

# 光トポグラフィ技術がもたらす新たな脳ヘルスケアの潮流

A New Wave of Neural Healthcare by Optical Topography

長谷川 清 Kiyoshi Hasegawa

佐藤 大樹 Hiroki Sato

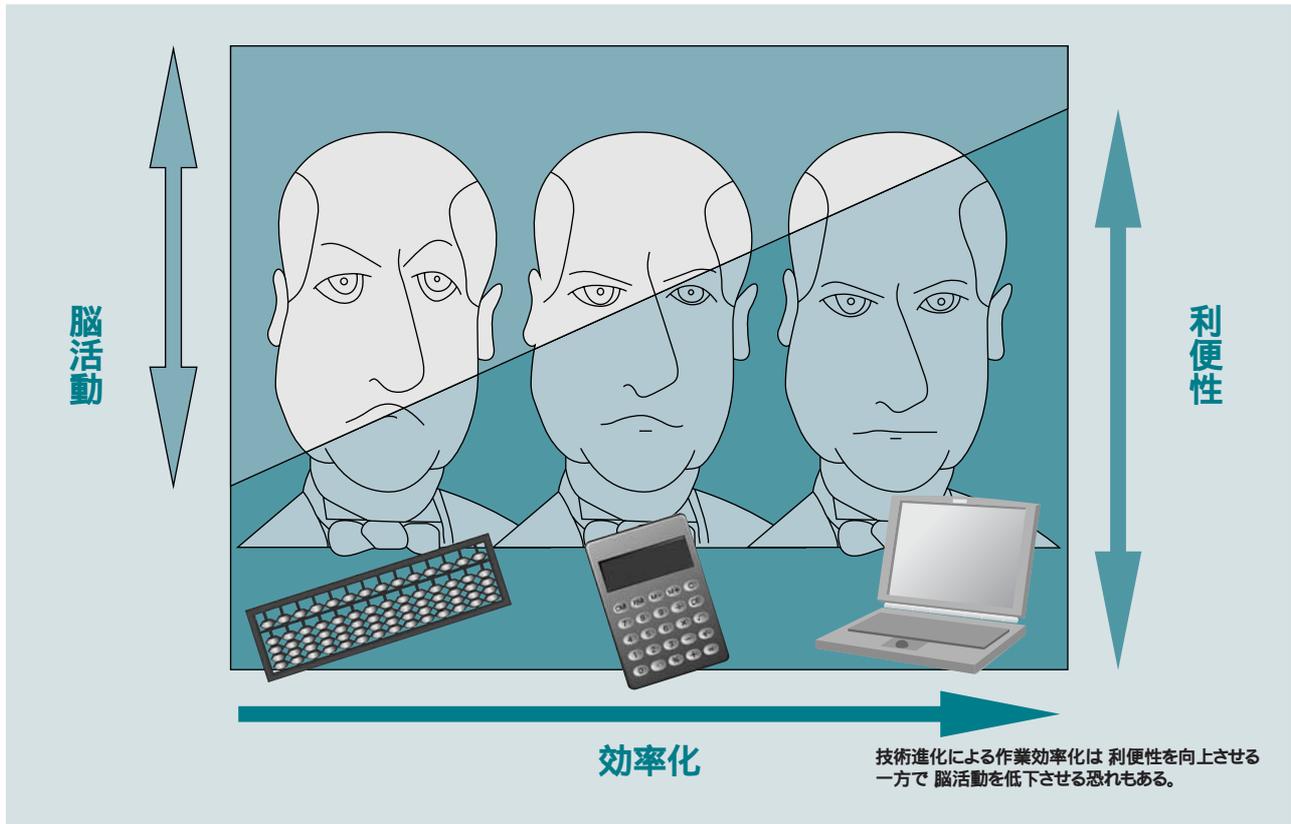


図1 社会の効率化と脳活動

社会の進化は技術の進化でもある。技術の進化は効率化の推進であり、同時に利便性の向上でもある。反面、今までのように脳を使わなくても同じことができてしまうこともあり、脳活動の低下が危惧(く)される。昨今、脳を使うことの大切さを謳(うた)ったテレビ番組やコンテンツが増加しているが、脳活動の探求は今後、社会が新たな成熟を迎えるための課題と言える。

