

(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2007-88828
(P2007-88828A)

(43) 公開日 平成19年4月5日(2007.4.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232	5C122
GO3B 5/00 (2006.01)	GO3B 5/00	
HO4N 101/00 (2006.01)	GO3B 5/00	
	HO4N 101:00	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-275280 (P2005-275280)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22) 出願日	平成17年9月22日 (2005.9.22)	(74) 代理人	100086391 弁理士 香山 秀幸
		(72) 発明者	福本 晋平 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	蚊野 浩 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	藤田 日出人 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

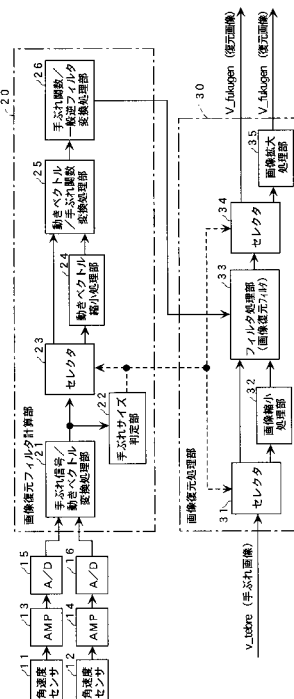
(54) 【発明の名称】 手ぶれ補正装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、手ぶれサイズが大きいかでも、十分な補正効果を得ることができる手ぶれ補正装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する画像復元フィルタ生成手段、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率と同じ縮小率で手ぶれ画像を縮小する画像縮小手段、画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像縮小手段によって縮小された手ぶれ画像に対して画像復元を行なう画像復元手段、ならびに画像復元手段によって復元された復元画像を拡大することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像拡大手段を備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、

所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、

手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する画像復元フィルタ生成手段、

手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率と同じ縮小率で手ぶれ画像を縮小する画像縮小手段、

画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像縮小手段によって縮小された手ぶれ画像に対して画像復元を行なう画像復元手段、ならびに

画像復元手段によって復元された復元画像を拡大することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像拡大手段、

を備えていることを特徴とする手ぶれ補正装置。

【請求項 2】

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、

所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、

手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する画像復元フィルタ生成手段、

手ぶれ画像を複数の間引き画像に分解する画像分解手段、

画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像分解手段によって分解された各間引き画像に対して画像復元を行なう画像復元手段、ならびに

画像復元手段によって復元された各復元画像を合成することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像合成手段、

を備えていることを特徴とする手ぶれ補正装置。

【請求項 3】

画像分解手段は、手ぶれ画像を、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率を考慮した数の間引き画像に分解することを特徴とする請求項 2 に記載の手ぶれ補正装置。

【請求項 4】

手ぶれ信号縮小手段は、予め設定された水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の手ぶれ補正装置。

【請求項 5】

手ぶれ信号縮小手段は、手ぶれ信号の水平方向の大きさおよび垂直方向の大きさにそれぞれ基づいて、水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の手ぶれ補正装置。

【請求項 6】

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、

手ぶれ信号を所定の閾値と比較することにより、手ぶれサイズが大きい小さいかを判定する手ぶれサイズ判定手段、

手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、第 1 モードによる手ぶれ補正処理を実行する第 1 の手ぶれ補正手段、および

手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、第 2 モードによる手ぶれ補正処理を実行する第 2 の手ぶれ補正手段を備えており、

10

20

30

40

50

第 1 の手ぶれ補正手段は、

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第 1 の画像復元フィルタ生成手段、
および

第 1 の画像復元フィルタ生成手段によって得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第 1 の画像復元手段を備えており、

第 2 の手ぶれ補正手段は、

所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、

手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第 2 の画像復元フィルタ生成手段、

手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率と同じ縮小率で手ぶれ画像を縮小する画像縮小手段、

第 2 の画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像縮小手段によって縮小された手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第 2 の画像復元手段、
ならびに

画像復元手段によって復元された復元画像を拡大することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像拡大手段を備えていることを特徴とする手ぶれ補正装置。

【請求項 7】

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、

手ぶれ信号を所定の閾値と比較することにより、手ぶれサイズが大きい小さいかを判定する手ぶれサイズ判定手段、

手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、第 1 モードによる手ぶれ補正処理を実行する第 1 の手ぶれ補正手段、および

手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、第 2 モードによる手ぶれ補正処理を実行する第 2 の手ぶれ補正手段を備えており、

第 1 の手ぶれ補正手段は、

手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第 1 の画像復元フィルタ生成手段、
および

第 1 の画像復元フィルタ生成手段によって得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第 1 の画像復元手段を備えており、

第 2 の手ぶれ補正手段は、

所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、

手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第 2 の画像復元フィルタ生成手段、

手ぶれ画像を複数の間引き画像に分解する画像分解手段、

画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像分解手段によって分解された各間引き画像に対して画像復元を行なう第 2 の画像復元手段、
ならびに

画像復元手段によって復元された各復元画像を合成することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像合成手段を備えていることを特徴とする手ぶれ補正装置。

【請求項 8】

画像分解手段は、手ぶれ画像を、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率を考慮した数の間引き画像に分解することを特徴とする請求項 7 に記載の手ぶれ補正装置。

【請求項 9】

手ぶれ信号縮小手段は、予め設定された水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする請求項 6 乃至 8 に記載の手ぶれ補正装置。

10

20

30

40

50

【請求項10】

手ぶれ信号縮小手段は、手ぶれ信号の水平方向の大きさおよび垂直方向の大きさにそれぞれ基づいて、水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする請求項6乃至8に記載の手ぶれ補正装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、手ぶれ補正装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

静止画手ぶれ補正技術は、静止画撮影における手ぶれを軽減する技術であり、手ぶれを検出して、その検出結果に基づいて画像を安定化することで実現される。

【0003】

手ぶれを検出する方法には、手ぶれセンサ（角速度センサ）を用いる方法と、画像を解析して検出する電子式とがある。画像を安定化させる方法には、レンズや撮像素子を安定化させる光学式と、画像処理により手ぶれによるぼけを除去する電子式とがある。

【0004】

一方、完全電子式の手ぶれ補正技術、すなわち、撮影された一枚の手ぶれ画像だけを解析・処理することで、手ぶれの除去された画像を生成する技術は、実用レベルに達していない。特に、手ぶれセンサで得られる精度の手ぶれ信号を、一枚の手ぶれ画像を解析することによって求めることは困難である。

20

【0005】

したがって、手ぶれセンサを用いて手ぶれを検出し、その手ぶれデータを用いて画像処理により手ぶれぼけを除去することが現実的である。画像処理によるぼけの除去を画像復元と呼ぶ。手ぶれセンサと画像復元による手法を、ここでは電子式手ぶれ補正と呼ぶことにする。なお、手ぶれセンサを用いて手ぶれを検出し、光学系（レンズ、撮像素子）を駆動させることにより、画像を補正する手法を光学式手ぶれ補正と呼ぶことにする。電子式手ぶれ補正は、光学式手ぶれ補正に比べてコスト、サイズ、消費電力の面でメリットがある。本願発明は、電子式手ぶれ補正に関するものである。

