

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年5月26日 (26.05.2006)

PCT

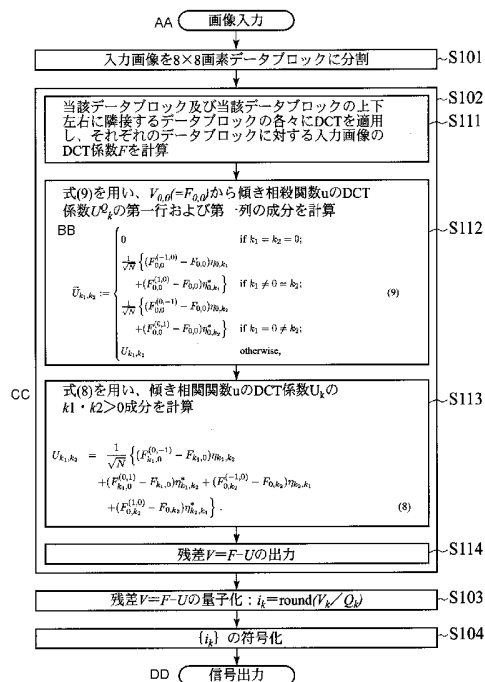
(10) 国際公開番号
WO 2006/054667 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 1/41 (2006.01) H04N 7/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/021166
- (22) 国際出願日: 2005年11月17日 (17.11.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
60/629,094 2004年11月17日 (17.11.2004) US
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人静岡大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION SHIZUOKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4228529 静岡県静岡市駿河区大谷 8 3 6 Shizuoka (JP). ザレジエンツ オブ ザ ユニヴァースティ オブ カリフォルニア (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) [US/US]; 946075200 カリフォルニア州オークランドフランクリンストリート 1 1 1 1 フィフスフロア California (US).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山谷 克 (YAMATANI, Katsu). 斎藤 直樹 (SAITO, Naoki).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門 零平タワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

[続葉有]

(54) Title: DATA COMPRESSION/DECOMPRESSION METHOD, PROGRAM, AND DEVICE

(54) 発明の名称: データ圧縮伸張方法、プログラム及び装置



AA ... IMAGE INPUT
S101 ... DIVIDE INPUT IMAGE INTO 8 × 8 DATA BLOCKS
S111 ... APPLY DCT TO THE DATA BLOCK AND EACH OF THE ADJACENT DATA BLOCKS IN THE VERTICAL DIRECTION AND THE HORIZONTAL DIRECTION AND CALCULATE DCT COEFFICIENT F OF THE INPUT IMAGE CORRESPONDING TO THE RESPECTIVE DATA BLOCKS
BB ... BY USING EXPRESSION (9), CALCULATE COMPONENT OF THE FIRST ROW AND THE FIRST COLUMN OF DCT COEFFICIENT U_K^Q OF THE INCLINATION COMPENSATION FUNCTION U FROM $V_{0,0}(=F_{0,0})$
CC ... BY USING EXPRESSION (9), CALCULATE COMPONENT $K1, K2 > 0$ OF DCT COEFFICIENT U_K OF INCLINATION CORRELATION FUNCTION U
S114 ... OUTPUT OF RESIDUAL $V = F - U$
S103 ... QUANTIZATION OF RESIDUAL $V = F - U$; $i_K = \text{ROUND}(V_K / Q_K)$
S104 ... ENCODING OF $\{i_K\}$
DD ... SIGNAL OUTPUT

(57) Abstract: There is provided an electronic device including: a PHLCT circuit (15) having an input signal DCT coefficient calculation module for calculating an input signal DCT coefficient in an object block area and a block area adjacent to the object block area among a plurality of block areas, a compensation function DCT coefficient calculation module for calculating an inclination compensation function DCT coefficient for compensating the inclination at the input signal block boundary at the boundary between the object block area and the adjacent block area

[続葉有]

WO 2006/054667 A1



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

from the input DCT coefficient, and a residual calculation module for calculating the residual between the DCT coefficient of the input signal and the DCT coefficient of the inclination compensation function; a quantization circuit for quantizing the residual to obtain compressed data; and an entropy encoding circuit (17) for encoding the compressed data.

(57) 要約: 複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する入力信号のDCT係数計算モジュール、入力信号のDCT係数から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する相殺関数DCT係数計算モジュール、入力信号のDCT係数と、傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する残差計算モジュールを備えるPHLCT回路(15)と、残差の量子化を行い圧縮データを得る量子化回路と、圧縮データを符号化するエントロピー符号化回路(17)とを備える電子機器である。

明 細 書

データ圧縮伸張方法、プログラム及び装置

技術分野

- [0001] 本発明は、画像データや音声データ等の種々の情報を含むデータの圧縮・伸張処理等に用いられるデータ圧縮装置、データ伸張装置等の電子機器、これらのデータ圧縮装置及びデータ伸張装置の少なくとも一方を含む電子機器やシステム、更には、これらの電子機器やシステムを用いたデータ圧縮方法、データ伸張方法、及びこれらの電子機器やシステムを制御するためのデータ圧縮プログラム及びデータ伸張プログラムに関する。

背景技術

- [0002] 静止画像を圧縮する画像圧縮技術の国際標準としてJPEG (Joint Photographic Expert Group) がある。JPEGアルゴリズムは、大きく2つの圧縮方式に分けられる。第1の方式は離散コサイン変換(DCT: Discrete Cosine Transform)を基本とした方式であり、第2の方式は2次元空間で差動PCM(DPCM: Differential PCM)を行う空間関数(Spatial)方式である。
- [0003] DCT方式は量子化を含むため一般には完全に元の画像は再現されない非可逆符号化であるが、少ないビット数においても十分な復号画像品質を得ることができ、本アルゴリズムの基本となる方式である。一方、空間関数方式は、圧縮率は小さいが元の画像を完全に再現する可逆符号化であり、この特性を実現するために標準方式として付加された方式である。DCT方式は更に必須機能であるベースライン・プロセス(Baseline System)とオプション機能である拡張DCTプロセス(Extended System)の2つに分類される。ベースライン・プロセスは、DCT方式を実現するすべての符号器／復号器が持たなければならない最小限の機能で、適応型離散コサイン変換(ADCT: Adaptive Discrete Cosine Transform Coding)方式を基礎としたアルゴリズムである。ベースライン・プロセスにおける画像圧縮では画像データを8×8ピクセル単位のブロックで処理をする。
- [0004] この様に、現在、多くの標準的なデジタル画像の圧縮形式は、ブロック単位のDCT

に基づいている。これらの方法はコサイン級数近似を基礎とするため、圧縮効率は本質的にDCT係数の収束速度に依存する。一般に、DCT係数の収束が緩慢な場合に圧縮効率は悪くなる。又、低符号化レート(ビットレート)時にはDCT係数の量子化誤差が大きくなり、ブロック歪など、再構成画像の劣化現象が無視出来なくなる。

発明の開示

[0005] 本発明は、従来の装置構成に対して簡単な構成を付加するだけで、ブロック単位のDCTに基づくデジタル画像圧縮形式における圧縮効率の向上、及びブロック歪の除去を実現することが可能な電子機器、データ圧縮方法、データ伸張方法、データ圧縮プログラム及びデータ伸張プログラムを提供することを目的とする。

本発明の第1の態様は、入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、入力情報のデータを圧縮するデータ圧縮方法に関する。即ち、第1の態様に係るデータ圧縮方法は、(a)複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算するステップ；(b)入力信号のDCT係数から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算するステップ；(c)入力信号のDCT係数と、傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算するステップ；(d)残差の量子化及び符号化を行い圧縮データを得るステップとを含むデータ圧縮方法であることを要旨とする。

[0006] 本発明の第2の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を復元するデータ伸張方法に関する。即ち、第2の態様に係るデータ伸張方法は、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得るステップ；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算するステップ；(c)逆量子化されたDCT係数に傾き相殺関数のDCT係数を加え、入力信号のDCT係数を近似的に復元するステップ；(d)近似的に復元された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得るステップ；(e)ブロック領域毎の入力信号を互

いに貼り合わせ、入力情報を復元するステップとを含むデータ伸張方法であることを要旨とする。

[0007] 本発明の第3の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデータ伸張方法に関する。即ち、第3の態様に係るデータ伸張方法は、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得るステップ；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算するステップ；(c)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算するステップ；(d)この量子化誤差を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定するステップ；(e)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得るステップ；(f)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定するステップとを含むデータ伸張方法であることを要旨とする。

[0008] 本発明の第4の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデータ伸張方法に関する。即ち、第4の態様に係るデータ伸張方法は、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得るステップ；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算するステップ；(c)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算するステップ；(d)ブロック歪みを軽減する2次曲面を隣接するブロック領域に加え、2次曲面のDCT係数を計算するステップ；(e)量子化誤差と2次曲面のDCT係数を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定するステップ；(f)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得るステップ；(g)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定するステップとを含むデータ伸張方法であることを要旨とする。

本発明の第5の態様は、入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、入力情報のデータを圧縮する電子機器に関する。即ち、第5の態様に係る電子機器は、(a)複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する入力信号のDCT係数計算モジュール；(b)入力信号のDCT係数から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(c)入力信号のDCT係数と、傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する残差計算モジュール；(d)残差の量子化を行い圧縮データを得る量子化回路；(e)圧縮データを符号化する符号化回路とを備える電子機器であることを要旨とする。

本発明の第6の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を復元する電子機器に関する。即ち、第5の態様に係る電子機器は、(a)圧縮データを逆符号化する逆符号化回路；(b)逆符号化された圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る逆量子化回路；(c)逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュール；(d)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(e)逆量子化されたDCT係数に傾き相殺関数のDCT係数を加え、入力信号のDCT係数を近似的に復元する入力信号のDCT係数近似・復元モジュール；(f)近似的に復元された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得て、ブロック領域毎に入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を復元するブロック貼り合わせ回路とを備える電子機器であることを要旨とする。

[0009] 本発明の第7の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定する電子機器に関する。即ち、第5の態様に係る電子機器は、(a)圧縮データを逆符号化する逆符号化回路；(b)逆符号化された圧縮データを逆量子化し、逆量子化され

たDCT係数をブロック領域毎に得る逆量子化回路；(c)逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュール；(d)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(e)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する量子化誤差計算モジュール；(f)この量子化誤差を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定する量子化誤差補正モジュール；(g)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得て、ブロック領域毎に入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定するブロック貼り合わせ回路とを備える電子機器であることを要旨とする。

- [0010] 本発明の第8の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定する電子機器に関する。即ち、第5の態様に係る電子機器は、(a)圧縮データを逆符号化する逆符号化回路；(b)逆符号化された圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る逆量子化回路；(c)逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュール；(d)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(e)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する量子化誤差計算モジュール；(f)ブロック歪みを軽減する2次曲面を隣接するブロック領域に加え、2次曲面のDCT係数を計算する2次曲面DCT係数計算モジュール；(g)量子化誤差と2次曲面のDCT係数を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定する2次曲面量子化誤差補正モジュール；(h)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得るモジュール；(i)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得て、ブロック領域毎に入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を

を推定するブロック貼り合わせ回路とを備える電子機器であることを要旨とする。

[0011] 本発明の第9の態様は、(a)入力情報を記憶する第1の記憶装置；(b)この第1の記憶装置から読み出した入力情報を、複数のブロック領域に等分割するブロック分割回路；(c)複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する入力信号のDCT係数計算モジュール；(d)入力信号のDCT係数から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(e)入力信号のDCT係数と、傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する残差計算モジュール；(f)残差の量子化を行い圧縮データを得る量子化回路；(g)圧縮データを符号化する符号化回路；(h)符号化された圧縮データを格納する第2の記憶装置；(i)この第2の記憶装置から読み出した圧縮データを逆符号化する逆符号化回路；(j)逆符号化された圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る逆量子化回路；(k)逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュール；(l)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュール；(m)逆量子化されたDCT係数に傾き相殺関数のDCT係数を加え、入力信号のDCT係数を近似的に復元する入力信号のDCT係数近似・復元モジュール；(n)近似的に復元された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得て、ブロック領域毎に入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を復元するブロック貼り合わせ回路とを備える電子機器であることを要旨とする。

[0012] 本発明の第10の態様は、入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、入力情報のデータを圧縮するエンコーダに、(a)複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する命令；(b)入力信号のDCT係数から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを

相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する命令；(c)入力信号のDCT係数と、傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する命令；(d)残差の量子化及び符号化を行い圧縮データを得る命令とを含む一連の命令を実行させるためのデータ圧縮プログラムであることを要旨とする。

[0013] 本発明の第11の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を復元するデコーダに、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る命令；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する命令；(c)逆量子化されたDCT係数に傾き相殺関数のDCT係数を加え、入力信号のDCT係数を近似的に復元する命令；(d)近似的に復元された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；(e)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を復元する命令とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラムであることを要旨とする。

[0014] 本発明の第12の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデコーダに、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る命令；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する命令；(c)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する命令；(d)この量子化誤差を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定する命令；(e)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；(f)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定する命令とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラムであることを要旨とする。

[0015] 本発明の第13の態様は、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック

領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデコーダに、(a)圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数をブロック領域毎に得る命令；(b)対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、逆量子化されたDCT係数から計算する命令；(c)傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する命令；(d)ブロック歪みを軽減する2次曲面を隣接するブロック領域に加え、2次曲面のDCT係数を計算する命令；(e)量子化誤差と2次曲面のDCT係数を用いて、逆量子化されたDCT係数を補正し、入力信号のDCT係数を近似的に推定する命令；(f)近似的に推定された入力信号のDCT係数から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；(g)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定する命令とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラムであることを要旨とする。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの概略を説明するブロック図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムのPHLCT回路の論理的構成を説明するブロック図である。

[図3]図3は、本発明の第1～第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおいて、ブロック分割回路が1画面の画像データを1ブロック単位に分割した状態を模式的に説明する図である。

[図4]図4は、図3に示した1ブロック単位が 8×8 (より一般的には $N \times N$)画素(ピクセル)からなることを説明する図である。

[図5]図5(a)は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの数学的基礎として、本来離散的な多値情報である入力信号を、説明の都合上、連続的な入力信号関数 $f(x)$ として模式的に示す図である。図5(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの数学的基礎として、入力信号関数 $f(x)$ の傾きを相殺する「傾き相殺関数」 $u(x)$ を模式的に示す図である。図5(c)は、残差 $v(x) = f(x) - u(x)$ が、破線で示した2次元ブロック領域 Ω の x 方向の境界において、その傾き(1

次導関数) がゼロになることを模式的に示す図である。図5(d)は、残差 $v(x)=f(x)-u(x)$ の傾きが、破線で示した2次元ブロック領域 Ω の x 方向の境界においてゼロになることにより、隣接する2次元ブロック領域 Ω において、残差 $v(x)=f(x)-u(x)$ が、連続することを模式的に示す図である。

[図6]図6(a)は、図3に示した 8×8 画素からなる2次元ブロック領域 Ω の内の、第1行及び第1列の成分となる画素を右上がりの斜線のハッチングで示した図である。図6(b)は、図3に示した 8×8 画素からなる2次元ブロック領域 Ω の内の、 $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分となる画素を右上がりの斜線のハッチングで示した図である。

[図7]図7は、互いに隣接する2次元ブロック領域 Ω^a 及び Ω^b において、それぞれの入力信号関数 f^a 及び f^b に対し、座標 x_i に沿った方向での傾き相殺関数 $u(x)$ を探索する様子を示す模式図である。

[図8]図8は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおけるPHLCT回路を用いたデータ圧縮方法を説明するためのフローチャートである。

[図9]図9(a)～(f)は、図8のフローチャートに対応して、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮方法を、5つのデータブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図10]図10は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの逆PHLCT(IPHLCT)回路の論理的構成を説明するブロック図である。

[図11]図11は、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおけるIPHLCT回路を用いたデータ伸張方法を説明するためのフローチャートである。

[図12]図12(a)～(e)は、図11のフローチャートに対応して、本発明の第1の実施の形態に係るデータ伸張方法を、5つのデータブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図13]図13は、本発明の第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの概略を説明するブロック図である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの部分モードPHLCT(PPHLCT)回路の論理的構成を説明するブロック図である。

[図15]図15は、本発明の第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおけ

るPPHLCT回路を用いたデータ伸張方法を説明するためのフローチャートである。

[図16]図16(a)～(d)は、図15のフローチャートに対応して、本発明の第2の実施の形態に係るデータ伸張方法を、5つのデータブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図17]図17は、本発明の第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムの部分モードPHLCT(PPHLCT)回路の論理的構成を説明するブロック図である。

[図18]図18は、本発明の第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムにおけるPPHLCT回路を用いたデータ伸張方法を説明するためのフローチャートである。

[図19]図19(a)～(f)は、図18のフローチャートに対応して、本発明の第2の実施の形態の変形例に係るデータ伸張方法を、5つのデータブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図20]図20(a)は、データ圧縮・伸張システムの性能を視覚的に評価する場合に標準的に用いられる試験用原画像レナ(Lenna)を示す図である。図20(b)は、データ圧縮・伸張システムの性能を視覚的に評価する場合に標準的に用いられる試験用原画像バーバラ(Barbara)を示す図である。

[図21]図21(a)は、横軸に符号化レート(ビットレート)、縦軸に原画像レナを用いた場合のMSSIMの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。図21(b)は、横軸に符号化レート、縦軸に原画像レナを用いた場合のPSNRの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。

[図22]図22(a)は、横軸に符号化レート(ビットレート)、縦軸に原画像バーバラを用いた場合のMSSIMの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。図22(b)は、横軸に符号化レート、縦軸に原画像バーバラを用いた場合のPSNRの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)

T)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。

[図23]図23(a)は、原画像レナの場合において、横軸にPSNR、縦軸にDCT(JPEG標準方式)に対する符号化レート(圧縮レート)の削減率をとり、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。図23(b)は、原画像バーバラの場合において、横軸にPSNR、縦軸にDCT(JPEG標準方式)に対する符号化レート(圧縮レート)の削減率をとり、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示す図である。

[図24]図24は、符号化レート(圧縮レート)0.15bppにおける再構成画像の例を示す。図24(a)は、原画像レナの場合において、従来技術に係るJPEG標準方式のDCTを適用した場合の再構成画像、図24(b)は、原画像レナの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合の再構成画像、図24(c)は、原画像レナの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合の再構成画像、図24(d)は、原画像バーバラの場合において、通常のDCT(JPEG標準方式)を適用した場合の再構成画像、図24(e)は、原画像バーバラの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合の再構成画像、図24(f)は、原画像バーバラの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合の再構成画像を示す図である。

[図25]図25は、符号化レート(圧縮レート)0.3bppにおける再構成画像の例を示す。図25(a)は、原画像レナの場合において、従来技術に係るJPEG標準方式のDCTを適用した場合のPSNR=32.22dBにおける再構成画像、図25(b)は、原画像レナの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=32.36dBにおける再構成画像、図25(c)は、原画像レナの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=32.801dBにおける再構成画像、図25(d)は、原画像バーバラの場合において、通常のDCT(JPEG標準方式)を適用した場合のPSNR=25.66dBにおける再構成画像、図25(e)は、原画像バーバラの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=25.70dBにおける再構成画像、図25(f)は、原画像バーバラの場合におい

て、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=26.06dBにおける再構成画像を示す図である。

[図26]図26は、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの概略を説明するブロック図である。

[図27]図27(a)は、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの導関数整合・局所コサイン変換(DMLCT)回路の論理的構成を説明するブロック図で、図27(b)は、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの導関数整合・局所コサイン逆変換(IDMLCT)回路の論理的構成を説明するブロック図である。

[図28]図28は、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおけるDMLCT回路を用いたデータ圧縮方法を説明するためのフローチャートである。

[図29]図29(a)～(e)は、図28のフローチャートに対応して、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮方法を、3つの1次元データブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図30]図30は、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおけるIDMLCT回路を用いたデータ伸張方法を説明するためのフローチャートである。

[図31]図31(a)～(d)は、図30のフローチャートに対応して、本発明の第3の実施の形態に係るデータ伸張方法を、3つの1次元データブロックでより具体的に説明する模式図である。

[図32]図32(a)は、原画像レナの場合において、横軸にPSNR、縦軸に第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(PHLCT)及び第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(DMLCT)の符号化レート(圧縮レート)の削減率を示す図で、図32(b)は、原画像バーバラの場合において、横軸にPSNR、縦軸に第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(PHLCT)及び第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(DMLCT)の符号化レート(圧縮レート)の削減率を示す図である。

[図33]図33は、本発明の他の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの概略を説明するブロック図である。

[図34]図34は、本発明の更に他の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの概略を説明するブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

[0017] 次に、図面を参照して、本発明の第1～第3の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。又、以下に示す第1～第3の実施の形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置、方法やプログラムを例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

[0018] (第1の実施の形態)

図1に示すように、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムは、送信側端末5と、送信側端末5から送られてきた圧縮された画像情報のデータ(以下、「圧縮データ」と言う。)を伝送する伝送路32と、伝送路32を介して送信側端末5から送られてきた圧縮データを受信し、この圧縮データを伸張し、伸張された画像データを表示する受信側端末6とを備える。伝送路32には、LAN, WAN, インターネット、イントラネット等の情報ネットワーク(コンピュータネットワーク)が含まれるが、無線の伝送路でも良い。

[0019] 送信側端末5は、エンコーダ1、撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13、送信回路31、送信側量子化テーブル記憶装置18、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19を備える。ここで、エンコーダ1は、ブロック分割回路14、多重調和・局所コサイン変換(PHLCT)回路15、量子化回路16、エントロピー符号化回路17を備える。伝送路32が、インターネット等の情報ネットワークの場合は、送信回路31は、モデム(MODEM)、宅内回線終端装置(DSU)、網制御装置(NCU)、通信制御装置(CCU)、通信制御処理装置(CCP)等のデータ回線終端装置が該当する。一方、伝送路32が無線伝送路であれば、送信回路31は、アンテナ(受信アンテナ)3に接続された低雑音増幅器、この低雑音増幅器に接続されたミキサ、ミキサに接続された中間周波(IF)増幅器、中間周波増幅器に接続された復調器等により

構成可能である。

- [0020] 受信側端末6は、デコーダ2、出力側フレームメモリ25、ディスプレイ27、表示回路26、受信回路33、受信側量子化テーブル記憶装置29、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28を備える。ここで、デコーダ2は、エントロピー復号化回路21、逆量子化回路22、逆PHLCT (IPHLCT) 回路23、ブロック貼り合わせ回路24を備える。伝送路32が、インターネット等の情報ネットワークの場合は、受信回路33は、MODEM、DSU、NCU、CCU、CCP等のデータ回線終端装置が該当する。
- [0021] 送信側端末5の撮像デバイス11はCCD等から構成され、被写体画像を撮影して出力信号を生成する。信号処理回路12は、撮像デバイス11の出力信号から1画面ずつの画像データを生成する。信号処理回路12の生成した1画面ずつの画像データは、入力側フレームメモリ13へ転送される。
- [0022] 受信側端末6の表示回路26は、デコーダ2から転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成する。ディスプレイ27は、表示回路26の生成した画像信号を被写体画像として表示する。
- [0023] 入力側フレームメモリ13及び出力側フレームメモリ25は、例えばSDRAM、DRAM、ラムバスDRAM等の書き換え可能な半導体メモリ等で構成可能であり、転送されてきた1画面(1フレーム)毎の画像データを書き込んで記憶すると共に、記憶した画像データを1画面ずつ読み出す。
- [0024] 図1において、入力側フレームメモリ13から読み出された1画面ずつの画像データは、エンコーダ1へ転送される。エンコーダ1においては、ブロック分割回路14により、1画面の画像データがJPEG方式の規格によって定められた8×8画素の複数のブロックに分割され(図4参照。)、PHLCT回路15において、各ブロック毎に多値画像データの圧縮処理が行われる。即ち、PHLCT回路15は、図2に示すように、入力画像のDCT係数計算モジュール(入力信号のDCT係数計算モジュール)151と、第1相殺関数DCT係数計算モジュール152と、第2相殺関数DCT係数計算モジュール153と、残差計算モジュール154とを備え、ブロック分割回路14から、1画面の画像データを図3に示すような1ブロック単位で取り込み、その画像データに対してPHLCT処理を実行する(PHLCT回路15の詳細は、後述する。)。

- [0025] 量子化回路16は、PHLCT回路15から供給された残差 $V=F-U$ のDCT係数を、送信側量子化テーブル記憶装置18に格納されている量子化しきい値を参照して量子化する。即ち、量子化回路16では、表2に示したような量子化しきい値でDCT係数を除算することで、その商としての量子化係数を得る。上記の量子化しきい値としては、高周波成分に対しては大きい値が設定され、低周波成分に対しては小さい値が設定される。なお、自然界の風景等の一般の画像では高周波成分は少ない。上記により、量子化後の量子化係数は、高周波成分の多くが0となる。送信側量子化テーブル記憶装置18に格納された量子化しきい値は、圧縮データの圧縮率の画質を決定するものである。
- [0026] この様にして得られた量子化係数は、ジグザグスキャンと言われる走査順に取り出され、エントロピー符号化回路17に入力される。エントロピー符号化回路17は、量子化回路16にて量子化されたDCT係数を、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19に格納されているハフマン符号を参照して可変長符号化することにより、圧縮データをブロック単位で生成する。エントロピー符号化回路17では、ブロック左上隅のDC成分と、それを除くAC成分に分けて符号化が行われ、AC成分については、0である係数(無効係数)の連続数であるゼロラン長と0以外の係数(有効係数)との組にされ、この組をハフマン符号テーブルに従って符号化する。送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19に格納されたハフマン符号は、量子化されたDCT係数に対して予め予測される出現頻度に応じて割り当てられる可変長の符号であり、出現頻度の高いものに対して短く割り当てられる。
- [0027] エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、送信回路31を介して、伝送路32に転送される。伝送路32を介して送信側端末5から送られてきた圧縮データは、受信側端末6の受信回路33が受信する。受信回路33を介して入力された圧縮データは、デコーダ2のエントロピー復号化回路21へ転送される。
- [0028] エントロピー復号化回路21は、受信回路33を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化することにより、伸張された画像情報のデータ(以下、「伸張データ」という)をブロック単位で生成する。受信側ハフマン符号テーブル記憶装

置28に格納されたハフマン符号は、伸張データに対して予め予測される出現頻度に応じて割り当てられる可変長の符号であり、出現頻度の高いものに対して短く割り当てられる。逆量子化回路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データを、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納されている量子化しきい値を参照して逆量子化することにより、DCT係数を生成する。受信側量子化テーブル記憶装置29に格納された量子化しきい値は、圧縮データを伸張した再生画像の画質を決定するものである。

[0029] 逆PHLCT回路23は、図10に示すように、残差入力モジュール231と、第1相殺関数DCT係数計算モジュール232と、第2相殺関数DCT係数計算モジュール233と、入力画像のDCT係数近似・復元モジュール234とを備え、逆量子化回路22の生成したDCT係数に対して逆PHLCT処理を行う(逆PHLCT回路23の詳細は、後述する。)。逆PHLCT回路23にて多重調和・局所コサイン逆変換が行われたブロック単位の伸張データは、ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられ、1画面ずつのデータになる。

[0030] ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。そして、出力側フレームメモリ25は、デコーダ2から転送されてきた1画面ずつの画像データを書き込んで記憶する。又、表示回路26は、デコーダ2から転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成し、その画像信号はディスプレイ27上で被写体画像として表示する。

[0031] <多重調和・局所コサイン変換(PHLCT)回路>

PHLCT回路15の説明の前に、図3に示す2次元ブロック領域 Ω における入力信号関数 f を考える。実際の画像処理装置における入力信号関数 f は離散的な情報としてのみ与えられるが、ここでは説明のため、 $f(x)$ を連続的な信号として扱う。図3に示す2次元ブロック領域 Ω は、図4に示すような 8×8 画素(ピクセル)からなる。

[0032] 本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、図5(a)に示すような入力信号関数 $f(x)$ に対し、入力信号関数 $f(x)$ の傾きを相殺する関数(以下において「傾き相殺関数」と言う。)として、図5(b)に示すような関数 $u(x)$ に着目する。図5(a)～図5(d)において、それぞれ2本の縦方向の破線で、2次元ブロック領域 Ω の x

方向の境界を示している。図5(c)に示すような残差 $v(x)=f(x)-u(x)$ を用いてDCT係数の収束性を改善する。傾き相殺関数 u については、ポアソン方程式のノイマン境界値問題

[数1]

$$\begin{cases} \Delta u = K & \text{in } \Omega, \\ \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{\partial f}{\partial \nu} & \text{on } \partial\Omega, \end{cases} \quad (1)$$

[0033] の解 u を用いる。ただし、

[数2]

$$K := \frac{1}{|\Omega|} \int_{\partial\Omega} \partial f / \partial \nu \, d\sigma(x),$$

[0034] $|\Omega|$ はブロックの面積を表す。関数 u は、以下の定理に示すように、ブロック境界で入力信号の傾きを相殺する C^2 級関数の中で、平均曲率の2乗積分値を最小とする関数である。即ち、『関数 p が閉領域 Ω (バー) において C^2 とし、 $M(p)$ を Ω (バー) における p の平均曲率の2乗積分

[数3]

$$M(p) := \int_{\Omega} (\Delta p)^2 \, dx$$

[0035] とすると、 $\partial\Omega$ 上でノイマン境界条件 $\partial p / \partial \nu = \partial f / \partial \nu$ を満足する任意の p に対し、 $M(u) \leq M(p)$ が成立する』という定理を用いる。なお、本明細書では、 Ω (バー) は、

[数4]

$$\overline{\Omega}$$

[0036] を意味する。

[0037] 一般のDCT係数の収束速度は漸近的に $O(\|k\|^{-2})$ に従うことが知られている。こ

ここで、 $k = (k_1, k_2)$ は各ブロックにおける空間周波数インデックスである。一方、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムのPHLCT回路15における処理では、残差 v のDCT係数の収束速度は $O(\|k\|^{-4})$ に従う。

