

Keio University



基礎輪講 3週目

斎藤英雄研究室

座標系変換

ある座標系を別の座標系で表現すること

$$\begin{array}{ccc} \text{変換後の座標} & & \text{変換前の座標} \\ \underbrace{\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}} & = & \underbrace{\begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix}}_{\text{回転・拡大縮小}} \underbrace{\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}}_{\text{変換前の座標}} + \underbrace{\begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix}}_{\text{平行移動}} \end{array}$$

- 2D-2Dの座標系変換 (H-Matrix)
- 2D-3Dの座標系変換 (P-Matrix)
- 3D-3Dの座標系変換 (F-Matrix)

変換行列を求めて
計算を行う

斉次座標

N次元の座標に1次元追加した座標系

→変換の計算を行列の積だけで表現可能

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix}$$

斉次座標なし

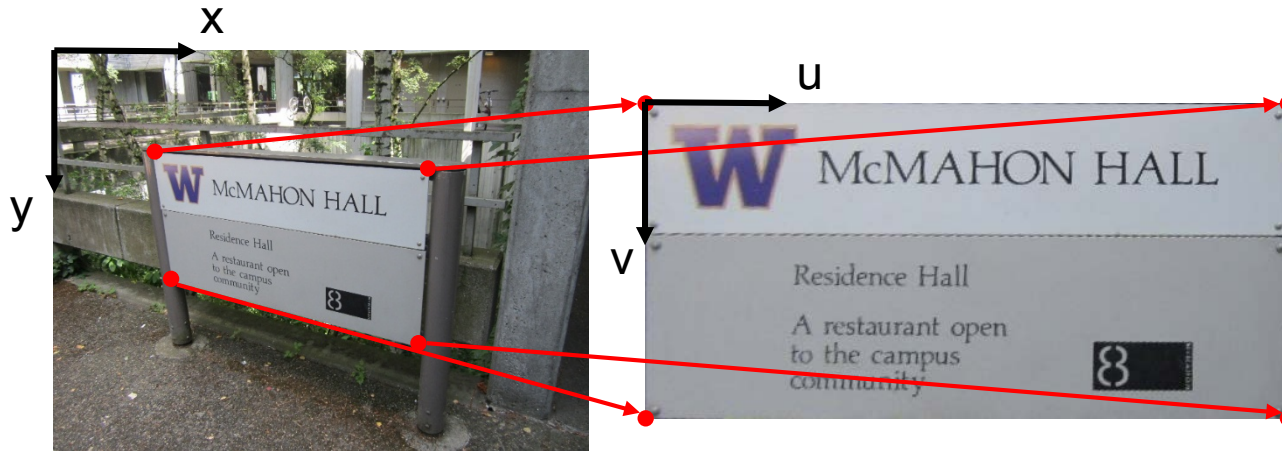
$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

斉次座標あり

~(同値記号): 定数倍を許して等しい

Homography Matrix (H-Matrix)

2Dから2Dへの平面射影変換



平面射影変換の例

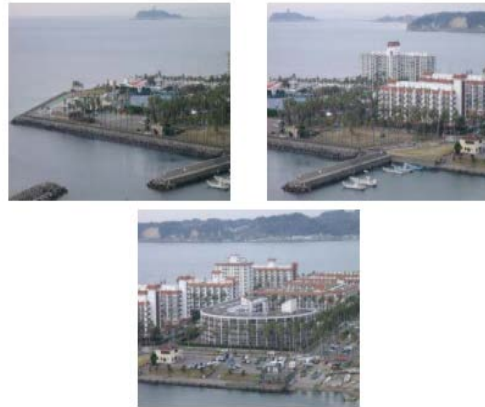
$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} \sim \mathbf{H} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

