(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-530405
(P2024-530405A)
(43)公表日　令和6年8月21日(2024.8.21)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ａ６１Ｂ　3/16　(2006.01)		Ａ６１Ｂ	3/16		４Ｃ３１６
Ａ６１Ｂ　10/00　(2006.01)		Ａ６１Ｂ	10/00	Ｘ	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全29頁）

(21)出願番号　特願2024-501711(P2024-501711)
(86)(22)出願日　令和4年6月22日(2022.6.22)
(85)翻訳文提出日　令和6年1月12日(2024.1.12)
(86)国際出願番号　PCT/FI2022/050451
(87)国際公開番号　WO2023/012402
(87)国際公開日　令和5年2月9日(2023.2.9)
(31)優先権主張番号　20215838
(32)優先日　令和3年8月5日(2021.8.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フィンランド(FI)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　514056252
アイケア フィンランド オサケ ユキチュア
フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター、エイリティエ ２２
(74)代理人　100127188
弁理士　川守田 光紀
(72)発明者　エーンホルム イェスタ
フィンランド国 ００１２０ ヘルシンキ フレドリキンカトゥ ２３ビー９
(72)発明者　ラウダソヤ マッティ
フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター エイリティエ ２２ アイケア フィンランド オサケ ユキチュア内
(72)発明者　ホンカネン ヴィクトル
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　生理学的パラメータを決定する方法及び装置

(57)【要約】
生理学的パラメータを決定するための装置（１００）が開示される。この装置は、細長い磁気プローブ（１０２、６１０、７０２）と、磁気プローブを囲む駆動コイル（１０４）と、少なくとも第１セクションと第２セクションとを有する測定コイル（１０６、６０２、７０８、１００４）と、コントローラ（１０８）とを備える。コントローラは、駆動コイルに通電して磁力を発生させ、磁気プローブの端部（１０２Ａ）の方向への移動を開始させ、第１の誘起電圧値及び共通誘起電圧値を測定し、時間の関数としてロケータ値を決定し、ロケータ値を時間領域から空間領域にマッピングし、空間領域のロケータ値から、磁気プローブの速度プロファイルを計算し、計算した速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定するように構成される。
【選択図】図１

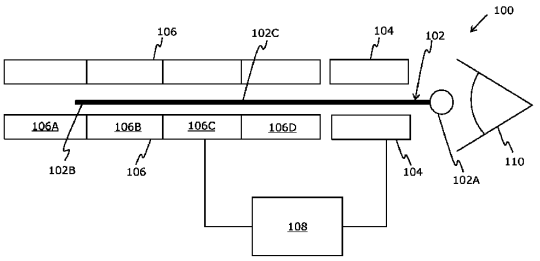


FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
生理学的パラメータを決定するための装置であって、該装置は以下のものを含む；
第１の端部と、前記第１の端部とは反対側の第２の端部と、前記第１の端部と前記第２の端部との間の中間部とを有する細長い磁気プローブと；
前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される駆動コイルと；
少なくとも第１セクションと第２セクションとを有し、前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される測定コイルと；
コントローラと；
を備え、前記コントローラは、
・　前記磁気プローブの、前記第１の端部の方向への移動を開始するために、前記駆動コイルに選択的に通電して磁力を発生させることと；
・　前記磁気プローブの移動中、時間の関数として、第１の誘起電圧値と共通誘起電圧値とを測定することであって、前記第１の誘起電圧値は前記第１セクションにかかる電圧であり、前記共通誘起電圧値は、前記第１セクションから前記第２セクションにまたがる電圧値であるか、前記第２セクションの少なくとも一方にかかる電圧値である、前記測定することと；
・　前記第１の誘起電圧値を前記共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数としてロケータ値を決定することと；
・　前記ロケータ値を、時間の関数として、時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを空間領域ロケータ値から計算し、前記計算した第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を遂行するように構成される、
装置。
【請求項２】
前記測定コイルは、第１の期間は駆動コイルとして使用され、前記第１の期間の後の第２の期間においては、前記測定コイルの第２セクションとして使用される、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
使用時に、前記測定コイルの第１セクションは、前記磁気プローブの第１セクションを囲み、前記測定コイルの第２セクションは、前記磁気プローブの第２セクションを囲み、
前記磁気プローブがその第１の空間位置にあるとき、前記磁気プローブの前記第１セクションは、前記磁気プローブの前記第２セクションとは異なる、請求項１又は２に記載の装置。
【請求項４】
使用時に、前記磁気プローブがその第２の空間位置にあるとき、前記測定コイルの前記第１セクションは前記磁気プローブの前記第１セクションを囲まず、前記測定コイルの前記第２セクションは前記磁気プローブの前記第２セクションを囲み、ただし前記第２の空間位置は前記第１の空間位置とは異なる、請求項３に記載の装置。
【請求項５】
時間領域から空間領域へのマッピングが、事前に決定された伝達関数又はルックアップテーブルの少なくとも１つによって行われる、請求項１から４のいずれかに記載の装置。
【請求項６】
前記測定コイルの前記第１セクションと前記測定コイルの前記第２セクションが直列に接続される、請求項１から５のいずれかに記載の装置。
【請求項７】
前記測定コイルは第３セクションを有し、前記第３セクションは、前記測定コイルの第１及び第２セクションと直列に接続され、前記磁気プローブの第３セクションを囲むように配置される、請求項１から６のいずれかに記載の装置。

【請求項８】
前記共通誘起電圧が測定コイルの全セクションにまたがって測定される、請求項１から７のいずれかに記載の装置。
【請求項９】
請求項１から８のいずれかに記載の装置であって、前記コントローラが、
・ 前記磁気プローブの移動時間中に、第１セクション以外のセクションからの第２の誘起電圧値を時間の関数として測定し、
・ 前記第２の誘起電圧値を前記共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数として第２のロケータ値を決定し、
・ 第２のロケータ関数を時間領域から空間領域にマッピングし、
・ 空間領域の第２のロケータ値から、前記磁気プローブの第２の速度プロファイルを計算し、
・ 計算した前記第２の速度プロファイルを使用して、生理学的パラメータを更新する、
ように構成される、装置。
【請求項１０】
前記第１の速度プロファイルは空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む、請求項１から９のいずれかに記載の装置。
【請求項１１】
前記第２の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む、請求項９又は１０に記載の装置。
【請求項１２】
眼圧計である、請求項１から１１のいずれかに記載の装置。
【請求項１３】
生理学的パラメータを決定する方法であって、
・ 細長い磁気プローブを該磁気プローブの第１の端部の方向に移動させるべく、駆動コイルに通電することと；
・ 測定コイルの第１セクションについて、誘起された第１の電圧を時間の関数として測定することと；
・ 前記測定コイルの前記第１セクションと前記測定コイルの第２セクションにまたがる電圧であるか、前記第２セクションにかかる電圧である、誘起共通電圧を時間の関数として測定することと；
・ 測定された第１の誘起電圧値を測定された誘起共通電圧値で除算することにより、時間の関数として第１のロケータ値を決定することと；
・ 前記第１のロケータ値を時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・ 空間領域の第１のロケータ値から、前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを計算することと；
・ 前記第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を含む、方法。
【請求項１４】
前記磁気プローブは患者の方へ動くように仕向けられ、患者の体の表面に当たって跳ね返る、請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
測定は前記磁気プローブの移動中に行われ、時間の関数として誘起電圧値が得られる、請求項１３又は１４に記載の方法。
【請求項１６】
前記生理学的パラメータの決定は、前記磁気プローブが患者の体表面に衝突している間の加速度の分析、衝突前と衝突後の速度の変化、細長い磁気プローブの体表面への侵入量の少なくとも１つによって行われる、請求項１３から１５のいずれかに記載の方法。
【請求項１７】
請求項１３から１６のいずれかに記載の方法であって、前記生理学的パラメータ値は、

・　前記測定コイルにおける、前記第１セクションとは異なるセクションについて、誘起された第２の電圧を時間の関数として測定することと；
・　前記第２の誘起電圧値を前記共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数として第２のロケータ値を決定することと；
・　第２のロケータ関数を時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　空間領域の第２のロケータ値から、細長い磁気プローブの第２の速度プロファイルを、位置の関数として計算することと；
・　計算した第２の速度プロファイルを使用して前記生理学的パラメータを更新することと；
によって更新される、方法。

【請求項１８】
前記第１の速度プロファイルは空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む、請求項１３から１７のいずれかに記載の方法。

【請求項１９】
前記第２の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む、請求項１７又は１８に記載の方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願に開示される事項（以下、本開示という）は、一般に眼科治療装置に関し、より具体的には、生理学的パラメータを決定するための方法及びシステムに関する。

【背景】
【０００２】
房水は、水晶体を保護し、眼内の液圧を維持するために眼内で生成される、透明な水のような液体である。眼内の液圧は眼圧として知られている。眼圧は眼球の強度を決定する生理学的パラメータであり、視力に影響を及ぼす可能性のある視神経損傷の兆候を見つける。正常な眼圧には日中変動があり、個人差もある。しかし、眼圧が常に高すぎたり低すぎたりする場合は、視力に問題が生じる可能性がある。

【０００３】
従来、眼圧検査は眼圧を測定するものであった。この検査では、眼圧計を用いて眼球の固さを測定する。従来、ゴールドマン圧平眼圧計（Goldman Applanation Tonometer; GAT）は、しびれ薬で目を麻酔し、少量の無毒性の色素を目に入れる。その後、小さなプローブが眼球の表面にそっと触れ、眼圧が測定される。眼圧は、眼球表面の一定面積を静かに平らにするのに必要な力に基づいて測定される。しかし、眼球の厚さ、眼球の弾力性、使用する無毒性色素の量が誤差の原因となり、得られる測定値の精度に影響する。また、眼圧測定にはパーキンス圧平眼圧計（Perkins Applanation Tonometer; PAT）も用いられる。ＰＡＴは人間工学に基づいた使いやすい手持ち式の眼圧計である。しかし、ＰＡＴの操作には高度な熟練を要する。手持ち式眼圧計であるため安定性が低く、フルオレセインと麻酔薬の局所塗布が必要であるため、眼球表面に傷がつく可能性がある。

【０００４】
トノペン（Tonopen）は眼圧を測定するリバウンド式眼圧計（Rebound Tonometry）の一種である。トノペンは眼を麻酔するためのしびれ薬を必要とする。トノペンは、眼圧を測定するために眼表面で跳ね返るプローブを備えている。使用されるプローブは円錐形の構造をしている。円錐状の構造は、誤って眼球表面に小さな傷をつける可能性がある。

