

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4198757号
(P4198757)

(45) 発行日 平成20年12月17日(2008.12.17)

(24) 登録日 平成20年10月10日(2008.10.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO4N 7/30 (2006.01)

HO4N 7/133 Z

HO4N 1/41 (2006.01)

HO4N 1/41 B

請求項の数 16 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願平10-524882	(73) 特許権者	ゾーラン コーポレイション
(86) (22) 出願日	平成9年11月21日(1997.11.21)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(65) 公表番号	特表2001-507175(P2001-507175A)		086 サニーヴェイル キファー ロー
(43) 公表日	平成13年5月29日(2001.5.29)		ド 1390
(86) 国際出願番号	PCT/US1997/021915	(74) 代理人	弁理士 中村 稔
(87) 国際公開番号	W01998/024053	(74) 代理人	弁理士 大塚 文昭
(87) 国際公開日	平成10年6月4日(1998.6.4)	(74) 代理人	弁理士 熊倉 禎男
審査請求日	平成16年10月5日(2004.10.5)	(74) 代理人	弁理士 宍戸 嘉一
(31) 優先権主張番号	08/758,224	(74) 代理人	弁理士 今城 俊夫
(32) 優先日	平成8年11月27日(1996.11.27)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェーブレット状及び逆ウェーブレット状にデジタルデータを変換するためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力データを分解されたデータにウェーブレット状変換するためのウェーブレット状変換ジェネレータであって、上記入力データは、入力データサンプルのセットより成り、そして上記分解されたデータは、分解されたデータサンプルのセットより成り、上記ウェーブレット状変換ジェネレータは、

入力データサンプルのセットをインターリーブ解除して、入力データサンプルのセットのサブセットを形成するインターリーブ解除モジュールと、

所定の高空間周波数と低空間周波数分解フィルタ関数にしたがって入力データサンプルのサブセットから分解されたデータサンプルのLL、LH、HLおよびHHのセットを生成する分解データサンプル計算モジュールとを備えており、

前記分解データサンプル計算モジュールが、

入力データサンプルセットの1つ以上のサブセットを1つ以上の空間次元において空間的にシフトして、入力データサンプルセットの1つ以上の空間的にシフトされたサブセットを形成する1つ以上の空間シフトモジュールと、

分解されたデータサンプルの1つ以上のセットを1つ以上の空間次元において空間的にシフトして、分解されたデータサンプルの1つ以上の空間的にシフトされたセットを形成する1つ以上の空間シフトモジュールと、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定のデータサンプルのセットの重み付けされた合計として各HH分解データサンプルを生成し、

10

20

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 H L 分解データサンプルを生成し、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 L H 分解データサンプルを生成し、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H、H L および L H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 L L 分解データサンプルを生成する、加算 / ビットシフトモジュールとを備え、上記重み付けされた和は、加算及びビットシフト演算のみを使用することにより計算され、

上記分解フィルター関数は上記入力データサンプルに適用されたとき、上記入力データサンプルを再構成する、対応する逆フィルター関数を有していることを特徴とするウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項 2】

上記分解データサンプル計算モジュールが加算及びビットシフト演算のみを使用して各分解されたデータサンプルを生成し、上記シフト演算が値を 2 の整数乗で除し、またはこれに乗じて、上記所定の高空間周波数および低空間周波数分解フィルター関数のそれぞれにしたがって、各分解されたデータサンプルが値の重み付けされた合計として生成され、各フィルター関数が、それぞれが整数に等しいか、または 2 の整数乗によって除した整数に等しい、関連した係数を有している請求項 1 に記載のウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項 3】

上記分解データサンプル計算モジュールがさらに

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定のデータサンプルのセットの重み付けされた合計として各 H H 分解データサンプルを生成する H H 分解データサンプル生成回路と、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 H L 分解データサンプルを生成する H L 分解データサンプル生成回路と、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 L H 分解データサンプルを生成する L H 分解データサンプル生成回路と、

上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 H H、H L および L H 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 L L 分解データサンプルを生成する L L 分解データサンプル生成回路とを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項 4】

上記データサンプルの H H、H L、L H および L L 分解されたセットは関連する係数を有する第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数にしたがって生成され、上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数の全ての係数がそれぞれの整数あるいは 2 の整数乗で除したそれぞれの整数に等しい有理数であり、

上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数は、分解されたデータサンプルに適用されたとき、入力データサンプルの再構成を行う、対応する逆フィルター関数を有することを特徴とする請求項 3 に記載のウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項 5】

入力データを分解されたデータにウェーブレット状変換する方法であって、上記入力データは、入力データサンプルのセットより成り、そして上記分解されたデータは、分解されたデータサンプルのセットより成り、上記方法は、

入力データサンプルのセットをインターリーブ解除して、入力データサンプルのセットの

10

20

30

40

50

サブセットを形成し、
 所定の高空間周波数と低空間周波数ウェーブレット状分解フィルター関数にしたがって入力データサンプルの上記サブセットから分解されたデータサンプルの LL、LH、HL および HH を生成し、
 上記生成する段階が、
 入力データサンプルセットの 1 つ以上のサブセットを 1 つ以上の空間次元において空間的にシフトして、入力データサンプルセットの 1 つ以上の空間的にシフトされたサブセットを形成し、
 分解されたデータサンプルの 1 つ以上のセットを 1 つ以上の空間次元において空間的にシフトして、分解されたデータサンプルの 1 つ以上の空間的にシフトされたセットを形成し、
 、そして分解されたデータサンプルの各セットに対し、
上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定のデータサンプルのセットの重み付けされた合計として各 HH 分解データサンプルを生成し、
上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 HL 分解データサンプルを生成し、
上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 LH 分解データサンプルを生成し、
上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH、HL および LH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 LL 分解データサンプルを生成することにより、
 分解されたデータサンプルのセットの各分解されたデータサンプルを形成し、上記重み付けされた和は、加算及びビットシフト演算のみを使用することにより計算される段階を備えており、
 上記分解フィルター関数が、上記分解されたデータサンプルに適用されるとき、上記入力データサンプルのセットを再構成する、対応する逆フィルター関数を有する、ことを特徴とする方法。

【請求項 6】

上記生成する段階が加算及びビットシフト演算のみを用いて各分解されたデータサンプルを生成する段階を備えており、上記シフト演算が、値を 2 の整数乗で除し、ないしはこれに乗じて、上記所定の高空間周波数および低空間周波数分解フィルター関数のそれぞれにしたがって、各分解されたデータサンプルが値の重み付けされた合計として生成されるようになっており、
 各フィルター関数が、それぞれが整数に等しいか、または 2 の整数乗によって除算された整数に等しい、関連した係数を有していることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

上記生成する段階が、
 上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定のデータサンプルのセットの重み付けされた合計として各 HH 分解データサンプルを生成し、
 上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 HL 分解データサンプルを生成し、
 上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 LH 分解データサンプルを生成し、
 上記入力データサンプルのインターリーブ解除されたセットから所定の (A) データサンプルのセットおよび (B) 上記 HH、HL および LH 分解データサンプルとの重み付けされた合計として各 LL 分解データサンプルを生成する段階とを備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

上記データサンプルの HH、HL、 LH、および LL 分解されたセットは関連する係数を有する第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数にしたがって生成され、上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数の全ての係数がそれぞれの整数あるいは 2 の整数乗で除したそれぞれの整数に等しい有理数であり、

上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数は、分解されたデータサンプルに適用されたとき、入力データサンプルの再構成を行う、対応する逆フィルター関数を有することを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

分解されたデータを再構成されたデータへと逆ウェーブレット状変換する逆ウェーブレット状変換ジェネレータであって、上記分解されたデータは、分解されたデータサンプルのセットより成り、そして上記再構成されたデータは、再構成されたデータサンプルのセットより成り、上記逆ウェーブレット状変換ジェネレータは、

所定の第 1、第 2、第 3 および第 4 の再構成フィルター関数にしたがって分解されたデータサンプルの LL、LH、HL および HH のセットから第 1、第 2、第 3 および第 4 の再構成されたデータサンプルのセットを生成する再構成データサンプル計算モジュールと、上記第 1、第 2、第 3 および第 4 の再構成されたデータサンプルのセットをインターリーブして再構成されたデータサンプルのアレーを生成するインターリーブ回路とを備え、上記再構成データサンプル計算モジュールは、

分解されたデータサンプルの 1 つ以上のセットを 1 つ以上の空間次元において空間的にシフトして、分解されたデータサンプルの 1 つ以上の空間的にシフトされたセットを形成する 1 つ以上の空間シフトモジュール (182、184、186) と、

再構成されたデータサンプルのセットの 1 つ以上のサブセットを 1 つ以上の空間次元において空間的にシフトして、再構成されたデータサンプルのセットの 1 つ以上の空間的にシフトされたサブセットを形成する 1 つ以上の空間シフトモジュール (189、194、196) と、

再構成されたデータサンプルのセットの各サブセットに対し、

上記第 1 のセットの各再構成されたデータサンプルを、上記 LL、LH、HL および HH セットから分解されたデータサンプルの所定のセットの重み付けされた合計として生成し

、
上記第 2 のセットの各再構成されたデータサンプルを、上記 LH および HH セットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第 1 のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成し、

上記第 3 のセットの各再構成されたデータサンプルを、上記 HL および HH セットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第 1 のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成し、

上記第 4 のセットの各再構成されたデータサンプルを、上記 HH セットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第 1、第 2 および第 3 のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成することにより、

再構成されたデータサンプルセットのサブセットの各再構成されたデータサンプルを形成するビットシフト/加算モジュール (188、190、192、198) とを備え、上記重み付けされた和は、加算及びビットシフト演算のみを使用して計算され、

上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数は、分解されたデータサンプルに適用されたとき、上記分解されたデータサンプルのセットを再生成する、対応する分解フィルター関数を有することを特徴とする逆ウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項 10】

上記再構成データサンプル計算モジュールは加算およびビットシフト演算のみを用いて各再構成されたデータサンプルを生成し、上記シフト演算が、値を 2 の整数乗で除し、ないしはこれに乗じて、上記所定の第 1、第 2、第 3 および第 4 の再構成フィルター関数のそれぞれにしたがって、各再構成されたデータサンプルが値の重み付けされた合計として生

10

20

30

40

50

成されるようになっており、

上記各再構成フィルター関数が、それぞれが整数あるいは2の整数乗で除された整数に等しい、関連した係数のセットを有している請求項9に記載の逆ウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項11】

上記再構成データサンプル計算モジュールが、

上記第1の再構成されたデータサンプルのセットを生成するLL再構成回路であって、

上記第1のセットの各再構成されたデータサンプルが、上記LL、LH、HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットの重み付けされた合計として生成されるようになったLL再構成回路と、

上記第2の再構成されたデータサンプルのセットを生成するLH再構成回路であって、

上記第2のセットの各再構成されたデータサンプルが、上記LHおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成されるようになったLH再構成回路と、

上記第3の再構成されたデータサンプルのセットを生成するHL再構成回路であって、

上記第3のセットの各再構成されたデータサンプルが、上記HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成されるようになったHL再構成回路と、

上記第4の再構成されたデータサンプルのセットを生成するHH再構成回路であって、

上記第4のセットの各再構成されたデータサンプルが、上記HHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1、第2および第3のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成されるようになったHH再構成回路と、

上記第1、第2、第3、および第4の再構成されたデータサンプルのセットをインターリーブして再構成されたデータサンプルの上記アレーを生成するインターリーブ回路とを備えたことを特徴とする請求項9に記載の逆ウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項12】

上記第1、第2、第3および第4の再構成されたデータサンプルのセットが関連した係数を有する第1、第2、第3および第4のフィルター関数を有しており、

上記第1、第2、第3および第4のフィルター関数の上記全ての係数がそれぞれ整数または2の整数乗で除した整数に等しい有理数であり、

上記第1、第2、第3および第4のフィルター関数が、上記再構成されたデータサンプルに適用されるとき、上記分解されたデータサンプルのセットを再生成する、対応する分解フィルター関数を有する請求項11に記載の逆ウェーブレット状変換ジェネレータ。

【請求項13】

分解されたデータを再構成されたデータへと逆ウェーブレット状変換する方法であって、

上記分解されたデータは、分解されたデータサンプルのLL、LH、HLおよびHHセットを有しており、上記再構成されたデータは再構成されたデータサンプルをゆうしており、上記方法は、

所定の第1、第2、第3および第4の再構成フィルター関数にしたがって分解されたデータサンプルの上記LL、LH、HLおよびHHのセットから再構成された第1、第2、第3および第4のセットを生成し、

上記再構成されたデータサンプルのアレーを生成するように再構成されたデータサンプルの上記第1、第2、第3および第4のセットをインターリーブする段階を備えており、

上記生成する段階が、

分解されたデータサンプルの1つ以上のセットを1つ以上の空間次元において空間的にシフトして、分解されたデータサンプルの1つ以上の空間的にシフトされたセットを形成し、

、

10

20

30

40

50

再構成されたデータサンプルのセットの1つ以上のサブセットを1つ以上の空間次元において空間的にシフトして、再構成されたデータサンプルのセットの1つ以上の空間的にシフトされたサブセットを形成し、

再構成されたデータサンプルのセットの各サブセットに対し、

上記第1のセットにおける各再構成されたデータサンプルを上記LL、LH、HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットの重み付けされた合計として生成し、

上記第2のセットにおける各再構成されたデータサンプルを上記LHおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成し、

10

上記第3のセットにおける各再構成されたデータサンプルを上記HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成し、

上記第4のセットにおける各再構成されたデータサンプルを上記HHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1、第2及び第3のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成することにより、再構成されたデータサンプルセットのサブセットの各再構成されたデータサンプルを形成し、上記重み付けされた和は、加算及びビットシフト演算のみを使用して計算され、そして上記第1、第2、第3および第4のフィルター関数が、再構成されたデータサンプルに適用されるとき、上記分解されたデータサンプルのセットを再構成する、対応する分解フィルター関数を有する、ことを特徴とする方法。

20

【請求項14】

加算およびビットシフト演算のみを用いて各再構成されたデータサンプルを生成する段階を備えており、上記シフト演算が、値を2の整数乗で除し、ないしこれに乗じて、上記第1、第2、第3および第4の再構成フィルター関数のそれぞれにしたがって、各再構成されたデータサンプルが値の重み付けされた合計として生成されるようになっており、上記各再構成フィルター関数が、それぞれが整数に等しいか、または2の整数乗によって除された整数に等しい、関連した係数のセットを有していることを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項15】

30

再構成されたデータサンプルの上記第1のセットを生成する段階であって、上記第1のセットにおける各再構成されたデータサンプルが上記LL、LH、HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットの重み付けされた合計として生成される段階と、

再構成されたデータサンプルの上記第2のセットを生成する段階であって、上記第2のセットにおける各再構成されたデータサンプルが上記LHおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成される段階と、

再構成されたデータサンプルの上記第3のセットを生成する段階であって、上記第3のセットにおける各再構成されたデータサンプルが上記HLおよびHHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成される段階と、

40

再構成されたデータサンプルの上記第4のセットを生成する段階であって、上記第4のセットにおける各再構成されたデータサンプルが上記HHセットから分解されたデータサンプルの所定のセットと上記第1、第2及び第3のセットから再構成されたデータサンプルの所定のセットとの重み付けされた合計として生成される段階を備えたことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項16】

上記第1、第2、第3および第4の再構成されたデータサンプルのセットが関連した係数を有する第1、第2、第3および第4のフィルター関数にしたがって、生成され、

50

上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数の上記全ての係数がそれぞれ整数または 2 の整数乗で除した整数に等しい有理数であり、

上記第 1、第 2、第 3 および第 4 のフィルター関数が、上記再構成されたデータサンプルに適用されるとき、上記分解されたデータサンプルのセットを再生成する、対応する分解フィルター関数を有する請求項 15 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

本発明はデジタルデータを処理するためのシステム及び方法に関しており、特に 2 次元画像データと 1 次元オーディオデータを始めとするデジタルデータを、加算操作とビットシフト操作のみを用いてウェーブレット様及び逆ウェーブレット様に変換するためのシステムと方法に関する。

10

発明の背景

M R A (多解像度解析) のデジタルデータ処理においては、ウェーブレット様及び逆ウェーブレット様の変換を使うことが既に十分に確立されている。本手法の特徴は、持続時間が短い高周波データの狭いウィンドウ処理ができる一方で、持続時間が長い低周波データの広いウィンドウ処理もできることであり、これについては、チュイ C K 著、「ウェーブレット序論」、アカデミックプレス、ボストン、マサチューセッツ州、1992 年刊、に一般的に述べられているので、背景情報として参考までに本文に掲げておく。

