# バイオフィードバック研究

Japanese Journal of Biofeedback Research

2022 vol.49 No.2

## 目 次

理事長就任のあいさつ	·····································	(1)
特別講演 COVID-19 禍におけるメンタルヘルス不調の予防を目的としたセルフケア活動実		( )
マインドフルネスでどのように心を整え脳を整えるか		_
招待講演		
運動と認知症	············· 桜井良太 ······ <b>59</b>	(17)
アザラシ型ロボット「パロ」によるバイオフィードバック・セラピー:		
世界の医療福祉制度への組込と社会課題解決への貢献		(23)
BF講座		
心療内科におけるバイオフィードバックの実際	友哉・阿部哲也 73	(31)
自作測定機器を用いたバイオフィードバック	······ 長野祐一郎 ······ 77	(35)
生体情報から得られる時系列データに対する非線形解析の適用	児玉謙太郎 83	(41)
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
入眠制御バイオフィードバック装置の開発の試み…・安士光男・橋本秀紀・牧野真理	理子・端詰勝敬 93	(51)
会 報	101	(59)

## 日本バイオフィードバック学会役員(2022~2024年度)

## 理 事 会

理 事 長 廣 田 昭 久 (心理学系)

副 理 事 長 端 詰 勝 敬 (医学系)

岩 田 浩 康(工学系)

榊 原 雅 人(心理学系)

理事(医学系) 飯田俊穂 及川 欧神原憲治

小 山 明 子 志 田 有 子 末 松 弘 行 竹 内 武 昭 竹 林 直 紀 辻 下 守 弘

中尾睦宏端詰勝敬平岡厚

都 田 淳

(工学系) 後濱龍太 岩田浩康 浦谷裕樹

大須賀 美恵子 村 岡 慶 裕

(心理学系) 加藤 由美子 小林 能 成 榊 原 雅 人

志 和 資 朗 成 瀬 九 美 廣 田 昭 久

星野聡子

監事(医学系) 鈴木理砂

(工学系) 安士光雄 (心理学系) 松野俊夫

## 委 員 会

編集委員会 委員長 小林 能成

副委員長 榊原 雅人

委 員 竹林 直紀 都田 淳 村岡 慶裕

総務委員会 委員長 飯田 俊穂

副委員長 加藤由美子

委 員 志田 有子 平岡 厚

資格認定委員会 委員長 神原 憲治

副委員長 廣田 昭久

委 員 後濱 龍太 竹内 武昭

企画広報委員会 委員長 中尾 睦宏

副委員長 辻下 守弘

委 員 大須賀美恵子 星野 聡子

ホームページ 委員長 浦谷 裕樹 企画管理委員会 副委員長 小林 能成

 副安貝長
 小外
 能成

 委
 員
 小山
 明子

国際交流委員会 委員長 及川 欧

副委員長 榊原 雅人

委 員 末松 弘行 成瀬 九美

倫理委員会 委員長 端詰 勝敬

副委員長 村岡 慶裕

委 員 星野 聡子

心理医療諸学会連合(UPM)委員 中尾 睦宏 廣田 昭久

日本心理諸学会連合委員 松野 俊夫 廣田 昭久

横断型基幹科学技術研究団体連合委員 岩田 浩康 廣田 昭久

## 理事長就任のあいさつ

## 廣田昭久

日本バイオフィードバック学会 理事長

この度の役員改選により、端詰理事長の後を引き継ぎ、新たに理事長を拝命致しました. 理事 長就任にあたり、一言ごあいさつさせて頂きます.

前理事長の端詰勝敬先生には、2期に渡る理事長在職中に、学会の実情に即して各種委員会構成を見直し、学会活動の先を見据えた体制整備をして頂き、さらにはコロナ禍という未曾有の事態の中にあって、学会活動を持続的に進め、活動性を維持する等、本学会に多大な貢献をなされたことに、心から敬意を表し、感謝申し上げます。

現代の科学技術は、想像も追いつかないほどの速さで、日々、進歩・発展をしています。新しく生まれた機器も、時に数年を待たずして、さらなる新たな技術が生まれ、新しい機器に取って代わる、それが私たちの普段の生活になっています。本バイオフィードバック学会は、このような時代の流れの中で、常に先を見据え、時代に置き去りにされないような方向性と活動性が求められていると思います。一方、このような時代の変革にあっても、変わらないもの、根本となる原理・理論があり、これを欠いた方策や技術は、たとえ一時の流行になったとしても、確立したものにはなり得ないでしょう。日本バイオフィードバック学会の最大の特徴は、医学、工学、心理学という3つの分野が、それぞれの観点や理論・技術等をもとに、相互に関連し、作用し、刺激して、新たな視点や発想を生み、新たな技術、技法、そして、科学的課題等を見い出していくことができることにあると考えます。

このように本学会は、3分野の協同によって、それぞれの特徴・特性を活かし、うまく統合し、変わりゆく時代のさまざまなニーズに対応できる潜在力を有していると考えます。そのためにも、3領域の活動を活性化し、自由に活発な情報交換ができる場として、本学会が機能できるよう、学会の運営をしていきたいと考えます。特に、若い研究者等が多数参加し、本学会での活動から何かを得ることができるような、魅力ある学会となるよう、さまざまな方策、工夫等を行っていきたいと思います。是非、会員の皆様方には、本学会の活動を注視し、学術総会等にも積極的に参加して頂きまして、本学会がより活性化するよう、ご支援、ご協力を頂ければと思います。どうぞよろしくお願い申し上げます。

# Promotion of Self-Care Activities to Prevent Mental Health Problems Associated with COVID-19

Koji TAKENAKA\*

\*Faculty of Human Sciences, Waseda University

#### **Abstract**

Mental health promotion is one type of wellbeing initiatives for people to enhance their positive mental health rather than to treat clinical symptoms. It has also been helpful for promoting psychological recovery from the after-effects of experiencing disasters. We developed a mental health promotion campaign named "ABC activities for the mind" as a way to promote resilience post-disasters, such as Japanese earthquakes. In this paper, two case studies applied to general adults and medical staff managing patients with COVID-19 were introduced as population-wide approaches of mental health promotion. Cases of mental health problems are increasing as the spread of infection continues. The conventional approach to mental health services presents with limitations due to the restriction of contact and interaction between people under the current pandemic situation. Therefore, it is favorable to develop a new type of intervention. We tried to use informative media by developing messageposters based on "ABC activities for the mind", emotional regulation technique such as Stop-Relax-Think, and implementation intentions known as If-Then Plans. Online surveys were administered to 1,020 general adults and 607 medical staff to evaluate each message-poster. The evaluation consisted of two sections using Likert-type scales: one section involved their reactions towards the posters, evaluating the amount of perusal, their knowledge, their views of social norms, attitude, motivation, selfefficacy, and intention; and the other measured the level of stimulation received, such as acceptability, utility, and extent of memory retention. Findings indicated that for general adults, ratings differed significantly according to the degree of social contact, whereas among medical staff, they differed according to the COVID-19 involvement of hospitals where they work. This intervention concluded that population-wide mental health promotion campaigns in COVID-19, although ongoing, can positively impact the wellbeing of the overall population.

Sey words: COVID-19, mental health promotion, self-care activities, population-wide approach

Address: 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama, Japan, 359-1192

Waseda University, Faculty of Human Sciences

TEL: +81-04-2947-6747 E-mail: takenaka@waseda.jp

Received: August 12, 2022

## ■ 特別講演

# COVID-19 禍におけるメンタルヘルス不調の予防を目的としたセルフケア活動実践の勧め

竹中晃二\*

\*早稲田大学人間科学学術院

#### 抄 録

メンタルヘルス・プロモーションは,人々の臨床的症状を治療するというよりもポジティブ・メンタルヘルスの強化 に用いられるウェルビーイング活動の一つである。メンタルヘルス・プロモーションはまた、災害を遭遇した後に心理 的回復を促進することにも役立つ.私たちは、我が国の地震のように、災害後のレジリエンスを強化する方法として、 「こころの ABC 活動」と名づけたメンタルヘルス・プロモーション・キャンペーンを開発した.本稿では、一般成人を 対象に、また COVID-19 を患う患者に関わる医療従事者を対象に、ポピュレーション・ワイド・アプローチによって実 施したメンタルヘルス・プロモーション・キャンペーンの内容を紹介する、感染拡大が続く中、人々のメンタルヘルス 問題の数が増加している。現在の流行状況では、人々の接触や交流が制限されているため、従来型のメンタルヘルス・ サービスに限界がある. そのため、新しいタイプの介入の開発が望まれている. 私たちは、「こころの ABC 活動」, 感情 調整技法としての Stop-Relax-Think,および If-Then Plans として知られている実行意図手法をもとにしたメッセージ・ ポスターを開発し、それらを情報メディアに流すようにした。1,020 名の一般成人と 607 名の医療従事者を対象に、それ ぞれのメッセージ・ポスターをオンライン調査によって評価した.2種類の評価をリッカート尺度を用いて行った.そ のうち、ポスターへの反応評価では、閲覧の程度、知識、社会規範、態度、動機づけ、自己効力、および意図について 調べ,一方,ポスターの刺激評価では,受け入れ,有用性および記憶の程度が評価された.その結果,一般成人におい ては、社会的接触の程度によって有意に見積もり度が異なり、一方、医療従事者では、勤務する COVID-19 への関わり によって評価が異なることがわかった. 要約すると, COVID-19の感染は現在も進行中ではあるものの, ポピュレーショ ン・ワイド・メンタルヘルス・プロモーション・キャンペーンは、全体住民のウェルビーイングに肯定的な影響を与え ることができる.

**♣ キーワード**: COVID-19, メンタルヘルス・プロモーション, セルフケア活動, ポピュレーション・ワイド・キャンペーン

連絡先:〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 20579-15

早稲田大学人間科学学術院 TEL: 0429-47-6747

E-mail: takenaka@waseda.jp

受 付:2022年8月12日

#### 1. はじめに

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の感染拡大が収束しない中、私たちはほぼ3年間も不自由な生活を強いられている。COVID-19の感染拡大は全国でとどまることを知らず、現在では、高齢者施設などにおける従来型のクラスター感染から子ども同士、そして子どもから家族への感染など感染経路が多様化してきた。さらに感染力が強い株の出現によって、現在でも簡単には収束しようもない状況に置かれている。国や自治体は、もとの経済状況にもどすべく対策を考えているものの、感染制御を行いながらの出口戦略を見つけ出すことは容易なことではない。

従来、COVID-19 関連報道の中心は、全国、また地方における感染者数や死者数、病床使用率など感染に直接関わる数値の提示であった。しかし、これら感染に伴って人々の経済状況が逼迫し、ソーシャル・ディスタンスなど人々との交流が制限されるに至って、人々のメンタルヘルス問題が顕在化してきた。加えて、従来からメンタルヘルス不調を抱える患者もまた感染を恐れるあまり、医療機関への受診を避け、従来のメンタルヘルス・サービスそのものも機能不全に陥った。このような状況の中、従来型のメンタルヘルスケアとは種類が異なる支援が模索されている。

本稿では、COVID-19 禍において、一般成人および患者対応の医療従事者を対象に、彼らのメンタルヘルス不調の予防に焦点を絞ったメンタルヘルス・プロモーションの内容を紹介する。その方法としては、セルフケア活動の実践を推奨する数種類のメッセージ・ポスターを開発し、(1) コロナ禍で活動が制限されている人たちが行えるセルフケア、(2) コロナ対策の最前線にいる医療従事者が行えるセルフケア、(3) 多くの人たちにとって負担感が低いセルフケア、および(4) 日常生活や仕事時において実践可能なセルフケア、そしてそれらの活動を継続する方策を強調したポピュレーション・ワイド・アプローチを実施した.

## 2. メンタルヘルス問題の予防に果たす セルフケア活動の内容

厚生労働省[1]によれば、職場のメンタルヘルスケアは、(1)セルフケア:自身で行うケア、(2)ラインによるケア:上司や仕事のグループで行うケア、(3)事業場内産業保健スタッフなどによるケア:事業所内の専門家、準専門家が行うケア、および(4)事業所外資源によるケア:専門的な機関の利用、の4つの枠組みで示されている。その中でも、セルフケアは、職場を超えて日常生活の中で実践可能な活動であり、特に一次予防の観点

から期待されている.

からだの健康づくりについては、「運動しましょう」、 「バランスのよい食事を摂りましょう」、「禁煙しましょ う という標語が使用され、公衆衛生的な観点で普及が 促進されている. 実際, 生活習慣病の予防や健康増進の ために具体的に何を行えばよいのかが明確になってお り、生化学的検査など客観的指標によって行動実践の成 果を把握することができる. 一方, こころの健康阻害に ついては、個人の主観に任され、質問票などによって チェックできる程度でしか把握することができない. 特 に、コロナ禍という過剰で継続するストレス下では、個 人の感覚が鈍化してしまい、気がつかないうちに深みに はまってしまう場合が多い. そのため、コロナ禍におい てさえ、メンタルヘルス問題の予防、またそのプロモー ション活動によって人々の実践を普及啓発する必要があ る. しかし、残念ながら、メンタルヘルス問題の予防の ためにセルフケアとして何をどの程度行ったらよいのか という具体的な指針があるわけではない[2].

## 3. ストレスマネジメントから メンタルヘルス・プロモーションへ

災害とは、人命や社会生活に被害が生じる自然現象を 指すが、COVID-19の蔓延はまさに災害の範疇にはいる と考えられる. しかも, 他の自然災害と比べて被害の期 間が長期にわたり、現在もなお進行中であるという点で 他の災害と異なる. 著者らは, 災害に関わって生じる 人々のメンタルヘルス問題の低減を目的として実践活動 を行ってきた。まず、1995年に発生した阪神淡路大震災 の後では、被災地の西宮市小学校において、子どもが自 ら、災害で生じるストレスへの対処、また関連する事柄 の制御感を高めることを目的に教育活動を実践してきた い [3]. 続いて, 2011年に発生した東日本大震災では, 宮城・岩手県沿岸部においてストレスマネジメント教育 を普及させるべく活動を行ってきた[4]. その当時は、 ストレスマネジメント教育の内容として、ストレスへの 気づき、そして主にリラクセーションを中心とするスト レス対処の方法を教授していた。しかし、被災地の実態 を見るにつけ、復旧・復興を目指す将来に向けて、子ど もには行動活性化が必要と考えた. 諸外国での活動を探 索する中で、メンタルヘルス問題について、臨床とは別 に、メンタルヘルスに関連して予防(プリベンション) と増進 (プロモーション) という概念が重要であること が認識できた [2, 5-7]. その後, 日本版メンタルヘル ス・プロモーションである「こころの ABC 活動」を開発 し、被災地において子ども対象に普及を広め、さらに成 人や高齢者にも適用を広げていった.

以下では、「こころの ABC 活動」の内容を紹介した上



図1 メンタルヘルス・プロモーション: こころの ABC 活動

で、それらの活動の習慣化も含む普及啓発活動について 解説を行う。

# 3・1 メンタルヘルス・プロモーション: こころの ABC 活動

「こころの ABC 活動」は、**図1**に示すように、A:アクト、B: ビロング、および C: チャレンジ、の 3 活動群の推奨を基本にしている。A: アクトとは、散歩する、好きな音楽を聴く、友達と話すなど、からだ、こころ、そして人とも活動的に過ごすことを推奨している。B: ビロングとは、種々の行事に積極的に参加する、趣味のサークル活動に参加するなど、社会的集団に属すことで集団への帰属意識を高め、他者からのサポートを得やすくする。最後に、C: チャレンジとは、新しい活動に挑戦する、ボランティア活動を行う、困っている人を助けるなど、新規の活動や社会奉仕活動を促す活動を推奨している [8-10].

それぞれのセルフケア活動の内容は、誰かに何かをしてもらうという受け身ではなく、能動的に実践することで満足感や達成感を味わうことができる活動である。「こころの ABC 活動」は、その理論的背景にポジティブ心理学、行動活性化、ミーニングフル・アクティビティ(自分にとって意味がある活動)、およびライフスタイルの調整を挙げ、肯定的な態度変容を目的として、対象者が積極的に望ましい活動に取り組み、メンタルヘルスを

よい状態に保つことを目指している [11, 12].

## 3・2 COVID-19 感染拡大に伴うメンタルヘルス・プロ モーション

COVID-19の感染が拡大し、緊急事態宣言が発令されて以降、人々は長く自粛生活を強いられ、活動制限によってメンタルヘルスを悪化させた。人々の間では、将来に向けて不安が続いており、メンタルヘルスへの影響が高まっていった。図2は、「こころのABC活動」をもとにして、一般人を対象にしたメンタルヘルス・プロモーションについて3種類のメッセージ・ポスターを示している。①は感染拡大の初期段階において、新型コロナウイルスへの対処を示した上で「こころのABC活動」をもとにしたプロモーション活動である。続いて、②は緊急事態宣言が発令され、「こころのABC活動」に関する情報を提示しながら、自制心を強化する「消化」と「昇華」の意味を分けて示した。最後に、③は感染拡大の第2波による人々の苛立ちや衝動を行動置き換え法としてのバイオフィリアによる方法を紹介している。

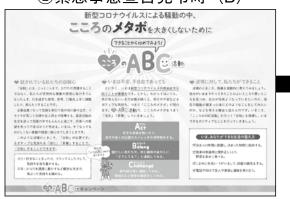
COVID-19 治療の最前線にいる医療従事者を対象としたメッセージ・ポスターも制作した。医療機関では、もちろんのこと、業務に関わる手順や配置・割り当て、また危機管理への対応について詳細にマニュアル化され、周知されている。しかしながら、個人のストレス対処にまで十分な配慮がなされているわけではない。医療従事

## ①感染拡大の初期段階(A)





## ②緊急事態宣言発令時(B)



## ③感染第2波以降(C)



図2 一般人を対象としたメッセージ・ポスター

①感染拡大の初期段階(A) ②緊急事態宣言発令時(B) ③感染第2波以降(C)

者に対しては、セルフケア活動の具体的内容を紹介するだけでなく、日常生活や仕事中に行えるセルフケア活動を習慣化させるために、行動科学の領域で使用されている(1)感情制御の方法、および(2)習慣化に効果が大きい行動変容技法、を紹介した.

感情制御の際に適用されている Stop-Relax-Think の 方略は、従来、感情調整、すなわち感情の高まりに伴って衝動的に行動してしまうことを抑制する方法として適用されている [13]. すなわち、感情制御として、Stop: 考えを一旦止め、Relax: 短時間でできるリラクセーションを行い、Think: 現実的な解決方法を考える、という一連の流れを実践することである.

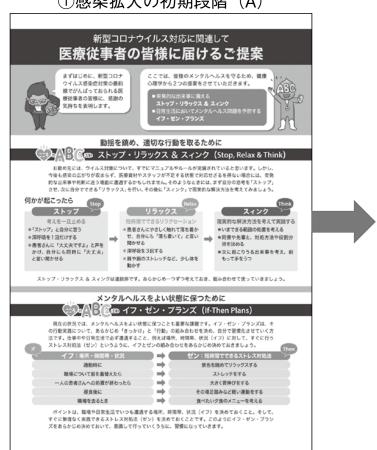
一方、医療従事者には、メンタルヘルスをよい状態に保つための方策を継続的に実施してもらえるように実行意図手法(implementation intentions)を紹介した。実行意図手法は、目標達成に必要な行動を継続させるために開発された方略であり、遭遇することが予期される状況的な手がかり(IF)に応じて、実践する行動(Then)を明らかにしたIf-Then Plans を設定する。例えば、入浴する際に脱衣した際(If)、体重計に乗って体重を記録する(Then)、クルマに乗り込んだときに(If)、シートベルト

を着用する (Then), といったように, 望むべき行動を継続的に実践させるために, 予期される状況とその際に行うべき反応をあらかじめ決定しておき, 意識的にその組み合わせを行うことで習慣化させやすくする[14-17].

図3は、Stop-Relax-ThinkとIf-Then Plansの原則にもとづき、感情調整の具体的方法とメンタルヘルス・プロモーション活動の習慣化について示している。図3の左図上部では、突発的な出来事が起きたことを想定してStop-Relax-Thinkにもとづいた感情調整の例を示し、下部ではIf-Then Plansにもとづいたメンタルヘルス・プロモーション活動の習慣化を解説した。一方、図3の右図では、医療従事者が手指洗浄という仕事の場面で、IfとThenの組み合わせをリハーサルしておくことでセルフケア活動であるリラクセーションの習慣化を促すようにした。

以上のメッセージ・ポスターは、日本健康心理学会ホームページ「新型コロナウイルス感染症への対応についての情報提供コーナー」(http://jahp.wdc-jp.com/news/covid.html)、および早稲田大学応用健康科学研究室ホームページ(http://takenaka-waseda.jp/)に掲載している.

## ①感染拡大の初期段階(A)



## ②第2波時(B)



図3 医療従事者を対象としたメッセージ・ポスター ①感染拡大の初期段階(A) ②第2波時(B)

#### 3・3 メッセージ・ポスターの評価

上記のメッセージ・ポスターについては、インターネット調査を用いて評価を行っている[18]. 一般成人のメッセージ・ポスターについては、対象が20~70歳の男性510名、女性510名の計1,020名であり、一方、医療従事者のメッセージ・ポスターの評価については、20~70歳の男性208名、女性399名の計607名を対象とした。それぞれのメッセージ・ポスターに対する評価としては、反応評価として①閲読の程度、②知識(理解度)、③社会規範、④態度、⑤動機づけ、⑥自己効力感、⑦意図、の7項目について、他方、刺激評価として①受け入れやすさ、②有用性、③記憶に残りやすさ、の3項目について、「全くあてはまらない(1)」から「きわめてあてはまる(5)」の5件法で評価を依頼した。

一般成人では、社会活動(友人との会合、趣味の実施、イベントへの参加など)について COVID-19 の感染拡大に伴い、増加した、あるいは変化しなかった人たち(増加・変化なし群)と減少した人たち(減少群)の2群に分けた、t 検定によって反応評価および刺激評価について2群の平均値を比較したところ、表1に示すように、3種のメッセージ・ポスターとも、ほとんどの項目で減

少群の平均値が増加・変化なし群の平均値と比べて有意 に大きな値を示した.

表2は、勤務する医療機関における COVID-19 対策への関わりの強さで分けた項目評価の平均値および標準偏差を示している。COVIC-19 との関わり度、すなわち医療従事者の勤務先において COVID-19 の治療に関わっている、あるいは関わっていないという 2 群に分けた。t 検定によって 2 種類のメッセージ・ポスターを反応評価および刺激評価のそれぞれの項目の平均値を比較したところ、関わり度が高い勤務先に所属する医療従事者の方がそうでない医療従事者と比べて有意に高い平均値を示した。

以上のことから、一般成人においては、COVID-19によって社会活動が減少した人たちのメッセージ・ポスターへの評価が高く、一方、医療従事者においてもCOVID-19治療に従事している人たちのメッセージ・ポスターへの評価が高いことがわかった。これらの結果は、COVID-19によるメンタルヘルスへの影響を認めている人たちにとって、今回提示したメッセージ・ポスターに対して高い評価を下しており、これらのメッセージ・ポスターがポピュレーション・ワイド・アプローチ

表1 社会活動(友人との会合,趣味の実施,イベントへの参加など)のステイタス(増加・変化なし vs. 減少)で分けた項目評価の平均値および標準偏差

		ポスター A					ポスターB				ポスター C					
		増加・変 (n=308)		減少 (n=7		sig.	増加・ (n=30	変化なし 08)	減少 (n=7		sig.	増加・ (n=30	変化なし 08)	減少 (n=7		sig.
	閲読 (1 項目)	3.55 (0	0.97)	3.87	(0.85)	**	3.48	(1.01)	3.86	(0.91)	**	3.60	(0.97)	3.94	(0.83)	* *
	知識 (1 項目)	3.03 (1	1.00)	3.36	(0.90)	* *	2.88	(0.98)	3.29	(0.93)	* *	3.03	(0.94)	3.36	(0.89)	* *
	社会規範 (1 項目)	2.94 (0	0.93)	3.31	(0.86)	* *	2.90	(0.95)	3.22	(0.87)	* *	2.88	(0.98)	3.24	(88.0)	* *
反 応	態度 (1 項目)	2.85 (0	0.96)	3.24	(88.0)	* *	2.82	(0.94)	3.18	(0.90)	**	2.83	(0.96)	3.22	(0.91)	* *
	動機づけ (1 項目)	2.81 (0	0.96)	3.21	(0.96)	* *	2.72	(1.01)	3.10	(0.95)	**	2.78	(1.02)	3.17	(0.97)	* *
	自己効力 (3 項目)	8.85 (2	2.44)	9.83	(2.16)	* *	8.68	(2.45)	9.64	(2.33)	**	8.80	(2.42)	9.80	(2.26)	* *
	意図 (3 項目)	8.46 (2	2.74)	9.55	(2.54)	* *	8.15	(2.76)	9.32	(2.60)	* *	8.31	(2.86)	9.39	(2.63)	* *
	受け入れ (3 項目)	10.06 (2	2.43)	11.11	(2.12)	* *	9.46	(2.52)	10.63	(2.42)	**	9.84	(2.31)	10.88	(2.25)	* *
刺 激	有用性 (3項目)	9.38 (2	2.48)	10.48	(2.20)	* *	9.01	(2.66)	10.22	(2.35)	**	9.32	(2.42)	10.29	(2.26)	* *
	記憶 (1 項目)	2.94 (0	0.96)	3.29	(0.89)	* *	2.85	(0.97)	3.23	(0.94)	* *	2.93	(0.99)	3.27	(0.94)	* *

<sup>\*\*</sup>p<.01

表 2 勤務する医療機関における COVID-19 対策への関わりの強さで分けた項目評価の 平均値および標準偏差

			ポスター							
				ポスター B						
		関わり高群 (n=354)	関わり (n=2		sig.	関わり (n=3		関わり (n=25		sig.
	閲読 (1 項目)	4.04 (0.8	3.87	(0.90)	*	4.28	(0.72)	4.16	(0.79)	*
	知識 (1 項目)	3.41 (0.9	1) 3.29	(0.95)	n.s.	3.40	(0.96)	3.29	(1.01)	n.s.
	社会規範 (1 項目)	3.34 (0.9	3.20	(0.94)	†	3.47	(0.89)	3.30	(0.94)	*
反応	態度 (1 項目)	3.35 (0.9	3.14	(0.97)	* *	3.44	(0.90)	3.31	(0.93)	†
	動機づけ (1 項目)	3.36 (0.9	3.17	(1.01)	*	3.50	(0.94)	3.30	(0.97)	*
	自己効力 (3 項目)	10.09 (2.3	9.62	(2.34)	*	10.89	(2.20)	10.39	(2.33)	* *
	意図 (3 項目)	10.08 (2.6	9.37	(2.73)	* *	10.55	(2.49)	10.16	(2.51)	†
	受け入れ (3 項目)	10.76 (2.3	3) 10.32	(2.35)	*	11.83	(2.02)	11.79	(1.98)	n.s.
刺激	有用性 (3 項目)	10.58 (2.3	3) 10.01	(2.35)	* *	11.08	(2.15)	10.68	(2.24)	*
	記憶 (1 項目)	3.38 (0.9	3.27	(0.99)	n.s.	3.57	(0.89)	3.40	(0.98)	*

 $<sup>^{\</sup>dagger}p$ <.10,  $^{*}p$ <.05,  $^{**}p$ <.01

によって人々にメンタルヘルス・プロモーション活動を 勧める役割を果たす可能性を示唆している.