【０００５】
これらの事情に鑑みるに、生理学的パラメータの測定に関連する従来の方法に伴う上述の欠点を克服する必要性が存在する。

【摘要】

【０００６】
本開示は、生理学的パラメータを決定するための装置を提供しようとするものである。本開示はまた、生理学的パラメータを決定するための方法を提供しようとするものである。本開示の目的は、従来技術で遭遇した問題を少なくとも部分的に克服する解決策を提供することである。
【０００７】
１つの捉え方によれば、本開示は、生理学的パラメータを決定するための装置を提供する。この装置は、
第１の端部と、前記第１の端部とは反対側の第２の端部と、前記第１の端部と前記第２の端部との間の中間部とを有する細長い磁気プローブと；
前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される駆動コイルと；
少なくとも第１セクションと第２セクションとを有し、前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される測定コイルと；
コントローラと；
を備え、前記コントローラは、
・　前記磁気プローブの、前記第１の端部の方向への移動を開始するために、前記駆動コイルに選択的に通電して磁力を発生させることと；
・　前記磁気プローブの移動中、時間の関数として、第１の誘起電圧値と共通誘起電圧値とを測定することであって、前記第１の誘起電圧値は前記第１セクションにかかる電圧であり、前記共通誘起電圧値は、前記第１セクションから前記第２セクションにまたがる電圧値であるか、前記第２セクションの少なくとも一方にかかる電圧値である、前記測定することと；
・　前記第１の誘起電圧値を前記共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数としてロケータ値を決定することと；
・　前記ロケータ値を、時間の関数として、時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを空間領域ロケータ値から計算し、前記計算した第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を遂行するように構成される。
【０００８】
別の捉え方によれば、本開示は、生理学的パラメータを決定するための方法を提供する。この方法は、
・　細長い磁気プローブを該磁気プローブの第１の端部の方向に移動させるべく、駆動コイルに通電することと；
・　測定コイルの第１セクションについて、誘起された第１の電圧を時間の関数として測定することと；
・　前記測定コイルの前記第１セクションと前記測定コイルの第２セクションにまたがる電圧であるか、前記第２セクションにかかる電圧である、誘起共通電圧を時間の関数として測定することと；
・　測定された誘起電圧値を測定された誘起共通電圧値で除算することにより、時間の関数として第１のロケータ値を決定することと；
・　前記第１のロケータ値を時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　空間領域の第１のロケータ値から、前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを計算することと；
・　前記第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を含む。
【０００９】
本開示の実施形態は、従来技術における前述の問題を実質的に解消するか、又は少なくとも部分的に解決し、誘起電圧を計算することによって、磁気プローブの位置を正確に決定することを可能にする。

【００１０】
本願に開示されるものの更なる側面や利点、特徴及び目的は、添付の特許請求の範囲と共に解釈される、添付図面及び例示的実施形態の詳細説明によって明らかにされよう。
【００１１】
本開示の特徴は、添付の特許請求の範囲によって定義される範囲から逸脱することなく、様々な組み合わせで組み合わせることが可能であることも理解されよう。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
上記の摘要、及び例示的な実施形態に関する以下の詳細説明は、添付の図面と併せて読むとより良く理解される。本開示を説明する目的で、本開示の例示的構成を図面に示す。ただし本開示は、本明細書に開示される特定の方法及び装置に限定されるものではない。また、図面の縮尺は正しいものではない。同様の要素は可能な限り同一の番号で示されている。
以下、本開示の実施形態を、例として次の図面を参照しながら説明する。
【図１】本開示のある実施形態による、生理学的パラメータを決定する装置のシステムのブロック図である。
【図２】信号コイル又は駆動コイルの電流１アンペアあたりに誘起される、磁気プローブに作用する力を、ミリメートル単位の位置に対して表したグラフである。
【図３】測定コイルの共通誘起電圧を表すグラフである。
【図４】各信号コイルセグメントにかかる電圧を測定するために、４台の差動増幅器を用いて３つのロケータ信号を測定した図である。
【図５】本開示のある実装形態による、細長い磁気プローブの位置を決定するためのグラフである。
【図６】本開示のある実装形態による測定コイルアセンブリである。
【図７】本開示のある実装形態による、細長い磁気プローブの速度及び位置を決定するためのロボットシステムのシステムの模式図である。
【図８】本開示のある実装形態による、誘起電圧を加算する電気回路である。
【図９】本開示のある実装形態による、測定コイルの誘導信号電圧である。
【図１０】本開示のある実施形態による、装置の基本的な実装のためのシステムのブロック図である。
【図１１Ａ】本開示のある実装形態による、第１の増幅器と第２の増幅器の最適な接続を実現するためのグラフである。
【図１１Ｂ】本開示のある実装形態による、第１の増幅器と第２の増幅器の最適な接続を実現するためのグラフである。
【図１２Ａ】本開示のある実装形態による、信号電圧及び共通誘起電圧値を示すグラフである。
【図１２Ｂ】本開示のある実装形態による、信号電圧及び共通誘起電圧値を示すグラフである。
【図１３Ａ】本開示のある実装形態に従う、複数の信号増幅器の加算による、ロケータ値を測定するためのグラフである。
【図１３Ｂ】本開示のある実装形態に従う、複数の信号増幅器の加算による、ロケータ値を測定するためのグラフである。
【図１３Ｃ】本開示のある実装形態に従う、複数の信号増幅器の加算による、ロケータ値を測定するためのグラフである。
【図１３Ｄ】本開示のある実装形態に従う、複数の信号増幅器の加算による、ロケータ値を測定するためのグラフである。
【図１４Ａ】本開示の実施形態による、生理学的パラメータを決定するための方法のステップを示すフローチャートを示す。
【図１４Ｂ】本開示の実施形態による、生理学的パラメータを決定するための方法のステップを示すフローチャートを示す。

【図１５】速度プロファイルの決定に関する説明図である。　添付図面において、下線付きの番号は、その番号が書かれている場所のアイテム又はその番号に隣接するアイテムを表わすのに使用される。下線無しの番号は、当該番号から延びる線によって特定されるアイテムに関連付けられる。番号に下線が無く矢印を伴って書かれている場合、その番号は矢印が示す汎用アイテムを特定するために使用される。
【実施形態の詳細説明】
【００１３】
以下の詳細説明は、本開示の実施形態及びそれらが実施され得る方法を例示する。本開示を実施するための形態をいくつか開示したが、当業者であれば、本開示を実施するための他の形態も実現可能であることを認識するであろう。
【００１４】
１つの捉え方によれば、本開示のある実施形態は、生理学的パラメータを決定するための装置を提供する。この装置は、
第１の端部と、前記第１の端部とは反対側の第２の端部と、前記第１の端部と前記第２の端部との間の中間部とを有する細長い磁気プローブと；
前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される駆動コイルと；
少なくとも第１セクションと第２セクションとを有し、前記磁気プローブを部分的に囲むように配置される測定コイルと；
コントローラと；
を備え、前記コントローラは、
・　前記磁気プローブの、前記第１の端部の方向への移動を開始するために、前記駆動コイルに選択的に通電して磁力を発生させることと；
・　前記磁気プローブの移動中、時間の関数として、第１の誘起電圧値と共通誘起電圧値とを測定することであって、前記第１の誘起電圧値は前記第１セクションにかかる電圧であり、前記共通誘起電圧値は、前記第１セクションから前記第２セクションにまたがる電圧値であるか、前記第２セクションの少なくとも一方にかかる電圧値である、前記測定することと；
・　前記第１の誘起電圧値を前記共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数としてロケータ値を決定することと；
・　前記ロケータ値を、時間の関数として、時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを空間領域ロケータ値から計算し、前記計算した第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を遂行するように構成される。
【００１５】
好ましくは、第１セクションからの電圧値の測定は、共通誘起電圧の測定中に同時に行われる。共通誘起電圧は、第１区間と第２区間にまたがって測定されることができる。すなわち、第１区間の電圧と第２区間の電圧を加算したものとして測定されることができる。または共通誘起電圧は、第２区間の電圧として測定されることができる。第２セクションは第１セクションにオーバーラップしていることができる。プローブ速度に依存しないロケータ信号を計算する前に、測定コイルの複数のセクションを使用して、これらの信号電圧を様々な方法で組み合わせることができる。実施形態によっては、最初のセクションの測定がまず行われ、他の測定サイクルにおいて共通誘起電圧の測定が行われる。相対時間に基づく共通開始時間（ｔ０）が、両者それぞれの測定開始時間として定義される。
【００１６】
本開示の別の捉え方によれば、本開示は、生理学的パラメータを決定するための方法を提供する。この方法は、
・　細長い磁気プローブを該磁気プローブの第１の端部の方向に移動させるべく、駆動コイルに通電することと；
・　測定コイルの第１セクションについて、誘起された第１の電圧を時間の関数として測

定することと；
・　前記測定コイルの前記第１セクションと前記測定コイルの第２セクションにまたがる電圧であるか、前記第２セクションにかかる電圧である、誘起共通電圧を時間の関数として測定することと；
・　測定された第１の誘起電圧値を測定された誘起共通電圧値で除算することにより、時間の関数として第１のロケータ値を決定することと；
・　前記第１のロケータ値を時間領域から空間領域にマッピングすることと；
・　空間領域の第１のロケータ値から、前記磁気プローブの第１の速度プロファイルを計算することと；
・　前記第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定することと；
を含む。

【００１７】

細長い磁気プローブの速度と磁化が決定され、それによって、より正確な測定が可能になる。

【００１８】

本開示は、生理学的パラメータを決定するための装置を提供する。ここで装置とは、眼の生理学的パラメータを測定するために使用され得る器具を指してもよい。眼の生理学的パラメータとは、例えば眼内の圧力や、眼の触覚感度のようなものであってもよい。実施形態によっては、前記装置は眼圧計である。眼圧計は、眼科的測定から眼圧を測定するために使用される。眼圧は、眼球表面から跳ね返された細長い磁気プローブの速度を（時間の関数として）表す電圧信号から計算される。信号の大きさは、細長い磁気プローブの磁力と速度に依存する。

【００１９】

前記装置は、第１の端部と、前記第１の端部とは反対側の第２の端部と、前記第１の端部と前記第２の端部との間の中間部とを有する細長い磁気プローブを備える。細長い磁気プローブの第１の端部は、生体適合材料から作られ、使用時に眼の表面と衝突する。第１の部分が生体適合材料で作られていることにより、有益なことに、プローブが眼球の生体組織と直に接触して機能することが可能となり、不快感や痛みを最小限に抑えることができる。生体適合材料は、発癌性や毒性がなく、腐食に強いことは注目すべきである。細長い磁気プローブは、磁性材料の細いワイヤーで作られてもよい。細長い磁気プローブは、例えば長さ２０ミリメートル、幅０．５ミリメートルとしてもよい。細長い磁気プローブの磁性材料は強磁性体であってもよい。測定コイル内で細長い磁気プローブが動くと誘起電圧が発生する。しかし、細長い磁気プローブの磁力は非常に小さい。細長い磁気プローブは目の表面によってのみ押し戻され、押し戻されるための他の力は存在しない。

【００２０】

この装置は、細長い磁気プローブを部分的に囲むように配置される駆動コイルを有する。この駆動コイルは、細長い磁気プローブが移動可能なループとして配置される。また駆動コイルは有限個のループを有する。駆動コイルは、磁気プローブの第１の端部と第２の端部との間の任意の点に沿って配置することができる。例えば、駆動コイルを第１の端部に近い位置に配置することができる。駆動コイルに電流を流すと、駆動コイルが細長い磁気プローブを動かす。駆動コイルは、細長い磁気プローブを引っ張り、駆動コイルを通して供給される電流と細長い磁気プローブの磁化との積に等しい速度で眼球表面に向かって突き出す。

