

マルチメディア工学 5

仮想 / 拡張 / 複合現実感

モーションキャプチャ

カメラキャリブレーション (校正:Calibration)

佐藤 嘉伸

大阪大学 大学院医学系研究科
医用工学講座 画像解析学

yoshi@image.med.osaka-u.ac.jp

<http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/>

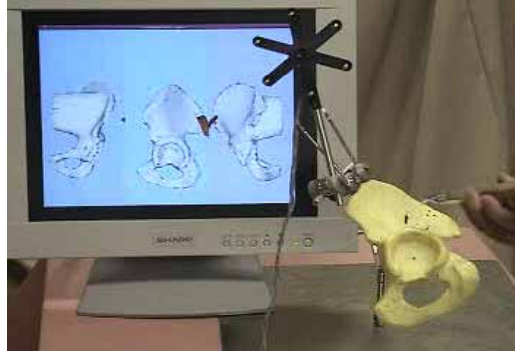
講義ホームページ: [日本語ページ](#) → 授業の資料 → マルチメディア工学

マルチメディア工学：講義計画

- インTRODクシヨN
- コンピユ一タグラフィックス (Computer Graphics: **CG**)
- 仮想 / 拡張 (複合) 現実感 (Virtual/Augmented(Mixed) Reality: **VR / AR・MR**)
 - モ一シヨNキャプチャ、カメラキャリブレーション (カメラ校正)
 - (仮想空間と実空間の) 位置合わせ
- マルチメディアデータの統計解析

複合現実感の典型例

- 手術ナビゲーション



何をしているところか？
そのために何が必要か？

仮想・拡張・複合現実感

(Virtual/Augmented(Mixed)

Reality: VR / AR・MR)

モーションキャプチャ

カメラキャリブレーション(校正)

Computer Graphics (CG)

3次元**仮想**世界モデル → **仮想**画像

実データ + CG (Mixed Reality 複合現実感)

3次元**実**世界データ
+
3次元**仮想**世界モデル

リアリスティックな
仮想画像
→
(実 + 仮想) 画像

実データ + CG (Mixed Reality 複合現実感)

実例: PlayStation2: FIFASOCCER



実データ + CG (Mixed Reality 複合現実感)

実例: PlayStation2: FIFASOCCER

光学式モーションキャプチャ



実画像 → 3次元(実)運動モデル

リアリスティックな
仮想画像

+

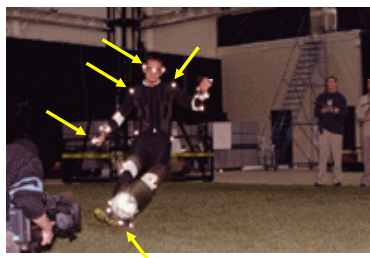
3次元(仮想)形状モデル

→

(実 + 仮想)画像

実データ + CG: 光学式モーションキャプチャ (VICON)

実例: PlayStation2: FIFASOCCER



→ (赤外線反射) マーカ

→ 赤外線発光装置
+ 赤外線カメラ



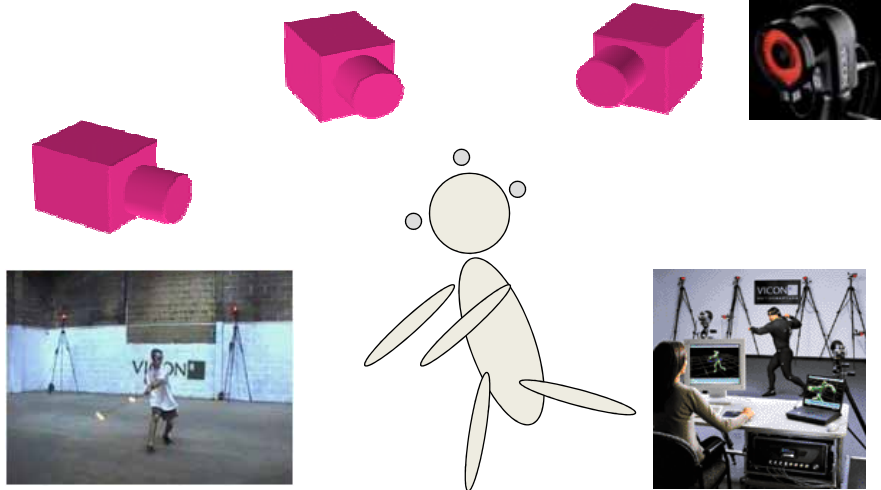
赤外線発光装置

赤外線
ビデオカメラ

マーカの3次元運動を複数のカメラで計測する.

