



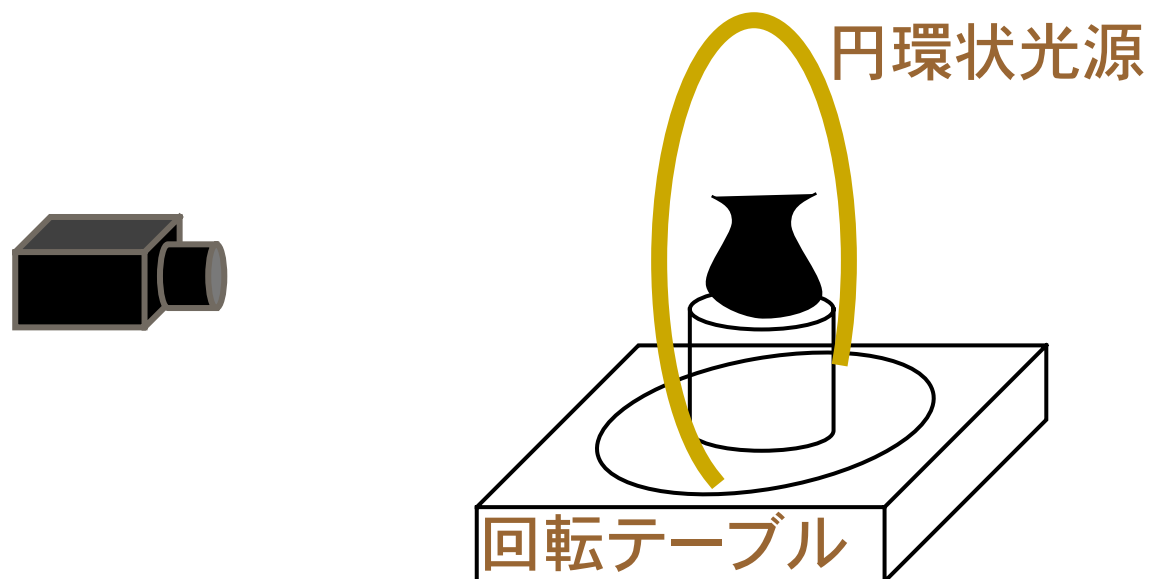
研究紹介



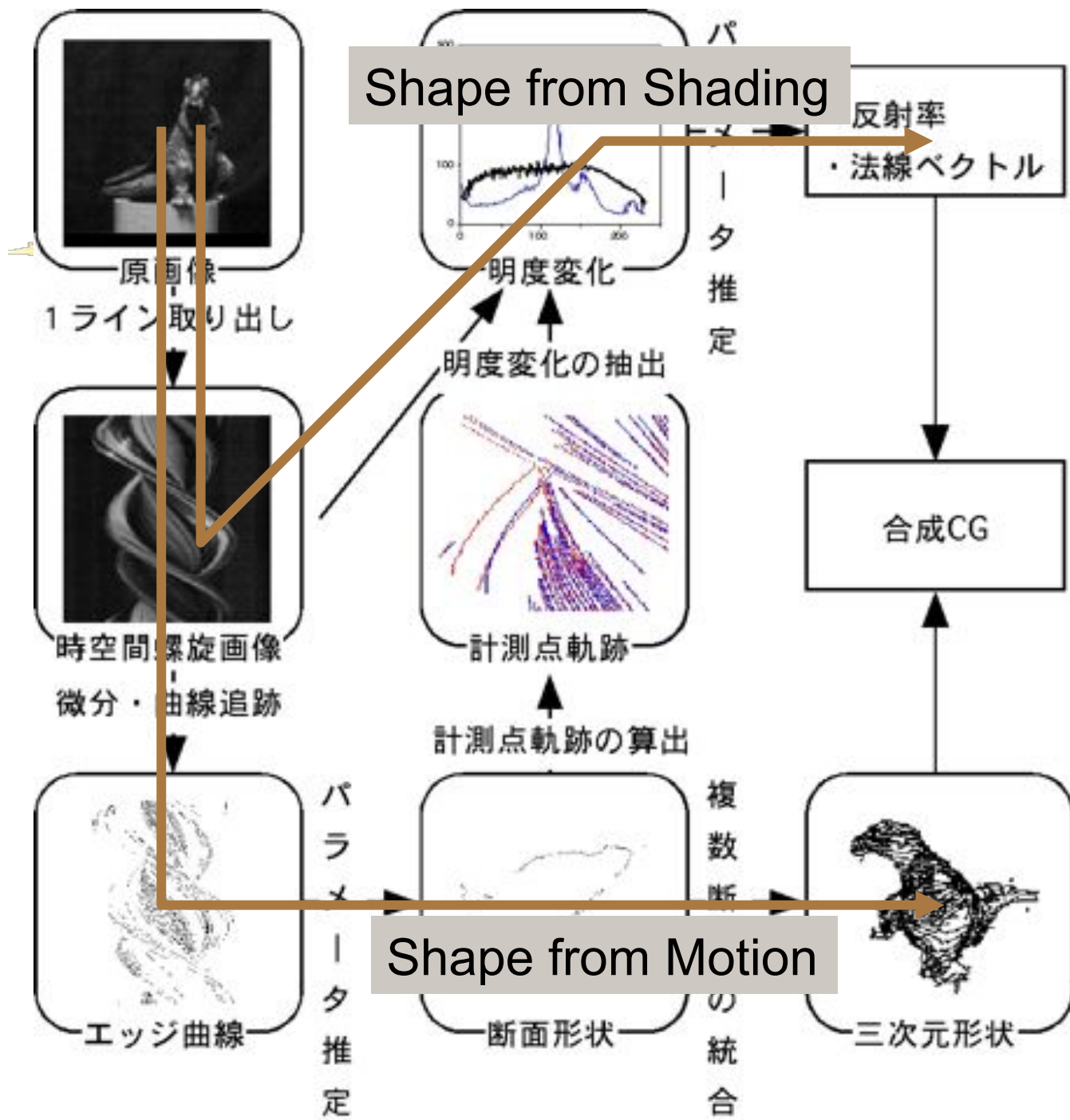
研究紹介について

- 自分が取り組んできた研究を、時系列に紹介しようと思います
- まずは、修士時代の研究から.

対象物体の回転による形状と反射率の同時計測 (1)



- 回転テーブルに載せた物体の画像から、3次元形状を計測
- さらに反射特性も計測



対象物体の回転による形状と反射率の同時計測 (3)

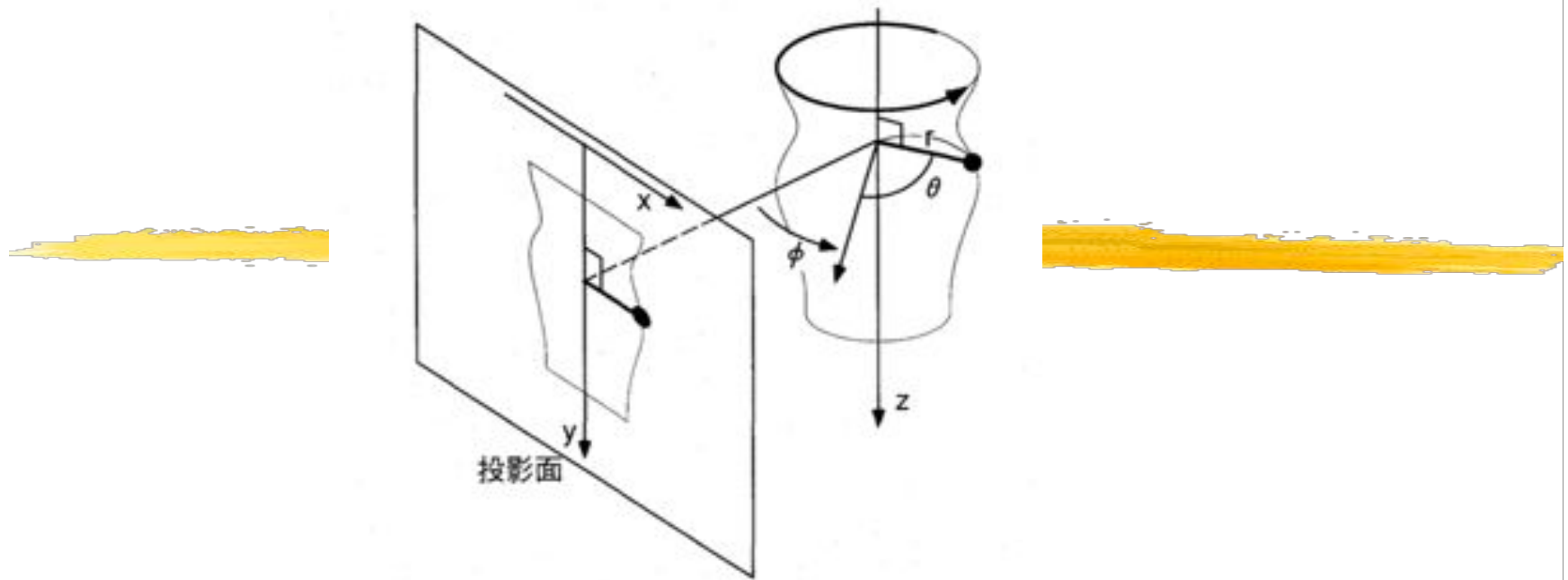


図 2.5 対象物体の回転とその正射影像

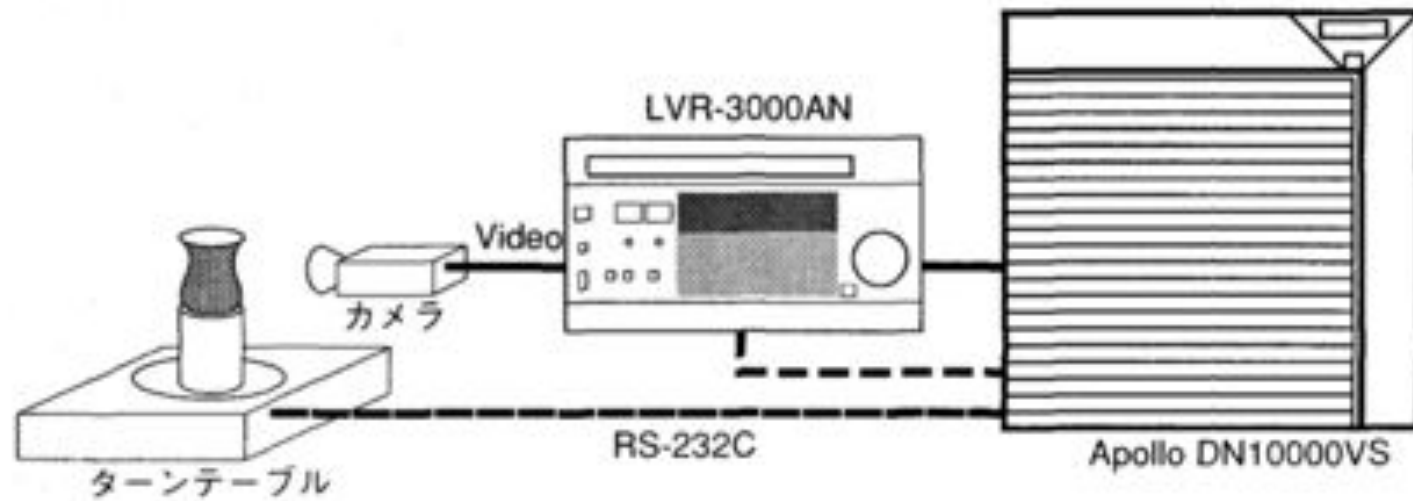


図 2.11 形状計測の機器構成

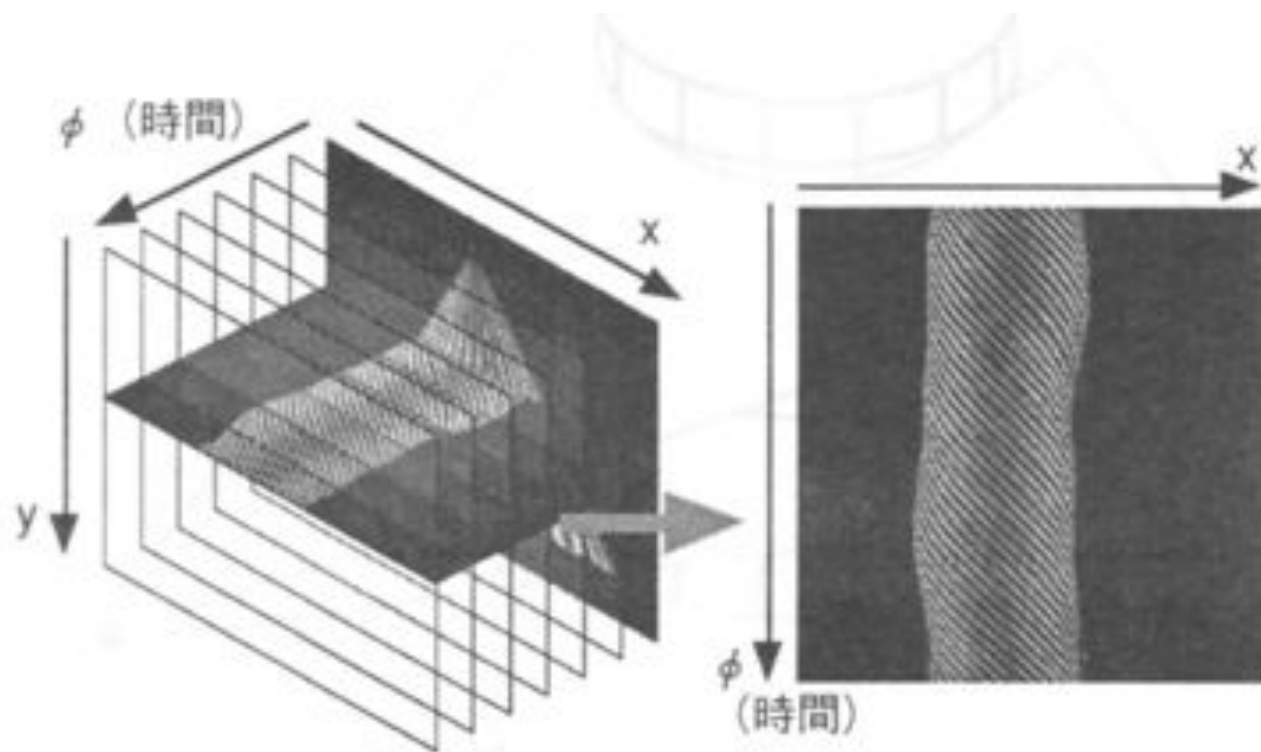
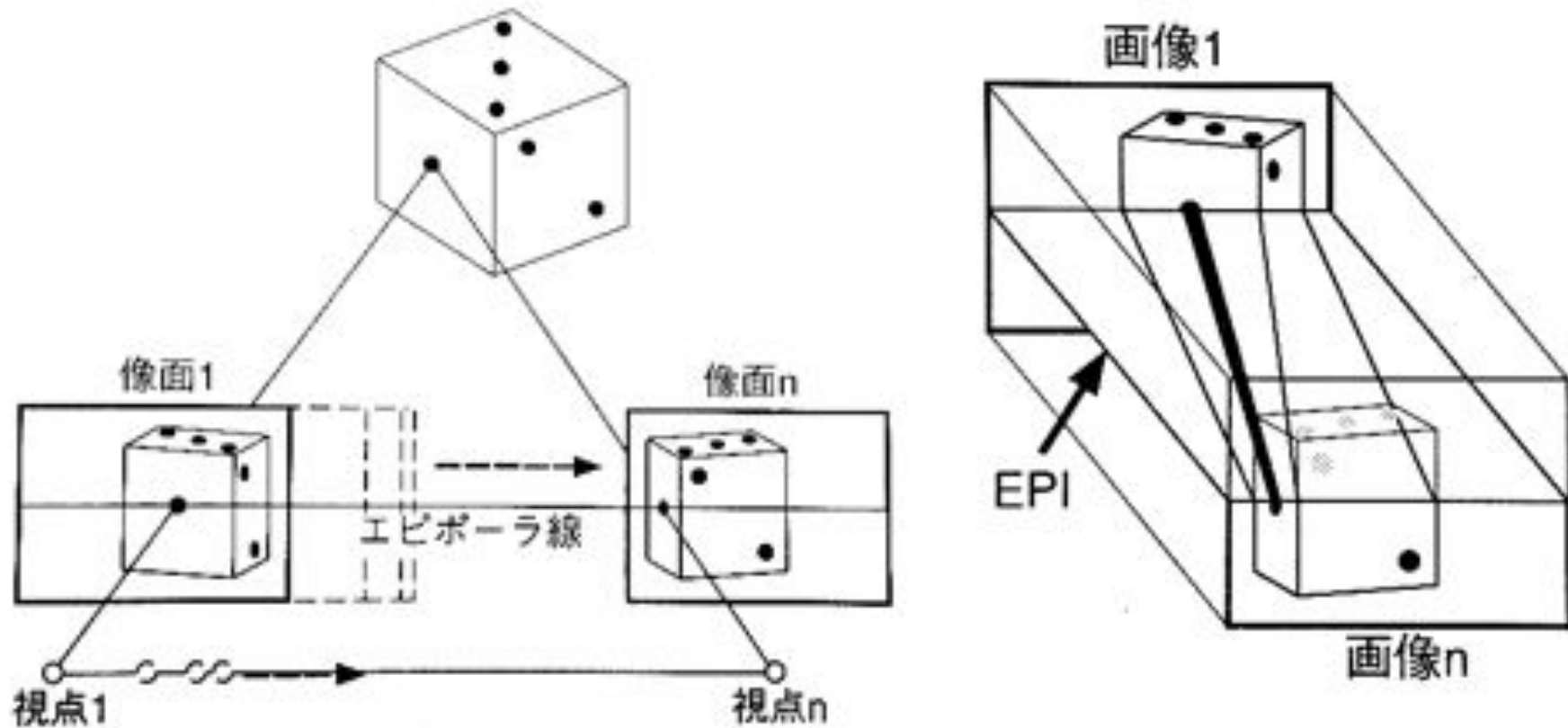


