

organisms prosper within a short duration of 800 passage durations applied to the terrestrial ecosystem, we believe that scale and heterogeneity of the earth's environment and length of time having elapsed during the evolution of terrestrial life and its concomitant ecosystem constitute sufficient probability for the possibility that mortal organisms could be evolutionarily selected and prosper terrestrially. Hence no inconsistency exists between our results and the experimental results described in our previous report (Oohashi et al. 2001).

2) Explanation of the superiority of mortal organisms

The transition of a number of individual organisms (Figure 4) indicates that the number of mortal organisms surpasses that of immortal organisms at the point in time after which 300- to 400 passage durations has elapsed, and that mortal organisms continue to prosper thereafter. How do mortal organisms overwhelm immortal organisms in this process? One interpretation of this phenomenon is as follows:

Immortal organisms dominate space and materials once they have been secured while the volume of resources to sustain life activities monotonically decreases. With less chance of reproduction in association with decrease of resources, chances for mutation as well as those for evolutionary adaptation are likewise reduced without limit.

On the other hand, mortal organisms release space for other organisms and return optimum parts for them to reutilize through self-decomposition upon termination of their mortal life. By doing so, equally benign or enhanced habitat environmental conditions can thus be secured for the all organisms including their own offspring in the ecosystem, which, in turn, will repeat the alternation of generation by utilizing finite space and materials. It is conceivable that due to accumulated mutations through the alternation of generations, new organisms emerge as a result of accelerated evolutionary adaptation in neighboring areas under environmental conditions that had not previously permitted the existence of earlier generations.

Independent of the studies that we have undertaken since 1987 (Oohashi et al., 1987, 1996, 1999, 2001, 2009, 2011). Todd implemented artificial death in his ALife system (Todd, 1993, 1994), and those experiments supported the recognition shared with us that death affords another entity its space in which to exist, and that death, accordingly, is essential throughout the ongoing evolutionary process. Nevertheless, the model of death constructed by Todd differs from our model of death in two patently obvious respects. First, death in Todd's model affords no process by which the organism might decompose itself into constituent parts for the efficient and collective reutilization of other organisms, which is an essential feature of our model. Second, the death of an individual in Todd's model appears as a probabilistic phenomenon, or as a given result controlled by the simulation system, in sharp contrast to the activation of death in our model, which is a process genetically regulated in the individual that starts from detection either of the end of its life span or of excess unconformity with the environment. Consequently, it would be difficult to use the ALife system as constructed by Todd to investigate the evolutionary emergence of death itself.

It is noteworthy that the mechanism of programmed self-decomposition, observed as being evolutionarily selected in this study, accords benefits not only to direct offspring but

also to all organisms of the entire ecosystem. It is difficult to produce a tenable explanation for this phenomenon based only on the "selfish gene" paradigm.

Programmed self-decomposition has been observed as a life phenomenon of existent terrestrial life as previously reported (Oohashi et al, 1987, 2009). The gradual consolidation of these complementary approaches—ALife simulations and biological experiments—will likely throw added light on this topic in the future.

3) Conclusion

The evolutionary simulations using our artificial ecosystem SIVA-T05 show that, if mortal organisms evolutionarily acquire a genetic program for autonomous death and then appear among a population of immortal organisms, such mortal organisms, endowed as they are with a genetic program for autonomous death, can survive and will surpass immortal organisms lacking autonomous death and will prosper with adaptive divergence under various environmental conditions within a certain probability.

The above results thus support our hypothesis that originally immortal organisms evolve into mortal organisms by acquiring a new genetic program for autonomous death.

References

- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology* (3rd ed.). Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company.
- Oohashi, T., Nakata, D., Kikuta, T., and Murakami, K. (1987). Programmed self-decomposition model. *Kagakukisoron (in Japanese)*, 18(2): 21-29.
- Oohashi T., Maekawa T., Ueno O., and Honda M. (2011). The supremacy of the altruistic gene: Terrestrial life has succeeded in breaking through evolutionary deadlock. *Kagaku (in Japanese)*, 81(1):83-90.
- Oohashi, T., Maekawa, T., Ueno, O., Kawai, N., Nishina, E., and Shimohara, K. (2001). Artificial life based on the programmed self-decomposition model: SIVA. *Journal of Artificial Life and Robotics*, 5(2):77-87.
- Oohashi, T., Maekawa, T., Ueno, O., Nishina, E., Kawai, N. (1999). Requirements for immortal ALife to exterminate mortal ALife in one finite, heterogeneous ecosystem. *Proceedings of the 5th European Conference on Artificial Life*, pages 49-53. Springer-Verlag, London, UK.
- Oohashi, T., Sayama, H., Ueno, O., and Maekawa, T. (1996). Artificial life based on programmed self-decomposition model. *ATR Technical Report*, TR-H-198.
- Oohashi T., Ueno O., Maekawa T., Kawai N., Nishina E., and Honda M. (2009). An Effective hierarchical model for the biomolecular covalent bond: An approach integrating artificial chemistry and an actual terrestrial life system. *Artificial Chemistry Special Issue of Artificial Life*, 15(1):29-58.
- Suzuki, H. (2004). Network artificial chemistry - Molecular interaction represented by a graph. In M. Bedau, P. Husbands, T. Hutton, S. Kumar & H. Suzuki (Eds.), *Proceedings of Ninth International Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems (ALIFE9) Workshop and Tutorial* (pp. 63-70), Boston, MA.
- Todd, P. M. (1993). Artificial Death. *Second European Conference on Artificial Life (ECAL93)*, pages 1048-1059.
- Todd, P. M. (1994). Artificial Death. In C. Schneider (Ed.), *Jahresring 41*, pages 90-107. Verlag Silke Schreiber, Munich.
- Von Neumann, J. (1951). The general and logical theory of automata. In L. A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior - The Hixon symposium*. pages. 1-41, John Wiley & Sons, New York.

