

# 画像情報特論 (5)

## - デジタル圧縮とメディア表現 (2)

音声・オーディオ、SMIL、グラフィクス

2004.05.14

情報ネットワーク専攻 甲藤二郎

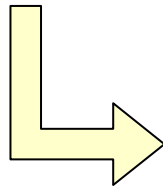
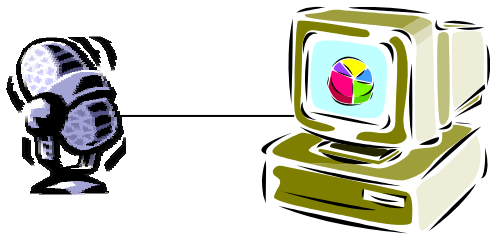
E-Mail: [katto@waseda.jp](mailto:katto@waseda.jp)

# 音声・オーディオ圧縮の 原理

# デジタルオーディオ

## • キャプチャ&圧縮

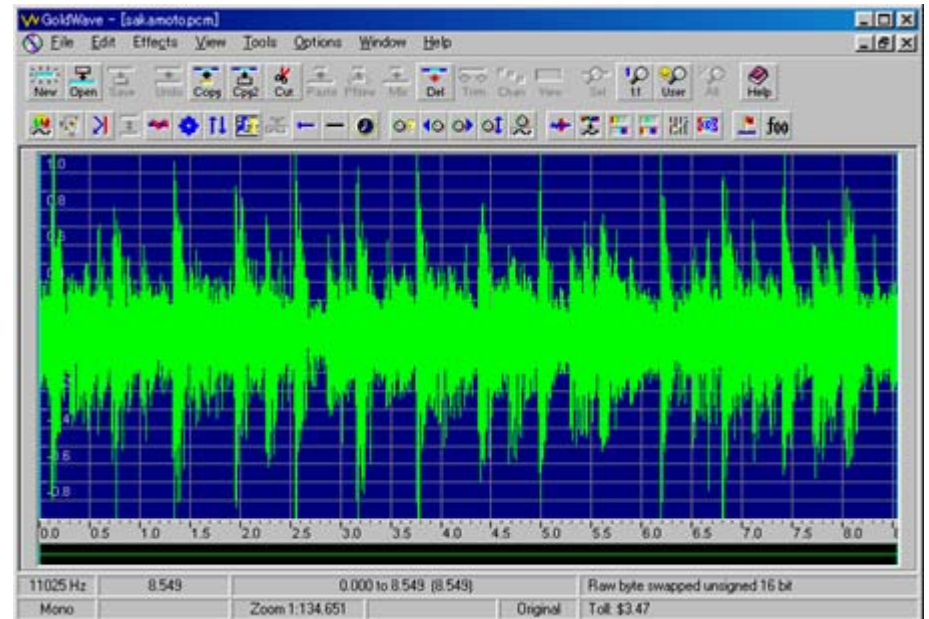
マイク      サウンドキャプチャ



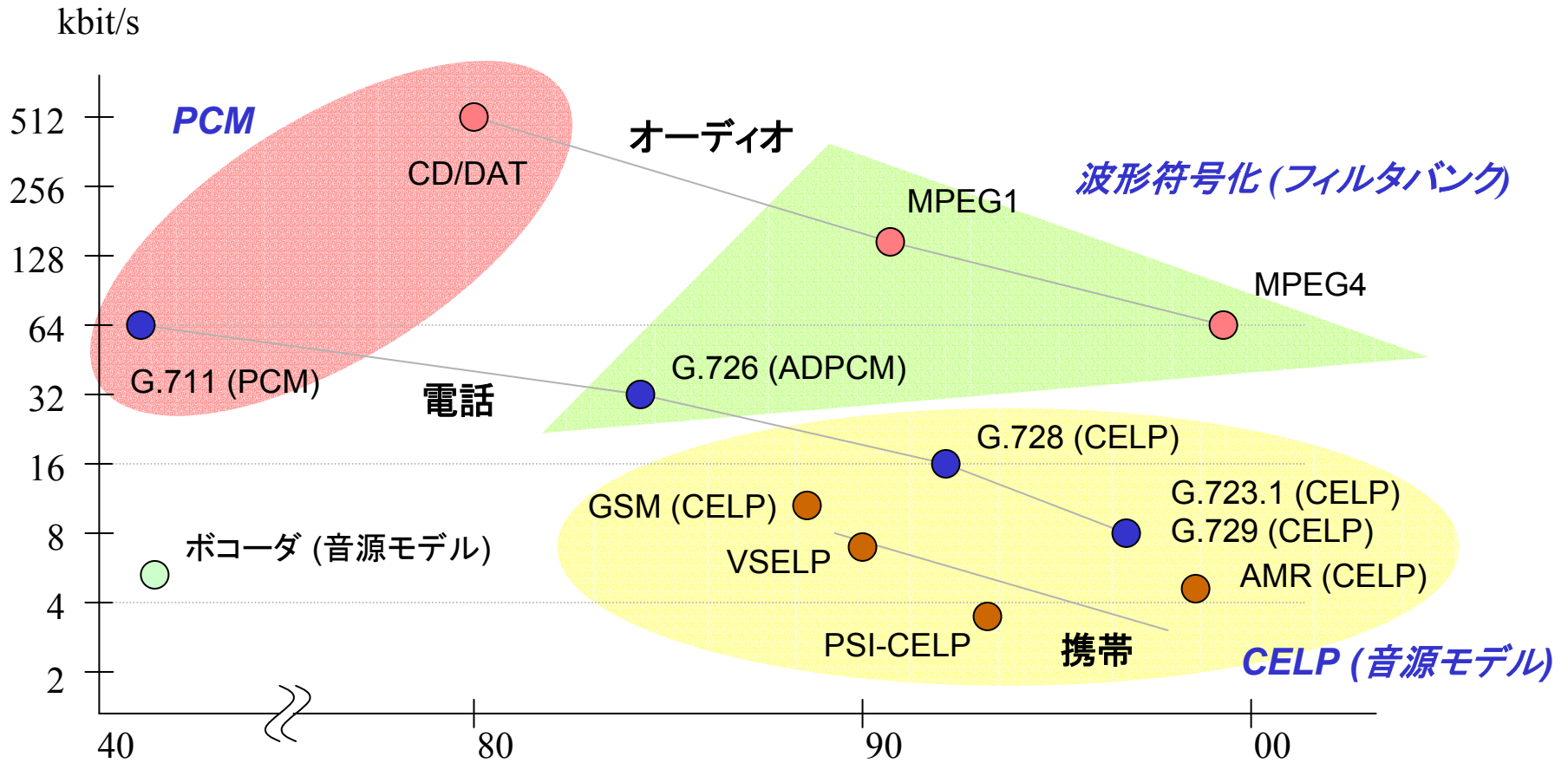
典型的なサンプリングレート

音声：  
8 kHz、8 ビット

オーディオ：  
22.5, 44.1, 48 kHz、16 ビット

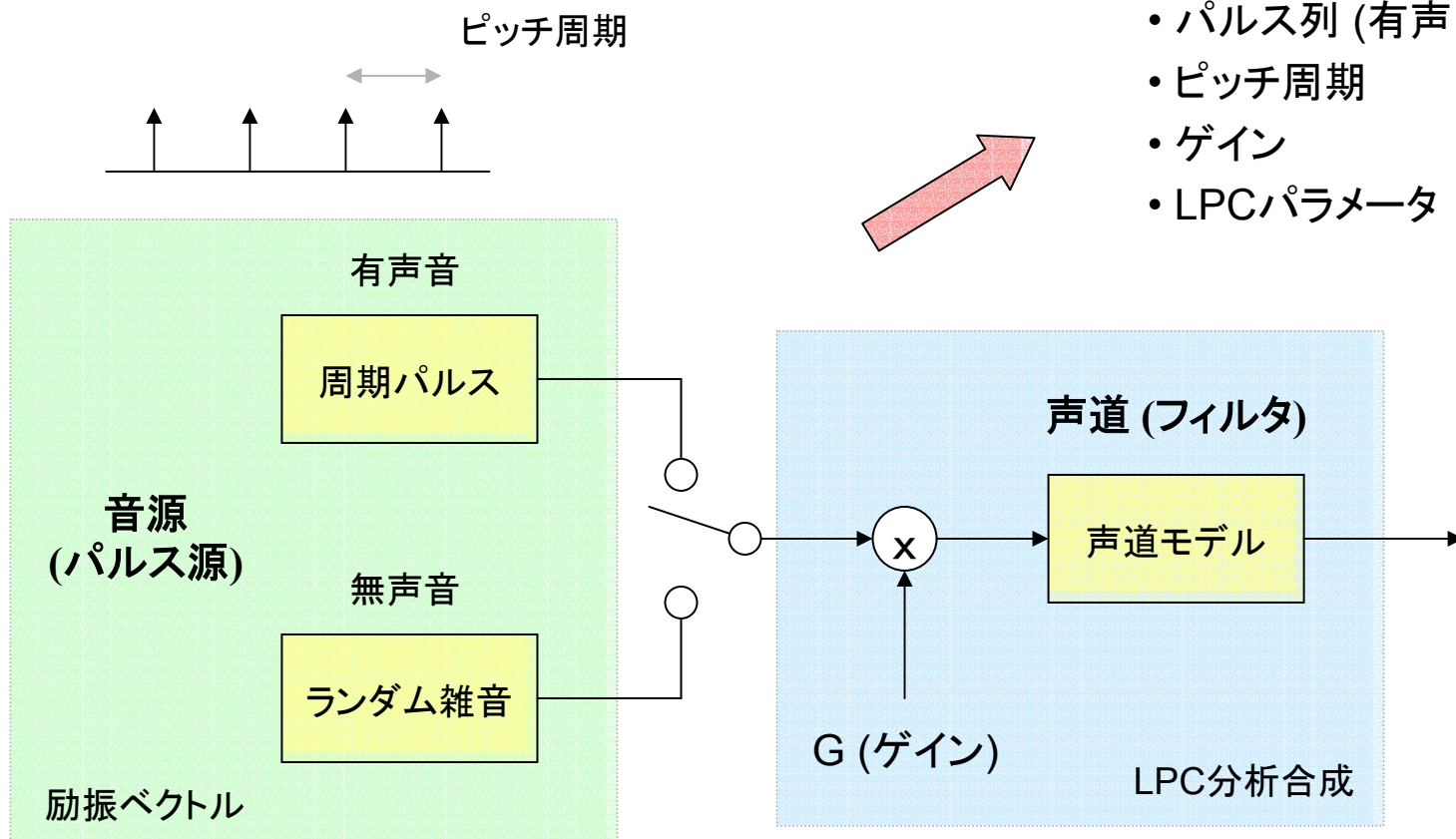


# 音声・オーディオ符号化の歴史



# 音声符号化 (1)

## • 音声合成モデル



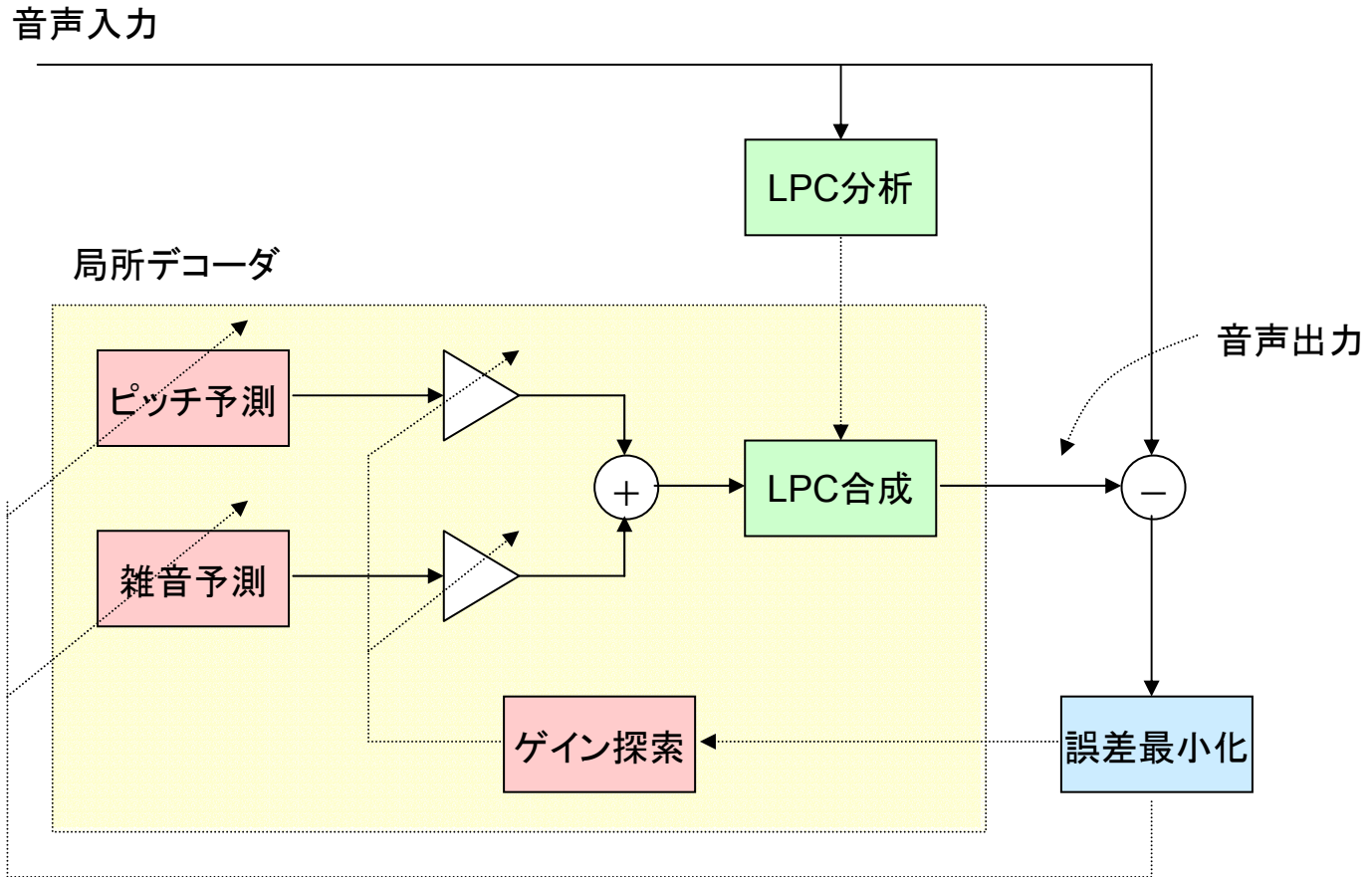
以下のパラメータを推定 (予測) して送信する

- パルス列 (有聲・無聲)
- ピッチ周期
- ゲイン
- LPCパラメータ

# 音声符号化 (2)

CELP: Code Excitation Linear Prediction

## • CELP



# 音声符号化 (3)

LPC: Linear Prediction Coding

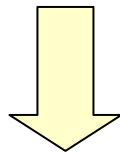
