりでなく、肥満や精神性障害などの種々の病気にいたりやすいことが報告されている。科学技術の発達は、その使い方によっては私たちヒトの環境適応能を弱めたり、ときに逸脱させてしまう恐れが多々あること、さらにその弊害が意識では捉えにくいものであることに注意しなければならない。

人類史という時間軸の他に、地球規模で広がる空間的考察も重要である。人

類は地球上のほぼ全域に定住している。何世代にもわたってそここの多様な気候・風土、あるいは生活様式に形態的にも生理的にも適応してきた。しかし現代の技術は、地球上のあらゆる場所への移動をほぼ1日で可能とする。そこでは一時的な時差の問題もあるが、長期滞在の場合、少なくとも温熱や光、あるいは高地であれば気圧などを含む新たな物理的な環境要因への適応がせまられる。現地の住民に比べて、成人後の移動には適応能にも限界があることを知っておく必要がある。

以上のように、本書では時間と空間からみた適応史を踏まえて、ヒトのオリジナルといえる形態と機能の生物学的特性を理解していく。それによって以下のような視点ができればと願っている。

- 1) ヒトの理解によって、知らないうちに人間を疎外している科学技術や生活環境を識別し、それを回避できる。すなわち、日常生活に埋もれた新たな課題を発見する能力が身につく。
- 2) 科学技術を人の特性に矛盾のない方向へ先導できる。これにより、日常生活で新たに発見した課題の解決方法を提案できる。
- 3) 日常的な当たり前の生活の中で、当たり前でない感覚を持つことができる。
- 4) 未来に向けた視点をもちつつ、新たな社会ニーズにつながる課題への気づきと、その解決の基本的視点ができる。

第四次産業革命では技術進歩の行方は見えづらい。さらに社会のシステム自体に予測できないほどの大きな変化をもたらすといわれている。変わらないのは、ヒトの生物学的な資質であり、だからこそ進化・適応の観点からヒトを理解することが重要である。

安河内 朗

目次

まえがき

第1章 生理人類学を学ぶにあたって	1
1.0 生理人類学を学ぶにあたって	2
1.1 生理人類学とは	3
1.1.1 生理人類学とは	3
1.1.2 生理人類学研究の基礎と応用	5
1.1.3 生理人類学のコンセプト	7
1.2 遺伝と進化	10
1.2.1 はじめに	10
1.2.2 ヒトのゲノムとその多様性	11
1.2.3 ハーディー・ワインベルグの法則	13
1.2.4 突然変異・自然選択・遺伝的浮動	13
1.2.5 現代人の形質多様性と進化	16
1.2.6 エピジェネティクスの可能性	18
1.3 環境適応とその多様性	21
1.3.1 適応とは	21
1.3.2 集団適応	22
1.3.3 個体適応	25
1.3.4 集団適応と個体適応の関係	32

第2章 ヒトの物理的環境への適応の特徴と課題 35

2.0	ヒトの物理的環境への適応の特徴と課題	36
2.1	重力への適応	37
2.1.1	物理的環境要因としての重力の特徴	37
2.1.2	陸上への進出と前適応	37
2.1.3	陸上への進出から直立二足歩行の獲得	39
2.1.4	直立二足歩行の利点と欠点	41
2.1.5	直立二足歩行と大きな脳の獲得	43
2.1.6	ヒトの身体的特徴と重力とのミスマッチ	44
2.1.7	おわりに	46
2.2	温熱への適応	48
2.2.1	はじめに	48
2.2.2	体温調節機能	49
2.2.3	寒冷環境への適応	54
2.2.4	暑熱環境への適応	56
2.3	光への適応	59
2.3.1	はじめに	59
2.3.2	紫外線への適応（肌の色の多様性）	60
2.3.3	可視光線への適応	62
2.3.4	おわりに	71
2.4	音への適応	73
2.4.1	音波と聴覚の基礎知識	73
2.4.2	年齢による聴覚特性の違い	76
2.4.3	音の3属性	77
2.4.4	音による空間の認識	80
2.4.5	音の人体への影響	82
2.4.6	大きな騒音・小さな騒音	82

2.4.7	音環境の認識と評価	84
2.5	酸素への適応	85
2.5.1	酸素の誕生	85
2.5.2	酸素と生体	86
2.5.3	低圧低酸素（高地）への適応	88
2.5.4	低酸素と呼吸	89
2.5.5	高圧高酸素（潜水）への適応	92
2.5.6	おわりに	93
2.6	生活環境への適応と課題	94
2.6.1	人類の生活環境	94
2.6.2	快を求める人類	96
2.6.3	理想の室内環境とは何か？	98
2.6.4	おわりに	99

第3章 人の日常行動と課題

101

3.0	人の日常行動と課題	102
3.1	生活時間（リズム）	102
3.1.1	概日リズム機構	103
3.1.2	ヒトに適した生活時間	110
3.2	衣服	117
3.2.1	はじめに	117
3.2.2	衣服の起源	118
3.2.3	覆うこと	119
3.2.4	衣服の歴史	121
3.2.5	衣服の制作	122
3.2.6	気候と衣服	123
3.2.7	おわりに	126

3.3 食と栄養	127
3.3.1 人類と食	127
3.3.2 食の歴史的変遷	128
3.3.3 食欲	129
3.3.4 食物と栄養	130
3.3.5 消化と吸収	132
3.3.6 食と健康	134
3.4 睡眠	136
3.4.1 睡眠とは	136
3.4.2 日本人の睡眠	139
3.4.3 睡眠と環境	139
3.5 労働	148
3.5.1 労働とは	148
3.5.2 人類の歴史と労働形態の変化	149
3.5.3 生業形態と健康、疾病	153
3.5.4 男女の役割、子どもの労働	155
3.5.5 未来の労働 AI の出現と労働の終焉？	157
3.6 運動	159
3.6.1 現代における身体活動量の低下と健康問題	159
3.6.2 身体活動・運動の目標値と現状	160
3.6.3 都市環境と身体活動	163
3.6.4 子どもの運動習慣と体力	165
3.6.5 おわりに	169
3.7 介護	171
3.7.1 健康寿命と平均寿命	171
3.7.2 看護・介護職者の夜勤	176
3.7.3 看護・介護職と腰痛	178
3.7.4 看護・介護における生理人類学的視点	180

第4章 人の快適性と課題	183
4.0 人の快適性と課題	184
4.1 人の情動と感情	185
4.1.1 情動と感情	185
4.1.2 情動の起源	186
4.1.3 情動の神経メカニズム	187
4.1.4 情動表出と基本6情動	191
4.1.5 情動・感情の生起メカニズムに関するさまざまな説	192
4.1.6 情動と現代社会	197
4.2 人のストレスと快適性	201
4.2.1 はじめに	201
4.2.2 Selye のストレス理論	202
4.2.3 生体のストレス反応	204
4.2.4 ストレスと適応	207
4.2.5 快適性とストレス	209
4.3 生活デザインと快適性	212
4.3.1 デザインと生理人類学	212
4.3.2 生活を快適にするデザイン	215
4.3.3 社会的世代とデザイン	220
4.3.4 デザインは課題発見と解決そのものである	222
4.4. 人とテクノロジーの関係	223
4.4.1 適応とストレスの連鎖	224
4.4.2 テクノロジーによるヒトの適応	226
4.4.3 テクノロジーがもたらすストレスと適応	228
4.4.4 テクノアダプタビリティ	231

第5章 人の未来と課題	235
5.0 はじめに	236
5.1 人の本性と行動	236
5.2 個人への注意喚起	238
5.3 社会への注意喚起	239
5.3.1 快追求と文化	240
5.3.2 文化への注意喚起	241
5.4 おわりに	245
索引	247

Chapter 1

第1章

生理人類学を学ぶに あたって

□

1.0 生理人類学を学ぶにあたって

この本の目的は、ヒトを理解することであり、そこから生活環境にあるさまざまな問題を見いだしたり、その問題の解決にせまるヒントを得る素養を身に付けることである。本章では、生理人類学を学ぶにあたって、まず生理人類学という学問の歴史を紹介するとともに、この学問の基本的考え方や意義について理解する。

人を理解するには、医学、生物学、スポーツ科学、生活科学などの諸分野があるが、進化・適応の視点から生活する生身の人間を理解する学問は人類学において他に存在しない。ヒトの理解にあたって進化・適応の視点を持つ利点は、ヒトの人たる所以である生物学的オリジナリティを理解できることであり、そのオリジナリティと環境との関係からさまざまな問題点の検出やその対策へのアプローチが容易になることである。

そのために進化・適応について、それらの基本的な考え方を理解する。進化については、そのプロセスや結果的に生じるさまざまな形質との関わりで遺伝学の基本を学ぶ。また適応については、長期の世代交代の中で生じる集団適応と、一世代の中で遭遇するさまざまな環境に対して生じる個体適応にわけて、それらの基本を学ぶ。第1章は、その後の章を理解するための導入的位置づけである。

最後に、この本では、“人”や“身体”の表記について使い分けている。基本的に生物学的な存在としては“ヒト”，“カラダ”とし、文物としての存在は“ひと”，“からだ”と表記している。また“人”，“人間”，“体”，“身体”については、生物と文物を分けきれない場合の表現である。

