

明 細 書

発明の名称： 妊娠状況推定装置及び妊娠状況推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、妊娠状況推定装置及び妊娠状況推定方法に関する。

背景技術

[0002] 妊娠中の母体から計測を行い、得られたデータに基づいて母体や胎児の情報を把握する技術が知られている。例えば特許文献1には、破膜後の胎児の児頭に装着した心電電極、及び母体腹部表面に装着した超音波トランスジューサーらの信号に基づいて胎児心拍数を算出し、破膜後の子宮内に挿入した内圧トランスジューサ及び陣痛トランスジューサからの信号に基づいて母体の子宮内圧や陣痛強度を算出する分娩監視装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-223335号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1の分娩監視装置以外にも、胎児心拍陣痛図モニタ、ドップラー心拍数計など、母体や胎児の情報を把握することが可能な各種の装置が存在する。しかし、いずれの装置も使用に専門知識、技術が必要であったり、高価であったりするため、病院などの医療施設に導入されて、医師等の医療従事者によって使用されることが前提となっている。

[0005] 妊娠中は、早産や子宮内胎児死亡のリスクがあるため、母体及び胎児の状況変化に注意が必要である。しかし、病院外の妊婦の自宅等では、妊婦自身の自覚症状や胎動感などが手掛かりとなるのみで、母体や胎児の状況を把握する手段は限られている。

[0006] 早産や子宮内胎児死亡の兆候を早期に把握して早期治療介入を可能とするため、病院外でも、安価かつ簡便に、母体あるいは胎児の状況を把握できる

ようにすることが望まれている。

- [0007] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであり、病院外でも、安価かつ簡便に、母体あるいは胎児の状況を把握できるようにすることが可能な妊娠状況推定装置及び妊娠状況推定方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 本発明に係る妊娠状況推定装置は、経皮的に計測された母体由来の電気的活動記録を取得する情報取得部と、前記電気的活動記録を入力とし、母体の子宮収縮及び母体中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電気的活動記録を入力して、前記母体の前記妊娠状況を推論する推論部と、前記推論部により生成された前記妊娠状況を出力する出力部と、を備える。
- [0009] 本発明に係る妊娠状況推定方法は、経皮的に計測された母体由来の電気的活動記録を取得するステップと、前記電気的活動記録を入力とし、母体の子宮収縮及び母体中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電気的活動記録を入力して、前記母体の妊娠状況を推論するステップと、前記妊娠状況を出力するステップと、を備える。
- [0010] 本発明に係る妊娠状況推定装置は、経皮的に計測された母体由来の電気的活動記録を取得する情報取得部と、前記電気的活動記録を入力とし、母体中の胎児の胎内運動に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電気的活動記録を入力して、前記母体の前記妊娠状況を推論する推論部と、前記推論部により生成された前記妊娠状況を出力する出力部と、を備える。
- [0011] 本発明に係る妊娠状況推定方法は、経皮的に計測された母体由来の電気的活動記録を取得するステップと、前記電気的活動記録を入力とし、母体中の胎児の胎内運動に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電気的活動記録を入力して、前記母体の妊娠状況を推論するステップと、前記妊娠状況を出力するステップと、を備える。

発明の効果

[0012] 本開示によれば、病院外でも、安価かつ簡便に、母体あるいは胎児の状況を把握できるようにすることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、第1実施形態に係る妊娠状況推定装置を示す模式的なブロック図である。

[図2]図2は、第1学習済みモデルを示す説明図である。

[図3]図3は、第2学習済みモデルを示す説明図である。

[図4]図4は、妊娠状況の出力について説明する説明図である。

[図5]図5は、第1学習済みモデルの生成（機械学習）を説明する説明図である。

[図6]図6は、第2学習済みモデルの生成（機械学習）を説明する説明図である。

[図7]図7は、実施形態に係る妊娠状況推定方法を説明するためのフローチャートである。

[図8]図8は、実施形態に係る妊娠状況推定装置の第1の構成例を示した説明図である。

[図9]図9は、実施形態に係る妊娠状況推定装置の第2の構成例を示した説明図である。

[図10]図10は、第2実施形態に係る妊娠状況推定装置を示す模式的なブロック図である。

[図11]図11は、第2実施形態に係る学習済みモデルを示す説明図である。

[図12]図12は、第2実施形態に係る評価情報を説明する説明図である。

[図13]図13は、学習済みモデルの生成（機械学習）を説明する説明図である。

[図14]図14は、変形例に係るファインチューニングによる個別学習済みモデルの生成を説明する模式図である。

[図15]図15は、変形例に係る個別学習済みモデルを用いた推論処理を説明

する模式図である。

発明を実施するための形態

[0014] [第1実施形態]

以下、本発明に係る妊娠状況推定装置及び妊娠状況推定方法の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含むものである。

[0015] (妊娠状況推定装置)

図1は、第1実施形態に係る妊娠状況推定装置1を示す模式的なブロック図である。図1に示すように、妊婦の母体MOから、非侵襲で、経皮的に取得される母体MO由来の電気的活動記録2に基づいて、母体MOの妊娠状況3を推論し、得られた妊娠状況3を出力する装置である。妊娠状況推定装置1は、病院等の医療施設の外部の、例えば妊婦の居宅などでの利用が可能な装置である。

[0016] 妊娠状況3は、母体MO及び／又は母体MO中の胎児FEの状況を示す情報である。本明細書において、「妊娠状況」とは、母体MOの状況と、母体MO中の胎児FEの状況と、を包含する広い概念である。第1実施形態では、妊娠状況3に含まれる母体MOの状況は、母体MOの子宮収縮に関する情報を含む。第1実施形態では、妊娠状況3に含まれる胎児FEの状況は、母体MO中の胎児心拍に関する情報を含む。妊娠状況3は、早産や子宮内胎児死亡、胎盤早期剥離などの周産期合併症の兆候に関わる情報を含む可能性がある。子宮収縮の情報は、早産や胎盤早期剥離の兆候を含む可能性がある情報である。胎児心拍の情報は、子宮内胎児死亡の兆候を含む可能性がある情報である。妊娠状況3から、周産期合併症の兆候を検知することで、妊婦に対する早期医療介入の改善が期待できる。

[0017] 母体MO由来の電気的活動は、母体MOに装着されるセンサ30によって

取得される。センサ３０は、母体ＭＯ由来の電氣的活動を非侵襲で計測する。センサ３０は、例えば、心電図あるいは筋電図に用いられる電気信号を検出するセンサである。そのようなセンサ３０は、母体ＭＯに接触する電極によって、母体ＭＯの生体活動に伴って発生する電気信号（電場の変化）を経皮的に計測する。妊娠状況推定装置１は、有線又は無線によりセンサ３０と通信を行うインターフェースを有し、センサ３０から計測データを受信する。

[0018] 妊娠状況推定装置１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサと、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）等のメモリとを含むコンピュータで構成される。妊娠状況推定装置１は、情報取得部１０と、推論部１１と、評価部１２と、出力部１３と、記憶部１４とを備える。情報取得部１０、推論部１１、評価部１２及び出力部１３は、記憶部１４に記憶されたプログラム２０をプロセッサが実行することによりプログラム２０上で実現される機能ブロックとして構成される。プログラム２０は、コンピュータを、情報取得部１０、推論部１１、評価部１２及び出力部１３として機能させるためのプログラムである。情報取得部１０、推論部１１、評価部１２及び出力部１３は、それぞれが専用のハードウェアによって構成されてもよい。

[0019] 情報取得部１０は、経皮的に計測された母体ＭＯ由来の電氣的活動記録２を取得する。情報取得部１０は、母体ＭＯに装着されるセンサ３０から電氣的活動記録２を取得する。電氣的活動記録２は、センサ３０によって計測される母体ＭＯ由来の電氣的活動の経時的データである。情報取得部１０は、所定のサンプリング周期で、センサ３０からの電氣的活動記録２を取得し、記憶部１４に格納する。

[0020] 推論部１１は、情報取得部１０によって取得された母体ＭＯ由来の電氣的活動記録２に基づいて、当該母体ＭＯの妊娠状況３を生成する。具体的には、推論部１１は、電氣的活動記録２を入力とし、母体ＭＯの子宮収縮及び母体ＭＯ中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力と

する学習済みモデル 2 1 に、電氣的活動記録 2 を入力して、母体 M O の妊娠状況 3 を推論する。学習済みモデル 2 1 は、入力としての母体由来の電氣的活動記録 2 と、出力としての子宮収縮及び／又は胎児心拍の情報とを含んだ教師データを用いた機械学習によって生成され、記憶部 1 4 に予め記憶されている。出力される妊娠状況 3 は、子宮収縮及び胎児心拍の少なくとも一方に関する数値情報である。推論部 1 1 は、学習済みモデル 2 1 を用いた推論結果である母体 M O の妊娠状況 3 を、記憶部 1 4 に記憶させる。

[0021] 評価部 1 2 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 の内容に応じた評価情報 4 を生成する。評価部 1 2 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 を入力とし、入力された妊娠状況 3 に対応する評価情報 4 を出力する。評価情報 4 は、妊娠状況 3 から把握される妊婦（母体 M O）及び胎児 F E の状況に対する評価を示す情報である。

