

# 画像情報特論 (4)

## - デジタル圧縮 (1) ビデオ圧縮

2001.05.08

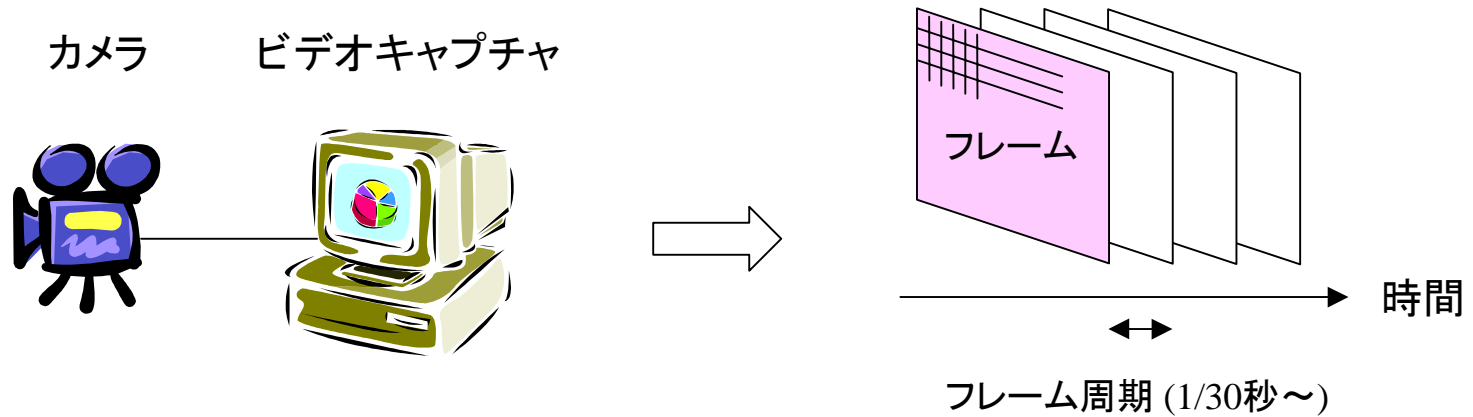
電子情報通信学科 甲藤二郎

E-Mail: [katto@katto.comm.waseda.ac.jp](mailto:katto@katto.comm.waseda.ac.jp)

