

三次元画像計測

三次元画像計測

計測方式

- 接触型方式
プローブを物体に接触させてなぞる。
計測時間が大。物体表面に傷
- 非接触型方式
高速，高精度。簡便な操作性。

三次元画像計測の応用分野

- 産業ロボットの視覚（物体認識），地形測量
- CAD・CG，外観検査のための立体入力

人の奥行き知覚と三次元計測との関係

1. 水晶体筋肉の収縮＜＞レンズ焦点法
2. 両眼視差＜＞ステレオ法
3. 遠近解析＜＞単眼視法
4. 物体運動＜＞オプティカルフロー

受動型計測と能動型計測

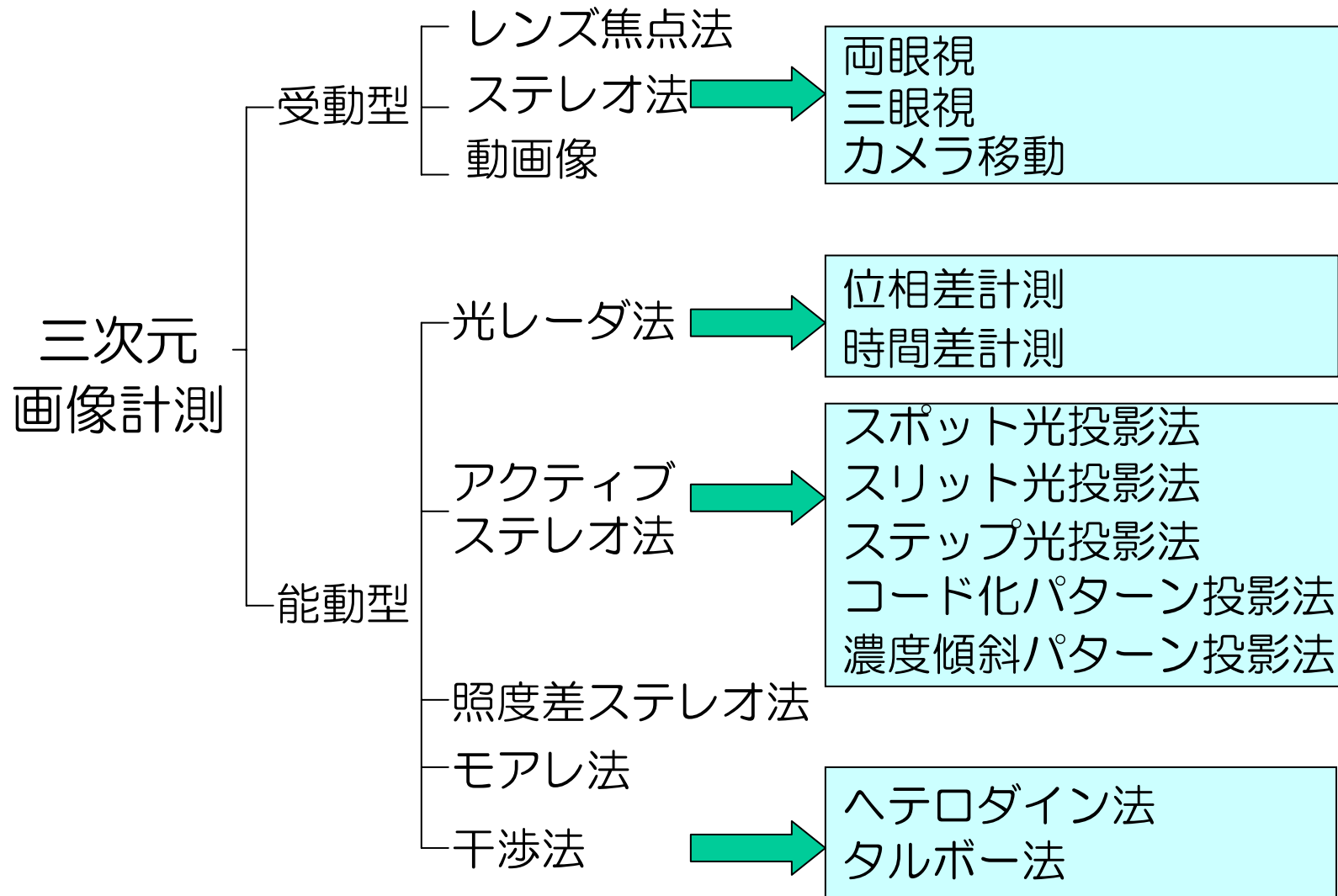
•能動型計測

対象に対してエネルギー(光, 電波, 音波等)を照射.
対象から反射してくるエネルギーを計測.
計測装置は高価.
空間分解能, 計測時間, 計算コストは大.

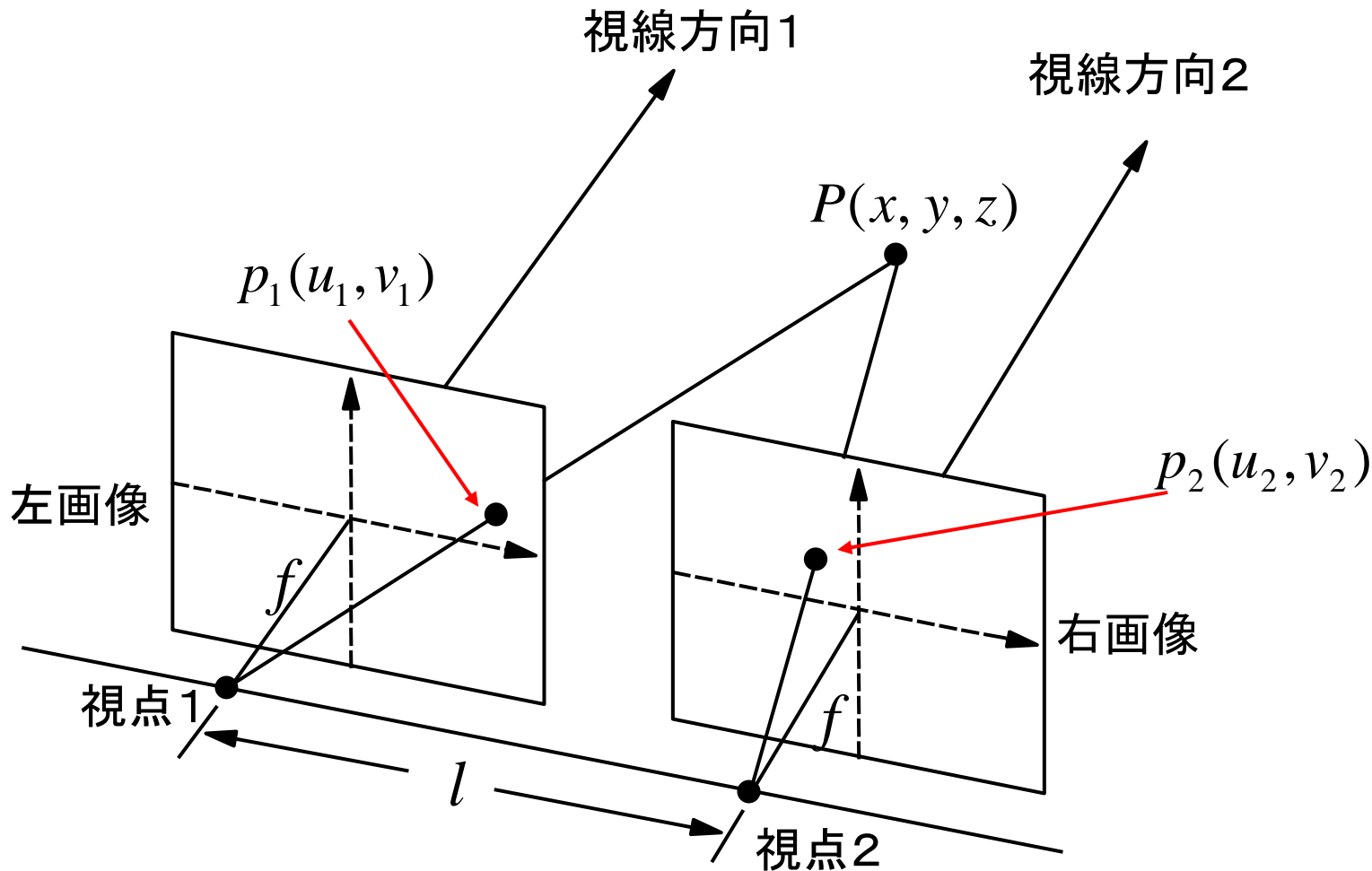
•受動型計測

通常の照明以外のエネルギーは用いない.
装置が簡易. 分解能は低い.

