

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7049657号
(P7049657)

(45)発行日 令和4年4月7日(2022.4.7)

(24)登録日 令和4年3月30日(2022.3.30)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 1 G	17/08 (2006.01)	G 0 1 G	17/08	
G 0 1 B	11/24 (2006.01)	G 0 1 B	11/24	K
G 0 1 G	9/00 (2006.01)	G 0 1 G	9/00	

請求項の数 15 (全25頁)

(21)出願番号	特願2018-142310(P2018-142310)	(73)特許権者	504224153 国立大学法人 宮崎大学 宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地
(22)出願日	平成30年7月30日(2018.7.30)	(74)代理人	100166006 弁理士 泉 通博
(65)公開番号	特開2019-45478(P2019-45478A)	(74)代理人	100154070 弁理士 久恒 京範
(43)公開日	平成31年3月22日(2019.3.22)	(74)代理人	100153280 弁理士 寺川 賢祐
審査請求日	令和3年5月27日(2021.5.27)	(72)発明者	川末 紀功仁 宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地 国立大学法人宮崎大学内
(31)優先権主張番号	特願2017-171256(P2017-171256)	(72)発明者	吉田 久美子 宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地 国立大学法人宮崎大学内
(32)優先日	平成29年9月6日(2017.9.6)		
(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(うち経営体強化プロジェクト)」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 家畜の体重推定装置及び家畜の体重推定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

照射装置から複数のスリットレーザ光が家畜の体長方向に所定間隔で照射されることで前記家畜の体表面に現れる、各スリットレーザ光に対応する複数の輝線を撮像装置に撮像させて、各輝線の形状を取得する輝線形状取得部と、
前記輝線形状取得部によって取得された各輝線の形状に対応した、前記家畜の断面形状を推定する断面形状推定部と、
前記断面形状推定部によって推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定する体長胸囲推定部と、
前記体長胸囲推定部によって推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定する体重推定部と、
を備える、家畜の体重推定装置。

【請求項2】

撮像装置によって撮像された家畜の立体画像を取得する画像取得部と、
前記画像取得部によって取得された前記立体画像から、前記家畜の体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出して、前記家畜の断面形状を推定する断面形状推定部と、
前記断面形状推定部によって推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定する体長胸囲推定部と、
前記体長胸囲推定部によって推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定する体重推定部と、

を備える、家畜の体重推定装置。

【請求項 3】

前記輝線形状取得部によって取得された前記輝線は、円弧状の形状であり、
前記断面形状推定部は、前記輝線の形状を円近似して、前記家畜の枝肉の断面形状を推定する、

請求項 1 に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 4】

前記輪郭画像は、前記家畜の断面輪郭の一部を示し、
前記断面形状推定部は、前記一部分の断面輪郭を円近似して、前記家畜の枝肉の断面形状を推定する、

請求項 2 に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 5】

家畜の基準となる断面形状を示す基準断面モデルを記憶する記憶部を更に備え、
前記断面形状推定部は、前記基準断面モデルを前記断面輪郭に合うように変形し、変形後の基準断面モデルに基づいて断面形状を推定する、

請求項 4 に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 6】

前記撮像装置による前記家畜の撮像時に、前記家畜の背筋の位置と方向を指示するように前記撮像装置の撮像方向に線状の可視レーザ光を前記家畜の体表面の背筋の位置に照射させる照射制御部を更に備え、

前記断面形状推定部は、前記可視レーザ光によって前記体表面に現れるマーカに基づいて前記撮像装置の撮像姿勢を特定することで前記撮像装置の撮像画像から前記家畜の背筋の位置を求め、求めた前記背筋の位置を前記断面形状の頂点とする、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 7】

前記断面形状推定部が推定した複数の前記断面形状の頂点に基づいて、前記家畜の背筋を推定する背筋推定部を更に備え、

前記体長胸囲推定部は、前記背筋推定部が推定した前記背筋の長さに基づいて、前記家畜の体長を推定する、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 8】

前記体重推定部が推定した体重を示す体重情報を、前記体重が推定された家畜の体表面に投影させる投影制御部を更に備える、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 9】

前記撮像装置によって撮像された前記家畜の輪郭を示す輪郭画像から、前記家畜の尾の付け根及び耳の位置を特定する位置特定部を更に備え、

前記体長胸囲推定部は、前記位置特定部によって特定された前記尾の付け根の位置と前記耳の位置との間の距離を、前記家畜の体長として推定する、

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 10】

前記位置特定部は、前記輪郭画像と、予め前記家畜の尾の付け根及び周辺部を示す基準画像とをマッチングして、尾の付け根の位置を特定する、

請求項 9 に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 11】

前記位置特定部は、

前記輪郭画像中の輪郭線から前記家畜の体長方向に沿った中心線と、前記中心線の法線方向での前記輪郭線の幅の大きさを示す体幅線とを求め、

求めた前記中心線と前記体幅線に基づいて、前記耳の位置を特定する、

請求項 9 又は 10 に記載の家畜の体重推定装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記位置特定部は、
前記輪郭画像中の輪郭線から前記家畜の体長方向に沿った中心線と、前記中心線の法線方向での前記輪郭線の幅の大きさを示す体幅線とを求め、
前記体幅線の前記中心線に対する分布状態に基づいて、前記家畜の胸部の位置を特定する、
請求項 9 又は 10 に記載の家畜の体重推定装置。

【請求項 1 3】

前記体長胸囲推定部は、特定された前記胸部の位置での前記体幅線の長さを、前記胸囲として推定する、
請求項 1 2 に記載の家畜の体重推定装置。

10

【請求項 1 4】

照射装置から複数のスリットレーザ光が家畜の体長方向に所定間隔で照射されることで前記家畜の体表面に現れる、各スリットレーザ光に対応する複数の輝線を撮像装置に撮像させて、各輝線の形状を取得するステップと、
取得された各輝線の形状に対応した、前記家畜の断面形状を推定するステップと、
推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定するステップと、
推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定するステップと、
を備える、家畜の体重推定方法。

【請求項 1 5】

20

撮像装置によって撮像された家畜の立体画像を取得するステップと、
取得された前記立体画像から、前記家畜の体長方向において所定間隔毎の断面画像を抜き出して、前記家畜の断面形状を推定するステップと、
推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定するステップと、
推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定するステップと、
を備える、家畜の体重推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、家畜の体重推定装置及び家畜の体重推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、豚等の家畜は、飼育中に体重が測定されている。体重計を用いて家畜の体重を測定する場合には、家畜が体重計の上で動くため、測定が困難である。一方で、下記の非特許文献 1 に記載のように、家畜の体長や胸囲を測定し、所定の体重式に代入することで、家畜の体重を求める手法が提案されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

40

【文献】浅井孝康、他 5 名、「大型種 (LW) の肉豚における簡易体重計算法」、日豚研誌、1969 年 4 月、第 6 巻、第 1 号、p. 1 - 5

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、非特許文献 1 に記載の手法では、測定者が家畜の体長や胸囲を直接測定する必要があるが、豚等の家畜は測定の際に動くため、測定のために多大な労力と時間を要することになっていた。

【0005】

そこで、本発明はこれらの点に鑑みてなされたものであり、多大な労力を要せずに家畜の

50

体重を精度良く求めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1の態様においては、照射装置から複数のスリットレーザ光が家畜の体長方向に所定間隔で照射されることで前記家畜の体表面に現れる、各スリットレーザ光に対応する複数の輝線を撮像装置に撮像させて、各輝線の形状を取得する輝線形状取得部と、前記輝線形状取得部によって取得された各輝線の形状に対応した、前記家畜の断面形状を推定する断面形状推定部と、前記断面形状推定部によって推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定する体長胸囲推定部と、前記体長胸囲推定部によって推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定する体重推定部と、を備える、家畜の体重推定装置を提供する。

10

【0007】

本発明の第2の態様においては、撮像装置によって撮像された家畜の立体画像を取得する画像取得部と、前記画像取得部によって取得された前記立体画像から、前記家畜の体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出して、前記家畜の断面形状を推定する断面形状推定部と、前記断面形状推定部によって推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定する体長胸囲推定部と、前記体長胸囲推定部によって推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定する体重推定部と、を備える、家畜の体重推定装置を提供する。

【0008】

また、前記輝線形状取得部によって取得された前記輝線は、円弧状の形状であり、前記断面形状推定部は、前記輝線の形状を円近似して、前記家畜の枝肉の断面形状を推定することとしてもよい。

20

【0009】

また、前記輪郭画像は、前記家畜の断面輪郭の一部分を示し、前記断面形状推定部は、前記一部分の断面輪郭を円近似して、前記家畜の枝肉の断面形状を推定することとしてもよい。

【0010】

また、前記家畜の体重推定装置は、家畜の基準となる断面形状を示す基準断面モデルを記憶する記憶部を更に備え、前記断面形状推定部は、前記基準断面モデルを前記断面輪郭に合うように変形し、変形後の基準断面モデルに基づいて断面形状を推定することとしてもよい。

30

【0011】

また、前記家畜の体重推定装置は、前記撮像装置による前記家畜の撮像時に、前記家畜の背筋の位置と方向を指示するように前記撮像装置の撮像方向に線状の可視レーザ光を前記家畜の体表面の背筋の位置に照射させる照射制御部を更に備え、前記断面形状推定部は、前記可視レーザ光によって前記体表面に現れるマーカーに基づいて前記撮像装置の撮像姿勢を特定することで前記撮像装置の撮像画像から前記家畜の背筋の位置を求め、求めた前記背筋の位置を前記断面形状の頂点とすることとしてもよい。

【0012】

また、前記家畜の体重推定装置は、前記断面形状推定部が推定した複数の前記断面形状の頂点に基づいて、前記家畜の背筋を推定する背筋推定部を更に備え、前記体長胸囲推定部は、前記背筋推定部が推定した前記背筋の長さに基づいて、前記家畜の体長を推定することとしてもよい。

40

【0013】

また、前記家畜の体重推定装置は、前記体重推定部が推定した体重を示す体重情報を、前記体重が推定された家畜の体表面に投影させる投影制御部を更に備えることとしてもよい。