実際に、M R A のウェーブレット様変換及び逆ウェーブレット様変換は、縦方向と横方向の次元を有する 2 次元アレイデータサンプル(要素)、例えばある画像の画素を表す 2 次元アレイデータを圧縮した 2 次元画像データから成る 2 次元データを圧縮及び/又は展開する際に特に役に立つ。特にウェーブレットでは、持続時間が短い高空間的周波データのサンプル値を狭く、持続時間が長い低高空間的周波データのサンプル値を広く、ウィンドウ処理することが可能となる。

20

ウェーブレット様及び逆ウェーブレット様の変換を使って 2 次元データを圧縮及び/又は展開することが、1991 年 5 月 7 日発行のロートン他による米国特許第 5,014,134 号「画像圧縮のための方法と装置」に述べられている方法で一般に行われているので、背景情報として参考までに本文に掲げる。

更に詳しく述べると、2 次元データを圧縮する際まず、M R A のウェーブレット変換を用いて元のデータを 1 つ以上の解像度レベルに分解する。分解を行う各解像度レベル毎に、入力 2 次元データを 2 次元成分データ、H H、H L、L H、L L にウェーブレット変換を使って分解する。2 次元成分データ、L L、L H、H L、H H の各データサンプルは、L L 空間周波数サブ帯域(即ち、垂直と水平の両次元の低空間周波数を有するデータサンプル値を有する)、L H 空間周波数サブ帯域(即ち、垂直次元の低空間周波数と水平次元の高空間周波数のデータサンプル値を有する)、H L 空間周波数サブ帯域(即ち、垂直次元の高空間周波数と水平次元の低空間周波数のデータサンプル値を有する)、H H 空間周波数サブ帯域(即ち、垂直と水平の両次元の高空間周波数を有するデータサンプル値を有する)の入力データのデータサンプルを表している。分解を行う第 1 解像度レベルでは元のデータが入力データとなる。次に続く解像度レベルでは、先行した分解における L L 成分データが入力データとなる。各先行分解から得られる L H、H L、H H の成分データと、最後の分解から得られる L L 成分データとが、元データの完全な分解データを形成することになる。

30

40

次に完全な分解 2 次元データを量子化し、量子化された 2 次元データを提供する。これは行うには、分解された元データのデータサンプルを量子化し、許容可能な整数値だけを持つようにさせる。一旦これが済んだら量子化されたデータを次に圧縮し、コード化された(即ち、圧縮された) 2 次元データを提供させる。これは、量子化された整数値に基づく量子化データのデータサンプルをコード化することで達成される。使うコード化手法は、高度にコンパクトでロスのないコード化手法が好ましく、例えば、1996 年 11 月 27 日提出、事件整理番号 A - 63994、A - 63783、同時継続米国特許出願、第 08 / x x x , x x x 号、第 08 / x x x , x x x 号、「疎らなデータセットを樹状順位にコード化するシステムと方法」、「疎らなデータセットをネスト化分割コーディングするシ

50

システムと方法」に開示されたものであり、これを背景情報として参考までに本文に掲げておく。量子化データサンプルは限られた数の整数値だけしか持てないので、データサンプルを表すために要するコード化量が減り、データが圧縮される割合は高くなる。

逆に、コード化された前記タイプの２次元データを展開するには、今述べたことを逆の順で実行する。言い換えれば、そうしたデータを先ず解読し解読された２次元データを得る。解読された２次元データのデータサンプルを次に非量子化し、非量子化された２次元データを提供する。非量子化された２次元データを次に、元のデータを分解した際に使ったのと同じ解像度レベルで再構築する。再構築されて生じる２次元データは、元のデータの分解時に使ったウェーブレット変換に対応する逆MRAウェーブレット変換で、非量子化データの成分データ、LL、LH、HL、HHから生成される。

データを展開及び再構築する際に殆どのデータ処理システムと方法は一般に、マラット著、「多解像度データ圧縮の理論：ウェーブレット表示」、ペンシルバニア大学、報告書No. MS-CIS-87-22、1987、に述べられた、直角ミラーフィルタ(QMF)を対応する各解像度レベルに対して使っている。各QMFは一組の低パス畳込みフィルタと高パス畳込みフィルタを使い、対応する解像度レベルで展開又は再構築を実行する。しかしQMFsの高低両パス畳込みフィルタは別々なので、出力を計算する際にデータを互いに共有しない。更に、これらの高低両パス畳込みフィルタは乗算器を使い、以前に述べた成分データ、LL、LH、HL、HHを生成する。元のデータを分解する際に使われるQMFs中では、データサンプルのダウンサンプリングが、高低両パス畳込みフィルタがデータの内のデータサンプルを処理し終わった後だけ起こる。従ってこれらQMFsは時間を無駄にして、後の段階で捨てられてしまうデータサンプルを処理することになる。同様に、分解されたデータを再構成する際に使われたQMFs中では、データサンプルのアップサンプリングが、高低両パス畳込みフィルタがデータサンプルを処理する前に起こる。アップサンプリングされたデータサンプルは値が零なので、これらQMFsは時間を無駄にして、アップサンプリングされたこれらのデータサンプルを処理することになる。

発明の概要

本発明は、入力データを分解されたデータに相応の方法を使いウェーブレット様変換するウェーブレット様変換生成器を有するデータ処理システムに関するものである。入力データは入力データサンプルのあるセットから成り、分解されたデータは、複数の分解された入力データサンプルから成る。ウェーブレット様変換を実行する際、入力データサンプルのセットをデインタリーブさせ前記入力データサンプルのセットのサブセットを生成する。これを行うと、入力データサンプルセットの１つ以上のサブセットが、１つ以上の空間次元で空間的にシフトされ、前記入力データサンプルセットに関する空間的にシフトされた１つ以上のサブセットを生成することになる。同様に、分解されたデータサンプルの１つ以上のセットを１つ以上の空間次元で空間的にシフトさせ、分解されたデータサンプルに関する空間的にシフトされた１つ以上のセットを生成する。分解されたデータサンプルの各セット毎に、当該セットの分解された各データサンプルを、(A)入力データサンプルのセットのサブセットと、(B)入力データサンプルに関して空間的にシフトされた１つ以上のサブセットと、(C)分解されたデータサンプルのセットと、(D)分解されたデータサンプルに関して空間的にシフトされた１つ以上のセット、の内から選択されたデータサンプルのある事前定義されたセットに関する重み付き和を計算して生成する。重み付き和は、加算操作とビットシフト操作のみを使って計算する。

更にデータ処理システムは、分解されたデータを再構成されたデータに対し相応の方法を使い逆ウェーブレット様変換する逆ウェーブレット様変換生成器を有する。分解されたデータは分解されたデータサンプルの複数のセットから成り、再構成されたデータは再構成されたデータサンプルのあるセットから成る。逆ウェーブレット様変換を実行する際、入力データサンプルのセットをデインタリーブさせ前記入力データサンプルのセットのサブセットを生成する。これを行うと、分解されたデータサンプルセットの１つ以上のセットが、１つ以上の空間次元で空間的にシフトされ、分解されたデータサンプルに関する空間的にシフトされた１つ以上のセットを生成することになる。同様に、再構成されたデータ

10

20

30

40

50

サンプルの1つ以上のサブセットを1つ以上の空間的次元で空間的にシフトさせ、再構成されたデータサンプルに関する空間的にシフトされた1つ以上のサブセットを生成する。再構成されたデータサンプルのセットの各サブセット毎に、当該サブセットの再構成された各データサンプルを、(A)再構成されたデータサンプルのセットのサブセットと、(B)再構成されたデータサンプルに関して空間的にシフトされた1つ以上のサブセットと、(C)分解されたデータサンプルのセットと、(D)分解されたデータサンプルに関して空間的にシフトされた1つ以上のセット、の内から選択されたデータサンプルのある事前定義されたセットに関する重み和を計算して生成する。重み付き和は、加算操作とビットシフト操作のみを使って計算する。次に再構成されたデータサンプルのサブセットをインタリーブさせ再構成されたデータサンプルのセットを生成する。

10

【図面の簡単な説明】

本発明の追加の目的と特徴は、図面を考慮に入れると以下の詳細な記述と付属の請求項目から容易に明らかとなる。

図1は、本発明によるデータ処理システムを実行させるソフトウェアを有するデータ処理ワークステーションのブロック線図である。

図2は、図2のデータ処理システムのブロック線図である。

図3は、図2のデータ処理システムが元の2次元データをHH、HL、LH、LLの2次元成分データにどの様に分解するかを示す。

図4は、図2のデータ処理システムのウェーブレット様変換生成器のブロック線図である。

20

図5は、入力2次元データを分解するための図4のウェーブレット様変換生成器の各分解フィルタの一実施例を示す。

図6は、図5の分解フィルタが分解した入力2次元データのデータサンプルを示す。

図7は、図5の分解フィルタが生成した分解データのデータサンプルを示す。

図8a、8bは、入力2次元データを分解するための図4のウェーブレット様変換生成器の各分解フィルタの別の実施例を示す。

図9は、図8a、8bの分解フィルタにより垂直方向に分解された入力2次元データのデータサンプルを示す。

図10は、図8a、8bの分解フィルタにより生成された中間段階の分解データのデータサンプルを示す。

30

図11は、図2のデータ処理システムの逆ウェーブレット様変換生成器のブロック線図である。

図12は、図11の逆ウェーブレット様変換生成器の各再構成フィルタの一実施例を示す。

図13は、図11の逆ウェーブレット様変換生成器の各再構成フィルタの別実施例を示す。

図14は、本発明によるデータ処理システムを実行させるハードウェアを有するデータ処理ワークステーションのブロック線図である。

好適実施例の説明

図1は、データ処理システム102のソフトウェア実施例を有するデータ処理ワークステーション100を示す。手短に詳細を述べると、データ処理システム102は、最新のMRAウェーブレット様変換を使って、元の(即ち、生の)デジタルデータを分解する。このデータは、例えばオーディオデータの様な1次元データ、及び/又は例えば画像データの様な2次元データであってもよい。次にこのデータをデータ処理システムは量子化してコード化し、コード化されたデータを生成する。更に本データと、外部で同じ様に分解され、量子化され、コード化された他のデータをデータ処理システムは解読し非量子化する。次にデータ処理システムは、上述のウェーブレット様変換に対応する最新の逆ウェーブレット様変換を使って、この解読され非量子化を再構成し、再構成(展開された)データを生成する。

40

ワークステーション100はメモリ110を有する。メモリはオペレーティングシステム

50

112とデータ処理システム102を記憶する。オペレーティングシステムとデータ処理システムはワークステーションのCPU114上で実行される。オペレーティングシステムは、ユーザがワークステーションのユーザインタフェイス116を使って発する命令に応じて、データ処理システムの実行を制御し調整する。

ワークステーション100は、外部ソース（不図示）からコミュニケーションチャンネル、コミュニケーションインタフェイスを通じ、元のデータ及び外部で生成されコード化されたデータを受信する。次にオペレーティングシステム112がこれらのデータをそれぞれ、メモリ場所104、106に記憶する。同様にデータ処理システム102が生成したコード化されたデータはメモリ場所106に記憶されるが、このデータをオペレーティングシステムが検索して外部の宛先に転送させる様にしてもよい（図示せず）。これはコミュニケーションチャンネル経由し、コミュニケーションインタフェイスを通じてなされる。これらの操作は全て、ユーザがユーザインタフェイス116で発する命令に応じて実行される。

10

ユーザが元のデータを圧縮したいと望んだ場合、ユーザはユーザインタフェイスで適切な命令を発してデータ処理システム102を呼び起こし、データを選択する。選択したデータを次に、以下に述べる方法で圧縮する。

データ処理システム102のウェーブレット様変換生成器122は、選択された元データをメモリ場所106から検索して分解し、分解されたデータを形成する。これは先に述べたウェーブレット様変換で行うが、この事について簡略に述べる。

次に、データ処理システム102のクウォンタイザ124が圧縮されたデータを量子化し、量子化されたデータを生成する。クウォンタイザは、データサンプルを事前定義された整数値に量子化して、圧縮されたデータを量子化する。これは周知のスケラ量子化手法でなされるが、本手法はA. ガーショとR. M. グレイの共著「ベクトル量子化と信号圧縮」、クルワーアカデミック出版社、ボストン、マサチューセッツ、1992年、に述べられているので、背景情報として参考までに本文に掲げておく。

20

データ処理システム102のエンコーダ126で量子化データをコード化すると、量子化データは圧縮されてコード化データを形成する。これを行うには、量子化された整数値に基づいて量子化データの量子化データサンプルを、ロスが無く高度にコンパクトなコード化手法を使ってコード化してもよく、この手法は、先に述べた米国特許出願、第08/xxx, xxx号、第08/xxx, xxx号に開示されている。エンコーダは次にコード化データをメモリ位置106に記憶する。

30

図1で、逆にユーザがコード化されたデータを展開することを望んだ場合、ユーザはユーザインタフェイスで適切な命令を発してコード化されたデータデータ処理システム102を呼び起こし、コード化されたデータを選択する。データデータ処理システムは次に、以下に述べる方法で、選択されたコード化データを展開する。

図2で、データデータ処理システム102のデコーダ128は、コード化されたデータをメモリ位置106から検索して、解読し、展開され量子化されたデコードデータを生成する。デコーダは、先に述べたコード化手法に対応するデコード手法を使解読手法を使い、コード化されたデータのコード化されたデータサンプルを解読することで、これを実行する。

40

次に、データデータ処理システム102のデクウォンタイザ130は、解読されたデータを非量子化し、まだ分解されていない非量子化データを生成する。これを行うには、解読されたデータの量子化データサンプルを、事前定義された許容可能な整数値から非量子化データへ、非量子化する。この際デクウォンタイザは、先に述べた量子化手法に対応する非量子化手法を使う。

次に非量子化データを、逆ウェーブレット様変換生成器132で再構成し、再構成されたデータを生成する。逆ウェーブレット様変換生成器132は、非量子化されたデータを再構成する。これには先に述べた最新の逆ウェーブレット様変換を使うが、この事について簡略に述べる。この逆ウェーブレット様変換は、先に述べたウェーブレット様変換に対応する。再構成されたデータを次に、逆ウェーブレット様変換生成器でメモリ位置108に

50

記憶させる。

2次元ウェーブレット様変換

先に述べたように、圧縮されるべく選択された元のデータは、2次元アレイのデータサンプルから成る2次元データであってもよい。こうした各2次元データのデータサンプルのアレイは、一つの空間次元、即ち垂直次元におけるデータサンプルの行と、別の空間次元、即ち水平次元におけるデータサンプルの列とを有している。各データサンプルは、ある物理的な特性を代表する値を有している。例えば2次元データが、ある画像の画素を表す2次元アレイのデータサンプルから成る画像データである場合、各データサンプルの値は、画像中の対応する画素の輝度レベルを表している。

図3, 4のウェーブレット様変換生成器122を使えば、従来のウェーブレット変換生成器と同様、MRA 2次元ウェーブレット様変換を用いるMRA 2次元空間中の元の2次元データ c^M を、N個の解像度レベル $\{M-n\}$ に亘って分解できる。但し、Nは1以上、Mは元のデータの解像度レベルを表し、nは0からN-1までであり、解像度レベルM-nで起こるn次の分解を表し、Nは分解の数を表している。従来のウェーブレット変換生成器の様に、ウェーブレット様変換生成器は、分解が行われる各解像度レベルに対して、対応する分解フィルタ134-M-nを有している。

従って、分解が行われる各解像度レベルM-nで、対応するレベルM-nの分解フィルタ134-M-nに提供される2次元入力データ c^{M-n} は、ウェーブレット様変換を使い、LL、LH、HL、HHの2次元成分データ、 c^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} 、 e^{M-n-1} 、 f^{M-n-1} 、に分解される。LL、LH、HL、HHの2次元成分データはそれぞれ2次元アレイのデータサンプルから成る。LL、LH、HL、HHの成分データの各データサンプルは、LL空間周波数サブ帯域、LH空間周波数サブ帯域、HL空間周波数サブ帯域、HH空間周波数サブ帯域における入力データのデータサンプルを表す。更に、LL、LH、HL、HHの成分データは、入力データの分解されたデータ y^{M-n-1} を形成する。従って、最初の解像度レベルでは、元のデータはレベルMの分解フィルタ134-Mに対する入力データ c^M である。これに続く各解像度レベルM-nでは、先行する解像度レベルM-n-1からのLL成分データ c^{M-n} は、対応レベルのM-n分解フィルタ134-M-nに対する入力データである。結果的に、元のデータの完全な分解された2次元データ z^{M-N} は、N個の解像度レベルに亘ってなされたN個の分解からのHH、HL、LHの成分データ $\{f^{M-1}, e^{M-1}, d^{M-1}, \dots, f^{M-N}, e^{M-N}, d^{M-N}\}$ と、最後の解像度レベルM-N+1でレベルM-N+1の分解フィルタ134-M-N+1が生成したLLの成分データ c^{M-N} とから成る。

