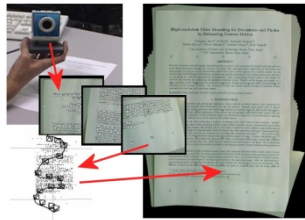


視覚情報メディア講座 (横矢研究室)

教授 横矢直和, 助教 佐藤智和, 波部齊, 河合紀彦

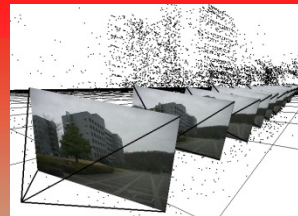
コンピュータビジョン



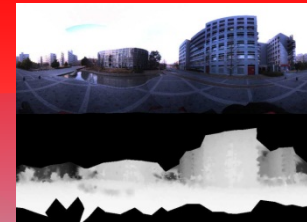
ビデオカメラによる超解像
ビデオモザイクシステム



レーザレンジファインダによる
屋外環境の三次元モデル化



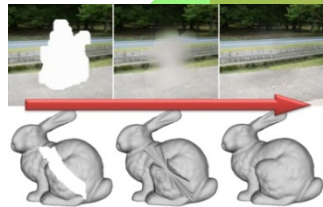
動画像からの三次元復元



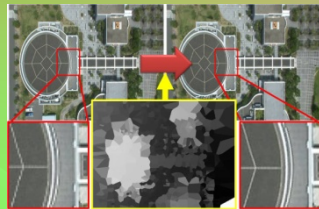
全方位カメラによる
屋外三次元情報の復元



赤外線LEDと不可視マーカ
によるカメラ位置・姿勢推定

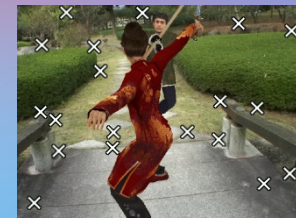


パターン類似度に基づく
画像・形状修復



奥行き画像推定による時空間超解像

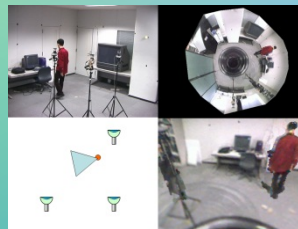
視覚・情報・メディア



ランドマークデータベース
によるカメラ位置・姿勢推定



フライスルーMR平城京



全方位カメラによる
自由視点画像生成



画像修復による死角の無い
全方位動画の生成



広域屋外環境の
全方位ステレオ画像生成



画像のぼけ推定に基づく
仮想物体の実時間レンダリング



ウェアラブル/モバイル
拡張現実感

画像処理

複合現実感

横矢研究室(視覚情報メディア講座)への誘い^{いざな}

新M1のための研究室公開：

日時：平成23年4月5日(火)、6日(水) 13:30~17:30

場所：B棟3階B308、B棟3階リフレッシュコーナー(教員、学生との楽しい懇親会!)、
学際融合領域研究棟1階情報系ラボ2-2

バーベキュー(例年ならお花見)：

日時：平成23年4月6日(水) 17:30~

場所：学内、とりあえずB棟3階まで来てください。

研究室の場所と人(教員を除く)に関する情報：

居住区域：B棟3階(B311~315)

実験室：B棟3階B308・2階B211、学際融合領域研究棟1号館4階、2号館1階情報系ラボ2-2

秘書：中村 美奈

ポスドク：武富 貴史

学生：

D3：堀 磨伊也，D2：糸 秀行

D1：大倉 史生，金谷 典武(兵庫県立工業技術センター)

M2：青砥 隆仁，井上 直哉，岡田 圭太，北浦 真樹，桜 文武，佐藤 琢矢，関井 大気，田中 佳樹，山崎 将由

M1：**只今募集中**

研究室のイベント：

- 夏季研究室旅行・合宿(8月~9月) — 香住(H11)、勝浦(H12, H19)、鳥羽(H13)、飛騨高山(全方位撮影のための出張)(H14)、白馬(H15, H22)、東尋坊(H16)、木曾馬籠(H17)、出雲(H18)、岡山(H20)、徳島(H21)
- 冬季研究室旅行・スキー&温泉(3月) — 蔵王(H10, H17, H21)、ニセコ(H11, H14, H15, H20)、斑尾(H12)、志賀高原(H13)、白馬五竜(H16)、キロロ(H18, H22)、安比(H19)
- 宴会 — 花見(4月)、新入生歓迎コンパ(4月~5月)、忘年会・OB忘年会(12月)、謝恩会(3月)、バーベキューパーティー等(随時)

研究室に来て欲しい学生：

- ・ メディア関連分野に興味があり、何かやってみようという研究意欲のある人
- ・ プログラミングに自信がある、あるいは頑張る気がある人
- ・ 日本語と英語(読み、書き、話す)ができる人
- ・ スキー等のスポーツが好きな人(下手の横好きでもOK)
- ・ 宴会が嫌いでない人

研究室に来て欲しくない学生：

- ・ 挨拶がまともにできない人
- ・ 協調性に欠ける人
- ・ 研究室にあまり出てこない人

研究室所属学生の特典：

- ・ (論文が採択されたら)地球上のどこへでも学会発表に行ける。
- ・ 研究室内の各種イベントの企画権と坂田商店の経営権はM1に与えられる。
- ・ セグウェイとプリウス等実験用車両の運転資格が与えられる(ただし、後者は運転免許証保有者に限る)。

研究室修了学生の主な就職先(カッコ内は人数)：

パナソニック(10)、NTT(8)、シャープ(8)、三菱電機(5)、ソニー(5)、NEC(5)、住友電工(4)、トヨタ(4)、三洋電機(4)、日立(4)、富士ゼロックス(4)、奈良先端大(4)、ビクター(3)、TIS(3)、ホンダ(3)、キヤノン(3)、IBM(3)、NTTソフト(2)、凸版(2)、阪大(2)、産総研(2)、豊田中研(2)、松下電工(1)、ヤマハ(1)、日産(1)、東芝(1)、富士通テン(1)、コニカミノルタ(1)、パイオニア(1)、日本旅行(1)、文科省(1)、立命館大(1)、エプソン(1)、デンソー(1)、島津製作所(1)、船井電機(1)、ほか

- ★ **研究室に興味のある人は研究室公開に必ず顔を出すとともに、居住区域に出没して教員や学生を捕まえて下さい**

動画像からの屋外三次元モデル復元

視覚情報メディア講座

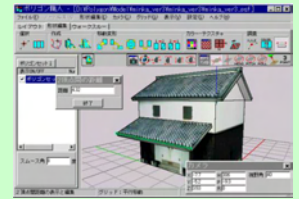
佐藤 智和, 神原 誠之, 横矢 直和

<http://yokoya.naist.jp/~tomoka-s/research.html>

屋外環境の三次元モデル

ウォークスルー
景観シミュレーション
ナビゲーション
複合現実感

幅広い分野での
応用が可能



人手による作成が一般的

多大な労力が必要
→自動化が求められる

ビデオカメラを用いた屋外環境の自動復元

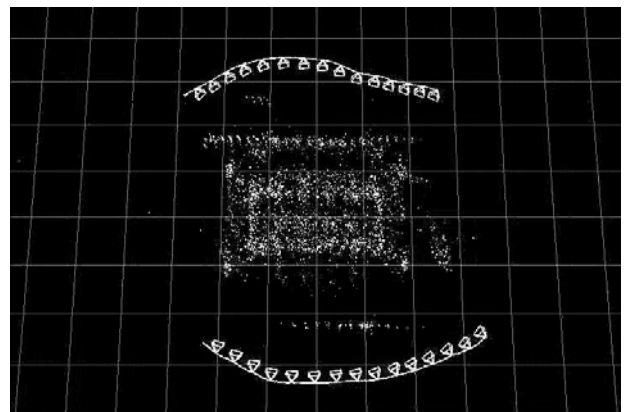
1.対象の撮影



少数の**基準点**の三次元座標を**三次元測量機材(トータルステーション)**により計測しておく

2.カメラパラメータの復元

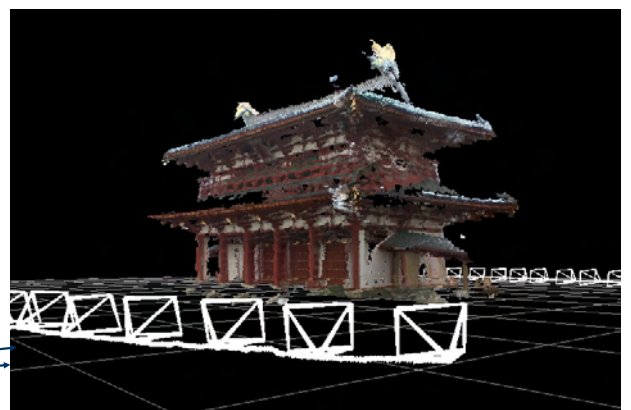
基準点と**自然特徴点**を動画像上で自動追跡



特徴点の画像上の動きからビデオカメラの位置・姿勢パラメータ(**カメラパラメータ**)を自動で推定する

3.モデルの復元

マルチベースラインステレオ法により各画像の奥行き情報を復元し、数百枚の**奥行き情報**を**ボクセル空間**に統合する



統合

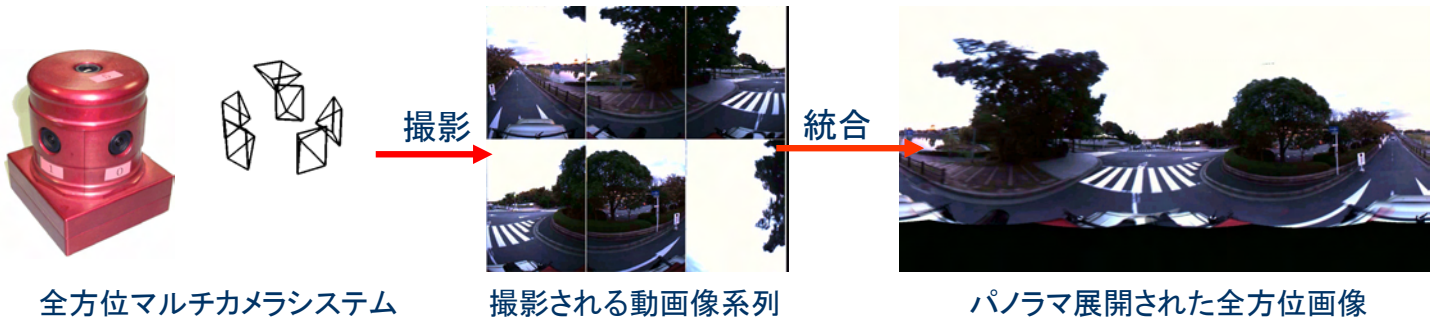
全方位カメラによる屋外三次元情報の復元

視覚情報メディア講座 佐藤 智和, 横矢 直和

<http://yokoya.naist.jp/~tomoka-s/research.html>

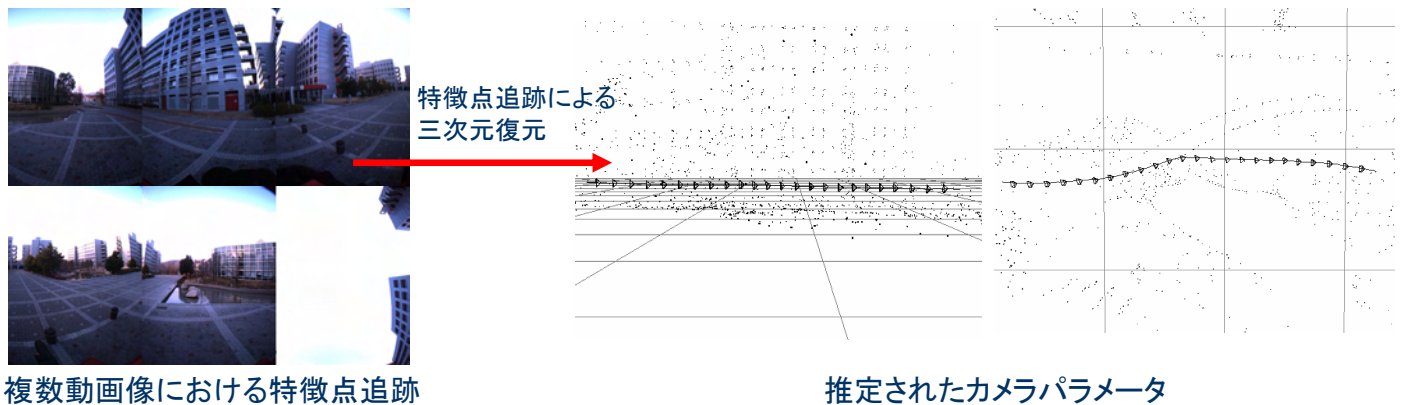
広域屋外環境の三次元モデル化

動画像からの屋外環境の三次元復元に全方位カメラを用いることで、三次元復元精度の向上と撮影コストの低減を図る。

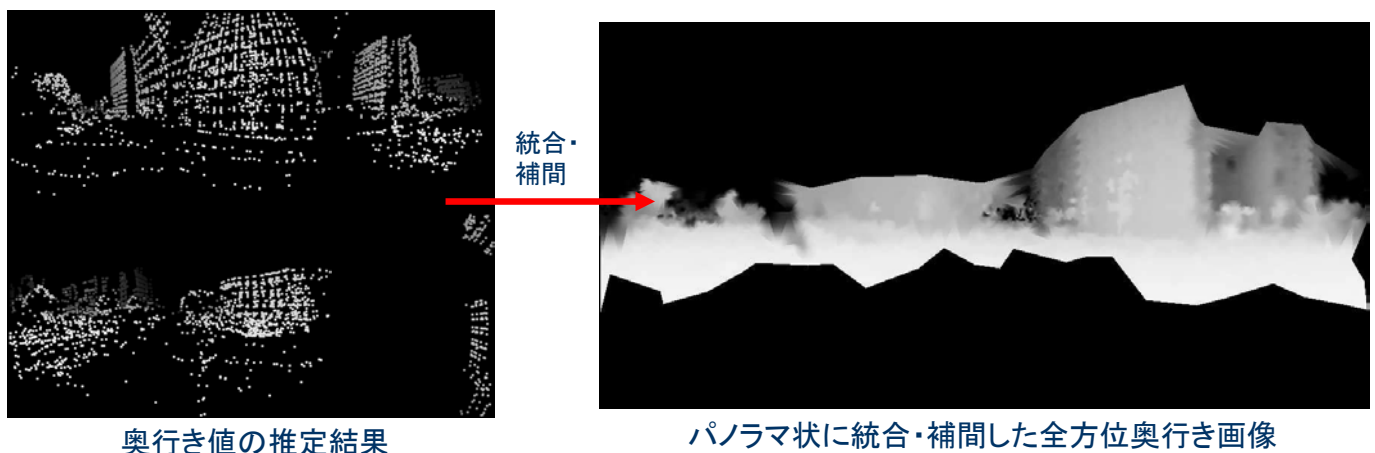


広域屋外環境の三次元情報の復元

1. 各カメラに写る特徴点を統合的に扱うことで高精度にカメラ位置・姿勢を推定



2. 特徴点の数え上げによる奥行き推定により、効率的に全方位の奥行きを復元



今後の展開

- ・ 全方位奥行き画像の統合による屋外三次元モデルの自動構築
- ・ 奥行き動画像を用いた任意視点画像生成手法の開発

特徴点追跡とGPS測位に基づくカメラの位置・姿勢推定

横地 裕次, 池田 聖*, 佐藤 智和*, 横矢 直和*
 e-mail : * {sei-i, tomoka-s, yokoya}@is.naist.jp

目的：カメラの位置・姿勢推定

- 広範囲に移動して取得した動画画像を使用
- 蓄積誤差の発生しない
- オフラインアプリケーション用
- カメラとGPS間のキャリブレーションが簡単
- 計算コストの小さい



画像とGPS測位データの取得

既知情報

- 画像とGPS測位データ
- カメラとGPS受信機間の距離
- カメラの内部パラメータ(レンズ歪, 焦点距離など)
- カメラとGPSの同期

未知情報

- カメラの位置・姿勢(外部パラメータ)
- 自然特徴点の三次元位置
- カメラからみたGPS受信機の方位

GPS測位に基づくカメラの位置・姿勢推定アルゴリズム

特徴点追跡アルゴリズム

- (1) 特徴点の検出
画像のスケール変化や回転に頑健なHarrisオペレータにより特徴点の候補位置を算出する
- (2) 特徴点の対応付け
テンプレートマッチングにより第(i-1)フレームと第iフレーム上の特徴点を対応付ける
- (3) 暫定外部パラメータ推定
RANSACアルゴリズムにより整合性の取れない特徴点を排除して暫定外部パラメータと特徴点の三次元位置を推定する
- (4) 特徴点の再対応付け
暫定外部パラメータを用いて推定された特徴点の三次元位置を画像上に投影し、この位置の周辺のみ探索範囲を限定して、特徴点を対応付ける

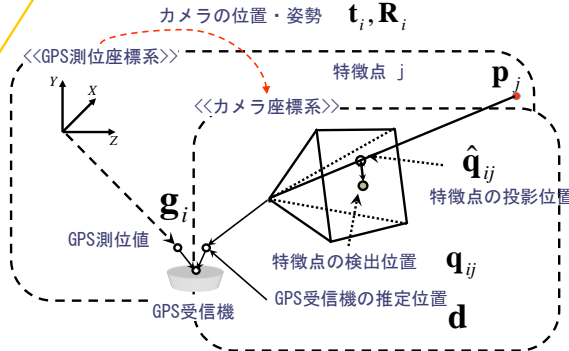
初期外部パラメータ

1フレーム内の特徴点の画像上の位置、三次元位置の対応から、そのフレームのカメラの位置・姿勢を推定する。カメラの位置・姿勢パラメータは、一般的に用いられる誤差関数である再投影誤差の自乗和を最小化することで算出する。

再投影誤差

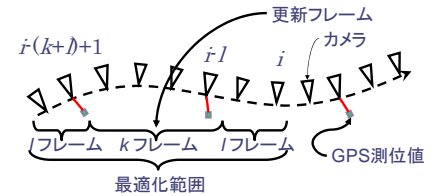
$$\Phi_{ij} = |\mathbf{q} - \hat{\mathbf{q}}|$$

カメラとGPS受信機の幾何学的関係



狭区間最適化の範囲

更新フレームの最適化に十分な数の特徴点とGPS測位値を利用するために、更新フレームの両側に使い捨ての区間を設ける。



狭区間・広区間最適化の誤差関数

$$E = \frac{\omega}{|F|} \sum_{i \in F} \Psi_i^2 + \frac{1}{\sum_i |S_i|} \sum_i \mu_i \sum_{j \in S_i} w_j \Phi_{ij}^2$$

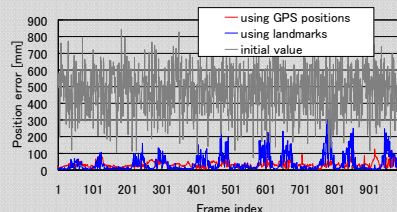
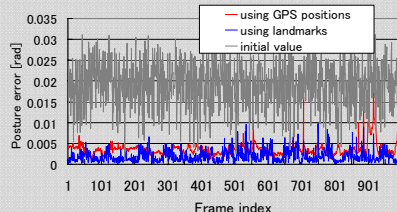
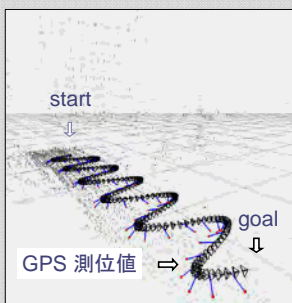
GPS受信機とカメラに関する誤差の重み
 第iフレームの信頼度
 第iフレーム内の特徴点の集合
 特徴点jの信頼度
 GPS測位できたフレームの集合

GPS受信機とカメラに関する誤差

$$\Psi_i = |\mathbf{R}_i \mathbf{g}_i + \mathbf{t}_i - \mathbf{d}_i|$$

シミュレーションによる評価

処理(D)広区間最適化の精度評価



入力データ

- 画像 (720x480, 15fps) 990 フレーム
- GPS 測位値の精度 ($\sigma=30\text{mm}$)
- 特徴点検出誤差 ($\sigma=0.6\text{mm}+\text{quantization error}$)
- カメラとGPS受信機間の距離: 1039mm

定数 $k=5, l=22, \omega=10^{-9}$

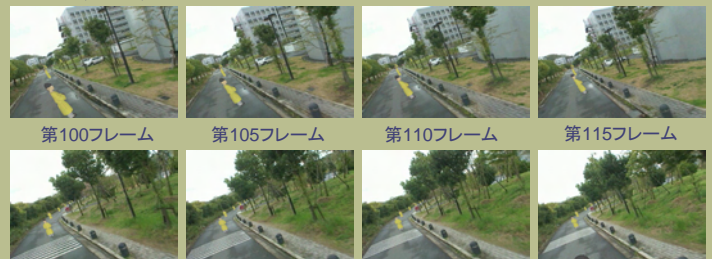
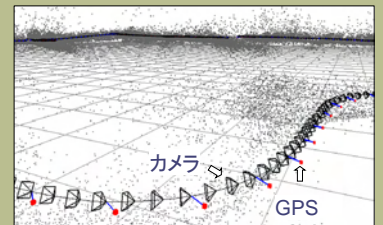
実環境データを用いた実験

誤差モデルや特徴点追跡精度を含む提案手法全体の評価

入力データ

- 画像 (720x480, 15fps), 3600 フレーム
- GPS 受信機の精度 ($\sigma=30\text{mm}$)
- カメラとGPS受信機間の測定距離: 1020mm

定数 $k=5, l=22, \omega=10^{-9}$



http://yokoya-lab.naist.jp/pub/movie/yokochi/match_move.mpg

GPS測位精度を考慮した動画像とGPSの併用によるカメラ位置・姿勢推定

1. 研究背景

動画像からのカメラ位置・姿勢推定

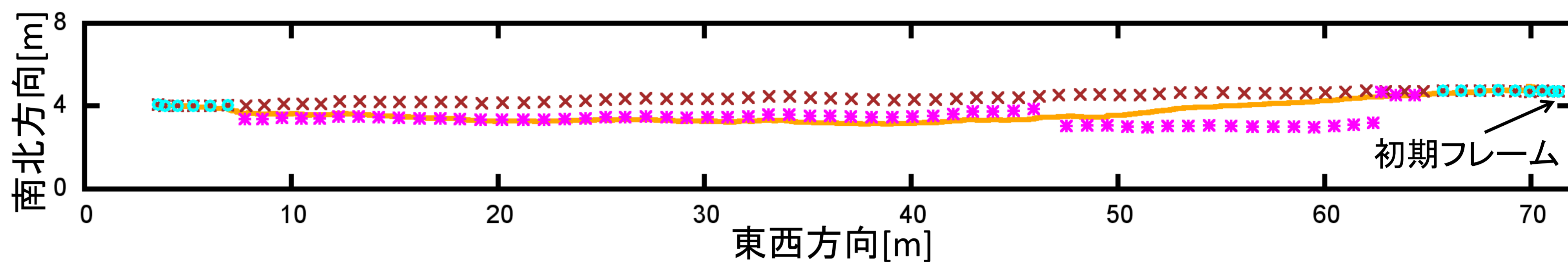


三次元形状復元

拡張現実感

様々なコンピュータビジョンのアプリケーションに利用可能

動画像とGPSの併用によるカメラ位置・姿勢推定



× RTK-fix(真値) ○ RTK-fix(入力) * RTK-float(入力)

