

JPEG 2000の 非可逆9-7 DWTと互換な 可逆9-7 DWT

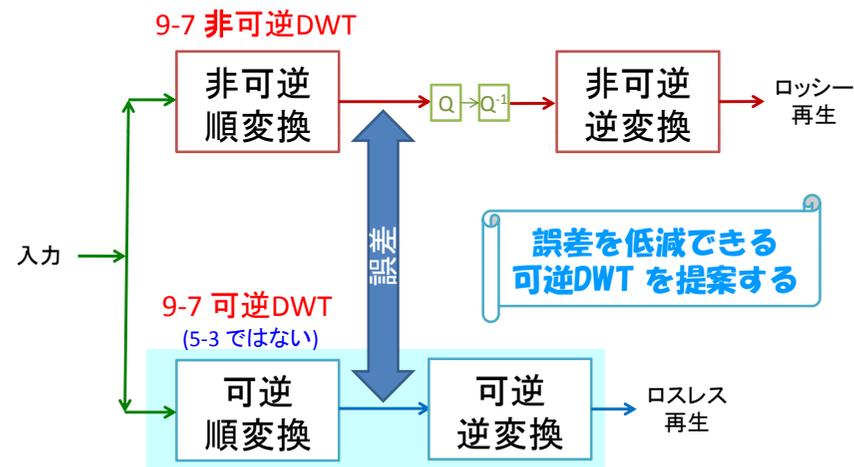
岩橋 政宏[†]

貴家 仁志[‡]

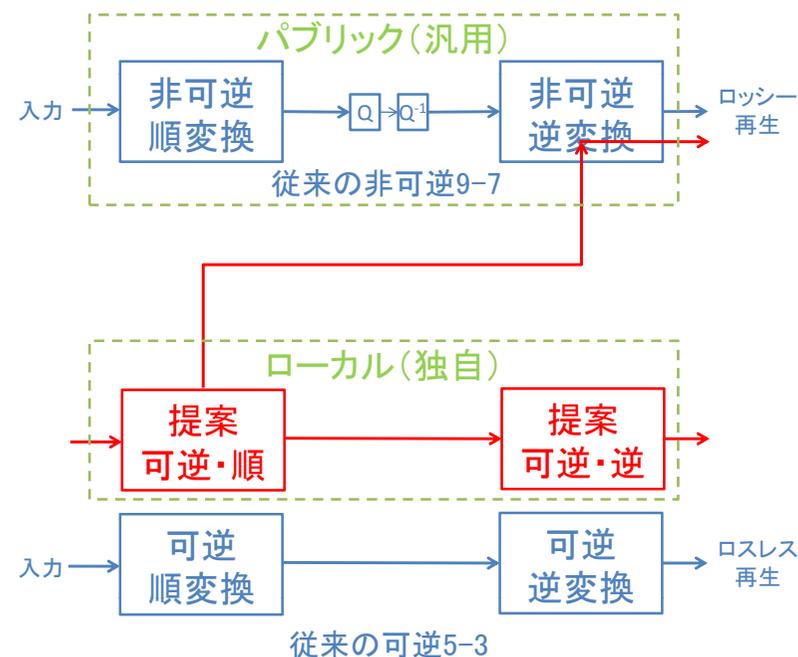
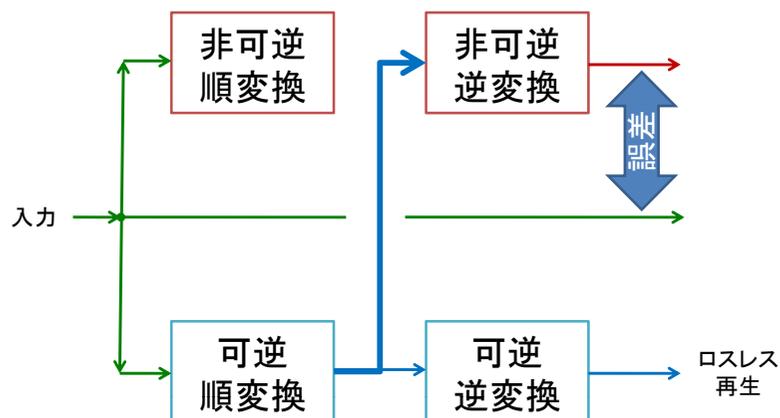
[†]長岡技術科学大学 工学部 電気系

