



伝統舞踊の3次元映像 アーカイブに関する研究： 放送映像コンテンツへの応用

相澤清晴
(東京大学情報理工学系研究科)

岩館祐一 内海章 山崎俊彦
(NHK技研) (ATR) (東大)

3次元映像による伝統舞踊アーカイブ

■幾何モデルベースの3次元映像



demo1



demo3



demo2

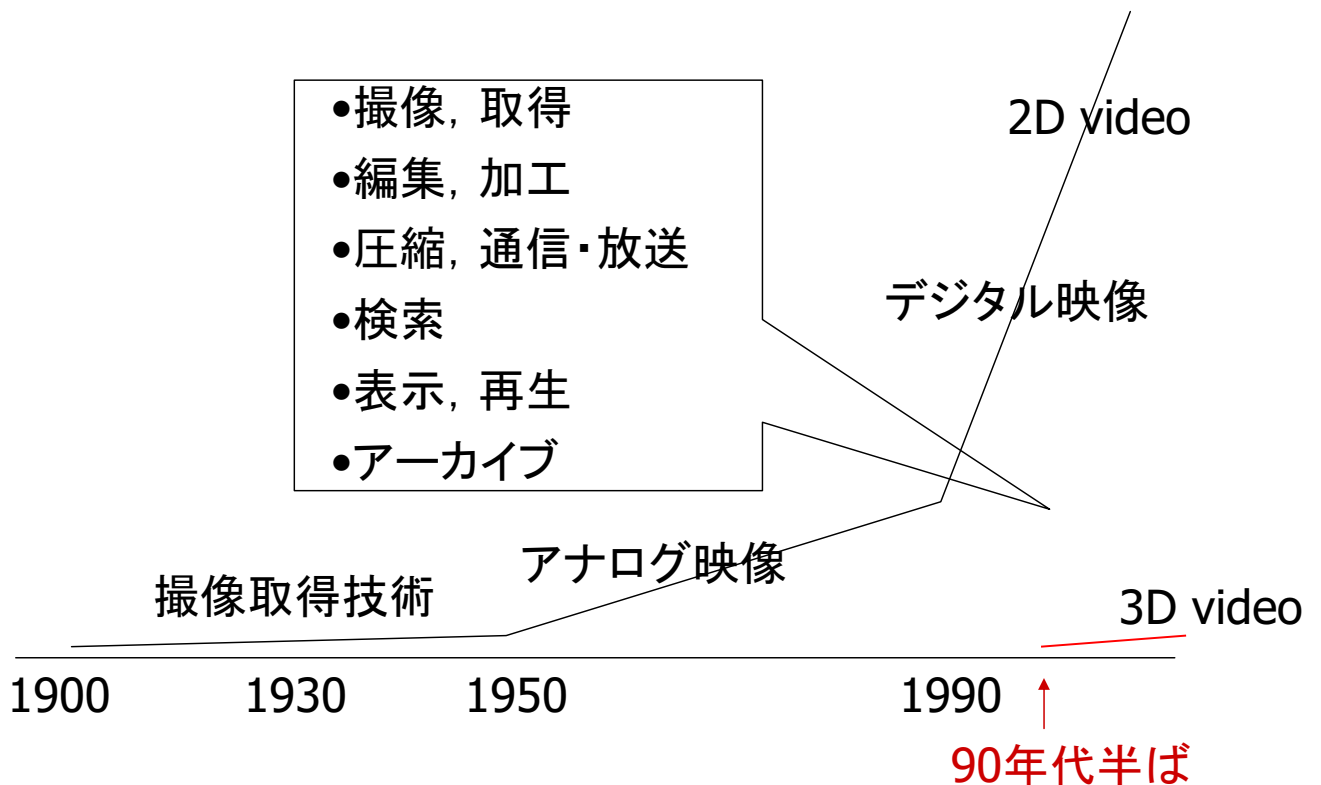
3次元映像

- 3次元映像としての要求
 - “実写”であること
実世界の記録, 再生
 - “動的”であること
動く対象の記録, 再生
 - “自由視点”であること
視点を変更した再生



3

2D video vs 3D video



4

3次元映像に対する研究開発の高まり

プロジェクト, フォーラム, コンソーシアム

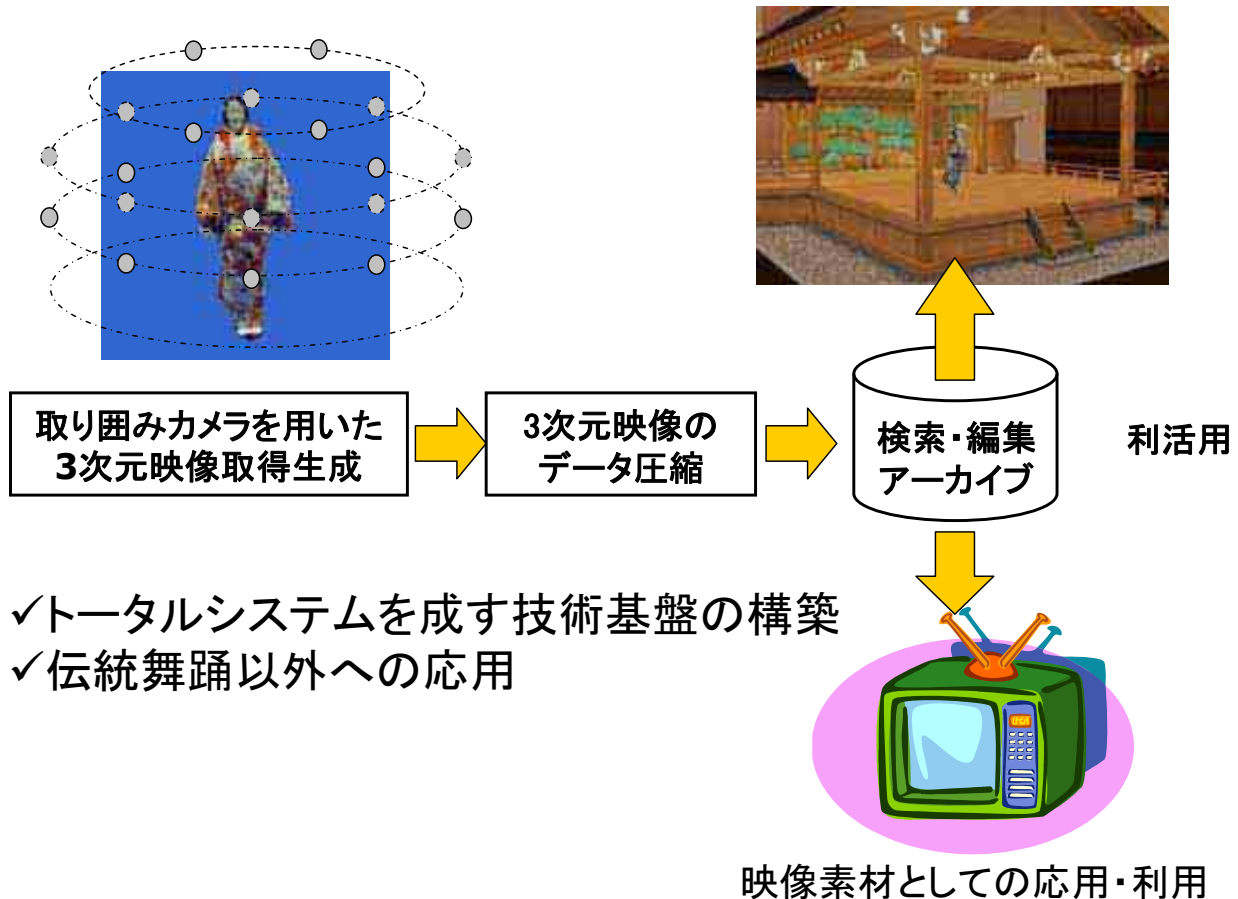
- EU: 3DTV (2004~2008)
3D Media Cluster (2008~)
- Japan: URCF (2007~)
(Ultra Realistic Comm. Forum)
- US: 3D@HOME (2008.3~)



- EU 3D Media Cluster (2008~)



