

バイオフィードバック研究

Japanese Journal of Biofeedback Research

2023
vol.50
No.1

目次

巻頭言

バイオフィードバックの明日に向けて 廣田昭久 1 (1)

特集

日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから 日本バイオフィードバック学会編集委員会 3 (3)

バイオフィードバックの黎明期と私 末松弘行 4 (4)

リハビリテーション医学の立場から 千野直一 6 (6)

バイオフィードバックとの50年 西村千秋 8 (8)

日本バイオフィードバック学会と私の研究人生 中尾陸宏 13 (13)

バイオフィードバックの魅力と今後の発展について 辻下守弘 15 (15)

バイオフィードバック研究と私 松野俊夫 18 (18)

データサイエンス時代の心身医学に於けるバイオフィードバック 神原憲治 24 (24)

バイオフィードバック研究とのかかわり 端詰勝敬 28 (28)

バイオフィードバック研究を通じた「ワタシの見える化」の未来 浦谷裕樹 30 (30)

バイオフィードバックの歩み 飯田俊穂 33 (33)

バイオフィードバック学会との長いおつきあい 大須賀美恵子 36 (36)

呼吸バイオフィードバックをめぐる旅

～A Breathing Biofeedback Chase～ 梅沢章男 38 (38)

医・工・心協働と多職種によるバイオフィードバックの向かう先 及川 欧 41 (41)

広報企画委員会企画シンポジウム

学際領域から探索するバイオフィードバックの可能性：座長からのコメント 中尾陸宏 46 (46)

道具の身体化・身体 of 道具化—経験の可能性を拓ける道具のデザイナー— 上杉 繁 48 (48)

熟練パフォーマンスから読み解く階層的知覚—行為システムとしての身体 工藤和俊 62 (62)

会報 68 (68)

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)	安士光男
(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 企画管理委員会	委員長 浦谷 裕樹 副委員長 小林 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
日本心理学諸学会連合委員	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

バイオフィードバックの明日に向けて

廣田昭久

日本バイオフィードバック学会 理事長

「心と身体対話 バイオフィードバックの世界」[1]。この本との出会いが私の「バイオフィードバック」とのファーストコンタクトであり、さらには、その後の私の人生を決めるものになった。

当時、私の大学には生協がなく、学食の隣にある購買部の一角が小さな本屋コーナーになっていた。昼飯を食った後に、この本が並ぶ一角に寄るのが私のお決まりのコースだった。ある時、平積みされた本の中に、不思議な絵がカバーとなった本に気づいた。頭の上に文字を記したさまざまなサイズの円が幾重にも重なり、一際目をひいたのは、頭を中心から真上に延びた赤い炎を發した黄色の円だった[2]。そしてこの絵の上に、書名が書かれていた。上巻(上下2巻本であった)を手に取り裏カバーをみると、本の説明が書かれていて、それを読んだ私はいっぺんにこの本の虜となった。この説明文をそのまま引用する。

「■本書について 心と身体、精神と物質の間に横たわる溝は深く、古来より人類はこの溝を埋めようと何度となくむなしい挑戦をくり返してきた。福音はひょんな所からやってきた。近代科学の申し子、バイオフィードバックが心と身体のコミュニケーションを可能にしたのである。すなわち、身体の機能を視覚情報や聴覚情報として自分自身で知ることが可能になり、心が身体をセルフコントロールする道が切り拓かれたのである。それは今まで自分の意志では制御困難とされてきた皮膚、筋肉細胞、心臓、脳波などの心の制御も可能にした。このことの医療的意義は大きい。さらに意識だけでなく潜在意識にも、そして東洋の伝統的な行である禅やヨガの瞑想法にも科学のメスを入れた。本書は関係各方面に革命をもたらすバイオフィードバックの世界を描き出す。」

この文章を読んだ時の感動、心が震える感覚を今でも思い出す。私がこの本を手にとったのは学部の2年生の時で、この本が発行された翌年であった。上下2巻の本は当時としては決して安いものではなかったが、私は小遣いをはたいてこの2冊を購入した。今でこそネットで検索をすれば、たちどころにどのような情報でも手に入るが、当時はインターネットがない時代で、今に思えば、どのような方法でその情報に行き着いたか思い出せないが、日本でバイオフィードバックを研究している研究室がなんと自分のいるこの大学にあり、その研究をしているのが心理学教授の平井久先生であることをほどなく知ることになる。私は平井先生がいる「学習心理学研究室」の扉をたたいた。平井先生は笑顔で私の話を聞いた後、研究室の書棚を指さして言った。「ここにバイオフィードバック関係の本がいろいろとありますから、それを自由に見て、読みたいものがあったら貸してあげます」。これ以降、私はバイオフィードバックに深く関わっていくことになる。

当時、平井研究室は理工学部の金井寛先生の研究室と共同で、足の甲の脈波に基づく血圧のバイオフィードバックに関する実験研究を行っていて、私も学部生ではあったが、その実験のお手伝いをさせてもらった。また、その縁で、金井研究室の田中秀司さんが、血圧用の実験システムの一部を改造して、私の卒業研究として実施する心拍のバイオフィードバック装置の一部を作って下さり、触覚と聴覚のフィードバック刺激による心拍の増減訓練を行うことができた。

ここまでが私のバイオフィードバックとの最初の関わりである。その後大学院に進んだが、日本バイオフィードバック学会大会(学術総会)には、平井研究室に出入りを始めた学部生の時から、現在まで一度も欠席することなく出席している。

平井先生の助手として、生体行動自己調節と健康に関する国際会議の準備を進めている途中

で、平井先生は急逝した。ちょうど今年（2023年）は没後30年目にあたる。昨年、日本バイオフィードバック学会の理事長を引き受けることになったが、心理系の理事長は平井先生が担当された以降、誰もおらず、私が心理系としては二人目の理事長となった。また、今年の学術総会は東洋英和女学院大学で開かれ、大会長の小林能成先生は平井先生の研究室出身であり、私の後輩でもある。平井先生にゆかりのある者が、記念すべき機関誌の節目の年に、学会理事長、学術総会大会長を務めることになったのは、何かの縁を感じる。

特集号に原稿を寄せて頂いた先生方も、それぞれのバイオフィードバックとの関わりや先生方の歴史を記して頂き、バイオフィードバックという新しい分野の研究が生まれ、広がっていく、黎明期の状況を実感することができた。新しいものが生まれ、育っていく状況は、その場に居合わせた者しか体験することができない、大変に貴重な経験である。この貴重な時間・経験を特集号として記録できたのは、学会としての財産であると言える。

言うまでもなく、日本バイオフィードバック学会が創設された当初から今日までに、生活環境は大きく変化し、科学技術も飛躍的な進歩・発展をした。計測の精度は向上し、計測できなかったことが計測可能になり、装置は軽量・小型化し、また、安価となった。バイオフィードバックは生体計測を前提とするものであるから、これらの科学技術の変革に伴い、その内容や方法等も変わっていくことになる。装置を安価に自作できるようになることで、予算規模に影響を受けない研究活動が可能となる。また、スマートフォンやスマートウォッチ等の携帯・装着型の日常機器を利用することで、バイオフィードバックがより身近で日常的なものになる条件はそろっている。バイオフィードバックというものが一般的な知識や方法として認知されるよう広報・周知活動を行うことで、関係する分野の研究人口を増やし、研究活動を活性化することで、学会活動も高まることが期待される。今回、日本バイオフィードバック学会のシンボルマークを作成した。このマークを機関誌や学術総会等、さまざまな機会や対象で活用して頂ければと思う。

日本バイオフィードバック学会の特徴・強みは、医学、工学、心理学の3分野が協同し活動することで、それぞれの観点や理論・技術等をもとに、様々な問題やニーズに対応できる可能性を持っていることかと思う。社会に寄与し、貢献する潜在力を本会には有していると考える。

そのような活動性を高めるためには、バイオフィードバックを研究する研究者、特に、若手の研究者を増やす必要があるだろう。魅力的な研究テーマ、トピックス等があり、学会に参加することで何かを得ることができるといった実感が生じる工夫が必要だろう。もちろん学会として、若手を支援し、育成するという姿勢・方策も大切かと思う。特に、本会の特徴を活かした企画や計画等を促進するのが重要だろう。3分野の研究者の交流による、分野横断的、transdisciplinaryな研究を行い得る条件が既に本会には存在している。3分野の研究者が自由に活発に情報交換し、意見交換ができる場として、本会が最大限に機能できるように運営していければと思う。認定バイオフィードバック技能師の制度も、研修制度をより体系化し、基礎となる知識や技能を確実に身につけ、実際の場での確に行えるような講座と、新たな技術や知見等に基づく講座をバランス良く実施し、技能師を養成していくことが重要となるだろう。

機関誌50巻の発行に際し、本会が今まで歩んできた足跡をたどることで、現在の状況、そして、今後の新たな行く末、目標、方向性を見定め、志向することができるだろう。今回、記念号にご寄稿頂いた先生方からも、本会の未来に向けたたくさんのご教示、アドバイス、ご示唆を頂いたと思う。

しっかりと前を向いて、良い方向へと、一步一步、歩き続けていきたい。

- [1] Brow, B. B. (1974) *New Mind, New Body: Bio-feedback: New Directions for the Mind*. Harper & Row. (バーバラ・B. ブラウン. 石川中 (監訳) (1979) 心と身体の話 バイオフィードバックの世界 上・下. 紀伊國屋書店)
- [2] この図については、カバーの折り返しに説明書きが記されていた。パラケルスス派の神秘家ロバート・フラッド (1574-1637) が描いた心の複雑な回路図。古典的な三槽モデルに基づく。

日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

日本バイオフィードバック学会編集委員会

日本バイオフィードバック学会 (JSBR) の歴史と近年の進歩を紹介した論文が *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 誌に発表されている (Oikawa et al., 2021). 学会誌「バイオフィードバック研究」に掲載された研究論文のほとんどは日本語で書かれており世界の読者に届けられる機会が少なかったことが背景にある. 論文では本学会の特徴 (たとえば, 「医学・工学・心理学の連携」) のほか, 近年展開されている基礎的/応用的研究が紹介され, 日本のバイオフィードバック研究の堅牢な基盤と発展の経緯が伝えられている.

さて, 2023 年に日本バイオフィードバック学会は 50 年の節目を迎える. 今回, 編集委員会では「日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから」と題した特集を企画し, 永く本学会において活躍してこられた先生方, これからを担う研究者・実践家にそれぞれの思いを込めた論文を募集することとなった.

寄稿論文には, 往時の学会の雰囲気や研究者の息吹が感じられるもの, また, これからのバイオフィードバック学会への抱負や期待, 理想や目的などがまとめられている. これらは学会の節目の記録を残すということにとどまらず, 会員が学び, 考え, いっそう飛躍できる機会を提供している.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバックの黎明期と私

末松弘行

アーク荻窪大森クリニック

「バイオフィードバック研究」の第50巻発刊おめでとう。今年6月には「第50回日本バイオフィードバック学会学術総会」が開催される予定である。その第1回は1973年10月1日に「バイオフィードバック研究会」として始まった。その内容は、来日していたハーバード大学医学部の心理学者 D. Shapiro 博士のバイオフィードバックについての講演と質疑応答であった。研究会の発起人は東京大学医学部心療内科の石川中先生や上智大学心理学部の平井久先生などであった。そして、第2回は翌1974年9月23日に上智大学に日本各地から医学、心理学、工学、生理学などの研究者が多数集まり、一般演題12件とシンポジウム1件という現在の学術総会の形式で行われた。これが1982年の第10回から「日本バイオフィードバック学会学術総会」と改名して、現在に続いているわけである。

第1回「バイオフィードバック研究会」の頃、私は東京大学から、九州大学心療内科に国内留学していた。そして、10月の第1回研究会に先だって、1973年6月から7月にかけて、欧米の心身医学を見学して回った。その際、ハーバード大学の D. Shapiro 博士の実験室にも立ち寄った。当時、彼は定常カフ圧法によって血圧の上昇、下降を患者さんに知らせることで血圧のバイオフィードバック治療を行っていた。ちょうど、ある男性患者さんが血圧が150を超えると赤いランプがつき、140以下になると緑のランプがついて知らせられるという装置で治療実験を受けていた。

バイオフィードバック法によって心拍や血圧などのいわゆる自律機能の条件づけを、最初に動物実験で成功したのは、ロックフェラー大学の N. E. Miller である。彼はクラレ麻酔で随意筋を弛緩させ人工呼吸しているマウスで、心拍が増えると脳の快中枢を刺激し、減少すると刺激しないという操作を繰り返すと心拍が増加に向かう

ことを証明した。彼は1960年代の後半からこの実験を行っていた。1973年に平井先生のご紹介で私が訪れた際にもこの実験を続けていた。写真1は彼と私がクラレ麻酔したラットでの実験を観察しているところである。後年、彼が国際学会で来日した際に再会を喜びあった。

1975年に東京大学心療内科に戻ってきた。医局では石川先生のご指導の下でバイオフィードバック療法が行われていた。1980年に私が教授になってからも、野村忍、熊野宏昭、中本智恵美、中尾睦弘、福田克彦らの諸先生を中心に筋電図による書痙や斜頸のバイオフィードバック療法などが行われた。血圧は指先の細動脈の血流をカフに空気を送ることによって止める。この血流の消失する点を収縮期血圧としてデジタルで患者さんに伝える方法で高血圧患者さんのバイオフィードバック療法を行った。この方法は当時から東京大学医学部の学生が心療内科実習に来るようになったので、全ての学生に試みさせ、息を止めたり暗算したりして緊張すると血圧が上がり、深呼吸したりしてリラックスすると下がることを体験してもらって、好評であった。

この頃は、バイオフィードバックが今日よりも、もっと大衆というか市民に受け入れられていたように思う。朝日カルチャセンターの市民講座でも私共が講座を持ち、バイオフィードバック療法を含めて心身医学的療法を紹介していた。自律訓練法は三省堂などの書店にビデオがずらりと並んでいた（中にはレオタード姿のものもあった）。そして、Stress control biofeedback card という、名刺大のカードの真中に液晶の黒い部分があり、そこに「指を載せて10数えて離す」とリラックスして皮膚温が高いと青くなるカードがあった。これは当時、薬会社のMRさんが裏に薬品名を印刷して配っていたし、東京大学生協の売店でも100円位で売っているということであった。また、ストレス解消をうたった「ヘルシー」と

連絡先：〒154-0002 東京都世田谷区下馬5-7-17

(自宅) TEL：03-3422-7727

E-mail：suehiro@ff.ij4u.or.jp

受付：2023年2月27日

受理：2023年2月27日

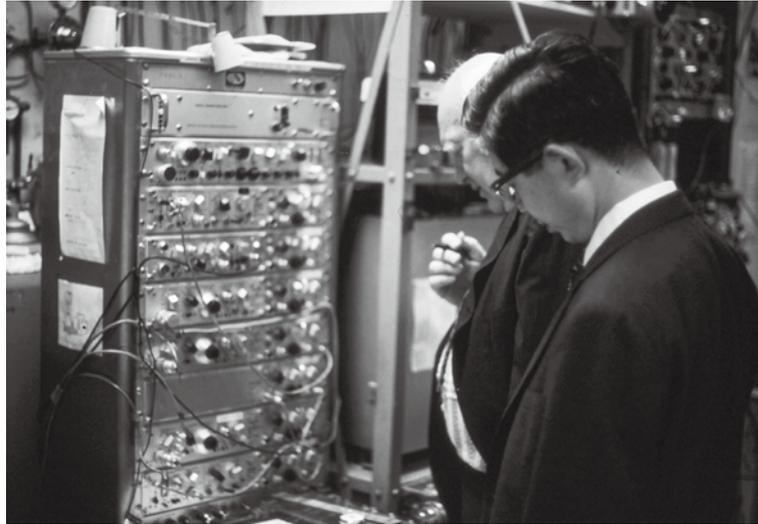


写真1 BFの動物実験を観察しているDr. Millerと私（1973年）

いう商品は、コンピューターで海辺などの画像を見ながら、ゆったりしたで音楽が聞こえてくる状態で、皮膚電気反応でリラックスの程度を測り、それを「緑のハートマークの数の増加」と「枯れた花が開花する図」で表示するものであった。また、当時、アメリカから来日していたカウンセラーのA. L. Robinson博士はバイオフィードバックを利用したRLS（リラックス・ラーニング・システム）で受験生の学習効果を上げる仕事をしていた。

一般の医師のなかにも、バイオフィードバックに関心を持つ先生方がおられた。例えば、大脇範雄先生は一般外科医であったが、A. L. Robinson博士の協力で皮膚電気反応を使ったバイオ・モニターなる装置で、自律訓練のリラックスの程度を患者さんに知らせていた。クレッセンドして、レクレセンドする低音を聴かせながら、消灯した部屋で、薄目を開けた患者さんにアナログの指針を見せながら、リラックスがある閾値に達すると大きな半円形のランプに薄紫のライトが灯るシステムで、自律訓練が驚くほどのスピードで上達していた。私はそこで非常勤診療をしていて、その装置をよく愛用していた。また、当時、東京大学心療内科の関連病院であったが、一般の精神病院の長谷川病院では、院長の長谷川常人先

生がバイオフィードバック療法に興味を持ち、皮膚温、筋電図、脳波などのバイオフィードバック装置を揃えておられた。その院長が亡くなられた後、後任の院長の希望で、そのバイオフィードバック装置・システムを使用可能な状態にして、それをを用いて臨床活動を実践するために、上智大学から1990年頃、小林能成先生が非常勤で勤務されることになった。（小林先生から当時の詳しい情報を伺ったが）統合失調症などで入院中の症状が安定している患者さんに対する緊張緩和、リラクセーションのためのバイオフィードバック訓練と傾性斜頸、書痙などの心身症の通院患者さんへのバイオフィードバック訓練であったという。

現在、バイオフィードバック学会では、心拍変動バイオフィードバック訓練など専門的な技法が中心で、より専門的になり、素晴らしく進歩しているが、かつてのような市民的なレベルから離れてきているようである。しかし、スマートフォンを用いた装置の開発などが進むと、また、市民的な展開が期待できるかもしれない。

バイオフィードバックの黎明期を体験した米寿老人の半世紀前から四半世紀前までの昔話に付き合っていて感謝する。

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

リハビリテーション医学の立場から

千野直一

慶應義塾大学名誉教授

日本バイオフィードバック（以下BF）学会の50周年の記念となる学会誌発刊をお祝い申し上げます。また、その記念すべき学会誌への寄稿のご依頼を頂き感謝いたします。

世の中には多くの学術集会、研究会がありますが、本BF学会のように、数多くの専門分野の研究者の集合する学術団体が半世紀にわたり、継続、発展してきたことは驚嘆に値すると言えます。これは、日本BF学会の歴代理事長、執行部、会員の皆さんがそれぞれの研究を通して、相互の融合を常に考えてこられた賜物です。

米国留学とBF

今になると記憶は定かではありませんが、私が本研究会へのお誘いを頂いたのは1970年代後半のことと思います。私は1966年3月に慶応大学医学部を卒業し米国横須賀海軍病院でのインターンを終了し、慶応大学整形外科教室に入局して直ぐに米国ミネソタ大学医学部大学院リハビリテーション（以下リハビリ）医学科に入学しました。大学医学部では神経筋肉の病態生理の研究と合わせて、大学病院でのリハビリ科でのレジデント研修を行いました。

米国リハビリ医学専門医資格と米国筋電図・電気診断学資格を取得し、ミシガン大学医学部リハビリ科講師を務めていた時に、母校の慶応大学病院のリハビリ・センターでの勤務の誘いを頂き1973年10月に帰国しました。

米国ミネソタ大学病院リハビリ科勤務中に、Dr John Basmajianと米国リハビリ医学会で知り合い、彼の古典的な教科書「Muscle alive」や多くの筋電図（EMG）-BFの論文に刺激され、ミシガン大学で医学部講師として勤務することになってからもリハビリ治療の一環として

EMG-BF治療法を活用してきました。

リハビリ治療でのBF

1970年代中頃から、慶応大学病院リハビリセンターを中心に、また、1977年に開設された慶応大学月が瀬リハビリセンターや関連病院でのEMG-BF治療による脳卒中片麻痺患者や痙性斜頸への臨床研究がリハビリ医、理学療法士、作業療法士などから研究会で発表されたり、論文が書かれるようになりました。

周知のように、リハビリ医学領域でのBFは筋電計を用いて、筋収縮量を波形、音声でコントロールするBFが比較的多く用いられています。それ以外にも、関節角度計、体重計なども利用していました。一方、心身医学、心理学の分野では、脳波が活用されていましたが、私自



図 慶応大学病院リハビリセンターにて1980年頃製作したEMG-BF治療器を使用して、脳卒中片麻痺患者さんの上肢麻痺筋の回復促進治療を行っている情景

連絡先：早稲田大学人間科学学術院健康福祉科学科村岡研究室（健康支援医工学研究室）

E-mail：y.muraoka@waseda.jp

受付：2023年3月8日

受理：2023年3月8日

身の BF 臨床応用では脳波を使った経験はありません。

日本 BF 学会への参加

1980 年頃、EMG-BF 治療が痙性斜頸の患者さんに劇的な効果があることを聞き知った NHK が私どもへ取材にきました。今でも記憶に残っていますが、患者さんは 30 代女性でデスクワークで当時流行りのキーパンチャーの職についていました。仕事の途中で徐々に頸部がひとりでも傾き始め、仕事をしていない時でも頸部を真っ直ぐに向けなくなっていました。つまり、四六時中、日中は頸部が傾いた状態になって日常生活にも支障をきたすようになっていました。

私の外来での EMG-BF 治療で緊張した胸鎖乳突筋腹上に表面電極を添付して、筋電計から出る筋収縮音を下げないように、また同時に、筋電計の計測針の振れを下げるように指導したところ、数分後に収縮音は消え、計測針がゼロになり、患者さんが真っ直ぐ正面を向いていました。

NHK の取材クルーがこの患者さんの治療状況を全て収録し、数日後の特集（プログラム名は忘れましたが）で放映されました。最後の場面は患者さんが病院の玄関を出て、我々に手を振りながら去っていく情景でした。

NHK でこのプログラムが放映されて数日後に、四谷の上智大学から BF 治療を見学に来られました。医学部関係者以外の訪問客は珍しいことでしたが、その後のお付き合いで、お世話になった平井久先生と教室の学生さん方のようなようでした。そして、私たちも日本 BF 研究会に参加させて頂くことになりました。

1990 年、第 18 回日本 BF 学会会長を拝命

本稿のご依頼を頂いた時に、事務局から私の第 18 回日本 BF 学会のプログラム・抄録のコピーや数冊の研究會会報を参考資料としてお貸し頂きました。稿の途中ではありますが事務局の皆様にご礼を申し上げます。

第 18 回日本 BF 学会のプログラムなどを約 30 年後の

現時点で見直して思い出すことは何と言っても研究活動の歴史と言えます。

リハビリ医学領域で多くの研究成果を発表していたのが先に述べた Emory 大学の Dr John Basmajian と一緒に研究活動をしていた理学療法士の Dr Steven Wolf でした。Dr Wolf は米国のリハビリ医学会でも医師を対象にした講演をしていた時に私と友達付き合いが始まりました。私が第 18 回日本 BF 学会会長を仰せつかった時期は、我が国の PT、OT などのリハビリ専門職の教育が本格化してきた時期でしたので、Dr Wolf を特別講演の演者としてお招きしました。日本のリハビリ医学領域でのコメディカル・スタッフの研究活動の向上を期待したからです。

日本のリハビリ医学・医療の黎明期

20 世紀末は我が国において、リハビリ医学・医療の黎明期でした。1996 年 9 月に「リハビリテーション科」が「内科」「外科」「整形外科」などと同等の「標榜科」として念願叶って、法的に承認されました。それまでは、リハビリ科は「院内呼称」として用いられていましたが、リハビリ専門医は少々肩身の狭い思いをさせられました。

一方、リハビリ関連職の PT、OT、ST などの領域では大学教育などの発展が見られたし、周知のように、心理学、リハビリ工学などの分野での研究も飛躍的に進んでいました。

21 世紀の BF 学会への期待

人間の生体機構で解明されているものはごく僅かです。そして、動作、精神活動などで BF が応用される領域は無尽蔵と言えます。インターフェイス機器の開発と合わせて、日本 BF 学会は、疾病の治療、機能の改善、能力の向上に寄与する分野は大きく広がっていきます。そして、この日本 BF 学会の更なる発展を心より祈念いたします。

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバックとの50年

西村千秋

CN メディカル・リサーチ

1. はじめに

日本バイオフィードバック学会の機関誌である本誌が、今年で創刊以来第50巻を迎えたことは大変喜ばしいことである。考えてみると、私がバイオフィードバックに出会ってからはほぼ50年であるので、一生かけてのおつきあいと言ってもよい。バイオフィードバックの黎明期から今日までの姿を、同時代を走りながら直接・間接に見てふれ合えたことは私にとって幸いなことであった。そして、この機にその軌跡をふり返り、一つの記録として残せるような機会を与えてくれた本誌編集委員会に感謝したい。

私はもともと工学系の人間である。しかしそれを超えた学際分野（とくに生体工学・医療工学分野）に興味をもっていたところにバイオフィードバックに出会った。この分野は当初から医学・工学・心理学の学際分野と認識されており、活動の場として非常にチャレンジングであった。その結果としてどの分野にも深く関わることができ、その上で総合的な視野をもつことの大切さを学ぶことができた。以下に、私とバイオフィードバックとのかかわりを、学術的な立場と、学会運営の立場の両方から述べることにしたい。その上で今後の課題や展望についてもふれることにする。ただし、これはあくまで私の目を通して見たわが国のバイオフィードバック事情である。なるべく全体的な立場から話を進めるつもりだが、ややもすると出身の工学色がにじみ出るかも知れない点はご容赦願いたい。

2. バイオフィードバックとの50年をふり返る

2.1 バイオフィードバックと出会うまで

私がバイオフィードバックというものを知り、興味をもったのは1975年ごろであった。それまで工学部で生体計測、とくに生体電気計測を専攻しており、脳波や心電図に代表される身体の微小電気活動について、自分たちで測定器を作りながら技術を磨いていた時期であった。当時はノイズ対策が電気回路技術上の大きな問題であった。私は、なかでもとりわけ測定が難しいとされていた生体の微小直流電位計測に挑戦していた。その対象として取り上げたのが皮膚電位水準（Skin Potential Level; 以下 SPL）であった。やがてその測定技術を完成し、さまざまな日常生活場面での測定を行ってみた結果、SPLが本人の覚醒水準（Level of Arousal）の鋭敏な指標であることを見出していた。そして、それを利用して、このSPL測定を何か役に立つことに応用できないかと模索していた時に、バイオフィードバックに巡り合ったのである。

2.2 バイオフィードバックと巡り合ったころ

バイオフィードバックの考え方をうければ、自分では通常気づけない覚醒水準を自分で変化させることができるのではないかというのが、最初の直感であった。もちろん当初はバイオフィードバックについての知識が乏しいため、本学会の前身であるバイオフィードバック研究会や、日本ME学会（現在の日本生体医工学会）が開催する研究会に足繫く通い、勉強を深めていった。

その中で、自律神経活動の随意制御ルートがあるというMillerらの巧妙な動物実験のことを知り、バイオフィードバックが科学の裏付けを得ていることに感銘を受け、自分にもやれることがあると確信し、この道に進

連絡先：nishimuc@med.toho-u.ac.jp

受付：2023年2月27日

受理：2023年2月27日

もうと決めたのである。

当時はバイオフィードバックの黎明期に当たり、どのような場面でバイオフィードバックが適用できるのかについて、人間を対象として、いわば手当たり次第に研究が進められていた。どのようなモダリティを測定し、どのようなフィードバックを行えば、体内状態を自分でコントロールできるようになるのか、さまざまな組み合わせについて実験が行われ、それに応じてさまざまな結果が報告された。

当初は人間でもバイオフィードバックが成立することを調べるのが主眼であり、心理生理学系の実験が多かった。その知見が集積されるにつれて、身心相関関連の治療へと応用が進み、医療系の報告も増えていった。それを支えるものとして商用バイオフィードバック装置が登場したのもこのころである。ただし、生体計測技術やデータ処理技術が未成熟であったという時代背景があり、それぞれに特化したバイオフィードバック単能機が中心であった。

2.3 バイオフィードバックの拡大期

1980年代に入るとパーソナルコンピュータが登場し、それが急速に普及した。バイオフィードバック装置もこの波に乗る形で、汎用化、デジタル化が一気に進んだ。生体信号の計測、そのデジタル処理、そしてフィードバック情報の提示と、バイオフィードバックのあらゆる要素において自由度が増加し、バイオフィードバック装置が身近なものとなっていった。ただし、わが国ではいわゆる薬事法の壁の存在により、バイオフィードバック装置そのものの普及ははかばかしくなかった（この点のちに改めてふれる）。しかし、バイオフィードバックの応用可能性を探る研究活動や臨床活動は大きく進んだ。

この時期、工学の重点は、計測技術そのものから、計測した生体信号の処理やシステム構成の技術にシフトしていき、一方心理学的なアプローチは、バイオフィードバックの脳内過程をもはやブラックボックスとして探るのではなく、当時発展が著しかった脳科学の知見を背景にそれに迫る動きが顕在化してきた。また、臨床医学的にはバイオフィードバック療法が認知され、一つの有効な行動療法として広く実践されるようになってきた。

このころ私の興味は、技術的にすでに成熟してきた生体計測から離れ、むしろシステムのアプローチへと進んでいった。具体的には、バイオフィードバックを意識上と意識下にわたる学習過程のシステムとしてとらえ、それが成立する理論的背景を数学的・定量的に明らかにしようとした。ある程度この企ては成功したのだが、一般化するにはまだまだ課題が残った。

2.4 バイオフィードバックの一般的利用

1990年代後半から2000年代になると身の回りの科学技術がさらに発達し、バイオフィードバック自体にも変

質をもたらした。インターネットが当たり前の時代となるとともに、機械装置類は大きく人間に近づいてきた。とくにバイオフィードバック装置に関しては、その測定部、データ処理部はほぼ成熟し、その性能の重点はむしろヒューマンインターフェースの部分に移った。そしてその応用範囲は、医療分野はもちろんのこと、教育、スポーツ、健康増進、福祉など、大きく裾野を広げるに至った。なかでも健康増進分野では、バイオフィードバックの呼び名は使われていないが実質的にはバイオフィードバックと見なせるような利用も進んだ。たとえば心拍数や体の動きを測定しながら、ホビー感覚で適度な運動に誘導するようなゲーム機なども登場した。娯楽感覚で楽しみながら、フィードバックされる情報に合わせて、知らず知らずのうちに自己の行動変容が促され、やがてそれが身についてくるというわけである。

また研究面では、自律神経系活動の指標としてHRV（Heart Rate Variability；心拍揺らぎ）が、そして脳活動の指標としてqEEG（Quantitative EEG；定量的脳波）がそれぞれ精力的に研究され、それをを用いたバイオフィードバック療法の臨床的可能性が確立されていった。とくに後者は、その後ニューロフィードバック（Neurofeedback）として一分野を形成していく。

この時期、私の研究の興味は、バイオフィードバックの理論からさらに進めて、それに応じた脳内過程が何とか検証できないかということに移っていった。具体的には、その時点で発展が著しかった脳画像計測や脳機能計測技術を用いて、バイオフィードバックにおける脳内変容過程が可視化できないかということであった。脳波トポグラフィはもちろんのこと、脳磁気、fMRI、NIRSなどさまざまなハイテク測定装置を使って実験を行った。しかし、当時の脳機能計測の技術が、時間空間分解能においてまだ不十分であったことや、常に多くのことを同時並行的に処理している脳から、必要な情報を切り分ける実験的方法論がまだ手探り状態であったことなどもあり、バイオフィードバックに関連する一部の心理機能がようやく測定にかかったに過ぎなかった。この点、今後の研究に待ちたい。

2.5 情報空間に埋め込まれるバイオフィードバック

2010年以降になると私たちの周りには、濃密な情報空間が張り巡らされるようになった。インターネットを介して（といってもインターネット自体は意識することはないのだが）たとえば交通機関の時刻表や目的場所の地図などを検索する行動が日常当たり前になったように、もはや私たちの行動は大きな情報空間なしには成り立たない（あるいは、それなしでは大変能率が悪い）ものになりつつある。

