

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5252642号
(P5252642)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4N	5/225	(2006.01)	HO4N	5/225	C
GO6T	1/00	(2006.01)	GO6T	1/00	315
GO1C	3/06	(2006.01)	GO1C	3/06	110V
HO4N	13/02	(2006.01)	GO1C	3/06	140
			HO4N	13/02	

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2009-96689(P2009-96689)
 (22) 出願日 平成21年4月13日(2009.4.13)
 (65) 公開番号 特開2010-251878(P2010-251878A)
 (43) 公開日 平成22年11月4日(2010.11.4)
 審査請求日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(73) 特許権者 301022471
 独立行政法人情報通信研究機構
 東京都小金井市貫井北町4-2-1
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (74) 代理人 100111545
 弁理士 多田 悦夫
 (72) 発明者 妹尾 孝憲
 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
 行政法人情報通信研究機構内
 (72) 発明者 山本 健詞
 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
 行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 奥行推定装置、奥行推定方法および奥行推定プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定する奥行推定装置であって、

前記複数配列した前記カメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで前記被写体を撮影した基準映像と、前記基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで前記被写体を撮影した複数の隣接映像とを入力する映像入力手段と、

複数設定した仮定奥行値ごとに、前記基準映像の各画素の画素値と、当該画素の前記仮定奥行値の視差に対応する画素である前記複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を演算する対応画素差分演算手段と、

この対応画素差分演算手段で演算した隣接映像差分値を、同一の仮定奥行値について前記基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算する隣接映像差分加算手段と、

この隣接映像差分加算手段で演算した差分加算値を、前記仮定奥行値と前記基準映像の画素位置とに対応付けて記憶する記憶手段と、

前記画素位置ごとに、前記差分加算値が最小となる前記仮定奥行値を前記記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値とする奥行値決定手段と、
 を備えることを特徴とする奥行推定装置。

【請求項2】

前記映像入力手段は、前記隣接カメラとは異なり、前記複数配列した前記カメラのい

れかにおいて、予め定めた位置に配置した補助カメラで前記被写体を撮影した補助映像を入力し、

前記対応画素差分演算手段は、さらに、前記複数の仮定奥行値ごとに、前記基準映像の各画素の画素値と、当該画素の前記仮定奥行値の視差に対応する前記補助映像の各画素の画素値との差分絶対値である補助映像差分値を演算し、

前記補助映像差分値が予め定めた閾値よりも小さい場合に、当該画素に対応する前記差分加算値を減少させる補正係数を設定する補正係数設定手段と、

この補正係数設定手段で設定した補正係数と、当該画素に対応する前記差分加算値とを乗算することで前記差分加算値を補正する差分加算値補正手段と、
をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の奥行推定装置。

10

【請求項 3】

前記画素位置ごとに、前記差分加算値に、前記差分加算値が最小となる前記仮定奥行値と、当該画素位置の隣接画素位置における前記差分加算値が最小となる前記仮定奥行値との差分を重み付け加算することで、当該画素位置における差分加算値を平滑化する平滑化手段をさらに備え、

前記奥行値決定手段は、前記平滑化手段で平滑化した差分加算値が最小となる前記仮定奥行値を探索し、当該画素位置の奥行値とすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の奥行推定装置。

【請求項 4】

前記仮定奥行値は、前記カメラ映像の画素間隔よりも小さい仮定のサブ画素間隔を単位とする値であって、

20

前記対応画素差分演算手段は、前記仮定奥行値に対応する前記サブ画素を含む画素の画素値と、当該画素に隣接する画素の画素値とから補間して生成した画素値を用いて差分絶対値を演算することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の奥行推定装置。

【請求項 5】

前記画素値は、輝度値および色差値、または、カラー値の複数の要素で構成される値であって、

前記対応画素差分演算手段は、前記差分絶対値を、前記要素ごとの値の差分絶対値和として演算することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の奥行推定装置。

30

【請求項 6】

予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定する奥行推定方法であって、

前記複数配列した前記カメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで前記被写体を撮影した基準映像と、前記基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで前記被写体を撮影した複数の隣接映像とを映像入力手段により入力する映像入力ステップと、

複数設定した仮定奥行値ごとに、前記基準映像の各画素の画素値と、当該画素の前記仮定奥行値の視差に対応する画素である前記複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を対応画素差分演算手段により演算する対応画素差分演算ステップと、

40

この対応画素差分演算ステップで演算した隣接映像差分値を、隣接映像差分加算手段により、同一の仮定奥行値について前記基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算する隣接映像差分加算ステップと、

この隣接映像差分加算ステップで演算した差分加算値を、前記仮定奥行値と前記基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段に記憶する記憶ステップと、

奥行値決定手段により、前記画素位置ごとに、前記差分加算値が最小となる前記仮定奥行値を前記記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値とする奥行値決定ステップと、
を含むことを特徴とする奥行推定方法。

50

【請求項 7】

予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定するために、コンピュータを、

前記複数配列した前記カメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで前記被写体を撮影した基準映像と、前記基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで前記被写体を撮影した複数の隣接映像とを入力する映像入力手段、

複数設定した仮定奥行値ごとに、前記基準映像の各画素の画素値と、当該画素の前記仮定奥行値の視差に対応する画素である前記複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を演算する対応画素差分演算手段、

この対応画素差分演算手段で演算した隣接映像差分値を、同一の仮定奥行値について前記基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算し、前記仮定奥行値と前記基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段に書き込む隣接映像差分加算手段、

前記画素位置ごとに、前記差分加算値が最小となる前記仮定奥行値を前記記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値とする奥行値決定手段、
として機能させることを特徴とする奥行推定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のカメラで被写体を撮影した映像から、多視点映像用の被写体の奥行値を推定する奥行推定装置、奥行推定方法および奥行推定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、複数のカメラで同一の被写体を撮影した複数の映像（多視点映像）を用いて、立体映像や自由視点映像を生成、符号化する研究が進められている。これらの立体映像や自由視点映像を生成、符号化する技術では、基本的に、複数のカメラで被写体を撮影したカメラ映像の視差量を利用することで、被写体までの奥行値を求めている（特許文献1等参照）。

この特許文献1には、図13に示すように、複数のカメラ（ C_1 、 C_2 、 C_3 ）で撮影された視差方向に異なるカメラ映像を、時間方向に符号化する技術が開示されている。

この符号化の際に、特許文献1に記載されている発明は、複数のカメラ（ C_1 、 C_2 、 C_3 ）で撮影されたカメラ映像（ F_1 、 F_2 、 F_3 ）間で、映像内の被写体の奥行値を仮定し、基準となるカメラ（例えば、 C_2 ）で撮影されたカメラ映像（ F_2 ）内のブロックに含まれる画素値と、カメラの位置関係と奥行値とから定まる他のカメラ（例えば、 C_1 、 C_3 ）で撮影されたカメラ映像（ F_1 、 F_3 ）内の対応ブロックに含まれる画素値との差分絶対値が最小となる奥行値を求めている。

このように、従来は、複数のカメラ映像において、複数の仮定した奥行値に対応する画素値の差分絶対値が最小となる画素が、それぞれのカメラ映像の対応する画素であり、また、そのときの仮定した奥行値が当該画素の奥行値であると推定していた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-36800号公報（段落〔0118〕～〔0112〕）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前記したように、複数のカメラ映像において、複数の仮定した奥行値に対応する画素値の差分絶対値が最小となる画素を探索し、当該画素の奥行値を推定する手法では、以下に示す問題がある。

例えば、画素値の変化が少ない様な被写体においては、複数のカメラ映像間に、画素値が近似する複数の誤った対応点が存在する場合がある。この場合、従来の手法では、単

10

20

30

40

50

に、画素値の差分絶対値が最小となる画素を探索するため、誤った対応点を探索（偽マッチング）してしまう場合がある。すなわち、従来手法では、誤った対応点を探索した結果、誤った奥行値が推定されてしまうという問題がある。

【0005】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、一様な被写体で複数のカメラ映像間における対応点が複数存在する場合であっても、奥行値の誤推定を軽減することが可能な奥行推定装置、奥行推定方法および奥行推定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】

本発明は、前記目的を達成するために創案されたものであり、まず、請求項1に記載の奥行推定装置は、予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定する奥行推定装置であって、映像入力手段と、対応画素差分演算手段と、隣接映像差分加算手段と、記憶手段と、奥行値決定手段と、を備える構成とした。

【0007】

かかる構成において、奥行推定装置は、映像入力手段によって、複数配列したカメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで被写体を撮影した基準映像と、基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで被写体を撮影した複数の隣接映像とを入力する。この隣接映像は、基準映像からの視差を計測するための映像である。