[0022] 評価部 1 2 は、機械学習によって生成された評価用の学習済みモデルを利用して評価情報 4 を生成してもよいし、ルールベースの情報処理によって評価情報 4 を生成してもよい。評価部 1 2 は、ルールベースの情報処理の例として、妊娠状況 3 の内容（数値）と評価情報 4 とを対応づける評価用データ 2 2 を用いて、入力された妊娠状況 3 に応じた評価情報 4 を生成する。評価用データ 2 2 は、例えば、妊娠状況 3 を分類する複数の数値範囲（閾値）と、各数値範囲にそれぞれ関連付けられた評価情報 4 とを対応付けるテーブルを含む。評価用データ 2 2 は、例えば、妊娠状況 3 の値を入力する変数を有し、妊娠状況 3 の評価区分を判定するための数式を含む。評価用データ 2 2 は、妊娠状況 3 により得られる情報と、当該分野の専門医等の知見とに基づいて、予め作成される。

[0023] 出力部 1 3 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 を出力する。また、出力部 1 3 は、妊娠状況 3 に加えて、妊娠状況 3 に応じた評価情報 4 を出力する。妊娠状況推定装置 1 は、図示しないインターフェースを介して、有線又は無線により表示部 3 1 と接続可能である。表示部 3 1 は、表示装置であってもよいし、スマートフォンのような情報処理端末に設けられた表示装

置であってもよい。出力部 13 は、妊娠状況 3 と評価情報 4 とを表示部 31 に出力することにより、妊婦等にこれらの情報を提示する。妊婦やその家族等のユーザは、病院外の居宅等に居ながら、妊娠状況 3 によって母体 MO 及び胎児 FE の状況を把握できる。ユーザは、評価情報 4 によって、医学的専門知識を要することなく、母体 MO 及び胎児 FE の状況を把握し、必要な場合に医療機関を受診するなどの対応をとることができる。これにより、妊婦に自覚症状（主観的情報）がない場合でも、客観的な情報に基づいた早期受診などの行動が期待できる。

[0024] （学習済みモデル）

第 1 実施形態では、学習済みモデル 21 は、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A（図 2 参照）を出力する第 1 学習済みモデル 21A と、母体 MO 中の胎児心拍に関する情報 3B（図 3 参照）を出力する第 2 学習済みモデル 21B と、を含む。推論部 11 は、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A 及び母体 MO 中の胎児心拍に関する情報 3B をそれぞれ含む妊娠状況 3 を推論する。

[0025] 図 2 は、第 1 学習済みモデル 21A を示す説明図である。第 1 学習済みモデル 21A は、母体 MO 由来の電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A を出力とするように、機械学習によって予め生成されている。図 2 に示すように、推論部 11 は、情報取得部 10 によって取得された母体 MO 由来の電氣的活動記録 2 を、第 1 学習済みモデル 21A に入力することにより、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A を推論する。電氣的活動記録 2 は、センサ 30 によって計測された電気信号の時系列データである。図 2 では、電氣的活動記録 2 を、縦軸が信号強度を示し、横軸が時間（時刻 u ）を示す波形グラフによって示している。第 1 学習済みモデル 21A は、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A を、子宮収縮（子宮収縮に由来する電気信号）の強度の時系列データとして出力する。図 2 では、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A を、縦軸が子宮収縮の強度を示し、横軸が時間（時刻 u ）を示す波形グラフによって示している。

[0026] 子宮収縮に関する情報 3 A は、子宮収縮の強さ、持続時間、間隔、周期、頻度及び強度波形の少なくともいずれかの情報を含む。図 2 に示す例では、子宮収縮に関する情報 3 A は、子宮収縮の強さ H、持続時間 L、間隔 D の情報を含む。子宮収縮の強さ H は、1 回の子宮収縮における子宮収縮の強度を示す。子宮収縮の持続時間 L は、1 回の子宮収縮の開始から終了までの時間長さである。子宮収縮の間隔 D は、1 回の子宮収縮から、次の子宮収縮までの時間間隔である。図 2 では、子宮収縮の強度波形（時系列データ）を示しているが、子宮収縮に関する情報 3 A は、これらの子宮収縮の強さ H、持続時間 L、間隔 D のデータだけを含んでいてもよい。第 1 実施形態では、第 1 学習済みモデル 2 1 A は、子宮収縮の強さ H、持続時間 L、間隔 D を含んだ子宮収縮の強度波形を、子宮収縮に関する情報 3 A として出力する。子宮収縮に関する情報 3 A は、子宮収縮の周期、頻度のいずれかまたは両方を含んでもよい。子宮収縮の周期は、持続時間 L と間隔 D との和である。子宮収縮の頻度は、一定期間当たりの子宮収縮の発生回数である。

[0027] 図 3 は、第 2 学習済みモデル 2 1 B を示す説明図である。第 2 学習済みモデル 2 1 B は、母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B を出力とするように、機械学習によって予め生成されている。図 3 に示すように、推論部 1 1 は、情報取得部 1 0 によって取得された母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 を、第 2 学習済みモデル 2 1 B に入力することにより、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B を推論する。電氣的活動記録 2 は、第 1 学習済みモデル 2 1 A に入力されるのと同じ情報である。第 2 学習済みモデル 2 1 B は、胎児心拍に関する情報 3 B を、胎児心拍（胎児心拍に由来する電気信号）の強度の時系列データとして出力する。図 3 では、胎児心拍に関する情報 3 B を、縦軸が胎児心拍の強度を示し、横軸が時間（時刻 u ）を示す波形グラフによって示している。

[0028] 胎児心拍に関する情報 3 B は、胎児心拍、胎児心拍数、胎児心音、心拍間隔、心音波形、胎児心拍の所見の少なくともいずれかの情報を含む。図 3 に示す例では、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B は、胎児心拍 C B、胎

児心拍数B、胎児心音の少なくともいずれかの情報を含む。胎児心拍CBは、胎児心拍の強度の時系列データ（強度変化波形のデータ）である。胎児心拍数Bは、単位時間当たりの拍動回数の情報であり、例えば1分間当たりの拍動回数（b p m : beats per minute）で表される。図3中の「130」、「132」、「125」、「127」、「132」は、それぞれの時点で算出された胎児心拍数Bの数値例を示している。胎児心音は、胎児心拍CBの強度変化を音として表現したデータである。第1実施形態では、第2学習済みモデル21Bは、胎児心拍CB及び胎児心拍数Bを含んだ胎児心拍の強度波形を、胎児心拍に関する情報3Bとして出力する。胎児心拍に関する情報3Bは、心拍間隔、心音波形、胎児心拍の所見のいずれか又は複数を含んでもよい。心拍間隔は、胎児心拍のリズムの整（整脈）／不整（不整脈）を示す情報である。心音波形は、胎児心音の強度波形である。胎児心拍の所見は、心拍波形（心電図波形）又は心音波形（超音波波形）から読み取れる特徴であり、例えば血流速度、血流速度波形、頻脈、徐脈の有無、心拍数（心拍間隔）の変動の程度、といった情報である。

[0029] 第1実施形態において、推論部11は、学習済みモデル21（第1学習済みモデル21A、第2学習済みモデル21B）に入力する電気的活動記録2に前処理を施してもよい。なお、この場合の学習済みモデル21は、入力データと同様の前処理が施された電気的活動記録2の教師データを用いて学習される。

[0030] 例えば、推論部11は、電気的活動記録2に対して、母体MOの呼吸性変動に対応した所定の信号成分を除去するフィルタ処理を含む前処理を行ってもよい。これにより、電気的活動記録2から、母体MOの呼吸に起因して生じる変動を除去できるので、妊娠状況3の推定精度が向上する。母体MOの呼吸性変動に対応した所定の信号成分を除去するフィルタ処理は、周波数選択性フィルタ（例えば帯域除去フィルタ）による周波数成分の除去処理である。電気的活動記録2に含まれる呼吸性変動は、一般に、0.08Hz以上1Hz以下の帯域に収まる。除去する周波数帯域は、例えば、0.1Hz以

上0.5 Hz以下の範囲である。除去する周波数帯域をこの範囲にすることで、呼吸性変動の中でも中心となる信号成分を効果的に除去できる。帯域除去フィルタを用いる場合、フィルタ次数を2以上の範囲にすることが好ましく、特にフィルタ次数を2～4の範囲の所定値にすることが好ましい。これにより、演算負荷を過度に増大させることなく、母体MOの呼吸性変動に対応した信号成分を効果的に除去できる。

[0031] また、例えば、推論部11は、心電図データである電気的活動記録2から、基線、P点、Q点、R点、S点、T点の少なくともいずれかを同定した情報を抽出する前処理を行ってもよい。基線を同定するとは、基線を示す信号強度を特定することを意味する。P点、Q点、R点、S点、T点を同定するとは、当該点を示す時刻情報及び信号強度のペアを特定することを意味する。推論部11は、心電図データから同定した情報を前処理後の電気的活動記録2として学習済みモデル21に入力する。例えば、基線、P点、Q点、R点、S点、T点の全てを同定する場合、電気的活動記録2は、基線の信号強度と、P点、Q点、R点、S点、T点の各点を示す時刻情報及び信号強度のペアとを含んだ時系列データとなる。これにより、心電図データにおけるP点、Q点、R点、S点、T点の各点の間の変動などが、電気的活動記録2から除去され、心電図波形を特徴付ける成分だけが抽出できる。言い換えると、この前処理後の電気的活動記録2では、基線と各点とで心電図波形を構成した折れ線グラフのように特徴抽出されたデータになる。そのため、電気的活動記録2からのノイズ成分を除去し、データ量を削減することで学習や推論における演算負荷を効果的に低減できる。推論部11は、全ての特徴点（P点、Q点、R点、S点、T点）を同定しなくてもよく、一部の特徴点だけを同定してもよい。