## 3. 最後に

COVID-19 禍において人の往来や接触が制限されてい る中、ポピュレーション・ワイド・アプローチによって セルフケア活動の実践を勧める方策は、現在、また将来 への不安が高まっている人々のメンタルヘルス不調の予 防に役立つ可能性がある. それらの介入の要素として は、人々に対して、臨床的対処が必要な状態に導きやす い亜臨床の段階でセルフケア活動の実践を促すこと、さ らに日頃からのセルフケア活動を習慣化させることが重 要である. 長く続く COVID-19 感染の中. 危機意識が揺 らいできたいまだからこそ、メンタルヘルス不調の予 防、そして予防を超えるプロモーション活動を行う意義 は大きい. また、治療の最前線にいる医療従事者にとっ て、セルフケア活動の実践に加えて、患者や彼らの家族 からの感謝の言葉によって「役に立っている」という実 感を持ち、同僚との間で交わされるねぎらいの言葉、そ してなによりも家族との語らいなどにも注意を向けるこ とでメンタルヘルス不調の予防に役立つと考える.

付記:本研究の一部は,令和2~4年度科学研究費補助金基盤研究(B)(代表:竹中晃二)「メンタルヘルス不調の予防に関わる総合的支援システムの構築」によって実施した.

#### (引用文献)

- [1] 厚生労働省(2015)労働者の心の健康の保持増進のための指針.https://www.mhlw.go.jp/hourei/doc/kouji/K151130K0020.pdf [アクセス日 2021 年 7 月 10 日]
- [2] 竹中晃二 (2022) ヤング中高年: 人生 100 年時代のメン タルヘルス. 東京: 集英社新書
- [3] 竹中晃二 (1997) 子どものためのストレス・マネジメント教育: 対症療法から予防措置への転換. 京都: 北大路書戸
- [4] 竹中晃二, 富永良喜 (2011) *日常生活・災害ストレスマネジメント教育―教師とカウンセラーのためのガイドブック*. 東京: サンライフ企画
- [5] Donovan, R. J. & Anwar-McHenry, J. (2015) Promoting

- mental health and wellbeing in individuals and communities: The 'Act-Belong-Commit' Campaign. In W. Wymer (Ed.), Innovations in social marketing and public health communication: Improving the quality of life for individuals and communities (pp.215-226). CA: Springer.
- [6] Donovan, R. J. & Anwar McHenry, J. (2016) Act-Belong-Commit: Lifestyle medicine for keeping mentally healthy. American Journal of Lifestyle Medicine, 10, 193–199.
- [7] Donovan, R. J. & Anwar McHenry, J. (2017) The act-belong-commit mental health promotion campaign. In G. Hastings, & C. Domegan (Eds.), *Social marketing: Rebels with a cause* (3rd ed., pp.482-491). London: Taylor & Francis Group.
- [8] 竹中晃二, 上地広昭, 島崎崇史(2015) こころの ABC 活動実践ワークブック. 早稲田大学応用健康科学研究室. 東京: サンライフ企画
- [9] 竹中晃二 (2017)「なんとなく憂うつ」現代メンヘラ処方箋. オピニオン:教育×WASEDA ONLINE. https://yab.yomiuri.co.jp/adv/wol/opinion/society\_170619. html [アクセス日 2021 年 5 月 29 日]
- [10] 竹中晃二 (2018) メンタルヘルス・プロモーション―ポ ジティブな心を育てる―. クリエイティブ房総, 96, 8-13.
- [11] 竹中晃二 (2018b) メンタルヘルス・プロモーション― その普及啓発―. ストレス科学, 32, 313-322.
- [12] 竹中晃二 (2019) メンタルヘルス問題の予防に果たす自助方略の役割. 労働安全衛生研究, 12, 135-144.
- [13] Rozendaal, E., Lapierre, M. A., van Reijmersdal, E. A., Buijen, M.(2011) Reconsidering advertising literacy as a defense against advertising effects. *Media Psychology*, 14, 333–354
- [14] Gollwitzer, P. M. & Sheeran, P. (2006) Implementation intentions and goal achievement: A meta-analysis of effects and processes. *Advances in Experimental Social Psychology*, 38, 69-119.
- [15] 竹中晃二, 上地広昭, 吉田椋 (2020) イフ・ゼン・プランを用いたメンタルヘルス・プロモーション活動の行動変容介入—準実験的研究—. *Journal of Health Psychology Research*, 33, 67-79.
- [16] 竹中晃二・野田哲朗・山蔦圭輔・松井智子(2020)気分症状改善・回復のための自助方略の検討―デルファイ法を用いた調査―. Journal of Health Psychology Research, 33, 125-136.
- [17] 竹中晃二・上地広昭・綾田千紘 (2020) 教員における仕事関連イベントが誘発する気分不調の改善—イフ・ゼン・プランの適用—. ストレスマネジメント研究, 16, 20-33.
- [18] 竹中晃二 (2020) コロナ禍におけるメンタルヘルス・プロモーション活動の普及啓発. 日本健康心理学会第33回大会シンポジウム 新型コロナウイルス感染症への対策に関する情報提供:健康心理学からのアプローチ 動画資料

# How to Realize Mindfulness and Soothe the Mind and Brain

Hiroaki KUMANO\*

\*Faculty of Human Sciences, Waseda University

#### **Abstract**

This paper will discuss how to realize mindfulness and soothe the mind and brain. While explaining from the perspective of "not closing the mind," "not being swallowed up," "self-as-process or awareness of the present moment," and "self-as-context or awareness of the field of experience," I illustrate how to realize mindfulness referring the transition from focused meditation to observation meditation practice. Then, how the practice of mindfulness changes the brain to produce clinical effects is explained while introducing our research using an EEG model of mind wandering.

**Ч Key words**: acceptance, defusion, self-as-process, self-as-context, shifting time from mind-wandering

Address: 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa-city Saitama, 359-1192, Japan

Faculty of Human and Sciences, Waseda University

E-mail: hikumano@waseda.jp

Received: September 2, 2022

## ■ 特別講演

# マインドフルネスでどのように心を整え脳を整えるか

熊野宏昭\*

\*早稲田大学人間科学学術院

#### 抄 録

本論文では、どのようにしてマインドフルネスを実現し心を整えていくかを、心を閉じない、呑み込まれない、プロセスとしての自己と「今の瞬間」への気づき、文脈としての自己と「体験の場」への気づきという観点から説明しながら、集中瞑想から観察瞑想に至る方法論上の要点と並行して解説していく、そして、マインドフルネスの実践によって脳がどう変化するかについて、マインドワンダリングの脳波モデルを用いた研究を紹介しながら、臨床的な効果と関連づけて説明してみたい。

**▲ キーワード**: アクセプタンス, 脱フュージョン, プロセスとしての自己, 文脈としての自己, マインドワンダリング からの復帰時間

連絡先:〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15

早稲田大学人間科学学術院 E-mail: hikumano@waseda.jp

受 付:2022年9月2日

## 1. マインドフルネスとは何だろう?

マインドフルネスとは、「今の瞬間の現実に常に気づきを向け、その現実をあるがままに知覚し、それに対する思考や感情には囚われないでいる心の持ち方、存在の有様」のことであり、ルーツはブッダの教えにある。それは、体験を感じ取る力を高め、「箱の外で気づくこと」を実現する方法であると言えるが、「箱の外」とは「頭の外」のことであり、頭で考えていることに囚われずに、五感を通した体験によって現実をありのままに知覚することを目指すものである。

マインドフルネスと言うと、集中力を高める方法、あるいはストレスを緩和する方法であると思う人も少なくないが、それはどちらも必要条件ではあるが、十分条件ではない、それでは何と言えば必要十分条件になるのかと言えば、目を覚ますための方法ということになる。つまり、それは「目を覚まし、瞬間瞬間の自分に戻ること」を意味しており、その逆は、「心ここにあらずの状態」ということになる。心ここにあらずの状態とは、先に述べたように、頭で考えていることに呑み込まれてしまうか、不安や抑うつ、痛みなど嫌な体験をしないように心を閉じてしまうかによって起こるのだが、それはむしろわれわれの日常生活ではデフォルトの状態と言ってよわれわれの日常生活ではデフォルトの状態と言ってよい、そこで、ハッと我に返って、目の前の現実に意識を向けることを、マインドフルネスと言うのである。

マインドフルネスという言葉は、実際には複数の意味合いで使われている。第一には、「目を覚まし(ハッと我に返り)、瞬間瞬間の自分(目の前の現実)に戻る」という心の持ち方(自分の体験との関わり方)を意味しているが、そういった心の持ち方をなるべくできるように、日々鍛錬を続けていくことで、生き方(存在の有様=パーソナリティ)自体が変わってくるという長期的効果の現れのことも意味している。そして、そういった心の持ち方や存在の有様を実現するための方法も、マインドフルネスと呼ばれることが多いが、それは、後述するマインドフルネス関想以外にも、さまざまな武道、芸道などの中にも含まれていることが多い。

#### 2. 心を閉じない、呑み込まれない

マインドフルネスを実現するためには、前節で説明したように、「心を閉じない、呑み込まれないで」目の前の現実に気づきを向けることが、その入り口になる。われわれは誰でも痛み、不安、悲しみ、落ち込みなど辛い体験はしたくないので、それを避けるための回避行動を行うのが当たり前である。ここで当たり前と言ったように、避けた方がよいと思って行動する場合には、ルール支配行動と言い、色んなところで教えられ、自分の体験

も含めてそうだと考えることで作り上げたマイルールが 行動を制御する.しかし、ある状況で辛い体験を避ける と、その直後に辛さがなくなる、ホッとするといったこ とを繰り返すことで、同じような状況で回避行動が習慣 的に起こるようになるオペラント学習が成立してしまう ことも多く、こちらは自覚していなくても勝手に回避し てしまうので、まさに日常生活においてデフォルトの状態になりやすい。こういった回避行動は、外から見えな くても、本人の認知行動パターンとして、考えない、感じない、無かったことにするといった形で起こっている ことも少なくなく、マインドフルネスを上手に導入した 認知行動療法であるアクセプタンス&コミットメント・ セラピー(ACT)では、「体験の回避」と呼ばれている.

次に、「呑み込まれる」方に関しては、われわれは何か を考え始めると、すぐにここにいなくなってしまう、考 えてみれば不思議なことであるが、例えば、小説を読み 始めると、3分も経たない内に物語の世界に入り込んで しまい、目の前の現実は見えなくなってしまう.これは、 言葉が持っている力のためであることが、行動分析学に おける近年の言語研究によって明らかになってきてい る. その力とは、言語と対象の双方向性と言われ、言葉 を使う人間にしかない能力のことであり、言葉で考えた り、話したり、聞いたり、読んだりすると、言葉で表現 された内容が「心の目」で見えてしまい、バーチャルな 現実が作り出されることを意味している. そのため考え 続けている間は、バーチャルな世界から抜け出せなくな り、どこかでハッと気づいて、考えが止まり我に返るま では、ずっと思考や感情の世界に呑み込まれてしまうこ とになる. われわれ自身が常に何かを考えていることを 思うと、この「呑み込まれる」ということも、日常生活 におけるデフォルトの状態であり、ACT ではこういった 認知行動パターンのことを「認知的フュージョン」と呼 んでいる.

つまり、マインドフルネスとは、自らが、心を閉じるか、呑み込まれるかというある意味両極端の認知行動パターンを繰り返して、無駄な心的エネルギーを使っていることに気づき、心を閉じない(アクセプタンス)、呑み込まれない(脱フュージョン)で、五感を通して今の瞬間の現実に気づくという心の持ち方を練習するところから始まるのである。

## 3. プロセスとしての自己と 「今の瞬間」への気づき

常に何かを考えている中でも、自分に関係したことを ぐるぐる考え続けることはよくあるが、過去のことを後 悔したり自分のどこが悪かったのかと原因探しばかりす ると(反すう)、うつ状態が強くなり、まだ来ぬ未来の危

#### 表1 マインドフルネス瞑想の実践法

- ■背筋がすっと伸びて、その他の身体の力は全て抜けている姿勢をとる(下腹に少し力が入る).
- ■呼吸に伴う身体の動きと感覚に静かに注意を向ける.
  - ■呼吸は「ゆったりと」くらいにして、 なるべくコントロールしない.
  - ■お腹や胸のあたりの動きに注意を向け、「ふくらみ、ふくらみ」 「ちぢみ、ちぢみ」と、感覚をそのまま感じ取る.
  - ■気づきが追随し、木の葉が風でそよいでいるように、身体がた だ膨らんだり縮んだりしているといった感覚が生じることが ある。
  - <u>雑念, 五感, 感情などに引き込まれていることに気づいたら,</u> ラベリングをしてそっと呼吸の感覚に戻ることを繰り返す.
- ■さらに注意をパノラマ的に広げて、気づきの対象に なる私的・公的出来事の全てを同時に捉え続けるよ うにする.

険を避けようと取り越し苦労ばかりすると(心配),不安 状態が強くなる.これはつまり、今がお留守になってい る状態のことであるが、さまざまな認知行動療法でうつ や不安を改善するために介入対象となる認知行動パター ンであり、ACTでは「過去と未来の優位」と呼ばれる. マインドフルネスでは、上述の通り、それに対して今の 瞬間に気づくようにするが、それを「プロセスとしての 自己」と呼んでいる.

プロセスとしての自己とは、繰り返し、心を閉じない、 呑み込まれないようにするところから始まる認知行動パ ターンであるが、少し別の言い方をすると、「時々刻々変 化する体験(自分だけが観察できる私的環境内で起こる 私的出来事=思考,感情,記憶,身体感覚など)を観察 して、自らにタクト(報告)する行動 | であると言うこ とができる. ここでなぜ私的出来事という言葉を使うか であるが、現実を観察するという観点からは、全ての人 が観察できる公的環境内で起こっているさまざまな出来 事と、私的環境内で生じてくる思考、感情、記憶、身体 感覚などは、かなり共通する性質を持っているからであ る. 例えば、外で突然大きな音がしたら、何が起こった のかと、そちらに注意を向けどんな情報でも知ろうとす るが、急に胸が痛みだしたとしたら、やはり何が起こっ たのかと、そちらに全ての注意を向けるようにするので はないだろうか.

プロセスとしての自己を鍛えていくためには、私的出来事であれ公的出来事であれ、それに気づき、自分にタクトする行動を繰り返すことが効果的だが、そのための一番インテンシブな練習法は、マインドフルネス瞑想である。マインドフルネス瞑想の仕方は、**表1**に記した通りであるが、プロセスとしての自己を鍛えるためには、「呼吸に伴う身体の動きと感覚」を注意を向ける対象とし

て使うことが多い。そして、その下に書かれているように、お腹や胸のあたりの動きと感覚に注意を向け、「ふくらみ、ふくらみ」「ちぢみ、ちぢみ」とラベリング(タクト)しながら、感覚をそのまま感じ取ることを続けていくが、途中で、雑念、五感、感情などに引き込まれて注意が逸れたことに気づいたら、「雑念」「かゆみ」「怒り」とラベリングをしてそっと呼吸の感覚に戻ることを繰り返すという方法を取る。これは、集中瞑想と呼ばれる瞑想法で、呼吸に伴う身体感覚が一番よく感じられる場所に注意を集中し、それ以外の対象に注意が逸れたら、そのことに気づいてまた注意を戻すという作業を繰り返すことになる。

# 4. 文脈としての自己と「体験の場」への気づき

プロセスとしての自己の生起頻度が高まって来れば、心を閉じない、呑み込まれないでいられるようになるため、それでマインドフルネスが実現するかと言うと、もう一つ考慮すべき点が残っている。それは、「今の瞬間の現実に常に気づきを向け、その現実をあるがままに知覚し」という部分と関係するが、プロセスとしての自己では、集中瞑想との関連の深さを指摘したように、注意を向ける範囲が狭くなりすぎて、現実をあるがままに知覚できないことが少なくないという点である。例えば、集中瞑想では、呼吸に伴う身体感覚を最も強く感じられる場所に注意を集中し、自己の内面から浮き上がってくる雑念、五感、感情などとの間で注意を転換する作業を続けることになるので、それ以外の現実は捉えられなくなる。ここで足りないものは、視野の広さであるが、注意のフォーカスを最大にし、偏りなく現実を捉える認知行

動パターンのことを、「文脈としての自己」と言う.

ここで使われている「文脈」とは、何か中身があって、 それを取り巻く環境や前提となる状況などについて使わ れる言葉であるが、ここでの中身に相当するのは、プロ セスとしての自己で観察対象になった私的出来事であ る. つまり、私的出来事と言うからには、それが起こる 「私的環境」が想定されるが、その全体が「文脈」に相当 する. そして文脈としての自己とは、「その私的環境全体 のあり方に気づいて、自らにタクトする行動 | と言うこ とができる. 例えて言うならば、蜘蛛の巣の真ん中にい る蜘蛛が、その全体を感じているような状態であり、巣 のどこかに何かが触れれば、たちどころにそれに気づく ことになる. つまり、プロセスとしての自己が私的出来 事を捉える前提として、体験のフィールド全体を励起し て感度を高めておくという認知行動パターンであると言 えばよいかもしれない. ここで重要なことは、われわれ が自分と思っている自己概念や自己イメージ(概念化さ れた自己)も習慣的思考が作り出す私的出来事の1つで あるため、文脈としての自己が十分に働くようになる と、概念化された自己が相対化され、そこから離れる(箱 の外に出る)ことが可能になるということである. われ われが体験するさまざまな苦しみのほとんど全てが、 「自分」と関係していることを考えると、このことは非常 に大きな臨床的意義を持つことになる.

文脈としての自己を鍛えていくためには、体験のフィールド全体を観察し、自分にタクトする行動を繰り返すことが効果的だが、そのための一番インテンシブな練習法は、やはりマインドフルネス瞑想である。ただこちらでは、**表1**の最後にある「注意をパノラマ的に広げて、気づきの対象になる私的・公的出来事の全てを同時に捉え続けるようにする」と書かれた、観察瞑想が用いられることが特徴である。

## 5. マインドフルネスで脳はどう変化するのか

前節までの説明をまとめると、マインドフルネスを実現し心を整えていくには、体験の回避、認知的フュージョン、過去と未来の優位、概念化された自己が優勢な「心ここにあらずの状態」を減らし、アクセプタンス、脱フュージョン、プロセスとしての自己、文脈としての自己が優勢な「目覚めの状態」を増やしていけるようにしていくことが眼目になる。その際、最初は意図的に、それぞれの認知行動パターンの練習を繰り返すことが必要だが、練習を続けていくと、努力をしなくても自然と目覚めの状態が生じるようになり、いずれは生き方自体が変わってくることになる。次に、マインドフルネスによって、脳はどのように整っていくのかを説明してみよう。

われわれの研究グループでは、心ここにあらずの状態 に相当する「マインドワンダリング (MW)」の程度を、 機械学習によって自発脳波から推定するモデル式を作成 し「1〕. それを集中瞑想中の脳波に適用する研究を行っ た[2]. その結果、瞑想中には、集中状態とマインドワ ンダリングが交互に現れている様子が明らかになった が、そこからさらに、MW の回数、持続時間、復帰時間 (MW から集中状態に復帰するまでの時間)の3変数を特 定した. そして, 長年の瞑想者17名を対象にして, 瞑想 経験時間数との間の順位相関を求めたところ, 復帰時間 のみが有意な相関を示した ( $\rho = -.50$ , p<.05). さら に、マインドフルネス集団療法に参加したうつ状態を呈 する患者17名を対象にして、うつ病症状を測定する BDI-Ⅱの変化量と、それぞれの変数の変化量の間の順位 相関を求めたところ、やはり、復帰時間のみが有意な相 関を示した ( $\rho$  = -.65, p<.01). 以上の結果より, 瞑想 経験が増えるほど、また集団療法でうつ状態が改善する ほど、MW から集中状態への復帰が早くなることが明ら かとなり、MW からの復帰時間という変数に、臨床的意 義があることが示唆された.

次の研究では、同じく8週間のマインドフルネス集団 療法に参加した28名を対象にして、BDI-Ⅱと特性不安 を測定する STAI-T の介入前・後と介入前・2 カ月後そ れぞれの変化量と、マインドフルネスと関連のある質問 紙(気づき, MW, 白昼夢, 体験の回避, 認知的フュー ジョン)の変化量との間の積率相関を調べた[3]. その 結果, MW, 体験の回避, 認知的フュージョンを測定す る質問紙の変化量と BDI-Ⅱ. STAI-T の変化量との間に は、概ね中程度の有意な相関が認められた、そこで、そ の内, 脳波測定をしていた14名について, 介入前後にお ける復帰時間の変化量と、上記3種類の質問紙の変化量 との間の積率相関を見たところ、認知的フュージョンを 測るCFQ-7との間に、非常に高い有意な相関が認められ た (p=.83, p<.0001) [4]. 以上の結果からは、マイン ドフルネスによって心と脳が整ってくる際には、思考に 呑み込まれる程度(認知的フュージョン)に改善が見ら れることがとても重要であると考えてよいことになるだ ろう.

## まとめ

- 1. マインドフルネスは、心を閉じない、呑み込まれないで、等身大の現実を捉えることで、心の省エネを目指すことから実践を始める.
- 2. マインドフルネス瞑想では、注意の集中をもたらす集中に想から、注意の分割を実現する観察瞑想に至ることで、思考の発生を抑えつつ現実や自己の実像を捉える.

3. マインドフルネスを繰り返し体験することにより, MW からの復帰時間が短くなるが, その程度は質問 紙による認知的フュージョンの改善度で推定することが可能である.

## 引用文献

- [1] Kawashima, I. & Kumano, H.(2017) Prediction of Mind-Wandering with Electroencephalogram and Non-linear Regression Modeling. *Front Hum Neurosci*, 11, 365. doi: 10.3389/fnhum.2017.00365. eCollection 2017.
- [2] 川島一朔 (2019) マインドワンダリングへの柔軟性がマ

- インドフルネスの抑うつに対する効果を媒介する. 早稲田大学審査学位論文博士 (人間科学). http://hdl.handle.net/2065/00062634
- [3] Takahashi, T., Kikai, T., Sugiyama, F., Kawashima, I., Kuroda, A., Usui, K. et al. (2020) Changes in Mind-Wandering and Cognitive Fusion Through Mindfulness Group Therapy for Depression and Anxiety. *Journal of Cognitive Psychotherapy*, 34 (2), 162–176. doi: 10.1891/JCPSY-D-19-00015
- [4] 高橋徹, 熊野宏昭 (2021) 瞑想中の雑念を脳波で可視化する―マインドフルネス療法がうつ・不安を低減するメカニズム. 蓑輪顕量編. 仏典とマインドフルネス―負の反応とその対処法. 京都: 臨川書店.

# **Physical Activity and Dementia**

Ryota SAKURAI\*

\*Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

#### **Abstract**

Numerous epidemiological studies indicate that physical activity strongly influences cognitive function among older adults. This association is supported by several intervention studies. Worldwide, approximately 13% (nearly 4.3 million) of AD cases may be attributable to physical inactivity. A 10% reduction in the prevalence of physical inactivity could potentially prevent more than 380,000 AD cases globally. In comparison, a 25% reduction in physical inactivity prevalence could potentially prevent nearly 1 million AD cases globally, indicating the degree of impact of physical activity on dementia. The present article will review and discuss the association between physical activity, including physical functioning, and cognition to understand the effect of physical inactivity.

**Key words**: Physical activity, Gait, Cognitive function, Dementia, Older adults

Address: 35-2, Sakae-cho, Itabashi-Ku, Tokyo, Japan, 173-0015

Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

TEL: +81-3-3964-3241 ext.1240

Accepted: September 16, 2022

## ■招待講演

## 運動と認知症

桜井良太\*

\*東京都健康長寿医療センター研究所

## 抄 録

多くの疫学研究から高齢期の身体活動は認知機能に強く影響を与える生活行動であることが知られてきている。更に、このような疫学的知見は信頼性の高い介入研究により裏付けられている。アルツハイマー型認知症の危険因子の寄与率を計算した研究によると、運動不足の者を10%減らすことができると約38万人、25%減らすことができるとアルツハイマー型認知症患者を100万人近く全世界から減らすことができる推計がされており[1]、運動が認知症発症に及ぼす影響の大きさが分かる。そこで本稿では運動を大きな視点でとらえ、身体機能と身体活動の点から疫学研究を中心とした成果を踏まえ解説していく。

■ キーワード:身体活動,歩行機能,認知機能,認知症,高齢者

**連絡先**: 〒 173-0015 東京都板橋区栄町 35-2

東京都健康長寿医療センター

TEL: 03-3964-3241 **受 理**: 2022 年 9 月 16 日

## 1. 歩行機能と認知機能

高齢期の認知機能と歩行機能の関連に関しては数多くの報告が存在し、そのほとんどはこの両者の機能低下に因果関係を含む強い関連が存在することを示唆している[2-5]. 399名の高齢者を最長5年間追跡し、歩行機能と認知症発症リスクを調べた研究では、初回調査時に歩行速度が遅く、歩行の空間的・時間的ばらつきが大きい者(gait variability:すなわち歩行時の脚のコントロールが不良な者)ほど認知症リスクが高いことを明らかにしている[6]. また、9年間の追跡調査により2876名の高齢者の認知機能と歩行機能を調べた研究によると、追跡初期(0~4年後)の歩行速度低下は、それ以後(4~9年後)の認知機能低下を強く予測する一方で、追跡初期の認知機能低下はそれ以後の歩行機能低下にはあまり関連しなかったことも明らかにしており、歩行機能低下が認知機能低下の前駆症状である可能性を示している[7].