【００２１】

本装置は、少なくとも第１セクションと第２セクションとを有する測定コイルを備える。測定コイルは部分的に磁気プローブを囲むように配置される。測定コイルは有限個のループを有する。測定コイルのループの総数は、第１セクションと第２セクションとの間で分割される。第１セクション及び第２セクションの各々は、細長い磁気プローブが移動可能な少なくとも１つのループを有してもよい。細長い磁気プローブは、第１セクションと第２セクションとの間の中間セクションに沿って移動することができてもよい。測定コイ

ルが２つ以上のセクションを有するため、細長い磁気プローブの移動によって誘起される異なる電圧プロファイルを同時に測定することが可能である。この技術的効果は、プローブの磁化定数の不確かさをなくすことである。実際、後述するように、少なくとも２つの異なる測定コイルを用いて測定を行うことで、磁化の値がまったく分からなくても、プローブの速度を決定することができる。

【００２２】

実施形態によっては、測定コイルは、第１の期間は駆動コイルとして使用され、第１の期間の後の第２の期間においては、当該測定コイルの第２セクションとして使用される。ここで、測定コイルは電流を流すために使用され、それによって細長い磁気プローブに運動を誘発する。そして、細長い磁気プローブがその動作速度まで加速された直後に、測定コイルは、測定コイルへの誘起電圧を測定するために使用される。有益なことに、これによって装置内のコイルの数が減少する。測定コイルは、例えば電流を流すか誘起電圧を測定するかなど、コントローラが測定コイルを制御する方法に応じて、複数の機能を持つことができる。

【００２３】

実施形態によっては、測定コイルの第１セクションと第２セクションは直列に接続される。ここで直列接続とは、第１セクションの最後のループと第２セクションの最初のループとの電気的結合を意味する。通常、直列接続される測定コイルに誘導される電圧の測定は、測定コイルの第１セクションと測定コイルの第２セクションに電圧計を接続することで実現できる。あるいは、第１セクションに誘起される電圧が測定される。その後、第１セクションと第２セクションに誘起される電圧を両方一緒に測定して、全体の誘起電圧値を導出してもよい。第２セクションに誘起される電圧は、全体の誘起電圧から第１セクションに誘起される電圧を減算することによって算出することができる。

【００２４】

実施形態によっては、測定コイルは第３セクションを有し、当該第３セクションは、測定コイルの第１及び第２セクションと直列に接続され、細長い磁気プローブの第３セクションを囲むように配置される。この第３セクションは、細長い磁気プローブが移動可能な少なくとも１つのループを有してもよい。測定コイルに更に複数のセクションを追加して、より多くのデータポイントを生成してもよい。

【００２５】

一例では、測定コイルは第１セクション、第２セクション、第３セクション及び第４セクションに分けられる。駆動コイルは１つのセクションを有する。測定コイルの第１セクション、第２セクション、第３セクション及び第４セクションを互いに接続する箇所にはカップリングリードが配線される。第１セクションの左端には第１のカップリングリードが接続され、第１セクションと第２セクションとの接続部には第２のカップリングリードが接続され、第２セクションと第３セクションとの接続部には第３のカップリングリードが接続され、第３セクションと第４セクションとの接続部には第４のカップリングリードが接続され、第４セクションの右端には第５のカップリングリードが接続される。このような測定コイルの例示的な実装については図６で更に詳しく説明する。

【００２６】

本装置はコントローラを有する。コントローラは、情報に応答して処理するように動作可能な計算装置である。一例として、コントローラは、組み込みマイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、コンピュータ、又は携帯型コンピューティングデバイスであってもよい。コントローラは、測定コイル及び駆動コイルと通信可能に結合される。コントローラは、細長い磁気プローブを眼球表面に向かって動かすために、駆動コイルに通電する。

【００２７】

コントローラは、細長い磁気プローブの第１の端部の方向への移動を開始させる磁力を発生させるために、駆動コイルに選択的に通電するように構成される。ここで、選択的に通電するとは、駆動コイルの電源電圧のＯＮ／ＯＦＦを切り替えることを表す。駆動コイルの電源電圧がＯＮに切り替えられると電界が生じる。通常、駆動コイルの電源電圧が高

いほど磁力は大きくなる。その結果、細長い磁気プローブの加速度が増加する。磁力は細長い磁気プローブの磁化の関数である。ここでいう磁化とは、細長い磁気プローブの磁化の強さを表す。磁化が高いほど磁力は大きくなる。駆動コイルに選択的に通電することで、細長い磁気プローブを眼球表面に向けて移動させることができる。選択通電による駆動コイルの極性を逆にした場合には、細長い磁気プローブは逆方向に移動する。細長い磁気プローブは、必要なときはいつでも、コントローラによって制御され得る方向に移動する。ここで電圧は、細長い磁気プローブの速度及び磁化の関数である。

細長い磁気プローブの速度は、時間の関数として、測定コイルによって連続的に監視される。細長い磁気プローブの速度に関するそのような情報は、診断目的に使用され得る眼の圧力を決定するために使用され得る。電流が駆動コイルに供給されると、磁場が駆動コイルに誘導される。磁場は電流と駆動コイルの有限ループ数に比例する。磁場は、駆動コイルに供給される電流を制御することによって制御することができる。磁場は細長い磁気プローブに印加される磁力を発生させる。この磁力は細長い磁気プローブの磁化の関数である。細長い磁気プローブの加速度は、細長い磁気プローブの質量を、細長い磁気プローブに印加される力で割ることによって計算することができる。従って、細長い磁気プローブは、駆動コイルの電流パルスによって加速される。すなわち、駆動コイルの電流パルスによって生成される磁場が磁気プローブに作用し、磁気プローブに作用が加速される。細長い磁気プローブは測定コイルを通って眼球表面に向かって進み、眼球表面で跳ね返る。

上記の測定を行う際の技術的な問題のひとつは、磁化の値の不確かさである。実際、製造パッチが異なる（例えば（製造日や製造時間が異なる）２つのプローブを比較すると、プローブの磁化値や磁化能力に大きな差が生じることがある。これは、誘起電圧を測定する際の不確かさにつながる。プローブの速度はプローブの磁化値の関数であるので、例えば、同じ駆動電圧（電流）であっても、プローブの動きは速くなる可能性がある。

【００２８】

実施形態によっては、細長い磁気プローブの磁化のために、本開示に磁化サイクルを組み込むことができる。ここで、磁化サイクルは、駆動コイルと測定コイルのそれぞれの電流パルスによって達成される。これらの電流パルスによって、細長い磁気プローブが装置内で前後に引っ張られる。磁化サイクルは較正サイクルで終了してもよい。較正サイクルは、細長い磁気プローブの最適な速度を得るための値に駆動コイルによる加速の度合いを設定するために必要な情報を収集する。較正サイクルは、生理学的パラメータを決定する前に、装置と細長い磁気プローブの両方をチェックする。実施形態によっては、較正サイクルは、時間の関数としての（複数の）ロケータ値を、時間領域から空間領域にマッピングするための（複数の）ルックアップテーブル値を収集するために使用することができる。

【００２９】

実施形態では、使用時に、測定コイルの第１セクションは、細長い磁気プローブの第１セクションを囲み、測定コイルの第２セクションは、細長い磁気プローブの第２セクションを囲む。細長い磁気プローブが第１の空間位置にあるとき、細長い磁気プローブの第１セクションは、細長い磁気プローブの第２セクションとは異なる。装置の幾何学的セットアップにおいて、第１の空間位置は、細長い磁気プローブが選択的に通電される前の初期位置である。第１の位置では、細長い磁気プローブは装置内に完全に収納される。

【００３０】

実施形態によっては、使用時に、細長い磁気プローブがその第２の空間位置にあるとき、測定コイルの第１セクションは細長い磁気プローブの第１セクションを囲まず、測定コイルの第２セクションは細長い磁気プローブの第２セクションを囲む。ここで第２の空間位置は第１の空間位置とは異なる。第２の空間的位置とは、例えば、細長い磁気プローブが末端位置、例えば測定コイルからほぼ外れた位置まで動いた場合などである。このとき測定コイルの第１セクションは細長い磁気プローブを全く囲んでいないため、細長い磁気プローブを部分的に囲む測定コイルと比較して、測定コイル上の磁束の変化が大きくなる。均一に磁化された細長い磁気プローブでは、磁束は全体を通して一定である。磁束線は

一端から離れ、反対側の端から再び入る。磁束線の一部は、測定コイルの壁を通過し、反対側の端から再び進入する。更に、細長い磁気プローブは長く、測定コイルに非常に近い位置にあるため、測定コイルの磁束は一巻き毎に時間と共に変化する。

【００３１】

測定コイルの電流は、制御された磁場パルスで細長い磁気プローブに作用し、細長い磁気プローブを所望の速度で眼球表面に送出する。細長い磁気プローブの速度は、電流パルスの振幅、細長い磁気プローブの長さと磁化、細長い磁気プローブと測定コイル及び駆動コイルとの間の摩擦によって決定される。細長い磁気プローブは眼球表面に当たると跳ね返る。細長い磁気プローブが接近し、跳ね返り、及び／又は戻ってくる間の、細長い磁気プローブの速度プロファイルを測定することによって、眼圧を決定することができる。

【００３２】

コントローラは、細長い磁気プローブの移動時間中に、第１セクションからの（複数の）第１の誘起電圧値と、（複数の）共通誘起電圧値とを、時間の関数として測定するように構成される。細長い磁気プローブが第１セクションと第２セクションのループ内を移動すると、ファラデーの誘導の法則に従って電圧が誘起される。コントローラは、細長い磁気プローブが第１セクションを移動する間、（複数の）第１の誘起電圧値を、時間の関数として測定するように構成される。更に、測定コイルの共通誘起電圧が、時間の関数として測定される。２つのセクション（第１セクションと第２セクション）がある場合の共通誘起電圧は、両方のセクションに亘る誘起電圧である。例えば３つ又は４つのセクションがある場合、共通誘起電圧は、第１、第２、第３及び第４のセクションに亘る誘起電圧である。

【００３３】

実施形態によっては、ロボットシステムを使用して細長い磁気プローブの位置を正確に制御することにより、誘起電圧のサンプリング間隔と測定コイルの幾何学配置を制御する。細長い磁気プローブが眼球表面に向かって第１セクション、第２セクション、第３セクション、第４セクションを通過する際、誘起電圧は時間の関数として変化する。誘起電圧の振幅は、細長い磁気プローブの位置と速度に比例する。細長い磁気プローブの磁化が既知の場合、共通誘起電圧は、速度の測定に適している。これについては、図４に関連して詳しく説明した。説明したように、技術的な問題の一つは、細長い磁気プローブの磁化が様々な値を持ちうるため、速度の単純な計算が困難になることである。

