

携帯情報端末を用いた 線路周辺3次元空間モデルの作成と 活用に向けた検討

軌道技術研究部 軌道管理研究室
主任研究員 梶原 和博

背景・目的

- 労働力人口の減少と高齢化への対応が急務(省人化)
- 地域鉄道の保守管理体制の維持と事業継続が課題(低コスト化)

線路巡視



列車巡視支援アプリ

Train Patroller



- ・加速度, 角速度
- ・位置・速度情報
- ・動画 etc...

線路状況の確認

軌道状態

← 体感
(加速度)

沿線環境

施設の
状態変化

← 目視
(前方画像)

現地確認の**労力大**
携帯情報端末の**活用事例は少**

携帯情報端末で取得した列車前方動画をを用いた3D空間モデルの活用検討

1. 背景・目的
2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法
3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例
4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討
5. まとめと成果の活用

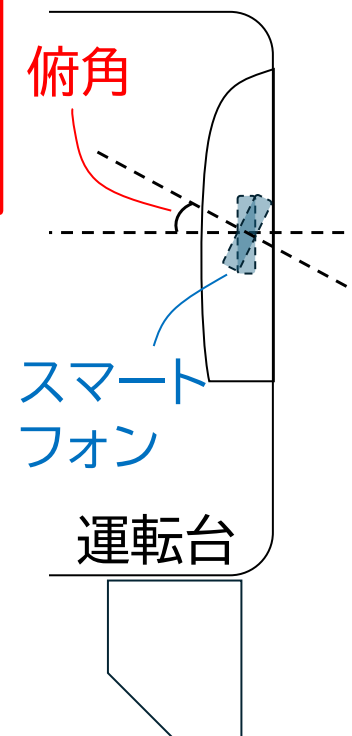
2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法

- ▶ Train Patroller(iPhone15Pro)を用いて車上測定
- ▶ 複数の撮影条件(画質・フレームレート・俯角)で列車前方動画を取得

主な計測項目

センサ	計測項目	備考
GPS レシーバ	列車速度	1Hz (txt形式)
	緯度・経度	
モーション センサ	加速度 (3軸)	100Hz (txt形式)
	角速度 (3軸)	
カメラ (背面)	動画	10/20/30/60fps VGA/HD/Full HD/4K (mp4形式)
マイクロフォン	音声	44.1kHz (m4a形式)

測定方法



2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法

Railway Technical Research Institute

俯角9°(Full HD)



軌道および沿線環境の確認
(俯角10度程度)

俯角27°(Full HD)



主に軌道部材状態の確認
(俯角30度程度)

