

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-501769

(P2020-501769A)

(43) 公表日 令和2年1月23日(2020.1.23)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/00 (2006.01)F I
A 6 1 B 8/00テーマコード (参考)
4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2019-533382 (P2019-533382)
(86) (22) 出願日 平成29年12月18日 (2017.12.18)
(85) 翻訳文提出日 令和1年7月25日 (2019.7.25)
(86) 国際出願番号 PCT/IB2017/058037
(87) 国際公開番号 W02018/116114
(87) 国際公開日 平成30年6月28日 (2018.6.28)
(31) 優先権主張番号 62/437, 284
(32) 優先日 平成28年12月21日 (2016.12.21)
(33) 優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)

(71) 出願人 590000248
コーニンクレッカ フィリップス エヌ
ヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS
N. V.
オランダ国 5656 アーエー アイン
ドーフエン ハイテック キャンパス 5
High Tech Campus 5,
NL-5656 AE Eindhoven
(74) 代理人 100107766
弁理士 伊東 忠重
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高速且つ自動化された超音波プローブ校正のためのシステム及び方法

(57) 【要約】

関連する超音波プローブの電磁 (EM) 追跡を校正するための装置であって、EM符号化空間内にEM場を生成するように構成された場発生器を含むEM追跡装置と、超音波プローブ上に配置されたEMセンサと、校正針と、校正針上に配置されたEMセンサと、少なくとも1つのプロセッサと、少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における校正針の位置を決定することと、校正針上に配置されたEMセンサのEM追跡装置によるEM追跡から測定時間における校正針のEM追跡位置を決定することと、測定時間における超音波画像形成空間における校正針の位置と、測定時間における校正針のEM追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、を含むEM追跡校正方法を実行するための非一時的記憶媒体を含む。

〔選択図〕 図1

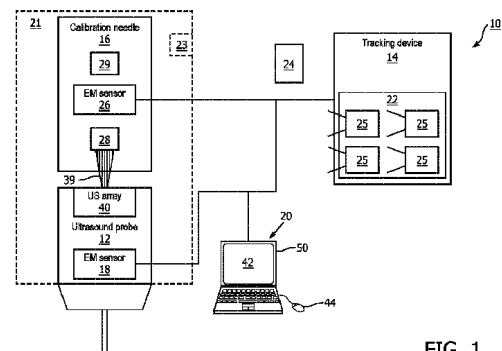


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

関連する超音波プローブの電磁（E M）追跡を校正するための装置であって、
E M符号化空間内にE M場を生成するように構成された場発生器を含むE M追跡装置と

、
前記超音波プローブ上に配置されたE Mセンサと、
校正針と、
前記校正針上に配置されたE Mセンサと、
少なくとも1つのプロセッサと、
前記少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非
一時的記憶媒体であって、

前記超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定することと、

前記校正針上に配置された前記E Mセンサの前記E M追跡装置によるE M追跡から前記測定時間における前記校正針のE M追跡位置を決定することと、

前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前記測定時間における前記校正針の前記E M追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、

を含むE M追跡校正方法を実行するための非一時的記憶媒体と、
を含む、装置。

【請求項 2】

前記E M追跡校正方法は、

前記生成された位置合わせを使用して、前記超音波画像形成空間内の共通座標系における少なくとも1つの超音波画像の位置を決定すること、
をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記校正針上に配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサをさらに含み、

前記超音波プローブを使用した前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置の決定は、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された信号のタイム・スタンプである前記超音波プローブによって放射された超音波ビームによって超音波処理されたことに応答して前記超音波トランスデューサによって放射された信号を検出することと、

前記超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された超音波反射のタイム・スタンプである前記超音波掃引に応答して、前記校正針からの超音波伝送を検出することと、

前記超音波伝送を生じさせた前記超音波掃引の超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波伝送を生じさせた前記超音波掃引の前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 5】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波画像形成空間における超音波画像を取得することと、

前記超音波画像における前記校正針の画像を検出することによって、前記超音波画像における前記校正針の前記位置を決定することであって、前記測定時間は、前記超音波画像における前記校正針の前記画像の取得タイム・スタンプである、決定することと、を含む、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 6】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブ及び前記校正針の複数の異なる相対位置で前記超音波プローブを使用して前記校正針の候補位置を決定し、前記候補位置ごとに、前記候補位置の前記決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置として、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することと、

前記最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置のタイム・スタンプとして前記測定時間を決定することと、

を含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 7】

前記校正針及び前記超音波プローブの少なくとも一方を前記校正針及び前記超音波プローブの他方に対して移動させるように構成されたロボット装置を、さらに含み、

前記候補位置を決定することは、前記超音波プローブに対して前記校正針を移動させて、前記超音波プローブ及び前記校正針の前記複数の異なる相対位置を横断するように、前記ロボット装置を動作させることを含む、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

関連する超音波プローブの追跡を校正するための装置であって、

追跡空間内で追跡センサを位置決めするように構成された追跡装置と、

前記超音波プローブ上に配置された超音波プローブ追跡センサと、

校正針と、

前記校正針上に配置された校正針追跡センサと、

少なくとも 1 つのプロセッサと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、

前記超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定することと、

前記校正針上に配置された前記校正針追跡センサの前記追跡装置による追跡から前記測定時間における前記校正針の追跡位置を決定することと、

前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の位置と、前記測定時間における前記校正針の前記追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、

を含む追跡校正方法を実行する、非一時的記憶媒体と、

を含む、装置。

【請求項 9】

前記追跡校正方法は、

前記生成された位置合わせを使用して、前記超音波画像形成空間内の共通座標系における少なくとも 1 つの超音波画像の位置を決定すること、

をさらに含む、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記校正針上に配置された少なくとも 1 つの超音波トランスデューサ、をさらに含み、

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の位置の決定は、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された信号のタイム・スタンプである前記超音波プローブによって

10

20

30

40

50

放射された超音波ビームによって超音波処理されたことに応答して前記超音波トランスデューサによって放射された信号を検出することと、

前記超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 8 及び 9 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 1 1】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された超音波反射のタイム・スタンプである前記超音波掃引に応答して、前記校正針からの超音波伝送を検出することと、

前記超音波伝送を生じた前記超音波掃引の超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波伝送を生じさせた前記超音波掃引の前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 8 又は 9 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波画像形成空間における超音波画像の取得することと、

前記超音波画像における前記校正針の画像を検出することによって、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することであって、前記測定時間は、前記超音波画像における前記校正針の前記画像の取得タイム・スタンプである、検出することと、
を含む、請求項 8 及び 9 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 1 3】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブ及び前記校正針の複数の異なる相対位置で前記超音波プローブを使用して前記校正針の候補位置を決定し、候補位置ごとに、前記候補位置の前記決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置として、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置のタイム・スタンプとして前記測定時間を決定することと、

を含む、請求項 8 乃至 1 2 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 1 4】

前記校正針及び前記超音波プローブの少なくとも一方を前記校正針及び前記超音波プローブの他方に対して移動させるように構成されたロボット装置をさらに含み、

前記候補位置を決定することは、前記超音波プローブに対して前記校正針を移動させて、前記超音波プローブ及び前記校正針の前記複数の異なる相対位置を横断するように、前記ロボット装置を動作させることを含む、請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 5】

関連する超音波プローブの追跡を校正するための装置であって、

追跡空間内で追跡センサを位置決めするように構成された追跡装置と、

前記超音波プローブ上に配置された超音波プローブ追跡センサと、

校正針と、

前記校正針上に配置された校正針追跡センサと、

前記校正針上に配置された超音波トランスデューサと、

少なくとも 1 つのプロセッサと、

少なくとも 1 つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時

10

20

30

40

50

的記憶媒体であって、

前記超音波プローブによって異なる向きに放射された複数の超音波ビームを含む超音波掃引を行うことと、

前記超音波掃引中の前記超音波トランスデューサの超音波処理に応答して前記超音波トランスデューサによって生成されたトランスデューサ信号を検出することと、

前記検出されたトランスデューサ信号のタイム・スタンプとしての測定時間の決定することと、

前記超音波トランスデューサを超音波処理した前記超音波ビームの向きから前記測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定し、測定時間を前記超音波トランスデューサを超音波処理した前記超音波ビームのトリガ時間及び前記超音波ビームに沿った飛行時間と比較することと、