研究概要



- ✓トータルシステムを成す技術基盤の構築
- ✓伝統舞踊以外への応用

目標と課題

取得、圧縮、検索、編集、アーカイブ、表示に至る技術基盤

- ・3次元映像の生成技術の研究
 - 3次元モデリングシステム
 - 多視点ハイビジョン映像生成システム
 - カメラ・撮影環境の校正技術
 - 簡易スタジオの構築
- ・3次元映像アーカイブ化及び表示技術の研究
 - 3次元映像の圧縮
 - 3次元映像表示技術
 - 3次元映像の検索・編集
 - 3次元映像の統合的アーカイブ化
- ・3次元映像応用技術

目標達成状況

研究開発項目	目標	達成状況
(1) 3次元映像生成技術に関する研究	(1-1) ・40台のカメラによる撮影システム構築 ・5mm精度の動的3次元映像生成	◎40台のカメラによる同期収録、視点依存型面テクスチャマッピング ○視体積交差+ステレオにより達成
	(1-2) ・ハイビジョンシステムの構築 ・3次元モデリングの効率化・高画質化	○24台のハイビジョンカメラによる収録システム ◎視体積交差+グラフィカットにより達成
	(1-3) ・カメラ・撮影環境の校正技術 ・設備の設置・調整を容易にする校正技術	○校正・補正技術を確立 ◎複数カメラシステムの撮影環境一般に利用可能なソフトウェア構築
	(1-4) ・簡易スタジオの構築(新規に追加)	○12台のカメラによる自然背景下でのモデリングシステム
(2) 3次元映像アーカイブ化技術に関する研究	(2-1) ・動的な3次元ポリゴンモデルの圧縮 ・グラフィック表現の圧縮	◎1/10~1/1000の圧縮率を達成 -波形符号化アプローチ 1/10~1/30 -モデルベースアプローチ 1/300~1/1000 ○1/10の圧縮率を達成
	(2-2) ・リアルタイム視点変換での表示	◎当初目標15fpsであったが、30fpsまで達成
	(2-3) ・セグメンテーション、類似動作検索、編集 ・動き抽出、マーカレスモーションキャプチャ	◎多数の要素技術を開発 ○骨格抽出、動き抽出を実現
	(2-4) ・3次元映像アーカイブ化 ・コンテンツの充実	○様々なメタデータを統合管理できるシステムを開発 ○基本動作、代表的演目、能舞台のモデリング
(3) 3次元映像応用技術に関する研究	・3次元映像の応用展開	○ARによるサッカーシミュレーションシステム

9

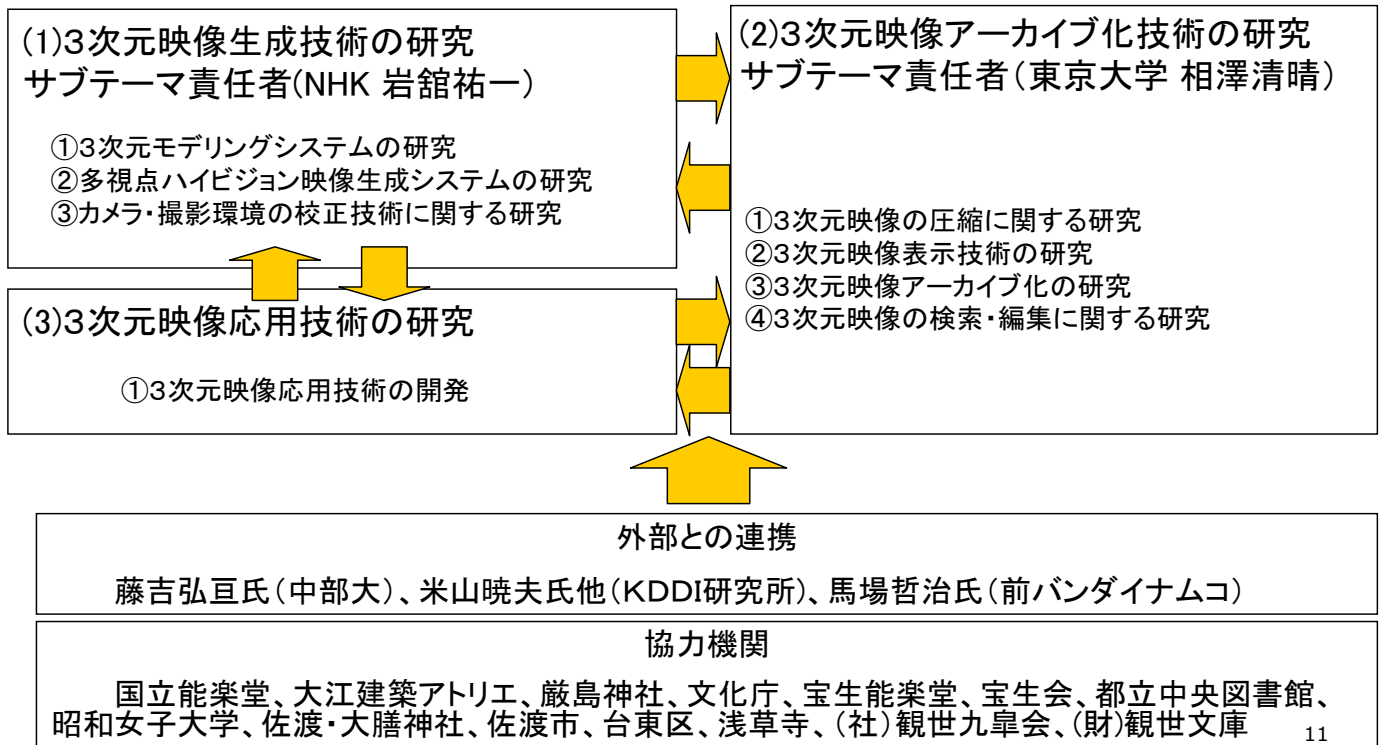
中間評価指摘事項への対応

中間評価指摘事項	対応
研究の効率的な推進が若干不足している	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ内でソフトウェアやスタジオなどのリソースを共有した。 ・予算が毎年削減されて入れていく中でも当初の研究開発目標を達成できた。
研究代表者が参加していない別プロジェクトとの連携が不足している	<ul style="list-style-type: none"> ・本グループ、京都大学、BBC、イギリスサリー大学の研究チームなどと共同で、生成した動的3次元映像、およびビューワ・ソフトウェアのオープン化を進めた。 ・中部大学工学部情報工学科 藤吉弘亘准教授らと連携を行った。 ・KDDI研究所と3次元映像の携帯電話への応用・展開について連携を図った。 ・京大グループと意見交換や相互訪問を行った。 ・Surrey大学Starck教授との連携を図った。
研究が技術に偏りすぎて無形文化財たる能の3次元映像アーカイブという本来の目的から離れてきている	<ul style="list-style-type: none"> ・3つの能演目の3次元映像生成、5つの能舞台CGの制作などを行い、無形文化財である能のアーカイブ化を進めた。 ・所作(基本動作)のアーカイブ化を進めた。 ・誰にでも分かり易いアーカイブシステムを目指して、能演目、装束、面、能舞台などに関する解説機能を追加した。 ・多くの関連機関からの協力を得た。主な協力機関は、国立能楽堂、大江建築アトリエ、厳島神社、文化庁、宝生能楽堂、宝生会、都立中央図書館、昭和女子大学、佐渡・大膳神社、佐渡市、台東区、浅草寺、(社)観世九阜会、(財)観世文庫、である。
カメラ台数(40台)の削減を視野に入れ、研究開発内容の見直しを検討する必要がある	NHK技研では24台のハイビジョンカメラによる多視点映像生成システムを構築した。さらに、東大で12台のカメラから構成される可搬型簡易型3次元スタジオを構築した。