[0038] 次に、離散的に与えられた入力信号関数 f に対する第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおける画像処理方法について述べる。図4では 8×8 の格子点を例示したが、より一般的には、入力信号関数 $f(x, y)$ のサンプリング点を単位正方形領域

$$\Omega = (0, 1)^2 = \{(x, y) \mid 0 < x < 1, 0 < y < 1\}$$

上の $N \times N$ 格子点 (x_i, y_j) に配置する。ただし、

$$x_i = (0.5+i)/N, y_j = (0.5+j)/N, (i, j=0, 1, \dots, N-1)$$

である。領域 Ω の周囲に配置された離散点における入力信号関数 f の傾きを

[数5]

$$\begin{aligned} g_i^{(1)} &:= -f_y(x_i, 0), \quad g_i^{(2)} := f_y(x_i, 1), \quad g_j^{(3)} := -f_x(0, y_j), \\ g_j^{(4)} &:= f_x(1, y_j), \quad i, j = 0, 1, \dots, N-1, \end{aligned} \quad (2)$$

[0039] とする。ただし、

$$f_x := \partial f(x, y) / \partial x \text{ 及び}$$

$$f_y := \partial f(x, y) / \partial y$$

である。ポアソン方程式(1)のノイマン境界条件を1次元離散コサイン級数を用いて近似する:

[数6]

$$\begin{aligned}
 g^{(\ell)}(t) &:= \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k G_k^{(\ell)} \cos \pi k t, \\
 &= \sqrt{\frac{2}{N}} \left(\frac{G_0^{(\ell)}}{\sqrt{2}} + \sum_{k=1}^{N-1} G_k^{(\ell)} \cos \pi k t \right), \\
 &\quad 0 \leq t \leq 1, \quad \ell = 1, 2, 3, 4,
 \end{aligned}$$

ただし

$$\lambda_k := \begin{cases} 1/\sqrt{2} & \text{if } k = 0, \\ 1 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (3)$$

[0040] 及び $\{G_k^{(0)}\}_{0 \leq k \leq N-1}$ は Ω の境界上の離散点における f の傾き $g_0^{(0)}, g_1^{(0)}, \dots, g_{N-1}^{(0)}$ に対する1次元DCT係数である。この場合、ポアソン方程式(1)の解となる傾き相殺関数 u は、

[数7]

$$\begin{aligned}
 u(x, y) &= u^{(1)}(x, y) + u^{(2)}(x, y) + u^{(3)}(x, y) + u^{(4)}(x, y) \\
 &= \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k \left\{ \left(G_k^{(1)} \psi_k(y-1) + G_k^{(2)} \psi_k(y) \right) \cos \pi k x \right. \\
 &\quad \left. + \left(G_k^{(3)} \psi_k(x-1) + G_k^{(4)} \psi_k(x) \right) \cos \pi k y \right\} + c, \quad (4)
 \end{aligned}$$

となる。ただし、 c は適当な定数、

$$\psi_k(t) := \begin{cases} t^2/2 & \text{if } k = 0, \\ \cosh \pi k t / (\pi k \sinh \pi k) & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0041] である。更に、解 $u(x, y)$ のDCT係数 U_{k_1, k_2} ($k_1, k_2 = 0, 1, \dots, N-1$) は次式で与えられる:

[数8]

$$U_{k_1, k_2} = G_{k_1}^{(1)} \eta_{k_1, k_2} + G_{k_1}^{(2)} \eta_{k_1, k_2}^* + G_{k_2}^{(3)} \eta_{k_2, k_1} + G_{k_2}^{(4)} \eta_{k_2, k_1}^*, \quad (5)$$

ただし

$$\begin{aligned} \eta_{k, m} &:= \lambda_m \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} \psi_k(x_i - 1) \cos \pi m x_i, \\ \eta_{k, m}^* &:= \lambda_m \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} \psi_k(x_i) \cos \pi m x_i. \end{aligned} \quad (6)$$

[0042] 明らかに $\eta_{k, m}$ 及び $\eta_{k, m}^*$ は入力信号とは無関係に計算可能である。参考に、 $N = 8$ 、即ち、図4に示した 8×8 画素ブロックサイズの場合の $\eta_{k, m}$ の値を表1 に示す。

[表1]

(表 1)

	$m = 0$	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$
$k = 0$	0.6641	0.4026	0.0986	0.0421	0.0221	0.0126	0.0070	0.0032
$k = 1$	0.4027	0.2000	0.0783	0.0376	0.0206	0.0120	0.0067	0.0031
$k = 2$	0.0988	0.0785	0.0480	0.0283	0.0171	0.0104	0.0060	0.0028
$k = 3$	0.0425	0.0380	0.0285	0.0197	0.0132	0.0085	0.0051	0.0024
$k = 4$	0.0229	0.0214	0.0177	0.0135	0.0097	0.0066	0.0041	0.0020
$k = 5$	0.0139	0.0132	0.0115	0.0093	0.0071	0.0051	0.0032	0.0016
$k = 6$	0.0090	0.0087	0.0078	0.0066	0.0052	0.0038	0.0025	0.0012
$k = 7$	0.0061	0.0060	0.0054	0.0047	0.0038	0.0028	0.0019	0.0009

[0043] 実際に式(5)に示す傾き相殺関数 u のDCT係数 U を計算するためには、入力信号の傾き $g_0^{(0)}, g_1^{(0)}, \dots, g_{N-1}^{(0)}$ のDCT係数 $G_0^{(0)}, G_1^{(0)}, \dots, G_{N-1}^{(0)}$ の値が必要となるが、これらの値については、以下のように近似的に計算する。

[0044] 先ず、図3に示すように、着目したブロック領域 Ω の上下左右に隣接する4つのブロック領域を考える。図3のそれぞれ領域 $\Omega^{(s, t)}$ において、入力データを

$$\begin{aligned} f_{i, j}^{(s, t)} &:= f(x_i + s, y_j + t), \\ i, j &= 0, 1, \dots, N-1 \end{aligned}$$

と表記し,

$$\Omega^{(0,0)} = \Omega \text{ 及び}$$

$$f_{ij}^{(0,0)} = f(x_i, y_j)$$

とする。入力信号の傾き $g_0^{(0)}, g_1^{(0)}, \dots, g_{N-1}^{(0)}$ を次のように近似する:

[数9]

$$\begin{aligned} g_i^{(1)} &\simeq X_i^{(-1)} - X_i^{(0)}, \quad g_i^{(2)} \simeq X_i^{(1)} - X_i^{(0)}, \\ g_j^{(3)} &\simeq Y_j^{(-1)} - Y_j^{(0)}, \quad g_j^{(4)} \simeq Y_j^{(1)} - Y_j^{(0)}, \end{aligned} \quad (7)$$

ただし

$$X_i^{(t)} := \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} f_{ij}^{(0,t)}, \quad Y_j^{(s)} := \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f_{ij}^{(s,0)},$$

[0045] はそれぞれ行, 列方向に対する入力信号の平均値である。更に, $F^{(s,t)} = (F_{k1,k2}^{(s,t)})$ をそれぞれのブロック領域 $\Omega^{(s,t)}$ における入力データ $f^{(s,t)}$ の2次元DCT係数とすると,

[数10]

$$\begin{aligned} G_k^{(1)} &= \lambda_k \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} g_i^{(1)} \cos \pi k x_i \\ &\simeq \lambda_k \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} \{X_i^{(-1)} - X_i^{(0)}\} \cos \pi k x_i \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} (F_{k,0}^{(0,-1)} - F_{k,0}), \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \end{aligned}$$

[0046] を得る。同様に,

[数11]

$$\begin{aligned} G_k^{(2)} &\simeq \frac{1}{\sqrt{N}} (F_{k,0}^{(0,1)} - F_{k,0}), \quad G_k^{(3)} \simeq \frac{1}{\sqrt{N}} (F_{0,k}^{(-1,0)} - F_{0,k}), \\ G_k^{(4)} &\simeq \frac{1}{\sqrt{N}} (F_{0,k}^{(1,0)} - F_{0,k}), \end{aligned}$$

[0047] したがって, ポアソン方程式の解 $u(x, y)$ のDCT係数 $U_{k1,k2}$, ($k1, k2 = 0, 1, \dots, N-1$) は

次式で与えられる:

[数12]

$$\begin{aligned}
 U_{k_1, k_2} = \frac{1}{\sqrt{N}} \{ & (F_{k_1, 0}^{(0, -1)} - F_{k_1, 0}) \eta_{k_1, k_2} \\
 & + (F_{k_1, 0}^{(0, 1)} - F_{k_1, 0}) \eta_{k_1, k_2}^* + (F_{0, k_2}^{(-1, 0)} - F_{0, k_2}) \eta_{k_2, k_1} \\
 & + (F_{0, k_2}^{(1, 0)} - F_{0, k_2}) \eta_{k_2, k_1}^* \} .
 \end{aligned} \tag{8}$$

[0048] 式(8)は、PHLCT回路15の第2相殺関数DCT係数計算モジュール153及び逆PHLCT回路23の第2相殺関数DCT係数計算モジュール233において計算する。DC成分 $U_{0,0}$ については、式(4)に含まれる定数 c の任意性より、一般性を失うことなく

$$U_{0,0} = 0$$

とすることができる。

[0049] 第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F の代わりに、傾き相殺関数 u のDCT係数 U から計算される残差 $V=F-U$ を用いて圧縮効率の改善を図る。これは、圧縮後にエンコーダ1から伝送されるのは入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F ではなく残差 $V=F-U$ であり、残差 V から画像の再構成を試みることを意味する。したがって、デコーダ2側において残差 $V=F-U$ からもとの入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F を復元することが可能となるように、PHLCT回路15の第1相殺関数DCT係数計算モジュール152において、傾き相殺関数 u のDCT係数 U を以下のように修正する:

[数13]

$$\tilde{U}_{k_1, k_2} := \begin{cases} 0 & \text{if } k_1 = k_2 = 0; \\ \frac{1}{\sqrt{N}} \left\{ (F_{0,0}^{(-1,0)} - F_{0,0})\eta_{0,k_1} \right. \\ \quad \left. + (F_{0,0}^{(1,0)} - F_{0,0})\eta_{0,k_1}^* \right\} & \text{if } k_1 \neq 0 = k_2; \\ \frac{1}{\sqrt{N}} \left\{ (F_{0,0}^{(0,-1)} - F_{0,0})\eta_{0,k_2} \right. \\ \quad \left. + (F_{0,0}^{(0,1)} - F_{0,0})\eta_{0,k_2}^* \right\} & \text{if } k_1 = 0 \neq k_2; \\ U_{k_1, k_2} & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (9)$$

[0050] 明らかに、 U と U (チルダ)の相違点は第1行目及び第1列目のみであり、 U (チルダ)におけるこれらの値は、対象ブロック及び隣接ブロックのDC成分のみから求められる。したがって、式(9)は、逆PHLCT回路23の第1相殺関数DCT係数計算モジュール232における計算にも用いられる。なお、本明細書では、 U (チルダ)は、
[数14]

$$\tilde{U}$$

[0051] を意味する。同様に、 V (チルダ)が、
[数15]

$$\tilde{V}$$

[0052] を意味するものとすれば、修正後の残差 V (チルダ) $:=F-U$ (チルダ)は次式となる:
[数16]

$$\tilde{V}_{k_1, k_2} := \begin{cases} F_{0,0} & \text{if } k_1 = k_2 = 0; \\ F_{k_1,0} - \frac{1}{\sqrt{N}} \left\{ (F_{0,0}^{(-1,0)} - F_{0,0})\eta_{0,k_1} \right. \\ \quad \left. + (F_{0,0}^{(1,0)} - F_{0,0})\eta_{0,k_1}^* \right\} & \text{if } k_1 \neq 0 = k_2; \\ F_{0,k_2} - \frac{1}{\sqrt{N}} \left\{ (F_{0,0}^{(0,-1)} - F_{0,0})\eta_{0,k_2} \right. \\ \quad \left. + (F_{0,0}^{(0,1)} - F_{0,0})\eta_{0,k_2}^* \right\} & \text{if } k_1 = 0 \neq k_2; \\ F_{k_1,k_2} - U_{k_1,k_2} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (10)$$

[0053] 残差 $V(\text{チルダ}) := F - U(\text{チルダ})$ の計算は、PHLCT回路15の残差計算モジュール154で行う。残差計算モジュール154で計算された残差 $V(\text{チルダ})$ は、それぞれのブロック領域毎のデータとして、量子化回路16に伝送され、更にエントロピー符号化回路17及び送信回路31を経て、伝送路32に転送される。伝送路32を介して送られてきた圧縮データは、受信側端末6の受信回路33を介して入力され、デコーダ2のエントロピー復号化回路21へ転送され、逆量子化回路22を経て逆PHLCT回路23に入力される。そして、逆PHLCT回路23では、 $V(\text{チルダ})$ を用いて画像を再構成する。ここで、 $V(\text{チルダ})_{0,0} = F_{0,0}$ を確認しておく。以下において、本明細書では、記号の表記を簡単にするため、 U 及び V の表記は、それぞれ $U(\text{チルダ})$ 及び $V(\text{チルダ})$ を指しているものとする。

[0054] 送信側端末5の送信側量子化テーブル記憶装置18に格納された量子化テーブルを Q とし、その要素を $Q_k (\geq 1)$ とすると、DCT係数 F は、エンコーダ1の量子化回路16において、次のように量子化される：

[数17]

$$i_k := \text{round}(F_k / Q_k); \quad F_k^Q := Q_k \times i_k, \quad k \in \mathcal{K} \quad (11)$$

ただし $\mathcal{K} := \{k = (k_1, k_2) \mid k_1, k_2 = 0, 1, 2, \dots, 7\}$.

[0055] エンコーダ1の量子化回路16において量子化されたDCT係数列 $\{i_k\}$ は、エンコーダ1のエントロピー符号化回路17による符号化の後に、送信回路31を経て、伝送路32に転送され、伝送路32を伝送される。

[0056] 図8に示すフローチャートを用いて、本発明の第1の実施の形態に係るPHLCT回路15を用いたデータ圧縮方法を説明する。なお、以下に述べるデータ圧縮方法は、一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の方法により、実現可能であることは勿論である。

[0057] (a) エンコーダ1のブロック分割回路14を用い、ステップS101において、入力側フレームメモリ13から伝送された入力画像を、図4に示すような8×8画素からなるデータブロックに分割する。データブロックに分割された入力画像のデータは、エンコーダ1のPHLCT回路15に転送される。

(b) PHLCT回路15の入力画像のDCT係数計算モジュール(入力信号のDCT係数計算モジュール)151は、ステップS111において、図9(a)及び(c)に示すように、対象となる中央のデータブロック、及び対象となるデータブロックの上下左右に隣接する4つのデータブロックの各々にDCT処理を適用する。これにより、それぞれのデータブロックに対する入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差)Fを計算する。

(c) PHLCT回路15の第1相殺関数DCT係数計算モジュール152は、ステップS112において、式(9)を用い、 $V_{0,0} (=F_{0,0})$ から傾き相殺関数uのDCT係数 U_k の第1行及び第1列の成分を図9(b)に示すように、計算する(図6(a)のハッチングをした画素が第1行及び第1列の成分に対応する。)。

[0058] (d) PHLCT回路15の第2相殺関数DCT係数計算モジュール153は、ステップS113において、図9(c)に示した入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差)Fに対し式(8)を用い、傾き相殺関数uのDCT係数 U_k の $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分を図9(d)に示すように、計算する(図6(b)のハッチングをした画素が $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分となる画素に対応する。)。図9(b)に示した第1行及び第1列の成分、図9(d)に示した $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分は、図9(e)に示すようにまとめられる。

(e) PHLCT回路15の残差計算モジュール154は、ステップS114において、図9(e)に示した傾き相殺関数uのDCT係数 U_k から、残差 $V = F - U$ を図9(f)に示すように計算する。図9(f)に示した残差 $V = F - U$ は、エンコーダ1の量子化回路16に出力される。

- [0059] (f) 量子化回路16は、ステップS103において、送信側量子化テーブル記憶装置18に格納されている量子化しきい値 Q_k を参照して、残差 $V=F-U$ の量子化:

$$i_k = \text{round}(V_k / Q_k)$$

を実行し、 V_k を Q_k で除した整数部分が、ジグザグスキャンと言われる走査順に $\{i_k\}$ として取り出される。 $\{i_k\}$ は、エンコーダ1のエントロピー符号化回路17に入力される。

- [0060] (g) エントロピー符号化回路17は、ステップS104において、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19に格納されているハフマン符号を参照して $\{i_k\}$ の符号化を実行する。エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、送信回路31を介して、伝送路32に転送される。

- [0061] 図8に示したフローチャートで、ステップS112及びステップS113の処理が、従来のJPEG標準方式に付加されているが、それ以外はJPEG標準方式と全く同一の処理である。

- [0062] 図8に示した一連のデータ圧縮処理は、図8と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図1に示したエンコーダ1を制御して実行出来る。このプログラムは、本発明の第1の実施の形態に係るエンコーダ1を構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をエンコーダ1のプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ圧縮処理を実行することができる。

- [0063] 即ち、本発明の第1の実施の形態に係るデータ圧縮プログラムは、入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、入力情報のデータを圧縮するエンコーダ1に、

(a) 複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数 F を計算する命令;

(b) 入力信号のDCT係数 F から、対象ブロック領域と、隣接するブロック領域とのブロック境界において、入力信号のブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数 U を計算する命令;

(c) 入力信号のDCT係数 F と、傾き相殺関数のDCT係数 U の残差 V を計算する命令; (d) 残差 V の量子化及び符号化を行い圧縮データを得る命令
とを含む一連の命令を実行させる。

[0064] ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、例えばコンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができるような媒体などを意味する。具体的には、フレキシブルディスク、CD-ROM、MOディスク、磁気テープなどが「コンピュータ読取り可能な記録媒体」に含まれる。例えば、エンコーダ1の本体は、フレキシブルディスク装置（フレキシブルディスクドライブ）及び光ディスク装置（光ディスクドライブ）を内蔵若しくは外部接続するように構成出来る。フレキシブルディスクドライブに対してはフレキシブルディスクを、又光ディスクドライブに対してはCD-ROMをその挿入口から挿入し、所定の読み出し操作を行うことにより、これらの記録媒体に格納されたプログラムをエンコーダ1を構成するプログラム記憶装置にインストールすることができる。又、所定のドライブ装置を接続することにより、例えばゲームパック等に利用されているメモリ装置としてのROMや、磁気テープ装置としてのカセットテープを用いることもできる。更に、インターネット等の情報処理ネットワークを介して、このプログラムをプログラム記憶装置に格納することが可能である。

[0065] <多重調和・局所コサイン逆変換 (IPHLCT) 回路>

デコーダ2側では、伝送路32を伝送されたデータを受信回路33を介して入力し、デコーダ2のエントロピー復号化回路21で逆符号化した後、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納された量子化テーブルを用いて逆量子化し、更に、逆PHLCT回路23において、残差Vの逆量子化されたDCT係数残差 V_k^Q に対して、逆DCT(IDCT)を施すことによって画像を再構成する。

[0066] 図11に示すフローチャートを用いて、本発明の第1の実施の形態に係る逆PHLCT回路23を用いたデータ伸張方法を説明する。なお、以下に述べるデータ伸張方法は、一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の方法により、実現可能であることは勿論である。

[0067] (a) デコーダ2のエントロピー復号化回路21は、受信回路33を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、ステップS201において、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化する。これにより、伸張データがブロック単位で生成される。

- [0068] (b) デコーダ2の逆量子化回路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データを、ステップS202において、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納されている量子化しきい値 Q_k を参照して逆量子化:

$$V_k^Q = Q_k \times i_k$$

することにより、残差 $V=F-U$ の逆量子化された量子化誤差 V_k^Q を生成する。残差 V の逆量子化された量子化誤差 V_k^Q は、逆PHLCT回路23の残差入力モジュール231に転送される。

- [0069] (c) 逆PHLCT回路23の残差入力モジュール231は、ステップS211において、図12(a)及び(c)に示すように、対象となる中央のデータブロック、及び対象となるデータブロックの上下左右に隣接する4つのデータブロックの各々に残差 V の逆量子化されたDCT係数残差 V_k^Q を入力する。

(d) 逆PHLCT回路23の第1相殺関数DCT係数計算モジュール232は、ステップS212において、式(9)を用い、 $V_{0,0}^Q (=F_{0,0}^Q)$ から傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の第1行及び第1列の成分を図12(b)に示すように、計算する。

(e) 逆PHLCT回路23の第2相殺関数DCT係数計算モジュール233は、ステップS213では、図12(c)に示したように、ステップS212で第1相殺関数DCT係数計算モジュール232によって計算された U_k^Q の第1行及び第1列の成分に、 V_k^Q の第1行及び第1列の成分を足しこみ、これを入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F^Q の第1行及び第1列の成分の近似とし、この入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F^Q に対し式(8)を用い、傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分を図12(d)に示すように、計算する。

(f) 逆PHLCT回路23の入力画像のDCT係数近似・復元モジュール234は、ステップS214において、図12(e)に示すように、残差 V の逆量子化された量子化誤差 V^Q に U^Q を加え、

$$F^Q \approx V^Q + U^Q$$

を近似・復元する。

- [0070] (g) 更に、入力画像のDCT係数近似・復元モジュール234は、ステップS215において、 $U^Q + V^Q$ に対し、ブロック毎にIDCT処理を適用し、多値画像データを復元する

。

- [0071] (h) デコーダ2のブロック貼り合わせ回路24は、IDCT処理の結果得られた多値画像データを用いて、ステップS204において、各ブロックを図3に示すように、貼り合わせる。ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。
- [0072] 図11に示したフローチャートで、ステップS211～ステップS214の処理が、従来のJPEG標準方式に付加されているが、それ以外はJPEG標準方式と全く同一の処理である。元のJPEG標準方式に対する計算コストの増加は、主に U あるいは U^Q に関するコストであり、 $N \times N$ 画素データブロックあたり約 $3C_1 N^2 + 4C_2 N^2$ と評価出来る。ここで、 C_1 及び C_2 はそれぞれ加減算、積算に要する単位コストである。
- [0073] 図11に示した一連のデータ伸張処理は、図11と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図1に示したデコーダ2を制御して実行出来る。このプログラムは、本発明のデコーダ2を構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をデコーダ2のプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ伸張処理を実行することができる。
- [0074] 即ち、本発明の第1の実施の形態に係るデータ伸張プログラムは、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を復元するデコーダ2に、
- (a) 圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化された量子化誤差 V^Q をブロック領域毎に得る命令；
 - (b) 対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数 U^Q を、逆量子化された量子化誤差 V^Q から計算する命令；
 - (c) 逆量子化された量子化誤差 V^Q に傾き相殺関数のDCT係数 U^Q を加え、入力信号のDCT係数 F^Q を近似的に復元する命令；
 - (d) 近似的に復元された入力信号のDCT係数 F^Q から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；

(e)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を復元する命令とを含む一連の命令を実行させる。

[0075] ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、第1の実施の形態に係るデータ圧縮プログラムで説明したような、コンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができるような媒体などを意味する。例えば、デコーダ2の本体は、フレキシブルディスク装置(フレキシブルディスクドライブ)及び光ディスク装置(光ディスクドライブ)を内蔵若しくは外部接続するように構成出来る。フレキシブルディスクドライブに対してはフレキシブルディスクを、又光ディスクドライブに対してはCD-ROMをその挿入口から挿入し、所定の読み出し操作を行うことにより、これらの記録媒体に格納されたプログラムをデコーダ2を構成するプログラム記憶装置にインストールすることができる。更に、インターネット等の情報処理ネットワークを介して、このプログラムをプログラム記憶装置に格納することが可能である。

[0076] (第2の実施の形態)

図13に示すように、本発明の第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムは、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、送信側端末5Pと、送信側端末5Pから送られてきた圧縮データを伝送する伝送路32と、伝送路32を介して送信側端末5Pから送られてきた圧縮データを受信し、この圧縮データを伸張し、伸張された画像データを表示する受信側端末6Pとを備える。

[0077] 第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、送信側端末5Pが、JPEG標準方式に従いエンコードされた圧縮データを伝送路32を介して、受信側端末6Pに伝送し、受信側端末6Pにのみ多重調和・局所コサイン逆変換を適用することによって量子化によって失われた情報を推定する方法、即ち、デコーダ側の処理の改善のみで再構成画像の改善を実現する「部分モード(Partial mode)」のデータ圧縮・伸張システムについて述べる。本明細書では、第2の実施の形態において定義した部分モードのデータ圧縮・伸張システムに対し、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムは、送信側端末5のエンコーダ1で、多重調和・局所コサイン変換を行い、受信側端末6のデコーダ2で多重調和・局所コサイン逆変換を行うモードである。

ので「フルモード(Full mode)のデータ圧縮・伸張システム」と定義する。

[0078] 即ち、第2の実施の形態に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムの送信側端末5Pは、JPEG標準方式のエンコーダ1P、撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13、送信回路31、送信側量子化テーブル記憶装置18、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19を備える。JPEG標準方式のエンコーダ1Pは、ブロック分割回路14、JPEG標準方式のDCT回路35、量子化回路16、エントロピー符号化回路17を備える点で、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムとは異なる。

[0079] 一方、第2の実施の形態に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムの受信側端末6Pは、多重調和・局所コサイン逆変換を適用するデコーダ2P、出力側フレームメモリ25、ディスプレイ27、表示回路26、受信回路33、受信側量子化テーブル記憶装置29、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28を備える。多重調和・局所コサイン逆変換を適用するデコーダ2Pは、エントロピー復号化回路21、逆量子化回路22、部分モード多重調和・局所コサイン変換(PPHLCT:Partial mode PolyHarmonic Local Cosine Transform)回路36a、ブロック貼り合わせ回路24を備える。

[0080] 送信側端末5Pの撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13及び受信側端末6Pの表示回路26、ディスプレイ27及び出力側フレームメモリ25等は、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様で良いので重複した説明を省略する。

[0081] 図13において、入力側フレームメモリ13から読み出された1画面ずつの画像データは、エンコーダ1Pへ転送される。エンコーダ1Pにおいては、ブロック分割回路14により、1画面の画像データがJPEG方式の規格によって定められた8×8画素の複数のブロックに分割され(図4参照。)、JPEG標準方式のDCT回路35において、各ブロック毎に多値画像データの圧縮処理が行われる。量子化回路16は、DCT回路35から供給された入力画像FのDCT係数を、送信側量子化テーブル記憶装置18に格納されている量子化しきい値を参照して量子化する。即ち、量子化回路16では、表2に示したような量子化しきい値でDCT係数を除算することで、その商としての量子化係数を得る。この様にして得られた量子化係数は、ジグザグスキャンと言われ

る走査順に取り出され、エントロピー符号化回路17に入力される。エントロピー符号化回路17は、量子化回路16にて量子化された入力画像FのDCT係数を、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19に格納されているハフマン符号を参照して可変長符号化することにより、圧縮データをブロック単位で生成する。エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、送信回路31を介して、伝送路32に転送される。伝送路32を介して送信側端末5Pから送られてきた圧縮データは、受信側端末6Pの受信回路33が受信する。受信回路33を介して入力された圧縮データは、デコーダ2Pのエントロピー復号化回路21へ転送される。

- [0082] JPEG標準方式におけるデータ圧縮は、主に、入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F_k の高周波成分が量子化操作を経て切り捨てられることによって実現される。第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおける議論にあるように、周波数インデックス k に対する入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) F_k 及び多重調和・局所コサイン変換における残差 V_k の漸近的な振る舞いは次のように表される:

[数18]

$$F_k = O(\|k\|^{-2}), V_k = O(\|k\|^{-4}) \text{ as } \|k\| \rightarrow \infty.$$

- [0083] 即ち、 $\|k\| \rightarrow \infty$ において、入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差) $F_k \doteq U_k$ であり、傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k を用いて量子化によって切り捨てられた高周波帯のDCT係数 F_k の推定が可能となる。実際には式(8)及び式(9)において $F_k^{(s,t)}$ の代わりに量子化後の $F_k^{(s,t)Q}$ を用いて計算された U_k^Q を用いることになるが、 U_k^Q と U_k との誤差は次式で評価される:

[数19]

$$\begin{aligned} |U_k - U_k^Q| &\leq \frac{1}{\sqrt{N}} (2E_{k_1,0} |\eta_{k_1,k_2}| + 2E_{k_1,0} |\eta_{k_1,k_2}^*| \\ &\quad + 2E_{0,k_2} |\eta_{k_2,k_1}| + 2E_{0,k_2} |\eta_{k_2,k_1}^*|) \\ &= \frac{4}{\sqrt{N}} (E_{k_1,0} |\eta_{k_1,k_2}| + E_{0,k_2} |\eta_{k_2,k_1}|). \end{aligned}$$

[0084] ただし E_k は $F_k^{(s,t)Q}$ に含まれる量子化誤差に対する評価
[数20]

$$\max_{s,t \in \{-1,0,1\}} |F_k^{(s,t)} - F_k^{(s,t)Q}|.$$

[0085] である。明らかに、 U_k^Q と U_k との誤差は、DCT係数 $F_k^{(s,t)Q}$ の第1行及び第1列の成分に含まれる量子化誤差にのみ依存している。以上の議論に基づき、第2の実施の形態に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムの基本手法を以下のように、提供する:

[数21]

$$\text{Replace } F_k^Q \text{ by } F_k^Q + d_k, \quad d_k := \begin{cases} U_k^Q & \text{if } k \in \mathcal{K}_t, \\ 0 & \text{if } k \in \mathcal{K} \setminus \mathcal{K}_t, \end{cases} \quad (12)$$

[0086] ただし
[数22]

$$\mathcal{K}_t := \left\{ k \in \mathcal{K} \mid F_k^Q = 0 \text{ and } |U_k^Q| < Q_k/2 \right\}.$$

[0087] 第2の実施の形態に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムのデコーダ2Pが内蔵するエントロピー復号化回路21は、受信回路33を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化することにより、伸張データをブロック単位で生成する。受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されたハフマン符号は、伸張データに対して予め予測される出現頻度に応じて割り当てられる可変長の符号であり、出現頻度の高いものに対して短く割り当てられる。逆量子化回路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データを、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納されている量子化しきい値を参照して逆量子化すること