図 2.6 時空間螺旋画像の合成

Epipolar Image Analysis



視点が直線上を運動するとき, エピポーラ面が不動
→ 同一エピポーラ面上の像を集めて処理

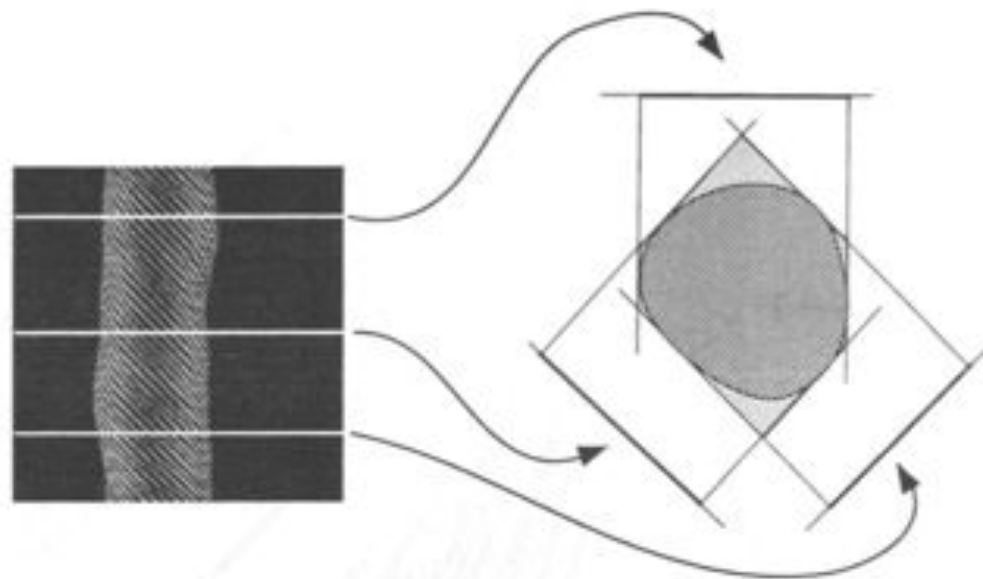


図 2.9 シルエット像による凸形状復元

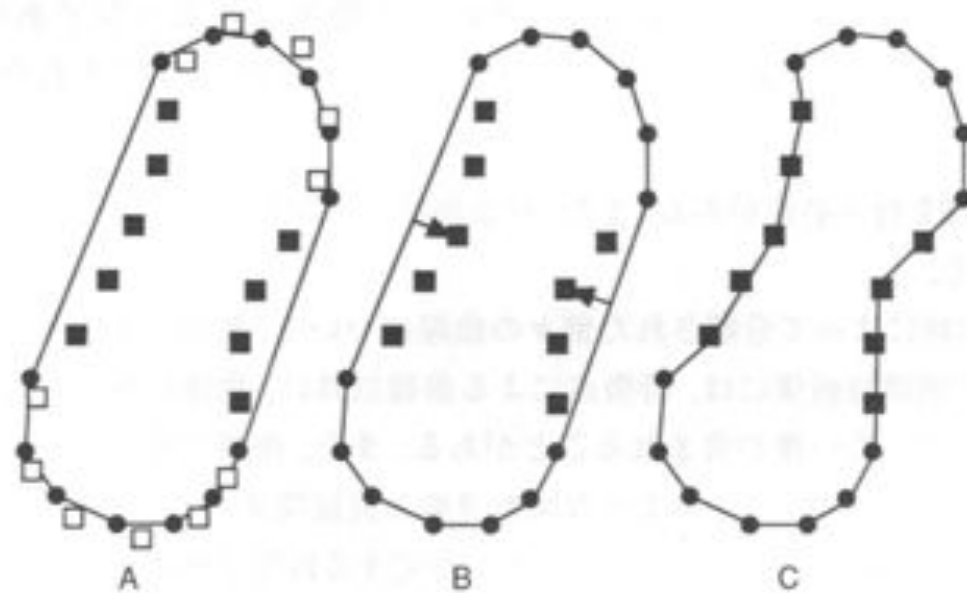


図 2.10 シルエットと時空間螺旋画像による形状の統合



図 2.18 実験に用いた陶器

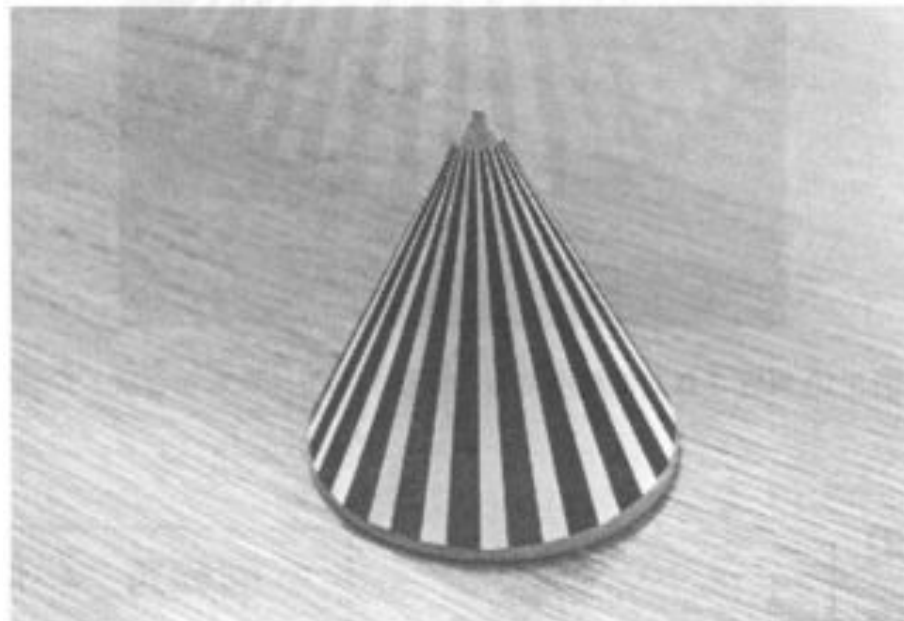


図 3.8 精度評価に用いた円錐

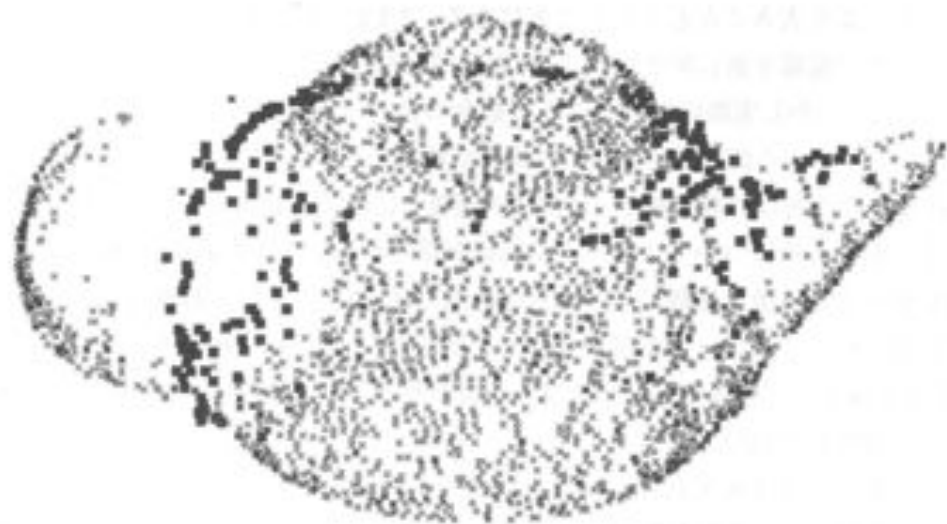


図 2.19 2つの形状復元手法と計測点の配置

- ×：シルエットによる計測点
- ：時空間螺旋画像による計測点

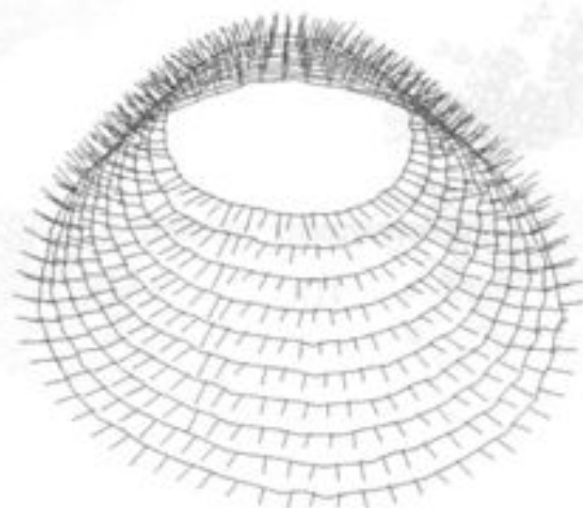


図 3.9 形状と法線ベクトルの推定結果

04
02
03
01
01
02
04

対象物体の回転による形状と反射率の同時計測 (4)



- 計測対象と復元された三次元形状

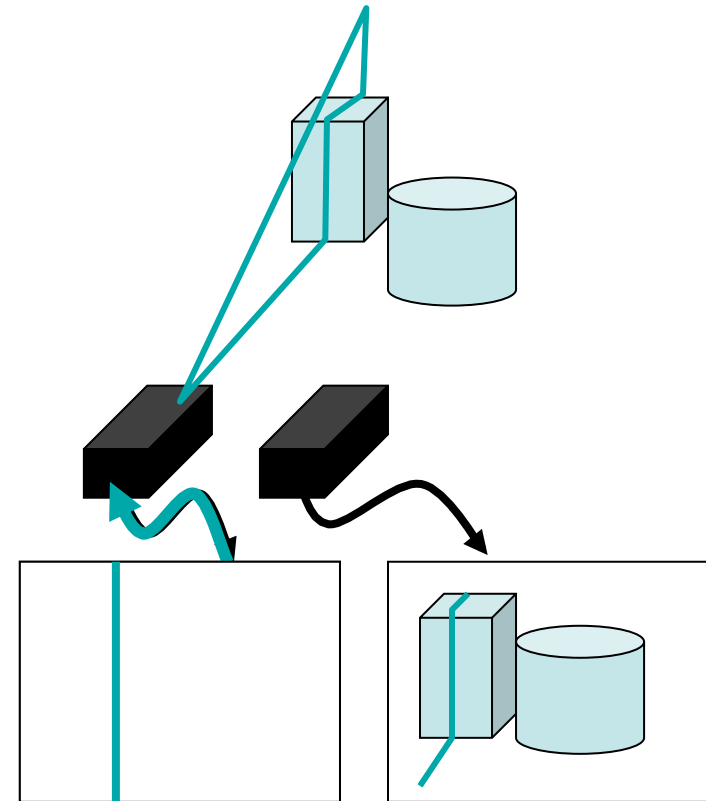
対象物体の回転による形状と反射率の同時計測 (5)



- 左: 計測対象
- 右: 計測された反射率と法線ベクトルを元に異なった照明条件で生成したCG

能動型ステレオ法

- 一方のカメラをプロジェクタに置き換える(光を投影)
 - もう一方のカメラでその光パターンの像を計測
 - 対応付け問題が簡単に
 - 模様のない物体でも計測可能
 - パターン光を投影しながら画像を取り込む
 - 画像の取り込み回数が多く、時間がかかる



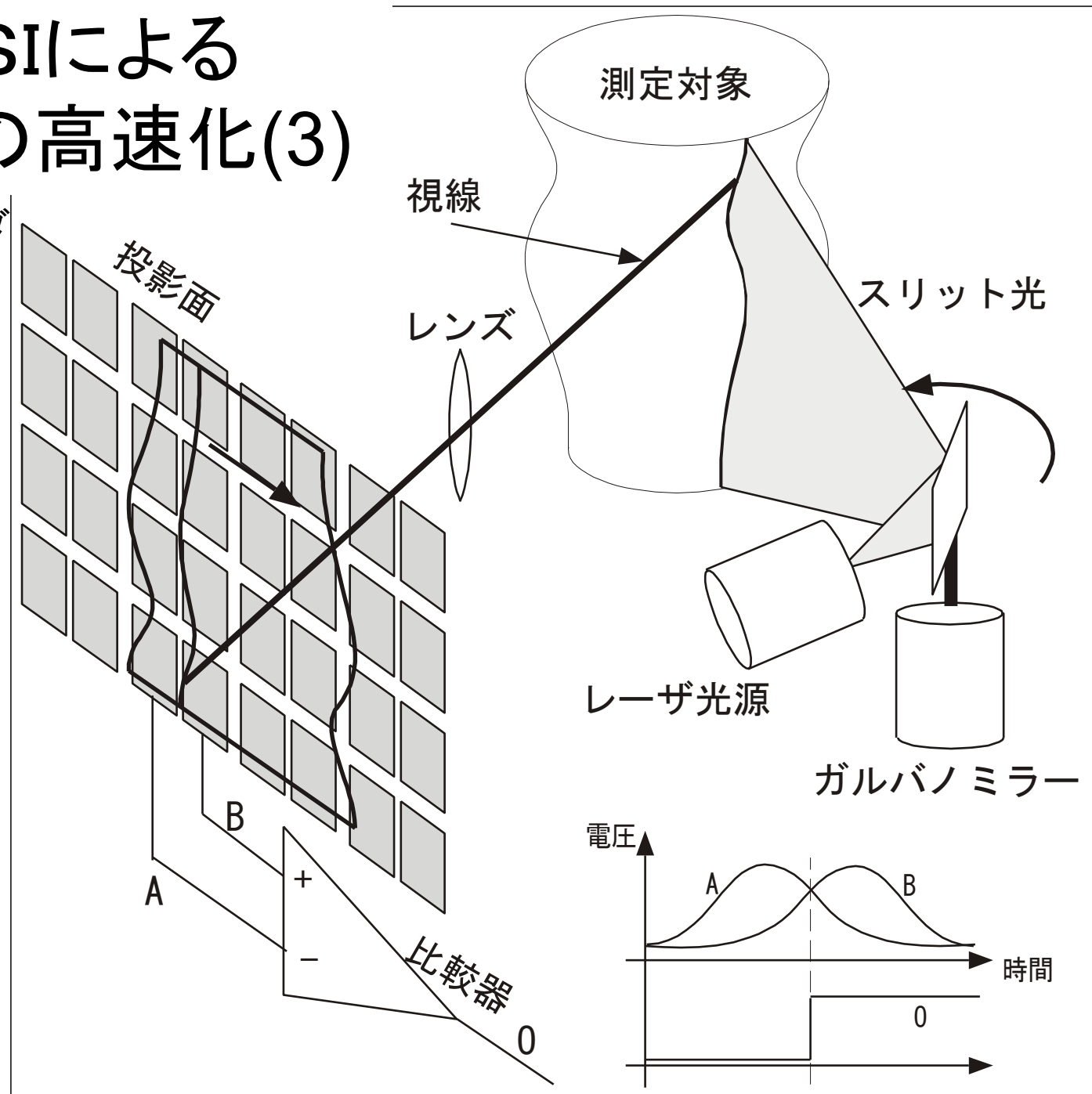
専用LSIによる 光切断法の高速度化(3)

シリコンレンジファインダ
(1994, 阪大/ソニー)

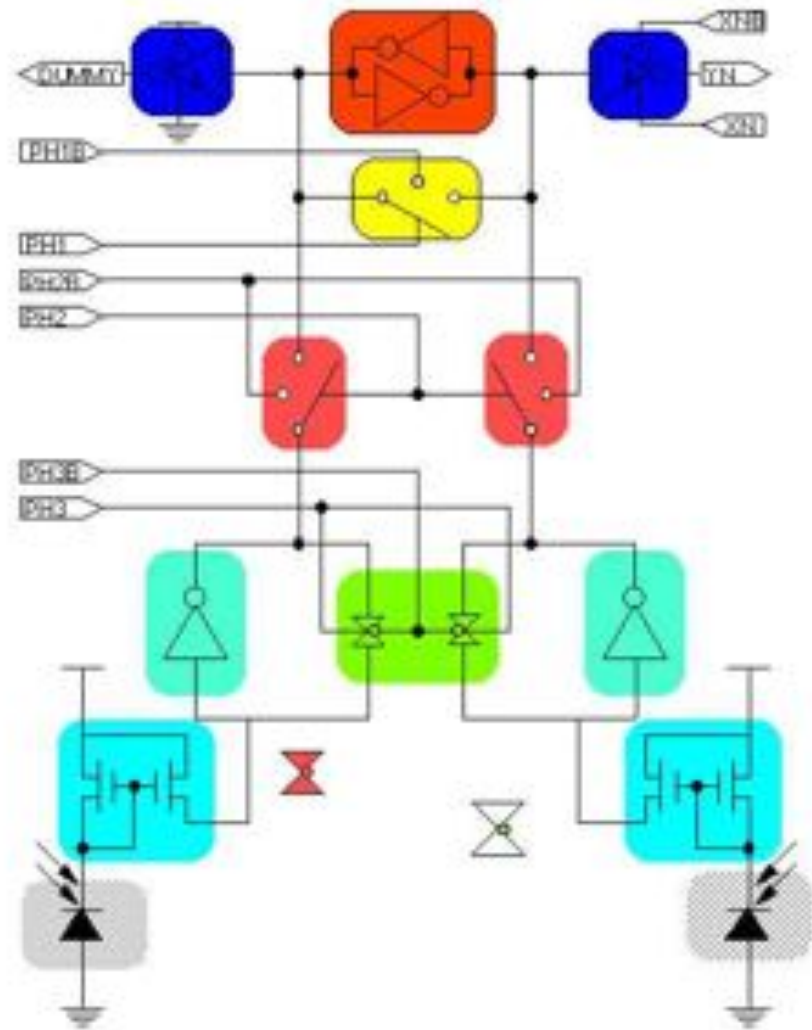
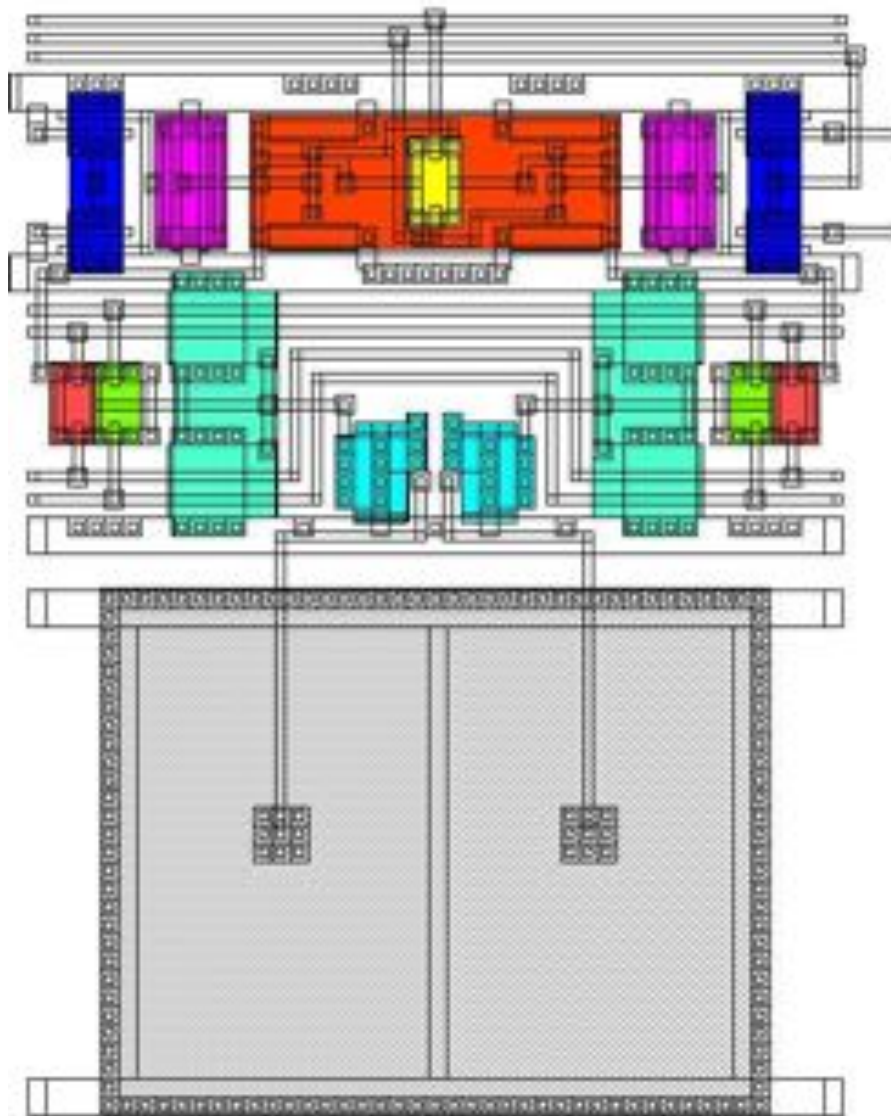
- 特徴:
 - 24x24画素
 - デジタル的
 - スリットのピーク通過を検出可能

A. Yokoyama, K. Sato,
T. Yoshigahara and S. Inokuchi,
"Realtime range imaging using
adjustment-free photo-VLSI,"
Proc. of Intelligent Robotics and
Systems, pp.1751-1758, 1994.