射影変換行列
(Homography Matrix)
の式

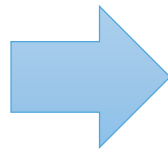
応用例: イメージモザイク, Diminished Reality

課題1: イメージモザイクキング

複数の画像から一枚の広視野画像を生成



原画像群

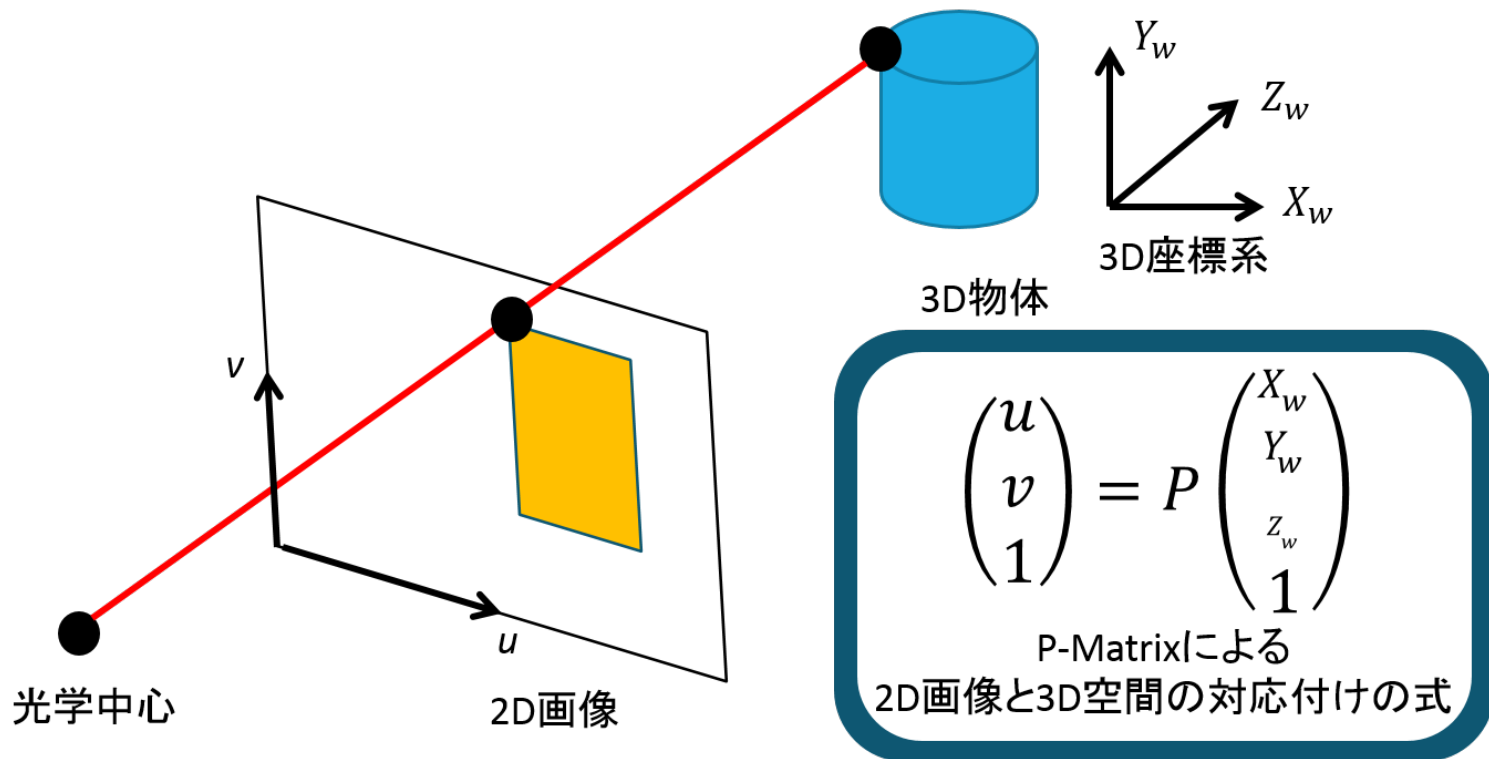


イメージモザイクキング

- 発表のために実装してください.
 - 理論を調べ, 以下の内容などを流れを考えて発表してください.
- 《キーワード》 線形変換・斉次座標系・補間・アフィン変換・射影変換 etc...

Perspective Projection Matrix (P-Matrix)

2D画像と3D空間の対応関係を表す透視投影行列



対応関係を求めることをカメラキャリブレーションと呼ぶ。

課題2: P-MatrixによるAR表示

既知のP-Matrixを用いて，一辺80mmの立方体を描画

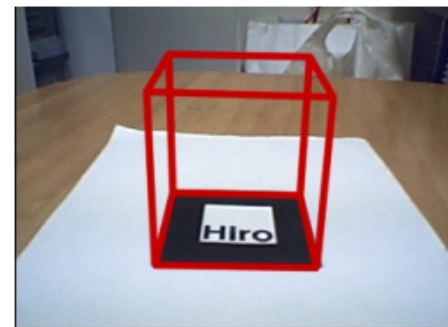


$$A = \begin{pmatrix} 380.8079 & 0.0 & 165.0 \\ 0.0 & -422.44276 & 142.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} -0.999570 & -0.010079 & 0.027543 \\ 0.020762 & 0.420135 & 0.907224 \\ -0.020715 & 0.907406 & -0.419745 \end{pmatrix} \quad t = \begin{pmatrix} -3.517020 \\ -14.776317 \\ 296.088277 \end{pmatrix}$$