日本社会は出生率の低下、平均寿命の高化により、少子「超」高齢化がいつそ進むと考えられている。2007年問題と言われた団塊世代の定年退職を迎え、今後、数年にわたり毎年約200万人が60歳代に突入していく。また、将来の認知症者数は、2005年の約180万人から、2015年には約250万人に増加すると言われている。これとともに、減少する労働人口には、より多くのストレスがかかるようになる。このような背景の中で、高齢化と労働人口の減少は、社会の老化へ直結する問題である。

これからは、少子化対策とは別に、中高年へ向けた「身体」と「脳」の健康ニーズが高まると予想される。日立製作所では、光トポグラフィという脳の可視化技術を用い、新たな脳ヘルスケアへ取り組んでいく。

## 1.はじめに

1990年代以降、コンピュータをはじめとした技術の進化によって利便性が高まり、われわれの生活は格段に向上してきた。例えば、携帯電話は、どこにいても誰とでもコミュニケーションがとれるユビキタス情報社会を実現したが、思いもよらないデメリットも生じさせた。例えば、携帯電話に内蔵された電話帳は、使用者の記憶の代わりに電話番号を覚えてくれるため、脳を使って番号を覚えなくても、電話をかけることができるのである。

ところが、脳は使わなければ使わなくてよいという、きわめて省エネルギーにできていることが近年の研究で明らかになってきた。脳は活動とともに休息を必要としているが、「脳を使わないこと」が「脳が健康である」ということではない。ただ、一般

的には自分の脳が活動していることを実感することはない。また、脳は馴(じゅん)化というメカニズムを持っているため、計算問題を解いても、同じ問題であれば活動が下がることが明らかになっている(図1参照)。

日立製作所の光トポグラフィ技術は、脳の活動状況を可視化し、新しい健康への「気づき」とすることができる技術的側面を有している。この技術的側面が脳ヘルスケアへの第一歩と考え、ここでは、光トポグラフィ技術と光トポグラフィ装置、その先行事例、および脳ヘルスケア分野での利活用について述べる。

## 2. 脳の可視化

### 2.1 非侵襲的計測技術

従来、脳の可視化は外科的に言えば脳そのものを見ることであったり、身体を固定して脳波を計測したり、病院などの特定の施設においてMRI(Magnetic Resonance Imaging:磁気共鳴撮像)やMEG(Magnetoencephalograph:脳磁計)装置で計測したりすることであった。しかし、これらは非日常空間での計測であり、脳を日常的に計測するには不適格である。

日常生活環境での計測を可能とするには、身体に非侵襲であることと、測定機器がモビリティを持っており、かつ設定が簡単であることなどが必要条件となってくる。

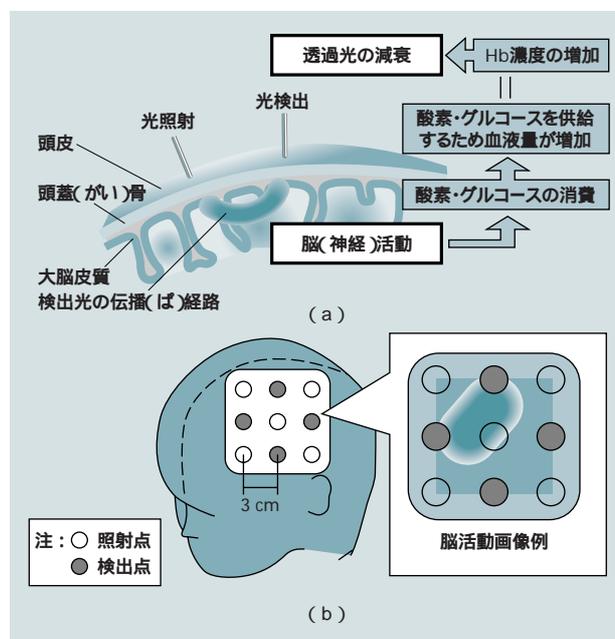
日立製作所は、これらのニーズにマッチする技術として、近赤外線を使った光トポグラフィ技術を有している。同技術は1995年に中央研究所から、人間の脳機能を非侵襲にイメージする先駆的技術として発表された<sup>1)</sup>。以下、この技術について述べる。

