

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5090719号
(P5090719)

(45) 発行日 平成24年12月5日 (2012. 12. 5)

(24) 登録日 平成24年9月21日 (2012. 9. 21)

(51) Int. Cl.

F I

AO 1 K 45/00 (2006. 01)

AO 1 K 45/00 Z

GO 6 T 7/00 (2006. 01)

GO 6 T 7/00 3 O O F

請求項の数 16 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2006-327649 (P2006-327649)	(73) 特許権者	505350581
(22) 出願日	平成18年12月4日 (2006. 12. 4)		株式会社ヤマモト
(65) 公開番号	特開2008-136439 (P2008-136439A)		京都府亀岡市保津町上火無66番地の2
(43) 公開日	平成20年6月19日 (2008. 6. 19)	(74) 代理人	100121658
審査請求日	平成21年10月13日 (2009. 10. 13)		弁理士 高橋 昌義
		(72) 発明者	呂 建明
			千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学 自然科学研究科内
		(72) 発明者	片山 真太郎
			千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学 自然科学研究科内
		(72) 発明者	劉 洋
			千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学 自然科学研究科内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 雛鶏の雌雄判定装置及び雛鶏の雌雄判定装置プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像データに対し、前処理を行う前処理部と、
前処理された前記画像データに基づき特徴量データを抽出する特徴量抽出処理部と、
抽出した前記特徴量データに基づき雌雄の判定を行う判定処理部と、を有し、
前記特徴量抽出処理部は、前記前処理された前記画像データに対し方位フィルタリング
処理を施し、画素の輝度値の2値化を行い、羽に対応する部分を複数抽出し、前記羽に対
応する部分の各々に対し細線化処理、直線近似処理、及び結合処理を行い、前記羽に対
応する部分の頂点を求め、前記頂点間の距離を求める、雛鶏の雌雄判定装置。

【請求項2】

前記特徴量抽出処理部は、前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行
い、ハイパスフィルタリングを行い、逆ウェーブレット変換を行う請求項1記載の雛鶏の
雌雄判定装置。

【請求項3】

前記特徴量抽出処理部は、前記ウェーブレット変換を行った後の前記画像データに対し
乗数処理を行う請求項2記載の雛鶏の雌雄判定装置。

【請求項4】

前記特徴抽出部は、前記画像データに対し微分処理及び微分フィルタリングを行う請求
項3記載の雛鳥の雌雄判定装置。

【請求項5】

前記特徴量抽出処理部は、前記画像データに対し回転処理を行う請求項3記載の雌雄判定装置。

【請求項6】

前記特徴量抽出処理部は、前記羽に対応する部分の長さを求める請求項3記載の雌雄判定装置。

【請求項7】

前記判定処理部は、ベイズ識別法を用いる請求項1記載の雌雄判定装置。

【請求項8】

前記判定処理部は、線形判別法を用いる請求項1記載の雌雄判定装置。

【請求項9】

コンピュータに、
画像データに対し、前処理を行う前処理部と、
前処理された前記画像データに基づき特徴量データを抽出する特徴量抽出処理部と、
抽出した前記特徴量データに基づき雌雄の判定を行う判定処理部と、して機能させるための雛鶏の雌雄判定プログラムであって、

前記特徴抽出処理部は、前記前処理された前記画像データに対し方位フィルタリング処理を施し、画素の輝度値の2値化を行い、羽に対応する部分を複数抽出し、前記羽に対応する部分の各々に対し細線化処理、直線近似処理、及び結合処理を行い、前記羽に対応する部分の頂点を求め、前記頂点間の距離を求めるものである雛鶏の雌雄判定プログラム。

【請求項10】

コンピュータに、
前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行い、ハイパスフィルタリングを行い、逆ウェーブレット変換を行う特徴量抽出処理部としても機能させるための請求項9記載の雛鶏の雌雄判定プログラム。

【請求項11】

コンピュータに、
前記画像データに対し前記ウェーブレット変換を行った後の前記画像データに対し乗数処理を行う特徴量抽出処理部としても機能させるための請求項9記載の雛鶏の雌雄判定プログラム。

【請求項12】

コンピュータに、
前記画像データに対し微分処理及び微分フィルタリングを行う特徴量抽出処理部としても機能させるための請求項9記載の雛鶏の雌雄判定プログラム。

【請求項13】

コンピュータに、
前記画像データに対し回転処理を行う特徴量抽出処理部としても機能させるための請求項9記載の雌雄判定プログラム。

【請求項14】

コンピュータに、
前記羽に対応する部分の長さを求める特徴量抽出処理部としても機能させるための請求項9記載の雌雄判定プログラム。

【請求項15】

コンピュータに、
ベイズ識別法を用いる判定処理部としても機能させるための請求項9記載の雌雄判定プログラム。

【請求項16】

コンピュータに、
線形判別法を用いる判定処理部としても機能させるための請求項9記載の雌雄判定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、雛鶏の雌雄判定装置及び雛鶏の雌雄判定装置プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

雛鶏を育てるに際し雄と雌では餌が異なるため、雌雄の区別がついていない雛に同じ餌を与えることは効率的ではない。効率的に雛を育てるためには、生まれてからできる限り早期に雌雄を区別する必要がある。現在、雛鶏の雌雄判定は人間の目視により行っているのが一般的であるが、機械的に雌雄を判定することができればより容易であり、人件費等のコストも低減させることができ、機械化することによるメリットは大きい。

10

【0003】

現在、雛鶏の雌雄判定方法の一例として、いわゆる羽判定法がある。羽判定法は、雛鶏の翼において、雄の羽は長さが一定である一方、雌の羽は短い羽と長い羽が交互に並んでいる、という雌雄間の羽の特徴の違いを利用して雛鶏の雌雄判定を行う方法である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、判定率の高い雛鶏の雌雄判定装置及びそれを実現する雛鶏の雌雄判定装置プログラム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】

20

【0005】

上記課題を解決する一手段として、本発明に係る雌雄判定装置は、画像データに対し、前処理を行う前処理部と、前処理された前記画像データに基づき特徴量データを抽出する特徴量抽出処理部と、抽出した前記特徴量データに基づき雌雄の判定を行う判定処理部と、を有する。

【0006】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前処理部は、前記画像データにおける画素の輝度値の正規化を行うことが好ましい。

【0007】

また、本手段において、限定されるわけではないが、特徴量抽出処理部は、前処理された前記画像データに対し方位フィルタリングを行うこと、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行うこと、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行い、羽に対応する部分を抽出すること、前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行うこと、の少なくともいずれかを行うことが好ましい。

30

【0008】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行った場合、ウェーブレット変換を行った前記画像データに対し、ハイパスフィルタリングを行うこと、乗数処理を行うこと、の少なくともいずれかを行うことが好ましい。なお、乗数処理を行った場合、微分処理を行うことがより好ましく、微分フィルタリングを行うことが更に好ましい。

40

【0009】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前記特徴量抽出処理部は、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行い、羽に対応する部分を抽出した場合、前記羽に対応する部分に対して細線化を行うこと、羽に対応する部分の結合処理を行うこと、画像データに対し回転処理を行うこと、更には、羽に対応する部分の頂点間の距離又は長さの少なくとも一方を求めること、の少なくともいずれかを行うことが好ましい。

【0010】

また、本手段において、限定されるわけではないが、判定処理部は、ベイズ識別法又は線形判別法の少なくともいずれかを用いることが好ましい。

50

【0011】

また、上記課題を解決する他の一手段として、本発明に係る雛鶏の雌雄判定プログラムは、コンピュータに、画像データに対し、前処理を行う前処理部と、前処理された前記画像データに基づき特徴量データを抽出する特徴量抽出処理部と、抽出した前記特徴量データに基づき雌雄の判定を行う判定処理部と、して機能させる。

【0012】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前記画像データにおける画素の輝度値の正規化を行う前処理部としても機能させることも好ましい。

【0013】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前処理された前記画像データに対し方位フィルタリングを行う特徴抽出処理部、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行う特徴抽出処理部、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行う特徴抽出処理部、羽に対応する部分を抽出する特徴抽出処理部、前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行う特徴抽出処理部、の少なくともいずれかとして機能させることも好ましい。

10

【0014】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前処理された前記画像データに対しウェーブレット変換を行うとした場合、ウェーブレット変換を行った前記画像データに対し、ハイパスフィルタリングを行う特徴抽出処理部、乗数処理を行う特徴抽出処理部、の少なくともいずれかとして機能させることも好ましい。なお、乗数処理を行った場合、微分処理を行う特徴抽出処理部として機能することもより好ましく、微分フィルタリングを行う特徴抽出処理部として機能させることも更に好ましい。