【００３４】

はじめ、駆動コイルが細長い磁気プローブを加速する間、共通誘起電圧（及び第１の誘起電圧）は上昇する。続いて細長い磁気プローブは眼球表面に衝突し、減速して、約１ミリ秒（ｍｓ）でゼロになる。これは２０ミリ秒から３５ミリ秒後である。そして磁気プローブは跳ね返る。これらは磁気プローブの速度と眼球の表面からの距離に依存する。細長い磁気プローブの減速は、例えば２０，２４，２８又は３２ミリ秒から、２１，２５，３０又は３５ミリ秒で行われる。ここで、眼球の表面と接触中の磁気プローブの速度の変化の様子は、主に磁気プローブの速度に依存し、押し返す力を通じて眼内圧にも依存する。眼内圧に依存する主なパラメータは、磁気プローブの速度の減速の傾きによって与えられる。磁気プローブの速度の減速は、磁気プローブと眼球の表面との間の磁気力に等しい。

更に、本開示の装置は、細長い磁気プローブからの出力信号を補正して提供する。そして、提供される信号から眼圧が導出される。真の眼圧を明らかにするために変換する曲線を生成するために、出力信号は、他のタイプの測定を用いて、患者データで検証される。その結果、眼圧が低い時を除き、眼圧は、入力信号に約１．５の係数を乗じたものから定数を引いた値に等しくなる。眼圧が低いほど、この係数は大きくなり、定数は小さくなる。これについては図３に関連して詳しく説明した。

使用する第１の信号増幅器と第２の信号増幅器はオペアンプである。オペアンプは、増幅段の入力において、抵抗を介して、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器の負端子と正端子に電圧を加える。更に、複数の誘起電圧信号を、抵抗によって設定された重みで容易に共通出力に加算又は減算することができる。具体的には、本開示を簡単に実施するため

に、差動増幅器を使用することができる。ここで、差動増幅器の第１入力は負端子に接続され、差動増幅器の第２入力は正端子に接続される。

基本的な実装は、第１の増幅器と第２の増幅器とを用いて行ってもよい。第１の増幅器は、第１セクション又は第２セクションからの、あるいは実施形態によっては第３セクション又は第４セクションからの、選択された誘起電圧を加算するための複数の入力を有する。第２の増幅器は、共通誘起電圧を計算するための差動増幅器である。一例では、第１の増幅器は第２セクション及び第３セクションと電気的に結合され、第２セクションと第３セクションの誘起電圧の差を決定する。また第２の増幅器は第１セクションと第４セクションと電気的に結合され、共通誘起電圧を生成する。

一例では、第１セクションの第１の誘起電圧を「Ｖ１」、第２セクションの第２の誘起電圧を「Ｖ２」、第３セクションの第３誘起電圧を「Ｖ３」と称する。更に、差動増幅器には４つの抵抗「Ｒ１」、「Ｒ２」、「Ｒ３」、「Ｒ４」が接続される。このような例では、出力電圧V_{out}は次のように計算される、

【００３５】

V_{out}＝（Ｖ１・Ｒ１／（Ｒ１＋Ｒ２）＋Ｖ２・Ｒ１／（Ｒ１＋Ｒ２））（１＋Ｒ４／Ｒ３）－Ｖ３・Ｒ４／Ｒ３

【００３６】

非常に小さな信号を検出するためには、Ｖ１－Ｖ３に比例したV_{out}を与える差動増幅器を使用する方法が、干渉信号を除去するために実用的であることが判明した。このような増幅器が当該目的のために市販されている。

【００３７】

このような例については、図８を参照して更に詳しく説明する。更に、４入力以下のオペアンプを用い、和抵抗の値で符号と増幅率を調整することにより、測定コイルの誘起電圧の任意の組み合わせを得ることができる。更に、第１の増幅器の出力と第２の増幅器の出力の組み合わせにより、最適化された信号を得ることができる。ここで、最適化された信号は、例えば細長い磁気プローブの位置などの要求に対して感度を有するようにされてもよく、例えば磁化度などの別のパラメータに対しては感度を有さないようにされてもよい。

【００３８】

コントローラは、第１の誘起電圧値を共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数としてロケータ値を決定するように構成される。（ペア毎に）第１の電圧値をそれぞれの共通誘起電圧値で除算する技術的効果は、細長い磁気プローブの未知の磁化定数を排除することである。誘起される電圧は、測定コイルの磁束Φの変化の関数である。磁束は磁場Ｂ、すなわち細長い磁気プローブの磁化の関数である。Ｂは一定であるため、第１の誘起電圧を共通誘起電圧値で除算することで消去できる。

ロケータ値は、細長い磁気プローブの実際の位置と相関のある値を表す。測定が時間の関数として行われることを考慮すると、ロケータ値は、最初は時間の関数である。従って、ロケータ値は時間領域にある。第１の誘起電圧値は、対応する測定で得られた共通誘起電圧で除算される。実験的に、第１の誘起電圧コイル値を共通誘起電圧値で除算すると、同様の形状が得られることが分かった。それゆえ、ロケータ値は細長い磁気プローブの速度に依存しない。細長い磁気プローブの速度は磁化の関数である。このため、プローブの磁化についての駆動コイルの電流の変動がなくなる。

典型的には、細長い磁気プローブの磁化の不確かさを解決するために、第１の誘起電圧値と共通誘起電圧値が測定される。第１の誘起電圧値及び共通誘起電圧値は、細長い磁気プローブの速度及び磁化の関数である。一例として、第１の信号増幅器は、０．２ボルト（Ｖ）の駆動コイルと０．３Ｖの駆動コイルについて、測定コイル全体の共通誘起電圧を測定する。ここでは、共通誘起電圧を「Ｕ１５」と称する。第２の信号増幅器は、第２セクションの第２のカップリングリードと、第３セクションと第４セクションの接続部の第４のカップリングリードと電気的に結合される。そこで、ここから測定される電圧を「Ｕ２４］と称する。

「Ｕ２４」を「Ｕ１５」で除算すると、０．２Ｖ駆動コイルの場合も０．３Ｖ駆動コイルの場合も、駆動コイルの振幅への依存性が取り除かれているため、結果は完全に同一となる。細長い磁気プローブの速度は誘起電圧に直接影響する。ここで、第２の誘起電圧値は１．６増加し、中間領域のロケータ値は測定精度の範囲内で同じである。また、Ｚ＝５ミリメートル（ｍｍ）未満とＺ＝１０ミリメートルより上の電圧信号は、考慮されない。これは、誘起電圧値がＺの関数として急激に変化しておらず、ロケータ値が一定であるためである。この点については、図１１に関連して更に詳しく説明する。

【００３９】

前の例を続けると、有効範囲（useful range）はほとんど左に向いており、また狭くなる。従って、本開示は要求に応じて実施することができる。第４の信号増幅器、第５の信号増幅器などを使用することにより、有効範囲を広げることができる。これについては、図１２と併せて更に詳しく説明する。図１３は、２台の増幅器を使用した場合の、関心領域（ＲＯＩ）を中心とした広い範囲をカバーするように収集した信号を示す。信号Ｕ１５は、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の和を取ることにより測定される。ここで、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の和を「Ｕ＋」という。また、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の差を「Ｕ－」と称する。通常、ロケータ値は、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の差と、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の和との比によって算出されることができる。すなわち、

Ｌ＝（Ｕ－）／（Ｕ＋）

である。

【００４０】

コントローラは、電圧Ｕ１３及びＵ３５を時間の関数としてマッピングするように構成される。ここで時間領域とは、サンプリング時間の関数としてのロケータ値を表す。マッピングは、例えばルックアップテーブルなどを用いて実行することができる。ロケータ値は、測定コイルの形状ごとに実験によって決定される。これは例えば、細長い磁気プローブをアクチュエータで前後に移動させ、同時に誘起電圧値を測定することによって行うことができる。駆動コイルで移動させることから、細長い磁気プローブの空間位置と誘起電圧値との関係を決定することができる。

【００４１】

実施形態によっては、時間領域から空間領域へのマッピングは、事前に決定された伝達関数又はルックアップテーブルの少なくとも１つによって行われる。時間領域信号のマッピングは、例えば、プローブを正確な位置に配置し、１キロヘルツのオーダーの適切な周波数で非常に小さな変位で振動させることによって行われる。この位置での時間領域信号は、１ｋＨｚでの誘起電圧に比例する。これは位置曲線を較正するために行われる。時間領域から空間領域へのマッピングは、プローブの速度を決定するために必要なステップである。事前に決定された伝達関数の作成は以下の例１に、ルックアップテーブルの決定方法の例は例２に開示される。

【００４２】

コントローラは、細長い磁気プローブの第１の速度プロファイルを空間領域ロケータ値から計算し、計算した第１の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを決定するように構成される。第１の速度プロファイルは、空間領域のロケータ値に対する時間領域のロケータ値から計算される。対象とする用途に応じて、例えば眼圧などの生理学的パラメータを決定するために、時間の関数としての速度が使用される。一例として、細長い磁気プローブの速度と、細長い磁気プローブが眼球表面に向かって射出された後に細長い磁気プローブを停止させるための眼球表面の応答を、速度の一次導関数を計算することによって決定することができる。また、細長い磁気プローブが眼表面から跳ね返る速度を決定することができる。細長い磁気プローブが高速で跳ね返る場合は眼圧が高く、細長い磁気プローブが低速で跳ね返る場合は眼圧は低い。

細長い磁気プローブの時間及び速度に関する測定値は、医学的な試験（例えば臨床試験）と共に収集されてもよい。そして、本開示で議論するように、生理学的パラメータを決定するために、細長い磁気プローブという形状についての速度の関数を、臨床試験における測定結果と比較してもよい。細長い磁気プローブの速度は、第１の誘起電圧値を第２の誘起電圧値で除算して、細長い磁気プローブの速度を決定するために使用される相対値を得ることから、決定されてもよい。実施形態によっては、第１の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む。実施形態によっては、第２の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む。

【００４３】

本開示は、装置の技術的範囲を、眼の生理学的パラメータの測定に限定することを意図していない。本装置は、眼球表面に関して説明したのと同様の方法で、身体のあらゆる部位に関する生理学的パラメータを測定するために用いることができる。

【００４４】

実施形態によっては、装置のコントローラは更に以下のことを行うように構成される。

・　細長い磁気プローブの移動時間中に、第１セクション以外のセクションからの第２の誘起電圧値を時間の関数として測定する。

・　第２の誘起電圧値を共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数として第２のロケータ値を決定する。

・　第２のロケータ関数を時間領域から空間領域にマッピングする。

・　空間領域の第２のロケータ値から、細長い磁気プローブの第２の速度プロファイルを計算する。

・　計算した第２の速度プロファイルを使用して、生理学的パラメータを更新する。更新は、例えば、第１の速度プロファイルと第２の速度プロファイルの平均を計算し、その平均を速度プロファイルとして使用して生理学的パラメータを決定することによって行うことができる。

