

大型有形・無形文化財の 高精度デジタル化 ソフトウェアの開発

Development of High Fidelity Digitization Software
for Large-Scale and Intangible Cultural Assets

京都大学
松山隆司

時間的变化

デジタルアーカイブの対象となる文化財の分類

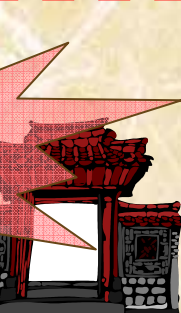
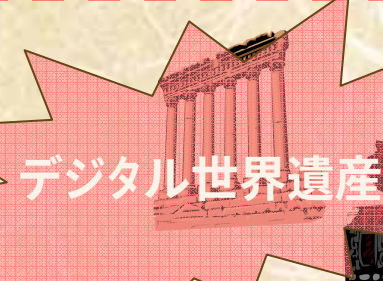
運動



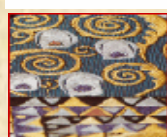
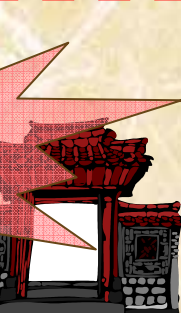
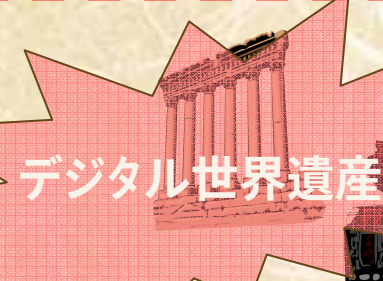
デジタル人間国宝

無形文化財のデジタル化

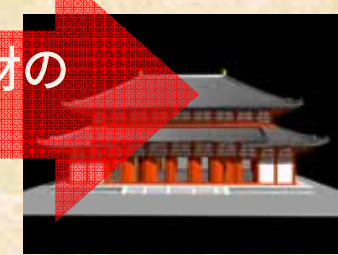
デジタル世界遺産



静止



大型有形文化財のデジタル化



絵画
(2次元)

什器
(3次元)