により、DCT係数を生成する。受信側量子化テーブル記憶装置29に格納された量子化しきい値は、圧縮データを伸張した再生画像の画質を決定するものである。

[0088] デコーダ2PのPPHLCT回路36aは、図14に示すように、DCT係数入力モジュール361と、第1相殺関数DCT係数計算モジュール362と、第2相殺関数DCT係数計算モジュール363と、量子化誤差計算モジュール364と、量子化誤差補正モジュール365とを備え、逆量子化回路22の生成したDCT係数に対して多重調和・局所コサイン逆変換を行う(PPHLCT回路36aの詳細は、後述する。)。PPHLCT回路36aにて多重調和・局所コサイン逆変換が行われたブロック単位の伸張データは、ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられ、1画面ずつのデータになる。

[0089] ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。そして、出力側フレームメモリ25は、デコーダ2Pから転送されてきた1画面ずつの画像データを書き込んで記憶する。又、表示回路26は、デコーダ2Pから転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成し、その画像信号はディスプレイ27上で被写体画像として表示する。

[0090] 図15に示すフローチャートを用いて、本発明の第2の実施の形態に係るPPHLCT回路36aを用いたデータ伸張方法を説明する。なお、以下に述べるデータ伸張方法は、一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の方法により、実現可能であることは勿論である。

[0091] (a)デコーダ2Pのエントロピー復号化回路21は、受信回路33を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、ステップS301において、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化する。これにより、伸張データがブロック単位で生成される。

[0092] (b)デコーダ2Pの逆量子化回路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データ $\{i_k\}$ を、ステップS302において、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納されている量子化しきい値 Q_k を参照して式(11)で示される逆量子化することにより、入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を生成する。入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q は、PPHLCT回路36aのDCT係数入力モジュール361に転送される。

[0093] (c) PPHLCT回路36aのDCT係数入力モジュール361は、ステップS311において、図16(a)に示すように、対象となる中央のデータブロック、及び対象となるデータブロックの上下左右に隣接する4つのデータブロックの各々に入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を入力する。

(d) PPHLCT回路36aの第1相殺関数DCT係数計算モジュール362は、ステップS312において、式(9)を用い、 $V_{0,0}^Q (=F_{0,0}^Q)$ から傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の第1行及び第1列の成分を計算する。

(e) PPHLCT回路36aの第2相殺関数DCT係数計算モジュール363は、ステップS313において、図16(a)に示した入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q に対し式(8)を用い、傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分を計算する。そして、ステップS313において、計算した $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分と、ステップS312において計算した第1行及び第1列の成分とを図16(b)に示すように合成する。

(f) PPHLCT回路36aの量子化誤差計算モジュール364は、ステップS314において、式(12)を用いて量子化誤差 d_k を計算する。

(g) 更に、PPHLCT回路36aの量子化誤差補正モジュール365は、ステップS315において、 $|d_k| \leq Q_k/2$ ならば、図16(c)に示すように入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を $F_k^Q + d_k$ で置き換える。 $|d_k| > Q_k/2$ ならば、何もしないで、入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q をそのまま採用する。

[0094] (h) この様にして、デコーダ2PのPPHLCT回路36aは、入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q に対し、ブロック毎にIDCTを適用し、多値画像データを推定し、ステップS316において、デコーダ2Pのブロック貼り合わせ回路24に多値画像データを出力する。

[0095] (i) デコーダ2Pのブロック貼り合わせ回路24は、IDCT処理の結果得られた多値画像データを用いて、ステップS304において、各ブロックを図3に示すように、貼り合わせる。ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。

[0096] 第2の実施の形態に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムの計算コストには、第1の実施の形態で説明したフルモードデータ圧縮・伸張システムと比較し、量子

化誤差 d_k の計算に要するコストが新たに含まれる。式(12)より、量子化誤差 d_k の計算コストは、1ブロックあたり $3N^2$ 回の比較処理に要するコストである。

[0097] 図15に示した一連のデータ伸張処理は、図15と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図13に示したデコーダ2Pを制御して実行出来る。このプログラムは、本発明のデコーダ2Pを構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をデコーダ2Pのプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ伸張処理を実行することができる。

[0098] 即ち、本発明の第2の実施の形態に係るデータ伸張プログラムは、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデコーダ2Pに、

(a) 圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化された量子化誤差 F^Q をブロック領域毎に得る命令；

(b) 対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数 U^Q を、逆量子化された量子化誤差 F^Q から計算する命令；

(c) 傾き相殺関数のDCT係数 U^Q から量子化誤差 d を計算する命令；

(d) この量子化誤差 d を用いて、逆量子化された量子化誤差 F^Q を補正し、入力信号のDCT係数のより良い近似を求める(入力信号の量子化誤差を近似的に推定する)命令；

(e) 上記の入力信号のDCT係数のより良い近似(近似的に復元された入力信号のDCT係数)から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；

(f) ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定する命令とを含む一連の命令を実行させる。

[0099] ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、第1の実施の形態に係るデータ圧縮プログラムで説明したような、コンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができる媒体などを意味する。例えば、デコーダ2Pの本体は、フレキシブルディス

ク装置(フレキシブルディスクドライブ)及び光ディスク装置(光ディスクドライブ)を内蔵若しくは外部接続するように構成出来る。更に、インターネット等の情報処理ネットワークを介して、このプログラムをプログラム記憶装置に格納することが可能である。

[0100] (第2の実施の形態の変形例)

第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムは、図13に示した第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、送信側端末5Pが、JPEG標準方式に従いエンコードされた圧縮データを伝送路32を介して、受信側端末6Pに伝送し、受信側端末6Pにのみ多重調和・局所コサイン逆変換を適用することによって量子化によって失われた情報を推定する部分モードのデータ圧縮・伸張システムである。

[0101] 図13に示した第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、第2の実施の形態の変形例に係る部分モードのデータ圧縮・伸張システムの受信側端末6Pは、多重調和・局所コサイン逆変換を適用するデコーダ2P、出力側フレームメモリ25、ディスプレイ27、表示回路26、受信回路33、受信側量子化テーブル記憶装置29、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28を備えるが、多重調和・局所コサイン逆変換を適用するデコーダ2Pは、ブロック歪み除去機能を有する点で、図13に示したデータ圧縮・伸張システムとは異なる。

[0102] 「ブロック歪」とは、特に低符号化レート(ビットレート)での圧縮処理を経て再構成された画像のブロック境界に生じる歪であり、原画像では本来滑らかであったはずの部分にも現れるため、非常に観測者の目に付く歪である。第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムでは、次式の2次曲面を各々のデータブロックに加算し、ブロック歪を軽減する方法を提供する:

[数23]

$$\begin{aligned}
p(x, y) &:= (\alpha y - 1)(y - 1) \frac{\delta^{(1)}}{2} - (\alpha(1 - y) - 1)y \frac{\delta^{(2)}}{2} \\
&\quad + (\alpha x - 1)(x - 1) \frac{\delta^{(3)}}{2} - (\alpha(1 - x) - 1)x \frac{\delta^{(4)}}{2},
\end{aligned} \tag{13}$$

ただし、 $\alpha = (6N^2)/(2N^2 + 1)$ および

$$\begin{aligned}
\delta^{(1)} &= \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k (F_{0,k}^{(0,-1)Q} \cos \pi k - F_{0,k}^Q), \\
\delta^{(2)} &= \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k (F_{0,k}^{(0,1)Q} - F_{0,k}^Q \cos \pi k), \\
\delta^{(3)} &= \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k (F_{k,0}^{(-1,0)Q} - F_{k,0}^Q \cos \pi k), \\
\delta^{(4)} &= \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k (F_{k,0}^{(1,0)Q} - F_{k,0}^Q \cos \pi k).
\end{aligned}$$

[0103] 2次曲面 $p(x, y)$ を隣接するデータブロックにそれぞれ加えた場合、ブロック歪は境界平均の意味で取り除かれる。2次曲面 p のDCT係数は、

[数24]

$$P_{k_1, k_2} = \begin{cases} 0 & \text{if } k_1 = k_2 = 0; \\ \sqrt{N} (\gamma_{k_1} \delta^{(3)} - \gamma_{k_1}^* \delta^{(4)}) & \text{if } k_1 \neq 0 = k_2; \\ \sqrt{N} (\gamma_{k_2} \delta^{(1)} - \gamma_{k_2}^* \delta^{(2)}) & \text{if } k_1 = 0 \neq k_2; \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \tag{14}$$

となる。ただし、

$$\begin{aligned}
\gamma_k &:= \lambda_k \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} \{(\alpha x_i - 1)(x_i - 1)\} \cos \pi k x_i, \\
\gamma_k^* &:= \lambda_k \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} \{(\alpha(1 - x_i) - 1)x_i\} \cos \pi k x_i.
\end{aligned}$$

[0104] 即ち、第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムのデコーダ2Pは、図13に示した第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、エントローピー復号化回路21、逆量子化回路22、PPHLCT回路36b、ブロック貼り合わせ回路24を備えるが、PPHLCT回路36bが、図17に示すように、DCT係数入力モジュール361と、第1相殺関数DCT係数計算モジュール362と、第2相殺関数DCT係

数計算モジュール363と、量子化誤差計算モジュール364と、2次曲面DCT係数計算モジュール366と、2次曲面量子化誤差補正モジュール367とを備える点で、図14に示した第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムのPPHLCT回路36aとは異なる。

[0105] 送信側端末5Pの撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13及び受信側端末6Pの表示回路26、ディスプレイ27及び出力側フレームメモリ25等は、第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様で良いので重複した説明を省略する。

[0106] 図18に示すフローチャートを用いて、本発明の第2の実施の形態の変形例に係るPPHLCT回路36bを用いたデータ伸張方法を説明する。ステップS301及びステップS302は、図15に示したフローチャートと同様であるので、重複した説明を省略し、第2の実施の形態の変形例では、図15に示したフローチャートのステップS303に対応して、入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を推定する処理、即ち、ステップS302以降で、ステップS304の直前までの処理について説明する。

[0107] (a)第2の実施の形態の変形例に係るPPHLCT回路36bのDCT係数入力モジュール361は、ステップS321において、図19(a)に示すように、対象となる中央のデータブロック、及び対象となるデータブロックの上下左右に隣接する4つのデータブロックの各々に入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を入力する。

(b)PPHLCT回路36bの第1相殺関数DCT係数計算モジュール232は、ステップS322において、式(9)を用い、 $V_{0,0}^Q (=F_{0,0}^Q)$ から傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の第1行及び第1列の成分を計算する。

(c)PPHLCT回路36bの第2相殺関数DCT係数計算モジュール233は、ステップS323において、図19(a)に示した入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q に対し式(8)を用い、傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q の $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分を計算する。そして、ステップS323において、計算した $k_1 \cdot k_2 > 0$ 成分と、ステップS322において計算した第1行及び第1列の成分とを図19(b)に示すように合成する。

(d)PPHLCT回路36bの量子化誤差計算モジュール364は、ステップS324において、式(12)を用いて量子化誤差 d_k を計算する。

- [0108] (e) PPHLCT回路36bの2次曲面DCT係数計算モジュール366は、ステップS325において、式(14)を用いて2次曲面 p のDCT係数 P_k を、図19(c)に示すように計算する。そして、図19(d)に示すように、2次曲面DCT係数計算モジュール366は、傾き相殺関数 u のDCT係数 U_k^Q に2次曲面 p のDCT係数 P_k を加算する。
- [0109] (f) 更に、PPHLCT回路36bの2次曲面量子化誤差補正モジュール367は、ステップS326において、 $|d_k + P_k| \leq Q/2$ ならば、図19(e)に示すように入力画像の逆量子化後のDCT係数 F_k^Q を $F_k^Q + d_k + P_k$ で置き換える。 $|d_k + P_k| > Q/2$ ならば、図19(f)に示すように、何もしないで、 $U_k^Q + P_k$ をそのまま採用する。
- [0110] (g) この様にして、デコーダ2PのPPHLCT回路36bは、入力画像の逆量子化後のDCT係数 F^Q に対し、ブロック毎にIDCTを適用し、多値画像データを推定し、ステップS327において、デコーダ2Pのブロック貼り合わせ回路24に多値画像データを出力する。
- [0111] 第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムによって付加されるコストは、2次曲面 p のDCT係数 P_k の計算に要するコストであり、1ブロックあたり $O(N)$ で評価される。
- 図18に示した一連のデータ伸張処理は、図18と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図13に示したデコーダ2Pを制御して実行出来る。このプログラムは、本発明のデコーダ2Pを構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をデコーダ2Pのプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ伸張処理を実行することができる。
- [0112] 即ち、本発明の第2の実施の形態の変形例に係るデータ伸張プログラムは、入力情報が複数のブロック領域に等分割され、ブロック領域毎に入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、入力情報を推定するデコーダ2Pに、
- (a) 圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化された量子化誤差 F^Q をブロック領域毎に得る命令；
- (b) 対象ブロック領域と、この対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、対象ブロック領域における入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数

のDCT係数 U^Q を、逆量子化された量子化誤差 F^Q から計算する命令；

(c)傾き相殺関数のDCT係数 U^Q から量子化誤差 d を計算する命令；

(d)ブロック歪みを軽減する2次曲面を隣接するブロック領域に加え、2次曲面のDCT係数 P^Q を計算する命令；

(e)量子化誤差 d と2次曲面のDCT係数 P^Q を用いて、逆量子化された量子化誤差 F^Q を補正し、入力信号のDCT係数のより良い近似を求める(入力信号のDCT係数を近似的に推定する)命令；

(f)上記の入力信号のDCT係数のより良い近似(近似的に推定された入力信号のDCT係数)から、入力信号をブロック領域毎に得る命令；

(g)ブロック領域毎の入力信号を互いに貼り合わせ、入力情報を推定する命令
とを含む一連の命令を実行させる。

[0113] ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、第1の実施の形態に係るデータ圧縮プログラムで説明したような、コンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができる媒体などを意味する。

[0114] フルモード多重調和・局所コサイン変換(PHLCT)を用いた第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム、及びブロック歪み除去機能を有する部分モード多重調和・局所コサイン変換(PPHLCT)を用いた第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システムの性能を、定量的、視覚的、両面から従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムの性能と比較して評価する。定量的評価には、以下の2種類の指標を用いる。

[0115] (a)ピーク信号対ノイズ比(PSNR:Peak Signal to Noise Ratio)：

「PSNR」は、2乗誤差を入力信号のピーク値で正規化することによって得られる誤差評価指標であり、次式で定義される：

[数25]

$$20 \log_{10} \left(\max_{(x,y) \in \Omega} |f^Q(x,y)| / RMSE \right),$$

[0116] 上式の Ω は、一枚の画像全体を表す領域、 f^Q は再構成画像データ、RMSE (root mean-squared error) は原画像と再構成画像の2乗平均平方根誤差を表す。単位は(dB)であり、その値が大きいほど、良好な結果とみなす。

[0117] (b) 平均構造類似 (MSSIM: mean Structural SIMilarity) :

画像情報に特有の幾何学的構造、即ち、一般に、一枚の画像は有限個のオブジェクトから構成されていることに着目し、原画像と再構成画像の局所的な類似性に重みを付加した誤差評価指標である。MSSIMの値が大きいほど良好な結果とみなし、その最大値は1である。PSNRと比較し、より視覚的評価に近い結果を与えるものと考えられる。

[0118] 量子化時に必要となる量子化テーブルとしては、表2に示すJPEG形式で最も標準的に用いられる輝度用量子化テーブルを用いる。

[表2]

(表 2)

	$k_2 = 0$	$k_2 = 1$	$k_2 = 2$	$k_2 = 3$	$k_2 = 4$	$k_2 = 5$	$k_2 = 6$	$k_2 = 7$
$k_1 = 0$	16	11	10	16	24	40	51	61
$k_1 = 1$	12	12	14	19	26	58	60	55
$k_1 = 2$	14	13	16	24	40	57	69	56
$k_1 = 3$	14	17	22	29	51	87	80	62
$k_1 = 4$	18	22	37	56	68	109	103	77
$k_1 = 5$	24	35	55	64	81	104	113	92
$k_1 = 6$	49	64	78	87	103	121	120	101
$k_1 = 7$	72	92	95	98	112	100	103	99

[0119] 又、符号化アルゴリズムには、ハフマン符号化アルゴリズムを用いている。試験用の原画像としては、図20(a)に示すレナ(Lenna)及び図20(b)に示すバーバラ(Barbara)を使用する。レナ及びバーバラは、画像処理システムの性能評価に標準的に用いられる原画像である。

[0120] 図21(a)は、横軸に符号化レート(ビットレート)、縦軸に原画像を図20(a)に示すレナを用いた場合のMSSIMの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。図21(a)において、「PHLCT」は第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム、「PPHLCT」は第2の実施の形態の変形例に係るデータ圧縮・伸張システム、「DCT」は従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムの性能を示す。この表記は、図21(b)、図22(a)、図22(b)、図23(a)及び図23(b)等でも同様である。

[0121] 図21(b)は、横軸に符号化レート、縦軸に原画像としてレナを用いた場合のPSNRの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。図21(a)及び図21(b)は、原画像レナの場合の同一の符号化レート(圧縮レート)に対する再構成画像の精度を、第1の実施の形態(PHLCT)、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)及び従来技術(DCT)について、定量的に評価している。

[0122] 図22(a)は、横軸に符号化レート、縦軸に原画像を図20(b)に示すバーバラを用いた場合のMSSIMの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。図22(b)は、横軸に符号化レート、縦軸に原画像としてバーバラを用いた場合のPSNRの値を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。図22(a)及び図22(b)は、原画像バーバラの場合の同一の符号化レート(圧縮レート)に対する再構成画像の精度を、第1の実施の形態(PHLCT)、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)及び従来技術(DCT)について、定量的に評価している。

[0123] 図21(a)、図21(b)、図22(a)及び図22(b)の結果から次の2点が読み取れる；

(a) PHLCTを適用した場合MSSIM及びPSNRともに、従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムからの改善がみられる；

(b) PPHLCTを適用した場合PSNRの値は、従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムからほとんど改善されていないが、MSSIMについては低符

号化レート時に、従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムからの改善がみられる。

[0124] 次に、図23(a)は、原画像レナの場合において、横軸にPSNR、縦軸にDCT(JPEG標準方式)に対する符号化レート(圧縮レート)の削減率をとり、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものであり、図23(b)は、原画像バーバラの場合において、横軸にPSNR、縦軸にDCT(JPEG標準方式)に対する符号化レート(圧縮レート)の削減率をとり、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。

[0125] 図23(a)及び図23(b)は、再構成画像がPSNRの意味で等価な精度を持つために必要な符号化レート(圧縮レート)を、第1の実施の形態(PHLCT)及び第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)について、従来技術(DCT)の場合の性能と比較して示したものである。削減率が高ければ、それだけ情報が節約されたものとみなせる。単位は%で表示している。

[0126] 更に、視覚的評価として、符号化レート(圧縮レート)0.15bppにおける再構成画像を図24(a)～図24(f)に示す。図24(a)は、原画像レナの場合において、従来技術に係るJPEG標準方式のDCTを適用した場合のPSNR=28.70dBにおける再構成画像、図24(b)は、原画像レナの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=28.89dBにおける再構成画像、図24(c)は、原画像レナの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=29.50dBにおける再構成画像を示す。

[0127] 一方、図24(d)は、原画像バーバラの場合において、通常のDCT(JPEG標準方式)を適用した場合のPSNR=23.58dBにおける再構成画像、図24(e)は、原画像バーバラの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=23.70dBにおける再構成画像、図24(f)は、原画像バーバラの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=24.01dBにおける再構成画像を示す。

[0128] 図24(a)～図24(f)は、図20(a)に示すレナ及び図20(b)に示すバーバラの全体

の画像を、0.15bppで圧縮したものであるが、図24(a)～図24(f)では、視覚的比較の材料として、画像全体ではなく、画像内で最も観測者の注意を引く顔の周囲のみを抽出して表示している。ブロック歪の軽減などは明らかであり、視覚的評価としても第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの、従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムに対する有利な効果は確認出来る。

[0129] 又、同様な視覚的評価として、符号化レート(圧縮レート)0.3bppにおける再構成画像を図25(a)～図25(f)に示す。図25(a)は、原画像レナの場合において、従来技術に係るJPEG標準方式のDCTを適用した場合のPSNR=32.22dBにおける再構成画像、図25(b)は、原画像レナの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=32.36dBにおける再構成画像、図25(c)は、原画像レナの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=32.801dBにおける再構成画像を示す。

[0130] 一方、図25(d)は、原画像バーバラの場合において、通常のDCT(JPEG標準方式)を適用した場合のPSNR=25.66dBにおける再構成画像、図25(e)は、原画像バーバラの場合において、第2の実施の形態の変形例(PPHLCT)を適用した場合のPSNR=25.70dBにおける再構成画像、図25(f)は、原画像バーバラの場合において、第1の実施の形態(PHLCT)を適用した場合のPSNR=26.06dBにおける再構成画像を示す。

[0131] 図25(a)～図25(f)は、図20(a)に示すレナ及び図20(b)に示すバーバラの全体の画像を、0.3bppで圧縮したものであるが、図25(a)～図25(f)では、視覚的比較の材料として、画像全体ではなく、画像内で最も観測者の注意を引く顔の周囲のみを抽出して表示している。ブロック歪の軽減などは明らかであり、視覚的評価としても第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの、従来技術に係るJPEG標準方式のデータ圧縮・伸張システムに対する有利な効果は確認出来る。

[0132] (第3の実施の形態)

第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、ブロック境界における原画像の傾きを境界条件とするポアソン方程式の解を用いた画像圧縮効果の改善方法について述べてきた。第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張

システム方法では、DCT係数の第1行・列成分のみからきまる境界条件下でのポアソン方程式の近似解を用いるため、計算コストは小さく、アルゴリズムも比較的単純であった。

- [0133] 一方、第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、第1行・列成分のみならず、更に高次の成分をも利用する導関数整合・局所コサイン変換(DMLCT: Derivative Matching Local Cosine Transform)を用いたデータ圧縮・伸張方法を提供する。第1行・列成分のみを用いる場合と比較し、計算コストは大きく、アルゴリズムも複雑になるが、より高い圧縮効果を実現しうることを数値実験から確認している。
- [0134] 即ち、図26に示すように、本発明の第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムは、送信側端末5dと、送信側端末5dから送られてきた圧縮データを伝送する伝送路32と、伝送路32を介して送信側端末5dから送られてきた圧縮された圧縮データを受信し、この圧縮データを伸張し、伸張された画像データを表示する受信側端末6dとを備える基本構成においては、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様である。
- [0135] 送信側端末5dは、導関数整合・局所コサイン変換(DMLCT)を用いたエンコーダ1d、撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13、送信回路31、送信側量子化テーブル記憶装置18、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19を備える点で、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムとは異なる。DMLCTを用いたエンコーダ1dは、ブロック分割回路14、DMLCT回路37、量子化回路16、エントロピー符号化回路17を備える。
- [0136] 受信側端末6dは、導関数整合・局所コサイン逆変換(IDMLCT)を用いたデコーダ2d、出力側フレームメモリ25、ディスプレイ27、表示回路26、受信回路33、受信側量子化テーブル記憶装置29、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28を備える点で、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムとは異なる。IDMLCTを用いたデコーダ2dは、エントロピー復号化回路21、逆量子化回路22、IDMLCT回路38、ブロック貼り合わせ回路24を備える。
- [0137] 送信側端末5dの撮像デバイス11、信号処理回路12、入力側フレームメモリ13及び受信側端末6dの表示回路26、ディスプレイ27及び出力側フレームメモリ25等は

、第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様で良いので重複した説明を省略する。

[0138] 図26において、入力側フレームメモリ13から読み出された1画面ずつの画像データは、エンコーダ1dへ転送される。エンコーダ1dにおいては、ブロック分割回路14により、1画面の画像データがJPEG方式の規格によって定められた 8×8 画素の複数のブロックに分割され(図4参照。)、DMLCT回路37において、各ブロック毎に多値画像データの圧縮処理が行われる。即ち、DMLCT回路37は、図27(a)に示すように、1次元DMLCT計算モジュール371とテンソル積計算モジュール372とを備える。そして、1次元DMLCT計算モジュール371は、入力画像のDCT係数計算モジュール(入力信号のDCT係数計算モジュール)711と、上限設定モジュール712と、第1残差計算モジュール713と、第2残差計算モジュール714とを備える。DMLCT回路37は、ブロック分割回路14から、1画面の画像データを図3に示すような1ブロック単位で取り込み、その画像データに対して導関数整合・局所コサイン変換(DMLCT)を実行する(DMLCT回路37の詳細は、後述する。)

[0139] 量子化回路16は、DMLCT回路37から供給された残差 $V=F-U$ のDCT係数を、送信側量子化テーブル記憶装置18に格納されている量子化しきい値を参照して量子化する。量子化回路16で得られた量子化係数は、ジグザグスキャンと言われる走査順に取り出され、エントロピー符号化回路17に入力される。エントロピー符号化回路17は、量子化回路16にて量子化されたDCT係数を、送信側ハフマン符号テーブル記憶装置19に格納されているハフマン符号を参照して可変長符号化することにより、圧縮データをブロック単位で生成する。エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、送信回路31を介して、伝送路32に転送される。

[0140] 伝送路32を介して送信側端末5dから送られてきた圧縮データは、受信側端末6dの受信回路33が受信する。受信回路33を介して入力された圧縮データは、IDMLCTを用いたデコーダ2dのエントロピー復号化回路21へ転送される。エントロピー復号化回路21は、受信回路33を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、受信側ハフマン符号テーブル記憶装置28に格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化することにより、伸張データをブロック単位で生成する。逆量子化回

路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データを、受信側量子化テーブル記憶装置29に格納されている量子化しきい値を参照して逆量子化することにより、DCT係数を生成する。

[0141] IDMLCT回路38は、図27(b)に示すように、テンソル展開モジュール381と、1次元IDMLCT計算モジュール382とを備える。1次元IDMLCT計算モジュール382は、1次元ブロック残差入力モジュール821と、第1補間多項式DCT係数計算モジュール822と、第2補間多項式DCT係数計算モジュール823と、入力画像のDCT係数近似・復元モジュール824とを備える。IDMLCT回路38は、逆量子化回路22の生成したDCT係数に対して導関数整合・局所コサイン逆変換(IDMLCT)を行う(IDMLCT回路38の詳細は、後述する。)。IDMLCT回路38にて導関数整合・局所コサイン逆変換が行われたブロック単位の伸張データは、ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられ、1画面ずつのデータになる。

[0142] ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。そして、出力側フレームメモリ25は、デコーダ2dから転送されてきた1画面ずつの画像データを書き込んで記憶する。又、表示回路26は、デコーダ2dから転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成し、その画像信号はディスプレイ27上で被写体画像として表示する。

DMLCT回路37及びIDMLCT回路38を説明する前に、DMLCT回路37の1次元DMLCT計算モジュール371及びIDMLCT回路38の1次元IDMLCT計算モジュール382で処理される1次元信号を対象としたデータ圧縮・伸張方法について説明する。2次元の信号、即ち画像圧縮については、DMLCT回路37のテンソル積計算モジュール372によって、1次元信号に関する画像圧縮方法のテンソル積が計算され、処理される。又、2次元の信号の画像伸張については、IDMLCT回路38のテンソル展開モジュール381によって、テンソル積が1次元信号に関する画像圧縮方法に展開され、処理される。

[0143] 先ず、1次元DMLCT計算モジュール371及び1次元IDMLCT計算モジュール382での処理における数学的定式化を説明するに際し、区間 $[0, 1]$ で定義された十分滑らかな入力信号関数 $f(x)$ を考える。区間 $[0, 1]$ における入力信号関数 $f(x)$ の1次

元DCT係数は、次式で与えられる:

[数26]

$$F_k = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{\ell=0}^{N-1} f\left(\frac{2\ell+1}{2N}\right) \cos\left(\pi k \frac{2\ell+1}{2N}\right), \quad k = 0, 1, \dots, N-1. \quad (15)$$

[0144] 右辺の級数項を、区間[0, 1]上のN 個のサンプリングデータによる $f(x)\cos \pi kx$ の数値積分とみなすと、

[数27]

$$F_k = \sqrt{2N} \int_0^1 f(x) \cos \pi kx \, dx + O(N^{-3}), \quad k = 0, 1, \dots, N-1.$$

[0145] 更に $k > 0$ の場合、右辺に部分積分を適用することによって次式を得る:

[数28]

$$\begin{aligned} F_k &= \sqrt{2N} \int_0^1 f(x) \cos \pi kx \, dx + O(N^{-3}) \\ &= -\frac{\sqrt{2N}}{\pi k} \left\{ \int_0^1 \frac{df}{dx}(x) \sin \pi kx \, dx - \left[f(x) \sin \pi kx \right]_0^1 \right\} + O(N^{-3}) \\ &= -\frac{\sqrt{2N}}{\pi k} \int_0^1 \frac{df}{dx}(x) \sin \pi kx \, dx + O(N^{-3}), \quad k = 1, \dots, N-1. \end{aligned}$$

[0146] 第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、端点のみで入力信号関数 $f(x)$ の傾き相殺関数 $u(x)$ を考え、残差 $v(x)=f(x)-u(x)$ のDCT係数

[数29]

$$V_k = -\frac{\sqrt{2N}}{\pi k} \int_0^1 \frac{dv}{dx}(x) \sin \pi kx \, dx + O(N^{-3}), \quad k = 1, \dots, N-1 \quad (16)$$

[0147] の収束速度が $O(k^{-4})$ となることを利用して圧縮効果の改善を試みた。第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張方法は、端点近傍でのギブス(Gibbs)現象の回

避方法として非常に有効であったが、一方、残差の量子化誤差 V_k に対する評価式(16)は、残差の量子化誤差 V_k の値が端点のみならず内部の $dv/dx(x)$ の振る舞いにも大きく依存することを示している。

