

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7476563号  
(P7476563)

(45)発行日 令和6年5月1日(2024.5.1)

(24)登録日 令和6年4月22日(2024.4.22)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 8 G	1/04 (2006.01)	G 0 8 G	1/04	C	
H 0 4 N	7/18 (2006.01)	H 0 4 N	7/18	D	

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号	特願2020-28740(P2020-28740)	(73)特許権者	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県長久手市横道4 1 番地の 1
(22)出願日	令和2年2月21日(2020.2.21)	(74)代理人	110001519 弁理士法人太陽国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-135540(P2021-135540 A)	(72)発明者	中村 亮裕 愛知県長久手市横道4 1 番地の 1 株式 会社豊田中央研究所内
(43)公開日	令和3年9月13日(2021.9.13)	(72)発明者	藤井 亮暢 愛知県長久手市横道4 1 番地の 1 株式 会社豊田中央研究所内
審査請求日	令和4年10月20日(2022.10.20)	審査官	白石 剛史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体追跡装置、物体追跡方法、及び物体追跡プログラム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エリア内に設置されたセンサの出力から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力する検出部と、

前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力する追跡部と、

前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信する通信部と、

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを所定の履歴及び予測により対応付けた対応付け結果を出力する対応付け部と、

10

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けとして、前記第1の結果に含まれる物体と、前記第2の結果に含まれる物体の距離に応じて距離の近い物体を同一物体として対応付けることにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する統合部と、を含み、

前記対応付け部は、予測部と、分類部と、計算部とを含み、

前記予測部は、前記第1の結果である第1追跡器の各々と、前記第2の結果である第2追跡器の各々とそれぞれの追跡器群について、共通の時系列における状態の推移を予測した予測結果を出力し、

前記分類部は、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組である対応付けペアの対応付け

20

履歴と、前記予測結果とに基づいて、前記履歴及び予測に関する第1条件であって、前記履歴の中で対応付けされている対応付けペアに着目している追跡器が含まれ、かつ、当該対応付けペアの前記第1追跡器及び前記第2追跡器が予測対象とした追跡器に含まれることを条件とした第1条件に従って、前記追跡器群を、前記対応付けペアのうち前記第1条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群と、前記第1条件を満たさない追跡器群とのそれぞれに分類し、

前記計算部は、前記所定の条件を満たさない追跡器群について、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組み合わせの各々について、距離に応じたコストを前記組み合わせの各々に設定し、前記コストが最適となる対応付けペアを計算し、

前記対応付け部は、前記第1条件を満たす対応付けペアと、前記計算部で計算された対応付けペアとを対応付け結果として出力し、

10

前記統合部は、前記対応付け結果により前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する、

物体追跡装置。

#### 【請求項2】

前記追跡部は、前記第1の結果を出力する第1追跡部と、第2追跡部とを含み、

前記第2追跡部は、前記推定結果の推移から前記物体の位置を追跡した追跡結果を求め、前記第2の結果として出力する請求項1に記載の物体追跡装置。

#### 【請求項3】

前記対応付け部は、確認部を更に含み、

前記確認部は、前記第1条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群について、尤もらしさに関する第2条件であって、前記第2追跡器の受信した時刻に応じた尤度が一定値以下、及び、距離が一定以下であることの少なくとも一方とする第2条件に従って、当該第2条件を満たす場合には対応付けを維持して対応付けペアを出力し、前記第2条件を満たさない場合には、前記所定の条件を満たさないとして対応付けペアを解除して前記計算部に出力する請求項1に記載の物体追跡装置。

20

#### 【請求項4】

前記物体のうち、周囲の物体を検出する機能を有する物体があり、

前記通信部は、前記物体から、周囲の物体の検出結果を受信し、前記追跡部において前記検出結果として利用する請求項1～請求項3の何れか1項に記載の物体追跡装置。

30

#### 【請求項5】

前記統合部は、統合の出力に前記物体の属性を含めて出力する請求項1～請求項4の何れか1項に記載の物体追跡装置。

#### 【請求項6】

エリア内に設置されたセンサの出力から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力し、前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力し、

前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信し、

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを所定の履歴及び予測により対応付けた対応付け結果を出力する態様において、予測する処理と、分類する処理と、計算する処理とを含み、

40

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けとして、前記第1の結果に含まれる物体と、前記第2の結果に含まれる物体の距離に応じて距離の近い物体を同一物体として対応付けることにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力し、

前記予測する処理では、前記第1の結果である第1追跡器の各々と、前記第2の結果である第2追跡器の各々とのそれぞれの追跡器群について、共通の時系列における状態の推移を予測した予測結果を出力し、

前記分類する処理では、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組である対応付けペアの

50

対応付け履歴と、前記予測結果とに基づいて、前記履歴及び予測に関する第1条件であって、前記履歴の中で対応付けされている対応付けペアに着目している追跡器が含まれ、かつ、当該対応付けペアの前記第1追跡器及び前記第2追跡器が予測対象とした追跡器に含まれることを条件とした第1条件に従って、前記追跡器群を、前記対応付けペアのうち前記第1条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群と、前記第1条件を満たさない追跡器群とのそれぞれに分類し、

前記計算する処理は、前記所定の条件を満たさない追跡器群について、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組み合わせの各々について、距離に応じたコストを前記組み合わせの各々に設定し、前記コストが最適となる対応付けペアを計算し、

前記対応付けにおいて、前記第1条件を満たす対応付けペアと、前記計算された対応付けペアとを対応付け結果として出力し、

10

前記統合において、前記対応付け結果により前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する、

処理をコンピュータに実行させる物体追跡方法。

【請求項7】

エリア内に設置されたセンサの出力から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力し、前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力し、

前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信し、

20

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを所定の履歴及び予測により対応付けた対応付け結果を出力する態様において、予測する処理と、分類する処理と、計算する処理とを含み、

前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けとして、前記第1の結果に含まれる物体と、前記第2の結果に含まれる物体の距離に応じて距離の近い物体を同一物体として対応付けることにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力し、

前記予測する処理では、前記第1の結果である第1追跡器の各々と、前記第2の結果である第2追跡器の各々とのそれぞれの追跡器群について、共通の時系列における状態の推移を予測した予測結果を出力し、

30

前記分類する処理では、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組である対応付けペアの対応付け履歴と、前記予測結果とに基づいて、前記履歴及び予測に関する第1条件であって、前記履歴の中で対応付けされている対応付けペアに着目している追跡器が含まれ、かつ、当該対応付けペアの前記第1追跡器及び前記第2追跡器が予測対象とした追跡器に含まれることを条件とした第1条件に従って、前記追跡器群を、前記対応付けペアのうち前記第1条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群と、前記第1条件を満たさない追跡器群とのそれぞれに分類し、

前記計算する処理は、前記所定の条件を満たさない追跡器群について、前記第1追跡器と前記第2追跡器との組み合わせの各々について、距離に応じたコストを前記組み合わせの各々に設定し、前記コストが最適となる対応付けペアを計算し、

40

前記対応付けにおいて、前記第1条件を満たす対応付けペアと、前記計算された対応付けペアとを対応付け結果として出力し、

前記統合において、前記対応付け結果により前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する、

処理をコンピュータに実行させる物体追跡プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、物体追跡装置、物体追跡方法、及び物体追跡プログラムに関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

移動体の制御及び管理を行う管制に関する技術がある。

## 【 0 0 0 3 】

例えば、自動運転車両と手動運転車両とが共に通行可能な混走道路においても、自動運転車両及び手動運転車両を共に円滑に走行させることを可能とする技術がある（特許文献1参照）。この技術では、混走道路を走行する車両の台数、走行位置、走行速度、及び停止位置等の監視情報に基づいて停止ゾーンに手動運転車両が停止したか否かを判定している。