[‡]首都大学東京 システムデザイン学部

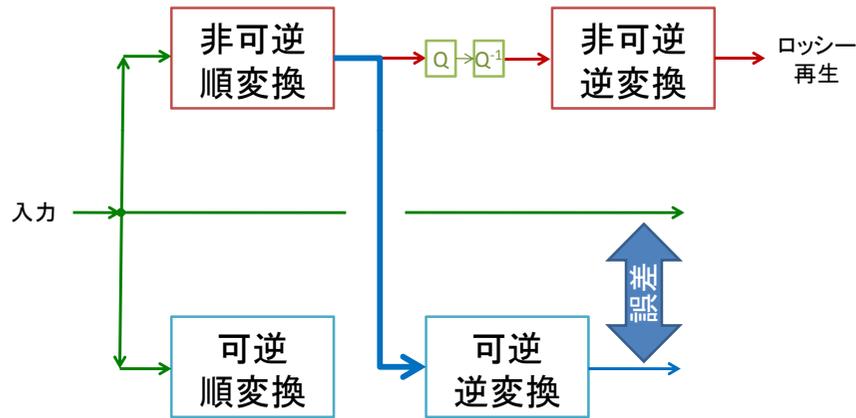
可逆DWTと非可逆DWTの 互換性 (case 1)



可逆DWTと非可逆DWTの 互換性 (case 2)

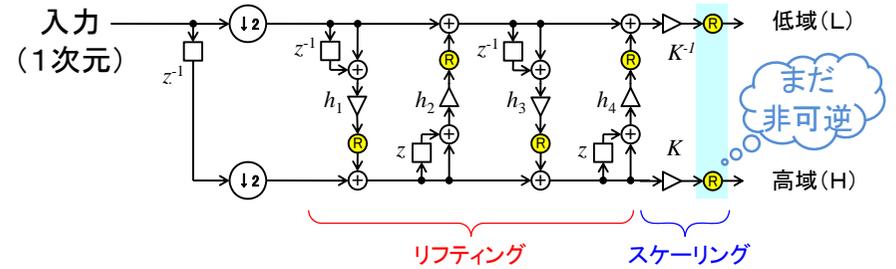


可逆DWTと非可逆DWTの 互換性 (case 3)