【００４５】

本開示はまた、上述の方法に関する。上に開示された様々な実施形態及び変形例は、本方法に準用される。

【００４６】

実施形態によっては、細長い磁気プローブは患者の方へ動くように仕向けられ、患者の体の表面に当たって跳ね返る。表面とは、患者の眼の表面を指すことができる。プローブを表面に向け、速度プロファイルを測定することで、例えば患者の眼圧を知ることができる。例えば、プローブが眼球に当たったときの速度プロファイルが低い加速度を示す場合は、眼圧が低いことを示す。高い加速度（すなわち速度プロファイルの大きな変化）は、眼圧が高いことを示す。

【００４７】

実施形態によっては、測定は細長い磁気プローブの移動中に行われ、時間の関数として（複数の）誘起電圧値が得られる。

【００４８】

実施形態によっては、生理学的パラメータの決定は、細長い磁気プローブが患者の体表面に衝突している間の加速度の分析、衝突前と衝突後の速度の変化、細長い磁気プローブの体表面への侵入量の少なくとも１つによって実施される。加速度は、速度の時間に関する導関数であるため、速度プロファイルから求めることができる。

【００４９】

実施形態によっては、生理学的パラメータ値は以下の方法で更新される。

・　測定コイルにおける、第１セクションとは異なるセクションについて、誘起された第２の電圧を時間の関数として測定する。

・　第２の誘起電圧値を共通誘起電圧値で除算することにより、時間の関数として第２のロケータ値を決定する。

・　第２のロケータ関数を時間領域から空間領域にマッピングする。
・　空間領域の第２のロケータ値から、細長い磁気プローブの第２の速度プロファイルを、位置の関数として計算する。
・　計算した第２の速度プロファイルを使用して生理学的パラメータを更新する。

【００５０】

実施形態によっては、第１の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む。

【００５１】

実施形態によっては、第２の速度プロファイルは、空間領域における速度と時間領域における速度の少なくとも１つを含む。

【００５２】

例１：実験による伝達関数の事前決定

【００５３】

ローカライゼーションを得るために、ロケータ値のマッピングが実行される。ここでローカライゼーションとは、Ｚの値とプローブの速度ｄＺ／ｄｔである。数学的には、細長い磁気プローブは、Ｚを位置とする線形空間にマッピングされる。そして、Ｚに関する第１の関数Ｌを測定するために、Ｚの値の設定とマッピングのためにロボットシステムが使用される。ここで、Ｚに関する第１の関数Ｌは「Ｌ（Ｚ）」と表される。更に、Ｚに関する第２の関数が決定される。ここで第２の関数は、細長い磁気プローブの位置には依存するが、信号コイル誘起電圧信号、細長い磁気プローブの磁化の程度、プローブ速度には依存しない関数である。細長い磁気プローブの速度（ｖ）を計算するためにはＺの時間微分が使用される。

【００５４】

$$v = dZ/dt = (dL/dt)/(dL/dZ)$$

【００５５】

例えば、高速で移動する細長い磁気プローブの場合、ロケータ値は短い時間間隔でサンプリングされる。この短い時間間隔は式$T_n - T_{n-1}$で与えられる。ここで、ｎは有限の時間間隔を示す。ロケータ値は$L_n - L_{n-1}$という式で示され、対応して増加する。ｎ番目のサンプルについての磁気プローブの速度は次式で与えられる。

【００５６】

$$v_n = K(L_n - L_{n-1})/(T_n - T_{n-1})$$

【００５７】

Ｚ＝０から始まるＺ値の長いスイープを作りつつ、複数のデータポイントを収集することができ、それによって１ｍｍ間隔の複数のステップを作成することができる。ここで電圧信号は、デジタルオシロスコープの出力における、ミリボルト（ｍＶｒｍｓ）単位の測定電圧の二乗平均平方根値である。有用なロケータ値を与えるＺの範囲は１から７であり、これは、信頼できる結果を得るために、調べられる眼に許容される最大距離によって制限される。ローカリゼーション曲線のフィッティングには複数の点のデータが使用されるが、最初の１０点のデータは、それぞれＵ＋電圧とＵ－電圧について収集される。与えられたデータから最初の５つのＺ値が計算される。これは、図１３Ｃに関連して更に詳細に説明される。そして、図１３Ｄの表に示されるような値が観測された。速度、磁化、及び、第１の誘起電圧値、第２の誘起電圧値、第３の誘起電圧値、及び第４の誘起電圧値についての細長い磁気プローブの依存性を除去し、各点についてそれぞれ共通誘起電圧で除算することにより、細長い磁気プローブの位置が得られる。更に、測定値の助けを借りて、適切な線形結合を作成することもできる。これについては、図５に関連して詳しく説明した。

【００５８】

例２：細長い磁気プローブを前後に動かして上記のルックアップテーブルを決定する方法の例

【００５９】

本開示では、バイブレータを使用して細長い磁気プローブを振動させることによって、当該磁気プローブの速度を示すために使用される第１の誘起電圧が、測定コイルに誘起される。バイブレータは、市販の圧電素子を用いて、その機械的共振周波数８７５ヘルツ（Ｈｚ）で細長い磁気プローブを振動させる。通常、バイブレータの振動の振幅は小さい。バイブレータは、信号発生器を０．２ボルト（Ｖ）と０．３Ｖにそれぞれ設定することで駆動される。共通誘起電圧は、測定コイルの誘起電圧の合計である。第１セクションと第２セクションの電圧の和は、第１セクションと第２セクションの誘起電圧を別々に測定することにより、測定されてもよい。

【００６０】

実施形態によっては、共通誘起電圧は、測定コイルの全セクションにまたがって測定される。ここで、測定コイルの少なくとも第１セクションと第２セクションは、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器に接続される。また、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器は、要求に応じて変更可能な差動入力を構成する。例示的な実装では、第１の信号増幅器は第１セクションと第３セクションの間に接続され、第２の信号増幅器は第３セクションと第４セクションの間に接続される。またバイブレータは、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器から、１ボルト（Ｖ）未満の信号を生成する。この大きさの電圧であれば、飽和を避けるために十分に低い。

通常、駆動コイルの出力は、測定された電圧の二乗平均平方根であり、ミリボルト（ｍＶｒｍｓ）単位で表される。標準電圧が０．２Ｖである駆動コイルの出力は５００ｍＶｒｍｓである。標準電圧が０．３Ｖである駆動コイルの出力は８００ｍＶｒｍｓである。第１の信号増幅器と第２の信号増幅器の入力は、測定コイルの複数のカップリングリードに接続されており、測定コイルはそれぞれ約１ミリボルト（ｍＶ）と１．６ｍＶに対応している。また、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器のそれぞれの出力は、細長い磁気プローブの速度を測定するためのデジタルオシロスコープの入力に接続される。

誘起電圧は測定コイルの４つのセクションから得られる。ここで、第１カップリングリードと第２カップリングリードの間で得られる誘起電圧を「Ｕ１２」、第２カップリングリードと第３カップリングリードの間で得られる電圧を「Ｕ２３」、第３カップリングリードと第４カップリングリードの間で得られる電圧を「Ｕ３４」、第４カップリングリードと第５カップリングリードの間で得られる電圧を「Ｕ４５」と称する。測定は、８７５ヘルツ（Ｈｚ），０．２Ｖ又は０．３Ｖの駆動コイルを使用して、信号発生器を手動で作動させることにより、３０回の磁化サイクルにわたって行われる。信号増幅器は第３の信号増幅器を通じて駆動コイルに接続される。

デジタルオシロスコープは、第１の信号増幅器と第２の信号増幅器からの出力の二乗平均平方根値を測定し、それをスプレッドシートにデジタル保存する。このスプレッドシートは、細長い磁気プローブの位置の関数として測定値を受け取り表示するためのVisual Basicコードを有する。細長い磁気プローブの位置は、速度を時間積分することによって決定される。実施形態によっては、細長い磁気プローブの位置はロボットシステムによって制御される。ロボットシステムは、ステップモータによって駆動されるリニアスクリューを有し、細長い磁気プローブを高精度で直線的に動かすことを可能としている。測定コイルを低速で動かすと、信号コイルに電圧を誘導しない。

ロボットシステムは、測定と測定の間に位置をステップ様に変える。ここでは、細長い磁気プローブの位置を「Ｚ」と称する。機械的な終端位置がスタート位置Ｚ＝０である。ロボットシステムは、次の測定ポイントのために１ミリメートル（ｍｍ）位置を変えるよう作動させられる。これについては、図７に関連して更に詳しく説明する。

【００６１】

本開示の一実装形態では、ロケータ値は、Ｚ＝１～５ミリメートル（ｍｍ）の範囲で直線的であることが観察された。（Ｚは、コイルに対して移動するプローブの距離である）。Ｚ＝１ミリメートルから５ミリメートルの範囲の点に対して、スプレッドシートを用いて傾向線（トレンドライン）をフィッティングすることにより、近似値が得られる。結果として得られるロケータ値の傾向線は、ｙ＝ｍｘ＋ｃという一般的な直線の方程式の形を

している。この傾向線は、装置内で測定を行うためのＺ＝１ミリメートルから５ミリメートルの範囲における細長い磁気プローブの位置を表している。ここで、変数「ｘ」と「ｙ」がさらなる計算のために選択される。そして、本開示の座標に適合させるために、変数ｘをＺと等価にし、変数ｙをＬ（Ｚ）の関数の１０００倍と等価にする。従って、傾向線の方程式は次式で与えられる。

【００６２】

１０００Ｌ＝－ｍＺ＋ｃ

【００６３】

従ってＺは次のように表される。

【００６４】

Ｚ＝－（１０００／ｍ）Ｌ＋ｃ／ｍ

【００６５】

ここで、定数Ｋ＝（－１０００）／ｍとする。また、ｃ／ｍを、Ｌ＝０のときのＺの値とする。つまり、ｃ／ｍ＝Ｚ$_{o}$とする。従って、Ｖ＝Ｋ（ｄＬ／ｄｔ）である。Ｖは変数である。その結果、次の式が得られる。

【００６６】

Ｚ＝－Ｖｔ＋Ｚ$_{o}$

【００６７】

このように、実施例と試験例に基づいて、ロケータ値から細長い磁気プローブの速度プロファイルを決定することができる。この速度プロファイルを用いて生理学的パラメータを決定することができる。すなわち、細長い磁気プローブの速度は、生理学的パラメータを決定するために使用することができる。特に、第１の誘起電圧は細長い磁気プローブの速度に比例する。

