

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2022-73462
(P2022-73462A)

(43)公開日

令和4年5月17日(2022. 5. 17)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A O 1 K 29/00 (2006. 01)	A O 1 K 29/00	
G 0 6 N 3/04 (2006. 01)	G 0 6 N 3/04	
G 0 6 N 3/08 (2006. 01)	G 0 6 N 3/08	1 8 0

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2020-183460(P2020-183460)
(22)出願日 令和2年11月2日(2020. 11. 2)

(71)出願人 504300088
国立大学法人北海道国立大学機構
北海道帯広市稲田町西2線11番地
(71)出願人 000151210
株式会社土谷製作所
北海道札幌市東区本町2条10丁目2番3
5号
(71)出願人 502390555
株式会社構研エンジニアリング
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番
1号
(74)代理人 100110766
弁理士 佐川 慎悟
(74)代理人 100165515
弁理士 太田 清子

最終頁に続く

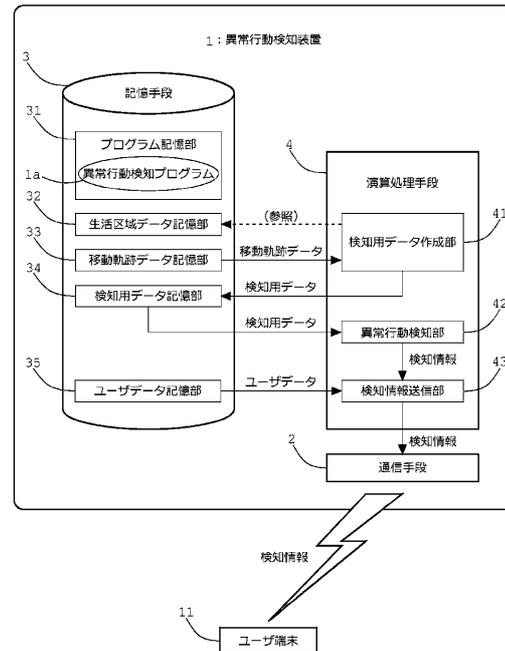
(54)【発明の名称】 異常行動検知装置、異常行動検知プログラムおよび異常行動検知方法

(57)【要約】

【課題】 動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知することができる異常行動検知装置、異常行動検知プログラムおよび異常行動検知方法を提供する。

【解決手段】 動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成部41と、検知用データに基づいて、動物の異常行動を検知する異常行動検知部42と、を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成部と、

前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知部と、
を有する、異常行動検知装置。

【請求項 2】

前記検知用データ作成部は、前記動物が滞在した生活区域と、当該生活区域内での滞在開始日時および滞在終了日時と、前記生活区域内での移動距離とを含む検知用データを作成し、

10

前記異常行動検知部は、前記生活区域のうち餌場区域から通路区域を經由して他の餌場区域へ移動した個体が、所定値以下の経過時間内に、所定値を超える移動距離を移動した場合、異常行動として検知する、請求項 1 に記載の異常行動検知装置。

【請求項 3】

前記検知用データ作成部は、前記動物が所定時間内に移動した軌跡線図を含む検知用データを作成し、

前記異常行動検知部は、畳み込みニューラルネットワークに異常行動が発生していないときの軌跡線図および異常行動が発生したときの軌跡線図を学習データとして教師あり学習させた学習済みのニューラルネットワークに、前記軌跡線図を入力することによって異常行動を検知する、請求項 1 に記載の異常行動検知装置。

20

【請求項 4】

前記検知用データ作成部は、前記動物が所定時間内に移動した軌跡線図を含む検知用データを作成し、

前記異常行動検知部は、畳み込みオートエンコーダに異常行動が発生していないときの軌跡線図を学習データとして教師なし学習させた学習済みのオートエンコーダに、前記軌跡線図を入力することによって異常行動を検知する、請求項 1 に記載の異常行動検知装置。

【請求項 5】

前記検知用データ作成部は、前記動物が通路区域に滞在した時間帯と、前記動物が通路区域内で滞在した範囲とを含む検知用データを作成し、

30

前記異常行動検知部は、互いに異なる個体の検知用データにおいて、通路区域に滞在した時間帯および範囲の双方に重なりがあり、かつ、同一日時に所定値以内の距離にいることが所定回数以上ある場合、発情行動として検知する、請求項 1 に記載の異常行動検知装置。

【請求項 6】

動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成部と、

前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知部と、
してコンピュータを機能させる、異常行動検知プログラム。

40

【請求項 7】

動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成ステップと、

前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知ステップと、

を有する、異常行動検知方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、乳牛等の動物の移動軌跡に基づいて、いわゆる食い負けや発情行動等の異常行動を検知するのに好適な異常行動検知装置、異常行動検知プログラムおよび異常行動検知方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、乳牛等の異常を検知するための技術として、例えば、特開2019-122368号公報には、牛に装着される活動状態センサモジュールと通信ネットワークを介して接続される管理装置を備え、この管理装置が、活動状態センサモジュールから受信した牛の活動データに基づいて、特定された牛の活動状態に対応する行動系指標、静止系指標、及び反芻系指標を算出し、これらの指標に基づいて牛の健康状態の異常の有無を判定する健康状態管理システムが開示されている（特許文献1）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2019-122368号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載された健康状態管理システムでは、単に、加速度センサ等によって推定された牛の活動状態（静止、歩行、採食等）に基づいて、健康状態の異常（疾病や体調不良）を判定しているに過ぎない。このため、牛舎内の餌場で採食中の弱い乳牛が強い乳牛に押し出されてしまう行動（いわゆる「食い負け」）や、牛舎内の通路において隣り合う乳牛に体をすり寄せるような行動（発情行動）等のように、乳牛の生活に関わる生活区域に関連性のある特殊な異常行動を検知することができないという問題がある。

20

【0005】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知することができる異常行動検知装置、異常行動検知プログラムおよび異常行動検知方法を提供することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る異常行動検知装置は、動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知するという課題を解決するために、動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成部と、前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知部と、を有する。

