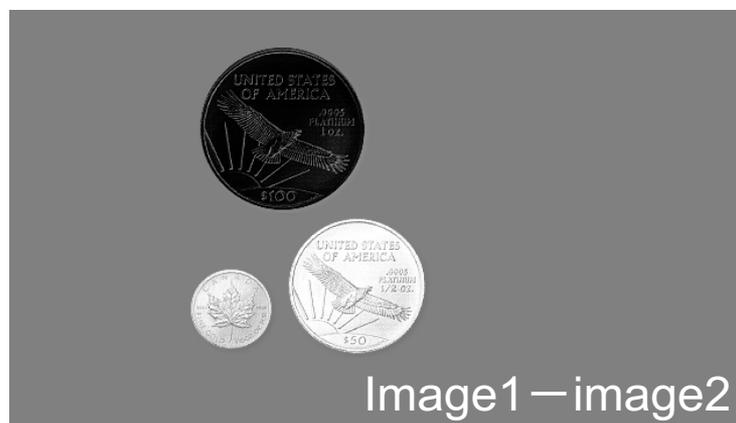


画像間演算

- ・時間差分
- ・エネルギー差分
- ・加算処理
- ・積算処理



時間差分()

(経時差分, 経時サブトラクション)

撮影時期の異なる2枚の画像から, この期間中に出現した新しい病巣陰影や, 既に存在する陰影の変化分だけを抽出する方法である

現在 new



過去 old



ideal \rightarrow new - old = 0
real \rightarrow new - old \neq 0



画像変形処理
そらせる, 整える

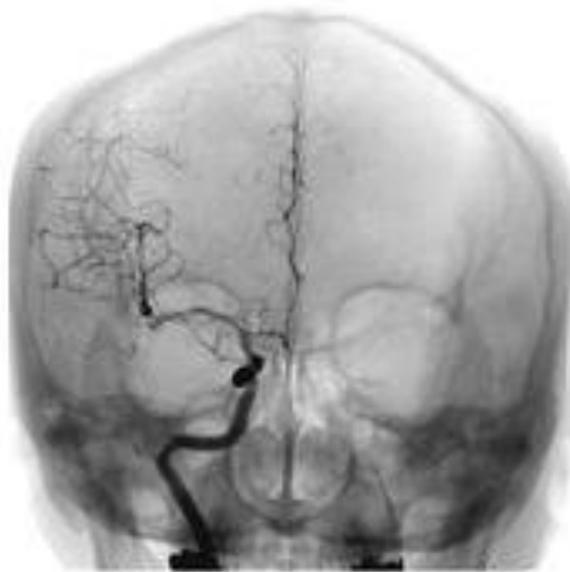
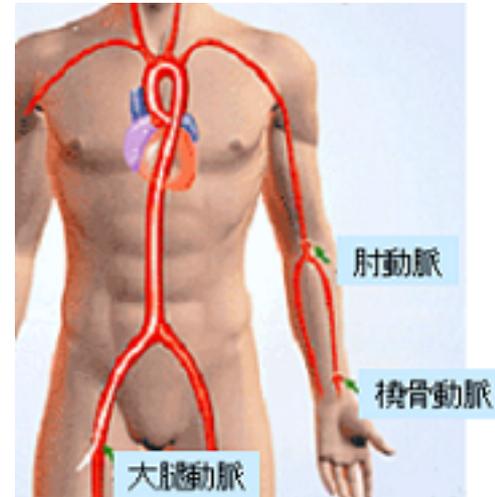
テンプレートマッチング
template matching

型板

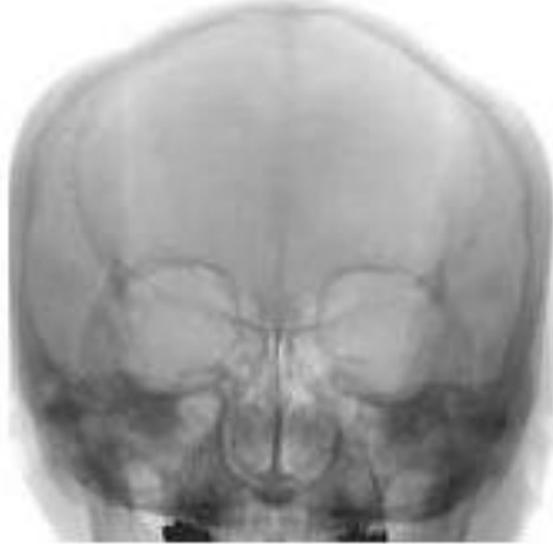
類似度による処理・調整

血管造影検査(DSA)

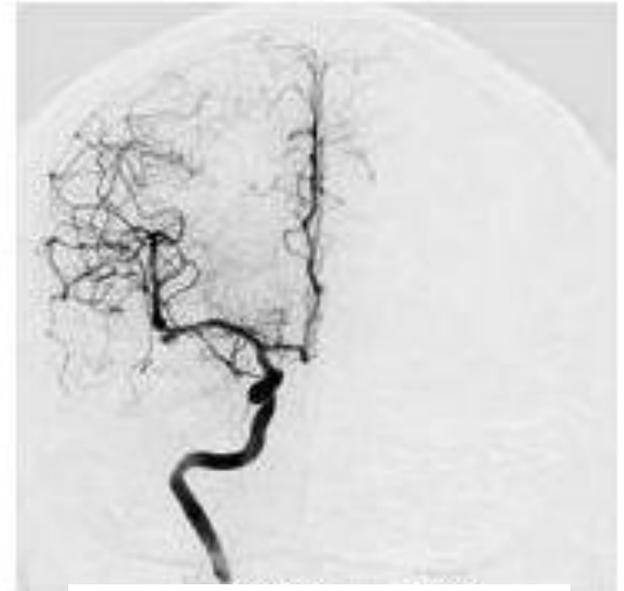
検査方法は検査部位によって異なりますが、動脈造影では、鼠径部の大腿動脈、前腕部に位置する橈骨動脈および肘動脈からカテーテルという直径数mmの管を造影目的位置まで進めて撮影を行います。静脈造影では、直接針を刺して造影する場合と管を使用して造影する場合があります、前者は下肢などの静脈瘤の検査、後者は肺動脈造影などがあります。



造影像
(コントラスト像)



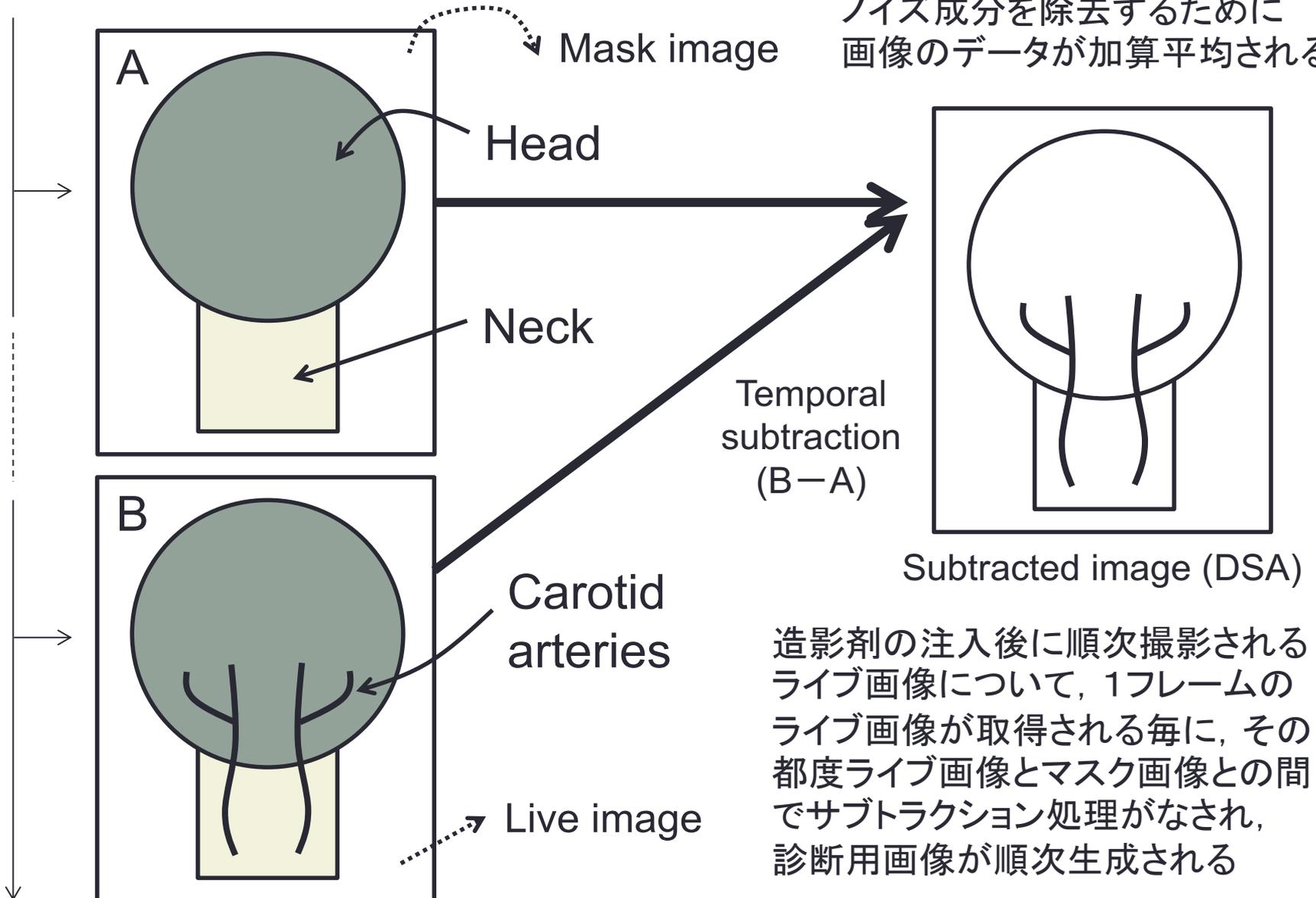
造影前像
(マスク像)



サブトラクション像

Digital subtraction angiography: DSA

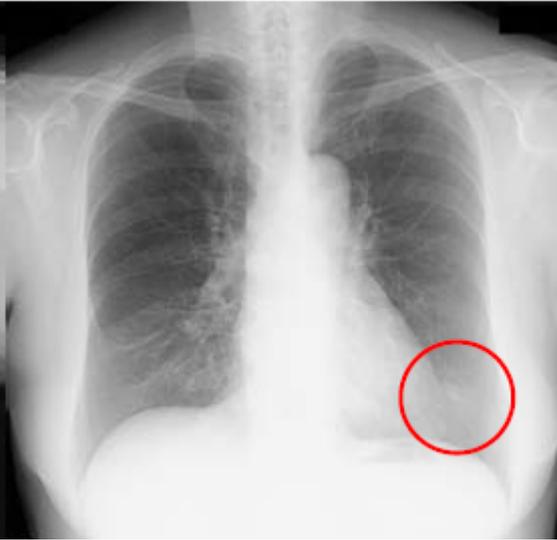
造影剤の注入前に撮影された複数フレームの画像について、ノイズ成分を除去するために画像のデータが加算平均される



造影剤の注入後に順次撮影されるライブ画像について、1フレームのライブ画像が取得される毎に、その都度ライブ画像とマスク画像との間でサブトラクション処理がなされ、診断用画像が順次生成される



過去画像(1年前)



現在画像



経時差分画像



過去画像(1年前)