【0008】

そして、奥行推定装置は、対応画素差分演算手段によって、複数設定した仮定奥行値ごとに、基準映像の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する画素である複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を演算する。この仮定奥行値は、基準映像の画素に対応する被写体の奥行値を仮定した値であって、例えば、最小視差（“0”）から最大視差までの値とする。この対応画素差分演算手段によって、基準映像の各画素の画素値と、隣接映像の各画素の画素値との仮定奥行値に対応した対応点同士の画素値の差分絶対値が算出される。なお、この差分絶対値（隣接映像差分値）は、その値が小さいほど、仮定奥行値が実際の被写体において同一の対応点を指し示している可能性が高いといえる。

【0009】

さらに、奥行推定装置は、隣接映像差分加算手段によって、対応画素差分演算手段で演算した隣接映像差分値を、同一の仮定奥行値について基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算する。そして、奥行推定装置は、記憶手段に隣接映像差分加算手段で演算した差分加算値を、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶する。

【0010】

なお、正しい奥行値に対する差分加算値であれば、その値は小さくなり、ノイズ等によって1つの隣接映像差分値が誤った値をとった場合であっても、複数の隣接映像差分値を加算することで、全体として差分加算値が小さくなる。これによって、差分加算値は、仮定奥行値の中で正しい奥行値を判定するための指標となる。

そして、奥行推定装置は、奥行値決定手段によって、画素位置ごとに、差分加算値が最小となる仮定奥行値を記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値と決定する。

【0011】

また、請求項2に記載の奥行推定装置は、請求項1に記載の奥行推定装置において、前記映像入力手段が、前記隣接カメラとは異なり、複数配列したカメラのいずれかにおいて、予め定めた位置に配置した補助カメラで前記被写体を撮影した補助映像を入力するものであり、前記対応画素差分演算手段が、さらに、前記複数の仮定奥行値ごとに、前記基準映像の各画素の画素値と、当該画素の前記仮定奥行値の視差に対応する前記補助映像の各画素の画素値との差分絶対値である補助映像差分値を演算するものであって、補正係数設定手段と、差分加算値補正手段と、をさらに備える構成とした。

【 0 0 1 2 】

かかる構成において、奥行推定装置は、補正係数設定手段によって、補助映像差分値が予め定めた閾値よりも小さい場合に、当該画素に対応する差分加算値を減少させる補正係数を設定する。これは、補助映像が隣接カメラとは異なる他の視点からの映像であり、補助映像差分値が小さければ、同一の対応点の画素であり、その差分加算値が正しい奥行値に対するものである可能性が高いためである。なお、差分加算値を減少させる補正係数は、例えば、“1”より小さい定数であってもよいし、補助映像差分値と閾値との比に比例する値であってもよい。あるいは、その比の線形関数で与えられる値であってもよい。

【 0 0 1 3 】

そして、奥行推定装置は、差分加算値補正手段によって、補正係数設定手段で設定した補正係数と、当該画素に対応する差分加算値とを乗算することで差分加算値を補正する。これによって、基準映像と、隣接映像および補助映像とで同一の対応点に対応した画素の差分加算値を小さくし、奥行値決定手段において奥行値が決定される度合いを高めることができる。

10

【 0 0 1 4 】

さらに、請求項3に記載の奥行推定装置は、請求項1または請求項2に記載の奥行推定装置において、平滑化手段をさらに備える構成とした。

【 0 0 1 5 】

かかる構成において、奥行推定装置は、平滑化手段によって、基準映像の画素位置ごとに、差分加算値に、差分加算値が最小となる仮定奥行値と、当該画素位置の隣接画素位置における差分加算値が最小となる仮定奥行値との差分を重み付け加算することで、当該画素位置における差分加算値を平滑化する。これによって、奥行値決定手段によって、平滑化された差分加算値が最小となる仮定奥行値が探索されることになり、当該画素位置の奥行値とするため、奥行値そのものが隣接画素間で平滑化されることになる。

20

【 0 0 1 6 】

また、請求項4に記載の奥行推定装置は、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の奥行推定装置において、仮定奥行値が、前記カメラ映像の画素間隔よりも小さい仮定のサブ画素間隔を単位とする値であって、前記対応画素差分演算手段が、前記仮定奥行値に対応する前記サブ画素を含む画素の画素値と、当該画素に隣接する画素の画素値とから補間して生成した画素値を用いて差分絶対値を演算する構成とした。

30

かかる構成において、奥行推定装置は、対応画素差分演算手段によって、サブ画素単位で差分値が演算され、サブ画素単位で奥行値が決定されることになる。

【 0 0 1 7 】

さらに、請求項5に記載の奥行推定装置は、請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の奥行推定装置において、前記画素値が、輝度値および色差値、または、カラー値の複数の要素で構成される値であって、前記対応画素差分演算手段が、前記差分絶対値を、前記要素ごとの値の差分絶対値和として演算する構成とした。

かかる構成において、奥行推定装置は、画素値として、輝度値および色差値、または、カラー値の複数の要素で構成される値であっても、差分絶対値を単一の値で処理することができる。

40

【 0 0 1 8 】

また、請求項6に記載の奥行推定方法は、予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定する奥行推定方法であって、映像入力ステップと、対応画素差分演算ステップと、隣接映像差分加算ステップと、記憶ステップと、奥行値決定ステップと、を含む手順とした。

【 0 0 1 9 】

かかる手順において、奥行推定方法は、映像入力ステップで、複数配列したカメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで被写体を撮影した基準映像と、基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで被写体を撮影した複数の隣接映像とを映像入力手段により入力する。

50

そして、奥行推定方法は、対応画素差分演算ステップで、複数設定した仮定奥行値ごとに、基準映像の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する画素である複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を対応画素差分演算手段により演算する。

【 0 0 2 0 】

さらに、奥行推定方法は、隣接映像差分加算ステップで、対応画素差分演算ステップで演算した隣接映像差分値を、隣接映像差分加算手段により、同一の仮定奥行値について基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算する。

そして、奥行推定方法は、記憶ステップで、隣接映像差分加算ステップで演算した差分加算値を、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段に記憶する。

10

その後、奥行推定方法は、奥行値決定ステップで、奥行値決定手段により、画素位置ごとに、差分加算値が最小となる仮定奥行値を記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値とする。

【 0 0 2 1 】

さらに、請求項 7 に記載の奥行推定プログラムは、予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、前記被写体の奥行きを示す奥行値を推定するために、コンピュータを、映像入力手段、対応画素差分演算手段、隣接映像差分加算手段、奥行値決定手段、として機能させる構成とした。

【 0 0 2 2 】

かかる構成において、奥行推定プログラムは、映像入力手段によって、複数配列したカメラのいずれかにおいて、予め定めた基準カメラで被写体を撮影した基準映像と、基準カメラに隣接する複数の隣接カメラで被写体を撮影した複数の隣接映像とを入力する。

20

そして、奥行推定プログラムは、対応画素差分演算手段によって、複数設定した仮定奥行値ごとに、基準映像の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する画素である複数の隣接映像の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値を演算する。

【 0 0 2 3 】

さらに、奥行推定プログラムは、隣接映像差分加算手段によって、対応画素差分演算手段で演算した隣接映像差分値を、同一の仮定奥行値について基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値を演算し、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段に書き込む。

30

そして、奥行推定プログラムは、奥行値決定手段によって、画素位置ごとに、差分加算値が最小となる仮定奥行値を記憶手段において探索し、当該画素位置の奥行値と決定する。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明は、以下に示す優れた効果を奏するものである。

請求項 1 , 6 , 7 に記載の発明によれば、一様な被写体で対応点を誤る偽マッチングが生じている場合、少なくともいずれかの隣接映像による差分絶対値が大きくなるため、それらを加算した差分加算値は大きくなる。これによって、単に対応点の差分絶対値が最小となる奥行値を推定するよりも、奥行値の誤推定を軽減することができる。

40

【 0 0 2 5 】

請求項 2 に記載の発明によれば、被写体の重なり等によって、隣接カメラが撮影した隣接映像ではオクルージョンが発生している場合であっても、隣接カメラとは異なる位置に配置した補助カメラが撮影した補助映像によって、オクルージョンが発生していなければ、差分加算値を小さくすることができるため、その奥行値が決定される度合いを高めることができる。これによって、オクルージョンが発生する環境においても、精度よく奥行値を推定することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 3 に記載の発明によれば、画素の奥行値を隣接画素の奥行値によって平滑化する

50

ことができるため、ノイズ等によって、奥行値が誤推定された場合であっても、隣接画素の奥行値によって平滑化されるため、滑らかな奥行値を得ることができる。

【0027】

請求項4に記載の発明によれば、仮定する奥行値の刻み幅を、映像の画素間隔よりも小さくすることができるため、カメラ間の間隔を狭くとした場合であっても、奥行値の分解能を高めることができる。これによって、カメラ間隔を狭くすることができ、カメラを含めたシステム構成の小型化を実現することができるとともに、オクルージョンの発生を低減することができ、奥行値の誤推定を軽減することができる。