20

【0015】

また、本手段において、限定されるわけではないが、前記特徴量抽出処理部は、前処理された前記画像データにおける画素の輝度値の2値化を行い、羽に対応する部分を抽出する特徴抽出処理部として機能する場合、前記羽に対応する部分に対して細線化を行う特徴抽出処理部、羽に対応する部分の結合処理を行う特徴抽出処理部、画像データに対し回転処理を行う特徴抽出処理部、更には、羽に対応する部分の頂点間の距離又は長さの少なくとも一方を求める特徴抽出処理部、の少なくともいずれかとして機能させることも好ましい。

30

【0016】

また、本手段において、限定されるわけではないが、ベイズ識別法又は線形判別法の少なくともいずれかを用いる判定処理部として機能させることも好ましい。

【発明の効果】

【0017】

以上により本発明は、より判定率の高い雛鶏の雌雄判定装置及びそれを実現する雛鶏の雌雄判定装置プログラムとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。ただし、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、以下に示す実施形態に限定されるものではない。なお、本明細書においては同一又は同様の機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

40

【0019】

図1に、本実施形態に係る雛鶏の雌雄判定装置（以下、「本雌雄判定装置」ともいう。）の機能ブロックを示す。本図で示すように、本雌雄判定装置1は、前処理部2、特徴抽出処理部3、判定処理部4、を少なくとも有して構成されている。なお、本雌雄判定装置1は、限定されるわけではないが、例えば、パーソナルコンピュータのハードディスク等の記録媒体に格納されたプログラム（雛鶏の雌雄判定プログラム）を実行することで実現させることもでき、本実施形態ではプログラムを実行することで実現する例を用いて説明

50

する。なお、この装置の利用者は、本雌雄判定装置による雌雄判定に先立ち、雛鶏の翼部分をカメラ等の撮像装置で撮像して画像を取得し、予め取り込んでおく必要がある。

【0020】

前処理部2は、取得した翼部分の画像において処理に先立ち照明等の撮影において生じた影響を調整する処理をおこなうことができるものである。本実施形態では、予め取り込んだ雛鶏の翼部分の画像データ（以下単に「画像データ」という。）における輝度値の正規化を行う。これにより翼部分を撮像する際に用いた照明の影響を低減することが出来る。なお図2（a）に、雄の翼部分の写真図を、図2（b）に雌の翼部分の写真図を示しておく。

【0021】

輝度値の正規化は、限定されるわけではないが、画像データにおけるヒストグラムを調整して羽の強調を行う。ヒストグラム変換は、限定されるわけではないが、下記式（1）で表される式を用いて行うことが好ましい。なお下記式中 x は処理される前の画像データ（以下「原画像データ」という。）のある画素の輝度値を示し、 x_{max} 、 x_{min} はそれぞれ原画像データにおける輝度値の最大値、最小値を示す。また y_s は処理後の画像データ（以下「輝度値正規化後画像データ」という。）における画素の輝度値を示す。なお y_{max} は255である。

【数1】

$$y_s = \frac{(x - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} \times y_{max} \quad (1)$$

【0022】

特徴抽出処理部2は、羽に相当する部分を抽出し、その特徴量を抽出することができるものである。限定されるわけではないが、具体的には、輝度値正規化後画像データにおける画素の輝度値を2値化し、羽に相当する部分として抽出する。なおここで2値化とは、画像データ中のある画素の輝度値が閾値 Th よりも小さい値であれば0、大きい値であれば最大値（255）を割り当てる処理をいう。2値化は具体的に、以下の式（2）で表される。なお、下記中 $f(x, y)$ は輝度値正規化後画像データにおける輝度値を表し、 $g(x, y)$ は2値化処理が行われた後の画像データ（以下「2値化後画像データ」という。）を表す。また、図3に、2値化後画像データの例の写真図を示す。2値化を行うことで、羽の表面に存在する凹凸による不均一な光の反射により発生する羽の分離（一つの羽であるのに複数の羽であると認識されてしまうこと）を効果的に抑えることができる。

【数2】

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } f(x, y) \geq Th \\ 0 & \text{if } f(x, y) < Th \end{cases} \quad (2)$$

【0023】

しかしながら、図3で示すように、2値化を行った場合でも、上記羽の分離を完全に押さえることができない場合もある。そこで、本実施形態では更に、2値化で分離された羽部分に着目し、その角度を考慮して羽部分の結合処理を行う。図4に、羽Aの結合処理の例を示す。結合処理は、限定されるわけではないが、図4で示すように、まず、ある基準軸（図4では水平軸）と羽Aの軸とがなす角度 θ_A を求める。一方、羽Aの一方の端点と羽B、C、Dの一方の端点とを結ぶ直線を求め、それぞれの直線と基準軸とがなす角度 θ'_B 、 θ'_C 、 θ'_D を求める。そして θ'_B 、 θ'_C 、 θ'_D の中に θ_A と近い角度を有するものがあるか否かを判定し、近い角度を有する羽同士を結合する。図4の例では、羽Aと羽Bの角度がほぼ等しいものであるため、羽Aと羽Bとは一つの羽であると判断し、結合処理を行う。

【0024】

なお、ここにおいて、各羽の軸の定め方としては、限定されるわけではないが、細線化処理を行うことにより定めることが好ましい。より具体的には、羽として抽出された部分に幅がある場合、この幅を1の線で表現することが好ましい。この処理後の画像データ（以下「細線化後画像データ」という。）を図5に示す。なお図5（a）は、輝度値正規化前の画像データを、図5（b）輝度値正規化後の画像データを、図5（c）は、細線化後画像データを示す。なお、細線化処理の後、上記結合処理をより容易に行うために、細線を直線に近似する直線近似処理を行っておくことも好ましい。

【0025】

なお、本特徴抽出処理部3では、羽の先端の変化を特徴量として容易に抽出させるべく、画像データに対し回転処理を行い、羽の向きを調整することが好ましい。なお、この回転処理における回転角は、限定されるわけではないが、上記の結合処理において求めた各羽の軸の基準軸に対する角度 θ の平均値 ϕ_{ave} であることが好ましい。なお、この回転処理は、限定されるわけではないが、ある点、例えば (x_1, y_1) の位置にある画素と (x_n, y_n) の位置にある画素（ n は x 方向及び y 方向のその数を示す）の中心点を回転中心とした場合、下記式（3）で処理することが好ましい。なおこの回転のモデルを説明する図を図6に示す。

【数3】

$$\phi_{ave} = \arctan\left(\frac{y_n - y_1}{x_n - x_1}\right) \quad (3)$$

【0026】

そして本特徴抽出処理3は、画像データから、判定に用いる特徴量データとして先端の変化情報を抽出する。具体的には羽の頂点の位置をそれぞれにおいて求め、その差分値として導出することで行う（以下「差分導出処理」という。）。具体的には、羽の各頂点の座標を $[x_1, y_1]$ 、 $[x_2, y_2]$ 、 $\dots$ $[x_N, y_N]$ 、とし（ N は羽の数）、各頂点の隣り合う y 座標の差分の値 Δy を導出し、その平均値 $m(\Delta y)$ を求める。具体的には、以下式（4）、（5）を用いて行う。なお、式（5）において $i = 1, 2, 3, \dots, N-1$ であり、 l_n は各羽の長さを示す。なお、本実施形態では回転処理を行っているため、 x 座標については考慮していないが、 y 座標の差分の値だけではなく x 座標を含めた座標間の距離とすることも当然可能ではある。また、差分値 Δy については、分散 $var(\Delta y)$ を求めておくことも判断をより正確にする点において好ましい（例えば式（6）参照）。

【数4】

$$\Delta y = |\Delta y_1|, |\Delta y_2|, \dots, |\Delta y_{N-1}|, \Delta y_i = y_{i+1} - y_i \quad (4)$$

【数5】

$$m(\Delta y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \Delta y_n \quad (5)$$

【数6】

$$var(\Delta y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\Delta y_n - m(\Delta y)]^2 \quad (6)$$

【0027】

本実施形態に係る判定処理部4は、雌雄判定を行うものである。雌雄判定を行うことができる限りにおいて限定されるものではないが、ベイズ識別法を用いることが好ましい。ここで「ベイズ識別法」とは、事前に得られた各クラスの特徴量の分布から、識別したい特徴量がどのクラスに属するかを確率により決定する方法である。ベイズ識別法は学習と