実施体制

課題代表者: **相澤清晴(東京大学)**

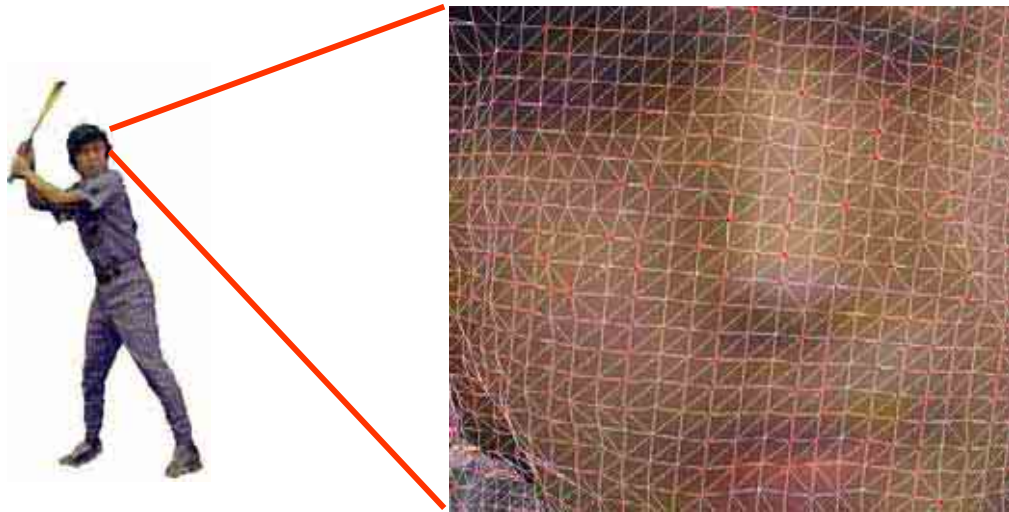
メンバー: 大学 11名(大学院生含む)、企業 8名



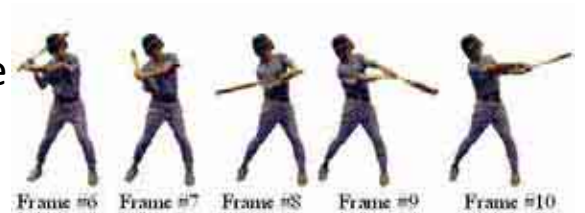
本研究の新規性・類似研究との比較

目的	要素技術	従来	本研究
取得	モデル生成方法	視体積交差法	・視体積交差+ステレオ ・視体積交差+グラフィカット
	背景分離	クロマキー (背景:青色、前景:青以外)	ルミナンスキー (反射光の写り込み低減)
	色情報の扱い	視点独立型点テクスチャ、 視点依存型点テクスチャ	視点依存型面テクスチャマッピング+ブレンディング
	高画質へ向けて	通常のカメラ	ハイビジョンカメラ24台
	装置校正の簡便さ	カメラ幾何と照明環境を別々に校正	幾何と照明の同時校正
圧縮	3次元映像圧縮	静止モデル圧縮、 及び2次元展開	3次元構造を保ったまま 時間相関を扱う初の試み
	ノーマルマップ圧縮	空間的な相関を仮定	データの分布局所性・数学的 特性を利用した効率的圧縮
検索・編集	検索・編集	2次元映像・CG・3次元静止モデルに対してのみ	初の試み
アーカイブ	統合管理	-----	舞台・代表的演目・所作・小物を統合的にアーカイブ化
	応用	3DCGあるいは実写静止3Dに限られる	実写・動的・インタラクティブな3D

Close Up



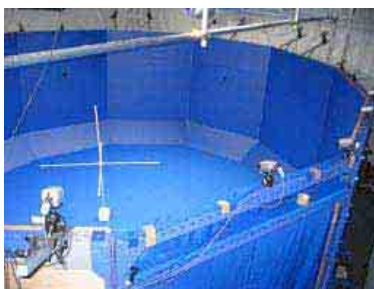
- Vertex: 50,000 ~ 100,000 / frame
 - Connectivity: 100,000 ~ 200,000 / frame
 - Color: 50,000 ~ 100,000 / frame
 - File Size (VRML) : 5MB ~ 10MB / frame
- 3 ~ 5GB/1minute



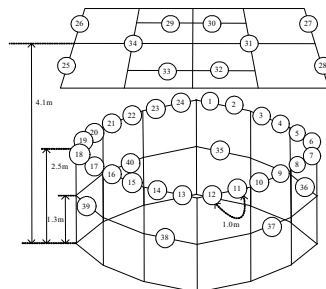
13

取得系 (1)

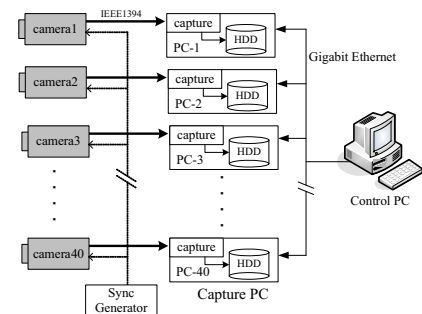
■ 3次元映像撮影用スタジオ構築



撮影スタジオ



カメラ配置



撮影・処理システム

- 直径8m、高さ2.5m
- 40台のカメラで5mm精度の3次元形状生成
- 全カメラの一括撮影が可能な撮影システムを開発

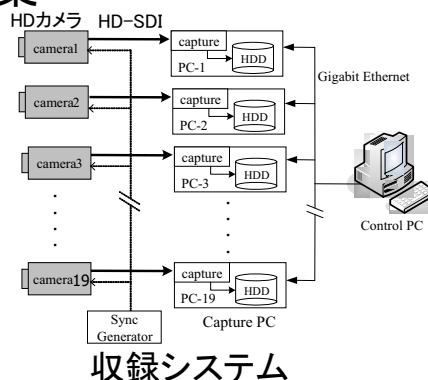
14

取得系 (2)

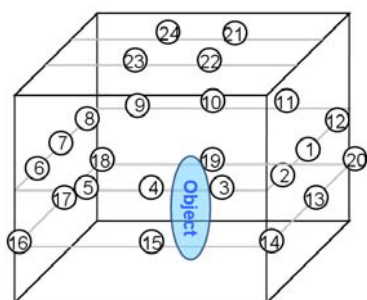
■ 多数HDTVカメラによる撮影環境構築



撮影用ドーム



収録システム



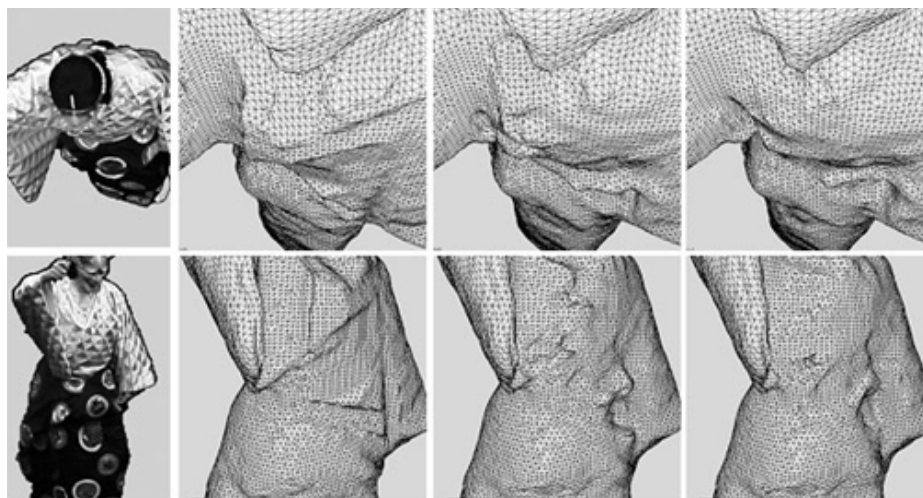
カメラ配置

- 一辺6m、高さ2.5mの撮影環境
- 24台のHDカメラを設置
下段8台、中段12台、天井4台
- 高精細なテクスチャ
- ルミナンスキー

15

生成 (1)

