自動運転のための情報環境

東京大学生産技術研究所
次世代モビリティ研究センター
大石岳史、小野晋太郎、池内克史

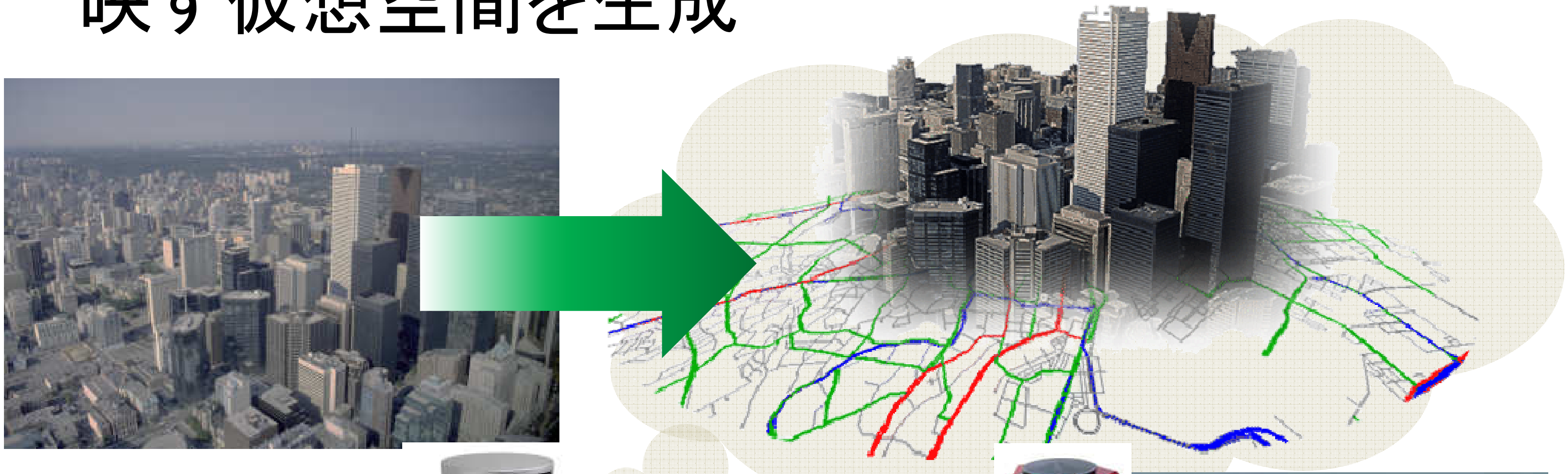
自動運転に必要なコンピュータビジョン技術は何か？

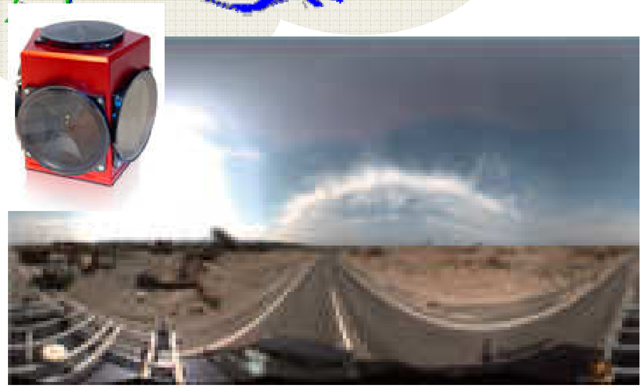
- 環境モデリング:
  - 静的物体（道路、建造物、道路標識など）
- 環境認識:
  - 動的物体（人物・他車両）
- 自己位置推定:
  - 車両走行位置

Google Car

環境モデリング

- カメラ、レーザレンジセンサによって実世界を映す仮想空間を生成





環境認識

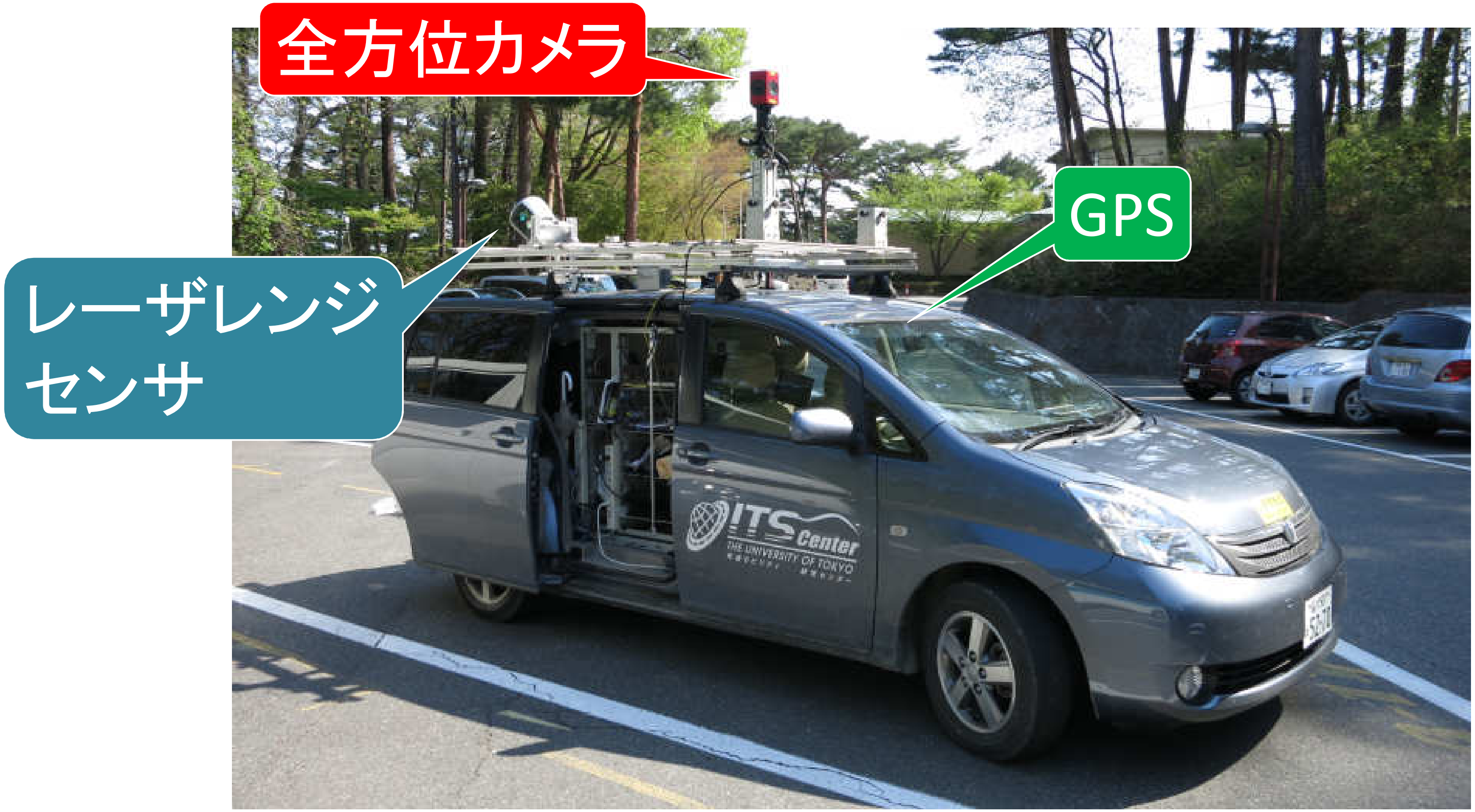
- 他車両、人、標識などを認識して、車両の挙動を決定

自己位置推定

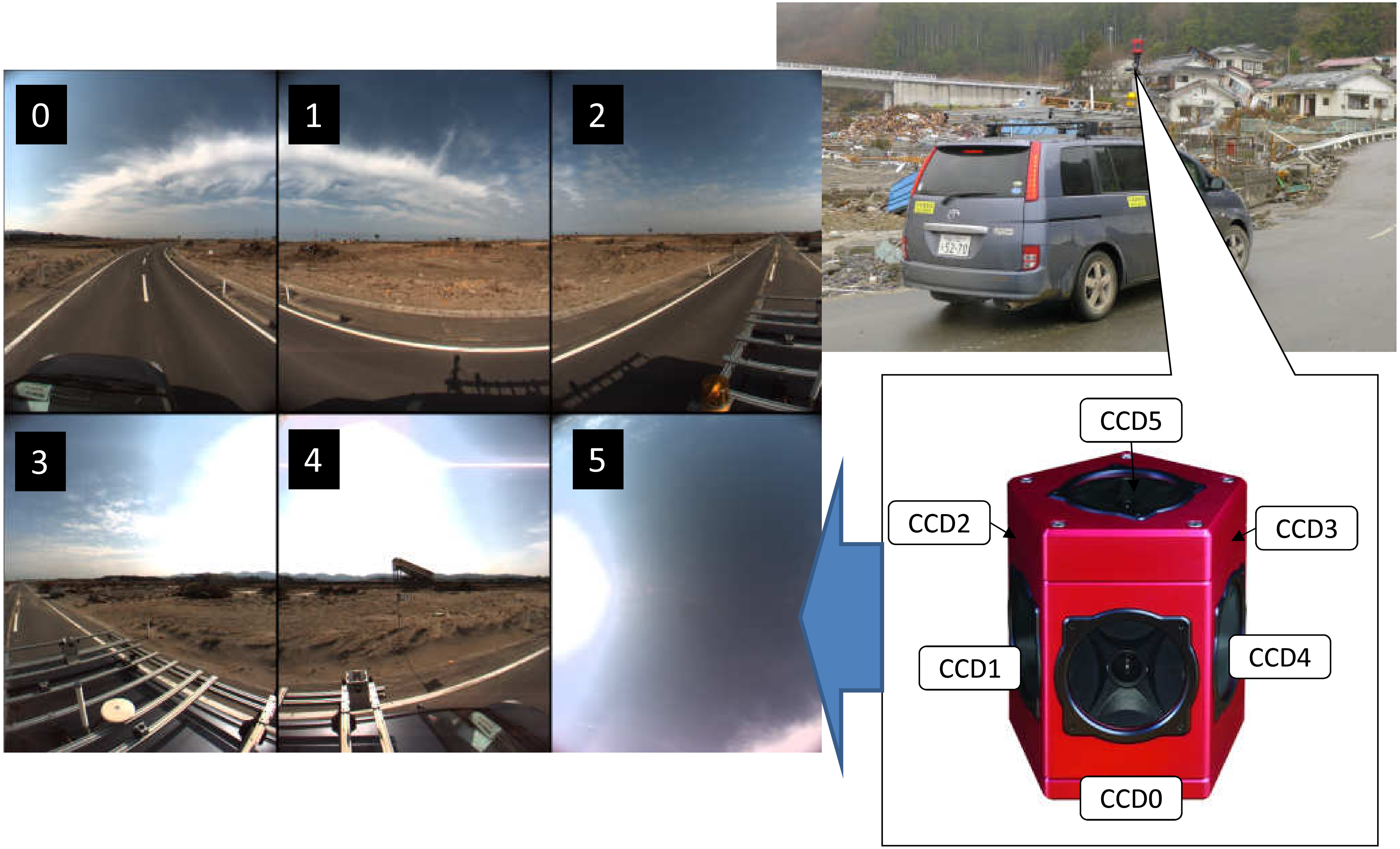
馬込小
駐車場
アートホテルズ 大森
馬込二郵便局
成城石井 アトレ大森店
西友
大森
大森テニススクール
大森海岸
牧田総合病院
入新井第一小
善慶寺
大田入
大森北
大森山王病院
大田区立龍子記念館
大森第三中
環七通り
公園
桐里保育園
大森赤十字病院
長勝寺
大森第四中
入新井第二小
環七春日橋ゴ
平和島
中央
まいばすけっと大森中央店
大森税務署
池上第二小
Google
大田中央八郵便局
利用規約