[0032] 図4は、妊娠状況3の出力について説明する説明図である。図4に示すように、推論部11により生成された妊娠状況3のデータは、評価部12及び出力部13に供給される。

[0033] 評価部12は、妊娠状況3のデータと、記憶部14に予め記憶されている

評価用データ 2 2 とに基づいて、評価情報 4 を生成する。評価部 1 2 は、母体 M O の子宮収縮に関する情報 3 A に基づき、子宮収縮に基づく評価情報 4 A を生成する。評価部 1 2 は、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B に基づき、胎児心拍に基づく評価情報 4 B を生成する。さらに、評価部 1 2 は、子宮収縮に関する情報 3 A 及び胎児心拍に関する情報 3 B の両方に基づいた総合評価情報 4 C を生成する。生成される評価情報 4 は、これらの評価情報 4 A、評価情報 4 B 及び総合評価情報 4 C を含む。評価部 1 2 により生成された評価情報 4 は、出力部 1 3 に供給される。

[0034] 出力部 1 3 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 と、評価部 1 2 により生成された評価情報 4 とを含む出力データを、表示部 3 1 に出力する。出力部 1 3 は、妊娠状況 3 と評価情報 4 とを表示部 3 1 に表示させることにより、これらの情報をユーザに提示する。

[0035] 図 4 の例では、出力される妊娠状況 3 は、母体 M O の子宮収縮に関する情報 3 A 及び母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B を含む。出力される評価情報 4 は、例えば、妊娠状況 3 から把握される状況やアドバイスを説明する文章（メッセージ）の形式で出力される。評価情報 4 は、文章以外にも、妊娠状況 3 の良好度合いを示す表示、例えば、得点形式（0 ～ 1 0 0 までの得点など）や階級形式（良好度が高い方から A ランク、B ランク、C ランク、など）の表示を含んでもよい。

[0036] 子宮収縮に基づく評価情報 4 A は、例えば、早産又は胎盤早期剥離の兆候あるいは可能性に関する評価を含む。早産の可能性は、頸管の成熟を促す子宮収縮（True Labor）の有無を評価指標の 1 つとすることができる。True Labor は、強さ H、持続時間 L、間隔 D によって特徴付けられている。True Labor では、経時的に、子宮収縮の強さ H、持続時間 L の増加が認められる。子宮頸管の成熟をもたらさない子宮収縮（False labor）では、子宮収縮が時間の経過とともに減弱または停止する。True Labor と False labor との判別は、ある程度の期間に亘る継続的なデータ取得が求められるが、現状では病院外でこれを判定できるデバイスは存在しない。病院内においても、時間

的な制約から、十分なデータ取得を望むことができない。第1実施形態では、病院外でも子宮収縮に関する情報3Aを取得、蓄積可能であるため、True Laborを特徴づける経時的な子宮収縮の強さH、持続時間Lの変化傾向から、早産の兆候に関する評価指標を得ることができる。胎盤早期剥離は緊急性の高い病気であり、早期の治療介入は母児の周産期予後を改善する。胎盤早期剥離に特徴的な所見としては、板状硬（子宮が持続的に硬度を増した状態）が知られている。従って、例えば、子宮収縮の強さH、持続時間L、またはこれらを要素に含む関数等を用いて、胎盤早期剥離の可能性に関する評価指標を得ることができる。

[0037] 胎児心拍に基づく評価情報4Bは、例えば、胎児FEの健康状態、子宮内胎児死亡の兆候あるいは可能性に関する評価を含む。一例として、胎児FEの健康状態は、一定期間内における一過性頻脈（一時的に胎児心拍数Bが上昇した状態）の有無又は回数を評価の指標とすることができる。推論された妊娠状況3から、一過性頻脈が判定期間内に所定回数認められる場合には、胎児FEの状態は良好（reactive）であると評価される。一過性頻脈が認められない場合、胎児FEの状態は異常値（non-reactive）であると評価される。異常値となるケースは様々であり、特段の問題がないケースもあるが、子宮内胎児死亡の兆候であるケースもある。総合評価情報4Cには、子宮収縮に関する情報3A及び胎児心拍に関する情報3Bから、医療機関への受診の必要性に関する評価などの情報を含めることができる。これにより、重要な兆候に対する早期医療介入や周産期合併症に対する治療方針の改善への寄与が期待できるとともに、妊娠状況3が良好である場合には不必要な受診が減ることで妊婦の負担軽減や対応する医療従事者の負担低減が図れる。

[0038] （学習済みモデルの生成）

図5は、第1学習済みモデル21Aの生成（機械学習）を説明する説明図である。図6は、第2学習済みモデル21Bの生成（機械学習）を説明する説明図である。学習済みモデル21（第1学習済みモデル21A、第2学習済みモデル21B）の学習アルゴリズムは、特に限定されないが、例えば、

CNN (Convolutional Neural Network)、RNN (Recurrent Neural Network)、LSTM (Long Short-Term Memory)、attention mechanism (attention mechanismを備えたtransformerを含む)、のいずれか1つ又は複数の組み合わせを含む。

[0039] 図5及び図6に示すように、学習済みモデル21は、機械学習を行うコンピュータである学習部MLが、教師データを用いて学習モデル40の機械学習を行うことにより生成される。教師データは、教師データ作成の協力者である妊婦から実際に計測されたデータを含む。教師データは、例えば病院等で分娩監視装置等の専用装置を用いた計測データによって作成されうる。

[0040] 図5に示すように、第1学習済みモデル21Aの生成に用いられる教師データ41Aは、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録2（時系列データ）と、同一の母体から計測された子宮収縮記録42とを含む。子宮収縮記録42は、子宮収縮の強度の時系列データである。教師データ41Aに含まれる電氣的活動記録2と子宮収縮記録42とは、同一時刻tに計測されたデータのペアである。子宮収縮記録42は、推論部11において生成される子宮収縮に関する情報3Aに相当する情報である。学習部MLは、教師データ41Aを用いて、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録2が入力されたときに、子宮収縮記録42の出力に変換するための特徴量を、深層学習を用いて学習モデル40に獲得させる。特徴量は、学習モデル40を構成する各層（出力層、入力層、隠れ層）のノード毎の重みあるいはパラメータである。学習部MLは、複数の教師データ41Aを用いて学習を行うことにより、学習モデル40の特徴量を決定する。機械学習により特徴量が決定された学習モデル40が、第1学習済みモデル21Aである。

[0041] 教師データ41Aは、妊娠中の特定の期間（週数）のデータを用いてもよいし、妊娠成立からの全週数のデータを用いてもよい。切迫流産（妊娠成立から22週未満まで）切迫早産（22週以降から37週未満まで）、および常位胎盤早期剥離（22週以降）を網羅する妊娠週数、すなわち全妊娠週数における妊婦から得られる子宮収縮データを教師データ41Aとすることで

、出力となる母体MOの子宮収縮に関する情報3Aは、切迫流産から切迫早産への早期介入、胎盤早期剥離における子宮硬直、陣痛発来の見込みなどへの様々な寄与が期待できる。特定の期間（週数）のデータを教師データ41Aとして用いれば、例えば切迫早産の兆候の発見等の、特定の目的に特化した機械学習を行うことができる。

[0042] また、教師データ41Aは、分娩監視装置等の専用装置を用いた計測データ（いわゆるrawデータ）を用いてもよいし、計測データに対してアノテーションを行ったデータを用いてもよい。アノテーションは、学習に用いるデータ（計測データ）に対して情報を付与する処理である。アノテーションとしては、計測データ中の子宮収縮の開始時点及び終了時点の時刻情報を特定することが挙げられる。これにより、有効な子宮収縮が発生している状態、有効な子宮収縮が発生していない状態の学習が効率的に行える。

[0043] 図6に示すように、第2学習済みモデル21Bの生成に用いられる教師データ41Bは、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録2（時系列データ）と、同一の母体から計測された胎児心拍記録43とを含む。胎児心拍記録43は、胎児心拍の強度の時系列データである。教師データ41Bに含まれる電氣的活動記録2と胎児心拍記録43とは、同一時刻tに計測されたデータのペアである。胎児心拍記録43は、推論部11において生成される胎児心拍に関する情報3Bに相当する情報である。学習部MLは、教師データ41Bを用いて、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録2が入力されたときに、胎児心拍記録43の出力に変換するための特徴量を、深層学習を用いて学習モデル40に獲得させる。学習部MLは、複数の教師データ41Bを用いて学習を行うことにより、学習モデル40の特徴量を決定する。機械学習により特徴量が決定された学習モデル40が、第2学習済みモデル21Bである。

[0044] 教師データ41Bは、特定の期間（週数）のデータを用いてもよいし、ドップラー／エコーで胎児の心拍が検出できる最小の週数からの全ての期間のデータを用いてもよい。胎児の心拍が検出できる最小の週数は、通常、約5

週である。心拍が検出できる最小の週数からのデータを教師データ 4 1 B として用いた学習によれば、胎児の成長過程による心拍成分の変化に対応可能な第 2 学習済みモデル 2 1 B が得られる。

[0045] 上述の通り、推論部 1 1 において学習済みモデル 2 1 に入力する電氣的活動記録 2 に前処理を施す場合、学習に用いる教師データにも、同様の前処理が施される。したがって、教師データとして用いられる電氣的活動記録 2 は、母体 M O の呼吸性変動に対応した所定の信号成分を除去するフィルタ処理が施されていてもよい。また、教師データとして用いられる電氣的活動記録 2 は、心電図データであって、基線、P 点、Q 点、R 点、S 点、T 点の少なくともいずれかを同定した情報を抽出する前処理が施されたデータでもよい。

