

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4931884号  
(P4931884)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int.Cl. F I  
**HO4N 7/01 (2006.01)** HO4N 7/01 Z

請求項の数 6 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2008-227626 (P2008-227626)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成20年9月4日(2008.9.4)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2010-62953 (P2010-62953A)		埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(43) 公開日	平成22年3月18日(2010.3.18)	(74) 代理人	100067736
審査請求日	平成20年9月5日(2008.9.5)		弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(74) 代理人	100106781
			弁理士 藤井 稔也
		(74) 代理人	100113424
			弁理士 野口 信博
		(74) 代理人	100150898
			弁理士 祐成 篤哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フレームレート変換装置、フレームレート変換方法及びフレームレート変換プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基準フレームにおける複数個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理部と、

各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理部と、

上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ関数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理部と、

上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理部と

を備えることを特徴とするフレームレート変換装置。

【請求項2】

基準フレームにおける複数個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理ステップと、

各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理ステップと、

10

20

上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、  
 上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理ステップと、  
 上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理ステップと  
 を有することを特徴とするフレームレート変換方法。

【請求項3】

フレームレート変換装置に備えられるコンピュータにより実行されるフレームレート変換プログラムであって、

基準フレームにおける複数個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理部と、

各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理部と、

上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、  
 上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理部と、

上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理部として、

上記コンピュータを機能させることを特徴とするフレームレート変換プログラム。

【請求項4】

基準フレームにおける複数個の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続関数で函数近似する第1の函数近似手段と、

上記第1の函数近似手段により近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定手段と、

上記対応点推定手段により推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似手段と、

上記第2の函数近似手段で近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似手段と

を備えることを特徴とするフレームレート変換装置。

【請求項5】

基準フレームにおける複数個の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続関数で函数近似する第1の函数近似ステップと、

上記第1の函数近似ステップで近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定ステップと、

上記対応点推定ステップで推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似ステップと、

10

20

30

40

50

上記第2の函数近似ステップで近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似ステップと

を有することを特徴とするフレームレート変換方法。

【請求項6】

フレームレート変換装置に備えられるコンピュータにより実行されるフレームレート変換プログラムであって、

基準フレームにおける複数の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続函数で函数近似する第1の函数近似手段と、

上記第1の函数近似手段により近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定手段と、

上記対応点推定手段により推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似手段と、

上記第2の函数近似手段で近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似手段として、

上記コンピュータを機能させることを特徴とするフレームレート変換プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、映像のフレームレートを任意のフレームレートに変換するフレームレート変換装置、フレームレート変換方法及びフレームレート変換プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、デジタル映像制作に関する技術の1つとして、フィルムなどで撮影した映像やそれと同等のフレーム数で記録した映像信号を様々なフレームレートに変換する技術がある。この技術は特許文献1等で公知である。特に、24フレーム/秒で構成されるプログレッシブ映像信号方式の映像を、60フレーム/秒で構成されるプログレッシブ映像信号方式の映像に変換して記録する場合、2:3ブルダウンという変換方式での変換が一般的に使われている(例えば、特許文献1参照)。

【0003】

また、近年、動画性能を向上させるために、映像信号に含まれる複数のフレームと、該入力映像信号の動きベクトルを用いて装置内部で生成された補間フレームとを組み合わせ、新たなフレーム列の信号を生成するフレームレート変換処理が行われている(例えば、特許文献2参照)。

【0004】

近年、デジタル信号技術の進展に伴い、映像(動画像)、画像又は音声を対象にした、通信、放送、記録媒体[CD(Compact Disc)、DVD(Digital Versatile Disc)]、医用画像、印刷等の分野がマルチメディア産業或いはIT(Information Technology)と

10

20

30

40

50

して著しい発展を遂げている。映像や画像、音声に対するデジタル信号技術の一翼を担うのが情報量を低減する圧縮符号化であるが、その信号理論として、代表的にはシャノンの標本化定理があり、更に新しくはウェーブレット変換理論等がある。また、例えば音楽のCDでは、圧縮を伴わないリニアPCM (Pulse Code Modulation) が用いられるが、信号理論は同様にシャノンの標本化定理である。

【0005】

従来、映像、アニメ画像などの動画の圧縮技術としてMPEGが知られており、デジタル放送やDVDにおけるMPEG-2方式の採用や、第3世代携帯電話のインターネット・ストリーミングや移動体通信などの分野におけるMPEG-4方式の採用などにより、映像信号のデジタル圧縮技術は、近年非常に身近なものとなっている。その背景には、蓄積メディアの大容量化、ネットワークの高速化、プロセッサの高性能化、システムLSIの大規模・低価格化などがある。このように、デジタル圧縮を必要とする映像応用システムを支える環境が着々と整ってきている。

10

【0006】

MPEG2 (ISO (International Organization for Standardization) / IEC (International Electrotechnical Commission) 13818-2) は、汎用の画像符号化方式として定義された方式であり、飛び越し走査方式、順次走査方式の双方に対応できるように定義され、また標準解像度画像、高精細画像の双方に対応できるように定義されている。このMPEG2は、現在、プロフェッショナル用途及びコンシューマー用途の広範なアプリケーションに広く用いられている。MPEG2では、例えば720×480画素の標準解像度、飛び越し走査方式の画像データを4～8 [Mbps] のビットレートにデータ圧縮することができ、また1920×1088画素の高解像度、飛び越し走査方式の画像データを18～22 [Mbps] のビットレートにデータ圧縮することができ、高画質で高い圧縮率を確保することができる。

20

【0007】

一般に動画の符号化では、時間方向および空間方向の冗長性を削減することによって情報量の圧縮を行う。そこで時間的な冗長性の削減を目的とする画面間予測符号化では、前方または後方のピクチャを参照してブロック単位で動きの検出および予測画像の作成を行い、得られた予測画像と符号化対象ピクチャとの差分値に対して符号化を行う。ここで、ピクチャとは1枚の画面を表す用語であり、プログレッシブ画像ではフレームを意味し、インタレース画像ではフレームもしくはフィールドを意味する。ここで、インタレース画像とは、1つのフレームが時刻の異なる2つのフィールドから構成される画像である。インタレース画像の符号化や復号化処理においては、1つのフレームをフレームのまま処理したり、2つのフィールドとして処理したり、フレーム内のブロック毎にフレーム構造またはフィールド構造として処理したりすることができる。

30

【0008】

【特許文献1】特開2003-284007号公報

【特許文献2】特開2008-167103号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0009】

従来のシャノンの標本化定理に基づくA-D変換/D-A変換系では、ナイキスト周波数によって帯域制限された信号を扱う。このとき、D-A変換において、標本化によって離散的になった信号の連続波への再生に、制限された帯域内の信号を再現する函数(正則函数)が用いられていた。

【0010】

本願発明者の一人は、映像(動画)、文字図形や自然画等の画像又は音声等の信号の持つ種々の性質をフルーエンシ函数を用いて分類可能であることを見出した。この理論によれば、シャノンの標本化定理に基づく上記正則函数は、フルーエンシ函数の一つであり、信号が持つ種々の性質の内の一の性質に適合するにとどまる。従って、種々の性質を

50

もつ信号をシャノンの標本化定理に基づく上記正則函数のみで扱うのでは、D - A変換後の再生信号の品質に限界を与える恐れがあることとなる。

【0011】

上記フルーエンシ函数空間の1つであるウェーブレット変換理論は、対象を解像度で分解するマザーウェーブレットを用いて信号を表すものであるが、信号に最適のマザーウェーブレットが与えられるとは限らず、やはりD - A変換後の再生信号の品質に限界を与える恐れがあることとなる。

【0012】

ここで、フルーエンシ函数は、パラメータ $m$  ( $m$ は1 ~ の正の整数)によって類別される函数である。 $m$ は、その函数が $(m - 2)$ 回のみ連続微分可能であることを表す。因みに、上記正則函数は何回でも微分可能であるので、 $m$ がである。更に、フルーエンシ函数は、 $(m - 1)$ 次の函数で構成され、特にフルーエンシ函数の内のフルーエンシDA函数は、標本間隔をとして、着目する $k$ 番目の標本点 $k$ で数値が与えられるが、その他の標本点では0となる函数である。

【0013】

信号の性質は、パラメータ $m$ を持つフルーエンシ函数によって全てが分類可能となり、パラメータ $m$ によってクラス分けされる。そのため、フルーエンシ函数を用いたフルーエンシ情報理論は、従来の信号の性質の一部を表すにとどまっていたシャノンの標本化定理やウェーブレット変換理論等を包含し、信号の全体を表す理論体系であると位置付けられる。そのような函数を用いることにより、D - A変換後に、シャノンの標本化定理によって帯域制限されることのない高品質の再生信号を、信号の全体に亘って得ることが期待される。

【0014】

ところで、従来、映画の24フレームレートをビデオの30フレームに変換したり、TVの映像を高精細化のために高フレームレート化することや、携帯のフレームレートに変換することが要求されているが、フレーム間引きや前後のフレームの内分補間で新規なフレームを生成する方法が主流となっている。

【0015】

しかしながら、従来のフレーム間引きや前後のフレームの内分補間で新規なフレームを生成する方法では、映像の動きが円滑でない、映像が線形でないなどの問題点があった。

【0016】

そこで、本発明の目的は、上述の如き従来の問題点に鑑み、フレーム数を増減しても鮮明で円滑な動きで再生可能なフレームレート変換装置、フレームレート変換方法及びフレームレート変換プログラムを提供することにある。

【0017】

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施の形態の説明から一層明らかになる。

【課題を解決するための手段】

【0018】

映像では、一般にフレームの前後で似通ったシーンが続く場面が多いので、この特徴を利用し、複数の情報を用いて、高フレームレート化を行い、高画質化を図る。複数フレーム間の局所的な対応点を推定し、対応する画像点を内挿することにより高画質な内挿フレームを構成する。

【0019】

本発明では、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間下フレームを生成することで、フレーム数を増減しても鮮明で円滑な動きの映像信号を得る。

【0020】

すなわち、本発明は、フレームレート変換装置であって、基準フレームにおける複数の個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画

10

20

30

40

50

像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理部と、各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理部と、上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理部と、上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理部とを備えることを特徴とする。

10

## 【0021】

また、本発明は、フレームレート変換方法であって、基準フレームにおける複数個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理ステップと、各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理ステップと、上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理ステップと、上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理ステップとを有することを特徴とする。

20

## 【0022】

さらに、本発明は、フレームレート変換装置に備えられるコンピュータにより実行されるフレームレート変換プログラムであって、基準フレームにおける複数個の画素について、各画素点の濃淡値を位置の連続関数で表し、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記関数近似された画像濃淡の最大相関度を与える位置を対応点として推定する対応点推定処理部と、各画像フレームにおける推定した各対応位置の濃淡について、それぞれ近傍の画素点の濃淡を示す階調値から対応位置の階調値を求める第1の階調値生成処理部と、上記各画像フレーム間で、変換するフレームレート比で生成する補間フレームに対し、上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記各画像フレームにおける推定した各対応位置の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応位置の各階調値を求める第2の階調値生成処理部と、上記補間フレームにおける各対応位置の階調値から、上記補間フレームにおける対応位置近傍の各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理部として、上記コンピュータを機能させることを特徴とする。