従来手法[Anaiら, 09]による推定結果

長所
事前知識を必要としない
誤差が蓄積しない

従来手法の問題点
測位精度の低いGPS測位値
が推定結果に大きく影響

2. GPSの測位精度を考慮したカメラ位置・姿勢推定

GPS測位値を用いた最適化

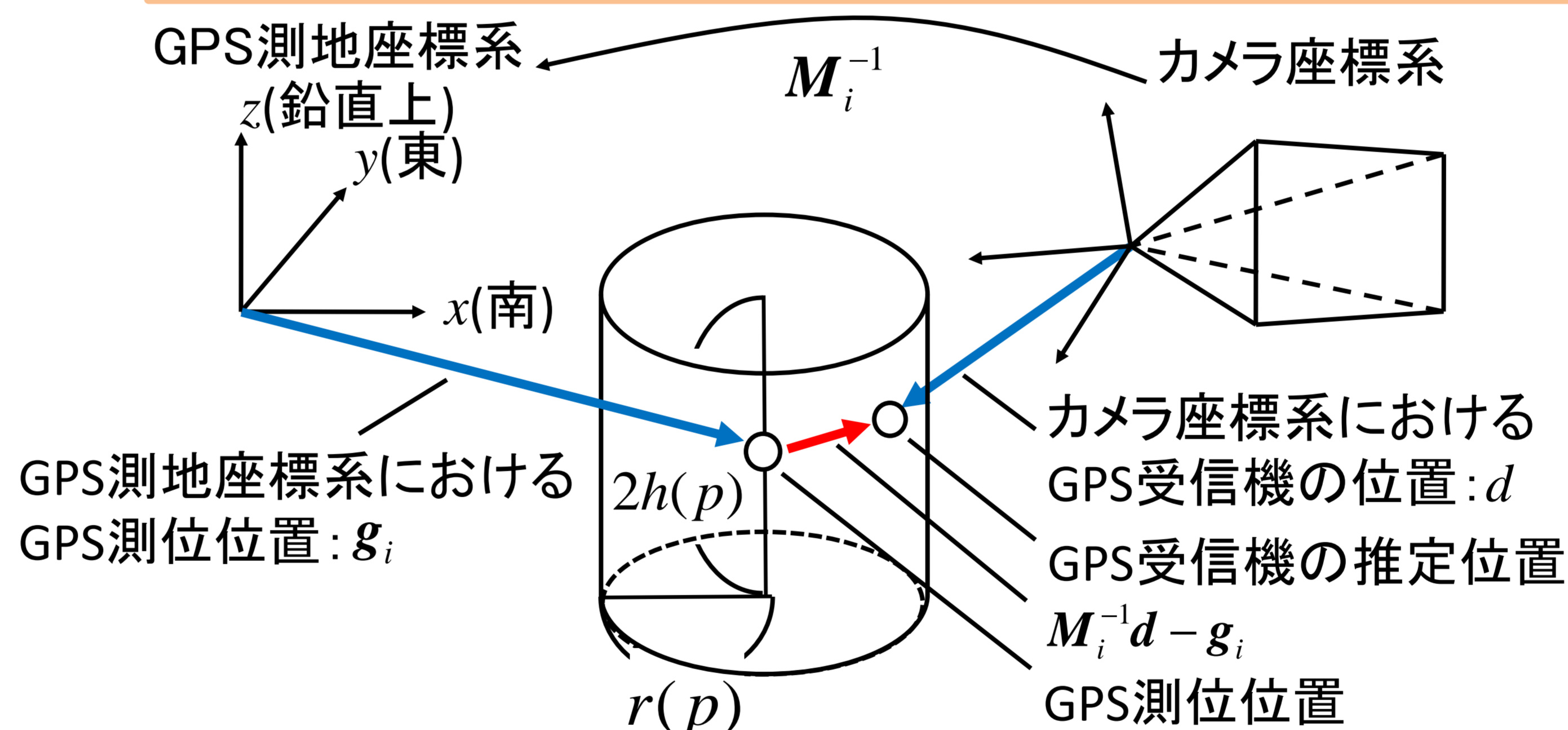
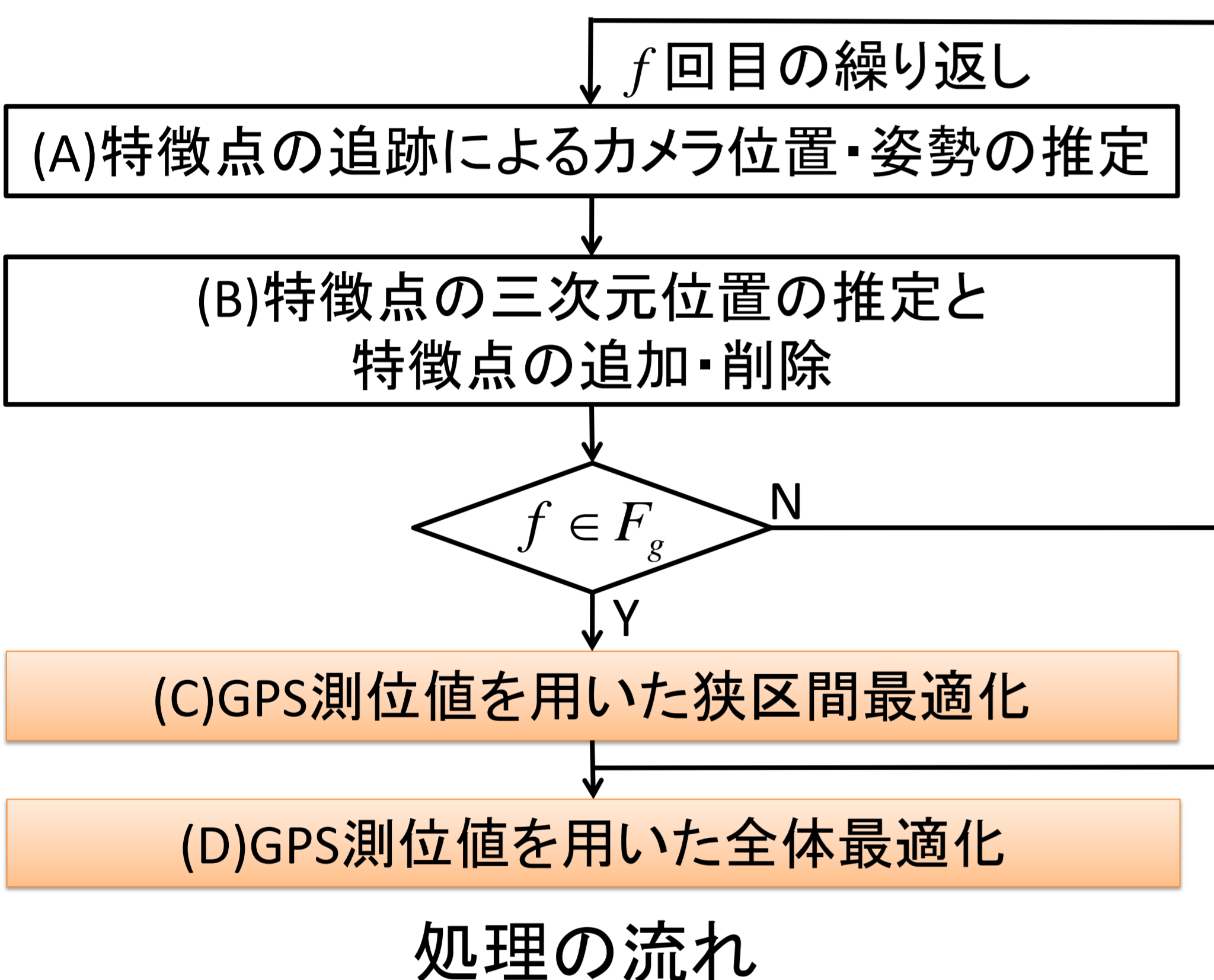
$$E = \sum_{i \in F} \Phi_i + \omega \sum_{i \in F_g} \Psi_i \rightarrow \text{最小化}$$

再投影誤差

GPS測位位置に関するペナルティ

$$\Psi_i = \left(\frac{1}{r(p)} \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \right)^{2n} + \left(\frac{1}{h(p)} z_i \right)^{2n} \quad \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{pmatrix} = M_i^{-1} d - g_i$$

ω : 重み
 F : フレームの集合
 F_g : GPSの測位時刻に対応するフレームの集合
 n : 大きな自然数
 p : GPSの測位精度

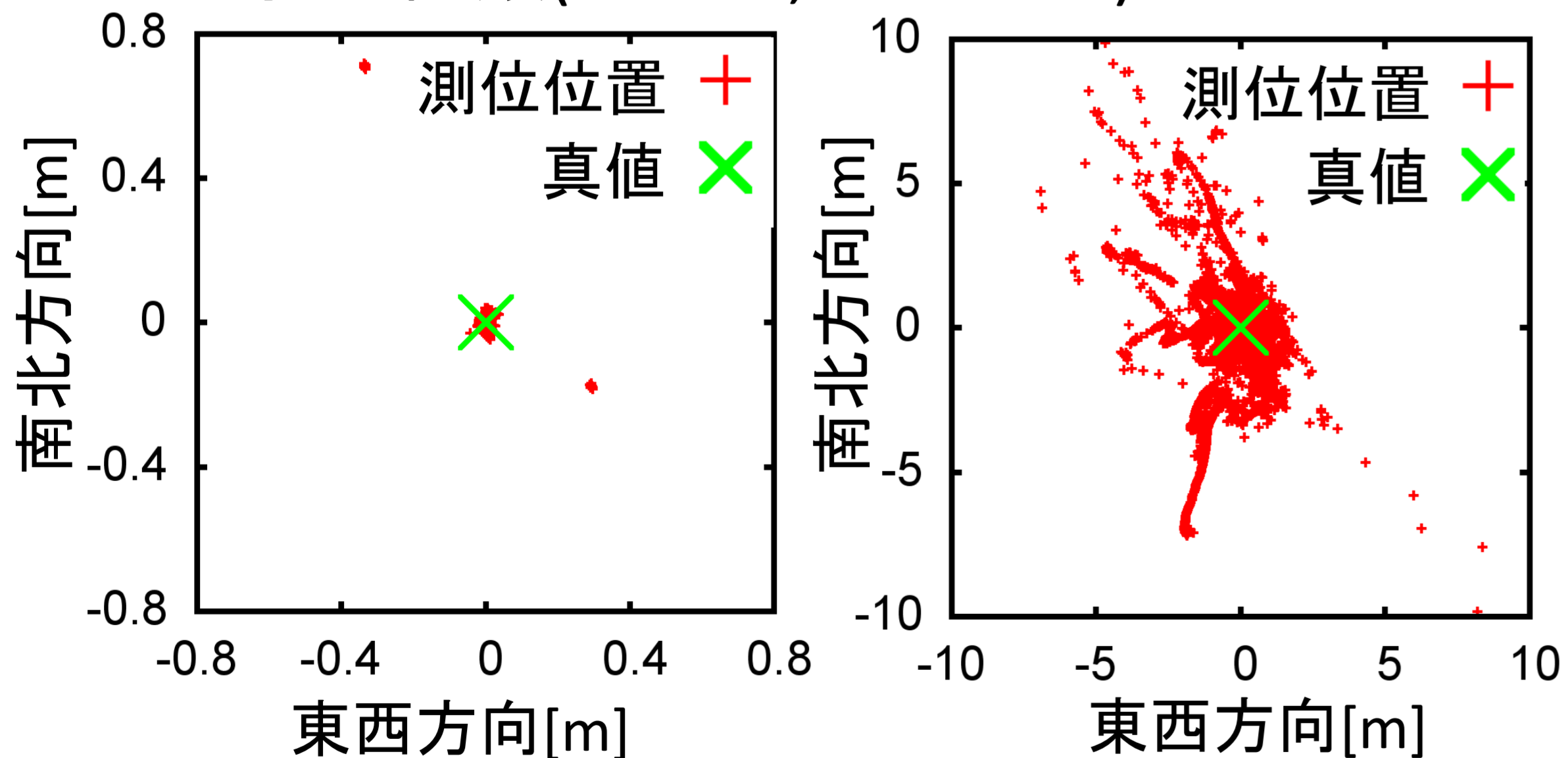


Ψ_i { 非常に大きい値: 円柱外
0に近い値: 円柱内

GPS受信機の推定位置を円柱内に制約

3. 定点観測によるGPSの測位精度に依存した誤差範囲の決定

測位精度としてRTK-GPSの解の種類(RTK-fix, RTK-float)を利用



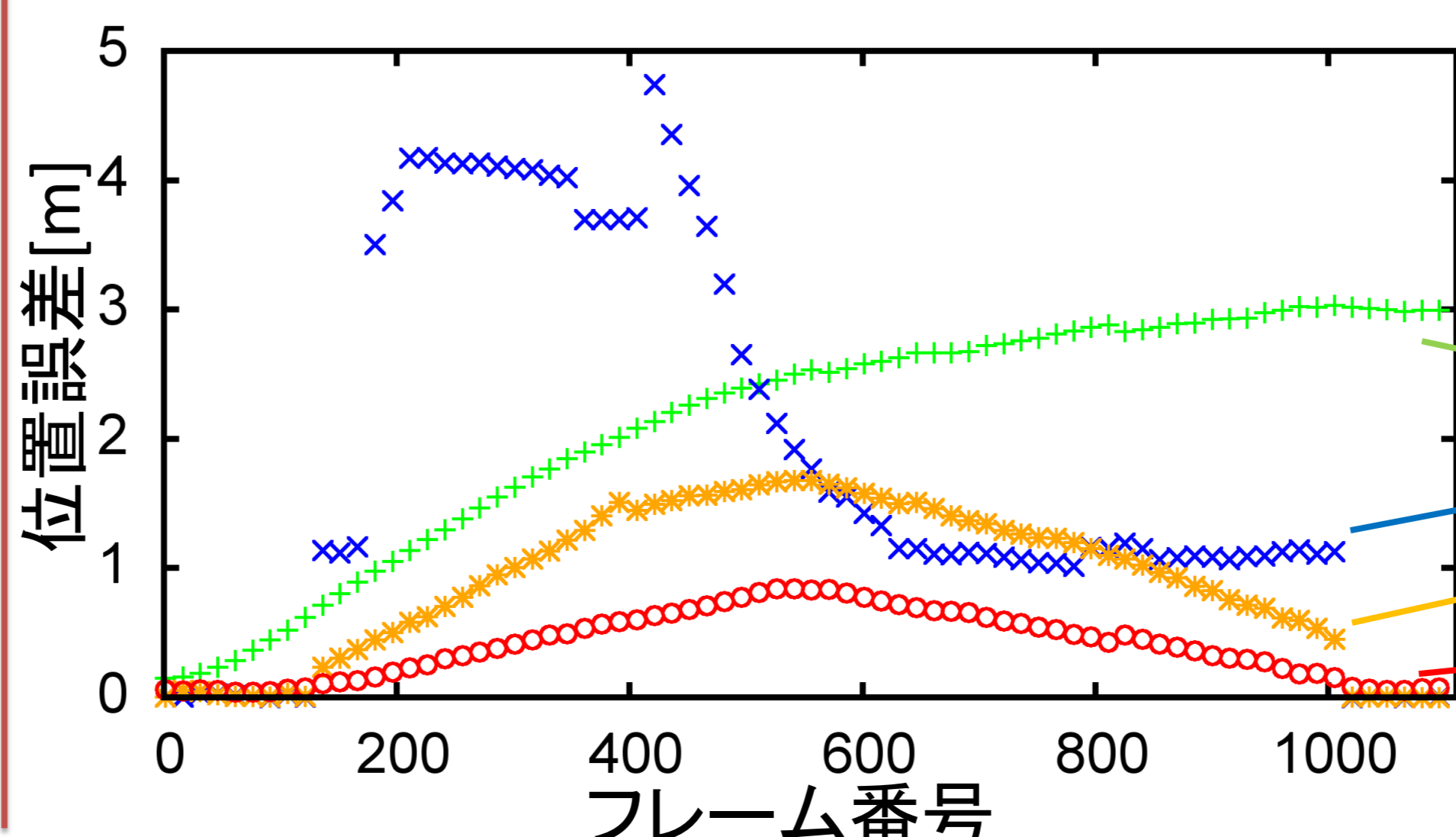
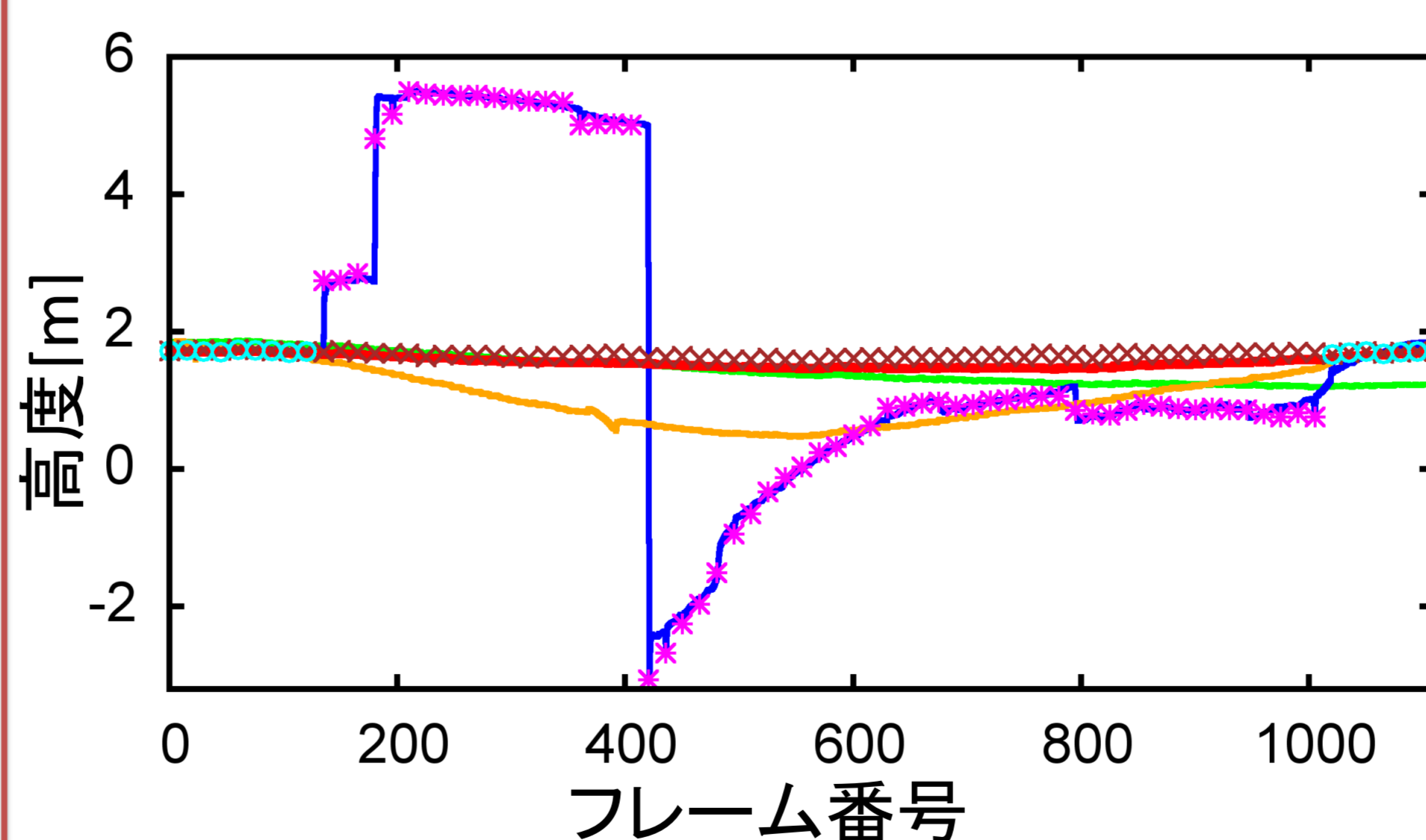
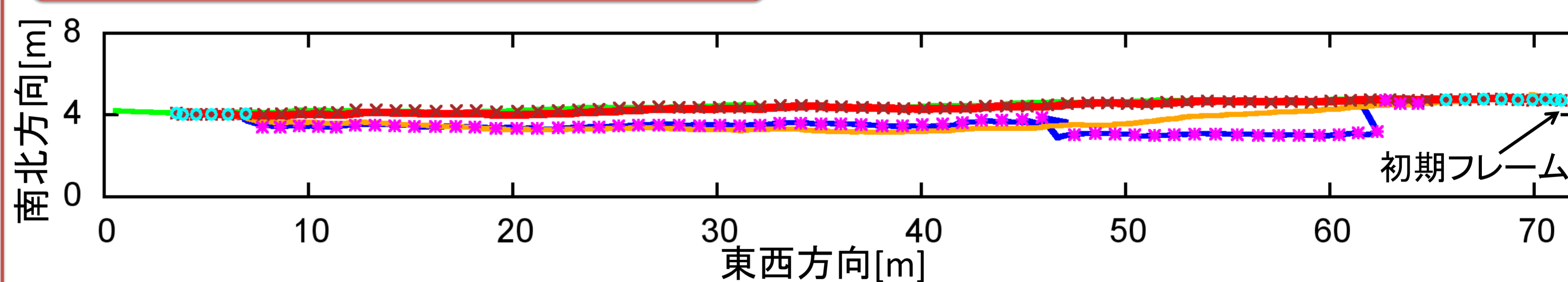
定点観測の結果

解の種類ごとの誤差の最大値[mm]

解の種類	全データ		外れ値除去後	
	水平方向	高度方向	水平方向	高度方向
RTK-fix	793	677	29	41
RTK-float	12792	20424	3778	9504

円柱のパラメータ $r(p)$ $h(p)$

4. カメラ位置・姿勢推定結果



× RTK-fix(真値)
○ RTK-fix(入力)
* RTK-float(入力)
— 手法A: 動画像のみ
— 手法B: 動画像+GPS[横地ら, 06]
GPSの誤差を正規分布と仮定
— 手法C: 動画像+GPS[Anaiら, 09]
GPSの誤差を正規分布と仮定
測位精度の変化を考慮
— 提案手法

位置誤差の比較 [m]

手法	平均	標準偏差	最大
A	2.110	0.916	3.036
B	1.787	1.497	4.742
C	0.895	0.582	1.681
提案手法	0.406	0.262	0.844

ビデオカメラによる超解像 ビデオモザイクシステム

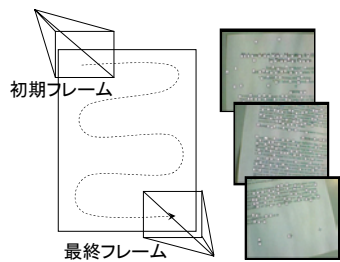
佐藤 智和, 池谷 彰彦, 池田 聖, 神原 誠之, 中島 昇, 横矢 直和
視覚情報メディア講座 NEC産学連携ラボ

近年のインターネット・カメラ付き携帯電話やPDAの普及に伴い、**紙面に描かれた文章や写真を手軽に電子化**し、保存・伝送することに対する需要が高まっている。本研究では、ハンドヘルドカメラを用いて紙面をなぞるように撮影し、動画像解析を行うことで、カメラの位置・姿勢をリアルタイムで推定し、一枚の高解像画像を合成する。また、超解像処理を行うことで、出力画像の高解像化を図る。これにより、**個々のカメラの画質を大幅に改善する、高解像・広視野角の画像を生成できる。**

提案手法の処理の流れ:

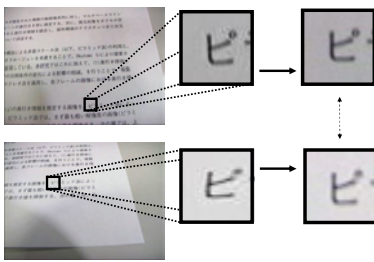
1. カメラ位置・姿勢のリアルタイム推定

特徴点の画像上での動きを解析することで、カメラの動きパラメータと特徴点のモザイク平面上の位置を推定する。



2. 再出現した特徴点の検出・対応付け

カメラの動きによってフレームアウトした後に再度撮影された特徴を、カメラパラメータを利用して検出し、対応付ける。



3. カメラパラメータの全体最適化

カメラパラメータと特徴点のモザイク平面上での位置を、動画像全体で最適化する。



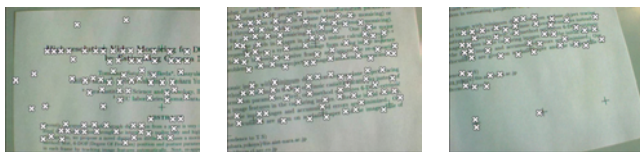
4. 超解像モザイク画像生成

最適化されたカメラパラメータを用いて超解像処理を行うことで、高解像モザイク画像を生成する。

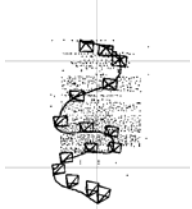


実験1 (文章)

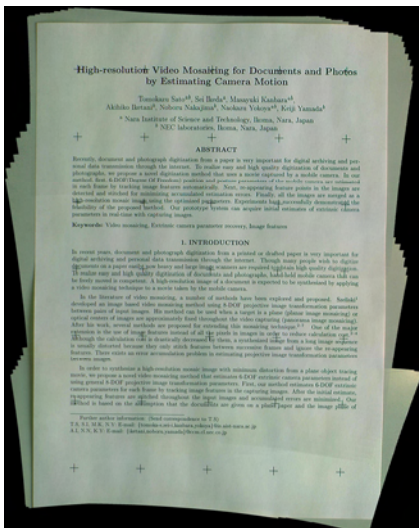
1. 入力画像・特徴点追跡結果の一部



2. カメラパラメータの推定結果



3. モザイク画像の生成結果



4. 入力画像、モザイク画像の拡大図

video capturing (panos mosaicing technique.)

