

# 画像計測論

機械工学系

システム制御・ロボットグループ

三宅 哲夫

人間の行う視覚情報処理を機械で実現する研究分野は、  
コンピュータビジョン と呼ばれている。  
コンピュータビジョンの扱う領域は広範に及ぶ。

サイエンス

マシンビジョンは、視覚(ビジョン)を機械システム(マシン)  
あるいはロボットにおいて実現する技術 (P.1)。

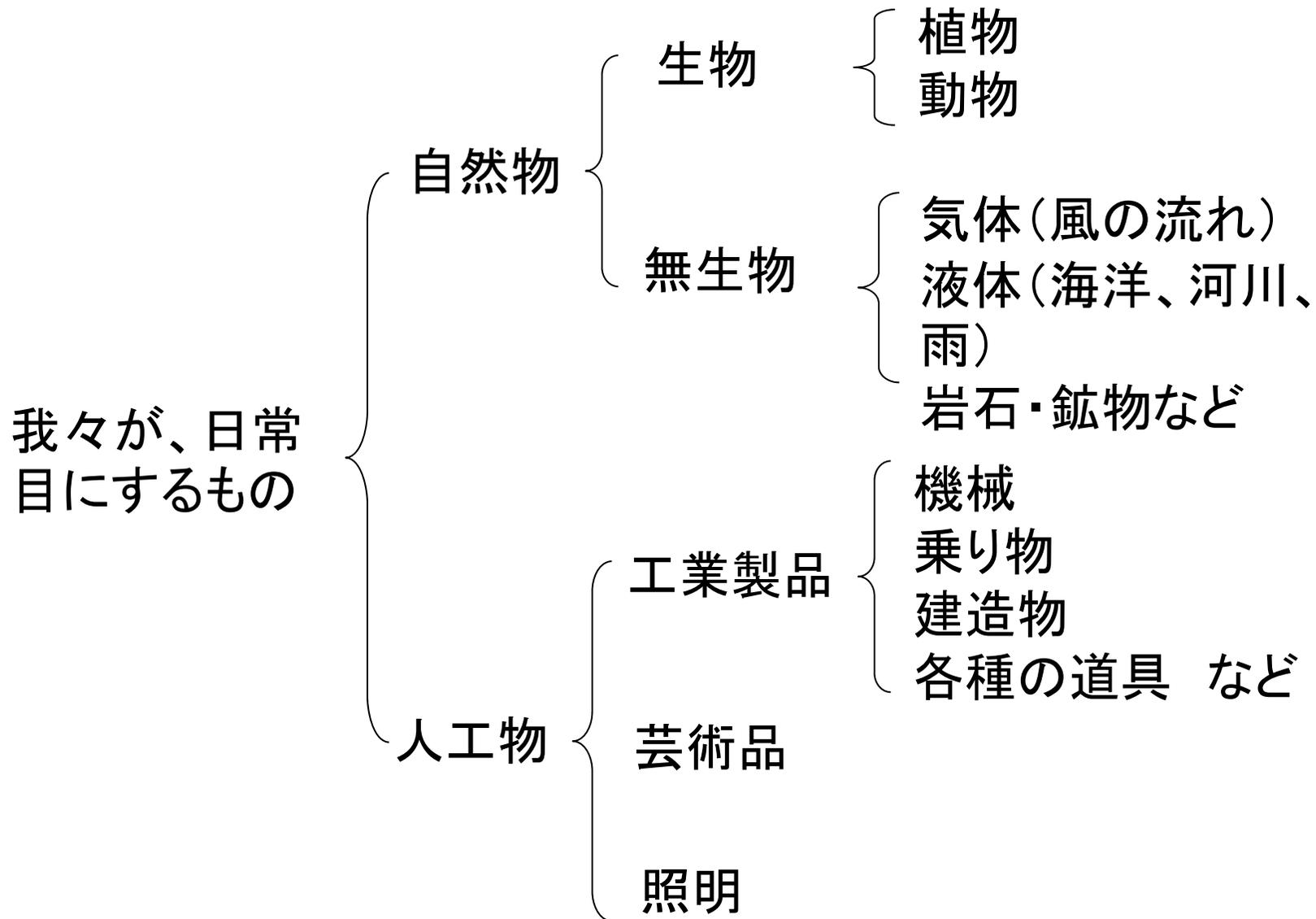
エンジニアリング

マシンビジョンの目的は、物体の位置、形、状態を  
認識、識別、かつ 計測 すること。

⇒ 定量化

- ・人の視覚のある部分の代行
- ・視覚対象に対する計測機能の実現

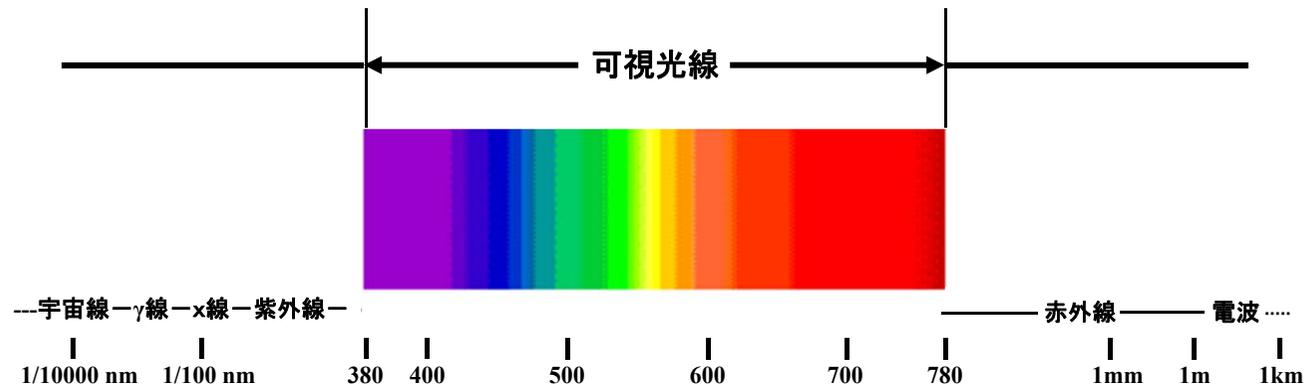
# 視覚情報について



## 視覚でとらえる物体の特徴

- 色
- 形
- 大きさ
- 模様
- 質感
- 動き など

そもそも、ものが見えるためには光が必要である。



電磁波

nm; ナノメートル、 $10^{-9}\text{m}$

# 画像の例



# 画像計測とは

人間は、外界から8割以上の情報を視覚を通して得て、行動している。

目：対象物体の検出

大脳：認識、理解、予測



方向は、  
強さは、  
芝目は、

キャディと一緒にラインを読む横峯 <ミズノクラシック 初日> 近鉄賢島カンツリークラブ

Copyrights (C) 2009 ゴルフ情報ALBA.Net All rights Reserved.

# 画像の例



人間が行う視覚情報処理をコンピュータで実現する研究

コンピュータビジョン (CV ; Computer Vision)

コンピュータビジョンの歴史

1960年代初め 画像処理研究が始まる

1960年代後半 多面体世界の理解

1970年代前半 機械部品、室内風景、屋外風景

1970年代後半 2次元世界から3次元世界へ

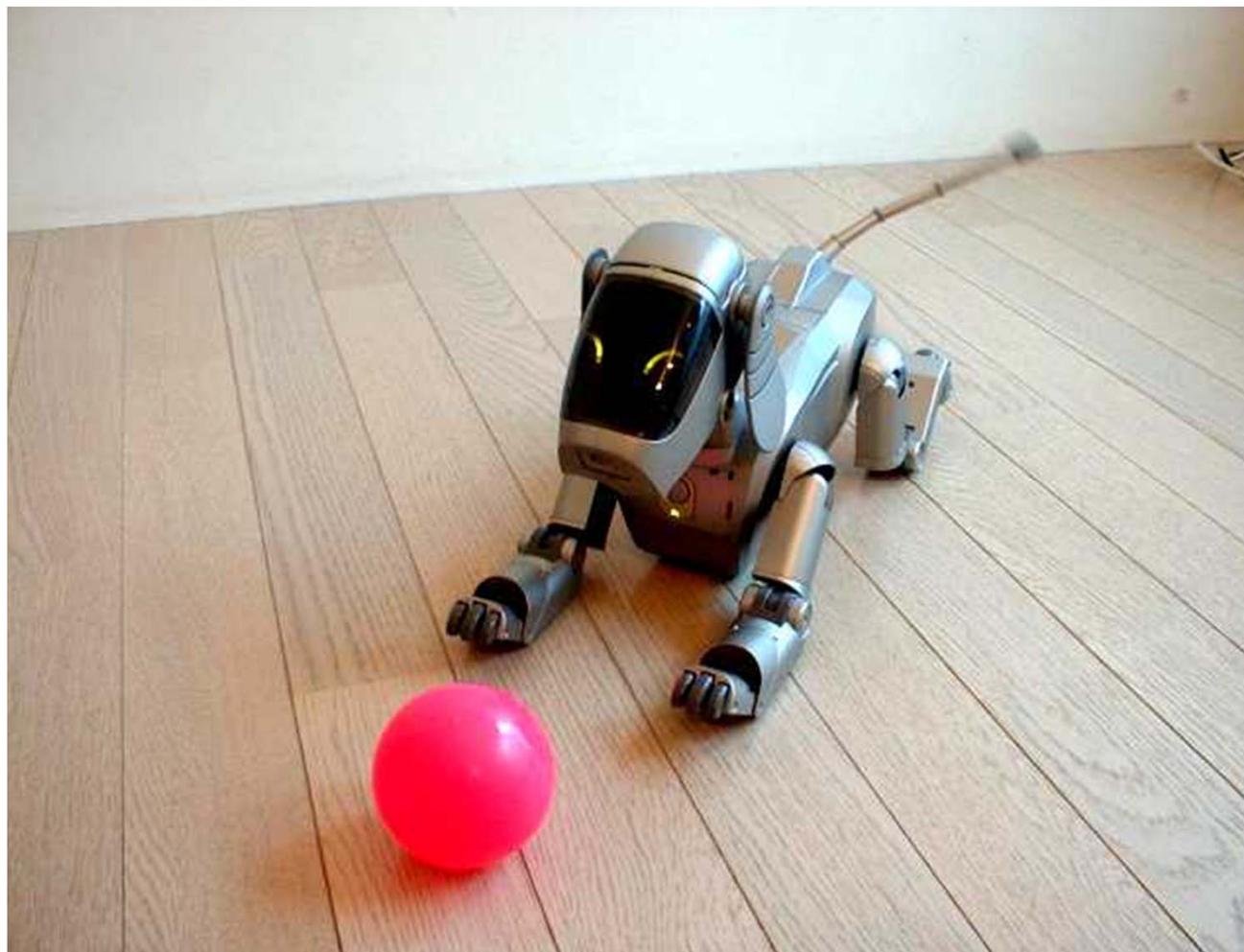
1980年代 カラー画像処理、数理モデル研究

1990年代以降 統合化システム(ロボット等)

2010年以降 深層学習(ディープラーニング)

# ロボットの登場

AIBO(ソニー) 1999年5月11日 誕生販売開始



# ロボットの登場

## ASIMO(ホンダ) 2000年11月

### 基本仕様

2011年11月時点

サイズ	身長	130cm
	幅	45cm
	奥行	34cm
	重量	48kg(従来比 -6kg)

性能 最大速度 9km/h

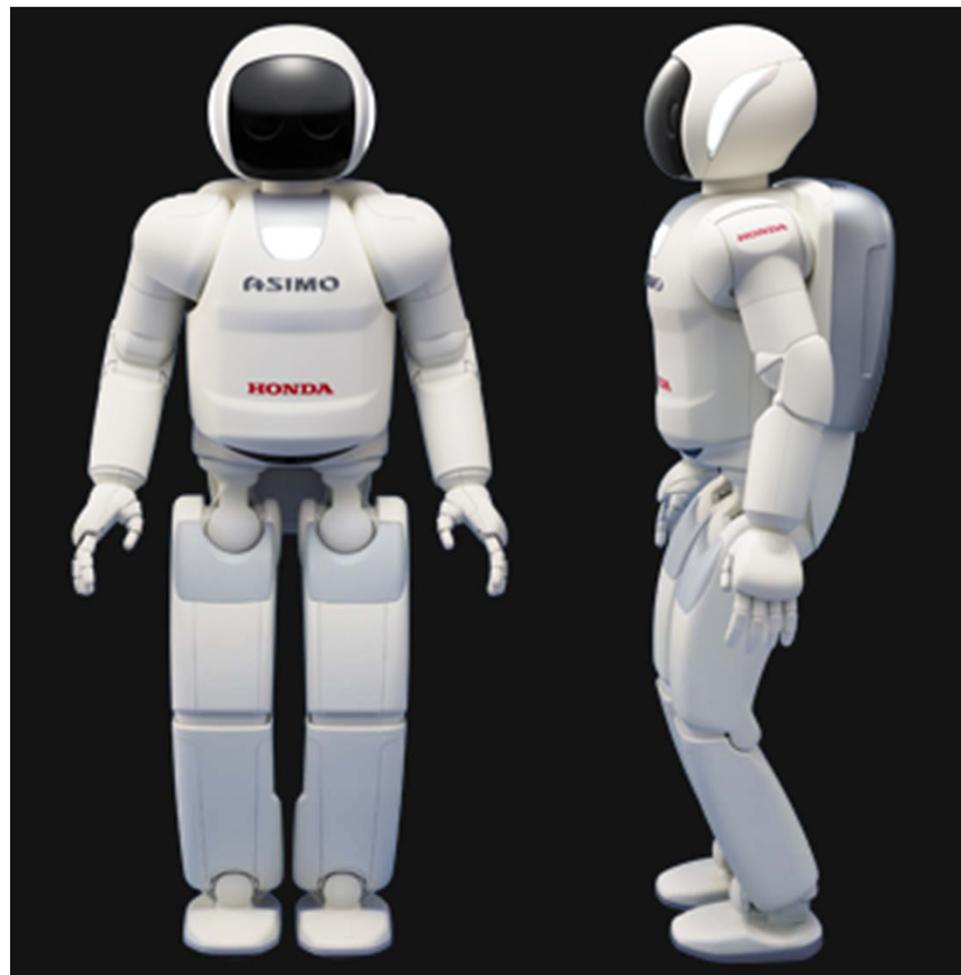
(従来 時速6km)

