(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2022-176129
(P2022-176129A)
(43)公開日　令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)Int.Cl.		FI		テーマコード（参考）
A01K 29/00	*(2006.01)*	A01K	29/00	D
A61D 1/08	*(2006.01)*	A61D	1/08	Z

審査請求 未請求　請求項の数 15　ＯＬ　（全 21 頁）

(21)出願番号　特願2022-77217(P2022-77217)
(22)出願日　令和4年5月9日(2022.5.9)
(31)優先権主張番号　特願2021-81845(P2021-81845)
(32)優先日　令和3年5月13日(2021.5.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

（出願人による申告）国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち人工知能未来農業創造プロジェクト）、産業技術力強化法第１７条の適用を受ける特許出願

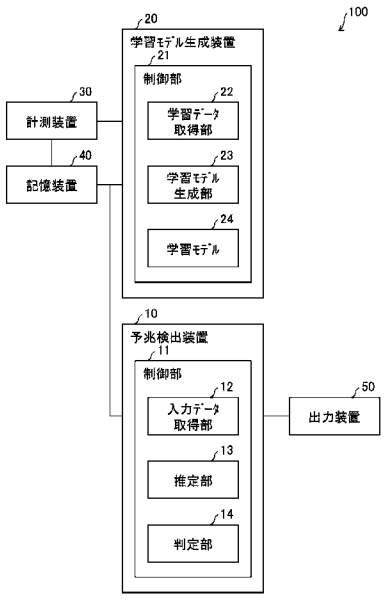
(71)出願人　501203344
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
茨城県つくば市観音台３－１－１
(71)出願人　504300088
国立大学法人北海道国立大学機構
北海道帯広市稲田町西２線１１番地
(71)出願人　504145342
国立大学法人九州大学
福岡県福岡市西区元岡７４４
(74)代理人　110000338
特許業務法人ＨＡＲＡＫＥＮＺＯ　ＷＯＲＬＤ　ＰＡＴＥＮＴ　＆　ＴＲＡＤＥＭＡＲＫ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】炎症性疾患予兆検出装置、炎症性疾患予兆検出方法、炎症性疾患予兆検出プログラム、学習モデル生成装置、学習モデル生成方法、学習モデル生成プログラム、心拍情報計測装置、及び心拍情

(57)【要約】
【課題】家畜において炎症性疾患の予兆を検出する技術を実現する。
【解決手段】炎症性疾患の予兆検出装置（１０）は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部（１４）を備えている。
【選択図】図１

図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部を備えた、炎症性疾患予兆検出装置。
【請求項２】
前記所定の時間帯は、０時から７時までの間の２時間以上の時間帯である、請求項１に記載の炎症性疾患予兆検出装置。
【請求項３】
前記所定の時間帯よりも前の時間帯を第１の時間帯とし、前記所定の時間帯を第２の時間帯とした場合において、
健常な家畜における前記第１の時間帯の心拍情報及び前記第２の時間帯の心拍情報を参照して、被験家畜における前記第１の時間帯の心拍情報の実測値から、前記第２の時間帯の心拍情報を推定する推定部をさらに備え、
前記判定部は、前記推定部が推定した前記第２の時間帯の心拍情報の推定値と、前記被験家畜の前記第２の時間帯の心拍情報の実測値との差を参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部と
を備えた、請求項１又は２に記載の炎症性疾患予兆検出装置。
【請求項４】
前記推定部は、健常な家畜における、前記第１の時間帯の心拍情報及び前記第２の時間帯の心拍情報を含む学習データとして機械学習を行うことにより生成された学習モデルを用いて、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を推定する、請求項３に記載の炎症性疾患予兆検出装置。
【請求項５】
被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する工程を包含する、炎症性疾患予兆検出方法。
【請求項６】
請求項１に記載の炎症性疾患予兆検出装置としてコンピュータを機能させるための炎症性疾患予兆検出プログラムであって、前記判定部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。
【請求項７】
家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成部を備えた、学習モデル生成装置。
【請求項８】
家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成工程を含む、学習モデル生成方法。
【請求項９】
請求項７に記載の学習モデル生成装置としてコンピュータを機能させるための学習モデル生成プログラムであって、前記生成部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。
【請求項１０】
請求項１又は２に記載の炎症性疾患予兆検出装置と、
家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測装置と
を備えた、炎症性疾患予兆検出システム。
【請求項１１】

請求項１に記載の炎症性疾患予兆検出装置において用いられる心拍情報を計測する心拍情報計測装置であって、
家畜の心拍情報を計測するためのセンサ部と、
前記センサ部を家畜に装着するベルト部と、
前記ベルト部と前記センサ部とを着脱可能に接続するセンサ接続部と
を備え、
前記センサ部は、前記心拍情報計測装置を家畜に装着した場合に、家畜との接触部位に接触圧を生じさせる機構を有している、
心拍情報計測装置。
【請求項１２】
前記センサ部は、
家畜に接触するセンサと、
前記センサを支持する支持具と、
前記センサと前記支持具との間に位置し、前記センサを家畜との接触面の方向に付勢する付勢部材と
を有する、請求項１１に記載の心拍情報計測装置。
【請求項１３】
家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測方法であって、
請求項１１に記載の心拍情報計測装置を家畜に装着する装着工程であって、前記ベルト部による家畜の装着部位に対する装着圧は、前記センサ部を家畜に接触させる接触部位に対する接触圧よりも小さい装着工程
を包含する、心拍情報計測方法。
【請求項１４】
前記接触圧は家畜の平均血圧である、請求項１３に記載の心拍情報計測方法。
【請求項１５】
請求項１に記載の炎症性疾患予兆検出装置と、
請求項１１に記載の心拍情報計測装置と
を備えた、炎症性疾患予兆検出システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、炎症性疾患予兆検出装置、炎症性疾患予兆検出方法、炎症性疾患予兆検出プログラム、学習モデル生成装置、学習モデル生成方法、学習モデル生成プログラム、心拍情報計測装置、及び心拍情報計測方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、農業従事者数の減少、農場一戸あたりの家畜の飼養頭数の増加等に伴い、農場における家畜の頭数当たりの農業従事者の少人数化が進んでいる。家畜において、疾病を効果的に防除するためには、疾病の兆候を早期に発見することが重要である。しかしながら、家畜の頭数当たりの農業従事者の少人数化が進んでいるという状況下においては、多頭数の家畜群から個々の家畜の疾病兆候を早期に発見することは困難である。特に、周産期の事故や疾病による母家畜の損耗率が高いという現状がある。
【０００３】
このような問題を解決する手段としては、家畜の身体状態を表す情報と疾病との関係に基づいて、疾病の兆候を早期に検知する技術の開発が進められている。
【０００４】
家畜の身体状態を表す情報と疾病との関係に関して、非特許文献１及び３には、健常なウシでは、分娩後に副交感神経活動が活発になるが、疾患を有するウシではそのような症状がないことが記載されている。また、非特許文献２には、分娩後に子宮炎を発症したウシは、健常なウシと比較して夜間の心拍数が高く、心拍間隔変動解析から得られるトータ

