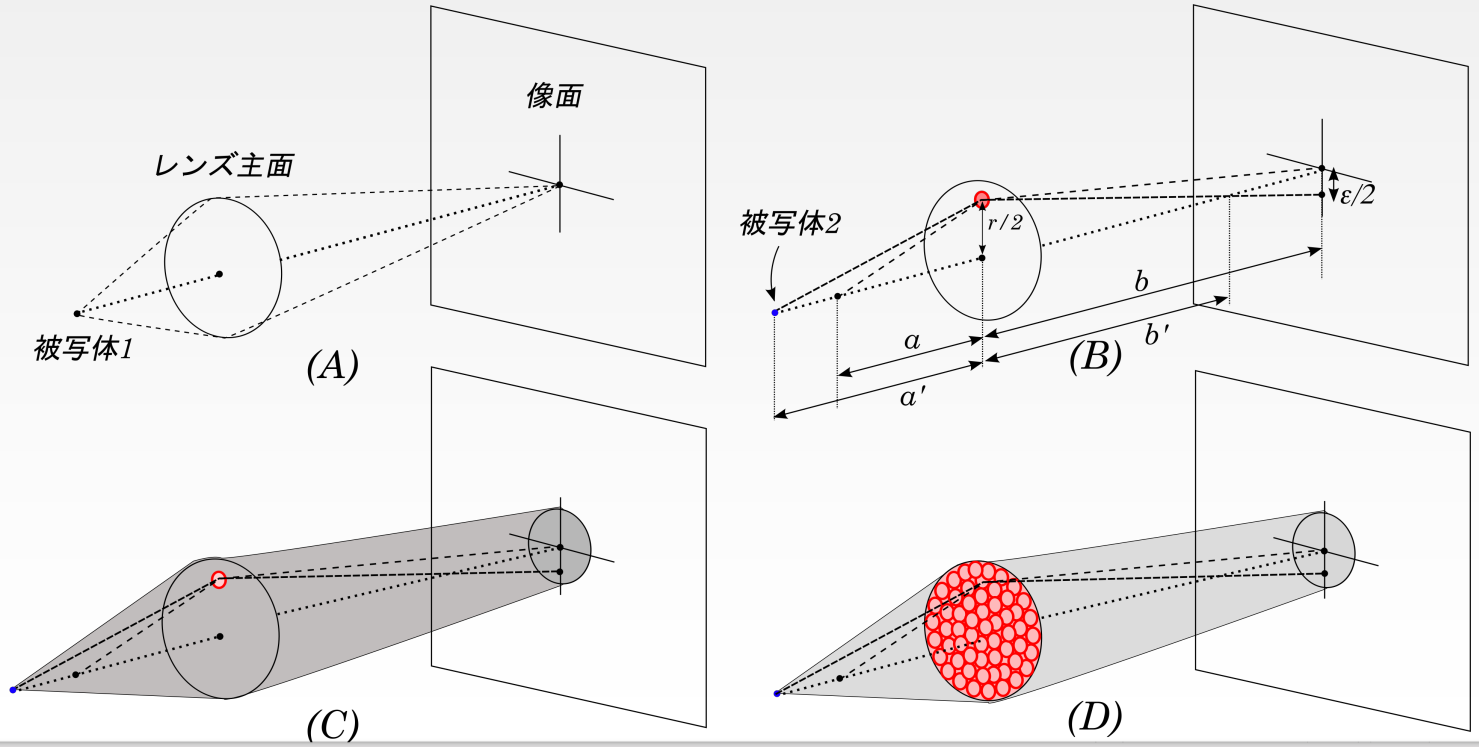
合成開口撮影法

- レンズは「口径内を通過した光」を平面上に投影する装置

⇩

- 口径を細分化して撮影し，計算により平面上に重ねあわせ
  - 「ぼけ」と「視差」は，もとは同じ現象

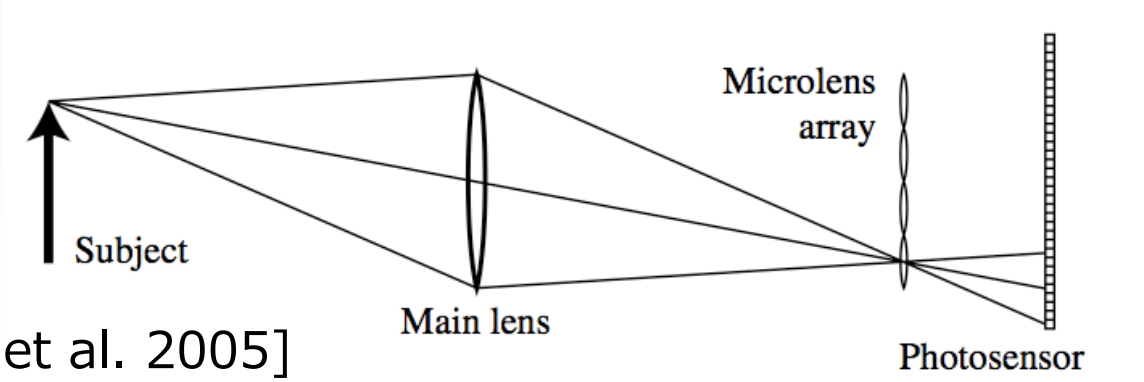


Plenoptic Camera

Hand-held Plenoptic Camera
(Ren@Stanford)

Heterodyne Light Field Camera
(Raskar@MERL)

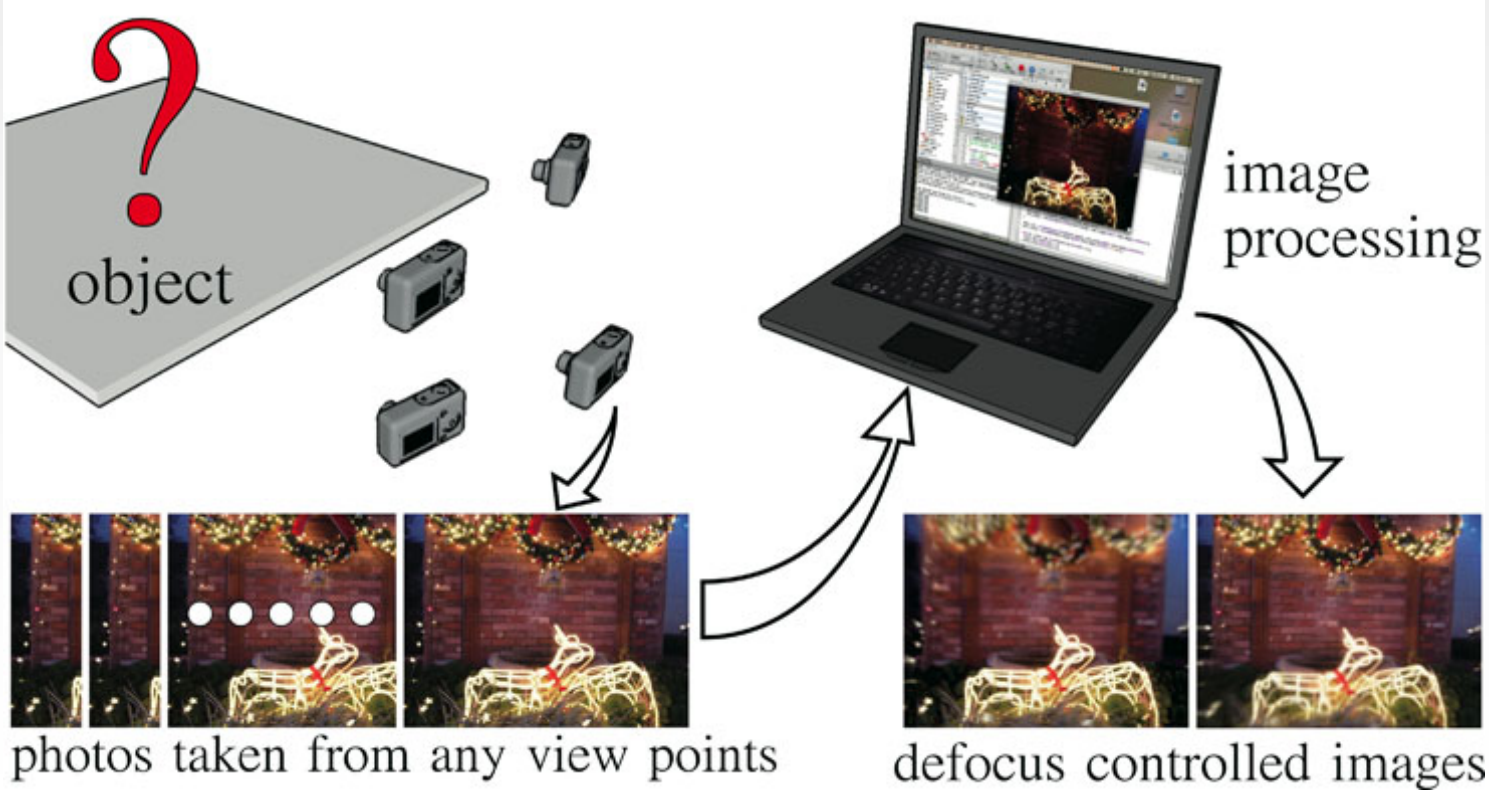
- 撮像素子に工夫することで，複数視点からの映像を得る
  - レンズの「どこ」を通った光かがわかる



[Ren et al. 2005]

手持ちカメラによる合成開口

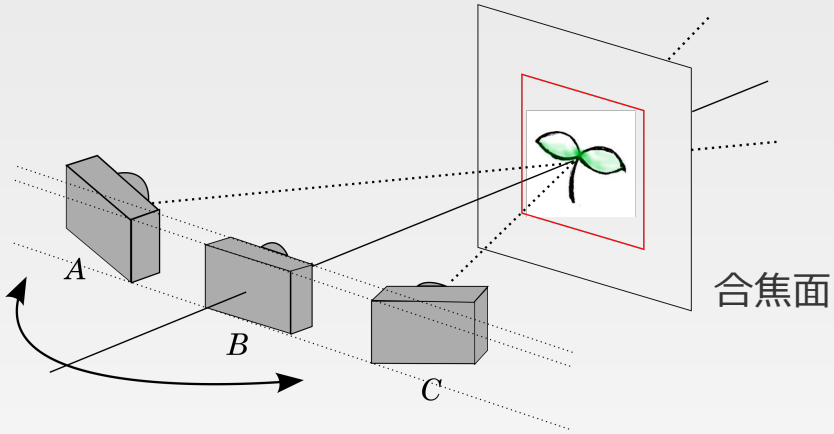
- 専用の装置を必要としない合成開口法
  - 一般の小型デジタルカメラにより手持ちで連射した多視点画像から画像処理によってきれいなぼけを作り出す
    ・視点位置が不明　・光軸が平行でない　・画像撮影枚数が少ない



