

(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2017-142764

(P2017-142764A)

(43) 公開日 平成29年8月17日 (2017.8.17)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
G06T	7/90	(2017.01)	G06T	7/00	100C	5B057	
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	330A	5C122	
H04N	5/225	(2006.01)	H04N	5/225	C	5H181	
G08G	1/16	(2006.01)	G08G	1/16	C	5L096	
G08G	1/00	(2006.01)	G08G	1/00	D		

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2016-82921 (P2016-82921)	(71) 出願人	000006747
(22) 出願日	平成28年4月18日 (2016.4.18)		株式会社リコー
(31) 優先権主張番号	特願2016-23052 (P2016-23052)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(32) 優先日	平成28年2月9日 (2016.2.9)	(74) 代理人	100089118
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	関 海克
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		Fターム(参考)	5B057 AA16 CA01 CA08 CA12 CA16
			CE16 DA08 DB02 DB06 DB09
			DC25 DC39 DC40
			5C122 DA14 EA06 FH02 FH09 HA88
			5H181 AA01 BB15 CC04 CC30
			5L096 AA06 BA04 EA02 FA15 FA32
			FA53 GA19 GA51 HA07 JA22
			KA04

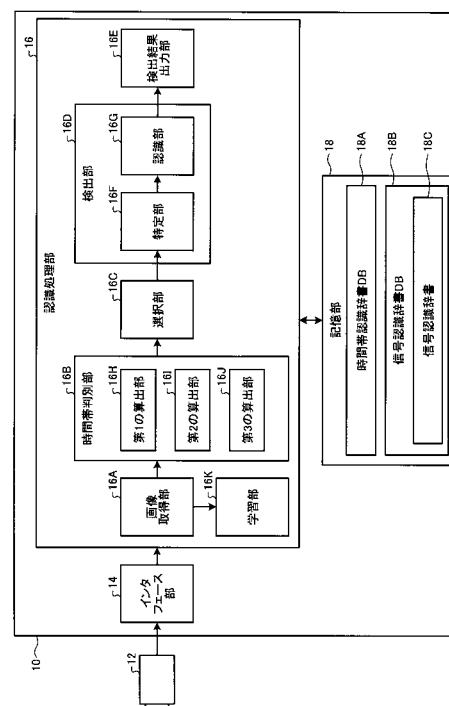
(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム

(57) 【要約】

【課題】 撮影画像から信号機の信号領域および信号色を精度良く検出する。

【解決手段】 情報処理装置10は、画像取得部16Aと、時間帯判別部16Bと、検出部16Dと、を備える。画像取得部16Aは、撮影画像を取得する。時間帯判別部16Bは、撮影画像の撮影時間帯を判別する。検出部16Dは、判別した撮影時間帯に基づいて、撮影画像における信号機の信号領域および該信号機の示す信号色を検出する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮影画像を取得する画像取得部と、
前記撮影画像の撮影時間帯を判別する時間帯判別部と、
判別した前記撮影時間帯に基づいて、前記撮影画像における信号機の信号領域および該信号機の示す信号色を検出する検出部と、
を備える情報処理装置。

【請求項 2】

前記時間帯判別部は、
前記撮影画像の平均輝度を算出する第 1 の算出部と、
前記撮影画像を複数のブロックに分割し、平均輝度が閾値以下の前記ブロックの数としての低輝度ブロック数を算出する第 2 の算出部と、
を有し、
前記撮影画像の平均輝度と、前記低輝度ブロック数と、を含む特徴量に基づいて、前記撮影時間帯を判別する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。 10

【請求項 3】

前記時間帯判別部は、
前記撮影画像の平均輝度を算出する第 1 の算出部と、
前記撮影画像を複数のブロックに分割し、平均輝度が閾値以下の前記ブロックの数としての低輝度ブロック数を算出する第 2 の算出部と、
前記撮影画像における前記ブロック毎の平均輝度の分散値を算出する第 3 の算出部と、
を有し、
前記撮影画像の平均輝度と、前記低輝度ブロック数と、前記分散値と、を含む特徴量に基づいて、前記撮影時間帯を判別する、
請求項 1 に記載の情報処理装置。 20

【請求項 4】

前記時間帯判別部は、前記撮影画像の前記撮影時間帯が昼または夜を示すと判別する、
請求項 1 ～請求項 3 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

判別した前記撮影時間帯に対応する信号認識辞書を選択する選択部を備え、
前記検出部は、
選択した前記信号認識辞書を用いて、前記信号領域および前記信号色を検出する、
請求項 1 ～請求項 4 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。 30

【請求項 6】

前記信号認識辞書は、対応する前記撮影時間帯に撮影した基準撮影画像に含まれる信号機の示す、複数種類の基準信号色の各々に対応する色値の範囲を示し、
前記検出部は、
前記撮影画像における、選択した前記信号認識辞書に示される前記基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定すると共に、該信号候補領域の色値に対応する種類の前記基準信号色を、前記信号色として特定する特定部と、
前記信号候補領域に基づいて前記信号領域を認識する認識部と、
を有し、
特定した前記信号色および認識した前記信号領域を検出する、
請求項 5 に記載の情報処理装置。 40

【請求項 7】

夜を示す前記撮影時間帯に対応する前記信号認識辞書は、夜を示す前記撮影時間帯に撮影した前記基準撮影画像における信号機の信号を示す領域の周辺領域の色値の範囲を示す、
請求項 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

昼を示す前記撮影時間帯に対応する前記信号認識辞書は、昼を示す前記撮影時間帯に撮影した前記基準撮影画像における信号機の信号を示す領域の色値の範囲を示す、請求項 6 または請求項 7 に記載の情報処理装置。

【請求項 9】

前記認識部は、

特定された前記信号候補領域を膨張した膨張領域に予め定めた形状の定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を、前記信号領域として認識する、請求項 6 ～請求項 8 の何れか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記認識部は、

前記膨張領域に円形の前記定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を前記信号領域として認識する、請求項 9 に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記検出部は、

前記特定部が特定した前記信号候補領域の内、前記信号候補領域を膨張した膨張領域の大きさが予め定めた範囲内の前記信号候補領域を、検出対象として抽出する抽出部を有し、

前記認識部は、抽出された前記信号候補領域に基づいて前記信号領域を認識する、請求項 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 12】

前記検出部は、

前記認識部が認識した前記信号領域の内、予め定めた大きさの範囲内の前記信号領域を、前記撮影画像における前記信号機の前記信号領域として抽出する抽出部を有し、

特定した前記信号色および認識し且つ抽出した前記信号領域を検出する、

請求項 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 13】

撮影画像を取得するステップと、

前記撮影画像の撮影時間帯を判別するステップと、

判別した前記撮影時間帯に基づいて、前記撮影画像における信号機の信号領域および該信号機の示す信号色を検出するステップと、

を含む情報処理方法。

【請求項 14】

撮影画像を取得するステップと、

前記撮影画像の撮影時間帯を判別するステップと、

判別した前記撮影時間帯に基づいて、前記撮影画像における信号機の信号領域および該信号機の示す信号色を検出するステップと、

をコンピュータに実行させるための情報処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

車載カメラなどの撮影装置で撮影された撮影画像を解析し、撮影画像に含まれる信号機の示す信号色を検出することで、運転者を支援するシステムが知られている。また、信号機を認識するために、信号機の示す信号色を検出する装置が知られている。ここで、昼夜など撮影時間の違いにより、信号色を示す部分（点灯部分）の光量が飽和した撮影画像が得られる場合がある。この場合、信号領域および信号色の検出精度が低下する。そこで、このような問題を回避するための技術が開示されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、カメラのゲインを 2 回調整して 2 枚の撮影画像を取得し、これらの 2 枚の撮影画像を用いて信号色を検知する方法が開示されている。特許文献 1 では、1 回目の撮影で取得した撮影画像を用いて、2 回目の撮影用のゲインを調整する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら従来の技術では、ゲインの異なる複数枚の撮影画像が必要であった。また、ゲイン調整の誤差により、検出精度が大幅に低下する場合があった。さらに、信号領域を検出する前の状態では、撮影画像における信号の位置が不明であることから、信号色を正確に検出可能なゲインの設定は困難であった。すなわち、従来では、撮影画像に含まれる信号機の示す信号色や信号領域を、撮影時間に拘らず精度良く検出することは困難であった。

10

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、撮影画像から信号機の信号領域および信号色を精度良く検出する情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の情報処理装置は、撮影画像を取得する画像取得部と、前記撮影画像の撮影時間帯を判別する時間帯判別部と、判別した前記撮影時間帯に基づいて、前記撮影画像における信号機の信号領域および該信号機の示す信号色を検出する検出部と、を備える。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、撮影画像から信号機の信号領域および信号色を精度良く検出することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】図 1 は、情報処理装置の一例の説明図である。

【図 2】図 2 は、情報処理装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

30

【図 3】図 3 は、撮影画像の一例を示す模式図である。

【図 4】図 4 は、基準撮影画像における平均輝度と低輝度ブロック数によって示されるサンプル点の一例を示す図である。

【図 5】図 5 は、信号認識辞書 DB のデータ構成の一例を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、撮影画像の一例を示す図である。

【図 7】図 7 は、撮影画像の一例を示す図である。

【図 8】図 8 は、撮影時間帯が昼の青信号認識辞書によって示される (U, V) 値の分布の一例を示す図である。

【図 9】図 9 は、撮影時間帯が夜の青信号認識辞書によって示される (U, V) 値の分布の一例を示す図である。

40

【図 10】図 10 は、撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 11】図 11 は、撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 12】図 12 は、撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 13】図 13 は、撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 14】図 14 は、撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

50

【図 1 5】図 1 5 は、撮影時間帯が夜を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 1 6】図 1 6 は、撮影時間帯が夜を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 1 7】図 1 7 は、撮影時間帯が夜を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 1 8】図 1 8 は、撮影時間帯が夜を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【図 1 9】図 1 9 は、情報処理装置が実行する情報処理の手順の一例を示すフローチャートである。

10

【図 2 0】図 2 0 は、撮影時間帯判別処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 2 1】図 2 1 は、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 2 2】図 2 2 は、情報処理装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 3】図 2 3 は、検出部が実行する検出処理の一例の説明図である。

【図 2 4】図 2 4 は、検出部が実行する検出処理の一例の説明図である。

【図 2 5】図 2 5 は、検出部が実行する検出処理の一例の説明図である。

【図 2 6】図 2 6 は、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 2 7】図 2 7 は、情報処理装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 8】図 2 8 は、認識処理の一例の説明図である。

20

【図 2 9】図 2 9 は、認識処理の一例の説明図である。

【図 3 0】図 3 0 は、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 3 1】図 3 1 は、撮影装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図 3 2】図 3 2 は、情報処理装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に添付図面を参照して、情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラムの実施の形態を詳細に説明する。

【0010】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、本実施の形態の情報処理装置 10 の一例の説明図である。情報処理装置 10 は、例えば、移動体に搭載されている。移動体は、自立走行または牽引などにより、実空間において位置移動の可能な物体である。移動体は、例えば、車両、飛行機、電車、台車、などである。本実施の形態では、移動体が車両 20 である場合を一例として説明する。すなわち、本実施の形態では、情報処理装置 10 を車両 20 に搭載した形態を一例として説明する。

30

【0011】

車両 20 には、撮影部 12 が搭載されている。撮影部 12 は、車両 20 の周辺を撮影した撮影画像を得る。撮影部 12 は、例えば、公知のビデオカメラや、デジタルカメラなどである。本実施の形態では、撮影部 12 は、車両 20 の周辺を連続して撮影することで、複数の撮影画像（すなわち、複数のフレーム）を撮影可能である。なお、撮影部 12 は、

40

【0012】

また、撮影装置 12 は、車両 20 に搭載した形態に限定されない。撮影装置 12 は、信号機 30 を撮影可能な位置に設置されていればよく、地面に対して固定されていてもよい。なお、本実施の形態の情報処理装置 10 で検知した検知結果を、車両 20 の運転者の運転支援などに用いる場合には、撮影装置 12 は、車両 20 に搭載した形態であることが好ましい。

【0013】

本実施の形態では、撮影装置 12 は、オートゲインコントロール（AGC）機能を搭載

50

している。このため、撮影装置 12 は、感度を自動調整し、撮影画像の全画面の明るさが最適となるように自動調整した撮影画像を得る。

【0014】

情報処理装置 10 は、撮影画像を解析する。そして、情報処理装置 10 は、撮影画像に含まれる信号機 30 の示す信号 30 A を検出する。信号 30 A を検出する、とは、信号機 30 の示す信号色と、信号領域と、を検出することを示す。信号色は、信号機 30 における点灯している部分（図 1 では、信号 30 A）の色である。また、信号 30 A の信号領域は、信号機 30 における点灯している領域である。

【0015】

次に、情報処理装置 10 の機能的構成を説明する。図 2 は、情報処理装置 10 の機能的構成の一例を示すブロック図である。

10

【0016】

情報処理装置 10 は、インタフェース部 14 と、認識処理部 16 と、記憶部 18 と、を備える。インタフェース部 14 および記憶部 18 は、認識処理部 16 に電氣的に接続されている。