入力画像の一部

video capturing (panos mosaicing technique.)

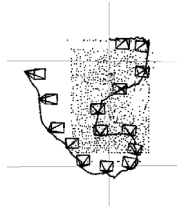
モザイク画像の対応箇所

実験2 (写真)

1. 入力画像・特徴点追跡結果の一部



2. カメラパラメータの推定結果



4. 入力画像、モザイク画像の拡大図



入力画像の一部



モザイク画像の対応箇所

3. モザイク画像の生成結果

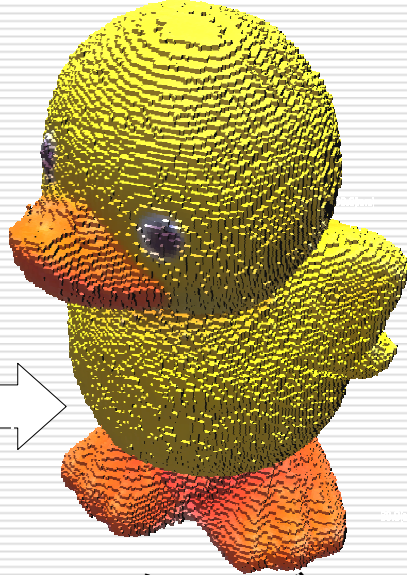


ハンドヘルドビデオカメラを用いた 撮影位置指示インターフェースを有する インタラクティブ3次元モデリングシステム

視覚情報メディア講座 不殿健治, 佐藤智和, 横矢直和



[実物体]



[3次元モデル]

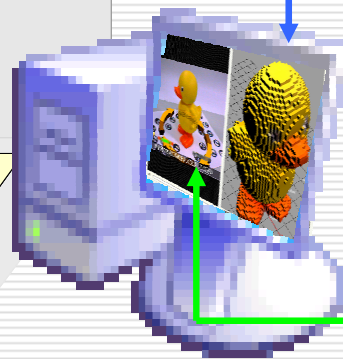
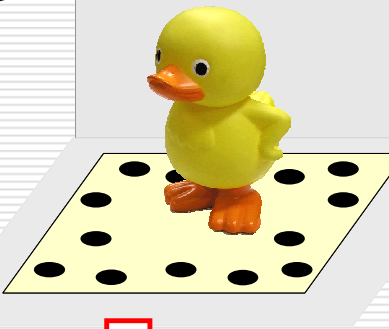
- ・個人のHP素材への利用
- ・オークションの商品説明への利用
- ・ゲームへの利用



手軽に3次元
モデルを作りたい

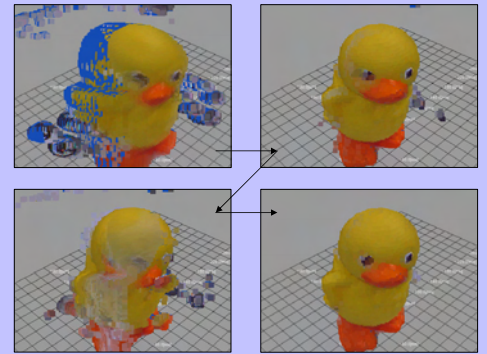
インタラクティブ3次元モデリングシステム

撮影指示に従いながら撮影



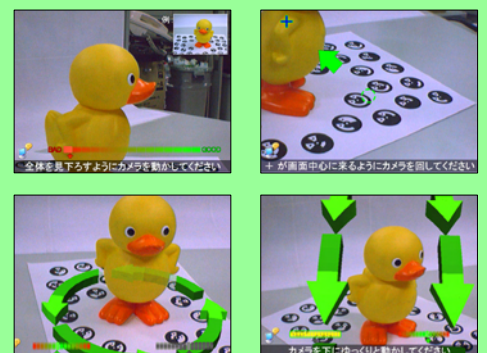
リアルタイムプレビュー

モデリング状況を随時確認



撮影指示

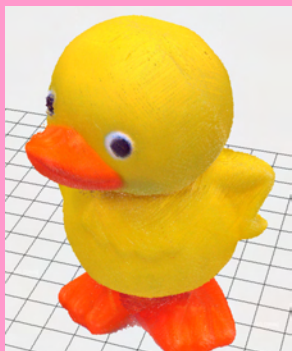
- ・基本的な撮影方法の教示
- ・撮りこぼしの無い効率的な撮影方法の教示



撮影終了

詳細モデリング(オフライン処理)

高精度なモデル生成



視点位置に応じて変形する三次元メッシュモデルを利用した自由視点画像生成における違和感の低減

伊吹 拓也[†] 佐藤智和^{*†} 松下康之^{††} 横矢 直和[†]

[†]奈良先端科学技術大学院大学

^{*}MSR IJARC Fellow

^{††}マイクロソフトリサーチアジア

研究背景

カメラで撮影されていない地点の映像を生成する自由視点映像生成の研究が盛んに行われている

写実的で違和感のない映像が望まれているが現状、多くの違和感が残されている

目的とアプローチ

目的

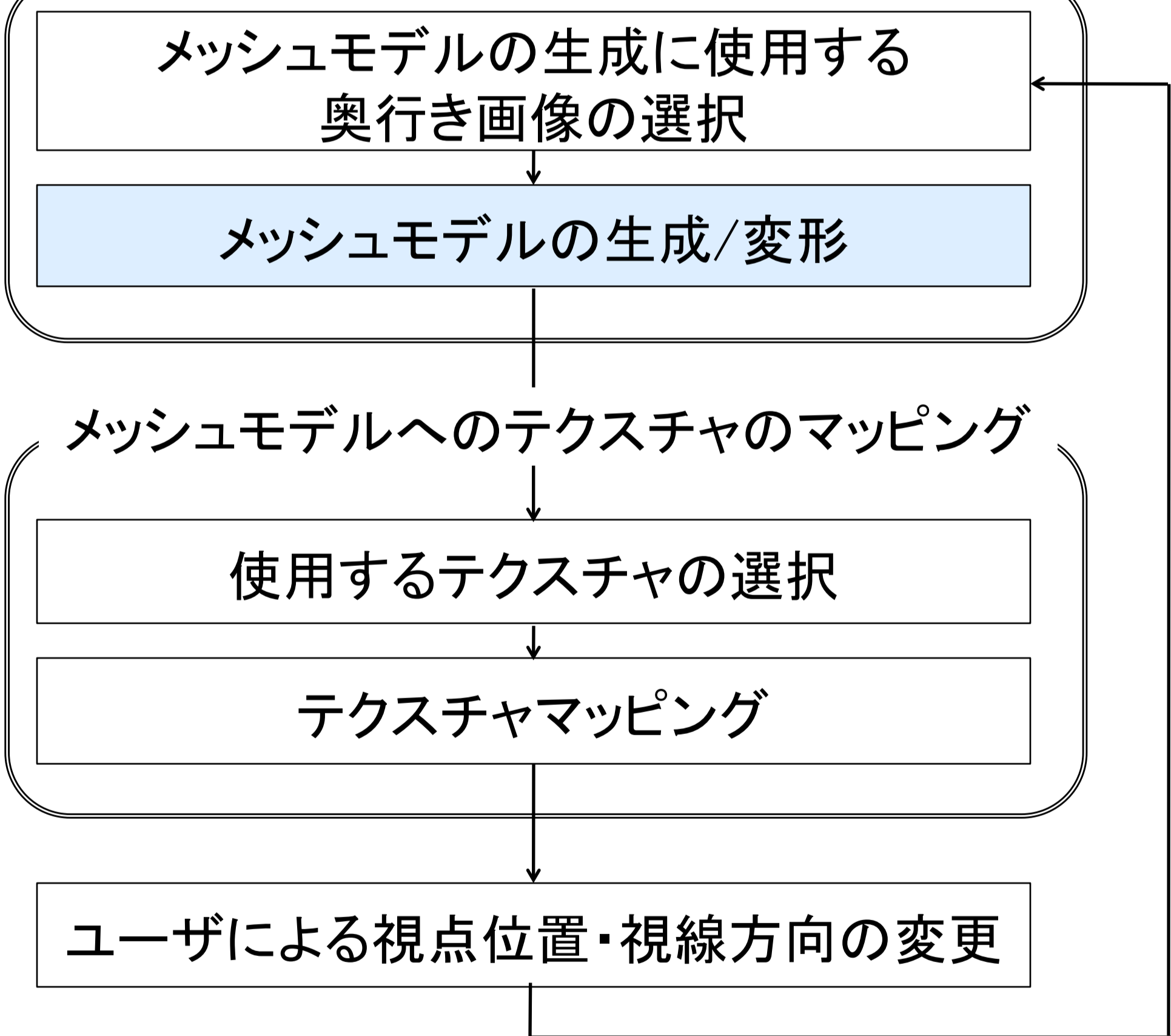
- ・ 広範囲の視点移動
 - ・ 高い写実性
 - ・ 違和感が少ない
- これらを兼ね添えた自由視点画像の生成

アプローチ

- ・ 単一の三次元モデルを生成せず
視点位置に応じて変形する三次元モデルを逐次生成する
- ・ 生成された動画像に違和感が生じないようにモデルを変形

処理手順

視点位置に応じた三次元メッシュモデルの生成



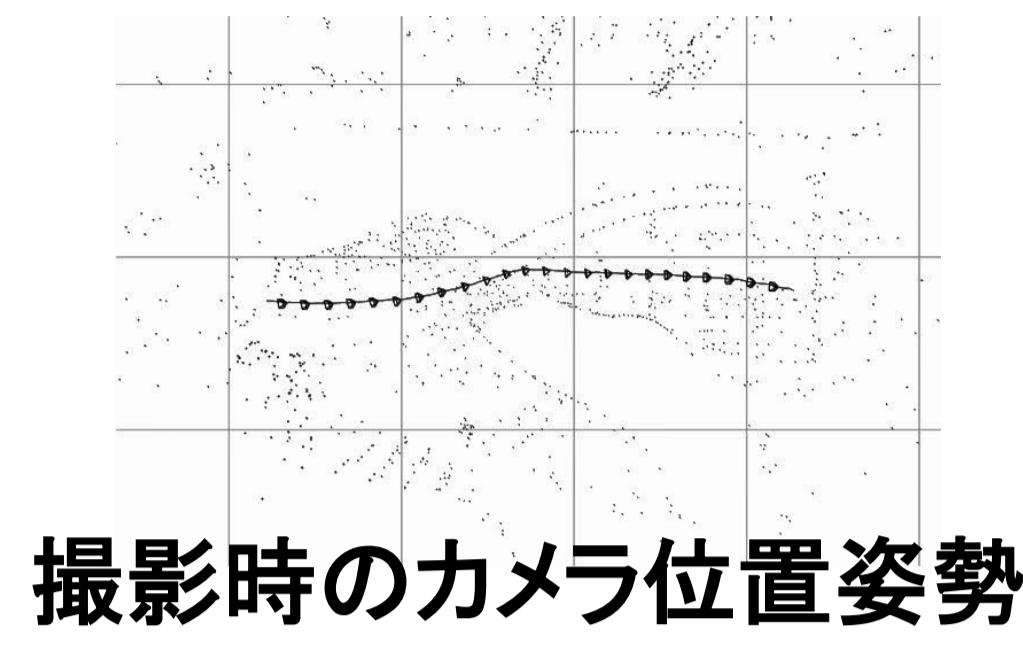
提案手法の概要

入力情報

使用カメラ



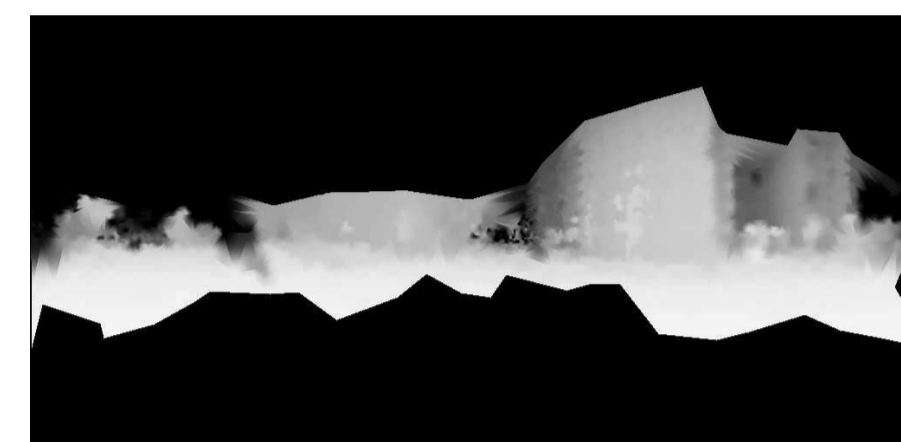
全方位マルチカメラ Ladybug



撮影時のカメラ位置姿勢

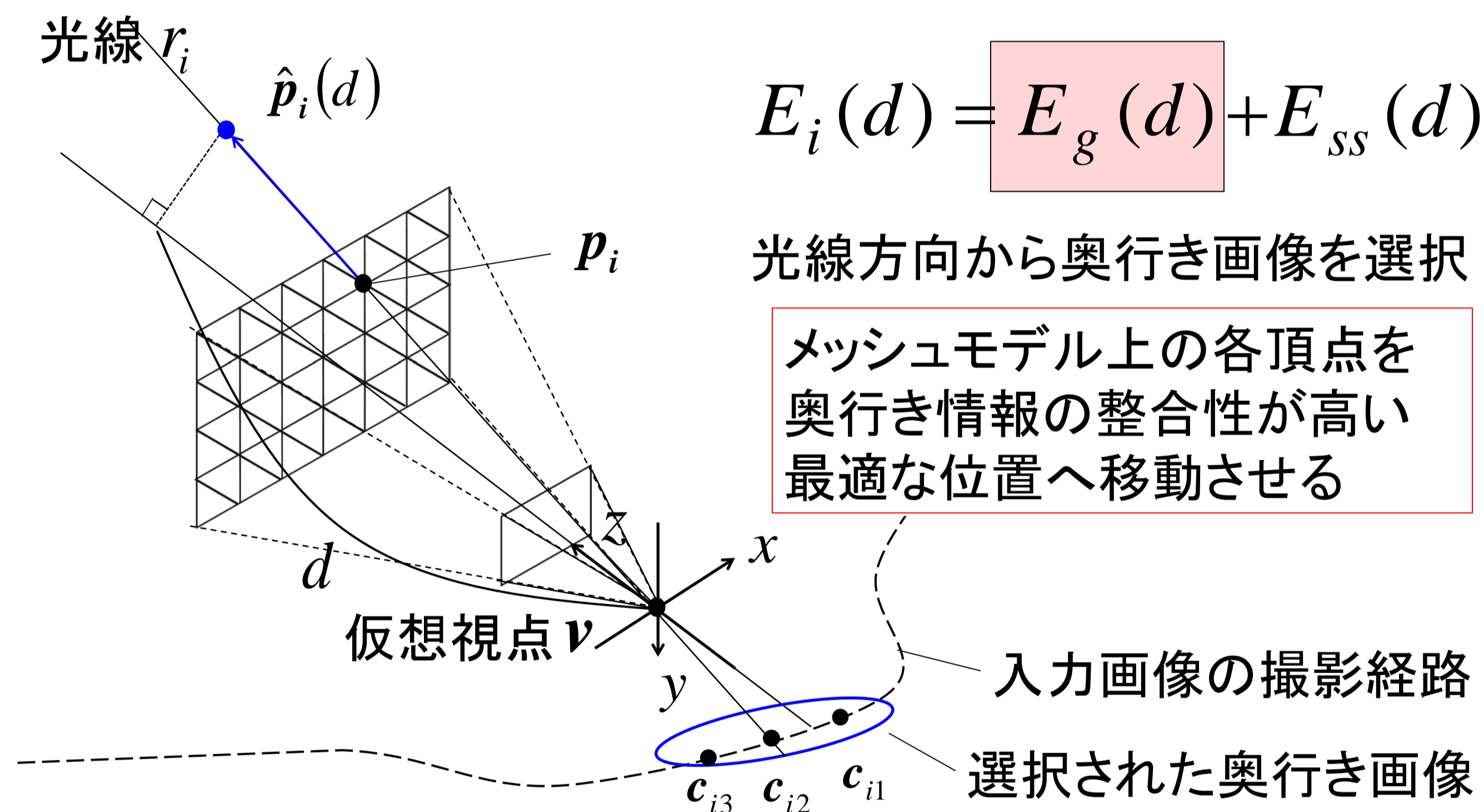


全方位動画像

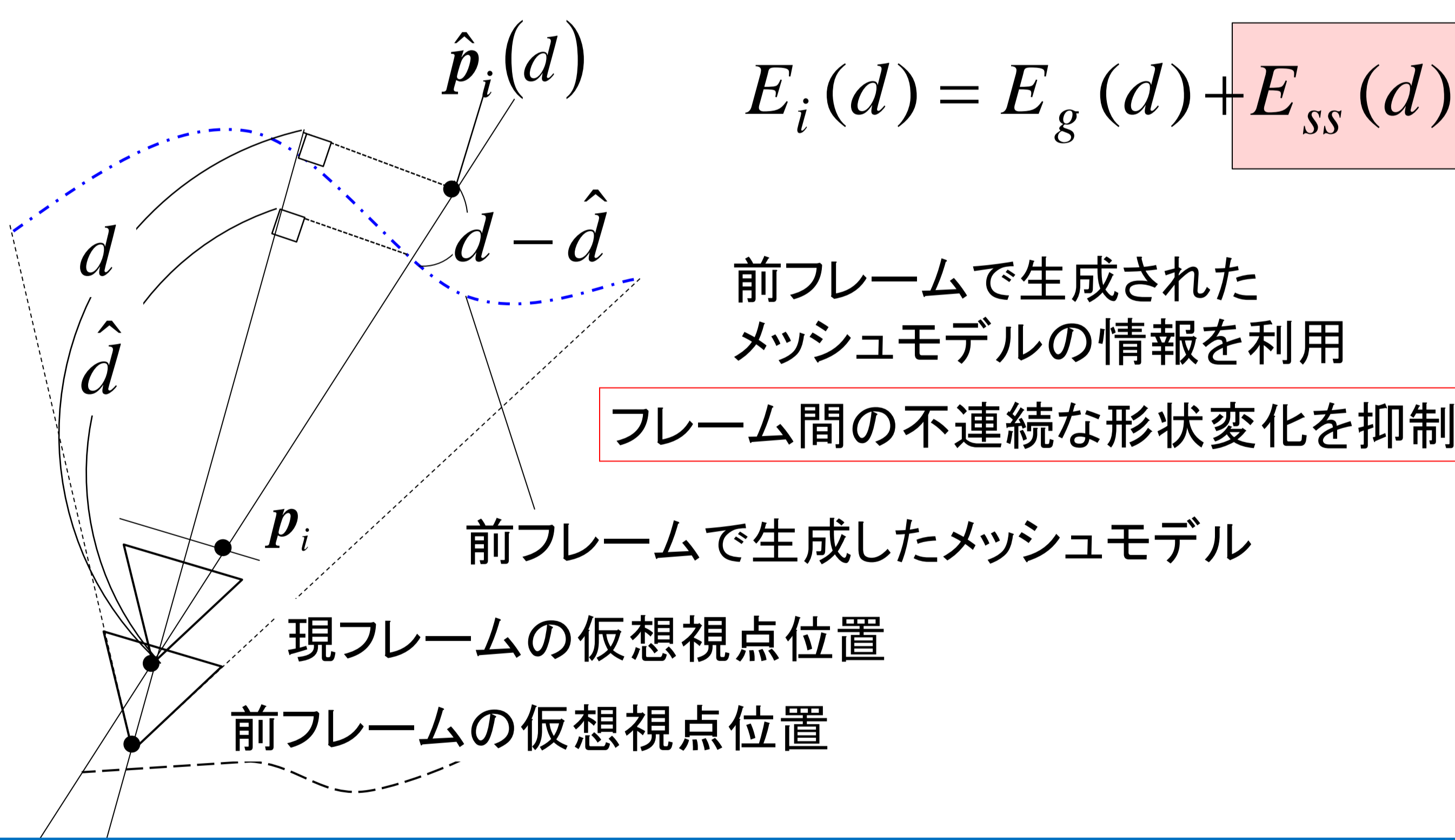


全方位奥行き動画像

奥行き情報の整合性を利用したメッシュモデルの生成



形状変形における連続性の考慮



実験結果

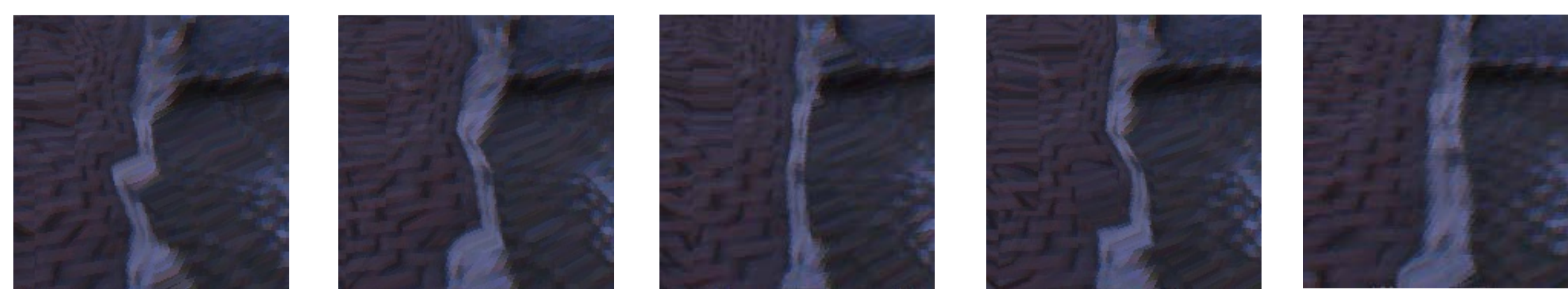


従来手法



提案手法

従来手法



提案手法



150フレーム 151フレーム 152フレーム 153フレーム 154フレーム

奥行き画像を利用した時空間超解像画像の生成

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
粟津 優作, 河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和