[0046] ここで、経皮的に計測された母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 からの、母体 M O の子宮収縮や胎児心拍の推論について説明する。筋肉の活動や脳活動などの人間の生体活動は、電気刺激によって生じる。そのため、母体 M O から経皮的に計測した電気信号（電氣的活動記録 2）には、子宮収縮に由来する信号成分や胎児心拍に由来する信号成分を含む、生体活動に伴う様々な信号成分が含まれる。図 5 および図 6 に示す学習処理は、そのような様々な信号成分を含んだ電氣的活動記録 2 の時系列データ中から、子宮収縮に由来する信号成分や胎児に由来する心拍成分を分離、抽出する処理を学習するものである。なお、子宮収縮に由来する信号成分には、子宮平滑筋由来の電氣的な信号だけでなく、子宮収縮の発生に伴う他の生体活動（例えば、母体がこわばることによる子宮筋以外の筋肉から生じる電氣的な信号や、子宮収縮に伴う横隔膜の変化による心電図の軸偏位、子宮収縮に伴う痛み刺激による心拍数の変化など）によって生じる電氣的な信号も含まれる。

対象者から経皮的に取得された電気信号から、機械学習により対象者の疾患等を検出する技術として、例えば、下記の非特許文献では、洞調律の患者の心電図信号から、深層学習により不整脈の患者を検出する技術が開示されている。

Zachi I Attia, Peter A Noseworthy, Francisco Lopez-Jimenez, Samuel J Asirvatham, Abhishek J Deshmukh, Bernard J Gersh, et al. "An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction", Lancet. 2019 (published online Aug 1), Vol 394, Issu 10201, p.861-867, [online] URL<[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31721-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31721-0)>

[0047] 図1に示した妊娠状況推定装置1の記憶部14には、このようにして生成された学習済みモデル21（第1学習済みモデル21A、第2学習済みモデル21B）が、予め記憶される。

[0048] （妊娠状況推定方法）

次に、第1実施形態に係る妊娠状況推定方法について説明する。図7は、第1実施形態に係る妊娠状況推定方法を説明するためのフローチャートである。妊娠状況推定方法は、妊娠状況推定装置1の作動方法でもある。

[0049] 妊娠状況推定方法は、経皮的に計測された母体MO由来の電氣的活動記録2を取得するステップS10と、電氣的活動記録2を入力とし、母体MOの子宮収縮及び母体MO中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況3を出力とする学習済みモデル21に、電氣的活動記録2を入力して、母体MOの妊娠状況3を推論するステップS20と、妊娠状況3を出力するステップS40と、を備える。第1実施形態に係る妊娠状況推定方法は、推論部11により生成された妊娠状況3の内容に応じた評価情報4を生成するステップS30をさらに備える。

[0050] ステップS10において、情報取得部10が、経皮的に計測された母体MO由来の電氣的活動記録2を取得する。情報取得部10は、母体MOに装着されるセンサ30から電氣的活動記録2を取得する。情報取得部10は、母体MOに装着されるセンサ30によって電氣的活動記録2が計測された後に、電氣的活動記録2を記憶した記憶媒体（例えば、フラッシュメモリ、外部

サーバなど) からデータを読み出すことにより、電氣的活動記録 2 を取得してもよい。

[0051] ステップ S 2 0 において、推論部 1 1 が、電氣的活動記録 2 を学習済みモデル 2 1 に入力することにより、母体 M O の妊娠状況 3 を推論する。推論部 1 1 は、ステップ S 1 0 で取得された電氣的活動記録 2 を、第 1 学習済みモデル 2 1 A 及び第 2 学習済みモデル 2 1 B に入力して、それぞれの特徴量に基づく演算を行う。これにより、推論部 1 1 は、母体 M O の子宮収縮に関する情報 3 A 及び母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B を含む妊娠状況 3 を生成する。

[0052] ステップ S 3 0 において、評価部 1 2 が、妊娠状況 3 のデータと、評価用データ 2 2 とに基づいて、評価情報 4 を生成する。第 1 実施形態では、評価部 1 2 は、子宮収縮に基づく評価情報 4 A、胎児心拍に基づく評価情報 4 B、及び総合評価情報 4 C を生成する。

[0053] ステップ S 4 0 において、出力部 1 3 が、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 と、評価部 1 2 により生成された評価情報 4 とを含む出力データを、出力先機器に出力する。出力先機器は、第 1 実施形態では表示部 3 1 である。これにより、妊娠状況 3 と評価情報 4 とが表示部 3 1 に表示される。

[0054] (妊娠状況推定装置の構成例)

上述した妊娠状況推定装置 1 は、図 1 に示した例以外の各種の態様で実現できる。

[0055] 図 8 は、第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 の第 1 の構成例を示した説明図である。図 8 の例では、妊娠状況推定装置 1 は、ウェアラブルデバイス 1 0 0 によって実現される。ウェアラブルデバイス 1 0 0 は、身体の一部に装着可能な小型のデバイスである。ウェアラブルデバイス 1 0 0 は、例えば、手首、足首、上腕、大腿部などに装着可能なバンド(帯状)型の形状を有する。図 8 は、ウェアラブルデバイス 1 0 0 が、スマートウォッチ(手首に装着する腕時計型の情報端末)である例を示す。

[0056] ウェアラブルデバイス 1 0 0 は、制御部 1 0 2 と、記憶部 1 4 と、表示部

３１と、センサ３０とを備える。制御部１０２と、記憶部１４と、表示部３１と、センサ３０とは、１つの筐体１０１に組み込まれている。

[0057] 制御部１０２は、ＣＰＵなどのプロセッサからなる。プロセッサが、記憶部１４に記憶されたプログラムに従って演算処理を行うことにより、ウェアラブルデバイス１００を制御する制御部１０２として機能する。記憶部１４は、妊娠状況推定装置１のプログラム２０を記憶している。妊娠状況推定装置１の情報取得部１０、推論部１１、評価部１２及び出力部１３は、ウェアラブルデバイス１００が備える制御部１０２がプログラム２０を実行することにより構成される。

[0058] 記憶部１４は、不揮発性の半導体メモリを含む。記憶部１４は、ウェアラブルデバイス１００を制御するためのプログラム（オペレーションシステム又はファームウェア）と、妊娠状況推定装置１のプログラム２０（アプリケーションプログラム）とを記憶する。また、記憶部１４は、図１に示した学習済みモデル２１や評価用データ２２を記憶する。

[0059] 表示部３１は、液晶表示装置、又は有機ＥＬ（Electro-Luminescence）表示装置などの自発光型表示装置を含む。表示部３１は、制御部１０２の制御により、ウェアラブルデバイス１００の各種情報を表示する。

[0060] センサ３０は、装着者に接触する電極によって、装着者の生体活動に伴って発生する電気信号（電場の変化）を経皮的に計測する。センサ３０は、例えば、電気式心拍センサである。図８の例では、センサ３０は、筐体１０１のうち、装着者の手首に接する内周側表面に設けられる第１電極と、筐体１０１の側面に設けられた操作部１０３に設けられる第２電極と、を含む。妊婦がウェアラブルデバイス１００を一方の手（例えば左手）の手首に装着することで、母体ＭＯと第１電極とが接触する。計測時に、妊婦が他方の手（右手）で操作部１０３に触れることで、母体ＭＯと第２電極とが接触する。この例では、センサ３０は、左手と右手との間の電位差を計測する、心電図の第Ⅰ誘導に相当する信号を計測できる。

[0061] この構成により、情報取得部１０は、ウェアラブルデバイス１００が備え

る電氣的活動を経皮的に計測するセンサ 30 から電氣的活動記録 2 を取得する。推論部 11 及び評価部 12 による妊娠状況 3 及び評価情報 4 の生成は、ウェアラブルデバイス 100 が備える制御部 102 がプログラム 20 を実行することによる演算処理によって実現される。出力部 13 は、ウェアラブルデバイス 100 が備える表示部 31 に妊娠状況 3 及び評価情報 4 を出力する。表示部 31 は、出力部 13 から供給された妊娠状況 3 及び評価情報 4 を表示する。このようにして、妊娠状況推定装置 1 は、ウェアラブルデバイス 100 によって実現されうる。言い換えると、ウェアラブルデバイス 100 が、プログラム 20 を実行することにより、第 1 実施形態に係る妊娠状況推定方法を実行する。

[0062] 図 9 は、第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 の第 2 の構成例を示した説明図である。図 9 の例では、妊娠状況推定装置 1 は、ネットワーク NW に接続するサーバ 200 によって実現される。妊娠状況推定装置 1 により生成される妊娠状況 3 及び評価情報 4 は、いわゆるクラウドサービスの形態でユーザに提供される。

[0063] サーバ 200 は、ネットワーク NW を介して通信可能なコンピュータである。サーバ 200 は、情報取得部 10、推論部 11、評価部 12、出力部 13 及び記憶部 14 を備える。妊娠状況推定装置 1 の情報取得部 10、推論部 11、評価部 12 及び出力部 13 は、サーバ 200 が記憶部 14 に記憶されたプログラム 20（図 1 参照）を実行することにより、プログラム 20 上で実現される。サーバ 200 は、単一の装置で構成しても、複数の装置群（サーバ群）によって構成してもよい。例えば、サーバ 200 が、情報取得部 10 として機能するサーバ装置、推論部 11 として機能するサーバ装置、評価部 12 として機能するサーバ装置、記憶部 14 として機能するサーバ装置、などから構成され、各サーバ装置の相互通信によって妊娠状況推定装置 1 が構成されてもよい。出力部 13 は、サーバ装置の通信機能によって実現される。

