

(4) 廉価に屋内3次元空間をモデル化

社会基盤としての3次元地図の整備・更新技術の開発

3次元空間モデリングシステムの構築

－廉価に3次元空間をモデル化する技術の開発

国土地理院 基本図情報部

平成29年9月

需要

- 高精度測位と地理空間情報・ICTを活用した新サービス実現への期待
 - ・自動車や車いすの自動運行による利便性向上・生活の確保
 - ・高齢者や弱者にも配慮した歩行者移動支援(ナビゲーション)
 - ・災害時の適切な避難誘導による安全、安心の確保 など

課題

- 空間を3次的に表す地図の整備はコスト高
 - ・CADベースの整備方法が主流、近年ではLiDARによる点群計測も普及
 - ・実空間をcmオーダーで低コストに測量する方法は確立されていない

技術的背景

- 測量とは異なる分野から新たな空間のモデリング技術が登場
 - ・CG分野やロボット分野でSfMやSLAMなどのコンピュータビジョンによるモデリング技術が発展
 - ・Kinect等の市販の安価な計測センサーの登場

開発目的

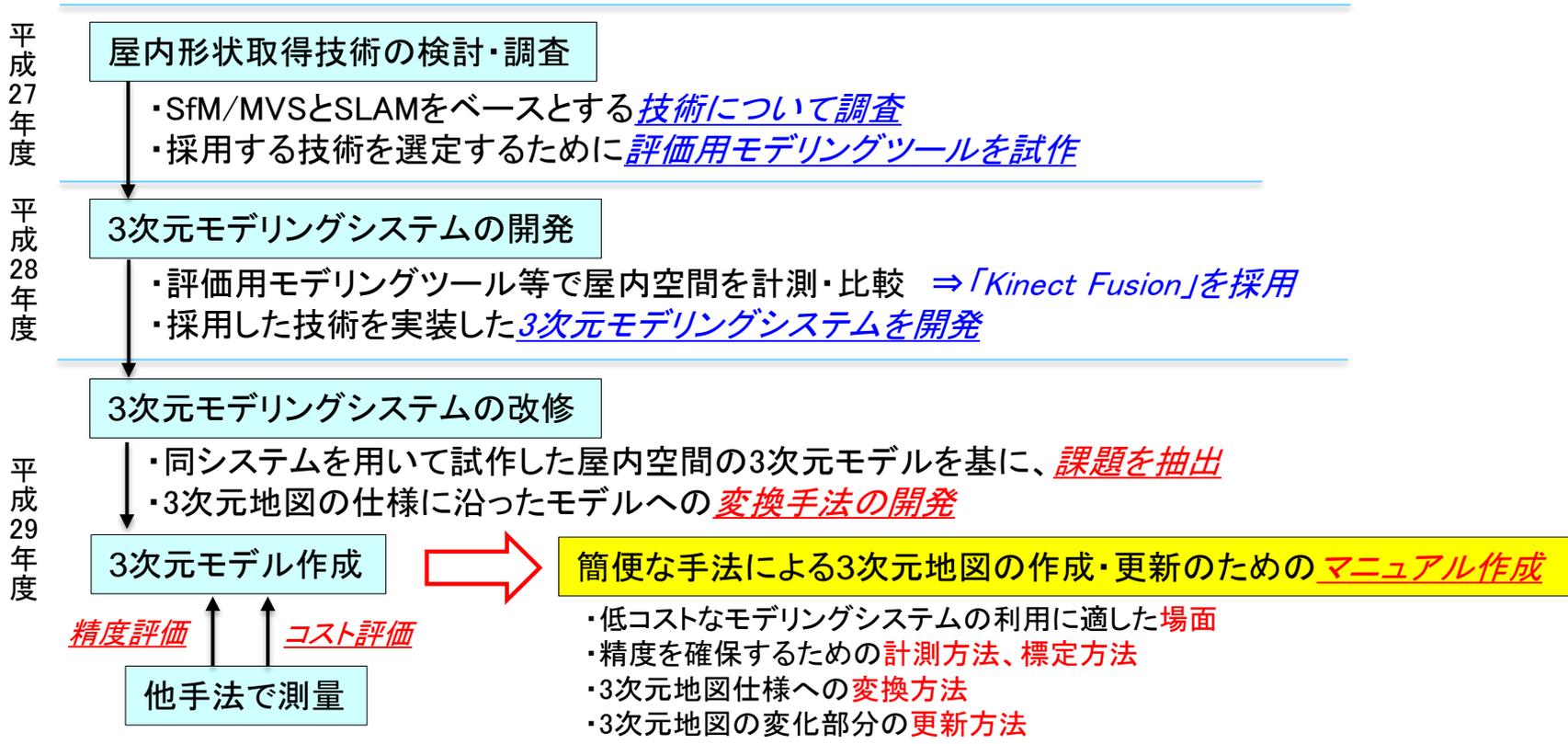
- 低コストな空間のモデリング技術を開発

研究計画

■ 取組の概要

低コストな空間のモデリング技術を開発し、3次元地図の効率的な整備手法を検討

■ 年度毎の取組