ルパワー値が低いことが記載されている。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００５】
【非特許文献１】矢用ら、ＡＩプロ終了時研究成果報告書　2020年春
【非特許文献２】Aoki T et al., PLoS ONE 15(11): e0242856.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242856 (2020)
【非特許文献３】石崎ら、日本獣医学会　講演要旨（2020）
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
上述のような従来技術は、既に発病した家畜の身体状態を表す情報であり、疾病の兆候を、発病前に早期に検知するための情報ではない。発病前に疾病の兆候を検知することができれば、疾病の効果的な防除が可能であり、有用である。
【０００７】
本発明の一態様は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、家畜において炎症性疾患の予兆を検出する技術を実現することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部を備えている。
【０００９】
本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出方法は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する工程を包含する。
【００１０】
本発明の一態様に係るプログラムは、本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出装置としてコンピュータを機能させるための炎症性疾患予兆検出プログラムであって、前記判定部としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。
【００１１】
本発明の一態様に係る学習モデル生成装置は、家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成部を備えている。
【００１２】
本発明の一態様に係る家畜における学習モデル生成方法は、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成工程を含む。
【００１３】
本発明の一態様に係るプログラムは、本発明の一態様に係る学習モデル生成装置としてコンピュータを機能させるための学習モデル生成プログラムであって、前記生成部としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。
【００１４】
本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出システムは、本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出装置と、家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測装置とを備えている。
【００１５】
本発明の各態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、コンピュータによって実現してもよく、この場合には、コンピュータを前記炎症性疾患予兆検出装置が備える各部（ソフトウ

ェア要素）として動作させることにより前記炎症性疾患予兆検出装置をコンピュータにて実現させる炎症性疾患予兆検出装置の炎症性疾患予兆検出制御プログラム、およびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も、本発明の範疇に入る。

【００１６】

本発明の各態様に係る炎症性疾患予兆検出装置において用いられる心拍情報を計測する心拍情報計測装置であって、家畜の心拍情報を計測するためのセンサ部と、前記センサ部を家畜に装着するベルト部と、前記ベルト部と前記センサ部とを着脱可能に接続するセンサ接続部とを備え、前記センサ部は、前記心拍情報計測装置を家畜に装着した場合に、家畜との接触部位に接触圧を生じさせる機構を有している。

【００１７】

本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出システムは、本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出装置と、本発明の一態様に係る心拍情報計測装置とを備えている。

【発明の効果】

【００１８】

本発明の一態様によれば、家畜において炎症性疾患の予兆を検出する技術を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出システムの要部構成を示すブロック図である。

【図２】本発明の一態様に係る炎症性疾患の予兆検出装置における予兆の判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図３】本発明の一態様に係る学習モデル生成装置における学習モデルの生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図４】実施例の心拍数に基づく予兆判定結果を示すグラフである。

【図５】実施例のトータルパワー値に基づく予兆判定結果を示すグラフである。

【図６】本発明の一態様に係る計測装置の要部構成を説明する模式図である。

【図７】計測装置のセンサ部とセンサ接続部との接続態様の一例を説明する模式図である。

【図８】計測装置のセンサ部について、家畜への装着状態及び非装着状態を説明する模式図である。

【図９】実施例において計測装置を用いて測定した脈波の経時変化を接触圧毎に示す図である。

【図１０】実施例において計測装置を用いて測定した脈波の振幅の平均値を接触圧毎に示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

本発明の一態様は、家畜における炎症性疾患の予兆を検出する予兆検出装置（炎症性疾患予兆検出装置）を提供する。予兆検出装置が予兆を検出する炎症性疾患は、例えば、分娩後の母家畜が発症する疾患であり、子宮炎、子宮内膜炎、膣炎、乳房炎、腹膜炎、起立不能症に続発する筋炎等が挙げられるが、これらに限定されない。予兆検出装置により炎症性疾患の予兆を検出する対象となる家畜の例として、ウシ、ウマ、ブタ、ヤギ、ヒツジ等が挙げられる。一例として、予兆検出装置により炎症性疾患の予兆を検出する対象となる家畜は、ウシである。

【００２１】

本発明者らは、心拍情報を指標として、ウシの炎症性疾患モデルにおける自律神経系の機能の変化を検討した。そして、本発明者らは、炎症性疾患を発症する家畜では、発症前の所定時間帯の心拍情報が、炎症性疾患を発症しない健常な家畜における同じ時間帯の心拍情報と異なることを見出し、本発明を完成させるに至った。本発明の一態様に係る予兆検出装置は、家畜において、炎症性疾患を発症する前に、炎症性疾患の予兆を検出するこ

とにより、炎症性疾患の発症を予測する。

【００２２】

ここで、炎症性疾患の発症とは、炎症性疾患に典型的な症状が現れた状態を意図しており、炎症性疾患を発症する前とは、炎症性疾患に典型的な症状が現れていない状態を意図している。また、炎症性疾患の予兆とは、炎症性疾患を発症していない家畜における、炎症性疾患の発症と因果関係のある身体状態の変化が意図される。

【００２３】

予兆検出装置において検出する、家畜における炎症性疾患の予兆は、一例として、家畜の心拍情報の変化である。ここで、心拍情報は、心臓の電気的活動を表す波形信号を表す心電図から得られる情報であり、一例として、心拍数及び心拍間隔変動解析から得られるトータルパワー値が挙げられる。また、心拍情報には、脈波及び脈拍間隔も含まれ得る。

【００２４】

〔炎症性疾患予兆検出システム１００〕

図１は、本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出システム１００の要部構成を示すブロック図である。図１に示すように、炎症性疾患予兆検出システム１００は、予兆検出装置（炎症性疾患予兆検出装置）１０及び計測装置（心拍情報計測装置）３０を備えている。また、炎症性疾患予兆検出システム１００は、学習モデル生成装置２０、記憶装置４０、出力装置５０を備えている。なお、炎症性疾患予兆検出システム１００において、予兆検出装置１０と計測装置３０とは別体の装置により構成されていてもよいし、一体の装置として構成されていてもよい。

【００２５】

計測装置３０は、家畜における心拍情報を計測する。計測装置３０は、一例として、家畜の身体に装着するウェアラブル装置である。計測装置３０は、一例として、複数の電極を備えており、電極と家畜との間を流れる電流を検出することで心拍情報を計測する。また、計測装置３０の他の例は、光源（ＬＥＤあるいはレーザ）とフォトダイオードとを備えており、光源から照射され、家畜の血管から反射した光をフォトダイオードが検出することで心拍情報を計測する。

【００２６】

計測装置３０は、計測した心拍情報を記憶装置４０に送信し、時系列で所定時間毎に記憶させる。これにより、心拍情報の経時的な変化を取得することができる。また、計測装置３０は、予兆検出装置１０及び学習モデル生成装置２０に心拍情報を送信してもよい。計測装置３０は、心拍情報を常時計測するようになっていてもよいし、所定の間隔で定期的に計測するようになっていてもよい。

【００２７】

記憶装置４０は、炎症性疾患予兆検出システム１００にて使用されるプログラム及びデータを記憶する。記憶装置４０は、一例として、計測装置３０が計測した心拍情報を含む心電データや脈波データを時系列で所定時間帯毎に記憶している。記憶装置４０は、心電データや脈波データを記憶するデータベースをクラウド又はサーバ上に有していてもよい。

【００２８】

記憶装置４０は、計測装置３０が計測した心電データや脈波データを、計測した時間帯と対応付けて記憶していることが好ましい。心電データや脈波データは、所定時間内の心拍情報の変動を表す波形データであり得る。

【００２９】

出力装置５０は、予兆検出装置１０が検出した炎症性疾患の予兆に関する情報を出力する。出力装置５０による出力の態様は特に限定されない。出力装置５０は、例えば、当該情報を画像として表示する表示装置、当該情報を印刷する印刷装置、又は、当該情報を音声として出力する警報装置であってもよい。