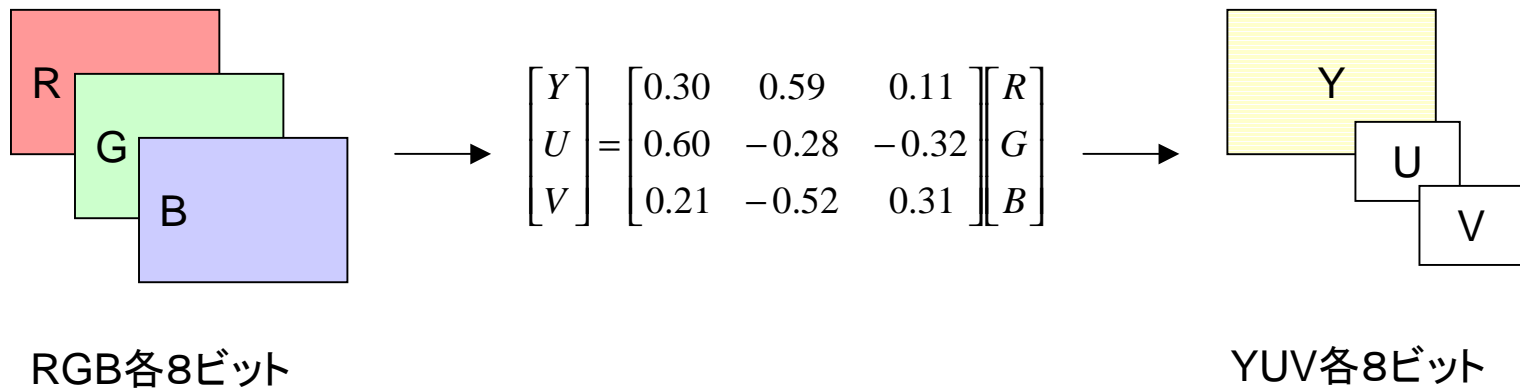
# ビデオ圧縮の原理

# デジタル動画 (1)

- 時間方向・空間方向のサンプリング

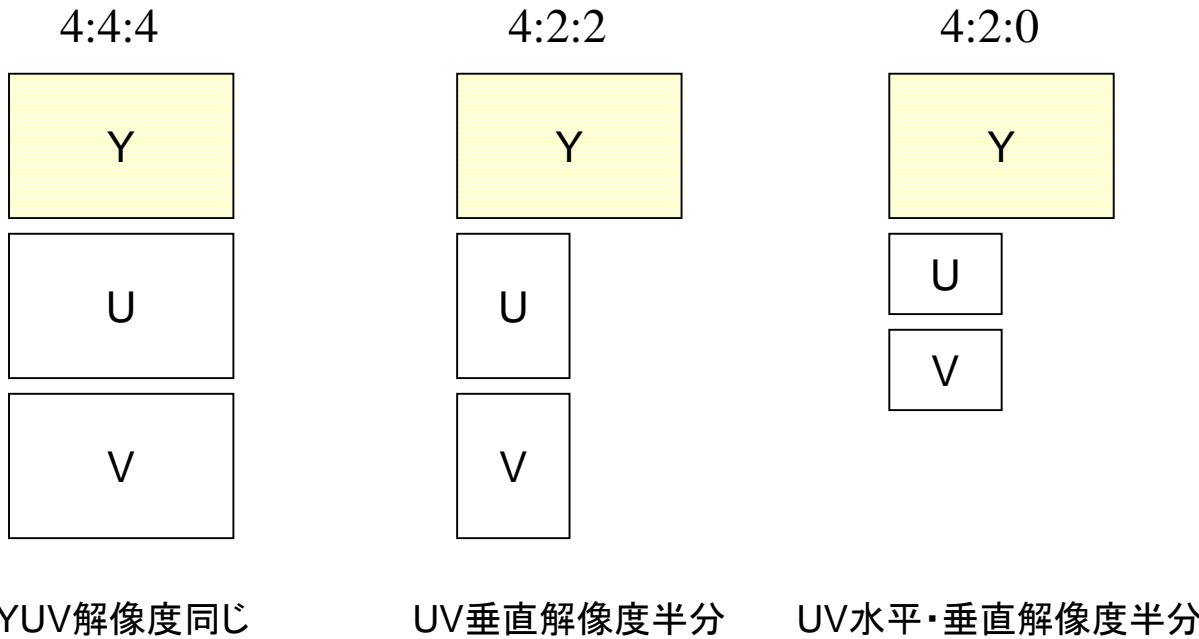


- RGB / YUV 変換



# デジタル動画 (2)

- CCIR 601 フォーマット

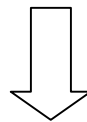


- 通常のビデオ圧縮： 4:2:0 フォーマット
- 高画質ビデオ圧縮： 4:2:2 フォーマット

# デジタル動画 (3)

- 莫大な情報量

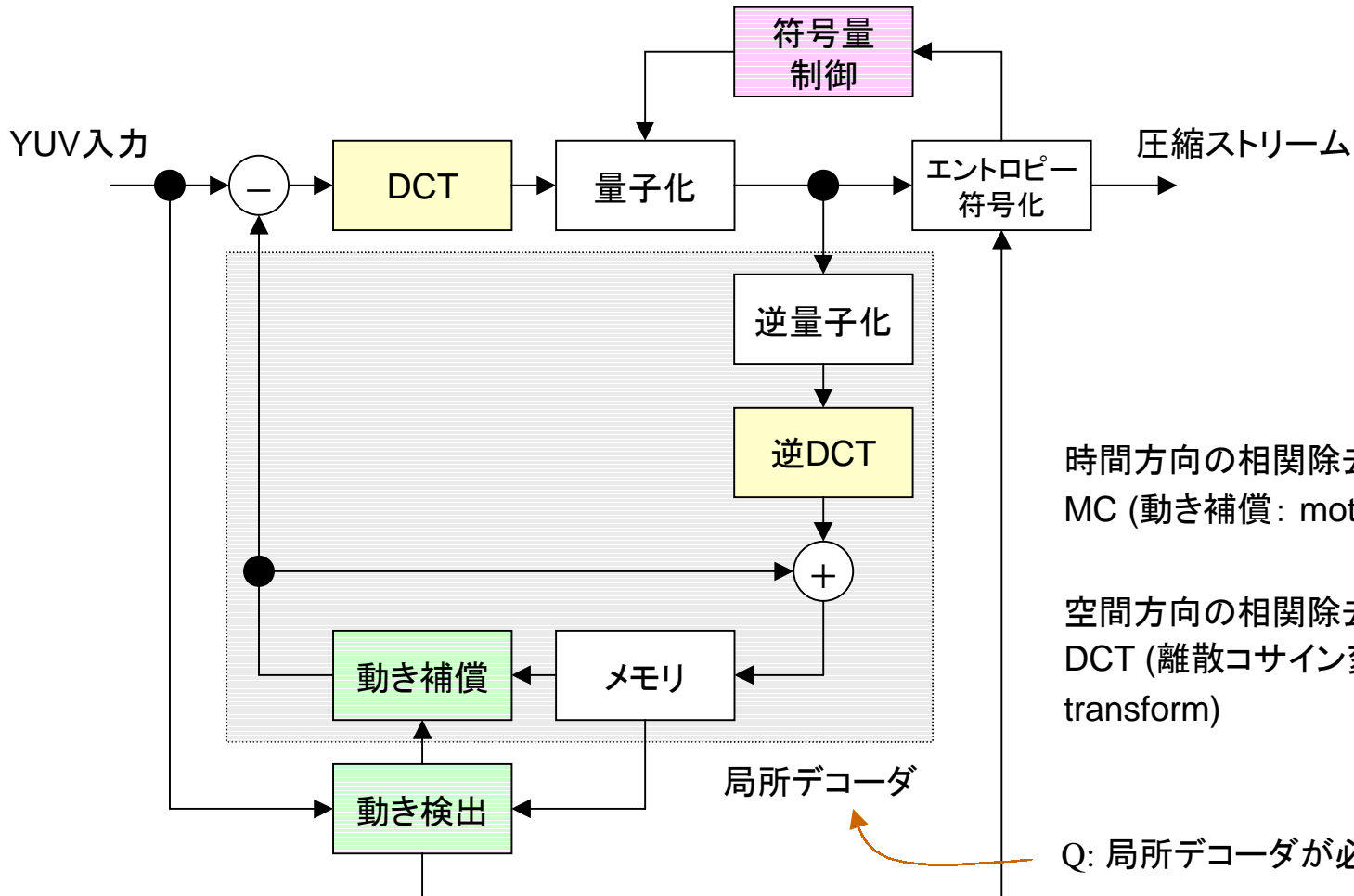
用途	解像度	データ量
TV会議	352x240	21Mbit/s
TV	720x480	83Mbit/s
HDTV	1920x1080	498Mbit/s



データ圧縮の必要性

# ビデオ圧縮の基本

- MC+DCT ハイブリッド予測符号化 (20年間変わらない方式)



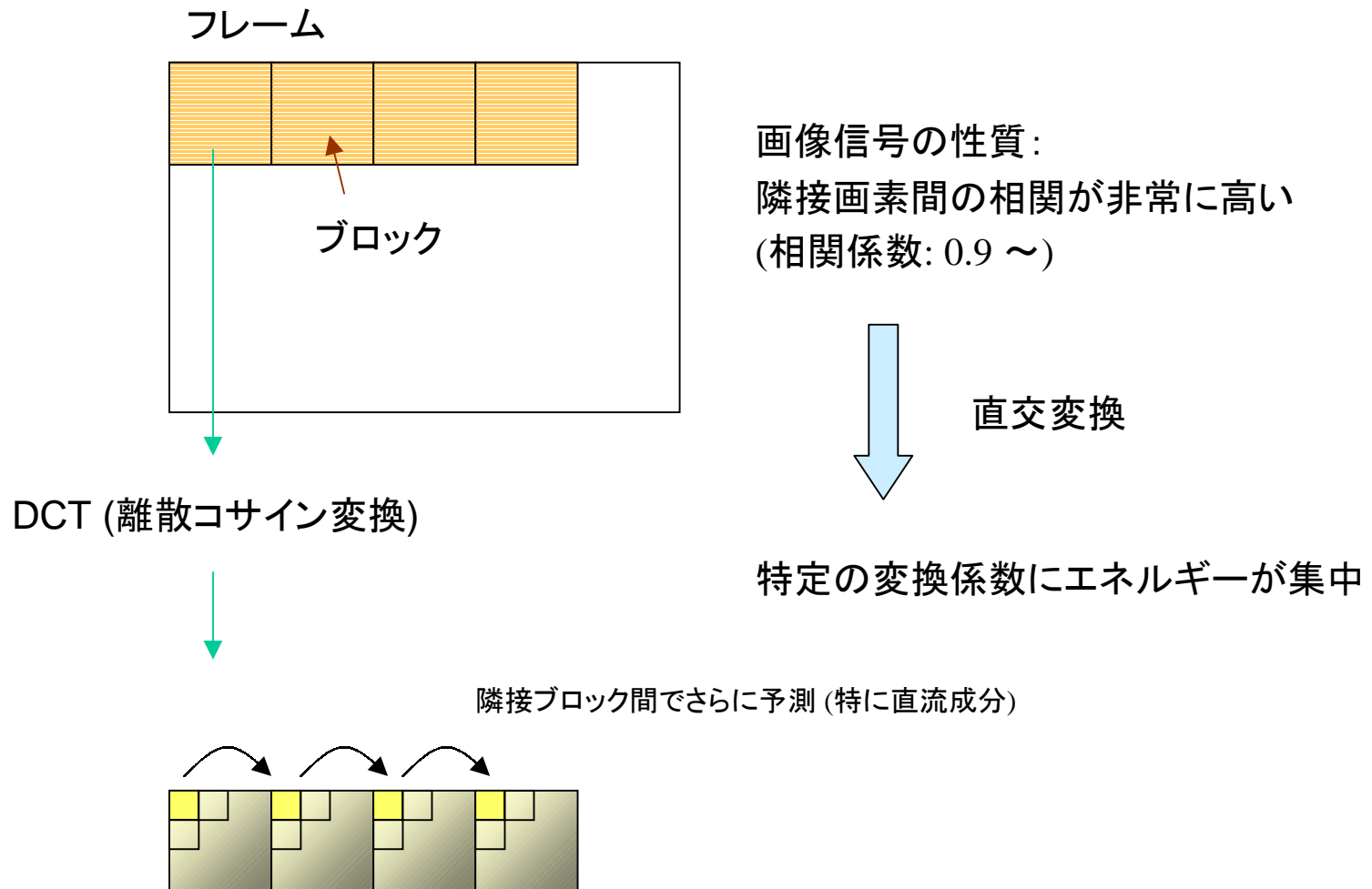
時間方向の相関除去:  
MC (動き補償: motion compensation)

空間方向の相関除去:  
DCT (離散コサイン変換: discrete cosine transform)