見方を変えれば、環境としての情報空間との情報のやり取りが、意識的あるいは無意識的に私たちの日常の行

動変容につながっているのである。バイオフィードバックが、自己の状態に関する顕在化された情報を得ることによって、自己の行動変容を意識的あるいは無意識的に行う技法であることを思い出せば、もはや日常のあらゆるところにバイオフィードバックが埋め込まれているとも言えよう。

このような中で、バイオフィードバックという切り口で、現代社会における個人の営みをとらえ、それを整理して、不適切な利用法は排除しつつ、今後の快適な利用につなげていくのが、私たちバイオフィードバックにかかわる者の一つの使命ではないかと考えている。

3. バイオフィードバック学会とのかかわりを ふり返る

3. 1 研究会から学会へ

現在の日本バイオフィードバック学会の前身となるバイオフィードバック研究会が設立されたのは1973年であった。当初は同好の士による自然発生的な団体であったが、その後バイオフィードバックの進展に合わせて組織などを整備し、1985年に正式な学術団体として日本バイオフィードバック学会となり現在に至る。私が参加したのは1975年ころからであり、当初はもっぱら聴講しながらバイオフィードバックを学び、1977年に初めて学術総会にて研究発表を行った。その後1985年に私の師である故南雲仁一教授（東京大学工学部）が第13回学術総会を開催し、その際にスタッフとしてその運営に携わったのを契機に、当時学会として発足したばかりの学会組織の運営活動にも関係するようになっていった。

その結果として現在までに本学会で歴任した役職は、1989～2012年運営委員（のちに理事と改称）、1995～2001年資格認定委員長、2002～2009年会長（のちに理事長と改称）などである。また、学術総会では第22回（1994年）および第34回（2006年）を主催した。2012年に学会運営関係から退いたが、その後も折にふれて学術活動は続けている。

以下では、2002～2009年の8年間会長として本学会にかかわった時のことを中心にふり返ることにする。この経験談がこれからの本学会の発展の上で、何かの役に立てば望外の幸せである。

3. 2 学会を安定軌道に

3. 2. 1 学会の組織運営

本学会は主に医学系、工学系、心理学系の会員で構成され、役員の選挙においても各系から公平に選出される体制となっている。そして役員の互選による会長（理事長）選挙でも、暗黙裡にそのような配慮が働き、各系から適宜交代で会長（理事長）が選ばれてきた。その中で私が3期8年という比較的長期にわたり会長を務めるこ

ととなったのにはそれなりの事情があった。私が会長に選出された2002年当時、引き継いだ本学会は運営が一般的に疲弊の極みにあり、学会員、定期購読会員、協賛団体など関係者からの信用を失いかけていた。すでに始まっていた会員数減少や学会業務の停滞に見られる負の連鎖からこれを引き戻し、本来の健全な活動に戻すには多くの時間と手間が予想され、一朝一夕には難しい状況であった。それを何とか立て直すというのが私に与えられた使命だと思い会長就任を引き受けたのだが、解決すべき問題の性質からそれなりの時間をいただくこととなった。

本学会のように、それほど会員は多くないが、活動が多岐にわたる組織の常として、役員やそのスタッフのボランティア的な献身がないと、組織運営が十分できなくなってしまうという弱点がある。それまでは、役員が多くが大学という組織に所属していたため、いわゆる古き良き時代の感覚で何とか運営ができていた。しかし、大学にも改革の嵐が吹き荒れるようになり、それまでボランティア的に学会活動を支えてくれた諸先生からその余裕を奪ってしまったという事実がある。そのような時代背景により本学会の組織運営も影響を受け、関係者の努力も空しく徐々にその体力が奪われていったことは前述のとおりである。

いざ会長を引き受けたものの、問題はさまざまに絡まりあっており、解決はなかなか困難な状況であった。そのような中で、まずは失われつつあった信用を回復し、最終的には学会運営を何とか安定軌道に乗せることを目標に掲げた。その際心がけたのは、将来の学会運営は特定の個人の努力に負うのではなく、組織として進められるようにすることであった。

3. 2. 2 情報インフラの整備

事務局の引き継ぎを行って気づいたことは、学会運営の基本となる会員関係のデータベースの整備が十分でないということであった。高度なレイショナルデータベースソフトが用いられていたが、本学会規模ではむしろ楽に全体把握ができる方が重要であることと、将来誰でもが使用する時代が来ることを見越して表計算ソフト（Excel）上にそれを構築しなおした。その際、これまでに積み重なってきいていた毀損箇所の修復を心がけたが、事務局の引き継ぎ時に一緒に引き渡された、それまでの会員に関する膨大な記録書類がかなり役に立った（ただし、その検索の手間は大変だったが）。今になってみると、やや意味は異なるものの、紙ベースによるバックアップは、思いがけない非常時に役に立つという、データ保存の重要原則を体験した。

これにより、会費納入や入退会管理という会員関係の基礎インフラが整い、会員サービスの提供がスムーズになったが、それだけでは不十分なことがあった。それは

名誉会員制度の整備である。時はバイオフィードバック研究会発足からすでに30年ほど経っており、本学会の草創期に活躍・貢献された（当時は若手であった）会員の高齢化が進んでいた。これについては以前からも名誉会員として顕彰すべきだという議論があったが、なかなか話が進まなかった。その一つの理由に、学会にどの程度貢献したかの一つの客観的な指標となる役員経験に関する記録が整備されていなかったことがある。そのような事情から、これまでの役員経歴のデータベースの整備を急ぐこととなった。ここでも活躍したのが紙媒体の記録である。引き継いだ記録、あるいは私が個人的に保管していた記録などから、何とか完全な役員経歴記録データベースを作り上げることができた。そしてこれを資料としながら検討が進められ、2007年に名誉会員の制度が創設され、翌2008年の学術総会において、第1回として6名の名誉会員を推戴することができた。一部は故人となっていた方もあったが、何とかぎりぎりのタイミングで名誉会員推戴が実現し、あとへの道筋をつけられたことで安堵した記憶がある。

3. 2. 3 ビジネスモデルの模索

情報インフラとともに学会運営に欠かせないのが財務である。これも私が引き継いだ時点ではかなり悪化していた。単年度では赤字体質となっており、それまでの蓄えを取り崩して凌いでいた。そしてそれが尽きるのも時間の問題かと思われていた。学会の主な収入は会員からの会費、学会誌の会員以外への売り上げ（図書館などの定期購読など）、協賛会員からの広告料などであったが、これがいずれも年々減少基調にあった。学会への信用が損なわれていることの一つの現れであった。一方支出は大部分が学会誌の発行に伴う支出（編集、印刷、製本、送料などの経費）であった。そのような収支の改善を考えるには、ただ漫然と事業を続けていくのではなく、新たなビジネスモデルを構築する必要があった。

ちょうどそのころ、わが国でも学会誌の論文閲覧サービスが事業として始まっていた。これは、当時世界的な現象として、学術誌が一部出版社の著作権寡占のもとにおかれ、その結果として論文閲覧の料金が高騰し、図書館や研究者たちが悲鳴を上げていたことによる。それに対抗するため、著作権をもつ各学会と直接契約することによって、適正な料金で安定した閲覧を確保するという、官民両方からの取り組みであった。

本学会もこの動きに積極的に参加することにした。そしていざ始めてみると、予想をはるかに上回るアクセスがあり、それに応じた論文閲覧収入を得ることができた。これにより、バイオフィードバックへの学術的関心が私たちが思ったより大きいことを知ることができたし、結果として学会の正当な収入もそれに比例して増加し、一石二鳥の効果となった。そのため、これを一つの

ビジネスモデルとして採用することにした。

こう考えると、バックナンバーも含めて学会誌に掲載された論文や学術記事は本学会の貴重な財産である。そのため、その財産を増やせば、より多くの学会収入が見込まれ、ひいては学会員へより多くのサービスが提供できることになる。しかし、それまでの年1回の論文誌発行ではその財産の量は限られたものである。また、結果として優秀なバイオフィードバック関連論文が他誌に投稿されてしまうという状況もあった。このような状況を打開すべく、学会誌の刊行をそれまでの年1回から年2回へと引き上げることを決断した。もちろんそれに伴う収支見込みをかなりきちんと評価しての上である。ただ、これは私が一人でできることではなく、この無理難題に対して多くの方々（とくに編集関係の委員たち）の理解と協力がいただけて初めて実現しえたものである。

その目論見はかなりうまくいき、会員にとっては論文投稿の機会が増えるとともに、学会にとっては増加した論文数に見合う収入が得られることとなった。まさに好循環が始まったのである。もうひとつ余談として付け加えると、時を同じくしてヤマト運輸（株）がメール便の扱いを始め、学会誌の送料が定形郵便並みとなり、それを利用することにより経費をかなり圧縮できたことはラッキーであった（残念ながらこのサービスは現在廃止となっている）。

3. 2. 3 学会運営の安定化と課題

以上に述べた努力に加えて、ホームページの整備により情報発信を進めたこと、資格認定のための形式上のハードルを下げて門戸を広げたこと、新たに工学系学会連合（横断型基幹科学技術研究団体連合；横幹連合）に参加して、従来からの医療系学会連合（心理医療諸学会連合；UPM）、心理系学会連合（日本心理諸学会連合）と合わせて各系の学会連合参加を実現したこと、などいろいろなことに挑戦してその実現を図った。これらはいずれも多くの学会員の貴重な協力で実現したことであり、誌上を借りて関係各位に御礼申し上げたい。

かくして、学会の運営は何とか安定軌道に乗ることができたし、いずれの業務も組織として運用できるようになってきた。以上を考えると、会長としてやるべきことができたと思い、2009年に会長の任務から退いた。以上に述べた会長任期中の事柄については、いずれ後世の評価に委ねたいと思う。

なお、私たちを取り巻く環境はどんどん変わっており、学会の運営もそれに合わせて（できれば先取りしながら）変化していく必要がある。今後、この学会が進化を遂げながらさらに発展することを切に願っている。

4. 学会として今後やるべきこと（私見）

バイオフィードバックを取り巻く環境の変化を第2節で見てきた。これに対して、学会としてはどのような対応をすればよいのであろうか。バイオフィードバックの専門家が集まった本学会であるからこそできることがあると思う。私見として、以下の3項目を簡潔に示して参考に供したい。

4. 1 バイオフィードバックに関わる知見の整理と現実の把握

すでに2.4で示したように、機器やネットワークを利用して身心能力の向上や健康増進を目指すさまざまな手段が提供されている。いや氾濫しているとも言えよう。そのような状況をバイオフィードバックという大枠の中で把握・整理して、そのあるべき姿を示す活動が必要であると考えられる。バイオフィードバックの枠組みの中でもし有用なものであれば推奨し、有害なものであれば警鐘を鳴らす必要がある。

4. 2 バイオフィードバックの脳内機序の究明

バイオフィードバックが成立している時、その脳内機序はどうなっているのであろうか。脳機能研究の一環として、意識上と意識下にまたがる学習機序を学会での研究方向の一つに据えてほしいと思う。研究としては大掛かりになることが予想され、研究者の個人研究というよりは、専門家を結集したプロジェクト研究が必要になると考えられる。現在も進歩しつつある高精度の脳機能測定装置を駆使して、巧妙な実験パラダイムの下で、バイオフィードバックに関わる脳機能の解明に挑戦することを期待している。それが明らかになれば、自律神経機能をはじめとして身心相関についても理解が進み、ひいては医療的な応用も、より科学的に正確な事実に立脚した高度なものになることであろう。

4. 3 医療機器としての制約の見直し

今までバイオフィードバックをやってきた者にとって、「薬事法の壁」はよく知られた問題であった。どんな簡単なバイオフィードバック機器でも、それが脳波、心電図などを扱うことを標榜すると途端に薬事法の規制対象である医療機器と見なされ、バイオフィードバック機器としては事実上利用できなくなってしまうことを指す。そのあまりにも厳しい法規制が、わが国でのバイオフィードバック機器の発展を阻害してきたと言える。薬事法はその後2014年に改訂され、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（薬機法と略称）へと改められた（その後も部分的改訂は続いている）。そこでは、医療機器を生体への侵襲の程度によって3種類に類別化し、その程度に応じて、開発、製造、販売等を安全性と有用性の見地から審査し認可することになっている。従来の一律審査に比べれば、はるかに合理的であると言える。

しかし、バイオフィードバック機器にとってはこれでもまだハードルが高い。というのは、医療機器に対する現在の法規制は、物質やエネルギーによる人体への侵襲が前提であるが、バイオフィードバック機器のように、人間とつばら情報をやり取りする機器はまだ想定されていない。物質やエネルギーを加えることなく、情報のやり取りだけで体内の変容を促すというバイオフィードバック装置のような機器に対しては、どのような規制が適切なのであろうか。今までとは異なった観点から安全性や有効性を評価する必要がある。そのような立場からバイオフィードバック機器やその使用方法を整理し、4.1で述べたことと合わせて、現在の薬機法を補うような、そして健康維持や管理の立場から社会に十分受け入れられるような新たな提言を学会として考えてほしいと思う。

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

日本バイオフィードバック学会と私の研究人生

中尾睦宏

国際医療福祉大学医学部心療内科学

本学会に出会うまで

筆者は、1990年に東京大学医学部を卒業して内科研修医を2年間勤め、1992年に同大学の心療内科へ入局した。当時は全国から入局希望者が多数おり、倍率は大学入試以上の厳しさであった。面接試験で最終的に7人に絞られ、新人医局員が誕生した。ところが給料がもらえる非常勤医員の定員枠が足りなかった。学内出身者だった筆者は、「君なら給料がなくても生き抜ける」という謎の期待を受け(?)、大学院生として入局した。大学院生といっても、要は無給医局員である。外来・入院の診療や学生実習などをこなし、合間でアルバイトをしながらの船出であった。

大学院生になったからには何か研究をしなくてはならず、当時の医局長であった野村忍先生が試作された血圧バイオフィードバック(BF)装置を用いて、高血圧患者への臨床研究を新たに始めることになった。このようにBFとの出会いは全くの偶然であった。このBF装置は血圧や心拍数をモニターできるだけでなく、産学連携で試作してもらったPFB-1と呼ばれる機器と連結することで、脳波 α 波、皮膚温度、皮膚電気抵抗、指尖容積脈波、心拍変動成分も同時に測定できる優れものであった。自律神経機能のアンバランスがありそうな患者の評価と経過観察に大いに役立った。また心療内科外来には、筋電計もあった。筋電位の大小によって棒グラフの色とブザー音が変化するように工夫されていたので、痙攣斜頸や書痙の患者さんに筋電位BF療法を試みた。外来には多汗症の患者も多かったので、自律神経機能や筋電位など間接的なBF指標でなく、発汗量を直接測定するBF治療をしたくなった。当時、バブル崩壊は始まったばかりだったので、病院を出入りする機器メーカーも羽振りが良かった。お願いをして、手掌にサイコロのような水分

捕捉容器を接着させ、発汗による水分蒸発量をリアルタイムで測定する機器を、無料で試作してもらった。一例か二例は患者測定をしたものの、精度ははかばかしくなく、途中で試作を断念した記憶がある。このように研究はすべて上手く進むとは限らない。

肝心の高血圧患者のBF治療研究であるが、ちょうど心療内科の医局があるプレハブ建物の隣に、内科の高血圧グループの研究室があった。その部屋に何気ない風で通り詰めながら、患者を紹介してもらった。4年間で50人以上の本態性高血圧患者を紹介してもらい、血圧BF療法の降圧効果についてランダム化比較試験をすることができた。せっかくだから、その成果を心療内科領域では当時トップ雑誌であったPsychosomatic Medicineに投稿したら、見事にアクセプトされた[1]。英語論文など書いたこともなく、書き方のハウツー本を何冊も買って見よう見まねで執筆し、ネイティブの留学生に自腹で大枚をはたいて英文校正をしてもらっての投稿であった。ビギナーズラックであった。若さゆえの怖いもの知らずの行動は、時に大きな成果を生み出すものである。〈教訓1〉教授になった今では、指導院生にはめったにダメ出しをしないよう気を付けている。まさに「やってみなはれ」…。

本学会との出会い

筆者が20歳代後半であった大学院の4年間は、早く教員になって給料をもらえる身分となりたかった。ついでに日本育英会の奨学金返済を免除してもらおう野望も抱いていた。前述のランダム化比較試験は完成まで何年間もかかることが分かっていたので、途中途中で研究業績を作ることが大事であった。ちょうど東京でBF関連の国際学会が開催されたので、度胸試しでポスター発表を

連絡先：〒107-0052 東京都港区赤坂8-10-16

山王病院心療内科

E-mail: m-nakao@iuhw.ac.jp

受付：2022年10月18日

受理：2022年10月18日

し [2], 本学会に入会した。野村忍先生は本学会の理事をなさっていたので, シンポジウムの演者になる機会が多く, 筆者も共同演者の 1 人に加えてもらった。演者は野村忍, 久保木富房, 中尾睦宏の 3 人で, 「血圧 BF の現状と展望」という題目で, 第 24 回日本 BF 学会総会 (1996 年 6 月開催) にて, 発表をした。これが本学会のデビューである。

幸運にも, 大学院修了後にすぐに同じ大学の公衆衛生学教室の助手のポストを得ることができた。留学休職者が出たからで, その先生が戻るまでの期間限定の空きポストであった。こんな有難い話はないと, 是非もなく新しい分野に飛び込んだ。30 歳となり, 自分には無縁であった公衆衛生学の世界だったので, 大丈夫かなという思いもあった。ところが, 大学院で自学自習していた統計学の知識やデータ解析の経験が役立った。そのうち公衆衛生学の深さや面白さに気づくようになり, 自分の研究者目線を大いに広げることができた。

<教訓 2>若いうちは何にでもチャレンジ。思わぬ縁がチャンスになるかも。

BF が縁となった留学生活

公衆衛生学助手は 2 年間で退職することになり, 32 歳にしてまた無職に戻った。心機一転とばかり, コネをたどりながら, ハーバード大学の某研究室にリサーチフェローとして潜り込んだ。そのビザは半年間しかなかった。次の行き先を探す必要があった。これまた偶然にも, 高血圧の BF 療法では世界的な先駆者でありハーバード大学心身医学研究所を開設していたハーバート・ベンソン先生が, キャンパスの隣の病院にいらっしゃった。すぐに, コネなしで突撃訪問をした。面談にこぎつけるまでに 1 か月を要したが, 自分の思いを日本語訛りの英語で一息懸命伝えたところ, その場で病院長に内線電話をし, 「1 人留学生を受け入れたいが, リサーチフェローの空き枠はあるか?」と, 私の目の前で交渉をし始めた。「なんてすばらしい先生なんだ!」と, ベンソン先生の行動を意気に感じ, それから 3 年間はがむしゃらに働いた。彼の研究所ではストレスマネジメントの集団療法を 20 人 1 組で実施していた。その時は既に 1,700 人以上の治療実績があったので, 散在していたカルテ記録を集め, 治療成績をデータベース化する作業を単独で行った。その成果もあって, 最後の 1 年間は医学部講師に採用してもらった [3]。残念ながら, 研究所では既に BF 療法を実践していなかった。ただ, バイオドットと呼ばれる皮膚温度に応じてシールの色が変化するテントウムシ型のシールを手背に貼り付け, リラックス中に表皮皮膚温度が変化するか確認していた。一種の BF 技法といえる。本格的な BF 臨床研究はできなくなったが, 筆

者なりの BF 研究は継続した。世界中の高血圧症に対する BF 療法の降圧効果を検討した臨床研究を総当たりで文献検索し, 400 本以上の論文を読み込んでメタ分析の結果を原著論文にした [4]。

<教訓 3>大がかりな BF 装置がなくても, 知恵を働かせれば研究は可能。

帰国してから

2001 年に帰国し, 赴任先の帝京大学病院で心療内科を新たに開設した。35 歳になっていた。BF 療法を再開するために, 血圧自動測定器を買おうとしたら, 目が点になった。輸入代理店が代わっていて, 留学前は 200 万円程度で購入できた測定機器が, 700 万円以上するといふのだ。さすがに BF 治療の再開は断念し, 心身症の外來診療に専念することにした。そうはいつても, 大口の研究費取得や企業との産学連携のチャンスはうかがい続けた。20 年間以上の悪戦苦闘の中で, さまざまな BF 関連の研究が生まれた。そして成功と失敗を繰り返しながら, 4 つの BF 将来戦略が頭に浮かぶようになった。戦略の詳細は, 以前に本誌に執筆しているので [5], 是非バックナンバーをチェックして欲しい。本稿では, その戦略を考えつくに至った, 筆者の若手時代の経験談を中心に記載した。若手研究者の 1 人でも多くの方が, BF に興味を持って頂き, キャリア・アップにつながることを祈念して本稿を終える。

<教訓 4>ICT や AI 技術の進展で, BF 研究の可能性は無限大。これからは君たちの時代だ!

引用文献

- [1] Nakao, M., Nomura, S., Shimosawa, T., Yoshiuchi, K., Kumano, H., Kuboki, T. et al. (1997) Clinical effects of blood pressure biofeedback treatment on hypertension by auto-shaping. *Psychosomatic Medicine* 59, 331-338.
- [2] Nakao, M., Nomura, S., Kuboki, T., Suematsu, H., Shimosawa, T., Fujita, T. (1995) Blood pressure biofeedback treatment of hypertension II. Application of blood pressure biofeedback system to the treatment of essential hypertension. In Kikuchi, T., Sakuma, H., Saito, L., Tsuboi, K. (Ed.). *Biobehavioral Self-Regulation Eastern and Western Perspectives* (PP598-603). Tokyo: Springer-Verlag.
- [3] 中尾睦宏 (2002) Mind/Body Medical Institute: ハーバード大学医学部心身医学研究所の臨床・教育・研究. *心療内科*, 6, 265-271.
- [4] Nakao, M., Yano, E., Nomura, S., Kuboki, T. (2003) Blood pressure lowering effects of biofeedback treatment in hypertension: a meta-analysis of randomized controlled trial. *Hypertension Research*, 26, 37-46.
- [5] 中尾睦宏 (2018) ICT や AI の時代にバイオフィードバックはどう活用できるか: 産・学・官の連携. *バイオフィードバック研究*, 45, 87-92.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバックの魅力と今後の発展について

辻下守弘

奈良学園大学保健医療学部リハビリテーション学科

1. はじめに

私とバイオフィードバック (BF) との出会いは、今から遡ること 38 年前に理学療法士 (PT) として高知医科大学 (現高知大学) 附属病院に着任し、そのリハビリテーション室で日本光電社製の誘発筋電図装置を操作したことが最初であった。この装置は、主に神経伝導速度の計測に使われていたが、末梢神経損傷による運動麻痺筋の筋再教育にも使えることがわかり、それ以来筋電図 (EMG) BF を使うことが多くなった。しかし、この装置は BF の専用機器ではないため、小さいディスプレイに表示されるのは単なる EMG の生波形であり、その波形を見るよりも「バリバリ」といった音の提示による BF を主に使っていた。今から考えると簡易的な BF ではあったが、意外と患者のモチベーションは高まり、他の疾患に対しても筋再教育の成果を上げることができていたため、BF に対してより関心が高まることとなった。

これをきっかけに日本バイオフィードバック学会 (BF 学会) に入会することになったが、参加してみると医学が専門分野の研究者だけでなく、心理学や工学の研究者も含まれていたことに驚き、異文化交流により新しい知見を得ることのできる魅力的な学会だと感じた。今でこそ理学療法士は幅広い学問領域と接点を持つようになったが、30 年前に参加する学会は医学系が主流であり、心理学や工学を含んだ学際的な学会に参加することは稀であったため、BF 学会へ参加することで私のライフワークが定まったといえるだろう。

そこで、本稿では、リハビリテーション医療 (リハ) の専門職として BF 学会へ参加してきた 30 年間を振り返り、BF の魅力を再確認するとともに、現状の課題を踏まえて今後の発展について私見を述べた上で BF 学会が果

たす役割についても提案したい。

2. BF の魅力について

リハでは、運動障害に対する機能回復を目的とした EMGBF がよく使われており、EMGBF 機器は標準装備機器とまではいえないものの備える施設は増えつつある。例えば、末梢神経損傷の急性期において極僅かな筋収縮しか生じない運動麻痺筋を筋再教育する場合、関節運動が現れないことで学習過程に必要な“結果の知識 (KR)”を患者に与えることができない。EMGBF の魅力は、この微少な筋活動を音や光などの情報に変換して“見える化”できることにあり、患者に有効な KR 情報を与えることで筋再教育を促すことが可能となる。

末梢神経損傷だけでなく脳卒中など中枢神経損傷の患者においても、失った身体の運動スキルを再教育する場合、身体の運動感覚 (四肢の位置覚と関節の運動覚) も障害されていることから運動や動作の再学習が困難なことが多い。EMGBF は、この運動感覚を補う唯一無二のツールであり、臨床的には手指の伸展や手関節の背屈、足関節の背屈を促通する目的でよく使われている。EMGBF の専用機である MyoTrac[®] (Thought Technology 社製) は、1CH のアンプと波形処理機能が内蔵されたコンパクトな機器であり、対象とする筋肉部表面に 3 極電極を 1 個装着するとすぐにトレーニングが開始できる簡便さによって、聴診器のように PT が携帯して使用できることが大きな魅力であり、これまでも本誌に紹介してきた (図 1) [1, 2]。また、4CH 仕様の MyOnyx[®] (Thought Technology 社製) では、Bluetooth によりコードレスで PC と接続することが可能であり、専用ソフトの RehaSuite[®] を使えば多様なメニューで EMGBF が可能となる

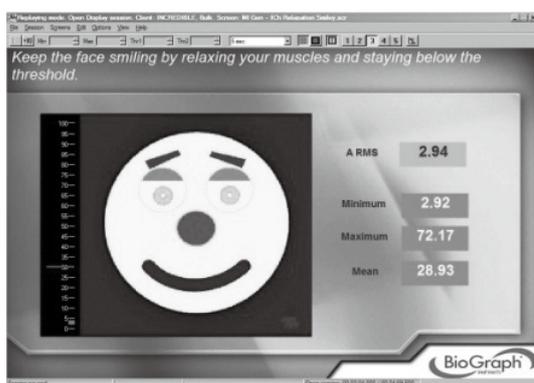
連絡先：〒 631-8524 奈良県奈良市中登美ヶ丘 3 丁目 15-1
奈良学園大学保健医療学部リハビリテーション学科
TEL：0742-93-5431
E-mail：tuzisita@nara-su.ac.jp

受 理：2023 年 3 月 21 日

受 付：2023 年 3 月 21 日



図1 コンパクトで携帯可能なBF機器と3極電極
脳卒中患者における足背屈運動の促進を目的としたBF使用例
(文献11より改変して引用)



筋弛緩ができると笑顔に変化



筋活動により子供がスーパーマンに変化



2筋の活動バランスで球が左右に移動



ガイドに沿って筋活動をコントロール

図2 多様なメニューでEMGBFが可能なのが大きな魅力
(ディスプレイ画像は文献12より引用)

ことも多きな魅力である (図2)。

また、最近では、ポータブルエコー(汎用超音波画像診断装置)も25万円程度[3]で販売されるなど、この30年間に急速な技術革新が行われた医療機器によって身体機能の“見える化”が進んでいる。この発展を促し

た背景には新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の世界的な感染拡大があり、社会のDX(デジタルトランスフォーメーション)化に伴い医療機器にもICT(情報通信技術)が急速に導入され、その潮流に乗ってBFに関する基盤技術が大きく飛躍してきた。このようにBF

は、最先端の科学技術との相性が良く、それらの革新的な技術を直に取り入れることが可能であることが大きな魅力だといえる [4].

