

# ITS車載センシング技術

(動的仮想都市空間を目指して)

---

東京大学大学院情報学環

(生産技術研究所)

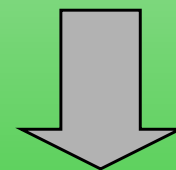
池内 克史

## ◆ 静的都市空間の仮想化

- 建物の仮想化
- 3次元地図の自動生成

## ◆ 動的都市空間の仮想化

- 活動の表現
- 車の流れ
- 走行車両の種別
- 駐車車両の数



プローブ情報

# データ収集車両



# 全方位カメラ 2



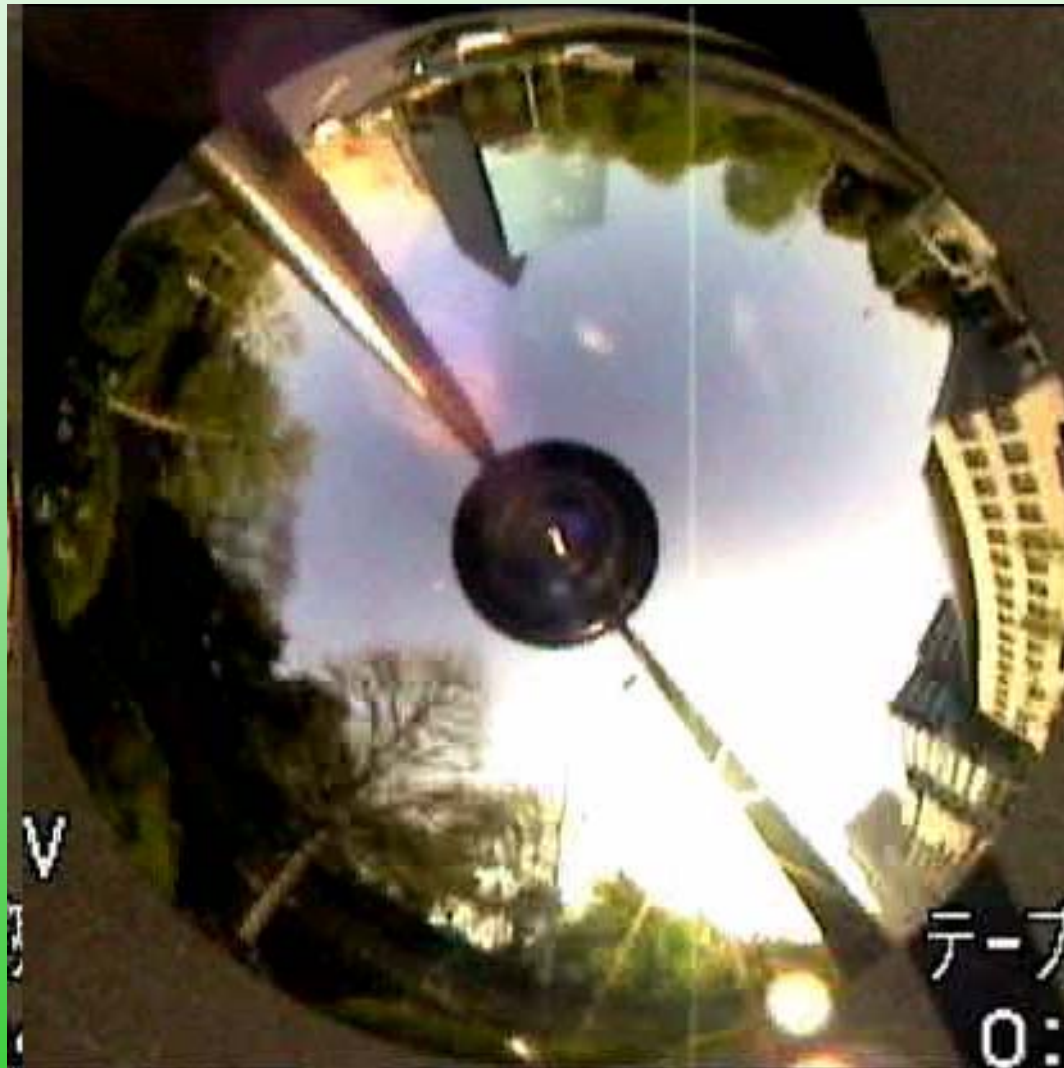
# 静的仮想都市空間

- ◆ イメージベース法
  - 入力画像列の切り貼りによる再合成
- ◆ モデルベース法
  - 3次元地図を構成
  - 視点を仮定し、3次元地図をレンダリング

# イメージベース法

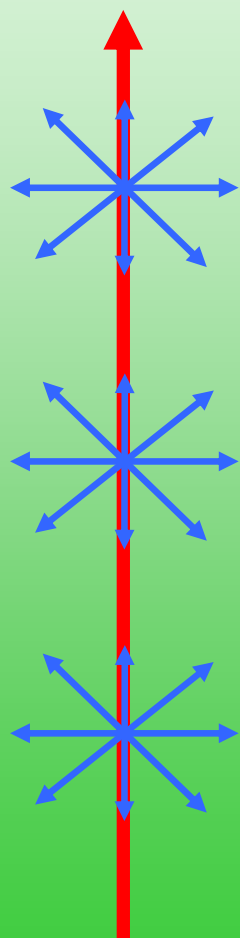
- ◆ 全方位画像列の取得
- ◆ イメージベース法を用いた画像の切り貼り
- ◆ 取得経路とは異なる画像例の生成

# 全方位画像

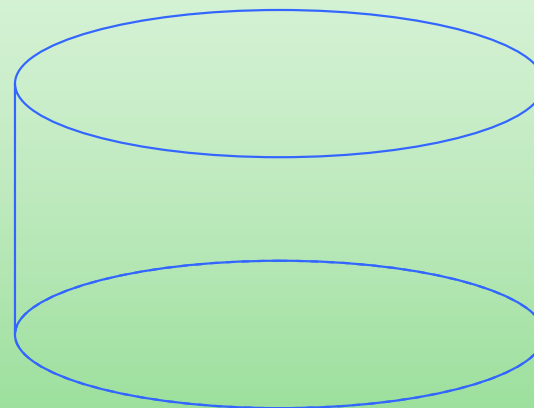


# 全方位画像取得

画像取得経路(直線)