【0014】

また、前記家畜の体重推定装置は、前記撮像装置によって撮像された前記家畜の輪郭を示す輪郭画像から、前記家畜の尾の付け根及び耳の位置を特定する位置特定部を更に備え、

50

前記体長胸囲推定部は、前記位置特定部によって特定された前記尾の付け根の位置と前記耳の位置との間の距離を、前記家畜の体長として推定することとしてもよい。

【0015】

また、前記位置特定部は、前記輪郭画像と、予め前記家畜の尾の付け根及び周辺部を示す基準画像とをマッチングして、尾の付け根の位置を特定することとしてもよい。

【0016】

また、前記位置特定部は、前記輪郭画像中の輪郭線から前記家畜の体長方向に沿った中心線と、前記中心線の法線方向での前記輪郭線の幅の大きさを示す体幅線とを求め、求めた前記中心線と前記体幅線に基づいて、前記耳の位置を特定することとしてもよい。

【0017】

また、前記位置特定部は、前記輪郭画像中の輪郭線から前記家畜の体長方向に沿った中心線と、前記中心線の法線方向での前記輪郭線の幅の大きさを示す体幅線とを求め、前記体幅線の前記中心線に対する分布状態に基づいて、前記家畜の胸部の位置を特定することとしてもよい。

【0018】

また、前記体長胸囲推定部は、特定された前記胸部の位置での前記体幅線の長さを、前記胸囲として推定することとしてもよい。

【0019】

本発明の第3の態様においては、照射装置から複数のスリットレーザ光が家畜の体長方向に所定間隔で照射されることで前記家畜の体表面に現れる、各スリットレーザ光に対応する複数の輝線を撮像装置に撮像させて、各輝線の形状を取得するステップと、取得された各輝線の形状に対応した、前記家畜の断面形状を推定するステップと、推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定するステップと、推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定するステップと、を備える、家畜の体重推定方法を提供する。

【0020】

本発明の第4の態様においては、撮像装置によって撮像された家畜の立体画像を取得するステップと、取得された前記立体画像から、前記家畜の体長方向において所定間隔毎の断面画像を抜き出して、前記家畜の断面形状を推定するステップと、推定された複数の前記断面形状に基づいて、前記家畜の体長及び胸囲を推定するステップと、推定された前記体長及び前記胸囲に基づいて、前記家畜の体重を推定するステップと、を備える、家畜の体重推定方法を提供する。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、多大な労力を要せずに家畜の体重を精度良く求めることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る体重推定システムSの構成を説明するためのブロック図である。

【図2】体重が推定される家畜100の一例を示す図である。

【図3】スリットレーザ光が照射された状態の家畜100を示す模式図である。

【図4】家畜100への体重情報の投影状態を説明するための図である。

【図5】輝線形状取得部152が取得した輝線の形状の一例を示す模式図である。

【図6】輝線Lに対応した断面形状の推定方法を説明するための模式図である。

【図7】断面形状推定部153によって推定された家畜100の断面形状を示す模式図である。

【図8】背筋推定部154が生成した背筋曲線を説明するための模式図である。

【図9】第1の実施形態に係る体重推定処理の流れを説明するためのフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図10】第2の実施形態に係る体重推定システムSの構成を説明するためのブロック図である。

【図11】基準断面モデルと輪郭画像を用いた断面形状の推定方法を説明するための模式図である。

【図12】第2の実施形態に係る体重推定処理の流れを説明するためのフローチャートである。

【図13】第3の実施形態に係る体重推定装置4の構成を説明するためのブロック図である。

【図14】家畜100の輪郭画像G1の一例を示す模式図である。

【図15】家畜100の尾の付け根の位置を特定するためのテンプレート画像G2の一例を示す模式図である。

10

【図16】マッチング結果を説明するための模式図である。

【図17】家畜の体長方向に沿った中心線I1を説明するための模式図である。

【図18】中心線I1に垂直な法線I2を説明するための模式図である。

【図19】法線I2の分布状態を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

< 1. 第1の実施形態 >

(1 - 1. 体重推定システムの概要)

本発明の第1の実施形態に係る家畜の体重推定装置を含む体重推定システムの概要について、図1を参照しながら説明する。

20

【0024】

図1は、第1の実施形態に係る体重推定システムSの構成を説明するためのブロック図である。家畜の体重推定システムSは、図1に示すように、照射装置2と、撮像装置3と、体重推定装置4と、投影装置5とを有する。

【0025】

体重推定システムSは、例えば家畜の飼育場所に設けられており、家畜の体重を推定するためのシステムである。体重推定システムSは、例えば飼育中の家畜が出荷に適した体重であるか否かを判別するために、家畜の体重を推定する。体重推定システムSは、家畜の内蔵を取り除いた後の肉であり出荷される枝肉の体重を推定しうる。また、体重推定システムSは、家畜が静止せずに動いていても、家畜の体重を高精度に推定できる。

30

【0026】

図2は、体重が推定される家畜100の一例を示す図である。ここでは、家畜100の一例として、豚の体重が推定されるものとする。ただし、家畜100は豚に限定されず、例えば羊等の他の家畜であってもよい。

【0027】

照射装置2は、被照射体である家畜100に、スリット状の複数のスリットレーザ光を照射する。照射装置2は、例えば複数のスリットレーザ光を同時に家畜100に照射する。照射装置2は、レーザ光を照射するレーザ素子と、細長い開口であるスリットを有しており、レーザ素子から出射されたレーザ光は、スリットを通過して、スリットレーザ光として家畜100に照射される。複数のスリットレーザ光は、それぞれ、所定の照射方向に向かって照射される。

40

【0028】

図3は、スリットレーザ光が照射された状態の家畜100を示す模式図である。複数のスリットレーザ光が家畜100に照射されることで、図3に示すように、家畜100の体表面に複数の円弧状の輝線Lが現れる。図3では、輝線Lを分かり易くするために破線で示されているが、実際には実線である。複数の輝線Lは、家畜100の体長方向(図3のX方向)において所定間隔で位置している。本実施形態では、照射装置2が家畜100の上方(一例として真上)からスリットレーザ光を家畜100へ向かって照射するため、家畜100の背中側に輝線Lが現れる。

50

【 0 0 2 9 】

また、照射装置 2 は、上述したスリットレーザ光の他に、スリットレーザ光の家畜 1 0 0 への照射位置の目印となる線状の可視レーザ光（以下、背筋マーカ用線状光と呼ぶ）を照射しうる。背筋マーカ用線状光は、家畜 1 0 0 の背筋の位置と方向を指示するためのものである。例えば、照射装置 2 は、スリットレーザ光の照射方向に対して垂直方向に背筋マーカ用線状光を照射する。スリットレーザ光の照射方向の先に家畜 1 0 0 が存在する場合には、図 3 に示すように、背筋マーカ用線状光が家畜 1 0 0 の体表面に線状マーカ M として現れる。

【 0 0 3 0 】

測定者は、家畜 1 0 0 の体表面に現れた線状マーカ M の位置を見ることで、スリットレーザ光が家畜 1 0 0 に対して適切に照射されているか否かを判定できる。例えば、測定者は、図 3 に示すように線状マーカ M が体表面の背筋と重なって現れた場合には、スリットレーザ光の家畜 1 0 0 に対する照射位置が適切であると判定する。

10

【 0 0 3 1 】

なお、上記では、照射装置 2 が、スリットレーザ光及び背筋マーカ用線状光を照射することとしたが、これに限定されない。例えば、照射装置 2 は、背筋マーカ用線状光を照射せず、家畜 1 0 0 の体表面に線状マーカが現れないこととしてもよい。また、照射装置 2 とは異なる照射装置が、背筋マーカ用線状光を家畜 1 0 0 に照射してもよい。

また、上記では、照射装置 2 が、図 3 に示す一直線状のマーカ M が家畜 1 0 0 の体表面に現れるように可視レーザ光を照射することとしたが、これに限定されない。例えば、照射装置 2 は、十字状のマーカ（当該マーカは、背筋に沿う第 1 直線と、第 1 直線の中央部分で第 1 直線と直交する第 2 直線を含む）が家畜 1 0 0 の体表面に現れるように、可視レーザ光を照射してもよい。

20

【 0 0 3 2 】

撮像装置 3 は、例えばカメラであり、スリットレーザ光が照射された家畜 1 0 0 を撮像して、撮像画像を生成する。具体的には、撮像装置 3 は、複数のスリットレーザ光が照射されることで家畜 1 0 0 の体表面に現れる複数の輝線 L を撮像して、撮像画像を生成する。撮像装置 3 は、生成した撮像画像を体重推定装置 4 へ出力する。

【 0 0 3 3 】

体重推定装置 4 は、例えばコンピュータであり、照射装置 2、撮像装置 3 及び投影装置 5 の動作を制御する制御装置である。体重推定装置 4 は、撮像装置 3 が撮像して生成した輝線 L を含む撮像画像に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する。詳細は後述するが、体重推定装置 4 は、撮像画像中の複数の輝線 L に対応した断面形状を推定し、推定した複数の断面形状に基づいて家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を推定する。そして、体重推定装置 4 は、家畜 1 0 0 の体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する。これにより、家畜 1 0 0 にスリットレーザ光を照射することで、家畜 1 0 0 の体重を自動で求めることができるので、測定者の負担を大幅に低減できる。

30

【 0 0 3 4 】

投影装置 5 は、例えばプロジェクタであり、体重推定装置 4 の推定結果（家畜 1 0 0 の体重）を示す体重情報を家畜 1 0 0 に投影する。通常、測定者はモニター画面を見ながら測定を行うが、上記のように体重情報が家畜 1 0 0 に体表面に投影されれば、測定者がモニター画面を見る必要がなくなるので、測定時の作業性が向上する。

40

【 0 0 3 5 】

図 4 は、家畜 1 0 0 への体重情報の投影状態を説明するための図である。体重情報として、例えば図 4 に示すように体重の大きさを示す数値 1 1 1 が、家畜 1 0 0 の体表面に投影される。これにより、測定者は、数値 1 1 1 を見ることで、瞬時に家畜 1 0 0 の体重（1 1 0 k g）を把握できる。なお、体重情報の家畜 1 0 0 への投影は、レーザ光の家畜 1 0 0 へ照射が終わった後に行われる。