ここまでは主にリハにおける EMGBF を紹介してきたが、最近では国内においても脳波 (EEG)、磁気共鳴画像 (MRI) などを用いた BF であるニューロフィードバック (NF) が注目されるようになった。今のところ NF は、リハへ応用されているわけではないが、欧米では脳卒中などの神経筋疾患に対するリハにも広く応用されている [5, 6]。MRI は大きな設備が必要になるが、それに対して EEG はコンパクトな機器の開発が進んでおり、時間分解能も高いだけでなく、EEG 解析アルゴリズムの発展により空間分解能も向上している。さらに、EEG は機械学習による人工知能 (AI) 診断の技術開発も盛んであり、韓国の iMediSync 社が開発したワイヤレス EEG 装置と iSyncBrain[®] というアプリケーションとのセットでは性別年齢別の健常 EEG データベースとの比較や軽度認知障害の AI 判定も可能なシステムとなっている [7]。今後は EEG 解析と判定が可能な本システムのような機器開発が発展することで、エビデンスに基づいた NF が可能となり、リハへの応用も拡大することが大きな魅力である。

3. BF の課題と今後の発展

このように BF は、最先端の技術の恩恵を受け、革新的な BF 機器の開発は発展しているが、その適用疾患や治療プロトコルなどの標準的な BF ガイドラインといったものがなく、日本では医師や PT が施設独自の方法で BF を使ったりハ治療を実施しているのが現状である。欧米では、AAPB (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback) [8] や BFE (Biofeedback Federation of Europe) [9] などの学会が BF を使った治療のガイドラインや BF に関する最新のエビデンスを公開している。また、学会とは別に BCIA (Biofeedback Certification International Alliance) [10] といった国際的に BF 資格を認定する組織もあり、BF の技術レベルを担保している。

日本では、工学分野における BF 機器の開発、医学分

野や心理学分野における各方面での多様な BF の臨床応用などが進んでいるが、それらを AAPB や BFE のように BF 学会が掌握し、リーダーシップを発揮してトピックスやエビデンスを情報発信しているわけではない。しかし、BF 学会も 2023 年度の学術集会在第 50 回と半世紀を迎えるわけであり、今後の 50 年のさらなる技術革新を考えると日本唯一の BF 学術組織として BF の発展を牽引することを期待したい。また、BF を知らない一般市民に対しても、BF が身近な技術であることを理解いただき、エビデンスを提供して適切な BF の使い方を普及することが BF 学会の果たす社会的に大きな役割である。そのためには、BF 学会の会員数と学会参加者を増やすことも急務であり、第 50 回の記念大会だけでなく、私が担当する第 51 回大会やそれ以降の大会においても斬新な企画と他の関連学会との連携などを推進していくべきであろう。

- [1] 辻下守弘 (2020) 筋電図バイオフィードバックを用いたリハビリテーションの新しい展開. *バイオフィードバック研究*, 47 (1), 3.
- [2] 辻下守弘 (2017) リハビリテーション医療におけるバイオフィードバック—脳卒中片麻痺に対する応用可能性について. *バイオフィードバック研究*, 44 (2), 69-75.
- [3] <https://www.sigmax-miruco.com/> (2023 年 3 月 20 日時点)
- [4] 辻下守弘 (2021) リハビリテーション領域における現状. *バイオフィードバック研究*, 48 (1), 17-23.
- [5] Vilou, I., Varka, A., Parisis, D., Afrantou, T., Ioannidis, P. (2023) EEG-Neurofeedback as a Potential Therapeutic Approach for Cognitive Deficits in Patients with Dementia, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injury. *Life*, 13 (2), 365.
- [6] Wang, T., Mantini, D., Gillebert, C. R. (2018) The potential of real-time fMRI neurofeedback for stroke rehabilitation: A systematic review. *cortex*, 107, 148-165.
- [7] Ko, J., Park, U., Kim, D., Kang, S. W. (2021) Quantitative electroencephalogram standardization: a sex-and age-differentiated normative database. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 766781.
- [8] <https://aapb.org/> (2023 年 3 月 20 日時点)
- [9] <https://bfe.org/> (2023 年 3 月 20 日時点)
- [10] <https://www.bcia.org/> (2023 年 3 月 20 日時点)
- [11] 辻下守弘 (2022) バイオフィードバック療法, IV. 原寛美・吉尾雅春 (編) 理論と理学療法, 脳卒中理学療法の理論と技術第 4 版. メジカルビュー社.
- [12] 辻下守弘 (2010) 筋電図バイオフィードバック療法の基礎. Peper E (監) 辻下守弘, 中川 朋 (編) 筋電図バイオフィードバック療法. 金芳堂.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバック研究と私

松野俊夫

日本大学医学部
日本大学附属板橋病院 心療内科

はじめに

研究会からスタートした日本バイオフィードバック学会は早くも50年になりました。この50年間に社会・経済・科学は大きく変化し、研究会設立当時とは別世界の感があります。これからの学会を担う若手の研究者や実践家の先生方には、次の50年の中で更に発展した学会を作り出していただきたいとエールを送りつつ、当時を振り返ってみたいと思います。

1. 学会発足当時の世相とバイオフィードバック研究

バイオフィードバック学会は1973年に研究会として発足し、1983年に学会に改称し、今年で50年を迎えることとなります。1973年の日本は、1968年から1970年頃まで続いた学生運動が収束し、経済も高度成長期から安定経済成長期に転換する時期で、第一次オイルショック、トイレットペーパーの買ひだめ騒動、為替レートが1ドル308円の固定制から変動相場制への移行、日本赤軍による日航機ハイジャック事件や金大中拉致事件なども起き、安定と不安定が混在していた時期でした。

スポーツでは、WBA世界フライ級王者大場政夫が5度目の防衛に成功した直後に、首都高速道路での交通事故死が世間を驚かせ、音楽ではカーペンターズの「イエスタデイ・ワンス・モア」が流行っていました。映画ではベトナム戦争に出兵していく若者の日常を描いた「アメリカン・グラフィティ」や、香港映画の「燃えよドラゴン」、深作欣二監督の「仁義なき戦い」がヒットし、テレビアニメ「ドラえもん」がスタート、「ノストラダムスの大予言」が出版された年でもあります。1973年は経済的には安定して来ましたが、前年には浅間山荘事件があ

り、まだまだ混沌とした時代だったように思います。当時私はまだ心理学の3年生で、漠然と臨床の仕事に就きたいと思ってはいましたが、まだ将来の方向を決めかねていました。

このような時代の中で、1973年バイオフィードバック研究会が立ち上がり、初代会長の東大心療内科石川中先生は研究会誌「バイオフィードバック研究」第一巻巻頭言で、「……近時、臨床医学の中に、医用電子工学（ME）の立場から、多くの機械が導入されるようになったが、このことに応じて、医学の中に工学的な論理をも導入することには必ずしも成功していない。バイオフィードバックは今後この点で最も有望な論理であると思われる。しかし、シャピロ教授も認めている如く、人間を対象とした時、フィードバックの中に認識の問題が必然的に介在せざるを得ない。この問題をも制御工学的に解析しきれぬものなのか、あるいはそこには生物系として個有なものが残るのであろうか。この点こそ今後バイオフィードバック研究が追求しなければならない問題点ではないかと思う。その意味でシャピロ教授の来日を契機として、心理学者、医学者、工学者などを含めたバイオフィードバック研究会を持ち、これらの実り多い境界領域を今後探究することは意義の大きいことと考える。」とバイオフィードバック研究が学際的に行われることを期待され、それは学会発足50年を経た現在でも学会の根幹として受け継がれています [1]。

さて、当時の主要な研究対象はGSR・EMG・ECG・EEG・血圧・脈波・心拍・呼吸などを測定するdeviceの研究や、それらを用いた臨床研究が主であり、それは現在でも研究テーマとして継続されています。研究会創設当時の『バイオフィードバック研究』は、現在のA4判の半分のA5サイズ、赤色の表紙で手作り感のある小冊

連絡先：〒173-8610 東京都板橋区大谷口上町30-1
受付：2023年3月5日
受理：2023年3月5日

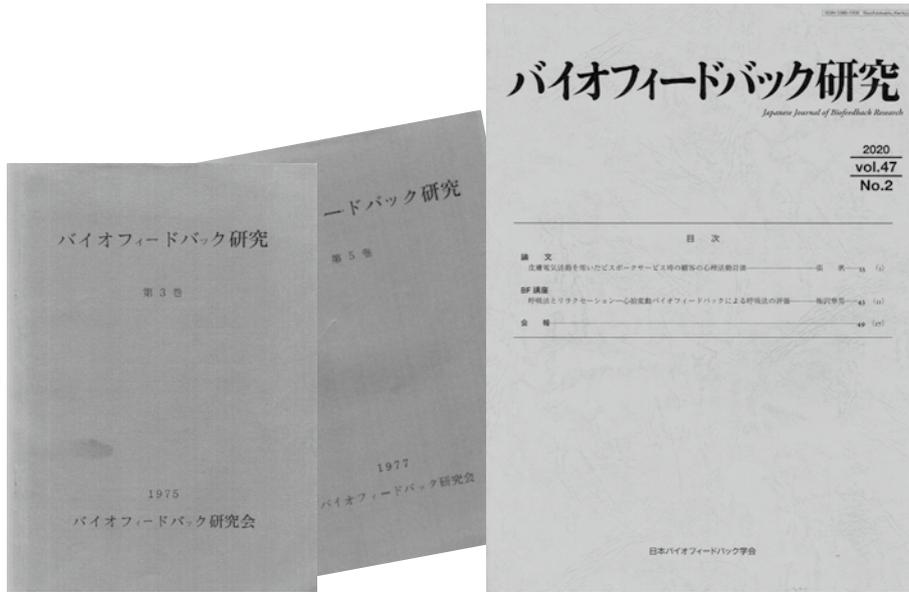


Fig. 1 バイオフィードバック研究誌

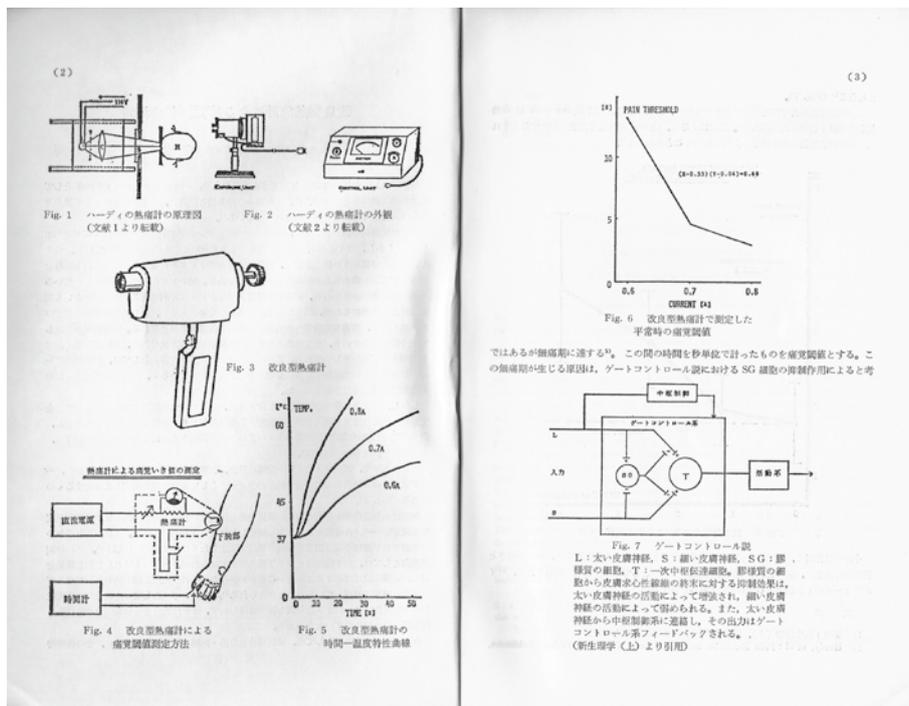


Fig. 2 バイオフィードバック研究 第5巻 2~3

子という体裁ですが (Fig. 1, 2), 掲載されている論文からは, 新たな分野を開拓していくという研究者の熱気を感じさせます。なお, 研究内容は創刊号からJ-STAGE [2] で閲覧できます。

当時の研究内容と現在を比較すると, 大きく異なっていることは, 電子工学の急速な進歩によるパーソナルコンピュータや, 近年では Raspberry Pi や Arduino 等の安価で拡張性の高いシングルボードコンピュータの登場など, コンピューターを利用した情報工学や制御工学

の大きな進歩があり, 学会に工学系研究者が当初より加わっていたことは, バイオフィードバック研究にとって, 大きな advantage となっているように思います。

現在では日常的にパソコンを使っていますが, 当時コンピューターといえばIBMなどの, メインフレームと呼ばれる大型コンピューターシステムや, 研究室などで使用できる小型のコンピューター (ミニコンピューター=ミニコン) であり, 空調の整ったコンピュータールームで, 当初はプログラムやデータ入力には厚手のカードに穴を

開けるパンチカードが主流で、ブラウン管式ディスプレイを見ながらキーボードのついた穿孔機によってカードに穴を開け、それを別の読み取り機で読み取らせる方式で、大量のカードを持ち歩いていました。コンピューターの用途は科学計算と事務処理や制御であり、現在のようなエンターテインメントの要素は一切ありませんでしたが、最先端技術であり、触れること自体が時代の先端を感じさせました。今では考えられない時代が50年前でした。

その後1971年に日本の計算機メーカー「ビジコン」が電卓用に世界最初のシングルチップ4bitマイクロプロセッサ「i4004」をインテルと共同開発し、現在につながる技術革新が起こりました。1974年にはインテルが「i8080」を発表。1975年にビル・ゲイツがマイクロソフト社を設立し、1977年にはアメリカのコモドール、Apple、タンディ・ラジオシャック社などからBASICインタプリタを内蔵し、ディスプレイ、キーボード、プリンターなどの外部インターフェイスを備えた、単なる計算機や事務処理機ではないアミューズメント性が前面に出た、現在のパソコンの原型が発売されました。日本でも1979年にNECからPC8001が発売になり、本体価格が当時のサラリーマンの平均月取程度の価格であったため、まだまだ一部のマニア向けではありましたが、専門家ではない一般人がコンピューターを使える時代が到来しました。私も頑張って購入しましたが、現代のノートパソコンのようなオールインワンではないため、キーボードは付属していましたが、別途ブラウン管ディスプレイ、外部記憶装置としてカセットテープレコーダー、プリンターなどの出力装置が必要であり、結局の所かなり高額にはなりましたが、個人でコンピューターを所有出来るという、新しい時代をワクワクして感じたことを思い出します [3]。

パーソナルコンピューターとオペレーティングシステムの登場は、その後のバイオフィードバック研究の方向を大きく変化させました。それまでのバイオフィードバックは医療機器や高額な専用機器を利用する他はなく、バイオフィードバック研究は一部の限られた研究者による物でしたが、パーソナルコンピューターが使用されるようになり、研究用として新たな分野を開拓しましたが、家庭での訓練用としては価格など数々の問題点を抱え、家庭での利用を模索したものの、安全性も含め実現はできませんでした。

しかしながら個人所有できるコンピューターの出現は、国内に大きなインパクトを与え、ホビー用途のコンピューターという新しいジャンルが作られ、ハードとソフトウェアに関する数多くの月刊誌が発刊され、TVではBASIC言語のプログラミング学習番組まで放送されるなど、一般人がコンピューターを学ぶためのムーブ

メントが作られたことは、バイオフィードバックの研究者に大きな変化をもたらしたと思います。

その後1983年にマイクロソフトとアスキーによってホビー用に開発された安価でグラフィック性能が高く、周辺機器との接続に優れたMSX規格パソコン [4] が大手家電メーカーからも発売され、ちょうど現在文政学院大学の長野先生や都立産業技術高等専門学校の星先生などが研究されている、Raspberry PiやArduino等を用いた研究と同様の研究が、当時の学会でも起こり、名誉会員の稲森義雄先生や梅沢章男先生などがMSXパソコンを用いた家庭でのバイオフィードバック訓練の可能性を研究されていましたが、1995年にWindows 95が発売されたことを境に、日本のパーソナルコンピューター市場はPC-9800やPC/AT互換機、Macintoshが多勢を占めるようになり、MSX規格パソコンは終焉に向かい、残念ながらMSXパソコンを用いた家庭用フィードバック装置の研究も進まなくなりました。

学会設立直後にマイクロコンピューターの出現があり、その後のわずか40年でスマートフォンを含めたパソコンは生活必需品となり、バイオフィードバック療法も各種の生体信号を、コンピューターを介してフィードバックする時代になりました。しかもそれらは研究者が追いつかないスピードで進歩・発展を続けています。10年一昔という言葉がありますが、現在では5年あるいは3年一昔かもしれません。このような新たな時代の中で、バイオフィードバック研究者のあり方も、地道な基礎研究を進める他に、新しい技術やシステムを素早くキャッチし、それらを取り入れていくセンスが求められるように思います。幸いなことにバイオフィードバック学会は、医学、工学、心理学の3分野が相互に補完し合い、新たな技術の取り込みや、発想を生み出すことができる環境にあります。今後も理事会などが適切なインセンティブを発揮し、3分野が協同した研究の模索など、さまざまな方策や工夫を示していくことも大切ではないかと思っています。

2. 日本大学板橋病院心療内科とバイオフィードバック療法

私のバイオフィードバック研究との関わりは、1975年に大学を卒業した後、東京都港区の教育センター教育相談室に非常勤教育相談員として勤務し、1978年に日本大学板橋病院心療内科に非常勤心理職として移り、その中で心理療法の一つとしてバイオフィードバック療法に出会いました。以後1984年に医学部助手に移り、2018年に退職となりました。

日本大学板橋病院心療内科は1968年に呼吸器科の中に心身症専門外来として開設され、1979年に診療科として桂戴作先生を初代心療内科科長として独立しました。こ

これは診療科としては九州大学、東京大学、東北大学について4番目であり、私学では初めての開設でした。桂先生は呼吸器学の中で、気管支喘息を中心とした呼吸器心身症の診療と研究を専門とし、その中で1980年頃より気管支喘息に対するバイオフィードバック療法に関する研究が始まり、1984年には第12回日本バイオフィードバック学会を桂先生を会長に開催しました。研究当初は喘息の喘鳴音をマイクで拾い、その強弱をレベルメーターと増幅した喘鳴音でフィードバックし、患者はレベルメーターや喘鳴音を聞き、それらを小さくすることで気管支の拡張を期待したのですが、喘鳴音と気道の狭窄とは必ずしも一致せず、その後は気道の狭窄をより反映すると考えられる呼吸抵抗を、メーターで表示した呼吸訓練に移っていきました。

呼吸抵抗を用いたバイオフィードバック呼吸訓練研究の中で、ある時桂先生に呼ばれ「君は男で電気に強そうだから、メーターでの表示は患者さんにわかりづらいので、もっとわかりやすい表示の仕方を考えるように」とテーマを与えられ、そこからバイオフィードバックとの関わりが始まり、学会には1980年頃に入会しました。研究会が学会にステップアップする3年前のことです。

テーマを与えられましたが、当時パソコンはありましたが呼吸抵抗計とのインターフェイスが予算の都合で購入できず、また実用的なプログラムを組むだけの知識も無かったため、電子工学専門月刊誌の「トランジスタ技術」誌を参考にしながら、呼吸抵抗計のメーターへの出力を分配し、コンパレータICを使った多段式のランプ表示器を作成し、患者さんにはランプの点灯がなるべく少なくなるような呼吸を練習してもらいました(Fig. 3)。

訓練回数を重ねることで呼吸抵抗は改善されることがわかりましたが、呼吸の仕方にどのような変化が起きているのかわからないため、呼吸練習による胸部と腹部の動きの変化からも検討を加えることとなり、そのためのデバイスを考えましたが、当時簡便に利用できるものは、チューブの中に水銀やカーボンを封入したチューブ式圧力センサーや導電性ゴムセンサーによるもので、どれも出力の直線性に問題があり、しかも装着部位を毎回の練習ごとに一致させることは困難でした。またセンサーの呼吸による伸び縮みは、着衣の素材間の摩擦力にも影響を受けるなど、呼吸の仕方を毎回の練習前後で相対的に測定することは可能であっても、練習の反復による変化を絶対値として正確に測定することは困難でした。さまざまなアイデアを考えましたがなかなか実現は難しく、更に1990年代になると、気管支喘息の病態が解明され、効果的な薬物療法が確立したため、難治性の気管支喘息は減少し、喘息死も激減するなど喘息治療に大きな変化が起きると共に、残念ながら気管支喘息に対するバイオフィードバック療法の研究も徐々に終息して

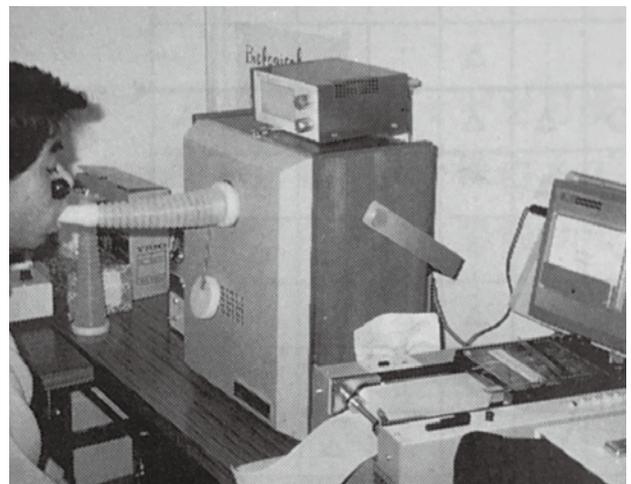


Fig. 3 日本大学板橋病院心療内科でのBF呼吸練習

いきました。

私がバイオフィードバックに関わりだした当時は、新しい技術や素材を見つける手段は限られ、日経新聞や日刊工業新聞、工業・工学関連の専門誌を見たり、新素材を見つけに展示会に行ったりしてカタログ集めをしていました。装置等もアナログ回路の手作りのため秋葉原を徘徊し、半田ごて等の技術も必要でした。現代のようにグーグルやBingなどであらゆる情報にアクセスし、アマゾンで必要な物が簡単に手に入る時代が到来することなど、夢にも出てきませんでした。ただ、必要な情報を誰でも簡単に入手できる環境が整った今日でも、研究者や実践家は、新聞・雑誌の一行やTVのニュースの一言にアンテナを張り、新しいアイデアや新しい技術・製品等の情報を集める努力を怠ってはならないと思います。とはいえながらも、近年のICTの進歩はめざましく、最近話題のチャットGPT等が本格的に稼働するようになると、研究や実践分野の情報へのアクセスやアイデアにどのような変化が起きるのか、次の100周年記念誌では、2023年は「歴史的な転換期」と書かれているかもしれません。

3. 日本心理医療諸学会連合とバイオフィードバック

日本心理医療諸学会連合 (The Japanese Union of Association for Psychomedical Therapy: 略称 UPM) は、1987 年に九州大学心療内科初代教授の池見西次郎先生の声かけによって、心理療法や心理生理学的治療を研究対象とする、心理学系学会と心身医学系学会の相互交流と発展を目的とした連合体として設立され、現在 15 学会が加盟しています。主な活動は年次大会での研修会、ニューズレターの発行などで、各学会から 2 名の委員が選出され理事会を形成し、大会運営を担っています。バイオフィードバック学会は 2009 年の第 22 回大会を坪井元理事長、2013 年の第 26 回大会を端詰前理事長が大会を開催しています。

UPM 大会では当初より一つの症例を提示して、各学会の立場から検討し、それぞれの理論や方法を勉強するという症例検討会と、加盟学会の特色を生かした心理療法の講習会の開催が特徴であり、大会の担当は加盟学会の持ちまわり制でした。多くの場合担当学会の学術大会会長が学術大会に併設か別な日程で開催していることが多く、学術大会会長の負担も大きかったと思います。そのためか UPM 大会は必ずしも盛会が続いたわけではなく、UPM の存続も危惧されるような状況も見られたため、筆者の松野が UPM 理事長を務めた時期に、UPM 大会の主催を加盟学会から UPM 理事会に変更し、大会長は UPM 理事会から選出し、同時に加盟学会会員の資質向上を目指した講習会と症例検討会の充実を図りました。バイオフィードバックの研修会は、2011 年の 24 回大会からほぼ毎回開催されており、バイオフィードバック療法に興味があっても、デバイスを手にするの難しい UPM 加盟学会会員への啓蒙に効果を上げていると思います。今後も UPM を通じて、正しいバイオフィードバック療法を広めていくためには、図々しいことではありませんが、毎回次年度の UPM 大会会長にバイオフィードバックの講習会を開催したい意思を表明していくことが大切だと思います。

4. これからのバイオフィードバック

技術は日進月歩で進んでおり、その技術をどのように研究や実践に取り入れ、新しいアイデアを捻り出せるのか、研究者や実践者のセンスを磨くことも大切だと思います。バイオフィードバック学会は三分野の連合体ですから、今後も更なる協同を、研究でも実践でも進めてほしいと願います。

2015 年の第 43 回大会 (筑波大学 星野聖会長) では、バーチャルリアリティなどの先端技術の一端を体験させていただきました。ヘッドマウントディスプレイを頭に

つけて、高層ビルの一室から飛び込み板を歩いて外に出て、下をのぞいた時の現実感を今でも忘れません。当時最先端技術も現在では実用の域に達し、昨年の 49 回大会の拡大セッションでは、たくさんの VR の発表がありました。このような新たな技術を背景としたバイオフィードバック療法が臨床の中で活かされ、患者さんの新たな治療法につながることを期待したいと思います。

また、Raspberry Pi や Arduino の活用 [5]、スマートウォッチなどのウェアラブルセンサー [6] と、今や国民の半数以上に普及しているスマートフォンを利用したバイオフィードバック装置の開発 [7] など、今後の臨床応用にとって大切な視点のように思います。

バイオフィードバック療法は装置を介在した学習であるため、高額な機器で病院などの特別な場所に行かないと訓練できない、ということでは発展はなかなか進みません。装置の価格が安く、身近にあっていつでも誰でも、簡単に使用することができるようになることが、訓練の効果を上げる条件のように思います。バイオフィードバック訓練を家庭や職場に広げる研究も、今後の課題と思います。

最後に、1975 年の第 3 回バイオフィードバック研究会シンポジウム“バイオフィードバック研究に従事して”の指定討論者発言は、バイオフィードバック研究の諸問題が取り上げられており、この諸問題は現在のバイオフィードバック研究においても通じる問題点であるように思いますので、ここに引用させていただきます。[8]

第 3 回日本バイオフィードバック研究会シンポジウム
バイオフィードバック研究に従事して

討論者発言内容 (要旨)

九州大学医学部 赤木 稔
東京大学分院 石川 中
同志社大学文学部 浜 治世
国立がんセンター麻酔科 水口 公信

自らの研究経験から指摘された諸問題に対して、基礎および臨床領域から意義深い論評がなされた。討論内容は大きく次の 3 つの問題点に分かれた。

I バイオフィードバックの機能に関して

A. 情報を与える過程での問題点

1. binary feedback と proportional feedback, direct feedback と indirect feedback の比較が必要である。
2. 他の生理機能との組合せによる feedback や、コトバによる feedback の効果等の検討が必要である。

B. 強化あるいは制御の過程での問題点

1. 強化のメカニズムに対して、従来のオペラント的な考えで十分であろうか。
2. 報酬の与え方として、自我関与にかかわるものや競争的要因を含めることか有力ではないか。
3. 患者にとっては治療効果そのものが報酬となっている。

Ⅲ 媒介に関して

1. 中枢媒介は特にヒトにおいては無視することはできない。また制御の有力な要因となっている。従って、制御を目標とする場合、媒介をより積極的に使用してもいいのではないか。
2. 媒介を定数的なものとするか、変数的なものとして取り扱うかで研究方向が分かれる。
3. 媒介の取り扱いに関しては今後さらに多くの研究が望まれる。

I 臨床的応用に関して

1. 治療効果が優先するため、他の療法と併用したり、効果が十分でないと治療を中止する場合があります、バイオフィードバックそのものの効果が検討されにくい。
2. 一つの症候を制御すると他の症候が生じるという症候転移の現われる場合がある。
3. バイオフィードバック治療の効果は、患者の性格や、

療法に対する理解、信頼感等に大きく左右される。

4. 生理的拘束あるいはホメオスタシスとの関連についての研究が必要で、患者が正常と異ったホメオスタシスのもとにあることを考慮する必要がある。

参考文献

- [1] 石川中(1973) 発刊の辞 バイオフィードバック研究, 1, 1.
- [2] J-STAGE. <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jjbf/list/-char/ja>. (アクセス日 2023,3,5)
- [3] パーソナルコンピューター. Wikipedia. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%BD%E3%83%8A%E3%83%AB%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BE>. (アクセス日 2023,3,5)
- [4] MSX パソコン. Wikipedia. <https://ja.wikipedia.org/wiki/MSX>. (アクセス日 2023,3,5)
- [5] 長野祐一郎 (2022) 自作測定機器を用いたバイオフィードバック. バイオフィードバック研究, 49-2, 77-81.
- [6] 澤田砂織 (2017) ウェアラブルデバイスを活用したシステムについての現状と問題点, 今後の展望について. バイオフィードバック研究, 44-2, 91-96.
- [7] 鈴木里砂 (2020) スマートフォンを用いた低コスト筋電図バイオフィードバック装置の開発と応用. バイオフィードバック研究, 47-1, 7-9.
- [8] 赤城稔他 (1975) 討論者発言内容 (要旨). バイオフィードバック研究, 3, 49.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

データサイエンス時代の心身医学における バイオフィードバック

神原憲治

香川大学大学院医学系研究科 医学部臨床心理学科 心身医学

はじめに

近年、バイオフィードバックをとりまく情勢が大きく変化しつつある。ハード面では、ウェアラブルデバイスと呼ばれる携帯型デバイスの普及、スマートフォンなど端末の進化、オンライン技術の普及などがある。ソフト面では、機械学習や人工知能などによるデータサイエンスの急速な進歩や、バーチャルリアリティなど新しいシステムの出現など、話題に事欠かない。このような変化の中、バイオフィードバック学会はトレンドだけを追いかけるのではなく、それらの環境を上手に生かしながらも、独自の発展が期待される。

筆者は心療内科医として、心身医学・心療内科の領域において20年余りバイオフィードバックの臨床や研究に関わり、2017年には大阪で第45回学術総会を主催させて頂いた。本特集にあたり、つたない経験からではあるが、今日の情勢の中においてバイオフィードバックにはどのような意義があり、どのような方向に向かうべきかを、心身医学の観点から論考してみた。本稿が今後の日本バイオフィードバック学会の発展に、多少なりとも寄与するならば幸いである。

脳の容積と社会

人間の脳の容積は約1300~1500gとされる。約400年前の初期の猿人の脳から約3倍になったという。この脳の大きさに対応する社会構成人数=150人というのはよく知られており、これを「ダンパー数」という[1]。これくらいの人までの人とやりとりをしながら活動す

るのが、生物学的な「ヒト」として最適ということだが、実際のヒトの社会はこれを超えて拡張し続けてきた。これを可能にしたのは、二足歩行などを基盤とした言葉や文化である。今日の現代社会では、これをさらに強化するツールとしてデジタルインフラがあり、それをもとにしたソーシャルネットワーク(SNS)がある。SNSによるつながりの数は、大学生で300人ほどというデータもある。メディアも多彩でつながりの種類や程度もさまざまなので統計は難しいが、普通にSNSを利用している人なら、150人の数倍のつながりはあるだろう。それ自体は決して悪いことではない。

つながりの質はともかく、ヒトは言葉だけでなく、デジタルインフラ、SNSという「拡張機能」を用いて、今日の大きく複雑な社会を形成し、本来の生物学的なスペックの数倍のネットワークを構成してきた。外部の人とのかわりには人として重要な特質であり、その機能拡張をもたらす通信機器、デジタルインフラ、それに基づくSNSの役割は大きく、それらによる「外的拡張機能」が大きく発展したのも頷ける。

しかし、インターネットの普及は1990年代、SNSがここまで身近になってきたのは、2000年以降であり、人類の200万年とも700万年とも言われる歴史からすると、ほんの最近のことである。このような急激な進化と機能拡張に、生物学的な「ヒト」は追いついているのだろうか。このような警鐘は、「ケータイを持ったサル」[2]などで2000年頃からすでに言われてきた。本来の想定をはるかに超えた社会的なつながりは、よからぬつながりも容易にし、さまざまな犯罪の温床にもなっている。また、外的な機能が拡張され続けた結果、バランスが崩

連絡先：〒761-0701 香川県木田郡三木町池戸1750-1
香川大学大学院医学系研究科/医学部臨床心理学科 心身医学
TEL：087-898-5111
E-mail：kambara.kenji@kagawa-u.ac.jp

受付：2023年3月10日

受理：2023年3月10日

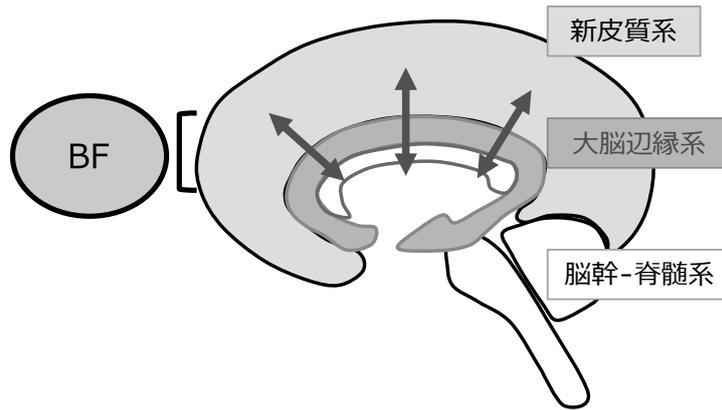


図 中枢神経系の階層モデルにおける機能的解離とバイオフィードバック (BF) による統合

心身症などのストレス関連疾患では、アレキシサイミア (失感情症)、アレキシソミア (失体感症) などの心身解離の傾向がみられることが多い。これらの病態では、身体-脳幹-大脳辺縁系-新皮質系に至る階層レベル間の機能的解離が背景にあるとされる。バイオフィードバックは、無意識レベルの生理的状态を可視化してフィードバックすることで意識レベルとつなぐ。このようなプロセスを通して、階層レベル間のつながりを促進し、機能的解離を改善すると考えられる。

れて内的な機能である内受容感覚 (後述) が低下してしまい、さまざまな疾患につながっているとも考えられる。

心療内科におけるバイオフィードバック

心療内科領域では、心身症の背景に心と身体との解離が問題となる状態があることが、心身医学の創始者である池見らによって提唱されてきた。池見らはこれを「失体感症 (アレキシソミア)」と呼んでいる [3]。人間の心は身体と離れては存在しえないのであるが、さまざまなストレス状況から、身体を切り離して対処してしまうのである。そしてこれは感情の気づきに乏しい「失感情症 (アレキシサイミア)」とも深く関係する。歪んだ社会状況や周囲への過剰な反応 (過剰適応) などがきっかけとなってこのような解離が生じ、心身の気づきが低下して、心身症の病態に関与する。脳生理学的観点からみると、新皮質系と大脳辺縁系などのレベル間での機能的解離と考えられている (図)。

これらの病態が提唱されたのはスマートフォンや SNS が普及するよりも前のことであるが、自然と解離した複雑なストレス社会も背景にあると考えられてきた。その後、前述のような急速な外的拡張機能の進化によって、この病態がさらに深まり、別の歪みも加わって内的な身体との解離がさらに進んできたように思われる。

このような中で、筆者が関西医科大学附属病院で心療内科におけるバイオフィードバック外来を立ち上げたのは、2000 年頃のことである。自己と感情や身体とのつながりが薄れ、心身の気づきの低下した患者さんに、その気づきを促して自身の内的な身体とつなぐ手段として、

バイオフィードバックは有力な手段となる。装置設定の煩雑さはあるものの、客観的データを重視する医療の枠組みの中で、ストレス状況への気づきに乏しいために直接的な心理的介入が困難な方には導入しやすいアプローチである。もちろん保険診療の算定も心身医学療法として可能である。

多くの心身症などのストレス関連疾患の患者さんに対し、バイオフィードバックを用いた評価やアプローチを行ったが、中でも印象深いケースがある。2008 年に本誌で発表した「身体感覚の気づきへのプロセスとバイオフィードバック」[4] では、心身症患者群におけるストレス前後の身体感覚の変化の特徴を提示した。その中で典型的なケースとして、アレキシサイミア・アレキシソミアの特徴を持つ症例に、心療内科外来でバイオフィードバックを行い、身体感覚の気づきから症状改善に至ったプロセスを考察した。興味のある読者は参照されたい。