Q: 局所デコーダが必要な理由を説明せよ

# フレーム内符号化

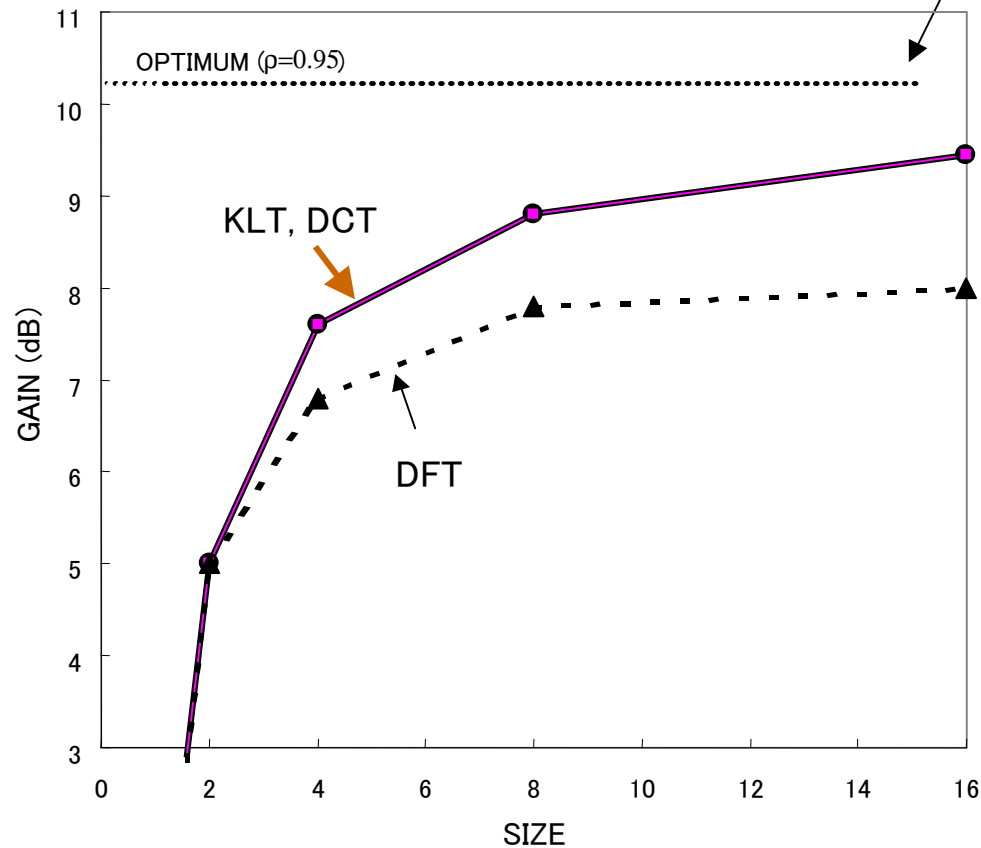
- DCT



# 直交変換 (1)

## • DCTが使われる理由

圧縮効率 KLT, DCT, DFT の符号化利得の比較 理論的最適値



KLT: 理論的に最適な直交変換。

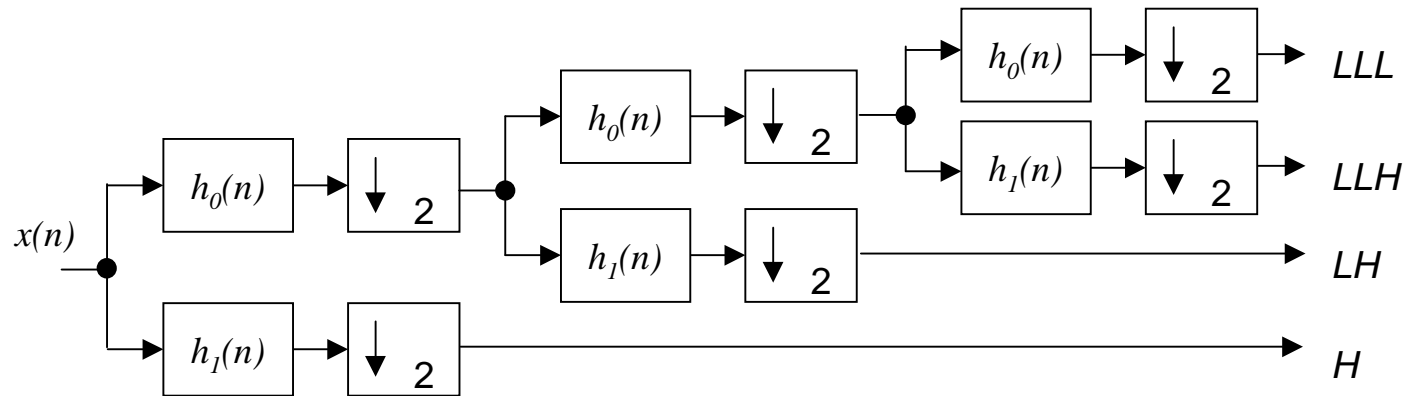
DCT: 相関の高い入力に対する KLT への漸近性、及び高速アルゴリズムが存在。通常は 8x8 サイズの DCT を使用。