30

【0006】

ところで、手ぶれやピンボケなどの画像の劣化過程が明確であるならば、ウィーナフィルタや一般逆フィルタと呼ばれる画像復元フィルタを用いることで、その劣化を軽減することが可能である。画像復元フィルタは、一般に、2次元FIRフィルタで構成される。手ぶれ補正装置をハードウェアで実現した場合、2次元FIRフィルタのサイズはハードウェアの制約によりそのタップサイズの上限值は固定されてしまう。このため、手ぶれサイズがある一定値以上大きくなると、画像復元フィルタの全ての係数成分が2次元FIRフィルタのタップ数内に収まりきらなくなり、補正効果が低下する。このため、画像復元を行なえる手ぶれサイズの上限值が制約されてしまう。

【0007】

40

【特許文献1】特開平7-226905号公報

【特許文献2】特開平10-215405号公報

【特許文献3】特開平11-24122号公報

【特許文献4】特開平11-27574号公報

【特許文献5】特開2000-298300号公報

【特許文献6】特開2004-88567号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

この発明は、手ぶれサイズが大きい場合でも、十分な補正効果を得ることができる手ぶ

50

れ補正装置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】

【0009】

請求項1に記載の発明は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する画像復元フィルタ生成手段、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率と同じ縮小率で手ぶれ画像を縮小する画像縮小手段、画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像縮小手段によって縮小された手ぶれ画像に対して画像復元を行なう画像復元手段、ならびに画像復元手段によって復元された復元画像を拡大することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像拡大手段を備えていることを特徴とする。

10

【0010】

請求項2に記載の発明は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する画像復元フィルタ生成手段、手ぶれ画像を複数の間引き画像に分解する画像分解手段、画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像分解手段によって分解された各間引き画像に対して画像復元を行なう画像復元手段、ならびに画像復元手段によって復元された各復元画像を合成することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像合成手段を備えていることを特徴とする。

20

【0011】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、画像分解手段は、手ぶれ画像を、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率を考慮した数の間引き画像に分解することを特徴とする。

【0012】

請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3に記載の発明において、手ぶれ信号縮小手段は、予め設定された水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする。

30

【0013】

請求項5に記載の発明は、請求項1乃至3に記載の発明において、手ぶれ信号縮小手段は、手ぶれ信号の水平方向の大きさおよび垂直方向の大きさにそれぞれ基づいて、水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする。

【0014】

請求項6に記載の発明は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、手ぶれ信号を所定の閾値と比較することにより、手ぶれサイズが大きい小さいかを判定する手ぶれサイズ判定手段、手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、第1モードによる手ぶれ補正処理を実行する第1の手ぶれ補正手段、および手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、第2モードによる手ぶれ補正処理を実行する第2の手ぶれ補正手段を備えており、第1の手ぶれ補正手段は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第1の画像復元フィルタ生成手段、および第1の画像復元フィルタ生成手段によって得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第1の画像復元手段を備えており、第2の手ぶれ補正手段は、所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基

40

50

づいて画像復元フィルタを生成する第2の画像復元フィルタ生成手段、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率と同じ縮小率で手ぶれ画像を縮小する画像縮小手段、第2の画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像縮小手段によって縮小された手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第2の画像復元手段、ならびに画像復元手段によって復元された復元画像を拡大することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像拡大手段を備えていることを特徴とする。

【0015】

請求項7に記載の発明は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成し、得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう手ぶれ補正装置において、手ぶれ信号を所定の閾値と比較することにより、手ぶれサイズが大きい小さいかを判定する手ぶれサイズ判定手段、手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、第1モードによる手ぶれ補正処理を実行する第1の手ぶれ補正手段、および手ぶれサイズ判定手段によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、第2モードによる手ぶれ補正処理を実行する第2の手ぶれ補正手段を備えており、第1の手ぶれ補正手段は、手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第1の画像復元フィルタ生成手段、および第1の画像復元フィルタ生成手段によって得られた画像復元フィルタを用いて手ぶれ画像に対して画像復元を行なう第1の画像復元手段を備えており、第2の手ぶれ補正手段は、所与の水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小する手ぶれ信号縮小手段、手ぶれ信号縮小手段によって縮小された手ぶれ信号に基づいて画像復元フィルタを生成する第2の画像復元フィルタ生成手段、手ぶれ画像を複数の間引き画像に分解する画像分解手段、画像復元フィルタ生成手段によって生成された画像復元フィルタを用いて、画像分解手段によって分解された各間引き画像に対して画像復元を行なう第2の画像復元手段、ならびに画像復元手段によって復元された各復元画像を合成することにより、手ぶれ画像に対する復元画像を生成する画像合成手段を備えていることを特徴とする。

10

20

【0016】

請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の発明において、画像分解手段は、手ぶれ画像を、手ぶれ信号縮小手段によって手ぶれ信号を縮小する際に用いられる水平方向および垂直方向の縮小率を考慮した数の間引き画像に分解することを特徴とする。

30

【0017】

請求項9に記載の発明は、請求項6乃至8に記載の発明において、手ぶれ信号縮小手段は、予め設定された水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする。

【0018】

請求項10に記載の発明は、請求項6乃至8に記載の発明において、手ぶれ信号縮小手段は、手ぶれ信号の水平方向の大きさおよび垂直方向の大きさにそれぞれ基づいて、水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を決定し、決定した水平方向の縮小率および垂直方向の縮小率を用いて手ぶれ信号を縮小するものであることを特徴とする。

40

【発明の効果】**【0019】**

この発明によれば、手ぶれサイズが大きい場合でも、十分な補正効果を得ることができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0020】**

以下、図面を参照して、この発明をデジタルカメラに適用した場合の実施例について説明する。

【実施例1】**【0021】**

50

〔 1 〕手ぶれ補正処理回路の構成

図 1 は、デジタルカメラに設けられた手ぶれ補正処理回路の構成を示している。

【 0 0 2 2 〕

角速度センサ 1 1、1 2 は、カメラの角速度を検出するために設けられている。一方の角速度センサ 1 1 はカメラのパン方向の角速度を、他方の角速度センサ 1 2 はカメラのチルト方向の角速度をそれぞれ検出する。各角速度センサ 1 1、1 2 の出力信号は、それぞれアンプ 1 3、1 4 によって増幅された後、A / D 変換器 1 5、1 6 によってデジタルデータに変換される。

【 0 0 2 3 〕

手ぶれ補正処理回路は、画像復元フィルタ計算部 2 0 および画像復元処理部 3 0 を備えている。画像復元フィルタ計算部 2 0 は、パン方向の角速度データおよびチルト方向の角速度データに基づいて、画像復元フィルタ（一般逆フィルタ）の係数を算出する。画像復元処理部 3 0 は、画像復元フィルタ計算部 2 0 によって算出された係数に基づいて、撮像画像（手ぶれ画像） v_tebre に対して画像復元処理を行なう。

