

# 動的アクティブ探索法と 複数の能動カメラを用いた 物体の位置推定

NTTコミュニケーション科学基礎研究所

川西隆仁 村瀬 洋 高木 茂 Martin Werner

# 背景

---

広い環境から欲しい物体を検出したい

– 応用例

環境の認識・監視

移動ロボットの目

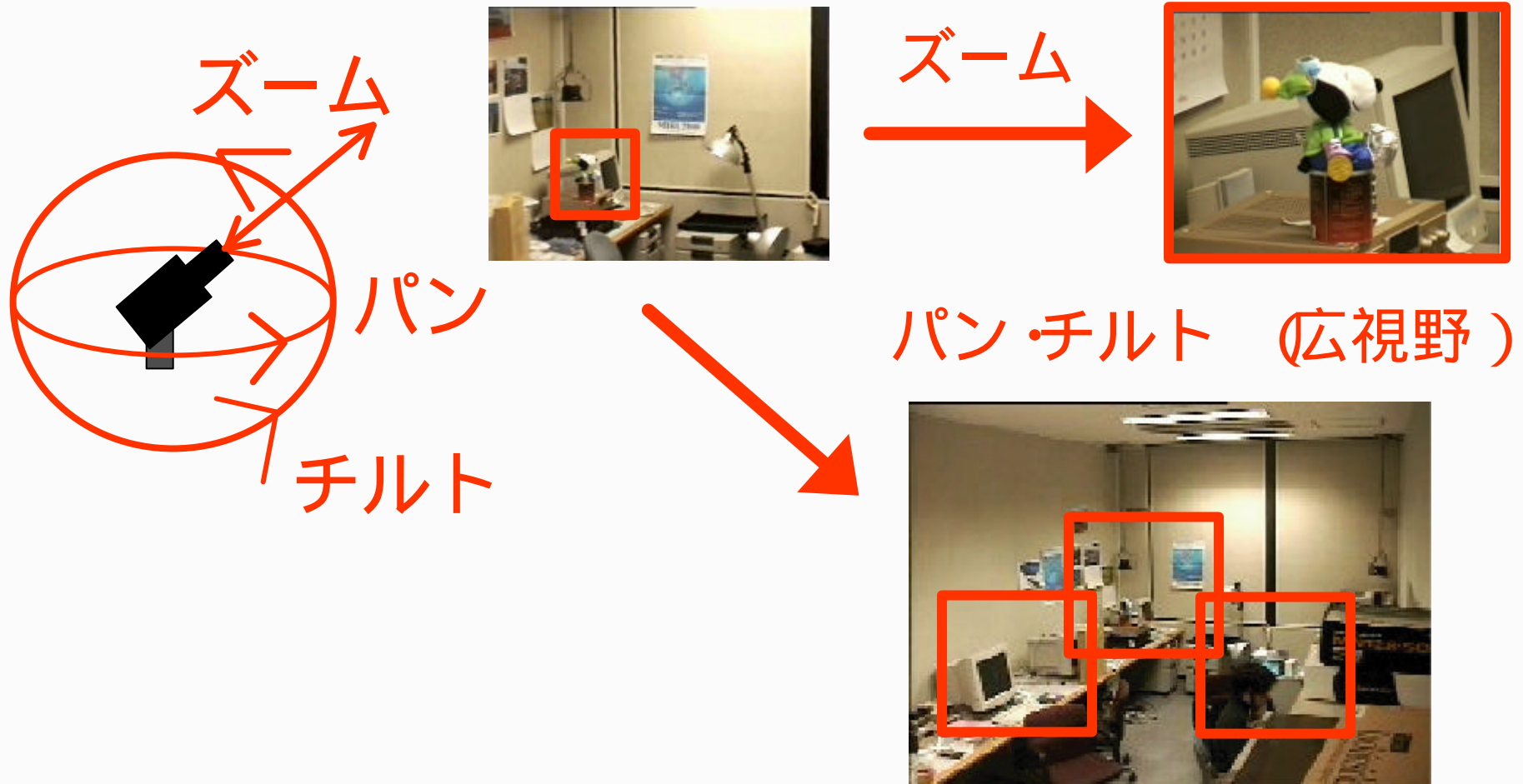
・人・物などの探索・計数

・目印、障害物の探索

- 能動カメラによる探索
- 複数の能動カメラによる探索

# 能動カメラによる探索

遠くの小さい物体でも探索可能  
(広い視野、高分解能)



# 複数の能動カメラによる探索

広い空間を複数の能動カメラで分担して探索

- 高速
- オクリュージョンに強い

(物体の検出が容易な方向の利用が可能)

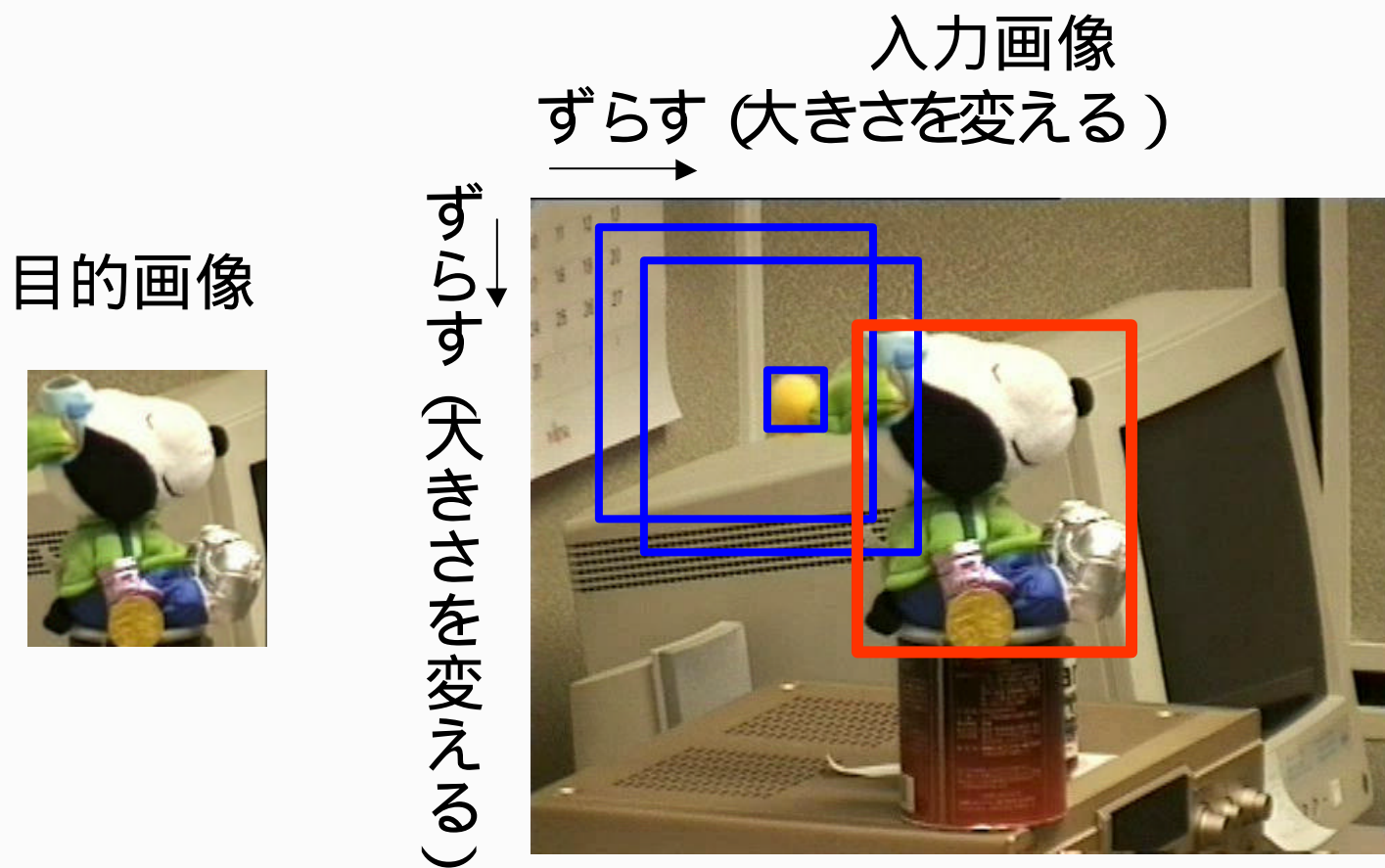


# 能動カメラを使った関連研究

- 画像差分を用いた物体 (人物) 追跡  
(分散能動視覚の研究で一般的な手法)  
変化のある背景上の物体(特に静止物体)の検出は困難
- 特殊なマーク (例えば赤い丸) の検出  
(ロボットのナビゲーションの研究で一般的な手法)  
一般物体の検出は困難

