

国土交通省総合技術開発プロジェクト H27～29年度
3次元地理空間情報を活用した安心・安全・快適な
社会の実現のための技術開発

社会基盤としての3次元地図の整備・更新技術の開発

②3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28年3月

背景

- 高精度測位と地理空間情報・ICTを活用した新サービスの実現が期待されている。
 - ・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)
 - ・災害時の適性な避難誘導による安全、安心の確保 など



空間内の自己位置を正確に把握する技術的手段が必要



3次元地図



問題点(課題)

- 空間を3次元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(1990年代のモデリング方法)
 - ・実空間をcmオーダーで測量する方法は確立されていない



空間を安くモデリングすることはできないか？

技術的背景

■モデリング手法

・Image Based Modeling (and Rendering)

2000年代からCG分野で用いられるようになった2次元の写真から3次元物体をモデリング(復元)する技術。最近では測量分野でも用いられ始めた。

■空間内の自己位置を正確に把握する技術的手段

・SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)

環境地図の作成と位置の推定を同時に行う技術。3次元地図が無い空間で自分の位置を把握することを目的として、特にロボット分野で利用されている技術。

異分野の技術から
アプローチ

目的

とにかく「**安く**」3次元空間をモデリングする技術を開発する

平成27年度

屋内形状取得技術の
検討・調査

- ・ SfM/MVSとSLAMをベースとする技術について調査
- ・ 三次元形状の復元に適し、かつ「安い」生成技術を特定

平成28年度

3次元モデリング
システムの開発

使用

3次元モデル試作
課題抽出

- ・ 特定した技術を用いて実際にモデリングするシステムを構築
- ・ 同システムを用いて3次元モデルを試作し、課題抽出
- ・ コストについても評価

平成29年度

3次元モデリング
システムの改修

使用

3次元モデル作成

精度検証

精度検証のための
精密測量

目標精度は
cmオーダー

低コストな3次元
情報取得手法

3次元地図の作成・更新

■ 3次元モデル作成手法の調査

- 6種類の3次元モデリング手法を簡易調査によりスクリーニング
- 特徴点の抽出が困難な平滑な壁面・床・天井で構成される地下街等の屋内空間のモデル化を、ある程度の精度を保ちつつ低コスト(現場での作業コスト+後処理コスト:処理時間)で行えると予想される手法を2種類選定し、評価ツールを作成