10

【 0 0 2 4 〕

以下、画像復元フィルタ計算部 2 0 および画像復元処理部 3 0 について説明する。

【 0 0 2 5 〕

〔 2 〕画像復元フィルタ計算部 2 0 の説明

画像復元フィルタ計算部 2 0 は、手ぶれ信号 / 動きベクトル変換処理部 2 1、手ぶれサイズ判定部 2 2、セクタ 2 3、動きベクトル縮小処理部 2 4、動きベクトル / 手ぶれ関数変換処理部 2 5 および手ぶれ関数 / 一般逆フィルタ変換処理部 2 6 を備えている。

20

【 0 0 2 6 〕

〔 2 - 1 〕手ぶれ信号 / 動きベクトル変換処理部 2 1 についての説明

手ぶれ信号 / 動きベクトル変換処理部 2 1 は、角速度センサ 1 1、1 2 によって検出された角速度データ（手ぶれ信号）を動きベクトルに変換する。

【 0 0 2 7 〕

手ぶれの元データは、撮影開始から撮影終了までの間の角速度センサ 1 1、1 2 の出力データである。角速度センサ 1 1、1 2 を用いてカメラの露光時期と同期させることで、撮影開始と共に所定のサンプリング間隔 $d t [sec]$ でパン方向およびチルト方向の角速度を計測し、撮影終了までのデータを得る。サンプリング間隔 $d t [sec]$ は、たとえば、1 $m s e c$ である。

30

【 0 0 2 8 〕

図 2 に示すように、例えば、カメラのパン方向の角速度 $\omega [deg/sec]$ は、角速度センサ 1 1 によって電圧 $V_g [mV]$ に変換された後、アンプ 1 3 によって増幅される。アンプ 1 3 から出力される電圧 $V_a [mV]$ は A / D 変換器 1 5 によってデジタル値 $D_L [step]$ に変換される。デジタル値として得られたデータを角速度に変換するには、センサ感度 $S [mV/deg/sec]$ 、アンプ倍率 $K [倍]$ 、A / D 変換係数 $L [mV/step]$ を用いて計算する。

【 0 0 2 9 〕

角速度センサ 1 1 によって得られる電圧値 $V_g [mV]$ は、角速度 $\omega [deg/sec]$ の値と比例する。このときの比例定数はセンサ感度であるので、 $V_g [mV]$ は、次式 (1) で表される。

40

【 0 0 3 0 〕

$$V_g = S \cdot \omega \dots (1)$$

【 0 0 3 1 〕

また、アンプ 1 3 は電圧値を増幅するだけなので、増幅された電圧 $V_a [mV]$ は、次式 (2) で表される。

【 0 0 3 2 〕

$$V_a = K V_g \dots (2)$$

【 0 0 3 3 〕

アンプ 1 3 で増幅された電圧値 $V_a [mV]$ は A / D 変換され、 $n [step]$ (例えば、- 5

50

1 2 ~ 5 1 2) のデジタル値 D_L [step] を使って表現される。A / D 変換係数を L [mV/step] とすると、デジタル値 D_L [step] は、次式 (3) で表される。

【 0 0 3 4 】

$$D_L = V_a / L \dots (3)$$

【 0 0 3 5 】

上記式 (1) ~ (3) を用いることで、次式 (4) に示すように、センサデータから角速度を求めることができる。

【 0 0 3 6 】

$$\omega = (L / K S) D_L \dots (4)$$

【 0 0 3 7 】

撮影中の角速度データから、撮影された画像上でどれだけのぶれが生じたかを計算することができる。この画像上でのみかけの動きを動きベクトルと呼ぶ。

【 0 0 3 8 】

角速度データの 1 つのサンプル値から次のサンプル値までにカメラに生じた回転量を [deg] とする。この間、角速度一定でカメラが回転すると仮定し、サンプリング周波数を $f = 1 / dt$ [Hz] とすると、 [deg] は次式 (5) で表される。

【 0 0 3 9 】

$$\theta = \omega / f = (L / K S f) D_L \dots (5)$$

【 0 0 4 0 】

図 3 に示すように、 r [mm] を焦点距離 (3 5 [mm] フィルム換算) とすると、カメラの回転量 [deg] から画面上の移動量 d [mm] が次式 (6) により求められる。

【 0 0 4 1 】

$$d = r \tan \theta \dots (6)$$

【 0 0 4 2 】

ここで求められた移動量 d [mm] は、3 5 [mm] フィルム換算時の手ぶれの大きさと、単位は [mm] である。実際に計算処理するときには、画像の大きさをデジタルカメラの画像の大きさの単位 [pixel] で考えなければならない。

【 0 0 4 3 】

3 5 [mm] フィルム換算の画像と、デジタルカメラで撮影した [pixel] 単位の画像は縦横比も異なるので、次のように計算を行う。図 4 に示すように、3 5 [mm] フィルム換算時は画像サイズの横 \times 縦が 3 6 [mm] \times 2 4 [mm] と決まっている。デジタルカメラで撮影した画像の大きさを X [pixel] \times Y [pixel] とし、水平方向 (パン方向) のぶれを x [pixel] 、垂直方向 (チルト方向) のぶれを y [pixel] とすると、変換式は次式 (7)、(8) となる。

【 0 0 4 4 】

$$x = d_x (X / 3 6) = r \tan \theta_x (X / 3 6) \dots (7)$$

$$y = d_y (Y / 2 4) = r \tan \theta_y (Y / 2 4) \dots (8)$$

【 0 0 4 5 】

上記式 (7)、(8) には、 d と θ に添字の x と y が使用されているが、添字 x は水平方向の値であることを、添字 y は垂直方向の値であることを示している。

【 0 0 4 6 】

上記式 (1) ~ (8) をまとめると、水平方向 (パン方向) のぶれ x [pixel] 、垂直方向 (チルト方向) のぶれ y [pixel] は、次式 (9)、(1 0) で表される。

【 0 0 4 7 】

$$x = r \tan \{ (L / K S f) D_{Lx} \} X / 3 6 \dots (9)$$

$$y = r \tan \{ (L / K S f) D_{Ly} \} Y / 2 4 \dots (1 0)$$

【 0 0 4 8 】

この変換式 (9)、(1 0) を用いることで、デジタル値として得られたカメラの各軸の角速度データから画像のぶれ量を表す手ぶれ信号 (動きベクトル) を求めることができる。

10

20

30

40

50

【0049】

撮影中の動きベクトルは、センサから得られた角速度のデータの数だけ（サンプル点の数だけ）得ることができ、それらの始点と終点を順番に結んでいくと、画像上での手ぶれの軌跡になる。また、各ベクトルの大きさを見ることで、その時点での手ぶれの速度がわかる。

【0050】

〔2-2〕手ぶれサイズ判定部22についての説明

手ぶれサイズ判定部22は、手ぶれ信号/動きベクトル変換処理部21によって得られる動きベクトルに基づいて、手ぶれサイズが大きいかなかを判定し、その判定結果に応じて、画像復元フィルタ計算部20内のセクタ23および画像復元処理部30内のセクタ31、34を制御する。