光学式モーションキャプチャーの原理 多眼ステレオ法

マーカの3次元運動を複数のカメラで計測する。

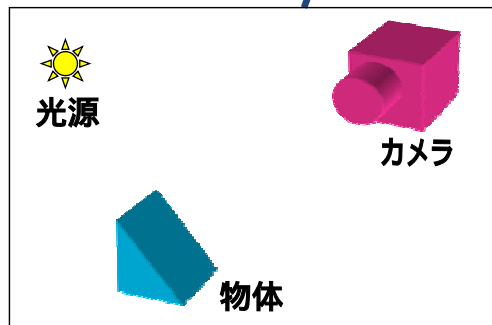


3次元データ処理・イントロダクション

CG (Computer Graphics) CV (Computer Vision)

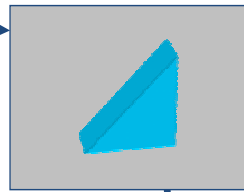
コンピュータグラフィックス

(Computer Graphics: **CG**)
3次元世界モデル→画像



3次元世界

画像



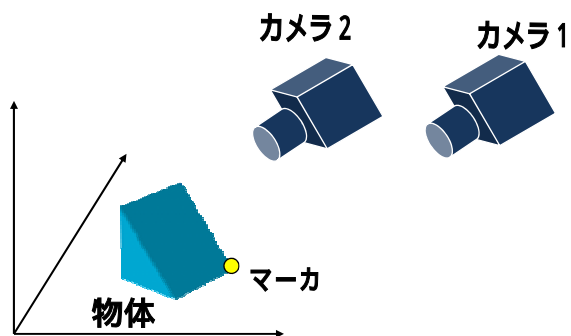
コンピュータビジョン

(Computer Vision: **CV**)
画像→3次元世界モデル

光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

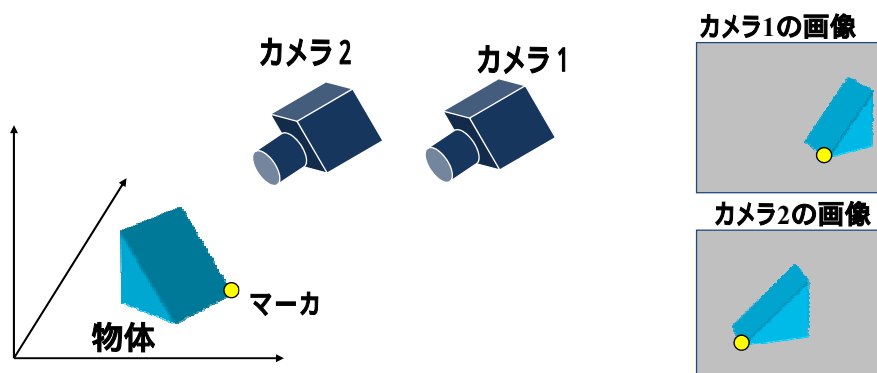


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

2つの画像中のマーカ位置から、どのようにして、
マーカの3次元座標を計算できるか？

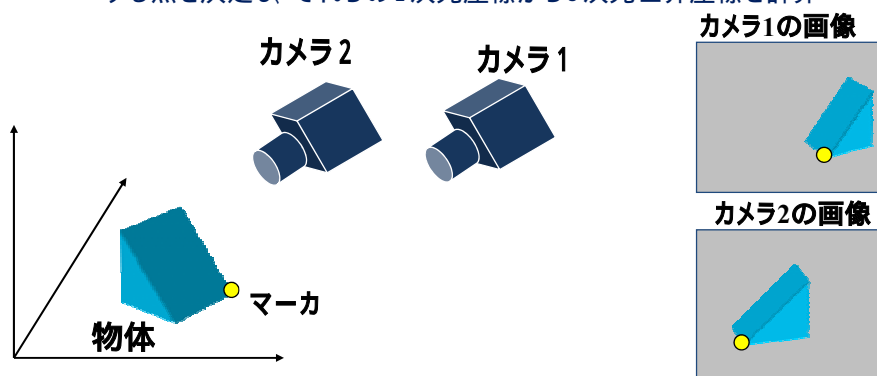


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正): カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**: 複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

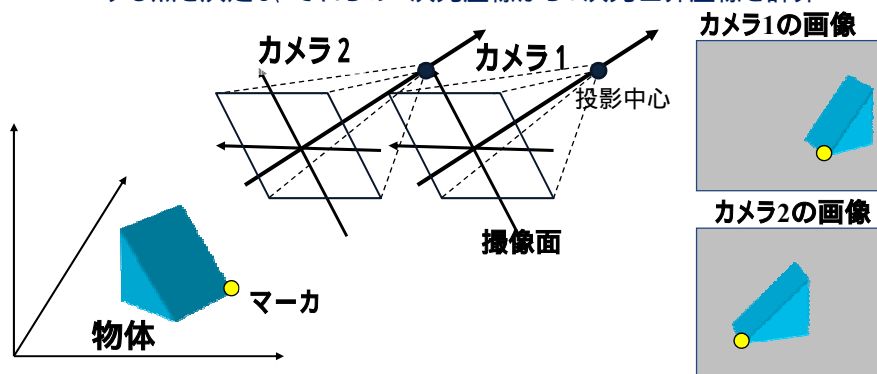


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正): カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**: 複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