前記校正針上に配置された前記校正針追跡センサの追跡装置による追跡から前記測定時間における校正針の追跡位置を決定することと、

前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前記測定時間における前記校正針の前記追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、

を含む追跡校正方法を実行する、非一時的記憶媒体と、を含む、装置。

【請求項 16】

前記追跡校正方法は、

前記生成された位置合わせを使用して、前記超音波画像形成空間内の共通座標系における少なくとも 1 つの超音波画像の位置を決定すること、をさらに含む、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 17】

前記校正針上に配置された少なくとも 1 つの超音波トランスデューサを、さらに含み、前記超音波プローブを使用した前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置の決定は、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が前記検出された信号のタイム・スタンプである前記超音波プローブによって放射された超音波ビームによって超音波処理されたことに応答して前記超音波トランスデューサによって放射された信号を検出することと、

前記超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、を含む、請求項 15 及び 16 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 18】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波画像形成空間において超音波画像の取得することと、

前記超音波画像における前記校正針の画像を検出することによって、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することであって、前記測定時間は、前記超音波画像における前記校正針の前記画像の取得タイム・スタンプである、検出することと、

を含む、請求項 15 及び 16 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 19】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブ及び前記校正針の複数の異なる相対位置で前記超音波プローブを使用して前記校正針の候補位置を決定し、候補位置ごとに、前記候補位置の前記決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置として、前記超音波画像形成空間にお

10

20

30

40

50

ける前記校正針の前記位置を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置のタイム・スタンプとして前記測定時間を決定することと、

を含む、請求項 15 乃至 18 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 20】

前記校正針及び前記超音波プローブの少なくとも一方を前記校正針及び前記超音波プローブの他方に対して移動させるように構成されたロボット装置をさらに含み、

前記候補位置を決定することは、前記超音波プローブに対して前記校正針を移動させて、前記超音波プローブ及び前記校正針の前記複数の異なる相対位置を横断するように、前記ロボット装置を動作させることを含む、請求項 19 に記載の装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

以下は、一般に、超音波技術、校正技術、プローブ追跡技術、電磁追跡技術、画像誘導医療処置技術、及び関連技術に関する。

【背景技術】

【0002】

追跡超音波（US：ultrasound）プローブ（電磁的に（EM）追跡される US プローブなど）が関与する医療処置では、プローブ上の EM トラッカー（EM tracker）を US 撮像アレイに位置合わせする（registered：レジスターする）必要がある。このプロセスは「校正（calibration：較正）」と呼ばれる。処置中の超音波画像の正しい解釈を保証するために、この校正は非常に正確でなければならない。

20

【0003】

典型的な US プローブ校正方法では、ユーザは、組織模倣（tissue-mimicking）ファントム又は水ファントムに挿入された EM 追跡針の先端を（例えば、マウス・クリックを使用して）手動で識別し、一方、EM 追跡システムは、EM センサの対応する位置を記録する。静的基準 EM センサの位置と向きも記録される。次に、下式を用いて、US 撮像アレイと US プローブ上の EM センサ（ $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ ）との間の位置合わせが得られる。

30

【数 1】

$$T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM} \times p_{US}(x, y, 0) = T_{NeedleEM \rightarrow RefEM} \times p_{EM}(x, y, z) \quad (1)$$

【0004】

$p_{US}(x, y, 0)$ が 2D US 画像上でユーザによってクリックされた針先端である場合、 $p_{EM}(x, y, z)$ は、ユーザ・クリック時に EM 追跡システムによって保存された針 EM センサ（針先端に校正された）の 3D 位置であり、 $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM}$ は、針 EM センサから静的基準センサへの既知の変換であり、 $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM}$ は、US プローブ上の EM センサから静的基準センサへの既知の変換である。EM 場発生器（FG）は、（特定の基準センサの代わりに）他のすべての追跡された量が変換される基準座標系として機能することもできる。

40

【0005】

現在の US 追跡技術は、画像プローブのビームが視野（FOV）を掃引するときに超音波センサが受信した信号を分析することによって、従来の US B モード画像診断の FOV において追跡された外科ツール上に取り付けられたパッシブ超音波センサ（例えば、PZT、PVDf、コポリマー又は他の圧電材料）の位置を推定する。飛行時間測定（Time-of-flight measurements）は、撮像アレイからのパッシブ超音波センサの軸方向／半径方向の距離を提供し、一方、振幅測定及びビーム照射シーケンスの知識は、センサの横方向／角度位置を提供する。3D トランスデューサ（すなわち、2D マトリックス・アレイ）と共に使用される場合、センサの仰角位置（elevat

50

ional position) も同様の方法で得ることができる。従って、センサの 3D 位置は、それが撮像トランスデューサの FOV 内に存在するならば、リアルタイムで推定することができる。

【0006】

US プローブ校正を実行する現在の方法は、通常、手動で主観的であり、従って、実行に時間がかかり、退屈であることを除いて、誤差を起こしやすい。上記式 (1) に関して、針先端のユーザ識別 (すなわち、 $p_{US}(x, y, 0)$) における誤差は、プローブ校正 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ の推定における誤差に伝播する。

【0007】

高精度を保証しつつ、現在の方法に関連する主観性を排除し、追跡した US プローブを校正するための高速で自動化された方法を、以下で提案する。

【0008】

介入処置には、診断及び／又はナビゲーション・ガイダンスのためのマルチモーダルな画像プロトコルがしばしば含まれる。例えば、磁気共鳴画像法 (MRI) は、主に診断、セグメンテーションなどのための処置前画像診断法として用いることができ、超音波 (US) は、処置中ガイダンスとして用いることができる。このような場合、処置中 US (最も多いのは二次元 (2D)) は、処置前の MRI と位置合わせをしなければならない。このような介入処置において超音波画像を空間的に正確に解釈するために、追跡システムは、典型的には電磁 (EM) 追跡システムが使用される。EM 追跡では、電磁場発生器は、EM 符号化空間を生成するように空間的に変化する低強度電磁場を生成する。静的基準 EM センサがこの場に配置され、プローブ EM センサが超音波プローブに取り付けられる。空間的に符号化された EM 場によって各センサに小さな電流が誘導され、EM 基準センサの位置又は EM 場発生器 (FG) が参照される EM 場の位置を決定するために使用される。このような EM 追跡システムは、例えば、カナダのオンタリオ州ノーザン・デジタル (Northern Digital Inc.) (NDI) 社のオーロラ EM 追跡システム (Aurora EM tracking system) などが、市販されている。

【0009】

超音波画像を正しく空間的に解釈するためには、超音波画像を超音波プローブ上の EM センサの位置に空間的に位置合わせする必要がある。これは変換 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ として定義され、ProbeEM は US プローブ上の EM センサの位置を示す。現在、これは手作業で行われている。針先端又はその近くの EM センサを含む校正針 (そして報告された EM 位置が針先端の位置であるように、針先端に校正された) は、EM 追跡によって追跡されながら超音波によって撮像される。超音波画像では、ユーザは手動で針先端の位置をマークする。手動のユーザ・クリック時に針 EM センサの EM 位置を記録し、その関係を以下に示す。

【数 2】

$$T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM} \times p_{US}(x, y, 0) = T_{NeedleEM \rightarrow RefEM} \times p_{EM}(x, y, z) \quad (1)$$