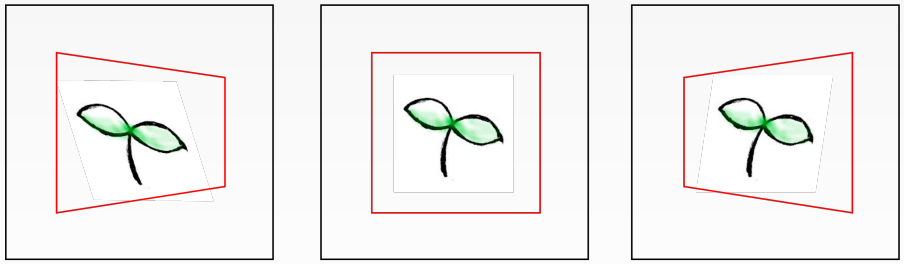
楠本@阪大,
MIRU(2008-10),
CVPR(2009)

カメラ位置姿勢の変化による画像変形の補正

■ 手持ちによる撮影の問題（１）



カメラ姿勢の光軸に対する回転



撮影画像上の合焦面の形状・スケール

合焦面のみかけの形状が同じである保証がない

カメラ位置姿勢による変形の補正が必要

各画像間の合焦面に対して平面ホモグラフィを計算

ホモグラフィ変形により合焦面の視差を補正

撮影画像枚数が少ないことによる不連続・不自然なぼけ

焦点面が合うように重ね合わせた結果

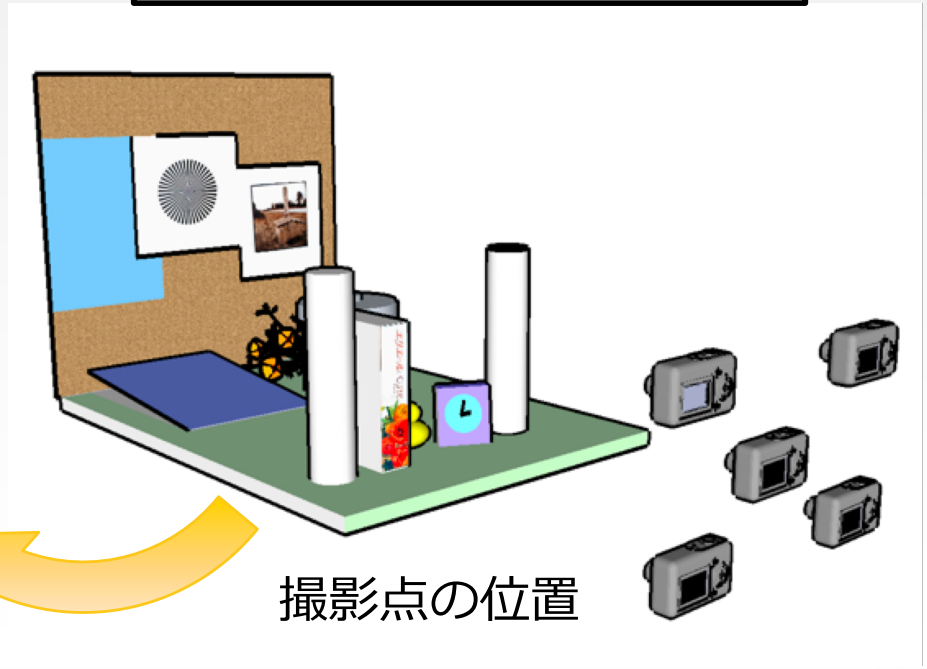
5枚の画像の重ね合わせ(前景に焦点)
○合焦面は鮮明　　×背景は見苦しい

■ 手持ちによる撮影の問題（2）

ぼけ部分に輪郭線が出現

↑

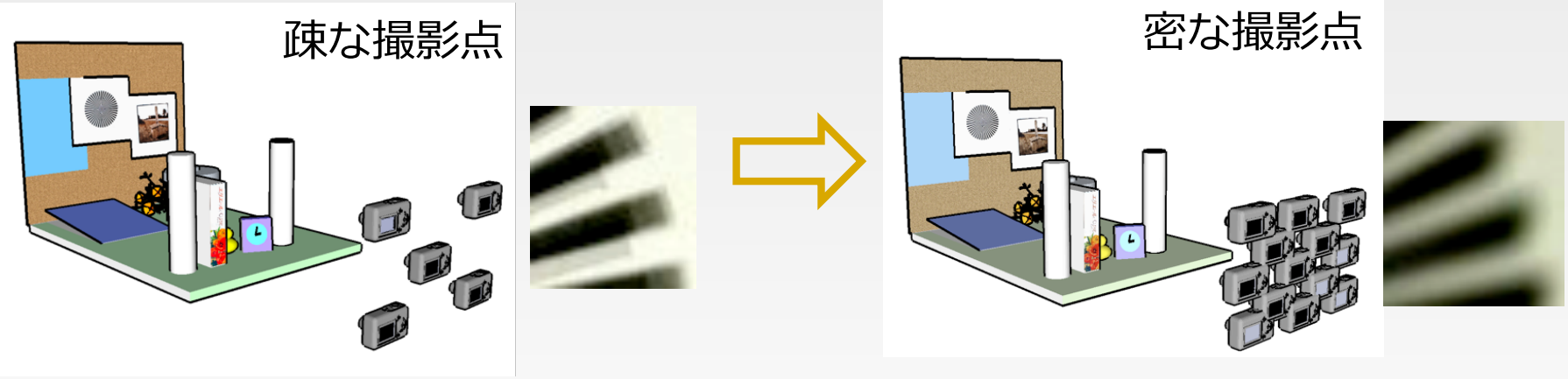
撮影点の間隔が広すぎる



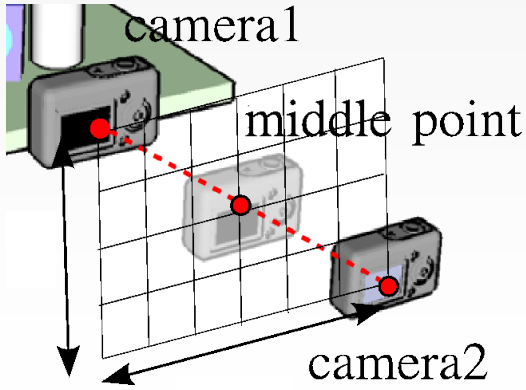
撮影点の位置

補間画像によるぼけ品質の向上

- 撮影画像間の中間画像を作成
