第15回新都市社会技術セミナー

【新都市社会技術融合創造研究会】

道路事業における3次元データの利活用に関する研究

道路事業における3次元データの利活用に関する研究

(大阪経済大学情報社会学部 教授 中村健二)

CIM·i-Construction等の推進による恩恵と着眼点

コンピュータリーダブルなデータ

2次元CADデータ、3次元CADデータ TS出来形管理データ、基盤地図情報 ・・・

点群データ

航空レーザ測量、レーザスキャナ MMS、UAV

データの着実な蓄積・流通!利活用への期待! しかし、複数時期の点群データの処理は大変

- 用途に即して膨大な量のデータを賢く使える仕掛けづくりの必要性
 - ライフサイクルデータ管理
 - <u>施工時のデータを蓄積</u>することで維持管理の効率化支援
- コンピュータリーダブルなデータと、点群データとを関連付けると、 構造物の部材や地物単位で点群データを扱えるのでは?に着眼!

本研究の全体計画 施工中に生成される3次元情報の活用範囲の拡大

- 本研究では、施工中に生成される3次元情報を道路工事完成図書に関連付けて保持し、その後の維持管理にて活用するための技術開発を目的
 - 下流工程にあたる完成図書の作成や検査、さらに維持管理に展開すると、発現効果が一層大きくなることを期待



体制図

官

近畿地方整備局

iシステムリサーチ株式会社 西川 啓一 大林道路株式会社 有賀公則 大林道路株式会社 石川 義人

- 実験フィールドと蓄積データの提供
- ヒアリング

- 施工現場・定期的なデータ計測
- ヒアリング

産

学

【研究代表者】

•大阪経済大学 教授 中村健二

【共同研究者】

•関西大学 教授 田中成典

•関西大学 准教授 窪田諭

•東京都市大学 准教授 今井龍一

- 関西大学 特命助教 山本雄平

•岩手県立大学 講師 塚田義典

本研究の成果

- I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた<mark>道路地物の点群</mark> データの自動取得手法の開発
 - 膨大な点群データから、<mark>約20地物</mark>を対象に、道路地物単位の点群データ を<mark>約8割の精度で自動的に抽出</mark>する技術を開発

II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成

- <mark>様々な点群データへ適用</mark>するため,道路工事完成図書の完成平面図と 点群データを用いて,<mark>領域データ</mark>を自動生成する技術を開発
- 一 点群データの属性管理仕様に準拠した領域データを用いた道路地物単位の点群データの抽出技術の開発

III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

- 領域データと複数時期の点群データを用いることで、<mark>道路地物の大きな</mark>変化を検出可能
 - 新設道路の検出や道路地物の移動など,点群データの<u>差分から自動的に判</u> <u>読可能</u>

本研究の成果

- I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた<u>道路地物の点群</u> <u>データの自動取得手法</u>の開発
 - 膨大な点群データから、<u>約20地物</u>を対象に、道路地物単位の点群データ を<u>約8割の精度で自動的に抽出</u>する技術を開発

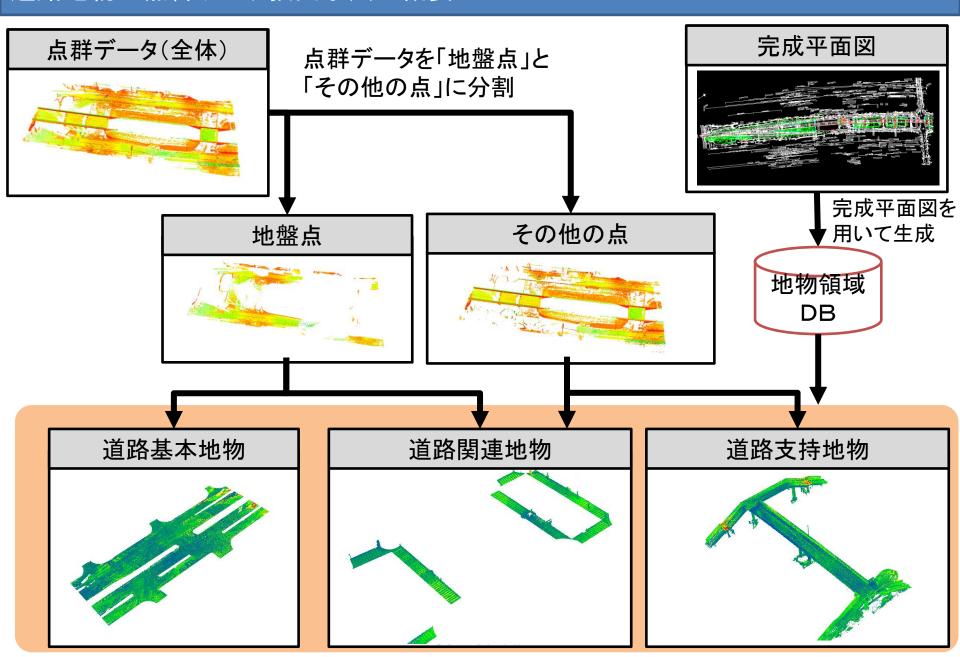
II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成