衛生・公衆衛生学

編著者 山本 玲子

著者 上原 鳴夫

亀尾 聡美

小松 正子

金野 吉光

関田 康慶

高橋 弘彦

千葉 啓子

土井 豊

西郡 光昭

吉田寿美子

アイ・ケイコーポレーション



衛生・公衆衛生学

初版発行2006年4月30日

第2版発行2007年4月10日

第3版発行2008年4月10日

第4版発行2009年4月10日

第5版発行2010年4月10日

第6版発行2011年4月10日

第7版発行2012年4月10日

編著者◎ 山本 玲子

発行者 森田 富子

発行所 株式会社 アイ・ケイ コーポレーション

〒124-0025 東京都葛飾区西新小岩4-37-16

I&Kビル202

Tel 03-5654-3722, 3723

Fax 03-5654-3720

表紙デザイン (株)ライブワークス 島田記男

組版 ぶりんていあ第二印刷所 エーヴィスシステムズ

ISBN978-4-87492-274-3 C3047

第6章 主要疾患の疫学と予防対策

1	生活習慣病の概念		85
2	主要部位のがん(悪性新生物)		85
3	循環器疾患		87
	3-1 高血圧	87	
	3-2 脳卒中(脳血管疾患)	88	
	(1) 脳出血		
	(2) 脳梗塞		
	(3) くも膜下出血		
	3-3 冠動脈性心疾患		88
4	代謝疾患		89
	4-1 肥満	89	
	4-2 糖尿病	89	
	(1) 1型糖尿病		
	(2) 2型糖尿病		
	4-3 脂質異常症(高脂血症)		91
5	骨・関節疾患		92
	5-1 骨粗鬆症・骨折	92	
	(1) 骨粗鬆症		
	(2) 骨折		
	(3) 大腿骨頸部骨折		
	(4) 椎体骨折		
6	歯科・口腔疾患		93
	6-1 う蝕	93	
	6-2 歯周疾患		94
7	感染症		94
	(1) 感染の経路		
	(2) 感染症の経過		
	(3) 症状		
	(4) 感染症の変遷		
	7-1 主要感染症	98	
	7-2 新興感染症		98
	7-3 再興感染症		98
	7-4 結核		98
	7-5 感染症の分類と流行予測, 予防接種		99
8	精神疾患		100
	8-1 統合失調症(精神分裂病, シゾフレニア)	100	
	8-2 気分障害(躁うつ病, うつ病 性障害)	101	
	8-3 てんかん	101	
	8-4 知的障害		102
	8-5 精神作用薬物使用による精神 および行動障害(薬物依存)		102
	8-6 心的外傷後ストレス障害		103
	8-7 認知症(痴呆)		103
9	目録		103
10	その他の疾患		104
	10-1 肝臓疾患	104	
	10-2 腎臓疾患	105	
	10-3 消化器疾患		105
	10-4 呼吸器疾患		105

第7章 保健・医療・福祉・介護制度とシステム

1	社会保障の枠組みと制度		106
	1-1 社会保障の概念と歴史	106	
	(1) 社会保障制度の概念と定義		
	(2) 社会保障の枠組みと対象者		
	(3) 社会保障の歴史		
	(4) 社会保障における公衆衛生の役割		
	1-2 社会保障の機能と体系		107
	(1) 社会保障制度の機能		
	(2) 社会保障サービスの財源		
	1-3 社会保障制度の直面している 財源問題		109
2	国民医療費と医療保険財政		110
	2-1 国民医療費	110	
	2-2 国民医療費の動向	111	
	2-3 老人医療費	111	
	2-4 1人当たり医療費の三要素		111
	2-5 医療保険財政の悪化		112
	2-6 医療費の適正化		112

目的で検疫法に基づいて検疫が行われている。1類感染症の他、4類のデング熱、マラリア、新型インフルエンザ等感染症(豚インフルエンザ)、2類の鳥インフルエンザ(H5N1)、チクングニア熱(2011年2月追加)が検疫感染症に指定されている。

〈山本玲子〉

8 精神疾患

厚生労働省の2008(平成20)年の調査では、精神疾患の患者は323万人にのぼり、237万人の糖尿病、152万人のがんなど他の4大疾病を大幅に上回った。このような精神疾患の増加を受け同省は2011(平成23)年7月6日、精神疾患を、がん、脳卒中、急性心筋梗塞、糖尿病と並ぶ「5大疾患」と位置づけ、重点的対策を行う方針を示した。

8-1 統合失調症(精神分裂病、

シゾフレニア(schizophrenia))

以前 schizophrenia は「精神分裂病」と和訳されていた。この診断名はまるで「精神が分裂している病で、何をするかわからない恐ろしい病気」といった暗いイメージを一般の人に与えていたため、実際は回復可能な病気にも関わらず、患者や家族は偏見に基づく苦痛を強いられていた。また、病名に悪いイメージがあるため精神科医も病名告知をためらいがちとなっていた。そのため患者は自分の病名を知らずに治療を継続する困難さを感じ、利用可能な福祉サービスにも無頓着となっていた。そこで、2002(平成14)年に、日本精神神経学会において、本疾患の日本語の呼称を「統合失調症」と変更することが決定された。現在では、厚生労働省の諸手続きもこの病名の使用が定着している。

わが国における一般人口中における出現頻度(発生率または罹患危険率)は0.7%前後と高く、精神病院入院患者の60~70%を占めている。この出現頻度は洋の東西を問わずほぼ一致している。発生率には性差がなく、10代後半~30歳代に発症することが多い。成因は不明であるが、病的素因、または中枢神経系の脆弱性があり、これが環境因(心因)を誘因として症状を形成する(脆弱性・ストレスモデル)との考え方が有力である。最近、症状は陽性症状、陰性症状、認知障害の3つに大別されている。

陽性症状は被害妄想や幻視、幻聴といった症状で、一般の人には基本的には体験できない。陰性症状は意欲の減退や喜怒哀楽の感情が乏しくなるなど、一般の人が本来もっている基本的な精神活動が減退するものである。認知の障害としては注意障害、記憶の障害、概念形成障害などが認められる。

