

付録:ステレオ視の原理

1. 透視投影モデル

カメラは, 3 次元空間を伝搬する光を 2 次元平面へ投影することで画像を得るセンサである. この 2 次元平面の任意の点から 3 次元空間の点の座標を逆算できれば, 画像から 3 次元空間の物体の形状を求めることができる. 図 1 の透視投影モデルにおいて, もし P までの距離または深さ (奥行き) Z が既知ならば, 逆透視変換によって点 P の 3 次元座標が求まる. すなわち, 画像平面の点 p の座標 (u, v) と焦点距離 f および Z を用いて点 $P(X, Y, Z)$ の X, Y を計算できる. 深さ Z はステレオ法で測定できる.

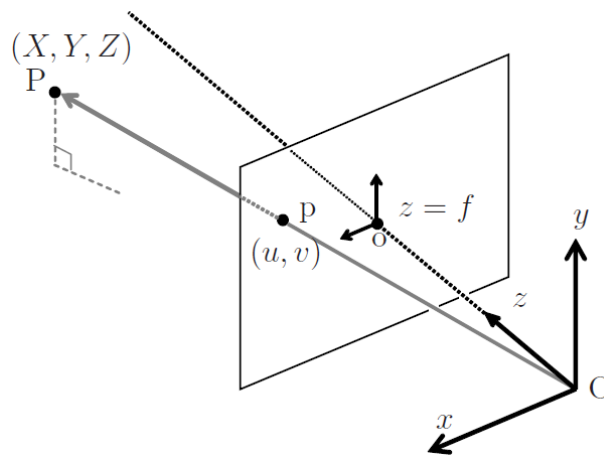


図 1 透視投影モデル.

2. ステレオ法

画像から物体の 3 次元的な形状を計測するステレオ法は, 図 2 のような複数の焦点の画像と 3 次元空間の点の幾何学的な対応関係を利用する. 両眼視のように視野を共有しているが焦点が異なる 2 台のカメラを用いると, 図 2 の p_1 と p_2 のように, 3 次元空間の点 P に対応する点が左右の画像平面からそれぞれ見つかる. 対応点 p_1 と p_2 の座標の差は視差 (disparity) と呼ばれる (図 2 の場合, 視差は $d = |u_1 - u_2|$). また, 焦点を結ぶ線は基線 (baseline) と呼ばれる.

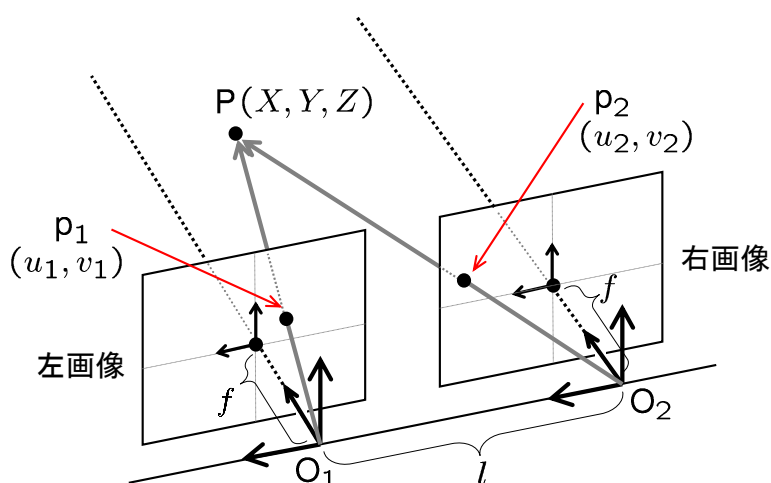


図2 ステレオ法.

視差は、基線から 3 次元空間の点 P までの距離または深さ Z に反比例する．点 P が近いと視差が大きく、遠くなるほど視差は小さくなる．ゆえに、左右の画像から対応点を見つけることができれば、視差から Z を計算できる。

画像平面のあらゆる点 (u, v) について視差 d を求めることができれば、視差 d を画素値にした画像を作ることができる．これを視差画像と呼ぶ．同様に、深さ Z を画素値に持つ画像を深度画像または距離画像と呼ぶ．

3. 能動的ステレオ

図 2 のステレオ法において、一方のカメラをプロジェクタに置き換えても 3 次元計測が可能である．プロジェクタからは、画像平面における位置を一意に特定しやすい既知の模様を投影する．例えば、右をプロジェクタとして既知の右画像パターンを投影し、左のカメラで左画像を得る．左画像の任意の点 p_1 の周辺のパターンと類似した周辺パターンを持つ点を右画像から探すことで対応点 p_2 を見つけることができる．

カメラのみでステレオ視する 3 次元計測を受動的ステレオ法 (passive stereo) と呼ぶ．一方、計測装置から投光する計測を能動的ステレオ法 (active stereo) と呼ぶ．能動的ステレオ法ではプロジェクタを使用するため装置が高価となるが、計測対象の物体表面に模様がなくても対応点を見つけることができる等の利点がある．