遠くの小さい一般物体を、能動カメラを用いて照合探索し検出する手法は提案されていない。

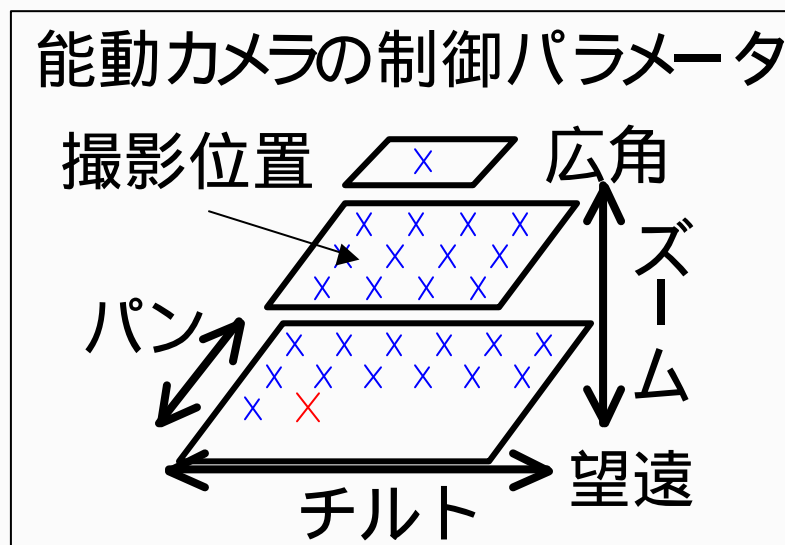
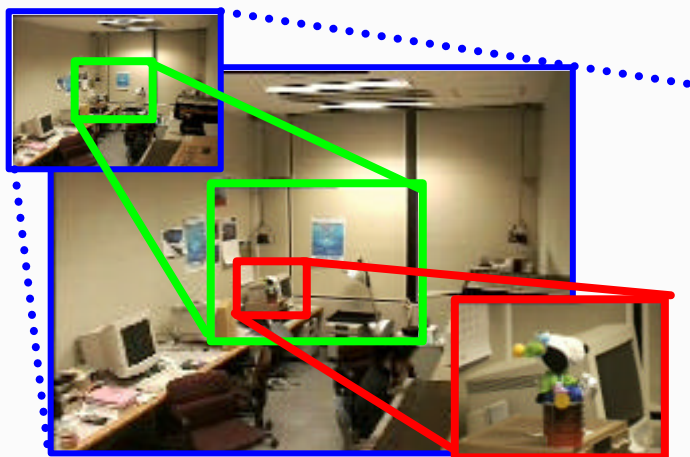
# 照合探索の基本



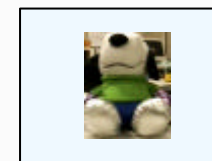
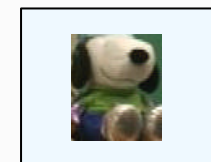
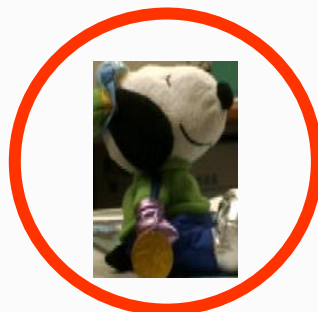
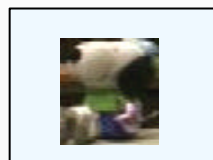
照合する回数が膨大！