三次元画像計測法の分類



ステレオ法



対応点 p_1 と p_2 の決定 \Rightarrow $v_1 = v_2$ のときの視差(disparity): d
 $d = u_1 - u_2$

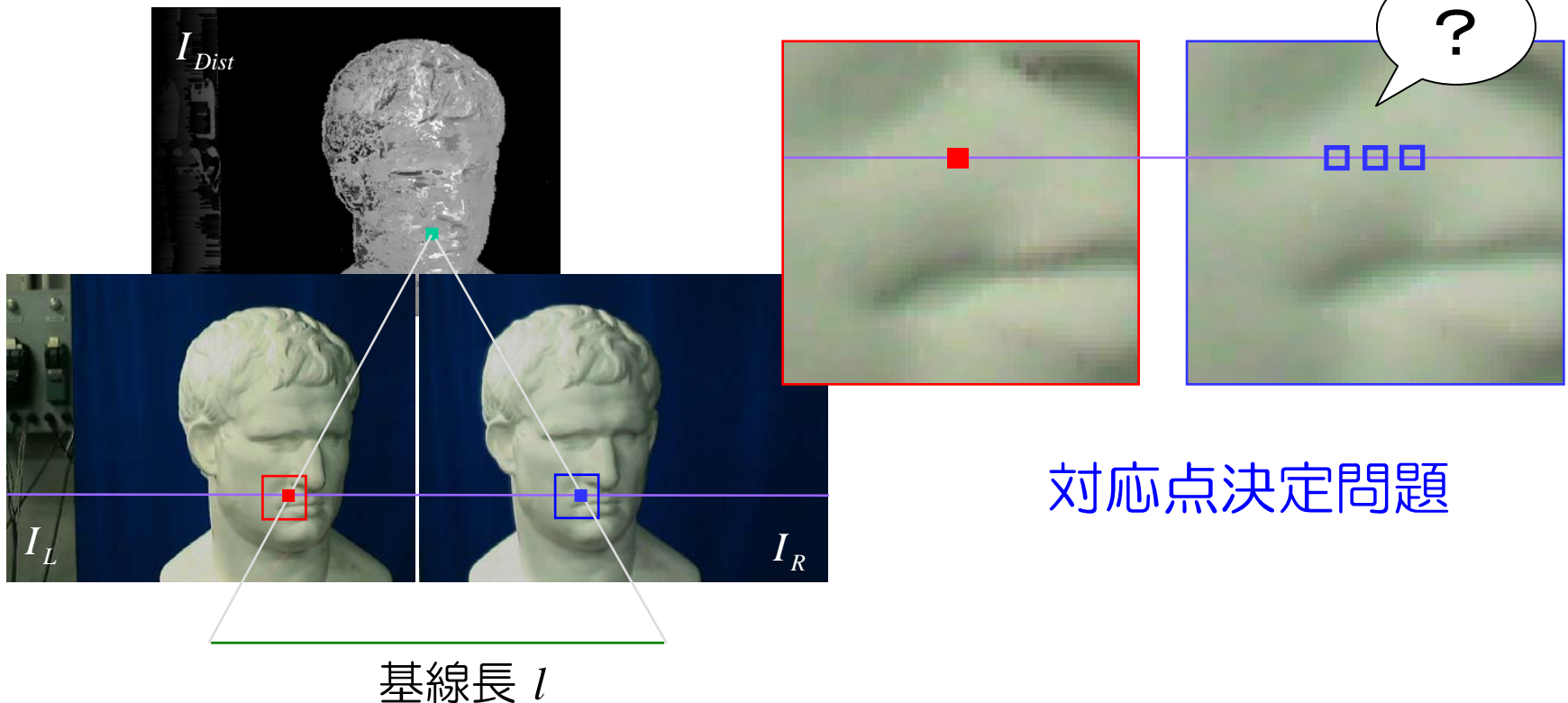
ステレオマッチング

2枚の画像の対応点のずれ d から距離を計測

三角測量の原理

入力画像： $I_L(u, v)$, $I_R(u, v) \rightarrow I_{Dist}(u, v)$: 距離画像

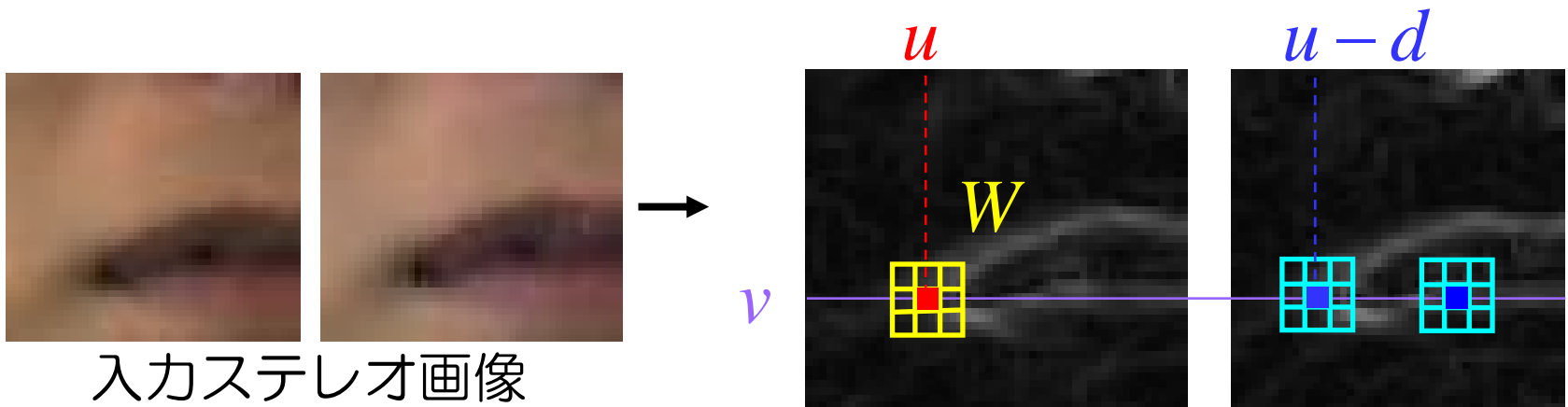
距離画像



● ブロックマッチング法

誤差関数: $E(d) = \sum_{(u,v) \in W} e(I_L(u,v), I_R(u-d,v)) \rightarrow \text{最小化}$

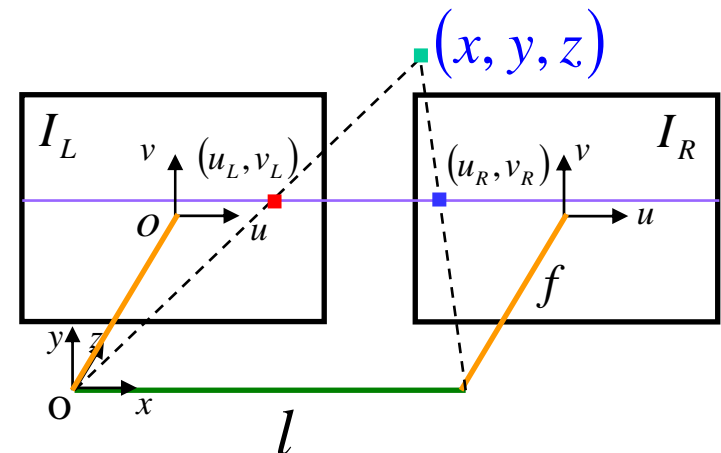
距離関数 $e(\cdot, \cdot)$: 例えば, 相互相関関数(Cross-Correlation)



● 平行ステレオカメラモデル

3次元座標: $(x, y, z)^T$

$$(x, y, z)^T = \frac{l}{d} (u_L, v_L, f)^T$$



動画像 (オプティカルフロー)

時刻 t における (x, y) 座標の画素 $I(x, y)$ が時刻 δt 後に $(x + \delta x, y + \delta y)$ に移動.

$$I(x, y, t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$$

$$I(x, y, t) = I(x, y, t) + \delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \delta t \frac{\partial I}{\partial t} + \varepsilon(2)$$

$$\frac{\delta x}{\delta t} \frac{\partial I}{\partial x} + \frac{\delta y}{\delta t} \frac{\partial I}{\partial y} + \frac{\partial I}{\partial t} + o(\delta t) = 0$$

$$\delta t \rightarrow 0 \text{ とすると, } \frac{\partial I}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