- <u>様々な点群データへ適用</u>するため,道路工事完成図書の完成平面図と 点群データを用いて,<mark>領域データ</mark>を自動生成する技術を開発
- 点群データの属性管理仕様に準拠した領域データを用いた道路地物単位の点群データの抽出技術の開発

III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

- 領域データと複数時期の点群データを用いることで、<u>道路地物の大きな</u>変化を検出可能
 - 新設道路の検出や道路地物の移動など、点群データの<u>差分から自動的に判</u> 読可能

I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 道路地物の点群データ抽出手法の概要



I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 道路地物の点群データの抽出結果



I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 道路地物の点群データの抽出結果



【考察】

条件の異なる点群データを対象として、正確に道路地物の点群 データを抽出可能であることが明らかとなった.

- 計測機器(地上設置型レーザスキャナ, MMSなど)
- 計測時期(2012年度, 2017年度)
- 抽出対象物(横断歩道橋, 車道部, 島など)

I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 抽出精度の評価実験

• 実験目的

道路地物単位の点群データを抽出するアルゴリズムの精度を明らかにすること

実験データ

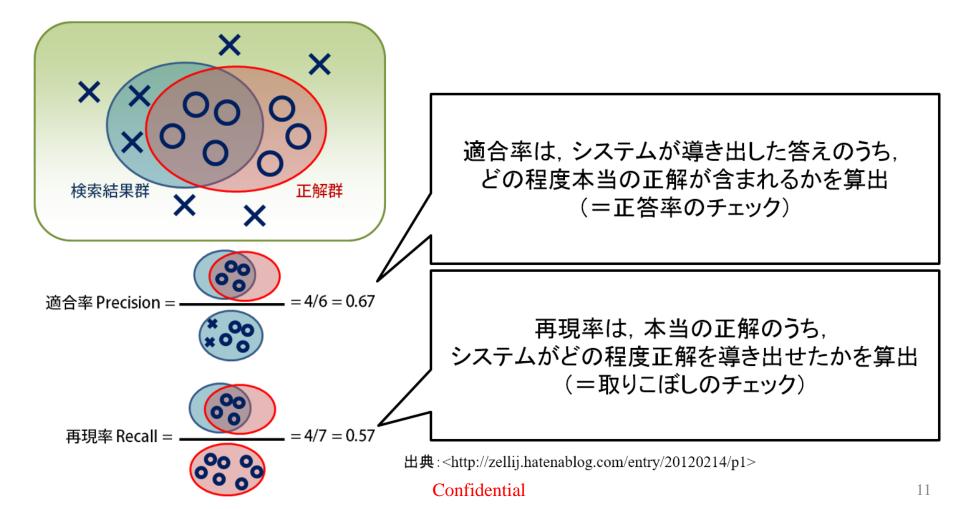
- 実施項目Iにて計測した3箇所(大阪, 滋賀, 京都)点群データ (=「実験データ」)

• 実験方法

- 1. 実験データから<u>人手で道路地物単位の点群データを抽出</u>(=正解データ)
- 2. 実験データから提案技術を用いて道路地物単位の点群データを抽出 (=システム出力データ)
- 3. 「正解データ」と「システム出力データ」とを比較し、抽出精度を評価. なお、抽出精度の評価にはF値を採用.

I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 (参考)F値とは?

