

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3700801号  
(P3700801)

(45) 発行日 平成17年9月28日(2005.9.28)

(24) 登録日 平成17年7月22日(2005.7.22)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H04N 7/32

F I

H04N 7/137

Z

請求項の数 2 (全 30 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平8-295342                  (22) 出願日 平成8年11月7日(1996.11.7)                  (65) 公開番号 特開平10-145792                  (43) 公開日 平成10年5月29日(1998.5.29)                  審査請求日 平成13年6月14日(2001.6.14)</p>	<p>(73) 特許権者 000002185                  ソニー株式会社                  東京都品川区北品川6丁目7番35号                  (74) 代理人 100082131                  弁理士 稲本 義雄                  (72) 発明者 伊木 信弥                  東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内                  (72) 発明者 加藤 元樹                  東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内                  (72) 発明者 三橋 聡                  東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像符号化装置および画像符号化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出する動きベクトル検出手段と、

前記過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードを順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定する予測モード決定手段と、

前記予測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成する動き補償手段と、

符号化対象の画像と、前記予測画像との差分値を演算する差分値演算手段と、

前記差分値を符号化する符号化手段とを備え、

前記予測モード決定手段は、

前記過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、

式  $E_b > \alpha \times E_f$  かつ  $E_b > \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、前記過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

式  $E_b < \alpha \times E_f$  かつ  $E_b < \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、前記未来

参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

式  $x E f + (1 - x) E b$  かつ  $E b > x E f + (1 - x) E b$  が成り立つとき、前記過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

前記順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに前記 を大きくすることで、前記双方向予測符号化モードが決定されにくくする

ことを特徴とする画像符号化装置。

#### 【請求項 2】

時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出し、前記過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードを順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定し、

前記予測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成し、

符号化対象の画像と、前記予測画像との差分値を演算し、

前記差分値を符号化し、

前記過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E f$  または  $E b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、

式  $E b > x E f$  かつ  $E b > x E f + (1 - x) E b$  が成り立つとき、前記過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

式  $E b < x E f$  かつ  $E b < x E f + (1 - x) E b$  が成り立つとき、前記未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

式  $x E f + (1 - x) E b$  かつ  $E b > x E f + (1 - x) E b$  が成り立つとき、前記過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、前記予測モードを決定し、

前記順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに前記 を大きくすることで、前記双方向予測符号化モードが決定されにくくする

ことを特徴とする画像符号化方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、画像符号化装置および画像符号化方法に関し、特に、例えば、動画像を、光磁気ディスクや磁気テープなどの記録媒体に記録したり、テレビ会議システムや、テレビ電話システム、放送用機器などにおいて、動画像を、伝送路を介して、送信側から受信側に伝送する場合などに用いて好適な画像符号化装置および画像符号化方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

例えば、動画像をデジタル化して記録したり、伝送する場合においては、そのデータ量が膨大であることから、従来より、画像データを圧縮符号化することが行われている。動画像の代表的な符号化方式としては、動き補償予測符号化などがある。

##### 【0003】

動き補償予測符号化は、画像の時間軸方向の相関を利用する符号化方法で、図 13 に示すように、参照する画像（参照画像）（参照フレーム）に対する、符号化対象の画像（符号化対象画像）（現フレーム）の動きベクトルを検出し、その動きベクトルにしたがって、既に符号化されて復号化された参照画像を動き補償することにより、予測画像を生成する

10

20

30

40

50

。そして、この予測画像に対する、符号化対象画像の予測残差を求め、この予測残差と動きベクトルを符号化することにより、動画像の情報量が圧縮される。

【0004】

動き補償予測符号化の具体的なものとしては、MPEG (Moving Picture Experts Group) 符号化がある。これは、ISO (国際標準化機構) と IEC (国際電気標準会議) の JTC (Joint Technical Committee) 1 の SC (Sub Committee) 9 の WG (Working Group) 11 においてまとめられた動画像符号化方式の通称である。

【0005】

MPEG では、1 フレームまたは 1 フィールドが、16 ライン × 16 画素で構成されるマクロブロックに分割され、このマクロブロック単位で、動き補償予測符号化が行われる。

10

【0006】

ここで、動き補償予測符号化には、大別して、イントラ符号化と、インター符号化 (非イントラ符号化) の 2 つの符号化方式がある。イントラ符号化では、符号化対象のマクロブロックに関して、自身の情報がそのまま符号化され、インター符号化では、他の時刻のフレーム (またはフィールド) を参照画像として、その参照画像から生成される予測画像と、自身の情報との差分が符号化される。

【0007】

MPEG では、各フレームが、I ピクチャ (Intra coded picture)、P ピクチャ (Predictive coded picture)、または B ピクチャ (Bidirectionally predictive picture) のうちのいずれかとして符号化される。また、MPEG では、GOP (Group Of Picture) 単位で処理が行われる。

20

【0008】

即ち、MPEG においては、GOP は、例えば、図 14 に示すように、17 フレームで構成される。そして、いま、この GOP を構成するフレームを、その先頭から、F1, F2, ..., F17 とするとき、例えば、同図に示すように、フレーム F1 は I ピクチャとして、フレーム F2 は B ピクチャとして、フレーム F3 は P ピクチャとして処理される。その後のフレーム F4 乃至 F17 は、交互に、B ピクチャまたは P ピクチャとして処理される。

【0009】

I ピクチャはイントラ符号化されるが、P および B ピクチャは、基本的に、インター符号化される。即ち、P ピクチャは、図 14 (A) に矢印で示すように、基本的には、その直前の I または P ピクチャを参照画像として用いて、インター符号化される。B ピクチャは、図 14 (B) に矢印で示すように、基本的には、その直前の I または P ピクチャと、その直後の P ピクチャとの両方、あるいは、そのいずれか一方を参照画像として用いて、インター符号化される。

30

【0010】

より具体的には、図 15 に示すように、まず、フレーム F1 が I ピクチャとして処理される。即ち、そのすべてのマクロブロックはイントラ符号化され (SP1)、伝送データ F1X として、伝送路を介して伝送される。

【0011】

次に、時間的に後行する画像 (未来の画像) を参照画像とする可能性のある B ピクチャであるフレーム F2 をスキップして、P ピクチャであるフレーム F3 が先に処理される。フレーム F3 については、その直前の I ピクチャであるフレーム F1 を参照画像として、その参照画像から生成される予測画像に対する予測残差が求められ (順方向予測符号化され) (SP3)、これが、フレーム F1 に対する動きベクトル × 3 とともに、伝送データ F3X として伝送される。あるいは、また、フレーム F3 は、フレーム F1 と同様にイントラ符号化され (SP1)、伝送データ F3X として伝送される。P ピクチャを、イントラ符号化するか、または順方向予測符号化するかは、マクロブロック単位で切り換えることができる。

40

【0012】

50

フレーム F 3 の符号化後は、B ピクチャであるフレーム F 2 が処理される。B ピクチャは、イントラ符号化、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、または双方向予測符号化される。

【 0 0 1 3 】

即ち、イントラ符号化では、フレーム F 2 は、フレーム F 1 と同様に、そのデータがそのまま伝送データ F 2 X として伝送される ( S P 1 ) 。

【 0 0 1 4 】

順方向予測符号化では、フレーム F 2 は、その直前の ( 時間的に先行する ) I または P ピクチャであるフレーム F 1 を参照画像として、その参照画像から生成される予測画像に対する予測残差が求められ ( 順方向予測符号化され ) ( S P 3 ) 、これが、フレーム F 1 に対する動きベクトル  $\times 1$  とともに、伝送データ F 2 X として伝送される。

10

【 0 0 1 5 】

逆方向予測符号化では、フレーム F 2 は、その直後の ( 時間的に後行する ) I または P ピクチャであるフレーム F 3 を参照画像として、その参照画像から生成される予測画像に対する予測残差が求められ ( 逆方向予測符号化され ) ( S P 2 ) 、これが、フレーム F 3 に対する動きベクトル  $\times 2$  とともに、伝送データ F 2 X として伝送される。

【 0 0 1 6 】

双方向予測符号化では、フレーム F 2 は、フレーム F 1 と F 3 を参照画像として、その参照画像から生成される予測画像の平均値などに対する予測残差が求められ ( 双方向予測符号化され ) ( S P 4 ) 、これが、フレーム F 1 と F 3 に対する動きベクトル  $\times 1$  と  $\times 2$  とともに、伝送データ F 2 X として伝送される。

20

【 0 0 1 7 】

なお、B ピクチャを、イントラ符号化、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、または双方向予測符号化のうちのいずれで符号化するかも、P ピクチャと同様に、マクロブロック単位で切り換えることができる。

【 0 0 1 8 】

また、イントラ符号化に対して、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、および双方向予測符号化が、インター符号化 ( 非イントラ符号化 ) と呼ばれる。

【 0 0 1 9 】

ここで、以下、適宜、時間的に先行または後行する参照画像を、過去参照画像または未来参照画像という。

30

【 0 0 2 0 】

【 発明が解決しようとする課題 】

画像符号化装置には、B ピクチャのマクロブロックを符号化させる際に、イントラ符号化、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、または両方向予測符号化のうちの、最も符号化効率の良い予測モードを選択させるのが望ましい。

【 0 0 2 1 】

そこで、B ピクチャを、上述の 4 つの予測モードそれぞれで符号化し、その結果得られるデータ量の最も少ないものを選択する方法がある。

【 0 0 2 2 】

しかしながら、この方法では、4 つの予測モードそれぞれで符号化する必要があるため、処理に時間を要し、あるいは、装置規模が大きくなる。

40

【 0 0 2 3 】

そこで、過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出 ( M E ( Motion Estimation ) ) し、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルに対応して過去参照画像または未来参照画像をそれぞれ動き補償することにより予測画像を求め、それぞれの予測画像に対する、符号化対象の画像の予測残差 ( M E Error ) ( 以下、適宜、動きベクトル推定残差ともいう ) に対応して、B ピクチャの予測モードを決定する方法 ( 正確には、3 種類のインター符号化 ( 順方向予測符号化、逆方向予測符

50

号化、および両方向予測符号化)のうちの1つを選択する方法))を、本件出願人は先に提案している。

【0024】

この方法(以下、適宜、第1の方法という)においては、まず最初に、例えば、符号化対象のマクロブロックと、参照画像を動き補償して得られる予測マクロブロックとの、各画素値の差分の絶対値和が、動きベクトル推定残差として求められる。

【0025】

そして、過去参照画像または未来参照画像に対する動きベクトル推定残差を、それぞれ $E_f$ または $E_b$ とすると、インター符号化の中のどれを用いるかが、例えば、図16に示すように決定される。

10

【0026】

即ち、式 $E_b > j \times E_f$ が成り立つ場合、順方向予測符号化が選択され、式 $E_b < k \times E_f$ が成り立つ場合、逆方向予測符号化が選択される。そして、これら以外の場合、即ち、式 $k \times E_f \leq E_b \leq j \times E_f$ が成り立つ場合、双方向予測符号化が選択される。

【0027】

なお、 $0 < k < j$ で、図16においては、 $j = 2$ 、 $k = 1/2$ としてある。

【0028】

ここで、本明細書中において、記号 $<$ 、 $>$ は、記号 $\leq$ 、 $\geq$ としても良い。同様に、記号 $\leq$ 、 $\geq$ は、記号 $<$ 、 $>$ としても良い。

【0029】

20

従って、順方向動きベクトルによる予測残差 $E_f$ が、逆方向動きベクトルによる予測残差 $E_b$ に比べ、比較的小さい場合(図16では、 $1/2$ 未満(以下)である場合)、順方向予測符号化が選択される。また、逆方向動きベクトルによる予測残差 $E_b$ が、順方向動きベクトルによる予測残差 $E_f$ に比べ、比較的小さい場合(図16では、 $1/2$ 未満(以下)である場合)、逆方向予測符号化が選択される。さらに、予測残差 $E_f$ と $E_b$ との比がそれほど大きなものおよび小さなものでない場合(図16では、 $E_f/E_b$ が $1/2$ 以上(より大きく)、かつ2以下(未満)の場合)、双方向予測が選択される。

【0030】

ところで、画像のシーケンスが、図14に示したように、IまたはPピクチャの間に、1枚(フレームまたはフィールド)のBピクチャが配置されて構成されている場合においては、Bピクチャに対する過去参照画像または未来参照画像それぞれとなるIあるいはPピクチャ(I/Pピクチャ)から、そのBピクチャまでの時間的な距離が、いずれも同一であるから、第1の方法によって、符号化効率の向上を図ることができる。

