

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月2日(02.11.2017)



(10) 国際公開番号

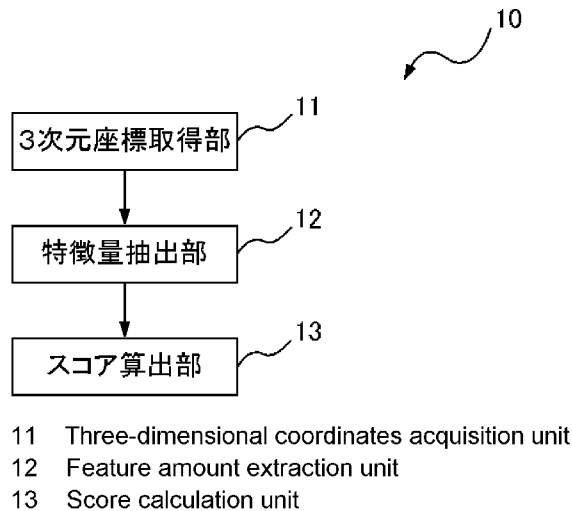
WO 2017/187719 A1

- (51) 国際特許分類:
A01K 29/00 (2006.01) A61B 5/11 (2006.01)
A61B 5/107 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005089
- (22) 国際出願日: 2017年2月13日(13.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-090680 2016年4月28日(28.04.2016) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 八木 康史(YAGI Yasushi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 大倉 史生(OKURA Fumio); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 榎原 靖(MAKIHARA Yasushi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 村松 大吾(MURAMATSU Daigo); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 渥美 元幸, 外 (ATSUMI Motoyuki et al.); 〒5500005 大阪府大阪市西区西本町1-8-11 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: HEALTH CONDITION ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 健康状態推定装置

[図1]



(57) **Abstract:** Provided is a health condition estimation device capable of accurately estimating the health condition of a cow, the device comprising: a three-dimensional coordinates acquisition unit which acquires a group of three-dimensional coordinates representing the three-dimensional shape of a cow extracted from a distance image of the cow; a feature amount extraction unit which extracts the feature amount of the cow, on the basis of the group of three-dimensional coordinates acquired by the three-dimensional coordinates acquisition unit; and a score calculation unit which calculates a score that indicates the health condition of the cow, on the basis of the feature amount extracted by the feature amount extraction unit. In the present invention, it is preferable: that the feature amount extraction unit extracts the feature amount

[続葉有]

WO 2017/187719 A1

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, 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, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

that indicates the degree of sinking of the rumen on the basis of a group of three-dimensional coordinates in a rumen area, from among groups of three-dimensional coordinates acquired by the three-dimensional coordinates acquisition unit, the rumen area being an area on the body surface of the cow proximal to the rumen; and that the score calculation unit calculates the cow rumen fill score on the basis of the feature amount extracted by the feature amount extraction unit and representing the degree of sinking of the rumen.

(57) 要約 : 高精度に牛の健康状態を推定することのできる健康状態推定装置は、牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、3次元座標取得部が取得した3次元座標群に基づいて、牛の特徴量を抽出する特徴量抽出部と、特徴量抽出部が抽出した特徴量に基づいて、牛の健康状態を示すスコアを算出するスコア算出部とを備える。好ましくは、特徴量抽出部は、3次元座標取得部が取得した3次元座標群のうち牛のルーメンの近傍の牛の体表面の領域であるルーメン領域の3次元座標群に基づいて、当該ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出し、スコア算出部は、特徴量抽出部が抽出したルーメンの凹み具合を示す特徴量に基づいて、牛のルーメンフィルスコアを算出する。

明 細 書

発明の名称：健康状態推定装置

技術分野

[0001] 本発明は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、牛を対象とした健康管理には、ボディーコンディションスコア、ルーメンフィルスコアおよびロコモーションスコアからなるカウシグナルスコアが用いられている。これらのカウシグナルスコアは、獣医師や酪農家の目視確認によって数値化されているが、診察頻度の問題や日々の多忙な作業の中での酪農家による見落とし等が問題となっており、健康管理の自動化が望まれている。そのような研究として、牛に3軸加速度センサを装着させ、その信号を解析することで蹄病を判定する研究が行われている（非特許文献1参照）。しかしながら、このような装着型センサは、酪農家による取り付けの人的コストが大きく、また、牛にとってもストレスとなることから、望ましくない。

[0003] そこで、近年、カメラ等の非装着型センサを用いて蹄病診断に有効なロコモーションスコアを推定するための手法が開発されている（非特許文献2参照）。例えば、RGBカメラを用いた画像解析による手法（非特許文献3、特許文献1参照）が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-173732号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：岡田，小林，花田，平沼，林，嵐，千田，出口，佐藤，3軸加速度センサを用いた牛の蹄病診断，産業動物臨床医学雑誌，Vol. 2，No. 4，pp. 183-188，2011.

非特許文献2：A. Schlageter-Tello, E. Bokkers, P. Koerkamp, et al, "M

anual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review” , Preventive veterinary medicine, Vol. 116, No. 1, pp. 12-25, 2014 .

非特許文献3 : A. Poursaberi, C. Bahr, A. Pluk, et al, “Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques” , Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 74, No. 1, pp. 110-119, 2010.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、非特許文献3に記載の手法は、スコア推定に必要な特徴を手作業で与えており、全自動化は実現されていない。また、非特許文献3および特許文献1に記載の手法は、RGBカメラで撮像された画像を処理することによりスコア推定を行っているため、正確にスコアを推定するためには、特定の方向から牛を観察することが必要となる。しかし、牛を人間の指示に従わせて特定の位置に静止させるのは困難であり、牛にもストレスを与える。また、カメラに対して牛を特定の位置に静止させるためには、特別な設備等が必要となりコスト面で課題がある。

[0007] また、正確な牛の位置決めができなかった場合には、スコア推定の精度面でも問題がある。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することのできる健康状態推定装置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

[0009] 上記目的を達成するために、本発明のある局面に係る健康状態推定装置は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、前記牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づいて、

前記牛の特徴量を抽出する特徴量抽出部と、前記特徴量抽出部が抽出した前記特徴量に基づいて、前記牛の健康状態を示すスコアを算出するスコア算出部とを備える。

[0010] 本発明の他の局面に係る健康状態推定装置は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、前記牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、牛の健康状態を示すスコアごとに分類された当該牛の3次元座標群の標準モデルと、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群との対応付けを行うことにより、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に対応する前記牛のスコアを算出するスコア算出部とを備える。

[0011] なお、本発明は、このような特徴的な処理部を備える健康状態推定装置として実現することができるだけでなく、健康状態推定装置に含まれる特徴的な処理部が実行する処理をステップとする健康状態推定方法として実現することができる。また、健康状態推定装置に含まれる特徴的な処理部としてコンピュータを機能させるためのプログラムとして実現することもできる。そして、そのようなプログラムを、CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory) 等のコンピュータ読取可能な非一時的な記録媒体やインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。また、本発明は、健康状態推定装置の一部又は全部を実現する半導体集積回路として実現したり、健康状態推定装置を含む健康状態推定システムとして実現したりすることもできる。

発明の効果

[0012] 本発明によると、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る健康状態推定装置の機能的な構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、牛の胴体位置および脚の付け根位置を特定する方法を説明する

ための図である。

[図3]図3は、ルーメン領域を抽出する方法について説明するための図である。

[図4]図4は、ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出する処理を説明するための図である。

[図5]図5は、牛の背線の抽出方法について説明するための図である。

[図6]図6は、牛の歩行状態の特徴量を抽出する処理を説明するための図である。

[図7]図7は、体躯の幅の特徴量および背骨の位置の特徴量を抽出する処理を説明するための図である。

[図8]図8は、線形回帰モデルの一例を示す図である。

[図9]図9の(a)は、3次元座標取得部11により取得された牛の3次元座標群の一例を示す図であり、(b)は、平均深度特徴を示す図であり、(c)は、シルエット特徴を示す図である。

[図10]図10は、SVM (Support Vector Machine) を用いて、ロコモーションスコアのクラス分類を行った結果を示す図である。

[図11]図11は、標準モデルとの照合によるルーメン領域の特定方法について説明するための図である。

[図12]図12は、本発明の実施の形態2に係る健康状態推定装置の機能的な構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、標準モデルデータベースを用いたルーメンフィルスコアおよびロコモーションスコアの算出方法について説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0014] 最初に本発明の実施態様を列記して説明する。

[0015] (1) 上記目的を達成するために、本発明の実施形態に係る健康状態推定装置は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、前記牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づ

いて、前記牛の特徴量を抽出する特徴量抽出部と、前記特徴量抽出部が抽出した前記特徴量に基づいて、前記牛の健康状態を示すスコアを算出するスコア算出部とを備える。

[0016] この構成によると、牛の3次元形状を示す3次元座標群から特徴量を抽出し、その特徴量に基づいて牛の健康状態を示すスコアを算出している。3次元座標群は、距離画像から得ることができる。このため、牛の姿勢がカメラに対して多少傾いていたとしても、距離画像から牛の正確な3次元座標を算出することが可能である。よって、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することができる。

[0017] (2) 好ましくは、前記特徴量抽出部は、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群のうち前記牛のルーメンの近傍の前記牛の体表面の領域であるルーメン領域の3次元座標群に基づいて、当該ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出し、前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量に基づいて、前記牛のルーメンフィルスコアを算出する。

[0018] 3次元座標群を用いることにより、ルーメン（牛の第1胃）の凹み具合を特徴量として数値化することができる。このため、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0019] (3) さらに好ましくは、前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、当該ルーメン領域における曲率のヒストグラムを、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する。

[0020] ルーメン領域が凹んでいない場合には、その領域の曲率は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該曲率は相対的に大きくなる。このため、曲率のヒストグラムをルーメンの凹み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0021] (4) また、前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、前記ルーメン領域と当該ルーメン領域に割り当てた所定の平面

との間の距離を、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出してもよい。

[0022] ルーメン領域が凹んでいない場合には、その領域と上記所定の平面との間の距離は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該距離は相対的に大きくなる。このため、上記距離をルーメンの凹み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0023] (5) また、前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、前記ルーメン領域を囲む凸包と前記ルーメン領域との間にできる空間の容積を、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出してもよい。

[0024] ルーメン領域が凹んでいない場合には、ルーメン領域を囲む凸包とルーメン領域との間にできる空間の容積は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該容積は相対的に大きくなる。このため、当該容積をルーメンの凹み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0025] (6) さらに好ましくは、前記3次元座標取得部は、時系列の前記牛の距離画像から時系列の前記3次元座標群を取得し、前記特徴量抽出部は、時系列の前記ルーメン領域の3次元座標群に基づいて、前記ルーメンの凹み具合が最大となる時の前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出する。

[0026] この構成によると、時系列の3次元座標群を用いているため、ルーメンの凹み具合が最大となる時の特徴量を抽出することができる。獣医師や酪農家は、ルーメンの凹み具合が最大となった時のルーメン領域の形状に基づいてルーメンフィルスコアを決定していると考えられる。このため、獣医師や酪農家と同じ条件で、ルーメンフィルスコアを算出することができるため、より正確にルーメンフィルスコアを算出することができる。

[0027] (7) 好ましくは、前記特徴量抽出部は、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づいて、前記牛の背線を検出し、検出した前記背線

に所定の曲線を当てはめることにより得られる当該曲線のパラメータを、前記背線の特徴量として抽出し、前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記背線の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出する。

[0028] 牛の背線は曲線形状をしている。このため、背線に曲線を当てはめることにより得られる曲線のパラメータを背線の特徴量とすることができる。このため、背線の特徴量に基づいて、ロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0029] (8) また、前記特徴量抽出部は、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づいて、前記牛の背線を検出し、検出した前記背線の所定線からの変位量を、前記背線の特徴量として抽出し、前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記背線の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出してもよい。

[0030] 例えば、所定線を直線とすると、背骨が曲がっている牛の場合には、背線も曲がるため、所定線からの変位量が相対的に大きくなる。一方、背骨が曲がっていない牛の場合には、背線もあまり曲がっていないため、当該変位量は相対的に小さくなる。このため、当該変位量を、背線の特徴量として用いることにより、ロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0031] (9) 好ましくは、前記3次元座標取得部は、時系列の前記牛の距離画像から時系列の前記3次元座標群を取得し、前記特徴量抽出部は、時系列の前記3次元座標群に基づいて、前記牛の特徴量を抽出する。