  - 中間画像で補間することで滑らかなぼけを実現
    = 疎な撮影点を密に補間



- 撮影画像間の視差から相対的な撮影位置を推定
  - 補間画像のための撮影点を相対的に設定



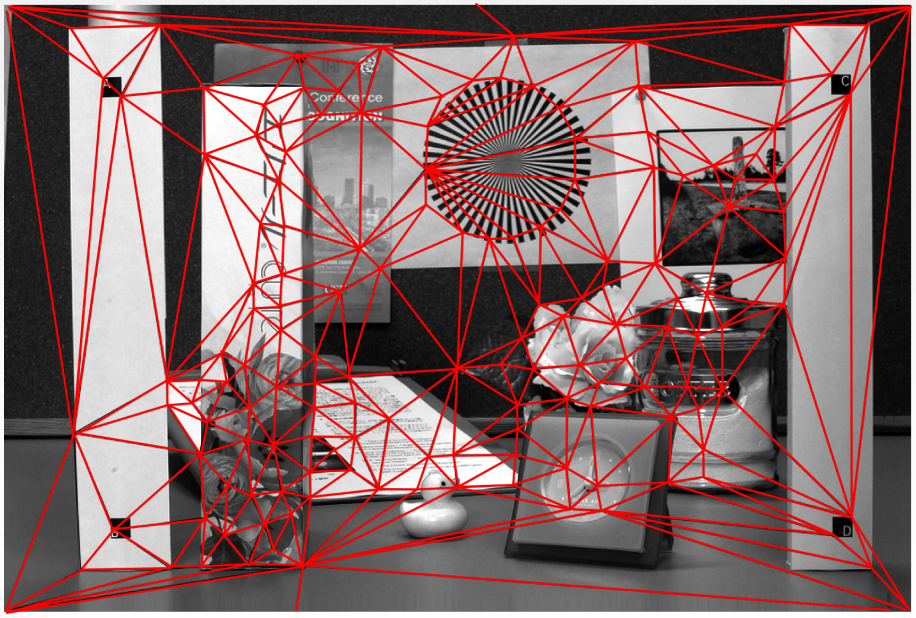
- 撮影画像から補間画像を作成
  - モーフィング技術を応用

中間画像の作成

■ 得られる視差は追跡可能な特徴点についてのみ
- 特徴点以外の画素の視差を補間によって求める

特徴点同士を結んで領域分割
分割した小領域ごとに線形補間

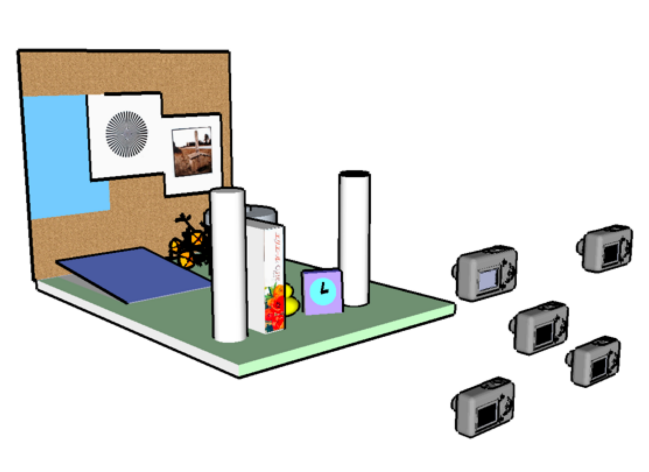
画像間の視差の計算結果



中間画像の作成過程（領域分割）

補間を用いたぼけ画像作成

入力画像



目標出力画像
（実際に口径が大きい一眼レフカメラを用いて撮影した，大きなぼけを含む画像）

補間を用いたぼけ画像作成

前景に焦点

後景に焦点

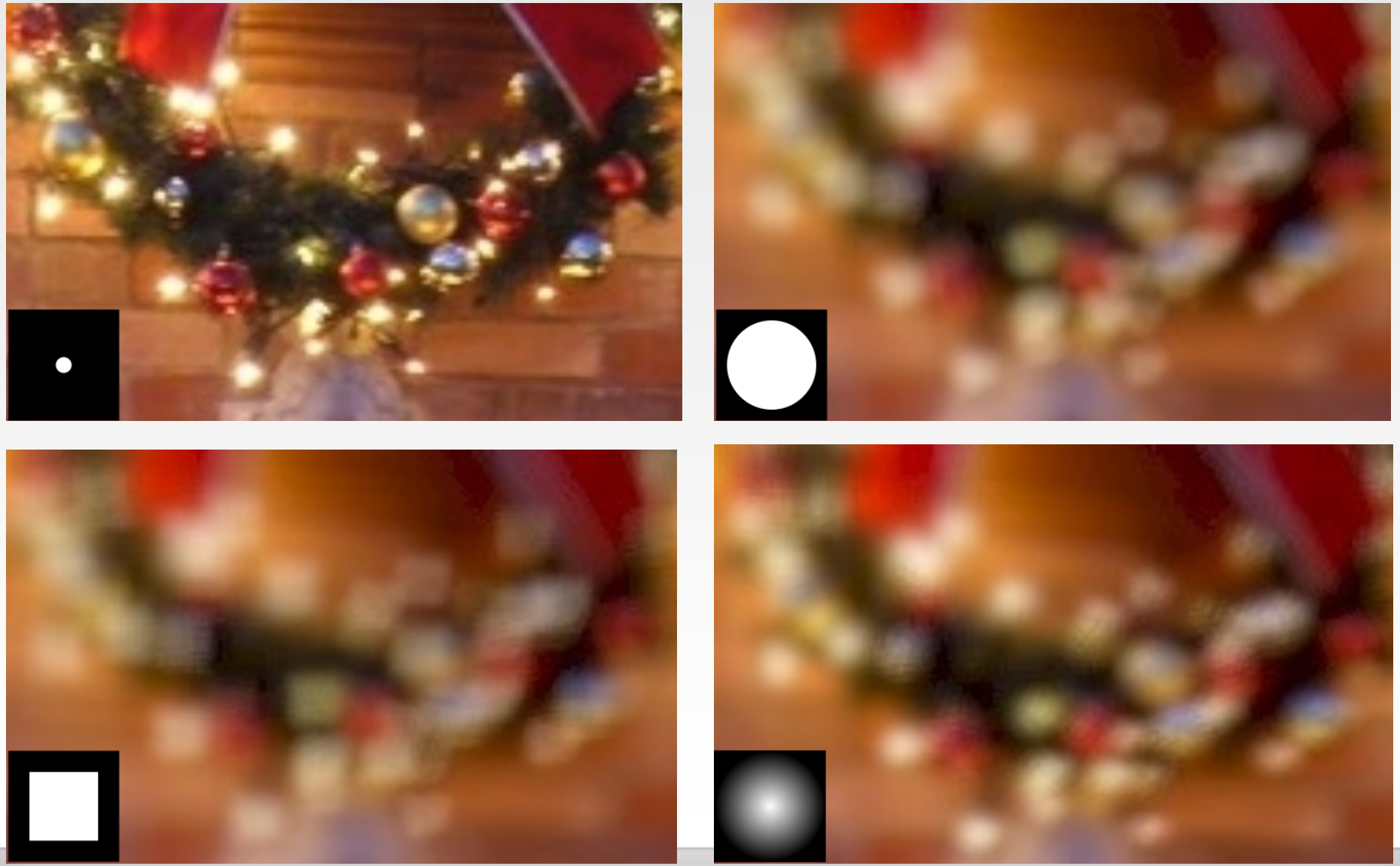
撮影画像5枚
補間画像100枚

視点位置・姿勢が未知の少数の画像から
大きなぼけを含む画像を得た

デジタルリフォーカス