## 【 0 0 0 4 】

また、移動体からの通信途絶に対して、精度の高い予測を行うと共に、予測した動的データを共有することで、シームレスな他の制御プログラムへの引き継ぎを実現する技術がある（特許文献2参照）。この技術では、移動体の位置を把握するダイナミックマップを用いて、通信途絶があった場合、該当する管理制御装置で車両の走行状態を予測し、かつ、ダイナミックマップを共有する他の管理制御装置へ予測データを送信している。

10

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【文献】特開2017-220129号公報

【文献】特開2018-106504号公報

## 【 発明の概要 】

20

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

ここで、特許文献1では、交差点周辺のインフラセンサと、車車間との通信、又は路車間との通信を利用した車両識別の識別を実施している。しかし、通信が途絶した場合が考慮されていない。

## 【 0 0 0 7 】

また、特許文献2では、通信の途絶に着目しているものの、車両種別の識別、及びエリア内に設置されたインフラセンサの活用については考慮されていない。

## 【 0 0 0 8 】

本開示は、上記事情を鑑みて成されたものであり、通信の一時的な途絶に対してロバストであり、かつ、物体の種別を識別可能な追跡を実現する物体追跡装置、方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

30

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本開示の物体追跡装置は、エリア内に設置されたセンサの出力から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力する検出部と、前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力する追跡部と、前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信する通信部と、前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する統合部と、を含んで構成されている。

40

## 【 0 0 1 0 】

また、本開示の物体追跡方法は、エリア内に設置されたセンサの出力から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力し、前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力し、前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信し、前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する、処理をコンピュータに実行させる。

## 【 0 0 1 1 】

また、本開示の物体追跡プログラムは、エリア内に設置されたセンサの出力から物体の

50

各々の位置を検出し、検出結果を出力し、前記検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力し、前記物体のうちの自己位置の推定が可能な物体の各々から、当該物体により推定された自己位置の推定結果を受信し、前記物体の各々から受信した前記推定結果を第2の結果として、所定の対応付けにより前記第1の結果の物体と前記第2の結果の物体とを統合して出力する、処理をコンピュータに実行させる。

【発明の効果】

【0012】

本開示の物体追跡装置、物体追跡方法、及び物体追跡プログラムによれば、通信の一時的な途絶に対してロバストであり、かつ、物体の種類を識別可能な追跡を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1実施形態の物体追跡システムの構成を示すブロック図である。

【図2】物体追跡装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】管制エリア内のインフラセンサの配置の一例を示す図である。

【図4】センサ数分の検出部とする場合の一例を示す図である。

【図5】センサ数分の第1追跡部とする場合の一例を示す図である。

【図6】第1実施形態の物体追跡装置による物体追跡処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】第2実施形態の物体追跡システムの構成を示すブロック図である。

20

【図8】対応付け部の構成を示すブロック図である。

【図9】第1追跡器群と第2追跡器群との組み合わせの一例を示す図である。

【図10】時刻 $t_2$ に通信が途絶し、更に物体A及びBが共に減速するような状況の一例を示すグラフである。

【図11】通信の途絶があった場合の実際の走行レーン上の物体A及び物体Bの時系列の推移及び対応付けの一例を示す図である。

【図12】通信途絶がない場合であって、誤った第1追跡器が生成された場合の対応付けの例である。

【図13】第2実施形態の物体追跡装置による物体追跡処理の流れを示すフローチャートである。

30

【図14】対応付け処理の流れを示すフローチャートである。

【図15】変形例における自己位置を保持する場合の一例を示すブロック図である。

【図16】変形例における移動体が検出部を有する場合の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照して本開示の実施形態を詳細に説明する。

【0015】

本実施形態は、管制型の自動運転の応用を念頭に置いた技術である。手動運転車両が混在する環境で、管制が自動運転車両を制御する際、移動体の制御計画が必要となる。もっとも、通信可能な移動物体と通信が不可能な移動物体が混在する環境下で、通信を介した移動物の制御を計画するためには、移動物を追跡することに加えて、通信が可能か否か、制御対象か否かなどの対象の種類を識別が必要である。更に、一部の移動物体との通信が一時的に途絶した場合にも、追跡及び識別を適切に行うことが必要である。

40

【0016】

そこで本実施形態の技術は、あるエリアに設置されたセンサ（以下、インフラセンサ、又は単にセンサと記載する）によって追跡した物体の位置と、車両自体で推定された自己位置とを統合する手法を用いる。以下、本実施形態では、追跡対象の物体が手動運転車両、又は自己位置推定が可能な自動運転車両である場合を例に説明する。なお、物体は車両に限定されるものではなく、管制の必要性がある他の移動体であってもよい。その場合、自己位置推定が可能な移動体が含まれていればよい。

50

## 〔第1実施形態〕

図1は、第1実施形態の物体追跡システム100の構成を示すブロック図である。図1に示すように、物体追跡システム100は、複数のセンサ110の各々と、追跡対象である移動体112の各々、及び追跡対象であり、かつ、自己位置推定が可能な移動体114の各々と、物体追跡装置130とが、ネットワークNを介して接続されている。ネットワークNは、例えば、インターネット回線、又は公衆無線LAN等である。本実施形態では、移動体112を物体A、移動体114を物体Bとして扱う。移動体112及び移動体114のそれぞれを総称する場合には単に移動体、又は物体と記載する。各機能構成については後述する。

## 【0017】

図2は、物体追跡装置130のハードウェア構成を示すブロック図である。図2に示すように、物体追跡装置130は、CPU(Central Processing Unit)11、ROM(Read Only Memory)12、RAM(Random Access Memory)13、ストレージ14、入力部15、表示部16及び通信インタフェース(I/F)17を有する。各構成は、バス19を介して相互に通信可能に接続されている。

## 【0018】

CPU11は、中央演算処理ユニットであり、各種プログラムを実行したり、各部を制御したりする。すなわち、CPU11は、ROM12又はストレージ14からプログラムを読み出し、RAM13を作業領域としてプログラムを実行する。CPU11は、ROM12又はストレージ14に記憶されているプログラムに従って、上記各構成の制御及び各種の演算処理を行う。本実施形態では、ROM12又はストレージ14には、物体追跡プログラムが格納されている。

## 【0019】

ROM12は、各種プログラム及び各種データを格納する。RAM13は、作業領域として一時的にプログラム又はデータを記憶する。ストレージ14は、HDD(Hard Disk Drive)又はSSD(Solid State Drive)等の記憶装置により構成され、オペレーティングシステムを含む各種プログラム、及び各種データを格納する。

## 【0020】

入力部15は、マウス等のポインティングデバイス、及びキーボードを含み、各種の入力を行うために使用される。

## 【0021】

表示部16は、例えば、液晶ディスプレイであり、各種の情報を表示する。表示部16は、タッチパネル方式を採用して、入力部15として機能してもよい。

## 【0022】

通信インタフェース17は、端末等の他の機器と通信するためのインタフェースであり、例えば、イーサネット(登録商標)、FDDI、Wi-Fi(登録商標)等の規格が用いられる。以上が、物体追跡装置130のハードウェア構成の説明である。

## 【0023】

物体追跡システム100の各機能構成を説明する。

## 【0024】

移動体114は、通信部116と、自己位置推定部118とを含む。

## 【0025】

物体追跡装置130は、通信部132と、検出部134と、第1追跡部136と、第2追跡部138と、統合部140とを含む。物体追跡装置130の処理は、予め設定した時間ごとに繰り返し、リアルタイムにエリア内を移動する移動体を統合し、出力する。これにより物体追跡装置130が管轄するエリアの管制を行う。