[0148] 第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、新たな u 成分として、区間 $[0,1]$ 上に等間隔に設定された両端点を含む n 個の拘束点
[数30]

$$x_{n,i} := \frac{i}{n-1}, \quad i = 0, \dots, n-1,$$

[0149] においても入力信号関数 $f(x)$ の傾きを相殺する、即ち、条件
[数31]

$$\frac{du}{dx}(x_{n,i}) = \frac{df}{dx}(x_{n,i}), \quad i = 0, \dots, n-1. \quad (17)$$

[0150] を満足する n 次補間多項式
[数32]

$$u(x) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{df}{dx}(x_{n,i}) L_{n,i}(x) + c, \quad (18)$$

[0151] を用いる。式(18)の右辺第2項の c は適当な定数、右辺第1項の $L_i(x)$ は i 番目のラグランジュ(Lagrange)多項式の原始関数
[数33]

$$L_{n,i}(x) := \int \frac{\prod_{j=0}^{n-1} (j \neq i) (x - x_{n,j})}{\prod_{j=0}^{n-1} (j \neq i) (x_{n,i} - x_{n,j})} dx$$

[0152] である。

[0153] 第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムにおける圧縮効果は、補間多

項式 $u(x)$ の近似精度に依存する。厳密な精度評価は困難であるが、例えば
[数34]

$$\begin{aligned} V_k &= -\frac{\sqrt{2N}}{\pi k} \int_0^1 \frac{d(f-u)}{dx}(x) \sin \pi k x dx + O(N^{-3}) \\ &= -\frac{\sqrt{2N}}{\pi k} \cdot \frac{1}{n!} \int_0^1 \prod_{i=0}^{n-1} (x - x_{n,i}) \frac{d^{n+1}f}{dx^{n+1}}(\xi(x)) \sin \pi k x dx + O(N^{-3}). \end{aligned}$$

[0154] を満足する $\xi(x) \in (0, 1)$ が存在することは容易に導かれる。

[0155] 第1及び第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの議論と同様に、実際に残差の量子化誤差 V_k を構成するためには、補間多項式 $u(x)$ のDCT係数 $U_k (k > 0)$ が必要となる。関数 $u(x)$ の定義式(18)より、補間多項式 $u(x)$ のDCT係数 U_k は次式で与えられる:

[数35]

$$\begin{aligned} U_k &= \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{\ell=0}^{N-1} \left\{ \sum_{i=0}^{n-1} \frac{df}{dx}(x_{n,i}) L_{n,i} \left(\frac{2\ell+1}{2N} \right) \right\} \cos \left(\pi k \frac{2\ell+1}{2N} \right) \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} \frac{df}{dx}(x_{n,i}) \left\{ \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{\ell=0}^{N-1} L_{n,i} \left(\frac{2\ell+1}{2N} \right) \cos \left(\pi k \frac{2\ell+1}{2N} \right) \right\} \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} w_{k,n,i} \frac{df}{dx}(x_{n,i}), \quad k = 1, \dots, N-1, \end{aligned} \quad (19)$$

ただし

$$w_{k,n,i} := \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{\ell=0}^{N-1} L_{n,i} \left(\frac{2\ell+1}{2N} \right) \cos \left(\pi k \frac{2\ell+1}{2N} \right). \quad (20)$$

[0156] 式(20)に示した係数 $w_{k,n,i}$ の値は、入力信号関数 $f(x)$ とは無関係に計算可能である。

拘束点 $x_{n,i}$ における導関数 $df/dx(x_{n,i})$ の計算に関しては、以下で述べるように、入力信号関数 $f(x)$ の差分を適用する。まず、入力信号関数 $f(x)$ の定義域を $[0, 1]$ から $[-1, 2]$ に拡張する。即ち、区間 $[0, 1]$ だけでなくその周囲においても入力信号関数 $f(x)$ が定義されているものとする。これに伴い $x_{n,i}$ を次式で再定義する:

[数36]

$$x_{n,i} := \frac{i}{n-1}, \quad i = -1, 0, \dots, n-1, n.$$

[0157] 拘束点における導関数の計算には、差分近似

[数37]

$$\begin{aligned} \frac{df}{dx}(x_{n,i}) &\simeq (n-1) \left\{ f\left(\frac{x_{n,i} + x_{n,i+1}}{2}\right) - f\left(\frac{x_{n,i-1} + x_{n,i}}{2}\right) \right\} \\ &= (n-1) \left\{ f\left(\frac{2i+1}{2(n-1)}\right) - f\left(\frac{2i-1}{2(n-1)}\right) \right\}, \quad i = 0, \dots, n-1. \end{aligned} \quad (21)$$

[0158] を適用する。ここでDCT係数 F_k を用いると、

[数38]

$$\begin{aligned} f\left(\frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right) &= \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k F_k \cos\left(\pi k \frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right) \\ &= \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{n-2} \lambda_k F_k \cos\left(\pi k \frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right) + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=n}^{N-1} \lambda_k F_k \cos\left(\pi k \frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right). \end{aligned} \quad (22)$$

[0159] である。上式の導出については、 $k=n-1$ のとき

[数39]

$$\cos\left(\pi k \frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right) = \cos\left(\pi \frac{2i \pm 1}{2}\right) = 0, \quad \forall i \in \mathbb{Z}.$$

[0160] となることから明らかである。第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムでは、低次のDCT係数にのみ着目し、式(22)を以下のように近似する：

[数40]

$$f\left(\frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right) \simeq \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{n-2} \lambda_k F_k \cos\left(\pi k \frac{2i \pm 1}{2(n-1)}\right). \quad (23)$$

[0161] 即ち、式(21)の近似値として $F_0, \dots, F_{n-2}$ からきまる

[数41]

$$\frac{df}{dx}(x_{n,i}) \simeq \begin{cases} (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{n-2} \lambda_k \left(F_k \cos\left(\pi k \frac{1}{2(n-1)}\right) - F_k^{(-1)} \cos\left(\pi k \frac{-1}{2(n-1)}\right) \right) & \text{if } i = 0, \\ (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{n-2} \lambda_k F_k \left(\cos\left(\pi k \frac{2i+1}{2(n-1)}\right) - \cos\left(\pi k \frac{2i-1}{2(n-1)}\right) \right) & \text{if } i = 1, \dots, n-2, \\ (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{n-2} \lambda_k \left(F_k^{(1)} \cos\left(\pi k \frac{2(n-1)+1}{2(n-1)}\right) - F_k \cos\left(\pi k \frac{2(n-1)-1}{2(n-1)}\right) \right) & \text{if } i = n-1, \end{cases} \quad (24)$$

[0162] を用いる。ここで、 $F_k^{(-1)}$ 及び $F_k^{(1)}$ はそれぞれ区間 $[-1, 0]$, $[1, 2]$ における入力信号関数 $f(x)$ のDCT係数を表す。更に式(24)を式(19)に代入することによって、補間多項式 $u(x)$ のDCT係数 U_k に関して以下の近似式を得る:

[数42]

$$\begin{aligned} U_k &\simeq U_k^{(n)} := (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \left\{ w_{k,n,0} \sum_{j=0}^{n-2} \lambda_j \left(F_j \cos\left(\pi j \frac{1}{2(n-1)}\right) - F_j^{(-1)} \cos\left(\pi j \frac{-1}{2(n-1)}\right) \right) \right. \\ &\quad + \sum_{i=1}^{n-2} w_{k,n,i} \sum_{j=0}^{n-2} \lambda_j F_j \left(\cos\left(\pi j \frac{2i+1}{2(n-1)}\right) - \cos\left(\pi j \frac{2i-1}{2(n-1)}\right) \right) \\ &\quad \left. + w_{k,n,n-1} \sum_{j=0}^{n-2} \lambda_j \left(F_j^{(1)} \cos\left(\pi j \frac{2(n-1)+1}{2(n-1)}\right) - F_j \cos\left(\pi j \frac{2(n-1)-1}{2(n-1)}\right) \right) \right\} \\ &= (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{j=0}^{n-2} \lambda_j \left\{ w_{k,n,0} \cos\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right) (F_j - F_j^{(-1)}) \right. \\ &\quad - 2 \sin\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right) \sum_{i=1}^{n-2} w_{k,n,i} \sin\left(\frac{\pi i j}{(n-1)}\right) F_j \\ &\quad \left. + w_{k,n,n-1} (-1)^j \cos\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right) (F_j^{(1)} - F_j) \right\} \\ &= \sum_{j=0}^{n-2} \left\{ W_{k,n,j}^{(a)} (F_j - F_j^{(-1)}) + W_{k,n,j}^{(b)} F_j + W_{k,n,j}^{(c)} (F_j^{(1)} - F_j) \right\}, \end{aligned} \quad (25)$$

ただし

$$\begin{aligned} W_{k,n,j}^{(a)} &= (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \lambda_j w_{k,n,0} \cos\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right), \\ W_{k,n,j}^{(b)} &= -2(n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \lambda_j \sin\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right) \sum_{i=1}^{n-2} w_{k,n,i} \sin\left(\frac{\pi i j}{(n-1)}\right), \\ W_{k,n,j}^{(c)} &= (n-1)\sqrt{\frac{2}{N}} \lambda_j w_{k,n,n-1} (-1)^j \cos\left(\frac{\pi j}{2(n-1)}\right). \end{aligned}$$

[0163] 明らかに、係数 $W_{k,n,j}^{(a)}$, $W_{k,n,j}^{(b)}$, 及び $W_{k,n,j}^{(c)}$ は入力信号関数 $f(x)$ とは無関係に計算可

能である。

[0164] 図28に示すフローチャートを用いて、本発明の第3の実施の形態に係るDMLCT回路37を用いたデータ圧縮方法を説明する。なお、以下に述べるデータ圧縮方法は、一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の方法により、実現可能であることは勿論である。

(a) DMLCT回路37の1次元DMLCT計算モジュール371は、ステップS501において、図29(a)に示すように、対象となる中央の1次元データブロック、及び対象となる1次元データブロックの上下に隣接する2つの1次元データブロックの各々に信号を入力する。そして、それぞれの1次元データブロックにDCT処理を適用し、図29(b)に示すように、対象となる中央の1次元データブロック、及び対象となる1次元データブロックの上下に隣接する2つの1次元データブロックのそれぞれに対する入力画像の量子化誤差(入力信号の量子化誤差)Fを計算する。

[0165] (b) DMLCT回路37の上限設定モジュール712は、ステップS502において、拘束点の個数 n に上限 $\bar{n}$ (バー)を設ける。上限 $\bar{n}$ (バー)を設けるのは、経験的に、効果的な n はそれほど大きくなく、又、 n を大きくするに従って計算コストが過大となるためである。なお、本明細書では、 $\bar{n}$ (バー)は、

[数43]

$$\bar{n}$$

[0166] を意味する。

[0167] (c) DMLCT回路37の第1残差計算モジュール713は、式(25)を用いて、図29(c)に示すように、補間多項式 $u(x)$ のDCT係数 U_k を求める。そして、ステップS503において、

[数44]

$$k = 1, \dots, \bar{n} - 1$$

[0168] に対し、図29(c)に示すように、残差

[数45]

$$V_k = F_k - U_k^{(k+1)}$$

[0169] を計算する。

[0170] (d)その後、DMLCT回路37の第2残差計算モジュール714は、ステップS504において、

[数46]

$$k = \overline{n}, \dots, N - 1$$

[0171] に対し、残差

[数47]

$$V_k = F_k - U_k^{(\overline{n})}$$

[0172] を計算する。

[0173] (e)DMLCT回路37のテンソル積計算モジュール372は、ステップS506において、図29(e)に示すように、テンソル積により2次元DCTを計算する。ステップS506における2次元DCTの計算は、入力された2次元信号に対し、例えば、図29(b)のように、1次元DCTを垂直方向に適用した場合は、得られた1次元DCT係数に対し、更に水平方向に1次元DCT処理を適用することによって実現出来る。一方、1次元DCTを水平方向に適用した場合は、得られた1次元DCT係数に対し、更に垂直方向に1次元DCT処理を適用することによって実現出来る。図29(e)に示した残差 $V=F-U$ は、エンコーダ1dの量子化回路16に出力される。

[0174] (f)量子化回路16及びエントロピー符号化回路17における量子化及び符号化の処理は、第1の実施の形態に係るデータ圧縮方法と同様であり、重複した説明を省略する。エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、送信回路31を介して、伝送路32に転送される。

[0175] 図28に示した一連のデータ圧縮処理は、図28と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図26に示したエンコーダ1dを制御して実行出来る。このプログラムは、本発明のエンコーダ1dを構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をエンコーダ1dのプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ圧縮処理を実行することができる。ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、例えばコンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができるような媒体などを意味する。例えば、エンコーダ1dの本体は、フレキシブルディスク装置(フレキシブルディスクドライブ)及び光ディスク装置(光ディスクドライブ)を内蔵若しくは外部接続するように構成出来る。フレキシブルディスクドライブに対してはフレキシブルディスクを、又光ディスクドライブに対してはCD-ROMをその挿入口から挿入し、所定の読み出し操作を行うことにより、これらの記録媒体に格納されたプログラムをエンコーダ1dを構成するプログラム記憶装置にインストールすることができる。更に、インターネット等の情報処理ネットワークを介して、このプログラムをプログラム記憶装置に格納することが可能である。

[0176] 図30に示すフローチャートを用いて、本発明の第3の実施の形態に係るIDMLCT回路38を用いたデータ伸張方法を説明する。なお、以下に述べるデータ伸張方法は、一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の方法により、実現可能であることは勿論である。

[0177] (a)デコーダ2dのエントロピー復号化回路21及び逆量子化回路22における復号化及び逆量子化の処理は、第1の実施の形態に係るデータ圧縮方法と同様であり、重複した説明を省略する。残差 V の量子化誤差 V_k^Q は、IDMLCT回路38のテンソル展開モジュール381に転送される。

[0178] (b)IDMLCT回路38のテンソル展開モジュール381は、ステップS601において、図31(a)の2次元のテンソル積の残差 V_k^Q から1次元の残差 V_k^Q に展開される。1次元に展開された残差 V_k は、図31(b)に示すように、対象となる中央の1次元データブロック、及び対象となる1次元データブロックの上下に隣接する2つの1次元データブロ

ックの各々の画素の位置に入力される。

(c) IDMLCT回路38の第1補間多項式DCT係数計算モジュール822は、式(25)を用いて、図31(c)に示すように、補間多項式 $u(x)$ のDCT係数 $U_k^{(n)Q}$ を求める。 $U_k^{(n)Q}$ は、式(25)において F を F_k^Q で置き換えたものである。そして、ステップS602において、

[数48]

$$k = 1, \dots, \bar{n} - 1$$

[0179] に対し、図31(d)に示すように、順次、

[数49]

$$F_k^Q = U_k^{(k+1)Q} + V_k^Q$$

[0180] を計算する。したがって、

[数50]

$$F_1^Q = U_1^{(2)Q} + V_1^Q,$$

$$F_2^Q = U_2^{(3)Q} + V_2^Q,$$

...

$$F_{\bar{n}-1}^Q = U_{\bar{n}-1}^{(\bar{n})Q} + V_{\bar{n}-1}^Q$$

[0181] と順次復元することができる。

[0182] (d) その後、IDMLCT回路38の第2補間多項式DCT係数計算モジュール823は、ステップS603において、

[数51]

$$k = \overline{n}, \dots, N - 1$$

[0183] に対し、

[数52]

$$F_k^Q = U_k^{(\overline{n})Q} + V_k^Q$$

[0184] を計算する。

[0185] (e) 更に、入力画像のDCT係数近似・復元モジュール824は、ステップS604において、 F_k^Q に対し、ブロック毎にIDCT処理を適用し、多値画像データを復元する。

[0186] (f) デコーダ2dのブロック貼り合わせ回路24は、IDCT処理の結果得られた多値画像データを用いて、各ブロックを貼り合わせる。ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、出力側フレームメモリ25へ転送される。

[0187] 図30に示した一連のデータ圧縮処理は、図30と等価なアルゴリズムのプログラムにより、図26に示したデコーダ2dを制御して実行出来る。このプログラムは、本発明のデコーダ2dを構成するコンピュータシステムのプログラム記憶装置(図示省略)に記憶させれば良い。又、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に保存し、この記録媒体をデコーダ2dのプログラム記憶装置に読み込ませることにより、本発明の一連のデータ圧縮処理を実行することができる。ここで、「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、例えばコンピュータの外部メモリ装置、半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録することができるような媒体などを意味する。例えば、デコーダ2dの本体は、フレキシブルディスク装置(フレキシブルディスクドライブ)及び光ディスク装置(光ディスクドライブ)を内蔵若しくは外部接続するように構成出来る。フレキシブルディスクドライブに対してはフレキシブルディスクを、又光ディスクドライブに対してはCD-ROMをその挿入口から挿入し、所定の読み出し操作を行うことにより、これらの記録媒体に格納されたプログラムをデコーダ2dを構成するプログラム記憶装置にインストールすることができる。

。更に、インターネット等の情報処理ネットワークを介して、このプログラムをプログラム記憶装置に格納することが可能である。

- [0188] 第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの性能を、ポアソン方程式の解を用いた場合である第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと比較する。図32(a)は、原画像レナの場合において、横軸にPSNR、縦軸に第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(PHLCT)及び第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(DMLCT)の符号化レート(圧縮レート)の削減率を示したものである。一方、図32(b)は、原画像バーバラの場合において、横軸にPSNR、縦軸に第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(PHLCT)及び第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(DMLCT)の符号化レート(圧縮レート)の削減率を示したものである。第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムの拘束点の個数 n の上限 $n(\text{バー})$ としては、 $n(\text{バー})=2, 3, 4$ の3通りについて、図32(a)及び図32(b)では、DMLCT(n)と表記している。第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(PHLCT)と比較して第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システム(DMLCT)は計算コストは大きく、アルゴリズムも複雑になるが、より高い圧縮効果を実現しうることが確認出来る。

- [0189] (その他の実施の形態)

上記のように、本発明は第1～第3の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は本発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

- [0190] 既に述べた第1～第3の実施の形態の説明においては、JPEGアルゴリズムを用いた静止画の圧縮・伸張技術に関して例示したが、本発明は静止画の圧縮・伸張技術に限定されるものではなく、MPEGアルゴリズム等を用いた動画の圧縮・伸張技術にも適用可能であることは勿論である。更に、本発明は画像の圧縮・伸張技術に限定されるものではなく、ハイファイオーディオから電話音声に至る音声データの圧縮・伸張技術にも適用可能である。音声データの圧縮・伸張技術においては、音声の周波数を考慮すれば良いので、1次元のデータの圧縮・伸張を行えば良い。

- [0191] 又、第1～第3の実施の形態の説明においては、送信側端末5, 5P, 5dと、送信側端末5, 5P, 5dから送られてきた圧縮データを伝送する伝送路32と、伝送路32を介して送信側端末5から送られてきた圧縮データを受信し、この圧縮データを伸張し、伸張された画像データを表示する受信側端末6, 6P, 6dとを備える構成で説明したが、電子スチルカメラのように、エンコーダ1, 1p, 1dとデコーダ2, 2p, 2dとを同一の装置内に内蔵する電子機器でも構わない。
- [0192] 図33に示すように、本発明の他の実施の形態に係る電子機器(電子スチルカメラ)は、JPEG方式を用いたエンコーダ1、デコーダ2、制御コア回路3、撮像デバイス11、信号処理回路12、フレームメモリ(第1の記憶装置)13c、ディスプレイ27、表示回路26、メモリカード(第2の記憶装置)53、RAM54、入出力回路55、データバス51, 52から構成されている。例えば、エンコーダ1、デコーダ2、制御コア回路3、信号処理回路12、フレームメモリ(第1の記憶装置)13c、表示回路26、データバス51, 52、RAM54等の少なくとも一部を同一半導体チップに集積させた構造でも良い。
- [0193] エンコーダ1は、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、ブロック分割回路14、PHLCT回路15、量子化回路16、エントロピー符号化回路17を備え、デコーダ2も、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、エントロピー復号化回路21、逆量子化回路22、逆PHLCT(IPHLCT)回路23、ブロック貼り合わせ回路24を備える。
- [0194] 撮像デバイス11、信号処理回路12、フレームメモリ(第1の記憶装置)13c、表示回路26、ディスプレイ27等は、基本的に第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様であるが、信号処理回路12の生成した1画面ずつの画像データは、データバス51を介して、フレームメモリ(第1の記憶装置)13c又は表示回路26の少なくともいずれかへ転送される。表示回路26は、データバス51を介して転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成する。ディスプレイ27は、表示回路26の生成した画像信号を被写体画像として表示する。フレームメモリ(第1の記憶装置)13cは書き換え可能な半導体メモリ(例えば、SDRAM、DRAM、ラムバスDRAM等)から構成され、データバス51を介して転送されてきた1画面(1フレーム)毎の画像データを書き込んで記憶すると共に、記憶した画像データを1画面ずつ読み出す。フレ

ームメモリ(第1の記憶装置)13cから読み出された1画面ずつの画像データは、データバス51を介してエンコーダ1へ転送される。エンコーダ1においては、ブロック分割回路14により、1画面の画像データがJPEG方式の規格によって定められた複数のマクロブロックに分割され、その各ブロック毎に圧縮・伸張処理が行われる。

- [0195] PHLCT回路15の詳細な構成の図示は省略するが、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、入力画像のDCT係数計算モジュール(入力信号のDCT係数計算モジュール)151、第1相殺関数DCT係数計算モジュール152、第2相殺関数DCT係数計算モジュール153及び残差計算モジュール154を備え、ブロック分割回路14から、1画面の画像データをブロック単位で取り込み、その画像データに対して多重調和・局所コサイン変換(PHLCT)を実行し、残差 $V = F - U$ の量子化誤差 V_k を出力する。量子化回路16やエントロピー符号化回路17は、第1の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様にRAM18cに記憶された量子化テーブルに格納されている量子化しきい値及びRAM19cに記憶されたハフマンテーブルに格納されているハフマン符号を参照して量子化及び符号化を行う。エントロピー符号化回路17の生成したブロック単位の圧縮データは、データバス52を介して、メモ리카ード(第2の記憶装置)53又は入出力回路55の少なくともいずれかへ転送される。メモ리카ード(第2の記憶装置)53は電子スチルカメラに対して着脱可能に装着されており、メモ리카ード(第2の記憶装置)53内にはフラッシュメモリ53mが設けられている。フラッシュメモリ53mは、データバス52を介して転送されてきた1画面ずつの圧縮データを書き込んで記憶すると共に、記憶した圧縮データを1画面ずつ読み出してデータバス52へ転送する。入出力回路55は、データバス52を介して転送されてきた1画面ずつの圧縮データを、電子スチルカメラに接続された、外部ディスプレイ、パーソナルコンピュータ、プリンタ、等の外部機器へ出力すると共に、外部機器から入力された圧縮データをデータバス52へ転送する。

- [0196] メモ리카ード(第2の記憶装置)53から読み出された圧縮データ又は入出力回路55を介して入力された圧縮データは、データバス52を介してデコーダ2のエントロピー復号化回路21へ転送される。エントロピー復号化回路21は、データバス52を介して転送されてきたブロック単位の圧縮データを、RAM19cに記憶されたハフマンテー

ブルに格納されているハフマン符号を参照して可変長復号化することにより、伸張データをブロック単位で生成する。逆量子化回路22は、エントロピー復号化回路21の生成したブロック単位の伸張データを、RAM18cに記憶された量子化テーブルに格納されている量子化しきい値を参照して逆量子化することにより、残差 $V=F-U$ の逆量子化された量子化誤差 V_k^Q を生成する。逆PHLCT回路23は、逆量子化回路22の生成した逆量子化された量子化誤差 V_k^Q に対して2次元の多重調和・局所コサイン逆変換(IPHLCT)を行う。逆PHLCT回路23にてIPHLCTが行われたブロック単位の伸張データは、ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられ、1画面ずつのデータになる。ブロック貼り合わせ回路24で貼り合わせられた1画面ずつのデータは、データバス51を介してフレームメモリ(第1の記憶装置)13cへ転送される。そして、フレームメモリ(第1の記憶装置)13cは、逆PHLCT回路23からデータバス51を介して転送されてきた1画面ずつの画像データを書き込んで記憶する。又、表示回路26は、デコーダ2からデータバス51を介して転送されてきた1画面ずつの画像データから画像信号を生成し、その画像信号はディスプレイ27上で被写体画像として表示される。

[0197] なお、図33に示した電子スチルカメラの構成において、第2の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、エンコーダ1をJPEG標準方式とし、デコーダ2にのみ多重調和・局所コサイン逆変換を適用して、部分モードのデータ圧縮・伸張システムとすることも可能である。

[0198] 図34に示すように、本発明の更に他の実施の形態に係る電子スチルカメラは、導関数整合・局所コサイン変換(DMLCT)を用いたエンコーダ1d、導関数整合・局所コサイン逆変換(IDMLCT)を用いたデコーダ2d、制御コア回路3、撮像デバイス11、信号処理回路12、フレームメモリ(第1の記憶装置)13c、ディスプレイ27、表示回路26、メモリカード(第2の記憶装置)53、RAM54、入出力回路55、データバス51、52から構成されている。

[0199] エンコーダ1dは、第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に、ブロック分割回路14、DMLCT回路37、量子化回路16、エントロピー符号化回路17を備え、デコーダ2dも、第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムと同様に

、エントロピー復号化回路21、逆量子化回路22、IDMLCT回路38、ブロック貼り合わせ回路24を備える。DMLCT回路37及びIDMLCT回路38の詳細は、第3の実施の形態に係るデータ圧縮・伸張システムで説明した通りであり、それらの詳細な構成やブロック図に示した他の構成の説明は図33に示した電子スチルカメラの説明から理解可能であるので重複した説明は省略する。図34に示すような、DMLCT回路37、IDMLCT回路38を用いた構成とすることにより、図33に示すポアソン方程式の解を用いたPHLCT/IPHLCT方式の場合に比し、計算コストは大きく、アルゴリズムも複雑になるが、より高い圧縮効果を実現出来る。

- [0200] この様に、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

産業上の利用の可能性

- [0201] 本発明の電子機器、データ圧縮方法、データ伸張方法、データ圧縮プログラム及びデータ伸張プログラムは、画像データや音声データを含む種々の情報の圧縮・伸張処理技術を用いるテレビ電話、インターネット電話等の電子機器の製造業を含むインターネット・イントラネット関連産業に利用可能である。
- [0202] この他、本発明の電子機器、データ圧縮方法、データ伸張方法、データ圧縮プログラム及びデータ伸張プログラムは、画像データや音声データを含む種々の情報の圧縮・伸張処理技術を用いる、映画やDVDなどのマルチメディア産業、更には、携帯電話、コピー機、ファクシミリ、プリンタ等の電子機器産業に利用可能である。

請求の範囲

- [1] 入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、前記入力情報のデータを圧縮するデータ圧縮方法であって、
- 前記複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算するステップと、
- 前記入力信号のDCT係数から、前記対象ブロック領域と、前記隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記入力信号の前記ブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算するステップと、
- 前記入力信号のDCT係数と、前記傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算するステップと、
- 前記残差の量子化及び符号化を行い圧縮データを得るステップ
- とを含むことを特徴とするデータ圧縮方法。
- [2] 前記傾き相殺関数は、前記ブロック領域における平均曲率の2乗積分を最小にする解で与えられることを特徴とする請求項1に記載のデータ圧縮方法。
- [3] 前記傾き相殺関数は、ポアソン方程式の前記ブロック領域の境界におけるノイマン境界値問題の近似解で与えられることを特徴とする請求項1又は2に記載のデータ圧縮方法。
- [4] 前記傾き相殺関数は、前記ブロック境界における傾きに加え、前記ブロック領域の内部のサンプル点における前記入力信号の傾きを相殺することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のデータ圧縮方法。
- [5] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を復元するデータ伸張方法であって、
- 前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得るステップと、
- 対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算するステップと、

前記逆量子化されたDCT係数に前記傾き相殺関数のDCT係数を加え、前記入力信号のDCT係数を近似的に復元するステップと、

前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得るステップと、

前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元するステップ

とを含むことを特徴とするデータ伸張方法。

- [6] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定するデータ伸張方法であって、

前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得るステップと、

対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算するステップと、

前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算するステップと、

該量子化誤差を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に推定するステップと、

前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得るステップと、

前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元するステップ

とを含むことを特徴とするデータ伸張方法。

- [7] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定するデータ伸張方法であって、

前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得るステップと、

対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算するステップと、
前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算するステップと、
ブロック歪みを軽減する2次曲面を前記隣接するブロック領域に加え、前記2次曲面のDCT係数を計算するステップと、
前記量子化誤差と前記2次曲面のDCT係数を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に復元するステップと、
前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得るステップと、
前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元するステップ
とを含むことを特徴とするデータ伸張方法。

- [8] 入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、前記入力情報のデータを圧縮する電子機器であって、
前記複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する入力信号のDCT係数計算モジュールと、
前記入力信号のDCT係数から、前記対象ブロック領域と、前記隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記入力信号の前記ブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する相殺関数DCT係数計算モジュールと、
前記入力信号のDCT係数と、前記傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する残差計算モジュールと、
前記残差の量子化を行い圧縮データを得る量子化回路と、
前記圧縮データを符号化する符号化回路
とを備えることを特徴とする電子機器。
- [9] 前記傾き相殺関数は、前記ブロック領域における平均曲率の2乗積分を最小にする解で与えられることを特徴とする請求項8に記載の電子機器。

- [10] 前記傾き相殺関数は、ポアソン方程式の前記ブロック領域の境界におけるノイマン境界値問題の近似解で与えられることを特徴とする請求項8又は9に記載の電子機器。
- [11] 前記傾き相殺関数は、前記ブロック境界における傾きに加え、前記ブロック領域の内部のサンプル点における前記入力信号の傾きを相殺することを特徴とする請求項8～10のいずれか1項に記載の電子機器。
- [12] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を復元する電子機器であって、
前記圧縮データを逆符号化する逆符号化回路と、
逆符号化された前記圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る逆量子化回路と、
前記逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュールと、
前記対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュールと、
前記逆量子化されたDCT係数に前記傾き相殺関数のDCT係数を加え、前記入力信号のDCT係数を近似的に復元する入力信号のDCT係数近似・復元モジュールと、
前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得て、前記ブロック領域毎に前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元するブロック貼り合わせ回路
とを備えることを特徴とする電子機器。
- [13] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定する電子機器であって、