30

## 【0023】

本発明は、フレームレート変換装置であって、基準フレームにおける複数個の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続関数で函数近似する第1の函数近似手段と、上記第1の函数近似手段により近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定手段と、上記対応点推定手段により推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似手段と、上記第2の函数近似手段で近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡

40

50

値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似手段とを備えることを特徴とする。

【0024】

また、本発明は、フレームレート変換方法であって、基準フレームにおける複数の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続函数で函数近似する第1の函数近似ステップと、上記第1の函数近似ステップで近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定ステップと、上記対応点推定ステップで推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似ステップと、上記第2の函数近似ステップで近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似ステップとを有することを特徴とする。

10

20

【0025】

さらに、本発明は、フレームレート変換装置に備えられるコンピュータにより実行されるフレームレート変換プログラムであって、基準フレームにおける複数の画素について、その濃淡分布を画素位置の連続函数で函数近似する第1の函数近似手段と、上記第1の函数近似手段により近似された函数と、時間を異にする複数の画像フレームにおける上記濃淡分布の函数とで相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の画像フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定手段と、上記対応点推定手段により推定された各画像フレームにおける対応点位置を各画像フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の画像フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、該時系列信号を函数近似する第2の函数近似手段と、上記第2の函数近似手段で近似された函数により、上記複数の画像フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記画像フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記画像フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似手段として、上記コンピュータを機能させることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0026】

本発明では、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間フレームを生成することで、フレーム数を増減しても鮮明で円滑な動きの映像信号を得ることができる。

40

【0027】

したがって、本発明によれば、表示器にあったフレームレートで鮮明で円滑な動きの映像表示を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明は以下の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、任意に変更可能

50

であることは言うまでもない。

【0029】

本発明に係るフレームレート変換装置1は、例えば、図1に示すように構成される。

【0030】

このフレームレート変換装置1は、例えば図2の(A)、(B)に示すように、原フレーム間に補間フレームを挿入することにより、図2の(A)に示す低フレームレート(この例では30フレーム/秒)の動画を図2の(B)に示す高フレームレートの動画(この例では60フレーム/秒)に変換する高フレームレート化処理を行うもので、対応点推定処理部2、第1の階調値生成処理部3、第2の階調値生成処理部4、第3の階調値生成処理部5として機能するコンピュータからなる。

10

【0031】

このフレームレート変換装置1において、対応点推定処理部2は、基準フレームにおける複数個の画素について、時間を異にする複数の画像フレームにおける各対応点を推定する。

【0032】

また、第1の階調値生成処理部3は、上記対応点推定処理部2により推定した各画像フレームにおける各対応点について、それぞれ近傍の画素の濃淡を示す階調値から各階調値を求める。

【0033】

また、第2の階調値生成処理部4は、上記基準フレームにおける複数個の画素に対して、上記推定した各画像フレームにおける各対応点の階調値から対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から補間フレームにおける対応点の各階調値を求める。

20

【0034】

さらに、第3の階調値生成処理部5は、上記補間フレームにおける各対応点の階調値から、上記補間フレームにおける各画素の階調値を生成する。

【0035】

このフレームレート変換装置1は、図示しない記憶部から読み出される映像信号変換プログラムをコンピュータにより実行することにより、図3のフローチャートに示すステップS1~ステップS4の手順に従って、対応点推定処理を行って推定した対応点の階調値を用いて均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成し、さらに、不均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成する高フレームレート化処理を実行する。

30

【0036】

すなわち、このフレームレート変換装置1では、先ず、図4の(A)に示すように、時間 $t = k$ の画像フレームを基準フレーム $F(k)$ とし、基準フレーム $F(k)$ における複数個の画素 $P_n(k)$ について、時間 $t = k + 1$ の画像フレーム $F(k + 1)$ 、時間 $t = k + 2$ の画像フレーム $F(k + 2)$ 、 $\dots$ 時間 $t = k + m$ の画像フレーム $F(k + m)$ における各動きベクトルを求めて、各画像フレーム $(k + 1)$ 、 $(k + 2)$ 、 $\dots$  $F(k + m)$ における各対応点 $P_n(k + 1)$ 、 $P_n(k + 2)$ 、 $\dots$  $P(k + m)$ を推定する対応点推定処理を行う(ステップS1)。

【0037】

次に、上記ステップS1で推定した各画像フレーム $(k + 1)$ 、 $(k + 2)$ 、 $\dots$  $F(k + m)$ における各対応点 $P_n(k + 1)$ 、 $P_n(k + 2)$ 、 $\dots$  $P(k + m)$ について、図4の(B)に示すように、それぞれ近傍の画素の濃淡を示す階調値から各階調値を求める第1の階調値生成処理を行う(ステップS2)。

40

【0038】

次に、上記基準フレーム $F(k)$ における複数個の画素 $P_n(k)$ に対して、図4の(C)に示すように、上記ステップS2で生成した各対応点 $P_n(k + 1)$ 、 $P_n(k + 2)$ 、 $\dots$  $P(k + m)$ における各階調値、すなわち、各画像フレーム $(k + 1)$ 、 $(k + 2)$ 、 $\dots$  $F(k + m)$ の対応点軌跡上の濃淡をフルーエンシ函数で近似し、その函数から各画像フレーム $(k + 1)$ 、 $(k + 2)$ 、 $\dots$  $F(k + m)$ 間の補間フレームに

50



おける対応点の各階調値を求める第2の階調値生成処理を行う(ステップS3)。

【0039】

次のステップS4では、図4の(D)に示すように、上記ステップS3の第2の階調値生成処理により生成した補間フレームF(k+1/2)における各対応点の階調値から、不均等補間により時間t=k+1/2の補間フレームF(k+1/2)における各画素の階調値を生成する第3の階調値生成処理を行う(ステップS4)。

【0040】

ここで、複数フレームからなる動画は、その動きのある部分画像のフレーム上の位置はフレーム毎に異なる。また、一つのフレーム上の画素点は、他のフレーム上の異なる位置の画素点に移動するとは限らず、画素間に対応することが通常である。すなわち、1つの自然画は、連続した情報としたとき、2つのフレーム上では異なる位置の画素情報をそれぞれ表していることになる。特に、フレーム間の補間により、新規フレーム画像を生成する場合は、元のフレーム上の画素情報と新規フレーム上での画素上は殆ど全て異なる。例えば、図5の(A)、(B)に示すような2つのフレーム画像を同一点で重ね合わせると、各フレームの画素点(ここでは、説明のための粗くしている)の関係は、図5の(C)に示すような関係となる。すなわち、画像の移動分ずれる。この2つのフレーム画像を用いて、第1フレームの格子点(印のない画素点)の濃淡値を求めるためには、不均等補間処理が必要となる。

【0041】

例えば、図6に示すように、画像の解像度を変換した際に新たに生成された画素u(x, y)位置の値を決める画像補間処理は、原画素u(x<sub>i</sub>, y<sub>j</sub>)と補間関数h(x, y)の畳み込み処理により行われる。

【0042】

【数1】

$$u(\tau_x, \tau_y) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} u(x_i, y_j) h(\tau_x - x_i, \tau_y - y_j)$$

【0043】

そして、複数のフレーム画像を用いて同一部分画像を対応させ、図7の(A)に示すような均等補間関数を用いて所望の対応点近傍における水平(垂直)方向の画素情報から均等補間により求めた各フレーム毎の補間情報、すなわち、例えば図8に示すように、フレーム1及びフレーム2の各内挿画素値xを垂直(水平)方向の画素情報として、図7の(B)に示すような不均等補間関数を用いてフレームのずれ量に基づき不均等補間を行い、図8に示すように、フレーム1における所望の位置の画素情報を決定する。

【0044】

このように、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間フレームを生成することで、フレーム数を増減しても鮮明で円滑な動きの映像信号を得ることができ、表示器にあったフレームレートで鮮明で円滑な動きの映像表示を行うことができる。

【0045】

均等補間により補間フレームF(k+1/2)を生成して1/2精度の動き推定により求められる動き情報を用いてブロックマッチングにより対応点の階調値を1/2精度で生成する従来の高フレームレート化処理では、挿入される補間フレームの画像は動きのある部分が劣化するが、このフレームレート変換装置1のように、対応点推定処理を行って推定した対応点の階調値を用いて均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成し、さらに、不均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成する高フレームレート化処理では、動きのある部分が劣化することなく高フレームレート化することができた。

【0046】

ここで、フレームレート変換装置1は、上述の如き高フレームレート化処理を行うとと

10

20

30

40

50

もに、2フレーム画像を用いて拡大補間処理を行う機能を備えるものとすることができる。2フレーム画像を用いて拡大補間処理を行う機能は、例えば、例えば図9に示すように、入力データ制御回路51、出力同期信号生成回路52、SRAM53、SRAM選択部54、画像処理モジュール55により構成される拡大補間処理装置50により実現される。

【0047】

この拡大補間処理装置50において、入力データ制御回路51は、水平同期信号及び垂直同期信号とともに供給される入力画像すなわち各画素の画像情報をSRAM選択部54に順次入力する制御を行う。

【0048】

出力同期信号生成回路52は、供給される水平同期信号及び垂直同期信号に基づいて出力側同期信号を生成し、生成した出力側同期信号を出力するとともにSRAM選択部54に供給する。

【0049】

SRAM選択部54は、例えば、図10に示すように構成され、供給される同期信号に生成される書き込み制御信号及び読み出し制御信号に基づいて制御信号切り換え回路54Aから供給されるメモリ選択信号に応じた動作を行う書き込みデータ選択部54Bと読み出しデータ選択部54Cにより、入力データ制御回路51を介して入力される入力画像を1フレームごとSRAM53に格納し、同時に2フレームの画像を出力同期信号生成回路52により生成された出力側同期信号に同期して読み出す。

【0050】

また、画像処理モジュール55は、フレーム間情報による画像補間処理を行う例えば、図11に示すように構成される。

【0051】

すなわち、画像処理モジュール55は、SRAM選択部54を介してSRAM53から同時に読み出された2フレームの画像情報が入力される窓設定部55A、第1の均等補間処理部55B及び第2の均等補間処理部55C、上記窓設定部55Aにより上記2フレームの画像情報から抽出された画素の情報が入力されるずれ量推定部55D、このずれ量推定部55Dにより推定されたずれ量ベクトルと上記第2の均等補間処理部55Cにより補間された画素の情報を入力されるずれ補正部55E、このずれ補正部55Eにより補正された画素の情報及び上記第1の補間処理部55Bにより補間された画素の情報が入力される不均等補間処理部55Fからなる。