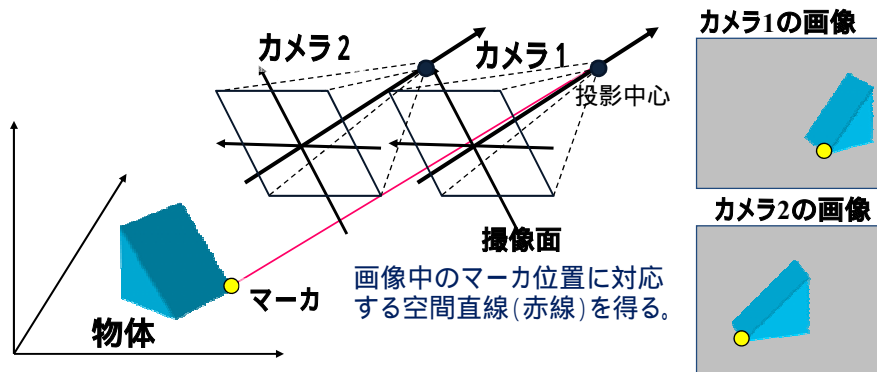


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正) :カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**:複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

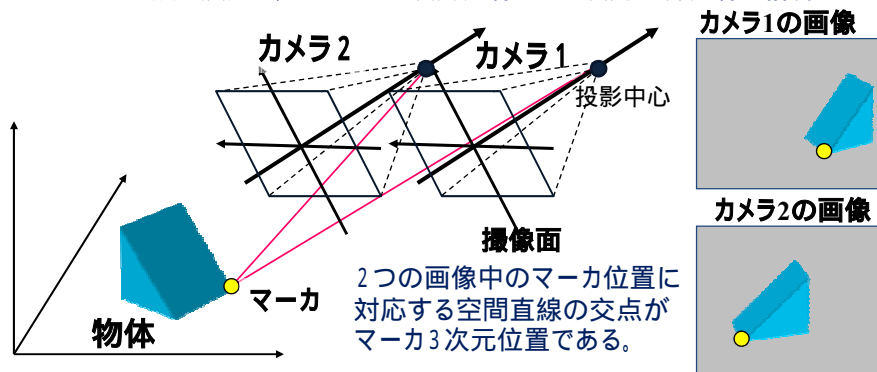


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正) :カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**:複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

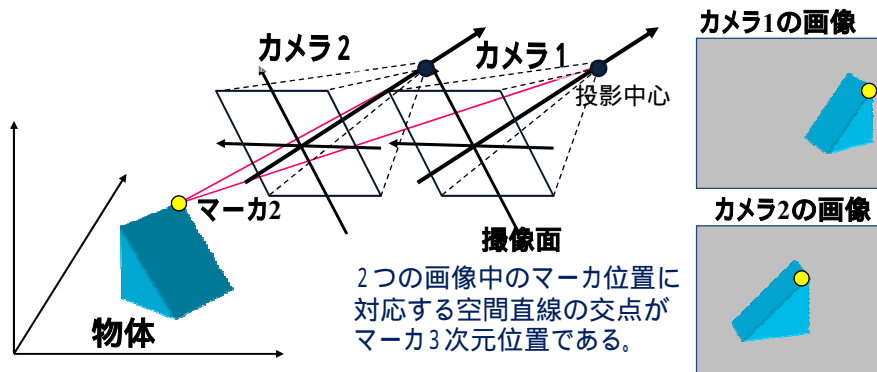


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正) :カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**:複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

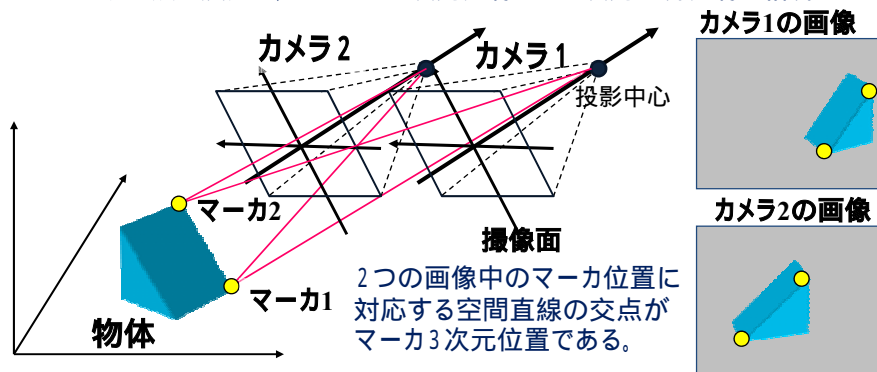


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- **カメラキャリブレーション**(校正) :カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測
- **3次元位置計測**:複数の2次元画像から同一3次元物理点に対応する点を決定し、それらの2次元座標から3次元世界座標を計算

