

明 細 書

発明の名称：脳活動計測装置

技術分野

[0001] この発明は、脳活動計測装置に関する。より詳しく説明すると、広域にわたる脳の活動を計測でき、カルシウム感受性蛍光タンパク質や光遺伝子を用いた脳活動計測に適した脳活動計測装置に関する。

背景技術

[0002] 特許第3718500号公報には、脳の血行動態と酸素処理の特性を測定するためのプローブ及び装置が記載されている。この装置は、光ファイバを有するプローブを用いるものである。このため、この装置は、光ファイバが敷設された部位しか脳の活動を計測できない。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第3718500号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] この発明は、広域にわたる脳の活動を計測できる脳活動計測装置を提供することを目的とする。

この発明は、カルシウム感受性蛍光タンパク質や光遺伝子を用いた脳活動計測に適した脳活動計測装置1を提供することを上記とは別の目的とする。

本発明は、上記のいずれかを解決することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記の課題は、基本的には、複数枚のシート状プローブ部を用いることで、シート状プローブ部を脳内に敷設することができ、その結果、広域にわたる脳の活動を計測でき、カルシウム感受性蛍光タンパク質や光遺伝子を用いた脳活動計測を行う場合にも適するという知見に基づく。

[0006] この明細書に記載される脳活動計測装置1は、脳診断用プローブ3と、検

出信号受信部 5 と、信号解析部 7 とを有する。

脳診断用プローブ 3 は、複数枚のシート状プローブ部 9 を有する。そして、複数枚のシート状プローブ部 9 の各々は、対象生物の頭蓋骨 11 に設けられた穴 13 を介して、頭蓋骨 11 内に設置される。

検出信号受信部 5 は、脳診断用プローブ 3 による検出信号を受信するための要素である。

信号解析部 7 は、検出信号受信部 5 が受信した検出信号を解析し、脳の活動を計測するための計測情報を得るための要素である。

[0007] 複数枚のシート状プローブ部の各々は、敷設される部位の脳実質の起伏及び脈管構造のいずれか又は両方に応じた起伏を有することが好ましい。

脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 は、対象生物の硬膜下腔、クモ膜下腔、脳室壁、及び脳溝のうち少なくともひとつ以上に敷設される形状を有する。

[0008] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 は、対象生物の脳の 1 % 以上 90 % 以下の領域を覆う形状を有する。

[0009] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 のうち少なくともひとつは、第 1 の光源 15 と、第 1 の検出部 17 と、第 1 の光源 15 から出力される光を制御するための第 1 の光制御部 19 とを有する。そして、第 1 の光源 15 は、脳に含まれる発光物質を励起させるために用いられるものであることが好ましい。

[0010] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 のうち少なくともひとつは、第 1 の光源 15 の波長と異なる波長を有する第 2 の光源 21 を有する。そして、第 2 の光源 21 は、対象生物の脳を治療するために用いられる。

[0011] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、信号解析部 7 は、機械学習を用いて、対象生物の脳の活動を解析し、対象生物の意思情報を得るものである。そして、この脳活動計測装置 1 は、意思情報を出力する意思情報出力部 23 をさ

らに有する。

- [0012] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、信号解析部 7 は、機械学習を用いて、対象生物の神経細胞の活動を解析する。
- [0013] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、対象生物の神経細胞は、遺伝子導入又は発光物質を導入することで、所定の光刺激により光を発するものである。
- [0014] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、検出信号又は計測情報を、対象生物の外部に無線にて出力するための無線出力部 25 をさらに有する。
- [0015] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、脳深部刺激電極 31 と、脳深部刺激電極 31 へ電力を供給する電力供給部 33 と、電力供給部 33 の供給電力を制御するための供給電力制御部 35 をさらに有する。