## 【0026】

センサ110は、物体追跡システム100の管制エリア内に設置されたインフラセンサ

10

20

30

40

50

であり、本実施形態ではカメラを利用する。各センサ 110 により物体を撮影し、撮影したカメラ画像を物体追跡装置 130 に送信する。ここで撮影される物体は、移動体 112 である物体 A、及び移動体 114 である物体 B を想定する。なお、物体の位置を検出可能な出力が得られるセンサであれば、カメラ以外でもよく、赤外線センサ、超音波センサ等を用いてもよい。

#### 【0027】

図3は、管制エリア内のインフラセンサの配置の一例を示す図である。図3の例ではC1~C12、CR1、及びCR2がセンサ110に相当するインフラセンサであり、走行エリアを撮影するように設置されている。

#### 【0028】

移動体 114 は、自己位置推定部 118 で推定した自己位置の推定結果を、通信部 116 から物体追跡装置 130 に送信する。自己位置推定部 118 の自己位置推定手法については、本実施形態ではマップマッチングの手法を用いる。マップマッチングは外界センサで得た周辺環境の外形状データと、予め用意した自己位置推定用の地図に含まれる環境外形状データとをマッチングさせ、一致する地点を自己位置として推定する手法である。精度、及びロバスト性の向上を目的に、各種エンコーダなどの内界センサの検出結果も推定に用いる。一般的な自己位置推定の手法にはモンテカルロ定位などが知られているが、同手法に限定されるものではなく、GPS などを用いた自己位置推定手法であってもよい。

#### 【0029】

次に、物体追跡装置 130 の各機能構成について説明する。各機能構成は、CPU 11 が ROM 12 又はストレージ 14 に記憶された物体追跡プログラムを読み出し、RAM 13 に展開して実行することにより実現される。

#### 【0030】

通信部 132 は、センサ 110 の各々からカメラ画像を受信する。通信部 132 は、移動体 114 から自己位置の推定結果を受信する。

#### 【0031】

検出部 134 は、センサ 110 の各々の出力であるカメラ画像から物体の各々の位置を検出し、検出結果を出力する。ここで検出する物体は、例えば、移動体 112 の各々、及び移動体 114 の各々である。図4は、センサ数分の検出部とする場合の一例を示す図である。検出部 134 は、例えば図4に示すように、センサ 110<sub>1</sub> ~ 110<sub>N</sub> のそれぞれと対応させた検出部 134<sub>1</sub> ~ 134<sub>N</sub> として、センサ数分の検出部として構成できる。図3のように複数配置されたセンサ 110 により取得したカメラ画像から、一般的な物体検出手法を用いて、画像中の物体の位置を検出する。

#### 【0032】

第1追跡部 136 は、検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力する。第1追跡部 136 では、各検出部 134<sub>1</sub> ~ 134<sub>N</sub> の出力を利用し、共通の座標系で物体の位置を追跡する。共通の座標系としては、例えば地図座標がある。複数のカメラを用いた多物体追跡の手法としては例えば参考文献1の手法を用いればよい。

#### [参考文献1] 特開2016-71830号公報

このようにインフラセンサを用いて物体追跡を行い、通信の可、不可に関わらず、物体の位置及び速度を地図上で追跡する。上記例では、センサ 110 ごとに検出し、検出結果を第1追跡部 136 で統合して追跡する場合を例に説明したが、これに限らない。図5は、センサ数分の第1追跡部とする場合の一例を示す図である。例えば図5のように、第1追跡部 136 もセンサ 110<sub>1</sub> ~ 110<sub>N</sub> と対応させた第1追跡部 136<sub>1</sub> ~ 136<sub>N</sub> として、センサ 110 ごとに検出及び追跡を行なった後に、第1追跡統合部 136<sub>A</sub> により地図座標上で統合してもよい。

#### 【0033】

第2追跡部 138 は、移動体 114 から受信した自己位置の推定結果の推移から移動体 114 の位置を追跡した追跡結果を求め、第2の結果として出力する。第2追跡部 138

10

20

30

40

50

は、第1追跡部136と共通の座標系、例えば地図座標における各物体の自己位置を出力する必要がある。第2追跡部138では、受信した最新の自己位置の推定結果のみを保持してもよいし、例えばカルマンフィルタを利用してフィルタリングをしてもよい。また、各物体の自己位置の履歴を管理してもよい。

#### 【0034】

統合部140は、所定の対応付けにより第1の結果の物体と第2の結果の物体とを統合して出力する。例えば、それぞれの結果に含まれる物体の距離の近さに応じて距離の近い物体を対応付ける。これにより、同一物体を統合して出力する。また、統合結果の物体の各々には、物体の属性として、物体の種別、通信可能な否かの状態等を含めて出力してもよい。物体の種別は、例えば、車両であれば手動運転車両か自動運転車両かといった車両の種別である。

10

#### 【0035】

次に、第1実施形態に係る物体追跡装置130の作用について説明する。

#### 【0036】

図6は、第1実施形態の物体追跡装置130による物体追跡処理の流れを示すフローチャートである。CPU11がROM12又はストレージ14から物体追跡プログラムを読み出して、RAM13に展開して実行することにより、物体追跡処理が行なわれる。CPU11が物体追跡装置130の各部として処理を実行する。

#### 【0037】

ステップS100において、CPU11が通信部132として、センサ110の各々からカメラ画像、移動体114の各々から自己位置の推定結果を受信する。ここでの受信はセンサ110の各々、移動体114の各々の送信タイミングで随時行われる。

20

#### 【0038】

ステップS102において、CPU11が検出部134として、センサ110の各々の出力であるカメラ画像から物体の各々を検出し、検出結果を出力する。

#### 【0039】

ステップS104において、CPU11が第1追跡部136として、ステップS102の検出結果から複数の物体の各々の位置を追跡した追跡結果である第1の結果を出力する。

#### 【0040】

ステップS106において、CPU11が第2追跡部138として、移動体114から受信した自己位置の推定結果の推移から移動体114の位置を追跡した追跡結果を求め、第2の結果として出力する。

30

#### 【0041】

ステップS108において、CPU11が統合部140として、所定の対応付けにより第1の結果の物体と第2の結果の物体とを統合して出力する。

#### 【0042】

以上説明したように、第1実施形態に係る物体追跡システムによれば、通信の一時的な途絶に対してロバストであり、かつ、物体の種別を識別可能な追跡を実現する。

#### [第2実施形態]

次に第2実施形態について説明する。第2実施形態の手法は、第1実施形態の構成に加えて、更に予測を伴う対応付けを行うことにより、物体追跡の精度を高める構成である。なお、第1実施形態と同様の構成及び作用となる箇所については同一符号を付して説明を省略する。

40

#### 【0043】

図7は、第2実施形態の物体追跡システム200の構成を示すブロック図である。第2実施形態では、物体追跡装置230の構成が第1実施形態と異なり、対応付け部242と、対応付け履歴記憶部244とを含む。図8は、対応付け部242の構成を示すブロック図である。対応付け部242は、予測部250と、分類部252と、確認部254と、計算部256とを含む。物体追跡装置230のハードウェア構成は第1実施形態と同様である。

50

## 【 0 0 4 4 】

対応付け部 2 4 2 は、これらの各部の処理により、第 1 の結果の物体と第 2 の結果の物体とを履歴及び予測により対応付けた対応付けペアの対応付け結果を出力する。