US 画像位置プローブ EM センサ位置変換 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ に対して解く。次に、変換 $T_{US \rightarrow RefEM} = T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM}$ は、基準 EM センサ (ここで、 $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM}$ は、US プローブ上の EM センサから静的基準 EM センサへの既知の変換である) を参照して超音波画像を位置決めする。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

このアプローチにはいくつかの欠点がある。これは、特に、上述のプロセスが、好ましくは、空間を精密にまとめる (map out) ためには十数箇所以上の異なる位置について繰り返されるので、労働集約的である。さらに、超音波画像掃引の二次元 (2D) 平面において、操作者／ユーザによって針先端が正確に位置決めされない場合、誤差が生じ

る可能性がある。

【0011】

本明細書に開示されている改良は、既存の追跡システム、方法などの前述の欠点及び他の欠点に対処するものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

1つの説明の役に立つ例によると、関連する超音波プローブの電磁（EM）追跡を校正するための装置であって、EM符号化空間内にEM場を生成するように構成された場発生器を含むEM追跡装置と、前記超音波プローブ上に配置されたEMセンサと、校正針と、

前記校正針上に配置されたEMセンサと、少なくとも1つのプロセッサと、前記少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、前記超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における校正針の位置を決定することと、前記校正針上に配置された前記EMセンサの前記EM追跡装置によるEM追跡から前記測定時間における前記校正針のEM追跡位置を決定することと、前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前記測定時間における前記校正針の前記EM追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、を含むEM追跡校正方法を実行するための非一時的記憶媒体と、を含む。

【0013】

別の説明の役に立つ例によると、関連する超音波プローブの追跡を校正するための装置であって、追跡空間内で追跡センサを位置決めするように構成された追跡装置と、前記超音波プローブ上に配置された超音波プローブ追跡センサと、校正針と、前記校正針上に配置された校正針追跡センサと、少なくとも1つのプロセッサと、少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、前記超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定することと、前記校正針上に配置された前記校正針追跡センサの前記追跡装置による追跡から前記測定時間における前記校正針の追跡位置を決定することと、前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の位置と、前記測定時間における前記校正針の前記追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、を含む追跡校正方法を実行する、非一時的記憶媒体と、を含む。

【0014】

別の説明の役に立つ例によると、関連する超音波プローブの追跡を校正するための装置であって、追跡空間内で追跡センサを位置決めするように構成された追跡装置と、前記超音波プローブ上に配置された超音波プローブ追跡センサと、校正針と、校正針上に配置された校正針追跡センサと、前記校正針上に配置された超音波トランスデューサと、少なくとも1つのプロセッサと、少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、前記超音波プローブによって異なる向きに放射された複数の超音波ビームを含む超音波掃引を行うことと、超音波掃引中の前記超音波トランスデューサの超音波処理に応答して前記超音波トランスデューサによって生成されたトランスデューサ信号を検出することと、前記検出されたトランスデューサ信号のタイム・スタンプとしての測定時間の決定することと、前記超音波トランスデューサを超音波処理した前記超音波ビームの向きから前記測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定し、測定時間を前記超音波トランスデューサを超音波処理した超音波ビームのトリガ時間及び前記超音波ビームに沿った飛行時間と比較することと、前記校正針上に配置された前記校正針追跡センサの追跡装置による追跡から測定時間における校正針の追跡位置を決定することと、前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前記測定時間における前記校正針の追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、を含む追跡校正方法を実行する、非一時的記憶媒体と、を含む。

【0015】

1つの利点は、超音波プローブの校正をより速く且つ自動化することにある。

【0016】

別の利点は、超音波プローブ校正における誤差を減少させることにある。

【0017】

本開示のさらなる利点は、以下の詳細な説明を読んで理解することにより、当業者には理解されるであろう。所与の実施形態は、これらの利点が無いか、又は1つ、2つ、又はそれ以上を提供し得ることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0018】

本開示は、構成要素の種々の構成要素及び配置、ならびにステップの種々のステップ及び配列において形態をとることができる。図面は、好ましい実施形態を説明するためのものであり、本発明を限定するものと解釈すべきではない。

【図1】一態様による、超音波プローブの追跡プロセスを校正するための装置を図式的に示す。

【図2】図1の装置の校正針を図式的に示す。

【図3】図1の装置の校正プロセスの例示的なフローチャートである。

【図4】図3の校正プロセスの代替操作の例示的なフローチャートである。

【図5】図3の校正プロセスの代替操作の例示的なフローチャートである。

【図6】図3の校正プロセスの代替操作の例示的なフローチャートである。

【図7】図3の校正プロセスの代替操作の例示的なフローチャートである。

【図8】針がプローブに対して移動される図1の装置の校正プロセスを図式的に示す。

【図9】プローブが針に対して移動される図1の装置の校正プロセスを図式的に示す。

【図10】図3の同期動作を実行するための補間アプローチを示す。

【図11】図3の同期動作を実行するための補間アプローチを示す。

【図12】図1の装置のプローブ又は針の位置の画像フレーム対針のセンサ信号の大きさのグラフを示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本明細書に開示されるいくつかの実施形態は、超音波画像における針先端の手動ラベル付けを、自動化されたプロセスで置き換える。一実施形態では、校正針先端 (calibration needle tip) は、超音波掃引中に超音波処理されることに応答して、信号を放射する追加の超音波トランスデューサを加えることによって修正される。このトランスデューサ信号は、タイム・スタンプされ、記録され、タイム・スタンプされたEMデータと同期される。超音波掃引は、各超音波ビーム放射の開始を示すトリガ信号を出力することを含み、従って、2D超音波掃引平面内のトランスデューサの位置は、どのビームがトランスデューサにビームの「飛行時間」と共にトランスデューサを超音波処理したかに基づいて決定される (リターン・エコーが使用されないため、超音波画像化のエコー時間の実質的な半分)。超音波画像内の手動でラベル付けされた位置の代わりに、US画像内のこの自動的に決定された位置が使用される。

【0020】

別の実施形態では、針配置超音波トランスデューサの代わりに、他のオプションを使用することができる。1つのアプローチでは、トランスデューサは、パッシブ (受動型) 超音波反射器 (passive ultrasound reflector) で置き換えられ、超音波プローブを使用して受信モードでエコーが検出される。例えば、校正針上に配置された超音波センサは、超音波プローブから放射された超音波ビームを「リスン (listens)」し、超音波プローブによって検出され得る音響パルスを再放射する。別のアプローチでは、針先端は超音波画像において可視であるように設計され、画像処理は、超音波画像における針の位置を検出するために使用される。

【0021】

針先端が2D超音波掃引平面内に正確に存在しない可能性があるという問題に対処するためには、針先端を2D平面に対してほぼ横方向に直線的に移動させることができるか、

10

20

30

40

50

又は超音波プローブを揺動させるか又は直線的に移動させて、2D平面が静止針先端を横切って掃引させるかのいずれかである。次いで、針先端からの信号（主実施形態におけるトランスデューサ信号、又は代替実施形態における超音波エコー強度又は画像コントラスト）が最大である超音波掃引を校正に使用する。針先端又は超音波プローブの必要な動きは、ロボット装置によって提供することができ、又は、タイム・スタンプされたデータが記憶され、次いで、最も強い信号を提供する掃引が遡及的に識別され得るので、手動で行うことができる。

【0022】

これから図1を参照すると、関連する超音波プローブ12の電磁（EM）追跡を校正するための装置10の概略図が示されている。装置10は、EM追跡装置14と、校正針16と、超音波プローブ12上に配置されたEMセンサ18と、少なくとも1つのコンピュータ20（及び、任意選択で、超音波プローブ12に対して校正針16を移動させるように構成されたロボット装置21）とを含み、これらの各構成要素は、以下により詳細に説明される。