【００３０】

（予兆検出装置１０）

予兆検出装置１０は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する。

【００３１】

予兆検出装置１０は、制御部１１を備えている。制御部１１は、予兆検出装置１０の各部を統括して制御するものであり、一例として、プロセッサ及びメモリにより実現される。この例において、プロセッサはストレージ（不図示）にアクセスし、ストレージに格納されているプログラム（不図示）をメモリにロードし、当該プログラムに含まれる一連の命令を実行する。これにより、制御部１１の各部が構成される。当該各部として、制御部１１は、入力データ取得部１２、推定部１３、及び判定部１４を備えている。

【００３２】

入力データ取得部１２は、計測装置３０により計測された心拍情報を含む心電データや脈波データを取得する。入力データ取得部１２は、入力装置（不図示）からの推定の開始指示を表す入力信号に基づき、心電データや脈波データを取得する。一例として、入力データ取得部１２は、記憶装置４０から心電データや脈波データを読み出すが、計測装置３０から直接心電データや脈波データを取得するようになっていてもよい。入力データ取得部１２は、取得した心電データや脈波データを推定部１３へ出力する。

【００３３】

判定部１４は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する。判定部１４は、判定結果を出力装置５０に出力する。

【００３４】

判定部１４は、一例として、所定時間帯における被験家畜の心拍情報が健常な家畜の心拍情報と異なる場合に、被験家畜における炎症性疾患の予兆ありと判定する。判定部１４によるこのような判定処理は、本発明者らが見出した炎症性疾患を発症する家畜では、発症前の所定時間帯の心拍情報が、炎症性疾患を発症しない健常な家畜における同じ時間帯の心拍情報と異なるという事実に基づく。

【００３５】

判定部１４が判定に用いる心拍情報は、家畜における０時から７時までの間の２時間以上の時間帯の心拍情報であることが好ましく、３時から７時までの時間帯の心拍情報であることがより好ましく、３時から５時までの時間帯の心拍情報であることが最も好ましい。３時から５時までの時間帯の心拍情報を用いることで、より精度よく炎症性疾患の予兆を判定することができる。判定部１４が判定に用いる心拍情報は、所定の時間帯に計測された心拍情報の値の平均値であってもよいし、積算値であってもよい。

【００３６】

判定部１４は、所定の時間帯よりも前の時間帯を第１の時間帯とし、所定の時間帯を第２の時間帯とした場合において、後述する推定部１３が推定した第２の時間帯の心拍情報の推定値と、被験家畜の第２の時間帯の心拍情報の実測値との差を参照して、被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定してもよい。第１の時間帯は、上述した所定の時間帯（第２の時間帯）よりも前の時間帯であり、一例として、２０時から３時までの時間帯又は２０時から０時までの時間帯である。

【００３７】

判定部１４は、推定部１３から取得した第２の時間帯の心拍情報の推定値と、入力データ取得部１２又は記憶装置４０から取得した第２の時間帯の心拍情報の実測値とを取得し、これらの差を参照して、被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する。

【００３８】

第１の時間帯の心拍情報から予測した第２の時間帯の心拍情報の推定値と、第２の時間帯の心拍情報の実測値との差は、炎症性疾患を発症する家畜と健常な家畜とで異なっている。したがって、第２の時間帯の心拍情報の推定値と、第２の時間帯の心拍情報の実測値との差を参照することで、炎症性疾患を発症する家畜と健常な家畜とを区別することがで

きる。これにより、家畜が炎症性疾患を発症する前に、その予兆の有無を判定することができる。

【００３９】

判定部１４は、被験家畜における第２の時間帯の心拍情報の推定値と第２の時間帯の心拍情報の実測値との差が、健常な家畜における当該差と異なる場合に、被験家畜において炎症性疾患の予兆が有りと判定し得る。また、判定部１４は、被験家畜における第２の時間帯の心拍情報の推定値と第２の時間帯の心拍情報の実測値との差が、所定の範囲外である場合に、被験家畜において炎症性疾患の予兆が有りと判定してもよい。この場合、所定の範囲は、健常な家畜における上記差とは異なる範囲であり得る。

【００４０】

推定部１３は、健常な家畜における第１の時間帯の心拍情報及び第２の時間帯の心拍情報を参照して、被験家畜における第１の時間帯の心拍情報の実測値から、第２の時間帯の心拍情報を推定する。推定部１３は、推定した第２の時間帯の心拍情報の推定値を、判定部１４へ出力する。

【００４１】

推定部１３は、一例として、健常な家畜における第１の時間帯及び第２の時間帯の心拍情報を参照して、第１の時間帯の心拍情報と第２の時間帯の心拍情報との相関関係を表す推定モデルを生成し、推定処理に用いる。

【００４２】

推定モデルは、統計分析により得られた、第２の時間帯の心拍情報を目的変数、第１の時間帯の心拍情報を説明変数とした推定式であり得る。推定モデルを構築するために用いる統計分析方法は特に限定されないが、一例として、回帰分析、主成分分析、因子分析、クラスター分析等が挙げられる。

【００４３】

推定モデルは、第１の時間帯及び第２の時間帯の心拍情報を学習データとして機械学習を行うことにより生成された学習済モデルであってもよい。推定モデルを構築するために用いる機械学習は特に限定されないが、一例として、ニューラルネットワーク、決定木、ランダムフォレスト、サポートベクトルマシン、勾配ブースティング木等が挙げられる。

【００４４】

すなわち、推定部１３は、健常な家畜における、第１の時間帯の心拍情報及び第２の時間帯の心拍情報を含む学習データとして機械学習を行うことにより生成された学習モデルを用いて、被験家畜の第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、第２の時間帯の心拍情報を推定してもよい。推定部１３は、入力データ取得部１２又は記憶装置４０から第１の時間帯の心拍情報の実測値を取得して学習モデルに入力し、出力される第２の時間帯の心拍情報の推定値を取得する。

【００４５】

健常な家畜において、第１の時間帯の心拍情報と第２の時間帯の心拍情報との相関は高い。したがって、健常な家畜の心拍情報のデータを用いて生成された、第１の時間帯の心拍情報から第２の時間帯の心拍情報を予測する学習モデルを用いれば、高精度の推定が可能である。後述する実施例に示すように、上述したような学習モデルを用いることで、健常な家畜であれば、第２の時間帯の心拍情報の推定値と実測値との誤差は小さい。一方、炎症性疾患を発症する家畜では、第２の時間帯の心拍情報の推定値と実測値との誤差は大きくなる。したがって、第２の時間帯の心拍情報の推定値と実測値との誤差が大きい場合には、被験家畜において炎症性疾患の予兆が有りと判定することができる。

【００４６】

（判定処理の流れ）

図２は、本発明の一態様に係る炎症性疾患の予兆検出装置１０における予兆の判定処理（炎症性疾患予兆検出方法）の流れを示すフローチャートである。

【００４７】

入力データ取得部１２は、被験家畜の第１の時間帯の心拍情報の実測値を取得し、推定

部１３へと出力する（ステップＳ１）。推定部１３は、取得した第１の時間帯の心拍情報の実測値を学習モデルに入力し、出力される第２の時間帯の心拍情報の推定値を取得する（ステップＳ２）。推定部１３は、第２の時間帯の心拍情報の推定値を判定部１４へと出力する。