現在では、特に薬物療法の進歩により、入院期間が短縮し、60%以上の患者が寛解、不完全寛解に至っている。しかしながら、服薬継続下の寛解であるため、服薬を中止すると社会的ストレスなどのために容易に再発する。このように退院と再発後の再入院を繰り返す現象は回転ドア現象とよばれ、薬物療法の効果への過信を戒めると共に、精神福祉の重要性を強調するものである。

8-2 気分障害(躁うつ病, うつ病性障害)

気分障害は統合失調症と並ぶ内因性精神病の1つとされていた。しかし、最近ではできるだけ症状に基づいた分類を行うという方針から、内因性等の区別無く診断されるようになった。近年のうつ病増加の原因の1つに診断基準の変化もあると考えられている。DSM-IV-TR(アメリカ精神医学会, 精神科疾患の診断・統計マニュアル第4版TR)では気分障害を双極性障害とうつ病性障害(以下うつ病と略)に大別している。双極性障害は躁病(気分の高揚と活力および活動性の増加)とうつ病(気分の低下と活力および活動性の減少)のエピソードが反復するものである。生涯有病率は、日本では双極性障害0.4~1%, うつ病(非双極性)は双極性障害よりも多く1.3~17.8%と推定されている。うつ病は2:1の割合で女性に多く、年齢的には思春期、青年期に多い。具体的な症状としては、抑うつ気分、気力の低下、興味・関心の喪失、注意・思考力の低下、易疲労感、不眠、食欲・性欲の減退を訴えることが多い。治療は患者に強い希死念慮(具体的な自殺方法を考えている)がある場合を除いて外来で行われることが多い。薬物療法と精神療法の1つである認知行動療法が効果的で、ほとんどの患者は完全寛解し、予後は一般に良好である。

うつ病で問題となっているのは、

- ① 地域社会にいるうつ病者のうち、医師を訪れるのはわずかで、その中でも専門の精神科医を訪れる患者はさらに少ない(氷山現象)こと。
- ② 子供には、うつ病はないとの思い込みから小・中学生のうつ病が見逃されていることである。最近の報告によると、100人のうち小学生は1~2人が、中学生は4~5人が「うつ病」の可能性があるという(傳田, 2002)。
- ③ 従来では適応障害と診断されていたと思われる自ら「うつ病」と訴えるうつ病(未熟型うつ病, 回避型うつ病, 逃避型うつ病: 広瀬春也など)が増加している。抗うつ薬は余り効果がなく、精神療法に導く事も困難なケースが多い。

うつ病は出現頻度がかかなり高く、経過も長いので、これが人類の健康に及ぼす影響の大きさが注目されている。世界保健機関 WHO は疾病や傷害が世界人類の健康に及ぼす負担(the global burden of disease; GBD)を計算し、2020年には、うつ病性障害が虚血性心疾患に次いで負担になるだろうと予測している。日本では中高年の自殺が増加し、自殺の背景としても注目されている。

8-3 てんかん

種々の原因によって起こる慢性の脳障害で、脳の全体か一部における過剰な電氣的活動によって引き起こされる。過剰な電氣的活動の出現部位や広がり方によって、意識障害、けいれん、自動症、流涎などの自律神経症状その他のさまざまな発作を引き起こす。てんかんの出現率は0.3%程度で、総患者数は27.3万人[2005(平成17)年患者調査]と推定されている。てんかんはてんかん国際分類では、脳の障害部位により局在関連てんかんおよび症候群と全般てんかんおよび症候群に大別され、それぞれに特発性(素因以外に原因が明らかでないもの)と症候性(出産時の脳障害、頭部外傷な

ど原因が明らかなもの)に分類されている。特殊なてんかんに点滅光、赤色光、コントラストの強い図形などで誘発される光過敏てんかんがある。テレビのアニメーション(たとえばポケットモンスター)でも引き起こされる危険性があり注意を要する。

てんかんは自然治癒率が2~10%といわれ、薬物療法や外科手術等でのけいれん発作の完全抑制率は60%程度と発作の予後は改善している。しかしながら、てんかんをもつ個人は、そのスティグマ(偏見に基づくいわれのない汚名)から結婚、就職、スポーツ、車の運転など通常の活動に参加する機会を奪われているという現状がある。

8-4 知的障害

知的障害とは、精神の発達停止、または発達不全の状態であり、認知、言語、運動および社会的能力など全体的な知能の障害が、発達期(18歳未満)に明らかになるものである。知的障害の全体的有病率は1~3%と推定されている。知的障害の原因は原因が個体に働いた時期により先天性(出生前)と後天性(周産期・出生後)に分類され、いずれも脳に何らかの障害を引き起こすことが多い。WHOは知能指数IQにより、軽度(50~69;精神年齢9~12歳)、中等度(35~49;精神年齢6~9歳)、重度(20~34;精神年齢3~6歳)、最重度(0~19;精神年齢3歳以下)と分類している。知的障害をもたらす代表的な疾患はダウン症候群である。ダウン症候群は染色体異常によって引き起こされ、21トリソミー(21番染色体が3個存在する)が最も多い。先天性代謝異常など適切な医学的処置によって予防できる知的障害もある。

8-5 精神作用薬物使用による精神および行動障害(薬物依存)

精神作用物質使用による精神障害および行動の障害には、アルコール、アヘン類、マリファナのような大麻類、鎮痛剤や催眠剤、コカインや他の覚せい剤、たばこや揮発性溶剤などの使用により起こる障害が含まれる。その状態は、中毒、有害な使用、依存症や精神病性障害を含んでいる。有害な使用とは、身体あるいは精神面の健康に害を及ぼすときに使用される。依存は「薬物の使用による快楽を得るため、あるいは離脱による不快を避けるために、有害であることを知りながらその薬物を続けて使用せずにはいられなくなった状態」をさし、薬物の反復摂取は報酬系(刺激により快感を生じる脳の回路)を中心とした脳の機能変化を引き起こすと考えられている。