【0023】

EM追跡装置14は、追跡空間内で1つ以上の追跡センサを位置決めする（locate）ように構成される。一例では、EM追跡装置14は、超音波プローブ12と校正針16の両方を含むEM符号化追跡空間内にEM場を生成するように構成された場発生器22を含む。EM追跡装置14はまた、任意選択で、EM符号化空間内に配置された基準EMセンサ24を含む。EM追跡装置14は、EM符号化追跡空間内の追跡EMセンサ（例えば、校正針16上に配置された校正針EMセンサ26及び／又は超音波プローブ12上に配置されたプローブEMセンサ18）を、基準EMセンサ24に対して、又は場発生器22に対して位置決めするように構成される。EM追跡装置14は、オーロラ電磁追跡システム（カナダ、オンタリオ州、ウォータールーのノーザン・デジタル社から市販されている）のような市販の任意のEM追跡装置であってもよく、又は特注の装置であってもよい。

【0024】

校正針EMセンサ26は、EM追跡装置14によって生成されたEM場を検出するように構成される。少なくとも1つの超音波トランスデューサ28もまた、校正針16上に配置され、超音波プローブ12による針先端の超音波処理（sonication）を検出するように構成される。ここでは、EM追跡について説明するが、校正針の位置を追跡することができる任意の他の追跡システムを使用することができる。例えば、校正針16は、光学追跡装置（図示せず）によって追跡される反射型エコー発生追跡センサ29を代替的に含んでもよい。

【0025】

次に、図2に示す一実施形態を参照すると、校正針16は、針本体の第1の端部に配置された針先端32と、針本体の第2の対向端部に配置された配線ハブ34とを有する針本体30を含んでもよい。EMセンサ18（図2には示されていない）は、針先端32に、又は針本体30の内部内の針先端32から既知の距離に配置されてもよく、又は針本体の壁に一体化されてもよい。EMセンサ18は、EM追跡装置14によって生成されたEM場を検出するように構成されている。超音波トランスデューサ28はまた、針先端32から既知の距離に配置される。EMセンサ18及び超音波トランスデューサ28の相対位置は、演繹的に既知であると仮定され、例えば、針の直交X線又は蛍光透視法又はCT画像を用いて空間的に位置合わせされる（あるいは、EMセンサ及びUSセンサの位置の両方が針先端に位置合わせされる）。好ましくはプローブ本体30の内部の配線38は、例えばハブ34を配線貫通接続（feedthrough）として使用して、EMセンサ18及び超音波センサ28に接続する。

【0026】

図1を参照すると、少なくとも1つのコンピュータ20は、少なくとも1つのディスプレイ構成要素42、少なくとも1つのユーザ入力構成要素44、本明細書に開示される校

10

20

30

40

50

正機能を実行するようにプログラムされた少なくとも1つの電子プロセッサ50（例えば、マイクロプロセッサ、マルチコア・マイクロプロセッサなど）などの典型的な構成要素を含む。いくつかの例では、ディスプレイ42は、タッチセンサー・ディスプレイとすることができる。ユーザ入力構成要素44は、マウス、キーボード、スタイラス、前述のタッチセンサー・ディスプレイ、マイクロホン、及び／又は同様のものとすることができる。

【0027】

次に図3を参照すると、少なくとも1つのプロセッサ50は、EM符号化空間内の超音波プローブ12のEM追跡校正方法100を実行するようにプログラムされる。ステップ102において、超音波画像形成空間における校正針16の位置は、超音波プローブ12及び超音波トランスデューサ28を使用して測定時間において決定される。これは式(1)の値 $p_{US}(x, y, 0)$ である。ステップ104において、校正針16の追跡位置（例えば、EM追跡位置）が、校正針16上に配置されたEMセンサ26の追跡装置14による追跡（例えば、EM追跡）から測定時間において決定される。これは式(1)の位置 $p_{EM}(x, y, z)$ である。同時に、EM追跡システムは基準EMセンサ24の位置を監視している。これから変換 $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM}$ が決定される。ステップ106において、超音波プローブ12上に配置されたEMセンサ18の追跡装置14による追跡（例えば、EM追跡）から、超音波プローブ12の追跡位置（例えば、EM追跡位置）が測定時間において決定される。基準EMプローブ24の追跡位置と共にこれから、変換 $T_{ProbeEM \rightarrow RefEM}$ が決定される。従って、ステップ108では、 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ に対して式(1)を解くことによって、測定時間における超音波画像形成空間における校正針16の位置 $p_{US}(x, y, 0)$ 及び測定時間における校正針の追跡位置 $p_{EM}(x, y, z)$ とを関連付ける位置合わせ($T_{US \rightarrow ProbeEM}$)が生成される。

【0028】

図4～図9に示すように、超音波プローブ12を用いた測定時の超音波画像形成空間（ultrasound imaging space）における校正針16の位置 $p_{US}(x, y, 0)$ を決定するステップ102は、様々な方法で実行することができる。一実施形態では、図4に示すように、ステップ102は、超音波プローブ12（図1参照）の超音波トランスデューサ・アレイ40によって放射された超音波ビーム39によって超音波処理されたことに応答して超音波トランスデューサ28によって放射された信号を検出することであって、測定時間は、検出された信号(112)のタイム・スタンプである、決定することと、超音波ビーム39の向きから超音波画像形成空間内で校正針16の位置を決定し、測定時間を超音波ビーム(114)のトリガ時間と比較することを含む。この比較により、アレイ40からトランスデューサ28への超音波ビームの「飛行時間」が得られる。

【0029】

別の実施形態では、図5に示すように、ステップ102は、超音波プローブ12を使用して超音波掃引を行うこと(116)と、超音波プローブ12を使用して、測定時間が検出された超音波反射のタイム・スタンプである超音波掃引に応答して校正針16からの超音波伝送を検出すること(118)と、センサから超音波伝送を生じた超音波掃引の超音波ビームの向きから超音波画像空間における校正針16の位置を決定し、測定時間をセンサから超音波伝送を生じた超音波掃引の超音波ビームのトリガ時間と比較すること(120)とを含む。この比較は、アレイ40から校正針16へ、そして超音波トランスデューサ・アレイ40へ戻る超音波ビームの「エコー時間(echo time)」を生じ、従って、前の実施形態の「飛行時間」の2倍である。

【0030】

さらなる実施形態では、図6に示されるように、ステップ102は、撮像装置（例えば、図示しないが、超音波撮像装置）を使用して超音波画像形成空間内の超音波画像を取得すること(122)と、超音波画像内の校正針の画像を検出することによって、超音波画

像形成空間内で校正針 16 の位置を決定することであって、測定時間は、超音波画像内の校正針の画像の取得タイム・スタンプである、検出すること (124) とを含む。一例では、画像全体の取得時間が小さいという仮定の下で、画像の取得タイム・スタンプは画像の取得時間であり得る。別の例では、画像の取得タイム・スタンプは、(112 で決定されたタイム・スタンプに類似の) 校正針の超音波処理の正確な時間であり得、従って、より正確な時間値を提供する。超音波画像内の校正針 16 の位置の決定には、画像内の校正針を表す既知のフィルタ・カーネルを用いた整合フィルタリングのような、任意の適切な画像セグメンテーション又は特徴認識技術を用いることができる。この例では、反射センサ 29 は、校正針 16 の先端にエコー発生ストリップ (echogenic strip) 又はビーコンを備える。

10

【0031】

前述では、EM 追跡測定値及び超音波データの両方がタイム・スタンプされて、2 つの測定値セット間の同期を可能にすると仮定されている。EM と超音波のサンプリング時間間隔が同期しない場合、この同期は複雑になる可能性がある。これは、適切な内挿技術によって対処することができる。