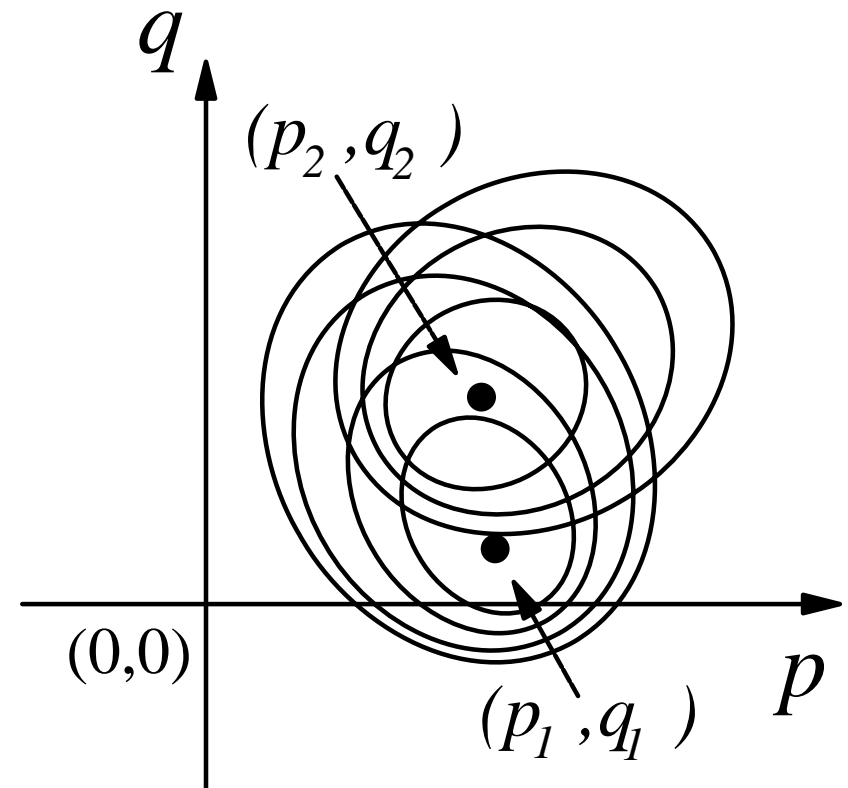
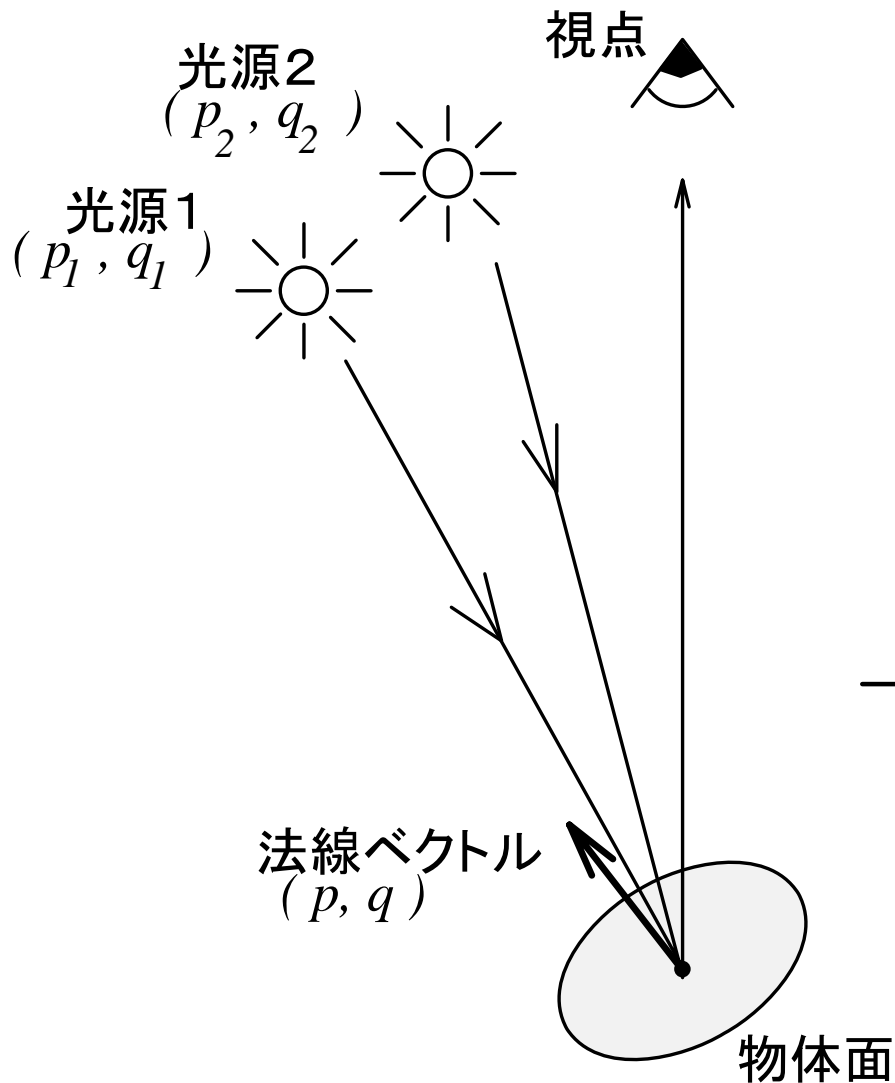
点 (x, y) における

$$\frac{\partial I}{\partial x} = I_x, \frac{\partial I}{\partial y} = I_y, \frac{\partial I}{\partial t} = I_t, \frac{dx}{dt} = u, \frac{dy}{dt} = v \text{ とおくと,}$$

Optical Flow : (u, v)

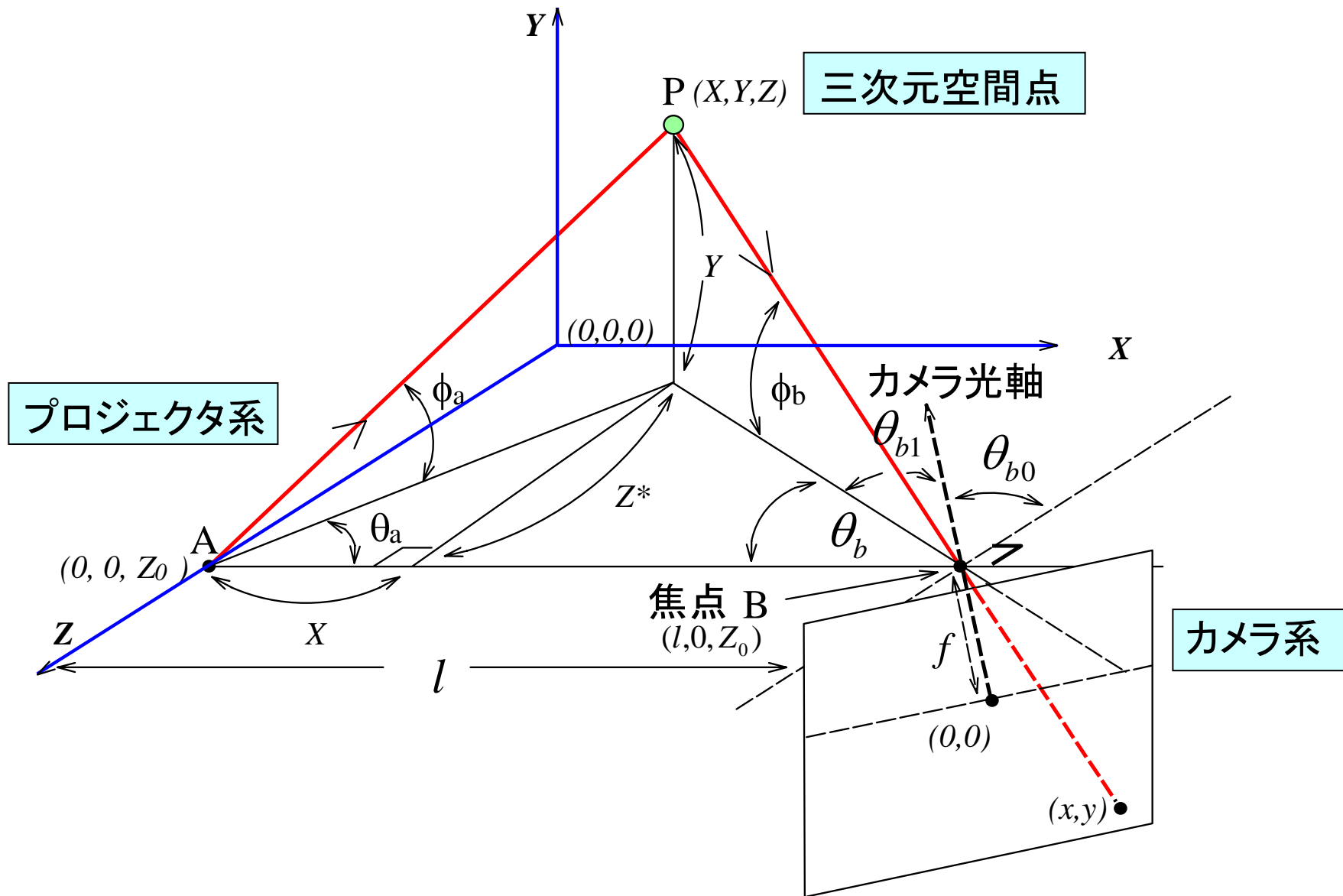
$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \quad (\text{勾配方程式})$$

