

(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  
2015年11月12日(12.11.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/170776 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06T 7/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063535
- (22) 国際出願日: 2015年4月30日(30.04.2015)
- (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 2014-095815 2014年5月7日(07.05.2014) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人北海道大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒0600808 北海道札幌市北区北8条西5丁目 Hokkaido (JP). 有限会社フロウビズ・リサーチ(FLOWBIZ RESEARCH INC.) [JP/JP]; 〒1780065 東京都練馬区西大泉一丁目3番13号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 桑野 博行 (KUMENO, Hiroyuki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 村井 祐一 (MURAI, Yuichi); 〒0600808 北海道札幌市北区北8条西5丁目 国立大学法人北海道大学内 Hokkaido (JP). 武田 靖 (TAKEDA, Yasushi); 〒1780065 東京都練馬区西大泉一丁目3番13号 有限会社フロウビズ・リサーチ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 池田 憲保, 外 (IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町1丁目2番2号 日比谷ダイビル Tokyo (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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KN, KP, KR, 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,

[続葉有]

(54) Title: OBJECT DETECTION DEVICE, OBJECT DETECTION METHOD, AND OBJECT DETECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 物体検出装置、物体検出方法および物体検出システム

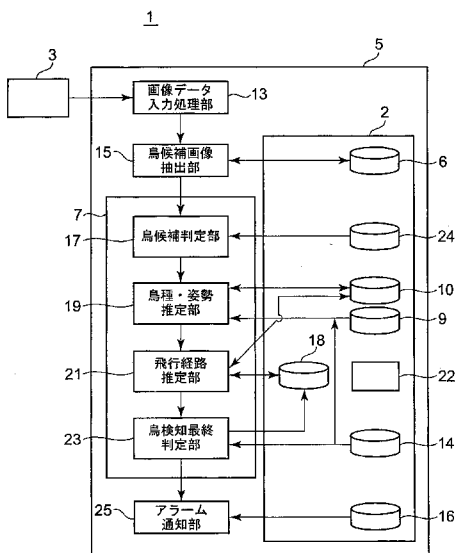


図 3

FIG. 3:  
 13 Image data input processing unit  
 15 Bird candidate image extraction unit  
 17 Bird candidate determination unit  
 19 Bird type/posture estimation unit  
 21 Flight path estimation unit  
 23 Bird sensing final determination unit  
 25 Alarm notification unit

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an object detection device that is capable of accurately discriminating a type of moving object. An object detection device (5) of an object detection system (1) has a bird candidate determination unit (17) that determines whether a moving object is a specific detection target (herein, a bird) from an image in which the moving object was captured, and an object detection determination unit (7) including a bird type/posture estimation unit (19) that estimates a type of the specific detection target of the moving object based on an outline of the moving object determined to be a bird by the bird candidate determination unit (17) and a WFM library (9) which includes outline shape information of outlines prepared for each type (herein, type of bird) of the specific detection target.

(57) 要約: 本発明の課題は、移動体の種類を正確に判別可能な物体検出装置を提供することにある。本発明の物体検出システム1の物体検出装置5は、移動体を撮像した画像から移動体が特定の検出対象(ここでは鳥)であるか否かを判定する鳥候補判定部17と、鳥候補判定部17で鳥であると判定された移動体の輪郭と、特定の検出対象内の種類(ここでは鳥の種類)ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報を有するWFMライブラリ9とに基づいて、移動体の特定の検出対象内の種類を推定する鳥種・姿勢推定部19を有する物体検出判定部7を有する物体検出装置5を有している。

WO 2015/170776 A1



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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

物体検出装置、物体検出方法および物体検出システム

5

技術分野：

本発明は物体検出装置、物体検出方法および物体検出システムに関するものである。

10 背景技術：

近年、鳥等の移動体が空港や風力発電設備等が設置された領域に侵入し、空港に離着陸中の航空機や、風力発電設備の風車に衝突する、いわゆるバードストライク（鳥衝突）が問題となっている。

そのため、上記領域への鳥の侵入を検出する検出装置が望まれている。

15 鳥を検出する装置としては、飛翔体を微小時間間隔で撮像して、輝度パターン分布から飛翔体の飛行パターンを解析し、当該飛行パターンをデータベース化して飛翔体が鳥か否かを検出する装置が知られている（特許文献1）。

また、飛翔体とカメラの距離と方位データを基にして飛翔体の三次元座標を演算して、飛翔軌跡から鳥を検出する装置も知られている（特許文献2）。

20 さらに、飛翔体と固定物体とを同一画面でとらえることによって、飛翔体の高度を求める装置が知られている（特許文献3）。

また、飛翔体の速度から鳥であるか否かを判断する装置も知られている（特許文献4）。

25 先行技術文献：

特許文献

特許文献1：国際公開2009/102001号明細書

特許文献2：特開2011-95112号公報

特許文献3：特開2010-223752号公報

## 特許文献4：特開2010-193768号公報

発明の概要：

発明が解決しようとする課題：

5       ここで、バードストライクによる航空機や風車の被害を低減するという観点からは、上記領域の周辺を鳥の好まない環境に整備し、鳥そのものの出現頻度を低減させることが大きな成果をもたらすため、重要である。一方で、鳥の好まない環境は鳥種によって大きく異なるため、上記領域周辺の鳥の種類判別は非常に重要である。

10       しかしながら、特許文献1～4の装置では、飛翔体が鳥であるか否かは判別できるものの、鳥の種類を正確に判別するのは困難であった。

      本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、移動体の種類を正確に判別可能な物体検出装置を提供することを目的とする。

15       課題を解決するための手段：

      上記の課題を解決するため、本発明の第1の態様は、移動体を撮像した画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部を有する、物体検出装置である。

      本発明の第2の態様は、コンピュータを、移動体を撮像した画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部を有する、物体検出装置として動作させるためのプログラムである。

25       本発明の第3の態様は、(a)移動体を撮像して画像を取得し、(b)前記画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを一次判定し、(c)前記一次

判定で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する、を有する物体検出方法である。

5 本発明の第4の態様は、移動体を撮像して画像を取得する撮像装置と、前記画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部と、を有する、物体検出システムである。