【0032】

前述の開示された校正技術は、校正針 16 が、超音波プローブ 12 の超音波トランスデューサ・アレイ 40 によって生成された超音波ビーム内で位置すると仮定する。この仮定は、超音波トランスデューサ・アレイ 40 が三次元 (3D) アレイである場合には正しであるが、二次元 (2D) アレイである場合にはあまり正しくないであろう。後者の場合、超音波プローブ 12 及び校正針 16 を比較的移動させるための自動化アプローチを使用して、校正針 16 が 2D 超音波面内で最適に位置決めされるときを決定することができる。

20

【0033】

図 7 に示すように、校正針 16 の位置の最適化は、超音波プローブ及び校正針の複数の異なる相対位置で超音波プローブ 12 を使用して校正針 16 の候補位置を決定すること (126) と、候補位置ごとに、候補位置の決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定すること (128) と、最も高い対応する信号強度を有する候補位置として、超音波画像形成空間内で校正針 16 の位置を決定すること (130) と、最も高い対応する信号強度を有する候補位置のタイム・スタンプとして、測定時間を決定すること (132) のステップ 102 を含む。いくつかの例では、126 は、超音波プローブ 12 に対して (又はその逆で) 校正針 16 を移動させて、超音波プローブと校正針の複数の異なる相対位置を横切るように、ロボット装置 21 を動作させることを含む。他の例では、ロボット装置 21 は、校正針 16 (又は超音波プローブ 12) を保持するように構成されたホルダ又はクランプ 23 を含むことができる。適切なアプローチでは、校正針 16 は、2D 超音波面を通過して先端 32 を掃引するのに十分な角度 θ の範囲にわたって、又は超音波プローブ 12 に直交する「x」ミリ (mm) だけ直線的に、移動させることができる。

30

【0034】

この実施形態では、校正ワークフローは、水タンク内又は組織模倣ファントム内で行うことができる。校正針 16 及び超音波プローブ 12 は、校正針 16 上の超音波センサ 40 が、高さ方向 (例えば、US 画像平面の高さ方向の広がりの方外側) に US 画像平面の外側に位置するように配置されるべきである。校正針 16 及び超音波プローブ 12 は、ホルダ 23 を使用して所定の位置に保持することができ、あるいは、ユーザが手動で保持することもできる。

40

【0035】

次に、校正針 16 又は超音波プローブ 12 のいずれかが移動され (他方は動かないで)、校正針 16 上の超音波センサ 40 が最初に US 画像平面の仰角範囲 (elevational coverage) に入り、次いで、最終的に画像平面から出るようにされる。一例では、校正針 16 (図 8 に示す) 又は超音波プローブ 12 (図 9 に示す) の運動は、適切に位置決めされた単純な 1D 運動ステージを用いて達成することができる。別の例で

50

は、この動作は、ユーザが移動すべき装置を保持して、手動で実行することができる。校正針 16 は、1D 運動ではなく、一定範囲の角度 $[\theta]$ にわたって回転させることができる。

【0036】

図 10 に示すように、例えば、106 で説明した時間同期は、適切な同期動作、例えば、補間によって実行することができる。一つの適切な同期アプローチでは、両方のデータ・ストリーム（超音波及び EM）が取得され、コンピュータ 20 に記憶される。従って、コンピュータ 20 のクロックを使用して、データを調整／解釈することができる。持続性又は補間は、より低い取得レートで取得されたデータ・ストリームからの欠測データを「埋める（fill in）」ために使用され、次いで、より高いフレームレートで取得されたデータ・ストリームに時間的に適合される。

10

【0037】

図 10 を簡単に参照すると、同期動作を実行するための例示的な補間アプローチが記述されている。図 10 は、タイム・スタンプ（「時間」とラベル付けされた列）、2D センサ位置（「US 追跡データ」とラベル付けされた列）、及び EM センサ位置（「EM 追跡データ」とラベル付けされた列）を示す。補間を説明するために、瞬間 T_4 において、針追跡データ及びプローブ追跡データの両方に欠測エントリがあることを考慮する。欠測データは、現在の時点 T_4 の直前及び直後のデータの加重平均を用いて補間することができる。針追跡データについては、 $(a_4 X_1 + b_4 X_2, a_4 Y_1 + b_4 Y_2)$ のように (X_1, Y_1) 及び (X_2, Y_2) を補間し、ここで、重み a_4 及び重み b_4 の可能な値は、 $a_4 = (T_6 - T_4) / (T_6 - T_3)$ 及び $b_4 = (T_4 - T_3) / (T_6 - T_3)$ 。同様に、 $c_4 = (T_5 - T_4) / (T_5 - T_3)$ 、 $d_4 = (T_4 - T_3) / (T_5 - T_3)$ である。この方法は、補間のための欠測エントリの前後のデータを利用するので、ある程度のタイムラグを伴って実装されなければならないことに注意されたい。

20

【0038】

図 11 を簡単に参照すると、同期動作 134 を実行するための代替の実施形態では、そのストリームの次のデータ点が到着するまで、最新のデータを持続させることができる。この技術は、いかなるタイムラグもなくリアルタイムで実行することができるが、図 7 の内挿アプローチと比較すると、精度がわずかに低下する弱点がある。

【0039】

校正針 16 / 超音波プローブ 12 の動きが発生している間に、校正針 EM センサ 26 の位置及び向き、超音波プローブ EM センサ 36 の位置及び向き、及び超音波プローブ超音波センサ 40 の情報（すなわち、信号 / SNR、US 画像内の座標、フレーム及びライン・トリガ情報等）が連続的に（又は断続的に、繰り返して、又は他の方法で捕捉される）データ・ストリームが捕捉される。

30

【0040】

次に、図 12 を参照すると、最大信号 / SNR に対応する US 画像フレームが選択され、その画像フレーム内の US センサ座標が記録される。図 12 に示すように、超音波トランスデューサ 28 上の受信信号の大きさが、並進／回転される校正針 16 / 超音波プローブ 12 の EM センサ 26 / 36 からの EM 読み取り値に対して分析される。超音波トランスデューサ 28 のピーク信号強度（又は相対信号強度、又は他の任意の適切な信号）が識別され、対応する画像フレーム及び校正針 16 及び超音波プローブ 12 の EM 読み取り値が注目される。

40

【0041】

次に、対応する超音波プローブ EM センサ 18 及び校正針 EM センサ 26 の座標が、超音波データ・ストリームを EM データ・ストリームと時間同期させることによって選択される。

【0042】

校正針 16 上の EM センサ 26 の空間位置は、X 線／蛍光透視法を用いて、校正針 16 上の超音波トランスデューサ 28 の空間位置と位置合わせされ、それは、一度だけの処理

50

であり得る。この変換は、式 1 の $T_{NeedleEM \rightarrow RefEM}$ 行列の一部として組み込まれている。US-EM変換（すなわち、所望のプロブ校正、 $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ ）は、上記の推定量を用いて線形方程式（式 1）から得ることができる。

【0043】

上述の測定時間はミリ秒以下のオーダーであることが理解されるであろう。一例では、測定時間は、校正針 16 の超音波処理の正確な時間とすることができる。別の例では、測定時間は、超音波画像の開始のような何らかの近い時間であり得る。

【0044】

介入処置における校正されたプロブの使用例

一例では、介入処置は追跡生検処置であり、解剖学的標的は処置前のMR画像データセット上で定義され、実際の介入（生検）は2D US下で行われる。以下の式は、EM、US、及びMRデータ・ストリームがすべて一緒に位置合わせされる方法を示している。

$T_{NeedleEM \rightarrow RefEM} \times P_{NeedleEM}(x, y, z)$ [ライブ針ストリーム用] … (式 2)

$T_{ProbeEM \rightarrow RefEM} \times T_{US \rightarrow ProbeEM} \times P_{US}(x, y, 0)$ [ライブ2D USストリーム用] … (式 3)

