

B F L の H P

(株)脳機能研究所会長 武者利光の略歴

1954 年：東京大学理学部物理学科卒業

1954-1964 年：日本電々公社電気通信研究所勤務

1964 年：ホロウ電極放電現象に表れる負性抵抗に関する研究で理学博士(東京大学)取得

1964-1965 年：日本電々公社を退職し、フルブライト交換研究員として米国マサチューセッツ工科大学電子工学研究所勤務

1965-1966 年：スウェーデン王立工科大学研究員および RCA 東京研究所に勤務。

1966-1992 年：東京工業大学工学部電子工学科電子物理学専攻および大学院総合理工学研究科の助教授および教授。

1976 年：東工大の福与人八教授（生産技術研究所長）の支援を受けて、米国で開催された Time Standard に関する国際会議に出席し、「 $1/f$ ゆらぎ」は原子時計の計時ゆらぎのみならず、自然現象に普く表れている「ゆらぎ」なので、その発生機構の謎を解くには、専門を越えた学際的な研究者達を集めて議論をする必要にあることを訴えたところ、多くの賛同者を得たので、帰国後に国際会議の準備を始めた。

1977 年：東京で「 $1/f$ ゆらぎに関する国際シンポジウム」を開催したところ、物理学、電子工学、天文学、生物学、および Time Standard に関する約 150 名の専門者が集まった。この会議の最終日に、“是非とも今後も継続的にこの研究会を開催すべき”ことが結論された。その結果として翌々年に第 2 回が米国で開催され、順次世界各国で隔年ごとにこの研究会が開催されて現在に至っている。名称も、International Conference on Noise and Fluctuations(ICNF)として定着した。一方、国内では「ゆらぎ現象研究会」を組織して、啓蒙的な講演会を毎年開催した。その講演内容をまとめた結果が「ゆらぎの科学第 1 巻～第 10 巻」として 10 年間に亘り出版された（森北出版）。これらの活動で「 $1/f$ ゆらぎ」に関する研究活動が組織され、国内外で活発に研究がすすめられるようになった。その間 1981 年には ICNF の常連となったパリ大学(Pierr et Marie Curie)の副学長である J. Ubersfeld 教授に招かれて同大学の客員教授として $1/f$ 「ゆらぎ」に関する講義を行った。当時助手として「 $1/f$ ゆらぎ」研究のサポートをしてくれた寺町康昌氏は職業能力開発総合大学教授を定年退職後に(株)脳機能研究所の研究員として枢軸的な存在になっている。

1980 年頃から、昭和大学藤が丘病院循環器内科の春見建一教授と心電図解析による心筋梗塞の画像化による診断補助法の開発についての共同研究を、東京工業大学大学院生岡本良夫氏（現在は千葉工大副学長で(株)脳機能研究所との共同研究員）、小杉幸夫氏（現在は東工大名誉教授で(株)脳機能研究所のメンバー）との生体神経線維内の信号伝達速度のゆらぎ研究から、千葉大学医学部の本間三郎教授（学術会議第 7 部部長）との共同研究に移行し、さらに癲癇焦点の非侵襲切除法法の開発に発展し、東京大学医学部の養老孟司教授、高倉公朋教授（後に東京女子医大学長）と共同研究グループが拡大し、ウプサラ大学付属病院のハグバス教授グループとの脳波解析による焦点位置推定精度確認の臨床実験にまで発展した。東京大学のガンマ・ナイフを用いてガンマ線照射により焦点を切除して、非侵襲的に癲癇の治療を行おうという研究プロジェクトに発展した。ガンマ・ナイフを用いた本格的な治療ができるかどうかのテストを行おうという段階で、武者は東京工業大学を定年退職になり、そのチャンスを失ってしまった。そこで、

1992 年 東京工業大学定年退職し、引き続き東京理科大学教授、帝京平成大学教授、および慶應義塾大学の招聘教授として勤務をする傍ら、それまでの研究で蓄積した業績を社会還元しつつ、さらに研究を続けるために、(株)エヌエフ回路設計ブロック、東京中小企業投資育成株式会社、および株式会社ケイエスピーの支援を受けて、「かながわサイエンスパーク」内にベンチャー企業として(株)脳機能研究所および(株)ゆらぎ研究所を設立した。

これまでに開発した新技術

設立当初は、ゆらぎ研究所での活動が主で、生物のリズムが一般的に「 $1/f$ ゆらぎ」をしていることを発見し、しかもそのタイプの刺激が生物に快感を与えることわかり、「ゆらぎデザイン法」を確立し、都市計画、生体リズム解析、環境デザインに関する研究などのビジネス活動に応用した。また、2012 年には $1/f$ ゆらぎを発生する物理的なメカニズムをつきとめて、ICNF で発表し、以下の論文にまとめた。

○武者利光、小杉幸夫「生体にひそむ" $1/f$ ゆらぎ" —音楽・絵画・除痛— 自然 1979 年 11 月 60-67

○T. Musha, Y. Kosugi, G. Matsumoto, M. Suzuki, Modulation of the Time Relation of Action Potential Impulses Propagating Along an Axon, *IEEE Trans. On Biomed. Eng.*, Vol. BME-28, No.9 (1981) 616-623

○T. Musha, "Theoretical background of $1/f$ fluctuations of energy partition among harmonic oscillators in equilibrium," *International Journal of Physical Sciences* Vol.7(43), pp.5717-5722, 16 November, 2012.