マーカ画像



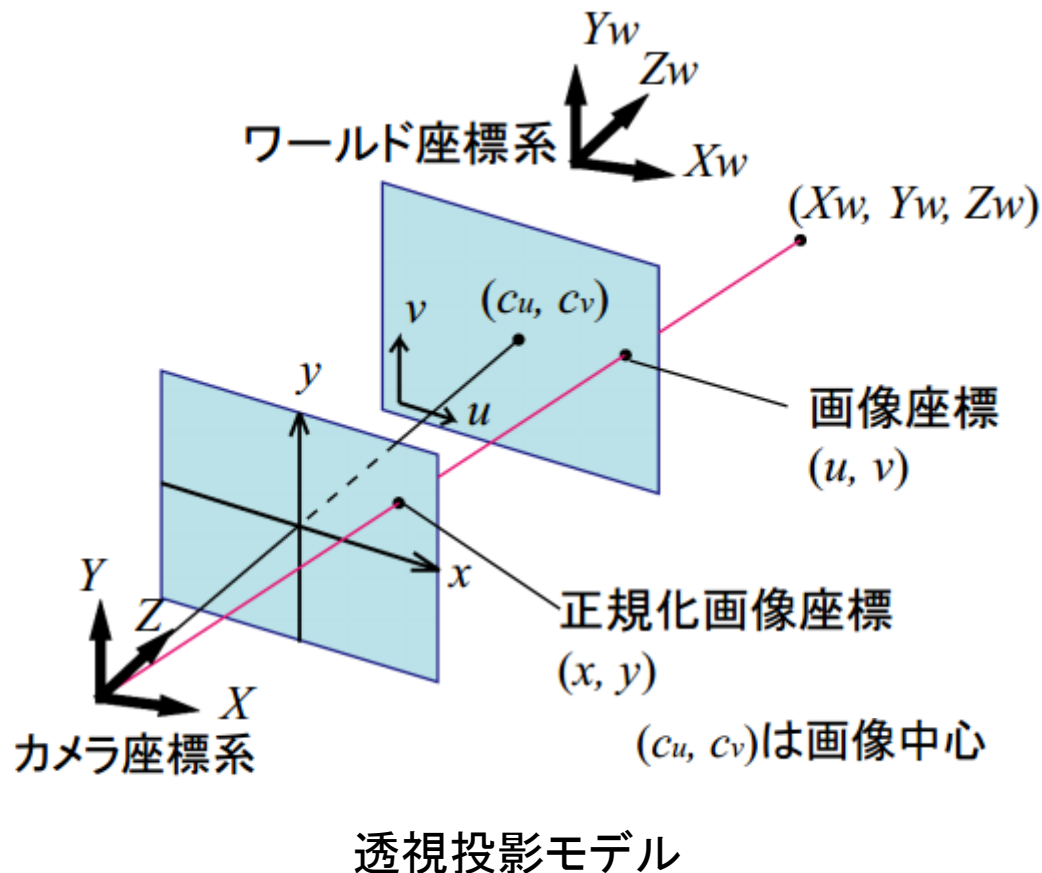
座標変換による立体出力

webカメラを使用して，自分でP-Matrixを求めてみよう。

課題2: 発表内容

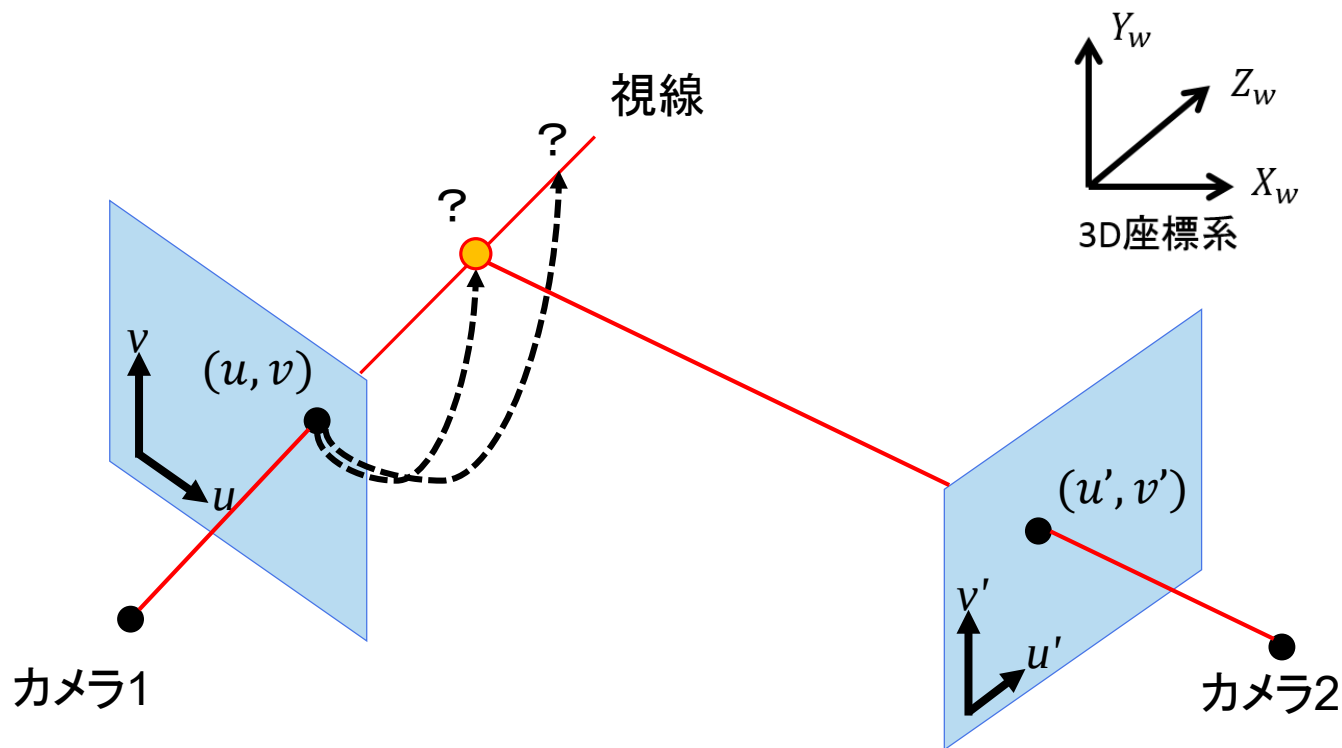
《発表用キーワード》

- 世界座標系
- カメラ座標系