## 【 0 0 4 5 】

対応付け部 2 4 2 の処理の前提として、第 1 の結果及び第 2 の結果において、それぞれの追跡結果の物体の各々を追跡器群とする。また、第 1 の結果及び第 2 の結果のそれぞれの追跡器を第 1 追跡器、及び第 2 追跡器とする。履歴とは、対応付け履歴記憶部 2 4 4 の対応付けペアの履歴である。対応付けペアとは、対応付けられた第 1 追跡器と第 2 追跡器との組である。ここでの履歴は、時系列に処理されて直近に対応付け履歴記憶部 2 4 4 に保存された組を指す。予測とは、予測部 2 5 0 による第 1 追跡器、及び第 2 追跡器のそれぞれの追跡器の時系列の状態の推移の予測結果である。追跡器とは、追跡の対象とした物体であり、推移の予測対象である。対応付け履歴記憶部 2 4 4 には、第 1 追跡器の各々と前記第 2 追跡器の各々との対応付けペアが逐次保存される。

10

## 【 0 0 4 6 】

予測部 2 5 0 は、第 1 の結果である第 1 追跡器の各々と、第 2 の結果である第 2 追跡器の各々とのそれぞれの追跡器群について、共通の時系列における状態の推移を予測した予測結果を出力する。共通の時系列の基準とする時刻は、現在の時刻、又は追跡器のうちの最新の時刻が挙げられる。状態は、ここでは x 軸及び y 軸の位置とする。ここで、第 2 追跡器については、予測に使用した時刻と、最後に受信した時刻との差に応じた尤度を設定し、通信の不安定さを反映する。予測処理は、線形回帰モデル又はマルコフ過程等の任意の手法を用いればよい。

20

## 【 0 0 4 7 】

分類部 2 5 2 は、対応付け履歴記憶部 2 4 4 の対応付けの履歴と、予測結果とに基づいて、履歴及び予測に関する第 1 条件に従って、追跡器群を、第 1 条件を満たす追跡器群と、第 1 条件を満たさない追跡器群とのそれぞれに分類して出力する。第 1 条件とは、履歴の中で対応付けされている対応付けペアに着目している追跡器が含まれ、かつ、当該対応付けペアの第 1 追跡器及び第 2 追跡器が予測部 2 5 0 で予測対象とした追跡器に含まれることを条件とする。第 1 条件を満たす追跡器群とは、第 1 条件を満たす第 1 追跡器と第 2 追跡器との組の対応付けペアからなる。第 1 条件を満たさない追跡器群とは、条件を満たす追跡器群以外の第 1 追跡器群及び前記第 2 追跡器群である。ここでは追跡器ごとに第 1 条件を満たすか否かを判定して分類し、出力すればよい。第 1 条件の条件判定は、対応付けペアの存在の有無が条件となっているため、第 1 追跡器又は第 2 追跡器のいずれかに着目して行えばよい。ここでは、例えば、第 2 追跡器に着目して第 2 追跡器の全てについて第 1 条件の判定を行えば、第 1 条件を満たす対応付けペアを出力可能である。これにより入力された第 1 追跡器群及び第 2 追跡器群を、第 1 条件を満たす追跡器群と、第 1 条件を満たさない追跡器群とに分類する。第 1 条件を満たす追跡器群は、対応付けの確認が必要な対応付けペアとして確認部 2 5 4 に出力する。第 1 条件を満たさない追跡器群は、計算部 2 5 6 に出力し、追跡器の組の各々について対応付けを計算する。

30

## 【 0 0 4 8 】

確認部 2 5 4 は、第 1 条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群について、尤もらしさに関する第 2 条件に従って、第 2 条件を満たすか否かを判定する。具体的には、第 2 条件は、第 2 追跡器の尤度が一定値以下、及び、マハラノビス距離が一定以下であることの少なくとも一方とする。このように第 2 追跡器の尤度で判定すると共に、対応付けペアの第 1 追跡器と第 2 追跡器との近さを評価する。第 2 条件を満たす場合には、対応付けペアを維持し、統合部 1 4 0、及び対応付け履歴記憶部 2 4 4 に出力する。第 2 条件を満たさない場合には、対応付けペアを解除して、計算部 2 5 6 に出力する。また、第 2 条件の別の手法としては、第 2 追跡器の尤度に基づいて、対応付けの距離閾値を変更してもよい。また、マハラノビス距離に限らず、通常の距離を判定に利用してもよい。なお、第 2 追跡器の尤度は予測部 2 5 0 で用いた尤度と同様の尤度を用いる。これにより、予測した対応付けペアが、対応付けペアとして尤もらしいかを判別できる。また、通信の一時的な途絶

40

50

への対処、及び第1追跡部136で誤った第1追跡器が生成されてしまった場合の対処が行える。第1追跡部136では、カメラ画像を元に追跡器を生成するため誤って本来は存在しないはずの第1追跡器が生成されてしまう場合がある。本処理によって、このような誤って生成された第1追跡器との対応付けを防止できる。

【0049】

計算部256には、第1条件を満たさない追跡器群、及び第2条件を満たさない追跡器群が入力される。なお、第1条件、又は第2条件が本開示の所定の条件の一例である。

【0050】

計算部256は、所定の条件を満たさない追跡器群について、第1追跡部と第2追跡部との組み合わせの各々について最適となる対応付けペアを計算し、統合部140、及び対応付け履歴記憶部244に出力する。計算部256は、第1追跡器と、第2追跡器との組み合わせの全てについて1対1で排他的な対応付けを計算する。マハラノビス距離に応じたコストを設定し、コストが最小となるような組み合わせを計算する。

10

【0051】

図9は、第1追跡器群と第2追跡器群との組み合わせの一例を示す図である。図9に示すように、第1追跡器群(追跡器1)をN個、第2追跡器群(追跡器2)をM個とし、確認部254での閾値に相当するコストを設定したダミーノードを、第2追跡器側にN個追加して対応付けを計算する。これは2部グラフのマッチング問題となり、ハンガリアン法を利用すれば簡単に解くことが可能である。

【0052】

対応付け履歴記憶部244には、確認部254、又は計算部256から出力された対応付けペアの履歴を保存する。履歴の長さは適切に設定すればよく、例えば最新の結果のみ、又は最新の数回分を設定して保存すればよい。

20

【0053】

以上のような対応付け部242の処理が有効なシーンの例を図10に示す。図10は、時刻 $t_2$ に通信が途絶し、更に物体A及びBが共に減速するような状況の一例を示すグラフである。図10において、縦軸がx軸方向の物体の位置、横軸が時系列の時間 $t$ を表している。物体Aが第1追跡器に対応し、物体Bが第2追跡器に対応する。通信の途絶については、物体Bとの通信が時刻 $t$ の時点から網掛けの範囲で途絶したという状況である。この場合、予測部250の予測において減速を反映できないため、時刻 $t_1$ 及び時刻 $t_2$ の推移に応じた一次関数的な推移の予測となっている。しかし、実際には、物体Bは減速しているため対数的な推移となっている。実際の物体Bの動きと第2追跡器として予測された物体Bの動きとが乖離が生じてしまう。このように時刻 $t_3$ での第2追跡器の予測の精度は大きく低下してしまう。