図5は、各解像度レベルM-N毎の分解フィルタ134-M-Nの実施例を示す。対応する入力2次元データ c^{M-N} の入力データサンプル $\{c^{M-N}_{k,l}\}$ のセットを分解フィルタ134-M-Nに提供するが、但しkは1からK-1、lは1からL-1、k及びlはそれぞれ垂直及び水平方向のインデックス、kは 2^{M-N} でかつ入力データの2次元アレイの各列の垂直次元におけるデータサンプルの個数を表し、lは 2^{M-N} でかつアレイの各行の水平次元におけるデータサンプルの個数を表す。これに応じ分解フィルターは、HH、HL、LH、LLの成分データ、 c^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} 、 e^{M-n-1} 、 f^{M-n-1} の各々に対応する分解されたデータサンプルのセット $\{c^{M-N}_{2i,2j}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i+1,2j}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i+1,2j+1}\}$ を生成し、これらは図7に示す入力データの分解されたデータ y^{M-n-1} を形成する。

図5-7の分解フィルタ134-M-nは2次元デインターリーピング(多重化又は切換)モジュール(2次元DIntモジュール)136を有する。デインターリーピングモジュールは、水平及び垂直次元(即ち、2次元)の入力データ c^{M-N} の入力データサンプル $\{c^{M-N}_{k,l}\}$ のセットをデインターリーブ(多重化又は切換)し、入力データサンプル $\{c^{M-N}_{k,l}\}$ セットの入力データサンプルのサブセット $\{c^{M-N}_{2i,2j}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i+1,2j}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{2i+1,2j+1}\}$ を生成する。

特に2次元デインターリーピングモジュール136は、水平及び垂直次元空間シフタ(即ち、遅延器) (z^{-1}_k, z^{-1}_l) を有しており、このシフタは、入力データ c^{M-N} の入力デ

10

20

30

40

50

ータサンプル $\{c^{M-N}_{k,1}\}$ のセットを 1 データサンプル分だけ水平及び垂直次元で下へそれぞれ空間的にシフトさせ、入力データの入力データサンプルのセット $\{c^{M-N}_{k,1+1}\}$ 、 $\{c^{M-N}_{k+1,1}\}$ を生成する。更にデインターリーピングモジュールは、別の水平次元空間シフタ (z^{-1}_1) を有しており、このシフタは、入力データサンプル $\{c^{M-N}_{k+1,1}\}$ のシフトされたセットを 1 データサンプル分だけ水平次元で下側へ空間的にシフトさせ、入力データの入力データサンプル $\{c^{M-N}_{k,1+1}\}$ の空間的にシフトされたセットを生成する。

しかしながら、空間ディメンジョン内でデータサンプルのセットを空間的にシフトする場合、データサンプルの元のセットは、データサンプルの空間的にシフトされたセットにあるべきデータサンプルの幾らかを実際には含んでいない。このように、この文書中に述べられている、元のデータサンプルのセットを空間ディメンジョン内で 1 データサンプル分シフトダウンする、空間シフター (Z^{-1}_k 及び Z^{-1}_1) の各々は、空間ディメンジョン内で最も高いインデックスを持ったデータサンプルの元のセットのデータサンプルを複写し (即ち、反映し)、これらのデータサンプルを、空間ディメンジョン内で最も高いインデックスを持ったデータサンプルとして、空間的にシフトされたデータサンプルのセットに加える。同様に、この文書中に述べられている、元のデータサンプルのセットを空間ディメンジョン内で 1 データサンプル分シフトアップする、空間シフター (Z^1_k 及び Z^1_1) の各々は、空間ディメンジョン内で最も低いインデックスを持った元のデータサンプルのセットのデータサンプルを複写し (即ち、反映し)、これらのデータサンプルを、空間ディメンジョン内で最も低いインデックスを持ったデータサンプルとして、空間的にシフトされたデータ

2 - D デインターリーピングモジュール 136 の議論に戻れば、これは、垂直及び水平の両ディメンジョンにおいてインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,1}\}$ $\{c^{M-n}_{k,1+1}\}$ $\{c^{M-n}_{k+1,1}\}$ $\{c^{M-n}_{k+1,1+1}\}$ のセットをデインターリーブ (例えば、ダウンサンプル、多重化、又はスイッチ) してインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ $\{c^{M-n}_{2i,2j+1}\}$ $\{c^{M-n}_{2i+1,2j}\}$ $\{c^{M-n}_{2i+1,2j+1}\}$ のサブセットを作り出す、各 2 - D デインターリーパー (例えば、ダウンサンプラー、マルチプレクサ、又はスイッチ) を含んでいる。インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ は、偶数の垂直及び水平インデックス $k = 2i$ 及び $l = 2j$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,1}\}$ のサンプルから成っている。インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,2j}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+1,2j}$ がインプットデータ c^{M-n} 内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ と水平ディメンジョンにおいて 1 データサンプル分空間的に隣にあるような、奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,1}\}$ のサンプルから成っている。同様に、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j+1}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i,2j+1}$ がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ と水平ディメンジョン内で 1 データサンプル分空間的に隣にあるような、偶数の垂直インデックス $k = 2i$ 及び奇数の水平インデックス $l = 2j + 1$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,1}\}$ のサンプルから成っている。そして最後に、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,2j+1}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ と垂直及び水平の両ディメンジョンにおいて 1 データサンプル分空間的に隣にあるような、奇数の垂直及び水平インデックス $k = 2i + 1$ 及び $l = 2j + 1$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,1}\}$ のサンプルから成っている。

デコンポジションフィルタは又、2 - D 空間シフトモジュール (2 - D SS) 137 を含んでいる。この空間シフトモジュールは、垂直及び水平ディメンジョン内でインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ のサブセットを空間的にシフトし、空間的にシフトされたインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2,2j}\}$ $\{c^{M-n}_{2i,2j+2}\}$ $\{c^{M-n}_{2i+2,2j+2}\}$ のサブセットを作り出す。そうするために、空間シフトモジュールは、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ のサブセットを垂直及び水平ディメンジョン内で 1 データサンプル分各々空間的にシフトダウンして空間的にシフトされたインプッ

10

20

30

40

50

トデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\} \{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットを作り出す、垂直及び水平ディメンジョン空間シフター (Z^{-1}_{2i} 及び Z^{-1}_{2j}) を含んでいる。更に、デコンポジションフィルターは、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j}\}$ のサブセットを水平ディメンジョン内で1データサンプル分空間的にシフトダウンしてインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}\}$ のサブセットを作り出す、水平ディメンジョン空間シフター (Z^{-1}_{2j}) を含んでいる。

インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+2, 2j}$ がインプットデータ c^{M-n} 内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ と垂直ディメンジョン内で2データサンプル分空間的に隣にあるような、偶数の垂直及び水平インデックス $k = 2i + 2$ 及び $l = 2j$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ のサンプルから成っている。同様に、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j+2}\}$ は、これらデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j+2}$ の各々がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ と水平ディメンジョン内で2データサンプル分空間的に隣にあるような、偶数の垂直及び水平インデックス $k = 2i$ 及び $l = 2j + 2$ を有するインプットデータのインプットデータサンプルのサンプルから成っている。そしてインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}\}$ は、これらデータサンプル $c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}$ の各々がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ と垂直及び水平の両ディメンジョンにおいて2データサンプル分空間的に隣にあるような、偶数の垂直及び水平インデックス $k = 2i + 2$ 及び $l = 2j + 2$ を有するインプットデータのインプットデータサンプルのサンプルから成っている。

デコンポジションフィルターは更に、1-D空間シフトモジュール (1-D SS) 139 を含んでいる。この空間シフトモジュールは、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットを垂直ディメンジョン内で1データサンプル分空間的にシフトダウンして、空間的にシフトされたインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}\}$ のサブセットを作り出す。これは垂直ディメンジョン空間シフター (Z^{-1}_k) によって行われる。インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}$ がインプットデータ c^{M-n} 内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ と垂直ディメンジョンで2データサンプル分、そして水平ディメンジョンにおいて1データサンプル分空間的に隣にあるような、偶数の垂直インデックス $k = 2i + 2$ 及び奇数の水平インデックス $l = 2j + 1$ を有するインプットデータのインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ のサンプルから成っている。

デコンポジションフィルターは又、同様な1-D空間シフトモジュール (1-D SS) 141 を含んでいる。この空間シフトモジュールは、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ のサブセットを水平ディメンジョン内で1データサンプル分空間的にシフトダウンして、空間的にシフトされたインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}\}$ のサブセットを作り出す。これは水平ディメンジョン空間シフター (Z^{-1}_{2j}) によって行われる。インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}$ がインプットデータ c^{M-n} 内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ と垂直ディメンジョンで1データサンプル分、そして水平ディメンジョンにおいて2データサンプル分空間的に隣にあるような、奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j + 2$ を有するインプットデータのインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ のサンプルから成っている。

デコンポジションフィルター 134 - M - n において、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\} \{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\} \{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\} \{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\} \{c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}\} \{c^{M-n}_{2i+2, 2j}\} \{c^{M-n}_{2i, 2j+2}\} \{c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}\} \{c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}\}$ のサブセットが、2-D アッド/ビットシフター (A/B S) 146 によって垂直及び水平の両ディメンジョンで処理される。これは、奇数の垂直及び水平インデックス $k = 2i + 1$ 及び $l = 2j + 1$ を有するデコンポーズされたデータ y^{M-n-1} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ のサンプルから成るインプットデータ c^{M-n} の HH コンポーネントデータ f^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ のセットを作り出す。

更に詳しくは、アッド/ビットシフター 146 は以下により、HH コンポーネントデータ

10

20

30

40

50

f^{M-n-1} において各デコンポーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ を作り出す。即ち、
式 1

$$\begin{aligned} c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} = & c^{M-n}_{2i+1,2j+1} - S^{-1} (c^{M-n}_{2i,2j+1} + c^{M-n}_{2i+1,2j} + c^{M-n}_{2i+2,2j+1} + \\ & c^{M-n}_{2i+1,2j+2}) \\ & + S^{-2} (c^{M-n}_{2i,2j} + c^{M-n}_{2i+2,2j} + c^{M-n}_{2i,2j+2} + c^{M-n}_{2i+2,2j+2}) \end{aligned}$$

ここに、 S^{-1} は各ビットを1ビットシフトして2で割るようにすることを指し、 S^{-2} は各ビットを2ビットシフトして4で割るようにすることを指す。このように、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{ c^{M-n}_{2i+1,2j+1} \}$ のサブセットは、HHコンポーネントデータの各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ に対しインプットデータ内に対応するデータサンプル $c^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ が存在するように、HHコンポーネントデータのデコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} \}$ のセットに対応するように選ばれる。そして、HHコンポーネントデータ内の各デコンポーズされたデータサンプルは、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプル及びインプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに垂直及び/又は水平に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i,2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2,2j+2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i,2j+2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1,2j+2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2,2j+1}$ 、の重み付けシフトされた和（即ち、ビットシフトされた和又は線形組み合わせ）である。アッド/ビットシフターは、共に、加算（減算を含む）及びビットシフト操作のみを使ってこの重み付けされた和を計算する、加算機（ ）及びビットシフター（ S^{-1} 及び S^{-2} ）を含んでいる。

デコンポジションフィルタ 134 - M - n は 2 - D 空間シフト（即ち、アドバンス）モジュール（2 - D SS）138を含んでいる。この空間シフトモジュールは、垂直及び水平ディメンジョン内でHHコンポーネントデータ f^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} \}$ のセットを空間的にシフト（即ち、アドバンス）し、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} \}$ $\{ c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1} \}$ $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1} \}$ の空間的にシフトされたセットを作り出す。そうするため空間シフトモジュールは、各々、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} \}$ のセットを垂直及び水平ディメンジョン内で1データサンプル分空間的にシフトアップして、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} \}$ $\{ c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1} \}$ の空間的にシフトされたセットを作り出す、垂直及び水平ディメンジョン空間シフター（ z^{1}_{2i+1} 及び z^{1}_{2j+1} ）を含んでいる。そして、空間シフトモジュールは、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} \}$ のセットを水平ディメンジョン内で1データサンプル分空間的にシフトアップして、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1} \}$ のセットを作り出す、水平ディメンジョン空間シフター（ z^{1}_{2j+1} ）を含んでいる。

デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2j+1,2j-1} \}$ のセットは、奇数の垂直及び水平インデックス $k = 2i + 1$ 及び $l = 2j - 1$ を有するデコンポーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプル $\{ c^{M-n}_{l,k} \}$ のサンプルから成っている。そして、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} \}$ のセットは、奇数の垂直及び水平インデックス $k = 2i - 1$ 及び $l = 2j + 1$ を有するデコンポーズされたデータのデータサンプルのサンプルから成っている。最後に、デコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n}_{2i-1,2j-1} \}$ のセットは、奇数の垂直及び水平インデックス $k = 2i - 1$ 及び $l = 2j - 1$ を有するデコンポーズされたデータのデータサンプルのサンプルから成っている。この結果、各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1}$ はデコンポーズされたデータ内のデコンポーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j}$ に、垂直及び水平の両ディメンジョンにおいて1データサンプル分空間的に隣にあることになる。

インプットデータサンプル $\{ c^{M-n}_{2i,2j} \}$ $\{ c^{M-n}_{2i+1,2j} \}$ $\{ c^{M-n}_{2i+2,2j} \}$ のサブセット及びHHコンポーネントデータ f^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{ c^{M-n-1}$

10

20

30

40

50

$c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\} \{c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}\}$ のセットは、デコンポジションフィルタ 134-M-n の 2-D アッド/ビットシフター (A/B S) 147 によって垂直及び水平の両ディメンジョン内で処理される。これは、奇数の垂直インデクス $k = 2i + 1$ 及び偶数の水平インデクス $l = 2j$ を有するデコンボーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{l,k}\}$ のサンプルから成るインプットデータ c^{M-n} の H L コンポーネントデータ e^{M-n-1} のデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ のセットを作り出す。

アッド/ビットシフター 147 はこれを、以下により、H L コンポーネントデータ e^{M-n-1} の各デコンボーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ を作り出すことによって行う。

即ち、
式 2

$$c^{M-n-1}_{2i+1,2j} = S^1 c^{M-n}_{2i+1,2j} - (c^{M-n}_{2i,2j} + c^{M-n}_{2i+2,2j}) \\ + S^{-1} (c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1})$$

ここに、 S^1 は各ビットを 1 ビットシフトし 2 を乗じるようにすることを示す。この場合、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,2j}\}$ は、H L コンポーネントデータの各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ に対しインプットデータ内に対応するデータサンプル $c^{M-n}_{2i+1,2j}$ が存在するように、H L コンポーネントデータのデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ のセットに対応するように選ばれる。そして、H L コンポーネントデータの各デコンボーズされたデータサンプルは、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルと、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに垂直に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i+2,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i,2j}$ と、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに水平に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i+1,2j-1}$ 及び $c^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ に対応するデコンボーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}$ 及び $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ との重み付けされた和である。アッド/ビットシフター 164 は、加算 (減算を含む) 及びビットシフト計算操作のみを使ってこの重み付けされた和を計算する、加算機 () 及びビットシフター (S^1 及び S^{-1}) を含んでいる。

同様に、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\} \{c^{M-n}_{2i,2j+1}\} \{c^{M-n}_{2i,2j+2}\}$ のサブセット及び H H コンポーネントデータ f^{M-n-1} のデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\} \{c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1}\}$ のセットは垂直及び水平の両ディメンジョンで、デコンポジションフィルタ 134-M-n の 2-D アッド/ビットシフター (A/B S) 148 によって処理される。これは、偶数の垂直インデクス $k = 2i$ 及び奇数の水平インデクス $l = 2j + 1$ を有するデコンボーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{l,k}\}$ のサンプルから成るインプットデータ c^{M-n} の L H コンポーネントデータ d^{M-n-1} のデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ のセットを作り出す。アッド/ビットシフター 148 は、以下のようにして、L H コンポーネントデータ d^{M-n-1} の各デコンボーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j+1}$ を作ることにによりこれを行う。