世界的に最も広く使用されている精神作用薬物は、たばことアルコールであるが、これらについては他項(第5章5,6:喫煙・飲酒, p.71~74)を参照されたい。わが国では、覚せい剤と有機溶剤の乱用が多く、特に覚せい剤は1995年から第3次乱用期に入っている。これは、一部外国人による密売の増加、乱用の低年齢化、インターネットなど新しい通信技術の悪用などの特徴をもち、対策が困難となっている。また、覚せい剤は単に依存を形成するだけでなく、統合失調症に近似した症状をもつ覚せい剤精神病を引き起こす危険性があるので、特に注意が必要である。精神作用薬物は覚せい剤取締法などの法律によって厳しい規制が行われているが、最近では“合法ドラッグ(法の規制を受けていない薬物:マジックマッシュルームなど)”が簡単に入手でき、

若者を中心に乱用が増加し、社会問題となっている。

8-6 心的外傷後ストレス障害

(post-traumatic stress disorder; PTSD)

自然災害、大事故、テロ等の例外的に著しく脅威的あるいは破壊的な性質をもったストレスが心的外傷となり、遅延または遷延した反応として現れる。日本では、阪神・淡路大震災でその存在を注目されてから、一般的となった。典型的な症状は無感覚と感情鈍化、外傷を思い出させる状況を避けているのに、ストレスとなった場面が無意識に思い出されるフラッシュバック、夢の中で繰り返される外傷の再体験である。時に強い恐怖感、パニック、攻撃性が急激に生じることがある。強い驚愕反応、不眠、不安、抑うつを伴い自殺念慮を伴うこともある。

8-7 認知症(痴呆)

認知症は、いったん正常に発達した知能が後天的な脳の器質的障害により低下した状態をさす。認知症は脳血管性と変性性に大別され、変性性認知症としてはアルツハイマー型が最も多い。認知症は記憶障害、見当識障害(場所や時間などがわからない)、判断障害を基本障害とし、不適切な感情、人格の変化を伴う。時に幻覚や妄想などの行動障害を伴うが必須ではない。日本では脳血管性認知症が多かったが、人口の高齢化に伴いアルツハイマー型認知症が増加している。アルツハイマー型認知症の有病率は1~5%と幅が広い。これは年齢が進むにつれて発現は急速に増加する(おおよそ5年ごとに倍加する)ためである。アルツハイマー型認知症の原因は代謝異常、アミロイド類前駆物質タンパク、プラーク関連タンパク、タウタンパク、亜鉛やアルミニウム等の代謝障害、アポリポタンパクの遺伝子多型の違いなど発症リスクを高める遺伝子などが示唆されているが、依然不明である。脳血管性認知症を予防するには、その原因となる生活習慣病を予防することが重要である。アルツハイマー型認知症の予防については不明であるが、廃用性による脳の機能低下を防ぐために、計算や運動など頭や体を使うことが有用とされている。またアルツハイマー型認知症にはドネペジル(商品名:アリセプト)、メマンチン(商品名:メマリー)、ガラントミン(商品名:レミニール)、リバスチグミン(商品名:イクセロンパッチ、リバスタッチ)などが症状緩和や進行の緩徐化に効果を発揮することがある。またアルツハイマー型認知症のワクチンも開発されつつある。

日本では2004(平成16)年12月24日付けで、関連各学会においても2007(平成19)年までに痴呆の呼称が行政上「認知症」となった。

9 自殺

自殺は世界的には15~34歳の年齢群で死亡原因の上位3位にあり、世界公衆衛生上の重大な問題となっている。自殺率は10万人につき15.1人とされ、老年期を除き圧倒的に男性が多い(男:女 3.5:1)。日本では、警察庁生活安全局の報告によると、

中高年の自殺の増加に伴い、2003(平成15)年の自殺既遂者は3万4千人を越え、以後3万2~3千人前後で推移している。自殺未遂者は自殺既遂者の20倍以上になるといわれ、日本でも大きな社会問題となっている。同局の報告によると2003年度の自殺の原因・動機としては、「健康問題」が最も多く、「経済・生活問題」、「家庭問題」がこれに続いている。精神障害による自殺のなかでは、うつ病が最も多く(Pokorny, 1964)。その自殺は反復される傾向がある。先に述べた、統合失調症、精神作用薬物使用による精神および行動障害やPTSDも原因となり得る(表5-17, 別冊 p.18)。

表5-17

■年齢階級別にみた不慮の事故による死亡の状況

自殺予防の1つとして、自殺の危険性が高い精神疾患であるうつ病の有無を明らかにして、治療に結びつけることが挙げられる。うつ病は治る病気であることから、家族や職場でうつ病に関する教育を行い、うつ病の場合には早急に治療を受けさせるようにすることが重要である。「仕事の失敗から」、「借金を苦にして」、「人間関係に疲れて」などによるとされる自殺のかなりの部分は、適切な医療を受ければ治癒し得るうつ病によるものと考えられている。老年期の自殺予防には孤独感や疎外感をもたせないこと、何らかの役割を持たせることが有効とされている。また、一度自殺企図を行った人は、繰り返す傾向があるので十分な注意が必要である(一度自殺を図って助かった人は二度と自殺しないというのは間違いである)。

〈吉田寿美子〉

10 その他の疾患

10-1 肝臓疾患

肝臓疾患の主要なものに肝硬変が挙げられる。肝硬変は肝細胞の壊死を伴う肝機能不全状態である。成因の大半をウイルス性肝炎が占め(C型肝炎約60%, B型肝炎約15%), アルコール性が1割強である。

ウイルス肝炎には、A型、B型、C型、D型、E型の5種類が確認されている。A型肝炎は食物(生牡蠣など魚介類)・飲料水等からの経口感染により平均約30日の潜伏期ののち急激に発症するが、慢性化せず予後良好である。症状は、発熱、悪心・嘔吐、腹痛、全身倦怠感、黄疸などである。

B型肝炎は血液、唾液などを通して感染し、乳幼児が感染した場合は持続感染者(キャリア)となりやすいが、成人が感染した場合慢性化することはまれとされる。かつては出産時における母子感染等が多かったこともあり、B型肝炎ウイルスキャリアは推定110~140万人いるが、昭和60年度から妊婦検診でHBs抗原検査を行い、子に対するワクチン投与などの適切な予防措置を講じたため(B型肝炎母子感染防止事業)、キャリアの数は減少している。