■ 高精度モデリング手法: 視体積交差法 + ステレオ補正



撮影画像

視体積交差法

ステレオによる
補正

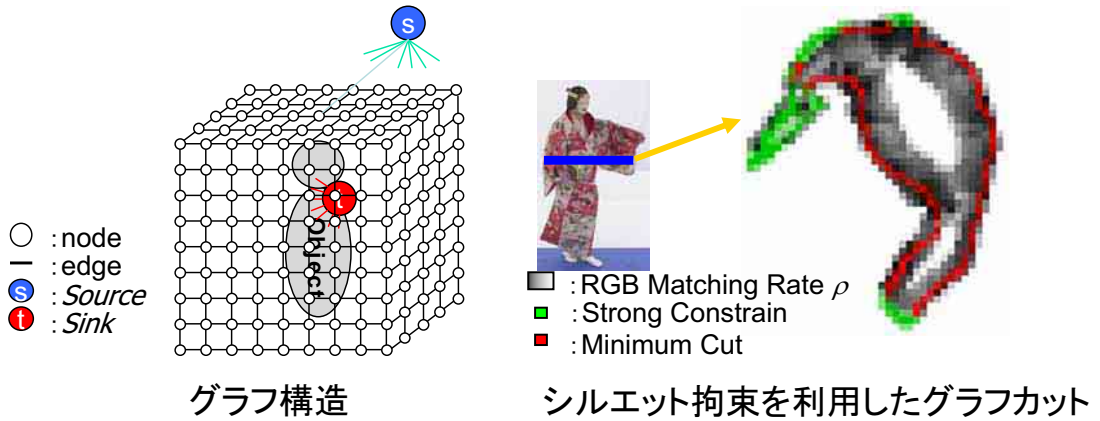
ステレオによる
局所制御の補正

- 視体積交差法による安定な概形取得 + ステレオ法による形状補正
- 安定性を崩さず、局所的な形状補正を低い計算コストで実現

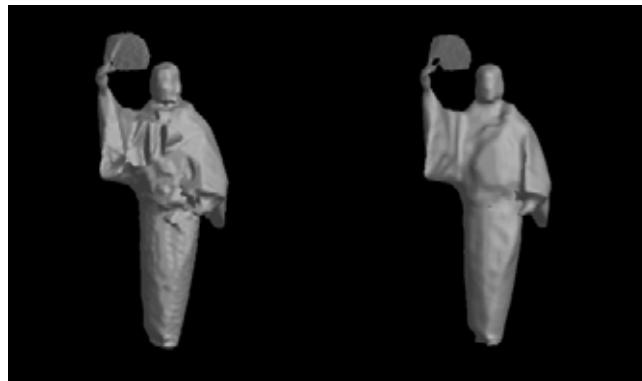
16

生成(2)

■高精度モデリング手法: 視体積交差法+グラフカット



視体積交差法

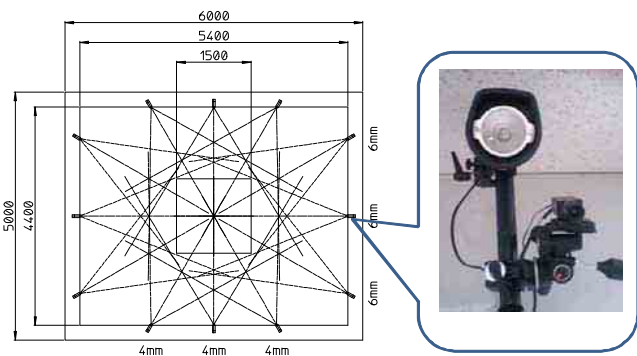


視体積交差法+
グラフカット

17

取得・生成(3)

少数カメラの簡易スタジオによる3次元映像生成



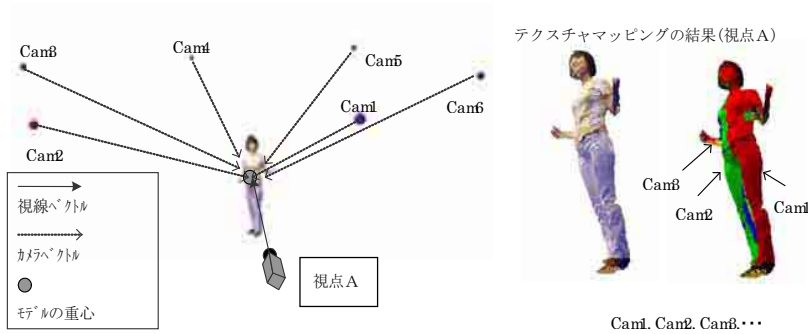
- ✓6m x 6m x 2.5m スタジオ
- ✓12 カメラ, 1340x1040, 34 fps
- ✓通常背景

- ✓グラフカットによる背景差分
- ✓3次元再構成と誤り除去の交互最適化によるロバストなモデリング

18

テクスチャ生成 (1)

■視点依存面テクスチャマッピングによる高品質テクスチャ



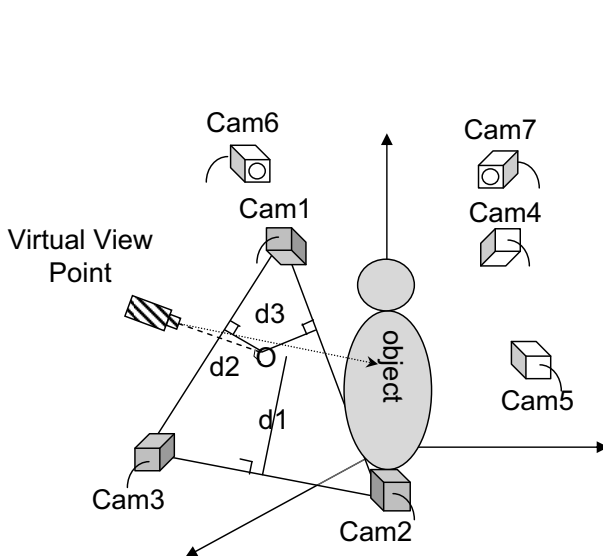
視点依存型面
テクスチャ

視点独立型頂点
テクスチャ

19

テクスチャ生成 (2)

■ブレンド・テクスチャマッピングによる再生品質の一層の向上 視点に依存した3台の選択カメラ映像のブレンド



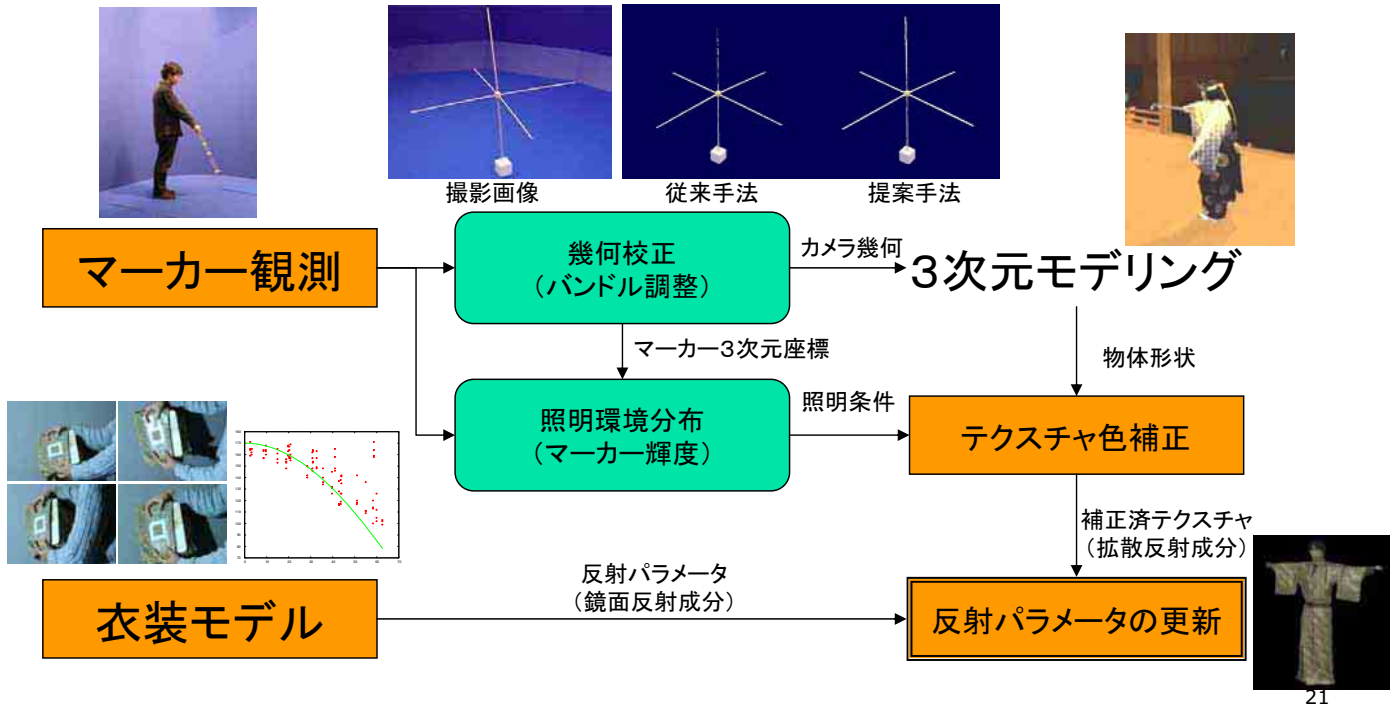
複数カメラをもちいた重み付き
テクスチャブレンド

テクスチャマッピング結果

20

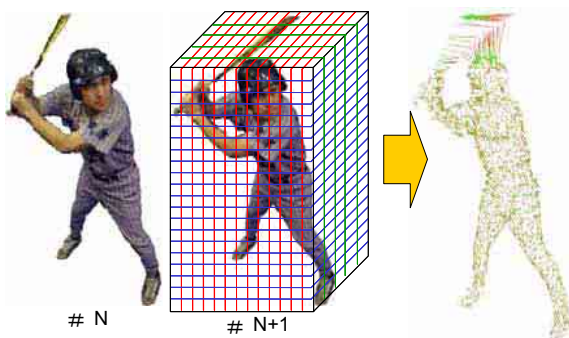
取得・生成のためのカメラ・撮影環境の校正

- マーカー観測列を利用し簡便にカメラ幾何および照明環境モデルを獲得。(3次元モデルの高精度化およびテクスチャ色の補正を実現。)
- 事前に取得した反射パラメータを反映させてテクスチャモデルを更新。