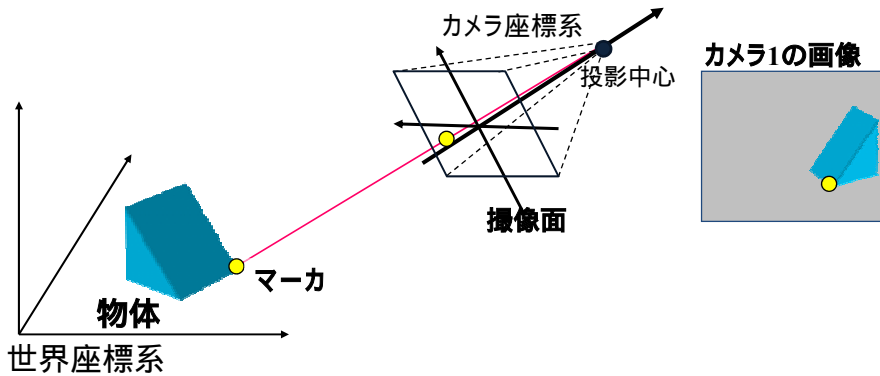


光学式モーションキャプチャの原理

多眼ステレオ

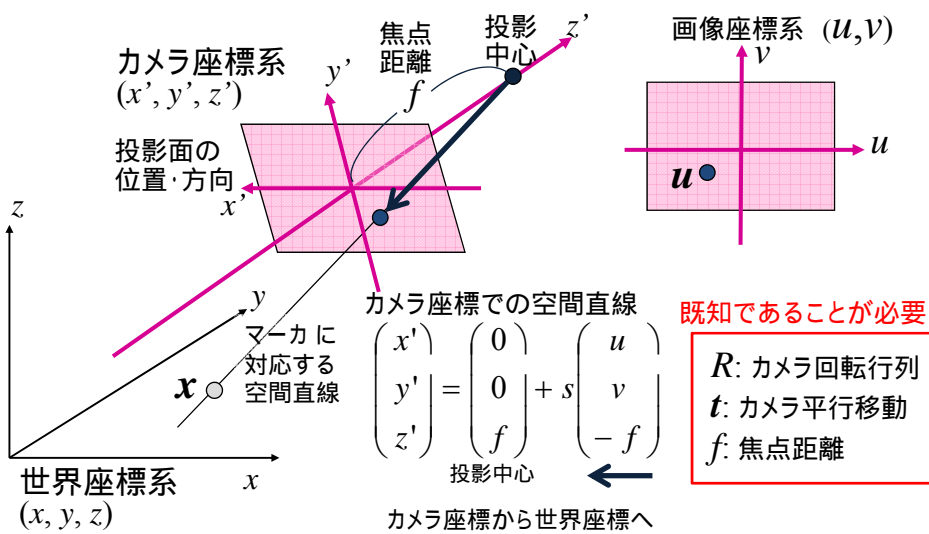
(実世界を撮影した複数のカメラ画像からの3次元復元)

- カメラキャリブレーション(校正) : カメラ画像(画像座標)と3次元世界(世界座標)の空間関係を記述するパラメータの事前計測



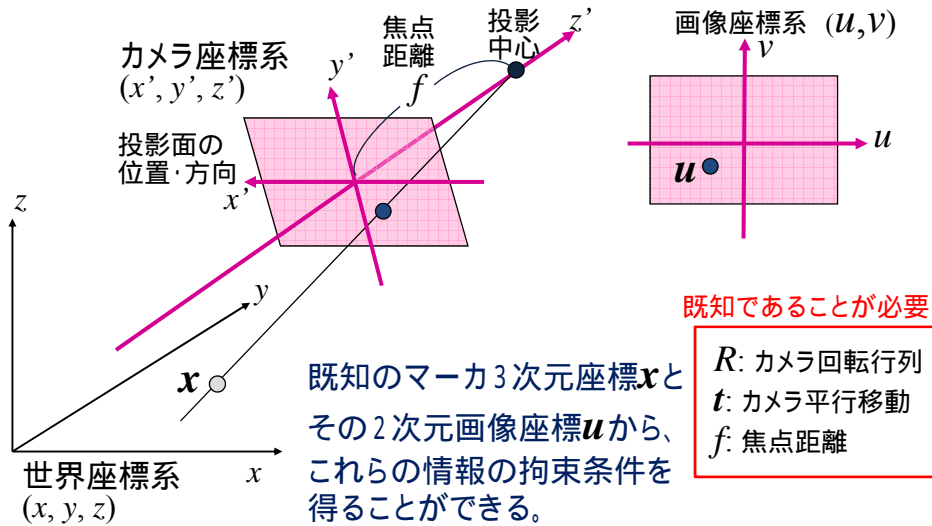
カメラキャリブレーション(校正)

カメラキャリブレーション(カメラ位置、方向、焦点距離の推定)



