

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7207050号  
(P7207050)

(45)発行日 令和5年1月18日(2023.1.18)

(24)登録日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 8 G	1/00 (2006.01)	G 0 8 G	1/00	A	
G 0 8 G	1/01 (2006.01)	G 0 8 G	1/01	A	
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	6 5 0 B	

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号	特願2019-51017(P2019-51017)	(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	平成31年3月19日(2019.3.19)	(74)代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(65)公開番号	特開2020-154526(P2020-154526 A)	(74)代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
(43)公開日	令和2年9月24日(2020.9.24)	(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
審査請求日	令和3年12月28日(2021.12.28)	(72)発明者	大濱 吉紘 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
		(72)発明者	後藤 邦博 愛知県長久手市横道4 1 番地の 1 株式 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 移動物状態量推定装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を記憶する移動物状態量記憶部と、

前記複数の移動物それぞれについて、前記移動物状態量記憶部に記憶された状態量を用いて次の時刻の前記移動物の状態量を予測する移動物状態量予測部と、

数不定の複数センサの何れかから、複数の移動物を検出した検出結果、及び検出性能情報を受け取るセンシング結果獲得部と、

前記センシング結果獲得部によって前記検出結果を受け取る毎に、前記検出結果の時刻に対応して前記移動物状態量予測部によって前記複数の移動物それぞれについて予測された前記移動物の状態量と、複数の移動物それぞれの前記検出結果との対応付けを行い、前記移動物状態量記憶部に格納された、前記複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を更新する移動物状態量整合部と、

前記複数センサそれぞれの検出性能情報に基づいて、前記複数の移動物それぞれについて前記複数のセンサのうち検出可能なセンサによって検出される検出頻度を予測する移動物検出頻度予測部と、

前記移動物状態量整合部によって前記検出結果と対応付かなかった前記移動物の状態量であって、複数の移動物を検出した検出結果により定まる検出頻度が前記移動物検出頻度予測部によって予測された検出頻度より小さい前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する移動物状態量消去部と、

を含む移動物状態量推定装置。

【請求項 2】

前記複数センサは、各々異なる移動体に搭載されたセンサを含む請求項 1 に記載の移動物状態量推定装置。

【請求項 3】

前記複数の移動物それぞれの存在確率を記憶する移動物存在確率記憶部と、

前記移動物状態量整合部による前記検出結果との対応付けの結果、又は前記センサについて予め定められた検出精度に応じて、前記移動物の存在確率を、前記移動物存在確率記憶部に設定し、又は

前記移動物存在確率記憶部に記憶されている前記複数の移動物それぞれの存在確率を、前記移動物状態量整合部による前記検出結果との対応付けの結果、前記最後に観測した時刻からの経過時間、又は前記センサについて予め定められた検出精度若しくは前記移動物検出頻度予測部による前記検出頻度に応じて増減させる移動物存在確率更新部と、

10

を更に含み、

前記移動物状態量消去部は、前記移動物存在確率記憶部に記憶されている前記複数の移動物それぞれの存在確率に基づいて、前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する請求項 1 又は請求項 2 に記載の移動物状態量推定装置。

【請求項 4】

前記移動物検出頻度予測部は、

前記複数センサそれぞれの前記検出性能情報を記憶する検出性能情報記憶部と、

20

前記検出性能情報記憶部に記憶された前記複数センサそれぞれの前記検出性能情報、移動物の検出可能範囲が記録されている移動物検出可能範囲情報、及び前記移動物状態量整合部によって更新された前記移動物の状態量に基づいて、前記検出頻度を算出する検出頻度算出部と、

を含む請求項 3 に記載の移動物状態量推定装置。

【請求項 5】

前記移動物検出頻度予測部は、

前記移動物検出頻度予測部によって予測された移動物の検出位置毎の検出頻度を示す情報を記憶する検出頻度記憶部と、

前記センシング結果獲得部によって受け取った前記検出性能情報、及び移動物の検出可能範囲が記録されている移動物検出可能範囲情報に基づいて、前記検出頻度記憶部に記憶された前記移動物の検出位置毎の検出頻度を更新する検出頻度更新部と、

30

前記検出頻度記憶部から、前記移動物の状態量に対応する検出頻度を抽出する検出頻度抽出部と、

を含む請求項 3 に記載の移動物状態量推定装置。

【請求項 6】

前記複数センサは、複数の車両に搭載された、又はインフラセンサに用いられた、歩行者又は車両を検出する複数の検出器であって、

前記移動物の状態量は、歩行者又は車両の位置及び速度であって、

前記移動物検出可能範囲情報は、センサ検出可能範囲を削減する構造物の位置を示す地図である請求項 4 又は請求項 5 に記載の移動物状態量推定装置。

40

【請求項 7】

複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を記憶する移動物状態量記憶部を含むコンピュータを、

前記複数の移動物それぞれについて、前記移動物状態量記憶部に記憶された状態量を用いて次の時刻の前記移動物の状態量を予測する移動物状態量予測部、

数不定の複数センサの何れかから、複数の移動物を検出した検出結果を受け取るセンシング結果獲得部、

前記センシング結果獲得部によって前記検出結果を受け取る毎に、前記検出結果の時刻に対応して前記移動物状態量予測部によって前記複数の移動物それぞれについて予測され

50

た前記移動物の状態量と、複数の移動物それぞれの前記検出結果との対応付けを行い、前記移動物状態量記憶部に格納された、前記複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を更新する移動物状態量整合部、

前記複数センサそれぞれの検出性能情報に基づいて、前記複数の移動物それぞれについて前記複数のセンサのうち検出可能なセンサによって検出される検出頻度を予測する移動物検出頻度予測部、および

前記移動物状態量整合部によって前記検出結果と対応付かなかった前記移動物の状態量であって、複数の移動物を検出した検出結果により定まる検出頻度が前記移動物検出頻度予測部によって予測された検出頻度より小さい前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する移動物状態量消去部、

10

として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動物状態量推定装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、各々非同期でありセンサ数が不定の複数のセンサによって歩行者の動きを捉えるために、特定のセンサからの検出結果を得る毎に、検出結果と歩行者の位置及び速度などを示す移動物の状態量とを対応付け、該状態量と最後に観測した時刻を更新して、検出結果と一定時間以上対応付けられなかった移動物の状態量を消去する技術が知られている（特許文献1）。

20

【0003】

また、複数のカメラ映像を用いて、各カメラの検出結果を統合して物体を検出する際に、物体と各カメラの位置関係を元にして画像中の検出範囲を予め限定することにより、物体の誤検出を抑制することで、追跡精度を向上することができる物体追跡装置が知られている（特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【文献】特開2018-92368号公報  
特開2016-71830号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1の技術では、最後に観測されてから一定時間を経過した場合に、移動物の状態量を消去することで誤検出を抑制している。

しかしながら、例えば、センサ性能に応じて観測する時間間隔が変化したり移動物の周辺の明るさ等の検出環境が変化したりする場合、誤検出される検出頻度が変化する。特に、一定時間より短い時間に誤検出される検出頻度が増加した場合、正検出と誤検出との区別が困難であり、誤検出を抑制するには、改善の余地がある。