一方、C型肝炎は血液により感染し(輸血、入れ墨、注射器等)、感染年齢にかかわらず高率に慢性化しキャリアとなる。日本には推定200~240万人のキャリアがおり、そのうち一定の割合(6割という推定もある)が20年をかけて肝硬変に移行し、さらに肝がんへと移行する。したがって、C型慢性肝炎患者にはインターフェロンやリビリン、ペグインターフェロンによりウイルスを駆除する治療等が必要となる。感染予

2 聴く脳・見る脳の仕組み

本田 学

この章では、まず脳神経系の構造と機能の基本と、人間の脳機能を傷つけることなく観察するさまざまな手法について学ぶ。そして、音楽などの感性情報を受容するときに必要な「音を聴く」「ものを見る」ための脳機能に着目し、聴覚と視覚の情報処理を対比しつつ、それぞれの神経系の仕組みについて学ぶ。これらを通して、人間の脳における感覚情報処理についての基本的な知識を身に付けることを目標とする。

1. 脳神経系の構造と機能

1-1 脳の基本単位＝神経細胞

現存するすべての地球生命は、自らの生存を維持するために必要十分な環境情報を捉え、伝達・処理し、その結果に基づいて生体を制御するシステムを有している。もっとも始原的な単細胞生物の場合、遺伝子制御や酵素蛋白による代謝調節のように、生命現象を支える化学物質そのものが情報伝達のメッセンジャーとなる。一方、複数の細胞が組織化された多細胞生物では、異なる細胞間で情報伝達を行うことが必須となる。そこで、例えばホルモンなどのようにメッセンジャー専用の化学物質＝〈シグナル分子〉が登場する。情報発信側の細胞で合成されたシグナル分子は、細胞間を移動して受信側の細胞に到達し、その細胞内外に存在する〈受容体〉と呼ばれる受信装置に結合することにより情報を伝達する。こうした生体情報伝達のメカニズムをさらに高度化したものとして神経系が存在する。神経系は、生体情報の伝達と処理に特化した細胞＝〈神経細胞〉（ニューロン）を基本単位とするネットワークによって構成されるため、神経細胞間の情報伝達が、さまざまな脳機能の基盤

以下省略

3 | 感動する脳の仕組み

本田 学

この章では、音楽、映像、アート・パフォーマンス、芸術作品といった感覚感性情報によって導かれる「美と快と感動」の基盤となる脳内神経系の構造と機能、およびそれらが生み出す情動・感情・感性反応が生命活動にとってどのような意義をもつかについて学ぶ。また、美や快や感動などポジティブな情動にともなう脳の反応を捉えるために留意すべきことについての基本的な知識を身に付け、感動する脳の仕組みについて理解することを目標とする。

1. 情動神経系の構造と機能

〈音楽〉を単なる音の集合と区別する重要な要因のひとつとして、まさに字のごとく「人が楽しめる音」あるいは「人を楽しませる音」を挙げることができよう。著しく多様化が進んだ現代音楽の中には、必ずしもこうした特徴をもたない音の集合が含まれる場合もあるが、美しさも快さも感動も引き起こさない音の集合を音楽と呼ぶことに抵抗を感じる人は多いであろう。逆に、「一音成仏」という言葉で表現されるごとく、たった一音でもそれを聴く人の心に感動を呼び起こす響きであれば、立派な音楽と呼ぶことができる。同じように、絵画、映像、演劇、舞踊、パフォーマンス・アート、工芸、陶芸などあらゆる芸術的営為についても、それらを美と快と感動の反応から切り離して考えることは困難である。

このことを脳科学の視点から整理してみると、ある対象が芸術作品と呼ばれるためのひとつの必要条件は、「対象が発する感覚情報が、その情報を受容する人間の脳神経系に美と快を含むポジティブな〈情動〉や

以下省略

4 音楽を感じる脳は変化を感じる脳

本田 学

この章では、生物学的な視点から音楽情報を捉え直すとともに、音楽に必須である音の変化を捉える脳内メカニズムについて学ぶ。さらに、音楽と人間の脳機能との関係という観点から注目すべき事例として、絶対音感を支える脳の仕組みについて学ぶ。これらを通して、音楽を感じるために必要な脳の情報処理のメカニズムについて、基本的な知識を身に付けることを目標とする。

1. 音楽を生物学の視点から捉える

1-1 混迷する音楽の定義

近代的音楽理論体系の基礎となっている西洋的音楽概念では、例えば、オックスフォード英語大辞典などの [music] の1項目に「楽曲が描かれ、または印刷された楽譜」と定義されているように、音楽と楽譜とは相互に可逆的に変換することが可能なものとされている。このルールが成立するためには、原理的には音符という符号によって音の構造が細部まで明確に決定されなければならない。その前提として、ひとつの音符が占める時間領域から不確定要素を排除する必要がある。したがって、音符の1個にあたる〈楽音〉は、原理的に一定時間内部構造が変化しない定常音である必要がある。楽音の概念が厳密に整理されたのは20世紀半ばの電子音楽の分野である。ヘルベルト・アイメルトは「音楽の要素となる音は、音高・音色・音強の三つの属性を、一定時間安定して保つもの」と定義し、実際にこの概念に忠実に従った電子音楽作品がつくられた。

しかし、こうした楽音の組み合わせによって音楽が構成されるという

以下省略

7 音楽に使われる音の多様性

八木玲子

本章では、音楽に使われる音の多様性を、音のもつ情報構造という新しい切り口から概観する。地球上のさまざまな音楽の音を、人間の知覚を超える物理構造をも視野に入れて精密に可視化したときに何が見えてくるだろうか。新しい手法のもとに探る。

1. 音の多様性へのアプローチ

1-1 過去に行われてきた音楽を構成する音の分類法

音楽はもともと、生活・宗教・儀礼などの文化と不可分に一体化しているため、多種多様な地球諸民族の文化を反映した「音楽に使われる音」の多様性も驚くべきものになっている。そうした音という要素だけを取り出して一望しようとしても、容易には実現しない。そこで、例えば「音楽を構成する音のつくり出し方」など何らかの枠組みをつくって分類を行う方法が、現実的に採用されてきた。そうした方法の中では、一般的に、人間の声がつくり出す〈声楽〉と、音を発生させるための道具として楽器がもちいられる〈器楽〉とに大別し、さらにそれらを細分化するという手続きがとられている。