現在画像



経時差分画像

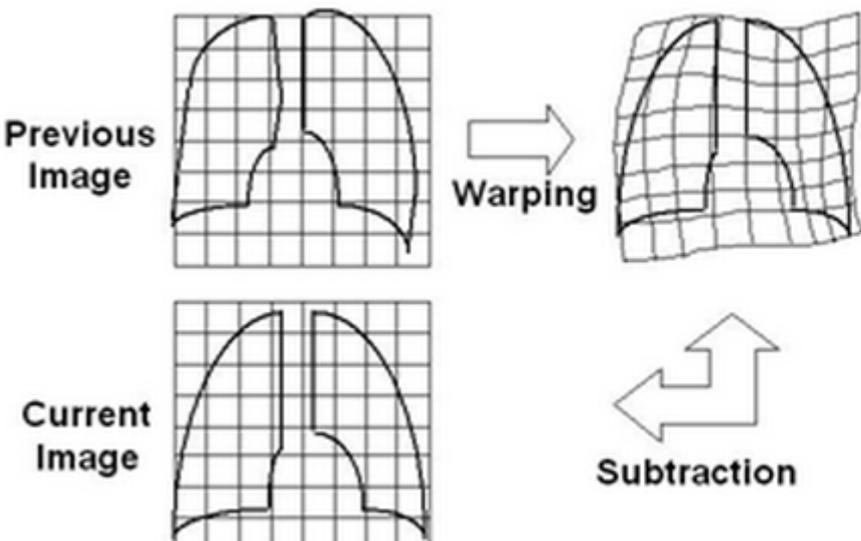
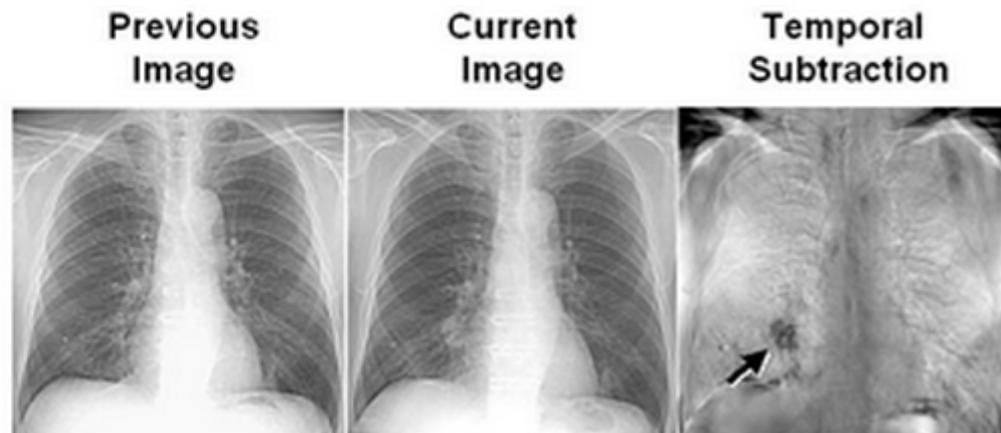
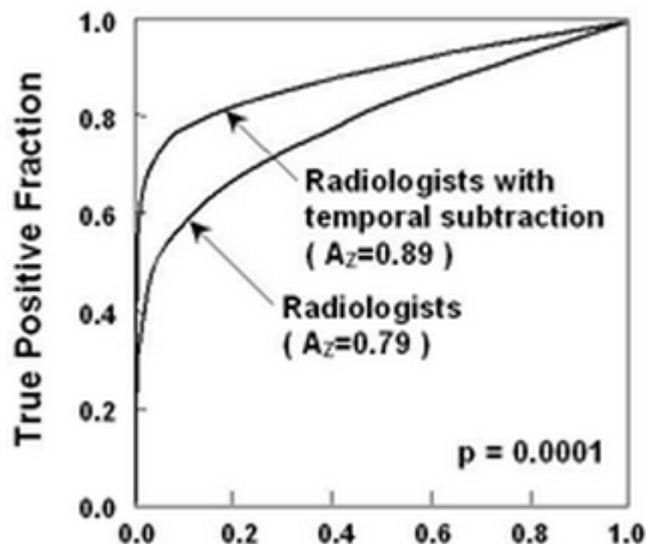


Illustration of non-linear image-warping technique



Comparison of previous, current, and temporal subtraction images



現在画像上の位置 (x, y) における解剖学的構造が、
過去画像上の位置 (x', y') に対応しており、

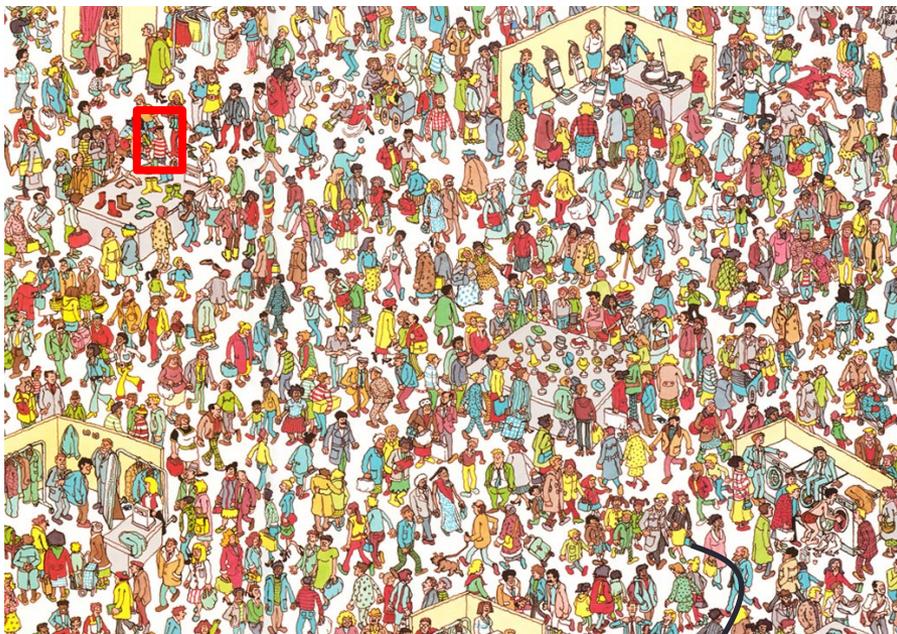
$$x' = x + \Delta x$$

$$y' = y + \Delta y$$

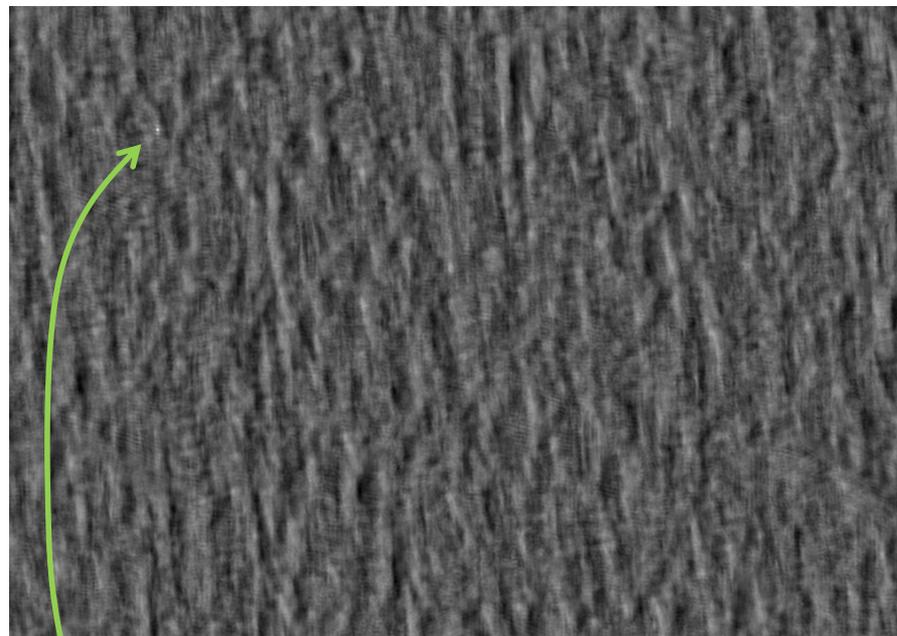
テンプレートマッチング
を使って求める

で表されるとすれば、局所の移動量 Δx , Δy を求める
ことによって、過去画像を現在画像の解剖学的構造
と一致させるように変形することが可能である

Comparison of ROC curves by radiologists for
detection of lung cancer on chest images without and
with temporal subtraction images



観察(対象)画像



相互相関係数(類似度)の画像

際立って明るい、つまり、類似度が高い

-1.0 ~ +1.0



参照画像
テンプレート



Image b

テンプレートと同じ大きさの切り出し画像



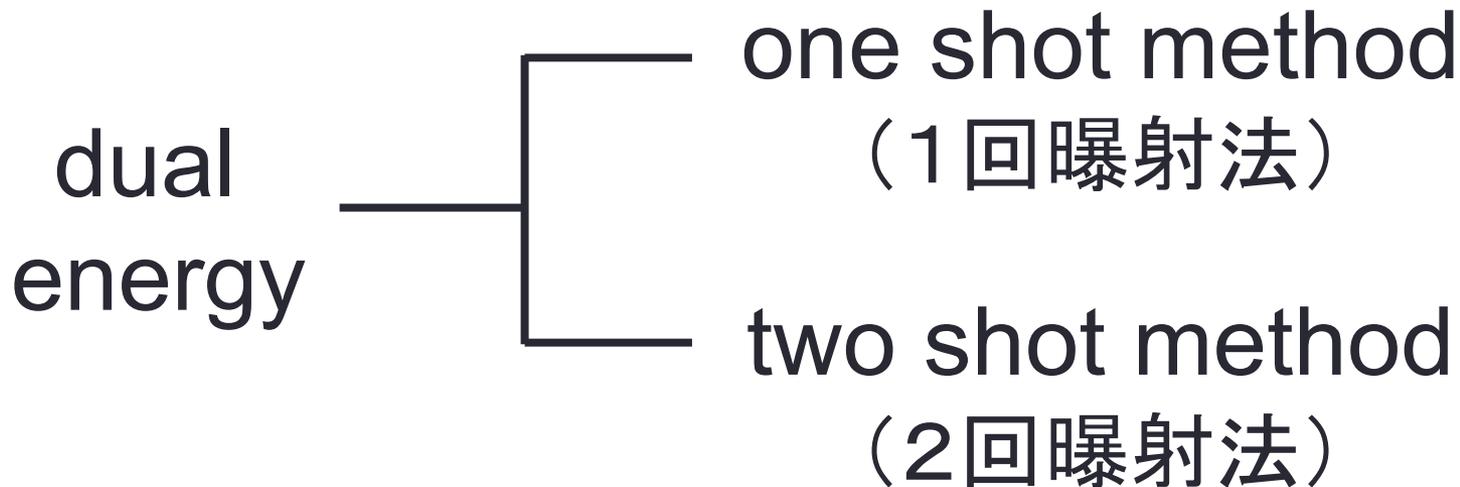
Image a

$$Similarity_{a,b} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (a_i - m_a)(b_i - m_b)}{\sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (a_i - m_a)^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (b_i - m_b)^2}}$$

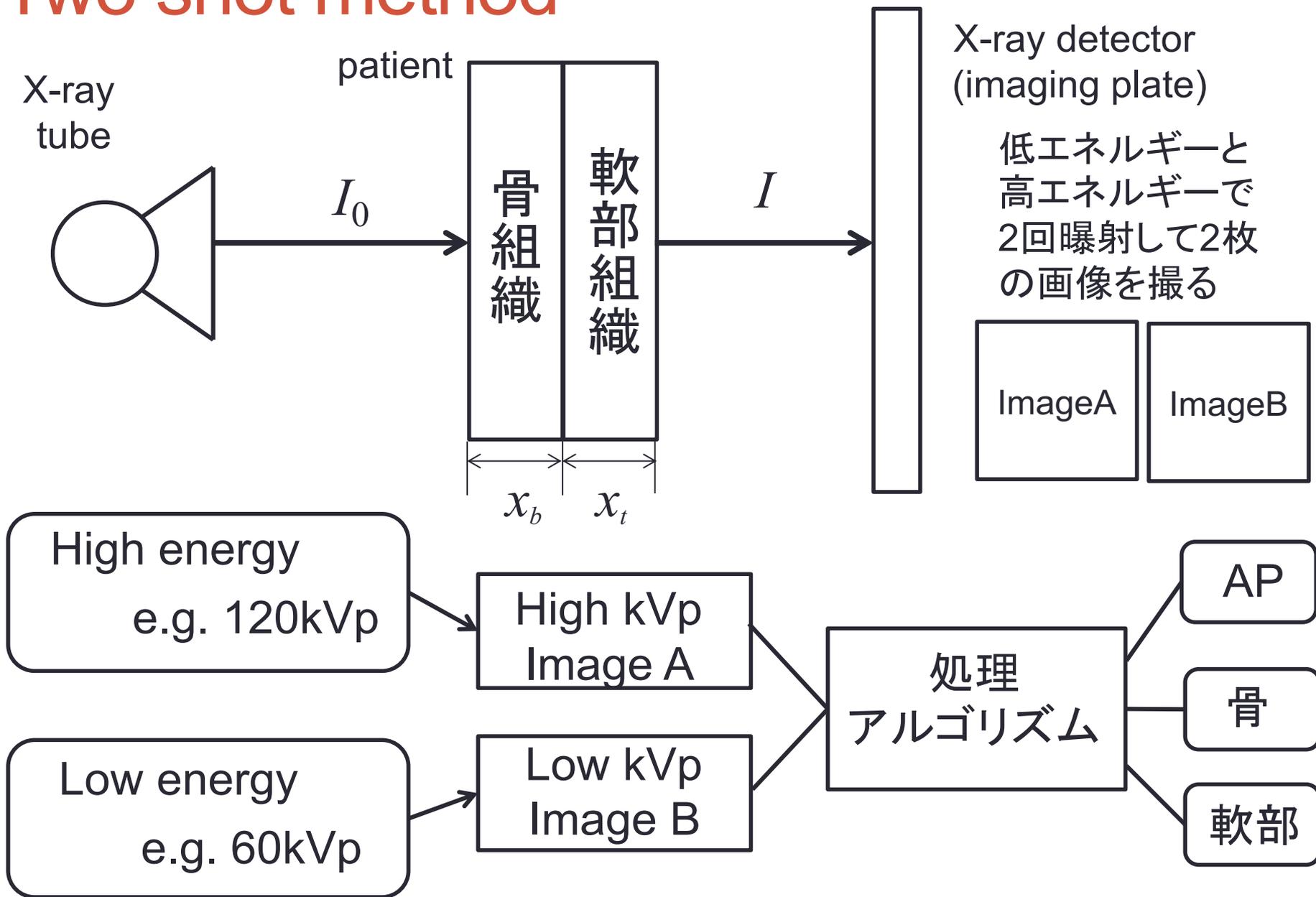
$$m_a = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} a_i \quad m_b = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} b_i$$