1.1 生理人類学とは

□キーワード

日本人類学会, 日本生理人類学会, 時実利彦, 佐藤方彦, バイオトロニクス, ヒトの適応能力, 予測適応

1.1.1 生理人類学とは

私たちは人間についてどれだけのことを知っているだろうか。例えば小学校、中学校、高等学校ではいろいろなことを学んできたが、人間については人文科学、社会科学、自然科学の分野を通して生活の諸活動や歴史、文化、またカラダの構造や働きなどを教えてくれた。しかし、ヒトの生物学的な特徴や進化の歴史、また一般生活における人の行動や生物学的な諸反応を教えてくれるのは、やっと大学に入ってからである。しかも数多くある科目の中でも、ごく少数の「人類学」やその関連科目に遭遇できたもののみである。近頃、熱中症になる人が増えたのはなぜか。日中の眠気に悩まされたり、逆に夜は眠れなくなるのはなぜか。最近の子どもは親の世代より運動能力が落ちてきたのはどうしてか。あるいは、サマータイムの導入は人々にどんな影響を及ぼすのか、など重要な問題でありながら課題視せずに流してしまっていないだろうか。恐らく、人類学や生理人類学を学んでおけば、このような問題を意識化して、然るべき対応を考える人々が増えるはずである。

確かに大学に入ってからでは、他にもヒトの生物学的な側面を教えてくれる学問分野はある。医学、生物学、スポーツ科学、生活科学などが該当する。しかし、例えば医学の狙いは治療・予防であり、生物学は生命の根源という大テーマに向かう。またスポーツ科学は各種競技の記録への挑戦である。そういう意味では、生活科学は日常の衣食住や家族関係などについて生身の生活や環境との関わりを教えてくれるが、残念ながら人類学的要素は少ない。このように、ヒトや人を対象とする学問でもその分野によって追求するテーマが異なるた

め、人類そのものを科学する人類学の存在は大きい。

さて、日本の人類学はいつ頃から始まったのか。その歴史は古い。1884年、東京帝国大学の若干21歳の学生だった坪井正五郎（つばい しょうごろう：1836-1913）が、わずか10名ほどを發起人として立ち上げたのが「じんるいがくのとも」であった。これが現在の日本人類学会の母体組織となる。世界で最も古いパリ人類学会から遅れることわずか25年のことであった。そもそも日本には『常陸国風土記（713年）』という古い書物に既に貝塚の記載があるなど、人類学が芽生える土壌は古くからあったといえる。

学会の発足時、坪井は「ゆくゆくは古今内外を問わずすべて人類に関する自然の理を明らかにする考えから広き名をもって漸進を期する」として「人類学会」と名付けた。当時、人類学という言葉自体が存在してなかったことを考えれば、感慨深い名称である。現在では、**日本人類学会（The Anthropological Society of Nippon）**は130年を超える歴史を有し、ここから考古学会、民族学会、民俗学会、文化人類学会、霊長類学会、生理人類学会と多くの分野が独り立ちした。

日本生理人類学会（Japan Society of Physiological Anthropology）の組織的母体のスタートは1979年になるが、「生理人類学」という分野が始まったのは1939年、東京帝国大学理学部の人類学科を主宰した長谷部言人（はせば ことんど：1882-1969）のときである。そして生理人類学の授業を最初に担当したのが、当時同大学付属医学専門部の**時実利彦（ときざね としひこ：1909-1973）**であった。後年、人類学科の学生だった**佐藤方彦（さとう まさひこ：1932-）**は時実に師事し、以来日本の生理人類学研究を先導していくことになる。

生理人類学という学問は、現代に生きる私たち自身、あるいは近未来に生きる私たちの子孫のための人類学である。700万年におよぶ人類史の中で、長い長い狩猟採集時代から農耕社会へ移行したのは、その地質学的時間軸からすると、ついこの間のことである。特に直近の産業革命以降は科学技術を大いに発達させ、高度な文明を創り出し、人類は生物史上例を見ない繁栄を誇ってい

る。しかし、生物は環境に適応できたものだけが生き残ってきたという事実がある。人類が生物学的に適応したのは、人類史の大半を占める狩猟採集時代の環境と考えられる。まさに一瞬にして現れた現代の科学技術文明下の環境に適応できているかどうか、その具体的な根拠は乏しい。従って、現代の繁栄を人類学の立場から維持していくには、ヒトの生物学的な特性を真に解明、理解し、科学技術をこれと矛盾しない方向へ発展させる必要がある。坪井の「ゆくゆくは人類に関する自然の理を明らかにする」という考えは、まさに生理人類学の基本路線に繋がる。生理人類学に関わる研究者の専門領域は、公衆衛生学、脳科学、認知科学、生物学、遺伝学、栄養学、建築学、生活科学、環境科学、スポーツ科学、労働科学など全て挙げきれないほどの多岐に渡っている。人類を科学するには、あらゆる分野の専門家が総がかりで取り組まねばならない。さらに生理人類学は、ヒトの生物学的特徴を明らかにする基礎研究のみでなく、ヒトが人として生活する環境との関係性にもおよび、そこから具体的な環境改善に貢献するための応用研究も必要としている。

1.1.2 生理人類学研究の基礎と応用

生理人類学の基礎的研究は1950年代に始まる。時実には大きな影響を受けた生理人類学の研究者は、この時代から活動が活発になる。特にここでは筋電図 (electromyography : EMG) の登場により、歩行や作業時の種々の動作に関わる骨格筋の同定やその機能的差異を検討し、生活のさまざまな場面における筋疲労の評価研究へと進む。そのような成果は全身的身体作業能力 (physical work capacity) の研究へと繋がっていった。1970年代から80年代にかけて特筆すべきは、人工気候室 (biotron) の導入である。これは部屋の温度、湿度、気流、照度、気圧などの物理的環境要因を個々に調節して任意の人工環境を造成するもので、人工環境調節装置とも呼ばれる。その目的は、造成された種々の人工環境にヒトを曝露し、その間の行動や生理反応を測定、観察することで、環境への生物学的な適応能を研究することである。このような研究手法は**バイオトロニクス (biotronics)** と呼ばれた。これによって、例えば熱帯地方、寒帯地

方、あるいは海底の高圧下や高地の低圧・低酸素下を想定した人工環境を造成し、そこでの体温調節反応や酸素運搬機能の諸能力を検討する。そうしてさまざまな物理的環境における**ヒトの適応能力 (human adaptability)**に関する研究が展開された。

以上のように、活動筋の同定、筋疲労の評価、作業能力と形態との関係、バイオトロニクスによる温熱・気圧・光などの生体への影響へと個々の研究の蓄積は常に次のステップの基礎をなしてきた。1980年代以降のもうひとつの特徴は、従来の暑熱や最大作業のような厳しいストレス下の研究から精神作業のようなそれまでとは質の異なるストレスを評価する研究に代わっていったことである。労働環境の多くが屋外からオフィスのような屋内へ移行し、空調完備の心地良い部屋でコンピュータを用いた創造性を求める作業に対応する必要があった。生活全般において環境が快適に便利になったことが反映されている。この時代から社会では“快適性”や“感性”などのキーワードが注目され、これらの科学的な解釈や客観的な評価が追求されることになる。いずれにしても、これまでの一連の研究は、現代生活の各場面におけるヒトの適応能の研究に集約された。

このような状況の中で、これまでに蓄積された研究資料を生活の現場に応用し、技術文明に支えられた現代の人工環境を適応能の観点から問い直す気運が高まってきた。ここにきて生理人類学的研究は、人間らしい真に健康で快適な生活環境の創成を目指す新しい段階に差し掛かった。一方で社会では、急速な技術進展に伴う生活環境の変化が、果たして人間にとって良いものかどうかへの関心が高まってきた。従って企業もそれまでのように単に製品を造り販売するだけでなく、人間の健康や使いやすさなどへの配慮を客観的な資料で示す必要性に迫られてきた。すなわち、生理人類学者にとっても社会にとっても、人間にとってどのような生活環境が好ましいのか、早急に取り組むべき課題があるという共通の認識がでてきたのである。このようにして、1990年代以降は社会的ニーズに対応する生理人類学の研究態度がでてくる。従って、これまでのような実験室実験や野外調査だけではなく、実際の生活環境をつくりだしてい

Chapter 2

第2章

ヒトの物理的環境への 適応の特徴と課題

□□

2.0 ヒトの物理的環境への適応の特徴と課題

高い山へ登れば息が切れる。気温が40度を超えたり氷点を下回れば平常でいられない。宇宙ステーションに長期滞在すれば筋肉は衰え、骨はもろくなる。夜でも明るい部屋で過ごしたいが、それが過ぎればカラダのリズムが狂う。いつでもどこでも楽しめるオーディオプレーヤーは便利だが、難聴の若者が増えている。普段の生活で私たちが正常でいられるとき、それは酸素濃度、温度、重力、光、音などの物理的環境に適応しているからである。