【0007】

また、本発明の一態様として、動物が滞在した生活区域内での経過時間や移動距離に基づいて、食い負けを検知するという課題を解決するために、前記検知用データ作成部は、前記動物が滞在した生活区域と、当該生活区域内での滞在開始日時および滞在終了日時と、前記生活区域内での移動距離とを含む検知用データを作成し、前記異常行動検知部は、前記生活区域のうち餌場区域から通路区域を經由して他の餌場区域へ移動した個体が、所定値以下の経過時間内に、所定値を超える移動距離を移動した場合、異常行動として検知してもよい。

40

【0008】

さらに、本発明の一態様として、動物の軌跡線図と畳み込みニューラルネットワークとに基づいて異常行動を検知するという課題を解決するために、前記検知用データ作成部は、前記動物が所定時間内に移動した軌跡線図を含む検知用データを作成し、前記異常行動

50

検知部は、畳み込みニューラルネットワークに異常行動が発生していないときの軌跡線図および異常行動が発生したときの軌跡線図を学習データとして教師あり学習させた学習済みのニューラルネットワークに、前記軌跡線図を入力することによって異常行動を検知してもよい。

【0009】

また、本発明の一態様として、動物の軌跡線図と畳み込みオートエンコーダとに基づいて異常行動を検知するという課題を解決するために、前記検知用データ作成部は、前記動物が所定時間内に移動した軌跡線図を含む検知用データを作成し、前記異常行動検知部は、畳み込みオートエンコーダに異常行動が発生していないときの軌跡線図を学習データとして教師なし学習させた学習済みのオートエンコーダに、前記軌跡線図を入力することによって異常行動を検知してもよい。

10

【0010】

さらに、本発明の一態様として、動物が通路区域内で滞在した時間帯や範囲に基づいて、発情行動を検知するという課題を解決するために、前記検知用データ作成部は、前記動物が通路区域に滞在した時間帯と、前記動物が通路区域内で滞在した範囲とを含む検知用データを作成し、前記異常行動検知部は、互いに異なる個体の検知用データにおいて、通路区域に滞在した時間帯および範囲の双方に重なりがあり、かつ、同一日時に所定値以内の距離にいることが所定回数以上ある場合、発情行動として検知してもよい。

【0011】

本発明に係る異常行動検知プログラムは、動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知するという課題を解決するために、動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成部と、前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知部と、してコンピュータを機能させる。

20

【0012】

本発明に係る異常行動検知方法は、動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知するという課題を解決するために、動物の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データと、前記動物の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義した生活区域データとに基づいて、前記動物の異常行動を検知するための検知用データを作成する検知用データ作成ステップと、前記検知用データに基づいて、前記動物の異常行動を検知する異常行動検知ステップと、を有する。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、動物の移動軌跡に基づいて、食い負けや発情行動等の異常行動を検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係る異常行動検知装置および異常行動検知プログラムの一実施形態を示す図である。

40

【図2】本第1実施形態において定義した生活区域を示す図である。

【図3】本第1実施形態の生活区域データの一例を示す図である。

【図4】本第1実施形態の移動軌跡データの一例を示す図である。

【図5】本第1実施形態の検知用データの一例を示す図である。

【図6】本第1実施形態の検知用データ作成処理を示すフローチャートである。

【図7】本第1実施形態の異常行動検知処理を示すフローチャートである。

【図8】本第2実施形態の畳み込みニューラルネットワークに学習データを教師あり学習させる様子を示す図である。

【図9】本第2実施形態の学習済み畳み込みニューラルネットワークによって軌跡線図における異常行動の有無を判定する様子を示す図である。

50

【図10】本第2実施形態の検知用データ作成処理および異常行動検知処理を示すフローチャートである。

【図11】畳み込みオートエンコーダに学習データを教師なし学習させる様子を示す図である。

【図12】学習済み畳み込みオートエンコーダによって軌跡線図における異常行動の有無を判定する様子を示す図である。

【図13】本第3実施形態の検知用データと移動軌跡データとの関係を示す図である。

【図14】本第3実施形態の異常行動検知処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

以下、本発明に係る異常行動検知装置、異常行動検知プログラムおよび異常行動検知方法の実施形態について図面を用いて説明する。

【0016】

本発明に係る異常行動検知装置1は、動物の移動軌跡に基づいて異常行動を検知し、その検知情報をユーザ端末11に通知するためのものである。なお、以下の各実施形態では、検知対象の動物として牛舎内の乳牛を想定しているが、これに限定されるものではなく、移動軌跡に基づいて異常行動を検知可能な全ての動物に本発明は適用される。

【0017】

本第1実施形態の異常行動検知装置1は、パーソナルコンピュータ、スマートフォンまたはタブレット等のコンピュータによって構成されており、図1に示すように、主として、通信手段2と、記憶手段3と、演算処理手段4とを有している。また、異常行動検知装置1は、ユーザ端末11と無線通信可能に接続されており、動物の異常行動を検知するとユーザ端末11に通知するようになっている。以下、各構成手段について詳細に説明する。

20

【0018】

ユーザ端末11は、パーソナルコンピュータ、スマートフォンまたはタブレット等のコンピュータによって構成されており、ユーザが所有または携帯する端末である。本第1実施形態において、ユーザ端末11は、異常行動検知装置1からの検知情報を受信し、当該検知情報を音声、表示、バイブレーション等によってユーザに通知しうようになっている。

30

【0019】

通信手段2は、異常行動検知装置1に通信機能を実装するものである。本第1実施形態において、通信手段2は、Wi-Fi（登録商標）等の無線LAN規格や、第5世代移動通信ネットワーク（5G）等のキャリアネットワーク規格に対応した無線モジュールによって構成されている。そして、図示しないアクセスポイント等を介してユーザ端末11と無線通信するようになっている。

【0020】

記憶手段3は、各種のデータを記憶するとともに、演算処理手段4が演算処理を行う際のワーキングエリアとして機能するものである。本第1実施形態において、記憶手段3は、ハードディスク、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、フラッシュメモリ等で構成されており、図1に示すように、プログラム記憶部31と、生活区域データ記憶部32と、移動軌跡データ記憶部33と、検知用データ記憶部34と、ユーザデータ記憶部35とを有している。以下、各構成部についてより詳細に説明する。