全方位画像

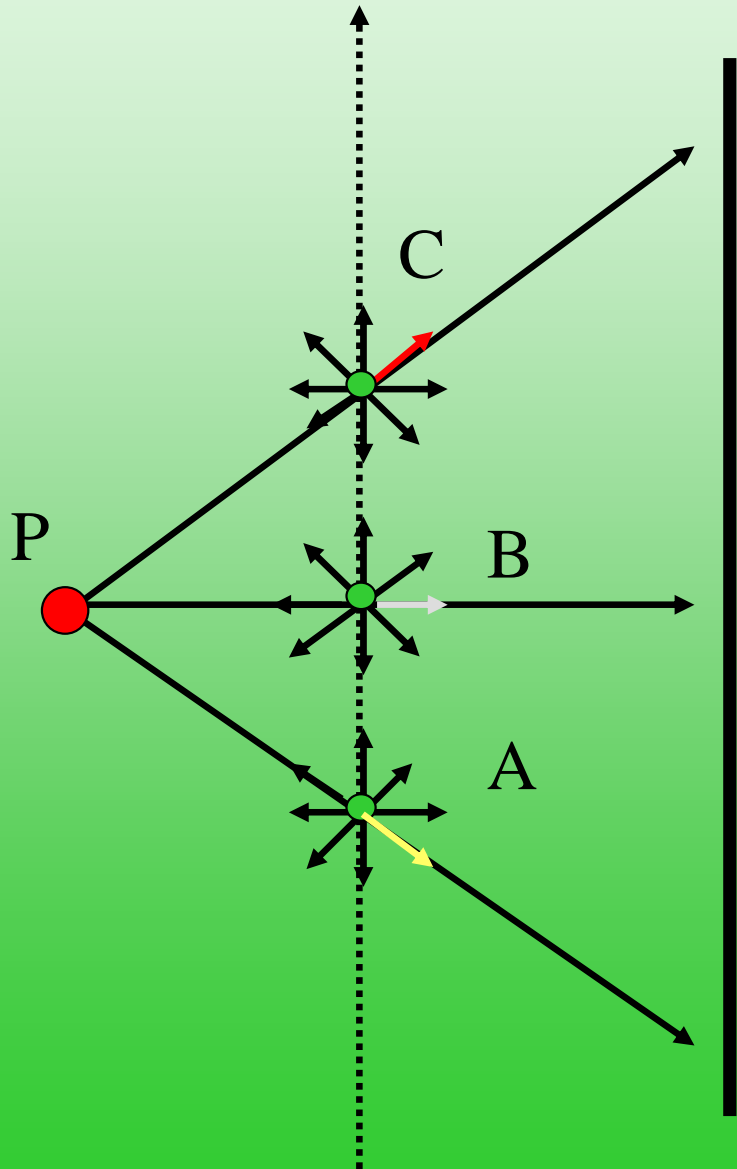


展開図

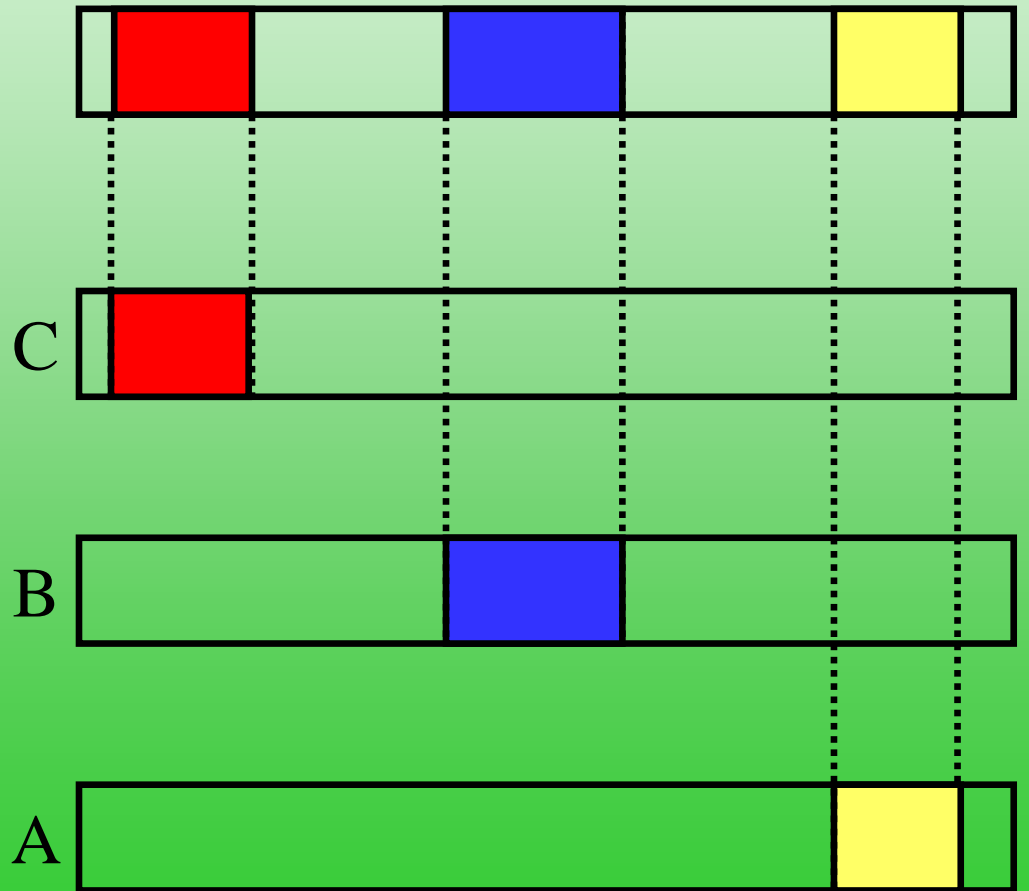




# 光線空間



## 合成画像

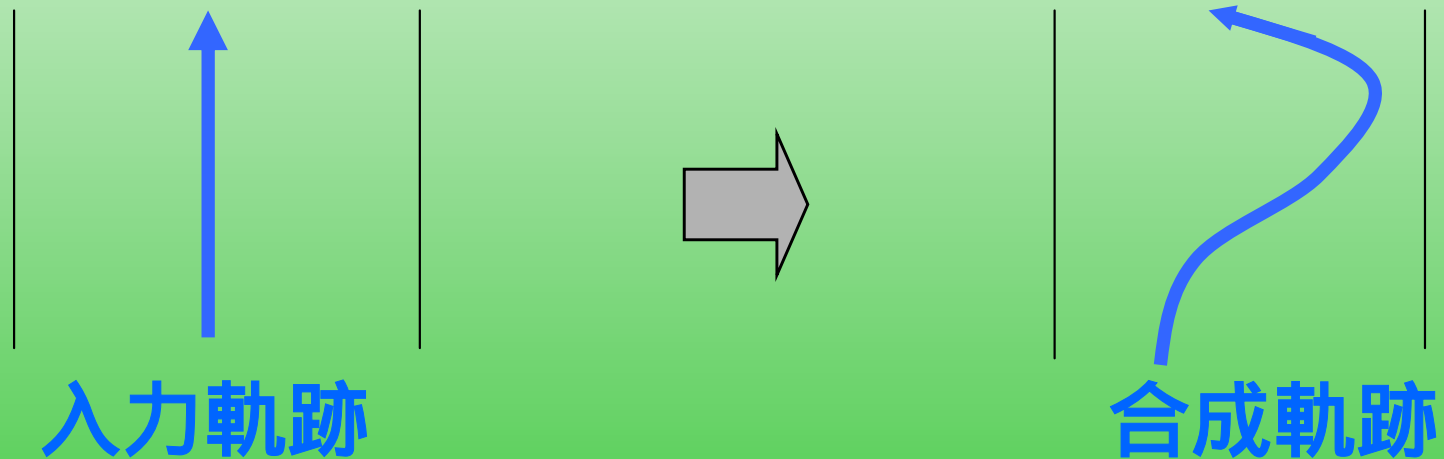


# 合成画像列(レーンチェンジ)



# イメージベース法

- ◆ 入力時と異なる画像列の生成が可能



# 画質の向上

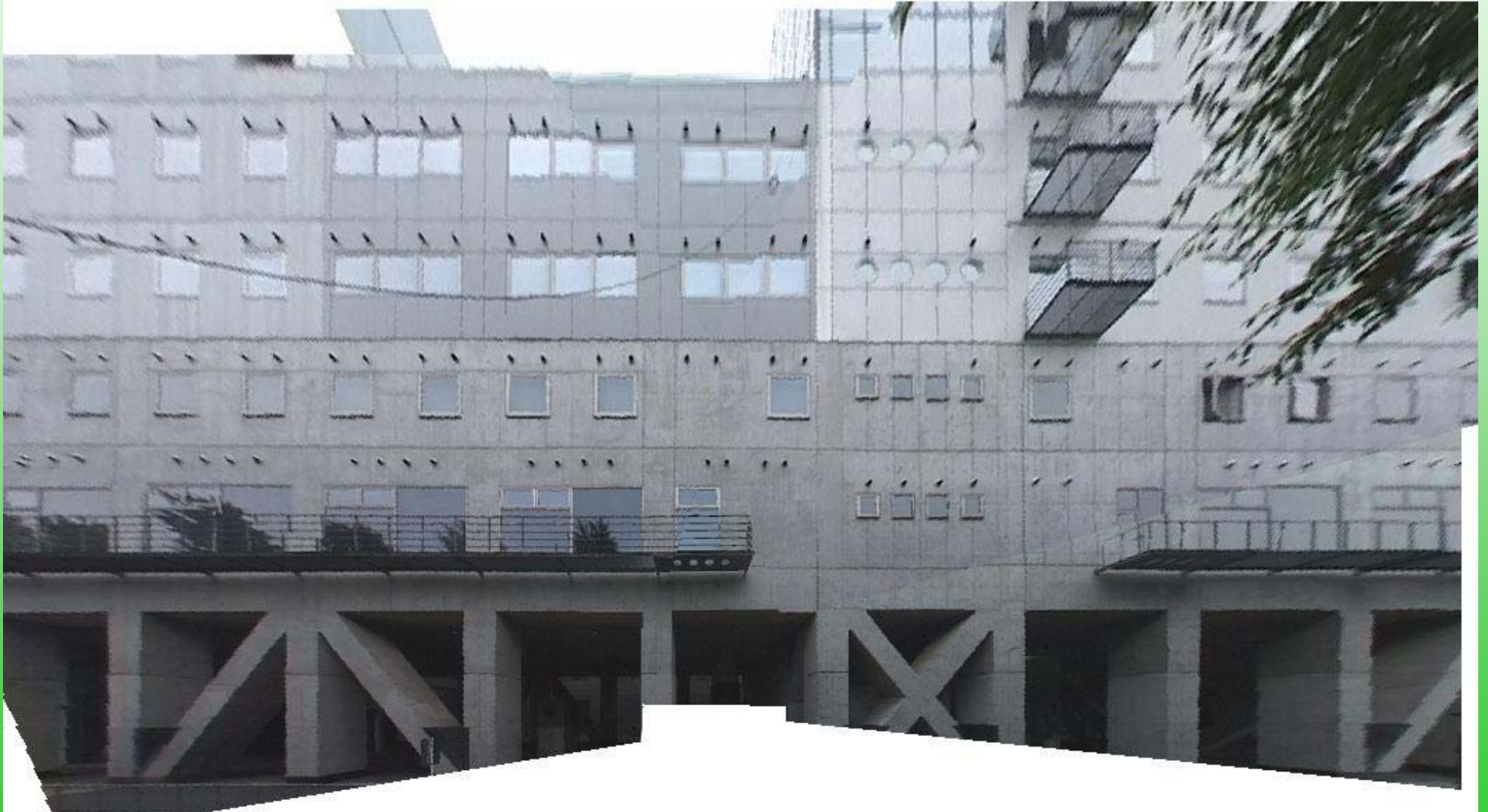
- ◆ 画像の精緻化      複数カメラ

# 複数カメラの構成法(その2)





# 統合例



# 光学中心のずれによる誤差





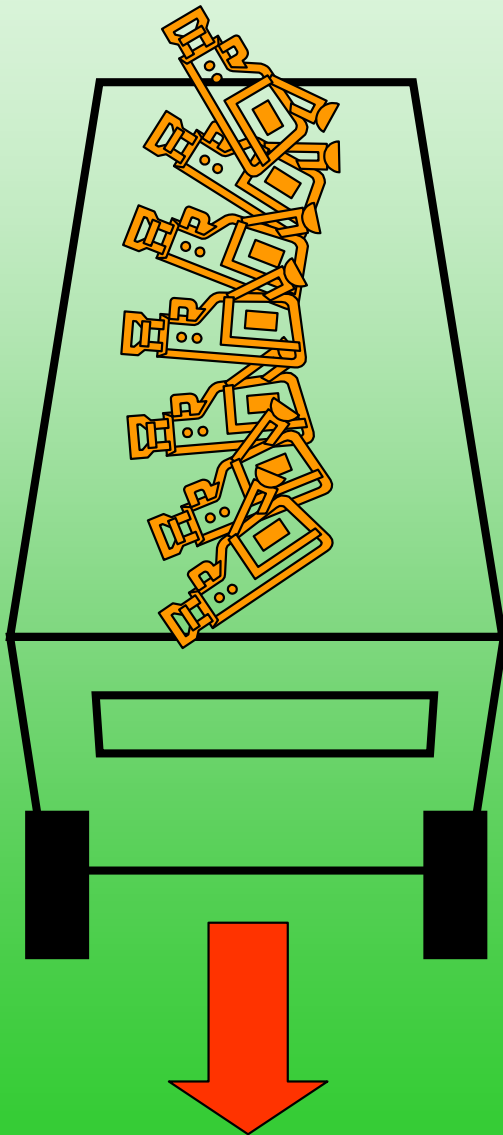
# 光学中心の一致

- ◆ 直線運動を仮定
- ◆ カメラは直線上に配置

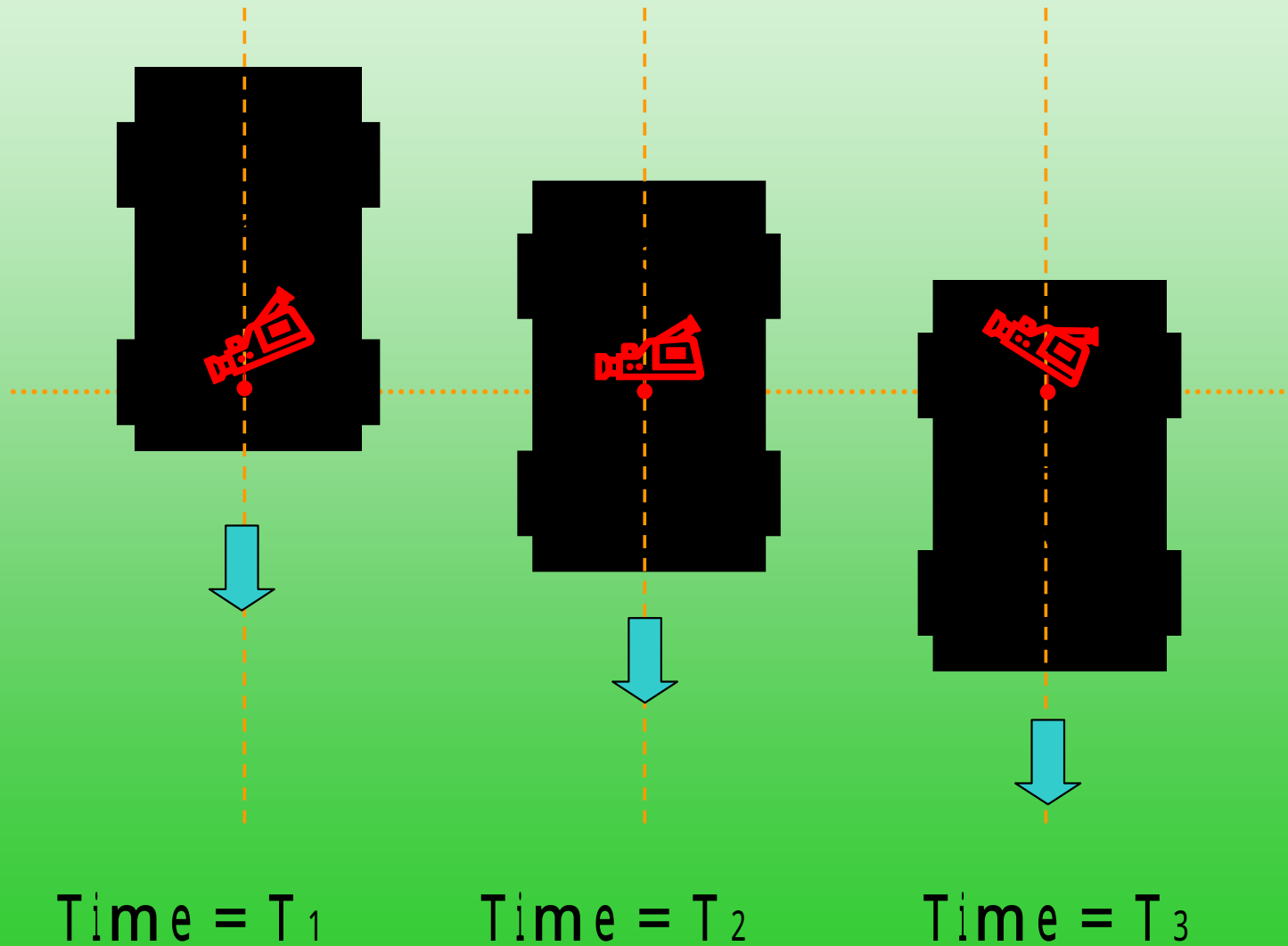
時空間での光学中心の一致

# カメラの配置

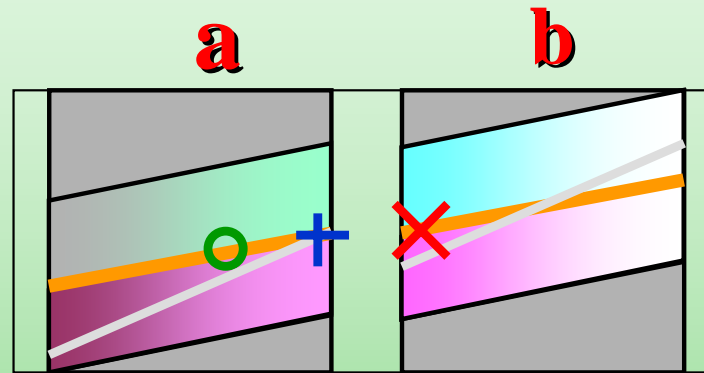
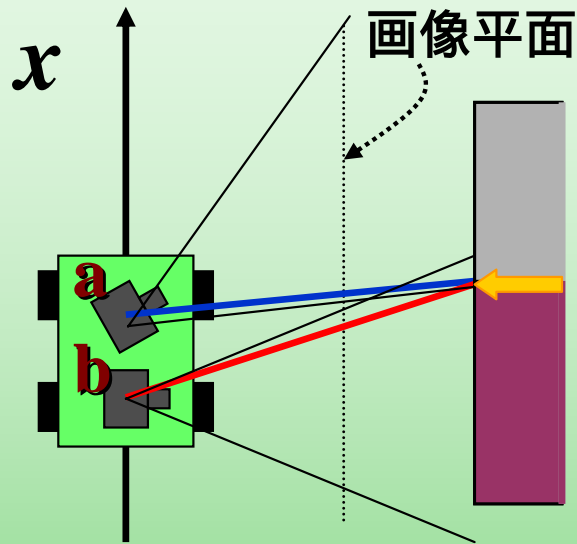
進行方向に1列



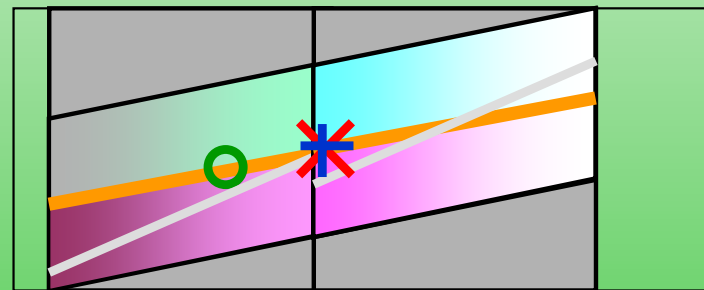
# 時空間での光学中心の一致



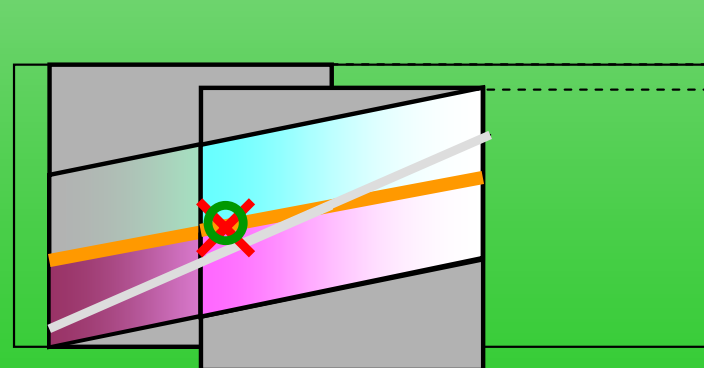
# EPIによるキャリブレーション



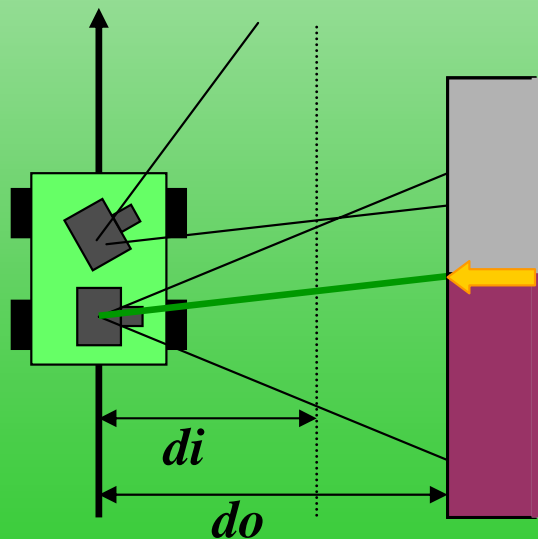
(i) 実位置での  
EPI



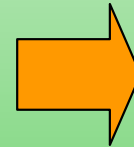
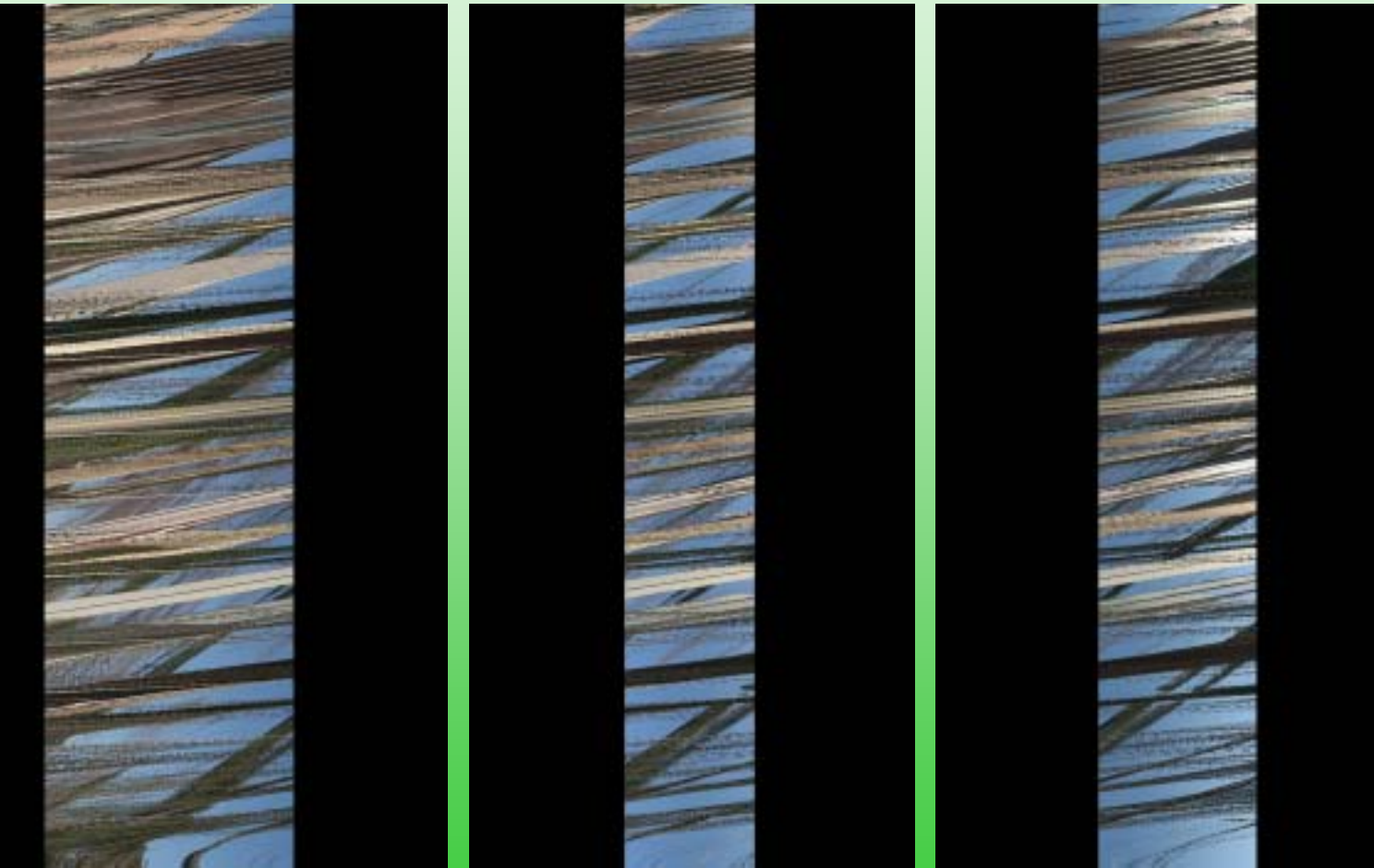
(ii) EPI matching  
[1次元]



(iii) EPI matching  
[2次元]



# 時空間での一致



# 画像統合例



歪み

光学中心の一致した画像

光学中心を考慮  
していない画像



# 統合例(1)



# 統合例(2)





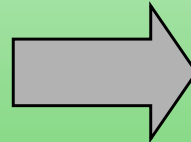
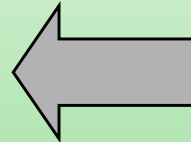


# 複合現実感交通実験スペース

ドライビング  
シミュレータ



周辺車両挙動  
交通制御信号



交通シミュレーション

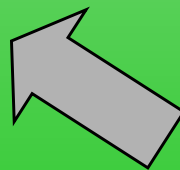


車両・運転者挙動



実パラメータ

実環境モデル



実観測実験室

# 桑原研究室 (交通工学)

多様な交通施策の効果を評価するツールの開発

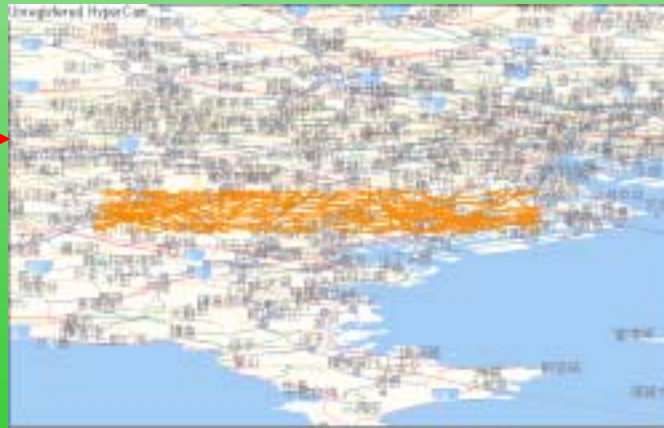
ヒューマンファクターに関する基礎研究

交通シミュレーションの機能向上

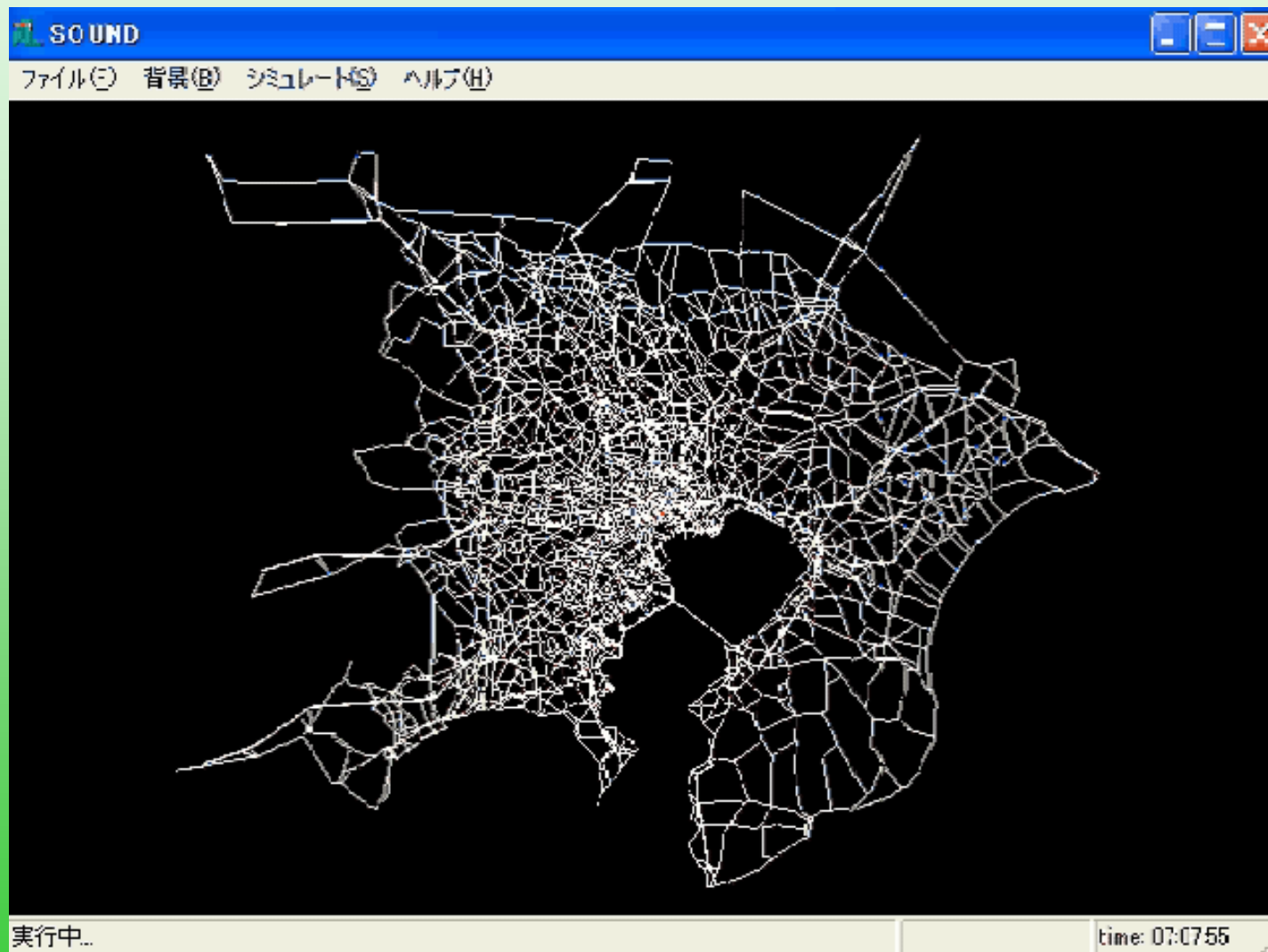
都市基盤  
GIS

Driving  
Simulator

実観測実験室



# 交通シミュレーション (桑原研究室)



# 須田研究室 (車両制御動力学)



Automobile & ITS



Driving Simulator

# ドライビングシミュレータ (須田研究室)



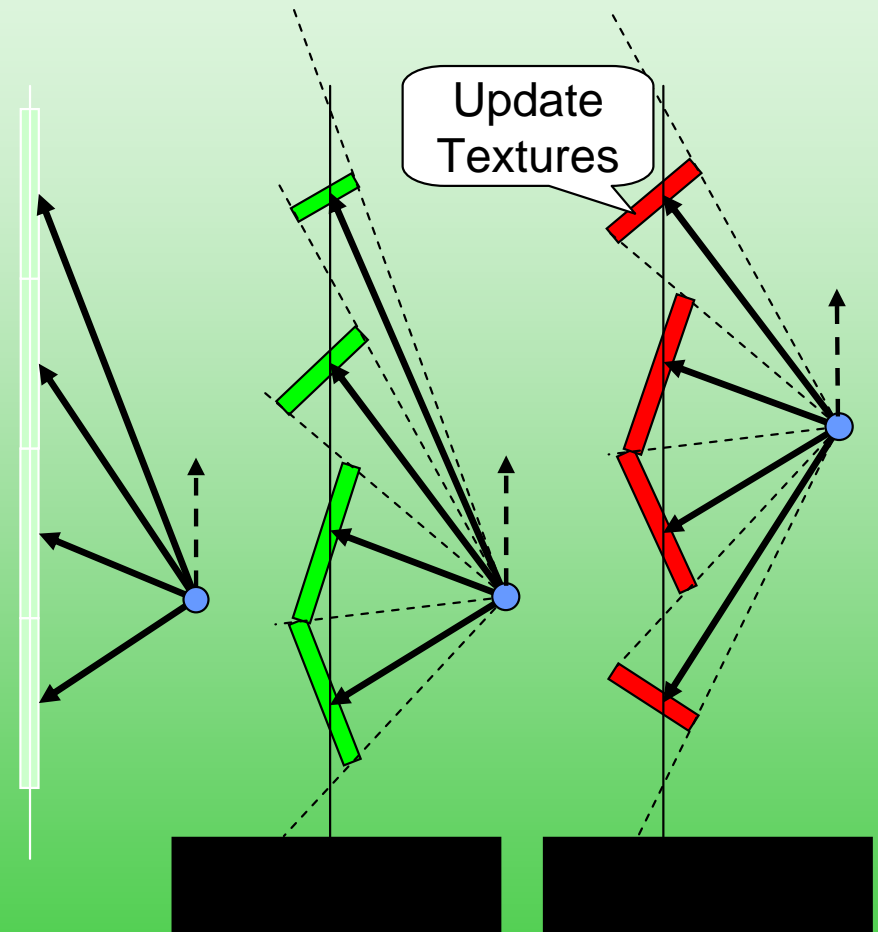
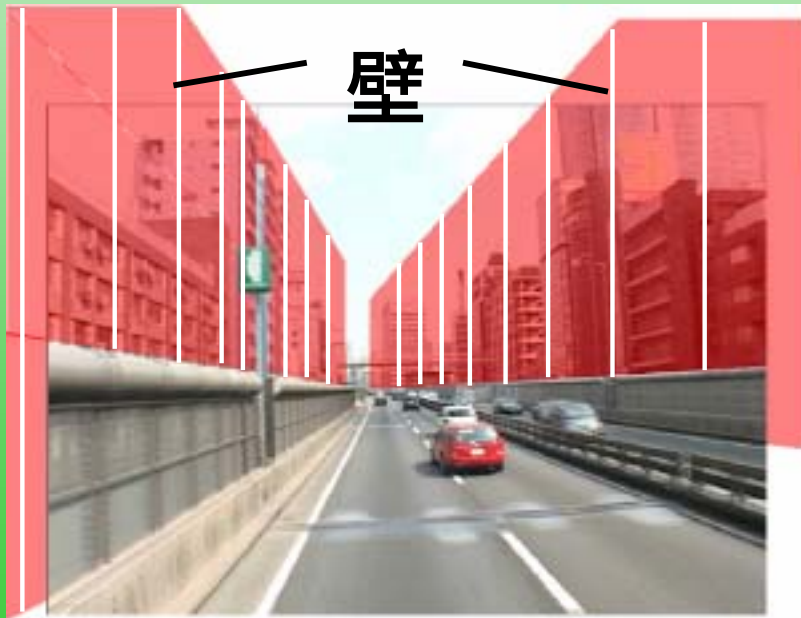