## • LPC 分析 (線形予測分析) : 声道モデル

$$s(n) = \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) + G \cdot u(n)$$

過去の  $k$  個のサンプル値から線形予測

(注) 通常、画像のモデルでは雑音と扱う

$s(n)$ : 音声サンプル  
 $a_k$ : LPC係数  
 $p$ : LPC分析次数  
 $G$ : 励振ゲイン  
 $u(n)$ : 正規化励振項



予測誤差二乗平均の最小化

$$\frac{\partial e(n)}{\partial a_k} = 0$$

$$\sum_{k=1}^p r_n(i-k) \hat{a}_k = r_n(i)$$

$r(k)$ : 自己相関係数  
 $\hat{a}_k$ : 推定LPC係数

自己相関法 (Durbinのアルゴリズム)

# 音声符号化 (4)

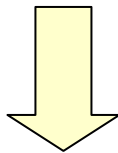
## • ベクトル量子化 : 音源パルス列

励振ベクトルとゲインの探索:

$$d = \| \mathbf{x} - gA\mathbf{c} \| \rightarrow \min$$

となる励振ベクトルとゲインを探索

さまざまな探索手法 ...

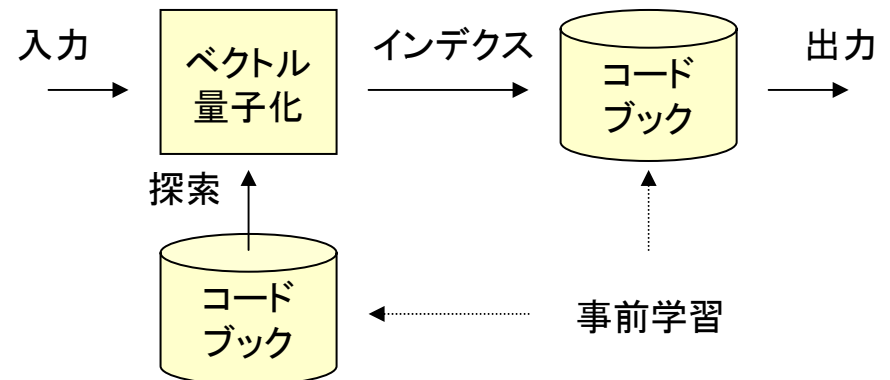


励振ベクトル → ベクトル量子化

ゲイン → スカラー量子化

(声道パラメータ → ベクトル量子化)

$d$ : ひずみ  
 $\mathbf{x}$ : 目標ベクトル (入力音声)  
 $A$ : LPC係数行列  
 $g$ : ゲイン  
 $\mathbf{c}$ : 励振ベクトル (パルス列)