【0017】

インタフェース部 14 は、撮影装置 12 から撮影画像を受付ける。撮影装置 12 は、車両 20 の周辺を経時的に連続して撮影し、撮影によって得られた撮影画像の各々を、撮影順に順次、インタフェース部 14 へ出力する。インタフェース部 14 は、撮影装置 12 から撮影画像を順次受け付け、受け付けた順に、認識処理部 16 へ順次出力する。

20

【0018】

記憶部 18 は、各種データを記憶する。本実施の形態では、記憶部 18 は、時間帯認識辞書 18 A、および信号認識辞書 DB 18 B を記憶する。信号認識辞書 DB 18 B は、撮影時間帯と、信号認識辞書 18 C と、を対応づけたものである。時間帯認識辞書 18 A、信号認識辞書 DB 18 B、および信号認識辞書 18 C については、詳細を後述する。

【0019】

認識処理部 16 は、撮影画像を解析し、撮影画像における信号色および信号領域を検出する。認識処理部 16 は、画像取得部 16 A と、時間帯判別部 16 B と、選択部 16 C と、検出部 16 D と、検出結果出力部 16 E と、学習部 16 K と、を含む。検出部 16 D は、特定部 16 F と、認識部 16 G と、を含む。時間帯判別部 16 B は、第 1 の算出部 16 H と、第 2 の算出部 16 I と、第 3 の算出部 16 J と、を含む。

30

【0020】

画像取得部 16 A、時間帯判別部 16 B、選択部 16 C、検出部 16 D、検出結果出力部 16 E、特定部 16 F、認識部 16 G、第 1 の算出部 16 H、第 2 の算出部 16 I、第 3 の算出部 16 J、および学習部 16 K の一部またはすべては、例えば、CPU（Central Processing Unit）などの処理装置にプログラムを実行させること、すなわち、ソフトウェアにより実現してもよいし、IC（Integrated Circuit）などのハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェアおよびハードウェアを併用して実現してもよい。

【0021】

画像取得部 16 A は、撮影装置 12 から撮影画像を取得する。図 3 は、撮影画像 P の一例を示す模式図である。本実施の形態では、画像取得部 16 A は、信号機 30 を含む撮影画像 P を取得する場合を説明する。

40

【0022】

図 2 に戻り、説明を続ける。画像取得部 16 A は、撮影装置 12 で撮影された撮影画像 P を取得する。本実施の形態では、画像取得部 16 A は、撮影装置 12 からインタフェース部 14 を介して撮影画像 P を取得する。なお、画像取得部 16 A は、記憶部 18 や外部装置などから、撮影画像 P を取得してもよい。

【0023】

本実施の形態では、画像取得部 16 A は、1 フレーム分（1 枚分）の撮影画像 P を順次

50

取得する。そして、認識処理部 16 では、1 フレーム毎に、信号領域および信号色を検出する。なお、認識処理部 16 が処理する撮影画像 P は、具体的には、撮影画像の撮影画像データである。説明を簡略化するために、撮影画像 P と称して説明する。

【0024】

時間帯判別部 16 B は、画像取得部 16 A で取得した撮影画像 P の撮影時間帯を判別する。時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P を解析することによって、撮影画像 P の撮影時間帯を判別する。

【0025】

撮影時間帯とは、1 日（24 時間）を撮影環境の互いに異なる複数の時間帯に分割したものである。撮影環境が異なる、とは、光強度が異なることを意味する。例えば、撮影時間帯は、昼、または、夜、である。なお、撮影時間帯は、昼、夜、夕方、であってもよい。また、撮影時間帯は、1 日を撮影環境の異なる複数の時間帯に分割した、各時間帯であればよく、昼、夜、夕方、などに限定されない。また撮影時間帯は、2 種類や 3 種類に減されず、4 種類以上であってもよい。また、撮影時間帯は、撮影画像 P の撮影環境（例えば、季節、国、地域、北半球・南半球）に応じて、適宜、設定すればよい。

【0026】

本実施の形態では、一例として、撮影時間帯が、昼または夜を示す場合を説明する。撮影時間帯が昼を示す、とは、撮影環境の光強度が閾値以上の時間帯である。撮影時間帯が夜である、とは、撮影環境の光強度が該閾値未満の時間帯である。この光強度の閾値には、予め任意の値を定めればよい。例えば、この光強度の閾値には、処理対象の撮影画像 P を撮影した撮影装置 12 のオートゲインコントロール機能によって、撮影画像 P に含まれる信号機 30 の信号 30 A を示す領域の光量が飽和し始める（または飽和が解除される）光強度を定めればよい。

【0027】

時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の輝度を用いて、撮影画像 P の撮影時間帯を判別する。

【0028】

詳細には、時間帯判別部 16 B は、第 1 の算出部 16 H と、第 2 の算出部 16 I と、第 3 の算出部 16 J と、を含む。

【0029】

第 1 の算出部 16 H は、撮影画像 P の平均輝度を算出する。第 1 の算出部 16 H は、撮影画像 P に含まれる画素の各々の輝度値の平均値を算出する。これにより、第 1 の算出部 16 H は、撮影画像 P の平均輝度を算出する。撮影時間帯が昼の場合、撮影画像 P の平均輝度は高い。一方、撮影時間帯が夜の場合、撮影画像 P の平均輝度は、昼より低い。

【0030】

第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P を複数のブロックに分割する。例えば、第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P を $m \times n$ 個のブロックに分割する。なお、 m および n は、1 以上の整数であり、且つ、 m および n の少なくとも一方は、2 以上の整数である。

【0031】

そして、第 2 の算出部 16 I は、ブロックの各々ごとに、平均輝度を算出する。例えば、第 2 の算出部 16 I は、ブロックの各々ごとに、ブロックに含まれる画素の輝度値の平均値を算出する。これにより、第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P に含まれるブロックの各々ごとに、平均輝度を算出する。

【0032】

さらに、第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P における平均輝度が閾値以下のブロックの数を、該撮影画像 P における低輝度ブロック数として算出する。低輝度ブロック数の算出に用いる平均輝度の閾値には、任意の値を予め定めればよい。

【0033】

そして、時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の平均輝度と、該撮影画像 P の低輝度ブロック数と、を含む特徴量に基づいて、撮影時間帯を判別する。

【0034】

具体的には、時間帯判別部16Bは、例えば、撮影画像Pの平均輝度と撮影画像Pの低輝度ブロック数を、時間帯判別時の特徴量として用いる。

【0035】

本実施の形態では、時間帯判別部16Bは、予め、撮影時間帯の判別に用いる時間帯認識辞書18A（図2参照）を作成する。すなわち、時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの時間帯判別処理より以前に、予め、時間帯認識辞書18Aを作成する。

【0036】

本実施の形態では、時間帯判別部16Bは、SVM（Support Vector Machine）を用いた機械学習方法を用いて、時間帯認識辞書18Aを予め作成する。

10

【0037】

詳細には、時間帯判別部16Bは、撮影時間帯ごとに予め撮影された複数の撮影画像Pを基準撮影画像として用いる。

【0038】

基準撮影画像とは、検出部16Dが検出処理に用いる撮影画像Pとは別に、この検出処理より前に、撮影装置12によって予め撮影された撮影画像である。なお、基準撮影画像は、検出部16Dが検出処理に用いる撮影画像Pと同じ撮影装置12で撮影された撮影画像である。

【0039】

まず、時間帯判別部16Bは、基準撮影画像における、平均輝度と低輝度ブロック数によって示されるサンプル点の群を、平均輝度と低輝度ブロック数によって定まる二次元空間に登録する。図4は、基準撮影画像における、平均輝度（Iav）と低輝度ブロック数（Nblk）によって示されるサンプル点の一例を示す図である。

20

【0040】

図4中、サンプル点群40Bは、夜を示す撮影時間帯に撮影された基準撮影画像における、平均輝度と低輝度ブロック数によって示されるサンプル点の群である。また、サンプル点群40Aは、昼を示す撮影時間帯に撮影された基準撮影画像における、平均輝度と低輝度ブロック数によって示されるサンプル点の群である。

【0041】

時間帯判別部16Bは、昼のサンプル点群40Aと夜のサンプル点群40Bとを分離する分離面（ここでは、直線La）を、昼のサンプル点群40Aと夜のサンプル点群40Bの各々の境界線（直線La1および直線La2）間の距離d（マージンと称される場合がある）が最大となるように配置する。そして、時間帯判別部16Bは、この分離面（図4では、直線La）を示す評価関数を、時間帯認識辞書18Aとして算出する。下記式（1）は、この直線Laを示す評価関数を示す式である。

30

【0042】

【数1】

$$f(I_{av}, N_{blk}) = A \times I_{av} + B \times N_{blk} + C \quad \cdots \text{式 (1)}$$

40

【0043】

式（1）中、 $f(I_{av}, N_{blk})$ は、撮影画像Pの平均輝度と撮影画像Pの低輝度ブロック数を時間帯判別時の特徴量として用いた場合の、評価関数（時間帯認識辞書18A）である。式（1）中、A、B、およびCは、該評価関数の係数である。

【0044】

時間帯判別部16Bは、式（1）に示す評価関数を予め作成し、時間帯認識辞書18Aとして予め記憶部18に記憶する。

【0045】

時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの撮影時間帯の判別時には、記憶部18に記憶されている時間帯認識辞書18A（式（1）に示す評価関数）を用いて、該撮影画像Pの撮影

50

時間帯を判別する。

【0046】

詳細には、時間帯判別部16Bは、第1の算出部16Hおよび第2の算出部16Iによって算出した、撮影画像Pの平均輝度（I_{av}）と低輝度ブロック数（Nb_{lk}）を、式（1）にあてはめることで、f（I_{av}, Nb_{lk}）を算出する。

【0047】

そして、時間帯判別部16Bは、算出したf（I_{av}, Nb_{lk}）の値が、予め定めた閾値以上である場合、該撮影画像Pの撮影時間帯が昼を示すと判別する。一方、時間帯判別部16Bは、算出したf（I_{av}, Nb_{lk}）の値が、該閾値未満である場合、該撮影画像Pの撮影時間帯が夜を示すと判別する。この閾値は、判別対象の撮影時間帯の撮影環境の光強度に応じて、予め定めればよい。

10

【0048】

なお、時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの平均輝度と、該撮影画像Pの低輝度ブロック数と、該撮影画像Pにおけるブロック毎の平均輝度の分散値と、を含む特徴量に基づいて、撮影時間帯を判別してもよい。

【0049】

この場合、時間帯判別部16Bの第3の算出部16Jが、撮影画像Pにおけるブロック毎の平均輝度の分散値を算出する。第3の算出部16Jは、第2の算出部16Iが分割したブロック毎の、平均輝度の分散値を算出する。例えば、時間帯判別部16Bは、下記式（2）を用いて、分散値（σ）を算出する。

20

【0050】

【数2】

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^N (I_i - I_{av})^2} \quad \cdots \text{式 (2)}$$

【0051】

式（2）中、σは、撮影画像Pにおけるブロック毎の平均輝度の分散値を示す。式（2）中、Nは、撮影画像Pに含まれるブロック数（すなわち、m×nの値）を示す。I_iは、i番目のブロックの平均輝度を示す。I_{av}は、撮影画像Pの全体の平均輝度を示す。

【0052】

この場合、時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの平均輝度と、該撮影画像Pの低輝度ブロック数と、該撮影画像Pにおけるブロック毎の平均輝度の分散値と、を特徴量として用いる時間帯認識辞書18Aを、予め作成すればよい。

30

【0053】

すなわち、時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの平均輝度と、該撮影画像Pの低輝度ブロック数と、を特徴量として用いる場合と同様に、SVM（Support Vector Machine）を用いた機械学習方法を用いて、時間帯認識辞書18Aを予め作成すればよい。この場合、時間帯判別部16Bは、基準撮影画像における、平均輝度と低輝度ブロック数と分散値とによって示されるサンプル点の群を、平均輝度と低輝度ブロック数と分散値によって定まる三次元空間に登録すればよい。

40

【0054】

そして、時間帯判別部16Bは、上記と同様にして、昼のサンプル点群と夜のサンプル点群とを分離する分離面を、マージンが最大となるように配置する。そして、時間帯判別部16Bは、この分離面を示す評価関数を、時間帯認識辞書18Aとして算出すればよい。下記式（3）は、撮影画像Pの平均輝度、撮影画像Pの低輝度ブロック数、および分散値を、時間帯判別時の特徴量として用いる場合の、評価関数（時間帯認識辞書18A）である。

【0055】

【数 3】

$$f(I_{av}, N_{blk}, \sigma) = A \times I_{av} + B \times N_{blk} + C \times \sigma + D \quad \cdots \text{式 (3)}$$

【0056】

式(3)中、 $f(I_{av}, N_{blk}, \sigma)$ は、撮影画像Pの平均輝度と撮影画像Pの低輝度ブロック数と分散値とを時間帯判別時の特徴量として用いる場合の、評価関数(時間帯認識辞書18A)である。式(3)中、A、B、C、およびDは、該評価関数の係数である。