40

【0006】

また、上記特許文献2では、物体とカメラの位置関係を基にして検出範囲を予め制限して誤検出を抑制するが、例えばセンサ性能が異なる複数センサの各々における誤検出の検出頻度は異なるので、物体とカメラの位置関係を基にして検出範囲を制限しても、誤検出を抑制することが困難な場合がある。

【0007】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、非同期の複数センサのセンサ数が不定であっても、検出頻度を考慮して複数センサの結果を統合して、移動物の状態量を精度良く求めることができる移動物状態量推定装置及びプログラムを提供することを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記の目的を達成するために第1態様に係る移動物状態量推定装置は、複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を記憶する移動物状態量記憶部と、前記複数の移動物それぞれについて、前記移動物状態量記憶部に記憶された状態量を用いて次の時刻の前記移動物の状態量を予測する移動物状態量予測部と、数不定の複数センサの何れかから、複数の移動物を検出した検出結果、及び検出性能情報を受け取るセンシング結果獲得部と、前記センシング結果獲得部によって前記検出結果を受け取る毎に、前記検出結果の時刻に対応して前記移動物状態量予測部によって前記複数の移動物それぞれについて予測された前記移動物の状態量と、複数の移動物それぞれの前記検出結果との対応付けを行い、前記移動物状態量記憶部に格納された、前記複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を更新する移動物状態量整合部と、前記複数センサそれぞれの検出性能情報に基づいて、前記複数の移動物それぞれについて前記複数のセンサのうち検出可能なセンサによって検出される検出頻度を予測する移動物検出頻度予測部と、前記移動物状態量整合部によって前記検出結果と対応付かなかった前記移動物の状態量であって、複数の移動物を検出した検出結果により定まる検出頻度が前記移動物検出頻度予測部によって予測された検出頻度より小さい前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する移動物状態量消去部と、を含む移動物状態量推定装置である。

10

## 【0009】

第2態様は、第1態様に記載の移動物状態量推定装置において、前記複数センサは、各々異なる移動体に搭載されたセンサを含む。

20

## 【0010】

第3態様は、第1態様又は第2態様に記載の移動物状態量推定装置において、前記複数の移動物それぞれの存在確率を記憶する移動物存在確率記憶部と、前記移動物状態量整合部による前記検出結果との対応付けの結果、又は前記センサについて予め定められた検出精度に応じて、前記移動物の存在確率を、前記移動物存在確率記憶部に設定し、又は前記移動物存在確率記憶部に記憶されている前記複数の移動物それぞれの存在確率を、前記移動物状態量整合部による前記検出結果との対応付けの結果、前記最後に観測した時刻からの経過時間、又は前記センサについて予め定められた検出精度若しくは前記移動物検出頻度予測部による前記検出頻度に応じて増減させる移動物存在確率更新部と、を更に含み、前記移動物状態量消去部は、前記移動物存在確率記憶部に記憶されている前記複数の移動物それぞれの存在確率に基づいて、前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する。

30

## 【0011】

第4態様は、請求項3に記載の移動物状態量推定装置において、前記移動物検出頻度予測部は、前記複数センサそれぞれの前記検出性能情報を記憶する検出性能情報記憶部と、前記検出性能情報記憶部に記憶された前記複数センサそれぞれの前記検出性能情報、移動物の検出可能範囲が記録されている移動物検出可能範囲情報、及び前記移動物状態量整合部によって更新された前記移動物の状態量に基づいて、前記検出頻度を算出する検出頻度算出部と、を含む。

40

## 【0012】

第5態様は、請求項3に記載の移動物状態量推定装置において、前記移動物検出頻度予測部は、前記移動物検出頻度予測部によって予測された移動物の検出位置毎の検出頻度を示す情報を記憶する検出頻度記憶部と、前記センシング結果獲得部によって受け取った前記検出性能情報、及び移動物の検出可能範囲が記録されている移動物検出可能範囲情報に基づいて、前記検出頻度記憶部に記憶された前記移動物の検出位置毎の検出頻度を更新する検出頻度更新部と、前記検出頻度記憶部から、前記移動物の状態量に対応する検出頻度を抽出する検出頻度抽出部と、を含む。

## 【0013】

第6態様は、第4態様又は第5態様に記載の移動物状態量推定装置において、前記複数

50

センサは、複数の車両に搭載された、又はインフラセンサに用いられた、歩行者又は車両を検出する複数の検出器であって、前記移動物の状態量は、歩行者又は車両の位置及び速度であって、前記移動物検出可能範囲情報は、センサ検出可能範囲を削減する構造物の位置を示す地図である。

【0014】

第7態様は、複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を記憶する移動物状態量記憶部を含むコンピュータを、前記複数の移動物それぞれについて、前記移動物状態量記憶部に記憶された状態量を用いて次の時刻の前記移動物の状態量を予測する移動物状態量予測部、数不定の複数センサの何れかから、複数の移動物を検出した検出結果を受け取るセンシング結果獲得部、前記センシング結果獲得部によって前記検出結果を受け取る毎に、前記検出結果の時刻に対応して前記移動物状態量予測部によって前記複数の移動物それぞれについて予測された前記移動物の状態量と、複数の移動物それぞれの前記検出結果との対応付けを行い、前記移動物状態量記憶部に格納された、前記複数の移動物それぞれの、状態量及び最後に観測した時刻を更新する移動物状態量整合部、前記複数センサそれぞれの検出性能情報に基づいて、前記複数の移動物それぞれについて前記複数のセンサのうち検出可能なセンサによって検出される検出頻度を予測する移動物検出頻度予測部、および前記移動物状態量整合部によって前記検出結果と対応付かなかった前記移動物の状態量であって、複数の移動物を検出した検出結果により定まる検出頻度が前記移動物検出頻度予測部によって予測された検出頻度より小さい前記移動物の状態量を、前記移動物状態量記憶部から消去する移動物状態量消去部、として機能させるためのプログラムである。

10

20

【0015】

また、本開示のプログラムは、記録媒体に格納して提供することも可能である。

【発明の効果】

【0016】

以上説明したように、本開示によれば、非同期の複数センサのセンサ数が不定であっても、検出頻度を考慮して複数センサの結果を統合して、移動物の状態量を精度良く求めることができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

30

【図1】第1実施形態に係る歩行者状態量推定システムを示すブロック図である。

【図2】第1実施形態に係る歩行者状態量推定装置を示すブロック図である。

【図3】非同期の複数センサからの検出結果を用いた検出頻度に基づくセンシング結果統合のイメージ図である。

【図4】第1実施形態に係る歩行者状態量推定装置における歩行者状態量推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図5】第2実施形態に係る歩行者状態量推定装置を示すブロック図である。

【図6】非同期の複数センサからの検出結果を用いた検出頻度に基づくセンシング結果統合のイメージ図である。

【図7】第2実施形態に係る歩行者状態量推定装置における歩行者状態量推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