# 能動カメラによる照合探索の問題

- ズームごとに入力画像枚数が増加

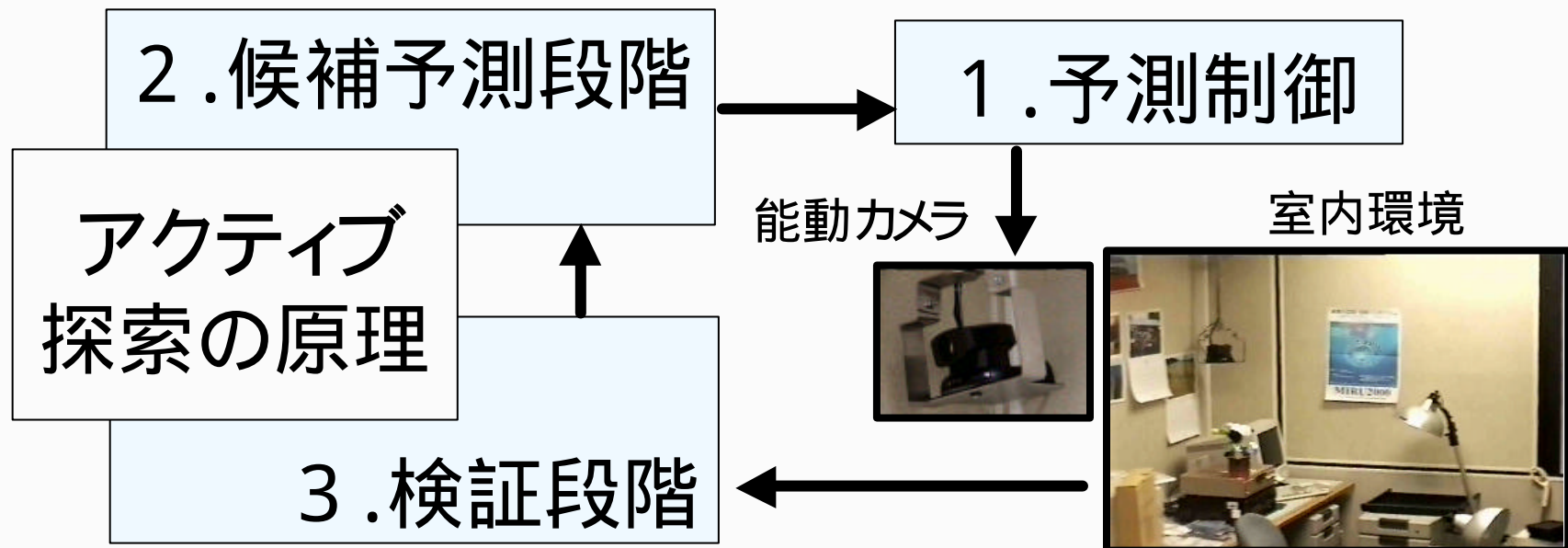


- 探索に必要な参照画像枚数が増加



# 動的アクティブ探索法とは

アクティブ探索の原理を用いて  
能動カメラの予測制御を行いながら  
高速に物体を照合探索する技術



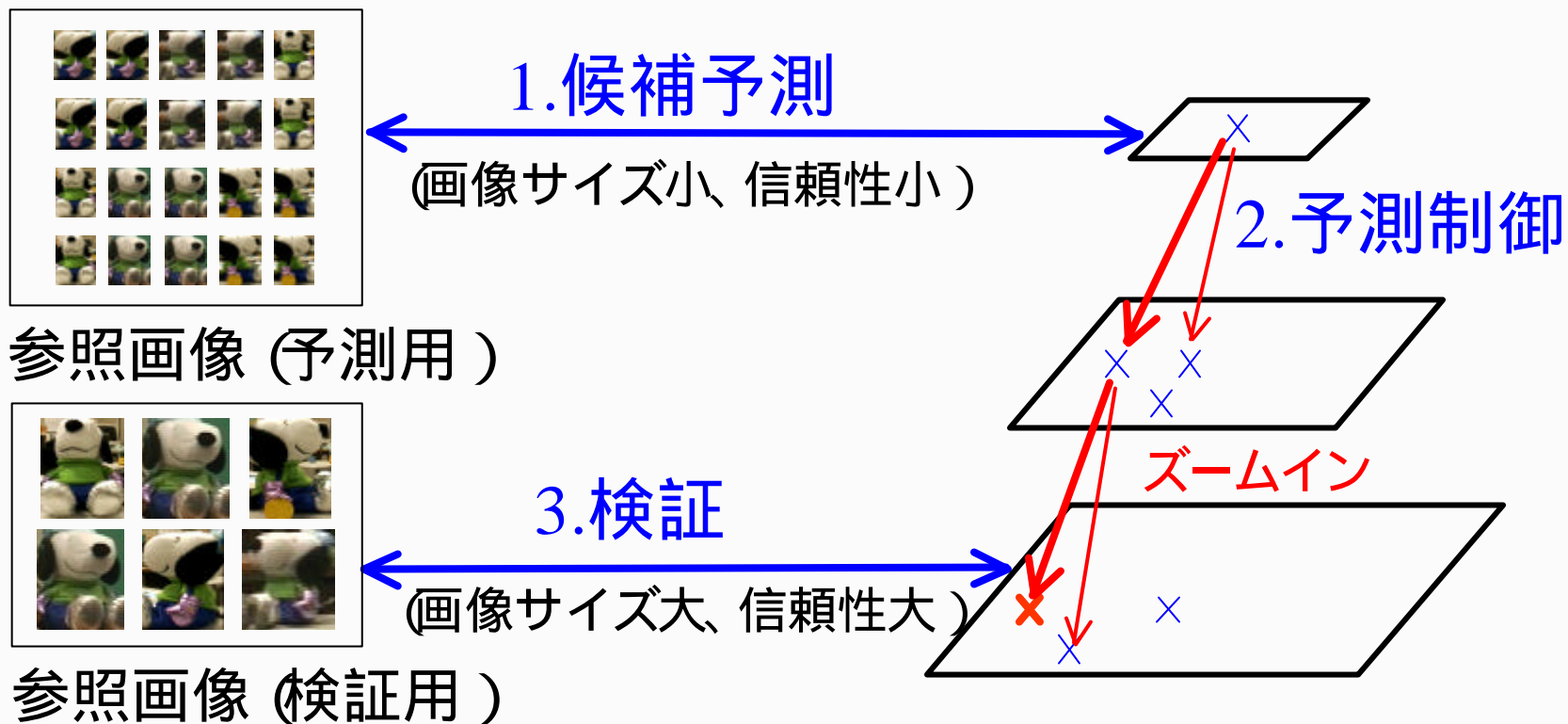


# 予測制御

候補予測段階と、ズームによる検証段階から構成

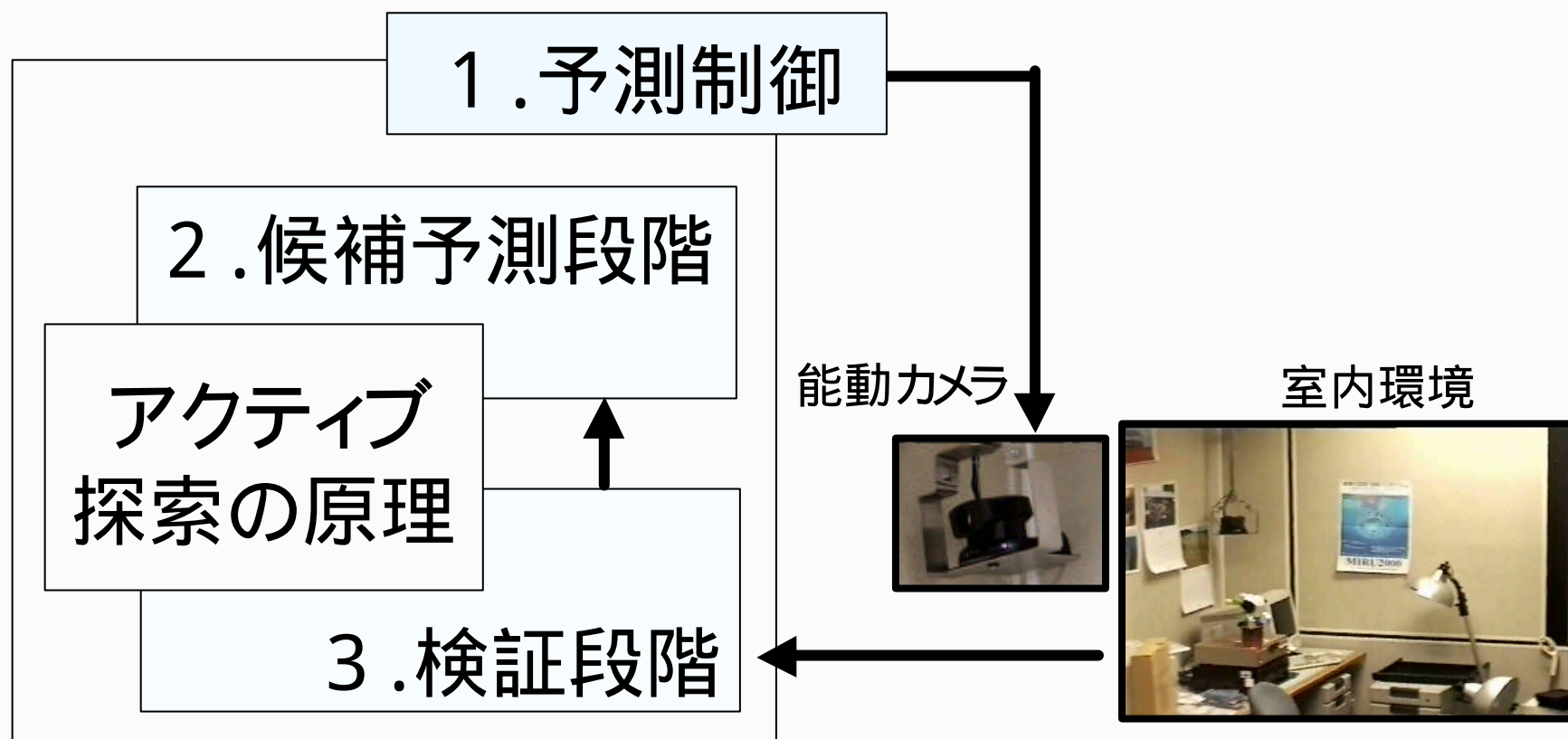
候補予測段階： 次のズームする領域を高速抽出

検証段階： 物体の有無を高速照合探索



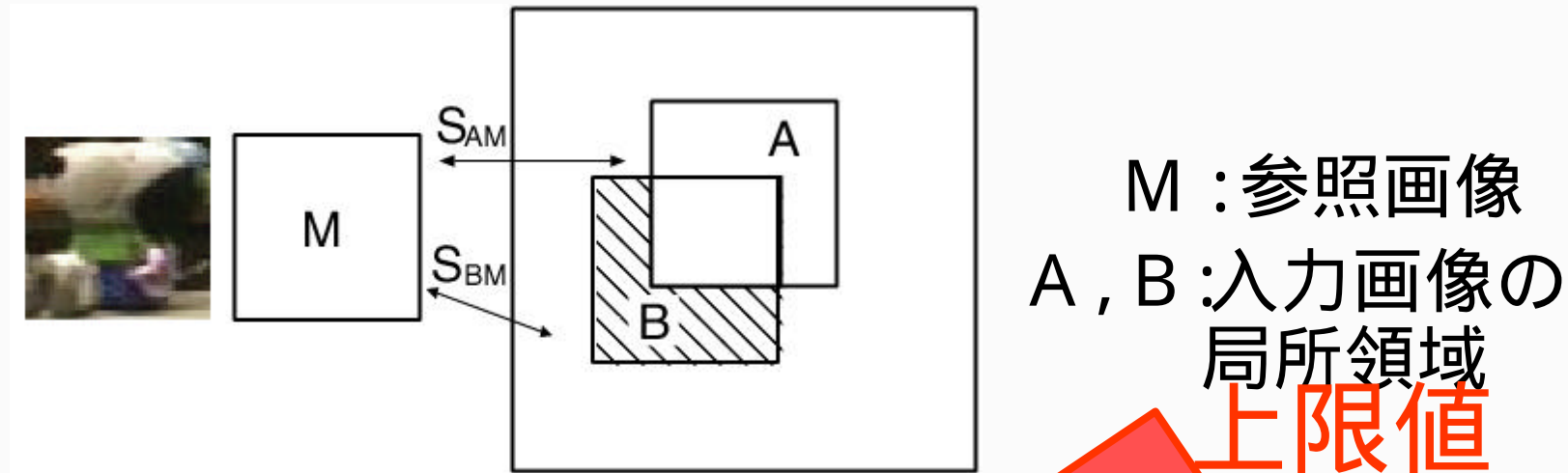
# 動的アクティブ探索法とは

アクティブ探索の原理を用いて  