稼働時間 40分(歩行時)

※自動充電機能により連続稼働が可能

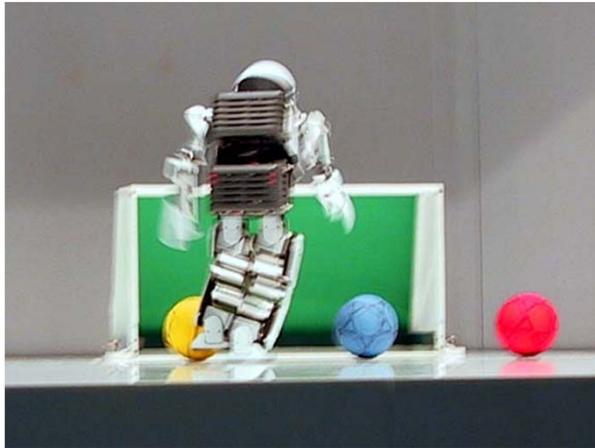
関節自由度	頭部	3
	腕部	7×2
	手部	13×2
	腰部	2
	脚部	6×2
	合計	57自由度

(従来比 +23自由度)



# ロボットの登場

SDR-3X(ソニー) 2000年11月



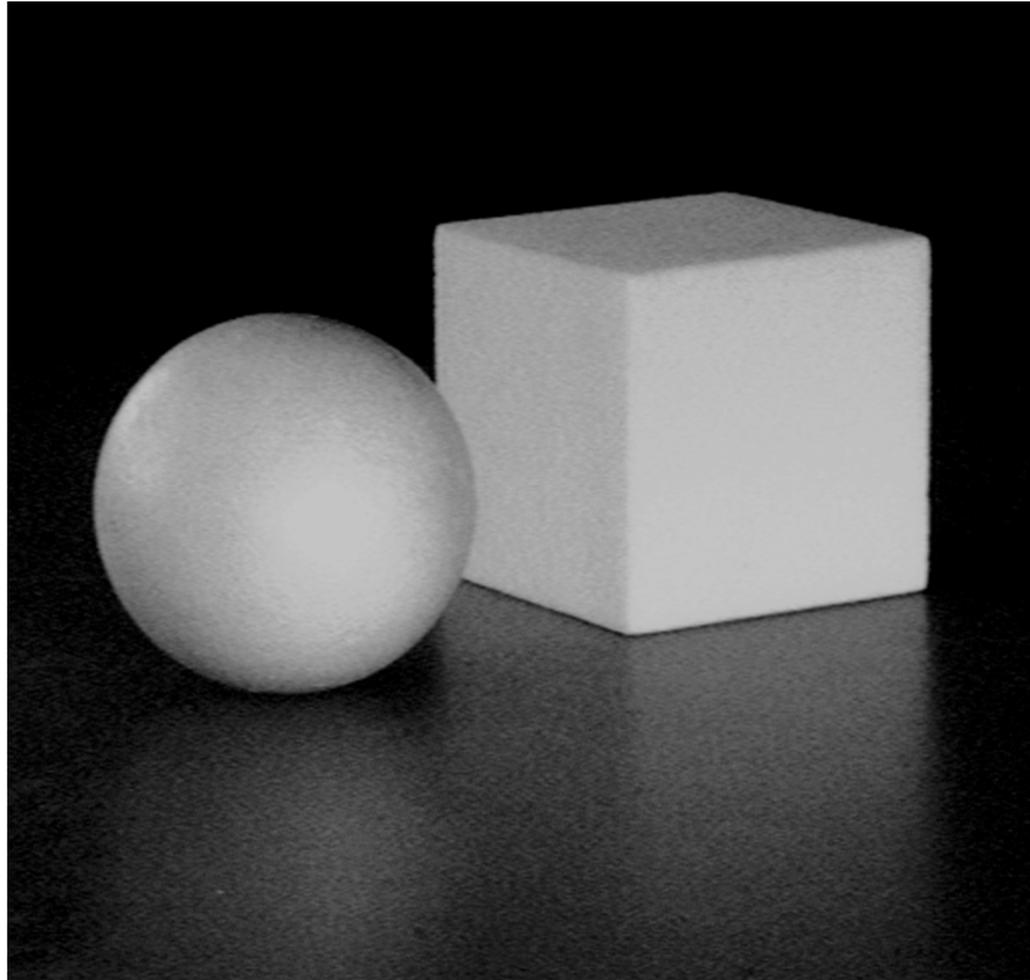
ボールを蹴る動作

SDR-4X 2002年3月19日



関節自由度;38  
2眼視

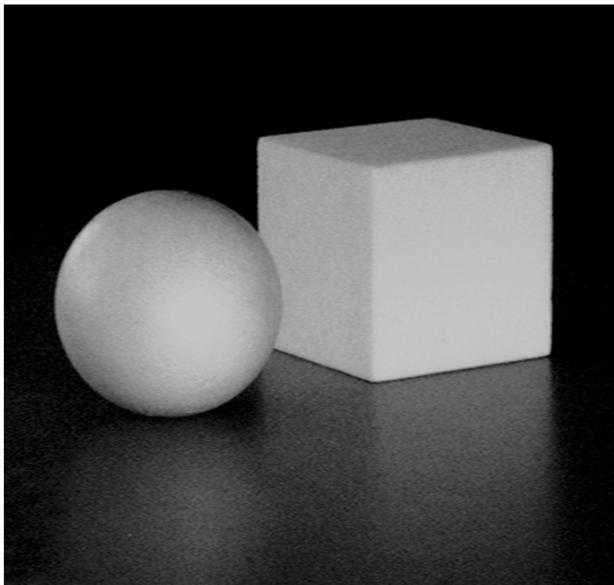
# 人間による物体の認識



画像中にある物体は何か？

# 人間による物体の認識

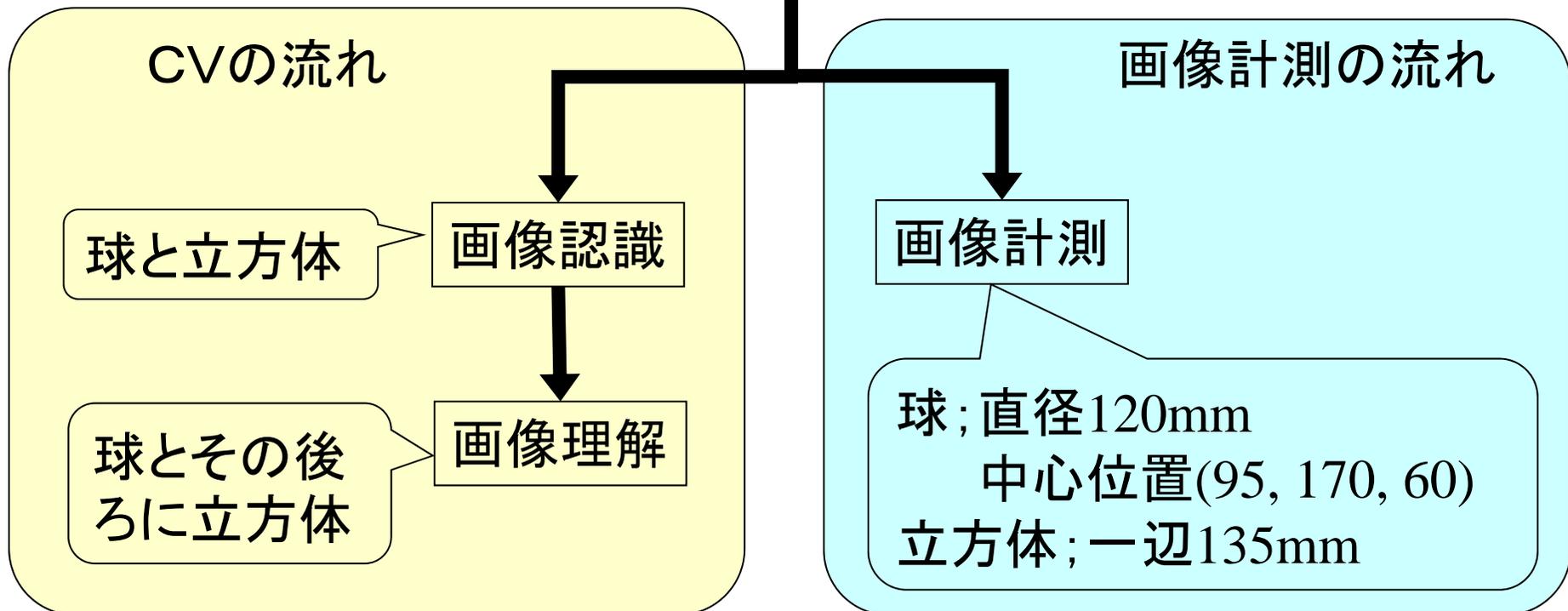
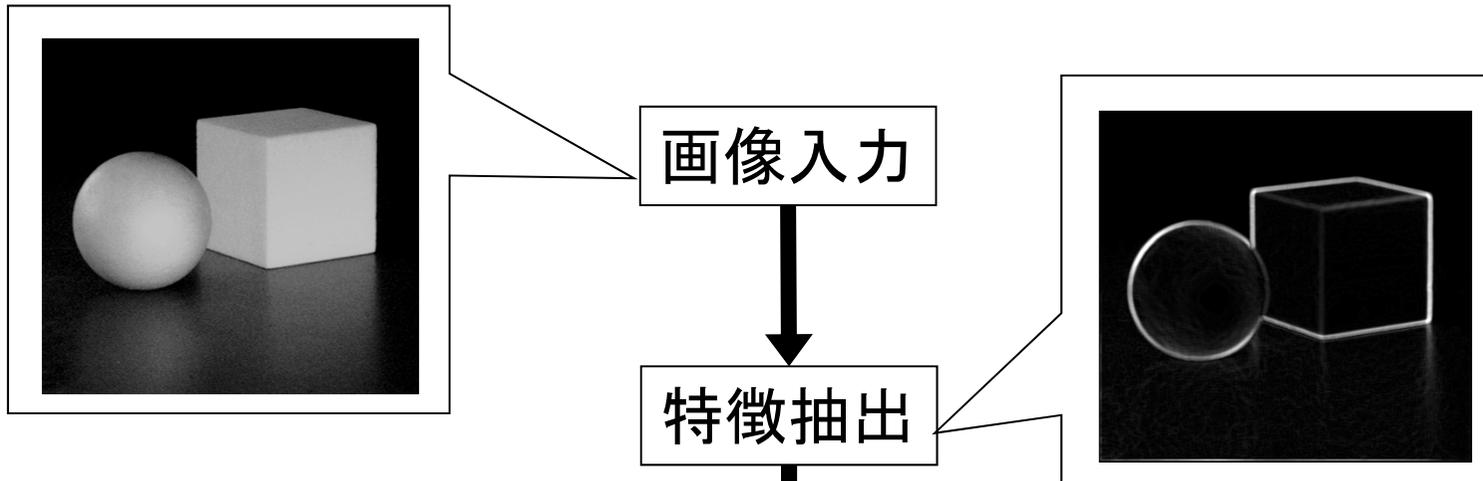
- ①対象となる物体を背景から切り出す。
- ②表面の明るさの分布状態から表面形状を判断する。
- ③隠れて見えない部分を補間する。
- ④複数の物体の前後関係を認識する。



