

3次元測量(3次元地図作成)の高精度化、効率化等を図る技術の試行業務 試行結果

業務概要

■ 目的

既存の3次元測量成果の特性を整理し、3次元地図作成の高精度化、効率化等を図る技術を導入・試行する。

■ 検討手順

① 3次元データ統合

3次元点群データの特性(地図情報レベル、取得可能範囲、点密度等)を考慮して統合することで相互補完された広域の3次元点群データの作成を試行する。相互補完の方法は、地理的参照点を用いた整合方法や、エッジなどの形状特徴を利用した整合方法などを検討した。

② サンプルデータの試作と精度検証

検討した手法により作成した3次元点群データを利用し、2次元地図データの3次元化を行った。3次元化の手法は地物の種別(建物、道路、高架、自然地形等)ごとに検討し、作成手順、検証結果を取りまとめた。また、それら結果の品質表示のあり方について検討した。

■ 3次元化試作の範囲

新百合ヶ丘駅周辺の基盤地図情報(2次元地図)の3次元化を試行した。試行・試作の範囲は、新百合ヶ丘駅付近、高架橋、トンネルなど、特徴的な地物を含めた約4km²とした。水がい線は、当該エリアにないため、他地区のデータを利用して試作した。

■ 検討素材

3次元データ統合に利用した点群データを以下に示す。

センサ	数量	備考
航空レーザ	約15km ²	自社運航の固定翼
MMS	約40km	Riegl VQ-250 x 2
手持ち式レーザ	約5.5km	Hovermap100

■ 評価基準

3次元化の精度・効率化は、以下の観点にて整理した。

整理項目	概要
作業効率	各工程の時間やコスト(自動処理/手作業)
高さの正確度	3次元化手法ごとに高さの正確度を検証
手法ごとの特性・課題	センサごとの3次元化に与える影響 地物ごとの3次元化に関する課題
品質の表示	元データの精度を考慮した品質表示の検討 手法ごとに異なる高さ正確度の品質表示

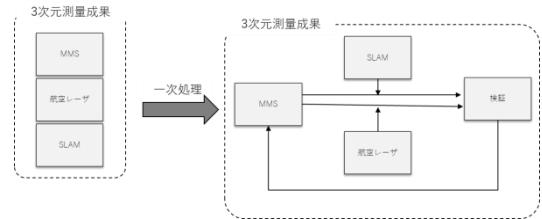


試行内容

3次元データ統合(3次元点群データの相互補完方法の検討)

■点群合成における課題認識

- ▶異なる機器で計測した点群データは、測量精度の異なり、単純に測量成果を重ね合わせても整合しないことが多い。
- ▶点群の密度や計測対象(地上計測・航空計測)に応じた合成手法が必要である。



■検討手順

MMSと手持ち式レーザ、MMSと航空レーザのそれぞれの合成方法(相互補完方法)を検討した。

①MMSと手持ち式レーザ(MMSの測量成果を手持ち式レーザで補完する)

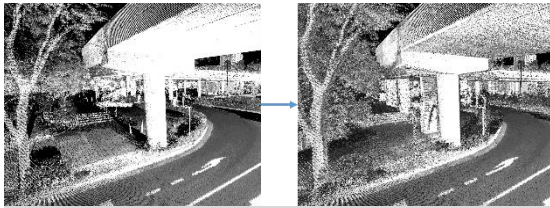
- ▶地理的参照点(Geo Reference Point, 以下「GRP」という)によるシフト・回転
MMSと手持ち式レーザからGRPを取得、位置精度の高いMMSを基準とし、手持ち式レーザのシフト・回転を行う。
- ▶ICP/調整計算によるレジストレーション
ICP(Iterative Closest Point)アルゴリズムを複数箇所を実施して得られた補正量を利用し、計測軌跡全体の補正量を決定する。その結果補正された計測軌跡を利用して点群を再配置する。

②MMSと航空レーザ(MMSの測量成果を航空レーザで補完する)

航空レーザはMMS(3000点/m²)に比べて点群密度が低い(10点/m²)ため、MMSの測量成果を基準とした。

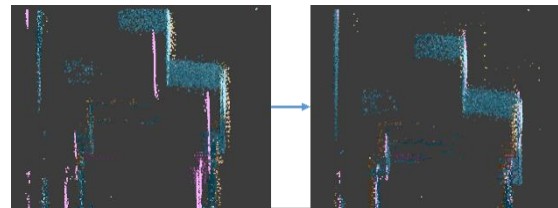
- ▶全体シフト：コース間調整を行ったデータに対して高さ方向のGRPを取得し、航空レーザ全体のシフトを行う。
- ▶コースごとシフト：航空レーザの計測コースごとに高さ方向のGRPを使用し、コースごとのシフトを行う。