【0052】

画像処理モジュール55では、図12の(A)、(B)に示すように、SRAM選択部54を介して入力される2つのフレーム画像f, gについて、窓設定部55Aにより所定のポイント(p, q)にウィンドウを設定し、ずれ量推定部55Dにより、片方のフレーム画像gのウィンドウをずれ量(x, y)だけずらして、ウィンドウ内の相対位置(x, y)の画素値により内積演算を行い、その値を相互相関値R<sub>pq</sub>(x, y)とする。

【0053】

【数2】

$$R_{pq}(\tau_x, \tau_y) = \sum_x \sum_y [f(p+x, q+y) g(p+x+\tau_x, q+y+\tau_y)]$$

【0054】

そして、ずれ量(x, y)を変化させてポイント(p, q)の回りでの相互相関値R<sub>pq</sub>(x, y)が最大となるずれ量(x, y)を抽出する。

【0055】

10

20

30

40

【数 3】

$$\text{ずれ量}(\tau_x, \tau_y) = [R_{pq}(\tau_x, \tau_y)]_{\max}$$

【0056】

なお、2つのフレーム画像  $f$  ,  $g$  のウィンドウ内画素データをそれぞれフーリエ変換して相互相関値  $R_{pq}(x, y)$  を求めることもできる。

【0057】

そして、この拡大補間処理装置 50 では、図 13 のフローチャートに示すように手順に従って拡大補間処理を行う。

10

【0058】

すなわち、画像処理モジュール 55 では、SRAM 53 から SRAM 選択部 54 を介して 2つのフレーム画像  $f$  ,  $g$  が読み出されると(ステップ A)、ずれ量推定部 55 D で相関演算処理により 2つのフレーム画像  $f$  ,  $g$  のずれ量  $(x, y)$  を演算する(ステップ B)。

【0059】

そして、フレーム 1 の画像  $f$  について均等補間による内挿画素値を第 1 の均等補間処理部 55 B で演算することにより、水平方向あるいは垂直方向に拡大する(ステップ C)。

【0060】

また、フレーム 2 の画像  $g$  について均等補間による内挿画素値を第 2 の均等補間処理部 55 C で演算することにより、水平方向あるいは垂直方向に拡大する(ステップ D)。

20

【0061】

さらに、フレーム 2 の拡大画像をフレーム 1 に対するずれ量分移動した画素位置での画素値をずれ量補正部 55 E により演算する(ステップ E)。

【0062】

そして、不均等補間処理部 55 F において、フレーム 1 の内挿画素値 2 点とフレーム 2 の移動位置の画素値 2 点の計 4 点の画素値からフレーム 1 における求める位置の画素値を不均等補間で垂直方向あるいは水平方向に拡大演算を行い(ステップ F)、フレーム 1 の補間演算結果を拡大画像として出力する(ステップ G)。

【0063】

このような拡大補間処理を行う機能を備えるフレームレート変換装置 110 は、例えば、図 14 に示すように構成される。

30

【0064】

このフレームレート変換装置 110 は、第 1 の函数近似処理部 111、対応点推定処理部 112、第 2 の函数近似処理部 113、第 3 の函数近似処理部 114 として機能するコンピュータからなる。

【0065】

第 1 の函数近似処理部 111 は、基準フレームにおける複数個の画素について、その濃淡分布を函数近似する第 1 の函数近似処理を行う。

【0066】

対応点推定処理部 112 は、上記第 1 の函数近似部 111 により近似された時間を異にする複数の上記基準フレームにおける上記濃淡分布の函数で相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の基準フレームにおいて対応する対応点位置とする対応点推定処理を行う。

40

【0067】

第 2 の函数近似処理部 113 は、上記対応点推定部 112 により推定された各基準フレームにおける対応点位置を基準フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の基準フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、各基準フレームの時系列信号を函数近似する第 2 の函数近似を行う。

50

## 【 0 0 6 8 】

第3の函数近似処理部114は、上記第2の函数近似部113で近似された函数により、上記複数の基準フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記基準フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記基準フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換する第3の函数近似処理を行う。

## 【 0 0 6 9 】

このフレームレート変換装置110では、第1の函数近似処理部111により、基準フレームにおける複数の画素について、その濃淡分布を函数近似し、対応点推定処理部112により、上記第1の函数近似処理部111で近似された時間を異にする複数の上記基準フレームにおける上記濃淡分布の函数で相関演算を行い、その最大値を与えるそれぞれの位置を上記複数の基準フレームにおいて対応する対応点位置とし、第2の函数近似処理部113により、上記対応点推定処理部112で推定された各基準フレームにおける対応点位置を基準フレームの原点からの水平方向、垂直方向の距離で座標化し、上記時間を異にする複数の基準フレームにおける該座標点の水平方向位置、及び垂直方向位置のそれぞれの変化を時系列信号に変換し、各基準フレームの時系列信号を函数近似する。そして、第3の函数近似処理部114により、第2の階調値生成処理部113で近似された函数により、上記複数の基準フレーム間の任意の時間における補間フレームについて、上記基準フレームの対応点位置に該当する補間フレーム内の対応する位置を対応点位置とし、該補間フレームの対応点位置における濃淡値を、上記基準フレームの対応点における濃淡値で補間して求め、該補間フレームの対応点の濃淡値に合わせて上記第1の函数近似を当てはめて、該対応点近傍の濃淡分布を求め、該対応点近傍の濃淡値を補間フレームにおける画素点の濃淡値に変換することにより、拡大補間処理とともに高フレームレート化処理を行う。

## 【 0 0 7 0 】

本発明は、例えば図15に示すような構成の映像信号変換システム100に適用され、上記フレームレート変換装置1が高フレームレート化処理部40として映像信号変換システム100に搭載される。

## 【 0 0 7 1 】

この映像信号変換システム100は、撮像装置等の画像入力部10から入力される画像情報にノイズ除去処理を施す前処理部20、上記前処理部20によりノイズ除去処理が施された画像情報が入力され、入力された画像情報を圧縮符号化する圧縮符号化処理部30、上記圧縮符号化処理部30により圧縮符号化された画像情報を高フレームレート化する高フレームレート化処理部40などからなる。

## 【 0 0 7 2 】

この映像信号変換システム100における前処理部20は、入力された画像情報に含まれるボケや手ぶれなどのノイズを、画像のテンソル演算技術とぼけ函数の適応修正処理技術により除去するフィルタリング処理を行うものであって、図16に示すようなシステムモデルにより、真の入力画像 $f(x, y)$ が入力されるぼけ函数 $H(x, y)$ の劣化モデル21の出力

## 【 0 0 7 3 】

## 【 数 4 】

$$\hat{f}(x, y)$$

## 【 0 0 7 4 】

にノイズ $n(x, y)$ を付加することにより観測画像 $g(x, y)$ を得て、図17に示す

ようなリストレーションシステムモデルにより、上記観測画像  $g(x, y)$  を入力として推定された画像

【 0 0 7 5 】

【 数 5 】

$$\hat{f}(x, y)$$

【 0 0 7 6 】

を得る逆フィルタ 2 2 からなる。

10

【 0 0 7 7 】

前処理部 2 0 は、画像のテンソル演算技術とぼけ函数の適応修正処理技術により除去するフィルタリング処理を行うものであって、原画像をクロネッカー積の特性を利用して評価する。

【 0 0 7 8 】

クロネッカー積は、次のように定義される。

【 0 0 7 9 】

$A = [a_{ij}]$  を  $m \times n$  行列、 $B = [b_{ij}]$  を  $s \times t$  行列とするとき、クロネッカー積

【 0 0 8 0 】

【 数 6 】

20

$$(A \otimes B)$$

【 0 0 8 1 】

は、次のような、 $m \times s \times n \times t$  行列である。

【 0 0 8 2 】

【 数 7 】

$$A \otimes B = [a_{ij} B]$$

30

【 0 0 8 3 】

ここで、

【 0 0 8 4 】

【 数 8 】



【 0 0 8 5 】

は、クロネッカー積演算子を表す。

40

【 0 0 8 6 】

また、クロネッカー積の基本的な性質は、次の通りである。

【 0 0 8 7 】

【数 9】

$$(A \otimes B)^T = A^T \otimes B^T$$

$$(A \otimes B)(C \otimes D) = (AC) \otimes (BD)$$

$$(A \otimes B)x = \text{vec}(BXA^T), \text{vec}(X) = x,$$

$$(A \otimes B)\text{vec}(X) = \text{vec}(BXA^T)$$

【0088】

ここで、

【0089】

【数10】

10

*vec*

【0090】

は、行列を列方向に伸ばし、列ベクトルを生成する操作を示す演算子である。

【0091】

この前処理部20における画像モデルでは、未知の真の入力画像  $f(x, y)$  が存在するものと仮定して、上記劣化モデル21の出力

【0092】

【数11】

20

$\hat{f}(x, y)$

【0093】

にノイズ  $n(x, y)$  を付加することにより得られる観測画像  $g(x, y)$  は、次の式(1)にて表すことができる。

【0094】

【数12】

30

$$g(x, y) = \hat{f}(x, y) + n(x, y) \quad (1)$$

【0095】

ここで、

【0096】

【数13】

40

$\hat{f}(x, y)$

【0097】  
は、この画像システムにより得られる劣化画像を代表し、また、 $n(x, y)$  は付加したノイズである。そして、劣化画像

【0098】

【数14】

$$\hat{f}(x, y)$$

【0099】

は、次の式(2)で示される。

【0100】

【数15】

$$\tilde{f}(x, y) = \iint h(x, y; x', y') f(x', y') dx' dy' \quad (2) \quad 10$$

【0101】

ここで、 $h(x, y; x', y')$  は、劣化システムのインパルス応答を代表している。

【0102】

使用される画像は離散量であるから、入力画像  $f(x, y)$  の画像モデルは、式(3)のように書き換えることができる。

【0103】

【数16】

20

$$f(x, y) \triangleq \sum_{k, l} \hat{f}(k, l) \phi(x - k, y - l)$$

$$\tilde{f}(i, j) = \iint h(i, j; x', y') f(x', y') dx' dy'$$

$$= \iint h(i, j; x', y') \sum_{k, l} \hat{f}(k, l) \phi(x' - k, y' - l) dx' dy'$$

$$= \sum_{k, l} \hat{f}(k, l) \iint h(i, j; x', y') \phi(x' - k, y' - l) dx' dy'$$

30

$$= \sum_{k, l} \hat{f}(k, l) H_k^{(x)} H_l^{(y)} \quad (3)$$

【0104】

ここで、 $H_k^{(x)}$ 、 $H_l^{(y)}$  は、次の式(4)のようにマトリクス形式で表すことにより、劣化モデルの点像強度分布函数 (PSF: Point Spread Function)  $H$  となる。