一般に生物の適応の対象は、物理的環境要因の他に、餌となる生物や捕食者などとの関係を示す生態的な条件、また病気、景観などがある。しかし物理的環境要因への適応に対しては、その生物のカタチや機能の根本的な変化が求められる。水中から陸上へ適応した生物は、^{ヒレ}鰭から手足（四肢）へ、^{エラ}鰓呼吸から肺呼吸へとカタチや機能を大きく変えた。しかし、このような変化のために生物は新たな材料を必要とせず、既存の材料を活用する。いわば巧妙なりサイクルを成し遂げる。水中から陸上への移行では、もともとあった浮袋を肺へ変換した。また、鰓や顎の骨の一部を活用して空気振動を効果的に捉える耳小骨へと変換したり、卵に卵殻と羊膜・漿膜を併せ持つことで胎児を保護すると同時に昔の水環境を再現した。このような芸当を可能にするのは、ウィルスからヒトまでDNAを構成する塩基が同じであり、また塩基の並び（コドン）からなるカラダを作る基本情報が共有されているからである。従って、私たち人類の一部が将来さまざまな宇宙環境で世代を超えて長期的に生きるなら、重力などの異なる物理的環境条件に応じたカタチや機能が進化の過程で選択されていく。そこではさまざまな特徴をもった宇宙人が出現することだろう。

本節では、我々人類の祖先がいかにして物理的環境に適応し、その結果ヒトとしてのカタチや機能のオリジナリティをいかに形成してきたか。また私たちの先祖が適応したはずの環境と大きく異なる人工環境にいる現代人は、適応で

きているのか、それが良い状態なのか悪いもしくは潜在的な悪さの中におかれているのかを考えていく。本章では、科学技術が先にありきではなく、ヒトの理解を踏まえた技術の使い方が重要であるという視点が再認識されれば幸いである。

2.1 重力への適応

□キーワード

呼吸性洞性不整脈, 前適応, 立ちくらみ, 直立二足歩行

2.1.1 物理的環境要因としての重力の特徴

地球上の生物は、 $1g (=9.80665\text{m/s}^2)$ という重力に曝されている。地域差はほとんどなく、低緯度地域では地球の自転による遠心力のため高緯度地域と比較して重力が約0.5%小さくなる程度である¹⁾。重力は温熱、光、および気圧などと比較して、地球上の物理的環境要因の中で最も均一性の高い環境要因であるといえる。人類は進化の過程で、アフリカ大陸から世界中に生息域を広げ、寒冷地域や乾燥地域、さらには高地にも適応した集団もいたが、重力は、どの集団にとっても、必ず適応しなければならない物理的環境要因であったといえる。

2.1.2 陸上への進出と前適応

生物が重力に適応する必要が生じたのは、水中から陸上へ進出した、デボン期（4億2000万年前から3億5000万年前）にさかのぼる。当時の生物は哺乳類ですらなく、硬骨魚類の中の肉鱗類（*sarcopterygii*）^{にくきろい}に分類される脊椎動物であった。骨格を持たないクラゲが陸上でその体型を保つことができないように、それまでの浮力に支えられた水中での生活から陸上へ進出するためには、

重力に抗して身体を支えるための骨格が必要であった。この点において硬骨魚類に含まれる肉鱗類は、既に脊椎という骨格を有しており、さらに、我々の四肢に繋がるような特殊な鱗を獲得したことから、このような移動ではあったが、陸上へ進出することができたとされている²⁾。

一方で、陸上では鰓呼吸が機能しないため、骨格のみならず、肺呼吸の獲得も必要とされた。肺呼吸の獲得は、陸上への進出と同時にではなく、陸上への進出よりも先に、肉鱗類と条鱗類（actinopterygii）に分かれる前の段階で、うきぶくろ鰓という形で獲得していたことが知られている。鰓は毛細血管を介した原始的なガス交換が可能であり、このことが肺呼吸の獲得に繋がっている。このような現象を前適応（preadaptation）と呼び、水生動物であった頃に、既に重力に抗して身体を支えるためにも用いられる骨格を有していたことで陸上への進出が容易であったこともこれにあたる。なお、前適応には、ある意図に従って前もって準備しておくという意味はなく、時間的な前後関係のみを指す。この点において前適応ではなく外適応という表現を用いることもある。

水中で重力に抗して身体を支えるための骨格の獲得は、それを有しない水生動物がいることから、必須ではなかったが、生理的に必要なリンを、リン酸カルシウムという形で体内に貯蔵するために有効であった。この物質を骨格として身体を支え保護するために用いたことで、結果的に陸上への進出を容易にした。同様に、水中での肺呼吸の獲得は、それを有しない水生動物がいることから、必須ではなかったが、不足する酸素への適応であった可能性が高い。これは水生動物でありながら肺呼吸を行うウミガメやクジラがいる一方で、陸生動物でありながら水中で鰓呼吸をする生物が存在しないことから肺呼吸の有効性が示唆される。アカウミガメは1時間に1回の呼吸で生体を維持することができ、肺呼吸の有効性が示されている。また水中の酸素濃度は大気中と比較して変動が大きく、沼地だけではなく、海洋でも、濁流の流入によりデッドゾーンと呼ばれる、低酸素状態になることがある³⁾。陸上への進出は生物にとって極めて困難な跳躍であったことは想像に難くないが、無謀な挑戦というわけではなく、このような前適応を経てなされたことが分かる。我々の祖先は、この

ようなプロセスを経て、水中から陸上へ進出し、重力に曝されるようになった。

2.1.3 陸上への進出から直立二足歩行の獲得

水中から陸上に進出した古代生物でよく知られているものに、ティクターリク (*Tiktaalik*) が挙げられる。魚類にはない頸^{ケイ}と肩があり、浅瀬では頭部だけを水面から出して酸素を取り込むことができた¹⁾とされ、さらには、前の鰭の骨には、現代の両生類、爬虫類、哺乳類に共通する、上腕骨、橈骨、尺骨、それに手首を構成する小さな骨もあった²⁾。腕立て伏せのできる魚として知られているティクターリクは、水辺を這って移動することができた可能性は高いが、一方で、陸上を長距離移動することは難しかったことが想像される。

重力に対する適応という点で、重力に曝されながら効率の良い移動を行うことは、効率よく食料を採取するためだけでなく、捕食者から逃れるためにも重要である。両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類を総称して四肢類 (tetrapoda) と呼ぶが、これら四肢類の脚の形状は同一ではない。両生類から哺乳類に至る進化の過程で、脚部が体幹の側部にあった形状から、体幹を下から支える形状となり、よりエネルギー効率の高い洗練された移動が可能となっている。この進化における系統発生の過程は、ヒトの成長の中でも再現されており、腹ばいでの動きから、四つ這いおよび高這いまで四足歩行の系図が見て取れる (図2.1)。

他の動物には見られないヒトの特徴として、**直立二足歩行 (bipedalism)** が挙げられるが、ヒトの乳幼児がそれを習得する以前の四足歩行の段階でも、イヌやウマなどの哺乳類の一般的な足の運びと異なる動作を行うことも知られている。一般的な哺乳類の脚の運びは、右後脚を基点にすると、右後脚、右前脚、左後脚、左前脚の順番となり、ラテラル・シークエンス (後方交叉型歩行) と呼ばれる。それに対して、乳幼児の四つ這いでは、このラテラル・シークエンスに加えて、右後脚、左前脚、左後脚、右前脚の順番となる。ダイアゴナル・シークエンス (前方交叉型歩行) も行う³⁾。前方交叉型歩行は樹上生活を行う霊長類に見られる歩行であり⁴⁾、ヒトは乳幼児の四足歩行にあっても霊長類の特徴を有しているといえる。



図2.1 四本足の系図と赤ん坊の動き⁴⁾

重力に対する適応という点では、重力に曝されながら効率の良い歩行をすることは重要であるが、歩行時の重心の動きに対してバランスを取ることも重要である。ラテラル・シークエンスとダイアゴナル・シークエンスでは歩行中、着地している三脚で構成される三角形の形が異なることが知られている⁷⁾。後者は前者と比較して細長い形をしており、重心との相対的な関係から、一見、

Chapter 3

第3章

人の日常行動と課題

3.0 人の日常行動と課題

第2章では、ヒトが重力、光、温度などの物理的環境要因にいかにして適応し、それによってヒトのどのような特徴を備えることができたかを学んだ。このような生物学的特徴は、環境と人の行動との相互作用と、さまざまな選択圧のもとで遺伝的变化を伴いながら、狩猟採集時代という万年単位の時間をかけて獲得されたものである。

本章で取りあげる行動は、生きていく上で必須の行動である、服をまとう、食べる、寝る、働く、運動する(3.2~3.6)である。しかし、まずは最初に、全ての行動に共通するカラダのリズムと生活のリズムとの関係を冒頭の3.1で、そして最後には人類特有の長い老齢期における介護(3.7)の問題で結ぶ。このように本章では、現代の生活環境において生きていくためのさまざまな日常の行動に焦点を当て、各行動の歴史、環境と行動の関係やその適応性などを中心に考察する。

本章では、現代の近代的な生活環境が、適応した過去の環境から大きく乖離したものであることを念頭において、現代の生活行動にどのような問題が潜んでいるかを常に考えていただきたい。

3.1 生活時間 (リズム)