環境モデリング（2D）

計測用車両



全方位映像



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

ドライビングシミュレータ

【技術課題】
映像のスタビライズ・不要物体の除去・位置姿勢推定

環境モデリング（3D）

都市空間の3Dモデル

走行路周辺の詳細モデルが必要

車載型レーザレンジセンサシステム

レーザレンジセンサ

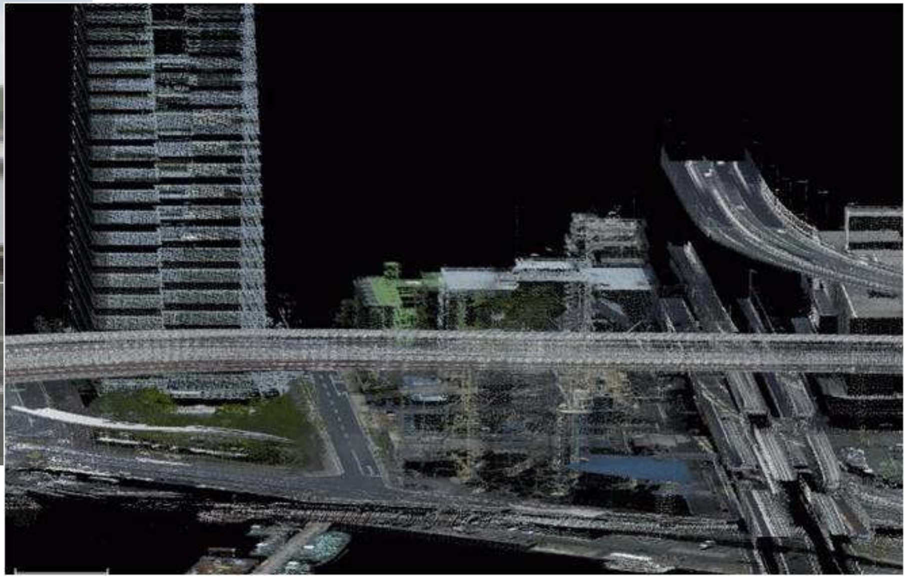
Z+F Imager 5003

- detects almost all directions
- detection range：0.6~50m
- precision：±5mm

車載システム

- 車載型レーザ計測システム（MMS：mobile-mapping surveys）

アジア航測



屋内(トンネル)モデリング

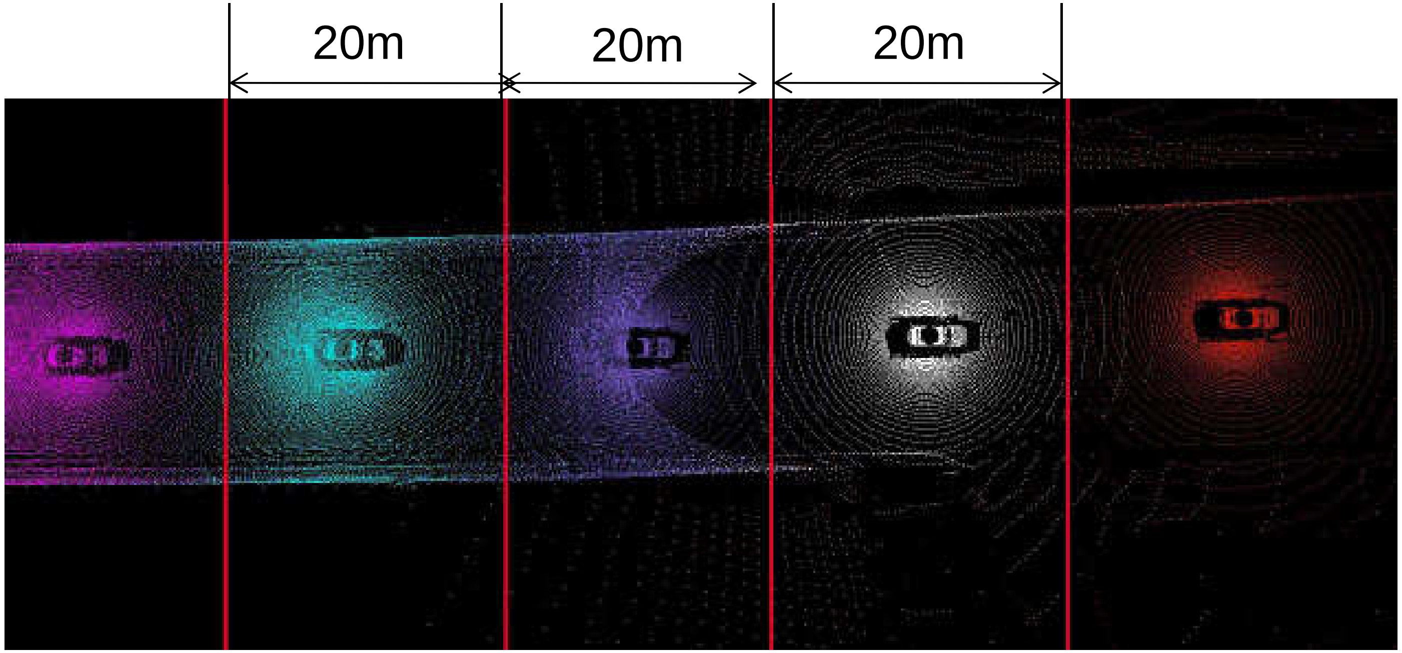
- GPS使用不可
- IMUの誤差の蓄積

新東名金谷(粟ヶ岳)トンネル

延長4．6km