研究背景

一般のカメラでは高時空間解像度な映像の取得は困難
(撮像素子の数が有限, 読み出し速度の制限等)

➡ 動画画の時空間超解像化

従来研究の問題点

画像間の対応関係を用いて高解像度化
高精度に対応関係を求めるために, 制約を要する

- 物体の形状を平面仮定
- カメラの動きを水平・垂直に限定

➡ 複雑な形状の物体等が対象の場合,
良好な結果を得ることが困難

超解像処理

複数の画像などを用いて, より高解像度な画像を生成



入力画像

超解像画像
(提案手法で生成)

目的とアプローチ

本研究の目的

対象物体の形状が複雑なシーンに対して撮影された動画画に対応した時空間超解像画像の生成

アプローチ

奥行き値を用いた1次元探索によって, 複数の観測画像間で各画素を高精度に対応付ける

画素独立に対応付けが可能

➡ 撮影対象に関する強い制約が不要

隣接フレーム間で対応点が存在しない場合にも,
他のフレームを用いることが可能

➡ オクルージョンの影響を緩和

提案手法

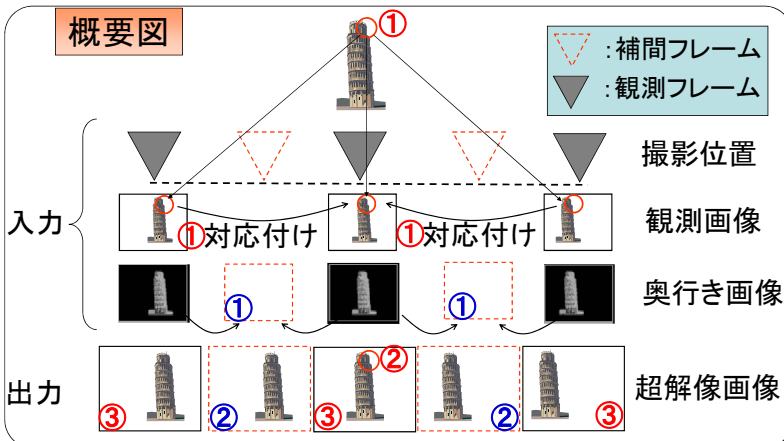
空間解像度の向上

- ①: 奥行き画像を用いてシーンの同一箇所を対応付け
- ②: 対応付いた画素をもとに超解像画像の画素を推定
(推定に画素の整合性を考慮)
- ③: 全ての超解像画像の画素に同様の処理を施す

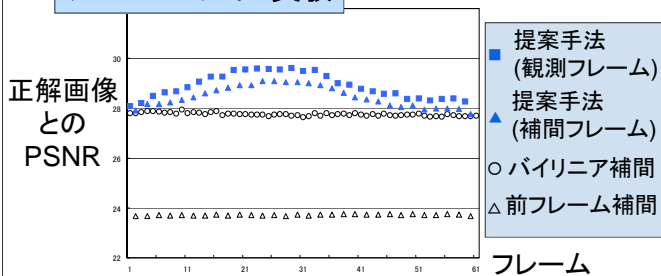
時間解像度の向上

- ①: 近傍フレームの奥行き画像をもとに補間フレームの奥行き画像を推定
- ②: 奥行き画像を用いて空間解像度の向上処理を適用

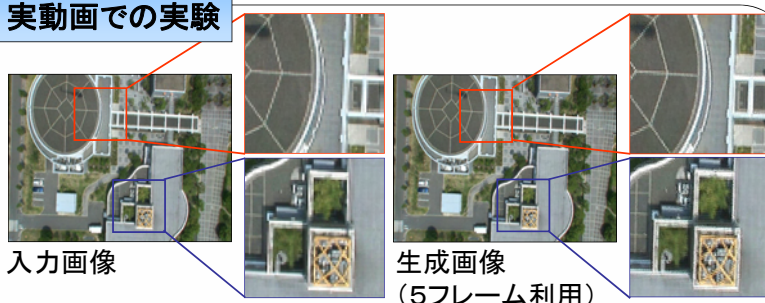
概要図



シミュレーション実験



実動画での実験



テクスチャの明度変化と局所性を考慮した パターン類似度に基づく エネルギー最小化による画像修復

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和

画像修復 (Image Inpainting)

写真についての傷や意図せず写りこんでしまった物体などの画像内の不要部分を取り除き、取り除かれた領域(欠損領域)を自動的に違和感なく修復

アプローチ

概念

欠損領域内の全てのテクスチャがデータ領域のテクスチャと類似



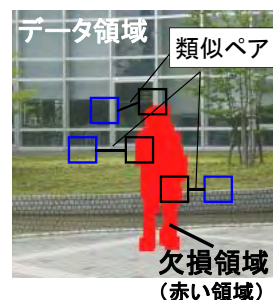
違和感の少ない画像ができるのではないかと

パターン類似度に基づいたエネルギー関数を定義し、それを最小化することで画像修復

しかし

単純なパターン類似度のみによるエネルギー関数では、

画像内の 証明条件等の変化による明度変化
透視投影等によるパターン構造の変化 } に対応できず不自然な画像が生成される



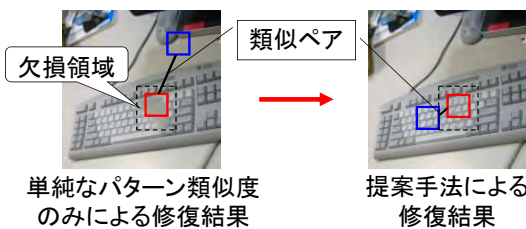
パターン類似度によるエネルギー関数の拡張

拡張1: 輝度補正係数の導入

テクスチャの線形的な明度変化を許容
不自然な明度変化による違和感の軽減

拡張2: 画像の局所性を考慮した項の追加

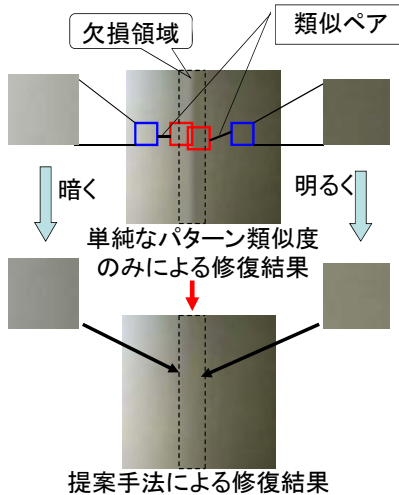
近傍テクスチャへのマッチングコストを低下
不適切なマッチングによる不鮮明なテクスチャ生成の抑制



単純なパターン類似度のみによる修復結果

提案手法による修復結果

ぼけを防止し、細かいテクスチャを再現



提案手法による修復結果

滑らかな明度変化を再現

処理手順

画像1枚を入力

対象領域(欠損領域)を手動で入力

エネルギー最小化による画素の更新

エネルギーが収束したか?

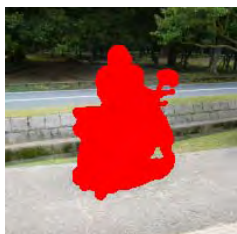
No

Yes
画像1枚を出力

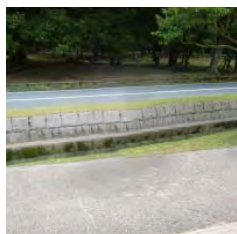
実験結果



原画像



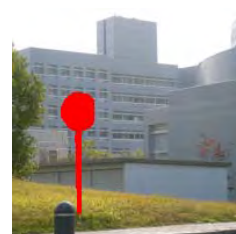
欠損画像



修復画像



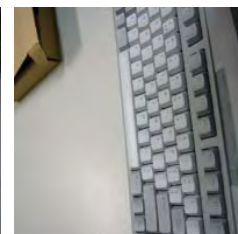
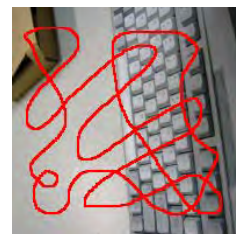
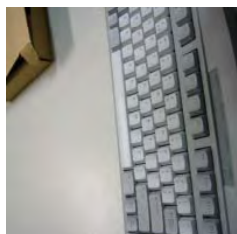
原画像



欠損画像



修復画像



テクスチャの幾何学的変換と類似パターン位置を考慮した画像修復

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
宮本 龍, 河合 紀彦, 山澤 一誠, 佐藤 智和, 横矢 直和

画像修復 (Image Inpainting)

写真についての傷や意図せず写りこんでしまった物体などの画像内の不要部分を取り除き、取り除かれた領域(欠損領域)を自動的に違和感なく修復

アプローチ

概念

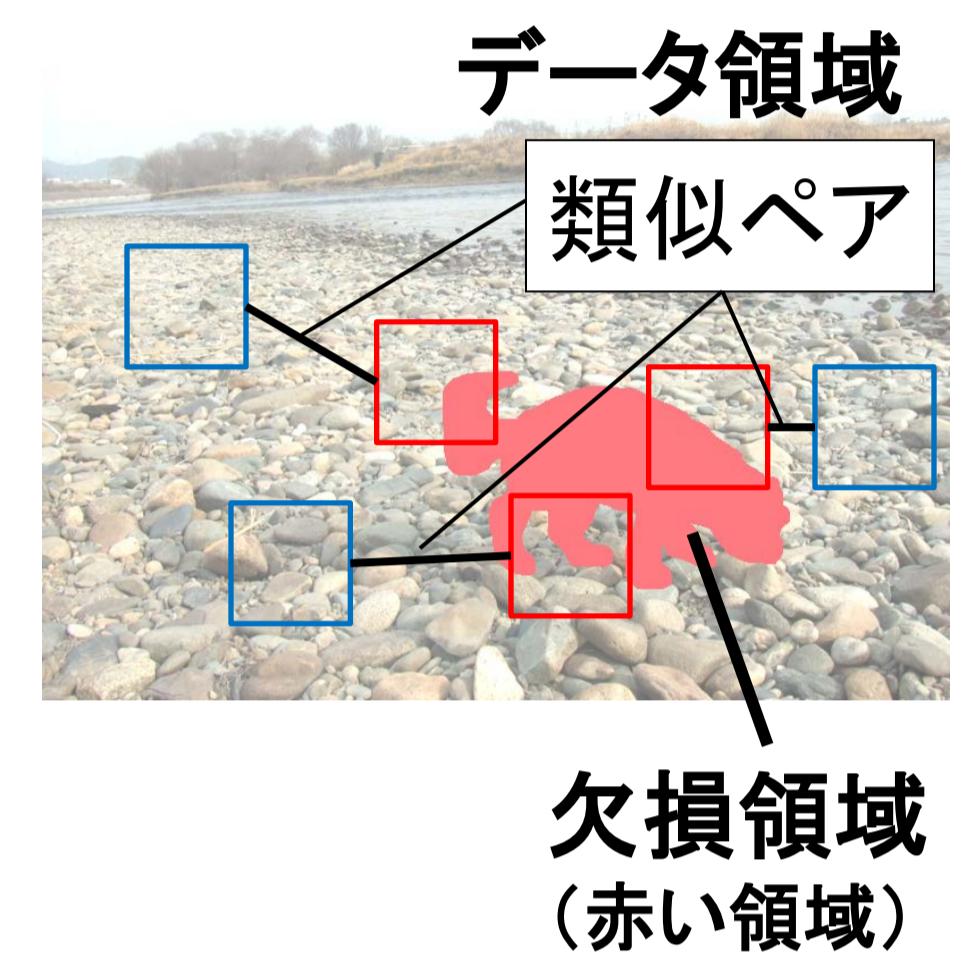
欠損領域内の全てのテクスチャがデータ領域のテクスチャと類似 \rightarrow 違和感の少ない画像ができるのではないかと?

パターン類似度に基づいたエネルギー関数を定義し、それを最小化することで画像修復

単純なパターン類似度のみによるエネルギー関数を用いた修復では、

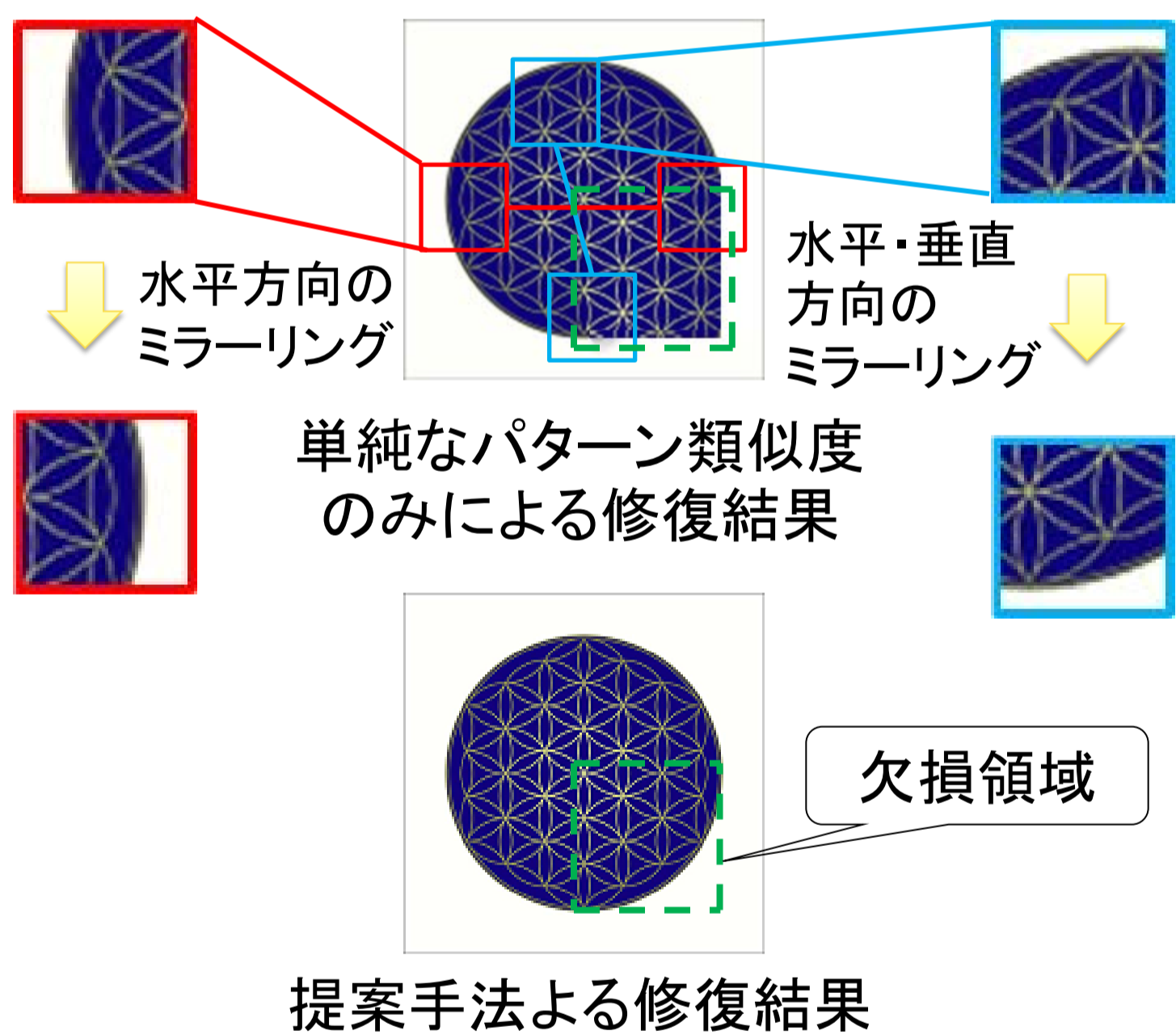
- ・画像内の幾何学的な構造の変化に対応できず、不自然な画像が生成される
- ・計算コストが大きく、かつ不適切なパターンの対応を招き、ぼけが生じる

しかし



パターン類似度によるエネルギー関数の拡張

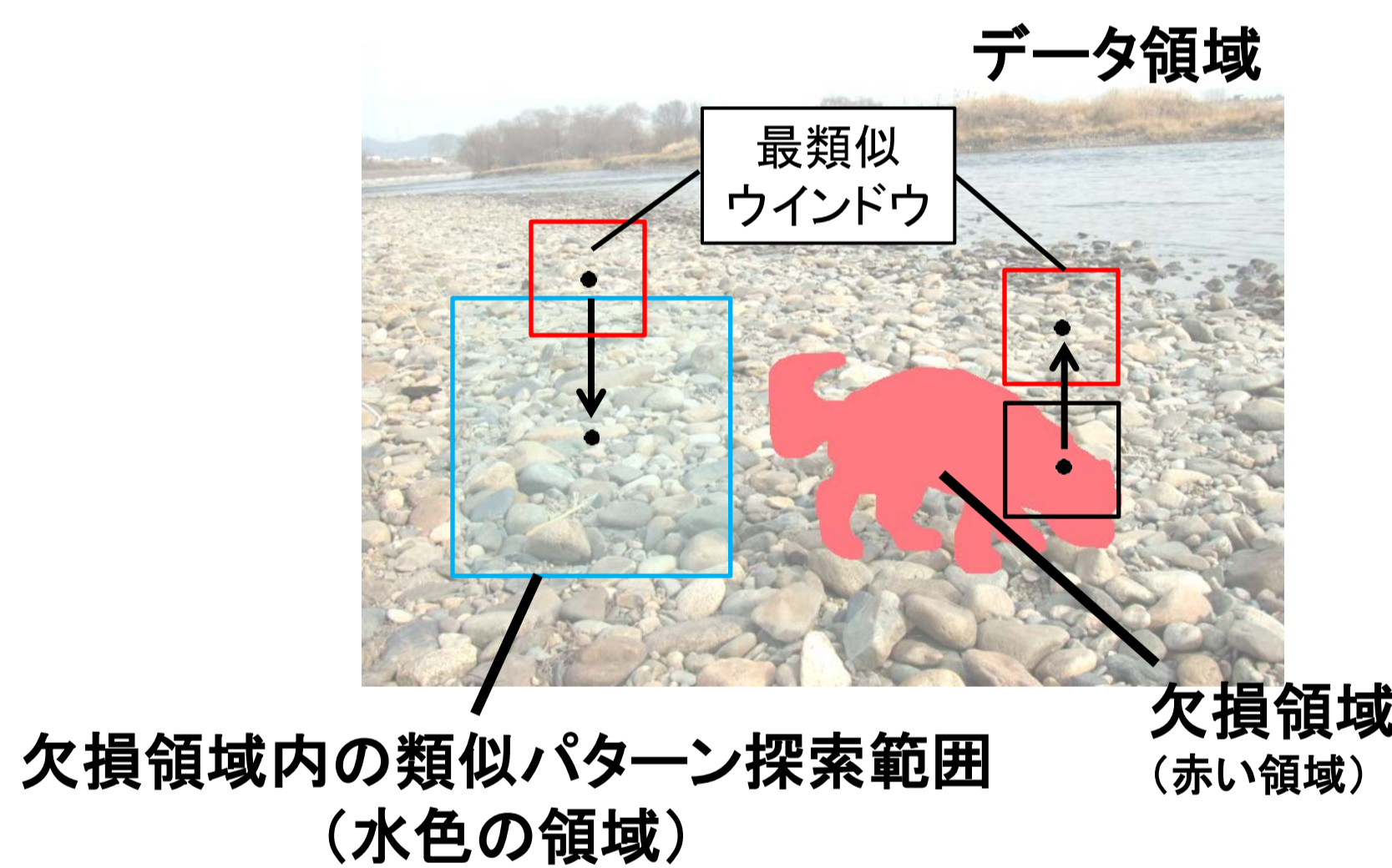
- ◆ **テクスチャの幾何学的な変換を許容**
不自然な幾何学的な構造の変化を抑制



適切なパターンを再現

- ◆ **近接するパターン間の位置関係を利用した探索**

- ・不適切なパターンの対応づけによるぼけを抑制
- ・計算コストを削減



探索範囲を限定

処理手順

画像1枚を入力

対象領域(欠損領域)を手動で入力

欠損領域外の画素に対する類似パターン位置の探索

エネルギー最小化による画素の更新

エネルギーが収束したか?