【0028】

請求項5に記載の発明によれば、輝度値のみ等の単一の差分のみではなく、複数の要素ごとの値の差分絶対値和を差分絶対値とすることで、画素の対応精度を高めることができ、偽マッチングによる誤った奥行値の推定を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の第1、第2実施形態に係る奥行推定システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の構成を示すブロック図である。

【図3】記憶手段に記憶される記憶内容を説明するための説明図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の全体動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の差分加算値演算動作を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の差分加算値平滑化動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の奥行値決定動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の奥行推定装置において、仮定奥行値がサブ画素単位である場合のサブ画素の画素値を補間により生成する手法を説明するための説明図である。

【図9】本発明の第2実施形態に係る奥行推定装置の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3、第4実施形態に係る奥行推定システムの構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第3実施形態に係る奥行推定装置の構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第4実施形態に係る奥行推定装置の構成を示すブロック図である。

【図13】従来の奥行推定手法を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

〔奥行推定システムの全体構成〕

最初に、図1を参照して、本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置を含んだ奥行推定システムの全体構成について説明する。奥行推定システムSは、複数配列したカメラで被写体を撮影した多視点映像から、被写体の奥行値を推定した奥行映像を生成するものである。図1に示した奥行推定システムSは、カメラC(C_L, C_C, C_R, C_T)と、奥行推定装置1とを備えている。

【0031】

カメラCは、被写体Tを撮影する一般的な撮影装置である。ここでは、水平方向の視差に応じて奥行値を生成することとし、視差の基準となるカメラ(基準カメラ) C_C に対し、水平方向に予め定めた距離Lだけ等間隔に離間して、カメラ(隣接カメラ) C_L, C_R を平行に配置している。また、ここでは、隣接カメラ C_L, C_R とは異なる位置(基準カメラ C_C からより離れた位置)に、補助カメラとしてカメラ C_T を、カメラ C_R からさら

10

20

30

40

50

に水平方向に距離 L だけ離間して平行に配置している。なお、この距離 L は、奥行値と視差量とが対応可能な範囲であれば、その距離は任意である。

【0032】

カメラ C_C は、視差の基準となる映像(基準映像 F_C)を撮影するものである。また、カメラ C_L 、 C_R は、それぞれカメラ C_C の左右に配置されたカメラであって、基準映像 F_C との視差を求めるための映像(隣接映像 F_L 、 F_R)を撮影するものである。また、カメラ C_T は、被写体 T の重なりによって発生するオクルージョンの影響を低減させるため、隣接カメラ C_L 、 C_R が撮影する映像とは異なる映像(補助映像 F_T)を撮影するものである。このカメラ $C(C_L, C_C, C_R, C_T)$ で撮影された映像(F_L, F_C, F_R, F_T)は、奥行推定装置1に入力される。

10

【0033】

なお、垂直方向の視差に応じて奥行値を生成する場合であれば、カメラ C の配置は、垂直方向に離間させて配置すればよい。

また、カメラ C が撮影する映像(F_L, F_C, F_R, F_T)は、静止画であっても動画であっても構わない。動画である場合、カメラ C はそれぞれフレーム同期を行うことで、順次、静止画のフレーム画像として奥行推定装置1に入力されることとする。あるいは、フレーム画像ごとにタイムコードを付加し、奥行推定装置1で同期をとることとしてもよい。

【0034】

奥行推定装置1は、予め定めた位置に複数配列したカメラで同一の被写体を撮影した複数のカメラ映像から、被写体 T の奥行きを示す奥行値を推定するものである。ここでは、奥行推定装置1は、水平方向に配列したカメラ $C(C_L, C_C, C_R, C_T)$ で被写体 T を撮影したカメラ映像(F_L, F_C, F_R, F_T)から、被写体 T の奥行きを示す奥行値を推定する。なお、ここでは、奥行推定装置1は、奥行値を、映像の各画素値に対応付けることで奥行映像 F_Z を生成することとする。

20

【0035】

〔奥行推定装置の構成〕

次に、図2を参照(適宜図1参照)して、本発明の第1実施形態に係る奥行推定装置の構成について説明する。図2に示すように、奥行推定装置1は、映像入力手段10と、対応画素差分演算手段20と、差分加算値演算手段30と、記憶手段40と、平滑化手段50と、奥行値決定手段60と、を備えている。

30

【0036】

映像入力手段10は、カメラ C で撮影された複数のカメラ映像を入力するものである。ここでは、映像入力手段10は、予め定めた基準カメラ C_C で撮影した基準映像 F_C と、基準カメラ C_C に隣接する複数の隣接カメラ C_L 、 C_R で撮影した隣接映像 F_L 、 F_R と、補助カメラ C_T で撮影した補助映像 F_T と、を入力する。

この映像入力手段10で入力した各映像(F_L, F_C, F_R, F_T)は、図示を省略したメモリに記憶され、後記する対応画素差分演算手段20によって参照されるものとする。

【0037】

対応画素差分演算手段20は、複数設定した仮定奥行値ごとに、基準映像 F_C の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する隣接映像 F_L 、 F_R の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値 e_{C_L} 、 e_{C_R} を演算するものである。ここで、隣接映像差分値 e_{C_L} は、基準映像 F_C と隣接映像 F_L との間で演算された差分絶対値であり、隣接映像差分値 e_{C_R} は、基準映像 F_C と隣接映像 F_R との間で演算された差分絶対値である。

40

【0038】

なお、画素値の差分絶対値は、カメラ映像(F_L, F_C, F_R, F_T)が、輝度(輝度値)と色差信号(色差値)との各要素で構成される場合、当該画素の輝度値の差分絶対値と、色差値の差分絶対値とを加算した値とする。このとき、色差値の差分絶対値に任意の

50

係数を掛けて、色成分の重みを調整することとしてもよい。

また、画素値の差分絶対値は、カメラ映像 (F_L, F_C, F_R, F_T) が、RGBのカラー信号で構成される場合、カラー信号の要素であるR値の差分絶対値と、G値の差分絶対値と、B値の差分絶対値とを加算した値とする。

【0039】

また、仮定奥行値は、被写体Tの奥行値を仮に設定する値であって、“0”から予め定めた最大視差量に対応する奥行値までの値をとる。ここでは、対応画素差分演算手段20は、“0”から最大視差量に対応する奥行値まで、順次、仮定奥行値を設定し、当該仮定奥行値の視差に対応する画素間の画素値の差分を隣接映像差分値として演算する。また、ここでは、奥行値の単位と画素間の視差の単位とを同一とし、奥行値が“1”増加すること
10

【0040】

なお、対応画素差分演算手段20は、さらに、複数の仮定奥行値ごとに、基準映像 F_C の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する補助映像 F_T の各画素の画素値との差分絶対値である補助映像差分値 e_{CT} を演算するものでもある。

【0041】

すなわち、対応画素差分演算手段20は、基準映像 F_C の (x, y) 座標の画素値を $F_C(x, y)$ 、基準映像 F_C の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する隣接映像 F_L の $(x + d, y)$ 座標の画素値を $F_L(x + d, y)$ 、隣接映像 F_R の $(x - d, y)$ 座標の画素値を $F_R(x - d, y)$ 、補助映像 F_T の $(x - 2d, y)$ 座標の画素値を $F_T(x - 2d, y)$ としたとき、以下の(1)式の演算により、隣接映像差分値 $e_{CL}(d, x, y)$ 、 $e_{CR}(d, x, y)$ および補助映像差分値 $e_{CT}(d, x, y)$ を算出する。
20

$$\begin{aligned} e_{CL}(d, x, y) &= |F_L(x + d, y) - F_C(x, y)| \\ e_{CR}(d, x, y) &= |F_R(x - d, y) - F_C(x, y)| \\ e_{CT}(d, x, y) &= |F_T(x - 2d, y) - F_C(x, y)| \quad \dots (1) \text{式} \end{aligned}$$

【0042】

この対応画素差分演算手段20は、演算により求めた仮定奥行値 d (“0”～最大視差量) ごとの隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} 、および、補助映像差分値 e_{CT} を、差分加算値演算手段30に出力する。なお、対応画素差分演算手段20は、差分加算値演算手段30から、差分加算値を記憶手段40に書き込んだ旨(書き込み完了)を通知されることで、演算対象とする画素の画素位置および仮定奥行値を順次更新し、隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} 、および、補助映像差分値 e_{CT} を演算する。
30

【0043】

差分加算値演算手段30は、複数設定した仮定奥行値および基準映像 F_C の画素位置ごとに、対応画素差分演算手段20で演算された隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} を加算することで差分加算値を演算するものである。さらに、差分加算値演算手段30は、対応画素差分演算手段20で演算された補助映像差分値 e_{CT} に応じて、差分加算値を補正するものでもある。なお、この差分加算値は、後記する奥行値決定手段60において、基準映像 F_C の画素位置ごとの奥行値を決定するための評価値として用いられる。
40

