

2020年度
地球環境『自然学』講座
第2回

テーマ
音のビタミン
～音環境から健康へのアプローチ～

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 本田 学 先生

2020年10月24日
認定NPO法人・シニア自然大学校

講師プロフィール

本田 学 (ほんだ まなぶ)



1. 経歴

三重県出身。1988年京都大学医学部卒業。1995年京都大学医学研究科博士課程修了。米国国立保健研究所（NIH）訪問研究員、自然科学研究機構生理学研究所准教授などを経て、2005年9月から現職。早稲田大学理工学術院客員教授、東京農工大学客員教授を併任。これまでに、文部科学省学術調査官、科学技術・学術審議会専門委員、特定非営利活動法人 脳の世紀推進会議監事などを務める。

2. 現職

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

3. 主な研究テーマ

専門は神経科学、脳イメージング、臨床神経生理学。脳情報から精神・神経疾患の病態解明と治療法開発に迫る「情報医学」の体系化、ハイパーソニック・エフェクトを応用した「情報環境医療」の開発、感性脳機能のイメージング、非侵襲脳刺激による機能的治療法の開発など。

1. 脳の健康を情報環境から考える

人間の健康は環境に大きく左右されることはいうまでもない。例えば、治療環境に病原体が存在すれば院内感染の原因となり、医用放射線の被曝は健康被害に繋がる。同じ事がより大規模な環境についても言える。例えば公害やアスベストなどの問題は、環境が有害な物質によって汚染されることにより健康被害を引き起こすものであり、これらは物質環境の問題と捉えることができる。一方、例えば放射線被曝の問題は、放射性同位体から放出される高エネルギーの電離放射線がもつ細胞毒性が健康被害に深刻な影響を及ぼすものであり、これはエネルギー環境の問題と言える。従来、環境の安全性や健康への影響を評価するときには、これら〈物質〉と〈エネルギー〉という尺度が専ら用いられてきた。

しかし、脳と心の健康という視点から環境問題を考えるとき、環境を物質とエネルギーの二次元で捉えるのでは不十分なのではないか、という問題意識が1980年ころから急速に芽生えることになった。そのきっかけとなったのが、筑波病、すなわち筑波研究学園都市で発生した研究者の自殺の多発といった病理現象である。きわめて豊かな研究環境が準備されたにもかかわらず、その中で研究者の自殺が異常に多発し、その頻度は当時の日本人の平均自殺率の2倍以上に相当したと言われている。ところが、従来の環境科学の枠組みの中で環境を評価する尺度として準備されていた物質とエネルギーという切り口では、この病理現象の原因に迫ることは甚だ困難であった。こうした問題意識が揺りかごととなり、大橋力（環境科学）、小田晋（精神医学）、村上陽一郎（科学哲学）らが中心となって、環境を捉える尺度として、従来の〈物質〉と〈エネルギー〉に新しく〈情報〉という尺度を加えた三つの次元で環境を捉える〈情報環境学〉という枠組みが体系化された¹⁾。

情報環境学の立場から、環境の安全性に対する取り組みの現状を、物質・エネルギー環境と情報環境とで比較してみると、両者の間には大きな差が見られる。たとえば、物質環境が健康に及ぼす影響は、有害物質（あってはならないもの）と必須栄養（なくてはならないもの）が厳密に客観的指標で記述されているのに対して、情報環境が健康に及ぼす影響については、騒音などの有害情報については一定の検討が始まってはいるものの、なくてはならない情報＝必須情報は、その概念自体現代医療の検討の俎上にのぼった形跡が認められない。

また、物質・エネルギー環境に関しては、人間が適応可能な範囲には限界があり、その安全範囲を逸脱すると健康が損なわれたり生存不能になったりすることは周知の事実となっている。これに対して情報環境の場合、脳に入る感覚情報がたとえどのような情報であっても、「多少我慢すれば慣れて適応することができるはずである」という暗黙の認識が支配的であると言えよう。そこでは、「適応できる範囲には限界がある」という物質やエネルギーの領域では常識となっている安全範囲に関する認識が、必ずしも一般的に受け入れられているとは言い難い。

このように整理してみると、物質・エネルギー環境に比較して情報環境の安全・安心・健康対策は、科学的検討、社会的関心、倫理的対応のいずれもが極めて不十分な段階にあるこ

とがわかる。この点は治療環境においても全く同じ事が言える。物質面、エネルギー面での治療環境の汚染は重大な健康被害をもたらすことが明らかであり、病院内においても非常に厳重な規制が実施されている。その一方で、たとえば医療機器が発生する騒音やアラーム音をもたらす慢性的なストレスや、集中治療室などにおける身体拘束に伴う情報遮断が、患者やそこで働く医療者の健康に何らかのネガティブな影響を及ぼしている可能性は否定できない。