他方,認知機能の低下が歩行機能の低下に先行し、その機能低下に関連するという、上述の報告とは因果関係が真逆となっている報告もある。認知検査の結果から四分位範囲(上位から25%ずつ4つの集団に分ける手法)で被験者を分け、各集団の歩行速度の変化を調べた研究では、認知検査の得点が低い集団ほどその後の歩行速度の低下が激しいことを明らかにしている[8]。また、1154名の高齢者を4.5年追跡した研究でも、認知機能が低い者ほど初回調査時の歩行速度が遅く、その後の低下の具合も早いことを報告している[9]。

## 2. 身体活動と認知機能低下

身体活動とは、安静にしている状態よりも多くのエネルギーを消費するすべての動作を指す、これは、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実践する「運動」と、それ以外の労働、家事、通勤・通学等の「生活活動」とに分類することができる、現在では、身体不活

動(いわゆる運動不足)は、心疾患・糖尿病・癌といっ た生活習慣病発症の危険因子として、喫煙や肥満と同等 の位置づけがなされるようになった. 最近では、この身 体不活動は認知機能低下の危険因子と考えられてきてお り、認知症の発症にも強く関連していることも報告され ている. 九州大学が福岡県糟屋郡久山町をモデル地域と して長期間に渡り生活習慣と健康状態を調査している久 山町研究では、運動習慣がない者 (運動習慣が週1回未 満)に比べ、「週に1回以上」の運動習慣がある者では 40%ほどアルツハイマー型認知症のリスクが低かった ことを明らかにしている(図1)[10].このような身体 活動量と認知機能の関連は特定の運動に限定されるわけ ではなく、家事やちょっとした移動も含めた「1日の総 活動量」が重要であることが示唆されている. 例えば. 1日の総活動量が多い上位10%に比べ、下位10%の集団 では5年後の認知症の発症率がおよそ2.3倍高い[11].

正常範囲の加齢に伴う認知機能低下と認知症の中間症 状を軽度認知機能障害(以下、MCI)という.このMCI は全員が認知症を発症するとは限らないものの、年間約 5~15%が認知症を発症する高認知症リスク群であると 考えられており、いかにMCIを予防する生活習慣を送る か、もしくは MCI になった際には認知症への移行を食い 止めるような(正常域へ移行するような)生活習慣を送 るかが認知症予防戦略においては重要となる. 176名の MCI 高齢者を対象とした研究では、身体活動量レベルが 高い者(この研究ではスポーツ、ウォーキング、旅行・ 長い距離の外出、ガーデニングの頻度身体活動量レベル を定義) ほど、MCI から認知症に移行するリスクが低 く、最低レベルの身体活動量の者に比べて、最高レベル の身体活動量であったものでは60%近くリスクが軽減 されていたことを報告している[12]. 類似した結果は多 く散見され、より活動的な生活をしている者ほど、MCI であっても認知機能を維持できることが知られている [13].

このように認知機能の低下原因の一つとみなされてい

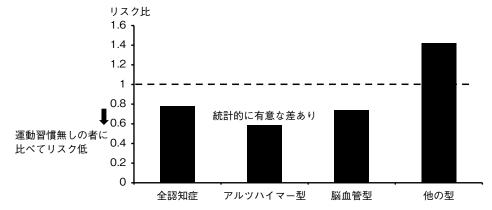
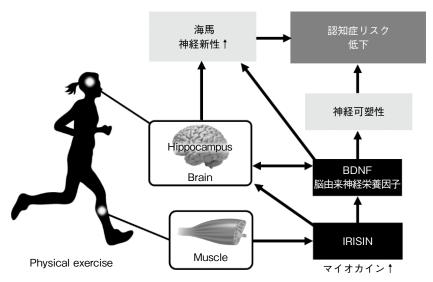


図 1 運動習慣がない者と比較した際の運動習慣がある者の疾病リスク (文献 10 より筆者が 作成)



**図2** 運動が認知機能を改善するメカニズムの一例(文献 20, 21 を参考に筆者が 作成)

運動に伴いマイオカインの発現が高まり、それに応じて脳神経の成長を助ける脳由来神経 栄養因子の発現が高まる、結果、脳の神経新生や神経活動が高まり、認知機能の維持や認 知症リスクが軽減する.

る身体活動量の低下だが、最近のメタ分析研究ではこの 関係性には逆因果が存在し、認知機能が低下する故に身 体活動量が低下するといった因果関係の方が正しい可能 性を示している [14, 15]. 従来, 身体活動レベルが低い 者は認知症リスクを引き上げる糖尿病や心血管疾患を起 こしやすく、認知症の前駆期には身体活動量の低下が見 られることから、身体活動量と認知症の間には逆因果関 係が疑われてきた. この研究では、この逆因果関係バイ アスを検証するため、身体活動量と認知症の関係を調べ ている追跡期間が長い前向きコホート研究19件を抽出 しメタ分析を行った. 追跡期間が10年未満の研究と、そ れ以上の追跡期間の研究の2群に分けて分析を行った結 果, 10年未満群では低活動量の者の認知症発症率は身体 活動量が高い者に比べ1.4倍と有意に高くなったが、10 年以降群では低活動量の者の認知症発症率は高活動量の もののそれとほとんど変わらなかった [15]. この結果 は、これまで示されてきた身体活動量低下と認知症発症 の関連について,「認知症の前駆症状として身体活動量 が低下する」ことを示しただけであり、長期的に見ると 身体活動は認知機能低下を予防しないことを示してい る. この点については、壮年期以降の運動習慣と認知機 能の関連に関する研究の積み重ねによる、詳しい因果関 係の解明が待たれる.

## 3. 身体活動への介入が認知機能に与える影響

運動介入による認知機能改善効果は多くの研究で確認 されている。そのほとんどはウォーキングを用いたもの で、非認知症高齢者と認知症高齢者の両者において認知 機能の改善が認められている [16-18]. 例えば、120名 の中高年者を無作為にウォーキング群と健康体操群に割 付け、それぞれのプログラムを12ヶ月行った介入研究 では、有意な認知機能の改善がウォーキング群で認めら れている[19]. 更にこの研究では、ウォーキング群に有 意な海馬容量の増加も認められており、有酸素運動が中 枢神経系の構造変化を引き起こし、認知機能を改善して いることを示している。事実、このような運動による認 知機能改善効果は有酸素運動に伴う脳血流量の改善や、 運動反応性の神経栄養因子やマイオカイン(骨格筋から 分泌され各種組織に作用する生理活性物質の総称)の増 加によるところが大きいと考えられている(図2)[20. 21]. 加えて、酸化ストレスの低下や運動を通じた抑う つの予防・軽減, 睡眠の改善, 認知機能低下リスクとな る疾病(高血圧,脳血管疾患,糖尿病など)の予防・症 状改善などが、運動が認知機能改善に及ぼす影響の背景 にあるとされている. ただし、認知機能低下が見られる 高齢者や、軽度から中等度の認知症高齢者を対象とした 介入研究では、運動が認知機能改善に及ぼす効果は小さ いと結論づけるものが少なくないのも事実であり [22. 23]. 運動の認知機能に対する影響は認知機能低下の進 行状況が交絡している可能性が推察されている.

アルツハイマー型認知症患者を対象とした治験では, 認知症症状の改善薬であるドネペジル塩酸塩やメマンチン塩酸塩によって,認知機能のみならず歩行機能の改善 も概ね認められている [24, 25]. ドネペジル塩酸塩は, アセチルコリンを分解する酵素であるアセチルコリンエステラーゼの働きを阻害し,脳内のアセチルコリンを増加させ,アセチルコリン系の神経活動を高める結果,記 憶障害をはじめとする認知症の関連症状が改善する.他方,メマンチン塩酸塩は認知症症状に伴い脳内に過剰に出現する神経伝達物質であるグルタミン酸を抑制し,グルタミン酸神経系の機能の正常化から認知症の関連症状の改善を図る.このような神経伝達システムは運動制御にも影響を与えるため,これらの薬剤によって歩行機能の改善が認められるのは,生理学的に見て理にかなった結果であるといえる.

#### おわりに

認知症予防に限らず、運動は健康につながるとの理解が進んでいる一方で、運動不足が世界的な課題となっている [26]. わが国の運動習慣を有する(1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している)高齢者の割合は男性で41.9%、女性で33.9%であり、健康日本21(第二次)の高齢者の目標値(男性58%、女性48%)とは大きな開きがある[27]. 身体活動(運動)は健康づくりの手段の一つであり、その先の目的や生きがい、その活動自体を楽しむ気持ちが重要であることを念頭に、社会参加活動の促進など身体活動を奨励する戦略を考える必要がある.

#### ( 引用文献 )

- [1] Barnes, D. E. & Yaffe, K.(2011) The projected effect of risk factor reduction on alzheimer's disease prevalence. *The Lancet Neurology*, 10, 819–828.
- [2] Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O., Hausdorff, J. M. (2012) Gait and cognition: A complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60, 2127–2136
- [3] Sakurai, R. & Okubo, Y. (2020) Depression, fear of falling, cognition and falls: in Montero-Odasso M, Camicioli R (eds): Falls and cognition in older persons (pp49-66). Switzerland: Springer International Publishing.
- [4] Zhang, W., Low, L. F., Schwenk, M., Mills, N., Gwynn, J. D., Clemson, L. (2019) Review of gait, cognition, and fall risks with implications for fall prevention in older adults with dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 48, 17–29.
- [5] Verghese, J., Wang, C., Lipton, R. B., Holtzer, R. (2013) Motoric cognitive risk syndrome and the risk of dementia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68, 412–418.
- [6] Verghese, J., Wang, C., Lipton, R. B., Holtzer, R., Xue, X. (2007) Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 78, 929–935.
- [7] Best, J. R., Liu-Ambrose, T., Boudreau, R. M., Ayonayon, H. N., Satterfield, S., Simonsick, E. M. et al. (2016) An evaluation of the longitudinal, bidirectional associations between gait speed and cognition in older women and men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 71, 1616–1623.
- [8] Atkinson, H. H., Rosano, C., Simonsick, E. M., Williamson, J. D., Davis, C., Ambrosius, W. T. et al. (2007) Cognitive function, gait speed decline, and comorbidities: The health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62, 844–850.

- [9] Buchman, A. S., Boyle, P. A., Leurgans, S. E., Barnes, L. L., Bennett, D. A. (2011) Cognitive function is associated with the development of mobility impairments in community-dwelling elders. *The American journal of geriatric psychiatry : official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, 19, 571–580.
- [10] Kishimoto, H., Ohara, T., Hata, J., Ninomiya, T., Yoshida, D., Mukai, N., et al. (2016) The long-term association between physical activity and risk of dementia in the community: The hisayama study. *Eur J Epidemiol*, 31, 267–274.
- [11] Buchman, A. S., Boyle, P. A., Yu, L., Shah, R. C., Wilson, R. S., Bennett, D. A. (2012) Total daily physical activity and the risk of ad and cognitive decline in older adults. *Neurology*, 78, 1323–1329.
- [12] Grande, G., Vanacore, N., Maggiore, L., Cucumo, V., Ghiretti, R., Galimberti, D. et al. (2014) Physical activity reduces the risk of dementia in mild cognitive impairment subjects: A cohort study. *Journal of Alzheimer's disease*: *JAD*, 39, 833–839.
- [13] Falck, R. S., Landry, G. J., Best, J. R., Davis, J. C., Chiu, B. K., Liu-Ambrose, T. (2017) Cross-sectional relationships of physical activity and sedentary behavior with cognitive function in older adults with probable mild cognitive impairment. *Physical therapy*, 97, 975–984.
- [14] Sabia, S., Dugravot, A., Dartigues, J. F., Abell, J., Elbaz, A., Kivimäki, M. et al. (2017) Physical activity, cognitive decline, and risk of dementia: 28 year follow-up of white-hall ii cohort study. *BMJ* (*Clinical research ed*), 357, j2709.
- [15] Kivimäki, M., Singh-Manoux, A., Pentti, J., Sabia, S., Nyberg, S. T., Alfredsson, L. et al. (2019) Physical inactivity, cardiometabolic disease, and risk of dementia: An individual-participant meta-analysis. *BMJ* (*Clinical research ed*), 365, 11495.
- [16] Venturelli, M., Scarsini, R., Schena, F.(2011) Six-month walking program changes cognitive and adl performance in patients with alzheimer. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*, 26, 381–388.
- [17] Abbott, R. D., White, L. R., Ross, G. W., Masaki, K. H., Curb, J. D., Petrovitch, H. (2004) Walking and dementia in physically capable elderly men. *Jama*, 292, 1447–1453.
- [18] Heyn, P., Abreu, B. C., Ottenbacher, K. J. (2004) The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: A meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 85, 1694-1704.
- [19] Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L. et al. (2011) Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 3017–3022.
- [20] Chen, X. & Gan, L. (2019) An exercise-induced messenger boosts memory in alzheimer's disease. *Nat Med*, 25, 20–21.
- [21] Jin, Y., Sumsuzzman, D. M., Choi, J., Kang, H., Lee, S. R., Hong, Y. (2018) Molecular and functional interaction of the myokine irisin with physical exercise and alzheimer's disease. *Molecules* (*Basel, Switzerland*), 23.
- [22] Gates, N., Fiatarone, Singh, M. A., Sachdev, P. S., Valenzuela, M. (2013) The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: A meta-analysis of randomized controlled trials. The American journal of geriatric psychiatry: official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry, 21, 1086–1097.
- [23] Lamb, S. E., Sheehan, B., Atherton, N., Nichols, V., Collins, H., Mistry, D. et al. (2018) Dementia and physical activity (dapa) trial of moderate to high intensity exercise training for people with dementia: Randomised controlled trial.

- BMJ (Clinical research ed), 361, k1675.
- [24] Chen, J. H., Huang, T. W., Hong, C. T. (2021) Cholinesterase inhibitors for gait, balance, and fall in parkinson disease: A meta-analysis. *npj Parkinson's Disease*, 7, 103.
- [25] Beauchet, O., Launay, C. P., Allali, G., Watfa, G., Gallouj, K., Herrmann, F. R., et al (2013) Anti-dementia drugs and changes in gait: A pre-post quasi-experimental pilot study. *BMC Neurology*, 13, 184.
- [26] Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., Bull, F. C. (2018)
- Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: A pooled analysis of 358 population-based surveys with  $1 \cdot 9$  million participants. *The Lancet Global health*, 6, e1077-e1086.
- [27] 厚生労働省. 令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要
  - https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf (アクセス日 2022 年 9 月 16 日)

# Biofeedback Medical Device, PARO: Incorporation into Global Medical and Welfare Systems and Contribution to Solving Social Issues

Takanori SHIBATA\*

\*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

#### **Abstract**

"PARO" aims to be a "substitute for pets" in general households and a "substitute for animal therapy" in the medical and welfare fields. PARO is a "welfare device" in Japan, and a "biofeedback medical device" in the United States and Europe, where medical welfare systems are different. As for infection prevention and control, PARO's artificial fur is treated with antibacterial and antiviral processing that contains silver ions so that it can be used in isolation wards for patients with weak immune systems. The VA hospitals in the US and the National Health Service in the UK evaluated and approved the cleaning and disinfection protocol of PARO. PARO has been used in home care and medical care for from children to the elderly with various diseases and disabilities, as well as medical and welfare facilities for from advanced acute to chronic and end-of-life care in more than 30 countries around the world, even during the corona pandemic. Regarding the therapeutic effects of PARO, evidence was accumulated from the results of clinical trials including randomized controlled trials (RCTs) in various countries and the results of meta-analyses. In the UK, PARO was listed as a treatment with high-quality evidence in the "NICE guidelines" for "dementia" as a "non-pharmacological treatment". In this paper, I will describe the evidence and how PARO is being incorporated into medical and welfare systems around the world. In addition, as an initiative to address social issues, PARO has been used to provide emotional support to victims of the Great East Japan Earthquake and other disasters, as well as refugees from Ukraine to Poland following the invasion of Russia.

🛼 Key words: PARO, Welfare Device, Biofeedback Medical Device, Non-pharmacological Therapy, Emotional Support

Address: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan

TEL: +81-29-861-5022 **Accepted**: September 19, 2022

## ■ 招待講演

# アザラシ型ロボット「パロ」によるバイオフィード バック・セラピー:世界の医療福祉制度への組込と 社会課題解決への貢献

柴田崇徳\*

\*産業技術総合研究所

### 抄 録

「パロ」は、一般家庭での「ペット代替」と、医療福祉分野での「アニマル・セラピー代替」を目的としている。パロは日本では「福祉用具」、医療福祉制度が異なる欧米等では「バイオフィードバック医療機器」である。免疫力が弱い患者の隔離病棟等で利用できるように、感染症対策として、パロの人工毛皮には銀イオンを含む制菌・抗ウイルス加工を施しており、使い捨てワイプを用いる掃除・消毒のプロトコルが欧米の医療機関で評価後、承認された。これらにより、さまざまな疾患や障害のある小児から高齢の方々を対象として、在宅介護・在宅医療、高度急性期から慢性期や終末期の医療福祉施設において、世界30か国以上で、コロナ禍でも安全に利用されている。パロのセラピー効果について、各国での臨床試験と治験の結果や、それらのメタアナリシスの結果によりエビデンスを蓄積した。英国ではパロが「NICEガイドライン」の「認知症」の「非薬物療法」に、質が高いエビデンスがある療法として掲載された。アメリカでは、「パロを用いるバイオフィードバック治療」が保険償還される。本稿では、それらのエビデンスと、世界各地の医療福祉制度へのパロの組込状況等を述べる。また、社会課題への取り組みとして、東日本大震災等の被災者や、ロシア侵攻によるウクライナからポーランドへの避難者の「心の支援」でも、パロを活用し、喜ばれている。

➡ キーワード:パロ、福祉用具、バイオフィードバック医療機器、非薬物療法、心の支援

連絡先:〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第2

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門

TEL: 029-861-5022 **受 理**: 2022 年 9 月 19 日

#### 1. はじめに

筆者が1993年から研究開発を行ってきた。アザラシ 型ロボット「パロ」(以下パロ)は、一般家庭での「ペッ ト代替」と、医療福祉分野でのアニマル・セラピーを代 替する「ロボット・セラピー」を目的とする(図1). 知 的財産権のライセンスを受けた株式会社知能システムか ら、2005年に日本で第8世代のパロが市販化され、2009 年に海外の各国・地域の各種規制に準拠したパロが市販 化された. 日本は、海外の医療福祉制度とは異なり、医 療と福祉が分離して特殊なため、パロを主に福祉分野で のロボット・セラピーを目的として「福祉用具」として きた. 米国では「セラピー」の効果を謳うために、「医療 機器」にする必要があったため、セラピー効果と安全性 のエビデンスにもとづいて、2009年に米国 FDA (Food and Drug Administration,以下食品医薬品局)から,神経 学的な「バイオフィードバック医療機器(クラス2) | の 承認を受けた[1]. 欧州では、高齢者や障害者向け福祉 施設でのニーズが高く、当初は医療機器化を強く求めら れなかったが、徐々に医療でのニーズも増えてきたた め、2020年にパロを医療機器化し、2021年から販売が始 まった. 対象は、小児から高齢者まで様々である.

これまでに、世界で約7,500体のパロが利用され、世界各地でパロのセラピー効果に関して、症例報告からランダム化比較試験(Randomized Controlled Trial、以下RCT)等の臨床試験や治験が継続して実施され、各々の結果と、「システマティック・レビュー」と「メタアナリシス」により、パロのセラピー効果のエビデンスが示された[1-5].特に、治療効果が分かりやすい「認知症」を対象とする場合が多く、エビデンスとして最も厳密な「メタアナリシス」の結果では、認知症の「行動・心理症状」、「興奮(問題行動)」、「抑うつ」、「不安」の改善が、「グループ・セッション」でも、「1対1」のパロとのふれあいでも、対照群に対して統計的に有意に効果があるこ

とが示された[3]. また多くのRCT等により、「痛み」、「不眠」、「生活の質」等の改善や、「向精神薬の低減」、「費用対効果のメリット」等も示された. その結果、パロが世界各国・地域の医療福祉制度に組み込まれ、在宅介護や医療福祉施設へのパロ導入費用の公的助成や、「パロを用いるバイオフィードバック治療」が処方され、処置されるとその費用が米国公的医療保険「メディケア」や民間医療保険会社により保険償還されるようになった.

パロを病院でも安全に利用するため、「感染症対策」として、パロの人工毛皮は「銀イオン」による制菌・抗ウイルス加工されており、その掃除・消毒の方法・プロトコルについて、米国・退役軍人省病院や英国・国民保健サービス(National Health Service: NHS)の病院で評価され安全性が示された[6].これらを踏まえ、一般病棟や認知症ユニット、さらにプロトコルが改良されて、最も厳しい環境である、急性期病棟や小児病院集中治療室等でもパロが導入されるようになった。

2019 年末からのコロナ・ウイルス感染症に対しても、使い捨てワイプの消毒効果を確認し、従来と同じ掃除・消毒方法で安全であることが認められ、既にパロを導入している医療福祉施設等では、継続してパロが利用されている [6]. また、コロナ禍で、家族等の面会が困難になった施設や、社会距離により人によるサービスを受けにくくなった在宅医療・介護を受ける個人などに、新たにパロが利用されるようになった。

2022年2月のウクライナへのロシア侵攻後,ウクライナ国内と周辺国に1000万人を超える人々が避難した. 避難直後は,衣食住の確保が重要であるが,それらが落ち着くと,爆発や戦闘等による本人や近親者の怪我や死による「心の傷」のPTSD (Post Traumatic Stress Disorder:心的外傷後ストレス障害),避難生活でのストレス,不安など,心の問題がより強く感じられる.2011年の東日本大震災,2016年の熊本地震等の際に,被災者や避難者の「心の支援」で、長期的にパロが喜ばれていること



**図1** アザラシ型ロボット「パロ」 (第9世代:4色:白, ゴールド, ピンク, チャコール・グレー)

と [7], 2021 年からパロがヨーロッパで医療機器として販売されていたことから、最も避難者が多い周辺国のポーランドの4つの医療機関に在ポーランド日本国大使館を通じて6体のパロを寄贈し、「心の支援」で喜ばれている.

本稿では、パロの概要、パロのセラピー効果の臨床エビデンス、世界各国・地域での医療福祉制度でのパロの活用について紹介する.

#### 2. パロの概略

筆者は、1993年からアニマル・セラピーにヒントを得て、ロボット・セラピーを提唱し、動物型ロボットの研究開発を行っている。プロトタイプや心理実験を重ねて、人から受容性が高いアザラシ型ロボットを開発、高齢者向け施設や小児病院等で、セラピー効果、安全性、実用性等に関する臨床評価を行いつつ、性能向上のために改良を重ねた。

パロは、音、光、触覚、温度、姿勢等のセンサや、静かに動くアクチュエータ、10個の CPU 等から構成され、人工知能により自律的に動物のように動作し、人とのふれあいから、名前や好ましい行動を学習する。安全のため電磁シールドがなされ、人工毛皮は「銀イオン」による制菌・抗ウイルス加工を行っている。

医療機器版パロは, ISO13485 等, 国際的な各種の医療機器認証に準拠している.

## 3. パロの運用方法とセラピー効果の エビデンス

#### 3. 1 パロの運用方法

パロの運用方法として、施設等では、定期的なパロとのふれあい時間を設定して主にグループでパロを利用する「グループ・セラピーまたはアクティビティ」と、対象者の状態に合わせて、セラピーの目的を持って利用する「1対1セラピー」の2つに分類できるが、それらを組み合わせてパロを活用することも効果的である.

例えば、高齢者向け施設でのさまざまなプログラムの一つとして、週3回等、パロとのふれあいの時間を設定し、パロを各個人で、あるいはグループでシェアしながらふれあう。その際、参加している要介護者や患者が適切にパロとのふれあいを行えるように、セラピストやハンドラーが話しかけながら、パロを渡していく。これにより、参加者が笑顔になったり、パロへ話しかけたり歌いかけたりし、参加者同士やセラピスト等との会話が始まったりする。これらにより、要介護者や患者の気分の向上等につながる。その際、誰がパロを受け入れるか、受け入れないかを把握できる。このような個人やグルー

プのセラピーやアクティビティを数か月間継続することにより、その要介護者の行動や精神状態に改善が見られるようになる「長期的な効果」がある.

一方, 認知症高齢者等が, 不安, 痛み, 興奮による徘徊, 暴れる, 叫ぶといった問題行動(行動・心理症状)がある場合, それらを抑制・緩和する「短期的な効果」を目的に, パロをセラピーとして用いる方法がある. これまでは, 問題行動発生時に用いる「向精神薬」として, 各種の PRN (pro re nata) が処方されている場合がある. しかし, 向精神薬には「副作用」と「依存」の問題があるため, 海外では「非薬物療法」が優先され, その一つとしてパロが利用されている. これは, 認知症等による慢性疾患だけではなく, 急性期や緩和ケア等でも同様である.

#### 3. 2 パロのセラピー効果とその臨床エビデンス

これまでのパロに関する認知症高齢者等に対するセラピー効果について、RCTを含むさまざまな臨床評価や治験、それらの「システマティック・レビュー」と「メタアナリシス」の結果から、下記の臨床エビデンスが示された(図2)[1-5]. 2019年に発表された、パロに関する一つのシステマティック・レビューでは、980件の論文等から、「認知症」、「英語」の論文に絞られ、7つのRCTが選ばれ、メタアナリシスが行われた[3].