データ取得

- 距離画像
  - Stop & Go計測
  - 高精度、高密度データ



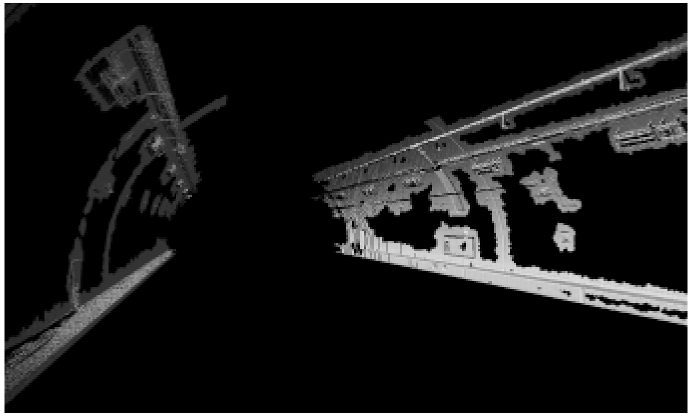
取得距離画像

写真

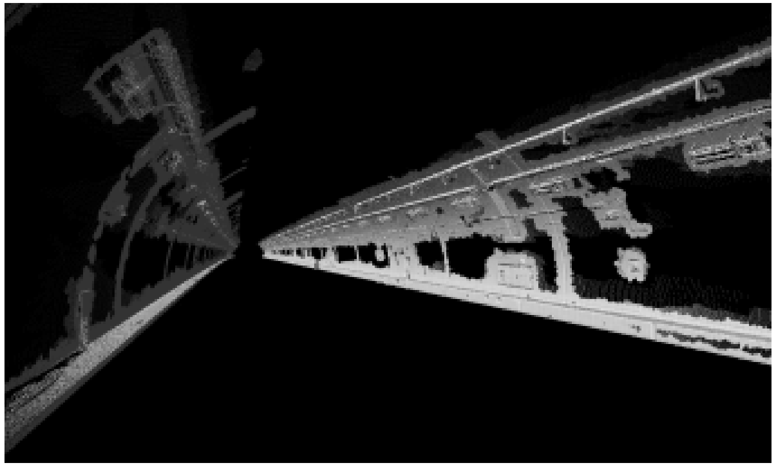
距離データ

逐次位置合わせ

Data *N*

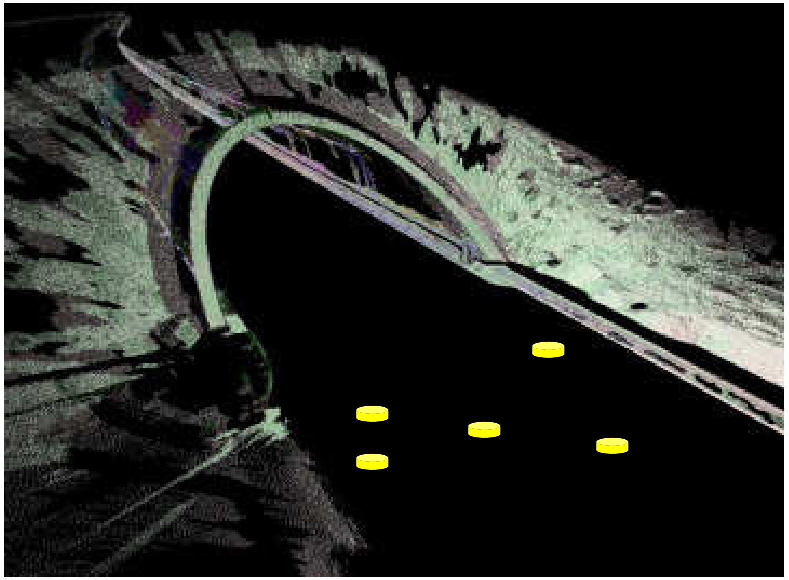


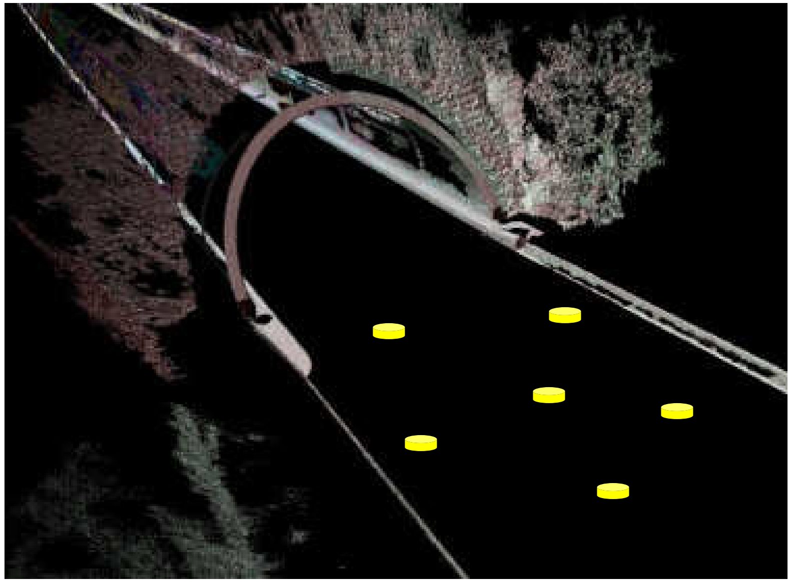
Data *N*+1



距離データの重なりから
相対位置推定

GPSデータと同時に位置合わせ

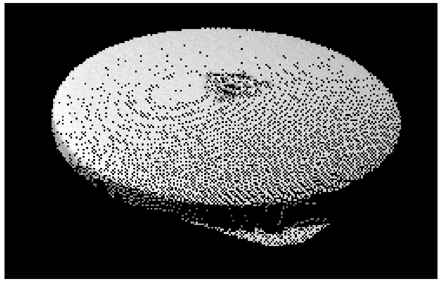




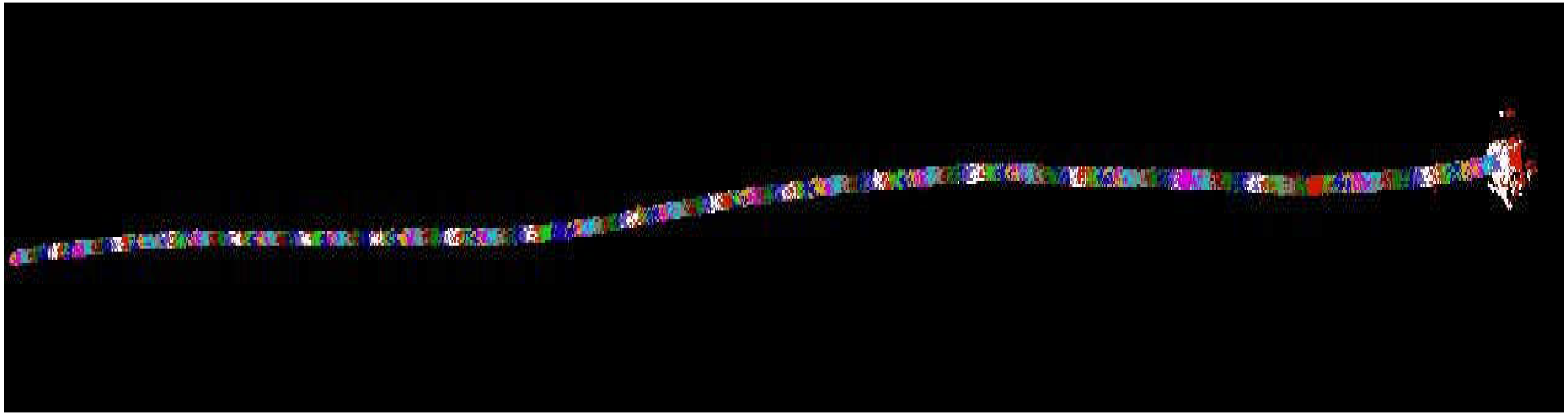
西終端　Antennas (sparse)　東終端

GPSデータと各終端データを位置合わせ

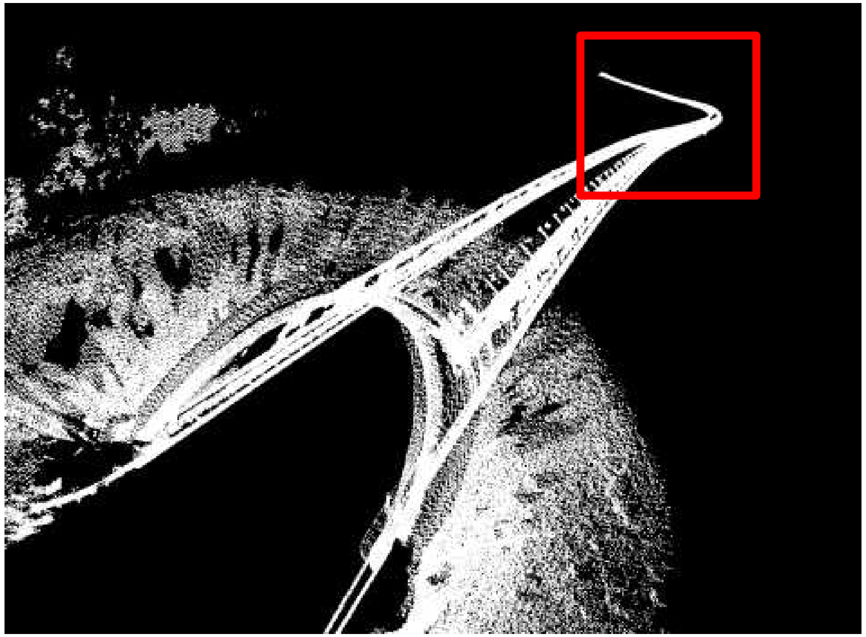
Antenna model (dense)