【0057】

このように、時間帯判別部16Bは、例えば、式(3)に示す評価関数を予め作成し、
時間帯認識辞書18Aとして予め記憶部18に記憶してもよい。 10

【0058】

この場合、時間帯判別部16Bは、撮影画像Pの撮影時間帯の判別時には、記憶部18に記憶されている時間帯認識辞書18A(式(3)に示す評価関数)を用いて、該撮影画像Pの撮影時間帯を判別する。

【0059】

詳細には、時間帯判別部16Bは、第1の算出部16H、第2の算出部16I、および第3の算出部16Jの各々によって算出された、撮影画像Pの平均輝度(I_{av})、低輝度ブロック数(N_{blk})、および分散値(σ)を得る。そして、時間帯判別部16Bは、これらの平均輝度(I_{av})、低輝度ブロック数(N_{blk})、および分散値(σ)を、
式(3)にあてはめることで、 $f(I_{av}, N_{blk}, \sigma)$ を算出する。 20

【0060】

そして、時間帯判別部16Bは、算出した $f(I_{av}, N_{blk}, \sigma)$ の値が、予め定めた閾値以上である場合、該撮影画像Pの撮影時間帯が昼を示すと判別する。一方、時間帯判別部16Bは、算出した $f(I_{av}, N_{blk}, \sigma)$ の値が、該閾値未満である場合、該撮影画像Pの撮影時間帯が夜を示すと判別する。この閾値は、予め定めればよい。

【0061】

時間帯判別部16Bは、撮影画像Pと、該撮影画像Pの判別した撮影時間帯と、を選択部16Cへ出力する。

【0062】

図2へ戻り、選択部16Cは、時間帯判別部16Bが判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cを選択する。 30

【0063】

信号認識辞書18Cは、検出部16Dが、撮影時間帯に応じて、信号機30の信号領域および信号機30の示す信号色を検出するために用いる辞書データである。信号認識辞書18Cは、撮影時間帯に対応づけて、記憶部18に予め記憶されている。

【0064】

本実施の形態では、記憶部18は、信号認識辞書DB18Bを予め記憶する。図5は、信号認識辞書DB18Bのデータ構成の一例を示す模式図である。信号認識辞書DB18Bは、撮影時間帯と、撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cと、を対応づけたものである。 40

【0065】

信号認識辞書18Cは、対応する撮影時間帯に撮影した基準撮影画像に含まれる信号機30の示す、複数種類の基準信号色の各々に対応する色値の範囲を示す。

【0066】

本実施の形態では、色値として、(Y, U, V)色空間の(U, V)値を用いる場合を説明する。また、本実施の形態では、色値の範囲として、(U, V)値の分布範囲を用いる場合を説明する。

【0067】

基準信号色は、信号機30の示す信号色(すなわち、点灯色)として予め定められた種 50

類の色である。基準信号色は、国や地域の交通規則によって異なる。本実施の形態では、一例として、基準信号色は、赤色、青色、黄色、の３種類である場合を一例として説明する。

【００６８】

同様に、後述する検出部１６Ｄが検出する信号色も、赤色、青色、黄色、の３種類である場合を説明する。なお、以下では、信号機３０の示す信号色が赤色である場合を赤信号、信号機３０の示す信号色が青色である場合を青信号、信号機３０の示す信号色が黄色である場合を黄信号、と称して説明する場合がある。

【００６９】

本実施では、信号認識辞書１８Ｃは、複数種類の基準信号色の各々に対応する、信号色認識辞書を含む。信号色認識辞書は、対応する撮影時間帯に撮影した基準撮影画像における、対応する基準信号色を示す信号機の、信号色の色値の範囲を示す。

【００７０】

具体的には、本実施の形態では、信号認識辞書１８Ｃは、青信号認識辞書と、赤信号認識辞書と、黄信号認識辞書と、を信号色認識辞書として含む。青信号認識辞書は、基準信号色“青色”に対応する信号色認識辞書である。赤信号認識辞書は、基準信号色“赤色”に対応する信号色認識辞書である。黄信号認識辞書は、基準信号色“黄色”に対応する信号色認識辞書である。

【００７１】

ここで、画像取得部１６Ａが取得する撮影画像Ｐは、上述したように、オートゲイン機能を有する撮影装置１２によって撮影されたものである。このため、撮影時間帯によっては、信号機３０における信号３０Ａを示す領域（点灯している領域）の光量が飽和した撮影画像Ｐが得られる。

【００７２】

図６および図７は、撮影時間帯の異なる撮影画像Ｐの一例を示す図である。なお、図６および図７は、青信号の信号機３０を撮影した撮影画像Ｐである。また、図６は、撮影時間帯が昼を示す撮影画像Ｐの一例を示す模式図である。図７は、撮影時間帯が夜を示す撮影画像Ｐの一例を示す模式図である。

【００７３】

図６に示すように、撮影時間帯が撮影環境の光強度の大きい昼を示す場合、撮影画像Ｐにおける信号３０Ａを示す領域３１Ａの色値が、信号３０Ａの信号色に相当する青色を示す。

【００７４】

一方、図７に示すように、撮影時間帯が撮影環境の光強度の小さい夜を示す場合、撮影画像Ｐにおける信号３０Ａを示す領域３１Ａの色値は、光量の飽和により白色を示す。また、撮影時間帯が撮影環境の光強度の小さい夜である場合、撮影画像Ｐにおける信号を示す領域３１Ａの周辺の周辺領域３５Ｂの色値が、信号３０Ａの信号色に相当する青色を示すこととなる。

【００７５】

すなわち、撮影時間帯が夜を示す場合、信号３０Ａを示す領域３１Ａではなく、信号３０Ａを示す領域３１Ａの周辺の、周辺領域３５Ｂの色値が、信号３０Ａの信号色に相当する色を示すこととなる。

【００７６】

このため、本実施の形態では、夜を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書１８Ｃ（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）は、夜を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像ＰＡにおける、信号機３０の信号３０Ａを示す領域３１Ａの周辺領域３５Ｂの、色値の範囲を示す（図７参照）。

【００７７】

一方、昼を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書１８Ｃ（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）は、昼を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像ＰＡにおける

10

20

30

40

50

、信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A の、色値の範囲を示す（図 6 参照）。

【0078】

図 2 に戻り、これらの撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）は、学習部 16 K によって予め作成される。学習部 16 K は、検出部 16 D による撮影画像 P の検出処理より前に、予め信号認識辞書 18 C を作成する。学習部 16 K は、基準撮影画像 P A を学習する事で、信号認識辞書 18 C を予め作成し、記憶部 18 に予め記憶する。

【0079】

本実施の形態では、学習部 16 K は、SVM を用いた機械学習方法を用いて、撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を予め作成する。

10

【0080】

詳細には、学習部 16 K は、撮影時間帯ごとに撮影装置 12 によって予め撮影された複数の撮影画像 P を、基準撮影画像 P A として用いる。また、学習部 16 K は、撮影時間帯ごとに、基準信号色の各々を示した状態の信号機 30 を各々含む、基準撮影画像 P A を用いる。具体的には、学習部 16 K は、撮影時間帯ごとに、青信号の信号機 30 を含む基準撮影画像 P A と、赤信号の信号機 30 を含む基準撮影画像 P A と、黄信号の信号機 30 を含む基準撮影画像 P A と、を用いて、撮影時間帯および基準信号色ごとに機械学習を行う。

【0081】

以下、学習部 16 K による信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）の生成について、詳細に説明する。

20

【0082】

学習部 16 K は、撮影時間帯および基準信号色の組合せの各々に対応する複数の基準撮影画像 P A を用いて、撮影時間帯および基準信号色ごとに、信号機 30 の信号 30 A の（U，V）値を、該 U 値と V 値とによって規定される二次元空間に登録する。

【0083】

具体的には、学習部 16 K は、撮影時間帯が昼を示す基準撮影画像 P A を用いて、基準信号色ごとに、信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A の（U，V）値を、該二次元空間に登録する。そして、学習部 16 K は、この登録結果を用いて、撮影時間帯“昼”に対応する信号認識辞書 18 C を作成する。また、学習部 16 K は、撮影時間帯が夜を示す基準撮影画像 P A を用いて、基準信号色ごとに、信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A の周辺の、周辺領域 35 B の（U，V）値を、該二次元空間に登録する。そして、学習部 16 K は、この登録結果を用いて、撮影時間帯“夜”に対応する信号認識辞書 18 C を作成する。

30

【0084】

まず、昼を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C の作成について、詳細に説明する。

【0085】

図 8 は、撮影時間帯が昼を示し、且つ、基準信号色“青色”に対応する、青信号認識辞書によって示される（U，V）値の分布の一例を示す図である。言い換えると、図 8 は、撮影時間帯が昼を示す基準撮影画像 P A における、青信号の信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A（図 6 参照）の、（U，V）値を二次元空間に登録した図である。

40

【0086】

図 8 中、（U，V）値分布 41 B は、昼を示す撮影時間帯に撮影された基準撮影画像 P A における、青信号の信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A（図 6 参照）の（U，V）値の分布を示す。本実施の形態では、学習部 16 K は、更に、該基準撮影画像 P A における該領域 31 A 以外の領域の（U，V）値分布 41 A を登録する。すなわち、（U，V）値分布 41 A は、基準撮影画像 P A における、青信号の信号 30 A を示す領域 31 A 以外の領域の色値の分布である。

50

【0087】

学習部16Kは、青信号を示す（U，V）値分布41Bと、青信号以外の（U，V）値分布41Aと、を分離する分離面（ここでは、直線Lb）を、（U，V）値分布41Bと（U，V）値分布41Aの各々の境界線（直線Lb1および直線Lb2）間の距離dが最大となるように配置する。そして、学習部16Kは、この分離面（図8では、直線Lb）を示す評価関数を算出する。下記式（4）は、この直線Lbを示す評価関数を示す式である。

【0088】

【数4】

$$f(U,V)=a \times U + b \times V + c \quad \cdots \text{式 (4)}$$

10

【0089】

式（4）中、f（U，V）は、青信号認識辞書を示す評価関数である。式（4）中、a、b、およびcは、評価関数の係数である。

【0090】

このようにして、学習部16Kは、昼を示す撮影時間帯に対応する、青信号認識辞書（式（4）に示す評価関数）を算出する。また、学習部16Kは、赤信号認識辞書および黄信号認識辞書についても、各信号色を示す信号機30を昼に撮影した基準撮影画像PAを用いて、同様にして算出する。なお、昼を示す撮影時間帯に対応する、青信号認識辞書、赤信号認識辞書、および黄信号認識辞書の各々に対応する評価関数に含まれる係数（a，b，c）は、各辞書に応じた値となり、少なくとも1つの係数が互いに異なる。

20

【0091】

これにより、学習部16Kは、昼を示す撮影時間帯に対応する、信号認識辞書18C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を作成する。すなわち、学習部16Kは、昼を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像PAにおける、信号機30の信号30Aを示す領域31Aの色値の範囲を示す、信号認識辞書18C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を作成する。

【0092】

次に、夜を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cの作成について説明する。

【0093】

図9は、撮影時間帯が夜を示し、且つ、基準信号色“青色”に対応する、青信号認識辞書によって示される（U，V）値の分布の一例を示す図である。言い換えると、図9は、撮影時間帯が夜を示す基準撮影画像PAにおける、青信号の信号機30の信号30Aを示す領域31Aの周辺の周辺領域35B（図7参照）の、（U，V）値を、二次元空間に登録した図である。

30

【0094】

図9中、（U，V）値分布42Bは、夜を示す撮影時間帯に撮影された基準撮影画像PAにおける、青信号の信号機30の信号30Aを示す領域31Aの周辺の周辺領域35B（図7参照）の、（U，V）値の分布を示す。本実施の形態では、学習部16Kは、更に、該基準撮影画像PAにおける該周辺領域35B以外の領域の（U，V）値分布42Aを登録する。すなわち、（U，V）値分布42Aは、基準撮影画像PAにおける、青信号の色値以外の色値の分布である。

40

【0095】

学習部16Kは、青信号を示す（U，V）値分布42Bと、青信号以外の（U，V）値分布42Aと、を分離する分離面（ここでは、直線Lc）を、（U，V）値分布42Bと（U，V）値分布42Aの各々の境界線（直線Lc1および直線Lc2）間の距離dが最大となるように配置する。そして、学習部16Kは、この分離面（図9では、直線Lc）を示す評価関数を算出する。この評価関数は、上記式（4）と同様であり、係数（a，b，c）の少なくとも1つが上記とは異なる値となる。

【0096】

50

このようにして、学習部 16 K は、夜を示す撮影時間帯に対応する、青信号認識辞書（式（4）に示す評価関数）を算出する。また、学習部 16 K は、赤信号認識辞書および黄信号認識辞書についても、各信号色を示す信号機 30 を夜に撮影した基準撮影画像 P A を用いて、同様にして算出する。夜を示す撮影時間帯に対応する、青信号認識辞書、赤信号認識辞書、および黄信号認識辞書の各々に対応する評価関数に含まれる係数（ a 、 b 、 c ）は、各辞書に応じた値となる。

【0097】

これにより、学習部 16 K は、夜を示す撮影時間帯に対応する、信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を作成する。すなわち、学習部 16 K は、夜を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像 P A における、信号機 30 の信号 30 A を示す領域 31 A の周辺領域 35 B の、色値の範囲を示す、信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を作成する。