30

【0031】

しかしながら、画像のシーケンスが、IまたはPピクチャの間に、2枚以上のBピクチャが配置されて構成されている場合、即ち、例えば、図17に示すように、2枚のBピクチャが配置されて構成されている場合においては、インター符号化の中で、順方向予測符号化または逆方向予測符号化が、最も符号化効率が高いのにも拘らず、双方向予測符号化が選択されることがあった。

【0032】

40

なお、このことは、本件発明者が行ったシミュレーションにより確認している。

【0033】

これは、図17に示すように、Bピクチャから、その過去参照画像または未来参照画像それぞれとなるI/Pピクチャまでの距離が異なることに起因する。

【0034】

即ち、2枚のBピクチャが配置されている場合においては、1枚目のBピクチャについては、未来参照画像までの距離の方が、過去参照画像までの距離より遠くなり、2枚目のBピクチャについては、その逆に、過去参照画像までの距離の方が、未来参照画像までの距離より遠くなる。従って、1枚目のBピクチャについては、逆方向動きベクトルによる予測精度が劣化し、2枚目のBピクチャについては、順方向動きベクトルによる予測精度が

50

劣化する。

【0035】

そこで、本件出願人は、Bピクチャから過去参照画像または未来参照画像それぞれまでの距離を考慮して、予測モードを決定することにより、過去参照画像と未来参照画像との間に、2枚以上のBピクチャが配置されていても、画像を効率良く符号化することが可能な方法（以下、適宜、第2の方法という）を、先に提案している（例えば、特願平7-210665号）。

【0036】

この第2の方法では、符号化対象のBピクチャが、過去参照画像または未来参照画像のうちのいずれに近いかによって、インター符号化の中から1つを選択する条件が変更されるようになされている。

10

【0037】

即ち、符号化対象のBピクチャが、過去参照画像に近い場合（例えば、図17におけるフレームF2や、F5, F8, ...）、図18(A)に示すように、式  $E_b > a \times E_f$  が成り立つとき、順方向予測符号化が選択され、式  $E_b < b \times E_f$  が成り立つとき、逆方向予測符号化が選択される。また、式  $b \times E_f < E_b < a \times E_f$  が成り立つとき、双方向予測符号化が選択される。

【0038】

但し、 $0 < b < a$ で、また、 $a$ は、図16における $j$ より小さい値である。図18(A)においては、 $a = 4/3$ ,  $b = 1/2$ としてある。

20

【0039】

一方、符号化対象のBピクチャが、未来参照画像に近い場合（例えば、図17におけるフレームF3や、F6, F9, ...）、図18(B)に示すように、式  $E_b > c \times E_f$  が成り立つとき、順方向予測符号化が選択され、式  $E_b < d \times E_f$  が成り立つとき、逆方向予測符号化が選択される。また、式  $d \times E_f < E_b < c \times E_f$  が成り立つとき、双方向予測符号化が選択される。

【0040】

但し、 $0 < d < c$ で、また、 $d$ は、図16における $k$ より大きい値である。図18(B)においては、 $c = 2$ ,  $d = 3/4$ としてある。

【0041】

以上のようにすることで、符号化対象のBピクチャが、過去参照画像に近い場合には、その過去参照画像のみを用いる順方向予測符号化が選択され易くなり、また、未来参照画像に近い場合には、その未来参照画像のみを用いる逆方向予測符号化が選択され易くなる。従って、予測精度が高い参照画像だけを用いて予測符号化され易くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

30

【0042】

しかしながら、第2の方法によれば、例えば、動きの遅い画像、あるいは、物体が、水平方向にパンしているなど、一定の単純な動きをしている画像などを符号化対象とすると、符号化効率が若干低下する場合があった。

【0043】

即ち、動きの遅い画像や、一定の単純な動きをしている画像については、順方向予測符号化または逆方向予測符号化するより、双方向予測符号化の方が予測精度が高くなり、従って、符号化効率も高くなる。しかしながら、第2の方法では、図18に示したように、図16における場合に比較して、双方向予測符号化が選択される範囲を狭くして、順方向予測符号化または逆方向予測符号化が選択される範囲を広くしている。これにより、第2の方法によれば、動きの遅い画像や、一定の単純な動きをしている画像を符号化する場合においても、双方向予測符号化より、順方向予測符号化または逆方向予測符号化が選択され易く、その結果、符号化効率が劣化する。

40

【0044】

一方、従来においては、動きベクトルの伝送に必要なビット量を考慮せずに、インター符

50

号化の選択（順方向予測符号化、逆方向予測符号化、または双方向予測符号化のうちのいずれか1つの選択）を行っていた。

【0045】

即ち、従来においては、基本的に、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、または双方向予測符号化のうちの、予測残差が最も小さいものが選択されるようになされていた。

【0046】

しかしながら、例えば、順方向予測符号化、逆方向予測符号化、および双方向予測符号化についてのいずれの予測残差も小さい場合においては、そのうちの双方向予測符号化についてのものが最も小さくても、動きベクトルの伝送に要するビット量をも考慮すると、双方向予測符号化よりも、順方向予測符号化または逆方向予測符号化の方が、符号化効率が良いことがあった。

10

【0047】

なお、このようなケースは、例えば、動きの速い画像を符号化する場合に生じることが多かった。

【0048】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、画像の符号化効率を、より向上させることができるようにするものである。

【0049】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像符号化装置は、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出する動きベクトル検出手段と、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードを順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定する予測モード決定手段と、予測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成する動き補償手段と、符号化対象の画像と、予測画像との差分値を演算する差分値演算手段と、差分値を符号化する符号化手段とを備え、予測モード決定手段は、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、式  $E_b > \alpha \times E_f$  かつ  $E_b > \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、式  $E_b > \alpha \times E_f$  かつ  $E_b < \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、式  $\alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma < E_b$  かつ  $E_b > \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに  $\alpha$  を大きくすることで、双方向予測符号化モードが決定されにくくすることを特徴とする。

20

30

【0050】

本発明の画像符号化方法は、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出し、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードを順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定し、予測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成し、符号化対象の画像と、予測画像との差分値を演算し、差分値を符号化し、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、式  $E_b > \alpha \times E_f$  かつ  $E_b > \alpha \times E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、

40

50

予測モードを決定し、式  $E_b > x E_f$  かつ  $E_b < x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、式  $x E_f + (1 - x) x > E_b$  かつ  $E_b > x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに を大きくすることで、双方向予測符号化モードが決定されにくくすることを特徴とする。

#### 【0051】

本発明の画像符号化装置においては、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとが検出され、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードが順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定され、予測モードに対応する動き補償が行われることにより、予測画像が生成され、符号化対象の画像と、予測画像との差分値が演算され、差分値が符号化され、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、式  $E_b > x E_f$  かつ  $E_b > x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、式  $E_b > x E_f$  かつ  $E_b < x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、式  $x E_f + (1 - x) x > E_b$  かつ  $E_b > x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに  $\alpha$  が大されることで、双方向予測符号化モードが決定されにくくされる。

#### 【0052】

本発明の画像符号化方法においては、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとが検出され、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードが順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定され、予測モードに対応する動き補償が行われることにより、予測画像が生成され、符号化対象の画像と、予測画像との差分値が演算され、差分値が符号化され、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、式  $E_b > x E_f$  かつ  $E_b > x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、式  $E_b > x E_f$  かつ  $E_b < x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、式  $x E_f + (1 - x) x > E_b$  かつ  $E_b > x E_f + (1 - x) x$  が成り立つとき、過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、予測モードが決定され、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに  $\alpha$  が大されることで、双方向予測符号化モードが決定されにくくされる。

#### 【0053】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を説明するが、その前に、特許請求の範囲に記載の発明の各手段と以下の実施の形態との対応関係を明らかにするために、各手段の後の括弧内に、対応する実施の形態（但し、一例）を付加して、本発明の特徴を記述すると、次のようにな

10

20

30

40

50



る。

【0054】

即ち、請求項1に記載の画像符号化装置は、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出する動きベクトル検出手段（例えば、図6に示す動きベクトル推定回路6など）と、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルに対応して、符号化対象の画像の予測モードを決定する予測モード決定手段（例えば、図7に示す予測モード決定回路21など）と、予測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成する動き補償手段（例えば、図7に示す動き補償回路20など）と、符号化対象の画像と、予測画像との差分値を演算する差分値演算手段（例えば、図7に示す演算部11など）と、差分値を符号化する符号化手段（例えば、図7に示すDCT回路12や、量子化回路13、可変長符号化回路15など）とを備えることを特徴とする。

10

【0055】

なお、勿論この記載は、各手段を上記したものに限定することを意味するものではない。

【0056】

次に、本発明の原理について説明する。

【0057】

動画像においては、一般に、画像どうしの時間軸方向の相関は、その画像どうしの距離（間隔）が大きくなるほど小さくなる。

20

【0058】

従って、例えば、図14と同一の図1に示すような、I/Pピクチャの間に1枚のBピクチャが配置されたシーケンスにおいては、Bピクチャと、過去参照画像または未来参照画像それぞれとの相関は等しく、その結果、過去参照画像および未来参照画像に対する動きベクトル推定残差 $E_f$ 、 $E_b$ についての統計的な性質も等しくなる。

【0059】

一方、例えば、図17と同一の図2に示すような、I/Pピクチャの間に2枚以上のBピクチャが配置されたシーケンスにおいては、Bピクチャと、過去参照画像または未来参照画像それぞれとの相関は、その距離に対応して変化する。

【0060】

このため、例えば、図3に示すように、Pピクチャ $P_n$ と $P_{n+4}$ との間に、3枚のBピクチャ $B_{n+1}$ 、 $B_{n+2}$ 、 $B_{n+3}$ が配置されている場合において、この3枚のBピクチャ $B_{n+1}$ 、 $B_{n+2}$ 、 $B_{n+3}$ を、Pピクチャ $P_n$ または $P_{n+4}$ それぞれを過去参照画像または未来参照画像として予測符号化すると、過去参照画像 $P_n$ に対するBピクチャ $B_{n+1}$ 、 $B_{n+2}$ 、 $B_{n+3}$ それぞれの動きベクトル残差 $E_{f1}$ 、 $E_{f2}$ 、 $E_{f3}$ は、一般に、 $E_{f1} < E_{f2} < E_{f3}$ の関係になる。

30

【0061】

同様に、未来参照画像 $P_{n+4}$ に対するBピクチャ $B_{n+1}$ 、 $B_{n+2}$ 、 $B_{n+3}$ それぞれの動きベクトル残差 $E_{b1}$ 、 $E_{b2}$ 、 $E_{b3}$ は、一般に、 $E_{b1} > E_{b2} > E_{b3}$ の関係になる。

【0062】

以上のように、I/Pピクチャの間に、2枚以上のBピクチャが配置されている場合には、各Bピクチャについて、過去参照画像または未来参照画像それぞれまでの距離が異なるため、その相関も異なる。その結果、過去参照画像または未来参照画像に対する動きベクトル残差それぞれの統計的性質も、各Bピクチャによって異なり、従って、符号化効率を向上させるには、各Bピクチャを符号化する際の予測モードの決定方法を、その統計的性質に応じて変える必要がある。

40

【0063】

次に、双方向予測符号化による予測精度は、一般に、画像の動きが速いほど低下する。このため、双方向予測符号化による場合には、順方向動きベクトルと逆方向動きベクトルとの両方を伝送しなければならないことをも考慮すると、画像の動きが速い場合には、双方向予測符号化による予測残差が最も小さいときであっても、符号化対象のBピクチャから

50

時間的に最も近い参照画像のみを用いて予測符号化を行う方が、発生する全体のデータ量が少なくなることが多い。

【0064】

一方、画像の動きの速さは、例えば、動きベクトルを  $MV$  と表し、その  $x$  成分（水平方向の成分）を  $v_x$  と、 $y$  成分（垂直方向の成分）を  $v_y$  と表すとき、動きベクトルの大きさ  $|MV| = (v_x^2 + v_y^2)^{1/2}$  で表すことができる。

【0065】

そこで、I/Pピクチャの間に、例えば、図2に示したように、2枚のBピクチャが配置されている場合においては、動きベクトルの大きさ  $|MV|$  に対応して、次のように予測モードを設定することにより、符号化効率を向上させることができる。