10

【0051】

撮影中のサンプリング周期毎の動きベクトルを V_0, V_1, \dots, V_n とし、各動きベクトルの水平成分を $V_{x0}, V_{x1}, \dots, V_{xn}$ とし、各ベクトルの垂直成分を $V_{y0}, V_{y1}, \dots, V_{yn}$ とする。図5に示すように、撮影中のサンプリング周期毎の動きベクトル V_0, V_1, \dots, V_n を順次加算していくことにより、撮影期間内における手ぶれの軌跡が得られる。この手ぶれの軌跡から、水平方向(P_x)の最小値 P_{x_min} および最大値 P_{x_max} と、垂直方向(P_y)の最小値 P_{y_min} および最大値 P_{y_max} を求める。そして、次式(11)により、水平方向の手ぶれの大きさ S_{z_h} と、垂直方向の手ぶれの大きさ S_{z_v} とを算出する。

20

【0052】

$$S_{z_h} = P_{x_max} - P_{x_min}$$

$$S_{z_v} = P_{y_max} - P_{y_min} \quad \dots (11)$$

【0053】

そして、各方向の手ぶれの大きさ(S_{z_h}, S_{z_v})を、閾値 T_h と比較する。両方の手ぶれの大きさ(S_{z_h}, S_{z_v})が、ともに閾値 T_h 以下の場合には、手ぶれサイズが小さいと判定する。少なくとも一方の手ぶれの大きさ(S_{z_h}, S_{z_v})が、閾値 T_h より大きい場合には、手ぶれサイズが大きいと判定する。

【0054】

手ぶれサイズ判定部22は、手ぶれサイズが小さいと判定した場合には、手ぶれ信号/動きベクトル変換処理部21によって得られた動きベクトルが動きベクトル/手ぶれ関数変換処理部25に送られるように、セクタ23を制御する。手ぶれサイズが大きいと判定した場合には、手ぶれサイズ判定部22は、手ぶれ信号/動きベクトル変換処理部21によって得られた動きベクトルが動きベクトル縮小処理部24に送られるように、セクタ23を制御する。

30

【0055】

〔2-3〕動きベクトル縮小処理部24についての説明

動きベクトル縮小処理部24は、手ぶれ信号/動きベクトル変換処理部21によって得られた各動きベクトル(手ぶれ信号)の水平成分に水平方向の縮小率 $Scale_x$ を、垂直成分に縮小率 $Scale_y$ を乗算することにより、各動きベクトルを縮小する。この縮小率は、各方向の手ぶれの大きさ(S_{z_h}, S_{z_v})がそれぞれ閾値 T_h 以下となるように設定される。また、縮小後の各方向の手ぶれの大きさが、閾値 T_h に比べて、大幅に小さくならないように、縮小率を設定することが好ましい。

40

【0056】

この実施例では、縮小率 $Scale_x, Scale_y$ は、次式(12)で示すように、整数分の1となるような値に設定される。

【0057】

$$Scale_x = 1 / Div_x$$

$$Scale_y = 1 / Div_y \quad \dots (12)$$

【0058】

50

上記式(12)において、 Div_x および Div_y は、整数である。 Div_x および Div_y の値は、対応する方向の手ぶれの大きさ(Sz_h, Sz_v)に応じて適応的に決めるようにしてもよいが、ここでは、予め"2"と定められているものとする。 $Div_x = Div_y = 2$ である場合には、 $Scale_x = Scale_y = 1/2$ となる。

【0059】

撮影中のサンプリング周期毎の動きベクトルを V_0, V_1, \dots, V_n とし、各動きベクトルの水平成分を Vx_0, Vx_1, \dots, Vx_n とし、各ベクトルの垂直成分を Vy_0, Vy_1, \dots, Vy_n とすると、縮小後の動きベクトル V_0', V_1', \dots, V_n' は、次式(13)で表される。

【0060】

$$V_0' = (Vx_0 \times Scale_x, Vy_0 \times Scale_y)$$

$$V_1' = (Vx_1 \times Scale_x, Vy_1 \times Scale_y)$$

...

$$V_n' = (Vx_n \times Scale_x, Vy_n \times Scale_y) \quad \dots (13)$$

【0061】

動きベクトル縮小処理部24によって得られた動きベクトルは、動きベクトル/手ぶれ関数変換処理部25に送られる。

【0062】

〔2-4〕動きベクトル/手ぶれ関数変換処理部25についての説明

手ぶれを空間フィルタを使って表すことができる。図6の左側の図で示される手ぶれの軌跡(カメラがぶれたときに画像上である一点が描いた軌跡、画像のぶれ量)に合わせて、オペレータの要素に重みを加え空間フィルタ処理を行うと、フィルタリング過程において画素の濃淡値が手ぶれの軌跡に応じた近傍画素の濃淡値のみを考慮するようになるので、手ぶれ画像を作成することができる。

【0063】

この軌跡に合わせて重み付けしたオペレータのことをPoint Spread Function(PSF)と呼び、手ぶれの数学モデルとして使用する。PSFの各要素の重みは、その要素を手ぶれ軌跡が通過する時間に比例した値であって、各要素の重みの総和が1になるように正規化された値となる。すなわち、動きベクトルの大きさの逆数に比例した重みとする。手ぶれが画像に与える影響を考えたとき、遅く動いたところの方が画像に大きな影響を与えているからである。

【0064】

図6の中央の図は、手ぶれの動きが等速であると仮定した場合のPSFを表し、図6の右側の図は、実際の手ぶれの動きの大きさを考慮した場合のPSFを表している。図6の右側の図においては、PSFの重みの低い(動きベクトルの大きさが大きい)要素を黒く表示し、重みの高い(動きベクトルの大きさが小さい)要素を白く表示している。

【0065】

上記〔2-1〕で得られた動きベクトル(画像のぶれ量)は手ぶれの軌跡と、軌跡の速度をデータとして持つ。

【0066】

PSFを作成するには、まず、手ぶれの軌跡からPSFの重みをかける要素を決定する。そして、手ぶれの速度からPSFの要素にかける重みを決定する。

【0067】

上記〔2-1〕で得られた一連の動きベクトルをつなぎ合わせることで折れ線近似された手ぶれの軌跡が得られる。この軌跡は小数点以下の精度を持つが、これを整数化することでPSFにおいて重みをかける要素を決定する。そのために、この実施例では、Bresenhamの直線描画アルゴリズムを用いてPSFにおいて重みをかける要素を決定する。Bresenhamの直線描画アルゴリズムとは、デジタル画面上で任意の2点を通る直線を引きたい時に最適なドット位置を選択するアルゴリズムである。