認識の２つのステップに分かれている。

【００２８】

ベイズ識別法における学習のステップでは、雄と雌の特徴量の分布を表す確率密度関数 $P(x|\omega_1)$ 、 $P(x|\omega_2)$ をそれぞれ求める。なおここで確率密度関数 $P(x|\omega_1)$ 、 $P(x|\omega_2)$ は、クラス ω_i に属する x の生起確率を表す。ここで x は判定処理に用いる特徴量を、 ω_1 は雄のクラスを、 ω_2 は雌のクラスをそれぞれ示す。

【００２９】

一方、ベイズ識別法における認識のステップでは、性別を判定する対象の雛鶏について特徴量を抽出し、その特徴量に基づき事後確率 $P(\omega_1|x)$ 、 $P(\omega_2|x)$ 雛鶏が雄であるか雌であるかを判定する。ここで事後確率とは、下記式（７）を用いて求めることができる。なお下記式（７）において $P(\omega_1)$ 、 $P(\omega_2)$ はそれぞれ雄、雌の生起確率である。雄と雌の生起確率は等しいと仮定して $P(\omega_1) = P(\omega_2) = 0.5$ としている。また、雄と雌の判定処理は下記式（８）に基づいて行われる。

【数７】

$$P(\omega_i|x) = \frac{P(x|\omega_i)P(\omega_i)}{P(x)} \quad i = 1, 2 \quad (7)$$

【数８】

$$\begin{cases} P(\omega_1|x) > P(\omega_2|x) \Rightarrow x \in \omega_1 \\ P(\omega_1|x) < P(\omega_2|x) \Rightarrow x \in \omega_2 \end{cases} \quad (8)$$

【００３０】

以上、本実施形態により、判定率の高い雛鶏の雌雄判定装置、それを実現する雛鶏の雌雄判定プログラムを提供することができる。

【００３１】

（実施形態２）

上記実施形態では、判定率の高い雛鶏の雌雄判定装置、それを実現する雛鶏の雌雄判定プログラムを提供することができる点において有用であるが、実際の雛鶏の翼には羽のほかダウンが含まれているおり、撮影する部所によっては羽部分を抽出する処理の際、ダウンを羽として認識してしまい判定率に影響を及ぼしてしまう可能性が無いわけではない。また、上記実施形態では、羽を直線で表現し、その角度をもとに羽の結合処理を行っているため、羽が曲がっている等の場合には、分離した羽同士の間隔が異なる結果結合に困難性をもたらす場合もないわけではない。そこで、本実施形態では、ダウンが含まれていた場合であっても高い判定率を維持できる雄判定装置、それを実現する雛鶏の雌雄判定プログラムを実現する。なお、以下本実施形態について説明するが、主に実施形態１と異なる点について説明し、実施形態１と同様の部分については言及した場合を除き説明は省略する。

【００３２】

図７に、本実施形態に係る雌雄判定装置の機能ブロック図を示す。本実施形態に係る雌雄判定装置１は、実施形態１と同様、前処理部２、特徴抽出処理部３、判定処理部４、を少なくとも有して構成されている。

【００３３】

本実施形態における特徴抽出処理部３は、直線を強調する方位フィルタリングを行うことを特徴の一つとする。一般に、雛鶏の羽は直線状に生えているため、直線を強調する方位フィルタリングを行うことによりダウンが含まれている場合であっても羽の強調をより効果的に行うことができる。

【００３４】

方位フィルタリングにおいて、画像データの区分、方位フィルタの数については適宜調

10

20

30

40

50

整可能であり限定されるわけではないが、画像データを 7×7 に区分し、方位フィルタの数を9とした場合の例を図8に示す。また、この方位フィルタリングの処理は、下記式(9)、(10)に従い行われる。なお、下記式(9)、(10)において $f(x, y)$ は、輝度値の正規化を行った後の画像データの画素の輝度値を示し、 $h_i(x, y)$ は方位フィルタの位置する画素におけるフィルタリング係数を示し、 $g_i(x, y)$ は、方位フィルタリングを行った後の画像データの画素の輝度値を示す。また下記式中、 $*$ は畳み込み演算を示す。 i は方位フィルタの数を示し、この場合 $i = 1, 2, \dots, 9$ である。なお方位フィルタリングを行う前と後の図を図9に示しておく。図9(a)は方位フィルタリングを行う前の画像データを、図9(b)は方位フィルタリングを行った後の画像データである。

10

【数9】

$$g_i(x, y) = f(x, y) * h_i(x, y) \quad i = 1, 2, \dots, 9 \quad (9)$$

【数10】

$$\hat{f}(x, y) = \max\{g_i(x, y) \quad i = 1, 2, \dots, 9\} \quad (10)$$

【0035】

特徴抽出部3は、羽に相当する部分を抽出し、その特徴量を抽出することができるものであり、画像データにおける画素の輝度値の2値化、細線化処理、結合処理、回転処理、差分導出処理、において実施形態と同様のものを採用することができる。

20

【0036】

上記に加え、本実施形態では、実施形態1の Δy の差分値導出処理(例えば式(4)乃至(6))に加え、 Δl の差分値の導出処理を行うことが好ましい。なお、 Δl の差分値のほか、 l の平均、分散についても求めておくことが好ましい。差分値 Δl を求める式を下記式(11)に、 l の平均を求める式を下記式(12)に、 Δl の分散を求める式を下記式(13)示しておく。

【数11】

$$\Delta l = |\Delta l_1|, |\Delta l_2|, \dots, |\Delta l_{N-1}|, \Delta l_i = l_{i+1} - l_i \quad (11)$$

【数12】

$$m(\Delta l) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \Delta l_n \quad (12)$$

30

【数13】

$$\text{var}(\Delta l) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\Delta l_n - m(\Delta l)]^2 \quad (13)$$

【0037】

40

判定処理部4は、実施形態1と同様の方法を用いることもできるが、本実施形態では、線形判別法を用いる。線形判別法は、限定されるわけではないが下記式(14)で示される式に従い行うことができる。なお、 x は特徴量データである先端の変化を、 ω_1 は雄を、 ω_2 は雌のクラスを、 $\text{Th}_{\text{linear}}$ は線形判別法で用いる閾値を、それぞれ示している。

【数 1 4】

$$\begin{cases} \mathbf{x} \geq Th_{linear} & \Rightarrow \omega_1 \\ \mathbf{x} < Th_{linear} & \Rightarrow \omega_2 \end{cases} \quad (14)$$

【0 0 3 8】

以上、本実施形態によると、実施形態 1 における効果に加え、ダウンが含まれていた場合であっても高い判定率を維持できる。

【0 0 3 9】

10

(実施形態 3)

上記実施形態 2 では、画像データにダウンに対応する部分が含まれている場合であっても、より判定率の高い雛鶏の雌雄判定装置、それを実現する雛鶏の雌雄判定プログラムを提供することができる点において有用であるが、このダウンによる影響をより効率的に除去することができる。以下本実施形態について説明するが、主に実施形態 2 と異なる点について説明し、実施形態 2 と同様の部分については言及した場合を除き説明は省略する。

【0 0 4 0】

図 1 0 に本実施形態に係る雛鶏の雌雄判定装置の機能ブロック図を示す。本実施形態に係る雌雄判定装置 1 は、実施形態 1 と同様、前処理部 2、特徴抽出処理部 3、判定処理部 4、を少なくとも有して構成されている。

20

【0 0 4 1】

本実施形態に係る特徴量抽出処理部 2 は、ウェーブレット変換を行う。一般に、ダウンには画像中に密集したものと孤立したものが存在している。密集したダウンは画像中平坦に見え、低周波成分から構成されていると考えられる。一方、羽は細長く、一定の間隔で並んでいるため、密集したダウンよりは高周波数な成分から構成されていると考えられる。そこで、周波数成分の異なる領域を強調するためにウェーブレット変換を行うことで密集したダウンと羽とをまず分離することができるようになる。ウェーブレット変換としては、周波数成分の分離を行うことができる限りにおいて限定されるわけではないが、例えば高速フーリエ変換（以下「FFT」という。）を用いることが好ましい。図 1 1 (a) に、高速フーリエ変換前の画像を、図 1 1 (b) に、高速フーリエ変換後に得られる空間周波数画像を示しておく。