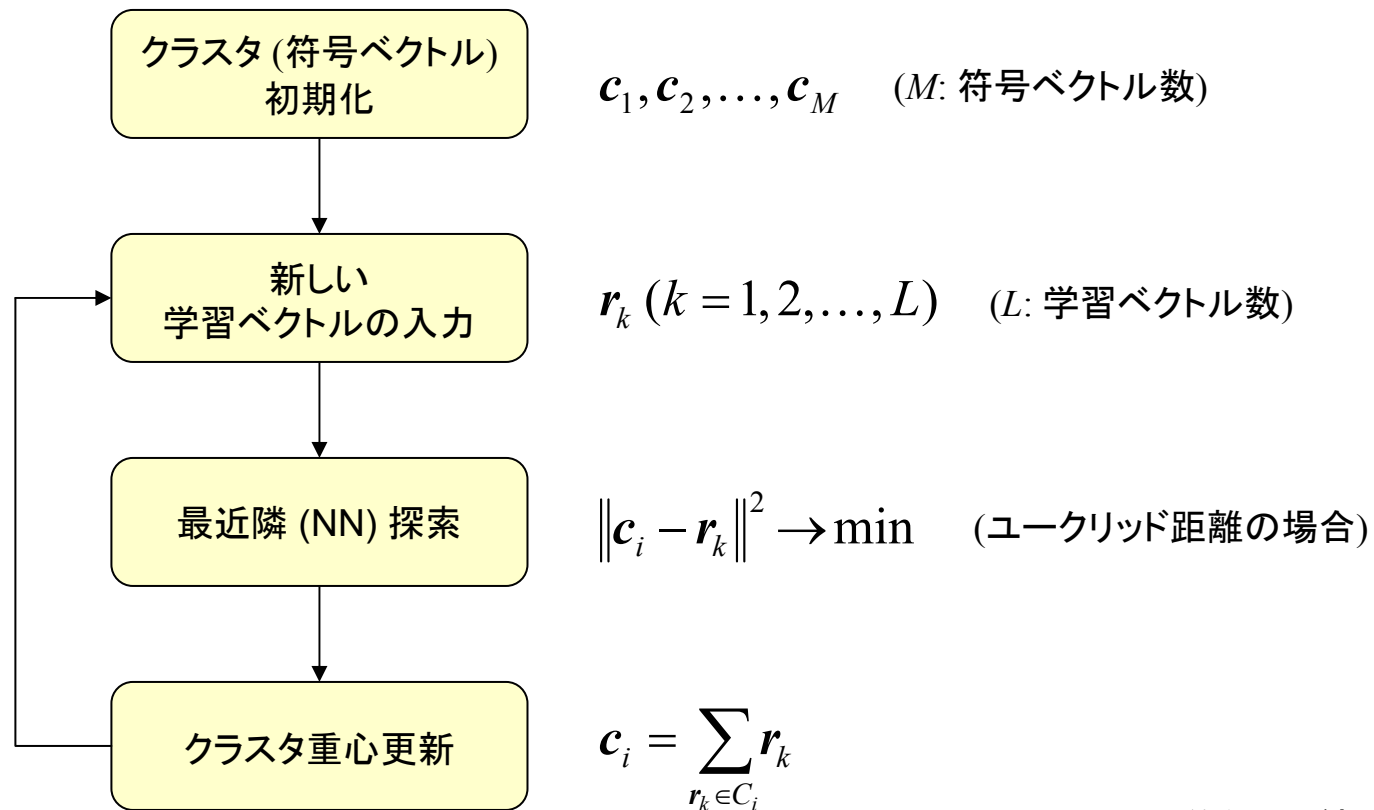




# 音声符号化 (5)

## ベクトル量子化 : コードブックの学習 (1)

K-平均アルゴリズム (一般化 Lloyd アルゴリズム)

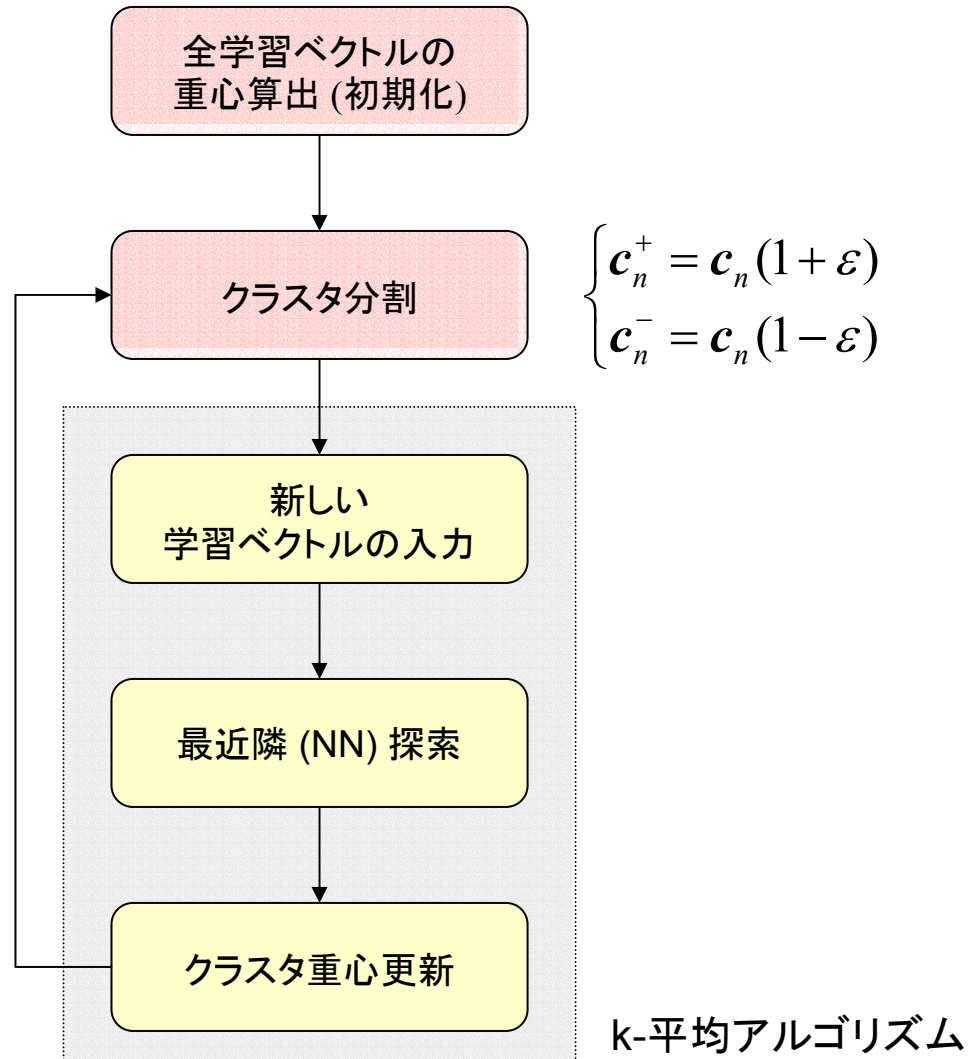


欠点: 最終結果が初期ベクトルに依存

# 音声符号化 (6)

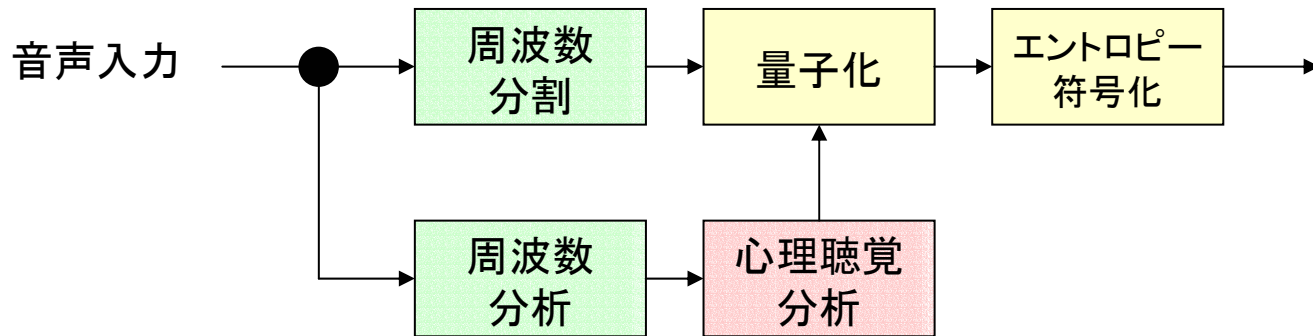
## ベクトル量子化 : コードブックの学習 (2)

LBG アルゴリズム



# オーディオ符号化 (1)

## • オーディオ符号化の基本

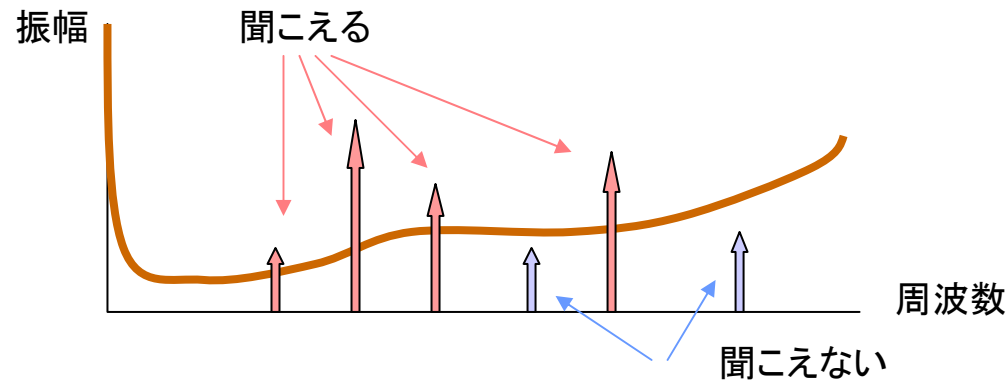


- 周波数分割、周波数分析: FFT、サブバンド分割 (QMF)、MDCT
- 心理聴覚分析: 絶対閾値とマスキング
- 量子化、エントロピー符号化: スカラー量子化とハフマン符号

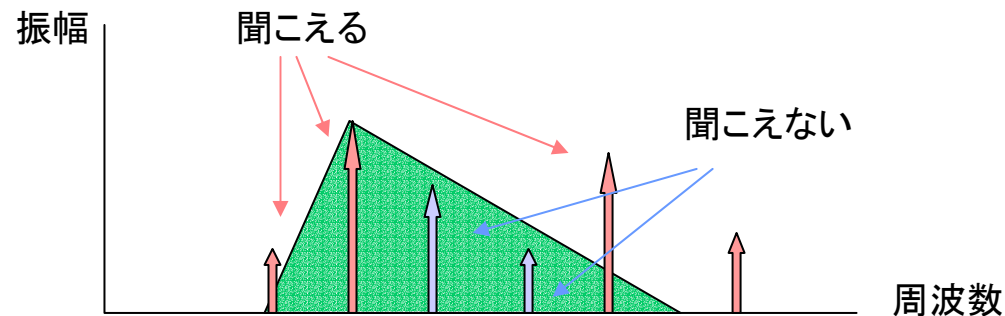
# オーディオ符号化 (2)