■ 最終成果

- ・安価なセンサを活用した低コストな3次元モデリングシステムの構築
- ・3次元地図の効率的な整備マニュアル

①評価用モデリングツール等で屋内空間を計測・比較 ⇒「Kinect Fusion」採用

【Dense Visual Odometry (DVO)-SLAM】

✖ ソースをWindowsに移植して実装したところ、点群の計測はできるが、位置合わせが適切に行われなかった。

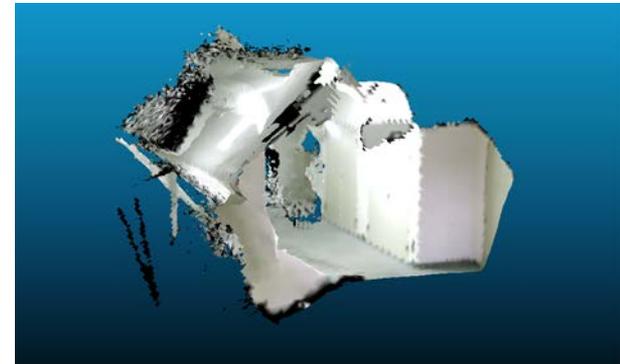
不採用



【Dense Planar SLAM】

✖ 実装したところ、計測条件によって平面領域の特定が安定せず、計測した点群を位置合わせする先が大きく異なる、位置合わせ先が特定できず初期位置に点群が追加される等の不具合があった。

不採用

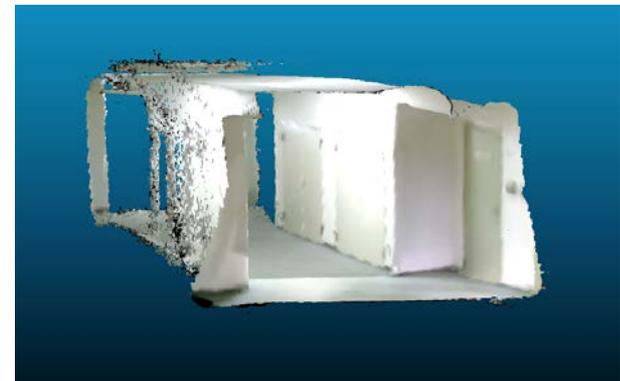


【Kinect Fusion】

- ・DVO-SLAMやDense Planar SLAMと比べて位置合わせが適切に行われる。
- ・実装したところ3手法の中で最も良好な結果が得られた。



採用

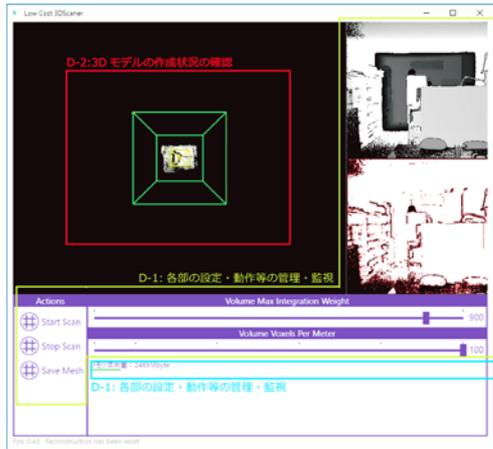


②採用した技術を実装した3次元モデリングシステムを開発 (Microsoft Kinect v2版)