【００４８】

次に、判定部１４は、入力データ取得部１２又は記憶装置４０から、被験家畜の第２の時間帯の心拍情報の実測値を取得する（ステップＳ３）。そして、判定部１４は、第２の時間帯の心拍情報の推定値と実測値との差を算出する（ステップＳ４）。判定部１４は、算出した差が健常な家畜における差と一致するか否かを判定する（ステップＳ５）。ステップＳ５において、算出した差が健常な家畜における差と一致すると判定した場合（Ｙｅｓ）、判定部１４は、炎症性疾患の予兆なしと判定する（ステップＳ６）。ステップＳ５において、算出した差が健常な家畜における差と一致しないと判定した場合（Ｎｏ）、判定部１４は、炎症性疾患の予兆ありと判定する（ステップＳ７、判定する工程）。

【００４９】

そして、判定部１４は、判定結果を出力装置５０に出力し（ステップＳ８）、判定処理を終了する。

【００５０】

本発明の一態様に係る炎症性疾患の予兆検出装置１０によれば、炎症性疾患の発病前に、炎症性疾患の予兆を検出することができるので、炎症性疾患の予防や早期治療を実現することができる。

【００５１】

（学習モデル生成装置２０）

学習モデル生成装置２０は、家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成部を備えている。

【００５２】

学習モデル生成装置２０は、制御部２１を備えている。制御部２１は、学習モデル生成装置２０の各部を統括して制御するものであり、一例として、プロセッサ及びメモリにより実現される。この例において、プロセッサはストレージ（不図示）にアクセスし、ストレージに格納されているプログラム（不図示）をメモリにロードし、当該プログラムに含まれる一連の命令を実行する。これにより、制御部２１の各部が構成される。当該各部として、制御部２１は、学習データ取得部２２及び学習モデル生成部２３を備えている。

【００５３】

学習データ取得部２２は、学習データを取得する。学習データ取得部２２は、入力装置（不図示）からの学習の開始指示を表す入力信号に基づき、記憶装置４０に記憶された心拍情報を読み出す。心拍情報は、健常な家畜から取得した心拍情報であり得る。また、心拍情報は、所定の時間帯よりも前の時間帯を第１の時間帯とし、所定の時間帯を第２の時間帯とした場合において、第１の時間帯及び第２の時間帯の心拍情報を含む。学習データ取得部２２は、読み出した心拍情報を学習データとして、学習モデル生成部２３へ出力する。

【００５４】

学習モデル生成部２３は、学習データ取得部２２から取得した学習データを用いて機械学習を行うことにより、学習モデル２４を生成する。学習モデル生成部２３の一例として、ニューラルネットワーク、決定木、ランダムフォレスト、サポートベクトルマシン、勾配ブースティング木等の既知の機械学習方法を用いて、学習モデル２４を生成する。学習モデル生成部２３により生成された学習モデル２４は、第１の時間帯の心拍情報を入力として、第２の時間帯の心拍情報を出力する。学習モデル生成部２３は、生成した学習モデル２４を記憶装置４０に格納する。

【００５５】

学習モデル生成装置２０による学習モデル２４の生成は、入力装置（不図示）からの学習の開始指示を表す入力信号に基づいて行われてもよいし、所定の間隔で定期的に行なわれてもよい。また、学習モデル生成装置２０は、心拍情報が更新された際に学習モデル２４を再生成するようになっていてもよく、学習モデル２４を毎日再生成してもよい。学習モデル生成装置２０による学習モデル２４の生成は、家畜を管理する農場毎に行われてもよいし、また、季節や家畜の生育段階が変化する度に行ってもよい。

【００５６】

（生成処理の流れ）

図３は、本発明の一態様に係る学習モデル生成装置における学習モデルの生成処理（学習モデル生成方法）の流れを示すフローチャートである。

【００５７】

学習データ取得部２２は、健常な家畜の第１の時間帯及び第２の時間帯の心拍情報を学習データとして取得する（ステップＳ１１）。学習データ取得部２２は、取得した学習データを学習モデル生成部２３へと出力する。学習モデル生成部２３は、取得した心拍情報を学習データとして機械学習を行い、第１の時間帯の心拍情報を入力情報として、第２の時間帯の心拍情報を推定する学習モデルを生成する（ステップＳ１２、生成工程）。そして、学習モデル生成部２３は、生成した学習モデル２４を記憶装置４０に記憶し、生成処理を終了する。

【００５８】

本発明の一態様に係る学習モデル生成装置２０によれば、炎症性疾患の発病前に、炎症性疾患の予兆を検出するために利用する学習モデルを生成することができるので、炎症性疾患の予防や早期治療の実現に貢献することができる。

【００５９】

本発明の一態様に係る炎症性疾患予兆検出システム１００によれば、計測装置３０により被験家畜の心拍情報を取得し、取得した心拍情報に基づいて、予兆検出装置１０により炎症性疾患の予兆を検出する。これにより、炎症性疾患の発病前に、炎症性疾患の予兆を検出することができるので、炎症性疾患の予防や早期治療を実現することができる。

【００６０】

〔ソフトウェアによる実現例〕

予兆検出装置１０及び学習モデル生成装置２０（以下、「装置」と呼ぶ）の機能は、これらの装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムであって、これらの装置の各制御ブロック（特に、制御部１１及び制御部２１に含まれる各部）としてコンピュータを機能させるためのプログラムにより実現することができる。

【００６１】

この場合、上記装置は、上記プログラムを実行するためのハードウェアとして、少なくとも１つの制御装置（例えばプロセッサ）と少なくとも１つの記憶装置（例えばメモリ）を有するコンピュータを備えている。この制御装置と記憶装置により上記プログラムを実行することにより、上記各実施形態で説明した各機能が実現される。

【００６２】

すなわち、炎症性疾患の予兆検出装置１０としてコンピュータを機能させるための炎症性疾患予兆検出プログラム、及び、学習モデル生成装置２０としてコンピュータを機能させるための学習モデル生成プログラムについても、本発明の範疇に含まれる。

【００６３】

上記プログラムは、一時的ではなく、コンピュータ読み取り可能な、１または複数の記録媒体に記録されていてもよい。この記録媒体は、上記装置が備えていてもよいし、備えていなくてもよい。後者の場合、上記プログラムは、有線または無線の任意の伝送媒体を介して上記装置に供給されてもよい。

【００６４】

また、上記各制御ブロックの機能の一部または全部は、論理回路により実現することも可能である。例えば、上記各制御ブロックとして機能する論理回路が形成された集積回路

も本発明の範疇に含まれる。この他にも、例えば量子コンピュータにより上記各制御ブロックの機能を実現することも可能である。

【００６５】

また、上記各実施形態で説明した各処理は、ＡＩ（Artificial Intelligence：人工知能）に実行させてもよい。この場合、ＡＩは上記制御装置で動作するものであってもよいし、他の装置（例えばエッジコンピュータまたはクラウドサーバ等）で動作するものであってもよい。

【００６６】

〔計測装置３００〕

本発明の一態様に係る計測装置（心拍情報計測装置）について、図６～８を参照して説明する。図６は、計測装置３００の要部構成を説明する模式図である。図７は、計測装置３００のセンサ部３０１とセンサ接続部３０３との接続態様の一例を説明する模式図である。図８は、計測装置３００のセンサ部３０１について、家畜への装着状態及び非装着状態を説明する模式図である。