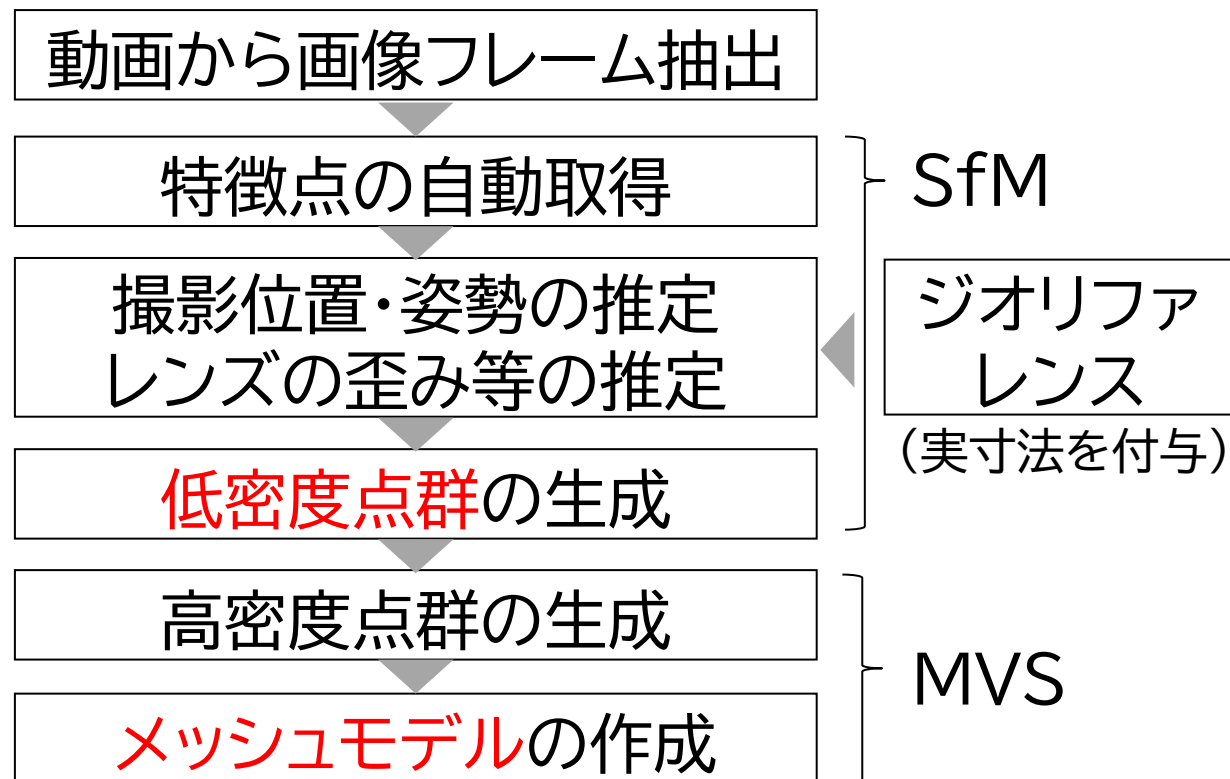
3D空間モデル作成に及ぼす①フレームレート②画質③俯角の影響を調査

1. 背景・目的
2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法
3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例
4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討
5. まとめと成果の活用

3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例

SfM-MVS技術

多視点ステレオ計測 (Structure from Motion, Multi-View Stereo) を適用



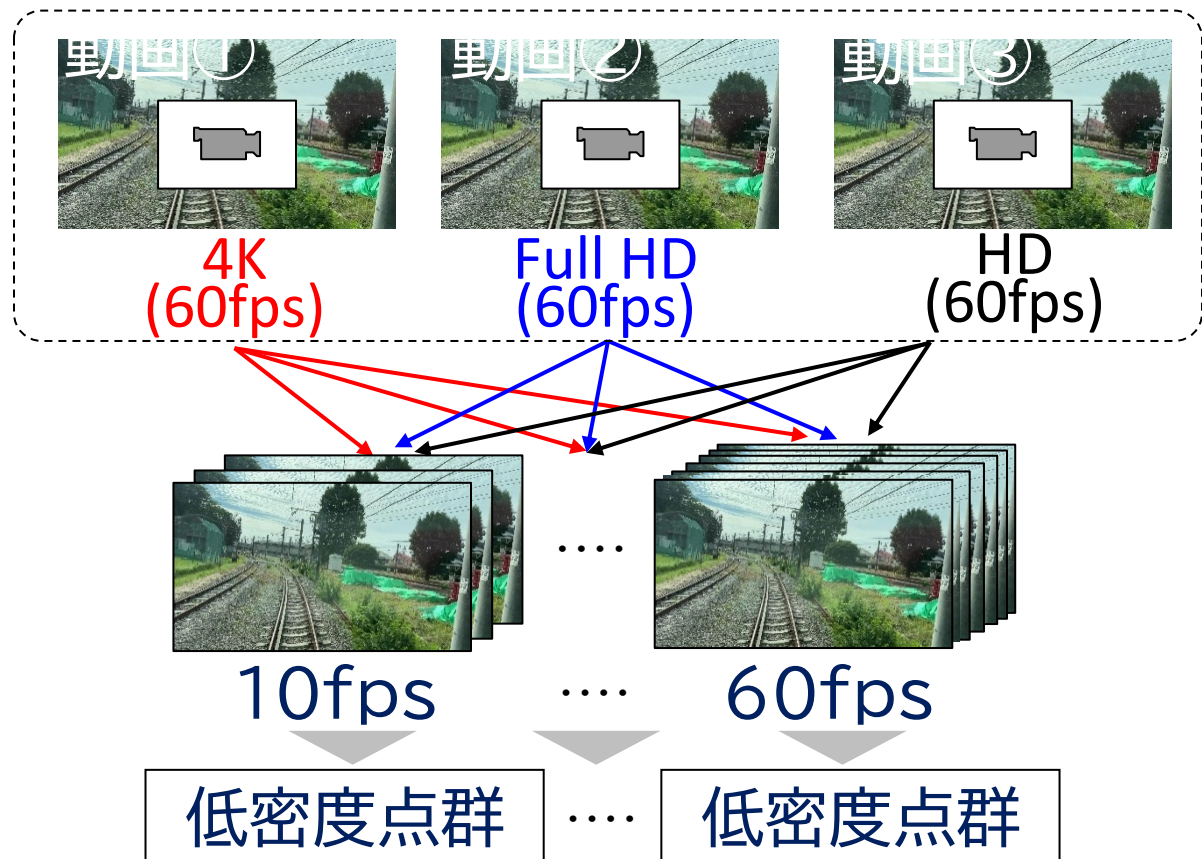
項目	仕様
OS	Windows 11 Pro 64bit
CPU	Intel Core i9-9900K (3.60GHz, 8コア, 16スレッド)
メモリ	32GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti
ソフトウェア	3D Zephyr