10

【0066】

即ち、いま、符号化対象のBピクチャから、過去参照画像または未来参照画像までのフレーム数を、それぞれ  $Df$  または  $Db$  とすると、 $Df = 1$  および  $Db = 2$  の場合（符号化対象のBピクチャからの距離が、過去参照画像の方が近い場合）、例えば、図4(A)に示すように、式  $E_b > p \times E_f$  かつ  $E_b > q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$  が成り立つとき、順方向予測符号化を選択し、式  $E_b < p \times E_f$  かつ  $E_b < r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i$  が成り立つとき、逆方向予測符号化を選択する。また、式  $r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i < E_b$  かつ  $E_b < q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$  が成り立つとき、双方向予測符号化を選択する。

【0067】

20

ここで、 $T_i$  は0以上の定数で、 $0 < r < q$  であり、また、 $q$  は、図16における  $j$  より小さい値である。図4(A)においては、 $q = 5/4$ 、 $r = 3/4$  となっている。また、 $p = 1$  となっている。

【0068】

この場合、予測残差  $E_f$  が  $T_i$  未満（以下）か、または予測誤差  $E_b$  が  $p \times T_i$  未満となるときは、双方向予測符号化は選択されない。即ち、この場合、双方向予測符号化は、予測残差  $E_f$  が  $T_i$  以上となる（より大きくなる）か、または予測誤差  $E_b$  が  $p \times T_i$  以上となるときに限り選択され得る。

【0069】

従って、この場合、動きベクトルの大きさ  $|MV|$  が大きくなるにつれて、定数  $T_i$  を大きな値に設定することにより、双方向予測符号化が選択され難くなる。

30

【0070】

即ち、 $T_1 < T_2 < \dots < T_n < T_{n+1}$ 、および  $0 < mv_0 < mv_1 < \dots < mv_{n-1} < mv_n$  とする場合において、動きベクトルの大きさ  $|MV|$  が、 $mv_0$  以上  $mv_1$  未満のときは、 $T_i$  を  $T_1$  に、 $mv_1$  以上  $mv_2$  未満のときは、 $T_i$  を  $T_2$  に、 $\dots$ 、 $mv_{n-1}$  以上  $mv_n$  未満のときは、 $T_i$  を  $T_n$  に、 $mv_n$  以上のときは、 $T_i$  を  $T_{n+1}$  に設定する。このようにすることで、画像の動きが速いほど、予測精度の低下し、動きベクトルに割り当てるビット量が大きく増加する双方向予測符号化が選択され難くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

【0071】

40

また、この場合、符号化対象のBピクチャが、過去参照画像に近いことから、その過去参照画像のみを用いる順方向予測符号化が選択され易くなっているため、この点からも、符号化効率を向上させることができる。

【0072】

一方、 $Df = 2$  および  $Db = 1$  の場合（符号化対象のBピクチャからの距離が、未来参照画像の方が近い場合）、例えば、図4(B)に示すように、式  $E_b > s \times E_f$  かつ  $E_b > t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$  が成り立つとき、順方向予測符号化を選択し、式  $E_b < s \times E_f$  かつ  $E_b < u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i$  が成り立つとき、逆方向予測符号化を選択する。また、式  $u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i < E_b$  かつ  $E_b < t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$  が成り立つとき、双方向予測符号化を選択する。

50

## 【0073】

ここで、 $0 < u < t$ であり、また、 $u$ は、図16における $k$ より大きい値である。図4(B)においては、 $t = 4/3$ 、 $u = 4/5$ となっている。また、 $s = 1$ となっている。

## 【0074】

この場合も、予測残差 $E_f$ が $T_i$ 未満か、または予測誤差 $E_b$ が $s \times T_i$ 未満となるときは、双方向予測符号化は選択されない。即ち、この場合、双方向予測符号化は、予測残差 $E_f$ が $T_i$ 以上となるか、または予測誤差 $E_b$ が $s \times T_i$ 以上となるときに限り選択され得る。

## 【0075】

従って、上述の場合と同様に、動きベクトルの大きさ $|MV|$ が大きくなるにつれて、定数 $T_i$ を大きな値に設定することにより、双方向予測符号化が選択され難くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

10

## 【0076】

また、この場合、符号化対象のBピクチャが、未来参照画像に近いことから、その未来参照画像のみを用いる逆方向予測符号化が選択され易くなっているため、この点からも、符号化効率を向上させることができる。

## 【0077】

なお、画像の動きが遅い場合には、前述したように、双方向予測符号化の予測精度が高く、また、発生符号量も少なくなるので、双方向予測符号化が選択されるのが望ましい。そこで、動きベクトルの大きさ $|MV|$ が所定の値 $m_{v0}$ 未満となった場合には、例えば、図16と同一の図5に示すように、式 $E_b > j \times E_f$ が成り立つときは、順方向予測符号化を選択し、式 $E_b < k \times E_f$ が成り立つときは、逆方向予測符号化を選択し、式 $k \times E_f < E_b < j \times E_f$ が成り立つときは、双方向予測符号化を選択するようにする。

20

## 【0078】

即ち、図4において、例えば、 $t = q = j$ 、 $r = u = k$ 、 $T_i = 0$ とする。

## 【0079】

このようにすることで、動きベクトルの大きさ $|MV|$ が $m_{v0}$ 未満となった場合には、予測精度の高い双方向予測符号化が選択され易くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

## 【0080】

なお、画像の動きの速さは、動きベクトルの大きさ $|MV|$ の他、例えば、動きベクトル $MV$ の $x$ 成分の絶対値と $y$ 成分の絶対値との和 $|x| + |y|$ などにも反映される。そこで、上述の定数 $T_i$ は、この成分の絶対値和 $|x| + |y|$ に対応して設定することも可能である。

30

## 【0081】

次に、双方向予測符号化による予測精度は、画像の動きの速さの他、その複雑さによっても変化する。即ち、双方向予測符号化による予測精度は、基本的に、画像の動きが、物体が、水平方向にパンしているなど、一定の単純なものであるときは高くなり、複雑になるほど低下する。

## 【0082】

このため、双方向予測符号化による場合には、順方向動きベクトルと逆方向動きベクトルとの両方を伝送しなければならないことをも考慮すると、画像の動きが複雑な場合には、双方向予測符号化による予測残差が最も小さいときであっても、符号化対象のBピクチャから時間的に最も近い参照画像（過去参照画像または未来参照画像までの距離が等しい場合には、そのうちのいずれか一方）のみを用いて予測符号化を行う方が、発生する全体のデータ量が少なくなることが多い。

40

## 【0083】

一方、例えば、物体が平行移動している画像においては、その順方向動きベクトルと逆方向動きベクトルの方向は逆になる。即ち、順方向動きベクトルの $x$ 成分または $y$ 成分の符号と、逆方向動きベクトルの $x$ 成分または $y$ 成分の符号とは（ $x$ 成分どうしの符号と $y$ 成

50

分どうしの符号は)、それぞれ異なるものとなる。

【0084】

逆に、物体が複雑な動きをしている場合、x成分どうしの符号またはy成分どうしの符号のうちの少なくとも一方は同一となる。

【0085】

従って、例えば、いま、順方向動きベクトルのx成分またはy成分をそれぞれ $F_x$ または $F_y$ とするとともに、逆方向動きベクトルのx成分またはy成分をそれぞれ $B_x$ または $B_y$ とすると、次式で表されるSMVは、画像の動きの複雑さを反映したものとなる。

【0086】

$$SMV = |F_x + B_x| + |F_y + B_y|$$

10

【0087】

なお、このSMVは、画像の動きの複雑さに対応して変化する他、順方向予測符号化および逆方向予測符号化の両方の予測精度が高い場合には小さくなり、いずれか一方の予測精度が低い場合には大きくなる傾向がある。

【0088】

そこで、I/Pピクチャの間に、例えば、図2に示したように、2枚のBピクチャが配置されている場合においては、SMVに対応して、次のように予測モードを設定することによっても、符号化効率を向上させることができる。

【0089】

即ち、まず、 $Df = 1$ および $Db = 2$ の場合、例えば、図4(A)に示したように、式 $E_b > p \times E_f$ かつ $E_b > q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$ が成り立つとき、順方向予測符号化を選択し、式 $E_b < p \times E_f$ かつ $E_b < r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i$ が成り立つとき、逆方向予測符号化を選択する。また、式 $r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i < E_b$ かつ $E_b < q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$ が成り立つとき、双方向予測符号化を選択する。

20

【0090】

この場合、上述したように、予測残差 $E_f$ が $T_i$ 未満か、または予測誤差 $E_b$ が $p \times T_i$ 未満となるときは、双方向予測符号化は選択されない。即ち、この場合、双方向予測符号化は、予測残差 $E_f$ が $T_i$ 以上となるか、または予測誤差 $E_b$ が $p \times T_i$ 以上となるときに限り選択され得る。

30

【0091】

従って、この場合、SMVが大きくなるにつれて、定数 $T_i$ を大きな値に設定することにより、双方向予測符号化が選択され難くなる。

【0092】

即ち、 $0 < MV_0 < MV_1 < \dots < MV_{n-1} < MV_n$ とする場合において、SMVが、 $MV_0$ 以上 $MV_1$ 未満のときは、 $T_i$ を $T_1$ に、 $MV_1$ 以上 $MV_2$ 未満のときは、 $T_i$ を $T_2$ に、 $\dots$ 、 $MV_{n-1}$ 以上 $MV_n$ 未満のときは、 $T_i$ を $T_n$ に、 $MV_n$ 以上のときは、 $T_i$ を $T_{n+1}$ に設定する。このようにすることで、画像の動きが複雑なほど、予測精度の低下する双方向予測符号化が選択され難くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

【0093】

また、この場合、符号化対象のBピクチャが、過去参照画像に近いことから、その過去参照画像のみを用いる順方向予測符号化が選択され易くなっているため、この点からも、符号化効率を向上させることができる。

40

【0094】

一方、 $Df = 2$ および $Db = 1$ の場合、例えば、図4(B)に示したように、式 $E_b > s \times E_f$ かつ $E_b > t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$ が成り立つとき、順方向予測符号化を選択し、式 $E_b < s \times E_f$ かつ $E_b < u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i$ が成り立つとき、逆方向予測符号化を選択する。また、式 $u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i < E_b$ かつ $E_b < t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$ が成り立つとき、双方向予測符号化を選択する。

【0095】

50

この場合も、予測残差  $E_f$  が  $T_i$  未満か、または予測誤差  $E_b$  が  $s \times T_i$  未満となるときは、双方向予測符号化は選択されない。即ち、この場合、双方向予測符号化は、予測残差  $E_f$  が  $T_i$  以上となるか、または予測誤差  $E_b$  が  $s \times T_i$  以上となるときに限り選択され得る。

【0096】

従って、やはり、上述の場合と同様に、 $SMV$  が大きくなるにつれて、定数  $T_i$  を大きな値に設定することにより、双方向予測符号化が選択され難くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

【0097】

また、この場合、符号化対象の  $B$  ピクチャが、未来参照画像に近いことから、その未来参照画像のみを用いる逆方向予測符号化が選択され易くなっているため、この点からも、符号化効率を向上させることができる。

10

【0098】

なお、画像の動きが非常に単純な場合、即ち、例えば、物体が、一定方向に平行移動しているような場合には、 $SMV$  は非常に小さな値となる（理想的には、0 となる）。また、この場合、前述したように、双方向予測符号化の予測精度が高く、また、発生符号量も少なくなるので、双方向予測符号化が選択されるのが望ましい。そこで、 $SMV$  が所定の値  $MV_0$  未満となった場合には、例えば、図 16 と同一の図 5 に示すように、式  $E_b > j \times E_f$  が成り立つときは、順方向予測符号化を選択し、式  $E_b < k \times E_f$  が成り立つときは、逆方向予測符号化を選択し、式  $k \times E_f < E_b < j \times E_f$  が成り立つときは、双方向予測符号化を選択するようにする。

20

【0099】

即ち、図 4 において、例えば、 $t = q = j$  ,  $r = u = k$  ,  $T_i = 0$  とする。

【0100】

このようにすることで、 $SMV$  が  $MV_0$  未満となった場合には、予測精度の高い双方向予測符号化が選択され易くなり、その結果、符号化効率を向上させることができる。