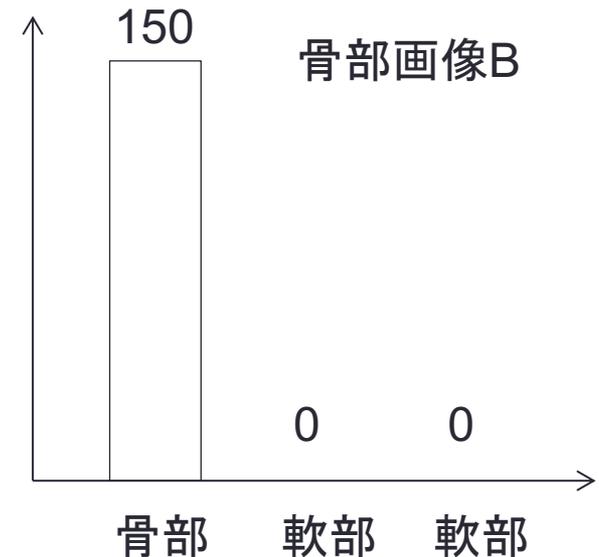
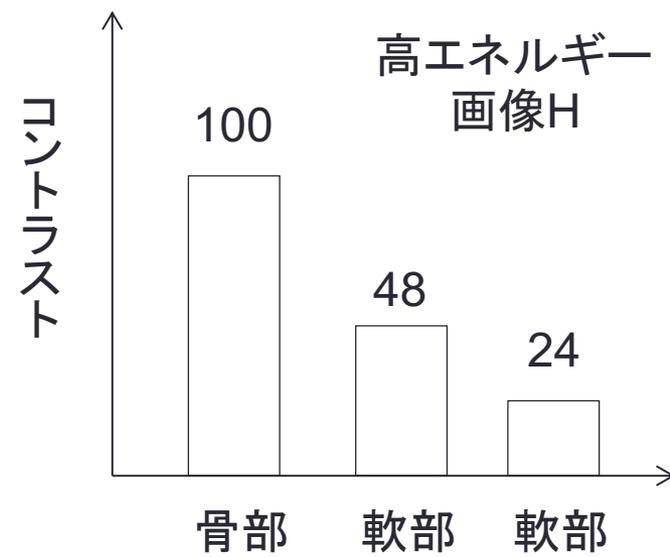
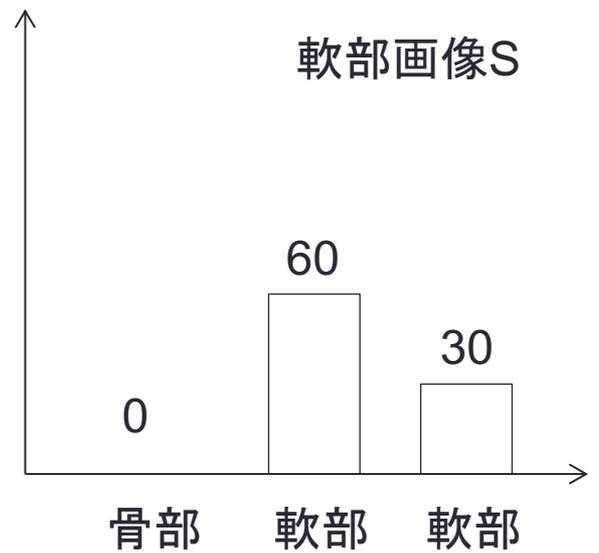
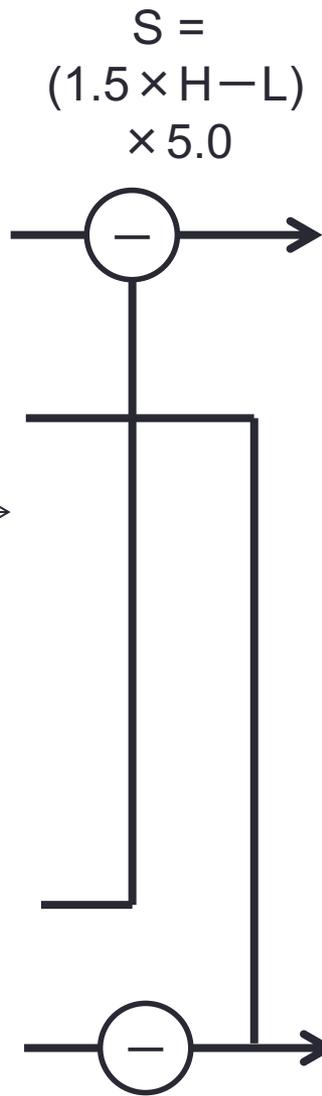
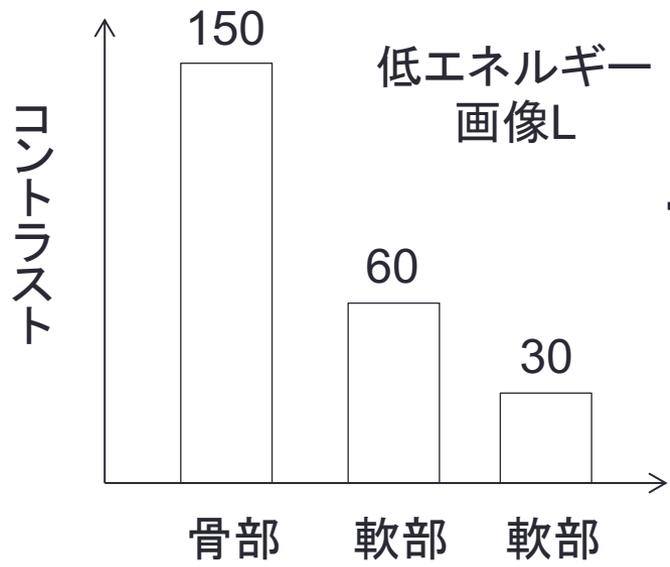
エネルギー差分 (energy subtraction) dual-energy subtraction

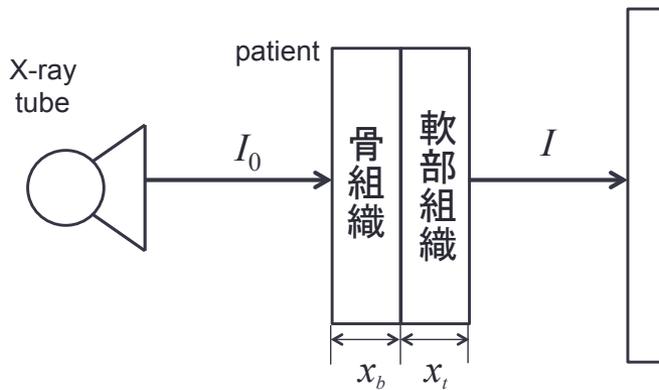
低エネルギーX線および高エネルギーX線で撮影された2枚の画像を荷重サブトラクションすることで、骨陰影を消去した軟部組織画像や、あるいは、軟部組織を消去した骨画像などを作ることができる



Two shot method







I_0 : 入射X線強度
 I : 透過X線強度
 x_b : 骨組織の厚み
 x_t : 軟部組織の厚み
 μ_b : 骨組織の線源弱係数
 μ_t : 軟部組織の線源弱係数

X線検出器に到達するX線の強度

$$I = I_0 e^{-(\mu_{bL}x_b + \mu_{tL}x_t)}$$

低エネルギー画像の信号 Q_L

$$Q_L = -\mu_{bL}x_b - \mu_{tL}x_t + C_L$$

高エネルギー画像の信号 Q_H

$$Q_H = -\mu_{bH}x_b - \mu_{tH}x_t + C_H$$

C_L, C_H は定数

サブトラクション画像の信号 Q_{sub}

$$\begin{aligned}
 Q_{sub} &= w_H Q_H - w_L Q_L \\
 &= \left(\quad \right) x_b + \left(\quad \right) x_t + w_H C_H - w_L C_L
 \end{aligned}$$

$\frac{w_L}{w_H} = \frac{\mu_{bH}}{\mu_{bL}}$ なら 第1項のみが0となり
 骨が除去された軟部
 組織画像が得られる

$\frac{w_L}{w_H} = \frac{\mu_{tH}}{\mu_{tL}}$ なら 第2項のみが0となり
 軟部組織が除去され
 た骨画像が得られる

Dual-energy subtraction (two shot method)

The two exposures are taken 200 milliseconds apart, one at 60-80kVp and the other at 110-150kVp

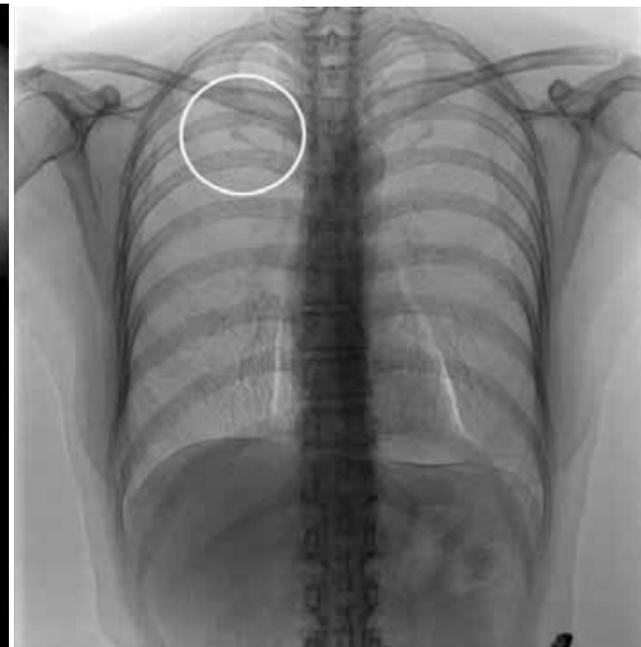


高エネルギー(140kVp)画像
standard image



軟部組織像
soft tissue image

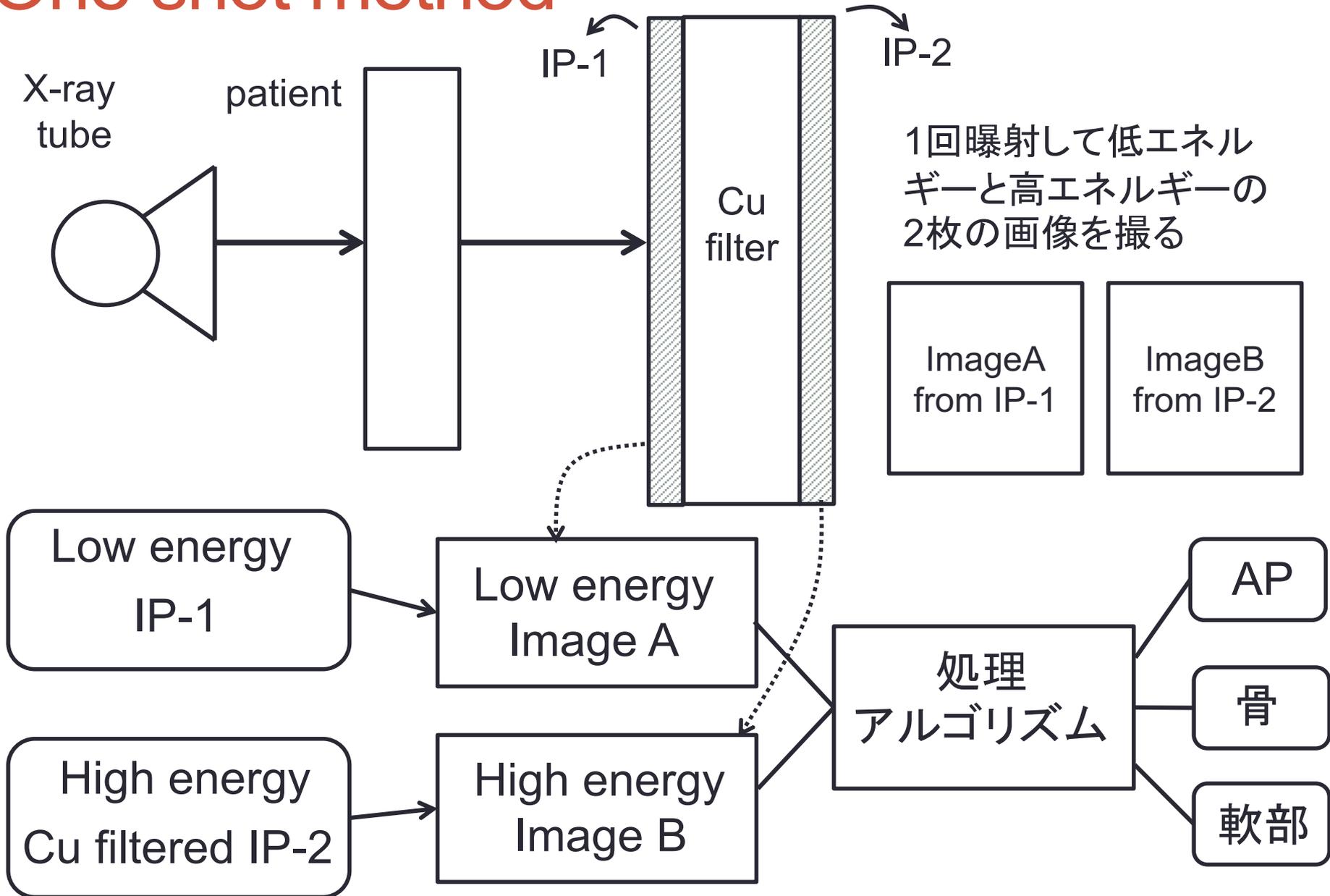
高圧画像では見えない腫瘍陰影が観察できる



骨像 bone image

高圧画像でみられる陰影が骨片
であることが分かる

One shot method



Single exposure (one shot method)

The first practical subtraction technique uses a single exposure detected by two receptor plates separated by a filter.