【 0 0 3 6 】

照射装置 2、撮像装置 3 及び投影装置 5 は、例えば家畜 1 0 0 の飼育場の所定の設置箇所

50

に固定されている。設置箇所の近傍を家畜100が通過する際に、照射装置2等が動作することで家畜100の体重が推定される。ただし、これに限定されず、照射装置2、撮像装置3及び投影装置5は、測定者が手で持って操作可能な構成（ハンディタイプ）であってもよい。この場合には、測定者が家畜100の傍に立って、照射装置2等を動作させることで家畜100の体重を推定できる。

【0037】

（1-2．体重推定装置の詳細構成）

第1の実施形態に係る体重推定装置4の詳細構成について、図1を参照しながら説明する。体重推定装置4は、図1に示すように、通信部11と、表示部12と、操作部13と、記憶部14と、制御部15とを有する。

【0038】

通信部11は、外部機器との間で通信を行う通信インターフェイス（以下、通信IF）である。通信部11は、照射装置2、撮像装置3及び投影装置5との間で、例えばケーブル等を介して有線通信を行い、情報を送受信する。ただし、これに限定されず、例えば、通信部11は、照射装置2、撮像装置3及び投影装置5との間で、無線通信を介して情報を送受信してもよい。

【0039】

表示部12は、例えば液晶ディスプレイや有機EL（Electro-Luminescence）ディスプレイ等により構成される。例えば、表示部12は、撮像装置3が撮像した撮像画像を表示する。

【0040】

操作部13は、例えばキーボードやマウス等により構成され、ユーザが入力操作を行うことが可能である。ユーザは、操作部13を介して家畜100の体重推定に関する様々な入力操作を行う。

【0041】

記憶部14は、例えばROM及びRAM等により構成され、体重推定装置4を機能させるための各種プログラムや各種データを記憶する。記憶部14は、例えば撮像装置3から受信した撮像画像を記憶する。

【0042】

制御部15は、例えばCPUにより構成される。制御部15は、記憶部14に記憶されている各種プログラムを実行することにより、体重推定装置4に係る機能を統括的に制御する。本実施形態では、制御部15は、照射制御部151と、輝線形状取得部152と、断面形状推定部153と、背筋推定部154と、体長胸囲推定部155と、体重推定部156と、投影制御部157として機能する。

【0043】

照射制御部151は、照射装置2からのレーザー光の照射を制御する。例えば、照射制御部151は、複数のスリットレーザー光を、家畜100の体長方向に所定間隔で照射させる。これにより、図3に示すように、家畜100の背中側の体表面に、各スリットレーザー光に対応する複数の輝線Lが現れる。

【0044】

照射制御部151は、スリットレーザー光を照射させる際に、背筋マーカ用線状光も共に照射させてもよい。背筋マーカ用線状光は、例えばスリットレーザー光と平行に照射される。スリットレーザー光の照射方向の先に家畜100が存在する場合には、背筋マーカ用線状光も家畜100の体表面に照射される。これにより、図3に示すように、家畜100の体表面に、背筋マーカ用線状光に対応する線状マーカMが現れる。

【0045】

輝線形状取得部152は、スリットレーザー光の照射により家畜100の体表面に現れる複数の輝線の形状を取得する。例えば、輝線形状取得部152は、輝線が体表面に現れた家畜100を撮像装置3に撮像させることで、輝線の形状を取得する。この際、輝線形状取得部152は、光切断法の原理により、輝線の形状を取得してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

図 5 は、輝線形状取得部 1 5 2 が取得した輝線の形状の一例を示す模式図である。図 5 に示す複数の輝線 L は、家畜 1 0 0 の体表面に沿った線であり、円弧状の形状となっている。例えば、複数の輝線 L は、略半円状の形状となっている。複数の輝線 L は、家畜 1 0 0 の体長方向において所定間隔毎に位置している。

【 0 0 4 7 】

断面形状推定部 1 5 3 は、輝線形状取得部 1 5 2 によって取得された各輝線の形状に対応した、家畜 1 0 0 の断面形状を推定する。断面形状推定部 1 5 3 が推定する断面形状は、家畜 1 0 0 の体長方向と直交する直交面での断面形状である。前述したように輝線形状取得部 1 5 2 が取得した輝線 L は、家畜 1 0 0 の背中側の形状を示すものである。そこで、断面形状推定部 1 5 3 は、輝線 L を参照して家畜 1 0 0 のお腹側の形状を推定することで、家畜 1 0 0 の断面形状を推定できる。

10

【 0 0 4 8 】

図 6 は、輝線 L に対応した断面形状の推定方法を説明するための模式図である。断面形状推定部 1 5 3 は、輝線 L の形状を円近似して、家畜 1 0 0 の枝肉の断面形状を推定する。具体的には、断面形状推定部 1 5 3 は、半円状の輝線 L を用いて円近似することで、円形状の近似曲線 C が得られる。この近似曲線 C は、家畜 1 0 0 のお腹側の輪郭形状を示す。このため、輝線 L 及び近似曲線 C が、家畜 1 0 0 の断面形状を示すことになる。

【 0 0 4 9 】

なお、家畜 1 0 0 の背中側に現れる輝線 L を円近似する場合には、以下のような利点がある。例えば、レーザスリット光を照射した際に、家畜 1 0 0 が呼吸等してお腹が膨らむことがある。この膨らみは、中が空気であるため、体重を求める際には誤差につながる。そして、家畜 1 0 0 が呼吸した際に現れるレーザスリット光による輝線は、お腹の膨らみも示すものとなる。これに対して、背中側の輝線 L を円近似した場合には、近似後の円において膨らみに対応する部分が無くなる。これにより、家畜 1 0 0 の枝肉の断面形状を高精度に推定することができる。

20

【 0 0 5 0 】

図 7 は、断面形状推定部 1 5 3 によって推定された家畜 1 0 0 の断面形状を示す模式図である。図 7 に示す家畜 1 0 0 の断面形状は、それぞれ輝線 L を円近似したものであり、家畜 1 0 0 の体長方向に所定間隔で位置している。また、図 7 に示す複数の断面形状を用いることで、例えば家畜 1 0 0 の三次元形状も特定できる。

30

【 0 0 5 1 】

背筋推定部 1 5 4 は、断面形状推定部 1 5 3 が推定した複数の断面形状（輝線 L）の頂点に基づいて、家畜 1 0 0 の背筋を推定する。例えば、背筋推定部 1 5 4 は、Z 軸方向において複数の断面形状の各々の頂点を求め、各頂点を結ぶ背筋曲線（近似曲線）を生成することで、家畜 1 0 0 の背筋を推定する。

【 0 0 5 2 】

図 8 は、背筋推定部 1 5 4 が生成した背筋曲線を説明するための模式図である。図 8 (a) には家畜を上方から見た際の背筋曲線 D が示され、図 8 (b) には家畜を横から見た際の背筋曲線 D が示されている。背筋曲線 D は、図 8 (a) に示す方向では 2 次曲線を示し、図 8 (b) に示す方向では 4 次曲線を示す。背筋曲線 D は、図 8 (a) 及び図 8 (b) に示すように、各輝線 L (断面形状) の頂点を結ぶように生成した近似曲線である。また、背筋曲線 D が図 8 (b) に示す 4 次曲線である場合には、家畜 1 0 0 の耳の部分を除いた背筋曲線 D を生成できるので、高精度に家畜 1 0 0 の背筋を推定できる。

40

【 0 0 5 3 】

背筋推定部 1 5 4 が推定した背筋は、以下のように利用してもよい。家畜 1 0 0 の健康状態は、家畜 1 0 0 の背筋に反映されることが知られている。そこで、背筋推定部 1 5 4 が推定した背筋の態様に基づいて、家畜 1 0 0 の健康状態を推定してもよい。例えば、背筋の曲がり具合が小さい場合には健康状態が良いと推定し、背筋の曲がり具合が大きい場合には健康状態が悪いと推定する。

50

【 0 0 5 4 】

体長胸囲推定部 1 5 5 は、断面形状推定部 1 5 3 によって推定された複数の断面形状に基づいて、家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を推定する。例えば、体長胸囲推定部 1 5 5 は、断面形状推定部 1 5 3 が推定した断面形状に基づいて背筋推定部 1 5 4 が推定した背筋の長さから、家畜 1 0 0 の体長を推定する。具体的には、体長胸囲推定部 1 5 5 は、背筋推定部 1 5 4 が生成した背筋曲線 D の長さに所定の係数を掛け合わせた値を、家畜 1 0 0 の体長として推定する。

【 0 0 5 5 】

家畜 1 0 0 の体長は、例えば、家畜 1 0 0 の頭における両耳の中央から体上線に沿って尻尾の根までの長さである。ただし、これに限定されず、両耳の中央の代わりに、頭の鼻先にしてもよい。

10

【 0 0 5 6 】

また、体長胸囲推定部 1 5 5 は、断面形状の周長から、家畜 1 0 0 の胸囲を推定する。例えば、体長胸囲推定部 1 5 5 は、断面形状推定部 1 5 3 が推定した全ての断面形状の周長の平均値に所定の係数を掛け合わせた値を、胸囲として推定する。ただし、これに限定されず、全ての断面形状の代わりに、体長方向において所定範囲の断面形状の周長の平均値を利用してもよい。

【 0 0 5 7 】

なお、上述した背筋曲線 D を用いて家畜 1 0 0 の体長を求める際には、体長胸囲推定部 1 5 5 は、背筋曲線 D の前端及び後端の位置を以下のように決定することで、体長を精度良く求めることができる。

20

まず、体長胸囲推定部 1 5 5 は、背筋曲線 D の前端及び後端を、それぞれ三次元座標 (x , y , z) から二次元座標 (u , v) を算出する下記の式から求める。

$$\begin{bmatrix} H_c u \\ H_c v \\ H_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

30

そして、体長胸囲推定部 1 5 5 は、求めた二次元座標 (u , v) が撮像画像中の家畜 1 0 0 のシルエット内にあるか否かを判定し、シルエットの端に位置する点を背筋曲線 D の前端及び後端とする。

【 0 0 5 8 】

40

体重推定部 1 5 6 は、体長胸囲推定部 1 5 5 によって推定された体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する。例えば、体重推定部 1 5 6 は、家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示す所定の体重式に、体長胸囲推定部 1 5 5 が推定した体長及び胸囲の値を代入することで、家畜 1 0 0 の体重を推定する。体重式は、予め実験等によって求められた式であり、例えば記憶部 1 4 に記憶されている。