位置合わせ結果



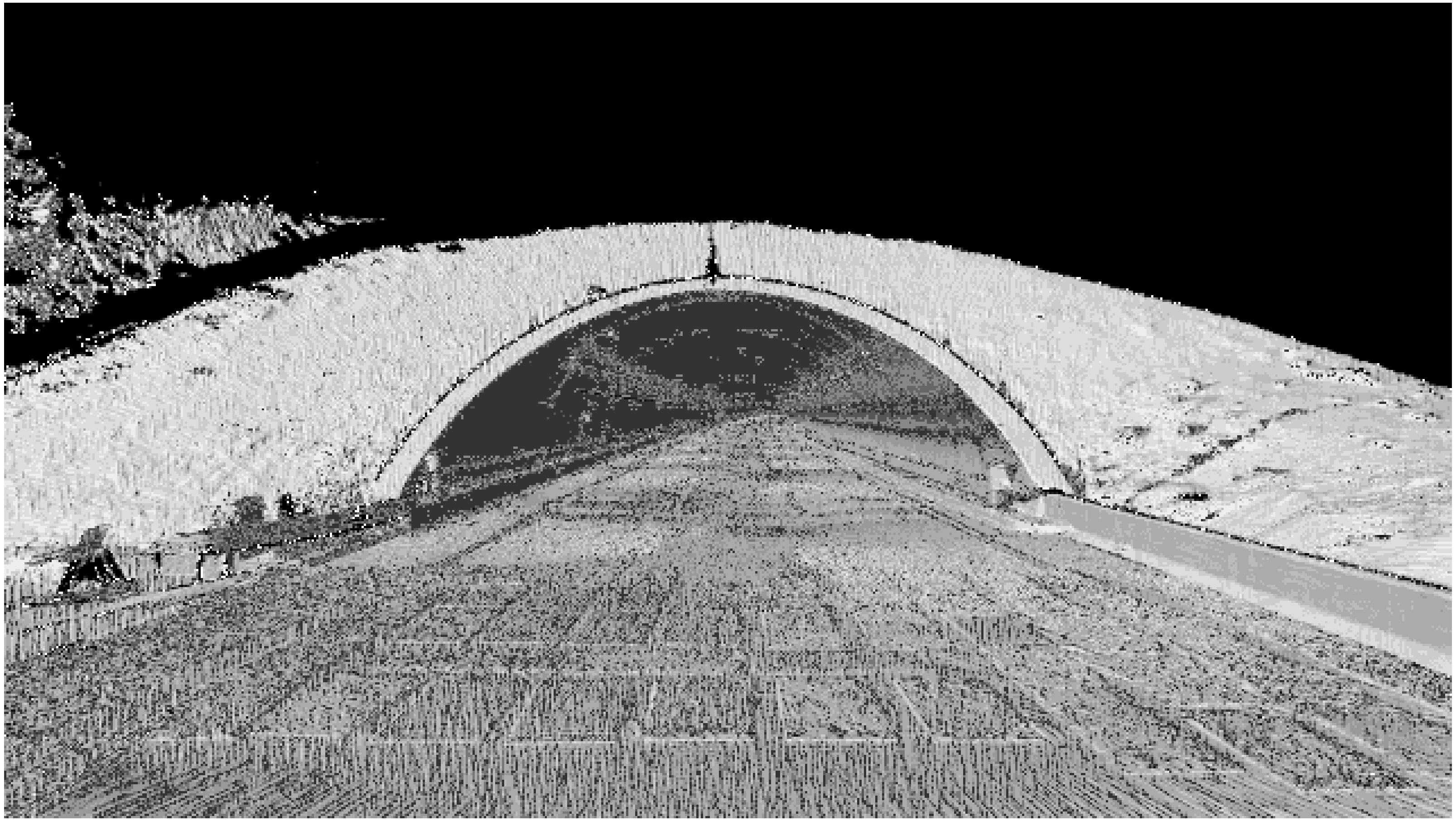
位置合わせ結果



初期位置

収束結果

モデリング結果

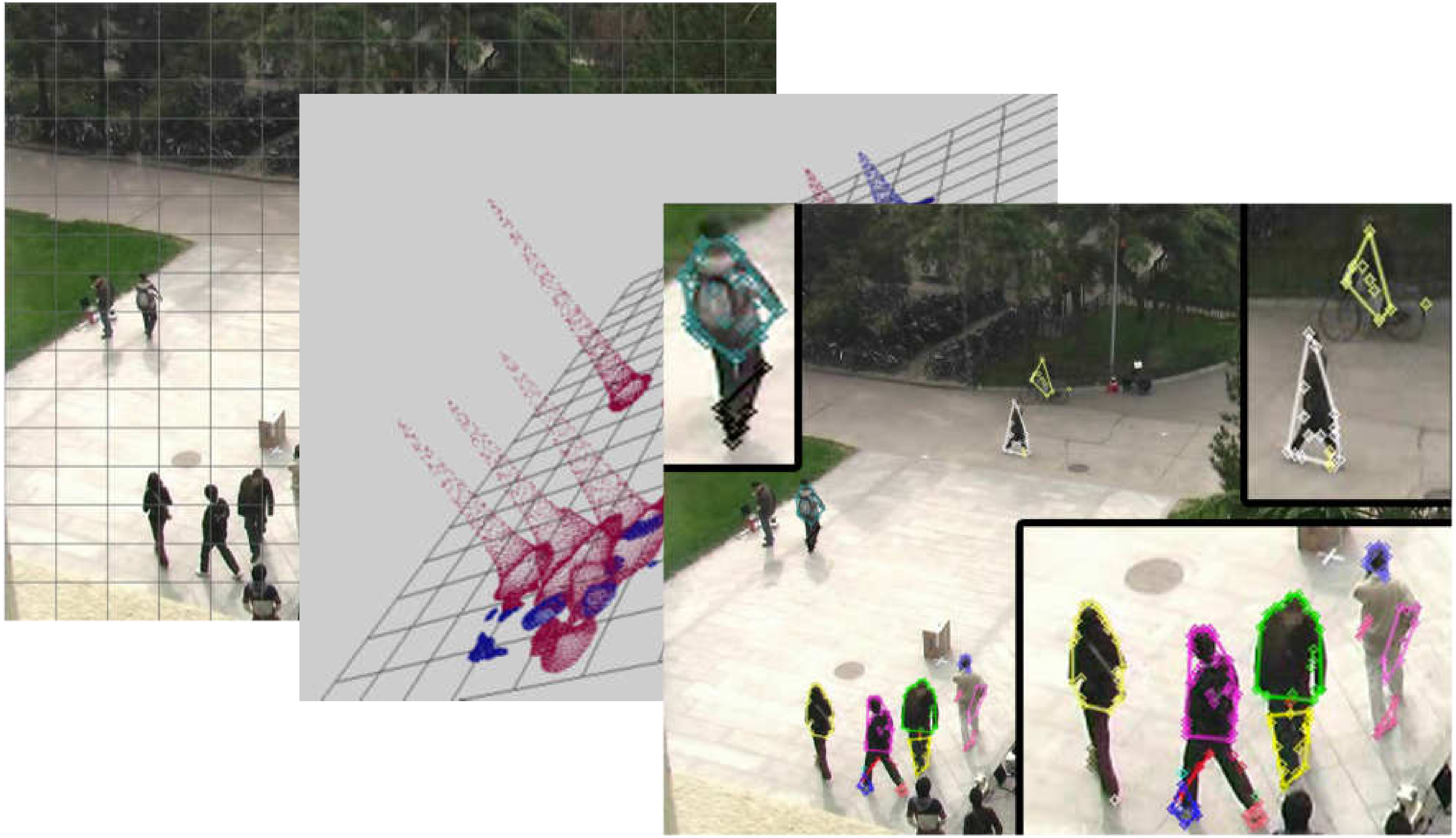


環境認識

環境認識

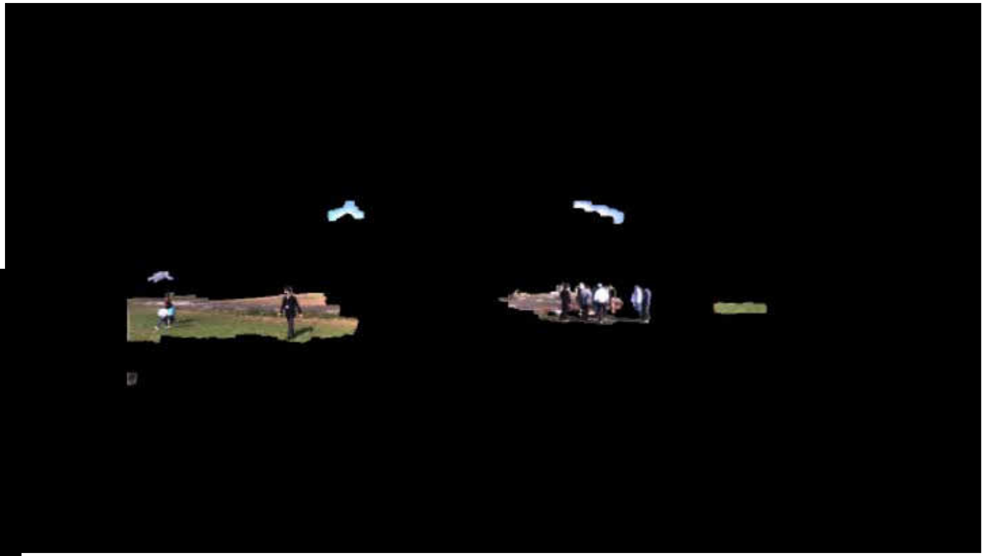
- 他車両、人、標識などを認識して、車両の挙動を決定

画像からの人物認識



人物領域抽出

光源情報による拘束なし



入力

光源情報による拘束あり

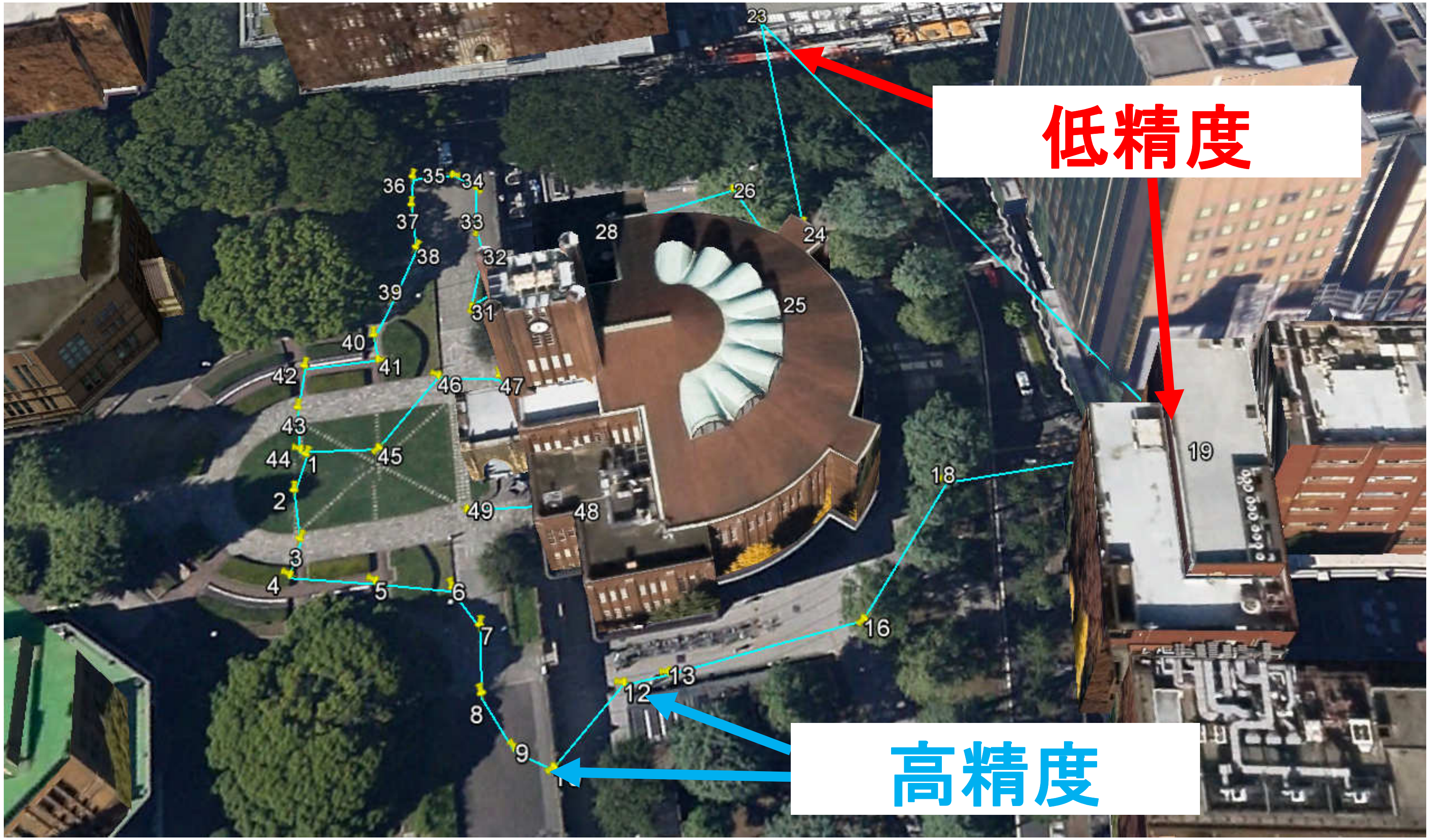
自己位置推定

自己位置推定

馬込小
駐車場
アートホテルズ 大森
成城石井 アトレ大森店
西友
大森
大森テニススクール
大森海岸
牧田総合病院
入新井第一小
善慶寺
大森山王病院
大田区立龍子記念館
大森第三中
桐里保育園
大森赤十字病院
長勝寺
大森第四中
入新井第二小
中央
まいばすけっと大森中央店
大森税務署
池上第二小
大田中央八郵便局
Google
平和島
利用規約