人物

大型像

建築物

大きさ

無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの構成

カメラキャリブレーション

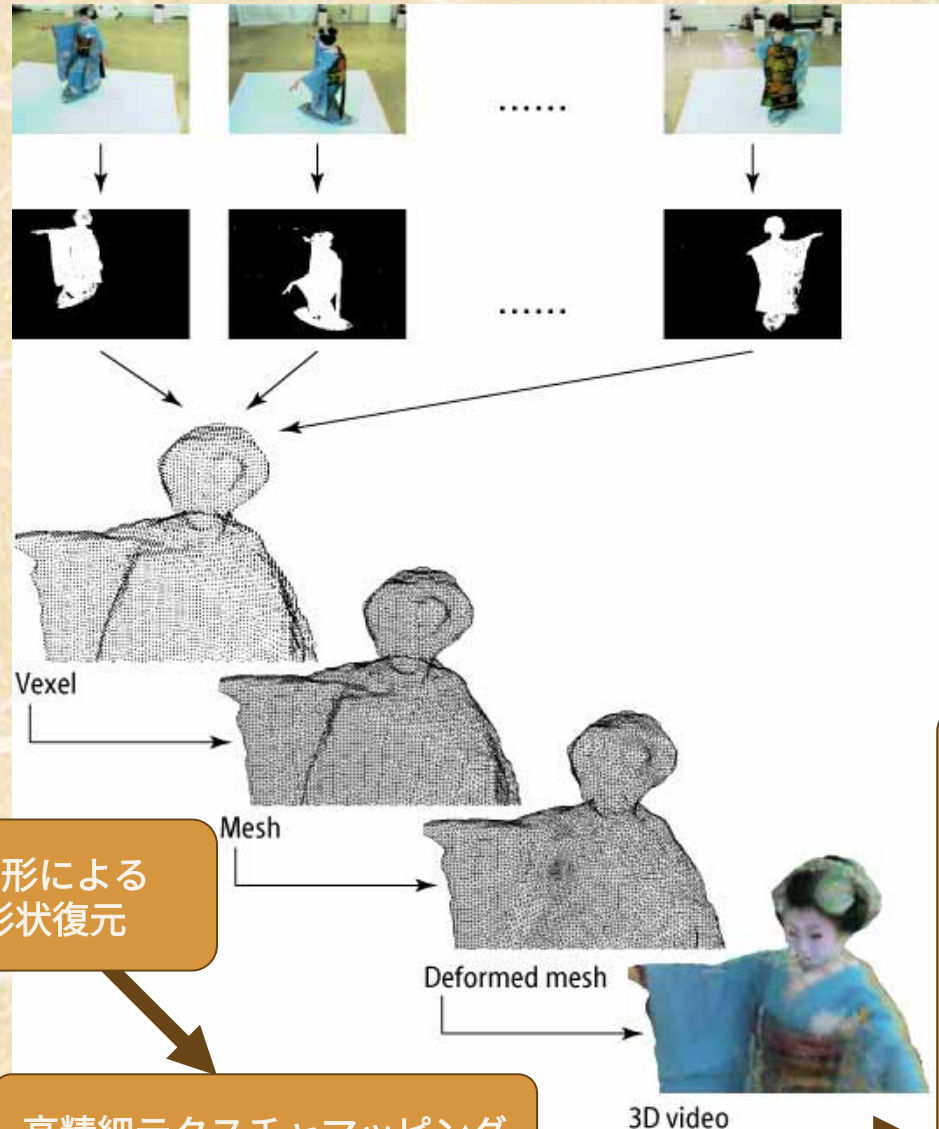
多視点ビデオの同期撮影

対象シルエット抽出

視体積交差法による
実時間3次元形状復元

弾性メッシュ変形による
高精度3次元形状復元

高精細テクスチャマッピング



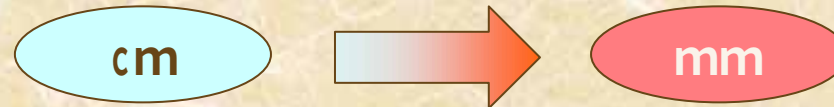
圧縮・符号化・伝送・表示

大型有形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの構成

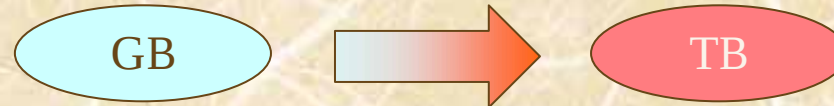


研究開発の達成目標

【1】 3次元形状計測精度の向上



【2】 処理可能データ処理量の飛躍的向上



【3】 計算速度の向上

大型有形文化財： 500～1000倍の高速化
無形文化財 ： ビデオレート(30フレーム/秒) 処理

【4】 画質の向上

表面反射特性・照明環境分析



色・模様・肌理の高精度復元

【5】 同時撮影人物の複数化・撮影範囲の広域化

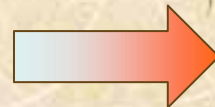
首振りカメラによる人物の自動追尾撮影



広域移動・複数人物

【6】 高効率符号化・編集・表示機能の実現

大規模3次元映像データ



高効率符号化・多機能編集・臨場感表示

研究開発の計画と進捗状況

研究項目	H16	H17	H18	H19	H20
(1) 無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発					
(1-1) 首振り機能付き多視点同期ビデオ撮影・3次元形状計測用PCクラスタシステムの開発 (スタジオ構築含む)					
(1-2) リアルタイム並列3次元形状復元ソフトウェアの開発(mmレベル精度)					
(1-3) 高精度3次元形状復元ソフトウェアの開発 (複数人物への拡張を含む)					
(1-4) 高精度テクスチャマッピングソフトウェアの開発					
(1-5) 3次元ビデオの多機能編集・高臨場感表示システムの開発					
(1-6) 複数人物のリアルタイム追跡・撮影システムの開発					
(1-7) 3次元ビデオの高効率符号化ソフトウェアの開発					
(1-8) スタジオ内の多様な照明条件を推定する光環境計測ソフトウェアの開発					
(2) 大型有形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発					
(2-1) 高速位置合わせアルゴリズムの開発					
(2-2) 大規模統合アルゴリズムの開発					
(2-2') 幾何特性デジタル化アルゴリズムの開発※					
(2-3) 超高精細反射率・表面色推定アルゴリズムの開発					
(2-4) 画像間色彩調整アルゴリズムの開発					
(2-4') 光学特性デジタル化アルゴリズムの開発※					
(2-5) 高精度距離・画像位置合わせアルゴリズムの開発					
(2-6) 多量データの高効率表示・操作・転送アルゴリズムの開発					
年間予算(百万円)	120	112	101		