## • 心理聴覚分析

絶対閾値：人間は絶対可聴閾値よりも大きな音しか知覚できない

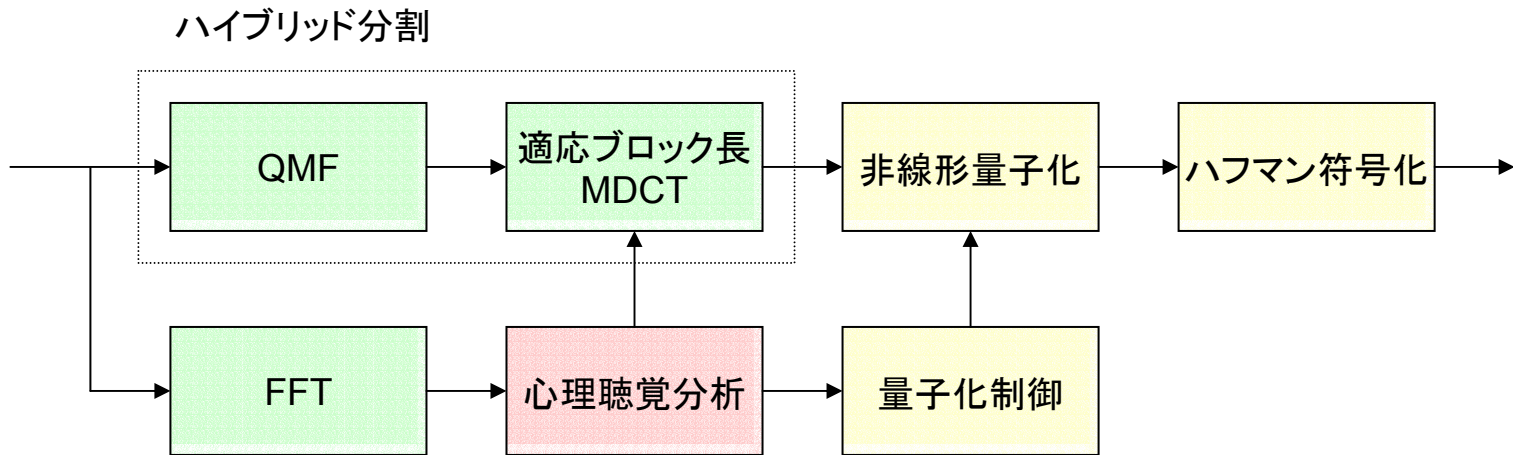


マスキング (相対閾値)：大きな音の周波数の近傍の小さな音の周波数は知覚できない

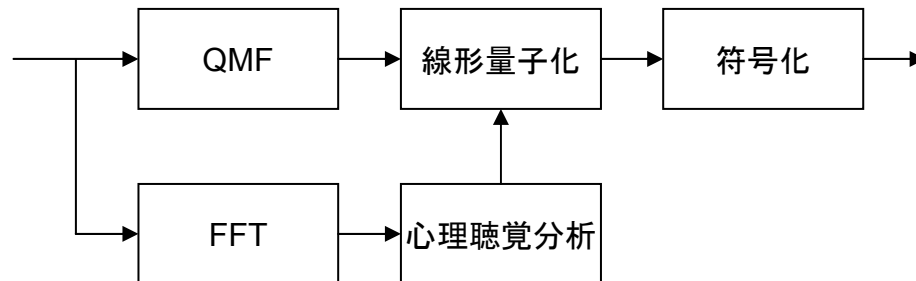


# オーディオ符号化 (3)

- MP3 (MPEG-1 Layer III)

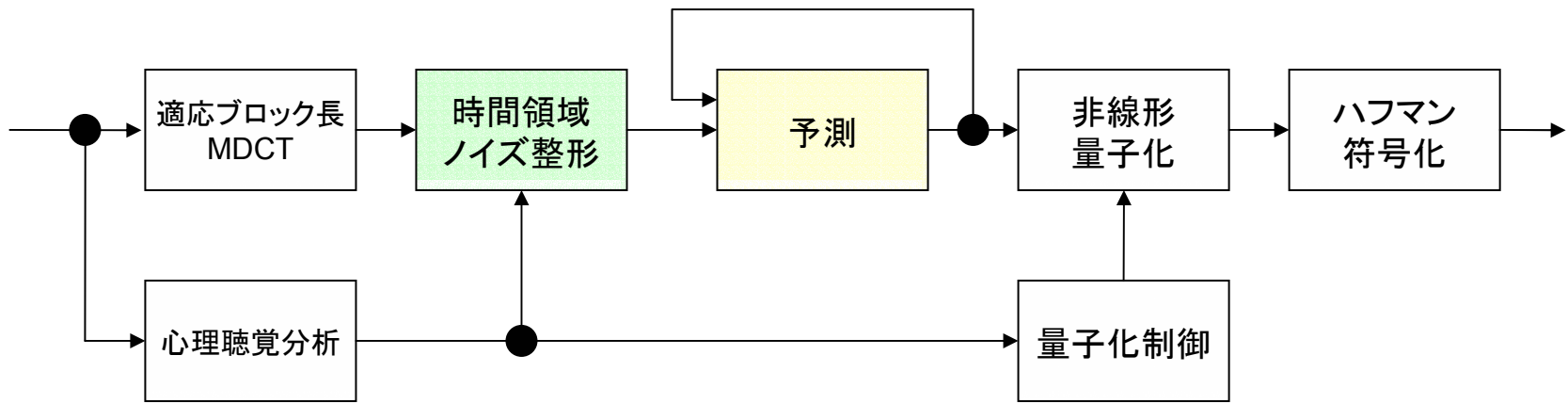


cf. Layer I, II



# オーディオ符号化 (4)

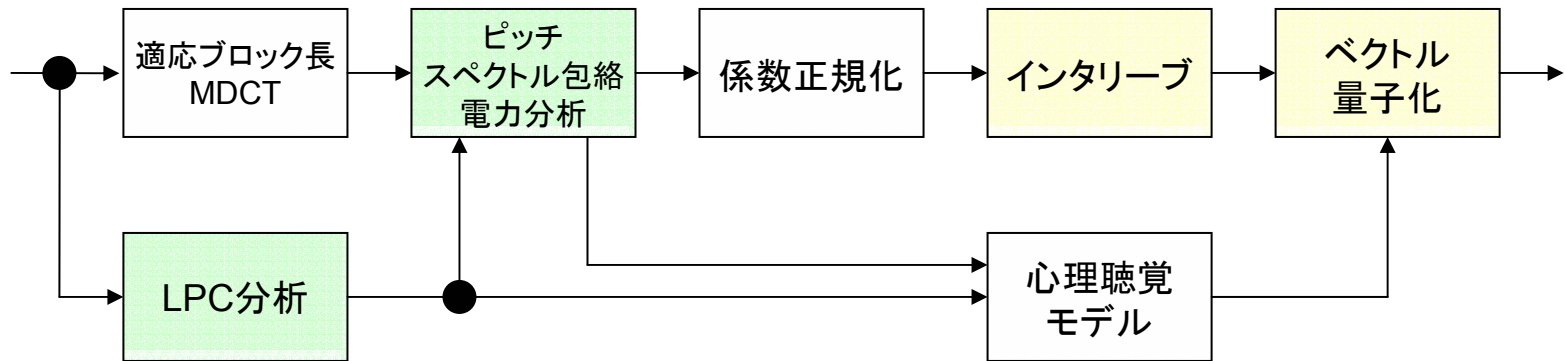
## • MPEG-2 AAC



- 時間領域ノイズ整形 (for transient signals): 一部のMDCT係数を時系列とみなして線形予測 (LPC) 分析。振幅の大きい部分に量子化雑音が集中する (ノイズ整形)。
- 予測 (for stationary signals): MDCT係数毎に、過去2フレームのMDCT係数から予測。入力が定常的な場合に有効。

# オーディオ符号化 (5)

## • Twin VQ



- LPC分析、ピッチ・スペクトル包絡・電力分析：MDCT係数の平坦化。ベクトル量子化のコードブック削減。
- インターリーブベクトル量子化：適応量子化に替わるひずみの最小化手法。傾向の似た変換係数のグルーピング。

# 音声とオーディオ、ビデオの対比

- 音声符号化

PCM → 波形符号化 → 分析合成符号化 (音声合成モデル)

- オーディオ符号化、ビデオ符号化

PCM → 波形符号化

オーディオ合成モデル: 楽器 (+ ボーカル)

ビデオ合成モデル: コンピュータグラフィックス?