照度差ステレオ法



複数光源の反射率地図

スポット光投影法



三角測量に基づく形状計測

画像上の計測点 $p(x, y)$, 角度 θ_{b0} より,

$$\theta_{b1} = \tan^{-1} \frac{x}{f}, \quad \theta_b = 90 - (\theta_{b0} + \theta_{b1}),$$

$$\varphi_b = \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}}.$$

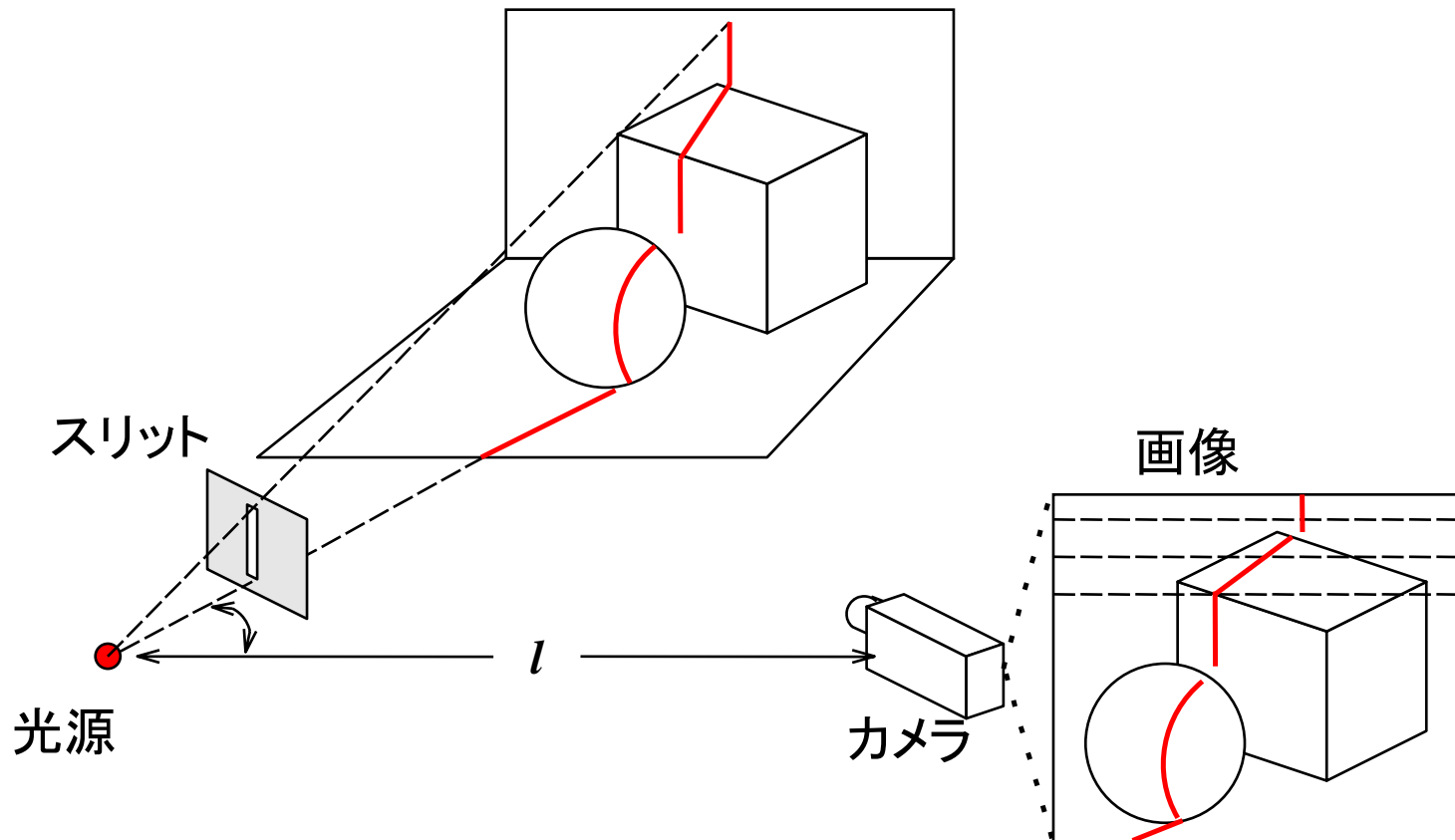
$P(X, Y, Z)$ の座標は以下の様に表される.

$$X = \frac{l \cdot \cos \theta_a \cdot \sin \theta_b}{\sin(\theta_a + \theta_b)},$$

$$Y = \frac{l \cdot \sin \theta_a \cdot \tan \varphi_b}{\sin(\theta_a + \theta_b)},$$

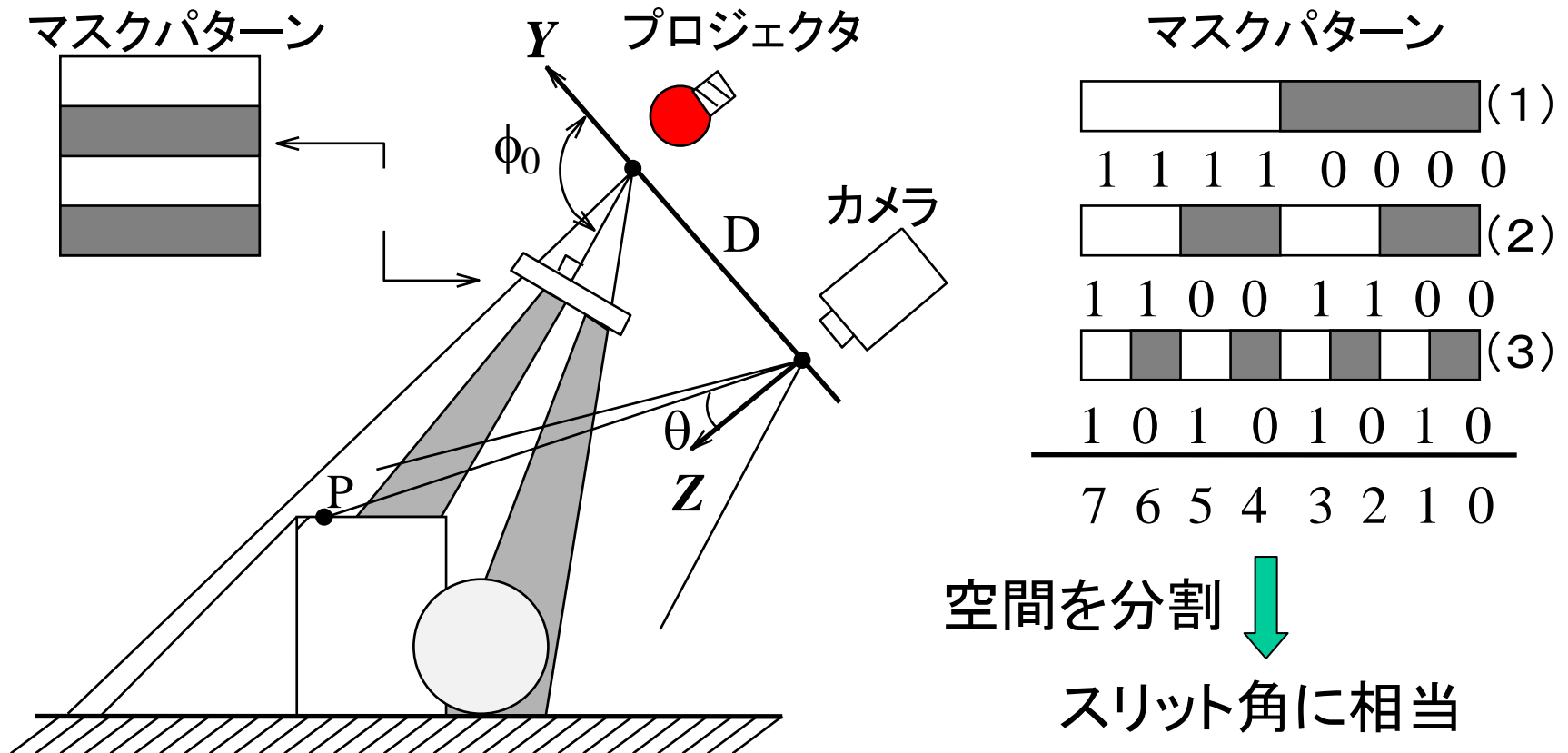
$$Z = Z_0 - \frac{l \cdot \sin \theta_a \cdot \sin \theta_b}{\sin(\theta_a + \theta_b)}$$