このように、本来の想定を超えたストレス社会において、さまざまな解離やバランスの乱れが生じた患者に対して、心療内科におけるバイオフィードバックは、心と身体をつなげ、解離やバランスを改善する役割を果たす。脳生理学的見地からは、前述の各レベル間のコミュニケーションを促進し、それらの解離を改善する (図)。ある意味、現代社会の歪みを是正する役割を担っているともいえる。

「内的拡張機能」と内受容感覚

このように、SNS はデジタルインフラを「人と人とのつながり」、つまり、社会機能の拡張のために用いるのだ

が、バイオフィードバックはこれらのデジタルインフラを、自身の内的状態をとらえる「自己とのつながり」に用いる。前者が人の外部の情報や他者とのやりとりを拡張するのに対し、後者は自身の内部情報とのやりとりを拡張する。SNSはいわば「外的拡張機能」、バイオフィードバックは「内的拡張機能」と言えよう。ここは大きな違いであり、バイオフィードバックの重要な特徴の1つである。

外的拡張に偏った状況への是正の本能が働いてか、内側の私とやりとりを深めようとするアプローチが見直されている。いわゆる心身アプローチ(mind-body intervention)などと呼ばれる、ヨガなどのボディワーク、ボディサイコセラピーなどは従来から行われてきた。今日は、仏教の瞑想を源流とするマインドフルネスが盛んになっており、効果が期待されている。内受容感覚との関係も深く、実際さまざまなエビデンスが蓄積されつつある。心理療法も心理面において内的な自身への気づきを促す方法と言える。バイオフィードバックだけが内的拡張機能や内受容感覚を促進する方法ではない。

デジタルインフラを、内的状態をとらえるツールとして用いる動きも随所に見られる。スマートフォンの普及を土台とした、ウェアラブルデバイスや連動する健康管理・ヘルスプロモーションなどのアプリケーションの広まりである。ただ、これらのデバイスやシステムが治療や健康増進に本当に有効に使われているかという点、現時点ではやや疑問が残る。腕にスマートなデバイスをつけたり、スマートフォンに高度なヘルスケアアプリをインストールしていても、「三日坊主」で終わっていたりしないだろうか。その学術的基盤や活用についての方法論が成熟していないのも一因であろう。ここにバイオフィードバック学会はもっと貢献すべきかもしれない。その学術的基盤の一つとして、ニューロサイエンスやそれをもとにした「内受容感覚」が重要である。

人は本来、自身の内部状態を把握する生理機能を有している。この内部状態をとらえる感覚システムは、「内受容感覚(interoception)」と呼ばれ、その生理的機序が解明されつつある。CraigらのNature Review誌の論文[5]などが契機となって、2000年以降急速に研究されるようになった。そもそも自身の状態を把握せずして、適切に状態を調整することはできない。内受容感覚は、ホメオスタシス(生体恒常性)やその発展概念であるアラスタシスにおいて、それらに必須の基盤的生理システムである。この内受容感覚は、単に内部状態をとらえるだけでなく、感情形成、ストレス対処、直観的意思決定など、人が生きる上で根幹となる重要な機能に関与することが分かってきている。

うつ病や生活習慣病などさまざまな病態では、この内受容感覚の変調が認められることも分かってきた。最

近、香川大学医学部循環器内科の研究グループが筆者と共同で行った、心不全患者における心臓リハビリテーションの研究では、在宅心臓リハビリテーションの予後予測因子として、身体生理的な要因やうつなどの精神的要因と比べても、内受容感覚が最も大きな予測因子となることが分かった[6]。内受容感覚が適切な人ほど、体調の変化などによる運動量の調整能力などに優れ、リハビリテーションの効果が高いと考えられた。今後も、さまざまな生活習慣病やストレス関連疾患などにおける病態因子や予後予測因子としての、内受容感覚の重要性が明らかになるだろう。

内受容感覚がさまざまな要因によって障害されたとき、その治療的アプローチとして内受容感覚をデジタルでアシストするバイオフィードバックの出番となる。バイオフィードバックは、単にとらえるだけでなく、それを自身にフィードバックし、それをもとに内的状態の調整を試みる。また、障害されたときに修復する従来の医学的発想のみならず、現状よりもその機能を高めて疾病の予防につなげる予防医学としてのバイオフィードバックや、健康増進につなげるヘルスプロモーションとしてのバイオフィードバックも重要である。

内受容感覚の概念をもとに、前述のウェアラブルデバイスなどを活用すれば、より有用かつ有効なシステムとなるだろう。このようにバイオフィードバックは、生理基盤としての内受容感覚の調整を介して、疾病の治療や健康増進に資するものである。

客観化や可視化がもたらすもの

従来使われなかったさまざまな分野でも「デジタル〇〇」という言葉が使われるようになった。医療では「デジタル医療」である。不眠症や高血圧についてのアプリケーションが薬事承認され、ビッグデータを用いた疾病の予防や発症リスクの予測、さらには「デジタルツイン」など、日進月歩で発展している。一方で「アナログ」の見直しもある。音源一つとってもデジタルはさまざまな音の領域をカットしてしまい、明確には意識されない味わいがなくなることから、アナログ音源を求める向きもある。これに類する話は他にもいろいろあるが、デジタルが得意なものと苦手なものがある。アナログでもバイオフィードバックは可能だが、デジタルの特徴・強みとして、定量化・客観化・可視化(「見える化」)が容易で、それによって人と人とで共有しやすくなる点大きい。

心身の内部状態は本人にしか分からない主観的なものだから、それを客観化して共有できるインパクトは非常に大きい。筆者もこれまで心療内科におけるバイオフィードバックをさまざまなストレス関連疾患の患者さんに行ってきたが、患者さんが最初に自身の内的状態を

提示された画面を見たとき「ほーっ」とか「へえー」とか驚きの言葉が出るのに立ち会ってきた。このインパクトをきっかけに、さまざまな心身の気づきを促し、心身医学的治療へつながっていく。使い方次第で、デジタルの力による客観化や可視化は絶大なインパクトをもたらす。内受容感覚の促進とデジタルによる客観化・可視化とは大変相性がよいのだ。

「セルフ」とバイオフィードバック

昨今は単なるデジタル化にとどまらず、その先の人工知能 (AI) やメタバースなどの時代である。2022年11月、米国 OpenAI (San Francisco, CA) が公開した AI によるチャット (チャット GPT) が劇的に広まり、その影響は各方面に及んでいる。この人工知能システムは、専門的なことでもかなり正確かつ確に返答してくれるから、人間でしかできないことと AI でもできることの違いがさらに明確になっていくだろう。今後、病気や健康の相談にも活用され、不勉強なプロフェッショナルや専門家などは淘汰されるかもしれない。

このシステムは何でも流暢に答えてくれるが、自身のことについての質問は苦手だという。つまり、その質問に答えてくれているあなた自身、といっても誰かがいるわけではないから、そのシステム「自身」について教えてほしい、と質問すると、なかなか答えてくれず、強制終了されてしまうこともあるらしい。ギリシア神話のスフィンクスの謎かけを彷彿とさせる。あらゆる情報を学習し、その情報を駆使して提示できるシステムであっても、それはあくまで人が作った計算機であり、人間が持つ主体的な自己「セルフ」は存在しない。だから答えられないのも当然である。

逆に人間も人工臓器や人工知能で代用できる部分も多く、この分野は今後も発展していくだろう。人工臓器で心臓も内臓も皮膚も全て入れ替え、脳の機能は人工知能で賄うとしたら、残る「私」とは一体何か、最後に残るのはこの問いである。この「セルフ」だけは絶対に代用できない。セルフの感覚 (私という感覚) には前述の内

受容感覚が深く関与し、そのベースになるとされる [7]。バイオフィードバックは、これまで述べてきたように、「内的な状態」をその「私自身」にフィードバックする。ここに他の技術とは決定的に異なる特性があることを忘れてはならない。

「汝自身を知れ」(古代ギリシアの格言)、「敵を知り己を知れば、百戦殆うからず」(孫子) など、何をすることも己を知ることは本質的に重要である。さらに、自己の気づきと他者の感情の読み取りとは深い関係があることも提唱されている。つまり、己を知ることが他者を知ることに通じるのである。自己を疎かにして他者にばかり眼が向くと、バランスが崩れてしまう (もちろんその逆もあろう)。外部の情報や他者との繋がりを用いられてきたさまざまな技術システムを、内部の状態やそれを通して自己 (セルフ) とのつながりや気づきに用いる。このバイオフィードバックの持つ本質を踏まえつつ、今日のデータサイエンス時代におけるバイオフィードバックと、日本バイオフィードバック学会の今後のさらなる発展を期待したい。

参考文献

- [1] 篠田謙一 (2022) 人類の起源 古代 DNA が語るホモ・サピエンスの「大なる旅」。東京：中央公論新社。
- [2] 正高信男 (2003) ケータイを持ったサルー「人間らしさ」の崩壊。東京：中央公論新社。
- [3] Ikemi, Y. & Ikemi, A. (1983) Psychosomatic Medicine : A meeting ground of eastern and western medicine. *Journal of the American Society of Psychosomatic Dentistry and Medicine*, 30, 3.
- [4] 神原憲治, 伴郁美, 福永幹彦, 中井吉英 (2008) 身体感覚の気づきへのプロセスとバイオフィードバック。 *バイオフィードバック研究*, 35, 19-25.
- [5] Craig, A.D. (2002) How do you feel? Interoception : the sense of the physiological condition of the body. *Nature reviews. Neuroscience*, 3 : 655-66.
- [6] Miyazaki, S., Kanbara, K., Kunikata, J., Tobiume, A., Hayashino, S., Namba, T., et al (2022) Heartbeat tracking task performance, an indicator of interoceptive accuracy, is associated with improvement of exercise tolerance in patients undergoing home-based cardiac rehabilitation. *European Heart Journal-Digital Health*, 00, 1-11.
- [7] Craig, A.D. (2010) The sentient self. *Brain structure & function*, 214, 563-77.

■ 特 集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバック研究とのかかわり

端詰勝敬

東邦大学医学部心身医学講座

はじめに

この度、日本バイオフィードバック学会の機関誌である「バイオフィードバック研究」が第50巻を迎えた。多くの研究者が、研鑽を重ね、その成果を継続的に発表し続けた成果である。ここでは、日本バイオフィードバック学会の会員として過去を振り返り、これからの展望を述べたい。この論文は学術的な内容というよりも個人の思い、意見が中心であることを最初に記しておく。

バイオフィードバック学会のあゆみ

バイオフィードバック学会は、バイオフィードバックの発展に向けて、心理学系、医学系、工学系の各系が有機的に学際的に連携することに大きな特色がある。私が医師になった1993年の時点で、バイオフィードバック研究は20巻を数え、表1のような諸先輩方の貴重な論文が収載されている。バイオフィードバックの対象は不随意運動や痛みなど医学系が中心であったが、その前後の巻をみると心理系では、皮膚コンダクタンス変化と皮膚電位活動の比較 [1] に関する研究、工学系では、訓練過程の数理モデルに関する研究 [2] が発表されており、各系がしのぎを削っていた時期であった。各系の先生方は専門領域が異なっているため、1年ごとの学術集会で文字通り集い、活発に意見交換をされていたことを記憶している。3つの立場や専門の違う系の先生方が集まることで、新鮮な刺激への遭遇機会が多く、新しいアイ

デアが浮かぶ機会も多かったように感じる。また、バイオフィードバック自体が複数の系が集まりやすい素地も持っている。私はよく後輩の医師にバイオフィードバックのことを説明するときに、「医者は患者はいるけど、何の心理指標を測っていいかわからない」「医者は、身体指標を計るときに、どこを測ればいいかは知っているが図る機器については無知である」などと説明し、心理系と工学系との融合の必要性を伝えている。私が医師になった頃のバイオフィードバックの指標としては、心拍変動が注目されていたが、その後にニューロフィードバックなど新しい技法も話題となってきた。しかし、バイオフィードバックの対象には大きな変化はなく、今日に至っているように感じる。

次の50巻に向けて

この学会の魅力は、「バイオフィードバック」そのものと3つの系の連携ということであろう。しかし、現在その魅力が最大限に生かされているかという疑問は残る。

1) 新しい測定方法・機器の開発

西村の2012年の論文 [3] ではバイオフィードバック機器の開発メーカーは15社が提示されていた。この頃のバイオフィードバック測定機器は、実験室または診察室においてかなり手間をかけて測定をしており、費用も安価ではなかった。しかし、現在に至るまで、測定機器の小型化、軽量化の領域は飛躍的な進歩を遂げており、ここ数年で様変わりしたといっても過言ではない。

表1 バイオフィードバック研究第20巻の内容

・EMG-BF療法が奏効した高齢者不随意運動の1例 中島肇
・消化管機能異常における胃電図 (EGG: Electrogastrography) によるバイオフィードバック法 竹林直紀
・バイオフィードバック療法の治療効果に基づいた痙性斜頸患者の分類の試み 三島徳雄
・疼痛や筋萎縮など癌手術後遺症に対する多種バイオフィードバック療法による集約的アプローチの試み 斎藤康子

連絡先: 〒145-0066 東京都大田区大森西 6-11-1

E-mail: hashi2@med.toho-u.ac.jp

受付: 2023年3月5日

受理: 2023年3月5日

近年のバイオフィードバックは、軽量・小型で携帯型の測定機器が次々と開発されており、以前には簡便に測れなかった、心拍数、血圧、血中酸素濃度、睡眠のパターンなどが腕時計一つで簡単に無侵襲に測定できる時代になった。著者が、バイオフィードバックを志した頃の夢は、「自宅でも筋電位や皮膚温が簡単に測定できたら」というのが夢であったが、今は日常の普通のこととして定着している。

もちろん、新たな技術と製品ということで素晴らしいのではあるが、学会としては、このようなテクノロジーの変化を上手に活用できていないように思える。バイオフィードバックの最近の方向性は、心理・医療の現場から健康増進に向かっており、大手のメーカーが健康増進という名目で市民という巨大な市場へ向けての戦略へと向かっている印象がある。一方、日本バイオフィードバック学会としては、学際的な立場をはずすことはできない。産学連携が求められている時代である。そういう距離を超えて、新しい連携の仕方を模索しないと学際的な部分が取り残されるのではないかと危惧している。

2) 若手の育成

医学系、心理系、工学系のすべての系に関係することであるが、この分野に興味をもつ若い研究者の獲得という大きな課題に直面している。バイオフィードバック自体が多様性をもちはじめ、学会での専売特許であったものが学会を超えて裾野は広がっており、興味のある若手が他の学会または他の方法でバイオフィードバックに取

り組む可能性も出てきている。日本バイオフィードバック学会の存在を外に向けて有効な形で発信すべきではないだろうか。当学会としてもホームページをリニューアルし、ホームページでの動画の配信など新しいアピール方法を若手の先生方を中心に模索してきており、今後に向けて期待したい。

おわりに

学会誌が50巻を迎えるにあたり、日本バイオフィードバック学会の過去を振り返り、今後の課題について触れた。いろいろな課題があること、その解決が容易でないことは承知している。もっとも重要なことは数ではなく個々の熱意だと考えている。以前にお会いした多くの先生は、自らがバイオフィードバックを自分が発信するという意気込みを肌で感じた。今後も熱意にあふれた先生方が多く登場することに期待する。

文 献

- [1] 梅沢章男 (1994) バイオフィードバック指標としての皮膚コンダクタンス変化と皮膚電位活動の比較. *バイオフィードバック研究*, 21, 29-36.
- [2] 西村千秋 (1994) バイオフィードバックにおける訓練過程の数理モデル. *バイオフィードバック研究*, 21, 14-21.
- [3] 西村千秋 (2012) バイオフィードバック療法に用いる機器. *心身医学*, 52, 118-125.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバック研究を通じた 「ワタシの見える化」の未来

浦谷裕樹

武蔵野大学人間科学部 教養教育

バイオフィードバックとの出会い

「人はどこまで能力を伸ばすことができるのだろうか？」

高校時代にこの問いを抱いてから、私は能力開発に興味を持った。

その興味が高じて、高校生のときに速読や記憶術の教室へ通い、「何とか自分の能力を高めることができないか」と模索。それは受験勉強がはじまり、自分の能力に限界を感じていたからである。

何とか志望大学に進学できたものの、周りには優秀な学生が多く、さらに自分の能力にコンプレックスを抱くことに。その流れから、学生時代は自然と古今東西の能力開発法の研究に費やされていった。

その後も能力開発への興味は尽きることなく、修士課程修了後に脳波（特にアルファ波）を指標としたメンタルトレーニングを取り入れている能力開発教室の仕事に就いた。学生時代には、メンタル面の弱さゆえに、趣味だったテニスの試合で実力が発揮できなかったり、先のことを心配し過ぎて、心が不安定になったりしたこともしばしば。この弱さを何とか克服できないかと瞑想教室（今でいうマインドフルネス）に通い、多少克服できたものの、さらなる強化を欲しての就職だった。そして、このときに簡易脳波計を扱ったのが、私のバイオフィードバックとの出会いとなった。

教室のトレーナーとして10年近くに渡り、1000名以上のメンタルトレーニング前後の脳波を継続的に測定。外からは窺い知ることのできない脳の活動がグラフになって現れる。その「見える化」の面白さにはまって、ひたすら計測を続けた。

使用したのは左前頭部を測定する簡易脳波計。特に研究をしようとは思わず、データも残していなかったが、

さすがにこれだけの人数の脳波を計測すると、何となくメンタル状態と脳波に関係があるのがわかってきた。このことを科学的に突き詰めるには、もっとバイオフィードバックについて学ぶ必要がある。そこで、学びを深めるために、当時教室の顧問であった志賀一雅先生のお勧めで、バイオフィードバック学会に参加するようになった。

バイオフィードバックを取り入れた研究開発

2010年に幼児教室を運営する親会社に転籍し、子どもの能力開発の研究に専念することになった。研究を進めるために、社会人学生として大阪工業大学大学院の大須賀美恵子先生のウェルネス研究室に所属。第37回学術総会（2009年@大阪工業大学）に参加した際に、志賀先生から大須賀先生を紹介していただいたのがきっかけだった。

研究室では「子どもの呼吸法」の研究を開始。呼吸法は多くの人に親しまれた最も容易なりラクセッション法の一つである。

もともとは脳波に興味があったが、リラクゼーションの指標としては心電（HR）の方が適している。そこで、HRを指標とし、心拍変動バイオフィードバック（HRV-BF）の知見を取り入れた呼吸誘導ぬいぐるみの装置を開発することにした。

第39回学術総会（2011年@帝京大学医学部附属病院）で、この研究に関する学会発表をした。人生初の学会発表であり、発表のイロハもわかっておらず、とても緊張したのを覚えている（Fig. 1）。

HRV-BFを続けると、心疾患、喘息、PTSD（心的外傷後ストレス障害）、大うつ病、繊維筋痛症、慢性心不全群、高血圧といった多くの疾病や症状が改善することが

連絡先：E-mail：h-uratani@musashino-u.ac.jp

受付：2023年2月24日

受理：2023年2月24日



Fig. 1 第39回学術総会における学会発表

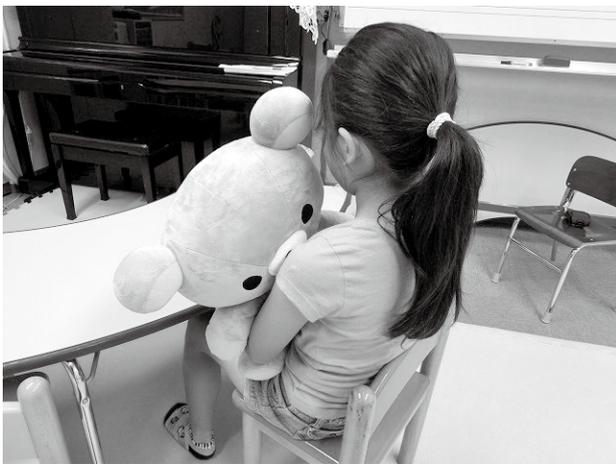


Fig. 2 実験風景（呼吸誘導ぬいぐるみ装置を抱いた実験参加者）

わかっている。HRV-BFでは、呼吸中に最も心拍変動が大きくなる個人の共鳴周波数を特定し、治療やトレーニングに応用する。共鳴周波数は個人差があるものの、10秒前後〔約0.1 Hz〕になることが多い。クライアントに一呼吸がその秒数になるよう、しばらく呼吸を繰り返してもらうことで、上記の効果が得られることが期待される。

大学院では基礎研究を通じて、世界で初めて子どもの共鳴周波数が大人のもの（約10秒〔0.1 Hz〕）と同じであることを突き止めた。

その上で、開発した装置ではその共鳴周波数を目指して、ぬいぐるみ装置のお腹の動きによる呼吸誘導に呼吸を合わせられた場合に呼吸誘導が少しずつゆっくり（呼吸周期が長く）なっていくバイオフィードバック機能を搭載。この呼吸誘導ぬいぐるみ装置の効果検証をしたところ、呼吸誘導によって3分間で子どもたちの呼吸周期

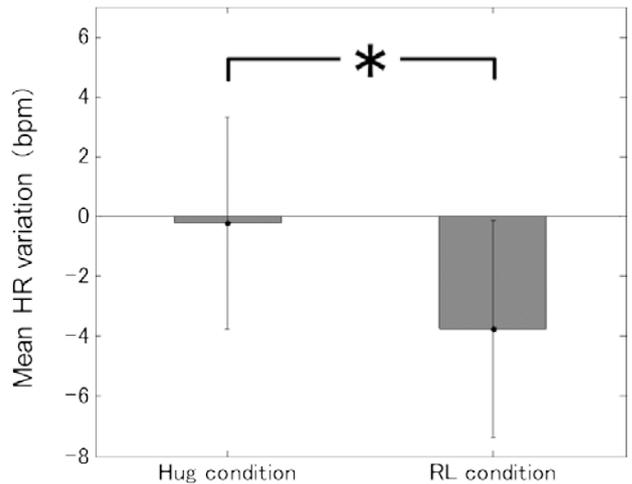


Fig. 3 各条件における平均心拍変化量 (* $p < 0.05$)

HR (Heart rate): 心拍, RL (Respiration-leading): (呼吸) 誘導
 Hug condition: 呼吸誘導をしない装置を抱いた状態
 RL condition: 呼吸誘導をする装置を抱いた状態

が長くなり、呼吸誘導をしない装置をただ抱いていた場合に比べ、有意にリラックスしたことが示された (Fig. 2, 3)。

これら一連の研究により、学位（工学博士号）をいただくことができた [1]。この内容を第47回学術総会（2019年 @ 愛知学院大学）のバイオフィードバック講座で紹介した。初めてBF学会に参加してから10年。その間の研究の集大成を、緑豊かな名古屋城公園を背にした素敵な会場で話せたことは、今も印象に残っている (Fig. 4)。



Fig. 4 第47回学術総会におけるバイオフィードバック講座

ウェルネスからウェルビーイングへ 健康・幸せを促進するバイオフィードバック 装置の活用案

近年、人々の「幸せ（幸福度）」を高めるウェルビーイングが注目されてきている。

その流れを受けて、これまでは心身の健康を促進するウェルネス系の装置を研究してきたが、今後は幸福度を高めるための装置の研究も視野に入れている。

例えば、日立製作所フェローの矢野和男氏は「人が幸せを感じる組織の研究」で、人の動きを観測するセンサを開発。15年にわたる50億点の行動データを分析し、幸せな組織が持つ4つの特徴「FINE」を明らかにした。「FINE」とは、人のつながりが均等な「Flat」、短い会話が高頻度で起きる「Improvised」、会話中に体が動く「Nonverbal」、発言権が平等な「Equal」という幸せな組織の4つの特徴の頭文字をとったものである。矢野氏はこの知見を応用したアプリ「ハピネスプラネット」を開発し、そのアプリは現在、多くの企業で導入されている[2]。

生理データのみならず、行動データをフィードバックしたのもも広義のバイオフィードバックであると捉えられるのなら、これもバイオフィードバック研究の一つであるといえる。このように視点を広げると、バイオフィードバックの研究の幅が広がり、幸せをもたらすバイオフィードバック研究も盛んになることが期待できる。

今後、バイオフィードバックをウェルビーイングに応用する方法としては、以下のようなものが考えられる。

ウェルビーイング調査で用いられる幸福度の測定指標はアンケートが多く、いわば頭だけでの振り返りだといえる。これは自分のことを客観視（メタ認知）して回答することになるが、日本人は控え目に回答する傾向があり、諸外国に比べ幸福度が低く出る傾向がある。

ウソ発見器ではないが、回答の際にバイオフィードバック的なデータを加えることで、頭だけではない、心や体の本音がわかり、より精度の高い世界共通のデータ取得法がつけられると考えている。

また、簡便なバイオフィードバック機器とVRを装着したメタバース空間で、レジリエンス（心の強さ・立ち直り力）や幸福度を高めるプログラムづくりも考えられる。

バイオフィードバック技術の進歩により、心身の状態や行動パターンといった「ワタシの見える化」が人々の心と生活をより豊かにしていく。「ワタシの見える化」を通じて、一人ひとりがワタシへの理解を深め、より健康で幸せになっていくための気づきと成長が得られる。そんな日が来ることを夢見つつ、今後ともバイオフィードバック研究に携わっていきたいと思う。

参考文献

- [1] 浦谷裕樹 (2016) 子どもがリラックスセッションを学ぶための呼吸誘導ぬいぐるみの開発と評価 (学位論文). <http://id.nii.ac.jp/1360/00000198/> (Retrieved March 17, 2023)
- [2] 日立の人 (2022) 職場を幸せにするアプリ「ハピネスプラネット」研究者の飽くなき挑戦. <https://social-innovation.hitachi/ja-jp/article/people-happinessplanet/> (Retrieved March 17, 2023)

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバックの歩み

飯田俊穂

安曇野内科ストレスケアクリニック

1. はじめに

私は、昭和大学藤が丘病院（循環器内科）に勤務していた時に、激しい胸痛と動悸、不安などを訴え救急受診するも循環器的な検査では全く異常は見いだせない患者さんの調査から、ストレスや疲労などの関与が少なからずあることに大変興味を覚えました。ストレスや疲労が自律神経を介して心や体に影響を与え症状として出現してくることを知りました。自律神経は脈拍や血圧の変動にも影響を与えることから、自律神経をコントロールする自律訓練法などのリラクゼーション療法やバイオフィードバック療法に関心が広がりました。当学会でも多くの高血圧関連のバイオフィードバック療法の効果について発表・報告してきました。ここ十数年は動物とのふれあいが心や体に及ぼす影響について興味があり、唾液アミラーゼの変化でストレスの状態が判断できることから動物とのふれあいによる効果について研究してきました。今回は、これまでのバイオフィードバックに関する研究のエピソードなどを振り返りたいと思います。

2. 大学病院循環器内科時代

激しい胸痛や動悸などで救急搬送され虚血性心疾患を疑い心臓カテテル検査を施行するも、正常冠動脈の方が全体の数パーセント認められました。冠動脈の攣縮による可能性も考えられましたが、心理社会的問題やストレスから胸痛などが出現することもあるとの文献から調査をすることになりました。「いわゆる心臓神経症」の調査です。現在は分類も変わり心臓神経症の病名もあまり使われなくなりましたが、このおかげで心理社会的要因やストレスが循環器系に影響を及ぼすことが実感できたいい経験となりました。

2. 1 白衣高血圧・高血圧への取り組み

高血圧研究グループに所属して高血圧とストレスの関連について研究を始めました。ストレス負荷によるカテコラミンの影響で血圧が変動(上昇)することの臨床データを集めてストレス負荷と血圧との関連を検証したわけです。手始めに、白衣高血圧の人にリラクゼーションやバイオフィードバック療法が有効であるかを調査しました。いわゆる白衣高血圧は、日常の血圧は正常範囲であるのに、外来時や診察での血圧が上昇するものをいいます。また、高血圧の方の場合は「白衣現象」といいます。頻繁に血圧変動が起こると物理的に心血管に負荷がかかり影響が及ぶことが予測され、予防的にリラクゼーションすることで血圧の上昇を抑えコントロールしようと考えました。ところが白衣高血圧や白衣現象に対する治療の可否について各学会で指摘されました。「一時的なもので意味がない」、「将来高血圧に発展したり重症化したりする可能性は低い」などと治療する意味はないとの意見が多かったように思います。

2. 2 米国高血圧合同委員会のエビデンス

ところがその後の米国高血圧合同委員会での治療エビデンスにおける高血圧治療の非薬物療法の中にリラクゼーションやバイオフィードバックも考慮する内容が挙げられたことで一変しました。すると日本循環器学会に「バイオフィードバックは高血圧に有効か？」の演題でオーラルセッションに選出され、各医学雑誌からの取材がありました。本心びっくりしました。しかし、現実には厳しく本当にバイオフィードバック療法が高血圧の治療や管理に有効かについては当学会でも議論されました。バイオフィードバックを導入している他の施設が少ないこともあってなかなか血圧を下げ、臓器障害を予防してQOLを改善する効果があることを証明することは難しかったです。それは、1年や2年の検討ではなかなか評価が難しいことがあります。少なくとも5年10年の検討

連絡先：〒399-8301 長野県安曇野市穂高有明 9982-7
受付：2023年3月13日
受理：2023年3月13日

が必要であることや協力して参加いただける施設が多数あることが必要でした。

2. 3 バイオフィードバックの方法

さらにバイオフィードバックの方法も当初、脳波を用いてアルファ波の出現からリラクセスを促すことで血圧を下げることを目的とした間接法を用いていました。これがなかなか循環器の専門の先生方には理解が得られなかった。そのため血圧を直接フィードバックする直接法を導入して検討もしました。そのころになると血圧のモニターや24時間血圧計が一般診療でも計測できるようになり日本高血圧学会からのエビデンスでも白衣高血圧や白衣現象が、将来高血圧と糖尿病に移行するリスクが高いことが示されるようになりました。不安・抑うつなどとの関連も含めて心身医学的に研究が進められるようになってきたのです。やっと日の目が出た気がしました。各循環器外来で、医療機関での血圧だけでなく、家庭血圧や24時間血圧を測定してのエビデンスの構築が進みました。それによって仮面高血圧という医療環境は正常血圧で、非医療環境での血圧値が高血圧状態にあるものも指摘されるようになり、早朝高血圧、夜間高血圧、昼間高血圧が注目されるようになってきました。

当時の研究の成果としては、高血圧に対するバイオフィードバック療法の効果は、終了5年後ぐらいまでは維持されたことが確認され、間接法と直接法では有意差はなく、ともに有効でさらにリラクゼーションを併用した方がより有効であることもわかりました。これらは海外での研究でも同様の報告がされています。

さて、近年の動向は日本高血圧学会ガイドライン(JSH2019)によると、ストレスと高血圧の関係に関して、最近のメタ解析では、心理的・社会的ストレスによって高血圧発症が2倍以上高まることの報告、高血圧患者は、正常高血圧者に比べて2倍以上のストレスにさらされていた報告、さらにストレス管理では、ヨガや瞑想、バイオフィードバックの有効性も示唆されたが、エビデンスとしては強くなかった報告などとなっています。確実なものではないようですが、一步一步進んでいるように思い期待するところです。

3. バイオフィードバック療法導入および継続の苦労話

外来診療での苦労は、バイオフィードバック機器(以下BF機器)の購入、さらに導入のための手技の習得が必要になったことです。当初は、診察室にBF機器を持ち込んですべて医師が行っていました。1人にかかる時間は想像以上で、一時間に2人以上は不可能でした。大学病院では研究費から心理士を採用してもらってバイオフィードバック療法のための部屋も用意することができ

ました。ところが総合病院に移ってからは、似た状況はできても、コスト面で折り合いがつかず、あまり快く思われませんでした。具体的には、保険点数が80点であるにもかかわらず、バイオフィードバック機器(数十万~百万)、バイオフィードバック技能士(心理士)の人件費を考えると大幅な赤字を生むことになったからです。

4. 開業してからのバイオフィードバック

実家の長野県安曇野市に父親の代からの診療所を引き継ぎ、安曇野内科ストレスケアクリニックを開業しました。高血圧のみならず地域医療をになうために小児から高齢者までストレスなど心理社会的要因に関連する疾病や状況に対して積極的に心理療法を導入してきています。具体的にはリラクゼーション療法(呼吸法、筋弛緩法)自律訓練法、音楽療法、バイオフィードバック療法(脳波、血圧、脈拍)、認知行動療法、論理療法、精神分析的カウンセリング、森田療法、家族療法、時間制限療法、ブリーフセラピー、アサーションなどを患者さんの状態に合わせて統合的に選択・組み合わせています(統合的心理療法)。