計測の様子

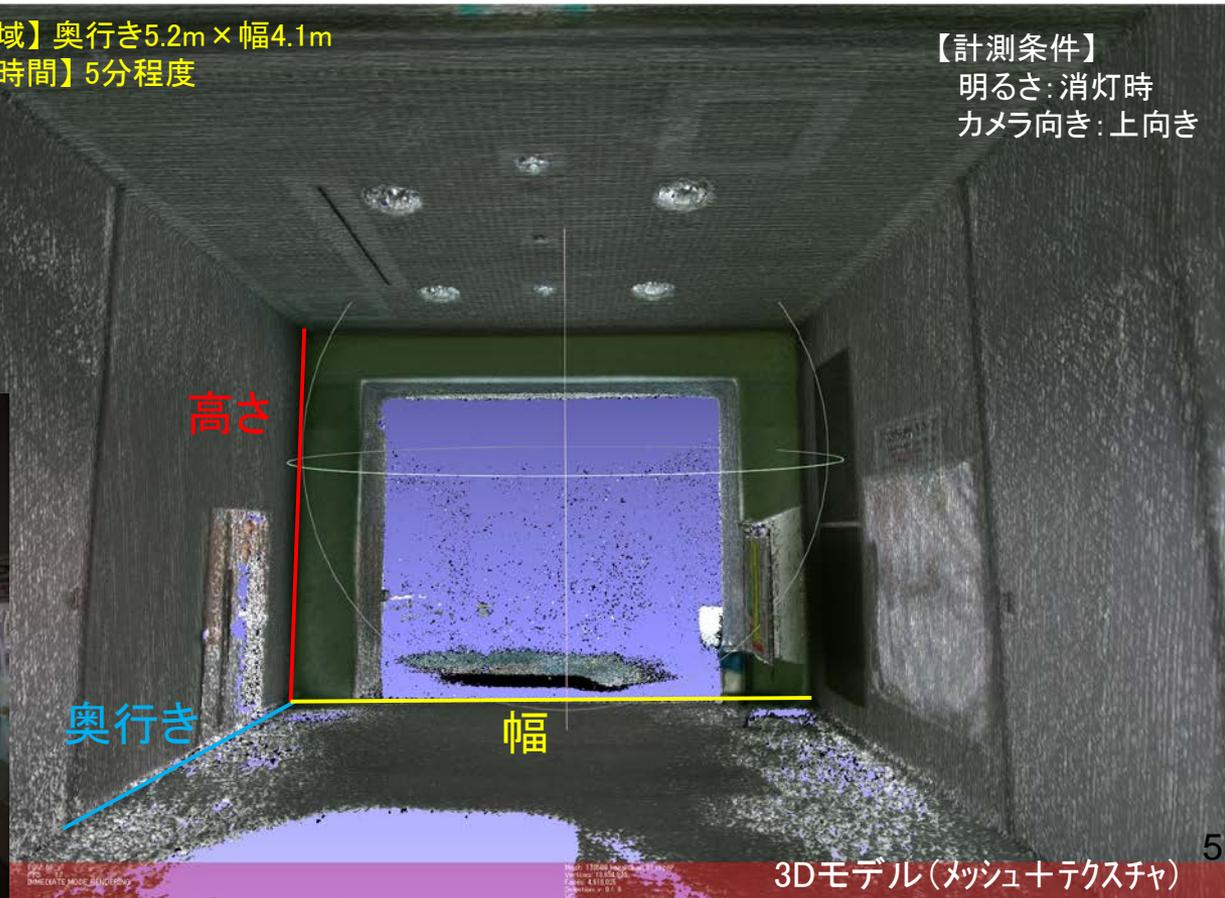
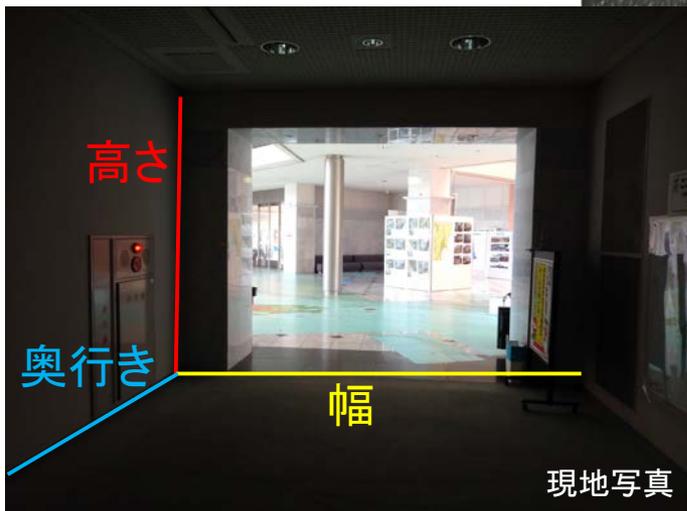
	Kinect fusion (SLAM) 3Dモデル上の計測値 [m]	実測値 [m]	較差 [%]
奥行き	2.80	2.84	-1.41
高さ	3.00	2.99	0.33
幅	4.05	4.06	-0.25