[0032] この構成によると、時系列の3次元座標群は、牛の3次元的な動きを示している。このため、時系列の3次元座標群に基づいた牛の特徴量は、牛の動きを特徴付ける値である。よって、牛の動きに基づいて牛のスコアを算出することができる。このため、牛の動きに関する健康状態を高精度に推定することができる。

[0033] (10) さらに好ましくは、前記特徴量抽出部は、時系列の前記3次元座標群に基づいて、前記牛の歩行状態の特徴量を抽出し、前記スコア算出部は

、前記特徴量抽出部が抽出した前記牛の歩行状態の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出する。

[0034] この構成によると、時系列の3次元座標群を用いることにより、牛の歩行状態を示す特徴量を抽出することができる。このため、当該特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0035] (11) また、前記特徴量抽出部は、時系列の前記3次元座標群に基づいて、前記牛の歩行時における左右方向への傾き度合いのばらつきを示す値を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出してもよい。

[0036] この構成によると、例えば、左肩が右肩よりも落ちていて、左に傾きながら歩行していることを特徴量として表すことができる。このため、当該特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0037] (12) また、前記特徴量抽出部は、時系列の前記3次元座標群に基づいて、前記牛の歩行時における脚の運びを示す値を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出してもよい。

[0038] この構成によると、例えば、牛の歩幅や、胴体の幅からの脚のはみ出し量などを数値化して特徴量として表すことができる。このため、当該特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0039] (13) また、前記特徴量抽出部は、時系列の前記3次元座標群に基づいて、前記牛の歩容特徴量を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出してもよい。

[0040] この構成によると、牛の歩き方の癖などを歩容特徴量として表すことができる。このため、このような歩容特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0041] (14) 好ましくは、前記特徴量抽出部は、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づいて、前記牛の体躯の幅または背骨の位置を示す特徴量を抽出し、前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記牛の体躯の幅または背骨の位置を示す特徴量に基づいて、前記牛のボディーコンディションスコアを算出してもよい。

[0042] この構成によると、例えば、牛の体躯の最大幅や、体躯に沿った背骨の高さなどを数値化して特徴量として表すことができる。このため、当該特徴量に基づいて、牛のボディーコンディションスコアを正確に算出することができる。

[0043] (15) 本発明の他の実施形態に係る健康状態推定装置は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、前記牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、牛の健康状態を示すスコアごとに分類された当該牛の3次元座標群の標準モデルと、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群との対応付けを行うことにより、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に対応する前記牛のスコアを算出するスコア算出部とを備える。

[0044] 3次元座標取得部が取得した3次元座標群に最も近い3次元座標群を、スコアごとにあらかじめ分類された牛の3次元座標群の標準モデルの中から選択することができる。また、選択された標準モデルに対応したスコアを牛のスコアとすることができる。3次元座標群は、距離画像から得ることができる。このため、牛の姿勢がカメラに対して多少傾いていたとしても、距離画像から牛の正確な3次元座標を算出することが可能である。よって、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することができる。

[0045] [実施の形態の詳細]

[0046] 以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。本発明は、請求の範囲によって特定される。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、本発明の課題を達成するのに必ずしも必要ではないが、より好ましい形態を構成す

るものとして説明される。

[0047] (実施の形態1)

[0048] 以下、乳牛などの牛の健康状態を推定する健康状態推定装置について説明する。つまり、牛の健康状態として、ボディーコンディションスコア、ルーメンフィルスコアおよびロコモーションスコアからなるカウシグナルスコアを算出する健康状態推定装置について説明する。

[0049] ボディーコンディションスコアとは、牛の体脂肪の蓄積具合を示すスコアである。ルーメンフィルスコアとは、ルーメン（牛の第1胃）への乾物の充満度を示すスコアである。ロコモーションスコアとは、牛の跛行の程度を示すスコアである。

[0050] [健康状態推定装置の構成]

図1は、本発明の実施の形態1に係る健康状態推定装置の機能的な構成を示すブロック図である。

[0051] 健康状態推定装置10は、牛の健康状態を推定する装置であって、3次元座標取得部11と、特徴量抽出部12と、スコア算出部13とを備える。

[0052] 3次元座標取得部11は、牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する。例えば、ロボット搾乳機やミルクングパーラーといった、牛舎内の牛乳の搾乳機付近であって、牛の左上側方を撮像可能な位置に、距離画像センサが取り付けられているものとする。距離画像センサは、対象物に対して赤外光を照射し、その反射時間から対象物までの距離を計測するセンサである。3次元座標取得部11は、この距離画像センサが撮像した距離画像から抽出された3次元座標群を取得する。距離画像から3次元座標への変換は距離画像センサが行ってもよいし、健康状態推定装置10が行ってもよい。なお、3次元座標取得部11は、3次元座標群の背景差分を行うことにより、牛の3次元座標群を取得することができる。

[0053] 特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群に基づいて、牛の特徴量を抽出する。つまり、特徴量抽出部12は、以下に示す第1～第10特徴量のいずれかの特徴量を抽出する。ここで、第1～第3特

徴量は、牛のルーメンの凹み具合を示す特徴量であり、ルーメンフィルスコアを算出するために用いられる。第4および第5特徴量は、牛の背線の特徴量であり、ロコモーションスコアを算出するために用いられる。第6～第8特徴量は、牛の歩行状態を示す特徴量であり、ロコモーションスコアを算出するために用いられる。第9および第10特徴量は、牛の体形を示す特徴量であり、ボディーコンディションスコアを算出するために用いられる。

[0054] (第1特徴量) ルーメン領域の局所曲率ヒストグラム

[0055] 特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群のうち牛のルーメンの近傍の牛の体表面の領域であるルーメン領域の3次元座標群に基づいて、当該ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出する。

[0056] まず、特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群から牛の胴体位置と脚の付け根位置を特定する。図2は、牛の胴体位置および脚の付け根位置を特定する方法を説明するための図である。図2において、牛の各3次元座標が白色の点で示されている。なお、牛の前後方向がX軸、鉛直方向がY軸、X軸およびY軸に直交する方向がZ軸となるように、予め座標変換が行われているものとする。例えば、3次元座標群の主軸方向をX軸としてもよい。この座標変換は、特徴量抽出部12が行ってもよい。

[0057] (1) 特徴量抽出部12は、3次元座標群を地面と鉛直の二次元投影面(YZ平面)に投影し、さらにY軸に投影する。特徴量抽出部12は、投影面上の地面からの高さごとに(Y軸沿いに)、投影点数をカウントする(曲線21)。胴体部においては、投影点数が多くなるため、牛の形状を構成する全点数をN、当該高さの投影点数をpとした場合、

$$p/N > \theta \quad \dots \text{(式1)}$$

[0058] となる高さに胴体が存在するものとする。このとき、 θ は閾値であり、 θ は牛の表面積に対する胴体の占める割合、および投影面の高さの分解能に依存して決定される。特徴量抽出部12は、胴体が存在する高さに含まれる点群の集合を胴体の点群とし、これを含む直方体を胴体領域22とする。

[0059] (2) 次に、特徴量抽出部12は、胴体領域22として判定された高さよ

り低い位置にある三次元点群を、地表面と等しい面（XZ平面）に投影する（曲線23）。特徴量抽出部12は、（1）と同様に閾値処理を行い、脚の存在する領域24A～24Cを特定する。特徴量抽出部12は、それぞれ、胴体の前半分にある領域24Aおよび24Bを前脚領域、後ろ半分にある領域24Cを後脚領域とする。

[0060] （3）胴体領域22の下端の高さを Y_{bottom} 、前脚領域に含まれる三次元点群の、XZ投影面上での重心座標を $(X_g, 0, Z_g)$ としたとき、特徴量抽出部12は、前脚の付け根25Aの三次元座標を以下のように算出する。

$$(X_g, Y_{bottom}, Z_g)$$

[0061] 特徴量抽出部12は、後脚の付け根25Bの座標も同様に求める。

[0062] （4）特徴量抽出部12は、検出された胴体領域22と脚の付け根25Aおよび25Bとの相対的な位置関係からルーメン周辺の三次元点群（ルーメン領域）を抽出する。図3は、ルーメン領域を抽出する方法について説明するための図である。

[0063] 特徴量抽出部12は、胴体領域22のうち、前後脚の付け根25Aおよび25B間に含まれる領域26を抽出する。

[0064] 特徴量抽出部12は、脚の付け根の中点のX座標を W_h 、胴体高さの中心のY座標を H_h 、胴体奥行きを中心のZ座標を D_h としたとき、領域26に含まれる三次元点 $p = (x_p, y_p, z_p)$ のうち、条件 $x_p > W_h \cap y_p > H_h \cap z_p < D_h$ を満たす点 p を、ルーメン領域27に含まれる点として抽出する。

[0065] （5）特徴量抽出部12は、ルーメン領域27に含まれる各点について、近傍点群との位置関係から曲率を計算する。例えば、図4（a）に示すように各点32の曲率が算出される。特徴量抽出部12は、算出された曲率のヒストグラムを生成する。例えば、図4（b）に示すように、横軸が曲率、縦軸が頻度を示すヒストグラムを生成する。

[0066] 特徴量抽出部12は、このようにして算出されたルーメン領域27に含まれる各点32の曲率のヒストグラムを、当該ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する。

- [0067] (第2特徴量) ルーメン領域の平面との距離
- [0068] また、特徴量抽出部12は、ルーメンの凹み具合を示す特徴量として、以下の特徴量を抽出してもよい。
- [0069] つまり、特徴量抽出部12は、平面当てはめ法により、ルーメン領域27に1枚の平面を割り当てる。例えば、最小二乗法を用いて、ルーメン領域27に含まれる各点との距離の二乗和が最小となる平面を、ルーメン領域27に当てはめてもよい。
- [0070] 図4(c)を参照して、特徴量抽出部12は、ルーメン領域27に含まれる各点32が、ルーメン領域27に当てはめられた平面31の表面および裏面のどちら側にあるかを示すバイナリ特徴、または各点の平面31からの符号付き距離を算出する。例えば、特徴量抽出部12は、点32が平面31の表面にある場合には1を、裏面にある場合には0を示すバイナリ特徴を、点32ごとに抽出してもよい。なお、バイナリ特徴が示す値は1および0に限定されるものではない。また、特徴量抽出部12は、点32が平面31の表面に位置する場合には、平面31との距離を正とし、平面31の裏面に位置する場合には、平面との距離を負として、符号付き距離を算出してもよい。なお、符号付き距離の正負は逆であってもよい。
- [0071] 特徴量抽出部12は、抽出されたバイナリ特徴もしくは符号付き距離のヒストグラム、またはバイナリ特徴もしくは符号付き距離の平面31上の2次元分布を、ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する。
- [0072] (第3特徴量) ルーメン領域の容積特徴量
- [0073] また、特徴量抽出部12は、ルーメンの凹み具合を示す特徴量として、以下の特徴量を抽出してもよい。
- [0074] つまり、図4(d)に示すように、特徴量抽出部12は、ルーメン領域27を囲む凸包33を生成する。この凸包33は、平面もしくは楕円体の一部で形成される。凸包33は、公知の3次元凸包の算出方法を用いて算出することができる。
- [0075] 特徴量抽出部12は、ルーメン領域27に含まれる3次元座標群と凸包3

3の間にできる空間34の容積を、ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する。

[0076] なお、第1～第3特徴量は、ルーメンが最も凹んだ状態において抽出するのが望ましい。このため、特徴量抽出部12は、時系列のルーメン領域の3次元座標群に基づいて、ルーメンの凹み具合が最大となるときのルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出する。

[0077] 例えば、図4(c)に示したルーメン領域27に含まれる各点32と平面31との絶対値距離の総和が最大となるときを、ルーメンの凹み具合が最大となるときと定義してもよい。また、図4(d)に示した空間34の容積が最大となるときを、ルーメンの凹み具合が最大となるときと定義してもよい。獣医師や酪農家は、ルーメンの凹み具合が最大となった時のルーメン領域の形状に基づいてルーメンフィルスコアを決定していると考えられる。このため、獣医師や酪農家と同じ条件で、ルーメンフィルスコアを算出することができるため、より正確にルーメンフィルスコアを算出することができる。

