

## マルチメディア配信システム - No.6 3次元映像圧縮技術 -

渡辺 裕

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

1

## Multimedia Distribution System - No.6 3-Dimensional Video Compression Technology -

Hiroshi Watanabe

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

2

## 多視点映像符号化

- 複数のカメラによる映像キャプチャ
  - 1D配列
    - 直線状配置
      - 平行に配置(Parallel)
      - 中心に向けた配置 (Convergence)
    - 円弧配置 (Arc)
  - 2D配列
    - 2次平面状配置
- 任意の視点のステレオ映像を再生

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

3

## Multi-view Video Coding

- Video Capture by Multiple cameras
  - 1D Alignment
    - Linear set
      - Parallel
      - Convergence
    - Arc set
  - 2D Alignment
    - Plane like setting
- Display an arbitrary stereo images

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

4

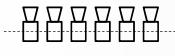
## 配置

- 直線状配置
  - 
  - Parallel
  - 
  - Convergence
- 円弧配置
  - 

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

5

## Alignment

- Linear Set
  - 
  - Parallel
  - 
  - Convergence
- Arc Set
  - 

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

6

## MVC 要求条件

- データ圧縮関連の要求条件
  - 圧縮効率
  - 視点映像スケーラビリティ
    - 符号化データから所望の視点映像の符号化データだけを取り出す機能
  - 視点映像ランダムアクセス
    - 符号化データの中から所望の視点映像を遅延なく復号する機能
  - 自由視点スケーラビリティ
    - 撮影していないカメラ位置の視点映像を生成するために必要な画像情報の符号化データだけを取り出す機能

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

7

## MVC Requirements

- Compression Related Requirements
  - Compression Efficiency
  - View Scalability
    - Retrieve coded data of the desired viewpoint images only
  - View Random Access
    - Decode the desired viewpoint images without delay
  - Free Viewpoint Scalability
    - Function to retrieve the coded data necessary to generate an arbitrary viewpoint images

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

8

## MVC 要求条件 (2)

- (続き)
  - 空間/時間/SNRスケーラビリティ
  - 後方互換性
  - 低遅延
  - 頑健性
  - 解像度, ビット深度, 色差サンプルフォーマットの柔軟性
  - 視点による画品質の統一性
  - ランダムアクセス

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

9

## MVC Requirements (2)

- (Cont.)
  - Spatial/Temporal/SNR Scalability
  - Backward Compatibility
  - Low Delay
  - Robustness
  - Flexible Resolution, Bit Depth, Chroma Sampling Format
  - Constant Picture Quality Among Views
  - Random Access

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

10

## MVC 要求条件 (3)

- システム関連要求条件
  - 同期
  - 視点映像生成
  - 非平面映像のキャプチャと再生システム
  - カメラパラメータの利用

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

11

## MVC Requirements (3)

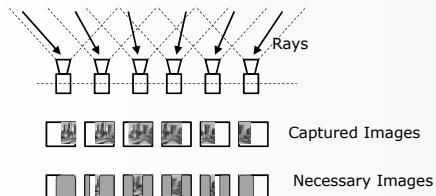
- System Support Related Requirements
  - Synchronization
  - View Generation
  - Non-planar Imaging and Display System
  - Utilization of Camera Parameters