特にバイオフィードバック療法は、脳波をフィードバックする間接法を中心に行っています。高血圧の方には血圧をフィードバックする直接法を用いています。脳科学の研究の進歩により、患者さんの中で脳への関心が高まっており脳波を用いたバイオフィードバック療法が大変好評です。海外でもニューロフィードバックなど脳の研究が進むことで、脳科学と臨床心理学さらに臨床脳神経医学が共同して研究が進んでいます。今後の研究・臨床に大いに期待されます。

5. 近年の状況とこれからのバイオフィードバック

最近の外来受診状況を見ると、心身の具合の悪さを認めるも診療各科で異常を指摘されず、当クリニックを受診する方が急増しています。特に、コロナ禍や自然現象の急激な変化や想定外の気候変動など10年に一度の異常気象が毎年のように起こっています。自律神経のバランスを崩して具合悪くなる方の多いことには大変驚かれます。さらに、中高年以上だけでなく、幼少時期の子どもたちの受診も増えています。地球環境の変化が脳に影響を及ぼし自律神経のアンバランスが起る現象が多発してきています。自律神経を調節するためにリラクゼーションやバイオフィードバック療法はもちろん、東洋医学的手法、さらに子どもたちには動物とのふれあいによる方法なども駆使しながら対応しています。

今後脳科学の研究がさらに進むことで新しいバイオ

フィードバックの世界が広がることを強く切望します。

■ 特 集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

バイオフィードバック学会との長いおつきあい

大須賀美恵子

大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部, 特任教授

「バイオフィードバック」という言葉を初めて聞いたのは、1979年、南雲研究室（東大計数）に配属になり、卒業研究のテーマの相談の中で、西村千秋先生（当時助手）に心理工学の分野に興味があると申し上げたときです。皮膚電気活動（SPL）を用いた入眠促進をテーマにし、入眠促進を目的とし、覚醒レベルを上げないフィードバック方法として1/f揺らぎをもつ海の波の音を採用しました。この内容を西村先生が入眠抑制のご研究と合わせて、バイオフィードバック研究の論文（Vol. 7, 1979）で紹介してくださり、ここからバイオフィードバック学会との長いおつきあいが始まりました。三菱電機株式会社に入所し中央研究所で学卒にもかかわらず、新しい研究テーマの立ち上げを任せられバイオフィードバックの研究に着手しました。1981年のバイオフィードバック学会学術総会が学会デビューです。その後、単機能のバイオフィードバック装置ではなく、対象者と目的に応じて計測指標やフィードバック方法を選べるようにすべきという考えに基づき、汎用バイオフィードバックシステムの開発に乗り出し、初代はミニコンを利用した大がかりなシステムで、新人の分際で1981・1982年の大会プログラムに広告を出しています。引き合いがあったらどうするつもりだったのか…怖いものなしでした。その後、リラクゼーション目的の呼吸誘導や運動促進、技術的にはバーチャルリアリティや低負担計測、最近は通信機能をもったマイコンとクラウドの利用など、作ってみました系の成果ばかりですが、ほとんど毎年、大会で発表させていただき（抜けている年は何か大きなライフイベントがあった年です）、たまには研究論文も投稿してきました（発表だけして論文を書かない、メ切を守らない…申し訳ない限りです）。

学会運営にも携わり、理事会や各種委員、副会長まで務めさせていただきました。工学系のメンバーが一時期

大幅に減少した時期もあり、大会〔第25回学術総会（1997年、三菱電機先端技術総合研究所）〕、第37回学術総会（2009年、大阪工業大学）を開催させていただいたときには、近接分野の先生方の巻き込みに尽力しましたが、そのとき限りの活動になってしまっていました。近年は、工学系の研究者の参加が増えており喜んでます。

話を戻して、1980年頃は、ゲーミフィケーション的な考えは少なく、フィードバック情報はニュートラルであるべき（情報を伝えるだけで、その刺激が直接作用することは望ましくない）という考えが主流でした。原点となった波の音の利用だけでなく、その後の研究も純粋なバイオフィードバックと言えるか悩ましく思っていました。今となっては、多感覚刺激を用いて人の状態を望ましい方向に持って行く、その状態推定に生体信号を用いるものも、広義のバイオフィードバックとしてよいのではないかと考えています。

コンセプトの拡大という意味では、リアルタイムのその場でのフィードバックトレーニングだけでなく、認知行動療法などと組み合わせた長いスパンで自己理解を深め行動変容をめざすシステムにもバイオフィードバックの要素を組み入れることができます。具体的には、生体信号の変化をトリガとして内観（主観評定）させ気づきを与えるというしくみです。

また、本人（個人）だけでなく、家族や支援者、コミュニティにフィードバック対象を広げることできます。ただ、こうなってくると自己制御の自己の部分、自己の意思で意識的・自律的という部分が失われてしまいます。多様なバイオフィードバック（他分野でバイオフィードバックと呼ばれているものも含め）をタイプ分けして、それぞれの要件と課題を整理する時期かもしれません。

工学系として一言、40年前に計測していた生理反応の

連絡先：〒530-8568 大阪市北区茶屋町1-45
大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部
E-mail: mohsuga0213@gmail.com

受付：2023年3月13日

受理：2023年3月13日

組み合わせは今もほとんど変わっていません。人の生理的メカニズムも大きくは変わりません。大きく変わった(進歩した)のは、バイオフィードバックを支える技術、つまり、センサとアンプ、プロセッサ、出力デバイス、通信機能、スマートフォン、インターネットとクラウド利用、人工知能(機械学習)技術でしょうか。これらにより、さまざまな組み合わせで、バイオフィードバックシステムを組むことができるようになりました。ヘルスマネジメントやWell-beingをめざしたウェアラブルデバイスやアプリも出回っています。ただ、計測不備への対処がブラックボックスで、指標の変化の解釈(フィードバック情報の生成)やアドバイス生成アルゴリズムに疑問があるものも散見されます。ビッグデータを用いた機械学習も盛んに利用されていますが、データの質の保証

や異常と個人の特性の区別ができているのかなど懸念されます。個人のデータを多面的、日常的に蓄積して活用するパーソナルビッグデータも見逃せません。一時のブームで終わらせないよう、精度検証やエビデンスの蓄積、セキュリティ対策が必要だと考えています。関連する学会が連携してこれらに取り組むことが望まれます。

最後に、「健康寿命」の延伸を研究だけでなく個人の目標としてきましたが、最近「貢献寿命」というコンセプトを知り、これを目標にすることにしました。退職しても、老害と言われない程度に、誰かの(自分も含みます)役に立つ新しいことを手掛け、学会との関わりも続けていきたいと考えております。今後ともよろしくお願いたします。

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

呼吸バイオフィードバックをめぐる旅 ～A Breathing Biofeedback Chase～

梅沢章男

福井大学名誉教授

1. 本学会黎明期の頃

本学会に参加して半世紀が過ぎようとしている。編集委員会から日本バイオフィードバック (BF) 学会にまつわる思い出を書くようにとのお話をいただいたので、今でも印象に残っている出来事を述べておこうと思う。ひとつは本学会の前身である日本 BF 研究会の第 1 回が開かれた 1973 年前後のことであり、もう 1 つは国際会議 (BBSRH) が開かれた 1993 年から、福井大学で第 25 回大会をお世話した 1995 年までのことである。かれこれ 30 年から 50 年前のことなので、記憶も不確かになっているのだが、思い出しながら書いてみたい。

第 1 回の BF 研究会が開かれた前年の 1972 年、筆者が広島大学の学部 4 年であった夏に、アジアではじめて国際心理学会会議 (第 20 回) が東京で開催された。ちょうど卒業研究で心拍 (HR) の随意コントロール (voluntary control) の実験をしていた頃で、文献で読んだ研究者が来日するというので、夏休み期間でもあり、上京した記憶がある。当時広島大学にいらっしゃった柿木昇治先生 (その後広島修道大学) と一緒に出かけたことを覚えている。大会プログラムには脳波の BF で著名なカミヤ (Joe Kamiya) の名前があったが、残念ながら発表は聞けなかった。その代わりに、国際会議の時期に合わせて開催された BF のシンポジウムに参加した。会場は上智大学のそばにある地下のホールで、ふたりの研究者シュワルツ (G. E. Schwartz) とブラック (A. H. Black) の発表があったと記憶している。シュワルツについては、彼が編者の 1 人になって誠信書房から出版されたわが国最初のバイオフィードバックの論文集である『バイオフィードバック 上下』(1975:1979) のプロローグで、米国心理学会からヤングサイコロジストとして国際心理学会に派

遣されたと書いているので、確かだと思う。話の内容は、ちょうど Science に HR と血圧の分化 (differentiation) と統合 (integration) の随意コントロールに関する論文 [1] を発表した時期なので、HR と血圧を独立してコントロールできるという内容の発表であったと思う。随分クリアな結果だったとの印象があるが、なにしろ 50 年前の記憶なので、自信が無い。Ph. D. を取得したばかりの若手研究者であったシュワルツの姿に、自分の取り組んでいるテーマがぐっと身近になった感覚を覚えている。主催者や会議の名称、ホールの名前、その他の登壇者などの記憶は定かではない。ただ、その翌年、同じ会場で日本 BF 研究会の第 1 回目の会合が開かれたと思うので、わが国における BF 研究を活発にするために、上智大学の平井久先生をはじめとした先達の先生方が企画されたのだろうと推察する。

第 1 回の日本 BF 研究会が開かれた頃、筆者は早稲田大学の大学院に進学して、新美良純先生 [2] が主宰されていた生理心理学・精神生理学実験室で修士論文の準備を進めていた。もともと HR の随意コントロールの実験で、HR を加速や減速できる人と出会い、驚いたことが、研究をより深めたいと考える切掛けになっていた。HR 加速のトライアルが始まると、即座に HR が増加するのを目の当たりにして胸が高鳴ったことを覚えている。随意コントロールに成功した被験者をお願いして、繰り返し実験に参加してもらった。当時問題になっていた認知的・骨格筋の媒介を確かめるためである。HR を加速・減速するための方略を尋ねたところ、“背筋がぞくぞくとする感じを作り出すと HR は加速する”と答えてくれた。学部時代に使っていた呼吸ピックアップは寿命が短く、実験で何度か使用すると、測定不能に陥る代物だったため、呼吸測定を諦めた経緯があった。そこで修士論文で

連絡先: aumezawa@u-fukui.ac.jp

受付: 2023 年 3 月 14 日

受理: 2023 年 3 月 14 日

は必ず呼吸を測ろうと思っていた。早稲田大学に進学したのは、日本心理学会の機関誌である心理学研究に掲載された渡辺尊巳とハーバード大学のシャピロ (David Schapiro) の共著論文 [3] が格段に面白く、こういう人がいる研究室で研究したいと考えたからである。しかし、残念なことに、渡辺さんはシャピロの帰国に合わせて渡米し、米国で Ph. D. を取得後、教職に就いたという事で、1 度もお会いすることがかなわなかった。渡辺さんを知る先輩から、渡辺さんは学部生時代から実験室の研究を陣頭指揮し、多くの論文を学会誌に投稿し、アクセプトされていたことや、筆者が読んだ論文も修士課程の院生だった頃に書かれたことを知って驚いたことを思い出す。渡辺さんの最後の論文は、編者も務めた『バイオフィードバック 上・下』の最終章の書下ろし論文であり、当時の所属はカリフォルニア大学ロサンゼルス校となっている。

2. 石川中先生との出会い

呼吸を測ろうと思ったものの、すぐに問題にぶつかった。1 つは参考になる文献が少ないという問題、もう 1 つは呼吸を測定する良い方法が無いという問題だった。渡辺尊巳さんもないし、無い無い尽しの状態であった。当時、呼吸は他の生理反応に影響を与えていないかをチェックする、言わばノイズチェック用の指標に過ぎなかった。心拍や血圧の随意コントロールやオペラント条件づけの研究で呼吸は測定されていたが、“心拍・血圧のオペラント条件づけは成功したが、呼吸に特徴的な変化は認められなかった”と一行書かれているだけだった。呼吸を主たる指標にした研究は、Psychophysiology 誌にミネソタ大学のスラウフ (L. Alan Sroufe) が呼吸の深さと速さを変えることで、HR や心拍変動性 (HRV) にどのような影響があるかを分析した論文 [4] と終夜睡眠の呼吸を調べた研究しか見当たらなかった。また、この当時呼吸は細いチューブに炭素粉を封入したものを、胸とお腹に巻いて測定していたが、深く息を吸ってホールドした状態でも、チューブの抵抗が徐々に下がってしまい、まるでゆっくり息を吐いているかのような波形になるという欠点があった。市販の呼吸ピックアップでは正確な呼吸運動の測定は難しいと判断して、呼吸チューブを自作するようになった。最近の大学院では、こうした寄り道は許されないかもしれないが、当時の研究室では、良い測定法が無ければ、作れば良いという渡辺尊巳さんが作った研究風土があったことが幸運であった。海外の文献を参考に、少なくとも呼吸運動を忠実に測定できる水銀チューブを作り始めた。

日本 BF 研究会の第 1 回は、ハーバード大学のシャピロが 1 年前に来日したシュワルツとの共同研究の結果を

話したことや、当時東京大学医学部附属病院分院におられた菊池長徳先生 (その後東京女子医科大学) が石川中先生との共同研究である呼吸による血圧のコントロールについて話されたことを覚えている。私が探していた呼吸をメインにした研究にようやく巡り会えた。当時目白台にあった東大分院の石川先生の研究室 (科長室と表示されていた) を訪ね、修論で取り組んだ実験の結果や少ないなりに集めた文献についてお話しした。石川先生は実験結果に大変興味を持って下さり、よくこんな文献を見つけたねと褒めていただいたことを覚えている。そして、この訪問について当時先生が執筆されていた呼吸運動バイオフィードバックの解説論文 [5] に引用していただいた。無い無い尽しの筆者は、石川先生の理解や励ましにとても勇気づけられた。自分の選んだ方向が間違っていないと思うことができた。ちょうど砂漠にオアシスを見つけたようにうれしかったことを覚えている。

3. ストレス性呼吸反応の分析と国際会議

福井大学に就職した 1980 年代には、呼吸を量的に分析するために換気量と呼気ガスを測り始めた。呼吸は、自律反応とは違って意識的に変えることができるため、刺激に対する反応を捉えるのが難しいと思っている人が多かったので、それを否定するために呼吸のストレス反応性を調べ始めた。それまでの手作業での波形分析から、コンピュータによる分析に移行した時期でもある。換気量曲線を AD 変換したものから、吸気と呼気のスタートポイントを検出し、1 サイクルずつ画面に表示して、吸気と呼気を正しく検出しているかをチェックし、間違っていれば修正するというプログラムを作成して分析に臨んだ。かなりの時間と根気が必要な作業だった。最初は当時の伝統的な分析方法である吸気・呼気時間、吸気・呼気量を分析し、統計処理にかけたところ、有意差なし (ns) が続出した。ストレス刺激で呼吸は変化しないという結果だった。視察ではストレスによって波形は変化しているのに、分析結果には反映されていなかった。頭を抱えたが、呼吸サイクルを吸気相、呼気相、呼気後ポーズ相の 3 相に分けて分析したところ、突破口が開けた。自然呼吸では息を吐いてから、流量 (flow rate: 1 秒間あたりの換気量) がゼロに近づく休息期間がある。ところが、ストレス刺激が加わると、呼気が終わるとただちに吸気が始まる。ポーズが消失するのである。もう 1 つは、ストレス刺激で呼吸は浅くも深くも変化するし、遅くなったり早くなったりするが、一定時間内の換気量は増加することを見出した [6, 7]。呼吸は随意的にコントロールできるが、刺激に対する鋭敏な反応性も併せ持っていることを確認することができた。

東邦大学医学部の筒井末春先生をはじめとする先達の

先生方のご尽力で、1993年に国際会議（第3回BBSRH）が開催された。リハビリテーションで脳性麻痺者に対する呼吸運動のBF療法を行っていたので上智大学の平井久先生からリハビリテーションのシンポジウムの企画を指示され、裏方を務めたことを覚えている。このこととともに印象に残っているのは、日本大学の心療内科で気管支喘息の呼吸抵抗BFに長年取り組まれていた桂戴作先生（LCCストレス医学研究所）からお声がかかり、呼吸に関するシンポジウムで話題提供することになった。国際会議の口頭発表で随分緊張して打ち合わせに臨んだが、桂先生のどっしりとした佇まいに随分気持ちが楽になったことを鮮明に思い出す。臨床医としての桂先生の包容力を垣間見て、桂先生は患者さんに慕われるだろうと納得したことを覚えている。拙い英語での発表でも、サンフランシスコ州立大学のペーパー博士（Erik Peper）に興味を持ってもらい、胸をなでおろした。この発表がきっかけになり、翌年アトランタで開かれた25回AAPB総会に参加し、ペーパー博士企画のシンポジウムで発表した。このシンポジウムでは桂先生が前年の国際会議に招聘されたタイプ博士（Brian Tjep）と再会することができた。

4. 学会の主催と研究の進展

翌年（1995年）第25回のBF学会総会を福井大学で開催した。はじめての学会主催だったが、ペーパー博士に講習会やキーノートアドレスをしていただき、大勢の先生方が福井に来て下さり、うれしかった。またヴェガ・システムズ株式会社の長尾秀弘社長にはさまざまな援助をしていただいたことを感謝とともに懐かしく思い出す。斎藤正男先生も福井に来て下さった。先生はちょうど東京大学を退官され、東京電機大学に移られた頃だと思うが、1日目の懇親会が終わったあと、お弟子さん達と飲みに出かけられたようだ。翌日斎藤先生は、学会のスタッフに私宛のメモを託されて、帰京された。メモには総会の主催ご苦労様ということと、この店にボトルを入れてあるので、学会が終わったら飲みに行ってくださいと書かれていた。斎藤先生は、医用生体工学の権威であり、尊敬する研究者であったが、重鎮にもかかわらず、腕まくりをして国際会議の裏方を務められていたお姿を覚えている。そして、お酒にもお強いことをこの時はじめて知った。その後、懇親会でお会いした時に、オンザロックのグラスを手に、おだやかに話される斎藤先生のお姿を今も思い出す。このように日本BF学会の創設にかかわられた先生方は、皆さん共通して、若手の研究者を支え、励まし、活躍の場を与え続けて下さったように感じている。私の本学会についてのイメージは若者に優しい学会である。

石川中先生から励ましていただいた呼吸の生理心理学研究は、安静の指標として呼気後ポーズ時間を発見したあとに続き、ストレス刺激や情動によって1秒間あたりの換気量（flow rate）が有意に上昇するという共通した特徴があることを見つけていった[8, 9]。次いで呼吸法の基礎研究に移り、1分間に6回以下のゆっくりした呼吸は、流量（flow rate）が低下した呼吸であり、吸気の流量も呼気の流量も安静時より減少していくことを確かめた[10]。こうした呼吸を身につけていくと、呼気後や吸気後のポーズ時間も自然に延長していくことが予想できる。このおだやかな息遣いの呼吸法を体得することは、ガス交換の効率性を高める効果があるとともに、呼吸感覚を変え、リラックス感をもたらしてくれる。このように呼吸法はかなりのリラクセーション効果が期待できる。しかし、そこに立ちはだかる壁は息苦しさである[11]。息苦しさをリラックス感に変えていくためには流量のバイオフィードバックがより直接的で、有用なトレーニング方法だと考え、手作りの水銀チューブからはじめて、色々な方法を試してみたが、手軽に流量を測定するのは難しかった。しかし生体のセンサー技術は日々着実に進歩しており、近い将来日常臨床で流量のBF療法を実践できるようになると期待している。

引用文献

- [1] Schwartz, G. E. (1972) Voluntary control of human cardiovascular integration and differentiation through feedback and reward. *Science*, 175, 90-93.
- [2] 山崎勝男 (2012) 本邦における生理心理学の先達——新美良純——. *生理心理学と精神生理学*, 30, 19-24.
- [3] 渡辺尊巳, Shapiro, D. (1971) オペラント強化による自発性皮膚電位反応の変容——日本人とアメリカ人の比較——. *心理学研究*, 42, 79-86.
- [4] Sroufe, L. A. (1971) Effects of depth and rate of breathing on heart rate and heart rate variability. *Psychophysiology*, 8, 648-655.
- [5] 石川中, 菊池長徳 (1977) 呼吸運動バイオフィードバックに関する研究. *行動療法研究*, 3, 26-33.
- [6] 梅沢章男 (1991) ストレス刺激に対する呼吸活動の変容. *生理心理学と精神生理学*, 9, 43-55.
- [7] Umezawa, A. (1992) Effects of stress on post expiration pause time and minute ventilatory volume. In Shirakura, K., Saito, I., Tsutsui, S. (eds.) *Current Biofeedback Research in Japan 1992*, Shinkoh Igaku Shuppan, Co. Ltd., 125-132.
- [8] 黒原彰, 寺井堅祐, 竹内裕美, 梅沢章男 (2001) 虚偽検出における呼吸系変容——裁決質問に対する抑制性呼吸の発現機序——. *生理心理学と精神生理学*, 19, 75-86.
- [9] Umezawa, A. (2001) Facilitation and inhibition of breathing during changes in emotion. In Homma, I., Haruki, Y., Umezawa, A., Masaoka, Y. (eds.) *Respiration and Emotion*. Springer-Verlag: Tokyo, 139-148.
- [10] 寺井堅祐, 梅沢章男 (2015) 緩徐なベース呼吸がガス代謝に及ぼす影響. *生理心理学と精神生理学*, 33, 205-214.
- [11] 寺井堅祐, 梅沢章男 (2016) 呼吸セルフコントロールによる呼吸感覚の変化. *バイオフィードバック研究*, 43, 53-60.

■ 特集 日本バイオフィードバック学会のあゆみとこれから

医・工・心協働と多職種による バイオフィードバックの向かう先

及川 欧

旭川医科大学病院リハビリテーション科

はじめに

本稿では、著者が日頃から心身の関わりやバイオフィードバック (BF) 療法について考えていることをまとめ、時代の流れとして我々が向かおうとしている方向性について考察する。

以前書いた稿 [1] と補完し合う内容であり、BF 療法を用いる我々が次世代へ継承すべきレガシーに少しでも触れる。

1. 「健康な人」と「健康でない人」について

日常診療の場面で、「治療者・施術者」(以下 A) と「患者・クライアント」(以下 B) との境界線は、どこに引かれるべきなのだろうか。

A が治療・施術する側であり、B がそれをされる側でありながら (図 1)、A と B は必ずしも「健康な人」と「健康でない人 (すなわち、怪我や病気によって、日常生活を送るのに何かしらの障害を持つ人)」と単純に分けら

れるものではない。

その一例として、診療現場で通常は A の立場にある著者自身が最近受け取った「職業性ストレス簡易調査票」[2] の結果を示す (図 2)。この調査票は、平成 7~11 年度労働省委託研究「作業関連疾患の予防に関する研究」のストレス測定グループの研究成果だ。57 項目からなる自己記入式の調査票は約 10 分で回答でき、あらゆる業種の職場で利用できる簡便な調査票である。

この調査票の最大の特徴は、日常業務を遂行する際に影響しそうなストレスやそのストレスの心理的反応だけでなく、身体的反応 (身体愁訴) をも評価できることだ。5 段階評価で答える各項目は、点数が低いほどストレスが高いことを表し、図 2 で示すストレスプロフィール (グラフ) では内側の有色グレーゾーンに近づく。

著者の所属する職場でも、数年前から年 1 回の回答を義務づけられているが、著者の結果を見ると、左グラフの「ストレスの原因と考えられる因子」では「自覚的な身体的負担度」と「心理的な仕事の負担 (質)」がそれぞれ

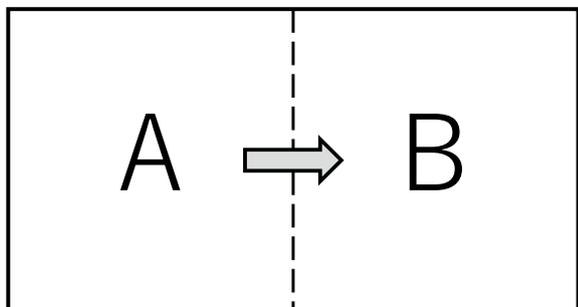


図 1 治療・施術する側 (A) とされる側 (B) の境界

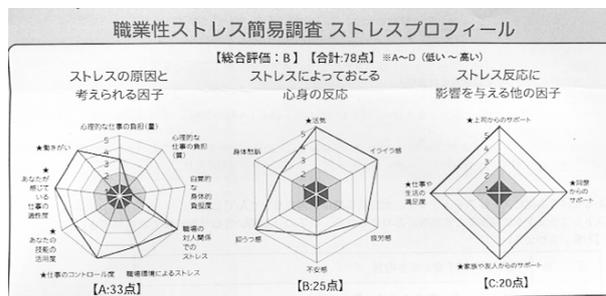


図 2 著者の職業性ストレス簡易調査票の結果 (2022 年 11 月 25 日施行)

連絡先：〒 078-8510 北海道旭川市緑が丘東 2 条 1 丁目 1 番 1 号
E-mail: leo_oikawa@yahoo.co.jp, oikawa@asahikawa-med.ac.jp
受付：2023 年 3 月 20 日
受理：2023 年 3 月 20 日

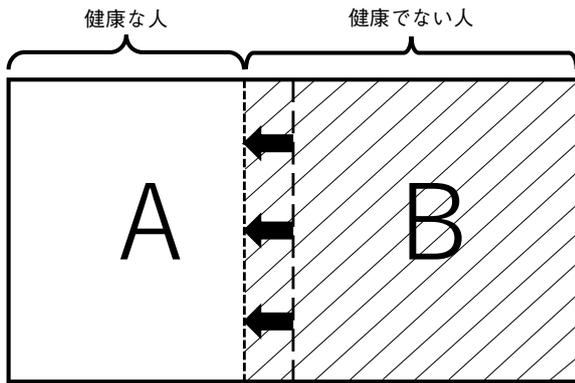


図3 「健康な人」と「健康でない人」の境界
(図1より左寄りにずれている)
※ Aは図1の治療・施術する側, Bはされる側

れ1点と低く、中央グラフの「ストレスによっておこる心身の反応」でも「身体愁訴」と「不安感」が3点と目立つ。

あくまでも自記式の調査票なので、回答者の性格傾向やその時の答え方によって、結果は大きく異なり得る。しかし、著者の総合評価は毎年同じB判定となっており、調査結果としてはむしろ「健康でない人」の部類に入るといえよう。

著者の1事例だけで一般化はできないまでも、図3に示すように、健康な人と健康でない人の境界線は、図1に示すより左寄りにずれているのが想像できる。すなわち、A(治療者・施術者)の一部に、「健康でない」人がいるということだ。

「健康でない」理由は、それぞれに怪我や病気の内容が異なるだろうが、今回のようにストレスの心理的や身体的反応が見られるAは、自身にも近似した障害を持つことから、「健康な人」に部類される人に比べて、治療・施術される側のBが置かれた職場状況とその結果生じている障害について共感しやすい存在なのではないか、と著者は考える。

つまり、治療導入の際に、最初からからだところの不具合に気付くことができ、そのために早期から具体的な心身医学的な診療モデルに持ち込むことが可能になる、ということである。

2. BF療法を用いた初期の取り組み

図4にからだところの特性についてのシェーマを示す。この図は著者が2007年の本学会の第35回学術総会シンポジウム用に初めて作成した図だ[3]。

「ある時点のからだの状態や、経時的な症状変化の把握には、筋電図、脳波、皮膚温、呼吸数、血圧、脈拍(心拍)数、HRV(Heart Rate Variability; 心拍変動率)などの生理学的指標が汎用化されていて使いやすい。

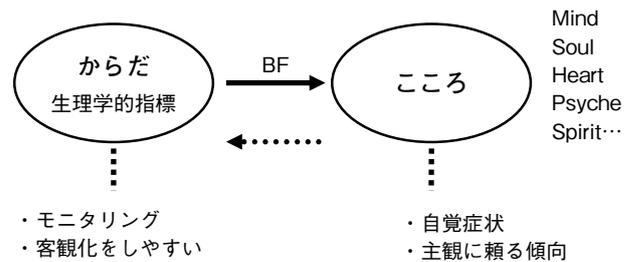


図4 からだとこころの特性

生理学的な信号は、リアルタイムで画像化・数値化できるため、見ている人にとってからだのモニタリングや客観化が比較的しやすくなる。

それに対し、こころ(Mind, Soul, Heart, Psyche, Spiritなどの英文表記がある)の状態や変化の把握には、簡潔に画像化・数値化できるモニタリング法がなく、どちらかというとき自覚症状や主観に頼る傾向がある」と、そこでは解説した。

BF療法は、まさにそのからだところの特性を絡み合わせた、心身相関に注目して応用された治療法であり、日本でも40年以上にわたり、日本バイオフィードバック学会(JSBR)の基本となる医・工・心協働(前稿では「連携」)による発展を見てきたのである[1, 4]。

1999年に開催された第35回日本東洋心身医学研究会学術集会において、著者は自律訓練法、筋電図バイオフィードバック法と漢方を複合的に用いた治療について報告した[5]。

症例は60歳代の男性で、階段の昇降で増悪する、Fontaine分類Ⅱ度の閉塞性動脈硬化症(Arteriosclerosis obliterans; ASO)による下肢慢性疼痛で苦しんでいた。1995年に神経内科(近年では脳神経内科と呼ばれることが多い)に入局した著者は、2年間の研修を終えた1997年に半年だけ東邦大学心身医学講座(大森)に国内留学させていただいた。当時の心身医学の第一人者だった筒井末春教授に師事し、心身医学の基礎を学ばせていただくためだ。自律訓練法、臨床動作法、交流分析法、(半)構造化面接法、箱庭療法、音楽療法、精神分析法、催眠療法などを学んできた。その留学から戻った途端に、まさにからだところの両面から複合的に診なければ解決法を見いだせないような、この症例を担当することになったのである。

浅学寡聞の身ながら、自分の持ち合わせている全力をその患者の診療に充てた。思いつくあらゆる検査を行い、検査結果で分からないことがあれば、臨床検査科、生理機能検査室や放射線科を訪ねて教えていただいた。症状が理解できなければ、階段昇降の際に自分の脚にゴムバンドを巻き付けて万歩計とストップウォッチで歩数と時間を計測しながら模擬症状を体験してみた。とにかく、患者のからだところを理解するために、用いられ

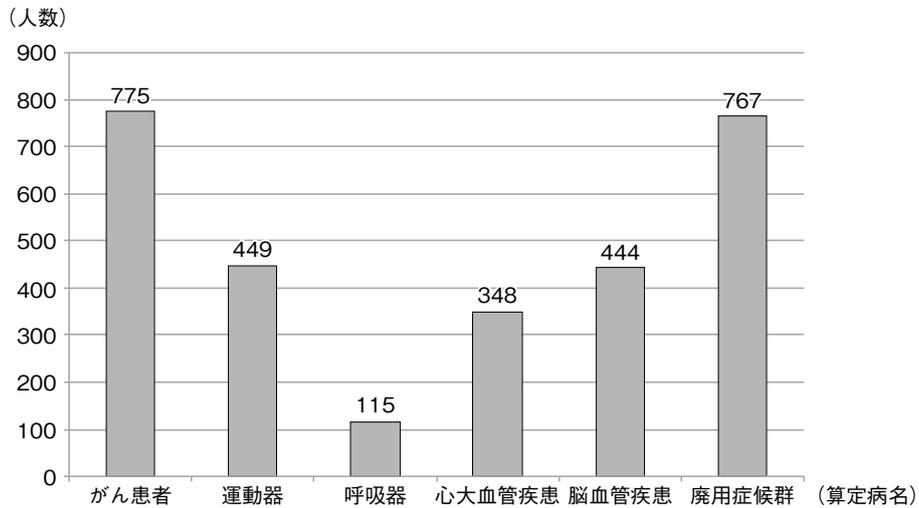


図5 著者がリハビリテーション科で担当した患者数と算定病名 (2021年11月11日～2023年3月20日)