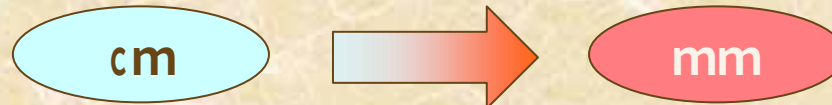
常駐SEと研究者との共同開発による
効率的・効果的ソフト開発

独創的アイデアの創成による
特許化・標準化・優位性の確保

産学連携による効果
共通ツール開発

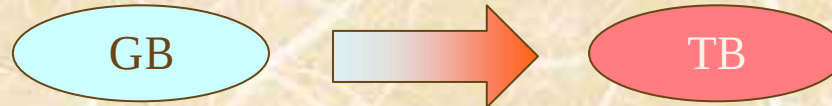
研究開発目標の達成度

【1】 3次元形状計測精度の向上



ほぼ完成

【2】 処理可能データ処理量の飛躍的向上



基本ソフトが完成・
高機能化を目指す

【3】 計算速度の向上

大型有形文化財： 500～1000倍の高速化
無形文化財 ： ビデオレート(30フレーム/秒) 処理

ほぼ完成

【4】 画質の向上

表面反射特性・照明環境分析



色・模様・肌理の高精度復元

基本アルゴリズムが完成・
ソフト開発中

【5】 同時撮影人物の複数化・撮影範囲の広域化

首振りカメラによる人物の自動追尾撮影

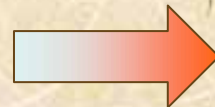


広域移動・複数人物

基盤ハード・ソフト
システムの開発中

【6】 高効率符号化・編集・表示機能の実現

大規模3次元映像データ



高効率符号化・多機能編集・臨場感表示

基本ソフトが完成・
高機能化を目指す

研究開発の実施体制

研究推進委員会 委員長：松山隆司

研究実施・予算計画の策定、成果の評価、国際ワークショップなどの企画・開催

連携企画・調整

連携企画・調整

(1) 無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発

京都大学 松山隆司
全体統括・アルゴリズム・システム開発・評価

分担

協力

分担

請負

和歌山大学
和田俊和
画像解析
ソフト、
首振りカ
メラの開
発

立命館大学
八村広三
郎
動きの記録
表示、
体動作解
析ソフト
の開発、

奈良先端
大
先端
カメラによ
る詳細撮
影

富士通
(株)
奥田基
ソフト
開発

共同研究
技術共有
ソフト共有

(2) 大型有形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発

東京大学 池内克史
アルゴリズム・システムの開発・評価

連携

連携

請負

凸版印刷(株)
加茂竜一
表示システム
の開発

朝日放送(株)
金田正樹
表示システム
の評価

富士通(株)
金子史
ソフト開発

産官学・地域連携による

ソフト・コンテンツの実利用化

産学官連携

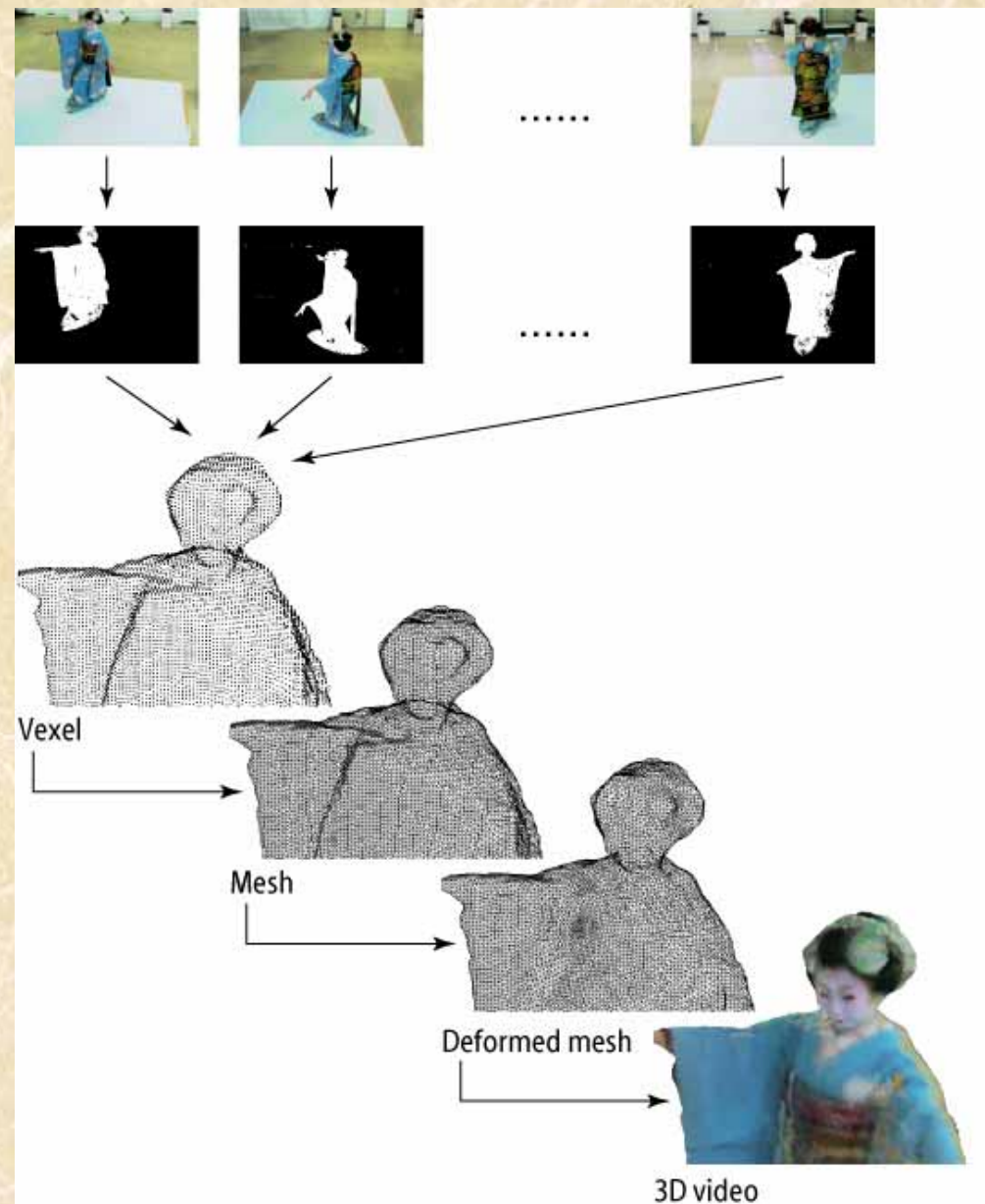
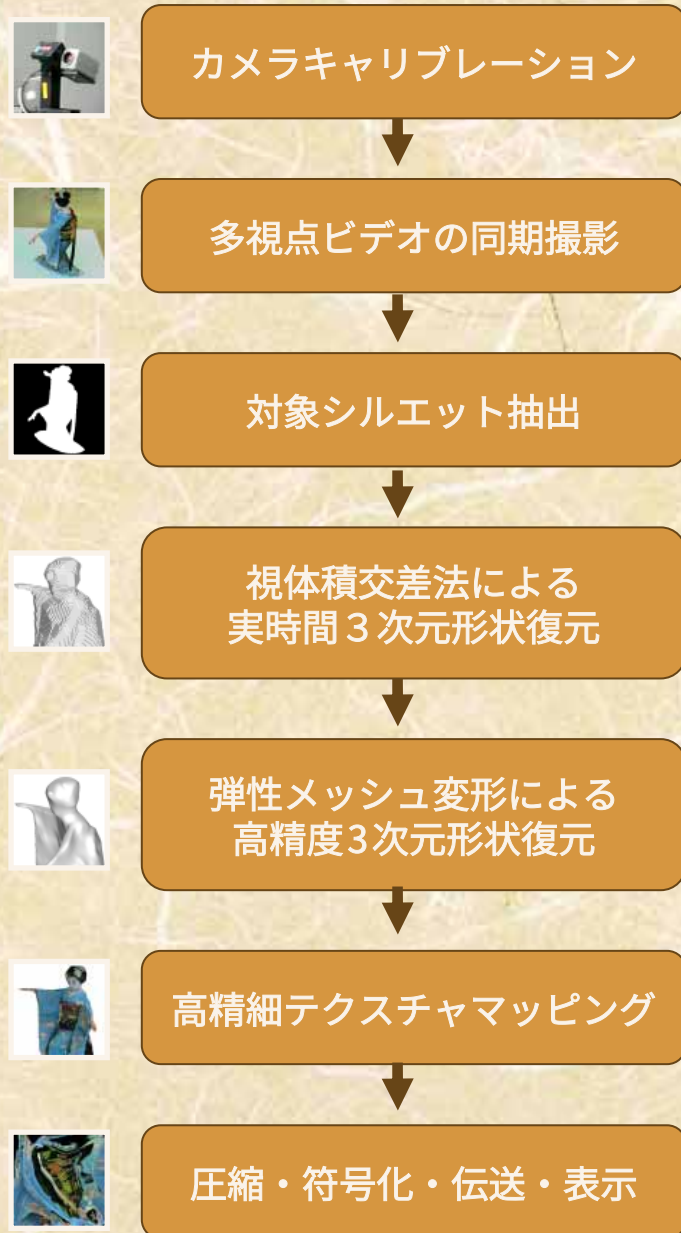
産官学・地域・国際連携による