- F値=適合率と再現率の調和平均
- 適合率=システムが抽出した点群データの中に,正解の道路地物の点群データが含まれていた割合
- 再現率=正解の道路地物の点群データをシステムで漏れなく抽出できたかどうかの割合



I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 実験結果:抽出精度

| 地物 | 分類点数(点) | 適合率 | 再現率 | F値 | | |
|-------|-----------|------|------|------|--|--|
| 横断歩道 | 296,996 | 0.86 | 0.88 | 0.87 | | |
| 横断歩道橋 | 429,938 | 0.90 | 0.81 | 0.85 | | |
| 軌道敷 | 429,938 | 0.90 | 0.81 | 0.85 | | |
| 橋梁 | 589,523 | 0.86 | 0.47 | 0.59 | | |
| 車道交差部 | 1,323,509 | 0.90 | 0.88 | 0.89 | | |
| 車道部 | 1,826,107 | 0.81 | 0.87 | 0.83 | | |
| 植栽 | 102,376 | 0.81 | 0.59 | 0.64 | | |
| 盛土法面 | 438,789 | 0.88 | 0.89 | 0.88 | | |
| 島 | 138,569 | 0.71 | 0.61 | 0.61 | | |
| 歩道部 | 619,026 | 0.86 | 0.91 | 0.87 | | |

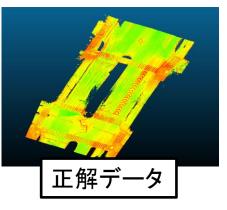
I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 実験結果:抽出精度

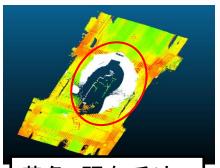
| 地物 | 分類点数(点) | 適合率 | 再現率 | F値 | | | | | | | | |
|--------|------------|-------|-----------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 横断歩道 | 296,996 | 0.86 | 0.88 | 0.87 | | | | | | | | |
| 横断歩道橋 | 429,938 | 0.90 | 0.81 | 0.85 | | | | | | | | |
| 軌道敷 | 429,938 | 0.90 | 0.81. | <u>0.85</u> , | | | | | | | | |
| 橋梁 | 589,523 | 0.86 | 0.47 | 0.59 | | | | | | | | |
| 車道交差部 | 1,323,509 | | 0.88 | 0.89 | | | | | | | | |
| 車道部 | 1 826 107 | | Q7 | 0.83 | | | | | | | | |
| 植栽 • 地 | | | | | | | | | | | | |
| 盛土法配で | 精度が低下したため、 | 地物抽出ア | ゚ルゴリズム | を改良 | | | | | | | | |
| 島 | 138,569 | 0.71 | 0.61 | 0.61 | | | | | | | | |
| 歩道部 | 619,026 | 0.86 | 0.91 | 0.87 | | | | | | | | |

I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた道路地物の点群データの自動取得手法の開発 改良アルゴリズムの成果

<u>道路地物の点群データを高精度に抽出できる</u>ことがわかった. 特に, 昨年度から アルゴリズムの改良により, 地盤点(車道部や歩道部等)の抽出精度が向上

■大阪堺(橋梁)の事例



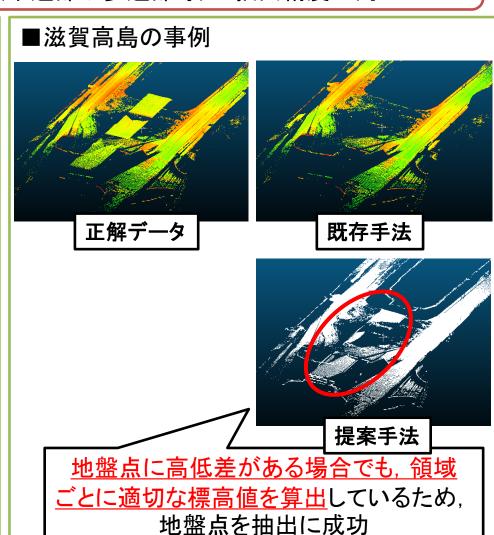


黄色:既存手法

白:提案手法

昨年度アルゴリズムでは、橋梁下の点群 データが原因で抽出できなかった点群 データが多くあったが、改良アルゴリズム では、それらの<u>点群データの抽出に成功</u>





本研究の成果

- I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた<u>道路地物の点群</u> データの自動取得手法の開発
 - 膨大な点群データから、 <u>約20地物</u>を対象に、道路地物単位の点群データを<u>約8割の精度で自動的に抽出</u>する技術を開発
- II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成
 - <mark>様々な点群データへ適用</mark>するため,道路工事完成図書の完成平面図と 点群データを用いて,領域データを自動生成する技術を開発
 - 点群データの属性管理仕様に準拠した領域データを用いた道路地物単位の点群データの抽出技術の開発
- III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発
 - 領域データと複数時期の点群データを用いることで、