30

【0054】

図11は、通信の途絶があった場合の実際の走行レーン上の物体A及び物体Bの時系列の推移及び対応付けの一例を示す図である。図11では、図10で示した物体A及び物体Bの2つの物体について、左側に物体A及び物体Bの時系列の位置を示し、右側に第1追跡器と第2追跡器との対応付けを示している。左側の物体Aは通信機能がなく、物体Bは通信機能があり、自己位置推定を行う。右側の楕円が第1追跡器を示し、三角が第2追跡器を示している。図11の例では、時刻 $t$ ごとに第2追跡器の推移を予測して、単純に予測により近い第1追跡器と第2追跡器とを対応付けると仮定する。破線が予測される推移である。図11に示すように、時刻 $t_1$ 及び時刻 $t_2$ では、予測において、後ろの第1追跡器に第2追跡器が対応付けている。これは左側の物体A及び物体Bの対応付けペアとして正しい。一方、時刻 $t_3$ を見ると、予測において、前の第1追跡器に第2追跡器が誤って対応付けられてしまっている。このように、都度、予測して対応付けすると、通信の途絶によって対応付けが間違ってしまう場合がある。そのため、このような通信の途絶を想定して、通信状況の良い時刻 $t_1$ 及び時刻 $t_2$ で対応付けた対応付けペアを対応付け履歴記憶部244に履歴として保存しておき、上記のように確認部254及び計算部256で処理する。この場合、時刻 $t_3$ の時点の履歴として前の時刻 $t_2$ の対応付けペアが残って

40

50

おり、かつ、当該対応付けペアについて予測が行われていれば第1条件を満たすため、確認部254で対応付けの確認が行われる。そして、確認部254で当該対応付けペアは第2条件を満たさなければ、対応付けが解除され、計算部256で新たに対応付けが行われる。これにより、時刻 $t_3$ において後ろの第1追跡器に第2追跡器が正しく対応付けられた対応付けペアが生成できる。このように通信の途絶が生じた場合でも誤った対応付けを防止できる。

【0055】

また、図12は、通信途絶がない場合であって、誤った第1追跡器が生成された場合の対応付けの例である。図12の右側に示すように、時刻 $t_1$ の時点で誤った第1追跡器が生成され第1追跡器が3つ生成されてしまっている。実際は左側に示すように、物体は2つであるため、正しくは2つの第1追跡器が生成されるのが望ましいが、何らかの障害物体を誤って検出してしまっているケースである。そのため時刻 $t_1$ では、誤って生成された第1追跡器と第2追跡器とが対応付けられてしまっている。次に、時刻 $t_2$ の時点では、誤って生成された第1生成器と、前方の第1生成器との距離が離れている。そのため時刻 $t_1$ 時点の対応付けペアは、確認部254での確認によって第2条件を満たさないと判定され、計算部256により新たな対応付けがなされる。これにより、正しい対応付けペアが対応付け履歴記憶部114に保存され、時刻 $t_3$ の時点でも正しい対応付けペアを維持できる。

10

【0056】

統合部140は、対応付け結果により第1の結果の物体と第2の結果の物体とを統合して出力する。対応付いていない追跡器についてはそのまま出力すればよく、対応付いた追跡器については第1追跡器又は第2追跡器のどちらかを選択して出力すればよい。選択については、例えば第2追跡器の尤度に応じて選択できる。また、第1追跡器についても尤度を計算しておき第2追跡器と比較してもよい。また、第2追跡器について位置の分散を推定しておき、分散行列に基づいて選択してもよい。

20

【0057】

次に、第2実施形態に係る物体追跡装置230の作用について説明する。

【0058】

図13は、第2実施形態の物体追跡装置230による物体追跡処理の流れを示すフローチャートである。ステップS106の処理の第2の結果を出力する処理の後に、ステップS200の処理が行われる。

30

【0059】

ステップS200において、CPU11が対応付け部242として、第1の結果の物体と第2の結果の物体とを履歴及び予測により対応付けた対応付けペアの対応付け結果を出力する。対応付け処理の詳細については後述する。

【0060】

ステップS202において、ステップS200の対応付け結果により第1の結果の物体と第2の結果の物体とを統合して出力する。

【0061】

ステップS200の対応付け処理の作用について説明する。図14は、対応付け処理の流れを示すフローチャートである。

40

【0062】

ステップS1200において、CPU11が予測部250として、第1の結果である第1追跡器の各々と、第2の結果である第2追跡器の各々とのそれぞれの追跡器群について、共通の時系列における状態の推移を予測した予測結果を出力する。

【0063】

ステップS1202において、CPU11が分類部252として、追跡器群から条件判定する追跡器を選択する。ここでは、条件判定していない第2追跡器を順次選択すればよい。

【0064】

50

ステップS 1 2 0 4において、CPU 1 1が分類部 2 5 2として、対応付け履歴記憶部 2 4 4の対応付けの履歴と、予測結果とに基づいて、選択した追跡器が、第1条件を満たすか否かを判定する。満たしている場合にはステップS 1 2 0 6へ移行し、満たしていない場合にはステップS 1 2 0 8へ移行する。

【0065】

ステップS 1 2 0 6において、CPU 1 1が分類部 2 5 2として、第1条件を満たす追跡器群に分類し、確認部 2 5 4に出力する。

【0066】

ステップS 1 2 0 8において、CPU 1 1が分類部 2 5 2として、第1条件を満たさない追跡器群に分類し、計算部 2 5 6に出力する。

10

【0067】

ステップS 1 2 1 0において、CPU 1 1が分類部 2 5 2として、全ての追跡器群について第1条件の条件判定が終了したかを判定し、終了していればステップS 1 2 1 2へ移行し、終了していなければステップS 1 2 0 2へ戻る。

【0068】

ステップS 1 2 1 2において、CPU 1 1が確認部 2 5 4として、第1条件を満たす対応付けペアからなる追跡器群のうち条件判定する対応付けペアを選択する。

【0069】

ステップS 1 2 1 4において、CPU 1 1が確認部 2 5 4として、選択した対応付けペアについて、尤もらしさに関する第2条件に従って、第2条件を満たすか否かを判定する。満たしている場合にはステップS 1 2 1 6へ移行し、満たしていない場合にはステップS 1 2 1 8へ移行する。

20

【0070】

ステップS 1 2 1 6において、CPU 1 1が確認部 2 5 4として、第2条件を満たす対応付けペアとし、対応付けを維持する。

【0071】

ステップS 1 2 1 8において、CPU 1 1が確認部 2 5 4として、第2条件を満たさない対応付けペアとし、対応付けを解除して計算部 2 5 6に出力する。

【0072】

ステップS 1 2 2 0において、CPU 1 1が確認部 2 5 4として、全ての対応付けペアについて第2条件の条件判定が終了したかを判定し、終了していればステップS 1 2 2 2へ移行し、終了していなければステップS 1 2 1 2へ戻る。

30

【0073】

ステップS 1 2 2 2において、CPU 1 1が計算部 2 5 6として、所定の条件を満たさない追跡器群について、第1追跡部と第2追跡部との組み合わせの各々について最適となる対応付けペアを計算する。

【0074】

ステップS 1 2 2 4において、CPU 1 1が計算部 2 5 6として、ステップS 1 2 1 6で対応付けを維持した対応付けペア、及びステップS 1 2 2 2で計算した対応付けペアを対応付け結果として、統合部 1 4 0、及び対応付け履歴記憶部 2 4 4に出力する。

40

【0075】

以上説明したように、第2実施形態に係る物体追跡システムによれば、履歴及び予測による対応付けにより、通信の一時的な途絶に対してロバストであり、かつ、物体の種別を識別可能な追跡を実現する。

【0076】

なお、本開示は、上述した実施形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。以下に、変形例を説明する。

【0077】

例えば、上述した各実施形態では、第2追跡部 1 3 8を用いて自己位置推定の結果を追跡する場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば、図 1 5 に示すよ

50

うに、第2追跡部138を自己位置保持部238として受信した自己位置を保持するようにしてもよい。この場合には、受信した自己位置を時系列順に保持しておき、時系列順に保持された自己位置を追跡結果の代わりに第2の結果として用いればよい。