発明の効果

- [0016] この発明の脳活動計測装置は、複数枚のシート状プローブ部を用いることで、広域にわたる脳の領域に敷設でき、その結果、広域にわたる脳の活動を計測でき、カルシウム感受性蛍光タンパク質や光遺伝子を用いた脳活動計測に適する。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]図 1 は、脳活動計測装置を説明するためのブロック図である。
- [図2]図 2 は、脳診断用プローブの敷設例を示す概念図である。
- [図3]図 3 は、シート状プローブ部の例を示す図である。
- [図4]図 4 は、蛍光物質が放出した蛍光を第 1 の検出部が検出する様子を示す概念図である。
- [図5]図 5 は、第 1 及び第 2 の光源を有するシート状プローブ部上の回路の設計例を示す概念図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下、図面を用いて本発明を実施するための形態について説明する。本発明は、以下に説明する形態に限定されるものではなく、以下の形態から当業者が自明な範囲で適宜修正したものも含む。
- [0019] 図 1 は、脳活動計測装置を説明するためのブロック図である。図 1 に示さ

れるように、脳活動計測装置 1 は、脳診断用プローブ 3 と、検出信号受信部 5 と、信号解析部 7 とを有する。脳診断用プローブ 3 は、頭蓋骨内（頭蓋骨と脳表の間の隙間、硬膜下腔）に挿入され、脳診断を行うための要素である。脳診断用プローブ 3 は、例えば、特許第 3 7 1 8 5 0 0 号公報や特許第 5 2 2 4 4 8 2 号公報に記載される通り、公知である。

[0020] 図 2 は、脳診断用プローブの敷設例を示す概念図である。図 2 に示されるように、脳診断用プローブ 3 は、複数枚のシート状プローブ部 9 を有する。そして、複数枚のシート状プローブ部 9 の各々は、対象生物の頭蓋骨 1 1 に設けられた穴 1 3 を介して、頭蓋骨 1 1 内に設置される。穴 1 3 は、1 つでもよいし、2 つ以上であってもよい。穴 1 3 は、頭蓋骨のうち側面に設けられてもよいし、頭蓋骨のうち後ろ側に設けられてもよいし、頭蓋骨のうち上部に設けられてもよい。図 2 の例では、穴は 2 つ設けられている。シート状プローブ部 9 の枚数の例は、2 枚以上 1 0 0 枚以下であり、3 枚以上 5 0 枚以下でもよいし、4 枚以上 2 0 枚以下でもよい。対象生物の例は、動物であり、対象生物の好ましい例はヒト又はヒト以外の哺乳動物である。これらの中では、対象生物としてヒトが好ましい。

[0021] 複数枚のシート状プローブ部 9 は、対象生物の脳の 1 % 以上 9 0 % 以下の領域を覆う形状を有するものが好ましい。ここで脳の領域とは、大腦と頭蓋骨との間の領域を意味する。複数枚のシート状プローブ部 9 が覆う脳の領域は、5 % 以上 9 0 % 以下でもよいし、1 0 % 以上 9 0 % 以下でもよいし、1 5 % 以上 8 0 % 以下でもよいし、2 0 % 以上 5 0 % 以下でもよいし、2 0 % 以上 4 0 % 以下でもよいし、3 0 % 以上 7 0 % 以下でもよい。

[0022] 図 3 は、シート状プローブ部の例を示す図である。図 3 (a) は、長方形の形状を有するシート状プローブ、図 3 (b) は、先端が丸くなっている形状を有するシート状プローブ、図 3 (c) は、先端の角が面取りされている形状を有するシート状プローブ、図 3 (d) は、先端に進むほど幅が狭くなり、最先端部は丸くなっている形状を有するシート状プローブを示す。図 3 にしめされるようにシート状プローブ部 9 の形状は、短冊状（長方形状）で