 道路地物の大きな

 変化を検出可能
 - 新設道路の検出や道路地物の移動など、点群データの差分から自動的に判 読可能

II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成

点群データの属性管理仕様(案)

【出典】

JACIC 社会基盤情報標準化委員会:道路分野における点群データの属性管理仕様の検討小委員会の資料

幾何情報(点群データ)

- 【座標系】 平面直角座標系
- 【計測年月日】2016年12月1日
- 【計測機器】Street Mapper
- 【総点数】140,192,000
- 【座標値の最大・最小】199.4,32.356,10.355 / 187.3, 29.0, 8.34
- 【反射強度の最大・最小】255/0

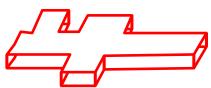


 P_n (X, Y, Z, Intensity, time,,,)

属性情報(領域+位相)

- 【座標系】 平面直角座標系
- [ID] 0001
- ・【名称】 道路中心線, 車道, 信号機など
- 【領域】底面形状(スケッチ)と押し出し(操作履歴)で地物を囲む領域を定義





- 【参照情報】
 - ✓ 図面データ(設計図・完成図)
 - ✓ 画像データ(現場写真など)
- 【位相】
 - ✓ 属性0002と接続,
 - ※車道の面の中で、電柱と接している箇所と電柱の底面を共有

検討範囲

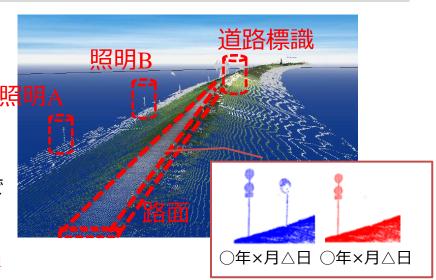
提案仕様の用途・利点

【用途】

- 地物の高速な空間検索と差分チェックが可能
 - 属性情報を手がかりに大規模点群データから対象地物のみを 一括で取得

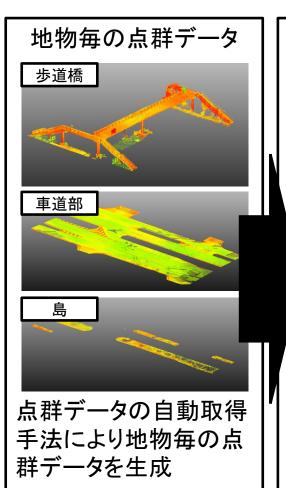
【利点】

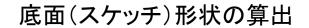
- 点群データを加工しないため、データサイズが肥大化しない
- 属性情報を別ファイルで定義するため、データ交換が容易であり、再利用が可能
- 属性情報の精度は、入力データの特性に影響をうけない

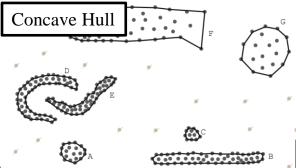


II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成道路工事完成図書の完成平面図と点群データを用いて領域データを自動生成する技術

- 完成平面図を用いて、点群データを地物毎に分割
- 分割した地物毎の点群データから領域データを自動作成



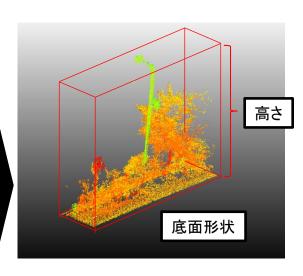




Moreira, S., Maribel Y.: Concave hull: a knearest neighbours approach for the computation of the region occupied by a set of points, proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, *GRAPP*, pp.61-68, 2007.