ただし、これに限定されず、例えば、記憶部 1 4 が家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示すテーブルを記憶しており、体重推定部 1 5 6 は、記憶部 1 4 に記憶されたテーブルを参照して、体長胸囲推定部 1 5 5 が推定した体長及び胸囲に対応する家畜 1 0 0 の体重を推定してもよい。

上述した体重式やテーブルを用いて家畜 1 0 0 の体重を推定することで、作業者が家畜 1

50

00を直接測定しなくても、家畜100の体重を精度良くかつ迅速に求めることができる。

【0059】

体重推定部156は、家畜100の体長及び胸囲に加えて他の情報（例えば、家畜100の体高）に基づいて、家畜100の体重を推定してもよい。例えば、体重推定部156は、家畜100の体長、胸囲、体高及び体重の関係を示すテーブルを参照して、体長、胸囲及び体高に対応する体重を推定する。このように3つ以上の情報を用いて体重を推定することで、より高精度に家畜100の体重を求めることができる。

なお、家畜100の体高は、上述したように照射装置2及び撮像装置3が固定されている場合には、照射装置2及び撮像装置3の高さ方向での位置が決まっているため、撮像画像から求めることができる。

10

【0060】

投影制御部157は、投影装置5による投影を制御する。投影制御部157は、体重推定部156が推定した体重を示す体重情報を、体重が推定された家畜100の体表面に投影させる。例えば、投影制御部157は、体重情報として図4に示す体重の大きさを示す数値を、家畜100の体表面に投影させる。

【0061】

（1-3.家畜の体重推定処理）

上述した体重推定装置4による家畜100の体重推定処理について、図9を参照しながら説明する。家畜100の体重推定処理は、体重推定装置4の制御部15が記憶部14に記憶されたプログラムを実行することで実現される。

20

【0062】

図9は、家畜100の体重推定処理の流れを説明するためのフローチャートである。まず、制御部15の照射制御部151は、照射装置2を動作させて、家畜100にスリットレーザ光を照射させる（ステップS102）。これにより、図3に示すように、家畜100の体表面に、スリットレーザ光に対応する輝線Lが体長方向において所定間隔で現れる。なお、照射制御部151は、スリットレーザ光に加えて、背筋マーカ用線状光も家畜100に照射させてもよい。

【0063】

次に、制御部15は、撮像装置3を動作させて、体表面に複数の輝線Lが現れた家畜100を撮像させる（ステップS104）。これにより、家畜100の体表面に現れた複数の輝線Lを含む撮像画像が生成される。

30

【0064】

次に、輝線形状取得部152は、スリットレーザ光の照射により家畜100の体表面に現れる複数の輝線Lの形状を取得する（ステップS106）。具体的には、図5に示すように、輝線形状取得部152は、撮像装置3が生成した撮像画像から、複数の輝線Lの形状を取得する。

【0065】

次に、断面形状推定部153は、各輝線Lの形状に対応した、家畜100の断面形状を推定する（ステップS108）。例えば、図7に示すように、断面形状推定部153は、複数の輝線Lの各々を円近似した近似曲線を求めることで、各輝線Lに対応する断面形状を推定する。

40

【0066】

次に、背筋推定部154は、複数の断面形状の頂点に基づいて、家畜100の背筋を推定する（ステップS110）。例えば、図8(a)及び図8(b)に示すように、背筋推定部154は、各断面形状の頂点を結びように生成された背筋曲線に基づいて、家畜100の背筋を推定する。

【0067】

次に、体長胸囲推定部155は、断面形状推定部153によって推定された複数の断面形状に基づいて、家畜100の体長及び胸囲を推定する（ステップS112）。例えば、体長胸囲推定部155は、背筋推定部154が生成した背筋曲線の長さから、家畜100の

50

体長を推定する。また、体長胸囲推定部 155 は、例えば複数の断面形状の周長を平均して、家畜 100 の胸囲を推定する。

【0068】

次に、体重推定部 156 は、体長胸囲推定部 155 によって推定された体長及び胸囲に基づいて、家畜 100 の体重を推定する（ステップ S114）。例えば、体重推定部 156 は、家畜 100 の体長、胸囲及び体重の関係を示す体重式に、推定した体長及び胸囲の値を代入することで、家畜 100 の体重を推定する。

【0069】

次に、投影制御部 157 は、体重推定部 156 が推定した体重を示す体重情報を、体重が推定された家畜 100 の体表面に投影させる（ステップ S116）。例えば、図 4 に示すように、投影制御部 157 は、推定値である体重の大きさを示す数値 111 を、家畜 100 の体表面に投影させる。

これにより、家畜 100 の体重推定処理が完了する。

【0070】

（1-4. 第 1 の実施形態における効果）

第 1 の実施形態に係る体重推定装置 4 は、体長方向において所定間隔でスリットレーザ光が照射された家畜 100 の体表面に現れる複数の輝線 L の形状を取得し、取得した各輝線 L の形状に対応した家畜 100 の複数の断面形状を推定する。そして、体重推定装置 4 は、推定した複数の断面形状に基づいて家畜 100 の体長及び胸囲を推定し、推定した体長及び胸囲に基づいて家畜 100 の体重を求める。

上記の構成によれば、家畜 100 の体表面に現れる複数の輝線 L の形状を取得して家畜 100 の断面形状を推定することで、家畜 100 の体長及び胸囲を自動で推定できる。そして、推定した体長及び胸囲に基づいて、家畜 100 の体重を高精度に推定できる。また、瞬時に測定できるので、測定の際に家畜 100 が動いても、家畜 100 の体重を推定することができる。この結果、測定者に多大な労力を強いることなく、家畜 100 の体重を精度良く求めることができる。

【0071】

< 2. 第 2 の実施形態 >

（2-1. 体重推定システムの概要）

第 1 の実施形態では、家畜 100 にスリットレーザ光を照射することで体表面に現れる輝線の形状を用いて家畜 100 の断面形状を推定して、家畜 100 の体重を求めることとした。これに対して、第 2 の実施形態では、家畜 100 にスリットレーザ光を照射させる代わりに家畜 100 の立体画像を取得することで、家畜 100 の断面形状を推定して、家畜 100 の体重を求める。

【0072】

図 10 は、第 2 の実施形態に係る体重推定システム S の構成を説明するためのブロック図である。第 2 の実施形態に係る体重推定システム S は、図 10 に示すように、照射装置 2 と、撮像装置 3 と、体重推定装置 4 と、投影装置 5 とを有する。以下では、体重推定システム S の第 1 の実施形態とは異なる構成について主に説明し、第 1 の実施形態と同様な構成については詳細な説明を省略する。

【0073】

照射装置 2 は、撮像装置 3 による家畜 100 の撮像位置の目印となる線状のレーザ光（以下、背筋マーカ－用線状光）を照射する。具体的には、照射装置 2 は、撮像装置 3 の撮像方向に対して垂直方向に背筋マーカ－用線状光を照射する。撮像装置 3 の撮像方向の先に家畜 100 が存在する場合には、背筋マーカ－用線状光が家畜 100 の体表面に線状マーカ－として現れる（図 3 参照）。

【0074】

撮像装置 3 は、例えば 3D カメラであり、背筋マーカ－用線状光が照射された家畜 100 を撮像して、立体画像を生成する。例えば、測定者は、家畜 100 の体表面に現れる線状マーカ－の位置を確認しながら、撮像装置 3 によって家畜 100 を撮像する。撮像装置 3

10

20

30

40

50

は、生成した立体画像を体重推定装置 4 へ出力する。

なお、測定者は、家畜 100 の体表面に現れた線状マーカ M の位置を見ることで、撮像装置 3 の姿勢が家畜 100 に対して適切に配置されているか否かを判定できる。例えば、測定者は、線状マーカ M が体表面の背筋と重なって現れた場合には、家畜 100 に対する撮像装置 3 の姿勢が適切であると判定する。

【0075】

体重推定装置 4 は、撮像装置 3 が撮像して生成した家畜 100 の立体画像に基づいて、家畜 100 の体重を推定する。詳細は後述するが、体重推定装置 4 は、家畜 100 の立体画像の中から体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出して、家畜 100 の断面形状を推定する。そして、体重推定装置 4 は、推定した複数の断面形状に基づいて家畜 100 の体長及び胸囲を推定することで、家畜 100 の体重を求める。

10

【0076】

投影装置 5 は、体重推定装置 4 の推定結果（家畜 100 の体重）を示す体重情報を家畜 100 に投影する。体重情報の家畜 100 への投影は、照射装置 2 による家畜 100 へのレーザー光の照射が終わった後に行われる。体重情報を家畜 100 の体表面に投影することで、測定者は、モニター画面を見ることなく測定作業を行えるので、作業性が向上する。

【0077】

（2-2. 体重推定装置の詳細構成）

第 2 の実施形態に係る体重推定装置 4 の詳細構成について、図 10 を参照しながら説明する。体重推定装置 4 は、図 10 に示すように、通信部 11 と、表示部 12 と、操作部 13 と、記憶部 14 と、制御部 16 とを有する。なお、通信部 11、表示部 12 及び操作部 13 は、第 1 の実施形態（図 1）と同様な構成であるので、説明を省略する。

20

【0078】

記憶部 14 は、撮像装置 3 から受信した立体画像を記憶する。また、記憶部 14 は、家畜 100 の基準となる断面形状を示す基準断面モデルを記憶している。詳細は後述するが、基準断面モデルは、家畜 100 の断面形状を推定する際に、拡大・縮小、回転等をさせることで、家畜 100 の断面形状を求める際に利用される。

【0079】

制御部 16 は、照射制御部 161 と、画像取得部 162 と、断面形状推定部 163 と、背筋推定部 164 と、体長胸囲推定部 165 と、体重推定部 166 と、投影制御部 167 として機能する。

30

【0080】

照射制御部 161 は、照射装置 2 からのレーザー光の照射を制御する。照射制御部 161 は、撮像装置 3 による家畜 100 の撮像時に、撮像装置 3 の撮像方向に背筋マーカ用線状光を照射させる。例えば、照射制御部 161 は、撮像装置 3 の光軸方向と平行に、背筋マーカ用線状光を照射させる。これにより、撮像装置 3 の光軸方向の際に家畜 100 が存在する場合には、背筋マーカ用線状光が家畜 100 の体表面に照射され、背筋マーカ用線状光に対応する線状マーカ（例えば図 3 の線状マーカ M）が家畜 100 の体表面に現れる。