即ち、
式 3

$$c^{M-n-1}_{2i,2j+1} = S^1 c^{M-n}_{2i,2j+1} - (c^{M-n}_{2i,2j} + c^{M-n}_{2i,2j+2}) \\ + S^{-1} (c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1})$$

ここで、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j+1}\}$ のサブセットは、L H コンポーネントデータの各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j+1}$ に対しインプットデータ内に対応するデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j+1}$ が存在するように、L H コンポーネントデータのデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ のセットに対応するように選ばれる。更に、L H コンポーネントデータの各デコンボーズされたデータサンプルは、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルと、インプットデータ内の対

10

20

30

40

50

応するインプットデータサンプルに水平に隣接するデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ 及び $c^{M-n}_{i,2j+2}$ と、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに垂直に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i-1,2j+1}$ 及び $c^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ に対応するデコンポーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1}$ 及び $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ との重み付けされた和である。アッド/ビットシフター 170 は、加算（減算を含む）及びビットシフト計算操作のみを使ってこの重み付けされた和を計算する、加算機（ ）及びビットシフター（ S^1 及び S^{-1} ）を含んでいる。

デコンポジションフィルタ 134 - M - n は 1 - D 空間シフトモジュール（1 - D SS）140 を含んでいる。この空間シフトモジュールは、HL コンポーネントデータ e^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ のセットを垂直ディメンジョン内で 1 データサンプル分空間的にシフトアップし、デコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i-1,2j}\}$ の空間的にシフトされたセットを作り出す。これは垂直ディメンジョン空間シフター（ Z^1_i ）で行われる。デコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i-1,2j}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i-1,2j}$ がデコンポーズされたデータのデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j}$ に垂直ディメンジョン内で 1 データサンプル分空間的に隣にあるように奇数の垂直インデックス $k = 2i - 1$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j$ を有するデコンポーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプルのサンプルから成っている。

デコンポジションフィルタ 134 - M - n は更にもう一つの 1 - D 空間シフトモジュール（1 - D SS）142 を含んでいる。この空間シフトモジュールは、LH コンポーネントデータ d^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ のセットを水平ディメンジョン内で 1 データサンプル分空間的にシフトアップし、デコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j-1}\}$ の空間的にシフトされたセットを作り出す。これは水平ディメンジョン空間シフター（ Z^1_j ）で行われる。デコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j-1}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j-1}$ がデコンポーズされたデータのデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j}$ に水平ディメンジョン内で 1 データサンプル分空間的に隣にあるように偶数の垂直インデックス $k = 2i$ 及び奇数の水平インデックス $l = 2j - 1$ を有するデコンポーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプルのサンプルから成っている。

インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ のサブセット及び HH、HL、LH コンポーネントデータ f^{M-n-1} 、 e^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1,2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i,2j-1}\}$ のセットは、2 - D アッド/ビットシフター（A/B S）149 によって垂直及び水平の両ディメンジョン内で処理される。これは、偶数の垂直及び水平インデックス $k = 2i$ 及び $l = 2j$ を有するデコンポーズされたデータ y^{M-n-1} のデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{l,k}\}$ のサンプルから成るインプットデータ c^{M-n} の LL コンポーネントデータ c^{M-n-1} のデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ のセットを作り出す。

アッド/ビットシフター 149 は、以下により LL コンポーネントデータ c^{M-n-1} の各デコンポーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j}$ を作り出す。即ち、式 4

$$\begin{aligned} c^{M-n-1}_{2i,2j} &= S^1 c^{M-n}_{2i,2j} + S^{-2} (c^{M-n-1}_{2i-1,2j} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j} + c^{M-n-1}_{2i,2j-1} + \\ &\quad c^{M-n-1}_{2i,2j+1}) \\ &\quad - S^{-3} (c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1} + c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}) \end{aligned}$$

ここに、 S^{-3} は各ビットを 3 ビットシフトして 8 で割るようにすることを指す。ここで、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,2j}\}$ は、LL コンポーネントデータの各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i,2j}$ に対しインプットデータ内に対応するデータサンプル $c^{M-n}_{2i,2j}$ が存在するように、LL コンポーネントデータのデコンポーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ のセットに対応するよう選ばれる。そして、LL コン

10

20

30

40

50

ポーネントデータの各デコンボーズされたデータサンプルは、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルと、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに垂直及び／又は水平に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i-1,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i,2j-1}$ 、 $c^{M-n}_{2i-1,2j-1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1,2j-1}$ 、 $c^{M-n}_{2i-1,2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1,2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i,2j+1}$ に対応するデコンボーズされたデータサンプル $c^{M-n-1}_{2i-1,2j}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i,2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1,2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1,2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i,2j+1}$ との重み付けされた和である。アッド／ビットシフター 178 は、加算（減算を含む）及びビットシフト計算操作のみを使ってこの重み付けされた和を計算する、加算機（ ）及びビットシフター（ S^1 、 S^{-2} 及び S^{-3} ）を含んでいる。

10

デコンポジションフィルタ 134 - M - n の図 5 に示す実施例は、水平及び垂直ディメンジョンに分割できるウェーブレット様変換を実行するため、及びこのようには分割できないウェーブレット様変換を実行するため、の両方に利用できる。言い換えれば、これは、インプット 2 - D データ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットが 1 つの空間ディメンジョン内で先ず処理され、次にその結果のデータサンプルが他の空間ディメンジョン内で処理されるようなウェーブレット様変換に使用できる。或いは、これは、インプット 2 - D データのデータサンプルを同時に両空間ディメンジョンでという条件でのみ処理できるウェーブレット様変換に利用できる。

図 8 a 及び 8 b は、ディメンジョン的に分割できるウェーブレット様変換に使用される、各デコンポジションレベル n 用のデコンポジションフィルタ 134 - M - n の実施例を示す。図 5 に示す実施例同様、図 8 a 及び 8 b はデコンポジションフィルタの概念的構成及び効果的作用を示しており、当業者であれば、これを実行するためには、この特定の構成に加えて他の構成も利用できることを理解できるであろう。

20

図 5 に示す実施例のように、対応するインプット 2 - D データ c^{M-n} は、デコンポジションフィルタ 134 - M - n に供給されるデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットから成る。この実施例では、デコンポジションフィルタは、中間のデコンボーズされたインプット 2 - D データ x^{M-n-1} の 2 セットの中間のデコンボーズされたデータサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i,j}\}$ を作り出すためにインプットデータのデータサンプルを垂直ディメンジョン内で処理するための、垂直ディメンジョン（垂直 - D）フィルターステージ 150 を含んでいる。中間のデコンボーズされたデータサンプルのセットは、次に水平ディメンジョン内で、デコンポジションフィルタの水平ディメンジョン（水平 - D）フィルターステージ 152 により処理され、LL、LH、HL、HH コンポーネント 2 - D データ c^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} 、 e^{M-n-1} 、 f^{M-n-1} のデコンボーズされたデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ のセットを作り出す。これはデコンボーズされた 2 - D データ y^{M-n} を形成する。図 5 の実施例の場合と同じく、これは式 1 - 4 に従って行われる。

30

次に図 8 a、9、10 に関してであるが、垂直 - D フィルターステージ 150 は垂直ディメンジョン・デインタリーピングモジュール（V - D D I n t モジュール）154 を含む。デインタリーピングモジュールはインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットを垂直ディメンジョン内でデインタリーブし、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットのインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1,j}\}$ のサブセットを作り出す。

40

これを行うため、垂直ディメンジョン・デインタリーピングモジュール 154 は垂直ディメンジョン・デインタリーパー（V - D D I n t）を含んでいる。デインタリーパーはインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットを垂直ディメンジョン内でデインタリーブする。これは、偶数の垂直インデックス $k = 2i$ を有するインプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のサンプルから成るインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,j}\}$ のサブセットを作り出す。

更に、垂直ディメンジョン・デインタリーピングモジュール 154 は又、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,l}\}$ のセットを垂直ディメンジョン内で 1

50

データサンプル分空間的にシフトダウンする垂直ディメンジョン空間シフター (z^{-1}_k) を含んでいる。これは、デインタリーピングモジュールのもう一つの垂直ディメンジョン・デインタリーパー ($V-D \text{ D I n t}$) でデインタリーブされるインプットデータサンプル $\{c^{M-n-1}_{k+1,i}\}$ の空間的にシフトされたセットを作り出す。これは、各データサンプル $c^{M-n}_{2i+1,j}$ がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i,j}$ と垂直ディメンジョン内で1データサンプル分だけ隣にあるように奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ を有するインプットデータ c^{M-n} のデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,i}\}$ のサンプルから成るインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,j}\}$ のサブセットを作り出す。

垂直-Dフィルターステージ150は垂直ディメンジョン空間シフトモジュール ($V-D \text{ S S}$) 155を含んでいる。この空間シフトモジュールは、インプットデータ c^{M-n} のインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i,j}\}$ のセットを垂直ディメンジョン内で1データサンプル分シフトダウンし、インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2,j}\}$ の空間的にシフトされたサブセットを作り出す。これを行うため、これは垂直ディメンジョン空間シフター (z^{-1}_{2i}) を含んでいる。インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+2,j}\}$ は、各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+2,j}$ がインプットデータ内のデータサンプル $c^{M-n}_{2i,j}$ と垂直ディメンジョン内で2データサンプル分だけ空間的に隣にあるように偶数の垂直インデックス $k = 2i + 2$ を有するインプットデータのインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{k,i}\}$ のサンプルから成っている。

垂直ディメンジョンフィルターステージ150の垂直ディメンジョンアッド/ビットシフター ($A/B \text{ S}$) 156はインプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,j}\} \{c^{M-n}_{2i+2,j}\} \{c^{M-n}_{2i,j}\}$ のサブセットを垂直ディメンジョン内で処理する。これに応じてこれは、奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ を有する中間のデコンポーズされたデータの中間のデコンポーズされたデータサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,i}\}$ のサンプルから成る中間のデコンポーズされたデータ x^{M-n-1} の中間のデコンポーズされたデータサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ のセットを作り出す。これを行う際に、アッド/ビットシフターは、以下によって、各中間のデコンポーズされたデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,j}$ を作り出す。即ち、

式5

$$x^{M-n-1}_{2i+1,j} = c^{M-n}_{2i+1,j} - S^{-1} (c^{M-n}_{2i,j} + c^{M-n}_{2i+2,j})$$

インプットデータサンプル $\{c^{M-n}_{2i+1,j}\}$ は、各中間のデコンポーズされたデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,j}$ に対しインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i+1,j}$ が存在するように、中間のデコンポーズされたデータサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ のセットに対応するように選ばれる。そして、各中間のデコンポーズされたデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,j}$ は、中間のデコンポーズされたデータ内のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,j}$ と、垂直ディメンジョン内で1データサンプル分空間的に隣にある。更に、各中間のデコンポーズされたデータサンプルは、インプットデータサンプル c^{M-n} 内の対応するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i+1,j}$ と、インプットデータ内の対応するインプットデータサンプルに垂直的に隣接するインプットデータサンプル $c^{M-n}_{2i,j}$ $c^{M-n}_{2i+2,j}$ との重み付きの和である。アッド/ビットシフターは、共に、加算 (減算を含む) 及びビットシフト計算操作のみを使ってこの重み付きの和を計算する加算機 () 及びビットシフター (S^{-1}) を含んでいる。

この実施形態では、垂直次元フィルターステージ150は、垂直次元空間シフトモジュール ($V-D \text{ S S}$) 158を有している。この空間シフトモジュールは、垂直次元中の1データサンプル分だけ中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ を空間的にシフトアップして、中間分解データサンプルの空間シフトセット $\{x^{M-n-1}_{2i-1,j}\}$ を作成する。これは、垂直次元空間シフター (z^1_j) で行われる。中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i-1,j}\}$ は、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,i}\}$ のうち垂直インデックス k が奇数、即ち $k = 2i - 1$ のものであり、従って各データサンプル $c^{M-n-1}_{2i-1,j}$ は、空間的に垂直次元中の1データサンプル分だけ中間分解データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,j}$ の隣に位置するようになっている。

垂直次元フィルタステージ 150 の垂直次元加算 / ビットシフタ (A/BS) 160 は、垂直次元中の入力データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i,j}\}$ 、中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ 及び中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n}_{2i-1,j}\}$ を処理する。これにตอบสนองして、加算 / ビットシフタ (A/BS) 160 は、中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち垂直インデックス k が偶数、即ち $k = 2i$ の中間分解データ x^{M-n-1} である中間分解データサンプルの他のセット $\{x^{M-n-1}_{2i,l}\}$ を作成する。この加算 / ビットシフタは、次式に従って各中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i,j}$ を作成することによりそれを行う。

式6

$$x^{M-n-1}_{2i,l} = c^{M-n}_{2i,l} + S^{-2}(x^{M-n-1}_{2i+1,l} + x^{M-n-1}_{2i-1,l})$$

入力データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i,j}\}$ は、中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i,j}\}$ に一致するよう選択されていて、各中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i,j}$ につき入力データサンプル $c^{M-n}_{2i,j}$ が存在するようになっている。したがって、各中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i,j}$ は、入力データ c^{M-n} 中の対応関係にある入力データサンプル $c^{M-n}_{2i,j}$ と、入力データ中の対応関係にある入力データサンプルに垂直方向に隣接した入力データサンプル $c^{M-n}_{2i+1,j}$ 及び $c^{M-n}_{2i-1,j}$ に対応する中間分解データサンプル $x^{M-n}_{2i+1,j}$ 及び $x^{M-n}_{2i-1,j}$ との加重和又は重みつき和である。加算 / ビットシフタは、加算器 () とビットシフタ (S^{-1}) を含み、これらは協働し、加算操作 (これを含む) 及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する。

図 8 b、図 6、図 7、図 9 及び図 10 を参照すると、水平次元フィルタステージ 152 は、水平次元デインタリーピングモジュール (H-D Dint Module) 162 を有している。デインタリーピングモジュールは、水平次元中の中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ をデインタリーブして中間分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i,j}\}$ の中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ 及び $\{x^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ を作成する。

このようにするため、水平次元デインタリーピングモジュール 162 は、水平次元デインタリーバ (H-D Dint) を有している。デインタリーバは、水平次元中の中間分解データ x^{M-n-1} の中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i,j}\}$ をデインタリーブする。これにより、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち偶数の垂直インデックス $k = 2i$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j$ を有するものとしての中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ が作られる。

水平次元デインタリーピングモジュール 162 は、垂直次元中の 1 データサンプル分だけ中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i,j}\}$ を空間的にシフトダウンする水平次元空間シフタ (Z^{-1}_j) を有する。これにより、水平次元中でデインタリーピングモジュールの水平次元デインタリーバ (H-D Dint) によりデインタリーブされる中間分解データサンプルの空間シフトセット $\{x^{M-n-1}_{2i,j+1}\}$ が作られる。これにより、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち偶数の垂直インデックス $k = 2i$ 及び奇数の水平インデックス $l = 2j+1$ を有するものとしての中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j+1}\}$ が得られ、従って各データサンプル $x^{M-n-1}_{2i,2j+1}$ は、空間的に水平次元中の 1 データサンプル分だけ中間分解データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,2j}$ の隣に位置するようになっている。

水平次元フィルタステージ 152 は、水平次元空間シフトモジュール (H-D SS) 163 を更に有している。空間シフトモジュールは、水平次元中の 1 データサンプル分だけ中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ を空間的にシフトダウンして、中間分解データサンプルの空間シフトサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j+2}\}$ を作成する。これは、水平次元空間シフタ (Z^{-1}_j) で行われる。中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i,2j+2}\}$ は、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ の

10

20

30

40

50

うち偶数の垂直インデックス $k = 2i$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j + 2$ を有するものであり、従って各データサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j+2}$ は、空間的に水平次元中の 2 データサンプル分だけ中間分解データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ の隣に位置するようになっている。

水平次元フィルタステージ 152 の水平次元加算 / ビットシフタ (A/BS) 164 は、水平次元中の中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+2}\}$ 及び $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ を処理する。このようにする際、加算 / ビットシフタ (A/BS) 164 は、入力データ c^{M-n} の LH 成分データ d^{M-n-1} の分解データサンプルの上述のセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ を作成する。この加算 / ビットシフタは次式に従って各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ を作成することによりそれを行う。