■検討成果



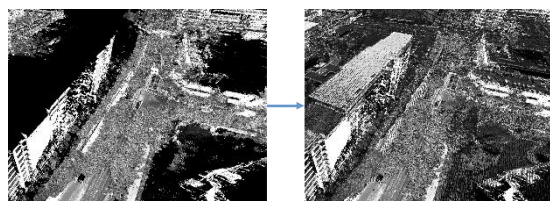
MMS(左)・MMSと手持ち式レーザの合成(右)

手持ち式レーザを合わせることで歩道内のデータを補完



ICP/調整計算適用前(左)と適用後(右)

調整前の位置ズレを補正(ズレ量の最小化)



MMS(左)・MMSと航空レーザの合成(右)

航空レーザを合わせることで建物屋根のデータを補完



MMSと手持ち式レーザと航空レーザの合成

MMSの計測範囲(車道)から見えないデータを補完

■作業負荷・効率化の評価

合成対象	手法	作業負荷・課題
MMS- 手持ち式レーザ	GRPによるシフト・回転	GRPの手作業での取得。手持ち式レーザによる累積誤差が補正できない。
	ICP/調整計算	ICPは自動処理であるが、ICP実施箇所の選定・評価は手動となる。調整計算のパラメータも手動調整となる。
MMS- 航空レーザ	全体シフト	GRPの手作業での取得。高さ方向の較差を全体的に小さくできるが、局所的に較差が大きくなる可能性がある。
	コースごとシフト	コースごとにGRPを取得するため、全体シフトより作業負荷が大きい。全体シフトより高さ方向の較差を小さくできるが、コース間での標高較差が大きくなる可能性がある。

試行内容

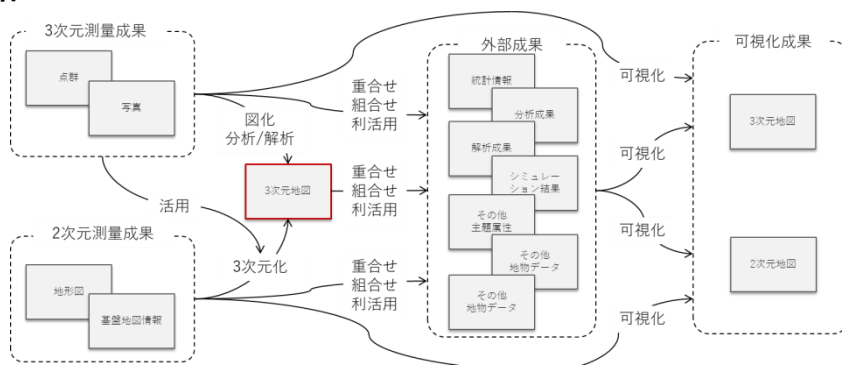
3次元化手法の検討(精度検証)と試作

■ 3次元化における課題認識

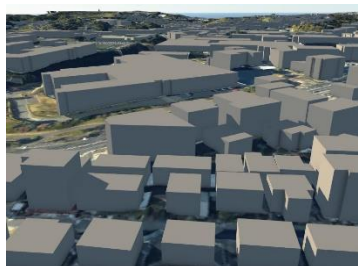
- 3次元図化は作業負担が大きい
- 2次元データの活用には、地物毎に生成方法の検討が必要
- 2次元データからの3次元データには現況の再現性に限界がある

■ 検討手順

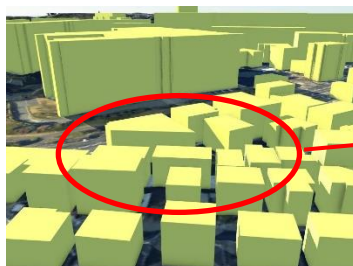
- 点群データを活用して、基盤地図情報(2次元データ)の3次元化を試行
- 作業手法、課題、次年度以降の解決すべき事項を抽出



■ 検討の成果：建物を事例とする3次元化の検討と試行



属性情報から高さ付与した箱モデル
(堅牢建物 12 m 普通建物 6m)