【００６７】

計測装置３００は、被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定するために用いられる、家畜Ｍにおける心拍情報を計測する心拍情報計測装置である。計測装置３００は、炎症性疾患の予兆検出装置１０において用いられる心拍情報を計測する心拍情報計測装置である。計測装置３００は、図６に示すように、家畜Ｍの身体の一部に装着するウェアラブル装置である。計測装置３００は、一例として、家畜の脈波を計測する脈波計である。計測装置３００は、一例として、家畜Ｍの尾に装着されるが、計測装置３００の装着位置はこれに限定されず、心拍情報を計測可能であれば、家畜Ｍの脚、耳等であってもよい。計測装置３００は、センサ部３０１、ベルト部３０２、及びセンサ接続部３０３を備えている。計測装置３００は、センサ部３０１において計測した心拍情報を、本発明の一態様に係る炎症性疾患の予兆検出装置１０に送信する送信部（図示せず）をさらに備えている。送信部は、無線又は有線による予兆検出装置１０への情報の送受信が可能なように構成されている。

【００６８】

センサ部３０１は、家畜Ｍの心拍情報を計測する。センサ部３０１は、一例として、心電計により取得される波形信号と相関の強い脈波信号を計測する。センサ部３０１は、所定の接触圧において家畜Ｍに接触させることにより、家畜Ｍの心拍情報を計測する。センサ部３０１は、一例として、複数の電極を備えており、電極と家畜Ｍとの間を流れる電流を検出することで心拍情報を計測する。また、センサ部３０１の他の例は、光源（ＬＥＤあるいはレーザ）とフォトダイオードとを備えており、光源から照射され、家畜Ｍの血管から反射した光をフォトダイオードが検出することで心拍情報を計測する。センサ部３０１は、心拍情報計測装置を家畜に装着した場合に、家畜に対する接触圧を生じさせる機構を有している。センサ部３０１における当該機構の一例については、後述する。

【００６９】

ベルト部３０２は、センサ部３０１を家畜Ｍに装着する。ベルト部３０２は、所定の装着圧において、家畜Ｍに装着される。ベルト部３０２は、一例として、センサ部３０１接続する前の状態で家畜Ｍに装着され、その後にセンサ部３０１が接続される。ベルト部３０２は、一例として、家畜Ｍから脱落しない装着圧において家畜Ｍに装着される。また、ベルト部３０２は、一例として、家畜Ｍにおけるベルト部３０２の装着部位にうっ血を生じさせない装着圧において家畜Ｍに装着される。家畜Ｍの尾にベルト部３０２を装着する場合の装着圧は、一例として、８０ｍｍＨｇ以下であり、５０ｍｍＨｇ以下であることが好ましく、３０ｍｍＨｇ以下であることがより好ましい。

【００７０】

センサ接続部３０３は、ベルト部３０２とセンサ部３０１とを着脱可能に接続する。センサ接続部３０３はベルト部３０２に設けられている。センサ接続部３０３は、一例として、センサ部３０１と嵌合可能な形状である。一例として、ベルト部３０２を家畜Ｍに装

着する際には、センサ接続部３０３にセンサ部３０１は接続されておらず、ベルト部３０２を家畜Mに装着した後に、センサ部３０１をセンサ接続部３０３に取り付けることにより、ベルト部３０２とセンサ部３０１とを接続する。

【００７１】

センサ部３０１とセンサ接続部３０３との接続態様の一例について、図７を参照して説明する。図７中の斜視図１００１は、センサ接続部３０３を斜め上方から見た図である。図７中の斜視図１００２は、センサ部３０１を斜め上方から見た図である。図７中の斜視図１００３は、センサ部３０１をセンサ接続部３０３に接続する様子を説明する側面図である。

【００７２】

斜視図１００１に示すように、センサ接続部３０３は、その側壁に凹部３０３ａを有している。また、斜視図１００２に示すように、センサ部３０１は、その側壁に凸部３０１ａを有している。そして、斜視図１００３に示すように、センサ部３０１をセンサ接続部３０３に接続する際には、凸部３０１ａを凹部３０３ａに位置合わせし、凸部３０１ａが凹部３０３ａの底面に到達するまでセンサ部３０１をセンサ接続部３０３に押し込む。凸部３０１ａが凹部３０３ａの底面に到達した後、凸部３０１ａの側面が凹部３０３ａの側面に到達するまで、センサ部３０１を横方向にスライドさせる。凸部３０１ａの側面が凹部３０３ａの側面に到達した位置においてセンサ部３０１を開放すると、家畜Mの皮膚の弾性によりセンサ部３０１が持ち上がり、凸部３０１ａが凹部３０３ａの上側の窪みに収容される。

【００７３】

このように、センサ部３０１とセンサ接続部３０３とを接続することにより、センサ部３０１をベルト部３０２に容易に取り付けることが可能である。また、センサ部３０１とセンサ接続部３０３とは、磁石の磁力により接続するようになっていてもよい。

【００７４】

センサ部３０１の部分構成の一例について、図８を参照して説明する。図８中の側面図１００４は、センサ部３０１の家畜に装着していない非装着状態を示す図である。図８中の側面図１００５は、センサ部３０１を家畜に装着した装着状態を示す図である。

【００７５】

図８に示すように、センサ部３０１は、センサ３０１１と、支持具３０１２と、付勢部材３０１３とを有している。センサ３０１１は、家畜に接触する部位であり、一例として、光源とフォトダイオードとが設けられている。センサ３０１１は、その上端部に家畜の皮膚に接触する接触面３０１１ａを有している。接触面３０１１ａは、家畜の皮膚との接触面積が心拍情報の測定が可能な面積となるように構成されていればよく、このような接触面積は、一例として、８０mm^2以上であり、好ましくは、１００mm^2以上である。

【００７６】

支持具３０１２は、センサ３０１１を支持する。支持具３０１２はその内部にセンサ３０１１を収容するための窪みを有している。付勢部材３０１３は、センサ３０１１と支持具３０１２との間に位置している。付勢部材３０１３は、センサ３０１１を家畜との接触面３０１１ａの方向、すなわち、支持具３０１２から離れる方向に付勢する。付勢部材３０１３は、一例として、バネである。

【００７７】

計測装置３００を家畜に装着していない状態においては、図８中の側面図１００４に示すように、センサ３０１１は接触面３０１１ａの方向に付勢されており、その上端部が支持具３０１２の上端から突出している。そして、計測装置３００を家畜に装着した状態においては、センサ３０１１の接触面３０１１ａと家畜の皮膚とが接触し、その接触圧によりセンサ３０１１は支持具３０１２内に押し込まれる。これにより、計測装置３００を家畜に装着した状態においては、図８中の側面図１００５に示すように、接触面３０１１ａの高さ方向の位置が支持具３０１２の上端と一致するように、センサ３０１１が支持具３０１２内に収容される。このように、センサ３０１１の高さ方向の位置は、図８に示すよ

うに、距離ｄの分だけ変位する。

【００７８】

センサ３０１１と家畜の皮膚との接触圧は、一例として、付勢部材３０１３の変位量により調整することができる。付勢部材３０１３の変位量は、一例として、センサ３０１１と支持具３０１２との高さ方向の初期位置により調整することができる。計測装置３００を家畜に装着した状態においては、付勢部材３０１３が変位してセンサ３０１１は支持具３０１２側に押し込まれるが、支持具３０１２の位置までしか押し込まれないため、センサ３０１１と家畜の皮膚との接触圧は一定圧となり得る。

【００７９】

センサ３０１１と家畜の皮膚との接触圧は、家畜の平均血圧であることが好ましい。家畜の平均血圧は、所定期間内に計測された血圧の平均値であり得る。センサ３０１１と家畜の皮膚との接触圧は、一例として、９０ｍｍＨｇ以上、１００ｍｍＨｇ以上、１２０ｍｍＨｇ以上、又は、１５０ｍｍＨｇ以上であることが好ましい。また、センサ３０１１と家畜の皮膚との接触圧は、一例として、２５０ｍｍＨｇ以下、２３０ｍｍＨｇ以下、２００ｍｍＨｇ以下、又は１８０ｍｍＨｇ以下であることが好ましい。