文化財保存・コンテンツ活用

関西電力グループ(株)、西陣織山本組(株)、京都府(無形文化財の提供、普及・利活用)

文化財保存・コンテンツ活用、YR Pユビタス研究所

研究開発の独創性、優位性（無形文化財のデジタル化）



【1】PCクラスタを用いた人間動作のリアルタイム3次元形状復元技術



従来の3次元形状システム

処理速度 = 毎秒10フレーム程度

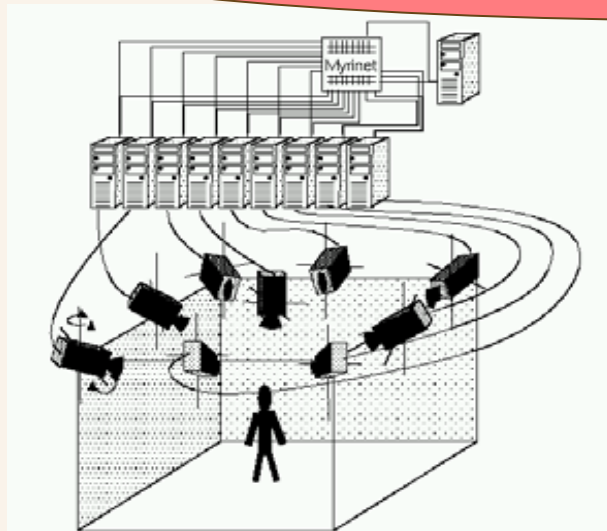


リアルタイム3次元形状システム

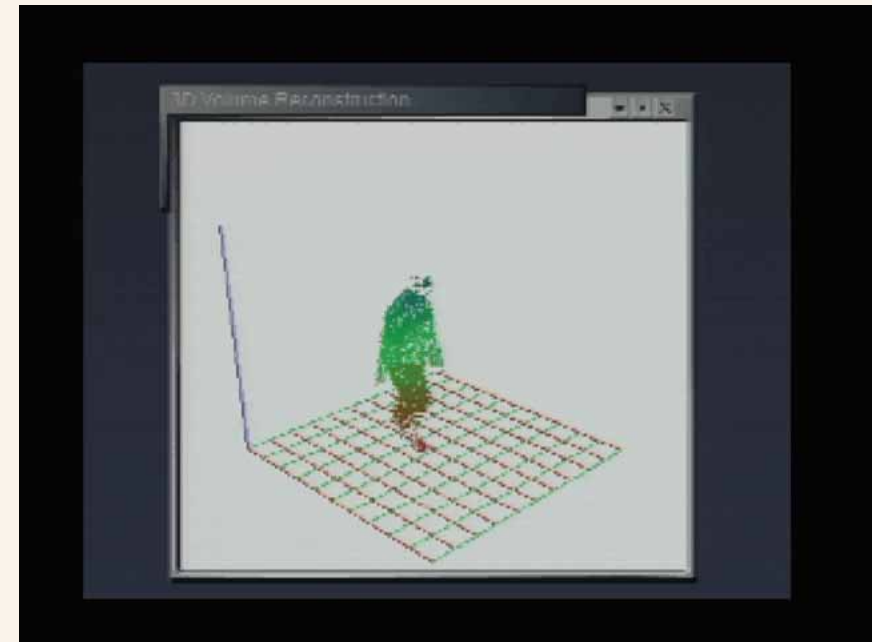
毎秒30フレームを達成



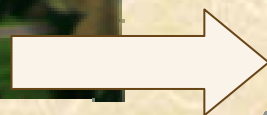
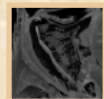
PCクラスタを用いた並列パイプライン処理ソフトを開発