【0105】

【数17】

40

$$H = [H_k^{(x)} H_l^{(y)}]. \quad (4)$$

【0106】

上記逆フィルタ22の特性は、図18のフローチャートに示す手順にしたがった学習処理により決定される。

【0107】

すなわち、学習処理では、先ず、観測画像  $g(x, y)$  を入力画像  $g$  として読み込み (ステップ S11a)、

【0108】

【数 1 8】

$$g_E = (\beta C_{EP} + \gamma C_{EN})g,$$

【0 1 0 9】

として画像  $g_E$  を構成して (ステップ S 1 2 a)、

【0 1 1 0】

【数 1 9】

10

$$G_E, \text{vec}(G_E) = g_E$$

【0 1 1 1】

の特異値分解 (SVD:singular value decomposition) を行う (ステップ S 1 3 a)。

【0 1 1 2】

また、劣化モデルの点像強度分布函数 (PSF:Point Spread Function) Hを読み込み (ステップ S 1 1 b)、

【0 1 1 3】

【数 2 0】

20

$$H = (A \otimes B)$$

【0 1 1 4】

なるクロネッカー積で示される劣化モデルを構築して (ステップ S 1 2 b)、上記劣化モデルの函数 H の特異値分解 (SVD:singular value decomposition) を行う (ステップ S 1 3 b)。

【0 1 1 5】

ここで、システム方程式  $g$  は

【0 1 1 6】

【数 2 1】

30

$$g = (A \otimes B)f = \text{vec}(BFA^T), \quad \text{vec}(F) = f.$$

【0 1 1 7】

と書き直すことができる。

【0 1 1 8】

そして、

【0 1 1 9】

【数 2 2】

40

$$g_{KPA} = \text{vec}(B\hat{G}_EA^T)$$

【0 1 2 0】

として新たな画像  $g_{KPA}$  を算出する (ステップ S 1 4)。

【0 1 2 1】

50



そして、算出した新たな画像  $g_{KPA}$  について、

【0122】

【数23】

$$\min_f \{ \|H_k f - g_{KPA}\|^2 + \alpha \|Cf\|^2 \}$$

【0123】

なる最小化処理を行い(ステップS15)、得られた  $f_k$  について、

【0124】

【数24】

$$\|H_k f_k - g_{KPA}\|^2 + \alpha \|Cf_k\|^2 < \varepsilon^2, k > c$$

10

【0125】

なるテスト条件を満たすか否かを判定する(ステップS16)。

【0126】

ここで、 $k$  は繰り返し番号であり、 $c$  は、それぞれ判定の閾値である。

【0127】

そして、上記ステップS16における判定結果がFalse、すなわち、上記ステップS15で得られた  $f_k$  が上記テスト条件を満たしていない場合には、上記劣化モデルの関数  $H$  について、

20

【0128】

【数25】

$$\min_H \{ \|Hf_k - g_{KPA}\|^2 \}$$

【0129】

なる最小化処理を行い(ステップS17)、上記ステップS13bに戻り、上記ステップS16で得られた関数  $H_{k+1}$  について特異値分解(SVD:singular value decomposition)を行い、上記ステップS13bからステップS17の処理を繰り返し行い、上記ステップS16における判定結果がTrue、すなわち、上記ステップS15で得られた  $f_k$  が上記テスト条件を満たす場合に、上記ステップS15で得られた  $f_k$  を

30

【0130】

【数26】

$$\hat{f} = f_k$$

40

【0131】

として(ステップS18)、1の入力画像  $g$  に対する学習処理を終了する。

【0132】

上記逆フィルタ22の特性は、上記学習処理を多数の入力画像  $g$  について行うことにより決定される。

【0133】

すなわち、ここでは、 $h(x, y) * f(x, y)$  を代表して  $Hf$  として表し、システム  $\Delta$  の方程式を

【0134】

【数 2 7】

$$g = f + n = Hf + n$$

【0 1 3 5】

とし、また、

【0 1 3 6】

【数 2 8】

$$H = A \otimes B$$

$$(A \otimes B)f = \text{vec}(BFA^T), \text{vec}(F) = f$$

10

【0 1 3 7】

として、 $f$  を近似して、目的とする新たな画像  $g_E$  を次のように導出している。

【0 1 3 8】

【数 2 9】

$$g_E = E[f]$$

20

【0 1 3 9】

ここで、 $E$  は予測を示す。新たな画像  $g_E$  は、原画像のエッジ細部の保存や強調として構成される。

【0 1 4 0】

新たな画像  $g_E$  は、

【0 1 4 1】

【数 3 0】

$$g_E = (\beta C_{EP} + \gamma C_{EN})g$$

30

【0 1 4 2】

として得られる。ここで、 $C_{EP}$  と  $C_{EN}$  は、それぞれエッジ保存とエッジ強調の演算子である。

【0 1 4 3】

そして、シンプルなラプラシアンカーネル  $C_{EN} = \nabla^2 f$  と制御パラメータ  $\gamma$  を持ったガウシアンカーネル  $C_{EP}$  を選択し、

【0 1 4 4】

【数 3 1】

$$g_{KPA} = \text{vec}(BG_E A^T), \text{vec}(G_E) = g_E$$

40

【0 1 4 5】

とする。

【0 1 4 6】

そして、

【0 1 4 7】

50

【数 3 2】

$$M(\alpha, f) = \|Hf - g_{KFA}\|^2 + \alpha \|Cf\|^2$$

【0148】

として、最小化問題を再構築し、次の特異値分解 (SVD:singular value decomposition) から

【0149】

【数 3 3】

10

$$G_{SVD} = U\Sigma V^T, A = U_A \Sigma_A V_A^T, B = U_B \Sigma_B V_B^T$$

【0150】

上記劣化モデルの関数 H を

【0151】

【数 3 4】

20

$$H = (U_A \otimes U_B)(\Sigma_A \otimes \Sigma_B)(V_A \otimes V_B)^T$$

【0152】

として推定して用いる。

【0153】

この映像信号変換システム 100 における前処理部 20 のように、入力された画像情報に含まれるボケや手ぶれなどのノイズを、画像のテンソル演算技術とぼけ函数の適応修正処理技術により除去するフィルタリング処理を行うことにより、ノイズを除去するとともに画像の鮮明化やエッジ強調などを行うことができる。

【0154】

30

この映像信号変換システム 100 は、上記前処理部 20 によりノイズ除去処理が施された画像情報について、圧縮符号化処理部 30 により圧縮符号化し、圧縮符号化された画像情報をフレームレート化処理部 40 により高フレームレート化する。

【0155】

この映像信号変換システム 100 における圧縮符号化処理部 30 は、フルーエンシ理論に基づく圧縮符号化処理を行うもので、図 19 に示すように、第 1 の函数化処理部 31、第 2 の函数化処理部 32、上記第 1 の函数化処理部 31 と第 2 の函数化処理部 32 で函数化された各画像情報を所定の形式で記述して符号化する符号化処理部 33 などを備える。

【0156】

第 1 の函数化処理部 31 は、上記前処理部 20 によりノイズ除去処理が施された画像情報について、複数のフレーム画像間の対応点推定を行う対応点推定部 31A と、上記対応点推定部 31A により推定された各フレーム画像の対応点の画像情報を用いて、動き部分の画像情報を函数化する動き函数化処理部 31B からなる。

40

【0157】

対応点推定部 31A は、例えば、図 20 に示すように構成される。

【0158】

すなわち、対応点推定部 31A は、フレーム画像の部分領域を抽出する第 1 の部分領域抽出部 311 と、上記第 1 の部分領域抽出部 311 により抽出した部分領域に相似な連続する他のフレーム画像の部分領域を抽出する第 2 の部分領域抽出部 312 と、上記第 1 の部分領域抽出部 311 及び上記第 2 の部分領域抽出部 312 により抽出された各部分領域

50

を同一比に変換し、変換した各画像の濃淡をフルーエンシ理論に従って区分多項式で函数表現して出力する函数近似部 3 1 3 と、上記函数近似部 3 1 3 の出力の相関値を演算する相関値演算部 3 1 4 と、上記相関値演算部 3 1 4 により算出される相関値の最大値を与える画像の位置ずれを演算し、該演算値を対応点のずれ量として出力するずれ量演算部 3 1 5 とからなる。

【 0 1 5 9 】

この対応点推定部 3 1 A では、第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 によりフレーム画像の部分領域をテンプレートとして抽出するとともに、上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 により抽出した部分領域に相似な連続する他のフレーム画像の部分領域を第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 により抽出し、函数近似部 3 1 3 により上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 及び上記第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 により抽出された各部分領域を同一比に変換し、変換した各画像の濃淡を区分多項式で函数表現する。

10

【 0 1 6 0 】

この対応点推定部 3 1 A は、画像の濃淡を連続的な変化状態として捉え、フルーエンシ情報理論により、画像の対応点を推定するものであって、第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 と、第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 と、函数近似部 3 1 3 と、相関値演算部 3 1 4 と、ずれ量演算部 3 1 5 からなる。

【 0 1 6 1 】

この対応点推定部 3 1 A において、第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 は、入力画像についてフレーム画像の部分領域を抽出する。

20

【 0 1 6 2 】

また、第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 は、上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 により抽出した部分領域に相似な連続する他のフレーム画像の部分領域を抽出する。

【 0 1 6 3 】

また、函数近似部 3 1 3 は、上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 及び上記第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 により抽出された各部分領域を同一比に変換し、変換した各画像の濃淡をフルーエンシ理論に従って区分多項式で函数表現して出力する。

【 0 1 6 4 】

また、相関値演算部 3 1 4 は、上記函数近似部 3 1 3 の出力の相関値を演算する。

【 0 1 6 5 】

さらに、ずれ量演算部 3 1 5 は、上記相関値演算部 3 1 4 により算出される相関値の最大値を与える画像の位置ずれを演算し、該演算値を対応点のずれ量として出力する。

30

【 0 1 6 6 】

そして、この対応点推定部 3 1 では、第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 によりフレーム画像の部分領域をテンプレートとして抽出するとともに、上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 により抽出した部分領域に相似な連続する他のフレーム画像の部分領域を第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 により抽出し、函数近似部 3 1 3 により上記第 1 の部分領域抽出部 3 1 1 及び上記第 2 の部分領域抽出部 3 1 2 により抽出された各部分領域を同一比に変換し、変換した各画像の濃淡を区分多項式で函数表現する。

【 0 1 6 7 】

ここで、画像  $f_1(x, y)$ 、 $f_2(x, y)$  は、空間  $S^{(m)}(R^2)$  に属していると仮定し、 $m(t)$  を  $(m-2)$  次の区分多項式で次の式 (5) のように表し、

40

【 0 1 6 8 】

【 数 3 5 】

$$\hat{\phi}_m(\omega) := \int_{t \in \mathbb{R}} e^{-i\omega t} \phi_m(t) dt = \left( \frac{1 - e^{-i\omega}}{i\omega} \right)^m \quad (5)$$

【 0 1 6 9 】

上記空間  $S^{(m)}(R^2)$  を次の式 (6) のように表すと、

50

【 0 1 7 0 】

【数 3 6】

$$S^{(m)}(\mathbb{R}^2) \triangleq \text{span}\{\phi_m(\cdot - k)\phi_m(\cdot - l)\}_{k,l \in \mathbb{Z}} \quad (6)$$

【 0 1 7 1 】

フレーム間の相関関数  $c(\tau_1, \tau_2)$  は、次の式 (7) として表すことができる。

【 0 1 7 2 】

【数 3 7】

$$c(\tau_1, \tau_2) = \int \int f_1(x, y) f_2(x + \tau_1, y + \tau_2) dx dy \quad (7)$$