### 2.2 基本原理

光トポグラフィ技術で使用する可視から近赤外領域の光は、頭皮上から照射すると、散乱・吸収を繰り返しながら大脳皮質まで到達する。照射点から約3 cm離れた場所で、大脳皮質から戻ってくる拡散反射光の一部の減衰を検出することにより、大脳皮質内のHb(ヘモグロビン)濃度変化情報を得ることができる(図2(a)参照)。

光トポグラフィ技術の要は、周波数変調を用いた空間情報の符号化であり、下記の各Hb信号を複数点で同時に計測する点にある(図2(b)参照)。この技術により、脳活動の変化を二次元動画像として表示する新しい計測が可能となった。

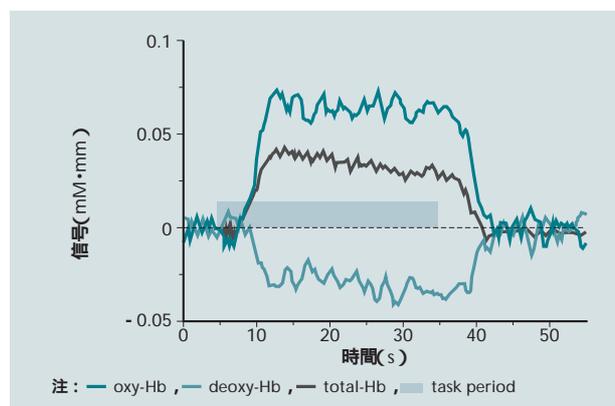
現行装置では、2波長を用いてoxy-Hb(酸素化Hb)とdeoxy-Hb(脱酸素化Hb)およびその総和total-Hbの濃度変化信号を計測する。脳の活動部位では実際に必要な量より多くの酸素が供給され、いわゆる酸素供給過多の状態になると考えられている。そのため脳活動が生じた場合、光トポグラフィ計測では、oxy-Hb信号とtotal-Hb信号が増加し、deoxy-Hb信号が減少するのが一般的である(図3参照)。



注: 略語説明 Hb( Hemoglobin:ヘモグロビン)

図2 光トポグラフィの計測原理

頭皮から照射された光が大脳皮質を透過するイメージおよび透過光の減衰から脳活動を計測できる理論的背景(a)、および複数の照射/検出点を配置し、各計測点のデータを補間して画像化する多点同時計測による脳活動画像化の例(b)を示す。



注: 略語説明 oxy-Hb(酸素化Hb), deoxy-Hb(脱酸素化Hb), total-Hb(総和Hb)  
task period(課題期間)

図3 指運動タスクに伴う感覚運動の典型的活動パターン<sup>2)</sup>

2波長を用いてoxy-Hbとdeoxy-Hb、およびその総和の濃度変化信号を計測する。

### 2.3 計測装置

従来の脳機能計測技術と比べて、被験者に対する拘束性が低く、高い安全性を有する光トポグラフィ装置は、2001年株式会社日立メディコから製品化された(図4(a)参照)。医療・研究用途の脳機能計測装置として約140台が販売され、新生児の脳機能計測など新しい研究分野をひらきつつある。また、2003年には計測波長の変更など改良を加えた装置を製品化している(図4(b)参照)。

日立製作所基礎研究所では、光トポグラフィの研究開発を継続しており、2007年に大幅な小型・軽量化を実現した携帯型プロトタイプを発表した<sup>3)</sup>。被験者は制御用PCから離れて自



**図4 光トポグラフィ装置**  
株式会社日立メディコの光トポグラフィ製品ラインアップの一部のうち、最初の製品である「ETG-100」(a)に、計測波長の変更など改良を加えた「ETG-4000」(b)に示す。また、光源・検出器を備えた計測部を頭に装着し、計測部と有線でつながった本体を腰などに装着する研究開発中の携帯型プロトタイプを(c)に示す。