能動カメラの予測制御を行いながら  
高速に物体を照合探索する技術



# アクティブ探索の原理

- ヒストグラムの性質を利用して類似する領域の照合を省略



- AとBのヒストグラムの違いが大きいとき...  
AとBの重ならない領域(斜線部)の画素数

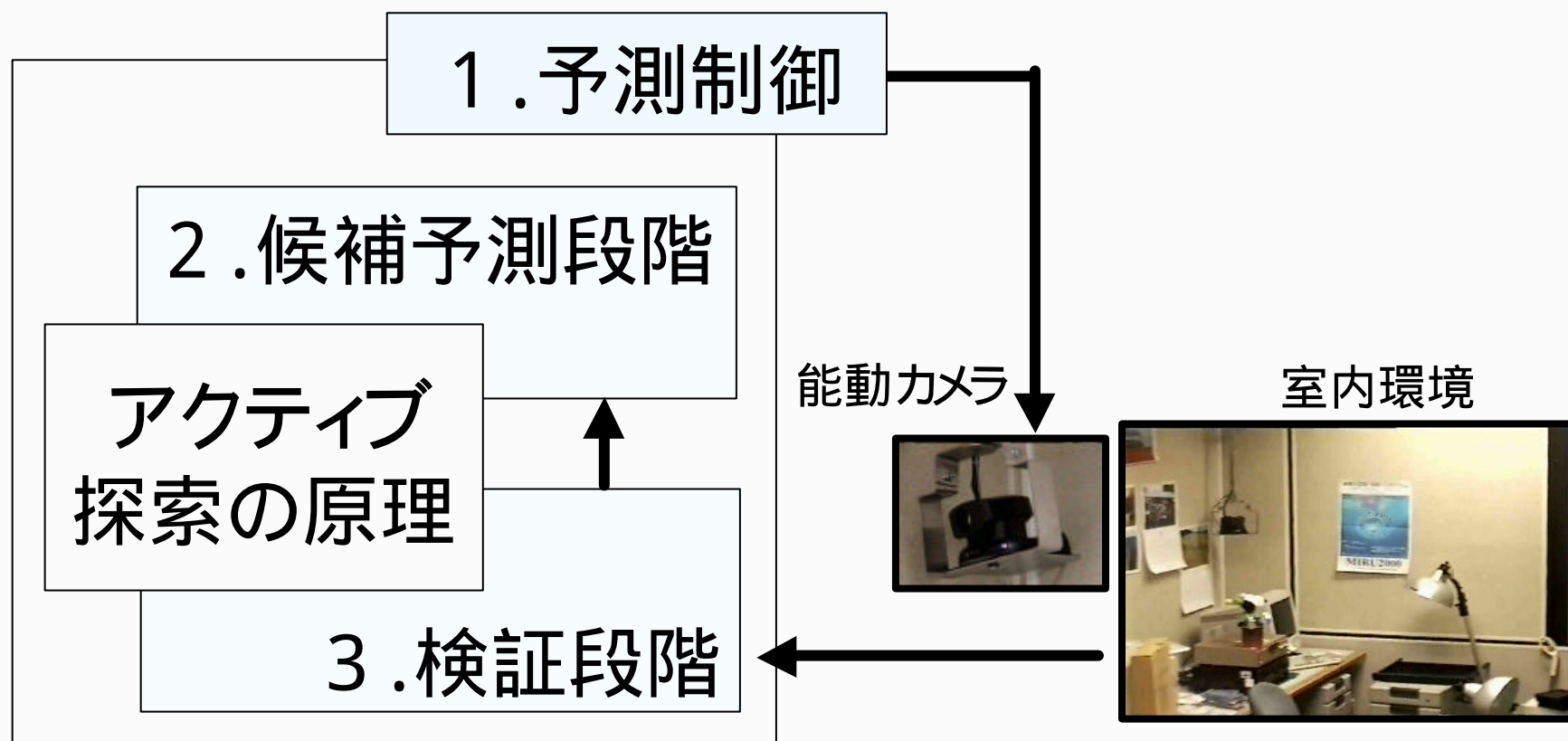
$$|M| \cdot S_{AM} + |B - A| > |M| \cdot S_{BM}$$

$S_{AM}$ はA, Mの類似値、 $S_{BM}$ はB, Mの類似値、

$|M|$ はMの画素数、 $|B - A|$ は斜線部の画素数

# 動的アクティブ探索法とは

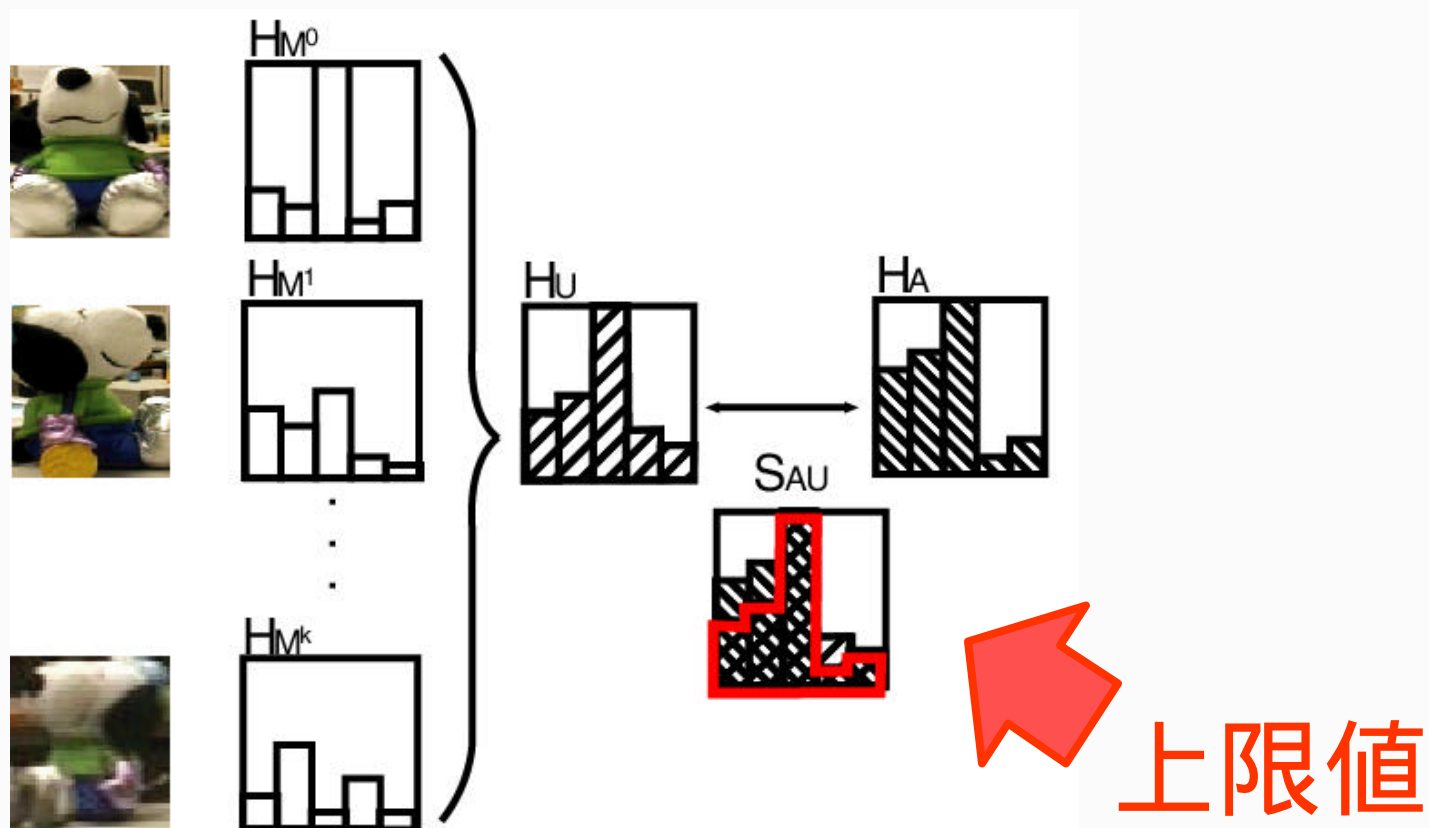
アクティブ探索の原理を用いて  
能動カメラの予測制御を行いながら  
高速に物体を照合探索する技術