全方位画像



# 実時間レンダリング

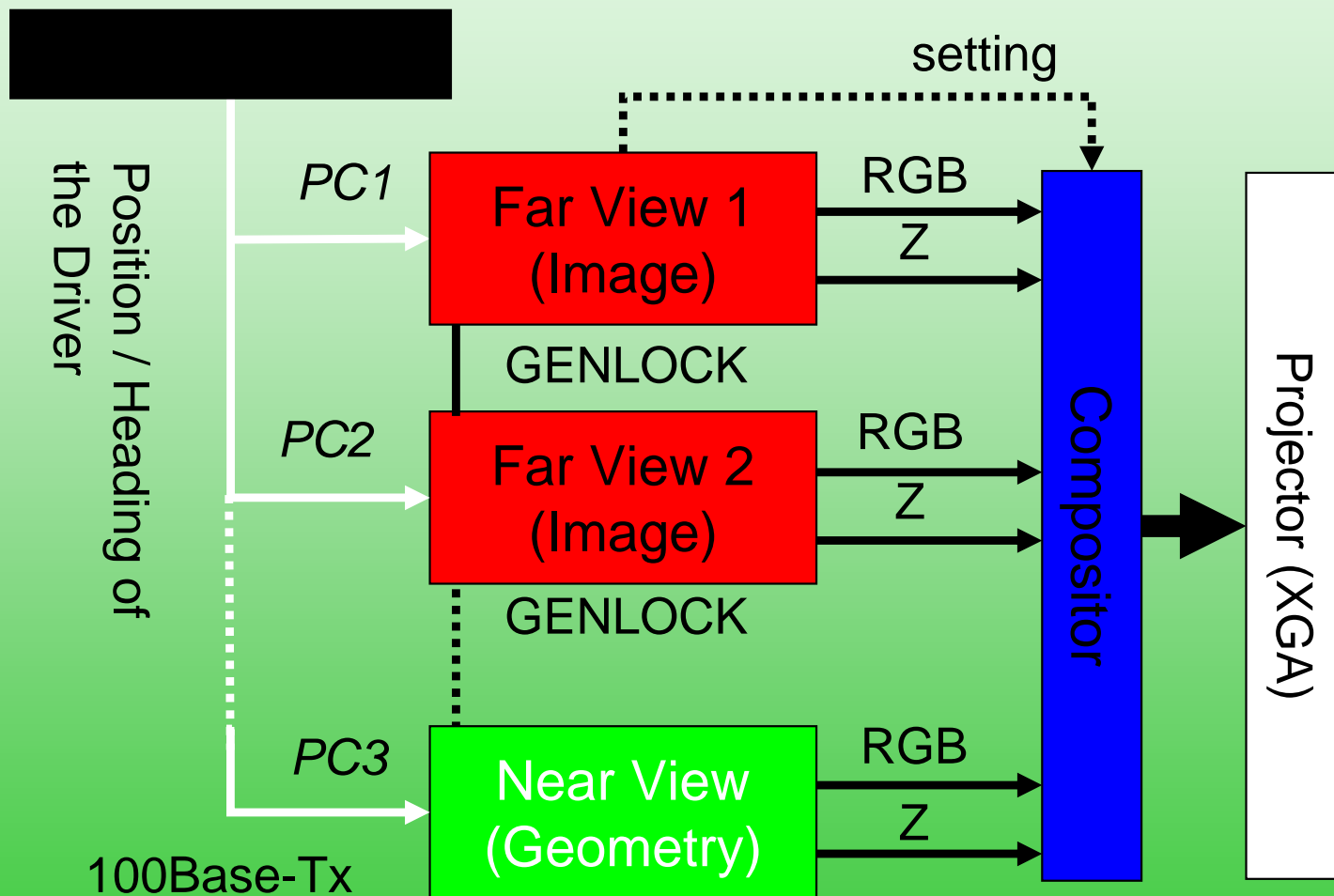
- ◆ 道路外側部分に仮想壁を設定
- ◆ テクスチャ内容を自車位置に応じて動的に更新
- ◆ 60Hz





# システム 出力

- ◆ 区間毎分割処理
  - テクスチャデータのメモリ先読み
- ◆ ハードウェアによる近・遠景の合成





# レンダリング結果(視点変更)



撮影経路よりも右側から  
左方を見た場合



撮影経路よりも左側から  
右方を見た場合

20040906\_omni\_straight5\_45degree

20040906\_omni\_straight-5-45degree

# 画像生成 (池内研究室)



# 新型ドライビングシミュレータ



# 新しい産学連携の展開

東京大学

研究室連携

電気・機械・土木  
研究室メンバー

民間企業

異業種連携

異業種約10社の派  
遣研究員

サステイナブルITSに関する研究

関係省庁

アドバイザー

# 画質の向上

- ◆ 画像の精緻化      複数カメラ
- ◆ 形状の精緻化      距離センサの利用

# 形状の精緻化

レーザー光の伝播時間から距離の計測

機械式の垂直スキャニング

計測車両のラテラル・モーション(横方向移動)