【００８０】

後述する実施例に示すように、センサ部３０１と家畜の皮膚との接触圧によって、計測される脈波信号の脈拍振幅が異なる。脈波信号は、心電計により取得される波形信号と相関が強いことが好ましく、そのため、脈波信号の脈拍振幅は大きいことが好ましい。そして、センサ部３０１と家畜の皮膚との接触圧が家畜の平均血圧と同程度である場合に、脈波信号の脈拍振幅が大きくなり得る。センサ部３０１は、センサ３０１１、支持具３０１２、及び付勢部材３０１３を有しているので、センサ部３０１と家畜の皮膚との接触圧を細かく調整することができる。

【００８１】

また、計測装置３００は、ベルト部３０２による家畜への装着と、センサ部３０１による家畜への接触とを、個別に調整可能である。すなわち、センサ部３０１は、計測装置３００を家畜に装着した場合に、家畜との接触部位に接触圧を生じさせる機構を独立して有している。このように、計測装置３００は、ベルト部３０２による装着圧だけでなく、センサ部３０１による接触圧も生じさせ得、さらにそれぞれ独立して調節可能である。よって、例えば、ベルト部３０２による家畜の装着部位に対する装着圧を、センサ部３０１を家畜に接触させる接触部位に対する接触圧よりも小さくして、計測装置３００を家畜に装着することができる。

【００８２】

したがって、家畜にうっ血を生じさせない装着圧で計測装置３００を装着して家畜への負担を小さくしつつ、センサ部３０１と家畜との接触圧を適切に調整して、適切な心拍情報を取得することができる。また、家畜における計測装置３００の装着部位の運動や、長期間の計測装置３００の装着により、ベルト部３０２が緩んで装着圧が低下した場合であっても、付勢部材３０１３の変位量は変化しにくいため、センサ部３０１の家畜に対する接触圧は変化せず、長期間継続して精度よく心拍情報を計測することができる。

【００８３】

計測装置３００を用いて、家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測方法についても、本発明の範疇に含まれる。本発明の一態様に係る心拍情報計測方法は、家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測方法であって、計測装置３００を家畜に装着する装着工程であって、ベルト部３０２による家畜の装着部位に対する装着圧は、センサ部３０１を家畜に接触させる接触部位に対する接触圧よりも小さい装着工程を包含する。また、本発明の一態様に係る心拍情報計測方法において、センサ部３０１の接触圧は家畜の平均血圧である。また、本発明の一態様に係る炎症性疾患の予兆検出装置と計測装置３００とを備えた炎症性疾患予兆検出システムについても、本発明の範疇に含まれる。

【００８４】

〔まとめ〕

本発明の第１の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部を備えている。

【００８５】

本発明の第２の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、第１の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置において、前記所定の時間帯は、０時から７時までの間の２時間以上の時間帯である。

【００８６】

本発明の第３の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、第１又は第２の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置において、前記所定の時間帯よりも前の時間帯を第１の時間帯とし、前記所定の時間帯を第２の時間帯とした場合において、健常な家畜における前記第１の時間帯の心拍情報及び前記第２の時間帯の心拍情報を参照して、被験家畜における前記第１の時間帯の心拍情報の実測値から、前記第２の時間帯の心拍情報を推定する推定部をさらに備え、前記判定部は、前記推定部が推定した前記第２の時間帯の心拍情報の推定値と、前記被験家畜の前記第２の時間帯の心拍情報の実測値との差を参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する判定部とを備えている。

【００８７】

本発明の第４の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置は、第３の態様に係る炎症性疾患予兆検出装置において、前記推定部は、健常な家畜における、前記第１の時間帯の心拍情報及び前記第２の時間帯の心拍情報を含む学習データとして機械学習を行うことにより生成された学習モデルを用いて、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を推定する。

【００８８】

本発明の第５の態様に係る炎症性疾患予兆検出方法は、被験家畜における所定の時間帯の心拍情報と、健常な家畜における前記所定の時間帯の心拍情報とを参照して、前記被験家畜における炎症性疾患の予兆を判定する工程を包含する。

【００８９】

本発明の第６の態様に係るプログラムは、第１から第４の態様のいずれかに係る炎症性疾患予兆検出装置としてコンピュータを機能させるための炎症性疾患予兆検出プログラムであって、前記判定部としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

【００９０】

本発明の第７の態様に係る学習モデル生成装置は、家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成部を備えている。

【００９１】

本発明の第８の態様に係る学習モデル生成方法は、家畜における、第１の時間帯の心拍情報と、前記第１の時間帯の後の第２の時間帯の心拍情報とを学習データとして機械学習を行うことにより、被験家畜の前記第１の時間帯の心拍情報の実測値を入力情報として、前記第２の時間帯の心拍情報を出力情報とする学習モデルを生成する生成工程を含む。

【００９２】

本発明の第９の態様に係るプログラムは、第７の態様に係る学習モデル生成装置としてコンピュータを機能させるための学習モデル生成プログラムであって、前記生成部としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

【００９３】

本発明の第１０の態様に係る炎症性疾患予兆検出システムは、第１から第４の態様のいずれかに係る炎症性疾患予兆検出装置と、家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測装置とを備えている。

【００９４】

本発明の第１１の態様に係る心拍情報計測装置は、第１から第４の態様のいずれかに係る炎症性疾患予兆検出装置において用いられる心拍情報を計測する心拍情報計測装置であって、家畜の心拍情報を計測するためのセンサ部と、前記センサ部を家畜に装着するベルト部と、前記ベルト部と前記センサ部とを着脱可能に接続するセンサ接続部とを備え、前記センサ部は、前記心拍情報計測装置を家畜に装着した場合に、家畜との接触部位に接触圧を生じさせる機構を有している。

【００９５】

本発明の第１２の態様に係る心拍情報計測装置は、本発明の第１１の態様に係る心拍情報計測装置において、前記センサ部は、家畜に接触するセンサと、前記センサを支持する支持具と、前記センサと前記支持具との間に位置し、前記センサを家畜との接触面の方向に付勢する付勢部材とを有する。

【００９６】

本発明の第１３の態様に係る心拍情報計測方法は、家畜における心拍情報を計測する心拍情報計測方法であって、第１１又は第１２の態様に係る心拍情報計測装置を家畜に装着する装着工程であって、前記ベルト部による家畜の装着部位に対する装着圧は、前記センサ部を家畜に接触させる接触部位に対する接触圧よりも小さい装着工程を包含する。

【００９７】

本発明の第１４の態様に係る心拍情報計測方法は、本発明の第１３の態様に係る心拍情報計測方法において、前記接触圧は家畜の平均血圧である。

【００９８】

本発明の第１４の態様に係る炎症性疾患予兆検出システムは、第１から第４の態様のいずれかに係る炎症性疾患予兆検出装置と、第１１又は第１２に係る心拍情報計測装置とを備えている。