【0044】

ここでは、差分加算値演算手段30は、隣接映像差分加算手段30aと、補正係数設定手段30bと、差分加算値補正手段30cと、を備えている。

【0045】

隣接映像差分加算手段30aは、複数設定した仮定奥行値ごとに、対応画素差分演算手段20で演算された隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} を、同一の仮定奥行値について基準映像の画素位置ごとに加算することで差分加算値 e を演算するものである。

すなわち、隣接映像差分加算手段30aは、基準映像 F_C の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する差分加算値 $e(d, x, y)$ を、以下の(2)式の演算により算出する。

$$e(d, x, y) = e_{CL}(d, x, y) + e_{CR}(d, x, y) \quad \dots (2) \text{式}$$

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

この隣接映像差分加算手段 3 0 a は、演算により求めた仮定奥行値 d (“ 0 ” ~ 最大視差量) ごとの差分加算値 e を、差分加算値補正手段 3 0 c に出力する。

【 0 0 4 7 】

補正係数設定手段 3 0 b は、複数設定した仮定奥行値ごとに、対応画素差分演算手段 2 0 で演算された補助映像差分値 e_{C_T} が、予め定めた閾値よりも小さい場合に、当該画素に対応する差分加算値 e を減少させる値を補正係数として設定するものである。

すなわち、補正係数設定手段 3 0 b は、基準映像 F_C の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する補助映像差分値 $e_{C_T}(d, x, y)$ が、閾値 t_h よりも小さい場合、補正係数 k に “ 1 ” より小さい値 (例えば、 “ 0 . 5 ”) を設定し、閾値 t_h 以上の場合、補正係数 k に “ 1 ” を設定する。このように設定された補正係数 k は、差分加算値補正手段 3 0 c に出力される。

なお、閾値は、予め定めた定数である。ただし、図示を省略した入力手段を介して、外部から調整可能としてもよい。

【 0 0 4 8 】

また、補正係数は、定数であってもよいが、補助映像差分値 e_{C_T} と閾値 t_h との比 (e_{C_T} / t_h) に比例する値であってもよい。あるいは、補正係数は、補助映像差分値 e_{C_T} と閾値 t_h との比の線形関数 (例えば、一次式 : $a \times e_{C_T} / t_h + b$, a, b は任意) でもよい。このように、補正係数を比により設定することで、基準映像 F_C と補助映像 F_T との間で偽マッチングが生じた場合であっても、差分加算値が急に小さくなることを防止することができる。

【 0 0 4 9 】

差分加算値補正手段 3 0 c は、複数設定した仮定奥行値ごとに、補正係数設定手段 3 0 b で設定した補正係数 k と、当該補正係数 k を設定した画素に対応する隣接映像差分加算手段 3 0 a で加算された差分加算値 e とを乗算することで差分加算値 e を補正するものである。

すなわち、差分加算値補正手段 3 0 c は、隣接映像差分加算手段 3 0 a で演算された差分加算値 $e(d, x, y)$ を、補正係数設定手段 3 0 b で設定した補正係数 k を用いて、以下の (3) 式の演算により補正する。

$$e(d, x, y) = k \times e(d, x, y) \quad \dots (3) \text{ 式}$$

【 0 0 5 0 】

この差分加算値補正手段 3 0 c は、演算により求めた差分加算値を、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段 4 0 に書き込む。なお、差分加算値演算手段 3 0 は、差分加算値を記憶手段 4 0 に書き込むごとに、書き込み完了を対応画素差分演算手段 2 0 に通知する。また、差分加算値演算手段 3 0 は、基準映像のすべての画素位置において、仮定奥行値ごとの差分加算値を記憶手段 4 0 書き込んだ後に、書き込み完了を平滑化手段 5 0 に通知する。

【 0 0 5 1 】

このように差分加算値演算手段 3 0 を構成することで、仮定した奥行値 (仮定奥行値) が正しい場合、その奥行値に対応する差分加算値は、より小さな値となり、後記する奥行値決定手段 6 0 において、正しい奥行値が選択される度合いを高くすることができる。

【 0 0 5 2 】

なお、隣接映像 F_L, F_R 共に偽マッチングが生じている場合、基準カメラ C_C から隣接カメラ C_L, C_R より離れた位置に配置されている補助カメラ C_T で撮影された補助映像 F_T では、対応点が大きく移動している。このため、補助映像差分値 e_{C_T} は、閾値 t_h より小さくなることが少なく、補正係数設定手段 3 0 b において、補正係数に “ 1 ” が設定されるため、差分加算値を小さくすることがない。よって、この場合、後記する奥行値決定手段 6 0 において、仮定奥行値が選択される度合いが低くなる。

【 0 0 5 3 】

また、隣接映像 F_L, F_R のいずれかで偽マッチングが生じている場合、隣接映像差分

10

20

30

40

50

値 e_{cL} , e_{cR} のいずれかが大きくなるため、差分加算値も大きくなる。よって、この場合も、後記する奥行値決定手段 60 において、仮定奥行値が選択される度合いが低くなる。

【0054】

さらに、隣接映像 F_L , F_R のいずれかでオクルージョンが発生している場合、補助映像 F_T でオクルージョンが発生していなければ、補助映像差分値 e_{cT} は、閾値 t_h より小さくなり、補正係数設定手段 30b において、補正係数に“1”より小さい値が設定されるため、差分加算値が小さくなる。よって、この場合、後記する奥行値決定手段 60 において、仮定奥行値が選択される度合いが高くなる。

このように、差分加算値演算手段 30 が演算する差分加算値は、仮定奥行値が正しいことを示す指標として用いることができる。

10

【0055】

記憶手段 40 は、差分加算値演算手段 30 で演算された差分加算値を、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶するものであって、メモリ等の一般的な記憶媒体である。

【0056】

ここで、図 3 を参照して、記憶手段 40 に記憶される差分加算値の内容について説明する。図 3 に示すように、記憶手段 40 は、基準映像の画素位置である (x, y) 座標ごとに、差分加算値を記憶する。この x 座標値は、“0”から基準映像の映像幅(水平画素数) X までの値をとり、 y 座標値は、“0”から基準映像の映像高(垂直画素数) Y までの値をとる。

20

また、記憶手段 40 は、基準映像の画素位置である (x, y) 座標ごとの差分加算値を、さらに、仮定奥行値 d ごとに記憶する。この仮定奥行値 d は、“0”から最大視差量に対応する値(最大視差量 D)までの値をとる。

図 2 に戻って、奥行推定装置 1 の構成について説明を続ける。

【0057】

平滑化手段 50 は、基準映像の画素位置ごとに、差分加算値に、差分加算値が最小となる仮定奥行値と、当該画素位置の隣接画素位置における差分加算値が最小となる仮定奥行値との差分を重み付け加算することで、当該画素位置における差分加算値を平滑化するのである。なお、この平滑化手段 50 は、差分加算値演算手段 30 から、基準映像のすべての画素位置において、仮定奥行値ごとの差分加算値を書き込んだ旨(書き込み完了)を通知されることで動作を開始する。

30

【0058】

ここでは、平滑化手段 50 は、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶されているすべての差分加算値について、重み付け加算を行う。

すなわち、平滑化手段 50 は、記憶手段 40 に記憶されている基準映像 F_c の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する差分加算値 $e(d, x, y)$ に、以下の(4)式により、隣接画素間の奥行値の差を重み付け加算することで、差分加算値 $e_v(d, x, y)$ を演算する。

$$e_v(d, x, y) = e(d, x, y) + w(|d(x+1, y) - d(x, y)| + |d(x, y+1) - d(x, y)|) \dots (4) \text{式}$$

40

【0059】

なお、 $d(x, y)$ は、対象となる基準映像 F_c の (x, y) 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値、 $d(x+1, y)$ は、 $(x+1, y)$ 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値、 $d(x, y+1)$ は、 $(x, y+1)$ 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値をそれぞれ示している。また、 w は重み係数であって、この係数 w は、任意の値とすることができる。なお、この係数 w は、図示を省略した入力手段を介して、外部から調整可能としてもよい。

このように、差分加算値に、隣接する画素間の奥行値の差分を重み付け加算することで

50

、隣接する各画素の奥行値が平滑化されることになる。これによって、隣接画素間において、差分加算値が最小となる奥行値がノイズ等で互いに異なる場合であっても、滑らかな奥行値を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

この平滑化手段 5 0 は、演算により求めた平滑化した差分加算値を、記憶手段 4 0 に書き込む。その後、平滑化手段 5 0 は、奥行値決定手段 6 0 に平滑化完了を通知する。なお、記憶手段 4 0 には、図 3 に示したものと同様の構成で、平滑化した差分加算値が別途記憶されることになる。

【 0 0 6 1 】

奥行値決定手段 6 0 は、仮定奥行値と基準映像の画素位置とに対応付けて記憶手段 4 0 に記憶されている差分加算値について、画素位置ごとに、差分加算値が最小となる仮定奥行値を探索するものである。ここでは、奥行値決定手段 6 0 は、平滑化手段 5 0 によって平滑化され差分加算値が最小となる仮定奥行値を探索し、当該画素位置における奥行値とする。