40

【図8】第3実施形態に係る歩行者状態量推定装置における移動物検出頻度予測部を示すブロック図である。

【図9】第4実施形態に係る歩行者状態量推定装置における移動物検出頻度予測部を示すブロック図である。

【図10】頻度マップを示すイメージ図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を参照して本開示の技術を実現する実施形態を詳細に説明する。

【0019】

50

<実施形態の概要>

本開示の技術を実現する実施形態は、複数のセンサ間でフレーム同期をしないアプローチをとっている。或るセンサからのセンシング結果を受け取ったタイミングで、歩行者位置の状態量（仮説）と受け取ったセンシング結果とを対応付けて、誤差を計算し、仮説の歩行者位置を補正しながら、歩行者を検出・追従する。この処理を各センサからセンシング結果が統合処理装置に届く毎に行う。

【0020】

しかしながら、本アプローチは、1台のセンサの結果だけを使って逐次上記処理を行うため、例えば、センサの検出精度等の検出性能が低い場合（歩行者が存在しない所に誤って歩行者が存在すると結果を出す頻度が高い場合）には、誤検出による存在しない歩行者の仮説が増えてしまい、歩行者数を誤って推定する場合がある。

10

【0021】

このために、各センサの検出頻度を考慮して、誤検出の可能性が高い歩行者の検出結果を棄却する。

【0022】

[第1実施形態]

【0023】

第1実施形態では、車両に搭載された歩行者の検出器やインフラセンサとしての歩行者の検出器の検出結果を統合して歩行者の状態量を推定する歩行者状態量推定装置に本開示の技術を適用した場合を例に説明する。

20

【0024】

<歩行者状態量推定システムのシステム構成>

図1に示すように、第1実施形態に係る歩行者状態量推定システム100は、歩行者状態量推定装置10と、基地局50と、複数の車両に搭載された複数の検出器60と、インフラセンサとしての検出器62とを備え、基地局50と歩行者状態量推定装置10とは、インターネットなどのネットワーク70で接続されており、基地局50と検出器60、62とは、無線通信により接続されている。

【0025】

検出器60、62は、カメラやレーダを用いて歩行者を随時検出し、検出する度に、検出結果を、基地局50を介して、歩行者状態量推定装置10へ送信する。

30

【0026】

例えば、検出器60は、自車両の前方を撮像するカメラによって撮像された前方の道路画像から、スライディングウィンドウ毎に、画像特徴量（SIFT、FIND、HOGなど）を抽出し、スライディングウィンドウ毎の画像特徴量と、歩行者検出モデル（SVM、AdaBoost）を用いて、歩行者を検出し、検出された歩行者位置を表す画像座標を求める。また、検出器60は、歩行者位置を表す画像座標を、3次元位置に変換する。この際に、検出された歩行者の高さに応じて誤差分散行列を求める。また、検出器60は、自車両に搭載されたGPSにより計測された自車両の絶対座標と、求められた3次元位置とに基づいて、歩行者の絶対的な3次元位置を求める。

【0027】

上記の歩行者の3次元位置及び誤差分散行列を、検出された歩行者毎に求め、車両 $C_i$ の検出器60において検出した歩行者の3次元位置のセット $Y_i = \{y_{i,1}, \dots, y_{i,m}\}$ と、観測誤差分散行列のセット $R_i = \{r_{i,1}, \dots, r_{i,m}\}$ とを、観測毎に、歩行者状態量推定装置10へ送信する。また、検出器60は、検出性能情報を含むセンサ情報を送信可能になっている。センサ情報の検出性能情報の一例には、検出時刻、検出器60の検出範囲（検出時点における検出器の位置を含む）、動作周期、及び移動物の未検出率を示す情報が挙げられる。

40

【0028】

検出器62は、検出器60と同様に、検出した歩行者の3次元位置のセットと、観測誤差分散行列のセットとを、観測毎に、歩行者状態量推定装置10へ送信する。

50

## 【 0 0 2 9 】

複数の検出器 6 0、6 2 は、非同期に、歩行者を検出している。また、複数の検出器 6 0 は、各々異なる車両に搭載されているため、歩行者状態量推定装置 1 0 へ検出結果を送信する検出器 6 0、6 2 の数は、不定となる。

## 【 0 0 3 0 】

歩行者状態量推定装置 1 0 は、例えば、サーバで構成され、歩行者状態量推定装置 1 0 は、CPU と、RAM と、後述する歩行者状態量推定処理ルーチンを実行するためのプログラムを記憶した ROM とを備え、機能的には次に示すように構成されている。図 2 に示すように、歩行者状態量推定装置 1 0 は、通信部 1 2 と、センシング結果獲得部 1 4 と、移動物状態量記憶部 1 6 と、移動物状態量予測部 1 8 と、移動物状態量整合部 2 0 と、移動物検出頻度予測部 2 1 と、移動物状態量消去部 2 2 と、移動物状態量更新部 2 4 とを備えている。

10

## 【 0 0 3 1 】

センシング結果獲得部 1 4 は、検出器 6 0、6 2 の何れかから送信された歩行者の座標のセット及び観測誤差分散行列のセットを、通信部 1 2 により受信する毎に、歩行者の座標のセット及び観測誤差分散行列のセットを取得する。また、センシング結果獲得部 1 4 は、検出器 6 0、6 2 それぞれのセンサ情報を取得可能になっている。

## 【 0 0 3 2 】

移動物状態量記憶部 1 6 は、観測された複数の歩行者それぞれの、移動物状態量更新部 2 4 により更新された状態量（歩行者の位置及び速度）、及び最後に観測した時刻を記憶する。

20

## 【 0 0 3 3 】

移動物状態量予測部 1 8 は、センシング結果獲得部 1 4 により取得した最新のデータの時刻に合わせて、複数の歩行者それぞれについて、カルマンフィルタの予測ステップにより、移動物状態量記憶部 1 6 に記憶された状態量を用いて次の時刻の歩行者の状態量を予測することを繰り返し、当該最新のデータの時刻における歩行者の状態量のセット  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 、および、状態量の分散共分散行列  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  を求める。例えば、等速予測などにより、次の時刻の歩行者の状態量を予測する。

## 【 0 0 3 4 】

移動物状態量整合部 2 0 は、センシング結果獲得部 1 4 により最新のデータを受け取る毎に、当該最新のデータの時刻に対応して移動物状態量予測部 1 8 によって複数の歩行者それぞれについて予測された状態量と、当該最新のデータが表す複数の歩行者それぞれの検出結果との対応付けを行う。

30

## 【 0 0 3 5 】

具体的には、当該最新のデータの時刻における歩行者の状態量のセット  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  と、当該最新のデータにおいて検出した歩行者の 3 次元位置のセット  $Y_i = \{y_{i,1}, \dots, y_{i,m}\}$  との対応付けを行う。例えば、対応付けられた状態量  $x_k$  と検出された歩行者の 3 次元位置  $y_{i,j}$  との組み合わせの確率  $p(y_{i,j} | x_k)$  の積を最大にする対応付けを、ハンガリアン法などの手法により高速に計算する。