[0064] 図 9 の例では、妊婦やその家族であるユーザは、ネットワーク NW を介し

てサーバ200と通信可能な情報通信端末210を用いて、妊娠状況推定装置1を利用する。情報通信端末210は、スマートフォンや、タブレット型端末、PC (Personal Computer) などでありうる。情報通信端末210は、制御部211、通信部212、表示部213及び記憶部214を備える。記憶部214には、サーバ200との通信により妊娠状況推定装置1の機能を利用するためのアプリケーションプログラムが記憶される。制御部211は、通信部212を介して、母体MOに装着されたセンサ30から、経皮的に計測された母体MO由来の電氣的活動記録2を取得する。制御部211は、アプリケーションプログラムを実行することにより通信部212を介してサーバ200との通信を確立し、電氣的活動記録2をサーバ200に送信する。

[0065] サーバ200では、情報取得部10が、情報通信端末210から送信された電氣的活動記録2を取得する。推論部11が、記憶部14に記憶された学習済みモデル21に電氣的活動記録2を入力して、妊娠状況3を推論する。評価部12が、妊娠状況3に基づいて評価情報4を生成する。出力部13が、ネットワークNWを介して、情報通信端末210へ妊娠状況3と評価情報4とを出力する。

[0066] 情報通信端末210の制御部211は、通信部212を介して、サーバ200から妊娠状況3と評価情報4とを受信する。制御部211は、受信した妊娠状況3と評価情報4とを表示部213に表示する。このように、妊娠状況推定装置1は、クラウドサービスを提供するサーバ200によって実現される。言い換えると、サーバ200が、プログラム20を実行することにより、第1実施形態に係る妊娠状況推定方法を実行する。

[0067] (効果)

以上説明したように、第1実施形態に係る妊娠状況推定装置1は、経皮的に計測された母体MO由来の電氣的活動記録2を取得する情報取得部10と、電氣的活動記録2を入力とし、母体MOの子宮収縮及び母体MO中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモ

デル 2 1 に、電氣的活動記録 2 を入力して、母体 M O の妊娠状況 3 を推論する推論部 1 1 と、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 を出力する出力部 1 3 と、を備える。これにより、分娩監視装置のような高価で大型の専用装置を用いることなく、母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 を経皮的に計測するだけで、妊娠状況 3 を推論してユーザに提供できる。ユーザは、電氣的活動記録 2 を判読するための専門知識やデータ解釈の作業を要することなく、推論処理によって生成された客観的な妊娠状況 3 を把握することができる。その結果、院外でも、安価かつ簡便に、母体あるいは胎児の状況を把握できる。

[0068] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 において、学習済みモデル 2 1 は、母体 M O の子宮収縮に関する情報を出力する第 1 学習済みモデル 2 1 A と、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報を出力する第 2 学習済みモデル 2 1 B と、を含み、推論部 1 1 は、母体 M O の子宮収縮に関する情報 3 A 及び母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B をそれぞれ含む妊娠状況 3 を推論する。これにより、母体 M O の子宮収縮に関する情報 3 A と母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B との両方をユーザに提供できる。その結果、早産や子宮内胎児死亡を抑制するための早期治療介入につながるユーザの行動への動機づけを提供できる。また、第 1 学習済みモデル 2 1 A と、第 2 学習済みモデル 2 1 B を別個に設けることにより、単一の学習済みモデルによって子宮収縮に関する情報 3 A と胎児心拍に関する情報 3 B との両方を推論する場合と比べて、学習処理を容易に行える。

[0069] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 の内容に応じた評価情報 4 を生成する評価部 1 2 をさらに備え、出力部 1 3 は、妊娠状況 3 に加えて、妊娠状況 3 に応じた評価情報 4 を出力する。これにより、客観的な妊娠状況 3 の情報に加えて、妊娠状況 3 から導かれる評価の情報をユーザに提供できる。これにより、専門知識を有しないユーザが、より容易に、母体 M O 及び胎児 F E の状況を把握できる。

[0070] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 において、母体 M O の子宮収縮に

関する情報 3 A は、子宮収縮の強さ、持続時間、間隔、周期、頻度及び強度波形の少なくともいずれかの情報を含む。これにより、母体 M O の子宮収縮に関する客観的なデータを得ることができる。

[0071] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 において、母体 M O 中の胎児心拍に関する情報 3 B は、胎児心拍、胎児心拍数、胎児心音、心拍間隔、心音波形、胎児心拍の所見の少なくともいずれかの情報を含む。これにより、母体 M O 中の胎児心拍に関する客観的なデータを得ることができる。

[0072] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1 において、情報取得部 1 0、推論部 1 1 及び出力部 1 3 は、身体の一部に装着可能なウェアラブルデバイス 1 0 0 が備える制御部 1 0 2 がプログラム 2 0 を実行することにより構成され、情報取得部 1 0 は、ウェアラブルデバイス 1 0 0 が備える電氣的活動を経皮的に計測するセンサ 3 0 から電氣的活動記録 2 を取得し、出力部 1 3 は、ウェアラブルデバイス 1 0 0 が備える表示部 3 1 に妊娠状況 3 を出力する。これにより、センシング機能及び表示機能を備えたウェアラブルデバイス 1 0 0 によって、電氣的活動記録 2 の計測から妊娠状況 3 の表示までをすべて実現できる。市場に流通しているウェアラブルデバイス 1 0 0 を利用する場合には、分娩監視装置のような専用装置と比べて顕著に安価で、院外でも容易に導入可能な妊娠状況推定装置 1 を提供できる。

[0073] 第 1 実施形態に係る妊娠状況推定方法は、経皮的に計測された母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 を取得するステップ S 1 0 と、電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 M O の子宮収縮及び母体 M O 中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況 3 を出力とする学習済みモデル 2 1 に、電氣的活動記録 2 を入力して、母体 M O の妊娠状況 3 を推論するステップ S 2 0 と、妊娠状況 3 を出力するステップ S 4 0 と、を備える。これにより、分娩監視装置のような高価で大型の専用装置を用いることなく、経皮的に計測された母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 から妊娠状況 3 を推論してユーザに提供できる。ユーザは、電氣的活動記録 2 を判読するための専門知識を要することなく、推論処理によって生成された客観的な妊娠状況 3 を把握することがで

きる。その結果、院外でも、安価かつ簡便に、母体あるいは胎児の状況を把握できる。

[0074] [第2実施形態]

次に、第2実施形態について説明する。第2実施形態においては、推論部11が、母体MO中の胎児FEの胎内運動に関する情報3C（図11参照）を含む妊娠状況3を推論する例について説明する。第2実施形態において、第1実施形態と構成が共通する箇所は、説明を省略する。

[0075] 図10は、第2実施形態に係る妊娠状況推定装置を示す模式的なブロック図である。図10に示すように、第2実施形態に係る妊娠状況推定装置1Aは、情報取得部10と、推論部11と、評価部12と、出力部13と、記憶部14と、を備える。

[0076] 第2実施形態では、記憶部14には、母体MO中の胎児FEの胎内運動に関する情報3C（図11参照）を含む妊娠状況3を出力とする学習済みモデル121が記憶されている。なお、図10の例では、記憶部14は、上記第1実施形態に係る学習済みモデル21も記憶している。

[0077] 第2実施形態では、情報取得部10は、母体MOの四肢のうちいずれか1つ以上と接触して電気信号を検出するセンサ30を介して、電気的活動記録2を取得する。センサ30は、心電図あるいは筋電図に用いられる電気信号を検出するセンサである。センサ30は、母体MOの四肢、つまり右腕、左腕、右脚及び左脚のいずれかの表面に配置される。センサ30は、母体MOに接触する電極によって、母体MOの生体活動に伴って発生する電気信号を経皮的に計測する。センサ30の配置位置は、特に限定されないが、右腕又は左腕の場合、肩部から手の指先までのどの部位でもよい。センサ30の配置位置は、右脚又は左脚の場合、脚部の付け根から足の指先までのどの部位でもよい。センサ30は、母体MOの四肢の複数に配置されてもよい。第2実施形態では、センサ30は、ウェアラブル型のセンサデバイス又は多機能ウェアラブルデバイス（図8参照）に内蔵されるセンサである。図8に示したウェアラブルデバイス100の場合、一方の手（例えば左手）の手首にウ

ウェアラブルデバイス 100 を装着することで、母体 MO とセンサ 30 の第 1 電極とが接触する。計測時に、妊婦が他方の手（右手）で操作部 103 に触れることで、母体 MO と第 2 電極とが接触する。妊婦は、操作部 103 を胸壁又は腹壁の表面など、四肢以外の体表に接触させてもよい。センサ 30 は、第 1 電極と第 2 電極との接触部位間の電位差を計測する。情報取得部 10 は、妊婦がセンサ 30 を装着して日常生活を送る間に計測されるデータを取得する。なお、センサ 30 は、母体 MO の四肢以外の体表に配置されてもよい。例えば、図 8 に示したウェアラブルデバイス 100 の場合、筐体 101 の内周側表面に設けられる第 1 電極を母体 MO の腹壁表面に配置し、妊婦がいずれかの手で操作部 103 に触れることで、母体 MO と第 2 電極とを接触させる。これによっても、電氣的活動記録 2 を取得することが可能である。