それと同時に、新設した(株)脳機能研究所は外部の研究者の出入りを自由にしていたので、いろいろな大学の大学院生の研究の場と同時に学位論文作成のための共同研究の場として学位論文の面倒をみた。中でも慶應義塾大学の院生であった原淳子氏の研究を種として、脳機能の活性度を計測する技術の開発が徐々に進み、DIMENSION (Diagnosis Method of Neuronal Dysfunction)という技術が完成した。この開発には木村クリニックの木村伸院長、総泉病院の高野喜久雄院長、芸術造形研究所の西田氏、金子健二氏等の協力を得た。この時期の成果は以下の論文にまとめられている。

○武者利光、原淳子、木村伸、金子健二、高野喜久雄、田中邦明「脳波から大脳皮質の機能劣化を推定(アルツハイマーから痴呆症の早期検出法)」臨床神経生理学学会 (2000)

○T.Musha, T.Asada, F.Yamashita, T.Kinoshita, H.Matsuda, M.Uno, Z.Chen and W.R.Shankle, "A new EEG method for estimating cortical neuronal impairment that is sensitive to early stage Alzheimer's disease," *Clinical Neurophysiology*, 113 (2002) 1052-1058.

また、(株)脳機能研究所に出入りしていた、東京医科歯科大学附属病院の寺崎大洋医師および大久保善郎医師から、アルツハイマー病患者の脳波の出方が異常である、との助言がきっかけになり、認知症学会に出席するようになり、そこでの研究発表を聴いていると、アルツハイマー患者の治療法は、早期発見と脳リハビリしかないので、新しい診断技術が開発され、早期認知症状態が簡易に捉えられるようにならないと、近い将来に、世界的な認知症患者人口の増大が深刻な社会問題になるであろう、という

内容の話聞いた。それを防ぐための新しい診断法は次の5つの条件を満足しなければならない、ということであった。

- ① 装置が低価格であること、
- ② 放射線被曝を伴わないこと、
- ③ 脳活動異常に対する感度が高いこと、
- ④ その信頼性が大きいこと、
- ⑤ 装置の操作が簡単であること。

この提言を聞いていて、これまでの技術開発の経験から判断すると、これらの条件を満足する装置の開発は、それほど難しくはないと思った。そこでこの新技術の開発に取り掛かることにした。2000年頃のことである。

その頃大阪で、Global Venture Forum という新技術の国際的な展示会があり、そこに DIMENSION を展示したところ、文部省から厚生省に出向していた宇野裕氏の目に留まり、「この技術には将来性があるので、是非とも国立研究機関と共同開発をするように」との強いコメントをいただき、宇野氏の斡旋で、国立精神神経センター武蔵病院の朝田隆氏および松田博史氏との交流が始まり、DIMENSION という技術が完成した。また、米国カリフォルニア大学の William Rodman Shankle 教授も我々の研究仲間に加わった。

この時の宇野裕氏の慧眼と、東工大等に在籍中に一緒に研究生活を送った大学院生達や定年後に帝京平成大と理科大学で私の研究室に所属したり、講義を聞いた院生たちが、(株)脳機能研究所の研究活動を盛り上げてくれた結果、上記の5条件を満足する NAT という技術が完成し、いろいろな病院との共同研究で NAT の機能の裏付けになるデータ収録が行われた。NAT の完成には、実に15年以上の歳月を必要とした。また、(株)脳機能研究所外の医療関係者との出会いが、この新技術の完成に大きく寄与をしている。翻ってみると、これ以外にも枚挙にいとまがない程の「人との出会い」がこれらの技術の完成に寄与している。

また NEDO, JST などの支援が大きな寄与をしていることも付記しておく。具体例を表示する。

(株)脳機能研究所で開発した3つの新技術。

① 感性スペクトル解析法

(株)脳機能研究所設立時には、日本人3名、ロシア人3名、バングラデシュ人2名、中国人1名という国際混成部隊で構成されていた。まずは、社会的な問題の解決に取り組もうという発想で、当時問題になっていた過労による突然死を予防するための、精神的ストレス計測装置の開発を目指し、代々木にあるイメージング・スクールの校長先生とその学生達の協力を得て、感性計測装置 ESAM を完成した。色は Red/Green/Blue の3原色の重みづけ混合によって再現ができるという発想に習って、感性状態を喜怒哀楽というような、4つの基本成分に分解できるのではないかと、という発想から、感性を喜怒哀楽に分解し、それぞれ喜(満足感)：怒(ストレス)：哀(気分的落ち込み)：楽(リラックス)を表現するものと考えた。例えば「喜」と「怒」が同時に表れているときには「好奇心をもった状態」に対応するなど解釈をした。この技術はいろいろな製品開発や環境評価などに威力を発揮した。ただし測定は視覚情