10

【0098】

なお、学習部 16 K は、図 8 や図 9 に示すような、基準信号色に対応する色値の範囲（ U 、 V ）値分布 41 B、（ U 、 V ）値分布 42 B）を、信号認識辞書 18 C として記憶部 18 に記憶してもよい。また、上述のように、学習部 16 K は、該分布から得られる上記式（4）に示す評価関数を、信号認識辞書 18 C として記憶部 18 に記憶してもよい。

【0099】

本実施の形態では、学習部 16 K は、撮影時間帯および基準信号色に対応する上記式（4）に示す評価関数を、信号認識辞書 18 C として作成し、記憶部 18 に予め記憶する場合を説明する。

20

【0100】

図 2 に戻り、説明を続ける。上述したように、選択部 16 C は、時間帯判別部 16 B が判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C を選択する。詳細には、選択部 16 C は、時間帯判別部 16 B が判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）を、記憶部 18 の信号認識辞書 DB 18 B から読取る。これにより、選択部 16 C は、判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C を選択する。

【0101】

検出部 16 D は、時間帯判別部 16 B が判別した撮影時間帯に基づいて、撮影画像 P における信号機 30 の信号領域および該信号機 30 の示す信号色を検出する。

30

【0102】

本実施の形態では、検出部 16 D は、選択部 16 C が選択した信号認識辞書 18 C を用いて、信号領域および信号色を検出する。

【0103】

検出部 16 D は、特定部 16 F と、認識部 16 G と、を含む。

【0104】

特定部 16 F は、撮影画像 P における、選択部 16 C が選択した信号認識辞書 18 C に示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定する。また、特定部 16 F は、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。

40

【0105】

詳細には、特定部 16 F は、まず、撮影画像 P が（ R 、 G 、 B ）色空間の撮影画像データである場合、（ Y 、 U 、 V ）色空間の撮影画像データに変換する。なお、撮影画像 P が（ Y 、 U 、 V ）色空間の撮影画像データである場合には、この変換は行わなくてもよい。

【0106】

特定部 16 F は、例えば、下記式（5）を用いて、（ R 、 G 、 B ）色空間の撮影画像 P を、（ Y 、 U 、 V ）色空間の撮影画像 P に変換する。

【0107】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & 0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \cdots \text{式 (5)}$$

【0108】

そして、特定部16Fは、(Y, U, V)色空間の撮影画像Pを構成する画素ごとに、画素の(U, V)値が、撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cに示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定する。また、特定部16Fは、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。

【0109】

詳細には、まず、特定部16Fは、選択部16Cが選択した信号認識辞書18C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）に対応する評価関数（上記式（4）参照）を読取る。すなわち、特定部16Fは、撮影時間帯に対応する、基準信号色ごとの信号認識辞書18C（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書）の各々を示す評価関数を読取る。

【0110】

そして、特定部16Fは、(Y, U, V)色空間の撮影画像Pを構成する画素ごとに、画素の(U, V)値を、これらの評価関数を示す式（式（4））に代入する。そして、特定部16Fは、算出した評価関数によって示される値が、予め定めた閾値以上である画素を、信号候補領域を構成する画素と判断する。この閾値は、予め定めればよい。この判断により、特定部16Fは、撮影画像Pにおける、撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cに示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定する。

【0111】

また、特定部16Fは、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。詳細には、該信号候補領域の画素の(U, V)値が閾値以上であると判断したときに用いた評価関数（青信号認識辞書、赤信号認識辞書、および黄信号認識辞書の何れか）に対応する基準信号色を、該信号候補領域の信号色として特定する。この閾値は、予め定めればよい。

【0112】

認識部16Gは、特定部16Fが特定した信号候補領域に基づいて、撮影画像Pにおける信号領域を認識する。これによって、検出部16Dは、撮影画像Pにおける信号領域および信号色を検出する。

【0113】

検出部16Dによる検出処理について、具体的に説明する。

【0114】

まず、撮影画像Pの撮影時間帯が昼を示す場合について、具体的に説明する。

【0115】

図10～図14は、撮影画像Pの撮影時間帯が昼を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【0116】

例えば、特定部16Fが、撮影時間帯が昼を示す撮影画像P（図6参照）から、信号候補領域32Aを特定する（図10参照）。上述したように、特定部16Fは、撮影時間帯“昼”に対応する信号認識辞書18Cを用いて、信号候補領域および信号色を特定する。

【0117】

ここで、上述したように、昼を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cは、昼を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像PAにおける、信号機30の信号30Aを示す領域31Aの色値の範囲を示す。

【0118】

このため、特定部 1 6 F は、例えば、図 6 に示す撮影画像 P から、信号 3 0 を示す領域 3 1 A に相当する領域を、信号候補領域 3 2 A として特定する（図 1 0 参照）。

【0 1 1 9】

認識部 1 6 G は、特定された信号候補領域 3 2 A に基づいて、信号領域を認識する。

【0 1 2 0】

ここで、特定部 1 6 F は、信号色を示す実際の領域より狭い範囲を、信号候補領域 3 2 A として特定する場合がある。すなわち、信号領域として本来特定されるべき画素が、ノイズなどの影響により抽出されない場合がある。

【0 1 2 1】

そこで、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 A を膨張させる。これによって、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 A を膨張させた膨張領域 3 3 A を得る（図 1 1 参照）。具体的には、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 A と、信号候補領域 3 2 A の外周に該外周から外側に向かって連続する 1 または複数の画素と、を、膨張領域 3 3 A として得る。

【0 1 2 2】

膨張させる画素数は、予め定めればよい。例えば、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 A の外周に、該外周から外側に向かって 7 画素分連続する領域を加えることで、膨張領域 3 3 A として得る。

【0 1 2 3】

次に、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 A に予め定めた形状の定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を、信号領域として認識する。この予め定めた形状には、撮影画像 P に含まれる信号機 3 0 の信号 3 0 A の形状を予め定めればよい。本実施の形態では、この形状は、円形である場合を一例として説明する。

【0 1 2 4】

なお、信号 3 0 A の形状は、国や地域など毎に定められた交通規則によって異なる。このため、情報処理装置 1 0 では、検出対象の信号機 3 0 の信号 3 0 A の形状に応じて、認識部 1 6 G が認識に用いる形状を予め定めればよい。

【0 1 2 5】

本実施の形態では、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 A を H o u g h 変換し、膨張領域 3 3 A に円形の定型領域 3 1 A ' が抽出できるか否かを判定する（図 1 2 参照）。抽出できた場合、認識部 1 6 G は、定型領域 3 1 A ' を含む領域を、信号領域として認識する。

【0 1 2 6】

本実施の形態では、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 A 内の定型領域 3 1 A ' に外接する矩形の領域を、信号領域 3 4 A として認識する（図 1 3 参照）。

【0 1 2 7】

このようにして、検出部 1 6 D は、撮影画像 P から、特定部 1 6 F が特定した信号色、および、認識部 1 6 G が認識した信号領域 3 4 A を、検出する（図 1 4 参照）。

【0 1 2 8】

次に、撮影画像 P の撮影時間帯が夜を示す場合について、具体的に説明する。

【0 1 2 9】

図 1 5 ～ 図 1 8 は、撮影画像 P の撮影時間帯が夜を示す場合の、信号領域および信号色の検出処理の一例の説明図である。

【0 1 3 0】

例えば、特定部 1 6 F は、撮影時間帯が夜を示す撮影画像 P から、信号候補領域 3 2 B を特定する（図 1 5 参照）。この場合、特定部 1 6 F は、撮影時間帯“夜”に対応する信号認識辞書 1 8 C を用いて、信号候補領域および信号色を特定する。ここで、上述したように、夜を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書 1 8 C は、夜を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像 P A における、信号機 3 0 の信号 3 0 A を示す領域 3 1 A の周辺領域 3 5 B の、色値の範囲を示す（図 7 参照）。

【0 1 3 1】

このため、特定部 1 6 F は、例えば、図 7 に示す撮影画像 P から、信号 3 0 を示す領域

10

20

30

40

50

3 1 A の周辺の周辺領域 3 5 B に相当する領域を、信号候補領域 3 2 B として特定する（図 1 5 参照）。

【0 1 3 2】

認識部 1 6 G は、特定された信号候補領域 3 2 B に基づいて、信号領域を認識する。

【0 1 3 3】

ここで、特定部 1 6 F は、信号色を示す実際の領域より狭い範囲を、信号候補領域 3 2 B として特定する場合がある。そこで、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 B を膨張させる。これによって、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 B を膨張させた膨張領域 3 3 B を得る（図 1 6 参照）。具体的には、認識部 1 6 G は、信号候補領域 3 2 B と、信号候補領域 3 2 B の外周に該外周から外側に向かって連続する 1 または複数の画素と、を、膨張領域 3 3 B として得る。すなわち、この膨張領域 3 3 B が、信号候補領域 3 2 B に比べて、周辺領域 3 5 B（図 5 参照）により近い領域となる。

10

【0 1 3 4】

次に、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 B に予め定めた形状の定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を、信号領域として認識する。予め定めた形状は、上記と同様である。

【0 1 3 5】

本実施の形態では、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 B を H o u g h 変換し、膨張領域 3 3 B に円形の定型領域 3 1 A ' が抽出できるか否かを判定する（図 1 7 参照）。抽出できた場合、認識部 1 6 G は、定型領域 3 1 A ' を含む領域を、信号領域として認識する。

20

【0 1 3 6】

本実施の形態では、認識部 1 6 G は、膨張領域 3 3 B 内の定型領域 3 1 A ' に外接する矩形の領域を、信号領域 3 4 A として認識する（図 1 8 参照）。このようにして、検出部 1 6 D は、特定部 1 6 F が特定した信号色、および、認識部 1 6 G が認識した信号領域 3 4 A を、検出する。

【0 1 3 7】

図 2 に戻り説明を続ける。検出部 1 6 D は、検出した信号色および信号領域 3 4 A を含む検出結果を、検出結果出力部 1 6 E へ出力する。

【0 1 3 8】

検出結果出力部 1 6 E は、検出部 1 6 D から受付けた検出結果を、外部装置へ出力する。外部装置は、検出結果を用いて、各種処理を行う公知の装置である。例えば、外部装置は、検出結果を用いて、車両 2 0 の運転者の運転支援などを行う。具体的には、外部装置は、認識結果を用いて、車両 2 0 の運転状況を判断し、判断結果に応じて運転者への警告信号を出力する。また、判断結果に応じて、運転者の運転の質を評価する。

30

【0 1 3 9】

検出結果出力部 1 6 E は、公知の通信手段を用いて、無線通信などにより外部装置へ検出結果を出力すればよい。なお、検出結果出力部 1 6 E は、検出結果を、記憶部 1 8 や外部メモリなどに記憶してもよい。

【0 1 4 0】

次に、本実施の形態の情報処理装置 1 0 が実行する情報処理の手順の一例を説明する。図 1 9 は、情報処理装置 1 0 が実行する情報処理の手順の一例を示すフローチャートである。

40

【0 1 4 1】

まず、画像取得部 1 6 A が撮影画像 P を取得する（ステップ S 1 0 0）。次に、時間帯判別部 1 6 B が、ステップ S 1 0 0 で取得した撮影画像 P の撮影時間帯を判別する、撮影時間帯判別処理を実行する（ステップ S 1 0 2）（詳細後述）。

【0 1 4 2】

次に、選択部 1 6 C が、ステップ S 1 0 2 で判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 1 8 C を選択する（ステップ S 1 0 4）。

【0 1 4 3】

50

次に、検出部 16 D が、ステップ S 100 で取得した撮影画像 P と、ステップ S 104 で選択した信号認識辞書 18 C と、を用いて、検出処理を実行する（ステップ S 106）（詳細後述）。ステップ S 106 の処理によって、検出部 16 D は、ステップ S 100 で取得した撮影画像 P における、信号機 30 の信号領域および信号色を検出する。

【0144】

次に、検出結果出力部 16 E が、ステップ S 106 の検出結果を出力する（ステップ S 108）。そして、本ルーチンを終了する。

【0145】

次に、撮影時間帯判別処理（図 19、ステップ S 102）の手順を説明する。図 20 は、時間帯判別部 16 B が実行する、撮影時間帯判別処理の手順の一例を示すフローチャートである。

10

【0146】

まず、時間帯判別部 16 B の第 1 の算出部 16 H が、ステップ S 100（図 19 参照）で取得した撮影画像 P の全体の平均輝度を算出する（ステップ S 200）。

【0147】

次に、時間帯判別部 16 B の第 2 の算出部 16 I が、ステップ S 100（図 19 参照）で取得した撮影画像 P を複数のブロックに分割する（ステップ S 202）。次に、第 2 の算出部 16 I は、ブロックの各々ごとに、平均輝度を算出する（ステップ S 204）。

【0148】

次に、第 2 の算出部 16 I は、ステップ S 100（図 19 参照）で取得した撮影画像 P における平均輝度が閾値以下のブロックの数を、該撮影画像 P における低輝度ブロック数として算出する（ステップ S 206）。