[0078] 第 2 実施形態では、推論部 11 は、学習済みモデル 121 を用いて妊娠状況 3 の推論を行う。すなわち、推論部 11 は、電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 MO 中の胎児 FE の胎内運動に関する情報 3C を含む妊娠状況 3 を出力とする学習済みモデル 121 に、電氣的活動記録 2 を入力して、母体 MO の妊娠状況 3 を推論する。出力される妊娠状況 3 は、母体 MO 中の胎児 FE の胎内運動に関する数値情報を含む。なお、図 10 の例では、推論部 11 は、第 1 学習済みモデル 21A を用いて母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A を推論し、第 2 学習済みモデル 21B を用いて母体 MO 中の胎児心拍に関する情報 3B を推論する。第 2 実施形態では、妊娠状況 3 は、子宮収縮に関する情報 3A、胎児心拍に関する情報 3B、及び、胎児 FE の胎内運動に関する情報 3C、を含む。第 2 実施形態の妊娠状況 3 は、子宮収縮に関する情報 3A 及び胎児心拍に関する情報 3B を含まなくてもよい。第 1 実施形態と同様、推論部 11 は、電氣的活動記録 2 に対して前処理を施してもよい。推論部 11 は、電氣的活動記録 2 に対して、母体 MO の呼吸性変動に対応した所定の信号成分を除去するフィルタ処理を含む前処理を行ってもよい。推論部 11 は、心電図データである電氣的活動記録 2 に対して、基線、P 点、Q 点、R 点、S 点、T 点の少なくともいずれかを同定した情報を付加する前処理

を行ってもよい。

[0079] 図 1 1 は、第 2 実施形態に係る学習済みモデル 1 2 1 を示す説明図である。学習済みモデル 1 2 1 は、母体 M O 由来の電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 M O 中の胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C を出力とするように、機械学習によって予め生成されている。教師データとしての電氣的活動記録 2 は、前処理が施されたデータであってもよい。

[0080] 本明細書において、胎児の運動は、胎内における胎児の体の運動（動作）を意味し、胎児の筋緊張、胎動及び呼吸様運動を包含する広い概念である。胎児の運動は、特に胎児の一時的な動きを示し、胎児の心拍のような常時行われている体内臓器の生理的活動は含まない。

[0081] 母体 M O 中の胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C は、胎児 F E の筋緊張、胎動及び呼吸様運動の少なくともいずれかの情報を含む。胎児 F E の筋緊張は、胎児 F E の体の一部（躯幹あるいは四肢）の屈伸運動である。筋緊張としては、屈曲位であった脊柱や四肢が伸展し元の屈曲位に戻る動作や、手掌の開閉運動が例示される。胎児 F E の胎動は、胎児 F E の体幹や肢体の単発あるいは複合した運動であるが、筋緊張よりも大きな動きを意味する。胎児 F E の胎動としては、体の向きを変化させるとか、子宮壁を蹴るといった運動が例示される。胎児 F E の呼吸様運動は、呼吸に類似した動作である。呼吸様運動としては、胎児 F E の横隔膜、腹壁、胸郭が間欠的に数秒から数十秒ほど持続する運動が例示される。

[0082] 図 1 1 では、学習済みモデル 1 2 1 は、母体 M O 中の胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C を、胎内運動の発生時点を示す時系列データとして出力する。図 1 1 では、胎内運動に関する情報 3 C を、横軸が時間（時刻 u ）を表し、胎内運動の発生を棒状プロットの有無によって表した 1 次元のグラフで示す。棒状プロットの横軸方向の長さが、1 回の胎内運動の開始から終了までの持続時間を表す。棒状プロットが存在しない位置は、胎内運動が発生していないことを示す。図 1 1 の例では、胎内運動に関する情報 3 C は、胎内運動の間隔 E を含む。胎内運動の間隔 E は、1 回の胎内運動から、次の胎内

運動までの時間間隔である。胎内運動に関する情報 3 C は、胎内運動の持続時間 G を含んでもよい。胎内運動の持続時間 G は、1 回の胎内運動の開始から終了までの持続時間である。胎内運動に関する情報 3 C は、胎内運動の強度の情報を含んだ時系列データでもよい。その場合は、胎内運動に関する情報 3 C は、縦軸が胎内運動の強度を表し、横軸が時間（時刻 u ）を表す 2 次元のグラフで表現できる。学習済みモデル 1 2 1 は、筋緊張と胎動と呼吸様運動とを区別した胎内運動に関する情報 3 C を生成してもよいし、筋緊張と胎動と呼吸様運動とを区別せずに胎内運動に関する情報 3 C を生成してもよい。

[0083] 図 1 2 は、第 2 実施形態に係る評価情報を説明する説明図である。評価部 1 2 は、妊娠状況 3 のデータと、記憶部 1 4 に予め記憶されている評価用データ 2 2（図 1 0 参照）とに基づいて、評価情報 4 を生成する。第 2 実施形態では、評価部 1 2 は、胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C に基づき、胎内運動に基づく評価情報 4 D を生成する。

[0084] 胎内運動に基づく評価情報 4 D は、例えば、胎内運動の頻度（胎内運動の間隔 E の大きさ）に関する評価を含む。胎児 F E の胎内運動の頻度と胎児 F E の健常性とは相関があり、胎内運動の頻度低下あるいは消失（いわゆる胎動減少）が子宮内胎児死亡又は胎盤早期剥離の兆候あるいは可能性の指標となる。胎内運動に基づく評価情報 4 D は、例えば、胎内運動の間隔 E が所定の判定基準に達するか否かの評価（つまり、胎動が減少しているか否かの評価）を含む。所定の判定基準は、例えば、間隔 E が、直近の M 時間の平均値と比較して N % 以上（ $N > 100$ ）である、といった相対基準である。間隔 E から、一定時間当たりの胎内運動の発生頻度を求めて、胎内運動の発生頻度を判定基準と比較してもよい。胎内運動に基づく評価情報 4 D は、例えば、胎内運動の持続時間 G が所定の判定基準を越えるか否かの評価（つまり、1 回の胎内運動の長さの評価）を含んでもよい。

[0085] 第 2 実施形態では、ウェアラブル型のセンサ 3 0 によって日常的かつ継続的に胎内運動に関する情報 3 C が取得され、評価部 1 2 によって胎内運動に

基づく評価情報 4 D が生成される。胎内運動に関する情報 3 C 及び胎内運動に基づく評価情報 4 D により、医師等は、胎動減少の有無を判断するための比較的長期間にわたる客観的なデータ及び評価を把握できる。

[0086] 図 1 2 の例では、評価部 1 2 は、胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C に加えて、第 1 実施形態に示した子宮収縮に関する情報 3 A 及び胎児心拍に関する情報 3 B にも基づいて、総合評価情報 4 C を生成する。評価部 1 2 により生成された評価情報 4 は、出力部 1 3 に供給される。出力部 1 3 は、推論部 1 1 により生成された妊娠状況 3 と、評価部 1 2 により生成された評価情報 4 とを含む出力データを、表示部 3 1 に出力する。

[0087] (学習済みモデルの生成)

図 1 3 は、学習済みモデル 1 2 1 の生成（機械学習）を説明する説明図である。第 2 実施形態において、学習モデル 4 0 の機械学習に用いられる教師データ 1 4 1 は、例えば病院等で、分娩監視装置及び超音波検査装置（エコー、ドップラー）等の専用装置を用いた計測データによって作成される。

[0088] 学習済みモデル 1 2 1 の生成に用いられる教師データ 1 4 1 は、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録 2（時系列データ）と、同一の母体中の胎児 F E から計測された胎児 F E の胎内運動記録 1 4 2 とを含む。胎内運動記録 1 4 2 は、母体 M O 中の胎児 F E の胎内運動の時系列データである。教師データ 1 4 1 に含まれる電氣的活動記録 2 と胎内運動記録 1 4 2 とは、同一時刻 t に計測されたデータのペアである。胎内運動記録 1 4 2 は、超音波検査装置の探触子または、分娩監視装置の超音波トランスジューサを母体 M O の腹壁表面に当てて音響信号を計測し、演算処理によって胎児 F E 由来の信号成分を抽出することにより取得される。胎内運動記録 1 4 2 は、推論部 1 1 において生成される胎児 F E の胎内運動に関する情報 3 C に相当する情報である。学習部 M L は、教師データ 1 4 1 を用いて、経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録 2 が入力されたときに、胎内運動記録 1 4 2 の出力に変換するための特徴量を、深層学習を用いて学習モデル 4 0 に獲得させる。学習部 M L は、複数の教師データ 1 4 1 を用いて学習を行うことによ

り、学習モデル40の特徴量を決定する。機械学習により特徴量が決定された学習モデル40が、学習済みモデル121である。

[0089] なお、胎児FEの胎内運動は、上記第1実施形態で説明した胎児心拍と比べるとはるかに大きな生体電気信号を伴う。胎内運動に関する情報3Cとして推定される胎内運動に由来する生体電気信号は、胎児FEから母体MOを介して間接的に計測できる。なお、胎内運動に由来する生体電気信号は、胎動そのものによる電気的な信号以外に、胎動の発生に伴う母体の生体活動（母体が強張ることによる腹直筋や上腕二頭筋由来の電気的信号など）を含み、この母体の生体活動は意識的活動、無意識的活動によらない。学習済みモデル121は、機械学習によって、母体MOの電気的活動記録2から胎児FEの胎内運動に由来する信号成分を分離、抽出する処理を獲得する。図10に示した妊娠状況推定装置1の記憶部14には、生成された学習済みモデル121が、予め記憶される。