40

【0021】

プログラム記憶部31には、本第1実施形態の異常行動検知プログラム1aがインストールされている。そして、演算処理手段4が、異常行動検知プログラム1aを実行することにより、異常行動検知装置1としてのコンピュータを後述する各構成部として機能させるようになっている。

【0022】

なお、異常行動検知プログラム1aの利用形態は、上記構成に限られるものではない。

50

例えば、CD-ROMやDVD-ROM等のように、コンピュータで読み取り可能な非一時的な記録媒体に異常行動検知プログラム1aを記憶させておき、当該記録媒体から直接読み出して実行してもよい。また、外部サーバ等からクラウドコンピューティング方式やASP(Application Service Provider)方式で利用してもよい。

【0023】

生活区域データ記憶部32は、乳牛(動物)の餌場、通路、寝床等の生活に関わる生活区域の位置情報を定義するものである。本第1実施形態では、図2に示すように、生活区域として、牛舎内における餌場区域、通路区域、寝床区域、水飲み場区域が設定されている。この場合、生活区域データとしては、図3に示すように、各区域を識別する区域IDに対応付けて、区域の種別と位置情報とが定義される。

10

【0024】

なお、本第1実施形態において、各区域の位置情報は、図2の牛舎における左上の点を原点とし、各区域の左上の点のX座標およびY座標、および当該左上の点からのX方向長さおよびY方向長さによって定義されている。しかしながら、これに限定されるものではなく、各区域が存在する範囲を特定しうる情報であればよい。

【0025】

移動軌跡データ記憶部33は、乳牛(動物)の個体ごとの移動軌跡を示す移動軌跡データを記憶するものである。本第1実施形態では、移動軌跡データとして、図4に示すように、乳牛(動物)を個体ごとに識別する個体IDに対応付けて、日時と、当該日時に乳牛(動物)が存在した位置情報(X座標およびY座標)とが1レコードずつ所定の時間間隔おきに逐次作成される。また、移動軌跡データ記憶部33には、監視しようとする全ての乳牛(動物)について、移動軌跡データが格納される。なお、各個体の位置情報は、センサ等から取得してもよく、牛舎内を所定の時間間隔で撮影した画像から取得してもよい。

20

【0026】

検知用データ記憶部34は、乳牛(動物)の異常行動を検知するための検知用データを記憶するものである。本第1実施形態において、検知用データは、保有データ量を削減することを目的として、後述する検知用データ作成部41によって作成される。具体的には、移動軌跡データにおいて連続する複数のレコード(座標点)が、同一区域内であって移動距離(座標点間の距離)が所定値以下の場合、移動しなかったものとみなし、1つのレコードにまとめて検知用データとされる。

30

【0027】

本第1実施形態では、図3の生活区域データおよび図4の移動軌跡データに基づいて、図5に示すような検知用データが作成される。具体的には、個体IDに対応付けて、滞在開始日時と、滞在終了日時と、滞在開始日時から滞在終了日時までの時間帯に乳牛(動物)が存在した位置情報(X座標およびY座標)と、滞在開始日時における乳牛の位置と滞在終了日時における乳牛の位置との距離である移動距離と、乳牛(動物)が存在した区域の区域IDとが格納される。

【0028】

ユーザデータ記憶部35は、ユーザに検知情報を送信するために必要なユーザデータを記憶するものである。本第1実施形態において、ユーザデータとしては、ユーザ端末11で検知情報を受信するためのメールアドレスや、SNS(Social Networking Service)のアカウント情報等が登録されている。

40

【0029】

つぎに、演算処理手段4は、CPU(Central Processing Unit)等で構成されており、記憶手段3にインストールされた異常行動検知プログラム1aを実行することにより、図1に示すように、検知用データ作成部41と、異常行動検知部42と、検知情報送信部43として機能する。

【0030】

検知用データ作成部41は、乳牛(動物)の異常行動を検知するための検知用データを作成するものである。本第1実施形態において、検知用データ作成部41は、移動軌跡デ

50

ータと、生活区域データとに基づいて、乳牛（動物）が滞在した生活区域と、当該生活区域内での滞在開始日時および滞在終了日時と、滞在開始日時における乳牛の位置と滞在終了日時における乳牛の位置との距離である移動距離とを含む検知用データを作成する。

【0031】

具体的には、検知用データ作成部41は、図1に示すように、移動軌跡データ記憶部33から1レコード（1つの座標点）分の移動軌跡データを取得すると、生活区域データ記憶部32内の生活区域データを参照し、当該レコードで示される点がどの生活区域内に含まれるかを判定する。その結果、判定された生活区域が一つ前の点と異なる区域である場合（前の点が存在しない場合も含む）、あるいは同一区域であっても、前の点からの移動距離が所定値を超える場合、検知用データ作成部41は、検知用データ記憶部34に新たなレコードを追加し、検知用データとして保存する。

10

【0032】

なお、検知用データとして追加される新たなレコードには、滞在開始日時および滞在終了日時として、移動軌跡データの日時が書き込まれる。また、位置情報（X座標およびY座標）としては、移動軌跡データの位置情報（X座標およびY座標）が書き込まれる。さらに、移動距離には、検知用データに格納された直前のレコードの点と取得した点との距離が書き込まれる。また、区域IDには、検知用データ作成部41によって判定された生活区域に相当する区域IDが書き込まれる。

【0033】

一方、判定された生活区域が一つ前の点（レコード）と同一区域であり、かつ、前の点からの移動距離が所定値以下である場合、検知用データ記憶部34に新たなレコードは追加せず、検知用データ記憶部34に既に格納されている登録済みレコードの滞在終了日時を移動軌跡データの日時で書き換えて更新する。検知用データ作成部41は、以上の処理を移動軌跡データの全レコードについて繰り返し実行する。

20

【0034】

異常行動検知部42は、検知用データに基づいて、乳牛（動物）の異常行動を検知するものである。本第1実施形態において、異常行動検知部42は、図1に示すように、検知用データ記憶部34に格納されている検知用データを1レコードずつ取得し、異常行動に相当する条件を満たすか否かを判定する。そして、異常行動が検知された場合、異常行動検知部42は、検知用データに含まれる個体IDを含む検知情報を検知情報送信部43へ出力する。