→ 直交変換の  
ブロックサイズ

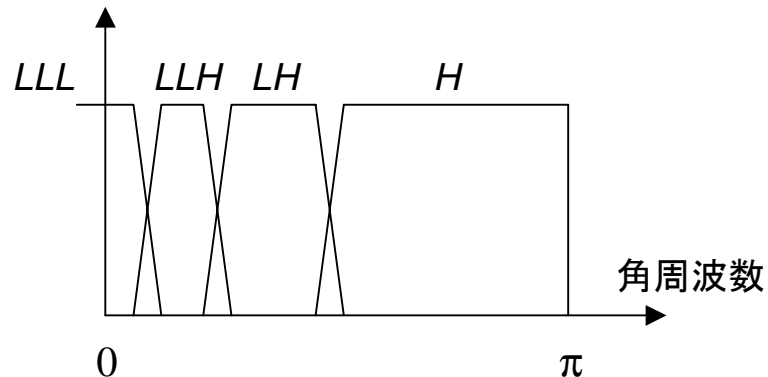


# 直交変換 (2)

## • Wavelet 変換 (対抗)



2分割フィルタバンクのツリー接続

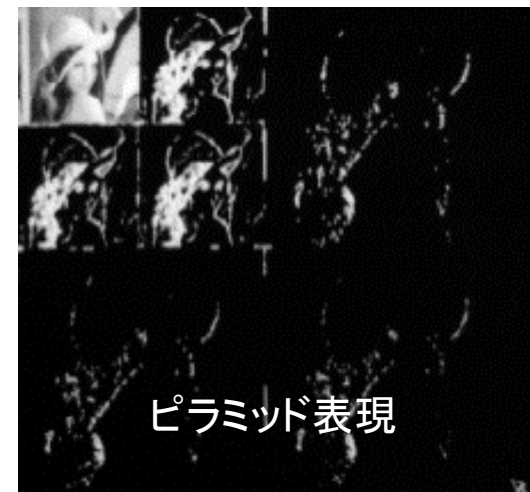


- 長所: ブロックひずみが少ない
- 短所: ブロック動き補償と相性が悪い

LL

LH

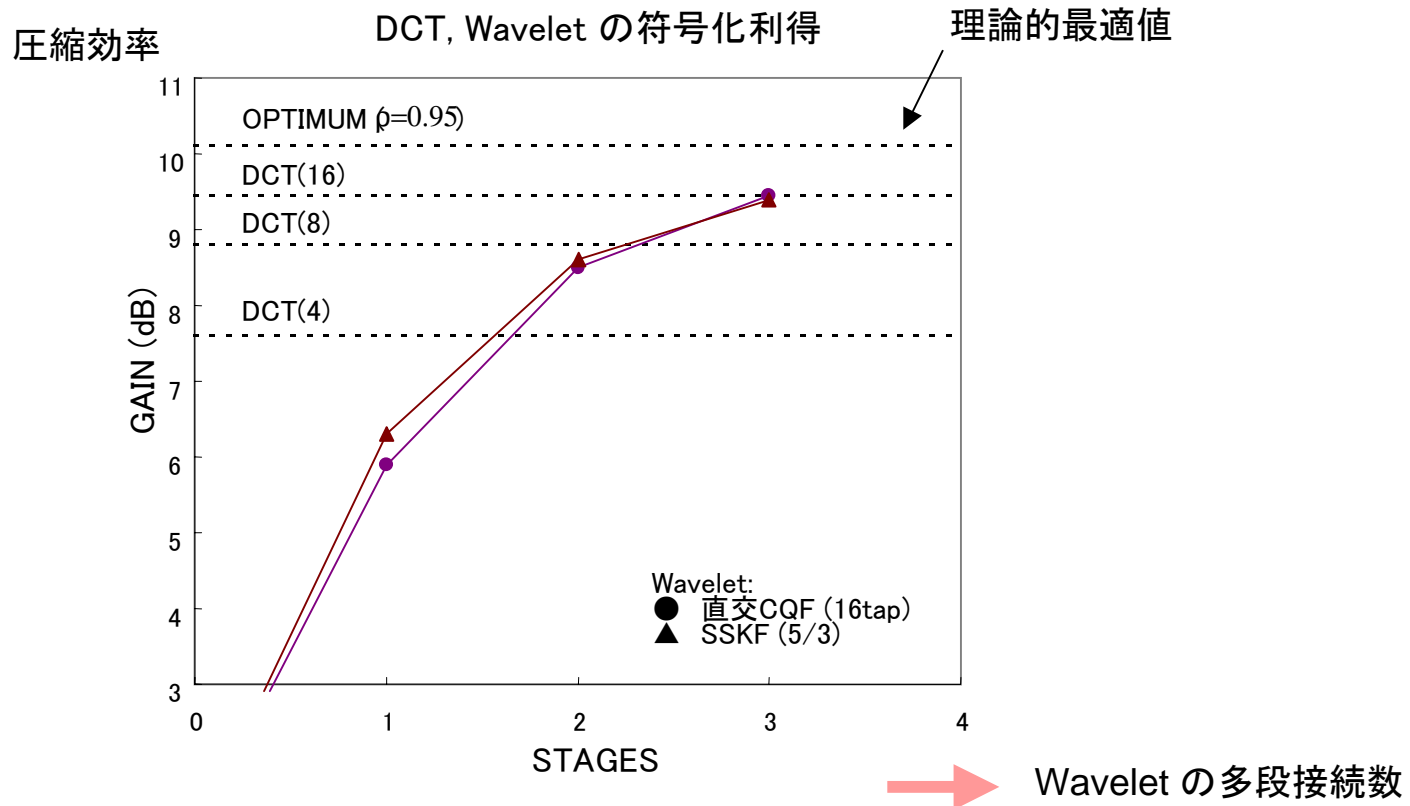
H



ピラミッド表現

# 直交変換 (3)

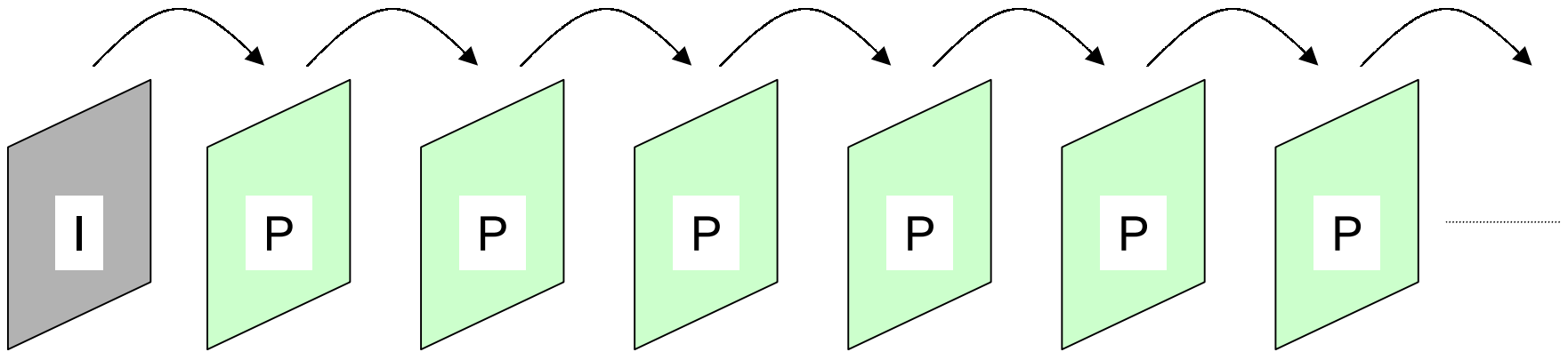
## • DCT と Wavelet の比較



- DCT: 動画 (ビデオ) 圧縮
- Wavelet: 静止画圧縮 (JPEG-2000)

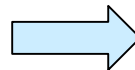
# フレーム間符号化 (1)

## • IP 予測



ビデオ信号の性質:

隣接フレーム間の相関が非常に高い  
(相関係数: 0.9 ~)



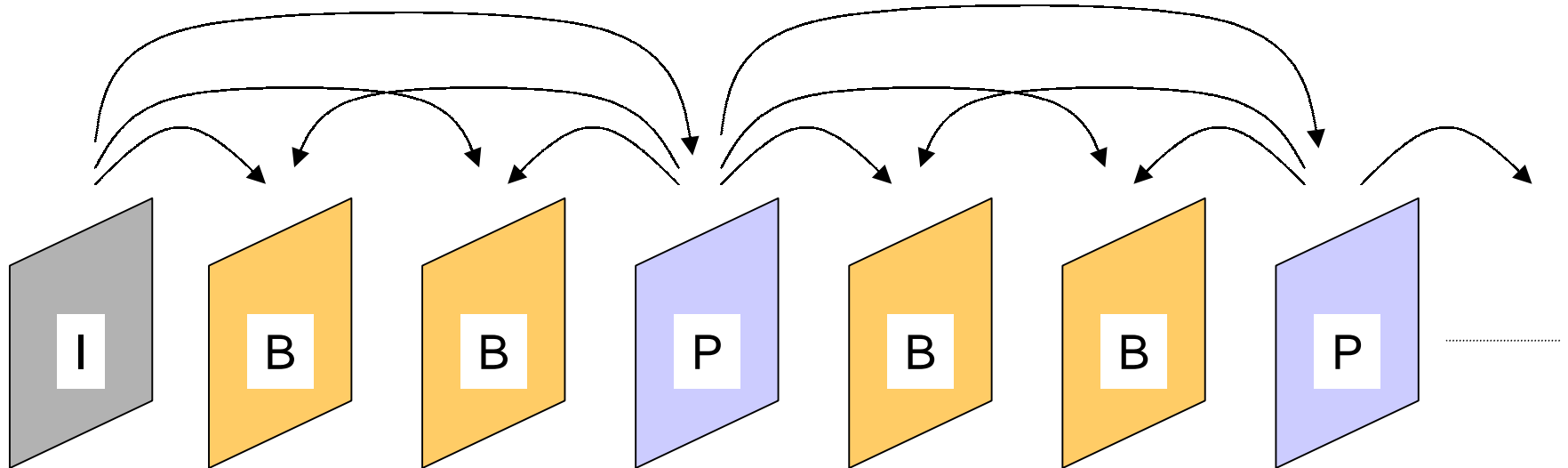
フレーム間の予測誤差がほとんどゼロ

- I: Iピクチャ (フレーム内符号化)
- P: Pピクチャ (フレーム間符号化)

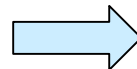
さらに動き検出・動き補償予測

# フレーム間符号化 (2)

## • IPB 予測



片方向で予測を行うより、両方向で予測を行うほうが予測効率が高い  
(ただし、フレーム間の距離に依存)