20

【0149】

次に、時間帯判別部 16 B の第 3 の算出部 16 J が、ステップ S 100（図 19 参照）で取得した撮影画像 P における、ブロック毎の平均輝度の分散値を算出する（ステップ S 208）。

【0150】

次に、時間帯判別部 16 B は、ステップ S 200 で算出した撮影画像 P の平均輝度と、ステップ S 206 で算出した低輝度ブロック数と、ステップ S 208 で算出した平均輝度の分散値と、に基づいて、撮影時間帯を判別する（ステップ S 210）。そして、本ルーチンを終了する。

30

【0151】

次に、検出処理（図 19、ステップ S 106）の手順を説明する。図 21 は、検出部 16 D が実行する、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【0152】

まず、検出部 16 D の特定部 16 F は、ステップ S 104（図 19 参照）で選択部 16 C が選択した信号認識辞書 18 C を用いて、ステップ S 100（図 19 参照）で取得した撮影画像 P における信号候補領域と、信号色と、を特定する（ステップ S 300）。

【0153】

次に、検出部 16 D の認識部 16 G が、信号候補領域を膨張させる（ステップ S 302））。これによって、認識部 16 G は、信号候補領域を膨張させた膨張領域を得る。

40

【0154】

次に、認識部 16 G は、膨張領域を Hough 変換し、膨張領域に円形の定型領域が抽出できるか否かを判定する（ステップ S 304）。抽出できた場合、認識部 16 G は、該定型領域に外接する矩形の領域を、信号領域 34 A として認識する（ステップ S 306）。そして、本ルーチンを終了する。

【0155】

このようにして、検出部 16 D は、ステップ S 300 で特定した信号色、および、ステップ S 306 で認識した信号領域 34 A を、検出する。

【0156】

50

以上説明したように、本実施の形態の情報処理装置 10 は、画像取得部 16 A と、時間帯判別部 16 B と、検出部 16 D と、を備える。画像取得部 16 A は、撮影画像 P を取得する。時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の撮影時間帯を判別する。検出部 16 D は、判別した撮影時間帯に基づいて、撮影画像 P における信号機 30 の信号領域 34 A および該信号機 30 の示す信号色を検出する。

【0157】

このように、本実施の形態の情報処理装置 10 は、撮影画像 P の撮影時間帯に応じて、撮影画像 P から信号色および信号領域 34 A を検出する。

【0158】

従って、本実施の形態の情報処理装置 10 は、撮影画像 P から信号機 30 の信号領域 34 A および信号色を精度良く検出することができる。 10

【0159】

また、情報処理装置 10 は、撮影時間帯に拘らず、撮影画像 P から信号機 30 の信号領域 34 A および信号色を精度良く検出することができる。また、情報処理装置 10 は、1 枚の撮影画像 P を用いて、該撮影画像 P から信号領域 34 A および信号色を検出するので、検出時間の短縮を図ることができる。

【0160】

また、時間帯判別部 16 B は、第 1 の算出部 16 H と、第 2 の算出部 16 I と、を有する。第 1 の算出部 16 H は、撮影画像 P の平均輝度を算出する。第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P を複数のブロックに分割し、平均輝度が閾値以下のブロックの数としての低輝度ブロック数を算出する。そして、時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の平均輝度と、低輝度ブロック数と、を含む特徴量に基づいて、撮影時間帯を判別する。 20

【0161】

また、時間帯判別部 16 B は、第 1 の算出部 16 H と、第 2 の算出部 16 I と、第 3 の算出部 16 J と、を有する。第 1 の算出部 16 H は、撮影画像 P の平均輝度を算出する。第 2 の算出部 16 I は、撮影画像 P を複数のブロックに分割し、平均輝度が閾値以下のブロックの数としての低輝度ブロック数を算出する。第 3 の算出部 16 J は、撮影画像 P におけるブロック毎の平均輝度の分散値を算出する。そして、時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の平均輝度と、低輝度ブロック数と、分散値と、を含む特徴量に基づいて、撮影時間帯を判別する。 30

【0162】

また、時間帯判別部 16 B は、撮影画像 P の撮影時間帯が昼または夜を示すと判別する。このため、本実施の形態の情報処理装置 10 は、撮影画像 P の撮影時間帯が昼から夜、または夜から昼に変化しても、各撮影時間帯に撮影された撮影画像 P から、精度良く、信号機 30 の信号領域 34 A および信号色を精度良く検出することができる。

【0163】

選択部 16 C は、判別した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C を選択する。検出部 16 D は、選択した信号認識辞書 18 C を用いて、信号領域 34 B および信号色を検出する。

【0164】

信号認識辞書 18 C は、対応する撮影時間帯に撮影した基準撮影画像に含まれる信号機 30 の示す、複数種類の基準信号色の各々に対応する色値の範囲を示す。検出部 16 D は、特定部 16 F と、認識部 16 G と、を含む。特定部 16 F は、撮影画像 P における、選択した信号認識辞書 18 C に示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域（信号候補領域 32 A、信号候補領域 32 B）として特定する。また、特定部 16 F は、該信号候補領域（信号候補領域 32 A、信号候補領域 32 B）の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。認識部 16 G は、信号候補領域（信号候補領域 32 A、信号候補領域 32 B）に基づいて信号領域 34 B を認識する。検出部 16 D は、特定した信号色および認識した信号領域 34 B を検出する。 40

【0165】

夜を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C は、夜を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像における信号機 30 の信号を示す領域の周辺領域の色値の範囲を示す。

【0166】

昼を示す撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18 C は、昼を示す撮影時間帯に撮影した基準撮影画像における信号機 30 の信号を示す領域の色値の範囲を示す。

【0167】

認識部 16 G は、特定された信号候補領域（信号候補領域 32 A、信号候補領域 32 B）を膨張した膨張領域（膨張領域 33 A、膨張領域 33 B）に予め定めた形状の定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を、信号領域 34 B として認識する。

【0168】

認識部 16 G は、膨張領域（膨張領域 33 A、膨張領域 33 B）に円形の定型領域が含まれる場合、該定型領域を含む領域を信号領域 34 B として認識する。

【0169】

（第 2 の実施の形態）

本実施の形態では、撮影画像 P に含まれる信号機 30 以外の被写体が、信号領域（信号領域 34 B）として誤認識されることを抑制する。

【0170】

図 1 は、本実施の形態の情報処理装置 11 A の一例の説明図である。本実施の形態では、第 1 の実施の形態の情報処理装置 10 と同様に、情報処理装置 11 A を車両 20 に搭載した形態を一例として説明する。

【0171】

次に、情報処理装置 11 A の機能的構成を説明する。図 22 は、情報処理装置 11 A の機能的構成の一例を示すブロック図である。情報処理装置 11 A は、インタフェース部 14 と、認識処理部 17 と、記憶部 18 と、を備える。インタフェース部 14 および記憶部 18 は、認識処理部 17 に電氣的に接続されている。

【0172】

インタフェース部 14 および記憶部 18 は、第 1 の実施の形態と同様である。すなわち、情報処理装置 11 A は、認識処理部 16 に代えて認識処理部 17 を備えた以外は、第 1 の実施の形態の情報処理装置 10 と同様である。

【0173】

認識処理部 17 は、画像取得部 16 A と、時間帯判別部 16 B と、選択部 16 C と、検出部 170 D と、検出結果出力部 16 E と、学習部 16 K と、を含む。認識処理部 17 は、検出部 16 D に代えて検出部 170 D を備えた以外は、第 1 の実施の形態の検出部 16 D と同様である。

【0174】

検出部 170 D は、第 1 の実施の形態の検出部 16 D と同様に、時間帯判別部 16 B が判別した撮影時間帯に基づいて、撮影画像 P における信号機 30 の信号領域および該信号機 30 の示す信号色を検出する。すなわち、検出部 170 D は、選択部 16 C が選択した信号認識辞書 18 C を用いて、信号領域および信号色を検出する。

【0175】

検出部 170 D は、特定部 170 F と、抽出部 170 G と、認識部 170 H と、を含む。

【0176】

特定部 170 F は、第 1 の実施の形態の特定部 16 F と同様に、撮影画像 P における、選択部 16 C が選択した信号認識辞書 18 C に示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定する。また、特定部 170 F は、第 1 の実施の形態の特定部 16 F と同様に、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。

【0177】

ここで、撮影画像 P には、信号機 30 の信号色と同様の色を示す被写体が含まれる場合

10

20

30

40

50

がある。この場合、特定部 170F は、信号機 30 以外の被写体を、信号候補領域として特定する場合がある。

【0178】

そこで、本実施の形態では、検出部 170D は、特定した信号候補領域における、信号機 30 以外の被写体を除去し、信号機 30 を示す信号候補領域を抽出し、検出に用いる。

【0179】

図 23～図 25 は、検出部 170D が実行する検出処理の一例の説明図である。

【0180】

図 23 は、複数種類の被写体を含む撮影画像 P の一例を示す模式図である。図 23 に示すように、撮影画像 P に、信号機 30 と、信号機 30 の信号色と同様の色を示す被写体（例えば、標識 40、車両 50 のランプ 50A）と、が含まれる場合がある。

10

【0181】

例えば、撮影画像 P における信号 30A を示す領域 31A の色値が、赤色を示すと仮定する。このとき、該撮影画像 P に含まれる、標識 40 の標識を示す領域 41A の色値、および、車両 50 のランプ 50A を示す点灯領域 51A の色値、の各々も赤色を示していると仮定する。

【0182】

この場合、特定部 170F は、撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18C を用いることで、図 6 に示す撮影画像 P から、信号 30 を示す領域 31A に相当する領域を、信号候補領域 32A として特定する（図 24 参照）。また、同様に、特定部 170F は、撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18C を用いて、図 23 に示す撮影画像 P から、標識を示す領域 41A に相当する領域および点灯領域 51A に相当する領域を、それぞれ、信号候補領域 42A および信号候補領域 52A として特定する（図 24 参照）。

20

【0183】

このように、撮影画像 P に信号色と同様の色を示す、信号機 30 以外の被写体が含まれる場合、特定部 170F は、信号機 30 以外の被写体についても信号候補領域（信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）として特定する場合がある。

【0184】

抽出部 170G は、特定部 170F が特定した信号候補領域（信号候補領域 32A、信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）の内、信号候補領域を膨張した膨張領域の大きさが予め定めた範囲内の信号候補領域を、検出対象として抽出する。

30

【0185】

具体的には、抽出部 170G は、特定部 170F が特定した信号候補領域（信号候補領域 32A、信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）の各々を膨張させる。これによって、抽出部 170G は、信号候補領域（信号候補領域 32A、信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）の各々を膨張させた、膨張領域（膨張領域 33A、膨張領域 43A、膨張領域 53A）を得る（図 25 参照）。

【0186】

具体的には、抽出部 170G は、信号候補領域 32A と、信号候補領域 32A の外周に該外周から外側に向かって連続する予め定めた数の画素と、を、膨張領域 33A として得る。同様に、抽出部 170G は、信号候補領域 42A と、信号候補領域 42A の外周に該外周から外側に向かって連続する予め定めた数の画素と、を、膨張領域 43A として得る。同様に、抽出部 170G は、信号候補領域 52A と、信号候補領域 52A の外周に該外周から外側に向かって連続する予め定めた数の画素と、を、膨張領域 53A として得る。

40

【0187】

そして、抽出部 170G は、これらの膨張領域（膨張領域 33A、膨張領域 43A、膨張領域 53A）の各々の大きさを算出する。抽出部 170G は、膨張領域を構成する画素の画素数や、撮影画像 P における膨張領域の面積を、各膨張領域の大きさとして算出すればよい。

【0188】

50

例えば、抽出部 170G は、各膨張領域（膨張領域 33A、膨張領域 43A、膨張領域 53A）の各々について、膨張領域の中心に位置する画素から該膨張領域の周縁に向かって、選択部 16C で選択した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18C に示される色値の範囲を示し、且つ連続する画素を特定する。そして、各膨張領域について、特定した画素の画素数、または、特定した画素の画素群によって示される面積を、各膨張領域の大きさとして算出する。

【0189】

なお、抽出部 170G は、膨張領域の大きさの算出時には、選択部 16C で選択した撮影時間帯に対応する信号認識辞書 18C に示される色値の範囲に代えて、該色値の範囲より狭い範囲、または該色値の範囲より広い範囲の画素を特定してもよい。

10

【0190】

そして、抽出部 170G は、これらの膨張領域（膨張領域 33A、膨張領域 43A、膨張領域 53A）の内、大きさが予め定めた範囲内の膨張領域 33A を特定する。そして、抽出部 170G は、特定した膨張領域 33A の信号候補領域 32A を、検出対象として抽出する。このため、膨張領域（膨張領域 33A、膨張領域 43A、膨張領域 53A）の内、大きさが予め定めた範囲より大きい、または該範囲より小さい大きさの膨張領域（膨張領域 43A、膨張領域 53A）は、検出対象外となる。

【0191】

なお、この予め定めた範囲は、信号 30A を示す領域 31A を選択的に特定可能な大きさ（面積や画素数）であればよい。なお、撮影装置 12 が撮影する撮影画像 P の撮影倍率は、固定であるものとする。