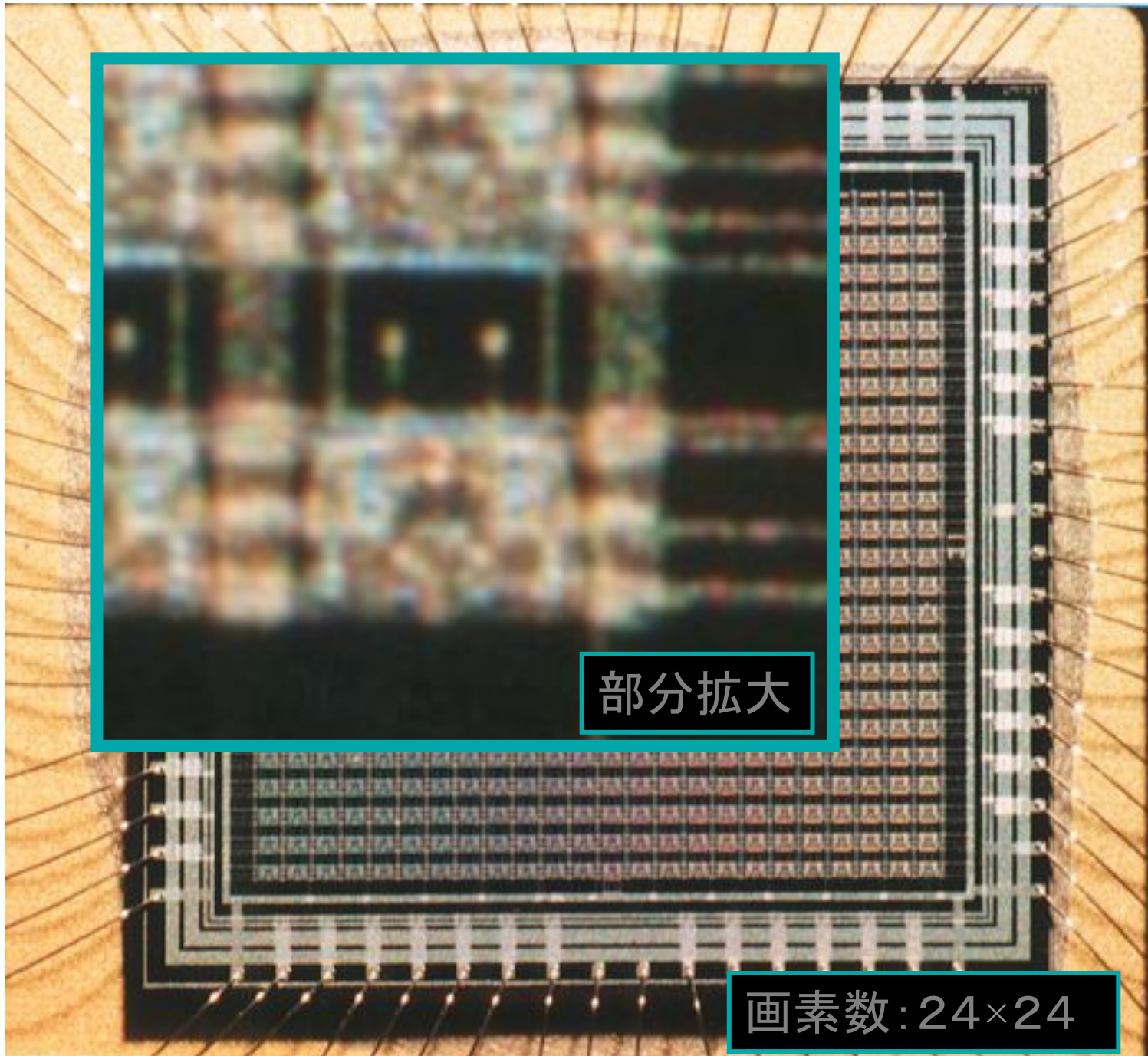
横山敦, 佐藤宏介, 芦ヶ原隆之,
井口征士, "無調整型フォトVLSI
センサを用いた実時間距離画像
計測--シリコンレンジファインダ--",
信学論D-II, No.9, pp.1942-1500,
1996.



シリコンレンジファインダの フロアレイアウト



「SIIチップの写真」



部分拡大

画素数: 24x24

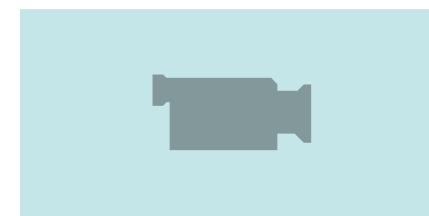
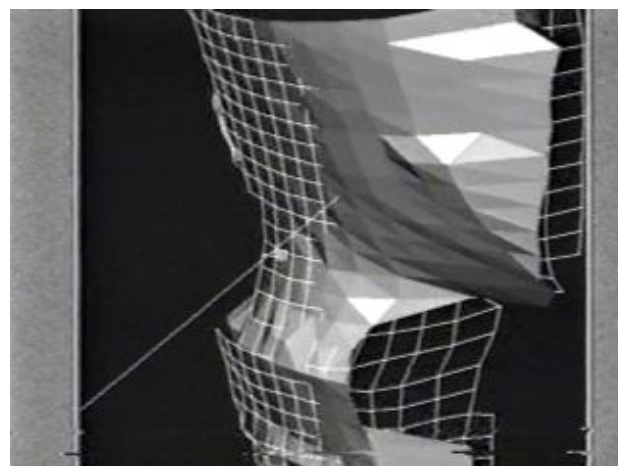
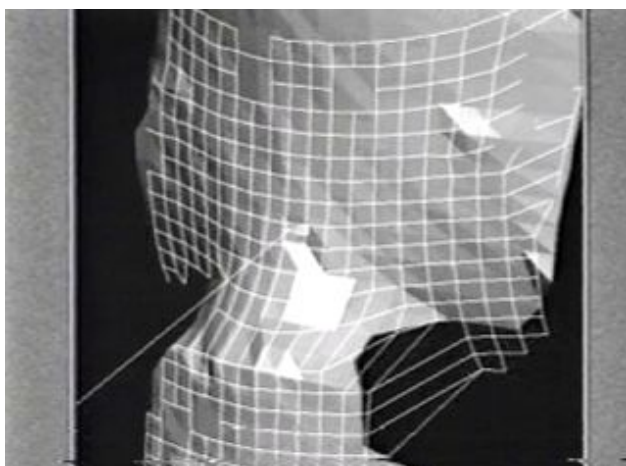
シリコンレンジファインダ



シリコンレンジファインダ動作例

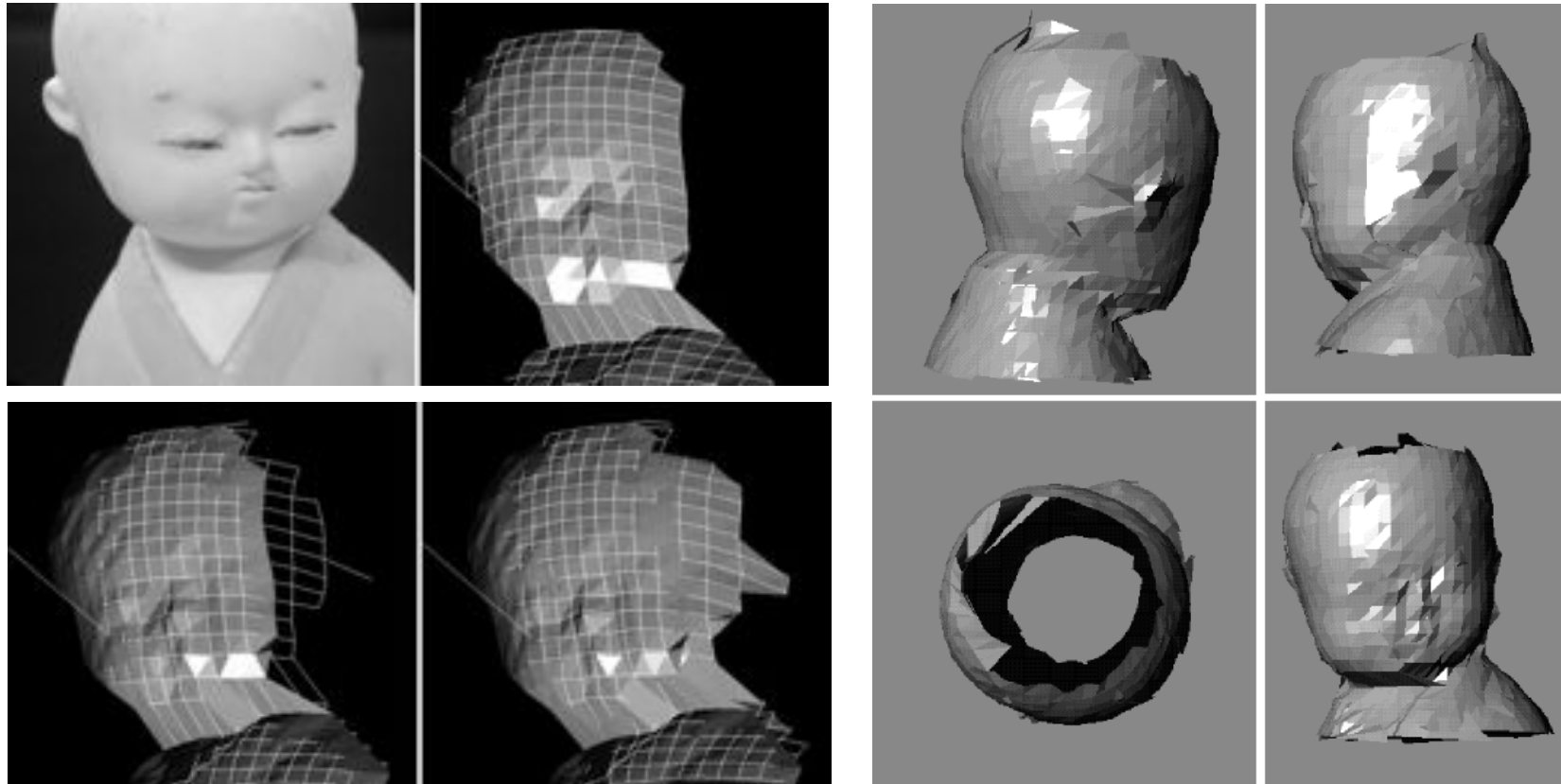


リアルタイム距離画像計測



動物体位置・姿勢追跡

距離画像の計測と生成による自由曲面物体の実時間追跡



追跡とモデル拡張の様子

構築された全周形状モデル

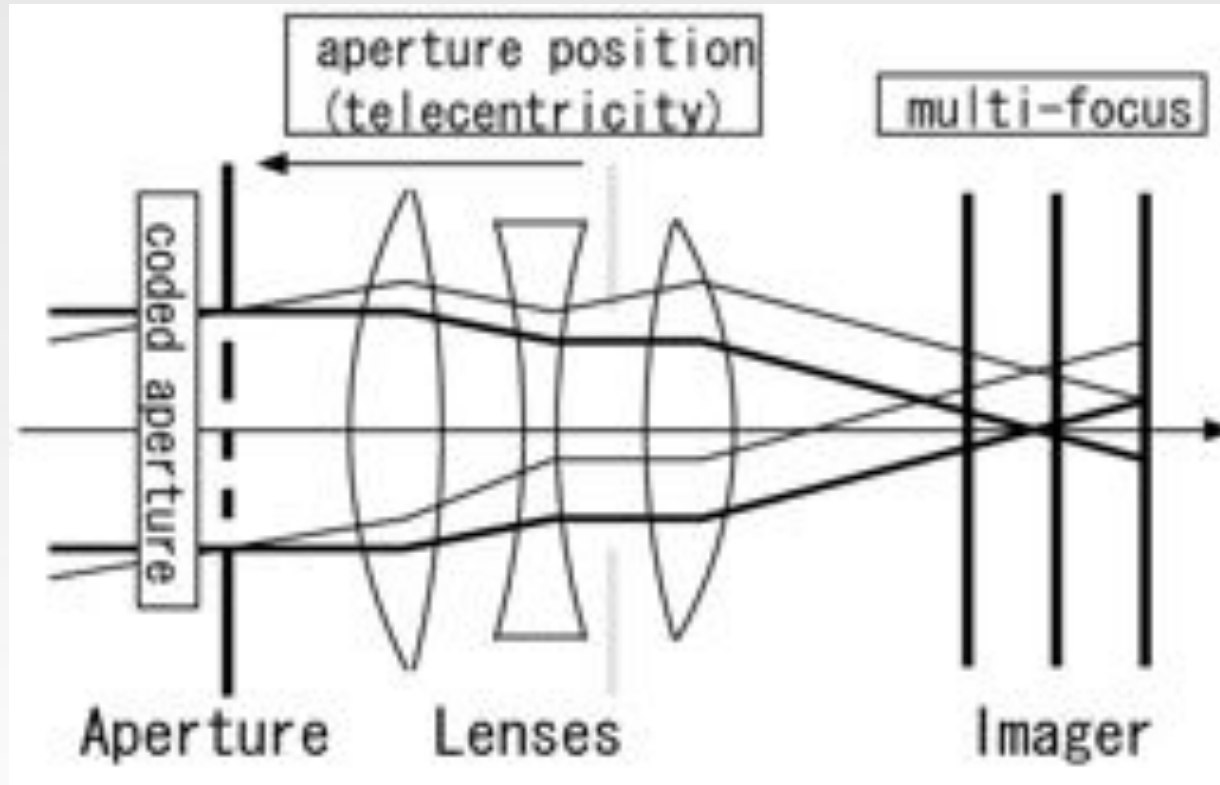
日浦慎作,山口証,佐藤宏介,井口征士:動距離画像の計測と生成による任意形状物体の実時間追跡,電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.6, pp.1539-1546 (Jun. 1997)

修了と就職

- 大学を3年で中退, 修士入学
- 博士の学位をとる
- 京都でポスドク



符号化開口 多重フォーカスカメラ



日浦 他
CVPR (oral, 1998),
画像センシング
シンポジウム(1999,
優秀論文賞受賞)

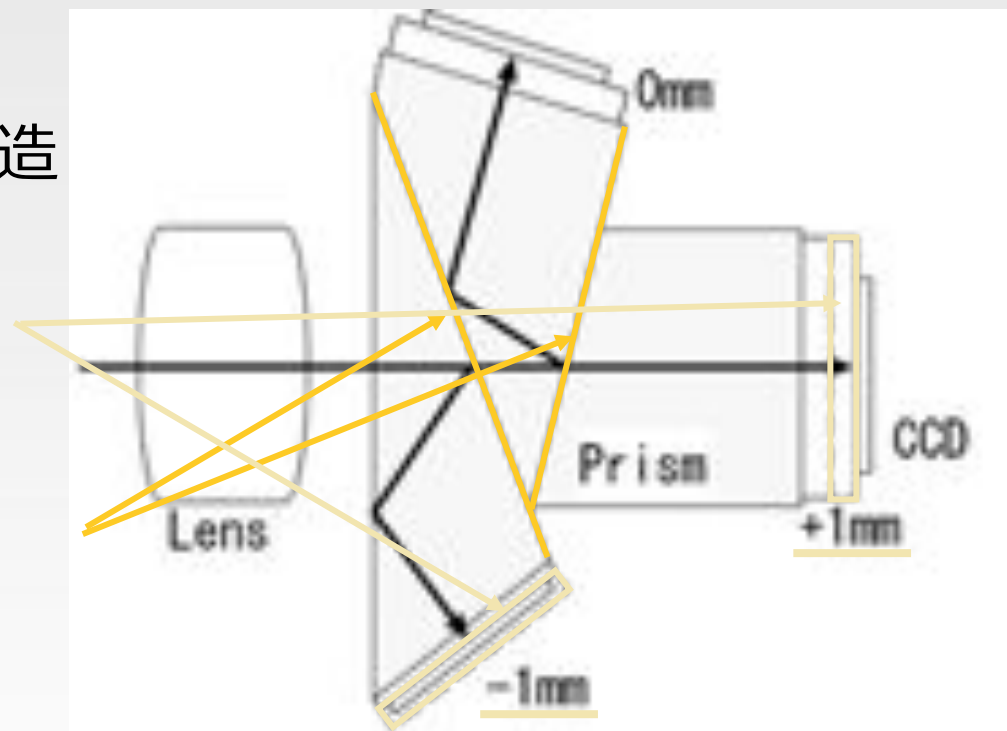
- ぼけカーネルの符号化による距離推定の安定化・原画像復元
- 合焦距離の異なる3つの画像の同時取得



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ずつ光軸方向に移動
- 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





開口の符号化による効果



入力画像



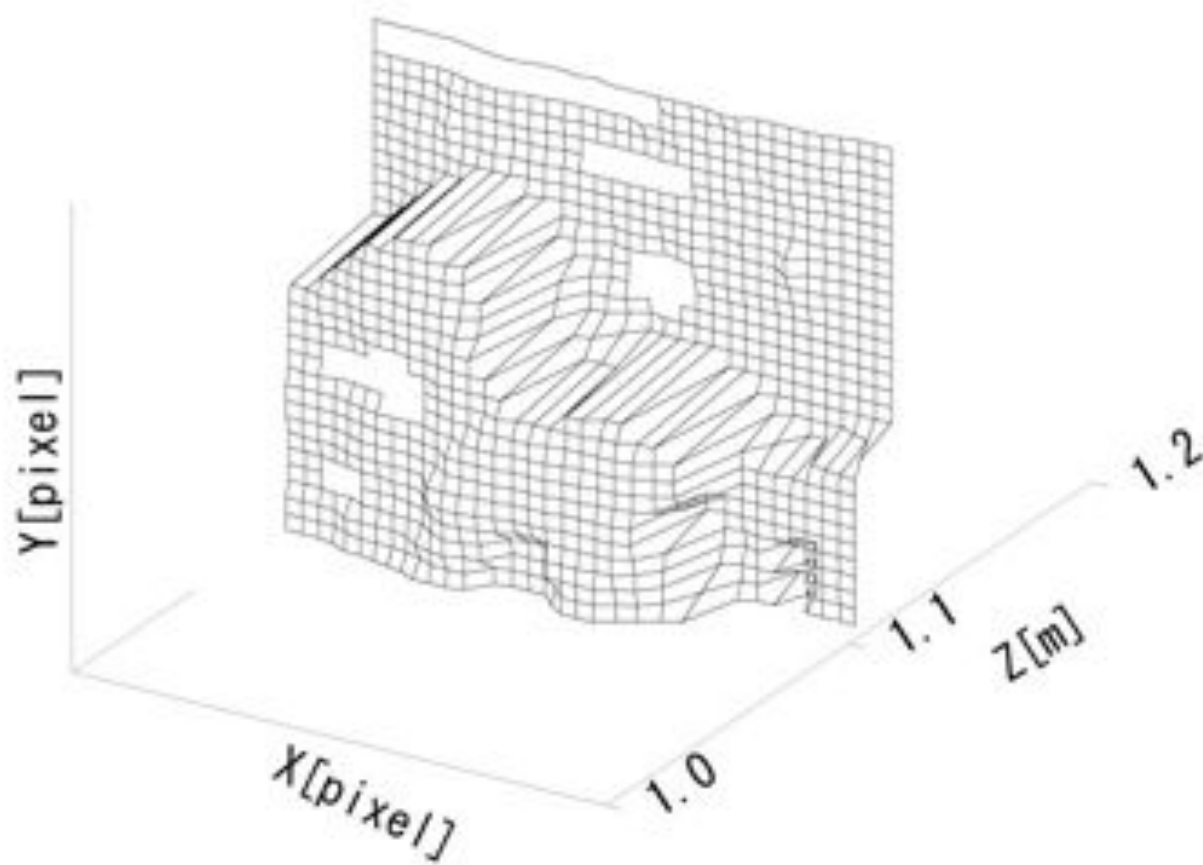
最後面CCD

大CCD

...