前記圧縮データを逆符号化する逆符号化回路と、
逆符号化された前記圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る逆量子化回路と、
前記逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュールと、
対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュールと、
前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する量子化誤差計算モジュールと、
該量子化誤差を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に推定する量子化誤差補正モジュールと、
前記近似的に推定された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得て、前記ブロック領域毎に前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を推定するブロック貼り合わせ回路
とを備えることを特徴とする電子機器。

- [14] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定する電子機器であって、

前記圧縮データを逆符号化する逆符号化回路と、
逆符号化された前記圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る逆量子化回路と、
前記逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュールと、
対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係

数計算モジュールと、

前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する量子化誤差計算モジュールと、

ブロック歪みを軽減する2次曲面を前記隣接するブロック領域に加え、前記2次曲面のDCT係数を計算する2次曲面DCT係数計算モジュールと、

前記量子化誤差と前記2次曲面のDCT係数を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に推定する2次曲面量子化誤差補正モジュールと、

前記近似的に推定された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得るモジュールと、

前記近似的に推定された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得て、前記ブロック領域毎に前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を推定するブロック貼り合わせ回路

とを備えることを特徴とする電子機器。

[15] 入力情報を記憶する第1の記憶装置と、

該第1の記憶装置から読み出した入力情報を、複数のブロック領域に等分割するブロック分割回路と、

前記複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する入力信号のDCT係数計算モジュールと、

前記入力信号のDCT係数から、前記対象ブロック領域と、前記隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記入力信号の前記ブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する相殺関数DCT係数計算モジュールと、

前記入力信号のDCT係数と、前記傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する残差計算モジュールと、

前記残差の量子化を行い圧縮データを得る量子化回路と、

前記圧縮データを符号化する符号化回路

前記符号化された圧縮データを格納する第2の記憶装置と、

該第2の記憶装置から読み出した前記圧縮データを逆符号化する逆符号化回路と、

逆符号化された前記圧縮データを逆量子化し、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る逆量子化回路と、

前記逆量子化されたDCT係数を、対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域に入力するDCT係数入力モジュールと、

前記対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する相殺関数DCT係数計算モジュールと、

前記逆量子化されたDCT係数に前記傾き相殺関数のDCT係数を加え、前記入力信号のDCT係数を近似的に復元する入力信号のDCT係数近似・復元モジュールと、

前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得て、前記ブロック領域毎に前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元するブロック貼り合わせ回路

とを備えることを特徴とする電子機器。

- [16] 入力情報を、複数のブロック領域に等分割して、前記入力情報のデータを圧縮するエンコーダに、
- 前記複数のブロック領域中の対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域におけるそれぞれの入力信号のDCT係数を計算する命令と、
- 前記入力信号のDCT係数から、前記対象ブロック領域と、前記隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記入力信号の前記ブロック境界における傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を計算する命令と、
- 前記入力信号のDCT係数と、前記傾き相殺関数のDCT係数の残差を計算する命令と、
- 前記残差の量子化及び符号化を行い圧縮データを得る命令
- とを含む一連の命令を実行させるためのデータ圧縮プログラム。

- [17] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を復元するデコーダに、
- 前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る命令と、
- 対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する命令と、
- 前記逆量子化されたDCT係数に前記傾き相殺関数のDCT係数を加え、前記入力信号のDCT係数を近似的に復元する命令と、
- 前記近似的に復元された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得る命令と、
- 前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を復元する命令
- とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラム。
- [18] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定するデコーダに、
- 前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る命令と、
- 対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する命令と、
- 前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する命令と、
- 該量子化誤差を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に推定する命令と、
- 前記近似的に推定された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得る命令と、

前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を推定する命令

とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラム。

- [19] 入力情報が複数のブロック領域に等分割され、前記ブロック領域毎に前記入力情報のデータが圧縮された圧縮データを伸張し、前記入力情報を推定するデコーダに、

前記圧縮データに対し逆符号化及び逆量子化を行い、逆量子化されたDCT係数を前記ブロック領域毎に得る命令と、

対象ブロック領域と、該対象ブロック領域に隣接するブロック領域とのブロック境界において、前記対象ブロック領域における前記入力信号の傾きを相殺する傾き相殺関数のDCT係数を、前記逆量子化されたDCT係数から計算する命令と、

前記傾き相殺関数のDCT係数から量子化誤差を計算する命令と、

ブロック歪みを軽減する2次曲面を前記隣接するブロック領域に加え、前記2次曲面のDCT係数を計算する命令と、

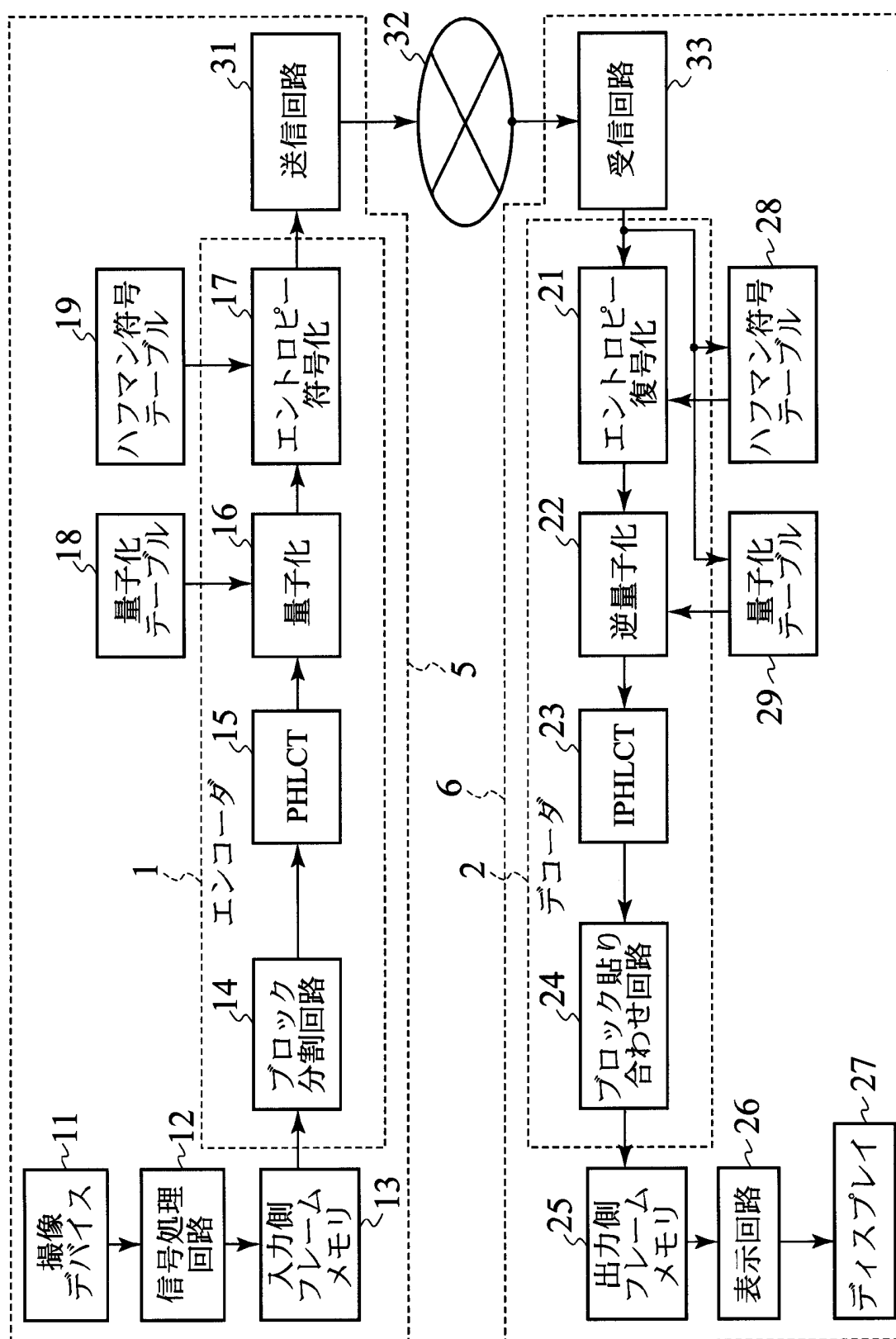
前記量子化誤差と前記2次曲面のDCT係数を用いて、前記逆量子化されたDCT係数を補正し、前記入力信号のDCT係数を近似的に推定する命令と、

前記近似的に推定された入力信号のDCT係数から、前記入力信号を前記ブロック領域毎に得る命令と、

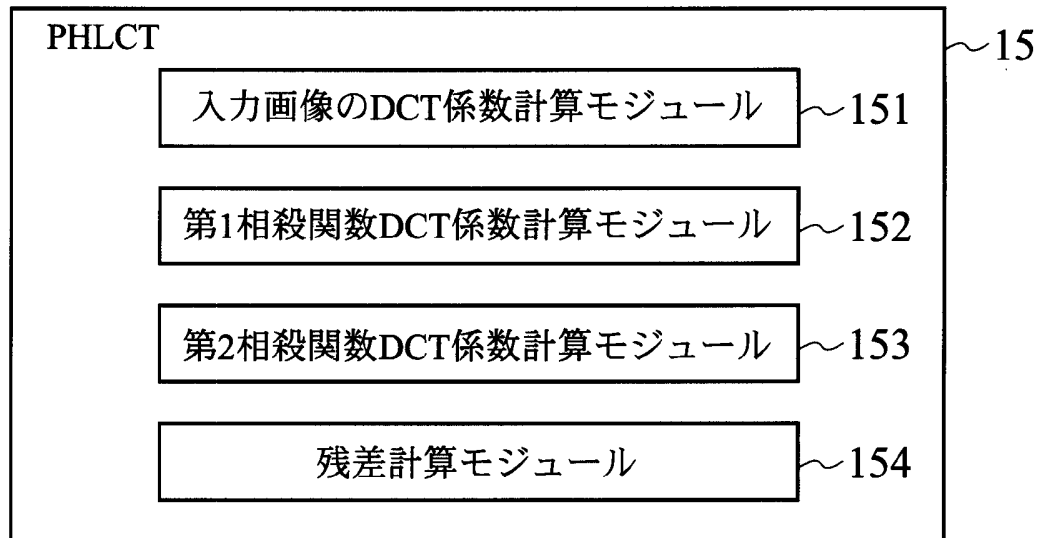
前記ブロック領域毎の前記入力信号を互いに貼り合わせ、前記入力情報を推定する命令

とを含む一連の命令を実行させるためのデータ伸張プログラム。

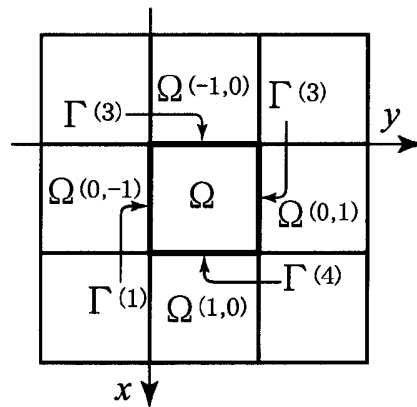
[図1]



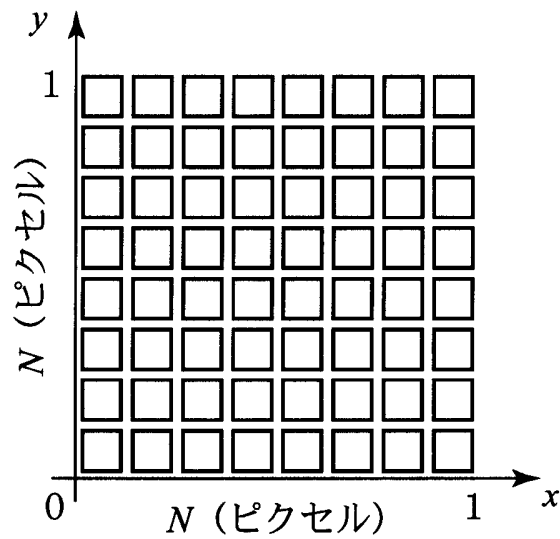
[図2]



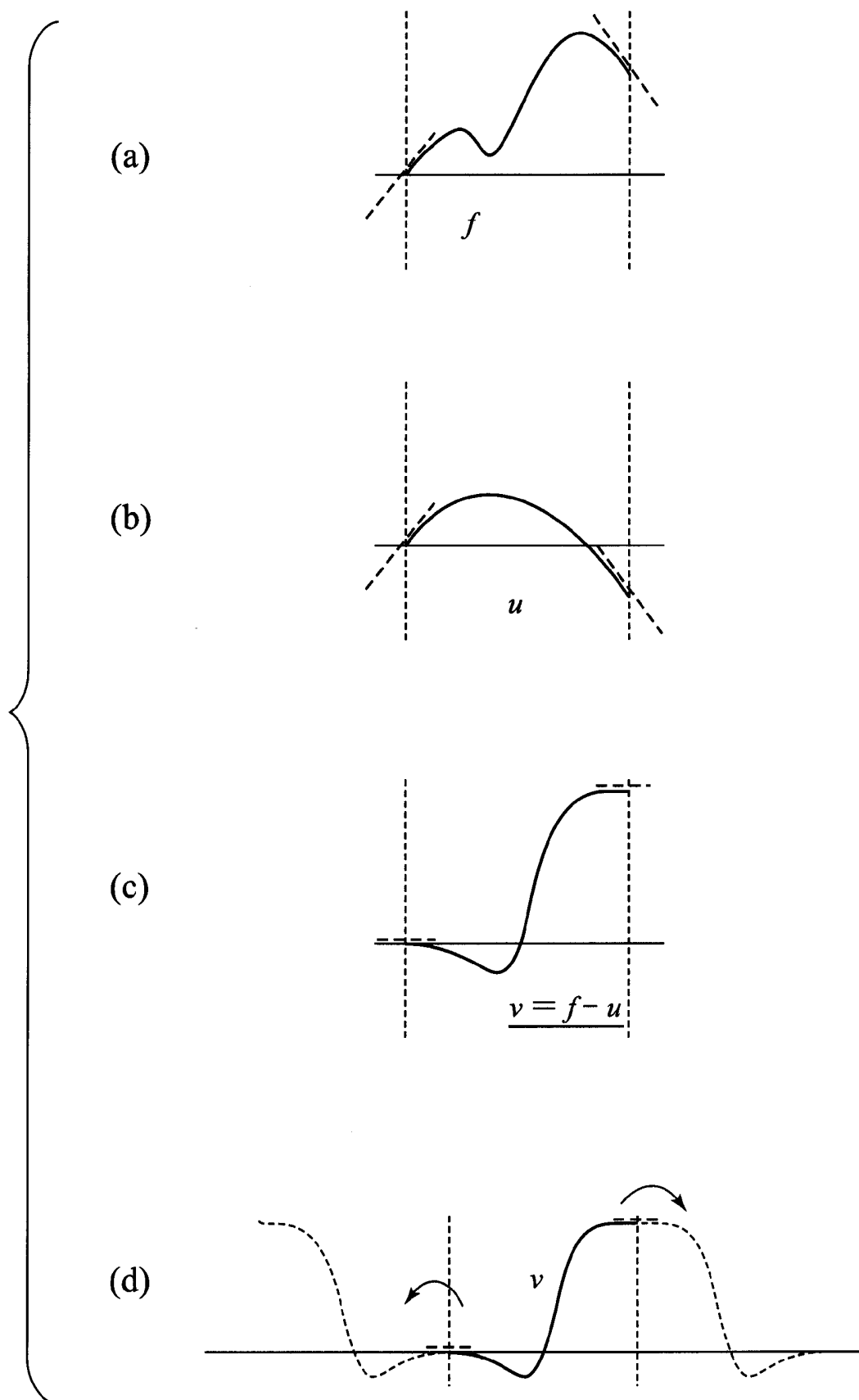
[図3]



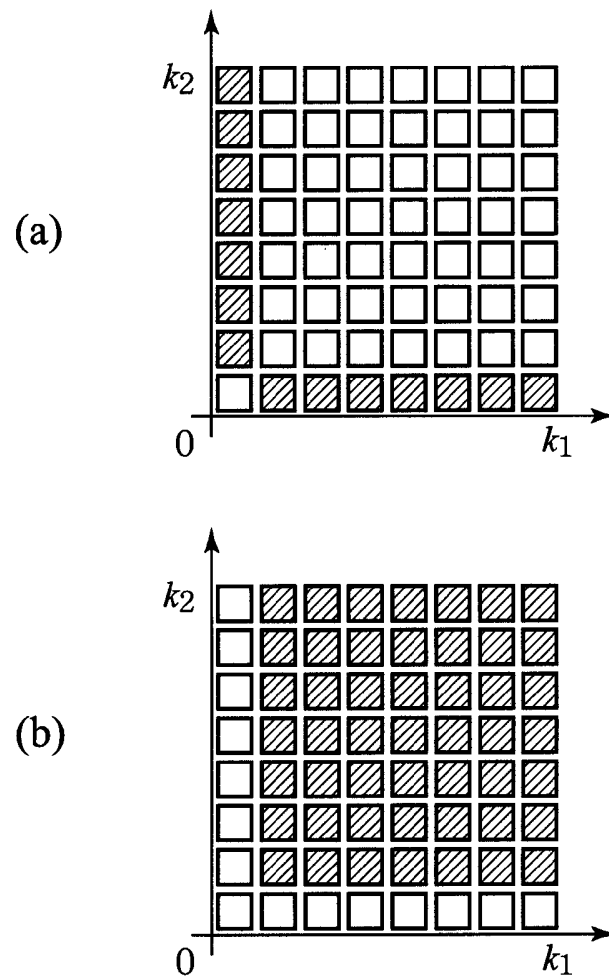
[図4]



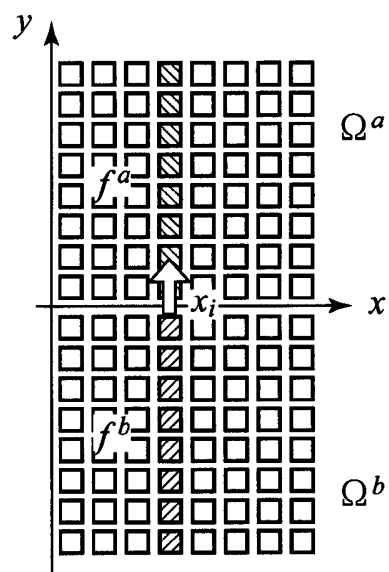
[図5]



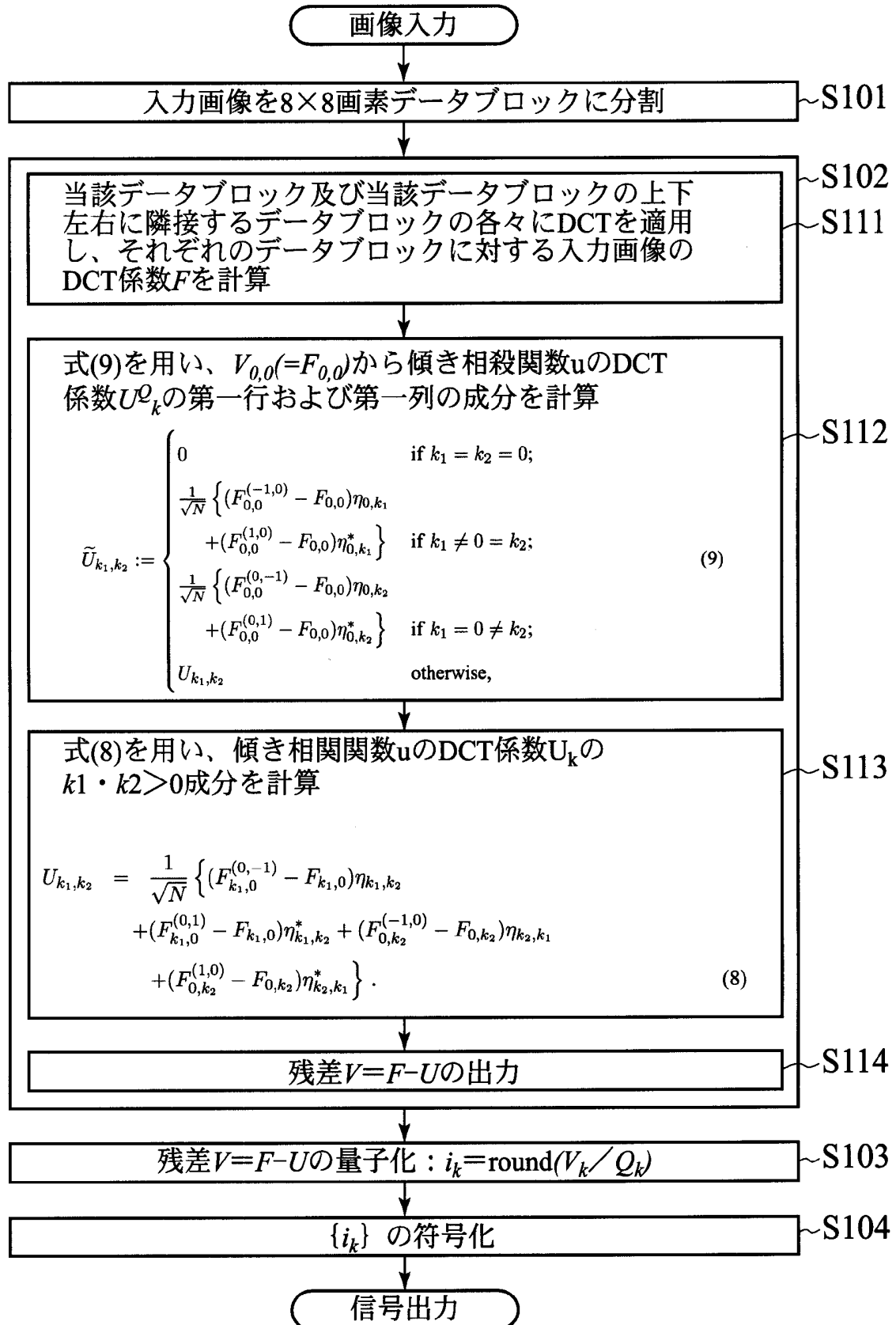
[図6]



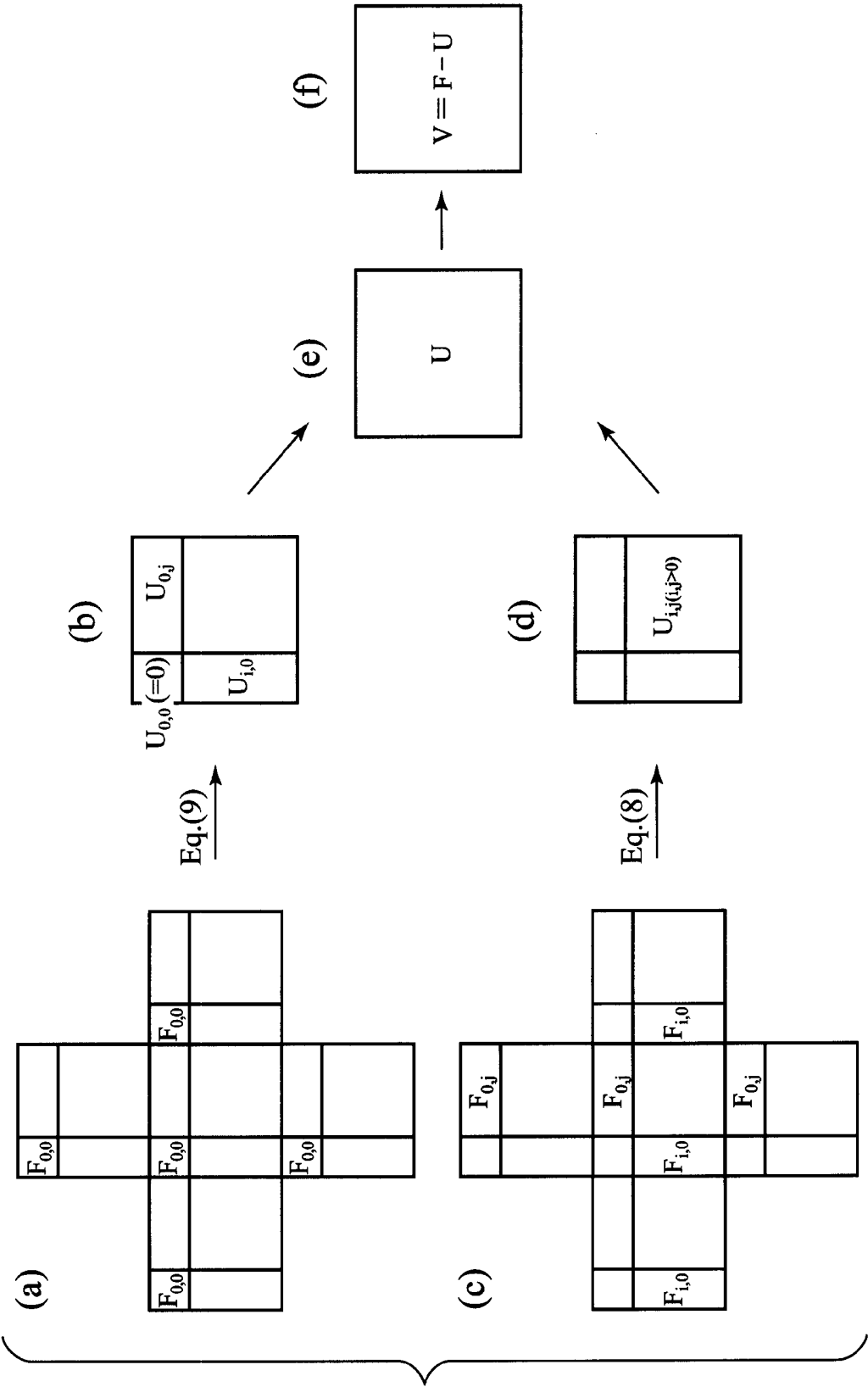
[図7]



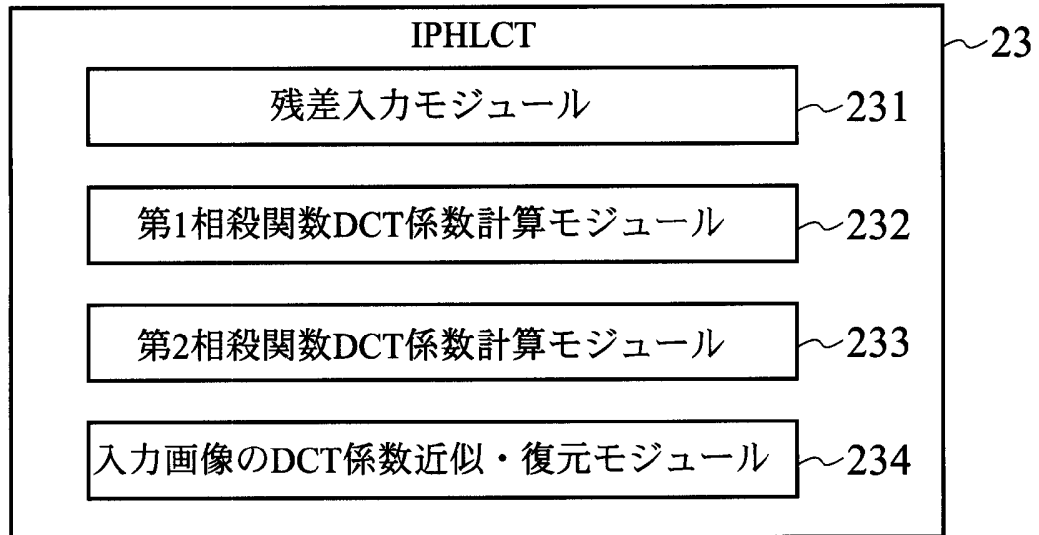
[図8]



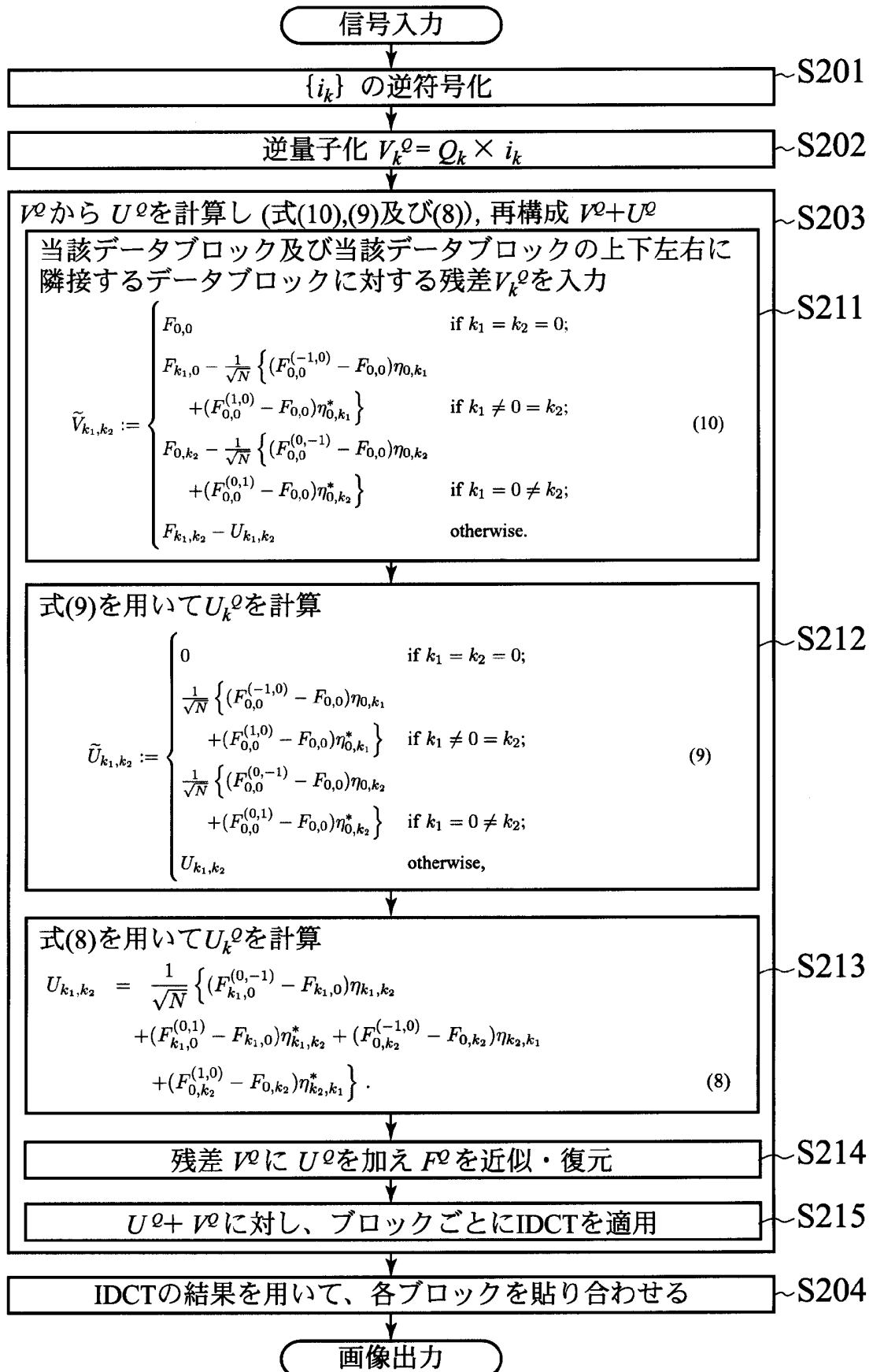
[図9]