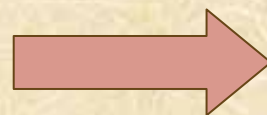
- PCクラスタの計算機アーキテクチャまで考慮した並列パイプライン処理技術を開発
- 複数の企業へライセンス供与



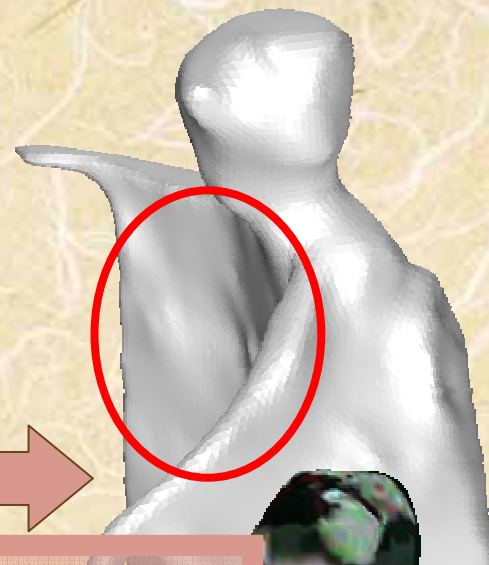
【2】弾性メッシュモデルを用いた高精度3次元形状復元(1)



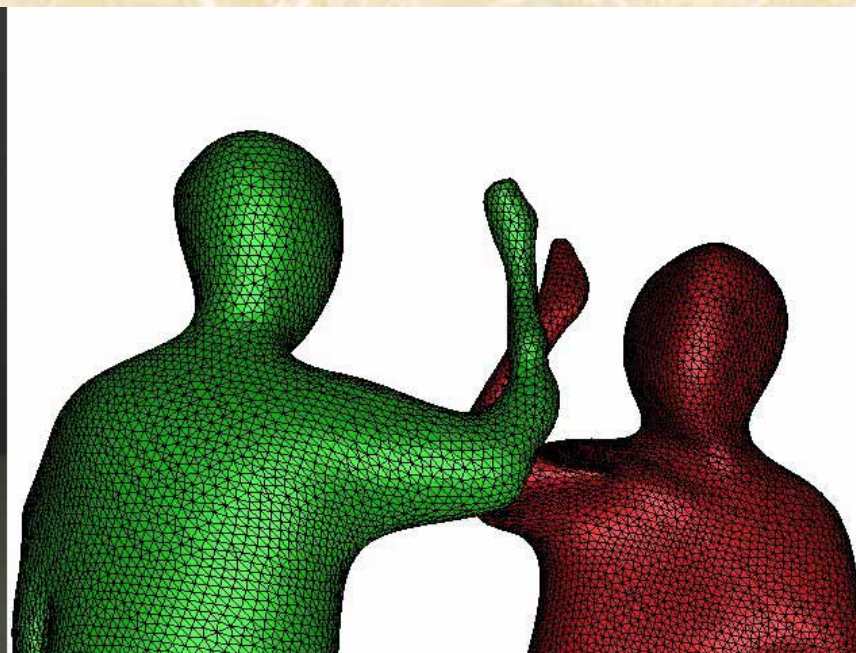
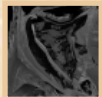
視体積交差法



メッシュ変形による
高精度化



【2】 弾性メッシュモデルを用いた高精度3次元形状復元(2) 【複数人物による複雑な動作の3次元復元】



複数人物の3次元形状・運動の同時復元

【3】首振りカメラ群による リアルタイム複数人物追跡撮影に基づく3次元ビデオの生成

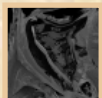


従来の撮影システム

カメラ **固定**

対象人物 **1人に限定**

撮影可能範囲 **2m×2m×2m**



目標とする撮影システム

カメラ **首振り機能**

対象人物 **複数**

撮影可能範囲 **10m×10m×2m**

カメラに首振り機能を追加し、自動追尾撮影技術を開発中



新規に開発した首振りカメラ



首振りカメラによるリアルタイム複数人物追跡撮影

【4】 3次元ビデオのインタラクティブ表示ソフトウェア

3次元ビデオ表示ソフトウェア

- 高精細3次元ビデオ（最大数百万ポリゴン）のリアルタイム表示
- 実写全方位パノラマビデオ背景との同時表示



- ソースコード:
複数の企業へ有償ライセンス
- オブジェクトコード:
一般利用者への配布

高精細テクスチャマッピング

- 新規アルゴリズムを開発中
 - 高精細映像表示
 - データ量の削減



従来手法

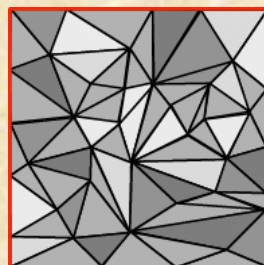
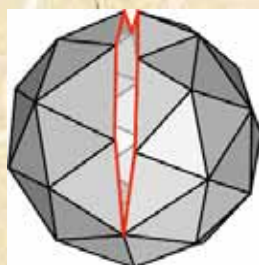
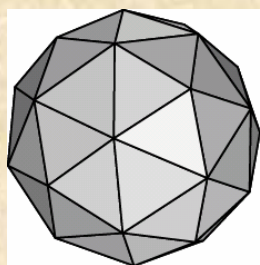
開発中の手法