## 【 0 0 3 6 】

なお、状態量  $x_k$  と検出された歩行者の 3 次元位置  $y_{i,j}$  との組み合わせの確率  $p(y_{i,j} | x_k)$  は、状態量  $x_k$  を中心とし、対応するカルマンフィルタの分散  $v_k$  と、3 次元位置  $y_{i,j}$  に対応する観測誤差分散行列  $r_{i,j}$  との和を、分散とした多次元正規分布における、3 次元位置  $y_{i,j}$  の確率に基づいて、確率  $p(y_{i,j} | x_k)$  を求めればよい。

40

## 【 0 0 3 7 】

また、対応付けられない確率を設定値として与え、この設定値より小さい確率の組み合わせは、対応付けられないようにする。

## 【 0 0 3 8 】

移動物状態量更新部 2 4 は、移動物状態量整合部 2 0 により最新のデータの検出結果と

50

対応付けられた状態量の各々について、対応する3次元位置  $y_{i,j}$  を観測値として、その誤差分散行列  $r_{i,j}$  と、予測ステップで得られた歩行者の状態量及び分散共分散行列とを用いて、カルマンフィルタのフィルタリングステップにより、状態量を更新すると共に、最後に観測した時刻を更新する。

【0039】

また、移動物状態量更新部24は、移動物状態量整合部20による検出結果との対応付けの結果に基づいて、最新のデータの検出結果のうち、状態量と対応付かなかった歩行者の検出結果から、新たな状態量  $x$  を生成し、最後に観測した時刻として、現在時刻を、移動物状態量記憶部16に格納する。なお、新たな状態量  $x$  は観測された歩行者の3次元位置  $y$  と同じ座標、誤差分散行列を持つこととする。

10

【0040】

移動物検出頻度予測部21は、複数の歩行者それぞれについて、共通する時刻間の所定時間内において、複数の検出器60、62のうち検出可能な検出器により検出される検出頻度を予測する。すなわち、複数の検出器60、62それぞれのセンサ情報である検出時刻、検出範囲(検出時点における検出器の位置を含む)、動作周期、及び移動物の未検出率を用いて、複数の歩行者それぞれについて共通する時刻間の所定時間内における検出頻度を求めることにより、検出頻度を予測する。

【0041】

具体的には、センシング結果獲得部14により取得した検出器60、62それぞれのセンサ情報を用いて、共通する時刻間の所定時間内において或る歩行者を共通に検出可能な検出器60、62を特定し、特定された検出器それぞれの検出頻度の総和を、予測検出頻度とする。この場合、観測された歩行者の3次元位置  $y$  と同じ座標を検出範囲とする検出器を特定すればよい。例えば、図3に示すように、複数の検出器60、62として、カメラを利用し、歩行者を検出する状況を考える。図3に示す例では、全てのカメラについて、検出性能として、未検出率が5%(0.05)であり、カメラ1の動作周期が10Hzであり、カメラ2の動作周期が1Hzであるとする、カメラ1により1度の観測によって歩行者を検出する場合、9.5回/秒の頻度で歩行者が検出されると予測し、カメラ2により1度の観測によって歩行者を検出する場合、0.95回/秒の頻度で歩行者が検出されると予測する。2台のカメラ1及びカメラ2の観測では、検出タイミングが異なるが、共通する時刻間の所定時間内に検出された検出頻度の合計、この場合、10.45回/秒の頻度で歩行者が検出されると予測する。換言すれば、或る位置に存在する歩行者を複数台のカメラで観測した場合、共通する時刻間の所定時間内では、複数台のカメラそれぞれの検出頻度の合計した検出頻度で歩行者が検出される。

20

30

【0042】

移動物状態量消去部22は、移動物状態量整合部20によって検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、観測された検出頻度が移動物検出頻度予測部21によって予測された検出頻度より小さい検出頻度の移動物の状態量を、移動物状態量記憶部16から消去する。移動物状態量消去部22は、移動物検出頻度予測部21によって予測された検出頻度により定まる閾値を、移動物として存在する可能性が低い検出頻度として設定する。従って、移動物状態量消去部22は、移動物状態量整合部20によって検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、移動物検出頻度予測部21によって予測された検出頻度が閾値より小さい移動物の状態量を、移動物状態量記憶部16から消去する。例えば、閾値を、予測した検出頻度の例えば50%の検出頻度と設定した場合、図3に示す例では、カメラ1により観測された検出頻度が1回/秒の歩行者は、予測された検出頻度が9.5回/秒より定まる閾値より小さい歩行者の状態量を消去する。なお、閾値は、検出性能情報を含むセンサ情報によって適宜設定すればよい。

40

【0043】

なお、移動物状態量消去部22は、簡易的な処理として、移動物状態量整合部20によって検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、最後に観測した時刻から一定時間以上経過している歩行者の状態量を、移動物状態量記憶部16から消去する機能を有する

50



ことも可能である。

【0044】

歩行者状態量推定装置10は、上記の一連の処理により更新された状態量のセットXを、歩行者の検出結果の統合結果として出力する。

【0045】

<歩行者状態量推定システム100の動作>

次に、第1実施形態に係る歩行者状態量推定システム100の動作について説明する。まず、複数の車両に搭載された複数の検出器60、及びインフラセンサとしての検出器62の各々によって、歩行者が逐次検出され、検出される毎に、検出結果が、基地局50を介して、歩行者状態量推定装置10に送信されているときに、歩行者状態量推定装置10において、図4に示す歩行者状態量推定処理ルーチンが実行される。

10

【0046】

ステップS100において、複数の検出器60及び検出器62の何れかから、歩行者の検出結果として、歩行者の3次元位置のセット $Y_i = \{y_{i,1}, \dots, y_{i,m}\}$ と、観測誤差分散行列のセット $R_i = \{r_{i,1}, \dots, r_{i,m}\}$ とを受信すると、ステップS102へ進む。

【0047】

ステップS102では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に合わせて、複数の歩行者それぞれについて、カルマンフィルタの予測ステップにより、移動物状態量記憶部16に記憶された状態量を用いて次の時刻の歩行者の状態量を予測することを繰り返し、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻における歩行者の状態量のセット $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 、および、その分散共分散行列 $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ を求める。

20

【0048】

ステップS104では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に対応して上記ステップS102で複数の歩行者それぞれについて予測された状態量と、上記ステップS100で受信した検出結果が表す複数の歩行者それぞれの3次元位置との対応付けを行う。

【0049】

ステップS105では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に対応して上記ステップS102で複数の歩行者それぞれについて、共通する時刻間の所定時間内において、複数の検出器のうち検出可能な検出器により検出される検出頻度を予測する。

30

【0050】

ステップS106では、上記ステップS104で検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、観測した検出頻度が上記ステップS105で予測した検出頻度が閾値より小さい歩行者の状態量を、移動物状態量記憶部16から消去する。

【0051】

ステップS108では、上記ステップS104で検出結果と対応付けられた状態量の各々について、対応する3次元位置 $y_{i,j}$ を観測値として、その誤差分散行列 $r_{i,j}$ と上記ステップS102で得られた歩行者の状態量及び分散共分散行列とを用いて、カルマンフィルタのフィルタリングステップにより、状態量を更新すると共に、最後に観測した時刻を更新する。また、上記ステップS100で受信した検出結果のうち、状態量と対応付かなかった歩行者の検出結果に基づき、新たな状態量 $x$ を生成し、最後に観測した時刻として、現在時刻を、移動物状態量記憶部16に格納する。