【 0 1 7 3 】

そして、上記仮定、すなわち、

【 0 1 7 4 】

【数 3 8】

$$f_1(x, y), f_2(x, y) \in S^{(m)}(\mathbb{R}^2).$$

【 0 1 7 5 】

から、フレーム相関関数を表す式 (7) は、次の式 (8) で示すことができる。

【 0 1 7 6 】

【数 3 9】

$$c(\tau_1, \tau_2) \in S^{(2m)}(\mathbb{R}^2). \quad (8)$$

【 0 1 7 7 】

すなわち、上記フレーム間の相関関数  $c(\tau_1, \tau_2)$  は、図 2 1 に示すような  $2m$  次補間を行う空間  $S^{(2m)}(\mathbb{R}^2)$  に属し、上記  $2m$  次補間を行う空間  $S^{(2m)}(\mathbb{R}^2)$  の標準化周波数  $\psi_{2m}(\tau_1, \tau_2)$  は一意的に存在し、上記フレーム間の相関関数  $c(\tau_1, \tau_2)$  は、次の式 (9) にて表される。

【 0 1 7 8 】

【数 4 0】

$$c(\tau_1, \tau_2) = \sum_k \sum_l c(k, l) \psi_{2m}(\tau_1 - l, \tau_2 - k) \quad (9)$$

【 0 1 7 9 】

式 (8) から、相関関数を補間するために、 $(2m - 1)$  次の区分的な多項式の関数を構築することができる。

【 0 1 8 0 】

すなわち、ブロックに基づく動きベクトル評価アプローチによって、適切に式 (7) の別々のブロック動きベクトルの初期の推定を得て、それから、任意の正確さの本当の動きを得る式 (8) を適用する。

【 0 1 8 1 】

分離可能な相関関数補関数の一般形は、式 (10) にて表される。

【 0 1 8 2 】

10

20

30

40

50

【数41】

$$\psi_{2m}(x, y) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} c_k d_l M_{2m}(x-k) \times M_{2m}(y-l), \quad (10)$$

【0183】

ここで、 $c_k$ と $d_l$ が補間係数であり、 $M_{2m}(x) = M_{2m}(x+2) \cdot M_{2m}(x)$ は、 $(m-1)$ 次のB-スプラインである。

【0184】

式(10)における適切な打ちきり制限により、上記相関関数 $c(x_1, x_2)$ は、次の式(11)によって近似することができる。

【0185】

【数42】

$$\hat{c}(\tau_1, \tau_2) = \sum_{k=K_1}^{K_2} \sum_{l=L_1}^{L_2} c(k, l) \psi_{2m}(\tau_2 - k) \times \psi_{2m}(\tau_2 - l), \quad (11)$$

【0186】

ここで、 $K_1 = [x_1] - s + 1$ 、 $K_2 = [x_2] + s$ 、 $L_1 = [y_2] - s + 1$ 、 $L_2 = [y_2] + s$ であり、 $s$ は $M_{2m}(x)$ を定める。

【0187】

そして、例えば、 $m=2$ とき、次の式(12)を式(11)に代入することにより、望ましい補間式を得る。

【0188】

【数43】

$$\psi_4(x, y) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} \sqrt{3}(\sqrt{3}-2)^{|k|+|l|} M_4(x-k) \times M_4(y-l). \quad (12)$$

【0189】

動きベクトル $v$ は、次の式(13)を使って導出される。

【0190】

【数44】

$$\hat{v} = \underset{\tau_1, \tau_2}{\operatorname{argmax}} [\hat{c}(\tau_1, \tau_2)]. \quad (13)$$

【0191】

上記相関関数 $c(x_1, x_2)$ は、整数点の情報だけを用いて再生することができ、相関値演算部314は、上記相関関数 $c(x_1, x_2)$ により上記函数近似部313の出力の相関値を算出する。

【0192】

そして、ずれ量演算部315は、上記相関値演算部314により算出される相関値の最大値を与える画像の位置ずれを示す式(13)により動きベクトル $v$ を演算し、得られる

10

20

30

40

50

動きベクトルVを対応点のずれ量として出力する。

【0193】

ここで、上記対応点推定部31Aによる対応点推定による動きベクトルVの決定の様子を図22に模式的に示す。

【0194】

すなわち、この対応点推定部31Aでは、図22の(A)に示すように、フレーム画像(k)の部分領域を取り出し、この部分領域に相似な連続する他のフレーム画像の部分領域を抽出して、図22の(B)に示すように、

【0195】

【数45】

$$c(i, j) = \sum_l \sum_m f_k(l, m) f_{k+1}(l+i, m+j)$$

【0196】

にて表される相関関数 $c(x_1, x_2)$ を用いて各フレーム間の相関を計算して、図22の(C)に示すように、相関曲面のピーク点で動きを検出し、動きベクトルvを上記式(13)にて求めことにより、図22の(D)に示すように、フレーム画像(k)における画素の動きを決定する。

【0197】

このようにして決定されたフレーム画像(k)の各ブロックの動きベクトルは、同じフレーム画像(k)の各ブロックの動きベクトルを従来のブロックマッチングにより決定されたものと比較して、各ブロック間で滑らかに変化するものとなる。

【0198】

すなわち、例えば、図23の(A)に示すように、被写体が回転する動きのあるフレーム1とフレーム2について、2フレーム対応点推定と不均等補間により4倍拡大を行ったところ、図23の(B1)、(C1)に示すように、従来のブロックマッチングによる推定対応点で推定された動きベクトルには変化が滑らかなでない部分が生じたが、上述の如き構成の対応点推定部31Aによる推定対応点で推定された動きベクトルの変化は、図23の(B2)、(C2)に示すように、全体的に滑らかなものとなっている。しかも、1/Nの精度での計算量は、従来手法では $N^2$ であるのに対し、本手法ではNとなる。

【0199】

そして、動き函数化処理部31Bでは、上記対応点推定部31Aにおける対応点推定により得られる動きベクトルVを用いて、動き部分の画像情報を函数化する。

【0200】

すなわち、動き函数化処理部31Bでは、基準フレーム毎に部分動画の対応点が推定されると、その移動量すなわち対応点のずれ量はフレームの座標位置x、yの変化に対応するので、図24に示すように、フレームの原点を左上隅に取った場合、例えば、図25の(A)に示すような各フレームの画像の動きについて、図25の(B)、(C)に示すように各フレームのX座標、Y座標の動きとして表し、X座標、Y座標それぞれの動きの変化を函数近似して函数化する。そして、図26に示すように、その函数で補間してフレーム間の位置を推定することにより動き補償を行う。

【0201】

また、第2の函数化処理部32は、フルーエンシ情報理論に基づき、輪郭、濃淡、フレーム間情報を近似するフルーエンシ函数化処理により、入力画像を符号化するものであって、領域自動分類処理部32A、輪郭函数近似処理部32B、濃淡函数化処理部32C、周波数函数近似処理部32Dなどからなる。

【0202】

領域自動分類処理部32Aは、入力画像をフルーエンシ情報理論に基づいて、区分的平面領域(m=2)、区分的曲面領域(m=3)、区分的球面領域(m=)、不規則領域(m=4)に分類する。

10

20

30

40

50

## 【0203】

フルーエンシ情報理論では、信号を信号空間という概念で次数  $m$  によって指定されるクラスに分類する。

## 【0204】

信号空間  $^m S$  は、 $(m - 2)$  回連続微分可能な変数を持つ  $(m - 1)$  次の区分的多項式によって表される。

## 【0205】

信号空間  $^m S$  は、 $m = 1$  のとき、階段関数のものと等しくなり、また  $m =$  のとき、フーリエべき関数のものと等しくなることが証明されている。フルーエンシモデルは、フルーエンシ標準化関数を定義することで、この信号空間  $^m S$  に属する信号と離散時間信号との関係を明確化するモデルである。

10

## 【0206】

輪郭函数近似処理部 3 2 B は、輪郭自動分類処理部 3 2 1 と関数近似処理部 3 2 2 からなり、上記領域自動分類処理部 3 2 A により分類された区分的平面領域 ( $m = 2$ )、区分的曲面領域 ( $m = 3$ )、区分的球面領域 ( $m =$ ) に含まれる直線、円弧、2 次曲線を上記輪郭自動分類処理部 3 2 1 により抽出して関数近似処理部 3 2 2 により関数近似する。

## 【0207】

濃淡函数化処理部 3 2 C は、上記領域自動分類処理部 3 2 A により分類される区分的平面領域 ( $m = 2$ )、区分的曲面領域 ( $m = 3$ )、区分的球面領域 ( $m =$ ) について、フルーエンシ函数を用いて濃淡函数化処理を行う。

20

## 【0208】

周波数函数近似処理部 3 2 D は、上記領域自動分類処理部 2 により分類される不規則領域 ( $m = 4$ )、すなわち、多項式表現できない領域について、DCT 等により周波数函数近似処理を行う。

## 【0209】

この第 2 の函数化処理部 3 2 では、映像のフレーム毎に多数の多変数フルーエンシ函数を使って、画像の濃淡や輪郭を表現することができる。

## 【0210】

そして、符号化処理部 3 3 は、上記第 1 の函数化処理部 3 1 と第 2 の函数化処理部 3 2 で函数化された各画像情報を所定の形式で記述して符号化する。

30

## 【0211】

そして、この映像信号変換システム 1 0 0 では、上述の如く、撮像装置等の画像入力部 1 0 から入力される画像情報に前処理部 2 0 によりノイズ除去処理を施し、上記前処理部 2 0 によりノイズ除去処理が施された画像情報を圧縮符号化処理部 3 0 により圧縮符号化し、上記フレームレート変換装置 1 を用いた高フレームレート化処理部 4 0 において、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間フレームを生成する。

## 【0212】

すなわち、この映像信号変換システム 1 0 0 は、映像のフレーム毎に多数のフルーエンシ函数を使って輪郭などを表現し、離散フレーム列を時間方向で区分多項式に基づく連続関数で表すことで、任意フレームレートの高品位な映像を再生できるようにしたものである。

40

## 【0213】

フルーエンシ情報理論では、信号が連続的に微分可能であるという度数に基づいて、次数  $m$  によって指定されるクラスにおける信号空間を分類する。

## 【0214】

そして、どのような  $m > 2$  に対しても、subspace spanned は、 $(m - 2)$  回のみ連続微分可能な  $(m - 1)$  次の区分的な多項式によって表される。

$(m = 3)$  クラスの標準化関数  $(x)$  は、1 回のみ連続微分可能な 2 次の区分多項式の線形結合により次の式 (1 4) で表される。

50



【 0 2 1 5 】

【 数 4 6 】

$$\psi(x) = -\frac{\tau}{2}\phi\left(x + \frac{\tau}{2}\right) + 2\tau\phi(x) - \frac{\tau}{2}\phi\left(x - \frac{\tau}{2}\right) \quad (14)$$

