

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2018-148486  
(P2018-148486A)

(43) 公開日 平成30年9月20日(2018.9.20)

(51) Int.Cl.  
H04N 19/433 (2014.01)  
H04N 19/436 (2014.01)

F I  
H04N 19/433  
H04N 19/436

テーマコード (参考)  
5C159

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-43799 (P2017-43799)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成29年3月8日 (2017.3.8)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100090273
			弁理士 國分 孝悦
		(72) 発明者	内藤 聡
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	5C159 KK08 KK13 MA04 MA05 MA21
			MC11 NN01 NN03 PP04 UA02
			UA28 UA33

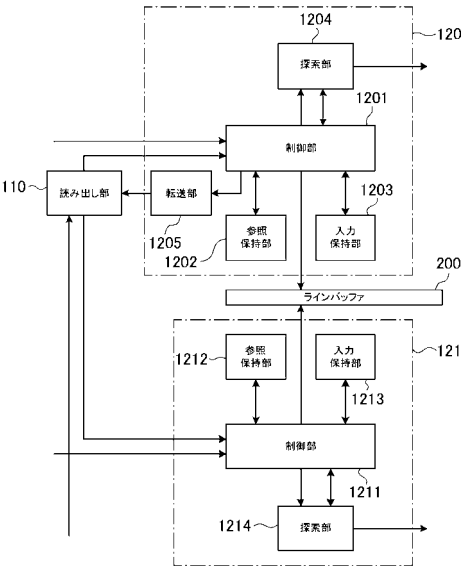
(54) 【発明の名称】 画像符号化装置、画像符号化方法、及びプログラム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】Wavefront並列処理に必要な参照画素保持用のバッファメモリを削減可能にする画像符号化装置を提供する。

【解決手段】画像符号化装置は、入力画像内の符号化対象の第1のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する参照保持部1202と、参照保持部1202に保持された参照画素を用いて入力画像の第1のブロック内の予測ブロックの動きベクトルを探索する探索部1204と、入力画像内の第1のブロックとは異なる符号化対象の第2のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する参照保持部1212と、参照保持部1212に保持された参照画素を用いて入力画像の第2のブロック内の予測ブロックの動きベクトルを探索する探索部1214と、保持部1202が保持している参照画素の中から、探索部1214が探索に用いる参照画素を読み出して、参照保持部1212へ転送する転送部1205とを有する。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

入力画像をブロック単位でフレーム間予測処理により符号化する画像符号化装置であって、

参照画像の中で、前記入力画像の符号化対象の第 1 のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する第 1 の保持手段と、

前記第 1 の保持手段に保持された参照画素を用い、前記入力画像の前記第 1 のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第 1 の探索手段と、

参照画像の中で、前記入力画像の前記第 1 のブロックとは異なる符号化対象の第 2 のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する第 2 の保持手段と、

前記第 2 の保持手段に保持された参照画素を用いて、前記入力画像の前記第 2 のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第 2 の探索手段と、

前記第 1 の保持手段が保持している参照画素の中から、前記第 2 の探索手段が前記探索に用いる参照画素を読み出して、前記第 2 の保持手段へ転送する転送手段と、  
を有することを特徴とする画像符号化装置。

**【請求項 2】**

前記転送手段は、前記第 1 の保持手段が保持している前記探索範囲の参照画素の中で前記第 1 の探索手段が前記動きベクトルの探索に使用せず、前記第 2 の探索手段が前記動きベクトルの探索の際に参照する参照画素を含むブロックを、前記第 1 の保持手段から読み出して前記第 2 の保持手段へ転送することを特徴とする請求項 1 に記載の画像符号化装置

**【請求項 3】**

前記入力画像の中で、前記第 1 の探索手段が前記動きベクトルを探索する前記第 1 のブロックが含まれる行と、前記第 2 の探索手段が前記動きベクトルを探索する前記第 2 のブロックが含まれる行とは、異なることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像符号化装置。

**【請求項 4】**

前記第 1 の探索手段が前記動きベクトルを探索する前記第 1 のブロックと、前記第 2 の探索手段が前記動きベクトルを探索する前記第 2 のブロックとは、前記行の方向で少なくとも 2 個のブロックの間隔を空けて離れていることを特徴とする請求項 3 に記載の画像符号化装置。

**【請求項 5】**

前記参照画像を保持するフレームメモリから前記参照画素を読み出す読み出し手段を有することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の画像符号化装置。

**【請求項 6】**

前記転送手段は、前記第 1 の保持手段から読み出した参照画素を、前記読み出し手段を介して前記第 2 の保持手段へ転送することを特徴とする請求項 5 に記載の画像符号化装置

**【請求項 7】**

前記読み出し手段は、前記第 2 の探索手段が前記探索に用いる参照画素うち、前記転送手段から転送される前記参照画素は前記フレームメモリから読み出さず、前記転送手段から転送されない参照画素を前記フレームメモリから読み出し、前記フレームメモリから読み出された参照画素と、前記転送手段から転送された参照画素とを、前記第 2 の保持手段へ出力することを特徴とする請求項 6 に記載の画像符号化装置。

**【請求項 8】**

入力画像をブロック単位でフレーム間予測処理により符号化する画像符号化装置の画像符号化方法であって、

参照画像の中で、前記入力画像の符号化対象の第 1 のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を第 1 の保持手段に保持させる第 1 の保持工程と、

前記第 1 の保持手段が保持している参照画素の中から、第 2 の探索手段が探索に用いる

参照画素を読み出して、第２の保持手段へ転送する転送工程と、

参照画像の中で、前記入力画像の前記第１のブロックとは異なる符号化対象の第２のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を第２の保持手段に保持させる第２の保持工程と、

前記第１の保持手段に保持された参照画素を用い、前記入力画像の前記第１のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第１の探索工程と、

前記第２の保持手段に保持された参照画素を用いて、前記入力画像の前記第２のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第２の探索工程と、  
を有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項９】

コンピュータを、請求項１から７の何れか１項に記載の画像符号化装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、画像信号を符号化する画像符号化装置、画像符号化方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

動画の圧縮記録に用いられる符号化方式として、`H.264/MPEG-4 AVC`（以下、`H.264`とする。）が知られている（非特許文献１）。 20

近年、`H.264`の後継としてさらに高効率な符号化方式の国際標準化を行う活動が開始されて、`JCT-VC`（`Joint Collaborative Team on Video Coding`）が`ISO/IEC`と`ITU-T`の間で設立された。`JCT-VC`では、`High Efficiency Video Coding`（`HEVC`）符号化方式の標準化がなされた（非特許文献２）。

【０００３】

`HEVC`では、`CTU`（`Coding Tree Unit`）と呼ばれる所定のサイズの符号化単位ブロックでラスラスキャン順に符号化が行われる。`CTU`はさらに`CU`（`Coding Unit`）と呼ばれる符号化ブロックからなる符号化単位から構成され、`CU`はさらに`PU`（`Prediction Unit`）と呼ばれる予測ブロックからなる符号化単位から構成される。 30