【0101】

また、画像の動きが非常に単純な場合の例として、ビデオカメラをパンして撮影した画像があるが、この場合、動きベクトルの  $x$  成分が、その  $y$  成分に比較して非常に大きくなる。そこで、例えば、 $g$  を所定の定数（1 より大きい値である、例えば 4 など）として、式  $|x| > g |y|$  が成り立つときにも、上述のように、双方向予測符号化が選択され易くするようにすることが可能である。なお、このことは、式  $g |x| < |y|$  が成り立つときについても同様である。

30

【0102】

以上のように、画像の動きの速さや複雑さに対応して、適応的に、予測モードを選択（決定）するようにすることで、符号化効率を、従来より向上させることができる。

【0103】

なお、上述の場合においては、 $I/P$  ピクチャの間に、2 枚の  $B$  ピクチャが配置されているとしたが、その間に、1 枚だけまたは 3 枚以上の  $B$  ピクチャが配置されている場合についても同様のことがいえる。

40

【0104】

次に、図 6 および図 7 は、本発明を適用した画像符号化装置の一実施の形態の構成を示している。

【0105】

この画像符号化装置は、上述した、例えば、画像の動きの複雑さを反映する  $SMV$  に対応して予測モードを決定し、画像を、動き補償と  $DC T$  (Discrete Cosine Transform) とを組み合わせたハイブリッド符号化するようになされている。

【0106】

即ち、符号化すべき画像データは、例えば、フレーム（またはフィールド）単位で、画像符号化タイプ指定回路 3 に供給される。画像符号化タイプ指定回路 3 は、そこに入力され

50

るフレームを、I、P、またはBピクチャ（以下、適宜、これらをまとめてピクチャタイプという）のいずれとして処理するのかを指定する。

【0107】

具体的には、画像符号化タイプ指定回路3は、例えば、図8(A)に示すように、そこに入力される16フレームの画像F1乃至F16を1GOPのデータとして処理し、同図(B)に示すように、最初のフレームF1をIピクチャとして、2番目および3番目のフレームF2およびF3をBピクチャとして、4番目のフレームF4をPピクチャとして指定する。さらに、画像符号化タイプ指定回路3は、5番目および6番目のフレームF5およびF6をBピクチャとして、7番目のフレームF7をPピクチャとして指定し、以下、同様に、残りのフレームF8乃至F16を、BまたはPピクチャとして指定する。

10

【0108】

なお、図8(B)(同図(C)についても同様)において、I、P、Bに付してある下付けの数字は、MP EGにおけるテンポラルリファレンス(temporal referencd)に相当し、各フレームの表示順を表す。

【0109】

画像符号化タイプ指定回路3においてピクチャタイプの指定されたフレームは、画像符号化順序替え回路4に出力される。画像符号化順序替え回路4では、フレームの並びが符号化順に並び替えられる。即ち、Bピクチャは、受信側において、自己が表示された後に表示される画像を参照画像(未来参照画像)として用いて復号化される場合があるため、その未来参照画像が既に復号化されていないと、Bピクチャを復号化することができない。そこで、画像符号化順序替え回路4では、未来参照画像となるフレームが、Bピクチャより先に符号化されるように、GOPを構成するフレームの並びが替えられる。

20

【0110】

具体的には、例えば、図8(C)に示すように並び替えられる。

【0111】

画像符号化順序替え回路4で並びの替えられたフレームのシーケンスは、スキャンコンバータ5に供給される。スキャンコンバータ5では、ラスタスキャンで入力されるフレームがブロックフォーマットの信号に変換される。

【0112】

即ち、スキャンコンバータ5には、例えば、Hドットで構成されるラインを、Vラインだけ集めたフレームフォーマットの画像データが入力される。そして、スキャンコンバータ5は、この画像データを、図9(A)に示すように、16ラインで構成されるN個のスライスに区分し(従って、ここでは、 $V = 16 \times N$ )、さらに、同図(B)に示すように、各スライスを、16ドットごとに区分することで、M個のマクロブロックに分割する(従って、ここでは、 $H = 16 \times M$ )。

30

【0113】

従って、各マクロブロックは、 $16 \times 16$ ドットに対応する輝度信号で構成される。なお、マクロブロックは、図9(C)に示すように、 $8 \times 8$ ドットに対応する輝度信号Y[1]乃至Y[4]に区分され、さらに、マクロブロックには、 $8 \times 8$ ドットに対応する色差信号Cb[5]とCr[6]が対応付けられる。後述するDCT回路12(図7)では、この $8 \times 8$ ドットのブロック単位で、DCT処理が施される。

40

【0114】

以上のようにして、スキャンコンバータ5で得られたマクロブロックは、図7の演算部11に供給される。

【0115】

図6に戻り、カウンタ9は、画像符号化順序替え回路4が出力するフレーム同期信号をカウントしている。

【0116】

即ち、画像符号化順序替え回路4は、スキャンコンバータ5に、並び替えたフレームを出力するタイミングで、フレーム同期信号を、カウンタ9に出力している。さらに、画像符

50

号化順序替え回路 4 は、スキャンコンバータ 5 に出力するフレームのピクチャタイプ T Y P E を検出し、動きベクトル推定回路 6、カウンタ 9、および図 7 の予測モード決定回路 2 1 に出力している。

【 0 1 1 7 】

カウンタ 9 は、画像符号化順序替え回路 4 が出力するフレーム同期信号をカウントし、そのカウント値 C N T を、画像間距離発生回路 1 0 に出力する。なお、カウンタ 9 は、画像符号化順序替え回路 4 が出力するピクチャタイプ T Y P E が I または P ピクチャのとき、そのカウント値 C N T を、例えば 0 にリセットするようになされている。

【 0 1 1 8 】

従って、カウンタ 9 が出力するカウント値 C N T は、I または P ピクチャの間に配置された B ピクチャの数を表す。 10

【 0 1 1 9 】

ここで、本実施の形態では、図 8 ( B ) に示したように、I または P ピクチャの間に、2 枚の B ピクチャが配置されているので、カウンタ 9 が出力するカウント値 C N T は、同図 ( D ) に示すように、0、1、または 2 となる。

【 0 1 2 0 】

画像間距離発生回路 1 0 は、カウンタ 9 からのカウント値 C N T に基づいて、B ピクチャから、その予測符号化 ( インター符号化 ) に用いられる過去参照画像または未来参照画像それぞれまでの距離 ( フレーム数 ) D f または D b を算出し、図 7 の予測モード決定回路 2 1 に出力する。 20

【 0 1 2 1 】

即ち、画像間距離発生回路 1 0 は、過去参照画像までの距離 D f として、図 8 ( E ) に示すように、カウント値 C N T と同一の値を出力し、また、未来参照画像までの距離 D b として、図 8 ( F ) に示すように、カウント値 C N T を逆に並べた値を出力する。

【 0 1 2 2 】

一方、動きベクトル推定回路 6 では、順方向動きベクトル M V f および逆方向動きベクトル M B b が検出 ( 推定 ) され、さらに、その順方向動きベクトル M V f または逆方向動きベクトル M V b それぞれに対する予測残差 ( 動きベクトル推定残差 ) E f または E b が算出される。

【 0 1 2 3 】

即ち、動きベクトル推定回路 6 には、画像符号化順序替え回路 4 から、ピクチャタイプ T Y P E が指定されたフレームと、そのピクチャタイプ T Y P E が供給されるようになされている。 30

【 0 1 2 4 】

動きベクトル推定回路 6 は、画像符号化順序替え回路 4 から供給されるフレームを、そのピクチャタイプ T Y P E にしたがって、記憶部 7 を構成する過去参照画像記憶部 7 A、現在画像記憶部 7 B、または未来参照画像記憶部 7 C のうちのいずれかに記憶させ、現在画像記憶部 7 B に記憶された画像を対象に、その動きベクトルを検出する。

【 0 1 2 5 】

具体的には、動きベクトル推定回路 6 は、例えば、図 8 に示した場合において、I<sub>1</sub>を過去参照画像記憶部 7 A に記憶させ、P<sub>4</sub>を現在画像記憶部 7 B に記憶させ、これにより、I<sub>1</sub>を過去参照画像として、P<sub>4</sub>の動きベクトル ( 順方向動きベクトル ) M V f を検出し、その予測残差 E f を求める。次に、現在画像記憶部 7 B に記憶されていた P<sub>4</sub>を未来参照画像記憶部 7 C に転送し、B<sub>2</sub>を現在画像記憶部 7 B に記憶させ、これにより、I<sub>1</sub>または P<sub>4</sub>を、それぞれ過去参照画像または未来参照画像として、B<sub>2</sub>の順方向動きベクトル M V f または逆方向動きベクトル M V b を検出し、それぞれの予測残差 E f または E b を求める。 40

【 0 1 2 6 】

続いて、B<sub>3</sub>を現在画像記憶部 7 B に記憶させ、これにより、上述した場合と同様に、B<sub>3</sub>の順方向動きベクトル M V f または逆方向動きベクトル M V b を検出し、それぞれの予測 50

残差  $E_f$  または  $E_b$  を求める。

【0127】

その後、未来参照画像記憶部 7C に記憶されていた  $P_4$  を、過去参照画像記憶部 7A に転送して記憶させる（上書きする）とともに、 $P_7$  を現在画像記憶部 7B に記憶させ、これにより、 $P_4$  を過去参照画像として、 $P_7$  の動きベクトル  $MV_f$  を検出し、その予測残差  $E_f$  を求める。

【0128】

次に、現在画像記憶部 7B に記憶されていた  $P_7$  を未来参照画像記憶部 7C に転送し、 $B_5$  を現在画像記憶部 7B に記憶させ、これにより、 $P_4$  または  $P_7$  を、それぞれ過去参照画像または未来参照画像として、 $B_5$  の順方向動きベクトル  $MV_f$  または逆方向動きベクトル  $MV_b$  を検出し、それぞれの予測残差  $E_f$  または  $E_b$  を求める。以下、同様にして、動きベクトルの検出と、予測残差の算出が行われていく。

10

【0129】

ここで、予測誤差  $E_f$  および  $E_b$  の算出方法について説明する。

【0130】

いま、あるマクロブロックを注目マクロブロックとし、その注目マクロブロックを構成する左から  $i$  番目で、上から  $j$  番目の画素の画素値を  $A_{ij}$  と表すと同時に、注目マクロブロックに最も近似する過去参照画像の  $16 \times 16$  の範囲を構成する、左から  $i$  番目で、上から  $j$  番目の画素の画素値を  $F_{ij}$  と表す。この場合、予測誤差  $E_f$  は、例えば、次式にしたがって算出される。

20

【0131】

$$E_f = |A_{ij} - F_{ij}|$$

なお、上式において、 $|$  は、 $i, j$  を 1 乃至 16 に変えてのサメーションを表す。

【0132】

また、注目マクロブロックに最も近似する未来参照画像の  $16 \times 16$  の範囲を構成する、左から  $i$  番目で、上から  $j$  番目の画素の画素値を  $B_{ij}$  と表すと、予測誤差  $E_b$  は、例えば、次式にしたがって算出される。

【0133】

$$E_b = |A_{ij} - B_{ij}|$$

なお、上式においても、 $|$  は、 $i, j$  を 1 乃至 16 に変えてのサメーションを表す。

30

【0134】

以上のようにして求められた動きベクトル  $MV_f, MB_b$ 、予測誤差  $E_f, E_b$  は、図 7 の予測モード決定回路 21 に供給される。また、動きベクトル  $MV_f, MB_b$  は、図 7 の可変長符号化回路 15 および動き補償回路 20 にも供給される。さらに、Bピクチャについての動きベクトル  $MV_f, MB_b$  は、動き量算出回路 8 にも供給される。

【0135】

動き量算出回路 8 では、動きベクトル  $MV_f, MB_b$  から、上述した  $SMV$  が算出され、図 7 の予測モード決定回路 21 に供給される。

【0136】

図 7 の予測モード決定回路 21 では、距離  $D_f, D_b$ 、動きベクトル  $MV_f, MV_b$ 、ピクチャタイプ  $TYPE$ 、および  $SMV$  に基づいて、マクロブロックの予測モードが決定される。

40

【0137】

即ち、ピクチャタイプ  $TYPE$  が Iピクチャである場合、即ち、符号化対象のマクロブロックが Iピクチャである場合、予測モード決定回路 21 は、予測モードを、イントラ符号化モードに決定する。