【 0 2 1 6 】

ここで、 $\phi(x)$ は次の式(15)で示される。

【 0 2 1 7 】

10

【 数 4 7 】

$$\phi(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \left( \frac{\sin \pi f \tau}{\pi f \tau} \right)^3 e^{j2\pi f x} df. \quad (15)$$

【 0 2 1 8 】

そして、 $\phi(x)$ は、標本化函数であるため、標本列と畳み込み演算で区間の函数を求めることができる。

20

【 0 2 1 9 】

ここで、 $\tau = 1$ とき、式(14)は、次の式(16)よって与えられる区分的な多項式として表されることができる。

【 0 2 2 0 】

【 数 4 8 】

$$h_f(x) = \begin{cases} -\frac{7}{4}x^2 + 1 & |x| \in \left[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \\ \frac{5}{4}x^2 - 3|x| + \frac{7}{4} & |x| \in \left[\frac{1}{2}, 1\right) \\ \frac{3}{4}x^2 - 2|x| + \frac{5}{4} & |x| \in \left[1, \frac{3}{2}\right) \\ -\frac{1}{4}x^2 + |x| - 1 & |x| \in \left[\frac{3}{2}, 2\right) \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (16) \quad 30$$

【 0 2 2 1 】

例えば、 $(m = 3)$ クラスの不均等フルーエンシ補間函数

【 0 2 2 2 】

【 数 4 9 】

40

$$h_f(x)$$

【 0 2 2 3 】

は、図27に示すような函数である。

【 0 2 2 4 】

不均等補間フルーエンシ関数

【 0 2 2 5 】

【数50】

$$h_m(\omega):$$

【0226】

は、度数2の8部分多項式から成り、(m=3)クラスの不均等補間フルーエンシ関数は、図27で示すようにs<sub>1</sub>(x)~S<sub>8</sub>(x)に指定される不均等の間隔で定められ、その構成要素は、次の式(17)で与えられる。

【0227】

【数51】

10

$$s(t) = \begin{cases} -b_1(t-t_{-2})^2 & [t_{-2}, -\frac{t_{-2}+t_{-1}}{2}] \\ b_1(3t-t_{-1}-2t_{-2})(t-t_{-1}) & [-\frac{t_{-2}+t_{-1}}{2}, t_{-1}] \\ -b_2(3t-2t_0-t_{-1})(t-t_{-1}) + \frac{2(t-t_{-1})^2}{(t_0-t_{-1})^2} & [t_{-1}, -\frac{t_{-1}+t_0}{2}] \\ b_2(t-t_0)^2 - \frac{2(t-t_0)^2}{(t_0-t_{-1})^2} + 1 & [-\frac{t_{-1}+t_0}{2}, t_0] \\ b_3(t-t_0)^2 - \frac{2(t-t_0)^2}{(t_0-t_1)^2} + 1 & [t_0, \frac{t_0+t_1}{2}] \\ -b_3(3t-2t_0-t_1)(t-t_1) + \frac{2(t-t_1)^2}{(t_0-t_1)^2} & [\frac{t_0+t_1}{2}, t_1] \end{cases} \quad (17)$$

20

【0228】

ここで、

【0229】

【数52】

$$b_1 = \frac{t_0 - t_{-2}}{4(t_0 - t_{-1})^2(t_{-1} - t_{-2}) + 4(t_{-1} - t_{-2})^3}$$

$$b_2 = \frac{t_0 - t_{-2}}{4(t_0 - t_{-1})^3 + 4(t_0 - t_{-1})(t_{-1} - t_{-2})^2}$$

$$b_3 = \frac{t_2 - t_0}{4(t_2 - t_1)^2(t_1 - t_0) + 4(t_1 - t_0)^3}$$

$$b_4 = \frac{t_2 - t_0}{4(t_2 - t_1)^3 + 4(t_2 - t_1)(t_1 - t_0)^2}$$

30

【0230】

である。

【0231】

ここで、高解像度補間の实例を図28に示す。

40

【0232】

また、図29は、補間のためのピクセル構造の具体例を示している。

【0233】

図29において、Frame\_1のピクセルは、Frame\_2でピクセルを変える異なる動きベクトル

【0234】

【数53】

$$\hat{v} = (\hat{v}_x, \hat{v}_y)$$

50

【 0 2 3 5 】

を持つ。

【 0 2 3 6 】

図 2 8 は 2 つの連続的なフレームから一次元イメージ補間の概念を例示している。

【 0 2 3 7 】

動き評価は、ブロック・サイズと検索ウィンドウ・サイズが知られている全検索ブロックマッチングのアルゴリズムによるものとされる。

【 0 2 3 8 】

高解像度フレームピクセルは、 $f(x, y)$  によって表され、ピクセル構造は、図 2 9 の高解像度補間アプローチの 1 例に示すようである。

10

【 0 2 3 9 】

第 1 のステップでは、ビデオ・シーケンスから 2 つの連続的なフレームを得て、 $f_1(x, y)$  と  $f_2(x, y)$  によって表す。

【 0 2 4 0 】

第 2 のステップでは、動きベクトルの初期推定を行う。

【 0 2 4 1 】

【 数 5 4 】

$$v_r = \underset{(u, v)}{\operatorname{argmax}} [\tilde{v}(u, v)]$$

20

【 0 2 4 2 】

にて、動きベクトルの初期推定を行う。

【 0 2 4 3 】

ここで、

【 0 2 4 4 】

【 数 5 5 】

30

$$\tilde{v}(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f_1(x, y) - \bar{f}_{wa}] [f_2(x + u, y + v) - \bar{f}_{ta}]}{[\sum_{x,y} [f_1(x, y) - \bar{f}_{wa}]^2 [f_2(x + u, y + v) - \bar{f}_{ta}]^2]^{0.5}} \quad (18)$$

【 0 2 4 5 】

である。

【 0 2 4 6 】

式 (18) において、

40

【 0 2 4 7 】

【 数 5 6 】

$$\bar{f}_{wa}$$

【 0 2 4 8 】

はサーチウィンドウの平均を表し、そして、

【 0 2 4 9 】

【数57】

$$\bar{f}_{ta}$$

【0250】

はマッチングにおける現ブロックの平均を表す。

【0251】

第3のステップでは、式(12)と式(17)を用いた全ピクセル

【0252】

【数58】

10

$$\hat{v} = (\hat{v}_x, \hat{v}_y)$$

【0253】

のために、第2ステップから動きベクトル

【0254】

【数59】

$$v_r$$

20

【0255】

付近の一つのピクセルの中から動きベクトルを得る。

【0256】

第4のステップでは、以下の通りに均等水平補間を実行する。

【0257】

【数60】

$$f_1(\tau_x, y_j) = \sum_{i=1}^4 f_1(x_i, y_j) h_f(\tau_x - x_i) \quad (j = 1, 2)$$

$$f_2(\tau_x, y_j - \hat{v}_y) = \sum_{i=1}^4 f_2(x_i - \hat{v}_x, y_j - \hat{v}_y) \quad (19)$$

$$\times h_f(\tau_x - x_i + \hat{v}_x) \quad (j = 1, 2)$$

30

【0258】

第5のステップでは、第4のステップで得られるピクセルを使っている不均等垂直補間を式(20)により実行する。

【0259】

【数61】

40

$$f(\tau_x, \tau_y) = \sum_{j=1}^2 f_1(\tau_x, y_j) h_n(\tau_y - y_j)$$

$$+ \sum_{j=1}^2 f_2(\tau_x, y_j - v_y) h_n(\tau_y - y_j + v_y) \quad (20)$$

50

## 【0260】

第4のステップと第5のステップは、高解像度イメージで全てのピクセルのために繰り返される。

## 【0261】

フルーエンシ理論に基づく動画符号化では、原信号に適した信号空間を選択し、函数化を行うことでシャープさを保存したまま高圧縮化することができる。

## 【0262】

フルーエンシ理論に基づいて、フレーム間の相関函数の属する函数空間を正確に決定することにより、任意精度で動きベクトルを求めることができる。

## 【0263】

フルーエンシ理論に基づく動画符号化では、原信号に適した信号空間を選択し、函数化を行うことでシャープさを保存したまま高圧縮化することができる。

## 【0264】

このように、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間フレームを生成することで、フレーム数を増減しても鮮明で円滑な動きの映像信号を得ることができ、表示器にあったフレームレートで鮮明で円滑な動きの映像表示を行うことができる。

## 【0265】

例えば、図30の(A)に示すように、フレームkとフレームk+1の間の任意時刻におけるフレームを生成する場合、均等補間により補間フレームF(k+1/2)を生成して1/2精度の動き推定により求められる動き情報を用いてブロックマッチングにより対応点の階調値を1/2精度で生成する従来の高フレームレート化処理では、図30の(B1)、(C1)に示すように、挿入される補間フレームの画像は動きのある部分が劣化するが、上記高フレームレート化処理部40のように、対応点推定処理を行って推定した対応点の階調値を用いて均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成し、さらに、不均等補間により補間フレームの対応点の階調値を生成する高フレームレート化処理では、図30の(B2)、(C2)に示すように、動きのある部分が劣化することなく高フレームレート化することができた。

## 【0266】

この映像信号変換システム100では、撮像装置等の画像入力部10から入力される画像情報に前処理部20によりノイズ除去処理を施し、上記前処理部20によりノイズ除去処理が施された画像情報を圧縮符号化処理部30により圧縮符号化し、上記高フレームレート化処理部40において、フレーム間の映像対応点を追跡し、その時間推移を函数表現して、原フレームと変換するフレーム数との比で函数補間フレームを生成することで、上記圧縮符号化処理部30により圧縮符号化された画像情報を高フレームレート化することにより、鮮明で円滑な動きの映像信号を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0267】

【図1】フレームレート変換装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】上記フレームレート変換装置による高フレームレート化処理を模式的に示す図である。

【図3】上記フレームレート変換装置による高フレームレート化処理の実行手順を示すフローチャートである。

【図4】上記フレームレート変換装置による高フレームレート化処理の内容を模式的に示す図である。

【図5】上記フレームレート変換装置における不均等補間処理の説明に供する図である。

【図6】画像の解像度を変換した際に新たに生成された画素位置の値を決める画像補間処理の説明に供する図である。

【図7】均等補間函数と不均等補間函数の例を示す図である。

【図8】上記画像補間処理の内容を模式的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図 9】拡大補間処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図 10】上記拡大補間処理装置における S R A M 選択部の構成例を示すブロック図である。