2. 情報環境医療のコンセプト

以上のような問題意識を踏まえて、大橋力を中心とする著者らの研究グループは、現時点で最も検討が遅れている「人類の健康にとって必須の情報」について検討した²⁾。そのために、人類の遺伝子が霊長類から進化的に形成されてきたアフリカの天然の熱帯雨林の環境情報と、文明病と総称されるような環境病が蔓延している都市の人工的な環境情報との違いを、特に電子的に記録・解析・再生が容易である音情報の面で調べた。その結果、都市の環境音は、屋外屋内を問わず、周波数成分が 20kHz 以下の人間の可聴域に集中しており、20kHz 以上の成分は極めて稀であるのに対して、熱帯雨林の自然環境音には 20kHz 以上の人間の耳に聞こえない超高周波を非常に豊富に含んで複雑に変化することが明らかになった。さらに、こうした超高周波を豊富に含む音は、それを聴く人の中脳・間脳と、そこを拠点として前頭葉に拡がる報酬系神経回路を活性化することにより、音を美しく快く感じさせるとともに、そうした音をより強く求める接近行動を引き起こし、同時に免疫系の活性化やストレスホルモンの低下といった全身の生理反応を導くことが明らかになり、ハイパーソニック・エフェクトと呼ばれている³⁾。

ハイパーソニック・エフェクトによって活性化される中脳・間脳には、神経細胞の小さな集団である神経核がたくさん含まれていて、それぞれひとつひとつが生命活動を維持する上で重要な働きをしている。中脳・間脳の機能異常は、最近、都市化や文明化に伴って急速に蔓延しているさまざまな現代病と直接あるいは間接の関係をもつことが注目されている。例えば、中脳から前頭葉に投射するモノアミン神経系の機能低下は、我が国において年間 2 万人を超える自殺の主要原因であるうつ病と密接に関連している。また、間脳の前方にあるマイネルト基底核およびそこから大脳皮質に投射する広範囲調節系であるアセチルコリン神経系の機能低下は、アルツハイマー病の症状と密接な関連をもっている。さらに、ストレスによる視床下部の機能異常は、内分泌系の異常を引き起こして高血圧、糖尿病をはじめとするさまざまな生活習慣病の原因となるだけでなく、免疫系のバランスを崩してがんの発症を促す。

このように、現代人を取り巻く情報環境が、人類の遺伝子や脳が進化的につくられた本来の情報環境から乖離することによって引き起こされるストレスと脳機能の慢性的な失調が、精神と肉体の健康にネガティブな影響を及ぼしている可能性を否定することは難しい。そ

ここで、熱帯雨林型情報環境と比較して、現代人をとりまく都市型情報環境に大きく欠落している超高周波空気振動成分を、先端的メディア技術を駆使して補完する〈音環境エンリッチメント〉の手法を用いることにより、脳活性を適正化し、さまざまな心と身体の病理の治療と予防を図るといふ新しい健康・医療戦略を構想した⁴⁾。それが〈情報環境医療〉である。

生存に必須だが欠けている情報、いわば物資世界のビタミンに相当する情報を環境に補完するという情報環境医療は、多くの現代医療にアドオンして実施することが可能であり、従来医療を妨げるものではない。ここでは臨床研究および基礎研究の一例を紹介する。

3. 音環境エンリッチメントがもたらす効果

まず臨床研究として、熱帯雨林の音を認知症の患者の生活空間に流して音環境を天然型に戻すことによって、認知症の行動・心理症状、つまり興奮や不穏、徘徊といった行動面・心理面の症状に対する効果を検討した。認知症の患者が入居されている介護施設やグループホームのダイルームに、毎日朝6時頃から夜8時頃まで、熱帯雨林の音を四週間流し、その前後で行動・心理症状がどのように変化したかを NPI-NH という評価尺度を用いて調べた⁵⁾。