# 3次元復元例

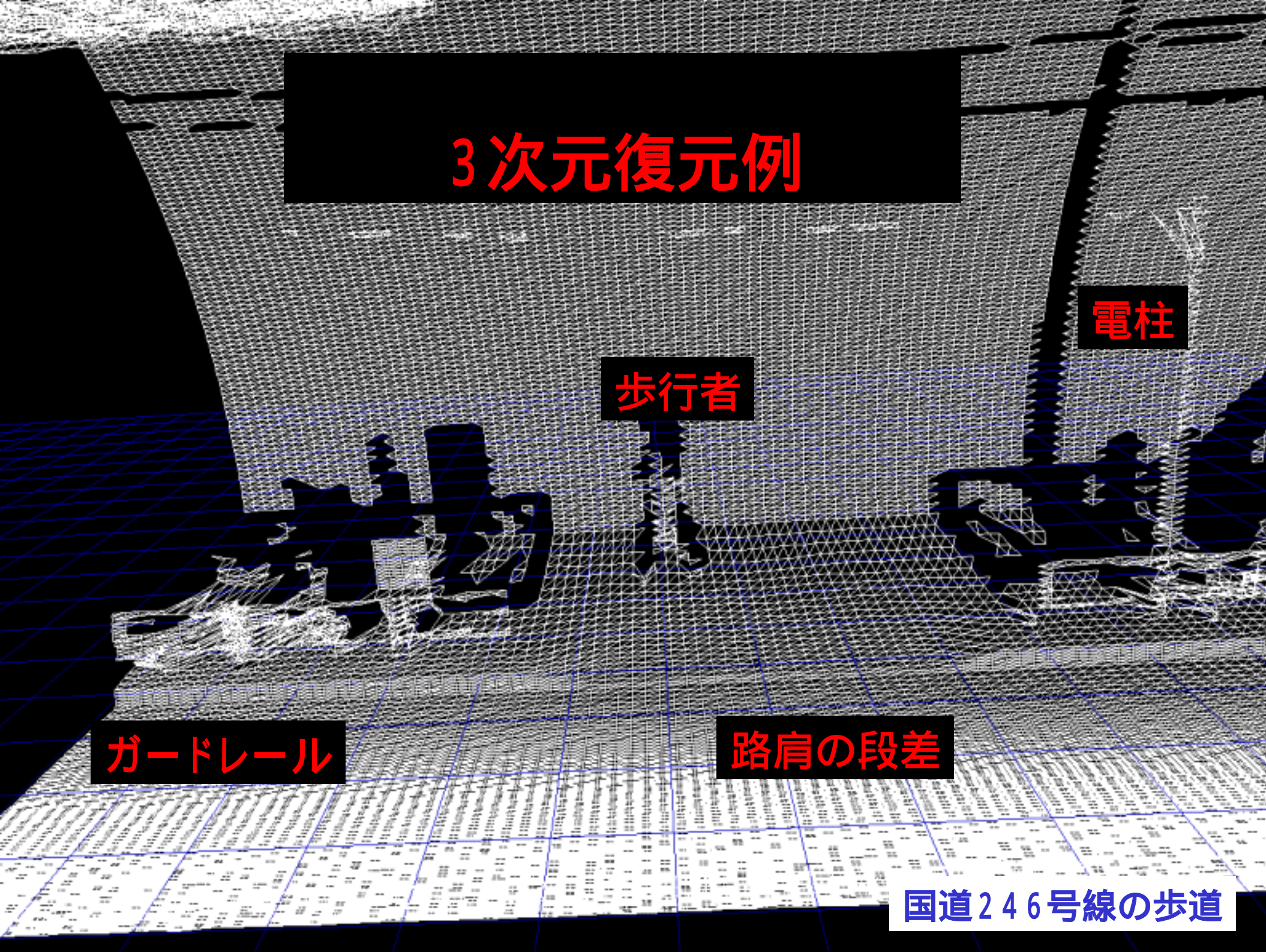
電柱

歩行者

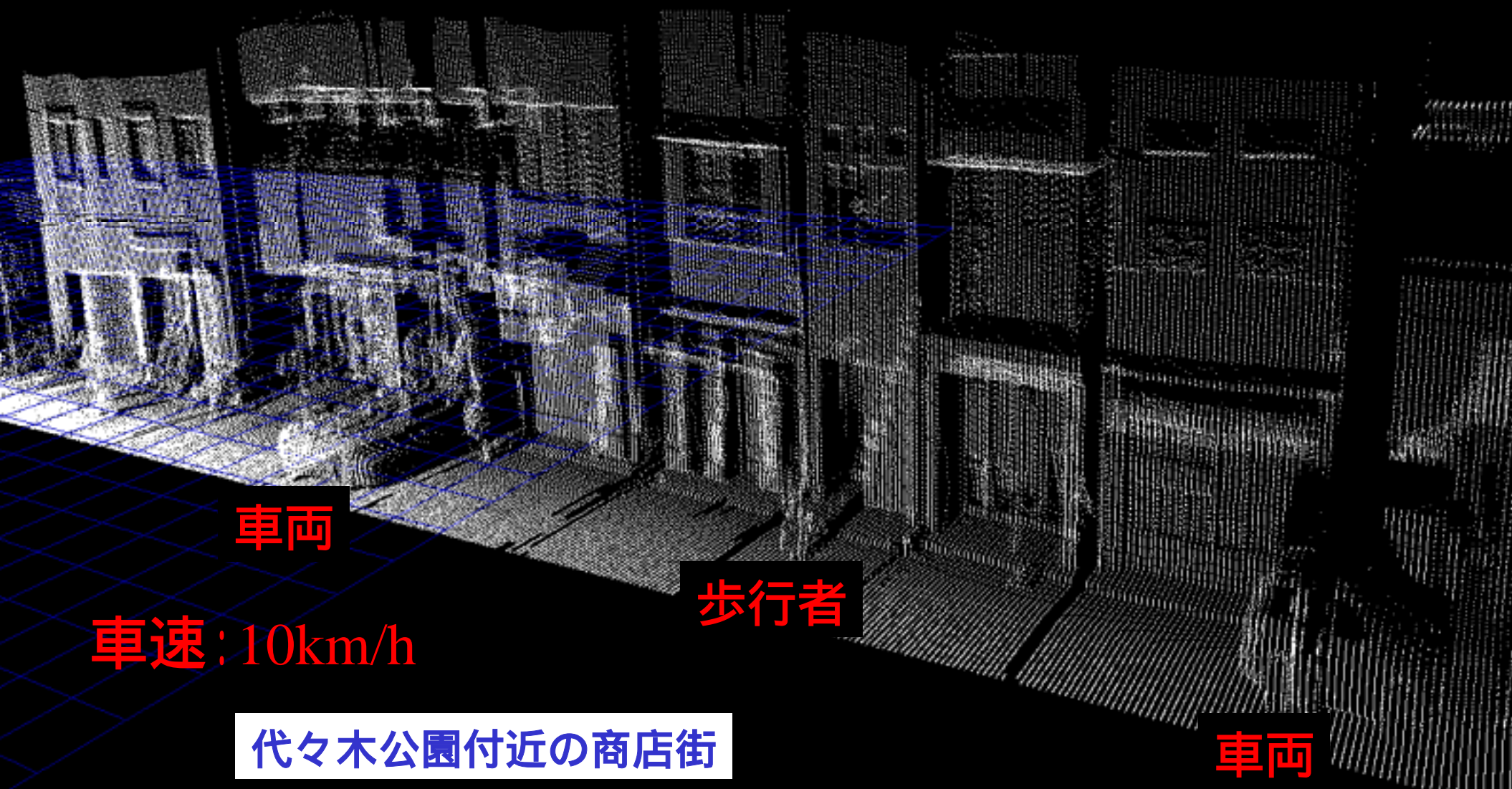
ガードレール

路肩の段差

国道246号線の歩道



# 3次元復元



車両

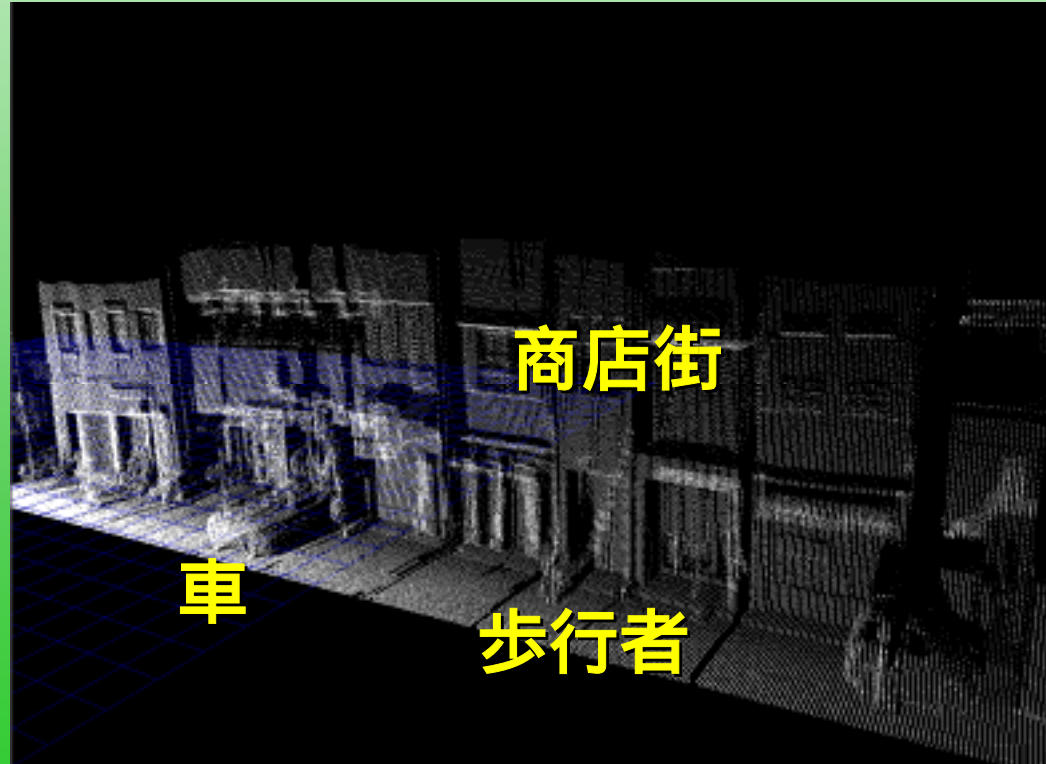
歩行者

車速: 10km/h

代々木公園付近の商店街

車両

# 縦スキャン

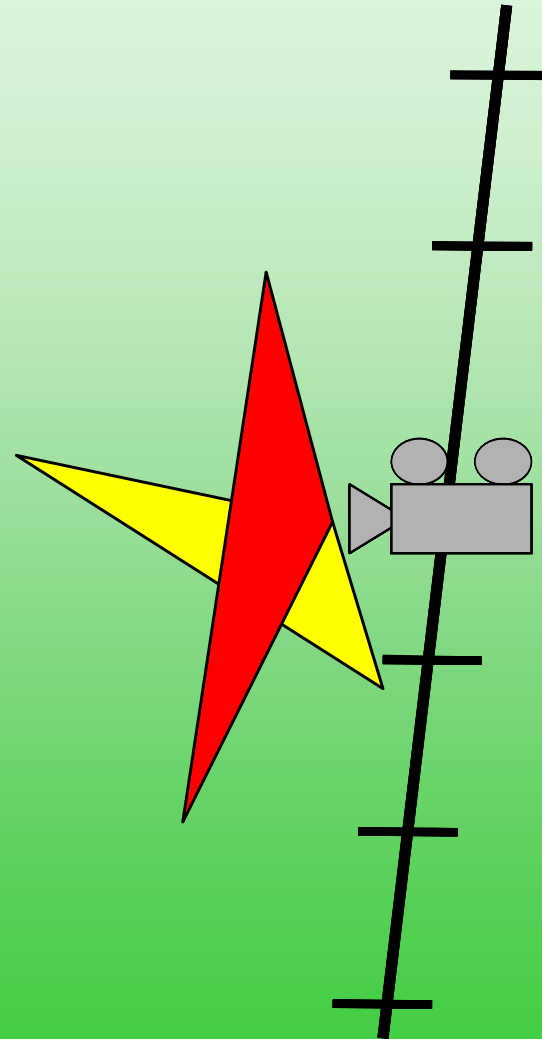


# 木登りセンサ



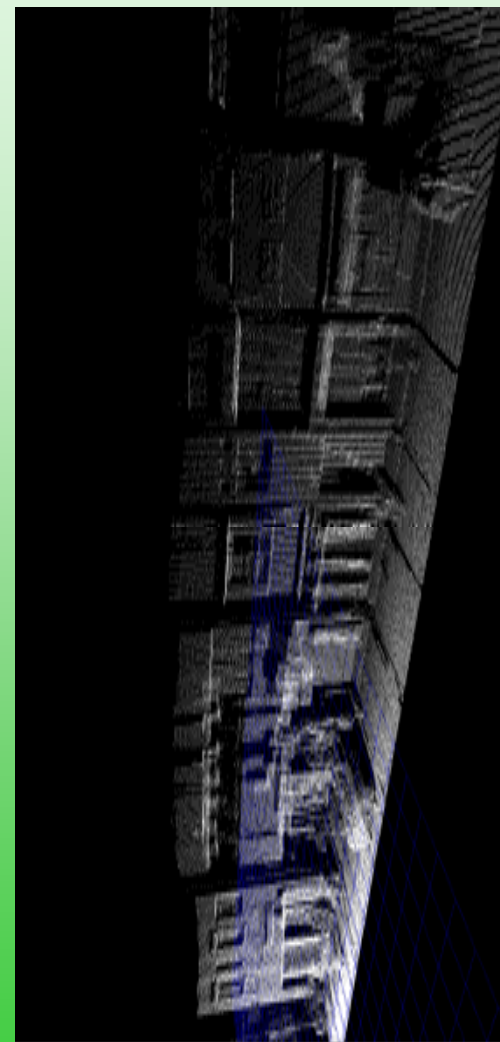
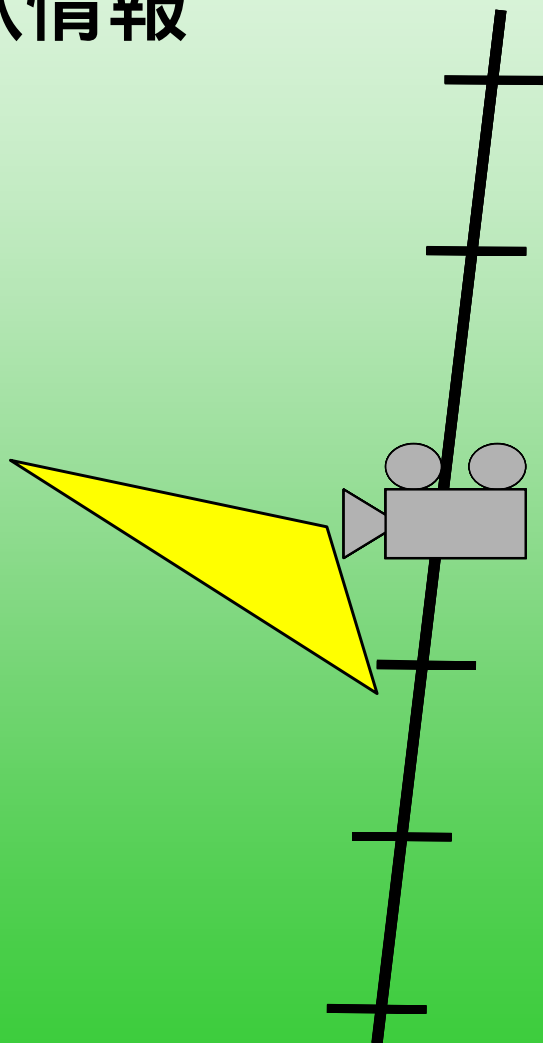
水平スキャン  
- 形状

垂直スキャン  
- 速度  
- 距離EPI 解析



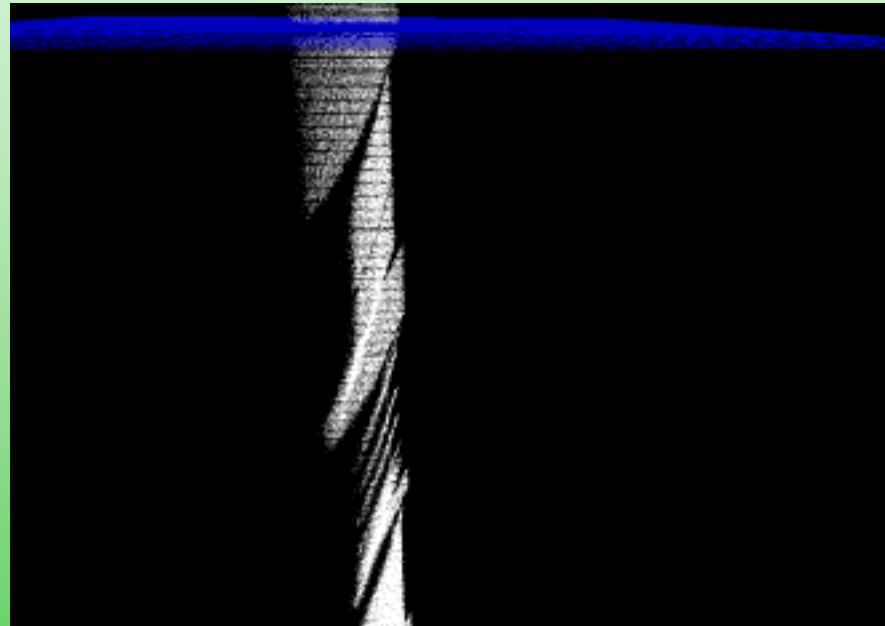
# 水平スキャン

## ◆ 形状情報



# 垂直スキャン

◆ 距離EPI

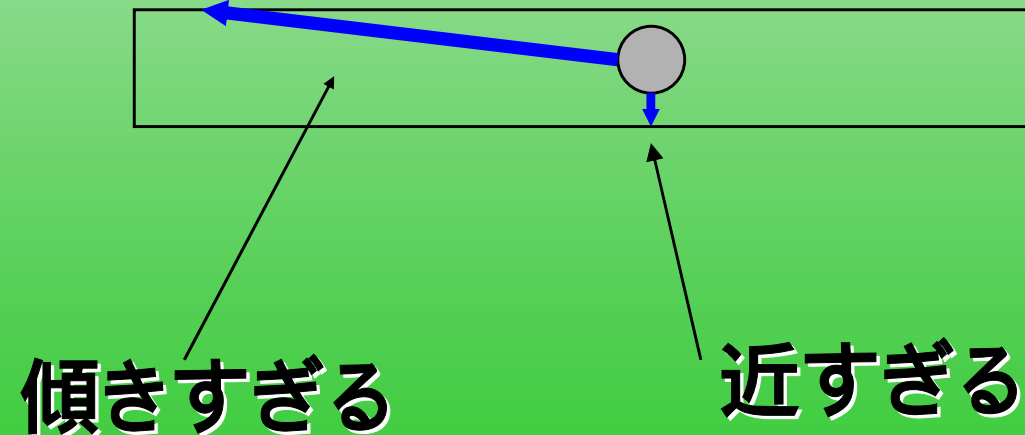


◆ 速度



# 狭隘部

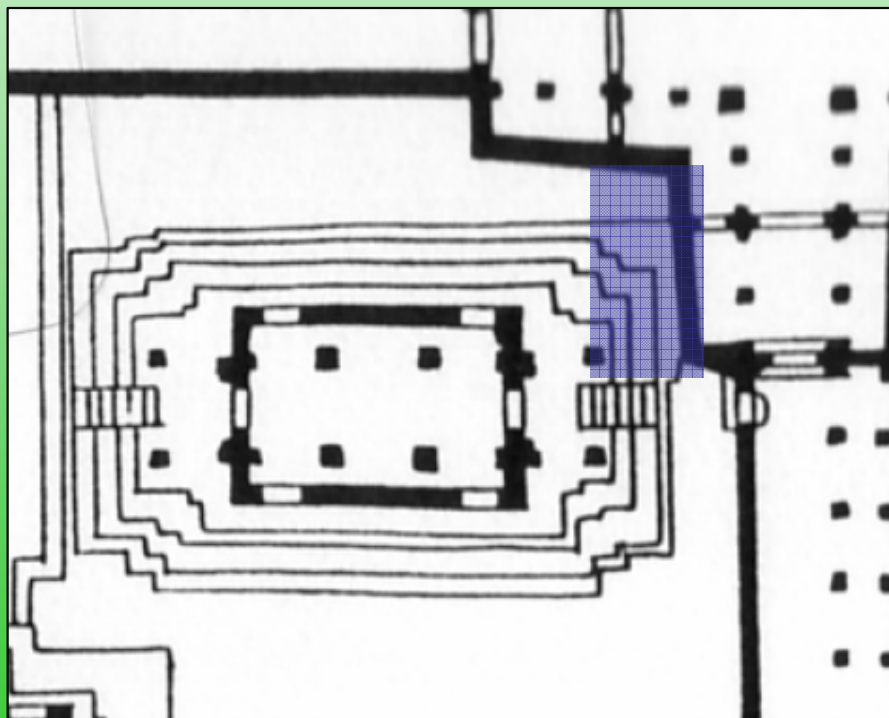
- ◆ 通常のセンサーが入らない
- ◆ 角度の関係でデータがひずむ





# 計測例

## ◆ 北経蔵北東部



# 実用例

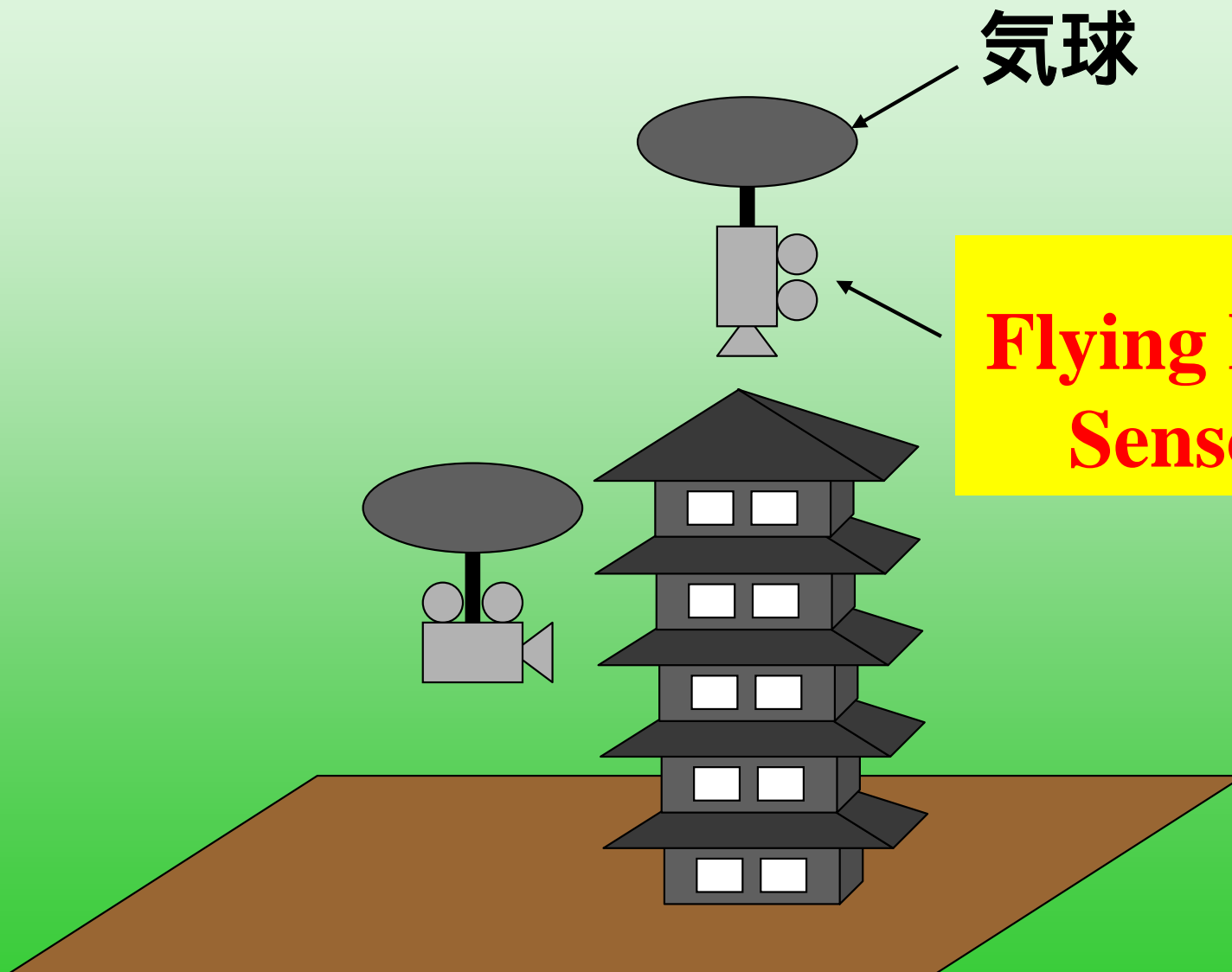
## バイヨン北経蔵北東部



# 気球搭載型局所距離センサ

気球

Flying Laser Range  
Sensor (FLRS)



# 気球搭載型局所距離センサー実験



# 気球センサー

- ◆ モデル単純化のため  
撮像時間の短縮： 1秒
- ◆ それでも撮像中に動く
- ◆ 距離画像がゆがむ



# アプローチ

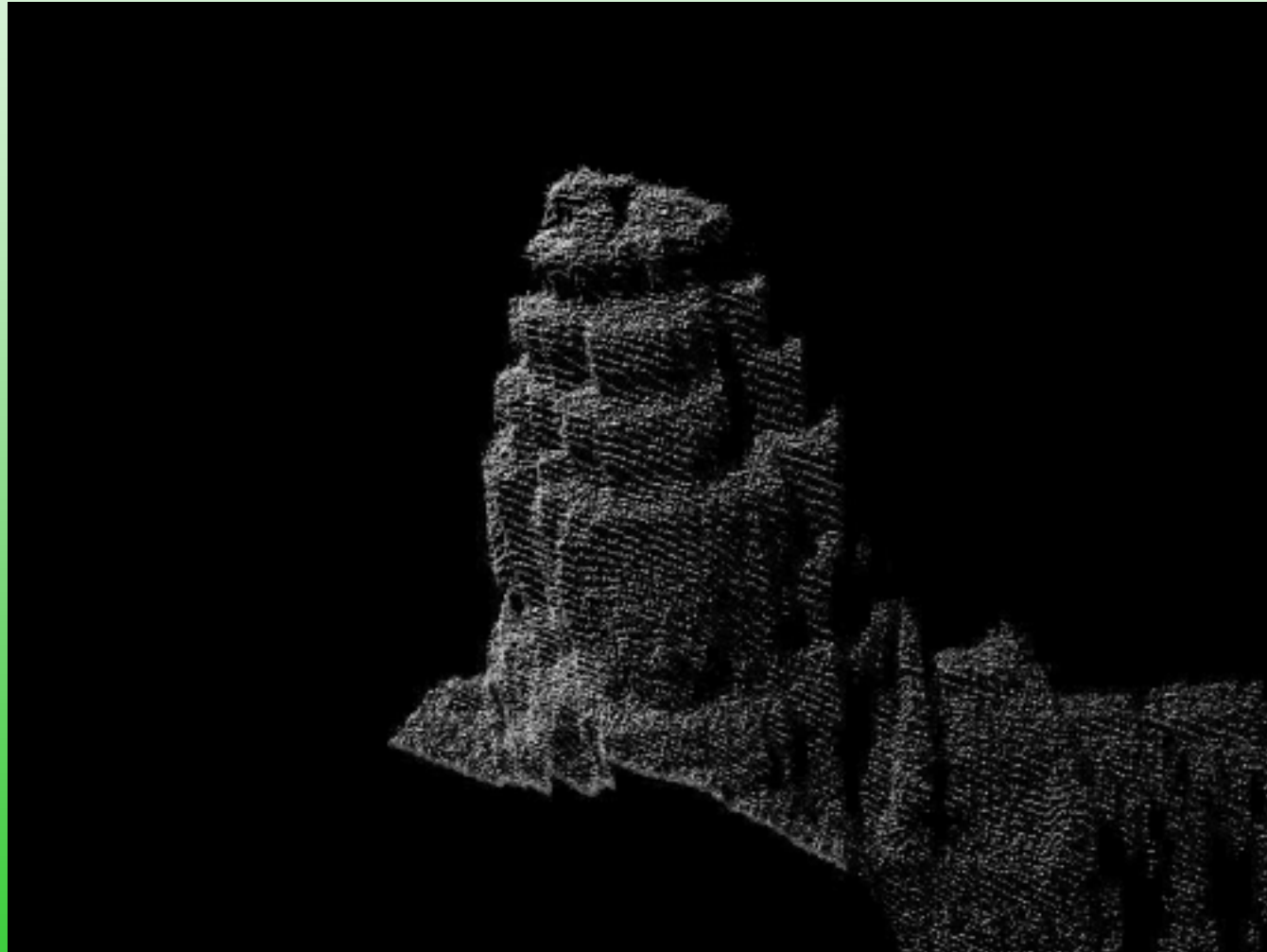
- ◆ 機構上の工夫： 縦横比：1対5
- ◆ 動き推定法の開発
  - ハード： ジャイロ
  - 画像： 画像トラック
  - ソフト： 距離画像同士の比較より推定

# 搭載カメラよりの画像



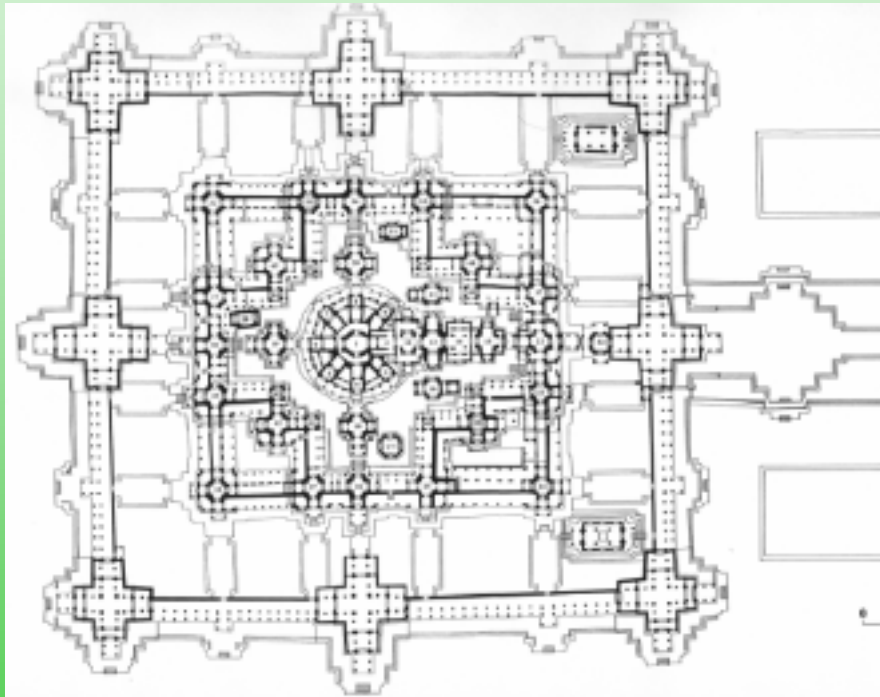
(撮像時間 1秒)