あらゆる手段を追求していた時期だった。

神経内科の諸先輩方の中には、著者の用い始めていたこの複合的な治療法に興味を持つ方もおられ、それぞれが治療で難渋している患者を次々と紹介してくださいました。一部の治療経過については、当時の本学会でも報告している [6-8]。

その後、医師としての経験値が増えていくのと同時に、当初は想像力をあれこれ巡らせてみたり模倣的に作ってみたりする必要があった、からだところの不調は、著者自身も日常診療の忙しさの中で自己体験するようになった。おかげさまでというべきか、はじめの頃は他の医師から紹介していただくのがほとんどだった、からだところの不具合を持つ患者は、著者自身の診る患者数が年々増えていくのと同時に、**図3**で示す「健康でない人」であるAに「成長」していくことによって、自分でも見つけられるようになったことは特筆に値する。当時、神経内科医として診ていた神経・筋疾患患者でいえば、50～100名に1人くらいには同じ複合的な心身医学的アプローチ（特にBF療法）が必要になったという記憶がある。

時計と日めくりをだいぶ早送りするが、5年間(2004～2009)のHeart Rate Variability Biofeedback (HRV-BF) 研究のための米国留学を経て、2009年から旭川医科大学(旭川医大)病院救急科(当時は救急部)に所属し、2012年からリハビリテーション科を兼任。2014～2016年は一度退職して南極で越冬し、2016年から同リハビリテーション科に戻って仕事を続けている。すでに、何年も前から、著者は「健康でない人」であるAとしてはほぼ完成形まで成熟した。

3. リハビリテーションにおけるBF療法の近年の取り組み

旭川医大病院は北海道の中央に位置する日本最北端の医科大学病院で、標榜診療科数32(臓器別診療科数39)、602床(コロナ禍の一時増床数607床)を有する。

自分なりに統計を取り始めた、2021年11月11日から2023年3月20日までの495日間で、著者自身が旭川医科大学病院内で担当したリハビリテーション対象の患者数は、2899名であった。これは、1年間を365日として計算すると、1年で2138.6名診たことになる。今はコロナ禍のため土日返上で勤務しているため、1日平均で5.9名、あるいは1か月平均で165.2～182.9名(28日と31日それぞれで計算)となる。

リハビリテーション加算のできる6つの疾患(がん患者、運動器、呼吸器、心大血管疾患、脳血管疾患、廃用症候群)は**図5**の通りだが、著者の担当した患者数は特にがん患者と廃用症候群が大半を占める。まさに、からだところの不具合を持つ患者が少なくない2群だ。

リハビリテーションの現場では、実際の治療・施術を担当するのはほとんどの場合が理学療法士(PT)、作業療法士(OT)、言語・聴覚士(ST)の3職種であることが特徴であり、それが内科や精神科の薬物療法や、外科の手術のように、医師が自分の手で進められる診療とは異なる。

リハビリテーション科医として、今はあらゆる疾患の患者を診るため、神経内科医として神経・筋疾患患者ばかり診ていた頃と比べ、担当患者200～250名に1人くらいが、上で示す複合的な心身医学的アプローチ(特にBF療法)の対象となる印象を持っている。つまり、著者の担当内では年間で9～11人ほどだろうか。

近年におけるリハビリテーション現場でのBF療法に

限って見れば、心療内科専門医とバイオフィードバック技能士の有資格者である著者が、リハビリテーション科医の立場でOTと協働で診療を行う体制にしている場合がほとんどだ。少しずつだが、治療成功例が蓄積されてきており、本学会でも発表を始めたところだ [9]。孤軍奮闘していた、初期の神経内科医としての時代を振り返れば、今置かれた環境での多職種協働の治療体制は、大変心地が良い。

4. BF療法で向かう（向かいたい）先

著者が幼少時を過ごした米国で、1966年から始まったSFテレビドラマシリーズ“Star Trek”という番組がある。当時、「荒唐無稽だ」と否定的な意見の者も周りに多くいた記憶がある。しかし、日常生活の（見えないところで）人種差別的な待遇を甘受しながら多感な時期を過ごした著者にとっては、人種や肌の色、宗教や文化、星や時空を超えたあの世界は、まさに「この世のものとは思えない」理想郷に感じられた。

特に、冒頭に出てくるナレーションが印象的で、当時から自称“Trekkie（熱狂的なStar Trekファンの呼称）”である著者のその後の人生にとって道しるべとなった。

ひとつめが、ナレーションの最初の“Space, the final frontier”という箇所だ。Star Trekの放映開始から半世紀以上経った今でも、やはり人類にとっての最終フロンティアは、相変わらず宇宙のままなのだ。著者は、まだ宇宙に行っておらず、南極越冬（2014～2016年）というチャレンジで止まっている。しかし、南極は宇宙とは異なるものの、ブリザードの吹き荒れる厳冬期は、地球の他場所と全く行き来のできない（半）閉鎖空間となるのだ。実際に、宇宙で行う代わりに、南極で代行している研究もある。著者が南極で体験した孤立感・孤独感という「見えない」ストレスは、体験したことのない者に理解できるよう言葉に表現することは、なかなかできない。

ふたつめが、ナレーションの最後の“…to boldly go where no man has gone before”という箇所だ。実は、著者にとっての半世紀は、この箇所を自分への「問い」と捉え、そこへの「答え」を自分なりに考えてきた歩みになる。確かに、“to boldly go”の精神と、著者の永年かけて南極越冬という一つの道を究めた冒険心とは、大きく矛盾はない。しかし、著者はさらにそこから“…and to proudly return to tell the story”があって当然だと信じている。

つまり、こういうことだ。前人未踏のフロンティアにチャレンジするからには、そこで得られたあらゆる知見を無事に持ち帰り、行けなかった人たち、そしてこれから行こうとしている人たちにひたすら語り、説いて、次

の新奇なフロンティアにチャレンジするためのノウハウを、きちんと伝授すべきだということだ。

それこそが、著者の考えるレガシーだ。我々が今のところ得ている、あらゆる知見につき、可能な限り懇切丁寧に、全力を注いで、次世代に遺す作業のことだ。そのために、いったん旭川医大を辞めて南極へ向かった著者は、再び旭川医大に戻ってきた。そして、同じ理由から、著者が独自に用いてきた、BF療法を主軸にした複合的治療法を、後輩医師や他職種に少しずつ伝達している。

最近、著者はスポーツ領域での活動をしている。スポーツドクター資格や、障がい者スポーツ医（ここでは「障害」ではなく「障がい」が用いられている）の資格を用いながら、国内外を問わず、病院以外の場所での活動を少しずつ増やしてきている。そこには、さまざまな障害を持ちながら、より高いところを目指しているアスリートたちがいる。脳性麻痺、脊髄損傷、肢切断…そこへ、JSBRで培われた、医・工・心協働と多職種によるBF療法を合わせていくことで、また新しいフロンティアが目指せるのではないか。BF療法で向かう（向かいたい）先は、微かながらに見えてきている。

おわりに

幼少時を北アメリカ大陸（大半は米国ニューヨーク州）で過ごした著者は、大学生の頃にバックパックを背負ってユーラシア大陸（東端のロシアから西端のポルトガルまで）を巡った。また、1995年の阪神・淡路大震災での医療支援後に、難民キャンプのあったルワンダを中心にアフリカ大陸を訪問した。2014年に南極大陸に向かった際に、オーストラリア大陸にも立ち寄る機会を得た。世界の6大陸制覇まで、あと南アメリカ大陸を残すのみとなった。

近年取り組んでいるスポーツ領域での活動のおかげで、2023年1月に北欧のスウェーデンに行く機会に恵まれた。実は、大学生の時に自分の名前「欧」を見て回るための人生プランを設計した。それは、今は亡き両親の当時抱いた夢と私への期待、その背景にあるところの中を、少しでも理解したいと考えたからだ。そのためには、とにかくヨーロッパ全域を巡る必要があると、ここに決めた。20歳代の頃は中央ヨーロッパ（多くは現在の定義での西欧）の14か国を巡り、30歳代になってからイタリア、ギリシャなど南欧、40歳代の留学中にフランス、スペイン（南欧に分類されることもある）など西欧に行く機会にも恵まれた。今年は北欧に行けたことから、人生をかけた行脚もあと東欧を残すのみだ。すでに、東欧で目指したい国と行く時期は、ほぼ決めている。

BF療法を主軸にした複合的治療法は、人生の道中、著者自身と、著者の出会う人たちのからだところを、芯

からしっかり温めてくれた、いわゆる湯たんぽのような存在なのである。

引用文献

- [1] 及川欧, 榊原雅人 (2021) コロナ禍における医・工・心連携とリテラシーについて. *バイオフィードバック研究*, 48, 33-38.
- [2] 平成14年～16年度厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究【職場環境等の改善によるメンタルヘルス対策に関する研究】主任研究者: 東京医科大学衛生学公衆衛生学・下光輝一 (2005) 職業性ストレス簡易調査票を用いたストレスの現状把握のためのマニュアル—より効果的な職場環境等の改善対策のために—. www.tmu-ph.ac/news/data/manual2.pdf.
- [3] 及川欧, Malinovsky, I., Kotay, A., Karavidas, M. K., 須藤和昌, 田代邦雄 他 (2007) 医学・医療分野における心拍変動バイオフィードバック研究とコラボレーションの方向性. *バイオフィードバック研究*, 34, 17-21.
- [4] Oikawa, L. O., Hirota, A., Uratani, H., Sakakibara, M. (2021) History and Recent Advances of the Japanese Society of Biofeedback Research. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 46, 309-318.
- [5] 及川欧, 藤木直人, 松本昭久, 田代邦雄, 五十嵐美加, 筒井末春 (1999) 閉塞性動脈硬化症 (ASO) による下肢慢性疼痛に対する複合的治療の試み—自律訓練法, 筋電図バイオフィードバック法と漢方—. *日本東洋心身医学研究*, 14, 68-75.
- [6] 及川欧, 伊藤和則, 藤木直人, 松本昭久, 須藤和昌, 田代邦雄 他 (1999) 筋電図バイオフィードバック法と自律訓練法で書字時振戦を改善できたパーキンソン症候群の1例. *バイオフィードバック研究*, 26, 56.
- [7] 及川欧, 須藤和昌, 田代邦雄, 斉藤巖 (2000) 発汗図と筋電図の併用バイオフィードバック療法の試み. *バイオフィードバック研究*, 27, 71.
- [8] 及川欧, 須藤和昌, 田代邦雄, 斉藤巖 (2000) 筋電図バイオフィードバック法と自律訓練法の併用で左下肢舞踏アテトーゼ様運動を改善できた1例. *バイオフィードバック研究*, 27, 71.
- [9] 高橋佑弥, 及川欧 (2021) Rhythmical Skeletal Muscle Tension (RSMT) 変法の検討—本態性振戦を呈した一症例に対して—. *バイオフィードバック研究*, 49, 29-37.

学際領域から探索するバイオフィードバックの可能性：座長からのコメント

中尾陸宏

国際医療福祉大学医学部心療内科

2022年6月19日と20日の2日間にわたって第49回日本バイオフィードバック学会学術総会が早稲田大学を会場としてオンラインのハイブリッド開催され、同大学理工学術院の岩田浩康教授が大会長としてさまざまな企画をした。本企画シンポジウムは2日目の午後に開催され、大会の実行委員会が主体となって企画・人選・運営をしていただいた。改めて深謝する次第である。広報企画委員会からは、委員長の筆者が座長を担当した。

本企画シンポジウムは、バイオフィードバックの可能性を学際領域から探索するものであった。例えば、“biofeedback”をキーワードとしたPubMed検索を行うと、2021年までに約18,000本の論文がヒットする。その刊行数の年次推移を図に示す。年間刊行数は1980年代から90年代にかけて200本/年程度であったが、21世紀になって増加傾向となり、2010年には約600本/年と前年比50%以上の伸びを示した。それ以降も漸増し、2019年には大台の1,000本/年を超えている。これは非侵襲的な生体計測に関する技術の進歩が一因であったことは間違いない。その意味で、本シンポジウムで3人の工学系の専門家から最先端の知見をお伺いできたのは、バイオフィードバックの今後の可能性を考える上で非常に有意義であった。

第1演者の工藤和俊先生（東京大学大学院総合文化研究科）からは、陸上スポーツ選手などの熟練パフォーマンスを例として、身体機能を階層的な知覚・行為システムとして読み解く研究成果を発表していただいた。一流アスリートと一般アスリートとの力の入れ方と抜き方の違いなど、素人の座長でも理解できる興味深い話も盛り込んでいただき、運動スキルのさまざまな最先端理論を学ぶことができた。また、芸術家との協働・連携をしながら研究を進めている東京大学芸術創造連携研究機構の活動も紹介していただいた。

第2演者の三浦哲都先生（早稲田大学人間科学学術院）からは、ダンサーの身体感覚について、

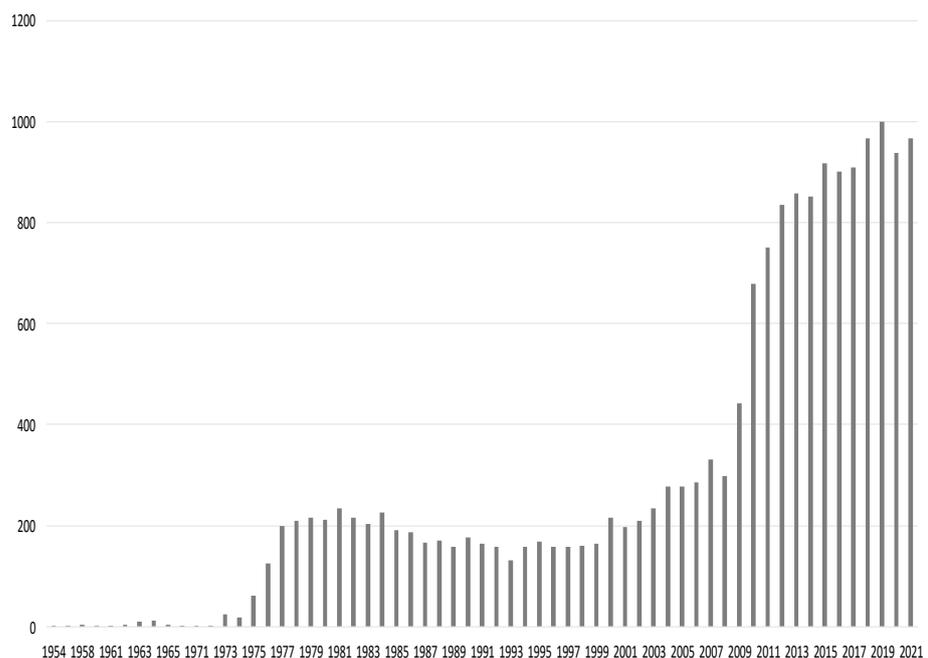


図 バイオフィードバックに関する論文数の年次推移 (PubMed 検索)

動画を交えながら研究成果を発表していただいた。演者自体もストリートダンスの心得があるようで、上達者のみを感じ有することのできる身体の「軸」について解説をいただいた。これまたダンスの素人である座長は、「へー」と感心するしかなかったのであるが、ちょうど自宅から会場に向かう途中で、女優の剛力彩芽がストリートダンスの優劣を競う楽しさを熱く語っていたラジオ放送を聴いていたので、やっと彼女の熱い気持ちの片鱗が理解できた気がした。三浦先生の研究成果はこれから各誌に発表なさるそうなので、是非チェックしたい。

第3演者の上杉 繁先生（早稲田大学理工学術院）からは、道具の身体化と身体の道具化とをテーマにした研究成果を発表していただいた。テニスのラケットを上手に扱ってボールの動きをコントロールしたり、車を自由自在に運転する感覚・認知・運動機能を科学的に解明することは、そうした技術を有しない者への教育研修にも役立つし、運動障害がある場合は適切なりハビリテーションや代替機器の開発につながる事が理解できた。シンポジウムでは実物や動画を見ながら、身体の一部が動かせれば連動して身体全体が動くテンセグリティ（tensegrityまたは tensional integrity）のメカニズムを応用した自作の身体機能強化・サポート機器も紹介していただいた。

本シンポジウムで学んだ工学的な知見は、今後のバイオフィードバック治療やさらなるバイオフィードバックによる健康増進へとつながる。本誌で以前にも筆者の意見を述べたが（バイオフィードバック研究 45:87-92, 2018）、これからのバイオフィードバックの流れは、ウェアラブル端末を活用しながら健康情報をその場でフィードバックする生活密着型になると考えている。自分の健康情報を端末から簡単に測定・閲覧できることは、その日のメンタルや身体の状態を確認することになる。そうした健康のセルフケアの流れを国民全体に広め、バイオフィードバックを社会実装するためには、スポーツ選手や芸能・文化人がバイオフィードバックを実用し、その体験・効果を啓発すると影響は大きいであろう。重点的な研究ターゲットとなる。その一方、心身症など疾病を有する患者や認知・運動機能の低下に苦しむ患者に対するバイオフィードバック医療の推進も欠かせない。高齢化社会の中で、ロコモティブ・シンドロームのために自立生活が困難となっている高齢者への支援ツールや、介護をする人にも役立つツール（例：職員の腰への負担を軽減するための装着スーツ）としてのバイオフィードバック技術開発も急がれる。本シンポジウムにより、各領域の研究者を巻き込み、産・学・官が連携して健康づくりを行うヒントを得ることができた。

“Embodiment of Tool” and “Instrumentalization of Body” —Designing Tools that Expand the Possibilities of Experience—

Shigeru WESUGI

Faculty of Science and Engineering, Waseda University

Abstract

The expression “embodiment of tool” indicates skillful manipulation of tool, and the expression “instrumentalization of body” indicates the body does not move as intended. Each situation is located in different regions and might give opposite impressions, on the other hand the author considers positive meanings for them as equivalent states while introducing our research topics of designing tools that expand the possibilities of experience.

First, designing tools is considered from the perspective of an autopoiesis system, in which the self is produced through experience. This means that the standpoint changes from “I use a tool” to “I am produced newly through using the tool”. Moreover, a mechanism is designed that re-organizes the user’s relationship with the tool or the environment through using the tool.

In designing for what can be done, the methods are introduced to support search of skill acquisition by oneself, including bicycle pedaling skills. The feature of this approach is to utilize differences in body movements and images, set workable boundaries and organize movements step by step in interaction.

In designing for giving a meaning to what people are unable to do, the methods are introduced for simulating experience that hemiplegia patients have. The temporary reduction in physical function indicates a meaningful approach that makes it easier to direct attention toward movements that are normally automatic.

Finally, in designing for expanding the options of what can be done, the authors have devised an approach to increase the variety of manipulations by adjusting the degree of freedom of operations while using the interface system, and applied this idea for the bimanual cooperative interface systems.

Based on the above, the author considers that the potential for athletic ability could be extended by dynamically transitioning between the two states : the embodiment of tool and the instrumentation of body.

■ **Key words** : tool, embodiment, instrumentalization, experience, extension

Address : 59-308, 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8555

Received : October 28th, 2022

Accepted : October 28th, 2022

■ シンポジウム 学際領域から探索するバイオフィードバックの可能性

道具の身体化・身体 of 道具化
—経験の可能性を拓ける道具のデザイン—

上杉 繁*

*早稲田大学理工学術院

抄 録

巧みに道具を操作する状態に対しては道具の身体化, 身体が思うように動かない状態においては身体 of 道具化のような表現が使われる。両者は領域違いかつ相反する印象を与えるが, 等価な状態として積極的な意味を見出してみる。そこで著者らがこれまでに取り組んできた, 経験の可能性を拓ける道具のデザインにおける研究事例を紹介しながら考える。

はじめに, 経験によって自己が生成する, オートポイエシス・システムの観点から道具のデザインを考える。「私が『道具』を使う」立場から, 『道具』の使用を通じて私が新たに産出する」立場へ変更し, 道具使用によって道具あるいは環境と私との関係を再組織化するような仕組みをデザインすることになる。

そして, できることへ向けたデザインに関し, こつをみずから探索する行為を支援する方法について, 自転車ペダリング技能構築などを含め紹介する。この特徴は, 身体動作やイメージにおける差異を利用し, 実行可能な境界を設定して, 相互作用の中で段階的に動きを組織化していくようなアプローチにある。続けて, できないことに意味を見出すデザインに関し, 脳卒中後遺症者の世界を擬似体験する方法について紹介する。一時的な身体機能の減退は, 通常は注意が向きにくく潜在化している機序を顕在化し, 動作を探索しやすくするアプローチとなることに意味を見出している。最後に, できることの選択肢を拓けるデザインに関し, 両手協応インタフェースや運動機能拡張装置の開発を通し, 操作対象の自由度に対してインタフェースの自由度をあえて増やしつつ, それを動きの中で調整できるような仕組みとすることで, 使用者自身で操作の幅を広げるアプローチを考案している。

以上を踏まえ, 道具の身体化において道具・身体 of 動きを潜在化し, 身体 of 道具化においてそれらの動きを顕在化する, 双方の状態を動的に遷移することが, 運動能力の可能性を拓けることになると考えた。

■ キーワード: 道具, 身体化, 道具化, 経験, 拡張

連絡先: 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, 59-308

受付: 2022年10月28日

受理: 2022年10月28日

1. はじめに：経験のデザイン

バイオフィードバックの可能性を探索する趣旨で企画されたシンポジウムで講演するにあたり、著者はバイオフィードバックを、注意を向けられない、あるいは向けていく身体の状態を、道具や技術により表現する方法と広く捉えてみることにした。

こうした視点に基づくと、著者らの研究室で取り組んでいる「人間の経験の可能性を拓げる道具のデザイン」に関する活動は、道具を媒介した身体への作用を通して、経験をデザインする問題に取り組んでいると解釈でき、バイオフィードバックの領域へつながると考えられる。

道具と身体の間を考えると、ラケットを細やかに操ってボールを打ち返したり、一回のハンドル切り返して駐車したり、巧みに道具を操作する文脈では、道具が身体化しているという表現が使われる。一方、足が棒のようになる、人を道具のように使うなど、身体が道具化するという表現に対しては、むしろ思うようにならない状態の印象を与える。「道具の身体化」、「身体の道具化」という表現においては、道具と身体の間を位置関係を入れ替えると途端に印象が変わってしまい、一見すると前者の関係性においてのみ、よい価値を見出しやすい。著者においては、「道具の身体化」、「身体の道具化」両方の関係性に積極的な意味を見出してみる。そして、講演内容に準じ、経験をデザインするという行為についての著者の立場を紹介し、続いて、運動にかかわる身体能力拡張の取り組みを踏まえ、①できることへ向けたデザインとは？ ②できないことに意味を見出すデザインとは？ ③できることを選択肢を拓げるデザインとは？ という3つの問いをあげ、それぞれに対する著者の考えを紹介する。最後に、「道具の身体化」、「身体の道具化」の循環関係による、運動能力拡張のアプローチについて検討する。

はじめに、経験のデザインをなぜ考える必要があるのか、何をやる行為であるのか、道具がどのように関係するのかについて説明する。人間は道具を使用することで、採取のみならず狩りや漁を可能とし、調理によって食べ物の種類を増やし、貯蔵や熟成により長期に渡って食べ物を確保し、衣服の着用や住居によって環境の変化に対応するなど、原始より生きる可能性を拓げ続けてきた。

道具、広くは技術の使用により、人間ができることが増える一方で、できなくなる、あるいははしなくなるような、当初は考えていなかったような問題が生じることもある。こうした道具使用に関する正負の効果については、電卓の使用により暗算力が低下したり、新幹線の利用により労働が増えるなど、これまでも指摘されてきた[1]。道具使用によるジレンマなどの問題を考える上で

重要になるのが、人間がその道具を使用する際の経験である。道具使用により、大きな力を発揮したり、一度に多くの荷物を運んだり、はやく計算ができるなどの機能が強化される。道具設計者、使用者において、その機能の向上に注意が向きやすいだろう。一方で、その機能がどのように活かされるかを考える際には、その機能を通じてどのような経験をするのかが重要になる。こうした経験を重視するデザインは、user experience design (UXD) と称され、2000年頃から取り組まれている。例えば、ビデオカメラの使用においては、20倍、30倍の望遠機能における何倍という数値ではなく、運動会でグラウンドの端からでも子どもの顔を撮影できることであったり、単にコーヒーを飲むための喫茶店ではなく、そこで音楽を聴きながらゆったりとした時間を楽しむことなど、その道具や技術の使用によってどのような体験をするのか、継続的にどのような経験となるのかに焦点をあてたデザインである。ただし、使用者の経験を事前に設計し、その通り経験してもらうことは必ずしも容易ではなく、黒須は「UX そのものは『設計できるもの』ではないが、設計時に考慮すべき重要な事項」[2]と指摘している。

道具使用における経験をデザインすることの難しさにおいて、特に著者は、使用者における経験そのものが、生成される現象であることに着目している。

私が〇〇を経験する。

私が何かを経験するというとき、一般的には上記のように表現するであろう。そして、何らかの経験をデザインする際には、〇〇がデザインの対象となる。このとき、主体的な「私」が、〇〇という対象を経験するという形式になる。さまざまな〇〇を経験する「私」は、変わらず「私」であって、不変な「私」を暗に前提としている。実際に道具を使う経験においては、使い手の「私」が変わることを前提にする必要があると考える。例えば、電話による音声対話からSNSと呼ばれるコミュニケーションツールをスマートフォンで使用するようになることで、音声と文字という表現方法の違いだけではなく、使用するタイミング、使用し続ける時間、使用する場所が変わり、友人とのかかわり方が変容したという経験はあるだろう。つまり、道具を使い、使い終わったら、もとの「私」に戻るといったような不変な「私」を前提とできず、道具を使うことで変わる「私」、変わることを考える必要がある。変わりうる「私」という存在を、生成するシステムであると考えられる際、みずからの境界を創出するシステムとしての、オートポイエシス・システムという観点が手掛かりになる。オートポイエシス・システムは以下のように説明される。

「オートポイエシス・システムは、作動することによってみずからの構成要素を産出し、そのことで意図せずみずからの境界を産出する。産出的作動を行うことがシステムの基本であり、構成要素の産出はシステムにとっての境界の導入である。」[3] (p.172).

そして、私という自己のシステムと経験との関係においては、次のように説明されている。

「オートポイエシスにおいては、経験の行為をつうじて自己がそれとして産出されるのであって、主体が行為を取り行っているのではない。」[3] (p.267).

この立場からあらためて私と〇〇を経験することの関係を考えてみると次のように記述することができる。

〇〇の経験を通じて私が産出する。

すなわち、経験とは、私を生み出す生成の過程であり、ある私を生み出すための手続きという位置づけとして考えることができる。そのため、〇〇という経験自体を目標としたデザインではなく、変わりうる私の在り方が目標であり、その過程がデザインの対象となる。そして、これらの考えに道具の使用をあてはめてみると、従来の道具使用は以下のように記述される。

私が「道具」を使う。

この「道具」自体が一般的にはデザインの対象となる。一方、私を生成する存在という立場で道具の位置づけを考えてみると、次のような記述となる。

「道具」の使用を通じて私が新たに産出する。

道具によって人間は生きる可能性を拓けてきたことを冒頭に言及したが、道具使用の経験を通じて新たな私が創出することにより、生きる可能性が拓がったといえよう。このように、道具使用を私の生成過程として位置づけ、道具と使い手の関係が組織化され安定化し、潜在化してしまった既存の過程を、道具との新たな関係によって顕在化し、再度つくり変えようとする試みとして、

経験の可能性を拓ける「道具」のデザイン

という問題を著者の研究室では設定した。

そして、実験的実践活動として、道具を使用することにおいて新たな身体動作や行為を創出するデザイン、道具の使用により感覚やイメージなどを共有・伝達する方法のデザイン、道具使用を介して身体活動を活性化することによる自身の身体や他者とのかかわり方のデザインに取り組んできた[4] (図1参照)。

本稿では、その中でも運動にかかわる身体能力拡張の取り組みを対象とする。道具を媒介にしたどのような経験によって、何かをできるようになる私が生まれるのかという試みとして、できることへのデザイン、できないことへのデザインの考えについて紹介し、それらを踏まえ、道具の身体化、身体の道具化の意味について検討する。



図1 経験の可能性を拓ける「道具」のデザインの事例

2. できることへのデザイン

問い、

できることへ向けたデザインとは？

今までに使用したことのない道具を手にし、使いこなせるようになった状態においては、それ以前の身体とは異なる状態になったと理解しやすいだろう。歩くことができ、もう少し早く、もっと早く歩くことを目指す場面では、今までにない早さの歩きは、今できていることの延長上にあるように考えられる。走る、より早く走るような動作ではどうだろうか。今できていることの延長上に到達できそうにも思うし、そうでないかもしれない。ただし、異なる走り方により、もっと早く歩くことができるという場面は想像しにくいだろう。一方、脳卒中後遺症などによる麻痺で歩行できない状態から、リハビリテーションを通して歩行できる状態へ向かう場面においては、ある状態からの延長ではなく、できるという異なる状態への展開が必要となる。歩くことから、もう少し早く歩くことへ向かう過程においても、現状の延長ではなく、異なる状態につながる経験を重ねることで、さらにその先が展開する、能力の拡張を促せるのではないだろうかと考えてみた。

中学校や高校において、陸上競技から球技までスポーツであれば何でもできてしまうような人がいたのではないだろうか。そうした人においては、初めてのスポーツにおいても、なぜか上手くできてしまうことに驚く。スポーツの個別性に制限されることなく、ある動作から別の動作に展開する能力、別の言葉でいえば、こつをつかみ利用するのが上手く、さらには、他の動作にも展開できるという点で、こつのためのこつのような能力があるように思われる。

こつのためのこつとは、特定の動作を構築するためだけの手がかりというよりも、他の動作構築にも適用できるようなこつをみずから探索できる能力と考える。著者は、こうした動作の探索能力が、できる状態へと展開可能な能力ではないかと考える。そして、ある動作のこつに貢献する身体部位に気づき、その箇所を調整し、定着、そして向上する一連の過程を支援するための方法を検討することにした。

そこで、できる状態の延長として続けてできるような場面ではなく、できない状態からできる状態への展開に取り組んでいる場面として、中枢神経疾患に対するリハビリテーション手法に着目することにした。そして、認知運動療法（現在は認知神経リハビリテーションと呼称）における発達障害の治療現場を分析し、発達のための必要条件としてまとめた河本の知見を [5]、以下の3つの条件のように著者らは解釈した [6]。

1. 対象となる動作に関連する身体部位の姿勢や力の込め具合などの差異を感じ取ることができる。
2. 動作の成功、失敗の境界を探索することができる。
3. どのように動かせばよいのか、動きの実感としてのイメージができる。

このアイデアにもとづき、動作に関連する身体部位が少ない、動きが直接見える、遅く動作できる段階からはじめ、関連する身体部位が多い、動きが見えないあるいは見にくい、より速い動作の段階へ向けて、動作構築の問題に取り組んだ。

最初に取り組んだ動作は、関連する身体部位が少なく、ゆっくりした、肘のみをねじる動作である。腕全体を空中で水平に伸ばし、そのまま手を動かさないように肘のみを回内、回外させる動作である。簡単にできそうに思われるが、肘ではなく手の方が大きく回転してしまいがちになる。ただし、テーブルの端を手でにぎると、途端に肘を簡単に回すことができる。そこで、肘ねじりに関係する筋部位近傍に触刺激を付与することで力の入れ具合と肘の姿勢の差異を感じ取りやすくし、回転制御するハンドルを手でにぎることで肘のねじりやすさを調整しかつねじりのイメージをつかみやすくするような実験的装置を開発し、肘ねじり動作の構築を体験した [6]。

続けて、直接見えず、関連する身体部位が多い動作として、肩甲骨のみを上下に動かす動作 [7]、さらに、動きに関連する身体部位を増やし、より速い動作として、古武術の移動技法である、抜重し瞬時に加わる荷重による反射を利用する膝抜き動作を対象とした [8]。そして、動きの差異を感じやすく表現し、動かしやすさの範囲を調整して、動きのイメージをつかみやすくする装置の開発を通して、動作構築の可能性について検討した。