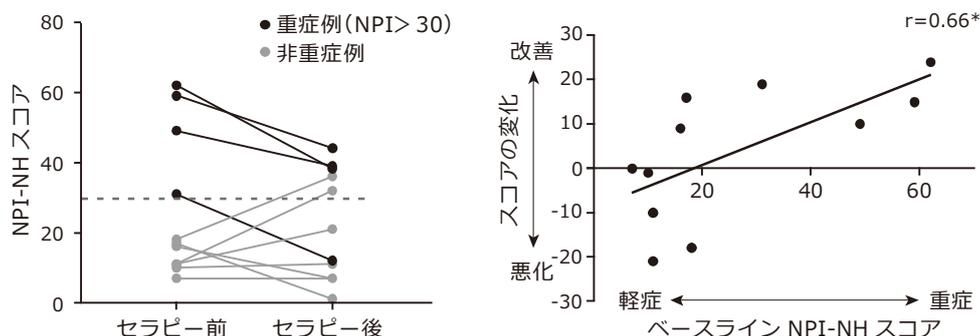


図-1 情報環境エンリッチメントによる認知症の行動・心理症状の変化

その結果、11名中6名において、セラピー前後でNPI-NHスコアの改善が認められ(図1左)、8例で介護負担度が軽減することが分かった。ダイルームに熱帯雨林の音を流すことによって、患者自身の症状が改善すると同時に、同じくその音を聴いている介護者のストレスが改善し、それによって症状変化を上回る介護負担度の改善が観られたのだろうと考えられる。さらに、治療開始時のNPI-NHのスコアと症状の改善には統計的有意な正の相関が認められ、重症の患者ほど改善の程度が大きいことが示された(図1右)。特に、介入前のBPSD症状が重症の症例(NPI-NHスコア>30)と、中等症以下の症例とを比較すると、重症例ではより顕著な改善を示すことがわかった。また症状別に見てみると、妄想、幻覚、無関心といった項目での改善が見られた。このデータは、介護施設の情報環境が認知症患者の行動・心理症状に無視できない影響を及ぼす可能性を示しており、今後病院を中心とした治療環境全般に拡張していく上で、貴重な手がかりになると考えられる。

一方、情報環境が生命現象全般に及ぼす包括的な影響を明らかにするとともに、ハイパーソニック・サウンドを長期間にわたって生体に呈示し続けることの安全性を評価するために、実験動物であるマウスの飼育環境の音情報の違いが、マウスの自然寿命にどのような影響を及ぼすかを長期飼育実験により検討した⁶⁾。この実験では、マウスに熱帯雨林の音を聞かせながら飼育したときと、音を聴かせず標準的な環境（ほぼ無音）で飼育した場合とで、自然寿命を比較した。その結果、熱帯雨林環境音飼育群のマウスは、対照群のマウスと比較して寿命が約17%、有意に延長し、自発活動量も有意に多いことが示された（図2左）。一方、生存曲線（図2右）を見てみると、各条件とも最も長生きしたマウスの寿命はほぼ同じなのに対して、環境音を呈示した条件では、呈示していない条件より、マウスが死に始めるのが遅いことがわかった。そこで、各ケージ内での個体の寿命を詳しく解析すると、環境音を呈示した条件では、最短寿命が延長し、寿命のばらつきが小さくなることが明らかになった。

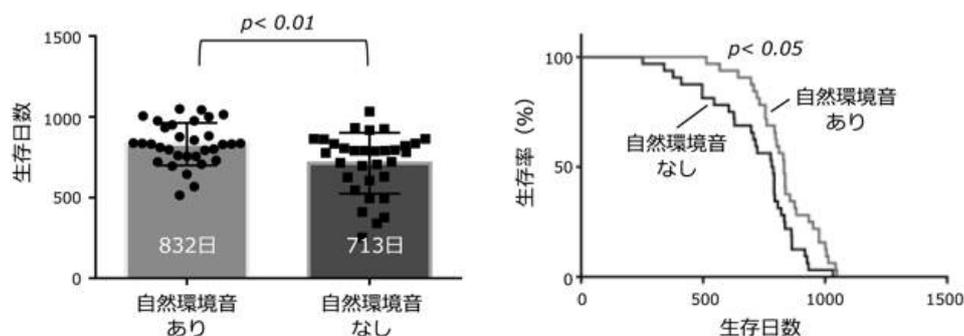


図-2 飼育環境の音情報の違いが自然寿命に与える影響（左：平均寿命、右：生存曲線）

この研究は、通常の飼育環境に自然環境音を加えて音環境を豊かにすることにより、マウスの自然寿命が延長することを示した世界初の報告であり、音が環境エンリッチメントのポジティブな効果を導く上で重要な要素となっていることを示している。治療環境の情報を豊かにすることが、健康状態に包括的な影響を導く可能性を示唆する知見と考えられる。