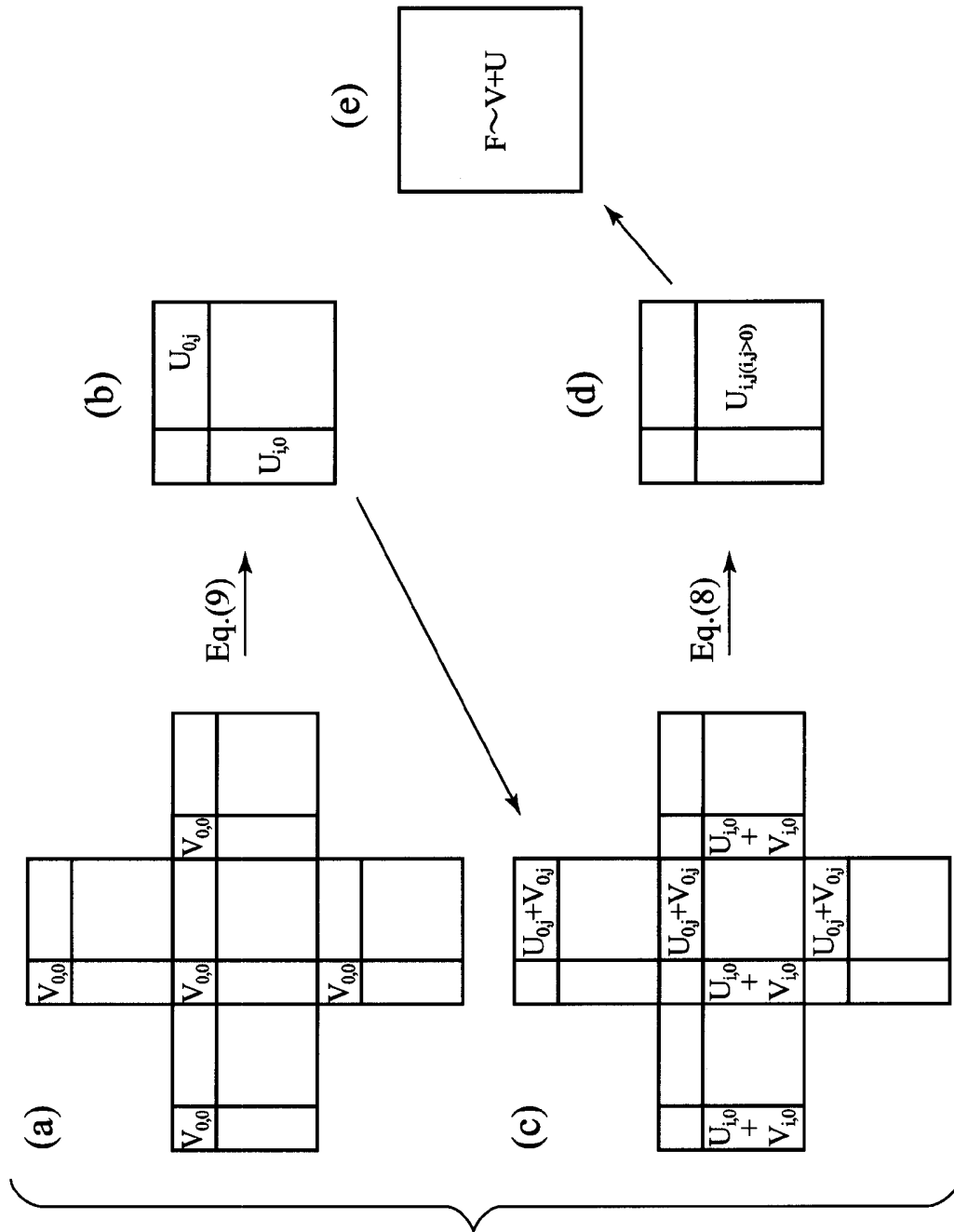
[図10]



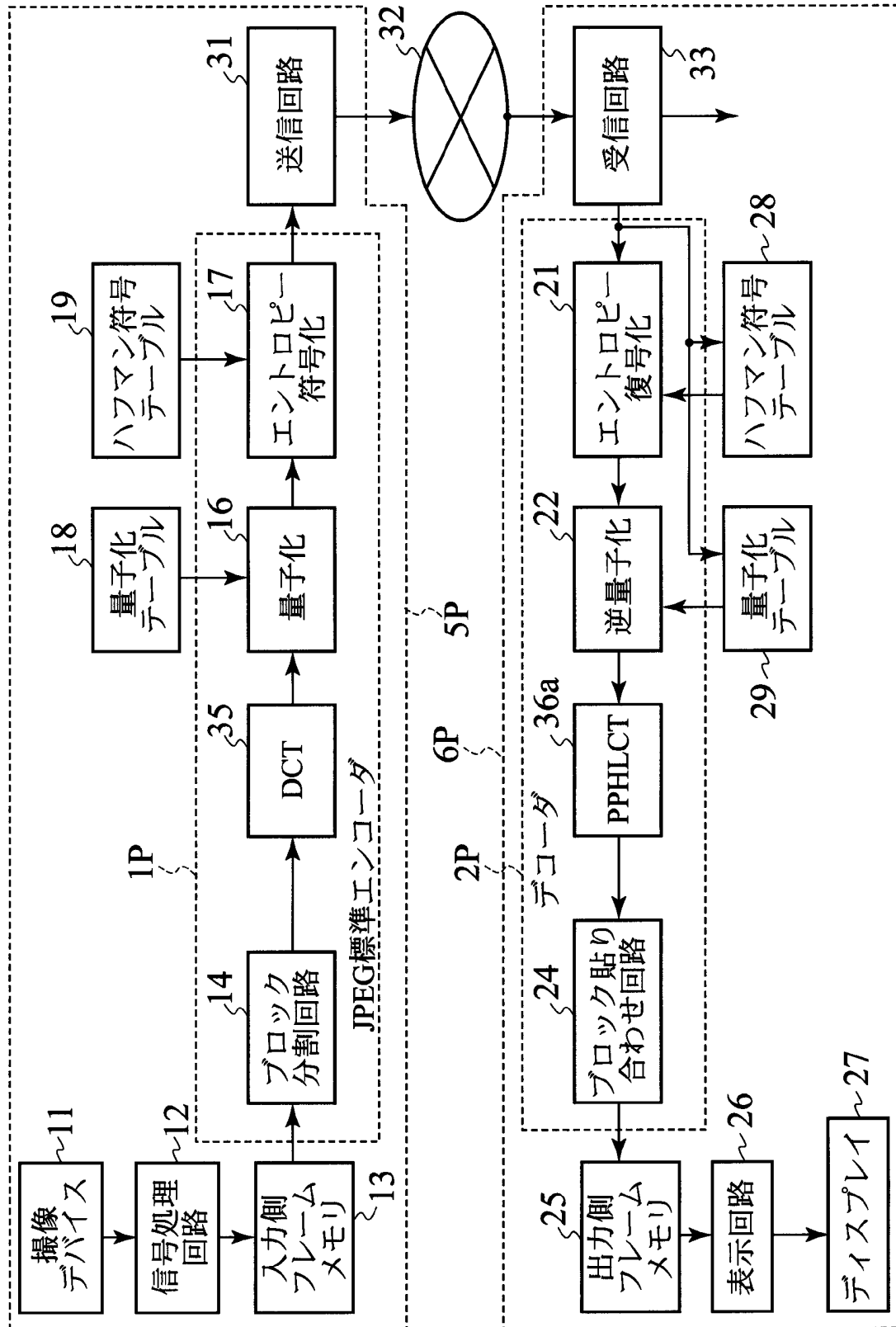
[図11]



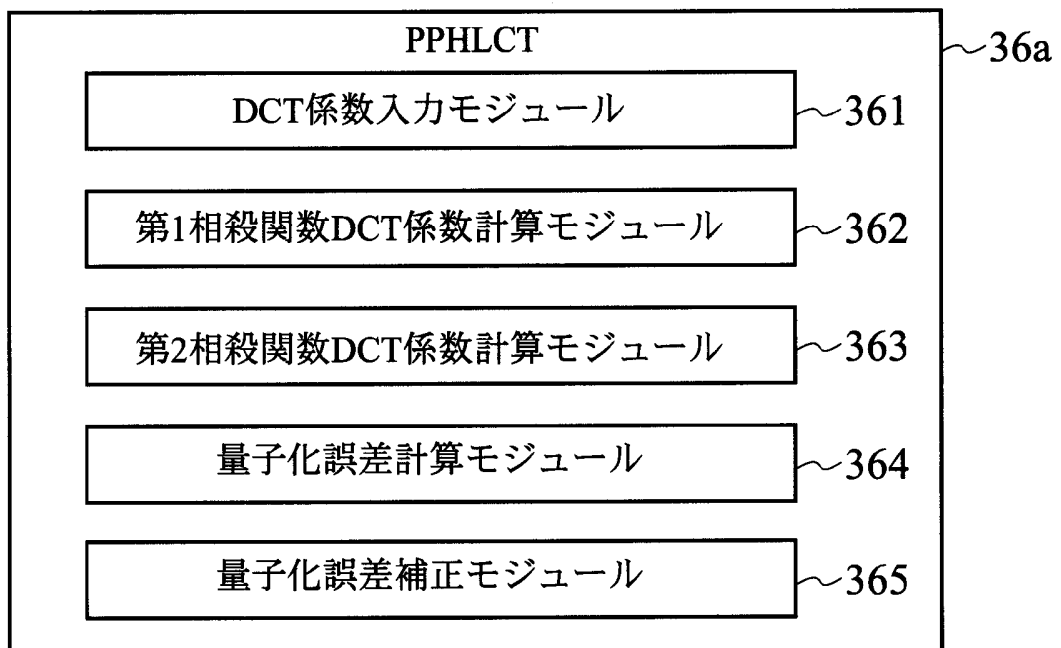
[図12]



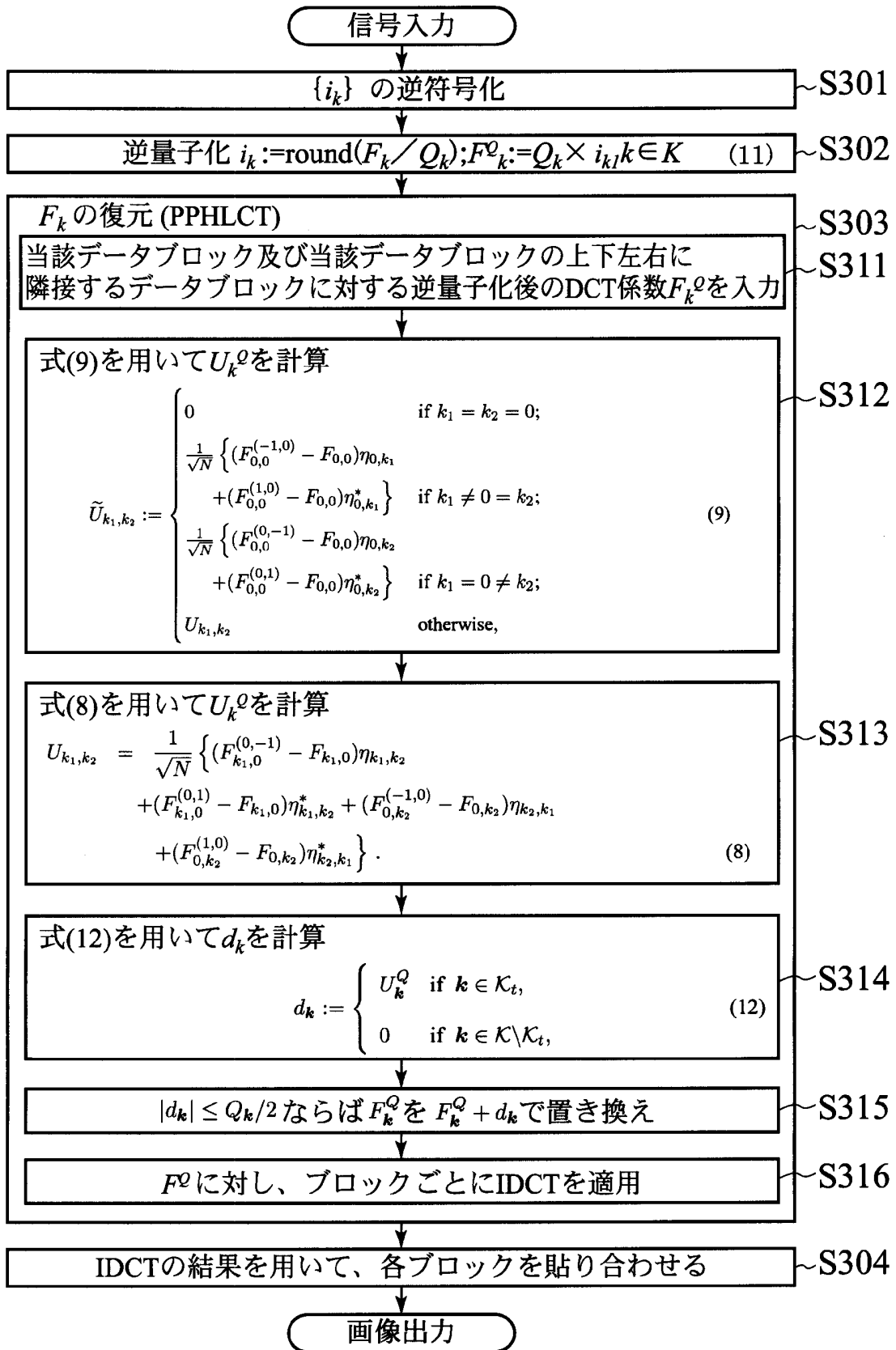
[図13]



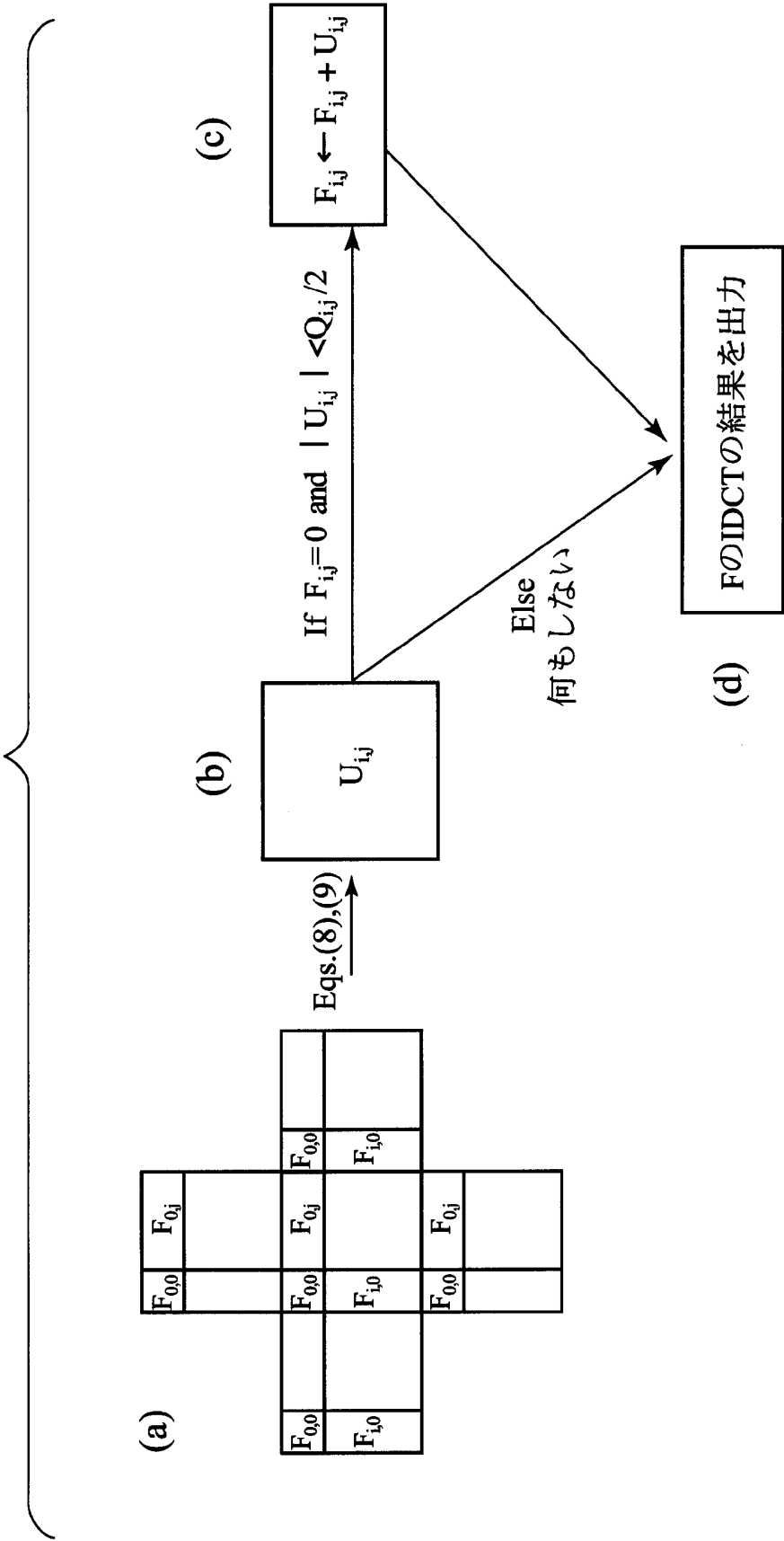
[図14]



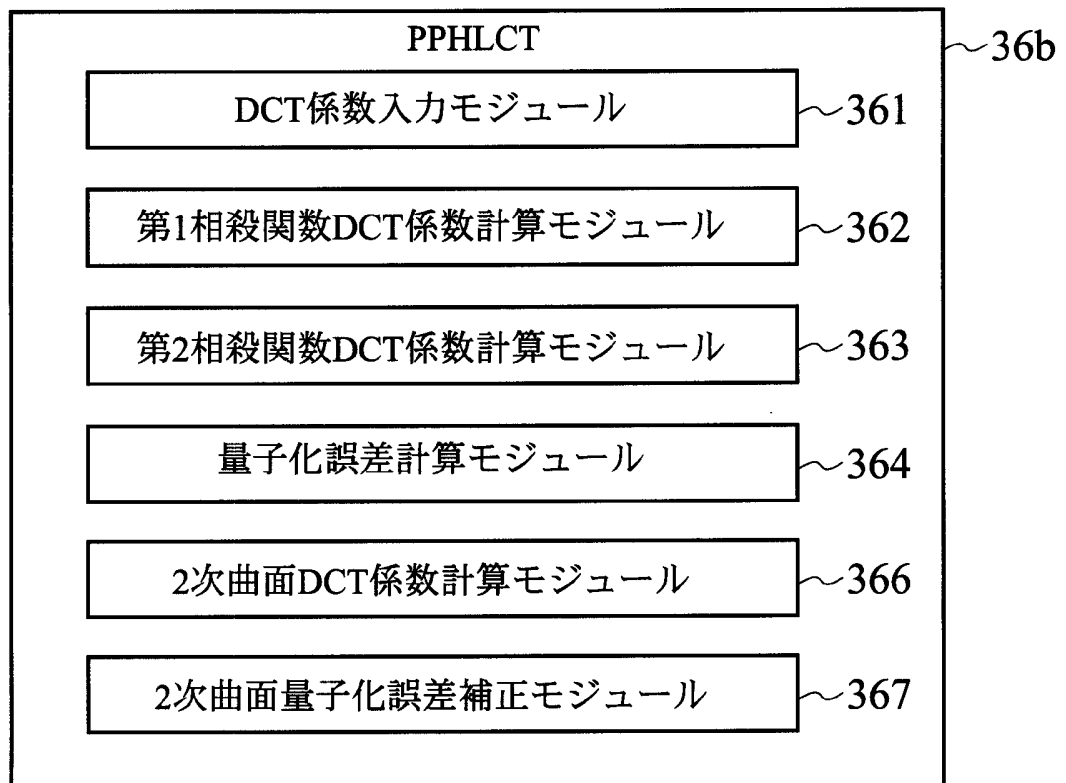
[図15]



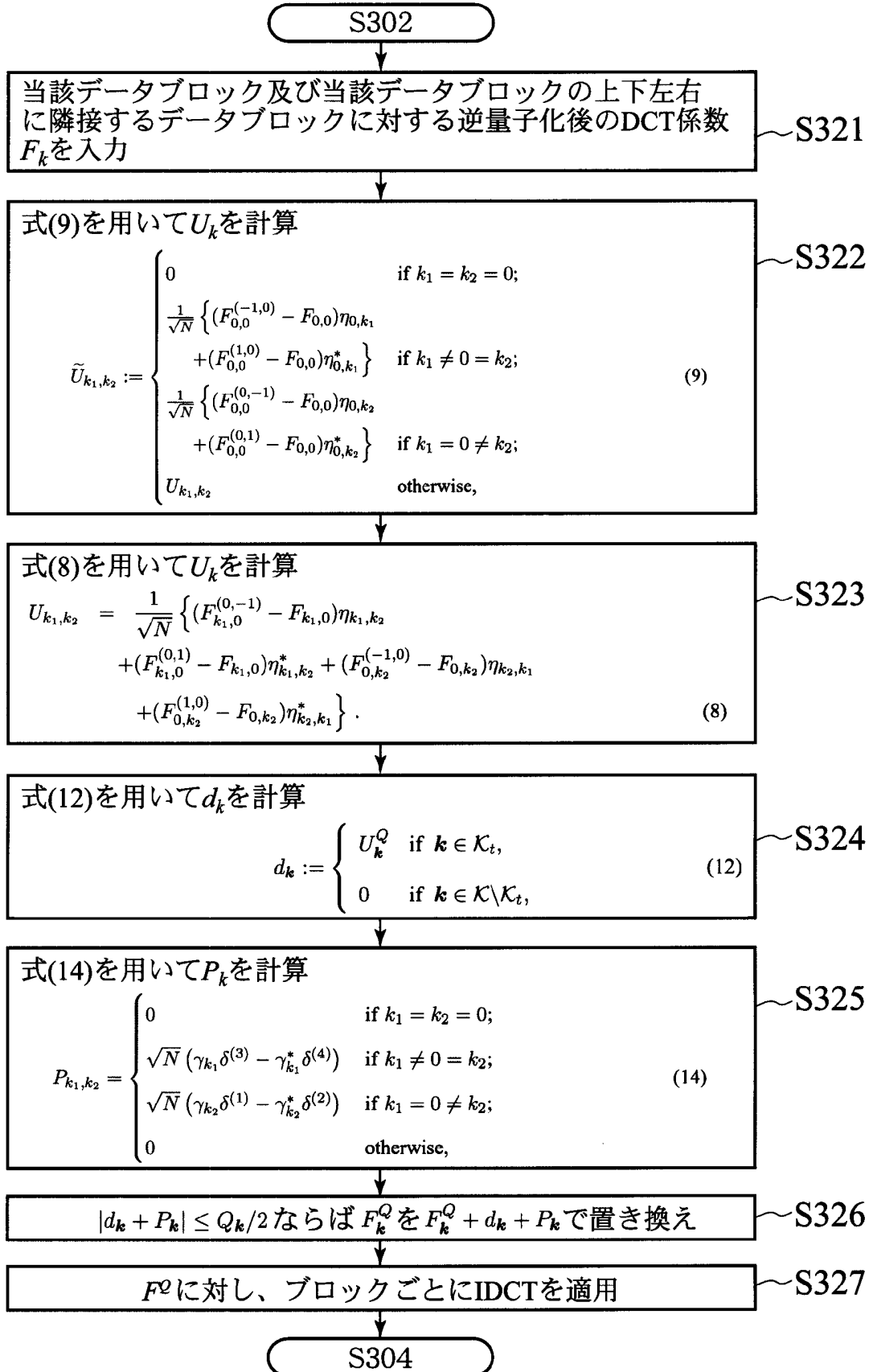
[図16]



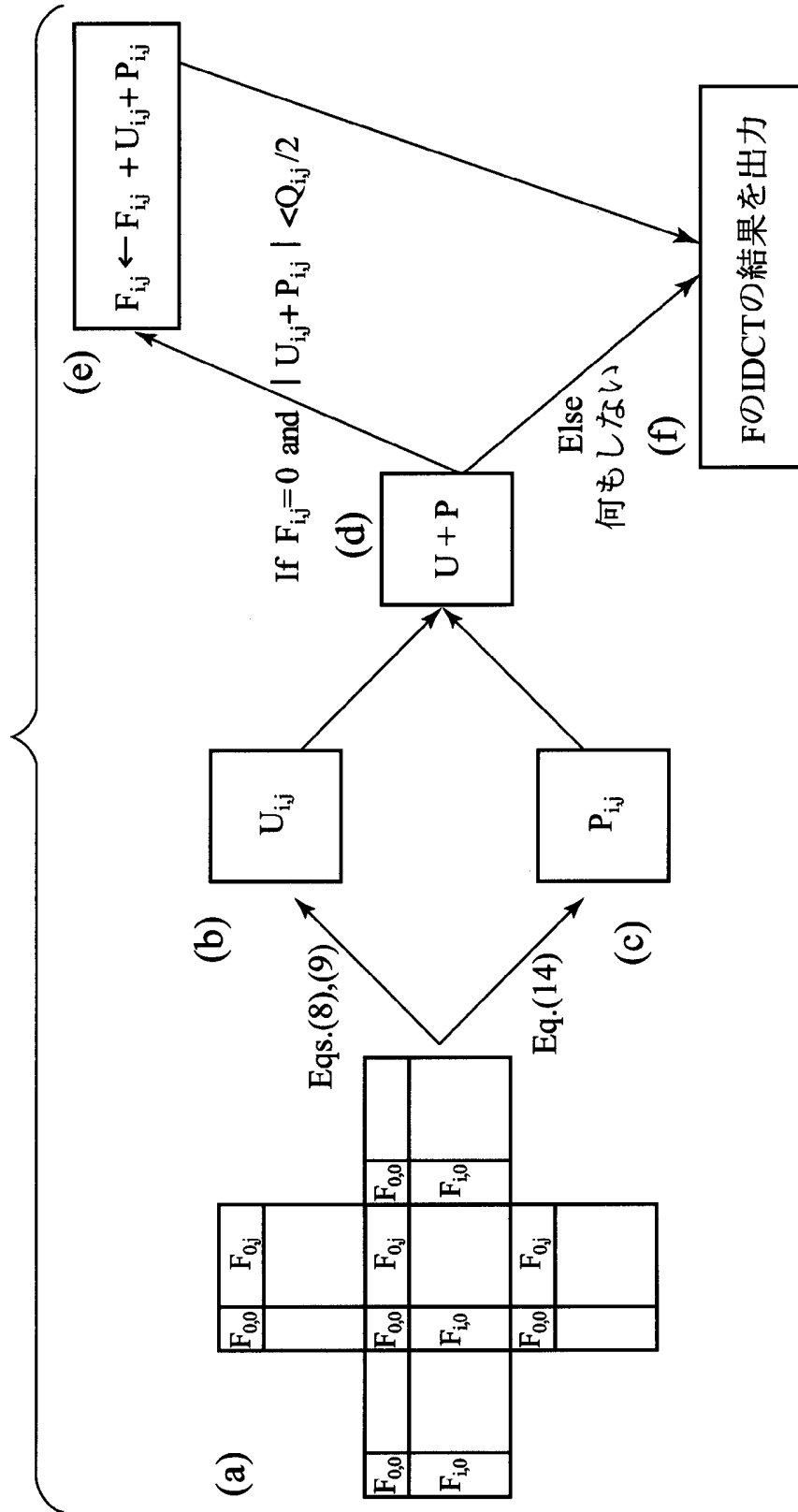
[図17]



[図18]



[図19]



[図20]