【０００４】

また、`HEVC`の標準化にあたっては、種々の符号化ツールが、符号化効率向上のみならず実装の容易性や処理時間の短縮といった観点も含めて幅広く採用されている。処理時間の短縮の観点では、マルチコアの`CPU`や複数のハードウェア等の上で動作させる事を想定した、並列性を高めるための手法も採用されている。その並列処理の手法の一つに、コンテキスト適応型算術符号化処理（以下、`CABAC`と記す。）を並列に処理するための`Wavefront`と呼ばれる手法がある。`Wavefront`の並列処理では、高さ方向が`CTU`一個分で横方向に複数の`CTU`が並んだ横長の矩形行（以後、`CTU`ラインと呼ぶ）にピクチャを区切って、符号化が行われる。このようにピクチャを`CTU`ラインで区切ることによって、`Wavefront`並列処理では、各`CTU`ラインを並列に処理することができる。 40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【０００５】

【非特許文献１】`ITU-T H.264 (03/2010) Advanced video coding for generic audiovisual services`

【非特許文献２】`ITU-T H.265 (04/2013) High effic` 50

i e n c y   v i d e o   c o d i n g

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、Wavefront並列処理が行われる場合、動きベクトル探索処理に用いる参照画素は、バンド単位でフレームメモリから読み出されることになる。ただし、フレーム間予測処理が行われる場合、動きベクトル探索処理に用いる参照画素は、CTUの単位でフレームメモリから読み出された後、一時的にバッファメモリに保持される。例えば、フレーム間予測処理の際には、或る時刻におけるフレーム間予測処理で参照された参照画素が、その後の他の時刻でのフレーム間予測処理で再び参照されることがあるため、バッファメモリにはそれらの各参照画素がCTUの単位で保持される。また、Wavefront並列処理では前述したように各CTUラインが並列に処理されるため、バッファメモリには大きな容量のメモリが必要になる。しかしながら、大容量のバッファメモリは高価であるため、バッファメモリの削減が望まれる。

10

【0007】

そこで、本発明は、バッファメモリを削減可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、入力画像をブロック単位でフレーム間予測処理により符号化する画像符号化装置であって、参照画像の中で、前記入力画像の符号化対象の第1のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する第1の保持手段と、前記第1の保持手段に保持された参照画素を用い、前記入力画像の前記第1のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第1の探索手段と、参照画像の中で、前記入力画像の前記第1のブロックとは異なる符号化対象の第2のブロックに対応したブロックを含む探索範囲の参照画素を保持する第2の保持手段と、前記第2の保持手段に保持された参照画素を用いて、前記入力画像の前記第2のブロックに含まれる予測ブロックの動きベクトルを探索する第2の探索手段と、前記第1の保持手段が保持している参照画素の中から、前記第2の探索手段が前記探索に用いる参照画素を読み出して、前記第2の保持手段へ転送する転送手段と、を有することを特徴とする。

20

【発明の効果】

30

【0009】

本発明によれば、バッファメモリの削減が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態の画像符号化装置の概略構成例を示す図である。

【図2】フレーム間予測部の概略構成例を示す図である。

【図3】予測処理をCTUライン単位で並列処理する様子を示す図である。

【図4】本実施形態においてメモリに保持される参照画素のCTUを表す図である。

【図5】並列処理されるCTUラインの説明に用いる図である。

【図6】カレントCTUと参照される隣接CTUの説明に用いる図である。

40

【図7】並列処理でCABACコンテキストを同期させる様子を示す図である。

【図8】2並列でピクチャを符号化する例を表す図である。

【図9】フレーム間予測における動きベクトル探索範囲を表す図である。

【図10】従来技術においてメモリ保持される参照画素のCTUを表す図である。

【図11】本実施形態の画像符号化処理を実現可能なPCの構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

図1は、本実施形態の画像符号化装置100の概略構成例を示す図である。なお、本実施形態では、画像符号化装置100が入力画像（入力ピクチャ）をHEVCの符号化方式

50

により符号化する例を挙げているが、符号化方式はこの例に限定されず H . 2 6 4 符号化方式等でもよい。本実施形態では、H E V C 符号化方式で規定される C T U を符号化単位ブロックとし、W a v e f r o n t 並列処理により二つの符号化単位ブロック行（二つの C T U ライン）を並列に符号化処理する例を挙げて説明する。

#### 【 0 0 1 2 】

ここで、図 1 に示した本実施形態の画像符号化装置の構成の説明を行う前に、H E V C の符号化方式における W a v e f r o n t 並列処理の概要について説明する。

W a v e f r o n t 並列処理では、図 5 に示すように、高さ方向が C T U の一個分で横方向に複数の C T U が並んだ横長矩形の行の C T U ライン毎にピクチャを区切って符号化が行われる。図 5 は、図中の方形の四角が一つの C T U 5 0 1 を表し、複数の C T U 5 0 1 が横方向に並んだ C T U ライン # 1 ~ # 6 でピクチャ 5 0 0 が区切られた例を示している。

#### 【 0 0 1 3 】

W a v e f r o n t 並列処理において、画素値や動きベクトルの予測符号化処理を行う際には、現在処理中の C T U （以下、カレント C T U とする。）に隣接する各 C T U を構成している C U 内で、既に処理済みの画素値や動きベクトルの値が参照される。以下、この参照される処理済みの画素を参照画素と表記する。図 6 は、ピクチャから、カレント C T U 6 0 1 と、そのカレント C T U 6 0 1 に隣接していて参照される各 C T U 6 0 2 ~ 6 0 5 を抜き出して例示した図である。また、W a v e f r o n t 並列処理では、図 7 に示すように、C T U ラインの左端から 2 番目の C T U を処理し終えた時点でのコンテキストが、一つ下の C T U ラインの 1 番目（左端）の C T U の処理に使われる。このように、W a v e f r o n t 並列処理では、C T U ラインの処理後のコンテキストを一つ下の C T U ラインで使用するにより、C T U ライン毎に C A B A C 処理がリセットされてコンテキスト初期化が発生して符号化効率が低下してしまうのを防いでいる。また、このような理由から、W a v e f r o n t 並列処理では、図 8（a）の C T U ライン # 1 の C T U 8 0 1 と C T U ライン # 2 の C T U 8 0 2 に示すように、それら C T U ライン # 1 , # 2 間で例えば C T U 2 個分以上の間隔を空けて処理が行われる。なお、C T U ライン間における C T U の間隔は、必ずしも C T U 2 個分である必要はなく、C T U 2 個分以上の間隔であれば、図 8（b）の C T U ライン # 1 の C T U 8 1 1 と C T U ライン # 2 の C T U 8 1 2 に示すように C T U 4 個分等の間隔でもよい。

#### 【 0 0 1 4 】

本実施形態では、画像符号化装置 1 0 0 において、図 8（b）に示したように、二つの C T U ライン間で C T U 4 個分空けて、それら C T U ラインで並列に符号化処理する例を挙げて説明する。なお、本実施形態では、C T U 4 個分の間隔を空けた並列処理を例に挙げているが、C T U 3 個分の間隔を空けた並列処理でもよいし、C T U 4 個分以上の間隔を空けた並列処理であってもよい。