4. 情報医学・情報医療の可能性

最後に、私たちが提唱する〈情報医学・情報医療〉のコンセプトについて紹介しておく。さまざまな現代医学を眺めてみると、特に精神・神経疾患に対するアプローチは、大きく2つのグループに整理することが可能である。一つは、化学反応で駆動される臓器としての脳の特性に着目し、物質次元から病態解明と治療法開発にアプローチする手法である。これを仮に〈物質医学〉と呼ぶことにすると、現代医学の多くは物質医学に属する。もう一つは、体内外の環境情報を捉えて処理し、環境に働きかける情報処理装置としての脳の特性に着目し、情報次元から様々な精神・神経疾患の病態解明と治療法開発にアプローチする手法で

ある。例えば近年進展が著しい計算論的精神医学は、精神症状が生じるメカニズムを脳における情報処理プロセスの異常として理解しようとするものである。治療法開発においても、薬剤抵抗性の強いうつ病や不安障害に対して有効性が認められている認知行動療法や、〈見る〉〈話す〉〈触れる〉〈立つ〉を骨格としたユマニチュード看護などは、情報次元から脳活動にアプローチし、顕著な治療効果を示す実例として注目される。その一方で、非薬物療法や代替医療の枠組の中では、経験に基づいてさまざまな情報面からの治療的アプローチが試みられているが、少なくとも現時点では物質医学に匹敵するだけの科学的客観性や再現性を有したものは決して多くはない。

そこで私たちは、脳における物質と情報の等価性に着目した新しい情報医学のコンセプトを提唱した。〈情報医学〉とは、脳の情報処理の側面から精神・神経疾患の病態解明と治療法開発に迫るアプローチの総称であり、特に治療法開発に関連した部分を〈情報医療〉と呼ぶ。

情報医学・情報医療においては、何らかの生体内化学反応に対応づける可能性をもったパターンを〈情報〉と定義する。ここで言う生体内化学反応とは、①遺伝子制御を含む代謝調節系の活動、②化学的メッセンジャー系（分子通信系）の活動、③シナプス伝達系の活動、のいずれか、またはそれらの組合せに限定する。そして、情報の処理過程やそれによって得られる効果が、上記の生体内化学反応によって導かれる生物学的反応と対応づけて理解し検証できるものだけを情報医学・情報医療の対象とする、という制約条件を課したのである。このように情報現象を物質現象に翻訳することにより、現代医学が物質次元において確立してきた堅牢な科学的客観性や再現性を情報次元にも導入することを狙っている。

情報医学・情報医療の最大の特徴は、人間に元来具わっている脳の情報処理機能を用いて健康や病気にアプローチすることから、病気の治療のみならず、予防にも効果が期待できることを指摘しておきたい。特に私たちが提唱する情報環境医療は、生存に必須であるにもかかわらず、環境の中に欠乏している要因を補充することを狙っており、物質医学のビタミン補充に通じるものがある。従って、情報医学の視点から治療環境を改善することは、そこで治療を受ける患者の病状だけに留まらず、治療やケアを提供する医療者の健康にもポジティブな影響を及ぼすことが期待される。

こうした新しい情報医学・情報医療のコンセプトは、現在世界的な広がりを見せつつあり、それに共鳴した人々、特に先に紹介したユマニチュード看護の開発と世界的な普及に取り組んでいるフランスのグループが中心となって、2019年11月に国際情報医学学会(International Society of Information Medicine)が設立され、筆者はそのVice-presidentに就任した。今後、情報医学・情報医療の枠組みが体系化され、物質医学に匹敵するだけの信頼性を得るようになることを願ってやまない。

参 考 文 献

- 1) 大橋力: 情報環境学, 朝倉書店, 東京, 1991.
- 2) 大橋力: 音と文明, 岩波書店, 東京, 2003.
- 3) Oohashi T, et al. Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect. *Journal of neurophysiology* 83: 3548-58, 2000.
- 4) Honda M. Information Environment and Brain Function: A New Concept of the Environment for the Brain. *Neurodegenerative Disorders as Systemic Diseases* (ed. by Wada K), Springer, Tokyo, 279-294, 2015.
- 5) Honda M, Yamashita Y, Miyamae M, Ueno O, Oshiyama C, Yoshida S, Kawai N, Oohashi T, Non-pharmacological therapy for behavior and psychological symptoms of dementia (BPSD) utilizing the hypersonic effect: A pilot study. *Journal of the Neurological Sciences* 381, 661–662, 2017.
- 6) Yamashita Y, Kawai N, Ueno O, Matsumoto Y, Oohashi T, Honda M, Induction of prolonged natural lifespans in mice exposed to acoustic environmental enrichment. *Sci Rep* 8, 7909, doi:10.1038/s41598-018-26302-x, 2018 (Online publication)