レベル1:(メタアナリシスの結果)

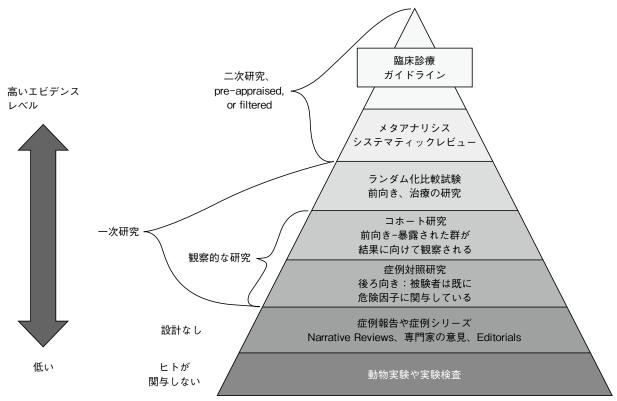
- ・認知症の行動・心理症状 (BPSD) (図3)
- ・興奮(各種問題行動)の改善
- ・不安の改善
- ・抑うつの改善
- ·「1 体 1」,「グループ」のセッションのどちらでも効果 がある

レベル 2: (少なくとも1つ以上の RCT の結果)

- ・痛みの改善
- ・孤独感の改善
- ・睡眠の改善, 傾眠の抑制・覚醒 (夜間の睡眠の質の向上)
- ・生活の質(Quality of Life)の向上
- ・愛着 (engagement) の向上
- ・社会性・社会的インタラクションの向上
- ・ストレスの低減
- ・脈拍の安定化
- ・血圧の安定化
- ・向精神薬の低減
- ・鎮痛薬の低減
- ・リハビリ (半側空間無視) の向上

レベル 3: (RCT ではない臨床評価の結果)

- ・言語機能の回復
- ・リハビリ (嚥下, 言語, 歩行, ファイン・モーター・スキル等) の向上. 等



**図2** エビデンスのレベルと臨床診療ガイドライン (フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』)

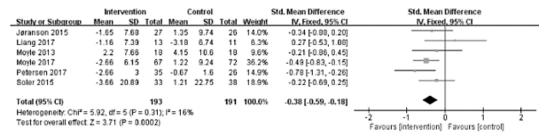


図3 メタアナリシスの結果の一例

認知症の行動・心理症状(BPSD:Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia)をパロが対照群に比べて統計的に有意に改善(文献[3]より)

これらの効果は、独立した効果もあれば、相関が高い効果もある.

各種臨床評価において、パロの「対照群」は、各実験により異なるが、通常のケア、読書グループ、人間型ロボット、本物の動物、ぬいぐるみ等が用いられた.

豪州政府が1億円以上かけて、グリフィス大学により 実施した治験(RCT, N=415)では、セラピスト等の介 入効果を避けるために、認知症の被験者の前に「パロ」 または「ぬいぐるみ」だけを置いて、真の意味での「1 体1」の実験が行われた、対照群の「ぬいぐるみ」や「通 常のケア」に比べて、「パロ」とのふれあいは、興奮(問 題行動)の低減とエンゲージメントの向上等の効果が示 された[4].

特に, 在宅介護においては, 医療福祉の専門家ではな

い「家族」が介護する場合も多く、パロだけによりセラピー効果があることは重要であり、結果として、家族等の介護負担を軽減することにより、在宅介護の維持・長期化、社会コストの低減につなげることができる.

非薬物療法に関して、パロには副作用がまったく無いため、患者にとって必要な薬との「交叉」の問題が無く、組み合わせることが容易である。そのため、例えば、ガン患者の化学療法時に必要な薬物とパロを組み合わせて、痛み・不安・気分を改善できる。

パロのセラピー効果を調べるためのRCTでは、意図的に設計された定期的な運用方法(例えば、1 回 20 分、週 3 回、3 か月等)に基づき、「長期的な効果」について評価されている [5].

一方で、実際の医療福祉の現場では、主には「短期的

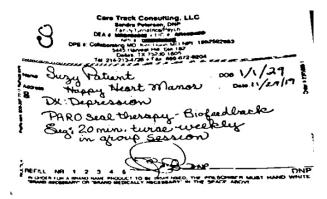


図4「うつ」の診断への処方例

患者にパロを用いるバイオフィードバック・セラピーを 1 回 20 分間、グループ・セッションで週 3 回 [2]

な効果」を期待して利用されているケースも多く、例えば、認知症の行動・心理症状が発生する不穏な状態のタイミングに合わせて、パロを活用し、行動・心理症状を抑制する.この場合、要介護者や患者の状態に大きく依存するため、量的な評価だけではなく、質的な評価も重要である.

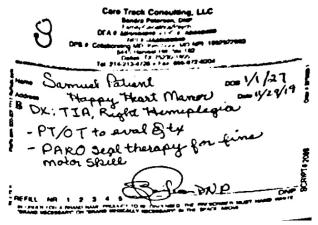
## 4. 臨床エビデンスに基づく世界各国の 医療福祉会制度へのパロの組込

米国では、2009年のFDAにより、パロを人の脳に働きかける神経学的セラピー用の「バイオフィードバック医療機器(クラス2)」に承認後、米国退役軍人省病院、各種医療福祉施設等と産総研が協力して、認知症、PTSD、ガン、発達障害、精神疾患等に対するパロの効果に関して、フェーズ4のRCT等の臨床評価を進めた、それらの結果が学術論文で発表される等により、セラピー効果のエビデンスを蓄積した。

2015年3月に、筆者が、米国ホワイト・ハウスにおいてパロについて招待講演を行い、また同年7月に、米国保健福祉省が主催し、連邦政府と各州政府の医療福祉政策担当者約500名を集めて開催された「Healthy Aging Summit」において、筆者が基調講演を行い、パロのセラピー効果の臨床エビデンスを説明した。

その結果、2018 年から高齢者向け公的医療保険の「メディケア」及び「メディケイド」、民間医療保険会社がパロの処方と処置に対して保険償還を開始した。在宅医療でも、施設医療でも、認知症、ガン、PTSD、脳損傷、パーキンソン病等の患者が、「不安」、「痛み」、「抑うつ」、「興奮(問題行動)」等を診断され、向精神薬の代わりに、「パロを用いるバイオフィードバック・セラピー」が処方され、処方者やセラピスト等により処置されると、その費用が保険償還される(図 4,5)。

さらに、Nursing Homes, 特に Skilled Nursing Facilities



**図5** 一過性脳虚血発作,右半身マヒの診断への処方例 理学療法士または作業療法士により、ファイン・モーター・スキ ルのリハビリのため、患者にパロを用いるセラピー[2]

の「ケアの質」を高め、薬物投薬を低減するためにパロが利用されている。2019年からは各施設がパロを導入する際に、米国保健社会福祉省の公的保険制度運営センターのファンドにより、その導入費用(パロ本体、3年保証、トレーニング費用等)が全額助成されるようになった。コロナ禍の影響のため2020年は中断されたが、2021年から再開され、グループでの申請が受け付けられるようになった。例えば、ワシントン州では、28箇所の高齢者施設が43体のパロをグループで申請し、パロの購入費用や研修費用等の全額助成を受けて導入した。

デンマークでは、2006~2008年に国家プロジェクトで 認知症に関するパロのセラピー効果について臨床評価を 行い良い結果を示した。2009年からこれまでに、80%以 上の地方自治体が、パロを認知症者や障害者のケアを目 的に公的導入した。

フランスでは、パリ首都圏の AP-HP (公的扶助パリ病院機構)が、認知症者に対するパロの効果を臨床評価し良好な結果を示し、2015年にパロが AP-HP から「Patient Trophy (認知症の非薬物療法のイノベーション)」を受賞した。2018年に、保健省がアルツハイマー型認知症治療薬(ドネペジル、ガランタミン、リバスチグミン、メマンチン)の保険償還を「医療上の利益が不十分」(効果が不十分、副作用が問題)として、2018年8月1日から停止した。これを踏まえて、パリ首都圏を始め、複数の地域圏政府が、高齢者向け施設や事業者がパロを導入する際に、その購入費用を全額助成し、活用し始めた。2020年からのコロナ禍においては、人によるサービスに様々な制約が発生したため、高齢者の孤独や社会距離の対策としても、数多くのパロが継続して導入され、運用されている。

イギリスでは、国立医療技術評価機構の「NICE ガイドライン」の「認知症」において、2018年にパロによる「Robotic Pet Therapy」が「質が高いエビデンス」を有す



図6 2020 年 8 月,「コロナ禍」の高齢者病棟で、PPE(マスク,手袋,エプロン)を付けた医師(左)が、患者の気分、不安、痛み等を改善するためパロを利用(英国・ロンドン市チェルシー&ウエストミンスター NHS 病院、インペリアル・カレッジ・ロンドン医学部より)[6]

る新たな「非薬物療法」に加えられた. パロが NHS 病院 の入院病棟(**図6**) や認知症ケア・ユニットでパロが利用され、また、その他の高齢者向け施設やサービスなど でも利用されている.

2021年から、ヨーロッパとイギリスで、医療機器版のパロの販売が始まった。上記のような社会制度への組込は継続されつつ、新たに医療制度への組込の検討も始まった。今後、さらに多くのヨーロッパ諸国でパロが導入される見込みである。

オーストラリア政府は、前記の RCT の結果により、パロの1体1でのセラピー効果を認め、「在宅介護」の要介護者がパロを希望する場合に、在宅介護を維持・長期化しやすくなるように、政府ファンドでパロの購入費用の最大全額を助成するようになった。また、施設介護・医療に移行する場合には、自分のパロと共に移り余生を過ごせる。一方、民間企業やNPOが運営する高齢者向け施設は、公的助成が無くても、積極的にグループで複数のパロを導入している。今後、医療機器化を実現できれば、病院等での活用が拡大する見込みである。

香港では、沙田病院と香港中文大学医学部が認知症に関してパロを評価し、良好な結果を得、その他の病院や高齢者向け事業者にパロの利用が広がった。2018年から香港政府のファンドにより、パロの導入費用が全額助成になった。2020年以降も、社会情勢不安やコロナ禍に関わらず、数多くのパロが導入されている。

シンガポールは、保健省包括ケア庁がアルツハイマー協会と共に認知症に関してパロを評価した。良好な結果を得て、高齢者向けサービス事業者を対象にパロの導入費用の助成を開始し、現在は、導入費用の85%を助成している。

日本では、厚生労働省の「介護ロボット導入支援」制度を各都道府県が運用し、高齢者向け介護サービス事業

者を対象にパロの購入費用の50~75%が補助されており、コロナ禍においても、継続してパロが導入されている。また、パロは医療機器ではないものの、回復期や終末期の病院でも利用されている。

在宅介護では、岡山市の総合特区事業で、2013 年度からパロのレンタルに介護保険を適用した実証実験を行い、在宅介護を受ける認知症者の行動・心理症状の改善と、介護する家族の介護負担の軽減を示し、在宅介護の維持・長期化を期待できることを示した[2].しかし、現行の介護保険による在宅介護向けのレンタル制度では、特定の機器ではなく「品目」を対象としているため、エビデンスがあっても、特定の機器を介護保険の対象とすることが困難な状況であり、パロは介護保険の適用にはなっていない。

また、テクノエイド協会と富山県南砺市では、地域の 医師会の協力を得て「地域包括ケアでのパロ活用」の実 証実験を行った。「ものわすれ外来」で認知症と診断され た要介護者と、「回復期」から在宅復帰した認知症の要介 護者のうち、ショート・ステイやリハビリ病院等でパロ との反応が良かった要介護者を対象に、「医師の指示書」 にもとづき南砺市がパロを貸し出した。在宅でパロと生 活したところ、認知症の行動・心理症状が改善し、家族 の介護負担も軽減し、在宅介護を維持しやすくなった [2]. 認知症の地域包括ケアで、パロは医療と介護をつな ぐことに役立った。

#### 5. 災害の被災者や戦争の避難者への心の支援

2022年2月24日にロシアがウクライナに侵攻し、ウクライナ国内の東部や南部から西部に、さらには周辺国に、1000万人を超える人々が避難した。周辺国では、ポーランドが最多で、約300万人が避難した。18歳~60



図7 「マゾフシェ県神経精神医学センター」の精神 科に通院する小児患者が、パロとふれあうこ とにより、PTSD や不安やストレスを改善

歳の男性は、出国が禁止されたため、子供、女性、高齢者が避難民であった。侵攻直後、1か月後、数か月後で戦傷体験が異なるが、爆撃等により、身内や友人等が亡くなったり、自身が体験し負傷したりすること等により、身体だけではなく、心にも傷(トラウマ)を負った避難者が多かった。避難直後は、衣食住の確保が重要であるが、様々な支援により、徐々に確保されると、ウクライナに残された家族や友人の心配、今後の生活の「不安」、新しい環境と人間関係等の「ストレス」、そして、PTSD(Post Traumatic Stress Disorder:心的外傷後ストレス障害)等が、徐々に問題になっていた。

2011年の東日本大震災や2016年の熊本地震等の被災者の心の支援で、パロを活用し、避難所や既存の医療福祉施設や学校等で、被災者や支援者の方々に喜ばれていた[7].2022年3月上旬に戦争が長引くと考え、日本の被災地での経験を踏まえて、ジェトロ・ワルシャワ事務所に、避難民の支援活動について情報収集を依頼し、5つの主な支援団体の情報を得た、ヨーロッパ向け医療機器版のパロを寄贈することとし、在ポーランド日本国大使館から「マゾフシェ県神経精神医学センター」と「ワルシャワ医科大学」に2つの医療機関に問い合わせを頂くと、パロのことはご存じで喜んで希望され、各2体のパロが贈呈されることになった。

例えば、「マゾフシェ県神経精神医学センター」では、 250名のウクライナから避難した子供たちが PTSD や不 安やストレスが原因で精神科に通院していた。 アート・ セラピーの際に子供たちが描く絵は、プーチン大統領の 名前の棺桶に向けてミサイル等で攻撃する。といった非 常にネガティブなものが多く、言葉でも「ロシアに行きたい、プーチン大統領を殺しに」というような恨みや憎しみを表現していた。そのような子供たちがパロとふれあうと、笑顔になり、リラックスし、セラピストが接しやすくなった。

その後、寄贈を追加し、合計4か所の医療機関で、6 体のパロが喜ばれており、さらに数を増加させる予定である.

### 6. まとめ

本稿では、パロによるバイオフィードバック・セラピーの効果のエビデンスと、世界各国・地域の医療福祉制度への組込状況を紹介した。また、感染症対策が厳しい環境や状況でもパロが活用できることを紹介した。さらに、その応用として、震災や戦災等の被災者や避難者の「心の支援」でのパロの活用についても紹介した。日本でもパロの導入は進むものの、「福祉用具」ではセラピー効果を謳いにくく、効果が不明な「おもちゃ」との差別化ができない問題がある。認知症対策として「地域包括ケア」において医療と福祉をつなぐ役割をパロに持たせるために、今後、日本でもパロの医療機器化を検討したい。

#### 参考文献

- [1] Shibata, T.(2012) Therapeutic Seal Robot as Biofeedback Medical Device: Qualitative and Quantitative Evaluations of Robot Therapy in Dementia Care. *Proceedings of the IEEE*, 100 (8), 2527–2538.
- [2] 第1回~第11回パロによるロボット・セラピー研究会 抄録集.
  - http://intelligent-system.jp/
- [3] Leng, M., Liu, P., Zhang, P., Hu, M., Zhou, H., Li, G., et al. (2019) Pet robot intervention for people with dementia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry Research*, 271, 516–525.
- [4] Moyle, W., Jones, C. J., Murfield, J. E., Thalib, L., Beattie, E. R. A., Shum, D. K. H., et al. (2017) Use of a Robotic Seal as a Therapeutic Tool to Improve Dementia Symptoms: A Cluster–Randomized Controlled Trial. *JAMDA*.
- [5] Petersen, S., Houston, S., Qin, H., Tague, C., Studley, J., et al. (2017) The utilization of robotic pets in dementia care. *Jour. of Alzheimer's Disease*, 55, 569–574.
- [6] Shibata, T., Hung, L., Petersen, S., Darling, K., Inoue, K., Martyn, K., et al. (2021) PARO as a Biofeedback Medical Device for Mental Health in the COVID-19 Era. *Sustainability*, 13, 11502. https://doi.org/10.3390/su132011502
- [7] 柴田崇徳 (2014) 東日本震災被災者・支援者等に対する セラピー用アザラシ型ロボット・パロによる心のケア. 日本ロボット学会誌, 32巻2号, 110-116.

## 【医学系】

# 心療内科におけるバイオフィードバックの実際

坂崎友哉・阿部哲也

関西医科大学心療内科学講座

### 1. はじめに

当院心療内科では、患者の病態評価、病態共有、治療の一環としてバイオフィードバック療法を取り入れている。これは、装置を用いて筋肉の反応や自律神経系の生体反応を視覚的に評価しフィードバックすることで症状のコントロールやリラクセーション効果の増強を目指す方法である[1] さまざまな分野で応用されているが、心療内科の視点から、つまり "心身症"を扱う上でバイオフィードバックがどのように利用でき、どのような効果を生み出すか紹介する。

## 2. 心療内科の紹介/心身症とは?

現在日本では、多くの心療内科が存在している。その 大半はメンタルクリニックとして活動しており、実際は 精神科専門医により精神科治療が行われているのが現状 である。本来、心療内科と精神科は明確に役割を分担し ている。

心療内科は、1969年に池見酉次郎により日本に紹介された。著書の中で、心療内科の基盤となる心身医学は「なんらかの体の異常や症状を訴える患者について、その原因を心身両方向から、さらには気候、風土などの条件も考えに入れて総合的に診断する。また治療に当たっては身体的な面に重点をおくべきか、心理的な面に力を入れるべきか、あるいはその両方に対する処置を行うべきかなどをよく判断して、それぞれの症例に応じた適切な治療を行うことを目的としている」[2]と述べられている。しかし、心身医学の独立講座は日本全国にある大学の中でも1割弱しか独立講座が存在しないため、患者だけでなく医療者の中でも心身医学と精神医学を混同する結果

になっている.

心身医学として扱う疾患を総称して心身症と呼んでいる. 1991年に定義がされている. 定義では,「心身症とは身体疾患の中で,その発症や経過に心理社会的因子が密接に関与し,器質的ないし機能的障害が認められる病態をいう. ただし神経症やうつ病など,他の精神障害に伴う身体症状は除外する」[3]と定められている. 身体面,心理面,社会面の要因が複合的に病態に関与した症状である. 投薬治療のみで容易に症状が軽快するケースは少なく,患者の背景まで深く追求し,症状を理解する必要があることが多い.

## 3. 心身症の治療/心身症における バイオフィードバック

心身症は先述のように心理社会的背景つまり患者の生活背景や性格背景が症状を左右する。つまり身体面、心理面、社会面いずれからのアプローチも選択肢になりうる。診察、問診を通してそれらの相関性を考察(心身相関の病態仮説を構築)し、共同作業の中で患者自身にもそれに気付いてもらう(心身相関の気付きを促す)流れが重要になる[4].

しかし、中には心理社会面からアプローチすることがやや難しいケースもある。1つにはアレキシサイミアがあり、これは感情の言語化がない状態をいう。アレキシサイミアには「自身の感情に気付けない(感情同定困難)」「感情を他人に伝えることが難しい(感情伝達困難)」「外的なことに意識を向け、自身を顧みない(外的志向)」の3つがあり、このような状態は、自身の感情がどのように相関しているか気付くことは難しくなる[5].

少し話題は変わるが、心身症では自律神経との相関も

連絡先: 〒 573-1010 大阪府枚方市新町2丁目5-1-105

TEL: 072-804-0101

E-mail: sakazaky@nirakata.kmu.ac.jp

受 理:2022年8月31日

表1 自律神経機能の働き

自律神経機能の働き				
	交感神経 副交感神経			
筋肉	筋緊張亢進	筋弛緩		
末梢血管	末梢血管収縮	末梢血管拡張		
手掌発汗	手掌発汗増強	手掌発汗低下		
呼吸	浅呼吸/頻呼吸	深呼吸		
心拍	心拍数増加	心拍数低下		

指摘されている. 自律神経の作用でどのような身体反応が出るかは表を参考にしていただきたいが (表1),慢性的な不安や怒りを感じている場合には交感神経機能が亢進し筋緊張の増強や浅呼吸の状態になることが想像できる. このように自律神経機能は感情やそれに影響を与える社会的因子の影響を強く受けている.

アレキシサイミア傾向の強い患者であれば自身の感情に気付くことが難しくなるため、例えば自身の筋緊張が強いと感じたとしても、それと自身の感情の相関に気付きを見出すことは難しくなると想像できる.

このようなケースでは、心理状態を反映する身体指標を測定して可視化することで心身相関の気付きを促すことが有用である。その際に、我々は後述の精神生理学的ストレスプロファイル Psychophysiological Stress Profile (PSP)を用いて、ストレス負荷時とその前後での身体反応を評価している。これにより身体反応を可視化することが可能となり、患者自身の心身相関の気付きを促すことが容易になる[6].

また、心身症患者に特徴的なアレキシソミアと呼ばれる状態がある。これは自身の身体感覚に気付きが乏しいまたは無頓着な状態を指す[7].このような患者であっても、生理指標を見える化することにより患者に気付きを促すことができる。またその生理指標をコントロールすることが治療上有効となることがあり、この点でバイオフィードバックが有用となる。

#### 4. 当院でのバイオフィードバックの実際

当院では①PSP:評価,②バイオフィードバック:治療,③BF CAFÉ:勉強会の3つの柱を連動させている.

#### 1)PSP

「安静時」「暗算負荷(ストレス負荷)時」「暗算負荷後」それぞれ5分間の生理指標を評価する。初診時のインテーク面接やそれ以降の診察で得られた心理社会的背景の情報や、心理検査も合わせ、患者の病態を身体面、心理面、社会面から総合的に評価する。またその時に自覚していた精神的、身体的な緊張度と実際の生理指標の乖離から、患者のアレキシサイミア傾向やアレキシソミ

ア傾向を評価することもできる. これらはその後バイオフィードバック療法で用いることができる.

#### ②バイオフィードバック

PSPで評価した生理指標をもとに、患者の病態に応じて介入している。当院では主治医の診察とは並行して行うケースが多い。心拍変動バイオフィードバックをはじめ、不適切な筋緊張を弛緩させる方法や身体感覚への気付きを促す方法、呼吸練習など需要に合わせて応用している。

#### **3BF CAFÉ**

カンファレンスおよび勉強会として不定期で行っている. 心理士, 主治医をはじめチーム内での多職種連携の中で身体面, 心理面, 社会面の病態を討議し, 評価の精度向上や治療効果の向上を目指している.

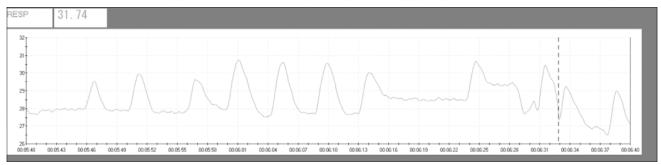
#### 5. 症例提示

30歳台男性、X年2月より喉の詰まり、めまいを自 覚. 精査にて器質的異常所見なく, 自律神経症状を疑わ れて同年5月当院紹介受診. 自律神経機能評価として PSP 施行. 暗算負荷時に症状が著明に増悪した. 自覚的 精神的緊張度と皮膚コンダクタンスに乖離を認め、アレ キシサイミア傾向を疑った. 同時に自覚的身体緊張度と 筋電位にも乖離を認め、アレキシソミア傾向も同時に疑 われた. 呼吸は非常に浅呼吸であり、それに伴い暗算負 荷時の交感神経反応が著明であった. またストレス負荷 時に末梢皮膚温の低下が著明で、末梢血管の反応過敏が 疑われた、以上から、自身の感情に気付けず無自覚に筋 緊張が亢進し、さらに自身の緊張状態に気付けないため 筋緊張を緩和できていないと考えられた. その増悪因子 として浅呼吸による交感神経反応を疑った. 上記を経 て、バイオフィードバックによる呼吸練習を施行。10秒 呼吸法と呼ばれるリラクセーション効果の高い呼吸法の 指導で浅呼吸が解消されるにつれ自覚症状も改善した. 10 秒呼吸法ができるようになった時点で心拍変動を再 評価. 心拍変動の数値も改善していることを確認し, バ イオフィードバック終結. 以降, 患者希望で受診を続け ており、症状は時折出現するも自制内で経過している (図1)

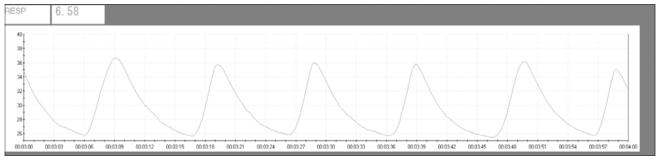
交感神経系の反応過敏となることで筋緊張が亢進する。これが特に頸部筋群で著明である場合,咽喉頭異常感症として頸部違和感が出現することがある。またストレスに対する末梢血管の反応過敏から体位変換時の血圧維持が困難となり,起立性調節障害を発症していたことが考察される。浅呼吸となることで交感神経が反応するが,患者自身浅呼吸に無自覚なために自己修正はできず,また症状が強いことへの不安・緊張で亢進した交感神経機能のためにさらに呼吸も浅くなる悪循環を来たし

= ~	PSP の評価項目	
<b>乗り</b>		

	PSP での評価						
	生理指標	心理検査/その他					
筋電図	眼輪筋,僧帽筋の筋緊張を評価	TAS-20	アレキシサイミアの指標				
手掌発汗	情動発汗/皮膚コンダクタンスを評価	SSAS	身体感覚増幅尺度				
容積脈波	末梢動脈の血流を評価	HADS	不安,抑うつの指標				
皮膚温	手指皮膚温の変化を評価	POMS	感情の指標				
呼吸	呼吸の深度,リズムを評価	心理社会的背景	診察時のカルテや検査時の問診から情報収集				
心拍変動	心拍のゆらぎを評価	主観的評価	主観的な緊張度やストレス,自覚症状の評価				



バイオフィードバック外来2回目の呼吸



バイオフィードバック終結時(外来5回目)の呼吸

図1 バイオフィードバック外来の経過

呼吸センサー. 縦軸:呼吸深度. 横軸:時間.

1カ月に1回のペースでバイオフィードバック外来にて介入.

2回目の外来では呼吸深度やリズムが乱れており、1分間の深呼吸持続も困難であった。終結時には概ね 10 秒呼吸法のリズムで継続して深呼吸ができ、症状も軽快していた。

ていた. 視覚的に呼吸をフィードバックし深呼吸ができるようになったことで副交感神経が刺激され,症状軽減に繋がったと考えられる. 本来であれば呼吸法の習得にバイオフィードバックは必須ではない. しかし当該患者のように視覚的なフィードバックが有効であるケースも多い.