- 手持ちカメラで撮影した複数の画像から，背景や前景など任意の部分にピントを合わせ，それ以外をぼかすことが出来る

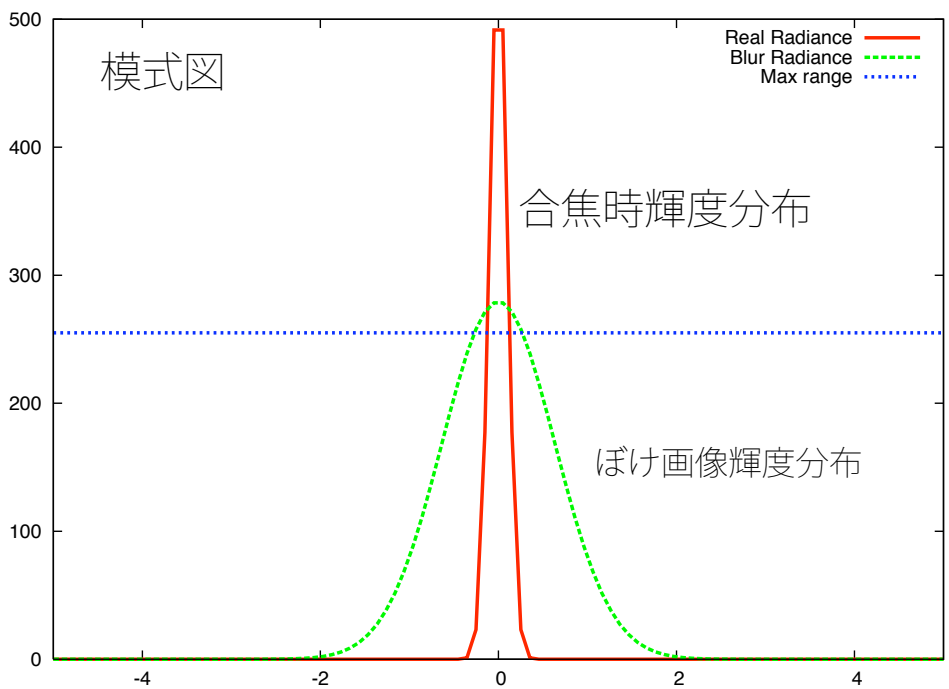
PSF変更によるぼけ味の調整

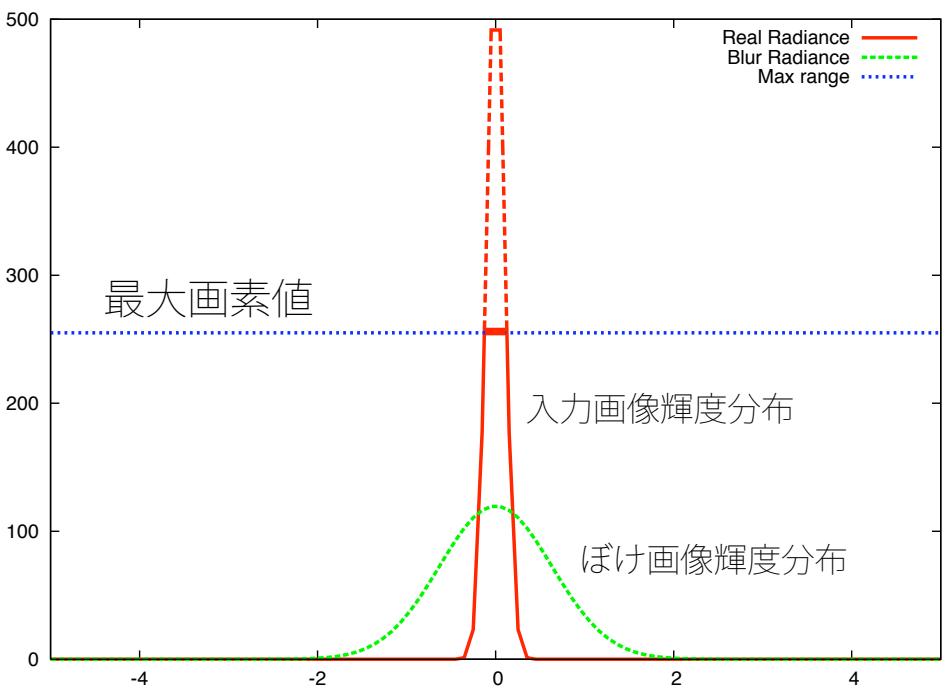


光量の飽和とぼけ

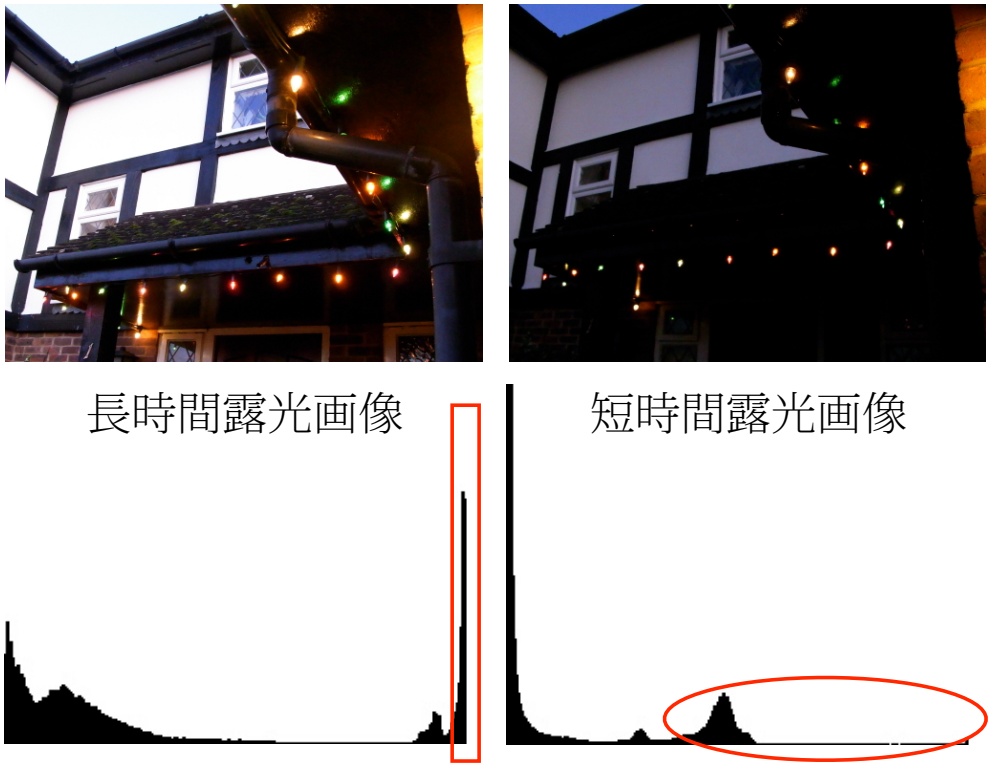
大口径レンズによる実際のぼけ

絞りを絞って撮影した画像と計算によるぼけ





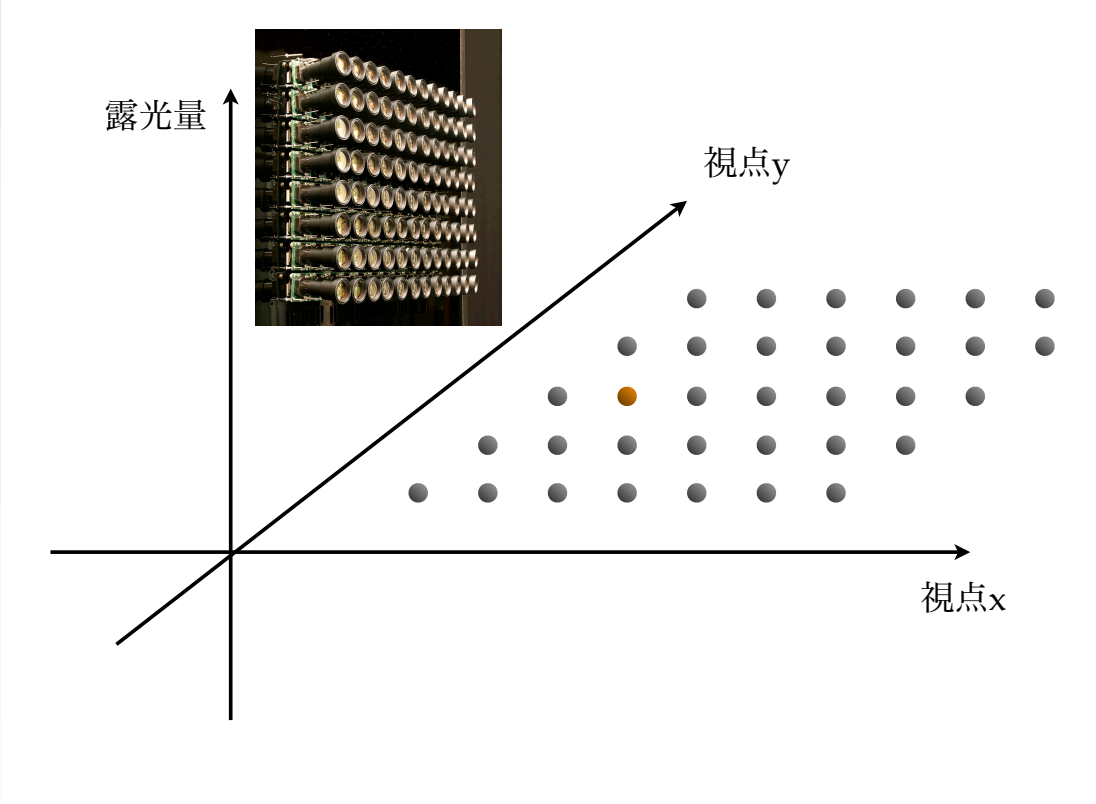
露光の違いとヒストグラム



各画像のヒストグラム

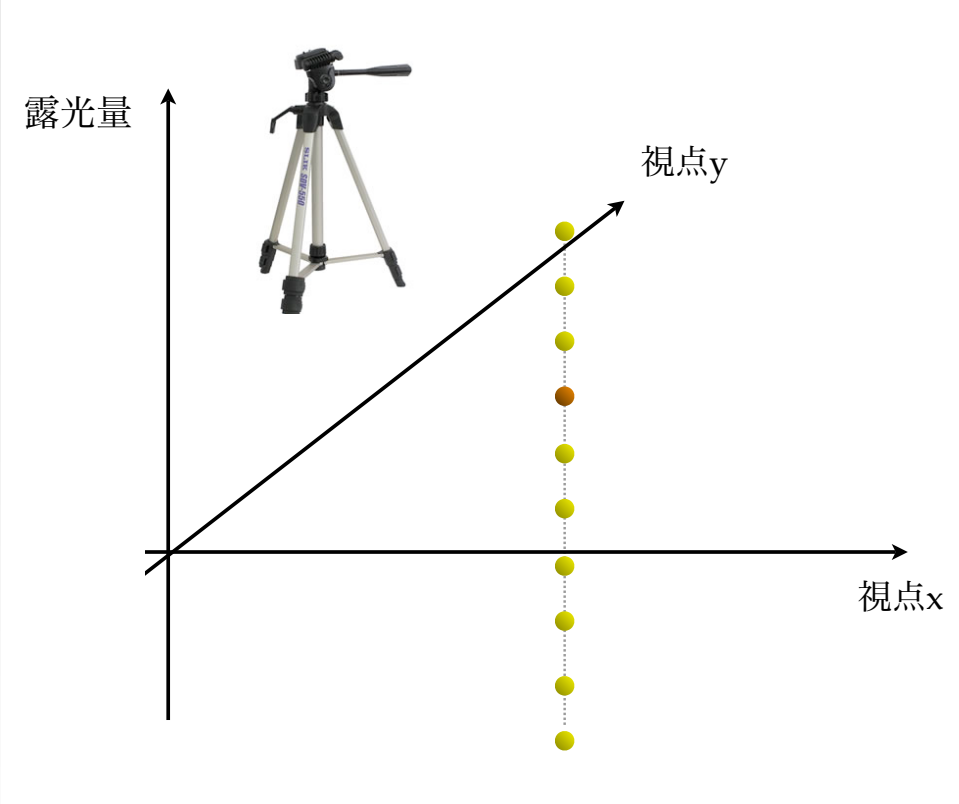
- 一般に，点光源などは白飛び（飽和）してしまう
- 短時間露光画像では白飛びがない代わりに鑑賞に耐えない

合成開口法とHDR



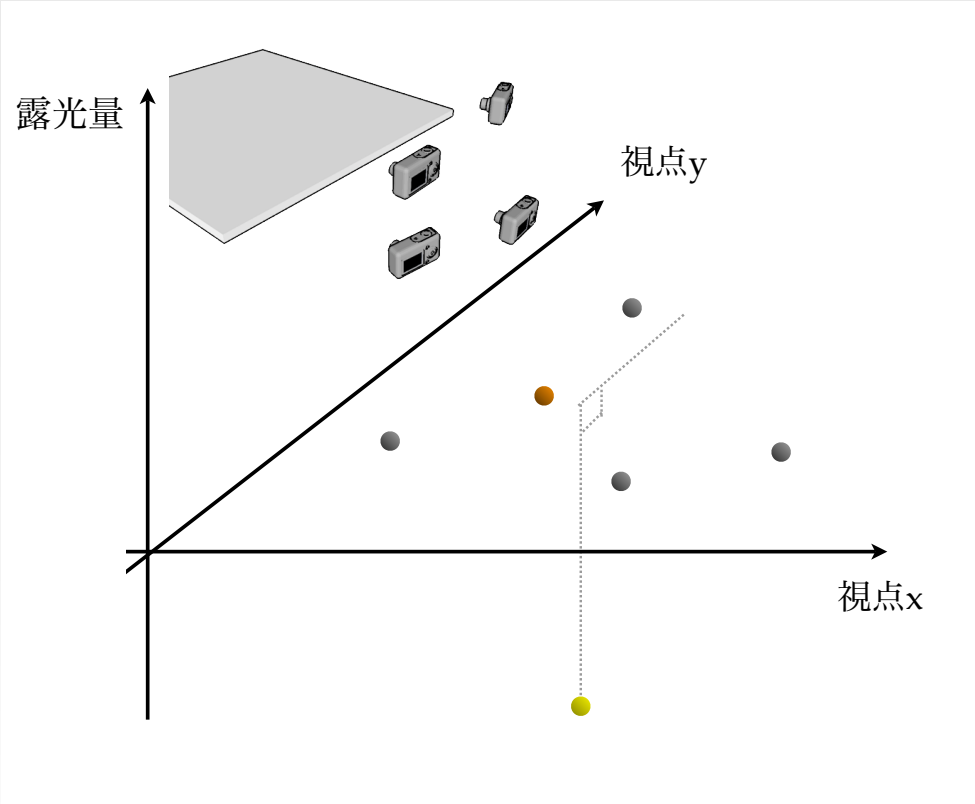
- 画像にぼけを作り出すには，視点が様々に変化した画像を用いる
- カメラアレイからは，規則的に並んだ視点からの像が得られる