あってもよいし、脳内に挿入しやすいように先端が細くなっている部分を有する形状であってもよい。シート状プローブ部9の形状は、先端が丸くなっているものや、先端の角が面取りされているものであってもよい。シート状プローブ部9は、可撓性のあるシート状のものであることが好ましい。また、シート状プローブ部9は、頭蓋骨と脳表面との間に敷設されることが想定され、特に、大脳皮質に沿わせる形で敷設されることが好ましい。すると、シート状プローブ部9は、生体親和性に優れたものであることが好ましい。シート状プローブ部9は、ある程度の可撓性と硬さを有しており、水分により密着する性質を有するものの、脳表面に接着せずに、脳表面から取り外すことができる性質を有するものが好ましい。

[0023] 複数枚のシート状プローブ部の各々は、敷設される部位の脳実質の起伏及び脈管構造のいずれか又は両方に応じた起伏を有することが好ましい。脳には、例えば、前頭葉、頭頂葉、側頭葉及び後頭葉を含む様々な部位が存在し、それぞれの部位にシート状プローブ部9を敷設してもよい。また、シート状プローブ部9は、敷設する部位に合わせた形状としてもよい。シート状プローブ部9の幅W（幅が最大となる部分の長さ）の例は、0.5 cm以上6 cm以下であり、1 cm以上5 cm以下でもよいし、1 cm以上4 cm以下でもよいし、1 cm以上3 cm以下でもよいし、2 cm以上4 cm以下でもよい。シート状プローブ部9の長さL（長さが最大となる部分の長さ）の例は、2 cm以上20 cm以下であり、4 cm以上15 cm以下でもよいし、5 cm以上10 cm以下でもよい。

[0024] 例えば、複数枚のシート状プローブ部9は、それぞれ敷設される予定の部位が決まっている。例えば、それぞれのシート状プローブ部9は、対象生物の大脳皮質、脳室、硬膜下腔、クモ膜下腔、脳室壁、及び脳溝のうち少なくともひとつ以上に敷設されるのに適した形状や性質を有するものが好ましい。そして、複数枚のシート状プローブ部9は、それぞれ敷設される予定の部位の脳実質の起伏及び脈管構造のいずれか又は両方に応じた起伏（凹凸）を有するので、脳実質にできるだけ近接し密着できることとなる。例えば、脳

実質の起伏や脈管構造をあらかじめＣＴやＭＲＩを用いて精査し、その形状に応じた凹凸形状をカスタムメイドしてもよい。この例では、対象生物のうちシート状プローブ部９を敷設する予定部位を含む部位の脳実質の起伏及び脈管構造のいずれか又は両方（脳表面起伏情報）を取得する工程である脳表面形状取得工程と、脳表面起伏情報に基づいた表面形状を有するシート状プローブ部９を得る表面調整シート状プローブ部作成工程とを含めばよい。脳表面形状取得工程は、例えば、上記したＣＴやＭＲＩといった脳の形状を取得できる方法を用いればよい。そして、得られた脳表面起伏情報は、適宜記憶部に記憶されればよい。次に、表面調整シート状プローブ部作成工程では、記憶部から脳表面起伏情報を読み出して、シート状プローブ部の表面形状を調整すればよい。例えば、フレキシブル基板上にシート状プローブ部として機能するために必要な素子や回路を設置した後、その表面を樹脂でコーティングしてシート状プローブ部９を作成する。そして樹脂でフレキシブル基板をコーティングする際に、脳表面起伏情報に基づいてシート状プローブ部９の表面形状を調整し、表面形状が脳実質の起伏や脈管構造に対応したシート状プローブ部９を得ればよい。そのような加工は例えば、３次元プリンタなどを用いることで達成できる。もちろん、樹脂層をフレキシブル基板に形成した後に、脳表面起伏情報に基づいて樹脂層を加工して、表面形状が脳実質の起伏や脈管構造に対応したシート状プローブ部９を得てもよい。