Yes
画像1枚を出力

No

実験結果



画像修復による死角のない全方位動画像の生成

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 視覚情報メディア講座
河合紀彦 町北 幸太郎 佐藤 智和 横矢 直和

研究背景

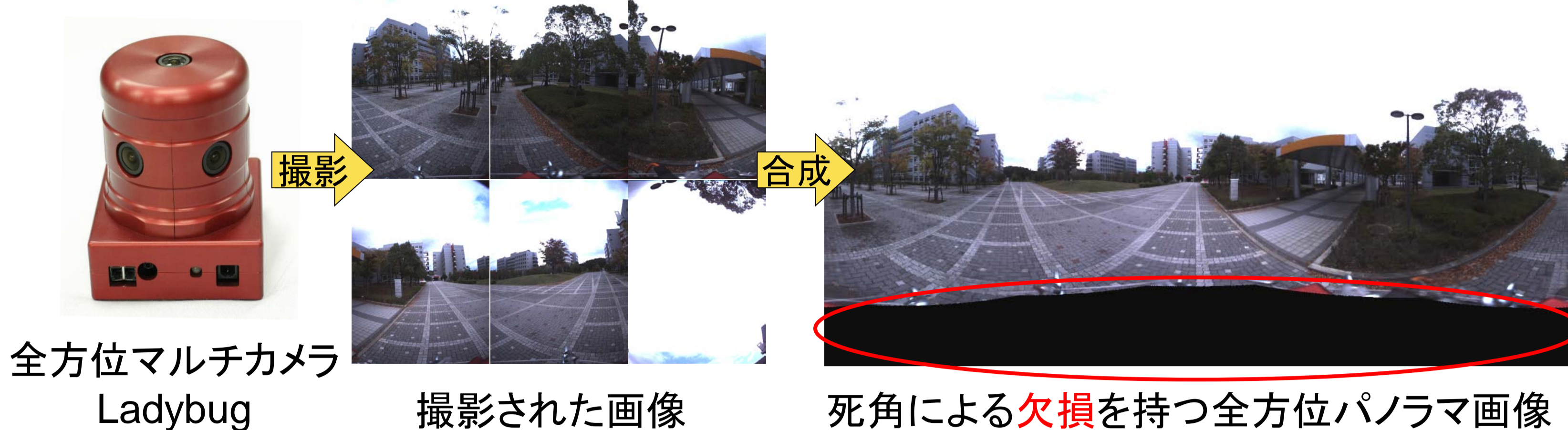
テレプレゼンスでは臨場感を高めるために、全方向見回し可能な**全方位動画像**がよく利用される



テレプレゼンスの様子

問題点

全方位カメラには撮像系の構成上生じる死角が存在するため見回した際に死角による欠損部分が視界に入り、臨場感が損なわれる



全方位マルチカメラ Ladybug

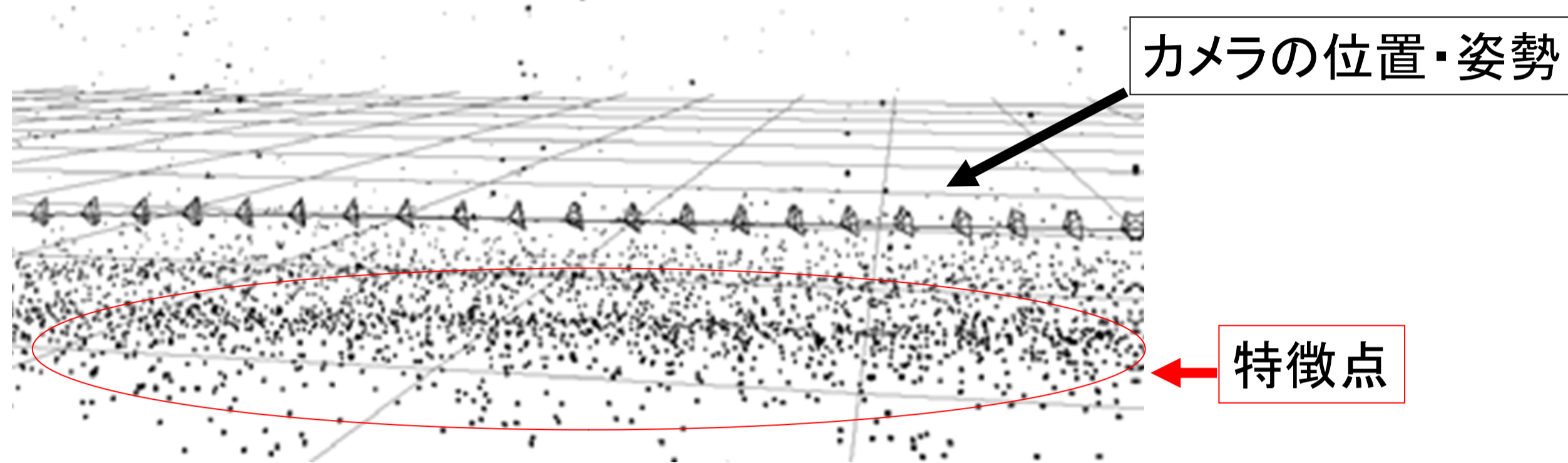
撮影された画像

死角による欠損を持つ全方位パノラマ画像

提案手法の処理の流れ

1. 全方位カメラの位置・姿勢と特徴点の位置の推定

Structure from motion 法の利用

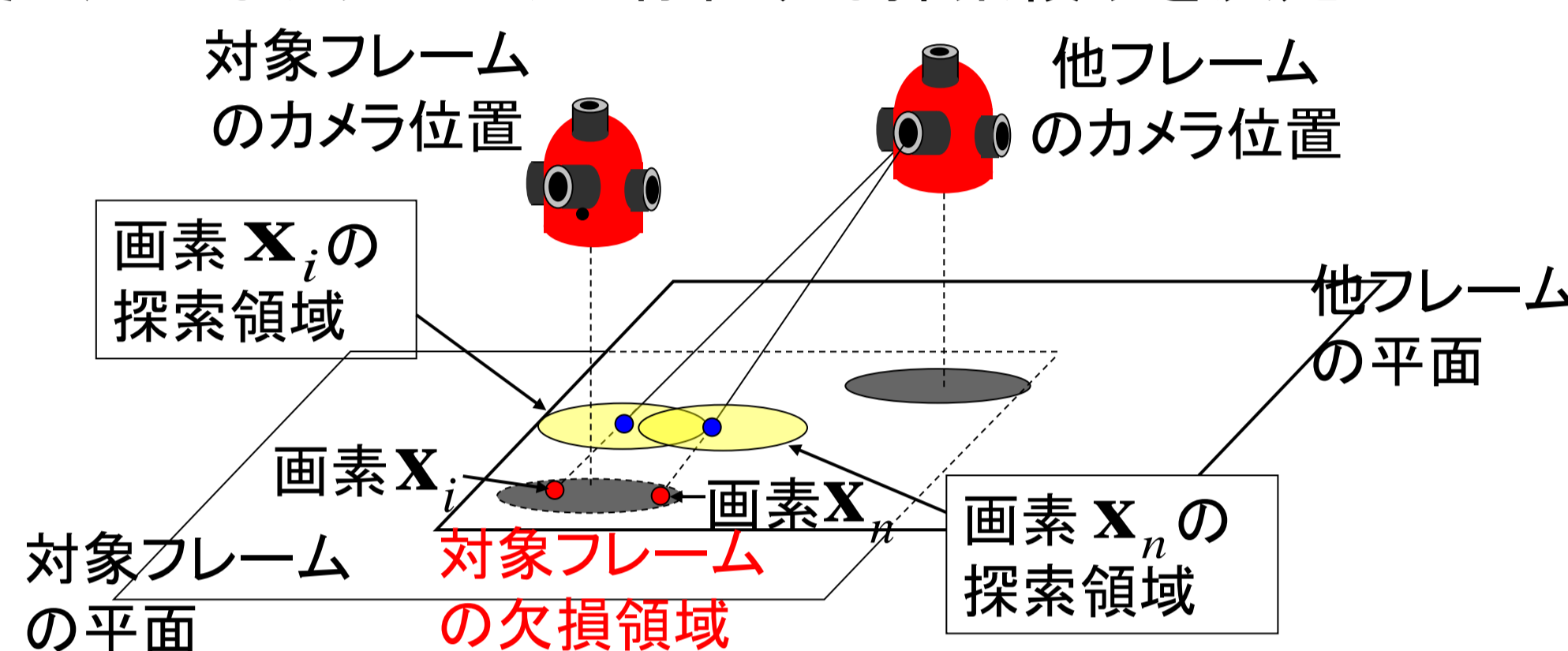


カメラの位置・姿勢

特徴点

3. カメラ位置・姿勢と生成した平面を用いた探索領域の限定

他フレーム内の平面投影画像上において修復に用いるテクスチャが存在する探索領域を決定



画素 X_i の探索領域

他フレームのカメラ位置

対象フレームの平面

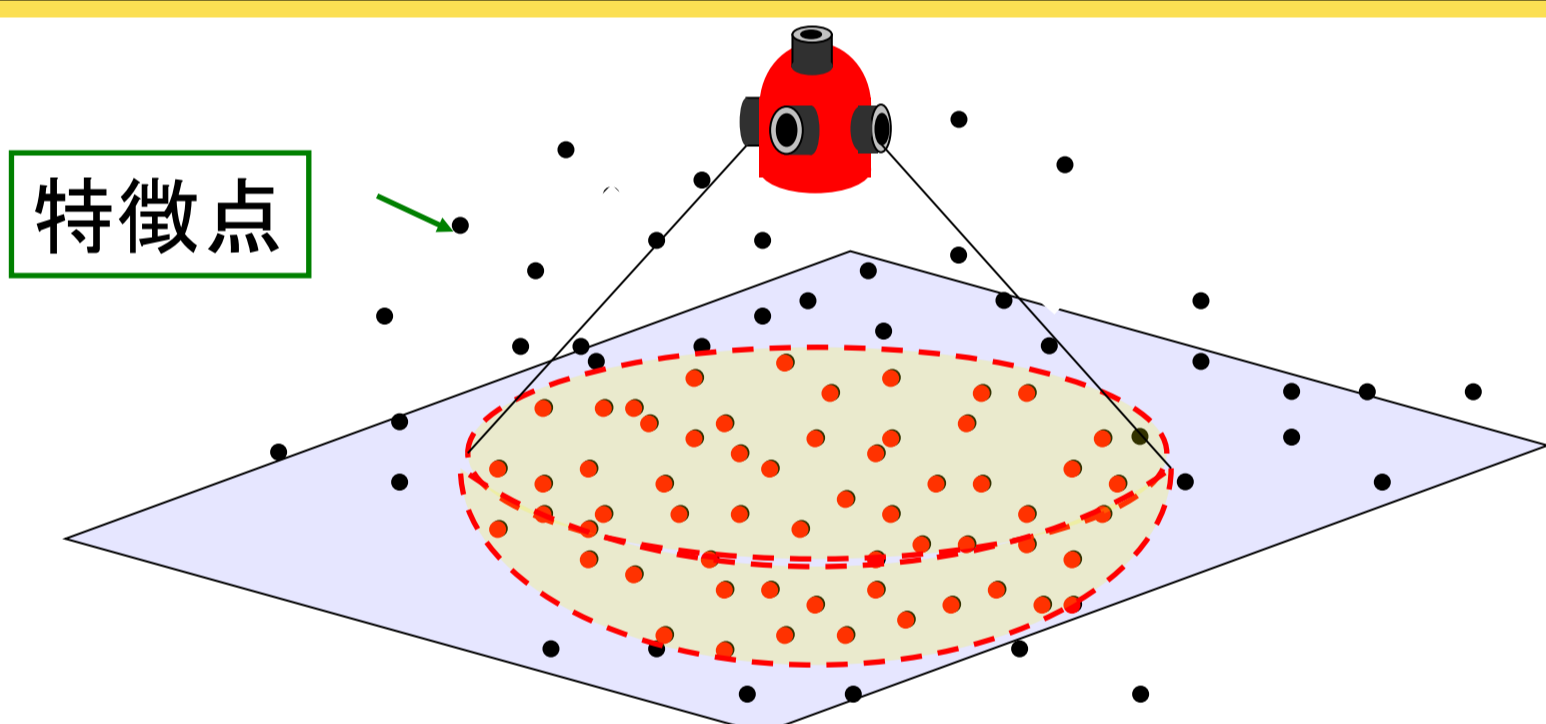
画素 X_j の欠損領域

画素 X_n の探索領域

2. 地面を表す平面の作成による平面投影画像の生成

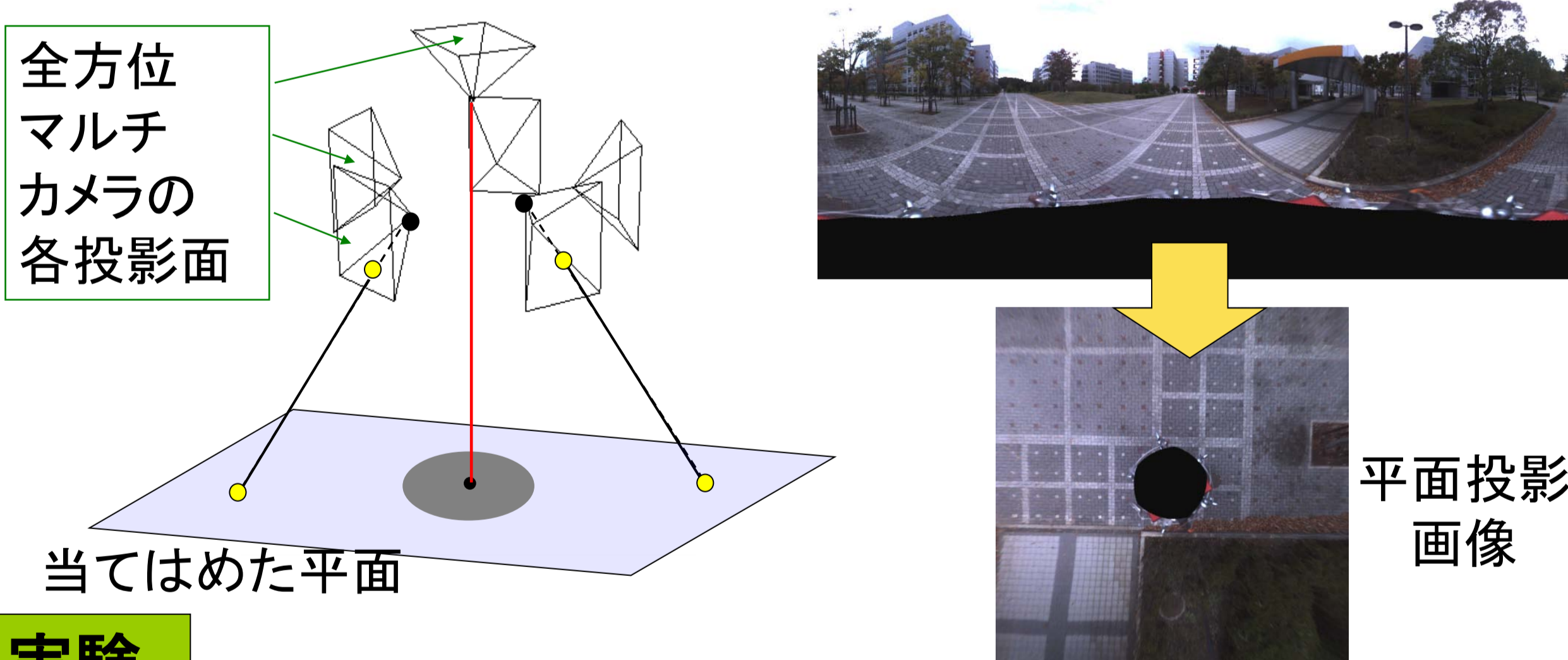
地面を表す平面に全方位動画像を投影することで、カメラの動きによる地面の見え方の変化を抑制

• 地上の特徴点を抽出し、最小二乗法による平面当てはめ



特徴点

• 平面に対して全方位カメラの画像を投影



全方位マルチカメラの各投影面

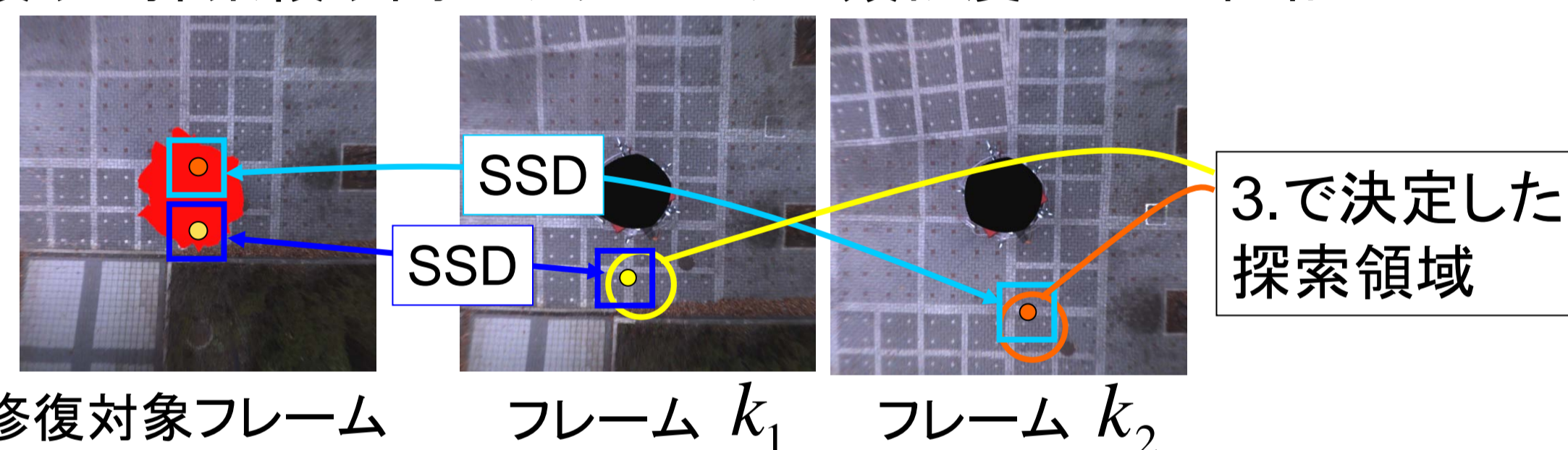
当てはめた平面

平面投影画像

4. エネルギー最小化による平面投影画像の欠損領域の修復

• エネルギー関数の設定

対象領域と探索領域間のテクスチャの類似度SSDの総和



修復対象フレーム

フレーム k_1

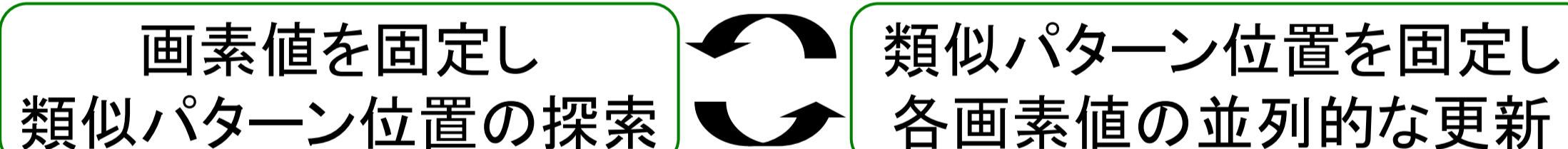
フレーム k_2

3.で決定した探索領域

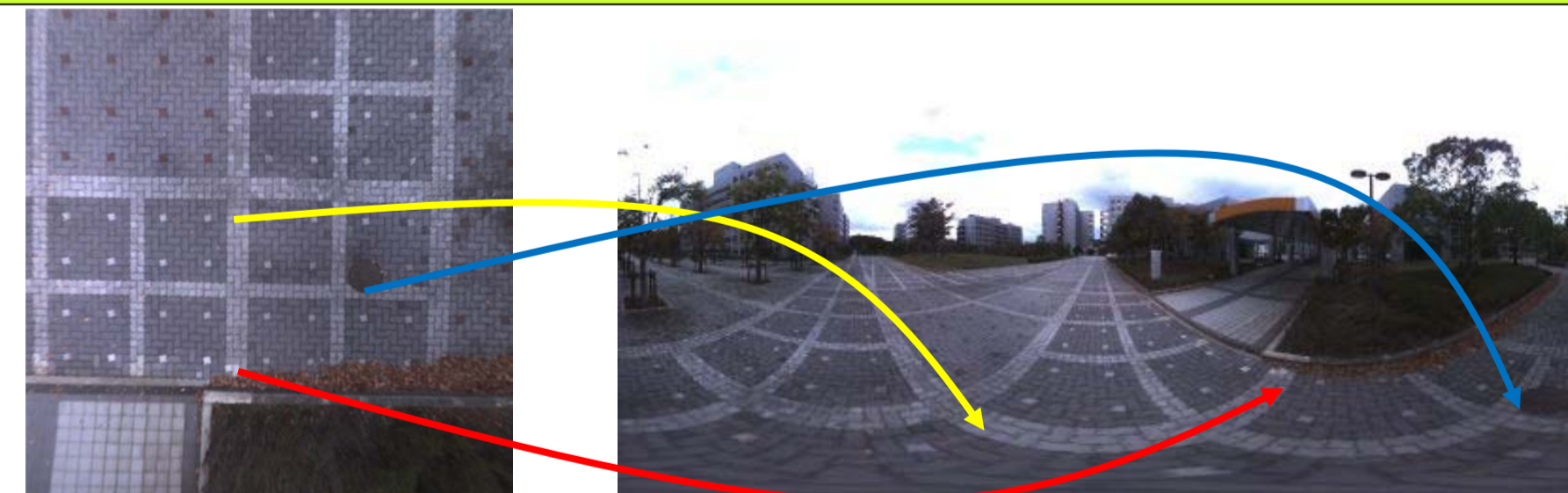
• エネルギー関数最小化による修復

エネルギー関数には2種類のパラメータ
欠損領域内の各画素値
欠損領域内の各画素に対応する類似パターン位置

2プロセスを繰り返すことで、エネルギーを減少させ修復



5. 平面投影画像からパノラマ画像への修復結果の投影

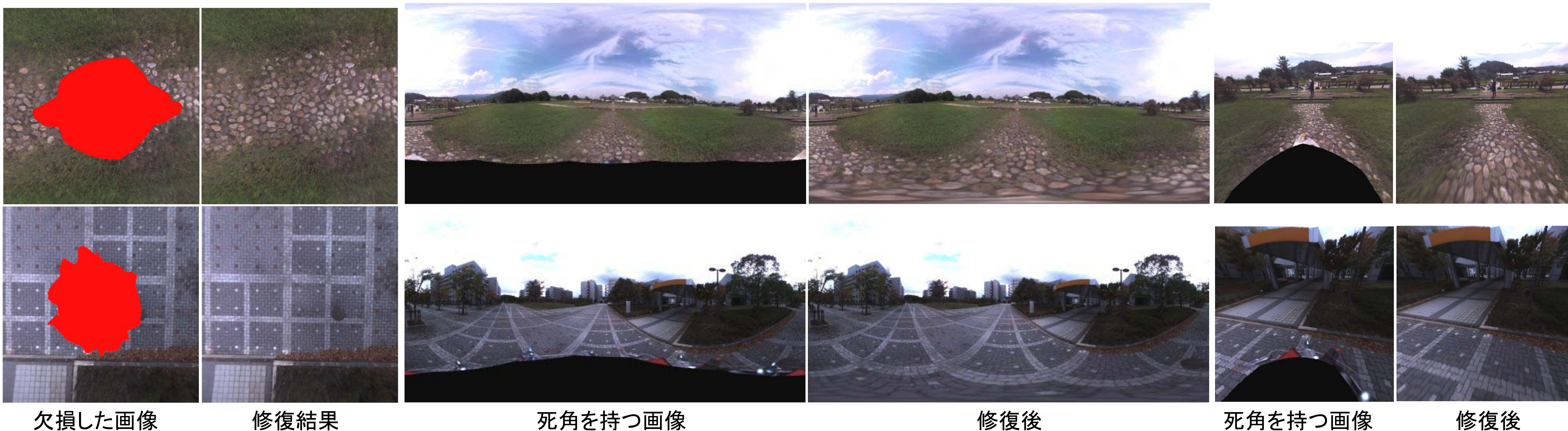


実験

平面投影画像

パノラマ画像

全天球映像の見回し例



欠損した画像

修復結果

死角を持つ画像

修復後

死角を持つ画像

修復後

局所形状の類似度に基づく エネルギー最小化による三次元欠損修復

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和

三次元欠損修復

実物体に対する計測を行う際のオクルージョン等による計測漏れによって生じる三次元モデル内の欠損領域を自動的に違和感なく修復

アプローチ

概念 同一物体内に欠損領域内の形状と類似する形状が存在する可能性が大きい → 類似した局所的な形状を合成することで、違和感なく修復できるのでは？

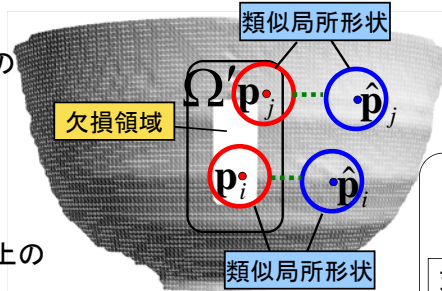
局所的な形状の類似度に基づくエネルギー関数を定義し、それを最小化することで欠損領域を修復