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）



復元された完全合焦画像



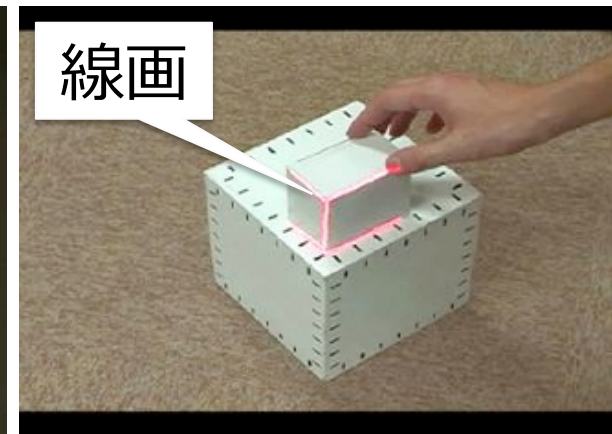
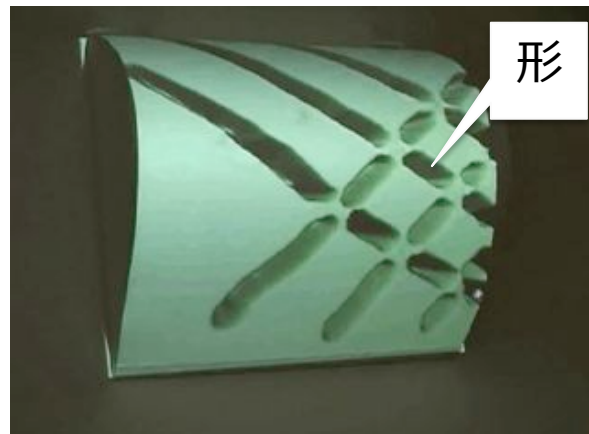
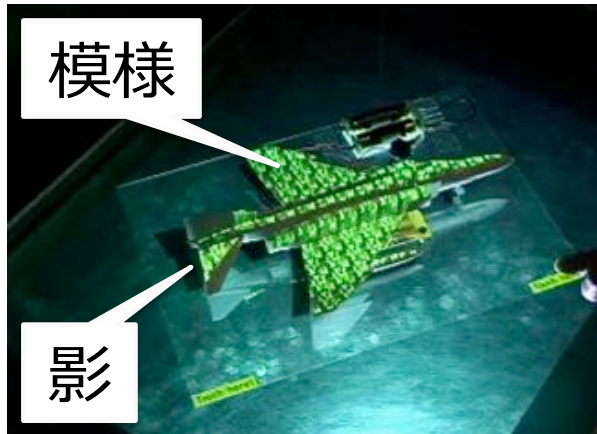
書類透明化システム



2006.7.11 WBS 「トレンドたまご」

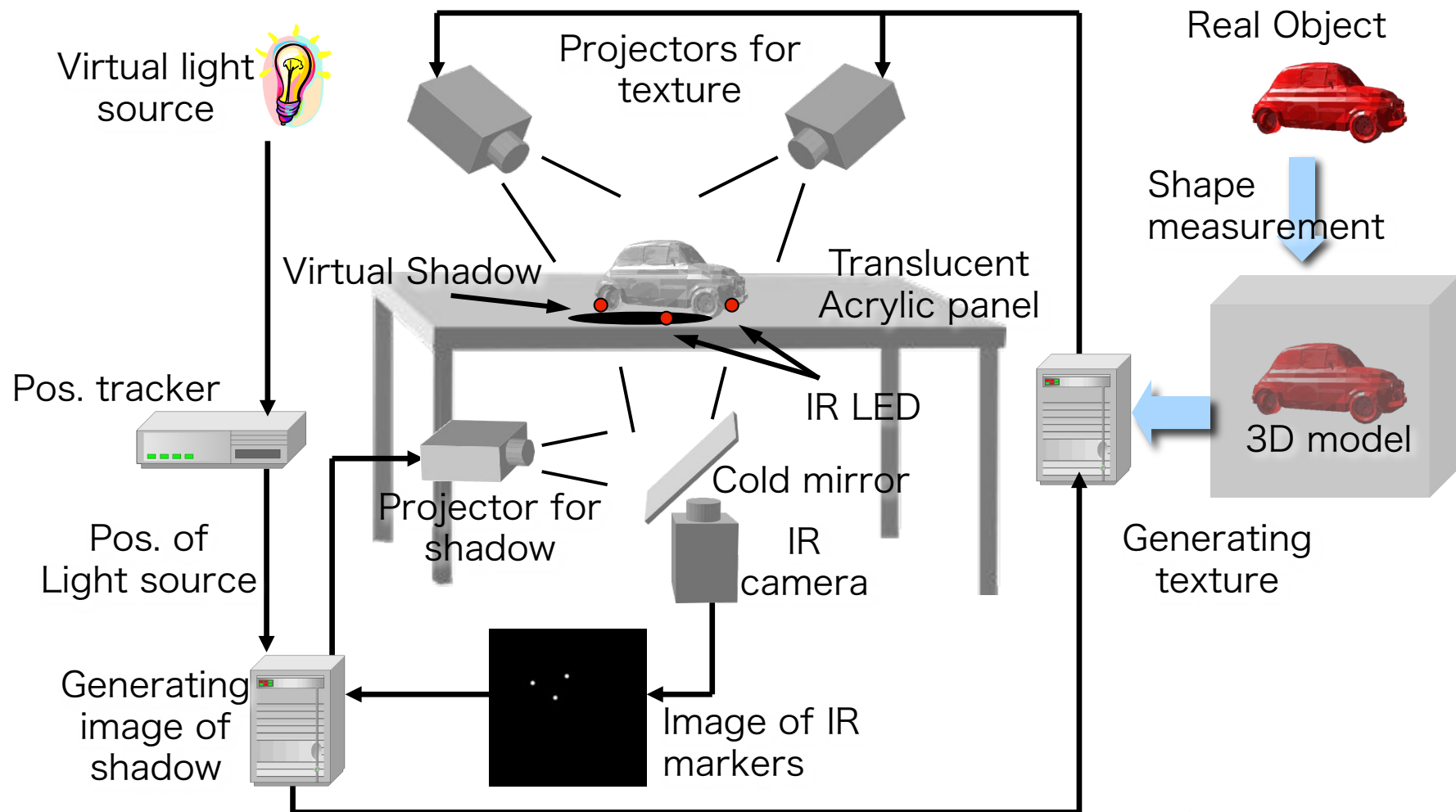
(岩井, 佐藤)

投影型複合現実感

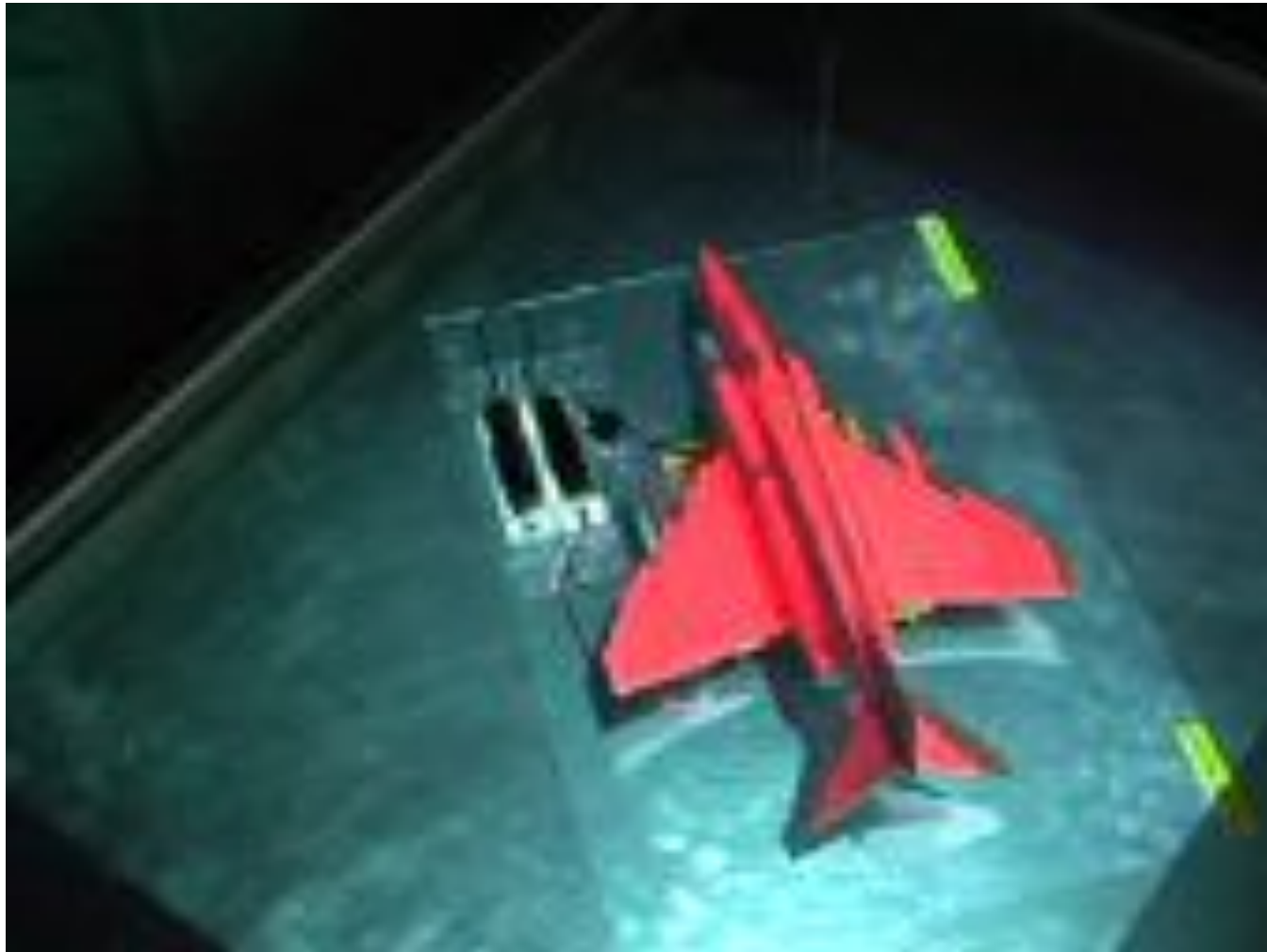


投影により実物体の見た目（色，形，光の当たり方，質感，透明感など）を変える

プロジェクタによる仮想照明



仮想照明・テクスチャ付与システム



(2001)

プロジェクトを用いた色の置き換え



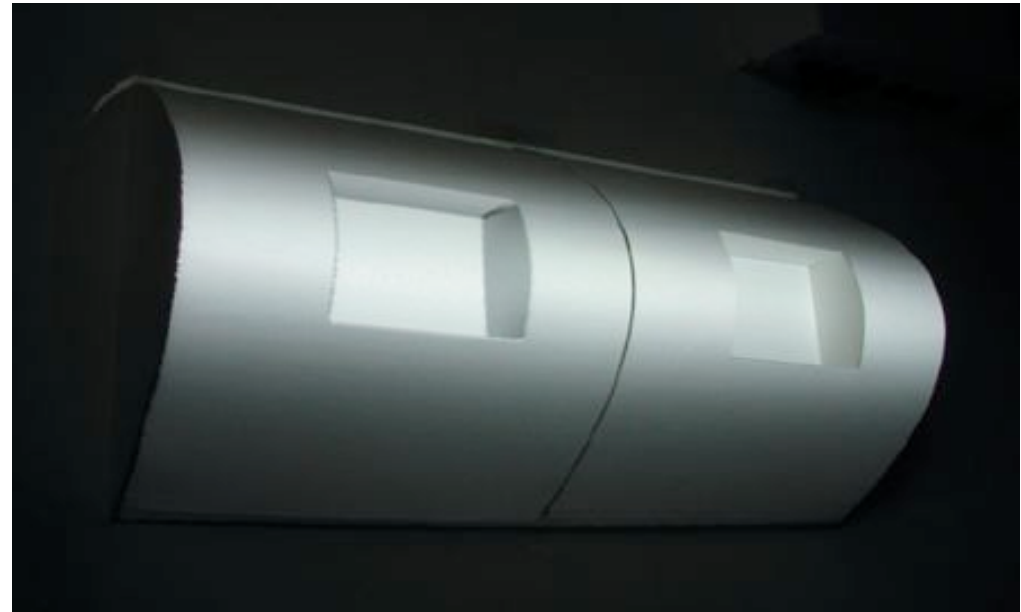
VSMM2003

(吉田, 堀井, 佐藤)

The HYPERREAL : 光学的形状変形



システム構成



光学的変形

実物

- ・頭部位置の計測による画像の補正
- ・形状・照明位置・材質感の仮想的な変更

HCI2005, etc.

(久田, 山本, 金谷)

投影による形状や写り込みの変更



緻密に制御された投影光により、ただの紙が
複雑な形・質感であるかのように見せる

遠隔指示システム

液晶プロジェクタを用いた
遠隔指示システムの構築



自由に作業が可能
直感的に指示を把握

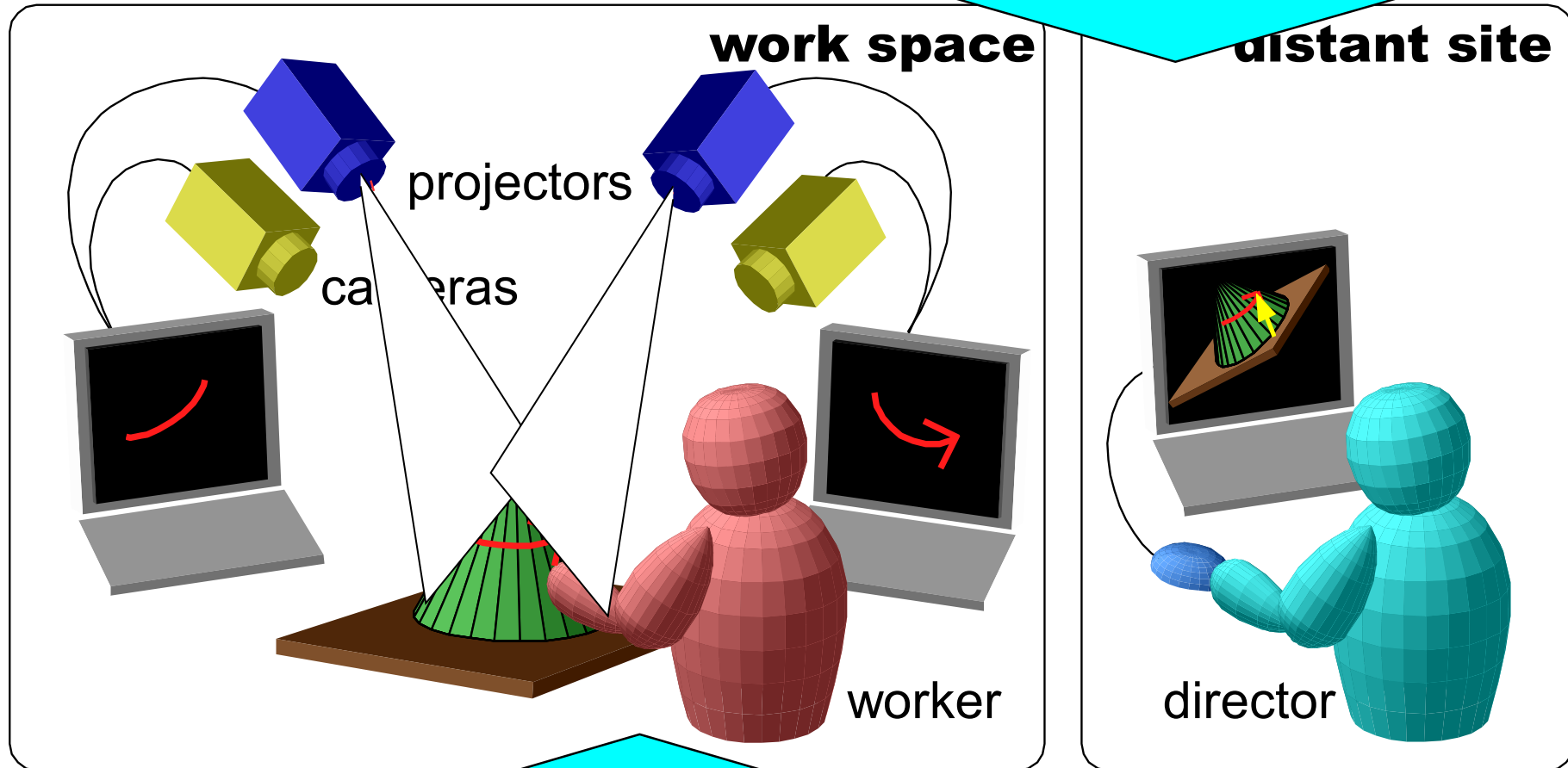


- 映像技術(2D)のボトルネックを超えて、遠隔地間で3Dの概念をうまく伝達できるか？
→ **ノンバーバルコミュニケーション**の
より深い理解へ

(東城, 日浦)