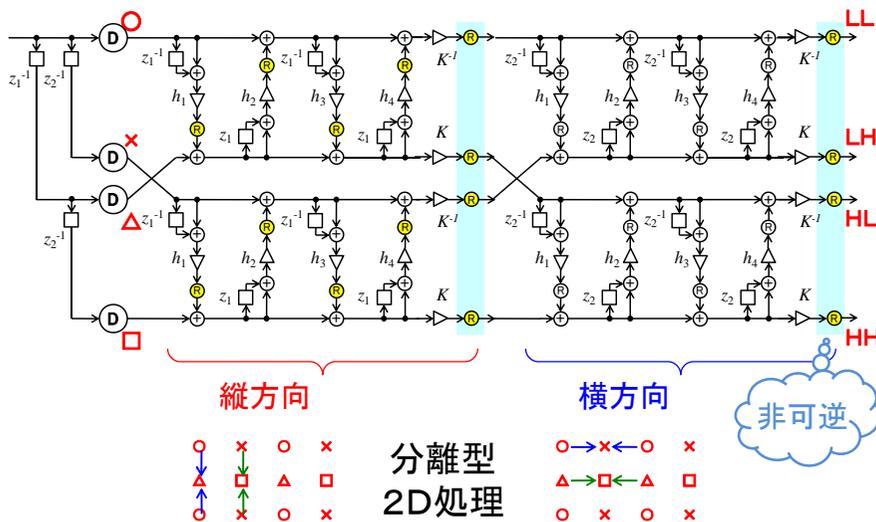
誤差の発生源は？

可逆にするため、丸め器”R”(整数化)を導入



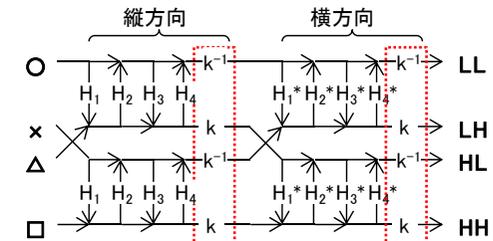
R: 丸め器 6個 → 数を減らす

2次元への拡張



非可逆から可逆へ

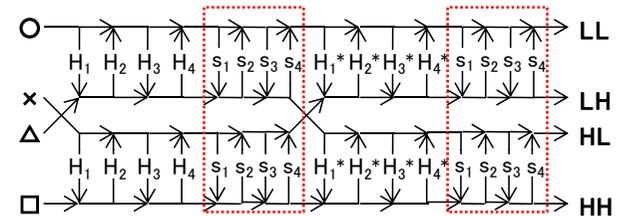
非可逆
分離型



スケーリングをリフティング構成 ↓

可逆
分離型

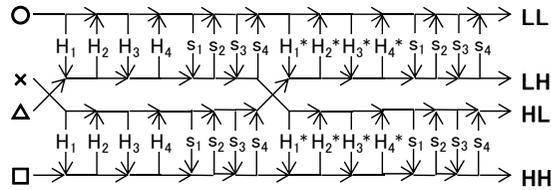
【従来法】



提案法の概要

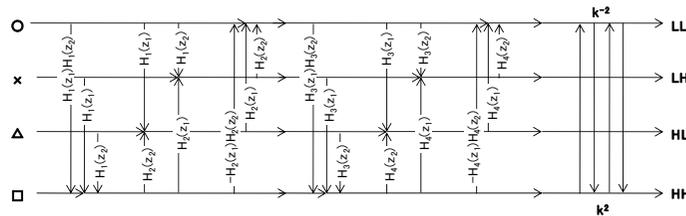
【従来法】
可逆な
分離型

丸め器32個



【提案法】
可逆な
非分離型

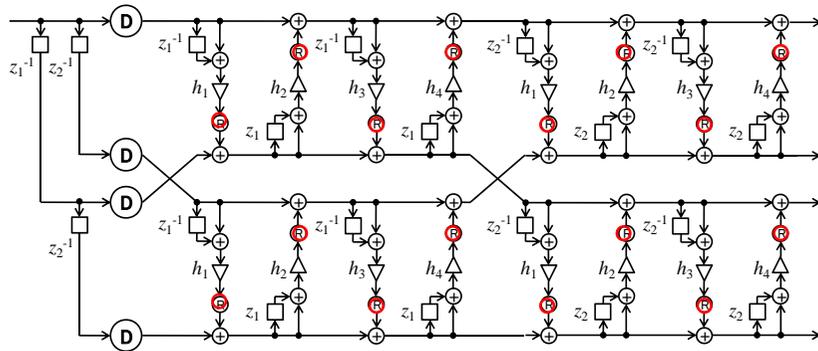
丸め器12個



※ リフティングのステップ数 = 丸め器の数

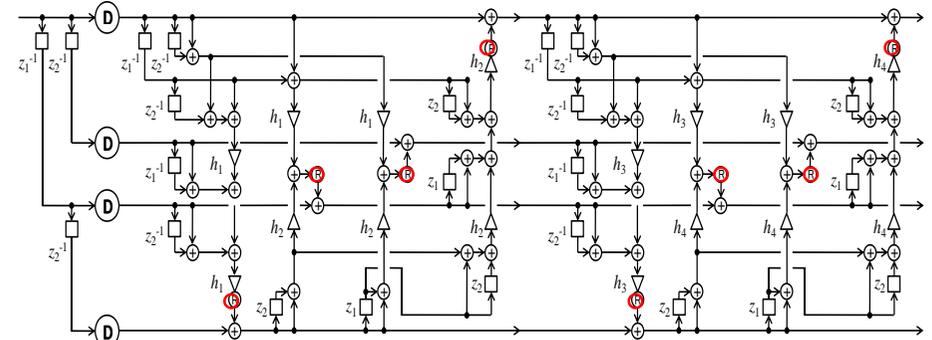
回路構成の詳細

従来の分離型 (lifting部分)