#### 【 0 0 1 5 】

以下、図 1 を参照して、本実施形態の画像符号化装置 1 0 0 の構成を説明する。

入力部 1 2 には、不図示の撮像部により撮像された画像や、不図示の記録媒体から読み出された画像、不図示の通信ネットワーク等から取得した画像等の何れかの画像データが入力される。なお、入力部 1 2 に入力される画像データは、例えば動画を構成する各フレームの画像データであり、この入力されたフレームの画像データが入力ピクチャとして、フレーム間予測部 1 2 0 及び 1 2 1、フレーム内予測部 1 3 0 及び 1 3 1 に送られる。本実施形態の画像符号化装置 1 0 0 は、フレーム間予測部 1 2 0 及びフレーム内予測部 1 3 0 以降の各部と、フレーム間予測部 1 2 1 及びフレーム内予測部 1 3 1 以降の各部とからなる 2 系統の構成で、それぞれ C T U ラインを符号化する。これにより、2 C T U ラインを並列に符号化する符号化処理が行われている。

#### 【 0 0 1 6 】

フレームメモリ 1 9 0 は、後述するようにフィルタ処理部 1 8 0 及び 1 8 1 によるフィルタ処理がなされた後のピクチャの画像データを、後続する入力ピクチャに対するフレー

ム間予測処理のための参照ピクチャとして保持する。

【0017】

読み出し部110は、フレーム間予測処理で動きベクトルを探索する際に用いる参照画素のデータを、フレームメモリ190が保持している参照ピクチャの中から読み出し、フレーム間予測部120及び121に出力する。読み出し部110がフレームメモリ190から読み出す参照画素についての詳細は後述する。また同様に詳細は後述するが、読み出し部110は、後述の図2に示すように、フレーム間予測部120の転送部1205から出力された参照画素のデータをフレーム間予測部121に出力する機能も有する。また図示は省略するが、読み出し部110は、フレーム間予測処理で使用する参照画素のデータを一時的に保持するためのFIFO(First In First Out)として機能するバッファメモリを備えている。読み出し部110の動作及びバッファメモリ機能の詳細についても後述する。

10

【0018】

フレーム間予測部120及び121は、入力ピクチャに対してフレーム間予測処理を行う。具体的には、フレーム間予測部120及び121は、後述するようにして読み出し部110から供給された参照画素を用いて、入力ピクチャの各CTUを構成しているPU(予測ブロック)に対応する動きベクトルを、PU単位(予測ブロック単位)で探索する。

【0019】

図3は、CTUライン単位でWavefront並列処理が行われる際の各CTUを示した図である。入力ピクチャと参照ピクチャを共に図3のように表した場合、図中の方形の四角はそれぞれCTUを表し、各CTU内に記述された(X,Y)はXが行番号、Yが列番号を表している。そして、図3に示したピクチャのうち、CTU内の列番号Yが偶数の各CTUラインのデータはフレーム間予測部120へ入力され、列番号Yが奇数の各CTUラインのデータはフレーム間予測部121へ入力される。また、参照ピクチャの場合、図3のCTU301は入力ピクチャの符号化対象のCTUと空間的に同一位置にある参照ピクチャ内のCTUである。動きベクトルの探索の際には、参照ピクチャ内のCTU301及びその周辺のCTUからなる図中点線で示した範囲が動きベクトルの探索ウィンドウ302となされる。なお、本実施形態の場合、フレーム間予測部120は、次に処理するCTUの動きベクトル探索に必要な参照画素のうち、フレーム間予測部121が動きベクトル探索に必要とする参照画素のデータを、CTU単位で読み出し部110に出力する。このようなフレーム間予測部120における構成及び動作の詳細は後述する。そして、フレーム間予測部120から出力されたデータはモード決定部140に送られ、同様に、フレーム間予測部121から出力されたデータはモード決定部141に送られる。

20

30

【0020】

フレーム内予測部130及び131は、入力ピクチャに対してPU単位でフレーム内予測(イントラ予測処理)のモードによる探索処理を行う。フレーム内予測処理の場合も、前述同様に図3に示す入力ピクチャのうち、CTU内の行番号Xが偶数のCTUラインのデータはフレーム内予測部130へ入力され、行番号Xが奇数のCTUラインのデータはフレーム内予測部131へ入力される。イントラ予測処理については、前述した非特許文献1に詳細が記載されているので、その説明は省略する。そして、フレーム内予測部130から出力されたデータはモード決定部140に送られ、同様に、フレーム内予測部131から出力されたデータはモード決定部141に送られる。

40

【0021】

モード決定部140及び141は、PU単位でフレーム間予測処理とフレーム内予測処理の何れかの予測モードを選択する。さらに、モード決定部140及び141は、選択した予測モードと動きベクトルと参照画素とを基に予測画像を生成し、その予測画像と入力ピクチャとの差分を求めて予測差分画像を生成する。そして、モード決定部140は、生成した予測差分画像のデータを変換・量子化部150に出力し、モード決定部141は、生成した予測差分画像のデータを変換・量子化部151に出力する。また、モード決定部140が生成した予測モードと動きベクトルのデータは符号化部160に送られ、モード

50

決定部 1 4 1 が生成した予測モードと動きベクトルのデータは符号化部 1 6 1 に送られる。

【 0 0 2 2 】

変換・量子化部 1 5 0 及び 1 5 1 は、予測差分画像に対して直交変換を行い、その直交変換による変換係数データを量子化する。変換・量子化部 1 5 0 から出力された量子化後の変換係数データは符号化部 1 6 0 と逆変換・逆量子化部 1 7 0 に送られ、変換・量子化部 1 5 1 から出力された量子化後の変換係数データは符号化部 1 6 1 と逆変換・逆量子化部 1 7 1 に送られる。

【 0 0 2 3 】

符号化部 1 6 0 及び 1 6 1 は、それぞれ量子化後の変換係数データを、算術符号化等を用いてエントロピー符号化する。また、符号化部 1 6 0 はモード決定部 1 4 0 から出力された予測モード及び動きベクトルのデータをエントロピー符号化し、符号化部 1 6 1 はモード決定部 1 4 1 から出力された予測モード及び動きベクトルのデータをエントロピー符号化する。

【 0 0 2 4 】

逆変換・逆量子化部 1 7 0 は変換・量子化部 1 5 0 から出力された量子化後の変換係数データに対し、逆量子化を行い、さらにその逆量子化後の変換係数データに逆直交変換処理を行って予測差分画像を生成（復元）する。同様に、逆変換・逆量子化部 1 7 1 は変換・量子化部 1 5 1 から出力された量子化後の変換係数データを逆量子化し、さらにその逆量子化後の変換係数データに逆直交変換処理を行って予測差分画像を生成（復元）する。

【 0 0 2 5 】

逆変換・逆量子化部 1 7 0 で逆直交変換処理されて生成された予測差分画像は、モード決定部 1 4 0 から出力された予測画像と加算されて、フィルタ処理部 1 8 0 に出力される。同様に、逆変換・逆量子化部 1 7 1 で逆直交変換処理されて生成された予測差分画像は、モード決定部 1 4 1 から出力された予測画像と加算されて、フィルタ処理部 1 8 1 に出力される。

【 0 0 2 6 】

フィルタ処理部 1 8 0 は、逆変換・逆量子化部 1 7 0 から出力された画像に対して、量子化等の処理によって生じた歪を除去するためのフィルタ処理を行う。同様に、フィルタ処理部 1 8 1 は、逆変換・逆量子化部 1 7 1 から出力された画像に対して、量子化等の処理によって生じた歪を除去するためのフィルタ処理を行う。これらフィルタ処理部 1 8 0、1 8 1 でそれぞれフィルタ処理された画像データは、フレームメモリ 1 9 0 に出力される。これにより、フレームメモリ 1 9 0 には、前述のようにしてフィルタ処理された後の画像データが、入力ピクチャのフレーム間予測処理のための参照ピクチャとして保持される。