調査手法

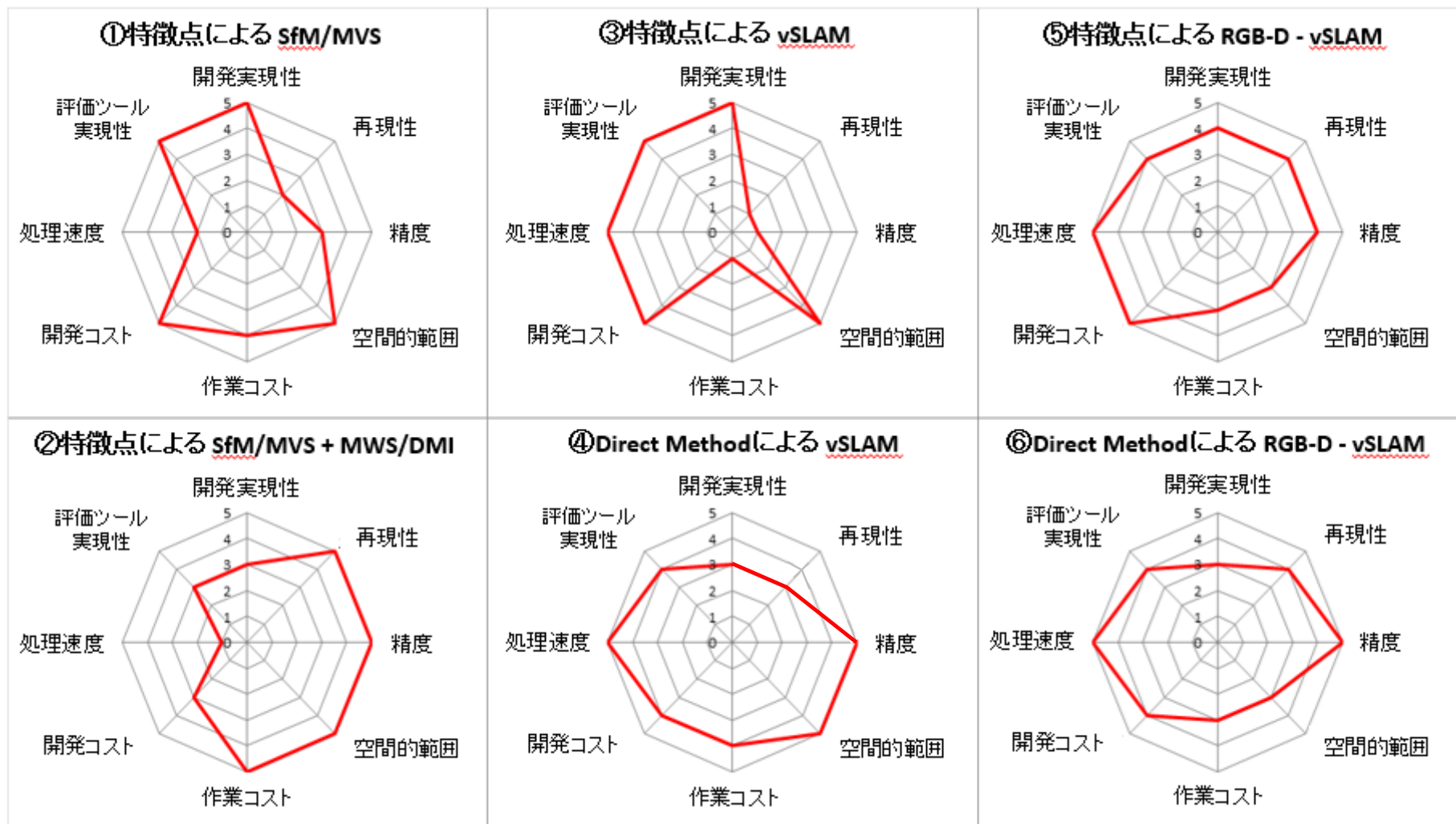
評価項目

No.	入力データ	モデリング種類
1	カメラ画像のみ	特徴点によるSfM/MVS
2		特徴点によるSfM/MVS +MWS/DMI
3		特徴点によるvSLAM
4		Direct MethodによるvSLAM
5	カメラ画像 +深度センサ	特徴点によるRGB-D-vSLAM
6		Direct MethodによるRGB-D-vSLAM