［図面の詳細説明］

【００６８】

図１を参照すると、本開示のある実施形態に従う、生理学的パラメータを決定するための装置１００のブロック図が示される。装置１００は、細長い磁気プローブ１０２と、駆動コイル１０４と、測定コイル１０６と、コントローラ１０８とを備える。細長い磁気プローブ１０２は、第１の端部１０２Ａと、第１の端部１０２Ａとは反対側の第２の端部１０２Ｂと、第１の端部１０２Ａと第２の端部１０２Ｂの間の中間部１０２Ｃとを有する。駆動コイル１０４は、細長い磁気プローブ１０２を部分的に囲むように配置される。測定コイル１０６は、少なくとも第１セクション１０６Ａと第２セクション１０６Ｂとを有する。測定コイル１０６は、細長い磁気プローブ１０２を部分的に囲むように配置される。図では、測定コイルは４つのセクション、すなわち第１セクション１０６Ａ、第２セクション１０６Ｂ、第３セクション１０６Ｃ、及び第４セクション１０６Ｄを有する。これらのセクションは互いに直列に接続される。

コントローラ１０８は、駆動コイル１０４及び測定コイル１０６と通信可能に結合される。コントローラ１０８は、駆動コイル１０４に選択的に通電して磁力を発生させ、細長い磁気プローブ１０２の、眼１１０に向かう移動を開始させる。図１は、位置Ｚ＝０であるプローブを示している。一例として、第１セクション１０６Ａについて第１の誘起電圧を測定することができる。また、第１セクション１０６Ａ及び第２セクション１０６Ｂにまたがる共通誘起電圧を測定することができる。

他の例としては、第１の誘起電圧を第２セクション１０６Ｂについて測定し、共通誘起電圧を例えば４つのセクション全てにまたがる電圧として測定することができる。実際、用語「第１セクション」は任意のセクションを指すことができる。共通誘起電圧は、少なくとも第１セクションとは異なる１つ又は複数のセクションから測定される。

【００６９】

図２を参照すると、本開示の実施形態に従う、磁気プローブ１０２の各位置（単位はミリメートル）と、磁気プローブ１０２に作用する力（信号コイル又は駆動コイルの電流１アンペア当たりに誘起される力）との関係を表すグラフが示されている。横軸は、測定コ

イル１０６及び駆動コイル１０４に流れる電流１アンペア（Ａ）に対して誘起される、磁気プローブ１０２に作用する磁力を表す。縦軸は、磁気プローブ１０２の位置をミリメートル単位で表している。線２０２は、測定コイル１０６に流れる電流によって、磁気プローブ１０２に作用する磁力を示している。線２０４は、駆動コイル１０４の電流によって、磁気プローブ１０２に作用する磁力を示している。上側の曲線２０２は、本測定器で使用される単一の信号コイルに対応し、下側の曲線２０４は駆動コイルに対応している。コイル内を等速で移動するプローブによって誘導される信号電圧の曲線は同じように見える。

【００７０】

図３を参照すると、本開示の実施形態に従い、測定コイル１０６の共通誘起電圧を決定するためのグラフ３０２が示されている。共通誘起電圧は時間の関数である。点３０４において、駆動コイル１０４が細長い磁気プローブ１０２を加速し始めると、共通誘起電圧が増加する。（磁気プローブ１０２の加速は位置Ｚ＝０ｍｍから始まっている。）磁気プローブ１０２は、点３０６で眼球１１０の表面に衝突する。（このとき位置はＺ＝４ｍｍから８ｍｍの間である。）そして磁気プローブ１０２は減速し、約１ｍｓでゼロになる。これが２０ミリ秒（ｍｓ）から３０ｍｓ後である。そして磁気プローブ１０２は跳ね返る。これらは磁気プローブ１０２の速度と眼球１１０の表面からの距離に依存する。ここで、眼球１１０の表面と接触中の磁気プローブ１０２の速度の変化の様子は、主に磁気プローブ１０２の速度に依存し、押し返す力を通じて眼内圧にも依存する。眼内圧に依存する主なパラメータは、磁気プローブ１０２の速度の減速の傾きによって与えられる。磁気プローブ１０２の速度の減速は、磁気プローブ１０２と眼球１１０の表面との間の磁気力に等しい。図には、測定コイルの単一の区間にわたる測定が示されている。駆動コイルはＺ＜１でアクティブである。プローブはＺが約５－７ｍｍで眼に当たる。このとき駆動力はゼロに近い。

【００７１】

図４は、４つの差動増幅器を使用して各信号コイルセクション間の電圧を測定した、３つのロケータ信号を示している。図中の曲線は、隣接するコイル、すなわち第１セクションと第２セクション、第２セクションと第３セクション、第３セクションと第４セクションからの信号をそれぞれ取得し、それらをペアごとに引き、全ての合計Ｕ＋（共通誘起電圧）で割ることによって作られる。このようにして計算された曲線は、全てプローブの速度と磁化に依存しない。これらの曲線から選択することで、プローブを広い範囲で局在させることができる。また、選択した領域の感度を最適化するために、適切な線形結合を形成することもできる。このセットアップでは、４つのチャンネル全てで各ポイントを同時にサンプリングするために、４つの増幅器／測定器を同期させる必要がある。複数の第１誘起電圧値を測定することの利点は、精度の向上である。

【００７２】

図５を参照すると、本開示の実施形態に従い、細長い磁気プローブ１０２の位置を決定するためのグラフが示される。ここで、磁気プローブ１０２の速度と磁化の依存性は、測定コイルの半分のセクション（図９の＝Ｕ１２＋Ｕ２３）の誘起電圧Ｕ１３と、もう半分のセクション（＝Ｕ３４＋Ｕ４５）の誘起電圧Ｕ３５を測定することによって取り除かれる。信号比Ｓは、Ｕ１３－Ｕ３４の差をコイル全体の共通電圧Ｕｃｏｍで割ったものとして計算される。この信号比Ｓは、細長い磁気プローブ１０２の位置を表し、プローブの磁化や速度に依存しない。図５において、横軸は細長い磁気プローブ１０２の位置をミリメートル単位で表している。縦軸は信号比Ｓを表し、これはプローブ位置の関数である。時刻ｔ１及びｔ２における２つの信号点Ｓ１及びＳ２を用いると、曲線は対応するｚ１及びｚ２を与える。このような信号点を用いて、プローブの平均速度はｖｃａｌ＝（ｚ１－ｚ２）／（ｔ１－ｔ２）として計算される。このようにして、プローブの磁化とは無関係に、プローブの位置を直接決定することができ、また、プローブの速度を間接的に決定することができる。

【００７３】

実際、プローブの磁化係数を知らなくても、磁化の影響を較正し、それを使ってプローブの位置と速度を導き出すことができる。

【００７４】

図６を参照すると、本開示の実施形態による測定コイルアセンブリ６０２が示されている。測定コイル６０２は、６０２Ａで示される第１セクション、６０２Ｂで示される第２セクション、６０２Ｃで示される第３セクション、６０２Ｄで示される第４セクションに分けられる。更に、第１セクション６０２Ａの左端Ｊ１には第１のカップリングリード６０４Ａが接続され、第１セクション６０２Ａと第２セクション６０２Ｂの接続部Ｊ２には第２のカップリングリード６０４Ｂが接続される。第２セクション６０２Ｂと第３セクション６０２Ｃの接続部Ｊ３には第３のカップリングリード６０４Ｃが接続され、第３セクション６０２Ｃと第４セクション６０２Ｄの接続部Ｊ４には第４のカップリングリード６０４Ｄが接続され、第４セクション６０２Ｄの右端Ｊ５には第５のカップリングリード６０４Ｅが接続される。測定コイル６０２の長さは２０ミリメートル（ｍｍ）であってもよい。細長い磁気プローブ６１０は、１ｍｍの精度６１２で直線的に移動する。ここで、Ｚ＝０は細長い磁気プローブ６１０の開始位置である。本明細書では、一般的に、次のような表記が使用されている。Ｕ１２は、接続部Ｊ１とＪ２との間の誘起電圧を表す。Ｕ１６は、接続部Ｊ１とＪ５との間の誘起電圧（すなわち、全てセクション６０２Ａ、６０２Ｂ、６０２Ｃ及び６０２Ｄにまたがる電圧）を表す。Ｕ３４は、接続部Ｊ３とＪ４間の誘起電圧を表す。Ｕ２４は、接続部Ｊ２とＪ４との間の誘起電圧、すなわち第２セクション６０２Ｂと第３セクション６０３とＣにまたがる誘起電圧を表す。

【００７５】

図７を参照すると、本開示の一実施形態による、細長い磁気プローブ７０２の速度及び位置を決定するためのロボットシステムのシステム７００の模式図が示されている。ロボットシステムは、ステップモータ７０６によって駆動されるリニアスクリュー７０４を備える。リニアスクリュー７０４は、細長い磁気プローブ７０２が、測定コイル７０８内を高精度で直線移動することを可能にする。更に、第１の信号増幅器７１０Ａ及び第２の信号増幅器７１０Ｂが、測定コイル７０８の誘起電圧を増幅するために使用される。第１の信号増幅器７１０Ａ及び第２の信号増幅器７１０Ｂは、オシロスコープ７１２と電気的に結合される。細長い磁気プローブ７０２は、磁気プローブ７０２の速度を決定するために、８７５ヘルツ（Ｈｚ）の周波数でバイブレータ７１４によって振動させられる。バイブレータ７１４は、第３の増幅器７１８を介して信号発生器７１６によって駆動される。

【００７６】

図８を参照すると、本開示の実装形態による、誘起電圧を加算するための電気回路８００が示されている。複数の抵抗Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４が示されている。測定コイル７０８の第１区間と第２区間との間に接続された第１電圧入力をＶ１、測定コイル７０８の第４区間の端部に接続された第２電圧入力をＶ２、測定コイル７０８の第３区間と第４区間との間に接続された第３電圧入力をＶ３と表している。第１に、第１電圧入力は第２誘起電圧値の負形、すなわちＶ１＝－Ｕ２である。第２に、第２の電圧入力は第３の誘起電圧値と第２の誘起電圧値とを加算したものである。すなわちＶ２＝Ｕ３＋Ｕ４である。第３に、第３の入力は第３の誘起電圧に相当し、Ｖ３＝Ｕ３である。最後に、Ｖｏｕｔで示される出力電圧が得られる。出力電圧は、第１入力と第２入力と第３入力とを加算したものである。

【００７７】

$$V_{out} = V1 + V2 + V3 = -U2 + U3 + U4 - U3 = U4 - U2$$

【００７８】

出力電圧は複数の抵抗に対して計算されてもよい。

【００７９】

$$V1 = (V1 \cdot R1 / (R1 + R2) + V2 \cdot R1 / (R1 + R2)) (1 + R4 / R3) - V3 \cdot R4 / R3$$

【００８０】

図９を参照すると、本開示の実装形態に従って、測定コイル６０２における誘導信号電圧が示されている。縦軸は、近似二乗平均平方根値の２倍であり、単位はミリボルトである。Ｕ１２は、第１のカップリングリード６０４Ａと第２のカップリングリード６０４Ｂとの間で得られる誘起電圧を示し、Ｕ２３は、第２のカップリングリード６０４Ｂと第３のカップリングリード６０４Ｃとの間で得られる電圧を示す。Ｕ３４は、第３のカップリングリード６０４Ｃと第４のカップリングリード６０４Ｄとの間で得られる電圧を示し、Ｕ４５は、第４のカップリングリード６０４Ｄと第５のカップリングリード６０４Ｅとの間で得られる電圧を示す。