【 0 0 2 7 】

なお、フレーム間予測部 1 2 0 及びフレーム内予測部 1 3 0 は、それぞれフレーム間予測部 1 2 1 及びフレーム内予測部 1 3 1 とは異なる C T U ラインの処理を行うため、予測モードや動きベクトル、フィルタ処理された画素を互いに参照する必要がある。このため、ラインバッファ 2 0 0 は、それらフレーム内予測、動きベクトルの符号化、フィルタ処理等に必要なデータを受け渡すためのバッファとしての機能を果たしている。

【 0 0 2 8 】

ここで、前述したように、参照ピクチャのデータはフレームメモリ 1 9 0 に保持され、フレーム間予測処理の際の動きベクトル探索処理に用いる参照画素は、フレームメモリ 1 9 0 から読み出される。また、フレーム間予測処理の際の参照画素のデータは、読み出し部 1 1 0 を介してフレーム間予測部 1 2 0 とフレーム間予測部 1 2 1 に送られるため、読み出し部 1 1 0 には、参照画素のデータを一時的に保持するバッファメモリが設けられている。なお、本実施形態の場合、フレーム間予測部 1 2 1 で使用される参照画素のデータは、フレームメモリ 1 9 0 から読み出されたデータだけでなく、フレーム間予測部 1 2 0 から読み出し部 1 1 0 を介して転送されるが、その説明については後述する。

10

20

30

40

50

## 【0029】

以下、本実施形態における参照画素の読み出し動作等の説明を行う前に、本実施形態との比較のため、従来の画像符号化装置における参照画素の読み出し動作の概要について説明する。従来の画像符号化装置は、フレーム間予測処理でWavefront並列処理を行う場合に、参照画素のデータをフレームメモリから読み出してバッファメモリに一時保持させるようになされている。

## 【0030】

従来技術を用いた画像符号化装置では、Wavefront並列処理が行われる場合、動きベクトル探索処理に用いる参照画素を、バンド単位でフレームメモリから読み出す。図9は、フレーム間予測処理が行われる場合において、フレームメモリから参照画素が読み出されて、例えば2CTUラインの並列処理がCTUライン間で数個分のCTU間隔を空けて行われる例を表す図である。図9の例において、CTU901と903は、2CTUライン並列で動きベクトル探索処理が行われる際の、入力ピクチャの符号化対象のCTUと空間的に同一位置にある参照ピクチャ内のCTUを示している。また、探索ウィンドウ902はCTU901に対応した動きベクトル探索範囲であり、探索ウィンドウ904はCTU903に対応した動きベクトル探索範囲である。また、探索ウィンドウ902のCTU905, 906, 907と探索ウィンドウ904のCTU908は、フレームメモリから読み出される参照画素のCTUである。この例の場合、CTU906とCTU907の参照画素は、探索ウィンドウ902において参照される一方で、その後、探索ウィンドウ904が右に移動したときに再び参照されることになる。

## 【0031】

図10は、従来の画像符号化装置において、前述の図3と同様に各CTUに行番号Xと列番号Yが付与された参照ピクチャから、図9のように2CTUライン並列でCTUの参照画素のデータが読み出されてメモリに保持される例を示した図である。図10中の方形の各四角はそれぞれCTUを表しており、図中の斜線が付与されたCTUは、時刻T1~T5でそれぞれフレームメモリから読み出された参照画素のCTUを表している。図10でも図3の例と同様に、各CTUは行番号Xと列番号Yとで表されており、各CTUがCTU(X, Y)のように表されている。図10のA欄は、2CTUライン並列で処理が行われる場合の二つのフレーム間予測処理のうち、図3の上側のCTUラインに対する時刻T1~T5のフレーム間予測処理でメモリに保持される各CTUを表している。以下、A欄のフレーム間予測処理をフレーム間予測処理1と表記する。フレーム間予測処理1を行うフレーム間予測処理部(図1ではフレーム間予測部120に相当する。)は、各時刻T1~T5においてそれぞれ探索ウィンドウ分に相当する9CTUのデータを保持するメモリを有する。一方、図10のC欄は、図3の下側のCTUラインに対する時刻T1~T5のフレーム間予測処理でメモリに保持される各CTUを表している。以下、C欄のフレーム間予測処理をフレーム間予測処理2と表記する。フレーム間予測処理2を行うフレーム間予測処理部(図1ではフレーム間予測部121に相当する。)は、各時刻T1~T5でそれぞれ探索ウィンドウ分に相当する9CTUのデータを保持するメモリを有する。図10のB欄は、フレームメモリから読み出した参照画素を一時的に保持するバッファメモリにおいて、時刻T1~T5のフレーム間予測処理の際に保持されている各CTUを表している。

## 【0032】

図10に例示したように、例えば時刻T1では、斜線が付与されたCTU(6, 1)、CTU(6, 2)、CTU(6, 3)及びCTU(2, 4)の各CTUの参照画素がフレームメモリから読み出される。次の時刻T2では、時刻T1でフレームメモリから読み出された各CTUのデータが図の左方向にシフトされ、フレームメモリからは新たにCTU(7, 1)、CTU(7, 2)、CTU(7, 3)及びCTU(3, 4)のデータが読み出される。一方、時刻T1でバッファメモリ(B欄)に保持されていたCTU(3, 2)及び(3, 3)のデータは時刻T2でフレーム間予測処理2(C欄)へ入力される。従来の画像符号化装置では、以下、時刻T3以降も同様にフレームメモリからの読み出しが行



われることになる。

#### 【 0 0 3 3 】

ここで、例えばCTU(6, 2)とCTU(6, 3)の参照画素は、時刻T1においてフレーム間予測処理1により参照される一方で、時刻T5でもフレーム間予測処理2によって参照される。このため、図10のB欄に示すように、フレームメモリから読み出された参照画素を保持するバッファメモリには、少なくとも時刻T5の前の時刻T4まで、それらCTU(6, 2)とCTU(6, 3)の参照画素のデータを保持しておかなければならない。また時刻T1では、時刻T2~T4においてフレーム間予測処理2によりそれぞれ参照されるCTU(3, 2)、CTU(3, 3)、CTU(4, 2)、CTU(4, 3)、CTU(5, 2)、CTU(5, 3)の各データも、バッファメモリに既に保持されている。すなわち、従来の画像符号化装置において、参照画素を一時的に保持するバッファメモリには少なくとも8個分のCTUのデータが保持されることになり、バッファメモリは大きな容量のメモリでなければならない。なお、バッファメモリの容量増加を避けるために、フレーム間予測処理の都度、フレームメモリから参照画素を読み出す方法も考えられるが、この場合、フレームメモリからの読み出し回数とデータ転送量が増大し、消費電力が増加することになり好ましくない。

10

#### 【 0 0 3 4 】

そこで、本実施形態の画像符号化装置100は、2CTUラインで並列処理するための二つのフレーム間予測部120, 121のうち、先行するCTUラインの処理を行うフレーム間予測部120の中に、図2に示す転送部1205を設けている。そして、本実施形態の画像符号化装置100は、転送部1205によりフレーム間予測部120からフレーム間予測部121へ参照画像のデータを転送可能にすることで、読み出し部110に必要なバッファメモリを削減可能としている。