エネルギー関数の定義

欠損領域を含む領域 Ω 内の頂点 \mathbf{p}_i とそれ以外の領域の頂点 $\hat{\mathbf{p}}_i$ の周辺の局所形状の類似度SSDの重み付き和

$$E = \frac{\sum_{\mathbf{p}_i \in \Omega'} w_{\mathbf{p}_i} SSD(\mathbf{p}_i, \hat{\mathbf{p}}_i)}{\sum_{\mathbf{p}_i \in \Omega'} w_{\mathbf{p}_i}}$$

エネルギーが小さい → 欠損領域内の形状が同一物体上のどこかの形状と類似している

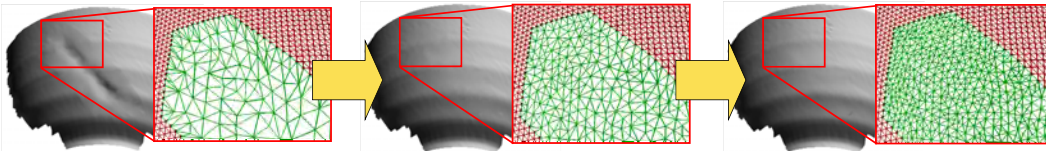


エネルギー関数の最小化手法

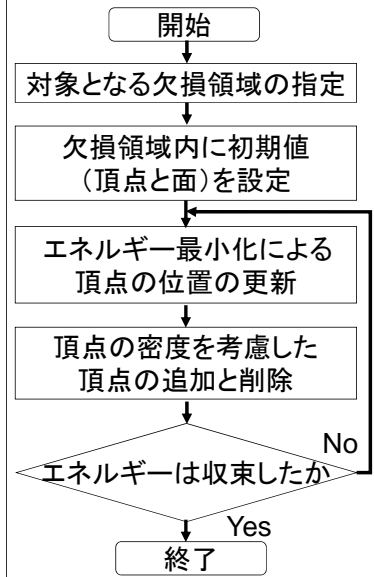
処理(i)と処理(ii)をエネルギーが収束するまで繰り返すことで、欠損領域を修復

- (i) 欠損領域内の全ての頂点の位置を固定し、欠損領域内の頂点 \mathbf{p}_i と最も類似した(Eが最小となる)形状を持つ頂点 $\hat{\mathbf{p}}_i$ の探索
- (ii) (i)で求まる欠損領域内の頂点と類似した頂点の位置を固定し、類似した頂点周辺の形状を用いて、欠損領域内の頂点 \mathbf{p}_i の位置を更新

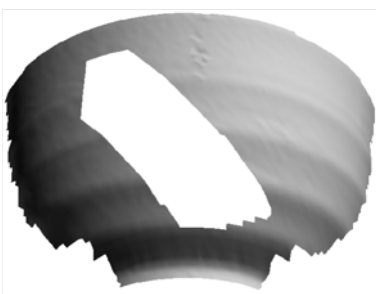
頂点の密度を上げながら上記のエネルギー最小化処理を反復



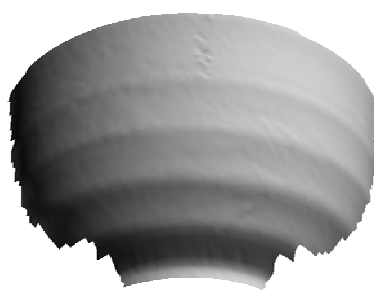
処理手順



実験結果



欠損をもつモデル



修復したモデル



欠損をもつモデル



修復したモデル

屋外環境における実時間でのCG位置合わせの研究 ～ 拡張現実感による川原寺の復元 ～

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座 (横矢研究室)

<http://yokoya.naist.jp/>

研究目的

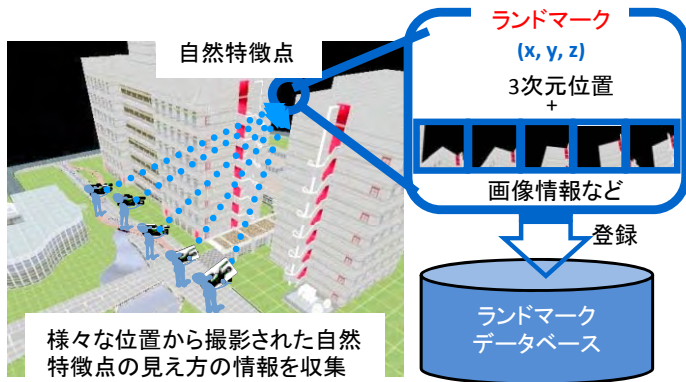
横矢研究室では、**現実環境を撮影した実写画像(実世界)**と**コンピュータグラフィクス(CG)で描かれる仮想世界**を実時間で位置合わせし、合成することで、あたかもその場に仮想物体が存在するかのような感覚を与える**拡張現実感**に関する研究を行っています。ここ川原寺では、(1)画像中から検出されるランドマークと磁気センサを使った方法、(2)GPSとジャイロを使った方法、の二つの位置合わせ手法の公開実験を行っています。



(1)ランドマークデータベースと磁気センサによる位置合わせ手法

(2)GPSとジャイロによる位置合わせ手法

ランドマークデータベースの構築(事前準備)



実時間でのカメラ位置・姿勢推定

広域での移動に対応したカメラ位置・姿勢の推定

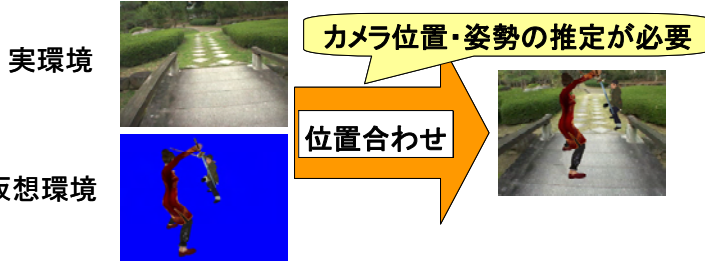


優先度情報を付加したランドマークデータベースに基づく実時間でのカメラ位置・姿勢推定

視覚情報メディア講座 武富 貴史, 佐藤 智和, 横矢 直和

拡張現実感とは

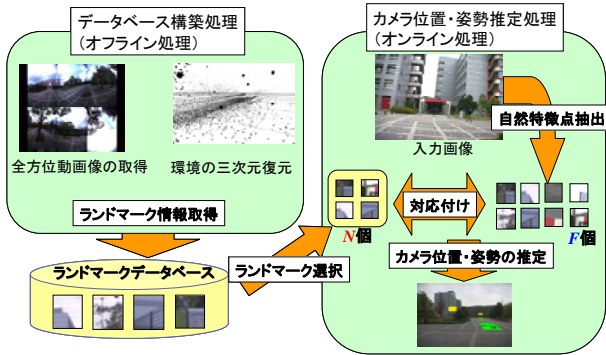
現実環境を撮影した画像に対してCGなどを位置合わせして描画することで情報を付加する技術



カメラ位置・姿勢推定の要求事項

- 絶対位置・姿勢を取得できる
- 誤差が蓄積しない
- 実時間で処理できる

ランドマークデータベースに基づくカメラ位置・姿勢推定



- データベースの構築が比較的容易
- 広域な環境で蓄積誤差を含まないカメラの絶対位置・姿勢の推定が可能

問題点

ランドマークと入力画像中の自然特徴点の照合に多くの計算コストを必要とし、実時間での処理が困難

研究目的

ランドマークデータベースを用いた実時間でのカメラ位置・姿勢推定の実現

アプローチ

ランドマークと自然特徴点の照合回数を削減することで対応付け処理の計算コストを低減

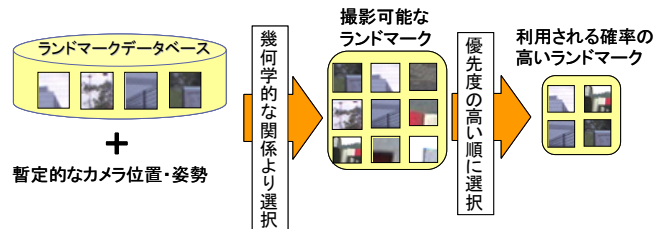
照合すべき自然特徴点数の削減

連続フレーム間でのランドマーク追跡処理によって、現フレームの暫定的なカメラパラメータを推定し対応点の探索範囲を小領域に限定

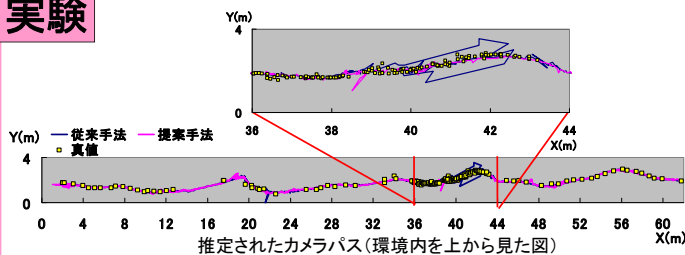


照合に用いるランドマーク数の削減

ランドマークへ優先度情報を付加することで、正しく対応づく可能性の高い小数のランドマークをデータベース中より選択



実験



位置・姿勢推定精度の比較

	従来手法	提案手法
平均位置誤差(mm)	338(標準偏差555)	233(標準偏差147)
カメラの光軸向きの平均誤差(度)	0.80(標準偏差0.62)	0.81(標準偏差0.60)

処理時間の比較

	処理時間(ms)		処理時間の比
	従来手法 (ランドマーク数80個)	提案手法 (ランドマーク数60個)	
暫定的なカメラ位置・姿勢の推定	-	28	-
ランドマークの選択	12	1	0.08
ランドマークの対応付け	316	15	0.05
誤対応の排除とカメラ位置・姿勢推定	61	17	0.28
画像の取得など	4	5	1.25
全体	393(2.5fps)	66(15.1fps)	0.16

AR観光システムのための全周レンジファインダを用いたランドマークデータベース構築に基づく幾何的位置合わせ

視覚情報メディア講座 武富 貴史, 佐藤 智和, 横矢 直和

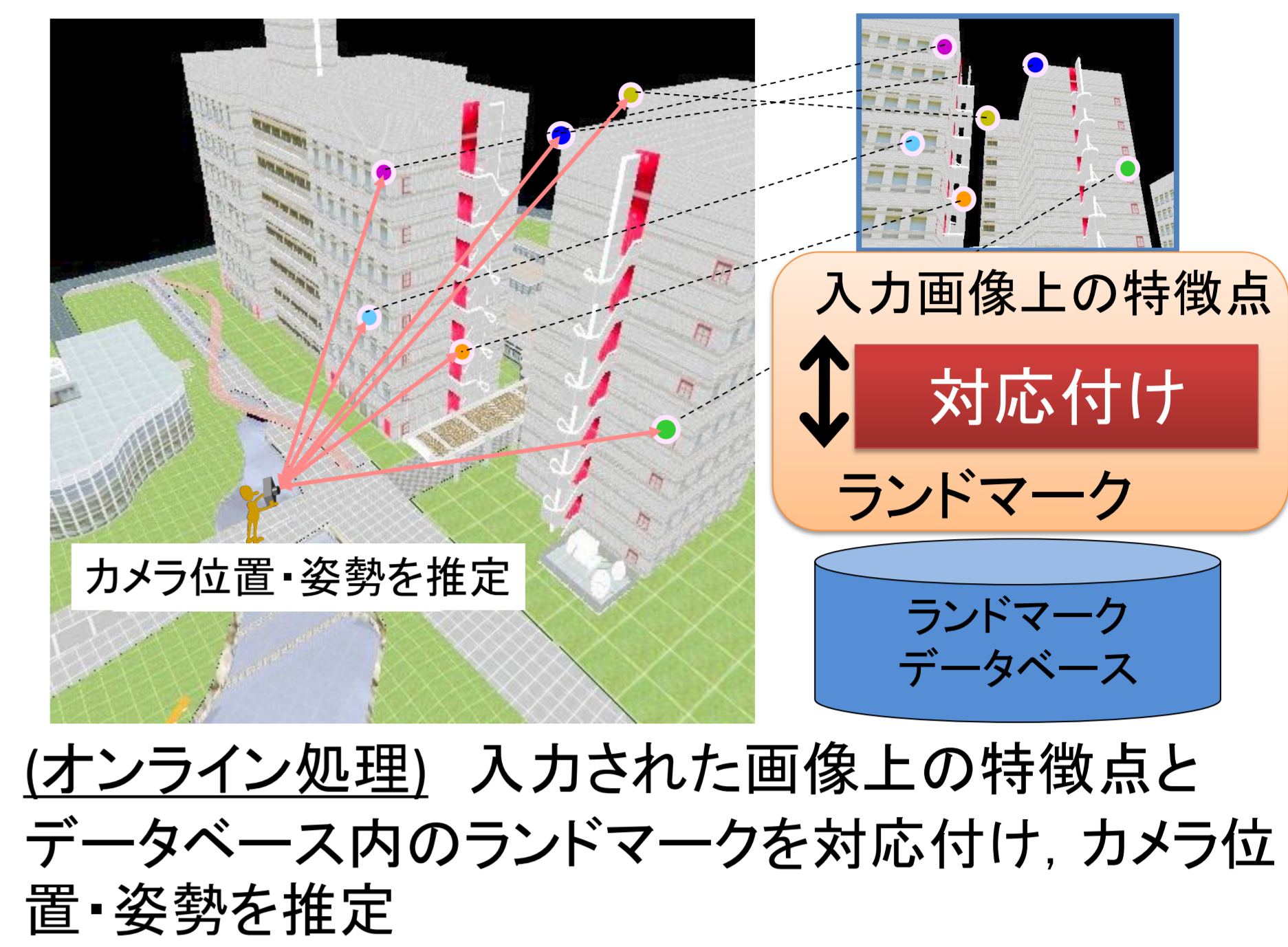
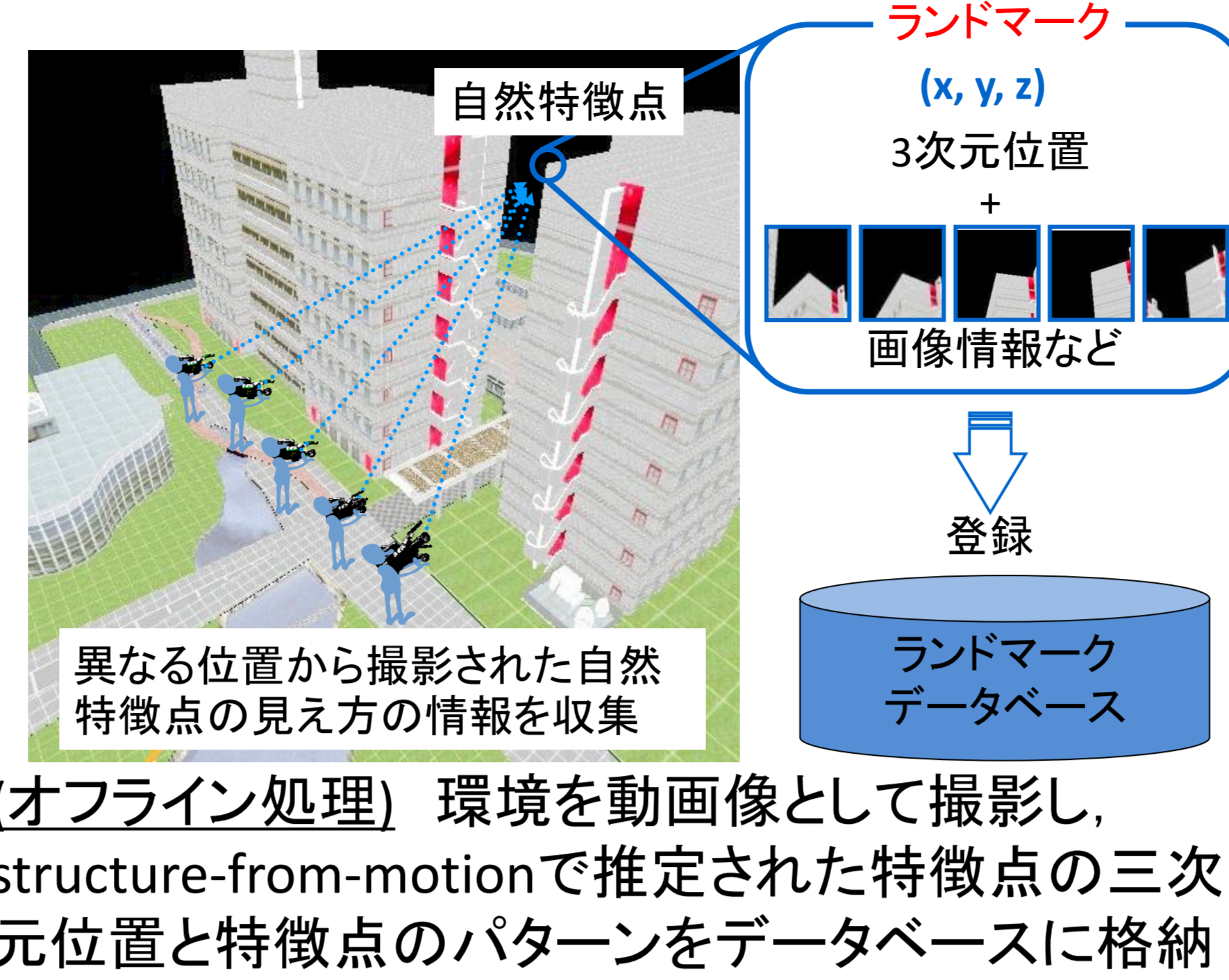
1. 研究背景

拡張現実感技術を用いることで、現存しない建築物を再現し歴史体験を行うことが可能。



CGと現実環境の位置合わせを実現するためにカメラの位置・姿勢情報が必要

ランドマークデータベースを用いた動画像からのカメラ位置・姿勢推定

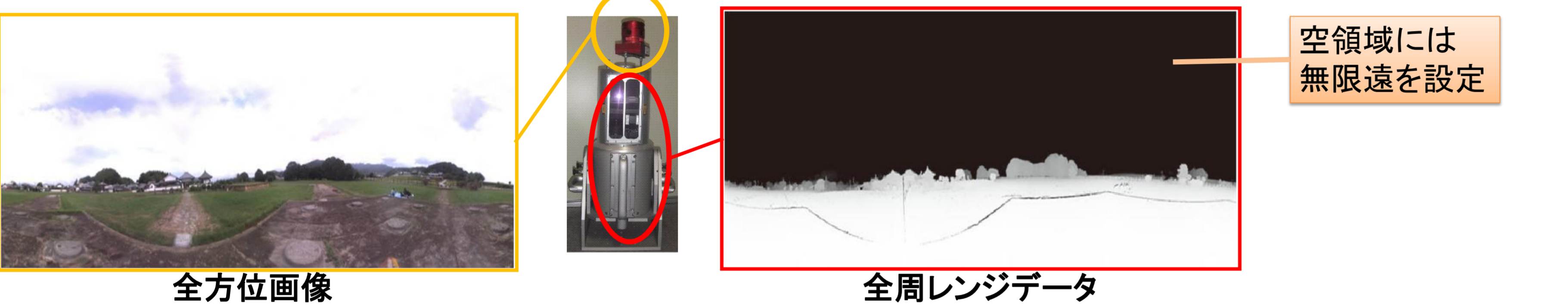


問題点

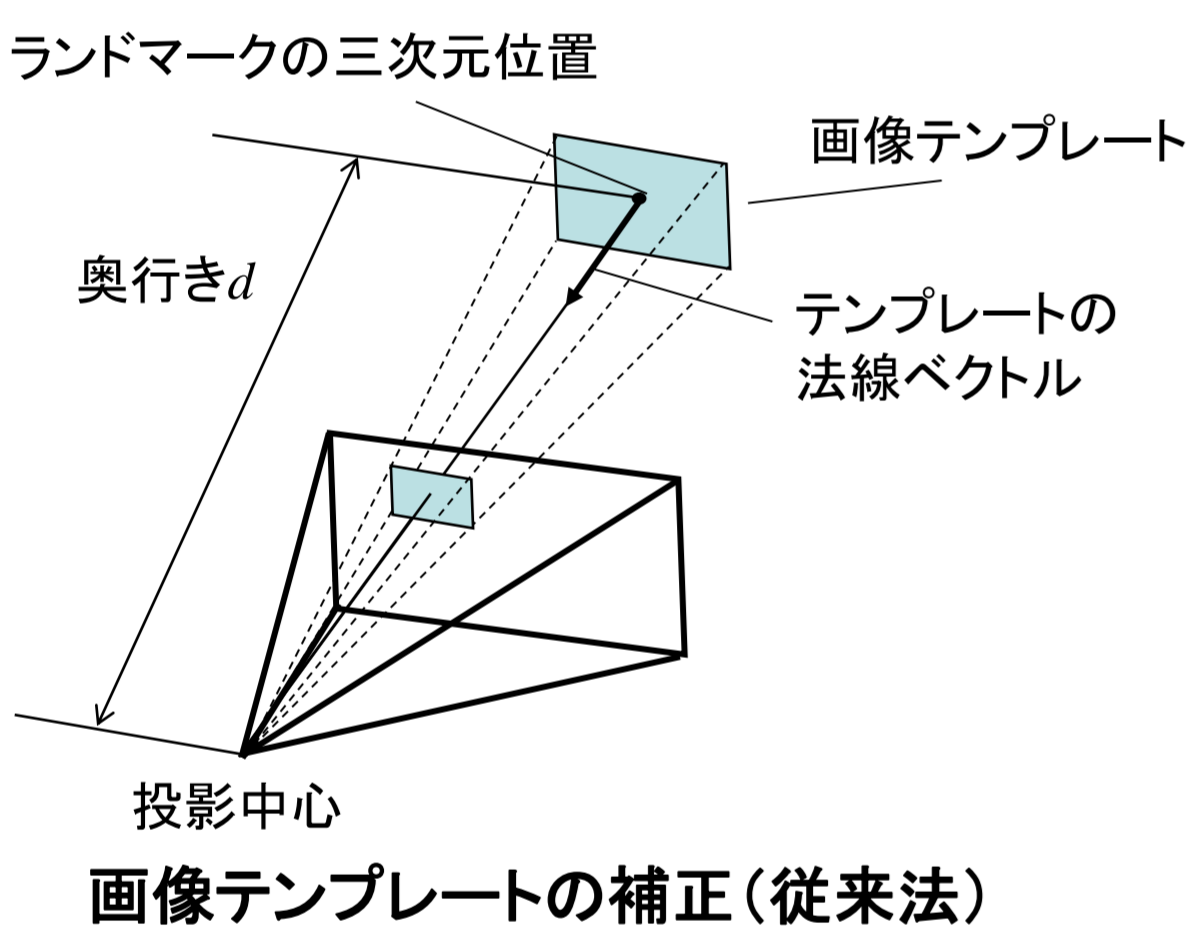
オンラインでのカメラ位置・姿勢推定時にユーザの近くに存在するランドマークの見え方を補正することが難しく、ユーザの近くに仮想物体を描画する場合には、表示されるCGにジッタが発生

2. 局所的な三次元形状を考慮したランドマークデータベースの構築

全方位画像と全周レンジデータを用いることで、ランドマーク周辺の局所的な三次元形状を考慮することで、入力画像中の自然特徴点と正しく対応づくようにランドマークの見え方を補正