	従来手法	開発中の手法
頂点数	107,406	654
ポリゴン数	214,816	1,000

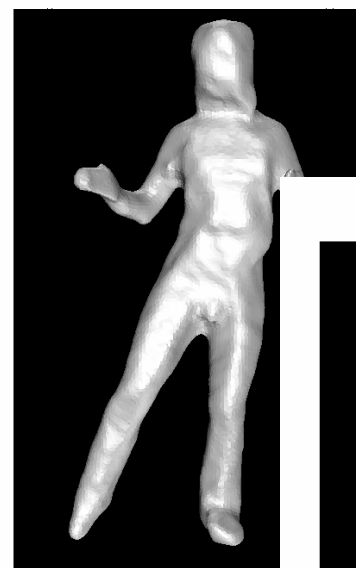
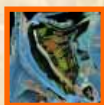
【5】 3次元ビデオおよび全方位パノラマビデオの高効率符号化法



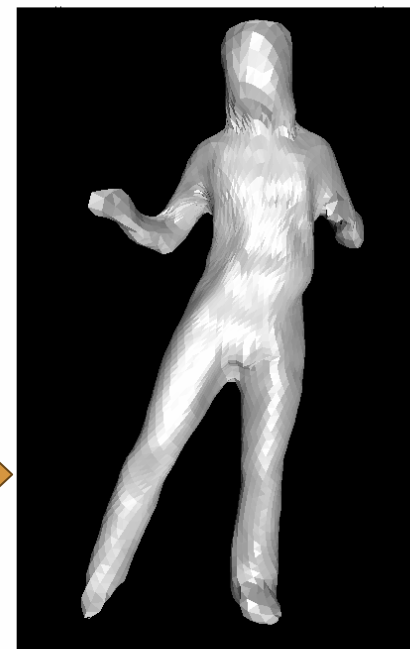
- (1) 3次元物体の表面に切れ目を入れる。
- (2) 切れ目から表面を開き、平面に延ばす。
- (3) **通常の2次元画像符号化**を適用する。



Skin - off



オリジナル
94Mbps



10mm解像度



圧縮後
360kbps

ナローバンドでも
十分鑑賞できる品質の
3次元映像が送信可能

研究開発の独創性、優位性（大型有形文化財のデジタル化）



【6】大型対象の3次元形状を高精度に計測するための形状復元技術

・高所、狭隘部用データ取得システムの開発



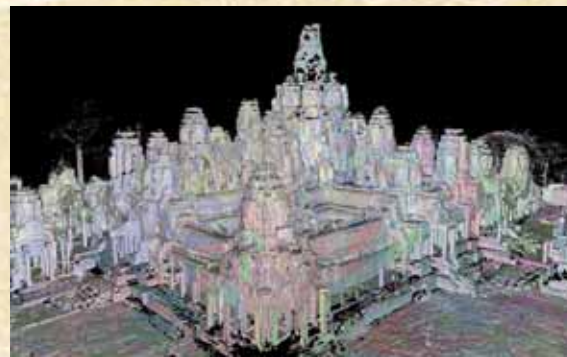
気球搭載型レンジセンサ



木登りセンサ

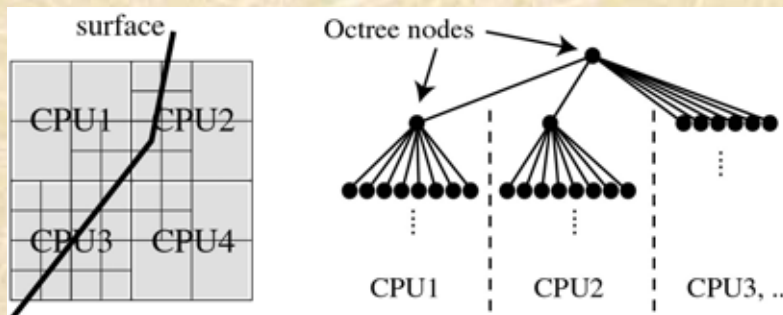
- ・距離歪み補正アルゴリズム
 - ・速度推定アルゴリズム
 - ・計測誤差補正アルゴリズム
- により**精度 $\pm 1 \sim 3\text{mm}$ を実現**