以上から、  
球がある。  
球の後ろに立方体がある。

多面体ワールド

# CVと画像計測

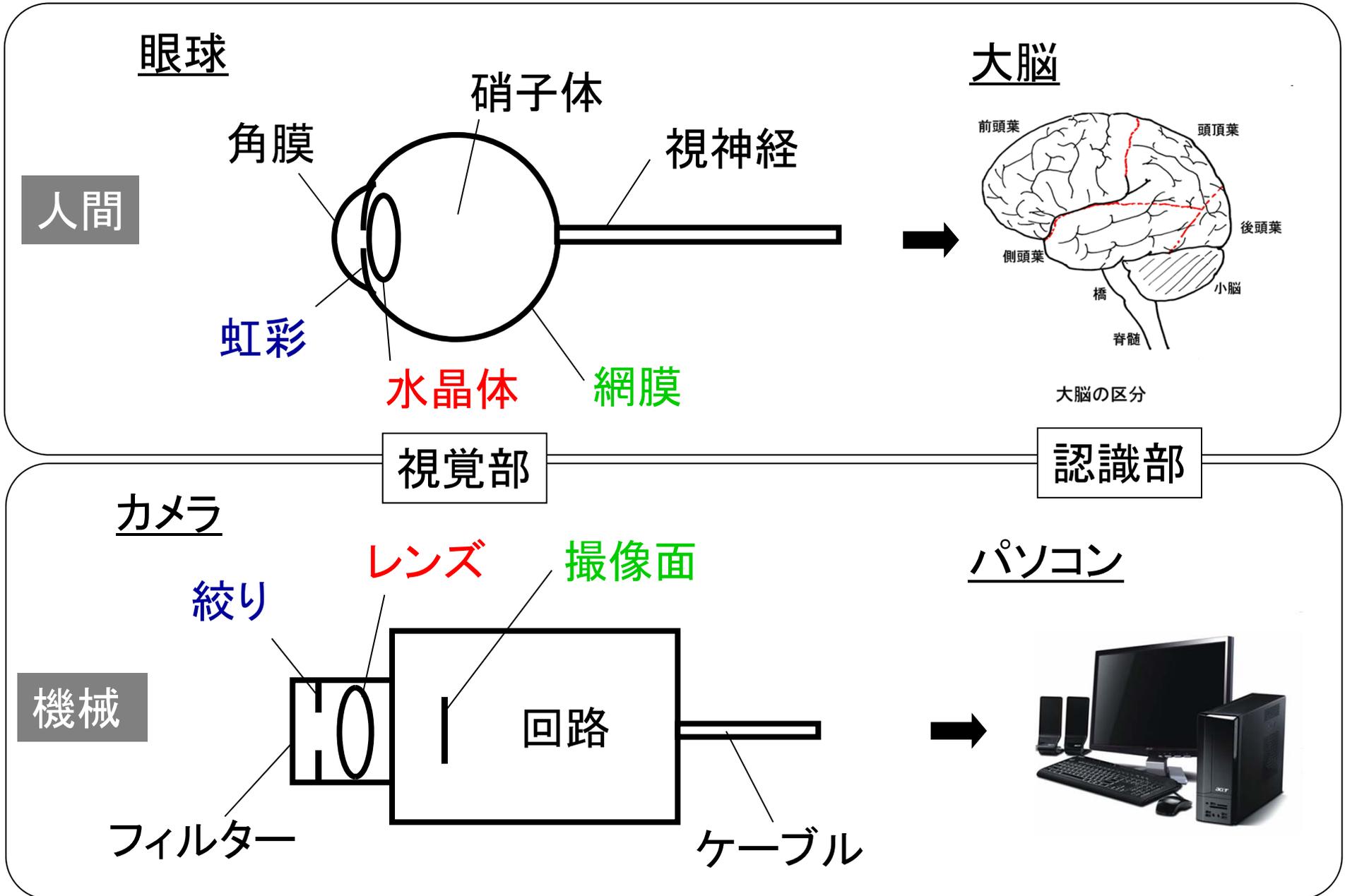


# 人間と機械との比較

	人間	機械
視覚部	目	ビデオカメラ 画像ボード
認識部	大脳	汎用パソコン
認識方法	知識、経験 思考	ソフトウェア

視覚システムの構成要素

# 人間と機械の比較



# 人間の視覚系

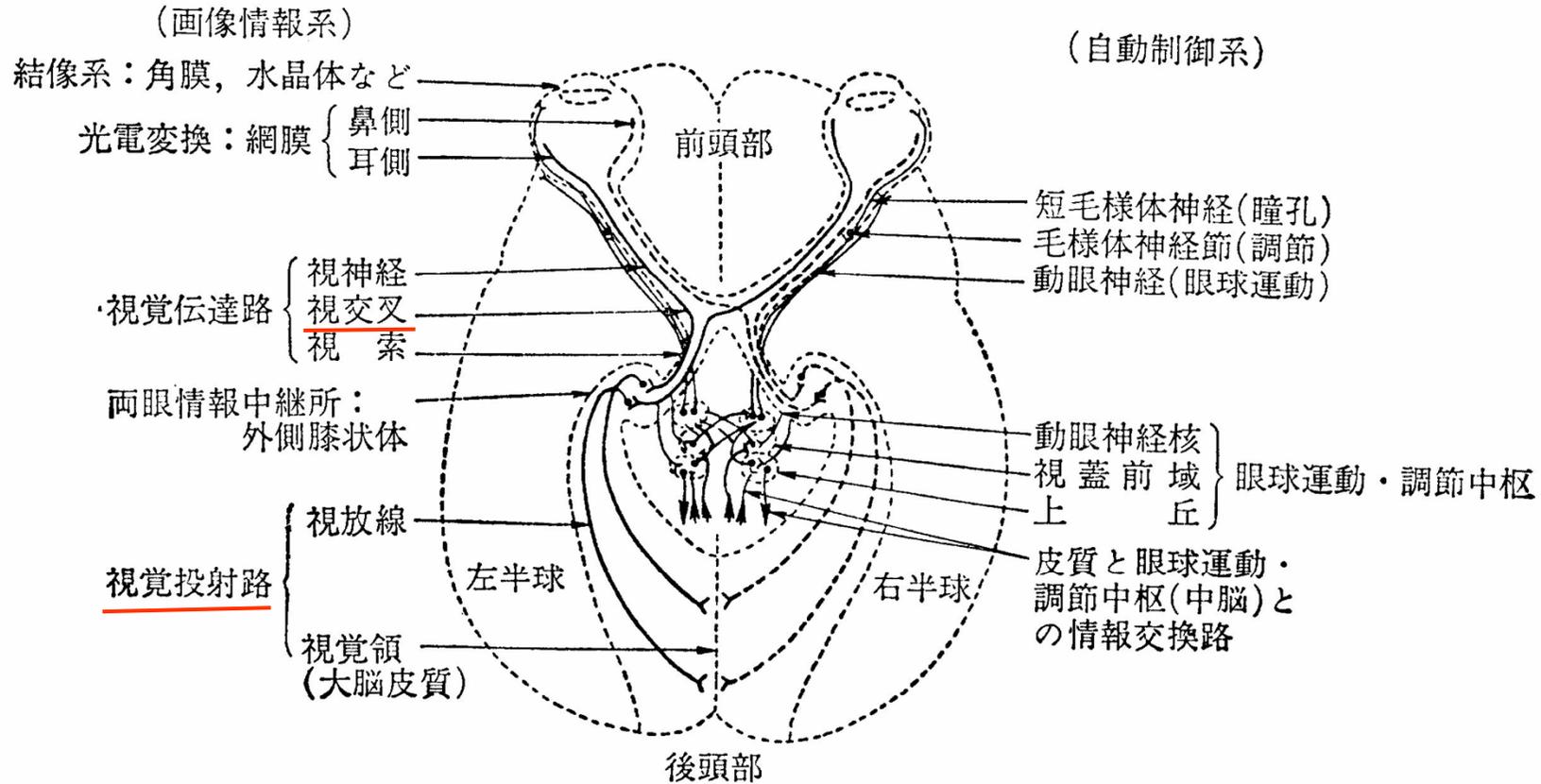
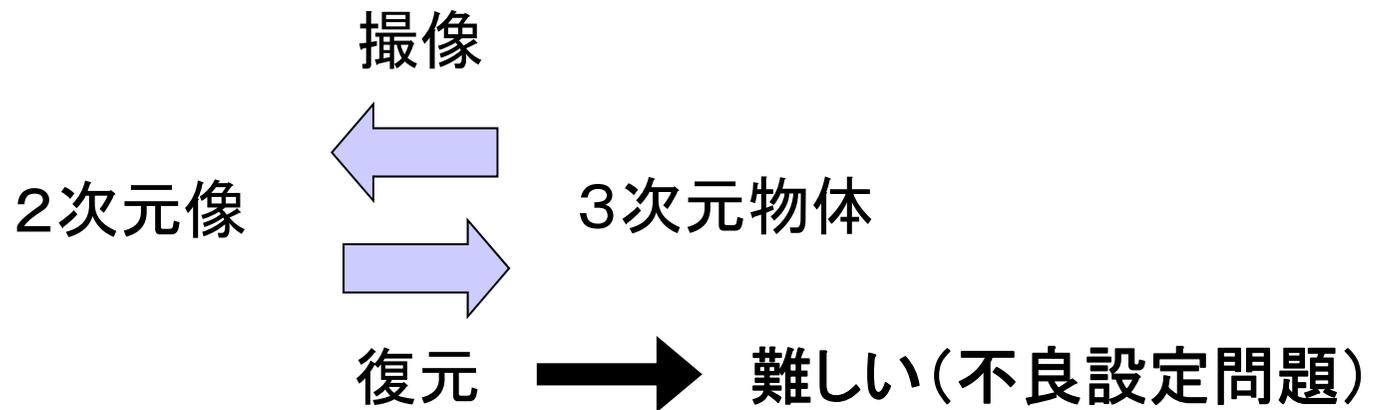
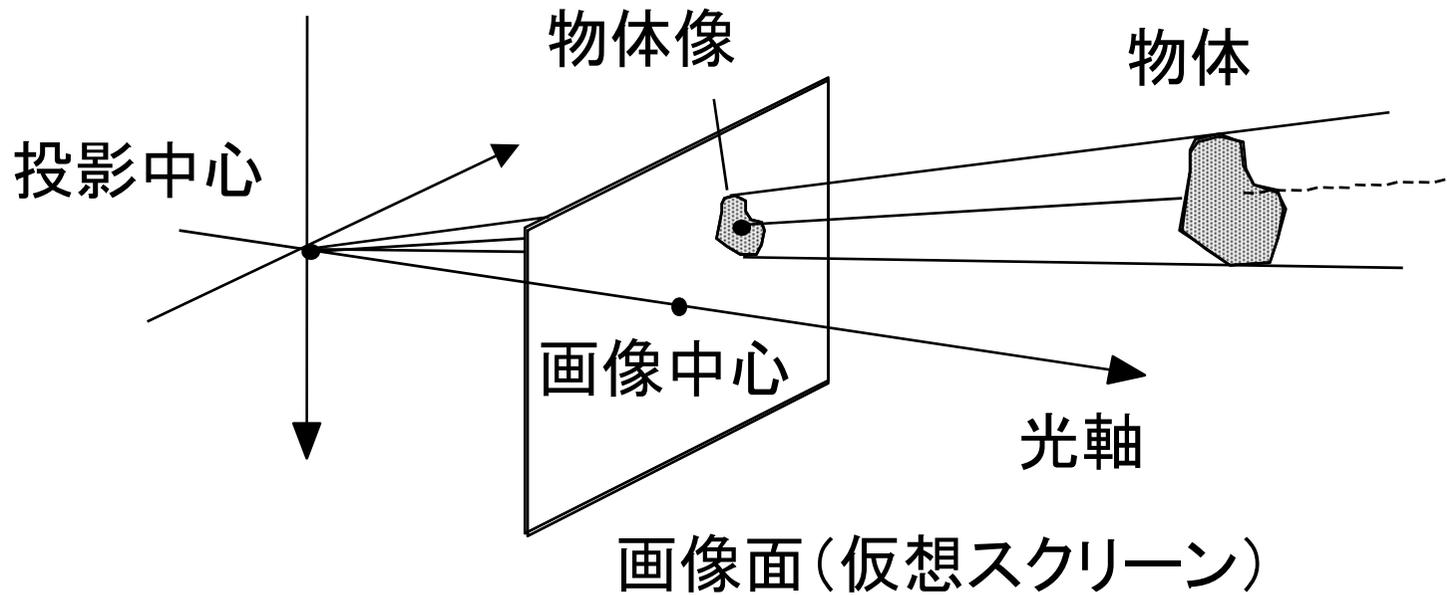