10

発明の効果：

本発明によれば、移動体の種類を正確に判別可能な物体検出装置を提供することができる。

15

図面の簡単な説明：

図1は本実施形態に係る物体検出システム1の概略を示すブロック図である。

図2は図1の物体検出装置5を示すブロック図である。

図3は物体検出システム1の詳細を示すブロック図である。

20 図4は物体検出システム1を用いた鳥の検出および鳥種・飛行姿勢推定の方法を示すフロー図である。

図5は図4のS11およびS12の詳細を示すフロー図である。

図6は鳥の外形情報を2次元から1次元へ低次元化する方法を説明するための図である。

25 図7は鳥の外形情報を2次元から1次元へ低次元化する方法を説明するための図である。

発明を実施するための形態：

以下、図面に基づいて本発明に好適な実施形態を詳細に説明する。

まず、図1および図2を参照して本実施形態に係る物体検出装置5を備えた物

体検出システム 1 の構成について説明する。

ここでは物体検出システム 1（物体検出装置 5）として、画像から鳥の種類を推定するバードストライク防止装置が例示されている。

図 1 および図 2 に示すように、物体検出システム 1 は、移動体を撮像して画像  
5 を取得する撮像装置 3 を有する。物体検出システム 1 は、また、移動体を撮像した画像から移動体が特定の検出対象（ここでは鳥）であるか否かを判定する一次判定部としての鳥候補判定部 17 と、鳥候補判定部 17 で鳥であると判定された移動体の輪郭と、特定の検出対象内の種類（ここでは鳥の種類）ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報を有するワイヤフレームモデルライブラリ（以下 W  
10 FMライブラリ 9 と称す）とに基づいて、移動体の特定の検出対象内の種類（ここでは鳥の種類）を推定する鳥種・姿勢推定部 19 を有する物体検出判定部 7 を有する物体検出装置 5 を有している。

撮像装置 3 は、ここでは単一の監視カメラであり、固定台に設置され、一定の方位を定点監視したり旋回により全周または一定範囲を旋回監視したりして画像  
15 を撮像する。また、撮像した画像を有線または無線により物体検出装置 5 へ伝送する。

本実施形態では、物体検出装置 5 をバードストライク防止装置に用いるため、撮像装置 3 は空港の滑走路の端、あるいは風力発電所の施設内に設けられる。

また、本実施形態では特定の検出対象として鳥を検出するが、特定の検出対象  
20 としては他に、鳥、犬などの種や飛行機、ヘリコプタの種が例示される。

さらに、本実施形態では、特定の検出対象内の種類として鳥種を推定するが、ここでいう特定の検出対象内との種類とは、鳥であればカラスやハトといった種類を指す。

物体検出装置 5 は撮像装置 3 が撮像した画像から移動体の外形（ここでは輪郭）  
25 を抽出し、抽出した輪郭から鳥の種類を推定する他、後述するように、本実施形態では、鳥の姿勢の推定を行う機能、鳥の種類および姿勢から、飛行経路を推定する機能、飛行経路、鳥の種類および姿勢から前記動体が鳥であるか否かの最終判断を行う機能、およびバードストライクの可能性がある場合に警告を発する機能も有する。

物体検出装置 5 は例えばパーソナルコンピュータ等の電子計算機が用いられるが、後述する処理を行う機能を備えた装置であれば、特に限定されるものではない。

次に、図 3 を参照して物体検出システム 1 の構成について、特に物体検出装置 5 の構成についてより詳細に説明する。

図 3 に示すように、物体検出装置 5 は撮像装置 3 が撮像した画像のデータが入力される画像データ入力処理部 1 3、画像から移動体の輪郭線を抽出して動体情報 6 を生成する鳥候補画像抽出部 1 5、鳥候補画像抽出部 1 5 が抽出した動体情報 6 をもとに鳥の存在の有無や種類、姿勢を推定する物体検出判定部 7、物体検出判定部 7 の検出結果に基づき、鳥が重点監視区域へ侵入する可能性がある場合に警告を発するアラーム通知部 2 5、および物体検出装置 5 を動作させる動作プログラム 2 2 と後述する各種情報やライブラリが記憶された記憶部 2 を有している。

物体検出判定部 7 は、動体情報 6 から当該動体が鳥か否かの一次判定を行う鳥候補判定部 1 7、動体情報 6 から鳥の種類および姿勢を推定する鳥種・姿勢推定部 1 9、各鳥候補（動体）の飛行経路を推定する飛行経路推定部 2 1、および各鳥候補（動体）を鳥として認識すべきか否かを最終的に判定する鳥検知最終判定部 2 3 を有している。

より詳細には、画像データ入力処理部 1 3 は撮像装置 3 から伝送された撮像画像を受信し、内部の一時記録用メモリでファーストイン・ファーストアウト方式により常時 3 フレーム分の画像データを記録する。画像データ入力処理部 1 3 で一時保管された画像はローリング・シャッタ現象や旋回台の動作誤差に起因する映像の乱れを補正した後、逐次鳥候補画像抽出部 1 5 へ出力される。

鳥候補画像抽出部 1 5 は連続した 3 フレームの画像の差分情報から移動体の輪郭線を抽出する。また、この動いている物体の撮影時刻、カメラからの相対方位、画像上での物体全体の座標との輝度情報、および輝度勾配のヒストグラム（HOG）特徴量を合わせた情報を動体情報 6 として記憶部 2 に記憶する。

鳥候補判定部 1 7 は動体情報 6 の HOG 特徴量をもとに、記憶部 2 の鳥判別ライブラリ 2 4 を参照し、サポートベクターマシン（SVM）やニューラルネット

ワーク等の原理に基づく二値判別器により当該動体が鳥か否かの判定（一次判定）を行う。

鳥判別ライブラリ 24 は二値判別器の判別基準を生成するためのデータベースである。SVM を採用する場合は鳥の画像情報、および比較対象用の鳥以外の画像情報により構成される。

鳥種・姿勢推定部 19 は記憶部 2 に設けられた以下 WFM ライブラリ 9 から選出した鳥の輪郭情報と、動体情報 6 とを逐次比較し、最も類似性の高い鳥の種類、姿勢を抽出する（二次判定）。また、鳥種・姿勢推定部 19 は動体情報 6 に推定した鳥種、姿勢、および鳥の撮像装置からの距離または地図上の位置情報を追加した情報を鳥候補情報 10 として、記憶部 2 に保存する。