10

20

30

40

50

【0068】

Bresenham の直線描画アルゴリズムを図7の例を用いて説明する。図7において矢印のついた直線は動きベクトルを示している。

【0069】

(a) ドット位置の原点(0, 0)から出発し、動きベクトルの水平方向の要素を1つ増やす。

(b) 動きベクトルの垂直方向の位置を確認し、この垂直方向位置が前のドットの垂直方向位置に比べて1より大きくなった場合にはドット位置の垂直方向を1つ増やす。

(c) 再び動きベクトルの水平方向の要素を1つ増やす。

10

【0070】

このような処理を動きベクトルの終点まで繰り返すことにより、動きベクトルが通る直線をドット位置で表現することができる。

【0071】

PSFの要素にかける重みは、動きベクトル毎にベクトルの大きさ(速度成分)が異なることを利用して決定する。重みは動きベクトルの大きさの逆数を取り、各動きベクトルに対応する要素に重みを代入する。ただし、各要素の重みの総和が1になるように、各要素の重みを正規化する。図8に図7の動きベクトルにより得られるPSFを示す。速度の速いところ(動きベクトルの長いところ)は重みが小さくなり、速度の遅いところ(動きベクトルの短いところ)は重みが大きくなる。

20

【0072】

なお、動きベクトル/手ぶれ関数変換処理部25は、手ぶれサイズ判定部22によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、手ぶれ信号/動きベクトル変換処理部21によって得られた動きベクトルに基づいてPSFを作成する。一方、手ぶれサイズ判定部22によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、動きベクトル縮小処理部24によって縮小された動きベクトルに基づいてPSFを作成する。

【0073】

〔2-5〕手ぶれ関数/一般逆フィルタ変換処理部26について

画像は水平方向に N_x 画素、垂直方向に N_y 画素の解像度でデジタル化されているものとする。水平方向に i 番目、垂直方向に j 番目の位置にある画素の値を $p(i, j)$ で表す。空間フィルタによる画像の変換とは、注目画素の近傍画素の畳み込みによって変換をモデル化するものである。畳み込みの係数を $h(l, m)$ とする。ここで、簡単のため、 $-n < l, m < n$ とすると、注目画素の変換は次式(14)によって表現することができる。また、 $h(l, m)$ 自身を空間フィルタと呼んだり、フィルタ係数と呼んだりする。変換の性質は $h(l, m)$ の係数値によって決まる。

30

【0074】

【数1】

$$p'(i, j) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(i+l, j+m) \quad \dots(14)$$

40

【0075】

デジタルカメラなどの撮像装置で点光源を観察した場合、画像の形成過程に劣化がないと仮定すれば、画像上に観察される像は、ある一点だけが0以外の画素値を持ち、それ以外の画素値は0となる。実際の撮像装置は劣化過程を含むので、点光源を観察しても、その像は一点にならず、広がった像になる。手ぶれが発生した場合、点光源は手ぶれに応じた軌跡を画面上に生成する。

【0076】

点光源に対する観察画像の画素値に比例した値を係数として持ち、係数値の総和が1に

50

なる空間フィルタをPoint Spread Function(PSF、点広がり関数)と呼ぶ。この実施例では、PSFとして動きベクトル/手ぶれ関数変換処理部25によって得られたPSFを用いる。

【0077】

PSFを縦横 $(2n+1) \times (2n+1)$ の空間フィルタ $h(l, m)$ 、 $-n < l, m < n$ でモデル化するとき、各画素について、ボケの無い画像の画素値 $p(i, j)$ とボケのある画像の画素値 $p'(i, j)$ とは、上記式(14)の関係になる。ここで、実際に観察できるのは、ボケた画像の画素値 $p'(i, j)$ であり、ボケの無い画像の画素値 $p(i, j)$ は何らかの方法で計算する必要がある。

【0078】

上記式(14)を全ての画素について書き並べると、次式(15)に示すようになる。

10

【0079】

【数2】

$$p'(1, 1) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(1+l, 1+m)$$

$$p'(1, 2) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(1+l, 2+m)$$

20

...

$$p'(1, N_n) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(1+l, N_n+m)$$

$$p'(2, N_n) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(2+l, N_n+m)$$

...

30

$$p'(N_y, N_n) = \sum_{l=-n}^{l=n} \sum_{m=-n}^{m=n} h(l, m) \times p(N_y+l, N_n+m) \quad \dots(15)$$

【0080】

これらの式をまとめて行列表現することが可能であり、次式(16)となる。ここで、Pは元画像をラスタ走査順に一元化したものである。

【0081】

$$P' = H \times P \quad \dots(16)$$

40

【0082】

Hの逆行列 H^{-1} が存在すれば、 $P = H^{-1} \times P'$ を計算することによって、劣化した画像 P' から劣化の無い画像Pを求めることが可能であるが、一般にはHの逆行列は存在しない。逆行列が存在しない行列に対して、一般逆行列ないしは擬似逆行列と呼ばれるものが存在する。次式(17)に一般逆行列の例を示す。

【0083】

$$H^* = (H^t \cdot H + \alpha \cdot I)^{-1} \cdot H^t \quad \dots(17)$$

【0084】

ここで H^* はHの一般逆行列、 H^t はHの転置行列、 α はスカラー、Iは $H^t \cdot H$ と同

50

じサイズの単位行列である。H^{*}を用いて次式(18)を計算することで、観察された手ぶれ画像P'から手ぶれが補正された画像Pを得ることができる。は補正の強さを調整するパラメータである。が小さければ強い補正処理となり、が大きければ弱い補正処理となる。

【0085】

$$P' = H^* \times P \quad \dots (18)$$

【0086】

画像サイズを640×480とした場合、上記式(18)のPは307, 200×1の行列、H^{*}は307, 200×307, 200の行列となる。このような非常に大きな行列となるため、上記式(17)、(18)を直接用いることは実用的ではない。そこで、

10

【0087】

まず、上記式(18)において、Pの元になる画像のサイズを63×63など、比較的小さなサイズにする。63×63の画像であれば、Pは3969×1の行列、H^{*}は3969×3969の行列となる。H^{*}はポケ画像全体を補正された画像全体に変換する行列であり、H^{*}の各行とPの積は各画素の補正を行う演算に相当する。H^{*}の真ん中の行とPの積は、63×63画素の元画像の、真ん中の画素に対する補正に該当する。Pは元画像をラスタ走査順に一元化したものであったから、逆に、H^{*}の真ん中の行を逆ラスタ走査により2次元化することで、63×63のサイズの空間フィルタを構成することができる。このように構成した空間フィルタを一般逆フィルタ(以下、画像復元フィルタと

20

【0088】

このようにして作成した実用的なサイズの空間フィルタを、大きな画像全体の各画素に順次適用することで、ポケ画像を補正することが可能となる。

【0089】

〔3〕画像復元処理部30について

画像復元処理部30は、図1に示すように、セレクタ31、画像縮小処理部32、フィルタ処理部33、セレクタ34および画像拡大処理部35を備えている。

【0090】

上述したように、セレクタ31、34は、手ぶれサイズ判定部22によって制御される。つまり、手ぶれサイズ判定部22は、手ぶれサイズが小さいと判定した場合には手ぶれ画像v__tebreがフィルタ処理部33に送られるように、手ぶれサイズが大きいと判定した場合には手ぶれ画像v__tebreが画像縮小処理部32に送られるように、セレクタ31を制御する。また、手ぶれサイズ判定部22は、手ぶれサイズが小さいと判定した場合にはフィルタ処理部33によって得られた画像が復元画像としてそのまま出力されるように、手ぶれサイズが大きいと判定した場合にはフィルタ処理部33によって得られた画像が画像拡大処理部35に送られるように、セレクタ34を制御する。