[0025] シート状プローブは、フレキシブルプリント基板を用いてもよい。生体親和性の観点から銅箔を表面に貼ったフレキシブルプリント基板が好ましい。そのようなフレキシブルプリント基板の例は、特許第７１９４８５７号や特許第７１６４７５２号に記載されている。フレキシブルプリント基板であれば、可撓性を維持しつつ、後述する光源や、検出部、制御部（及び記憶部）などを基板上に設置することができる。もっとも、フレキシブルプリント基板は、その全体をコーティングし、コーティング層を有するものが好ましい。脳内に、光源や各要素が取り残されたり、脳表面を傷つけたりしないためである。コーティング層は、光を透過させるため、透明又は半透明なものが

好ましい。

[0026] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 のうち少なくともひとつは（好ましくは全てのシート状プローブ部 9 は）、第 1 の検出部 17 を有する。シート状プローブ部 9 は、第 1 の光源 15 と、第 1 の検出部 17 と、第 1 の光源 15 から出力される光を制御するための第 1 の光制御部 19 とを有するものであってもよい。第 1 の検出部 17 は、脳の活動に関連する信号を検出するために用いられる。そして、第 1 の光源 15 は、脳に含まれる発光物質を励起させるために用いられるものであってもよい。この例では、例えば、対象生物の脳には、発光物質が導入されている。このように対象生物の神経細胞は、遺伝子導入又は発光物質を導入することで、所定の光刺激により光を発するものであることが好ましい。発光物質の例は、蛍光タンパク質である。蛍光タンパク質の例は、緑色蛍光タンパク質（例えば、GFP）、赤色蛍光タンパク質（例えば、DsRed）及びカルシウム感受性蛍光タンパク質（GECI）である。カルシウム感受性蛍光タンパク質は、カルシウム感受性を有する蛍光タンパク質である。例えば、対象生物の神経細胞は、発光物質（GECI）が導入される。GECI の例は、GCaMP タンパク質（GCaMP3 タンパク質、GCaMP6s タンパク質、GCaMP7 タンパク質、RCaMP1）、及びエクオリン（イクオリン）である。もっとも、将来的に見出される GECI を用いても構わない。GECI を導入する方法は、例えば、特許第 5854686 号公報に記載される通り、公知である。GECI が導入された場合、脳が活性化すると、カルシウムの変動に対応して、GECI が発光する。例えば、脳の神経細胞に含まれる GECI が発光する。このように、発光物質を用いて、脳の機能を計測する方法は、機能的近赤外分光分析法や光トポグラフィー検査法といった方法に比べて、正確かつ迅速に脳の機能を計測することができる。

[0027] それぞれのシート状プローブ部 9 は、複数の第 1 の光源 15 を有してもよい。第 1 の光制御部 19 は、第 1 の光源 15 の光強度や ON/OFFなどを制御する。第 1 の光制御部 19 は、制御部 20 からの制御指令を受け取り、

制御指令に従って第1の光源15を制御してもよい。制御部20は、例えば、コンピュータ又はプロセッサにより実装されてもよい。信号解析部7が得た計測情報に基づいて第1の光源15を制御するための情報を第1の光制御部15に出力するものであってもよい。制御部19と制御部20という表現は、機能的なものであり、両者は物理的に同じ要素であってもよい。また、第1の光制御部19は、プログラムを記憶しており、そのプログラムの指令に基づいて、第1の光源15を制御してもよい。第1の光制御部19は、複数の第1の光源15を制御してもよい。複数の第1の光源15は、例えば、シート状プローブ部9上に等間隔に設置されてもよい。第1の光源15の例は、発光ダイオード及びLEDである。第1の光源15の出力は、脳を損傷しない強度であることが好ましい。第1の光源15が出力する光の波長は、発光物質に対応した波長であることが好ましい。第1の光源15を用いることで、蛍光物質を励起させることができる。第1の光源15の例は可視光であり、400nm以上600nm以下の波長の光を発する光源であることが好ましい。第1の光源15からの光は、例えば、パルス光であってもよいし、連続光であってもよい。