30

【0 0 4 2】

次に、特徴量抽出処理部 2 は、ハイパスフィルタを用いたハイパスフィルタリングを行う。ハイパスフィルタリングを行うことで、密集したダウンに相当する低周波成分を除去することができ、羽の部分に対応する高周波成分を効率的に残すことができる。なお、ここでハイパスフィルタについては、限定されるわけではないが、半径 R の円形フィルタを用いることが好ましい。半径 R と羽の周波数とを対応させることにより、密集したダウンに相当する低周波成分を除去することができる。なお、画像中での羽の幅が概ね B ピクセルである場合、羽を表す並みの周期は 2 B ピクセルと考えることができ、円形フィルタの半径 R は、以下の式 (1 5) で表すことができる。なお下記式中、width は画像の横

40

【数 1 5】

$$R = \frac{width}{2B} \quad (15)$$

【0 0 4 3】

また、限定されるわけではないが、特徴量抽出処理部 3 は、密集したダウンだけでなく、孤立したダウンを除去することが好ましい。羽のスペクトルは強いのに対し、孤立した

50

ダウンのスペクトルは弱いことを利用し、その絶対値の k 乗を掛けて強いスペクトルを相対的に強め、弱いスペクトルを相対的に弱める処理を行うこと（以下「乗数処理」という。）が好ましい。なお、この処理は、下記式（16）により実現することができる。なおこの式において $g(x, y)$ は、強調後の画像データにおける画素の輝度値であり、 F はFFTを、 F^{-1} は逆FFTを、 k は定数をそれぞれ示す。なお、図13（a）に乗数処理前の画像を、図13（b）に、乗数処理後（ $k = 0.5$ ）の画像を示しておく。

【数16】

$$g(x, y) = F^{-1}\{F(u, v) \times |F(u, v)|^k\} \quad (16)$$

10

【0044】

また、この乗数処理を行った後は、画像から羽に対応する部分を切り取ることによりダウンに対応する部分を除去することが好ましい。乗数処理の条件によっては羽及びダウンに対応する部分以外の部分（以下「背景部分」という。）の画素の輝度値が大きくなることもあるため、2値化だけでは十分に対応できない場合がある。しかしながら、上記のとおり、背景部分は平坦なため画素値の変化が滑らかとなる一方、羽部分は羽が並んでいるため画素の輝度値の変化が急となっていると考えられる。そこで、乗数処理後の画像データに微分処理を行い微分処理後の画像データを得ると、背景部分における微分値は小さく、羽に対応する部分の微分値は大きくなると考えられる。そこでこの微分処理後の画像データに対し微分フィルタを用いて微分フィルタリングを行うと、羽に対応する部分を効率的に抽出することができる。その後は上記の2値化を行うことで、後の処理がより効率的となる。なお、図14に、微分フィルタの例を示しておく。

20

【0045】

また、本実施形態に係る特徴量抽出処理部3は、羽が曲がっている場合にも高精度で結合処理を高効率で行うことができる点も特徴的である。ここでの結合処理について図15及び図16を用いて説明する。

【0046】

図15は、羽を3次元の形状として表現したモデルを示す図である。羽の長軸に対して垂直な方向の面（端軸を含む平面）で羽を切った場合、その切り口は山状となる。上記した微分処理後の画像データにおける積分値は、山の頂点では微分値が正から負に変化する。山の高さは照明の加減や羽の凹凸により変化するが羽がある場所では山は存在する。したがって、ある羽に対応する領域に存在する微分値が正から負に変化する点を追跡して尾根線を作成し、その尾根線が分離した他の羽に到達した場合、もともと一つの羽であったとして結合処理を行うことができる。図16に、尾根線を作成することにより結合を行う場合の例を示しておく。このようにすることで、羽が曲がっている場合であっても、結合処理を行うことができるようになる。なお、この後の細線化処理においては上記実施形態と同様のものを採用することができる。特に、本方法は、前述の実施形態とは異なり、羽同士の角度を調べて結合を行うためのパラメータ設定が必要であったが、提案する方法を用いるとそのためのパラメータの設定が不要となるといった効果もある。

30

【0047】

なお、特徴量抽出処理部3は、差分値 Δy などの特徴量データを抽出するために、回転処理を施すが、上記実施形態で述べた方法以外に、回転処理にウェーブレット変換（例えばFFT）の際に得られる周波数画像の性質から主成分分析を行い、回転角を求めることも好ましい。周波数画像の性質として、一定の間隔で明線と暗線が並んでいる縞模様の画像を2次元でウェーブレット変換（例えばFFT）した場合、空間周波数画像では縞に直交する方向に画素の分布の長軸が現れるということがあげられる。羽は一定の間隔で並んでいて細長い形状をしているため縞状であるとみなすことができる。つまり、羽の方向は空間周波数画像の画素の分布に直行する向きとなる。そこで、主成分分析を行うことで空間周波数画像の分布の長軸と短軸を得ることができる。なお、主成分分析を行うことによって得られる第一の固有ベクトルは羽に直交する向きとなり、第二の固有ベクトルは羽に

40

50

平行な向きとなる。よってこの角度を基準として回転角を定めることができる。

【0048】

以上、本実施形態によると、上記実施形態における効果に加え、ダウンによる影響をより効率的に除去することができる。

【実施例】

【0049】

上記実施形態について、実際に計算機実験を行い、その性能を確認した。以下、説明する。

【0050】

本実施例は、上記実施形態に対する計算機実験の結果である。なお、本実施例において、用いた画像の枚数は雄196枚、雌196枚とし、一つの画像データにおける画素の数は 256×256 とした。なお、用いた画像の枚数は合計392枚となっているが、計算機実験の精度を高めるため、Leave-one-out法を用いた。また、本実施例において、2値化するための閾値を160、結合角度を30度以下とした。

【0051】

図17に、実施形態1に対する計算機実験の結果求めた特徴量データの分布を、図18に、実施形態2に対する計算機実験の結果求めた特徴量データの分布を、図19に、実施形態3に対する計算機実験の結果求めた特徴量データの分布を、それぞれ示す。なお、実施形態2に対する計算機実験の結果、実施形態3に対する計算機実験の結果においては、判定率の均一性のため、実施形態1と同様のバイズ識別法を用いた。図20に実施形態1に対して用いた確率密度関数を、図21に実施形態2に対して用いた確率密度関数を、図22に実施形態3に対して用いた確率密度関数を、それぞれ示す。なお、これらとの対比として、羽が理想的に抽出された場合（以下「理想的な場合」とする。）における計算機実験の結果、それに用いられる確率密度関数を図23、図24にそれぞれ示す。なおここで「羽が理想的に抽出された場合」とは、ダウンの誤抽出、羽の分離無しに全ての羽を完全に抽出した場合をいう。また、これらの判定率については、まとめて下記表1に示しておく。

【表1】

	雄の判定率	雌の判定率	全体の判定率
実施形態1	69.4	78.0	72.2
実施形態2	83.7	82.7	83.2
実施形態3	91.8	92.9	92.3
理想的な場合	94.9	94.4	94.6

【0052】

上記いずれの結果においても高い判定率を得ることができた。特に、実施形態1と実施形態2との間では、方位フィルタリングが主として異なり、この差異が判定率に寄与していると考えることができ、方位フィルタリングの優れた効果を確認することができる。また、実施形態3では、ダウンの除去をより効率的に行っており、また、結合処理において微分処理を利用しているため、より高い判定率を得ることができた。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明は、雛鶏の雌雄判定装置、雌雄判定プログラムとして産業上の利用可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】実施形態1に係る雛鶏の雌雄判定装置の機能ブロックを示す図である。