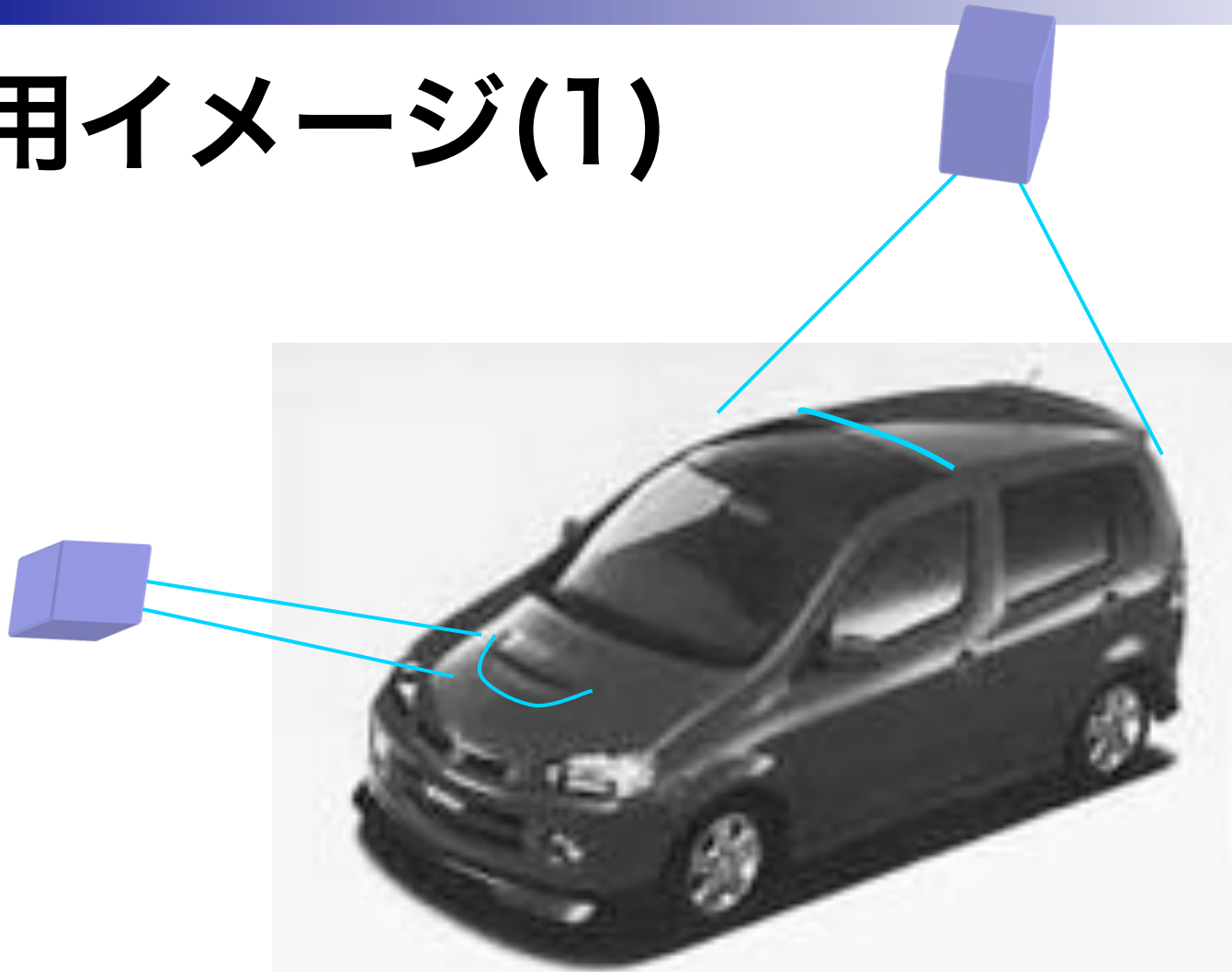
システムの概要

CG model of the object



direction messages

応用イメージ(1)



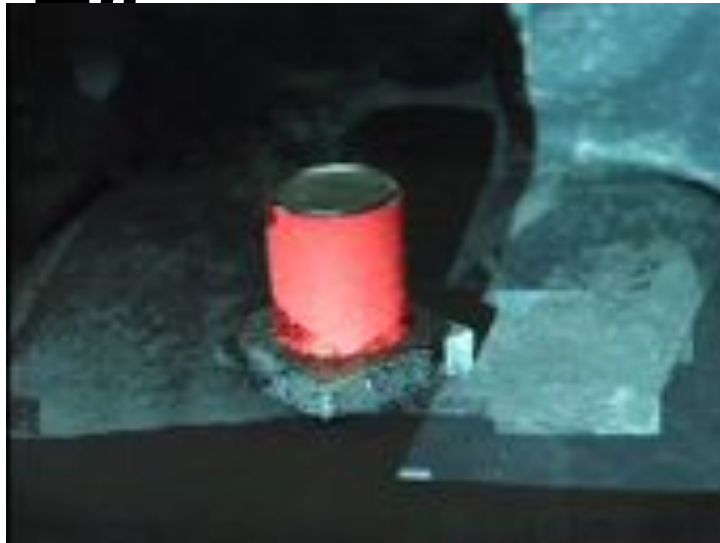
- 海外のデザインスタジオの自動車クレイモデルに対し，国内のデザイナーがデザイン変更の指示やアドバイスを行う

応用イメージ(2)



- 脳外科手術などで，CTにより得た腫瘍の場所を合成表示したり，遠隔地の専門家の意見を表示したりする

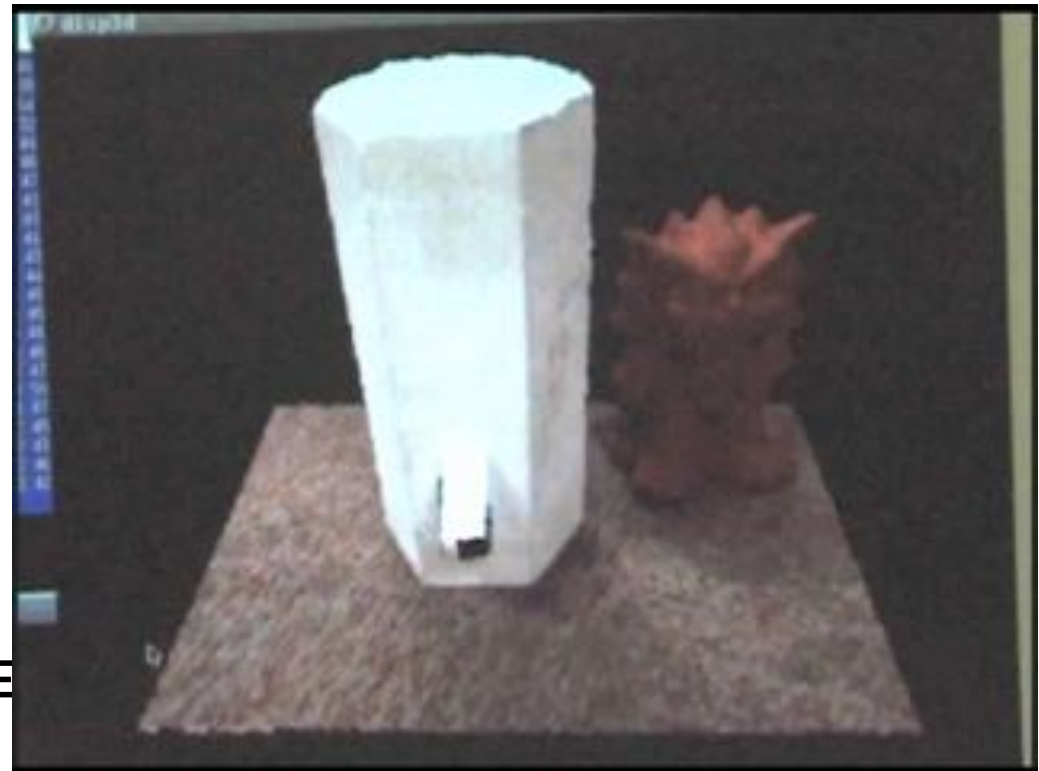
対象の計測と視点の移動



グレイコードパターン光投影法により三次元形状を計測



ポリゴンモデルを操作
3次元情報を把握



指示を実空間に投影



指示者の操作画面



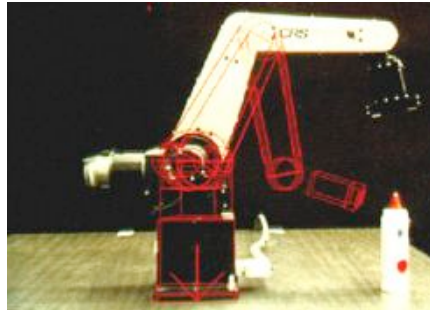
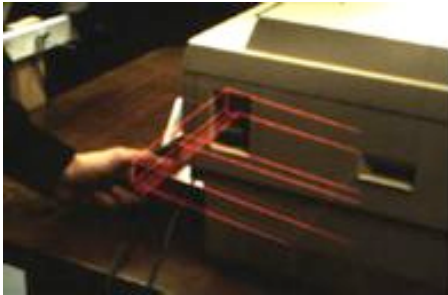
投影した様子

単に指示者は、画面のCG上でマウスを用い絵を書くだけで、**正確な位置に指示を表示できる**(非常に容易な3次元座標入力方式。プロジェクタでは、対象物体表面上にのみ指示を出せ、**空中像は表示できない**ため、この方法で十分である)

空中像の提示について

- ・ プロジェクタは物体表面にしか指示を投影できない
→ 空中像の提示は必須か？

(参考)HMDを用いたシステム



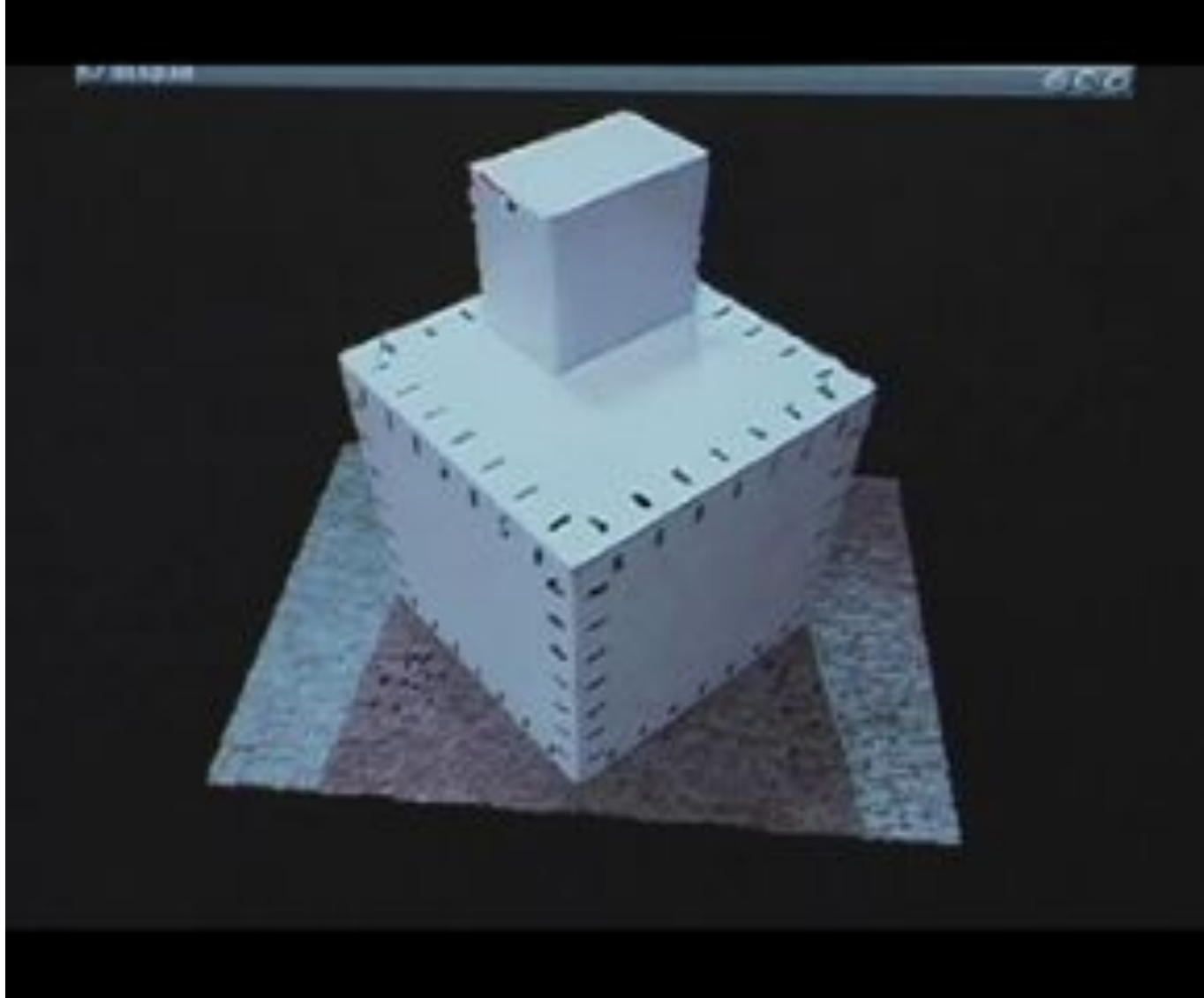
HMDに3D位置トラッカを装着
×頭部動揺に影響される

・ プロジェクタを用いた場合



×空中像を提示できない
○トラッカなどが不要

実空間上の物体の移動



より簡易なシステム



プロジェクタとカメラの画素の対応関係を直接, 利用

(藤原, 日浦)

照明と情報, 文明

■ 生物のための光とは

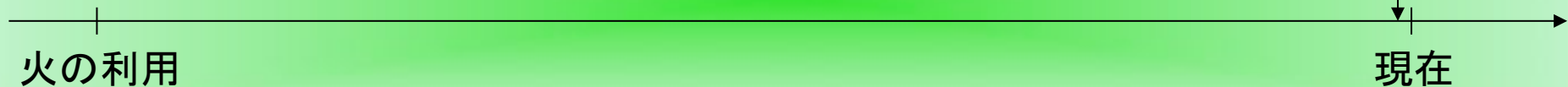
- 植物：エネルギー源
- 動物：情報の媒体

ex. 「～に明るい」 = 「～に詳しい」



ラスコー洞窟の壁画

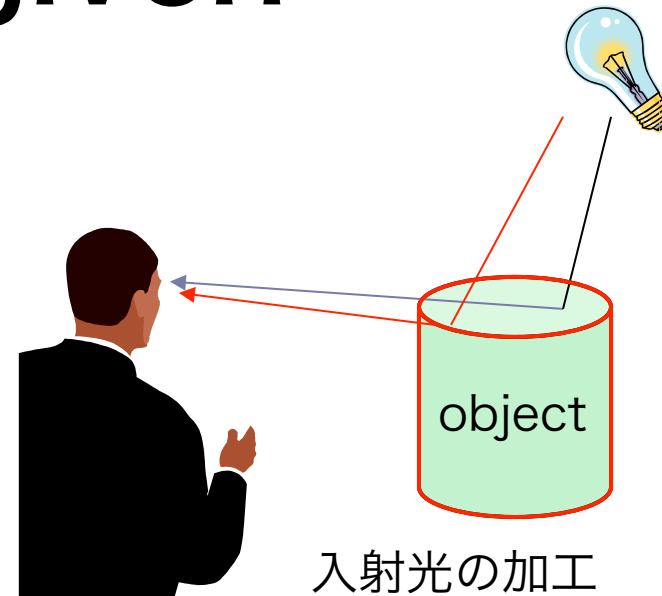
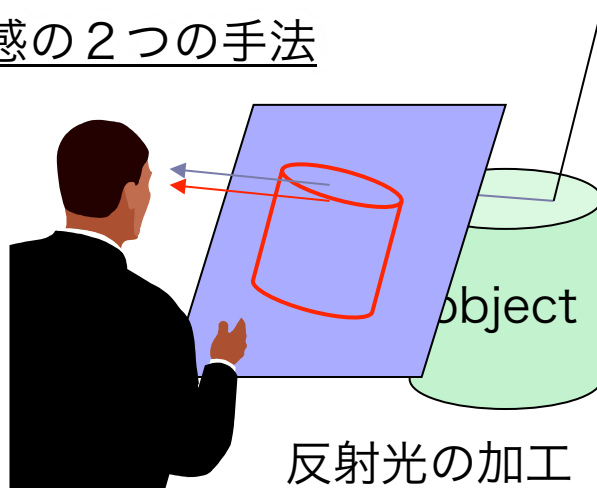
文明の歴史



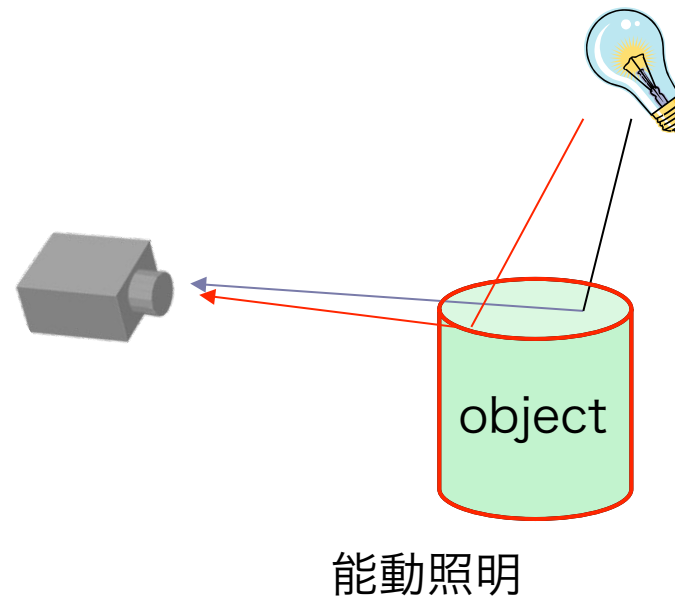
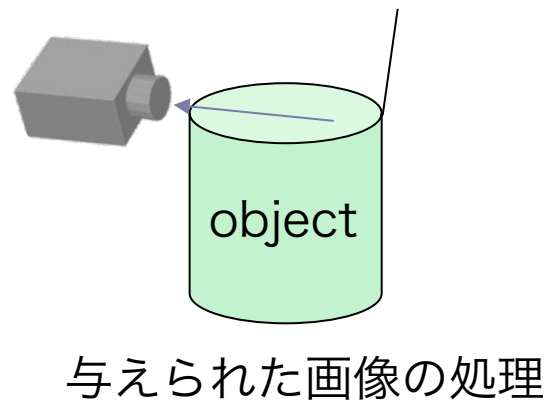
- ・ 「照明」と「情報提示手段」は将来、密に融合されるかもしれない

Vision is not given

拡張現実感の2つの手法



画像処理の2つの手法



生活とコンピュータ

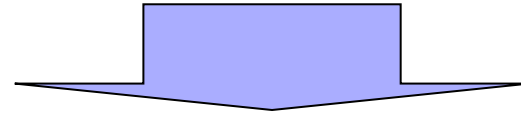


乖
離



現在のコンピュータが提供する機能

- **通信機**としての機能(メール, WWW)
- **事務機**としての機能(計算, ワードプロ)



- 実生活を豊かで便利にしているか?
 - 実物を取り扱う仕事(工事・組み立てなど)
 - 日常・家庭生活(家事, だんらんなど)
- 計算機の前に座って時間を費やすほど, 実生活がおろそかになっていないか?