WFM ライブラリ 9 は、重点監視領域の周辺で観測される鳥各種について、標準的な体型と羽ばたきをワイヤーフレームモデルで模擬した情報を持つ。また、各鳥の 3 軸周りの回転角度、羽ばたきの角度をそれぞれ一定の割合で変化させた場合の平面投射輪郭形状情報を保持する。

このように、本実施形態ではワイヤーフレームモデルを利用して平面投射輪郭形状情報を生成している。これは以下の理由によるものである。

(1) 事前に準備した鳥の画像から平面投射輪郭形状情報を生成するには、最低でも数千例の画像情報が必要になる。

(2) 標準的な体型と羽ばたきを模擬した情報（即ち基準モデル）をワイヤーフレームで作成すれば、骨格標本からの採寸結果、該当する鳥種の特徴的な姿勢や一部形状の画像から、鳥種毎のモデル作成を比較的容易に行うことができ、事前に準備した鳥の画像から平面投射輪郭形状情報を生成する場合と比べ、3 軸周りの姿勢変更後の輪郭生成も短時間に行うことができる。

飛行経路推定部 21 は鳥候補情報 10 から各鳥個別の飛行経路を推定し、飛行経路追尾情報 18 として、記憶部 2 に逐次記録する。

鳥検知最終判定部 23 は飛行経路追尾情報 18 と、記憶部 2 の鳥種別特性ライブラリ 14 に記録された各鳥の特性情報を比較して、各鳥候補を鳥として認識すべきか否かを最終判定する。

鳥種別特性ライブラリ 14 は施設周辺で観測される鳥各種について、標準的な

体長、質量、飛行速度、羽ばたき周波数、月・時間帯を基準とした出現事前確率を記録したものである。

アラーム通知部 25 は飛行経路追尾情報 18 を元に、各鳥候補（動体）が記憶部 2 に記憶された重点監視領域情報 16 で指定された施設内の領域へ鳥が侵入する危険性を評価し、一定レベル以上の危険があると判断された場合、即ち、バードストライクが発生する可能性があるとして判断された場合は警報を発する。

重点監視領域情報 16 は、施設内で鳥の侵入を警戒すべき領域を定義した情報であり、例えば空港や風力発電設備が存在する区域の情報である。

なお、図 3 では動体情報 6、鳥判別ライブラリ 24、WFM ライブラリ 9、鳥候補情報 10、飛行経路追尾情報 18、鳥種別特性ライブラリ 14、重点監視領域情報 16 および動作プログラム 22 は物体検出装置 5 内に設けられた記憶部 2 に記憶されるが、外部記憶装置、または WWW (World Wide Web) 等によりネットワーク接続された外部情報で置き換えても良い。

次に、物体検出システム 1 の動作、ここではバードストライクの防止のための動作について、図 4～図 6 を参照して説明する。

最初に、物体検出装置 5 の動作プログラム 22 が起動する。

次に、撮像装置 3 は一定の方位を定点監視したり旋回により全周または一定範囲を旋回監視したりして、重点監視領域情報 16 で定義された重点監視領域またはその周囲の画像を撮像する。撮像装置 3 は撮像した画像を物体検出装置 5 の画像データ入力処理部 13 に例えば毎秒 60 フレームの周期で継続的に送信し、画像データ入力処理部 13 がこれを受信する（図 4 の S1）。重点監視領域が空港である場合は、撮像装置 3 は滑走路の方向を含む各方向の画像を取得するなどして、空港や空港周辺の画像を撮像する。

画像データ入力処理部 13 は、受信した画像について、ローリング・シャッタ現象や旋回台の動作誤差に起因する画像の乱れを補正した後、補正した画像を逐次、鳥候補画像抽出部 15 へ出力する。

鳥候補画像抽出部 15 は、受信した画像から、連続した、または時系列的に一定間隔に抜き出した 3 枚の画像（それぞれフレーム  $n-1$ 、 $n$ 、 $n+1$  とする）を輝度で 2 値化した上で、それぞれ差分画像  $m = n - (n-1)$ 、 $m+1 = (n+1)$

-nを生成する。さらにmとm+1の積画像 $D=m*(m+1)$ を生成することにより、3枚の元画像から鳥候補である動体を抽出する。D上で抽出された動体についてはそれぞれD上での重心位置と形状、および大きさを予め設定した基準値に正規化した上でHOG特徴量を計算し、撮影時刻、撮像時刻での撮像装置の光学軸方位を合わせて「動体情報6」を生成して記憶部2に記憶する(図4のS2)。

鳥候補判定部17は動体情報6のHOG特徴量をもとに、各動体情報6に対し、鳥判別ライブラリ24のデータベースから生成された閾値を基準とする2値判別を適用することで当該鳥候補(動体)が鳥か否かの一次判定を行う(図4のS3)。

動体が一次判定で鳥以外の物体と判断された場合は当該動体の動体情報6が削除され、S1に戻る(図4のS4)。

一次判定で鳥と判断された動体については、動体情報6に対して、鳥候補画像抽出部15が例えば $100 \times 100$ pxといった予め設定してあるサイズへ形状情報を拡大または縮小して正規化する等して輪郭情報を抽出する(図4のS5)。

次に、鳥種・姿勢推定部19は記憶部2に記憶されたWFMライブラリ9のウィヤーフレイムモデルによる鳥の2次元平面への投射輪郭映像の中から、サンプル画像を1つ選択する(図4のS6)。

なお、サンプル画像は、鳥種類、3軸姿勢、羽ばたき角度をパラメータとしてそれぞれ $10^\circ$ から $20^\circ$ 程度角度を変えたものである。鳥の種類を10種、3軸と羽ばたき角度をそれぞれ $10^\circ$ 刻みにサンプルデータを用意する。

次に、鳥種・姿勢推定部19は選択したサンプル画像と正規化された鳥候補画像輪郭から相互相関を計算し、結果が鳥種毎に設定された閾値を超えるか否かを判定する(図4のS7)。