【0045】

各処置の開始時に、超音波プロブ 12 は、複数の2D画像を取得し、解剖学的関心領域の3D USデータセットを形成するために、一連の角度 $[\theta]$ にわたって「掃引され（swept）」又は「回転される（rotated）」。この3Dデータセット内の各2D US画像は、追跡装置 14 の基準EMセンサ 24（式 3）にインデックス付けされるので、3D USデータセットは、「RefEM」の基準フレーム内で直接得られる。

従って、 $P_{3DUS} = P_{RefEM}$ （すなわち、3D US データセットの点はすでに「RefEM」空間にある）

$T_{MR \rightarrow 3DUS} \times P_{MR}(x, y, z)$ [3D MRデータセットの場合] . . . (式 4)

$T_{MR \rightarrow 3DUS}$ は、例えば、MRとUSの両方で識別可能な特徴を用いて、画像ベースの位置合わせ方法を用いて得られる。このようにして、USプロブ校正（ $T_{US \rightarrow ProbeEM}$ ）は、US及びMR画像データ・ストリームをEM座標空間に変換するために使用される。

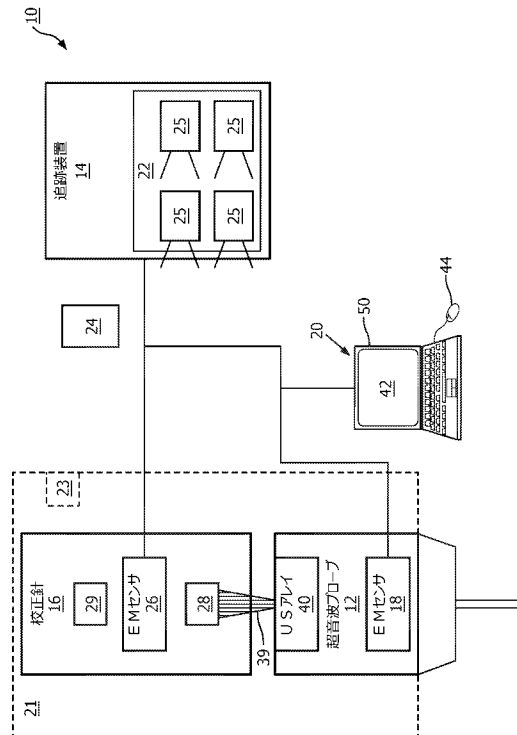
【0046】

装置 10 の例示的な計算、データ処理又はデータ・インターフェース構成要素は、開示された動作を実行するために電子プロセッサ（例えば、プロセッサ 50）によって実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体として具体化することができることが理解されよう。例えば、ハード・ディスク・ドライブ、RAID、又は他の磁気記憶媒体；ソリッド・ステート・ドライブ、フラッシュ・ドライブ、電子的消去可能なリードオンリー・メモリ（EEPROM）、又は他の電子メモリ；光ディスク又は他の光記憶装置；それらの種々の組み合わせ；などを、非一時的記憶媒体は、含んでもよい。

【0047】

本開示は、好ましい実施形態を参照して記載された。前述の詳細な説明を読んで理解することによって、修正及び変更は、他のものに生じることがあり得る。添付の特許請求の範囲又はその均等物の範囲内にある限りにおいて、すべてのそのような修正及び変更を含むように本開示は構成されることが意図される。

【図 1】



【図 2】

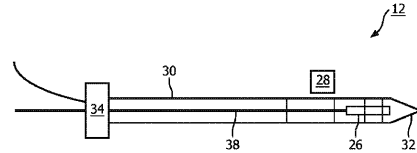
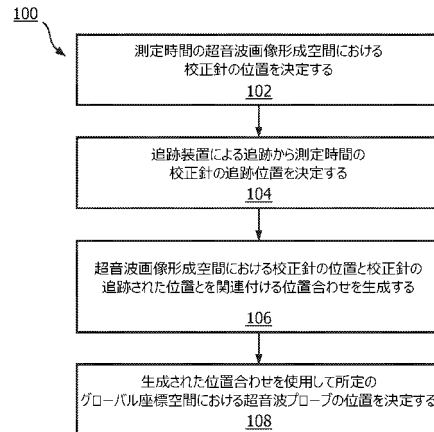
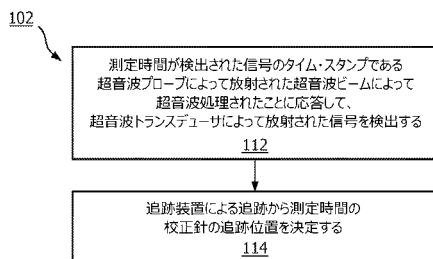


FIG. 2

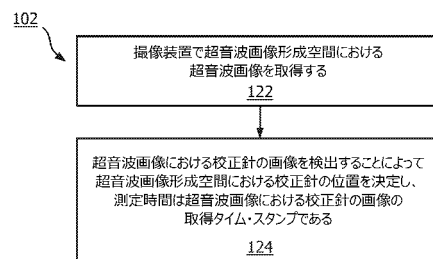
【図 3】



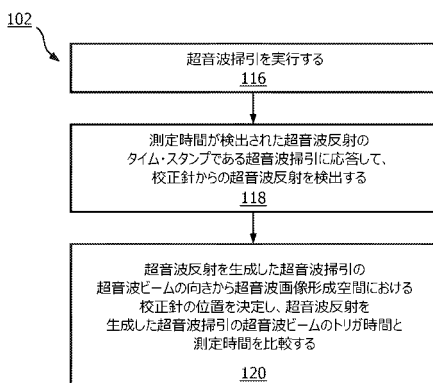
【図 4】



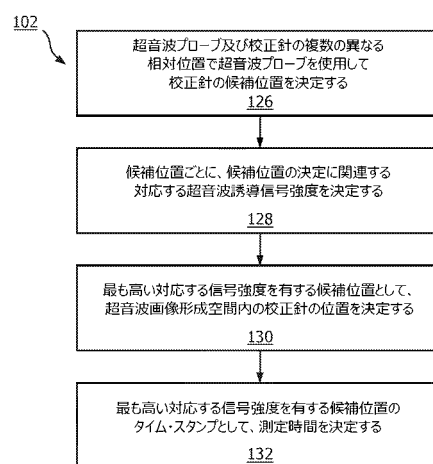
【図 6】



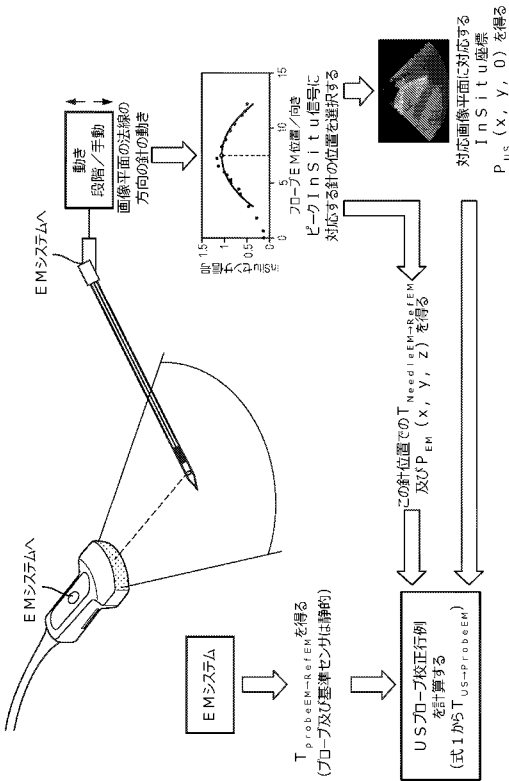
【図 5】



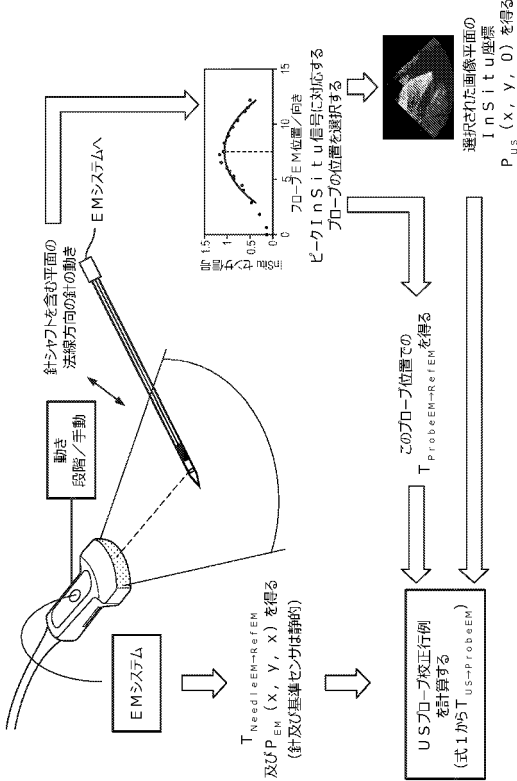
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