開発したシステムのGUI画面

【計測域】奥行き5.2m × 幅4.1m
【計測時間】5分程度

【計測条件】
明るさ: 消灯時
カメラ向き: 上向き



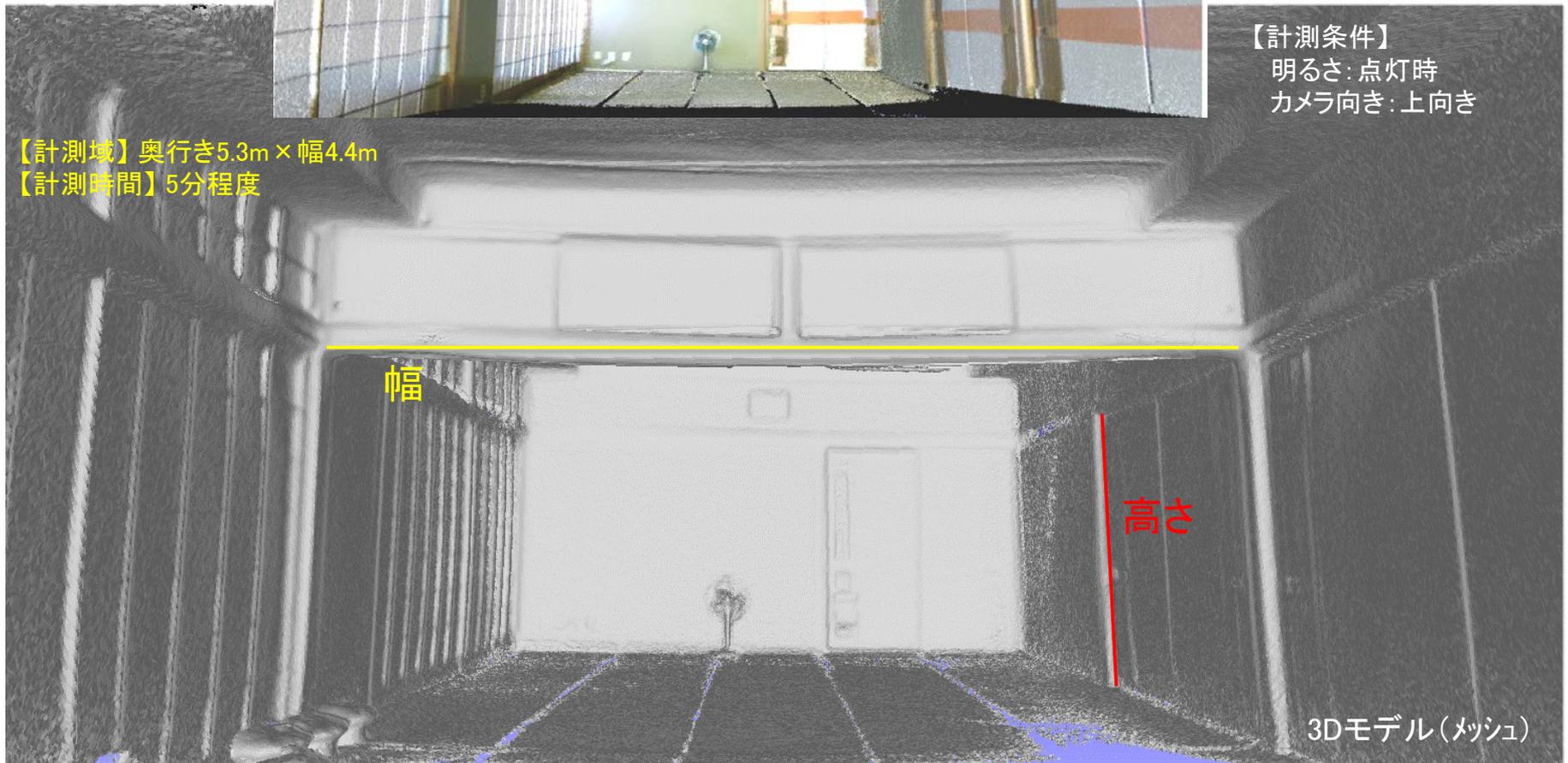
②採用した技術を実装した3次元モデリングシステムを開発 (Microsoft Kinect v2版)