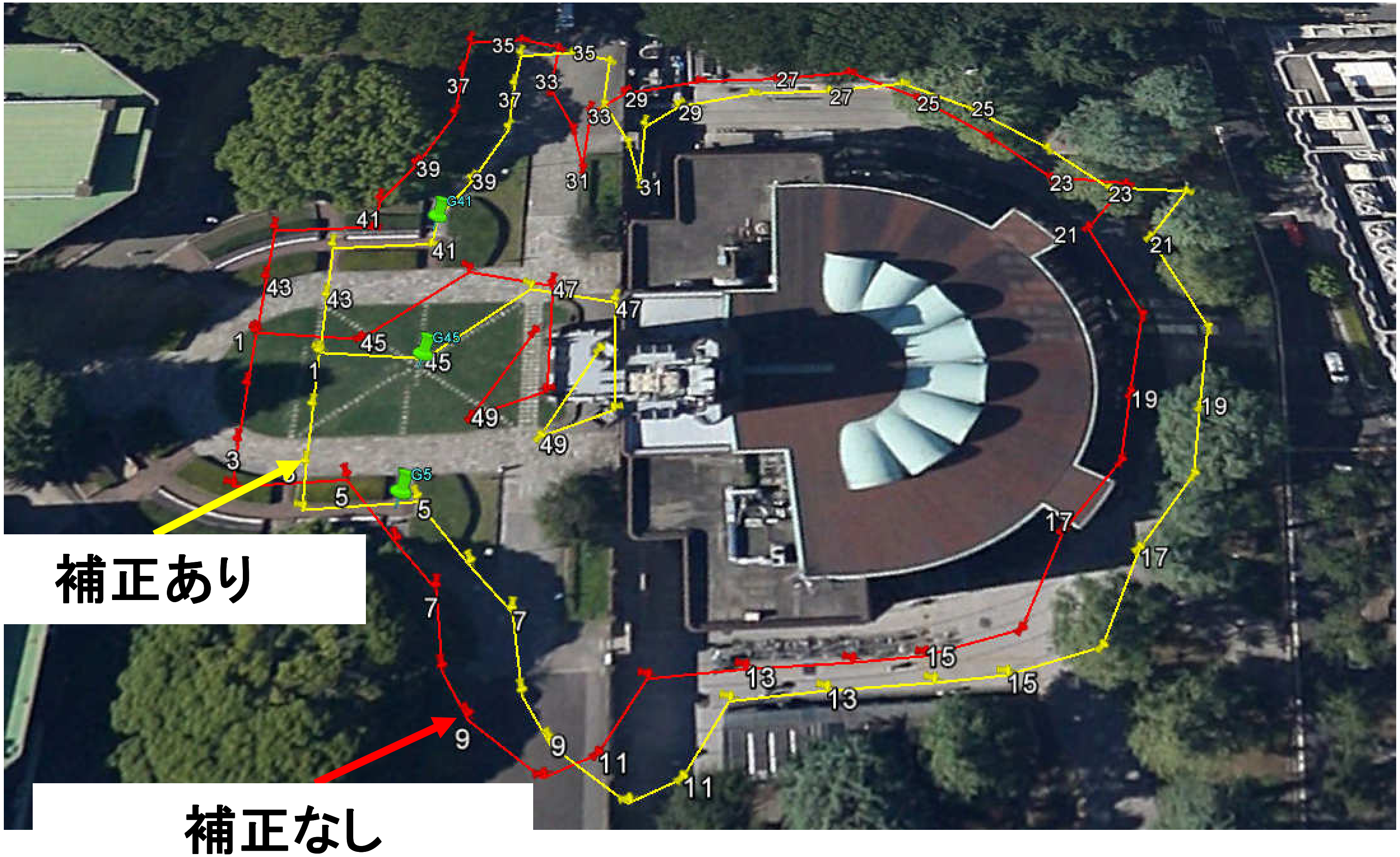
ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