【0081】

画像取得部 162 は、撮像装置 3 の動作を制御して、撮像装置 3 が撮像した画像を取得する。例えば、画像取得部 162 は、撮像装置 3 によって撮像された家畜 100 の立体画像を取得する。

40

【0082】

断面形状推定部 163 は、画像取得部 162 によって取得された立体画像から、家畜 100 の断面形状を推定する。例えば、断面形状推定部 163 は、家畜 100 の立体画像から、家畜 100 の体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出して、家畜 100 の体長方向において所定間隔毎の断面形状を推定する。撮像装置 3 が家畜 100 の上方から撮像しているため、撮像装置 3 が撮像した立体画像から抜き出した輪郭画像は、家畜 100 の断面輪郭の一部を示す（図 5 の輝線 L と似た形状）。

50

【 0 0 8 3 】

断面形状推定部 1 6 3 は、輪郭画像と、記憶部 1 4 に記憶された基準断面モデルとを用いて、家畜 1 0 0 の断面形状を推定する。例えば、断面形状推定部 1 6 3 は、基準断面モデルを輪郭画像の断面輪郭に合うように変形し、変形後の基準断面モデルに基づいて断面形状を推定する。この際、断面形状推定部 1 6 3 は、体長方向において所定間隔毎の輪郭画像の各々に対して、対応する基準断面モデルを断面輪郭に合うようにそれぞれ変形することで、各位置での断面形状を推定できる。

【 0 0 8 4 】

図 1 1 は、基準断面モデルと輪郭画像を用いた断面形状の推定方法を説明するための模式図である。基準断面モデルは、過去に求めた断面形状を示すものであり、例えば家畜 1 0 0 の断面形状の輪郭を示すモデルである。図 1 1 では、基準断面モデル E が、略円形状に示されている。断面形状推定部 1 6 3 は、基準断面モデル E を断面輪郭 F に合うように変形させる。具体的には、断面形状推定部 1 6 3 は、基準断面モデル E の頂点 E 1 が、断面輪郭 F の頂点に合うように、基準断面モデル E を回転、拡大・縮小させる。

10

【 0 0 8 5 】

上記の基準断面モデル E を用いて家畜 1 0 0 の断面形状を求める場合には、以下のようなメリットがある。例えば背筋マーカーが無い状態で撮像装置 3 が家畜 1 0 0 の斜め上方から撮像した場合には、輪郭画像の断面輪郭 F が側面寄りになるため、断面輪郭 F の頂点を特定し難い。これに対して、頂点 E 1 の位置が分かっている基準断面モデル E を断面輪郭 F に合うように変形することで、変形後の基準断面モデル E から断面輪郭 F の頂点を特定できる。

20

なお、断面形状推定部 1 5 3 は、前述した家畜 1 0 0 の体表面に現れる線状マーカーに基づいて撮像装置 3 の撮像姿勢を特定することで撮像装置 3 の撮像画像（立体画像）から家畜 1 0 0 の背筋の位置を求め、求めた背筋の位置を断面形状の頂点としてもよい。これにより、高精度に家畜 1 0 0 の背筋の位置を求められる。

【 0 0 8 6 】

背筋推定部 1 6 4 は、断面形状推定部 1 6 3 が推定した複数の断面形状（変形後の基準断面モデル）の頂点を用いて、家畜 1 0 0 の背筋を推定する。例えば、背筋推定部 1 6 4 は、各頂点を結ぶように背筋曲線（図 8 参照）を生成することで、家畜 1 0 0 の背筋を推定する。なお、家畜 1 0 0 の体表面に投光した線状光を用いて、いわゆる光切断法の原理により背筋曲線を求めてもよい。

30

【 0 0 8 7 】

体長胸囲推定部 1 6 5 は、断面形状推定部 1 6 3 によって推定された複数の断面形状に基づいて、家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を推定する。例えば、体長胸囲推定部 1 6 5 は、断面形状推定部 1 6 3 が推定した断面形状に基づいて背筋推定部 1 6 4 が推定した背筋の長さから、家畜 1 0 0 の体長を推定する。また、体長胸囲推定部 1 6 5 は、断面形状の周長から、家畜 1 0 0 の胸囲を推定する。

【 0 0 8 8 】

体重推定部 1 6 6 は、体長胸囲推定部 1 6 5 によって推定された体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する。例えば、体重推定部 1 6 6 は、家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示す所定の体重式に、体長胸囲推定部 1 6 5 が推定した体長及び胸囲の値を代入することで、家畜 1 0 0 の体重を推定する。ただし、これに限定されず、例えば、記憶部 1 4 が家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示すテーブルを記憶しており、体重推定部 1 6 6 は、記憶部 1 4 に記憶されたテーブルを参照して、体長胸囲推定部 1 6 5 が推定した体長及び胸囲に対応する家畜 1 0 0 の体重を推定してもよい。

40

【 0 0 8 9 】

投影制御部 1 6 7 は、投影装置 5 による投影を制御する。投影制御部 1 6 7 は、体重推定部 1 6 6 が推定した体重を示す体重情報を、体重が推定された家畜 1 0 0 の体表面に投影させる。具体的には、投影制御部 1 6 7 は、体重情報として体重の大きさを示す数値を、家畜 1 0 0 の体表面に投影させる（図 4 参照）。

50

【 0 0 9 0 】

なお、上記では、断面形状推定部 1 6 3 は基準断面モデルを用いて断面形状を推定したが、これに限定されない。例えば、断面形状推定部 1 6 3 は、一部分の断面輪郭を円近似して、家畜 1 0 0 の枝肉の断面形状を推定してもよい。すなわち、断面形状推定部 1 6 3 は、第 1 の実施形態と同様に、近似曲線を求めることで家畜 1 0 0 の断面形状を推定してもよい。これにより、家畜 1 0 0 の枝肉の断面形状を精度良く求めることができる。また、第 1 の実施形態において、輝線 L を円近似する代わりに第 2 の実施形態で説明した基準断面モデル E を用いて、家畜 1 0 0 の断面形状を推定してもよい。

【 0 0 9 1 】

(2 - 3 . 家畜の体重推定処理)

第 2 の実施形態に係る体重推定装置 4 による家畜 1 0 0 の体重推定処理について、図 1 2 を参照しながら説明する。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 は、第 2 の実施形態に係る体重推定処理の流れを説明するためのフローチャートである。まず、制御部 1 6 は、撮像装置 3 を動作させて、家畜 1 0 0 を撮像させる (ステップ S 2 0 2) 。この際、制御部 1 6 の照射制御部 1 5 1 は、撮像装置 3 の撮像方向に向かって、背筋マーカー用線状光を照射させる。

【 0 0 9 3 】

次に、画像取得部 1 6 2 は、家畜 1 0 0 の立体画像を取得する (ステップ S 2 0 4) 。例えば、画像取得部 1 6 2 は、撮像装置 3 が家畜 1 0 0 を撮像することで生成された立体画像を取得する。

【 0 0 9 4 】

次に、断面形状推定部 1 6 3 は、家畜 1 0 0 の立体画像から、体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出す (ステップ S 2 0 6) 。抜き出した輪郭画像の各々は、体長方向に直交する断面における断面輪郭の一部分を示す。

【 0 0 9 5 】

次に、断面形状推定部 1 6 3 は、抜き出した輪郭画像に基づいて、家畜 1 0 0 の断面形状を推定する (ステップ S 2 0 8) 。例えば、断面形状推定部 1 6 3 は、輪郭画像と、記憶部 1 4 に記憶された基準断面モデルを用いて、家畜 1 0 0 の体長方向において所定間隔毎の断面形状を推定する。

【 0 0 9 6 】

次に、背筋推定部 1 6 4 は、複数の断面形状に基づいて、家畜 1 0 0 の背筋を推定する (ステップ S 2 1 0) 。例えば、背筋推定部 1 6 4 は、各断面形状の頂点を結んだ背筋曲線を生成することで、家畜 1 0 0 の背筋を推定する。

【 0 0 9 7 】

次に、体長胸囲推定部 1 6 5 は、断面形状推定部 1 6 3 によって推定された複数の断面形状に基づいて、家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を推定する (ステップ S 2 1 2) 。例えば、体長胸囲推定部 1 6 5 は、背筋推定部 1 6 4 が生成した背筋曲線の長さから、家畜 1 0 0 の体長を推定する。また、体長胸囲推定部 1 6 5 は、例えば複数の断面形状の周長を平均して、家畜 1 0 0 の胸囲を推定する。

【 0 0 9 8 】

次に、体重推定部 1 6 6 は、体長胸囲推定部 1 6 5 によって推定された体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する (ステップ S 2 1 4) 。例えば、体重推定部 1 6 6 は、家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示す体重式に、推定した体長及び胸囲の値を代入することで、家畜 1 0 0 の体重を推定する。

【 0 0 9 9 】

次に、投影制御部 1 6 7 は、体重推定部 1 6 6 が推定した体重を示す体重情報を、体重が推定された家畜 1 0 0 の体表面に投影させる (ステップ S 2 1 6) 。例えば、投影制御部 1 6 7 は、推定値である体重の大きさを示す数値を、家畜 1 0 0 の体表面に投影させる。

【 0 1 0 0 】

10

20

30

40

50

(2 - 4 . 第 2 の実施形態における効果)

第 2 の実施形態に係る体重推定装置 4 は、撮像装置 3 が家畜 1 0 0 を撮像して生成した立体画像の中から体長方向において所定間隔毎の輪郭画像を抜き出して、家畜 1 0 0 の断面形状を推定する。そして、体重推定装置 4 は、推定した複数の断面形状に基づいて家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を推定し、推定した体長及び胸囲に基づいて家畜 1 0 0 の体重を求め

る。
上記の構成によれば、立体画像から輪郭画像を抜き出して家畜 1 0 0 の断面形状を推定することで、家畜 1 0 0 の体長及び胸囲を自動で推定できる。そして、推定した体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を高精度に推定できる。また、瞬時に測定できるので、測定の際に家畜 1 0 0 が動いても、家畜 1 0 0 の体重を推定することができる。この結果、測定者に多大な労力を強いることなく、家畜 1 0 0 の体重を精度良く求めることができる。