【００９９】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【実施例】

【０１００】

（実施例１）

健常な雌ウシ（３０～６６ヶ月齢［平均４９．５ヶ月齢］、産次１～４回［平均１．８回］）８頭（ｎ＝１０）（健常群）の胸部に心電計（フクダ　エム・イー工業製、製品名：クイックコーダ、型番：ＱＲ２５００）を装着し、Ａ－Ｂ誘導にて心電図を連続記録して心拍数を計測した。出産日（０日目）～出産後７日目までの健常群における２０時～５時の心拍数を計測したデータ(欠損値を除く)を学習データとし、ニューラルネットワーク、勾配ブースティング木等が搭載された予測分析ツールＰｒｅｄｉｃｔｉｏｎ　ｏｎｅ（ソニーネットワークコミュニケーションズ株式会社）を用いて予測モデルを構築した。予測モデルとして、２０時～０時の平均心拍数を入力情報として、３時～５時の平均心拍数を予測する予測モデルを構築した。構築した予測モデルに、健常群の２０時～０時の平均心拍数を入力し、出力される３時～５時の平均心拍数の予測値を取得した。表１に示すように、誤差平均２．８３、決定係数０．６７４７の高精度であった。

【０１０１】

【表１】

評価値	
誤差中央値	１．９８
誤差率中央値	２．８０％
誤差平均	２．８３
RMSE	３．９３
決定係数	０．６７４７

【０１０２】

子宮内膜炎、乳房炎、および原因が特定できなかった発熱を検知する前の雌ウシ（２６～９９ヶ月齢［平均６０．２ヶ月齢］、産次２～３回［平均２．７回］）６頭（ｎ＝６）（疾病群）から、健常群と同様に心拍数を計測した。出産日～疾病と診断される前日における各日の疾病群の２０時～０時の平均心拍数を予測モデルに入力し、出力される３時～５時の平均心拍数の予測値を取得した。

【０１０３】

健常群及び疾病群において、３時～５時の予測値と実測値との関係を図４に示す。図４は、実施例の心拍数に基づく予兆判定結果を示すグラフである。図４に示すように、健常群と疾病群との間で、予測値と実測値との関係の挙動が異なっていた。実測値－予測値の誤差１３以上を疾病群とした場合、感度６６％（４/６頭）であり、特異度１００％（１０/１０頭）であった。

【０１０４】

（実施例２）

実施例１と同様に心電計から得られた情報に基づき、トータルパワー値を計測した。健常な雌ウシ（３０～６６ヶ月齢［平均４９．５ヶ月齢］、産次１～４回［平均１．８回］）８頭（ｎ＝１０）（健常群）において２０時～７時のトータルパワー値を計測したデータを学習データとし、予測分析ツールＰｒｅｄｉｃｔｉｏｎ　ｏｎｅ（ソニーネットワークコミュニケーションズ株式会社）を用いて予測モデルを構築した。予測モデルとして、２０時～３時の平均トータルパワー値を入力情報として、３時～７時の平均トータルパワー値を予測する予測モデルを構築した。構築した予測モデルに、健常群の２０時～３時の平均トータルパワー値を入力し、出力される３時～７時の平均トータルパワー値の予測値を取得した。表２に示すように、誤差平均６６８７．４、決定係数０．６６６１の高精度であった。

【０１０５】

【表２】

評価値	
誤差中央値	４５６６．０
誤差率中央値	５．１３％
誤差平均	６６８７．４
RMSE	９１６４．９
決定係数	０．６６６１

【０１０６】

子宮内膜炎、乳房炎、および原因が特定できなかった発熱を検知する前の雌ウシ（２６～９９ヶ月齢［平均６０．２ヶ月齢］、産次２～３回［平均２．７回］）６頭（ｎ＝６）（疾病群）から健常群と同様にトータルパワー値を計測した。出産日～疾病と診断される前日における各日の疾病群の２０時～３時の平均トータルパワー値を予測モデルに入力し、出力される３時～７時の平均トータルパワー値の予測値を取得した。

【０１０７】

健常群及び疾病群において、３時～７時の予測値と実測値との関係を図５に示す。図５は、実施例のトータルパワー値に基づく予兆判定結果を示すグラフである。図５に示すように、健常群と疾病群との間で、予測値と実測値との関係の挙動が異なっていた。実測値－予測値の誤差が－９０００未満を疾病群とした場合、感度５０％（３/６頭）であり、特異度８０％（８/１０頭）であった。

【０１０８】

（実施例３）

計測装置のセンサと家畜の皮膚との接触圧が計測される脈波信号の脈拍振幅に及ぼす影響を検証した。黒毛のウシ（２～３月齢）を対象として、３種類の接触圧で脈波を測定した。計測装置をウシの尾の付け根の内側にベルトを介して装着した。ベルトの締め付けは一定とした。計測装置として、３つの異なる接触圧にそれぞれ調整した計測装置を用いた。各計測装置を用いて、低接触圧、高接触圧、中接触圧の順に脈波を計測した。各計測装置について、約３分間脈波を計測した。計測した脈波の振幅について評価した。各計測装置の接触圧等の構成を表３に示す。

【０１０９】

【表３】

		ばね	変位量 [mm]	荷重 [N]	接触圧 [mmHg]
接触圧	低	DC013	3	0.528	37.4
	中	C125	2.5	2.45	174
	高	C143	2.5	3.78	268

【０１１０】

各計測装置が計測した脈波について、波形が安定した区間を拡大し、図９に示す。図９は、実施例において計測装置を用いて測定した脈波の経時変化を接触圧毎に示す図である。図９に示すように、中接触圧に調整した計測装置を用いて計測した脈波が最も振幅が大きかった。また、各計測装置について、２０秒間の脈波の振幅の平均値を算出し、図１０に示す。図１０は、実施例において計測装置を用いて測定した脈波の振幅の平均値を接触圧毎に示すグラフである。図１０に示すように、接触圧毎に振幅が異なり、中接触圧の場合に最も振幅が大きかった。

【０１１１】

本実施例において、中接触圧はウシの平均血圧と同程度であり、すなわち、計測対象の家畜の平均血圧と同程度に計測装置の接触圧を調整することで、脈波振幅の大きい計測値が得られることが示された。

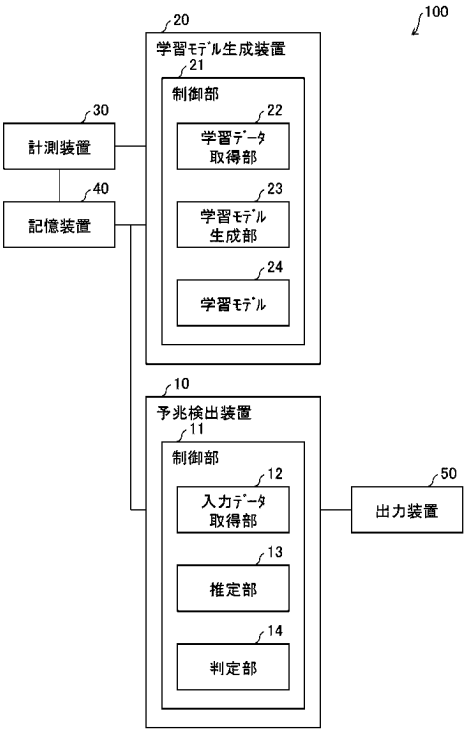
【符号の説明】

【０１１２】

１０　予兆検出装置（炎症性疾患予兆検出装置）、１３　推定部、１４　判定部、２０　学習モデル生成装置、２３　学習モデル生成部、３０、３００　計測装置（心拍情報計測装置）、１００　予兆検出システム、３０１　センサ部、３０２　ベルト部、３０３　センサ接続部、３０１１　センサ、３０１１ａ　接触面、３０１２　支持具、３０１３　付勢部材