分析合成手法の試み (ブレークスルーにはなっていない):

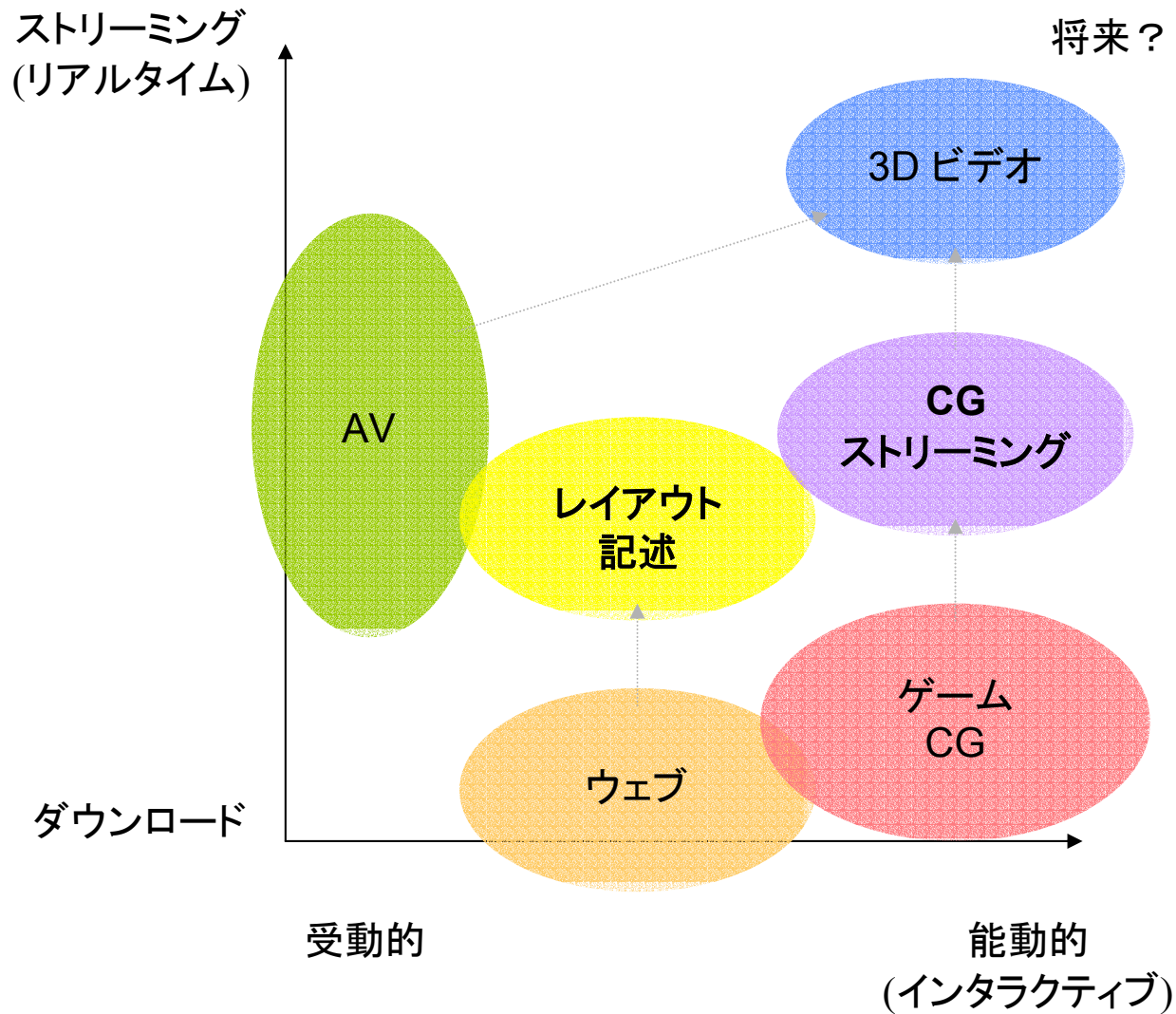
オーディオ符号化: 音源分離

ビデオ符号化: 知的符号化 (顔画像アニメーション)



**SMIL**

# コンテンツの進化

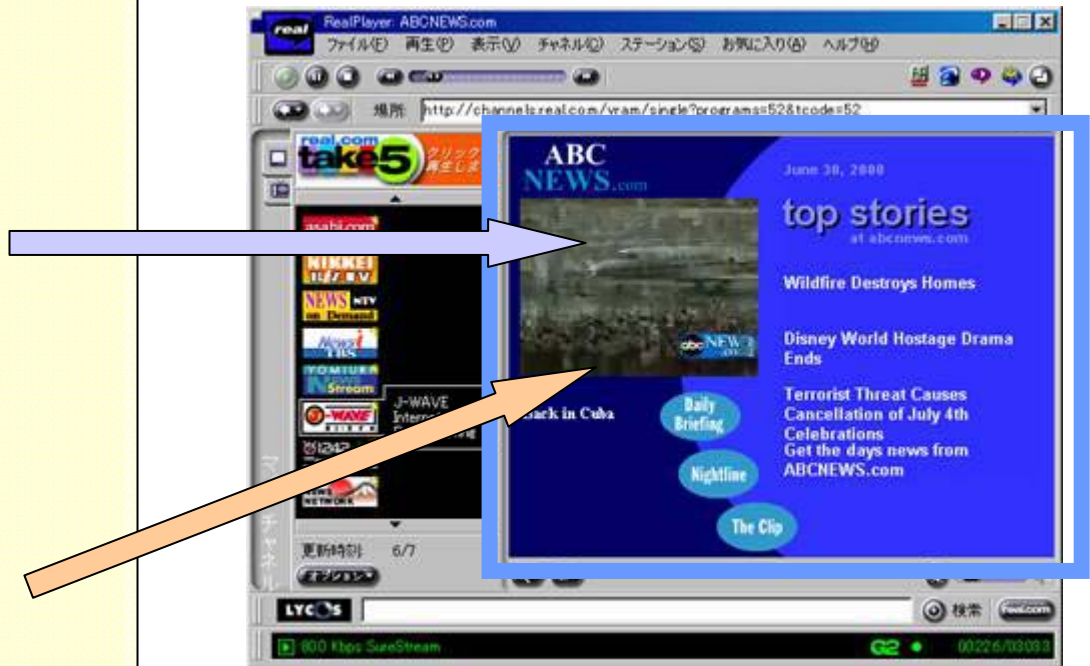


# SMIL

\* Synchronized Multimedia Integration Language

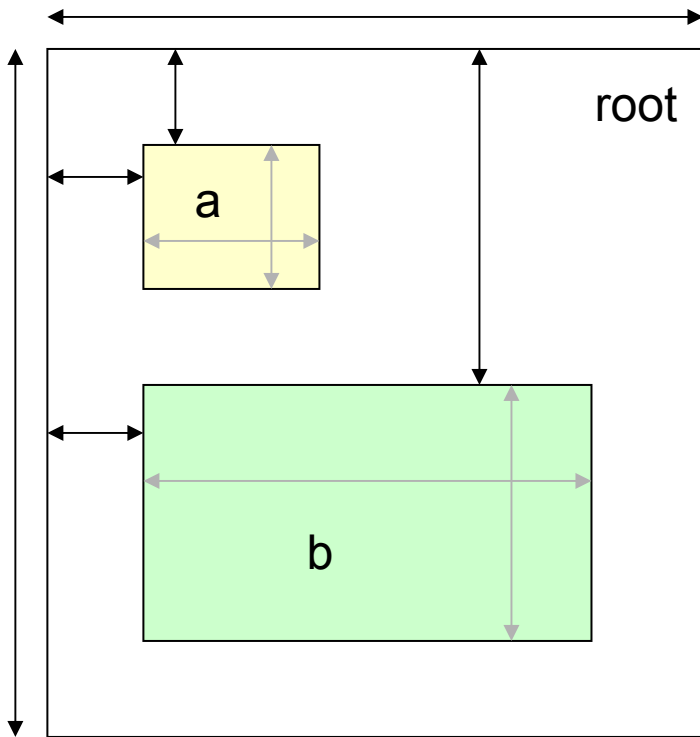
・ ストリーミングのためのレイアウト記述言語

```
<smil>
<head>
  <layout>
    レイアウト記述
  </layout>
</head>
<body>
  <par>
    メディア記述
  </par>
</body>
</smil>
```



\* XML ベース... HTML に慣れていれば習得は簡単

# レイアウト記述



表示画面

```
<root-layout width="500" height="400"/>  
<region id="a" top="50" left="50"  
        width="100" height="80" />  
<region id="b" top="200" left="50"  
        width="400" height="200" />
```

レイアウト記述

# メディア記述

```
<par>
  <video region="b" src="rtsp://www.foo.ac.jp/guide.sdp" />
  <seq>
    
    
    
  </seq>
</par>
```

ストリーミング

<par> メディア1, メディア2, ... </par>

複数メディアの「並列」再生

<seq> メディア1, メディア2, ... </seq>

複数メディアの「逐次」再生

<video>, <audio>, <img>, ...