#### まとめ

心身症患者では、心身相関の気付きを促すことが重要となる。その治療戦略の1つとして、PSPでの身体面と心理状態の同時評価にカンファレンスでの多職種連携にもとづく社会面の評価を加えて心身相関の病態仮説を構築し、患者にフィードバックしている。特にアレキシサイミア、アレキシソミア傾向の強い患者に対しては、ま

ず身体情報を視覚的にフィードバックし、次に症状改善に必要な実践を具体的に提示し、その練習に立ち会いながら患者の習得を確認していくことが、治療において役に立つ.

## 参考文献

- [1] 竹林直紀,神原憲治,志田有子(2011) 補完・代替医療 バイオフィードバックとリラクセーション法. 京都:金 芳堂.
- [2] 池見酉次郎(1963)心療内科.東京:中央公論社.
- [3] 日本心身医学会教育研究委員会編 (1991) 心身医学の新 しい診療方針, 心身医学, 31 (7), 541.
- [4] 久保千春(1996)心身医学 標準テキスト.東京:医学 書院
- [5] 日本心療内科学会監 (2009) 心療内科実践ハンドブック 症例に学ぶ用語集. 東京:マイライフ社.
- [6] 神原憲治 (2015) バイオフィードバックと心身の気付き: 内受容感覚と情動の気づき. バイオフィードバック

研究, 42 (1). 19-26. [7] 岡 孝和, 有村達之, 松下智子 (2019) 失体感症と失体

感症尺度. 日本心療内科学会誌, 23, 5-9.

## 【心理学系】

## 自作測定機器を用いたバイオフィードバック

長野祐一郎

文京学院大学人間学部

## 1. はじめに

近年、Arduino等の安価なマイコンを用いた電子工作 が広く普及している. これらを利用し, バイオフィード バック装置を自作し、利用する方法を紹介する、マイコ ンの多くはAD変換機能を持っているため、さまざまな センサーを接続することで測定装置として利用可能であ る. Sparkfun 社 (https://www.sparkfun.com/) に代表され るホビーエレクトロニクスディストリビューターから は、光センサーや加速度センサーだけでなく、さまざま な生体情報測定用小型ボードが販売されている. さらに それらを Arduino に接続する方法や、簡易的な解析用の サンプルソフトウェアも Web サイト上で詳細に解説さ れているため、比較的短時間で導入可能である. マイコ ンは、センサーを読み取るだけでなく、LED やスピー カー、液晶ディスプレイなどに測定結果を出力すること も可能である. デスクトップ型のコンピュータとは違 い、シングルタスク OS を搭載しているため測定値のリ アルタイム処理が可能であり、即時フィードバックを必 要とするバイオフィードバックに適している。また、セ ンサー, コンピュータ, フィードバック部品を, 比較的 コンパクトかつ低価格で構成可能であるため、多数の機 器を導入しやすい利点もある.

## 2. 本稿で扱うバイオフィードバック装置の 概要

本稿でフィードバック対象とする生理指標は、指尖部位より測定した皮膚温とする. 指先や足裏などの無毛皮膚には動静脈吻合が豊富に存在し、放熱器官としての役割を果たしている[1]. これらの血管組織は、交感神経活動の亢進により血流を抑制し、同じく鎮静により血流を増強する. このように末梢循環活動は精神的負荷を鋭

敏に反映する性質があるため、古くからバイオフィードバックの対象とされてきた経緯がある。末梢循環活動の測定方法には、指尖容積脈波測定、レーザードップラー方式の血流測定、サーモグラフィーなどさまざまな手法があるが、指尖部位に温度センサーを直接貼り付ける測定法は、コストの低さや、その変化の理解しやすさにおいてアドバンテージがある。本稿では、バイオフィードバックの初歩的なプログラムを学ぶ題材として、もっとも簡易に測定可能な末梢皮膚温を用いる。

本稿で作成するバイオフィードバック装置の概要を図 1に示した. バイオフィードバックの中核となるマイコ ンには ArduinoUNO を用いた. ソフトウェアの作成には Windows 版 Arduino 開発環境 1.8.13 を用いた. 皮膚温セ ンサーは LM35DZ (Texas Instruments 製) を, 聴覚フィー ドバックはブレッドボード用モノラルスピーカーを、視 覚フィードバックはマイコン内蔵 RGBLED モジュール (秋月電子製)をそれぞれ用いた.これらの電子部品は. いずれも Arduino を用いた電子工作では頻繁に用いられ るものである. なお. 皮膚温センサーと RGBLED に関 しては、白赤黒3芯並列線(協和ハーモネット製)とピ ンヘッダー (Useconn Electronics 製) をはんだ付けし, Arduino に接続できるように加工した. Arduino と各電子 部品を接続する方法を**表 1** にまとめた. ArduinoUNO お よび開発環境の基本的な使用方法については、入門用書 籍「Arduino をはじめよう」にわかりやすく解説されて いる [2].

## バイオフィードバックプログラム作成の 手順

測定およびフィードバック処理を行うマイコンを起点 として考えると、バイオフィードバックシステムには入 力と出力が存在する。センサーによって皮膚温を取得す

連絡先:E-mail:nagano@bgu.ac.jp

受 理:2022年8月29日

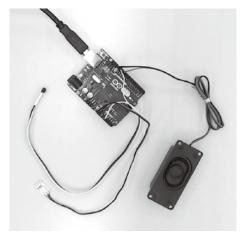


図1 本講習会で解説されたバイオフィード バック装置の概要

表 1 Arduino と電子部品の接続方法

電子部品	端子	Arduino	
皮膚温センサー	VS	5 V	
	GND	GND	
	VOUT	A0	
スピーカー	VDD	12	
スピーガー	GND	GND	
	VDD	3.3 V	
RGBLED	DI	13	
	GND	GND	

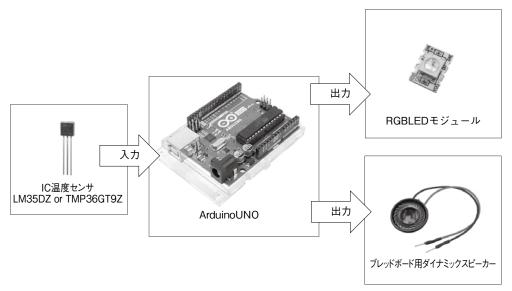


図2 バイオフィードバック装置の構成

る部分が入力であり、変化を視聴覚で使用者に知らせる部分が出力である(**図2**).マイコンを用いたプログラムを行う際は、各ハードウェアの動作を検証するシンプルなプログラムを複数作成し、それらを徐々に統合し、システム全体を構築する方法が有効である。各ハードウェアやソフトウェアライブラリには相性があり、最初からすべての機能を統合したプログラムを作成すると、トラブルが生じた際に原因の特定が困難になるためである。

## 4. 視聴覚フィードバック部分の作成

図3は、聴覚フィードバック部分に該当するプログラムであり、デジタルピンの12番から、500 Hz と 1000 Hz の音を1秒間隔で交互に発生させている(6~10 行目).音声発生部分は loop の中に入っているため、繰り返し実行される.

図4は RGBLED を、赤緑青の順で点灯させるプログラムである。 RGBLED の制御には、Adafruit NeoPixel ライブラリ、バージョン 1.10.0 を使用した。プログラム冒頭でデジタルピンの 13 番を制御用に使うこと、LED の数が 1 個であることを定義し、5 行目で Adafruit\_NeoPixel クラスをインスタンス化している。さらにsetup 関数で初期化を行い、loop 関数で LED の点灯を処理している。 LED を点灯させるには、pixels.clear→pixels.setPixelColor→pixels.show の順でコマンドを実行する必要がある。色の設定は pixels.Color (R, G, B) の形式で赤、緑、青、各色の強さを 0~255 で指定する.

図5は、図3および図4で解説した視聴覚フィードバック機能に、皮膚温測定プログラムを追加し、測定した皮膚温を視聴覚でフィードバックできるようにしたものである。冒頭6行目では、皮膚温を測定するための変数を double 形式で定義している。mv はデジタル変換し

```
//スピーカーから500Hz,1000Hzの音を表示
1
2
     void setup() {
3
     }
4
5
     void loop() {
6
       tone(12, 500, 100);
                             //500Hz 100ms
                             //1000ms停止
7
       delay(1000);
8
9
       tone(12, 1000, 100);
                             //1000Hz 100ms
                             //1000ms停止
10
       delay(1000);
11
     }
```

図3 500 Hz および 1000 Hz の音を発生させるプログラム

```
//カラーLEDを用い、赤・緑・青色を点灯
 1
     #include <Adafruit NeoPixel.h>
 3
                          //制御用ビ1
     #define PIN 13
4
     #define NUMPIXELS 1
                          //LEDの数
     Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800
 5
6
 7
     void setup() {
8
      pixels.begin();
                          //LEDを初期化
9
10
11
     void loop() {
12
       pixels.clear();
13
       pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(20, 0, 0)); //赤
14
      pixels.show();
                      //1000ms停止
15
       delay(1000);
16
17
       pixels.clear();
18
       pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(0, 20, 0)); //緑
19
       pixels.show();
20
       delay(1000);
                       //1000ms停止
21
       pixels.clear();
23
       pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(0, 0, 20)); //青
       pixels.show();
24
25
      delay(1000);
                       //1000ms停止
26
    }
```

図4 RGB LED を点灯させるプログラム

た情報を mv に換算するための変数, temp0, temp1, tempd は, 1 秒前の皮膚温, 現在の皮膚温, 1 秒間で生じた皮膚温の変化量が格納される. フィードバック時は, tempd によりフィードバック音や LED の色が決まる. 本プログラムは 1 秒間にできる限り多くのサンプルを行い, その平均値を測定値とすることで測定精度を高めている. 7~8 行目の sum, average, t, t0, cnt は, 平均値を算出するための変数となる. マイコンの動作開始時に1回だけ実行される setup(10~15 行目)では, シリアル通信や RGBLED の初期化の他, 測定精度を向上させるため, 参照電圧を 1.1 V に変更している(12 行目). マイコン起動中繰り返し実施される loop 部分(17~52 行)では, アナログピン A0 からの AD 変換と変換値の足し込みが行われ(21~22 行目). 1 秒毎に平均値の算出.

フィードバック等の処理が実施される(23~51 行目). 30~32 行目では、変化方向(dir)と変化の強さ(mag)が判断され、視聴覚フィードバック部分(34~43 行目)に反映される。皮膚温上昇時 LED の色は赤、スピーカーの音は 500 Hz でフィードバックが行われる。下降時 LED の色は青、音声は 1000 Hz となる。聴覚フィードバックは、変化方向に応じて 2 種類の音が鳴るだけであるが、LED については変化量に応じて光る強さが変化する。45~48 行目は、皮膚温や変化量をシリアル通信で PC に送信している。PC 側で Arduino 開発環境のシリアルモニタを用い、これらの値を記録することができる。

皮膚温に代表される末梢循環活動のバイオフィード バックでは、フィードバック情報への注意集中が皮膚温

```
//皮膚温を視聴覚でフィードバック
 1
 2
     #include <Adafruit_NeoPixel.h>
 3
    #define PIN
                        13
    #define NUMPIXELS 1
 4
    Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800
 5
    double mv,temp0,temp1,tempd;
 6
    double sum, average;
 7
8
    long t,t0,cnt;
9
    void setup() {
10
                                     // シリアル通信の初期化
       Serial.begin(115200);
11
                                      -//参照電圧を1.1vlご設定
12
       analogReference(INTERNAL);
13
       cnt=sum=0;
                                      //LEDを初期化
14
       pixels.begin();
15
    }
16
17
     void loop() {
18
       t0=t;
       t=millis(); //現在時刻をms単位で取得
19
       mv = (double)1100/(double)1024 * analogRead(0); //デジタル値
20
21
       sum=sum+mv;
22
       cnt++;
       if(t0/1000!=t/1000){ //1秒(100ms)毎に平均算出
23
         average=sum/(double)cnt; //平均を計算
24
25
                                //前回の温度を保存
26
         temp0=temp1;
                                //電圧を温度に変換
         temp1=average*0.1;
27
                                //温度変化量を算出
28
         tempd=temp1-temp0;
29
         int mag,dir; //変化の程度(mag)と方向(dir)
30
                                                    //温度上昇時
31
         if(tempd>0){mag=abs(tempd*100); dir=1;}
         if(tempd<=0){mag=abs(tempd*100); dir=-1;} //温度下降時
32
34
         pixels.clear();
         if(dir==1){
           pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(mag, 0, 0)); //温度
36
           if(mag>0){tone(12, 500, 10);}
         if(dir==-1){
40
           pixels.setPixelColor(0, pixels.Color(0, 0,mag)); //温度
41
           if(mag>0){tone(12, 1000, 10);}
42
43
         pixels.show();
44
         Serial.print(temp1); Serial.print(","); //現在温度
Serial.print(tempd); Serial.print(","); //温度変化量
Serial.print(mag); Serial.print(","); //変化の強さ
45
46
47
48
         Serial.println();
49
         sum=0;cnt=0;
50
         delay(10);
51
52
     }
```

図5 皮膚温バイオフィードバックプログラム

低下を引き起こしやすく、上昇方向へ変化させることが難しい傾向にある[3]. そのため本稿で扱うプログラムではフィードバック間隔を1秒とし、フィードバック情報もできるだけシンプルにした。初めて訓練を行う際は、目を閉じて音声のみで訓練を行い、変化の大きさを知りたい時のみ開眼しLEDの色を見るといった使い方

が理想的である.フィードバック間隔を早めるには23 行目の1000を500とすることで,500ms間隔とすることが可能である.聴覚フィードバックの情報量を増やしたいのであれば,37および41行目の周波数指定部分をtone (12,500+mag,10):などのようにすることで,皮膚温変化を聴覚情報からより詳細に知ることができるよう

になる. なお, これらの装置の作成に必要な部品の入手方法, プログラム等の情報は Web サイト (http://protolab. sakura.ne.jp/OPPL/?p=958) に解説動画付きでまとめられている.

## おわりに

Arduinoを用いた電子工作にはさまざまな事例があるが、生体情報を用いた測定事例も比較的人気があり、心電図、筋電図、脈波などの測定モジュールが各社から発売されている。これらに本稿で紹介されているプログラムを組み合わせることで、さまざまなバイオフィードバック装置の作成が可能になるだろう。Wi-Fiや Bluetooth などの無線機能を持ったマイコンと組み合わせる

ことで、市販品より利便性の高いバイオフィードバック 装置を、低コストで導入することも可能である。本稿で 紹介した事例が低価格バイオフィードバック機器の普及 に役立つことを願っている。

#### 引用文献

- [1] 長野祐一郎 (2017) 11 章 3 節 体温. 堀 忠雄, 尾崎 久 (監) 坂田省吾, 山田冨美男 (編), 生理心理学と精神生理学 第 I 巻 基礎 (pp.214-222) 北大路書房
- [2] バンジ, M., シロー, M. 船田 巧(訳) (2015) Arduino をはじめよう 第3版 (Make: PROJECTS). オライリー・ジャパン.
- [3] 大河内浩人, 杉若弘子 (1995) バイオフィードバックに よる皮膚温上昇訓練初期の皮膚温下降. *心理学研究*, 66, 45-51.

## 【工学系】

## 生体情報から得られる時系列データに対する 非線形解析の適用

児玉謙太郎\*

\*東京都立大学大学教育センター

### 1. はじめに

本稿では、著者による解説論文 [1] をもとに、さまざまな生体情報から得られる時系列データに対し、非線形解析手法を適用するために必要な理論的背景、代表的な手法の概要、および適用事例について解説する。非線形解析の背景には、物理学における複雑系や自己組織化の考え方(システム論)や非線形力学や情報理論における数学的手法がある。これらの詳細については、解説論文[1] で紹介されている他の文献などをご参照いただくとして、本稿では、心理学・認知科学・生理学などの分野で幅広く展開している力学系アプローチ(Dynamical Systems Approach:以下 DSA)という理論的な枠組みについて概説し、DSA をリハビリテーションや心理カウンセリングなどの実践分野に適用している研究を中心に取り上げたい。

その際、時系列データの変動性(variability)に着目し、本稿では、変動を量的に評価しようとするアプローチを線形手法、質的に評価しようとするアプローチを非線形手法と位置づける。ここでは、本文に入る前に、本稿における量と質の違いについて簡単に述べたい。

身体運動や姿勢動揺、心拍変動や脳波といった生体情報から得られる時系列データには、さまざまな種類の変動性が含まれる。この変動性の評価にあたって、従来の線形手法では変動の"量"(どれくらい変動していたか)を主な評価対象としてきた[2].一方、非線形手法では変動の背景にある時間構造やパターンなどの"質"(どのように変動していたか)を評価しようとする[2].ただし、線形/非線形それぞれの手法は相補的であり、同じ現象の異なる側面を評価しているのであり優劣があるわけ

ではない. ただし、自然界やヒトの行動を含む生物学的なシステムの多くは、非線形相互作用をする複雑なシステムと考えられるため、非線形手法は線形手法よりも汎用性が高いとも言われ、近年、心理学や生理学、工学などさまざまな分野で注目されている [3, 4].

そこで,以下,2章では非線形手法を理解するうえで必要な理論的・学術的な背景について概説し,3章で代表的な非線形時系列解析を紹介し,4章でそれらを応用した研究事例をレビューし,5章で今後の展望を述べる.

#### 2. 理論的背景

#### 2·1 多自由度複雜系

私たちヒトの身体は、細胞レベルから筋骨格レベルに至るまで膨大な自由度を有している [5, 6]. ここでいう自由度とは、例えば、手や足の関節において、手足を動かせる方向の数、すなわち、対象(身体)を制御するために決定すべき変数の数のことである。このように自由度を捉え、ヒトの身体において数えるならば、関節レベルで約 10²個、筋レベルで約 10³個、細胞レベルでは約 10¹4個のオーダーの自由度が存在するとされている [6]. さらに、これらの自由度同士は互いに独立してはおらず、相互に関係し作用し合い、複雑なネットワークを形成することで、身体というひとつのシステムを成している。ここでは、後述するよう、複雑に相互作用する構成要素(自由度)をもつシステムを複雑系と呼ぶ。このように考えれば、ヒトの身体というシステムは多自由度複雑系だと言える.

また、身体システムだけでなく、ヒトの認知や精神(心)のメカニズムについても、1990年代以降、同様に

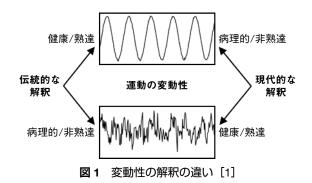
**連絡先**: 〒 192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1

東京都立大学大学教育センター

Tel: 042-677-1111

E-mail: kodama k@tmu.ac.jp

受 理:2022年9月25日



多自由度複雑系として捉える立場(DSA:2・3で解説)が台頭している [7-9]. さらに,近年では,多自由度複雑系であるヒト同士が行うコミュニケーションも同様の枠組みで捉えられるようになってきた [10-12]. このように,DSAというシステム論の立場では,身体,認知・精神,コミュニケーションといったさまざまなレベルの現象を同一の枠組みで捉え,さまざまな現象で観察されるデータに対し共通の解析手法を適用してきた. その際,重要となる概念のひとつが変動性である. 膨大な自由度をもつ多自由度複雑系であるからこそ,その挙動においてさまざまな変動が観察されるのである.

#### 2・2 変動性

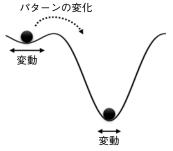
従来、変動やばらつき(variability)は、平均値の周辺に分布する誤差(error)であり、反復によって生じる変動は、ランダムで独立した無相関のノイズだと仮定され、身体運動の場合、未熟さ、あるいは、病理的な性質だと解釈されてきた[13]. すなわち、従来的には変動が少ないほど安定性が高く、健康な状態、または熟達した状態を示すと解釈されてきたのである(図1)[13].

一方,変動性の現代的な解釈のルーツとして,運動学者 Bernstein や,知覚心理学者 Gibson の理論がある (詳細は文献を参照されたい [14, 15]).

Bernstein は、先述の通り、身体システムの冗長で膨大な自由度に着目し、それらは運動制御における問題(制御変数が状態変数よりも多く解が一意に決定できない問題)というより、その冗長性ゆえ多様で柔軟な行為が可能になると考えた [5].

また、運動と知覚の不可分性を指摘した知覚心理学者 Gibson によれば、知覚するためには動かなければならず、同時に、動くためには知覚しなければならない [16]. すなわち、運動の変動の中には、環境や自己身体、および、両者の関係を知覚するための "探索的な"動きも含まれている。このように考えると、身体運動の変動には、無秩序なノイズの成分だけでなく、知覚的な探索を含む "意味のある"変動が含まれ、そこには秩序や構造が存在している可能性がある。

ここでは、身体運動における変動性を例示したが、認知やコミュニケーションといった現象にて観察される変



**図2** アトラクター概念による 安定性と変動性の表現 [1]

動性にも、**図1**に示すような特徴、現代的な解釈があてはまると考えられる。

#### 2・3 力学系アプローチ

冗長で膨大な自由度をもつシステムが状況に応じて柔軟に組織化される過程を自然界で観察される自己組織化現象と捉え、物理学で確立された自己組織化理論を身体運動や認知、コミュニケーションの研究に応用してきたのが力学系アプローチ(Dynamical Systems Approach:DSA)である。ここでいう力学系とは時間的に変化するシステムであり、その変化のパターンをダイナミクスと呼ぶ。DSAでは、Bernsteinや Gibson の着想をもとにシステムを構成する要素(自由度)同士、および、システムと環境の相互作用を通して特定のパターンや構造が創発すると考える[7, 17]。

また、DSAでは、安定したパターンや状態はアトラクターという概念(図2の谷)で表現され、システムの安定性は外乱に対しての応答や、アトラクター周辺の変動、ばらつきとして評価される(図2)[7]. そして、DSAによると環境や状況、文脈の変化に伴いパターンがより安定したものへと自律的に変化し、さらに、新しいパターンへと転移する前に変動性は増加する(図2)[7].

その意味で、DSA においては、変動性の増加は、新たな運動パターンやレパートリーへの切り替えや獲得のために必然的に現れる変化の予兆であり、その一時的に不安定な状態を経て、より安定したパターンへの切り替えが可能となると解釈される [18]. 逆に、揺らぎや変動性が少なすぎる状態は、特定のパターンでしか運動が行えないという意味で、柔軟性や多様性が乏しい状態とも解釈される [19]. また、安定状態を示すアトラクターも、ある特定の位置に留まることを意味するのではなく、3・1で述べるように高次元の状態空間内での軌道として表現され得る。そのため、DSA の枠組みでは、時間的に変化しながらも安定した構造やパターンを維持するという意味で、動的な安定性を捉えることができる.

#### 2・4 複雑性喪失仮説

生理学・行動科学の分野で DSA と同様に自己組織化理

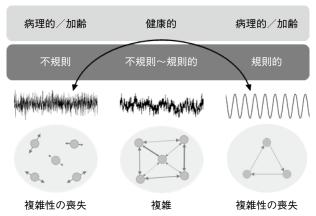


図3 複雑性喪失仮説の概念イメージ [1]

左:要素同士の相互作用がなく不規則でランダムな時系列

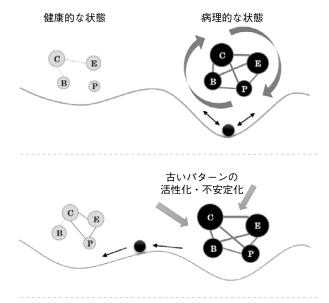
中:要素同士の相互作用が多様で複雑な時系列 右:要素同士の相互作用が単純で規則的な時系列

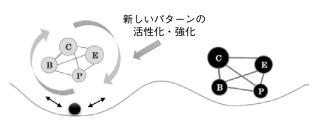
論や非線形力学など物理学におけるシステム論を理論的 な背景として展開しているのが、複雑性喪失 (Loss of Complexity:以下 LoC) 仮説である. LoC 仮説では,加 齢とは、システムのダイナミクスの複雑性が喪失・低下 していくプロセスとみなされる[20]. ここでいう複雑性 (complexity) とは、非線形力学に由来する概念であり、 カオスやフラクタルといった性質により特徴づけられる システムの幾何学的構造や時間的変化の過程である. LoC 仮説によると、複雑性の低下や喪失はシステムの構 成要素(自由度)の数自体の減少や、要素(自由度)同 士の相互作用や結合関係の変化によって引き起こされる (図3). その結果、ストレスや変化への適応能力が低下 するという [20]. このように LoC 仮説では、複雑性の 低下ないし喪失が加齢や疾患と関連づけられ、システム の適応能力の指標として生理レベル、行動レベルの複雑 性が用いられてきた [21, 22]. そして, LoC 仮説によ ると,システムの複雑性は,線形指標(平均や標準偏差) では必ずしも抽出できず、後述する非線形力学や情報理 論を応用した非線形指標によって評価できる [20].

### 2・5 ネットワーク不安定化転移モデル

他方、臨床心理学・精神病理学の分野でも、複雑系科学(自己組織化理論やネットワーク科学など)の概念や原理を心理療法の研究に応用している、ネットワーク不安定化転移(Network Destabilization and Transition:以下NDT)モデルという考え方がある[23]. NDTモデルは、もともとは鬱病の治療の文脈で提案されたものだが[24]、以下に示すよう、精神病理学一般における治療的な変化を記述し、理解するのに応用されている.

Hayes らによれば、心理療法は、固定されたパターンをより柔軟で機能的なパターンへと変化させるような学習を促進させるものであり、精神の状態は認知(cognitions)、感情(emotions)、行動(behavior)、生理(physi-





**図4** ネットワーク不安定化転移モデル(文献23にもとづき作成)

右:病理的な状態のアトラクター 左:健康的な状態のアトラクター

精神的なシステムの構成要素: 認知 (C: cognitions), 感情(E: emotions), 行動 (B: behavior), 生理 (P: physiology)

ology)といった要素が相互作用するシステムの状態(アトラクター)として捉えられる(図 4)[23]. NDT モデルの立場から捉えれば、これら個別の要素や症状のみに着目するのではなく、むしろ、臨床的な問題を維持させているパターンやプロセスに焦点を当てることが重要となる. そして、セラピストによる介入は、アトラクターを安定化させたり移動させたり、ときに不安定化させるものだと考えられている(図 4).