10

【 0 1 0 1 】

< 3 . 第 3 の実施形態 >

(3 - 1 . 体重推定装置の詳細構成)

第 3 の実施形態では、家畜 1 0 0 を撮像した撮像画像から、家畜 1 0 0 の尾の付け根及び耳の位置を特定して、家畜 1 0 0 の体長を求める点で、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態と異なる。

【 0 1 0 2 】

図 1 3 は、第 3 の実施形態に係る体重推定装置 4 の構成を説明するためのブロック図である。図 1 3 に示す第 3 の実際形態に係る体重推定装置 4 の制御部 1 7 以外の構成は、第 1 の実施形態に係る体重推定装置 4 (図 1) や第 2 の実施形態に係る体重推定装置 4 (図 1 0) と同様である。

20

【 0 1 0 3 】

以下では、体重推定装置 4 の制御部 1 7 の詳細構成について説明する。

制御部 1 7 は、図 1 3 に示すように、画像取得部 1 7 2 と、位置特定部 1 7 3 と、体長胸囲推定部 1 7 4 と、体重推定部 1 7 5 と、投影制御部 1 7 6 として機能する。

【 0 1 0 4 】

画像取得部 1 7 2 は、家畜 1 0 0 の輪郭を示す輪郭画像を取得する。例えば、画像取得部 1 7 2 は、撮像装置 3 が家畜 1 0 0 を撮像した撮像画像をコンピュータで処理することで、例えば図 1 4 に示す輪郭画像 G 1 を取得する。画像取得部 1 7 2 は、取得した輪郭画像 G 1 を位置特定部 1 7 3 に出力する。

30

【 0 1 0 5 】

図 1 4 は、家畜 1 0 0 の輪郭画像 G 1 の一例を示す模式図である。輪郭画像 G 1 は、家畜 1 0 0 の上方から撮像装置 3 が撮像した撮像画像に基づき作成されたシルエット画像である。図 1 4 に示すシルエット画像においては、右端側が家畜 1 0 0 の頭部を示し、左端側が家畜 1 0 0 の尾を示している。また、シルエット画像は、例えば、家畜 1 0 0 がいない状態で撮像した画像と、家畜 1 0 0 がいる状態で撮像した画像との間の差分をとり、画像処理として二値化処理を施すことにより作成される。

【 0 1 0 6 】

位置特定部 1 7 3 は、家畜 1 0 0 の輪郭画像 G 1 から、家畜 1 0 0 の尾の付け根及び耳の位置を特定する。すなわち、位置特定部 1 7 3 は、画像取得部 1 7 2 が取得した輪郭画像 G 1 に基づいて、家畜 1 0 0 の尾の付け根及び耳の位置を特定する。

40

【 0 1 0 7 】

まず、家畜 1 0 0 の尾の付け根の位置の特定方法について説明する。

位置特定部 1 7 3 は、輪郭画像 G 1 と、予め家畜 1 0 0 の尾の付け根及び周辺部を示すテンプレート画像 (基準画像) とをマッチングして、尾の付け根の位置を特定する。これにより、家畜 1 0 0 の尾の付け根の位置を自動判別できる。

【 0 1 0 8 】

図 1 5 は、家畜 1 0 0 の尾の付け根の位置を特定するためのテンプレート画像 G 2 の一例

50

を示す模式図である。テンプレート画像 G 2 において、黒丸 () の中心が尾の付け根の位置 P 1 を示している。テンプレート画像 G 2 は、例えば記憶部 1 4 (図 1 3) に予め複数記憶されている。テンプレート画像 G 2 は、例えば、過去に撮像された複数の家畜 1 0 0 の撮像画像に基づいて作成された画像である。テンプレート画像 G 2 は、家畜 1 0 0 の姿勢に応じてそれぞれ作成されていてもよい。

【 0 1 0 9 】

図 1 6 は、マッチング結果を説明するための模式図である。位置特定部 1 7 3 は、記憶部 1 4 に記憶された複数のテンプレート画像 G 2 の中から、図 1 4 に示す輪郭画像 G 1 の尾の付け根の部分と同じ形状のテンプレート画像 G 2 を探す。図 1 6 においては、位置特定部 1 7 3 は、輪郭画像 G 1 の輪郭形状とほぼ合致したテンプレート画像 G 2 を探した状態が示されている。位置特定部 1 7 3 は、探し出したテンプレート画像 G 2 中の位置 P 1 を、尾の付け根の位置として特定する。

10

【 0 1 1 0 】

次に、家畜 1 0 0 の耳の位置の特定方法について説明する。なお、特定される耳の位置は、家畜 1 0 0 の両耳の間の位置を意味する。

位置特定部 1 7 3 は、輪郭画像 G 1 中の家畜 1 0 0 の輪郭を示す輪郭線から、家畜 1 0 0 の体長方向に沿った中心線を求め、求めた中心線を用いて家畜 1 0 0 の耳の位置を特定する。例えば、位置特定部 1 7 3 は、図 1 7 に示す家畜 1 0 0 の輪郭線 H に対して中心線 I 1 を求める。

【 0 1 1 1 】

20

図 1 7 は、家畜 1 0 0 の体長方向に沿った中心線 I 1 を説明するための模式図である。図 1 7 では、家畜 1 0 0 の輪郭線 H が示されている。輪郭線 H は、家畜 1 0 0 を上から見た際の左側の左輪郭線 H 1 と右側の右輪郭線 H 2 とを含む。位置特定部 1 7 3 は、左輪郭線 H 1 を構成する一定間隔の点と、右輪郭線 H 2 を構成する一定間隔の点との中点 (図 1 7 中の黒点) を求める。そして、位置特定部 1 7 3 は、求めた複数の中点の近似線 I 1 を、家畜 1 0 0 の体長方向に沿った中心線とする。

【 0 1 1 2 】

位置特定部 1 7 3 は、図 1 8 に示すように、中心線 I 1 に垂直な法線を求める。この際、位置特定部 1 7 3 は、中心線 I 1 上の所定間隔の位置で法線を複数求める。この法線は、家畜 1 0 0 の体幅の大きさを示す体幅線である。

30

【 0 1 1 3 】

図 1 8 は、中心線 I 1 に垂直な法線 I 2 を説明するための模式図である。図 1 8 に示す法線 I 2 は、左輪郭線 H 1 と右輪郭線 H 2 とを結ぶ直線であり、法線 I 2 の長さは、中心線 I 1 に直交する方向での家畜 1 0 0 の体幅の大きさを示す。位置特定部 1 7 3 は、図 1 8 に示す法線 I 2 を、中心線 I 1 上の所定間隔の位置で求める。このように求められた複数の法線 I 2 の分布状態が、図 1 9 に示される。

【 0 1 1 4 】

図 1 9 は、法線 I 2 の分布状態を説明するための模式図である。図 1 9 のグラフの横軸は家畜 1 0 0 の体長方向を示し、縦軸は法線 I 2 の長さを示す。位置特定部 1 7 3 は、図 1 9 に示す複数の法線 I 2 の分布状態に基づいて、家畜 1 0 0 の耳の位置、胸部の位置を求める。

40

【 0 1 1 5 】

位置特定部 1 7 3 は、複数の法線 I 2 の分布状態に基づいて、家畜 1 0 0 の胸部の位置を求める。家畜 1 0 0 においては、胸部の位置で体幅が小さくなることが分かっているため、位置特定部 1 7 3 は、図 1 9 に示す分布で凹んでいる部分 X (体長方向において中心よりも右側の部分で最初に凹んでいる部分) を、胸部の位置 P 3 として特定する。

【 0 1 1 6 】

位置特定部 1 7 3 は、特定した胸部の位置 P 3 よりも右側において、法線 I 2 の上点を結んだ近似曲線 I 3 を求める。また、位置特定部 1 7 3 は、近似曲線 I 3 の極大値の $1/2$ の位置がほぼ家畜 1 0 0 の両耳の間の位置となるので、近似曲線 I 3 の極大値の $1/2$ の

50

大きさを示す閾値線 I 4 を求める。そして、位置特定部 1 7 3 は、近似曲線 I 3 と閾値線 I 4 の交点を、耳の位置 P 2 として特定する。なお、閾値線 I 4 の位置は、予め実際の家畜 1 0 0 の画像を複数枚取得して、交点の位置と耳の位置とが一致するように定めてもよい。

【 0 1 1 7 】

体長胸囲推定部 1 7 4 は、特定された胸部の位置 P 3 での法線 I 2 の長さを、家畜 1 0 0 の胸囲として推定する。また、体長胸囲推定部 1 7 4 は、位置特定部 1 7 3 によって特定された家畜 1 0 0 の尾の付け根の位置 P 1 と耳の位置 P 2 との間の距離を求め、求めた距離を家畜 1 0 0 の体長として推定する。

【 0 1 1 8 】

体重推定部 1 7 5 は、体長胸囲推定部 1 7 4 によって推定された体長及び胸囲に基づいて、家畜 1 0 0 の体重を推定する。例えば、体重推定部 1 7 5 は、家畜 1 0 0 の体長、胸囲及び体重の関係を示す所定の体重式に、体長胸囲推定部 1 7 4 が推定した体長及び胸囲の値を代入することで、家畜 1 0 0 の体重を推定する。

【 0 1 1 9 】

投影制御部 1 7 6 は、投影装置 5 による投影を制御する。例えば、投影制御部 1 7 6 は、体重推定部 1 7 5 が推定した体重を示す体重情報を、体重が推定された家畜 1 0 0 の体表面に投影させる（図 4 参照）。

【 0 1 2 0 】

（ 3 - 2 . 第 3 の実施形態における効果 ）

第 3 の実施形態に係る体重推定装置 4 は、撮像装置 3 が撮像した家畜 1 0 0 の輪郭を示す輪郭画像 G 1 から、家畜 1 0 0 の尾の付け根の位置 P 1 及び耳の位置 P 2 を特定し、特定した尾の付け根の位置 P 1 と耳の位置 P 2 の間の距離を家畜 1 0 0 の体長として推定する。これにより、家畜 1 0 0 の姿勢によらず、家畜 1 0 0 の体長を自動で適切に求めることができる。また、撮像装置 3 が家畜 1 0 0 を撮像する際に、家畜 1 0 0 が静止した状態を維持する必要もなくなる。この結果、家畜 1 0 0 の体重を高精度かつ瞬時に推定することができる。