合成開口法とHDR



- HDR(High Dynamic Range)撮影では，露光量を様々に変化させた画像を用いる
- カメラの位置は固定する（画像のずれをなくすため）

合成開口法とHDR



- 提案手法では，ランダムな視点からの画像を用いる
- そのうち１枚だけを，露光量の小さい画像とする

実験結果

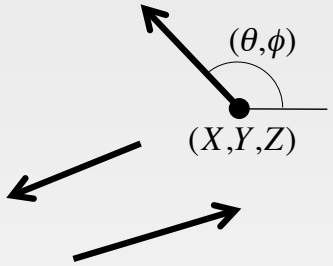
光量の復元無し

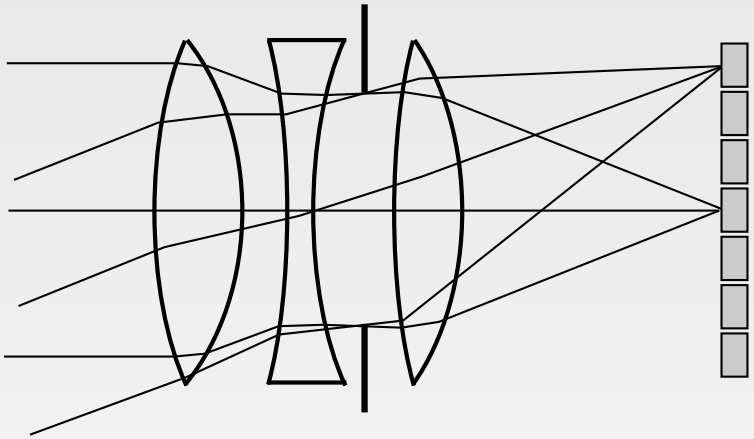
位置合わせ＋光量復元結果（提案手法）

- 点光源のぼけがくすんでしまうことなく，くっきり，色鮮やかになる

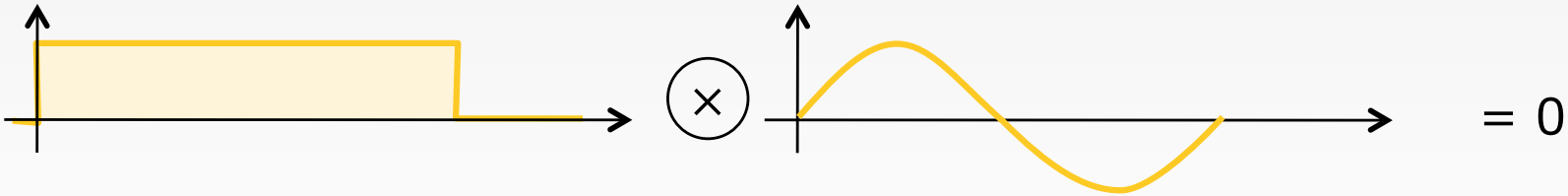
「積分」を再考する

$$I = P(X,Y,Z,\theta,\phi,\lambda,t)$$





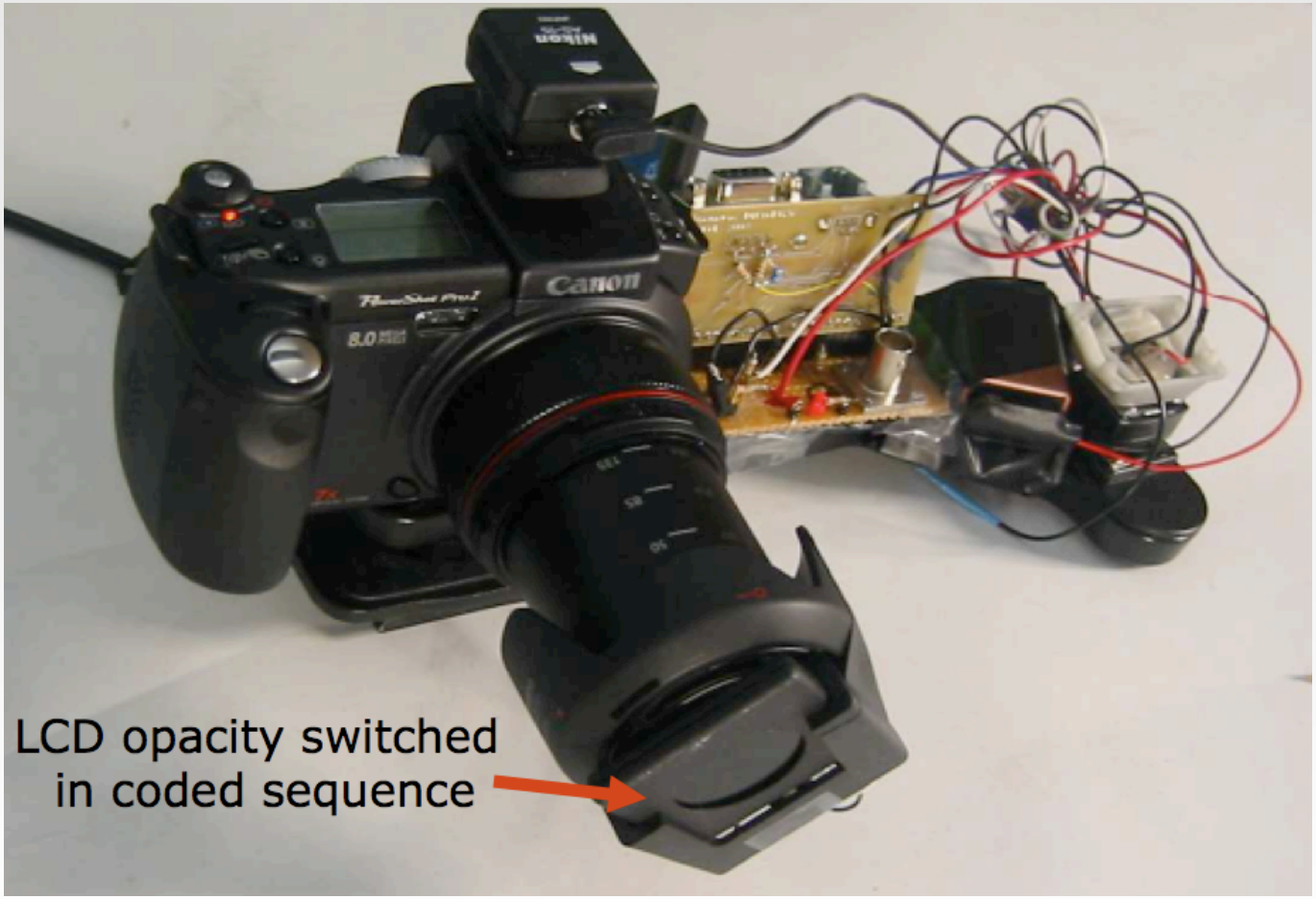
- 積分により，情報の一部が失われる
  - 積分区間にちょうどn周期が収まるような周波数の情報は失われる



  - 露光時間内の被写体のぶれ
  - 距離の違いによるぼけ

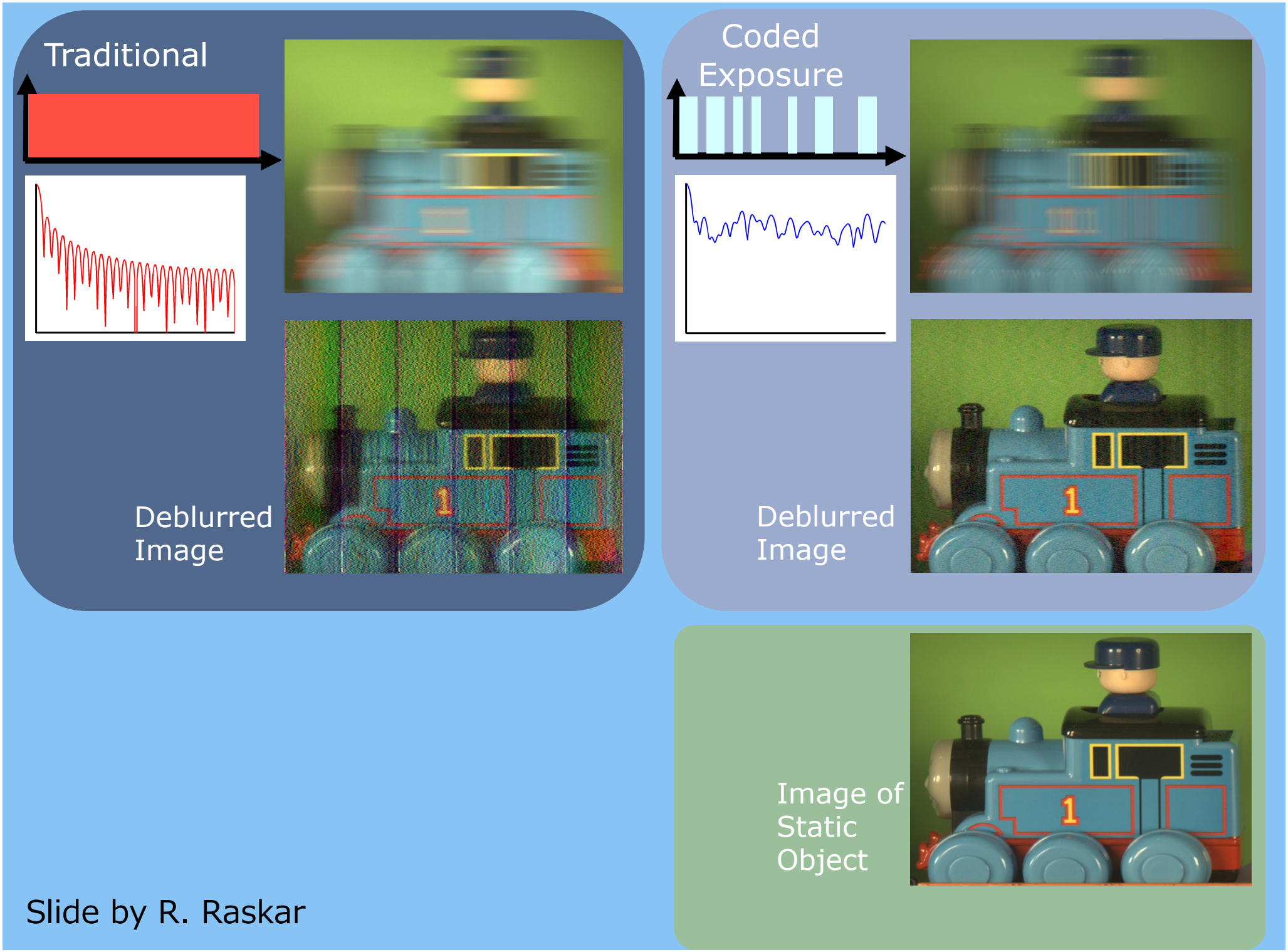
$$\int_0^{2\pi} A\sin(nt)dt = 0$$

Coded Exposure



Flutter Shutter Camera (Raskar@MERL)