【図2】雛鶏の翼部分の図である。

【図3】2値化後画像データを示す図である。

【図4】羽の結合処理の例を示す図である。

【図 5】細線化処理について説明するための図である。

【図 6】画像の回転のモデルを説明する図である。

【図 7】実施形態 2 に係る雛鶏の雌雄判定装置の機能ブロックを示す図である。

【図 8】方位フィルタの例を示す図である。

【図 9】方位フィルタリング処理について説明するための図である。

【図 10】実施形態 3 に係る雛鶏の雌雄判定装置の機能ブロックを示す図である。

【図 11】画像データに高速フーリエ変換を行った結果を示す図である。

【図 12】ハイパスフィルタ処理について説明するための図である。

【図 13】乗数処理について説明するための図である。

【図 14】微分フィルタの例を示す図。

10

【図 15】羽を 3 次元の形状として表現したモデルを示す図である。

【図 16】羽の結合処理について説明するための図である。

【図 17】実施形態 1 に対する計算機実験の結果もとめた微分量データの分布を示す図である。

【図 18】実施形態 2 に対する計算機実験の結果もとめた微分量データの分布を示す図である。

【図 19】実施形態 3 に対する計算機実験の結果もとめた微分量データの分布を示す図である。

【図 20】実施形態 1 において求めた確率密度分布関数を示す図である。

【図 21】実施形態 2 において求めた確率密度分布関数を示す図である。

20

【図 22】実施形態 3 において求めた確率密度分布関数を示す図である。

【図 23】羽が理想的に抽出された場合における計算機実験の結果の確率密度関数を示す図である。

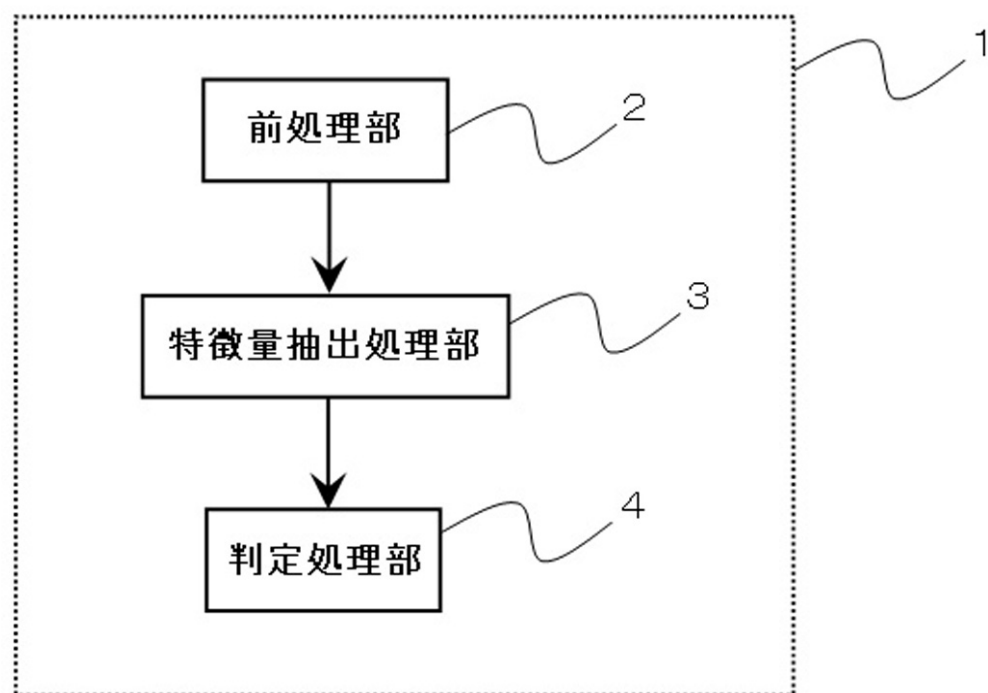
【図 24】羽が理想的に抽出された場合における計算機実験の結果の確率密度関数を示す図である。