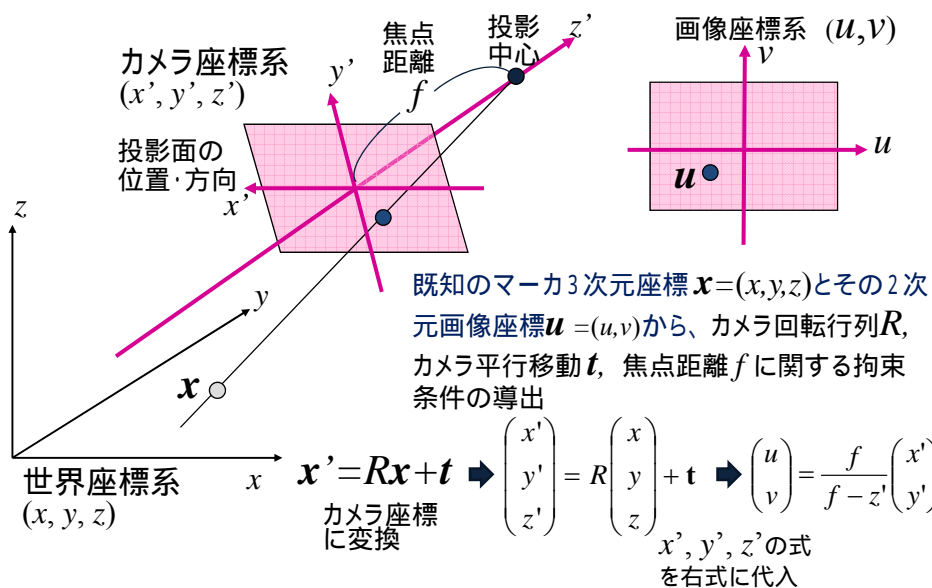
カメラキャリブレーション(校正)

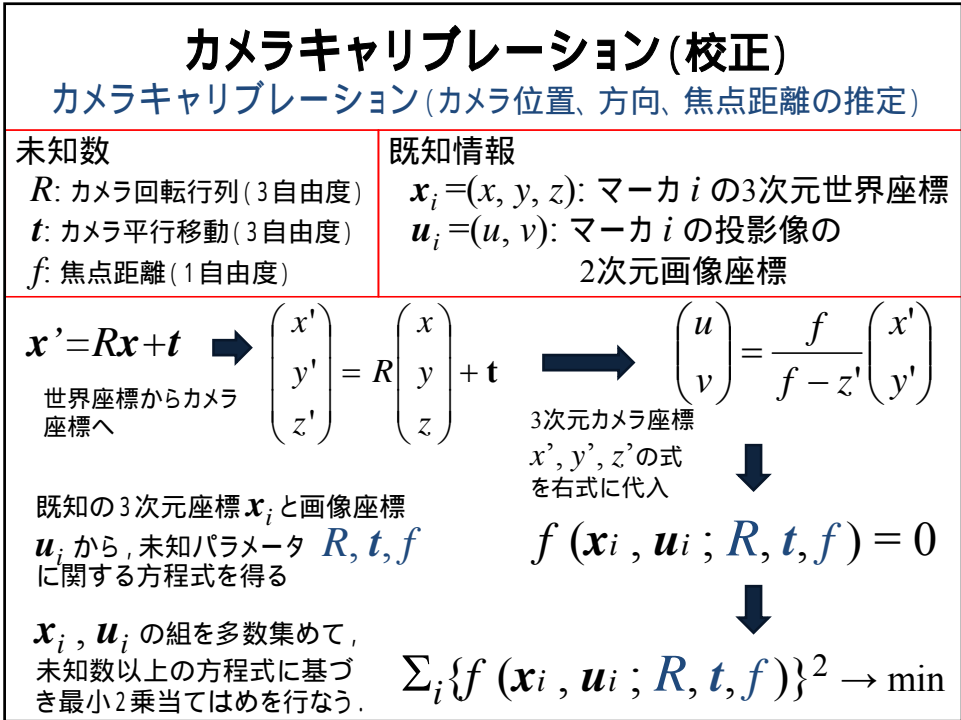
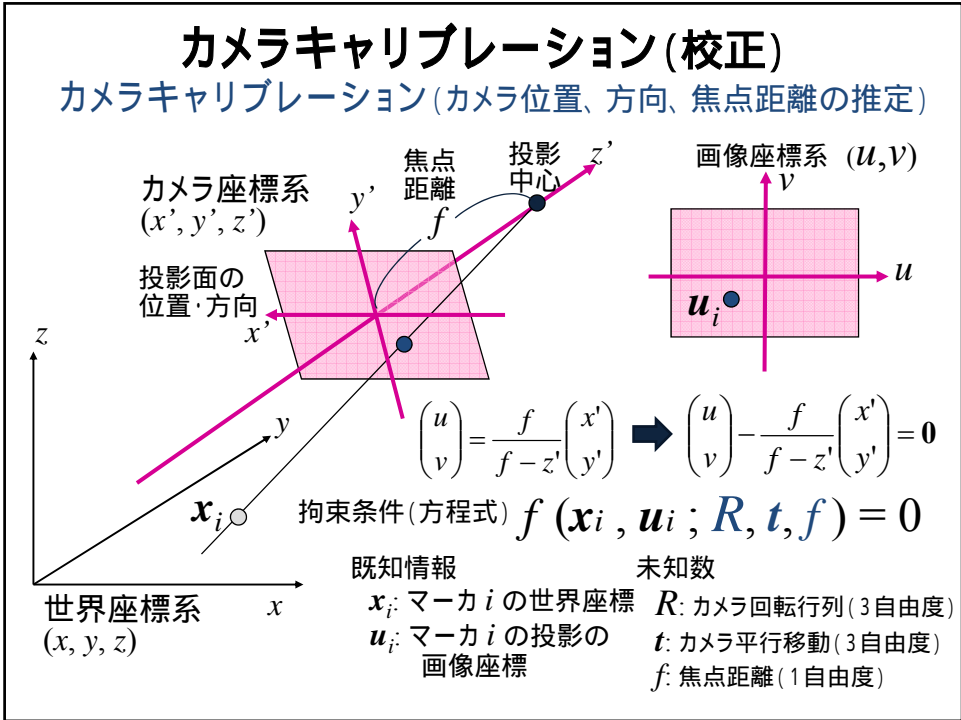
カメラキャリブレーション(カメラ位置、方向、焦点距離の推定)