T_1	X_1	(X_1, Y_1)	$(a_1X_1 + b_1X_2, a_1Y_1 + b_1Y_2)$
T_2	X_2		
T_3	X_3		
T_4	$C_4X_3 + d_4X_4$		
T_5	X_4	(X_2, Y_2)	$(a_5X_1 + b_5X_2, a_5Y_1 + b_5Y_2)$
T_6	X_5		
T_7	X_6	(X_3, Y_3)	$(a_7X_2 + b_7X_3, a_7Y_2 + b_7Y_3)$
T_8	$C_8X_6 + d_8X_7$		
T_9	X_7	(X_4, Y_4)	$(a_9X_3 + b_9X_4, a_9Y_3 + b_9Y_4)$
T_{10}	X_8		
T_{11}	X_9	(X_5, Y_5)	$(a_{12}X_4 + b_{12}X_5, a_{12}Y_4 + b_{12}Y_5)$
T_{12}	X_{10}		
T_{13}	X_{11}	(X_6, Y_6)	$(a_{13}X_4 + b_{13}X_5, a_{13}Y_4 + b_{13}Y_5)$
T_{14}	X_{12}		
時間	X_{12}		

US追跡データ

EM追跡データ

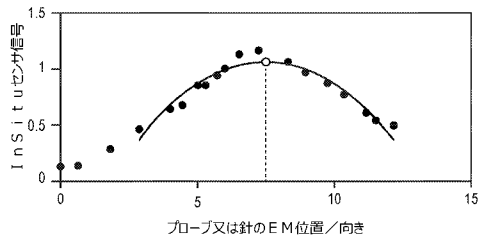
【図 11】

T_1	X_1	(X_1, Y_1)	$(a_1X_1 + b_1X_2, a_1Y_1 + b_1Y_2)$
T_2	X_2		
T_3	X_3		
T_4	X_4		
T_5	X_5	(X_2, Y_2)	$(a_5X_1 + b_5X_2, a_5Y_1 + b_5Y_2)$
T_6	X_6		
T_7	X_7	(X_3, Y_3)	$(a_7X_2 + b_7X_3, a_7Y_2 + b_7Y_3)$
T_8	X_8		
T_9	X_9	(X_4, Y_4)	$(a_9X_3 + b_9X_4, a_9Y_3 + b_9Y_4)$
T_{10}	X_{10}		
T_{11}	X_{11}	(X_5, Y_5)	$(a_{12}X_4 + b_{12}X_5, a_{12}Y_4 + b_{12}Y_5)$
T_{12}	X_{12}		
T_{13}	X_{13}	(X_6, Y_6)	$(a_{13}X_4 + b_{13}X_5, a_{13}Y_4 + b_{13}Y_5)$
T_{14}	X_{14}		
T_{15}	X_{15}		
時間	X_{15}		

US追跡データ

EM追跡データ

【図 1 2】



【手続補正書】

【提出日】 令和1年8月21日 (2019.8.21)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許請求の範囲

【補正対象項目名】 全文

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

関連する超音波プローブの電磁（EM）追跡を校正するための装置であって、
EM符号化空間内にEM場を生成するように構成された場発生器を含むEM追跡装置と

、
前記超音波プローブ上に配置されたEMセンサと、
校正針と、

前記校正針上に配置されたEMセンサと、

（i）少なくとも1つの超音波トランスデューサ又は（i i）前記校正針上に配置されたパッシブ超音波反射器のいずれか1つと、

少なくとも1つのプロセッサと、

前記少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、

前記超音波プローブを使用して測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定することと、

前記校正針上に配置された前記EMセンサの前記EM追跡装置によるEM追跡から前記測定時間における前記校正針のEM追跡位置を決定することと、

前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前

記測定時間における前記校正針の前記 E M 追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、

を含む E M 追跡校正方法を実行するための非一時的記憶媒体と、
を含む、装置。

【請求項 2】

前記 E M 追跡校正方法は、

前記生成された位置合わせを使用して、前記超音波画像形成空間内の共通座標系における少なくとも 1 つの超音波画像の位置を決定すること、
をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

少なくとも 1 つの超音波トランスデューサは前記校正針上に配置され、

前記超音波プローブを使用した前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置の決定は、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された信号のタイム・スタンプである前記超音波プローブによって放射された超音波ビームによって超音波処理されたことに応答して前記超音波トランスデューサによって放射された信号を検出することと、

前記超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記パッシブ超音波反射器は、前記校正針上に配置され、

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が検出された超音波反射のタイム・スタンプである前記超音波掃引に応答して、前記校正針上に配置された前記パッシブ超音波反射器からの超音波反射を検出することと、

超音波伝送を生じさせた前記超音波掃引の超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波伝送を生じさせた前記超音波掃引の前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 5】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブ及び前記校正針の複数の異なる相対位置で前記超音波プローブを使用して前記校正針の候補位置を決定し、前記候補位置ごとに、前記候補位置の前記決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置として、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することと、

前記最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置のタイム・スタンプとして前記測定時間を決定することと、
を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 6】

前記校正針及び前記超音波プローブの少なくとも一方を前記校正針及び前記超音波プローブの他方に対して移動させるように構成されたロボット装置を、さらに含み、

前記候補位置を決定することは、前記超音波プローブに対して前記校正針を移動させて、前記超音波プローブ及び前記校正針の前記複数の異なる相対位置を横断するように、前記ロボット装置を動作させることを含む、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

関連する超音波プローブの追跡を校正するための装置であって、
追跡空間内で追跡センサを位置決めするように構成された追跡装置と、
前記超音波プローブ上に配置された超音波プローブ追跡センサと、
校正針と、
前記校正針上に配置された校正針追跡センサと、
前記校正針上に配置された超音波トランスデューサと、
少なくとも1つのプロセッサと、
少なくとも1つのプロセッサによって読み取り可能で実行可能な命令を記憶する非一時的記憶媒体であって、

前記超音波プローブによって異なる向きに放射された複数の超音波ビームを含む超音波掃引を行うことと、

前記超音波掃引中の前記超音波トランスデューサの超音波処理に応答して前記超音波トランスデューサによって生成されたトランスデューサ信号を検出することと、

前記検出されたトランスデューサ信号のタイム・スタンプとしての測定時間の決定することと、

前記超音波トランスデューサを超音波処理した前記超音波ビームの向きから前記測定時間における超音波画像形成空間における前記校正針の位置を決定し、測定時間を前記超音波トランスデューサを超音波処理した前記超音波ビームのトリガ時間及び前記超音波ビームに沿った飛行時間と比較することと、