# 候補予測段階

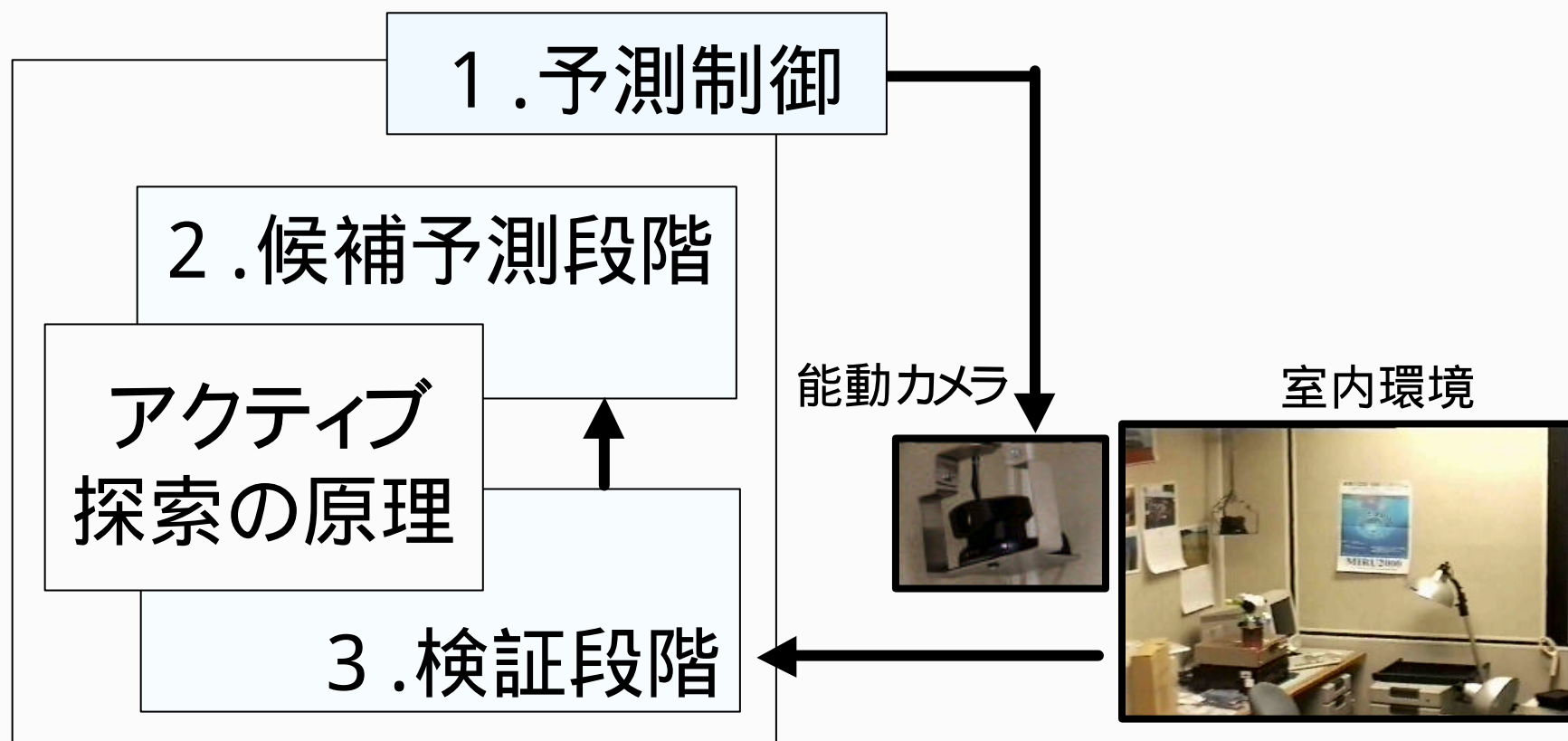
多数の参照画像 (予測用) を同時に照合

- 検出漏れがないことを保障



# 動的アクティブ探索法とは

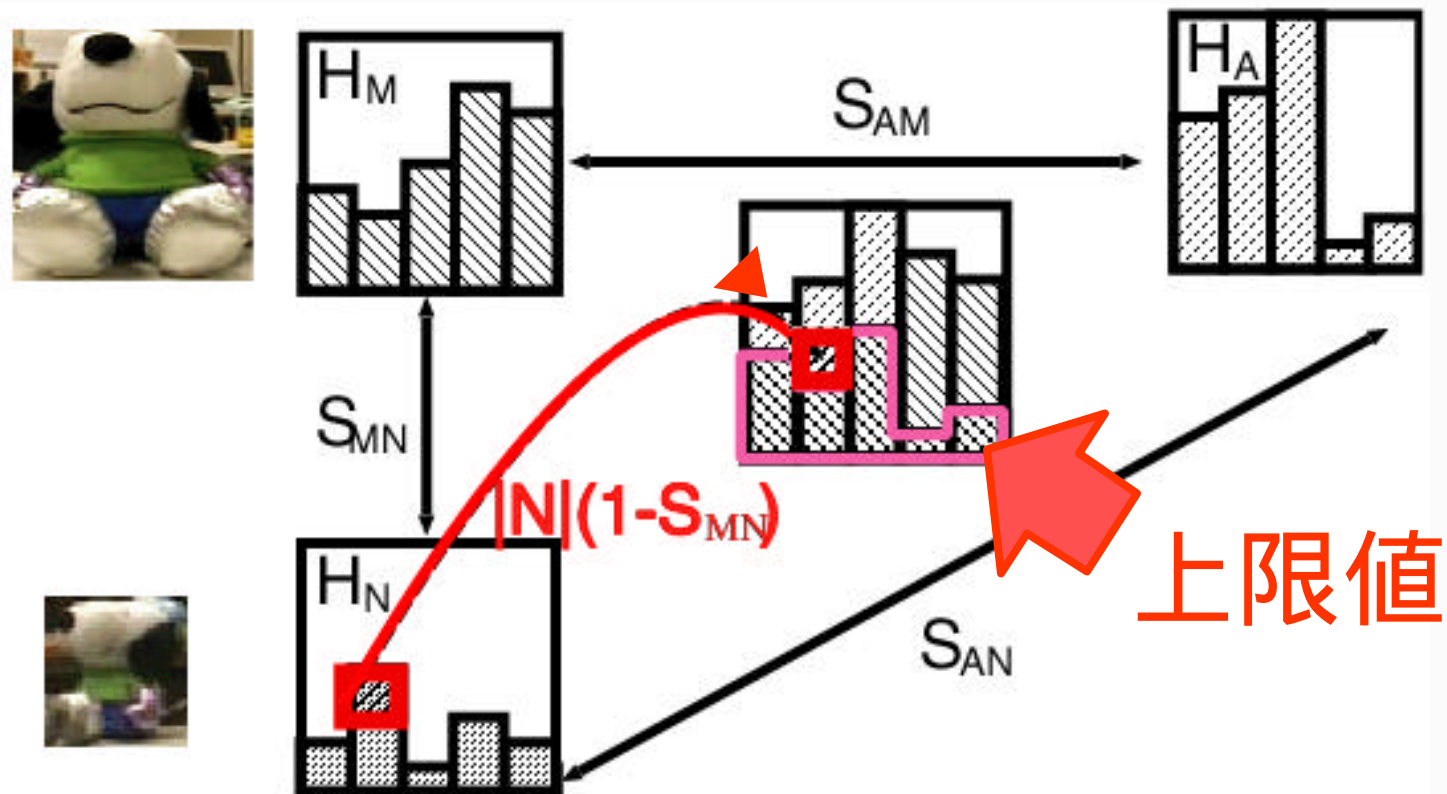
アクティブ探索の原理を用いて  
能動カメラの予測制御を行いながら  
高速に物体を照合探索する技術