結果が閾値を超えた場合はそこで比較を終了し、その鳥候補(動体)の鳥種、姿勢、羽ばたき角度をサンプル画像の値と推定する。即ち動体を対応する鳥種と推定する。結果が閾値に満たなかった場合は新たにサンプルを選択して同様の比較を繰り返す。この際、鳥種・姿勢推定部19は予め設定した最大試行数に達したかを判断する(図4のS8)。最大回数試行しても閾値以上の相関が見られなかった場合は比較を終了し、全試行中最大の相関を示したサンプルであると推定する。

このように、物体検出システム1は鳥の輪郭を解析して鳥の種類を推定するため、従来のような飛行パターン、飛行軌跡、飛行高度、飛行速度のような、鳥種を直接推定し難いパラメータを用いた解析と比較して、鳥の種類をより正確に推定できる。

- 5 即ち、物体検出システム1は鳥種の判別を鳥種と姿勢、羽ばたき角度をパラメータとする2次元輪郭形状サンプルとの一致性という単一の尺度で規定することにより、鳥種の判別に関する尤度を一律に規定可能であり、従来装置と比較してより高精度な種類判別が可能である。

- ところで、上記処理は鳥種、3軸姿勢、羽ばたき角度の5次元探索問題であり、  
10 サンプル画像の選択においてWFMライブラリ9中のサンプル相互間の差異は所謂「砂嵐状」の分布となるためいたるところで微分不可能であり、ニュートンラプソン法などの手法により次の候補の予測を立てることができない。このため最適解を得るためには一般には全数サーチが必要である。しかし前述のとおり、比較すべきサンプル数は約800万件に達するため、全数サーチの実施には非常に  
15 時間がかかる。

そこで、本実施形態では、鳥種・姿勢推定部19は、撮像装置3と鳥の生態に関する一般的特徴を事前情報として、確率的に鳥候補画像との相関が高いと考えられるサンプルから順次比較してゆくことで比較的少ない繰り返し計算回数での最適サンプル発見を図る。

- 20 本実施形態では、事前情報として以下の4項目を採用する。

事前情報(1):鳥はピッチ方向に大きな角度( $\pm 20^\circ$ 程度以上)で飛行することは少ない。

事前情報(2):鳥の体型は左右対称で、羽ばたき以外の外形変化の要因は小さい。

- 25 事前情報(3):季節、時間によって検知される鳥の種類はほぼ限定される。

事前情報(4):撮像装置3の画角は通常最大上下 $\pm 20^\circ$ 程度である。

以上4項目の事前情報を採用する場合、鳥候補(動体)の姿勢について比較的高い確率で以下の事項を仮定できる。

(i)鳥は見かけ上ピッチ角 $=0^\circ$ 、ロール角 $=0^\circ$ に近い姿勢で飛行してい

る。

(i i) 垂直方向の中央値が重心値と近い場合は、羽ばたき角度が90°近辺である。

(i i i) 鳥種は季節、時間により検証する優先順位を決定できる。

5 (i) から (i i i) の仮定から、サンプルサーチを以下の順序で実施する。

S101: 鳥種・姿勢推定部19は、5種のパラメータの初期値として、(鳥種=その季節・時間で最も出現事前確率の高い種類、3軸=0°、羽ばたき角度=90°)と設定し、鳥候補(動体)の輪郭と比較する。

10 S102: 鳥種・姿勢推定部19は、各パラメータを1項目ずつ順次変更してサンプルを選択する。本構成例では2番目のサンプルとしてS101のサンプルと羽ばたき角度を20°変化させたものを鳥候補(動体)との比較に使用する。羽ばたき角度のバリエーションを全て確認した後、ヨー軸、ロール軸、ピッチ軸周りに順次角度を変化させたサンプルを使用する。以後、出現頻度の高い鳥種から順次S102、S103の手順を繰り返す。

15 ところで、相互相関の比較では図6に示すように鳥候補画像とサンプル画像の2次元形状を扱うため、計算量は比較的大きくなる。従ってこの計算を簡素化、高速化することは装置のリアルタイム性、装置の低コスト化を実現する上で大変重要である。

20 図6の2値化画像での相互相関Cは、鳥候補とサンプル画像の2次元形状を表現する関数を $\phi$ 、 $\phi$ の平均を $\xi$ をとすると、一例として以下の式(1)のように表現できる。

$$C = (\int (\phi_1 - \xi_1) \cdot (\phi_2 - \xi_2) dA) / (\int (\phi_1 - \xi_1)^2 dA \cdot \int (\phi_2 - \xi_2)^2 dA)^{1/2} \quad \dots(1)$$

25 一方で、本実施形態では、上記2次元形状を表現する関数 $\phi$ 、 $\xi$ を、式(2)に示すように、輪郭線上での基準点からの距離sをパラメータとするベクトル $\Phi$ 、 $\Xi$ へ変換し、鳥候補(動体)とサンプルの相互相関をCに変わって、一例として式(3)に示すベクトルの相互相関Vとして取り扱えるようにすることで、図7に示すように、鳥の外形情報を二次元から一次元に低次元化し、計算量の削減を図る。

$$\Phi = \{x(s), y(s)\}, \Xi = \{\varepsilon \{x(s)\}, \varepsilon \{y(s)\}\} \quad \dots(2)$$

$$V = (\int (\Phi 1 - \Xi 1) \cdot (\Phi 2 - \Xi 2) ds) / (\int (\Phi 1 - \Xi 1)^2 ds \cdot \int |\Phi 2 - \Xi 2|^2 ds)^{1/2} \quad \dots(3)$$

鳥種・姿勢推定部 19 は、相互相関 V による評価で鳥種、3 軸姿勢、羽ばたき  
 角度を推定された鳥候補（動体）について、動体情報 6 に加えてこれ等の情報を  
 5 「鳥候補情報 10」として生成し、記憶部 2 に記憶する（図 4 の S 9）。