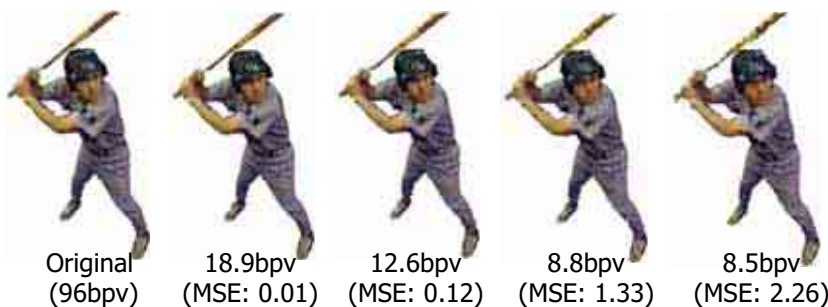


圧縮(1)

■ 3次元映像の幾何情報圧縮



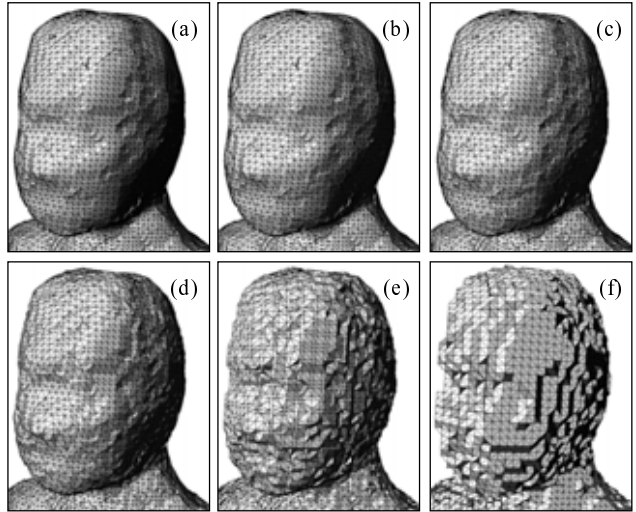
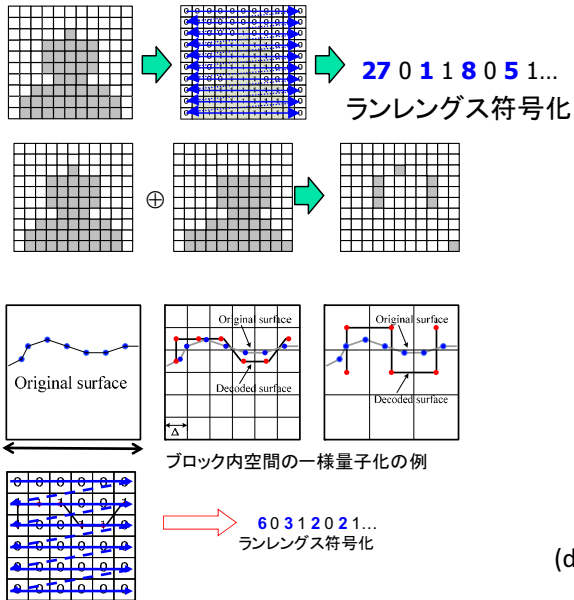
- 3次元拡張ブロックマッチング
- 10分の1程度の圧縮



圧縮(2)



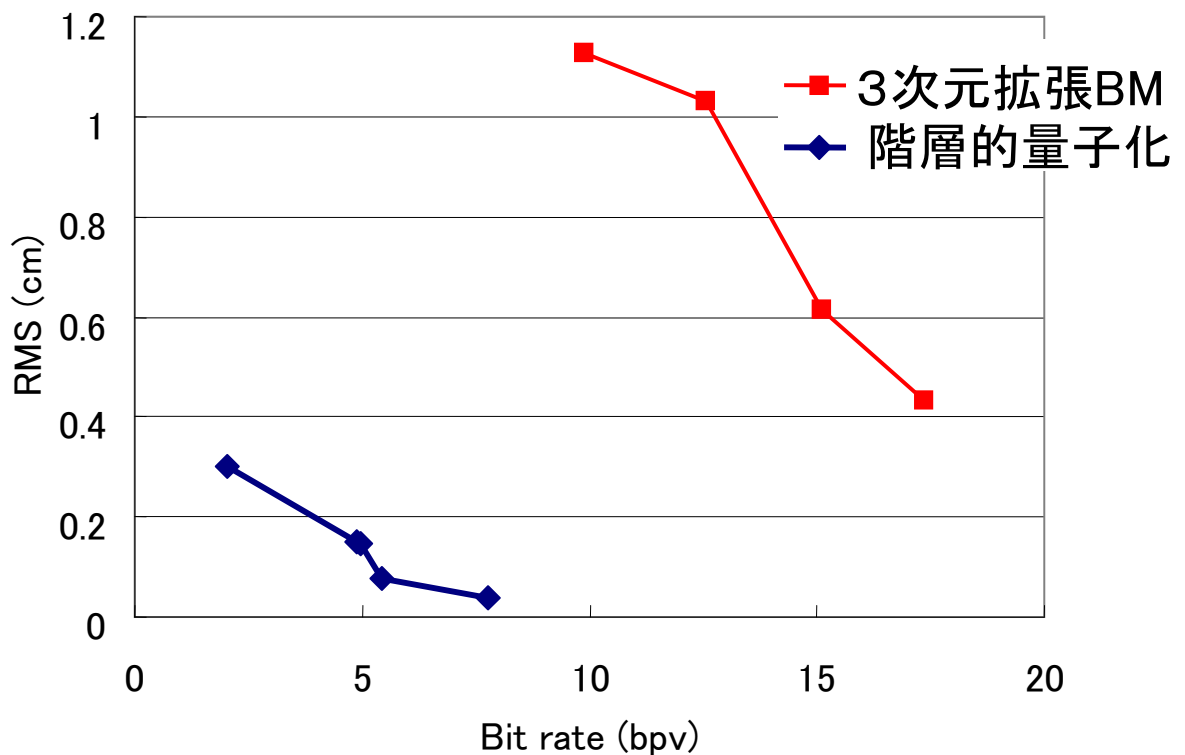
- 多段階量子化とランレングスによる圧縮
- 30分の1程度の圧縮
- 適応的量子化による最適化



(a) Original (b) 15.4 bpv (0.02 cm) (c) 11.1 bpv (0.04 cm)
(d) 8.0 bpv (0.08 cm) (e) 5.3 bpv (0.16 cm) (f) 1.9 bpv (0.33 cm)

23

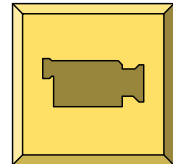
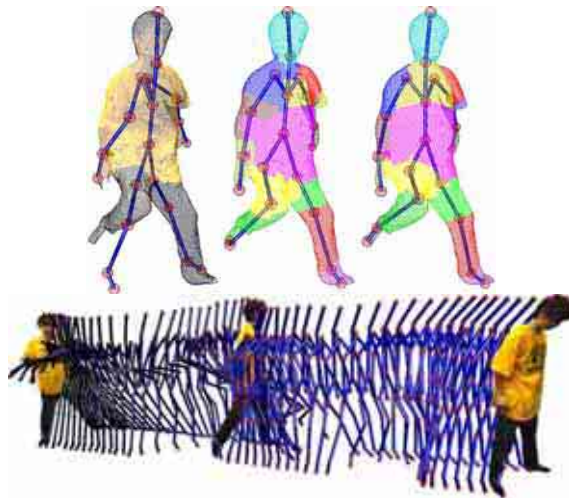
圧縮結果: R-D curves