30

【0035】

本第1実施形態では、異常行動として、乳牛の体調に大きく影響のある「食い負け」が検知対象として設定されている。一般的に、食い負けしないような強い乳牛は、複数の餌場をあまり移動することなく、採食することが多い。一方、食い負けするような弱い乳牛は、複数の餌場を転々と移動することが多い。

【0036】

そこで、本第1実施形態では、異常行動としての食い負けを検知するための検知条件として、生活区域のうち餌場区域から通路区域を經由して他の餌場区域へ移動した個体が、所定値以下の経過時間内に、所定値を超える移動距離を移動した場合、異常行動として検知されている。なお、検知条件は、上記に限定されるものではなく、各種の異常行動に相当する条件を適宜設定することが可能である。

40

【0037】

検知情報送信部43は、乳牛（動物）の異常行動が検知されたとき、当該検知情報をユーザ端末11に送信し通知するものである。本第1実施形態において、検知情報送信部43は、図1に示すように、ユーザデータ記憶部35に登録されているユーザデータを取得し、当該ユーザデータによって特定されるユーザ端末11に対して、異常行動を示した個体の個体IDを含む検知情報を通信手段2を介して送信する。

【0038】

つぎに、本第1実施形態の異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異

50

常行動検知方法による作用について説明する。

【0039】

本第1実施形態の異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法を用いて乳牛(動物)の異常行動を検知する場合、検知用データ作成部41によって検知用データ作成処理を実行した後(検知用データ作成ステップ)、異常行動検知部42によって異常行動検知処理を実行する(異常行動検知ステップ)。以下、各ステップの具体的な処理内容について説明する。

【0040】

検知用データ作成ステップでは、図6に示すように、まず、検知用データ作成部41が、移動軌跡データ記憶部33から1レコード分の移動軌跡データを取得する(ステップS1)。つぎに、検知用データ作成部41が、生活区域データ記憶部32内の生活区域データを参照し、ステップS1で取得したレコードで示される点がどの生活区域内に含まれるかを判定する(ステップS2)。

10

【0041】

ステップS2で判定された生活区域が一つ前のレコードで示される点と同一区域であり、かつ、当該点からの移動距離が所定値以下である場合(ステップS3: YES)、検知用データ作成部41が、検知用データ記憶部34に格納されている登録済みレコードの移動終了日時をステップS1で取得した移動軌跡データの日時に書き換えて更新する(ステップS4)。

【0042】

一方、ステップS2で判定された生活区域が一つ前のレコードで示される点と異なる区域である場合、あるいは同一区域であっても、前の点からの移動距離が所定値を超える場合(ステップS3: NO)、検知用データ作成部41が、一つ前のレコードからの移動距離を計算するとともに(ステップS5)、検知用データ記憶部34に新たなレコードを追加し、検知用データとして保存する(ステップS6)。

20

【0043】

上述したステップS1からステップS6までの処理を移動軌跡データの全レコードについて繰り返し実行した後(ステップS7: YES)、本処理を終了する。これにより、移動軌跡データにおいて連続する複数のレコードのうち、同一区域内における移動距離が短いレコード群については、検知用データとして1レコードにまとめられて圧縮される。このため、保有すべきデータ量が削減され、記憶手段3を大容量化する必要がない。

30

【0044】

異常行動検知ステップでは、図7に示すように、まず、異常行動検知部42が、移動距離を示すパラメータLを初期化した後(ステップS11)、検知用データ記憶部34から検知用データを1レコード取得する(ステップS12)。そして、当該検知用データに含まれる区域IDが通路区域以外の場合(ステップS13: NO)、ステップS15へと進む。一方、検知用データに含まれる区域IDが通路区域を示す場合(ステップS13: YES)、検知用データに含まれる移動距離をパラメータLに加算して更新する(ステップS14)。

【0045】

つぎに、異常行動検知部42は、検知用データに含まれる区域IDが餌場区域であり、かつ、一つ前のレコードが通路区域であるという条件を満たすか否かを判定し(ステップS15)、当該条件を満たさない場合(ステップS15: NO)、ステップS19へと進む。一方、上記条件を満たす場合(ステップS15: YES)、異常行動検知部42は、検知用データに含まれる滞在開始日時から、経過時間の起算点となる起算日時Tsを減算した値を経過時間を示すパラメータTにセットして更新する(ステップS16)。

40

【0046】

そして、異常行動検知部42は、経過時間Tが所定の閾値T₀以下であり、かつ、移動距離が所定の閾値L₀を超える場合(ステップS17: YES)、検知用データに含まれる個体IDを含む検知情報を検知情報送信部43へ出力する(ステップS18)。一方、

50

経過時間 T が所定の閾値 T_0 を超えているか、移動距離が所定の閾値 L_0 以下の場合（ステップ $S17$: NO ）、異常行動検知部 42 は、異常行動を検知することなくステップ $S19$ へ進む。

【0047】

その後、異常行動検知部 42 は、検知用データに含まれる区域 ID が餌場区域でなければ（ステップ $S19$: NO ）、ステップ $S21$ へと進む。一方、検知用データに含まれる区域 ID が餌場区域である場合（ステップ $S19$: YES ）、起算日時 T_s に検知用データの滞在終了日時をセットして更新し、移動距離を初期化する（ステップ $S20$ ）。上述したステップ $S11$ からステップ $S20$ までの処理を検知用データの全レコードについて繰り返し実行した後（ステップ $S21$: YES ）、本処理を終了する。

10

【0048】

以上の異常行動検知処理により、餌場区域から通路区域を経由して他の餌場区域へ移動した個体であって、かつ、所定時間内に所定距離を超えて移動した個体については、食い負けによって当初の餌場から他の餌場へ移動したものと考えられるため、異常行動として検知される。そして、当該検知情報は、検知情報送信部 43 によって通信手段 2 を介してユーザ端末 11 へと送信される。これにより、乳牛（動物）の異常行動が逐次、ユーザに通知される。