次に、飛行経路推定部 21 は以下の手順で鳥候補（動体）の飛行経路を推定し、  
 飛行経路追尾情報 18 を新規作成または更新する（図 4 の S 10）。

まず、飛行経路推定部 21 は鳥種・姿勢推定部 19 で推定した鳥種からその鳥  
 の実際の体長を推定する。次に、姿勢推定値をもとに、鳥候補の画像上での体長  
 10 を計算し、この体長推定値と画像上でのサイズ、および撮像装置 3 の焦点距離を  
 もとに、簡単な比例計算により撮像装置 3 から鳥までの距離も計算する。撮像装  
 置 3 の設置位置、撮像時の指向方位は既知なので、ここから鳥の地図上での位置  
 を算出する。

次に、飛行経路推定部 21 は算出した鳥候補（動体）の種類と地図上での位置  
 15 を、その時刻以前の飛行経路追尾情報 18 と比較することで、鳥候補情報 10 を  
 飛行経路追尾情報 18 と関連付けする。飛行経路追尾情報 18 に関連付け可能な  
 情報が無い場合は、新規に情報を追加する。

次に、鳥検知最終判定部 23 は、最終判定として、飛行経路追尾情報 18 を鳥  
 種別特性ライブラリ 14 に記録された鳥種固有の生態特徴と比較し（図 4 の S 1  
 20 1）、鳥と判断する上で明らかに問題がある鳥候補（動体）を除外する（図 4 の S  
 1 2）。

具体的にはまず、鳥検知最終判定部 23 は、動体の姿勢と飛行方向の整合性を  
 確認する（図 5 の S 2 1）。

即ち、鳥検知最終判定部 23 は、鳥と一次判定された動体が後方や背中方向の  
 25 ような通常不可能な方向へ飛行しているか否かを確認する。

次に、鳥検知最終判定部 23 は、鳥と一次判定された動体が、鳥種に固有の飛  
 行速度、羽ばたき周波数の範囲から逸脱した運動をしているか否かについて確認

する（図5のS22）。

これらの確認により、鳥検知最終判定部23は、時系列的に各鳥の姿勢、羽ばたきを観測することで得られる情報から動体が鳥か否かの最終判定を行う（図5のS23）。

- 5 最終判定の結果、動体が鳥であると判定された場合は、当該動体に係る飛行経路追尾情報18を追加または更新し（図5のS24）、動体が鳥でないと判定された場合は、当該動体に係る飛行経路追尾情報18を削除する（図5のS25、図4のS12）。

10 このように、物体検出システム1は、鳥検知最終判定部23が、動体が鳥であるか否かの判別を、形状情報のみではなく、飛行姿勢、飛行速度、羽ばたき周波数等の鳥種毎の特性を加味して行っている。

そのため、動体が鳥であるか否かの判別をより正確にできる。

最後に、アラーム通知部25は飛行経路追尾情報18と重点監視領域情報16を比較することで、鳥が重点監視領域に侵入する可能性があるか否かを判断し、  
15 可能性があるとは判断される場合は、アラーム通知部25が重点監視区域を監視するシステムや監視者に対して警告を発する（図4のS13）。

警告の内容は、対象であるシステムや監視者が警告を認識できるものであれば、特に限定されるものではないが、例えばシステムや監視者への警告情報の送信、あるいは物理的な音声、光等が発するものが挙げられる。また、警告ではなく、  
20 ディスプレイ等へ定常的に鳥の飛行軌跡を表示する構成としてもよい。

以上が物体検出システム1の動作の説明である。

このように、本実施形態によれば、物体検出システム1は、移動体を撮像して画像を取得する撮像装置3と、移動体を撮像した画像から移動体が鳥であるか否かを判定する鳥候補判定部17と、鳥候補判定部17で鳥であると判定された移動体の輪郭と、鳥の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報を有するWF  
25 Mライブラリ9とに基づいて、移動体の鳥種を推定する鳥種・姿勢推定部19を有する物体検出判定部7を有する物体検出装置5を有している。

そのため、物体検出システム1は移動体の種類を正確に判別可能である。

産業上の利用可能性：

以上、実施形態および実施例に基づき本発明を説明したが、これら実施形態および実施例は単に例を挙げて発明を説明するためのものであって、本発明の範囲がこれらに限定されることを意味するものではない。当業者であれば、上記記載  
5 に基づき各種変形例および改良例に想到するのは当然であり、これらも本発明の範囲に含まれるものと了解される。

例えば上記した実施形態では、本発明を空港、風力発電設備（風車）でのバードストライク防止装置に適用した場合について説明したが、本発明は何らこれに  
10 限定されることはなく、農場での鳥獣食害防止装置等、鳥の飛来を監視する必要がある全ての装置に適用可能である。

また、上記した実施形態では、動物の外形から鳥種を推定しているが、本実施形態の適用対象は鳥種の推定に限定されるものではなく、外形から種類が識別可能な動物であれば検出対象を鳥ではなく人間、獣等の動物、またはユーザが設定する任意の物体とすることも可能である。

さらに、上記した実施形態では物体検出システム1は撮像装置3と物体検出装置5を1台ずつ有しているが、撮像装置3と物体検出装置5の数は一台に限らず、複数を同時に接続しても良い。この場合、各撮像装置3の出力画像情報は全ての物体検出装置5へ並行して出力され、物体検出装置5ではユーザの操作によりどの撮像装置3からの入力を処理するかを選択できる。

なお、上記物体検出装置5の各部は、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせを用いて実現すればよい。ハードウェアとソフトウェアとを組み合わせた形態では、RAMにコンピュータを物体検出装置5として動作させるためのプログラムが展開され、プログラムに基づいて制御部（CPU）等のハードウェアを動作させることによって、各部を各種構成として動作させる。また、前記プログラム  
25 は、記憶媒体に記録されて頒布されても良い。当該記録媒体に記録されたプログラムは、有線、無線、または記録媒体そのものを介して、メモリに読込まれ、制御部等を動作させる。なお、記録媒体を例示すれば、オプティカルディスクや磁気ディスク、半導体メモリ装置、ハードディスクなどが挙げられる。

## 符号の説明：

- 1 : 物体検出システム
- 2 : 記憶部
- 3 : 撮像装置
- 5 5 : 物体検出装置
- 6 : 動体情報
- 7 : 物体検出判定部
- 9 : WFMライブラリ
- 10 10 10 : 鳥候補情報
- 10 13 : 画像データ入力処理部
- 14 : 鳥種別特性ライブラリ
- 15 15 : 鳥候補画像抽出部
- 16 : 重点監視領域情報
- 17 : 鳥候補判定部
- 15 18 : 飛行経路追尾情報
- 19 : 鳥種・姿勢推定部
- 21 : 飛行経路推定部
- 22 : 動作プログラム
- 23 : 鳥検知最終判定部
- 20 24 : 鳥判別ライブラリ
- 25 : アラーム通知部