コンピュータは我々の生活を
充実させているとはいえない

生活と一体化したコンピュータ

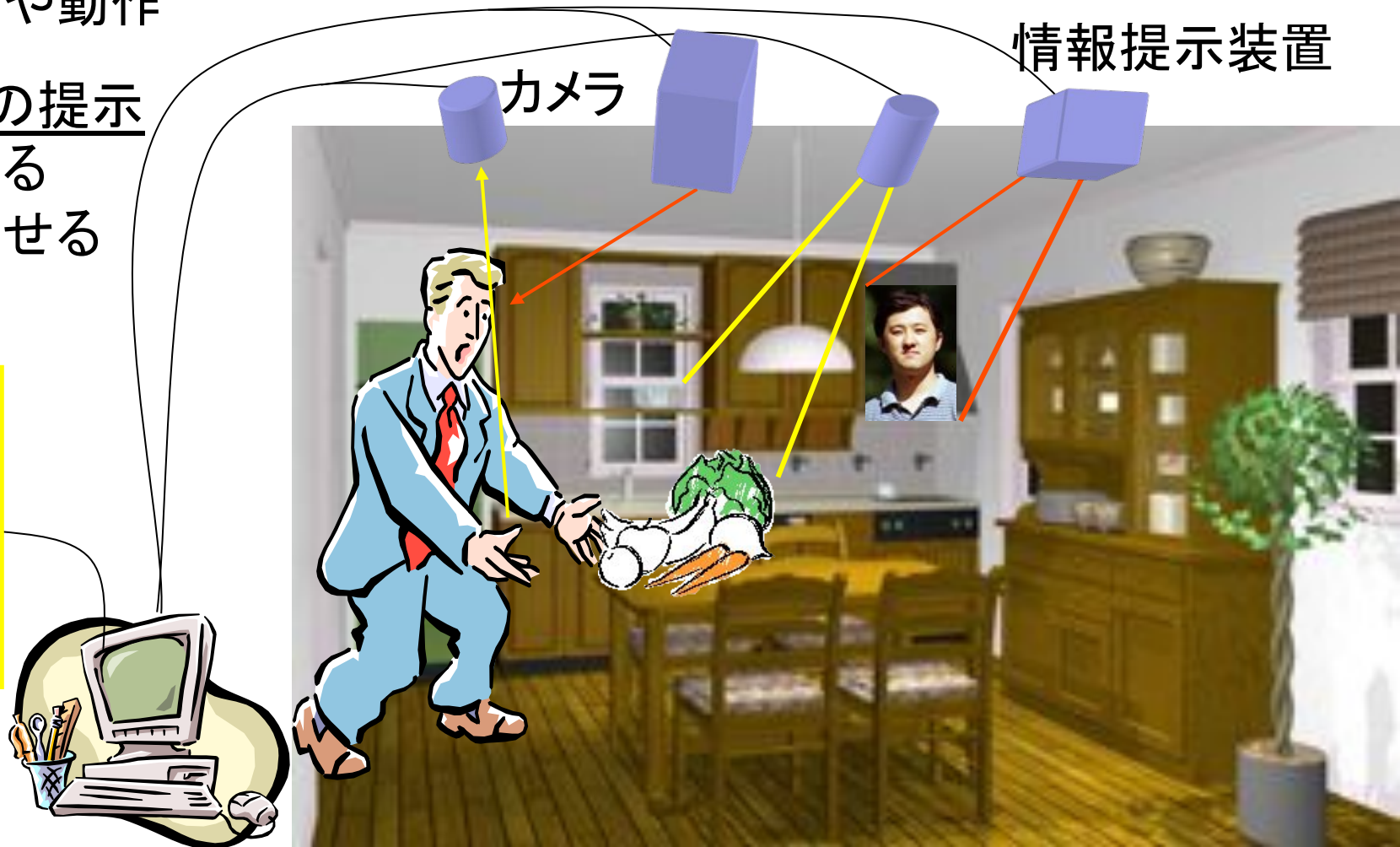
情報の獲得

- 環境や動作

情報の提示

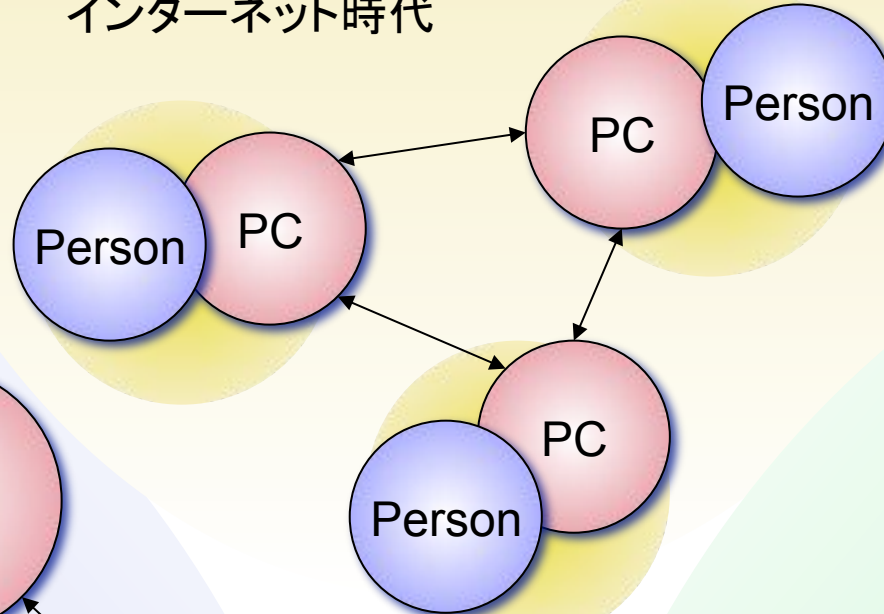
- 見せる
- 聞かせる

ネットワーク

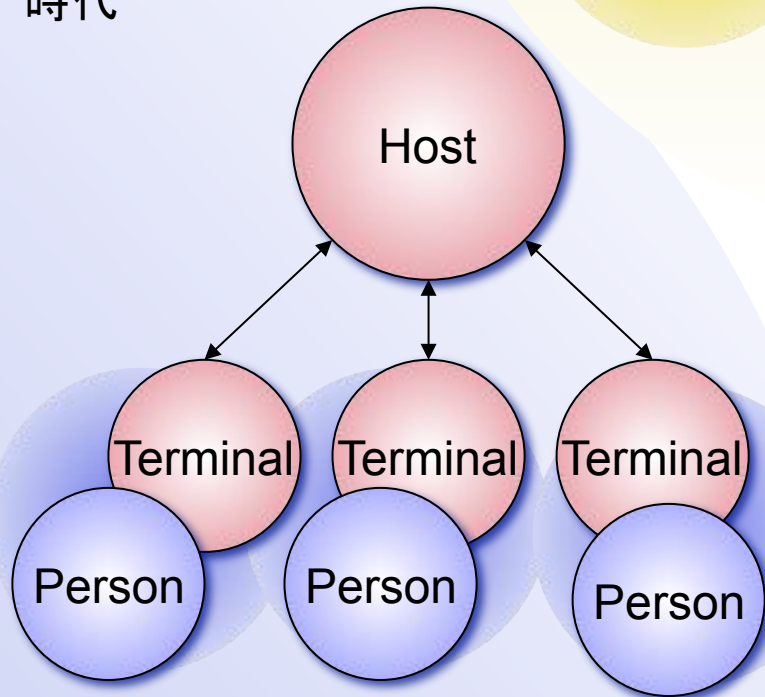


コンピューティング環境の変化

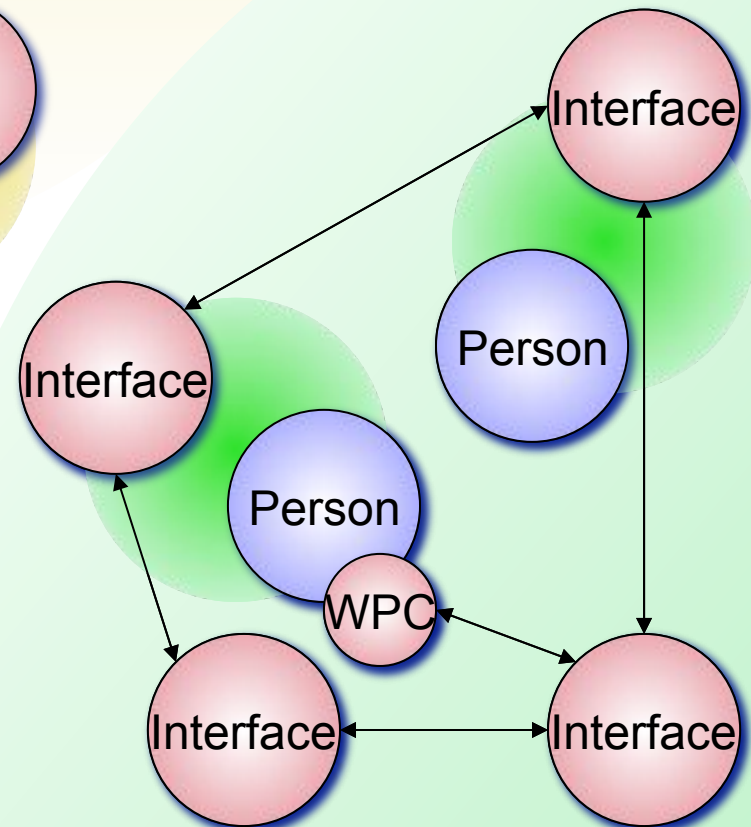
インターネット時代



メインフレーム時代



ユビキタス時代



■ 端末への束縛からの解放

ユビキタス環境におけるUI



島津製作所



塚本先生

ウェアラブル型UI



“Office of the future” project, UNC



環境埋め込み型UI

- 「環境埋め込み型UI」の操作方法に関する研究

街中にあふれる「表示デバイス」



リンク

変更



非常口
Emergency exit

※



避難経路図, 非常口

広告, 案内図, 標識, 標示

■ 今後, 標示の「電子化」「双方向化」が進行

家庭におけるIT活用



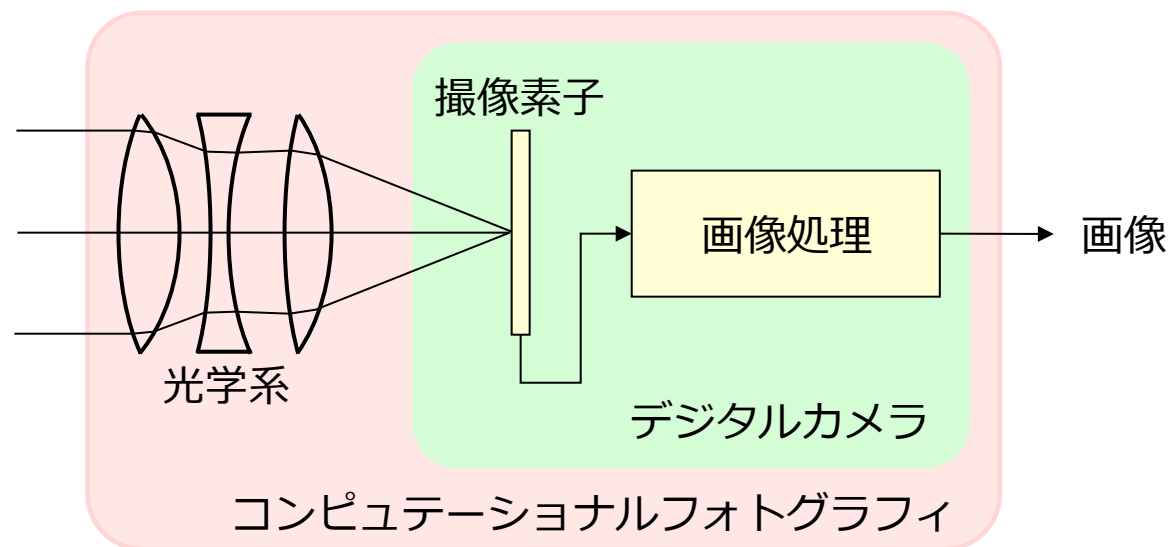
- video on demand
- WWW
- レシピ閲覧
- 家電操作

- ・ コミュニケーション
- ・ 住宅機能の高度化
- ・ 実物に関する
インタラクティブ



コンピューターシヨナルフォトグラフィ

- 計算機技術を利用した、「カメラの進化」第2幕
 - 第1幕：フィルムを撮像素子で置き換える（デジタルカメラ）
 - 「レンズが結んだ像」を高精度にデジタル記録する
 - 第2幕：レンズから見直し。「撮るだけ」でないカメラ
 - 計算（画像処理）により、思い通りの画像を作り出す



フィルムカメラ



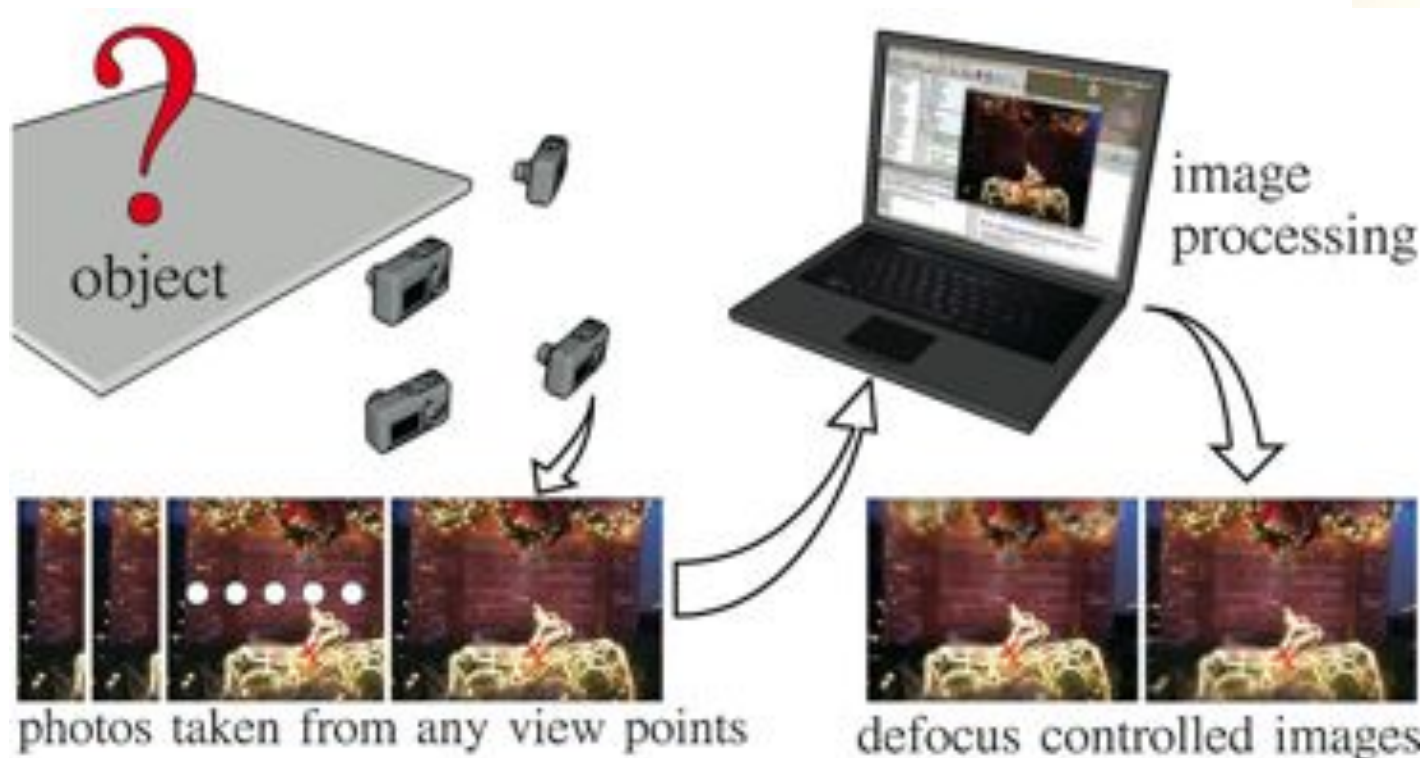
デジタルカメラ

コンピューターシヨナルフォトグラフィ技術が変えていく範囲

次世代のカメラは「撮ったら終わり」ではない。あとからピントを合わせ直したり出来る。

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

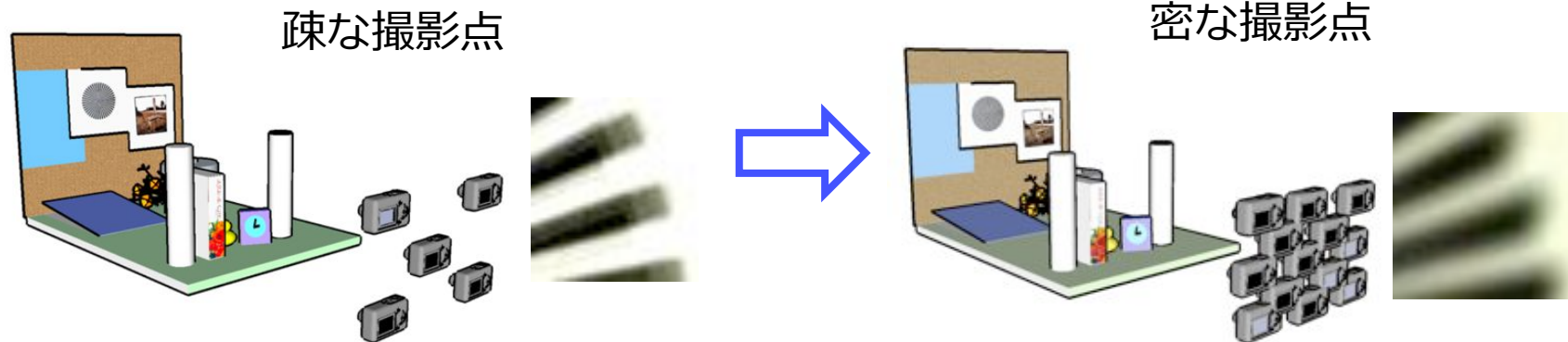


従来手法：多眼カメラ

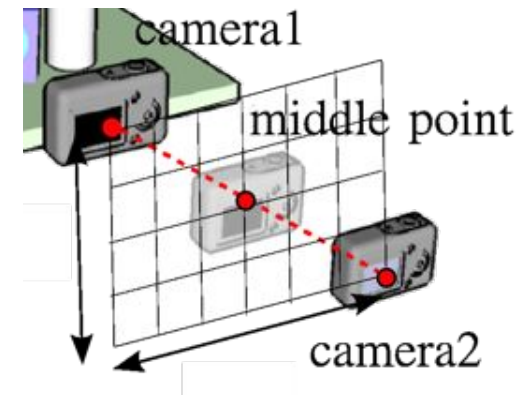
CVPR(2009),
映像情報メディア
学会論文(2009),
MIRU(2008, 09)