標準画像
standard image



軟部組織像
soft tissue image



骨像
bone image

加算処理(累積加算処理)

積算は加算の繰り返しで表すことができる

同じ画像何枚も撮影し、重ねていくことを言う

加算するだけでは、画素値が大きくなるので、加算した画像数で割り算を行う

↳ 加算平均(コンポジット処理)

↓
を目的とする!

$$\begin{aligned} & \text{Image1} + \text{Image 2} + \text{image3} \\ &= (S_1 + N_1) + (S_2 + N_2) + (S_3 + N_3) \\ &= (S_1 + S_2 + S_3) + (N_1 + N_2 + N_3) \end{aligned}$$

$$S_1 = S_2 = S_3 = S$$

$$= 3S + (N_1 + N_2 + N_3)$$

$$\rightarrow S + \frac{(N_1 + N_2 + N_3)}{3} = S$$

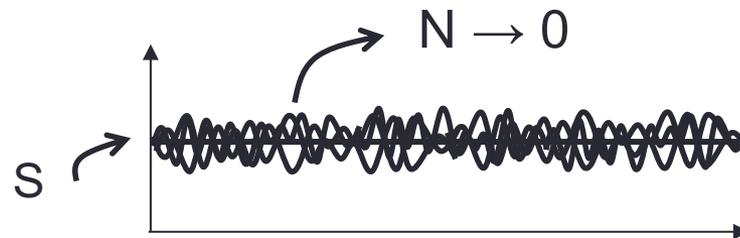
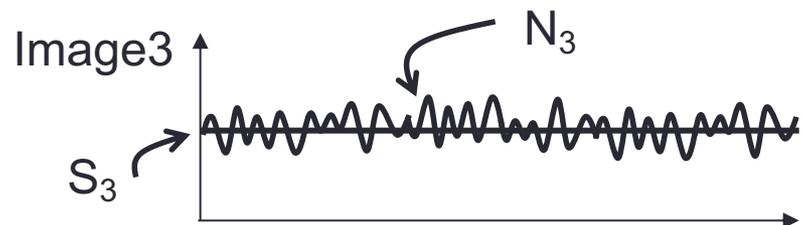
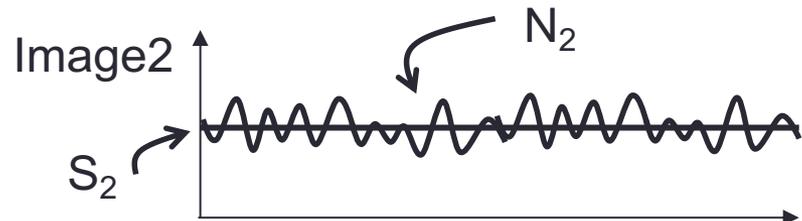
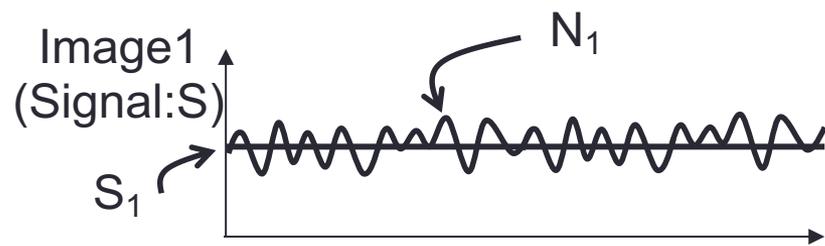


Image1+Image2+Image3+...

リカーシブフィルタ (Recursive filter)

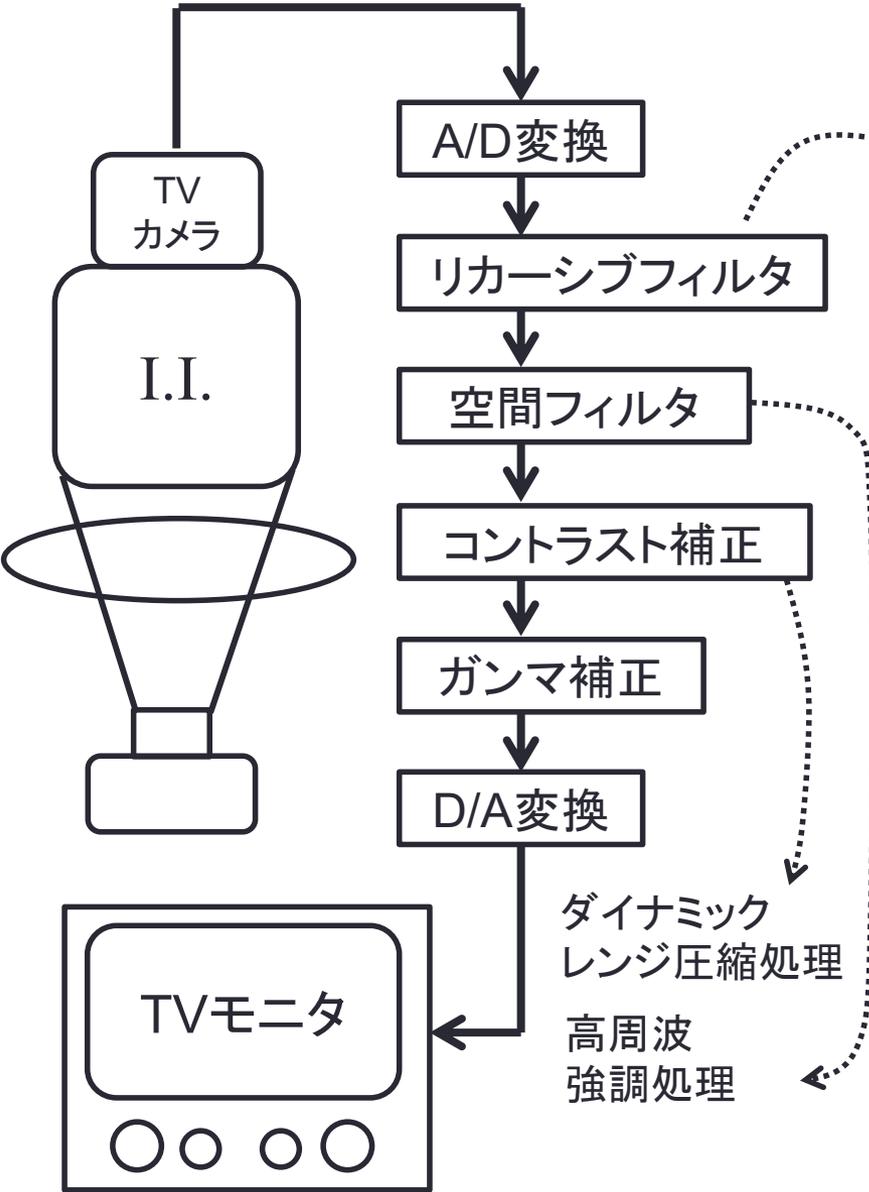
_____ フィルタ, 再帰型フィルタ →feedback

時間的に連続した画像(動画像)で使う。医用画像ではデジタル透視装置(digital fluorography)による血管撮影で使われる。

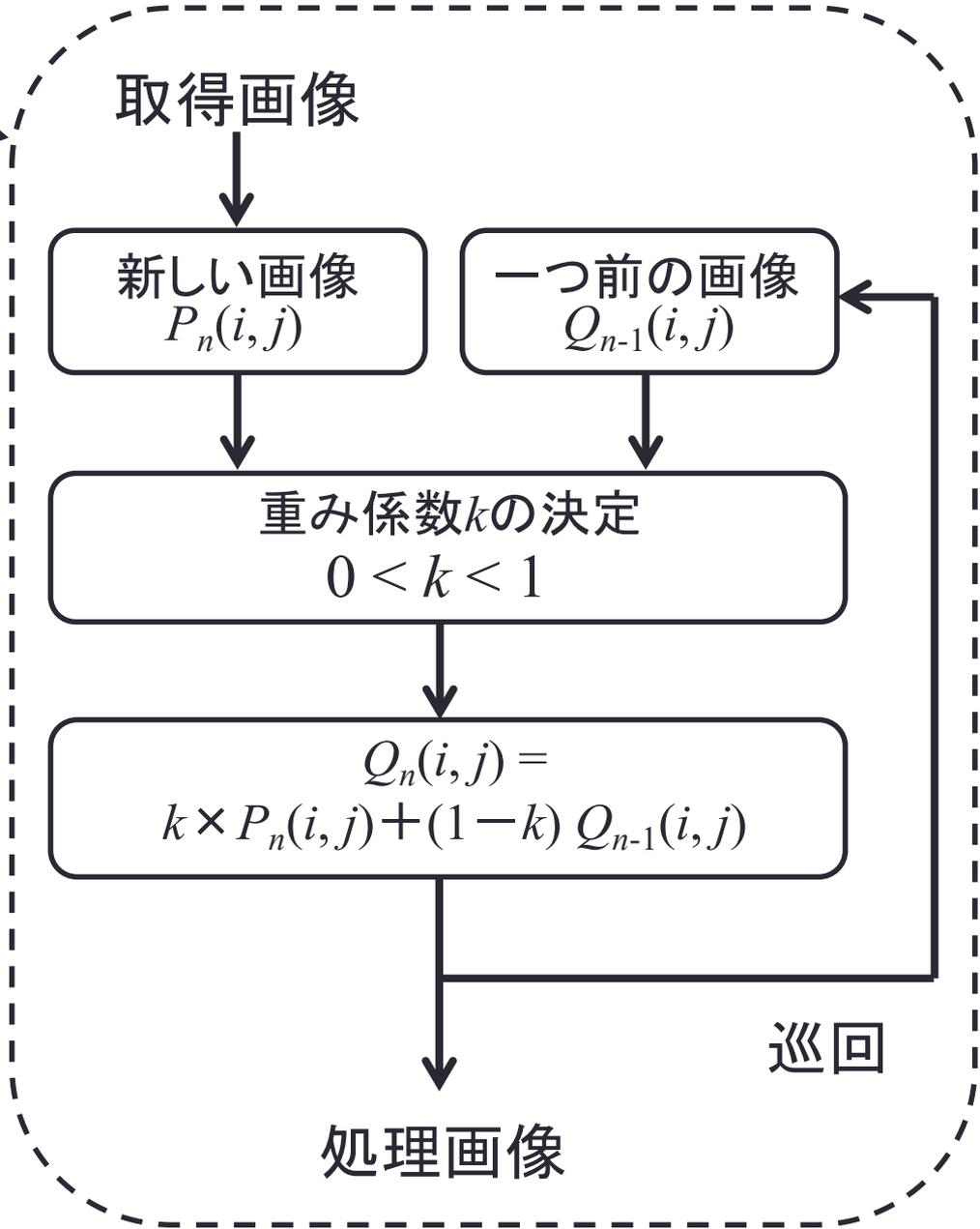
↪ Digital subtraction angiography : DSA

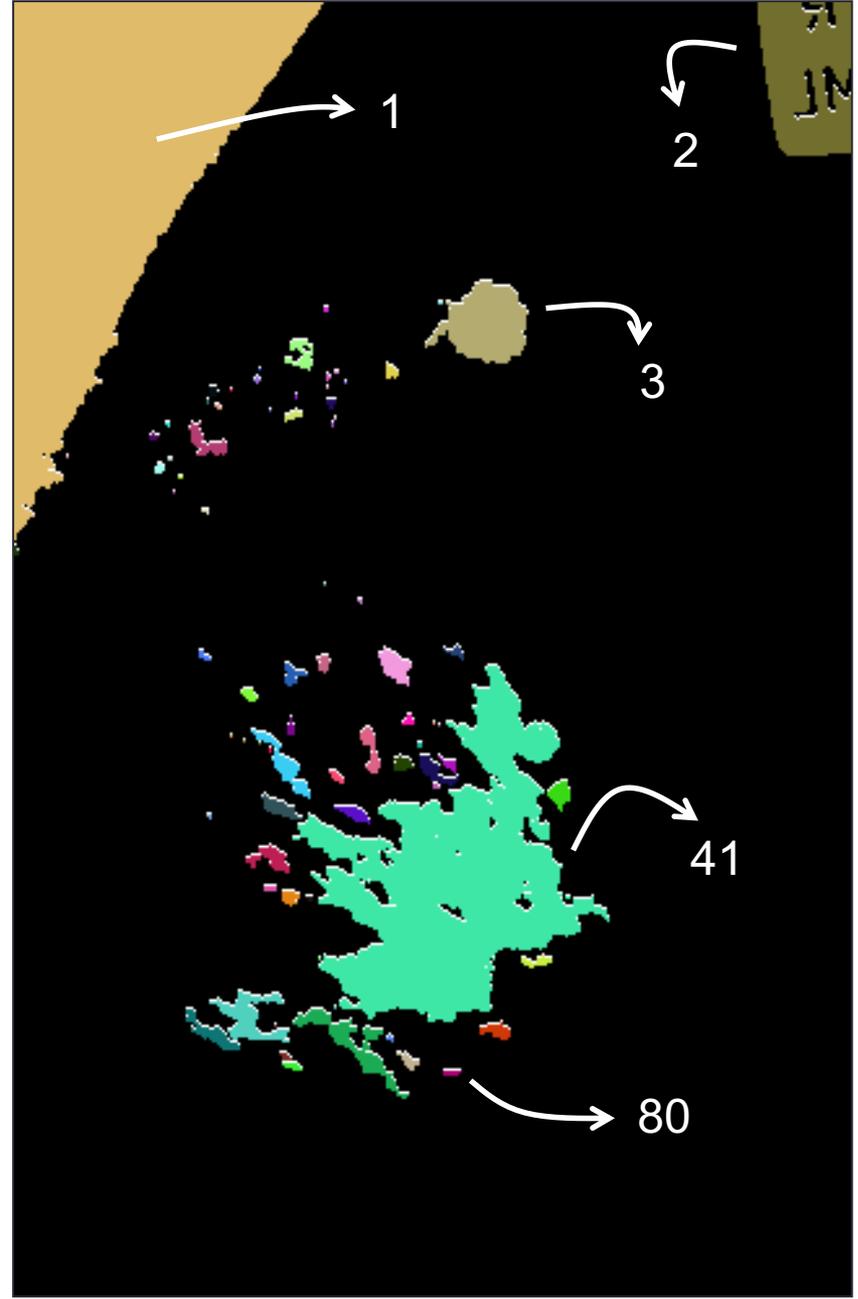
現在の画像に, ある重み付けをした過去の画像を加算することによりノイズを低減させる