[0078] (第4特徴量) 背線の曲線パラメータ

[0079] 特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群に基づいて、牛の背線の特徴量を抽出する。

[0080] 図5は、牛の背線の抽出方法について説明するための図である。

[0081] (1) 特徴量抽出部12は、牛の3次元座標群を全てXY平面上に投影する。

[0082] (2) 特徴量抽出部12は、前後の脚の付け根25Aおよび25Bの3次元座標をXY平面に投影した点を通り、Y軸に平行な直線41Aおよび41B上の最高点(Y座標が最大となる点)を背線の始点42Aおよび終点42Bとする。

[0083] (3) 特徴量抽出部12は、以下いずれかの方法で、始点42Aと終点42Bをつなぐ背線43を決定する。

[0084] つまり、特徴量抽出部12は、X軸にそって、最高点(Y座標が最大となる点)の軌跡を背線43とする。ここで、最高点を検出する際に、点群の観

測ノイズを除去する手法を併用しても良い。

[0085] または、特徴量抽出部12は、最高点よりも十分に高い位置にある直線であって、始点42Aおよび終点42Bを結ぶ直線と平行な直線を設定し、設定した直線を初期値として、`active contour`法を用いて、背線43を3次元座標群にフィッティングしてもよい。

[0086] (4) 特徴量抽出部12は、検出した背線43に所定の曲線を当てはめることにより得られる当該曲線のパラメータを、背線43の特徴量として抽出する。

[0087] 例えば、特徴量抽出部12は、背線43に、2次曲線、円、楕円または4次曲線を当てはめ、これらの曲線を表すパラメータを、背線43の特徴量として抽出する。

[0088] また、特徴量抽出部12は、背線43に、局所的な2次曲線を当てはめ、局所曲率のヒストグラムを算出し、当該ヒストグラムを背線43の特徴量として抽出してもよい。

[0089] (第5特徴量) 背線の直線からの変位

[0090] 特徴量抽出部12は、検出した背線43の所定線からの変位量を、背線の特徴量として抽出してもよい。例えば、背線43の始点42Aおよび終点42Bを結ぶ直線と、背線43上の各点との間の距離の合計を、当該直線の長さで正規化した値を、背線43の特徴量として抽出してもよい。背線43上の各点は、例えば、等間隔に選択してもよい。また、背線43上の各点の代わりに、背線43に当てはめられた曲線上の点を用いてもよい。

[0091] また、特徴量抽出部12は、背線43の長さ、背線43の始点42Aおよび終点42Bを結ぶ直線の長さとの比を、背線43の特徴量として抽出してもよい。

[0092] (第6特徴量) 両肩高さの時間変化

[0093] 特徴量抽出部12は、時系列の牛の距離画像から時系列の3次元座標群を取得し、時系列の3次元座標群に基づいて、牛の特徴量を抽出してもよい。第6～第8特徴量では、牛の特徴量として、牛の歩行状態の特徴量を抽出す

る例について説明する。

[0094] 特徴量を抽出する前に、特徴量抽出部 12 は、牛の全身または胴体の位置が時系列の 3 次元座標群間で対応付けられるように、3 次元座標群の位置合わせを行う。この、3 次元座標群の位置合わせは、例えば ICP (Iterative Closest Point) 法や Coherent Point Drift 法を用いて行われる。

[0095] 次に、特徴量抽出部 12 は、時系列の 3 次元座標群に基づいて、牛の歩行時における左右方向への傾き度合いのばらつきを示す値を、牛の歩行状態の特徴量として抽出する。つまり、以下の手法 1 および手法 2 のいずれか一方もしくは両方を、牛の歩行状態の特徴量として抽出する。

[0096] (手法 1) 両肩の高さ変化の非均一性を用いる手法

[0097] 図 6 (a) を参照して、特徴量抽出部 12 は、前脚の付け根 25A を通り、YZ 平面と平行な平面 51 で 3 次元座標群を切断することにより、当該平面 51 に含まれる 3 次元座標群を抽出する。後脚の付け根 25B についても、同様に平面 51 に含まれる 3 次元座標群を抽出する。

[0098] 図 6 (b) を参照して、特徴量抽出部 12 は、各平面 51 について、当該平面 51 に属する 3 次元座標群のうち、背中に属する 3 次元座標群に直線 53 を割り当て、その傾きを計算する。これを、所定数の歩行周期または所定時間にわたって計算する。これにより、図 6 (c) に示すような横軸が時間、縦軸が傾きを示すグラフが得られる。なお、背中に属する 3 次元座標群は、例えば、平面 51 に属する 3 次元座標群のうち、Y 座標がもっと大きい座標から、Y 軸方向に所定距離以内座標群としてもよい。また、直線 53 は、例えば、背中に属する 3 次元座標群との距離の二乗和が最小となる直線としてもよい。

[0099] 特徴量抽出部 12 は、以下の式 2 により歩行のばらつき尺度を算出し、算出したばらつき尺度を、牛の歩行状態の特徴量とする。

$$\text{歩行のばらつき尺度} = \left| \text{傾きが正である時間} - \text{歩行時間の半分の時間} \right|$$

… (式 2)

[0100] (手法 2) フーリエ変換による手法

[0101] 特徴量抽出部 1 2 は、手法 1 と同様に、前脚の付け根 2 5 A を通る平面 5 1 および後脚の付け根 2 5 B を取る平面 5 1 の各々について、当該平面 5 1 に属する 3 次元座標群のうち、背中に属する時系列（1 周期以上）の 3 次元座標群を周波数変換（例えば、フーリエ変換）することにより、3 次元座標群の上下動の周波数を求める。

[0102] 特徴量抽出部 1 2 は、周波数変換に基づいて求められた i 倍周波数を f_i としたとき、以下の式 3 または式 4 で示す特徴量を抽出する。式 3 は、上下動の変化の大きさを示し、式 3 の値が大きいほど、蹄に問題をかかえていると考えられる。式 4 は、上下動の変化が sin 波に近いかどうかを示し、不均一な歩き方をするほど、式 4 の値が大きくなる。

[0103] [数 1]

$$\sum_{i=1}^n f_i \quad \dots \text{ (式 3)}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n f_i}{f_1} \quad \dots \text{ (式 4)}$$

[0104] （第 7 特徴量）脚の運び

[0105] 特徴量抽出部 1 2 は、時系列の 3 次元座標群に基づいて、牛の歩行時における脚の運びを示す値を、牛の歩行状態の特徴量として抽出する。

[0106] つまり、特徴量抽出部 1 2 は、地表面（X Z 平面）と胴体領域 2 2 の下端との midpoint の高さに、地表面（X Z 平面）に平行なスライス断面を作成し、当該断面に含まれる 3 次元座標群から、各脚の位置を求める。例えば、当該断面内で 3 次元座標群のクラスタリングを行い、所定のサイズ以上の領域の位置を各脚の位置としてもよい。

[0107] 特徴量抽出部 1 2 は、数歩行周期にわたり、各脚の位置を求め、その軌跡から以下の歩幅または脚の開きの特徴量を計算する。

[0108] つまり、特徴量抽出部 1 2 は、歩行時の前脚と後脚の最短距離を、前脚お

よび後脚の付け根 2 5 A および 2 5 B 間の距離で、最短距離を正規化した値を歩幅の特徴量として計算する。なお、四肢のそれぞれについて歩幅を算出することのできる場合には、これらを平均した歩幅を計算してもよい。

[0109] また、特徴量抽出部 1 2 は、胴体領域 2 2 の Z 軸方向の最大幅に対して、歩行中の各脚がどれだけ外に飛び出すかを計算する。つまり、特徴量抽出部 1 2 は、四肢のうち、最も飛び出す脚の胴体領域 2 2 の側面からの距離または、各脚の胴体領域 2 2 の側面からの距離の分散を計算し、計算した値を脚の開きの特徴量としてもよい。

[0110] (第 8 特徴量) 歩容特徴

[0111] 特徴量抽出部 1 2 は、人物の歩容認証に用いられる歩容特徴量を乳牛について算出し、牛の歩行状態の特徴量とする。本手法は、特定の部位に限らず、全身もしくは各部位に適用することができる。歩容特徴の代表例は以下の a ~ d に示すようなものであるが、その他各種歩容特徴を利用可能である。

[0112] a : 2次元シルエット特徴および、その周波数変換に基づく歩容特徴 (例えば Gait Energy Image (非特許文献 4))

[0113] b : 3次元シルエット特徴や、その周波数変換に基づく歩容特徴 (例えば Depth-based Gait Feature (非特許文献 5))

[0114] c : シルエットを用いない歩容特徴 (例えば、局所特徴量ヒストグラムを用いる Spatio-Temporal HOG 特徴 (非特許文献 6))

[0115] d : 上記歩容特徴を全身ではなく各部位について計算する方法 (例えば非特許文献 7)

[0116] 非特許文献 4 : “Individual recognition using gait energy image.” , J. Han, B. Bhanu, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(2), pp.316-322, 2006.

非特許文献 5 : “Depth-based gait feature representation.” , H. Nakajima, I. Mitsugami, Y. Yagi, IPSJ Trans. on Computer Vision and Applications, vol. 5, pp. 94-98, 2013.

非特許文献 6 : “Person re-identification using view-dependent score-le

vel fusion of gait and color features.”, R. Kawai, Y. Makihara, C. Hua, H. Iwama, Y. Yagi, Proc. 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pp.2694-2697, 2012.

非特許文献7: “Clothing-invariant gait identification using part-based clothing categorization and adaptive weight control.”, M. Hossain, Y. Makihara, J. Wang, Y. Yagi, Pattern Recognition, 43(6) pp.2281-2291, 2010.

[0117] なお、特徴量抽出部12は、歩容特徴として、歩容（歩様）の揺らぎ特徴を用いてもよい。歩行障害のある乳牛の場合、周期間での脚の引きずり方や歩行姿勢の進み具合にばらつきが出ることが考えられる。このことから、特徴量抽出部12は、以下のeおよびfに示すような、周期間での歩容の揺らぎ特徴を算出する。本手法は、特定の部位に限らず、全身もしくは各部位に適用することができる。

[0118] e: 周期間での歩容の姿勢（位相）の進行速度のばらつきを、歩容における時間的な揺らぎとして利用する。

[0119] f: 周期間でのシルエットの差の平均を、歩容における空間的な揺らぎとして利用する。

[0120] （第9特徴量）体躯の幅の特徴量

[0121] 特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群に基づいて、牛の体躯の幅を示す特徴量を抽出する。

[0122] 図7(a)は、図6(b)と同様に、平面51に属する3次元座標群を示す図である。図7(a)に示すようにY座標が最大の3次元座標と、Z座標が最小の3次元座標とのZ軸方向の距離を体躯の幅として抽出する。

[0123] また、特徴量抽出部12は、牛を後ろから見た時のY座標が最大の3次元座標と、Z座標が最小の3次元座標とのZ軸方向の距離を体躯の幅として抽出してもよい。この時、首および頭部の3次元座標は除いて処理が行われる。

[0124] これにより、従来RGBカメラによる真上または真後からの撮影が必要で

あったことと比較し、距離画像センサによる形状計測により、斜め上からの撮影等でも同様の特徴を計算することができる。

[0125] (第10特徴量) 背骨の位置の特徴量

[0126] 特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群に基づいて、牛の背骨の位置を示す特徴量を抽出する。

[0127] つまり、特徴量抽出部12は、図5に示した背線の始点42Aおよび終点42Bを結ぶ直線に沿って、YZ平面に平行な平面を所定間隔で複数設定する。各平面をスライスと呼ぶこととする。例えば、図7(a)に示すように各スライスにおいて、3次元座標群が抽出される。図7(b)を参照して、特徴量抽出部12は、スライスごとに、当該スライスに含まれる3次元座標群の最高点(Y座標が最大となる点)と、当該最高点から左または右に距離Lだけ離れた点との高さの差 H_x を算出する。特徴量抽出部12は、牛の背骨の位置を示す特徴量を、以下のa~cいずれかの方法で求める。

[0128] a: 平均を用いる手法

特徴量抽出部12は、高さの違いを背線全体で平均する。つまり、特徴量抽出部12は、スライス数を N_s としたとき、以下の式5に従い、尺度 H_b を算出し、尺度 H_b を牛の背骨の位置を示す特徴量とする。