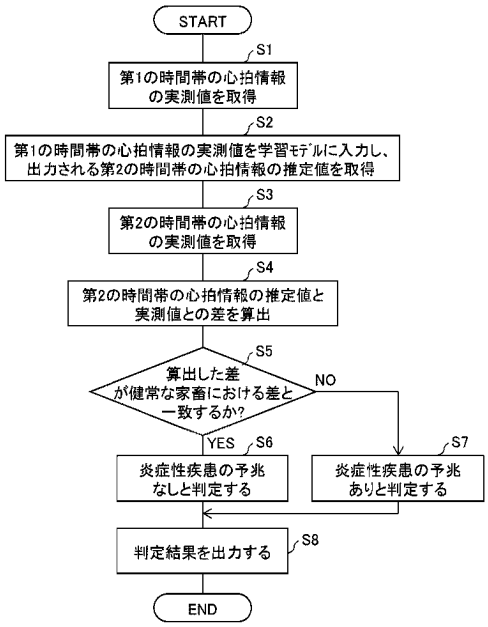
【図１】

図１



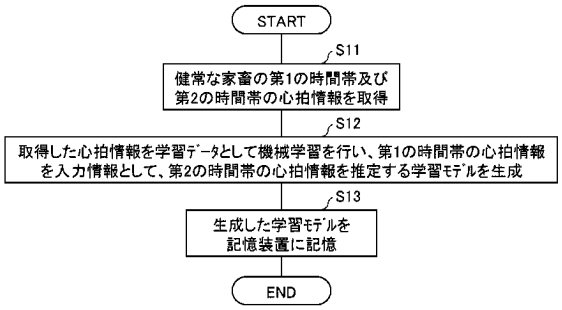
【図２】

図２



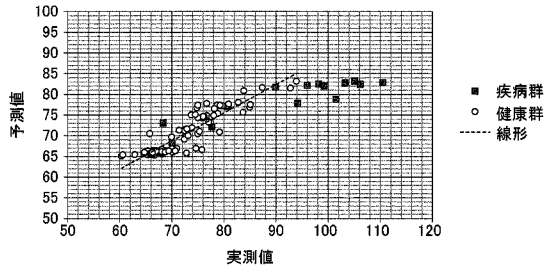
【図３】

図３



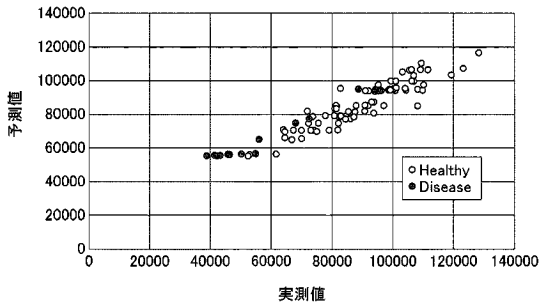
【図４】

図４



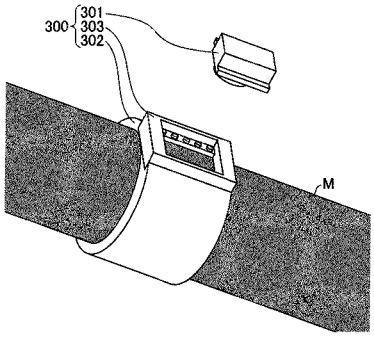
【図５】

図５



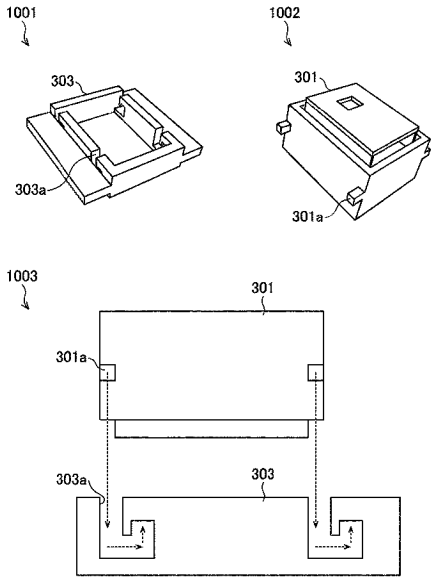
【図６】

図６



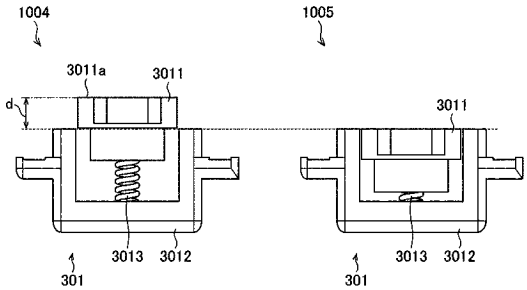
【図７】

図７



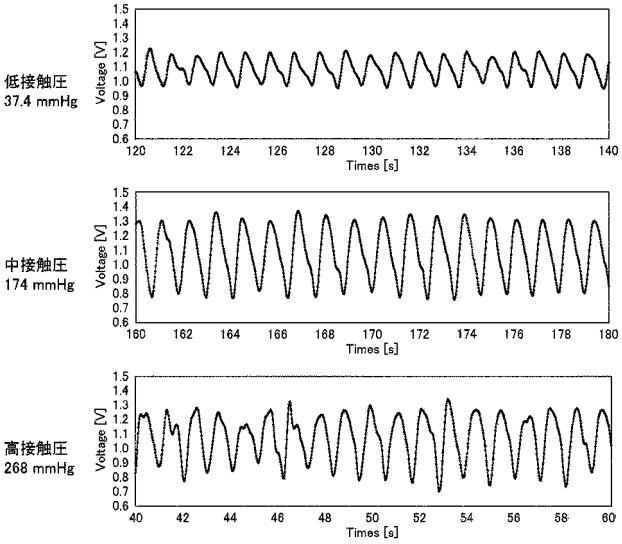
【図８】

図８



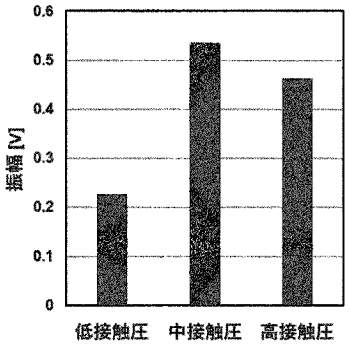
【図９】

図 9


低接触圧
37.4 mmHg
中接触圧
174 mmHg
高接触圧
268 mmHg
Voltage [V]
Times [s]

【図１０】

図 10


振幅 [V]
低接触圧
中接触圧
高接触圧

フロントページの続き

(72)発明者　矢用　健一
茨城県つくば市池の台２　国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　畜産研究部門内
(72)発明者　石崎　宏
茨城県つくば市池の台２　国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　畜産研究部門内
(72)発明者　黄　宸佑
茨城県つくば市池の台２　国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　畜産研究部門内
(72)発明者　藤岡　宏樹
茨城県つくば市観音台三丁目１番地１　国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　基盤技術研究本部　農業情報研究センター内
(72)発明者　桑原　正貴
東京都文京区弥生１－１－１　国立大学法人東京大学内
(72)発明者　滄木　孝弘
北海道帯広市稲田町西２線１１番地　国立大学法人北海道国立大学機構　帯広畜産大学内
(72)発明者　野上　大史
福岡県福岡市西区元岡７４４　国立大学法人九州大学内

(54)【発明の名称】炎症性疾患予兆検出装置、炎症性疾患予兆検出方法、炎症性疾患予兆検出プログラム、学習モデル生成装置、学習モデル生成方法、学習モデル生成プログラム、心拍情報計測装置、及び心拍情報計測方法