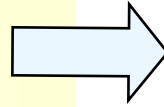
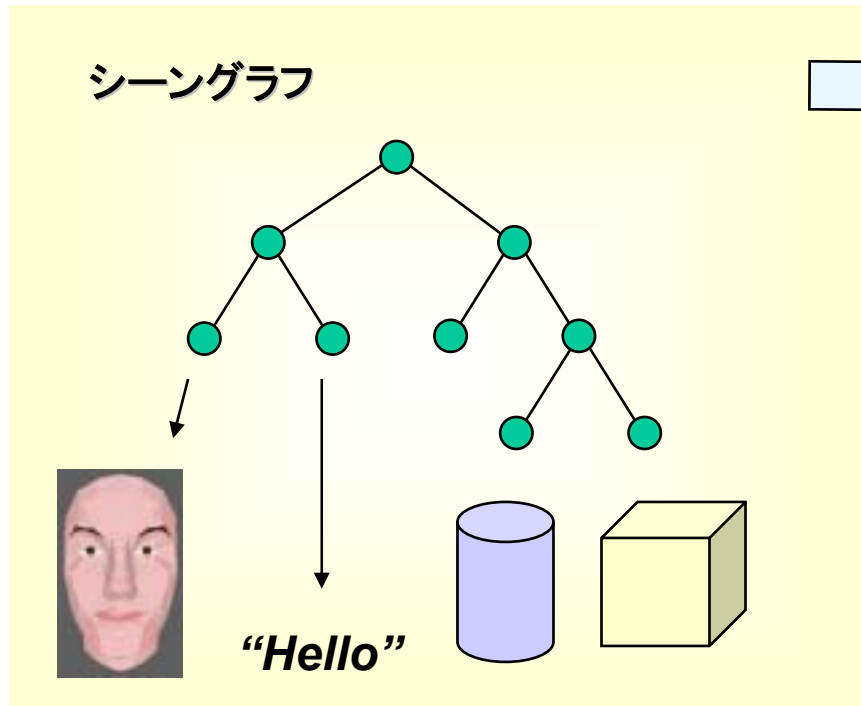
各種メディアタグ

グラフィクス

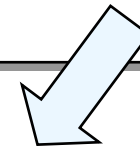
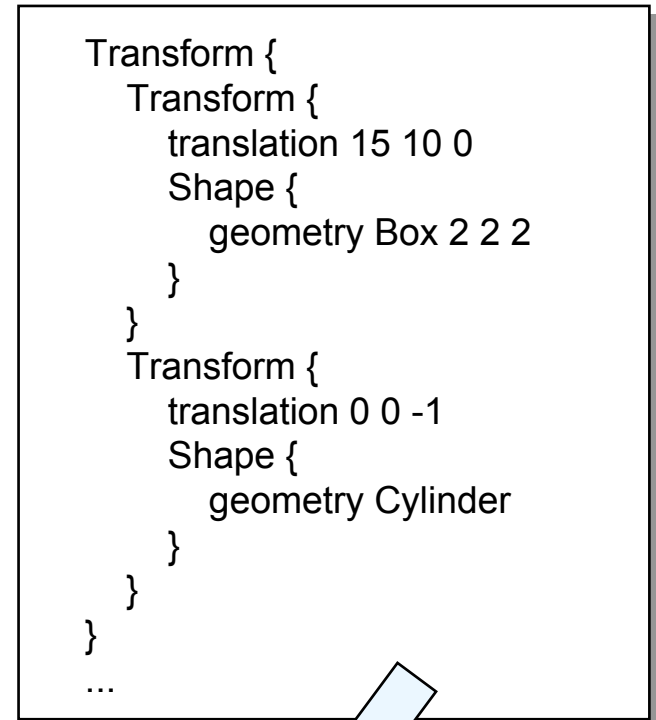
# VRML

\* Virtual Reality Modeling Language

## ・ 三次元CGの記述フォーマット



VRML記述



シーン合成

# VRML 2.0 のノード一覧

## グループ:

Billboard  
Group  
Inline  
LOD  
Switch  
Transform

## 形状:

Shape  
Box  
Cone  
Cylinder  
ElevationGrid  
Extrusion  
IndexedFaceSet  
IndexedLineSet  
PointSet  
Sphere  
Text

## 形状特性:

Coordinate  
Color  
Normal  
TextureCoordinate

## アピアランス:

Appearance  
Material  
ImageTexture  
PixelTexture  
MovieTexture  
TextureTransform

## 光源、視点:

DirectionalLight  
PointLight  
SpotLight  
Viewpoint

## センサ:

Anchor  
Collision  
CylinderSensor  
PlaneSensor  
ProximitySensor  
SphereSensor  
TimeSensor  
TouchSensor  
VisibilitySensor

## インタポレーター:

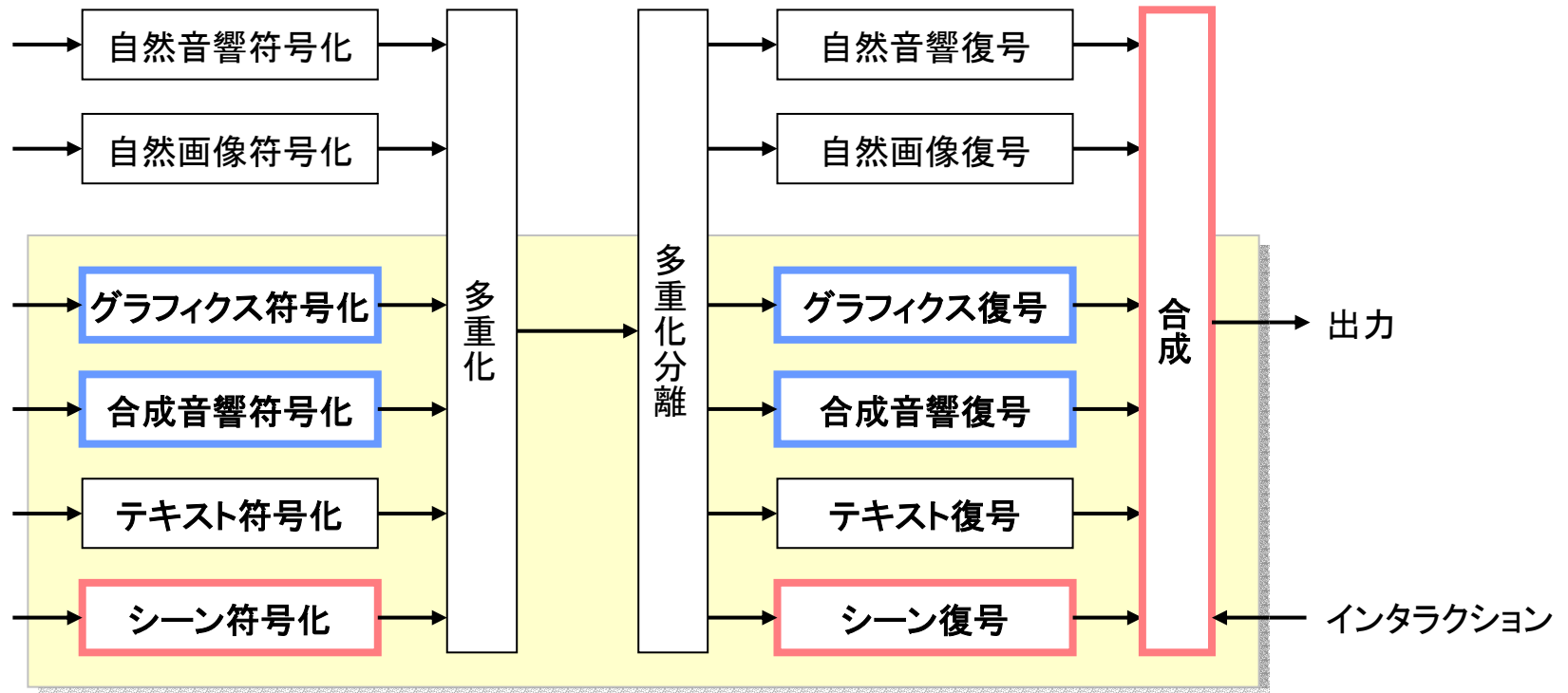
ColorInterpolator  
CoordinateInterpolator  
NormalInterpolator  
OrientationInterpolator  
PositionInterpolator  
ScalarInterpolator

## その他:

AudioClip  
Background  
Fog  
FontStyle  
NavigationInfo  
Script  
Sound  
WorldInfo