20

#### 【 0 0 3 5 】

図2は、本実施形態の画像符号化装置100のフレーム間予測部120及び121の詳細な構成を示した図である。なお、図2には、読み出し部110、ラインバッファ200も描かれている。

図2に示すように、フレーム間予測部120は、制御部1201、参照保持部1202、入力保持部1203、探索部1204、転送部1205を有して構成されている。フレーム間予測部121は、制御部1211、参照保持部1212、入力保持部1213、探索部1214を有して構成されている。

30

#### 【 0 0 3 6 】

フレーム間予測部120において、制御部1201は、参照保持部1202と入力保持部1203の書き込みと読み出し、ラインバッファ200の書き込みと読み出しを制御するメモリ制御部である。制御部1201は、入力保持部1203に対しては入力ピクチャの中の現在の符号化対象の画素データを書き込み、参照保持部1202に対しては読み出し部110がフレームメモリから読み出した参照画素のデータを書き込む。入力保持部1203は、入力ピクチャの中の現在の符号化対象の画素をCTU単位で保持するメモリである。参照保持部1202は、探索部1204が動きベクトルを探索する際に用いる参照画素をCTU単位で保持するメモリである。参照保持部1202には、符号化対象のCTUと空間的に同一位置にある参照ピクチャ内のCTU(図3のCTU301)の画素及びその周囲のCTUの画素からなる探索ウィンドウ(図3の探索ウィンドウ302)分に相当する各画素データが保持される。なお、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばカメラのパン・チルト動作が行われた際の画像を入力ピクチャとして符号化する場合には、パン・チルトの方向に合わせて探索ウィンドウがずらされてもよい。制御部1201は、探索部1204から要求された位置の参照画素を参照保持部1202から読み出し、探索部1204へ出力する。

40

#### 【 0 0 3 7 】

探索部1204は、制御部1201を介して、入力保持部1203から符号化対象のCTU内の予測ブロックの画素を読み出し、参照保持部1202から探索ウィンドウの画素

50

を読み出して、ブロックマッチング処理により動きベクトルを探索する。具体的には、探索部 1204 は、探索ウィンドウ内の全ての画素について、ブロックマッチングにより符号化対象の C T U の画素との比較を行って符号化コストを計算し、符号化コストが最小となる位置を動きベクトルとして検出する。なお、本発明はこの例には限定されず、例えば探索部 1204 は探索ウィンドウ内の画素を間引いて探索してもよいし、探索ウィンドウと入力された符号化対象の C T U の縮小画像を生成して探索してもよい。

#### 【0038】

フレーム間予測部 121 の制御部 1211 は、制御部 1201 と同様のメモリ制御部であり、参照保持部 1212 と入力保持部 1213、及び、ラインバッファ 200 の書き込みと読み出しを制御する。制御部 1211 は、入力保持部 1213 に対しては入力ピクチャの中の現在の符号化対象の画素データを書き込み、参照保持部 1212 に対しては読み出し部 110 がフレームメモリから読み出した参照画素のデータを書き込む。入力保持部 1213 は、入力保持部 1203 と同様のメモリであり、入力ピクチャの中の現在の符号化対象の画素を C T U 単位で保持する。参照保持部 1212 は、参照保持部 1202 と同様のメモリであり、探索部 1214 が動きベクトルを探索する際に用いる参照画素を C T U 単位で保持する。ただし、フレーム間予測部 121 の処理対象となされる C T U は、前述の図 3 で説明したように、フレーム間予測部 120 が処理する C T U ラインより一つ下の C T U ラインで更に 4 C T U 間隔分だけ空けられた C T U である。なお、フレーム間予測部 121 においても、例えばカメラのパン・チルト動作が行われた際の画像を入力ピクチャとして符号化する場合には、パン・チルトの方向に合わせて探索ウィンドウがずらされてもよい。制御部 1211 は、探索部 1214 から要求された位置の参照画素を参照保持部 1212 から読み出し、探索部 1214 へ出力する。

#### 【0039】

探索部 1214 は、探索部 1204 と同様の動きベクトル探索部であり、入力保持部 1213 と参照保持部 1212 から、C T U 内の予測ブロックの画素と探索ウィンドウの画素を読み出し、ブロックマッチング処理により動きベクトルを探索する。なお、フレーム間予測部 120 の場合と同様に、探索部 1214 は探索ウィンドウ内の画素を間引いて探索してもよいし、探索ウィンドウと入力された符号化対象の C T U の縮小画像を生成して探索してもよい。

#### 【0040】

ここで本実施形態の場合、フレーム間予測部 120 は、次の時刻で処理する C T U の動きベクトル探索に不要な C T U のうち、後にフレーム間予測部 121 が動きベクトル探索で必要とする C T U のデータを、フレーム間予測部 121 に転送する。このため、転送部 1205 は、探索部 1204 が C T U 内の処理を終えた後、右隣の各 C T U 内で予測ブロックの動きベクトル探索に使用されない参照画素のうち、探索部 1214 が後に参照する画素を、制御部 1201 を介して参照保持部 1202 から読み出す。そして、転送部 1205 は、その読み出した参照画素のデータを、読み出し部 110 を介してフレーム間予測部 121 に転送する。すなわち、転送部 1205 は、参照保持部 1202 から参照保持部 1212 へ参照画素のデータを転送する機能を有している。

#### 【0041】

以下、転送部 1205 の具体的な動作を、図 4 を参照して説明する。

図 4 は、本実施形態の画像符号化装置 100 において、前述の図 3 と同様に各 C T U に行番号 X と列番号 Y が付与された参照ピクチャから、図 3 のように 2 C T U ライン並列で C T U の参照画素のデータが読み出されてメモリに保持される例を示した図である。図 4 中の方形の各四角はそれぞれ C T U を表しており、図中の斜線が付与された C T U は、時刻 T1 ~ T4 でそれぞれフレームメモリ 190 から読み出された参照画素の C T U を表している。図 4 でも図 3 の例と同様に、各 C T U は行番号 X と列番号 Y とで表されており、各 C T U が C T U ( X , Y ) のように表されている。図 4 の A 欄は、本実施形態の二つのフレーム間予測部 120 , 121 のうち、図 3 の上側の C T U ラインに対する時刻 T1 ~ T4 のフレーム間予測処理を行うフレーム間予測部 120 の参照保持部 1202 に保持さ

れる各CTUを表している。一方、図4のC欄は、図3の下側のCTUラインに対する時刻T1～T4のフレーム間予測処理を行うフレーム間予測部121の参照保持部1212に保持される各CTUを表している。すなわち、参照保持部1202と1212は、各時刻T1～T4においてそれぞれ探索ウィンドウ分に相当する9CTUのデータを保持するメモリとなされている。図4のB欄は、フレームメモリ190から参照画像を読み出す読み出し部110内に設けられているバッファメモリにおいて、時刻T1～T4のフレーム間予測処理の際に保持される各CTUを表している。

#### 【0042】

本実施形態の場合、図4に示すように、例えば時刻T1では、斜線が付与されたCTU(6,1)、CTU(6,2)、CTU(6,3)及びCTU(2,4)の各CTUの参照画素がフレームメモリ190から読み出される。次の時刻T2では、時刻T1でフレームメモリ190から読み出された各CTUのデータが図の左方向にシフトされ、フレームメモリ190からは新たにCTU(7,1)、CTU(7,2)、CTU(7,3)及びCTU(3,4)のデータが読み出される。