都市空間におけるGPS測位

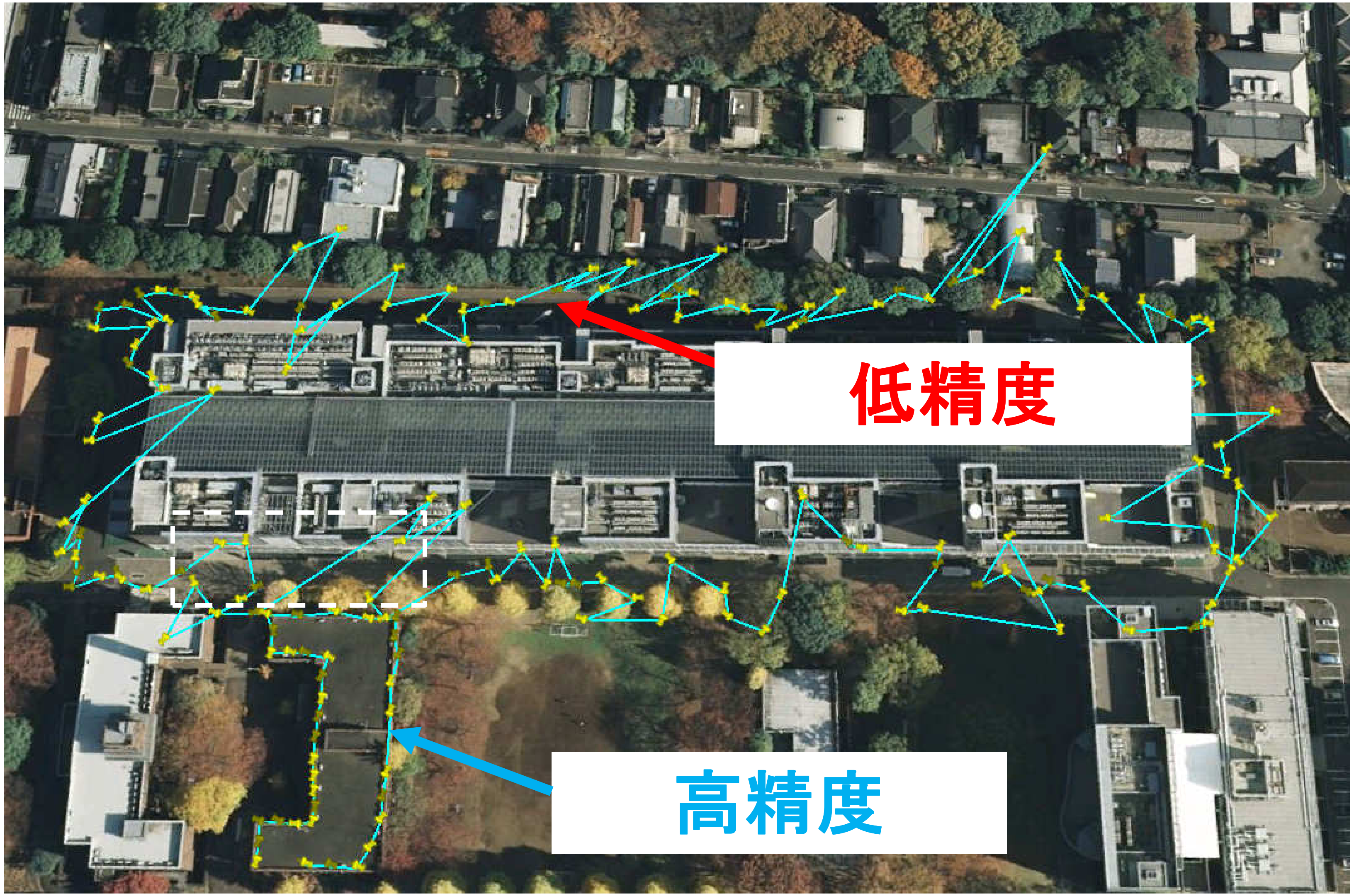


外れ値除去（ RANSAC ＋ Hill Climbing ）

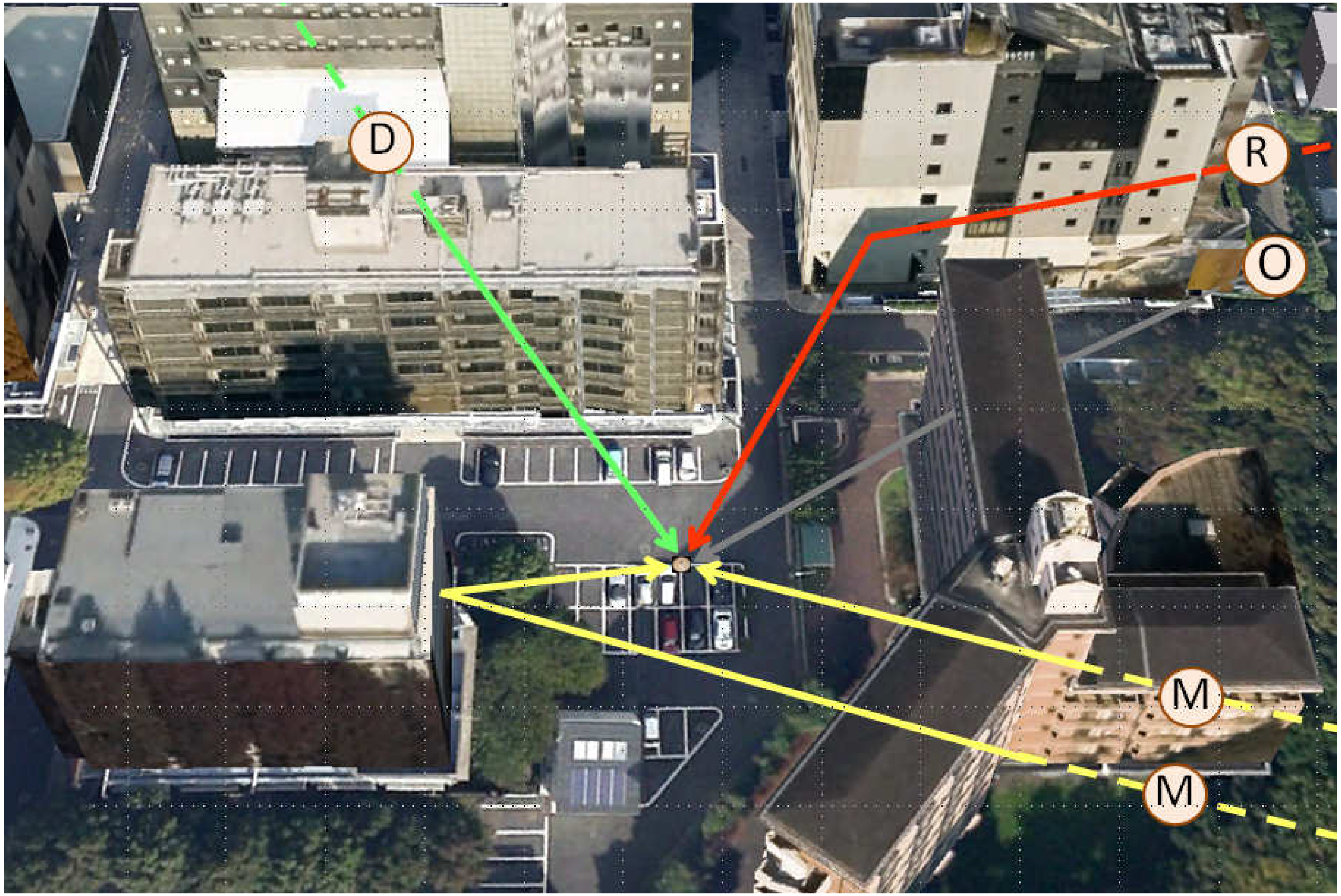
修正後の位置データ

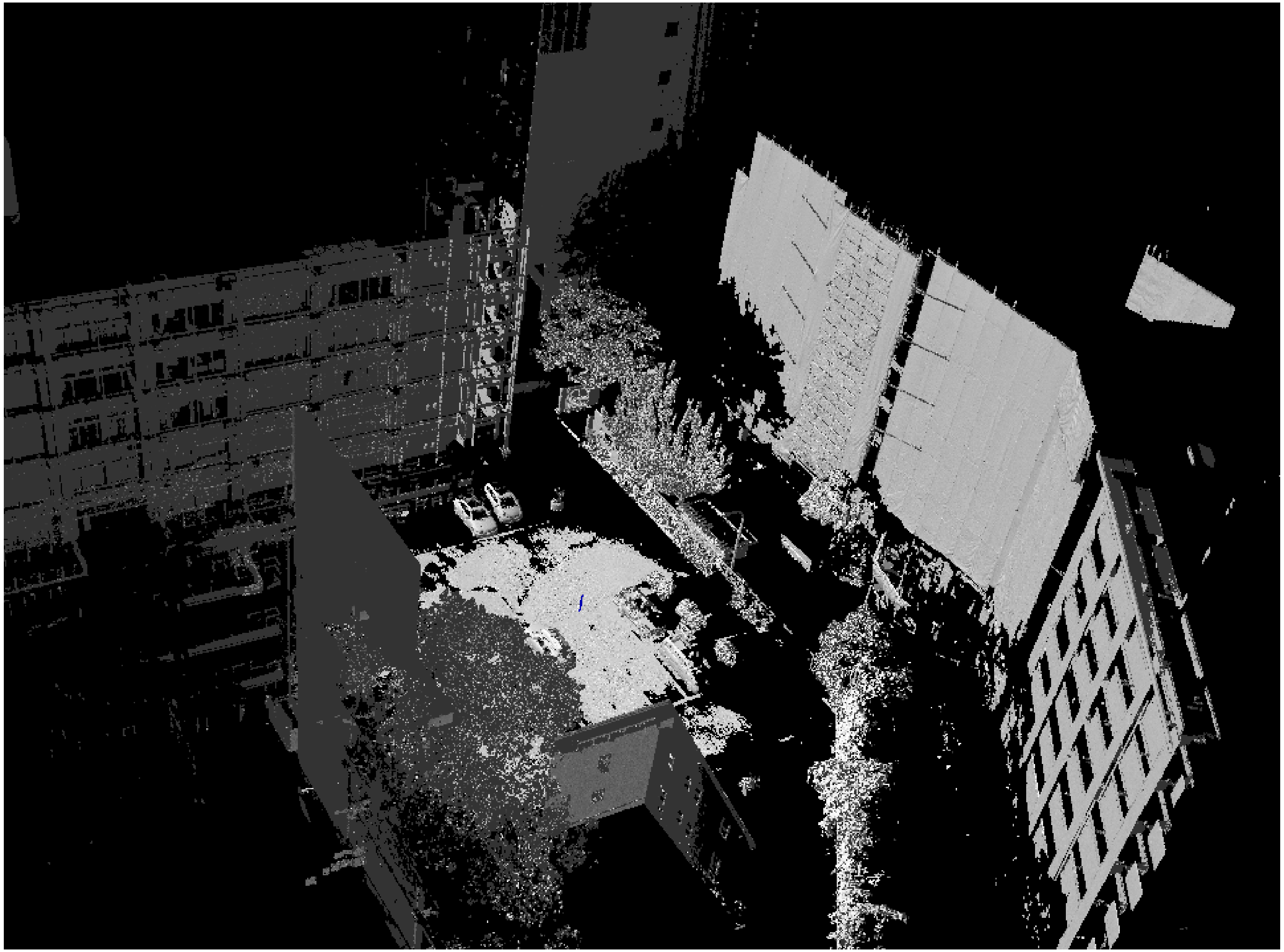


高層建築際のGPS測位



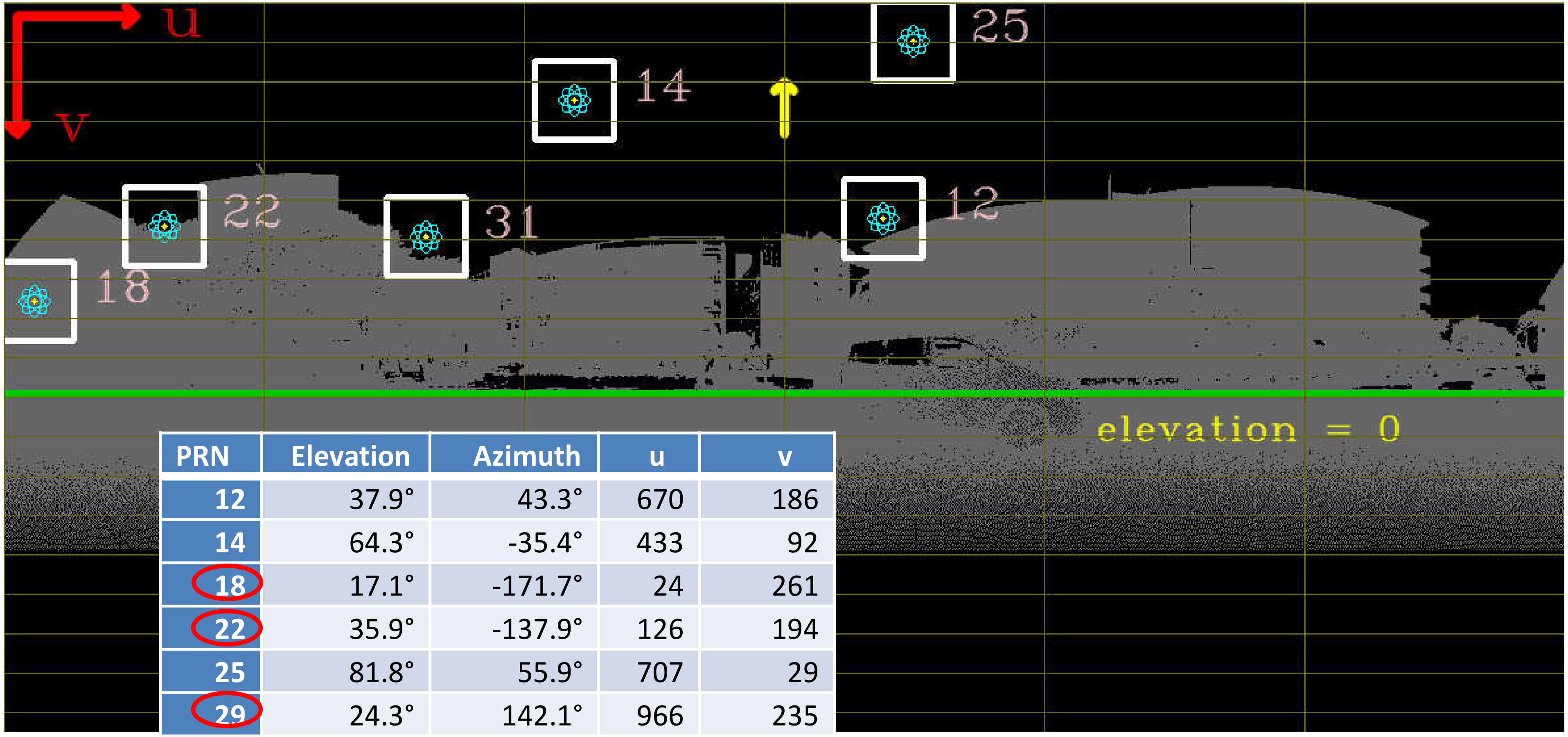
より高精度な位置推定



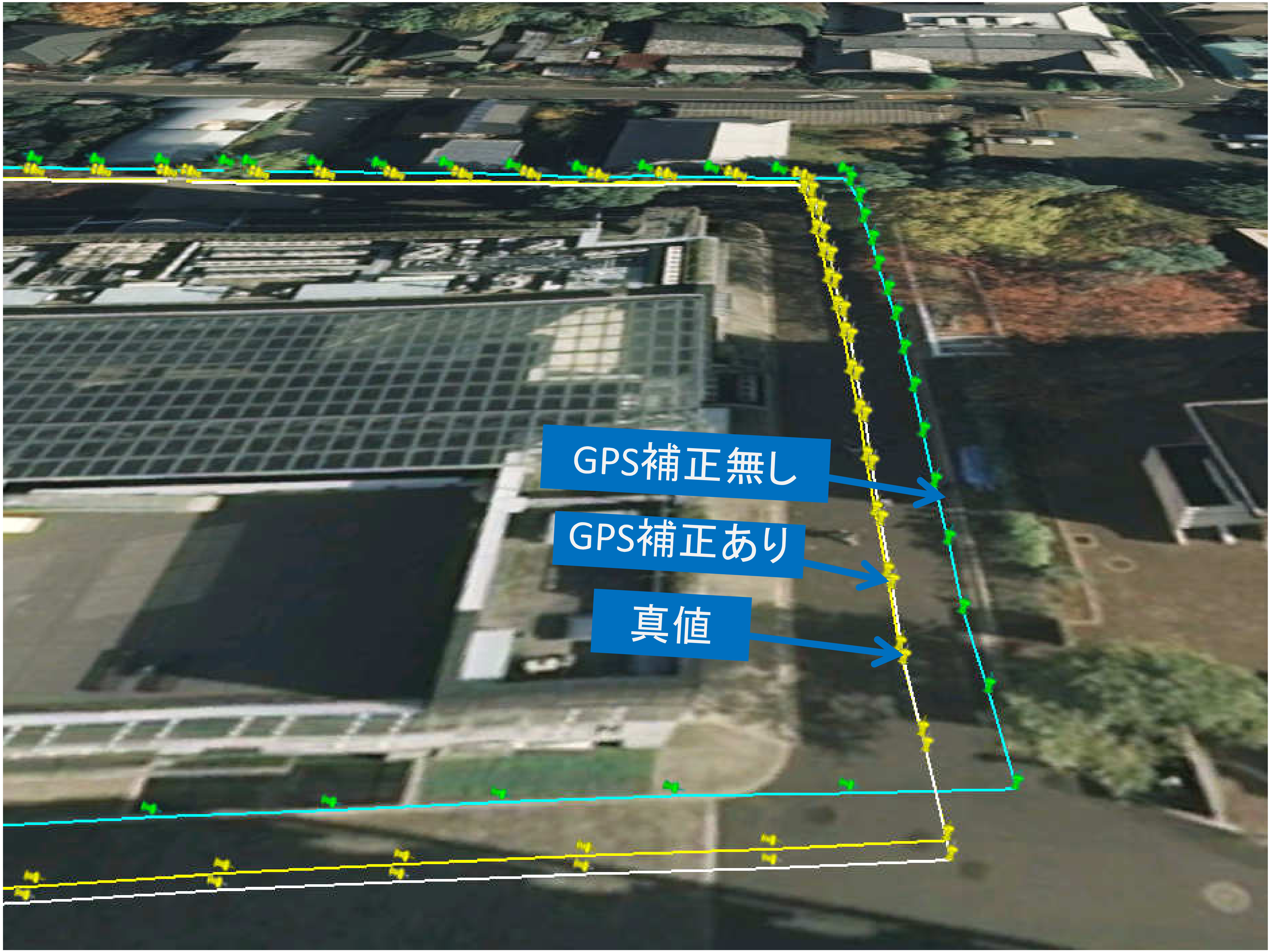


ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

距離画像上の衛星位置



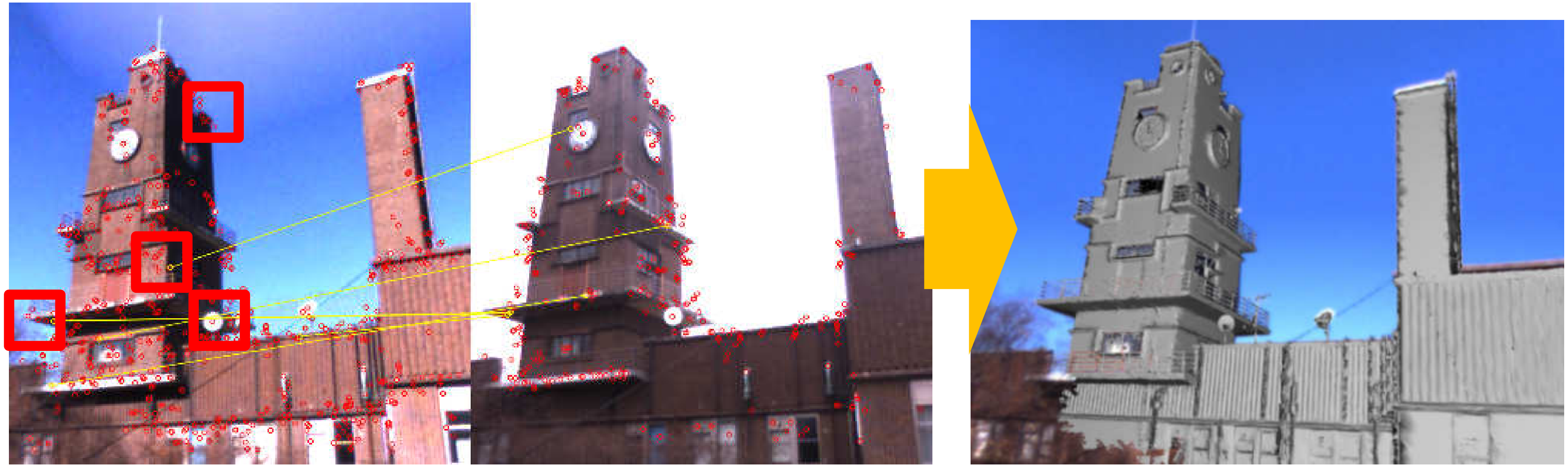
PRN	Elevation	Azimuth	u	v
12	37.9°	43.3°	670	186
14	64.3°	-35.4°	433	92
18	17.1°	-171.7°	24	261
22	35.9°	-137.9°	126	194
25	81.8°	55.9°	707	29
29	24.3°	142.1°	966	235
31	31.3°	-74.15°	317	210