【0049】

また、ユーザ端末 11 で受信した検知情報には、異常行動を示した個体の個体 ID が含まれている。このため、当該個体 ID に対応する移動軌跡データを参照することで、当該個体 ID に対応する個体の現在位置を特定することも可能である。なお、実際のシステム運用においては、時間経過に応じて移動軌跡データにレコードが追加されるため、異常行動検知処理は所定の時間間隔で逐次実行される。

20

【0050】

以上のような本第 1 実施形態の異常行動検知装置 1、異常行動検知プログラム 1 a および異常行動検知方法によれば、以下のような効果を奏する。

1. 動物の移動軌跡に基づいて、生活区域に関連性のある特殊な異常行動を高精度に検知することができる。
2. 動物が滞在した生活区域内での経過時間や移動距離に基づいて、食い負けを検知することができる。
3. 異常行動を示した個体の現在位置を特定することができる。
4. フリーストール牛舎やフリーバーン牛舎のように、広い牛舎内で多数頭の乳牛を自由に行動させながら飼育する場合でも、全ての乳牛を個体ごとに識別し、異常行動の発生を広域監視することができる。

30

【0051】

つぎに、本発明に係る異常行動検知装置 1、異常行動検知プログラム 1 a および異常行動検知方法の第 2 実施形態について説明する。なお、本第 2 実施形態の構成のうち、上述した第 1 実施形態と同一もしくは相当する構成については同一の符号を付し、再度の説明を省略する。

【0052】

本第 2 実施形態の異常行動検知装置 1、異常行動検知プログラム 1 a および異常行動検知方法の特徴は、第 1 実施形態における異常行動検知部 42 のアルゴリズムとして、深層学習（ディープラーニング）のネットワークモデルとして知られる畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional neural network : CNN）を使用する点にある。

40

【0053】

本第 2 実施形態において、検知用データ作成部 41 は、移動軌跡データと、生活区域データとに基づいて、動物が所定時間内に移動した軌跡線図（画像）を含む検知用データを作成する。軌跡線図には、移動軌跡データの座標点列に基づく折れ線その他、各生活区域の境界線が描画される。また、移動軌跡の特徴を際立たせるため、各生活区域を区域種別ごとに色分けしたり、どの区域種別に含まれるかによって座標点が色分けされていてもよい

50

。なお、本第2実施形態では、餌場区域内での軌跡線図を検知用データとしているが、これに限定されるものではなく、動物が生活区域内や生活区域間をどのように移動したかを表す軌跡線図であればよい。

【0054】

また、本第2実施形態では、図8に示すように、異常行動が発生していないときの軌跡線図（正常データ）および異常行動（食い負け等）が発生したときの軌跡線図（異常データ）を大量に用意する。そして、これらを学習データとして畳み込みニューラルネットワークに教師あり学習させた学習済みのニューラルネットワークを異常行動検知部42のアルゴリズムとして設定する。

【0055】

なお、異常行動が発生していないときの軌跡線図としては、例えば、食い負けしていない強い個体の移動軌跡データから生成した餌場付近の軌跡線図を正常データとする。一方、異常行動が発生したときの軌跡線図としては、実際に食い負けしていることが分かっている弱い個体の移動軌跡データから生成した餌場付近の軌跡線図を異常データとする。

【0056】

以上の構成により、異常行動検知部42は、図9に示すように、上述した学習済みのニューラルネットワークに、検知用データ作成部41が作成した軌跡線図を入力することによって、異常行動を検知する。すなわち、異常行動検知部42は、異常行動が発生しているときの軌跡線図が入力された場合のみ異常行動と判定し、検知情報を出力するようになっている。

【0057】

つぎに、本第2実施形態の異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法の作用について説明する。

【0058】

本第2実施形態では、まず、図10に示すように、検知用データ作成部41が、移動軌跡データ記憶部33から1レコード分の移動軌跡データを取得する（ステップS31）。つぎに、検知用データ作成部41が、生活区域データ記憶部32内の生活区域データを参照し、ステップS31で取得したレコードで示される点がどの生活区域内に含まれるかを判定する（ステップS32）。

【0059】

ステップS32で判定された生活区域が餌場区域である場合（ステップS33：YES）、検知用データ作成部41が、直近の所定時間内に移動した軌跡線図（画像）を作成し（ステップS34）、当該軌跡線図を学習済みのニューラルネットワークへ入力する（ステップS35）。これにより、異常行動検知部42によって、軌跡線図から読み取れる動物の異常行動が検知される。その結果、異常行動（食い負け）が発生していると検知された場合（ステップS36：YES）、検知用データに含まれる個体IDを含む検知情報を検知情報送信部43へ出力する（ステップS37）。

【0060】

以上の処理を移動軌跡データの全レコードについて繰り返し実行した後（ステップS38：YES）、本処理を終了する。また、ステップS32で判定された生活区域が餌場区域でない場合（ステップS33：NO）や、異常行動が検知されなかった場合（ステップS36：NO）には、直接ステップS38へと進む。

【0061】

以上のような本第2実施形態によれば、機械学習アルゴリズムを用いて上述した第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0062】

なお、上述した第2実施形態では、深層学習（ディープラーニング）のネットワークモデルとして、畳み込みニューラルネットワークを採用しているが、これに限定されるものではなく、畳み込みオートエンコーダ（Convolutional Autoencoder：CAE）を使用してもよい。畳み込みオートエンコーダを使用する場合、図11に示すように、異常行動（食い

10

20

30

40

50

負け)が発生していないときの軌跡線図のみを学習データとし、オートエンコーダによる復元画像と元画像との誤差(平均二乗誤差)が最小になるように教師なし学習させる。

【0063】

これにより、学習済みオートエンコーダでは、図12に示すように、異常行動(食い負け)が発生しているときの軌跡線図を入力したときのみ、復元画像と元画像の間の誤差が大きくなる。このため、適切なしきい値を設けることにより、異常行動(食い負け)が発生しているときの軌跡線図(画像)が異常と判定される。なお、畳み込みオートエンコーダは、異常行動が発生していない軌跡線図(正常データ)のみを使用して機械学習する。このため、例えば、食い負けしない強い個体の移動軌跡データから餌場付近の大量の軌跡線図を生成することで、所望の学習データを容易に準備することが可能である。