# 検証段階

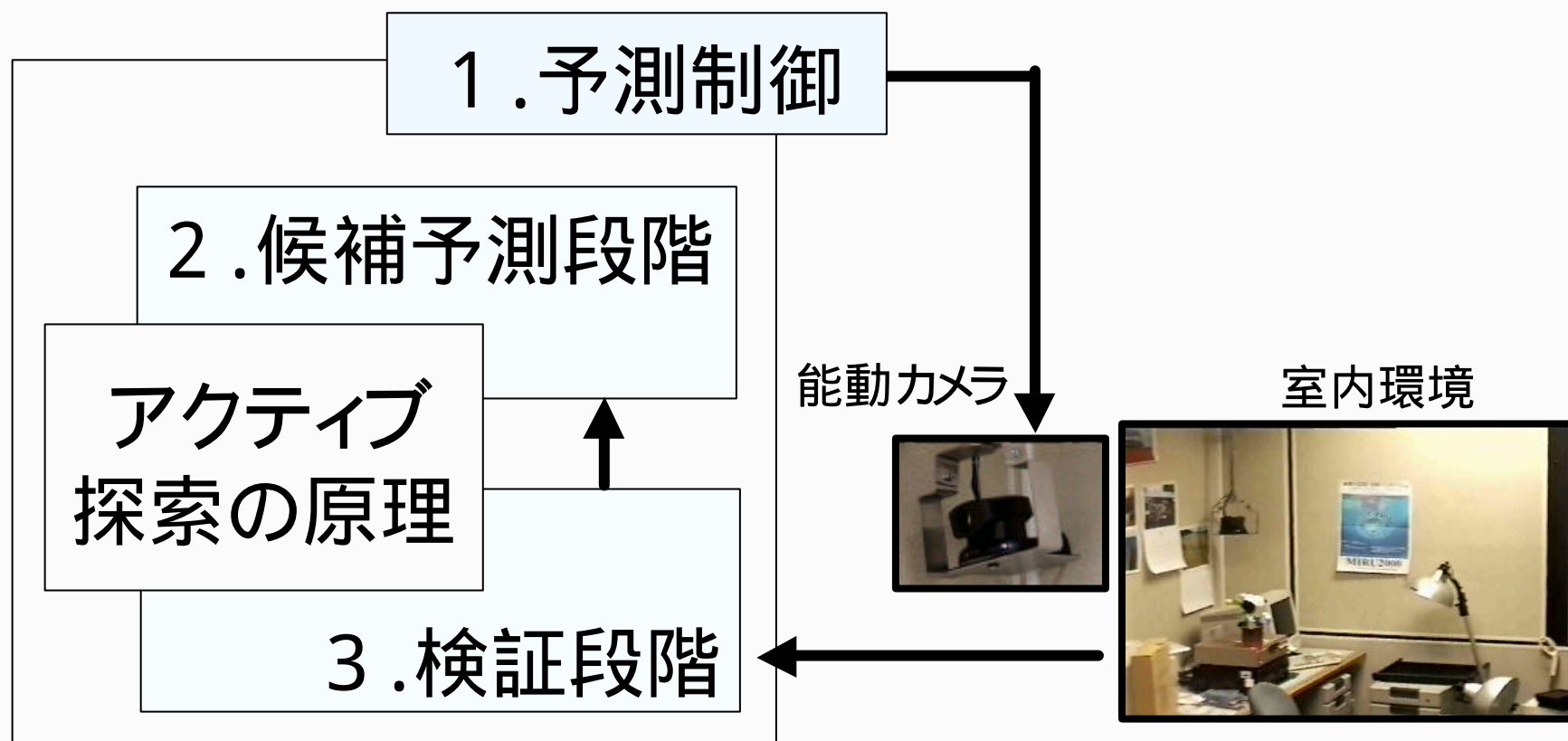
精度を保障した異なる参照画像間の照合の省略  
(検出漏れ、誤検出なし)

- 各参照画像に対して厳密な上限値を導出



# 動的アクティブ探索法とは

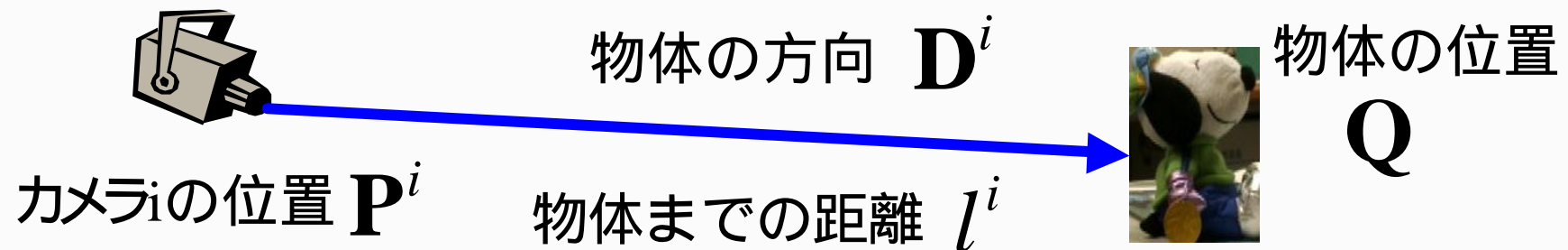
アクティブ探索の原理を用いて  
能動カメラの予測制御を行いながら  
高速に物体を照合探索する技術





# 複数の能動カメラによる物体の位置推定

動的アクティブ探索により得られた検出結果から  
物体の位置を推定



$$\mathbf{Q} = \mathbf{P}^i + l^i \cdot \mathbf{D}^i \quad \text{但し、} |\mathbf{D}^i| = 1$$

- 単眼測量

物体の実寸サイズと、検出した画像上のサイズから  $l^i$  を決定

- 多眼測量

$l^i$  を未知数として2台以上のカメラからの連立方程式を解く

# 実験

- 探索速度評価 (予測制御の有無、1台or4台)
- 動的アクティブ探索による  
位置推定精度の評価 (1台or4台)

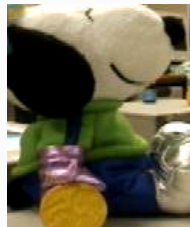
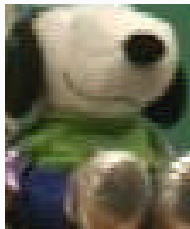
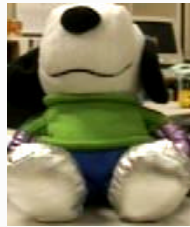
- 実験条件