- 正規化画像座標
- 画像座標
- 外部パラメータ
- 内部パラメータ
- 透視投影行列
- カメラキャリブレーション etc...



2D-3D-2Dの座標系変換

複数の画像から空間の位置情報を推定

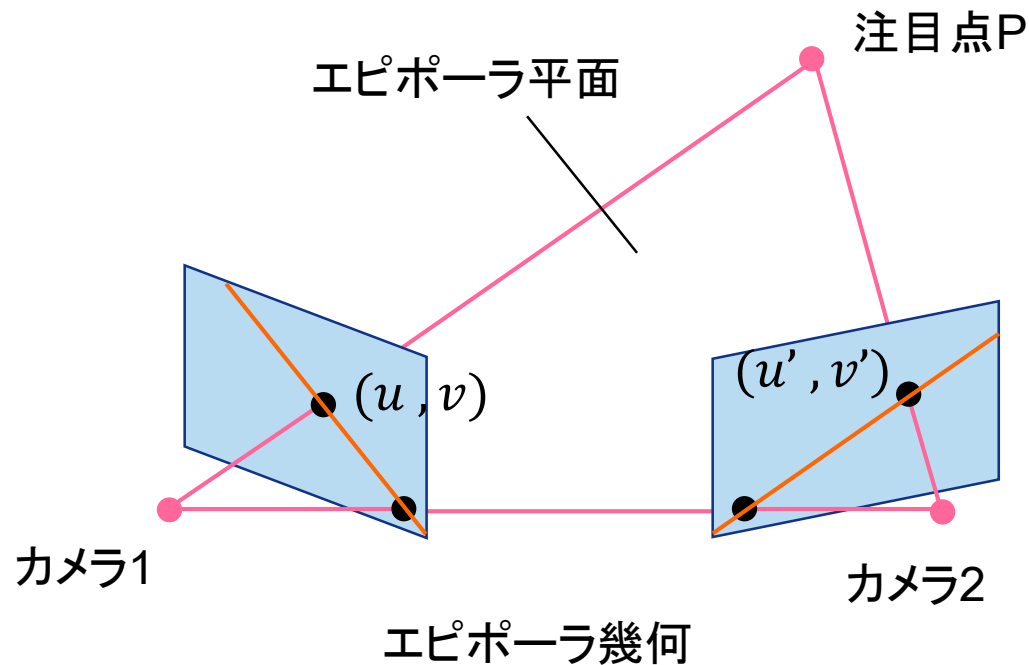


画像上の投影点には拘束条件が存在する.