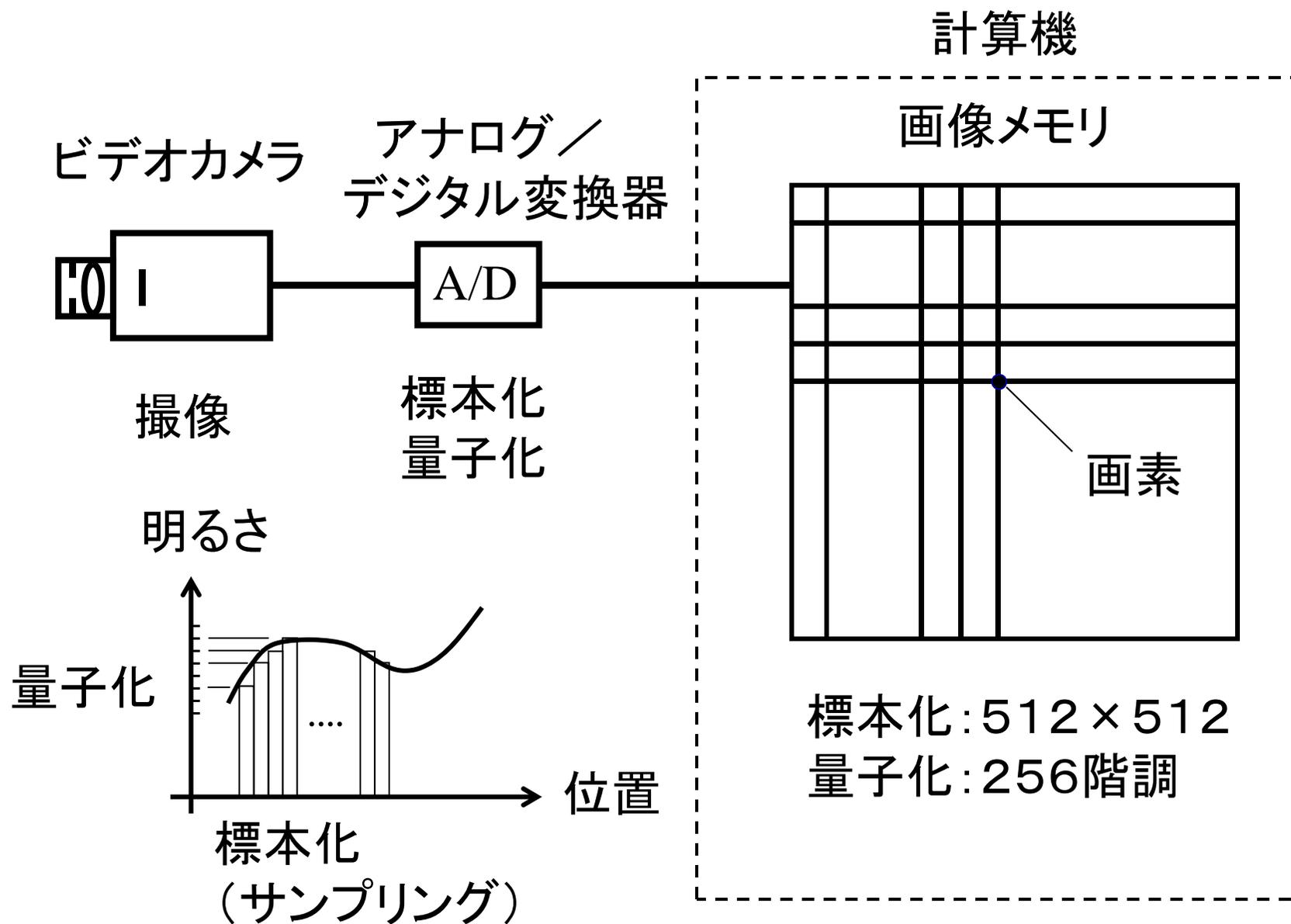
図 1.1 視覚系の構造

出典：色の性質と技術，応用物理学会 光学懇話会編，朝倉書店，1988

# ピンホールカメラモデル



# デジタル画像



# 機械の目の特徴

## 認識部における人間と機械との違い

人間では、網膜で得た画像情報は大腦視覚中枢で

**2次元の広がりを持つパターン**

として取り扱われる。

機械では、撮像面で得た画像情報はメモリ上で

**広がりを持たない1点1点**

として取り扱われる。

## ビジョン研究における主要課題

画像からどのような方法で必要な情報を抽出するか

**深層学習: コンピュータ自身が特徴量を獲得**

**⇒ 人間は不要になる?**

# マシンビジョンの構成

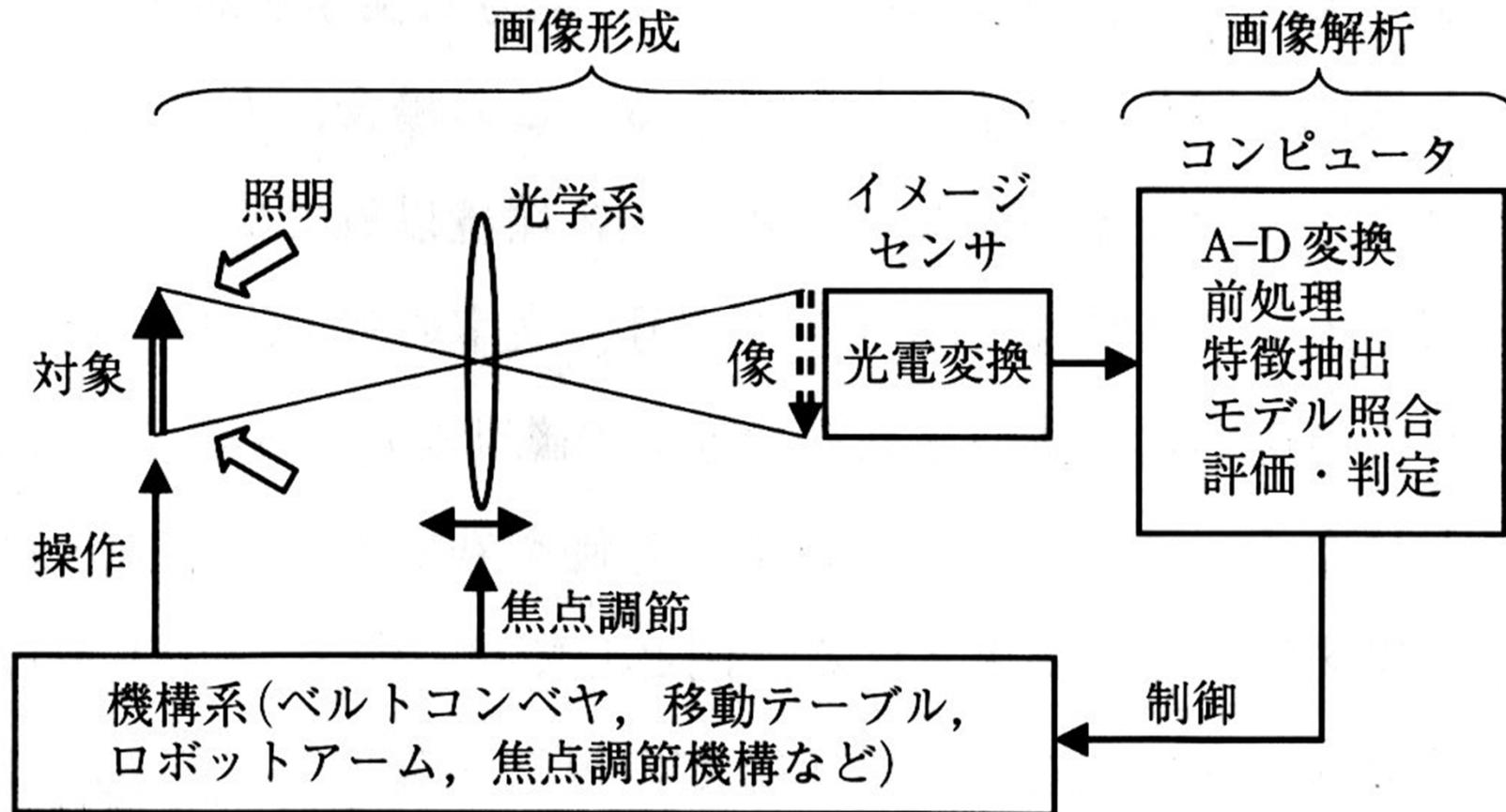


図 1.1 マシンビジョンの構成

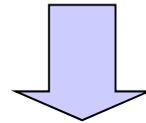
## 生産活動の自動化において必要な機能 (P. 2)

(機能 ; 例)

1. 見つける ; 不良箇所の検出
2. 数える ; 製品の計数
3. 形を測る ; 寸法の非接触計測
4. 合せる ; 特定パターンの検出
5. 識別する ; 部品の有無, 部品の照合
6. 比較する ; 画像間の差異を検出

# 機能を実現する処理

1. 見つける ; 不良箇所の検出
2. 数える ; 製品の計数
3. 形を測る ; 寸法の非接触計測
4. 合せる ; 特定パターンの検出
5. 識別する ; 部品の有無, 部品の照合
6. 比較する ; 画像間の差異を検出



- I. 形を見る
  - II. 色を見る
  - III. 動きを見る
- } 物体の持つ見えの特徴

# I. 形を見る(2次元)

画像の一部を基にした認識

不良箇所の検出

特定パターンの検出

部品の照合

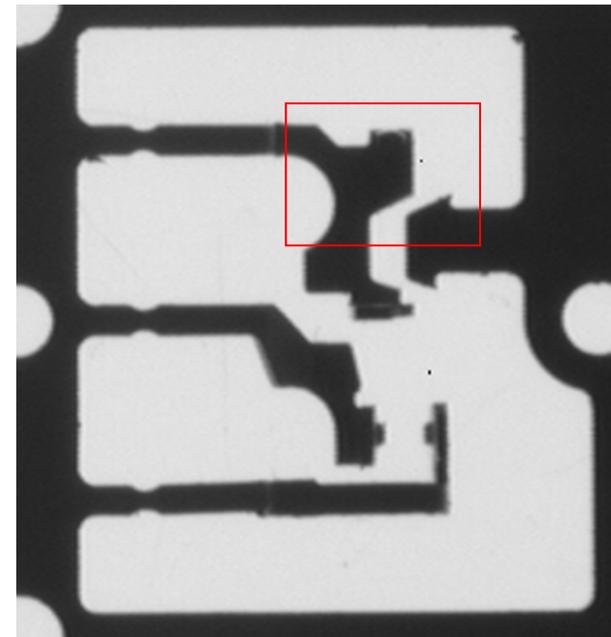
差異を検出

テンプレート



画素どうし  
を比較

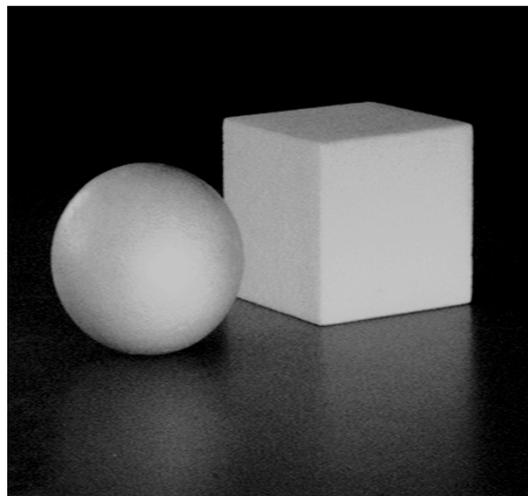
検査対象



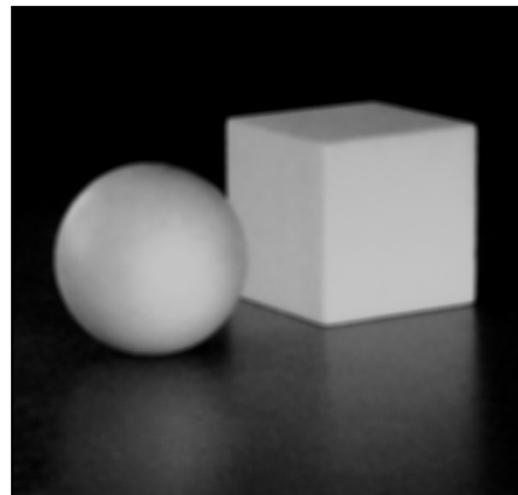
# I. 形を見る(3次元)

## 基本的な演算手順

① 原画像

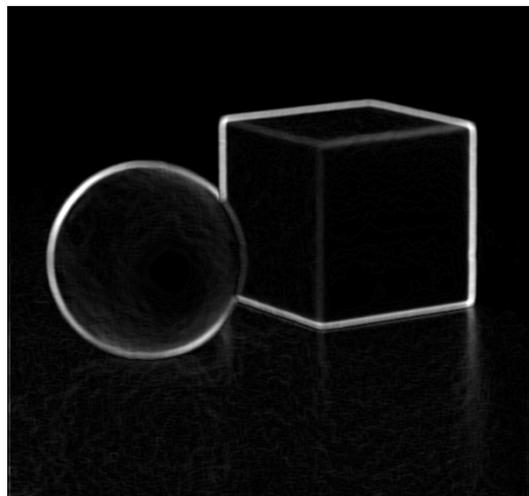


② ノイズ除去



微分(差分)を  
行うための準備

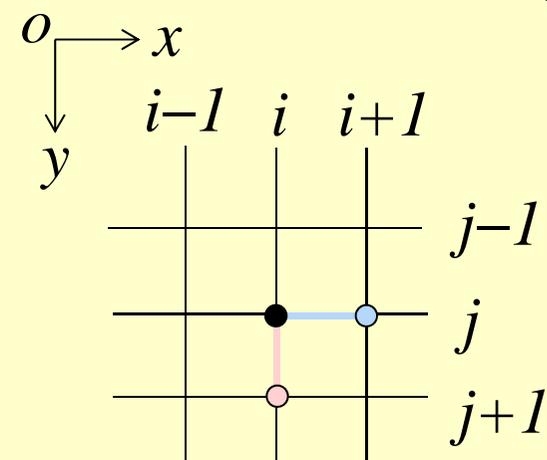
③ エッジ抽出



微分(差分)演算

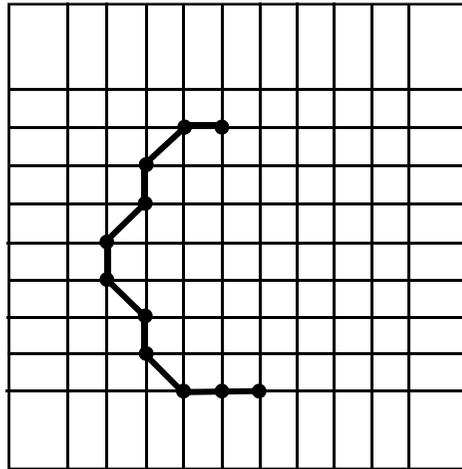
$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(i+1, j) - f(i, j)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = f(i, j+1) - f(i, j)$$