スリット光投影法 (光切断法)



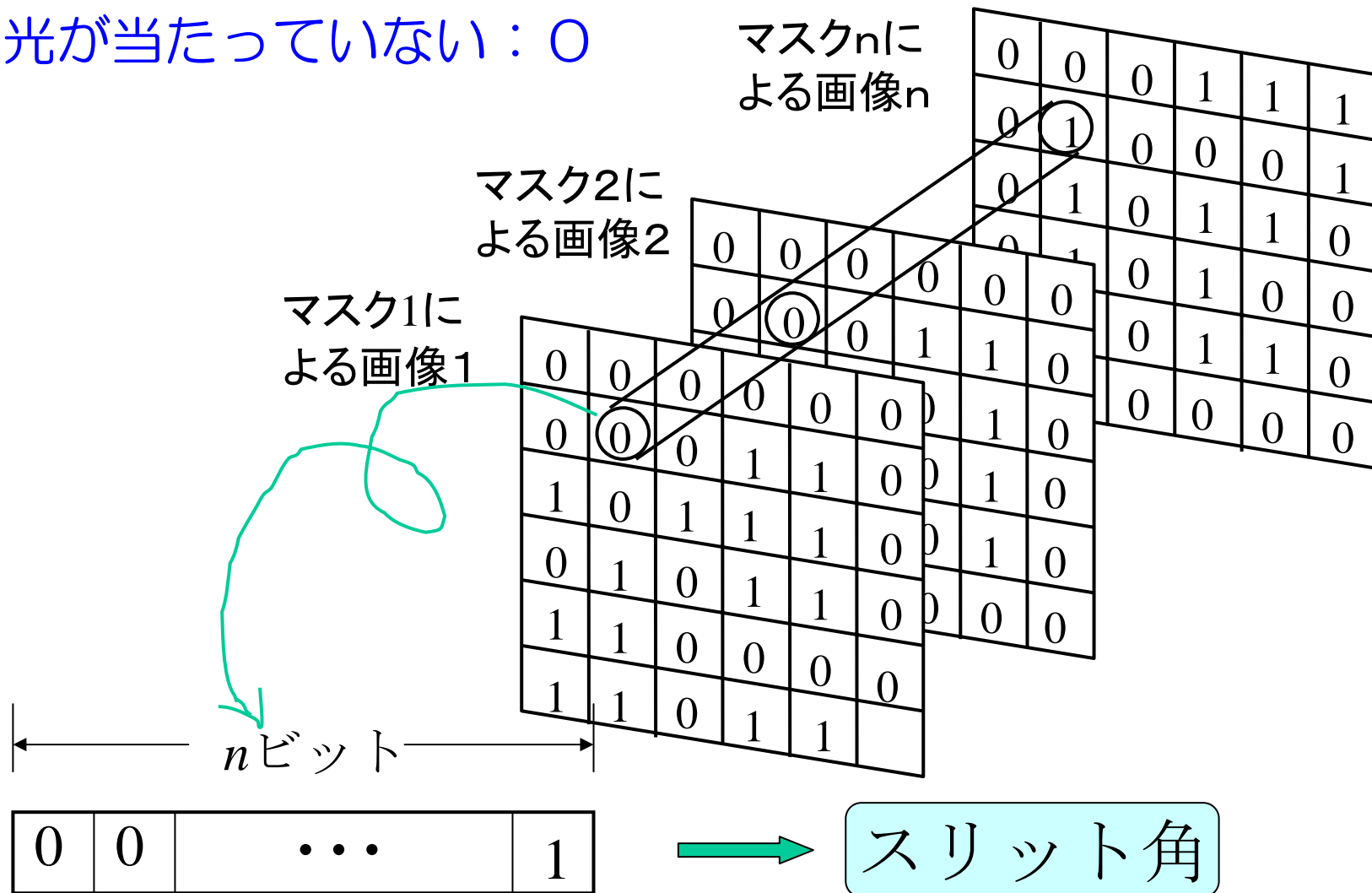
1回の撮影で1本のスリット
による光切断像が得られる。

空間コード化パターン光投影法



光が当たっている：1

光が当たっていない：0



レンジデータの獲得

レンジファインダ



scan time: 0.6sec.
interface: SCSI-II

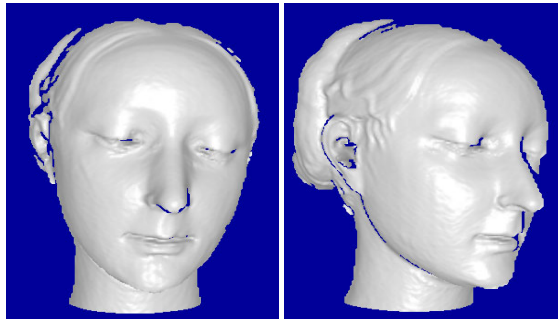


実験環境

データ統合処理

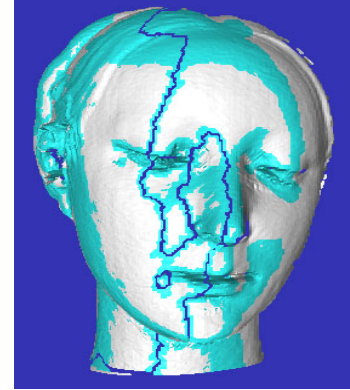
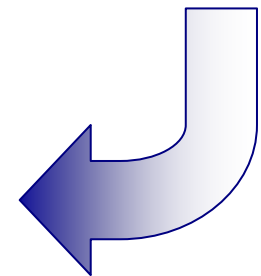
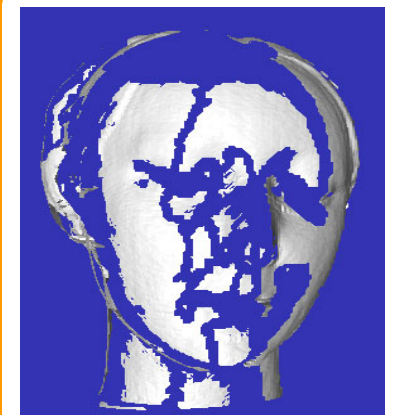
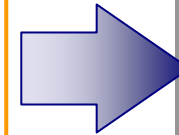
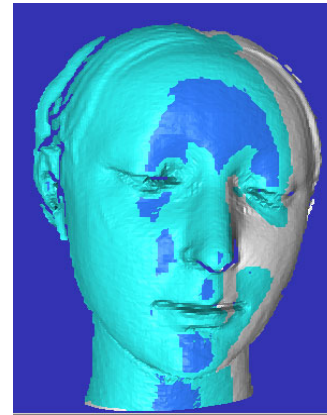
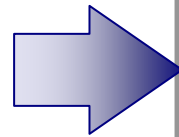
重ね合せ

重複部の除去

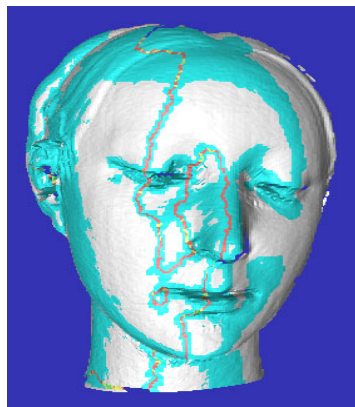
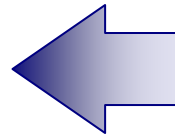