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



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

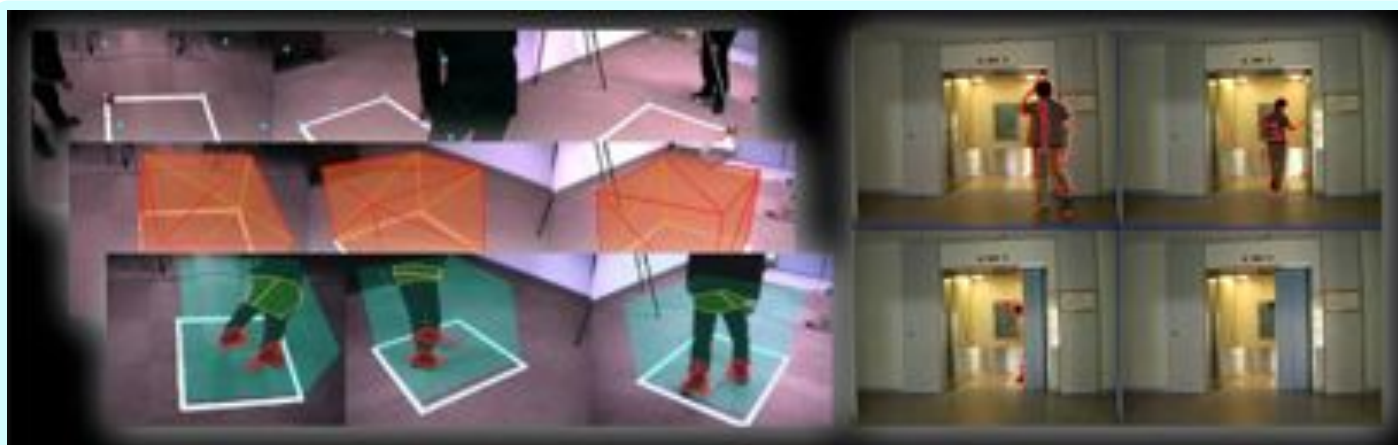
視点位置・姿勢が未知の少数の画像から
大きなぼけを含む画像を得た

コンピュータビジョン（画像の認識・理解）、動きや形の計測

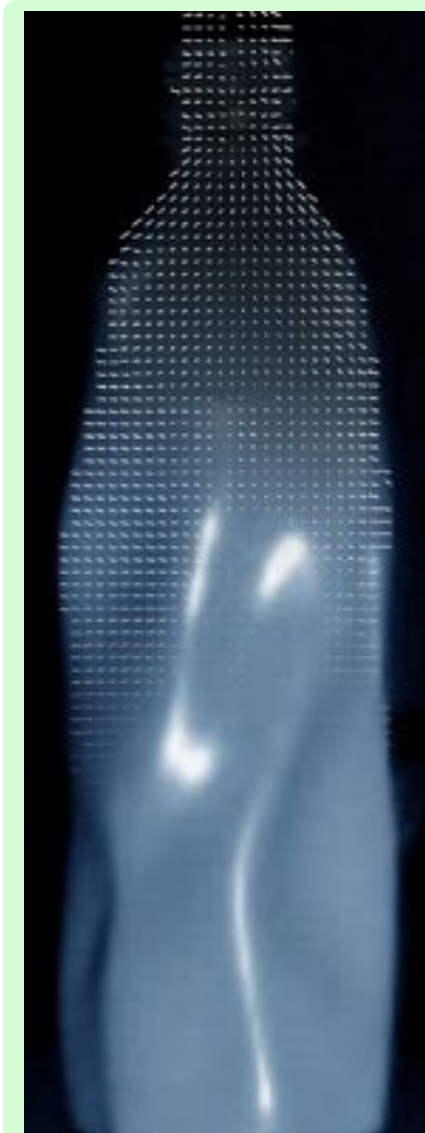
- ・ 画像から物体の動きを求める（ロボットの目）
- ・ 画像により安心・安全を実現する（侵入者の検出など）
- ・ 陰影からの形状の推定（人間による形の認識の模倣）



なめらかな、鏡面仕上げの物体の3次元運動の解析

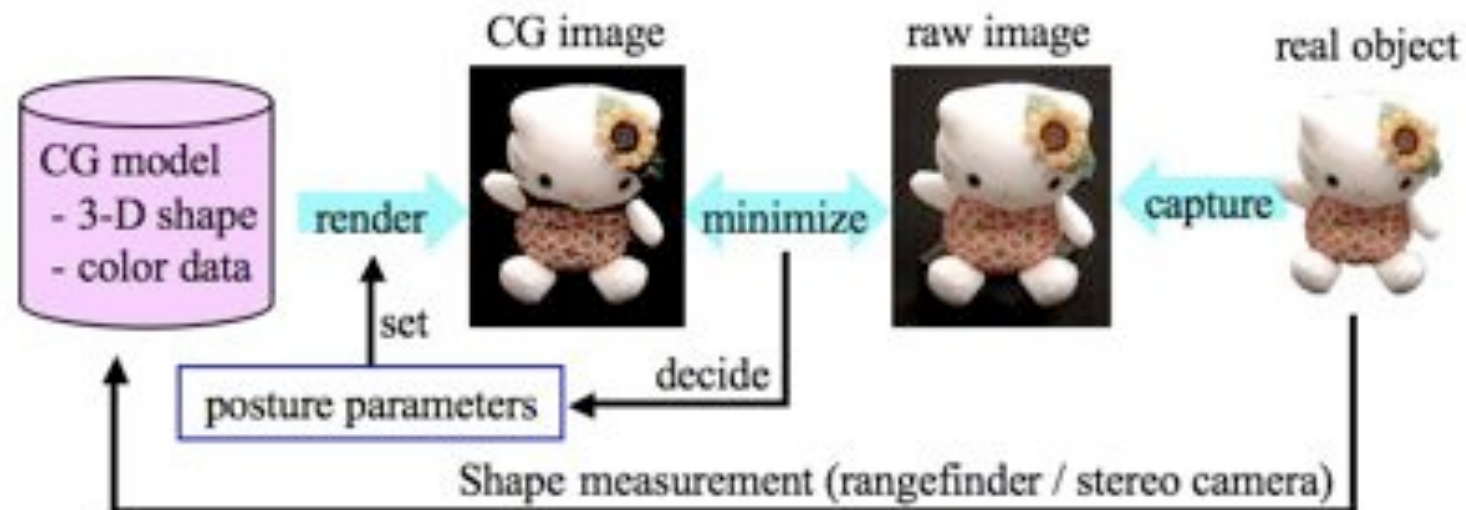


複数のカメラを用いた侵入の判定・未知物体の検出



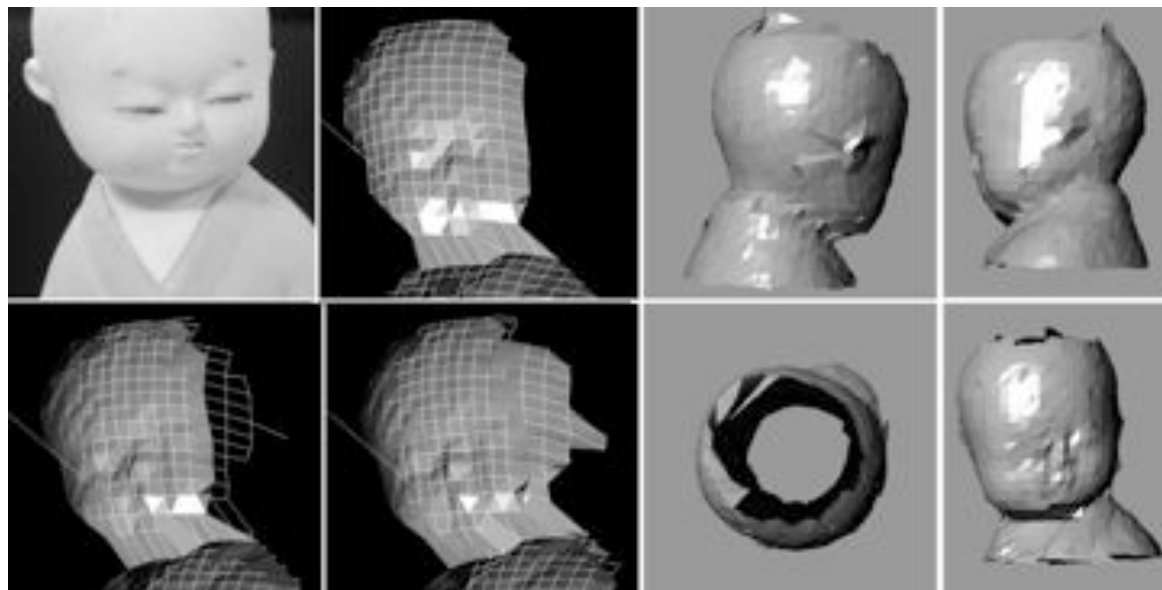
陰影やツヤを用いた
物体の立体形状や
光のあたり方の推定

レンダリングに基づく動きの解析



モデルから生成した画像
を実画像と比べ、その差
を最小化することで動き
を求める

- 距離画像
- 濃淡画像
- 距離画像 + 濃淡画像



遮蔽を生じる複数物体の追跡



※対象物体の形状はレンジファインダ
により精密に計測している

ステレオカメラを用いた運動解析



使用したステレオカメラ
(PointGrey Digiclops)



ステレオカメラを用いた運動の追跡



カメラの
移動方向

その他のパラメータの変動量は
ごくわずか

鏡面反射物体の追跡

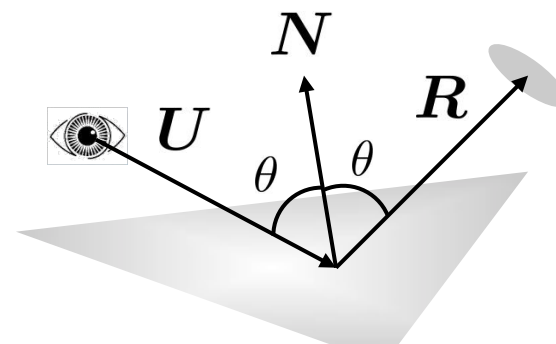
鏡面反射特性を持つ物体では

映り込む像そのものが物体の見えとなる



物体の運動と一致していない

ハイライトの見えの動き



$$R = U - 2(N \cdot U)N$$

環境マッピング



環境マップ



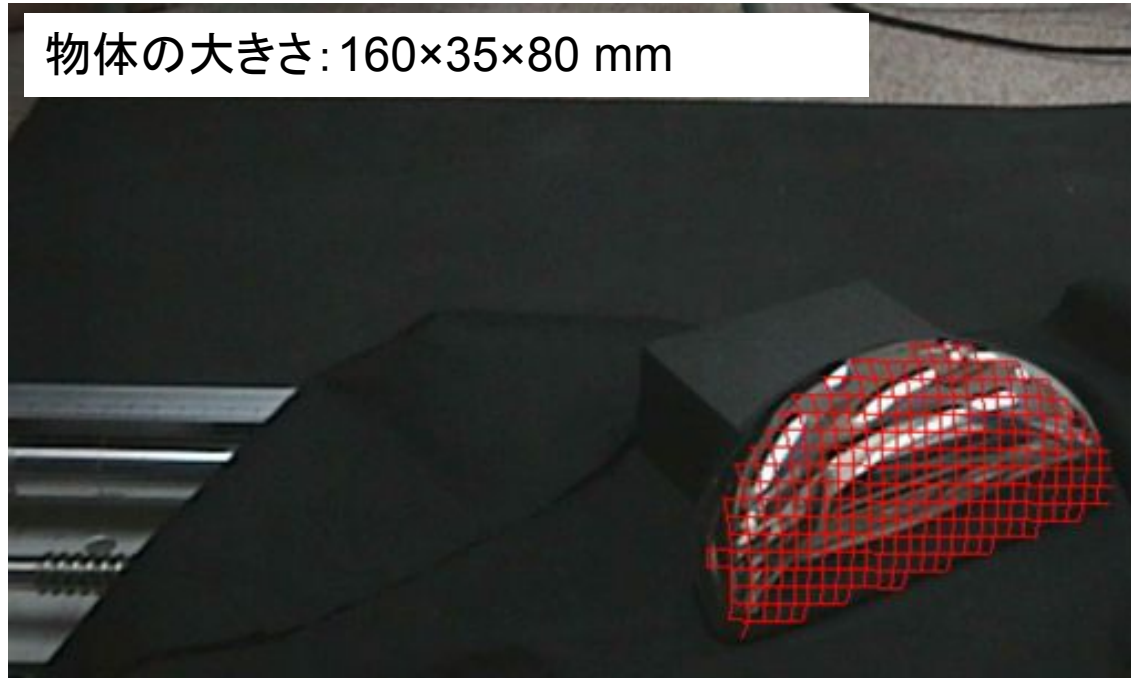
実写画像



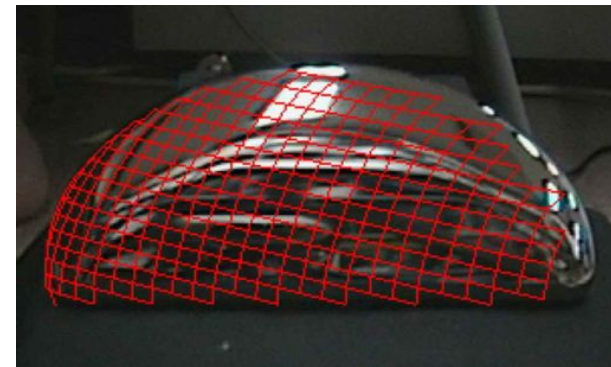
環境マッピングCG画像

鏡面反射物体の追跡結果

物体の大きさ: 160×35×80 mm



↑ 平行移動

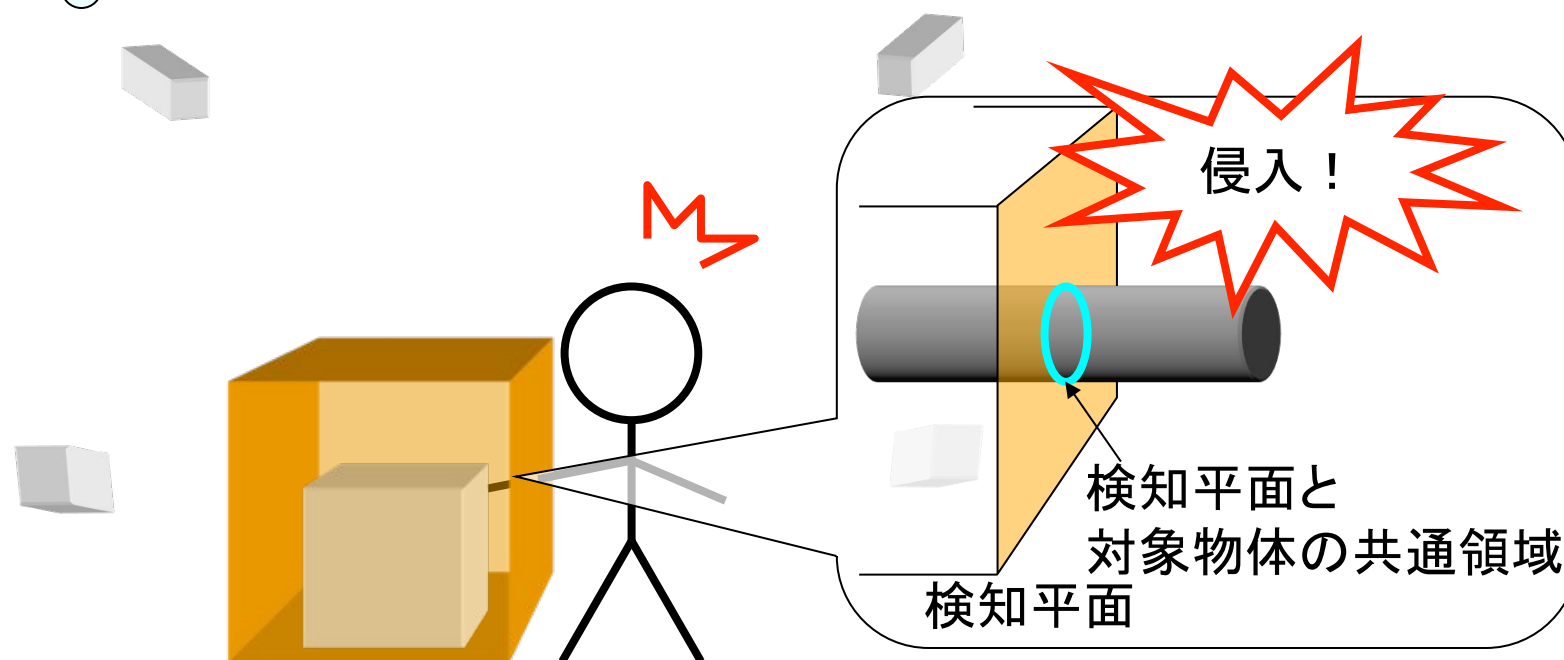


回転運動 →

オフライン処理, 画像サイズ: 640×480, フレームレート: 約 15.5 frame/sec
形状はスリット光投影法により高精度計測

3次元空間への侵入の検知

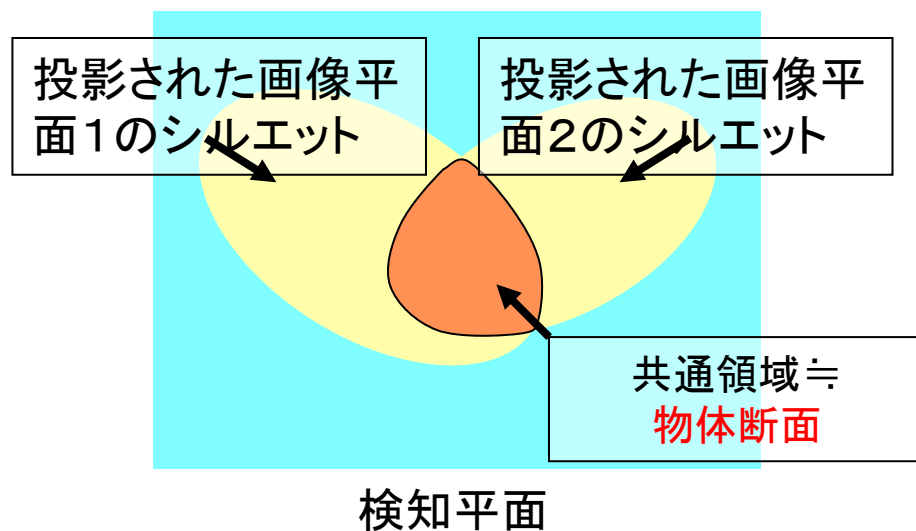
視体積交差法に基づく
複数平面上の侵入検知システム



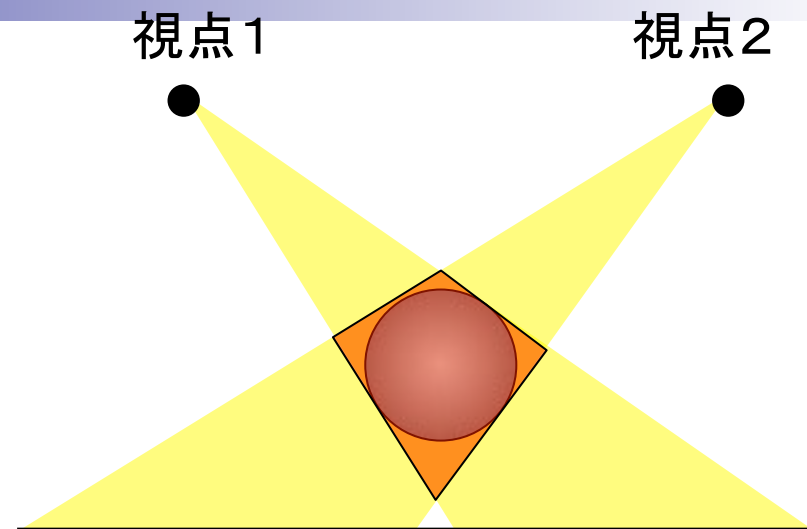
(川端, 日浦)