まず、声楽という枠組みについては、諸民族の歌唱を一望のもとに把握しようとする試みとして、アメリカの民族音楽者アラン・ローマックスによる民謡の比較研究などがある。

次に、器楽という枠組みに関しては、まず中国では「八音」と呼ばれる楽器分類法が古代からもちいられ、朝鮮や日本に伝承されている。ヨーロッパでは、16世紀にさかのぼる伝統的な楽器分類法がある。また、2~5世紀のインドや10世紀のアラビアでも、それぞれ固有の楽器分類

以下省略

8 日本伝統音楽の超知覚構造

八木玲子

西欧近代音楽の影響が強く及ぶ以前、そして西洋音楽の限界が注目されて以後の日本では、音楽を構成する音そのものが独自の進化と成熟を遂げている。本章では、いくつかの日本の伝統楽器を対象に、その演奏音の情報構造を精密に可視化し、その特徴について考察する。なかでも、人間の知覚では捉えられない物理構造に着目し、西洋の楽器との比較を通じて、日本の伝統音楽の基盤をなす音文化固有の表現戦略について学ぶ。

1. 尺八の響きの情報構造

1-1 尺八の音を可視化する

日本伝統音楽を代表する楽器として〈尺八〉がある。尺八は、古代中国に起源をもち、日本で独自の発達を遂げたノン・リードの（リードをもたない）竹製の管楽器である。尺八の中で、現在もっとも一般的に知られる〈ふけしやくばち普化尺八〉は、江戸時代を通じて、禅宗の一派である普化宗の法器とされていたため、この名称がある。普化宗の僧侶であるこじそう虚無僧が、天蓋と呼ばれる深い編笠で顔を隠した独特のいでたちで、尺八を吹きつつ托鉢したことから、〈こじそう虚無僧尺八〉と呼ばれることもある。

この尺八の響きを構成する物理振動を精密に可視化し、同じくノン・リードの管楽器を代表する西洋の楽器のフルートの響きと比較してみよう。

音の物理構造を可視化するための一般的な手段としてよく知られるものに、〈サウンド・スペクトログラム〉(sound spectrogram) や、〈高速フーリエ変換法〉(Fast Fourier Transform analyser=FFT analyser) がある。いずれも、音声信号を周波数分析し、その分布を二次元表示し

以下省略

9 共同体を支える音楽

河合徳枝

「音楽の形式は、それを生み出した社会の構造を映し出す」と言われる。緊密な絆で結ばれた優れた伝統的共同体では、音楽が共同体を成立させる土台となっている場合が多い。第9章から第12章では、共同体の絆となっている音楽に、情報そして脳という切口からアプローチする。本章では、共同体を支える音楽の多様な姿を紹介し、さらに共同体と音楽との間に互いに切り離せない一体性を築く仕組みの一端にふれる。

1. 狩猟採集民の音楽

1-1 アフリカ熱帯雨林の狩猟採集民の音楽

人類が誕生したアフリカの熱帯雨林に、太古の昔から今日まで変わらぬ狩猟採集生活を営む人びとが棲んでいる。身長が成人男性でも140cm前後で、その小柄な体型から西歐ではピグミーと呼ばれていた。しかし、人類学では棲息地域、生活様式の細部やより詳細な遺伝的人種の違いなどに基づいて、ムブティ、アカ、バカ、トゥアなどといわれるグループに分けられる。

4300年くらい前、ナイル川の上流の「森の国」に背丈の小さなうたとおどりの天才たちが暮らしていることを、古代エジプトの王が知るところとなり、行政官に小さな神々たちのうたとおどりを鑑賞したいと要請が下された記録があるといわれる（参考文献1）。文明社会が彼らのライフスタイルとともにその音楽と踊りの天才ぶりを改めて知ることになるのは、19世紀以降である。それ以後の多くの研究を通じてアフリカ熱帯雨林の狩猟採集民たちの生態を詳細に知れば知るほど、私たち現生人類は、その社会集団を挙げて音楽と踊りを営むように創られた動物

以下省略

10 人類の遺伝子に約束された 快感の情報

河合徳枝

共同体の絆となってきた優れた音楽やそれと一体化している表現行動には、観る人の文化の中に存在しない初めて触れる様式であるのに、人を強く感動させるものがある。その一方で、芸術の専門家が産み出したものでは、何らかの学習や体験なしには美しさも感動ももたらさない場合がある。前者に属する感性情報は、人類に普遍的な遺伝情報に基づき脳に生まれつきセットされた快感のシグナルから構成された表現情報と考えることができる。そうした表現情報は互いに文化伝搬の形跡が認められないにもかかわらず地球上の共同体の間に共通して見出される。本章では、感性情報を受容する脳の仕組みに注目しながら、人類の遺伝子に約束された、学習を必要としない快感のシグナルと推定される表現情報の概念とその実例について学ぶ。

1. 快感を発生させる脳のメカニズム

1-1 脳の階層性と快感の回路

人間を含む高等哺乳類の脳には、「美」を含む「快」の情報によって活性化される〈快感の神経回路〉がある。その神経科学的な仕組みは、第3章で学んだ。それらの神経回路は、関与する神経伝達物質の系統的名称から、神経回路ごとにモノアミン神経系およびオピオイド神経系と呼ばれている。音楽のような聴覚情報や、舞踊、造形美術などの視覚情報を受容したとき、美しさや心地よさを感じ陶酔や恍惚の境地を発生させるのは、視聴覚神経系そのものではなく、最終的には美と快の神経回路すなわち報酬系の働きによると考えられている。

進化した脳をもつ人間の場合、脳の快感の回路を階層構造として捉えることができる。周知のとおり脳は、生物の進化の過程をたどるように階層化している。人間の行動を制御する脳機能の階層性についても、脳