丸め器: 16
加算器: 32
乗算器: 16
遅延器: 16

提案する非分離型 (lifting部分)



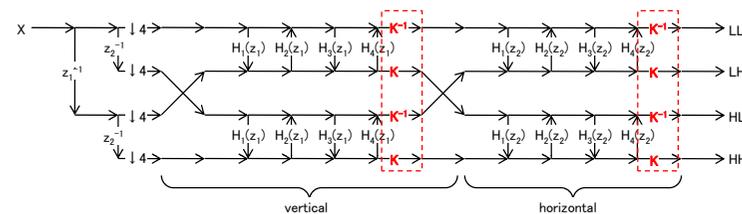
丸め器: 16 → 丸め器: 8
加算器: 32 加算器: 44
乗算器: 16 乗算器: 16
遅延器: 16 遅延器: 20

可逆DWTを提案して
丸め器数を減らした

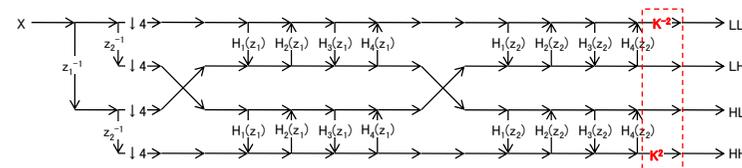
提案法の導出手順

1. スケーリングを最後に纏める

(1) 非可逆・分離型

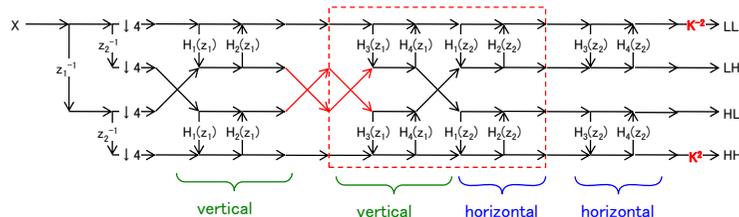


(2) (K, K⁻¹) を1か所にまとめる

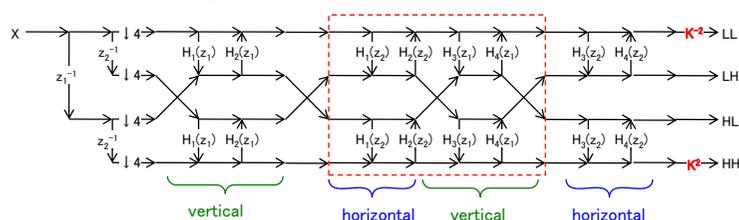


2. 水平と垂直を入れ替える

(3) 単位元

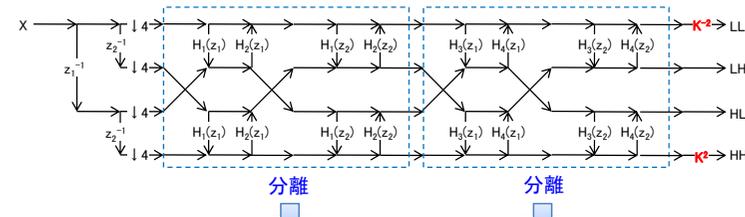


(4) 縦と横の順番を入替

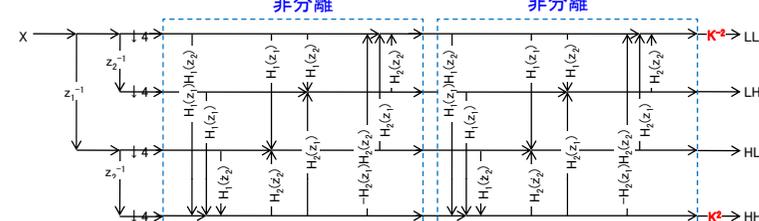


3. 非分離に置き換える

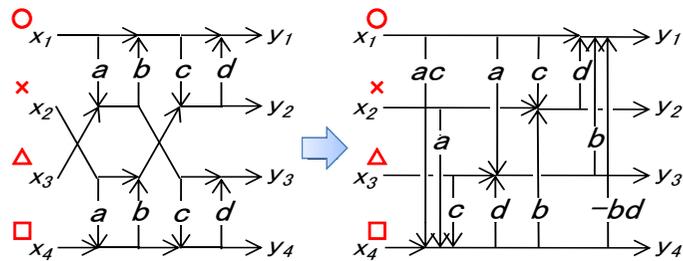
(5) 結合則



(6) 非分離に置換

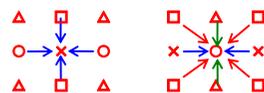
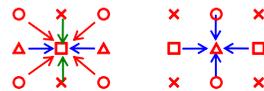