この出願は、2014年5月7日に出願された日本出願特願第2014-095815号を基礎とする優先権を主張し、その開示のすべてをここに取り込む。

## 請求の範囲

## [請求項 1]

5 移動体を撮像した画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、

前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部を有する、物体検出装置。

## 10 [請求項 2]

前記特定の検出対象は鳥であり、

前記画像から、鳥の輪郭を抽出する鳥画像候補抽出部をさらに有し、

前記物体検出判定部は、

15 前記輪郭から前記鳥の種類を推定する、鳥検知判定部を有する、請求項 1 に記載の物体検出装置。

## [請求項 3]

前記鳥画像候補抽出部は、前記画像から抽出した鳥の輪郭線を含む情報を動体情報として記憶し、

20 前記鳥検知判定部は、鳥の種類ごとに標準的な体型と羽ばたきをワイヤーステイクで模擬した情報と、鳥の種類ごとに 3 軸周りの回転角度、羽ばたきの角度をそれぞれ一定の割合で変化させた場合の平面投影輪郭形状情報とを有するワイヤーステイクモデルライブラリと、

前記動体情報と前記ワイヤーステイクモデルライブラリとを比較して鳥の種類および姿勢を推定する鳥種・姿勢推定部と、

25 を有する、

請求項 2 に記載の物体検出装置。

## [請求項 4]

前記動体情報および前記平面投影輪郭形状情報は、基準点から輪郭までの距離をパラメータとするベクトルを含み、

前記鳥検知判定部は、前記ベクトルの相互相関が鳥種毎に設定された閾値を超えた場合に前記移動体を対応する鳥種と推定する、請求項3に記載の物体検出装置。

[請求項5]

- 5 前記鳥種・姿勢推定部は、前記動体情報と前記ワイヤフレームモデルライブラリとを比較する際に、前記移動体を撮像する撮像装置および前記移動体に関する一般的特徴を事前情報として、前記事前情報をもとに、確率的に前記移動体の輪郭との相関が高いと考えられる前記平面投射輪郭形状情報から順次、前記動体情報と比較することにより、前記鳥の種類を推定する、請求項3または4に記載の物体検出装置。

[請求項6]

前記鳥種・姿勢推定部が推定した鳥の種類および姿勢から前記鳥の飛行経路を推定する飛行経路推定部を有する、請求項3～5のいずれか一項に記載の物体検出装置。

- 15 [請求項7]

前記鳥種・姿勢推定部が推定した鳥の種類および姿勢、並びに前記飛行経路推定部が推定した飛行経路から、前記移動体の姿勢と飛行方向、鳥種に固有の飛行速度および羽ばたき周波との整合性の確認を行い、前記移動体が鳥であるか否かの最終判断を行う鳥検知最終判定部を有する、請求項6に記載の物体検出装置。

- 20 [請求項8]

前記飛行経路から、前記鳥が予め定められた区域に侵入する可能性があるか否かを判定し、可能性がある場合は警告を発するアラーム通知部を有する、請求項6または7に記載の物体検出装置。

[請求項9]

- 25 コンピュータを、

移動体を撮像した画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、

前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づい

て、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部を有する、物体検出装置として動作させるためのプログラム。

[請求項 10]

(a) 移動体を撮像して画像を取得し、

5 (b) 前記画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを一次判定し、

(c) 前記一次判定で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する、  
を有する物体検出方法。

10 [請求項 11]

移動体を撮像して画像を取得する撮像装置と、

前記画像から前記移動体が特定の検出対象であるか否かを判定する一次判定部と、

前記一次判定部で特定の検出対象であると判定された前記移動体の輪郭と、前記特定の検出対象内の種類ごとに用意された輪郭である輪郭形状情報とに基づいて、前記移動体の前記特定の検出対象内の種類を推定する物体検出判定部と、  
15 を有する、物体検出システム。

[請求項 12]