[0090] （妊娠状況推定方法）

次に、第2実施形態に係る妊娠状況推定方法について説明する。第2実施形態に係る妊娠状況推定方法の処理の流れは、図7に示したフローチャートと同様であり、一部のステップの処理の内容が異なるのみである。

[0091] ステップS10において、情報取得部10が、経皮的に計測された母体MO由来の電気的活動記録2を取得する。情報取得部10は、母体MOに装着されるセンサ30から直接、又はセンサ30の計測データを記録した記憶媒体を介して電気的活動記録2を取得する。情報取得部10は、ウェアラブル型のセンサ30によって、電気的活動記録2を取得する。計測対象である妊婦は、1回の計測において、例えば、半座位の姿勢で、安静状態で、20分から40分程度の間、電気的活動記録2の計測を行う。計測は、例えば、「お腹が張る」と感じた時や、「胎動が少ない」と感じた時に実行すればよいが、例えば毎日の特定時刻に定期的に行ってもよい。

[0092] ステップS20において、推論部11が、電気的活動記録2を学習済みモデル21に入力することにより、母体MOの妊娠状況3を推論する。第2実

施形態では、推論部 11 は、電氣的活動記録 2 を入力とし、母体 MO 中の胎児 FE の胎内運動に関する情報 3C を含む妊娠状況 3 を出力とする学習済みモデル 121 に、ステップ S10 で取得された電氣的活動記録 2 を入力して、特徴量に基づく演算を行う。これにより、推論部 11 は、胎児 FE の胎内運動に関する情報 3C を含む妊娠状況 3 を推論する。第 2 実施形態では、推論部 11 が、ステップ S10 で取得された電氣的活動記録 2 をさらに第 1 学習済みモデル 21A 及び第 2 学習済みモデル 21B に入力して、それぞれの特徴量に基づく演算を行う。これにより、推論部 11 は、胎内運動に関する情報 3C に加えて、母体 MO の子宮収縮に関する情報 3A 及び母体 MO 中の胎児心拍に関する情報 3B を含む妊娠状況 3 を生成する。

[0093] ステップ S30 において、評価部 12 が、妊娠状況 3 のデータと、評価用データ 22 とに基づいて、評価情報 4 を生成する。第 2 実施形態では、評価部 12 は、胎内運動に基づく評価情報 4D、子宮収縮に基づく評価情報 4A、胎児心拍に基づく評価情報 4B、総合評価情報 4C を生成する。

[0094] ステップ S40 において、出力部 13 が、推論部 11 により生成された妊娠状況 3 と、評価部 12 により生成された評価情報 4 とを含む出力データを、表示部 31 などの出力先機器に出力する。これにより、妊娠状況 3 と評価情報 4 とが表示部 31 に表示される。

[0095] (妊娠状況推定装置の構成例)

第 2 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1A は、上記第 1 実施形態と同様に、図 10 に示した例以外の各種の態様で実現できる。第 2 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1A は、例えば、図 8 に示したウェアラブルデバイス 100 によって実現される。また、第 2 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1A は、例えば、図 9 に示したサーバ 200 によって実現され、クラウドサービスの形態で妊娠状況 3 及び評価情報 4 を提供することができる。

[0096] (効果)

以上説明したように、第 2 実施形態に係る妊娠状況推定装置 1A は、経皮的に計測された母体 MO 由来の電氣的活動記録 2 を取得する情報取得部 10

と、電氣的活動記録2を入力とし、母体MO中の胎児FEの胎内運動に関する情報3Cを含む妊娠状況3を出力とする学習済みモデル121に、電氣的活動記録2を入力して、母体MOの妊娠状況3を推論する推論部11と、推論部11により生成された妊娠状況3を出力する出力部13と、を備える。これにより、分娩監視装置、超音波検査装置のような高価で大型の専用装置を用いることなく、母体MO由来の電氣的活動記録2を経皮的に計測するだけで、妊娠状況3を推論してユーザに提供できる。ユーザは、電氣的活動記録2を判読するための専門知識やデータ解釈の作業を要することなく、推論処理によって生成された客観的な妊娠状況3を把握することができる。その結果、院外でも、安価かつ簡便に、胎児FEの状況を把握できる。

[0097] なお、胎児FEの胎内運動は、院外においても、例えば妊婦の腹壁表面に専用のセンサを固定して、超音波検査装置により計測できる。しかし、そのようなセンサおよびデータ処理装置が高価で導入が難しい上、腹壁表面にセンサを固定したままでは日常生活の継続や長時間の計測が行いにくいいため、院外での十分な計測データの取得が困難である。そのため、従来、胎児FEの胎内運動については、病院に定期外来で訪れた妊婦からの聞き取りにより把握することがほとんどであり、把握される情報は、胎動減少感についての妊婦の主観的な印象となるため、子宮内胎児死亡や胎盤早期剥離の兆候を把握するための有用な指標とはなりにくかった。第2実施形態によれば、医師等は、胎内運動に関する情報3Cによって胎動減少の有無を判断するための客観的なデータを把握できるので、子宮内胎児死亡又は胎盤早期剥離に対する早期医療介入や治療方針の改善への寄与が期待できる。

[0098] 第2実施形態に係る妊娠状況推定装置1Aにおいて、母体MO中の胎児FEの胎内運動に関する情報3Cは、胎児FEの筋緊張、胎動及び呼吸様運動の少なくともいずれかの情報を含む。これにより、胎児FEの健常性の指標となる客観的なデータを把握できる。

[0099] 第2実施形態に係る妊娠状況推定装置1Aにおいて、情報取得部10は、母体MOの四肢のうちいずれか1つ以上と接触して電気信号を検出するセン

サ 3 0 を介して、電氣的活動記録 2 を取得する。これにより、専用のセンサを腹壁表面に固定して胎児 F E の状況を把握する従来手法とは異なり、例えばウェアラブル型のセンサ 3 0 を腕や脚に取り付けるだけで、電氣的活動記録 2 を取得できる。例えば図 8 のウェアラブルデバイス 1 0 0 に設けたセンサ 3 0 の場合、上述の通り、一方の手の手首に装着したセンサ 3 0 の第 1 電極が母体 M O と接触するので、計測時に、妊婦が他方の手で操作部 1 0 3 に触れたり、操作部 1 0 3 を胸壁又は腹壁の表面などに接触させたりすることで、計測が行える。妊婦は、操作部 1 0 3 に触れるだけなので、着衣のままでよく、胸壁又は腹壁に接触させる場合でも衣服の中に手を入れるだけで簡単に計測できる。そのため、センサ 3 0 を装着する妊婦の計測時姿勢や動作、服装等の制約が少ないので、妊婦の生活の質（Q O L）を損なうことなく、日常生活の中で継続的な計測や高頻度の計測が行える。その結果、子宮内胎児死亡又は胎盤早期剥離に関わる重要な兆候を発見する可能性を高めることができる。

[0100] 第 2 実施形態のその他の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

[0101] 以上、本発明の実施形態を説明したが、この実施形態の内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、前述した実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

[0102] （ファインチューニング）

例えば上記第 1 及び第 2 実施形態において使用する学習済みモデル 2 1 （1 2 1）には、母体 M O 又は胎児 F E の妊娠状況 3 に関する付加情報に基づくファインチューニングが行われてもよい。図 1 4 は、変形例に係るファインチューニングによる個別学習済みモデルの生成を説明する模式図である。図 1 5 は、変形例に係る個別学習済みモデルを用いた推論処理を説明する模式図である。

[0103] 図 1 4 に示すように、学習済みモデル 2 1 は、事前学習された事前学習済みモデル 3 2 0 に対して、付加情報 5 に基づいて分類された電氣的活動記録 2 及び妊娠状況 3 の個別教師データ 3 4 1 によりファインチューニングされた複数の個別学習済みモデル 3 2 1 を含む。個別学習済みモデル 3 2 1 は、事前教師データ 3 4 0 によって学習モデル 4 0 を事前学習した事前学習済みモデル 3 2 0 が、個別教師データ 3 4 1 によってファインチューニングされることにより生成される。以下では、個別教師データ 3 4 1 によってファインチューニングされた学習済みモデルを、個別学習済みモデル 3 2 1 と呼ぶ。

[0104] 付加情報 5 は、電氣的活動記録 2 以外の、母体 M O 又は胎児 F E の妊娠状況 3 に関する情報である。付加情報 5 は、妊娠週数、胎児推定体重、母体 B M I (Body Mass Index)、母体身長、母体体重、母体年齢のうち少なくとも 1 つを含む。付加情報 5 によって、電氣的活動記録 2 及び妊娠状況 3 の教師データは、複数のグループのいずれかに分類される。付加情報 5 のいずれかのグループに属する教師データの群である個別教師データ 3 4 1 が、グループ毎に作成される。

[0105] グループ分けしない（全てのグループのデータを無作為に含む）事前教師データ 3 4 0 によって、学習モデル 4 0 が機械学習（事前学習）されることにより、事前学習済みモデル 3 2 0 が生成される。生成された事前学習済みモデル 3 2 0 の一部又は全部が、個別教師データ 3 4 1 によってファインチューニングされることにより学習される。その結果、付加情報 5 のグループ毎に個別学習済みモデル 3 2 1 が生成される。個別教師データ 3 4 1 のデータ点数は、事前教師データ 3 4 0 のデータ点数よりも少なくてもよい。