#### 【0043】

ここで、本実施形態の場合、時刻T1において、フレーム間予測部120は、CTU(5,2)内の動きベクトル探索処理を終えている。また、時刻T1において、フレーム間予測部121は、図3のCTU(5,2)から1CTUライン下で左方向に4CTU分だけ離れたCTU(1,3)内の動きベクトル探索処理を終えている。このとき、転送部1205は、制御部1201を介し、参照保持部1202から、次の時刻T2では動きベクトル探索に使用しないCTUのうち、探索部1214が後に参照する画素のCTUを、制御部1201を介して参照保持部1202から読み出す。また、転送部1205は、時刻T2において、探索部1204が動きベクトル探索に使用せず、一方で探索部1214が時刻T3で動きベクトル探索に参照するCTU(4,2)とCTU(4,3)を、制御部1201を介して参照保持部1202から読み出す。そして、転送部1205は、その読み出されたCTU(4,2)とCTU(4,3)のデータを、読み出し部110を介してフレーム間予測部121に転送する。これにより、読み出し部110のバッファメモリには、時刻T2において、それらCTU(4,2)とCTU(4,3)のデータが保持される。

#### 【0044】

次の時刻T3では、読み出し部110のバッファメモリに保持されているCTU(4,2)とCTU(4,3)のデータが、フレーム間予測部121に送られて、参照保持部1212に保持される。また、図4に示すように、時刻T3において、フレームメモリ190からはCTU(8,1)、CTU(8,2)、CTU(8,3)及びCTU(4,4)のデータが読み出される。このため、時刻T3において、フレーム間予測部121の参照保持部1212には、探索部1214がCTU(3,3)に対する動きベクトル探索処理を開始する前に、CTU(4,2)とCTU(4,3)を含む各CTUのデータが保持されていることになる。

#### 【0045】

このように本実施形態の場合、読み出し部110は、探索部1204が探索に用いる参照画素うち、転送部1205から転送される参照画素はフレームメモリ190から読み出さず、転送部1205から転送されない参照画素をフレームメモリ190から読み出す。したがって、参照保持部1212には、フレームメモリ190から読み出された参照画素と、転送部1205から転送された参照画素とが保持される。

#### 【0046】

以上説明したように、本実施形態では、フレーム間予測部120が次に処理するCTUの動きベクトル探索に不要な参照画素のうち、フレーム間予測部121が後に動きベクトル探索に必要とする参照画素のデータを、フレーム間予測部121へ転送する。すなわち、本実施形態の場合、転送部1205が、参照保持部1202から参照保持部1212へ参照画素を転送するようになされており、参照保持部1202がバッファメモリの機能を

10

20

30

40

50

兼ねている。このため、本実施形態によれば、読み出し部 110 において、参照画素を保持するためのバッファメモリが削減されることになる。

#### 【0047】

また、本実施形態の場合、フレーム間予測部 121 で参照される参照画素のうち、転送部 1205 が転送する参照画素については、読み出し部 110 はフレームメモリ 190 から読み出さない。したがって、本実施形態によれば、フレームメモリ 190 からの読み出し回数とデータ転送量が削減され、消費電力も低減される。

#### 【0048】

図 11 は、本実施形態に係る画像符号化装置をコンピュータにより実現する場合の、コンピュータの概略構成例を示す図である。

図 11 において、CPU 1001 は、中央演算装置である。RAM 1002 は、揮発性メモリであり、前述した本実施形態の画像符号化処理を実現するためのプログラムが展開され、また、画像データなどが一時的に格納される。ROM 1003 は不揮発性メモリであり、CPU 1001 の起動用プログラムや各種初期設定データ等が格納されている。外部記憶装置 1006 は、RAM 1002 と比較して大容量な記録デバイスであり、例えば HDD（ハードディスクドライブ）や SSD（ソリッドステートドライブ）からなる。外部記憶装置 1006 には、CPU 1001 により実行される OS（基本ソフトウェア）や、本実施形態に係る画像符号化処理を実現するためのプログラム、その他各種のデータ等が格納されている。また、外部記憶装置 1006 には、撮影された画像データやネットワーク等を介して取得された画像データ等も記録可能となされている。I/F 1007 は、外部ネットワーク等と接続するためのインターフェースであり、I/F 1007 を介してインターネット等を介した通信や他のコンピュータ等との通信が行われる。本実施形態の画像符号化処理のプログラムは I/F 1007 を介して取得されてもよく、また、本実施形態の画像符号化処理にて扱う画像データも I/F 1007 を介して取得されてもよい。出力部 1005 は、液晶等の表示デバイスである。これらの各構成はバス 1010 により接続されている。

#### 【0049】

CPU 1001 は、電源 ON 等の起動時、ROM 1003 に格納されている起動用プログラムを実行する。この起動用プログラムは、外部記憶装置 1006 に格納されている OS を読み出し、RAM 1002 に展開するためのものである。CPU 1001 は、OS の起動後、操作部 1004 等を介してユーザにより本実施形態の画像符号化処理のプログラムを起動する旨の指示がなされると、外部記憶装置 1006 から画像符号化処理のプログラムを読み出して RAM 1002 に展開する。これにより、CPU 1001 は、本実施形態の画像符号化処理を実行可能な状態となる。また、CPU 1001 は、本実施形態の画像符号化処理のプログラムの動作に用いられる各種データについても RAM 1002 上に格納して読み書きを行う。

#### 【0050】

また、本実施形態の画像符号化処理プログラムは、図 1 のフレームメモリ 190、ラインバッファ 200 のメモリを除いた各部の処理を、CPU 1001 が実行可能なプログラムとなされる。すなわち、画像符号化処理プログラムを実行することで、CPU 1001 は、読み出し部 110、フレーム内予測部 130 及び 131、フレーム間予測部 120 及び 121、モード決定部 140 及び 141 等の各部の処理を行う。また、CPU 1001 は、画像符号化処理プログラムを実行することで、変換・量子化部 150 及び 151 や、逆変換・逆量子化部 170 及び 171、フィルタ処理部 180 及び 181、符号化部 160 及び 161 の各処理も行うこともできる。また、画像符号化処理プログラムには、CPU 1001 が、RAM 1002 内に、前述した読み出し部 110 のバッファメモリ、参照保持部 1202 及び 1212、入力保持部 1203 及び 1213 等を形成させるプログラムも含まれる。なお、画像符号化処理プログラムには、CPU 1001 が RAM 1002 内にフレームメモリ 190、ラインバッファ 200 を形成させるためのプログラムが含まれてもよい。

## 【 0 0 5 1 】

本発明は、上述の実施形態の１以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける１つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、１以上の機能を実現する回路（例えば、ＡＳＩＣ）によっても実現可能である。

上述の実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。即ち、本発明は、その技術思想、又はその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