・高精度・高速位置合わせソフトウェアの開発



- ・GPUベースアルゴリズム
 - ・並列処理アルゴリズム
- により**580倍の高速化を実現**

・並列統合ソフトウェアの開発



- ・適応的ボクセル分割アルゴリズム
 - ・並列処理アルゴリズム
- により**10倍のメモリ使用効率を実現**

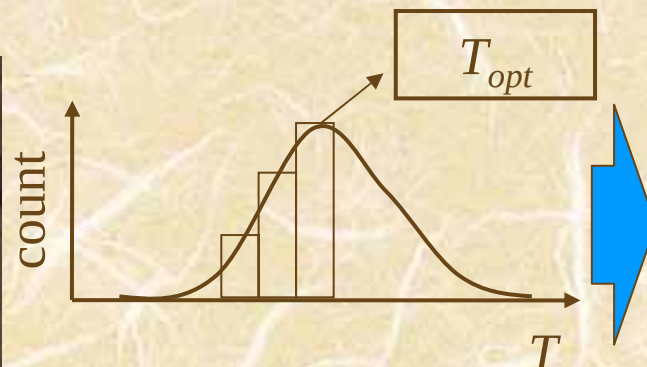
【7】 物体表面色や反射率を画像から推定する光学解析技術

・色彩 (RGB) 画像からの反射率推定

王塚装飾古墳 (福岡県)



入力画像

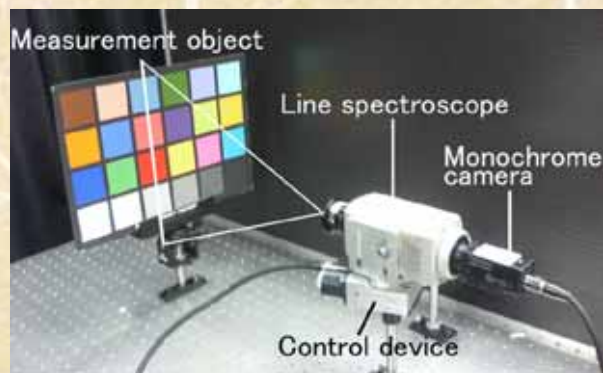


ピクセル毎にヒストグラム
から擬似albedoを計算



擬似albedo画像

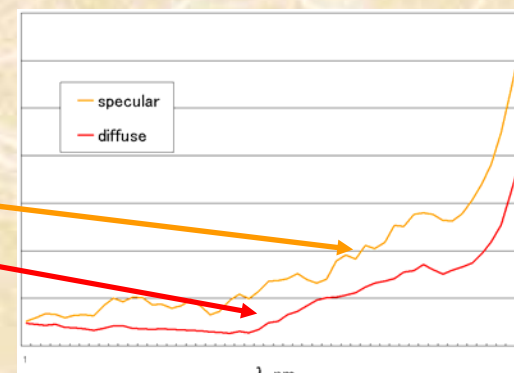
・スペクトル解析による反射率推定



計測システム



スペクトル画像から変換した
RGB画像



各点のスペクトル

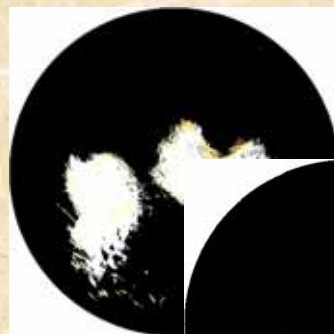
高精度スペクトル計測システムを開発

【8】光源配置ならびに特性を画像から推定する光環境センシング技術

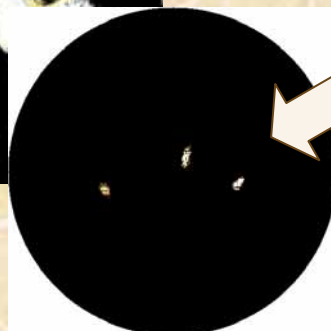
・光源分布推定ソフトウェアの開発



入力画像
(屋内環境)



推定光源分布

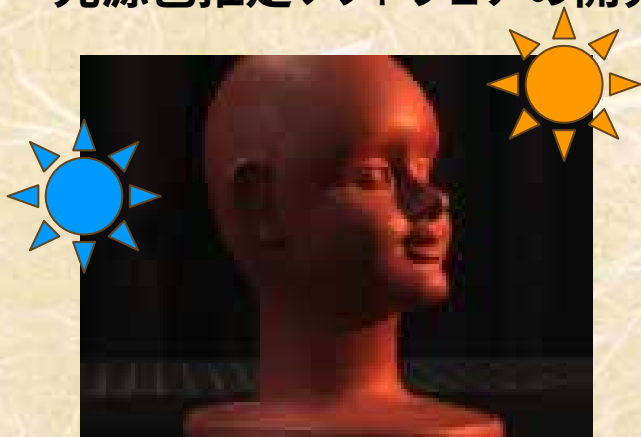


実光源分布

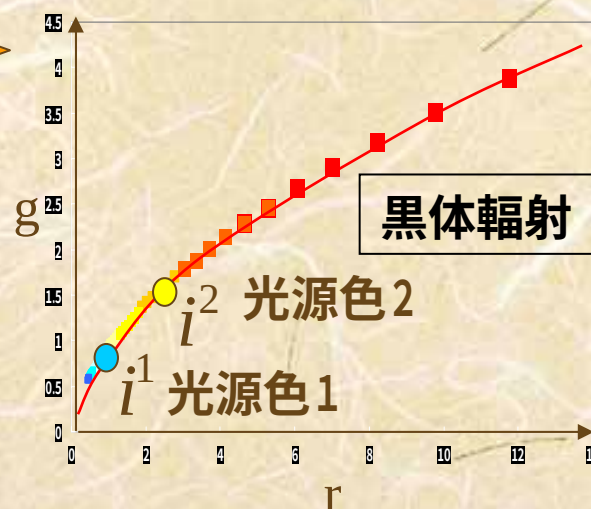
拡張



・光源色推定ソフトウェアの開発



入力画像 (屋内環境)



屋外環境における光源特性
推定ソフトウェアを開発中

国内外における類似研究との比較



国際ワークショップ開催と国際的外部評価

Int'l WS on Computer Vision Technology for High Fidelity Digitalization of Cultural Assets

2006年3月31日(金) - 4月1日(土)、京都大学

英国ケンブリッジ大学、米国カーネギーメロン大学、中国マイクロソフト・リサーチから世界トップレベルのコンピュータビジョン研究者を招き、平成16、17年度の研究開発成果を国際的なレベルから評価、議論して頂いた。

“The 2 projects by U Kyoto and U Tokyo
can be seen as twin towers
in computer vision research world!”

