

脳機能局在

生物にとって脳は行動、感情、思考などの全てをつかさどる部分です。このことはずいぶん昔から広く知られていましたが、その仕組みについては近年まで知られていませんでした。つい最近まで、「人間は脳を右(左)半分しか使っていない」というような言葉を聞いたことがあると思います。しかし脳の解明、脳活動計測法の発達などにより、人間の脳は量的に使うものではなく、機能ごとに使う部位が分かれていることが判明されました。大脳は大きく「前頭葉」「後頭葉」「頭頂葉」「側頭葉」の4つの部分に分けることができます。現在わかっている段階として、前頭葉は高次認知処理、後頭葉は視覚、頭頂葉は体性感覚、側頭葉は聴覚をつかさどる機能が存在する部分として知られています。各部位も細かく機能ごとに分けられているが、まだ解明されていない部分も多く存在しています。

fMRI

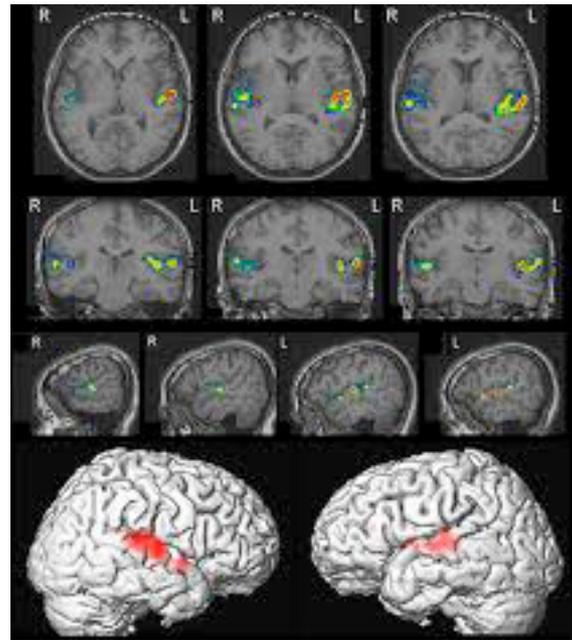
fMRIは“functional Magnetic Resonance Imaging”「機能的核磁気共鳴画像法」の略で、“functional”は「機能的」を意味しており、MRI装置を用いて生体機能(特に脳機能)を計測する方法です。強力な磁場の中に人体をおいて、そこに電波を放つと水および脂肪の構成原始である水素原子核が反応し共鳴します。その原理を用いて得られた信号データを画像化することにより、人体の断層画像を得る方法を使ったのがMRI装置です。fMRIはこのMRI装置を使って脳の機能を計測することを目的に作られました。