30

【0091】

〔3-1〕手ぶれサイズが小さい場合

手ぶれサイズ判定部22によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、手ぶれ画像v__tebreは、セレクタ31を介して、フィルタ処理部33に送られる。フィルタ処理部33は、画像復元フィルタ計算部20によって得られた画像復元フィルタを用いて、手ぶれ画像v__tebreに対してフィルタ処理を行う。フィルタ処理部33によって得られた画像は、復元画像v__fukugenとして出力される。なお、フィルタ処理部33は、例えば、2次元FIRフィルタによって構成される。

40

【0092】

〔3-2〕手ぶれサイズが大きい場合

手ぶれサイズ判定部22によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、手ぶれ画像v__tebreは、セレクタ31を介して、画像縮小処理部32に送られる。画像縮小処理部32は、手ぶれ画像v__tebreを、水平方向の手ぶれ信号縮小率Scale

50

__x および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _y}$ と同じスケールで縮小する。

【0093】

画像縮小処理部 32 によって得られた縮小画像は、フィルタ処理部 33 に送られる。フィルタ処理部 33 は、画像復元フィルタ計算部 20 によって得られた画像復元フィルタを用いて、画像縮小処理部 32 によって得られた縮小画像に対して、フィルタ処理を行う。

【0094】

フィルタ処理部 33 によって得られた画像は、画像拡大処理部 35 に送られる。画像拡大処理部 35 は、フィルタ処理部 33 によって得られた画像を、画像縮小処理部 32 で用いられた各縮小率 $S_{c a l e _x}$ 、 $S_{c a l e _y}$ の逆数に応じたスケールで拡大する。画像拡大処理部 35 によって得られた画像は、復元画像 $v_{f u k u g e n}$ として出力される。

【0095】

上記実施例では、水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _x}$ および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _y}$ とは、共に $1/2$ に設定されているが、水平方向の手ぶれの大きさを考慮して水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _x}$ を設定するとともに、垂直方向の手ぶれの大きさを考慮して垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _y}$ を設定することが好ましい。例えば、垂直方向の手ぶれの大きさ S_{z_v} が閾値 T_h 以下であり、水平方向の手ぶれの大きさ S_{z_h} が閾値 T_h を超えている場合には、垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _y}$ を 1 とし、水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S_{c a l e _x}$ を水平方向の手ぶれの大きさ S_{z_h} を考慮して設定することが好ましい。このようにすると、手ぶれ画像を垂直方向に縮小する必要がないので、復元画像における垂直方向の画像解像度は劣化しなくなる。

【0096】

また、水平方向の手ぶれの大きさを判定するための閾値と垂直方向の手ぶれの大きさを判定するための閾値とは、同じ値 T_h が用いられているが、異なる値の閾値を用いてもよい。

【0097】

上記実施例では、手ぶれサイズが大きいと判別した場合には、手ぶれ信号である動きベクトルを縮小した後、縮小された動きベクトルから P S F を作成しているが、手ぶれ信号である動きベクトルから P S F を作成した後、得られた P S F を縮小するようにしてもよい。

【0098】

ところで、上記実施例では、手ぶれサイズが大きい場合には、元画像（手ぶれ画像）を縮小し、縮小画像に対して画像復元フィルタ 33 によってフィルタ処理を行なった後に、画像を拡大している。このため、最終的に得られる復元画像の画像解像度の劣化が懸念される。しかしながら、手ぶれが大きい場合には、元画像内の高周波成分が手ぶれによって失われているため、画像縮小拡大処理による解像度の低下はほぼ無視することができる。

【実施例 2】

【0099】

〔1〕手ぶれ補正処理回路の構成

図 9 は、デジタルカメラに設けられた手ぶれ補正処理回路の構成を示している。図 9 において、図 1 と同じものには、同じ符号を付してその説明を省略する。

【0100】

図 9 の手ぶれ補正処理回路は、図 1 の手ぶれ補正処理回路と比較すると、画像復元処理部 30 A の構成が異なっている。

【0101】

〔2〕画像復元処理部 30 A についての説明

画像復元処理部 30 A は、セレクタ 31、画像間引き処理部 32 A、フィルタ処理部 33、セレクタ 34 および画像合成処理部 35 A を備えている。つまり、図 9 の画像復元処

10

20

30

40

50

理部 30A では、図 1 の画像縮小処理部 32 の代わりに画像間引き処理部 32A が用いられているとともに、図 1 の画像拡大処理部 35 の代わりに画像合成処理部 35A が用いられている。

【0102】

セクタ 31、34 は、手ぶれサイズ判定部 22 によって制御される。つまり、手ぶれサイズ判定部 22 は、手ぶれサイズが小さいと判定した場合には手ぶれ画像 $v_t e b r e$ がフィルタ処理部 33 に送られるように、手ぶれサイズが大きいと判定した場合には手ぶれ画像 $v_t e b r e$ が画像間引き処理部 32A に送られるように、セクタ 31 を制御する。また、手ぶれサイズ判定部 22 は、手ぶれサイズが小さいと判定した場合にはフィルタ処理部 33 によって得られた画像が復元画像としてそのまま出力されるように、手ぶれサイズが大きいと判定した場合にはフィルタ処理部 33 によって得られた画像が画像合成処理部 35A に送られるように、セクタ 34 を制御する。

10

【0103】

〔2-1〕手ぶれサイズが小さい場合

手ぶれサイズ判定部 22 によって手ぶれサイズが小さいと判定された場合には、手ぶれ画像 $v_t e b r e$ は、セクタ 31 を介して、フィルタ処理部 33 に送られる。フィルタ処理部 33 は、画像復元フィルタ計算部 20 によって得られた画像復元フィルタを用いて、手ぶれ画像 $v_t e b r e$ に対してフィルタ処理を行う。フィルタ処理部 33 によって得られた画像は、復元画像 $v_f u k u g e n$ として出力される。

【0104】

〔2-2〕手ぶれサイズが大きい場合

手ぶれサイズ判定部 22 によって手ぶれサイズが大きいと判定された場合には、手ぶれ画像 $v_t e b r e$ は、セクタ 31 を介して、画像間引き処理部 32A に送られる。画像間引き処理部 32A は、手ぶれ画像 $v_t e b r e$ を、水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e_x$ および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e_y$ とに応じた数の間引き画像に分解する。

20

【0105】

例えば、手ぶれ信号縮小率 $S c a l e_x$ および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e_y$ がともに $1/2$ (上記式 (12) の $D i v_x = D i v_y = 2$) の場合には、図 10 に示すように、左側の手ぶれ画像 $v_t e b r e$ を、右側の 4 つの間引き画像に分解する。この例では、手ぶれ画像 $v_t e b r e$ は、奇数行奇数列の画素からなる第 1 間引き画像と、奇数行偶数列の画素からなる第 2 間引き画像と、偶数行奇数列の画素からなる第 3 間引き画像と、偶数行偶数列の画素からなる第 4 間引き画像とに分解される。手ぶれ信号縮小率 $S c a l e_x$ 、 $S c a l e_y$ ($D i v_x$ 、 $D i v_y$) に応じた間引き画像の生成方法については、後述する。