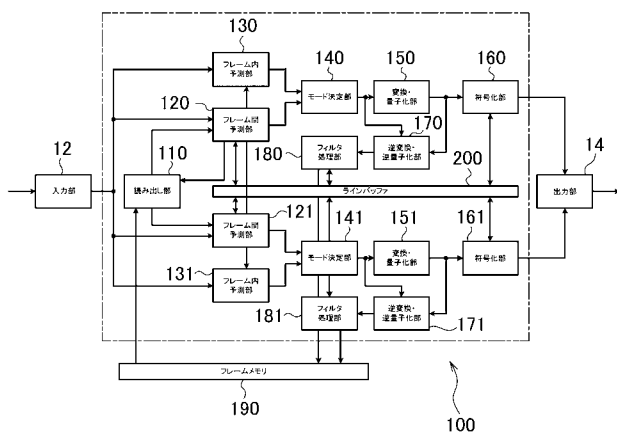
## 【 符号の説明 】

10

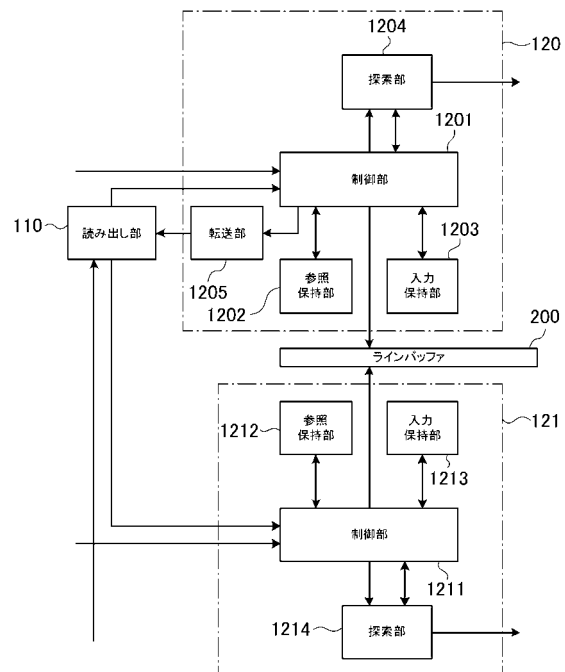
## 【 0 0 5 2 】

１００：画像符号化装置、１１０：読み出し部、１２０，１２１：フレーム間予測部、１３０，１３１：フレーム内予測部、１４０，１４１：モード決定部、１９０：フレームメモリ、２００：ラインバッファ、１２０１，１２１１：制御部、１２０２，１２１２：参照保持部、１２０３，１２１３：入力保持部、１２０４，１２１４：探索部、１２０５，１２１５：転送部

【 図 １ 】



【 図 ２ 】



【図 3】

(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)	(5,0)	(6,0)	(7,0)	(8,0)	(9,0)
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)	(5,1)	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(9,1)
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)	(5,2)	(6,2)	(7,2)	(8,2)	(9,2)
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)	(5,3)	(6,3)	(7,3)	(8,3)	(9,3)
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)	(5,4)	(6,4)	(7,4)	(8,4)	(9,4)
(0,5)	(1,5)	(2,5)	(3,5)	(4,5)	(5,5)	(6,5)	(7,5)	(8,5)	(9,5)
(0,6)	(1,6)	(2,6)	(3,6)	(4,6)	(5,6)	(6,6)	(7,6)	(8,6)	(9,6)
(0,7)	(1,7)	(2,7)	(3,7)	(4,7)	(5,7)	(6,7)	(7,7)	(8,7)	(9,7)

(X,Y) X: 行番号  
Y: 列番号

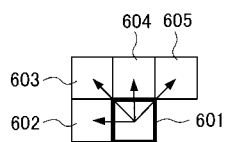
【図 4】

時刻	T1	T2	T3	T4
A	(4,1) (5,1) (6,1) (4,2) (5,2) (6,2) (4,3) (5,3) (6,3)	(5,1) (6,1) (7,1) (5,2) (6,2) (7,2) (5,3) (6,3) (7,3)	(6,1) (7,1) (8,1) (6,2) (7,2) (8,2) (6,3) (7,3) (8,3)	(7,1) (8,1) (9,1) (7,2) (8,2) (9,2) (7,3) (8,3) (9,3)
B	(3,2) (3,3)	(4,2) (4,3)	(5,2) (5,3)	(6,2) (6,3)
C	(0,2) (1,2) (2,2) (0,3) (1,3) (2,3) (0,4) (1,4) (2,4)	(1,2) (2,2) (3,2) (1,3) (2,3) (3,3) (1,4) (2,4) (3,4)	(2,2) (3,2) (4,2) (2,3) (3,3) (4,3) (2,4) (3,4) (4,4)	(3,2) (4,2) (5,2) (3,3) (4,3) (5,3) (3,4) (4,4) (5,4)

【図 5】

	501	500
CTUライン#1		
CTUライン#2		
CTUライン#3		
CTUライン#4		
CTUライン#5		
CTUライン#6		

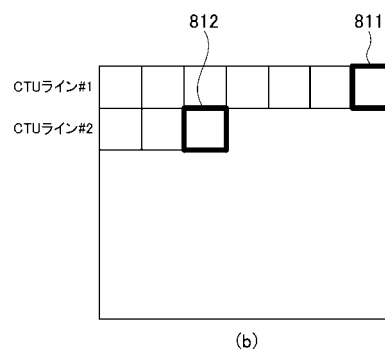
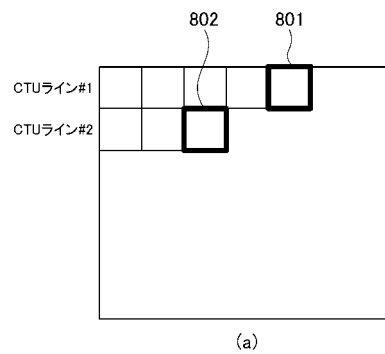
【図 6】



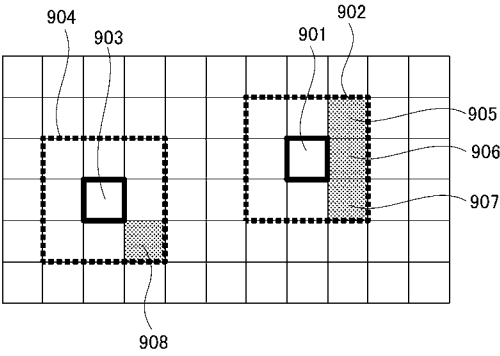
【図 7】

CTUライン#1	→	→	→	→	→	→
CTUライン#2	↙	→	→	→	→	→
CTUライン#3	↙	→	→	→	→	→
CTUライン#4	↙	→	→	→	→	→
CTUライン#5	↙	→	→	→	→	→
CTUライン#6	↙	→	→	→	→	→