【0138】

また、ピクチャタイプ  $TYPE$  が Pピクチャである場合、即ち、符号化対象のマクロブロックが Pピクチャである場合、予測モード決定回路 21 は、次のようにして、予測モードを、イントラ符号化モードまたは順方向予測符号化モードのうちのいずれかに決定する。

50



## 【 0 1 3 9 】

即ち、この場合、予測モード決定回路 2 1 は、まず、イントラ符号化時の予測残差として、例えば、次式で定義される  $E_{intra}$  を算出する。

## 【 0 1 4 0 】

$$E_{intra} = |A_{ij} - A_{av}|$$

なお、上式において、 $A_{ij}$  は、符号化対象のマクロブロックを構成する左から  $i$  番目で、上から  $j$  番目の画素の画素値を表し、 $A_{av}$  は、その平均値を表す。また、 $i, j$  を 1 乃至 16 に変えてのサメーションを表す。

## 【 0 1 4 1 】

そして、予測モード決定回路 2 1 は、イントラ符号化時の予測残差  $E_{intra}$  が、順方向予測符号化における予測残差  $E_f$  より小さいとき（以下のとき）、予測モードを、イントラ符号化モードに決定する。また、イントラ符号化時の予測残差  $E_{intra}$  が、順方向予測符号化における予測残差  $E_f$  以上のとき（より大きいとき）、予測モードを、順方向予測符号化モードに決定する。

10

## 【 0 1 4 2 】

次に、ピクチャタイプ  $TYPE$  が B ピクチャである場合、即ち、符号化対象のマクロブロックが B ピクチャである場合、予測モード決定回路 2 1 は、次のようにして、予測モードを、イントラ符号化モード、順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのうちのいずれかに決定する。

## 【 0 1 4 3 】

即ち、まず、予測モード決定回路 2 1 は、インター符号化、つまり、順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのうちの 1 つを選択（決定）する。

20

## 【 0 1 4 4 】

この選択は、 $SMV$ 、予測残差  $E_f$ 、 $E_b$ 、距離  $D_f$ 、 $D_b$ 、および動きベクトル  $MV_f$ 、 $MV_b$  に基づいて行われる。

## 【 0 1 4 5 】

即ち、まず、 $SMV$  に対応して、図 4 で説明した定数  $T_i$  が設定される。そして、距離  $D_f$  および  $D_b$  に対応して、図 4 (A) または図 4 (B) のうちのいずれか一方が選択され、その選択された方において、予測残差  $E_f$  と  $E_b$  との上述したような大小関係に基づいて、順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードの中から 1 つが選択される。

30

## 【 0 1 4 6 】

なお、 $SMV$  が所定値  $MV_0$  以下の場合や、動きベクトル  $MV_f$ 、 $MV_b$  の  $x$  成分または  $y$  成分の絶対値のうちのいずれか一方が、他方に比較して充分大きい場合などには、上述したように、図 5 で説明した予測残差  $E_f$  と  $E_b$  との大小関係に基づいて、順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードの中から 1 つが選択される。

## 【 0 1 4 7 】

そして、インター符号化の中から選択された予測モードに対応する予測残差が、インター符号化についての予測残差  $E_{inter}$  とされる。なお、双方向予測符号化モードが選択された場合、予測残差  $E_{inter}$  は、例えば、予測残差  $E_f$  と  $E_b$  の平均値とされる。従って、順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードが選択された場合、予測残差  $E_{inter}$  は、それぞれ  $E_f$ 、 $E_b$ 、または  $(E_f + E_b) / 2$  とされる。

40

## 【 0 1 4 8 】

さらに、予測モード決定回路 2 1 では、上述した場合と同様にして、イントラ符号化時の予測残差  $E_{intra}$  が算出される。そして、予測モード決定回路 2 1 は、イントラ符号化時の予測残差  $E_{intra}$  が、インター符号化の中から選択したものの予測残差  $E_{inter}$  より小さいとき、予測モードを、イントラ符号化モードに決定する。また、イントラ符号化時の予

50

測残差  $E_{intra}$  が、予測残差  $E_{inter}$  以上のとき、予測モードを、インター符号化の中から選択したものに決定する。

【0149】

従って、Bピクチャについては、画像の動き複雑さ、さらには、参照画像までの距離に対応して、その予測モードが適応的に決定されるので、その符号化効率を、より向上させることが可能となる。

【0150】

以上のようにして決定された予測モードは、予測モード決定部21から、演算部11、可変長符号化回路15、および動き補償回路20に供給される。

【0151】

演算部11には、予測モード決定回路21から供給される予測モードで予測符号化すべきマクロブロック(符号化対象のマクロブロック)が、図6のスキャンコンバータ5から供給される。演算部11は、演算器11A乃至11CおよびスイッチSWを有しており、予測モードに対応して、スイッチSWが切り換えられる。

【0152】

即ち、演算部11にIピクチャのマクロブロックが入力される場合においては、予測モードはイントラ符号化モードとなっている。この場合、スイッチSWは端子aを選択する。端子aには、符号化対象のマクロブロックが、そのまま供給されるようになされており、従って、このマクロブロックは、端子aを介して、DCT回路12に供給される。

【0153】

DCT回路12では、演算部11からのマクロブロックがDCT処理され、これにより、DCT係数に変換される。このDCT係数は、量子化回路13に供給され、そこで、所定の量子化ステップで量子化された後、可変長符号化回路15に供給される。

【0154】

可変長符号化回路15には、量子化回路13から量子化されたDCT係数が供給される他、同じく量子化回路13から量子化ステップが、予測モード決定回路21から予測モードが、図6の動きベクトル推定回路6から動きベクトルMVf, MVbが、それぞれ供給されるようになされている。可変長符号化回路15は、適宜、これらのデータを、例えば、ハフマン符号などの可変長符号に変換し、送信バッファ14に出力する。

【0155】

送信バッファ14は、可変長符号化回路15からの可変長符号を一時記憶し、例えば、一定のデータレートにして出力する。送信バッファ14から出力される可変長符号は、例えば、光ディスクや、光磁気ディスク、磁気ディスク、光カード、磁気テープ、相変化ディスクなどの記録媒体31に記録され、あるいは、衛星回線、地上波、CATV網、インターネットなどの伝送路32を介して伝送される。

【0156】

なお、送信バッファ14は、そのデータの蓄積量を量子化回路13に供給(フィードバック)するようになされている。量子化回路13は、この蓄積量に基づいて、量子化ステップを設定するようになされている。即ち、量子化回路13は、送信バッファ14がオーバーフローしそうなき、量子化ステップを大きくし、これにより、データ発生量を減少させる。また、量子化回路13は、送信バッファ14がアンダーフローしそうなき、量子化ステップを小さくし、これにより、データ発生量を増加させる。以上のようにして、送信バッファ14のオーバーフローおよびアンダーフローを防止するようになされている。

【0157】

一方、量子化回路13が出力する量子化されたDCT係数と量子化ステップとは、可変長符号化回路15の他、逆量子化回路16にも供給される。逆量子化回路16は、量子化回路13からの量子化されたDCT係数を、同じく量子化回路13からの量子化ステップで逆量子化し、その結果得られるDCT係数を、IDCT回路17に出力する。

【0158】

IDCT回路17では、逆量子化回路16からのDCT係数が逆DCT処理され、これに

10

20

30

40

50

より、演算部 11 の出力とほぼ同一の値の画像データが復元され、演算器 18 に供給される。演算器 18 は、そこに入力される画像データが、イントラ符号化されるものである場合には、特に処理を行わず、その画像データを、そのままフレームメモリ 19 に出力して記憶させる。

【0159】

なお、フレームメモリ 19 は、未来参照画像または過去参照画像として用いられる画像を記憶する未来参照画像記憶回路 19A および過去参照画像記憶回路 19B を有しており、最初に符号化され、復号化された I ピクチャは、過去参照画像記憶回路 19B に記憶される。

【0160】

次に、演算部 11 に入力されたマクロブロックが P ピクチャである場合において、予測モードがイントラ符号化モードであるときには、スイッチ SW は端子 a を選択する。従って、この場合、P ピクチャのマクロブロックは、上述の I ピクチャにおける場合と同様に符号化され、また、ローカルデコードされて、フレームメモリ 19 に供給される。なお、I ピクチャの次に符号化され、復号化された P ピクチャは、未来参照画像記憶回路 19A に記憶される。

【0161】

一方、演算部 11 に入力されたマクロブロックが P ピクチャである場合において、予測モードが順方向予測符号化モードであるときには、スイッチ SW は、端子 b を選択する。端子 b には、演算器 11A の出力が供給されるようになされており、また、演算器 11A には、符号化対象のマクロブロックと、動き補償回路 20 の出力とが供給されるようになされている。

【0162】

動き補償回路 20 は、予測モードが順方向予測符号化モードの場合、過去参照画像記憶回路 19B に記憶されている画像（いまの場合、I ピクチャ）を過去参照画像として読み出し、動きベクトル  $MV_f$  にしたがって動き補償を施すことにより予測画像を生成する。即ち、動き補償回路 20 は、符号化対象のマクロブロックに対応する位置から、動きベクトル  $MV_f$  に対応する分だけずらしたアドレスのデータを、過去参照画像記憶回路 19B から読み出し、これを予測画像として演算器 11A に供給する。

【0163】

演算器 11A は、符号化対象のマクロブロックを構成する各画素値から、予測画像を構成する、対応する画素値を減算し、その減算値（差分値）を出力する。従って、この場合、演算部 11 からは、符号化対象のマクロブロックと、過去参照画像から得られた予測画像との差分値が、DCT 回路 12 に供給される。この差分値は、イントラ符号化における場合と同様に符号化されて出力される。

【0164】

さらに、この差分値は、上述した場合と同様に、DCT 回路 12、量子化回路 13、逆量子化回路 16、および IDCT 回路 17 を介することで、元の値とほぼ同一の値に復元され、演算器 18 に供給される。

【0165】

この場合、演算器 18 には、動き補償回路 20 から、演算器 11A に供給される予測画像と同一のデータが供給されており、演算器 18 では、復元された差分値と、その予測画像とが加算され、これにより、P ピクチャがローカルデコードされる。このローカルデコードされた P ピクチャは、フレームメモリ 19 に供給されて記憶される。

【0166】

なお、I ピクチャの次に符号化され、復号化された P ピクチャは、上述したように、未来参照画像記憶回路 19A に記憶される。

【0167】

次に、演算部 11 に入力されたマクロブロックが B ピクチャである場合において、予測モードがイントラ符号化モードまたは順方向予測符号化モードであるときには、スイッチ S

10

20

30

40

50

Wは端子 a または b をそれぞれ選択する。従って、この場合、B ピクチャのマクロブロックは、上述した場合と同様に符号化される。

【 0 1 6 8 】

一方、演算部 1 1 に入力されたマクロブロックが B ピクチャである場合において、予測モードが逆方向予測符号化モードであるときには、スイッチ S W は、端子 c を選択する。端子 c には、演算器 1 1 B の出力が供給されるようになされており、また、演算器 1 1 B には、符号化対象のマクロブロックと、動き補償回路 2 0 の出力とが供給されるようになされている。

【 0 1 6 9 】

動き補償回路 2 0 は、予測モードが逆方向予測符号化モードの場合、未来参照画像記憶回路 1 9 A に記憶されている画像（いまの場合、P ピクチャ）を未来参照画像として読み出し、動きベクトル M V b にしたがって動き補償を施すことにより予測画像を生成する。即ち、動き補償回路 2 0 は、符号化対象のマクロブロックに対応する位置から、動きベクトル M V b に対応する分だけずらしたアドレスのデータを、未来参照画像記憶回路 1 9 A から読み出し、これを予測画像として演算器 1 1 B に供給する。

10

【 0 1 7 0 】

演算器 1 1 B は、符号化対象のマクロブロックを構成する各画素値から、予測画像を構成する、対応する画素値を減算し、その減算値（差分値）を出力する。従って、この場合、演算部 1 1 からは、符号化対象のマクロブロックと、未来参照画像から得られた予測画像との差分値が、D C T 回路 1 2 に供給される。この差分値は、イントラ符号化における場