30

【0106】

画像間引き処理部 32A によって得られた複数の間引き画像は、フィルタ処理部 33 に送られる。フィルタ処理部 33 は、画像復元フィルタ計算部 20 によって得られた画像復元フィルタを用いて、画像間引き処理部 32A によって得られた複数の間引き画像に対して、フィルタ処理を行う。

40

【0107】

フィルタ処理部 33 によって得られた複数の復元画像は、画像合成処理部 35A に送られる。画像合成処理部 35A は、フィルタ処理部 33 によって得られた複数の復元画像を、各復元画像内の画素が間引き前 (分解前) の画素配列と同じ位置に配置されるように、合成する。画像合成処理部 35A によって得られた画像は、復元画像 $v_f u k u g e n$ として出力される。

【0108】

〔3〕画像間引き処理部 32A による間引き画像の生成方法についての説明

画像間引き処理部 32A による間引き画像の生成方法について説明する。

【0109】

50

(S 1) まず、水平、垂直方向の画素間引き数 (N h , N v) を算出する。

水平方向および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ x$, $S c a l e _ y$ を算出するために設定された $D i v _ x$, $D i v _ y$ (上記式 (1 2) 参照) から、次式 (1 9) に基づいて、画素間引き数 $N h$, $N v$ を算出する。

【 0 1 1 0 】

$$N h = D i v _ x - 1$$

$$N v = D i v _ y - 1 \quad \dots (1 9)$$

【 0 1 1 1 】

例えば、 $D i v _ x = D i v _ y = 2$ の場合には、 $N h = N v = 1$ となる。

【 0 1 1 2 】

(S 2) 元画像 (手ぶれ画像 $v _ t e b r e$) 上における参照開始画素位置 ($S h$, $S v$) の初期値 ($S h o$, $S v 0$) を設定する。通常は、($S h o$, $S v 0$) は、元画像の左上の画素位置 (0 , 0) に設定される。つまり、($S h o$, $S v 0$) = (0 , 0) となる。

10

【 0 1 1 3 】

(S 3) 参照開始画素位置 ($S h$, $S v$) から、水平方向は $N h$ 画素おきに、垂直方向は $N v$ 画素おきに、格子状に画素値を取得して、間引き画像を生成する。 $N h = N v = 1$ の場合には、図 1 0 の左側の元画像のうち、丸数字 1 で示される画素から構成される間引き画像が生成される。

【 0 1 1 4 】

(S 4) 参照開始画素位置を水平方向に 1 画素ずらす。つまり、($S h$, $S v$) = ($S h + 1$, $S v$) にする。そして、上記 (S 3) と同じ処理を行なう。 $N h = N v = 1$ の場合には、図 1 0 の左側の元画像のうち、丸数字 2 で示される画素から構成される間引き画像が生成される。

20

【 0 1 1 5 】

(S 5) 上記 (S 4) の処理を、水平方向の画素間引き数 $N h$ に応じた回数だけ繰り返し実行する。 $N h = 1$ の場合には、上記 (S 4) の処理は、1 回のみ行なわれる。

【 0 1 1 6 】

(S 6) 参照開始画素位置の水平方向成分を初期値に戻した後、参照開始画素位置を垂直方向に 1 画素ずらす。つまり、($S h$, $S v$) = ($S h$, $S v + 1$) とする。そして、上記 (S 3) と同じ処理を行なう。 $N h = N v = 1$ の場合には、図 1 0 の左側の元画像のうち、丸数字 3 で示される画素から構成される間引き画像が生成される。この後、参照開始画素位置を水平方向に 1 画素ずらす。つまり、($S h$, $S v$) = ($S h + 1$, $S v$) に更新する。そして、上記 (S 3) と同じ処理を行なう。 $N h = N v = 1$ の場合には、図 1 0 の左側の元画像のうち、丸数字 4 で示される画素から構成される間引き画像が生成される。

30

【 0 1 1 7 】

(S 7) 上記 (S 6) の処理を、垂直方向の画素間引き数 $N v$ に応じた回数だけ繰り返し実行する。 $N h = 1$ の場合には、上記 (S 6) の処理は、1 回のみ行なわれる。

【 0 1 1 8 】

上記実施例では、水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ x$ および垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ y$ とは、共に $1 / 2$ に設定されているが、水平方向の手ぶれの大きさを考慮して水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ x$ を設定するとともに、垂直方向の手ぶれの大きさを考慮して垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ y$ を設定することが好ましい。例えば、垂直方向の手ぶれの大きさ $S z _ v$ が閾値 $T h$ 以下であり、水平方向の手ぶれの大きさ $S z _ h$ が閾値 $T h$ を超えている場合には、垂直方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ y$ を 1 とし、水平方向の手ぶれ信号縮小率 $S c a l e _ x$ を水平方向の手ぶれの大きさ $S z _ h$ を考慮して設定することが好ましい。このようにすると、手ぶれ画像を垂直方向に間引く必要がないので、復元画像における垂直方向の画像解像度は劣化しなくなる。

40

50

【 0 1 1 9 】

また、水平方向の手ぶれの大きさを判定するための閾値と垂直方向の手ぶれの大きさを判定するための閾値とは、同じ値 T_h が用いられているが、異なる値の閾値を用いてもよい。

【 0 1 2 0 】

上記実施例では、手ぶれサイズが大きいと判別した場合には、手ぶれ信号である動きベクトルを縮小した後、縮小された動きベクトルから PSF を作成しているが、手ぶれ信号である動きベクトルから PSF を作成した後、得られた PSF を縮小するようにしてもよい。

【 0 1 2 1 】

上記実施例 1、2 によれば、ハードウェアの制約で画像復元フィルタのタップサイズが制限されている場合に、画像復元フィルタのタップサイズを超えるような大きい手ぶれが発生した場合においても、十分に復元効果のある復元画像が得られる。また、タップサイズが小さな画像復元フィルタを用いても、手ぶれが大きな画像に対して十分な復元効果が得られるので、ハードウェアのコスト削減にも貢献できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 2 2 】

【 図 1 】 デジタルカメラに設けられた手ぶれ補正処理回路の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 角速度センサ 11 の出力を増幅するアンプおよびアンプ出力をデジタル値に変換する A/D 変換器を示すブロック図である。 20

【 図 3 】 カメラの回転量 [deg] と画面上の移動量 d [mm] との関係を示す模式図である。

【 図 4 】 3.5 [mm] フィルム換算の画像サイズと、デジタルカメラの画像サイズとを示す模式図である。

【 図 5 】 撮影中のサンプリング周期毎の動きベクトル V_0, V_1, \dots, V_n から得られる手ぶれの軌跡を示す模式図である。

【 図 6 】 手ぶれを表現する空間フィルタ (PSF) を示す模式図である。

【 図 7 】 Bresenham の直線描画アルゴリズムを説明するための模式図である。

【 図 8 】 図 7 の動きベクトルにより得られる PSF を示す模式図である。

【 図 9 】 デジタルカメラに設けられた手ぶれ補正処理回路の構成を示すブロック図である。 30

【 図 10 】 画像間引き処理部 32A による間引き画像の生成方法を説明するための模式図である。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 3 】