2.1. 画像テンプレートの補正



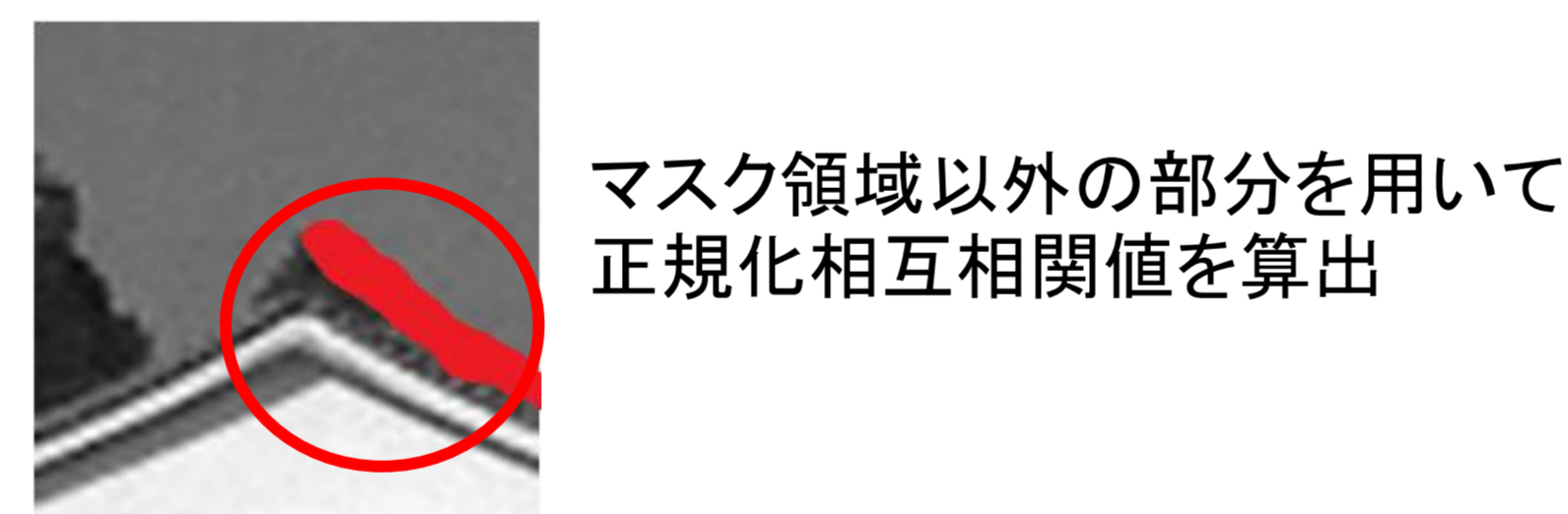
全ての画素に同一の奥行き値を与えているため視点移動に伴いテンプレートが大きく歪む

画素毎にレンジデータから得られる奥行き値を用いることで適切に画像を補正

局所形状の考慮なし(従来法)
局所形状の考慮あり(提案法)
画像テンプレートの補正結果

2.2. オクルージョンの考慮

オクルージョンが生じている領域に関してはマスクを作成し、オンラインでの照合処理の際に類似度算出の対象から除外



3. ランドマークデータベースを用いたカメラ位置・姿勢推定



4. 実験

4.1. 画像テンプレート補正効果の定量的評価

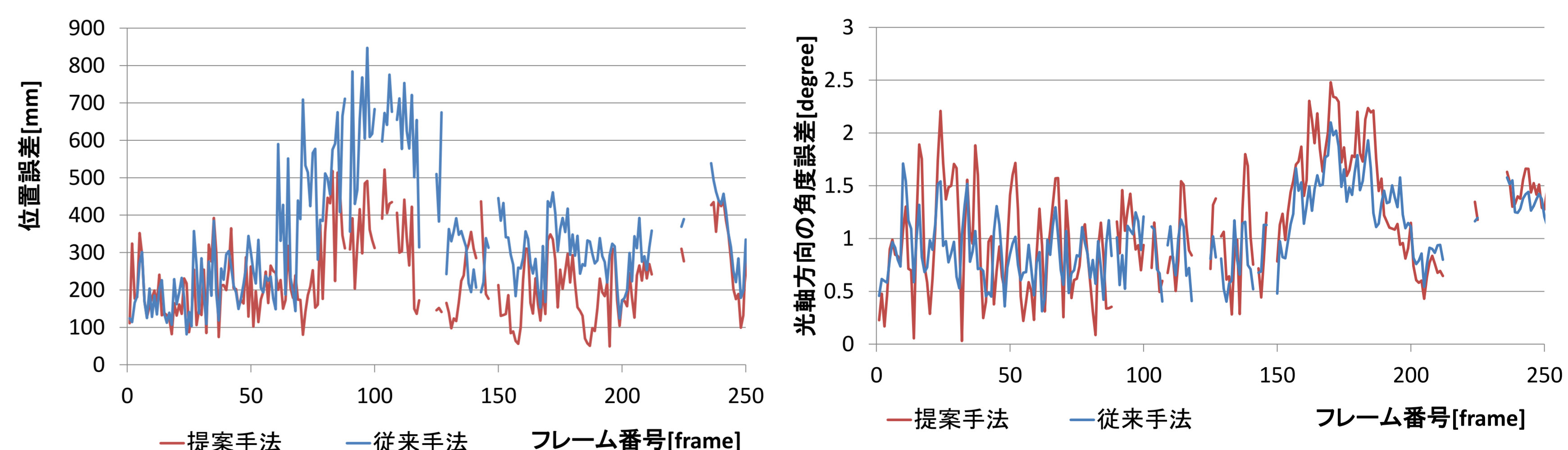
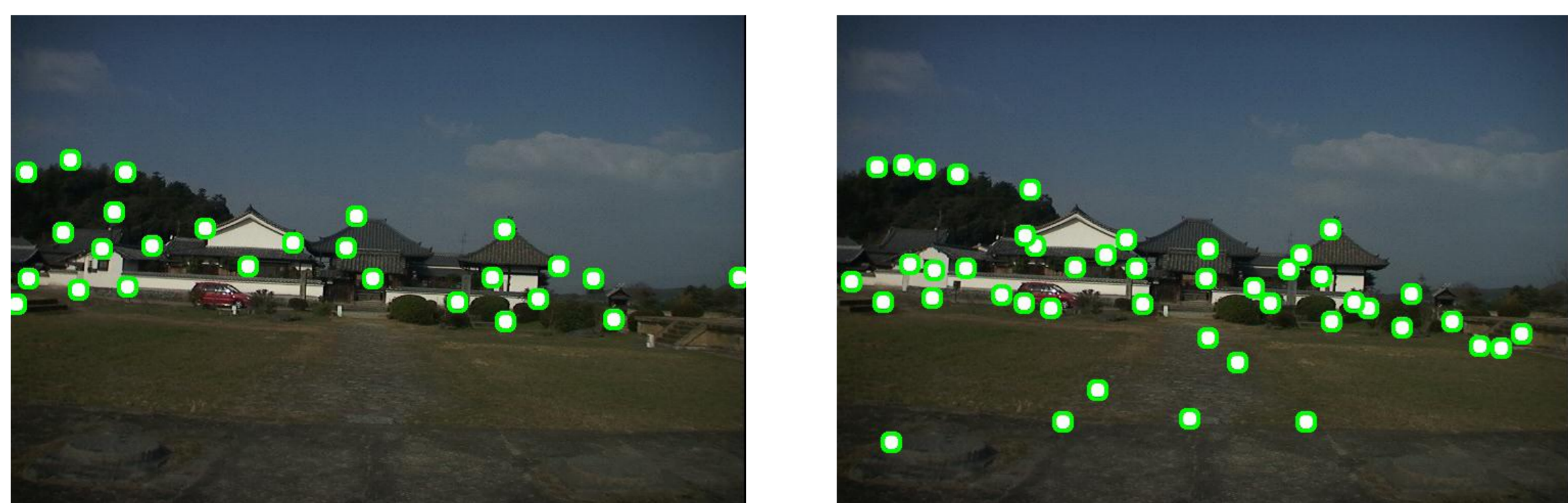
提案手法および従来手法を用いて全方位画像から生成したランドマークの画像テンプレート(30個)と入力画像上のランドマーク周辺の画像パターンとの正規化相互相関値を算出

	相関値の比較	
	従来手法	提案手法
平均	0.47	0.63
標準偏差	0.052	0.039

提案手法は従来手法よりも入力画像上のランドマーク周辺の画像パターンに近い画像テンプレートを生成

4.2. カメラ位置・姿勢推定精度の定量的評価

推定されたカメラ位置の位置誤差と光軸方向の角度誤差を比較

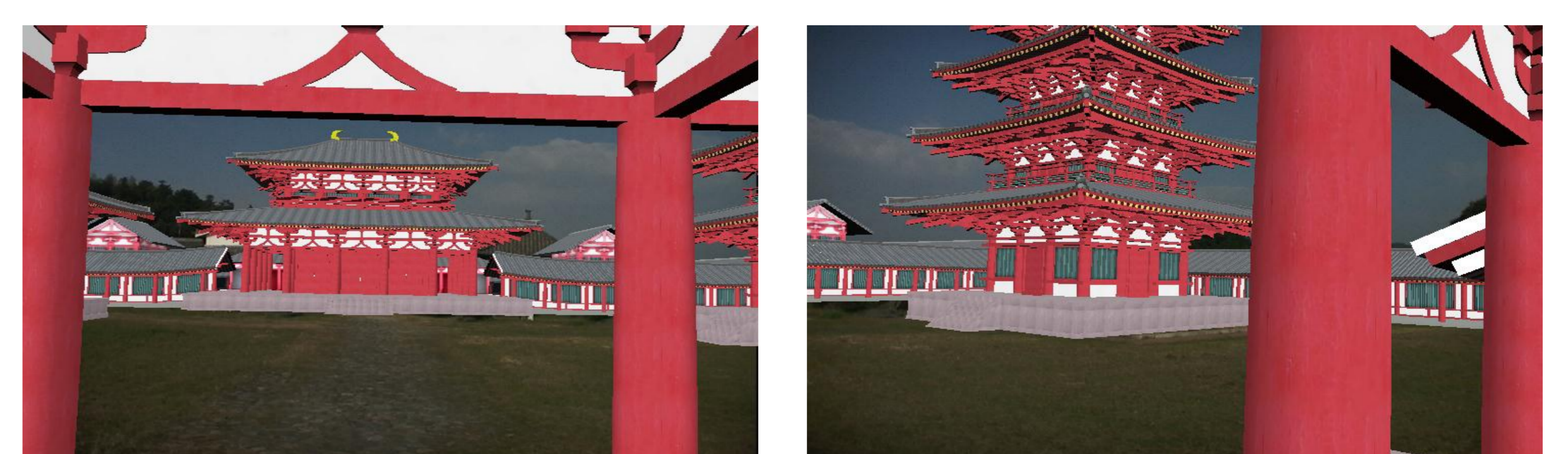


各フレーム毎の誤差の比較

カメラ位置・姿勢推定精度の比較

	従来手法	提案手法
平均位置誤差 (mm)	342	231
位置誤差の標準偏差 (mm)	164	107
光軸方向の平均角度誤差 (degree)	1.41	1.11
光軸方向の角度誤差の標準偏差 (degree)	0.46	0.52

ユーザに近い位置のランドマークを検出することで、位置推定精度が向上



AR観光への適用例

ウェアラブル拡張現実感のための 不可視マーカと赤外線カメラを用いた 位置・姿勢推定システム

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座 中里 祐介
URL: <http://yokoya.naist.jp/~yuusu-n/> mailto:yuusu-n@is.naist.jp

ヒューマンナビゲーション等のウェアラブル型拡張現実感システムには

ユーザの正確な位置・姿勢情報が必要

- ◆屋外: 一般的にGPS + ジャイロセンサを使用
- ◆屋内: GPSが使用できないため、広域で容易に使える位置計測手法が必要



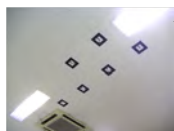
ウェアラブル拡張現実感システム

目的とアプローチ

屋内の位置検出において

インフラを簡単に設置したい

画像マーカ



予め位置を計測した画像マーカを認識することにより、ユーザの位置・姿勢を推定

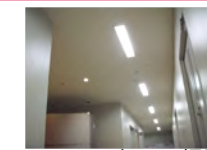
ただし、画像マーカは景観を損ねてしまう

景観を損ねたくない

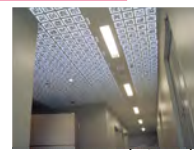
再帰性反射材からなる**不可視マーカ**



光源方向に光を反射するため、光源の近くにあるカメラのみがマーカを撮影可能



フラッシュ無しで撮影



フラッシュ有りで撮影

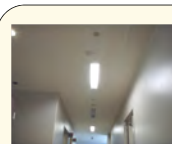
システム構成

環境構築

管理者

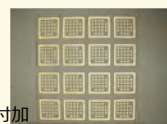
不可視マーカの準備と貼り付け

不可視マーカのキャリブレーション



不可視マーカ壁紙

- ・正方形マーカを密に配置
- ・パターン: 正方形枠内を $n \times n$ の格子状に分け、点を配置
内部パターンの四隅の点は1つのみ
CビットのCRC (Cyclic Redundancy Check) コードを付加
パターン数 2^{a^2+c} 通り



不可視マーカの撮影

キャリブレーションツールによるマーカ配置情報作成



入力

出力

- ・基準マーカの位置・姿勢
- ・マーカ撮影画像
- ・カメラ内部パラメータ
- ・不可視マーカ設計情報

- ・マーカ配置情報: 各マーカの3次元位置・姿勢

マーカ配置情報 (各マーカの3次元位置・姿勢)

ユーザの位置・姿勢推定

ユーザ

ユーザ位置・姿勢推定システムの実行

ユーザ位置・姿勢

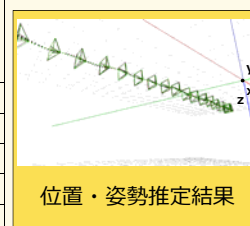
(UDP送信 or 共有メモリに出力)

不可視マーカ



赤外線LED付き赤外線カメラ

	赤外線カメラA	赤外線カメラB
特長	高精度な位置推定	小型・軽量
本体重量	115 g	20 g
解像度	1024 × 768 画素	640 × 480 画素
水平画角	110°	70°
その他	前方撮影用カメラ付き	
位置・姿勢計測精度	9mm, 0.4°	15mm, 0.5°



位置・姿勢推定結果

拡張現実感のための画質に着目した 幾何学的・光学的整合性の向上に関する研究

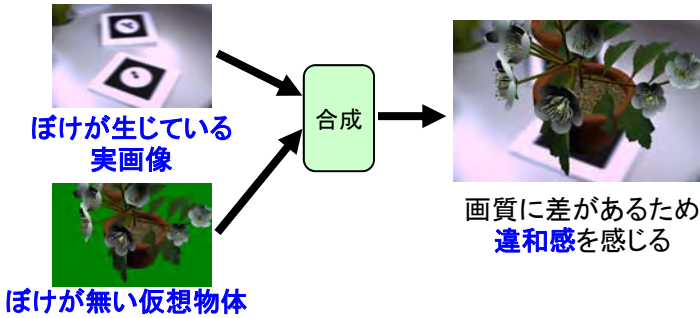
奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
 ○奥村 文洋 神原 誠之 横矢 直和
 {bunyo-o, kanbara, yokoya}@is.naist.jp URL: http://yokoya.naist.jp/

拡張現実感における画質に関する整合性問題

拡張現実感における基本的な問題:

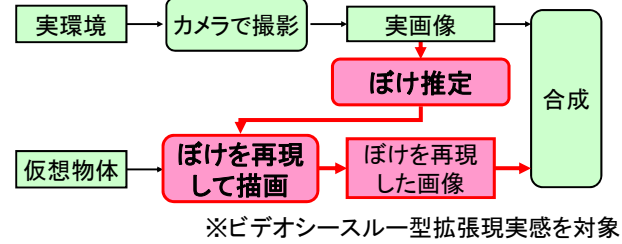
- 幾何学的整合性 (実環境と仮想環境の位置あわせに関する整合性)
- 光学的整合性 (仮想物体と実環境の陰影や画質に関する整合性)

従来、実画像と仮想物体の画質の差はあまり考慮されていない



実環境と仮想物体の間の画質の差を軽減するためのアプローチ

実画像からのぼけ推定と仮想物体に対するぼけ再現に基づいた実時間画像合成



【特徴】

- パラメータ表現されたPSFによる画像のぼけの記述
- PSFパラメータをマーカのエッジから実時間推定
- 仮想物体に対するぼけ再現をグラフィックスハードウェアを用いて高速化

(PSF: Point Spread Function)

画質の一致を図った画像合成手法

提案手法で用いるぼけモデル

● 焦点ずれによるぼけ (\hat{z}_f)

- カメラから物体までの奥行きに依存軸
- 合焦位置

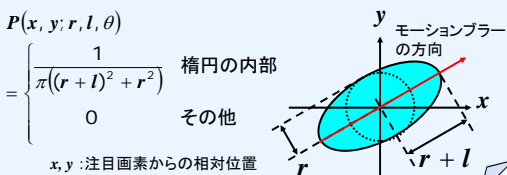
● モーションブラー ($\hat{l}, \hat{\theta}$)

- 画像面上で均一な平行移動 (ユーザの頭部の回転によって生じると仮定)
- モーションブラーの大きさ、方向

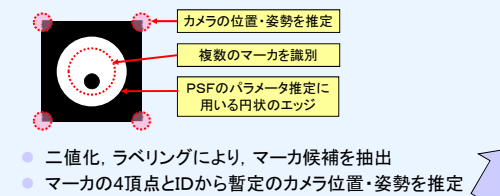
提案手法で用いるPSFの形状

$$P(x, y; r, l, \theta) = \begin{cases} \frac{1}{\pi(r+l)^2 + r^2} & \text{楕円の内部} \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

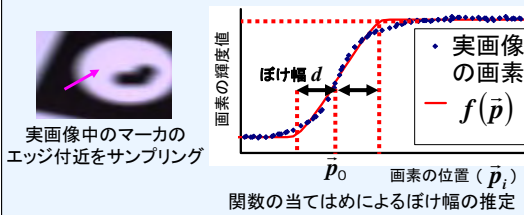
x, y : 注目画素からの相対位置



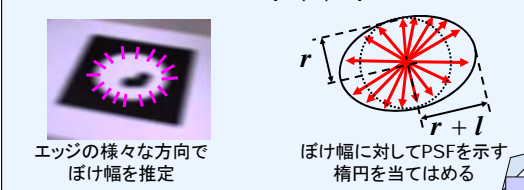
処理A-提案手法で用いるマーカとマーカの検出



処理B1-マーカのエッジ付近の画素に対する関数当てはめによるぼけ幅の推定



処理B2-様々な方向のエッジ毎のぼけ幅からのPSFパラメータ (r, l, θ) の推定



処理C-ぼけを考慮したカメラ位置・姿勢の推定

1. マーカの外周エッジの位置の推定
2. 外周エッジの位置に対する直線の当てはめ
3. 直線の交点からマーカの頂点を推定
4. マーカ座標系におけるカメラ位置・姿勢の推定

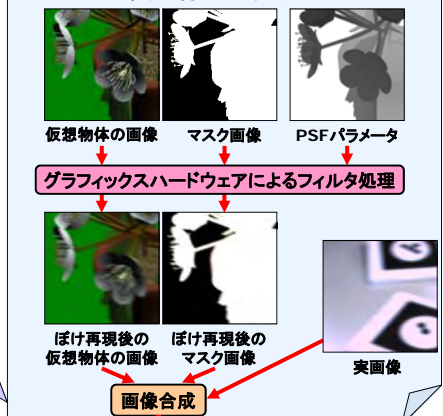
処理D-カメラの合焦位置とモーションブラーの推定

奥行き異なる複数のマーカのPSFパラメータから推定

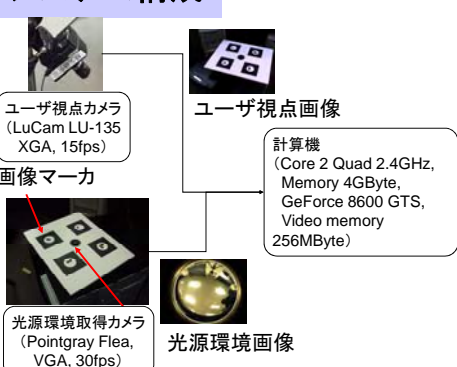
合焦位置: 評価関数 (PSFのパラメータ r とぼけと奥行きの関係式の差の2乗和) が最小となる合焦位置

モーションブラー: 各マーカのPSFパラメータ l, θ の平均値

処理E-ぼけを考慮した仮想物体の描画と実画像への合成

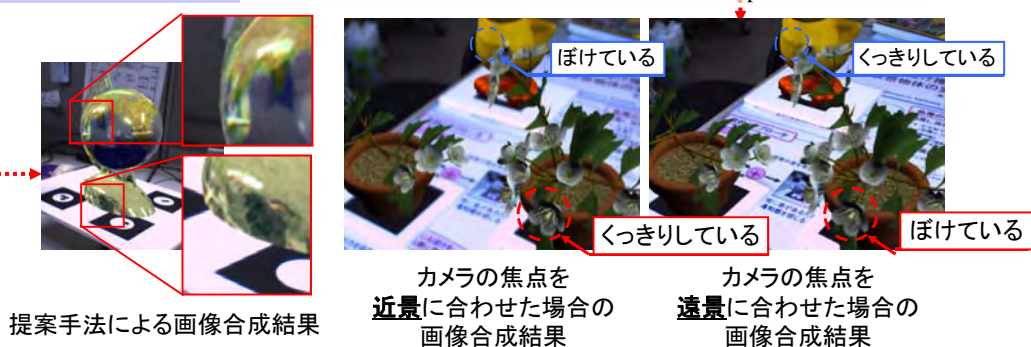


システム構成



画像合成結果

実画像とぼけを再現した仮想物体を 約10fpsで合成可能



ウェアラブル拡張現実感のための 移動体の位置・形状を考慮した 注釈のビューマネージメント

視覚情報メディア講座

Mail: koji-ma@is.naist.jp Web: <http://yokoya.naist.jp/~koji-ma/>

1. 研究背景

ウェアラブル拡張現実感(AR)システム

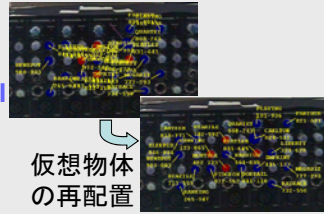
ユーザの位置・姿勢に応じて位置依存情報をユーザの眼前の風景に重畳表示



ビューマネージメントにより、
注釈の視認性、理解度の向上が可能

2. 従来研究

注釈の重なり合いを避けたARシステムのビューマネージメント
(Azuma et al: "Evaluating Label Placement for Augmented Reality View Management", ISMAR 2003)