□キーワード

概日リズム、内的脱同調、時計遺伝子、睡眠覚醒、視交叉上核、転写翻訳フィードバックループ、交替制勤務、労働

地球は24時間で自転しており、光や気温などの環境因子も24時間の周期で変化する。地球表層に棲む多くの生物の行動や生理機能にも約24時間のリズムが

存在する。この約24時間周期の変化を**概日リズム（circadian rhythm）**（サーカディアンリズム）と呼び、ヒトでは**睡眠覚醒（sleep-wake）**や深部体温などの周期で確認できる。生理機能の概日リズムは、24時間で変化する自然環境へ適応し、有利に生き残るための生存戦略であると考えられる。本章では、ヒトの概日リズム機構について概説し、その同調因子や生活時間による影響について述べる。

3.1.1 概日リズム機構

(1) 概日リズム研究の歴史

最初に生物の概日リズムを報告したのは18世紀初頭のフランス人科学者 **Jean-Jacques d'Ortous de Mairan** (1678-1771) である。彼は朝に葉を広げ、午後には葉を閉じるオジギソウに着目し、オジギソウを陽の当たらない箱に入れておいても、箱の外と同じように葉が開閉することを発見した¹⁾。これにより、彼はオジギソウが外界の明暗情報ではなく、体内時計によって葉を開閉していると考えた。その後、1960年代になり、ドイツ・マックスプランク行動生理学研究所の **Jürgen Aschoff** (1913-1998) らがヒトの概日リズムについて報告している²⁾。この研究では時計など時間的手がかりのない恒常環境の実験室に被験者を長期間隔離し、その行動パターン（睡眠覚醒周期）と体温変動周期を測定した。その結果、ヒトの内的睡眠覚醒周期は24時間より長く約25時間であると報告している。この報告から、長い間、ヒトの概日リズム周期は約25時間であるとされてきた。しかし、照明条件などをより厳密に制御した近年の結果より、人間の概日リズム周期は24.18時間程度であることが明らかとなっている^{3,4)}。これらの研究間における概日リズム周期の差異は実験室照明の影響が挙げられる。Aschoffらの研究時点では低照度（150～300 lx）の光が概日リズムに作用しないと考えられていたため、実験室内は低照度に設定されていた。しかし、その後の研究から低照度の光でも概日リズムに作用することが明らかとされたため、近年の研究では実験室内を15 lx以下の薄暗い環境とし、さらにそのわずかな光の影響も除外する強制脱同調実験法が用いられている。

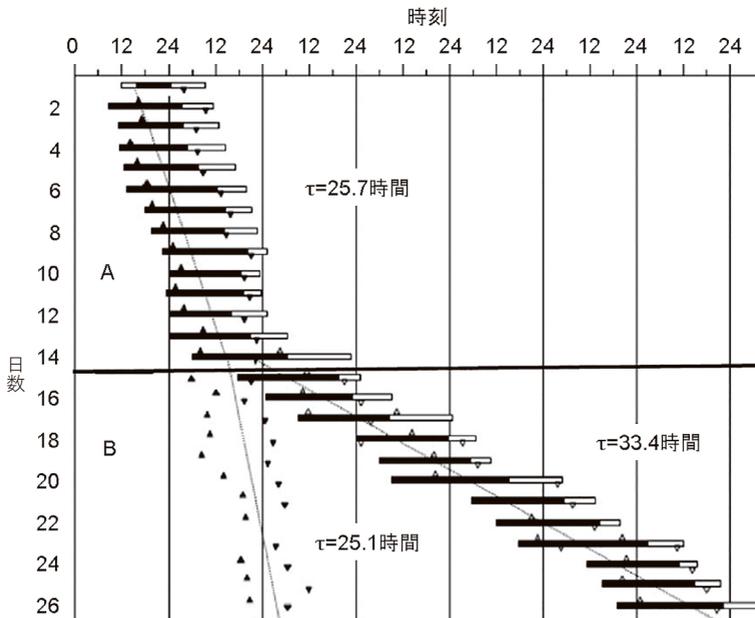


図3.1 恒常条件下でのヒトの睡眠覚醒と深部体温リズム

図中の横棒は黒い部分が睡眠の時間帯、白い部分が覚醒の時間帯を示す。▲は深部体温が最高となった時刻、▼は深部体温が最低となった時刻を示す。

先述したように、恒常環境で観測される睡眠覚醒や深部体温は24時間とは異なる周期性変動を示し、フリーランリズムと呼ばれる。最初のうちは睡眠覚醒リズムと深部体温リズムは同じ周期でフリーランする（図3.1 A）⁵⁾。しかし、ある期間以上を恒常環境下で過ごすると睡眠覚醒リズムと深部体温リズムが異なる周期でフリーランし始める内的脱同調現象が発生する（図3.1 B）。この内的脱同調（internal desynchronization）が発生することから、ヒトの概日リズムには少なくとも2つの異なる自律振動機構があると考えられてきた（2振動体モデル）（図3.2）^{6,7)}。ひとつ目の振動体（図3.2 振動体Ⅰ）は深部体温やメラトニン分泌リズムを制御し、その概日リズムの中核は視交叉上核（suprachiasmatic nucleus : SCN）にあるとされた。もう一方の振動体（図3.2 振動体Ⅱ）は睡眠覚醒リズムを制御していると考えられてきたが、未だ不明であ

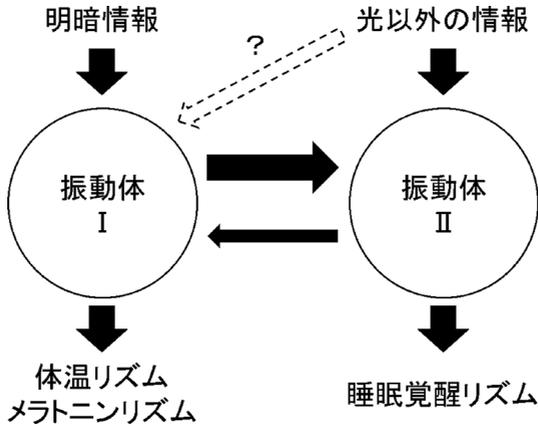


図3.2 2振動体モデル

振動体 I は体温やメラトニンのリズムを制御し、振動体 II は睡眠覚醒リズムを制御する。振動体 I は主に光の明暗情報を同調因子とし、振動体 II は光以外の情報を同調因子とする。振動体 II は振動体 I からの制御を受けるとされている。

る。しかし、近年の遺伝学研究より、全身のさまざまな細胞は自律的に概日リズムを刻む分子機構を有することが明らかとなってきている。概日リズムは SCN などの細胞に存在する時計遺伝子 (clock gene) を原動力としている。時計遺伝子は脳だけでなく、皮膚など身体のさまざまな細胞に存在するため、それらを同調させる手がかりがない場合は、身体各部位の時計が別々にフリーランし、内的脱同調のような現象が発生すると予想される。時計遺伝子の存在を示唆した最初の報告は1971年、アメリカのカリフォルニア工科大学の Seymour Benzer (1921-2007) と Roland J. Konopka (1947-2015) によるものである⁸⁾。彼らは、ショウジョウバエの羽化のタイミングを調べ、通常タイミング (24時間周期) とは異なる羽化のタイミング (19時間周期と28時間周期) を示す個体には X 染色体上の遺伝子に異常があることを発見した。その後、1984年にこの原因遺伝子が特定され^{9,10)}、最初の時計遺伝子として *period(per)* と名付けられた。その後も *timeless(tim)*¹¹⁾ や *Clock*¹²⁾ などの時計遺伝子がつぎつぎと発見されている。これら概日リズムの分子機構の解明に関して、アメリカのブ

ランダイス大学の Jeffery C. Hall (1945-) と Michael Rosbash (1944-), ロックフェラー大学の Michael W. Young (1949-) は *per* 遺伝子の発見やその基本的な仕組みを明らかにした貢献から2017年にノーベル生理学・医学賞を受賞している。

(2) 概日リズム機構

ここで、現在の知見に基づく哺乳類での概日リズムの分子機構について簡単に説明する (図3.3)¹³⁻¹⁵)。BMAL (図3.3 BML) と CLOCK (図3.3 CLK) というタンパク質が *Per* 遺伝子と *Cryptochrome* (*Cry*) 遺伝子それぞれがコードするタンパク質 (図3.3 PER と CRY) の合成を促進する (図3.3 昼間と夕方)。しかし、増加した PER と CRY タンパク質は複合体となり、自身の合成