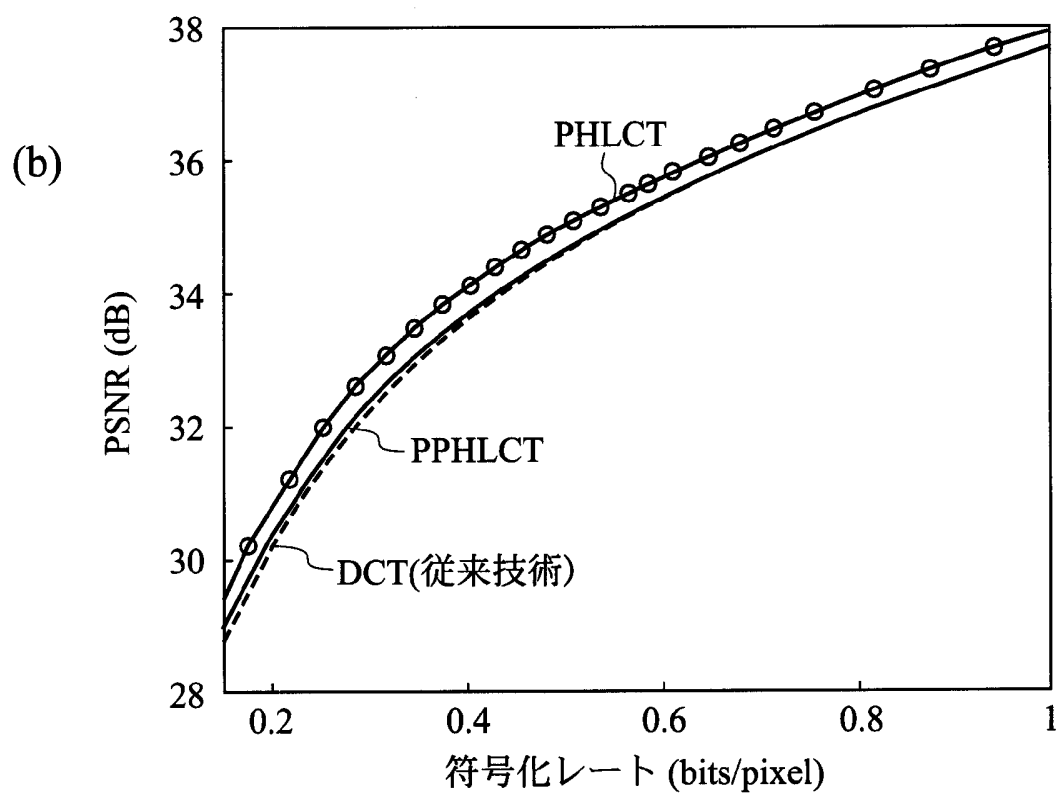
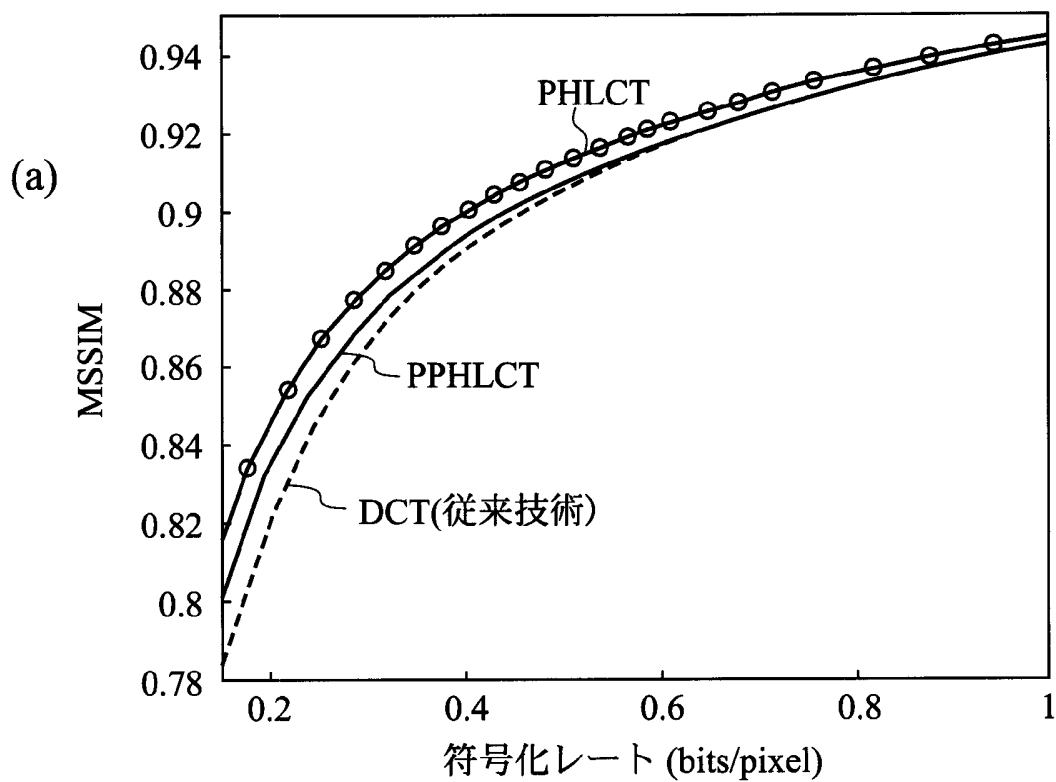
(a)



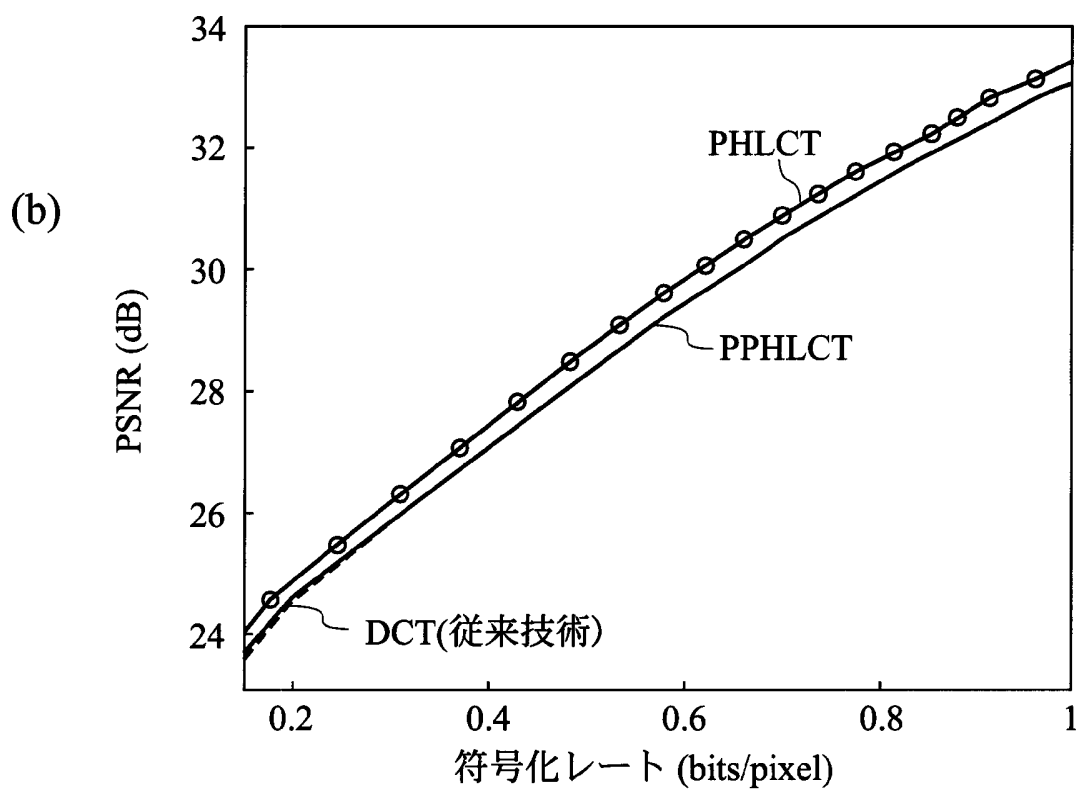
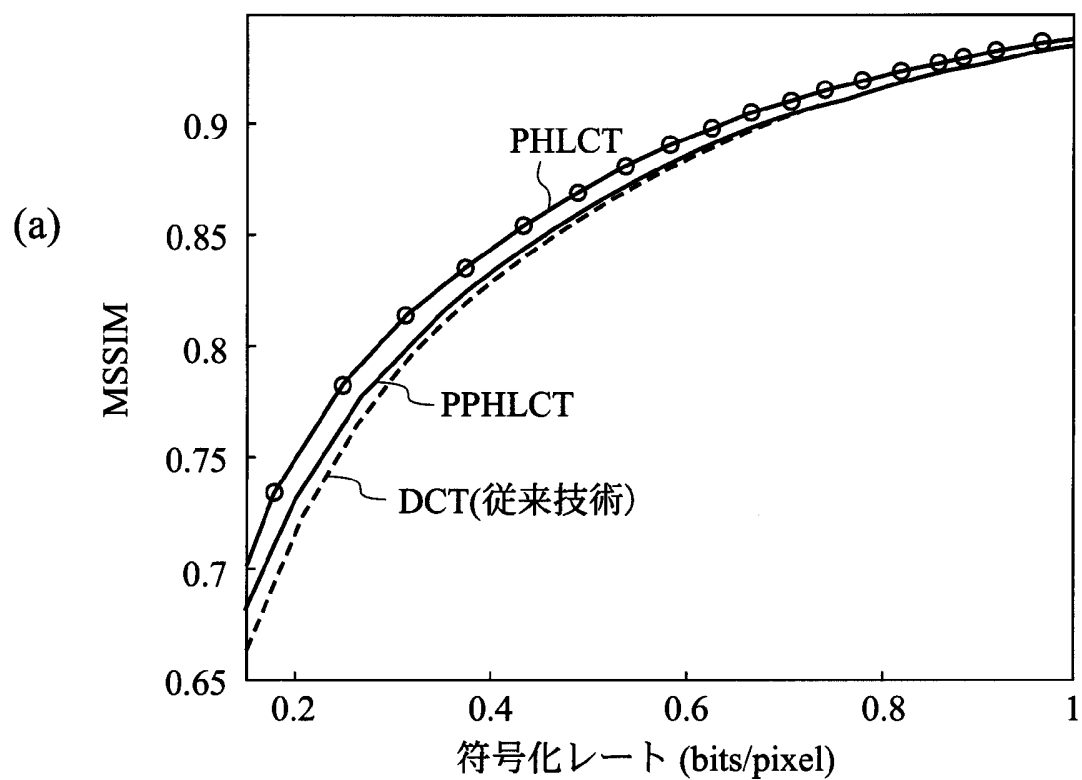
(b)



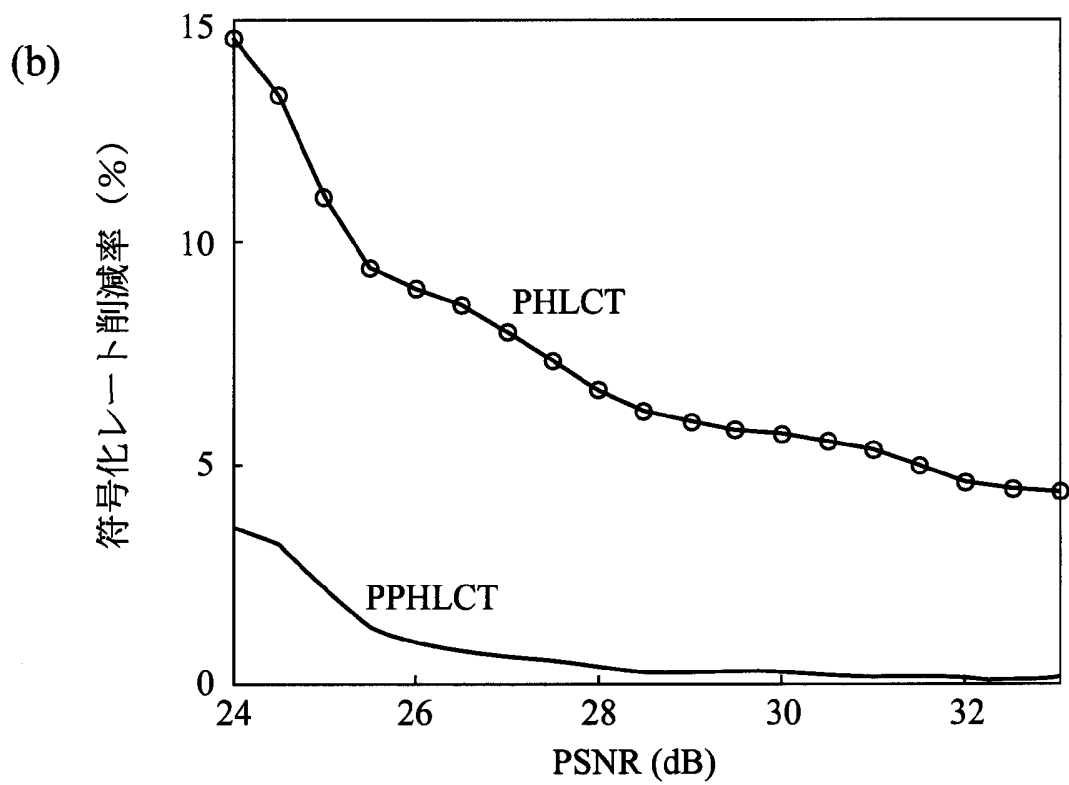
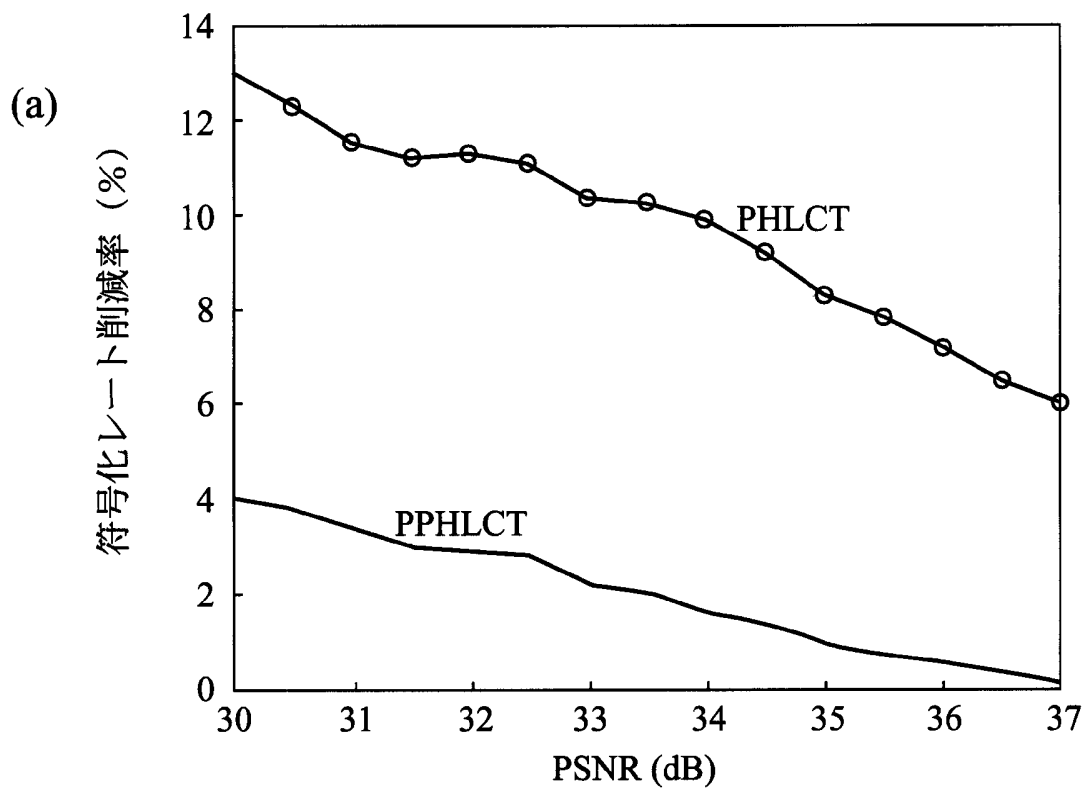
[図21]



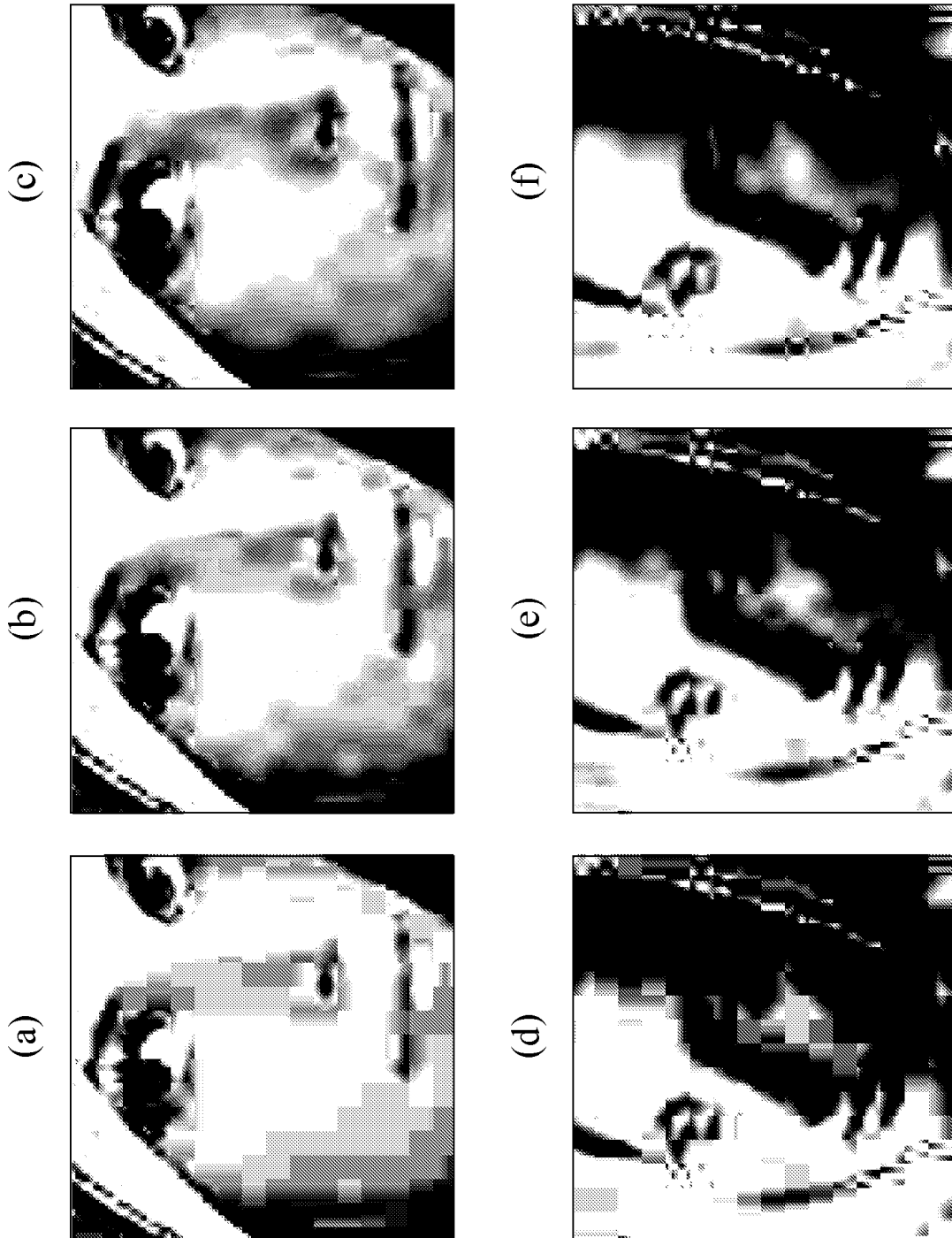
[図22]



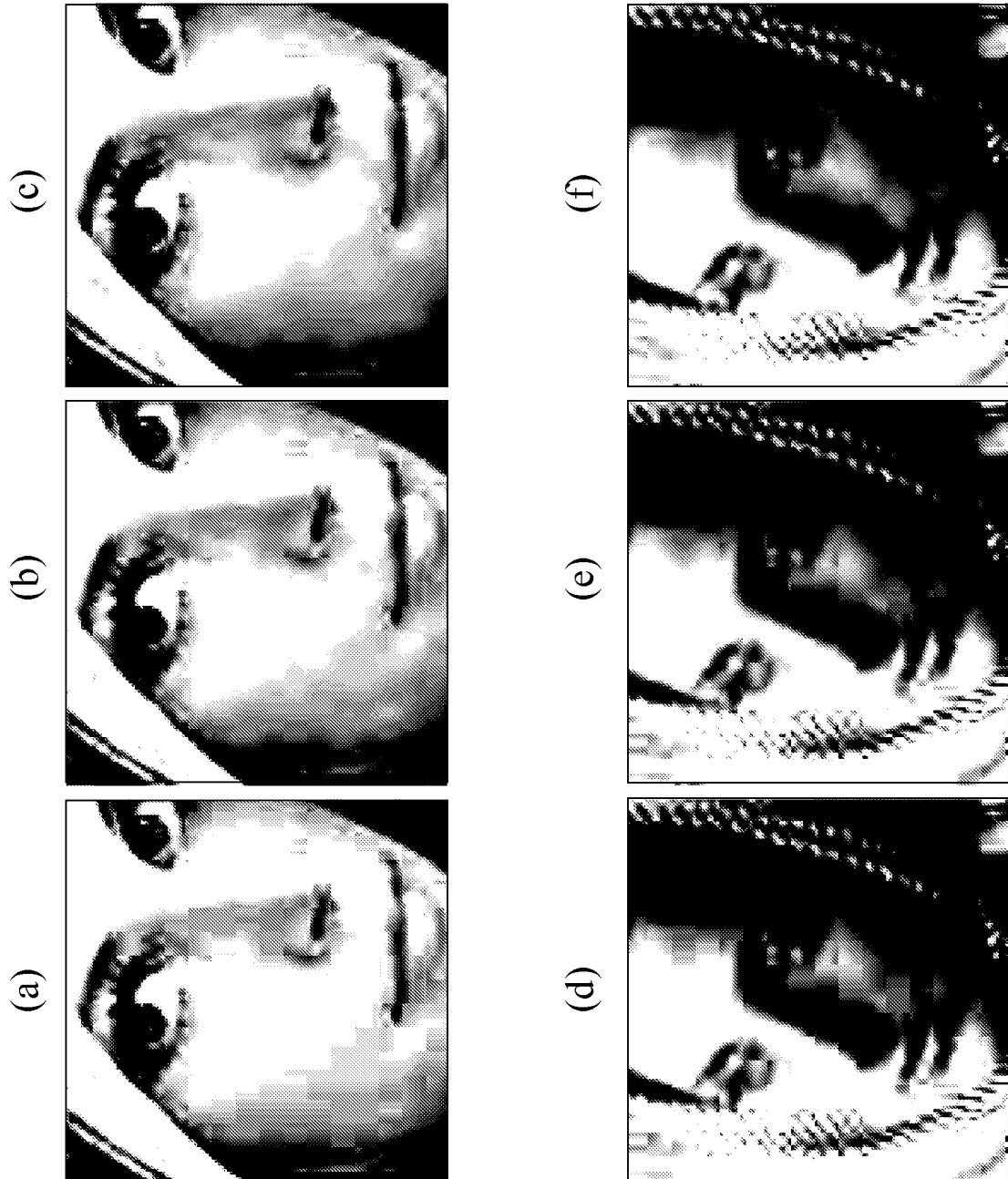
[図23]



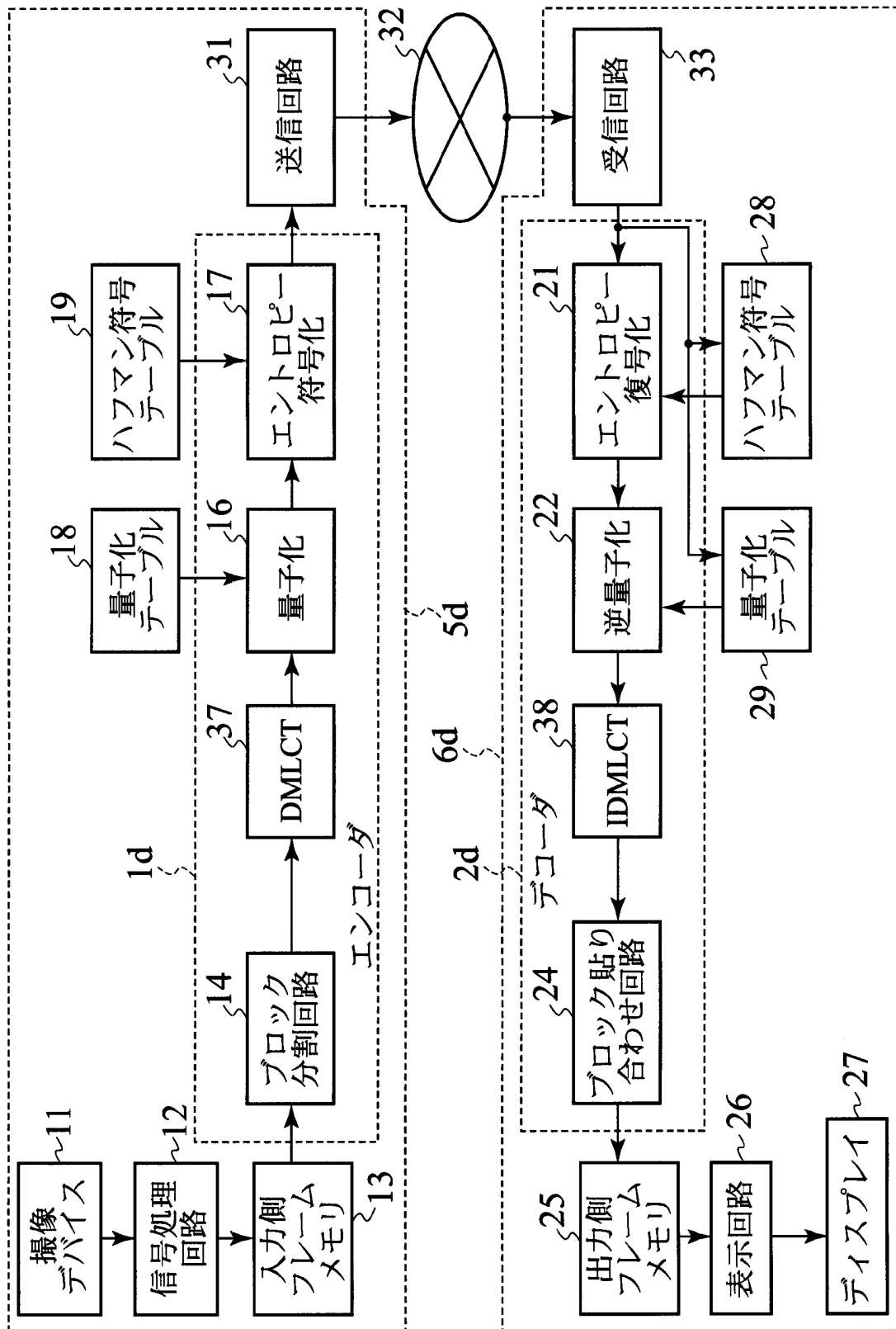
[図24]



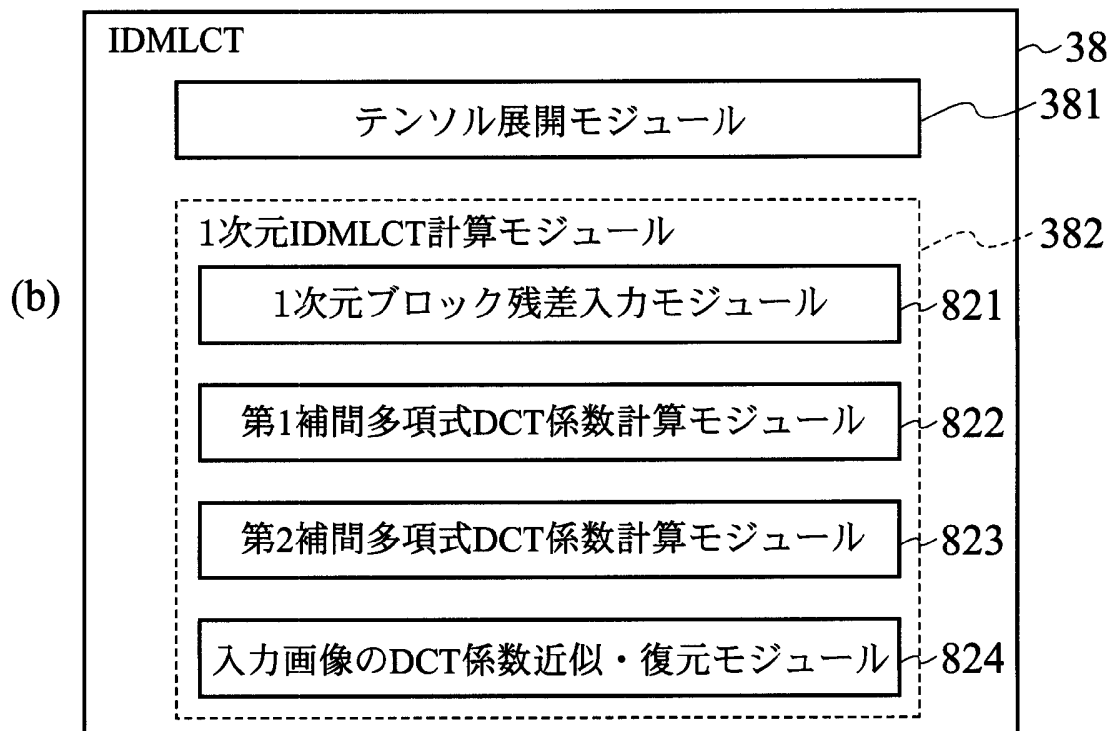
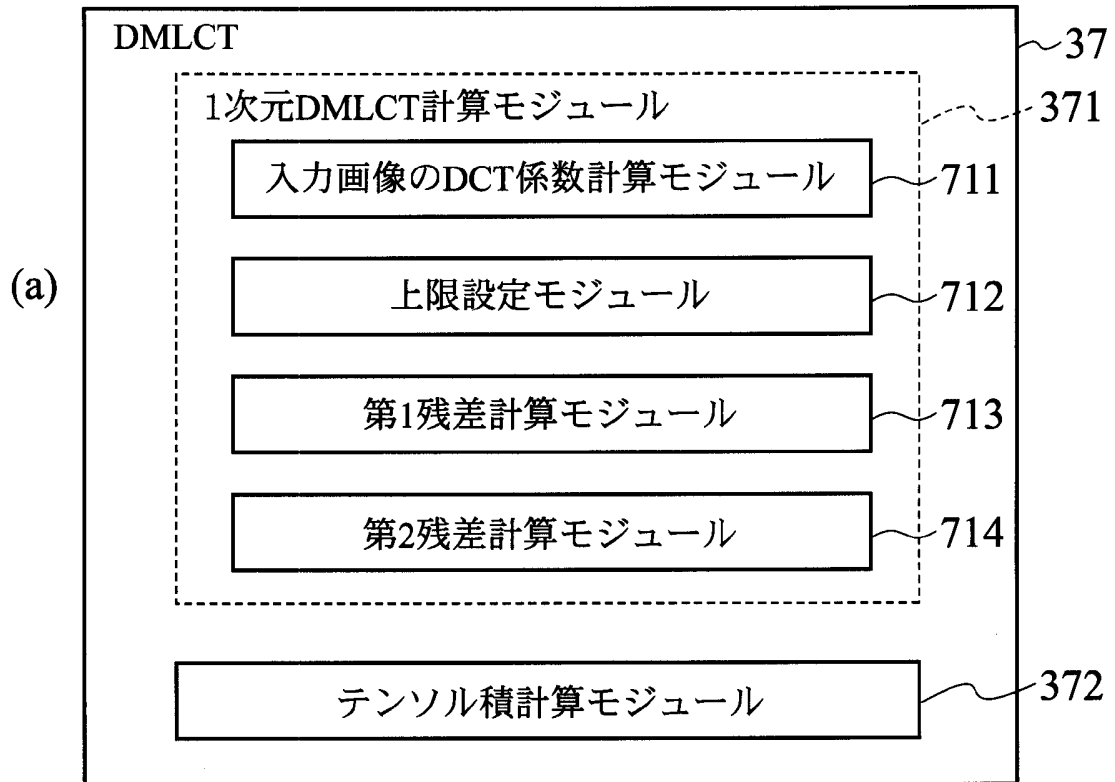
[図25]