画像1

画像2

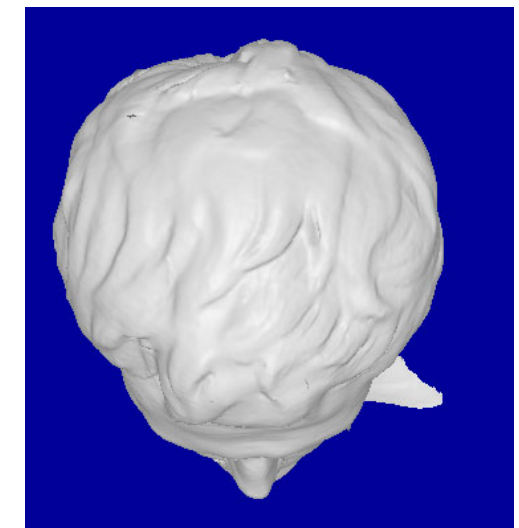
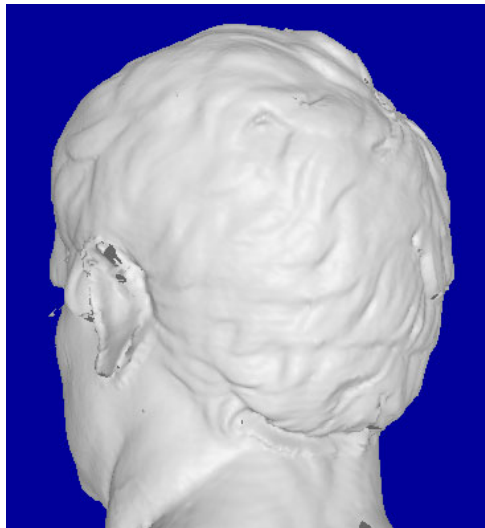
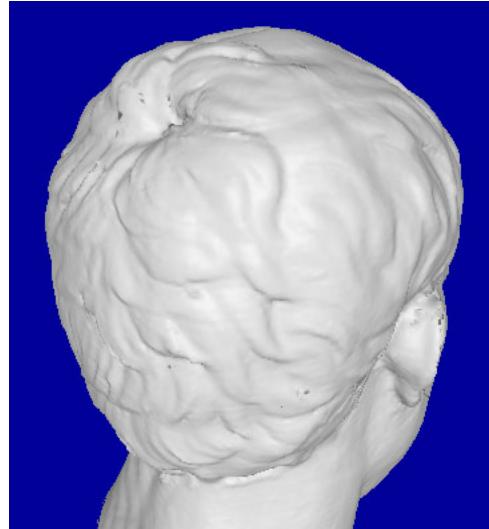