20

【 0 1 7 1 】

また、演算部 1 1 に入力されたマクロブロックが B ピクチャである場合において、予測モードが双方向予測符号化モードであるときには、スイッチ S W は、端子 d を選択する。端子 d には、演算器 1 1 C の出力が供給されるようになされており、また、演算器 1 1 C には、符号化対象のマクロブロックと、動き補償回路 2 0 の出力とが供給されるようになされている。

【 0 1 7 2 】

動き補償回路 2 0 は、予測モードが双方向予測符号化モードの場合、過去参照画像記憶回路 1 9 B に記憶されている画像（いまの場合、I ピクチャ）を過去参照画像として読み出し、動きベクトル M V f にしたがって動き補償を施すことにより予測画像（以下、適宜、過去予測画像という）を生成するとともに、未来参照画像記憶回路 1 9 A に記憶されている画像（いまの場合、P ピクチャ）を未来参照画像として読み出し、動きベクトル M V b にしたがって動き補償を施すことにより予測画像（以下、適宜、未来予測画像という）を生成する。この過去予測画像および未来予測画像は、演算器 1 1 C に供給される。

30

【 0 1 7 3 】

演算器 1 1 C は、まず、動き補償回路 2 0 より供給される過去予測画像および未来予測画像の、例えば平均値（以下、適宜、平均予測画像という）を演算する。そして、演算器 1 1 C は、符号化対象のマクロブロックを構成する各画素値から、平均予測画像を構成する、対応する画素値を減算し、その減算値（差分値）を出力する。従って、この場合、演算部 1 1 からは、符号化対象のマクロブロックと、平均予測画像との差分値が、D C T 回路 1 2 に供給される。この差分値は、イントラ符号化における場合と同様に符号化されて出力される。

40

【 0 1 7 4 】

なお、本実施の形態においては、B ピクチャは、他の画像を符号化する際に、参照画像として用いられないため、ローカルデコードされない（する必要がない）。また、過去参照画像記憶回路 1 9 A および未来参照画像記憶回路 1 9 B は、必要に応じてバンク切り換えすることができるようになされており、これにより、過去参照画像記憶回路 1 9 A および未来参照画像記憶回路 1 9 B に記憶されている画像データを、過去参照画像および未来参照画像のいずれとしても用いることができるようになされている。さらに、上述の処理は

50

、輝度信号 Y および色差信号  $C_b$  ,  $C_r$  のすべてに施される。但し、色差信号  $C_b$  ,  $C_r$  については、例えば、輝度信号 Y を処理するとき用いた動きベクトルの大きさを  $1/2$  にしたものが、その動きベクトルとして用いられる。

【0175】

次に、図10のフローチャートを参照して、図7の予測モード決定回路21の処理(予測モード決定処理)について、さらに説明する。

【0176】

予測モード決定回路21では、図10のフローチャートにしたがった処理が、マクロブロックごとに行われる。

【0177】

即ち、予測モード決定回路21では、まず最初に、ステップS1において、 $SMV$  が、閾値  $MV_0$  未満かどうか判定される。ステップS1において、 $SMV$  が、閾値  $MV_0$  未満であると判定された場合、ステップS2に進み、以下、図5で説明したようにして、インター符号化の中の1つが選択される。

【0178】

即ち、ステップS2では、予測残差  $E_b$  が、予測残差  $E_f$  の  $j$  倍 ( $j \times E_f$ ) より大きいかどうか判定される。ステップS2において、 $E_b$  が  $j \times E_f$  より大きいと判定された場合、ステップS3に進み、インター符号化として、順方向予測符号化が選択され、処理を終了する。

【0179】

その後は、上述したように、選択されたインター符号化についての予測残差と、イントラ符号化についての予測残差との大小関係に基づいて、最終的な予測モードが決定される。

【0180】

一方、ステップS2において、 $E_b$  が  $j \times E_f$  より大きくないと判定された場合、ステップS4に進み、予測残差  $E_b$  が、予測残差  $E_f$  の  $k$  倍 ( $k \times E_f$ ) 未満であるかどうか判定される。ステップS4において、 $E_b$  が  $k \times E_f$  未満であると判定された場合、ステップS5に進み、インター符号化として、逆方向予測符号化が選択され、処理を終了する。

【0181】

また、ステップS4において、 $E_b$  が  $k \times E_f$  未満でないと判定された場合、即ち、 $E_b$  が、 $k \times E_f$  以上かつ  $j \times E_f$  以下である場合、ステップS6に進み、インター符号化として、双方向予測符号化が選択され、処理を終了する。

【0182】

なお、予測モード決定回路21は、ステップS1の処理を行う前に、順方向動きベクトル  $MV_f$  または逆方向動きベクトル  $MV_b$  の  $x$  成分および  $y$  成分について、例えば、式  $|x| > g|y|$  または  $|y| > g|x|$  が成り立つかどうかを判定し、成り立つ場合には、 $SMV$  を、0などの  $MV_0$  未満の値に、強制的に設定するようになされている。従って、例えば、物体が、ほぼ水平または垂直方向に移動しているような画像については、図5で説明したように、双方向予測符号化が選択され易い条件の下で、インター符号化の選択が行われる。

【0183】

一方、ステップS1において、 $SMV$  が  $MV_0$  未満でないと判定された場合、ステップS7<sub>1</sub>に進み、以下、図4で説明したようにして、インター符号化の選択が行われる。

【0184】

即ち、ステップS7<sub>1</sub>では、 $SMV$  が、 $MV_0$  以上  $MV_1$  未満であるかどうか判定される。ステップS7<sub>1</sub>において、 $SMV$  が、 $MV_0$  以上  $MV_1$  未満であると判定された場合、ステップS8<sub>1</sub>に進み、定数  $T_i$  が  $T_1$  に設定され、ステップS9に進む。

【0185】

また、ステップS7<sub>1</sub>において、 $SMV$  が、 $MV_0$  以上  $MV_1$  未満でないと判定された場合、ステップS7<sub>2</sub>に進み、 $SMV$  が、 $MV_1$  以上  $MV_2$  未満であるかどうか判定される。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 8 6 】

以下、同様に、ステップ S 7<sub>c</sub>では、SMVが、MV<sub>c-1</sub>以上MV<sub>c</sub>未満であるかどうか判定され、SMVが、MV<sub>c-1</sub>以上MV<sub>c</sub>未満である場合には、ステップ S 8<sub>c</sub>に進み、定数 T<sub>i</sub>が T<sub>c</sub>に設定され、ステップ S 9に進む。また、SMVが、MV<sub>c-1</sub>以上MV<sub>c</sub>未満でない場合には、ステップ S 7<sub>c+1</sub>に進む。

## 【 0 1 8 7 】

そして、ステップ S 7<sub>n</sub>において、SMVが、MV<sub>n-1</sub>以上MV<sub>n</sub>未満でない判定された場合、即ち、SMVがMV<sub>n</sub>以上の場合、ステップ S 8<sub>n+1</sub>に進み、定数 T<sub>i</sub>が T<sub>n+1</sub>に設定され、ステップ S 9に進む。

## 【 0 1 8 8 】

ステップ S 9では、距離 D<sub>f</sub>、D<sub>b</sub>に対応した画像間距離判定処理が行われ、処理を終了する。

## 【 0 1 8 9 】

次に、図 11のフローチャートは、図 10のステップ S 9における画像間距離判定処理の詳細を示している。なお、図 11においては、IまたはPピクチャの間に、1または2枚のBピクチャが配置されていることを前提としている。

## 【 0 1 9 0 】

画像間距離判定処理では、まず最初に、ステップ S 11において、D<sub>f</sub>が1で、かつD<sub>b</sub>が2であるかどうか判定される。ステップ S 11において、D<sub>f</sub>が1で、かつD<sub>b</sub>が2であるかと判定された場合、ステップ S 12に進み、以下、図 4 ( A )で説明したようにして、インター符号化が選択される。

## 【 0 1 9 1 】

即ち、ステップ S 12では、E<sub>b</sub>が、 $q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$ より大きく、かつ $p \times E_f$ より大きいかが判定される。ステップ S 12において、E<sub>b</sub>が、 $q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$ より大きく、かつ $p \times E_f$ より大きいと判定された場合、ステップ S 13に進み、順方向予測符号化が選択され、リターンする。また、ステップ S 12において、E<sub>b</sub>が、 $q \times E_f + (1 - p \times q) \times T_i$ より大きくないか、または $p \times E_f$ より大きくないと判定された場合、ステップ S 14に進み、E<sub>b</sub>が、 $r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i$ 未満で、かつ $p \times E_f$ 未満であるかどうか判定される。

## 【 0 1 9 2 】

ステップ S 14において、E<sub>b</sub>が、 $r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i$ 未満で、かつ $p \times E_f$ 未満であると判定された場合、ステップ S 15に進み、逆方向予測符号化が選択され、リターンする。また、ステップ S 14において、E<sub>b</sub>が、 $r \times E_f + (1 - p \times r) \times T_i$ 未満でないか、または $p \times E_f$ 未満でない判定された場合、ステップ S 16に進み、双方向予測符号化が選択され、リターンする。

## 【 0 1 9 3 】

一方、ステップ S 11において、D<sub>f</sub>が1でないか、またはD<sub>b</sub>が2でない判定された場合、ステップ S 17に進み、D<sub>f</sub>が2で、かつD<sub>b</sub>が1であるかどうか判定される。

## 【 0 1 9 4 】

ステップ S 17において、D<sub>f</sub>が2で、かつD<sub>b</sub>が1であると判定された場合、ステップ S 18に進み、以下、図 4 ( B )で説明したようにして、インター符号化が選択される。

## 【 0 1 9 5 】

即ち、ステップ S 18では、E<sub>b</sub>が、 $t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$ より大きく、かつ $s \times E_f$ より大きいかが判定される。ステップ S 18において、E<sub>b</sub>が、 $t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$ より大きく、かつ $s \times E_f$ より大きいと判定された場合、ステップ S 19に進み、順方向予測符号化が選択され、リターンする。また、ステップ S 18において、E<sub>b</sub>が、 $t \times E_f + (1 - s \times t) \times T_i$ より大きくないか、または $s \times E_f$ より大きくないと判定された場合、ステップ S 20に進み、E<sub>b</sub>が、 $u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i$ 未満で、かつ $s \times E_f$ 未満であるかどうか判定される。

## 【 0 1 9 6 】

10

20

30

40

50

ステップS20において、 $E_b$ が、 $u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i$ 未満で、かつ $s \times E_f$ 未満であると判定された場合、ステップS21に進み、逆方向予測符号化が選択され、リターンする。また、ステップS20において、 $E_b$ が、 $u \times E_f + (1 - s \times u) \times T_i$ 未満でないか、または $s \times E_f$ 未満でないか、または $s \times E_f$ 未満でないか判定された場合、ステップS22に進み、双方向予測符号化が選択され、リターンする。

【0197】

一方、ステップS17において、 $D_f$ が2でないか、または $D_b$ が1でないか判定された場合、ステップS23に進み、以下、図5で説明したようにして、インター符号化の中の1つが選択される。即ち、ステップS23乃至S27において、図10のステップS2乃至S6における場合とそれぞれ同様の処理が行われ、これにより、インター符号化の選択が行われる。

10

【0198】

以上のように、画像の動きの複雑さを表すSMVに対応して、予測モードを決定するようにしたので、その符号化効率を、従来より向上させることが可能となる。

【0199】

即ち、画像の動きが複雑な場合は、予測精度、さらには、動きベクトルの伝送に必要なデータ量を考慮して、双方向予測符号化モードが選択され難くし、その逆に、画像の動きが単純な場合は、双方向予測符号化モードが選択され易くしたので、効率的な符号化を行うことが可能となる。

【0200】

20

なお、画像の動きの複雑さの他、上述したように、画像の動きの速さ、さらには、その両方などに対応して、予測モードを決定するようにすることなども可能である。

【0201】

また、本実施の形態では、画像の動きの複雑さを、上述のSMVで表すようにしたが、その他の物理量によって表すようにすることも可能である。

【0202】

さらに、本実施の形態においては、画像の動きの速さを、動きベクトルの大きさや、そのx成分およびy成分の絶対値の和によって表現するようにしたが、やはり、その他の物理量により表すことも可能である。

【0203】

30

また、本実施の形態では、双方向予測符号化モードを選択され易くする場合、図5で説明した条件の下で、インター符号化の選択を行うようにしたが、その他、例えば、図18と同様の図12に示すような条件の下で、インター符号化の選択を行うようにすることにより、双方向予測符号化モードを選択され易くすることも可能である。但し、この場合、図18における場合よりも、定数aおよびcは大きくし、または定数bおよびdは小さくするのが望ましい。