【００８１】

図１０を参照すると、本開示の例示的な実装形態に従う装置を実装するためのシステム１０００のブロック図が示されている。第１の増幅器１００２は、測定コイル１００４の第２セクション１００４Ｂ及び第３セクション１００４Ｃと電気的に結合され、第２セクション及び第３セクションの誘起電圧を測定する。第２セクション及び第３セクションの誘起電圧は、第１の誘起電圧値として使用される。第２の増幅器１００６は、測定コイル１００４の第１セクション１００４Ａ及び第４セクション１００４Ｄと電気的に結合され、共通誘起電圧を決定する。プローブは、図ではＺ＝０の位置にある。プローブは駆動コイル１０４０で動かすことができる。

【００８２】

図１１Ａ及び図１１Ｂを参照すると、本開示の実装形態に従って、図１０の第１の増幅器１００２及び図１０の第２の増幅器１００６の最適な接続を実現するためのグラフが示される。図１０に示したように、第１の増幅器１００２は、測定コイル１００４の第２セクション及び第３セクションと電気的に結合される。第２の増幅器１００６は、測定コイル１００４の第１セクション及び第４セクションと電気的に結合される。図１１Ａには、バイブレータの電圧が０．２ボルト（Ｖ）の場合について、Ｕ１５で示される共通誘起電圧が、Ｕ２４で示される第２セクション及び第４セクションからの誘起電圧と並んでプロットされている。また、第１増幅器１００２と第２増幅器１００６の最適な接続を見つけるために、Ｕ２４をＵ１５で割り算したものも示されている。図１１Ｂには、バイブレータの電圧が０．３ボルトの場合について、Ｕ１５で示される共通誘起電圧が、Ｕ２４で示される第２セクション及び第４セクションからの誘起電圧と並んでプロットされている。また、第１増幅器１００２と第２増幅器１００６の最適な接続を見つけるために、Ｕ２４をＵ１５で割り算したものも示されている。

【００８３】

図１２Ａは、測定された第１の電圧値Ｕ１３及びＵ３５を示している。図１２Ｂは、信号コイルセクションの合計（Ｕ＋）を表すように加算された信号電圧と、これらの信号電圧の差（Ｕ－）を表している。Ｕ＋はＵ１５と等しいことに注意されたい。表記が異なるのは、２つ以上の測定信号を加算して測定されたことを示すためである。これは、差分Ｕを形成するためなど、いくつかの目的に使用する場合に便利である。最小限のシステムはこのように動作するだろう。信号コイルには２つのセクションがあり、それぞれに差動増幅器があり、図１２Ａに示す信号を生成する。（図１２Ｂのように）Ｕ－信号とＵ＋信号、及びそれらの商（ロケータ）を形成する代わりに、４ｍｍのゼロクロス点を使用することができる。この発生時間が測定されていれば、０から４ｍｍまでの平均速度を計算することができる。

【００８４】

図１３Ａ～図１３Ｄを参照すると、本開示のある実施形態による、複数の信号増幅器の追加によってロケータ値を測定するためのグラフが示される。図１３Ａにおいて、線「シリーズ１」は、第１の結合リード６０４Ａと第３の結合リード６０４Ｃとの間の測定コイル６０２における誘起電圧である、Ｕ１３を示す。線「シリーズ２」は、第３のカップリングリード６０４Ｃと第５のカップリングリード６０４Ｅとの間の測定コイル６０２における誘起電圧である、Ｕ３５を示す。線「シリーズ３」はＵ＋、すなわち、第１の信号増幅器からの出力信号と第２の信号増幅器からの出力信号の和である。Ｕ－は、第１の信号

増幅器からの出力と第２の信号増幅器からの出力との差である。図１３Ｂは、Ｕ＋とＵ－に関するロケータ値を提供する。ロケータ信号は、Ｕ－をＵ＋で除算することにより生成される。また図１３Ａ及び図１３Ｂは、Ｚ値の長いスイープを有するデータを提供している。同様に、図１３Ｃは、誘起電圧値の範囲からのデータであって、傾向線のフィッティングに使用される範囲のデータを提供する。図１３Ｄは、Ｕ＋とＵ－に関するロケータ値を示している。

【００８５】

図１４Ａ及び図１４Ｂを参照すると、本開示のある実施形態による、生理学的パラメータを決定するための方法のステップを示すフローチャートが示される。ステップ１４０２において、細長い磁気プローブを細長い磁気プローブの第１の端部の方向に移動させるために、駆動コイルが通電される。ステップ１４０４において、誘導された第１の電圧が、測定コイルの第１セクションを用いて、時間の関数として測定される。ステップ１４０６において、誘導された共通電圧が、測定コイルにわたって、時間の関数として測定される。ステップ１４０８において、測定された誘導第１電圧値をそれぞれの測定された誘起共通電圧値で除算することにより、時間の関数として第１ロケータ値が決定される。ステップ１４１０で、第１のロケータ値が時間領域から空間領域にマッピングされる。ステップ１４１２において、空間領域の第１のロケータ値は、細長い磁気プローブの第１の速度プロファイルを計算するために使用される。ステップ１４１４において、第１の速度プロファイルは生理学的パラメータを決定するために使用される。

【００８６】

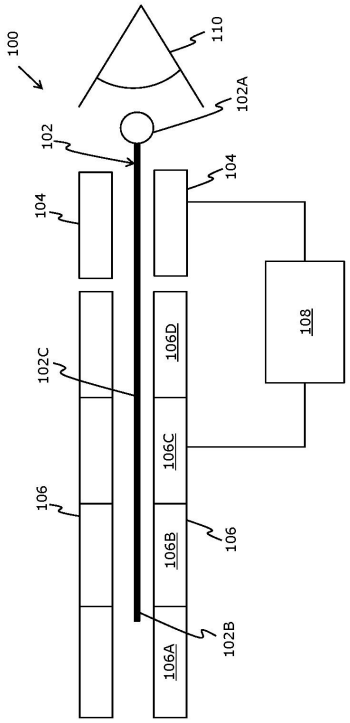
図１５は、プローブの移動（０～１０ｍｍのＺ軸）の関数としての測定値と計算値の説明図である。ロケータ１５００は、図１２Ｂに示すＵ－信号とＵ＋信号の比をとることによって形成される。ロケータ１５００の微分曲線１５１０は、点の増分をステップ長（１ｍｍ）で割ったものである。（微分曲線１５１０は、図１５を読みやすくするために－４倍される）。微分曲線１５２０の逆数は、距離の関数としての第１の速度プロファイルであり、単位はｍｍである。

【００８７】

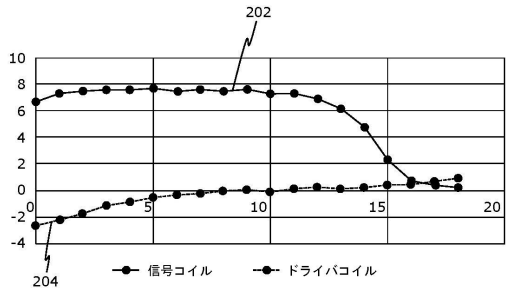
添付の特許請求の範囲によって定義される範囲から逸脱することなく、前述の本開示の実施形態を変更することが可能である。本開示を説明及び請求するために使用される「含む」、「備える」、「組み込む」、「有する」、「である」などの表現は、非排他的に解釈されることを意図しており、すなわち、明示的に記載されていない項目や部品、構成要素が存在することを許容する。要素が複数であることを明示しなかったとしても、当該要素が複数存在することを妨げない。

【図面】

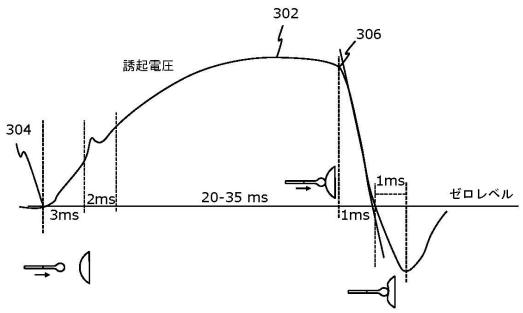
【図１】


100
110
102A
102
104
104
108
102C
106D
106C
106
106
106B
102B
106A

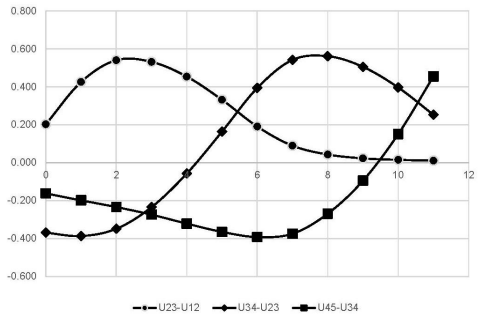
【図２】


202
10
8
6
4
2
0
-2
-4
0
5
10
15
20
204
信号コイル
ドライバコイル

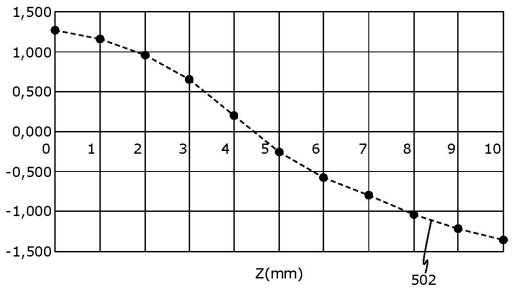
【図３】


302
306
誘起電圧
304
3ms
2ms
20-35 ms
1ms
1ms
ゼロレベル

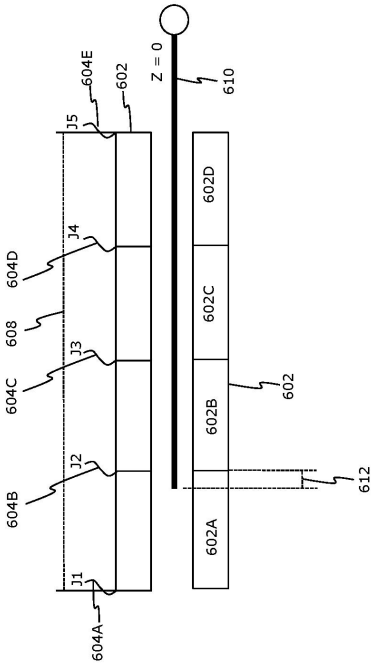
【図４】


0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
-0.200
-0.400
-0.600
0
2
6
8
10
12
U23-U12
U34-U23
U45-U34

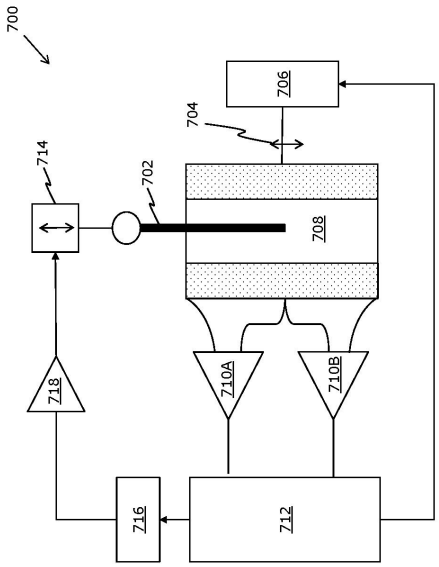
【図５】


1,500
1,000
0,500
0,000
-0,500
-1,000
-1,500
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Z(mm)
502