式 7

$$c^{M-n-1}_{2i, 2j+1} = S^1[x^{M-n-1}_{2i, 2j+1} - S^{-1}(x^{M-n-1}_{2i, 2j+2} + x^{M-n-1}_{2i, 2j})]$$

ここで、この方程式 7 は、方程式 6 を考慮すると方程式 3 と等価である。この場合、LH 成分データ中の各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ は、中間分解データ x^{M-n-1} 中の対応関係にある中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ と、中間分解データ中の対応関係にある中間分解データサンプルに水平方向に隣接した中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j+2}$ 及び $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ との加重和である。加算 / ビットシフタは、加算器 () とビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する。

水平次元フィルタステージ 152 は、別の水平次元空間シフトモジュール (H-D SS) 166 を有している。この空間シフトモジュールは、水平次元中の 1 データサンプル分だけ LH 成分データ d^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ を空間的にシフトアップして、分解データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ を作成する。このようにするため、空間シフトモジュールは、水平次元空間シフタ (Z^1_j) を含む。

水平次元フィルタステージ 152 の水平次元加算 / ビットシフタ (A/BS) 168 は、中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ 並びに入力データ c^{M-n} の LH 成分データ d^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ 及び $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ を処理する。これに回答して、加算 / ビットシフタ (A/BS) 168 は、入力データ c^{M-n} の LL 成分データ c^{M-n-1} の分解データサンプルの上述のセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ を作成する。この加算 / ビットシフタは次式に従って各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j}$ を作成することによりそれを行う。

式 8

$$c^{M-n-1}_{2i, 2j} = S^1[x^{M-n-1}_{2i, 2j} + S^{-3}(c^{M-n-1}_{2i, 2j+1} + c^{M-n-1}_{2i, 2j-1})]$$

ここで、この方程式 8 は、方程式 6 を考慮すると方程式 4 と等価である。ここでは、LL 成分データ中の各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j}$ は、中間分解データ x^{M-n-1} 中の対応関係にある中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ と、中間分解データ中の対応関係にある中間分解データサンプルに水平方向に隣接した中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ 及び $x^{M-n-1}_{2i, 2j-1}$ との加重和である。加算 / ビットシフタは、加算器 () とビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する。

水平次元フィルタステージ 152 は、水平次元デインタリーピングモジュール (H-D Dint Module) 170 を更に有している。デインタリーピングモジュールは、水平次元中の中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ をデインタリーブして中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ の中間分解データサン

10

20

30

40

50

ブルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ 及び $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ を作成する。

具体的には、水平次元デインタリーピングモジュール 170 は、水平次元デインタリーバ (H-D Dint) を有している。デインタリーバは、水平次元中の中間分解データ x^{M-n-1} の中間データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ をデインタリーブする。これにより、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j$ を有するものとしての中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i,2j}\}$ が得られ、従って各データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ は、空間的に垂直次元中の 1 データサンプル分だけ中間分割データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,2j}$ の隣に位置するようになっている。

水平次元デインタリーピングモジュール 170 は、水平次元中の 1 データサンプル分だけ中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ を空間的にシフトダウンする水平次元空間シフタ (Z^{-1}_j) を有する。これにより、水平次元中でデインタリーピングモジュールの水平次元デインタリーバ (H-D Dint) によりデインタリーブされる中間データサンプルの空間シフトセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j+1}\}$ が作られる。これにより、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ 及び奇数の水平インデックス $l = 2j + 1$ を有するものとしての中間データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ が得られ、従って各データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ は、空間的に垂直次元及び水平次元中のそれぞれ 1 データサンプル分だけ中間分解データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,2j}$ の隣に位置するようになっている。

水平次元フィルタステージ 152 は、別の水平次元空間シフトモジュール (H-D SS) 171 を更に有している。この空間シフトモジュールは、水平次元中の 1 データサンプル分だけ中間分解データ x^{M-n-1} のうち中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ を空間的にシフトダウンして、中間分解データサンプルの空間シフトサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2}\}$ を作成する。このようにするため、空間シフトモジュールは、水平次元空間シフタ (Z^{-1}_j) を有している。中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2}\}$ は、中間分解データの中間分解データサンプル $\{x^{M-n-1}_{k,l}\}$ のうち奇数の垂直インデックス $k = 2i + 1$ 及び偶数の水平インデックス $l = 2j + 2$ を有するものであり、従って各データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2}$ は、空間的に水平次元中の 2 データサンプル分だけ中間分解データ中のデータサンプル $x^{M-n-1}_{2i,2j}$ の隣に位置するようになっている。

水平次元フィルタステージ 152 の水平次元加算 / ビットシフタ (A/BS) 172 は、水平次元中の中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2}\}$ 及び $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ を処理する。そうする際、加算 / ビットシフタ (A/BS) 172 は、入力データ c^{M-n} の HH 成分データ f^{M-n-1} の分解データサンプルの上述のセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ を作成する。この加算 / ビットシフタは次式に従って各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ を作成することによりそれを行う。

$$\text{式 9} \quad c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} = x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} - S^{-1}(x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2} + x^{M-n-1}_{2i+1,2j})$$

ここで、この方程式 9 は、方程式 5 を考慮すると方程式 1 と等価である。かくして、HH 成分データ中の各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ は、中間分解データ x^{M-n-1} 中の対応関係にある中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}$ と、中間分解データ中の対応関係にある中間分解データサンプルに水平方向に隣接した中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j+2}$ 及び $x^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ との加重和である。加算 / ビットシフタは、加算器 () とビットシフタ (S^{-1}) を含み、これらは協働し、加算操作 (これを含む) 及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する。

水平次元フィルタステージ 152 は、別の水平次元空間シフトモジュール (H-D SS) 174 を有している。空間シフトモジュールは、水平次元中の 1 データサンプル分だけ HH 成分データ f^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ を空間的にシフトアップして、分解データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ を作成する。このようにするため、空間シフトモジュールは、水平次元空間シフタ (Z^1_j) を含む。

水平次元フィルタステージ 152 の水平次元加算 / ビットシフタ (A/BS) 176 は、中間分解データサンプルのサブセット $\{x^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ 並びに入力データ c^{M-n} の HH 成分データ f^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1}\}$ 及び $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1}\}$ を処理する。これに回答して、加算 / ビットシフタ (A/BS) 176 は、入力データ c^{M-n} の LH 成分データ e^{M-n-1} の分解データサンプルの上述のセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1,2j}\}$ を作成する。この加算 / ビットシフタは次式に従って各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ を作成することによりそれを行う。

式 10

$$c^{M-n-1}_{2i+1,2j} = S^1 [x^{M-n-1}_{2i+1,2j} + S^{-2} (c^{M-n-1}_{2i+1,2j+1} + c^{M-n-1}_{2i+1,2j-1})]$$

10

ここで、この方程式 10 は、方程式 5 を考慮すると方程式 2 と等価である。ここでは、LH 成分データ中の各分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ は、中間分解データ x^{M-n-1} 中の対応関係にある中間分解データサンプル $x^{M-n-1}_{2i+1,2j}$ と、中間分解データ中の対応関係にある中間分解データサンプルに水平方向に隣接した中間分解データサンプル $x^{M-n}_{2i+1,2j+1}$ 及び $x^{M-n}_{2i+1,2j-1}$ との加重和である。加算 / ビットシフタは、加算器 () とビットシフタ (S^{-2} 及び S^1) を含み、これらは協働し、加算操作 (これを含む) 及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する。

したがって、図 3 及び図 4 に戻ると、ウェーブレット状態変換発生器 122 は、上述したタイプの N 個の分解フィルタ 134 - M ~ 133 - M - N + 1 を用いて N 個の解像レベルで N 回の分解を利用してオリジナルの 2D データ c^M を分解する。その結果得られるオリジナルデータの HH、HL 及び LH 成分 2D データ $\{f^{M-1}, e^{M-1}, d^{M-1}, \dots, f^{M-n}, e^{M-n}, d^{M-n}, f^{M-n-1}, e^{M-n-1}, d^{M-n-1}, \dots, f^{M-N}, e^{M-N}, d^{M-N}\}$ 及び LL 成分 2D データ c^{M-N} は、完全分解 2D データ z^{M-N} を構成する。

20

2D 逆ウェーブレット状態変換

次に、図 3 及び図 11 を参照すると、図 11 の実施形態では、逆ウェーブレット変換発生器 132 を用いると、上述したタイプの完全分解データ z^{M-N} を復元できる。この場合、逆ウェーブレット変換発生器は、オリジナル分解データを N 個の解像レベル $\{M-n\}$ (ここで、 $n = N-1-r$ 及び $r = 0 \sim N-1$) にわたって復元すると共に解像レベル M - n の場合に r 番目の復元データを表すために上述のウェーブレット状態変換に対応した MRA 2D 逆ウェーブレット状態変換を用いている。逆ウェーブレット状態変換発生器は、復元データが作成される各解像レベル M - n について対応の復元フィルタ 180 - M - n を有している。

30

復元データが作成される各解像レベル M - n について、対応レベル M - n 復元フィルタ 180 - M - n は、LL、LH、HL 及び HH 成分 2D データ c^{M-n-1} , d^{M-n-1} , e^{M-n-1} 及び f^{M-n-1} から成る分解 2D データ y^{M-n-1} を復元 2D データ c^{M-N} の状態に復元する。これは、いま述べた逆ウェーブレット状態変換方式を用いて行われる。これが行われる最初の解像レベル M - N + 1 の場合、完全分解データ z^{M-N} の LL、LH、HL 及び HH 成分 2D データ c^{M-N} , d^{M-N} , e^{M-N} 及び f^{M-N} は、対応レベル M - N + 1 復元フィルタ 180 - M - N + 1 に与えられる分解データ y^{M-N} を構成する。しかしながら、次の各解像レベル M - n の場合、先の解像レベル M - n - 1 及び完全分解データの LH、HL 及び HH 成分 2D データ d^{M-n} , e^{M-n} 及び f^{M-n} から得られた復元データ c^{M-n} は、対応レベル M - n 復元フィルタ 180 - M - n に与えられる分解データ y^{M-N} を構成する。その結果、復元が実行される最後の解像レベル M のための復元フィルタ 180 - M により完全復元 2D データ c^M が得られる。

40

図 12 は、図 5 の分解フィルタ 134 - M - n の実施形態に対応する各復元レベル M - n のための復元フィルタ 180 - M - n の実施形態を示している。図 12 の復元フィルタ 180 - M - n は、図 5 の分解フィルタ 134 - M - n に関して上述した演算と逆の演算を実行する。かくして、復元フィルタのこの実施形態を用いると、次元的に分離できるウェ

50

ーブレット状変換に対応する逆ウェーブレット変換を実行でき、又は次元的には分離できないウェーブレット状変換に対応する逆ウェーブレット状変換を実行できる。

図12、図6及び図7を参照すると、復元フィルタ180-M-nは、1D空間シフトモジュール(1-D SS)182、184及び2D空間シフトモジュール(2-D SS)186を有している。空間シフトモジュール182は、垂直次元中の1データサンプル分だけ分解データ y^{M-n-1} のうちHL成分データ e^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}\}$ を空間的にシフトアップして、分解データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n}_{2i-1, 2j}\}$ を作成する。同様に、空間シフトモジュール184は、水平次元中の1データサンプル分だけ分解データ中のLH成分データ d^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ を空間的にシフトアップして、分解データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j-1}\}$ を作成する。そして最後に、空間シフトモジュール186は、垂直次元中、水平次元中、及び垂直次元中と水平次元中の両方における1データサンプル分だけ分解データ中のHH成分データ f^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ を空間的にシフトアップして、分解データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n}_{2i-1, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\}$ 及び $\{c^{M-n}_{2i-1, 2j-1}\}$ を作成する。これら空間シフトモジュールは、図5の分解フィルタ134-M-nの対応関係にある空間シフトモジュール140、142、138と同様に構成されていて、これら空間シフトモジュールと同様にしてこれらデータサンプルのセットを作成する。

分解データ y^{M-n-1} のHH成分データ f^{M-n-1} 、HL成分データ e^{M-n-1} 、LH成分データ d^{M-n-1} 、LL成分データ c^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1, 2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ は、2D加算/ビットシフト(A/BS)188により垂直次元と水平次元の両方において処理される。これにより、方程式4(データサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ について解くために整理した場合)に従って復元データ c^{M-n} の復元データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ が得られる。これは、図5の分解フィルタ134-M-nの対応関係にある2D加算/ビットシフト(A/BS)149により実行される演算と逆の演算である。したがって、各復元データサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ は、分解データ中の対応関係にある分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j}$ と、復元データ中の復元データサンプルに垂直方向と水平方向の両方又は何れか一方において隣接した復元データサンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i, 2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i-1, 2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1, 2j-1}$ 、 $c^{M-n}_{2i-1, 2j-1}$ 、 $c^{M-n}_{2i-1, 2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i, 2j-1}$ 及び $c^{M-n}_{2i, 2j}$ に対応する分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1, 2j+1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1, 2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i-1, 2j}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}$ 及び $c^{M-n-1}_{2i, 2j}$ との加重和である。加算/ビットシフト178は、加算操作(これを含む)及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する加算器()及びビットシフト(S^{-1} 、 S^{-2} 及び S^{-3})を含む。

復元フィルタ180-M-nは、2D空間シフトモジュール(2-D SS)189を更に有している。空間シフトモジュール189は、垂直次元中、水平次元中、及び垂直次元中と水平次元中の両方における1データサンプル分だけ復元データ c^{M-n} のうち復元データのサブセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ を空間的にシフトして、復元データサンプルの空間シフトセット $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i, 2j+2}\}$ 及び $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}\}$ を作成する。この空間シフトモジュールは、図5の分解フィルタ134-M-nの対応関係にある空間シフトモジュール137と同様に構成されていて、この空間シフトモジュール137と同様にしてこれらデータサンプルのセットを作成する。

復元データ c^{M-n} の復元データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ 及び $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}\}$ 並びに分解データ y^{M-n-1} のHH成分データ f^{M-n-1} 及びLH成分データ d^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i-1, 2j+1}\}$ 及び $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ は、分解フィルタ180-M-nの2D加算/ビットシフト(A/BS)190により垂直次元と水平次元の両方において処理される。これにより、復元データの復元データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ が得られ、これは方程式3(データサンプル c^{M-n}_2

10

20

30

40

50

$i, 2j+1$ について解くために整理した場合)に従って行われる。これは、図5の分解フィルタ134-M-nの対応関係にある2D加算/ビットシフト(A/BS)148により実行される演算と逆の演算である。その結果、各復元データサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j+1}$ は、LH成分データ d^{M-n-1} 中の対応関係にある分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ と、復元データ中の復元データサンプルに水平方向に隣接した復元データサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ 及び $c^{M-n}_{2i, 2j+2}$ と、復元データ中の復元データサンプルに垂直方向に隣接した復元データサンプル $c^{M-n}_{2i-1, 2j+1}$ 及び $c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}$ に対応した分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i-1, 2j+1}$ 及び $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}$ との加重和である。加算/ビットシフト190は、加算操作(これを含む)及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する加算器()及びビットシフト(S-1)を含む。

10

さらに、復元データ c^{M-n} の復元データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ 及び $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j}\}$ 並びに分解データ y^{M-n-1} のHH成分データ f^{M-n-1} 及びHL成分データ e^{M-n-1} の分解データサンプルのセット $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-1}\}$ 及び $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}\}$ は、復元フィルタ180-M-nの2D加算/ビットシフト(A/BS)192により垂直次元と水平次元の両方において処理される。これにより、復元データの復元データサンプルのサブセット $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ が得られ、これは方程式2(データサンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ について解くために整理した場合)に従って行われる。これは、図5の分解フィルタ134-M-nの対応関係にある2D加算/ビットシフト(A/BS)147により実行される演算と逆の演算である。その結果、各復元データサンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ は、HL成分データ e^{M-n-1} 中の対応関係にある分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}$ と、復元データ中の復元データサンプルに水平方向に隣接した復元データサンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ 及び $c^{M-n}_{2i+2, 2j}$ と、復元データ中の復元データサンプルに垂直方向に隣接した復元データサンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j-1}$ 及び $c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}$ に対応した分解データサンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-1}$ 及び $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}$ との加重和である。加算/ビットシフト192は、加算操作(これを含む)及びビットシフト算術演算だけを用いてこの加重和を計算する加算器()及びビットシフト(S-1)を含む。