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

12

## 自由視点スケーラビリティの構成

- マスクされていない部分のビットストリームを抽出

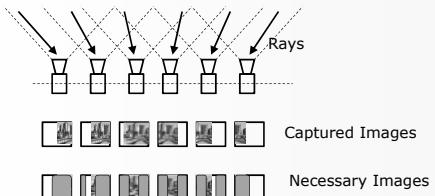


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

13

## Free Viewpoint Scalability

- Retrieive bitstream for unmasked area

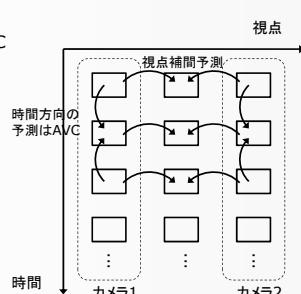


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

14

## 符号化方式

- 時間方向
  - H.264/MPEG4 AVC
- 視点方向
  - 視点補間予測
  - 輝度補償

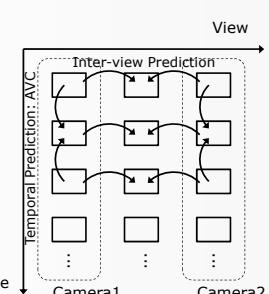


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

15

## Coding Scheme

- Temporal Direction
  - H.264/MPEG4 AVC
- View Direction
  - Inter-view Prediction
  - Illumination Compensation

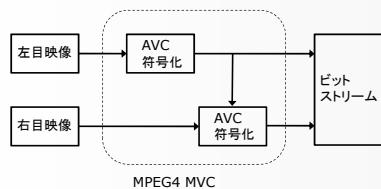


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

16

## アプリケーション

- Blu-ray Disk
  - ステレオ立体映像

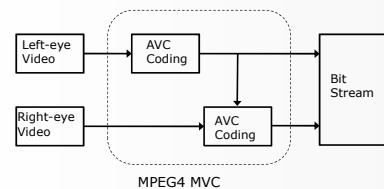


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

17

## Application

- Blu-ray Disk
  - Stereoscopic images

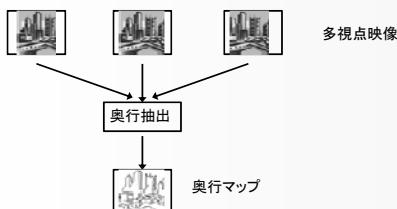


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

18

## 立体映像符号化

- 多視点映像から奥行きマップを抽出

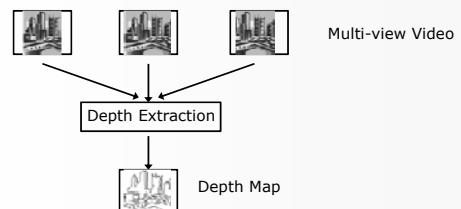


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

19

## 3D-Video Coding

- Extract Depth Map from Multi-view Video

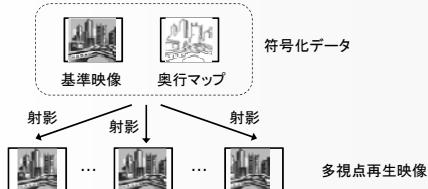


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

20

## 立体映像符号化 (2)

- 基準映像と奥行きマップを符号化
- 任意視点の映像を射影により生成

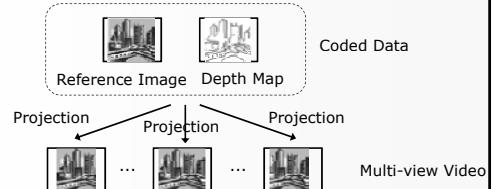


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

21

## 3D-Video Coding (2)

- Encode Reference Image and Depth Map
- Generate an Arbitrary View Point Image by Projection

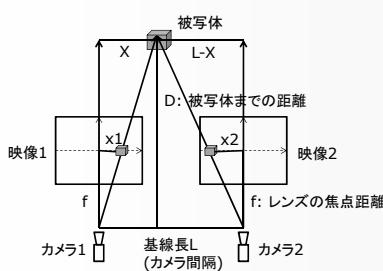


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

22

## 立体映像符号化 (3)

- 被写体の距離と奥行きの関係

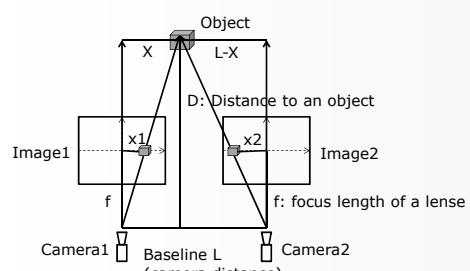


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

23

## 3D-Video Coding (3)

- Relation between distance to an object and depth



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

24

## 立体映像符号化 (4)

- 2画像における被写体の対応点のずれを奥行き量d(視差量)として定義  

$$d = x_1 + x_2$$
- 被写体の対応点の位置は、距離Dと焦点距離fの比率から  

$$x_1/f = X/D$$
  

$$x_2/f = (L-X)/D$$
  
 となるから  

$$d = x_1 + x_2 = fX/D + f(L-X)/D = fL/D$$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