【 0 0 6 2 】

このように、奥行値決定手段 6 0 は、すべての画素位置における奥行値を決定することで、被写体の奥行値を推定した奥行映像 F_z を生成する。

なお、この奥行値決定手段 6 0 は、平滑化手段 5 0 から、差分加算値の平滑化が完了した旨（平滑化完了）を通知されることで動作を開始するものとする。

【 0 0 6 3 】

以上説明したように、奥行推定装置 1 は、隣接映像における視差の差分絶対値を加算した差分加算値を指標として、被写体の奥行値を推定することができる。これによって、奥行推定装置 1 は、一様な被写体で対応点が複数存在する場合であっても、複数の仮定した奥行値に対応する画素値の差分絶対値が最小となる画素の奥行値を推定する従来の手法に比べ、複数の隣接映像の差分絶対値を加算することで、ある隣接映像で偽マッチングが発生している場合、その奥行値を推定対象から除くことができ、精度よく奥行値を推定することができる。

【 0 0 6 4 】

また、複数の隣接映像のうちで、オクルージョンが発生している場合であっても、補助映像にオクルージョンが発生していなければ、差分加算値を低くするため、奥行値を推定する度合いを高めることができる。

【 0 0 6 5 】

なお、ここでは、4つのカメラ映像から、1つの基準映像に対する奥行値を推定しているが、5つ以上のカメラ映像から、予め定めた2つの基準映像に対する奥行値を推定することとしてもよい。すなわち、奥行推定装置 1 の内部構成を二重化し、予め定めた2つの基準映像に対する奥行値を推定する。この場合、2つの基準映像をそれぞれ他の系統の補助映像とする。これによって、2つの基準映像に対する奥行値が、同一の基準で整合することになり、例えば、これら2つの基準映像に対する奥行値により生成される奥行映像を合成して自由視点映像を生成した場合であっても二重像にならないという利点がある。

【 0 0 6 6 】

〔 奥行推定装置の動作 〕

次に、図 4 ~ 図 7 を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る奥行推定装置の動作について説明する。ここでは、図 4 を参照して、奥行推定装置 1 の全体動作について説明し、詳細な説明については、図 5 ~ 図 7 を参照して説明を行うことにする。

【 0 0 6 7 】

（ 全体動作 ）

最初に、図 4 を参照（構成については適宜図 1 , 2 参照）して、奥行推定装置 1 の全体動作について説明する。

まず、奥行推定装置 1 は、映像入力手段 1 0 によって、一直線上に等間隔で平行に配置したカメラ（基準カメラ C_C 、隣接カメラ C_L , C_R 、補助カメラ C_T ）で、同一の被写

10

20

30

40

50

体 T を撮影したカメラ映像（基準映像 F_C 、隣接映像 F_L 、 F_R 、補助映像 F_T ）を入力する（ステップ S 1）。

【0068】

そして、奥行推定装置 1 は、対応画素差分演算手段 2 0 および差分加算値演算手段 3 0 によって、仮定奥行値ごとに、基準映像 F_C の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する隣接映像 F_L 、 F_R の各画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} を求めて互いに加算することで、差分加算値を演算する（ステップ S 2；差分加算値演算動作）。

【0069】

なお、このステップ S 2 には、仮定奥行値ごとに、基準映像 F_C の各画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値の視差に対応する補助映像 F_T の各画素の画素値との差分絶対値である補助映像差分値 e_{CT} を演算し、その大きさに応じて、差分加算値を補正する動作も含まれている。このステップ S 2 の動作については、図 5 を参照して後で説明を行う。

10

【0070】

そして、奥行推定装置 1 は、平滑化手段 5 0 によって、基準映像 F_C の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する差分加算値に、隣接画素間の奥行値の差を重み付け加算することで、差分加算値を平滑化する（ステップ S 3；差分加算値平滑化動作）。このステップ S 3 の動作については、図 6 を参照して後で説明を行う。

【0071】

その後、奥行推定装置 1 は、奥行値決定手段 6 0 によって、画素位置 (x, y) ごとに、差分加算値が最小となる仮定奥行値を探索し、当該画素位置の奥行値に決定する（ステップ S 4；奥行値決定動作）。このステップ S 4 の動作については、図 7 を参照して後で説明を行う。

20

以上の動作によって、奥行推定装置 1 は、複数のカメラ映像から、被写体の奥行きを示す奥行値を推定する。

【0072】

（差分加算値演算動作）

次に、図 5 を参照（構成については適宜図 1、2 参照）して、図 4 のステップ S 2 の動作である差分加算値演算動作について詳細に説明する。

【0073】

まず、奥行推定装置 1 は、変数として、仮定奥行値 d 、カメラ映像の x 座標値、 y 座標値をそれぞれ初期化（ $d = 0$ 、 $x = 0$ 、 $y = 0$ ）する（ステップ S 1 0）。

30

その後、奥行推定装置 1 は、対応画素差分演算手段 2 0 によって、基準映像 F_C の (x, y) 座標の画素の画素値と、当該画素の仮定奥行値 d の視差に対応する隣接映像 F_L 、 F_R の画素の画素値との差分絶対値である隣接映像差分値 e_{CL} 、 e_{CR} と、基準映像 F_C の (x, y) 座標の画素値と、当該画素の仮定奥行値 d の視差に対応する補助映像 F_T の画素の画素値との差分絶対値である補助映像差分値 e_{CT} を前記（1）式により演算する（ステップ S 1 1）。

【0074】

すなわち、対応画素差分演算手段 2 0 は、基準映像 F_C の中の画素値 $F_C(x, y)$ に対し、隣接映像 F_L の画素位置を右に d 画素移動した位置の画素値 $F_L(x + d, y)$ との差分絶対値である隣接映像差分値 $e_{CL}(d, x, y)$ を演算する。

40

また、対応画素差分演算手段 2 0 は、基準映像 F_C の中の画素値 $F_C(x, y)$ に対し、隣接映像 F_R の画素位置を d 画素左に移動した位置の画素値 $F_R(x - d, y)$ との差分絶対値である隣接映像差分値 $e_{CR}(d, x, y)$ を演算する。

さらに、対応画素差分演算手段 2 0 は、基準映像 F_C の中の画素値 $F_C(x, y)$ に対し、補助映像 F_T の画素位置を $2d$ 画素左に移動した位置の画素値 $F_T(x - 2d, y)$ との差分絶対値である補助映像差分値 $e_{CT}(d, x, y)$ を演算する。

【0075】

その後、奥行推定装置 1 は、差分加算値演算手段 3 0 の隣接映像差分加算手段 3 0 a に

50

よって、ステップS 1 1で演算した隣接映像差分値 e_{cL} と、隣接映像差分値 e_{cR} とを、前記(2)式により加算することで、差分加算値 e を演算する(ステップS 1 2)。

さらに、奥行推定装置1は、差分加算値演算手段30の補正係数設定手段30bによって、ステップS 1 1で演算した補助映像差分値 e_{cT} が予め定めた閾値 t_h よりも小さいか否かを判定する(ステップS 1 3)。

【0076】

そして、補正係数設定手段30bは、補助映像差分値 e_{cT} が閾値 t_h よりも小さい場合(ステップS 1 3でYes)、補正係数 k に“1”より小さい値(例えば、“0.5”)を設定する(ステップS 1 4)。一方、補助映像差分値 e_{cT} が閾値 t_h 以上の場合(ステップS 1 3でNo)、補正係数設定手段30bは、補正係数 k に“1”を設定する(ステップS 1 5)。

10

【0077】

そして、奥行推定装置1は、差分加算値演算手段30の差分加算値補正手段30cによって、ステップS 1 2で求めた差分加算値 e と、ステップS 1 4またはステップS 1 5で設定した補正係数 k とを、前記(3)式により演算することで、差分加算値 e を補正する(ステップS 1 6)。

そして、奥行推定装置1は、ステップS 1 6で補正した差分加算値 e を、仮定奥行値 d と基準映像の画素位置 (x, y) とに対応付けて記憶手段40に書き込む(ステップS 1 7)。

【0078】

20

その後、奥行推定装置1は、変数である仮定奥行値 d 、カメラ映像の x 座標値、 y 座標値を順次加算(インクリメント)し、仮定奥行値 d については最大視差量になるまで(ステップS 1 8, S 1 9)、 x 座標値についてはカメラ映像の幅になるまで(ステップS 2 0, S 2 1)、 y 座標値についてはカメラ映像の高さになるまで(ステップS 2 2, S 2 3)、ステップS 1 1からステップS 1 7までの動作を繰り返す。

この差分加算値演算動作によって、記憶手段40には、基準映像の画素位置 (x, y) ごとに、複数の仮定奥行値 d (“0”~最大視差量)に対応した差分加算値 e が記憶される。