リカーシブフィルタ処理を強くするとノイズ低減効果が大きくなるが, 動きの速いものはボケてしまう

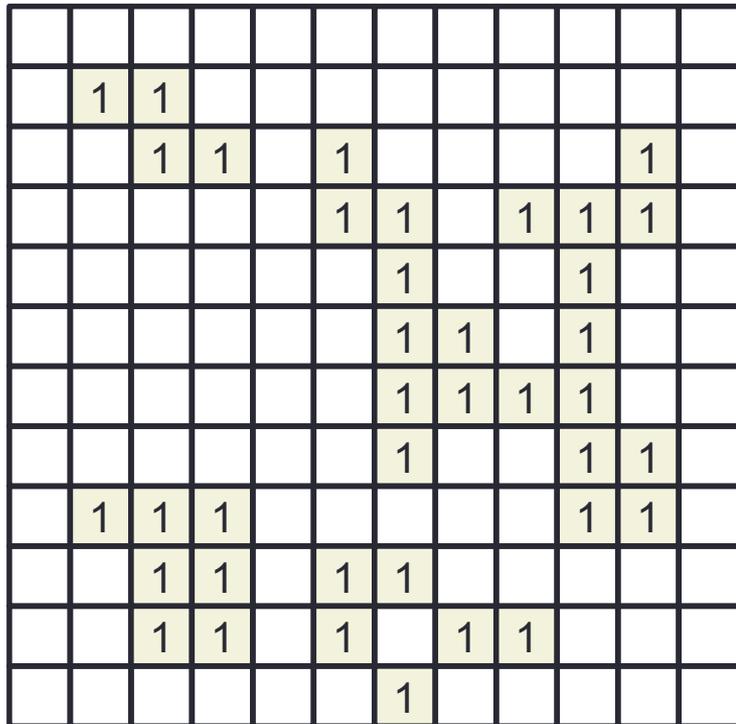


デジタル透視の処理過程



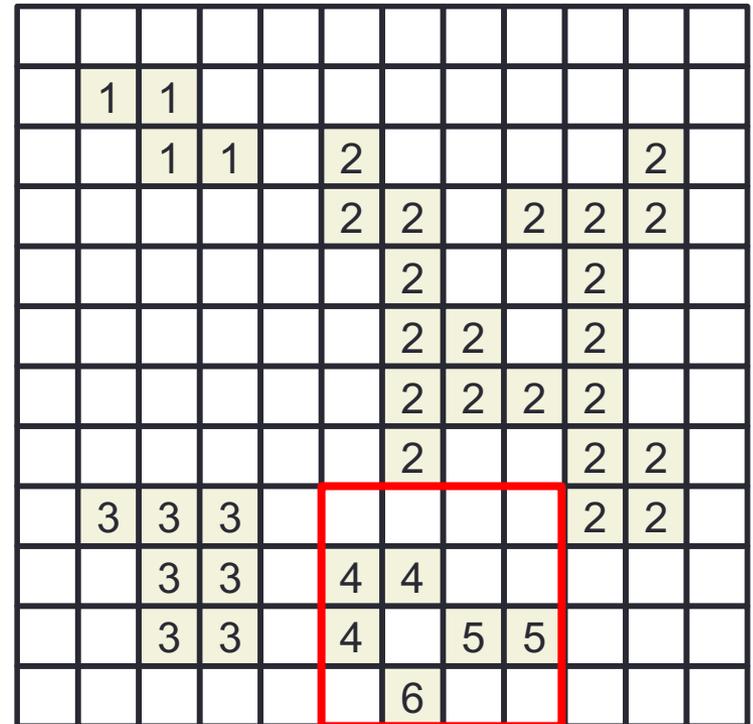


連結成分のラベリング (labeling)



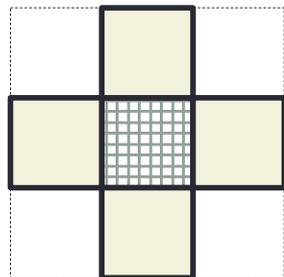
2値画像

つながっている
領域に番号を
付けていく処理

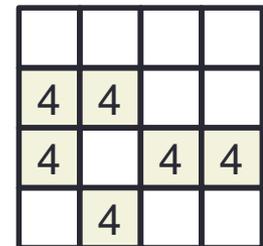
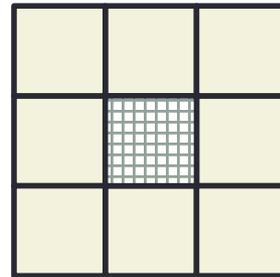


ラベリング画像

4連結



8連結



画像(データ)圧縮 Image (data) compression

- ・ _____ 圧縮 → Lossless 元のデータ情報を完璧に復元できる
- ・ _____ 圧縮 → Lossy 元のデータ情報を完璧に復元できない

非可逆圧縮



65,536 バイト (raw)

可逆圧縮

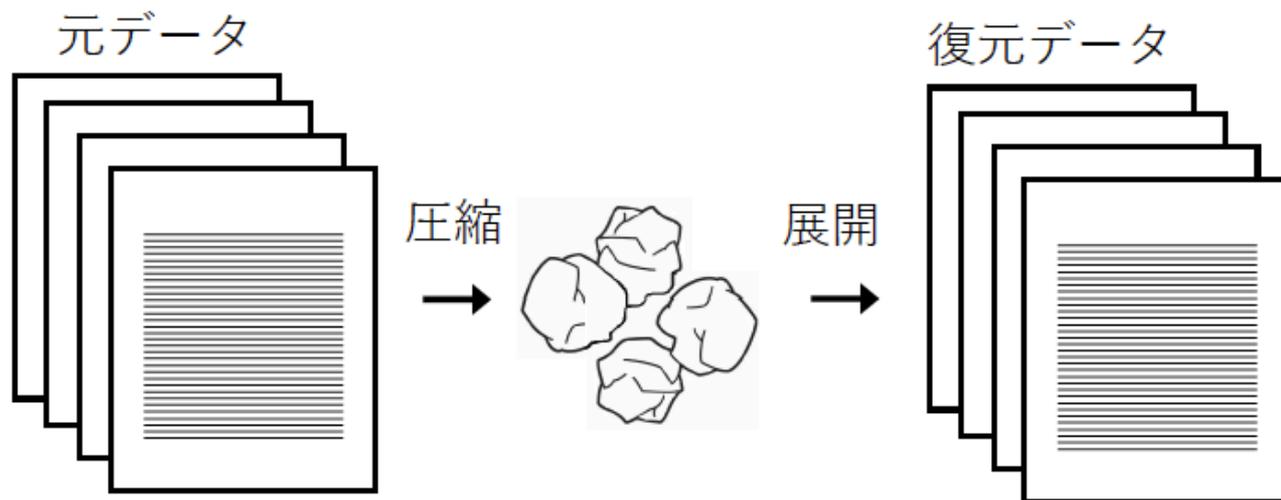


50,627 バイト (png)
圧縮率 77%(約1/4)

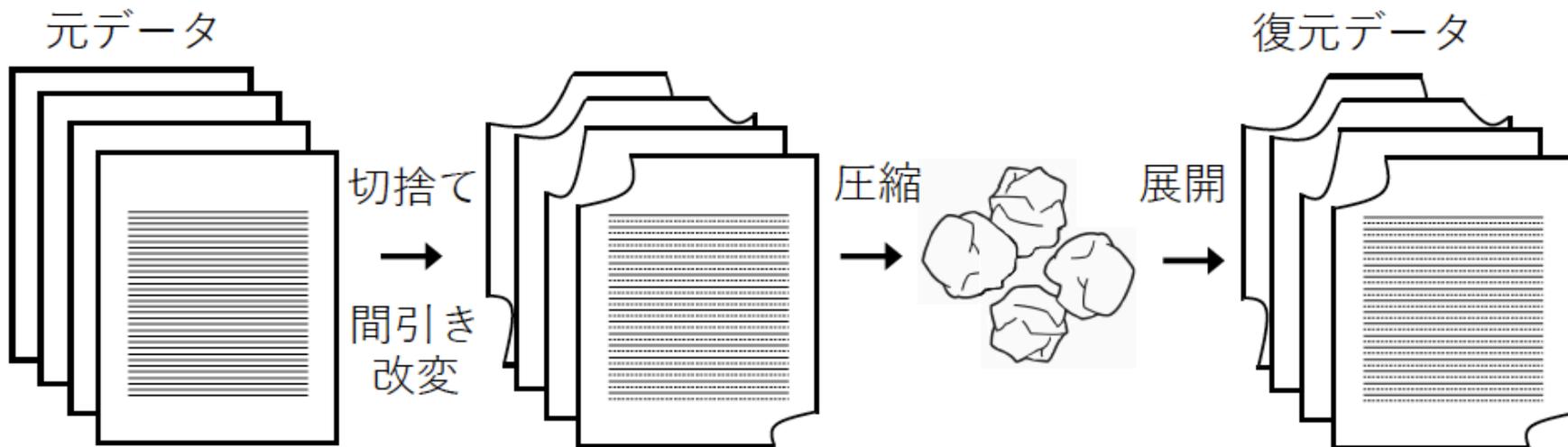


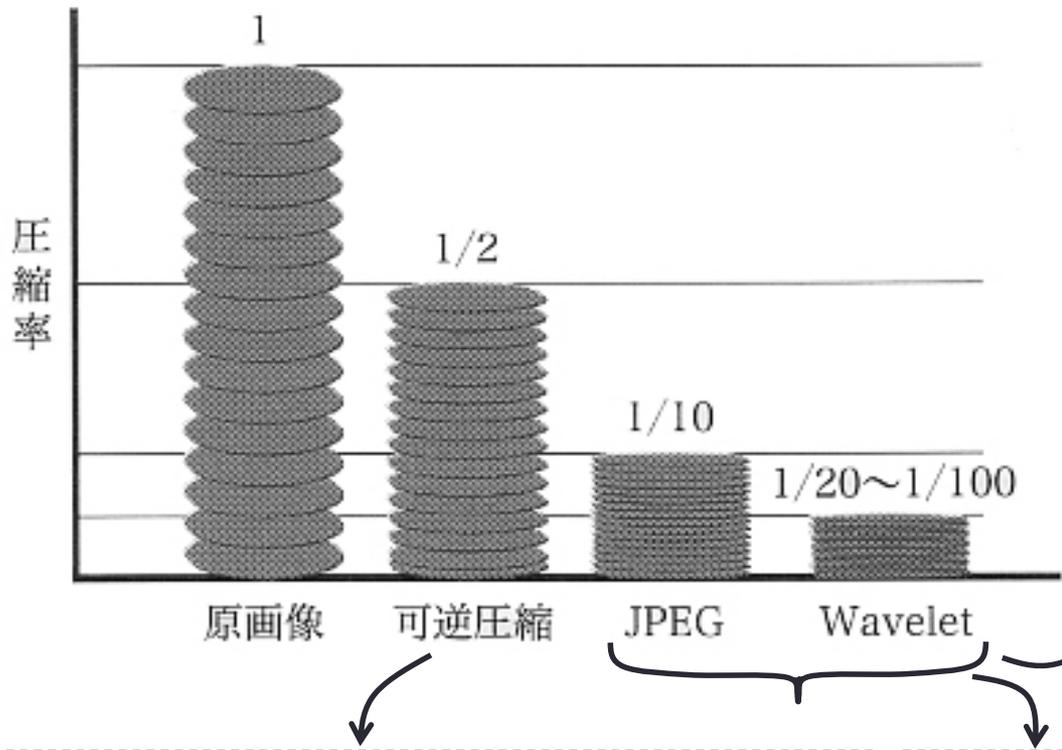
5,804 バイト (jpeg)
圧縮率 0.9%(約1/11)

可逆圧縮



非可逆圧縮





圧縮率

元データに対して圧縮後のデータがどれくらい小さくなったかを表す

例: 100 Mbyte → 10 Mbyte

圧縮率 10 % or 1/10

医療用としては、JPEG圧縮とWavelet圧縮が主に使われている

元の情報を失わないよう、再計算して展開すれば元の情報が得られるような圧縮の仕方

画像の詳細な部分、特に人間の知覚があまり鋭くないような細部の要素を捨てて圧縮する仕方

非可逆圧縮は、圧縮率が大きい画質も劣化するため、使用目的を選ぶ必要があるが、一般的に非可逆圧縮のほうがよく使われる。

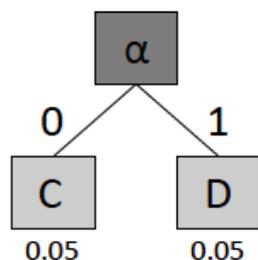
→画像には人間の目では取り除いても気づかない成分がある

- ・可逆圧縮 → [
 - ・ランレングス法 (run length)
 - ・ _____ 符号化法 (Huffman)