25

## 3D-Video Coding (4)

- Depth (view difference) is defined by location of an object in two images  

$$d = x_1 + x_2$$
- Location of an object is given from the ratio of distance D and focus length f  

$$x_1/f = X/D$$
  

$$x_2/f = (L-X)/D$$
  
 Thus,  

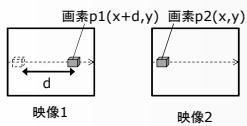
$$d = x_1 + x_2 = fX/D + f(L-X)/D = fL/D$$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

26

## 立体映像符号化 (5)

- ステレオマッチングによる奥行き推定
  - 水平方向に画素をずらしてマッチング
  - $d = \min\{E\}$      $E = |p_1(x+d, y) - p_2(x, y)|$

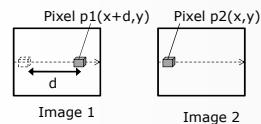


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

27

## 3D-Video Coding (5)

- Depth Estimation by Stereo Matching
  - Matching by shifting a pixel in horizontal direction
  - $d = \min\{E\}$      $E = |p_1(x+d, y) - p_2(x, y)|$



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

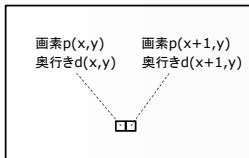
28

## 奥行き値の平滑化

- グラフカットを用いて平滑化

$$d_s = \min_{d} \sum_{x,y=0}^{all} (E + w |d(x+1, y) - d(x, y)|)$$

$$E = |p_1(x+d) - p_2(x, y)|$$



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

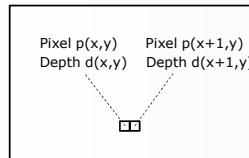
29

## Depth Smoothing

- Smoothing by Graph Cut

$$d_s = \min_{d} \sum_{x,y=0}^{all} (E + w |d(x+1, y) - d(x, y)|)$$

$$E = |p_1(x+d) - p_2(x, y)|$$

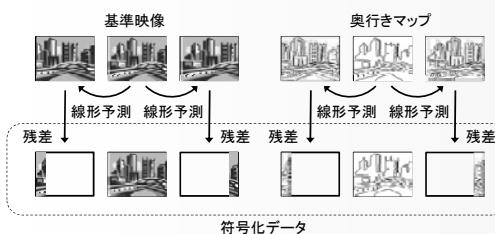


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

30

## 奥行き映像の符号化

- 視点映像間で、映像と奥行きの両者を予測符号化

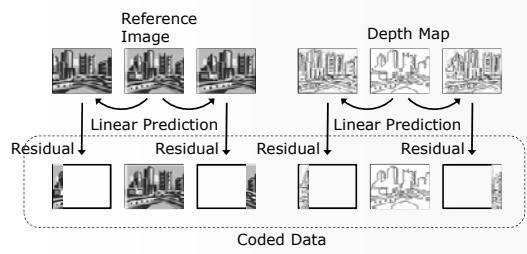


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

31

## Depth Map Coding

- Predictive Coding is applied to Images and Depth Maps between Views



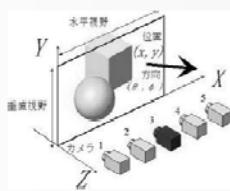
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

32

## 自由視点映像

- 光線空間法による表現

- 光線が基準面を通過する位置と角度
- 位置(X,Y)
- 角度( $\theta, \Phi$ )



<http://www.tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp/study/FTV/rayspace.html>

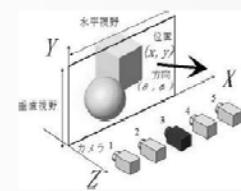
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