以下省略

11 音楽による共同体の自己組織化

河合徳枝

人類をはじめ高等動物の行動は、脳の報酬系および懲罰系神経回路の働きによって制御されている。とりわけ、感性情報が働きかけ快感を発生させる脳の報酬系は、動物の行動を強く誘発誘導する。こうした神経回路の働きを活かし、共同体構成員の自律的行動を促してその自己組織化を実現させる叡智を、バリ島共同体の音楽を主題にして学ぶ。

1. 脳の報酬系と懲罰系による行動制御

1-1 行動のレーダーとして働く報酬系と懲罰系

美と快の情報によって活性化する神経回路が、人類の脳に具わっている意義とは何だろうか。

第3章で詳しく述べられているように、美・快・感動を含む広義の快感は、何らかの行動に対する報酬として脳に発生する感覚である。この場合の報酬とは、脳をもつあらゆる動物において食や性といった生理的欲求が満たされたときの報酬から、人類における感性情報の創出・享受、自己実現、利他行動など高次の思考・行動が実現したときの報酬に至るまで広い範囲に及ぶ。そして、それらに関与する神経組織を総称して〈報酬系〉という。一方、不快や痛みは脳に発生する懲罰ないし警告を意味し、それらに関わる神経系は、〈懲罰系〉と呼ばれる。

報酬系および懲罰系の神経回路は、動物が、生存のために有効であるように、行動を制御するレーダーとして進化的に獲得され発達してきたと考えられる(図11-1)。すなわち、動物は快の感覚をレーダーにし、本来の生存領域に近づくほど、報酬としての快感がより大きくなるようにセットされていて、動物が遺伝子に決められた〈本来〉の生存のスタ

以下省略

12 トランスの脳科学～感性情報は人類をどこまで飛翔させるか

河合徳枝

共同体の絆となる音楽の自己組織化力の射程は、脳の行動制御回路の中の報酬系をどこまで活性化し、いかに強力な快感と陶酔を共同体構成員に体感させるかにかかっている。本章ではバリ島の共同体を事例に、祝祭の極致で発生する〈トランス〉（意識変容）とそれを誘起する音楽そして音の力を共同体の自己組織化に活かしている伝統の叡智について学ぶ。また、伝統的共同体の祝祭儀礼にみられるトランス状態が、感性情報によって誘導される究極の快感状態のひとつであろうという仮説と、それを生理的指標を計測して実証した研究について述べる。

1. 祝祭儀礼の感性情報によって誘導されるトランス

1-1 大多数の人類社会にみられる儀礼のなかのトランス現象

487の人類社会を調べたエリカ・ブルギニョンによれば、その90%以上に、儀礼として制度化され様式化された手続きによって惹き起こされるトランス（意識変容）現象がみられ、そのうち57%に憑依（他の生きものや精霊などがのりうつった状態、ものつき）がみられたという（参考文献1）。地球上の人類社会のさまざまな形式をもつ儀礼において、文化伝搬の形跡の有る無しにかかわらずトランス現象が共通して存在していることは、トランスが人類の遺伝子に普遍的にプログラムされた社会行動のひとつである可能性をうかがわせる。

そうした儀礼では、それぞれの社会で開発伝承されている統制された手続きによって、ほとんどの場合化学物質を使用することなく、健全な人間を非日常的な意識状態、例えば陶酔・興奮・過覚醒状態あるいは催眠状態などに誘導する。そのようにしてトランス状態に入った人びとは、たいていの場合、当該する儀礼を成就させる重要な役割を果たす。

以下省略

心を理解するツールとしての 脳機能イメージング

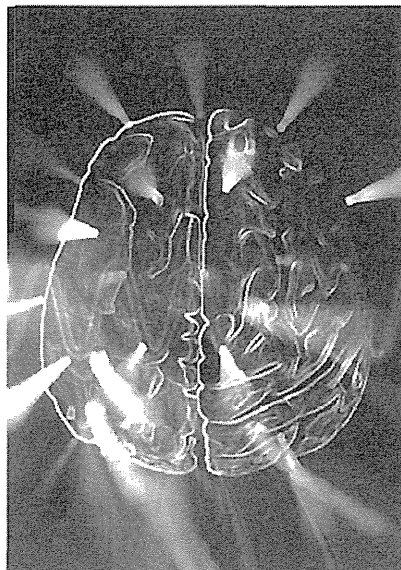
本田 学

国立精神・神経医療研究センター
神経研究所 疾病研究第七部 部長
脳病態統合イメージングセンター 副センター長

1 モノとココロを架橋する 脳機能イメージング

西欧近現代科学の底流をなす思想的枠組みの構築に計り知れない影響を及ぼしたルネ・デカルトは、科学的検討の対象を、明瞭に自覚することのできる<意識>と、誰にでも計測可能な空間的拡がりをもった<延長>とに限定するとともに、両者を分割して取り扱うという姿勢を打ち出した。その結果、モノを扱う延長世界では自然科学が大成功をおさめ、人間は相当程度に自然を制御し操作しうる知識と技術を身につけた。これに対して、ココロを扱う意識世界では、ポストモダニズム哲学の衰退に典型的に見られるように、人文科学が深刻な閉塞状況を迎えていることを認めざるを得ない。

こうした中、心の働きを担う脳という情報処理装置について、化学反応を基盤とする分子機械としての構造と機能が徐々に明らかにされるのにあわせて、意識世界と延長世界が峻別されるものではないという認識が徐々に受け入れられつつある。こうした新しい認識を支える大きな要因のひとつが、近年の医療画像技術の進歩によってもたらされた脳科学の新しい研究パラダイムである脳機能イメージングといえるかもしれない。様々な非侵襲的脳機能検査法—広義の脳機能イメージング—を駆使することにより、脳科学者たちは、生きた人間が感じ、考え、振る舞うときの脳の活