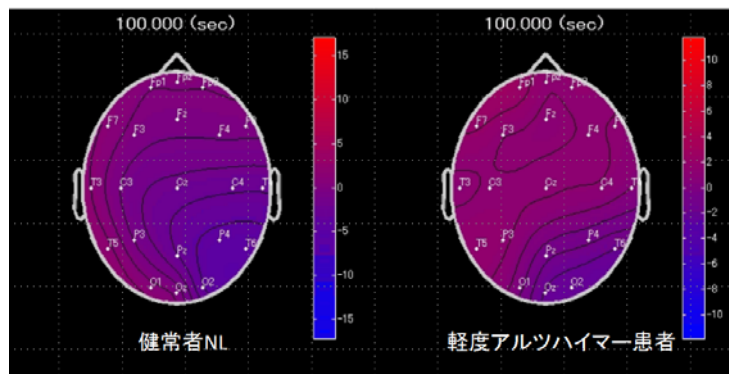
報の影響を避けるために、閉眼安静状態で行わなければならないという問題点がある。そこで、最近になって、夏目総合研究所で開発した顔の表情と瞳孔の大きさから心の状態を推定する技術と ESAM をドッキングして、開眼状態でも閉眼状態でも心の状態を推定できる新技術を開発した。

OT. Musha, Y. Terasaki, H.A.Haque and G.A Ivanitsky, "Feature extraction from EEG associated with emotions"

(Invited Paper) *Art. Life Robotics* (1997)1:15-19

② 脳活性化の計測法「DIMENSION」

ここに示した図は、 α 波の脳電位（右耳朶基準）の等電位線図であるが、左図は健常者の場合、右図は軽度のアルツハイマー患者の場合である。これらの図のアニメーション画像を見ると、健常者では同心状の等電位線群があまり形を崩さずに時間の経過とともに移動する



が、初期 AD 患者の場合には、その形態を崩しながら不規則に移動する。計算機シミュレーション画像との対比によると、後者の状態は局所的な脳活動の異常と対応していることがわかる。この乱れ方の様子から、脳の異常活動状態を現象論的に数値化したもので、脳活動活性化リハビリの前後で、脳活動の乱れが収まる様子を定量化することができる。

○武者利光、朝田隆、他「脳波解析による初期 AD 診断法 DIMENSION」日本老年精神医学会 2001、日本脳ドック学会

○T.Musha, T.Asada, F.Yamashita, T.Kinoshita, H.Matsuda, M.Uno, Z.Chen and W.R.Shankle, "A new EEG method for estimating cortical neuronal impairment that is sensitive to early stage Alzheimer's disease," *Clinical Neurophysiology*, 113 (2002) 1052-1058.

③ 認知症患者の鑑別および症状の進行情報を画像とグラフで提供する NAT(Neuronal Activity Topography)システム

(株)脳機能研究所設立初期に目標とした、アルツハイマー病を中心とした認知症の早期発見と、各種脳疾患の鑑別情報を与える技術として完成した技術が NAT(Neuronal Activity Topography)システムである。脳電位（脳波の電位）の記録時間は5分で、約 2.5 MB の脳電位情報を 21 個の電極で 5 分間記録し、各信号チャンネルを 4~20Hz の間の 10 個の周波数ブロックに分割し、それぞれ 210 個のサブマーカーからなる 2 種のマーカー s NAT (脳電位パワーの周波数ブロックへの分配に関するマーカー) と v NAT {隣接する周波数ブロック間のパワーの勾配に関するマーカー} を定義する。各種の脳疾患と診断された患者群の平均的なマーカーと被験者のマーカーとの数値化された類似度から、各脳疾患らしさを数値的に計算して、鑑別情報を与える。正常例についても標準マーカーを用意しておく、正常者と AD 患者の分離情報が得られ、この検

査を定期的に繰り返すことで、正常状態から AD に移行する過程をグラフ化することができ、AD などの早期発見を可能にする。またサブマーカ各成分との類似度の画像から、脳活性度のどの部分がどのように変化したのかを知ることができる。

なおこの技術の詳細は以下の論文に記載されている。

T. Musha, H. Matsuzaki, Y. Kobayashi, Y. Okamoto, M. Tanaka, and T. Asada, “EEG Markers for Characterizing Anomalous Activities of Cerebral Neurons in NAT (Neuronal Activity Topography) Method, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol.60, No.8, 2332-2338, AUGUST 2013.

例えば、右の図は NAT 独特の表示で、横軸はマーカの sNAT から誘導された AD と NL に関する差分類似度（つまり、より AD らしさが大きければ差分類似度が増加し、より NL らしさが大きければ減少する）であり、縦軸は vNAT から誘導された AD と NL に関する差分類似度である。

この図で赤線の左下の部分には健常者の 85% が分布しており、右上の部分には AD 患者の 85% が分布しているので、この境界線によって健常者と AD のそれぞれ 85% が分離されている。また ▲印は、薬物服用後の 4 ヶ月から 4 年間に亘る病状の変化を示している。この図は上記論文（T. Musha, et al. IEEE Transaction on Biomed. Eng.）の Fig.5 をコピーしたものである。