33

## Free Viewpoint Video

- Ray Space Representation

- Location and Angle where ray pass through the reference plane
- Location(X,Y)
- Angle( $\theta, \Phi$ )



<http://www.tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp/study/FTV/rayspace.html>

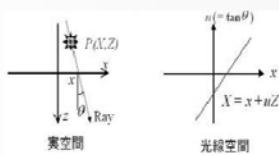
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

34

## 光線空間法

- 実空間と光線パラメタの関係

- $Y = \text{const.}$ ,  $\Phi$ を無視して簡単化
- 座標(X, Z,  $\theta$ )が、基準面を光線が通る位置、角度
- $X = x - (-Z)\tan\theta = x + Z\tan\theta$



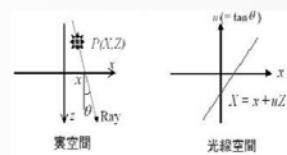
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

35

## Ray Space

- Relation between real space and ray space parameters

- $Y = \text{const.}$ , simplify by ignoring  $\Phi$
- Location(X, Z,  $\theta$ ) where ray pass through the plane
- $X = x - (-Z)\tan\theta = x + Z\tan\theta$

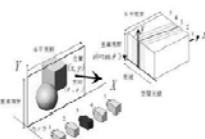


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

36

## 光線空間法 (2)

- 複数のカメラ撮影による光線空間の取得
  - $\tan\theta = (X-x)/Z$  ( $Z < 0$ )
  - 正面では $X=x$ であり,  $\tan\theta=0$
  - 右側では $x$ は増加,  $\tan\theta$ は $-x/Z$  ( $Z < 0$ )であるから増加
  - 左側では $x$ は減少,  $\tan\theta$ も減少

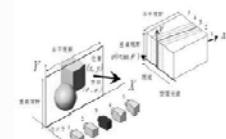


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

37

## Ray Space (2)

- Obtain ray space by multiple cameras
  - $\tan\theta = (X-x)/Z$  ( $Z < 0$ )
  - At camera3,  $X=x$ ,  $\tan\theta=0$
  - Rightside,  $x$  increases,  $\tan\theta$  increases
  - Leftside,  $x$  decreases,  $\tan\theta$  decreases

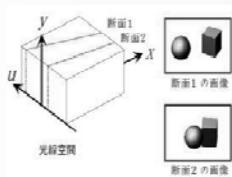


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

38

## 光線空間法 (3)

- 任意視点画像の生成は光線空間の切り出しによる
  - 右側からの画像は $u=\tan\theta$ が大きい断面, 傾斜急: 近く
  - 左側からの画像は $u=\tan\theta$ が小さい断面, 傾斜緩: 遠く

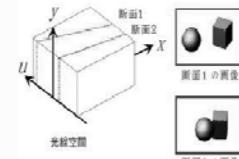


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

39

## Ray Space (3)

- Generation of an arbitrary viewpoint image is performed by cutting out a certain plane
  - Image from right,  $u=\tan\theta$  is large, steep: near
  - Image from left,  $u=\tan\theta$  is small, gradual: far

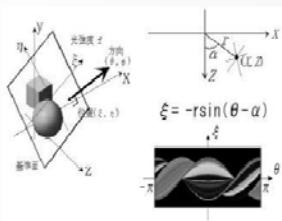


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

40

## 光線空間法 (4)

- 球座標系による光線空間の記述
  - $\tan\theta = (X-x)/Z$  ( $Z < 0$ )
  - $\tan\theta = (rsin\alpha - rsin\theta)/rcos\alpha$

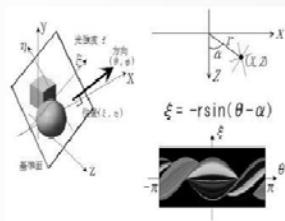


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

41

## Ray Space (4)

- Ray space representation by spherical coordinates
  - $\tan\theta = (X-x)/Z$  ( $Z < 0$ )
  - $\tan\theta = (rsin\alpha - rsin\theta)/rcos\alpha$



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

42