- 符号化露光：露光を時間軸方向に符号化

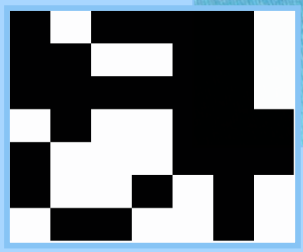


Slide by R. Raskar

Coded Exposure

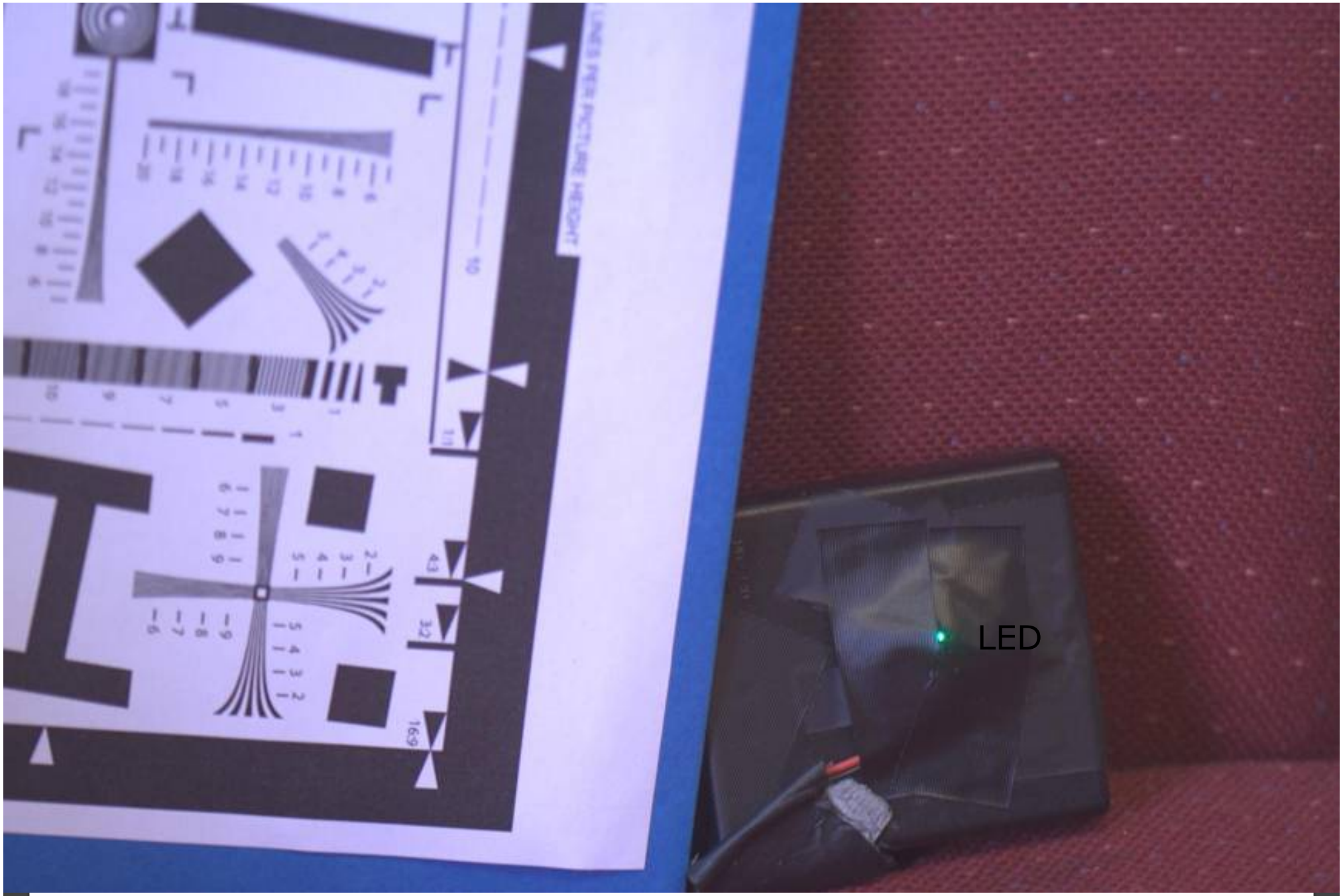
Temporal 1-D broadband code:
Motion Deblurring

Coded Aperture



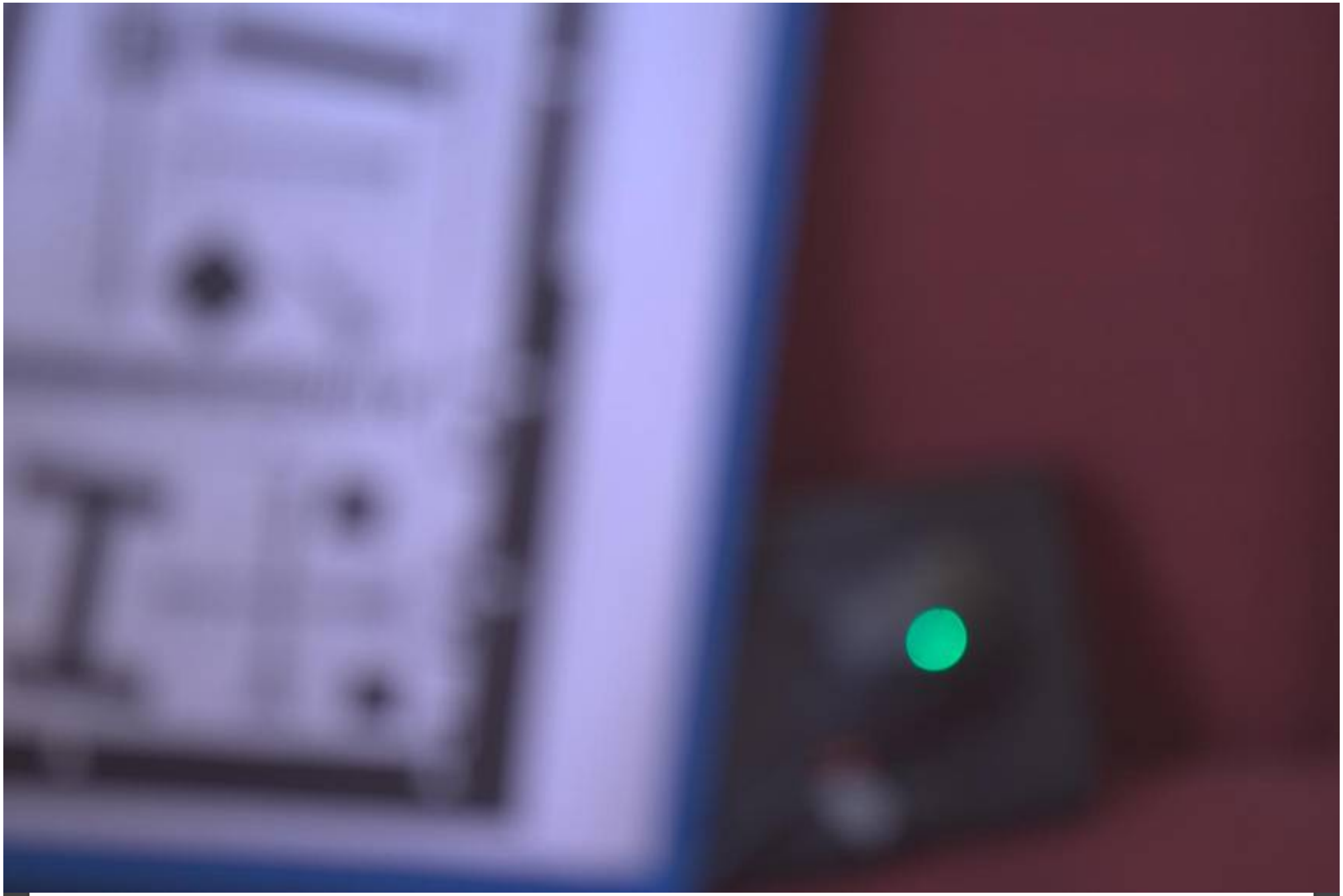
Spatial 2-D broadband mask:
Focus Deblurring