fMRIの原理

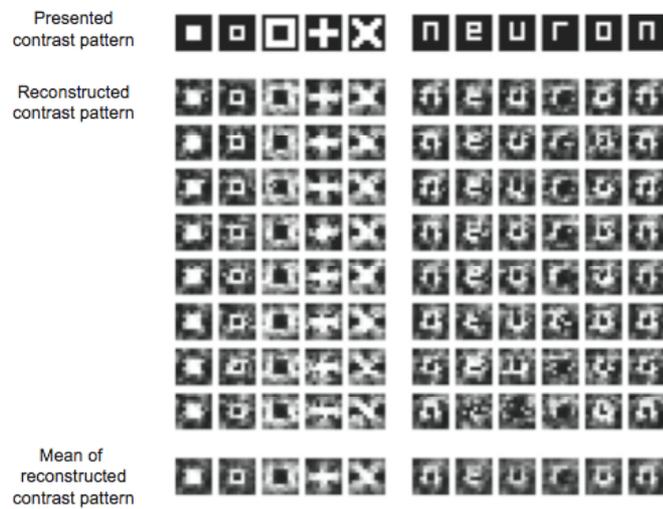
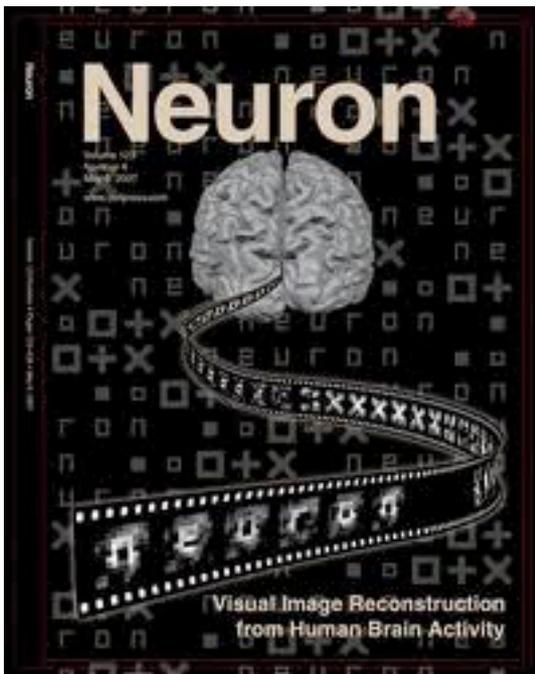
生物の血液中には酸素と結合したオキシヘモグロビン(Oxy-Hb)と結合していないヘモグロビン(Deoxy-Hb)の2つがあります。酸素は人間にとってエネルギーとして使われます。つまり、神経細胞が活動を行った時にその細胞は酸素を必要とし、血液のオキシヘモグロビンを求めます。酸素を細胞に与えたヘモグロビンはデオキシヘモグロビンになるため、血中のオキシ・デオキシヘモグロビンの比率は変化します。しかし、オキシヘモグロビンが減ると同時にそれを防ぐため血流の量も変化し、その部分にたくさんのオキシヘモグロビンが送られるため結果としてデオキシヘモグロビンが相対的に減少する状態になります。このデオキシヘモグロビンの構造には磁場を不均一にさせる性質を持ちます。その特性より、MRI装置でデオキシヘモグロビンを通ったMRIの信号は低下する結果が得られます。この現象により、活動があった神経細胞の部分ではデオキシヘモグロビンが減少するため、MRI信号はその領域だけ上昇します。これよりMRI装置で脳機能に関連した計測を行うことができる仕組みになっています。これはBOLD効果(blood oxygenation level dependent effect)といいます。脳機能を計測する手段として、EEG, SPECT, PETなどが用いられていました。fMRIはこれらと比較すると、薬剤や放射性物質などの使用がないため人体に害がなく(非侵襲的)検査を行うことが可能で、また数秒単位の時間分解能、全頭1mm以下毎の空間分解能(解像度)と平均的に計測能力が優れています。しかしfMRIは拘束性が高く計測中はほとんど動けないという制約があります。また、fMRIは断層画像による脳活動計測機器なので1回の全頭の撮像に何十枚もの断層画像を撮る必要があります。1枚の断層画像を取る間、他の断層画像を撮ることが不可能なので、全頭1周分の撮像には時間的限界が存在しています。現在1周2~3秒という時間分解能でしか脳計測を行うことができない状況です。

最近、「近赤外線」を用いてオキシ・デオキシヘモグロビンを計測するfNIRSという計測機器が誕生しました。これは頭に装置をかぶるもので動き回ることができ拘束性が低く、0.1秒以下の計測を実現でき時間分解能にもfMRIよりも優れた機能を持っています。しかしNIRSは頭の表面(大脳皮質)しか計れない上に3cm毎の空間分解能しかもたないので、計測目的やMRIの広い普及率、計測結果の扱い方などの理由によりfMRIは現在能計測として現在最も広く使われている機器になっています。

fMRI の話



fMRI 装置 右は BOLD 効果を使った脳の活性部位のマッピング



ジャーナルの表紙 右は fMRI を用いて視覚情報を再現したもの。

考えるだけで機械を動かしたり、義手／義足／義眼、介護ロボット、種々の機械-人間インターフェースなどに応用できる、将来有望な技術と考えられている。