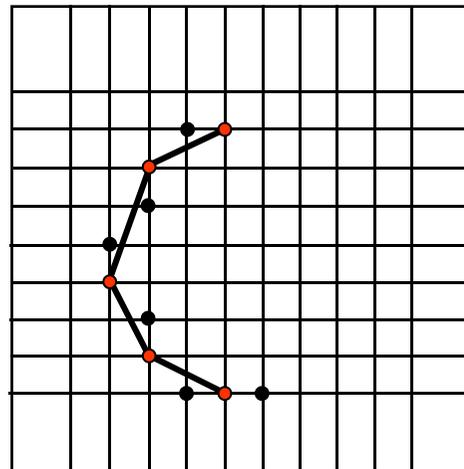


# 図形の抽出

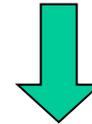
● エッジ



● 特徴点



点の集まり



特徴を表す  
● 点の抽出



直線、円弧  
などで近似

多



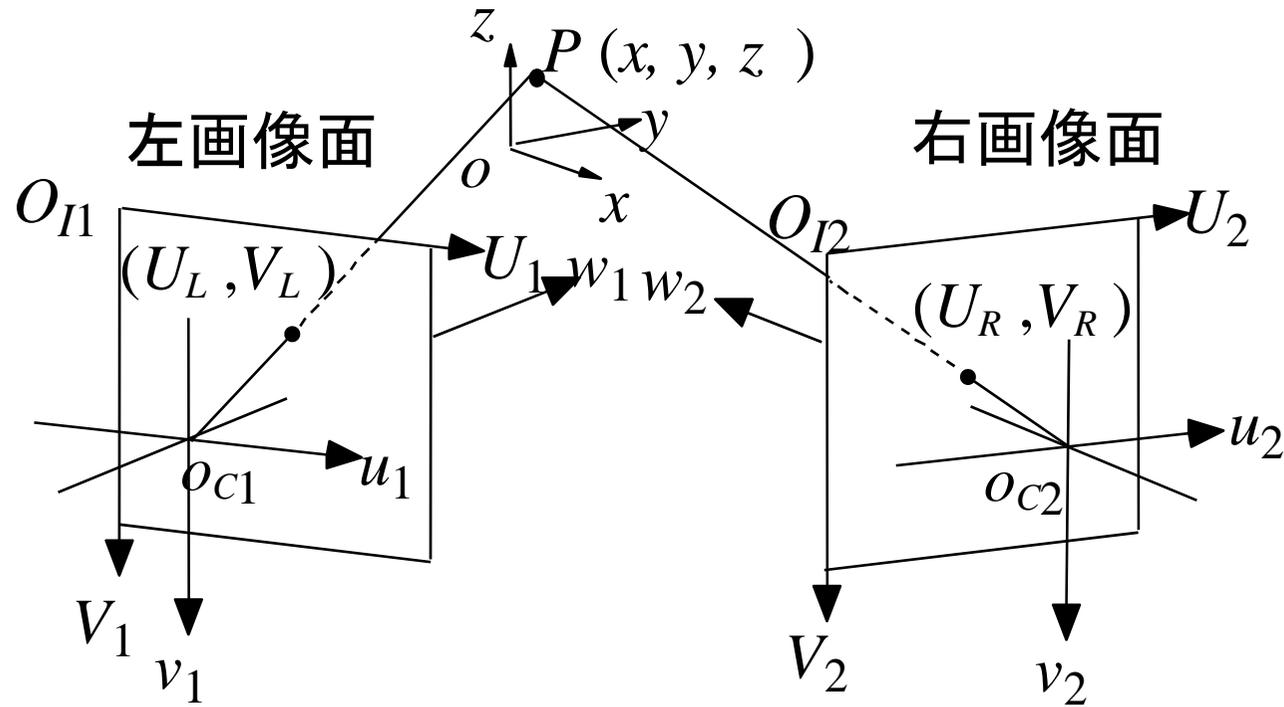
データ量

少

画像から記述への変換

# 3次元画像計測法

## 三角測量の原理



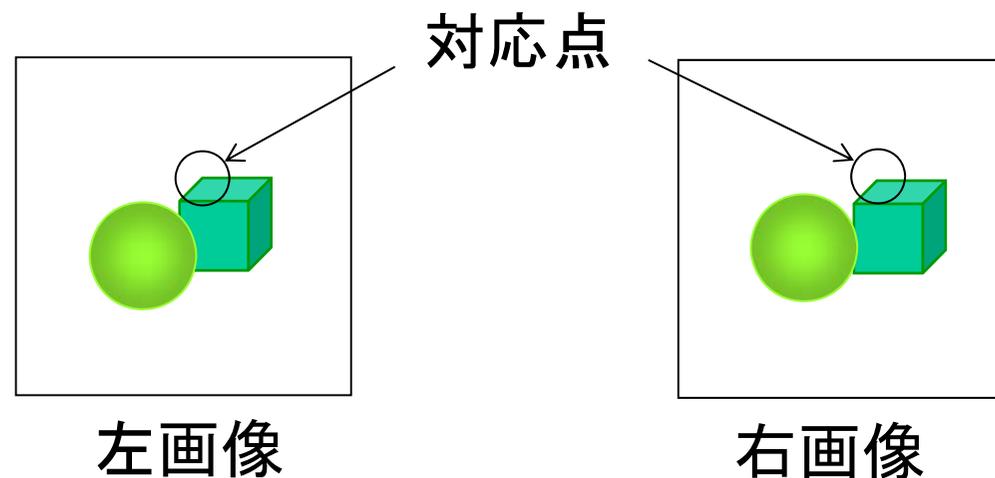
## ステレオカメラ法

近年、距離情報とカラー情報を併用して高精度化を達成

## 両眼視法の問題点

### 対応点検索の難しさ

- ・非常に時間がかかる
- ・曲面の計測はできない
- ・表面に模様がない物体の計測はできない



# 3次元画像計測法

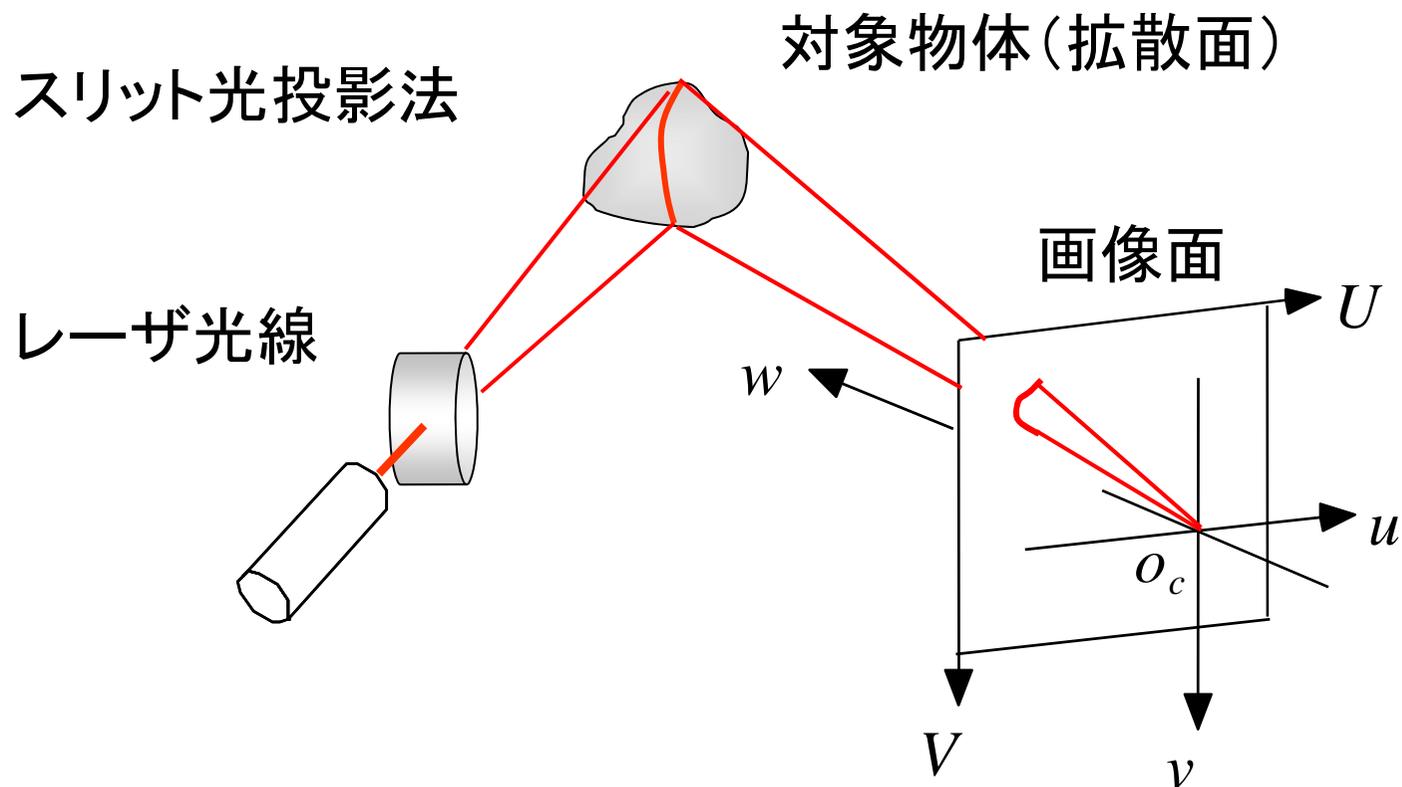
## 計測法の分類

計測法	光源等	代表例
受動型	自然な照明 太陽光 室内照明	単眼視法 ステレオ法 レンズ焦点法 視点移動
能動型	特別な照明 パターン光 超音波など	光レーダ アクティブステレオ 照度差ステレオ モアレ 干渉

# 3次元画像計測法

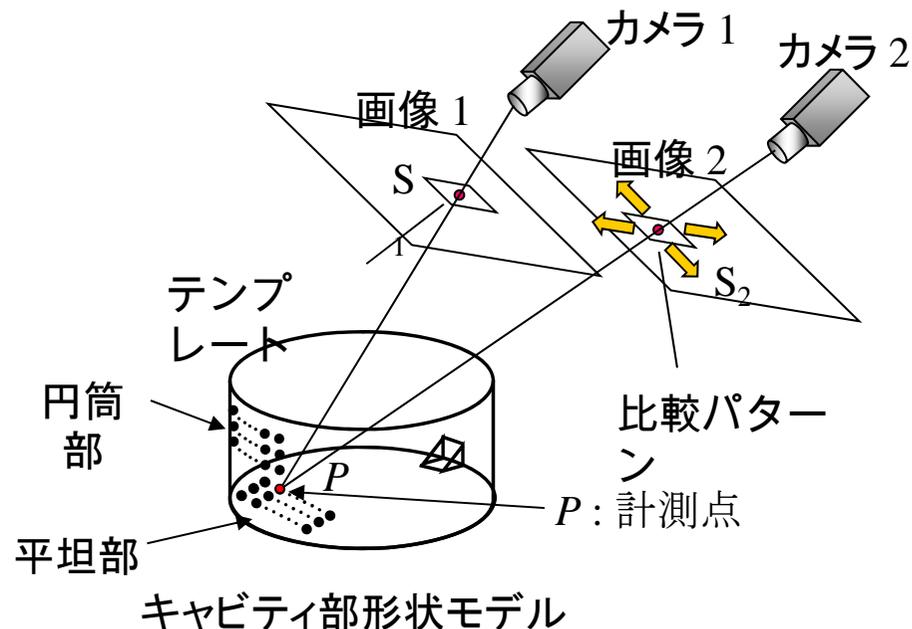
## アクティブステレオ法

- ・対応点探索が不要
- ・曲面の計測が可能



# 3D形状計測(形を見る)

実験システム



モデルベースステレオ

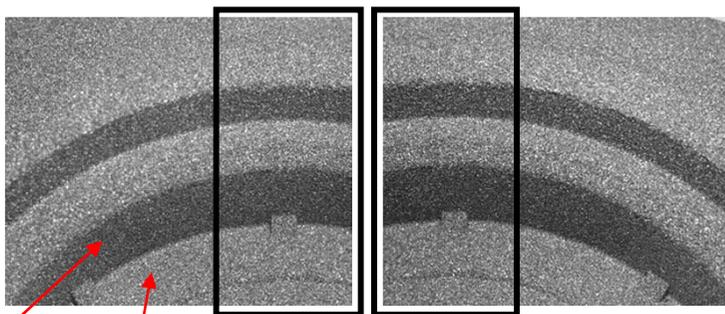
画素数: 1240×1023

解像度: 0.1mm/画素

(砂粒直径に相当)