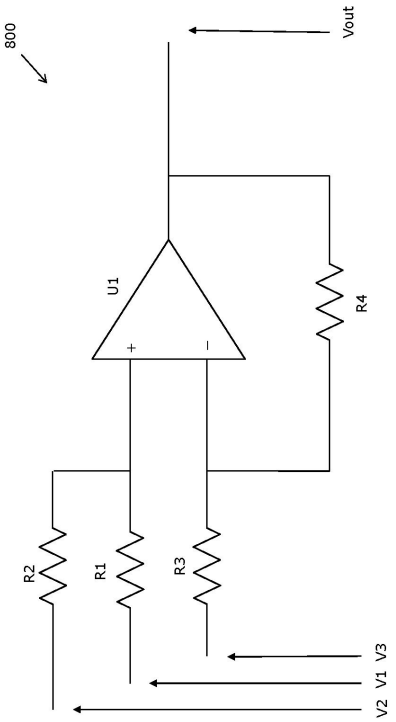
【図６】


Z = 0
610
604E
602
J5
J4
J3
J2
J1
604D
608
604C
604B
604A
602D
602C
602B
602A
602
612

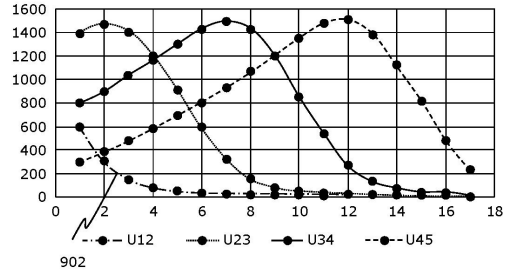
【図７】


700
706
704
714
702
708
718
710A
710B
716
712

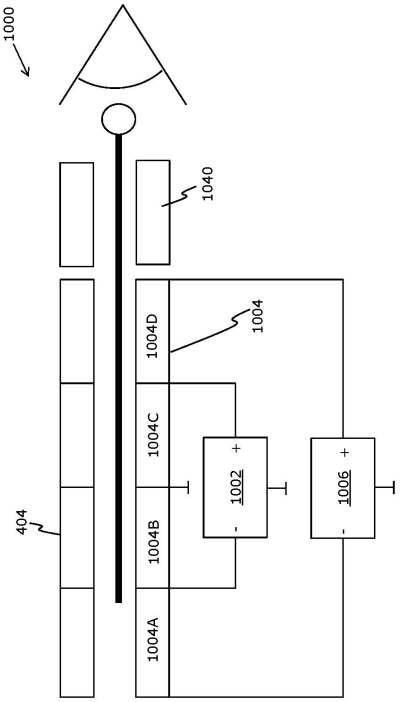
【図８】


800
Vout
U1
+
−
R4
R2
R1
R3
V2
V1
V3

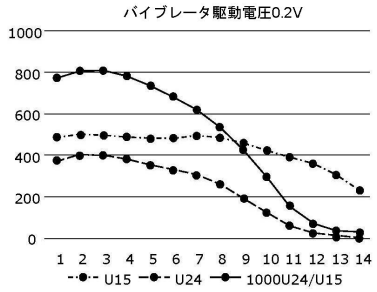
【図９】



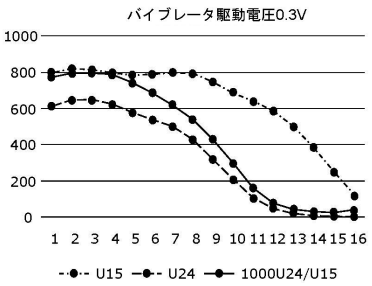
【図１０】



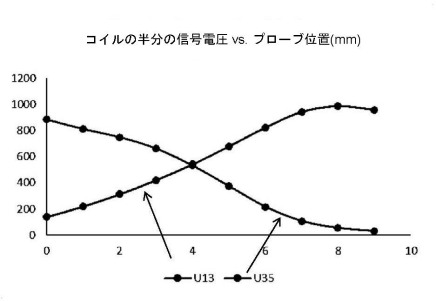
【図１１Ａ】



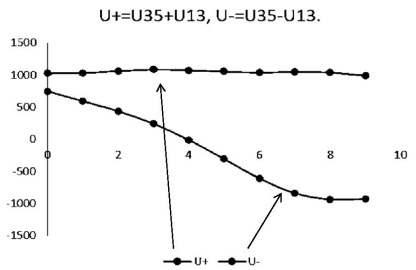
【図１１Ｂ】



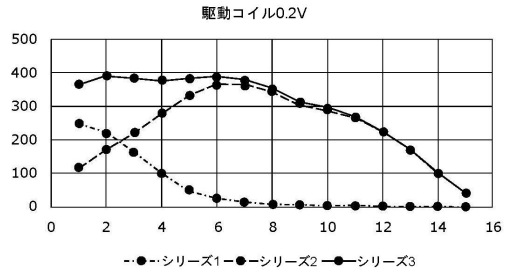
【図１２Ａ】



【図１２Ｂ】



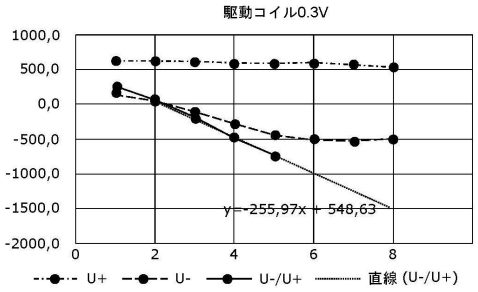
【図１３Ａ】



【図１３Ｂ】

U+	U-	1000*(U+/U-)
559.2	387.09	692.2
574.7	311.52	542.1
596.3	223.52	374.8
599.4	128.15	213.8
599.8	-13.431	-22.4
573.1	-124.19	-216.7
539.5	-266.42	-493.8
487.6	-371.36	-761.6

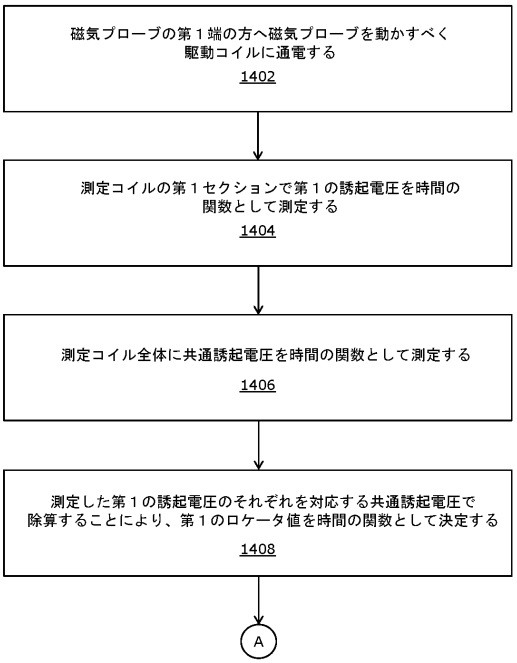
【図１３Ｃ】



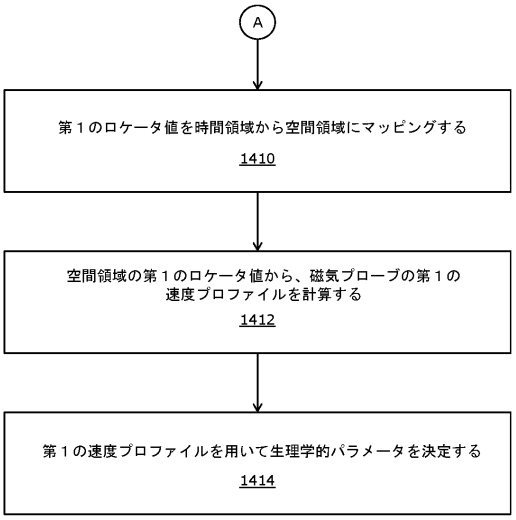
【図１３Ｄ】

U+	U-	1000*(U-/U+)
622.3	163.3	242.41
616.6	39.2	63.57
606.8	-116.8	-192.49
587.4	-287	-488.59
588.5	-436.3	-741.38
590.6	-514.85	
570.3	-529.11	
532.1	-507.34	

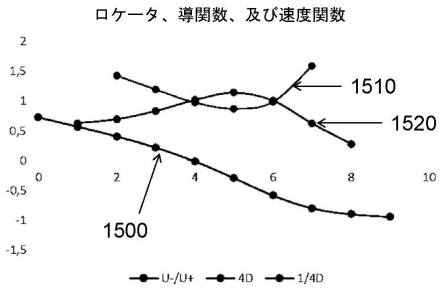
【図１４Ａ】



【図１４Ｂ】



【図１５】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FI2022/050451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B3/16
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008/103381 A1 (KONTIOLA ANTTI [FI]) 1 May 2008 (2008-05-01) paragraphs [0001], [0018], [0019]	1-19
A	US 2019/380577 A1 (MARTIN GABRIEL N [AR]) 19 December 2019 (2019-12-19) paragraphs [0027] - [0028]	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
1 September 2022	09/09/2022

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Martelli, Luca

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FI2022/050451

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008103381 A1	01-05-2008	AT 490719 T	15-12-2010
		CN 101190122 A	04-06-2008
		DK 1927315 T3	14-03-2011
		EP 1927315 A1	04-06-2008
		ES 2352735 T3	22-02-2011
		JP 5072552 B2	14-11-2012
		JP 2008136869 A	19-06-2008
		PL 1927315 T3	31-05-2011
		US 2008103381 A1	01-05-2008
US 2019380577 A1	19-12-2019	CA 3042618 A1	13-12-2019
		CN 110584595 A	20-12-2019
		EP 3581089 A1	18-12-2019
		IL 266408 A	31-07-2019
		JP 6995086 B2	14-01-2022
		JP 2019213863 A	19-12-2019
		JP 2022027887 A	14-02-2022
		US 2019380577 A1	19-12-2019

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

（特許庁注：以下のものは登録商標）

１．ＶＩＳＵＡＬ ＢＡＳＩＣ

フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター エイリティエ ２２ アイケア フィンランド オサケ ユキチュア内

(72)発明者 カンナス ラウリ

フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター エイリティエ ２２ アイケア フィンランド オサケ ユキチュア内

(72)発明者 ヘッラネン テーム

フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター エイリティエ ２２ アイケア フィンランド オサケ ユキチュア内

(72)発明者 サルコラ ミカ

フィンランド国 ０１５１０ ヴァンター エイリティエ ２２ アイケア フィンランド オサケ ユキチュア内

Ｆターム（参考） 4C316 AA20