24

動き解析

■スケルトンとセグメンテーションの同時推定

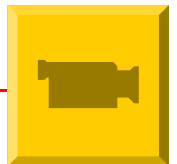


セグメンテーションとスケルトン抽出の反復処理

- モーションキャプチャと親和性の高い動き情報
(マーカーレスモーションキャプチャ)

25

圧縮(3) モデルベース超高压縮

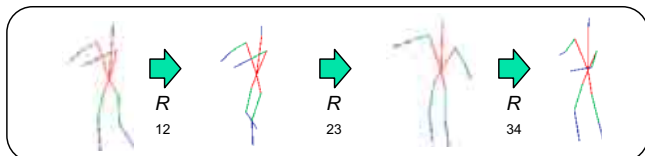


■モデルベース圧縮

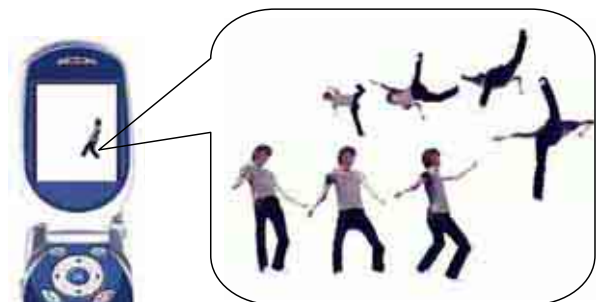
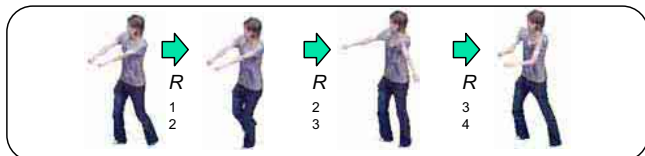
■ケータイでの表示



スケルトン抽出・動き抽出

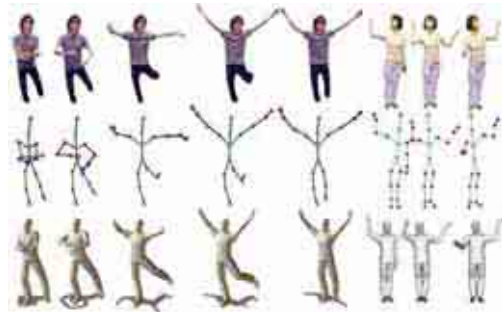


第一フレームを用いたメッシュ変形



圧縮率 1/300~1/1000

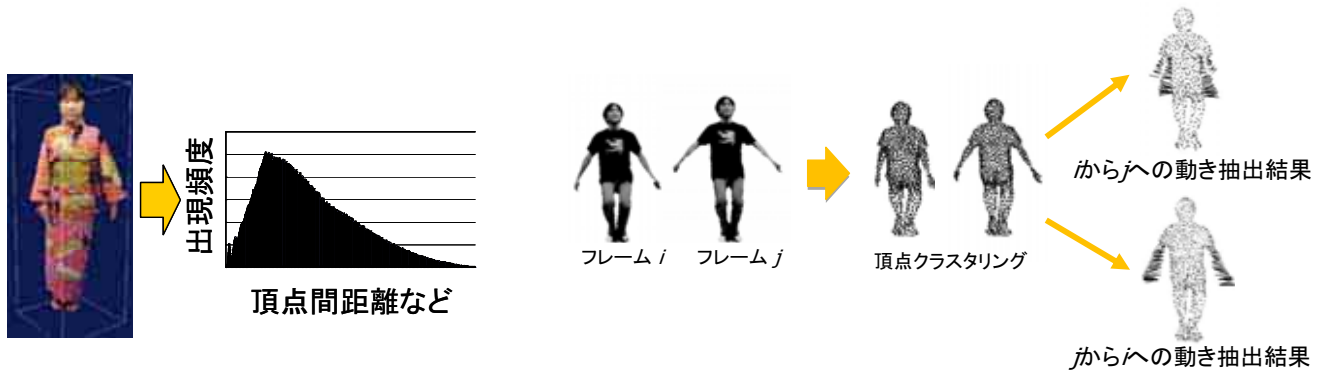
■3次元映像, CGの動き制御



26

特徴抽出

■フレーム間類似度解析



特徴ベクトル抽出法

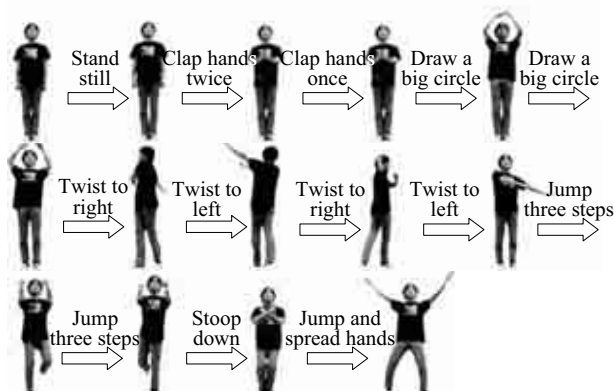
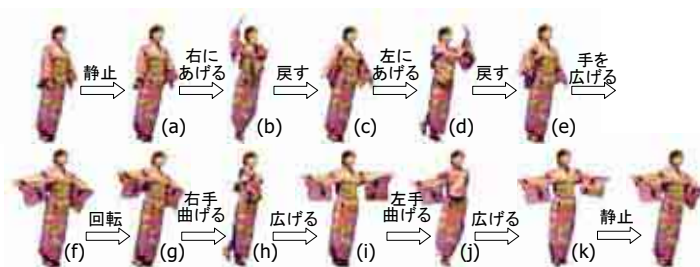
表面位置あわせ法

- 効率的な演算
- 検索・編集・セグメンテーションの前処理

27

検索・編集(1)