図4は、精神状態をシステムの状態とみなし、病理的なアトラクター(右)と、健康的なアトラクター(左)を示している。図4上段の右側は、陥りやすく抜け出しにくい固定的なワンパターンの病理的状態を示している。システムの状態を意味する黒いボールは、病理的なアトラクター(深い谷)にはまってしまっている状態であり、認知、感情、行動、生理といった要素同士は強く結合し固定され、鬱病や双極性障害といった慢性的な疾患に繋がり得る状態を示している[23].循環的な矢印は、病理的なパターンや症状を永続させてしまうフィードバックループを示しており、新しい情報の入力や学習を妨げ、システムを不安定化させ、他の新しいパターン(精神状態)への変化が難しくなっている悪循環を示して

いる. 反対に, **図4**上段の左側は,より健康的なパターンを示している. 健康的なシステムの状態においては,認知,感情,行動,生理といった要素同士は緩やかに繋がり,適度に離れており,浅い谷は変化に対しても柔軟な反応ができる状態を意味する.

図4中段の右側は、病理的なアトラクターを不安定化させ、より健康的な新しいパターンを発達させ変化させる様子を示している。左右のアトラクターの谷の深さの差も、上段よりは小さくなっている様子が分かる。もし、右側の病理的なアトラクターが凝り固まった状態であれば、臨床的な介入(図中の灰色の矢印)により、システムを活性化、不安定化させ、古いパターンの均衡状態を打破し、左側のより健康的な状態への変化や転移が起こる(黒いボールが右から左へ移動している)。Hayes らによれば、暴露療法や洞察志向アプローチなどがこの具体的な介入例にあたるという [23].

図4下段は、病理的なアトラクターと健康的なアトラクターのどちらも共存しているような状態を示しており、システムは両方の状態を行ったり来たりすることができる。セラピストは、さまざまな方法によって、右側の病理的な状態から、左側の新しいパターンへと変化を促すような介入を行うことができる。灰色の矢印は、そのための活性化や訓練を示しており、循環的な矢印は、その良循環を意味し、新しくより健康的なパターンが強化されていく様子を示している。一方、右側の弱体化する病理的なネットワークも、ストレスのかかるライフイベントなどによって再び活性化する可能性もあるため、それを防ぐためにも、左側のフィードバックループを繰り返すことで健康的なネットワークを強化していくことが重要となる [23].

以上、2・4 で概説した LoC 仮説の背景では、加齢や 疾患によりシステムの構成要素(自由度)の数の減少や. 要素(自由度)同士の相互作用や結合関係の変化が想定 されている [25, 26]. そして, 自由度の減少は運動の変 動性の低下に繋がり、それが一定の基準を下回ると怪我 や病気、フレイルのリスクが高まる、と考えられている [27, 28]. このように考えると、生理レベルや行動レベ ルで観察される時系列データの時間構造を調べ、システ ムの複雑性や適応性を評価することは、医療やリハビリ テーションの実践においても有用な知見を提供し得ると 考えられる. また,  $2 \cdot 5$  で概説した NDT モデルでも, 病理的な要因や臨床的介入によってシステム構成要素の 結合関係や相互作用が変化し、精神的なシステム全体の パターンが変化することが示されている. NDTモデルに おいても、これら変化や転移の前兆として観察される変 動 (臨界ゆらぎ [7, 29]) などが注目される. これらデー タにおける変動性の評価は、標準偏差など従来的な線形 手法でも検討されてきたが (例えば、[10] など), 近年,

以下に示すような非線形手法による時系列データの解析・評価に注目が集まっている。そこで、3章では、時系列解析の意義、非線形手法の概要を確認する(詳細は解説論文[1]を参照されたい)。

### 3. 非線形時系列解析手法

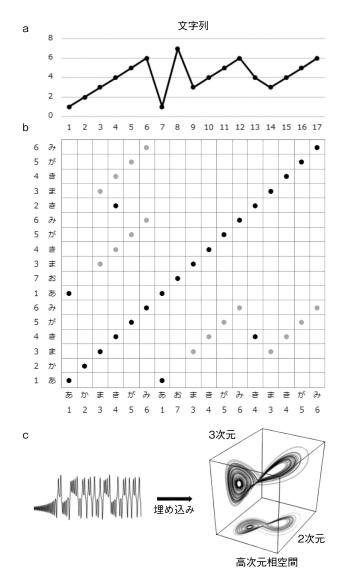
時系列データには、基本統計量(平均や標準偏差など)では抽出できない性質として系列依存性(sequential dependence)が含まれ得る[3]. すなわち、データの順番に意味があり、ある時刻で観測されたデータが同系列の別時刻に観測されたデータと相関があるような場合は、平均してしまうとその情報や構造は失われてしまう。よって、系列依存性のあるデータには、それを適切に評価することができる時系列解析を適用する必要がある。時系列解析には、線形手法と非線形手法とがあり、両者の違いは、解析対象として仮定されるシステムの構成要素間の相互作用の仕方にある[3,30].

線形手法が仮定する対象(線形システム)では、システムの構成要素は加算的に相互作用し、出力される動作や行動はその合計として表現される [3,30]. つまり、入力と出力は比例関係にあるため、両者は線形な関係にあると言える. 言い換えると、線形システムの振る舞い(全体)は、要素の和として表現され、要素に還元可能だと言えよう.

一方,非線形手法が仮定する対象(非線形システム)では、システムの構成要素は乗算的に相互作用し、かつ、システム全体がその部分である要素や要素同士の相互作用にも影響を与えるような、複雑で循環的な相互作用がみられる[3,30].その結果、入力と出力の関係は単純な比例関係とはならず、非線形システムの振る舞いは要素の和としては表現できず、要素に還元できない性質をもつ.

#### 3·1 再帰定量化分析

ここでは、2・3で述べた DSA の観点から、数学的手法を応用して1変量の動作データを高次元の相空間 (phase space) に埋め込み、アトラクターを再構成する方法を応用した手法について概説する。すなわち、時系列データを高次元相空間に埋め込み、その軌道の再帰状態を2次元平面にプロットして視覚化する手法であるリカレンス・プロット(Recurrence Plot:以下 RP)と、定量化する手法の再帰定量化分析(Recurrence Quantification Analysis:以下 RQA)である [31,32]. これらの手法は、身体運動などをセンサで計測した連続的な数値データ(continuous data)のみならず、言語などの記号データ(categorical data)にも適用可能であり [33]、時系列データの再帰性を評価することで、システムの動的な安定性を示す指標を算出できる。また、後述するようふた



**図5** categorical data のリカレンス・プロットと例(a, b)と continuous data の高次元相空間への埋め込みの例(c)[1]

- a) 文字列を数値化した時系列
- b) 文字列で作成した RP
- c) 時系列を2次元・3次元の相空間に埋め込んだ例

つの時系列データ同士にも適用でき、その場合は、システム同士の結合の強度や協調性を評価できる.

ここでは、まず RP および RQA について直感的に理解するため、categorical data の RP から説明する。図 5a, b は、例として早口言葉の「あおまきがみ、あかまきがみ、きまきがみ」の文字列をデータとして用いた場合を示している。図 5a は文字を出現順に 123…と数値化し、折れ線グラフにしたもの、図 5b はこの文字列を RP で表したものである。縦軸は下から上に、横軸は左から右に文字列が並び、同じ文字(数値)の場合に RP 上に黒丸がプロットされる。よって、対角線は同じ文字列が続くため全てプロットされ、対角線に対して対称的な構造となっている。その他、「まきがみ」の 4 文字が反復するため、対角線と平行な線(灰色の丸)が RP 上も再帰し斜

線を形成しているのが分かる.

continuous data の場合、categorical data と異なり、時系列の埋め込み(embedding)という手順が必要となる.そこで、次に continuous data に対する RQA を理解するため、高次元相空間とそこへの時系列の埋め込みについて概説する.時系列として計測される力学系の構造は、d個の状態変数で記述でき、その挙動は状態空間(相空間)における軌道として表現できる[34](図 5c:3次元空間の例).この変数の個数を埋め込み次元 dとして、元の時系列を一定の時間でずつ遅らせた時系列を各次元として再構築した空間を高次元相空間と呼ぶ.この時間遅れ座標系を用いて未知の状態変数群からなる系の軌道を復元することを埋め込みと呼び、この方法により力学系の本来の軌道を高次元相空間で表現できることは数学的に証明されている[34].

continuous data に対する RQA では、時系列を相空間に埋め込んだ後、"半径" (r) というパラメータを設定し、"再帰"を定義する [31]. 半径とは、相空間内の時系列の点同士を"近い"と定義づける閾値のことであり、設定した半径内に点同士が含まれる場合、"再帰した"と定義する. 基本的には、 $\tau$ 、d、rの入力変数を設定することで、continuous data に対して RP を作成、RQA を実行できる.

また、ふたつの時系列同士を相空間に埋め込み RQA と同様に両者の時系列同士の再帰状態を評価する手法を相互再帰定量化分析(Cross RQA:以下 CRQA)という [33, 35]. (これらの手法を実行する際の入力変数の適切な設定方法などは文献を参照されたい [31, 33]).

#### 3・2 フラクタル解析

次に、フラクタル解析のうち非定常な時系列データに も応用できる Detrended Fluctuation Analysis (以下 DFA) について概説する.

まず、フラクタル性とは、幾何学的・統計的な自己相似性のことを指す(図 6a)、幾何学的なフラクタル図形の場合、図形の一部を拡大/縮小し、空間スケールを変化させても相似の関係にある図形が観察される(図 6a 左)、時系列データの場合、時系列を拡大/縮小し、時間スケールを変化させても統計的な性質が等しい時間相関・分布構造が観察される(図 6a 右)、これらフラクタルな図形や時系列の性質は、スケールを変えても特徴が維持されることからスケール不変、また、それらを特徴づけるスケールが存在しないことからスケールフリーとも呼ばれ、従来的な統計や分布では抽出できない性質とされている(図 6b, c)。

時間スケールごとに時系列の変動量との関係を表す指標にスケーリング指数αがある.これは、時間スケールと変動量を両対数グラフで表したときの傾きである.時系列データのフラクタル解析にはさまざまな手法がある

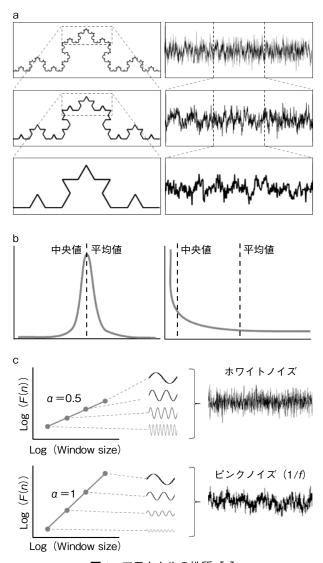


図6 フラクタルの性質 [1]

- a) 左:幾何学的な自己相似性,右:統計的な自己相似性の例
- b) 左:正規分布, 右:べき分布
- c) 上:ホワイトノイズに含まれる周波数成分,下:自己相似性をもつピンクノイズ (1/f) に含まれる周波数成分のイメージ

が、生理学・行動科学分野で広く使用され、非定常性のあるデータにも適用できる手法が Detrended Fluctuation Analysis (DFA) である [36]. ここでいう非定常性とは、統計的な性質(平均や分散など)が時間とともに変化するトレンドをもった時系列の性質である [3]. DFA は、数学的手法によりトレンドを除去することで非定常性をもつデータの時間構造も評価できる.

DFAの一般的なアルゴリズムは以下の通りである [36]. 確率過程とみなした時系列に対し、①各値から平均値を引いた時系列を積分したy(k)を、②特定の長さnの窓(ボックス)に等間隔に分割し、③最小二乗法により近似直線(トレンド)を求め、④窓ごとにトレンドを除去し、二乗平均の平方根(Root Mean Square)を求め、動揺量(変動量)を各窓で求めたものを平均したF(n)を求め、手順②~④を窓長nが異なる時間スケール

でも繰り返し、⑤最終的にF(n) を縦軸に時間スケールn を横軸にした両対数グラフにプロットして、傾き $\alpha$ をスケーリング指数として求めるというものである。フラクタル性のある時系列の場合、n の増加に伴いF(n) は増加する [36, 37].

また、DFA によって計算されるスケーリング指数  $\alpha$  の値によって、時系列の系列依存性を分類することができる。具体的には、 $0<\alpha<0.5$  のとき反持続性相関(過去に起きた変動とは逆方向の変動が未来で起こる可能性が高い)を、 $0.5<\alpha<1$  のとき持続性相関(過去に起きた変動と同じ方向の変動が未来で起こる可能性が高い)を示す。また、 $\alpha=0.5$  のときホワイトノイズ(ランダムノイズ)、 $\alpha=1$  のときピンクノイズ(1/f ゆらぎ)、 $\alpha=1.5$  のときブラウンノイズとなる [38、39].

#### 3・3 エントロピー

次に DFA 同様に LoC 仮説などで複雑性の指標のひとつとされているエントロピーの概念とその定量化手法のひとつであるサンプル・エントロピーについて概説する.

エントロピーという概念は、もともと熱力学の分野で確立され、原子や分子の運動における変動へと関連づけられ、その乱雑で無秩序な状態を表す指標とされている。エントロピーの直感的なイメージとして、次のような例を挙げることができる[3]. 密室の部屋の中央に蓋をされた香水の瓶があり、最初は香水の分子は瓶の中に閉じ込められた状態である。このとき香水の分子の状態は、部屋の中央に集まり、高い秩序をもった状態のためエントロピーは低いと言える。しかし、瓶の蓋を開けて時間が経過すると香水の分子は部屋の中に充満するように広がっていく。充分な時間を経ると、部屋のどの箇所でも分子が均一に分布した状態になる。このとき秩序はなくなりエントロピーは高い状態と言える。

他方, エントロピーは情報理論の分野でも時系列の予測可能性を表す指標としても用いられている. つまり, 時系列のある時刻の状態に関する情報から, 未来に起こる次のシステムの状態をどれくらい予測できるか, という意味で用いることができる [40]. 例えば, サイン波のようにシステムの次の状態が予測しやすい場合はエントロピーが低くなるが, ランダムノイズのようにシステムの次の状態が不確実で予測が難しい場合はエントロピーが高くなる.

このように時系列の規則性、予測可能性を定量化する手法のひとつがサンプル・エントロピー(Sample Entropy:以下 SEn)[41] である。SEn の計算においては、時系列からサンプル(テンプレート)となる長さmの時系列を取り出し、同サンプルと同じような時系列がどれくらい反復して含まれているかを調べていくことで、時系列の規則性、予測可能性を定量化する。その際に、"同じ"または"マッチしている"と判定する基準に

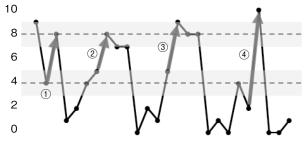


図7 サンプル・エントロピーの概念[1]

矢印①: サンプルとなるベクトル 矢印②③: r=1 のときにマッチするベクトル 矢印④: r=2 のときにマッチするベクトル

ついては、RQA の半径というパラメータと同様に閾値rを許容範囲(tolerance)として事前に決定する必要がある。そこで、これらふたつのパラメータ (m, r) の直感的なイメージを SEn のアルゴリズムとともに確認する (図7) [41].

ここではデータ長Nの時系列に対して、ベクトルの長 さm=2の場合を例に,rはその2点の前後で $\pm 1$  (r=1)の範囲で、例えば図7の矢印①(4,8)と同じように変 化する時系列を探す際の許容範囲とする(図7:グレー の帯). 図7では、サンプルの矢印①と同じとみなされ る矢印は②③の2個がマッチしたとカウントされる (r= 2の場合は、矢印④もカウントされる). このようにマッ チしたベクトルの個数を数えて条件付き確率を求め、時 系列に沿ってベクトルをひとつずつスライドさせ計 Nmの個数について同様にマッチしたベクトルの個数を数 えて条件付き確率を求める。次に、全ての条件付き確率 の総和をN-mで割り、Biを求める。 同様の手順でm+1の場合 (m+1=3) についても、条件付き確率の総和 を N-m で割り、Ai を求める、最後に、Ai/Bi の自然対 数の負の値に対し、Nについて極限を求めた値として SEn を計算する. 実際の時系列解析においては、r は時 系列の標準偏差に基づき定められるが、これら入力変数 の決め方などの詳細は文献を参照されたい [3, 40].

#### 3・4 非線形手法の適用にあたっての注意点

以上、代表的な非線形時系列解析手法を紹介してきたが、これら非線形手法の多くに共通してあてはまる注意点がいくつか存在する。例えば、サンプリング周波数、データ長、フィルタリングといったデータ解析の前処理により最終的に計算される非線形指標が変わってしまうことが指摘されている[3,42,43]。また、非線形時系列解析を実行するのに必要な各種パラメータ(入力変数)の選定は結果に大きく影響するため、各手法で推奨されている最適値の求め方や先行研究での適用例を参考に適切な値に設定する必要がある。さらに、計算された結果についても、フラクタル解析におけるスケーリング指数などその絶対値に意味があるものもあるが、多くは他の

条件や群との比較によって議論され、解釈されるものである.よって、適切な理論的な背景知識と、関連する先行研究の知見とを合わせて解釈、考察することが重要だと考えられる.同時に、非線形指標だけでなく、同じデータに対して線形指標も合わせて計算し相補的に解釈することで、両手法の特徴を踏まえた総合的な評価、考察が可能となるだろう.

### 4. 非線形手法の適用事例

4章では、3章で概説した3つの非線形手法をさまざまな生体情報から得られる時系列データに適用した先行研究を紹介する.

まず,バイオフィードバック(以下BF)関連の研究として、Hoveと Miyake らの研究では、聴覚刺激との相互引き込みの原理を応用したシステムをパーキンソン病患者に適用している[44]。すなわち、患者はシステム(仮想ロボット)と自身の歩行のリズムを聴覚的にフィードバックすることで、歩行リズムが改善するようなメカニズムになっている。その際、患者の歩行リズムの評価にDFAを適用しており、介入の結果、介入後は健常者の特徴である1/fに近い時間構造となることが報告されている。さらに、システムを解除した5分後でもその効果は保持されており、同システムによる介入が、内的なリズム生成機構を安定化させ、タイミング制御を担うネットワークの再統合を促すことを示唆すると考察している。

Vaz らの研究では、高齢者を対象に、眼鏡のグラス上に視覚刺激を提示することで視覚的フィードバックを与え、それに合わせて歩くよう求めた [45]. 実験条件として、刺激を提示しない通常の歩行条件、刺激の提示タイミングが一定のリズムの条件、そして、1/fとなるフラクタル条件が設けられ、各条件で得られた歩行データに対しDFAを適用し比較した。その結果、フラクタル条件では、フラクタル性が高くなり、かつ、その後、刺激を提示しなくても歩行リズムのフラクタル性は保持されることが示された。

これらの研究は、フラクタル性が低下する高齢者やPD 患者のリハビリテーションやトレーニングとして、知覚刺激との協調や引き込みによる介入の有効性、および、その際にフラクタルの観点から刺激提示の時間構造をデザインすることの有効性を示している。一方、DFAの適用方法として、必ずしも 1/f に近くなることだけが望ましいとは限らないことを示した研究もある。

Kodama と Yasuda らの研究では、触覚的な BF トレーニングが高齢者の片足立ち時の重心動揺に与える影響を検証するため、重心動揺データに DFA を応用している [46]. その結果、特定の時間スケール、方向において、BF トレーニング群では、スケーリング指数が0に近くな

り, 反持続性(過去に起きた変動とは逆方向の変動が未来で起こる可能性が高い)が高くなり, 姿勢制御方略としては誤差修正が強化され, バランス能力が向上したと解釈されている. 一方, BFトレーニングを行っていない統制群では, スケーリング指数が 0.5 に近くなり, ランダム性が高くなり, 姿勢制御が困難になりバランス能力が低下したと解釈されている. これらの結果が示唆するように, DFA では, フラクタル性(持続性)だけでなく, 反持続性やランダム性を評価することができ, 姿勢制御などさまざまな生体のメカニズムの理解に応用できる可能性を示している.

続いて、BFではないが、リハビリテーション分野で非線形手法を応用した著者らの最近の研究を紹介したい。まず、ひとつ目は、歩行のリハビリテーション場面における患者とセラピストの歩行リズムに RQA を適用した児玉らの研究では、二者それぞれの歩行の安定性と、二者間の歩行の協調性をそれぞれ RQA、および CRQA で評価している [47]. 同研究では、上級・初級セラピストで歩行介助時の歩行リズムの質の違いが比較された。その結果、上級者ペアの方が患者の歩行の安定性も、二者間の歩行の協調性も高いことが示唆された。これらの結果は、セラピストのスキルとして身体協調があり、これにより対象者の安定した動作を引き出している可能性を示唆している.

また、Muroi と Kodama らの研究では、脳卒中患者の障害物回避行動における歩行データに対し、SEn を適用している [48]. 具体的には、障害物の配置により回避する困難さを実験的に操作し、障害物に接近するプロセスの左右方向の身体動揺データにおける歩行速度と SEn を算出している。その結果、障害物の回避が困難な条件では、脳卒中患者の歩行速度と SEn が低下することが明らかとなった。これらの結果について、患者にとって課題遂行が難しい場面では、運動の自由度を下げ [49]、または、身体へ注意を向けることで [50]、慎重に歩行を制御しており、その結果が SEn の低下にも現れたのではないかと解釈されている。

以上はリハビリテーション関連分野の適用事例であったが,以下では臨床心理学・精神病理学分野での研究を紹介する.

Hauge らの研究では、統合失調症、鬱病、および、健康な統制群を対象に、手首に装着した加速度センサで計測される時系列データから評価される活動量(motor activity)に対し線形手法(フーリエ解析)と非線形手法(SEn)を応用している [51]. さまざまな観点から多角的に分析した結果、SEn については、毎分取得された活動量の時系列データにおいて、統合失調症患者群の方が統制群、および、鬱病群に比べて SEn の値が高いことが明らかとなった。これについて、Hauge らは、SEn が高

いこと自体,疾患のレベルが高いこと,そして,時系列の予測不可能性が高いことを示し,日常生活における構造化された正常な活動の部分的な破綻を示唆すると考察している.

Schiepek らの研究では、心理療法における変化の過程、特に突如起こる臨界転移 (相転移) 現象を時系列データから抽出するために、シミュレーションデータ、および実験データに対し、RPを含む複数の非線形手法を適用している [52]. その結果、これら複数の手法によって転換点を抽出するできることが示されている。尚、Schiepek らは実験データとして、患者自身による主観的な自己評価法 [53] を用いており、センサデータ以外のデータでも非線形手法が適用でき、カウンセリングにおける変化や転移という現象を評価できる可能性を示唆している点で興味深い。

Kodama らの研究では、患者のデータのみならず、学生の心理カウンセリング場面において、患者(学生)とセラピスト(臨床心理士)の心拍変動を心拍センサで同時計測し、得られた時系列データに対し、二者間の同期・協調の程度を評価するために CRQA を適用している[54]. 約50分間の面接(1事例)の過程で、両者の心拍の同期の程度が、面接の進行・内容に伴ってどのように変化するか調べ、臨床心理学・認知科学的観点から考察された。その結果、セラピストが事後的な主観報告において共感性を示した場面で、心拍の同期が高くなることなどが示唆された。心拍データは生体情報の中でも随意的にコントロールすることが困難なものであり、事例データではあるものの、そのような生理的レベルで、カウンセリング中の二者間の心拍の同期に臨床的な意味がある可能性を示唆している点で興味深い。

#### 5. 今後の展望

生体情報の計測や計算に関わる技術進展は目覚ましい。例えば、ウェアラブルデバイス技術の発達や、機械学習や深層学習といった技術を応用したマーカーレスモーションキャプチャーシステムの登場などにより、非侵襲的で簡易な生体情報の計測・解析が可能になってきている。さらに、コンピュータの性能が向上し高速化が進むことで、複雑な計算や即時的なフィードバックが可能になることが期待されている。本稿で取り上げた非線形時系列解析は、比較的計算のコストが高く解析の実行に時間を要するという問題がある。しかし、今後これらの技術が進歩することによって、医療やリハビリテーション、カウンセリングの臨床、スポーツの実践などの現場で即時的なフィードバックが可能になることが期待される。

また、非線形時系列解析手法もさまざまな拡張、展開

を見せている。RQA については、ふたつ以上の時系列同士に適用できる Joint/Multi-dimensional RQA [55, 56] や、categorical な記号データと continuous な数値データ同士の協調関係に応用する手法 [57] なども提案されている。DFA については、複数の時間スケールでスケーリング指数(ハースト指数)を評価する Multi-scale DFA [39, 58]、マルチフラクタル DFA [59, 60] なども提案されている。SEn についても、ふたつの時系列同士の非同期性を定量化する Cross SEn [41] や、複数の時間スケールでエントロピーを計算する Multiscale Entropy [61] などが提案されている。これら解析手法の発展によって、身体部位間の協調や患者とセラピストなど個人間での協調や同期、対人スポーツでのパフォーマンスの評価への応用も期待される [12].

#### 謝辞

本研究はJSPS科研費18KT0083の助成を受けた研究の一部であり、謝意を表します.