# 得られた距離画像





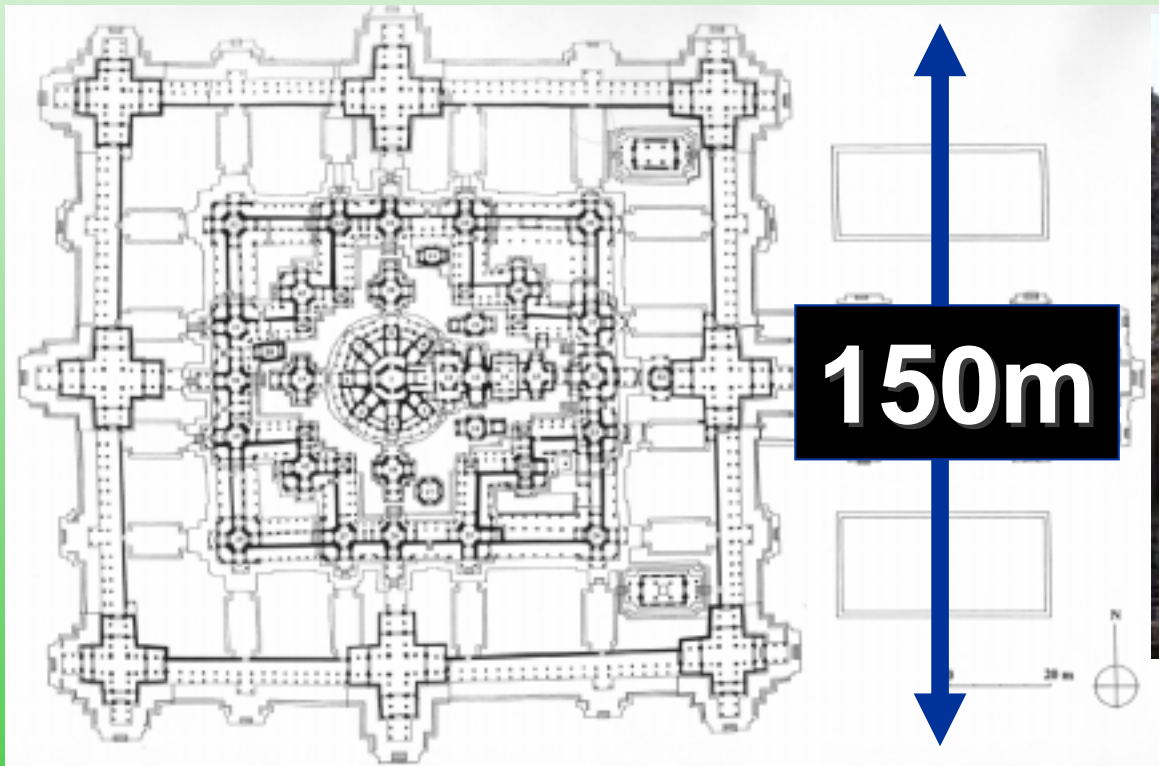
# デジタルバイヨンプロジェクト



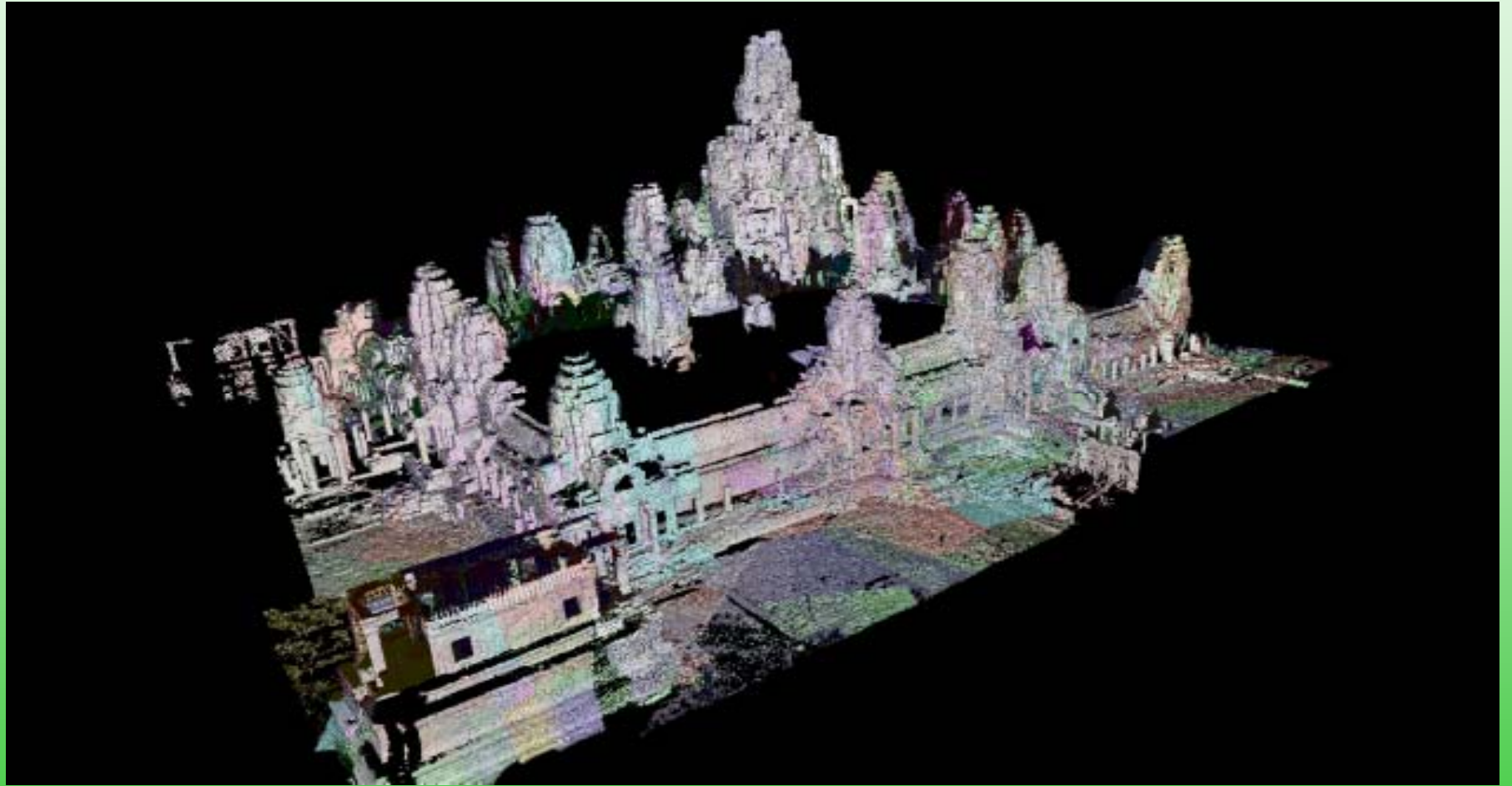
Feb 03

(協力 日本政府アンコール遺跡救済チーム(JSA))