20

【0192】

情報処理装置 11A は、該撮影倍率の撮影画像 P に含まれる信号 30A を示す領域 31A を該予め定めた画素数分膨張した膨張領域について、大きさのとりうる範囲を予め計測し、記憶部 18 に予め記憶すればよい。そして、抽出部 170G は、記憶部 18 に記憶された大きさの範囲を用いて、大きさが予め定めた範囲内の膨張領域 33A の信号候補領域 32A を抽出すればよい。

【0193】

なお、撮影画像 P の撮影倍率は可変であってもよい。この場合、情報処理装置 11A は、撮影倍率と大きさの範囲とを対応づけて予め記憶部 18 に記憶すればよい。そして、抽出部 170G は、撮影画像 P の撮影倍率に対応する大きさの範囲を記憶部 18 から読取り、信号候補領域 32A の抽出に用いればよい。

30

【0194】

これにより、抽出部 170G は、撮影画像 P に含まれる複数の信号候補領域（信号候補領域 32A、信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）の内、信号機 30 の信号 30A を示す信号候補領域 32A を抽出する。

【0195】

このため、抽出部 170G は、撮影画像 P に含まれる複数の信号候補領域から、信号機 30 以外の領域（例えば、車両 50 のテールランプなどのランプ 50A の領域や、看板や標識などの領域（例えば、標識 40 の領域）を、検出対象外とすることができる。詳細には、例えば、撮影時間帯が昼である場合、信号機 30 より大きい標識 40 などの領域を、検出対象外とすることができる。また、例えば、撮影時間帯が夜である場合、街灯や車両 50 のテールランプなどの領域を、検出対象外とすることができる。

40

【0196】

認識部 170H は、抽出部 170G で抽出された信号候補領域 32A に基づいて、信号領域 34A を認識する（図 14、図 18 参照）。認識部 170H は、撮影画像 P に含まれる信号候補領域（信号候補領域 32A、信号候補領域 42A、信号候補領域 52A）の内、抽出部 170G で抽出された信号候補領域 32A を用いて、信号領域 34A を認識する以外は、第 1 の実施の形態の認識部 16G と同様にして、信号領域 34A を認識すればよい（図 14、図 18 参照）。

50

【0197】

このようにして、本実施の形態では、検出部170Dは、撮影画像Pから、特定部16Fが特定した信号色、および、認識部16Gが認識した信号領域34Aを、検出する（図14、図18参照）。

【0198】

次に、本実施の形態の情報処理装置11Aが実行する情報処理の手順の一例を説明する。なお、情報処理装置11Aが実行する情報処理の手順は、図19を用いて説明した、第1の実施の形態の情報処理の手順と同様である。なお、本実施の形態の情報処理装置11Aでは、図19におけるステップS106の検出処理において、図26に示す処理を実行する。

10

【0199】

本実施の形態の検出処理（図19、ステップS106）の手順を説明する。図26は、本実施の形態の検出部170Dが実行する、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【0200】

まず、検出部170Dの特定部170Fは、ステップS104（図19参照）で選択部16Cが選択した信号認識辞書18Cを用いて、ステップS100（図19参照）で取得した撮影画像Pにおける信号候補領域と、信号色と、を特定する（ステップS400）。

【0201】

次に、検出部170Dの抽出部170Gが、信号候補領域を膨張させる（ステップS402）。これによって、抽出部170Gは、信号候補領域を膨張させた膨張領域を得る。

20

【0202】

次に、検出部170Dの抽出部170Gは、ステップS402で得た膨張領域の内、大きさが予め定めた範囲内の膨張領域を特定する。そして、抽出部170Gは、特定した膨張領域33Aの信号候補領域32Aを、検出対象として抽出する（ステップS404）。

【0203】

次に、認識部170Hは、ステップS404で抽出された膨張領域をHough変換し、膨張領域に円形の定型領域が抽出できるか否かを判定する（ステップS406）。抽出できた場合、認識部170Hは、該定型領域に外接する矩形の領域を、信号領域34Aとして認識する（ステップS408）。そして、本ルーチンを終了する。

30

【0204】

以上説明したように、本実施の形態の情報処理装置11Aは、検出部170Dが、特定部170Fと、抽出部170Gと、認識部170Hと、を有する。特定部170Fは、撮影画像Pにおける、選択した信号認識辞書18Cに示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）として特定すると共に、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。抽出部170Gは、特定部170Fが特定した信号候補領域の内、信号候補領域を膨張した膨張領域（膨張領域33A、膨張領域43A、膨張領域53A）の大きさが予め定めた範囲内の信号候補領域（信号候補領域32A）を、検出対象として抽出する。認識部170Hは、抽出された信号候補領域32Aに基づいて信号領域34Aを認識する。

40

【0205】

このように、本実施の形態の情報処理装置11Aでは、抽出部170Gが、特定部170Fで特定した信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）の内、信号候補領域を膨張した膨張領域の大きさが予め定めた範囲内の信号候補領域を、検出対象として抽出する。これにより、抽出部170Gは、撮影画像Pに含まれる複数の信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）の内、信号機30の信号30Aを示す信号候補領域32Aを抽出する。そして、検出部170Dでは、抽出した信号候補領域32Aを用いて、信号領域34Aを検出する。

【0206】

50

従って、本実施の形態の情報処理装置 11 Aでは、上記第 1 の実施の形態の情報処理装置 10 の効果に加えて、更に精度良く、信号機 30 の信号領域 34 Aおよび信号色を検出することができる。

【0207】

(第 3 の実施の形態)

本実施の形態では、第 2 の実施の形態とは異なる形態で、撮影画像 Pに含まれる信号機 30 以外の被写体が、信号領域 (信号領域 34 B) として誤認識されることを抑制する。

【0208】

図 1 は、本実施の形態の情報処理装置 11 Bの一例の説明図である。本実施の形態では、第 1 の実施の形態の情報処理装置 10 と同様に、情報処理装置 11 Bを車両 20 に搭載した形態を一例として説明する。

10

【0209】

次に、情報処理装置 11 Bの機能的構成を説明する。図 27 は、情報処理装置 11 Bの機能的構成の一例を示すブロック図である。情報処理装置 11 Bは、インタフェース部 14 と、認識処理部 19 と、記憶部 18 と、を備える。インタフェース部 14 および記憶部 18 は、認識処理部 19 に電氣的に接続されている。

【0210】

インタフェース部 14 および記憶部 18 は、第 1 の実施の形態と同様である。すなわち、情報処理装置 11 Bは、認識処理部 16 に代えて認識処理部 19 を備えた以外は、第 1 の実施の形態の情報処理装置 10 と同様である。

20

【0211】

認識処理部 19 は、画像取得部 16 Aと、時間帯判別部 16 Bと、選択部 16 Cと、検出部 180 Dと、検出結果出力部 16 Eと、学習部 16 Kと、を含む。認識処理部 19 は、検出部 16 Dに代えて検出部 180 Dを備えた以外は、第 1 の実施の形態の検出部 16 Dと同様である。

【0212】

検出部 180 Dは、第 1 の実施の形態の検出部 16 Dと同様に、時間帯判別部 16 Bが判別した撮影時間帯に基づいて、撮影画像 Pにおける信号機 30 の信号領域および該信号機 30 の示す信号色を検出する。すなわち、検出部 180 Dは、選択部 16 Cが選択した信号認識辞書 18 Cを用いて、信号領域および信号色を検出する。

30

【0213】

検出部 180 Dは、特定部 180 Fと、認識部 180 Gと、抽出部 180 Hと、を含む。

【0214】

特定部 180 Fは、第 1 の実施の形態の特定部 16 Fと同様である。すなわち、特定部 180 Fは、撮影画像 Pにおける、選択部 16 Cが選択した信号認識辞書 18 Cに示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域として特定する。また、特定部 180 Fは、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。

【0215】

認識部 180 Gは、特定部 16 Fが特定した信号候補領域に基づいて、撮影画像 Pにおける信号領域を認識する。認識部 180 Gの処理は、第 1 の実施の形態の認識部 16 Gと同様である。

40

【0216】

すなわち、認識部 180 Gは、信号候補領域 32 Aを膨張させた膨張領域 33 Aにおける、予め定めた定型領域を含む領域を、信号領域として認識する。

【0217】

ここで、第 2 の実施の形態でも説明したように、撮影画像 Pには、信号機 30 の信号色と同様の色を示す被写体が含まれる場合がある。この場合、認識部 180 Gは、信号機 30 以外の被写体についても、信号領域として認識する場合がある。

50

【0218】

そこで、本実施の形態では、抽出部180Hは、認識部180Gが認識した信号領域の内、予め定めた大きさの範囲内の信号領域を、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する。

【0219】

図28～図29は、認識部180Gによる認識処理の一例の説明図である。

【0220】

例えば、撮影画像Pが、複数種類の被写体を含む画像であったと仮定する（図23参照）。具体的には、図23に示すように、撮影画像Pに、信号機30と、信号機30の信号色と同様の色を示す被写体（例えば、標識40、車両50のランプ50A）と、が含まれる場合がある。

10

【0221】

この場合、特定部180Fおよび認識部180Gの処理によって、信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）の各々を膨張させた、膨張領域（膨張領域33A、膨張領域43A、膨張領域53A）が得られる（図28参照）。

【0222】

そして、認識部180Gは、第1の実施の形態の認識部16Gと同様にして、膨張領域（膨張領域33A、膨張領域43A、膨張領域53A）の各々をHough変換し、膨張領域（膨張領域33A、膨張領域43A、信号候補領域52A）に円形の定型領域（定型領域31A'、定型領域41A'、定型領域51A'）が抽出できるか否かを判定する（図28参照）。抽出できた場合、認識部180Gは、定型領域（定型領域31A'、定型領域41A'、定型領域51A'）を含む領域を、信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）として認識する（図29参照）。

20

【0223】

抽出部180Hは、認識部180Gが認識した信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、予め定めた大きさの範囲内の信号領域34Aを、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する。信号領域の大きさには、信号領域を構成する画素の画素数や、撮影画像Pにおける信号領域の面積を用いればよい。

【0224】

例えば、抽出部180Hは、認識部180Gが認識した信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の各々について、信号領域の中心に位置する画素から該信号領域の周縁に向かって、選択部16Cで選択した撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cに示される色値の範囲を示し、且つ連続する画素を特定する。連続する画素とは、連続して配置されている画素を意味する。そして、各信号領域について、特定した画素の画素数、または、特定した画素の画素群によって示される面積を、各信号領域の大きさとして算出する。

30

【0225】

なお、抽出部180Hは、信号領域の大きさの算出時には、選択部16Cで選択した撮影時間帯に対応する信号認識辞書18Cに示される色値の範囲に代えて、該色値の範囲より狭い範囲、または該色値の範囲より広い範囲の画素を特定してもよい。

40

【0226】

そして、抽出部180Hは、これらの信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、大きさが予め定めた範囲内の信号領域34Aを、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する。このため、信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、大きさが予め定めた範囲より大きい、または該範囲より小さい大きさの信号領域（信号領域44A、信号領域54A）は、抽出対象外となる。

【0227】

なお、この予め定めた大きさの範囲は、信号30Aを示す領域31Aに対応する信号領域34Aを選択的に特定可能な大きさ（面積や画素数）であればよい。なお、撮影装置1

50

2が撮影する撮影画像Pの撮影倍率は、固定であるものとする。

【0228】

情報処理装置11Bは、該撮影倍率の撮影画像Pに含まれる信号30Aを示す領域31Aの信号領域34Aについて、大きさのとりうる範囲を予め計測し、記憶部18に予め記憶すればよい。そして、抽出部180Dは、記憶部18に記憶された大きさの範囲を用いて、大きさが予め定めた範囲内の信号領域34Aを、信号機30の信号領域34Aとして抽出すればよい。

【0229】

なお、撮影画像Pの撮影倍率は可変であってもよい。この場合、情報処理装置11Bは、撮影倍率と大きさの範囲とを対応づけて予め記憶部18に記憶すればよい。そして、抽出部180Hは、撮影画像Pの撮影倍率に対応する大きさの範囲を記憶部18から読取り、信号領域34Aの抽出に用いればよい。

10

【0230】

このようにして、本実施の形態では、検出部180Dは、撮影画像Pから、特定部180Fが特定した特定色、および、認識部16Gが認識し且つ抽出部180Hが抽出した信号領域34Aを、検出する（図14、図18参照）。

【0231】

次に、本実施の形態の情報処理装置11Bが実行する情報処理の手順の一例を説明する。なお、情報処理装置11Aが実行する情報処理の手順は、図19を用いて説明した、第1の実施の形態の情報処理の手順と同様である。なお、本実施の形態の情報処理装置11Bでは、図19におけるステップS106の検出処理において、図30に示す処理を実行する。

20

【0232】

本実施の形態の検出処理（図19、ステップS106）の手順を説明する。図30は、本実施の形態の検出部180Dが実行する、検出処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【0233】

まず、検出部180Dの特定部180Fは、ステップS104（図19参照）で選択部16Cが選択した信号認識辞書18Cを用いて、ステップS100（図19参照）で取得した撮影画像Pにおける信号候補領域と、信号色と、を特定する（ステップS500）。