[0028] 第1の検出部17の例は、光センサである。第1の検出部17は、脳の活動と関連する光以外の物理量を測定するものであってもよい。第1の検出部17は、発光物質の発光を検出するものであってもよい。第1の検出部17は、第1の光源15が光を照射した後に、反射した光を検出するものであってもよいし、第1の光源15が光を照射して、発光物質が反応して発する光を検出するものであってもよい。第1の検出部17の例は、フォトダイオード(PD)である。それぞれのシート状プローブ部9は、複数の第1の検出部17を有することが好ましい。

[0029] 図4は、蛍光物質が放出した蛍光を第1の検出部が検出する様子を示す概念図である。この例では、例えば、第1の光源15から出力された光が、神経細胞に導入されたGECIを励起する。そして、励起されたGECIが発光する光(矢印)を、第1の検出部17が検出する。

- [0030] 第1の検出部17が検出した光信号は、検出信号に変換されて、検出信号受信部5へ出力される。光信号を検出信号に変換する処理や、検出信号を検出信号受信部5へ出力する処理は、例えば、第1の検出部17が行えばよい。通常のフォトダイオードは、これらの処理を行うことができる。検出信号受信部5は、脳診断用プローブ3からの信号を受信できるように接続されている。そして、検出信号受信部5は、脳診断用プローブ3とともに脳内に設置されるものであってもよい。また、検出信号受信部5は、脳外に設けられてもよい。例えば、脳活動計測装置1は、検出信号を、対象生物の外部に無線にて出力するための無線出力部25をさらに有してもよい。そして、無線出力部25は検出信号を無線にて出力し、検出信号受信部5が、検出信号を受信してもよい。
- [0031] 検出信号受信部5は、脳診断用プローブ3による検出信号を受信するための要素である。検出信号受信部5と脳診断用プローブ3とが有線で接続されている場合は、検出信号受信部5は、電気又は光信号など有線を介して、脳診断用プローブ3から出力された検出信号を受信すればよい。また、検出信号が無線信号により出力される場合は、検出信号受信部5は、アンテナなど無線信号を受信する要素を有しており、無線信号である検出信号を受信すればよい。
- [0032] 信号解析部7は、検出信号受信部5が受信した検出信号を解析し、脳の活動を計測するための計測情報を得るための要素である。信号解析部7は、コンピュータやプロセッサにより実装されればよい。
- [0033] コンピュータは、入力部、出力部、制御部、演算部及び記憶部を有しており、各要素は、バスなどによって接続され、情報の授受を行うことができるようにされている。例えば、記憶部には、プログラムが記憶されていてもよいし、各種情報が記憶されていてもよい。入力部から所定の情報が入力された場合、制御部は、記憶部に記憶されるプログラムを読み出す。そして、制御部は、適宜記憶部に記憶された情報を読み出し、演算部へ伝える。また、制御部は、適宜入力された情報を演算部へ伝える。演算部は、受け取った各

種情報を用いて演算処理を行い、記憶部に記憶する。制御部は、記憶部に記憶された演算結果を読み出して、出力部から出力する。このようにして、各種処理や各工程が実行される。この各種処理を実行するものが、各部や各手段である。コンピュータは、プロセッサを有し、プロセッサが各種機能や各種工程を実現するものであってもよい。コンピュータは、スタンドアロンであってもよい。コンピュータは、機能の一部がサーバと端末に分散されていてもよい。その場合サーバと端末とは、インターネットやイントラネットなどのネットワークにより、情報の授受を行うことができるようにされていることが好ましい。コンピュータは、プロセッサと、プロセッサに連結されたメモリと、を備えていてもよい。そして、メモリが、命令を格納しており、命令は、プロセッサによって実行されると、コンピュータに、各種工程を行わせたり、コンピュータを各種要素として機能させるものであってもよい。コンピュータは、各種教師データを与えて学習モデルを構築し、機械学習により各種演算を実現するようにしてもよい。この場合、コンピュータは、AI（人工知能）の機械学習・深層学習により作成された学習モデルを用いて各種解析や分析を実行してもよい。このようにすれば、機械学習の精度が向上することとなる。