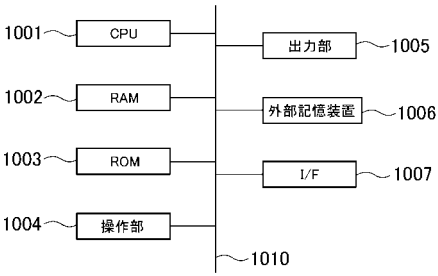
【図 8】



【図 9】



【図 11】



【図 10】

時刻	T1	T2	T3	T4	T5																																													
A	<table><tr><td>(4,1)</td><td>(5,1)</td><td>(6,1)</td></tr><tr><td>(4,2)</td><td>(5,2)</td><td>(6,2)</td></tr><tr><td>(4,3)</td><td>(5,3)</td><td>(6,3)</td></tr></table>	(4,1)	(5,1)	(6,1)	(4,2)	(5,2)	(6,2)	(4,3)	(5,3)	(6,3)	<table><tr><td>(5,1)</td><td>(6,1)</td><td>(7,1)</td></tr><tr><td>(5,2)</td><td>(6,2)</td><td>(7,2)</td></tr><tr><td>(5,3)</td><td>(6,3)</td><td>(7,3)</td></tr></table>	(5,1)	(6,1)	(7,1)	(5,2)	(6,2)	(7,2)	(5,3)	(6,3)	(7,3)	<table><tr><td>(6,1)</td><td>(7,1)</td><td>(8,1)</td></tr><tr><td>(6,2)</td><td>(7,2)</td><td>(8,2)</td></tr><tr><td>(6,3)</td><td>(7,3)</td><td>(8,3)</td></tr></table>	(6,1)	(7,1)	(8,1)	(6,2)	(7,2)	(8,2)	(6,3)	(7,3)	(8,3)	<table><tr><td>(7,1)</td><td>(8,1)</td><td>(9,1)</td></tr><tr><td>(7,2)</td><td>(8,2)</td><td>(9,2)</td></tr><tr><td>(7,3)</td><td>(8,3)</td><td>(9,3)</td></tr></table>	(7,1)	(8,1)	(9,1)	(7,2)	(8,2)	(9,2)	(7,3)	(8,3)	(9,3)	<table><tr><td>(8,1)</td><td>(9,1)</td><td>(10,1)</td></tr><tr><td>(8,2)</td><td>(9,2)</td><td>(10,2)</td></tr><tr><td>(8,3)</td><td>(9,3)</td><td>(10,3)</td></tr></table>	(8,1)	(9,1)	(10,1)	(8,2)	(9,2)	(10,2)	(8,3)	(9,3)	(10,3)
(4,1)	(5,1)	(6,1)																																																
(4,2)	(5,2)	(6,2)																																																
(4,3)	(5,3)	(6,3)																																																
(5,1)	(6,1)	(7,1)																																																
(5,2)	(6,2)	(7,2)																																																
(5,3)	(6,3)	(7,3)																																																
(6,1)	(7,1)	(8,1)																																																
(6,2)	(7,2)	(8,2)																																																
(6,3)	(7,3)	(8,3)																																																
(7,1)	(8,1)	(9,1)																																																
(7,2)	(8,2)	(9,2)																																																
(7,3)	(8,3)	(9,3)																																																
(8,1)	(9,1)	(10,1)																																																
(8,2)	(9,2)	(10,2)																																																
(8,3)	(9,3)	(10,3)																																																
B	<table><tr><td>(3,2)</td><td>(4,2)</td><td>(5,2)</td></tr><tr><td>(3,3)</td><td>(4,3)</td><td>(5,3)</td></tr></table>	(3,2)	(4,2)	(5,2)	(3,3)	(4,3)	(5,3)	<table><tr><td>(4,2)</td><td>(5,2)</td><td>(6,2)</td></tr><tr><td>(4,3)</td><td>(5,3)</td><td>(6,3)</td></tr></table>	(4,2)	(5,2)	(6,2)	(4,3)	(5,3)	(6,3)	<table><tr><td>(5,2)</td><td>(6,2)</td><td>(7,2)</td></tr><tr><td>(5,3)</td><td>(6,3)</td><td>(7,3)</td></tr></table>	(5,2)	(6,2)	(7,2)	(5,3)	(6,3)	(7,3)	<table><tr><td>(6,2)</td><td>(7,2)</td><td>(8,2)</td></tr><tr><td>(6,3)</td><td>(7,3)</td><td>(8,3)</td></tr></table>	(6,2)	(7,2)	(8,2)	(6,3)	(7,3)	(8,3)	<table><tr><td>(7,2)</td><td>(8,2)</td><td>(9,2)</td></tr><tr><td>(7,3)</td><td>(8,3)</td><td>(9,3)</td></tr></table>	(7,2)	(8,2)	(9,2)	(7,3)	(8,3)	(9,3)															
(3,2)	(4,2)	(5,2)																																																
(3,3)	(4,3)	(5,3)																																																
(4,2)	(5,2)	(6,2)																																																
(4,3)	(5,3)	(6,3)																																																
(5,2)	(6,2)	(7,2)																																																
(5,3)	(6,3)	(7,3)																																																
(6,2)	(7,2)	(8,2)																																																
(6,3)	(7,3)	(8,3)																																																
(7,2)	(8,2)	(9,2)																																																
(7,3)	(8,3)	(9,3)																																																
C	<table><tr><td>(0,2)</td><td>(1,2)</td><td>(2,2)</td></tr><tr><td>(0,3)</td><td>(1,3)</td><td>(2,3)</td></tr><tr><td>(0,4)</td><td>(1,4)</td><td>(2,4)</td></tr></table>	(0,2)	(1,2)	(2,2)	(0,3)	(1,3)	(2,3)	(0,4)	(1,4)	(2,4)	<table><tr><td>(1,2)</td><td>(2,2)</td><td>(3,2)</td></tr><tr><td>(1,3)</td><td>(2,3)</td><td>(3,3)</td></tr><tr><td>(1,4)</td><td>(2,4)</td><td>(3,4)</td></tr></table>	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	<table><tr><td>(2,2)</td><td>(3,2)</td><td>(4,2)</td></tr><tr><td>(2,3)</td><td>(3,3)</td><td>(4,3)</td></tr><tr><td>(2,4)</td><td>(3,4)</td><td>(4,4)</td></tr></table>	(2,2)	(3,2)	(4,2)	(2,3)	(3,3)	(4,3)	(2,4)	(3,4)	(4,4)	<table><tr><td>(3,2)</td><td>(4,2)</td><td>(5,2)</td></tr><tr><td>(3,3)</td><td>(4,3)</td><td>(5,3)</td></tr><tr><td>(3,4)</td><td>(4,4)</td><td>(5,4)</td></tr></table>	(3,2)	(4,2)	(5,2)	(3,3)	(4,3)	(5,3)	(3,4)	(4,4)	(5,4)	<table><tr><td>(4,2)</td><td>(5,2)</td><td>(6,2)</td></tr><tr><td>(4,3)</td><td>(5,3)</td><td>(6,3)</td></tr><tr><td>(4,4)</td><td>(5,4)</td><td>(6,4)</td></tr></table>	(4,2)	(5,2)	(6,2)	(4,3)	(5,3)	(6,3)	(4,4)	(5,4)	(6,4)
(0,2)	(1,2)	(2,2)																																																
(0,3)	(1,3)	(2,3)																																																
(0,4)	(1,4)	(2,4)																																																
(1,2)	(2,2)	(3,2)																																																
(1,3)	(2,3)	(3,3)																																																
(1,4)	(2,4)	(3,4)																																																
(2,2)	(3,2)	(4,2)																																																
(2,3)	(3,3)	(4,3)																																																
(2,4)	(3,4)	(4,4)																																																
(3,2)	(4,2)	(5,2)																																																
(3,3)	(4,3)	(5,3)																																																
(3,4)	(4,4)	(5,4)																																																
(4,2)	(5,2)	(6,2)																																																
(4,3)	(5,3)	(6,3)																																																
(4,4)	(5,4)	(6,4)																																																