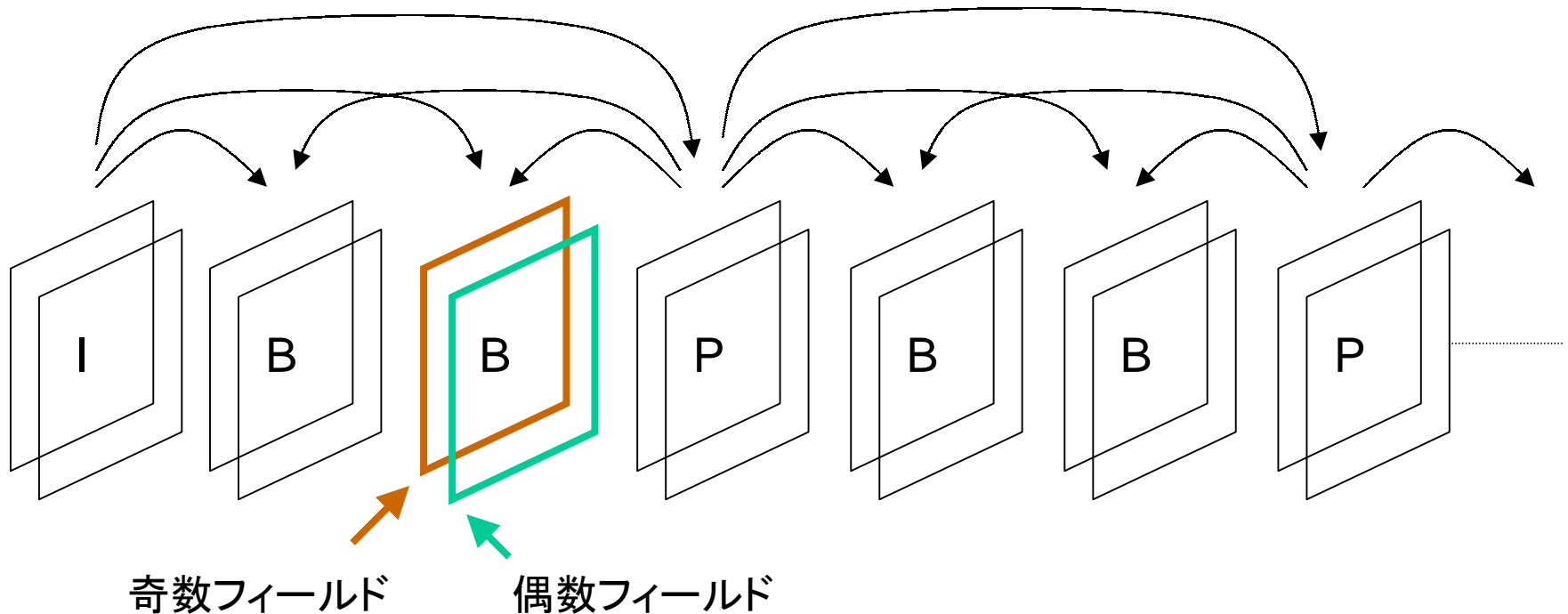


- I: Iピクチャ (フレーム内符号化)
- P: Pピクチャ (片方向予測)
- B: Bピクチャ (両方向予測)

→ 予測効率の改善

# フレーム間符号化 (3)

- フィールド予測



デジタルTV放送に対応 (MPEG-2)

- 動き補償: フィールド予測、フレーム予測、デュアルプライム予測
- DCT: フレームDCT、フィールドDCT

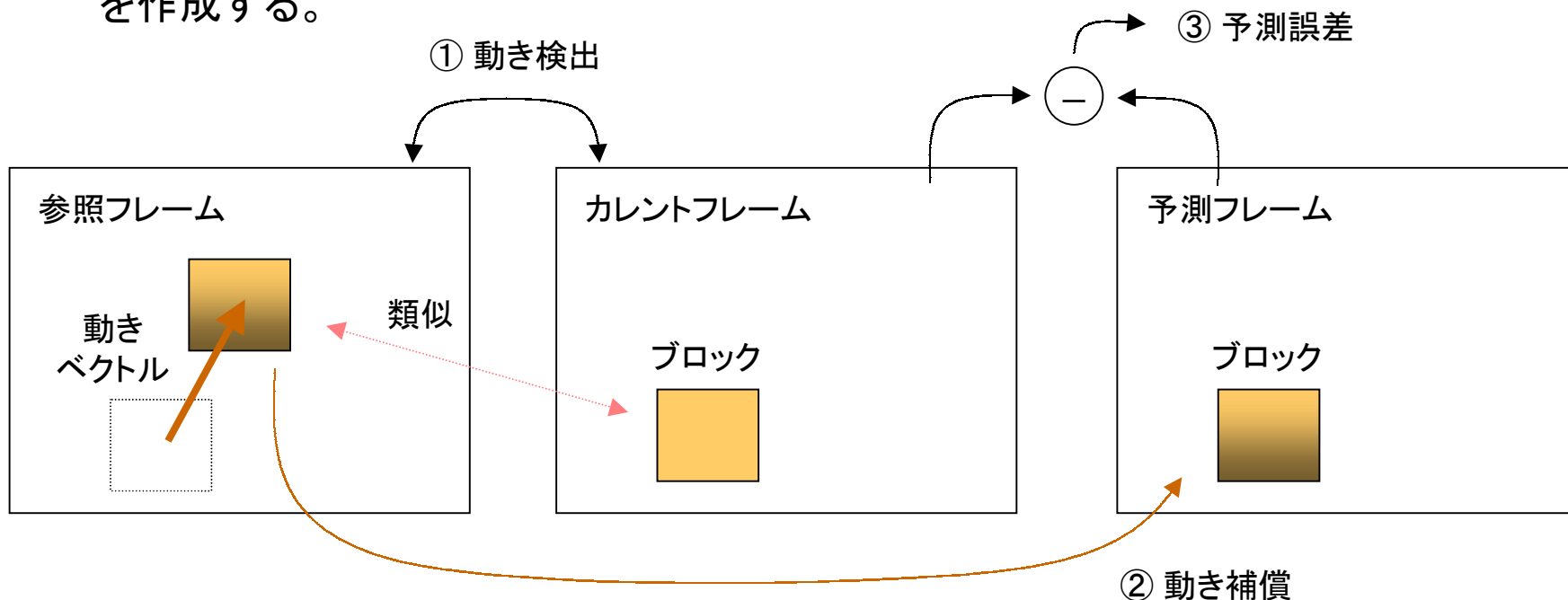
# 動き検出と動き補償 (1)

- 動き検出 (ブロックマッチング):

過去の画像 (参照フレーム) から、現在の画像 (カレントフレーム) に最も類似しているブロックを探索し、動きベクトルを求める。

- 動き補償:

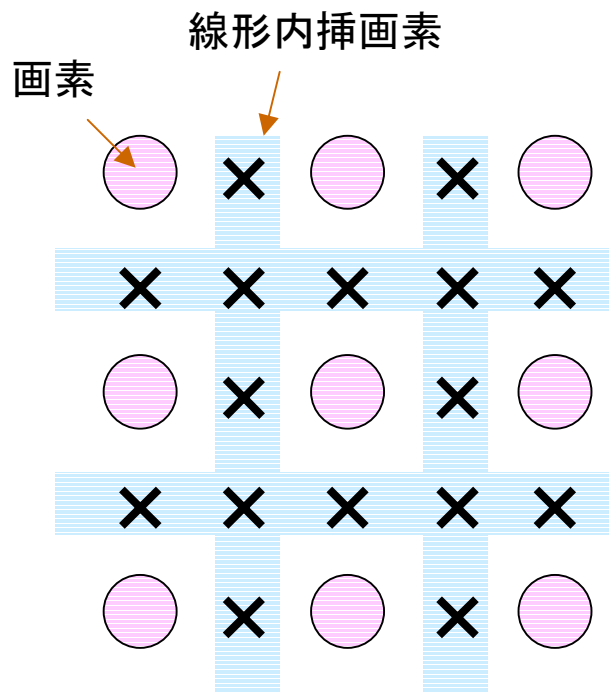
動き検出で求めた動きベクトルから、カレントフレームの予測画像 (予測フレーム) を作成する。