30

【0234】

次に、検出部180Dの認識部180Gが、信号候補領域を膨張させる（ステップS502）。これによって、認識部180Gは、信号候補領域を膨張させた膨張領域を得る。

【0235】

次に、認識部180Gは、膨張領域をHough変換し、膨張領域に円形の定型領域が抽出できるか否かを判定する（ステップS504）。抽出できた場合、認識部180Gは、該定型領域に外接する矩形の領域を、信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）として認識する（ステップS506）。

【0236】

次に、抽出部180Hが、ステップS506で認識した信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、予め定めた大きさの範囲内の信号領域34Aを、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する（ステップS508）。そして、本ルーチンを終了する。

40

【0237】

以上説明したように、本実施の形態の情報処理装置11Bは、検出部180Dが、特定部180Fと、抽出部180Gと、認識部180Hと、を有する。特定部180Fは、撮影画像Pにおける、選択した信号認識辞書18Cに示される基準信号色の色値の範囲に属する領域を、信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）として特定すると共に、該信号候補領域の色値に対応する種類の基準信号色を、信号色として特定する。

50

【0238】

認識部180Gは、特定された信号候補領域（信号候補領域32A、信号候補領域42A、信号候補領域52A）に基づいて、信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）を認識する。抽出部180Hは、認識部180Gが認識した信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、予め定めた大きさの範囲内の信号領域34Aを、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する。検出部180Dは、特定した信号色および認識し且つ抽出した信号領域34Aを検出する。

【0239】

このように、本実施の形態の情報処理装置11Bでは、抽出部180Hが、認識部180Gで認識した信号領域（信号領域34A、信号領域44A、信号領域54A）の内、予め定めた大きさの範囲内の信号領域34Aを、撮影画像Pにおける信号機30の信号領域34Aとして抽出する。検出部180Dは、特定した信号色および認識し且つ抽出した信号領域34Aを検出する。

10

【0240】

これにより、抽出部180Hは、撮影画像Pに含まれる、認識部180Gで認識された信号領域の内、信号機30の信号30Aを示す信号領域34Aを抽出する。そして、検出部180Dは、特定した信号色および認識し且つ抽出した信号領域34Aを検出する。

【0241】

従って、本実施の形態の情報処理装置11Bでは、上記第1の実施の形態の情報処理装置10の効果に加えて、更に精度良く、信号機30の信号領域34Aおよび信号色を検出することができる。

20

【0242】

<変形例>

なお、上記実施の形態では、情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々を、車両20に搭載した形態を説明した。しかし、情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々を、車両20とは別体として構成し、車両20に搭載しない形態であってもよい。すなわち、情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々を、公知のパーソナルコンピュータ（PC）などに適用した構成としてもよい。

【0243】

この場合、車両20に搭載された撮影部12で撮影された複数の撮影画像Pを、公知の記憶媒体（例えば、メモリカードなど）や記憶部18に予め記憶すればよい。

30

【0244】

そして、情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々では、該記憶媒体や記憶部18に記憶された撮影画像Pの各々について、上記実施の形態と同様にして、信号領域34Bおよび信号色を検出すればよい。

【0245】

この場合、パーソナルコンピュータ（PC）などの情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々で、撮影画像Pから信号領域34Bおよび信号色を検出することができる。

40

【0246】

次に、撮影装置12のハードウェア構成の一例を説明する。図31は、撮影装置12のハードウェア構成の一例を示す図である。

【0247】

撮影装置12は、撮影光学系2010、メカシャッタ2020、モータドライバ2030、CCD（Charge Coupled Device）2040、CDS（Correlated Double Sampling：相関2重サンプリング）回路2050、A/D変換器2060、タイミング信号発生器2070、画像処理回路2080、LCD（Liquid Crystal Display）2090、CPU（Central Processing Unit）2100、RAM（Random Access

50

s Memory) 2110、ROM (Read Only Memory) 2120、SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) 2130、圧縮伸張回路2140、メモリ2150、操作部2160、および、出力I/F 2170を備える。

【0248】

画像処理回路2080、CPU2100、RAM2110、ROM2120、SDRAM2130、圧縮伸張回路2140、メモリ2150、操作部2160、および、出力I/F 2170は、バス2200を介して接続されている。

【0249】

撮影光学系2010は、被写体の反射光を集光する。メカシャッタ2020は、所定の時間、開くことにより、撮影光学系2010により集光された光をCCD2040に入射させる。モータドライバ2030は、撮影光学系2010およびメカシャッタ2020を駆動する。

【0250】

CCD2040は、メカシャッタ2020を介して入射した光を被写体の像として結像し、当該被写体の像を示すアナログの画像データをCDS回路2050に入力する。

【0251】

CDS回路2050は、CCD2040からアナログの画像データを受け付けると、当該画像データのノイズ成分を除去する。また、CDS回路2050は、相関二重サンプリングやゲインコントロールなどのアナログ処理を行う。そして、CDS回路2050は、処理後のアナログの画像データを、A/D変換器2060へ出力する。

【0252】

A/D変換器2060は、CDS回路2050からアナログの画像データを受け付けると、当該アナログの画像データをデジタルの画像データに変換する。A/D変換器2060はデジタルの画像データを画像処理回路2080に入力する。タイミング信号発生器2070はCPU2100からの制御信号に応じて、CCD2040、CDS回路2050、およびA/D変換器2060にタイミング信号を送信することにより、CCD2040、CDS回路2050、およびA/D変換器2060の動作タイミングを制御する。

【0253】

画像処理回路2080は、A/D変換器2060からデジタルの画像データを受け付けると、SDRAM2130を使用して、当該デジタルの画像データの画像処理を行う。画像処理は、例えばCrCb変換処理、ホワイトバランス制御処理、コントラスト補正処理、エッジ強調処理、および、色変換処理等である。

【0254】

画像処理回路2080は上述の画像処理が行われた画像データをLCD2090、または、圧縮伸張回路2140に出力する。LCD2090は画像処理回路2080から受け付けた画像データを表示する液晶ディスプレイである。

【0255】

圧縮伸張回路2140は、画像処理回路208から画像データを受け付けると、当該画像データを圧縮する。圧縮伸張回路2140は圧縮された画像データを、メモリ2150に記憶する。また、圧縮伸張回路2140はメモリ2150から画像データを受け付けると、当該画像データを伸張する。圧縮伸張回路2140は伸張された画像データをSDRAM213に一時的に記憶する。メモリ2150は圧縮された画像データを記憶する。

【0256】

出力I/F 2170は、画像処理回路2080で処理された画像データを、撮影画像Pとして、情報処理装置10、情報処理装置11A、および情報処理装置11Bの各々へ出力する。

【0257】

なお上述の図2、図22、図27で説明したインタフェース部14、および認識処理部16に含まれる機能部の少なくとも一部を、信号処理ボード（信号処理回路）として撮影

10

20

30

40

50

装置 12 に実装してもよい。

【0258】

次に、上記実施の形態および変形例の、情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B の各々のハードウェア構成を説明する。図 32 は、上記実施の形態および変形例の情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【0259】

上記実施の形態および変形例の、情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B は、出力部 80、I/F 部 82、入力部 94、CPU 86、ROM (Read Only Memory) 88、RAM (Random Access Memory) 90、および HDD 92 等がバス 96 により相互に接続されており、通常のコンピュータを利用したハードウェア構成となっている。

【0260】

CPU 86 は、上記実施の形態および変形例の、情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B の各々で実行する処理を制御する演算装置である。RAM 90 は、CPU 86 による各種処理に必要なデータを記憶する。ROM 88 は、CPU 86 による各種処理を実現するプログラム等を記憶する。HDD 92 は、上述した記憶部 18 に格納されるデータを記憶する。I/F 部 82 は、他の装置との間でデータを送受信するためのインターフェースである。

【0261】

上記実施の形態および変形例の、情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B で実行される上記各種処理を実行するためのプログラムは、ROM 88 等に予め組み込んで提供される。

【0262】

なお、上記実施の形態および変形例の情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B で実行されるプログラムは、これらの装置にインストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルで CD-ROM、フレキシブルディスク (FD)、CD-R、DVD (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録されて提供するように構成してもよい。

【0263】

また、上記実施の形態および変形例の情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B で実行されるプログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成してもよい。また、上記実施の形態および変形例の情報処理装置 10 における上記各処理を実行するためのプログラムを、インターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

【0264】

上記実施の形態および変形例の情報処理装置 10、情報処理装置 11A、および情報処理装置 11B で実行される上記各種処理を実行するためのプログラムは、上述した各部が主記憶装置上に生成されるようになっている。

【0265】

なお、上記 HDD 92 に格納されている各種情報は、外部装置に格納してもよい。この場合には、該外部装置と CPU 86 と、を、ネットワーク等を介して接続した構成とすればよい。

【0266】

なお、上記には、本発明の実施の形態および変形例を説明したが、上記実施の形態および変形例は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。この新規な実施の形態および変形例は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。この実施の形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲

10

20

30

40

50

に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0267】

10、11A、11B 情報処理装置
 16A 画像取得部
 16B 時間帯判別部
 16C 選択部
 16D、170D、180D 検出部
 16F、170F、180F 特定部
 16G、170H、180G 認識部
 16H 第1の算出部
 16I 第2の算出部
 16J 第3の算出部
 170G、180H 抽出部

【先行技術文献】

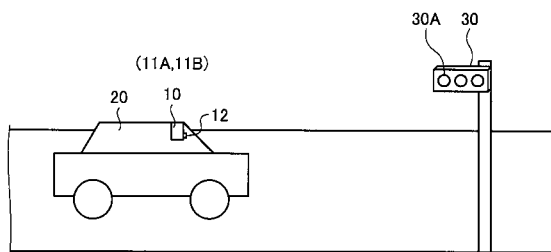
【特許文献】

【0268】

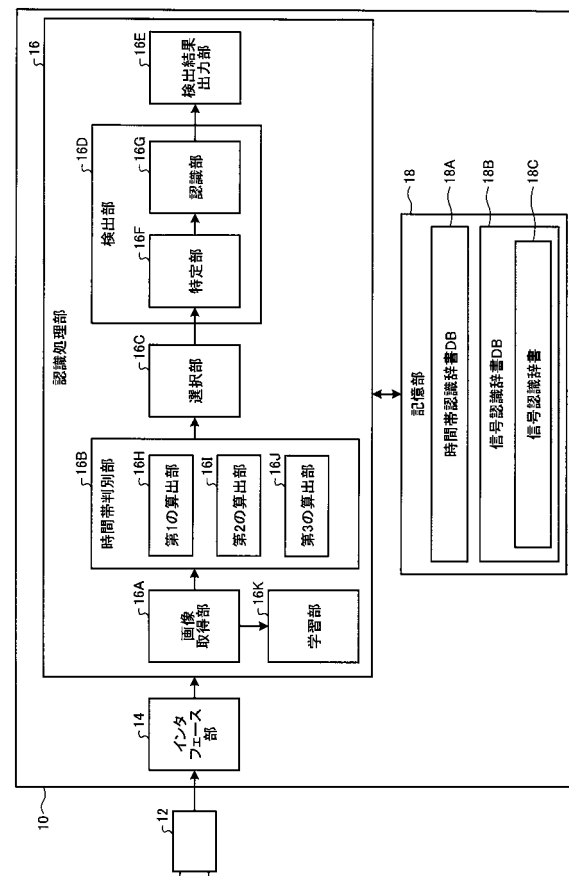
【特許文献1】特開2009-244946号公報

10

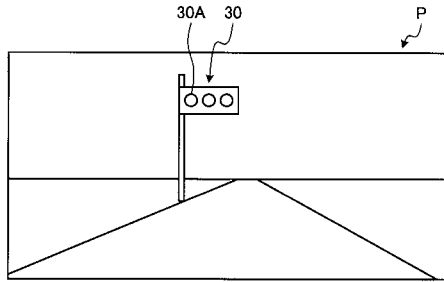
【図1】



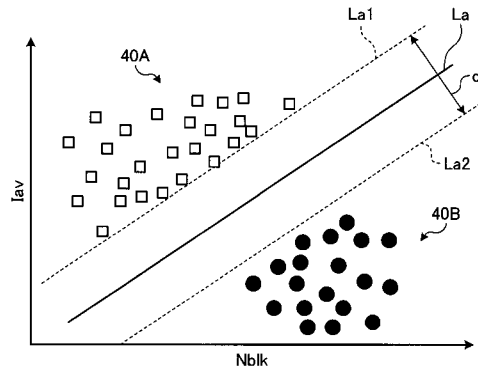
【図2】



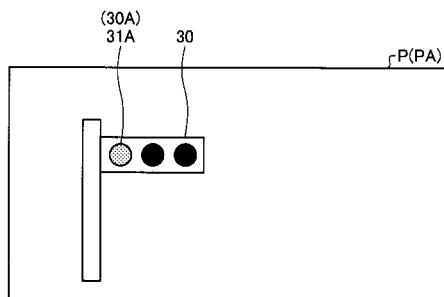
【図 3】



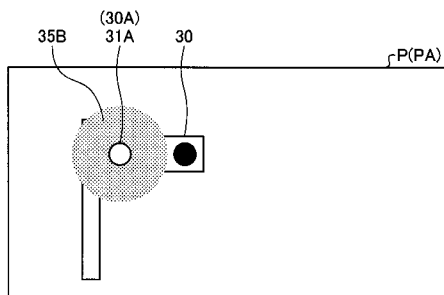
【図 4】



【図 6】



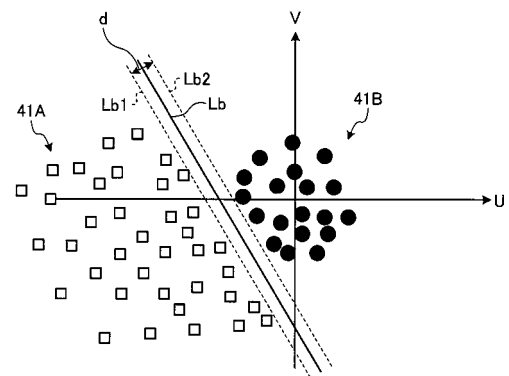
【図 7】



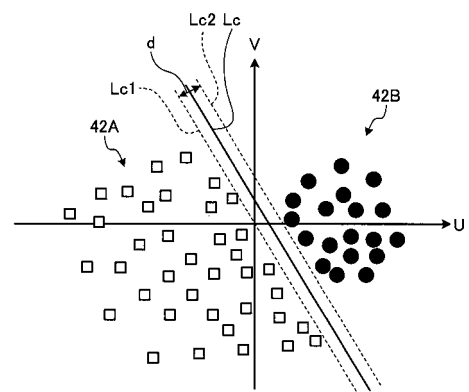
【図 5】

信号認識辞書DB	
撮影時間帯	信号認識辞書
昼	青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書
夜	青信号認識辞書、赤信号認識辞書、黄信号認識辞書