- [0034] 例えば、信号解析部7には、過去の検出信号と脳の活動に関する学習モデルが構築されている。そして、信号解析部7は、学習モデルを用いて、検出信号を解析し、リアルタイムの脳の活動に関する計測情報を得ればよい。また、信号解析部7は、対象生物の過去の計測情報を記憶しており、過去の計測情報と比較して、リアルタイムの計測情報を得てもよい。計測情報の例は、脳疾患の程度や進行状況である。脳疾患は、脳神経系の情報伝達に最も重要な脳神経細胞の死滅、脳神経細胞と脳神経細胞との間の情報を伝達するシナプスの形成や機能上の問題、脳神経の電氣的活動性の異常な症状や減少による疾患を意味する。脳疾患の例は、退行性脳疾患である。退行性脳疾患は、特定の神経細胞集団の漸進的な喪失及びタンパク質凝集体と関連して定義される老化に係る疾病である。退行性脳疾患の例は、脳卒中、中風、認

知症、アルツハイマー疾患、パーキンソン疾患、ハンチントン疾患、多発性硬化症及び筋萎縮性側索硬化症である。これらの各疾患の程度や進行状況と、それぞれに関する過去の検出信号を教師データとして学習モデルを構築すればよい。また、今回得られた検出信号と、脳の活動に関する状況を用いることで、対象生物に関する学習モデルの精度を向上させることができる。例えば、アルツハイマー疾患の進行状況の例は、軽度認知機能障害（MCI）、発症初期、中期、及び末期である。

[0035] 信号解析部 7 が得た計測情報は、適宜出力される。出力される例は、モニタに表示されるというものや、紙等で印刷されるというものや、電子情報として医師や対象生物の端末に出力されるというものである。脳活動計測装置 1 の好ましい例は、計測情報を、対象生物の外部に無線にて出力するための無線出力部 25 をさらに有するものである。特に、信号解析部 7 が対象生物の脳内に存在することが想定されるか、対象生物と物理的に接続されている場合、このような無線出力部 25 を有することで、対象生物の生活をしやすくすることができる。

[0036] 脳活動計測装置 1 の好ましい例は、複数枚のシート状プローブ部 9 のうち少なくともひとつは、第 1 の光源 15 の波長と異なる波長を有する第 2 の光源 21 を有する。そして、第 2 の光源 21 は、対象生物の脳を治療するために用いられる。この例は、例えば、第 2 の光源 21 の出力を制御するための第 2 の光制御部を有してもよい。第 2 の光制御部は、シート状プローブ部 9 に設置されてもよい。第 2 の光制御部は、コンピュータ又はプロセッサを有しており、第 2 の光源 21 の出力を制御してもよい。また、第 2 の光制御部は、制御部 20 からの制御指令を受け取り、制御指令に従って第 2 の光源 21 を制御してもよい。制御部 20 は、例えば、信号解析部 7 が得た計測情報に基づいて第 2 の光源 21 を制御するための情報を第 2 の光制御部に出力するものであってもよい。第 2 の制御部と制御部 20 という表現は、機能的なものであり、両者は物理的に同じ要素であってもよい。この脳活動計測装置 1 は、光による脳疾患の治療装置としても機能する。なお、第 1 の光源 15

が存在しない場合は、シート状プローブ9には、光源として第2の光源21が存在することとなる。

[0037] この例では、第2の光制御部又は制御部20は、検出信号又は脳の活動に関する計測情報と第2の光源21の出力に関する情報（どの部分の第2の光源21をONにするかに関する情報も含んでもよい）を記憶する。そして、第2の光制御部又は制御部20は、検出信号又は脳の活動に関する計測情報を受け取って、記憶部から第2の光源21の出力に関する情報を読み出し、第2の光源21の出力を制御すればよい。また、第2の光制御部又は制御部20は、検出信号又は計測情報と第2の光源21の出力に関する学習モデルを構築しており、この学習モデルを用いて、検出信号又は計測情報から第2の光源21の出力を制御するための情報を得てもよい。このようにすることで、脳の測定情報に基づいて、適切に脳を治療できることとなる。