【0079】

(差分加算値平滑化動作)

30

次に、図6を参照(構成については適宜図1, 2参照)して、図4のステップS 3の動作である差分加算値平滑化動作について詳細に説明する。

まず、奥行推定装置1は、変数である仮定奥行値 d 、カメラ映像の x 座標値、 y 座標値をそれぞれ初期化($d = 0$ 、 $x = 0$ 、 $y = 0$)し直す(ステップS 3 0)。

そして、奥行推定装置1は、平滑化手段50によって、記憶手段40に記憶されている基準映像 F_c の (x, y) 座標と、この座標と隣接する座標とにおいて、仮定奥行値の中で最小の仮定奥行値を探索する(ステップS 3 1)。

【0080】

すなわち、平滑化手段50は、基準映像 F_c の (x, y) 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値 $d(x, y)$ 、 $(x + 1, y)$ 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値 $d(x + 1, y)$ 、 $(x, y + 1)$ 座標の差分加算値が最小となる仮定奥行値 $d(x, y + 1)$ を探索する。

40

【0081】

そして、奥行推定装置1は、平滑化手段50によって、記憶手段40に記憶されている基準映像 F_c の (x, y) 座標の仮定奥行値 d に対応する差分加算値 $e(d, x, y)$ に、前記(4)式により、隣接画素間の奥行値の差を重み付け加算することで、平滑化した差分加算値 $e_v(d, x, y)$ を演算する(ステップS 3 2)。

そして、奥行推定装置1は、ステップS 3 2で演算した平滑化した差分加算値 e_v を、仮定奥行値 d と基準映像の画素位置 (x, y) とに対応付けて記憶手段40に書き込む(ステップS 3 3)。

50

【 0 0 8 2 】

その後、奥行推定装置 1 は、変数である仮定奥行値 d 、カメラ映像の x 座標値、 y 座標値を順次加算（インクリメント）し、仮定奥行値 d については最大視差量になるまで（ステップ $S 3 4$ 、 $S 3 5$ ）、 x 座標値についてはカメラ映像の幅になるまで（ステップ $S 3 6$ 、 $S 3 7$ ）、 y 座標値についてはカメラ映像の高さになるまで（ステップ $S 3 8$ 、 $S 3 9$ ）、ステップ $S 3 1$ からステップ $S 3 3$ までの動作を繰り返す。

この差分加算値平滑化動作によって、記憶手段 4 0 には、基準映像の画素位置（ x 、 y ）ごとに、複数の仮定奥行値 d （“ 0 ” ~ 最大視差量）に対応した平滑化した差分加算値 $e v$ が記憶される。

【 0 0 8 3 】

（奥行値決定動作）

次に、図 7 を参照（構成については適宜図 1、2 参照）して、図 4 のステップ $S 4$ の動作である奥行値決定動作について詳細に説明する。

【 0 0 8 4 】

まず、奥行推定装置 1 は、変数であるカメラ映像の x 座標値、 y 座標値をそれぞれ初期化（ $x = 0$ 、 $y = 0$ ）する（ステップ $S 5 0$ ）。

そして、奥行推定装置 1 は、奥行値決定手段 6 0 によって、記憶手段 4 0 に記憶されている差分加算値 $e v$ について、画素位置（ x 、 y ）ごとに、差分加算値 $e v$ が最小となる仮定奥行値 d を探索する（ステップ $S 5 1$ ）。このステップ $S 5 1$ で探索された仮定奥行値 d が、画素位置（ x 、 y ）における被写体の奥行値として決定（出力）される（ステップ $S 5 2$ ）。

【 0 0 8 5 】

その後、奥行推定装置 1 は、変数であるカメラ映像の x 座標値、 y 座標値を順次加算（インクリメント）し、 x 座標値についてはカメラ映像の幅になるまで（ステップ $S 5 3$ 、 $S 5 4$ ）、 y 座標値についてはカメラ映像の高さになるまで（ステップ $S 5 5$ 、 $S 5 6$ ）、ステップ $S 5 1$ 、 $S 5 2$ の動作を繰り返す。これによって、すべての画素位置（ x 、 y ）における被写体の奥行値が決定されることになる。

【 0 0 8 6 】

以上、本発明の実施形態における奥行推定装置 1 の構成および動作について説明したが、本発明は、この実施形態に限定されるものではない。

例えば、本実施形態では、補助映像 F_T として、基準カメラ C_C から隣接カメラ C_R までの距離の 2 倍の距離に配置した補助カメラ C_T で撮影したカメラ映像を用いたが、この補助映像 F_T は、予め定めた任意の位置に配置した補助カメラ C_T で撮影したカメラ映像であればよい。例えば、隣接カメラを水平方向に配置した場合、補助カメラを基準カメラの垂直方向に離れた位置に配置する。これによって、カメラ間距離を小さく保ったまま、オクルージョンや、偽マッチングによる奥行値の誤推定を低減させることができる。

【 0 0 8 7 】

また、本実施形態では、仮定する奥行値の単位（刻み幅）と画素間の視差の単位（画素間隔）とを同一としたが、奥行値の単位を、画素間隔よりも小さい仮定のサブ画素間隔（例えば、半画素単位、 $1/4$ 画素単位）としてもよい。この場合、例えば、半画素の画素値は、当該半画素を含む画素値と、隣接する画素の画素値とから補間して求めることができる。

【 0 0 8 8 】

例えば、図 8 に示したように画素が配列されている場合、（ x 、 y ）座標の画素 P_1 の画素値を $p v_1$ 、（ x 、 $y - 1$ ）座標の画素 P_2 の画素値を $p v_2$ 、（ $x - 1$ 、 y ）座標の画素 P_3 の画素値を $p v_3$ 、（ $x - 1$ 、 $y - 1$ ）座標の画素 P_4 の画素値を $p v_4$ としたとき、仮定の（ $x - 1/2$ 、 $y - 1/2$ ）座標のサブ画素 P_5 の画素値 $p s v$ は、以下の（5）式で求めることができる。

$$p s v = (p v_1 + p v_2 + p v_3 + p v_4) / 4 \quad \dots (5) \text{ 式}$$

なお、ここでは、サブ画素 P_5 に隣接する画素 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 を用いて補間に

10

20

30

40

50

より画素値を求めたが、サブ画素 P_S が P_1 と P_3 のみに隣接する場合は、画素 P_1 と P_3 のみを用いて補間を行ってもよい。

【0089】

このように、奥行値の単位を仮想のサブ画素間隔で行うことで、基準カメラ C_C と、隣接カメラ C_L 、 C_R や補助カメラ C_T とのカメラ間隔が狭い場合であっても奥行値の分解能を高めることができる。

【0090】

また、ここでは、最適な構成として奥行推定装置 1 の構成および動作について説明したが、本発明は、奥行推定装置 1 の構成を適宜省略した簡易な構成とすることも可能である。以下、構成を簡略化した奥行推定装置 1 B (第 2 実施形態)、1 C (第 3 実施形態)、1 D (第 4 実施形態) について説明する。

【0091】

[第 2 実施形態]

まず、図 9 を参照して、本発明の第 2 実施形態に係る奥行推定装置の構成について説明する。図 9 に示した奥行推定装置 1 B は、奥行推定装置 1 (図 2 参照) から平滑化手段 50 を省き、差分加算値演算手段 30 および奥行値決定手段 60 を、それぞれ差分加算値演算手段 30 B および奥行値決定手段 60 B として構成している。奥行推定装置 1 と同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0092】

差分加算値演算手段 30 B は、その内部構成および内部動作については、図 2 で説明した差分加算値演算手段 30 と同様であるが、基準映像のすべての画素位置において、仮定奥行値ごとの差分加算値を記憶手段 40 に書き込んだ後に、書き込み完了を通知する先が、奥行値決定手段 60 B である点が異なっている。

奥行値決定手段 60 B は、図 2 で説明した奥行値決定手段 60 と基本的な機能は同じであるが、差分加算値演算手段 30 B から書き込み完了を通知されることで動作する点のみが異なっている。

また、奥行推定装置 1 B の動作は、図 4 で説明した奥行推定装置 1 の動作のうち、ステップ S3 を除いた動作となる。

【0093】

このように奥行推定装置 1 B を構成し、動作させることで、奥行推定装置 1 B は、図 2 で説明した奥行推定装置 1 に比べ、隣接画素間において、差分加算値が最小となる奥行値がノイズ等で互いに異なる場合、奥行推定を誤ることがある。しかし、奥行推定装置 1 B は、ノイズ劣化の少ない映像において、奥行推定装置 1 と同様の効果を高速に得ることができる。

【0094】

すなわち、奥行推定装置 1 B は、一様な被写体で対応点が複数存在する場合であっても、複数の仮定した奥行値に対応する画素値の差分絶対値が最小となる画素の奥行値を推定する従来の手法に比べ、複数の隣接映像の差分絶対値を加算することで、ある隣接映像で偽マッチングが発生している場合、その奥行値を推定対象から除くことができ、精度よく奥行値を推定することができる。