【図 11】上記拡大補間処理装置における画像処理ブロックの構成例を示すブロック図である。

【図 12】上記拡大補間処理装置における画像処理モジュールに入力される 2 つのフレーム画像を模式的に示す図である。

【図 13】上記拡大補間処理装置における拡大補間処理の手順を示すフローチャートである。

【図 14】拡大補間処理機能を有するフレームレート変換装置の構成例を示すブロック図である。

10

【図 15】本発明を適用した映像信号変換システムの構成を示すブロック図である。

【図 16】上記映像信号変換システムにおける前処理部を構築するために用いるシステムモデルを示すブロック図である。

【図 17】上記映像信号変換システムにおける前処理部を構築するために用いるリストレーションシステムモデルを示すブロック図である。

【図 18】上記前処理部に用いる逆フィルタの特性の各処理の手順を示すフローチャートである。

【図 19】上記映像信号変換システムにおける圧縮符号化処理部の構成を示すブロック図である。

20

【図 20】上記圧縮符号化処理部に備えられた対応点推定部の構成を示すブロック図である。

【図 21】フレーム間の相関関数が属する 2 m 次補間を行う空間の説明に供する図である。

【図 22】上記対応点推定部による対応点推定による動きベクトルの決定の様子を模式的に示す図である。

【図 23】上記対応点推定部による対応点推定により決定した動きベクトルと、従来のブロックマッチングにより決定された動きベクトルとを比較して示す図である。

【図 24】上記圧縮符号化処理部に備えられた動き函数化処理部で扱うフレーム画像の原点の説明に供する図である。

30

【図 25】各フレームの画像の動きを各フレームの X 座標、Y 座標の動きとして模式的に示す図である。

【図 26】フレーム間の位置を推定処理の内容を模式的に示す図である。

【図 27】(  $m = 3$  ) クラスの不均等フルーエンシ補間函数を示す図である。

【図 28】高解像度補間アプローチの実例を示す図である。

【図 29】補間のためのピクセル構造の具体例を示す図である。

【図 30】上記高フレームレート化処理部により生成される中間フレームと従来手法により生成される中間フレームとを比較して示す図である。

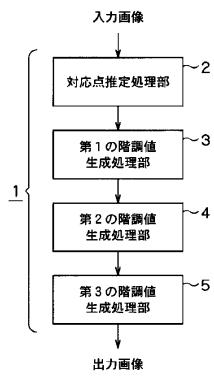
【符号の説明】

【 0 2 6 8 】

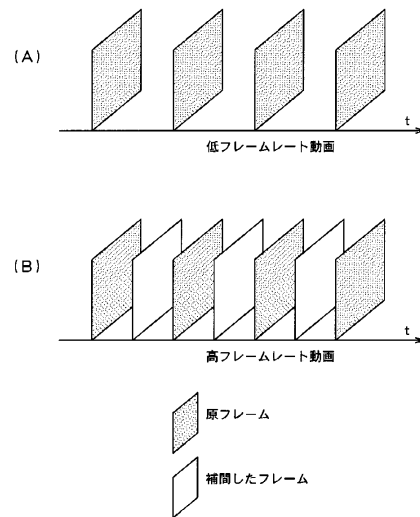
40

1 フレームレート変換装置、2 対応点推定処理部、3 第 1 の階調値生成処理部、4 第 2 の階調値生成処理部、5 第 3 の階調値生成処理部、5、10 画像入力部、20 前処理部、21 劣化モデル、22 逆フィルタ、30 圧縮符号化処理部、40 高フレームレート化処理部、100 映像信号変換システム、110 フレームレート変換装置、111 第 1 の函数近似処理部、112 対応点推定処理部、113 第 2 の函数近似処理部、114 第 3 の函数近似処理部