10

【0064】

つぎに、本発明に係る異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法の第3実施形態について説明する。なお、本第3実施形態の構成のうち、上述した各実施形態と同一もしくは相当する構成については同一の符号を付し、再度の説明を省略する。

【0065】

本第3実施形態の異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法の特徴は、乳牛(動物)の異常行動として、発情行動を検知する点にある。

【0066】

本第3実施形態において、検知用データ作成部41は、移動軌跡データと、生活区域データとに基づいて、図13に示すように、動物が通路区域に滞在した時間帯(滞在開始日時および滞在終了日時)と、動物が通路区域内で滞在した範囲とを含む検知用データを作成する。なお、滞在した範囲は、移動軌跡データで示される座標点列の最小座標(X_{min}, Y_{min})および最大座標(X_{max}, Y_{max})である。また、本第3実施形態において、検知用データには、座標点数も含まれる。

20

【0067】

一般的に、発情した乳牛は、牛舎内の通路において隣り合う乳牛に体をすり寄せるような行動をとることが多い。そこで、本第3実施形態において、異常行動検知部42は、互いに異なる個体の検知用データにおいて、一定以上の類似性が見つかった場合、具体的には、通路区域に滞在した時間帯および範囲の双方に重なりがあり、かつ、両個体が同一日に所定値以内の距離にいることが所定回数以上ある場合、発情行動として検知する。なお、両個体の距離は、各個体の移動軌跡データにおける座標点間の距離によって算出される。

30

【0068】

つぎに、本第3実施形態の異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法の作用について説明する。

【0069】

本第3実施形態では、まず、図14に示すように、異常行動検知部42が、検知用データ記憶部34から互いに異なる個体の検知用データを取得し(ステップS41)、通路区域に滞在した時間帯および範囲の双方に重なりがあるか否かを判定する(ステップS42)。当該判定の結果、重なりがある場合(ステップS42: YES)、異常行動検知部42は、抽出された両個体が同一日に所定値以内の距離にいる回数をカウントする(ステップS43)。

40

【0070】

そして、ステップS43でカウントした回数が所定値以上の場合(ステップS44: YES)、両個体が一定の間、行動を共にしていた可能性が高いため、異常行動検知部42は、発情行動とみなして検知情報を出力する(ステップS45)。これにより、通路区域において近接することが多くなった個体同士については、少なくとも一方の個体が発情して体をすり寄せているものと考えられるため、発情行動として検知される。そして、当該検知情報は、検知情報送信部43によって通信手段2を介してユーザ端末11へと送信さ

50

れる。これにより、乳牛（動物）の異常行動が逐次、ユーザに通知される。

【0071】

一方、ステップS42における判定の結果、重なりがない場合（ステップS42：NO）や、ステップS43でカウントした回数が所定値未満の場合（ステップS44：NO）、異常行動検知部42は、異常行動を検知することなくステップS46へ進む。そして、上述したステップS41からステップS45までの処理を検知用データの全個体の組み合わせについて繰り返し実行した後（ステップS46：YES）、本処理を終了する。

【0072】

以上のような本第3実施形態によれば、第1実施形態の効果に加えて、動物が通路区域内で滞在した時間帯や範囲に基づいて、発情行動を検知することができる。

10

【0073】

なお、本発明に係る異常行動検知装置1、異常行動検知プログラム1aおよび異常行動検知方法は、前述した各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上述した各実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることにより、種々の発明が形成される。例えば、各実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【0074】

例えば、上述した各実施形態では、異常行動として、乳牛の食い負けや発情行動を検知しているが、これらに限定されるものではなく、動物の移動軌跡および生活区域に基づいて判定可能な異常行動であればよい。

20

【0075】

また、上述した第2実施形態では、深層学習（ディープラーニング）のネットワークモデルとして、畳み込みニューラルネットワークや畳み込みオートエンコーダを用いた例を示したが、これらに限定されるものではない。例えば、変分オートエンコーダ（Variational Auto-Encoder：VAE）を用いてもよく、画像類似度を測る指標として構造的類似性（Structural Similarity：SSIM）を用いてもよい。また、異常行動検知装置1の処理手法は、検知用データの正常・異常を判定できるものであれば、他の技術を用いてもよい。

【符号の説明】

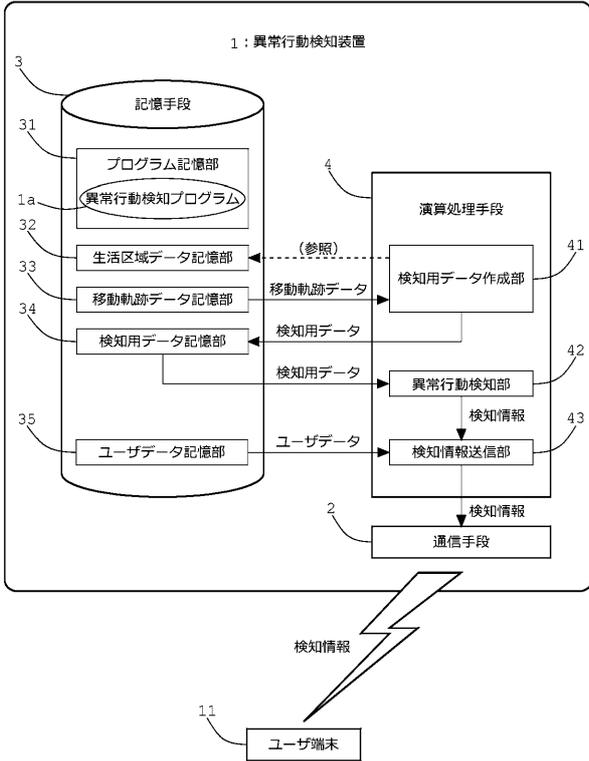
【0076】

- 1 異常行動検知装置
- 1 a 異常行動検知プログラム
- 2 通信手段
- 3 記憶手段
- 4 演算処理手段
- 1 1 ユーザ端末
- 3 1 プログラム記憶部
- 3 2 生活区域データ記憶部
- 3 3 移動軌跡データ記憶部
- 3 4 検知用データ記憶部
- 3 5 ユーザデータ記憶部
- 4 1 検知用データ作成部
- 4 2 異常行動検知部
- 4 3 検知情報送信部