[0106] 個別教師データ 3 4 1 の分類（グループ分け）の手法は、特に限定されない。付加情報 5 が妊娠週数である例について説明する。妊娠週数の付加情報 5 は、例えば、妊娠週数に応じて妊娠初期（1 3 週 6 日以前）、妊娠中期（1 4 週 0 日～2 7 週 6 日）、妊娠後期（2 8 週 0 日以降）の 3 つのグループに分類してよい。個別教師データ 3 4 1 は、妊娠週数が各グループのいずれ

かに属する母体M Oから得られた教師データで構成される。そして、妊娠初期の個別教師データ3 4 1、妊娠中期の個別教師データ3 4 1、妊娠後期の個別教師データ3 4 1のそれぞれを用いたファインチューニングによって、妊娠初期用の個別学習済みモデル3 2 1と、妊娠中期用の個別学習済みモデル3 2 1と、妊娠後期用の個別学習済みモデル3 2 1と、が別々に作成される。

[0107] 図1 5に示すように、情報取得部1 0は、電氣的活動記録2に加えて、母体M O又は胎児F Eの妊娠状況3に関する付加情報5を取得する。付加情報5（又は付加情報5の算出に必要な情報）は、ユーザである母体M Oや医師等が妊娠状況推定装置1に入力（情報通信端末から送信など）してもよいし、情報取得部1 0が電子カルテ情報等から取得してもよい。一例である妊娠週数は、例えば母体M Oの妊娠成立日と現在の日付とから算出でき、その際に母体M Oの妊娠成立日が上記方法で取得できればよい。

[0108] 推論部1 1は、情報取得部1 0により取得された付加情報5に基づいて、電氣的活動記録2を入力する個別学習済みモデル3 2 1を選択する。推論部1 1は、選択した個別学習済みモデル3 2 1に電氣的活動記録2を入力することにより、当該母体M Oの妊娠状況3を生成し、出力部1 3に供給する。

[0109] これにより、母体M Oの妊娠週数が妊娠初期、妊娠中期、妊娠後期の3つのグループのいずれに該当するかに応じて、推論に用いる個別学習済みモデル3 2 1が選択される。その結果、妊娠週数に応じた推論の精度を向上させることができる。子宮収縮の頻度や胎児の胎動の頻度、強度は、妊娠週数が進むに従って上昇する傾向があり、妊娠週数に応じたファインチューニングは推論精度向上に効果的である。また、心電図のような電氣的活動記録2は、被験者の体格（母体B M I、母体身長、母体体重）に応じて統計的平均からの差異が生じる。母体B M I、母体身長、母体体重などに応じたファインチューニングにより入力データの統計的偏りに対応できることから、推論精度向上に効果的である。妊娠週数が進み、胎児の推定体重が増加するほど、胎動の頻度、強度が上昇する傾向がある。そのため、妊娠週数と同様に、胎

児推定体重に応じたファインチューニングも推論精度向上に効果的である。
また、母体年齢が上昇することにより子宮収縮の強度が減弱する可能性が高まり、これを背景として高齢出産は微弱陣痛や分娩停止のリスクとなる。年齢に応じたファインチューニングにより、子宮収縮の減弱の程度を考慮したチューニングが可能になるため、推論精度向上に寄与する。

[0110] なお、付加情報5をいくつかのグループに分類するかは特に限定されない。妊娠週数についても2又は4以上のグループに分類してもよいし、妊娠週数毎に別々のグループとしてもよい。他の付加情報5についても同様である。付加情報5としては、上述した妊娠週数、胎児推定体重、母体BMI、母体身長、母体体重、母体年齢の他にも、経妊・経産の有無、人種、国籍、生活歴（喫煙、飲酒、職業歴）、妊娠歴（自然妊娠、人工授精、体外受精）、既往歴、産科合併症、内服薬、アレルギー歴、家族歴、浮腫の有無、尿検査所見（尿蛋白、尿糖）などを含んでもよい。

[0111] また、図14では、事前学習済みモデル320に対して付加情報5に基づくファインチューニングを行う例を示したが、学習モデル40に対して付加情報5に基づく機械学習を別々に行うことで、（ファインチューニングなしで）個別学習済みモデル321を作成してもよい。つまり、付加情報5に基づいて分類した個別教師データ341を用いて、学習モデル40を機械学習することで、付加情報5に基づく分類毎の学習済みモデル21を別個に作成してもよい。

符号の説明

[0112] 1、1A…妊娠状況推定装置、2…電氣的活動記録、3…妊娠状況、3A…子宮収縮に関する情報、3B…胎児心拍に関する情報、3C…胎内運動に関する情報、4…評価情報、4A…子宮収縮に基づく評価情報、4B…胎児心拍に基づく評価情報、4C…総合評価情報、4D…胎内運動に基づく評価情報、5…付加情報、10…情報取得部、11…推論部、12…評価部、13…出力部、14…記憶部、20…プログラム、21…学習済みモデル、21A…第1学習済みモデル、21B…第2学習済みモデル、22…評価用デ

ータ、30…センサ、31…表示部、40…学習モデル、41A、41B…教師データ、42…子宮収縮記録、43…胎児心拍記録、100…ウェアラブルデバイス、101…筐体、102…制御部、103…操作部、121…学習済みモデル、141…教師データ、142…胎内運動記録、200…サーバ、210…情報通信端末、211…制御部、212…通信部、213…表示部、214…記憶部、320…事前学習済みモデル、321…個別学習済みモデル、340…事前教師データ、341…個別教師データ、B…胎児心拍数、D…子宮収縮の間隔、E…胎内運動の間隔、FE…胎児、G…胎内運動の持続時間、H…子宮収縮の強さ、L…子宮収縮の持続時間、ML…学習部、MO…母体、NW…ネットワーク。

請求の範囲

- [請求項1] 経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録を取得する情報取得部と、
- 前記電氣的活動記録を入力とし、母体の子宮収縮及び母体中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電氣的活動記録を入力して、前記母体の前記妊娠状況を推論する推論部と、
- 前記推論部により生成された前記妊娠状況を出力する出力部と、
- を備える妊娠状況推定装置。
- [請求項2] 前記学習済みモデルは、
- 前記母体の子宮収縮に関する情報を出力する第1学習済みモデルと、
- 前記母体中の胎児心拍に関する情報を出力する第2学習済みモデルと、を含み、
- 前記推論部は、前記母体の子宮収縮に関する情報及び前記母体中の胎児心拍に関する情報をそれぞれ含む前記妊娠状況を推論する、
- 請求項1に記載の妊娠状況推定装置。
- [請求項3] 前記推論部により生成された前記妊娠状況の内容に応じた評価情報を生成する評価部をさらに備え、
- 前記出力部は、前記妊娠状況に加えて、前記妊娠状況に応じた前記評価情報を出力する、
- 請求項1または2に記載の妊娠状況推定装置。
- [請求項4] 前記母体の子宮収縮に関する情報は、子宮収縮の強さ、持続時間、間隔、周期、頻度及び強度波形の少なくともいずれかの情報を含む、
- 請求項1または2に記載の妊娠状況推定装置。
- [請求項5] 前記母体中の胎児心拍に関する情報は、胎児心拍、胎児心拍数、胎児心音、心拍間隔、心音波形、胎児心拍の所見の少なくともいずれかの情報を含む、

請求項 1 または 2 に記載の妊娠状況推定装置。

[請求項6] 前記情報取得部、前記推論部及び前記出力部は、身体の一部に装着可能なウェアラブルデバイスが備える制御部がプログラムを実行することにより構成され、

前記情報取得部は、前記ウェアラブルデバイスが備える電氣的活動を経皮的に計測するセンサから前記電氣的活動記録を取得し、

前記出力部は、前記ウェアラブルデバイスが備える表示部に前記妊娠状況を出力する、

請求項 1 または 2 に記載の妊娠状況推定装置。

[請求項7] 経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録を取得するステップと、

前記電氣的活動記録を入力とし、母体の子宮収縮及び母体中の胎児心拍の少なくとも一方に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電氣的活動記録を入力して、前記母体の妊娠状況を推論するステップと、

前記妊娠状況を出力するステップと、

を備える妊娠状況推定方法。

[請求項8] 経皮的に計測された母体由来の電氣的活動記録を取得する情報取得部と、

前記電氣的活動記録を入力とし、母体中の胎児の胎内運動に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電氣的活動記録を入力して、前記母体の前記妊娠状況を推論する推論部と、

前記推論部により生成された前記妊娠状況を出力する出力部と、

を備える妊娠状況推定装置。

[請求項9] 前記母体中の胎児の胎内運動に関する情報は、胎児の筋緊張、胎動及び呼吸様運動の少なくともいずれかの情報を含む、

請求項 8 に記載の妊娠状況推定装置。

[請求項10] 前記情報取得部は、母体の四肢のうちいずれか 1 つ以上と接触して

電気信号を検出するセンサを介して、前記電気的活動記録を取得する

、

請求項 8 に記載の妊娠状況推定装置。

[請求項11]

前記推論部により生成された前記妊娠状況の内容に応じた評価情報を生成する評価部をさらに備え、

前記出力部は、前記妊娠状況に加えて、前記妊娠状況に応じた前記評価情報を出力する、

請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載の妊娠状況推定装置。

[請求項12]

経皮的に計測された母体由来の電気的活動記録を取得するステップと、

前記電気的活動記録を入力とし、母体中の胎児の胎内運動に関する情報を含む妊娠状況を出力とする学習済みモデルに、前記電気的活動記録を入力して、前記母体の妊娠状況を推論するステップと、

前記妊娠状況を出力するステップと、

を備える妊娠状況推定方法。