- 11、12 角速度センサ
- 20 画像復元フィルタ計算部
- 30 画像復元処理部
- 21 手ぶれ信号 / 動きベクトル変換処理部
- 22 手ぶれサイズ判定部
- 23 セレクタ
- 24 動きベクトル縮小処理部
- 25 動きベクトル / 手ぶれ関数変換処理部
- 26 手ぶれ関数 / 一般逆フィルタ変換処理部
- 31 セレクタ
- 32 画像縮小処理部
- 32A 画像間引き処理部
- 33 フィルタ処理部
- 34 セレクタ
- 35 画像拡大処理部

10

20

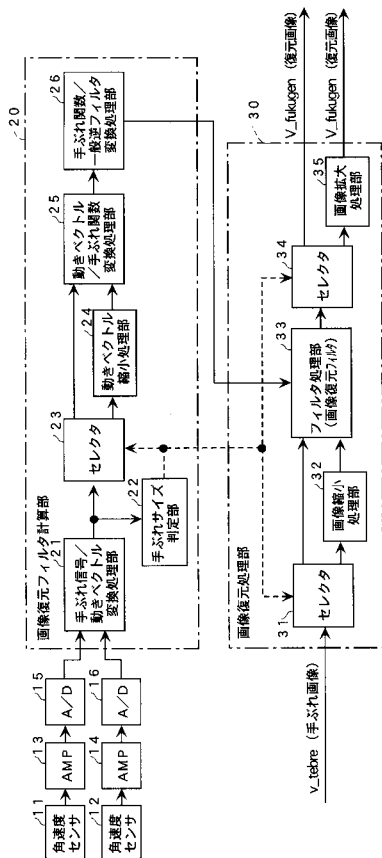
30

40

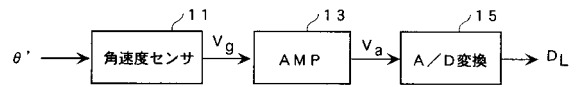
50

3 5 A 画像合成処理部

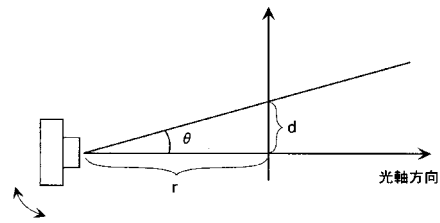
【 図 1 】



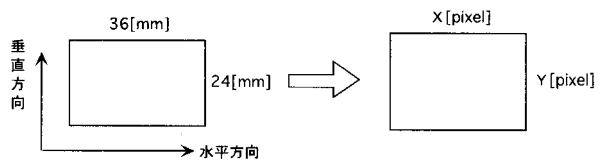
【 図 2 】



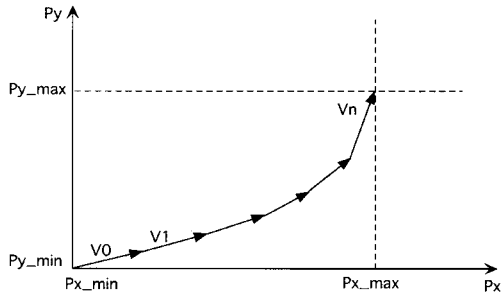
【 図 3 】



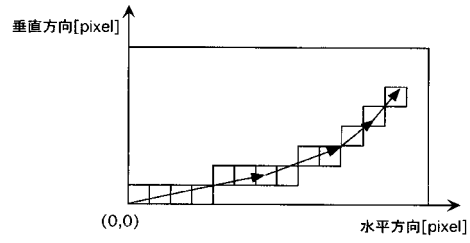
【 図 4 】



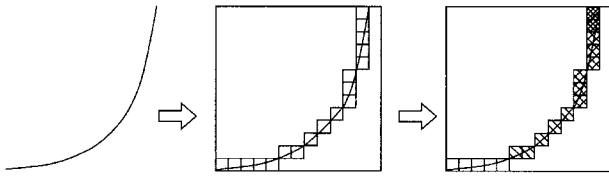
【 図 5 】



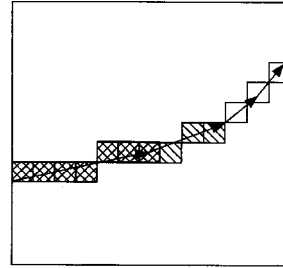
【 図 7 】



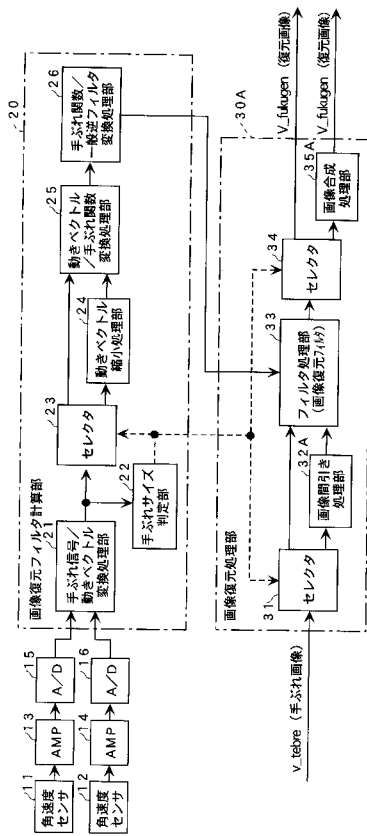
【 図 6 】



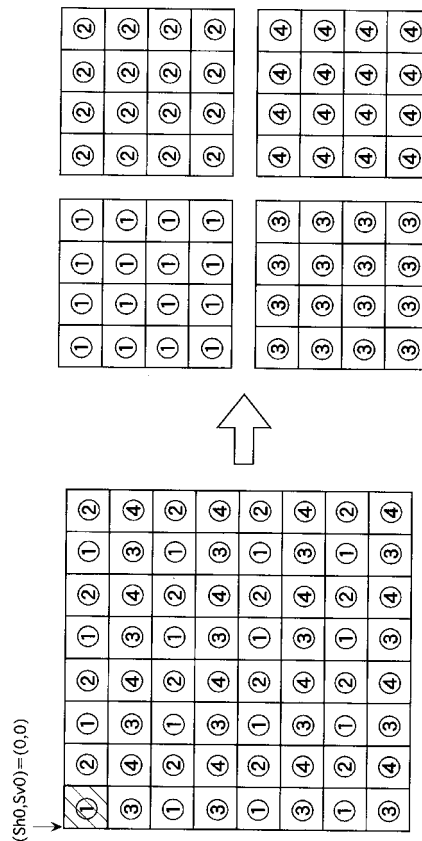
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 畑中 晴雄

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

Fターム(参考) 5C122 DA03 DA04 EA41 FH12 FH13 FH18 FH23 FK41 HA01 HA42
HA78 HA88 HB06 HB10