パッチ再構成

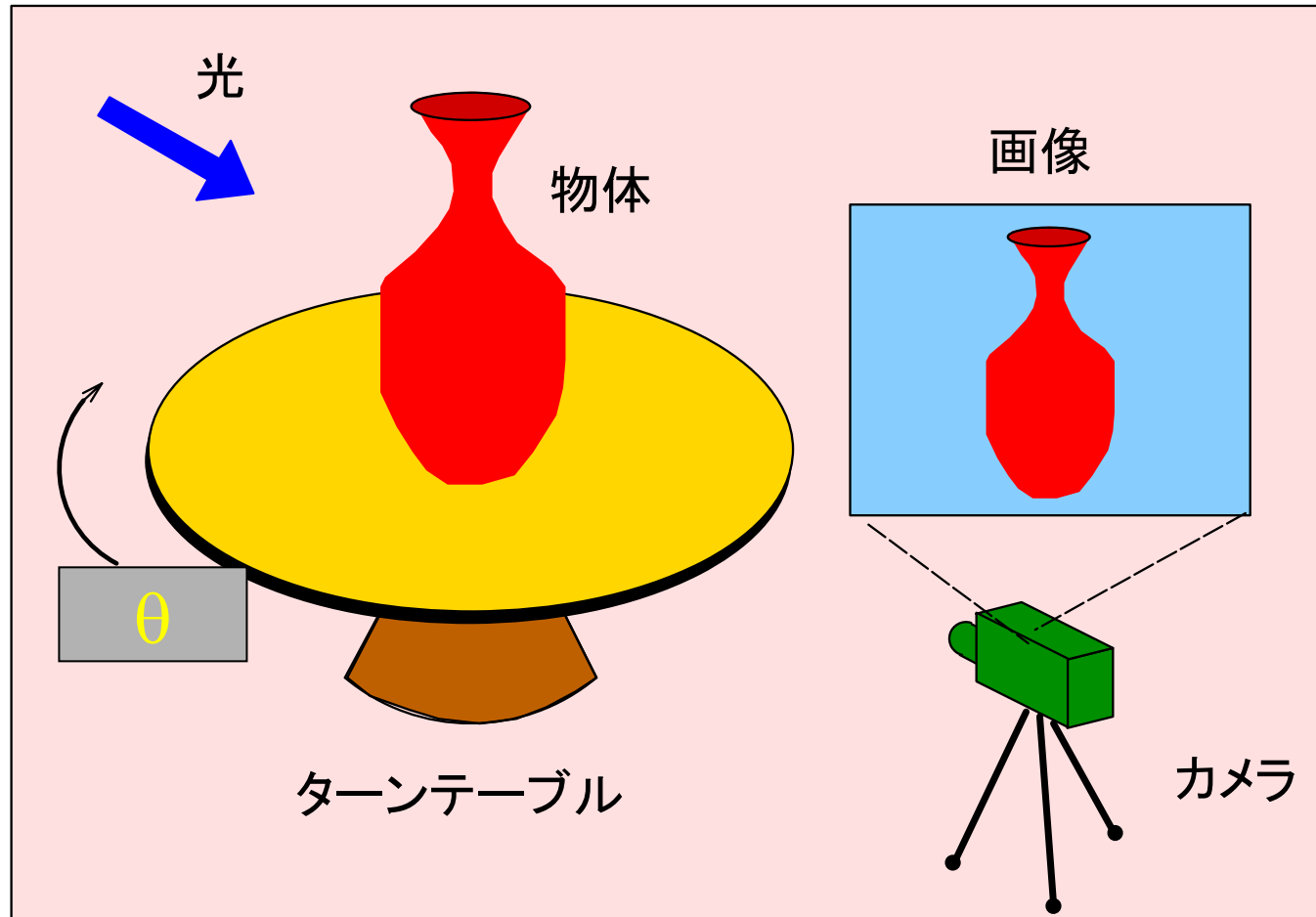


隙間の穴埋め

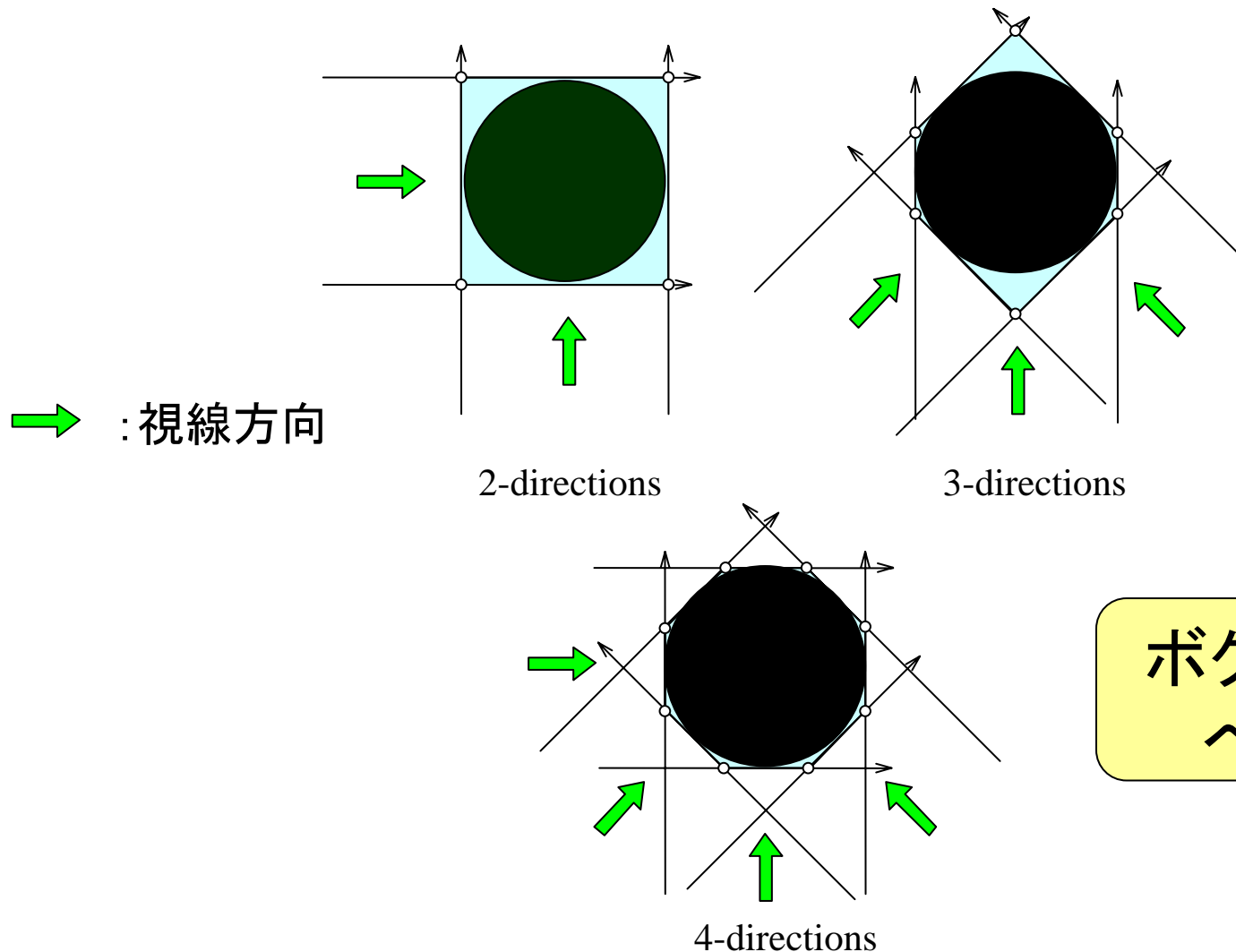
生成モデルの表示



シルエット法による形状モデリング



シルエットによる形状復元の原理

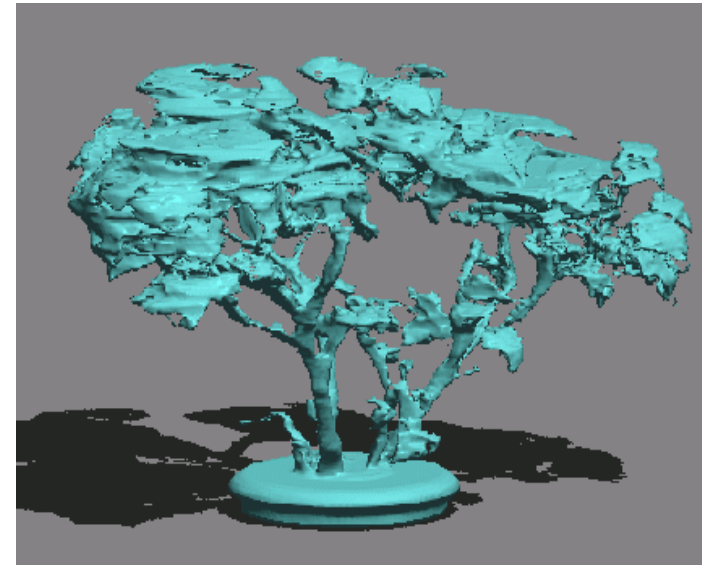


ボクセル空間
への投影

シルエット法による形状復元例

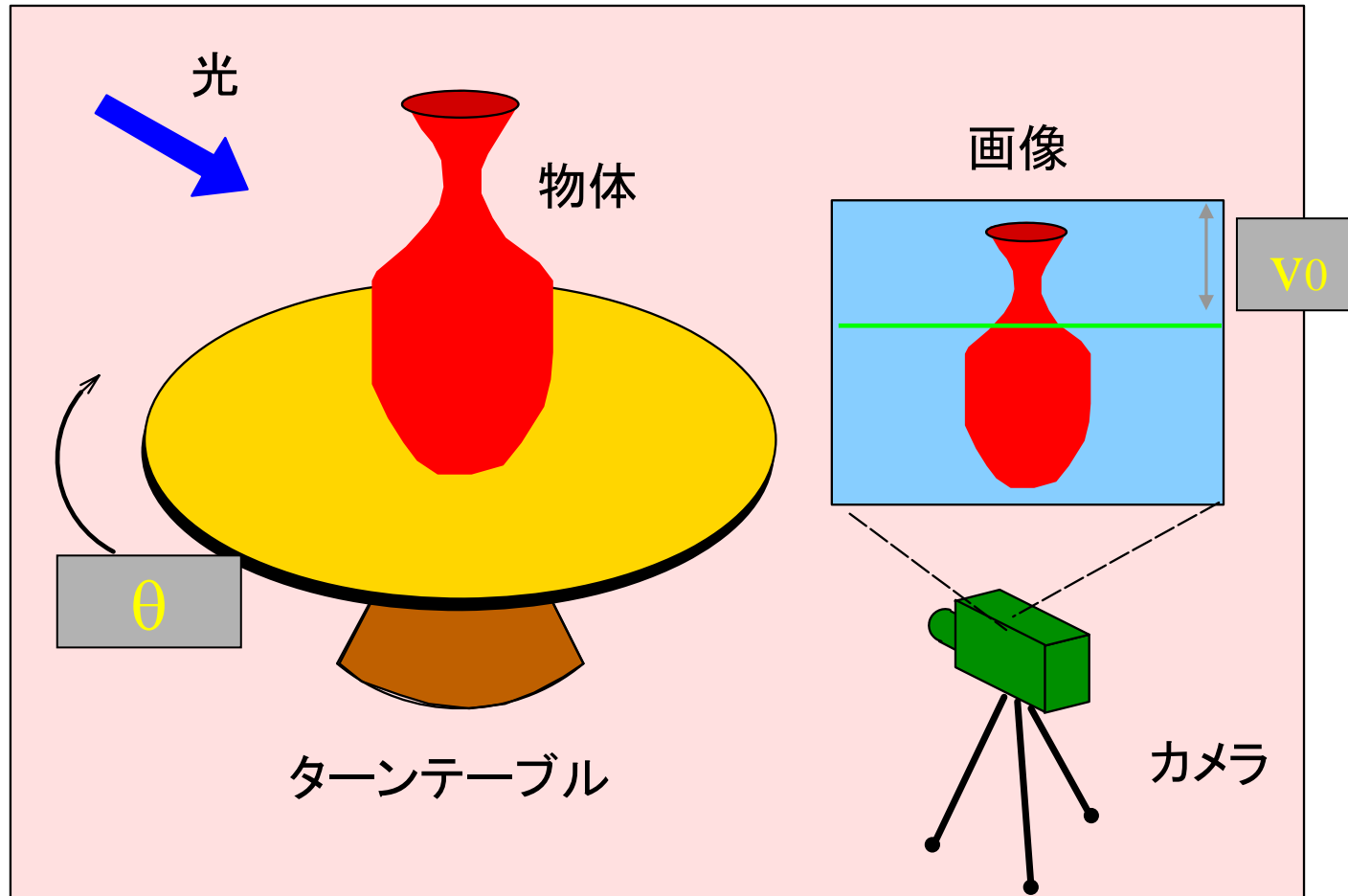


画像計測

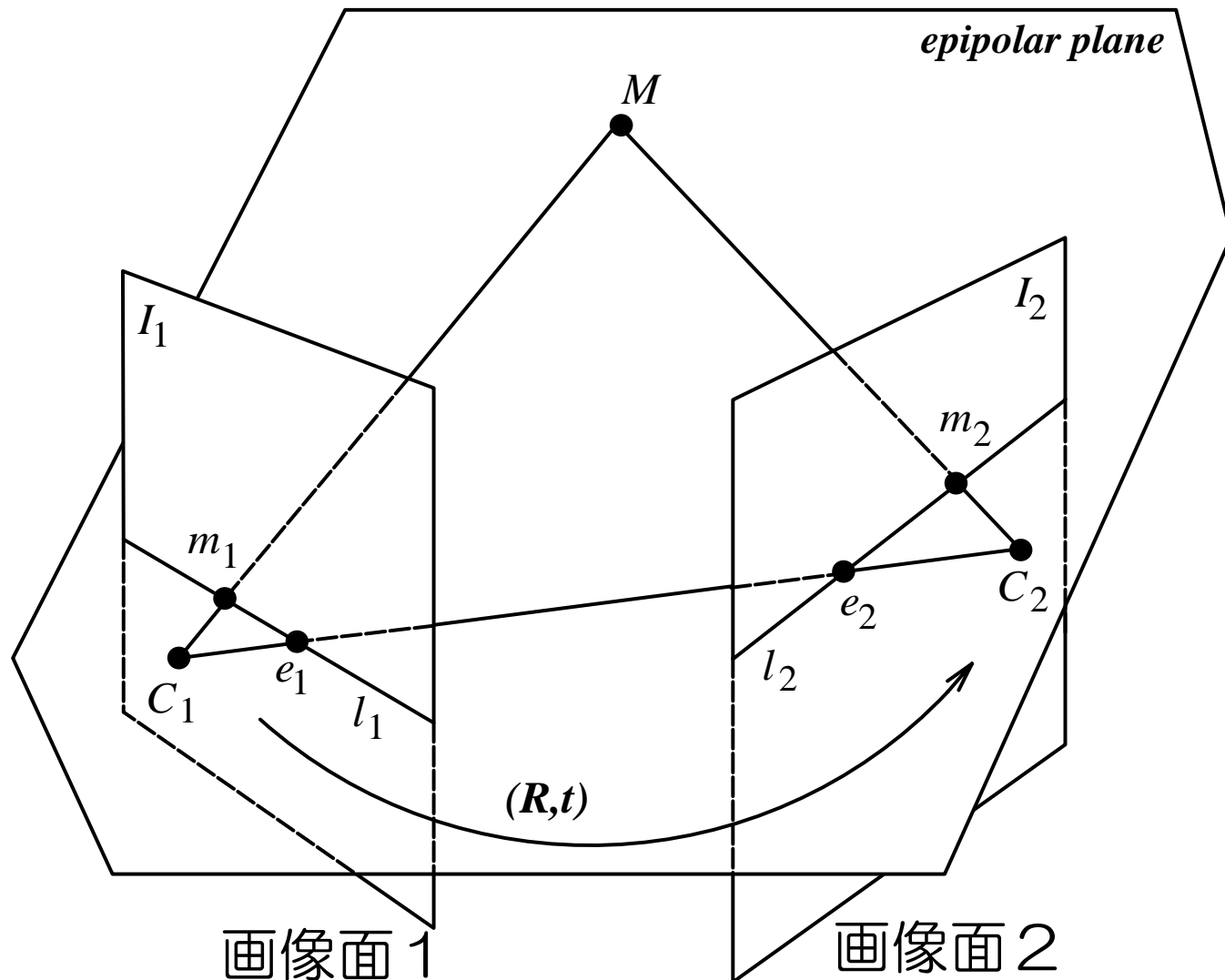


ボリュームデータ

エピソード面画像による形状モデル化

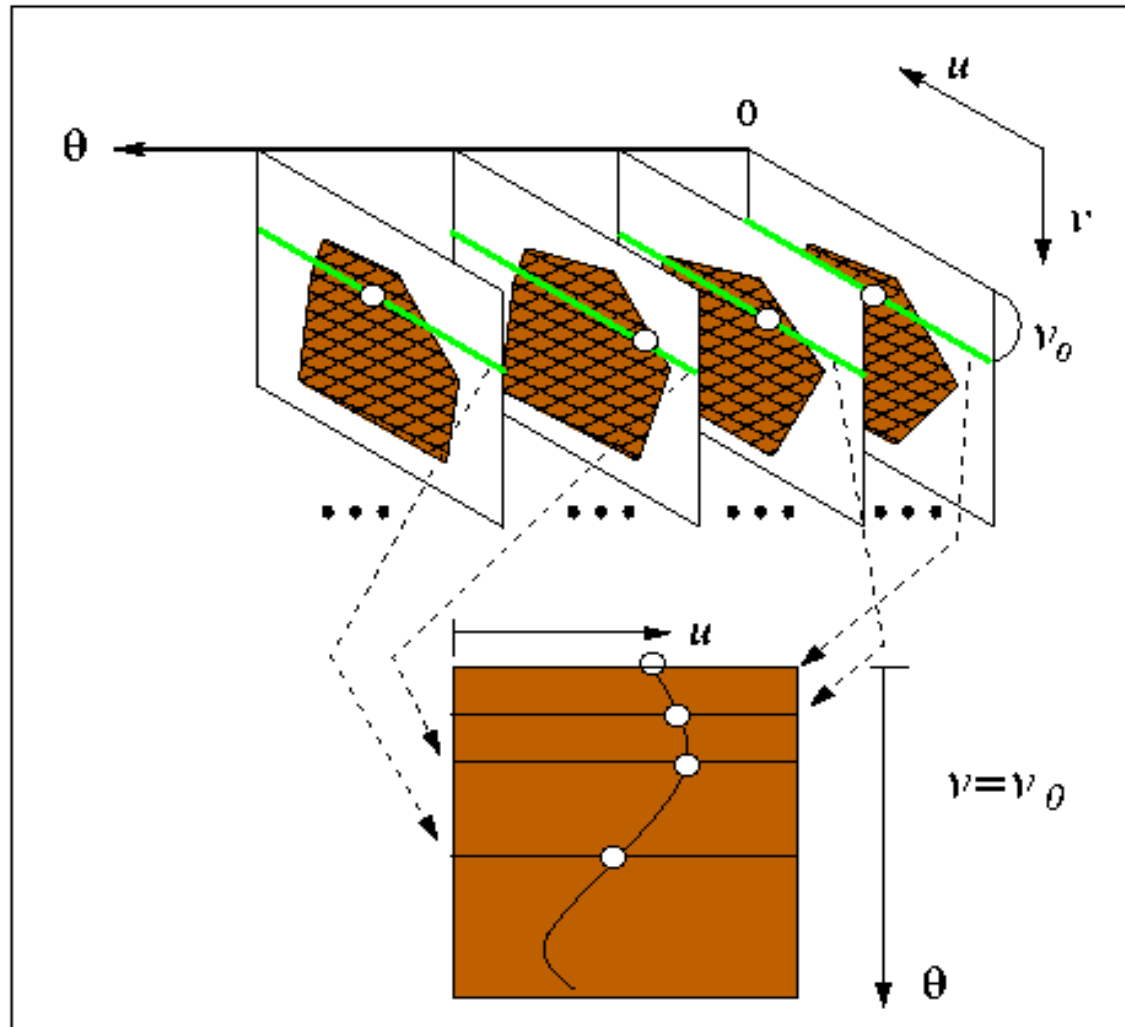


エピポーラ面