【0078】

また、移動体114は、図16に示すように、センサ120及び検出部122の検出機能を有していてもよい。図16に示す例では、移動体114は、検出機能を有さない移動体114aと、検出機能を有する移動体114bとに分けられる。センサ120は、インフラセンサであるセンサ110と同様にカメラを利用して、カメラ画像を撮影する。センサ120は、もちろん他の赤外線センサ、超音波センサ等であってもよい。検出部122は、物体追跡装置130(230)の検出部134と同様の処理により周囲の物体を検出する。このように、移動体114が検出部122を有する場合には、物体追跡装置130(230)は、インフラセンサの出力に限らず、移動体114が検出した情報を受信して追跡処理に利用できる。当該検出した情報を地図座標に変換すれば、センサ110の情報と同様の追跡が実現できる。このように、移動体114から、周囲の物体の検出結果を受信し、第1追跡部136において検出結果として利用してもよい。

10

【0079】

また、上述した第2実施形態では確認部254を含む場合を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、確認部254の処理を省略してもよい。つまり第2条件による判定を省略して、第1条件を満たす対応付けペアは対応付けを維持したまま出力する簡素な構成としてもよい。この場合であっても、計算部256により計算により、第1条件を満たさない追跡器群について対応付けペアが計算される。

20

【0080】

なお、上記各実施形態でCPUがソフトウェア(プログラム)を読み込んで実行した物体追跡処理を、CPU以外の各種のプロセッサが実行してもよい。この場合のプロセッサとしては、FPGA(Field-Programmable Gate Array)等の製造後に回路構成を変更可能なPLD(Programmable Logic Device)、及びASIC(Application Specific Integrated Circuit)等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が例示される。また、物体追跡処理を、これらの各種のプロセッサのうちの1つで実行してもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ(例えば、複数のFPGA、及びCPUとFPGAとの組み合わせ等)で実行してもよい。また、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路である。

30

【0081】

また、上記各実施形態では、物体追跡処理のプログラムがROMまたはストレージに予め記憶(インストール)されている態様を説明したが、これに限定されない。プログラムは、CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory)、DVD-ROM(Digital Versatile Disk Read Only Memory)、及びUSB(Universal Serial Bus)メモリ等の非一時的(non-transitory)記録媒体に記録された形態で提供されてもよい。また、プログラムは、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

40

【符号の説明】

【0082】

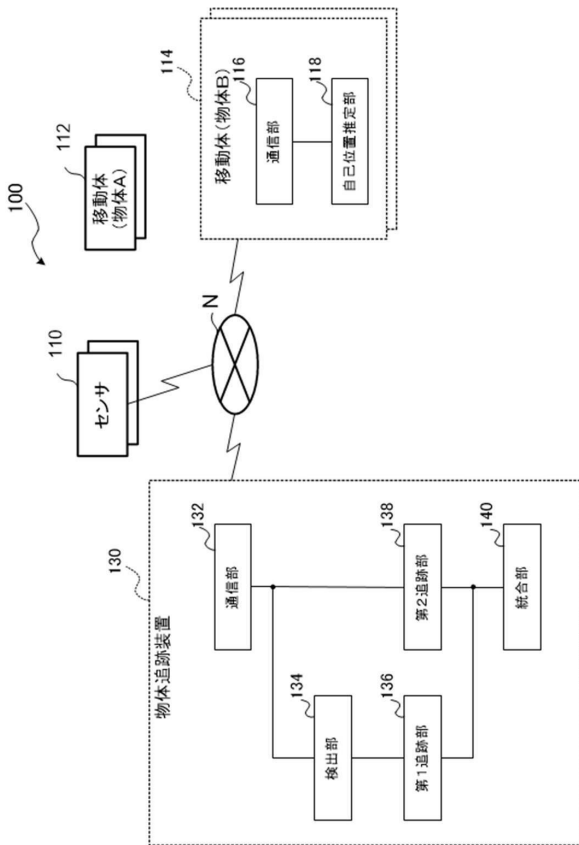
100、200 物体追跡システム  
 110 センサ  
 112 移動体(物体A)  
 114 移動体(物体B)  
 116 通信部  
 118 自己位置推定部

50

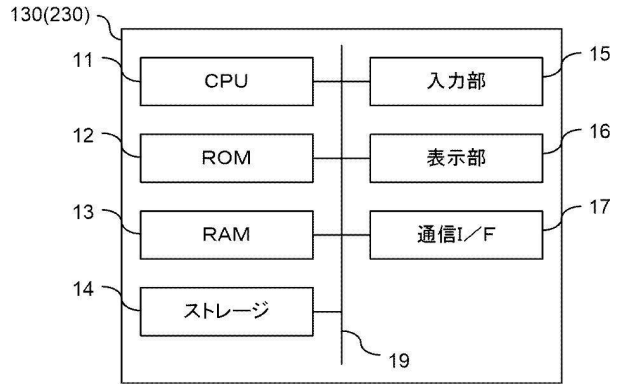
- 1 2 0 センサ
- 1 2 2 検出部
- 1 3 0、2 3 0 物体追跡装置
- 1 3 2 通信部
- 1 3 4 検出部
- 1 3 6 第1追跡部
- 1 3 6 A 第1追跡統合部
- 1 3 8 第2追跡部
- 1 4 0 統合部
- 2 4 2 対応付け部
- 2 4 4 対応付け履歴記憶部
- 2 5 0 予測部
- 2 5 2 分類部
- 2 5 4 確認部
- 2 5 6 計算部