カメラキャリブレーション(校正)

カメラキャリブレーション(カメラ位置、方向、焦点距離の推定)

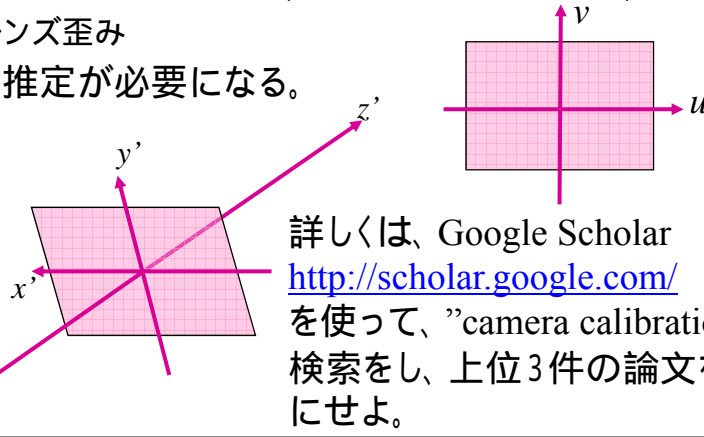




カメラキャリブレーション(校正)

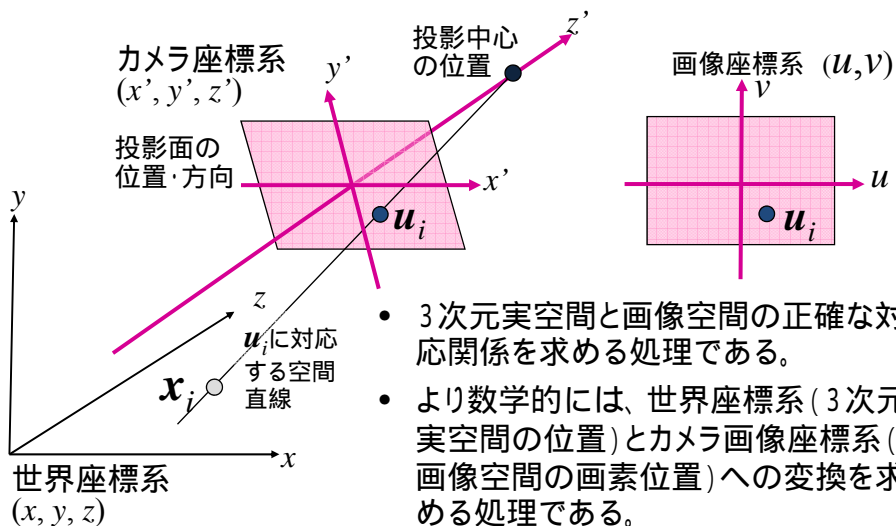
- カメラ内部パラメータについては、焦点距離以外にも、
 - 撮像素子の位置ずれ (z軸が、画像配列の中心を通るとは限らない)
 - 画素サイズの縦横比 (正確に1:1とは限らない)
 - レンズ歪み