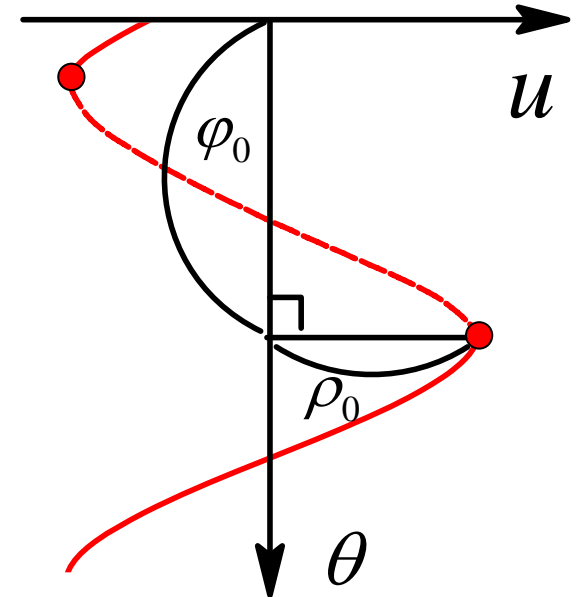
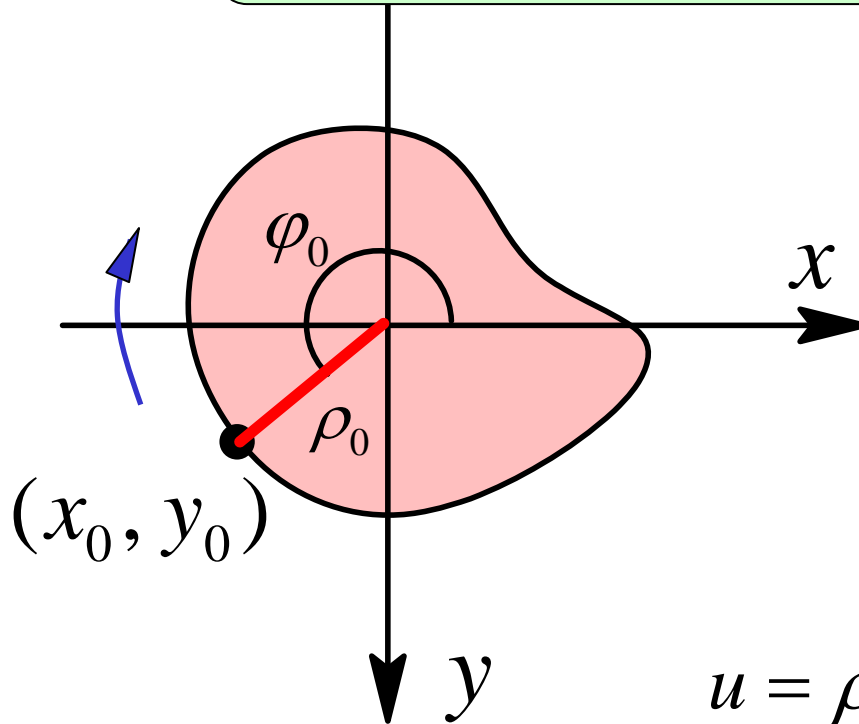


エピソード面画像

原理



3次元座標復元の原理



$$\begin{aligned} u &= \rho_0 \cos(\theta - \varphi_0) \\ &= \rho_0 (\cos \varphi_0 \cos \theta + \sin \varphi_0 \sin \theta) \\ &= x_0 \cos \theta + y_0 \sin \theta \end{aligned}$$

$$x_0 = \rho_0 \cos \varphi_0, \quad y_0 = \rho_0 \sin \varphi_0$$

EPIによる物体構成の例



観測画像の例



物体データの
表示例 1



物体データの
表示例 2