【符号の説明】

【0055】

1 … 雌雄判定装置、2 … 前処理部、3 … 特徴長抽出処理部、4 … 判定処理部

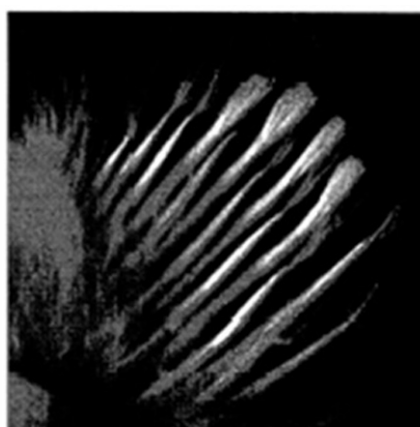
【図 1】



【図 2】



a

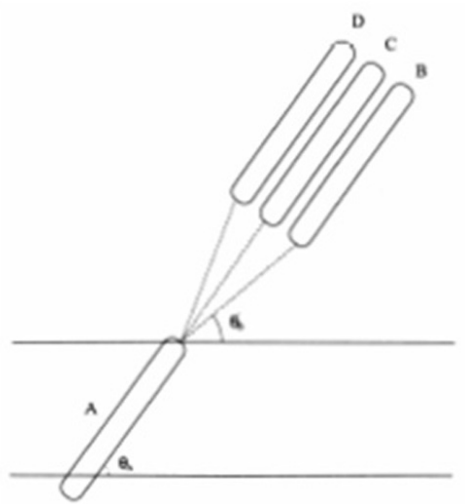


b

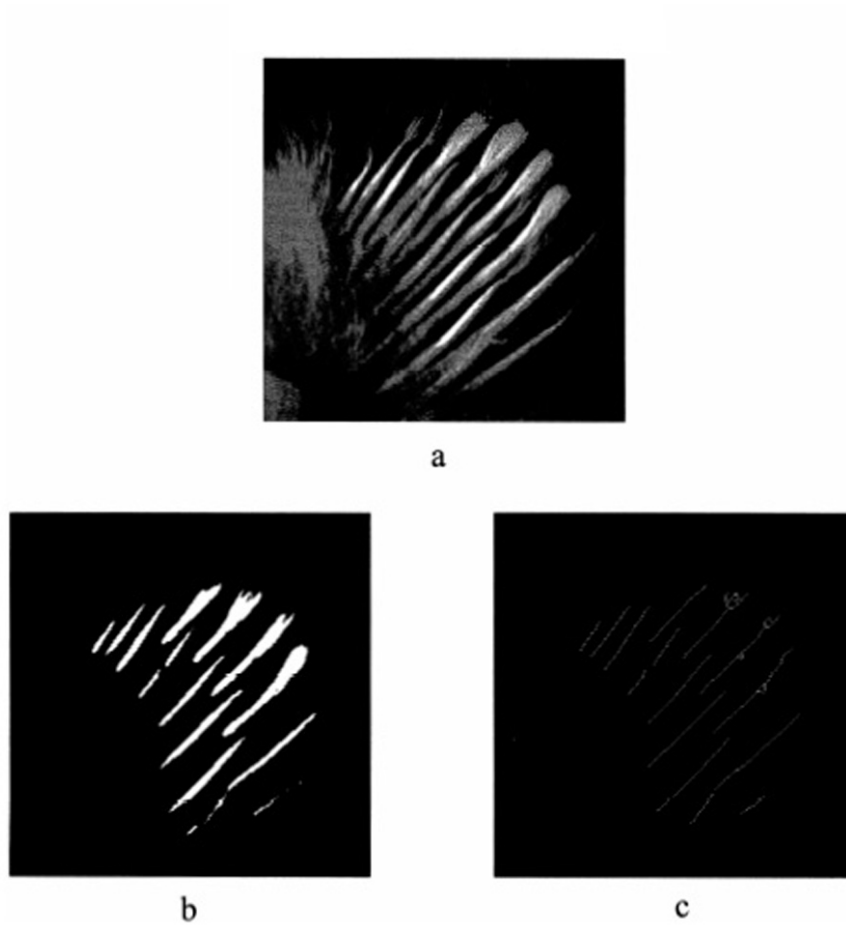
【図 3】



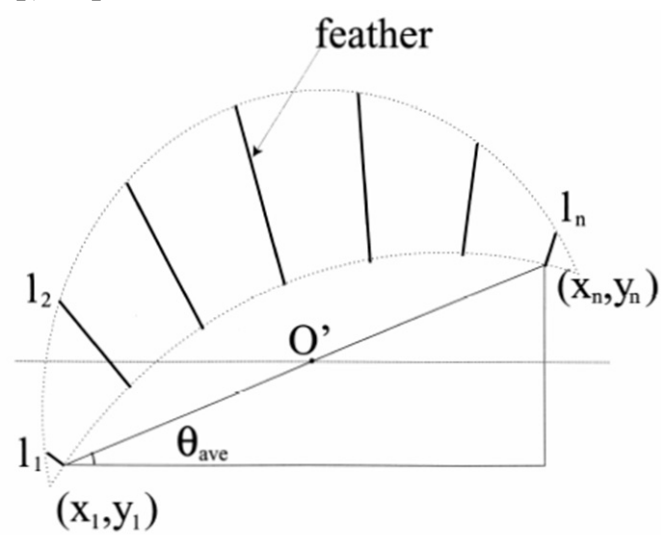
【図 4】



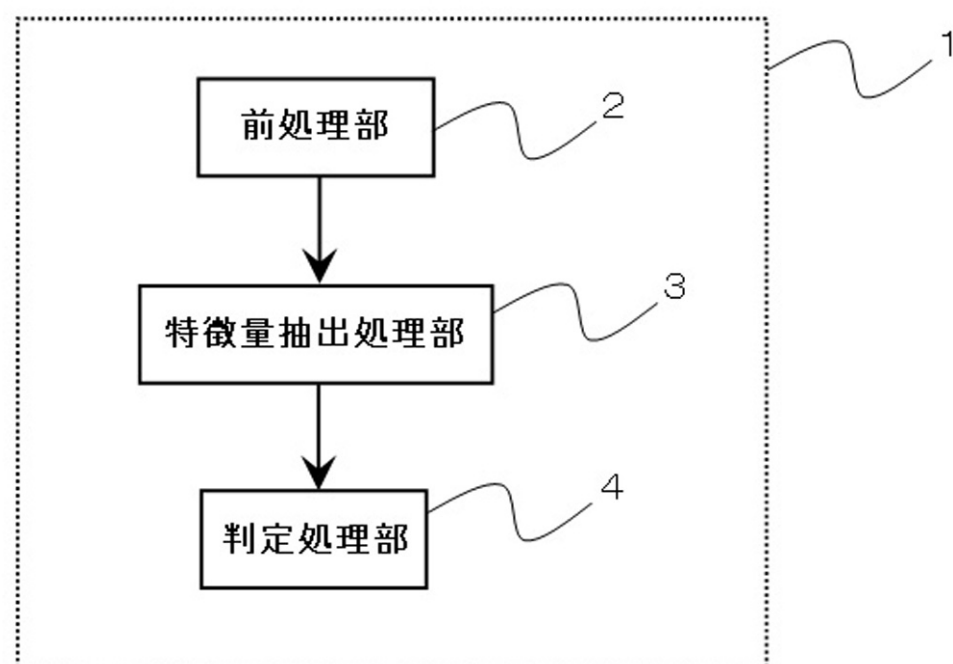
【図 5】



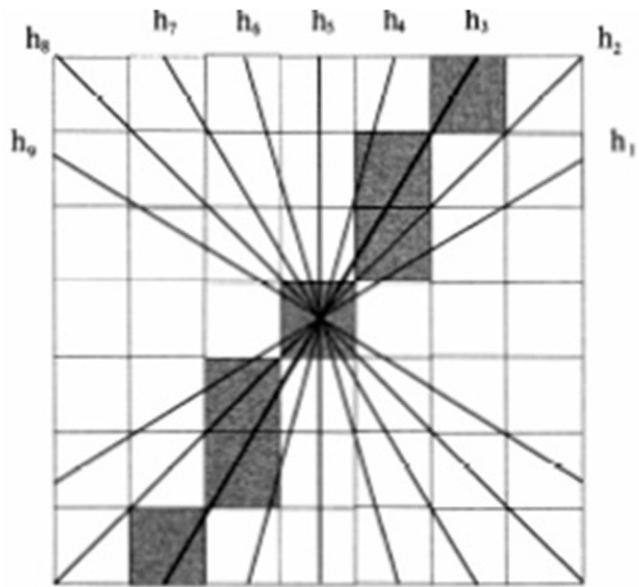
【図 6】



【図 7】



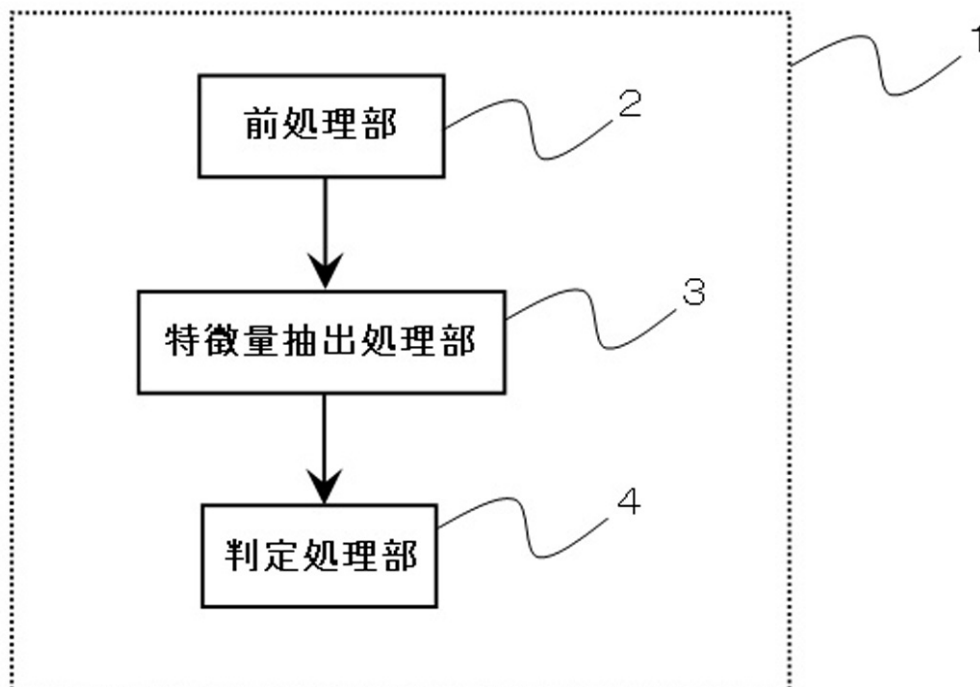
【図 8】



【図 9】



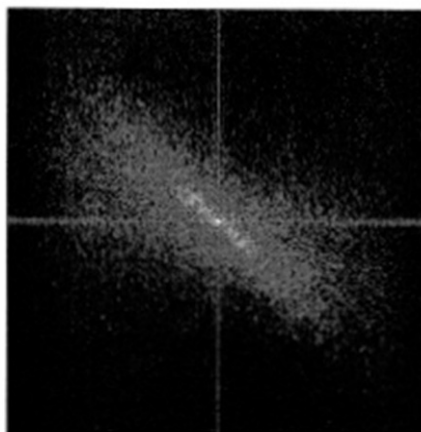
【図 10】



【図 1 1】

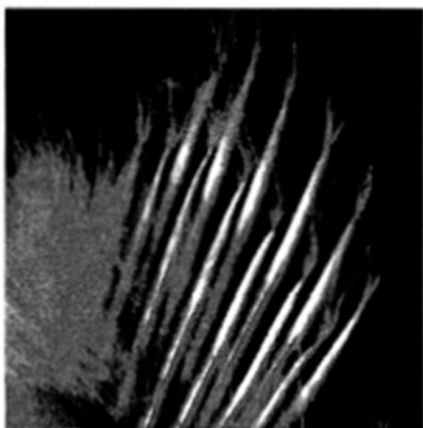


a

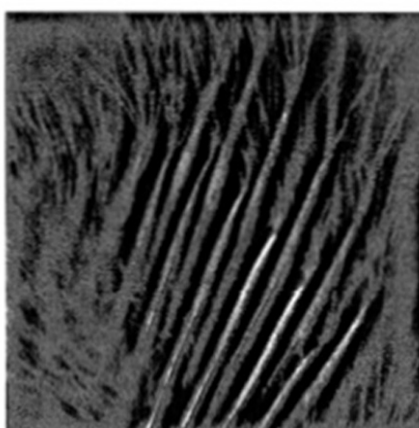


b

【図 1 2】



a

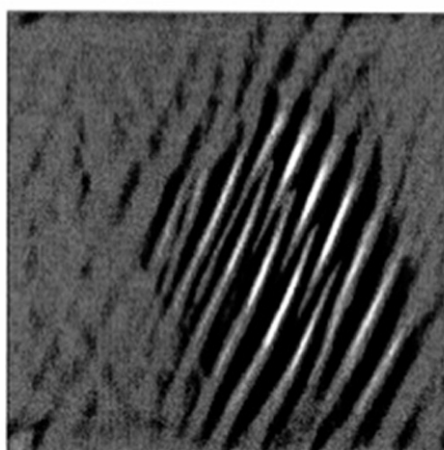


b

【図 1 3】



a

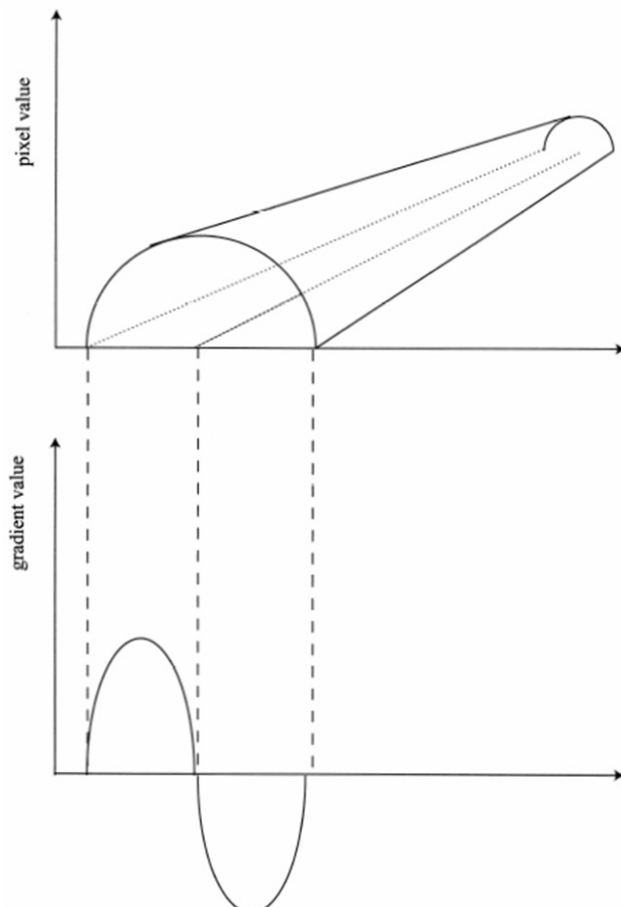