前記校正針上に配置された前記校正針追跡センサの追跡装置による追跡から前記測定時間における校正針の追跡位置を決定することと、

前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置と、前記測定時間における前記校正針の前記追跡位置とを関連付ける位置合わせを生成することと、

を含む追跡校正方法を実行する、非一時的記憶媒体と、
を含む、装置。

【請求項 8】

前記追跡校正方法は、

前記生成された位置合わせを使用して、前記超音波画像形成空間内の共通座標系における少なくとも1つの超音波画像の位置を決定することと、
をさらに含む、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記校正針上に配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサを、さらに含み、
前記超音波プローブを使用した前記測定時間における前記超音波画像形成空間内で前記校正針の前記位置の決定は、

前記超音波プローブを使用して超音波掃引を行うことと、

前記測定時間が前記検出された信号のタイム・スタンプである前記超音波プローブによって放射された超音波ビームによって超音波処理されたことに応答して前記超音波トランスデューサによって放射された信号を検出することと、

前記超音波ビームの向きから前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定し、前記測定時間を前記超音波ビームのトリガ時間と比較することと、
を含む、請求項 7 及び 8 のいずれか1項記載の装置。

【請求項 10】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波画像形成空間において超音波画像の取得することと、

前記超音波画像における前記校正針の画像を検出することによって、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することであって、前記測定時間は、前記超音波画像における前記校正針の前記画像の取得タイム・スタンプである、検出することと、

を含む、請求項7及び8のいずれか1項記載の装置。

【請求項11】

前記超音波プローブを使用して前記測定時間における前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することは、

前記超音波プローブ及び前記校正針の複数の異なる相対位置で前記超音波プローブを使用して前記校正針の候補位置を決定し、候補位置ごとに、前記候補位置の前記決定に関連する対応する超音波誘導信号強度を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置として、前記超音波画像形成空間における前記校正針の前記位置を決定することと、

最も高い対応する信号強度を有する前記候補位置のタイム・スタンプとして前記測定時間を決定することと、

を含む、請求項7乃至10のいずれか1項記載の装置。

【請求項12】

前記校正針及び前記超音波プローブの少なくとも一方を前記校正針及び前記超音波プローブの他方に対して移動させるように構成されたロボット装置をさらに含み、

前記候補位置を決定することは、前記超音波プローブに対して前記校正針を移動させて、前記超音波プローブ及び前記校正針の前記複数の異なる相対位置を横断するように、前記ロボット装置を動作させることを含む、請求項11に記載の装置。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2017/058037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. A61B8/00 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) EP0-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LUAN KUAN ET AL: "Automatic and Robust Freehand Ultrasound Calibration Using a Tracked Pointer", JOURNAL OF JAPAN SOCIETY OF COMPUTER AIDED SURGERY, vol. 13, no. 4, 1 January 2011 (2011-01-01), pages 437-443, XP055464818, DOI: 10.5759/jscas.13.437 abstract, sections 1. and 2., figure 1 -----	1,2,8,9
X A	WO 2014/016736 A2 (KONINKL PHILIPS NV [NL]) 30 January 2014 (2014-01-30) page 2, paragraph 2 page 8, paragraph 2 - page 11, paragraph 1 page 12, paragraph 3 - page 13, paragraph 1; figures 1, 2, 4 ----- -/--	1,2,8,9 3,10,15
☒ 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
5 April 2018		07/06/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Küster, Gunilla

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2017/058037

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HUI ZHANG ET AL: "Freehand 3D ultrasound calibration using an electromagnetically tracked needle", PROCEEDINGS OF SPIE, MEDICAL IMAGING 2006: VISUALIZATION, IMAGE-GUIDED PROCEDURES, AND DISPLAY, vol. 6141, 2 March 2006 (2006-03-02), pages 61412M-1, XP055464968, US ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.654906 ISBN: 978-1-5106-1324-9 the whole document -----	1,2,8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2017/058037**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
3, 10, 15-20(completely); 1, 2, 8, 9(partially)

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2017/058037

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014016736 A2	30-01-2014	CN 104507394 A	08-04-2015
		EP 2877096 A2	03-06-2015
		JP 6242394 B2	06-12-2017
		JP 2015522389 A	06-08-2015
		US 2015269728 A1	24-09-2015
		WO 2014016736 A2	30-01-2014

International Application No. PCT/IB2017/058037

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 3, 10, 15-20(completely); 1, 2, 8, 9(partially)

ultrasound probe calibration using a calibration needle,
wherein an ultrasound transducer is disposed on the
calibration needle

2. claims: 4, 11(completely); 1, 2, 8, 9(partially)

ultrasound probe calibration using a calibration needle,
wherein a passive ultrasound reflector is disposed on the
calibration needle

3. claims: 5, 12(completely); 1, 2, 8, 9(partially)

ultrasound probe calibration using a calibration needle,
wherein automatic image processing is used to detect the
needle location in the ultrasound image

4. claims: 6, 7, 13, 14(completely); 1, 2, 8, 9(partially)

ultrasound probe calibration using a calibration needle,
wherein a plurality of different relative positions of the
ultrasound probe and the calibration needle are used, in
particular by means of a robotic apparatus, to optimise
signal strength

フロントページの続き

(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, 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, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 バーラト, シャム

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイテック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ボニラス ヴァカ, アントニオ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイテック キャンパス ビルディング
5

Fターム(参考) 4C601 EE09 EE11 GA20 GA25 GA27 GA28 JB38 JB50 LL33 LL38

专利名称(译)	用于快速和自动超声探头校准的系统和方法		
公开(公告)号	JP2020501769A	公开(公告)日	2020-01-23
申请号	JP2019533382	申请日	2017-12-18
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	バーラトシャム		
发明人	バーラト,シャム ポニラス ヴァカ,アントニオ		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0841 A61B8/4254 A61B8/5261 A61B8/58 A61B8/4218 A61B8/587		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE09 4C601/EE11 4C601/GA20 4C601/GA25 4C601/GA27 4C601/GA28 4C601/JB38 4C601/JB50 4C601/LL33 4C601/LL38		
代理人(译)	伊藤忠彦		
优先权	62/437284 2016-12-21 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于校准相关超声探头的电磁 (EM) 跟踪的设备, 该设备包括: EM跟踪设备, 包括: 场发生器, 被配置为在EM编码空间中产生EM场; 以及超声探头。一种非暂时性存储介质, 其存储布置在上方的EM传感器, 校准针, 布置在校准针上方的EM传感器, 至少一个处理器以及可由至少一个处理器读取和执行的指令。用于在测量时使用超声探头确定校准针在超声成像空间中的位置, 并在测量时通过放置在校准针上的EM传感器的EM跟踪设备进行EM跟踪来确定校准针的位置。确定校准针的EM跟踪位置并生成将校准针在测量时间在超声成像空间中的位置与校准针在测量时间的EM跟踪位置相关联的对齐方式 包括非临时性存储介质, 用于执行所述EM跟踪校准方法包括Rukoto的。[选定图]图1

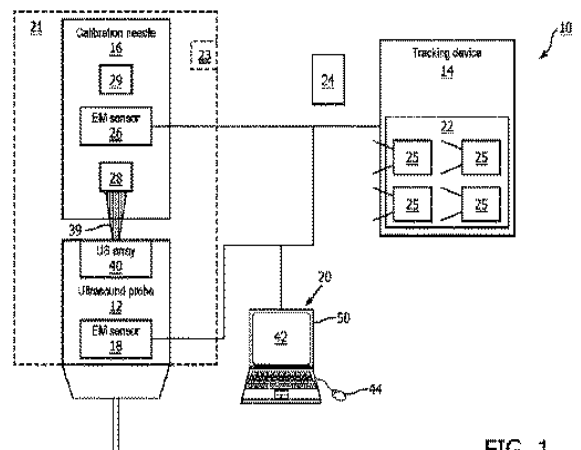


FIG. 1