40

【0052】

そして、ステップS110では、更新された状態量のセットXを、歩行者の検出結果の統合結果として出力し、上記ステップS100へ戻る。

【0053】

以上説明したように、第1実施形態に係る歩行者状態量推定システムによれば、非同期の複数センサのセンサ数が不定であっても、検出頻度を考慮して複数センサの結果を統合して、歩行者の状態量を精度良く求めることができる。

50

## 【 0 0 5 4 】

また、非同期に不特定の複数センサからセンシング結果が来る場合に、検出頻度を考慮して削除することにより、信頼できない検出結果の影響が状態量として残らないようにすることで、各センサの誤検出にロバストになる。このように、非同期に来る複数センサからのセンシング結果をリアルタイムに統合処理をする場合に、各センサの誤検出にロバストになる。

## 【 0 0 5 5 】

## [ 第 2 実施形態 ]

< 歩行者状態量推定システムのシステム構成 >

次に、第 2 実施形態に係る歩行者状態量推定システムについて説明する。なお、第 1 実施形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

10

## 【 0 0 5 6 】

第 2 実施形態では、複数の歩行者それぞれの存在確率を保持し、検出結果と状態量との対応付けに基づいて、複数の歩行者それぞれの存在確率を更新している点と、状態量を消去する際に、予測された検出頻度に応じて変化する存在確率を考慮している点とが第 1 実施形態と異なっている。

## 【 0 0 5 7 】

図 5 に示すように、第 2 実施形態に係る歩行者状態量推定装置 2 1 0 は、通信部 1 2 と、センシング結果獲得部 1 4 と、移動物状態量記憶部 1 6 と、移動物状態量予測部 1 8 と、移動物状態量整合部 2 0 と、移動物検出頻度予測部 2 1 と、移動物状態量消去部 2 2 と、移動物状態量更新部 2 4 と、移動物存在確率更新部 2 2 0 と、移動物存在確率記憶部 2 2 2 と、を備えている。

20

## 【 0 0 5 8 】

移動物存在確率記憶部 2 2 2 は、移動物状態量記憶部 1 6 に記憶されている複数の歩行者それぞれの存在確率を記憶する。

## 【 0 0 5 9 】

移動物存在確率更新部 2 2 0 は、移動物状態量整合部 2 0 による検出結果との対応付けの結果に基づいて、最新のデータの検出結果のうち、状態量と対応付かなかった歩行者の検出結果に対し、当該歩行者の存在確率として、設定値を移動物存在確率記憶部 2 2 2 に格納する。設定値は、検出器 6 0、6 2 について予め定められた検出精度に応じて定めればよい。

30

## 【 0 0 6 0 】

また、移動物存在確率更新部 2 2 0 は、移動物存在確率記憶部 2 2 2 に記憶されている複数の歩行者それぞれの存在確率のうち、移動物状態量整合部 2 0 により最新のデータの検出結果と対応付けられた歩行者の存在確率の各々について、検出器 6 0、6 2 について検出頻度に応じて増加させるように更新する（図 6 参照）。

## 【 0 0 6 1 】

また、移動物存在確率更新部 2 2 0 は、移動物存在確率記憶部 2 2 2 に記憶されている複数の歩行者それぞれの存在確率のうち、移動物状態量整合部 2 0 により最新のデータの検出結果と対応付けられなかった歩行者の存在確率の各々について、検出頻度に応じた存在確率となるように減衰させて更新する（図 6 参照）。

40

## 【 0 0 6 2 】

移動物状態量消去部 2 2 は、移動物状態量整合部 2 0 によって検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、移動物検出頻度予測部 2 1 によって予測された検出頻度が第 1 閾値（第 1 実施形態における閾値）より小さい歩行者の状態量に対応する、移動物存在確率記憶部 2 2 2 に記憶されている存在確率が第 2 閾値より小さい歩行者の状態量を消去する。なお、第 2 閾値は、移動物として存在する可能性が低い確率として予め定めた歩行者の存在確率に対応した値とする。

## 【 0 0 6 3 】

ここで、移動物存在確率更新部 2 2 0 で、存在確率を検出頻度に応じて更新することに

50

ついてさらに説明する。ここでは、複数の検出器 60、62として、カメラを利用し、歩行者を検出する場合を考える。

【0064】

或る移動物の状態量について、前回時刻からの経過時間を  $t$  で表し、存在確率の減少速度を  $p$  で表すと、存在確率の変化量  $\Delta p$  は、次の式で表すことができる。

$$\Delta p = -p \cdot t$$

【0065】

歩行者状態量推定装置 210としてN台のカメラが存在する場合、 $i$  番目のカメラ ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の時刻  $t$  における動作周波数を  $f_i$ 、カメラの撮影可能範囲を削減する構造物により不可視の予め定めた領域 (例えば、壁などによる死角) を考慮したカメラ  $i$  の視野を  $R_i(t)$  とする。さらに、或る場所  $x$  がカメラ  $i$  の視野内に含まれるか否かを示す関数  $\sigma_i(x, t)$  を、次の式で表す。

$$\sigma_i(x, t) = \begin{cases} 1 & (x \in R_i(t)) \\ 0 & (x \notin R_i(t)) \end{cases}$$

【0066】

また、場所  $x$  におけるカメラ  $i$  による物体の未検出率を  $p_{FN,i}(x, t)$  と表す。移動物の未検出率は検出器からの距離、日照条件、などから導出すればよい。すると、位置  $x$  に移動物が存在した場合、N台のカメラによる総検出頻度  $f(x, t)$  は、次の式により計算可能である。

$$f(x, t) = \sum_{i=1}^N \left(1 - p_{FN,i}(x, t)\right) \sigma_i(x, t) f_i$$

【0067】

従って、時刻  $t$  で場所  $x_j$ 、 $j$  番目の移動物の存在確率の減少量  $\Delta p_j(t)$  を、次の式で表すことが可能である。

$$\Delta p_j(t) = -p_0 \cdot f(x, t)$$

このようにすることで、存在確率を検出頻度に応じて更新することが可能である。

【0068】

また、各センサの検出頻度を各移動物の存在確率の更新のたびに計算する代わりに、各検出器について算出した検出頻度を予め格納しておき、移動物の位置に応じた値を抽出してもよい。検出頻度の分布に変化があった検出器のみ格納した情報を更新することで、検出器及び移動物の数が増加した場合に効率よく算出可能となる。

【0069】

なお、第2実施形態に係る歩行者状態量推定システムの他の構成は、第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0070】

<歩行者状態量推定システムの動作>

次に、第2実施形態に係る歩行者状態量推定システムの動作について説明する。まず、複数の車両に搭載された複数の検出器 60、及びインフラセンサとしての検出器 62の各々によって、歩行者が逐次検出され、検出結果が、基地局 50を介して、歩行者状態量推定装置 10に送信されているときに、歩行者状態量推定装置 210において、図7に示す歩行者状態量推定処理ルーチンが実行される。なお、第1実施形態と同様の処理について