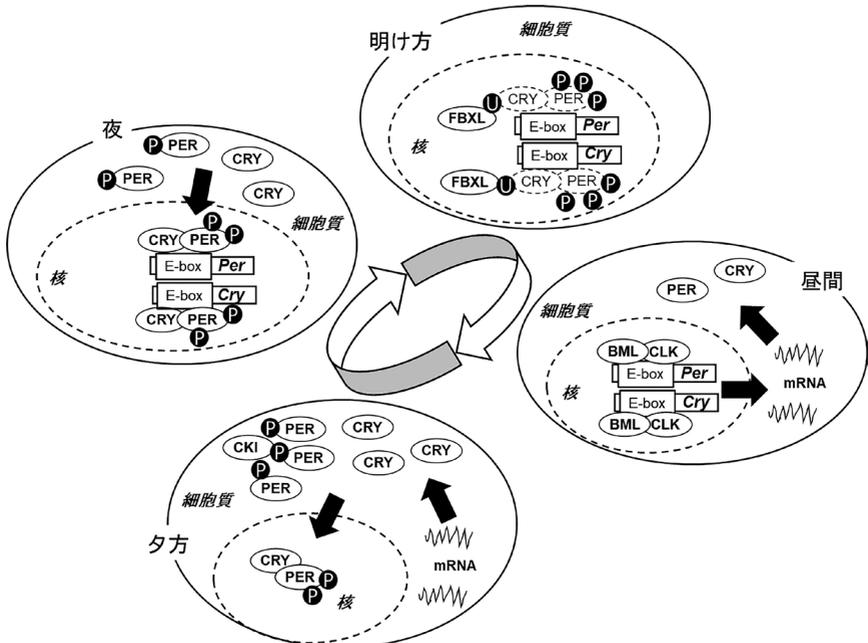


図3.3 概日リズムの分子機構

Chapter 4

第4章

人の快適性と 課題

□

4.0 人の快適性と課題

人はなぜ好きなことをしたくて、嫌いなことをしたくないのか。この根源となる情動と行動の結びつきも、生き残りの手段としての適応のプロセスの中で築かれてきた。快を感じれば接近し、不快を感じれば回避するような情動と行動の関係である。美味しい（快）と思う食べ物に積極的に接近する行動をとれば、必須の栄養素や高い栄養価を効率的に取り込める。天敵や危険と思う（不快）動物が現れれば、逃げるか威嚇する行動で難を逃れる。このような情動と行動の結びつきが、狩猟採集時代の環境では適切に生存に貢献したからこそ選択されてきた。しかし、万年単位で継続してきた狩猟採集の時代を終え、農耕や牧畜が開始されて以降、特に18世紀の産業革命以降は環境側が激変した。近未来はさらにこの変化のありようが飛躍的に変わる。既に現代において、情動と行動の結びつきが、必ずしも適切に生存に貢献するとはいえなくなっている。

本章では、このような視点から人の快適性とその問題にアプローチしていく。4.1ではまず快や不快そのものを理解するために、人の情動や感情がどのように生じるのか、その起源やメカニズムを中心に解説する。4.2では、不快の要因となるさまざまな生活環境のストレスについて概説し、特に現代社会で注目される精神的ストレスに対する生体の反応や課題について述べる。4.3では、現代の技術文明社会において、暮らしに触れる技術を人の生理、心理に適合させるための方法論を例示する。そして最後の4.4では、技術革新の続く人社会の中で、人と技術（テクノロジー）との双方向の関係をテクノアダプタビリティの観点から俯瞰し、生活環境に必須の技術との向き合い方について概観する。

4.1 人の情動と感情

□キーワード

「接近」と「回避」、扁桃体、腹内側前頭前野、報酬系、情動学習、情動表出、基本6情動、情動・感情の生起メカニズムと仮説

4.1.1 情動と感情

「感情」は我々が日常的に使っている言葉で、非常になじみの深いものであるが、「情動」という言葉に関しては聞きなれない人も多いかもしれない。しかし、科学的な文脈では客観的に扱いやすい「情動」という言葉が使われることが多い。気分や感情、情動に関連するターム（専門用語）は複数あり、おおよそ、以下のような特徴がある。

Emotion（情動）：恐怖、怒り、喜びなど細かく分類可能であり、強度は強いが持続時間は短く、始まりと終わりがはっきりしている。精神性発汗、血圧の増加、心拍数の増加などの身体反応を伴うことが多い。

Mood（気分）：emotionほどはっきり明確に区別ができない漠然性を持ち、強度は弱いが長時間続く精神状態をさす。

Affect（感情）：emotionやmoodを包含する上位概念であり、emotionのように種類を明確に区別するものではない。一例としてArousal（覚醒度）とValence（感情価）の2軸で表すモデルがある。意識的な感情体験を含むかどうかは研究者によって立場が異なる。

Feeling（感情）：emotionやaffectの認知によって意識上の主観的な体験として感じられるもの。

上記を見てわかるように、情動や感情に関するタームの定義はやや混乱しているところがあり、心理学、精神医学、神経科学などの学問分野や研究者に

よって意味が異なることも多いため注意が必要である。本章では後ほど紹介する Antonio Damasio (1944-) に従い、「情動」を外部から観察可能な生理的・行動的な反応 (emotion), 「感情」を、情動を自身が認知することによって内面にのみ経験される (外部からは観察できない) 主観的な体験 (feeling) として使用することとする。つまり、情動反応が生じていても内的に認知されなければ感情とはいえない、という場合が生じることとなる。このことは感情の定義にかかわる問題であり、後ほど感情の生起メカニズムについて紹介する。

4.1.2 情動の起源

次に情動の起源について考えてみよう。進化の歴史上で情動がなぜどのように生まれたか、どのような役割を持っているか、に対する確定的な答えは未だ出ていないが、情動が生存のために重要な役割を果たすシステムであり、自然選択の中で受け継がれてきたことは多くの研究者の共通認識である。一言でいえば情動は生体にとって良いか悪いかを瞬時に判断する、「おおざっぱであるが反応が速くおおむねうまくいく適応システム」ということができ、その機能の多くは「**接近**」と「**回避**」(approach and avoidance) で説明できる。例えば、あなたが原始の時代に生きていて、山の中で突然オオカミに遭遇したときのことを想像してほしい。交感神経が活性化し、アドレナリンが分泌される。その結果、鳥肌が立ち、心拍数が急激に上がり、全身の骨格筋は瞬時に逃げる準備を始めるだろう。この一連の反応は「恐怖」という情動反応である。急にオオカミが襲ってきても、この瞬間的な反応によって逃げ延びることができるかもしれない。あるいは、「怒り」をむき出しにして威嚇し、落ちている棒を拾ってオオカミに立ち向かい、撃退することができるかもしれない。このような脅威に曝された際に生じる、戦うか、逃げるかのための生体の反応を闘争逃走反応 (fight-or-flight response) と呼ぶ。このように、恐怖や怒りという情動は脅威となるものを退けることによって、生存の可能性を高めたと考えられる。逆にポジティブな情動は生存に重要なものへの接近を促す。栄養満点の果物や、養育してくれる保護者、配偶者となる異性の個体への接近によって、生

存、繁殖の可能性を高めたのであろう。

4.1.3 情動の神経メカニズム

神経科学分野においては、多くの動物には接近と回避を司る神経システムが存在することが示されており、それぞれ**報酬系 (reward system)**、罰系と呼ばれることがある。これらのシステムは学習とも深く関係している。情動の生起によって脅威となる状況を一度回避できても、再び同じ状況に遭遇してしまっただけでは再び生存の危機に曝されてしまう。生体は情動と外部環境を結びつける、つまり学習することによって、脅威となりうるものを避け、生存に有利なものを再び取得するように促すことで、その環境に行動的に順応する。

情動に関連する脳領域について、**図4.1**にまとめた。いわゆる罰系の一部を担う**扁桃体 (amygdala)**は「情動の中枢」とも呼ばれる脳領域で、系統発生的に古いとされる大脳辺縁系の一部である。正常なサルは蛇を見ると恐怖の兆候を示すが、扁桃体が破壊されたサルは示さない¹⁾。また、扁桃体の中心核を

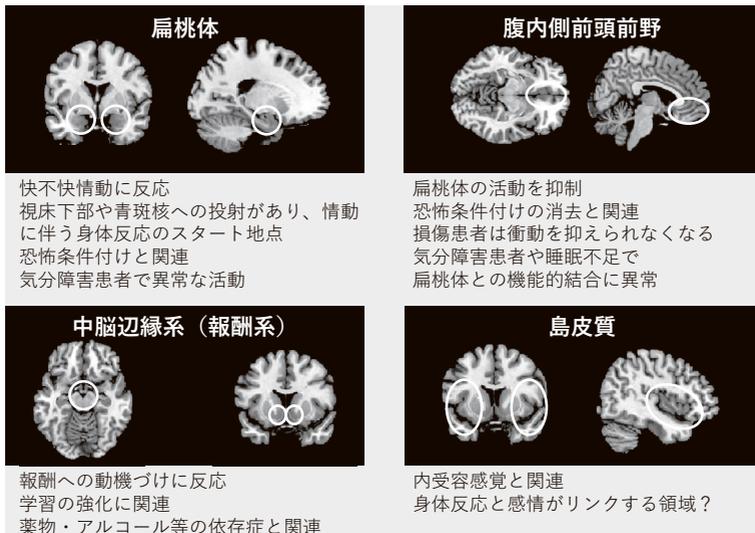


図4.1 報酬系と罰系に関わる脳領域

Chapter 5

第5章

人の未来と課題

□

5.0 はじめに

□キーワード

第四次産業革命, 脳内自己刺激, 報酬効果, 快・不快, ホメオスタシス, 狩猟採集, 科学技術, 文化, 地球環境問題, エントロピー, 互恵的利他主義

「**第四次産業革命 (fourth industrial revolution)**」という言葉が出てきたのは2016年のことである。物理, デジタル, 生物の間の境界を曖昧にする技術の融合が特徴とされる。人工知能, ナノテクノロジー, 生物工学, モノのインターネット, 自動運転などに代表される。その近未来はこれまでの技術革新の延長上の世界ではなく, 生活や産業界の仕組みを大きく変えるといわれる。恐らく, 第五次, 第六次産業革命と続くであろう人類の未来は, もはや我々の想像を超えている。従って, 人の未来にどんな課題が生じるかも予測がつかない。しかし, どんな未来が来ようとも, それは人が創るものである。人の行動がどのように生じ, どんな目的で実行されるか, その本質的なものを理解すれば, 未来への課題やその対応について多くのヒントを与えてくれるはずである。生理人類学の未来に対する使命はまさにここにある。

