

1

ブ
ロ
ロ
ー
グ

現在の生命科学研究はイメージングであふれています。脳科学の分野でもマイクロからマクロまで脳の形態と機能をイメージングできるようになりました。マクロ的にはヒトの全脳の様々な働きを丸ごと磁気共鳴イメージング法 (MRI) やポジトロン放射断層撮影法 (PET)/単光子放射断層撮影法 (SPECT) で手にとるように観察できます。また、ミクロ的にも遺伝子改変技術やレーザー光励起顕微鏡技術の進歩で、インビボ（生きた状態）動物実験では脳内のマイクロ領域を構成する神経細胞やグリア細胞や血管の内皮細胞などに設計通りに蛍光たんぱく質を発現させ、毛細血管の赤血球や血漿の流れと血管径の変化、神経細胞の Ca イオン活動やグリア細胞のプロセスの活動の時間的空間的变化をリアルタイムで測れるようになりました。これらから神経活動と血流代謝の関連を大脳皮質の深さ方向に沿って3次元的に測定できるようになってきました。

A

脳血流量から見える世界

脳血流量は脳の疾患や健康状態を示します。安静時の脳血流量は神経細胞の分布に応じてそれぞれの領域に分配します。年齢が進んだ老人の脳や脳血管の障害や認知症など脳に疾患があるとそれぞれの原因となる領域の脳血流量が変化します。そのため脳血流量を測定するだけでも脳疾患の原因領域が分かります。脳血流量測定は脳疾患の有力な診断ツールとして脳神経系の臨床診断に欠かせない検査法になっています。

しかし、さらに測定技術が進み MRI で間接的に脳血流量を精細に時々

刻々推定できるようになってきました。すると脳血流量が揺らいでいることが分かってきました。しかも、その揺らぎが脳の神経細胞の活動領域に対応しているらしいことが分かってきました。最近では、脳血流量の揺らぎを脳の3次元空間にマッピングすると揺らぎ同士が脳内で同期して連携していることが分かってきて、それらの領域同士がネットワークを形成しているのが分かってきました。あたかも脳内の活動を代弁するかのようには揺らいでいます。

このため、気の早い人は脳機能マッピング情報とAI技術を組み合わせれば人の心を読める時代がもうすぐ目の前にきていると考える人もいます。しかし、現時点で脳全体をマッピングできるMRI技術の測定分解能は実質的にせいぜい4~5mmと粗いです。実際の脳活動の単位になる神経細胞の細かさにはとても及びません。これまで世界中で行われてきた様々な測定知見を集め脳の個々の領域の理解も含めて、まだまだ時間がかかるかもしれませんが、いわゆるビッグデータとして解析が可能になると、心の本質にたどり着く時期がいつかは来るかもしれません。ただ、現在でも確実に言えることがあります。それは心も精神も神経細胞の活動の産物であるということです。

B

待望される異次元のモデル

プロ棋士には絶対勝てないと言われていた囲碁ですが、AIコンピュータが勝ちました。いつかはAIコンピュータが独自の心を持つようになり人間の領域を侵す可能性が目の前に迫っている恐ろしいような時代が近づいています。このように著しく発達を続ける脳科学の基礎を支えている脳機能マッピング情報ですが、その信号の源は非常に単純な脳血流量の変化に過ぎません。この脳血流量の変化が神経細胞の活動を反映していることはミクロ的には動物実験レベルで確認されています。しかし、人間の高次脳機能のように高度に複雑な神経活動も忠実にマッピング情報として反映しているかどうかはまだ確認されていません。それにもかかわらず、最近では無意識の脳活動、もしかしたら深層心理、の解明まで迫ろうとしています。脳血流量になぜこれほどの豊かで緻密な「つぶやく」表現能力が与えられているのかはミステ