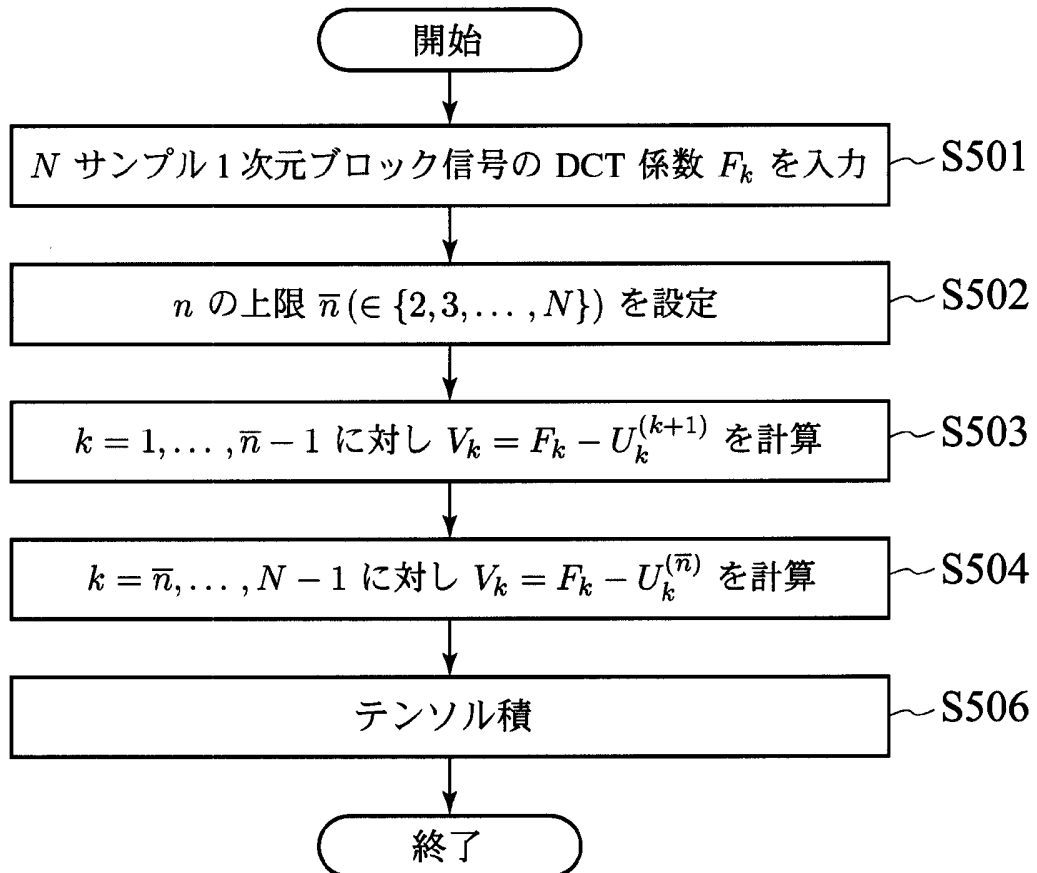
[図26]



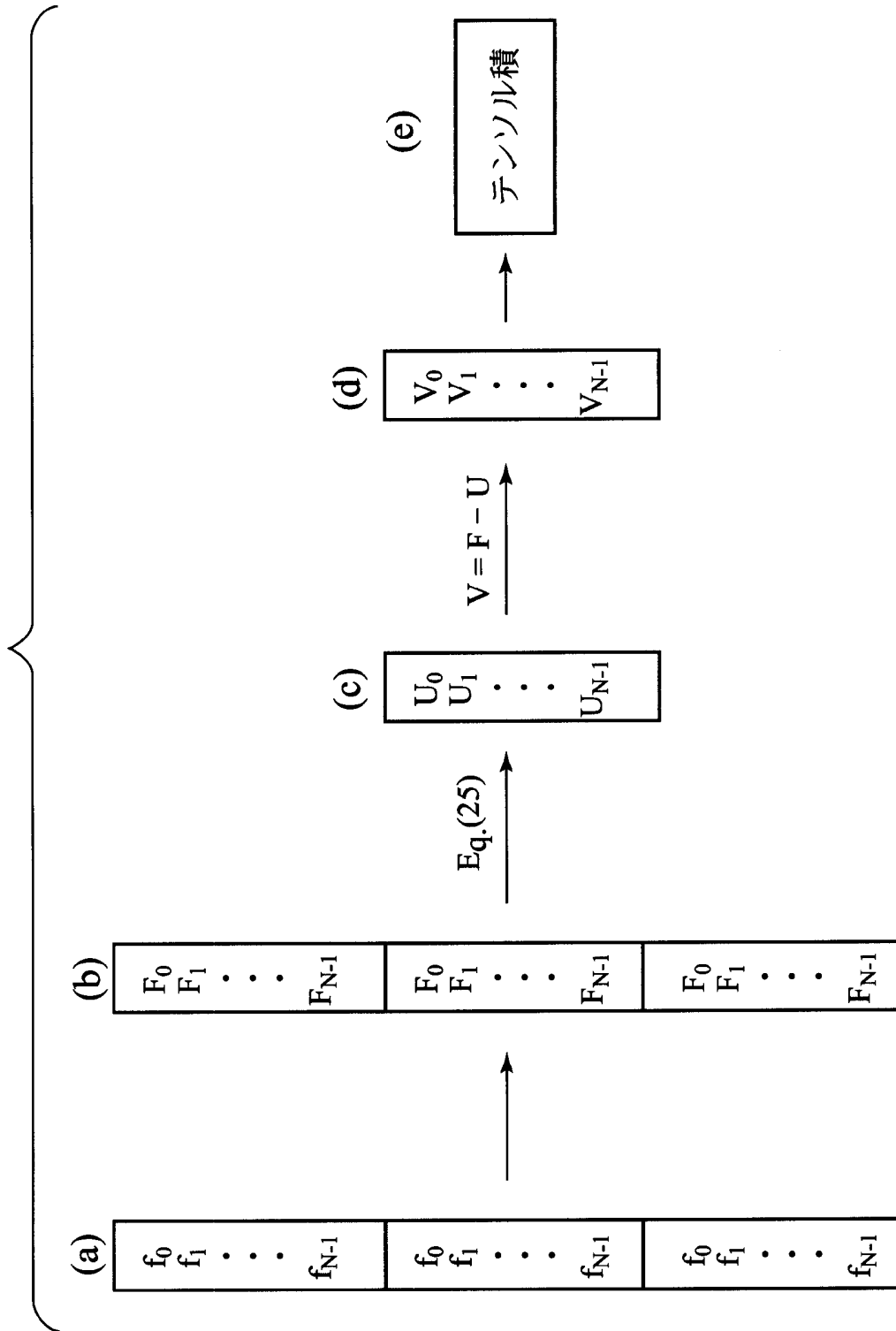
[図27]



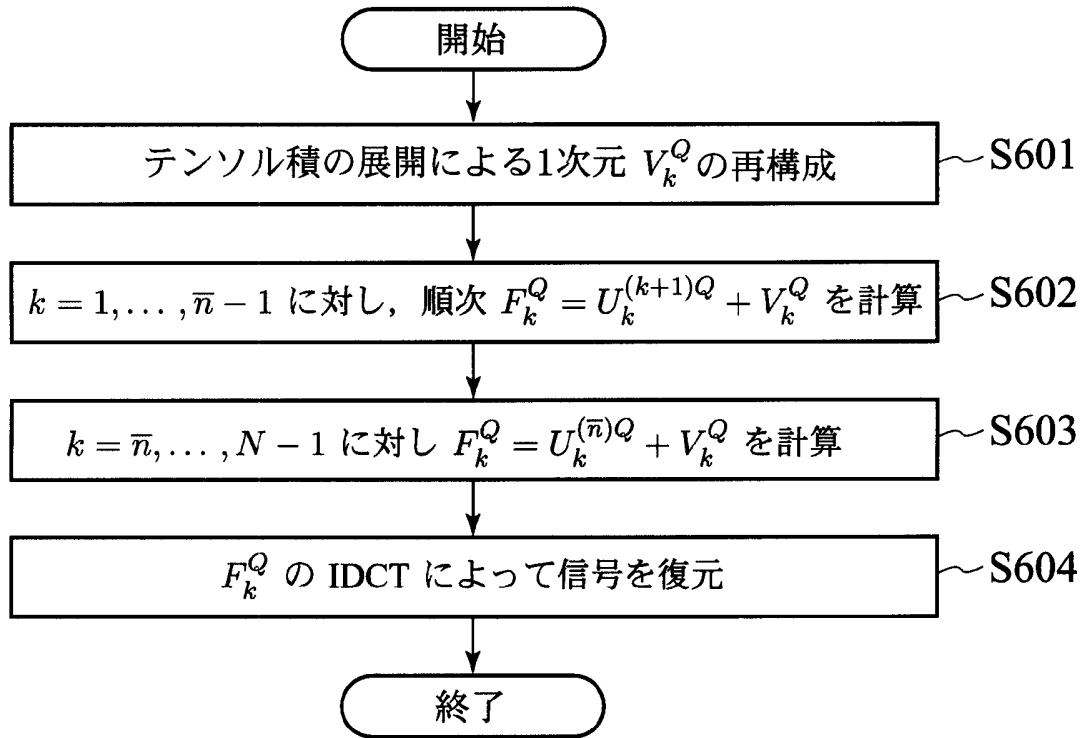
[図28]



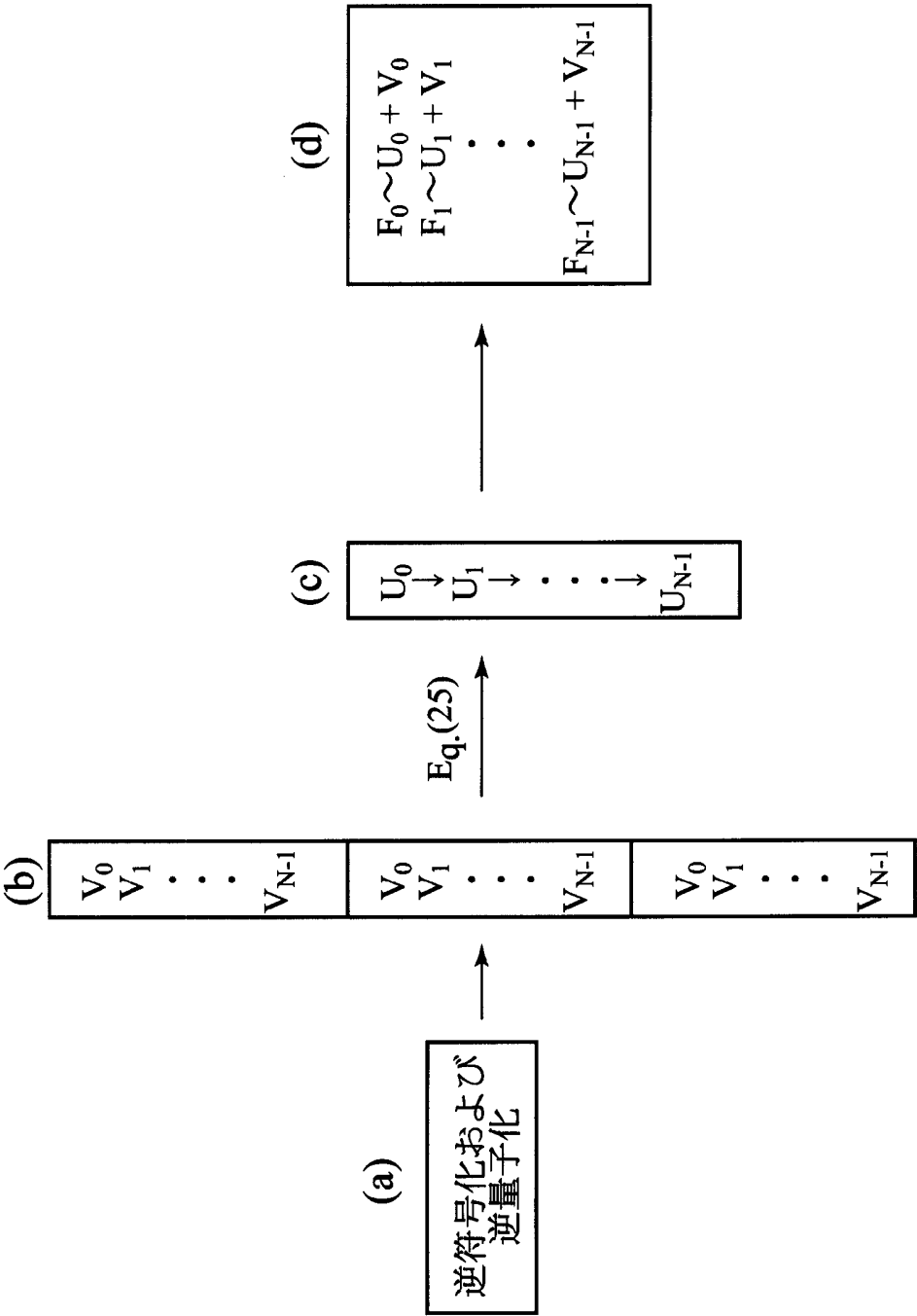
[図29]



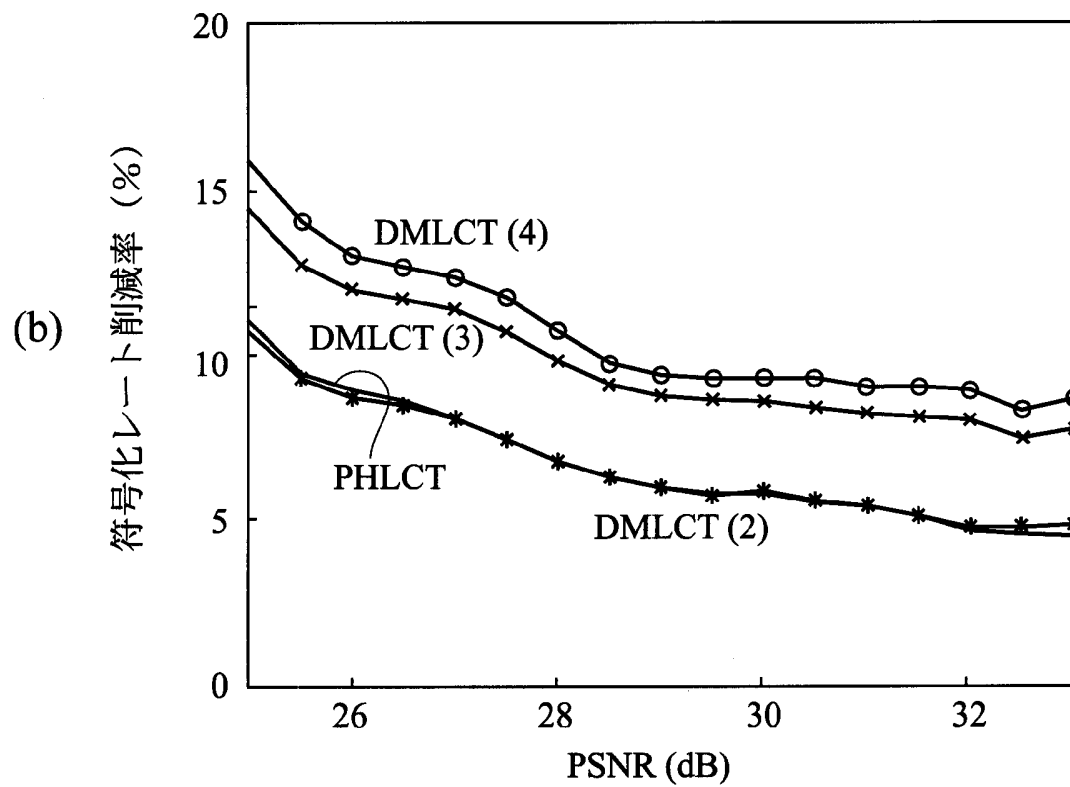
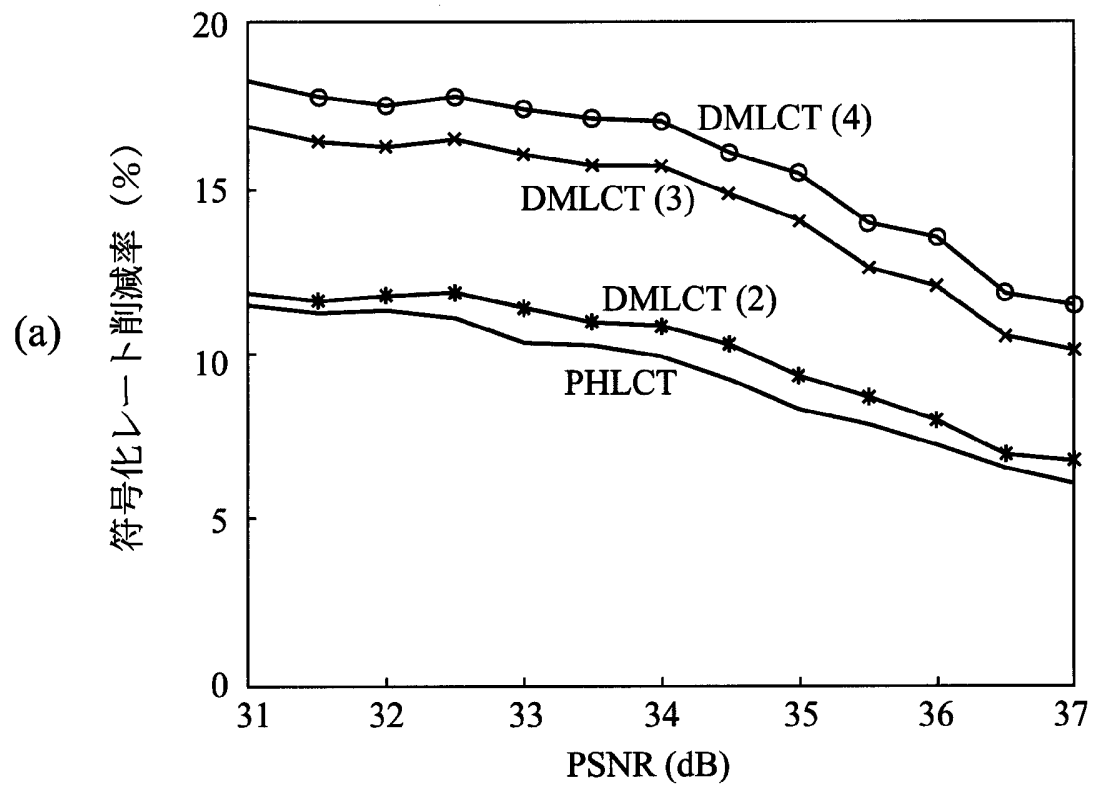
[図30]



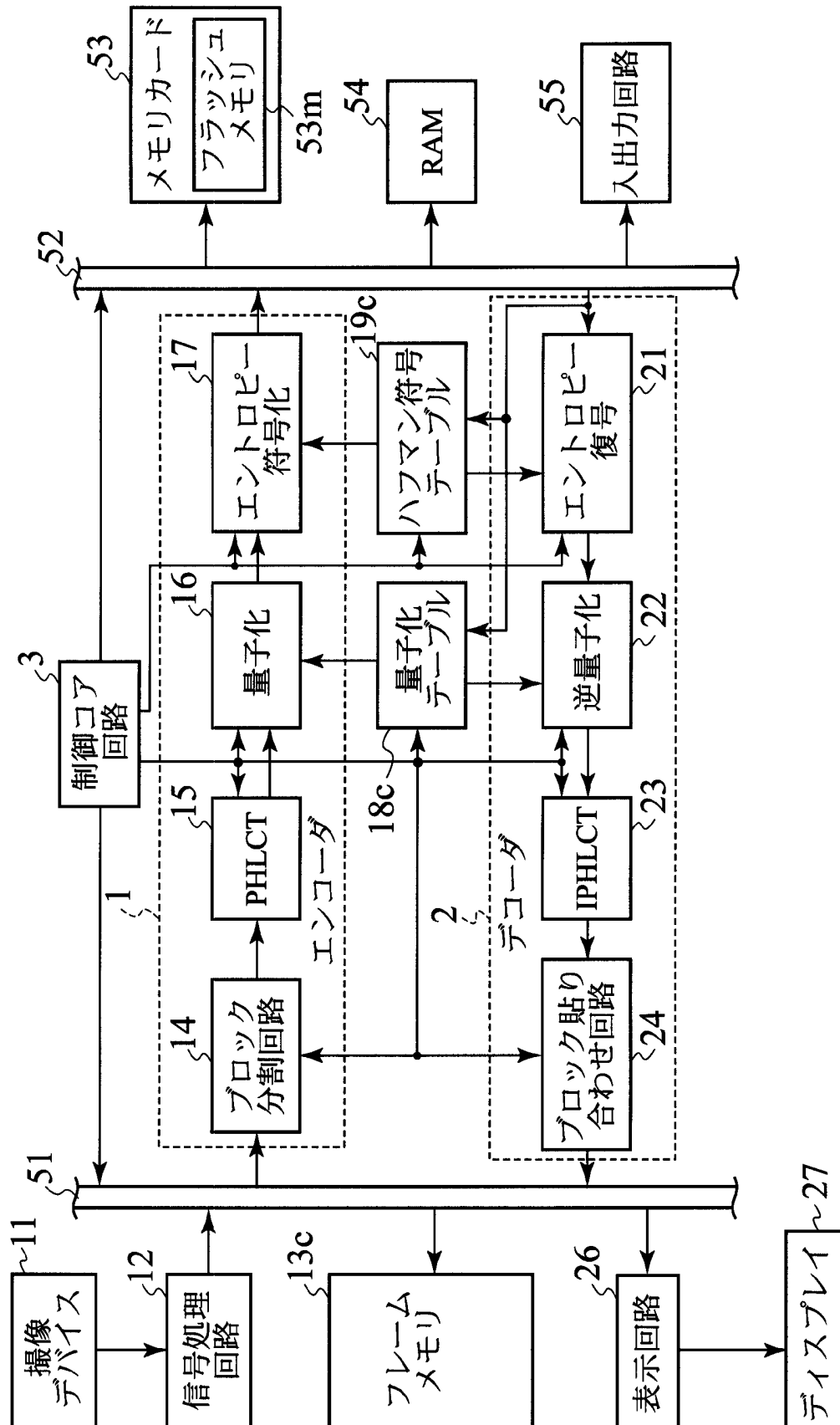
[図31]



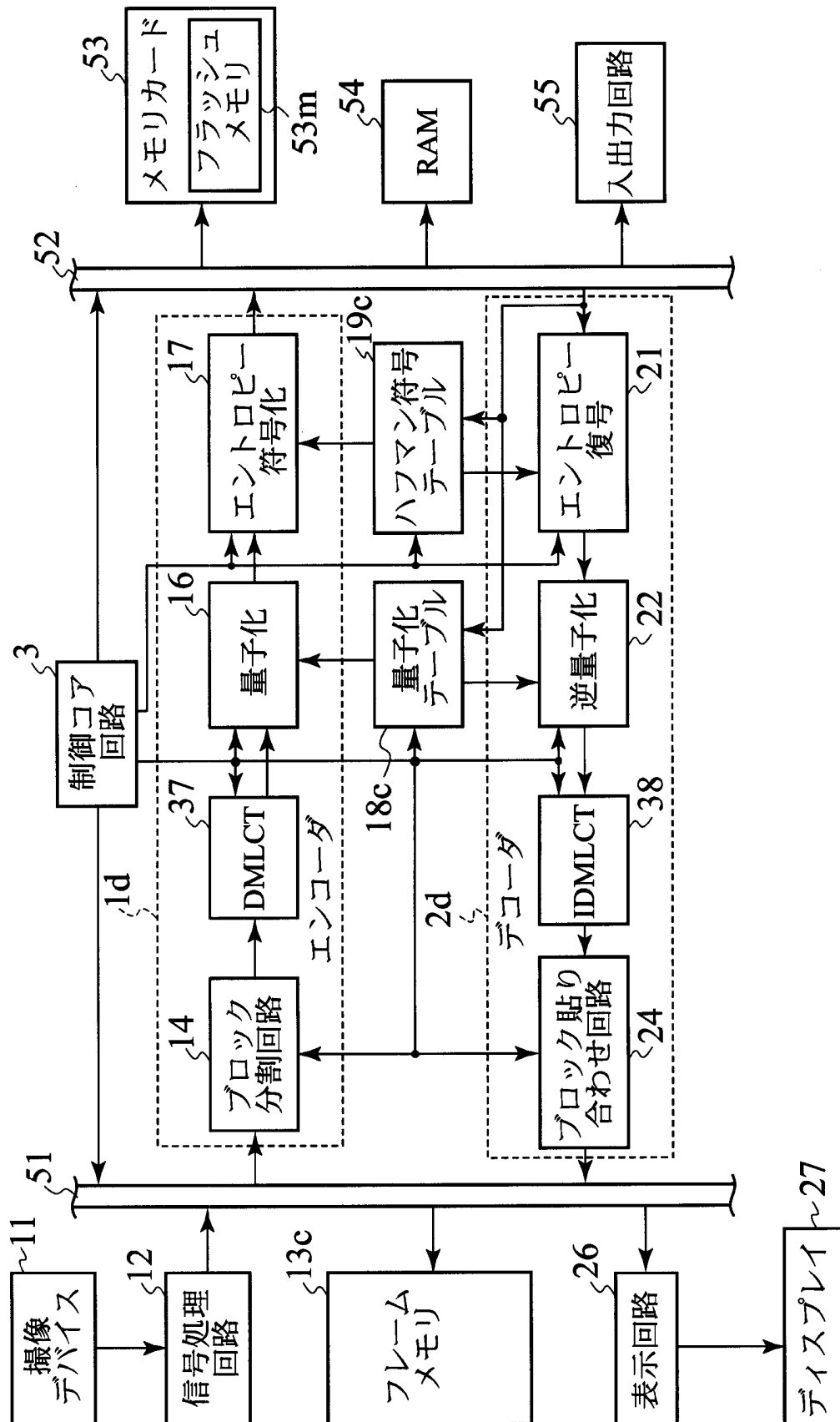
[図32]



[図33]



[図34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021166

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N1/41 (2006.01), **H04N7/30** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N1/41 (2006.01), **H04N7/30** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-501472 A (Sony Electronics, Inc.), 02 February, 1999 (02.02.99), Claims; Figs. 1 to 3 & WO 96-027262 A	1-19
A	JP 8-181984 A (Sharp Corp.), 12 July, 1996 (12.07.96), Claim 2; Fig. 1 & US 5699459 A1	1-19
A	JP 2003-52042 A (Kanebo, Ltd.), 21 February, 2003 (21.02.03), Claim 1; Fig. 1 (Family: none)	1-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 December, 2005 (06.12.05)Date of mailing of the international search report
20 December, 2005 (20.12.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021166

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-247374 A (Seiko Epson Corp.), 30 August, 2002 (30.08.02), Claim 1; Fig. 1(B) (Family: none)	1-19
A	JP 2-62177 A (Fujitsu Ltd.), 02 March, 1990 (02.03.90), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N1/41 (2006.01), H04N7/30 (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N1/41 (2006.01), H04N7/30 (2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-501472 A (ソニー エレクトロニクス インク) 1999.02.02, 特許請求の範囲、図 1-3 & WO 96-027262 A	1-19
A	JP 8-181984 A (シャープ株式会社) 1996.07.12, 請求項 2、図 1 & US 5699459 A1	1-19
A	JP 2003-52042 A (カネボウ株式会社) 2003.02.21, 請求項 1、図 1 (ファミリー無し)	1-19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.12.2005

国際調査報告の発送日

20.12.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松永 稔

5 V

4237

電話番号 03-3581-1101 内線 3571

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-247374 A (セイコーエプソン株式会社) 2002. 08. 30, 請求 項 1、図 1(B) (ファミリー無し)	1-19
A	JP 2-62177 A (富士通株式会社) 1990. 03. 02, 特許請求の範囲、第 1 図 (ファミリー無し)	1-19