	4	1	6	1	1	5	
	┌──────────┐		┌──────────┐		┌──────────┐		
元データ	AAAA	B	CCCCCC	D	BBBBB		data数 17
圧縮						A4BC6DB5	data数 8
復元	AAAA	B	CCCCCC	D	BBBBB		

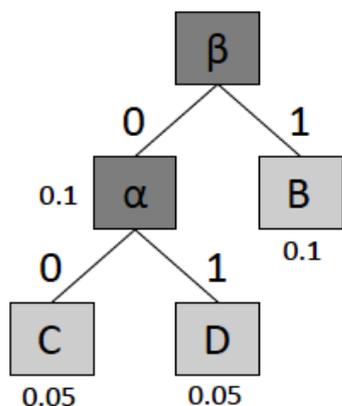
出現確率が高いデータを短い符号にcoding(符号化)し、出現確率が低いデータを長い符号にcoding(符号化)する方法。このような方法はエントロピー符号化法と呼ばれる。エントロピー符号化法の具体的な手法としてハフマン符号化法や算術符号化法などがあり、データ圧縮に使われている。

データ値	出現率
A	0.8
B	0.1
C	0.05
D	0.05



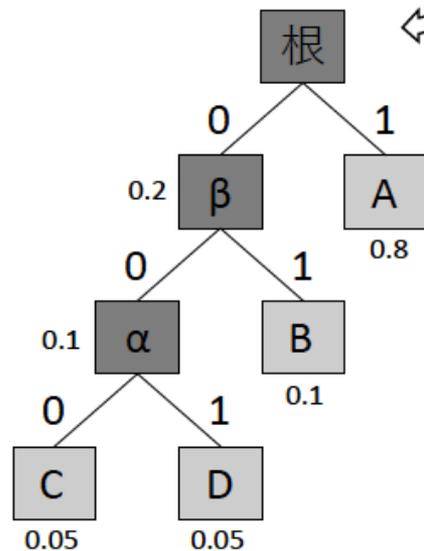
① 出現率の低い2つのデータ値 CとDを葉として並べる。CとDをまとめて新たなデータ値 α とする。CとDの葉から α へ枝を伸ばし0か1の符号を割り当てる。

データ値	出現率
A	0.8
B	0.1
α	0.05+0.05



② 次に出現率の低いデータ値 α とBで①の処理を行う

データ値	出現率
A	0.8
β	0.1+0.1



③ すべてのデータ値が木に結び付けられるまで処理を繰り返す。

図5.B.3.1 ハフマン木の作成手順

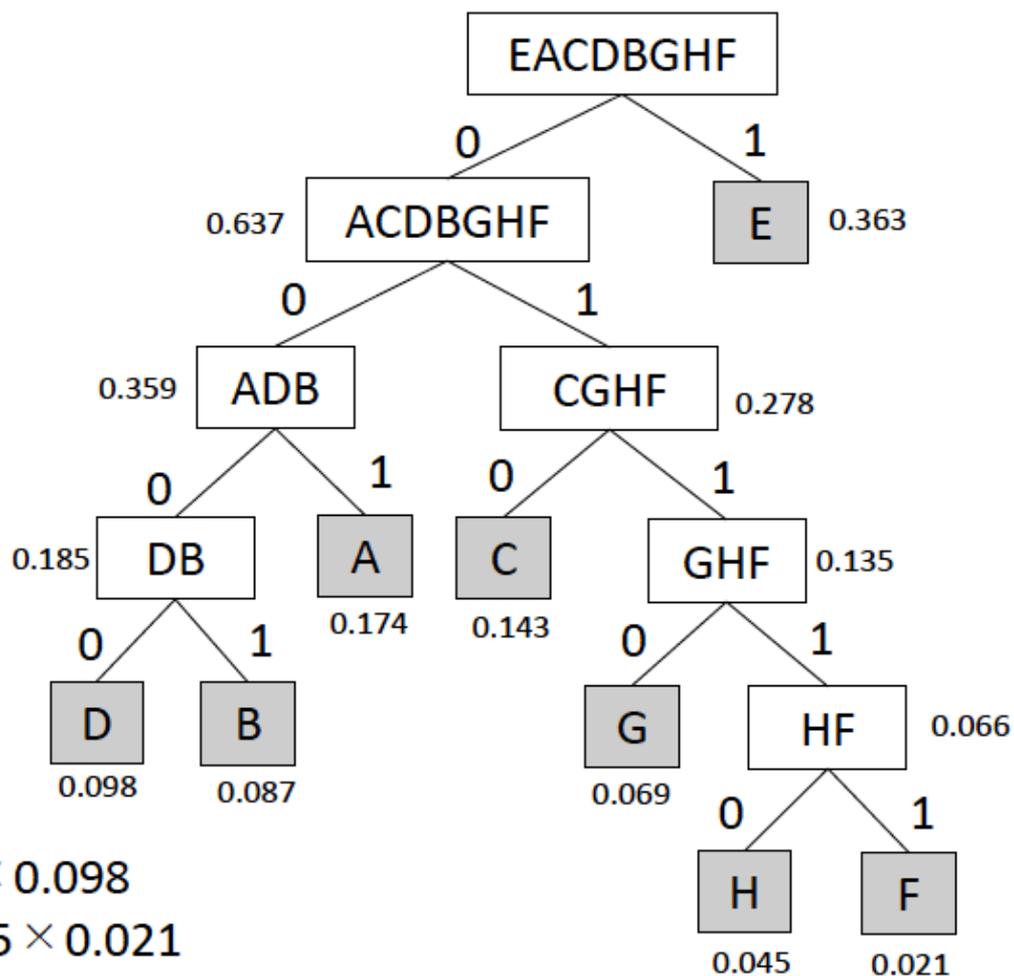
ハフマン符号符号化

データ値 出現率 符号 (ビット表記)

データ値	出現率	符号 (ビット表記)
E	0.363	1
A	0.174	001
C	0.143	010
D	0.098	0000
B	0.087	0001
G	0.069	0110
H	0.045	01110
F	0.021	01111

平均符号長

$$\begin{aligned} &1 \times 0.363 + 3 \times 0.174 + 3 \times 0.143 + 4 \times 0.098 \\ &+ 4 \times 0.087 + 4 \times 0.069 + 5 \times 0.045 + 5 \times 0.021 \\ &= 2.66 \text{ ビット} \end{aligned}$$



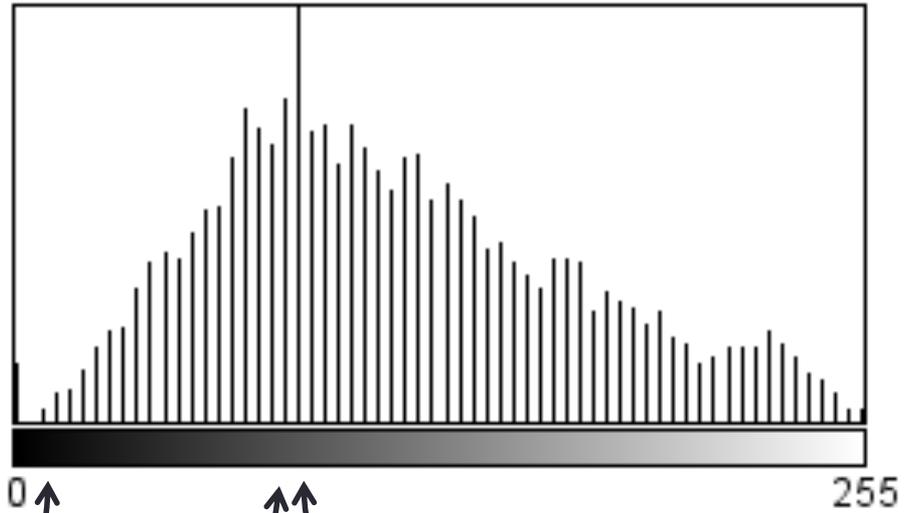
ハフマン符号化(エントロピー符号化)



256 × 256画素
8ビット画像

一般的には、画素値を直接符号化するのではなく、効率よく符号化できるように画像変換処理 + 特定成分の削除 + ランレングス化後に符号化処理を行う。

→
ヒストグラム



画素値8

出現頻度 93 / 65536
110111111011という
符号を割り当てると、
4 × 93ビット増

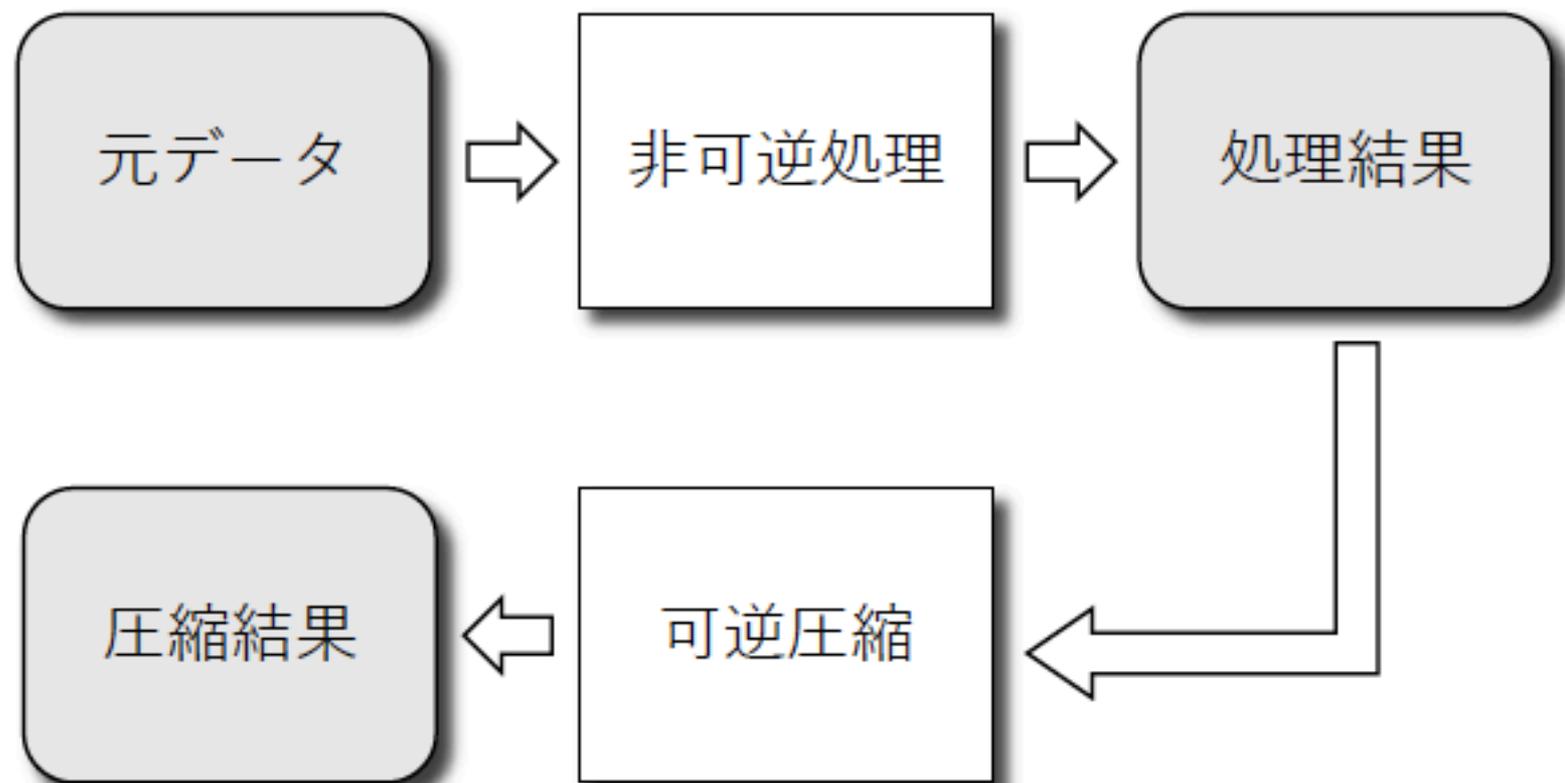
画素値85

出現頻度 2772 / 65536
1という符号を割り当てれば、
7 × 2772ビット減

画素値81

出現頻度 2150 / 65536
11という符号を割り当てれば、
6 × 2150ビット減

非可逆圧縮の処理手順



・非可逆圧縮

→ [・DCT (離散_____変換)

Discrete Cosine Transform

・DWT (離散_____変換)