10

20

30

40

50

は、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

【0071】

ステップS100において、複数の検出器60及び検出器62の何れかから、歩行者の検出結果として、歩行者の3次元位置のセット $Y_i = \{y_{i,1}, \dots, y_{i,m}\}$ と、観測誤差分散行列のセット $R_i = \{r_{i,1}, \dots, r_{i,m}\}$ とを受信すると、ステップS200へ進む。

【0072】

ステップS102では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に合わせて、複数の歩行者それぞれについて、カルマンフィルタの予測ステップにより、移動物状態量記憶部16に記憶された状態量を用いて次の時刻の歩行者の状態量を予測することを繰り返す。上記ステップS100で受信した検出結果の時刻における歩行者の状態量のセット $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 、および、その分散共分散行列 $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ を求める。

10

【0073】

ステップS104では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に対応して上記ステップS102で複数の歩行者それぞれについて予測された状態量と、上記ステップS100で受信した検出結果が表す複数の歩行者それぞれの3次元位置との対応付けを行う。

【0074】

ステップS105では、上記ステップS100で受信した検出結果の時刻に対応して上記ステップS102で複数の歩行者それぞれについて、共通する時刻間の所定時間内において、複数の検出器のうち検出可能な検出器により検出される検出頻度を予測する。

20

【0075】

ステップS106では、上記ステップS104で検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、観測した検出頻度が上記ステップS105で予測した検出頻度が閾値より小さい歩行者の状態量を、移動物状態量記憶部16から消去する。

【0076】

ステップS202では、移動物存在確率記憶部222に記憶されている複数の歩行者それぞれの存在確率のうち、上記ステップS104により最新のデータの検出結果と対応付けられた歩行者の存在確率の各々について、検出器60、62についてステップS105で予測した検出頻度に応じて増加させるように更新する。また、移動物存在確率記憶部222に記憶されている複数の歩行者それぞれの存在確率のうち、上記ステップS104により最新のデータの検出結果と対応付けられなかった歩行者の存在確率の各々について、ステップS105で予測した検出頻度に応じた存在確率となるように減衰させて更新する。

30

【0077】

ステップS204では、上記ステップS104で検出結果と対応付かなかった歩行者の状態量のうち、移動物存在確率記憶部222に記憶されている存在確率が第2閾値より小さい歩行者の状態量を消去する。

【0078】

ステップS108では、上記ステップS104で検出結果と対応付けられた状態量の各々について、対応する3次元位置 $y_{i,j}$ を観測値として、その誤差分散行列 $r_{i,j}$ と上記ステップS200で得られた歩行者の状態量及び分散共分散行列とを用いて、カルマンフィルタのフィルタリングステップにより、状態量を更新すると共に、最後に観測した時刻を更新する。また、上記ステップS100で受信した検出結果のうち、状態量と対応付かなかった歩行者の検出結果に基づき、新たな状態量 $x$ を生成し、最後に観測した時刻として、現在時刻を、移動物状態量記憶部16に格納する。また、所定の存在確率を、移動物存在確率記憶部222に格納する。

40

【0079】

そして、ステップS110では、更新された状態量のセット $X$ を、歩行者の検出結果の統合結果として出力し、上記ステップS100へ戻る。

【0080】

50

以上説明したように、第2実施形態に係る歩行者状態量推定システムによれば、非同期に不特定の複数センサからセンシング結果が来る場合に、検出された状態量を、検出頻度から定まる存在確率に基づいて削除することにより、信頼できない検出結果の影響が状態量として残らないようにすることで、各センサの誤検出にロバストになる。

【0081】

[第3実施形態]

<歩行者状態量推定システムのシステム構成>

次に、第3実施形態に係る歩行者状態量推定システムについて説明する。なお、第1実施形態及び第2実施形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

【0082】

第3実施形態は、移動物の検出頻度を予測した結果から歩行者の存在確率を更新する際に、予め記憶されている検出器60、62それぞれの最新のセンサ情報、及び壁などの構造物の位置を示す地図を用いて、移動物の検出頻度を予測する点が第2実施形態と異なっている。

【0083】

図8に示すように、第3実施形態に係る歩行者状態量推定装置における移動物検出頻度予測部321は、センサログ記憶部322と、地図323と、検出頻度算出部324と、を備えている。

【0084】

センサログ記憶部322は、検出器60、62それぞれの最新のセンサ情報を記憶する。また、地図323は、検出器60、62の検出可能範囲を削減する壁などの構造物の位置を示す地図情報を記憶する。

【0085】

検出頻度算出部324は、センサログ記憶部322は、検出器60、62それぞれの最新のセンサ情報と、地図323は、検出器60、62の検出可能範囲を削減する壁などの構造物の位置を示す地図情報とを用いて検出頻度を算出する。

【0086】

具体的には、例えば、複数の検出器60、62として、カメラを利用し、歩行者を検出する場合、検出頻度算出部324は、カメラそれぞれの検出位置(検出方向を含む)及び検出範囲と、壁などの構造物の位置とから、壁などの構造物により生じる死角または検出不可領域(構造物により検出器では検出不可の領域)を求め、この検出不可領域を除く領域を、カメラ*i*の視野 $R_i(t)$ とし、或る場所*x*がカメラ*i*の視野内に含まれるか否かを示す関数 $\phi_i(x, t)$ を定める。

【0087】

また、センサ情報による最新の未検出率 $p_{FN,i}(x, t)$ を用いて、*N*台のカメラによる総検出頻度 $f(x, t)$ を算出する。従って、時刻*t*で場所*x<sub>j</sub>*、*j*番目の移動物の存在確率の減少量 $\rho_j(t)$ を、上記の式により求めることで、存在確率を検出頻度に応じて更新することが可能である。

【0088】

なお、第3実施形態に係る歩行者状態量推定システムの他の構成及び作用は、第2実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0089】

このように、地図により定まる検出器により検出が不可能な範囲を制約として用いて、歩行者の存在確率を更新することにより、存在しない歩行者の状態量を適切に消去することができる。

【0090】

[第4実施形態]

<歩行者状態量推定システムのシステム構成>

次に、第4実施形態に係る歩行者状態量推定システムについて説明する。なお、第1実

10

20

30

40

50

施形態及び第2実施形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

【0091】

第4実施形態は、位置毎に予測された移動物の検出頻度を記憶しておき、記憶されている検出頻度を用いて、移動物の検出頻度を予測する点が第2実施形態と異なっている。

【0092】

図9に示すように、第4実施形態に係る歩行者状態量推定装置における移動物検出頻度予測部421は、頻度マップ更新部422と、地図323と、頻度マップ423と、検出頻度算出部424と、を備えている。