■動きセグメンテーション：一連の動きを動作のまとまりに分節

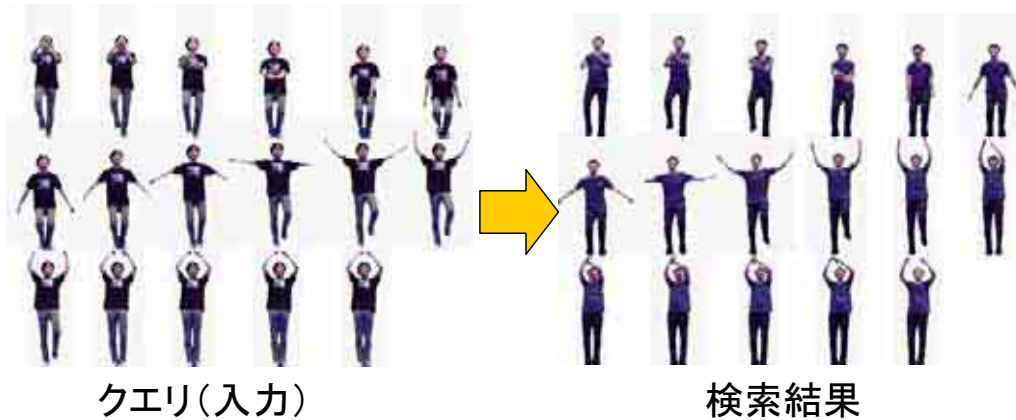


•80%以上の適合率・再現率

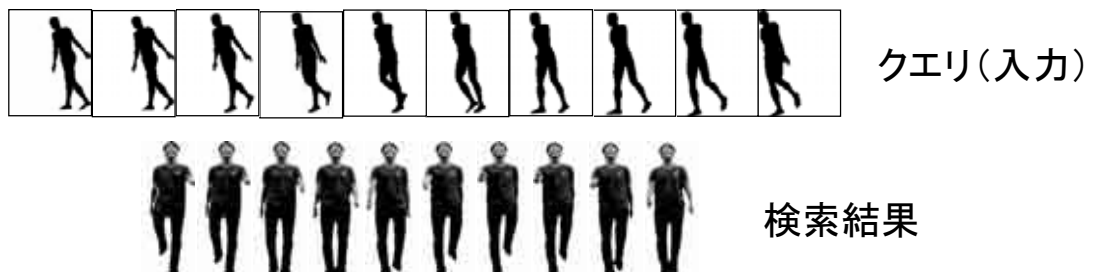
28

検索・編集(2) 類似動作検索

■類似動作検索： TVMのクエリ



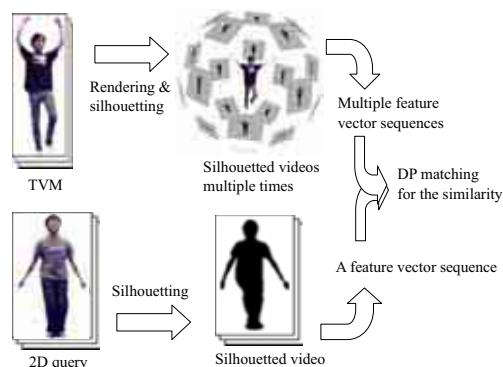
■類似動作検索： モーションキャプチャデータのクエリ



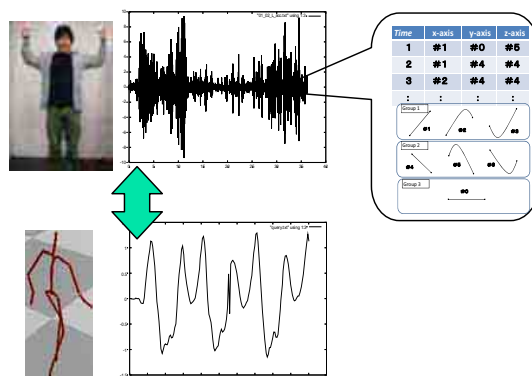
29

検索・編集(3) 類似動作検索

■2次元映像をクエリとした検索



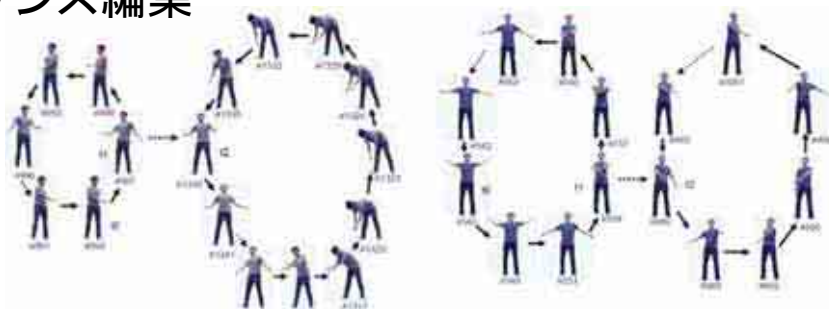
■加速度センサをクエリとした検索



30

検索・編集(4)

■シーケンス編集



- データベース中のシーケンスの断片を繋いで新シーケンスを生成
- 取得・生成した3次元映像の有効な再利用

■メッシュ編集



位相変化点検出 メッシュ切断+補間 動き追跡の向上

- 動き追跡技術によって位相変化フレームを検出
- 直観的なインターフェースによる簡便なメッシュ編集

31

表示・アーカイブ化

協力:(社)観世九皇会、国立能楽堂



- 3次元映像、背景CG、音声の構成要素を組合せて能のシーンを構成
- 視点位置やズームを動かしながら、あらゆるアングルから映像を視聴可能
- 3次元デバイスによるウォークスルー機能
- 演目や能舞台の説明など、能楽に関する解説を表示可能

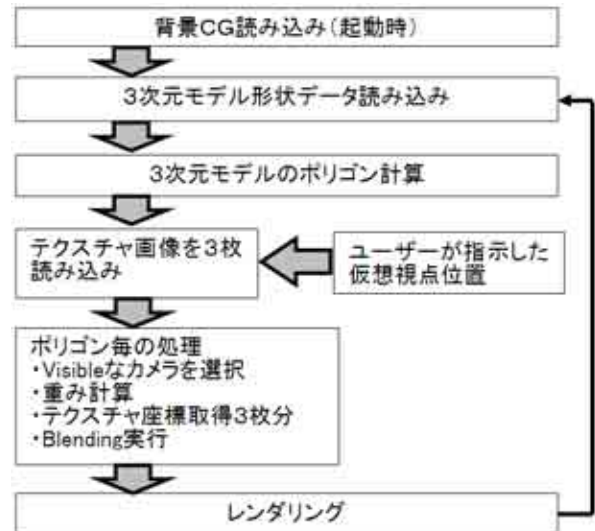
32

アーカイブ表示システム

■PCベースの表示システム概要

30フレーム/秒にて、約1MB/フレームの3次元映像、背景CGとの合成、ユーザとのインタラクションの描画

格納媒体	構成要素	内容
メモリ	•背景CG	•形状データ:115M/バイト •テクスチャ(JPG):271M/バイト
	•カメラパラメータ	•撮影に使ったカメラのパラメータ
HDD	•動的3次元モデル	•約1M/バイト/フレーム •形状情報(頂点座標、ポリゴン接続情報、ポリゴンビシビリティ情報) •頂点テクスチャ
SSD	テクスチャ画像	•約50k/バイト/枚 •被写体部分のトリミング画像 •画像数:フレーム数×カメラ台数



33

能の代表的演目のアーカイブ化



熊野(ゆや)

葵上(あおいのうえ)

敦盛(あつもり)

■装束や所作が異なるように五種類に分類された演目から三つを選択. いずれも、演者は観世流シテ方の観世喜正氏((社)観世九臈会).

■その他、基本的な型についても取得.

34

能舞台CGのアーカイブ化



国立能楽堂 (東京)



厳島神社能舞台(広島)



江戸城能舞台(現存せず)



大膳神社能舞台(佐渡)



浅草寺能舞台(東京、薪能)

- 現地調査, 現存する図面に基づいて作成
- 浅草寺薪能の舞台(H20)追加: 上空からの映像も効果的に
- リアルタイムに舞台の変更が可能

35

解説用テキスト

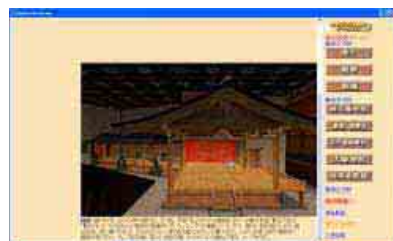
- 初心者にも能楽を理解しやすいよう、解説機能を追加。
演目のあらすじ、場面設定、詞章(謡の文章)などを表示
- 面、装束、扇、舞台の情報、人物役割なども提示する。



(a)装束の解説(敦盛)



(b)面の解説(敦盛)



(c)舞台の解説(国立能楽堂)