	Kinect fusion(SLAM) 3Dモデル上の計測値 [cm]	実測値 [cm]	較差 [%]
高さ	184.4	183.2	0.68
幅	431.6	434.6	-0.69

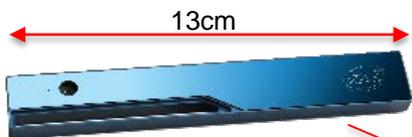
【計測条件】
明るさ: 点灯時
カメラ向き: 上向き

【計測域】奥行き5.3m × 幅4.4m
【計測時間】5分程度



平成28年度の検討結果

②採用した技術を実装した3次元モデリングシステムを開発 (Intel RealSense R200版)



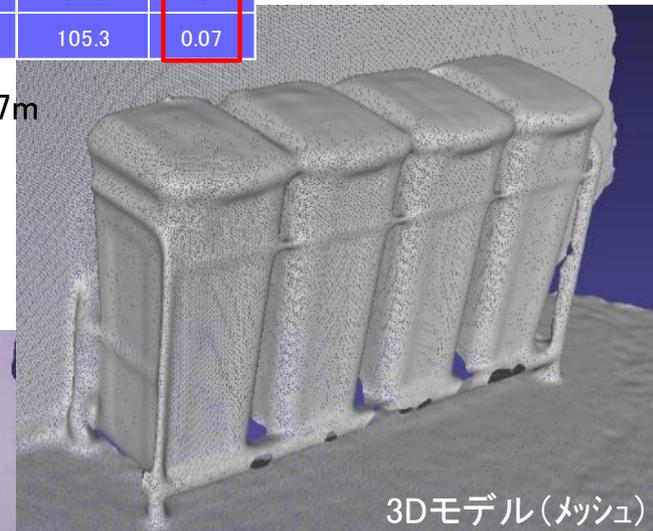
Intel RealSense R200



計測の様子

	Kinect fusion(SLAM) 3Dモデル上の計測値[cm]	実測値 [cm]	較差 [%]
高さ(A)	43.6	43.5	0.23
高さ(B)	50.6	50.3	0.64
幅	105.4	105.3	0.07