Slide by R. Raskar



In Focus Photo

Slide by R. Raskar



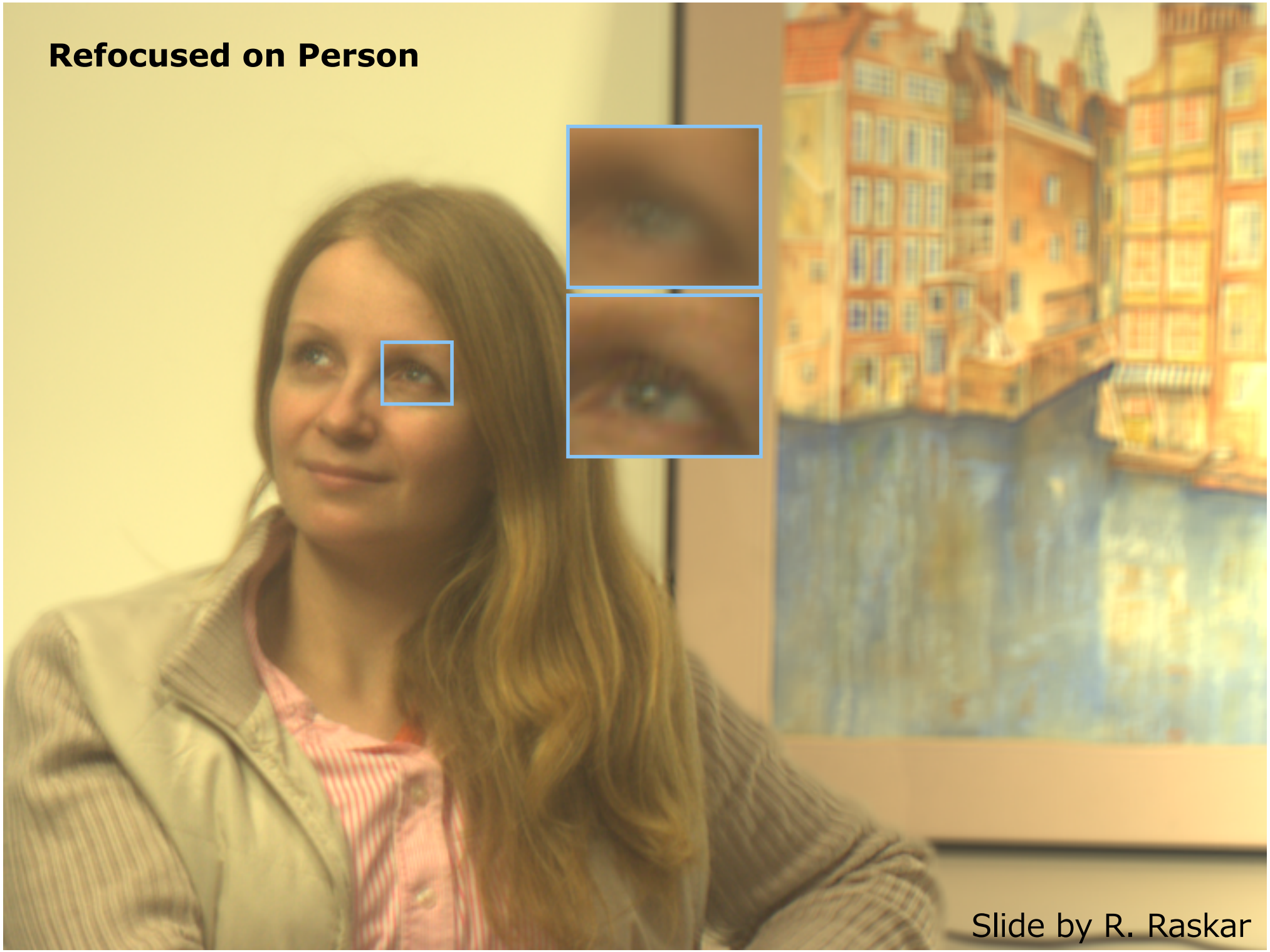
Out of Focus Photo: Open Aperture

Slide by R. Raskar

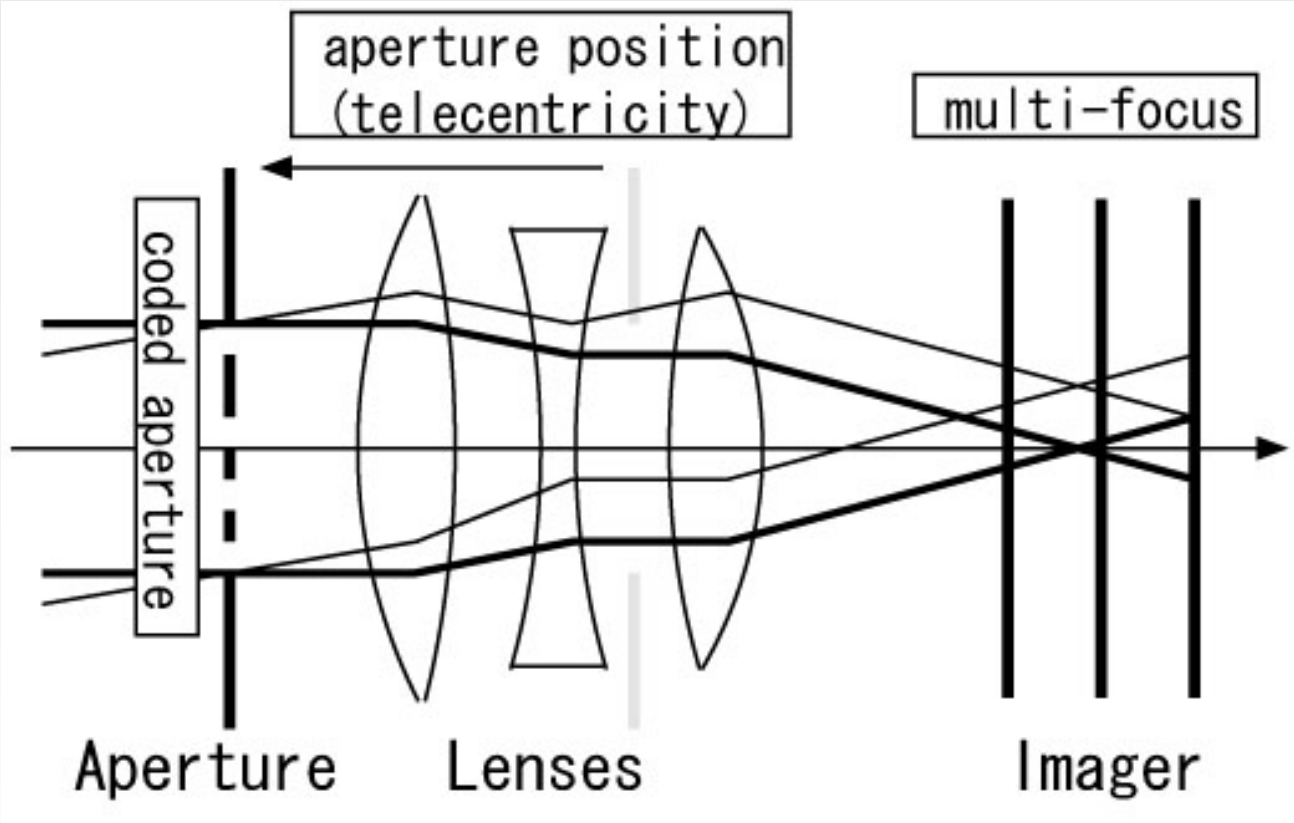
Out of Focus Photo: Coded Aperture

Slide by R. Raskar

Captured Blurred Photo
Slide by R. Raskar


Refocused on Person
Slide by R. Raskar

符号化開口
多重フォーカスカメラ

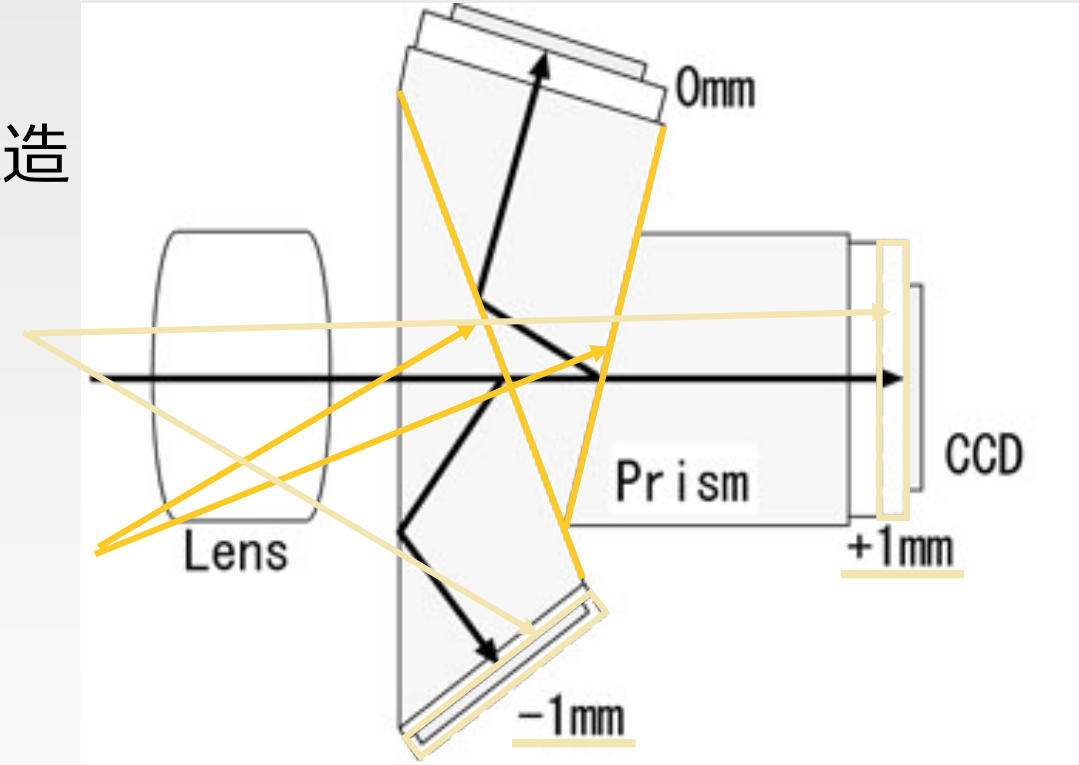


日浦 他,
CVPR(1998),
画像センシング
シンポジウム
(1999)