【0093】

頻度マップ423は、地図323に記憶されている地図情報、及び検出器60、62それぞれの最新のセンサ情報を用いて、歩行者の検出可能範囲における位置毎の検出頻度を記憶する。具体的には、例えば、複数の検出器60、62を、2台のカメラ1及びカメラ2とした場合、図10に示すように、カメラ1及びカメラ2それぞれのカメラ位置で、センサ情報による検出可能範囲とする。また、地図情報により壁が検出可能範囲に存在するとする。この場合、歩行者が存在する可能性のある全体領域は、カメラ1及びカメラ2により歩行者を検出不可能な領域(カメラ台数 $N_c = 0$ )、カメラ1またはカメラ2でのみ歩行者を検出可能な領域(カメラ台数 $N_c = 1$ )、及びカメラ1及びカメラ2の両方で歩行者を検出可能な領域(カメラ台数 $N_c = 2$ )に分類される。従って、歩行者の位置に応じて、検出可能なカメラの台数が異なり、検出可能なカメラの台数に応じて検出頻度に変化する。従って、図10に示すように位置毎にカメラ台数を示す領域を頻度マップとする。この頻度マップは、各領域に該当するカメラの動作周期からカメラそれぞれの検出頻度を算出可能であり、台数分を加算することで、該当領域の検出頻度を導出可能である。従って、頻度マップ更新部422は、センサ情報及び地図323に記憶された地図情報を用いて、頻度マップを最新の状態に更新する。

【0094】

検出頻度算出部424は、頻度マップ423に記憶されている検出頻度のうち歩行者の状態量で示される位置の検出頻度を抽出することで、検出頻度を算出して出力する。

【0095】

なお、第4実施形態に係る歩行者状態量推定システムの他の構成及び作用は、第2実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0096】

このように、地図により定まる検出器により検出が不可能な範囲を制約として用いて、センサ情報から頻度マップを更新することにより、歩行者の状態量による位置に対応する検出頻度を迅速に求めることが可能になり、存在しない歩行者の状態量を適切に消去することができる。

【0097】

なお、上記の実施の形態では、検出対象となる移動物として歩行者を対象と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く、例えば車両などの他の移動体を検出対象としてもよい。

【0098】

また、複数の車両に搭載された複数の検出器及びインフラセンサとしての検出器を、非同期の複数センサと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く、インフラセンサとしての検出器を用いないように構成してもよい。

【0099】

また、単一の車両に搭載され、かつ、カメラ及びレーダを含む複数の計測器を用いた、複数の検出器を、非同期の複数センサとしてもよい。例えば、異なる計測器を用いた検出器が、後付けで当該車両に追加される場合には、複数センサの数が不定になることが想定される。

【0100】

10

20

30

40

50

なお、本開示のプログラムは、記録媒体に格納して提供することができる。

【符号の説明】

【0101】

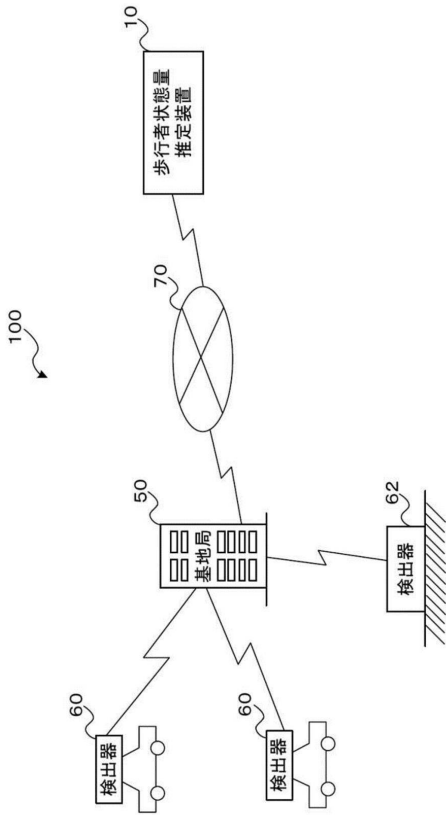
10、210	歩行者状態量推定装置	
12	通信部	
14	センシング結果獲得部	
16	移動物状態量記憶部	
18	移動物状態量予測部	
20	移動物状態量整合部	
21	移動物検出頻度予測部	10
22	移動物状態量消去部	
24	移動物状態量更新部	
50	基地局	
60、62	検出器	
70	ネットワーク	
100	歩行者状態量推定システム	
210	歩行者状態量推定装置	
220	移動物存在確率更新部	
222	移動物存在確率記憶部	
321	移動物検出頻度予測部	20
322	センサログ記憶部	
323	地図	
324	検出頻度算出部	
421	移動物検出頻度予測部	
422	頻度マップ更新部	
423	頻度マップ	
424	検出頻度算出部	