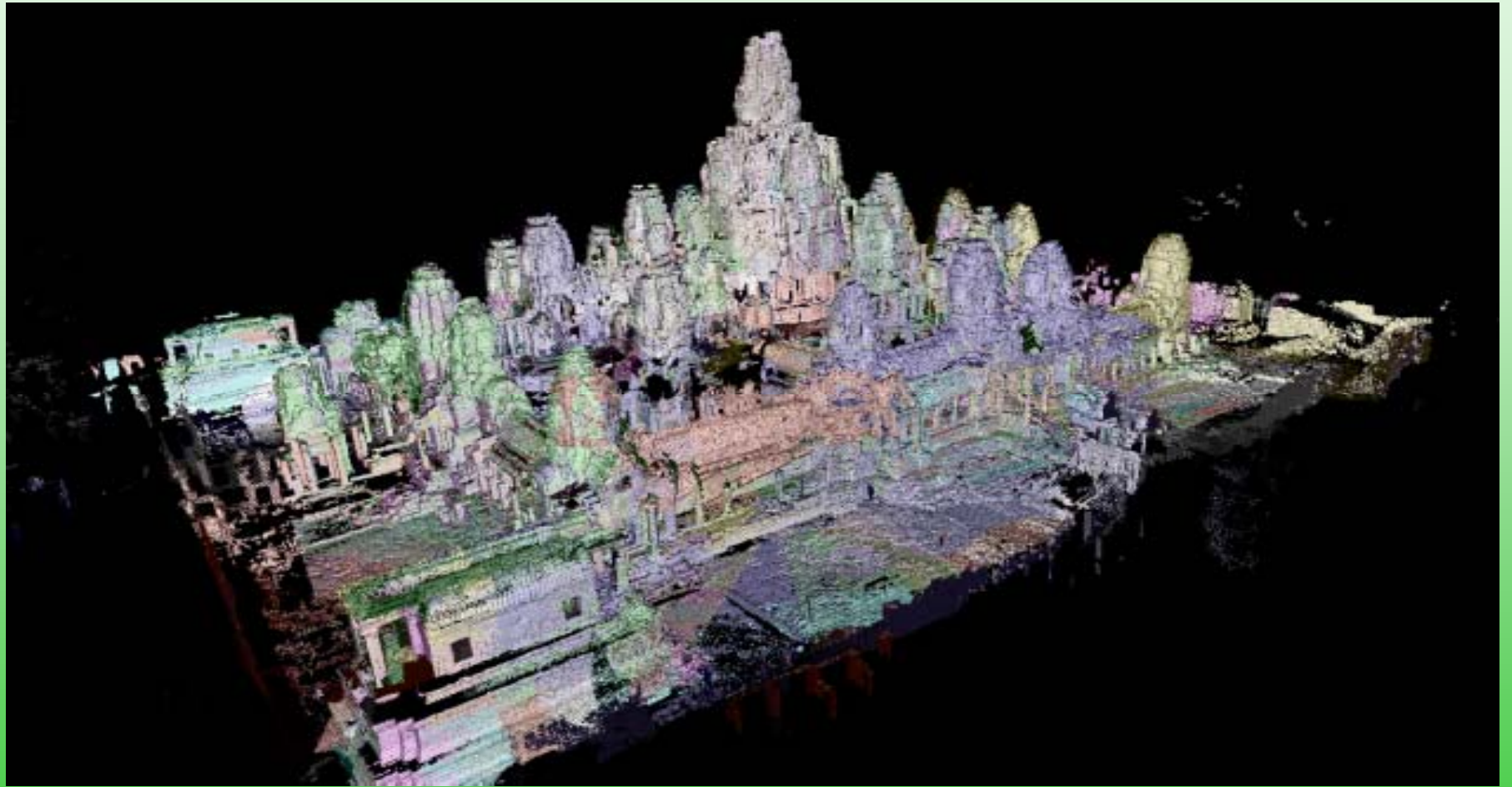
# 規模



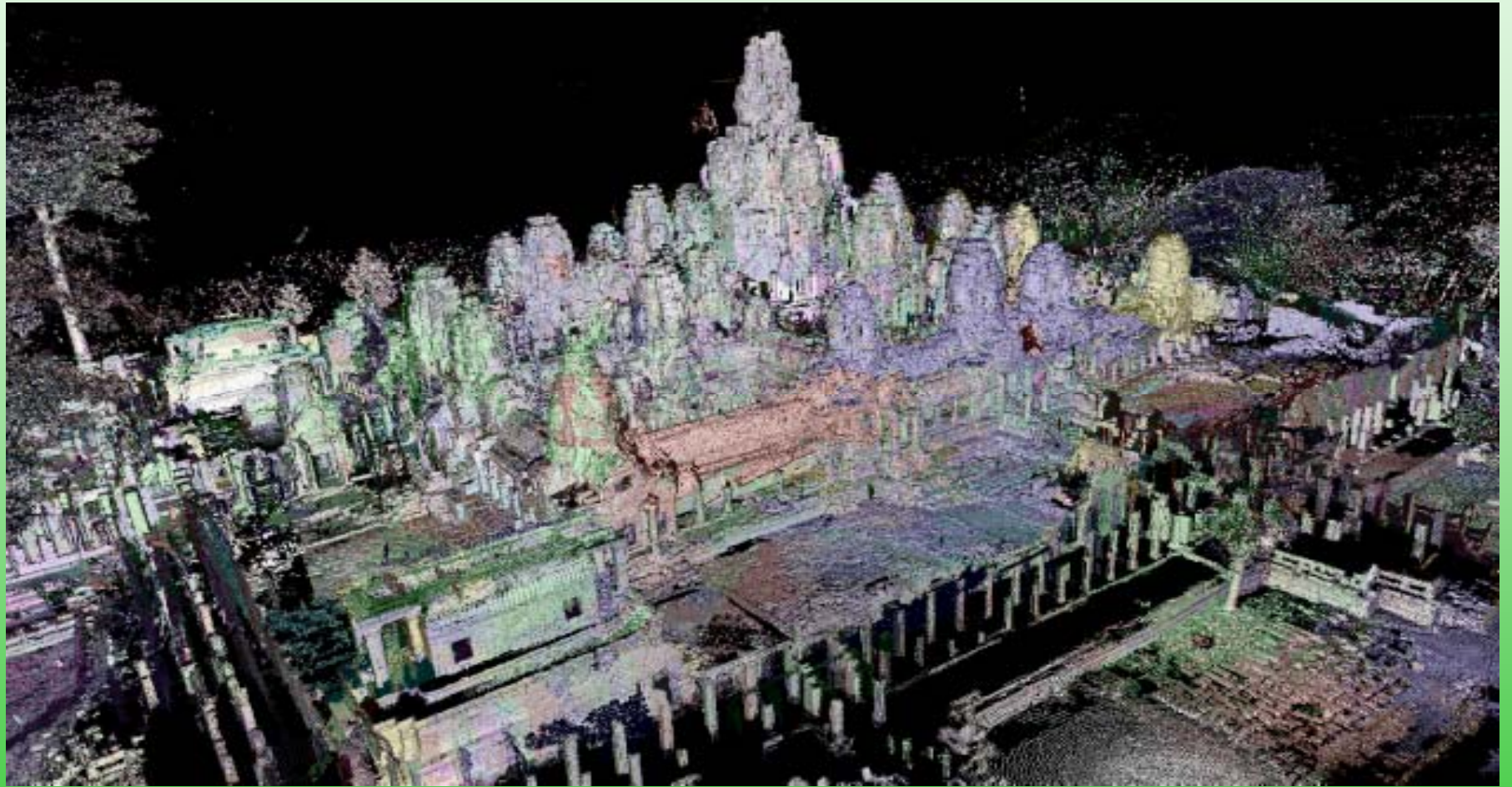
2003年3月



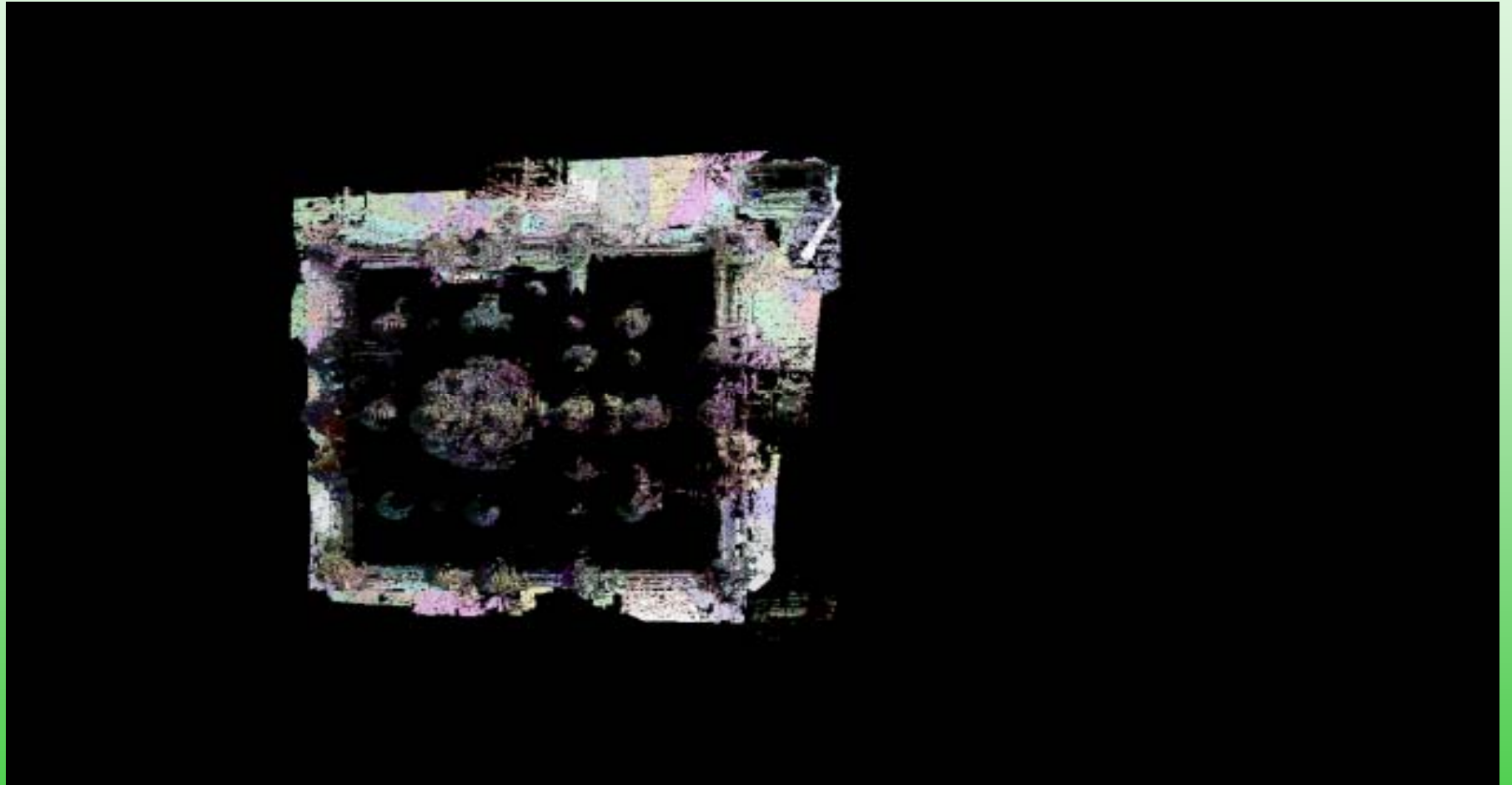
2003年12月



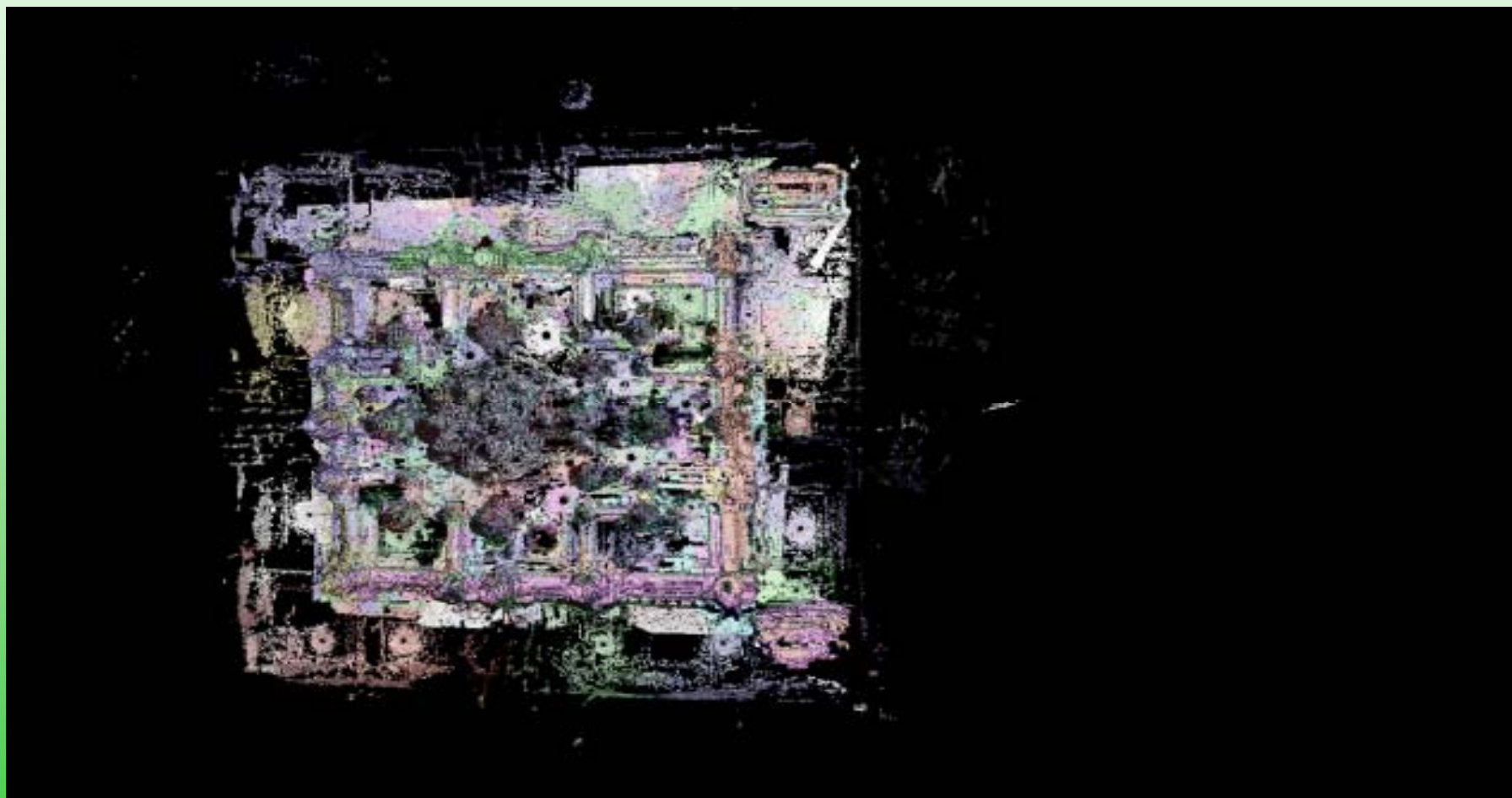
2004年12月



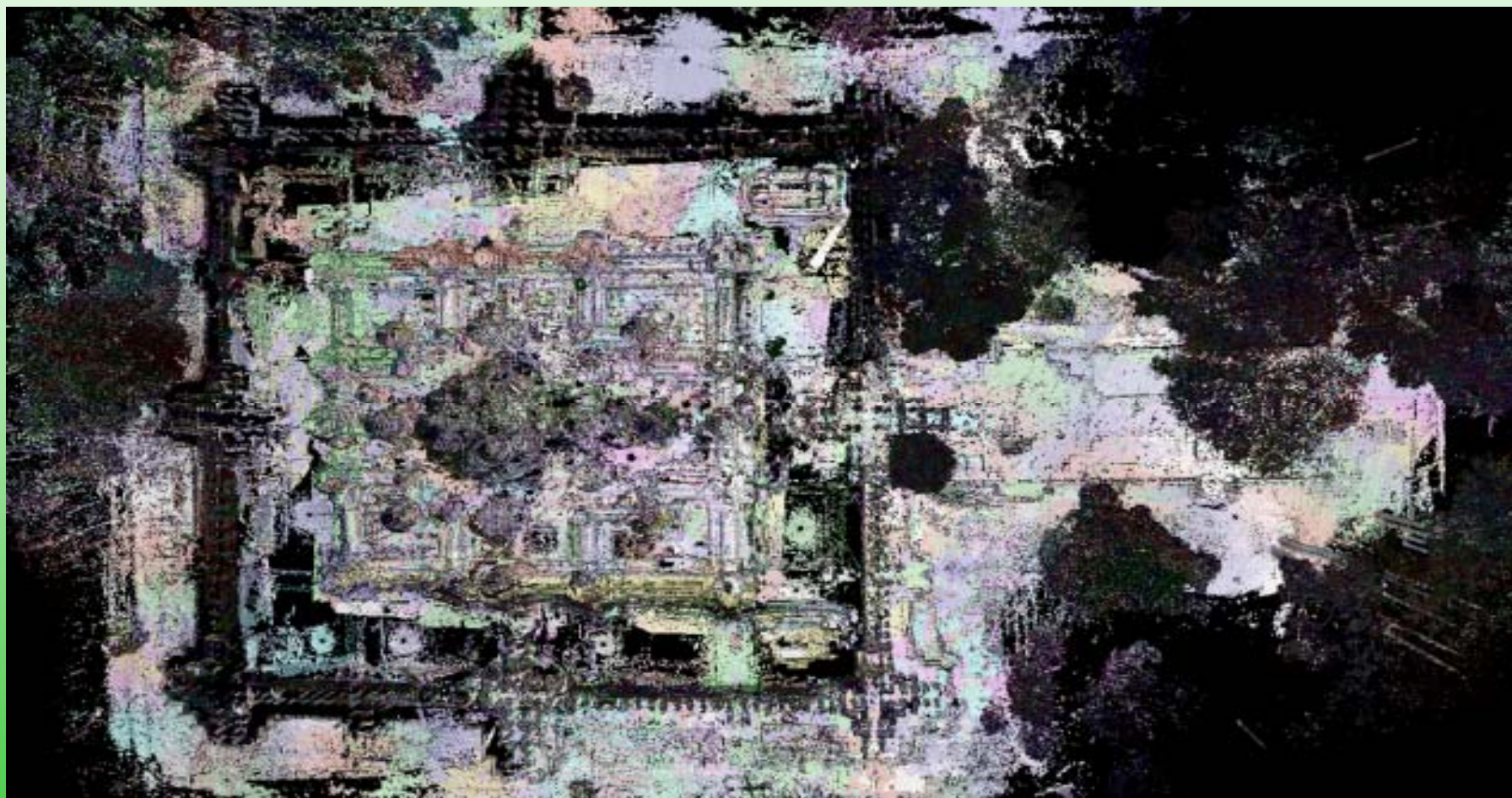
2003年3月



2003年12月

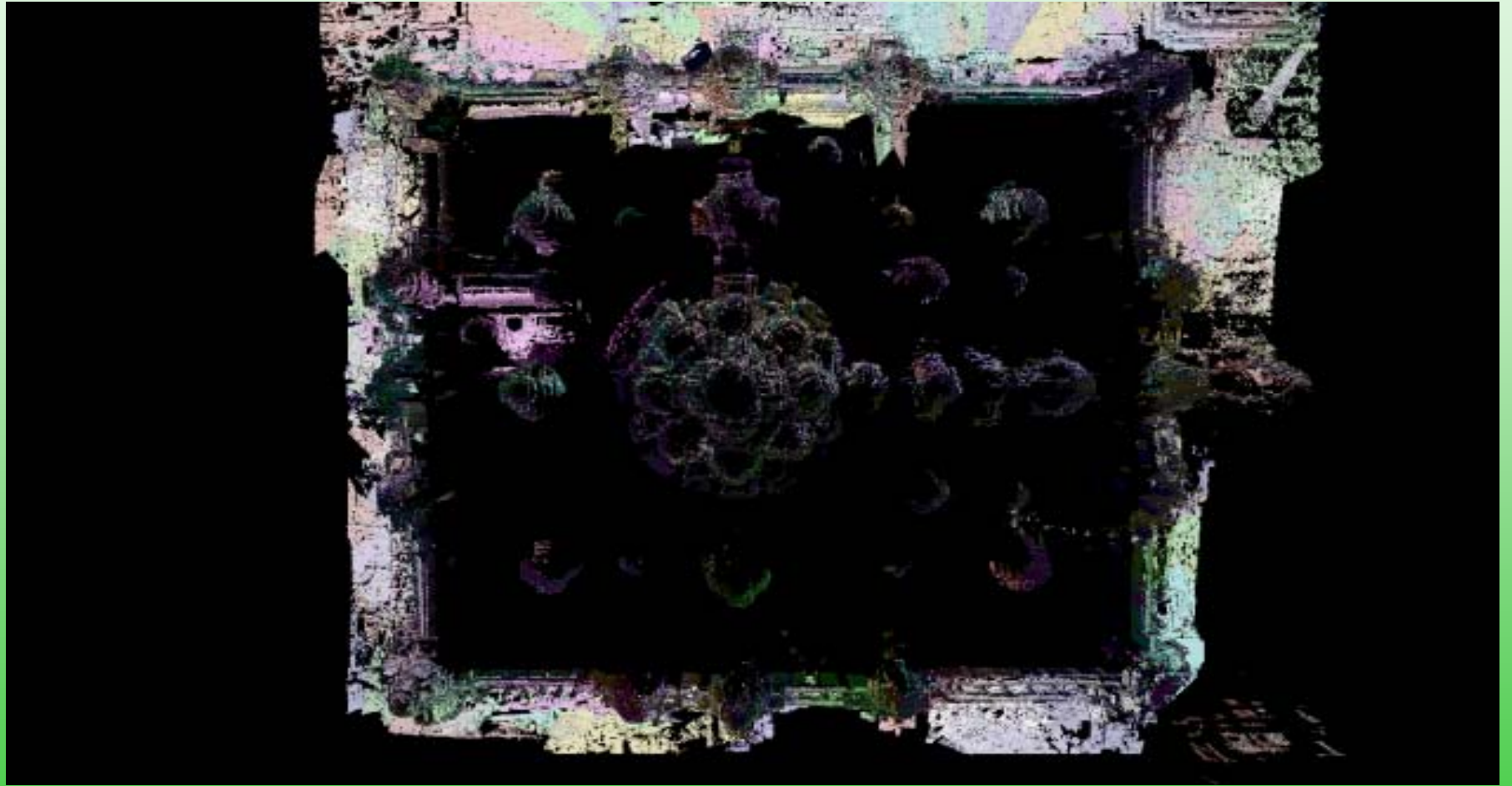


2004年12月





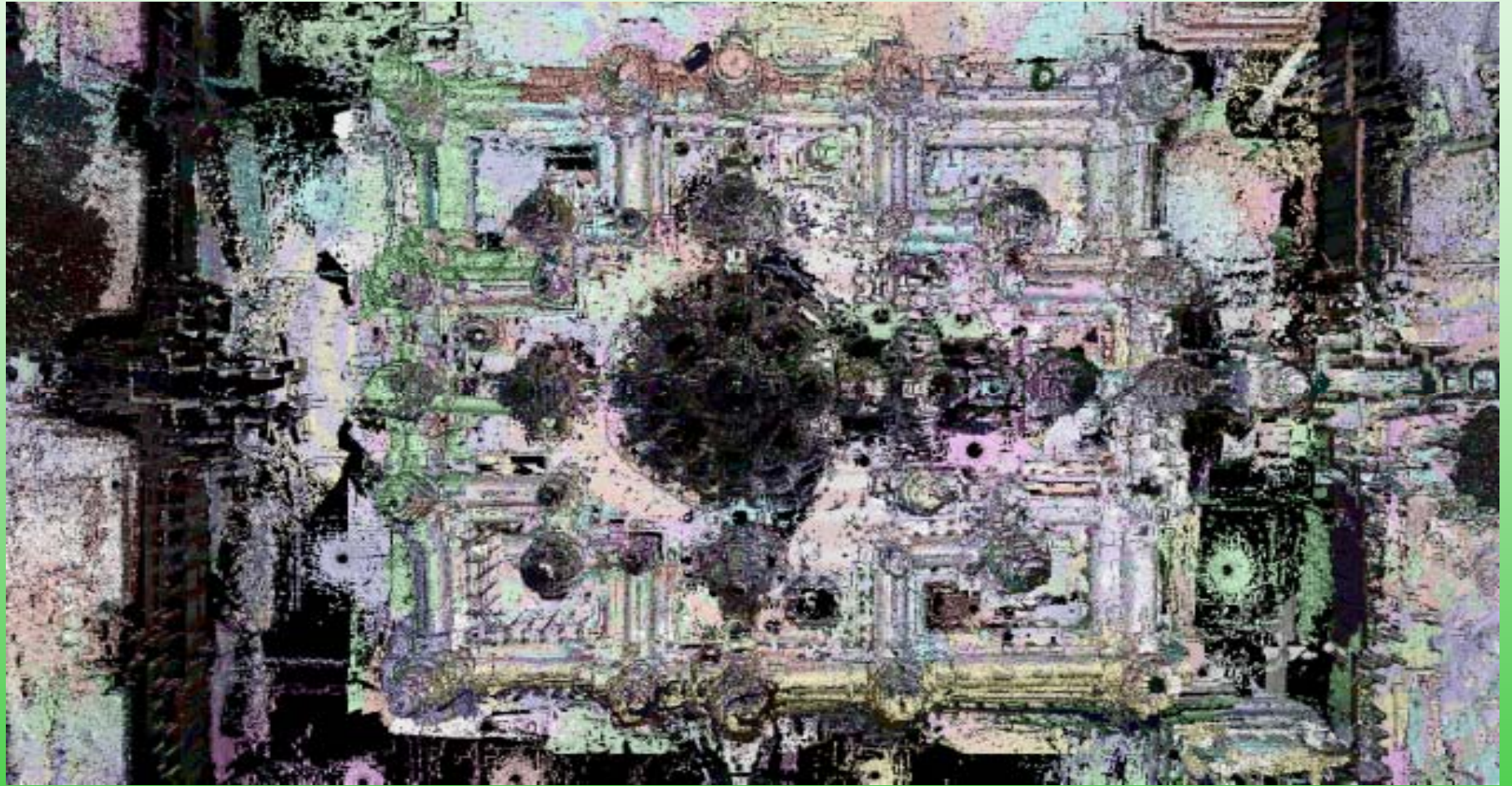
2003年3月



2003年12月



2004年12月

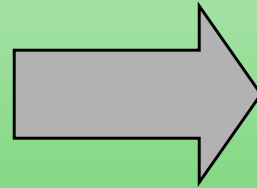
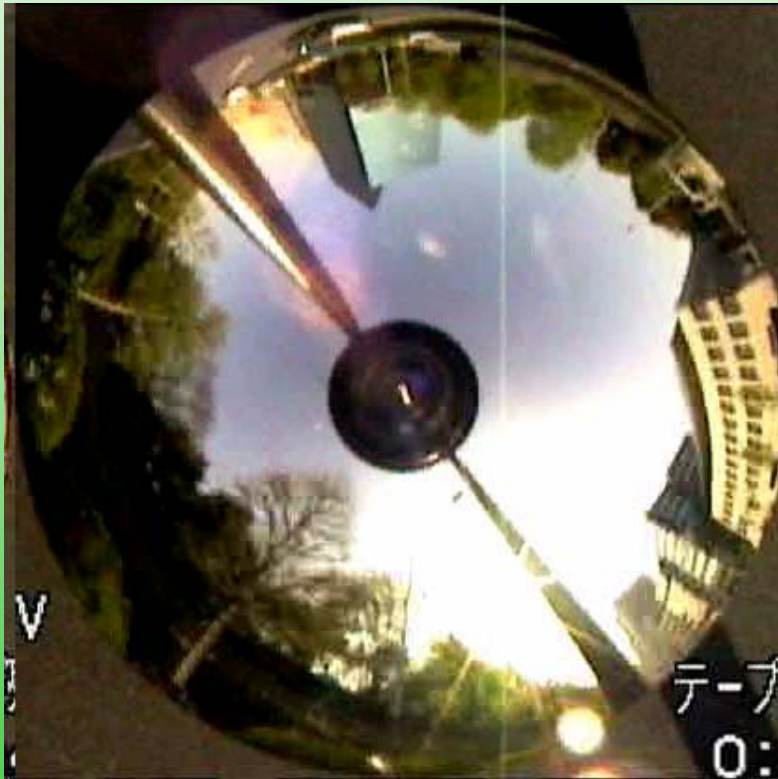




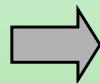
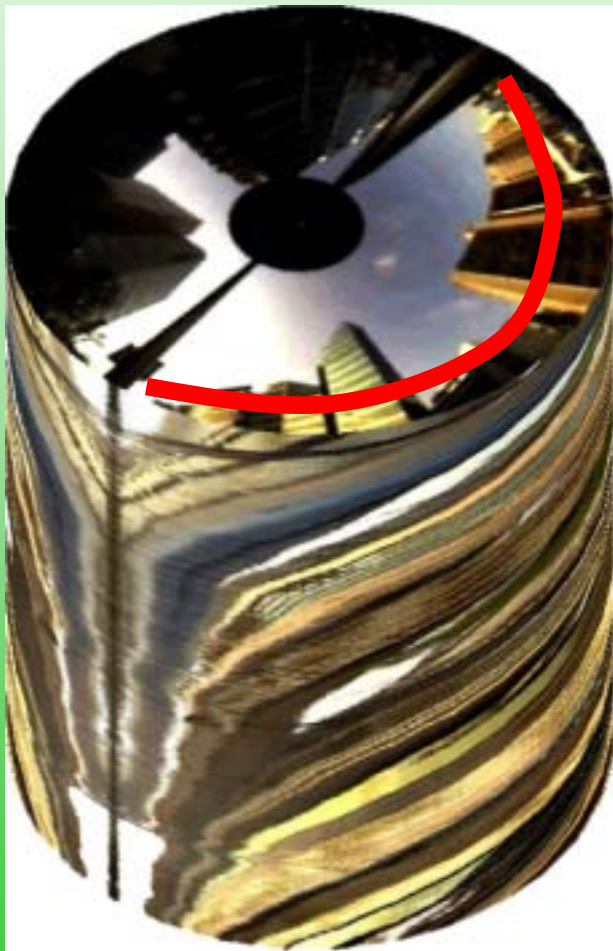
# モデルベース法