また、複数の隣接映像のうちで、オクルージョンが発生している場合であっても、補助映像にオクルージョンが発生していなければ、差分加算値を低くするため、奥行値を推定する度合いを高めることができる。

【0095】

[第 3 実施形態]

次に、図 10 および図 11 を参照して、本発明の第 3 実施形態に係る奥行推定装置について説明する。第 3 実施形態に係る奥行推定装置 1 C を含んだ奥行推定システム S B は、図 10 に示すように、図 1 で説明した奥行推定システム S に比べ、補助映像を使用せずに奥行映像 F_Z を生成する点が異なっている。

【0096】

10

20

30

40

50

また、図 1 1 に示すように、奥行推定装置 1 C は、奥行推定装置 1 (図 2 参照) から補正係数設定手段 3 0 b および差分加算値補正手段 3 0 c を省き、対応画素差分演算手段 2 0 および隣接映像差分加算手段 3 0 a を、それぞれ対応画素差分演算手段 2 0 B および隣接映像差分加算手段 3 0 B a として構成している。奥行推定装置 1 と同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【 0 0 9 7 】

対応画素差分演算手段 2 0 B は、図 2 で説明した対応画素差分演算手段 2 0 とは、補助映像から差分絶対値を演算する機能を省いている点が異なっている。それ以外の機能については、対応画素差分演算手段 2 0 と同様である。

隣接映像差分加算手段 3 0 B a は、図 2 で説明した隣接映像差分加算手段 3 0 a と基本的な機能は同じであるが、演算により求めた差分加算値を補正することなく記憶手段 4 0 に書き込む点が異なっている。

また、奥行推定装置 1 C の動作は、図 4 で説明した奥行推定装置 1 の全体動作は同じであるが、図 5 で説明した差分加算値演算動作のステップ S 1 1 において、補助映像差分値 e_{cT} を算出しない点、ならびに、ステップ S 1 3 からステップ S 1 6 までの動作を行わない点が異なっている。

【 0 0 9 8 】

このように奥行推定装置 1 C を構成し、動作させることで、奥行推定装置 1 C は、図 2 で説明した奥行推定装置 1 に比べ、隣接映像間でオクルージョンが発生している場合、奥行推定を誤ることがある。しかし、奥行推定装置 1 C は、被写体の重なりがない映像において、奥行推定装置 1 と同様の効果を少ないカメラ数の奥行推定システムにより得ることができる。

すなわち、奥行推定装置 1 C は、一様な被写体で対応点が複数存在する場合であっても、複数の隣接映像の差分絶対値を加算することで、ある隣接映像で偽マッチングが発生している場合、その奥行値を推定対象から除くことができ、精度よく奥行値を推定することができる。

【 0 0 9 9 】

[第 4 実施形態]

さらに、奥行推定装置 1 B (図 9 参照) や奥行推定装置 1 C (図 1 1 参照) で、奥行推定装置 1 (図 2 参照) から省略した構成を共に省いて、図 1 2 に示すように、奥行推定装置 1 D として構成してもよい。

この場合であっても、奥行推定装置 1 D は、一様な被写体で対応点が複数存在する場合であっても、複数の隣接映像の差分絶対値を加算することで、ある隣接映像で偽マッチングが発生している場合、その奥行値を推定対象から除くことができ、精度よく奥行値を推定することができる。

【 0 1 0 0 】

以上、複数の実施形態により奥行推定装置 1 (1 B, 1 C, 1 D) の構成および動作について説明したが、この奥行推定装置 1 (1 B, 1 C, 1 D) は、一般的なコンピュータを、前記した各手段として機能させる奥行推定プログラムによって動作させることができる。また、この奥行推定プログラムは、通信回線を介して配布したり、CD-ROM等の記録媒体に記録して配布したりすることも可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 1 】

- 1 奥行推定装置
- 1 0 映像入力手段
- 2 0 対応画素差分演算手段
- 3 0 差分加算値演算手段
- 3 0 a 隣接映像差分加算手段
- 3 0 b 補正係数設定手段
- 3 0 c 差分加算値補正手段