3. で用いた定理



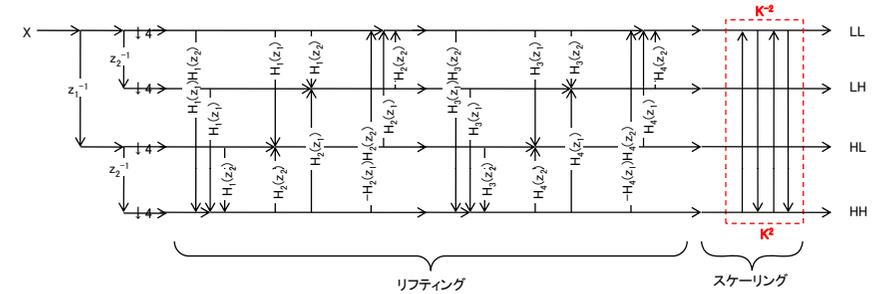
分離

非分離



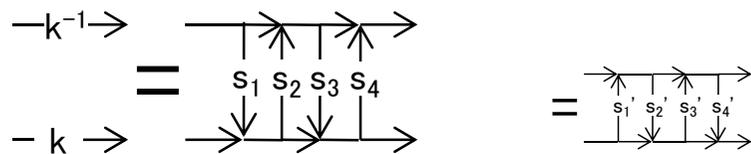
4. K^2 と K^{-2} を lifting 構成する

(7) K^2 と K^{-2} を lifting 構成する



丸め器の数			
	リフティング	スケーリング	合計
従来法	16	16	32 (100%)
提案法	8	4	12 (37.5%)

4. で用いた定理



$$\begin{bmatrix} k^{-1} & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & s_4 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ s_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & s_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ s_1 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ s_3 & s_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & (1-k)k^{-1} \\ -k & (1-k^{-1})k^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ 0 & s_1^{-1} \end{bmatrix}$$

24変数8次16元 連立方程式

$$\begin{bmatrix} 1 & H_8 & V_8 & D_8 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & H_7 & 1 & D_7 & V_7 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & 0 & 0 \\ H_{21} & H_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & H_{11} & H_{12} \\ 0 & 0 & H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{11} & 0 & V_{12} & 0 \\ V_{11} & 0 & V_{12} & 0 \\ V_{21} & 0 & V_{22} & 0 \\ 0 & V_{21} & 0 & V_{22} \end{bmatrix}$$

← 非分離2D DWT → ← 分離2D →

但し、

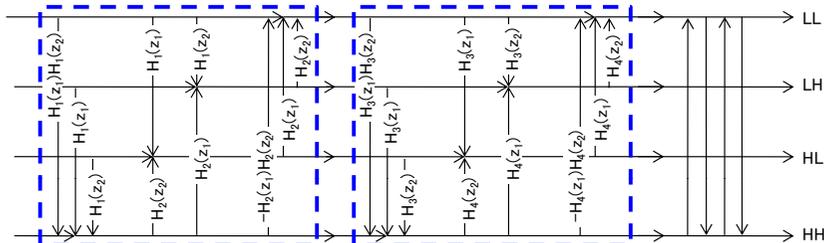
$$V_i = h_i(z_1 + z_1^{-1}), \quad H_i = h_i(z_2 + z_2^{-1}), \quad D_i = h_i(z_1 + z_1^{-1})(z_2 + z_2^{-1})$$

$$\begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & H_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & H_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ H_1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{21} & V_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & V_4 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & V_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ V_1 & 1 \end{bmatrix}$$