【 0 1 2 1 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、装置の分散・統合の具体的な実施の形態は、以上の実施の形態に限られず、その全部又は一部について、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。また、複数の実施の形態の任意の組み合わせによって生じる新たな実施の形態も、本発明の実施の形態に含まれる。組み合わせによって生じる新たな実施の形態の効果は、もとの実施の形態の効果を合わせ持つ。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 2 】

2 照射装置

3 撮像装置

4 体重推定装置

5 投影装置

1 4 記憶部

1 0 0 家畜

1 5 1 照射制御部

1 5 2 輝線形状取得部

1 5 3 断面形状推定部

1 5 4 背筋推定部

1 5 5 体長胸囲推定部

1 5 6 体重推定部

1 5 7 投影制御部

10

20

30

40

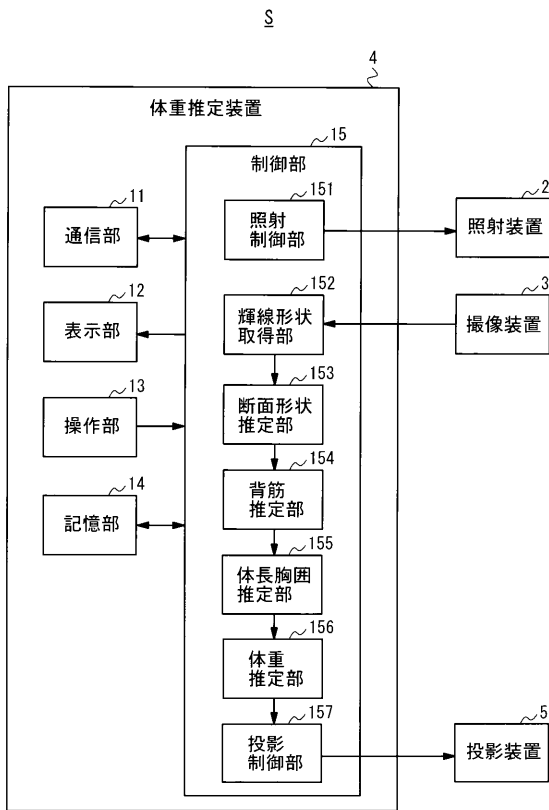
50

- 1 6 1 照射制御部
- 1 6 2 画像取得部
- 1 6 3 断面形状推定部
- 1 6 4 背筋推定部
- 1 6 5 体長胸囲推定部
- 1 6 6 体重推定部
- 1 6 7 投影制御部
- 1 7 3 位置特定部
- 1 7 4 体長胸囲推定部
- L 輝線
- S 体重推定システム

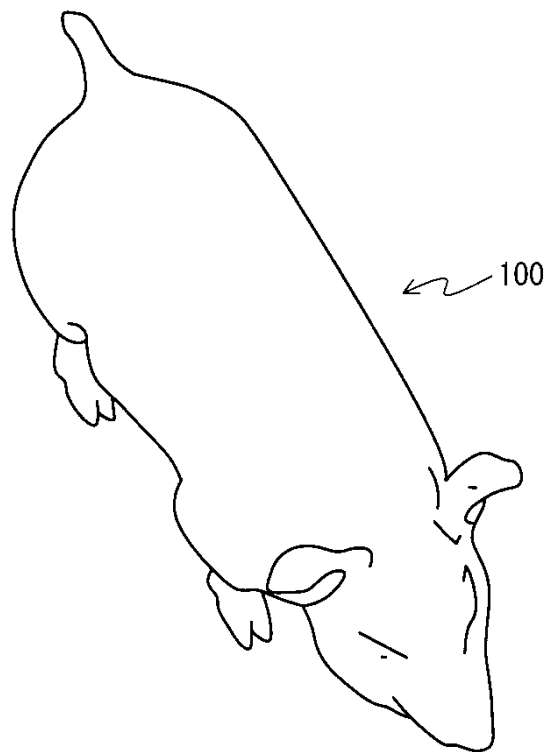
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



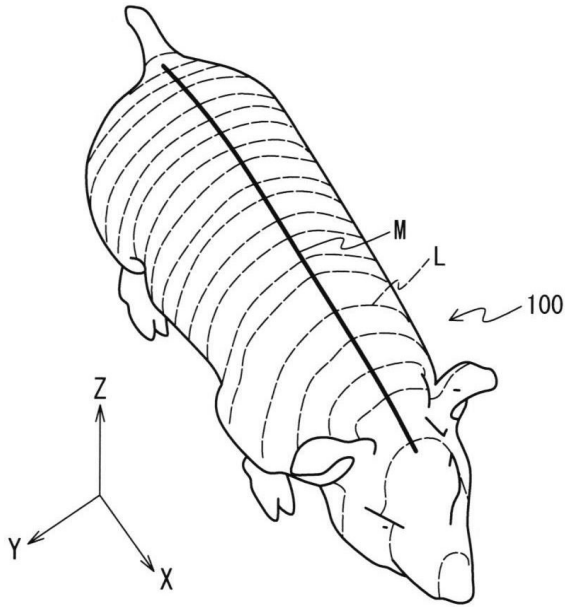
20

30

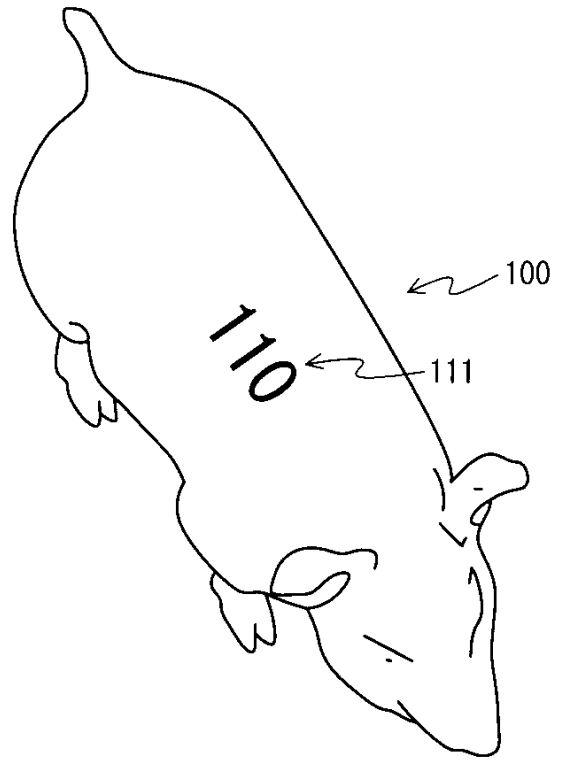
40

50

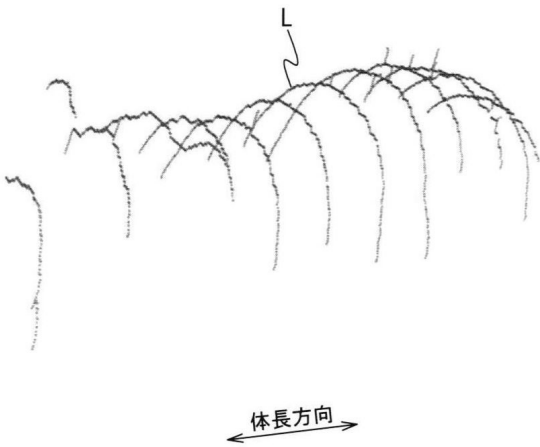
【 図 3 】



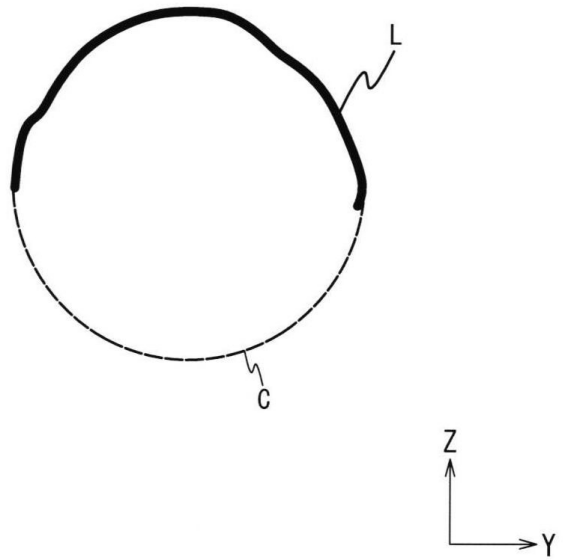
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

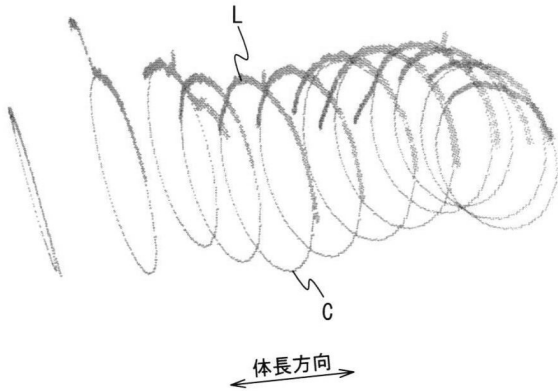
20

30

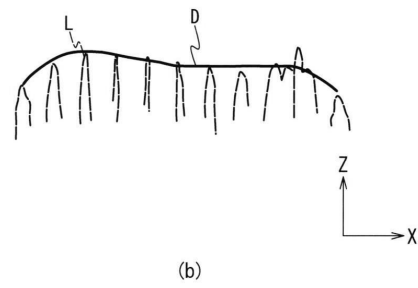
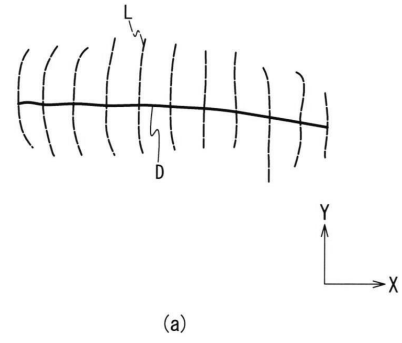
40