【計測域】幅1.1m×高さ0.7m
【計測時間】5分程度



3Dモデル(メッシュ)



高さ(A)



高さ(B)



幅

【計測条件】
明るさ: 点灯時

3Dモデル(メッシュ+テクチャ)



開発したシステムのGUI画面



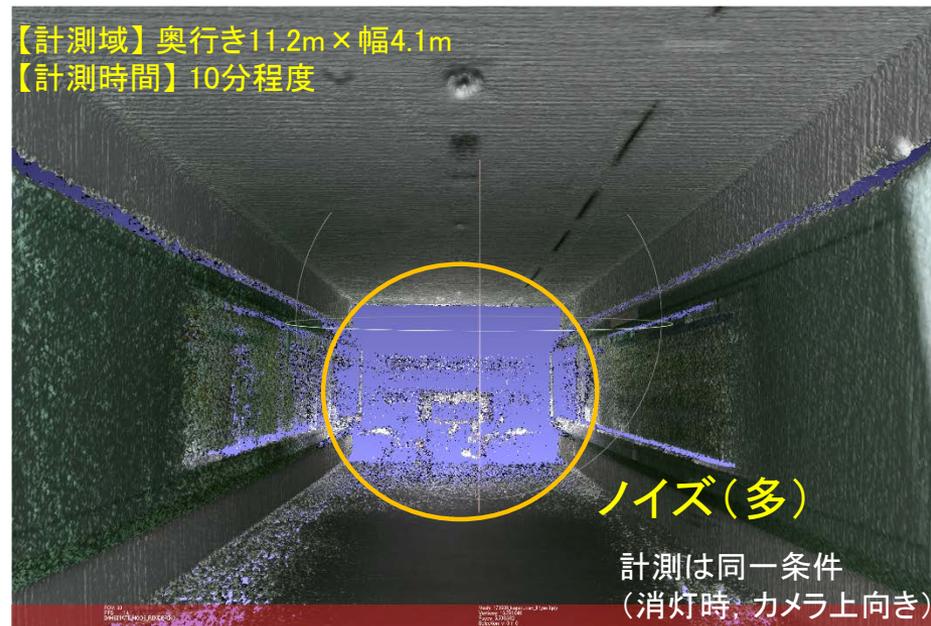
現地写真

平成28年度開発システムの検証例①

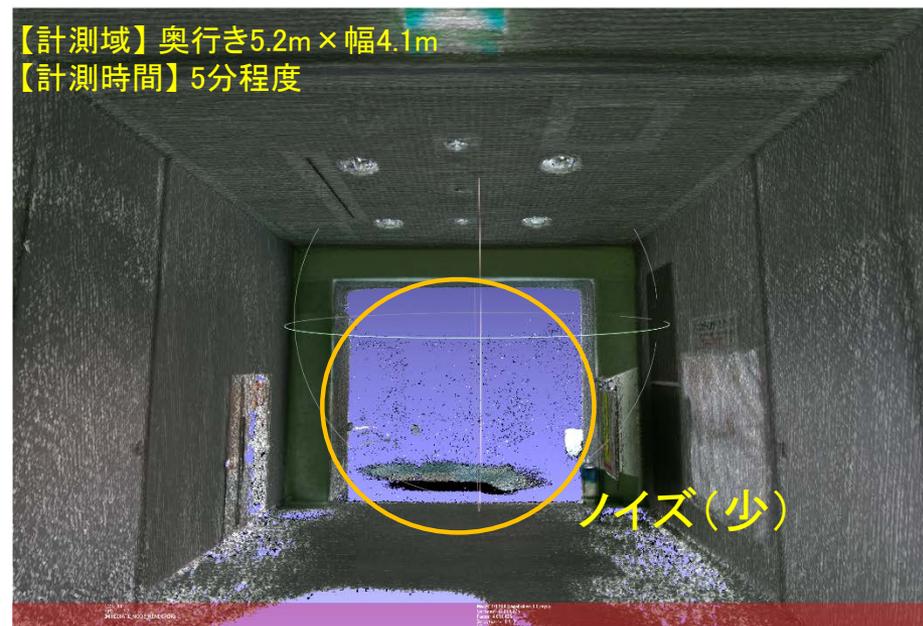
異なる計測条件下での計測結果の違いを検証

3Dモデル(メッシュ+テクスチャ)
地図と測量の科学館

【周囲との明るさの差】



計測方向(ホール⇒サービス館)