【0204】

なお、本件発明者が行ったシミュレーションによれば、図4におけるqまたはtは、図12におけるaまたはcそれぞれより小さい方が、また、図4におけるrまたはuは、図12におけるbまたはdそれぞれより大きい方が、符号化効率が向上することが確認されている。さらに、予測誤差 $E_b$ および $E_f$ が小さい場合には、双方向予測符号化モードを用いないようにする方が、符号化効率が向上することも確認されている。

40

【0205】

【発明の効果】

以上の如く、本発明の画像符号化装置および画像符号化方法によれば、時間的に先行する過去参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである順方向動きベクトルと、時間的に後行する未来参照画像に対する、符号化対象の画像の動きベクトルである逆方向動きベクトルとを検出し、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する、符号化対象の画像の予測残差に基づいて、符号化対象の画像の予測モードを順方向予測符号化モード、逆方向予測符号化モード、または双方向予測符号化モードのいずれかに決定し、予

50

測モードに対応する動き補償を行うことにより、予測画像を生成し、符号化対象の画像と、予測画像との差分値を演算し、差分値を符号化し、過去参照画像または未来参照画像それぞれに対する予測残差を  $E_f$  または  $E_b$  とするとともに、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を所定の定数とする場合において（但し、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は実数であり、 $\alpha < 1$ ）、式  $E_b > \alpha E_f$  かつ  $E_b > \alpha E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、過去参照画像のみから予測画像を生成する順方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、式  $E_b > \alpha E_f$  かつ  $E_b < \alpha E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、未来参照画像のみから予測画像を生成する逆方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、式  $\alpha E_f + (1 - \alpha) \times \gamma < E_b$  かつ  $E_b < \alpha E_f + (1 - \alpha) \times \gamma$  が成り立つとき、過去参照画像および未来参照画像の両方から予測画像を生成する双方向予測符号化モードに、予測モードを決定し、順方向動きベクトルまたは逆方向動きベクトルの大きさが大きいほどに  $\alpha$  を大きくすることで、双方向予測符号化モードが決定されにくくするようにした。従って、画像の動きに基づいて、効率的な符号化を行うことが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】GOP を示す図である。

【図 2】GOP を示す図である。

【図 3】I または P ピクチャとの距離によって、B ピクチャの予測残差が異なることを説明するための図である。

【図 4】予測モードを選択する条件を説明するための図である。

【図 5】双方向予測符号化モードが選択され易くする場合の、予測モードを選択する条件を示す図である。

20

【図 6】本発明を適用した画像符号化装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図 7】図 6 に続くブロック図である。

【図 8】図 6 および図 7 の画像符号化装置の処理を説明するための図である。

【図 9】図 6 のスキャンコンバータ 5 の処理を説明するための図である。

【図 10】図 7 の予測モード決定回路 21 の処理を説明するためのフローチャートである。

【図 11】図 10 におけるステップ S9 の画像間距離判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

30

【図 12】双方向予測符号化モードが選択され易くする場合の、予測モードを選択する条件を示す図である。

【図 13】動き補償予測符号化を説明するための図である。

【図 14】GOP を示す図である。

【図 15】MPEG 符号化を説明するための図である。

【図 16】予測モードを選択する条件を示す図である。

【図 17】GOP を示す図である。

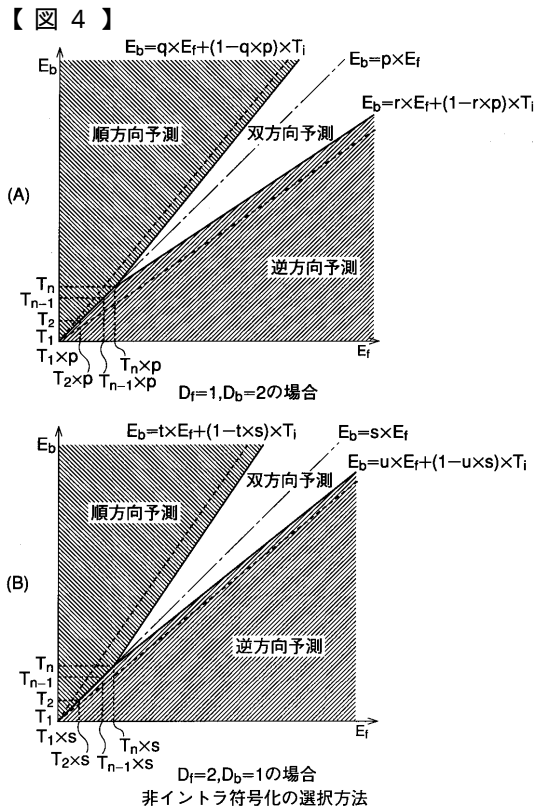
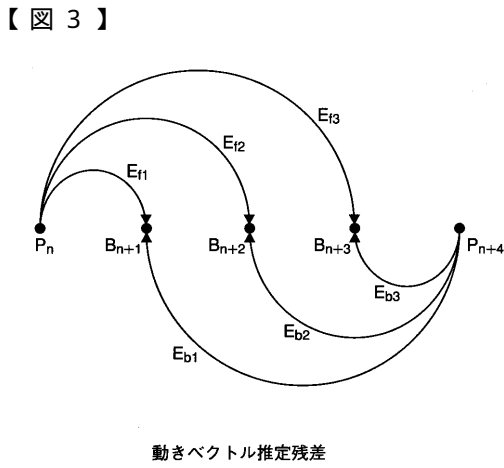
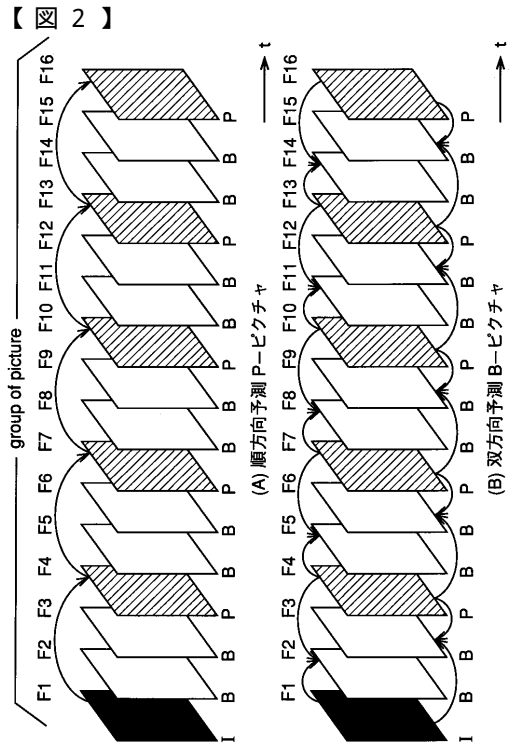
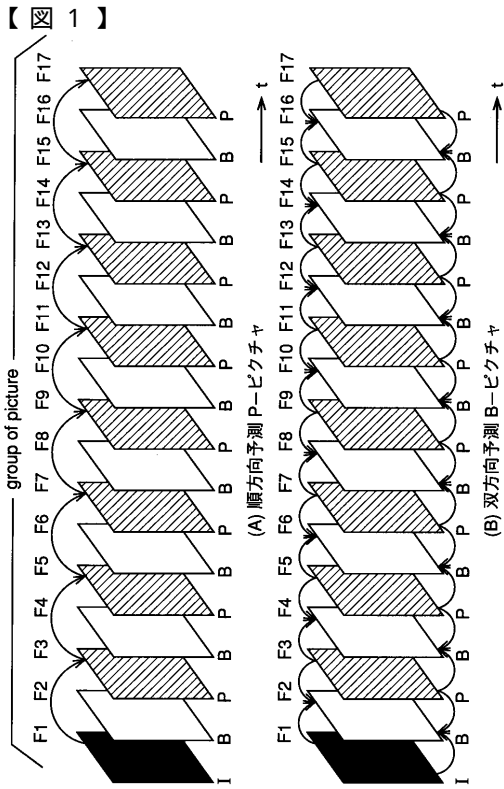
【図 18】予測モードを選択する条件を示す図である。

【符号の説明】

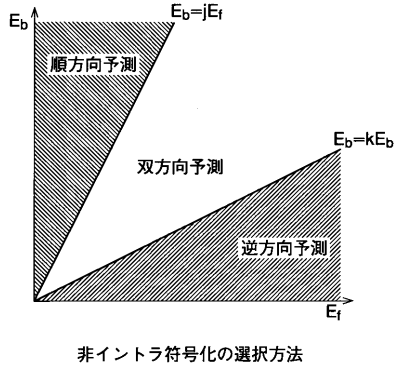
3 画像符号化タイプ指定回路， 4 画像符号化順序替え回路， 5 スキャンコンバータ， 6 動きベクトル推定回路， 7 記憶部， 7A 過去参照画像記憶部， 7B 現在画像記憶部， 7C 未来参照画像記憶部， 8 動き量算出回路， 9 カウンタ， 10 画像間距離発生算出回路， 11 演算部， 11A 乃至 11C 演算器， 12 DCT 回路， 13 量子化回路， 14 送信バッファ， 15 可変長符号化回路， 16 逆量子化回路， 17 IDCT 回路， 18 演算器， 19 フレームメモリ， 19A 未来参照画像記憶回路， 19B 過去参照画像記憶回路， 20 動き補償回路， 21 予測モード決定回路， 31 記録媒体， 32 伝送路