- 開発実現性
- 再現性
- 精度
- 空間的範囲
- 作業コスト
- 開発コスト
- 処理速度
- 今年度評価
ツール実現性

※RGB-Dは、RGBカメラと深度センサを有するデバイス

調査手法のレーダーチャート



⑥は④にRGB-Dセンサ (Kinect)が追加されたもの。
ここでは、⑤と⑥の2種類を選定。

■3次元モデルの再現性と作成コストの詳細な評価

- 本年度中に⑤、⑥の手法の評価用ツールを構築



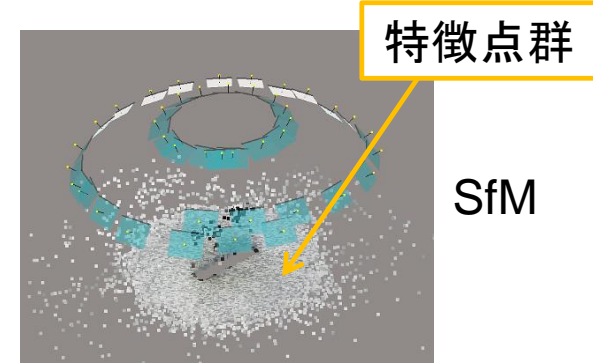
- このツールにより
 - 3次元モデルの再現性及び精度
 - 3次元モデルの作成コスト(計測時間+処理時間を尺度とした単位面積あたりの工数)の観点から手法を評価し、1つに絞り込んだうえで実証モデリングシステムを構築
- 評価を行う空間は地図と測量の科学館(国土地理院内)を予定
 - (検証・コスト比較のために既存手法による空間計測を実施済)

■以下、参考資料

①「特徴点によるSfM / MVS」(従来方法)

Structure-from-Motion (SfM) / Multi-view Stereo (MVS)

- SfMとは、ある場所をカメラの視点を変えながら撮影した多数の画像から特徴点を抽出し、特徴点の幾何的条件をもとにその3次元座標とカメラパラメータを同時に推定する技術
- MVSとは、SfMにより得られたカメラパラメータおよび画像情報を利用して密な3次元点群を算出することで、テクスチャ付きポリゴンモデルとして復元を行う技術
- より広角のレンズを用いることで処理時間を短縮
- 特徴点の抽出が困難なテクスチャの乏しい物体(平滑な壁など)については、形状復元が困難という欠点がある



MVS



平滑な面は
モデル化が困難

② SfM / MVS + MWS / DMI

Manhattan-World Stereo (MWS) / Depth map Integration (DMI)

- ワシントン大学とMicrosoft Reseachが2009年に発表した手法
- SfM / MVSにより構築された3Dモデルを入力として、面の直交性の制約を与える (MWS) ことで壁・床・天井などの存在を推定し、デプス (深度) マップを作成
- 作成した深度マップをSfM / MVSにより構築された3Dモデルと合成(DMI)し、テクスチャの乏しい箇所の再現性を向上
- 詳細な調査の結果、評価ツールの構築に必要な公開情報が不足しており評価が不可能



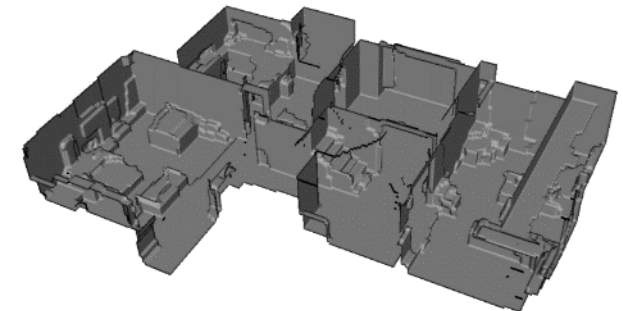
SfM / MVSではテクスチャの乏しい箇所の再現性が不十分 (穴だらけ)



支配的な3軸を選定



元画像 (左) と深度マップ (右)