[0038] 第2の光源21を有する脳活動計測装置1は、特に対象生物に光遺伝子が導入される場合に好ましく用いることができる。光遺伝子（optogenetics）は、特定の波長の光に基づいて、神経細胞を活性化させることができる遺伝子である。これらの光遺伝子が導入されることにより発生する光活性タンパク質の例は、チャネルロドプシン2、変異型ChR2、ChR2/H134R、ChR2/C128X（XはT， AまたはS）またはChR2/D156A、ChR2/E123T（ChETA）、ハロロドプシン、アーキロドプシン3、アーキロドプシンT、OptoXRs、光活性化アデニル酸シクラーゼ、及びメラノプシンである。これらのタンパク質を発現する光遺伝子の導入方法は、公知である。

[0039] 図5は、第1及び第2の光源を有するシート状プローブ部上の回路の設計例を示す概念図である。図5に示す例では、シート状プローブ部に回路基板が形成されている。回路基板には、第1の光源15、第1の検出部17、及び第2の光源21が設置され、配線により接続されている。

[0040] 脳活動計測装置1の好ましい例は、信号解析部7は、機械学習を用いて、対象生物の脳の活動を解析し、対象生物の意思情報を得るものである。例え

ば、対象生物が、口がきけない状態など意思疎通が困難な状態である場合、この例を好ましく用いることができる。この例では、例えば各意思の状況（感謝している、楽しい、OK、NG、不快だ、止めて欲しい）に応じた検出信号を用いて学習モデルを構築する。信号解析部7は、そのような学習モデルを用いて、得られた検出信号に基づいて、対象生物の意思情報を得ればよい。そして、この脳活動計測装置1は、意思情報を出力する意思情報出力部23をさらに有することが好ましい。意思情報出力部23の例は、対象生物に取り付けられたモニタ、及び対象生物とは別に存在するモニタである。意思情報出力部23が、対象生物に取り付けられたモニタである場合、例えば、モニタには各意思の状況に応じたアイコン（笑ったアイコン、怒ったアイコンなど）が表示されるようにしてもよい。このようにすれば、意思疎通が困難な対象生物（例えば、痴ほうや麻痺等の進行が進んだ者、ヒト以外の哺乳動物）の意思を受け入れやすい形で表示できる。

[0041] 脳活動計測装置1の好ましい例は、信号解析部7は、機械学習を用いて、対象生物の神経細胞の活動を解析するものである。例えば、先に説明したGECIを用いた場合、対象生物の神経細胞の活動を解析できる。

[0042] 脳活動計測装置1の好ましい例は、脳深部刺激電極31と、脳深部刺激電極31へ電力を供給する電力供給部33と、電力供給部33の供給電力を制御するための供給電力制御部35をさらに有する。脳深部刺激電極は、例えば特許第6603656号公報に記載された通り、公知である。また、脳深部刺激電極を用いた脳深部刺激システムは、特表2008-513082号公報に記載される通り、公知である。脳活動計測装置1の好ましい例は、これら公知の技術を適宜応用して用いることで実現できる。例えば、供給電力制御部35は、制御部20から情報を受け取ることができるようにされている。供給電力制御部35は、制御部20からの制御指令を受け取り、制御指令に従って電力供給部33を制御してもよい。制御部20は、計測情報を受け取っているため、計測情報に応じた制御指令を電力供給部33に出力すればよい。このようにすれば、脳の活性状況に対応して、脳深部刺激電極31