- ◆ 全方位画像列入力
- ◆ 時空間全方位画像解析
- ◆ モデルベース仮想都市空間の生成

# 時空間全方位画像



# 橢圓切断面



距離情報

# 2次元地図との比較

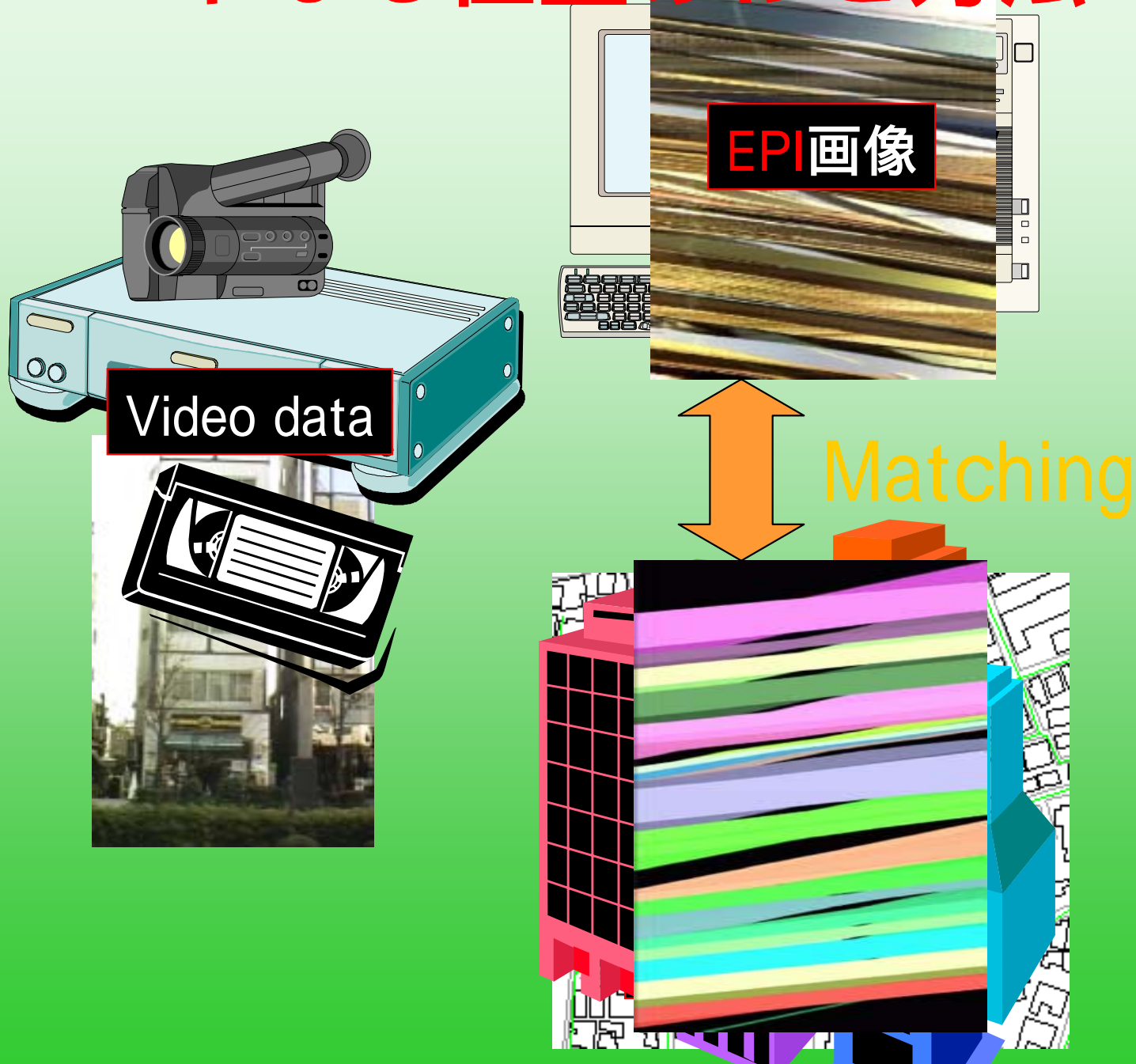
◆ 距離情報 +



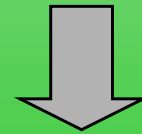
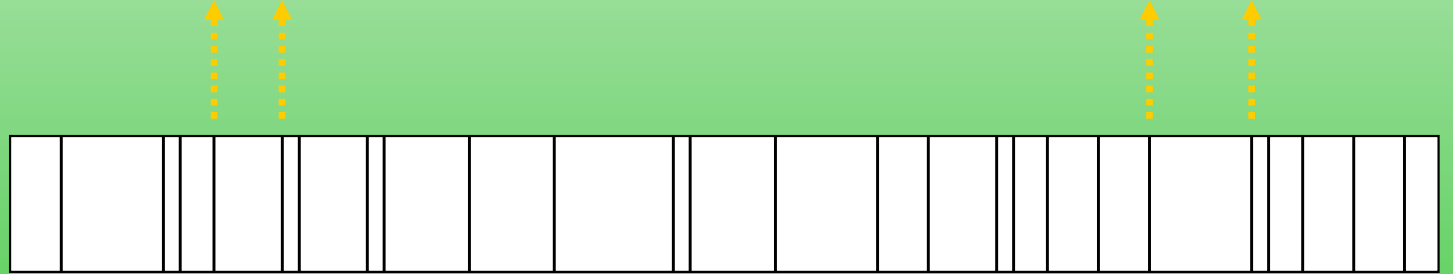
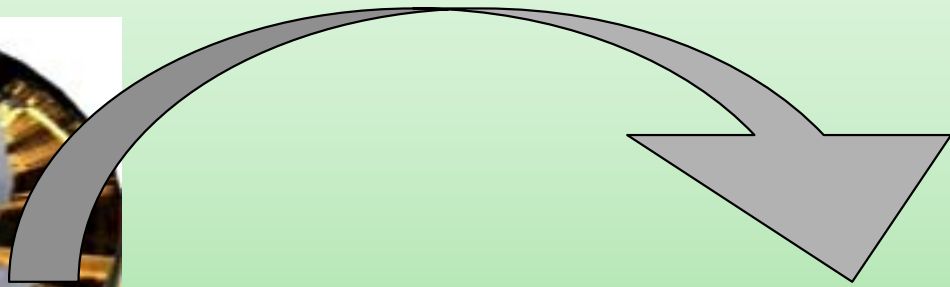
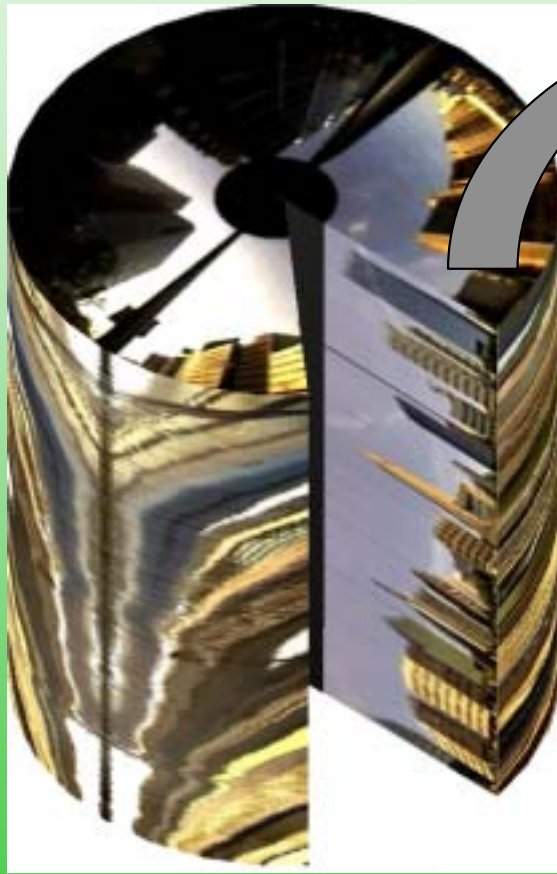
◆ 全方位画像と地図上のビルの比較



# EPIによる位置あわせ方法

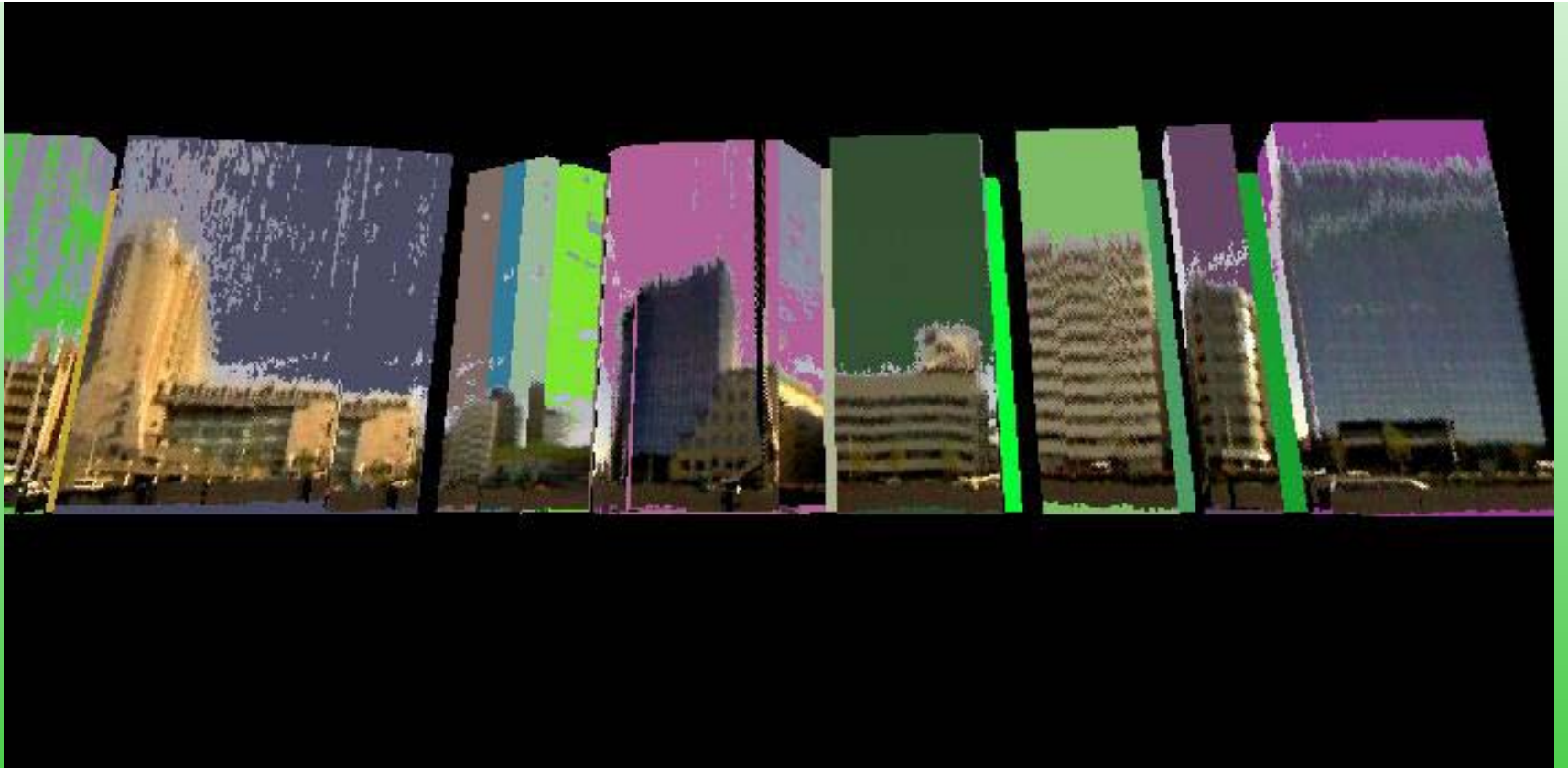


# 半径方向切断面

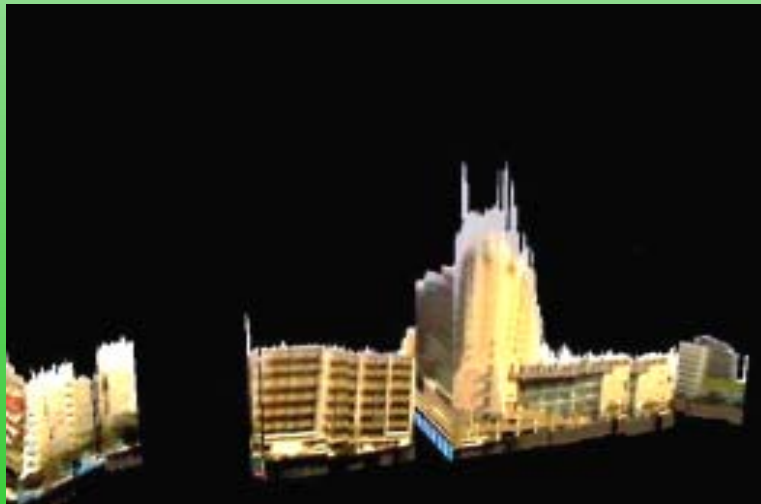
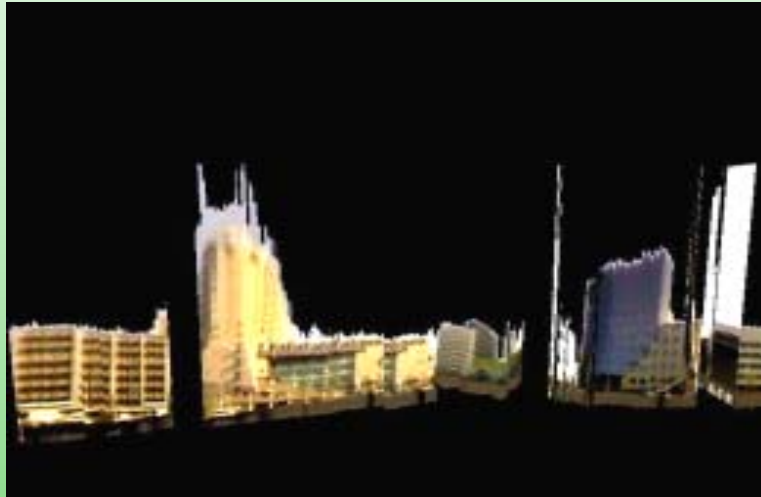


パノラマ画像

# テクスチャの貼り付け



# 側面情報の貼り付け





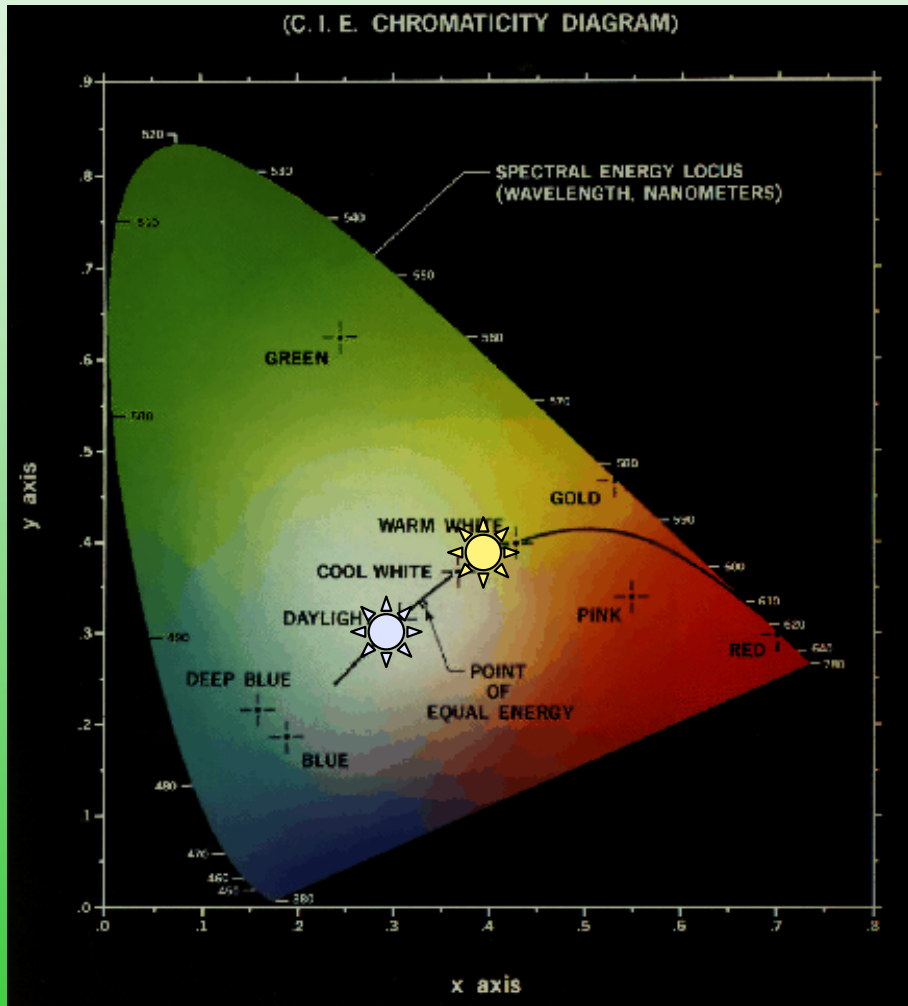
# モデルベース法

- ◆ 時空間全方位画像解析 + デジタル地図
- ◆ 画像各部に建物等の意味
  - モデルベース仮想空間
- ◆ 撮影時間の影響
  - 影
  - 色合い
- ◆ 空の影響(手動処理を含む)
- ◆ 屋上

# 色情報の精緻化

- ◆ プランケン軌道を仮定する手法
- ◆ スペクトルフィルターの利用

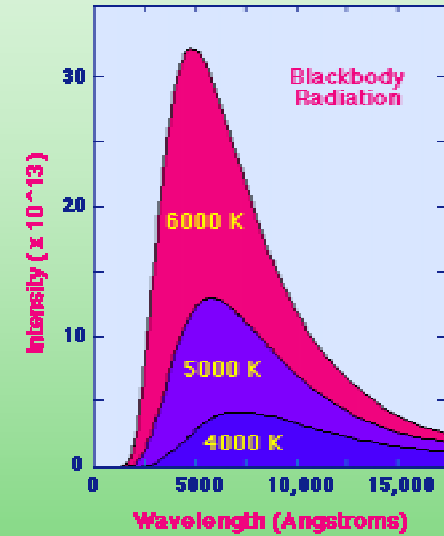
# 照明变化



$$\rho_r = \int M(\lambda, T) R_r(\lambda) d\lambda$$

$$\rho_g = \int M(\lambda, T) R_g(\lambda) d\lambda$$

$$\rho_b = \int M(\lambda, T) R_b(\lambda) d\lambda$$



- 朝 T=6500K, (255,243,127)
- 昼 T=3500K, (220,228,255)
- 夕 T=6500K, (255,243,127)



# ソフト的解法

二種類の異なる光源下の写真より



入力画像 1



入力画像 2



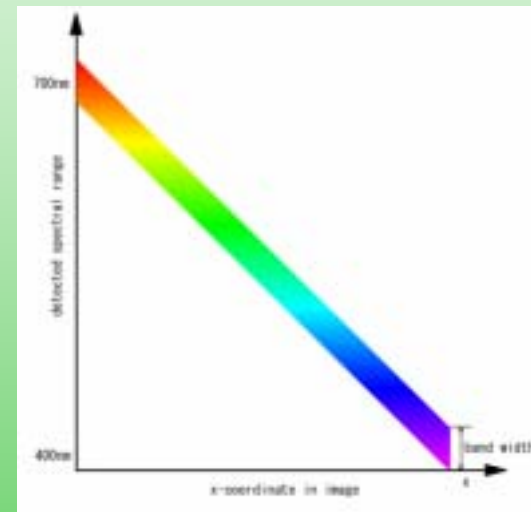
推定結果

# ハード的解法: 多波長フィルター

- ◆ 透過光の波長が位置により線形に変化



Interference filter



透過光の範囲

- ◆ 光源・反射率とも低次元の基底関数で表現可能

# 動的仮想都市空間の作成



静的仮想都市空間



高度画像処理



# 動的情報

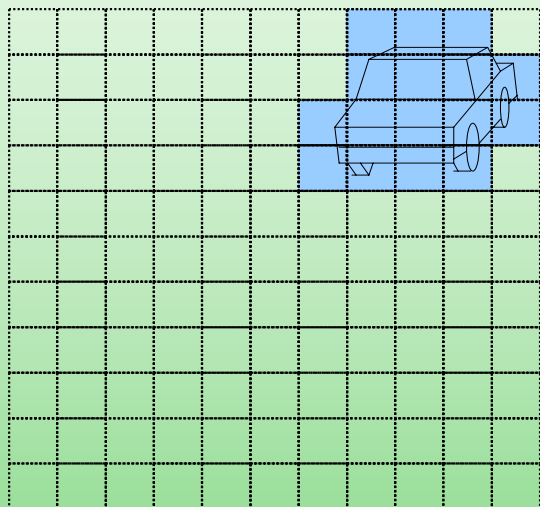
- ◆ 交通流
- ◆ 走行車種判別
- ◆ 駐車車両の認識

# 交通流の仮想化

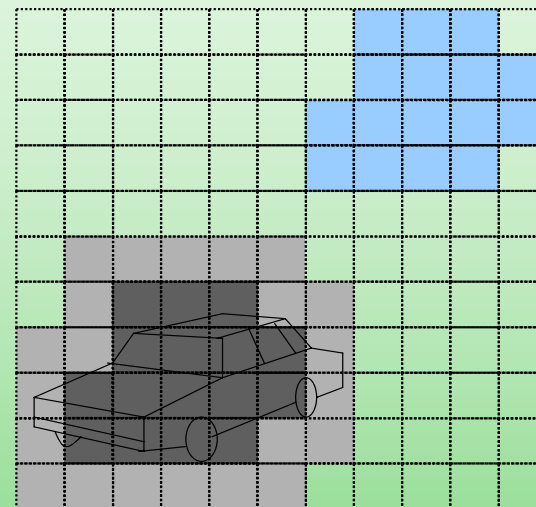
- ◆ 現実空間での車両のトラッキング
- ◆ 車両の活動を仮想空間へ投影
- ◆ 仮想空間の任意視点画像の生成