20

それに加えて、再構築フィルタ180-M-nは、1-D空間シフト・モジュール(1-DSS)194、196を包含する。この空間シフト・モジュール196は、再構築データ c^{M-n} の再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ セットを、水平方向次元において1データ・サンプル分下方へ空間的にシフトして空間的にシフトされたサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}\}$ を生成する。同様に、空間シフト・モジュール194は、再構築データの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ セットを、垂直方向次元において1データ・サンプル分下方へ空間的にシフトして空間的にシフトされたサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}\}$ を生成する。これらの空間シフト・モジュールは、第5図の分解フィルタ134-M-nの対応する空間シフト・モジュール141、139に行うと同じ方法で構成され、これらのセットのデータ・サンプルを生成する。

30

サブセットの再構築入力データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i, 2j-1}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j-2}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i, 2j+2}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+2}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}\}$ および分解データ y^{M-n-1} のHH成分データ f^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j-1}\}$ セットは、垂直方向、水平方向の両次元で、2-D加算/ビット・シフター(A/BS)198によって処理される。これは、入力データ c^{M-n} の再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\}$ のサブセットを生成し、式1(データ・サンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}$ の解を得るために再配置した場合)に従って実行され、第5図の分解フィルタ134-M-nの対応する2-D加算/ビット・シフター(A/BS)146によって実行されるものに対して逆演算となる。その結果、各再構築データ・サンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}$ は、分解されたデータにおける対応するデータ・サンプルと、再構築データにおける再構築データ・サンプルに垂直方向または水平方向あるいはこれら両方向に隣接する再構築データ・サンプル $c^{M-n}_{2i, 2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i, 2j+1}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2, 2j+2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2, 2j}$ 、 $c^{M-n}_{2i, 2j+2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+1, 2j-2}$ 、 $c^{M-n}_{2i+2, 2j+1}$ の重み付き合計である。この加算/ビット・

40

50

シフターは、加算（算入）演算およびビットシフト算術演算だけを使用することによってこの重み付き合計を一緒に計算する加算器（ ）およびビット・シフター（ S^{-1} および S^{-2} ）を包含する。

再構築フィルタ 180-M-nは、また、2-D インターリーピング（すなわち、アップサンプリング、デマルチプレキシングまたはスイッチング）モジュール（2-D Int Module）200を包含する。このインターリーピング・モジュールは、再構築データ c^{M-n} のサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\}$ を垂直方向および水平方向の次元においてインターリーブし（すなわち、アップサンプリングするか、デマルチプレキシングするかまたはスイッチングし）、入力データ c^{M-n} の単一セットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ を生成する。換言すれば、それは、第5図の分解フィルタ 134-M-nの対応する2-D デインターリーピング・モジュール 136によって実行されるものに対して逆演算を実行する。

2-D インターリーピング・モジュール 200は、2-D インターリーパー（2-D Int）を包含し、垂直方向、水平方向の両次元において、ゼロ値データ・サンプルで再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\}$ をそれぞれインターリーブする。これは、サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{k+1, l}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{k, l+1}\}$ 、 $\{c^{M-n}_{k+1, l+1}\}$ を生成する。さらに、2-D インターリーピング・モジュール 200は、垂直方向、水平方向次元空間シフター（ Z^1_i および Z^1_j ）を包含する。これらの空間シフターは、それぞれ、入力データ c^{M-n} のサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k-1, l}\}$ および $\{c^{M-n}_{k+1, l}\}$ を、垂直方向、水平方向の次元において1データ・サンプル分上方へ空間的にシフトする。これは、空間的にシフトされたサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_2$ および $\{c^{M-n}_{k, l}\}_3$ を生成する。そして、インターリーピング・モジュールは、また、垂直方向、水平方向次元空間シフター（ Z^1_i, j ）を包含する。この空間シフターは、垂直方向、水平方向の両次元において入力データのサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k+1, l+1}\}$ を1データ・サンプル分上方へ空間的にシフトする。これは、空間的にシフトされたサブセットの入力データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_4$ を生成する。

その結果、第1サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_1$ においては、偶数の垂直方向、水平方向インデックス $k=2i$ 、 $l=2j$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。

そして、第2サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_2$ においては、偶数の垂直方向インデックス $k=2i$ および奇数の水平方向インデックス $l=2j+1$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i, 2j+1}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。同様に、第2サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_3$ においては、奇数の垂直方向インデックス $k=2i+1$ および偶数の水平方向インデックス $l=2j$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。最後に、第4サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_4$ においては、奇数の垂直方向、水平方向インデックス $k=2i+1$ 、 $l=2j+1$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2i+1, 2j+1}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。

最後に、2-D インターリーピング・モジュール 200は加算器（ ）を包含し、これはサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}_1$ 、 $\{c^{M-n}_{k, l}\}_2$ 、 $\{c^{M-n}_{k, l}\}_3$ 、 $\{c^{M-n}_{k, l}\}_4$ を合計する。これは、再構築データ c^{M-n} の完全セットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{k, l}\}$ を生成する。

さらに、第13a、13b図は、各解像度レベルのための再構築フィルタ 180-M-nの実施例を示しており、これは第8a、8b図の分解フィルタ 134-M-nについて先に説明した演算の逆演算を行う。したがって、この再構築フィルタの実施例は、垂直方向、水平方向次元フィルタ・ステージ 202および204を有し、次元的に分離できる逆ウェーブレット状態変換のために使用される。第12図の実施例と同様に、第13a、13b図は、再構築フィルタの概念的な形態、有効動作を示しており、当業者であれば、この特別な形態に加え

10

20

30

40

50

て、他の形態を使用してそれを実施することができることは認識できよう。

第13b、7、9、10図を参照して、再構築フィルタ180-M-nのこの実施例においては、水平方向次元フィルタ・ステージ204は水平方向次元空間シフト・モジュール(H-DSS)206を包含する。この空間シフト・モジュールは、分解されたデータ y^{M-n-1} のLH成分データ d^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ セットを水平方向次元において1データ・サンプル分上方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされたセットの分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ を生成する。この空間シフト・モジュールは、第8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する空間シフト・モジュール166で行うと同じ方法で構成され、このセットのデータ・サンプルを生成する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204の水平方向次元加算/ビット・シフター(A/BSS)208は、分解データ y^{M-n-1} のLL、LH成分データ c^{M-n-1} および d^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ セットを処理する。それに応じて、それは中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ のサブセットを生成する。これは、式8(データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ の解を得るために再配置した場合)に従って実行され、第8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する水平方向次元加算/ビット・シフター(A/BSS)によって実行されるものに対して逆演算となる。したがって、各中間再構築データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ は、分解データにおける対応する分解データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j}$ と、中間再構築データの中間再構築データ・サンプルに水平方向に隣接する中間再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j-1}$ 、 $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ との重み付き合計である。加算/ビット・シフターは加算器()およびビット・シフター(S^{-3} および S^{-1})を包含する。これらは、加算(算入)およびビットシフト算術演算だけを使用することによってこの重み付き合計と一緒に計算する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204は水平方向次元空間シフト・モジュール(H-DSS)210を包含する。この空間シフト・モジュールは、中間再構築データ x^{M-n-1} のサブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ を、水平方向次元において1データ・サンプル分下方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされたサブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+2}\}$ を生成する。この空間シフト・モジュールは、第12図の分解フィルタ134-M-nの対応する空間シフト・モジュール162で行うと同じ方法で構成され、このデータ・サンプル・セットを生成する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204の水平方向次元加算/ビット・シフター(A/BSS)212は、中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+2}\}$ のサブセットおよび分解データ y^{M-n-1} のLH成分データ d^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ のセットを処理する。それに応じて、それは、中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ のサブセットを生成する。これは、式7(データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ の解を得るために再配置した場合)に従って実行され、第8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する水平方向次元加算/ビット・シフター(A/BSS)164によって実行されるものに対して逆演算となる。したがって、各中間再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ は、分解データにおける対応する分解データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2j+1}$ と、中間再構築データにおける中間再構築データ・サンプルに水平方向に隣接する中間再構築データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j-2}$ および $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ との重み付き合計である。加算/ビット・シフターは、加算器()およびビット・シフター(S^{-1})を包含し、これらは加算(算入)およびビットシフト算術演算だけを使用することによって一緒にこの重み付き合計を計算する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204は、さらに、水平方向次元空間シフト・モジュール(H-DSS)214を包含する。この空間シフト・モジュールは、分解データ y^{M-n-1} のHH成分データ f^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ のセットを、水平方向次元において1データ・サンプル分上方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされたセットの分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-2}\}$ を生成する。この空間シフト・モジュールは、第8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する空間シフト・モジュール

10

20

30

40

50

174で行うと同じ方法で構成され、このデータ・サンプル・セットを生成する。
 水平方向次元フィルタ・ステージ204の水平方向次元加算/ビット・シフター(A/B
 S)216は、分解データ $y^{M \cdot n - 1}$ のHL、HH成分データ $e^{M \cdot n - 1}$ および $f^{M \cdot n - 1}$ の分解
 データ・サンプル $\{c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}\}$ 、 $\{c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}\}$ および $\{c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-1}\}$
 のセットを処理する。それに応じて、それは、中間再構築データ $x^{M \cdot n - 1}$ の中間再構
 築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}\}$ のサブセットを生成する。これは、式9(デー
 タ・サンプル $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}$ の解を得るために再配置した場合)に従って実行され、第
 8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する水平方向次元加算/ビット・シフター(A/
 B S)176によって実行されるものに対して逆演算となる。したがって、各中間再構築
 データ・サンプル $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}$ は、分解データにおける対応する分解データ・サンプ
 ル $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}$ と、中間再構築データにおける中間再構築データ・サンプルに水平方
 向に隣接する中間再構築データ・サンプル $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-2}$ および $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-1}$
 に対応する分解入力データ・サンプル $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-1}$ 、 $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}$ との重み付き
 合計である。加算/ビット・シフターは、加算器()およびビット・シフター(S^{-3} 、
 S^{-1})を包含し、これらは加算(算入)およびビットシフト算術演算だけを使用すること
 によって一緒にこの重み付き合計を計算する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204はもう1つの水平方向次元空間シフト・モジュ
 ール(H-D S S)218を包含する。この空間シフト・モジュールは、再構築中間入力
 データ $x^{M \cdot n - 1}$ のサブセットの再構築中間データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}\}$ を、水平
 方向次元において1データ・サンプル分下方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされた
 サブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+2}\}$ を生成する。この空間
 シフト・モジュールは、第8b図の分解フィルタ134-M-nの対応する空間シフト・モジ
 ュール171で行うと同じ方法で構成され、このデータ・サンプル・セットを生成する。
 水平方向次元フィルタ・ステージ204の水平方向次元加算/ビット・シフター(A/B
 S)220は、中間再構築データ $x^{M \cdot n - 1}$ の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}\}$
 および $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+2}\}$ のサブセットおよび分解データ $y^{M \cdot n - 1}$ のLL成分デー
 タ $c^{M \cdot n - 1}$ の分解データ・サンプル $\{c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-1}\}$ のセットを処理する。それによ
 って、それは、中間再構築データ $x^{M \cdot n - 1}$ の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}\}$
 のサブセットを生成する。これは、式9(データ・サンプル $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}$ の
 解を得るために再配置した場合)に従って実行され、第8b図の分解フィルタ134-M-n
 の対応する水平方向次元加算/ビット・シフター(A/B S)172によって実行される
 ものに対して逆演算となる。その結果、各中間再構築データ・サンプル $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}$
 は、分解データにおける対応する分解データ・サンプル $c^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+1}$ と、中間再構
 築データにおける中間再構築データ・サンプルに水平方向に隣接する中間再構築デー
 タ・サンプル $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j+2}$ および $x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j}$ との重み付き合計である。加算/ビッ
 ト・シフターは、加算器()およびビット・シフター(S^{-1})を包含し、これらは加算
 (算入)およびビットシフト算術演算だけを使用することによって一緒にこの重み付き合
 計を計算する。

水平方向次元フィルタ・ステージ204は、さらに、水平方向次元インターリーピング・
 モジュール(H-D Int)222、224を包含する。インターリーピング・モジュ
 ール222は、水平方向次元において中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i, 2j}\}$ 、
 $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットをインターリーブして中間再構築データ $x^{M \cdot n - 1}$ のサブ
 セットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i, j}\}$ を生成する。同様に、インターリ
 ーピング・モジュール224は、水平方向次元において中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i-1, 2j}\}$ 、
 $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, 2j-1}\}$ のサブセットをインターリーブして中間再構築
 データ $x^{M \cdot n - 1}$ のサブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M \cdot n - 1}_{2i+1, j}\}$ を生成す
 る。これらは、第5図の分解フィルタ134-M-nの対応する水平方向次元デインターリ
 ーピング・モジュール162、170によって実行されることに対して逆の演算である。
 そうするために、水平方向次元インターリーピング・モジュール222は水平方向次元イ
 ンターリーパー(H-D Int)を包含する。これらのインターリーパーは、それぞれ、水

10

20

30

40

50

平次元における中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットをゼロ値データ・サンプルでインターリーブする。これは、中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}_1$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットを生成する。インターリーブ・モジュールはさらに水平方向次元空間シフター (Z^1_j) を包含し、これは中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j+1}\}$ のサブセットを水平方向次元において 1 データ・サンプル分上方へ空間的にシフトする。これは空間的にシフトされたサブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}_2$ を生成する。

その結果、第 1 サブセットの中間再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}_1$ においては、偶数の垂直方向、水平方向インデックス $k=2i$ および $l=2j$ を有するデータ・サンプルは中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。同様に、第 2 サブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}$ においては、偶数の垂直方向インデックス $k=2i$ および奇数の水平方向インデックス $l=2j+1$ を有するデータ・サンプルは中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, 2j-1}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。

水平方向次元インターリーブ・モジュール 222 は、中間再構築入力 e データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}_1$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}_2$ のサブセットを加算する加算器 () を包含する。これは、再構築中間データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}$ のセットを生成する。

同様に、水平方向次元インターリーブ・モジュール 224 は水平方向次元インターリーバー (H-D Int) を包含する。これらのインターリーバーは、それぞれ、水平方向次元の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, 2j}\}$ および $\{x^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ のサブセットをゼロ値データ・サンプルでインターリーブする。これは、中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}_1$ および $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j+1}\}$ のサブセットを生成する。このインターリーブ・モジュールは、さらに、中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j+1}\}$ のセットを水平方向次元において 1 データ・サンプル分上方へ空間的にシフトする水平方向次元空間シフター (Z^1_j) を包含する。これは、空間的にシフトされたサブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}_2$ を生成する。

その結果、第 1 サブセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}_1$ においては、奇数の垂直方向インデックス $k=2i+1$ および奇数の水平方向インデックス $l=2j$ を有するデータ・サンプルは中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, 2j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。同様に、第 2 サブセットの中間再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i-1, j}\}_2$ においては、奇数の垂直方向、水平方向インデックス $k=2i+1$ および $l=2j+1$ を有するデータ・サンプルは中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。

水平方向次元インターリーブ・モジュール 224 は、さらに、中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}_1$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}_2$ のサブセットを加算する加算器 () を包含する。これは、再構築中間データ x^{M-n-1} の中間再構築入力データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のセットを生成する。

第 13 a、7、9、10 図を参照して、垂直方向次元フィルタ・ステージ 202 は水平方向次元空間シフト・モジュール (V-D SS) 226 を包含する。この空間シフト・モジュールは、中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のセットを、垂直方向次元において 1 データ・サンプル分上方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされたセットの中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i-1, j}\}$ を生成する。この空間シフト・モジュールは、第 8 a 図の分解フィルタ 134-M-n の対応する空間シフト・モジュール 158 に行うと同じ方法で構成され、このセットのデータ・サンプルを生成する。

垂直方向次元フィルタ・ステージ 204 の垂直方向次元加算 / ビット・シフター (A / BS) 228 は、垂直方向次元における中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i, j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i-1, j}\}$ 、 $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のセットを処理する。それに応じて、それは、再構築データ c^{M-n-1} の再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ を生成する。