復元点数: 平坦部,

円筒部各10,000点

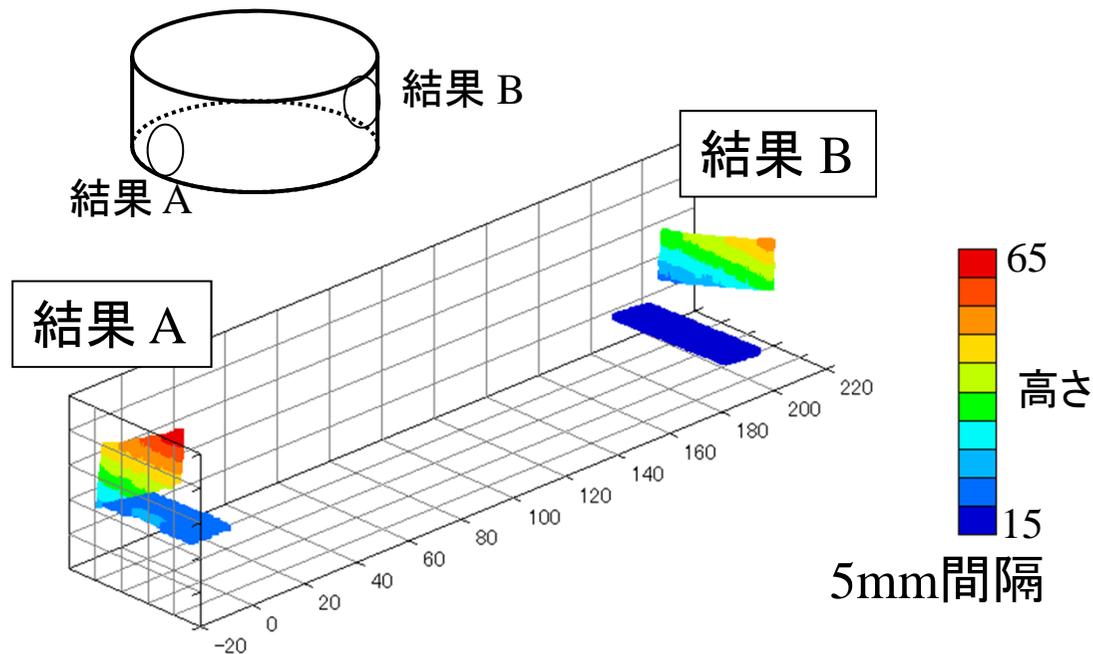
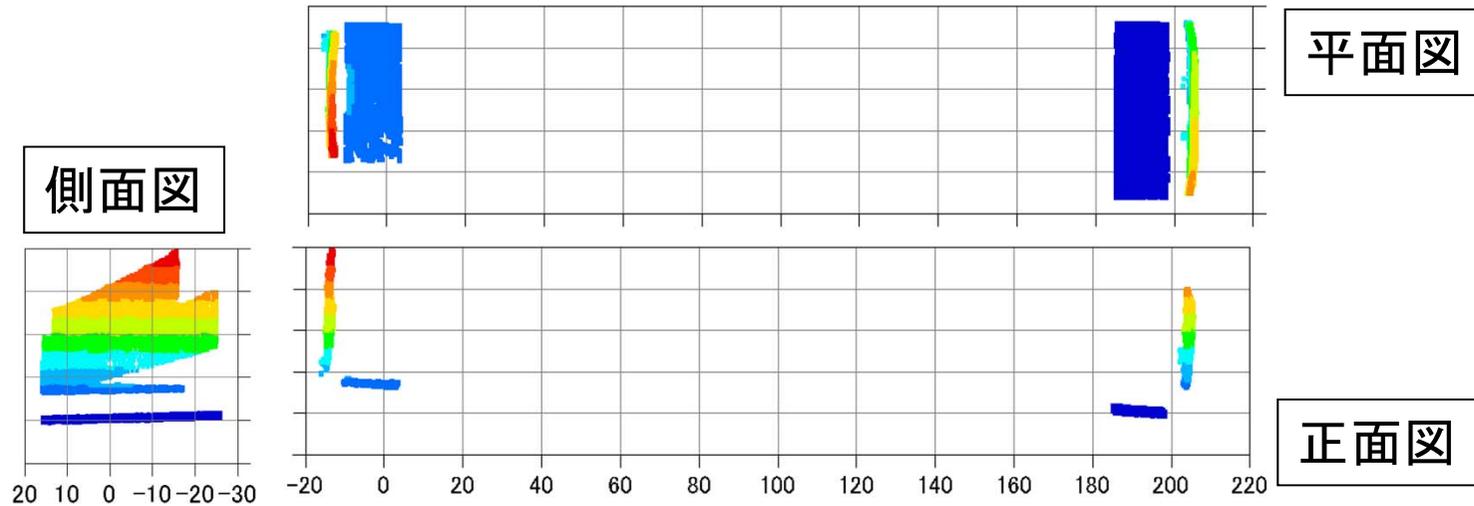


円筒部

ステレオ対

平坦部

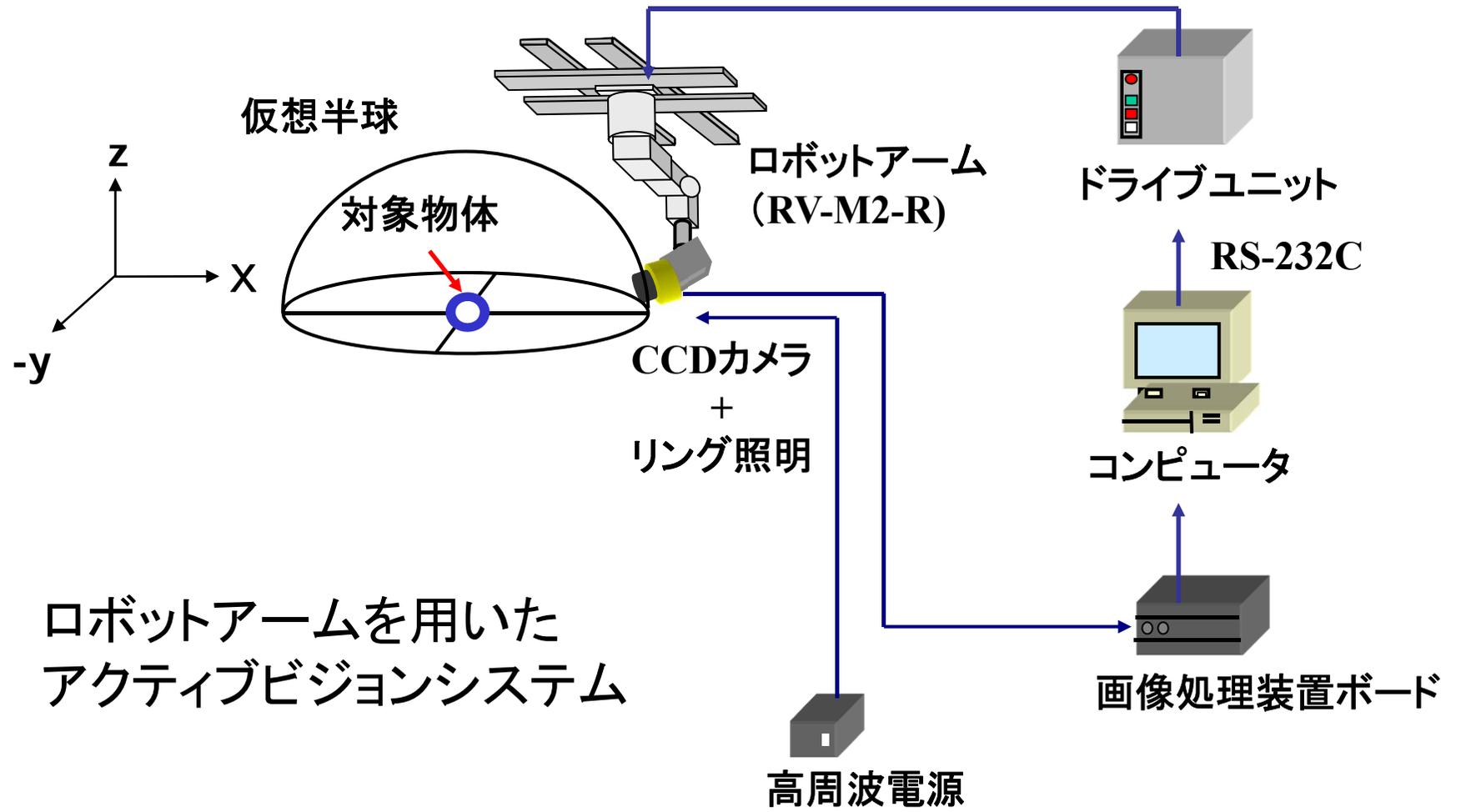
# 画像計測結果



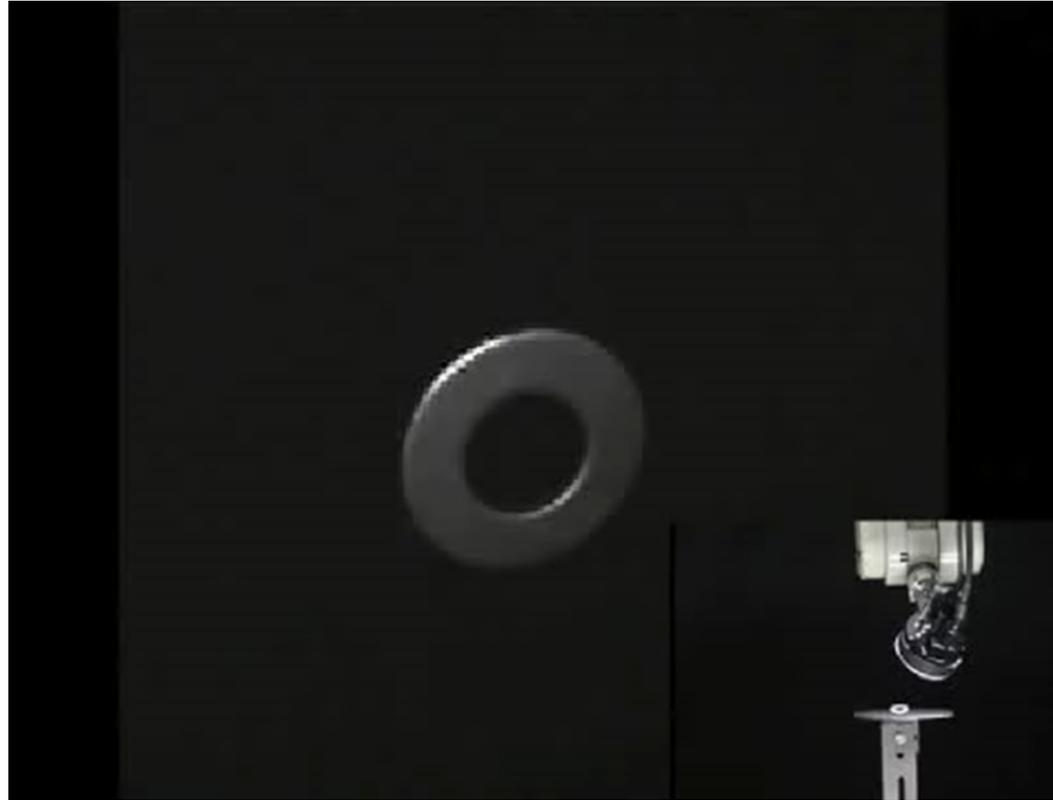
理論値(半径)	110.00[mm]
再構成結果	109.71[mm]
誤差	0.29 [mm]
総計算時間	4.4 [sec]