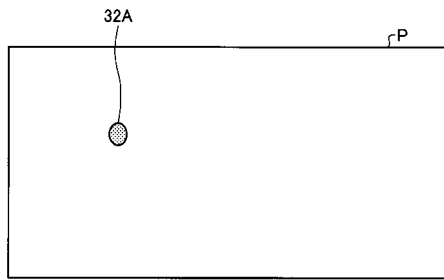
【図 8】



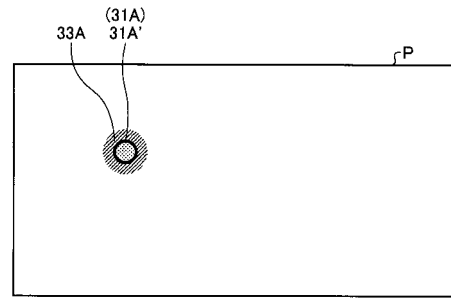
【図 9】



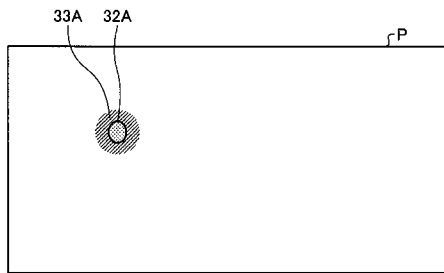
【図 10】



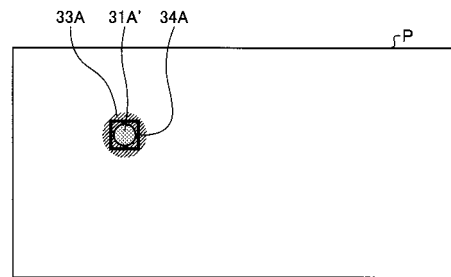
【図 12】



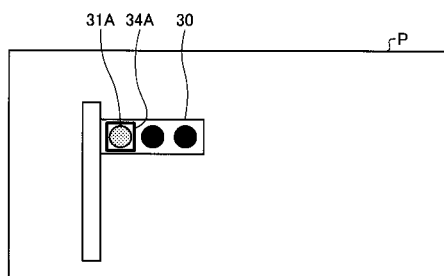
【図 11】



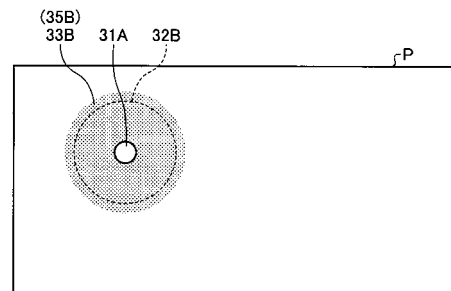
【図 13】



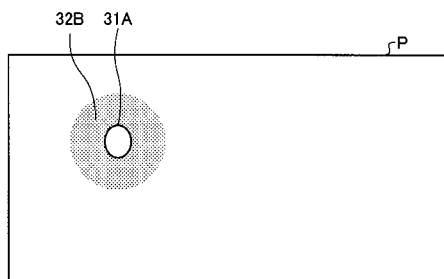
【図 14】



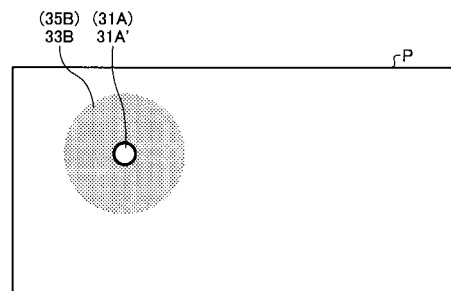
【図 16】



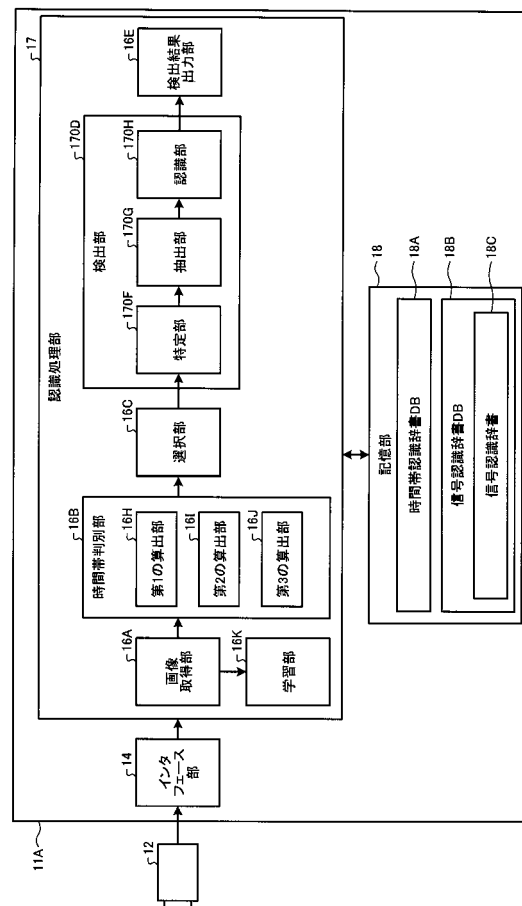
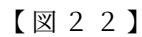
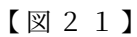
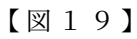
【図 15】



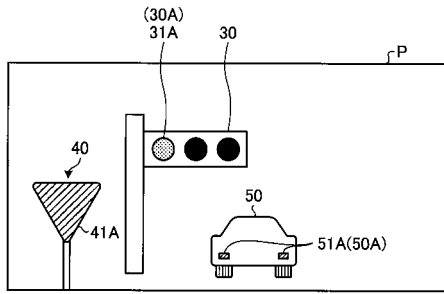
【図 17】



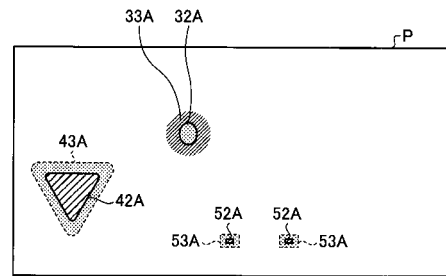
【 図 2 0 】



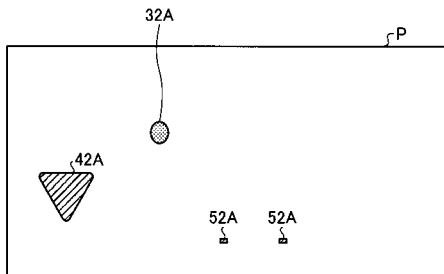
【図 2 3】



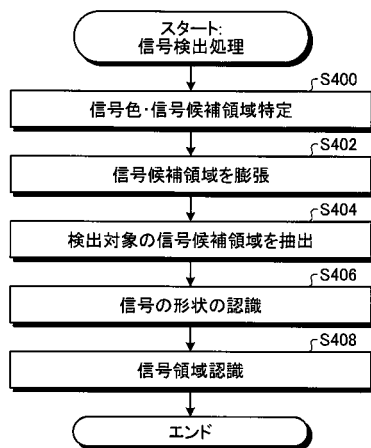
【図 2 5】



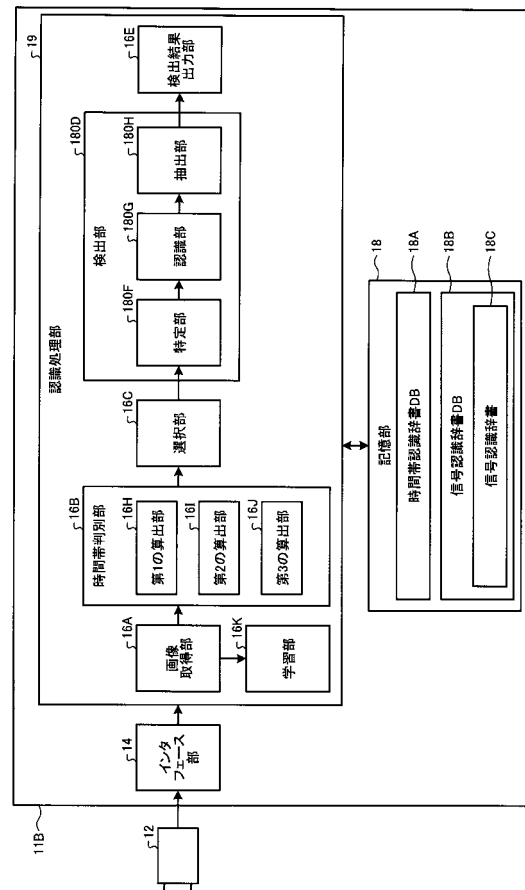
【図 2 4】



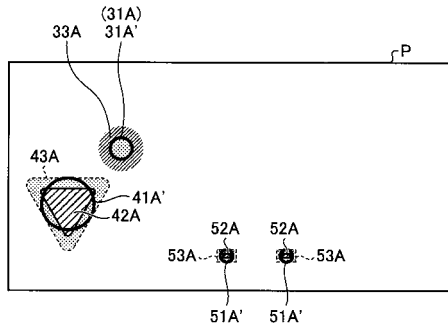
【図 2 6】



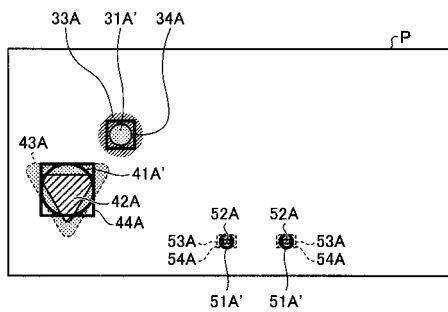
【図 2 7】



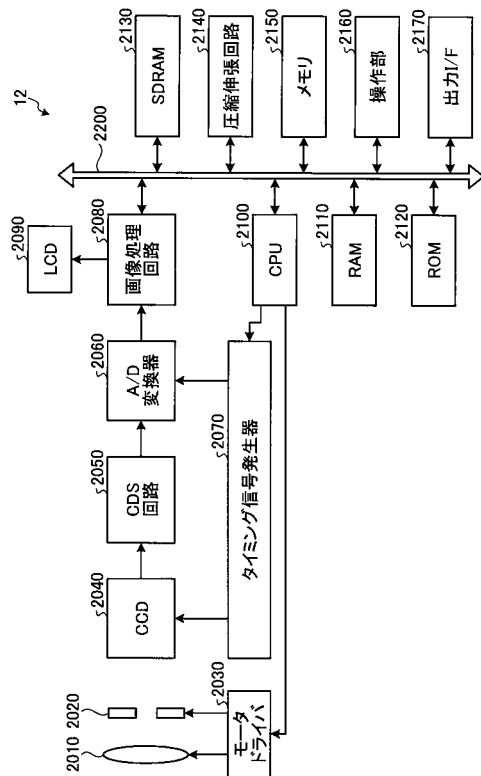
【図 28】



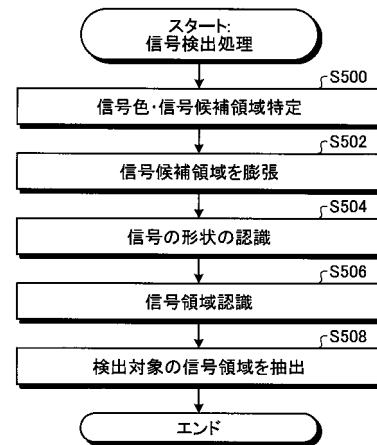
【図 29】



【図 31】



【図 30】



【図 32】