[0129] [数2]

$$H_B = \frac{1}{N_s} \sum_x H_x \quad \dots \text{(式5)}$$

[0130] b: ヒストグラムを用いる手法

特徴量抽出部12は、横軸を H_x 、縦軸を頻度とするヒストグラムを作成し、当該ヒストグラムを牛の背骨の位置を示す特徴量とする。

[0131] c: 変化を特徴量とする手法

特徴量抽出部12は、X軸に沿ったスライスの移動による H_x の変化の軌跡を特徴量とする。

[0132] 再度図1を参照して、スコア算出部13は、特徴量抽出部12が算出した第1~第10特徴量のいずれかの特徴量に基づいて、ルーメンフィルスコア

- 、ロコモーションスコアまたはボディーコンディションスコアを算出する。
- [0133] スコア算出部13は、各特徴量60を説明変数とし、スコアを目的変数とした回帰分析により得られる回帰モデルに基づいて、各特徴量に対するスコアを算出する。
- [0134] なお、特徴量が固定長次元で表現される場合、特徴量を説明変数とするスコアとの回帰分析が行われる。特に非定常な動きをする牛からの特徴抽出には外れ値や誤差が含まれることから、外れ値の存在を考慮したサポートベクトル回帰や、スコアの推定値に加えて推定誤差も求めることのできるガウス過程回帰を利用することで、頑健なスコア推定を行うことができる。
- [0135] また、特徴量が固定長次元とはならない時系列信号である場合には、自己動的な時間伸縮などの手法を用いて、固定長次元の特徴量にリサンプリングしてから上記と同様の回帰分析を行う。または、スコアと時系列信号の学習セットに対する動的な時間伸縮による照合度をカーネル関数値とみなして、カーネルによる非線形拡張を行ったサポートベクトル回帰やガウス過程回帰等を利用して、スコア推定を行う。
- [0136] 例えば、スコア算出部13は、予め学習により得られた線形回帰モデルに基づいて、各特徴量に対するスコアを計算する。
- [0137] 図8は、線形回帰モデルの一例を示す図である。線形回帰モデル61は、各特徴量60を説明変数とし、スコアを目的変数とした回帰分析を行うことにより、事前に算出されているものとする。なお、スコアは獣医師または酪農家により予め付与されたスコアを用いるものとする。これにより、例えば、特徴量62に対するスコアは、線形回帰モデル61に基づいて、3.5と算出することができる。スコアを5段階で示す場合には、算出したスコアを四捨五入してもよい。
- [0138] このような方法により、スコア算出部13は、第1～第3特徴量の少なくとも1つに基づいて、ルーメンフィルスコアを算出する。また、スコア算出部13は、第4～第8特徴量の少なくとも1つに基づいて、ロコモーションスコアを算出する。また、スコア算出部13は、第9および第10特徴量の

少なくとも1つに基づいて、ポディーコンディションスコアを算出する。

[0139] なお、スコア算出部13は、上記いずれかの特徴量に基づいて、上記いずれかのスコアに対応するクラスに、牛を分類するものであってもよい。例えば、特徴量抽出部12は、上記いずれかのスコアに基づいて、ロコモーションスコアが1のクラス1と、ロコモーションスコアが2以上のクラス2とのいずれかのクラスに、牛を分類するものであってもよい。

[0140] つまり、本開示において、スコアの算出とは、スコアに対応するクラスへの分類を含むものとする。

[0141] [実験結果]

次に、健康状態推定装置10を用いたロコモーションスコアの算出についての実験結果について説明する。

[0142] ここでは、特徴量抽出部12は、3次元座標取得部11が取得した対象となる牛の3次元座標群から、上述した第8特徴量（歩容特徴）を算出するものとする。具体的には、特徴量抽出部12は、上述した歩容特徴のうち、2次元シルエット特徴の一つである平均シルエット特徴と、3次元シルエット特徴の一つである平均深度特徴とを算出する。

[0143] また、スコア算出部13は、SVM (Support Vector Machine) を用いて、特徴量抽出部12が抽出した特徴量を用いて、対象となる牛のロコモーションスコアを1または2以上のいずれかに分類する。

[0144] 図9(a)は、3次元座標取得部11により取得された牛の3次元座標群の一例を示す図である。図9(a)において、牛の3次元座標が白っぽい色の点で示されている。図9(a)は、牛を側方から見た図である。ここでは、3次元座標取得部11は、牛ごとに、一歩行周期分の3次元座標群を所定のデータベースから取得するものとする。

[0145] 特徴量抽出部12は、図9(a)に示した3次元座標群を座標変換することにより、牛の上方に仮想的に設置されたカメラ21で牛を撮像したと仮定したときの、カメラ21から牛の背面までの深度データを取得する。特徴量抽出部12は、一歩行周期分の深度データから、牛の背面各点の平均深度を

算出する。図9（b）は、平均深度特徴を示す図であり、図9（b）の中央付近に配置された各画素が牛の背面の各点の平均深度を示している。牛以外の背景部分を除き、点が白いほどカメラ21からの距離が大きいことを示している。式6は、平均深度を算出するための式である。ここで、 $\mu(x, z)$ は座標 (x, z) の平均深度を示し、 $d_m(x, z)$ は m 枚目の画像の座標 (x, z) における深度データを示し、 $M(x, z)$ は一歩行周期分の3次元座標群のうち、座標 (x, z) において深度データが観測された3次元座標群の枚数を示す。

[0146] [数3]

$$\mu(x, z) = \frac{1}{M(x, z)} \sum_{m=1}^M d_m(x, z) \quad \dots \text{(式6)}$$

平均深度特徴によると、背中丸みを表現することができる。

[0147] また、特徴量抽出部12は、図9（a）に示した3次元座標群を座標変換することにより、牛の上方に仮想的に設置されたカメラ21で牛を撮像したと仮定したときの、牛のシルエット画像を作成する。特徴量抽出部12は、一歩行周期分のシルエット画像から、画素ごとに、シルエットの出現確率を算出する。図9（c）は、シルエット特徴を示す図であり、図9（c）の中央付近に配置された各画素が、牛のシルエットの出現確率を示している。牛以外の背景部分を除き、点が白いほどシルエット画像の出現確率が高いことを示している。式7は、シルエットの出現確率を算出するための式である。ここで、 $P(x, z)$ は座標 (x, z) におけるシルエットの出現確率を示し、 N は一歩行周期分の3次元座標群の枚数を示し、 $M(x, z)$ は、上述した通りである。

[0148] [数4]

$$P(x, z) = \frac{M(x, z)}{N} \quad \dots \text{(式7)}$$

[0149] スコア算出部13は、学習済みのSVMを用いて、特徴量抽出部12が抽出した平均深度特徴またはシルエット特徴を2つのクラスのいずれかに分類する。つまり、スコア算出部13は、ロコモーションスコアが1のクラス1と、ロコモーションスコアが2以上のクラス2とのいずれかのクラスに分類する。

[0150] なお、SVMの学習は、酪農家によって付けられたロコモーションスコアと、学習用の3次元座標群から抽出された平均深度特徴または平均シルエット特徴とを用いて行われる。その際、各特徴量は高次元のデータである。このため、学習前に主成分分析を用いた次元圧縮が行われる。次元圧縮済みのデータを、平均深度特徴または平均シルエット特徴として学習が行われ、2クラス分類器としてSVMが得られる。

[0151] 図10は、SVMを用いて、ロコモーションスコアのクラス分類を行った結果を示す。ここでは、16頭の牛について合計523組の3次元座標群のシーケンスについて分類実験を行った。図10に示す表の1列目は、クラス分類に用いた特徴量とSVMのカーネルを示している。2列目の「正答率(%)」は、全体的なクラス分類の正答率(%)を示している。3列目の「クラス1に対する正答率(%)」は、クラス1に分類されるべき牛について、クラス1に正しく分類された牛の割合を示している。4列目の「クラス2に対する正答率(%)」は、クラス2に分類されるべき牛について、クラス2に正しく分類された牛の割合を示している。また、図10に示す表において、太枠は、各列で最も高い正答率を示している。

[0152] この表によると、SVMのカーネルとして、線形(Linear)カーネルよりもRBF(Radial Basis Function)カーネルを用いた方が、正答率が高いことが分かる。また、線形カーネルを用いたSVMは分類には不向きであるが、RBFカーネルを用いたSVMは90%以上の正答率を示すことが分かる。特に、RBFカーネルを用いたSVMにより平均シルエット特徴を分類した場合には、100%近い正答率で分類できることが分かる。

[0153] なお、従来法として非特許文献8に記載の方法がある。従来法では、牛の

背中中の曲がり具合を特徴としている。具体的には、牛の背骨の位置に楕円をフィッティングし、背骨の位置関係を角度や長さで表現することにより特徴量として用いる。非特許文献8に記載の従来法では、ロコモーションスコアが2以下のクラスと3以上のクラスへの2クラス分類を行い、約9割の精度が得られている。

[0154] 非特許文献8: Viazzi et al., “Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows”, Computers and Electronics in Agriculture, 139-147, 2014.

[0155] 従来法で用いる特徴量と類似した平均深度を参考にすると、図10に示した結果から、従来法では、ロコモーションスコアが2以上のクラス2への分類の正答率は70%程度であると考えられる。これに対して、上述したように、本実施形態では、特徴量として動きを考慮したシルエット特徴を用いることにより、ロコモーションスコアが2以上のクラス2への分類の正答率は約97%となる。このため、本実施形態に開示した健康状態推定装置10によると、高精度にロコモーションスコアによるクラス分類を行うことができることが分かった。

[0156] [実施の形態1の効果]

以上説明したように、実施の形態1に係る健康状態推定装置10によると、牛の3次元形状を示す3次元座標群から特徴量を抽出し、その特徴量に基づいて牛の健康状態を示すスコアを算出している。3次元座標群は、距離画像から得ることができる。このため、牛の姿勢がカメラに対して多少傾いていたとしても、距離画像から牛の正確な3次元座標を算出することが可能である。よって、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することができる。

[0157] ルーメン領域が凹んでいない場合には、その領域の曲率は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該曲率は相対的に大きくなる。このため、第1特徴量に示した曲率のヒストグラムをルーメンの凹

み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0158] また、ルーメン領域が凹んでいない場合には、ルーメン領域とルーメン領域に当てはめた平面との間の距離は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該距離は相対的に大きくなる。このため、第2特徴量に示した上記距離をルーメンの凹み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0159] また、ルーメン領域が凹んでいない場合には、第3特徴量に示したルーメン領域を囲む凸包とルーメン領域との間にできる空間の容積は相対的に小さくなるものの、ルーメン領域が凹んでいる場合には、当該容積は相対的に大きくなる。このため、当該容積をルーメンの凹み具合を示す特徴量として用いることにより、ルーメンフィルスコアを正確に算出することができる。

[0160] また、牛の背線は曲線形状をしている。このため、第4特徴量に示したように、背線に曲線を当てはめることにより得られる曲線のパラメータを背線の特徴量とすることができる。これにより、ロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0161] また、背骨が曲がっている牛の場合には、背線も曲がるため、第5特徴量に示した直線からの変位量が相対的に大きくなる。一方、背骨が曲がっていない牛の場合には、背線もあまり曲がっていないため、当該変位量は相対的に小さくなる。このため、第5特徴量を、背線の特徴量として用いることにより、ロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0162] また、第6特徴量を用いることにより、例えば、左肩が右肩よりも落ちていて、左に傾きながら歩行していることを特徴量として表すことができる。このため、第6特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0163] また、第7特徴量を用いることにより、例えば、牛の歩幅や、胴体の幅からの脚のはみ出し量などを数値化して特徴量として表すことができる。このため、第7特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出する

ことができる。

[0164] また、第8特徴量を用いることにより、牛の歩き方の癖などを歩容特徴量として表すことができる。このため、このような歩容特徴量に基づいて、牛のロコモーションスコアを正確に算出することができる。

[0165] また、第9または第10特徴量を用いることにより、牛の体躯の最大幅や、体躯に沿った背骨の高さなどを数値化して特徴量として表すことができる。このため、当該特徴量に基づいて、牛のボディーコンディションスコアを正確に算出することができる。

[0166] (実施の形態1の変形例)