Concave Hullアルゴリズムにより地物毎の点群データを内包する2次元の底面形状を作成

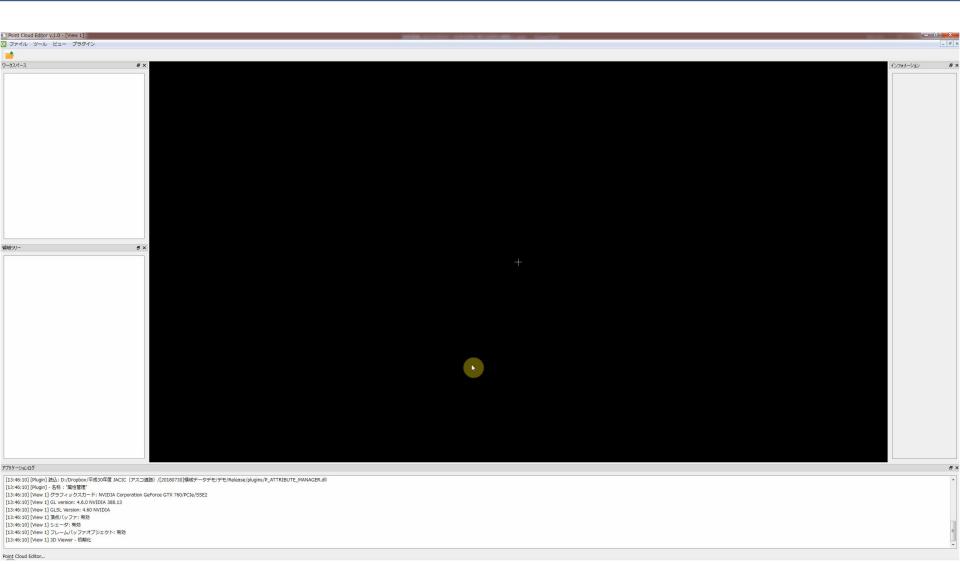
領域の高さを算出



地物毎の点群データの最小 最大Z値から領域の高さを 算出

II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成

領域データを用いた道路地物単位の点群データの抽出技術の開発



本研究の成果

- I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた<u>道路地物の点群</u> データの自動取得手法の開発
 - 膨大な点群データから、 <u>約20地物</u>を対象に、道路地物単位の点群データを<u>約8割の精度で自動的に抽出</u>する技術を開発

II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成

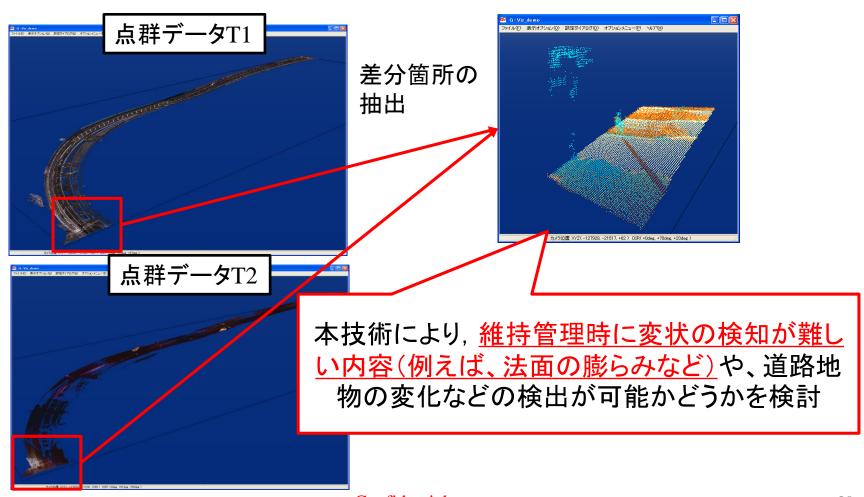
- <u>様々な点群データへ適用</u>するため,道路工事完成図書の完成平面図と 点群データを用いて,領域データを自動生成する技術を開発
- 点群データの属性管理仕様に準拠した領域データを用いた道路地物単位の点群データの抽出技術の開発

III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

- 一 領域データと複数時期の点群データを用いることで、道路地物の大きな 変化を検出可能
 - 新設道路の検出や道路地物の移動など, 点群データの<u>差分から自動的に判</u> <u>読可能</u>

III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発 実施内容

本研究は、巡視や定期点検等の点検作業の効率化を目指し、2 時期の点群データから道路地物の変状を検出する技術を開発



Ⅲ. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発 道路地物の点群データを用いた差分検出の試行

• 差分比較手法の方針

点群を比較する上での課題点

対応方針

- ・点位置: 各計測で点は同じ座標にはない
- ・点数量: 種類の違うレーザでは密度が違う
 - → 同じ位置に点(もの)があるかどうかは、 直接点同時の比較ではできない