【図面】

【図1】



【図2】



10

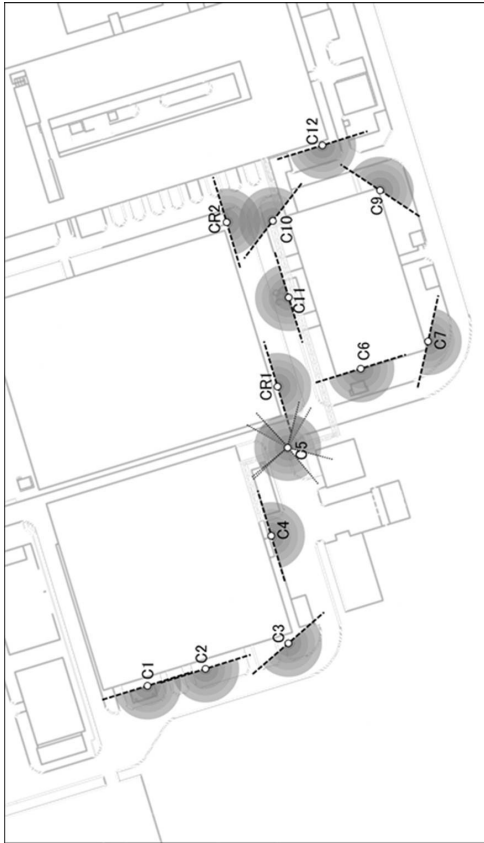
20

30

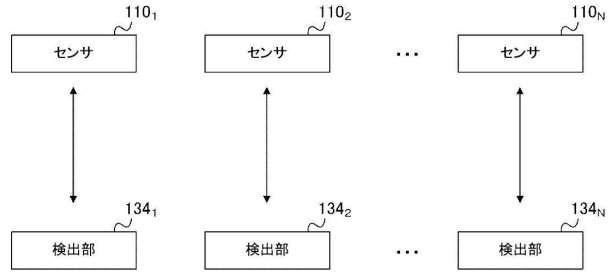
40

50

【図3】



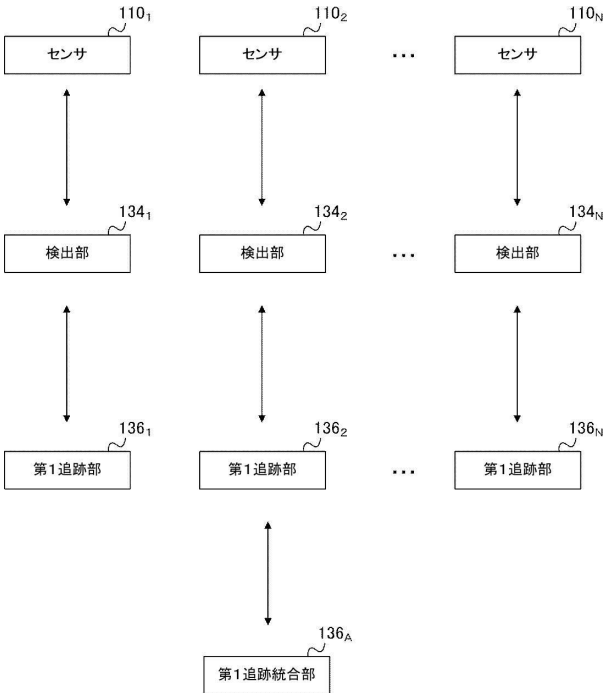
【図4】



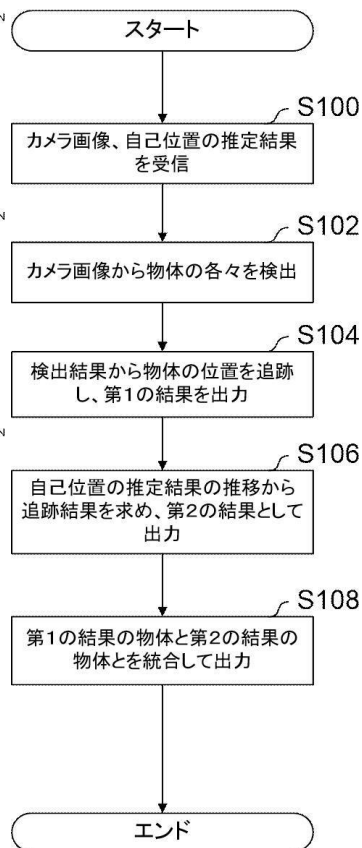
10

20

【図5】



【図6】

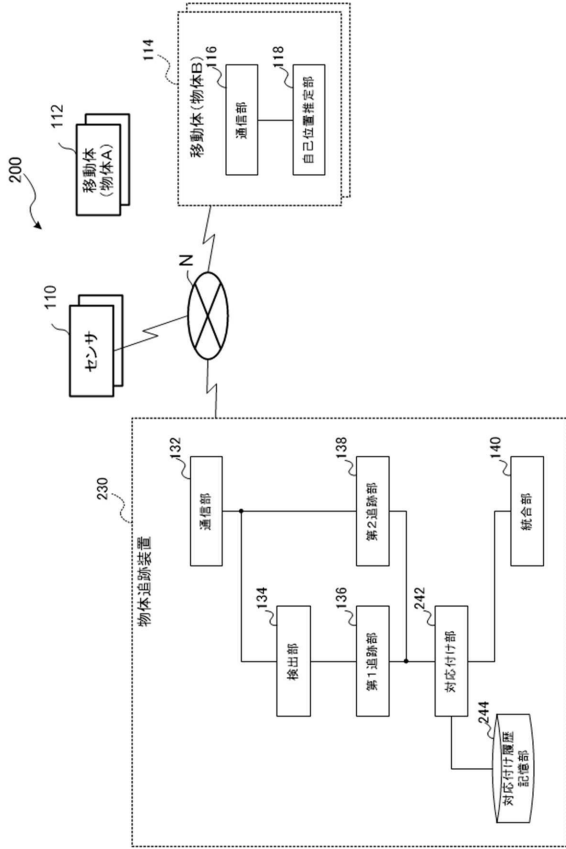


30

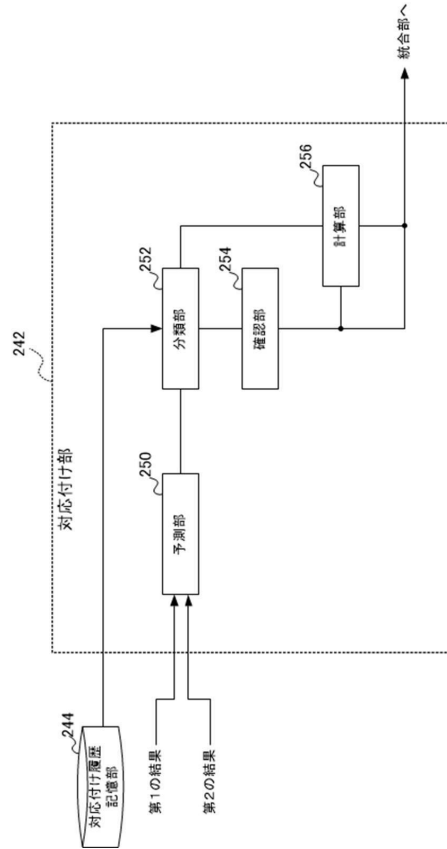
40

50

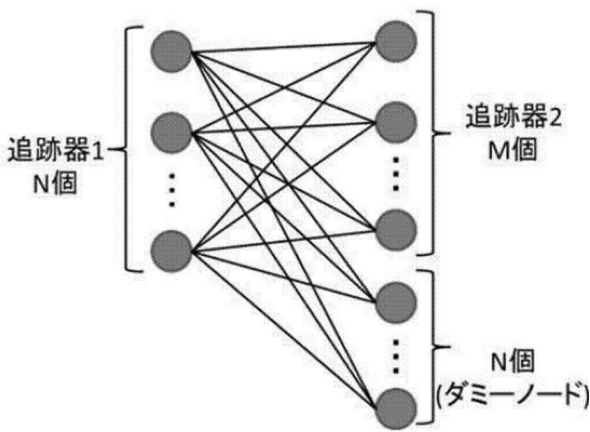
【図 7】



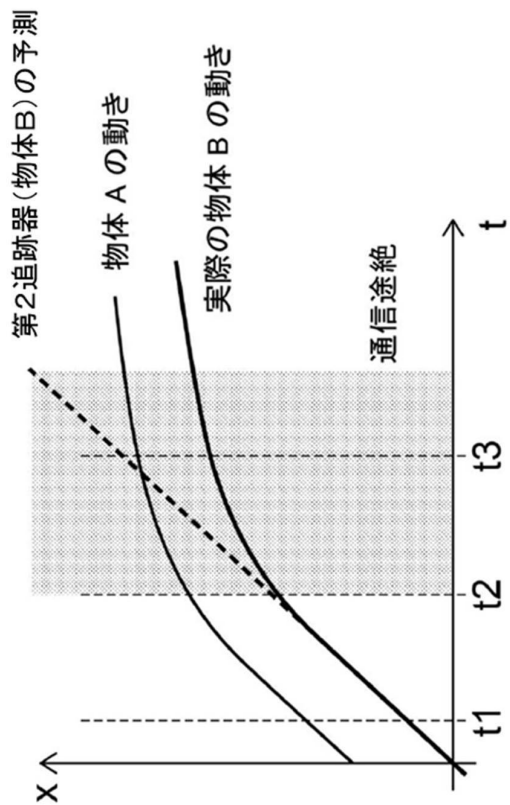
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