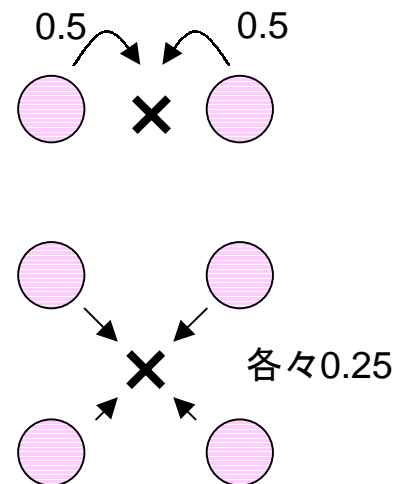
# 動き検出と動き補償 (2)

- 半画素精度動き補償:

線形内挿を行い、0.5 画素精度の動きベクトルを算出し、予測画像を作成。



内挿フィルタ:



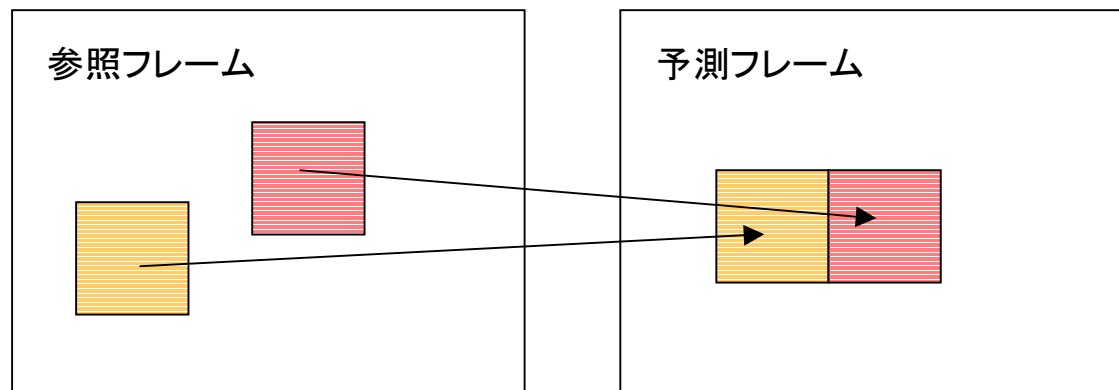
(注) 1/4精度、1/8精度の効果はほぼ飽和

# 動き検出と動き補償 (3)

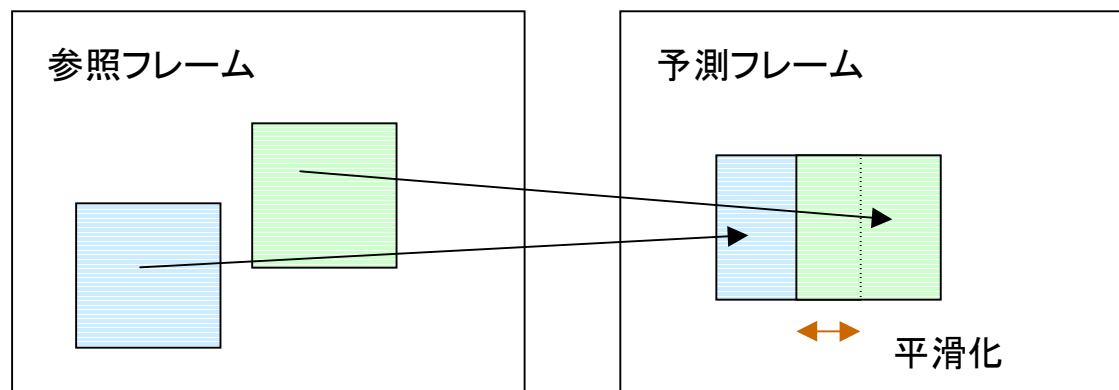
- オーバーラップ動き補償:

隣接ブロックの動きベクトルも利用し、ブロックの平滑化加算によって予測画像を作成。

通常ブロックマッチング



オーバーラップ動き補償



平滑化: 台形ウィンドウ、  
コサインウィンドウなど。

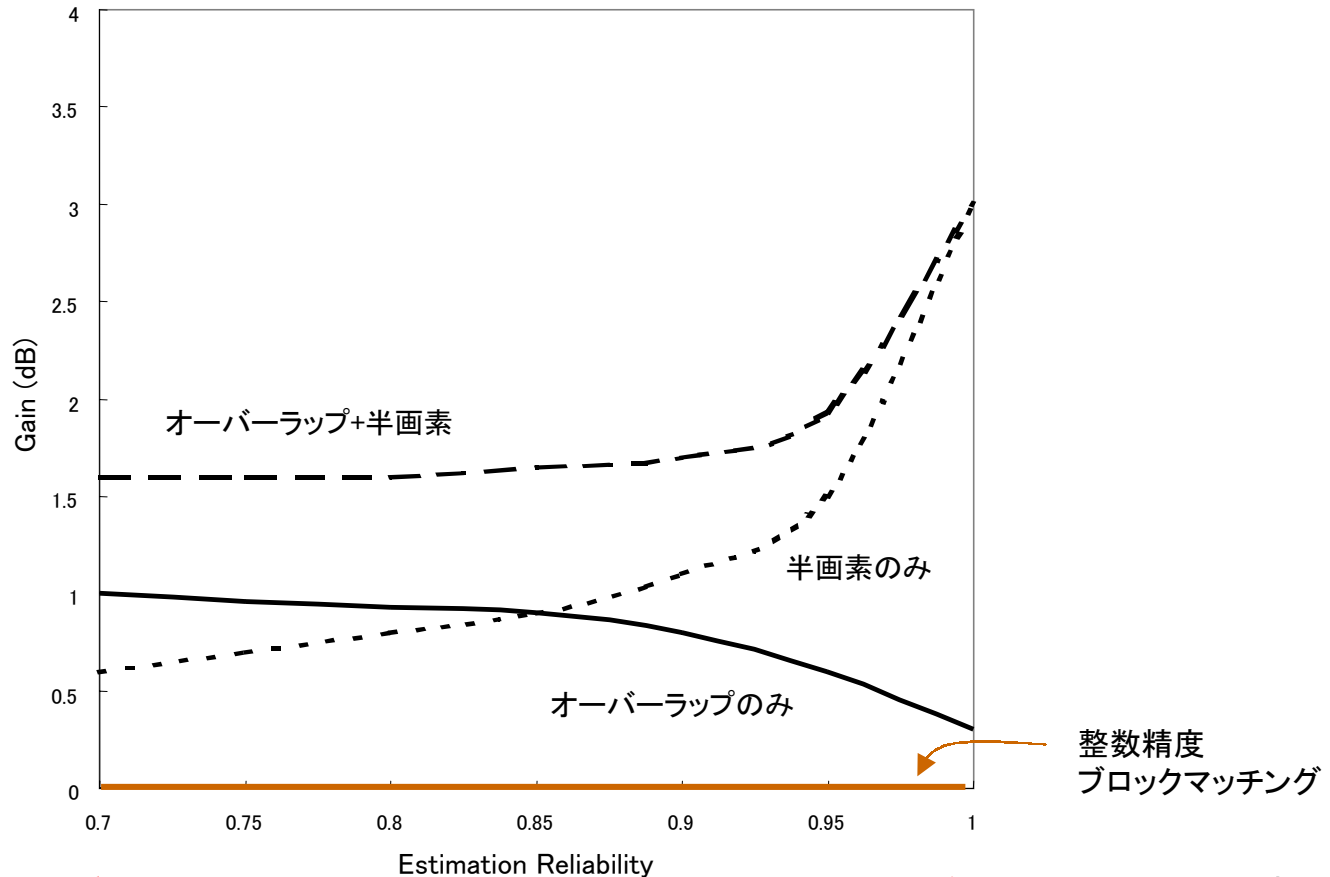


# 動き検出と動き補償 (4)

## • 特性比較

整数画素精度・ブロック動き補償に対する  
半画素精度・オーバーラップ動き補償の予測利得

予測誤差の  
低減効果



動き予測しにくい  
画像の場合

動き予測しやすい  
画像の場合

# 動き検出と動き補償 (5)

- 動き補償の難しさ:

- (1) 予測誤差を下げるだけならばブロックサイズを小さくすればよいが、動きベクトルの情報量が増加する。
- (2) ブロックではなく、任意形状の動き検出を行うことで予測誤差を小さくできるが、形状表現のための情報量が増加する。

(参考) AIC基準、MDL基準: オーバーヘッドも含めたデータ最小化の評価尺度

- 動き補償の現状:

- (1) 予測誤差と動きベクトルの情報量のトレードオフを考慮し、通常は16x16のブロックを使用。8x8の適応選択も可能。
- (2) 実現の容易性から、半画素動き補償を採用。計算の複雑性から、オーバーラップ動き補償はオプション。

# 國際標準方式

# 国際標準方式 (1)

団体	名称	時期	符号化レート	当初の用途
ITU-T	H.261	1990年	64kb/s~2Mb/s	ISDN用テレビ電話
	H.263	1996年	数十kb/s~	アナログ回線用テレビ電話
	H.263+	1998年	数十kb/s~	インターネット、移動体
ISO	MPEG-1	1992年	~1.5Mb/s	CD-ROM
	MPEG-2*	1995年	数Mb/s~数十Mb/s	デジタル放送
	MPEG-4	1999年	数十kb/s~	インターネット、移動体

\* MPEG-2/H.262はISOとITU-Tのジョイント規格

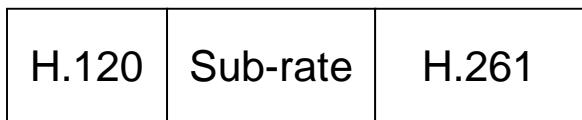
# 国際標準方式 (2)

82 84 86 88 90 92 94 96 98 00

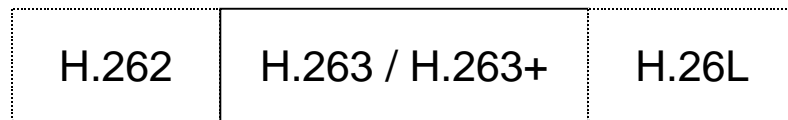
MC (動き補償)    DCT    MC+DCT の基本構成



ITU-T

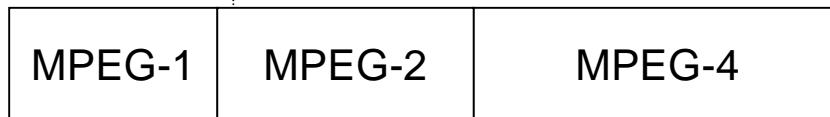


1.5M    384K    64K - 1.5M  
ISDN



ATM    モデム, Internet, 移動体

MPEG



CD-ROM    放送、DVD、Internet、移動体、  
HDTV    ゲーム

cf. 画像検索

MPEG-7

# 国際標準方式 (3)

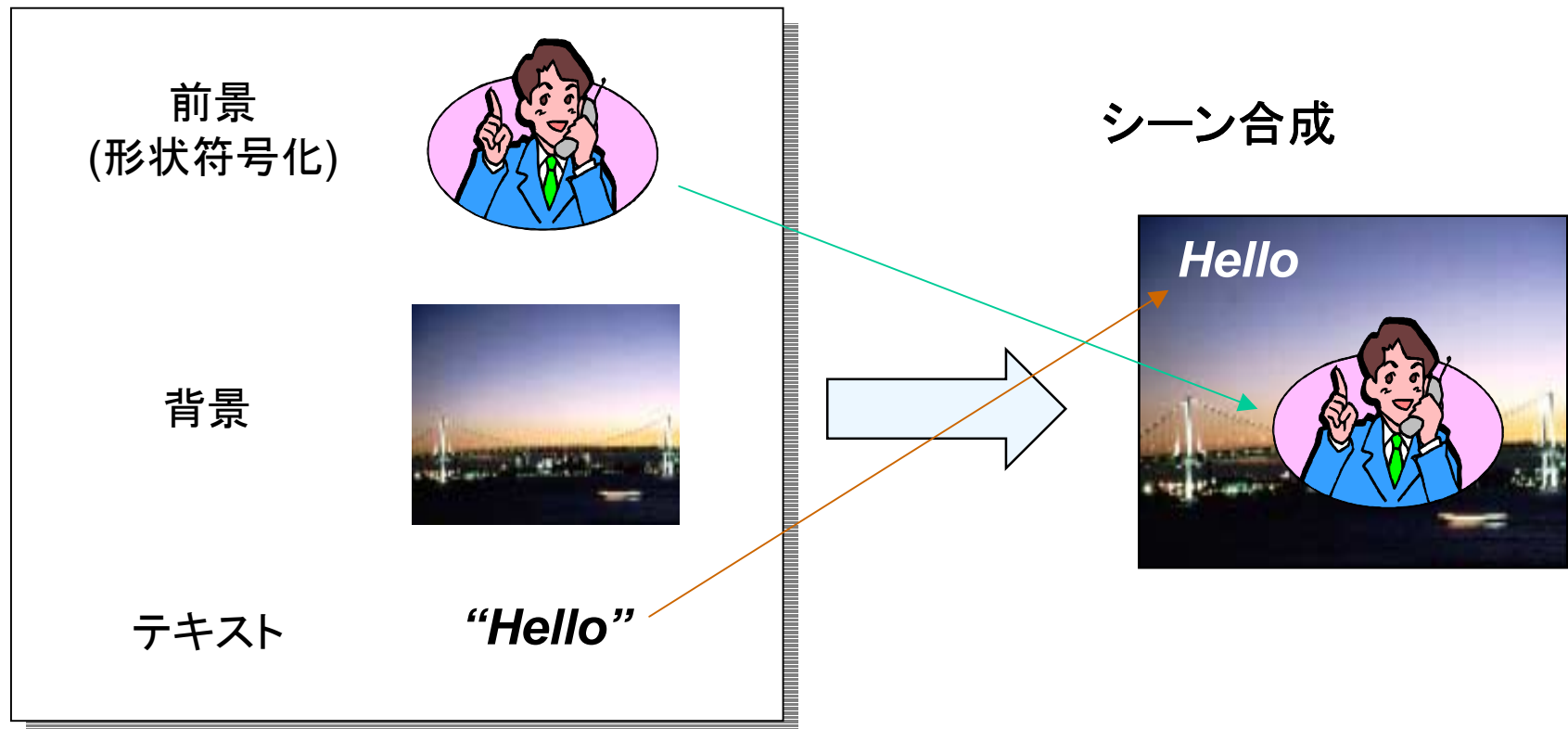
- 代表的な機能の比較

名称	MC+DCT	1/2画素	IPB予測	フィールド	形状符号化	再同期	スケーラビリティ
H.261	○	-	-	-	-	-	-
H.263	○	○	△	-	-	-	-
MPEG-1	○	○	○	-	-	○	-
MPEG-2	○	○	○	○	-	○	○
H.263+	○	○	△	-	△	○	○
MPEG-4	○	○	○	○	○	○	○