30

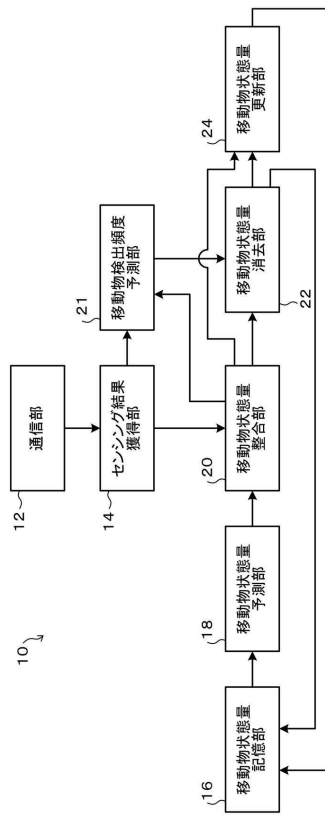
40

50

【図面】  
【図 1】



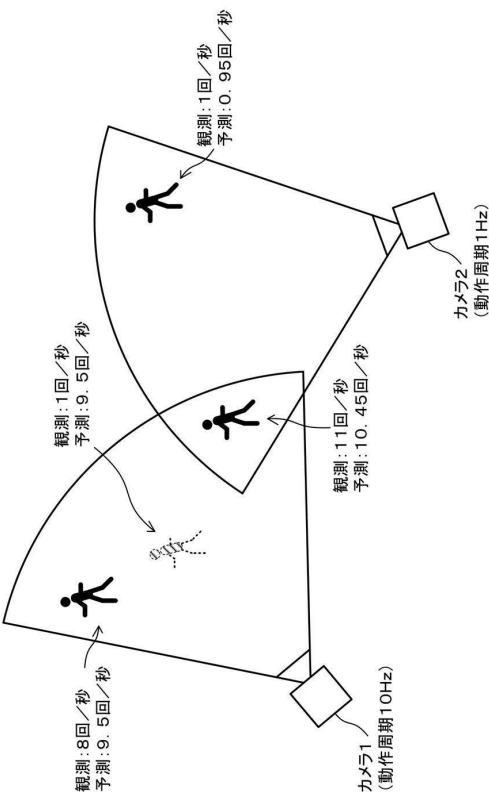
【図 2】



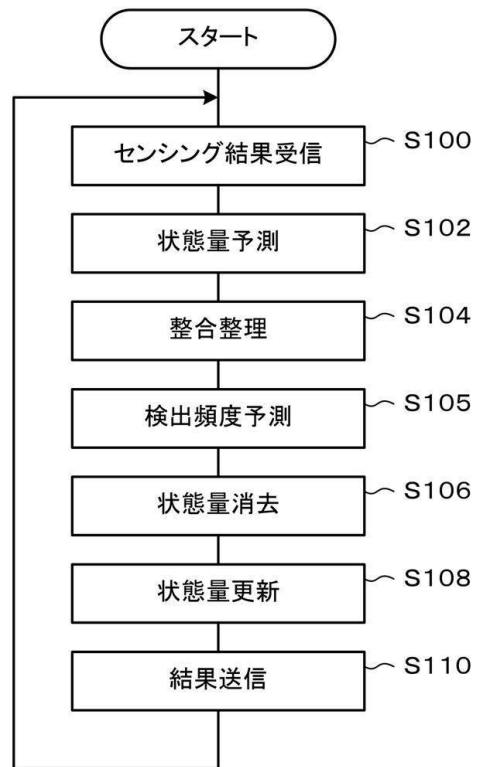
10

20

【図 3】



【図 4】



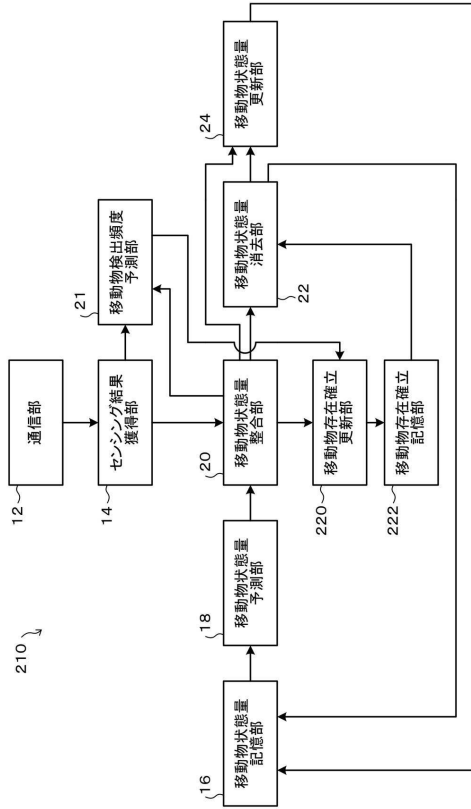
30

40

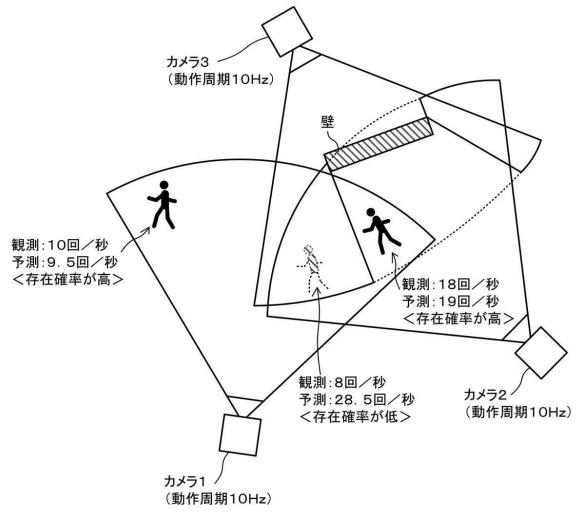
50



【図5】



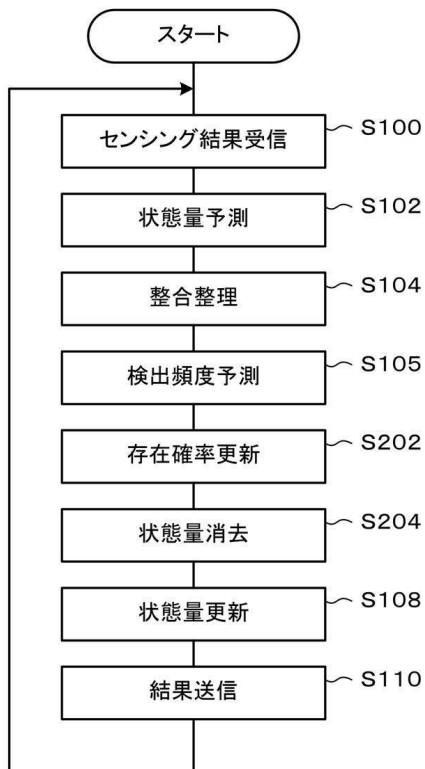
【図6】



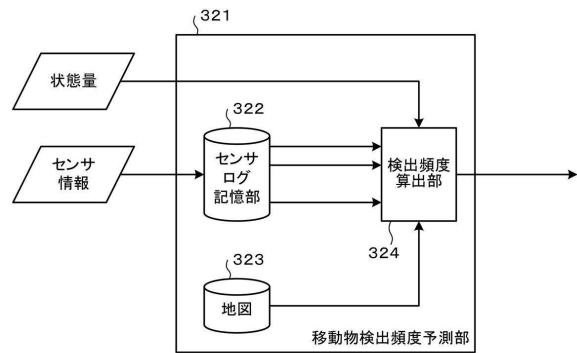
10

20

【図7】



【図8】

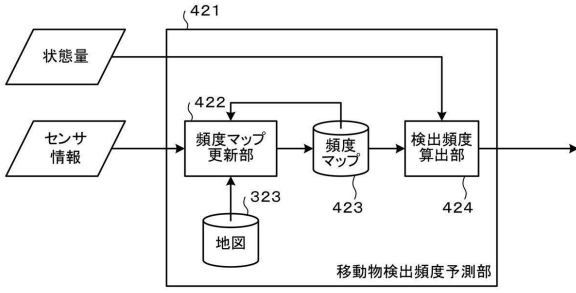


30

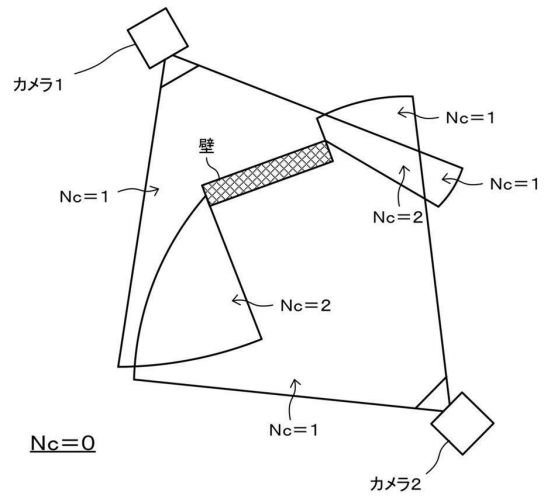
40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

会社豊田中央研究所内

審査官 上野 博史

- (56)参考文献 特開2018-147157(JP,A)  
特開2018-092368(JP,A)  
中村 亮裕 他, ローカルダイナミックマップ生成のための複数カメラを用いたリアルタイム多物体追跡システム, FIT2018 第17回情報科学技術フォーラム 講演論文集 第4分冊 選奨論文・一般論文・既発表論文紹介 ネットワーク・セキュリティ ユビキタス・モバイルコンピューティング 教育・人文科学 情報システム Forum on Information Technology 2018, 2018年09月12日
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G08G 1/00-99/00  
G06T 7/00-7/90