前記撮像装置は、単一の監視カメラである、請求項 11 に記載の物体検出システム。  
20

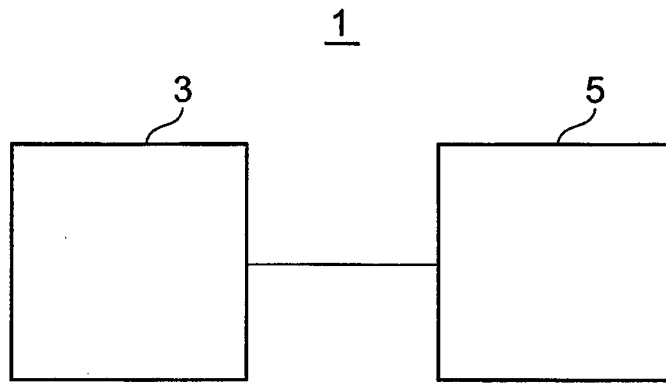


図 1

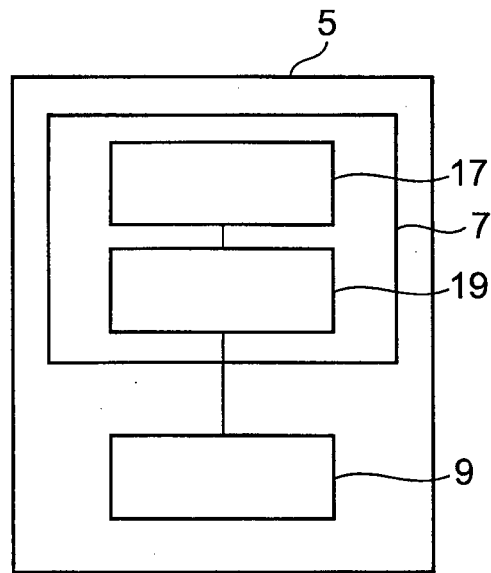


図 2

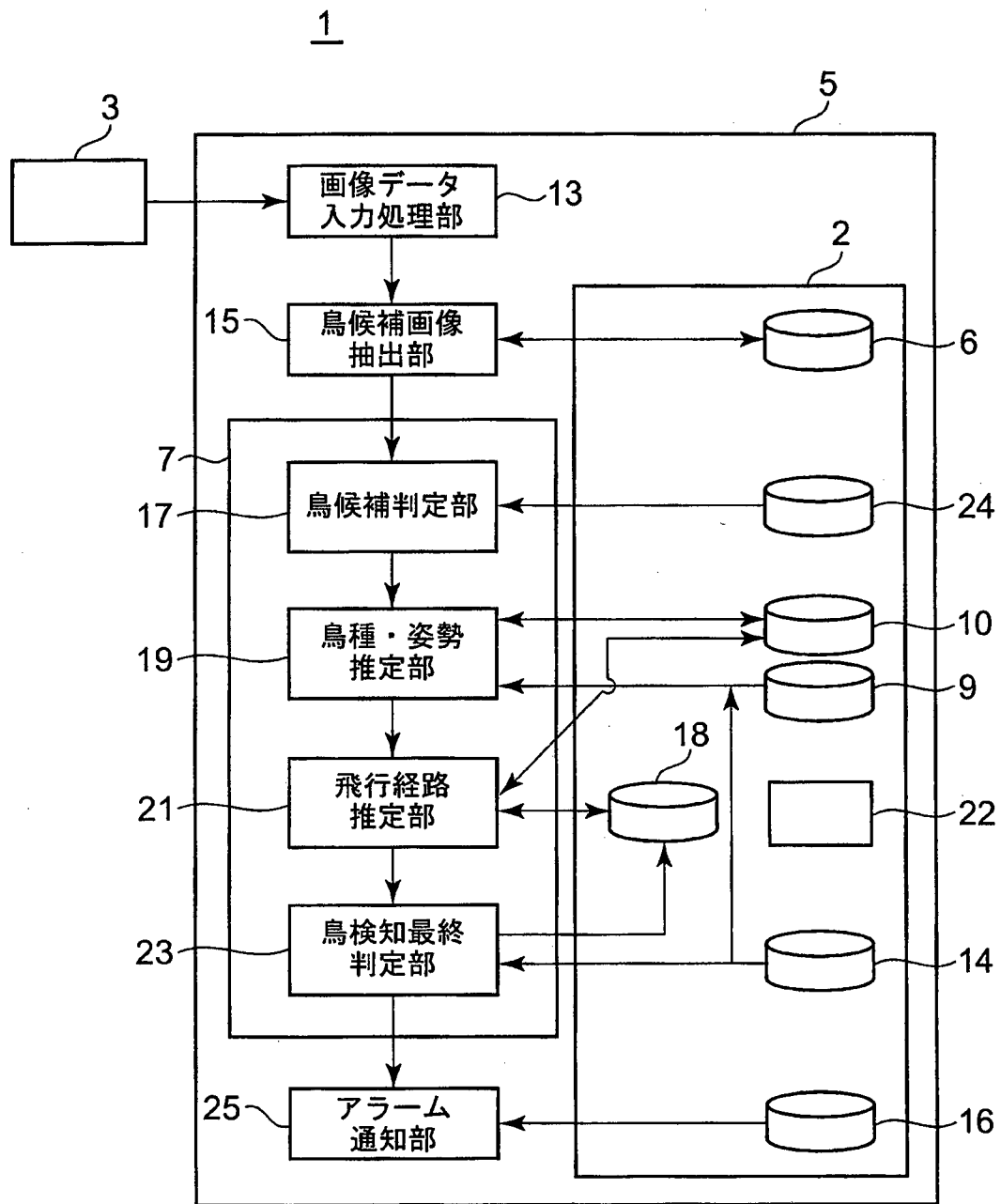


図 3

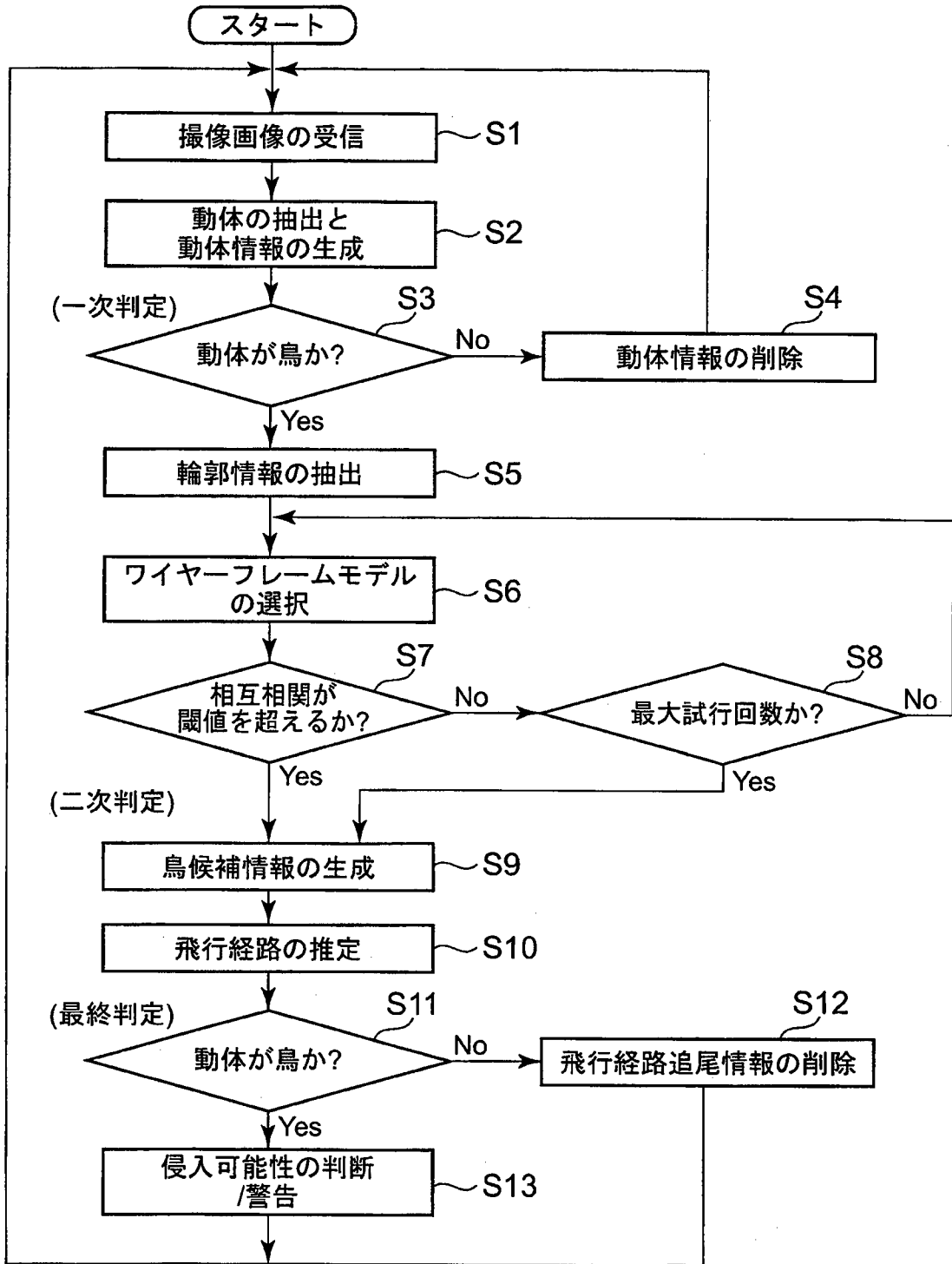


図 4

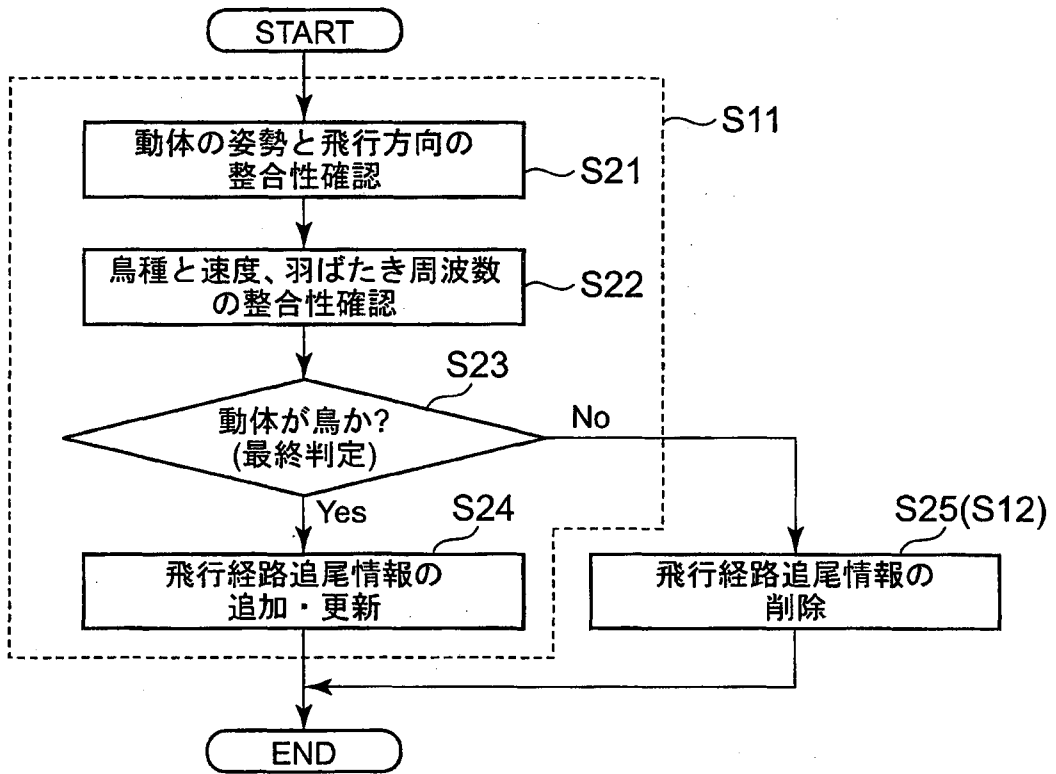


図 5

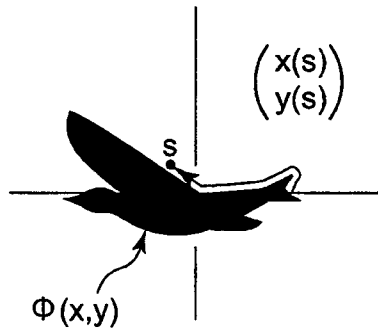


図 6

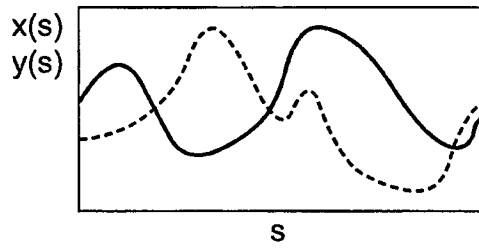


図 7

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/063535

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G06T7/60(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)  
G06T7/60

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y A	JP 2010-130327 A (Casio Computer Co., Ltd.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraphs [0013], [0040] to [0047] (Family: none)	1-2, 9-12 3-8
Y A	JP 2007-34585 A (Victor Company of Japan, Ltd.), 08 February 2007 (08.02.2007), paragraph [0083] (Family: none)	1-2, 9-12 3-8

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 15 July 2015 (15.07.15)	Date of mailing of the international search report 28 July 2015 (28.07.15)
--	---

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G06T7/60(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. G06T7/60		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
Y A	JP 2010-130327 A（カシオ計算機株式会社） 2010.06.10, 段落 [0013], [0040] - [0047] （ファミリーなし）	1-2, 9-12 3-8
Y A	JP 2007-34585 A（日本ビクター株式会社） 2007.02.08, 段落 [0083] （ファミリーなし）	1-2, 9-12 3-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		
<input type="checkbox"/> 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 「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 「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 「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） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15.07.2015	国際調査報告の発送日 28.07.2015	
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） 新井 則和 電話番号 03-3581-1101 内線 3531	5H 5581