Fundamental Matrix (F-Matrix)

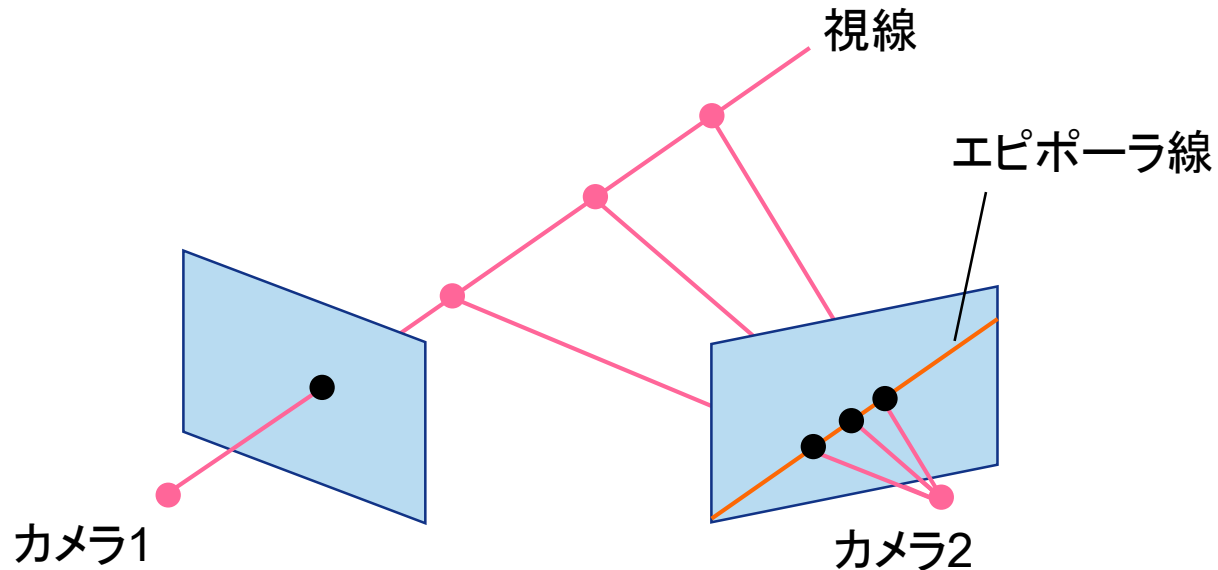
2画像間の拘束条件を表した行列

$$(u \quad v \quad 1) \mathbf{F} \begin{pmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{pmatrix} = 0$$



エピポーラ線

空間点の投影点を探索する際、拘束条件が存在



2つのカメラによる投影

何のためにあるのか？ F-Matrixとの関係は？

課題3: エピポーラ幾何

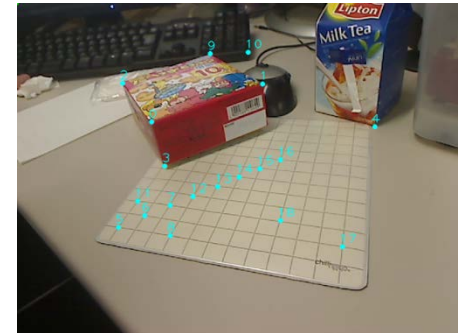
実装: エピポーラ線の描画

《発表用キーワード》

- エピポーラ幾何
- エピポーラ線
- 基本行列
- 基礎行列
- エピポーラ拘束
- ステレオマッチング
- モーション推定 etc...



対応点1画像



対応点2画像



エピポーラ線出力結果

発展課題: ARToolKitの仕組み

- 時間がある人は、課題2の代わりにARToolKitの仕組みについて発表しても構いません。
- ARToolKitの論文:
Hirokazu Kato and Mark Billinghurst. Marker Tracking and HMD Calibration for a Videobased Augmented Reality Conferencing System. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality. 1999.