次に、実施の形態1の変形例について説明する。

[0167] 本変形例は、ルーメン領域や背線などの位置の特定方法が実施の形態1と異なる。つまり、本変形例では、着目する牛の3次元座標群と、予め定められた牛の3次元座標群のモデルとの位置合わせを行うことで、ルーメン領域や背線などの位置を特定する。

[0168] つまり、複数の牛について、3次元座標群が取得されており、これらの複数の牛の3次元座標群がICP法やCoherent Point Drift法等を用いて位置合わせされているものとする。また、位置合わせ結果から求められた牛の胴体部分の平均形状が、牛の標準モデルとしてあらかじめ用意されているものとする。さらに、標準モデルにはルーメン領域等に部位情報がタグ付けされているものとする。図11(a)に標準モデルおよびタグ付けされたルーメン領域の一例を示す。

[0169] 特徴量抽出部12は、図11(b)に示す特徴抽出の対象となる牛の3次元座標群と図11(a)に示す標準モデルとを位置合わせし、標準モデルにタグ付けられたルーメン領域や背線に対応する位置を特定することにより、対象となる牛のルーメン領域や背線などの位置を特定する。

[0170] (実施の形態2)

[0171] 実施の形態1では、回帰分析を用いることにより、牛のスコアを算出した。実施の形態2では、スコアごとに用意された標準モデルと、スコア算出の

対象となる牛の3次元座標群とを照合することにより、牛のスコアを算出する。

[0172] 図12は、本発明の実施の形態2に係る健康状態推定装置の機能的な構成を示すブロック図である。

[0173] 健康状態推定装置15は、牛の健康状態を推定する装置であって、3次元座標取得部11と、標準モデル記憶部16と、スコア算出部17とを備える。

[0174] 3次元座標取得部11は、実施の形態1と同様に、牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する。

[0175] 標準モデル記憶部16は、スコアごとの牛の標準モデルを示す標準モデルデータベースを記憶している記憶装置であり、HDD (Hard Disk Drive) やRAM (Random Access Memory) などの記憶装置により構成される。

[0176] 図13(a)は、標準モデルデータベースの一例を示す図である。横軸をロコモーションスコア、縦軸をルーメンフィルスコアとした時の各スコアの組み合わせごとに、標準モデルを記憶している。つまり、複数の牛のそれぞれについて、獣医師または酪農家によりロコモーションスコアおよびルーメンフィルスコアが付与される。ロコモーションスコアおよびルーメンフィルスコアの組み合わせごとに、当該組み合わせのスコアを有する牛の3次元座標群が、ICP法やCoherent Point Drift法等を用いて位置合わせされ、位置合わせ結果から求められた牛の胴体部分の平均形状が、牛の標準モデルとしてあらかじめ用意されているものとする。

[0177] スコア算出部17は、図13(b)に示すようなスコア算出の対象となる牛の3次元座標群と、図13(a)に示す標準モデルデータベースに含まれる各標準モデルとの位置合わせを行うことにより、対応付けを行う。スコア算出部17は、位置合わせの結果、対応付けられた距離の残差が最小となる標準モデルを選択し、当該標準モデルに対応するロコモーションスコアおよびルーメンフィルスコアの組み合わせを、対象となる牛のロコモーションスコアおよびルーメンフィルスコアとして算出する。

[0178] なお、図13(a)に示す標準モデルデータベースには、ロコモーションスコアおよびルーメンフィルスコアの組み合わせごとに標準モデルを用意しているが、さらに、ボディーコンディションスコアを加え、ロコモーションスコア、ルーメンフィルスコアおよびボディーコンディションスコアの組み合わせごとに標準モデルを用意してもよい。また、ボディーコンディションスコアとロコモーションスコアまたはルーメンフィルスコアとの組み合わせごとに標準モデルを用意してもよい。

[0179] また、牛の標準モデルは3次元座標群の時系列のデータであってもよい。これにより、牛の歩行状態をより詳細に表現することができる。

[0180] 以上説明したように、実施の形態2によると、3次元座標取得部11が取得した3次元座標群に最も近い標準モデルを、標準モデルデータベースの中から選択することができる。また、選択された標準モデルに対応したスコアを牛のスコアとすることができる。3次元座標群は、距離画像から得ることができる。このため、牛の姿勢がカメラに対して多少傾いていたとしても、距離画像から牛の正確な3次元座標を算出することが可能である。よって、牛の位置決めを正確に行う必要なく、高精度に牛の健康状態を推定することができる。

[0181] 上記の健康状態推定装置10および15は、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAM、ハードディスクドライブ、ディスプレイユニット、キーボード、マウスなどから構成されるコンピュータシステムとして構成されてもよい。RAMまたはハードディスクドライブには、コンピュータプログラムが記憶されている。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムに従って動作することにより、各装置は、その機能を達成する。ここでコンピュータプログラムは、所定の機能を達成するために、コンピュータに対する指令を示す命令コードが複数個組み合わせられて構成されたものである。

[0182] さらに、上記の各装置を構成する構成要素の一部または全部は、1個のシステムLSI (Large Scale Integration: 大規模集積回路) から構成されているとしてもよい。

[0183] また、本発明は、上記に示す方法であるとしてもよい。また、本発明は、これらの方法をコンピュータにより実現するコンピュータプログラムであるとしてもよい。

[0184] また、上記プログラムに含まれる各ステップは、複数のコンピュータにより実行されてもよい。

さらに、上記実施の形態および上記変形例をそれぞれ組み合わせるとしてもよい。

[0185] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0186] 本発明は、牛の健康状態を推定する健康状態推定装置等に適用できる。

符号の説明

- [0187] 10、15 健康状態推定装置
11 3次元座標取得部
12 特徴量抽出部
13、17 スコア算出部
16 標準モデル記憶部

請求の範囲

- [請求項1] 牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、
前記牛の距離画像から抽出された当該牛の3次元形状を示す3次元座標群を取得する3次元座標取得部と、
前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群に基づいて、前記牛の特徴量を抽出する特徴量抽出部と、
前記特徴量抽出部が抽出した前記特徴量に基づいて、前記牛の健康状態を示すスコアを算出するスコア算出部と
を備える健康状態推定装置。
- [請求項2] 前記特徴量抽出部は、前記3次元座標取得部が取得した前記3次元座標群のうち前記牛のルーメンの近傍の前記牛の体表面の領域であるルーメン領域の3次元座標群に基づいて、当該ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出し、
前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量に基づいて、前記牛のルーメンフィルスコアを算出する
請求項1に記載の健康状態推定装置。
- [請求項3] 前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、当該ルーメン領域における曲率のヒストグラムを、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する
請求項2に記載の健康状態推定装置。
- [請求項4] 前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、前記ルーメン領域と当該ルーメン領域に割り当てた所定の平面との間の距離を、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する
請求項2に記載の健康状態推定装置。
- [請求項5] 前記特徴量抽出部は、前記ルーメン領域の前記3次元座標群に基づいて、前記ルーメン領域を囲む凸包と前記ルーメン領域との間にでき

る空間の容積を、前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量として抽出する

請求項 2 に記載の健康状態推定装置。

[請求項6] 前記 3 次元座標取得部は、時系列の前記牛の距離画像から時系列の前記 3 次元座標群を取得し、

前記特徴量抽出部は、時系列の前記ルーメン領域の 3 次元座標群に基づいて、前記ルーメンの凹み具合が最大となる時の前記ルーメンの凹み具合を示す特徴量を抽出する

請求項 2 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の健康状態推定装置。

[請求項7] 前記特徴量抽出部は、前記 3 次元座標取得部が取得した前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の背線を検出し、検出した前記背線に所定の曲線を当てはめることにより得られる当該曲線のパラメータを、前記背線の特徴量として抽出し、

前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記背線の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出する

請求項 1 に記載の健康状態推定装置。

[請求項8] 前記特徴量抽出部は、前記 3 次元座標取得部が取得した前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の背線を検出し、検出した前記背線の所定線からの変位量を、前記背線の特徴量として抽出し、

前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記背線の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出する

請求項 1 に記載の健康状態推定装置。

[請求項9] 前記 3 次元座標取得部は、時系列の前記牛の距離画像から時系列の前記 3 次元座標群を取得し、

前記特徴量抽出部は、時系列の前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の特徴量を抽出する

請求項 1 に記載の健康状態推定装置。

[請求項10] 前記特徴量抽出部は、時系列の前記 3 次元座標群に基づいて、前記

牛の歩行状態の特徴量を抽出し、

前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記牛の歩行状態の特徴量に基づいて、前記牛のロコモーションスコアを算出する請求項 9 に記載の健康状態推定装置。

[請求項11] 前記特徴量抽出部は、時系列の前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の歩行時における左右方向への傾き度合いのばらつきを示す値を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出する請求項 10 に記載の健康状態推定装置。

[請求項12] 前記特徴量抽出部は、時系列の前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の歩行時における脚の運びを示す値を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出する請求項 10 に記載の健康状態推定装置。

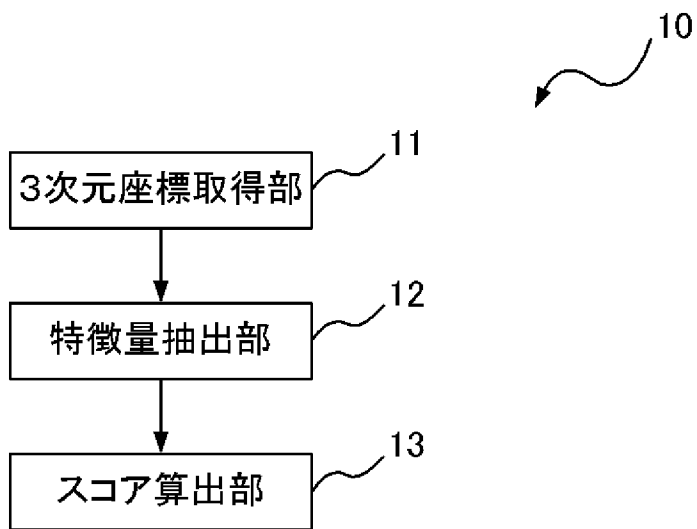
[請求項13] 前記特徴量抽出部は、時系列の前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の歩容特徴量を、前記牛の歩行状態の特徴量として抽出する請求項 10 に記載の健康状態推定装置。

[請求項14] 前記特徴量抽出部は、前記 3 次元座標取得部が取得した前記 3 次元座標群に基づいて、前記牛の体躯の幅または背骨の位置を示す特徴量を抽出し、前記スコア算出部は、前記特徴量抽出部が抽出した前記牛の体躯の幅または背骨の位置を示す特徴量に基づいて、前記牛のボディーションスコアを算出する請求項 1 に記載の健康状態推定装置。