また、本稿は著者らによる解説論文 [1] をもとにしているが、以下に示す加筆修正を行っているため、両者の差異をここに明記したい、まず、解説論文が主に「身体動作」を対象とし、医療・スポーツ分野への応用を想定して執筆されたのに対し、本稿は認知・心理・精神的なシステムも対象に加え、臨床心理学・精神病理学分野への応用も想定している。1章では、この点を踏まえて一部加筆修正している。2章は、構成を一部変更し、新しい節も追加している。3章は、基本的に解説論文に即しながら、表現を一般化できる箇所は変更し、手法の詳説箇所は一部削除している。4章では、本稿で紹介された8つの先行研究のうち、2つは解説論文と同じものを、6つは新規に追加されたものが含まれ、解説論文に含まれていたその他の先行研究は本稿には含まれていない。5章については、解説論文の内容を一部削除して修正している。

#### 引用文献

- [1] 児玉謙太郎,清水大地,安田和弘(2021) 非線形時系列 解析による動作の質の評価と表現: 医療・スポーツ分野 への応用. バイオメカニズム学会誌,45(4),227-238.
- [2] Stergiou, N. & Decker, L. M. (2011) Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Hum Mov Sci*, 30 (5), 869–888.
- [3] Kuznetsov, N. A., Bonnette, S., Riley, M. A. (2013) Nonlinear time series methods for analyzing behavioural sequences. *Complex Syst Sport*, 85–104.
- [4] Carello, C. & Moreno, M. (2005) Why nonlinear methods? In Riley, M. A. & Van Orden, G. C. (Ed.) Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences (1–25). National Science Foundation.
- [5] Bernstein, N. A. (1967) *The Co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- [6] Turvey, M. T. (1990) Coordination. Am Psychol, 45 (8), 938-

- 953.
- [7] Kelso, J. A. S. (1995) Dynamic Patterns: The Self-organization of Brain and Behavior. Cambridge: MIT Press.
- [8] Haken, H. (1988) Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems. Berlin: Springer Science & Business Media.
- [9] Tschacher, W., Schiepek, G., Brunner, J. (1992) Self-organization and clinical psychology: empirical approaches to synergetics in psychology. Berlin: Springer-Verlag.
- [10] Dale, R., Fusaroli, R., Duran, N. D., Richardson, D. C. (2013) The Self-Organization of Human Interaction. Psychology of Learning and Motivation-Advances in Research and Theory, 59, 43-95.
- [11] Riley, M. A., Richardson, M. J., Shockley, K. D., Ramenzoni, V. C. (2011) Interpersonal synergies. *Front Psychol*, 2, 1–7.
- [12] 児玉謙太郎, 岡崎俊太郎, 藤原 健, 清水大地 (2021) シンクロする人々: 個人間の身体的同期に関するレ ビュー. 認知科学, 28 (4), 593-608.
- [13] Van Emmerik, R. E. A., Van Wegen, E. E. H. (2002) On the functional aspects of variability in postural control. Exerc. *Sport Sci Rev*, 30 (4), 177–183.
- [14] 三嶋博之 (2000) エコロジカル・マインド: 知性と環境 をつなぐ心理学. 東京: 日本放送出版協会.
- [15] 山本裕二 (2005) 複雑系としての身体運動: 巧みな動きを生み出す環境のデザイン. 東京大学出版会.
- [16] Gibson, J. J. (1979) The Ecological Approach to Visual Perception: Classic Edition, vol. 20. New York: Psychology Press.
- [17] Kugler, P. N. & Turvey, M. T. (1987) Information, Natural Law, and the Self-assembly of Rhythmic Movement. New Jersey: L. Erlbaum Associates.
- [18] Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (2020) モーター コントロール: 運動制御の理論から臨床実践へ. 東京: 医歯薬出版.
- [19] Stergiou, N., Harbourne, R. T., Cavanaugh, J. T. (2006) Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. J Neurol Phys Ther, 30 (3), 120–129.
- [20] Lipsitz, L.A. & Goldberger, A.L. (1992) Loss of 'Complexity' and Aging. JAMA, 267 (13), 1806-1809.
- [21] Lipsitz, L. A. (2002) Dynamics of stability: the physiologic basis of functional health and frailty. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 57 (3), B115–B125.
- [22] Hausdorff, J. M., Mitchell, S. L., Firtion, R., Peng, C. K., Cudkowicz, M. E., Wei, J. Y. et al. (1997) Altered fractal dynamics of gait: Reduced stride-interval correlations with aging and Huntington's disease. *J Appl Physiol*, 82 (1), 262–269.
- [23] Hayes, A. M. & Andrews, L. A. (2020) A complex systems approach to the study of change in psychotherapy. *BMC Med*, 18 (1), 197.
- [24] Hayes, A. M., Yasinski, C., Ben Barnes, J., Bockting, C. L. H. (2015) Network destabilization and transition in depression: New methods for studying the dynamics of therapeutic change. *Clinical Psychology Review*, 41, 27–39.
- [25] Vaillancourt, D. E. & Newell, K. M. (2002) Changing complexity in human behavior and physiology through aging and disease. *Neurobiol Aging*, 23 (1), 1–11.
- [26] Sleimen-malkoun, R., Temprado, J., Hong, S. L. (2014) Aging induced loss of complexity and dedifferentiation: consequences for coordination dynamics within and between brain, muscular and behavioral levels. *Front Aging Neurosci*, 6, 1–17.
- [27] Hamill, J., Palmer, C., van Emmerik, R. E. A. (2012) Coordinative variability and overuse injury. Sport Med Arthrosc Rehabil Ther Technol, 4 (1), 1–9.
- [28] van Emmerik, R. E. A., Ducharme, S. W., Amado, A. C.,

- Hamill, J. (2016) Comparing dynamical systems concepts and techniques for biomechanical analysis. *J Sport Heal Sci*, 5(1), 3-13.
- [29] Schiepek, G. & Strunk, G. (2021) The identification of critical fluctuations and phase transitions in short term and coarse-grained time series-a method for the real-time monitoring of human change processes. *Biol Cybern*, 102 (3), 197–207.
- [30] Richardson, M. J., Dale, R., Marsh, K. L. (2015) Complex dynamical systems in social and personality psychology: Theory, modeling and analysis. In Reis, H. T. & Judd, C. M. (Ed.) Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology (pp.251-280). Cambridge University Press.
- [31] Webber, C. L. & Zbilut, J. P. (2005) Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems. In Riley, M. A. & Van Orden, G. C. (Ed) Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences (pp.26-97). National Science Foundation.
- [32] Eckmann, J. P., Kamphorst, S. O., Ruelle, D. (1987) Recurrence Plots of Dynamical Systems. *Europhys Lett*, 4 (9), 973–977.
- [33] Coco, M. I. & Dale, R. (2014) Cross-recurrence quantification analysis of categorical and continuous time series: an R package. *Front Psychol*, 5, 510.
- [34] 池口 徹, 山田泰司, 小室元政. (2000) 相原一幸 (編) カオス時系列解析の基礎と応用. 東京:産業図書.
- [35] Zbilut, J. P., Giuliani, A., Webber, C. L. (1998) Detecting deterministic signals in exceptionally noisy environments using cross–recurrence quantification. *Phys Lett A*, 246 (1–2), 122–128.
- [36] Peng, C., Havlin, S., Stanley, H. E., Goldberger, A. L. (1995) Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*, 5 (1), 82–87.
- [37] 藤永 博 (2012) 自発性立位姿勢動揺のフラクタル性に 関する考察:自己相関のクロスオーバーと遅れフィー ドバック制御について. 彦根論叢. 391, 50-64.
- [38] Hardstone, R., Poil, S., Schiavone, G., Jansen, R., Nikulin, V. V., Mansvelder, H. D. et al. (2012) Detrended fluctuation analysis: A scale-free view on neuronal oscillations. *Front Physiol*, 3, 1–13.
- [39] Delignières, D., Torre, K., Bernard, P. L. (2011) Transition from persistent to anti-persistent correlations in postural sway indicates velocity-based control. *PLoS Comput Biol*, 7 (2), e1001089.
- [40] Yentes, J. M., (2016) Entropy. In Stergiou, N. (ed) Nonlinear analysis for human movement variability (173–260). Florida: CRC Press.
- [41] Richman, J. S. & Moorman, J. R. (2002) Physiological timeseries analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 278 (6), 2039– 2049.
- [42] Stergiou, N. (2016) Nonlinear analysis for human movement variability. Florida: CRC Press.
- [43] Kantz, H. & Schreiber, T.(2003) *Nonlinear Time Series Analysis*. Cambridge University Press.
- [44] Hove, M. J., Suzuki, K., Uchitomi, H., Orimo, S., Miyake, Y. (2012) Interactive rhythmic auditory stimulation reinstates natural 1/f timing in gait of parkinson's patients. *PLoS One*, 7 (3), 1–7.
- [45] Vaz, J. R., Knarr, B. A., Stergiou, N. (2020) Gait complexity is acutely restored in older adults when walking to a frac-

- tal-like visual stimulus. Hum Mov Sci, 74, 102677.
- [46] Kodama, K., Yasuda, K., Akatsuka, T., Kuznetsov, N. A., Iwata, H. (2022) The influence of a vibrotactile biofeedback system on postural dynamics during single-leg standing in healthy older adults. *Neurosci Lett*, 786, 136807.
- [47] 児玉謙太郎, 安田和弘, 牧野遼作(2022) リハビリテーション場面における患者―セラピストの身体協調に関する予備的検討. 日本認知科学会第39回大会発表論文集, 611-615.
- [48] Muroi, D., Kodama, K., Tomono, T., Saito, Y., Koyake, A., Higuchi, T. (under review). Approaching process in walking through an aperture for individuals with stroke.
- [49] Haid, T., Federolf, P.(2018) Human postural control: Assessment of two alternative interpretations of center of pressure sample entropy through a principal component factorization of whole-body kinematics. *Entropy*, 20, 1–8.
- [50] Roerdink, M., De Haart, M., Daffertshofer, A., Donker, S. F., Geurts, A. C. H., Beek, P. J. (2006) Dynamical structure of center-of-pressure trajectories in patients recovering from stroke. *Exp Brain Res*, 174 (2), 256–269.
- [51] Hauge, E. R., Berle, J. Ø., Oedegaard, K. J., Holsten, F., Fasmer, O. B. (2011) Nonlinear Analysis of Motor Activity Shows Differences between Schizophrenia and Depression: A Study Using Fourier Analysis and Sample Entropy. *PLoS One*, 6 (1), e16291.
- [52] Schiepek, G., Schöller, H., de Felice, G., Steffensen, S. V., Marie Skaalum Bloch, M. S., Fartacek, C. et al. (2021) Convergent Validation of Methods for the Identification of Psychotherapeutic Phase Transitions in Time Series of Empirical and Model Systems. Front Psychol, 11, 1–14.
- [53] Schiepek, G. K., Viol, K., Aichhorn, W., Hütt, M., Sungler, K., Pincus, D. et al. (2017) Psychotherapy Is Chaotic—(Not Only) in a Computational World. *Front Psychol*, 8, 379.
- [54] Kodama, K., Tanaka, S., Shimizu, D., Hori, K., Matsui, H. (2018) Heart Rate Synchrony in Psychological Counseling: A Case Study. *Psychology*, 9, 1858–1874.
- [55] Bandt, C., Groth, A., Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., Rosenblum, M. et al. (2008) Analysis of bivariate coupling by means of recurrence. *Underst Complex Syst*, 2008, 153– 182.
- [56] Wallot, S., Roepstorff, A., Mønster, D. (2016) Multidimensional recurrence quantification analysis (MdRQA) for the analysis of multidimensional time-series: A software implementation in MATLAB and its application to group-level data in joint action. *Front Psychol*, 7, 1–13.
- [57] Kodama, K., Shimizu, D., Dale, R., Sekine, K.(2021) An Approach to Aligning Categorical and Continuous Time Series for Studying the Dynamics of Complex Human Behavior. *Front Psychol*, 12, 1–10.
- [58] Kodama, K. Yasuda, K., Kuznetsov, N. A., Hayashi, Y., Iwata, H. (2019) Balance Training With a Vibrotactile Biofeedback System Affects the Dynamical Structure of the Center of Pressure Trajectories in Chronic Stroke Patients. Front Hum Neurosci, 13, 1-7.
- [59] Ihlen, E. A. F. (2012) Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis in Matlab. *Front Physiol*, 3, 1–18.
- [60] Nonaka, T., Bril, B. (2014) Fractal dynamics in dexterous tool use: The case of hammering behavior of bead craftsmen. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 40 (1), 218–231.
- [61] Costa, M., Goldberger, A. L., Peng, C. (2002) Multiscale Entropy Analysis of Complex Physiologic Time Series. *Phys Rev Lett*, 89 (6), 068102.

## Developing a Sleep Control Biofeedback Device

Mitsuo YASUSHI\*, Hideki HASHIMOTO\*, Mariko MAKINO\*\*, Masahiro HASHIZUME\*\*

\*Chuo University
\*\*Toho University

#### **Abstract**

Biofeedback devices that control the natural sound volume and promote sleep are widely available. Studies have reported that these devices help improve sleep onset in people with difficulties in falling asleep. Using a vibrating body massage is also known to improve circulation. In passive music therapy, vibrating devices and devices that effectively modify sound sensations are combined to promote sleep. We developed a sleep-promoting biofeedback device that incorporates physical vibrations. The device produces vibrations and a high-quality acoustic signal when a thin vibrator and a sensor are placed under the pillow. The biosensor in this device detects the onset of sleep and reduces sound and vibration intensity according to the participants' wakefulness level. We expected this device to shorten the sleep onset latency. The results of a verification study indicated that participants evaluated sound and vibration attenuation by feedback control from this device as comfortable, suggesting that the device could improve participants' sleep onset latency. The results also indicated that the device could be used as a biofeedback treatment technique because the participants can learn to relax their muscles when the volume and vibration decrease. Biofeedback technology facilitates controlling and recognizing people's physical and emotional states. We propose that this device could increase a person's ability to fall asleep comfortably and quickly.

Ney words: sleep control, biofeedback, detection of sleep onset, body-movement, vibration

Address: 1–13–27 Kasuga, Bunkyo–ku, Tokyo 112–8551, Japan

Chuo University TEL: 090-3452-5471

E-mail: 16a38yas@kfx.biglobe.ne.jp

Received : December 23, 2021 Accepted : August 26, 2022

### ■資料

## 入眠制御バイオフィードバック装置の開発の試み

安士光男\*·橋本秀紀\*·牧野真理子\*\*·端詰勝敬\*\*

\*中央大学
\*\*東邦大学

#### 抄 録

入眠促進の目的で自然音の音量を制御する入眠制御バイオフィードバック装置が知られている。もともと寝つきのよい者の入眠を阻害しないが、寝つきの悪い者にはそれを改善する一助となることが報告されている。また身体に振動を与える振動マッサージは、血行の促進と改善が期待できるほか、音響を付加した体感音響装置はリラクセーション機器として入眠効果もあり、受動的音楽療法として幅広く利用されている。今回、体感音響を用いた入眠制御バイオフィードバック装置を開発した。枕の下に薄型の振動子と体動センサを配置し、高音質の振動と音響信号を再生する。生体センサにより入眠状態を検知し、覚醒水準の低下に合わせて音と振動の強度を小さくする制御を行い、入眠潜時の短縮を目指す。制御なしの場合と比較した結果、フィードバック制御による音量、振動の減衰は参加者にとって快適と評価され、入眠潜時を短縮する可能性が示唆された。また本装置は音量が小さくなっていくときに、筋弛緩状態を学習する可能性があり、バイオフィードバック療法として活用できることも示唆された。バイオフィードバック技術は、身体状態も感情も、テクノロジーで検出し、人間が制御し学習できるものである。このデバイスを使用することにより、人々が快適で早く眠りに就ける能力を向上させることができるかもしれない。

➡ キーワード: 睡眠制御,バイオフィードバック,入眠検知,体動,振動

**連絡先**:〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

中央大学理工学部橋本研究室

TEL: 90-3452-5471

E-mail: 16a38yas@kfx.biglobe.ne.jp

受 付: 2021年12月23日 受 理: 2022年8月26日

#### 1. はじめに

近年の通信インフラ拡大とAI技術の成熟により、快適 な空間を制御する空間の知能化が注目されている[1,2]. 快適な寝室空間の提案として、生体情報を検出し人間の 状態を推定して就寝前に光・映像環境を適切に制御して 入眠を促すことも行われている. また先行研究では入眠 促進バイオフィードバック訓練装置の臨床適応例が報告 されている [3,4]. この装置では皮膚電位水準 (Skin Potential Level,以下 SPL)を用いて自然音(波の音)の 音量を制御し、入眠促進を促している. 就寝時の寝つき の悪さは睡眠障害を引き起こす可能性がある. そこで就 寝前に目を閉じてリラックスさせ寝つきを助けることが 必要であり、そのためのさまざまな入眠促進装置が開発 されている「5」。ゆっくりとした呼吸を誘導するペット ロボットも開発されている [6,7]. 音楽を聴きながら眠 るといった就寝時の音楽聴取は、ストレスへの対処方略 や気分改善のためにも有効である[8]. 振動を用いて覚 醒水準を低下させる例も報告されている [9].

しかし、まどろみの状態に入った後も布団に入った時と同じ音量で音楽が鳴っているとうるさく感じ入眠が妨げられるとされている。高覚醒時は音楽聴取により覚醒水準が上昇することが報告されている[10]. そこで、入眠状態を検知して、それに合わせて音量をフェードアウトする入眠促進が有効であると仮定し、その効果を検証するために、体動情報より眠気を推定し、眠気が増した場合に音と振動を小さくするという情報に変換して本人に伝えることにより、眠くなることを習得できるバイオフィードバック装置を開発することを本研究の目的とした. Fig. 1 に構成図を示す.

#### 2. 方法

#### 2. 1 センサと音響の設置について

一般家庭の寝室での使用を想定すると、小型軽量化や、操作が容易であること、夜間に踏みつけて足に引っ掛けないようにコードを短くする等の安全性への配慮が必要である。また周辺への音漏れ、床下への振動防止など他人への配慮も必要である。ベッドに取り付けた空気圧センサで生体情報を検出する手法の報告は多いが、センサに用いるチューブが長いと容積が大きくなり、圧力が低下して信号レベルが小さくなり計測できないことがある。これは圧脈波、呼吸、体動による変位がチューブを変形させることにより、チューブ内の容積が変化して空気室の圧力が変わるためである。その対策として、チューブに液体を注入する手法がある。しかし性能は改善するものの、構造が複雑になり、液体が漏れる恐れも

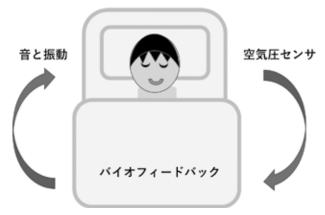


Fig. 1 Biofeedback system

ある. そこで今回は枕の下に短いセンサと体感音響を設置することにした.

また、枕は個人的な好みが大きいので、使用中の枕の下に設置できるように、薄型・大出力にした。また入眠時に聞く音源としては好みの差や飽きがこないことを考慮して、スマホ等のユーチューブ等の音源を用いた。スマホは無線接続し、音楽信号を本装置に入力し制御した。電源はモバイルバッテリに対応できるようにした。病院、治療院での利用の際には、ベッドに取り付けるために電源コードを配置し、また音源は有線放送等のBGMの信号をライン入力で使用できるようにした。

#### 2. 2 装置の構成

無拘束な生体計測を行う方法としては、ベッドに取り 付けた圧電センサまたはチューブ式圧力センサが一般的 に利用されている. 圧電センサでは、薄型センサシート で圧力の変化を電気抵抗値の変化として検出する. これ らの方法では、マットレスの下に複数のセンサを埋め込 むことにより検出するが、使用者の姿勢(背臥位、側臥 位等)によっては、また、マットレスが柔らかい場合に は振動が減衰して検出が難しい場合もある. また圧電セ ンサからの信号は高インピーダンスの信号であるため, ケーブルの動きや、電磁ノイズやラジオ波などの環境の 影響により品質が低下する. 信号の品質の確保には高性 能なシグナルコンディショナが必要である. 本装置で用 いた空気圧センサの信号は、チューブ内で気圧センサを 用いて電圧変換するのでノイズの影響が少ない. マット レスの下にチューブを設置する場合には、チューブの長 さが長くなり、空気の漏れ等があると出力信号が小さく なることがあるので、今回は枕の下で比較的長さの短い (150 mm) のチューブを用いた. また枕の充填物が柔ら かい場合にはセンサと充填物の隙間が生じ、圧力変化が 伝わりにくい場合があるので、圧力センサを音と振動の プレート (100 mm×250 mm×20 mm) 上に配置して信号 の減衰を防いだ.

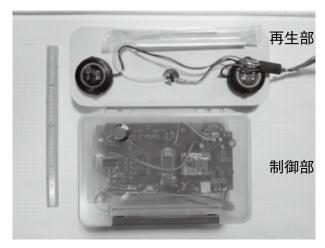


Fig. 2 Biofeedback Device for Sleep Control

また、枕の下でも十分な音量の振動を実現するために 高出力のデジタルアンプを用い小型薄型にした. 空気圧 センサで体動を検出し、眠りの判別を行う. 音楽入力は Bluetooth 接続またはライン入力が選択でき、電源は AC アダプタまたはモバイルバッテリが選択可能である.

Fig. 2 に本装置の外観を示す. 振動と音の再生部は枕の下に配置する. 本装置の再生部の空気圧センサは, 直径 12 mm 長さ 150 mm のシリコンチューブの端部に血圧計に用いられる空気圧センサを封入したものになっている. 枕の下に配置したのは, マットレスの硬さ, 姿勢の影響を少なくするためである. 制御部は, センサ出力を増幅し, 生体情報より睡眠―覚醒状態を検出し, 音量を制御(フェードアウト)する. 生体データと制御信号はSDカードに記録し解析を容易にした.

#### 2. 3 睡眠・覚醒の判定アルゴリズム

睡眠状態を客観的に評価するツールとして、加速度センサから体の動きを得るアクチグラフが一般的に利用されている[11]. 腕時計式で簡便に装着できることからこの睡眠・覚醒リズムの大まかな傾向の観察には有効な方法と考えられている。アクチグラフは対象者の活動量を単位時間ごとに測定する方法で、非侵襲的で長期連続測定も可能である。今回用いたアルゴリズムは、アクチグラフで用いられている Zero-cross 法で Epoch Time は1分間の設定とした。カウント数は一定時間ごと(0.1 秒ごと)に閾値を超えた動きの数の合計である。睡眠・覚醒の判定は10 秒間の加速度のカウント数の平均と、1 分間の累積のカウント数の平均を比較し、10 秒間の加速度のカウント数が累積のカウント数より減ると睡眠方向に向かっていると判定した。

## 2. 4 音量,振動の制御のアルゴリズム

入眠時に急激に音が停止すると入眠が妨げられるよう に感じることがある.このことから音量の変化には気づ かない方がいいと考える.ウェーバーの法則より,人が

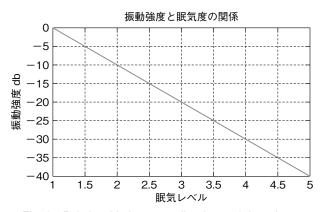


Fig. 3 Relationship between vibration and drowsiness

検知できる音の変化の比率は、約1dBとされているので音量の変化は1dB以下の方が好ましい。 眠気レベルを覚醒から睡眠まで5段階で評価し、1を覚醒、5を睡眠とした場合の眠気レベルと信号の強度の関係を Fig. 3に示す.

眠くなる方向に向かうにしたがって聴覚刺激と振動刺激の強度を減じ、最終的には入眠とともに刺激強度が-40 dB となるようにした. 覚醒する方向に向かう場合は強さを一定時間(1分間)保持する. 睡眠状態に近づくとフェードアウトする制御を行う. 比例制御では、半覚醒状態で推移する場合に音が大きくなったり小さくなったりする場合があり、変動が刺激になり眠りにくい場合がある. そこで、睡眠方向へは比例制御とし、覚醒方向には音量を維持した.

Fig. 4 に眠気と制御量の関係の例を示す。実線が眠気度合いで1が覚醒,0が眠りとしている。振動強度と眠気の関係はFig. 3 の通りで比例関係である。音量の制御量は1が減衰なしで,0が-40 dBの減衰としている。破線が枕の動きからわかる体動の出現割合である。横軸は時間(分)で,60分計測している。上の図はすぐに眠れたフェードアウトが早い例で,下の図は寝つきが悪い例である。

### 3. 装置の検証実験

#### 3. 1 対象と概要

腰の位置に振動子を配置し振動を与える 15 分間の実験を行った.振動は体動の低下とともに減衰するもの (feedback 制御条件:以下 FB 条件)と、強度が変わらないもの (constant 条件:以下 const 条件)を比べる.音量の制御信号は  $0\,dB\sim-40\,dB$  までである.制御信号は  $0\,が最大で、10\,秒に 1$  回、眠気が増加すると  $0.5\,dB$  小さくなる.被験者は健常者男性  $4\,4$  名  $(18\sim22\,$  歳)である.各被験者が FB 条件と const 条件を行った. なお、実験内

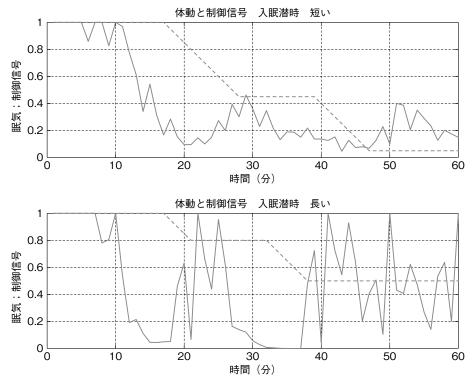


Fig. 4 Relationship between vibration and drowsiness (solid line: Drowsiness control, dashed line: body movement)

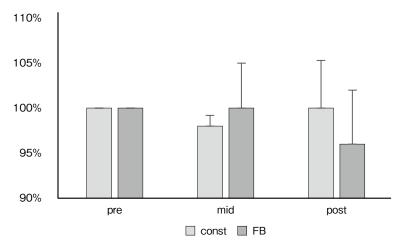


Fig. 5 Changes in heart rate

容, 手順などは中央大学倫理委員会の承認を受け, 被験者には実験の目的と内容について十分に説明し書面にて 承諾を得た.

閉眼安静で15分間音と振動を受ける. 心拍数の変化は、前半5分(pre 期)、中盤5分(mid 期)、後半5分(post 期)の平均心拍数を計算し、pre 期の心拍数を基準として mid 期と post 期の心拍数の比を求めた. 振動の強さは実験後に自己記入式の質問紙で「1. 弱い―2. 少し弱い―3. 適切―4. 少し強い―5. 強い」について回答してもらった. 眠気レベルの値は実験後に自己記入式の質問紙で「1. まったく眠くない―2. やや眠い―3. 眠い―4. かな

り眠い一5. 非常に眠い」について回答してもらった.

#### 3. 2 実験結果

平均心拍数の変化について **Fig. 5**に示す. const 条件では、pre 期で平均 59.0 bpm、mid 期では平均 58.0 bpm、post 期では平均 58.9 bpm であった. FB 条件では、pre 期で平均 59.5 bpm、mid 期で平均 59.3 bpm、post 期では 57.1 bpm であった. pre 期と比べた変化率を調べると、const 条件では mid 期で 0.98、post 期で 1.00、FB 条件では mid 期で 1.00、post 期では 0.96 であった. 15 分後の心拍数は FB 条件の低下率が const 条件より大きかった.