# トラッキングの原理

現在のフレーム



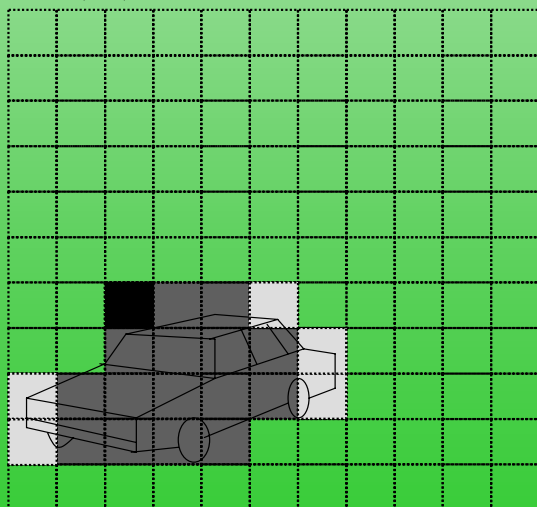
予測位置



速度予測による  
窓の移動

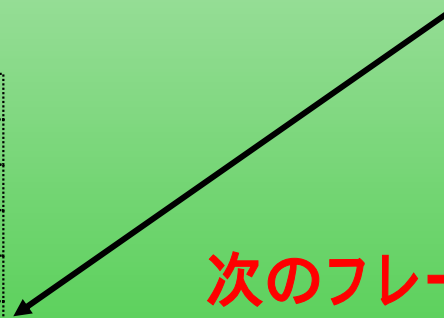


次のフレーム



■ 消去  
□ 拡張

次のフレームにおける  
類似性のチェック



# 車両のトラッキング

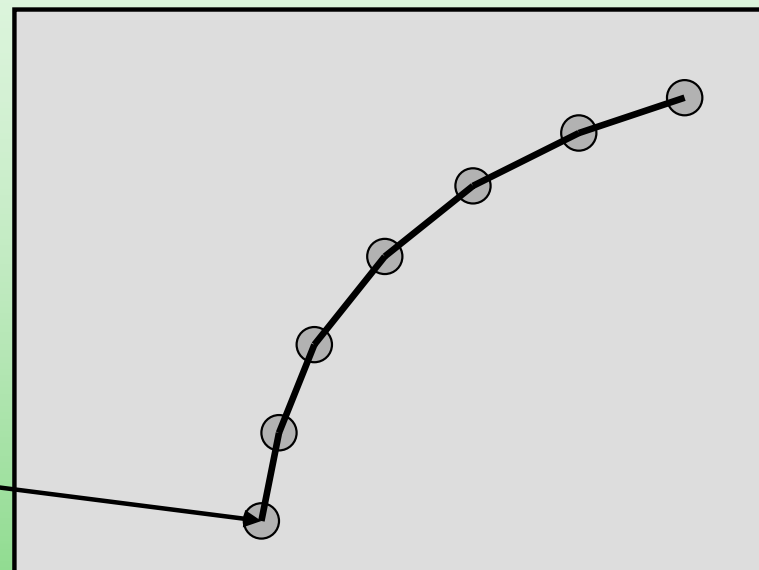
上條・坂内 HMMトラッカー



# 経路抽出



トラッキング画像

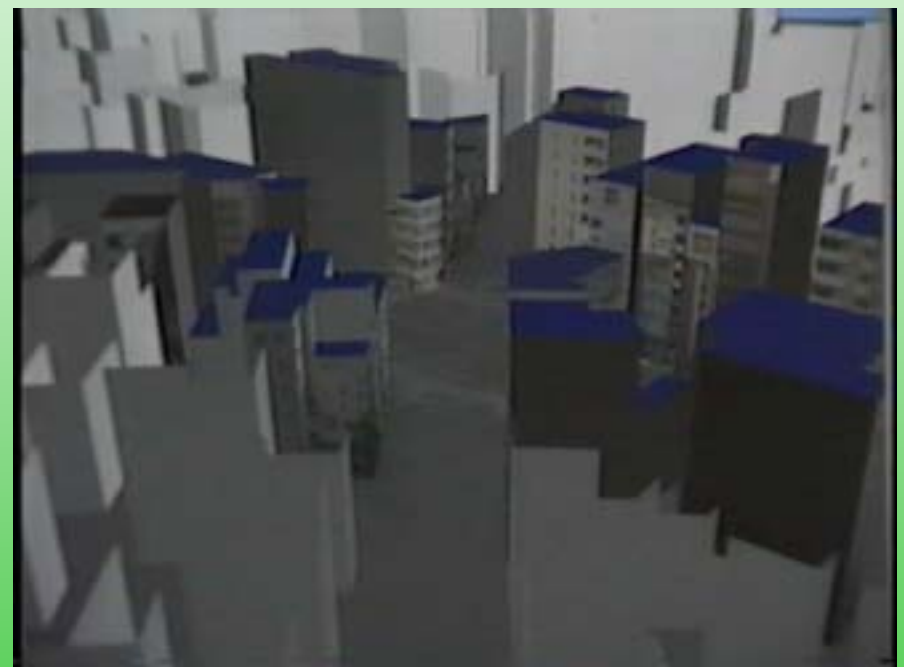
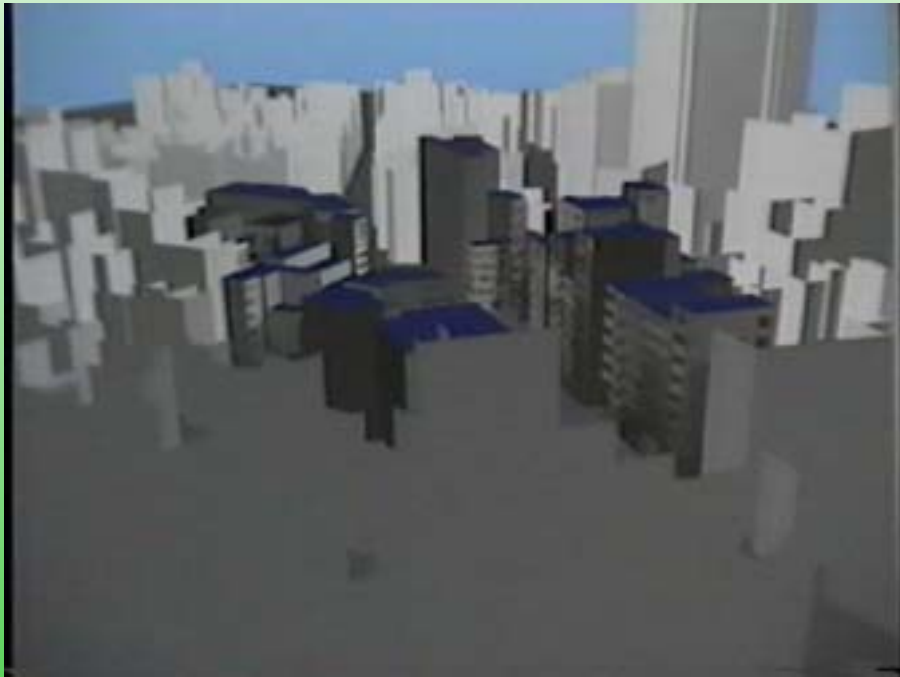


抽出軌跡

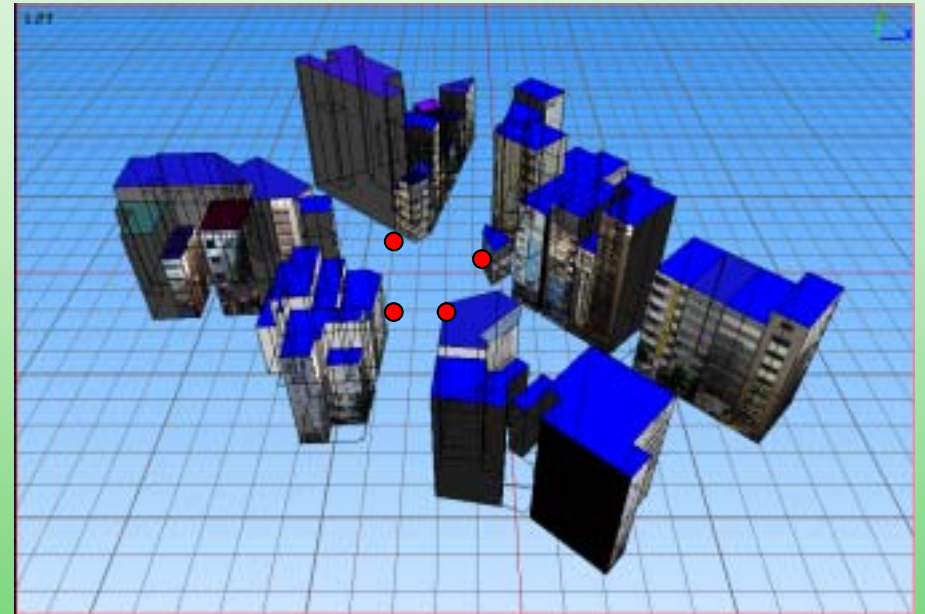
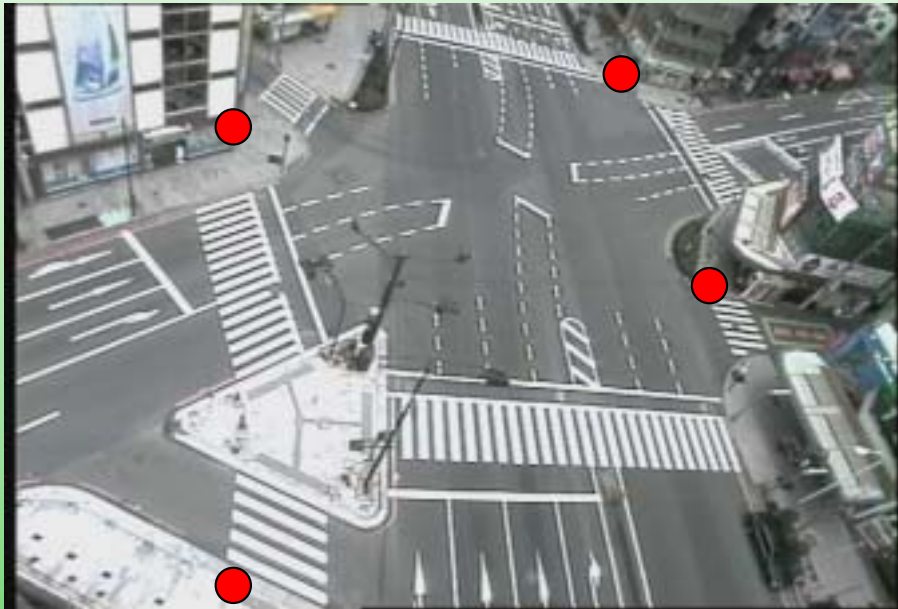
◆ 位置情報から軌跡情報へ



# モデルベース法による仮想空間 (仮想駿河台)

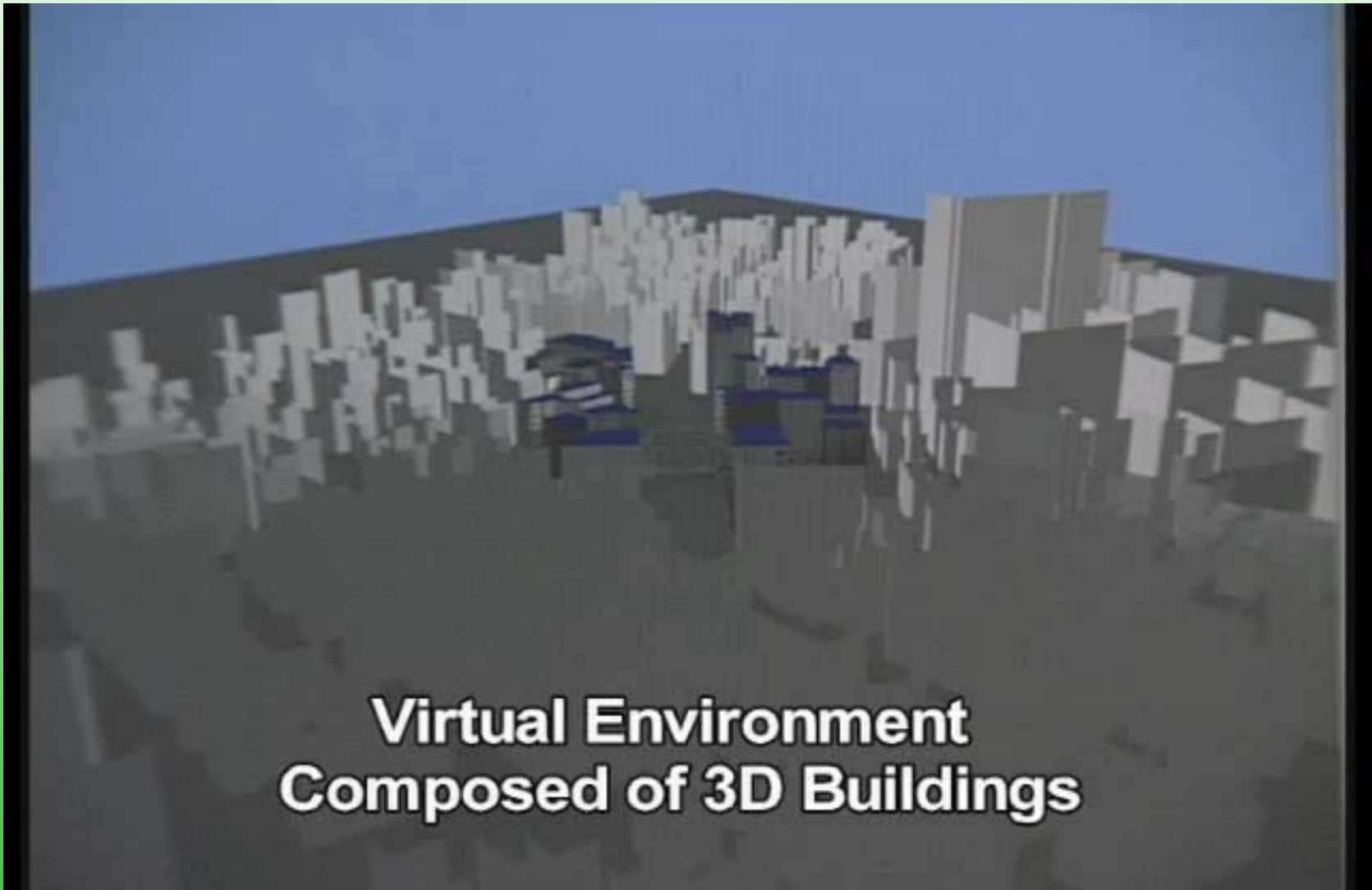


# 実空間と仮想空間の対応付け



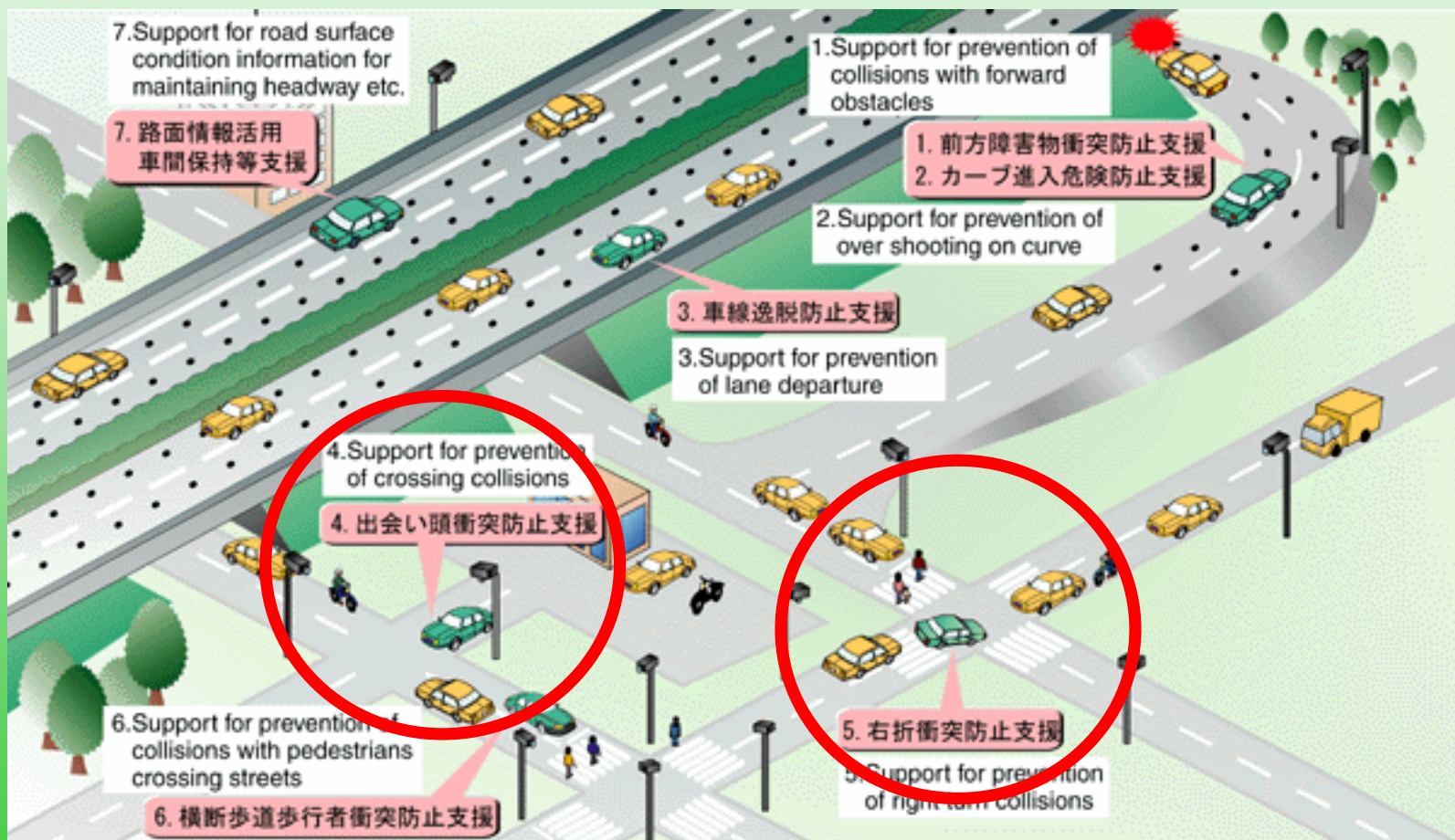
- ◆ 2次元射影変換
- ◆ 仮想車両の生成

# 仮想駿河台



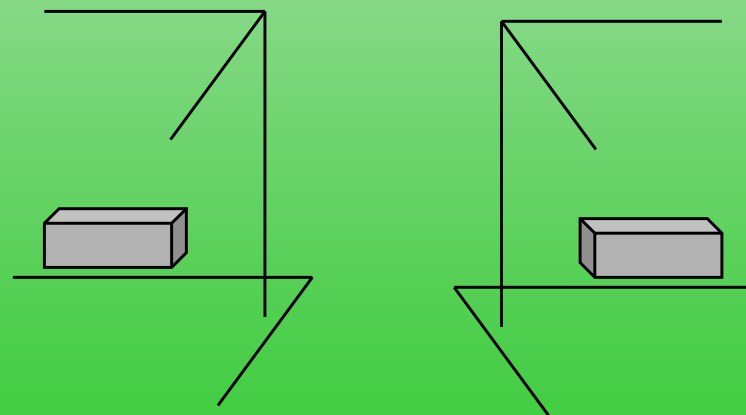
**Virtual Environment  
Composed of 3D Buildings**

# ITSにおける走行支援システム



# 仮想交差点映像

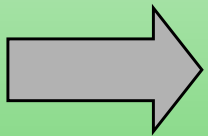
- ◆ 監視カメラから交通流
- ◆ ドライバーの視点で表現
- ◆ 運転者支援・事故解析



# ドライバーの視点(ビルあり)



# ドライバーの視点(透明ビル)



# 交通流表現

- ◆ 現実空間の交通流を仮想空間に投影
- ◆ 任意視点からの画像列が生成可
- ◆ 事故分析・運転者支援への応用の可能性



# まとめ

- ◆ 車載センサ応用技術
- ◆ イメージベース法
  - 複合現実感実験システム
  - バイオンプロジェクト
- ◆ モデルベース法
  - 3次元地図
  - 可視化システム