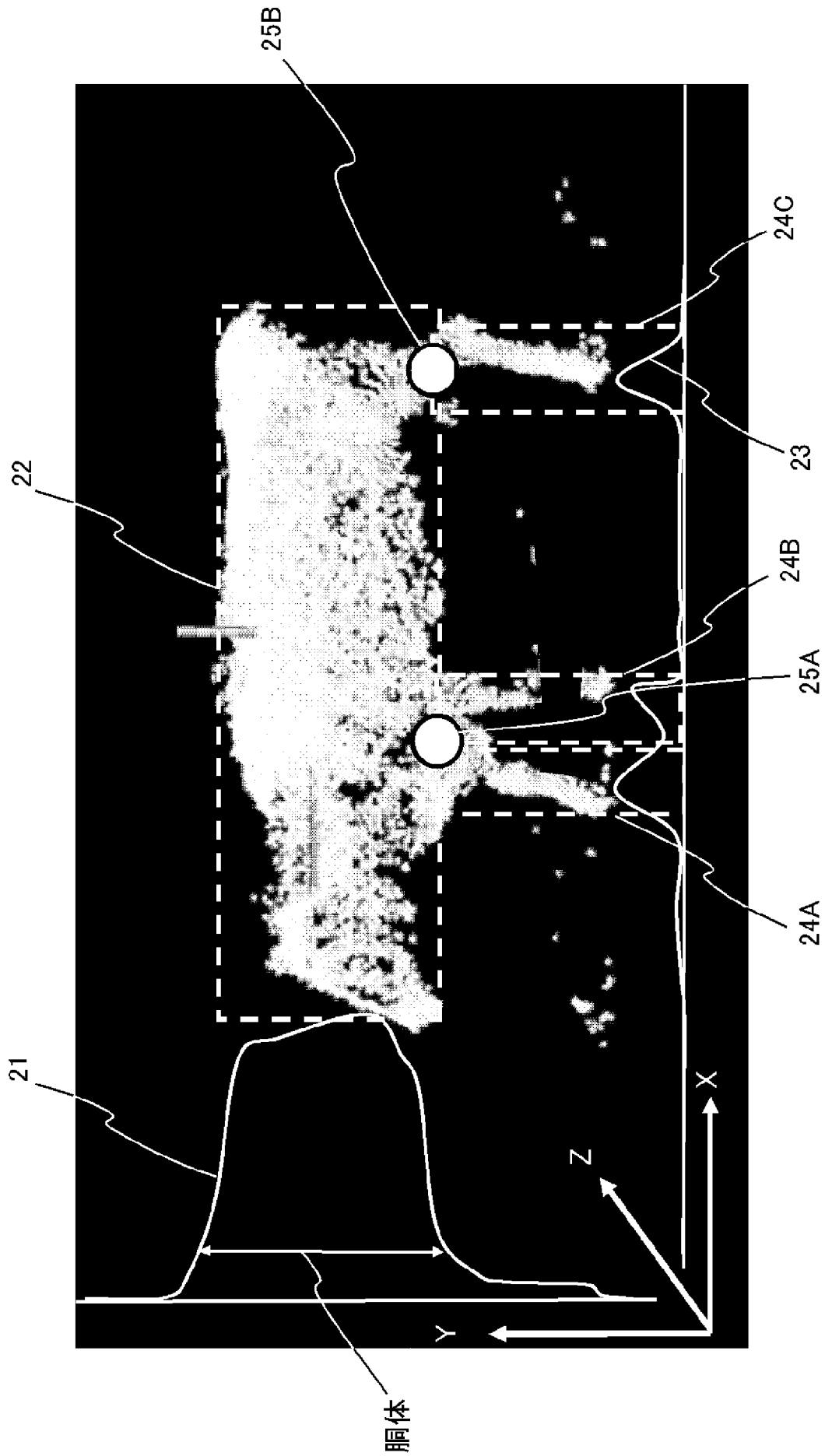
[請求項15] 牛の健康状態を推定する健康状態推定装置であって、前記牛の距離画像から抽出された当該牛の 3 次元形状を示す 3 次元座標群を取得する 3 次元座標取得部と、牛の健康状態を示すスコアごとに分類された当該牛の 3 次元座標群の標準モデルと、前記 3 次元座標取得部が取得した前記 3 次元座標群との対応付けを行うことにより、前記 3 次元座標取得部が取得した前

記3次元座標群に対応する前記牛のスコアを算出するスコア算出部と
を備える健康状態推定装置。

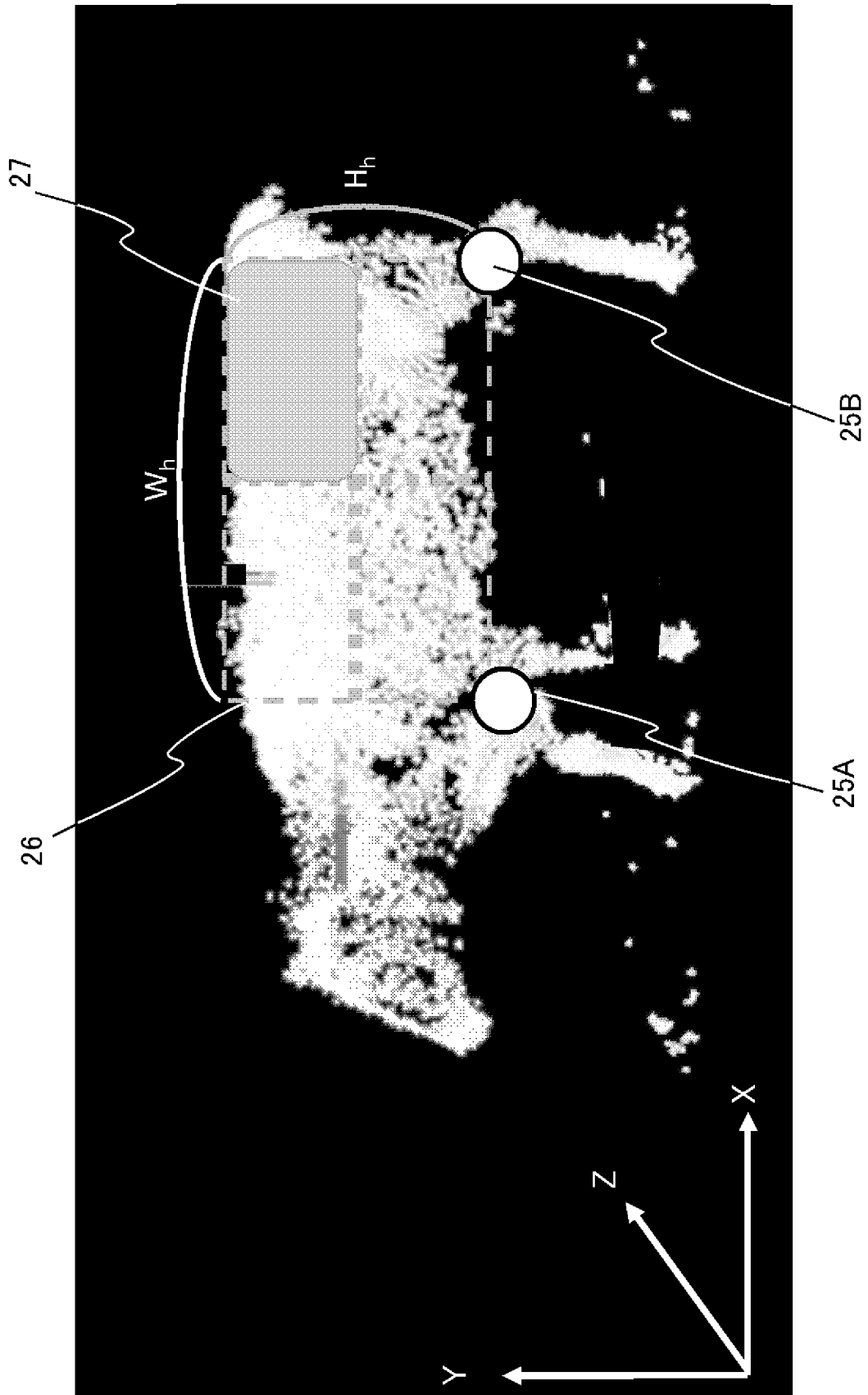
[図1]



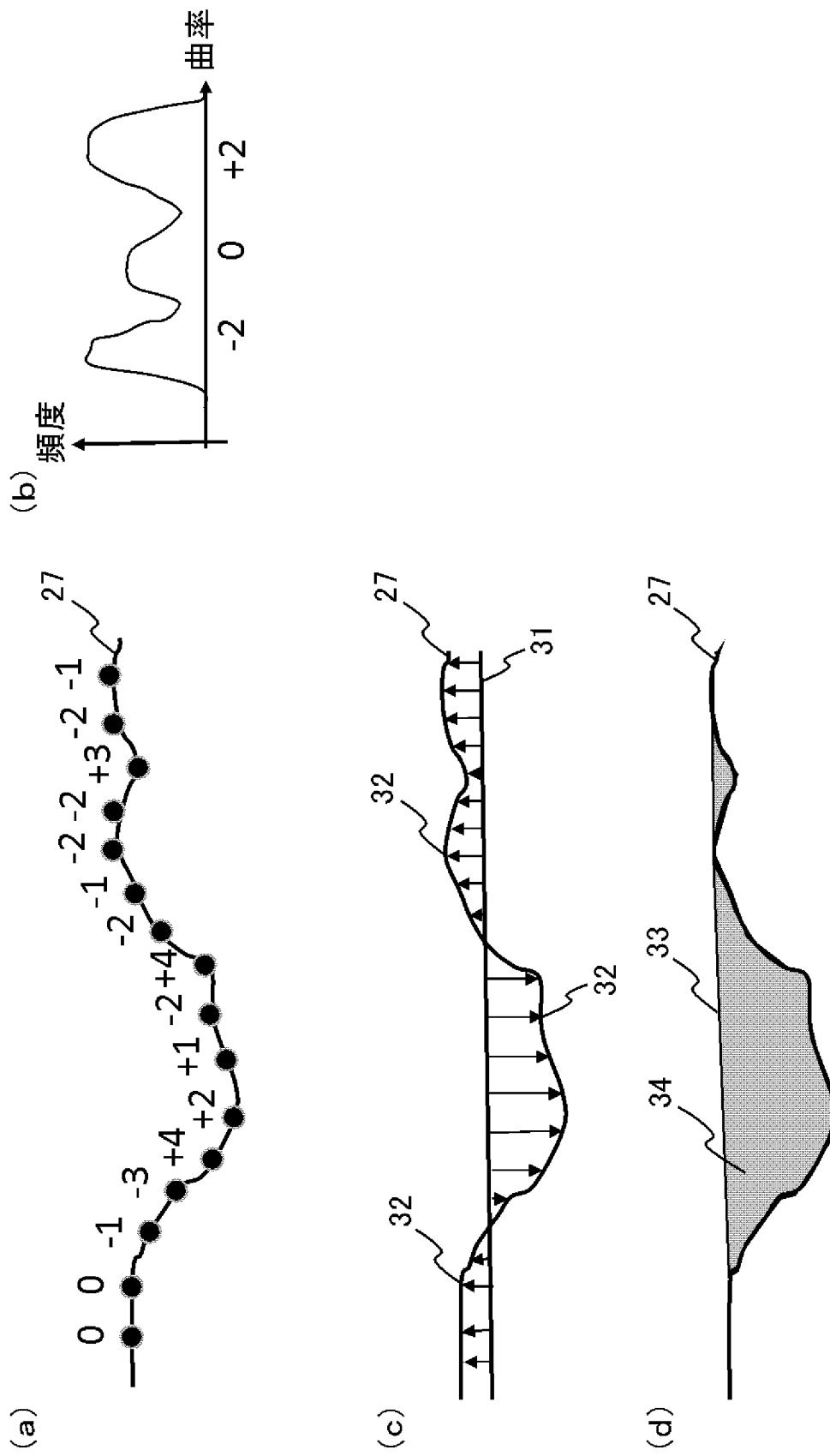
[図2]