音と振動の強度について、実験後に pre 期、mid 期、

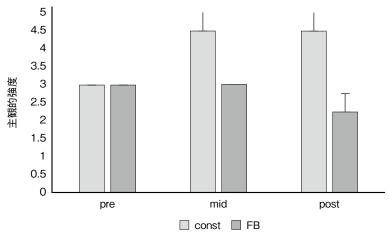


Fig. 6 Sound and vibration intensity (Subjective evaluation)

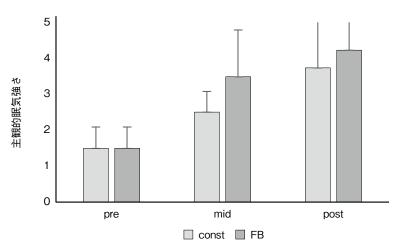


Fig. 7 Changes in drowsiness

post 期について記入式の質問紙で調査した. 音と振動の 強度についての主観報告の結果をFig. 6に示す. const条 件では、pre 期で平均3 (適切)、mid 期では平均4.5 (少 し強い, 強い), post 期では平均 4.5 であった. FB 条件 では、pre 期で平均 3 (適切), mid 期で平均 3 (適切), post 期では 2.25 (少し弱い) であった. 強度の主観報告 について, const 条件は, 時間経過とともに音と振動が大 きく,強度が強いと感じていた. FB 条件は変化なし,ま たは少し減少し、音量が適切だと感じていた.

眠気度の変化についてFig.7に結果を示す.const条件 では、pre 期で平均 1.5 (まったく眠くない~やや眠い), mid 期では平均 2.5 (やや眠い~眠い), post 期では平均 3.75 (眠い~かなり眠い) であった. FB 条件では, pre 期で平均1.5 (まったく眠くない~やや眠い), mid 期で 平均 3.5 (眠い~かなり眠い), post 期では 4.25 (かなり 眠い~非常に眠い)であった. 制御なし(const)と制御 条件(FB)は経過時間とともに眠気度は増している. 制 御条件の方が早い段階 (mid:6~10分) で眠気が強く出 ている.

### 4. 考察

枕の下に配置する睡眠促進用の小型の振動音響装置を 開発した. 生体データはチューブ型圧力センサで体動を 検出し、それをもとに覚醒―睡眠の判定を行い、覚醒水 準に応じて音と振動の強度を制御した. 眠気の増加によ り強度を下げる制御がなされることを確認した.振動の 効果は管理医療機器に該当している家庭用マッサージに おいて、場所を問わずリラクセーション効果、血行改善 があることが認められている. 本研究では検証実験で腰 の位置に振動子を配置し、振動が適切な強度で動作した ことを確認した. 提案するシステムの振動と音の再生部 は枕の下に配置した.

先行研究の装置では、覚醒水準の計測に SPL (皮膚電

Table 1 Comparison with previous studies

	先行研究	今回の研究
センサ	SPL (皮膚電位水準)	空気圧センサ
フィードバック	音(自然音)	楽曲より抽出した音と 振動
配置場所	腕	枕
制御方法	音量を比例制御	減衰方向のみ制御

位水準)を用いて、音源は波の音を用い、音量は比例制御している。SPLの測定は腕に取り付けた電極で行っている。本研究では睡眠検知をより簡易的に計測するために、枕の下に配置した空気圧チューブから体動を検知し、体動が減少する割合から睡眠判定を行った。

また音源については、個人的な好みがあり、繰り返し 実験した場合に飽きが生じる場合があるので、好みの楽 曲を選択できるようにした。入眠困難な被験者の覚醒水 準が低下した場合に音量が上下すると気になって眠りを 妨げる場合があると考えて、覚醒方向の変化については 音量を一定に制御した。先行研究と今回の研究との比較 を Table 1 に示す。

今回、先行研究と比較して、装置の小型化と操作の簡素化を実現できた。今後は生体情報センサの検出精度比較と医学的検討、心理学的検討が必要である。またバイオフィードバック療法として振動 FB 装置は、音量が小さくなっている時、リラックス状態に気が付くことから眠くなることを学習する可能性が示唆された。バイオフィードバックでは人間の身体状態も感情も、いまやテクノロジーで検出し制御したりできるものになりつつある。入眠状態を制御できる能力を拡張し、アップグレードすることにより新たな価値観を創造し、多様なライフ

スタイルを追求できる可能性を示唆している. 今後 BF 装置を複数試作し, 医学系の研究機関にて精神生理学的 不眠症状緩和の治験を行い, データ収集と解析を進めたい.

#### 引用文献

- [1] 橋本秀紀, 新妻実保子, 佐々木毅 (2005) 空間知能化— インテリジェント・スペース. *日本ロボット学会誌*, 23 (6), 674-677.
- [2] 橋本秀紀 (2001) 空間知能化に関する研究動向. *産業応 用部門誌*, 121 (9), 917-922.
- [3] 西村千秋, 菊池吉晃, 満渕邦彦 (1979) 皮膚電位を利用 した入眠抑制バイオフィードバック. 医用電子と生体 工学, 17-特別号, 746-747.
- [4] 西村千秋, 南雲仁一 (1980) 電位水準を利用した入眠制 御バイオフィードバック. 医用電子と生体工学, 18(5), 327-333.
- [5] 北堂真子,栗原崇浩,山本雅一,寺澤 章,白川修一郎 (2007) 就寝時におけるシステム制御された複数の感覚 刺激が入眠に及ぼす影響. 人間工学, 43, 434-435.
- [6] 浦部裕行,木場晏也,大須賀美恵子(2021)クッションロボットによる呼吸誘導を用いた入眠促進装置の提案. HAIシンポジウム 2021 論文集,44-45.
- [7] 浦谷裕樹, 大須賀美恵子 (2015) エアバッグを用いた子 ども向けの呼吸誘導ぬいぐるみの開発. 人間工学, 51 (6), 428-434.
- [8] 高玉圭樹,村田暁紀,上野 史,田島友祐,原田智広 (2016) 快眠を導く音とは―心拍・呼吸に連動した音の 睡眠への影響. 一般社団法人日本人間工学会,31(3), 383-388.
- [9] 北堂真子, 荒木和典, 高橋達也, 井邊浩行, 梁瀬度子 (1999) 電車の固有振動と 1/f ゆらぎ特性を応用した振動による入眠促進効果. 人間工学, 35 (4), 229-239.
- [10] 岩城達也 (1997) 音楽の覚醒調整効果に関する精神生理 学的研究. 広島大学総合科学部紀要, *IV 理系編*, (23), 187-190.
- [11] 中山栄純, 小林宏光, 山本 昇 (2006) アクチグラフに よる睡眠・覚醒判定の基礎的検討. 石川看護雑誌 (Ishikawa Journal of Nursing), 3 (2), 31-37.

## 第 50 回・第 51 回 日本バイオフィードバック学会学術総会のお知らせ

第50回・第51回日本バイオフィードバック学会学術総会の開催予定をお知らせいたします。

### ■第50回日本バイオフィードバック学会学術総会

総会会長:小林能成(東洋英和女学院大学人間科学部)(心理系)

会期:2023年6月17日(土):18日(日)

会場:東洋英和女学院大学

企画: 学会 50 年の歩みと BF のこれから、新たな領域との出会い

上記のテーマで企画を進めています。会員皆様には何卒ご協力賜りますようお願い申し上げます。また今大会は対面での開催を目指しておりますので、是非多くのご参加をお待ちしております。

https://sites.google.com/toyoeiwa.ac.jp/bf50th2023/

#### ■第51回日本バイオフィードバック学会学術総会

総会会長: 辻下守弘 (奈良学園大学保健医療学部) (医学系)

会期案:2024年6月中旬の土日を予定

会場案:奈良学園大学(奈良県奈良市中登美ケ丘三丁目 15-1)

企画案:隣接するけいはんな学研都市(正式名称:関西文化学術研究都市)と連携して、最先端技術を応用

したバイオフィードバックの未来を展望する.

公益財団法人関西文化学術研究都市推進機構(kri.or.jp).

日本バイオフィードバック学会事務局

## 日本バイオフィードバック学会 2022(令和 4)年度第 1 回 理事会議事録

日時: 2022年6月16日(木)18:00~19:45

場所:Zoom 会議

出席者(敬称略):飯田俊穂,岩田浩康,浦谷裕樹,及川 欧,加藤由美子,神原憲治,小林能成,榊原雅人, 志和資朗,末松弘行,竹林直紀,辻下守弘,中尾睦宏,端詰勝敬,平岡 厚,廣田昭久, 星野聡子,松野俊夫,宮本芳文,村岡慶裕(五十音順)

司会:端詰勝敬理事長

#### ≪議事≫

1. 理事長挨拶(端詰勝敬理事長)

2. 2021 年度事業報告・2022 年度予算報告

端詰理事長より 2021 年度の事業報告・決算報告があった.

日本心理諸学会連合への年会費重複振り込み分を次年度に充当させる処理について決算報告に明記する, 著作権料の増額理由について確認する,著作権増額理由については調査中.

監事の平岡厚先生,小林能成先生に監査を受け,適正な決算処理が行われていることが報告され,理事会にて承認された.

#### 3. 各委員会等の報告

(1) 編集委員会

榊原委員長より、編集委員会の活動について説明があった.

(2) 総務委員会

端詰理事長より代理報告がなされた.

- ①学会会則・細則・規約等の整備について
  - ・会則・規約等の検討整備を行い, 準会員区分を廃止し正会員へ統合する等, 種々の会則改定が 2020 年 度総会 (2020/8/6) で了承 (→バイオフィードバック研究・2020 年・47 巻・第 2 号, p.58-60) され, 改訂した.
- ②財務健全化として、納入法の改善、新入会員増加を目指す工夫、長期会費滞納者への扱い等の検討を 行った.
  - ・納入方法として、ネット送金が可能になった (→バイオフィードバック研究・2020 年・47 巻・第 2 号, p.50).
  - ・新入会員増加を目指す方策として、学会ホームページの魅力度アップや学会員の特典等を検討. その結果、学会ホームページの魅力検討も含めて、新・HP 企画管理委員会が発足することになった.
  - ・長期会費滞納者に関わる会則変更が総会了承された( $\rightarrow$ バイオフィードバック研究・2021 年・48 巻・第 2 号、p.86).

### 【来期総務委員会への申し送り事項】

- ・学会会則・細則・規約等の整備はおおむね完了. 時代に合わせながら必要な見直しを.
- ・学会員の特典に関わって、現在の本学会誌は自由にダウンロードできるため、学会会則の細則にある、 学会費滞納抑止のための「機関誌の配布などの会員権利を制限もしくは停止」の「機関誌の配布」の 文言は、削っておく必要があろう。
- ・財務健全化に関わる新入会員増加に向けての方策として、学会ホームページの充実は新・HP 企画管理委員会にお願いできることとなった。その他の方策の検討として、「学会員の特典」についても、今後の学会の魅力度アップのために、継続検討が必要。

- ・長期滞納者への督促状況などを踏まえて、今後、必要に応じた規約修正等を、
- ・「現準会員」の方の正会員への移行状況のその後.
- ・長期滞納者の督促状況とその後.

#### (3) 事務局報告

総務委員会で決定された会費督促方法・準会員資格廃止に伴う意向確認など以下の報告がなされた.

#### 【入退会人数】

入会者5名 退会者4名

#### 【年会費納入状況】

2021 年度年会費納入率 60%

請求対象 138名

納入者 83名

#### 【年会費督促業務】

2021年11月,2022年3月と2回にわたり、年会費の督促案内を行った.

- ①2021年度 1年未納者49名中(2021年11月時点) 32名振り込みあり.
- ②2年・3年・長期滞納者39名中(2021年11月時点) 4名振り込みあり.

長期滞納者については 特別救済減額措置適用に伴い, 上限 54000 円.

特別救済減額措置は 2021 年~2022 年の 2 年限りとなるため, 2022 年までに学会費が支払われない場合は一旦会員資格を喪失する(資格喪失後 2 年間は再入会不可).

③準会員廃止に伴う意向確認

2025年で準会員廃止に伴い、2021~24は移行期間となり、準会員に意向確認を行った。

#### (4) 企画広報委員会

中尾委員長から活動報告がなされた.

#### (5) 資格認定委員会

- ・令和3(2021)年度収支報告及び令和4(2022)年度予算案について報告された。
- ・第62回資格認定講習会(第48回学術総会)について報告.
- ・第63回資格認定講習会(UPM33回大会)について報告.
- ・第64回資格認定講習会(第49回学術総会)について報告.

#### <審議事項>

新規資格認定審査について 下記の2名の資格認定が承認された.

宇佐見敏夫

清水 努

#### (6) HP 企画管理委員会

浦谷委員長より報告があった.

・HPのトップに49回学術大会HPへのアクセスの誘導になるようにスライド表示されるようにした. 今後は大会告知期間以外には、バイオフィードバック学会のPRになる動画などを掲載していきたく、 動画素材の提供のお願いがあった.

#### (7) 倫理委員会

端詰委員長より、定期総会後、COI報告書をお送りすることが説明された。

## (8) 国際交流委員会

及川委員長から活動報告がなされた.

- ・第 48 回日本バイオフィードバック学会における企画シンポジウム・論文化を予定する.
- ・AAPB における JSBR 紹介論文.

"History and Recent Advances of the Japanese Society of Biofeedback Research"

Authors: Oikawa LO, Hirota A, Uratani H, Sakakibara M.

Appl Psychophysiol Biofeedback 2021 Dec, 46 (4), 309–318.

- ・第49回日本バイオフィードバック学会における企画シンポジウム.
- ・次期国際交流委員会へ引継ぎ.

#### (9) 心理医療諸学会連合(UPM)

中尾委員より, 活動報告がなされた

### (10) 日本心理学諸学会連合(日心連)

端詰委員より、大会開催中に総会がある旨の報告がなされた.

#### (11) 横断型基幹科学技術研究団体連合

端詰理事長より、横幹連合の総会について報告がなされた.

### 4. 次期学術総会大会長 2022 年度 第 50 回総会(心理系)

大会長の小林能成先生(東洋英和女学院大学)よりご挨拶があった.

開催地:横浜(会場⇔駅間でバスを手配予定)

## 5. 次々期学術総会大会長 2024 年度 第 51 回総会 (医学系)

次々期大会長として辻下守弘先生が推薦され、承認された.

#### 6. その他

端詰理事長より心理医療諸学会連合(UPM)から研修会(例年開催)・シンポジウムの依頼がきている旨が報告された。

以上

## 日本バイオフィードバック学会 2021 (令和 3) 年度 一般会計 収支計算書

☆収入の部
(単位:円)

科目	2021年度予算	2021年度決算	決算-予算	備考
前年度繰越金	1,359,833	1,359,833	0	2020 年度次年度積立金に
				選挙積立金 240000 円を追加
入会金	10,000	10,000	0	5名入会
年会費(当年度分)	900,000	654,000	-246,000	79名(2021年度年会費納入率 60%)
年会費 (過年度分)	200,000	210,000	10,000	11 名
賛助会員	0	0	0	
広告料	150,000	180,000	30,000	20000 円×9 社
学会誌売上	80,000	5,000	-75,000	年間購読料×1件
著作権料	60,000	326,908	266,908	
論文掲載料	0	0	0	
受取利息	0	3	3	
雑収入	0	0	0	
特別収入	0	0	0	
計	2,759,833	2,745,744	-14,089	

## ☆支出の部

科目	2021年度予算	2021年度決算	決算-予算	備考
学会誌等印刷費	500,000	440,000	-60,000	「BF 研究」第 48 巻第 1 号および第 2 号
選挙・名簿関連費	240,000	79,767	-160,233	事務局選挙業務委託費
HP 管理費	320,000	220,000	-100,000	HP 運営料金
通信費	50,000	26,650	-23,350	郵送費、サーバーレンタル料
会議費	50,000	0	-50,000	総会開催通知の発送費用
旅費交通費	10,000	0	-10,000	
事務用品費	5,000	0	-5,000	
総会補助金	200,000	200,000	0	第 48 回学術総会補助金
関連学会年会費	105,000	105,000	0	UPM, 日心連, 横幹連合
				*日本心理諸学会連合の当該会計年度
				外の支出対応あり(重複支払いにつき,
				2022 年度年会費支出とする).
事務局委託費	261,000	250,970	-10,030	
支払手数料	4,374	3,575	-799	振込手数料
雑費	0	0	0	
選挙積立金	80,000	0	-80,000	
次年度繰越金	934,459	1,419,782	485,323	2022 年度へ繰越
計	2,759,833	2,745,744	-14,089	

当期純収支差額	予算	収支
		(次年度繰越-前年度繰越)
(収支から繰越金除く)	-425,374	59,949

## ※次年度繰越金の内訳

一般会計銀行口座残高	1,419,782
(内訳)	
振替口座(ゆうちょ銀行)	706,034
00180-3-710249	
三菱 UFJ 銀行	713,748
店番号:117	
口座番号:0230031	

## 日本バイオフィードバック学会 2022 (令和 4) 年度 一般会計 予算(案)

**☆収入の部** (単位:円)

科 目	2022 年度予算	2021年度決算	決算 – 予算	備考
入会金	10,000	10,000	0	5 名入会
年会費(当年度分)	900,000	654,000	-246,000	正会員8000円×100, 準会員
				6000×10,学生 4000 円×10
年会費 (過年度分)	210,000	210,000	0	2022 年度以前の年会費
賛助会員	0	0	0	
広告料	150,000	180,000	30,000	学会誌広告料
学会誌売上	5,000	5,000	0	年間購読料×1件
著作権料	60,000	326,908	266,908	文献複写に対する著作権料
論文掲載料	0	0	0	超過ページ料金など
受取利息	0	3	3	
雑収入	0	0	0	
特別収入	0	0	0	
計	1,335,000	1,385,911	50,911	

## ☆支出の部

科目	2022 年度予算	2021年度決算	決算-予算	備考
学会誌等印刷費	440,000	440,000	0	「BF 研究」第 49 巻第 1 号および
				第2号
選挙・名簿関連費	0	79,767	79,767	
HP 管理費	220,000	220,000	0	HP 運営料金
通信費	50,000	26,650	-23,350	郵送費、サーバーレンタル料
会議費	50,000	0	-50,000	
旅費交通費	10,000	0	-10,000	
事務用品費	5,000	0	-5,000	
総会補助金	200,000	200,000	0	第 50 回学術総会補助金
関連学会年会費	75,000	105,000	30,000	UPM, 日心連, 横幹連合
				*心理諸学会連合年会費 2021 年度
				に支出した為, 2022 年度は拠出不
				要の為,30000 円予算減額
事務局委託費	261,000	250,970	-10,030	
支払手数料	4,374	3,575	-799	振込手数料
雑費	0	0	0	
特別支出	0	0	0	
計	1,315,374	1,325,962	10,588	

当期純収支差額	2022 年度予算	2021 年度決算
	19,626	59,949

## 日本バイオフィードバック学会 2022 (令和 4) 年度 新理事会議事録

日時: 2022年6月16日(木)19:45~20:15

場所:Zoom 会議

出席者(敬称略):後濱龍太,飯田俊穂,岩田浩康,浦谷裕樹,及川 欧,大須賀美恵子,加藤由美子,神原憲治,小林能成,小山明子,榊原雅人,志田有子,志和資朗,末松弘行,竹内武昭,竹林直紀,辻下守弘,中尾 睦,端詰勝敬,平岡 厚,廣田昭久,星野聡子,村岡慶裕

司会:端詰勝敬理事長

#### ≪議事≫

- 1. 理事長挨拶 (端詰勝敬理事長)
- 2. 新理事・新監事の自己紹介
- 3. 理事長選挙

Zoom 機能を用いた投票を行った. 新理事・新監事立ちあいの元で、開票集計作業を行った結果、廣田昭 久先生が新理事長として選出され、総会に報告することになった.

以上

## 日本バイオフィードバック学会 2022 (令和 4) 年度 総会議事録

日時: 2022年6月20日(日)12時00分~

場所:早稲田大学・Zoom でのハイブリット開催 議長 端詰勝敬理事長

### 1. 2021 (令和3) 年度事業報告

資料に基づいて報告された.

2. 2021 (令和3) 年度決算報告

資料に基づいて説明され、承認された. 監事の小林先生より承認の報告がなされた.

3. 2022 (令和 4) 年度事業計画案

資料に基づいて案が提示された.

4. 2022 (令和 4) 年度予算案

端詰理事長より、資料に基づいて説明がなされ、承認された.

#### 5. 各委員会等の報告

- (1) 編集委員会
- (2) 総務委員会
- (3) 資格認定委員会
- (4) 企画広報委員会
- (5) ホームページ企画管理委員会
- (6) 倫理委員会
- (7) 国際交流委員会
- (8) 心理医療諸学会連合(UPM)
- (9) 日本心理学諸学会連合(日心連)
- (10) 横断型基幹科学技術研究団体連合 (横幹連合)

#### 6. 役員改選結果報告

名	设 職			氏	名		
理事長		廣田	昭久	(心理学	学系)		
		端詰	勝敬	(医学系	<u>ڊ)</u>		
副理事長		岩田	浩康	(工学系	<u>ڊ)</u>		
		榊原	雅人	(心理学	学系)		
		飯田	俊穂	及川	欧	神原	憲治
		小山	明子	志田	有子	末松	弘行
	(医学系)	竹内	武昭	竹林	直紀	辻下	守弘
		中尾	睦宏	端詰	勝敬	平岡	厚
理事		都田	淳				
<b>任</b> 争	(エ兴玄)	後濱	龍太	岩田	浩康	浦谷	裕樹
	(工学系) 	大須賀美恵子 村岡 慶裕					
		加藤田	由美子	小林	能成	榊原	雅人
	(心理学系)	志和	資朗	成瀬	九美	廣田	昭久
		星野	聡子				
監事	(医学系)	鈴木	里砂				
	(工学系)	安士	光男				
	(心理学系)	松野	俊夫				

### 7. 名誉会員推薦

宫本芳文先生, 山口 浩先生

第50回大会について

端詰理事長より、東洋英和女学院大学の小林能成先生に主催いただくことが報告された.

## 8. 第51回大会について

2024年の第51回大会を辻下守弘先生に主催いただくことが報告された.

#### 複写される方へ

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社) 日本複写権センターと包括複写許諾契約 を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の 団体から許諾を受けて下さい.

〒 107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル (中法) 学術著作権協会 電話 (03) 3475-5618 FAX (03) 3475-5619 E-Mail: jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい.

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい.

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone 1-978-750-8400 FAX 1-978-646-8600

## バイオフィードバック研究 第49巻 第2号

Japanese Journal of Biofeedback Research Vol. 49 No. 2

2022 年 10 月 25 日発行

日本バイオフィードバック学会

〒 470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池 12

愛知学院大学心理学部心理学科榊原研究室内

TEL. 0561 (73) 1111 EXT. 3325

FAX. 0561 (73) 9322

E-mail: bf\_edit@dpc.agu.ac.jp

12 Araike, Iwasaki-cho, Nisshin-shi, Aichi 470-0195

Japan

印刷所 三報社印刷株式会社

東京都江東区亀戸7丁目2番12号

TEL. 03 (3637) 0005 (代)









セロトニン・ノルアドレナリン再取り込み阻害剤(SNRI) 薬価基準収載

EFFEXOR® SR CAPSULES

ベンラファキシン塩酸塩徐放性カプセル

劇薬 処方箋医薬品

注意一医師等の処方箋により使用すること

●効能又は効果、用法及び用量、禁忌を含む使用上の注意等については、電子添文をご参照ください。

## ヴィアトリス製薬株式会社

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 5-11-2 文献請求先及び問い合わせ先: メディカルインフォメーション部 住友ファーマ株式会社

〒541-0045 大阪市中央区道修町 2-6-8 文献請求先及び問い合わせ先:くすり情報センター

EFX72K008D EFX P-13330v03





日本イーライリリーは製薬会社として、

人々がより長く、より健康で、充実した生活を実現できるよう、 がん、糖尿病、筋骨格系疾患、中枢神経系疾患、自己免疫疾患、 成長障害、疼痛などの領域で、日本の医療に貢献しています。

## 日本イーライリリー株式会社

〒651-0086 神戸市中央区磯上通 5-1-28 www.lilly.co.jp



世界中の人々の 健康で豊かな生活に貢献する イノベーションに情熱を。ひとに思いやりを。



第一三共株式会社



# Better Health, Brighter Future

タケダは、世界中の人々の健康と、 輝かしい未来に貢献するために、 グローバルな研究開発型のバイオ医薬品企業として、 革新的な医薬品やワクチンを創出し続けます。

1781年の創業以来、受け継がれてきた価値観を大切に、 常に患者さんに寄り添い、人々と信頼関係を築き、 社会的評価を向上させ、事業を発展させることを日々の行動指針としています。

武田薬品工業株式会社 www.takeda.com/jp



## JAPANESE JOURNAL OF BIOFEEDBACK RESEARCH Volume 49 No.2 2022

President Akihisa HIROTA (Kamakura Women's University) Chief Editor Yoshinari KOBAYASHI (Toyo Eiwa University) Sub Editor Masahito SAKAKIBARA (Aichi Gakuin University)

#### **Associate Editor**

Naoki TAKEBAYASHI (Natural Clinic for Holistic & Integrative Medicine)
Jun MIYAKODA (Toho University) Yoshihiro MURAOKA (Waseda University)

CONTENTS					
President Address					
Akihisa HIROTA 43	( <sub>1</sub> )				
Special Address					
Promotion of Self-Care Activities to Prevent Mental Health Problems Associated with COVID-19					
	(3)				
How to Realize Mindfulness and Soothe the Mind and Brain Hiroaki KUMANO 53	(11)				
Invited Address					
Physical Activity and DementiaRyota SAKURAI 59	(17)				
Biofeedback Medical Device, PARO: Incorporation into Global Medical and					
Welfare Systems and Contribution to Solving Social Issues Takanori SHIBATA 65	(23)				
BF Lecture					
The Utility of Biofeedback in Psychosomatic Medicine Yuya SAKAZAKI and Tetsuya ABE 73	(31)				
Biofeedback using Self-Made Measuring Device77	(35)				
Application of Nonlinear Methods to Time Series Obtained					
from Biological Data	(41)				
Data					
Developing a Sleep Control Biofeedback Device					
Mitsuo YASUSHI, Hideki HASHIMOTO, Mariko MAKINO, Masahiro HASHIZUME 93	(51)				
Announcement from Comittees and Secretariat	(59)				

## JAPANESE SOCIETY OF BIOFEEDBACK RESEARCH

Department of Psychology Aichi Gakuin University 12 Araike Iwasaki-cho Nisshin-shi Aichi 470-0195 Japan