b

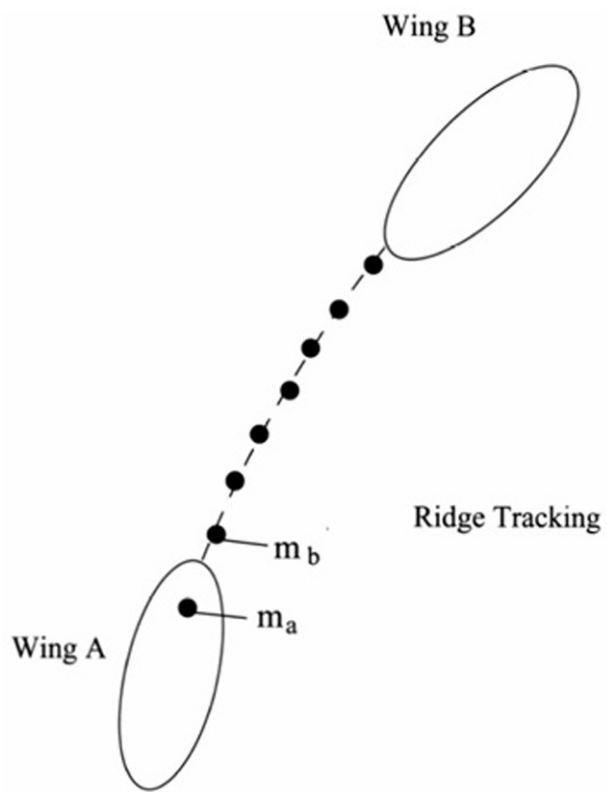
【図 1 4】

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

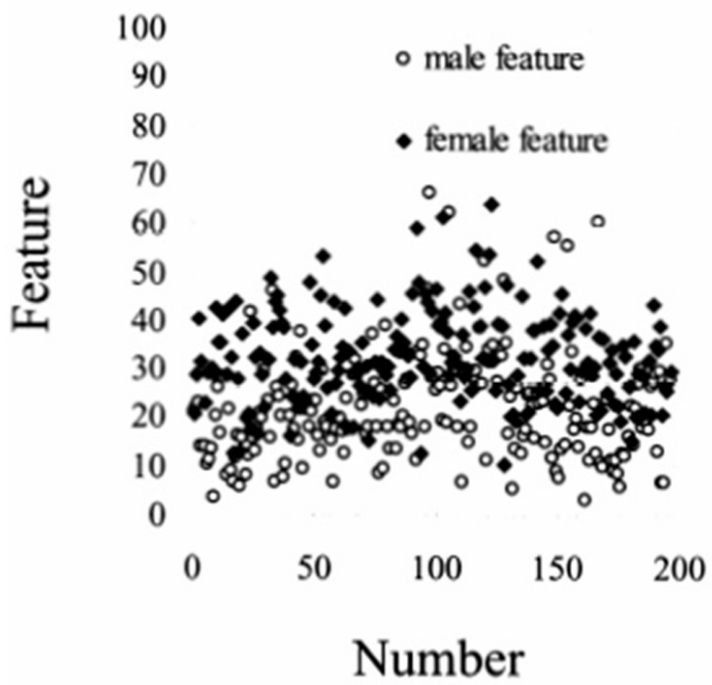
【図 1 5】



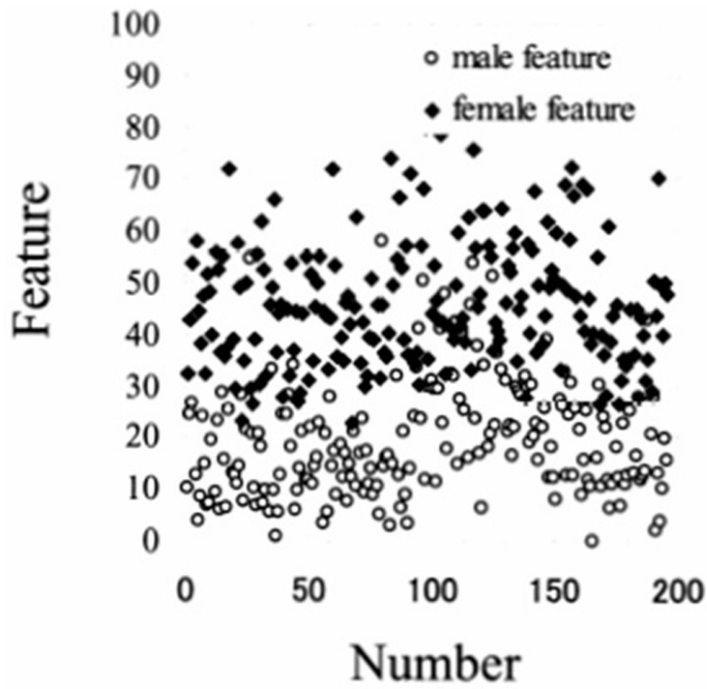
【図 16】



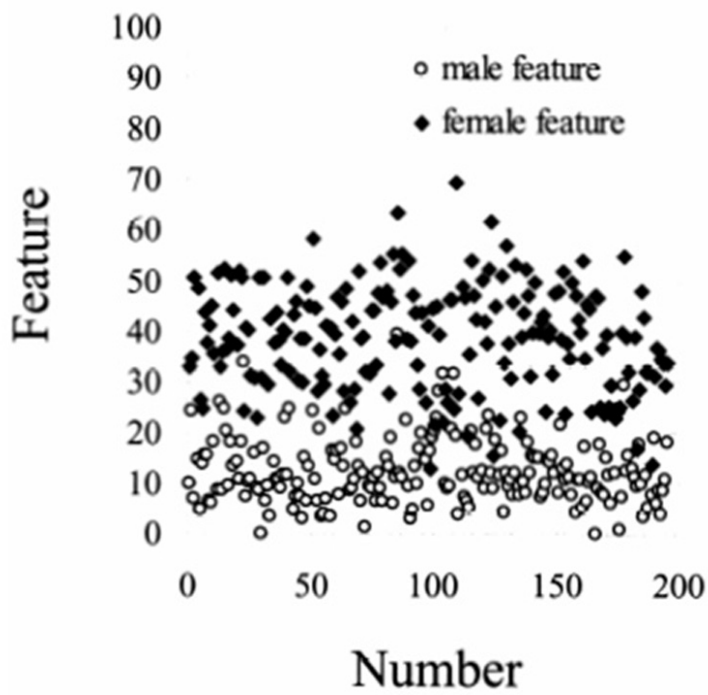
【図 17】



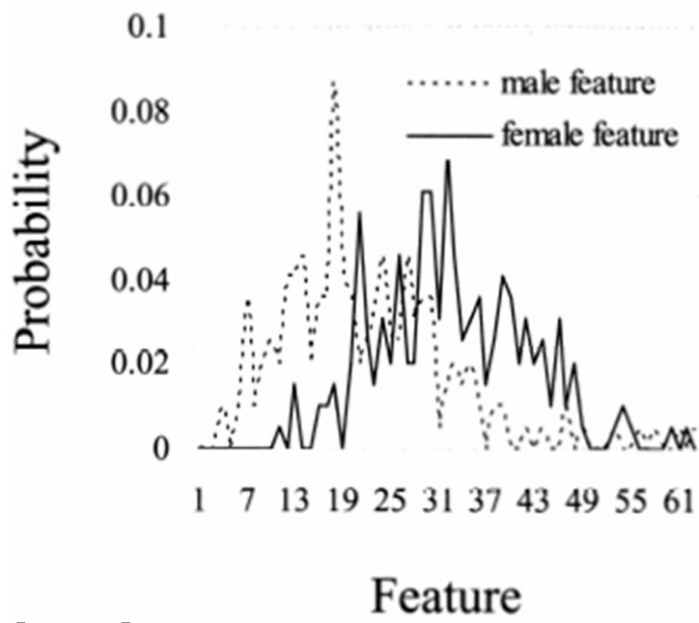
【図 18】



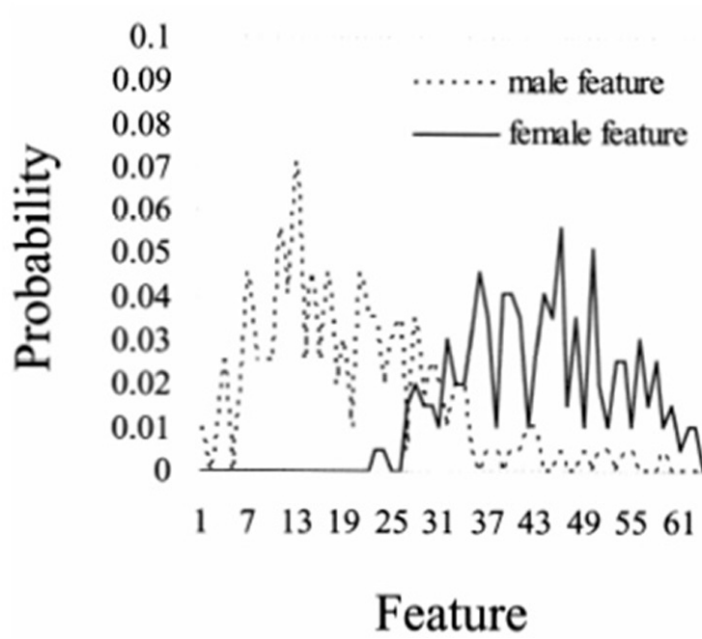
【図 19】



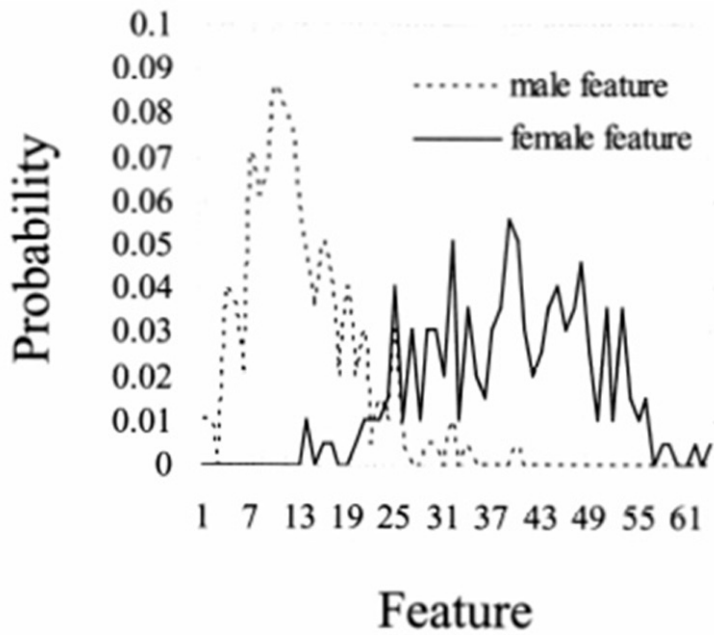
【図 20】



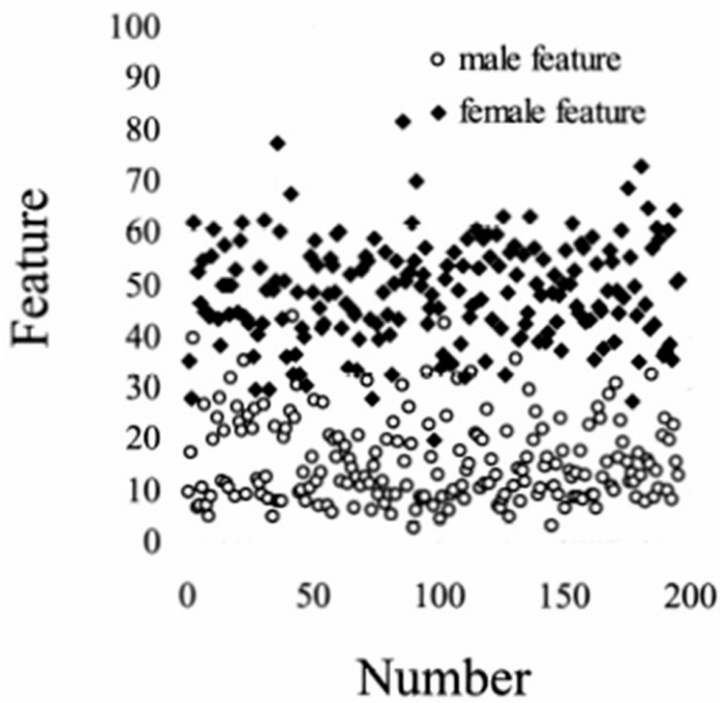
【図 21】



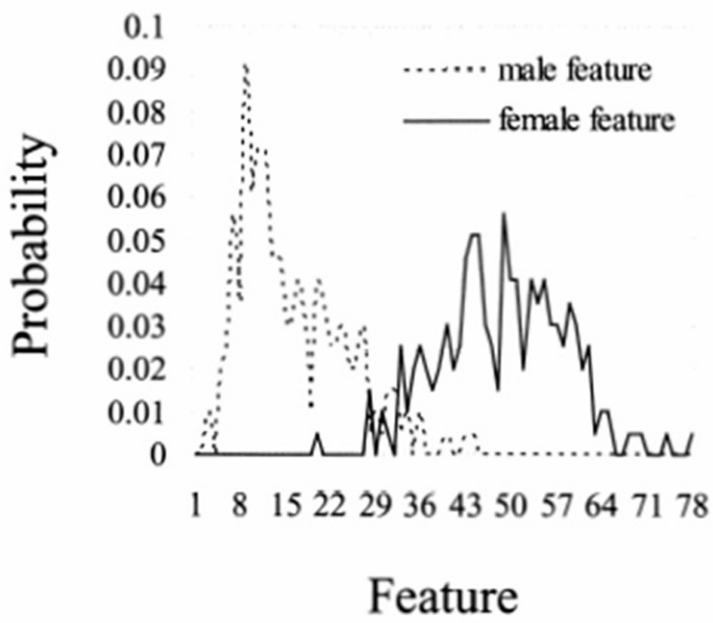
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 谷萩 孝嗣
千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学 自然科学研究科内
- (72)発明者 田原 紘一
東京都中央区日本橋二丁目1番10号 JFEテクノリサーチ内
- (72)発明者 山本 淳一
京都府亀岡市保津町上火無66-2 株式会社 ヤマモト内

審査官 竹中 靖典

- (56)参考文献 特開平11-056159 (JP, A)
特開2003-274791 (JP, A)
特開平06-245661 (JP, A)
登録実用新案第3073864 (JP, U)
特開2001-238559 (JP, A)
EVANS M D, Feather sexing of broiler chicks by machine vision, Papers. American Society of Agricultural Engineers, 1989年, 89-3008
Tao Y, Walker J, Imaging And Pattern Recognition Methods for Feather Sex Separation of Broiler Chicks, Transaction of the ASAE, 2000年, Vol.43, (2), 461-467
Tao Y, Walker J, Feather Imaging and Pattern Recognition Method for Sex Separation of Poultry Baby Chicks, Papers. American Society of Agricultural Engineers, 1998年, 98-3046

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A01K 45/00
G06T 7/00