50

【図7】



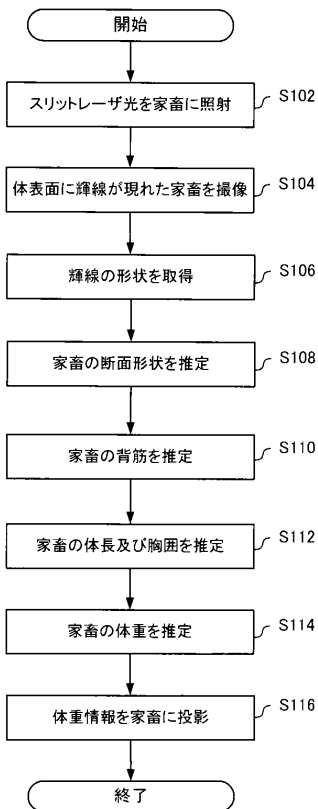
【図8】



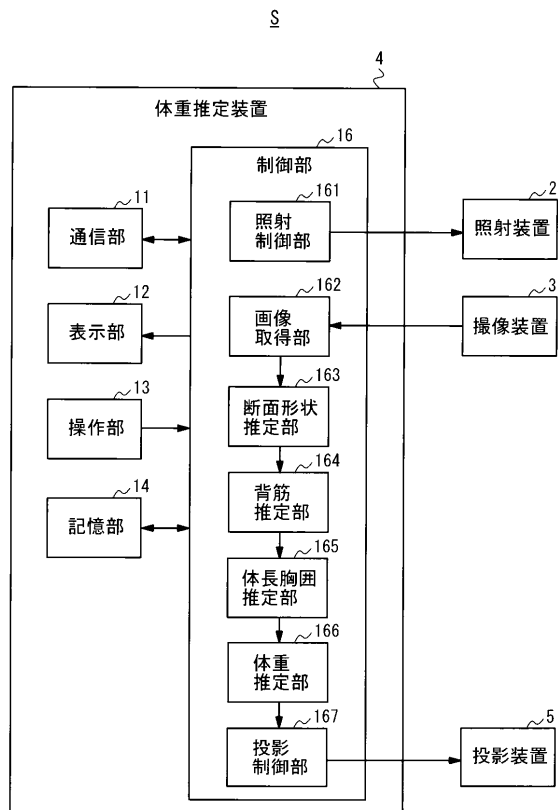
10

20

【図9】



【図10】

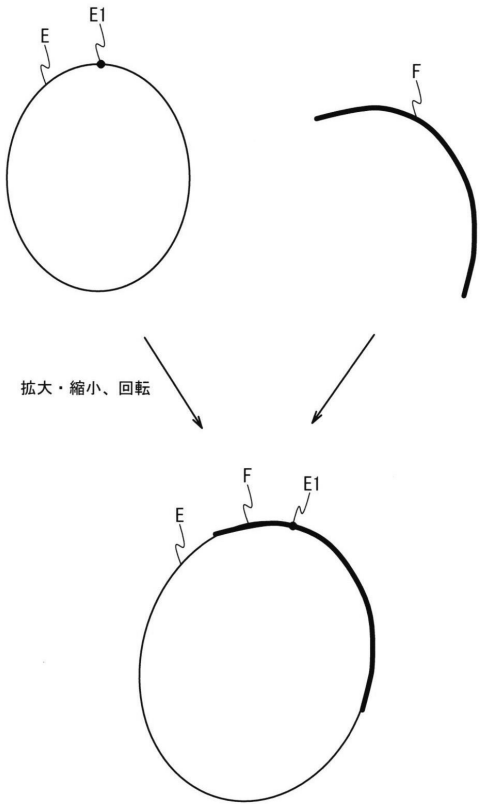


30

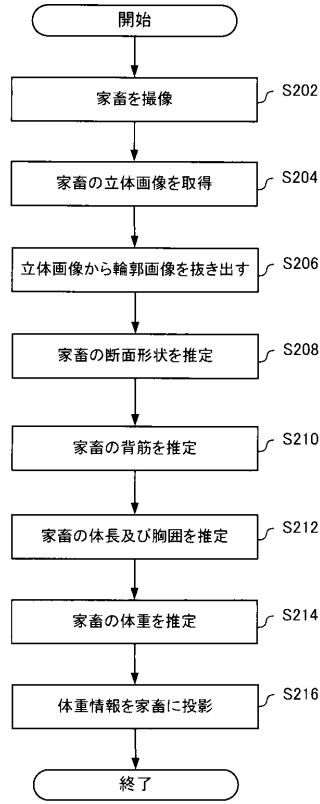
40

50

【図 1 1】



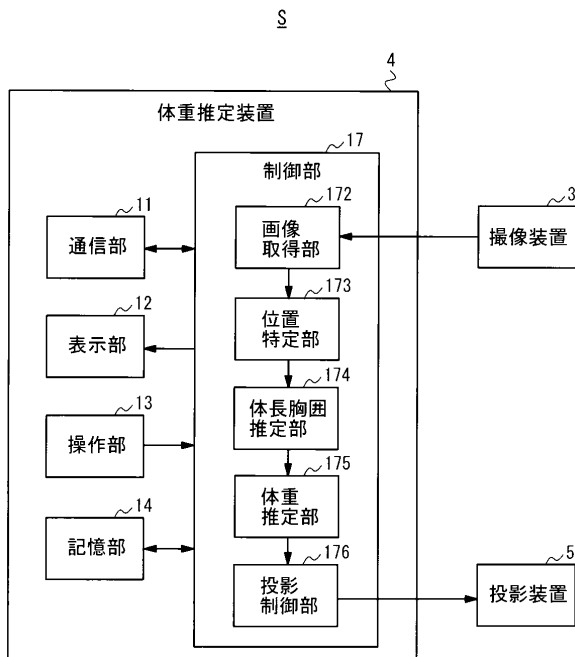
【図 1 2】



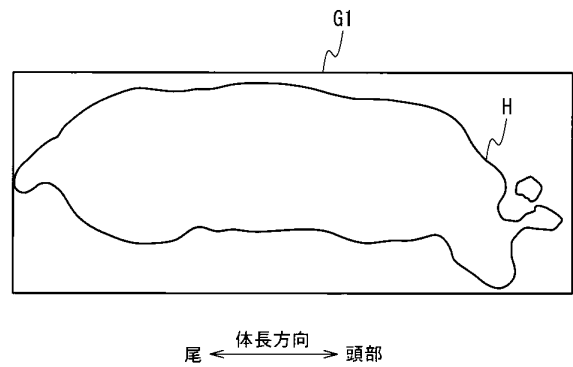
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

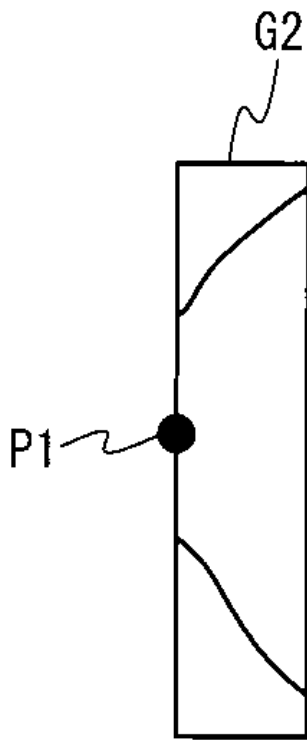


30

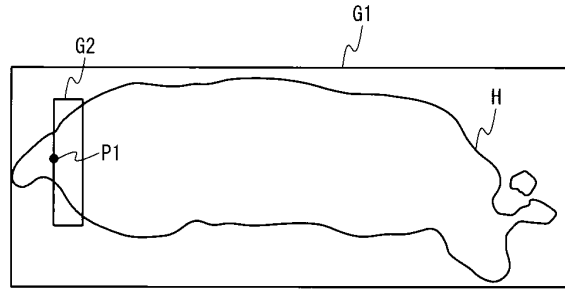
40

50

【図 15】



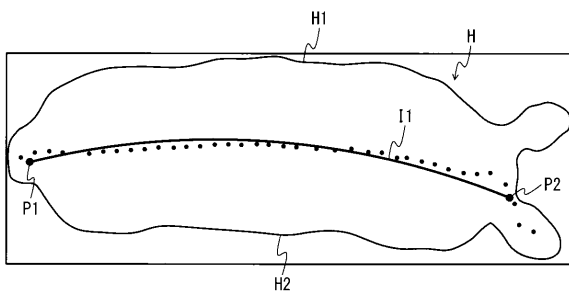
【図 16】



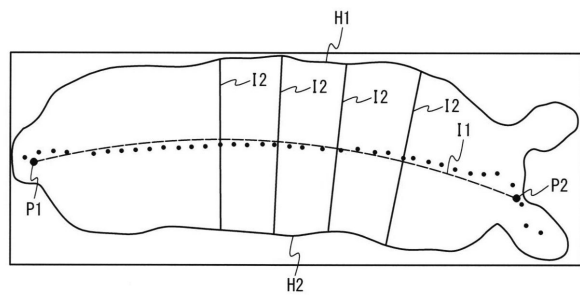
10

20

【図 17】



【図 18】

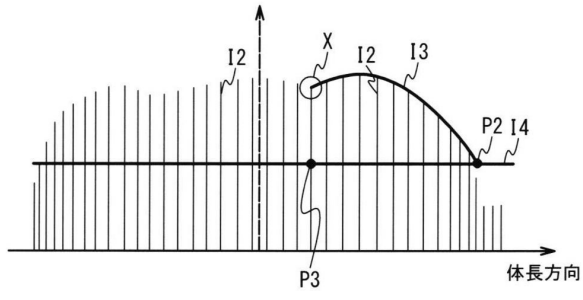


30

40

50

【 図 19 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 森 雅之

- (56)参考文献 特許第 6 0 8 3 6 3 8 (J P , B 2)
特表 2 0 1 2 - 5 1 9 2 7 7 (J P , A)
特開昭 6 1 - 1 1 4 1 1 1 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| G 0 1 G | 1 7 / 0 8 |
| G 0 1 B | 1 1 / 2 4 |
| G 0 1 G | 9 / 0 0 |