5.1 人の本性と行動

人の未来は, これまでもそうであったように人の行動によって形成される。そうであれば, 人の行動の本質とは何であろうか。生物である以上, 何億年前から, 死を回避し生に執着する機能上のアルゴリズムが選択されてきた。さらにヒトの場合, 生命への不安がなければ便利さや快適さを求める, あるいはそれらを可能とするお金や社会的地位を欲する。欲するものが満たされれば, さらなる願望が続くというように終わりが無い。

1953年, カナダのマギル大学 (McGill University) のポスドクだった James

Olds は、同じ研究室の大学院生 Peter Milner との共同研究で初めて**脳内自己刺激 (intracranial self-stimulation)** 行動を見出し、その後報酬系の存在を発表した¹⁾。実験では、ケージ内のラットが1カ所に設置されたレバーを押したら、ラットの脳内に埋め込まれた電極の先端部に微弱な電気が流れるように仕掛けてある。この実験ではたまたま電極の先端が**報酬効果 (reward effect)** を与える部位 (複数あるが、ここでは中隔 : septum) であった。ラットは最初偶然にレバーを押すが、その後つぎつぎに報酬を求めてレバーを何度も押す行動を示した。多いときは1時間に5,000回にもおよび、まさに寝食への欲を超えたレバー押しが観察された。この脳内自己刺激行動はその後サルをはじめイカの類いでも認められ、生物の生存に重要な役割を果たしてきたと考えられるようになった。また電極の位置によっては二度とレバーを押さなくなる罰系の情動生起もあり、報酬と罰はそれぞれ接近と回避の行動を招くとされている。空腹時にいち早く美味そうな果実の匂い (報酬の予測) を嗅ぎ取った個体は接近して食料にありつけ、またそれが腐敗した果実で不快な匂い (罰の予測) を感じれば回避して吐き出す。それができない個体は生存競争から外れる。ネズミの実験によると、食べ物の味や匂い、また食べる行為が報酬効果を与える。ただし、報酬の価値は空腹時ほど大きく、満腹になる従って小さくなる。味の報酬価値は前頭眼窩皮質で解読され、味神経を賦活するために食行動を起こす²⁾。このとき、食行動が“レバー”となり味神経の賦活が“報酬”となる。

ヒトであれば報酬と罰はそれぞれ快と不快の情動に相当する。従って人の行動は、このような**快・不快**の情動と接近・回避の行動の結び付きが基本になっている。“好きなことはしたいが、嫌いなことはしたくない”にも通じる。また本文冒頭のように、ある望みが叶えば次の欲望が芽生えることにもなる。この情動と行動がリンクするアルゴリズムは現在も同じだが、環境が過去とは激変した今となってはよほどの注意を要する。この注意はまずは個人に、次は社会に喚起する必要がある。

5.2 個人への注意喚起

快・不快の情動が生存のために必要であることは理解できるが、では快や不快の情動、あるいはそこから派生するさまざまな感情そのものには人にとってどんな役割があるのだろうか。

南カリフォルニア大学の Antonio Damasio によると、快・不快といった情動・感情は、からだの生命プロセスの良し悪しの状態を意識として知らせる信号と捉える。身体内部のホメオスタシスの状態が良ければ快（不快を感じないことも含む）を感じ、状態が悪ければ不快を感じる。二日酔いで気持ち悪いのは、まさに身体内部の状態が好ましくない信号である。従って、快を求めて接近し、不快を回避する行動様式は理にかなっている。過去の環境であればこの主観に依存して行動すれば基本的にうまく生存できた。しかし、人類が適応した過去の環境と適応しているつもりの現在の環境との乖離が、快・不快の信号とからだの良し悪しとを必ずしも対応させない状況をつくっている。すなわち、現代文明下の生活環境では“快”と感じても必ずしもからだに良い状態とは限らず、病気にさえ繋がることもある。

飢餓との闘いであった**狩猟採集**の時代、あるいは農耕が始まっても飢饉は頻繁に訪れた。この状況下では、日々の必須栄養素をいかに効率的に取り込めるかが生死を分かち。糖、タンパク質、塩は必須栄養素であり、従って甘味、旨味、塩味に積極的な嗜好性（快）を持たせることで効率的な摂取を可能とした。またフレーバー（快）を感じ取る高カロリーの脂肪性食物も同様である。一方、腐敗したものは酸味（不快）、毒性のものには苦味（不快）を感じそれらを回避させた。このように不足しがちな食環境では、快を求めてレバーを押すネズミのように美味しいものから摂取することが自然に生存に結び付いた。私たちは、この快追求の食行動の仕組みを残したまま、現代の飽食環境にいる。嗜好性に任せて大好きな甘いものを取り過ぎれば糖尿病、止まらない塩味の取り過ぎは高血圧、好物のフライドチキンなどの揚げものを取り過ぎれば肥

満，というカタチでからだは悲鳴を上げることになる。私たちは飢えには耐えるが，飽食に耐える適応はしていない。

食に限らず，一般生活での多くの行動に注意を要する。座ることは楽だが，座りがちの生活そのものは腰痛や体力減退を招く。食欲のままにとる間食，便利なコンビニ弁当への依存は基礎代謝を下げる³⁾。夏季，冬季の快適な空調機器の多用は耐暑性や耐寒性を減退させる。夜間の明るい照明やスマートフォンディスプレイの見過ぎは，概日リズムの遅れとそれによる睡眠不足や日中の集中力欠如を引き起こす，といったように枚挙にいとまがない。私たちは好きなものを求め嫌なことを避けたがる脳の構造を持って生まれていること，そして適応した過去とは違う世界にいることによくよく注意しなければならない。

5.3 社会への注意喚起

本格的な農耕の開始は10000年前といわれるが，地球的な広がりを見せるまでには時間がかかっている。いずれにしても農耕や牧畜の開始によって，食糧供給は安定し，定住地の人口は増大し，作業の分担化や社会組織の構築が進む中で文明が芽生えてきた。社会組織ができると農業従事者以外の生業も生じ，やがて文字や貨幣が発明される。中世になると大航海時代を迎え，食糧供給力がさらに増して人口の急増に繋がり，**科学技術**も進展した。産業革命以降になると人口の増加は一段と加速され，18世紀初頭で約6億人だったのが2020年（9月）では78億人を超えている。このような中で，私たちは快を求めて文明の利器による便利さや快適さを追求し，科学技術がこれに追随して，あっという間に現代のような文明社会に至ったといえる。快中枢を刺激したいという欲望が文明化をさらに押し進め，地球環境を変えていくという連鎖がみえてくる。この間，長い狩猟採集という地質学的時間軸からするとあっという間の出来事である。

5.3.1 快追求と文化

人は社会性動物である。個人における身体内部のホメオスタシス維持と同様に、社会組織も身体外部環境として秩序を保たなければならない。この維持に重要な役割を果たすのが**文化（culture）**である。文化とは、そもそも人間と動物の本質的差異を示すために人類学者が考え出した概念といわれる。しかしながら文化の定義は難しい。生理人類学において最もよく表現されているのは、佐藤方彦による「文化の中でも特に生活に密着した部分の総称、特に、適応体系としての文化を重視することになる。象徴や観念もその要素である。文化とは人間が生活を営む過程で環境へ適応を図る媒体であろう」である⁴⁾。

では、快追求や不快回避の行動様式は文化にどのようにあらわれるだろうか。個人個人が快を求めて好き勝手すれば、一方の快行動が他方の不快に繋がることが多々ある。従って社会の秩序を維持するためにさまざまな規範ができてくる。規範にはその社会での常識、慣習、伝統なども含まれる。規範を大きく逸脱するものは、周囲から咎められたり、村八分のようなペナルティが科せられる。場合によっては、現在なら警察機構も働く。規範があることで社会組織は安定し、多くの人々が快適に過ごすことができる。規範はまさに“環境へ適応を図る媒体”としての文化といえる。一方、車や空調機器などの文明の利器も適応を図る媒体としての文化である。これらを区別する上で、前者の規範は文化のソフト媒体、後者の道具類は文化のハード媒体と呼ぶ。