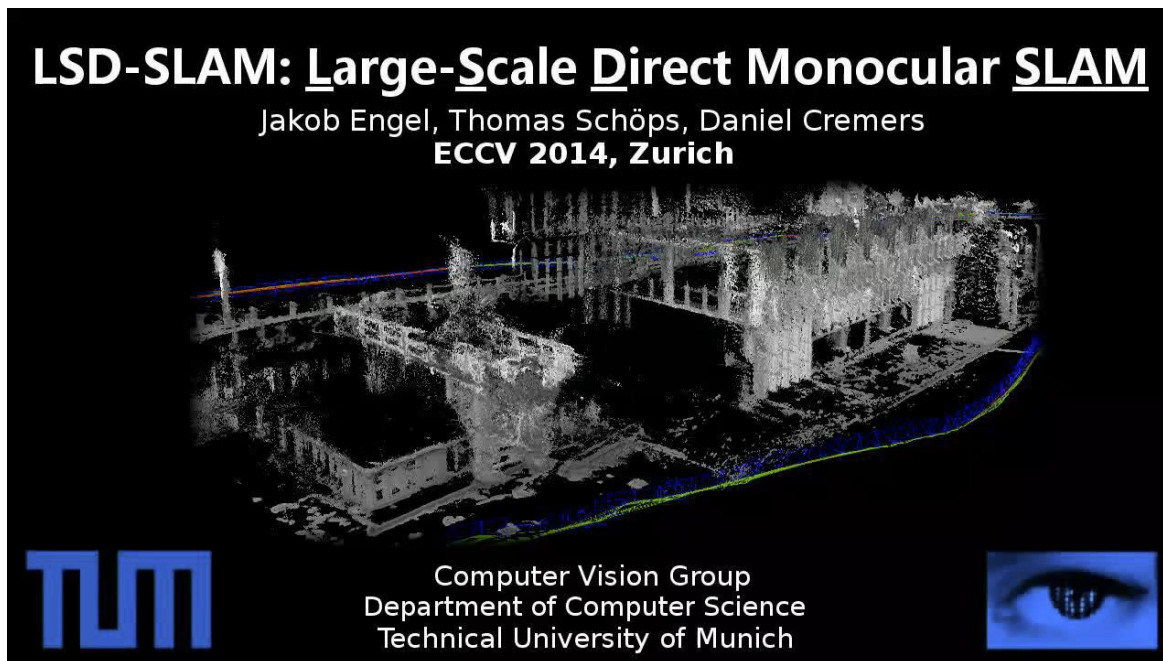


Manhattan-World Stereoに基づき作成した深度マップをSfM / MVSで作成したモデルと合成

Furukawa et al. (2009)

- ④ Direct Methodによる vSLAM
- ⑥ Direct Methodによる vSLAM+RGB-D(深度センサ)

- Direct Method: 特徴点に限定せず、すべての画素の三次元情報を利用して位置合わせを行う手法
- 特徴点より密な画素地情報を利用できるため、関心が高まりつつある
- 特徴点が抽出できない場所でも適用できる可能性がある



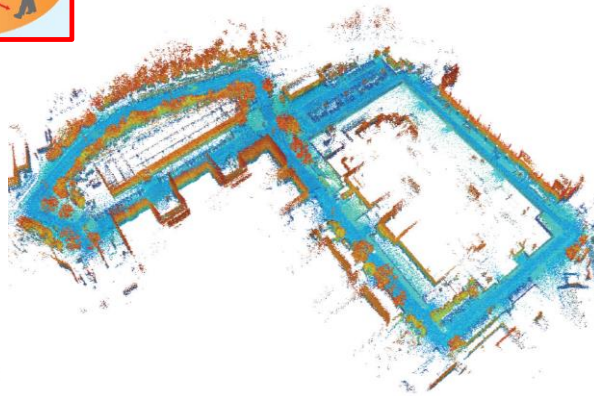
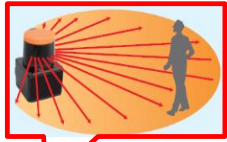
Microsoft WEBサイトより引用



Kinect v2

<https://www.youtube.com/watch?v=GnuQzP3gty4> より

⑤ 特徴点とRGB-D(深度センサ)によるvSLAM



SLAMについて(2014)

横塚将志(産業技術総合研究所)

<https://staff.aist.go.jp/y-ichisugi/brain-archi/20140422YokozukaMasashi.pdf>



小型無人移動体を用いた3次元地図の自動生成に関する研究
尾崎宏樹(名古屋大学、2012)より引用

カメラの映像と深度センサを併用しつつ
環境地図の作成と自己位置の推定を同時に行う技術

レーザレンジセンサとカメラから環境地図をリアルタイムに作成し、3次元地図と比較しながら自律移動する際などに用いられる。本研究では、リアルタイムに実行される環境地図の生成部分の技術に着目する。