インターネット放送で有効  
+ 符号量制御 (後述)

# 形状符号化 (1)

- オブジェクト合成

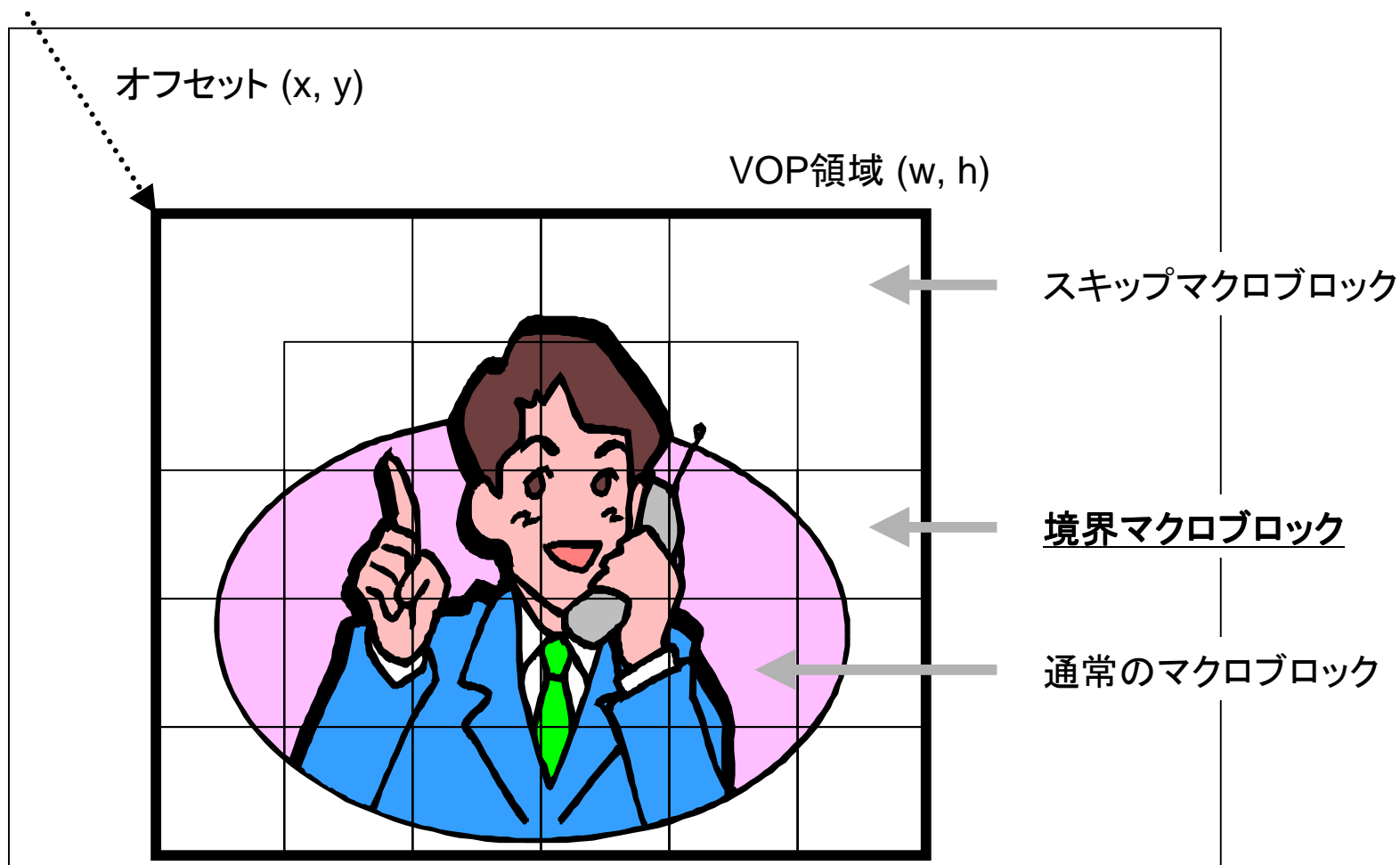


(注) 形状取得方法 (領域分割方法) は標準化の対象外

# 形状符号化 (2)

- 境界マクロブロック

通常のフレーム (CIF, QCIF, ...)



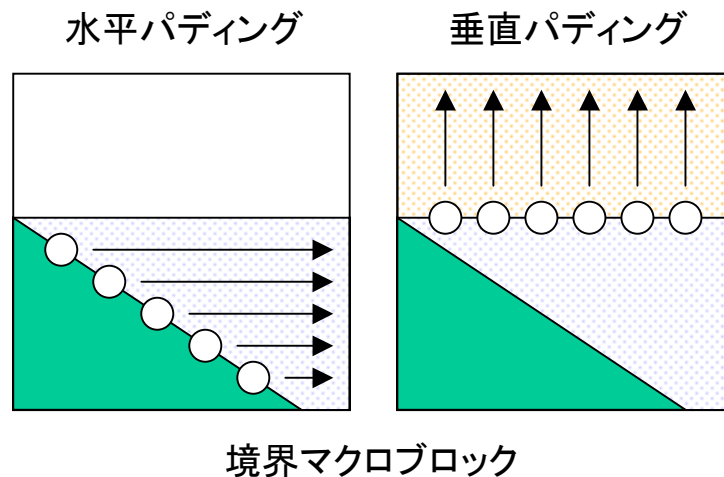


# 形状符号化 (3)

- 境界マクロブロックにおけるパディング処理

## 境界MBの動き検出・動き補償

- (1) 形状範囲外をパディング
- (2) ポリゴンマッチング
- (3) 予測画像作成

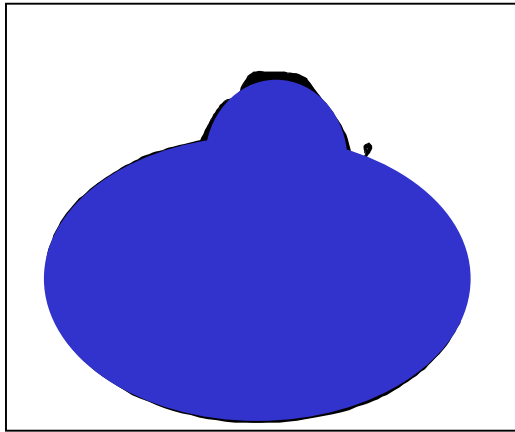


## 境界MBのテクスチャ符号化

- (1) I-ピクチャ: ブロック内平均値でパディングしたブロックに DCT
- (2) P-ピクチャ: 形状範囲外を0でパディングしたブロックに DCT

# 形状符号化 (4)

- 形状の符号化



(1) バイナリ符号化

2値画像 (0,1) として符号化

(2) グレyscale符号化

(0, 255) の画素とみなして符号化 (DCT)

(参考) (R, G, B, A)、(Y, U, V, A) フォーマット

A: アルファマップ (コンピュータグラフィックス用語)

A = 0: 透過、形状無し (transparent)

A = 255: 形状あり (opaque)

A = 1 ~ 254: アルファブレンディング (前景と背景の混合)

ビデオ圧縮の今後？

# ビデオ圧縮の今後 (1)

- 圧縮効率の飽和:

MC+DCT ハイブリッド方式は、大枠として20年間変わらない。国際標準化と共に進化し、圧縮効率は実用レベルに到達、各種の商品化。反面、圧縮効率はほぼ飽和 (現状)。

- ニーズの変化:

圧縮率の改善、ハードウェア化の時代から、付加機能の充実とソフトウェアプレイヤーの時代へ。

- 次のブレークスルーは？

？ ただし、現在のスタイルに拘る必要はない。これまで関係の無かった分野の技術の応用が重要かもしれない。

# ビデオ圧縮の今後 (2)