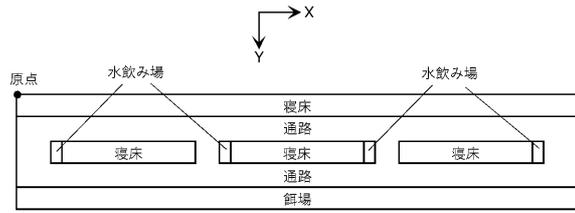
30

40

【図 1】



【図 2】



【図 3】

単位：mm

区域 ID	区域種別	左上 X 座標	左上 Y 座標	X 方向長さ	Y 方向長さ
1	餌場	0	11354	69075	1897
2	水飲み場	2762	6460	805	2633
3	水飲み場	23991	6460	1112	2633
4	水飲み場	43112	6460	806	2633
5	水飲み場	64609	6460	805	2633
6	寝床	0	0	68819	3114
7	寝床	3568	6460	18169	2633
8	寝床	25104	6460	18007	2633
9	寝床	46500	6460	18108	2633
10	通路	0	3115	68261	3344
11	通路	0	6460	2761	2633
12	通路	22828	6460	1162	2633
13	通路	43919	6460	1292	2633
14	通路	65415	6460	3500	2633
15	通路	0	9094	68421	2260

【図 4】

単位：mm

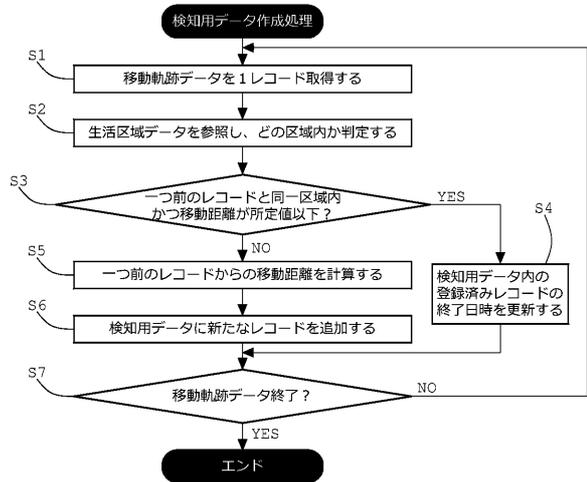
個体 ID	日時	X 座標	Y 座標	
255	2020/5/17 8:34:54	36596	12067	餌場区域内の点
255	2020/5/17 8:34:59	36609	12043	
255	2020/5/17 8:35:04	36762	11700	
255	2020/5/17 8:35:09	36729	11015	通路区域内の点
255	2020/5/17 8:35:14	36734	10991	
255	2020/5/17 8:35:19	36793	11077	
255	2020/5/17 8:35:24	36835	10882	
255	2020/5/17 8:35:29	35519	10259	餌場区域内の点
255	2020/5/17 8:35:34	33941	10742	
255	2020/5/17 8:35:39	32840	11319	
255	2020/5/17 8:35:44	32763	11357	
255	2020/5/17 8:35:49	32771	11357	

【図 5】

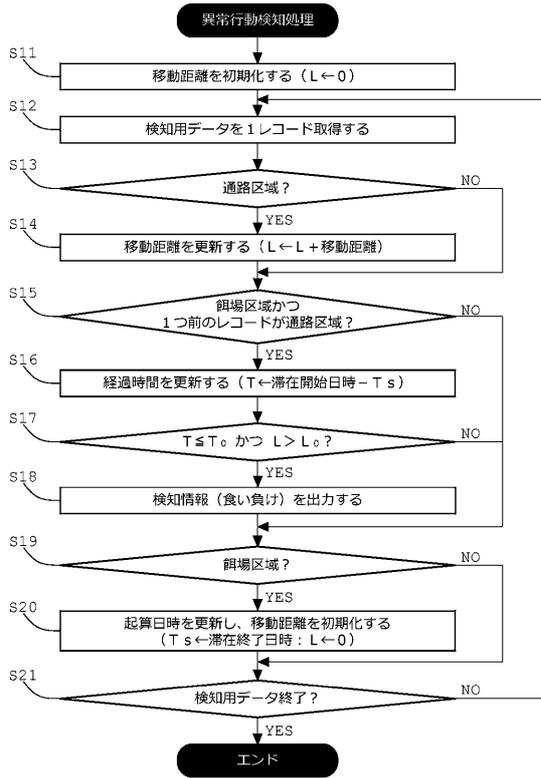
単位：mm

個体 ID	滞在開始日時	滞在終了日時	X 座標	Y 座標	移動距離	区域 ID
255	2020/5/17 8:34:54	2020/5/17 8:35:04	36596	12067	26	1:餌場
255	2020/5/17 8:35:09	2020/5/17 8:35:24	36729	11015	1060	15:通路
255	2020/5/17 8:35:29	2020/5/17 8:35:29	35519	10259	1427	15:通路
255	2020/5/17 8:35:34	2020/5/17 8:35:34	33941	10742	1650	15:通路
255	2020/5/17 8:35:39	2020/5/17 8:35:39	32840	11319	1243	15:通路
255	2020/5/17 8:35:44	2020/5/17 8:35:49	32763	11357	86	1:餌場