- ぼけカーネルの符号化による距離推定の安定化・原画像復元
- 合焦距離の異なる３つの画像の同時取得

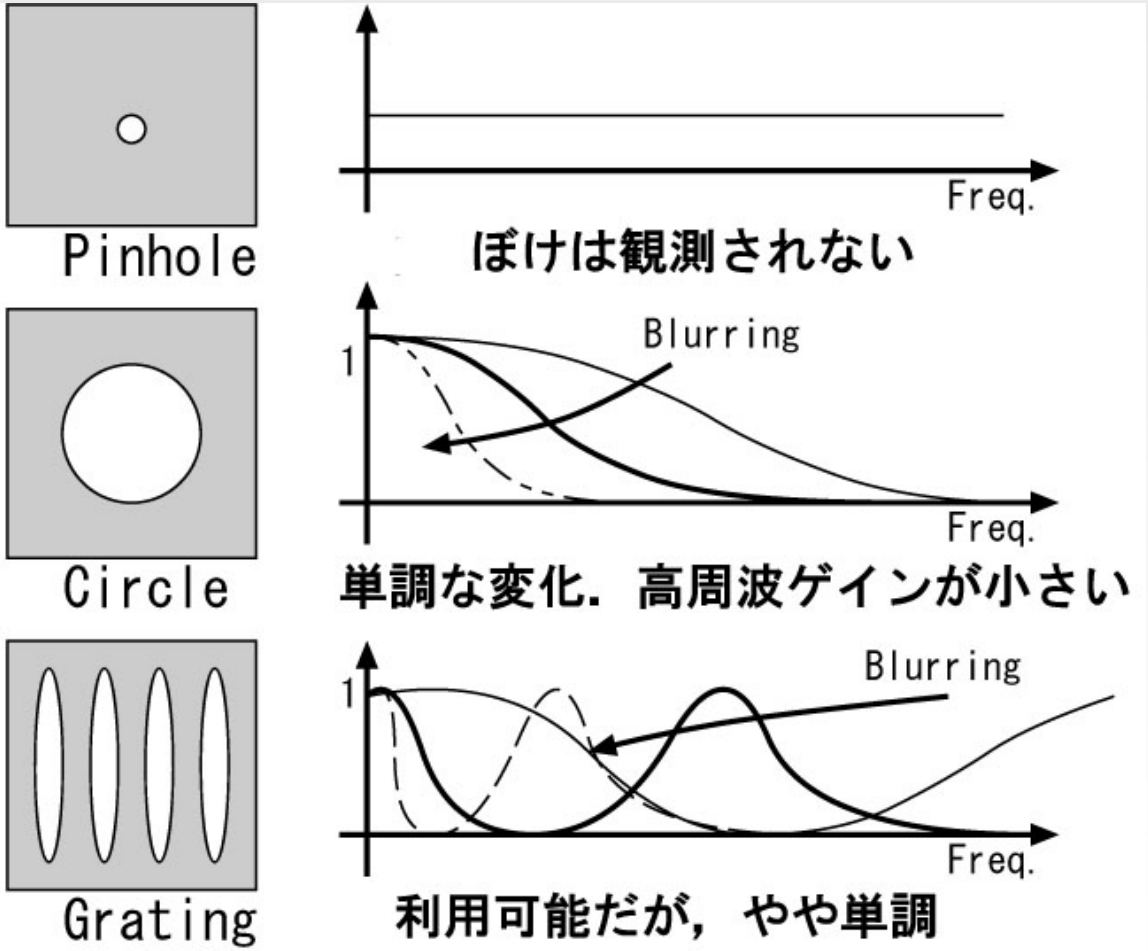
多重フォーカスカメラの構造

- カラーCCDカメラを改造
- 各CCDを1mmづつ光軸方向に移動
- プリズムの再蒸着による分光特性の除去
- 通常の3CCDカメラと同等の寸法／重量



開口形状に求められる性質

- 通常用いられる円形開口は，必ずしも適した開口形状であるとはいえない（美しいぼけを生じさせるために円形を採用）

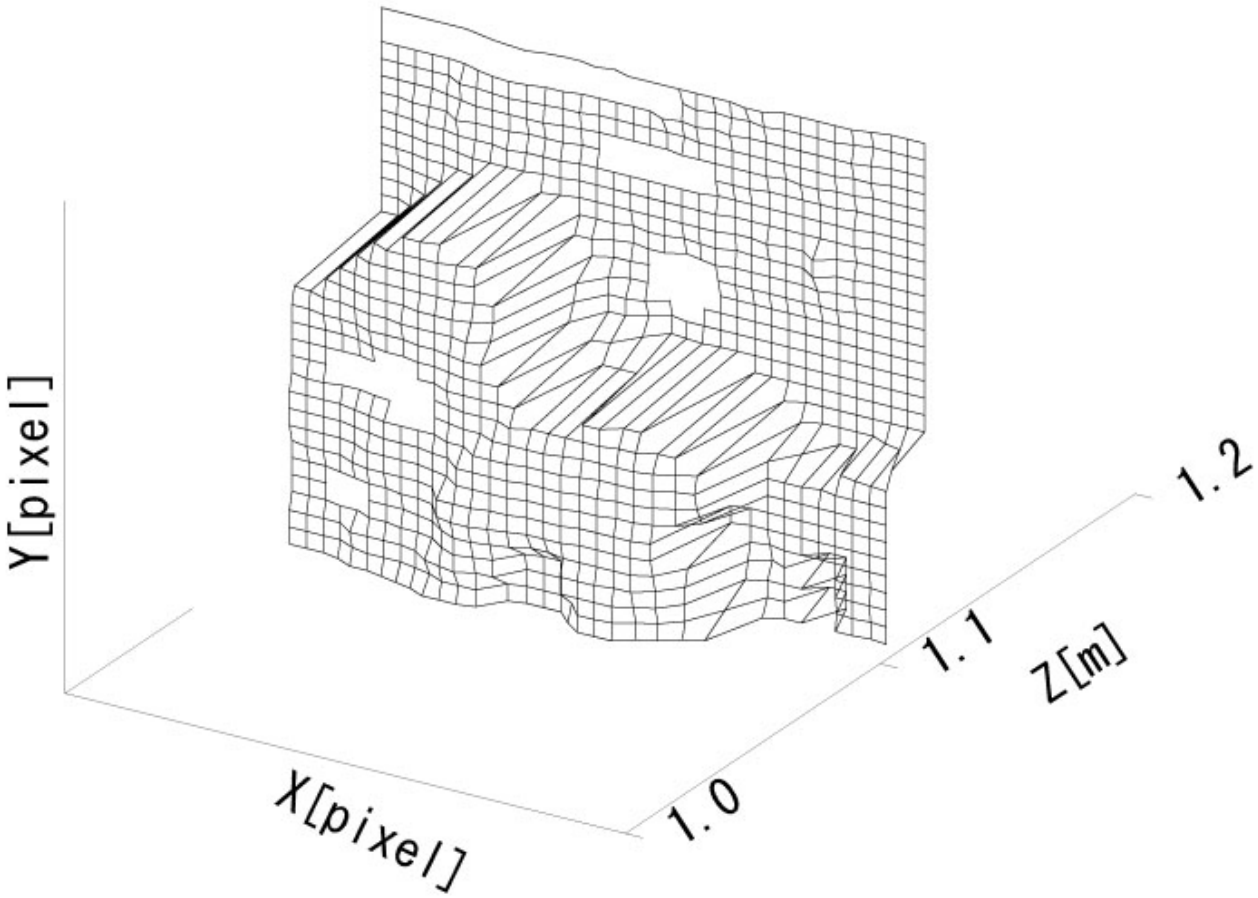


入力画像

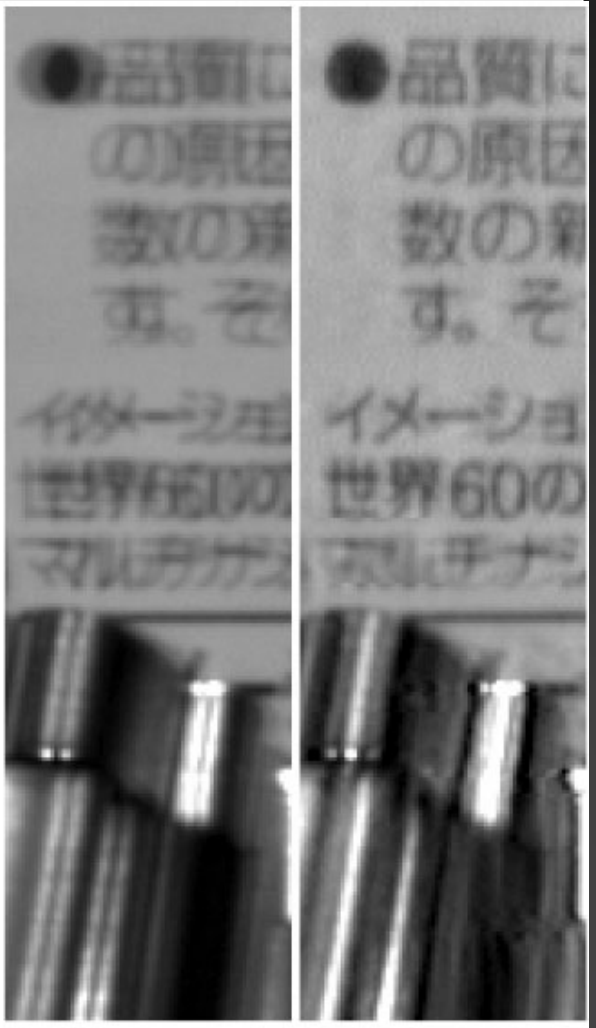
最後面CCD

復元された完全合焦画像

復元された対象の形状



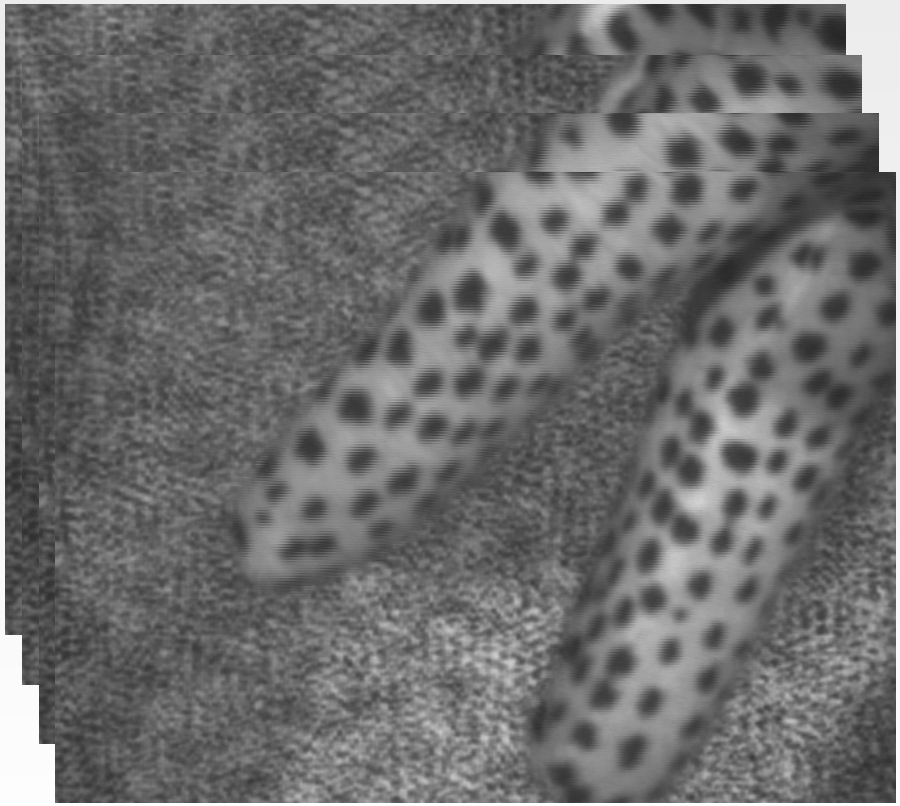
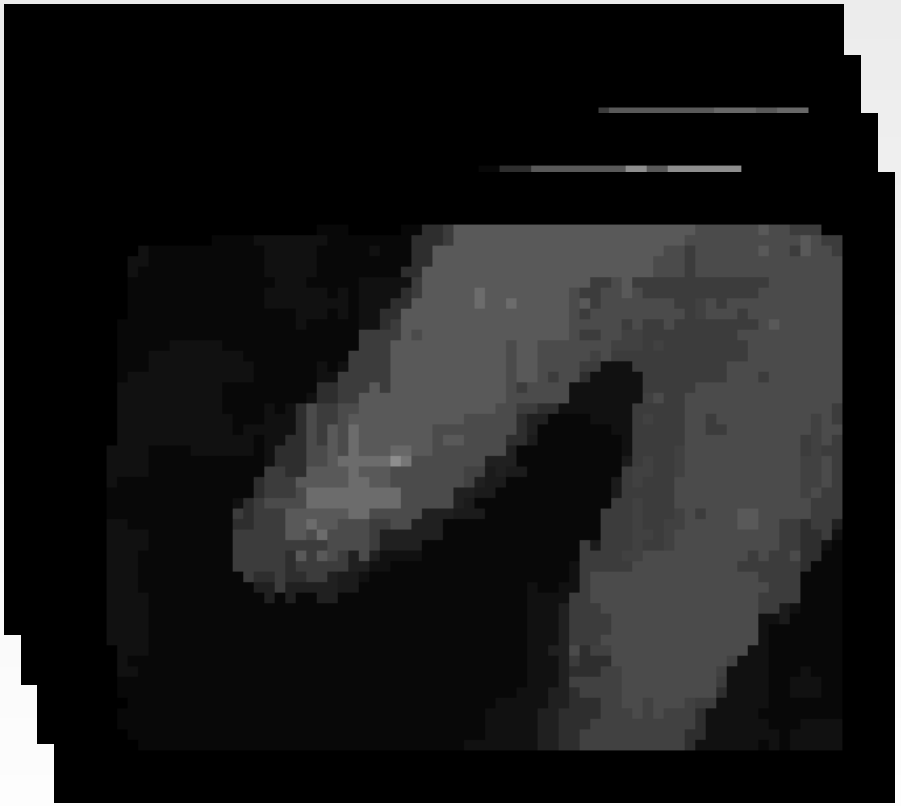
対象の三次元形状



完全合焦画像（部分）

計測結果：指の動作

入力画像



距離画像