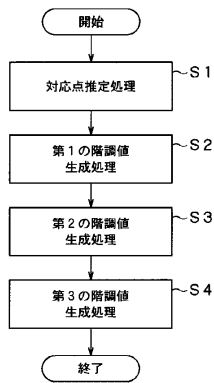
【図1】



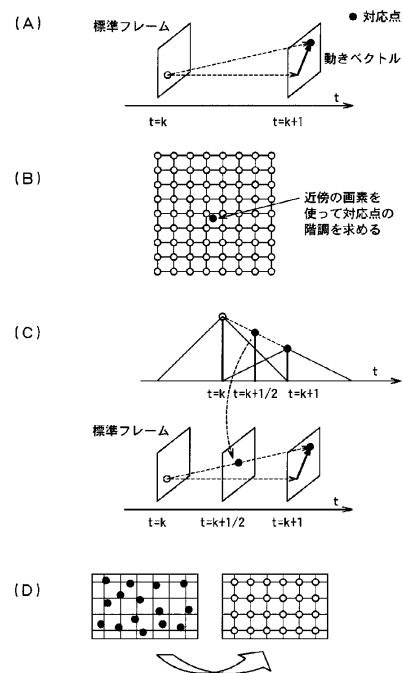
【図2】



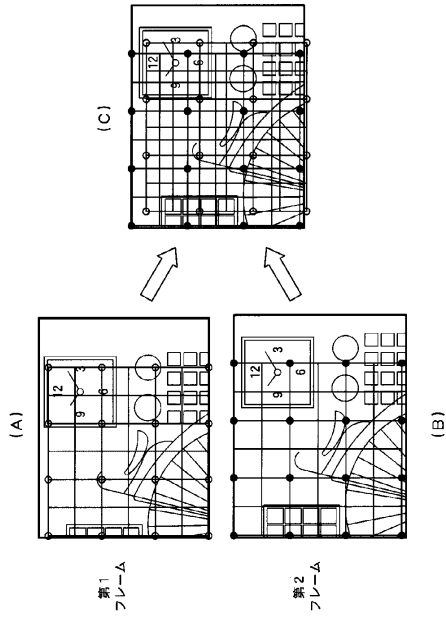
【図3】



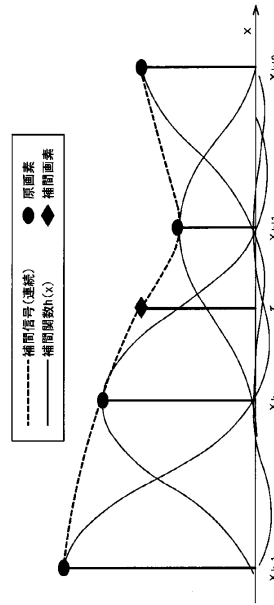
【図4】



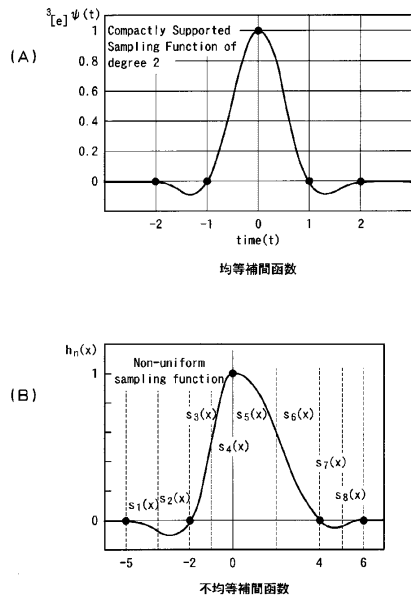
【 図 5 】



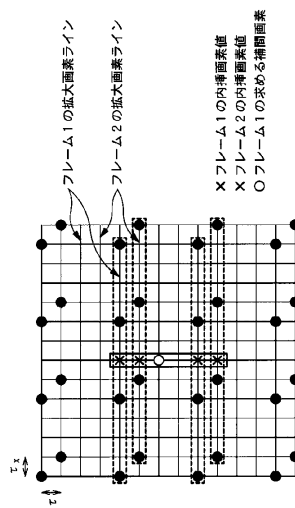
【 図 6 】



【 図 7 】

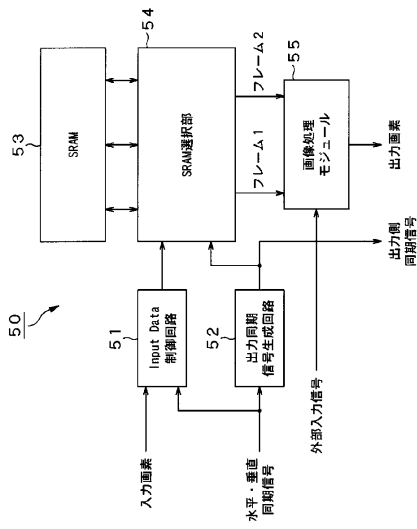


【 図 8 】

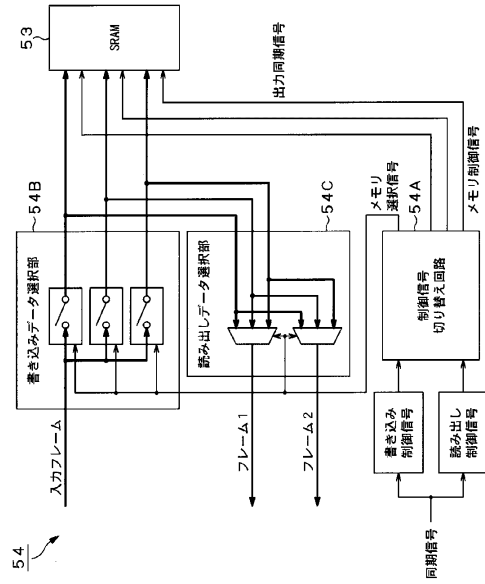




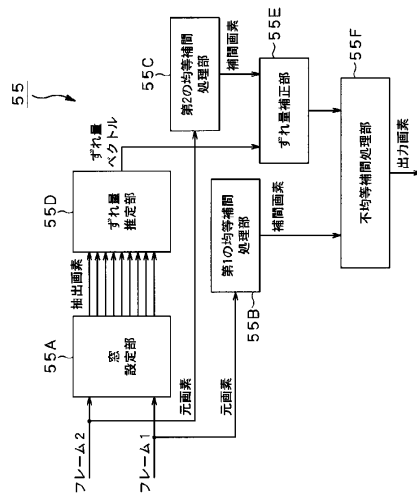
【図9】



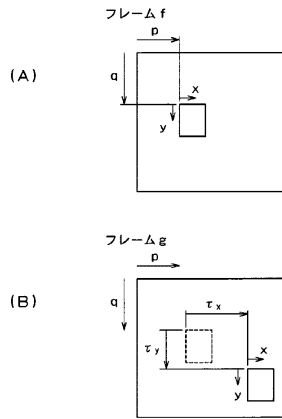
【図10】



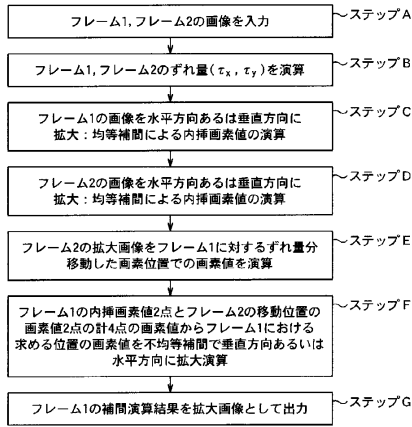
【図11】



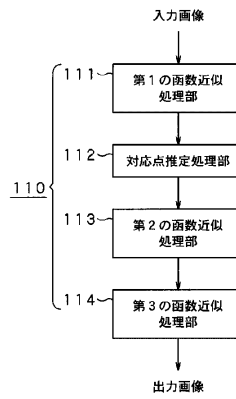
【図12】



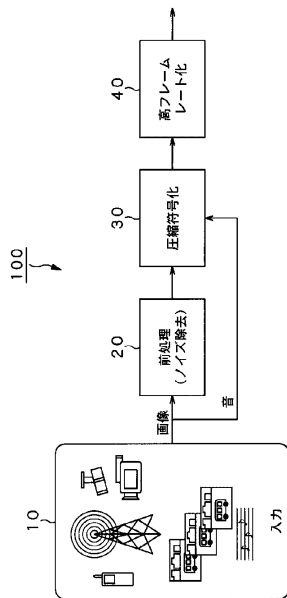
【図 13】



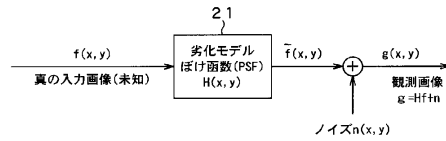
【図 14】



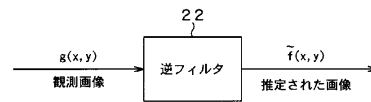
【図 15】



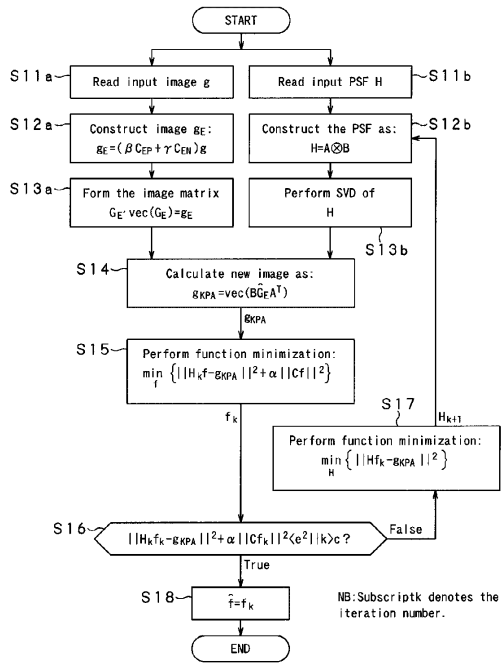
【図 16】



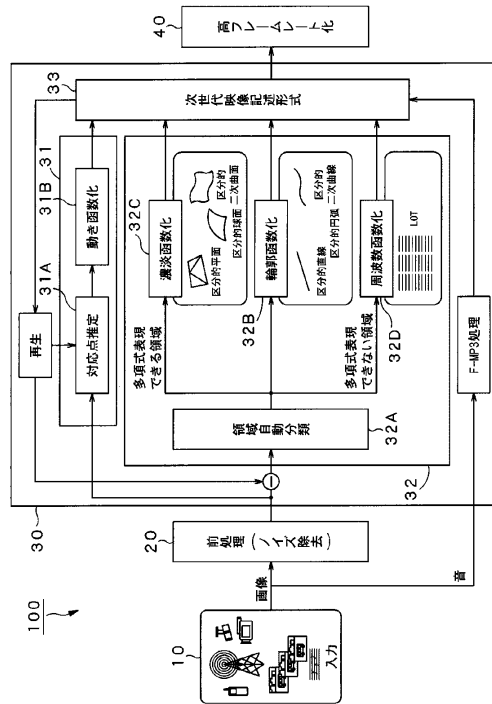
【図 17】



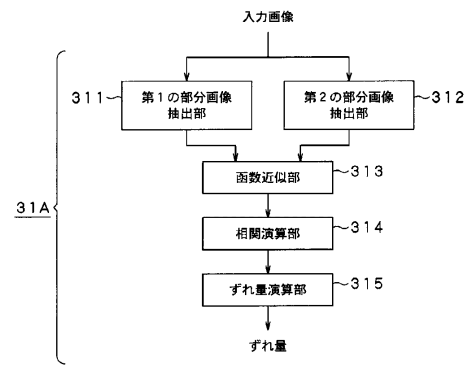
【図18】



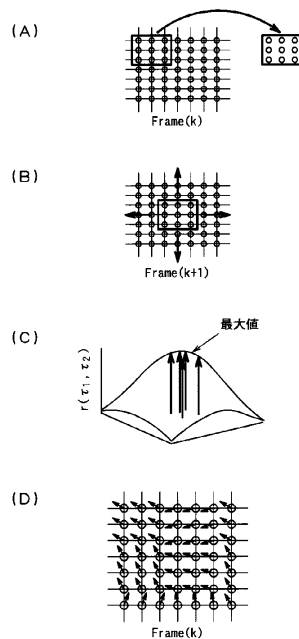
【図19】



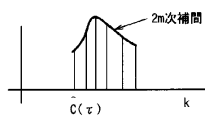
【図20】



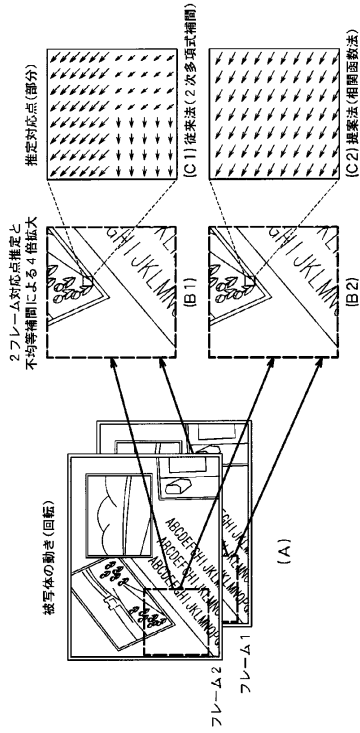
【図22】



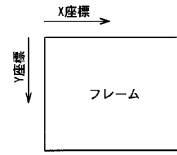
【図21】



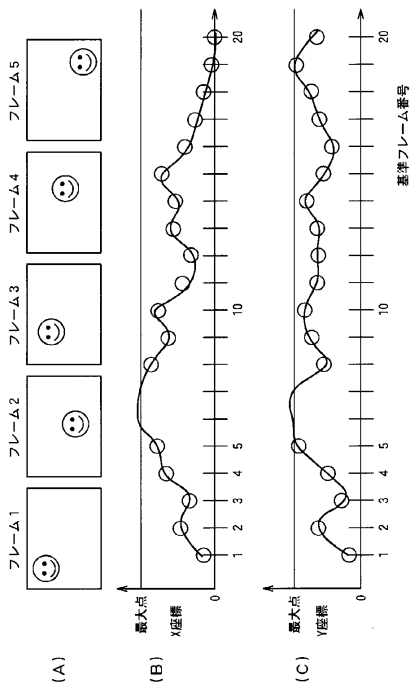
【図 2 3】



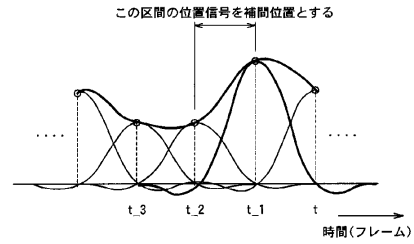
【図 2 4】



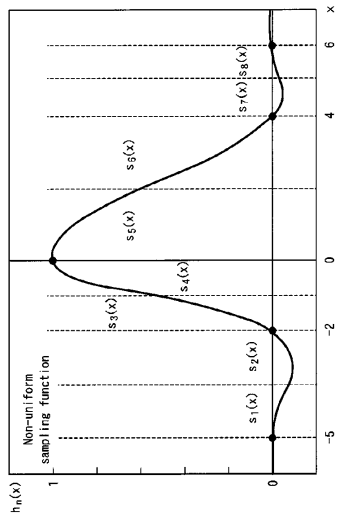
【図 2 5】



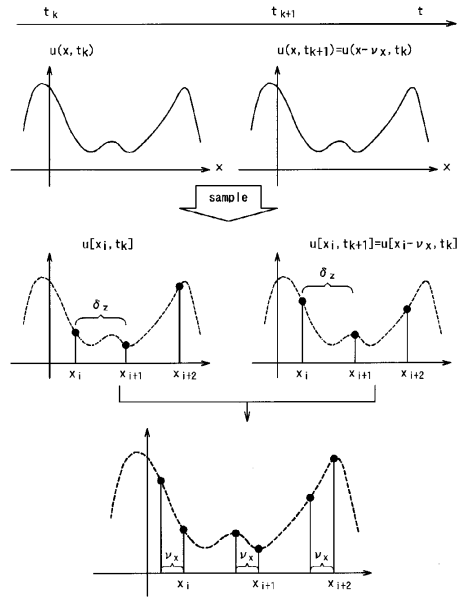
【図 2 6】



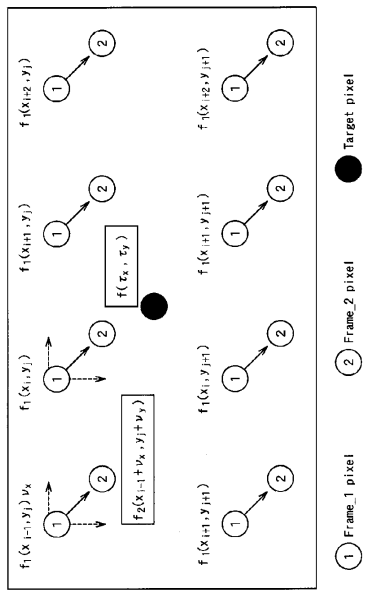
【 図 27 】



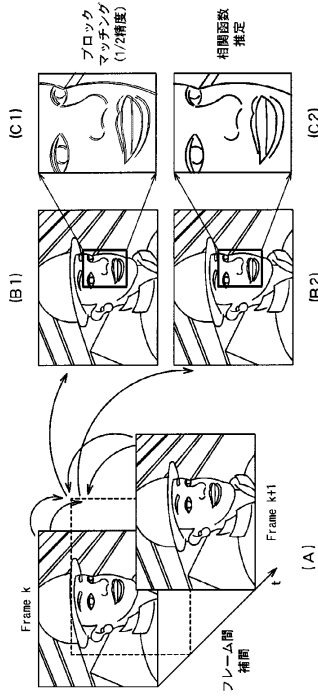
【 図 28 】



【 図 29 】



【 図 30 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 寅市 和男  
茨城県つくば市吾妻3-1-1 ダイアパレスつくば学園都市1214
- (72)発明者 武 徳安  
茨城県つくば市並木4-4-1 ささぎアパート412-306
- (72)発明者 ジョナ ガンバ  
茨城県つくば市吾妻4-9-6 吾妻4丁目住宅301-102
- (72)発明者 大宮 康宏  
茨城県つくば市花畑1-2-6 町田ハイツ2号棟301号室

審査官 益戸 宏

- (56)参考文献 特開平07-177514(JP, A)  
特開2001-326902(JP, A)  
特開2006-109250(JP, A)  
特公平03-025119(JP, B2)  
特開2005-141614(JP, A)  
特許第3732978(JP, B2)  
特開平11-068515(JP, A)  
特開平11-112939(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 7/00 - 7/015  
H04N 7/24  
G06T 7/20  
G06T 3/00