GPS補正無し
GPS補正あり
真値

画像による位置推定

ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

画像からの位置姿勢推定



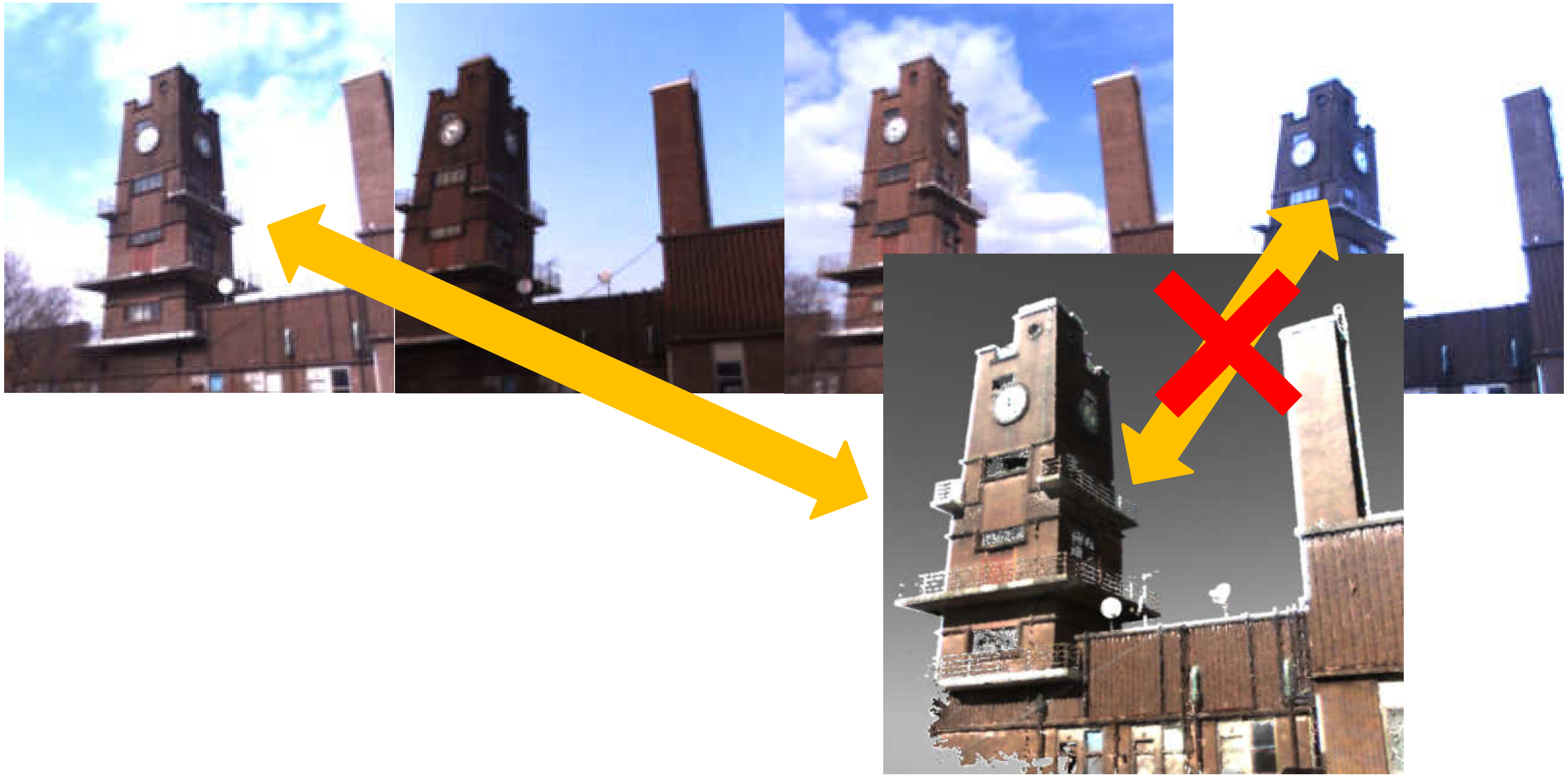
データベース
（特徴量＋3次元位置）

入力画像

位置姿勢推定結果

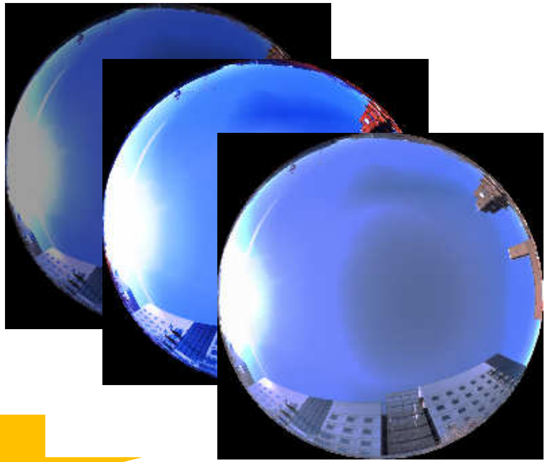
屋外における課題

- 太陽の位置や天候の変化→DBとの見えの差
  - 光源変化にロバストなマッチング手法



見えの再構成による位置推定

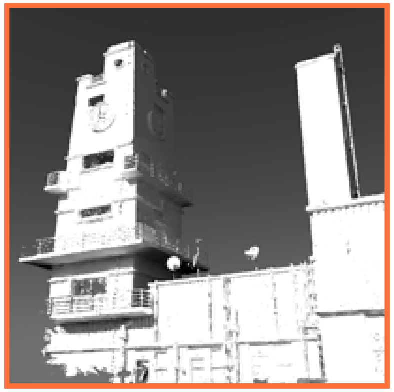
3次元モデル



光源

色彩画像

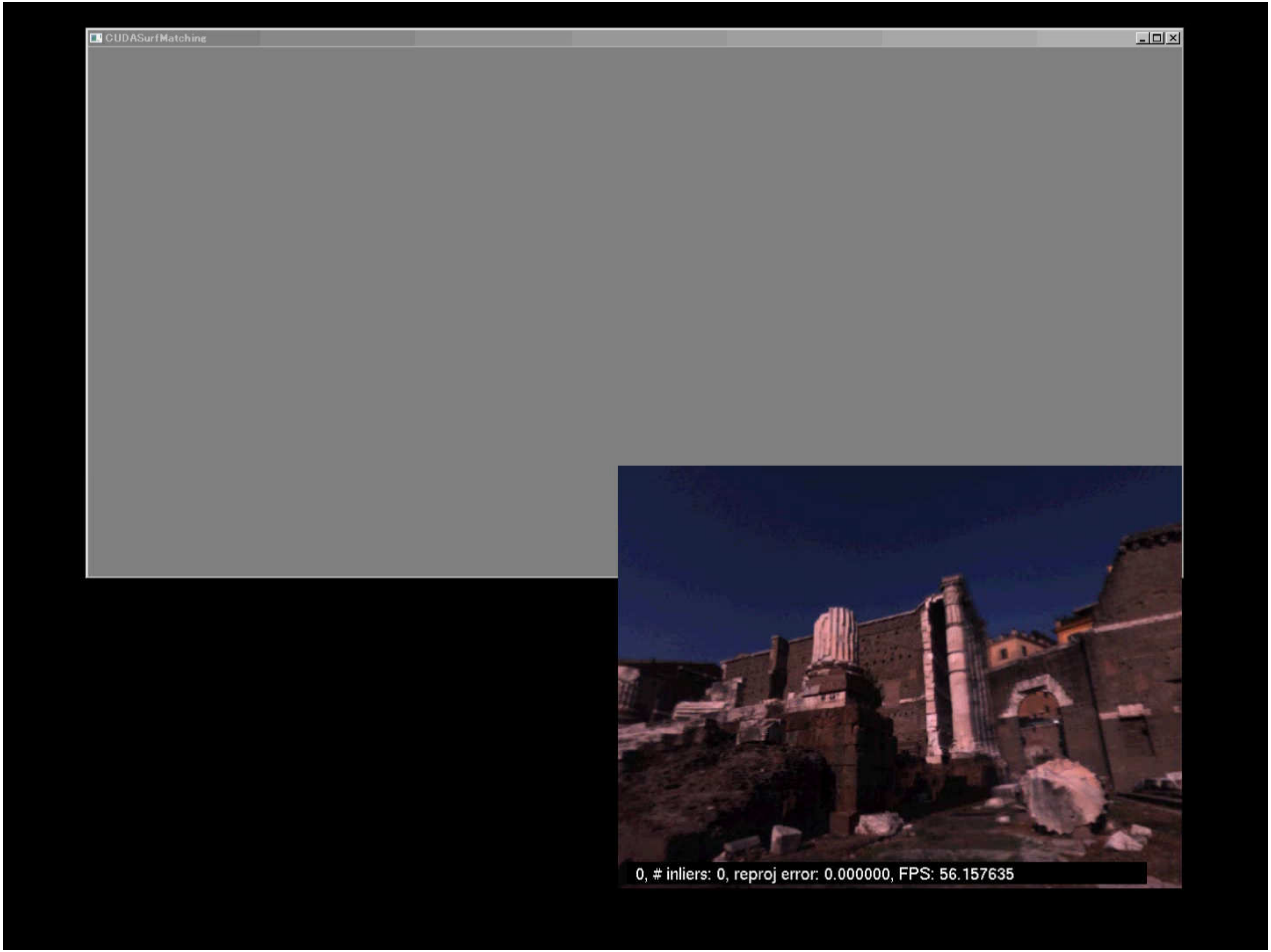
×



照度画像

=

再構成画像


CUDASurfMatching
0, # inliers: 0, reproj error: 0.000000, FPS: 56.157635

技術応用：観光ITS

観光ITS：クラウドツーリズム

移動型複合現実感システム

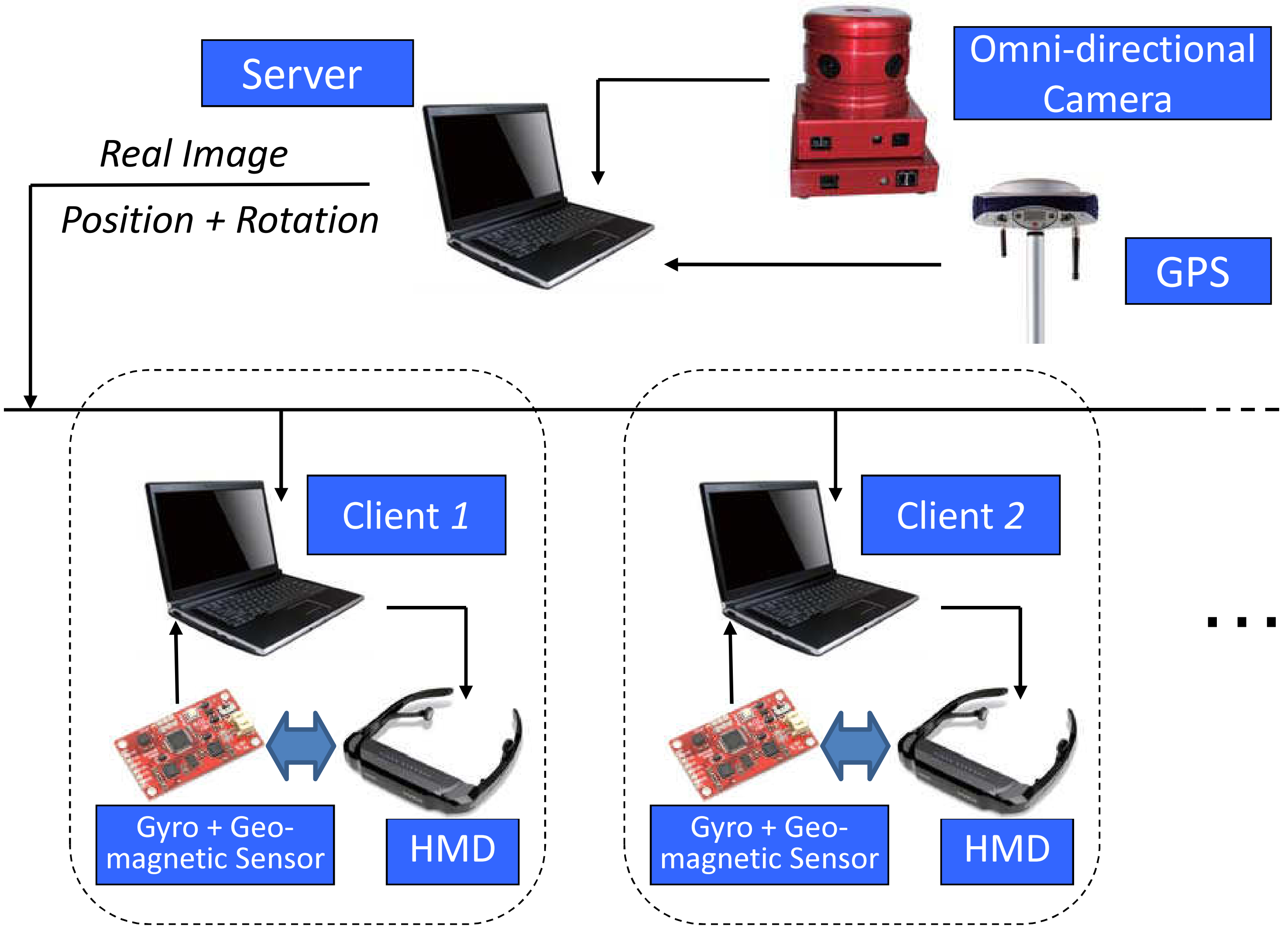
- 実シーン映像にCGを重ねて表示
- 失われた古代都市を仮想再現

CG映像合成

電動バス

車両の位置・姿勢推定
画像＋GPSのフュージョン

システム概要


Server
Omni-directional Camera
Real Image
Position + Rotation
GPS
Client 1
Client 2
Gyro + Geo-magnetic Sensor
HMD
Gyro + Geo-magnetic Sensor
HMD
…

ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター

まとめ

- 環境モデリング
  - レーザレンジセンサによる高精度3Dモデリング
- 環境認識
  - 画像からの人物・車両検出、領域抽出
- 自己位置推定
  - 距離データを用いたGPS測位の高精度化
  - 画像・距離データを用いた位置姿勢推定

- 観光ITS：MR電気バスへの応用