を駆動できることとなる。供給電力制御部 35 と制御部 20 という表現は、機能的なものであり、両者は物理的に同じ要素であってもよい。

[0043] 脳活動計測装置 1 は、例えば、外科手術により、対象生物の頭蓋骨に穴 13 を設け、穴 13 を介して複数のシート状プローブ部 9 を脳実質の表面などに敷設することで使用することができる。

産業上の利用可能性

[0044] この発明は、脳に関する医療機器の分野や、対象生物の意思を得るためのコミュニケーションツールに関する分野で利用することができる。

符号の説明

[0045] 1 脳活動計測装置
3 脳診断用プローブ
5 検出信号受信部
7 信号解析部
11 対象生物の頭蓋骨
13 穴
15 第1の光源
17 第1の検出部
19 第1の光制御部
20 制御部
21 第2の光源
23 意思情報出力部
25 無線出力部
31 脳深部刺激電極
33 電力供給部
35 供給電力制御部

請求の範囲

- [請求項1] 脳診断用プローブと、
前記脳診断用プローブによる検出信号を受信するための検出信号受信部と、
前記検出信号受信部が受信した検出信号を解析し、脳の活動を計測するための計測情報を得るための信号解析部と、
を有する脳活動計測装置であって、
前記脳診断用プローブは、
複数枚のシート状プローブ部を有し、
前記複数枚のシート状プローブ部の各々は、対象生物の頭蓋骨に設けられた穴を介して、前記頭蓋骨内に設置されるものである、
脳活動計測装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の脳活動計測装置であって、
前記複数枚のシート状プローブ部の各々は、敷設される部位の脳実質の起伏及び脈管構造のいずれか又は両方に応じた起伏を有する、
脳活動計測装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の脳活動計測装置であって、
前記複数枚のシート状プローブ部の各々は、前記対象生物の硬膜下腔、クモ膜下腔、脳室壁、及び脳溝のうち少なくともひとつ以上に敷設される形状を有する、
脳活動計測装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の脳活動計測装置であって、
前記複数枚のシート状プローブ部は、前記対象生物の脳の1%以上90%以下の領域を覆う形状を有する、
脳活動計測装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の脳活動計測装置であって、
前記複数枚のシート状プローブ部のうち少なくともひとつは、第1の光源と、第1の検出部と、第1の光源から出力される光を制御する

ための第1の光制御部とを有し、

第1の光源は、前記脳に含まれる発光物質を励起させるために用いられる、

脳活動計測装置。

[請求項6]

請求項5に記載の脳活動計測装置であって、

前記複数枚のシート状プローブ部のうち少なくともひとつは、第1の光源の波長と異なる波長を有する第2の光源を有し、

第2の光源は、前記対象生物の脳を治療するために用いられる、
脳活動計測装置。

[請求項7]

請求項1に記載の脳活動計測装置であって、

前記信号解析部は、機械学習を用いて、前記対象生物の脳の活動を解析し、前記対象生物の意思情報を得るものであり、

前記意思情報を出力する意思情報出力部をさらに有する、脳活動計測装置。

[請求項8]

請求項1に記載の脳活動計測装置であって、

前記信号解析部は、機械学習を用いて、前記対象生物の神経細胞の活動を解析する、脳活動計測装置。

[請求項9]

請求項8に記載の脳活動計測装置であって、

前記対象生物の神経細胞は、遺伝子導入又は発光物質を導入することで、所定の光刺激により光を発する、脳活動計測装置。

[請求項10]

請求項1に記載の脳活動計測装置であって、

前記検出信号又は前記計測情報を、前記対象生物の外部に無線にて出力するための無線出力部をさらに有する、脳活動計測装置。

[請求項11]

請求項1に記載の脳活動計測装置であって、脳深部刺激電極と、前記脳深部刺激電極へ電力を供給する電力供給部と、前記電力供給部の供給電力を制御するための供給電力制御部をさらに有する、活動計測装置。