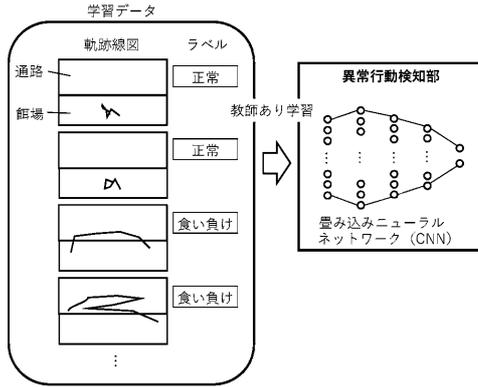
【図 6】



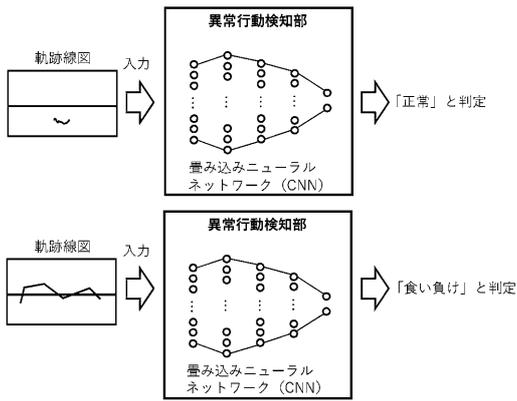
【図7】



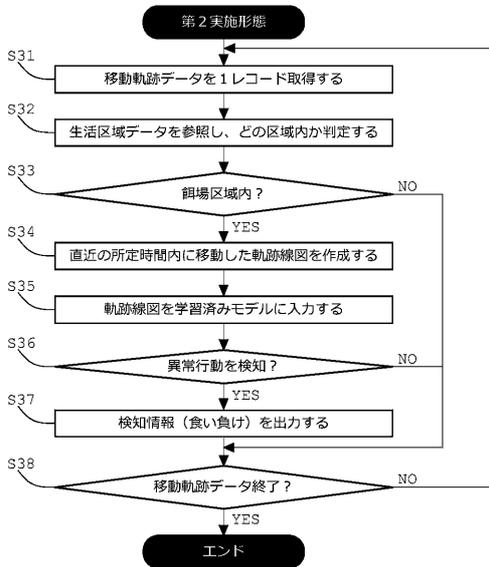
【図8】



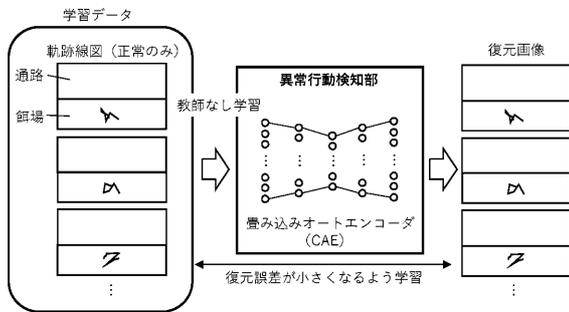
【図9】



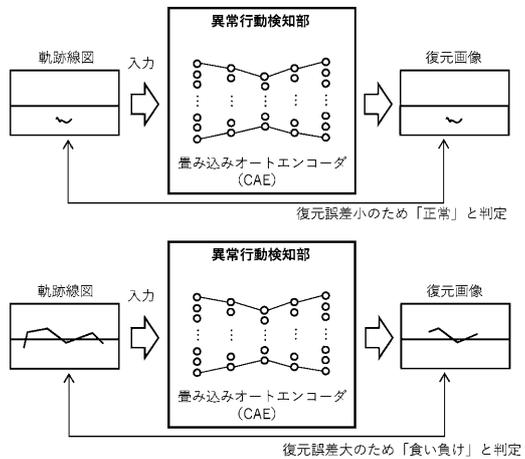
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

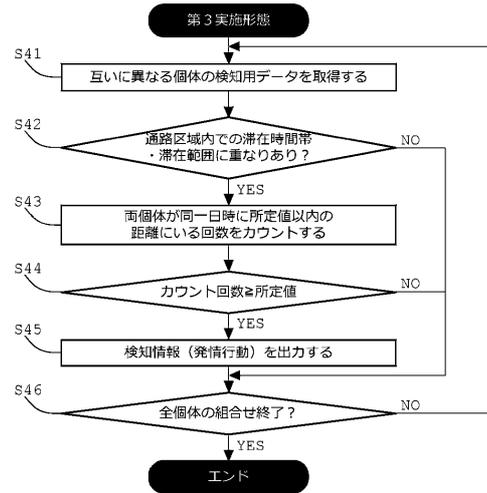
検知用データ 単位：mm

個体ID	滞在開始日時	滞在終了日時	滞在範囲				点数
			Xmin	Ymin	Xmax	Ymax	
255	2020/5/17 8:35:09	2020/5/17 8:35:39	32840	10259	36835	11319	7
		⋮					
		⋮					

移動軌跡データ 単位：mm

個体ID	日時	X座標	Y座標	
255	2020/5/17 8:34:54	36596	12067	餌場区域内の点
255	2020/5/17 8:34:59	36609	12043	
255	2020/5/17 8:35:04	36762	11700	
255	2020/5/17 8:35:09	36729	11015	通路区域内の点
255	2020/5/17 8:35:14	36734	10991	
255	2020/5/17 8:35:19	36793	11077	
255	2020/5/17 8:35:24	36835	10882	餌場区域内の点
255	2020/5/17 8:35:29	35519	10259	
255	2020/5/17 8:35:34	33941	10742	
255	2020/5/17 8:35:39	32840	11319	餌場区域内の点
255	2020/5/17 8:35:44	32763	11357	
255	2020/5/17 8:35:49	32771	11357	
		⋮		
		⋮		

【図14】



フロントページの続き

- (74)代理人 100169340
弁理士 川野 陽輔
- (74)代理人 100195682
弁理士 江部 陽子
- (74)代理人 100206623
弁理士 大窪 智行
- (72)発明者 木田 克弥
北海道帯広市稲田町西2線11番地 国立大学法人帯広畜産大学内
- (72)発明者 土谷 敏行
北海道札幌市東区本町2条10丁目2番35号 株式会社土谷製作所内
- (72)発明者 川瀬 良司
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内
- (72)発明者 小林 一人
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内
- (72)発明者 長沼 芳樹
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内
- (72)発明者 米内 山雅
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内
- (72)発明者 阿部 和樹
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内
- (72)発明者 保木 和弘
北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号 株式会社構研エンジニアリング内