などの推定が必要になる。



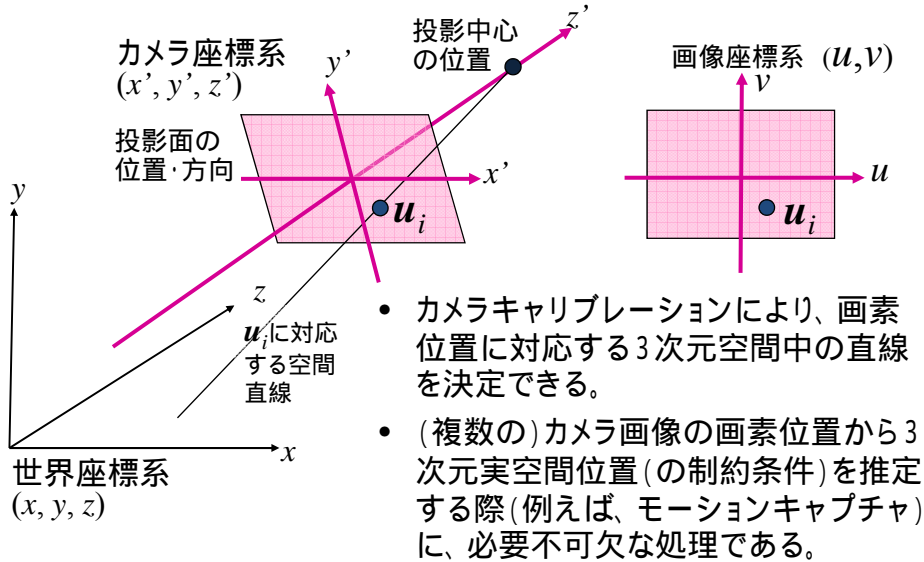
詳しくは、Google Scholar <http://scholar.google.com/> を使って、"camera calibration"で検索をし、上位3件の論文を参考にせよ。

カメラキャリブレーション(校正) : まとめ

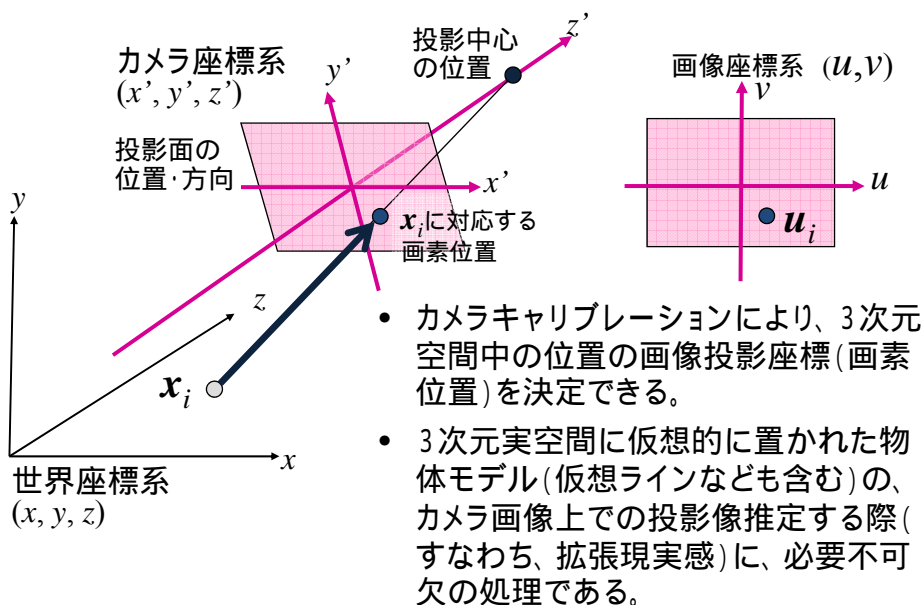


- 3次元実空間と画像空間の正確な対応関係を求める処理である。
- より数学的には、世界座標系(3次元実空間の位置)とカメラ画像座標系(画像空間の画素位置)への変換を求める処理である。

カメラキャリブレーション(校正) : まとめ

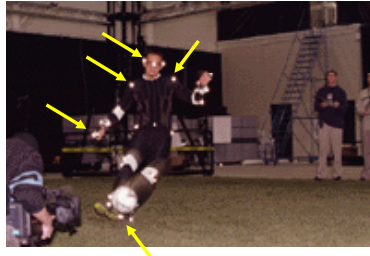


カメラキャリブレーション(校正) : まとめ



光学式モーションキャプチャ(VICON)

3台のカメラはカメラキャリブレーション済である。



- (赤外線反射) マーカ
- 赤外線発光装置 + 赤外線カメラ



マーカの3次元運動を複数のカメラで計測する。

モーションキャプチャ 市販品・方式の違いによる比較

- 光学式(複数台カメラのマーカ撮影に基づく)
 - 利点: カメラからマーカが見える限り、精度・安定性は高い。
 - 欠点: マーカが他の物体に遮蔽されカメラに写らない場合に、計測不能になる。
- 磁気式
 - 利点: 位置計測部(磁気レシーバ)は、遮蔽の影響を受けない。
 - 欠点: 磁場に影響を与える、金属、電磁機器の影響で計測精度が劣化する。