由に動くことができるうえ、複数の被験者を同時に計測することも可能である(図4(c)参照)。

### 3. 楽しく活性する「前頭葉の祠」の事例

#### 3.1 「ナムコ・ナンジャタウン」

光トポグラフィ技術は、医療や研究の領域を超えて、実際に利用者の脳ヘルスケアに対する「気づき」を目的にしているため、まず、アミューズメント施設での展開を図った。ここでは先行事例として、2006年7月から開始した株式会社ナムコの取り組みについて述べる。

ナムコ・ナンジャタウンは、東京池袋のサンシャインシティにあるアミューズメント施設で、年間約220万人が訪れ、アミューズメント施設としては東京ディズニーランド、大阪のユニバーサル・スタジオ・ジャパンに次ぐ第3位の人気集客施設である。このナムコ・ナンジャタウンの中に、「若返りの秘宝」という九つのコーナーから成るアトラクションが新設され、開設以来すでに20万人がそれを体験している。血流・体脂肪などを国内で初めてアトラクションに採用したものであり、その中の一つのコーナーとして脳活動度を計測するアミューズメント「前頭葉の祠(ほくら)」がある(図5参照)。

#### 3.2 「前頭葉の祠」のしくみ

この機は、ゲームをスタートさせるためタッチパネルを搭載した操作方法表示モニターと、脳の血液量変化を表示する測定値表示モニターから成る(図6参照)。挑戦者は画面のインストラクションに従い、血液量測定用センサーベルトを鉢巻きのように額に固定するだけで、簡単に自分の脳活動度を見ることができる。

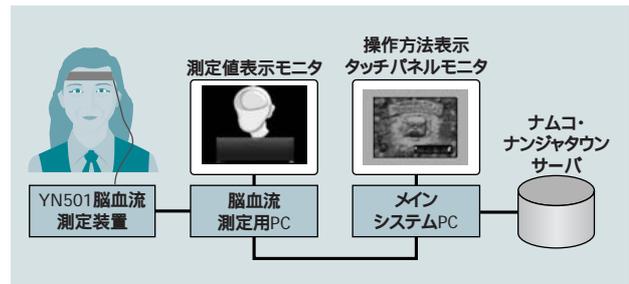


**図5 「前頭葉の祠」の利用シーン**  
上部に設置されたモニターが操作方法、下部のモニターが測定値を表示する。

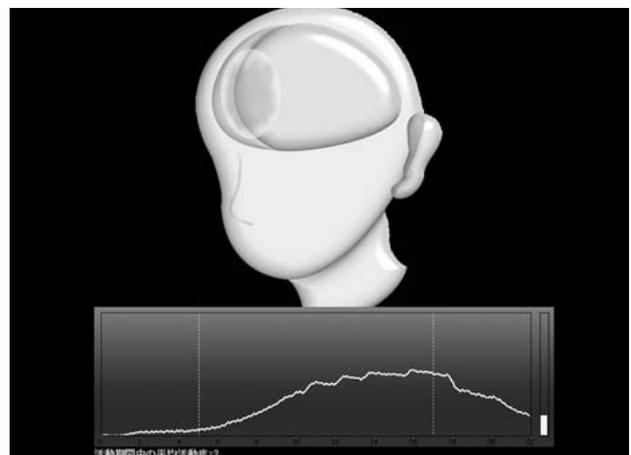
額にセンサーベルトを当てて測定開始し、開始後15秒間の安静状態、その後脳活動状態(脳血流の増加)を12秒保持した後、再度安静状態に5秒戻し、合計32秒で測定終了する。脳の活動度を上げるためには暗算をするなどのタスクもあるが、ここでは「頭の中で歌をできるだけ速く歌いなさい。」という指示を出す(図7参照)。

#### 3.3 数値から見えること

測定は安静時 活動時 安静時での脳活動度変化を脳



**図6 「前頭葉の祠」の構成概要**  
脳血流測定装置、操作方法表示モニター、測定値表示モニター、ナムコ・ナンジャタウンのサーバによって構成している。



**図7 測定値の表示画面例**  
安静 活性 安静の3部分から構成されている。



図8 「HITACHI uVALUE コンベンション2006」での展示風景  
展示された「前頭葉の祠」には多くの人が興味を示した。

血量の増減で表示し、安静時に対して活動時の脳血量が多い(グラフ上の差が大きくなる)ほど、脳の活動度が高いと言える。ナムコ・ナンジャタウンでは一般的傾向として、若い人ほどグラフ線が高く上がるように見受けられた。