# 物体の姿勢認識(色(明るさ)を見る)

金属物体の鏡面反射を利用した，物体の位置・姿勢認識



# 姿勢計測実験



取得画像

アクティブ  
ビジョン

# 道路標識の抽出(色を見る)

RGB表色系からHSV表色系への変換

RGB表色系



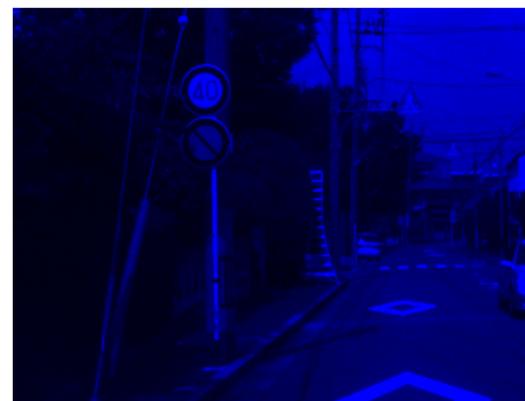
原画像



Red

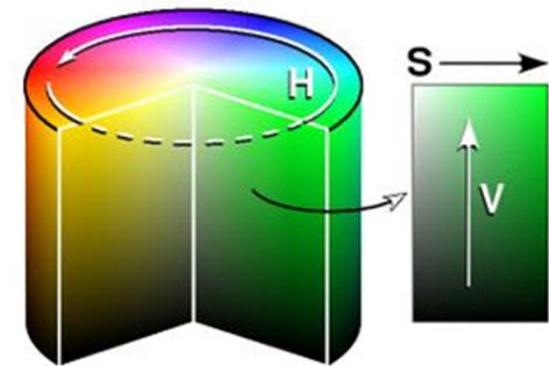


Green



Blue

HSV表色系



H 色相  
S 彩度  
V 明度

# 道路標識の抽出結果

HSV表色系を用いた道路標識抽出例  
H ; 色相, S ; 彩度, V ; 明度



原画像



色相

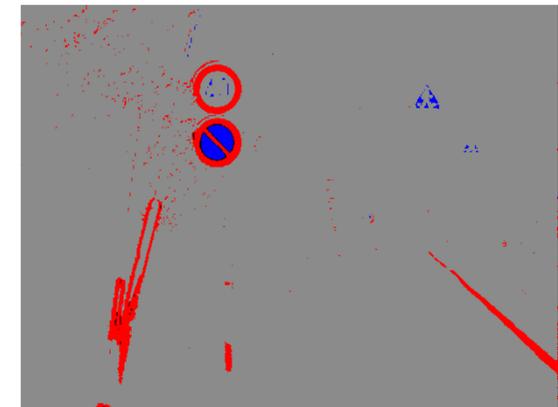


彩度



明度

明度と彩度による閾値処理  
彩度; 鮮やかな箇所を抽出  
明度; 明るい箇所を抽出



処理結果

# 人物の追跡(色を見る)

## 人物の検出と追跡

肌色の検出



参照



更新



参照



更新



テンプレート  
との照合



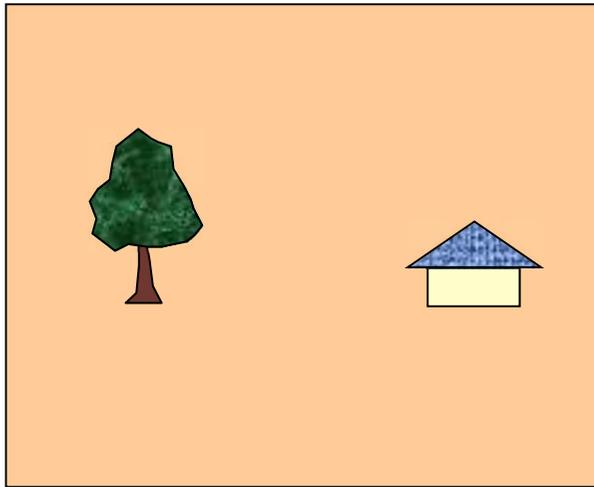
予め登録されて  
いるテンプレート



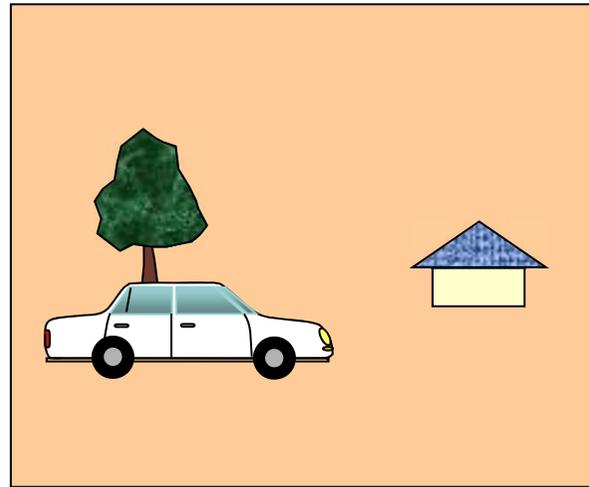
テンプレートの更新

## 動物体の検出と追跡

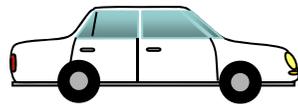
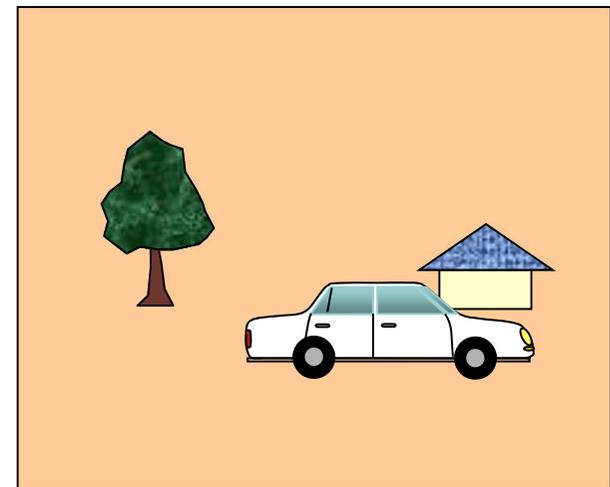
時刻  $T$



時刻  $T+\Delta T$



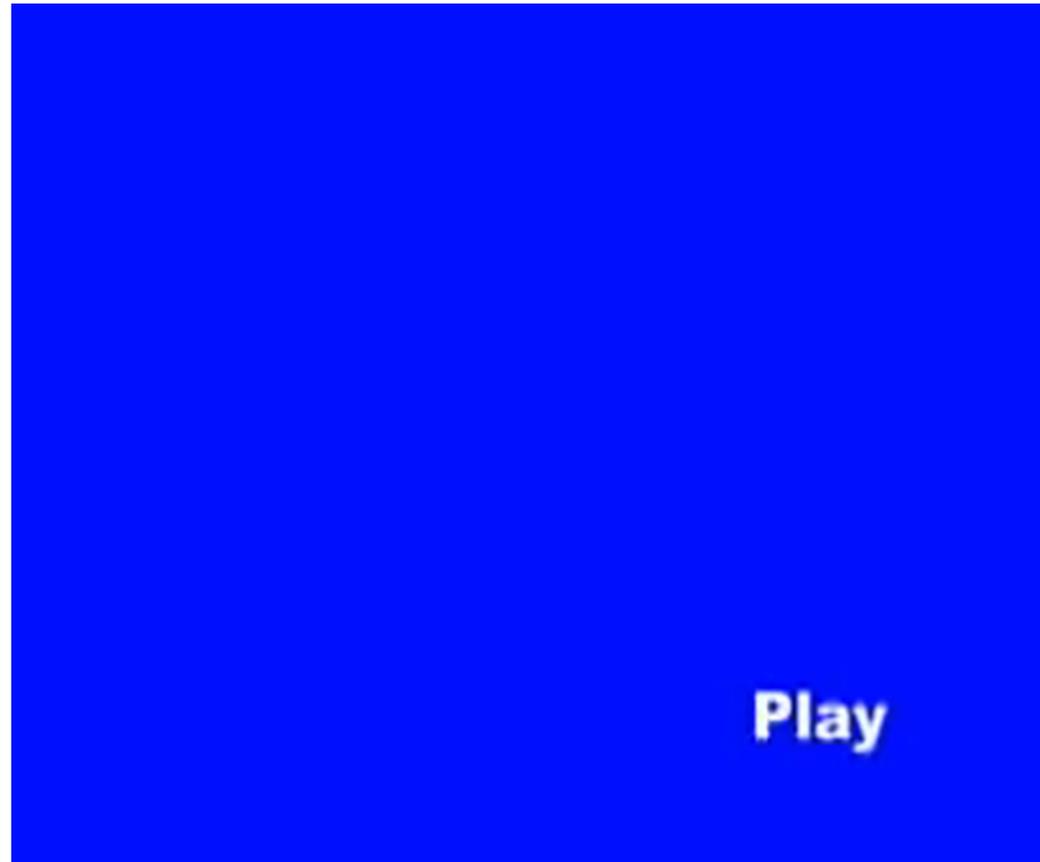
時刻  $T+2\Delta T$



2枚の画像間の差  
による物体の検出

画像間の差による追跡

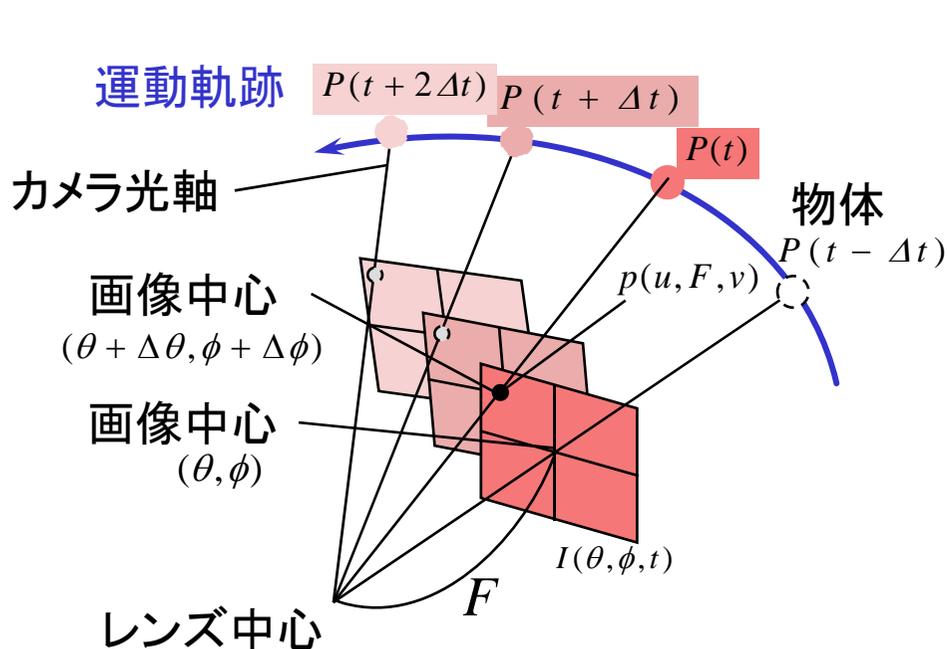
# 動物体の追跡



顔のカラー情報とテンプレート画像を  
用いた人物の追跡実験

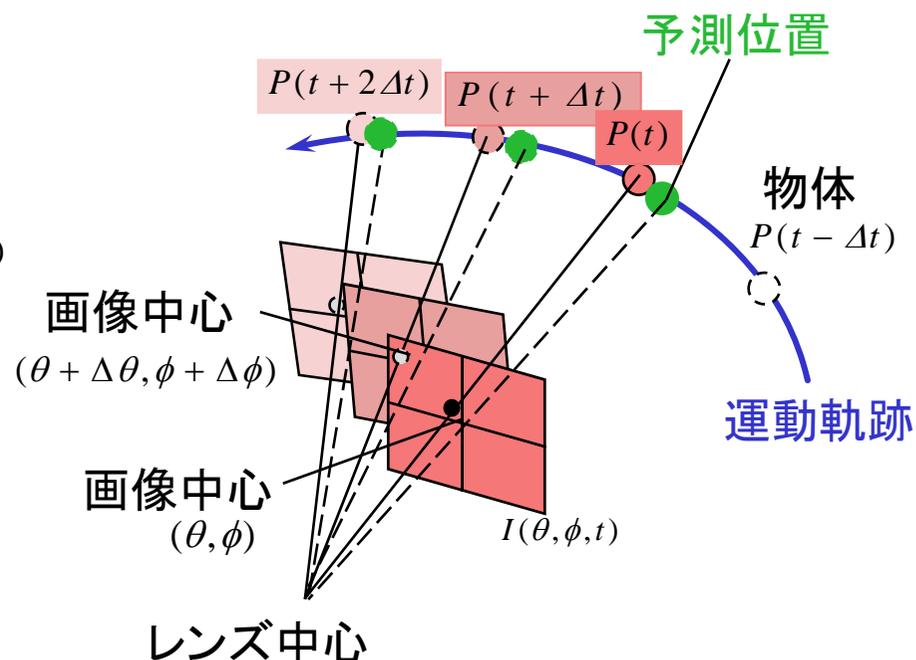
# 動物体の追跡

## 予測なし



物体の動きが速いと視野の外に出ってしまう。  
遮蔽物があると追跡できない。

## 予測あり



物体を見失わず継続的に追跡ができる。

# 動物体の追跡



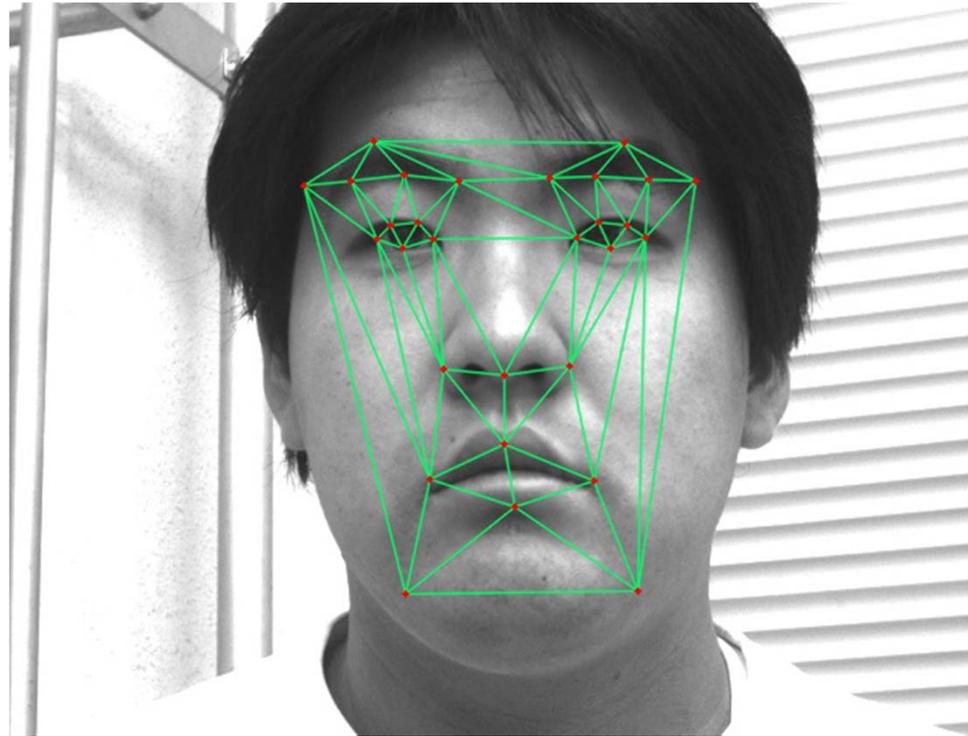
運動予測なし



運動予測あり

顔が重なるとき(同一カラー情報)の人物追跡例

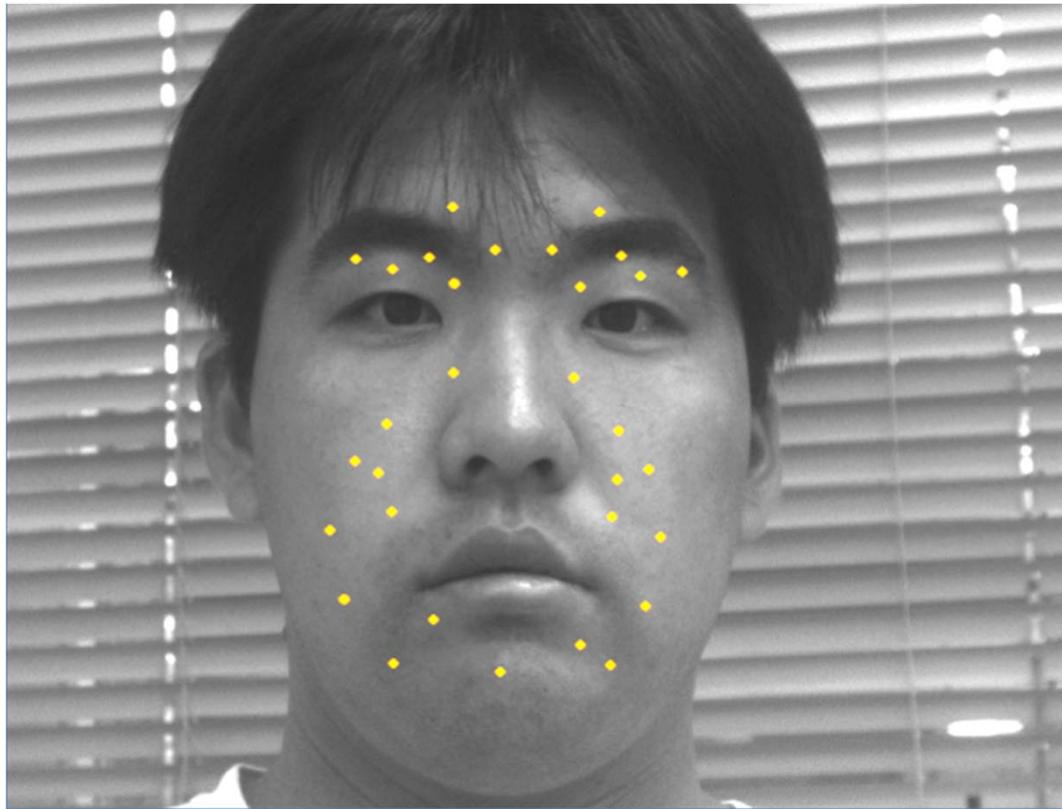
# 表情変化の認識



アクティブアピアランスモデルによる、顔特徴点の移動量計測

- ・まぶたの開閉 ⇒ 瞬きの検出
- ・口の開閉、歪み ⇒ あくびの検出

# 表情変化の認識

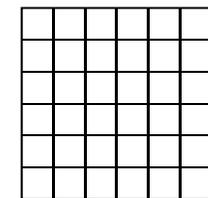
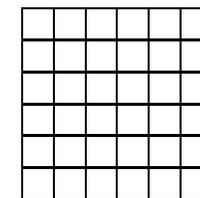