10

20

30

40

50

j のサブセットを生成する。これは、式 6 (データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, j}$ の解を得るために再配置した場合) に従って実行され、第 8 a 図の分解フィルタ 1 3 4 -M-n の対応する垂直方向次元加算/ビット・シフター (A/B S) 1 6 0 によって実行されるものに対して逆演算となる。したがって、各中間再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, j}$ は、中間再構築データにおける対応する中間再構築データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i, 2j}$ と、再構築データにおける再構築データ・サンプルに垂直方向に隣接する再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, j}$ および $c^{M-n-1}_{2i-1, j}$ との重み付き合計である。この加算/ビット・シフターは、加算器 () およびビット・シフター (S^{-2}) を包含し、これらは加算 (算入) およびビットシフト算術演算だけを使用することによって一緒にこの重み付き合計を計算する。垂直方向次元フィルタ・ステージ 2 0 2 は垂直方向次元空間シフト・モジュール (V-D S S) 2 3 0 を包含する。この空間シフト・モジュールは、再構築データ c^{M-n-1} のサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ を、垂直方向次元において 1 データ・サンプル分下方へ空間的にシフトし、空間的にシフトされたセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ を生成する。この空間シフト・モジュールは、第 1 2 図の分解フィルタ 1 3 4 -M-n の対応する空間シフト・モジュール 1 5 5 で行うと同じ方法で構成され、このデータ・サンプル・セットを生成する。

10

垂直方向次元フィルタ・ステージ 2 0 2 の垂直方向次元加算/ビット・シフター (A/B S) 2 3 2 は、再構築データ c^{M-n-1} の再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+2, j}\}$ のセットおよび中間再構築データ x^{M-n-1} の中間再構築データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のセットを処理する。それに応じて、それは、再構築データの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のサブセットを生成する。これは、式 5 (データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, j}$ の解を得るために再配置した場合) に従って実行され、第 8 a 図の分解フィルタ 1 3 4 -M-n の対応する水平方向次元加算/ビット・シフター (A/B S) 1 5 6 によって実行されるものに対して逆演算となる。その結果、各再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, j}$ は、中間再構築データにおける対応する中間再構築データ・サンプル $x^{M-n-1}_{2i+1, j}$ と、再構築データにおける再構築データ・サンプルに垂直方向に隣接する再構築データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i+2, j}$ および $c^{M-n-1}_{2i, j}$ との重み付き合計である。加算/ビット・シフターは、加算器 () およびビット・シフター (S^{-1}) を包含し、これらは加算 (算入) およびビットシフト算術演算だけを使用することによって一緒にこの重み付き合計を計算する。

20

30

垂直方向次元フィルタ・ステージ 2 0 2 は、また、垂直方向次元インターリーピング・モジュール (V-D Int) 2 3 4 を包含する。このインターリーピング・モジュールは、垂直方向次元において再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のサブセットをインターリーブし、再構築データ c^{M-n-1} の単一セットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ を生成する。これは、第 8 a 図の分解フィルタ 1 3 4 -M-n の対応する垂直方向次元でデインターリーピング・モジュール 1 5 4 によって実行されるものに対して逆演算となる。

そうするために、垂直方向次元インターリーピング・モジュール 2 3 4 は垂直方向次元インターリーパー (V-D Int) を包含する。これらのインターリーパーは、それぞれ、垂直次元における再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ 、 $\{c^{M-n-1}_{2i+1, j}\}$ のサブセットをゼロ値データ・サンプルでインターリーブする。これは、再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k, l}\}_1$ 、 $\{c^{M-n-1}_{k+1, l}\}$ のサブセットを生成する。インターリーピング・モジュールは、さらに、垂直方向次元空間シフター (Z^1_j) を包含し、これは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k+1, l}\}$ のサブセットを垂直方向次元において 1 だけ上方へ空間的にシフトする。これは空間的にシフトされたサブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k, l}\}_2$ を生成する。

40

こうして、第 1 サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k, l}\}_1$ においては、偶数の垂直方向、水平方向インデックス $k = 2i$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i, j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。同様に、第 2 サブセットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k, l}\}$ においては、奇数の

50

垂直方向インデックス $k=2i+1$ を有するデータ・サンプルは再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ を包含し、他のすべてのデータ・サンプルはゼロ値を有する。

垂直方向次元インターリーピング・モジュール234は、再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k,l}\}_1$ 、 $\{c^{M-n-1}_{k,l}\}_2$ のサブセットを加算する加算器()を包含する。これは、再構築中間データ c^{M-n-1} の完全セットの再構築データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{k,l}\}$ を生成する。

したがって、第3、11図を再び参照して、逆ウェーブレット状変換ジェネレータ132は、今ここに述べたタイプのN個の再構築フィルタ180-M-N+1~180-Mを使用して完全分解2-Dデータ z^{M-N} を完全再構築2-Dデータ c^M に再構築する。これは、再構築フィルタによって生成されたHH、HL、LH成分2-Dデータ $\{f^{M-1}, e^{M-1}, d^{M-1}, \dots, f^{M-n}, e^{M-n}, d^{M-n}, f^{M-n+1}, e^{M-n+1}, d^{M-n+1}\}$ および完全分解2-Dデータ z^{M-N} のHH、HL、LH、LL成分2-Dデータ $f^{M-N}, e^{M-N}, d^{M-N}, c^{M-N}$ を用いてN個の分解能レベルにわたってN回の再構築で行われる。

1-Dウェーブレット状変換

第1、2図に戻って、先に説明したように、圧縮しようとして選んだオリジナルのデータは、予定義した1空間次元における1セットのデータ・サンプルを包含する1-Dデータである可能性がある。しかしながら、データのデータ・サンプルと同様に、各データ・サンプルは、物理的な特性を表す値を有する。たとえば、1-Dデータは、サウンドを表している1セットのデータ・サンプルを有する音声データであるかも知れない。この場合、各データ・サンプルの値は、データ・サンプルのその時点でのサウンドの強度を表す。

このような実施例のためのウェーブレット状変換ジェネレータ122は、第4図に示すものと同様である。この場合、それはMRA 1-Dウェーブレット状変換を使用して、MRA 1-D空間におけるオリジナル・1-Dデータ c^M を分解する。したがって、各解像度レベルM-nで、対応するレベルのM-n 1-D分解フィルタに与えられた入力1-Dデータ c^{M-N} は、分解1-Dデータ y^{M-n-1} を形成するL(低周波サブバンド)およびH(高周波サブバンド)成分1-Dデータ c^{M-n-1} および d^{M-n-1} へのウェーブレット状変換を用いて分解される。LおよびH成分データのデータ・サンプルは、それぞれ、低周波サブバンド(すなわち、所定の空間次元で低周波数のデータ・サンプル値を有するサブバンド)および高周波サブバンド(すなわち、所定の空間次元で高周波数のデータ・サンプル値を有するサブバンド)における入力データのデータ・サンプルを表している。

したがって、これが実行される第1の解像度レベルMで、オリジナル1-DデータはレベルM分解フィルタへの入力1-Dデータ c^M である。そして、各後に続く解像度レベルM-nでは、先の解像度レベルM-n+1からのL成分1-Dデータ c^{M-n} は、対応するレベルのM-n分解フィルタへの入力データとなる。その結果、完全分解1-Dデータ z^{M-N} は、各分解レベルからのH成分1-Dデータ $\{d^{M-1}, \dots, d^{M-n}, d^{M-n+1}, \dots, d^{M-N}\}$ と、分解が行われる最後の解像度レベルM-N+1でレベルM-N+1分解フィルタによって生成されたL成分1-Dデータ c^{M-N} とを包含する。

さらに、この実施例においては、各解像度レベルM-nのためのレベルM-n分解フィルタは、第8a図の分解フィルタ134-M-nの垂直方向次元フィルタ・ステージ152と同じ方法で構成され、作動する。特に、この分解フィルタは、入力1-Dデータ c^{M-n} の入力データ・サンプル c^{M-n}_k のセットを、分解1-Dデータ y^{M-n-1} のL、H成分1-Dデータ c^{M-n-1} および d^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のそれぞれに分解する。これは、垂直方向フィルタ・ステージについて先に説明した方法ならびに式5、6に従って実行されるが、サブスクリプトlがドロップして1-D演算を示す場合には、分解データ y^{M-n-1} は、データ x^{M-n-1} を包含し、そして、分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のセットは、データ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i,j}\}$ および $\{x^{M-n-1}_{2i+1,j}\}$ のセットを包含する。

それに加えて、この実施例におけるレベルM-n分解フィルタは、量子化目的のために、それぞれ、L、H成分データ c^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} のエネルギーを微調整するためのビット・シフターを包含してもよい。そうする際、ビット・シフターは、L、H成分データの分解デ

10

20

30

40

50

ータ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のそれぞれのセットのビットをそれぞれの所定の量だけシフトすることになる。

したがって、オリジナル 2 - D データについて先に説明したと同様に、ウェーブレット状態変換ジェネレータ 122 は、今述べたタイプの N 個の分解フィルタを使用して、N 個の対応する解像度レベルにわたってオリジナル 1 - D データ c^M を分解する。その結果として生じる H 成分 1 - D データ $\{d^{M-1}, \dots, d^{M-n}, d^{M-n-1}, \dots, d^{M-N}\}$ および L 成分 1 - D データ c^{M-N} は完全分解 1 - D データ z^{M-N} を包含する。

1 - D 逆ウェーブレット状態変換

ここで再び第 1、2 図を参照して、逆ウェーブレット状態変換ジェネレータ 132 を使用して今述べた形式の完全分解 1 - D データ z^{M-N} を再構築することができる。そうする際、逆ウェーブレット状態変換ジェネレータは、今述べた 1 - D ウェーブレット状態変換に対応する MRA 1 - D 逆ウェーブレット状態 1 - D 変換を使用して完全分解データを完全再構築 1 - D データ c^M に再構築する。

この実施例においては、各解像度レベル $M-n$ のためのレベル $M-n$ 再構築フィルタは、概念的に、第 13a 図の再構築フィルタ 180 - $M-n$ の垂直方向次元フィルタ・ステージ 202 と同じ方法で構成され、効果的に作動する。特に、再構築フィルタは、分解 1 - D データ y^{M-n-1} の L、H 成分 1 - D データ c^{M-n-1} 、 d^{M-n-1} の分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のセットのそれぞれを再構築 1 - D データ c^{M-n} の再構築データ・サンプル $\{c^{M-n}_{2j}\}$ のセットに再構築する。対応するウェーブレット状態変換と同様に、これは、垂直方向フィルタ・ステージについて先に説明した方法で、式 5、6 に従って行われるが、サブスクリプト 1 がドロップして 1 - D 演算を示す場合には、分解データ y^{M-n-1} はデータ x^{M-n-1} を包含し、分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のセットはデータ・サンプル $\{x^{M-n-1}_{2i}, j\}$ および $\{x^{M-n-1}_{2i+1}, j\}$ のセットを包含する。

今述べたレベル $M-n$ 分解フィルタと同様に、再構築フィルタのこの実施例は、非量子化後、L、H 成分データ c^{M-n-1} および d^{M-n-1} のエネルギーをそれぞれ再調整するビット・シフターを包含してもよい。そうする際、ビット・シフターは、分解時に空間的にシフトされた量と逆のそれぞれ所定の量だけ L、H 成分データの分解データ・サンプル $\{c^{M-n-1}_{2i}\}$ および $\{c^{M-n-1}_{2i+1}\}$ のそれぞれのセットのビットをシフトすることになる。

結論

分解フィルタ 134 - $M-n$ の先に説明した実施例では、今説明したばかりのウェーブレット状態変換は、入力データについて、まず入力データのデータ・サンプル・セットをサブセットにデインターリーブすることによって実行される。次いで、入力データ・サンプルの各サブセットが、ビット・シフト演算、加算演算、減算演算のみを使用して対応する処理演算で処理され、分解データ・サンプルの対応するセットを生成する。したがって、他のサブセットの入力データ・サンプルについてサブセット毎に対応する処理演算を実行する際に時間の無駄がない。

同様に、再構築フィルタ 180 - $M-n$ の先に説明した実施例においては、今説明したばかりの逆ウェーブレット状態変換は、分解データについて、まずビット・シフト演算、加算演算、減算演算のみを使用して分解データの各データ・サンプル・セットを対応する処理演算で処理することによって実行され、対応するサブセットの再構築データ・サンプルを生成する。次いで、再構築データ・サンプルのサブセットがインターリーブされて 1 セットの再構築データ・サンプルを生成する。したがって、他のサブセットのデータ・サンプルについて分解データ・サンプルのセット毎に対応する処理演算を実行する際に時間の無駄がない。

また、ビット・シフト、加算、減算の演算のみを使用するので、これらのウェーブレット状態および逆ウェーブレット状態の変換を実行する際に単純な固定点計算を行うだけでよい。さらに、式 1 ~ 10 に従って先に説明した演算以外の、ビット・シフト、加算、減算の組み合わせを使用してウェーブレット状態および逆ウェーブレット状態の変換を実行することができる。

10

20

30

40

50

たとえば、式 2 を使用するよりもむしろ、H L 成分 2 - D データ c^{M-n-1} の各分解データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i+1, 2j}$ が以下の式 1 1 に従って 2 - D ウェーブレット状変換で生成され得る。

$$\begin{aligned} \text{式 1 1} \quad c^{M-n-1}_{2i+1, 2j} = & S^1 [c^{M-n}_{2i+1, 2j} - S^{-4}(c^{M-n}_{2i, 2j} + c^{M-n}_{2i+2, 2j}) - S^{-1}(c^{M-n}_{2i, 2j} + c^{M-n}_{2i+2, 2j}) \\ & + S^{-4}(c^{M-n}_{2i-2, 2j} + c^{M-n}_{2i+4, 2j}) \\ & + S^{-2}(c^{M-n-1}_{2i+1, 2j-1} + c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1})] \end{aligned}$$

そして、再構築データ c^{M-n} の各対応する再構築データ・サンプル $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ も、式 1 1 (データ $c^{M-n}_{2i+1, 2j}$ について解を得るために再配置した場合)に従って逆ウェーブレット状変換で生成され得る。

10

同様に、式 3 を使用する代わりに、L H 成分 2 - D データ d^{M-n-1} の各分解データ・サンプル $c^{M-n-1}_{2i, 2i+1}$ が以下の式 1 2 に従ってウェーブレット状変換で生成され得る。

$$\begin{aligned} \text{式 1 2} \quad c^{M-n-1}_{2i, 2j+1} = & S^1 [c^{M-n}_{2i, 2j+1} - S^{-1}(c^{M-n}_{2i, 2j} + c^{M-n}_{2i, 2j+2}) - S^{-4}(c^{M-n}_{2i, 2j} + c^{M-n}_{2i, 2j+2}) \\ & + S^{-4}(c^{M-n}_{2i, 2j-2} + c^{M-n}_{2i, 2j+4}) + S^{-2}(c^{M-n-1}_{2i+1, 2j+1} + c^{M-n-1}_{2i-1, 2j+1})] \end{aligned}$$

そして、再構築データ c^{M-n} の各対応する再構築データ・サンプル $c^{M-n}_{2i, 2j+1}$ もまた、式 1 2 (データ $c^{M-n}_{2i, 2j+1}$ についての解を得るために再配置した場合)に従って逆ウェーブレット状変換で生成され得る。

20

したがって、今述べたばかりのデインターリーピング、インターリーピング、ビット・シフティング、加算、減算の各演算は、入力データを分解し、分解データを再構築するための速くて効率の良いウェーブレット状、逆ウェーブレット状変換を提供する。先に説明したように、これは 2 - D、1 - D データに適用できる。しかしながら、当業者であればわかるように、それは、また、1 または 2 より多い次元を有するデータにも適用できる。

ウェーブレット状変換ジェネレータ 1 2 2 は、オリジナル・データの圧縮のためにエンコーダ 1 2 6 およびクオンタイザ 1 3 0 と共に使用することについて説明してきた。同様に、ウェーブレット状逆変換ジェネレータ 1 3 2 は、コード化されたデータの展開のためにデコーダ 1 2 8 およびデクオンタイザ 1 3 0 と共に使用することについて説明してきた。しかし、当業者であれば、ここで説明し、ウェーブレット状および逆ウェーブレット状ジェネレータによって実行されたウェーブレット状および逆ウェーブレット状変換を他の目的のために使用してもよいことは明らかであろう。この場合、デジタル信号プロセッサ (DSP) を使用してウェーブレット状および逆ウェーブレット状変換を後処理あるいは前処理またはこれら両処理を行うことができる。

30

さらに、第 1 図において、ウェーブレット状変換ジェネレータ 1 2 2 および逆ウェーブレット状変換ジェネレータ 1 3 2 を使用するデータ処理装置 1 0 2 をソフトウェア具体例として示してある。しかしながら、データ処理装置のハードウェア具体例でも、ここに説明した 1 - D、2 - D ウェーブレット状、逆ウェーブレット状変換の利点を得ることはできる。第 1 4 図がこのような実施例を示す。ここでは、画像処理装置はハードウェア装置であり、メモリ 1 1 0 に格納され、CPU 1 1 4 上で動くデータ処理装置ドライバ 1 0 3 によって駆動される。これは、オペレーティング・システム 1 1 2 の制御の下に、ユーザ・インタフェース 1 1 6 でユーザによって発行されたコマンドに応答して行われる。