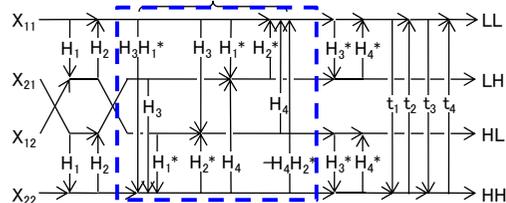
を解いた。 → 同じ解が得られた

提案法のバリエーション

【提案法2】 非分離2つ



【提案法1】 非分離1つ



評価結果 (丸め誤差)

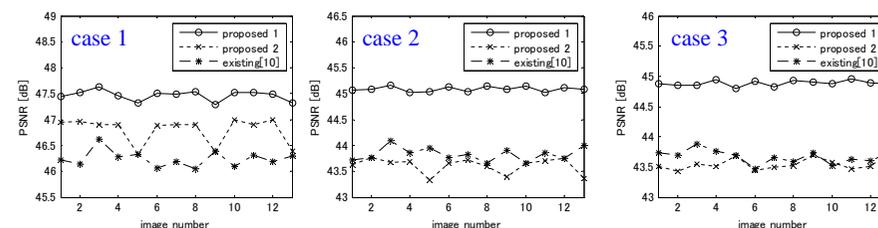
丸め器の数

	非分離	lifting	scaling	total
提案法1	1つ	12	4	16 (50.0%)
提案法2	2つ	8	4	12 (37.5%)
従来法	なし	16	16	32 (100%)

実数型の標準DWTとの互換性 各画像に対するPSNR (2ステージ)

比較に用いた画像

1.boat	2.girl	3.couple	4.cameraman	
5.text	6.bridge	7.airplane	8.lax	9.building
10.barbara	11.lenna	12.woman	13.lighthouse	



実数型の標準DWTとの互換性 全画像での平均値 (2ステージ)

	誤差 (互換性の評価)			丸め器数
	case 1	case 2	case 3	
順変換	可逆と非可逆	可逆	非可逆	丸め器数
逆変換	---	非可逆	可逆	
提案法1	47.47 (+1.22)	45.09 (+1.25)	44.88 (+1.21)	50.0%
提案法2	46.80 (+0.55)	43.61 (-0.22)	43.55 (-0.12)	37.5%
従来法	46.25 (+0.00)	43.83 (+0.00)	43.67 (+0.00)	100%

提案法1により、誤差を低減できた
(提案法2は、効果がなかった)

画像例 (case 2, 可逆→非可逆)



従来法 43.85 [dB]

提案法1 45.02[dB]

画像例 (case 2, 可逆→非可逆)



従来法 41.94 [dB]

提案法1 43.22 [dB]

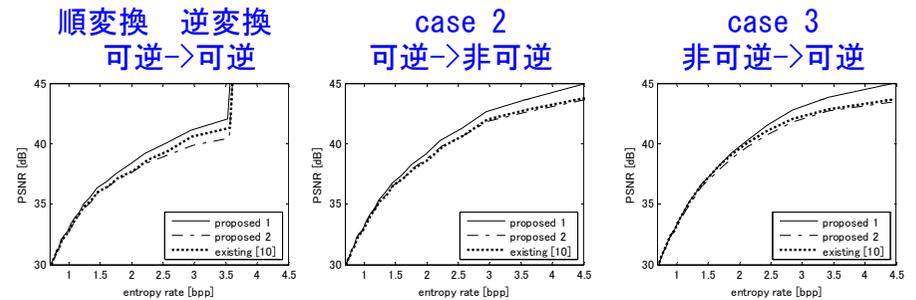
評価結果 (符号化特性)

ロスレス符号化特性 (2ステージ)

method	提案法1	提案法2	従来法	(5/3 DWT)
entropy [bpp]	5.10	5.11	5.11	(5.03)

trs_main_7.m
Feb. 14, 2009

ロッキー符号化 提案法1, EBCOT, 2 stage, Lenna



まとめ

9-7 DWTによる分離型2D構成について、

- フィルタとスケージング、全てをリフティング構成し
- 伝達関数を、非分離型の関数に因数分解した

可逆DWTを、非分離で構成した
丸め器の数を低減した

従来の分離型・可逆DWTに比べ、

- ロスレス符号化の性能を維持しつつ
- 非可逆DWTとの互換性を向上 (提案法1のみ)