10

20

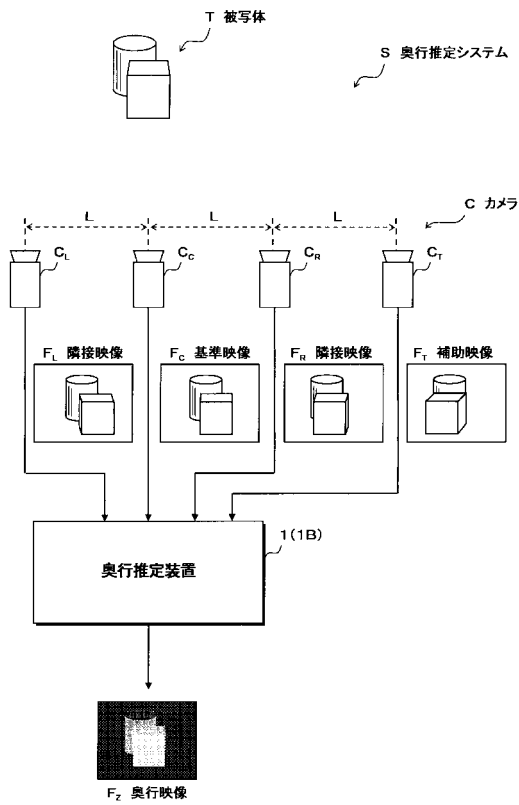
30

40

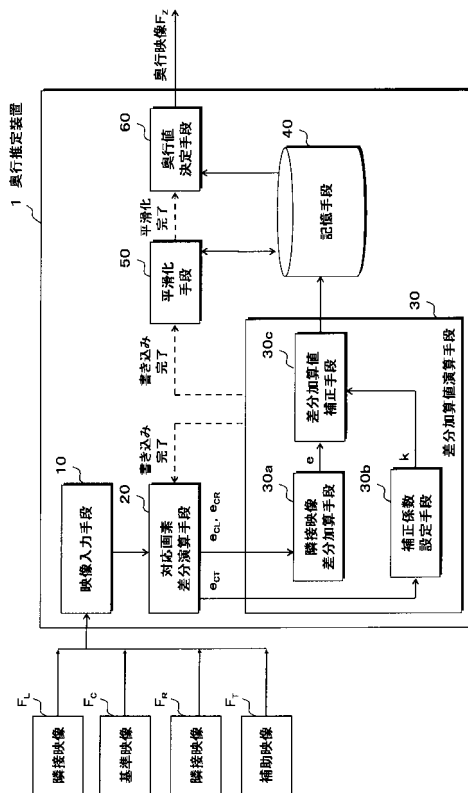
50

- 4 0 記憶手段
- 5 0 平滑化手段
- 6 0 奥行値決定手段

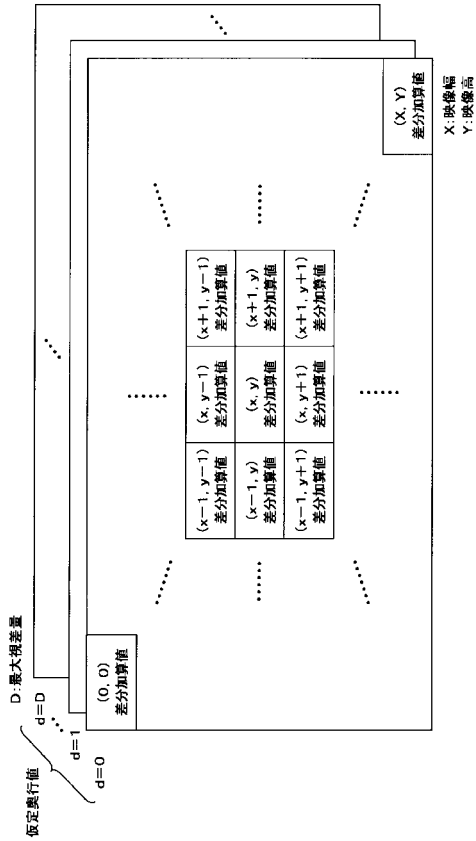
【図1】



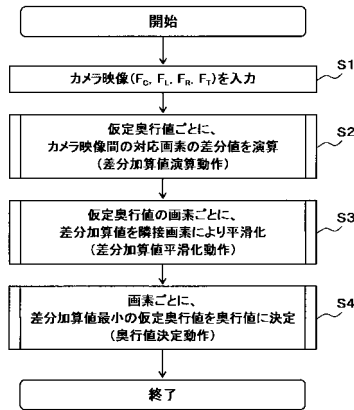
【図2】



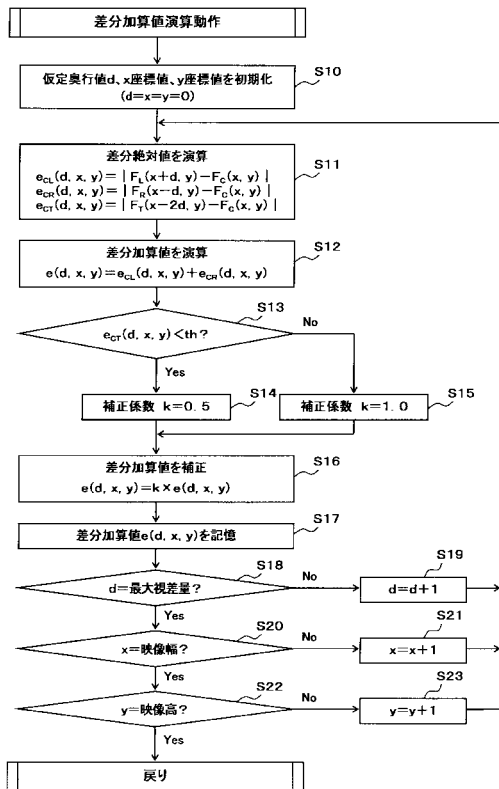
【図3】



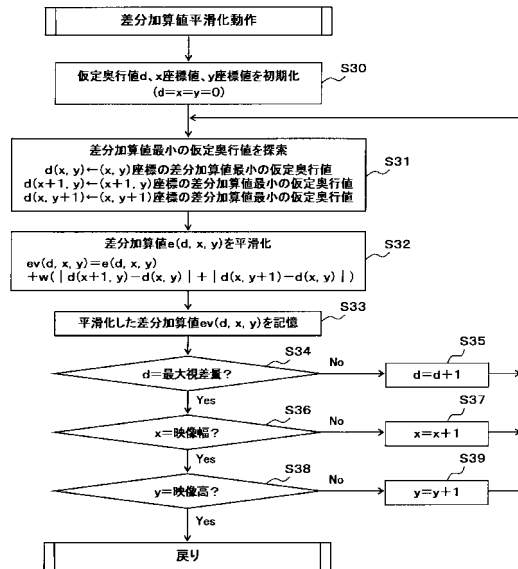
【図4】



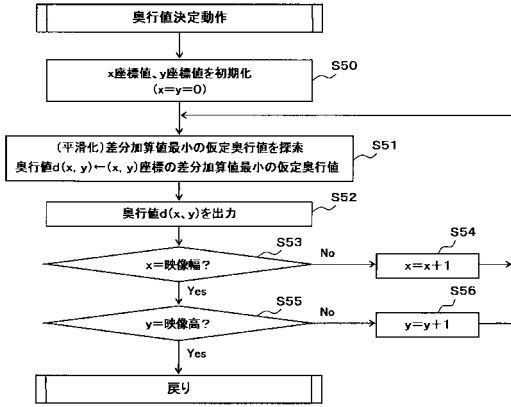
【図5】



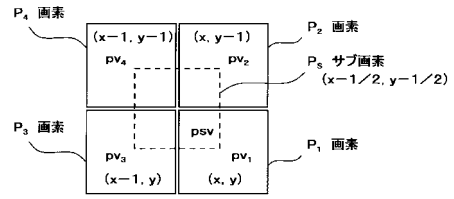
【図6】



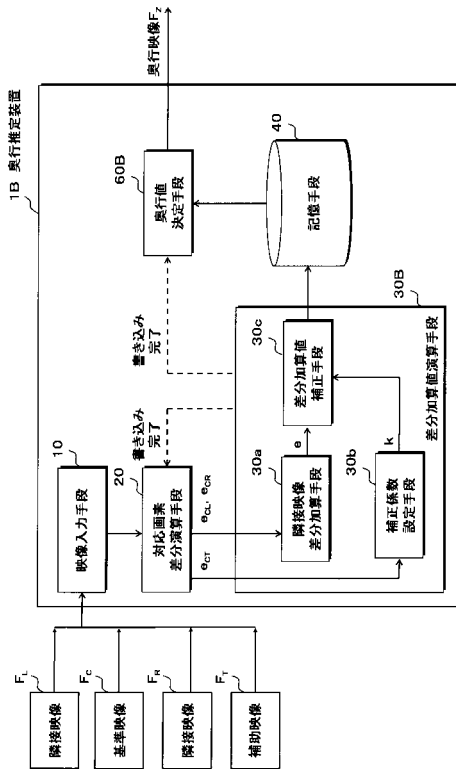
【図7】



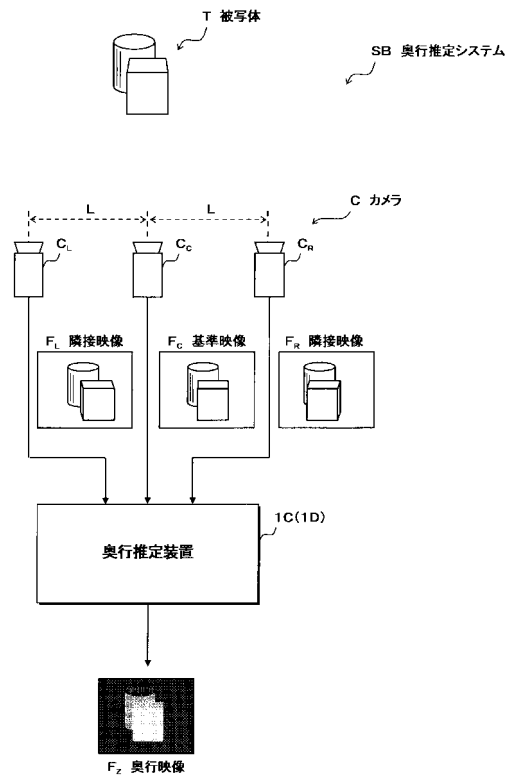
【図8】



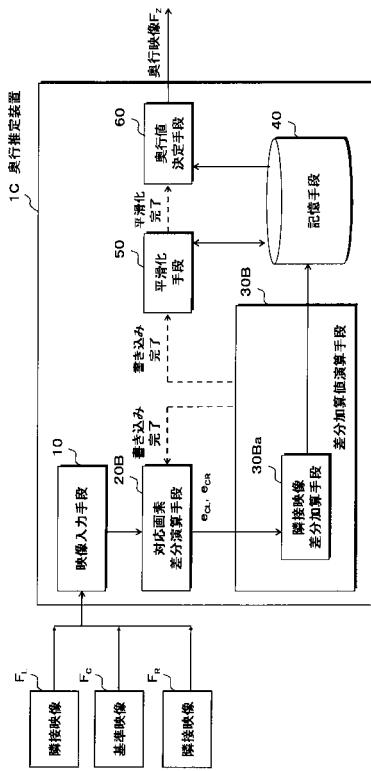
【図9】



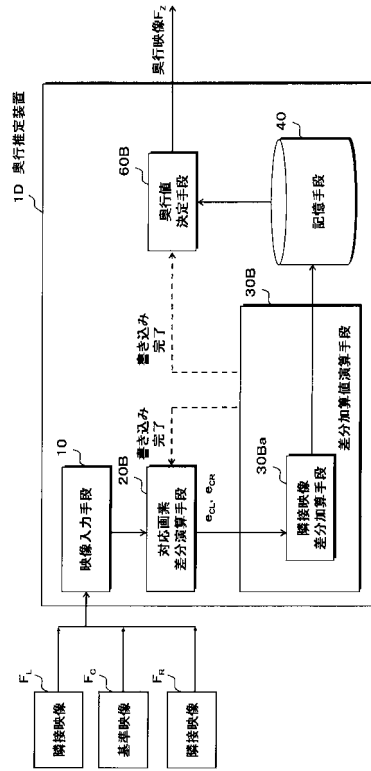
【図10】



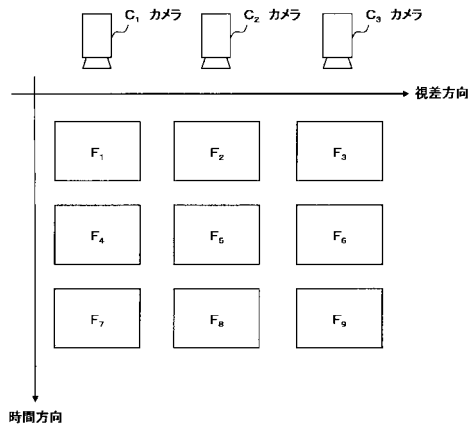
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 大井 隆太郎
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内
- (72)発明者 三科 智之
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内
- (72)発明者 奥井 誠人
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 鈴木 明

- (56)参考文献 特開2007 - 036800 (JP, A)
特開2000 - 149017 (JP, A)
特開2000 - 121319 (JP, A)
特開2000 - 180121 (JP, A)
特開平10 - 289315 (JP, A)
特開2001 - 238230 (JP, A)
特開2005 - 346393 (JP, A)
特開2009 - 010557 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257
H04N 13/02
G06T 1/00
G01C 3/06