3. 移動物体の注釈提示における問題点

従来手法を利用して作成された注釈付加画像



(a) 注釈対象物体が不明瞭

注釈付近に人物が複数存在し、注釈と対象の関連付けが困難

(b) 注釈同士の隠蔽

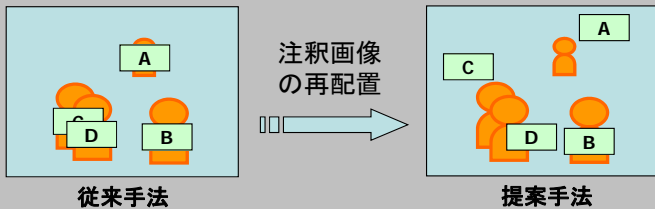
注釈が他の注釈を隠蔽し、注釈自体の理解が困難

(c) 対象物体の隠蔽

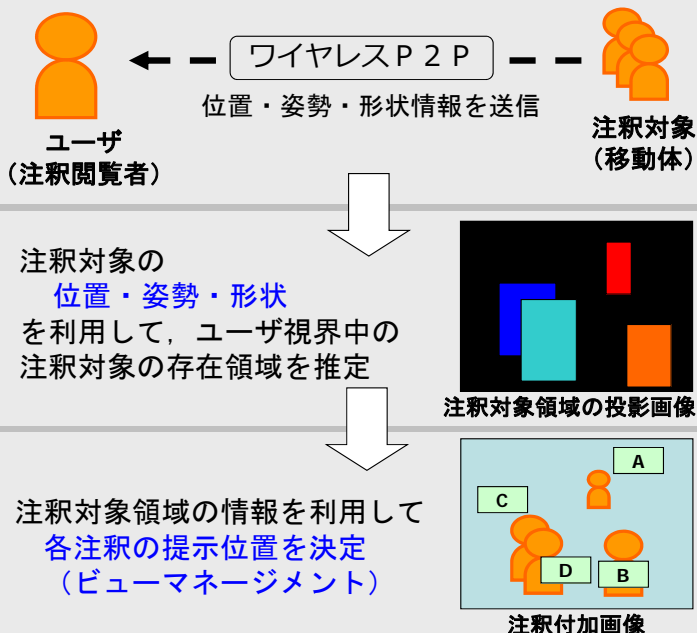
注釈が対象全体を隠蔽するため、注釈と対象の関連付けが困難

4. 提案手法の概要

移動物体の位置・形状を考慮し、注釈情報とその対象となる実世界中に存在する移動体の対応を明確に提示

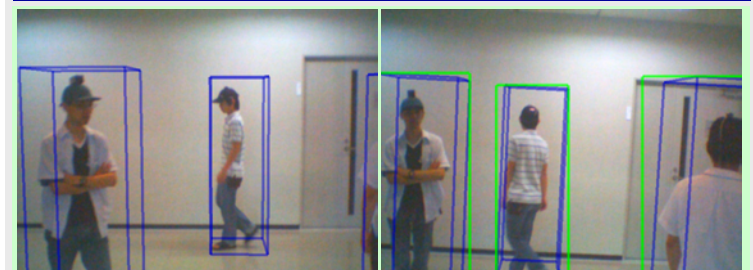
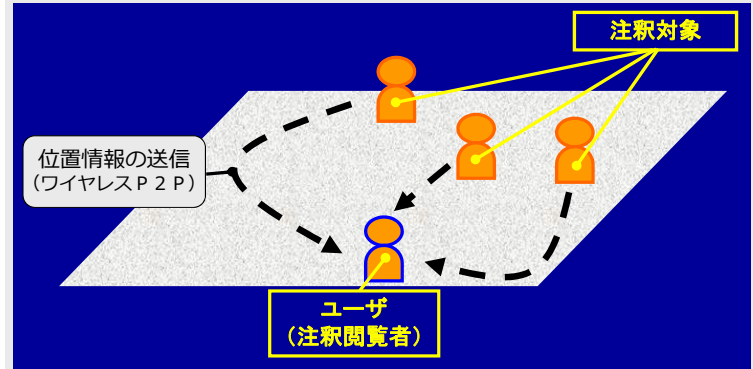


5. 提案手法の処理手順



6. 実験

実験概要(ユーザ4人)



注釈対象領域の推定結果



注釈の提示結果

被写体距離を考慮したImage-Based Rendering による広域屋外環境のステレオ画像生成

視覚情報メディア講座 堀 磨伊也, 神原 誠之, 横矢 直和

背景

遠隔地の情景を提示し、その場にいる感覚を与えるテレプレゼンスに関する研究が盛ん

臨場感豊かに情景を提示することが望まれる

目的とアプローチ

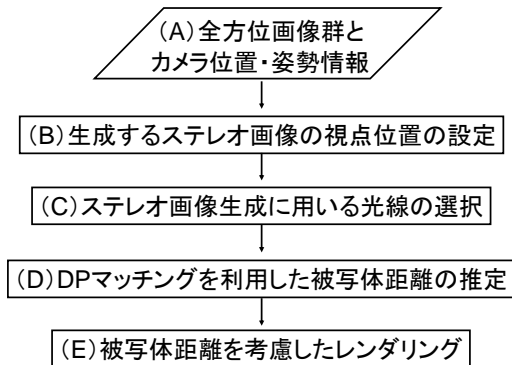
目的

自由な見回しと立体視を可能とする
屋外環境のテレプレゼンスシステムの構築

アプローチ

- 広域屋外環境を対象とするために
全方位画像群とカメラ位置・姿勢情報を同時に取得
- 立体視を可能とするために
被写体距離を考慮してImage-Based Renderingにより両眼ステレオ画像を生成

処理手順

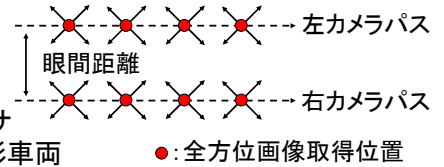


提案手法の概要

(A) 全方位画像群とカメラ位置・姿勢情報の取得(屋外の自由経路)



全方位カメラ・位置姿勢センサ (RTK-GPS+INS) を搭載した撮影車両



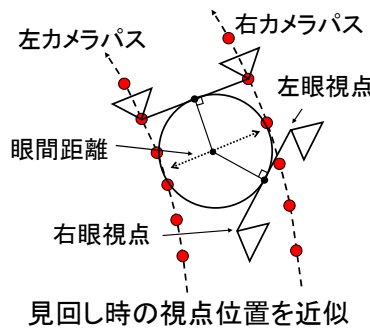
左カメラ画像

右カメラ画像



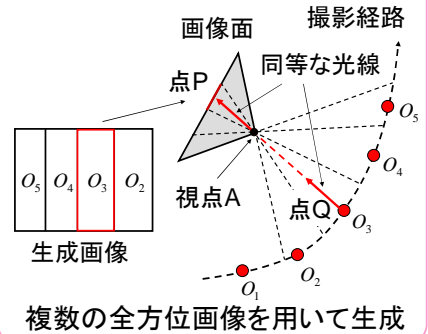
全方位パノラマ画像 (2048 × 1024画素)

(B) 視点位置の設定(見回し時)



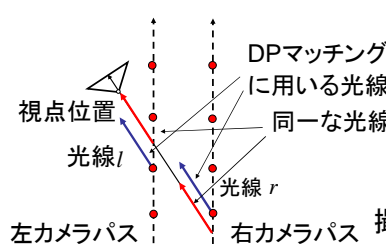
見回し時の視点位置を近似

(C) 生成に用いる光線の選択

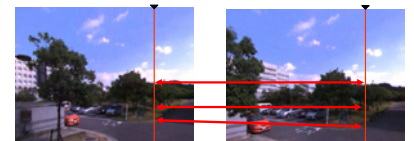


複数の全方位画像を用いて生成

(D) DPマッチングを利用した被写体距離の推定



左カメラパス 右カメラパス



DPマッチングでエッジの対応付け

撮影位置情報を用いて被写体距離推定

生成されたステレオ画像

360度すべての視線方向の画像を生成



被写体距離考慮なし (従来手法) 被写体距離を考慮 (提案手法)



左眼画像

右眼画像

テレプレゼンスシステム



(シャッター式眼鏡+ゲームコントローラ)

立体視と自由な視点移動・視線変更が可能

複合現実感技術を用いた飛行船操縦支援システムの構築

奈良先端科学技術大学院大学 視覚情報メディア講座
水戸 博之 山澤 一誠 横矢 直和

1 研究背景

無人飛行船を地上から見上げて操作するのは直感的に分かりにくく、不慣れなユーザには困難



初心者でも簡単に操縦できるようにしたい!

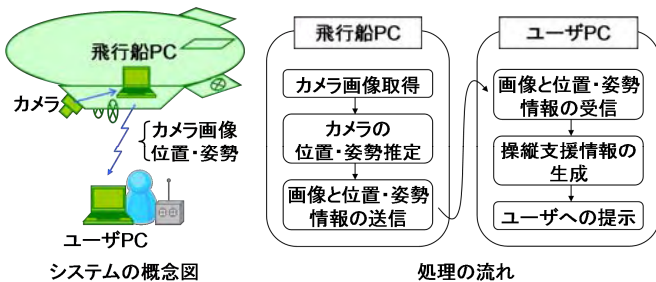
2 研究目的

飛行船の操縦に不慣れなユーザを対象としてその操作を視覚的に支援するシステムの構築

3 飛行船操縦支援システム

3.1 システムの概要

カメラ画像とカメラの位置・姿勢情報を元に操縦支援のための映像を生成し、ユーザに提示



3.2 カメラの位置・姿勢推定処理



カメラ画像を入力として、環境中のマーカを元にカメラの位置・姿勢を推定

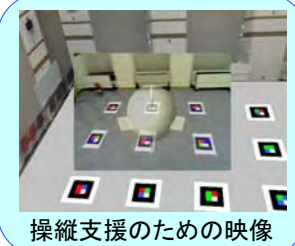
3.3 データ通信処理

TCP/IP通信により、操縦支援情報の生成に必要なカメラ画像、位置・姿勢情報を送受信

3.4 操縦支援情報の生成処理



合成



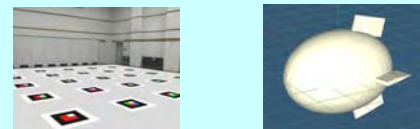
4 実験

4.1 実験環境

約12m四方、高さ約6mの屋内環境にて実施

- 56cm四方の正方形マーカを25枚配置
- ユーザPCは有線LAN, 飛行船PCは無線LANに接続

実験に用いた環境・機器等



4.2 実験方法

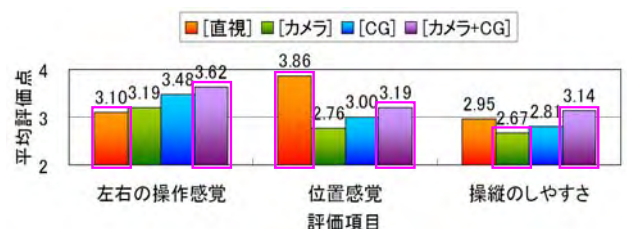
ユーザが飛行船を操縦する際に感じる左右の操作感覚と位置感覚の違いについて調査
システム評価のために定めた操縦方法

[直視]	飛行船を直接見上げての操縦
[カメラ]	カメラ画像のみの提示による操縦
[CG]	CGモデルのみの提示による操縦
[カメラ+CG]	カメラ画像とCGモデルの提示による操縦提案システム



21名の被験者によるアンケートで左右の操作感覚、位置感覚、総合的な操縦のしやすさを4段階評価

4.3 実験結果



被験者によるアンケートでの4段階評価結果

以下の項目で有意差を確認

左右の操作感覚	[カメラ+CG] > [直視]
位置感覚	[カメラ+CG] < [直視]
操縦のしやすさ	[カメラ+CG] > [カメラ]

拡張現実感を用いた マルチメディア付箋システム

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 視覚情報メディア講座 鈴木 可奈 山澤 一誠 横矢 直和

従来の付箋

メモ書きを貼りはがしできる紙片



文字

音声

URL

マルチメディア化

Webページ

動画

画像

3Dモデル

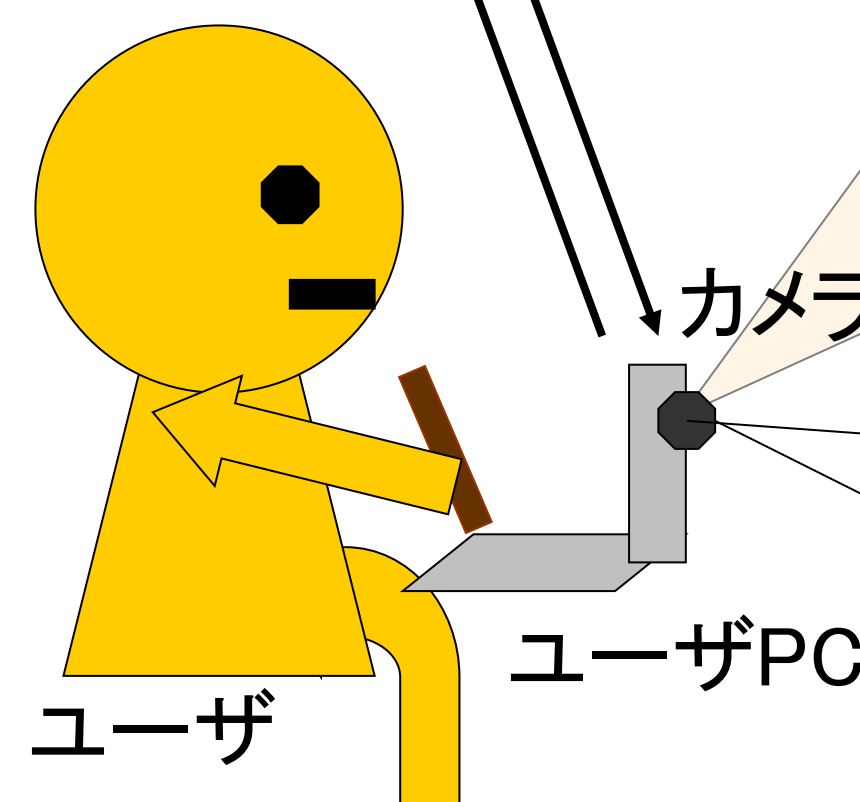
拡張現実感を用いた マルチメディア付箋システム

付箋に文字、画像、3Dモデルなどを重畳



マーカ付き付箋

サーバPC
(ブログサーバ)



文字

Webページ

音声

URL

画像

動画

3Dモデル

装置の使用方法 2009/09/29

使用上の注意

レシーバとトランスミッタの認識するのは、電源を投入したときだけです。よって、レシーバを追加で接続したり、トランスミッタを付け変える場合は、必ず電源を切るように注意して下さい。

製品マニュアル

結果がキムメント、マニュアル、仕様書をご確認ください。
※本製品のインストール、動作確認等は、必ず本製品の取扱説明書、マニュアルを参照してください。
※本製品のインストール、動作確認等は、必ず本製品の取扱説明書、マニュアルを参照してください。

00:00:06

<http://postit.naist.jp/wordpress/?paged=100>

マーカ付き付箋

サーバにアクセスして詳細な情報を取得

フライスルーMR平城京

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 視覚情報メディア講座 大倉 史生 神原 誠之 横矢 直和

複合現実感(MR)技術: **実写映像**(現実)と**CG**(バーチャル)を**融合**する技術

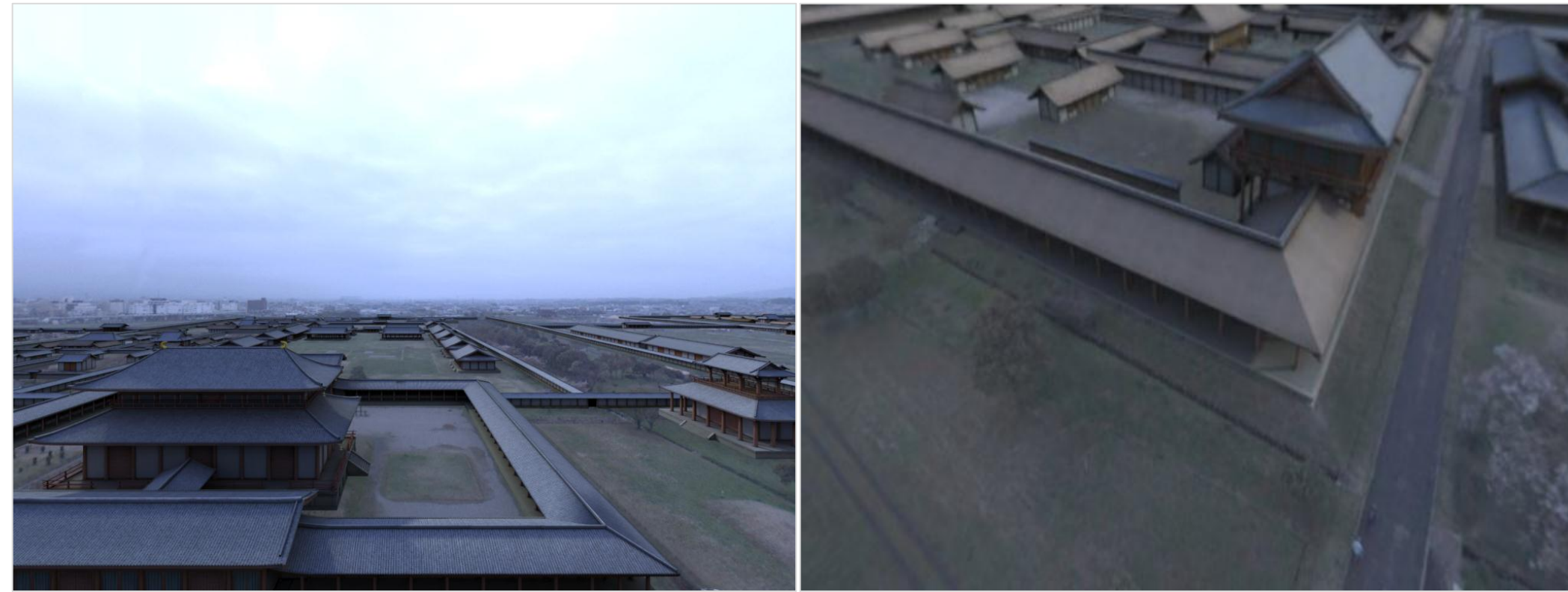
✓1300年前の平城宮CGを空撮映像に合成



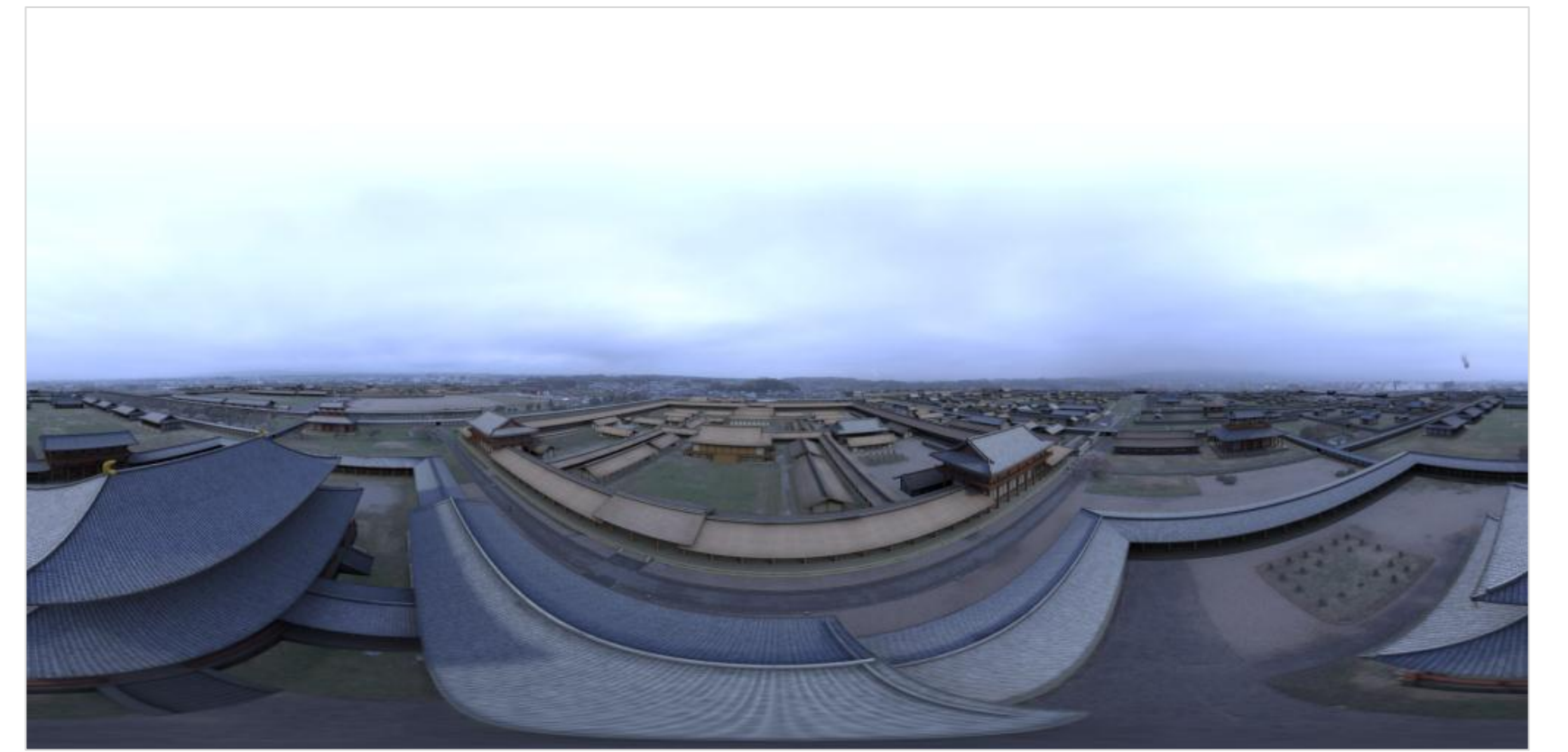
平城宮3Dモデル



遠隔地の実写映像



CGが合成された画像



CGが合成された全方位画像

✓全方位を撮影し, 360度見回し可能



全方位カメラ



撮影される全方位画像



CGが合成された全方位画像



眼鏡型ディスプレイ(HMD)



切り出された画像

1. **全方位カメラ**で撮影
2. 平城宮CGを合成

3. **眼鏡型ディスプレイ(HMD)の姿勢**を計測し, 全方位画像から**視線方向の画像**を切り出し

無人飛行船による空撮

飛行船に全方位カメラ, GPS, 姿勢センサを搭載し空撮



姿勢センサ
全方位カメラ
(GPSは飛行船
上部に設置)

搭載機器

- 光ファイバジャイロ(姿勢センサ): TISS-5-40(東京計器株式会社)
- 全方位マルチカメラシステム: Ladybug3 (Point Grey Research, Inc.)
- Differential GPS: P4-GPS(日立造船株式会社)

無人飛行船

- バッテリ駆動
 - 長さ: 12m
 - ペイロード: 約12kg
 - 最大速度: 50km/h
- ※モータ飛行船では世界最大級



飛行船から撮影される全方位画像

飛行船の撮影ルート

薄い赤: 全撮影ルート
濃い赤: デモに用いた映像
▲ 映像始点
■ 映像終点



第二次大極殿跡

約500m

近鉄奈良線

映り込んだ飛行船等の消去

1. 視界の遮蔽を抑制
2. 現実世界の光源環境を推定し, リアルにCGを合成



全方位カメラの死角

自動で



天空光モデルを用いて補完

消去・補完

映り込んだ飛行船



類似領域を他フレームから探索



Contact: 視覚情報メディア講座 大倉 史生

Email: fumio-o@is.naist.jp

Web: <http://yokoya.naist.jp/~fumio-o/>

平城宮3Dモデルは凸版印刷株式会社, 平城遷都1300年記念事業協会の提供による