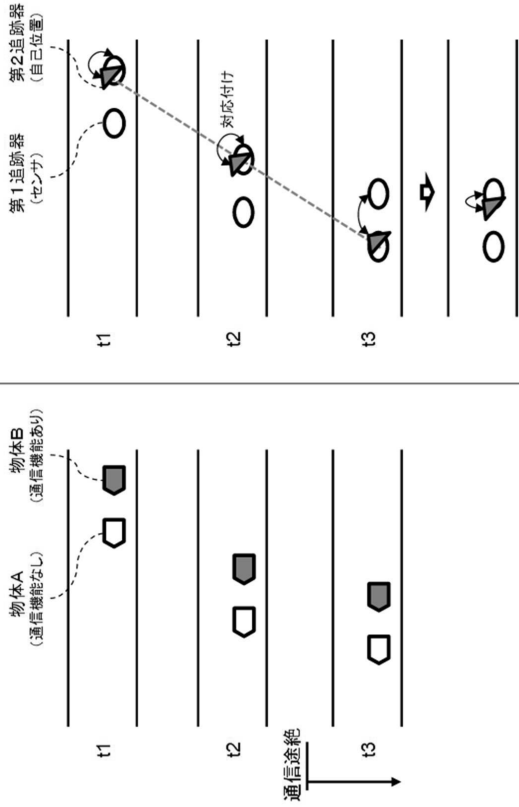
20

30

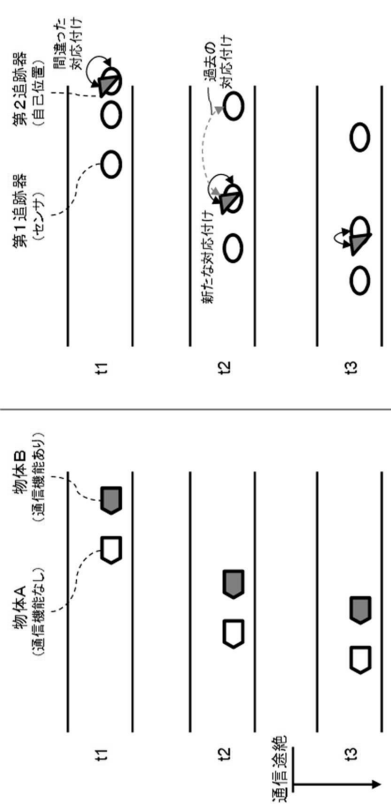
40

50

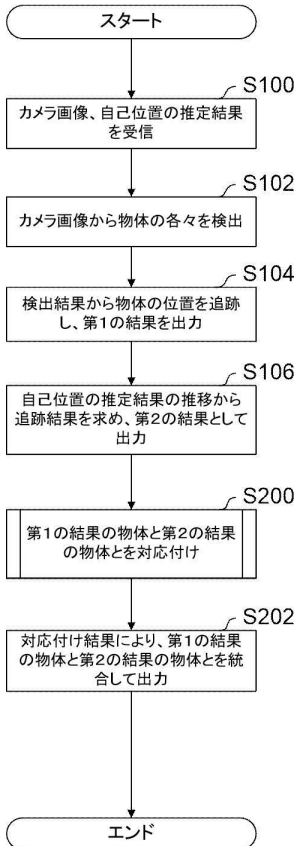
【図 1 1】



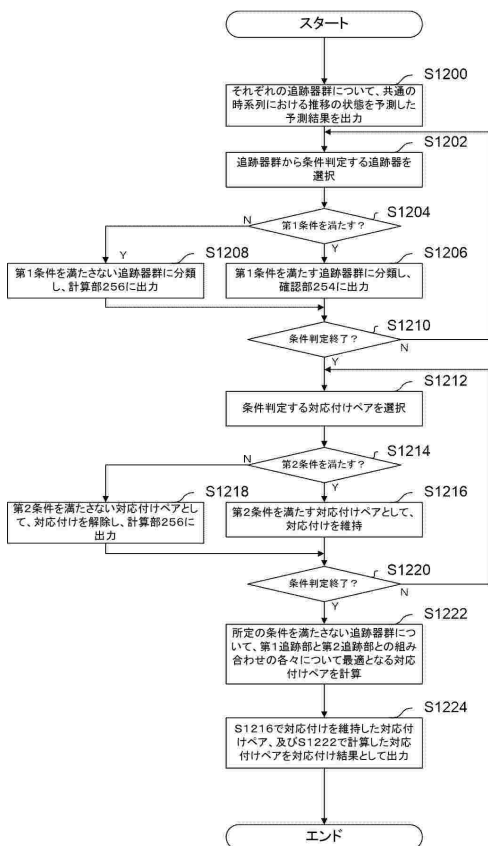
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

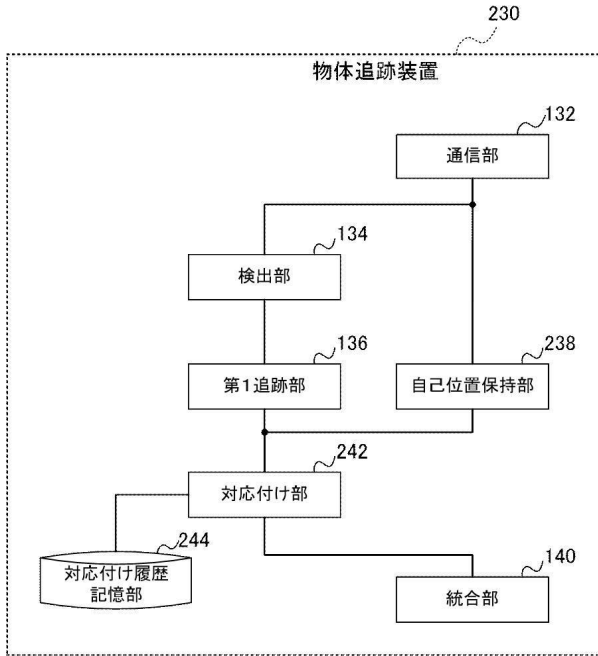
20

30

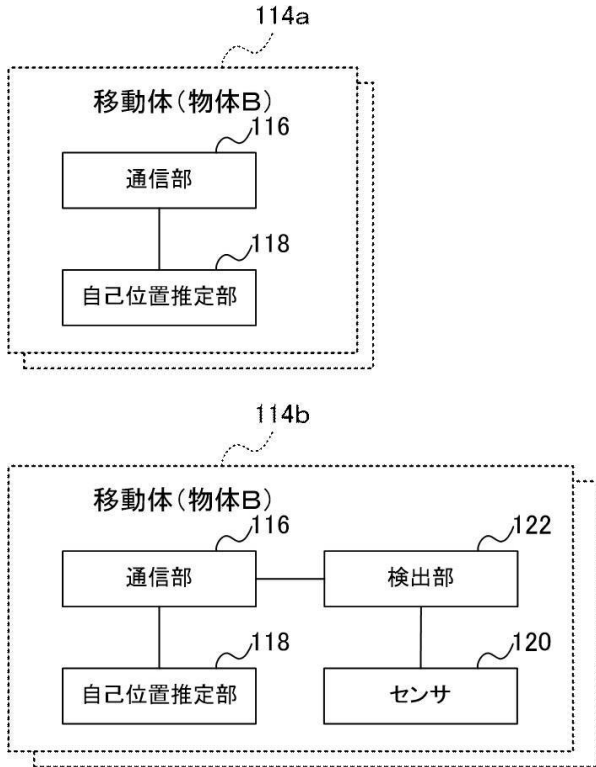
40

50

【図 15】



【図 16】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-020729(JP,A)  
特開2010-276529(JP,A)  
特開2008-226085(JP,A)  
特開2019-219373(JP,A)  
特開2007-226845(JP,A)  
特開2018-199372(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G08G 1/04  
H04N 7/18