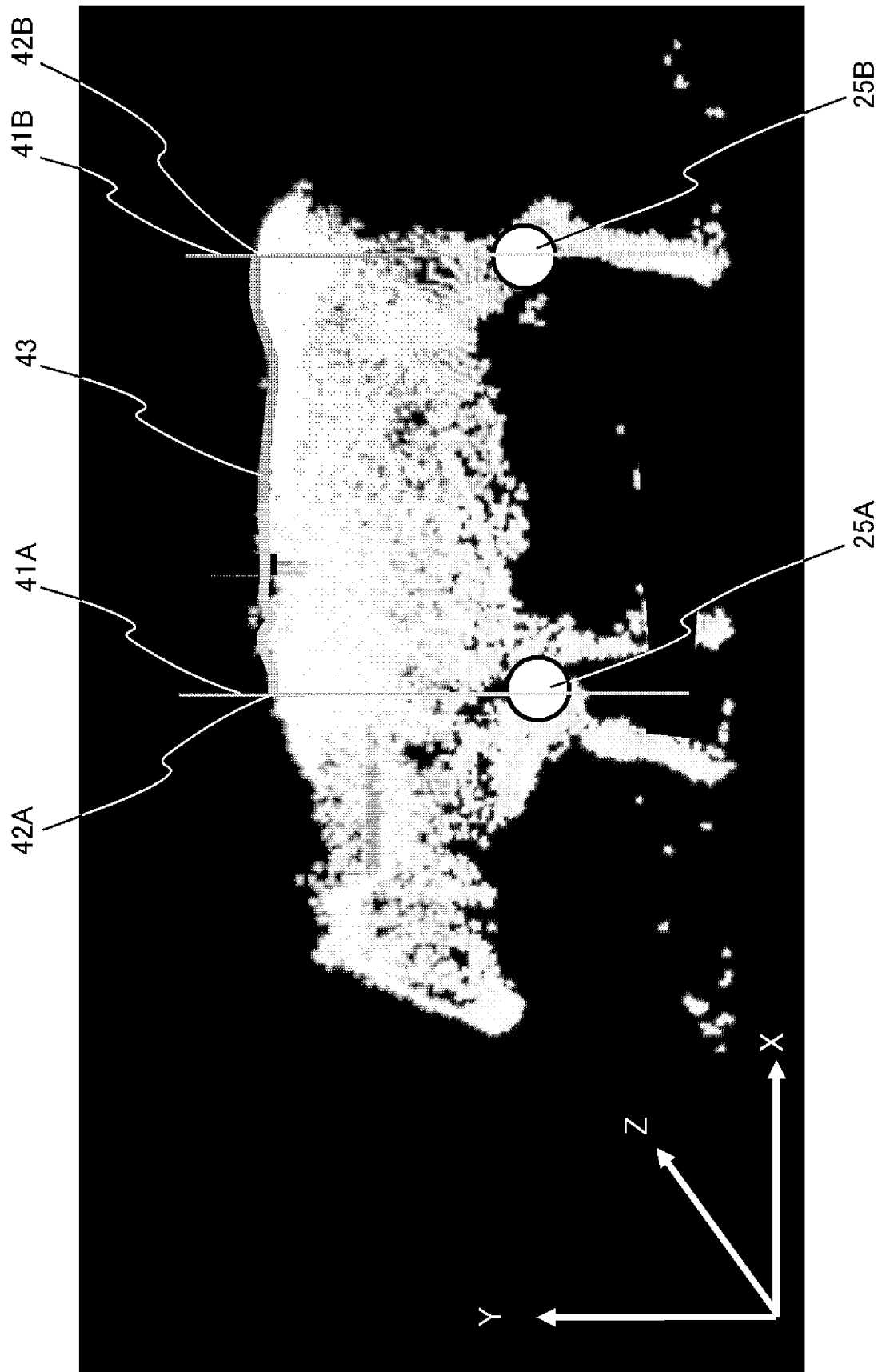
[図3]



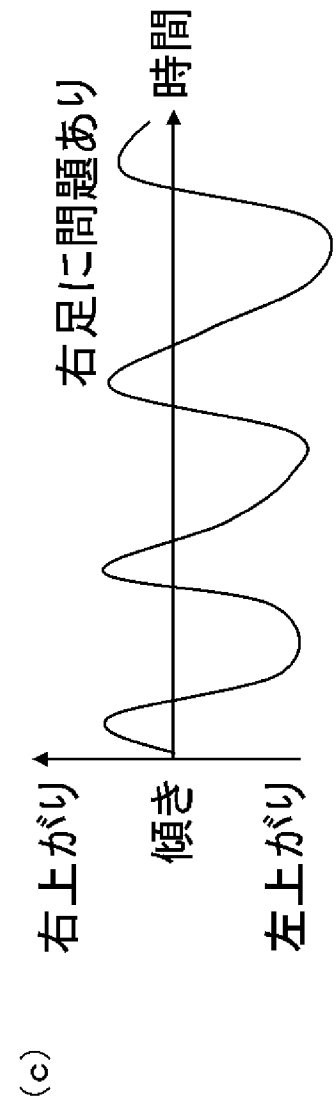
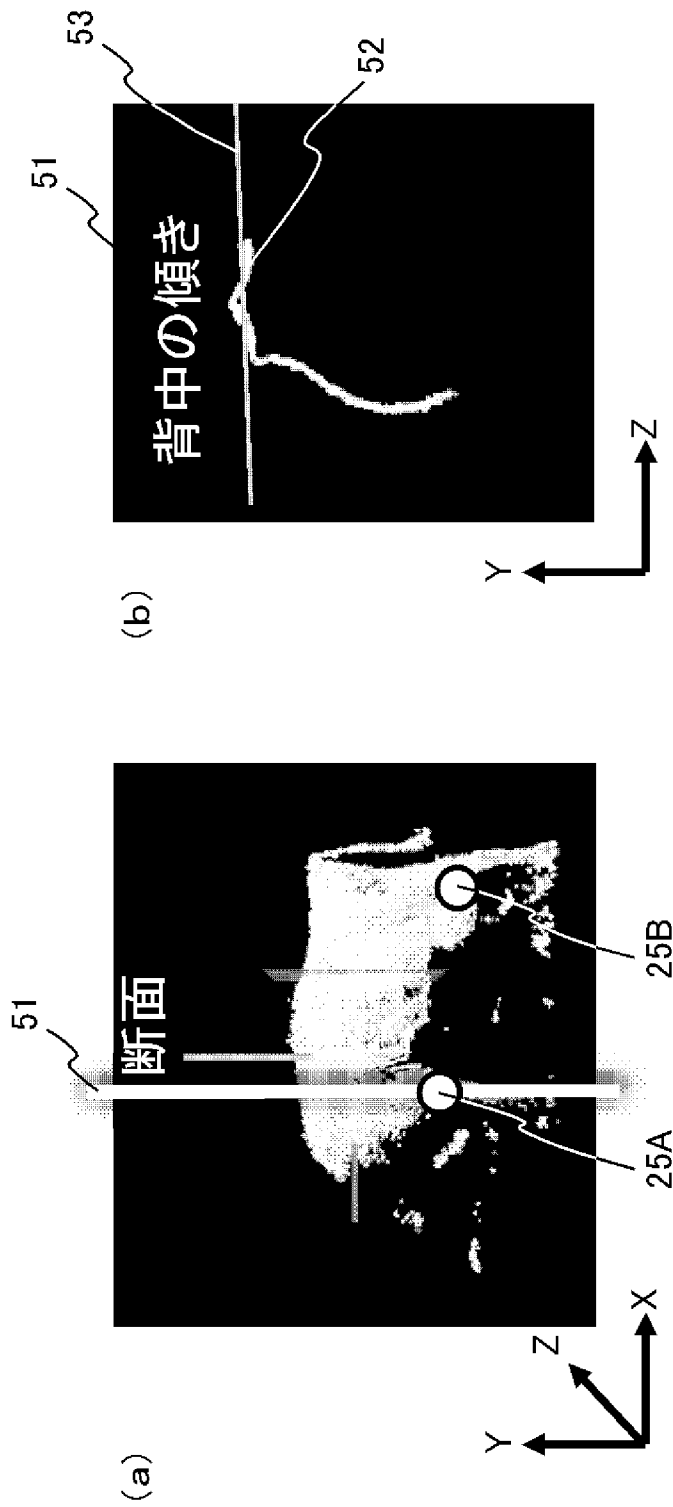
[図4]



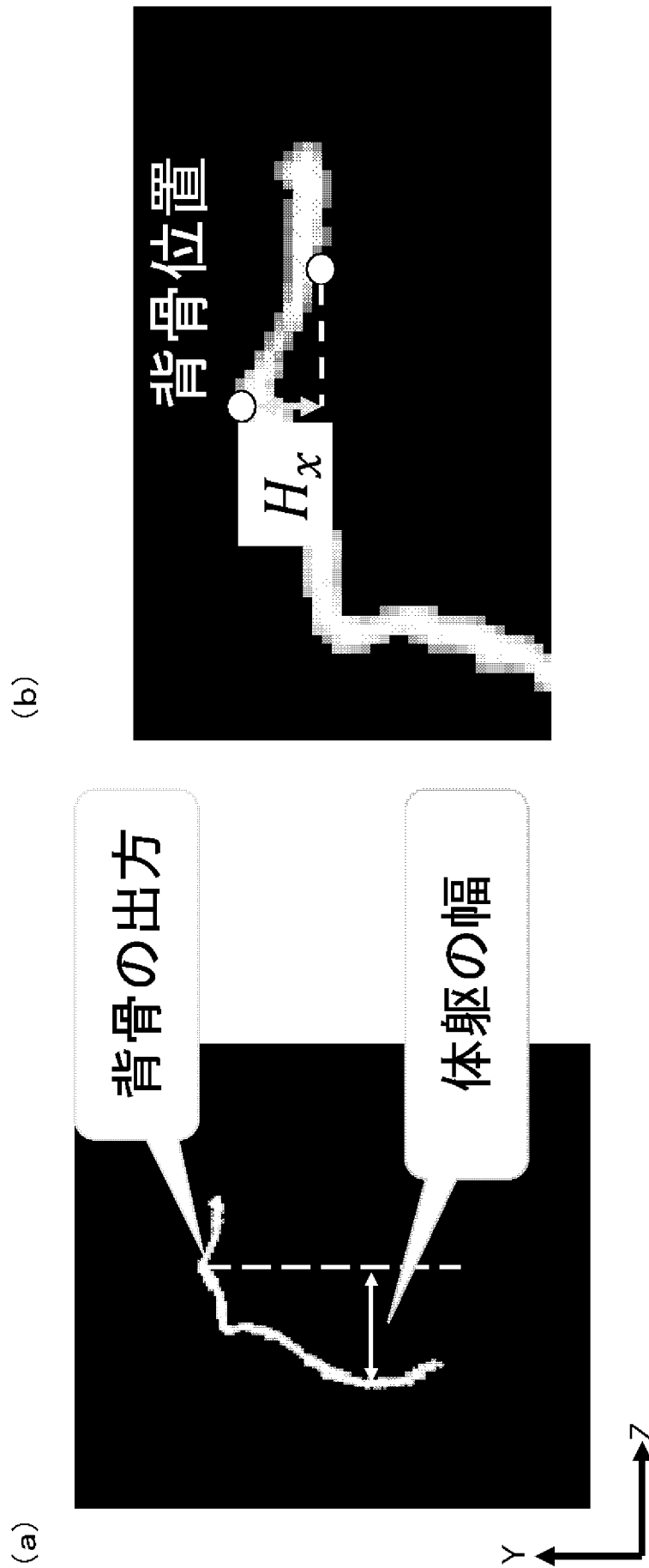
[図5]



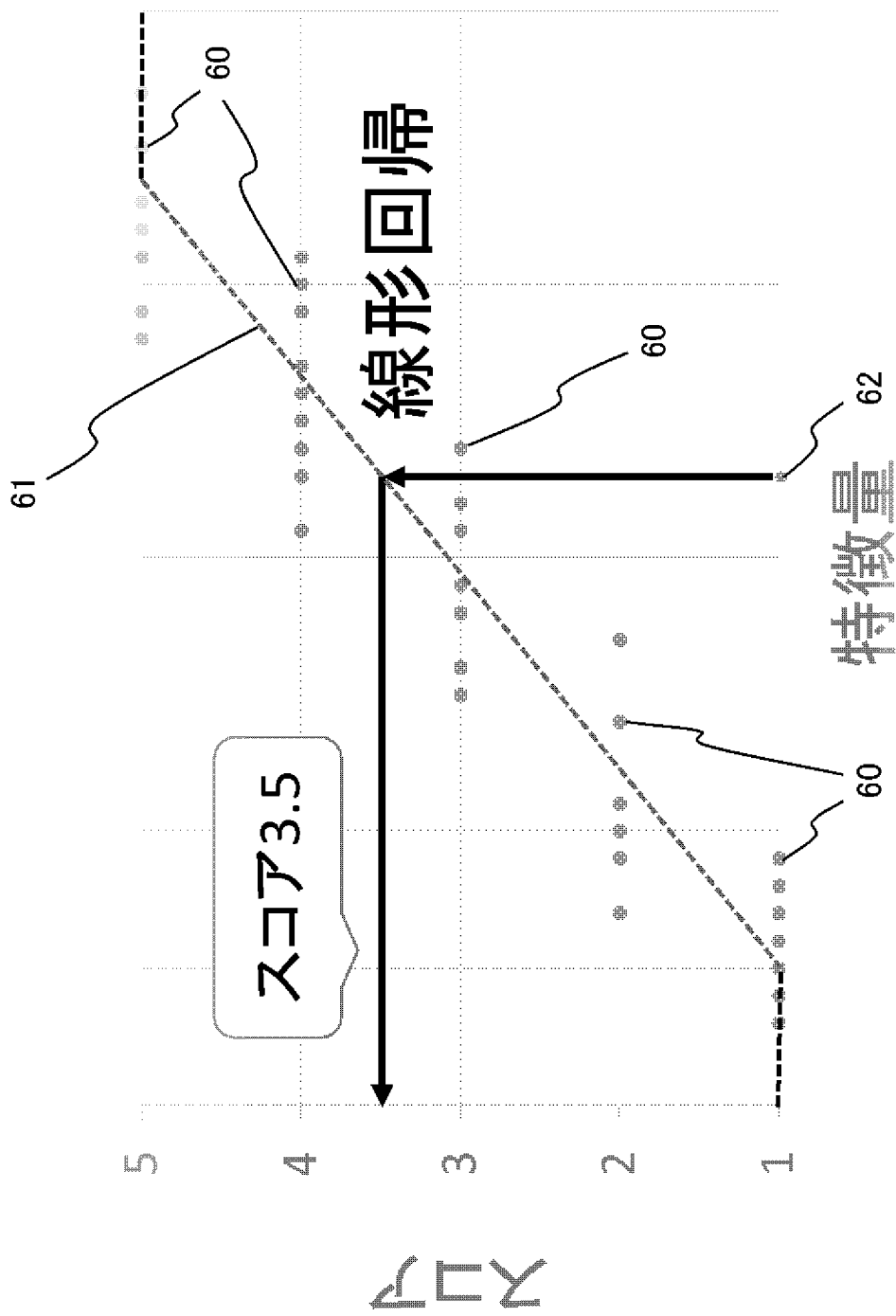
[図6]