Discrete Wavelet Transform

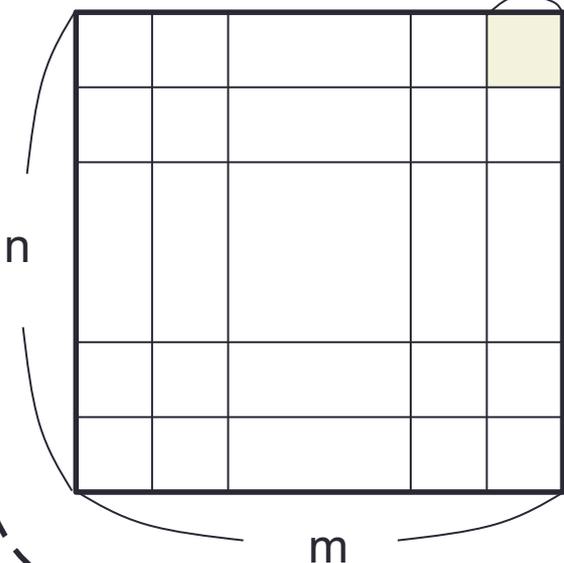
拡張子
.jpg
→
.doc
.docx
.ppt

JPEG

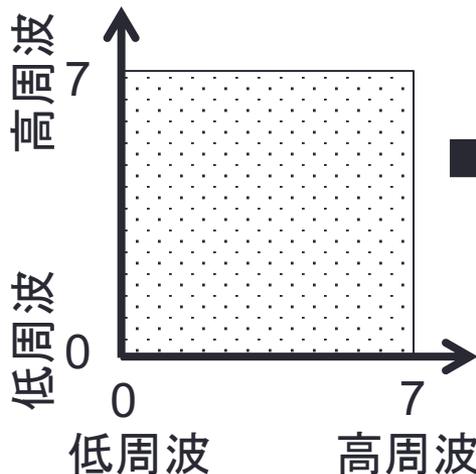
画像フォーマット

→ Joint Photographic Experts Group

- ・8×8画素のブロックに分割してブロックごとにDCTを行う
- ・高周波を除去してから逆DCTを行う
(人の目は高周波成分の感度が低い)

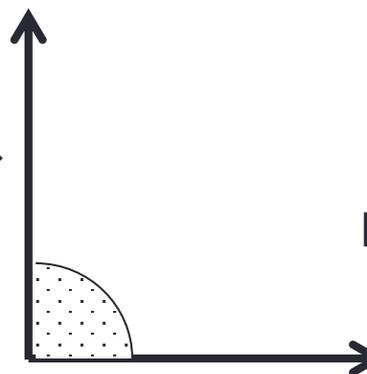


→
DCT



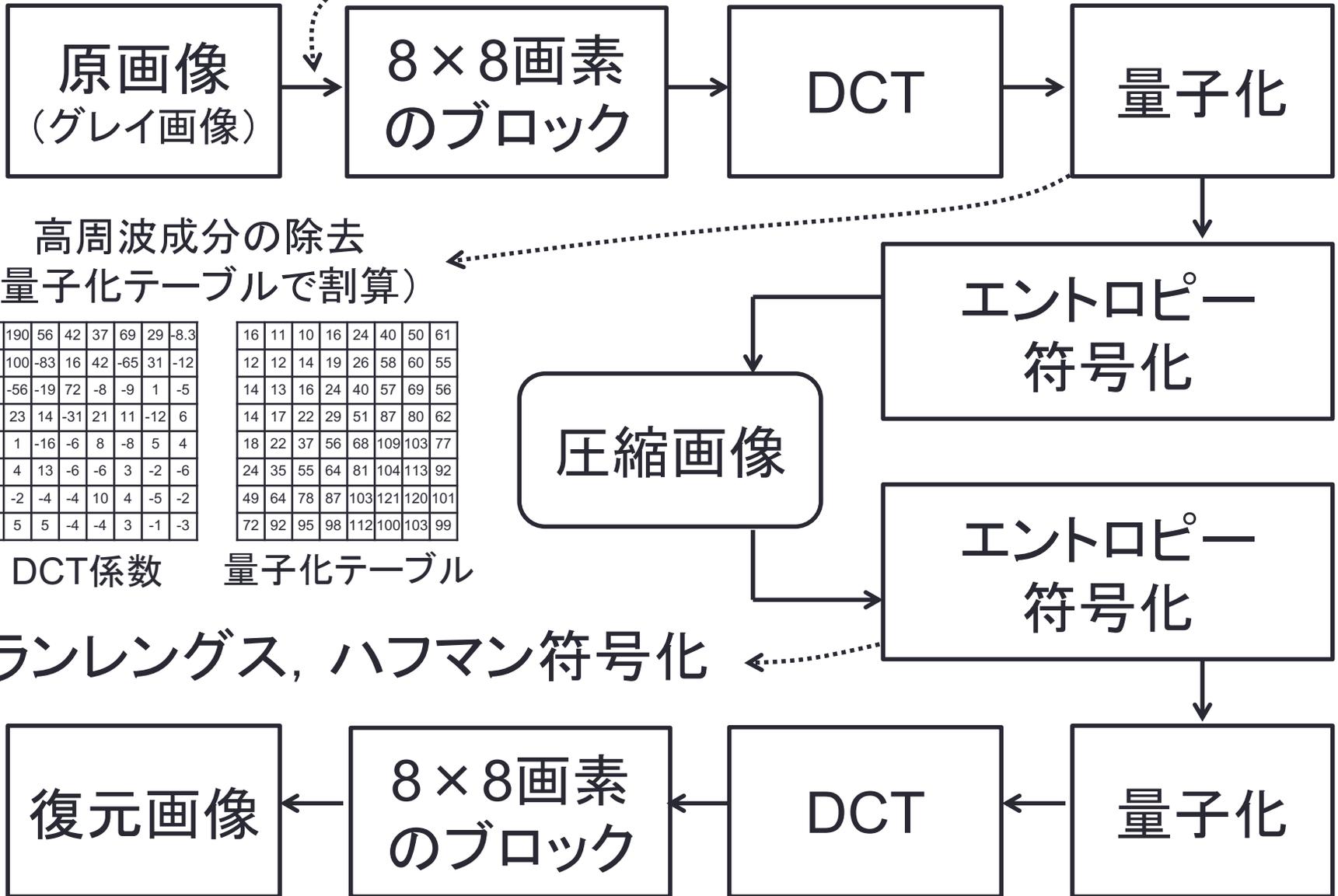
→

→
Inverse
DCT



JPEG圧縮の模式図

カラー画像の場合は色差成分の間引き処理を行う



高周波成分の除去
(量子化テーブルで割算)

84	190	56	42	37	69	29	-8.3
-67	100	-83	16	42	-65	31	-12
66	-56	-19	72	-8	-9	1	-5
5	23	14	-31	21	11	-12	6
6	1	-16	-6	8	-8	5	4
-14	4	13	-6	-6	3	-2	-6
-7	-2	-4	-4	10	4	-5	-2
-2	5	5	-4	-4	3	-1	-3

16	11	10	16	24	40	50	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

DCT係数

量子化テーブル

ランレングス, ハフマン符号化

Wavelet Transform (ウェーブレット変換)

- wavelet → wave + let → 小さな波
- book → book + let → 冊子
- moonlet → moon + let → 小衛星

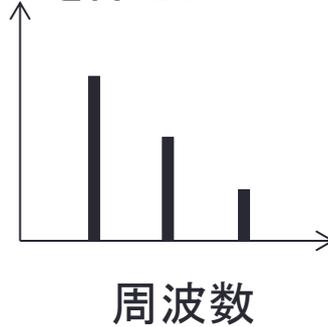
意味「小さな」

ウェーブレット変換
の利点のひとつ

FT (DCT)

基本波: sin, cos

無限で局在性
を持たない



位置情報なし

WT

小さな波

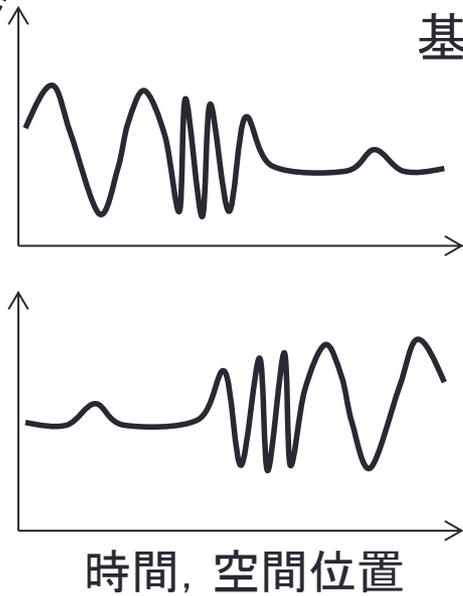
基底関数 → wavelet



無限ではない局在するさざ波

移動, 伸縮が可能

位置情報有り



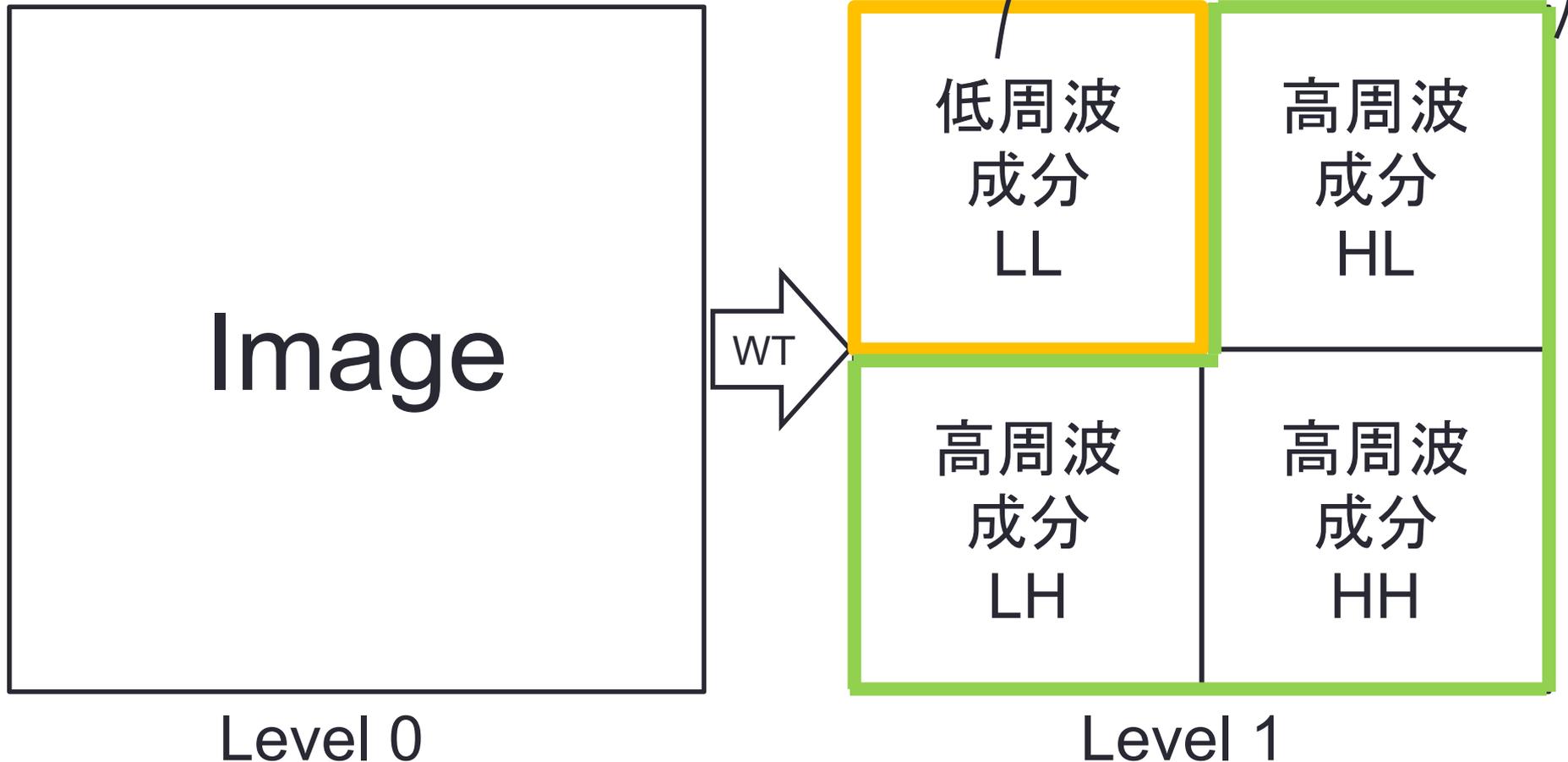
時間, 空間位置

wavelet analysis

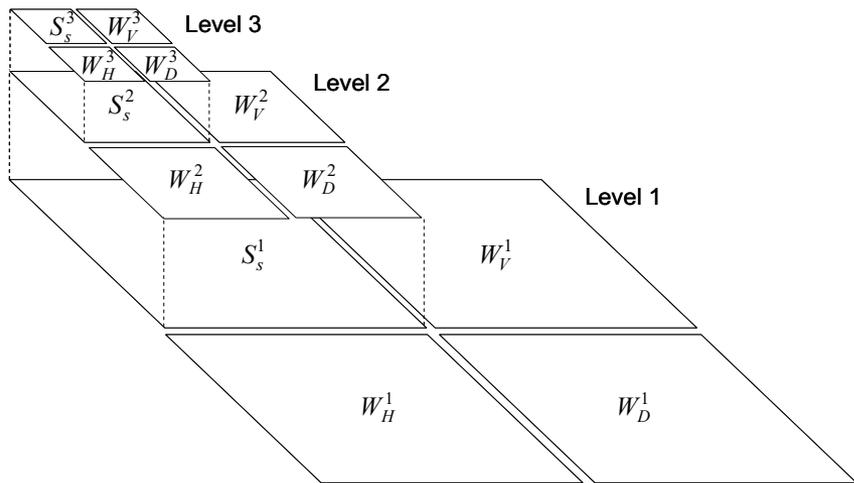
ウェーブレット解析の別の表現

multi-resolution analysis (多重解像度解析)

level j の平滑成分をさらに level $j+1$ の平滑成分と詳細成分に分解する



多重解像度解析(2次元)