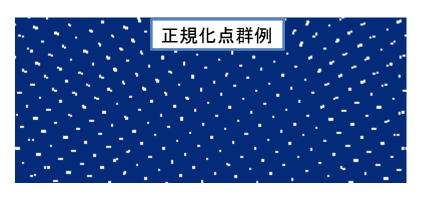


点群座標の正規化

照合する点座標位置を定めておいて、その座標の近 傍に点があるか否かで判定 具体的には、座標を10cm単位に丸めた点群に編集

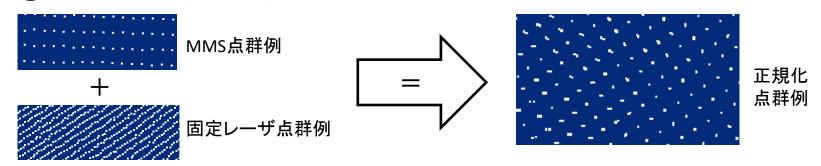
正規化の効果:

- ・点位置が一定化(10cm間隔)
- ・<u>点密度も一定化(10cmに1点、点軽減)</u>



Ⅲ. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発 道路地物の点群データを用いた差分検出の試行

- 差分比較手法の概要
 - ①点群データを正規化(座標を10cm単位に丸め処理)



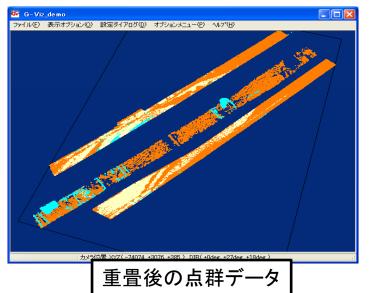
- ②点群加算時の照合範囲拡大
 - ・ 照合した座標に点がある場合、さらに照合範囲を隣接座標に拡大し、 点があるときは、その隣接座標も共通な点と判定

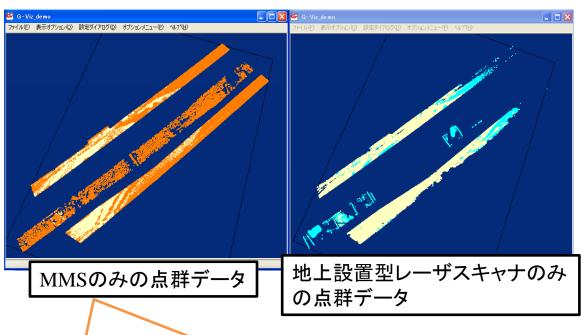
【照合範囲拡大時の点群加算のイメージ】

| No | 点の重なり | 点表示 | 地物変化 | | | | | | | | | | 0 | | |
|----|---------|-----|----------|--------------|--|--|--|---|--|--|--|---|---|----|--|
| 1) | MMSだけ | | 消滅 | | | | | ı | | | | _ | | 0 | |
| 2) | 共通 | | 変化なし | | | | | _ | | | | _ | 0 | 0 | |
| • | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| 3) | 地上設置型だけ | | 出現 | Contidential | | | | | | | | | | 22 | |