侵入判定の原理

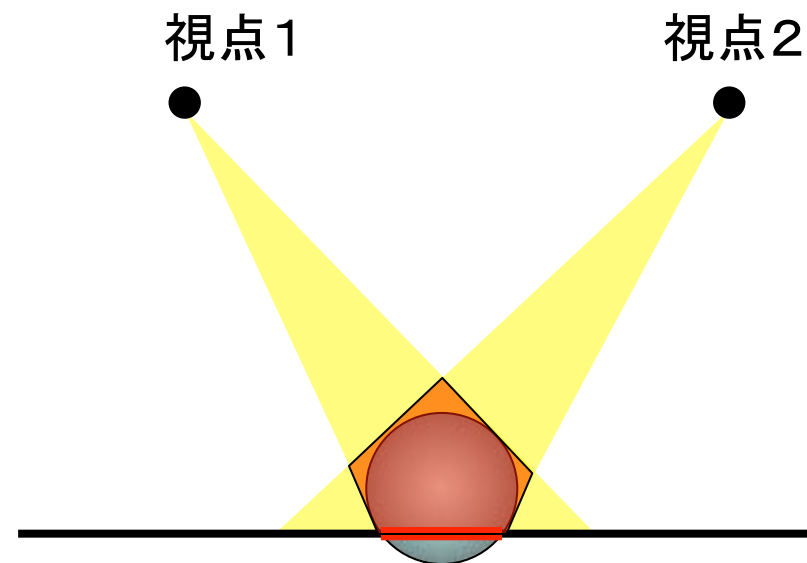
物体の全てのシルエットを
単一の検知平面へ射影



- ・カメラの設置設定が簡単
- ・計算負荷が小さい
- ・侵入箇所を覆い隠しても検出可能

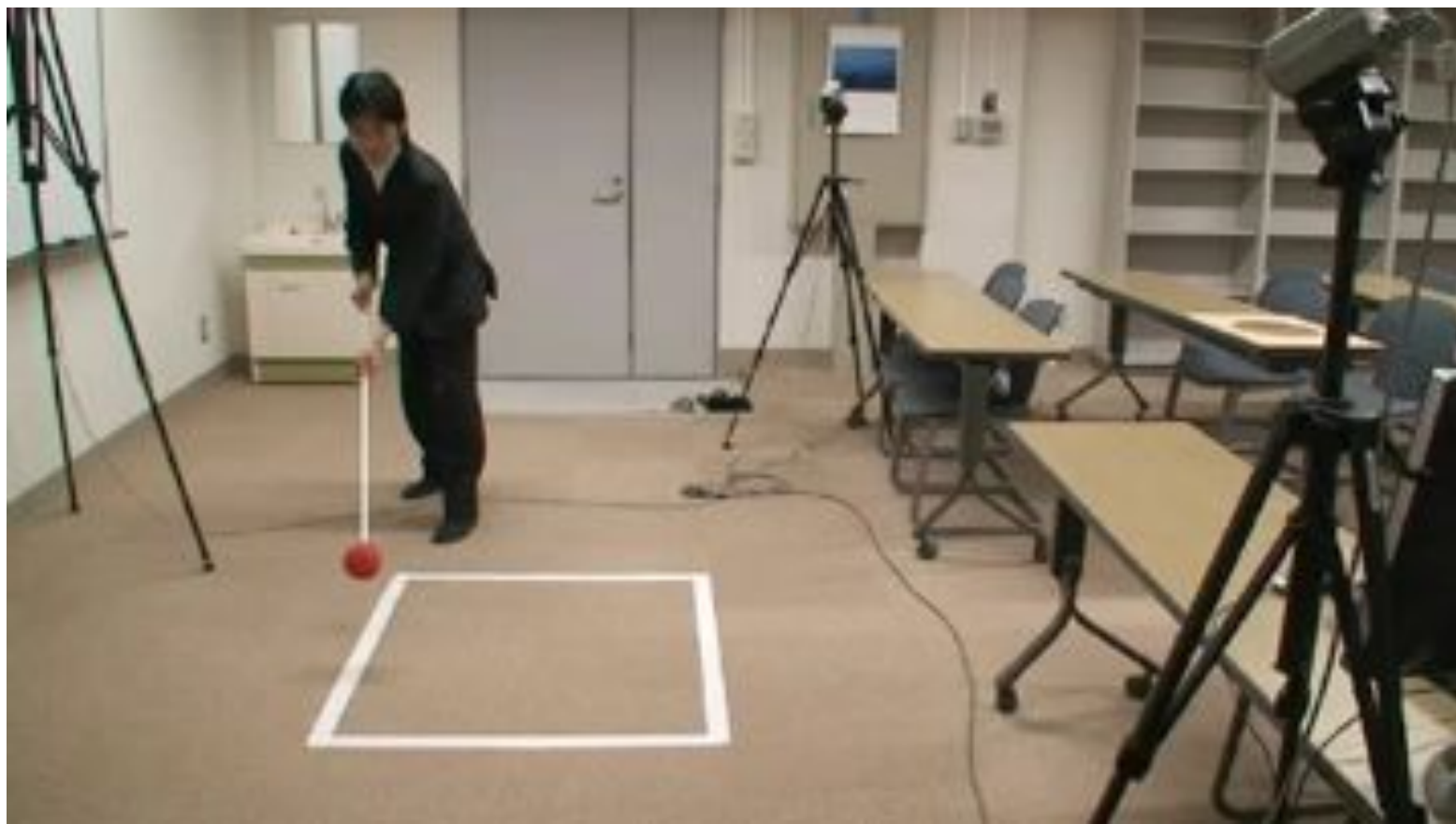


侵入していない



侵入している

簡易な侵入検知システム



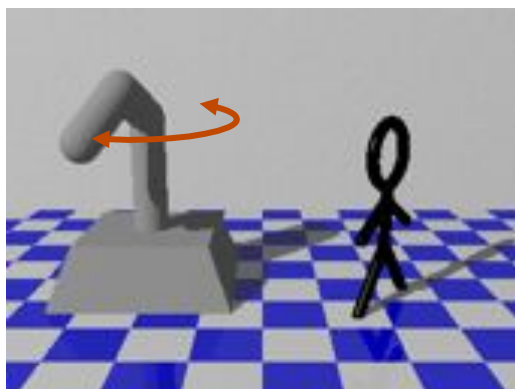
学習に基づく未知物体検出



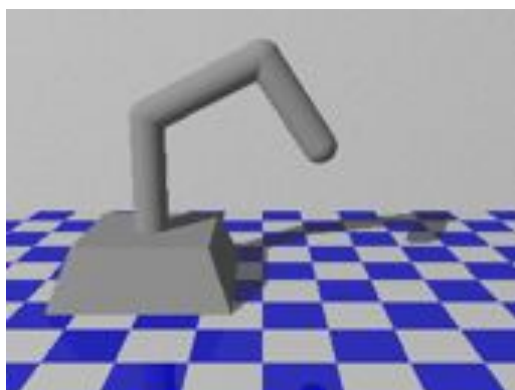
画像中の未知物体の検出

計算機が学習済みのエレベータドアの動きは検出せず、
初めて画像に写る動物体のみを検出

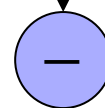
単純な背景差分法における問題点



入力画像(監視映像)



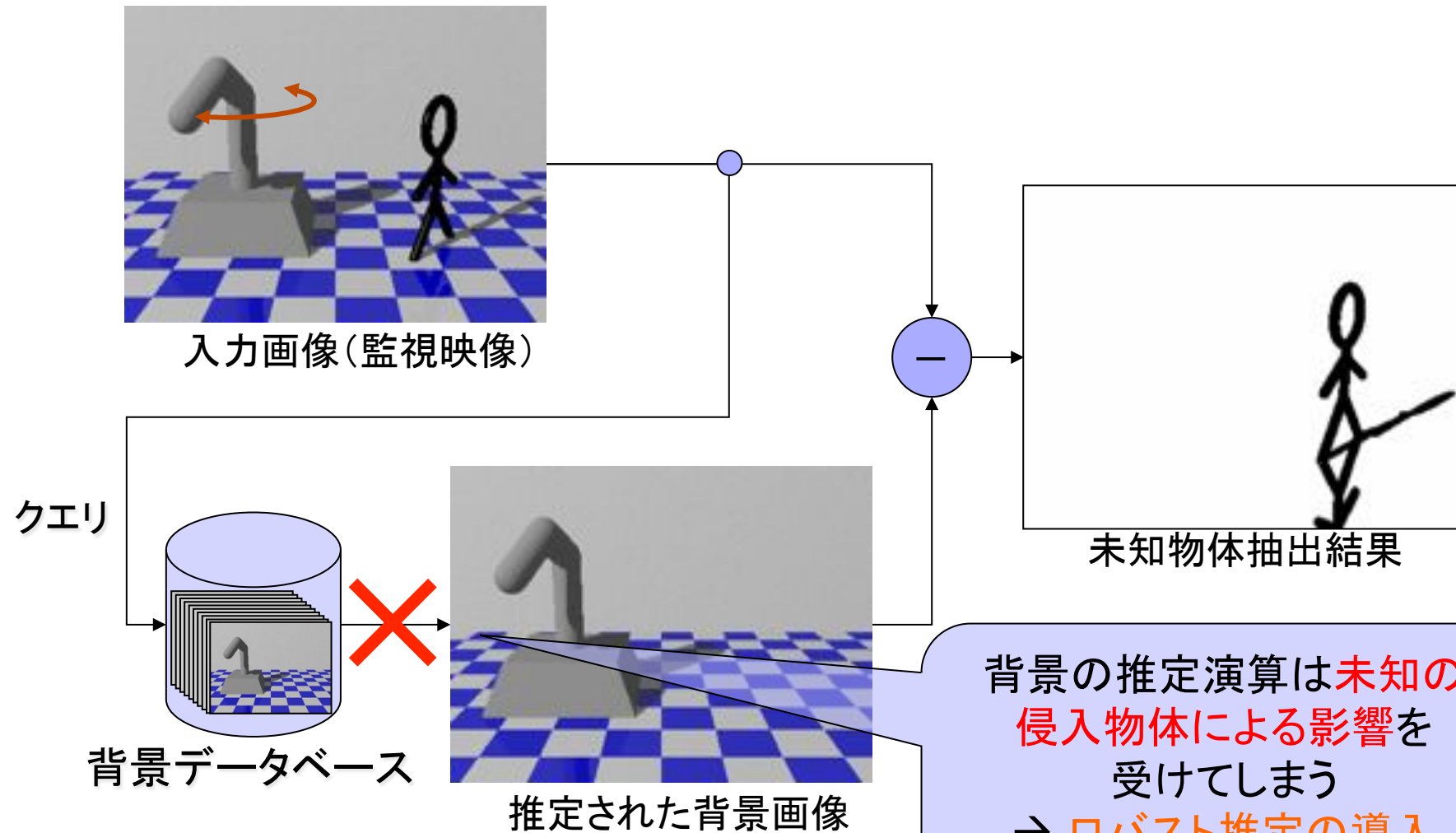
背景画像



未知物体抽出結果

既知の物体でも**運動する**
物体は検出されてしまう

背景データベースを用いた背景差分



実験結果

(エレベータにおける人物領域の抽出)



入力画像



推定背景画像

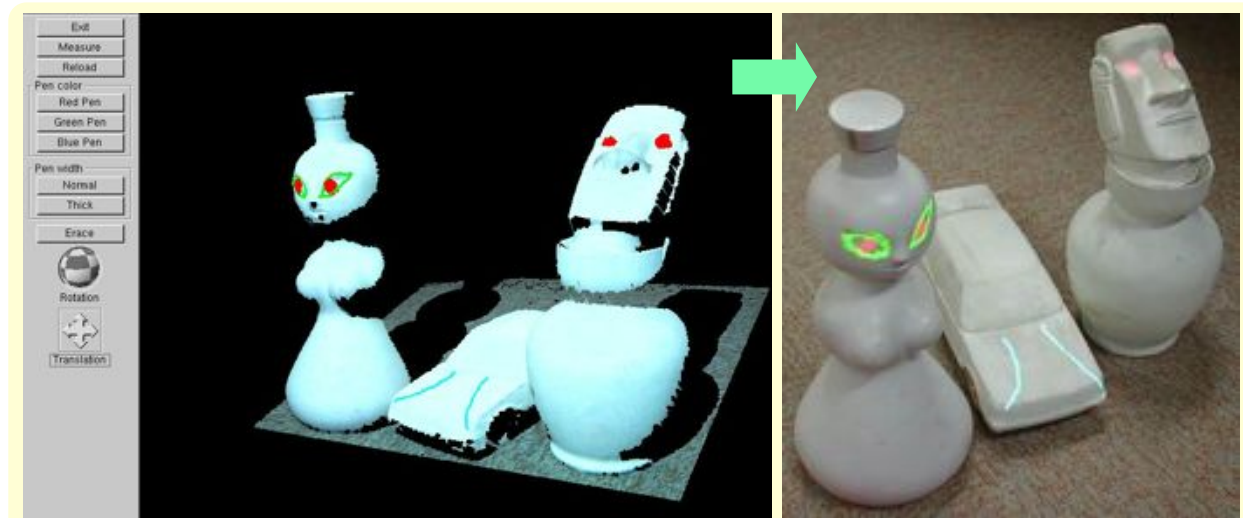
推定未知物体領域

人のための画像応用

- ・ プロジェクタ光を用いたコミュニケーション支援
- ・ 画像処理による美しい写真の合成・編集

光の利用, 光の解析

- ・ 昆虫の複眼を模したあたらしいレンズ
- ・ 乱反射を起こす物体の形の精密な計測



プロジェクタを用いた遠隔地への作業支援



画像の背景を自然に美しくぼかすための画像処理



In Focus Photograph

Out of Focus Photograph

ぼけを利用した光学IDタグ

その他



In Focus Photograph

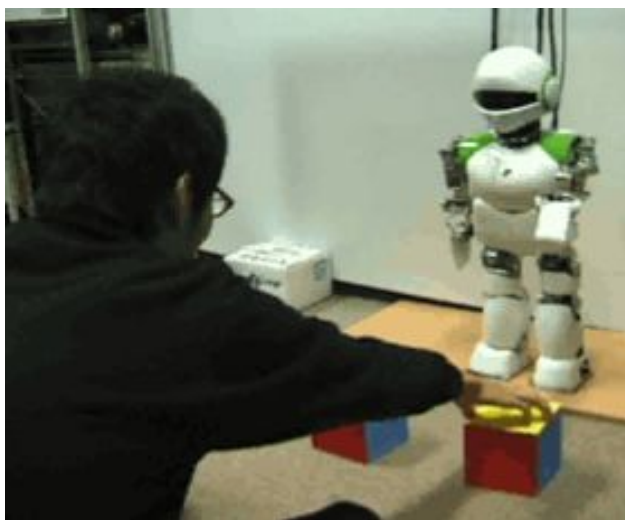


Out of Focus Photograph

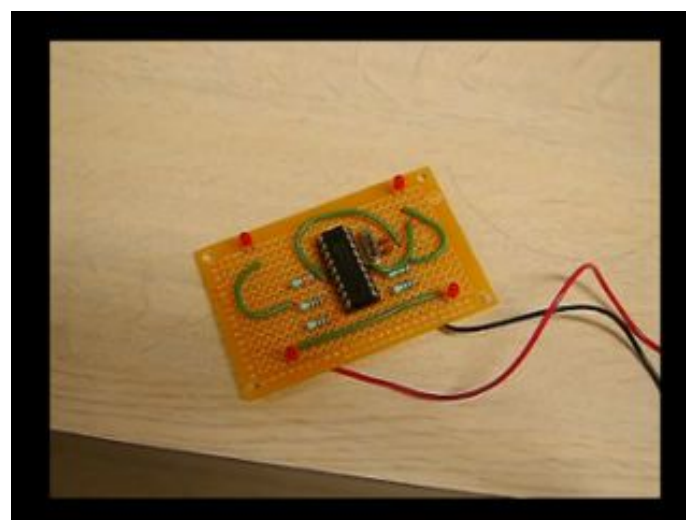
ボケを利用した光学IDタグ “Bokode”



複眼連立像 超広角光学系 “Krill-eye”



ヒューマノイドによる遠隔作業指示



撮像素子の制御による高速ID認識