画像に対するウェーブレット変換
の階層表現

LL(S): scaling 係数 (平滑成分)

HL(W_V): wavelet 展開係数 (水平成分)

LH(W_H): wavelet 展開係数 (垂直成分)

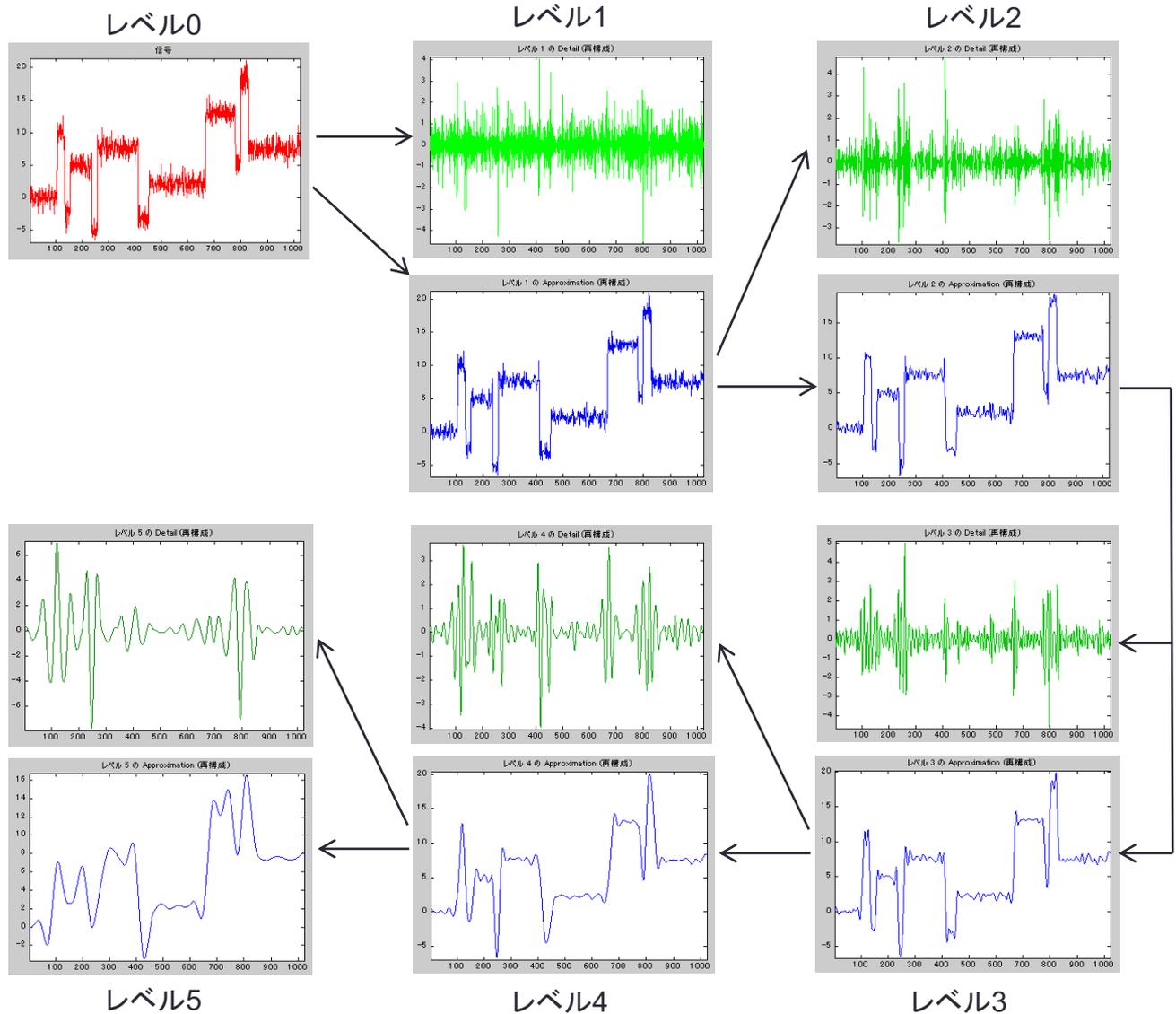
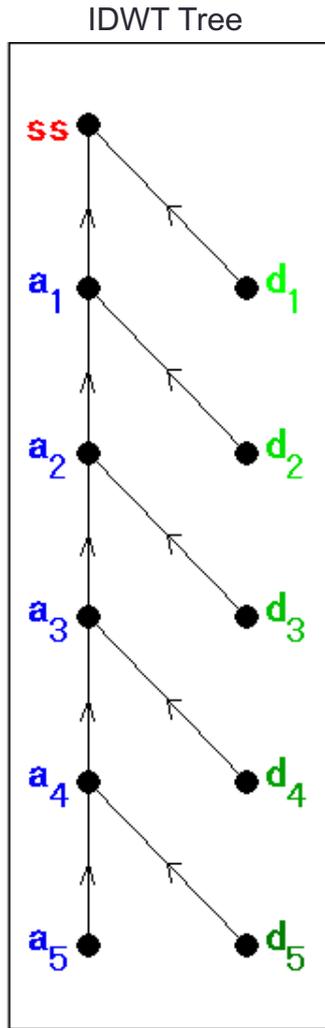
HH(W_D): wavelet 展開係数 (対角成分)

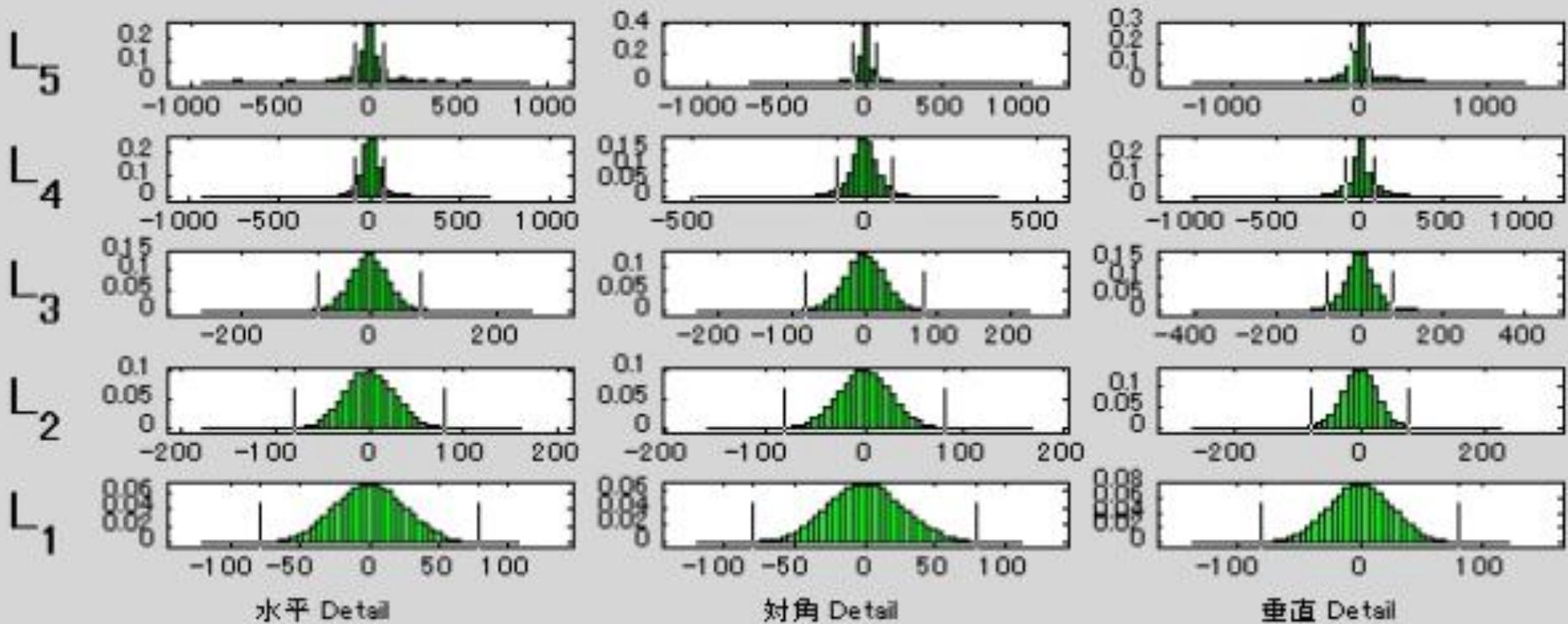
$$S^0_S = \sum_{j=1}^n (w^j_H + w^j_V + w^j_D) + S^n_S$$



レベル復元まで分解した画像成分

多重解像度解析(1次元)





詳細成分を表すウェーブレット展開係数の分布は、0付近を山頂(中心)として左右に広がっている。

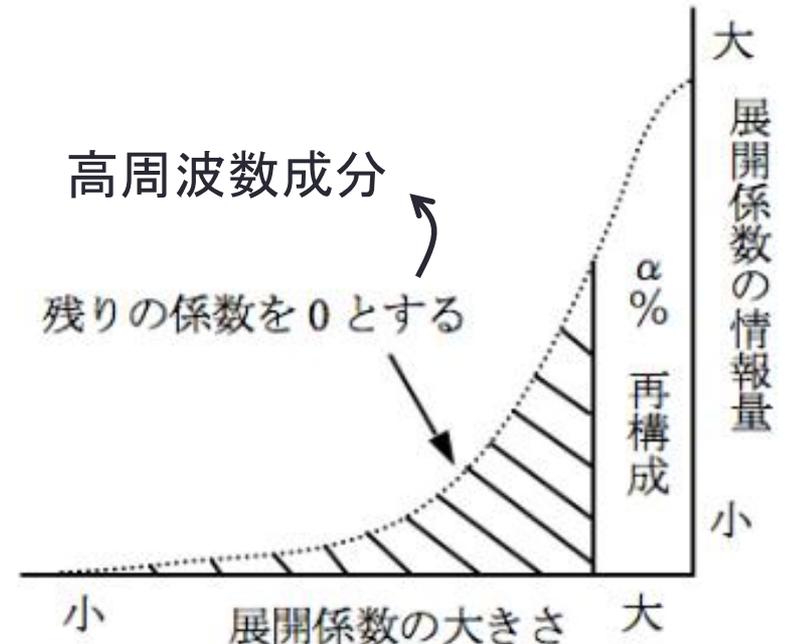
中心付近は、データ中に存在する頻度の高いパターンを表しており、広がっている裾の部分は、データ中に存在する頻度の低いパターンを表している。存在頻度の低いパターンはノイズである可能性が高い。また、そのようなパターンは消しても目立たない。

ウェーブレット変換によるデータ圧縮

- DWTでは、絶対値の大きい順に上位数パーセントの展開係数にエネルギーが集中する
 - データ中に存在する頻度の高いパターン

DWT圧縮の基本的な考え方

絶対値の大きい展開係数のみを残し、残りの係数を0にして再構成すれば、信号の特徴を保存したまま、少ないデータ量で信号が再構成される



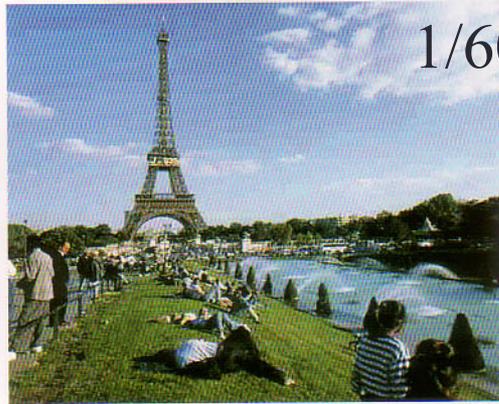
JPEG

JPEG2000

1/120圧縮



1/60圧縮



1/30圧縮



JPEG2000→ウェーブレット圧縮
が使われている画像フォーマット

JPEGでは高圧縮率で保存するとブロックノイズ(格子状ノイズ)やモスキートノイズ(蚊の群れのような点状のノイズ)が発生する。JPEG2000ではそれらのノイズが発生しない。



ブロックノイズ

20XX年 国家試験問題

画像処理について空間フィルタでなく、時間フィルタに属するのはどれか。

1. グラディエントフィルタ (gradient)
2. スムージングフィルタ (smoothing)
3. メディアンフィルタ (median)
4. ラプラシアンフィルタ (Laplacian)
5. リカーシブフィルタ (recursive)

2005年 国家試験問題

次式で表される画像処理法はどれか。

$$g(x, y) = f(x, y) + k[f(x, y) - f_a(x, y)]$$

ただし, $g(x, y)$ は処理後の画像, $f(x, y)$ は原画像,
 $f_a(x, y)$ は原画像の平滑化画像, k は強調係数とする。

1. 積分処理
2. ボケマスク処理
3. ダイナミックレンジ圧縮処理
4. 経時的サブトラクション処理
5. エネルギーサブトラクション処理

2005年 国家試験問題

画像の圧縮に用いられるのはどれか。

- a. 離散コサイン変換
- b. ラドン変換
- c. ハフ変換
- d. ラプラス変換
- e. ウェーブレット変換

- 1. a, b 2. a, e 3. b, c
- 4. c, d 5. d, e

2011年 国家試験問題

画像の圧縮で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. DCT法は可逆圧縮である。
2. ネットワークの負荷を軽減する。
3. ウェーブレット変換は可逆圧縮である。
4. 可逆圧縮の圧縮率は1／10程度である。
5. ハフマン符号化はエントロピー符号化の一種である。