40

最後に、本発明を 2、3 の特別な実施例に関して説明してきたが、この説明は発明を例示しているものであり、発明を限定する意図はない。添付の請求の範囲に定義した発明の真の精神および範囲から逸脱することなく種々の変更を当業者が行うことができる。

【 図 1 】

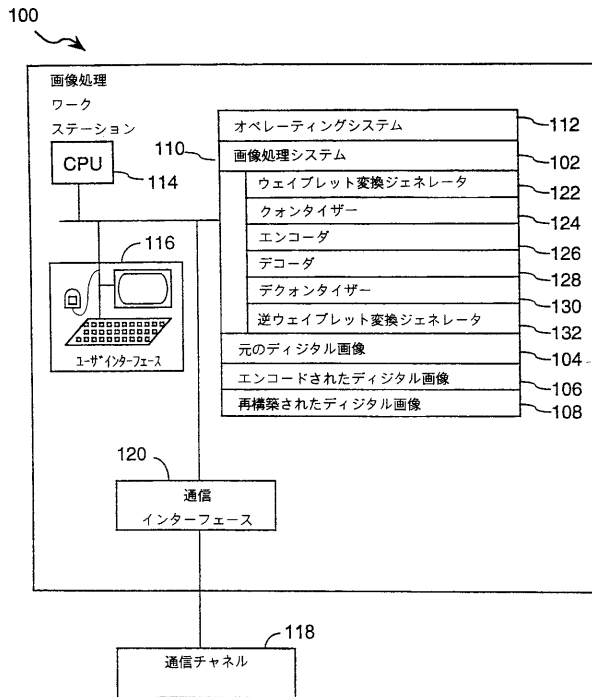


Figure 1

【 図 2 】

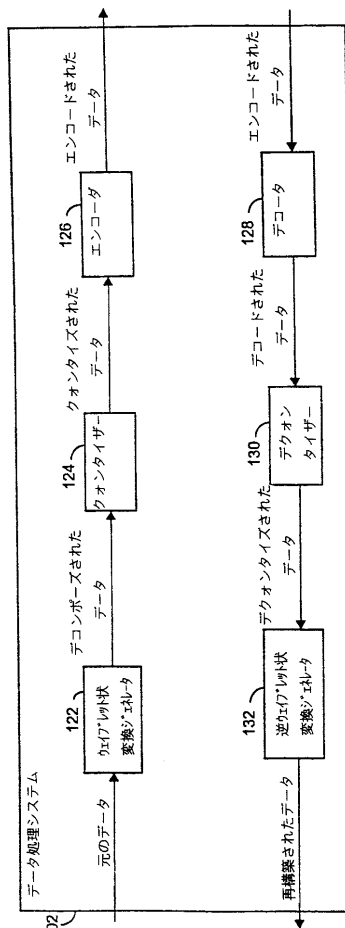


Figure 2

【 図 3 】

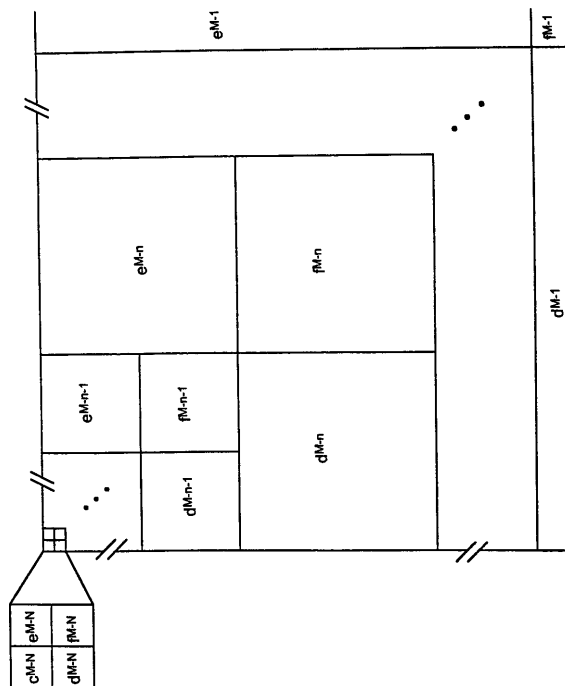


Figure 3

【 図 4 】

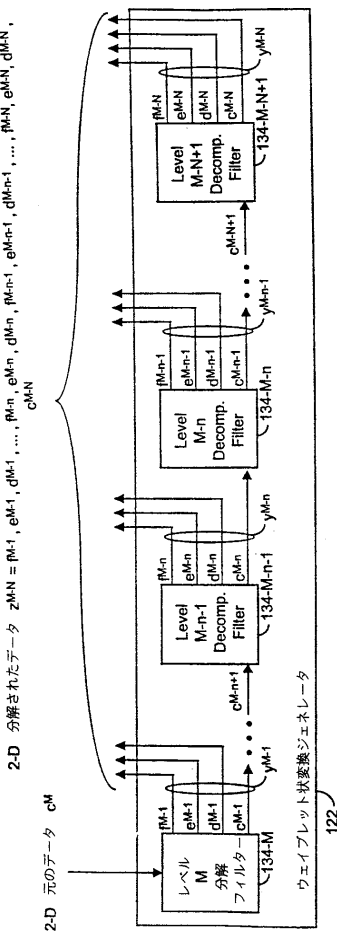
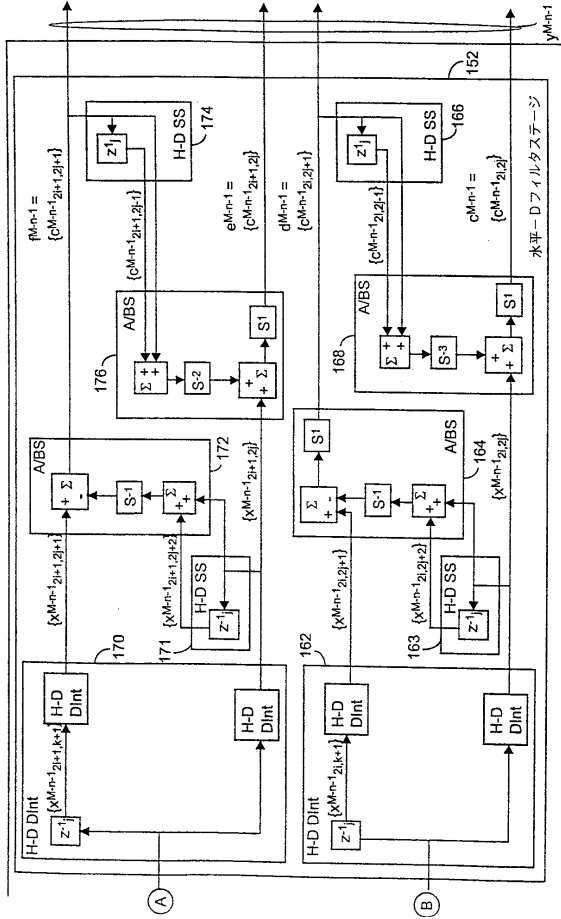


Figure 4

【図 8 b】



【図 9】

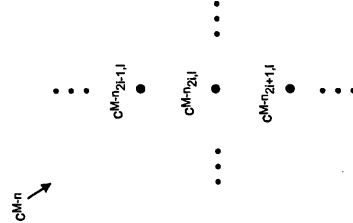


Figure 9

【図 10】

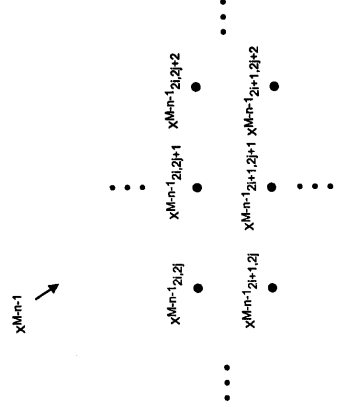


Figure 10

Figure 8b

Figure 8a

【図 11】

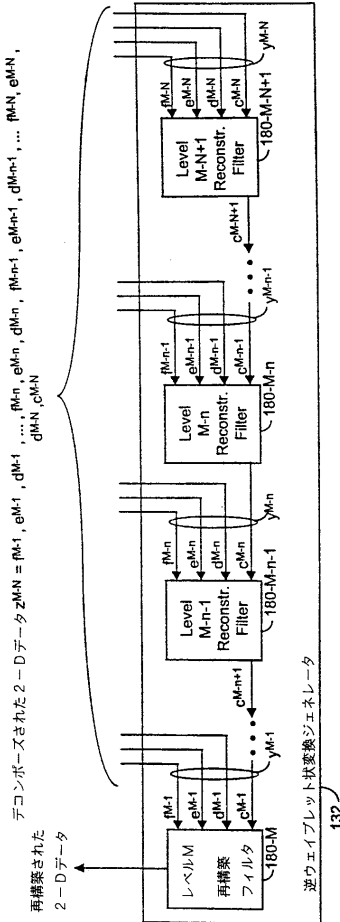


Figure 11

【図 12】

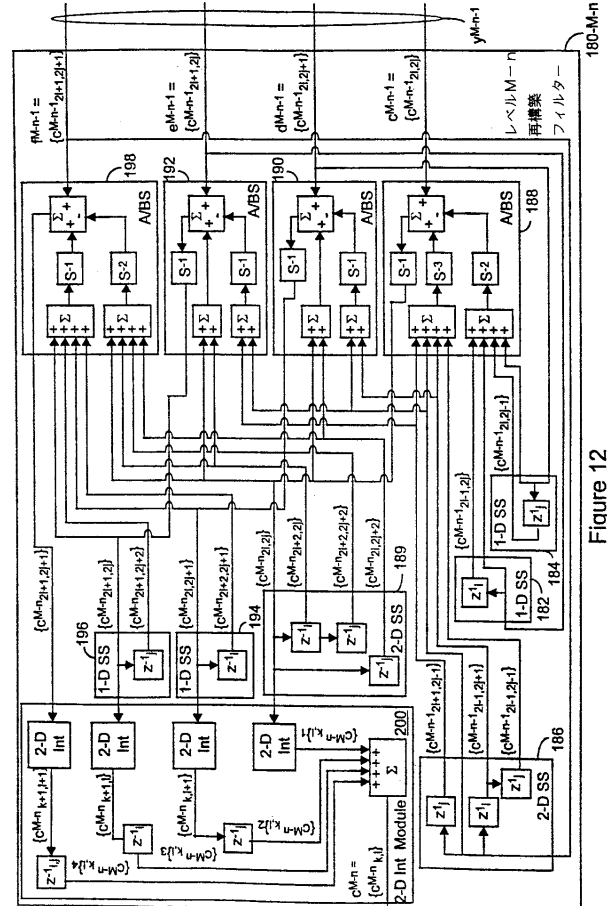
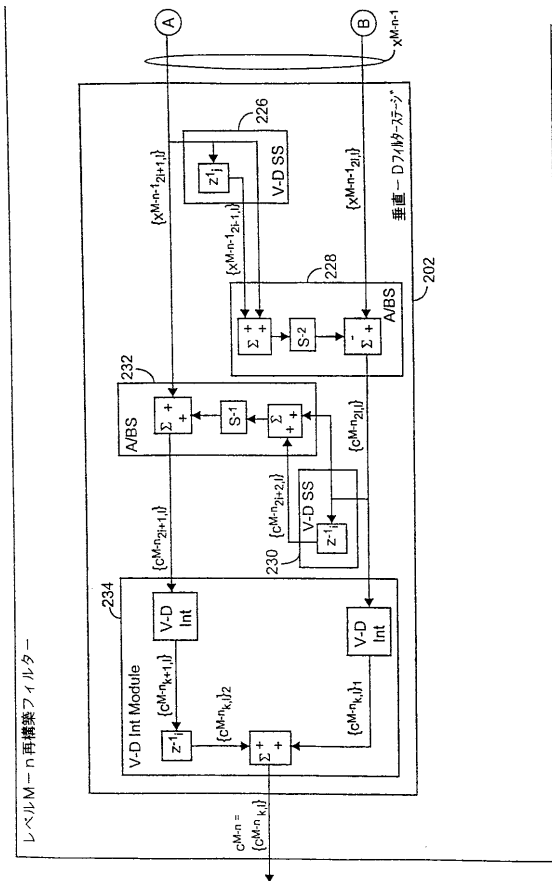
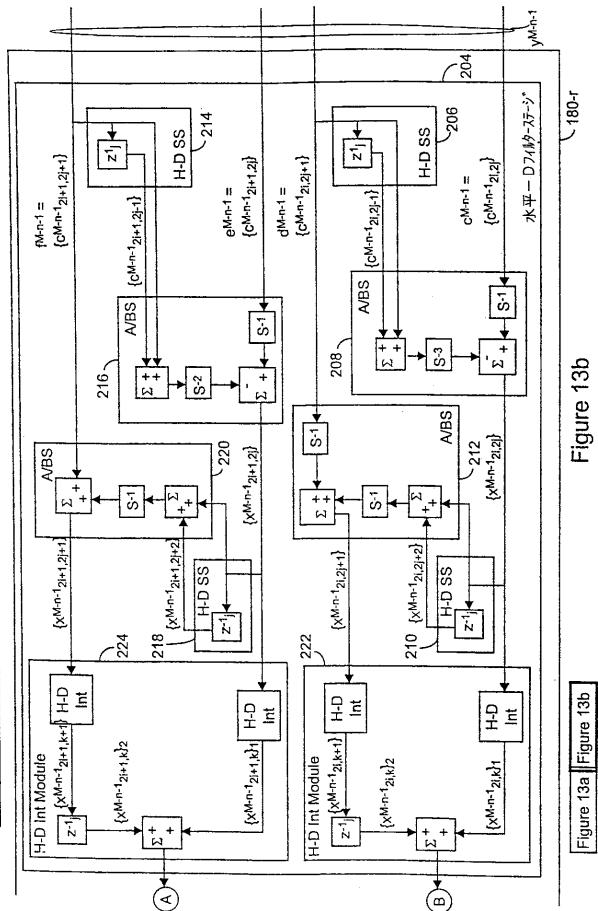


Figure 12

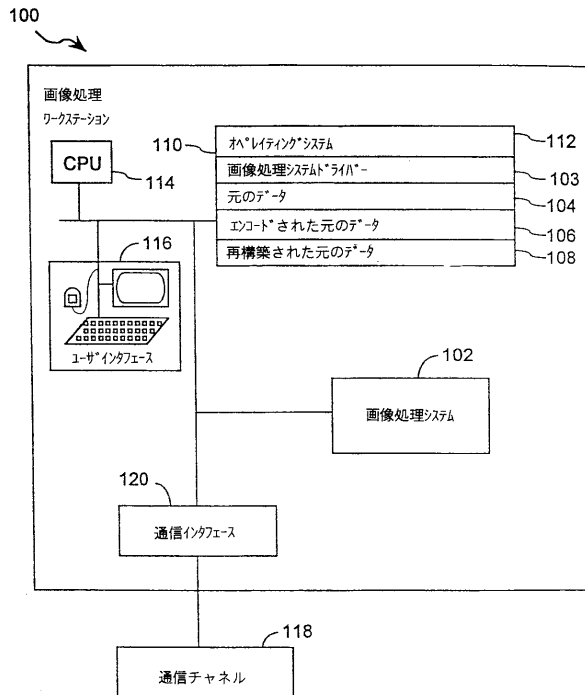
【図 13 a】



【図 13 b】



【図 14】



フロントページの続き

(74)代理人

弁理士 小川 信夫

(74)代理人

弁理士 村社 厚夫

(74)代理人

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人

弁理士 箱田 篤

(72)発明者 チューイ チャールズ ケイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94304 パロ アルト オーク クリーク ドライヴ
1450 アpartment 311

審査官 坂東 大五郎

(56)参考文献 特開平06-332933(JP,A)

特開平07-168809(JP,A)

Wim Sweldens, The Lifting Scheme : A Custom-Design Construction of Biorthogonal Wavelets, Applied and Computational Harmonic Analysis, 1996年 4月, Vol. 3, Issue 2, p. 186-200, Article No. 15,

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 7/24 - 7/68

H04N 1/41 - 1/419

H03H 17/02

G06F 17/14