計測方向(サービス館⇒ホール)



平成28年度開発システムの検証例②

【明るさ(点灯と消灯)】

3Dモデル(メッシュ+テクスチャ)
地図と測量の科学館

計測(消灯時)

計測(点灯時)

本来と異なる場所に表示

【計測域】奥行き11.2m×幅4.1m
【計測時間】10分程度

【計測域】奥行き5.9m×幅4.1m
【計測時間】5分程度

計測方向(ホール⇒サービス館)

【カメラ向き】

計測(点灯時)

計測(点灯時)

ノイズ(多)

ノイズ(少)

【計測域】奥行き5.8m×幅4.1m
【計測時間】5分程度

【計測域】奥行き5.6m×幅4.1m
【計測時間】5分程度

①カメラ正面向き

②カメラやや上向き

■ SLAMを用いた3次元モデル作成上の課題

- ① 一度に計測可能な範囲が狭い(~15m²程度)
- ② 3次元モデルの接合作業が手作業で時間を要す(大量の点群データの接合が困難)
- ③ 対象物に適した計測条件が不透明(ノイズの発生、自己位置推定が困難な場合有り)
- ④ 作成された3次元モデルの精度やコストの定量的な評価が必要



■ 課題の解決案

- ①② 異なる3次元モデル同士のデータを接合する簡便な手法の検討
 - ・モデル接合機能に関する動向調査 → 市販ソフトを活用した接合の試行
 - ・精度を確保するための標定方法や標定用地物の検討
- ③ 計測に適した環境 / 適さない環境の整理
 - ・赤外線に適した計測方法、計測環境の確立
(例) 明るさ・光源の種類、カメラの向き、計測スピード、対象物の種類等
- ④ モデル精度やモデル作成コストの算出方法の検討、比較の実施



異なる計測手法を用いたモデリング手法の検討・検証を実施予定

効率的かつ廉価なモデリング手法の整理 (平成27年度業務成果)

1. 屋内3次元モデルの作成

- (1) 広域の計測 (25m²程度の屋内空間)
- (2) 局所域の計測 (5-10m²程度の屋内空間)
- (3) 対象物に適した計測条件、計測方法の把握
各計測手法が苦手とする対象物や条件の把握

【計測手法】

- 地上型レーザスキャナ
- SLAM (Kinect Fusion:「Microsoft Kinect v2」)
- SLAM (VSLAM:「Google Tango」)
- ハンドヘルド型レーザスキャナ
- 多視点ステレオ写真測量 (SfM)

最新の技術動向を
反映

2. 異なる3次元モデルを接合 する簡便な手法の検討

- (1) 3次元モデル接合に関する技術動向調査
- (2) ソフトを用いたモデル接合の検証
- (3) 3次元地図更新方法(案)の検討

3. 異なる計測手法による 3次元モデルの精度比較

- 精度 (絶対精度、相対精度)

4. 異なる計測手法による 3次元モデル作成コストの比較

【評価項目(案)】

- 計測 (機材、時間、人数)
- 処理 (ソフト、時間、人数、データ容量)
- 総コスト など

5. 簡便な手法による3次元地図の作成・更新のための マニュアル(案)作成

- 効率的かつ廉価なモデリング手法の整理
- 精度を確保するためのSLAMを使った3次元モデル計測方法、計測条件、標定方法
- SLAMを用いた3次元地図の変化部分の更新方法
- 3次元地図仕様(研究センター検討)への変換方法 など