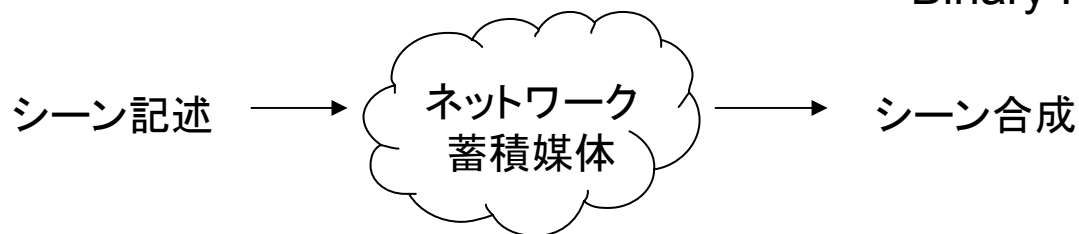
# MPEG-4 Systems/SNHC



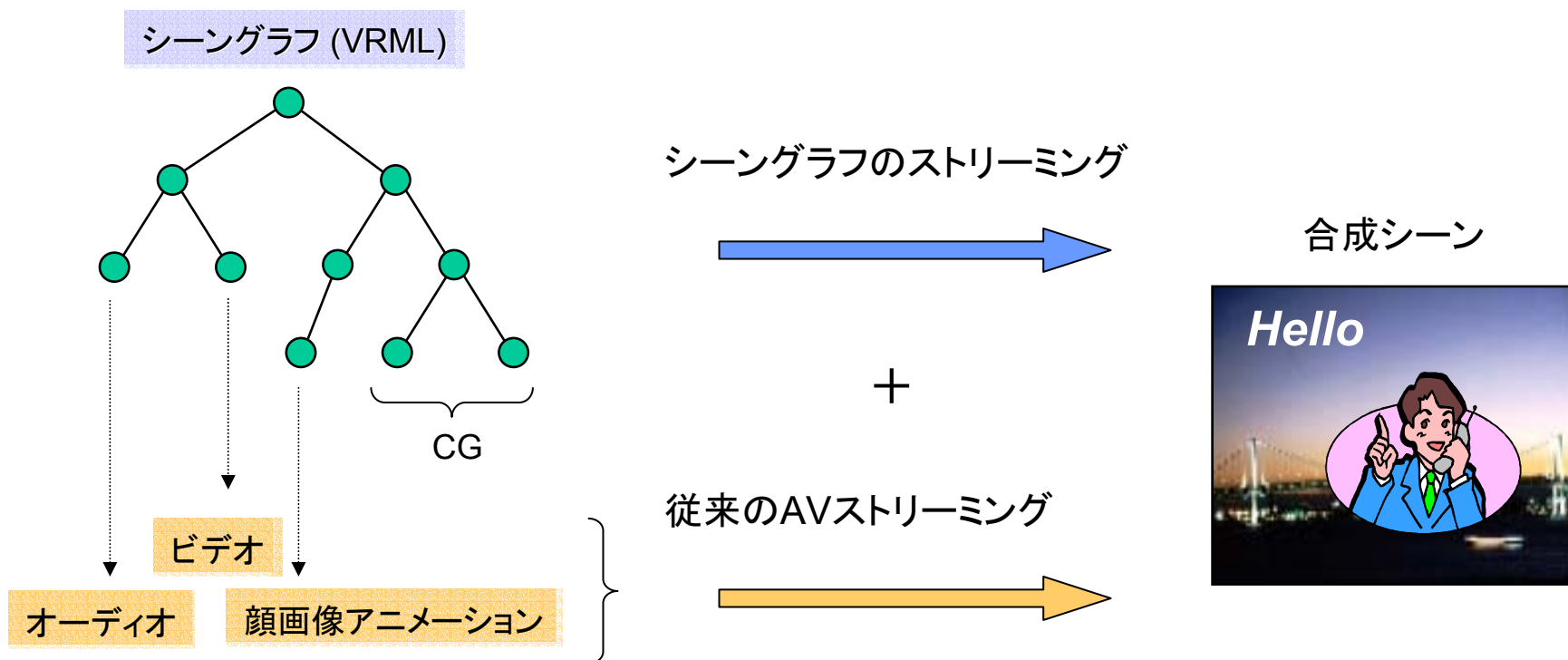
目的: 従来の AV 系システムへの CG、コンピュータミュージックの取り込み

# (1) シーン記述 (MPEG4 BIFS)

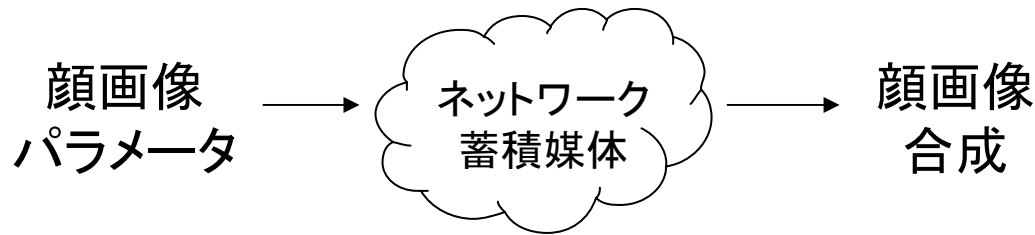
\* Binary Format for Scene



## VRMLのストリーミング拡張



## (2) 顔画像アニメーション



顔画像パラメータ:

### FAP (Facial Animation Parameter)

顔の基本的な動きの表現。

FAP 初期値で基本的な顔を転送。以下は差分を転送 (ストリーミング)。

FAP を与えない場合には「ニュートラルフェイス」を使用。

### FDP (Facial Definition Parameter)

FAP で与えられる一般的な顔画像のカスタマイズ。

セッション開始時に転送 (オプション)。

## (3) 人体アニメーション



人体パラメータ:

### **BAP** (Body Animation Parameter)

人体の基本的な動きの表現。

BAP 初期値で基本的な人体を転送、以下は差分を転送 (ストリーミング)。

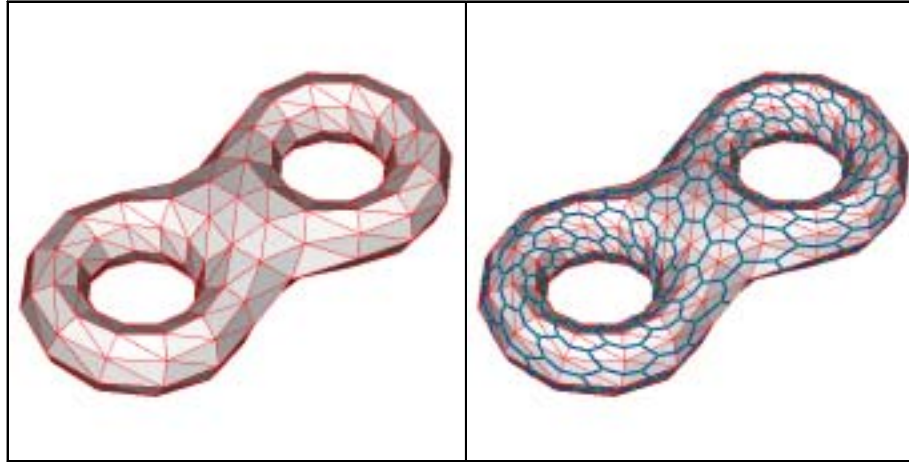
BAP を与えない場合には「デフォルト人体」を使用。

### **BDP** (Body Definition Parameter)

BAP で与えられる一般的な人体のカスタマイズ。

セッション開始時に転送 (オプション)。

## (4) 三次元メッシュ符号化



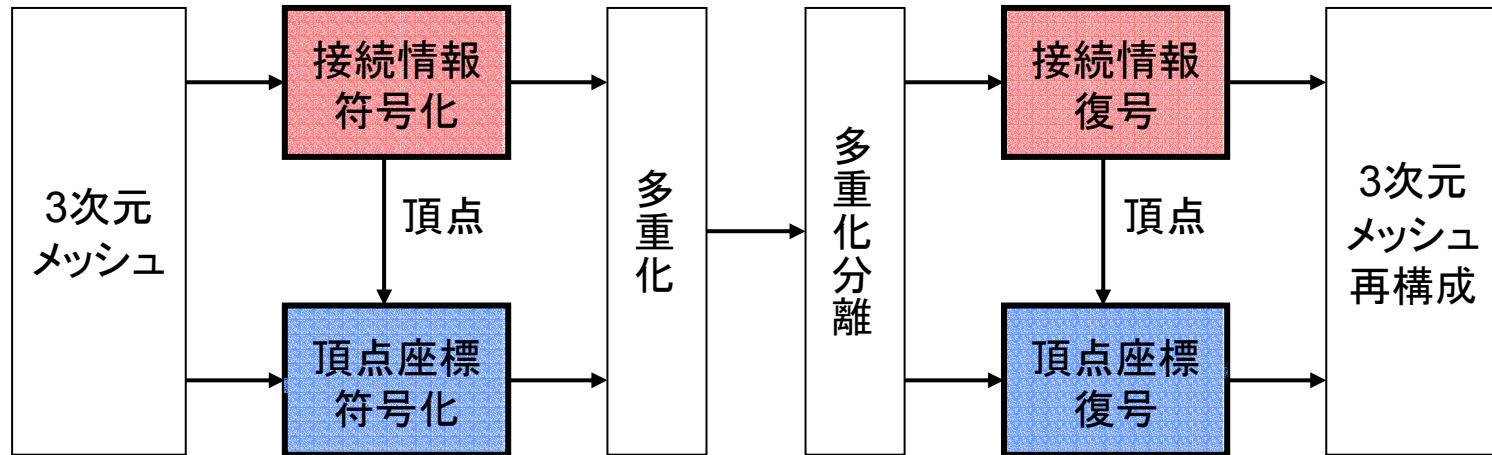
### 三次元メッシュ:

ポリゴンの頂点座標 + 頂点間の接続情報 + 各種特性情報

### 三次元メッシュ符号化:

上記の三次元メッシュ記述の圧縮

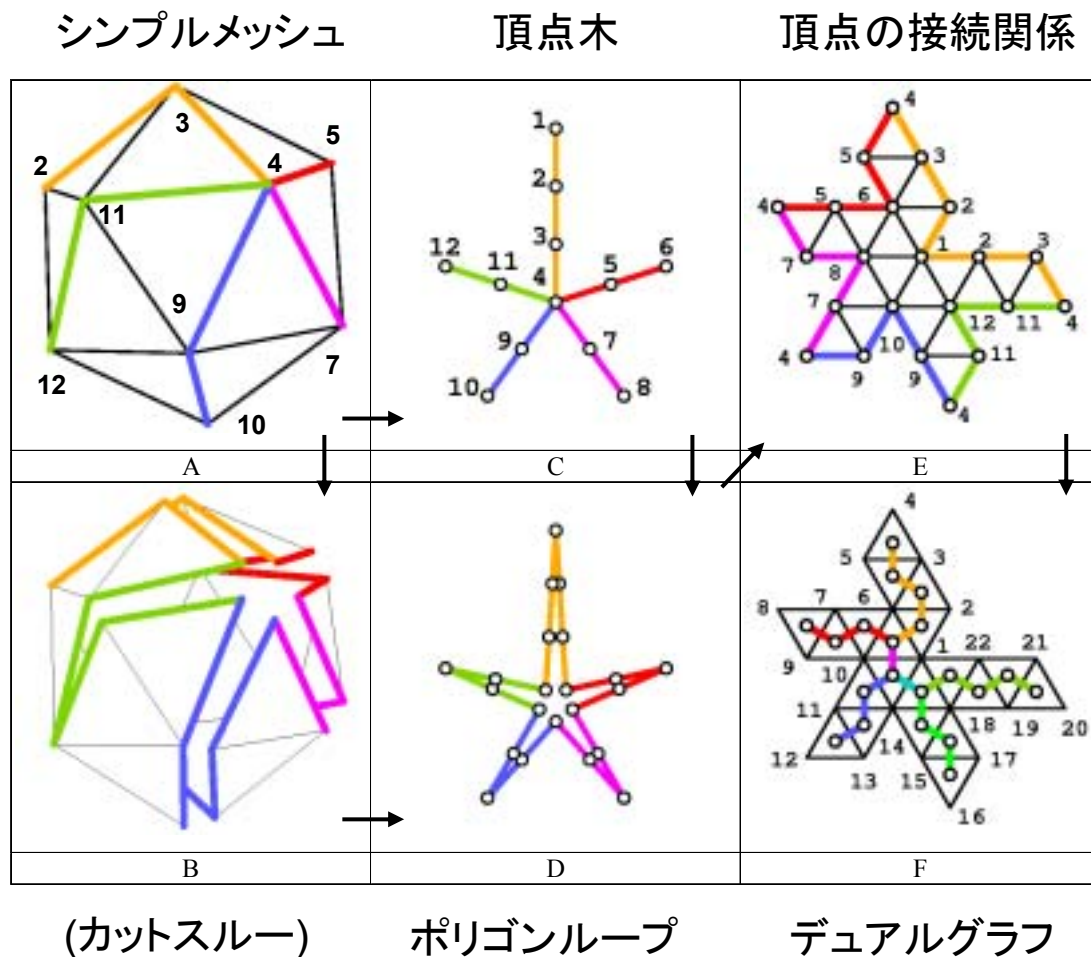
# メッシュ符号化のブロック図



## 三段階の符号化:

1. ポリゴン頂点の接続情報 (**connectivity**) の符号化
2. ポリゴン頂点の三次元座標 (**geometry**) の符号化
3. 色、法線、テクスチャ座標などの特性 (**property**) の符号化

# 接続情報の符号化 [1]



三次元メッシュ (A)



一頂点の選択と  
頂点木の作成 (C)



二次元平面に展開 (E)  
(一番外側が選択頂点)



デュアルグラフ (双対木)  
の作成 (F)

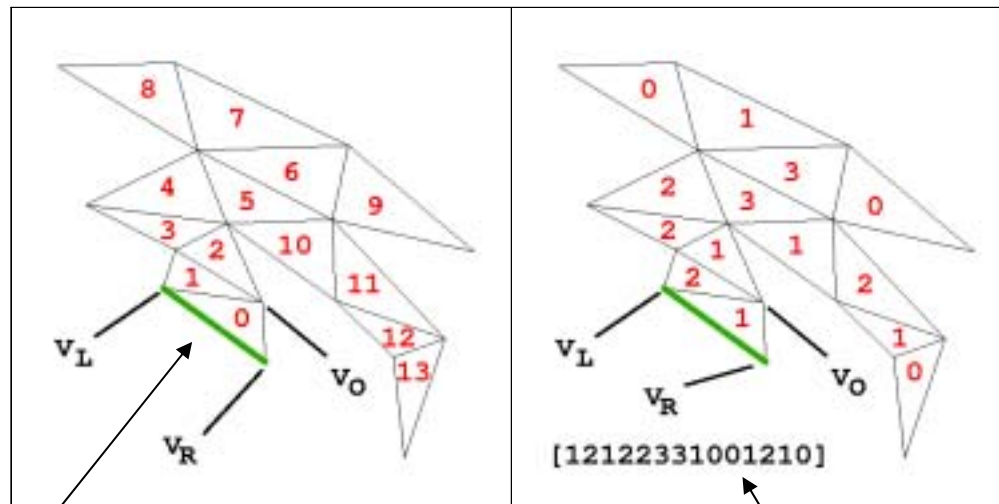


双対木の符号化  
(次ページ)

# 接続情報の符号化 [2]

ポリゴン

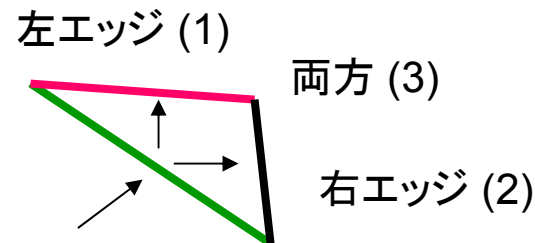
接続関係の符号化



ルート (開始線)

符号化結果

符号化ルール



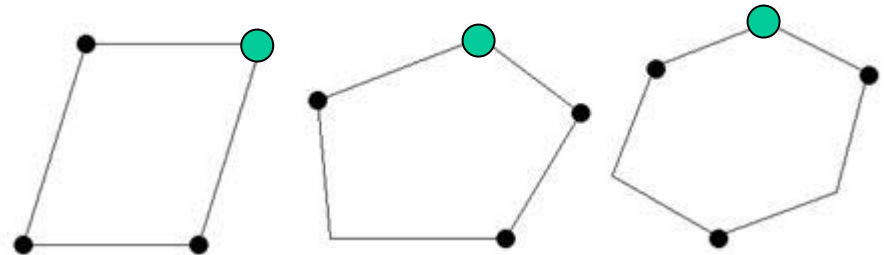
現在のエッジ



# 頂点座標の符号化

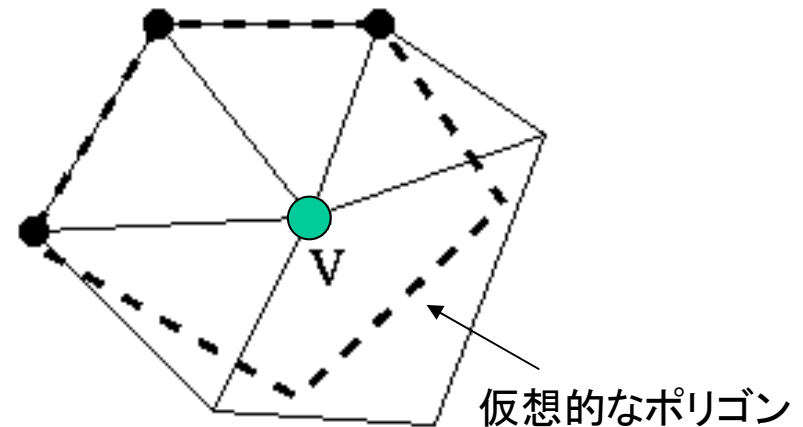
## (1) ポリゴンによる予測

符号化対象の頂点を、ポリゴンを構成する頂点の一つと仮定して、座標を外挿予測。  
予測誤差を符号化。

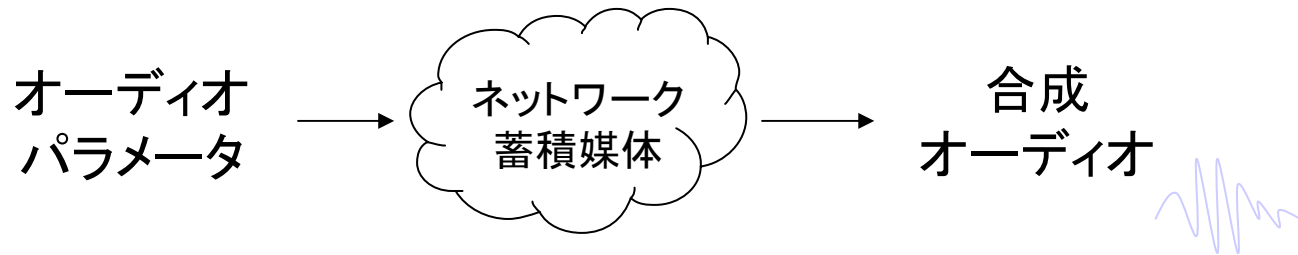


## (2) 平均による予測

符号化対象の頂点を、それを囲むポリゴンの重心と仮定して、座標を内挿予測。  
予測誤差を符号化。



# (5) 合成オーディオ



## オーディオ合成パラメータ:

SAOL (Structured Audio Orchestra Language):

楽器の特徴、信号処理方法を記述する言語 ... 音源物理モデルに相当。

SASL (Structured Audio Score Language):

楽譜情報を記述するフォーマット ... MIDI に相当。

SABSF (SA Bank Sample Format):

音源波形をそのまま使うフォーマット ... PCM 音源に相当。

# 関連情報

# SMILエディタ

- SMILファイル作成支援ツール (オーサリングツール)
  - GRiNS Editor for SMIL (Oratrix: trial)  
<http://www.oratrix.com/>
  - SMIL Composer (Sausage Software: free)  
<http://autodownload.sausage.com/>
  - Fluituion (Confluent Technologies: trial)  
<http://autodownload.sausage.com/>
  - SMIL Editor (NTT DoCoMo システムズ: trial)  
<http://smileditor.docomo-sys.net/index.html>

# その他

## **MPEG-4/VRML:**

- Broadcast Studio (MPEG-4 BIFS)

<http://www.envivio.com>

## **三次元形状圧縮、ストリーミング:**

- Metastream (階層化メッシュ + CGストリーミング)

<http://www.viewpoint.com>

- XVL (曲面記述を活用した形状圧縮)

<http://www.lattice.co.jp>

- SpaceStream (VRML + AV/CGストリーミング)

<http://www.sony.co.jp/Products/spacestream/>