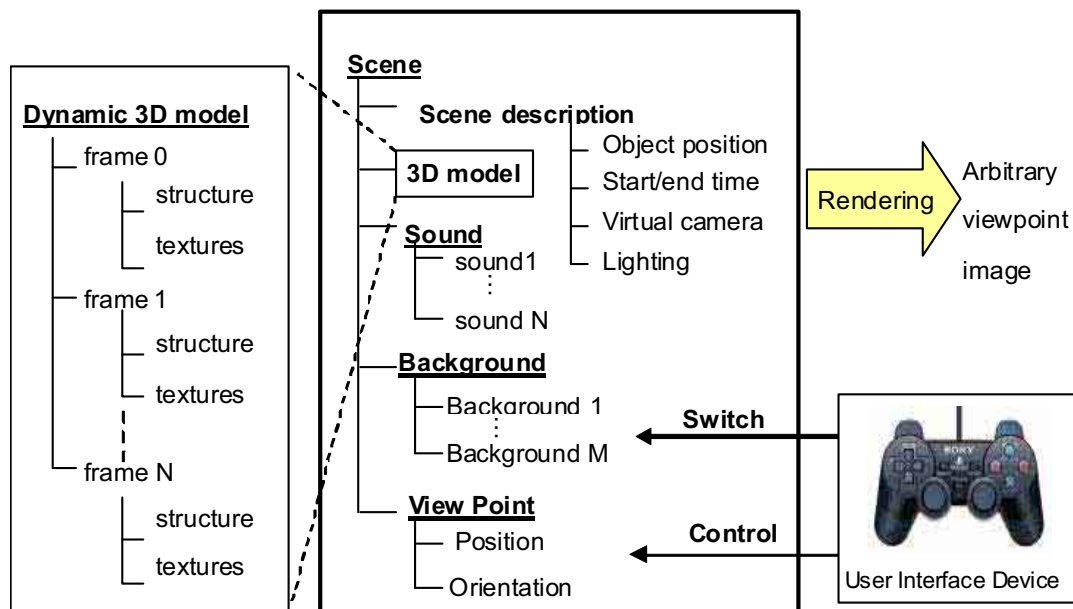


(d)人物役割の解説

36

シーン記述

- フレーム毎の幾何情報, テクスチャ, 音, 解説テキストに加え視点や照明といったパラメータまでXMLで一元管理



37

応用

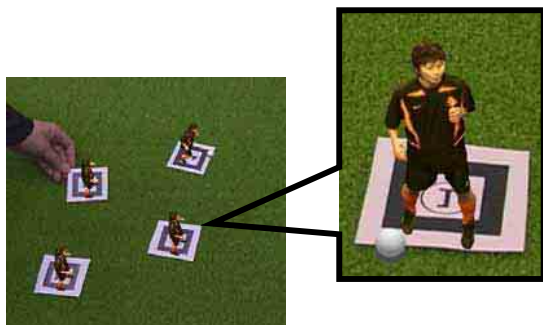
- 映像素材としての応用



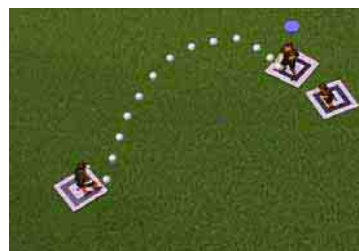
●NHK番組への応用

実写・インタラクティブなコンテンツとしての応用

- ARスタジオへの応用



●実世界の映像と3次元映像の合成



●パスシーンのCG合成

38

研究成果利活用への取り組み

■3次元映像の放送応用

- NHKで、制作現場関係者から高い評価。映像制作応用について検討中

■ユネスコとの連携

- NHK関連会社の世界遺産プロジェクト担当者に、本研究の伝統舞踊3次元映像アーカイブシステムを紹介した。
興味を持たれたが、具体的な計画には至っていない。

■ケータイコンテンツへの利用

- 外部機関とケータイ上での3次元映像表示に向けた実装を進めた。

■3次元映像実験データベースの構築

- 評価実験のためのデータベースの構築を進めた(京大他と連携)。

■特許出願 8件

- [1] 2005-204133、撮影システム、撮影方法及び画像処理プログラム、
- [2] 2006-187648、"距離情報出力装置及び3次元形状復元装置"
- [3] 2006-188927、"キー画像生成装置"
- [4] 2007-041867、"画像処理装置、画像処理方法及び画像処理プログラム"
- [5] 2007-193797、"照明モデル作成装置、照明モデル作成方法及び照明モデル作成プログラム"
- [6] 2008-179455、"任意視点映像生成表示装置"
- [7] 2008-293090、"3次元形状生成装置"
- [8] 2008-328367、"3次元形状復元装置及びそのプログラム"

39

学術的成果

論文誌	26
査読付き国際学会	40
研究会、大会	95
合計	161

オーガナイズした特別セッション 7セッション

【受賞】

- [1]山崎俊彦, 2005年5月 デジタルコンテンツシンポジウム船井賞受賞
- [2]韓昇龍, 映像情報メディア学会2005年次大会, 学生優秀発表賞
- [3]富山仁博, 2006年5月, 第2回デジタルコンテンツシンポジウム船井賞
- [4]山崎俊彦, PCSJ・IMPS2006ベストポスター賞
- [5]山崎俊彦, 平成18年度電子情報通信学会学術奨励賞
- [6]山崎俊彦, 3次元画像コンファレンス2007優秀論文賞
- [7]N. S. Lee, Student Research Competition Semi-Finalists, SIGGRAPH2008
- [8]韓昇龍, 2007年度IMPS学生論文賞
- [9]韓昇龍, 平成20年度電子情報通信学会学術奨励賞

40

メディアへの情報発信

新聞掲載	5
テレビ報道	13
一般展示	22
WEBサイトでの報道・告知	16
学会での特別セッション	7
書籍	4
その他の広報活動	12
合計	34

【新聞】

- ・日経産業新聞、カメラ19台で立体動画像、2004/07.
- ・日本経済新聞、「ふすまえ、能楽デジタル保存」、2006.7.8 夕刊1面
- ・他3件

【放送】

- ・NHK総合、「お昼のニュース」、2004/05/03
- ・NHK教育、「サイエンスゼロ」、2005/5/21
- ・他12件

【展示】

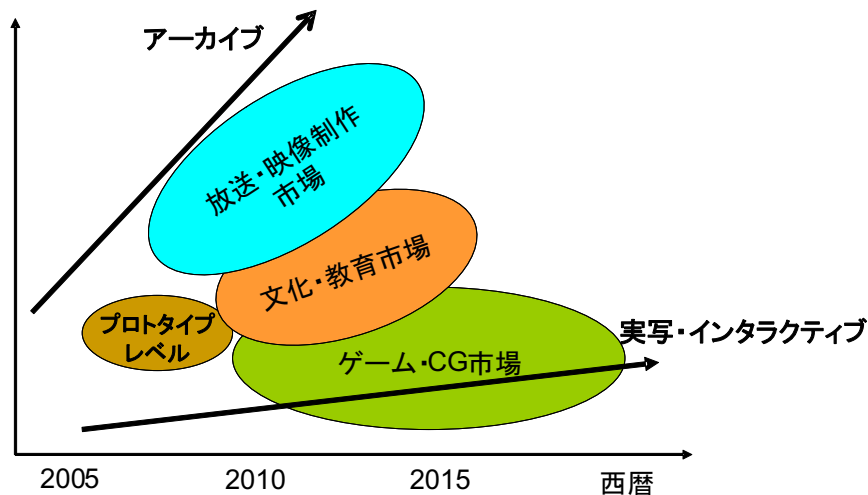
- ・都立中央図書館展示会「江戸城を建てる — 重文甲良家の図面を読む」 2005/11/3-19.
- ・早稲田大学 演劇博物館 展示、2008.2.5
- ・他20件

【学会・研究会等特別セッション】

- ・第1回デジタルコンテンツシンポジウム, "3次元ビデオの取得、圧縮、アーカイブ," 特別セッションオーガナイズ, 2005/05/25-27.
- ・Multimedia Modeling 2008 (MMM2008), "Development of Fundamental Software Technologies for Digital Archives"
- 他5件

41

経済的・社会的効果



- ・文化・教育分野への応用
- ・放送分野への応用
- ・ゲーム・CG分野への応用
- ・ネットワーク分野等への応用
- ・標準化等を通じた成果の普及
- ・コンテンツの2次利用

立体映像の市場規模は、2015年に11.2兆円、2020年に30.2兆円になると試算されている(総務省)

42

全体スケジュール

研究項目	H16	H17	H18	H19	H20
(1) 3次元映像生成技術の研究	・3次元モデリング手法の確立 ・多視点ハイビジョン撮影システム試作 ・幾何・テクスチャ補正手法の検討			・テクスチャマッピング ・撮影環境構築	・手法の高度化・実証実験 ・コンテンツの充実
(2) 3次元映像アーカイブ化技術の研究	・アーカイブ表示システム試作 ・圧縮・検索・編集の方式検討			・要素技術高度化 ・性能評価	・要素技術の統合
(3) 3次元映像応用技術の研究	・動的3次元映像によるサッカーシミュレーションシステムの試作 ・その他応用技術の提案				

43

5課題全体の推進にあたり

□ 実施委員会

委員長:原島 博(東大)

西尾章治郎(阪大)、天羽 幸一(富士通)、八木伸行(NHK)、

小川 恵司(凸版印刷)、奥雅博(NTT)、渡邊 明義(文化財研)

松山 隆司(京大)、間瀬健二(名大)、田中 克己(京大)、高野 明彦(NII)、

幹事:相澤 清晴(東大)

□ 実施WG

幹事:相澤清晴(東大)、山崎俊彦(東大)

手塚太郎(京大)、梶田将司(名大)、牧淳人(京大)、

延原章平(京大)、吉本廣雅(京大)、孟洋(NII)、

片山美和(NHK)、小山聡(京大)、折原豊(NHK)、中澤篤志(阪大)

44

成果報告会（全体6回）



45

集約HP



46