私たちが利便性や快適性という快を求めるのは人の本性に元を發する。当然それに当て込むビジネスが展開されるのもお金という快刺激による。買い手の欲求が満たされればさらなる欲求が出てくる。それに対応するための技術開発やイノベーションが新たな欲求に応える。この繰り返しが文明化を加速し、生活環境を変える時間はどんどん短縮されるとともに、変わる環境の質も規模も大きくなっていく。快追求という本性は、もう文明化を止められそうにない。後は科学技術を基盤としたハード媒体をどのような規範の下で活用するかにかかってくる。しかもこの規範は、ヒトの本来の資質や適応能力を維持するものであり、社会集団のホメオスタシスを適切に維持できるものでなければならない

索引

【ア】

アデノシン三リン酸 (adenosine
 triphosphate : ATP) ----- 86, 127
 アドレナリン (adrenaline) ----- 52
 アフォーダンス (affordance) -- 212
 アレンの法則 (Allen's rule)
 ----- 9, 48, 95
 位相反応曲線 (phase response
 curve) ----- 65
 遺伝 (inheritance) ----- 10
 遺伝子発現 (gene expression) --- 25
 遺伝的多型 (genetic polymorphism)
 ----- 69
 遺伝的適応 (genetic adaptation)
 ----- 48, 95
 遺伝的浮動 (genetic drift) ----- 15
 衣服 (clothing) ----- 117
 衣服気候 (clothing climate) ---- 123
 衣服内換気 (clothing ventilation)
 ----- 125
 色温度 (color temperature) ----- 67
 栄養 (nutrition) ----- 130
 栄養素 (nutrient) ----- 128
 エネルギー消費量 (total energy

expenditure) ----- 150
 エピジェネティクス (epigenetics)
 ----- 26
 エントロピー (entropy) ----- 241
 音の大きさ (loudness) ----- 77
 音の3属性 (three attributes of
 sound) ----- 77
 音の高さ (tone height) ----- 78
 音圧レベル (sound pressure level)
 ----- 77
 温度受容器 (thermoreceptor) - 51, 97
 温熱的快適性 (thermal comfort)
 ----- 209
 温熱環境 (thermal environment)
 ----- 49, 95, 139
 音波 (sound wave) ----- 73

【カ】

快 (comfort) ----- 96
 概日リズム (サーカディアンリズ
 ム) (circadian rhythm) ----- 62, 103
 海馬 (hippocampus) ----- 204
 核心温 / 深部体温 (core tempera-
 ture/deep body temperature) ----- 48

- 覚醒度 (alertness) ----- 63
- 可視光線 (visible light) ----- 59
- 褐色脂肪組織 (brown adipose tissue) ----- 53
- 活性酸素 (reactive oxygen species : ROS) ----- 86
- 画面視聴時間 (スクリーンタイム) (screen time) ----- 159
- 下臨界温 (lower critical temperature) ----- 123
- 感性 (Kansei/sensibility) ----- 220
- 汗腺 (sweat gland) ----- 52
- 桿体 (rod) ----- 66
- 基礎代謝量 (basal metabolic rate : BMR) ----- 55, 150
- 基本6情動 (the six basic emotions) ----- 192
- 逆説的脱衣 (paradoxical undressing) ----- 125
- 吸収 (absorption) ----- 132
- 近視 (myopia) ----- 71
- クル病 (rickets) ----- 61
- クロ (clo) ----- 124
- 警告反応期 (alarm reaction) --- 203
- 血管運動 (vasomotor) ----- 50
- 血管拡張 (vasodilation) ----- 57
- 血管収縮 (vasoconstriction) ----- 52
- ゲノム (genome) ----- 11
- 高酸素 (hyperoxia) ----- 94
- 甲状腺 (thyroid gland) ----- 53
- 後生殖期 (post-reproductive period) ----- 172
- 交替制勤務 (shift work) ----- 70, 110, 176
- 誤嚥 (aspiration) ----- 174
- 呼吸性洞性不整脈 (respiratory sinus arrhythmia : RSA) ----- 44
- 互惠の利他主義 (Reciprocal altruism) ----- 244
- 個体適応 (Individual adaptation) ----- 25
- コルチコトロピン放出ホルモン (corticotropin-releasing hormone : CRH) ----- 206
- コルチゾール (cortisol) ---- 54, 206
- 【サ】**
- 座位行動 (Sedentary behavior) - 159
- サウンドスケープ (soundscape) - 84
- 佐藤方彦 (Masahiko Sato) ----- 4
- サヘルアントロプス・チャデンシス (Sahelanthropus Tchadensis) ---- 225
- 産業革命 (industrial revolution) ----- 121, 148
- 酸素解離曲線 (oxygen dissociation curve) ----- 86

- 酸素分圧 (partial O₂ pressure : PO₂)
----- 86
- 酸素飽和度 (oxygen saturation :
SpO₂) ----- 87
- 紫外線 (ultraviolet light) ----- 59
- 視交叉上核 (suprachiasmatic nucle-
us : SCN) ----- 63, 104
- 時差ボケ (jet lag) ----- 176
- 視床下部 (hypothalamus) -- 51, 204
- 自然環境 (natural environment) - 95
- 児童労働 (child labor) ----- 157
- シトクローム酸化酵素 (cytochrome
oxidase) ----- 86
- 集団適応 (population adaptation)
----- 22
- 狩猟採集 (hunting and gathering)
----- 127, 148
- 周波数 (frequency) ----- 249
- 狩猟採集民 (hunter-gatherers) - 149
- 馴化 (acclimation) ----- 29
- 馴化 (acclimatization) ----- 29, 208
- 消化 (digestion) ----- 132
- 照度 (illuminance) ----- 65
- 情動・感情の生起メカニズム (the
theories of emotion) ----- 192
- 情動学習 (emotional learning) - 188
- 情動表出 (emotional expression)
----- 191
- 情報革命 (information [technology]
revolution) ----- 153
- 上臨界温 (upper critical tempera-
ture) ----- 123
- 食文化 (food culture) ----- 128
- 食物 (food) ----- 127
- 食欲 (appetite) ----- 129
- 徐波睡眠 (slow wave sleep) --- 136
- 自律神経系 (autonomic nervous
system) ----- 51, 204
- 進化 (evolution) ----- 10
- 人口 (population) ----- 151
- 人工環境 (artificial environment)
----- 97
- 人工知能 (artificial intelligence :
AI) ----- 153
- 人口密度 (population density) -- 149
- 寝床気候 (bed climate) ----- 138
- 身体活動レベル (physical activity
level : PAL) ----- 150
- 身体変工 (deformation/mutilation)
----- 117
- 深部体温 (core body temperature)
----- 137
- 水晶体 (crystal lens) ----- 67
- 錐体 (cone) ----- 66
- 睡眠・覚醒リズム (sleep-wake
rhythm) ----- 137

睡眠覚醒 (sleep-wake) ----- 103
 睡眠ポリグラフィー (Polysomnography : PSG) ----- 136
 スーパーオキサイド (superoxide : O_2^-) ----- 86
 ストレス (stress) ----- 201, 225
 ストレッサー (stressor) ----- 201
 生活習慣病 (lifestyle-related diseases) ----- 132
 生活の質 (quality of life : QOL) ----- 139
 生業 (subsistence) ----- 148
 性淘汰 (sexual selection) ----- 118
 正の自然選択 (positive natural selection) ----- 14
 生理的多型性 (physiological polymorphism) ----- 55
 生理的適応 (physiological adaptation) ----- 48, 95
 赤外線 (infrared light) ----- 59
 世代 (generation) ----- 220
 接近と回避 (approach and avoidance) ----- 186
 潜在能力 (potential ability) ----- 100
 全身の協関 (whole body coordination) ----- 29
 前適応 (preadaptation) ----- 38
 騒音 (noise) ----- 82

【夕】

体温 (body temperature) ----- 63
 体温調節機能 (thermoregulatory function) ----- 49, 99
 体外器官 (exosomatic organ) -- 226
 体性神経系 (somatic nervous system) ----- 51
 体内時計 (biological clock) ----- 62
 第四次産業革命 (fourth industrial revolution) ----- 236
 多型 (polymorphism/variation) -- 11
 立ちくらみ (orthostatic faint) --- 45
 脱共役タンパク質 /UCP (uncoupling protein) ----- 53
 中枢性化学受容器 (central chemoreceptor) ----- 92
 中性温度 (thermal neutral temperature) ----- 139
 聴覚器 (auditory apparatus) ----- 74
 聴覚情景分析 (auditory scene analysis) ----- 81
 調理 (cooking) ----- 128
 直立耐性 (orthostatic tolerance) - 25
 直立二足歩行 (bipedalism) ----- 39
 抵抗期 (stage of resistance) --- 203
 低酸素 (hypoxia) ----- 89
 低酸素換気応答 (hypoxic ventilatory response : HVR) ----- 89