動をそのまま計測したり、生きた人間の脳活動を一時的に干渉することによって生じる感覚や行動の変化を観察したりすることが可能になった。そして、感覚・運動・認知・判断・言語・思考など、人間の心の働きをモジュールとして細分化し、それぞれが脳のどこに存在するのかを明らかにすることに大きな成功を収めたのである。こうして「感じること」「想うこと」といった自分しか知らない心の中が、客観的な数値データとして計測され、かつ、美しく画像化されるようになった。特に最近では、脳から取り出した情報を用いて機械を制御するブレイン・マシン・インターフェースの応用にむけた研究の中で、脳活動計測データの複雑なパターン認識により、その人が何を見ているか、あるいはどんな運動を行っているかを高い確率で推測することが可能になりつつある。これらはまさに意識世界と延長世界との架橋に他ならない。脳

機能イメージングは、閉塞感を強めている従来の心の科学に、客観性と合理性に裏付けられた自然科学的人間観という新しい突破口を開こうとしており、そうした意味で、脳機能イメージングが心の理解に果たしうる可能性には大いに期待を寄せることができる。

2 脳機能局在に基づいた 脳機能イメージングの限界

一方、対談の中で坂井先生が指摘されているように、人間の心をモジュールとして細分化し、それらの加算集合体として脳機能を捉えようとする従来の脳機能イメージングの主流であったパラダイム、すなわち<脳機能局在>に重きをおいたイメージングが、人間の心の理解に直結するかというと、問題はそれほど単純ではない。確かに、人間の脳機能を構成する素過程が、ある程度の独立性をそなえた機能モジュールとして脳の中の特定の部位に存在することは、微視的レベルでも巨視的レベルでも明らかになりつつある。しかし、地球生命の進化の産物である脳の最大の特徴は、機能モジュールどうしが高度な相互依存性や機能相関性を発揮して、全体としてきわめて統合的なシステムを形成しているところにある。まさにルートヴィヒ・フォン・ベルタランフィが指摘したように「システムは要素の総和を超える」ものとなっているのである。

たとえば、人間が自分自身の感覚・思考・判断・行動を自覚しモニターする<意識>の働きや、「赤い」という質感を伴ってリングを認識する<クオリア>などは、必ずしも脳の特定位に局在するのではなく、さまざまな脳部位が高度な相関性をもったネットワークとして活動することによって生み出されるという考え方が優勢になりつつある。このことは、「生物が環境情報を捉え、環境に対して働きかける」ための機能が集積した器官として脳が進化的に形成されてきたという事実に立ち戻って考えてみると理解しやすいかもしれない。すなわち、単細胞生物以来、どのような進化的段階の生物においても、個体と環境とのインターフェースを担うために必要十分な全体性・包括性を有した何らかの仕組みが備わっていたと考えて差し支えないであろう。たとえば、脳の視覚系で考えてみると、色・形・動きなど、現在の霊長類の脳で観察されるような、視覚情報のさまざまな個別的属性を処理するための専門分化したモジュールがアブリアリに存在し、それらの加算集合体として脳が形成されたわけではない。環境全体を捉える何らかのシステムが先に存在し、その機能が脊索動物以降発生した脳という器官が発達するにともなって、個体と環境との間の相互作用から生み出される進化圧によって徐々に独立性をもった機能モジュールへと分化していったと考えるのが自然である。こうした観点に立って考えてみると、機能モジュールが加算的に組み合わせられたものというモデルによって、現在の人間の脳神経系を理解し再構成しようとするア

プローチには、原理的な限界があるように思われる。

脳における機能モジュール間の相互作用と意識との関連を考える上で、ハーバード大学のアルバーロ・パスカル・レオンらが行った実験は示唆に富んでいる。人間の視覚系では、網膜に入った視覚情報は、神経核で中継された後、第一次視覚野に入り、その後、色・形・動きなどの特徴抽出を行う専門領域で固有の情報処理がおこなわれ、最終的にそれらの情報が統合されて脳の中に外部世界の写像が再構築されると考えられてきた。これら視覚関連脳領域のうち、V5と呼ばれる運動視中枢の神経活動を頭部外から強い磁気によって一時的に刺激すると、注視している静止物があたかも動いたかのように見えることが知られている。ところが、パスカル・レオンらが行った実験 (Pascual-Leone A, Walsh V. Science 292(5516): 510-2, 2001) によると、V5を磁気刺激して運動視の錯覚をおこしてから数ミリ秒後に第一次視覚野を刺激してその神経活動の邪魔をすると、注視していたものが動いた感覚が消失してしまうのである。すなわち、運動視中枢を人工的に刺激することによって発生した「動いた」という情報は、それがもう一度、一次視覚野に戻され処理しなおされるという過程を経ることにより、はじめて意識にのぼって自覚されるのである。

このように、脳の中の機能モジュール間には複雑な双方向性の連絡があり、単純な感覚入力の情報ですら、末梢から中枢へと一方向性に流れるわけではない。こうした神経線維連絡の詳細が解剖学的に明らかになるの

と平行して、心を理解するためには、「何がどこにあるか」という機能局在を明らかにしてそれらを単純に加算していくという従来の脳機能イメージングの解析から一步踏み出して、脳の異なる部位間の機能連関、すなわち「どのような相互作用と因果関係のもとに脳は働いているか」を調べるための解析が必要である。そうした認識のもと、近年、新たな解析手法が次々と開発されつつある。

③ 無意識世界を外在化・意識化する脳機能イメージング

脳機能イメージングによって、脳の一人称的世界を客観的に観察し記述するという歩みの中で、従来の自覚できる<意識>に立脚した人文科学的な心の科学に見直しを迫るような事実が次々に明らかとなりつつある。それを一言で言うなら、デカルトが科学的思考の対象として信じるに足るとした<意識>で明瞭に捉えることのできる世界が、生命体としての人間をとりまく情報世界全体の中では、非常に限定された部分集合に過ぎないという事実である。いくつか関連する実験を紹介する。

人間の自由意志についての先駆的な研究としては、カリフォルニア大学のベンジャミン・リベットらが行った実験が有名である。彼は、被験者に自由なタイミングで指を動かすよう指示するとともに、巧妙な実験手法をもちいて、指を動かそうと思った瞬間をレポートさせた。そして指の運動の前後の脳波を記録し、運動準備のための脳の電気活動がいつからはじまっているかを検討した。その結果、指を「動かそう」と思ったのは実際の