株式会社ナムコの独自調査では、九つのアトラクション中、第3位の人気を博し、改めて脳の可視化について人々の関心がきわめて高いことを実証した。また、2006年7月東京国際フォーラムで開催された「HITACHI uVALUE コンベンション2006」でも、同様の展示を実施し、合計700名近い方に試していただいた。「前頭葉の祠」は長い列を作り高い人気を示した(図8参照)。

### 3.4 成果と今後の課題

自分の脳活動を見たことがあるという人はほとんどいない。脳が活動していることを可視化して見せること自体が被験者には新鮮であり、体験して初めてわかることである。可視化により、脳活動させることのモチベーションをユーザーに与えることができ、自分と向き合う第一歩の技術となった。

一方、この装置によるデータは脳活動のマスターデータとして例のないものであるが、その日の心理や個人に合わせた最適な脳活動のコンテンツなどの調査は今後の課題である。

## 4. 広がる活用想定

光トポグラフィ技術は近未来に脳ヘルスケア分野での利用として、どのような範囲に使われていくのかについて二つの分野を中心に述べる。

### 執筆者紹介



**長谷川 清**  
1985年日立家電販売株式会社入社、日立製作所 マーケティング統括本部 新事業開発本部 所属  
現在、コーポレートビジネススクリエータとして光トポグラフィ技術を活用した民生産業応用の事業化に従事

### 4.1 アンチエイジング

誰でも老いに対する恐怖心がある。スポーツジムに通って体力向上・維持をめざす人は多いが、今後は脳活動の向上・維持も重視されてくるものと考えられる。脳トレーニング本やゲームなどが「脳年齢」として点数を競うのに対して、光トポグラフィ技術は、直接的な脳活動可視化によって活動を増やすことのユーザーのモチベーションアップを促すものとなると思われる。

### 4.2 セルフコントロール

近年、われわれを取り巻く世界は利便性がアップするとともに、情報量増加とスピード化などにより、ストレスが増加していると言われている。ストレスを計測する技術としては、唾(だ)液や心拍などがあるが、光トポグラフィ技術は、脳活動の可視化により、セルフコントロールに役立つツールとなると考える。

## 5. おわりに

ここでは、光トポグラフィ技術と光トポグラフィ装置、その先行事例、および脳ヘルスケア分野での活用について述べた。

社会の高齢化に伴い、脳の健康を意識する人は増加すると想定される。そのような中で、医療行為ではなく、日常の中から自分の脳と向き合い、将来的には予防トレーニングを含むアプリケーションが産業として生成されると予想される。

その第一歩には、脳と向き合うことに抵抗感がない技術が必要である。楽しんで脳を見ることが日常となり、身体と脳の健康を当然のように考える社会の実現をめざしたい。

また、高齢化は日本だけではなく、世界の課題でもある。世界全体で、2007年には約7億人の60歳以上の人口が、2050年には約20億人と約3倍になることが予想されている。日立製作所は、このような状況をかんがみ、日本において先進の文化を創造し、世界へ発信していきたいと考えている。

終わりに、この論文の執筆にあたり、ご教授ご協力をいただいた関係者の方々に感謝申し上げる次第である。

### 参考文献など

- 1) A.Maki, et al.:Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography, Medical Physics, Vol.22, No.12, 1997-2005(1995)
- 2) H.Sato, et al.:Intersubject variability of near-infrared spectroscopy signals during sensorimotor cortex activation, J.Biomed.Opt.104, 044001(2005)
- 3) H.Atsumori, et al.:Development of a Multi-channel, Portable Optical Topography System, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 3362-3364(2007)
- 4) 光トポグラフィ, <http://www.hitachi.co.jp/products/ot>



**佐藤 大樹**  
2000年日立製作所入社、基礎研究所 小泉フェロー戦略プロジェクト 所属  
現在、光トポグラフィを用いた脳科学応用の研究に従事  
工学博士  
日本神経科学学会会員