- 検証用参照画像 (400~2000画素) 約50枚
- 予測用参照画像(100~400画素) 約50枚

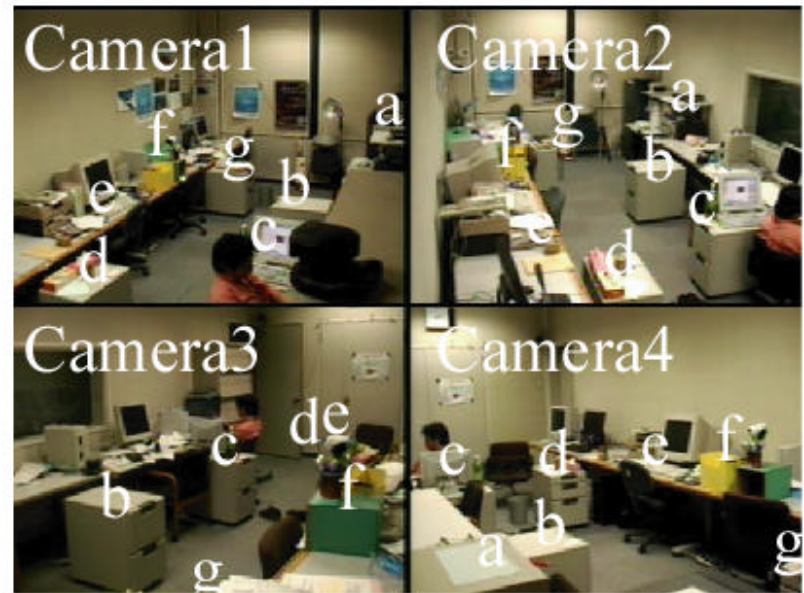
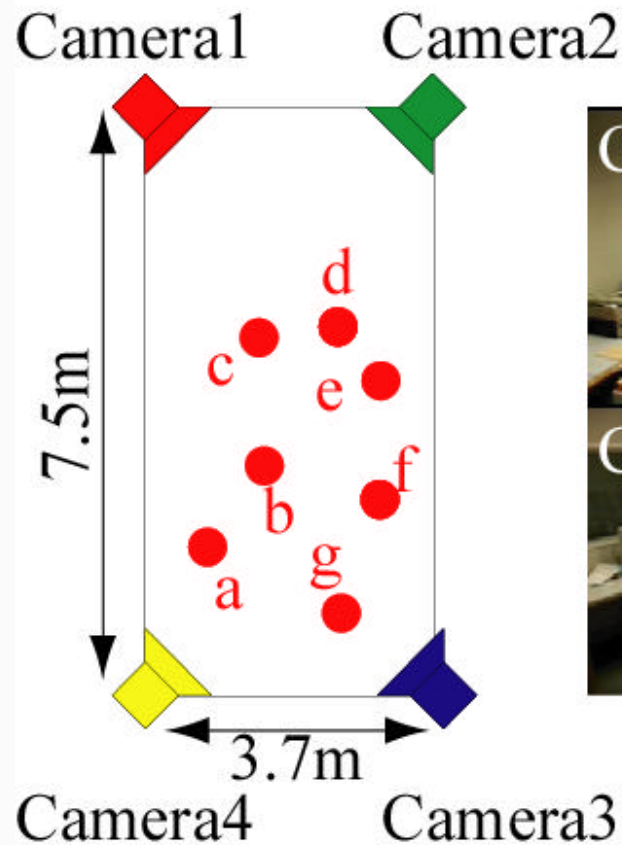
計算機	SGI社O2
CPU	R12000
カメラ	SONY社EVI-D30
解像度	320x240

# 実験環境

参照画像の例



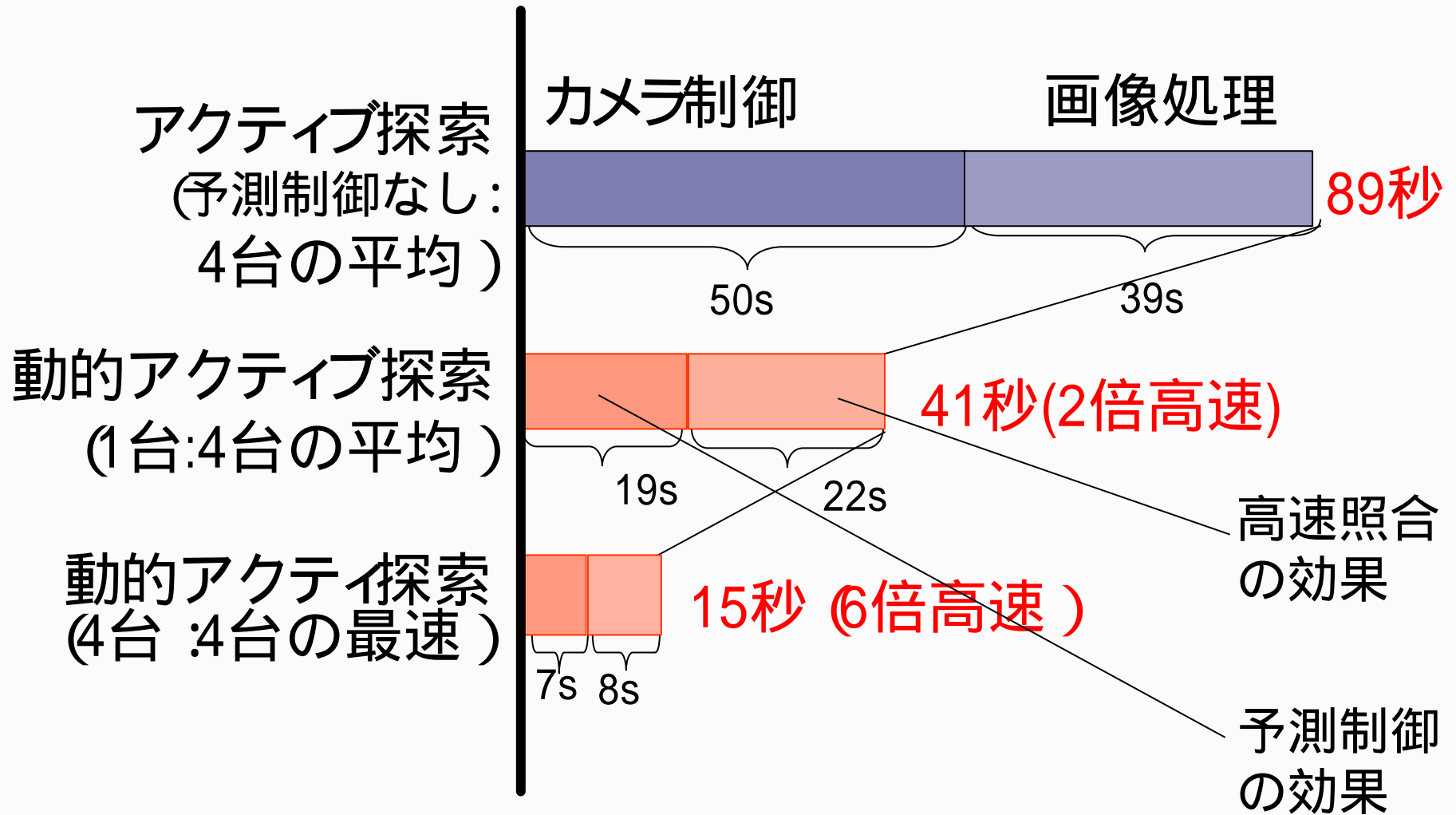
探索領域の例 (探索視野は $32^{\circ} \times 24^{\circ}$ )