オプティカルフローによる顔の動きの認識

顕著な角が無い領域の移動量を計測する

ブロックマッチング法  
による、移動量の計測

7×7領域



画素濃度分布の  
類似性を評価

# 視線インタフェース

## 視線を利用したヒューマンインタフェース

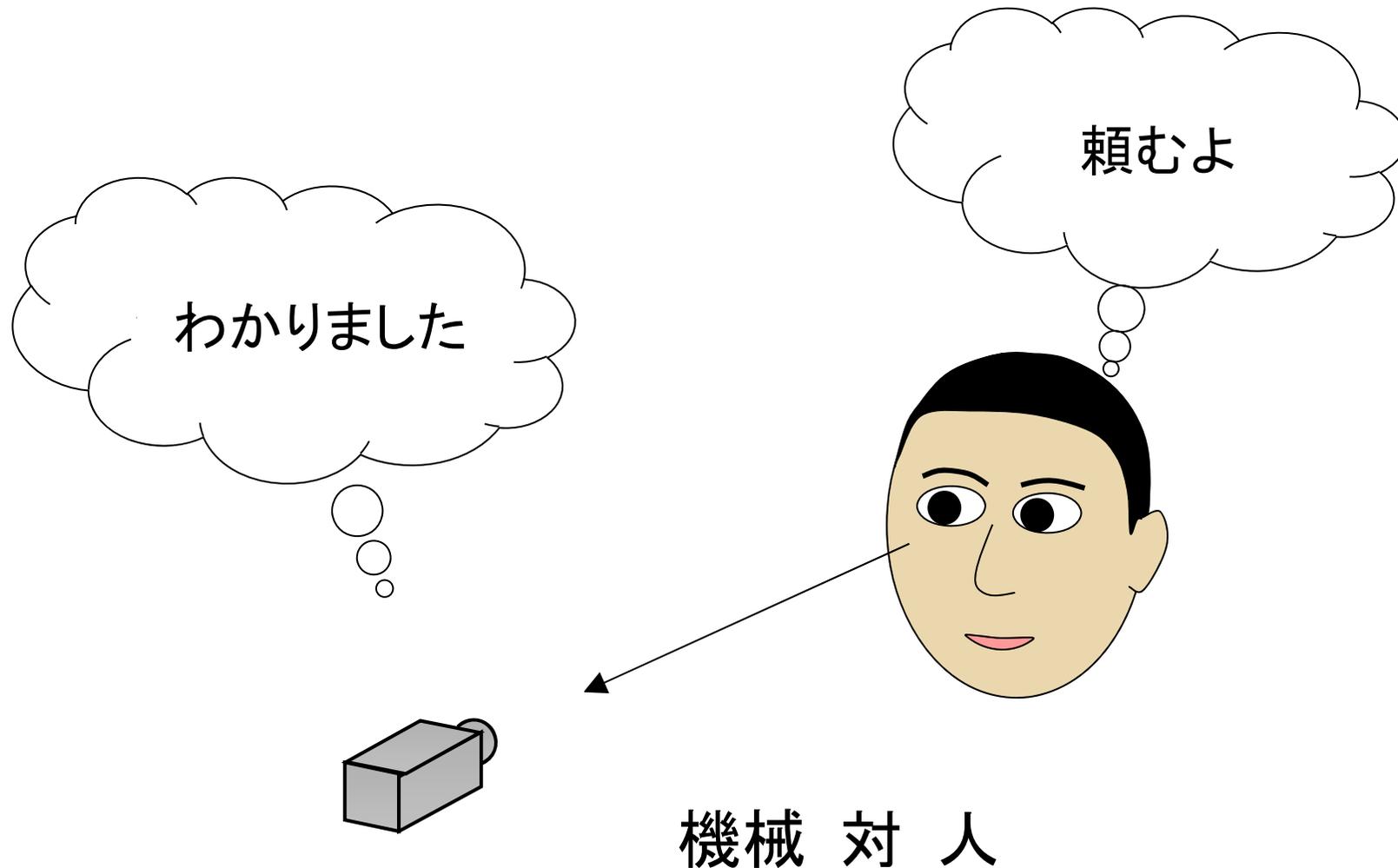


Lenna

- ・視線方向を推定できる。
- ・人物に関する知識は不要。
- ・特に、自分を見ているか否かは正確に判断できる。

# 視線インタフェース

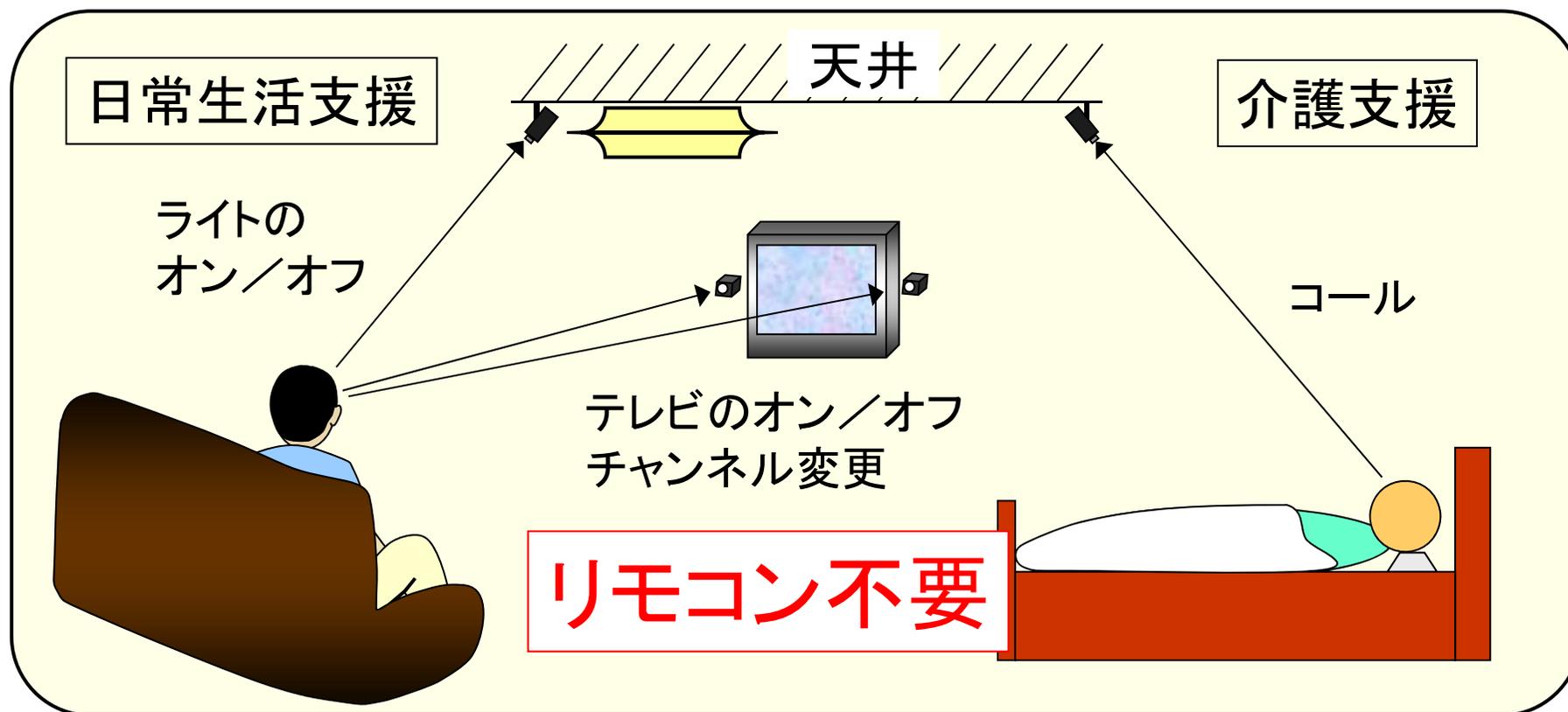
視線はコミュニケーションの有効な手段



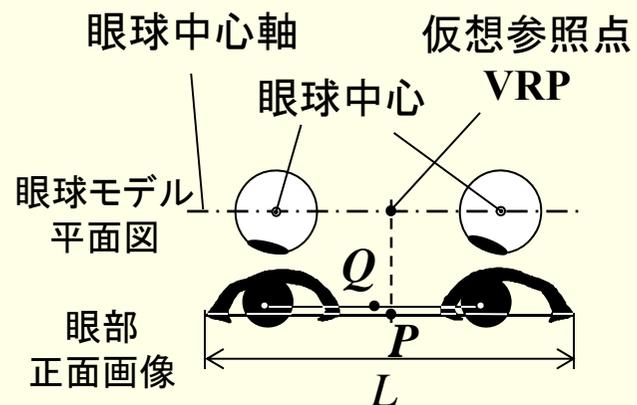
# 視線インタフェースの応用例

## 視線インタフェース

注視判定(カメラを見ているか否かの判定)  
による機器類操作システム



## 視線方向推定原理



VRP : Virtual Reference Point

$P$  : VRPの投影点

$Q$  : 左右の黒目中心間の中点

$L$  : 目尻間距離

$d = \| Q - P \| / L$  : 黒目変位置量

$d < \text{閾値}$ , のとき注視と判定

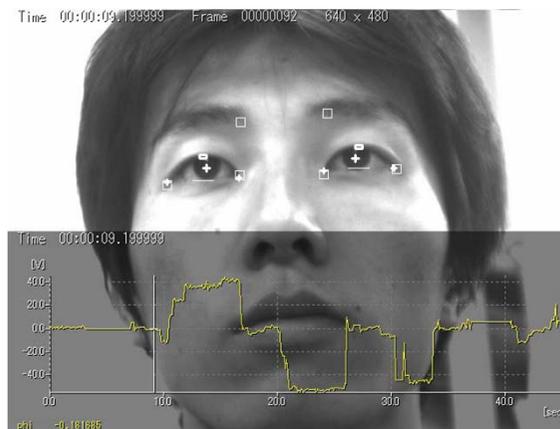
## 家電操作システム



## テレビの操作実験

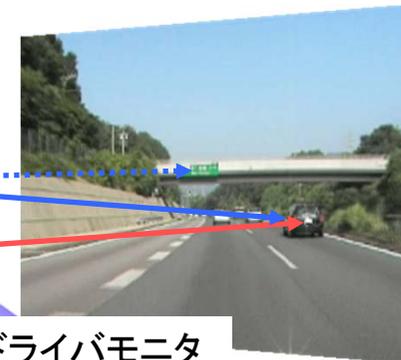
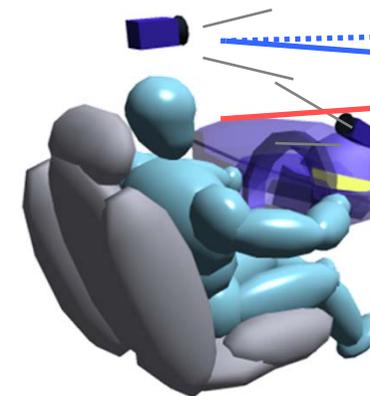
## 視線方向計測

1台のカメラでドライバの  
視線方向を検出



## 注視対象候補の抽出

前方監視カメラ



ドライバモニタ

## 漫然運転検出システム

ドライバ注視行動の妥当性を評価し、  
覚醒状態や運転集中度を推定する。

# 注視対象候補の抽出



高速道路走行画像からの道路標識(緑色)抽出例

## 実験概要

コース: 名古屋市内の市街地と名古屋都市高速道路

画像解像度: 640 × 480, フレームレート: 30[fps]

カメラ2台の同期収録



車両前方画像と視線方向

視線計測(発話タスク)