経済活性化を意識した 研究成果普及への取り組み（1）

標準化への取り組み

- ISO-MPEG会議において、3次元映像符号化に関する標準化活動を行う3DAVグループに参加、国際標準化に向けた議論を行っている。

特許（3件）

- 3次元画像データ圧縮装置、該方法、該プログラム及び記録媒体、特願2004-358612
- 3次元画像データ圧縮装置、該方法、該プログラム及び記録媒体、PCT/JP2005/22686
（関西TLOから市場性が高いとの評価を受け、TLOを介した技術移転に向けた手続きを進めている）
- 分光測定データに基づく画像データの色変換システム、特願2005-160567

ソフトウェアライセンシング（10件）

著作物の名称	企業・機関数
多眼カメラによる大阪海遊館グレートバリアリーフ水槽内水中撮影映像	1
多眼全方位パノラマカメラに関するプログラム	1
3平面視体積交差法による実時間3次元形状復元ソフトウェア	2
視点依存頂点ベーステクスチャマッピング法による3次元ビデオプレイヤープログラム	3
ぬいぐるみに係る3次元ビデオ映像	1
飛行船に係る3次元ビデオ映像	1
十二単に係る3次元ビデオ映像	1

経済活性化を意識した 研究成果普及への取り組み（2）

社会貢献

伝統文化の普及促進	京都・西陣織工業組合
3次元ビデオ映像のブロードバンド 配信公開実験	関西電力グループ
遺跡コンテンツの利活用・一般公開	愛・地球博、王塚装飾古墳館、 都立写真美術館、九州国立博物館、 奈良県明日香村、国立西洋美術館

人材育成

ポスドク研究者	6名を雇用
企業の若手技術者	SE1名、画像処理技術者2名を育成
修士・博士課程学生	各学年約10名が従事

研究開発の効率的推進のための 取り組みとその効果

	効率化への取り組み	効果
無形文化財の 高精度デジタル化 ソフトウェア	企業の若手SEの人材育成を兼ねたソフト開発	約300万円節減, 約6ヶ月短縮
	西陣織工業組合からのスタジオ構築用フロアの 無償供与	約300万円節減
	関西電力グループとの産学協同による 西陣スタジオ構築	約500万円節減
	西陣スタジオにおける旧PCクラスタの再利用	約500万円節減
大型有形文化財の 高精度デジタル化 ソフトウェア	共用基盤ソフトの早期開発による関連技術開発の 効率改善	約3ヶ月短縮
	大規模データ用アーカイバルサーバの導入	約3～6ヶ月短縮

社会への情報発信活動状況

● 学術的成果

	16年度	17年度	合計
受賞	1	4	5
招待講演・招待論文	8	9	17
学術論文	7	14	21
解説論文	1	5	6
国際会議論文	6	22	28
口頭発表	11	23	34

● 報道発表

	16年度	17年度	合計
新聞	9	33	42
テレビ	10	18	28
雑誌	0	7	7

● 国際ワークショップの開催

Int'l WS on Computer Vision Technology for High Fidelity Digitalization of Cultural Assets, 2006/3/31～4/1, 京都大学

英国、米国、中国から世界トップレベルのコンピュータビジョン研究者を招き、平成16、17年度の研究開発成果を国際的なレベルから評価、議論して頂いた。
→高い総合評価を得ることができた。

他のプロジェクト等との連携協力

大学2件	立命館大 (CREST) 東工大 (科研)
企業2件	関西電力グループ ・ ケイ・オプティコム (株) 公開ネット配信実験 ・ エネゲート(株) (総務省SCOPE) 記念写真ビジネス
その他5件	・ カンボジアバイヨン寺院 ・ 奈良県明日香村 ・ 九州装飾古墳 ・ ウェル.com美術館 ・ 先進モビリティ連携研究センター

研究開発成果の有する中長期的な 経済的、社会的効果、社会的ニーズ

	経済的効果	社会的効果
無形文化財の 高精度デジタル化 ソフトウェア	● 映画、TVゲーム ● 教育・学習ビジネス ● 記念写真ビジネス ● スポーツ練習システム ● 3次元テレビ放送	● 文化・芸術の振興に寄与 ● 教育・スポーツ分野への応用 ● コンテンツ創生・人材育成 ● 遺跡観光産業への寄与 ● 国際協定に基づく世界遺産保存・修復活動による友好関係の構築
大型有形文化財の 高精度デジタル化 ソフトウェア	● 古墳・遺跡等のコンテンツ化 ● 美術館での映像ガイド ● カーナビゲーション用コンテンツ生成 ● マンション販売市場 ● 災害シミュレーション市場	