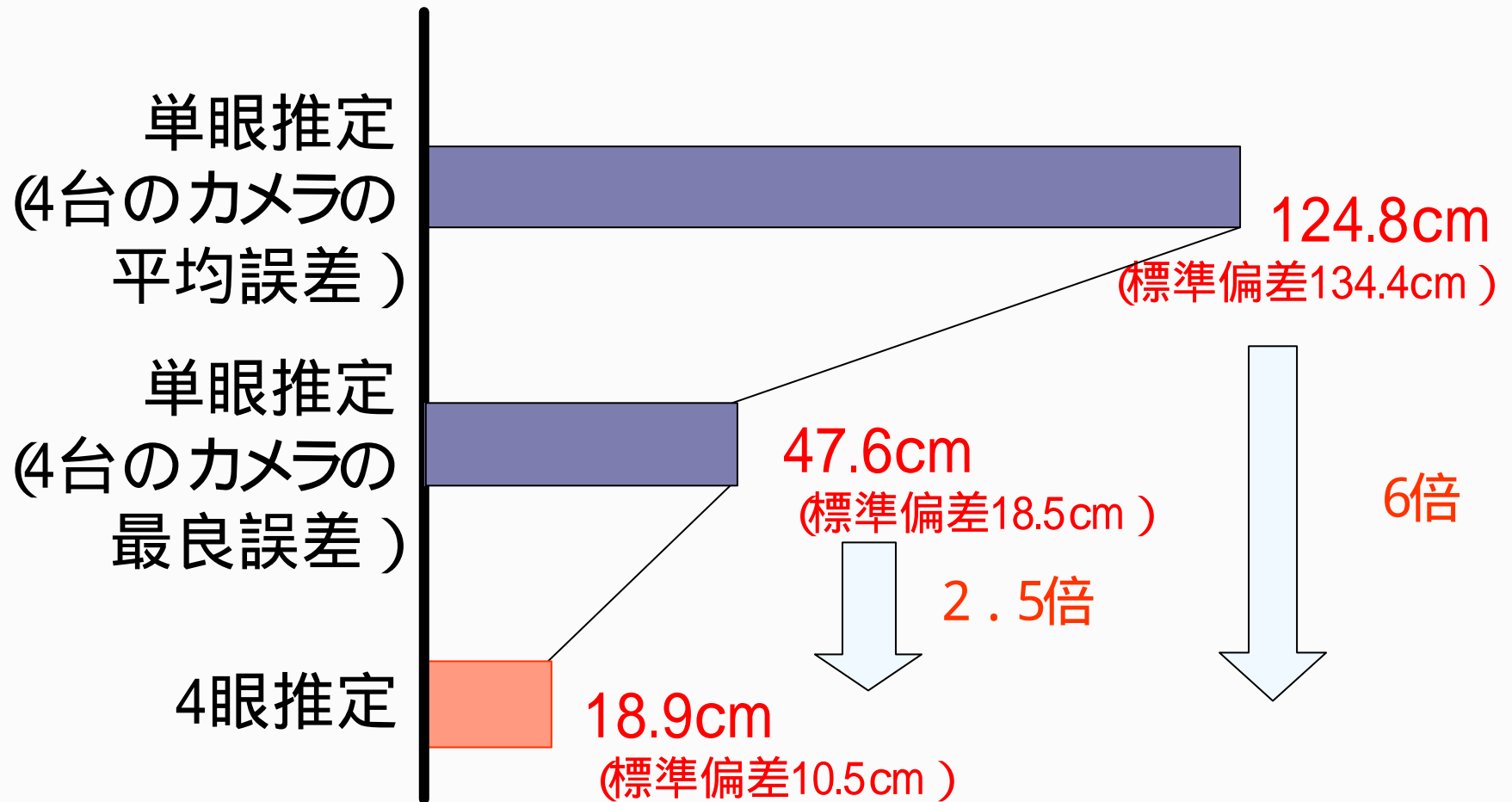
# 検出の様子 (ビデオ)



# 速度評価

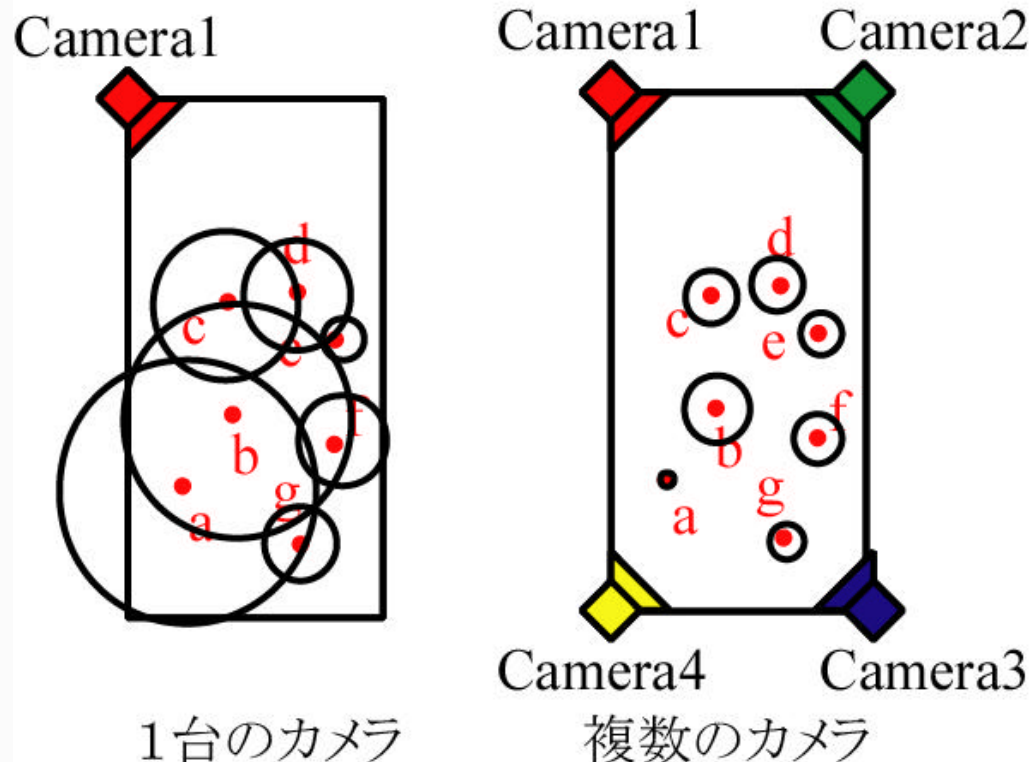


# 位置推定精度評価



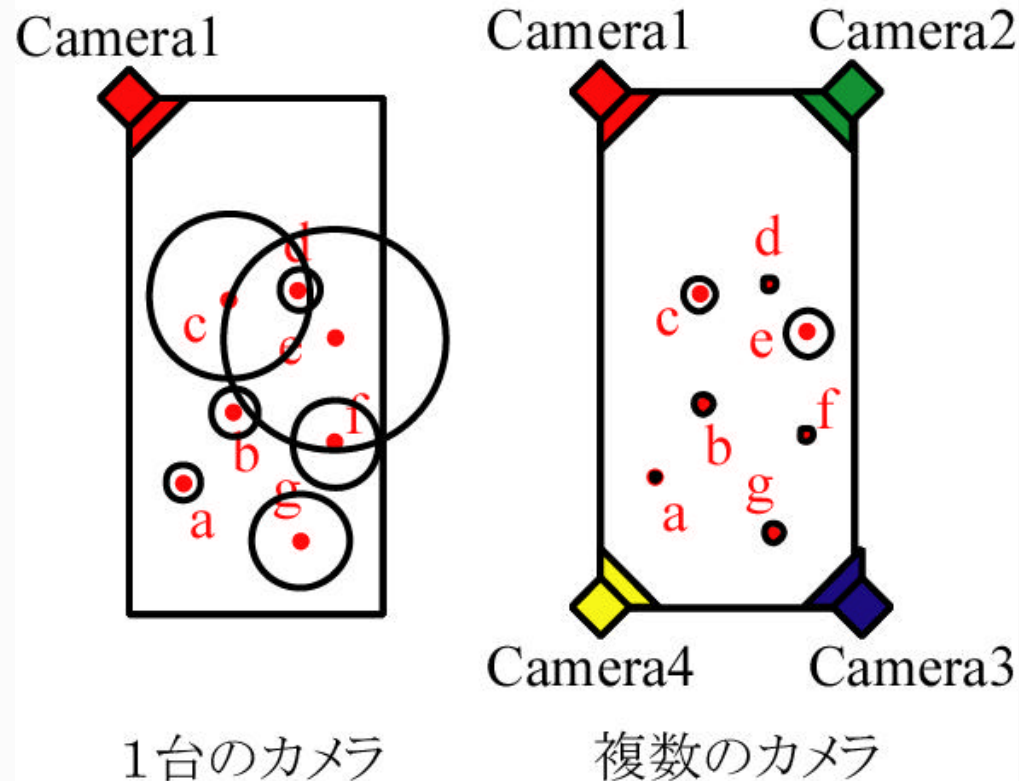
# 考察 1

- 多数のカメラの導入により精度が向上するのは
  - 物体までの距離が近づくことによる高速化効果よりも予測制御の成功確率が向上する効果大きい



## 考察 2

- 多数のカメラの導入により精度が向上するのは
  - 動的アクティブ探索の検出結果のうち、検出サイズの精度よりも検出方向の精度が良いことによる。





# まとめと今後の課題

---

- まとめ

- アクティブ探索原理に基づきカメラを能動的に予測制御する「動的アクティブ探索法」を提案した。
- 動的アクティブ探索法により2倍以上の速度向上を実現し、また4台のカメラに適用することによって、6倍以上の速度・精度の向上を実現した。

- 今後の課題

- 複数カメラ間の予測情報の共有による協調高速探索の実現を目指す

# 検証段階における探索

- 参照画像のヒストグラム間の差異を用いて各参照画像に対して厳密な上限値を導出