最近では、シューズをペダルに固定することで脚を引き上げる動作も可能な、ロードバイクのペダリング技能向上の方法を検討してきた。ペダリング中に足を後方へ引いたり、上方へ引き上げたりする動作をイメージし、関連する身体部位の力の込め方を実感しやすくするため、ペダリング軌道进行操作可能なアイデアを考案し、装置を開発した [9] (図 2 (a) 参照)。そして装置体験を通して、引き上げに関与する筋活動に作用する可能性を見出した。

続けて、ペダリング軌道変化の作用について、軌道そのものの変化による関節角度への影響か、軌道に応じた回転力の変化による筋活動への影響かについて検討した。後者に着目し、より高速なペダリングにも対応可能な方法を考えることにした。そこで、ペダリング中に、ある特定の個所、例えば引き上げの区間に差し掛かったときだけ、必要なトルクが増加したり、減少したりすることで、動作に必要な筋活動を誘発するアイデアを考案した。そして、ペダル位置となるクランク角度の任意

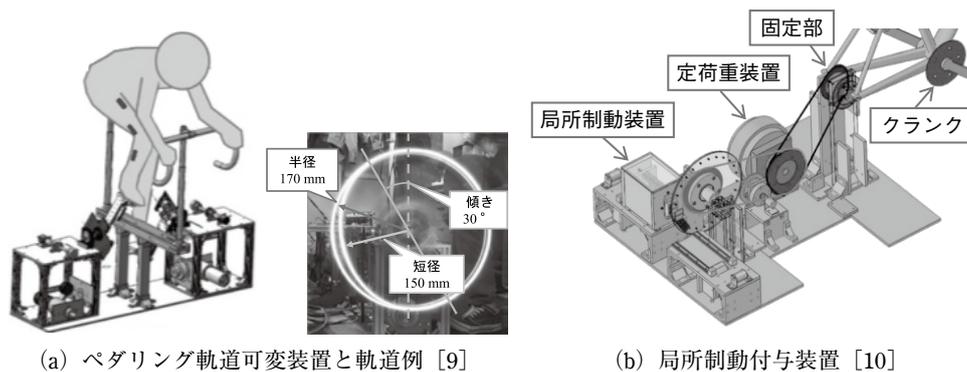


図2 ペダリング技能向上支援システム

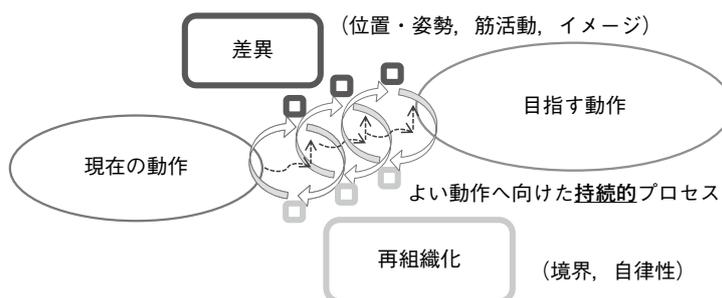


図3 使用者の能力に応じて段階的に動作構築を支援するデザインのアプローチ

の地点や範囲に対して、局所的に制動を調整可能とする装置の開発に取り組んだ。チェーン伝動により、クランク角度と一致して回転する円板を後輪の代わりに取り付け、その円板の任意の位置にブレーキパッドを設置したり、外したりすることで、設定したクランク位置における制動を増加あるいは減少することが可能である[10]。ロードバイクに慣れていない人ならびに競技経験者を対象に、引き上げ区間に局所制動を付与するペダリング実験を行い、局所制動ペダリングの体験後、接線方向踏力、ペダリング効率（接線方向踏力/ペダル踏力）が増加する箇所が見られた[11]。こうした効果を踏まえ、競技者が普段使用している自転車をそのまま後輪だけ外して使用できるような装置も開発し（図2 (b) 参照）、さらに競技熟練者を対象にした実験も行ってきた。

以上に紹介したいずれの装置においても、初心者向け、熟達者向けのような特定の熟達度の動作に特化して設計していない点が特徴である。そのため、各使用者において、それぞれの動作の熟達度に応じた調整による、段階的な使用方法が可能である。こうした道具の使用により、身体部位の位置や姿勢、筋活動、イメージなどの差異を利用し、動作可能な境界を見出し、相互作用の中で段階的に動きを再組織化していくようなアプローチとして、本方法は貢献すると考えられる（図3参照）。

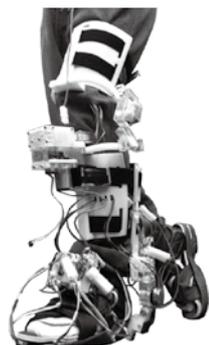
3. できないことのデザイン

問い。

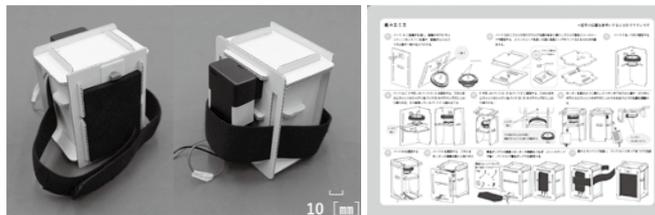
できないことに意味を見出すデザインとは？

道具を使用することにより、非使用時には実行できない、何らかの機能が発揮できるようになる。ハンマーであれば素手では困難な釘を打ち付けたり、自転車に乗ってより早く移動したり、たいていはいかがができることに価値を見出して、その道具を使用することになる。いかにできるようになるとはどのような状態であるのだろうか。早く移動したり、重量物を持ち上げたり、ある作業における性能値が高まることでしかないのだろうか。こうした問題意識のもと、できない状態の意味を積極的に見出すため、その一つとして脳卒中後遺症者の動作を一時的に擬似体験する方法や実践活動のデザインに取り組んでいる。

理学療法士や看護師育成の教育現場では、患者における周囲の知覚や運動の困難さへの理解を深めるために片麻痺の疑似体験実習が行われる。四肢の一部の関節近傍に錘や拘束具を装着することによって、動きにくくしたり、関節の可動域を制限したりする方法が多い。ただし、体験者においては、体重を足で支える感じや脚の関節の位置などは機能した状態である。一方、実際の脳卒中後遺症者においては、次に示すような現象を報告してお



(a) 膝・足関節用振動刺激装置 [14]



(b) 振動刺激ツール組み立てキット [17]

図4 腿への振動刺激による脳卒中後遺症の疑似体験ツール

り、既存の疑似体験とは必ずしも一致しない。

- ・脚の動かし方が分からない
- ・思ったように動かない
- ・足が引っ掛かりそうで怖い
- ・脚が振り出しにくい
- ・足がちゃんと地面についているの分かりにくい
- ・膝の力が入りにくい など

そこで、医療・福祉関係の学生や若い専門家、さらには患者の家族において、患者が実感している世界をより理解する手がかりとするために、高い現実感を伴う疑似体験ツールのデザインに取り組んできた [12] [13]。上述のような患者の世界においては、自身の物理的身体の動きと、感じている動きの間にずれが生じており、そのずれを自身では気が付いていない状態として解釈できるのではと考えた点に特徴がある。そのずれを疑似体験として生じさせるために、腿に振動刺激を付与することで、実際の関節の角度と知覚している角度にずれが生じる運動錯覚と、振動刺激により筋肉が収縮する反射運動に着目した。さらに、体験者が気づきにくい程度の小さな負荷を関節に付与する方法を組み合わせることにした。そしてこのアイデアを下肢を対象に適用し、足・膝関節に振動刺激を付与する装置 (図4 (a) 参照)、各関節に外力を付与する装置を開発した。個人による差があるものの、足関節および足・膝関節への振動刺激付与により下肢位置の知覚がずれることが示され、足・膝関節への振動刺激付与により歩行動作中に膝関節で伸展傾向が生じることが示された [14]。また、運動錯覚、反射運動、負荷付与を組み合わせる方法を、姿勢を対象に適用し、頸部へ振動刺激を付与する装置、体幹への負荷付与として錘位置移動装置を開発し、姿勢調整に影響を与える可能性も確認している [15]。

以上に開発した装置を利用し、理学療法士、理学療法の大学教員、学生ら (合計 40 名程度) を対象に装置体験会を複数回実施した。1 人最大で 10 分程度体験し、最後に体験に関して報告をしてもらった。下肢への振動刺激付与の体験に絞ってここでは紹介する。その結果、実際

の患者との比較について次に示すようなコメントが報告され、87%の体験者が、患者の動作との類似性について回答した [15]。

- ・足が出せない現象や重心をのせられない動きがすごく類似している
- ・伸張反射が高い状態と、それをコントロールできないところが似ている
- ・感覚が低下していることや荷重困難な感じが類似している
- ・膝折れや、分回し歩行が自然と出ている

また、自身の体験に関して次に示すようなコメントが報告され、66%の体験者が、装置使用の前後で身体的印象が変わる体験となったことも示している。

- ・膝が伸ばせなくなった
- ・位置覚が分かりにくくなった
- ・下肢が棒のようになる、コントロールできなくなる
- ・膝の深部感覚の低下と力の入りにくさを感じた

装置体験ワークショップはその後も続け、福祉、看護領域の人にも体験してもらい、100 名を超えた。その活動を通し、介護者、被介護者共に慎重な対応が必要なトイレ時の問題についても取り組むことにした。そこで、トイレの狭い空間で向きを変えたり、姿勢を維持しながらズボンをおろしたり、便座に腰をおろすなどの動作を疑似体験するために、上下肢に取り付ける小型かつ従来よりも騒音を抑えた振動装置も開発した [16]。

さらには、患者の家族や一般的な利用を想定し、体験者みずからで組み立て、装着して体験するための振動刺激ツール組み立てキットも考案した [17] (図4 (b) 参照)。これまでのワークショップにおいて、振動刺激装置の原理や構造が分からないことで不安に思う体験者もあり、自分で実際に作成することで機構を理解し、積極的に使用してもらうことを目指した。振動刺激の強さを抑え、小型化、低騒音化による影響も含め、怖さやためらいなどの報告が減ったことを示した。

以上のような装置開発と体験ワークショップにより、提案する方法が、脳卒中後遺症者の身体への理解や教育

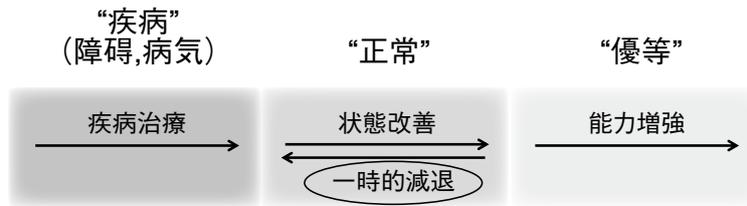


図5 エンハンスメント技術と一時的減退技術の位置づけ
 ([18], p.150, 「図1 エンハンスメント領域の定義」を基に作成)

利用・家族相談に有用となりうることを、また体験を通して自身の身体能力に気づききっかけとなりうることを見出した。今後は、個人差を考慮した体験の精度向上や、模擬患者役と介助者の役割体験、模擬患者への手技の練習のための教材開発などに取り組む予定である。

装置使用により身体の状態が変化する体験を通して、患者理解という能力向上の効果が期待されるが、最後に、一時的にできなくなることの、身体能力との関係における意味について掘り下げてみる。一般的な道具や技術は、その使用によりできるようになることを目指す。

図5が示すように、障碍や病気などがある場合には治療の技術により正常を目指し、正常と呼ばれる範囲ではよりよい状態を目指し、それを超えさらに優れた状態を目指す方向はエンハンスメントと呼称されている。

本章で紹介したツールは、一時的な使用により、正常な状態から機能が減退した状態を体験させることにある。こうした体験を通して、通常であればできるがゆえに、できることが当然のように気が付かずに透明化してしまっている状態に対して、どのようにできないか注意を向ける手がかりを与える。透明で見えない現象に、何らかの差異を生じさせることによって、陰影のように、対象に気づきやすくするきっかけを与える。例えば階段をおりる行為をどの程度自覚して実施しているだろうか。スマートフォンを操作しながら降段している人が階段を踏み外さないよう冷や冷やしながらか見ることがあるが、それができるのは降段動作そのものに注意を向けることなく、透明化、自動化しているからであろう。一時的な能力の減退は、そうした透明化、自動化しているメカニズムを探索する手がかりになりうる。首を痛めて下を向くことが困難になったとき、降段時に足を下そうとして、どこにおろせばよいかわからなく途端にすくむ体験があるのではないだろうか。そのとき、首をわずかに動かしてぎりぎり動作可能な足と階段の関係を見出し、おりる動作を実現する。ここにおいて視界の中に足と階段が入ることで生まれる働きが顕在化する。

できないことを通して、できることの輪郭を浮かび上げさせようとする方法は、単にできない状態を知ってお終いとするのではなく、その露わになった輪郭にもとづき、さらにできるきっかけを与えうる。別の言い方をす

れば、自覚しないのでできている状態においては、自覚がないゆえに動作の手がかりを見出しにくい。そこに、けがや痛みも含めこれまでとは異なる状態、できない状態として差異、すきまをつくることで、自身と動作の間に注意が向き、動作の機構にはたらきかける手がかりを得る。そうした意味において、できない状態とは、できる状態へ向かうための手がかりを付与する段階として位置づけることが可能であり、できるための、できない技術といえよう。

4. できうることのデザイン

問い。

できることを選択肢を拓くデザインとは？

日常的な道具使用において、自転車の乗り方にせよ、ペンの使い方にせよ、一度ある程度できるようになった場合、スポーツ競技や芸術的表現等の上達を目指さない限りは、そのままの状態を使うことが多いのではないだろうか。どのように道具を使うかに注意を向ける必要がなくなることで、景色を楽しみながら自転車に乗って移動したり、自分の考えをまとめるためにペンで文章を書いたり、道具の使い方そのことではなく、道具を使う目的に注意を向けた使い方が可能になる。安定化し、自動化した道具使用は通常では理想的な状態といえる。一方で、それだけではない道具との関係に気が付くことで道具の使い方の幅を広げたり、新たな使い方によって他の目的も見出したりなど、道具使用の可能性を拓くきっかけになるのではと考えてみた。そこで、道具使用において安定化してしまった状態から、他の状態に逸脱可能となる仕組みを道具に埋め込む方法について検討することにした。実験的な道具や装置開発を通してこの問題に取り組むこととし、はじめに、手にした棒によって対象を指し示すという、多くの人にとって安定化して簡単に操作できる対象に着目した。そこで注目したのが、ベルンシュタインが考案した関節モデルである ([19], p.42, 図2-12を参考に実験装置を構築。[20], 図6(a)参照)。棒に対応するのが骨であり、軸受けは関節、両手で操作するばねが筋肉に対応する。拮抗する1組の筋肉



図6 指示棒型両手協応インタフェースとモデル

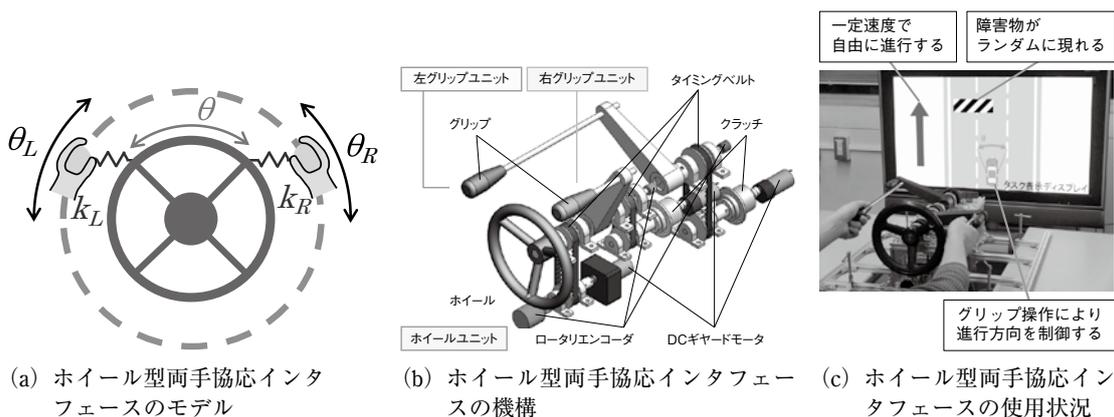


図7 ホイール型両手協応インタフェースとモデル [22]

からなる単純な関節モデルであり、一方の筋肉が収縮し、もう一方が伸長することで、収縮方向に曲がる。そして両側の筋肉が収縮することで、曲がりにくくなる状態を模擬している。この棒の先端を目標に向かって指し示そうとすると、ばねの伸び縮みにより振動してしまい、なかなか先端位置が定まらない特徴がある。そこで、錘の質量やばねの特性を変更することで操作の難易度を調整し、左右の手の位置を計測することで、どのように目標へ合うよう操作するのか調査可能な実験システムを構築した [20]。そして、両手操作の特徴をより分析しやすくするため二次元平面上で棒を操作する実験系も構築した。先端位置が目標を示して振動がはやく収まるように両手を同じ方向に同時に動かし、続けて逆方向に動かして振動を相殺するように協調して操作する様子が観察された。さらに、人間よりも早く振動を収束させる動かし方を使用者に教示することで操作方法がどうなるかという問いのもと、力学モデルを構築して左右独立した動作が可能なロボットに実装し、使用者が体験するなどの調査も可能とした [21] (図6 (b), (c) 参照)。

こうした実験を通して、両手で道具を操作するときの左右の手の関係性についてあらためて考えることにした。例えばはさみの使用においては、右手ではさみの開閉を行い、左手で紙の位置を動かすように、右手と左手で異なる機能を組み合わせている。また、自動車のハン

ドル操作においては、大きく回すときは左右の手で交互に動かし、高速運転時に細かく動かす際には、両手に力を入れつつ、一方はハンドルを固定し、もう一方は微調整するなど、回す動作において相補的に組み合わせている。片手のみでも、はさみで紙を切ったり、ハンドルを回したりすることが可能ではあるが、あえて両手を使うことにより、細かい調整のための動きやすさと、安定させるための動きにくさを組み合わせ、より幅広い操作を可能としている。

こうした両手の協応動作を踏まえ、上述の、両手で操作するばねの釣り合いで棒の先端位置を調整するモデルを、ハンドルの回転軸に対称に接続した2本のばねでハンドルの回転角度を操作するモデルへと展開した [22] (図7 (a) 参照)。左右それぞれの手を回転軸のまわりに動かすと各ばねが伸び、ハンドルは2本のばねの張力の差に応じて回転する。そのため、手でばねを引っ張る動きに対して、ハンドルの回転には時間、空間的に差が生じる。左右の手の位置が互いに離れる方向に動かすと、双方のばねが伸びて硬くなり、手の動きに一致してハンドルが動くことになる。

このアイデアを具現化するため、ハンドルと、同軸上に配置した左右独立のクランクレバーそれぞれにモータを組み込み、制御用コンピュータで計算したばねの挙動に応じてハンドルとレバーを制御する装置を構築した

(図7(b)参照)。さらに、ばねの特性を変えたり、張力を変更することで操作支援をするなどのアイデアも組み込んだ。そして、ハンドル角度を目標に早く合わせるように操作する実験システムや、二次元平面上でクルマを操作して障害物を避ける実験システムを構築した(図7(c)参照)。素早く、正確にハンドルを操作するためには左右のレバーが離れるように大きく動かし、レバーとハンドルの動きを一致させればよいが、使用者自身であえてレバーとハンドルの角度がずれた状態にするなどの操作も観察された。このインタフェースの意味として、手の動きによる入力からハンドル回転の出力への感度を使用者自身で操作中に自由に変更できる点にあると考えられる。左右のばねの伸びが小さな領域ではばねの伸びの影響により、手の動きの変化に対するハンドル回転の感度が低く、左右のばねが大きく伸びた領域では、手の動きの変化がハンドル回転に反映しやすく感度が高い状態となる。障害物を避ける場面において、手の細かな動きの影響を受けないように感度を落としたり、細かな動きを反映するように感度を高めたり、状況に応じて操作の中で動きを調整可能としている。

ある動きを操作するインタフェースをデザインするとき、一般的には操作者がミスなく、安全にそして正確に操作するため、操作対象の自由度に対してインタフェースの自由度を一致させたり、あるいは自動化を組み合わせ操作者の自由度を減らしたインタフェースをつくることになる。このインタフェースでは、あえて自由度を増やしつつ、それを動きの中で調整できるような仕組みとすることで、使用者自身で操作の幅を広げることが可能とする。

こうした観点から、人間の動作を拡張するスーツについても検討することにした。人の関節には1つの関節をまたがる一関節筋、2つの関節をまたがる二関節筋がある。前者は抗重力筋であり、身体の体重を支えたり、大きな力を発揮する動きに関係する。後者は、力の伝達や出力・剛性の調整、軌道の調整に関係する[23]。パワーアシストスーツの多くは、重量物の運搬に利用することから、一関節筋の機能にもとづいて構築されている。著者らは二関節の力の調整機能に着目し、人には生得的に存在しない個所に、人工的に二関節筋を取り付けることによる効果を調査することにした。そこで、足関節と膝関節を対象に、脛の前面にワイヤ牽引により張力を付与する機構を装着するアイデアを考案した。はじめに側臥位姿勢で張力を付与し、等尺性の筋活動時に足先の剛性、出力が変化する可能性が見出された[24](図8(a)参照)。続いて動的な動作として、自転車ペダリング動作時に、同箇所には張力を付与することで、関節角度や足先踏力の変化に影響する可能性が見られた[25](図8(b)参照)。さらに瞬発的な動作として、大腿部、膝関節、股

関節の前面、後面において二関節筋に対応するようにはばねを配置した機構を構築し[26](図8(c)参照)、立ち幅跳びを実施したところ両関節の運動性に影響する可能性が示唆された。以上のアイデアを踏まえ、下肢関節を対象に人工二関節筋を拮抗するように配置し、関節角度に応じて、歩行中に張力を付与する実験装置を構築した[27]。そして、張力の付与タイミングによって関節可動域や床反力に影響する可能性を見出した。

さらに、身体動作の自由度という点について、身体各部と全身との相互作用について検討することにした。腕と脚との連動や、四肢の動きに伴う姿勢調整などにおいて、神経回路によるメカニズムに加えて、全身における張力の伝達による力学的な作用が関与していることも明らかになっている。こうした筋緊張の伝達経路はアナトミー・トレインと呼ばれ、経路網内で張力変化が全身に伝達することで、経路上の筋が連動して離れた部位が協調し、より大きな力を発揮させたり、全身を使った連続的な動きや姿勢維持を可能としている[28]。解剖学的知見も示され、理学療法の治療に実践されている。こうした解剖学的な張力伝達経路を参考に、身体表面上に足先から肩部までワイヤとばねで張力を伝達するスーツを考案した[29](図8(d)参照)。階段を上る動作、走動作、自転車のペダリング動作などの体験を通して、上下肢を連動して動作しやすくしたり、体幹を安定させて下肢を動作させたりなどの可能性を見出し、動作の自由度と安定性の問題をさらに検討するきっかけとなった。

以上に事例を紹介したように、安定している道具操作や身体動作において、その動作の自由度と関与している身体部位の対応、部分的な動きと全体との連動などの関係性に着目した。そして、あえて動作の自由度を増やしつつ動きの中でその自由度の影響を調整するなどの仕掛けを考案した。安定性を逸脱しつつ動きの協調が可能な余地も残すことで、動きの選択肢を増やす、できるうることへ向けたデザインのアプローチになると考えている。

5. おわりに：道具の身体化・身体の道具化

最後に、巧みに道具を操作する際の、身体と道具のよい関係の文脈で表現されるような「道具の身体化」と、逆によい印象を感じにくい「身体の道具化」の双方の関係において、積極的な意味を見出してみる。

「道具の身体化」においては、巧みに道具を操作できている状態であり、道具操作そのものに注意を向けず、道具を使用できている。例えば、テニスであれば、自身のラケット操作に注意を向け続けることがないことから、相手の動きやボールに注意を向けて次の手を考えたり、競技自転車であれば、ペダリングや姿勢操作ではなく、路面状況や周囲の自転車に注意を向け、自身の経路を考

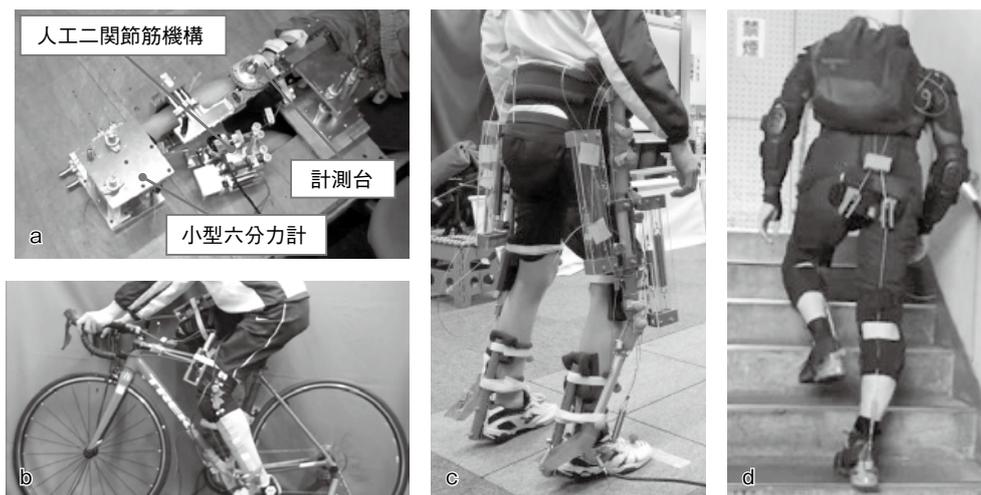


図8 身体動作の拡張実験装置

- (a) 側臥位用二関節筋機能の拡張実験装置 [24]
- (b) ベタリング用二関節筋機能の拡張実験装置 [25]
- (c) 跳躍用二関節筋機能の拡張実験装置 [26]
- (d) 全身への張力伝達のためのテンセグリティ・スーツ [29]

えることができる。道具操作に注意を向けていないという点で道具の存在が透明化、あるいは環境や手順などに注意が向いている状態で道具操作が実行されるという点で道具の存在が潜在化しているといえよう。さらに、こうした状態においては道具のみならず、自身の身体そのものにおいても対象となりうる。歩く動作が十分に馴染んでいる状態では、身体の動かし方に注意を向けることなく、つまり身体は潜在化した状態で動作を実行することができる。以上を整理すると、本稿での道具の身体化とは、行為において、道具ならびに身体に注意を向けることなく動作可能な状態であり、道具・身体が存在が潜在化、透明化している状態を意味する。

一方、「身体の道具化」においては、自身の身体に対して思うようにならない状態であり、通常の動作においては注意を向けていない身体に対して注意が向いてしまうことになる。例えば、長距離の移動によって下肢が疲労し、足を前に進めることが困難になるような際には、脚が棒になったと表現し、普段は気にならない脚の重さを感じたり、動きにくさを感じる。また、他人に道具のように使われるという表現に関しては、自身の身体を自分で思うように動かすことができず、他者の意図にしたがって、自身の身体を操作することになる。身体が存在に注意を向けるようになることから、存在を実感する点で不透明化、あるいは、まずは身体へ注意を向けることから、身体が前面に現れる点で顕在化しているといえよう。さらに身体の道具化とは、身体のみならず道具使用時も対象となりうる。つまり、道具を上手く使えない状態においては、道具、身体の各々に注意を向けて操作する状態であり、道具と身体が存在が顕在化した状態を意味する。以上を整理すると、本稿での身体の道具化とは、

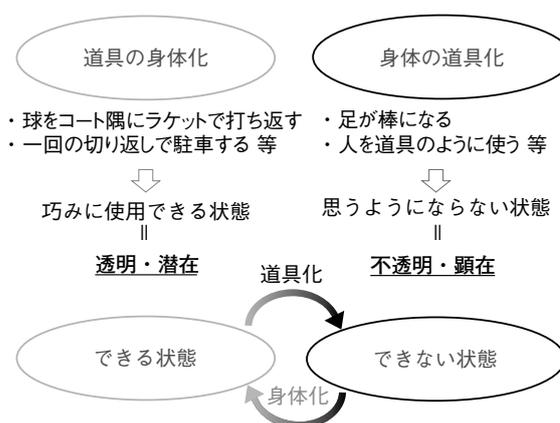


図9 道具の身体化・身体の道具化の動的遷移

行為において、道具ならびに身体に注意が向いて動作する状態であり、道具・身体が存在が顕在化、不透明化している状態を意味する。

なお、こうした道具と身体の見方は、本稿ではこれ以上詳細に説明しないものの、ハイデガーによる言及 [30]、そのアイデアをシステムのデザインに展開したウイノグラードら [31] の知見に基づいていることに触れておく。

最後に「道具の身体化」・「身体の道具化」の双方において等価に、積極的な意味を見出してみる。よい状態の意味として使われる「道具の身体化」においては、道具使用が透明化、潜在化することでその動作は安定し、他の資源に注意を向けることができる。一方で、そのまま安定性が続くことになり、よりよくペンを走らせる、よりよく歩くなどの動作の可能性を考える際、既に馴染んで安定した動作においては、たやすく逸脱し、さらなる動作へ展開しやすいとはいえないだろう。むしろ思うよ

うにならない状態の意味として使われやすい「身体道具化」においては、身体が不透明化、顕在化することで身体に対する注意が向きやすく、運動に関する疲労であれば、どの身体部位が弱いのかに気づきやすくなり、他者の指示に従って動作する場合には、自身の考えとの差異に基づき、改善のきっかけになりうる。

このように考えてみると、「道具の身体化」、「身体道具化」とは、過程におけるある状態であり、その状態を最終目標としたり、そこで安定し続けたりすることではなく、逸脱して次の段階へ向かい、動作の組織化が進む中で、次の準備をしておくなど、できる、できない双方の状態を動的に遷移することが、動作の可能性を拓げることになると考える(図9参照)。すなわち、道具が身体化し、「身体化した道具」が道具化し、『道具化した「身体化した道具」』が身体化するような過程の中で、道具と身体の関係のみならず、身体それ自身も再度構築していくようなアプローチを意味するといえるだろう。

謝 辞

紹介したさまざまな研究のアイデア創出、装置開発にかかわった研究室学生、共同研究者に謝意を表す。

文 献

- [1] 土屋喜一 (2001) 考え方を考える：創造性を育むヒント。オーム社。
- [2] 黒須正明 (2020) UX原論：ユーザビリティからUXへ(pp.152)。近代科学社。
- [3] 河本英夫 (1995) オートポイエーシス—第三世代システム。青土社。
- [4] 上杉研紹介。
<http://www.wesugi.mech.waseda.ac.jp> (2022.10.28 アクセス)
- [5] 河本英夫 (2007) 発達のリセット。現代思想, 35-6, 56-68。
- [6] 大室堯生, 武藤琢真, 上杉 繁 (2012) 上肢のねじり動作構築のための手がかり探索支援インタフェースの開発。SI2012, pp.0147-0149。
- [7] 小池雅人, 大室堯生, 上杉 繁 (2014) 新奇的動作を構築するための手がかり探索支援手法に関する研究—肩甲骨の動作を対象に骨格構造ならびに力触覚の特性に着目したインタフェースの開発—。HCGシンポジウム2014, pp.497-501。
- [8] 猪又健一郎, 打越 力, 上杉 繁 (2016) 抜重に伴う身体重心の動きを利用する即応的な移動動作の構築支援に関する基礎的研究。日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス講演論文集。
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2016.B-29>
- [9] 小池雅人, 佐藤慶彦, 川上湧一, 福田 渉, 川上泰雄, 上杉 繁 (2016) 自転車ロードレースにおける引き足技能の向上手法に関する研究—クランク長制御による左右独立型の可変ペダル軌道システムの開発—。日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス講演論文集。
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2016.C-29>
- [10] 雪吹俊哉, 徳安陽一, 岩田宗也, 川上泰雄, 上杉 繁 (2018) ロードバイクにおけるペダリング技能向上支援に関する研究—引き足を対象としたクランク位置での局所制動を付与するトレーニングツールの開発—。日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス論文集。
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2018.B-23>
- [11] Iwata, S., Horiuchi, T., Yamagishi, T., Tokuyasu, Y., Wesugi, S., Kawakami, Y. (2019) The effect of locally braking crank rotation during pedaling on the pedaling force and activation of lower limb muscles. *KU Leuven-Waseda International Workshop*.
- [12] 上杉 繁, 尾白大知, 本多 慧, 玉地雅浩 (2011) 教育利用を目指した片麻痺歩行の擬似体験手法に関する研究。HCGシンポジウム2011。
- [13] Wesugi, S. (2013) Design Approach of Simulation Exercise with Use of Device and Its Significance: Design of Novel Device for Realistic Experience of Being a Hemiplegia Patient. *Int. Conf. on Human-Computer Interaction, Springer, Lecture Notes in Computer Science*, 8017, pp.315-324.
- [14] 上杉 繁, 尾白大知, 川瀬元太, 玉地雅浩 (2014) 片麻痺歩行の擬似体験を目指した下肢関節への腱振動刺激に関する研究。日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 19 (4), 605-614。
- [15] 玉地雅浩, 福澤和夫, 矢野俊史, 上杉 繁 (2014) 出来る事と出来ない事を共に生み出す投錨点としての身体—なぜ私たちは歩けるのか、脳卒中後遺症者の歩行を擬似体験する装置を装着しながら考える—。応用哲学会第6回年次研究大会。
- [16] 坂口寛樹, 丸田純平, 玉地雅浩, 上杉 繁 (2017) 脳卒中後遺症者におけるトイレ動作の擬似体験に関する研究—肘・膝・足関節部に運動錯覚・反射を生じさせる腱振動刺激ツール—。第1回共創学会年次大会。
- [17] 市川夏子, 坂口寛樹, 勝田聖也, FANG Y., 玉地雅浩, 上杉 繁 (2019) 脳卒中後遺症者の動作体験ワークショップのための腱振動刺激ツールのデザイン。ヒューマンインタフェースシンポジウム2019, pp.212-215。
- [18] 土屋 敦 (2008) エンハンスメント論争をめぐる見取り図—歴史的源泉と現代的争点を中心に—。エンハンスメント論争【身体・精神の増強と先端科学技術】(pp.150-176), 社会評論社。
- [19] ニコライ A. ベルンシュタイン (訳：工藤和俊, 佐々木正人) (2003) デクステリティ 巧みさとその発達, 金子書房。
- [20] 多胡 尚, 上杉 繁 (2009) 両手協応操作型インタフェース—指示棒操作に関する実験システムの開発—, *Vol. 2009-HCI-134, No. 11*。
- [21] 上杉 繁, 時村文遊, 多胡 尚 (2011) 両手協応操作型インタフェースにおける教示実験システムの開発。HAIシンポジウム2011。
- [22] 上杉 繁, 時村文遊, 長沢知諭 (2013) 両手の協応動作に着目したホイール操作インタフェースに関する研究。ヒューマンインタフェースシンポジウム2013, pp.475-480。
- [23] 奈良 勲, 熊本水頼, 畠 直輝, 内山 靖 (2008) 二関節筋—運動制御とリハビリテーション。医学書院。
- [24] 山中健太郎, 佐治義紀, 宮西海舟, 石川雄宇生, 川上泰雄, 上杉 繁 (2018) 人には存在しない下肢の筋部位への人工二関節筋装着による足先出力に関する基礎的研究。日本機械学会 第28回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 18-11。
- [25] 佐治義紀, 早川晃弘, 宮西海舟, 上杉 繁 (2019) 三対六筋構造に着目した人工二関節筋の下肢への装着によるペダリング時の踏力特性。日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス論文集, C-7。

- <https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2019.C-7>
- [26] 宮西海舟, 若島拓輝, 上杉 繁 (2020) 跳躍機能拡張のための大腿部における三対六筋構造の外化方法に関する実験的研究. 日本機械学会 シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス論文集.
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2020.B-1-3>
- [27] 早川晃弘, 玉木 岳, 若島拓輝, 上杉 繁 (2021) 大腿部の筋配列に着目した人工二関節筋の装着による歩行機能拡張に関する基礎的研究. 日本機械学会 シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス論文集.
- [28] Thomas, W. M. (訳: 板場英行, 石井慎一郎) (2017) アナトミー・トレーナー-徒手運動療法のための筋筋膜経線, 第3版, 医学書院.
- [29] 石川雄宇, 芳賀 豪, 玉地雅浩, 上杉 繁 (2019) 全身の張力伝播経路に着目したテンセグリティ・スーツの開発. 日本機械学会 シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス論文集, C-11.
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2019.C-11>
- [30] ハイデガー (訳: 原佑, 渡辺二郎) (2003) 存在と時間 I. 中央公論新社.
- [31] テリー ウィノグラード, フェルナンド フローレス, (訳: 平賀譲) (1989) コンピュータと認知を理解するー人工知能の限界と新しい設計理念. 産業図書.