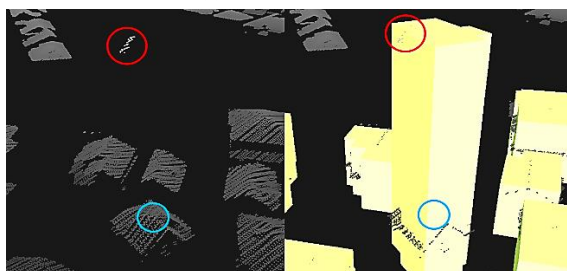


点群の高さを付与した箱モデル
(建物範囲内の点群の最高値)



2次元データの加工と点群を用いた
建物屋根の再現した箱モデル

■ 検討の成果：失敗事例



位置/フィルタリングの不整合による高さ付与の誤り
(建物屋根上空にある高圧線の高さを誤って付与)



立体交差部分の3次元化の誤り
(アンダーパスする道路の高さに上部の道路の高さが付与)

■ 作業負荷・効率化の評価

地物	作業負荷
自然地形・河川・海岸線	3次元点群データから生成するDEM/DSMから、自動生成することが可能
道路 建物(箱モデル)	3次元点群データから、概ね自動生成することが可能 道路面を構成するための作業負荷(道路中心線の追加、道路幅の推定が必要) 屋根形状まで反映させるためには、棟割線などの追加作業が必要
トンネル 道路(立体交差)	3次元点群データからは、自動生成することができない(作業手順の改良が必要) MMS点群データを利用した図化などを行わなければならない

試行結果

■ 試行結果

- 3次元点群の統合については、MMS 成果を基準とし、統合するデータの組合せにあった合成手法を利用することでデータ間の整合を画一した作業に落とし込むことができた。更に、3次元化には、地物ごとに利用する点群データ(センサ)が限定される傾向があることから、全てのデータを統合する必要はなく、必要に応じて整合を図り利用することで、効率的に実施する可能性を確認した。
- 2次元地図の地物ごとに以下の通り3次元化を試行した。
 - ①建築物：点群の高さを与えることで概ね良好なモデルが自動で作成可能。ただし、本来の形状に近づけるためには棟割線などの追加作業が必要。

概要	処理	特徴
建築物属性別に高さを付与	自動	高さ精度を有さない
建築物外周線内の点群の高さを付与	手動/自動	屋根形状は表現できない
棟割や屋根形状を補完	手動	屋根形状を再現

- ②道路：自動化するためには道路中心線や道路面データを形成することが必要となるため、建築物等に比べ、工数がかかった。
- ③トンネル・高架：基盤地図情報に形状がない箇所があるため、その部分については手動での作業が必要となった。
- ④自然地形：フィルタリングした3次元点群から自動で生成可能。

■ 点群合成の課題

- MMS と手持ち式レーザの合成は、ICP と走行軌跡ベースのレジストレーション手法を用いれば精度よく合成可能だが、ICP の位置や結果の目視確認など、手動・目視による作業が多くなる傾向にある。
- MMS と航空レーザの合成は、全体シフト法・コース毎シフト法はそれぞれ全体的な鉛直方向較差を小さくできるが、前者は局所的に較差が大きくなる、後者はコース間較差が大きくなる可能性がある。また、MMS 点群と航空レーザ点群の密度差に起因し、水平方向較差の正確な合成は難しい。

■ 3次元化の課題

- 基盤地図情報は3次元化を想定した2次元データではないため、3次元化するためには道路中心線・道路面など2次元データにない情報を補完する必要がある
- 3次元化の効率化のためには、2次元データ(基盤地図情報)にこれら補完を考慮した追加要件を反映した仕様(成果)とする必要がある(3次元化のために新たに基盤地図情報に求める要件がある)

■ 精度管理/作業手順・規定の課題

- 精度管理
 - ◇ 2次元データ(基盤地図)と点群の平面位置の整合性を確認する
 - ◇ 3次元化した(高さ付与した)成果の高さ精度を抜取検査により確認することでよいか
- 従来の測量作業規程の準則に組み込んだ測量成果とするか
 - ◇ 2次元データを活用した3次元化 → 測量作業規程の準則に位置付けるか
- 品質表示の方法
 - ◇ 3次元化に使用した複数の素材をメタデータに記載する
 - ◇ 平面位置の位置正確度と、高さ位置の位置正確度を分離表記する
 - ◇ 高さ位置の位置正確度は、使用した素材の位置正確度を越えない