リーです。神経活動イコール脳血流量は必然なのか、単なる偶然なのか、答えがでるまでには一段進んだ解析モデルが必要になります。



筆者が脳血流量測定を始めた時代

今は昔になりますが、1970年代当初、脳分野にとって脳血流量は脳神経医学の研究の柱として華々しく輝いていました。当時は、まだCTすらなく脳血流量も測定できなかったときに中枢神経疾患の最も確実な検査は脳血管造影法でした。中枢神経系に何らかの異常が起きている患者は脳血管障害の可能性を除外するために最初に脳血管造影法を行いました。脳血管造影法をもとに脳卒中なのか脳腫瘍なのかその他の脳疾患なのか、また、脳卒中であればその責任血管を同定し、脳血管障害の脳血流量の挙動は手探りでした。脳血管造影法撮像を前に脳外科と神経内科と放射線科が侃侃諤諤と議論していました。脳血管造影法の情報から脳血流量の分布を推定し、患者の臨床症状の治療法と予後を推定していました。

それがこの40～50年間に状況は一変しました。今日では脳血管障害における脳虚血の脳血流量の測定は当然であり、その経時変化はほぼ研究されつくされてきています。現在は恵まれた時代というか、逆にいえば、臨床研究の立場では、残念ながら脳血流量に関して未知の領域がほとんど残ってないかもしれません。神経内科や脳神経外科の若い臨床医には疾患診断のための脳血流量は研究対象として相手にされません。しかし、本書で紐解こうとする脳血流量のかくれた謎である「つぶやき」の研究が若い人にとっても脳血流量がはらんでいる未知の世界の再発見になることを願っています。

秋田方式

もう40年以上も前になりますが、佐藤栄作元首相が築地の料亭で、突然、脳卒中で倒れた時のことです。当時の内科学領域を牛耳っていた某国立大学の有名な教授の指示に従って、築地の料亭の座敷に何日間も絶対安静を続けたという話はあまりにも有名でした。その当時、北国の片田舎に脳卒中の専門機関として開設されたばかりの若い集団の秋田県立脳血管研究センター（秋田脳研）では脳卒中で倒れた患者はすぐに救急車で病院に搬送して血管造影法を施行し脳出血なのか脳梗塞なのか一刻も早く診断して必要な治療を始める「秋田方式」という脳卒中に対する診断治療法を確立しつつある時期でした。しかし、東京の某国立大学教授の権威には遙か北国の田舎で始まっていた脳卒中治療法はあまりにも無謀すぎる方法に映ったのです。結局、元首相は倒れて5日目ようやく大学病院に搬送されましたが、すでに手遅れとなりその2週間後に亡くなりました。当時の「秋田方式」は今では常識になり一刻も早く病院に搬送し、必要な診断と治療が施行され、早ければ早いほど救命率を高め後遺症を軽減することが明らかになっています。

2

脳血流量の素顔

人間の身体は血管が隅々まで張り巡らされて必要な栄養が供給されます。ですから組織のエネルギー需要に応じてそれぞれに流れる血流量は時々刻々と調節されています。例えば、運動すれば筋細胞の収縮活動に必要なエネルギー消費が増えます。これに応えるために筋肉組織へ流れる血管が拡張して血流量が増えることになります。筋肉では安静状態に比べ運動時には実に20~30倍の血流量が供給されます。これに対して、脳へはほぼ一定の血流量が供給されています。しかし、脳は皮膚や筋肉と同じように、あるいはそれ以上密に血管網が張りめぐらされ血流が脳内を隙間なく循環しています。安静時の脳血流量は脳へ酸素と栄養を供給し脳からの老廃物を回収していますが、しかし、微細に観察すると脳血流量は脳機能の解剖学構造にそって詳細な局所ごとに時々刻々調節する機能が備わっているのが分かります。本章では、このような脳血流量の素顔を見てみます。

A

酸素の大食漢を養う脳血流量

哺乳類の脳は進化の過程で神経細胞が増え大脳はその表面の神経細胞の密度が高くなり、脳が発達するに従って神経細胞の占める脳表面積が増えてきましたが、頭蓋内の容積が限られていますので、大脳皮質表面の面積を確保するために、皺（しわ）のように脳内にどんどん深く潜り込む脳回と脳溝が織りなす構造を形成するようになりました **図2-1**。人間の脳は千数百億個の神経細胞からできています。神経細胞を助けるグリア細胞は神経細胞の10倍はあるといわれています。これらの脳組織を養うために脳には毛細血管が