適応 (adaptation) ----- 60, 225
 適応の行動 (adaptive behavior) - 96
 テクノアシストアダプタビリティ
 (techno-assisted adaptability) --- 233
 テクノアダプタビリティ (tech-
 no-adaptability) ----- 231
 テクノストレス (technostress) - 228
 テクノストレスアダプタビリティ
 (technostress adaptability) ----- 233
 テクノロジー (technology) ---- 224
 デザイン (design) ----- 212
 デザイン思考 (design thinking)
 ----- 214
 デシベル (dB) (decibel) ----- 74
 電子伝達系 (electron transport
 chain) ----- 86
 転写翻訳フィードバックループ
 (transcription-translation feedback
 loop) ----- 107
 冬季うつ病 (winter depression) - 70
 瞳孔 (pupil) ----- 67
 糖新生 (gluconeogenesis) ----- 206
 闘争逃走反応 (fight-or-flight re-
 sponse) ----- 206
 時実利彦 (Toshihiko Tokizane) --- 4
 時計遺伝子 (clock gene) --- 69, 105

【ナ】

内的脱同調 (internal desynchroniza-
 tion) ----- 104
 内分泌系 (endocrine system) --- 51
 日本人類学会 (The Anthropological
 Society of Nippon) ----- 4
 日本生理人類学会 (Japan Society
 of Physiological Anthropology) --- 4
 乳がん (breast cancer) ----- 178
 人間工学 (Ergonomics) ----- 214
 ネアンデルタール人 (Neanderthal
 man) ----- 61
 音色 (timbre) ----- 79
 熱虚脱 (heat collapse) ----- 56
 熱けいれん (heat cramp) ----- 56
 熱産生 (thermogenesis/heat produc-
 tion) ----- 49
 熱失神 (heat syncope) ----- 56
 熱中症 (heat stroke) ----- 56, 125
 熱疲労 (heat fatigue) ----- 56
 熱放散 (heat loss/heat dissipation)
 ----- 48
 農耕革命 (agricultural revolution)
 ----- 157
 脳下垂体 (hypophysis/pituitary
 gland) ----- 54
 脳酸素中毒 (brain oxygen toxicity)
 ----- 93

- 脳内自己刺激 (intracranial self-stimulation) ----- 237
 脳波 (electroencephalogram : EEG) ----- 136
 ノーリフト原則 (no lifting policy) ----- 179
 ノルアドレナリン (noradrenaline) ----- 52
 ノンレム睡眠 (non-REM sleep) ----- 136

【ハ】
 バイオトロニクス (biotronics) --- 5
 肺酸素中毒 (pulmonary oxygen toxicity) ----- 92
 廃用症候群 (disuse syndrome) - 174
 裸 (nakdeness) ----- 120
 裸足 (跣足) (bare feet) ----- 120
 肌の色 (skin color) ----- 60
 発汗 (sweating rate) ----- 50
 発達適応 (developmental adaptation) ----- 28
 汎適応症候群 (general adaptation syndrome) ----- 203
 光の非視覚的作用 (non-visual effects of light) ----- 63
 ビタミン D (vitamin D) ----- 61
 ヒトの適応能力 (human adaptability) ----- 6
 皮膚温 (skin temperature) ----- 50
 皮膚がん (skin cancer) ----- 61
 被服 (clothing) ----- 117
 非震え熱産生 (non-shivering thermogenesis) ----- 49
 疲弊期 (stage of exhaustion) -- 203
 日焼け (Suntan) ----- 60
 ヒューマンエラー (human error) ----- 216
 ヒューマン・マシン・インタフェース (human machine interface) -- 218
 不快 (discomfort) ----- 96
 副腎髄質 (adrenal medulla) ----- 54
 副腎皮質 (adrenal cortex) ----- 54
 副腎皮質刺激ホルモン (adrenocorticotrophic hormone : ACTH) ----- 206
 腹内側前頭前野 (ventral medial prefrontal cortex) ----- 189
 負の自然選択 (negative natural selection) ----- 14
 ブラックアウト現象 (blackout) - 93
 フリーラン周期 (free-running period) ----- 176
 震え熱産生 (shivering thermogenesis) ----- 49
 文化 (Culture) ----- 240
 文化的適応 (cultural adaptation) ----- 6

----- 95, 227
 分業 (division of labor) ----- 149
 ヘモグロビン (hemoglobin) ---- 86
 ベルグマンの法則 (Bergmann's rule)
 ----- 9, 48, 95
 扁桃体 (amygdala) ----- 187, 204
 報酬系 (reward system) ----- 187
 報酬効果 (Reward effect) ----- 237
 ホメオスタシス (homeostasis)
 ----- 49, 206

【マ】

末梢化学受容器 (peripheral chemo-
 receptor) ----- 91
 ミトコンドリア (mitochondria) - 86
 メタボリックシンドローム (meta-
 bolic syndrome) ----- 160
 メッツ (metabolic equivalents) - 162
 メラトニン (melatonin) ---- 63, 178
 メラニン色素 (melanin pigment)
 ----- 60
 メラノプシン (melanopsin) ---- 66
 メンタルヘルス (mental health)
 ----- 202
 網膜 (retina) ----- 62
 網膜視床下部路 (retinohypothalamic
 tract) ----- 63
 モノのインターネット (internet of

things : IoT) ----- 153, 230, 242

【ヤ】

ユニバーサルデザイン (universal
 design) ----- 213
 葉酸 (folic acid) ----- 61
 腰痛 (low back pain) ----- 178
 予測適応 (predictive adaptation) -- 8
 レム睡眠 (rapid eye movement
 sleep : REM) ----- 136
 労働 (work) ----- 112
 ロコモティブシンドローム (locomo-
 tive syndrome) 160 ----- 160

【欧文】

Charles Robert Darwin
 ----- 22, 118, 191
 ipRGCs (intrinsically photosensitive
 retinal ganglion cells) ----- 66
 Paul T. Baker ----- 225
 Charles Chaplin ----- 233
 Hans Selye ----- 202, 245

著者一覧

安河内 朗（やすこうち あきら）（監修，1.1，1.3，5）

放送大学 福岡学習センター 所長

専門：生理人類学

岩永 光一（いわなが こういち）（監修，4.4）

千葉大学大学院 工学研究院 教授

専門：生理人類学，人間工学

中山 一大（なかやま かずひろ）（1.2）

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻 准教授

専門：遺伝人類学，生活習慣病の進化医学

石橋 圭太（いしばし けいた）（2.1）

千葉大学大学院 工学研究院 准教授

専門：人間工学，生理人類学

前田 享史（まえだ たかふみ）（2.2，2.6）

九州大学大学院 芸術工学研究院 デザイン人間科学部門 教授

専門：生理人類学，環境人間工学，温熱生理学

樋口 重和（ひぐち しげかず）（2.3）

九州大学大学院 芸術工学研究院 デザイン人間科学部門 教授

専門：生理人類学，時間生物学

山内 勝也 (やまうち かつや) (2.4)

九州大学大学院 芸術工学研究院 コミュニケーションデザイン科学部門
准教授

専門：心理音響学，騒音環境学

福岡 義之 (ふくおか よしゆき) (2.5)

同志社大学 スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 教授

専門：環境生理学

小崎 智照 (こざき ともあき) (3.1)

福岡女子大学 国際文理学部 環境科学科 准教授

専門：人間工学，環境衛生学，生理人類学

山崎 和彦 (やまさき かずひこ) (3.2)

実践女子大学 生活科学部 生活環境学科 教授

専門：生理人類学，温熱生理学，衣服衛生学

津村 有紀 (つむら ゆき) (3.3)

純真短期大学 食物栄養学科 准教授

専門：栄養学，生活科学

水野 一枝 (みずの かずえ) (3.4)

和洋女子大学 家政学部 服飾造形学科 准教授

専門：睡眠温熱環境 睡眠時の体温調節

山内 太郎 (やまうち たろう) (3.5)

北海道大学大学院 保健科学研究所 教授

人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 教授

専門：人類生態学，国際保健学

若林 齊（わかばやし ひとし）（3.6）

北海道大学大学院 工学研究院 環境工学部門 准教授

専門：環境人間工学，環境生理学

小林 宏光（こばやし ひろみつ）（3.7）

石川県立看護大学 看護学部 教授

専門：生理人類学

元村 祐貴（もとむら ゆうき）（4.1）

九州大学大学院 芸術工学研究院 デザイン人間科学部門 助教

専門：生理人類学，精神生理学，感性科学，睡眠

恒次 祐子（つねつぐ ゆうこ）（4.2）

東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 准教授

専門：生理人類学，居住環境学，木質科学

下村 義弘（しもむら よしひろ）（4.3）

千葉大学大学院 工学研究院 教授

専門：生理人類学，人間工学

生理人類学 一人の理解と日常の課題発見のために—

2020年 11月 27日 初版第1刷発行

検印省略



編 著 安河内 朗
岩永 光一
発 行 者 柴山 斐呂子

発 行 所 理工図書株式会社

〒102-0082 東京都千代田区一番町 27-2
電話 03 (3230) 0221 (代表)
FAX03 (3262) 8247
振替口座 00180-3-36087 番
<http://www.rikohtosho.co.jp>

© 安河内 朗 2020
印刷・製本 藤原印刷株式会社

Printed in Japan ISBN978-4-8446-0902-5

*本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上の例外を除き禁じられています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内の利用でも著作権法違反です。

★自然科学書協会会員★工学書協会会員★土木・建築書協会会員

ISBN978-4-8446-0902-5

C3040 ¥3000E

定価（本体 3000 円＋税）

自然科学

生理人類学