モーションキャプチャ

光学方式: **高精度** 死角が問題

Optotrak 超高精度

精度 0.1 mm、
視野 $1.2 \times 1.2 \times 1.2\text{m}^3$ 、
重量 60kg、価格 約1000万円

Polaris ポータブル&ワイアレスタイプ

精度 0.35mm、
重量 2kg、価格 約300万円

磁場方式: **死角なし** 金属の影響が問題

Fastrak 精度 0.8 mm、価格 約150万円。

Aurora **超小型** (体内挿入型柔軟医療器具計測)

精度 1-2 mm、価格 約700万円。



三眼式ステレオカメラ



デジタイザ

赤外線発光ダイオード (LED) マーカ

計測点



モーションキャプチャ

高精度実時間3次元センサ(モーションキャプチャ)

Polaris (光学方式)

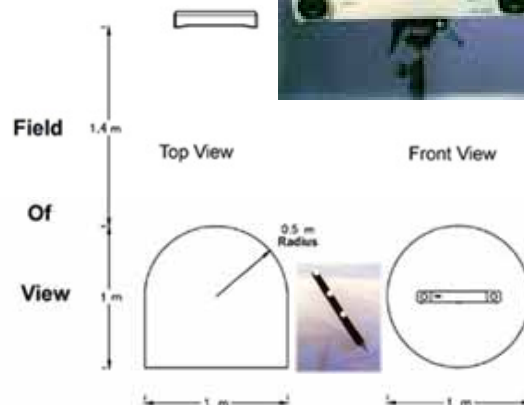
ポータブル&ワイアレスタイプ、
精度 0.35mm、重量 2kg、価格 300万円



二眼式ステレオカメラ



赤外線反射球体マーカ

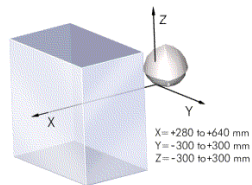
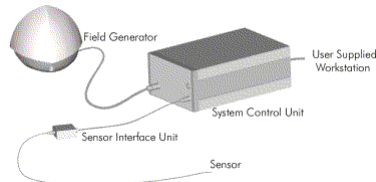


モーショキャプチャ

磁場方式: 死角なし 金属の影響が問題

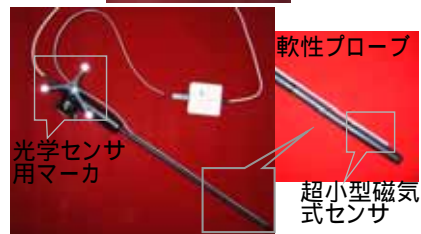
Aurora超小型(体内挿入型柔軟医療器具の先端位置計測)

精度 1-2 mm、価格 約700万円。



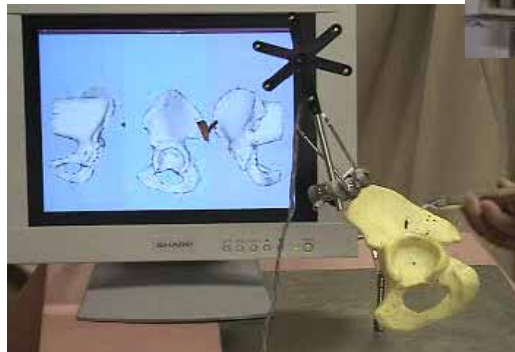
計測範囲

内視鏡用軟性超音波
プローブの位置計測



複合現実感の典型例

- 手術ナビゲーション



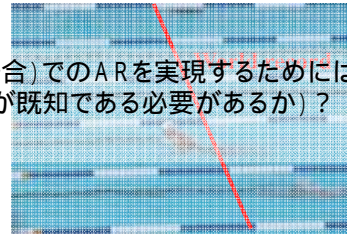
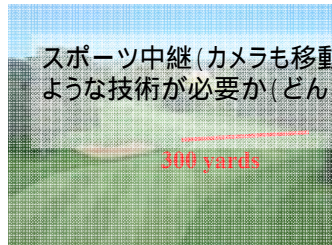
何をしているところか？

そのために何が必要か？

実時間運動計測(モーショキャプチャ)
(実物体と計算機内形状モデルの)位置合わせ

スポーツ中継でのAR（拡張現実感）

- AR (Augmented Reality)



スポーツ中継(カメラも移動する場合)でのARを実現するためには、どのような技術が必要か(どんな情報が既知である必要があるか)?



スポーツ中継でのAR（拡張現実感）

- AR (Augmented Reality)

スポーツ中継(カメラも移動する場合)でのARを実現するためには、どのような技術が必要か(どんな情報が既知である必要があるか)?

- テレビカメラは、カメラキャリブレーション済(カメラ位置・向き、焦点距離などが既知)。
- カメラ角度移動量、ズーム量は実時間出力(それらの変換に対応するカメラキャリブレーションが必要)
- ゴルフコース・プール・ジャンプ台など対象構造物の位置・向き・形などが既知。
- 描画対象(選手の像には描画せず、水面、芝生面、雪面上のみに描画するため)の画像領域が既知。