III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

抽出結果:滋賀県高島 車道部の点群データの比較





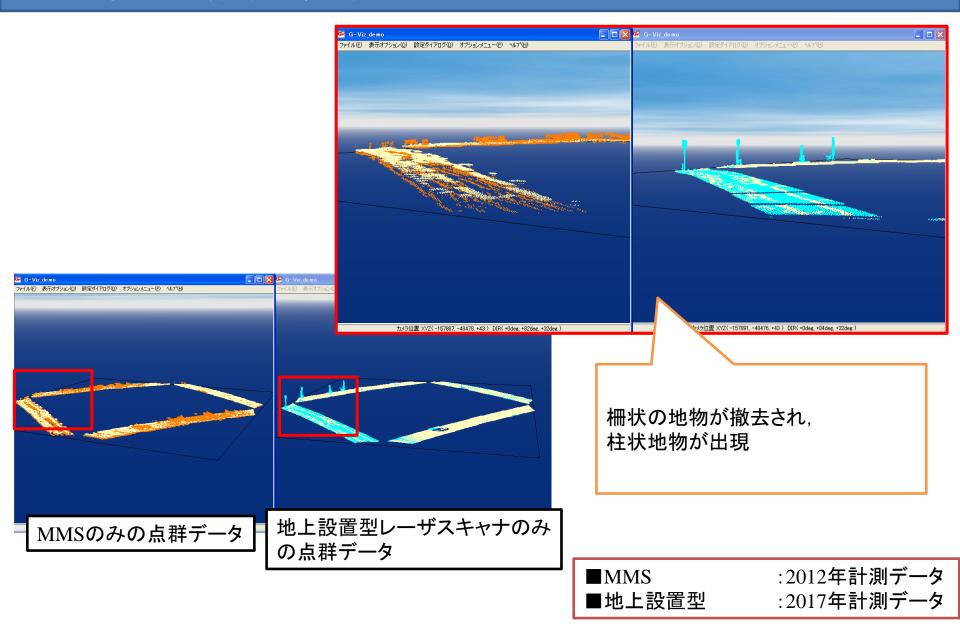
MMSで計測された空地が消滅し、 新道に伴うカルバート等が新たに出現

■MMS : 2012年計測データ

■地上設置型 :2017年計測データ

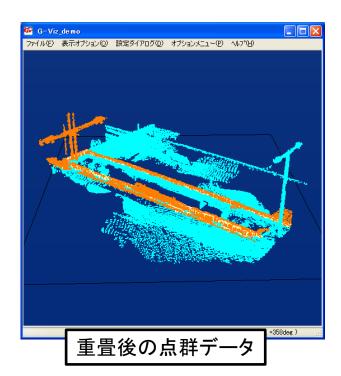
III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

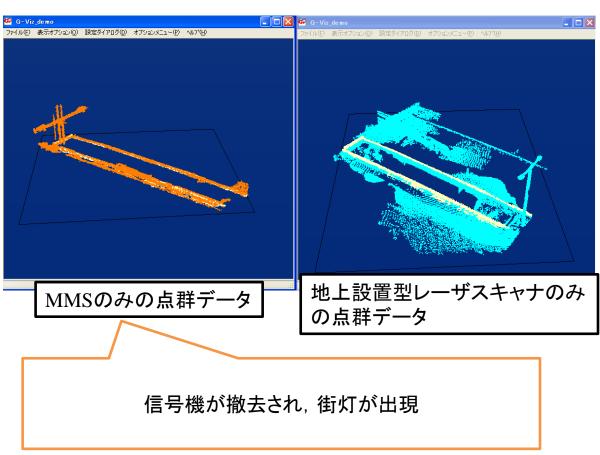
抽出結果:大阪堺(軌道敷)横断歩道の例



III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

抽出結果:大阪堺(橋梁)橋梁部(島)の例





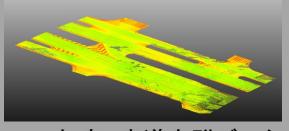
■MMS : 2012年計測データ

■地上設置型 :2017年計測データ

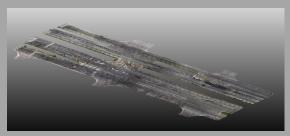
Ⅲ. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発

平成30年度取り組み中の道路施設の変状の差分検出技術の考え方

課題



2017年度 車道点群データ



2012年度 車道点群データ

2つの精度誤差を含むデータ

計測機器の性能 (LS計測精度)



2時期のレジストレーション時の誤差 (計測条件ののことなりによる誤差 :計測機器、計測時期、対象地物等)

2017年度の試作結果より、「2時期の点群データを重畳して差分を検出する手 法では、道路施設の変状を検出することが困難」であることが判明

【対応策】

それぞれの点群データより変状 or 形状の解析結果(=解析情報)を作成し、解析情報間を 重畳して差分を検出することで、絶対的な位置の誤差を考慮しない変状検出手法を考案

本研究の成果と今後の予定

- I. 道路工事完成図書の完成平面図を用いた<u>道路地物の点群データの自動取</u> <u>得手法</u>の開発
 - 膨大な点群データから、 <mark>約20地物</mark>を対象に、道路地物単位の点群データを<mark>約8割</mark> <u>の精度で自動的に抽出</u>する技術を開発

「点群データと図面とのズレによる課題」と「道路面地物に高低差がある際の課題」が 見られたため、これらを改善する手法を開発予定

- II. 点群データの属性管理仕様に準拠したデータの作成
 - <mark>様々な点群データへ適用</mark>するため, 道路工事完成図書の完成平面図と点群データを用いて, <u>領域データ</u>を自動生成する技術を開発し, 道路地物単位の点群データの抽出可能性を評価

差分比較に加えて、道路地物単位の点群データの活用方策の模索

- III. 道路地物単位の点群データを用いた差分検出技術の開発
 - 一 領域データと複数時期の点群データを用いることで、<u>道路地物の大きな変化を検</u>出可能

<u>維持管理支援に向けて、道路地物のどのような差分があれば効果的であるかを検討。</u> 特に、法面の膨らみなど、点群データを用いることの意義がある利用シーンを模索