The Body as a Hierarchical Action-Perception System : an Approach from Skilled Human Performance

Kazutoshi KUDO

The University of Tokyo, Graduate School of Arts and Sciences, Department of Life Sciences

Abstract

Skilled performers in sports, dance, music possess domain-specific cognitive-motor function. The body, which supports skilled performance, is a complex and exquisite system composed of a vast number of cells and a variety of role-differentiated tissues. Human movements are built on multiple levels based on the basic structure of physical development, with the more basic levels serving as a background to underpin the higher levels to achieve advanced motor skills. The fundamental level of hierarchical movement construction includes tension/relaxation, posture, breathing, equilibrium, and is positioned as a common ground in various physical performances. Moreover, movement is generated amongst various external environments and various internal environments, and utilization of all these internal and external environmental resources is necessary to realize advanced performance. Since the possibility of action is perceived by the functional unit of the body-environment system, it is necessary to reconsider the exploration for action resources and the hierarchy of movement construction from the viewpoint of the body extending into the environment.

■ **Key words** : human motor skill, motor development, levels of movement construction, dynamical systems theory, body-environment system

Address : 3-8-1, Komaba Meguro-ku, Tokyo, Japan

Received : December 3, 2022

Accepted : December 3, 2022

■ シンポジウム 学際領域から探索するバイオフィードバックの可能性

熟練パフォーマンスから読み解く階層的知覚
—行為システムとしての身体

工藤和俊*

*東京大学大学院総合文化研究科

抄 録

スポーツ、ダンス、音楽等の一流パーフォーマーは、各領域に固有の高度な認知—運動能力を発揮する。熟練パフォーマンスを支える身体は、膨大な数の細胞と役割分化した多様な組織からなる複雑で精妙なシステムである。ヒトの動作は身体発達の基本構造に立脚した複数の階層によって構築されており、より基礎的な階層が背景となって高次の階層を支え、多様な運動スキルを実現している。このとき、動作の基底階層には緊張/脱力、姿勢、呼吸、平衡等が含まれ、多くの身体パフォーマンスに共通する要因として位置付けられる。また、動作は多様な外部環境と多様な内部環境の狭間で生成され、高度なパフォーマンスを実現するにはこれら内外の環境資源を総動員することが必要になる。この際の行為可能性とは身体—環境系という機能単位により知覚されることから、今後の研究においては、行為のための資源探索ならびに動作構築階層について、環境に拡がる身体という観点から捉えなおす必要性が指摘される。

■ キーワード：ヒトの運動スキル、運動発達、動作構築の階層、力学系理論、身体-環境系

連絡先：東京都目黒区駒場 3-8-1
東京大学大学院総合文化研究科
受 付：2022 年 12 月 3 日
受 理：2022 年 12 月 3 日

はじめに：上手なひとはどこが違う？

一流スポーツ選手は華麗なプレーで観客を魅了する。サッカーのトッププレイヤーであれば、相手ディフェンダーの位置や動きを一瞥しつつ自らの次の一步を素早く踏み出せるような姿勢で味方からのパスをトラップし、追いつがるディフェンダーに身体を寄せられても体勢を崩すことなくドリブルを継続し、相手ゴールキーパーの守備に生じたわずかな時間的・空間的隙間を縫ってシュートを決める、という高度なプレーを実現することができる。このようなパフォーマンスを発揮するためには、より力強く、より素早い運動を遂行するための体力（エネルギー的体力）とともに、自らの有するエネルギー資源ならびに外部環境の資源を最大限に利用して自らの身体運動を組織化するための能力（サイバネティック的体力）が必要になる。

複雑な環境内において特定の目標を達成しようとするとき、そこには目標に至る数々のタスク（課題）と、そのタスクを遂行するためのサブタスクが幾重にも存在する。サッカーの試合での勝利を目標とするならば、シュートして得点を獲得することが1つのタスクとなる。さらにそのタスクを達成する過程においては、運動のためのエネルギー供給に関わる呼吸、姿勢の維持、体幹と体肢の協調的運動、他の選手やボールとの位置関係の知覚、運動の選択に関わる意思決定など、きわめて多様なサブタスクが存在する。

このような、複雑な身体パフォーマンスを理解するための1つの視点として、運動の進化ならびに発達を観点を取り入れた階層的動作構築理論がある（表1）[1,2]。

1. 動作構築の階層

熟練パフォーマンスを支える身体は、膨大な数の細胞と役割分化した多様な組織からなる複雑で精妙なシステムである。ヒトの動作は身体発達の基本構造に立脚した複数の階層によって構築されており、より基礎的な階層が背景となって高次の階層を支え、高度な運動スキルを実現している。ヒトの運動発達においては、まず首がすわり、寝返りができるようになり、リズムカルな体幹・体肢運動の発現を経て、直立2足歩行、さらには走行に至るといふ道筋が存在する。このとき、発達の各段階において発現するそれぞれの運動は、その前段階において獲得されている身体機能を基盤とすることから、その順序には意味があり、これらを自由に入れ替えることはできない。その意味において、これらの運動は、「支える—支えられる」という方向性を有する階層構造をなすと考えられることができる。

このような運動の発達プロセスを考慮した行為理論と

表1 動作構築の階層構造

階層（レベル）	関連項目
アクションのレベル	意思決定・系列動作
スペースのレベル	空間知覚・視覚・注意・到達運動・捕捉運動・素早さ/正確さ
シナジーのレベル	関節間協調（コーディネーション）・リズム
トーンのレベル	緊張/興奮/弛緩/脱力・情動・呼吸・体幹・姿勢・平衡

して生理学者ベルンシュタインは、①トーン（緊張）、②シナジー（筋—関節リンク）、③スペース（空間）、④アクション（行為）という4つの階層（レベル）から構成される動作構築理論を提唱した [1]。

2. トーンのレベル

ベルンシュタインは、動作を構築しようとする際に最も基本となるレベルをトーン（緊張）のレベルと呼んだ。体幹と首の緊張と動きがこれに相当する。体肢が多様に動くとき、体幹と首はそれらの運動を中心から支える役割を果たす。このことから、体幹の安定性を向上させるためのトレーニング（スタビライゼーショントレーニング）も提唱されている。また、さまざまな運動の基底階層として、緊張/脱力、姿勢/構え、平衡（バランス）、呼吸等を加えることができる [2,3]。身体の過大な緊張を解き、姿勢を正し、動的/静的なバランスを保持し、呼吸を整えることの重要性は、スポーツのみならずダンスや音楽パフォーマンスなど多様な身体パフォーマンスに共通している [4—7]。

3. シナジーのレベル

次に、トーンのレベルに支えられて複数体肢の協調運動を実現しているのがシナジーのレベル（筋—関節リンクのレベル）である。ヒトの発達においても、胎児期から出生後約20週齢までは各体肢が自発的に運動するジェネラルムーブメント（general movement）が出現し、その後体肢間運動の協調性が向上してハイハイなどのリズムカルな運動へと移行する [8,9]。このような協調運動の組織化を記述するための1つの方法論として、力学系（ダイナミカルシステム）アプローチがある [10—12]。力学系数理モデルは古典力学（ニュートン力学）モデルの拡張として位置付けることができ、多数の要素からなるシステムの集合的な振る舞いを共通の数理によって記述することに成功してきた。ヒトの運動においても、歩行 [13,14]、ドラム演奏動作 [15]、2者間のリズム協調 [16] などにおいて具体的な数理モデル（微分方

程式モデル)が提唱されている。このアプローチにより、身体セグメント間の協調のみならず、感覚運動協調や対人間協調を含めた幅広い課題において、身体運動を組織化する際に重要な役割を果たす具体的な変数(秩序パラメータ)とその作用機序が明らかにされてきた[17—25]。

4. スペースのレベル

リズムカルな体肢間協調運動において空間的な正確さは必ずしも要求されない。例えば歩行や走行では、左右脚の運動軌道や接地位置が明示的に規定されるわけではない。一方で、多くのスポーツにおいてはしばしば空間的な正確さが要求される。例えばテニスのサーブにおいては、有効なサービスとなる空間的範囲が規定されており、これを外れるとフォールトと判定される。スポーツや音楽演奏の熟練者は、変動や誤差の小さい運動を遂行できるという点において初心者とは大きく異なる[26,27]。

一方でヒトの身体は、ミクロなシナプスやニューロンのレベルからマクロな身体セグメントのレベルまで常に揺れ動いており、同一の運動軌道を再現することがきわめて難しいという特性を有する。正確な運動を遂行しようとする際にはこの変動する膨大な自由度の問題に対処する必要がある。これまでの研究においては、このような運動を行う際には各自由度の変動を互いに補償するという方略が用いられるとともに、環境の制約によってその方略が変化していくことが明らかになっている[28—31]。また、運動軌道の変動特性に着目するとき、時空間的な正確さの異なる運動においては、フラクタル特性のスケーリング指数が異なることが示されている[27,32]。

5. アクションのレベル

スポーツにおいてはしばしば、成功と失敗が紙一重で隣接している。例えばサッカーのペナルティーキックでは、相手ゴールキーパーの到達可能範囲を超えたゴールの隅を目標にした場合、仮にシュートが狙い通りゴールエリア内に入れば得点可能性が高くなる。その一方で、ゴール枠付近を狙うことにより、シュートがゴールエリア枠を外れたり、枠にゴールを阻まれたりする可能性も増す。テニスのサービスにおいても同様に、サービスエリアの端にサーブが決まれば得点可能性が増すものの、わずかでもエリア外にバウンドすればフォールトになり得点可能性が低下する。このような場面では、目標となる空間位置に対してどれだけ正確な運動を行うかというスペースのレベルを考慮しつつ、より高次の運動計画を担当するアクションのレベルが必要になる。この際、適切な意思決定のためには、行動経済学的な視点から自ら

の運動分散や(運動速度など)運動能力を考慮する、すなわち「自らを知る」ことが必要になる[33,34]。一方で、実際に自らを知ることは難しく、しばしばその認知には偏り(バイアス)が生じる。例えば、テニスのストロークにおいては、自ら打ったボールの落下点分散を実際の分散よりも小さく推定してしまうことが報告されており、このような認知バイアスがリスク志向性の増大に関与している可能性も指摘されている[35]。また、このようなバイアスは頑健であり、単にパフォーマンスを指標とした結果をフィードバックしても修正することが難しいという特徴を有する[36—38]。この際には、運動方略に関する情報を提供することや、課題遂行に関わる制約を調節することが認知バイアスの修正において有効になる[39,40]。

6. 環境に広がる身体

ヒトの動作は複数の階層に渡って構築されており、これらの階層全体が有機的に支え合うことによって高度な身体パフォーマンスを実現する。また、動作は多様な外部環境と多様な内部環境の狭間で生成され、高度なパフォーマンスを実現するにはこれら内外の環境資源を総動員することが必要になる。

ここで、さまざまな運動スキルを遂行する知覚—行為システムを考えると、身体と、身体を取り巻く環境との関係について再考することが必要になる。例えばサッカーにおいて、フィールドの外に転がりつつあるボールを追いかけて、アウトになる直前に追いついてゴール前にクロスパスを蹴り出すための知覚と行為を支えているのは、その際の身体資源とともに、フィールドのコンディション、グラウンドと身体との間に介在しているシューズ、さらにはゴール前に走りこんでくであろうチームメイトの存在などプレイヤーの身体を取り巻く環境である。仮にボールが同じように転がっていたとしても、雨でピッチがぬかるんでいたり、シューズが緩んでいたり、味方が誰一人ゴール前に詰めていない状況であったならば、その場において知覚される行為可能性はまったく異なるものとなる。その意味において、行為の可能性とは、身体—環境系において創発するものであるといえる。

また、例えばドライバーが自動車を運転しようとするとき、その自動車はドライバーを取り巻くという意味において環境である。その一方で、自動車はドライバーが移動するための道具であって、乗車中は常にドライバーとともにある。このとき、路上にある障害物の知覚とは、ドライバーが運転する自動車にとっての障害物の知覚であり、自動車の幅や高さを含めて衝突や接触の可能性を知覚している。また、間隙を通過しようとする際にも、

ドライバーと自動車とが一体となって、それらを取り巻くより広い環境を知覚し分節化する [41]。このとき、ドライバーが運転する自動車とは拡張された身体であり、ドライバーと自動者とが不可分なものとしてともにある身体—環境系を機能単位として、行為可能性が知覚される。

おわりに

知覚—行為において身体と環境とは不可分であり、これらを一体化した身体—環境系がその機能単位となる。このとき、動作構築の各階層は身体内に閉じられたものではなく、やはり身体—環境系として成立すると考えられる。これらのことから、今後の研究においては、行為のための資源探索 [42] ならびに動作構築の階層について、身体—環境系の観点から捉えなおす必要性が指摘される。これにより、身体パフォーマンス向上を目指す各個人においてそれぞれの運動構築階層に存在しうる「伸びしろ」や、知覚行為のための新たな資源を明らかにしていくことが期待される。

引用文献

- [1] N. A. ベルンシュタイン (著) 工藤和俊 (訳) 佐々木正人 (監訳) (2003) *デクステリティー巧みさとその発達*. 金子書房.
- [2] 工藤和俊 (2020) 運動スキルの発達と階層構造. In 東京大学大学院身体運動科学研究室 (Ed.), *身体運動科学アドバンス* (pp.90-101). 杏林書院.
- [3] 工藤和俊 (2020) 脱力から知る熟練者の身体. In 東京大学教養学部 (Ed.), *知のフィールドガイド—生命の根源を見つめる* (pp.24-37). 東京大学出版会.
- [4] Kudo, K. & Toyoda, K. (2022) Music-based/inspired scientific research and liberal arts education. In Komatsu, H., Takagi, K., Ishiguro, H., Okada, T., (Eds.), *Arts-based method in education research in Japan* (pp.164-184). Brill Sense.
- [5] Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., Oda, S. (2009) Tapping performance and underlying wrist muscle activity of non-drummers, drummers, and the world's fastest drummer. *Neuroscience Letters*, 459 (2), 69-73.
- [6] Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., Kanehisa, H., Nakazawa, K. (2013) Relationship between muscle co-contraction and proficiency in whole-body sensorimotor synchronization: A comparison study of street dancers and nondancers. *Motor Control*, 17 (1), 18-33.
- [7] Yoshie, M., Kudo, K., Murakoshi, T., Ohtsuki, T. (2009) Music performance anxiety in skilled pianists: effects of social-evaluative performance situation on subjective, autonomic, and electromyographic reactions. *Experimental Brain Research*, 199 (2), 117-126.
- [8] Einspieler, C. & Prechtel, H. F. R. (2005) Prechtel's assessment of general movements: A diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11 (1), 61-67.
- [9] 多賀巖太郎 (2011) 脳と行動の初期発達. *発達心理学研究*, 22 (4), 349-356.
- [10] Haken, H. (1983) *Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry and biology*. Springer-Verlag.
- [11] Kelso, J. A. S. (1995) *Dynamic patterns*. MIT Press.
- [12] 工藤和俊 (2004) 運動スキル研究におけるダイナミカルシステムアプローチ. In 日本スポーツ心理学会 (Ed.), *スポーツ心理学—その軌跡と展望* (pp.175-184). 大修館書店.
- [13] Taga, G., Yamaguchi, Y., Shimizu, H. (1991) Self-organized control of bipedal locomotion by neural oscillators in unpredictable environment. *Biological Cybernetics*, 65 (3), 147-159.
- [14] Ohgane, K., Ei, S., Kudo, K., Ohtsuki, T. (2004). Emergence of adaptability to time delay in bipedal locomotion. *Biological Cybernetics*, 90 (2), 125-132.
- [15] Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., Oda, S. (2010) Intrinsic constraint of asymmetry acting as a control parameter on rapid, rhythmic bimanual coordination: A Study of professional drummers and nondrummers. *Journal of Neurophysiology*, 104 (4), 2178-2186.
- [16] Okano, M., Kurebayashi, W., Shinya, M., Kudo, K. (2019) Hybrid dynamics in a paired rhythmic synchronization-continuation task. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 524, 625-638.
- [17] Etani, T., Miura, A., Okano, M., Shinya, M., Kudo, K. (2019) Accent stabilizes 1:2 sensorimotor synchronization of rhythmic knee flexion-extension movement in upright stance. *Frontiers in Psychology*, 10, 888.
- [18] Higashino, M., Miyata, K., Kudo, K. (2022) Coordination dynamics of thoracic and abdominal movements during voluntary breathing. *Scientific Reports*, 12 (1).
- [19] Kudo, K., Park, H., Kay, B. A., Turvey, M. T. (2006) Environmental coupling modulates the attractors of rhythmic coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32 (3), 599-609.
- [20] 工藤和俊, 岡野真裕 (2019) アートする非線形力学系としての身体. *生体の科学*, 70, 1-4.
- [21] Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., Kanehisa, H. (2011) Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: A study of street dancers and non-dancers. *Human Movement Science*, 30 (6), 1260-1271.
- [22] Miyata, K., Varlet, M., Miura, A., Kudo, K., Keller, P. E. (2017) Modulation of individual auditory-motor coordination dynamics through interpersonal visual coupling. *Scientific Reports*, 7, 16220.
- [23] Miyata, K., Varlet, M., Miura, A., Kudo, K., Keller, P. E. (2021) Vocal interaction during rhythmic joint action stabilizes interpersonal coordination and individual movement timing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150 (2), 385-394.
- [24] Mukai, K., Miura, A., Kudo, K., Tsutsui, S. (2018) The effect of pairing individuals with different social skills on interpersonal motor coordination. *Frontiers in Psychology*, 9, 1708.
- [25] Yamamoto, K., Shinya, M., Kudo, K. (2020) The influence of attractor stability of intrinsic coordination patterns on the adaptation to new constraints. *Scientific Reports*, 10, 3058.
- [26] Fujii, S., Hirashima, M., Kudo, K., Ohtsuki, T., Nakamura, Y., Oda, S. (2011) Synchronization error of drum kit playing with a metronome at different tempi by professional drummers. *Music Perception*, 28 (5), 491-503.
- [27] Nakayama, Y., Kudo, K., Ohtsuki, T. (2010) Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait & Posture*, 31 (3), 331-335.
- [28] 工藤和俊 (2013) 協応する身体. In 佐々木正人 (Ed.), *知の生態学的転回 第1巻: 身体* (pp.115-131). 東京大

- 学出版会.
- [29] Kudo, K., Ito, T., Tsutsui, S., Yamamoto, Y., Ishikura, T. (2000) Compensatory coordination of release parameters in a throwing task. *Journal of Motor Behavior*, 32 (4), 337-345.
- [30] Kusafuka, A., Kudo, K., Nakazawa, K. (2021) Control of accuracy during movements of high speed : Implications from baseball pitching. *Journal of Motor Behavior*, 54 (3), 304-315.
- [31] Scholz, J. P. & Schoner, G. (1999) The uncontrolled manifold concept : identifying control variables for a functional task. *Experimental Brain Research*, 126 (3), 289-306.
- [32] Miyazaki, M., Nakajima, Y., Kadota, H., Chitose, K., Ohtsuki, T., Kudo, K. (2004) $1/f$ -type fluctuation in human visuomotor transformation. *Neuroreport*, 15 (7), 1133-1136.
- [33] Ota, K., Shinya, M., Kudo, K. (2015) Motor planning under temporal uncertainty is suboptimal when the gain function is asymmetric. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 9, 88.
- [34] Tsutsui, K., Shinya, M., Kudo, K. (2019) Underlying structure in the dynamics of chase and escape interactions. *Scientific Reports*, 9, 15051.
- [35] Yamamoto, H., Shinya, M., Kudo, K. (2019) Cognitive bias for the distribution of ball landing positions in amateur tennis players. *Journal of Motor Behavior*, 51, 141-150.
- [36] Ota, K., Shinya, M., Kudo, K. (2016) Sub-optimality in motor planning is retained throughout 9 days practice of 2250 trials. *Scientific Reports*, 6, 43987.
- [37] Ota, K., Shinya, M., Maloney, L. T., Kudo, K. (2019) Sub-optimality in motor planning is not improved by explicit observation of motor uncertainty. *Scientific Reports*, 9, 14850
- [38] Onagawa, R., Shinya, M., Ota, K., Kudo, K. (2019) Risk aversion in the adjustment of speed-accuracy tradeoff depending on time constraints. *Scientific Reports*, 9, 11732.
- [39] 工藤和俊, 女川亮司 (2022) 競技スポーツの意思決定支援. *月刊 Precision Medicine*, 5 (4), 26-29.
- [40] Ota, K., Tanae, M., Ishii, K., Takiyama, K. (2020) Optimizing motor decision-making through competition with opponents. *Scientific Reports*, 10, 950.
- [41] Kudo, K., Torigoe, R., Nemoto, M., Shinya, M., Sawada, M., Mishima, H. (2017) Embodied perception with extended body : Visuo-motor coupling during driving through aperture. In *Studies in Perception and Action XIV* (pp.81-84). Taylor & Francis.
- [42] 工藤和俊 (2019) 「できる・できない」を超えて—多様性からはじまる運動技能の上達—. *体育・保健体育ジャーナル*, 5, 5-8.

第 50 回 日本バイオフィードバック学会学術総会のご案内

ご挨拶

この度、2023年6月17日（土）～18日（日）の日程で、第50回日本バイオフィードバック学会学術総会を開催する運びとなりました。今回は50回の節目の開催ということもあり、大会テーマは「バイオフィードバックの50年、現在そして未来へ」とさせていただきます。社会も環境も価値観も大きな変化に直面する現代におけるバイオフィードバックのこれからについて、過去半世紀の研究の歩みを振り返りつつ、次の50年に向けての新たなスタートの始まりとなる大会になればと存じます。

コロナ禍もようやく終息に向かいつつあることから、今大会は3年ぶりの現地開催中心で実施致します。大会1日目は、講習会と特別講演などを中心にオンラインを併用した開催を、2日目は一般演題、招待講演、シンポジウム、会員総会など対面による現地開催の形式をとりたいと考えております。心理系の新たな関連領域との出会いや再会、バイオフィードバックの50年の歩みを振り返る展示企画など、体験して戴ける内容も準備しております。アクセス等で若干ご不便をおかけしますが、多くの会員の皆様と直接お会いできることを楽しみにスタッフ一同頑張ってお参りたいと思います。

皆様のご参加を心よりお待ちしております。

学術総会会長 小林能成
(東洋英和女学院大学人間科学部)

開催概要

1. 会期：2023年6月17日（土）・18日（日）
2. 会場：東洋英和女学院大学横浜キャンパス
3. 開催形式：現地開催（一部オンライン併用）
4. 学術総会参加費：正会員 5,000円（学生 0円） 非会員 6,000円（学生 2,000円）
5. バイオフィードバック技能師資格認定講習会：
医学、工学、心理学系領域の講習会を開催いたします。どなたでも受講可能です。
※受講料は受講目的によって異なります。
6. 学術総会ホームページ：<https://sites.google.com/toyoeiwa.ac.jp/bf50th2023/>
7. 連絡先：第50回日本バイオフィードバック学会学術総会事務局
〒226-0015 横浜市緑区三保町32 東洋英和女学院大学人間科学部
E-mail：bf50th2023@toyoeiwa.ac.jp Tel：045-922-7257

日本バイオフィードバック学会 2022 年度理事会議事録

日時：2022 年 9 月 6 日（メール審議）

審議事項

1. 学会ロゴ（マーク）及び HP 用イメージバナーの制作

BF 学会のロゴ・バナーを制作し、ホームページや機関誌、また、学術総会や講習会等、各種学会関係の行事や企画等に使用する目的でロゴ・バナーをデザイン（制作）してはどうかとホームページ企画管理委員長より提案があった。デザインには医学・工学・心理学の3分野の連携というイメージを入れて BF 学会の3分野協働という特徴を示し、会員の学会への所属意識を高め連携を深めることにつながるのではないかと考えられた。予定制作費用は11万円（見積額、税込み）であり、これに対し事務局費の削減工夫、年会費未納者への請求・確保に向けた努力等により、費用をカバーできる可能性のあることが分かった（事務局）。審議の結果、賛成：18、反対：1にて承認された。

2. 学会会則の一部変更について

学会事務局が、東邦大学医学部から愛知学院大学心理学部に移ったことに合わせて、「日本バイオフィードバック学会会則施行細則」の「第1項事務局」の住所の変更を行うことが審議された。審議の結果、賛成：19、反対：0にて承認された。

【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：辻下守弘先生（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ヶ丘三丁目 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）。

【訃報】

長期にわたり理事として当学会を支え、多大なご貢献を賜りました白倉克之先生が2023年1月22日に85歳で永眠されました。3月5日に茅ヶ崎クリニックにて「お別れ会」が執り行われました。

謹んでご冥福をお祈り申し上げます。合掌

編集委員長 小林能成

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50巻 第1号

Japanese Journal of Biofeedback Research Vol. 50 No. 1

2023年4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 : jsbrsecretariat@gmail.com

12 Araiike Iwasaki-cho, Nisshin, 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)

患者様の想いを見つめて、 薬は生まれる。

顕微鏡を覗く日も、薬をお届けする日も、見つめています。

病気とたたかう人の、言葉にできない痛みや不安。生きることへの希望。

私たちは、医師のように普段からお会いすることはできませんが、

そのぶん、患者様の想いにまっすぐ向き合っていたいと思います。

治療を続けるその人を、勇気づける存在であるために。

病気を見つめるだけでなく、想いを見つめて、薬は生まれる。

「ヒューマン・ヘルスケア」。それが、私たちの原点です。

ヒューマン・ヘルスケア企業 エーザイ



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。



Daiichi-Sankyo

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





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

 **イフェクサー[®]SR** カプセル **37.5 mg・75 mg**

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—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。

製造販売
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

プロモーション提携
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

JAPANESE JOURNAL OF BIOFEEDBACK RESEARCH

Volume 50 No.1 2023

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

Foreword

Toward the Future of Biofeedback Akihisa HIROTA 1 (1)

Special Address

The Past and Future of the Japanese Society of Biofeedback Research JSBR Editorial Committee 3 (3)

The Dawn of Biofeedback and Me Hiroyuki SUEMATSU 4 (4)

From a Rehabilitation Medicine Perspective Naoichi CHINO 6 (6)

50 Years with Biofeedback Chiaki NISHIMURA 8 (8)

The Japanese Society of Biofeedback Research and My Life as a Researcher Mutsuhiro NAKAO 13 (13)

On the Appeal of Biofeedback and Its Future Development Morihiko TSUJISHITA 15 (15)

Biofeedback Research and Me Toshio MATSUNO 18 (18)

Biofeedback in Psychosomatic Medicine in the Age of Data Science Kenji KANBARA 24 (24)

My Involvement in Biofeedback Research Masahiro HASHIZUME 28 (28)

The Future of "Visualization of Me" through Biofeedback Research Hiroki URATANI 30 (30)

The History of Biofeedback Toshiho IIDA 33 (33)

My Long Association with the Japanese Society of Biofeedback Research Mieko OHSUGA 36 (36)

A Breathing Biofeedback Chase Akio UMEZAWA 38 (38)

The Medicine-Technology-Psychology collaboration and
multidisciplinary cooperation for the future of biofeedback Ou OIKAWA 41 (41)

Symposium

The Potential of Biofeedback Pursued through Interdisciplinarity :

Comments from the Chairman Mutsuhiro NAKAO 46 (46)

"Embodiment of Tool" and "Instrumentalization of Body"

—Designing Tools that Expand the Possibilities of Experience— Shigeru WESUGI 48 (48)

The Body as a Hierarchical Action-Perception System :

an Approach from Skilled Human Performance Kazutoshi KUDO 62 (62)

Announcement from Committees and Secretariat 68 (68)

JAPANESE SOCIETY OF BIOFEEDBACK RESEARCH

Department of Psychology Aichi Gakuin University

12 Arai-ke Iwasaki-cho Nisshin-shi Aichi 470-0195 Japan