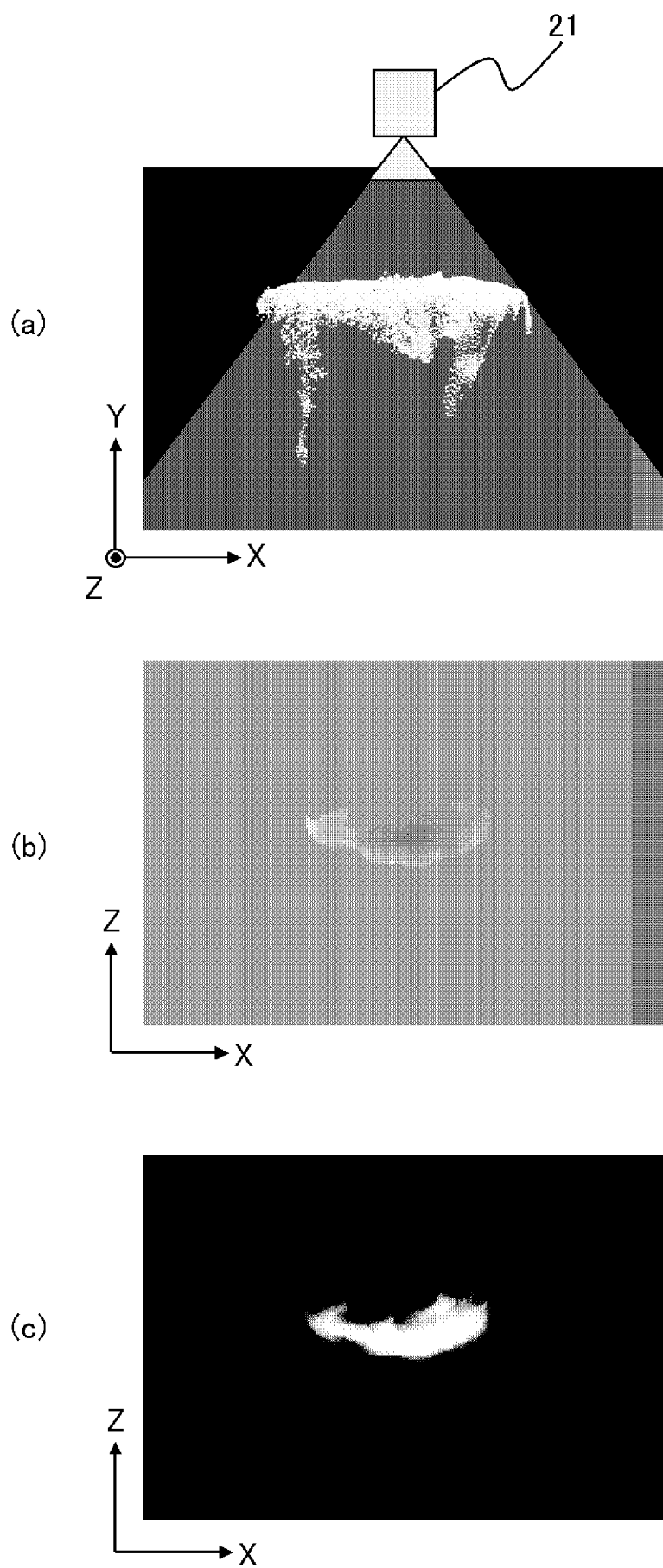
[図7]



[図8]



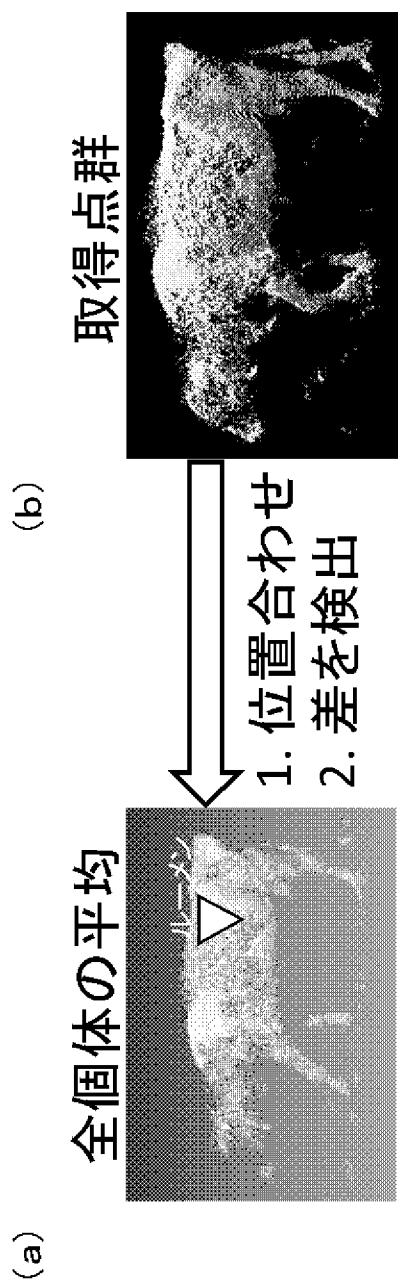
[図9]



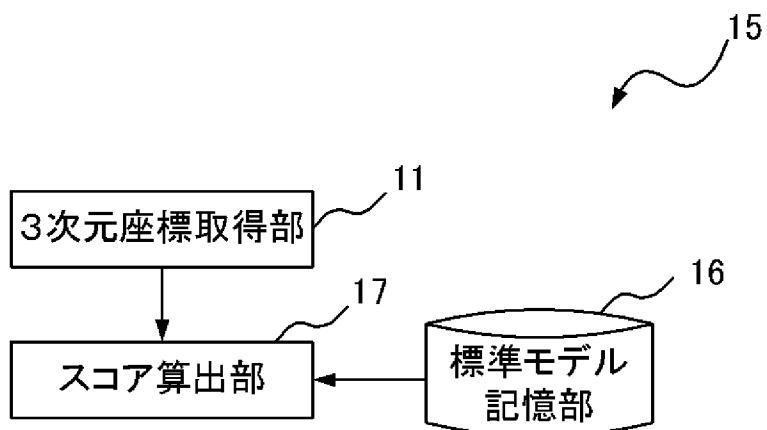
[図10]

特徴量(カーネル)	正答率(%)	クラス1に対する 正答率(%)	クラス2に対する 正答率(%)
平均深度(RBF)	92.4	100	69.0
平均シルエット(RBF)	99.2	100	96.9
平均深度(Linear)	72.8	89.3	22.5
平均シルエット(Linear)	71.9	93.4	6.2

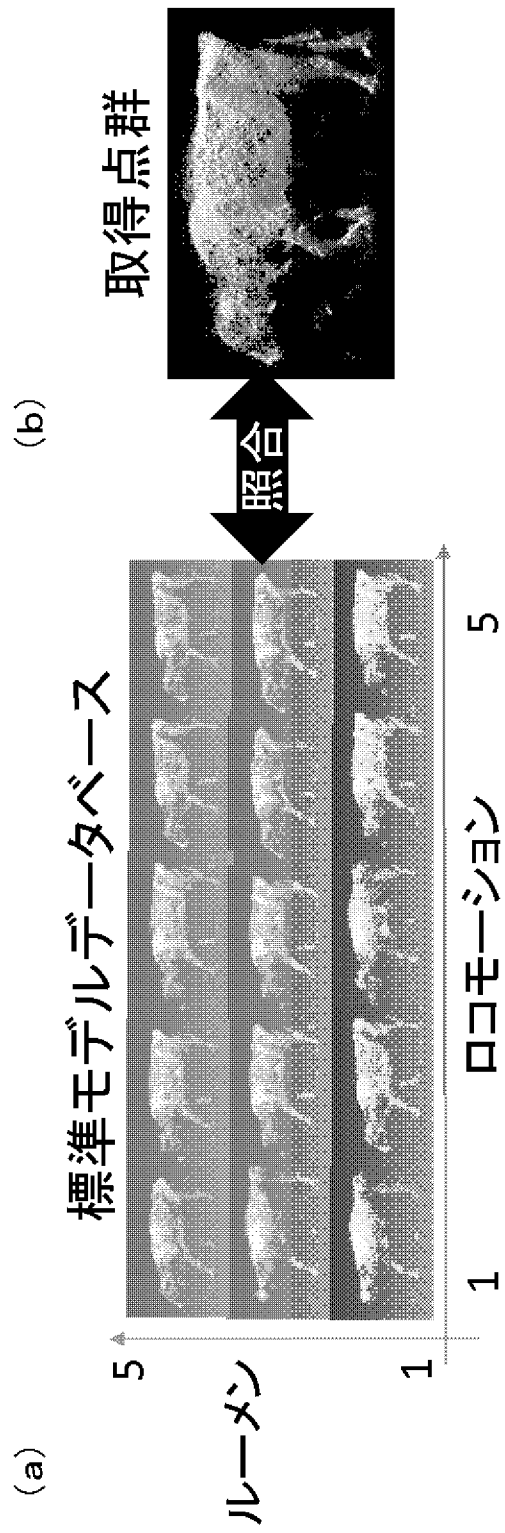
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/005089

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A01K29/00(2006.01)i, A61B5/107(2006.01)i, A61B5/11(2006.01)i

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)
A01K29/00, A61B5/107, A61B5/11

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	S.Viazzi, Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows, Computers and Electronics in Agriculture, 2014, Vol.100, p.139-147	1, 7, 8, 14, 15 2-6, 9-13
A	Tamaki KIDA, "A Technique for Measuring Grazing Cattle Form Using a 3D Digital Camera", Journal of Japanese Society of Grassland Science, 2014, vol.60, no.2, pages 85 to 90	1-15
A	T.Van Hertem, Comparison of segmentation algorithms for cow contour extraction from natural barn background in side view images, Computers and Electronics in Agriculture, 2013, Vol.91, p.65-74	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 31 March 2017 (31.03.17)	Date of mailing of the international search report 11 April 2017 (11.04.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005089

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-218122 A (The New Industry Research Organization), 24 August 2006 (24.08.2006), claims 1 to 14 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. A01K29/00(2006.01)i, A61B5/107(2006.01)i, A61B5/11(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. A01K29/00, A61B5/107, A61B5/11

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	S. Viazzi, Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows, Computers and Electronics in Agriculture, 2014, Vol. 100, p. 139-147	1, 7, 8, 14, 15 2-6, 9-13
A	喜田環樹, 3D デジタルカメラによる放牧牛の体型推定, 日本草地学会誌, 2014, Vol. 60 No. 2, p. 85-90	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 31.03.2017

国際調査報告の発送日
 11.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）	2B	5713
田辺 義拓		
電話番号 03-3581-1101 内線	3237	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	T.Van Hertem, Comparison of segmentation algorithms for cow contour extraction from natural barn background in side view images, Computers and Electronics in Agriculture, 2013, Vol.91, p.65-74	1-15
A	JP 2006-218122 A (財団法人新産業創造研究機構) 2006.08.24, 請求項 1-14 (ファミリーなし)	1-15