40

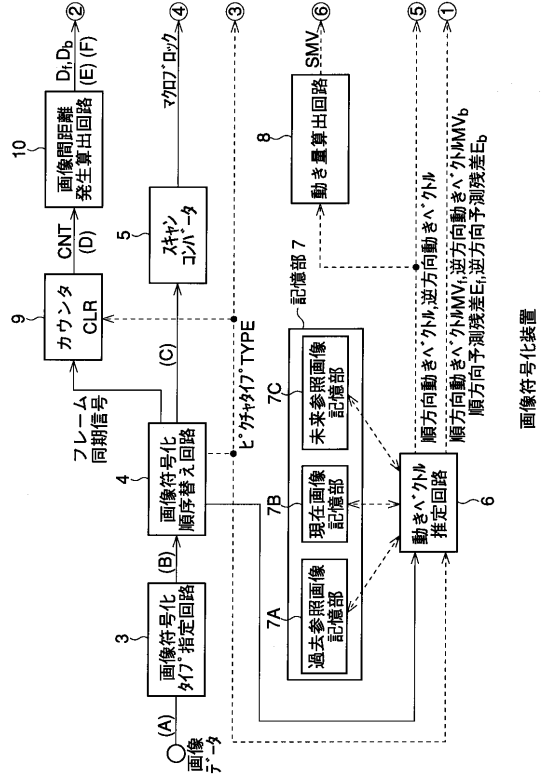




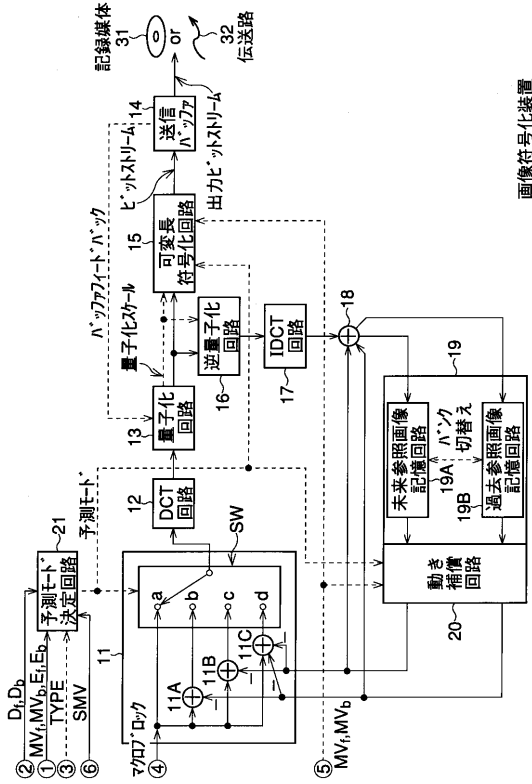
【図5】



【図6】



【図7】

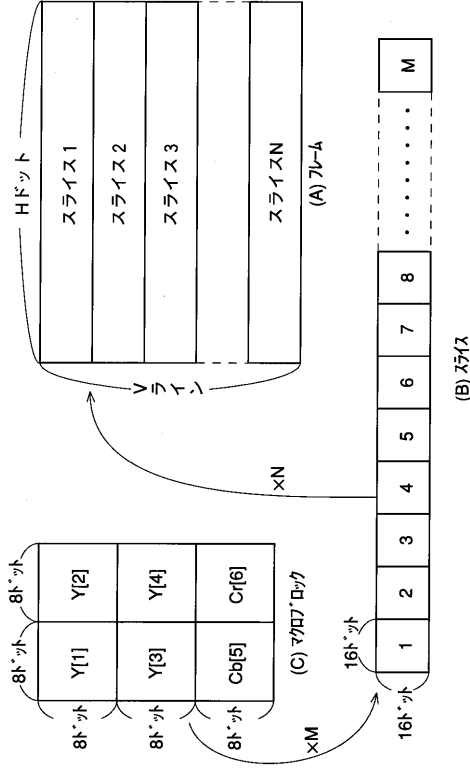


【図8】

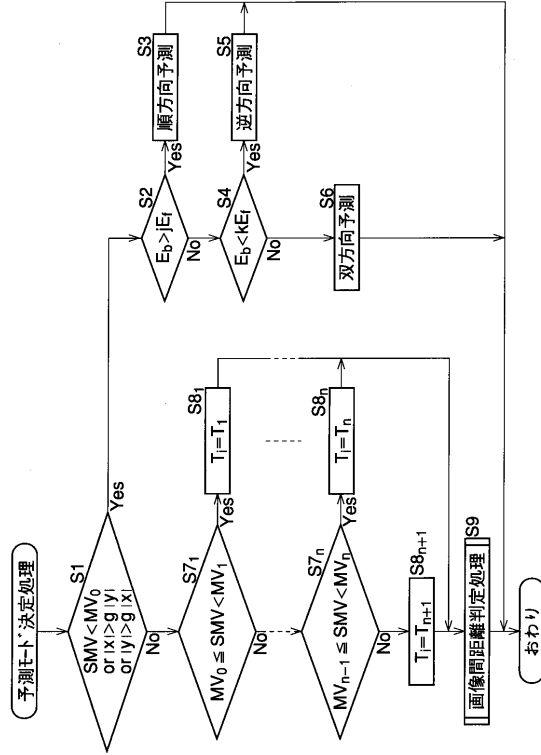
- (A) 入力画面  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}, F_{11}, F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15}, F_{16}$   
 (B) 画像符号化タイプ  $I_1, B_2, B_3, P_4, B_5, B_6, P_7, B_8, B_9, P_{10}, B_{11}, B_{12}, P_{13}, B_{14}, B_{15}, P_{16}$   
 (C) 画像符号化順序の並び替え  $I_1, P_4, B_2, B_3, P_7, B_5, B_6, P_{10}, B_8, B_9, P_{13}, B_{11}, B_{12}, P_{16}, B_{14}, B_{15}$   
 (D) カウンタの出力CNT  $0, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0$   
 (E) 過去参照画像への距離  $D_1, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2$   
 (F) 未来参照画像への距離  $D_6, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1$

画像符号化装置の各処理部で得られる出力結果

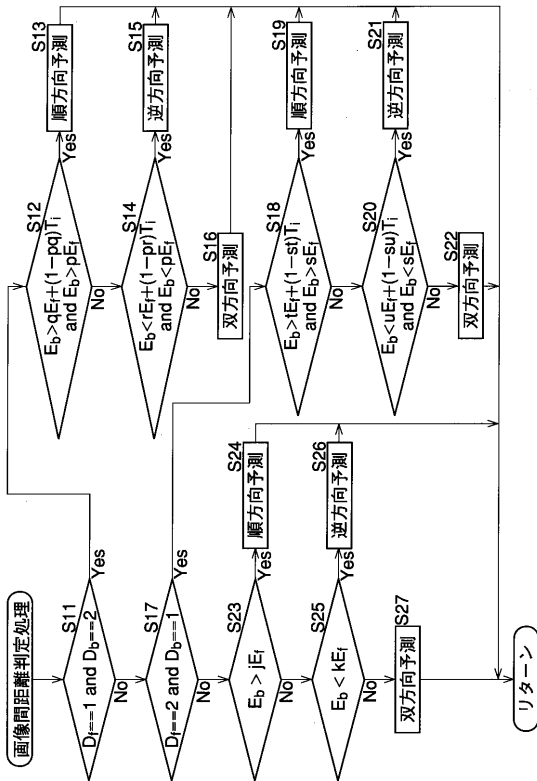
【図9】



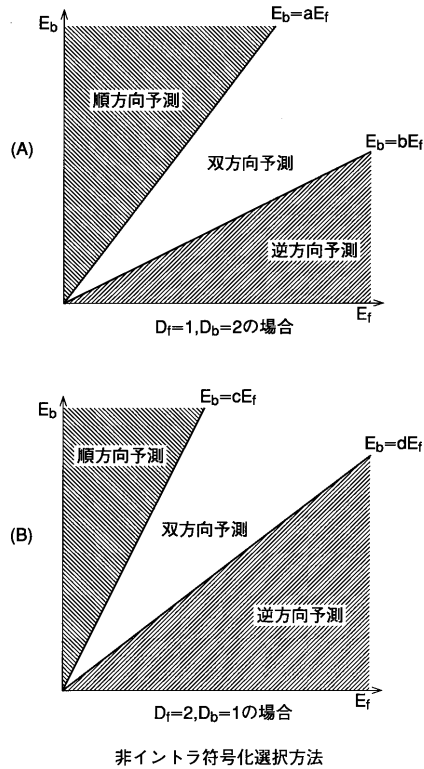
【図10】



【図11】

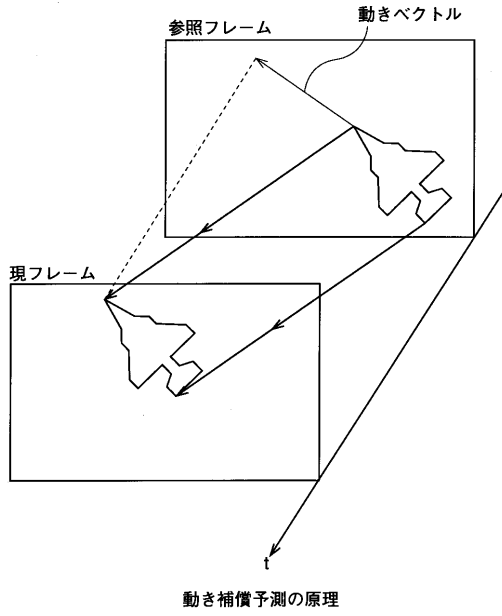


【図12】

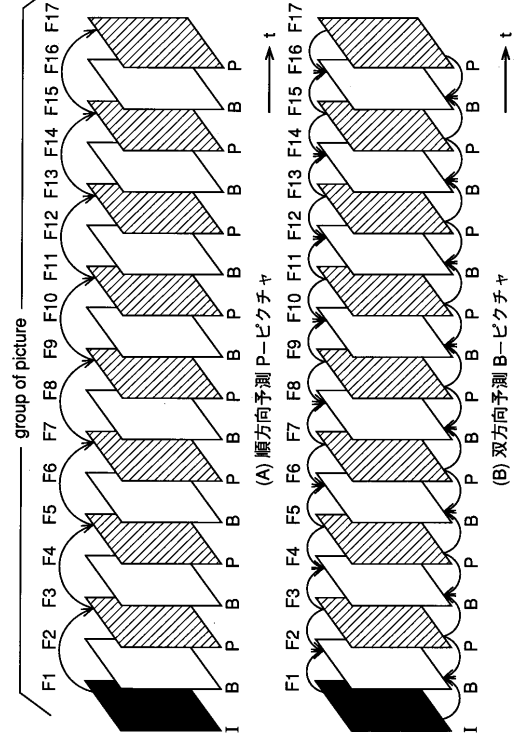


非イントラ符号化選択方法

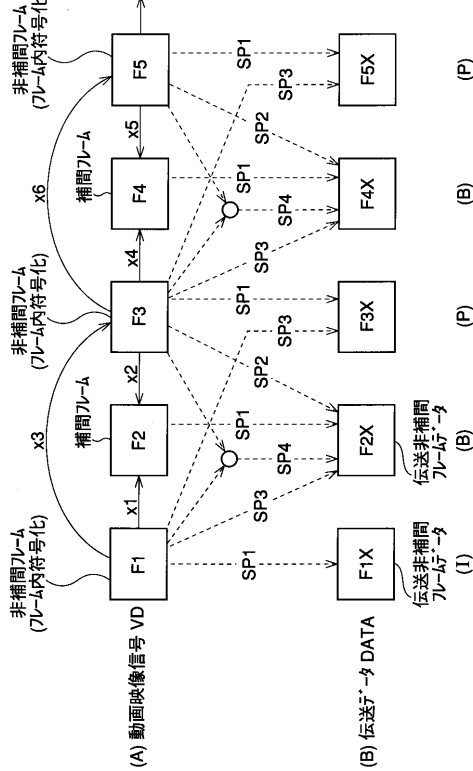
【図 13】



【図 14】

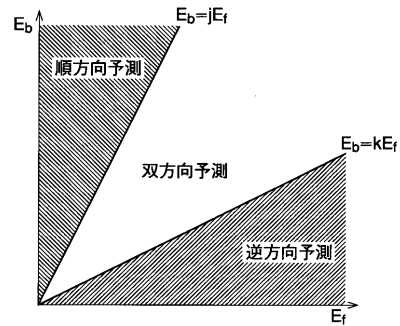


【図 15】

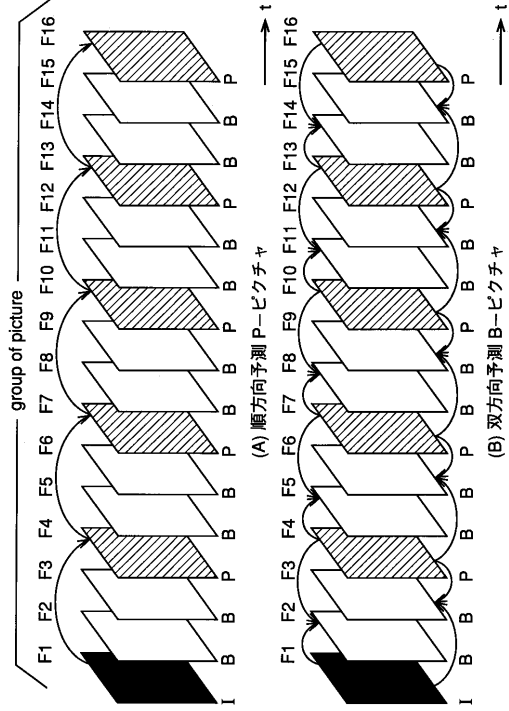


動画映像信号符号化方法の原理

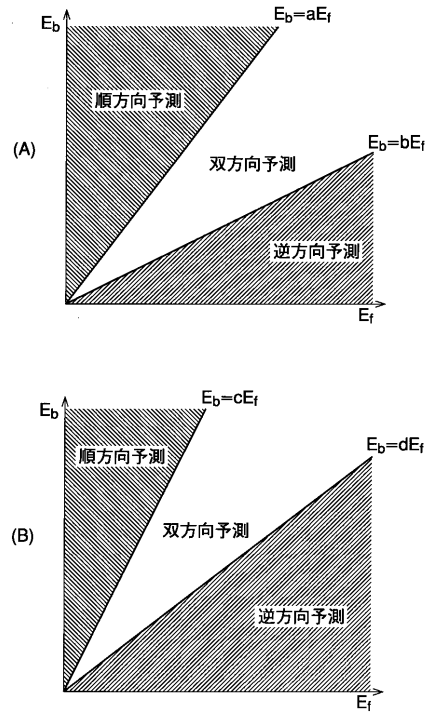
【図 16】



【 図 17 】



【 図 18 】



従来の非イントラ符号化選択方法の改良型

---

フロントページの続き

(72)発明者 安藤 裕司  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

審査官 國分 直樹

(56)参考文献 特開平7-203452(JP,A)  
特開平7-23393(JP,A)  
特開平8-223577(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
H04N7/24-7/68