3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例

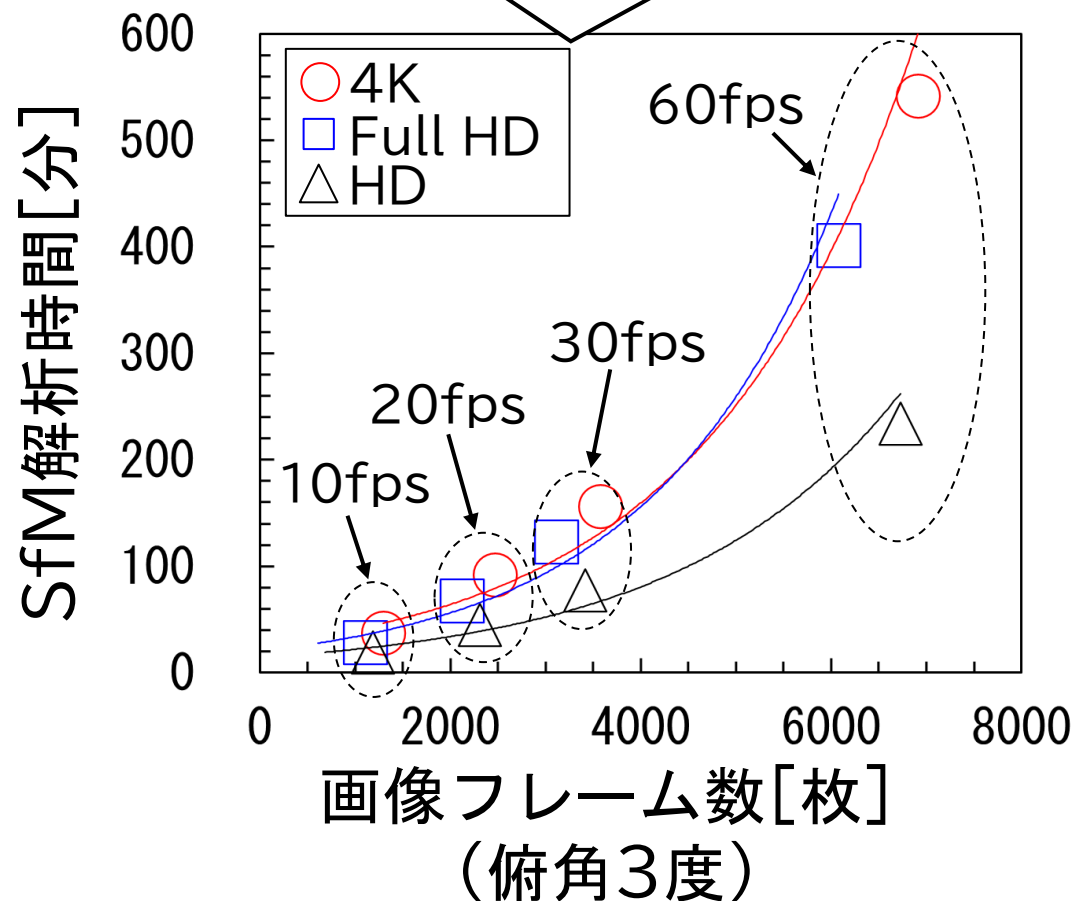
解析時間(SfM)

- 画像フレーム数に応じて指数関数的に増加
- HD画質が最小でFull HDと4K画質は同等



所内試験線での検証結果

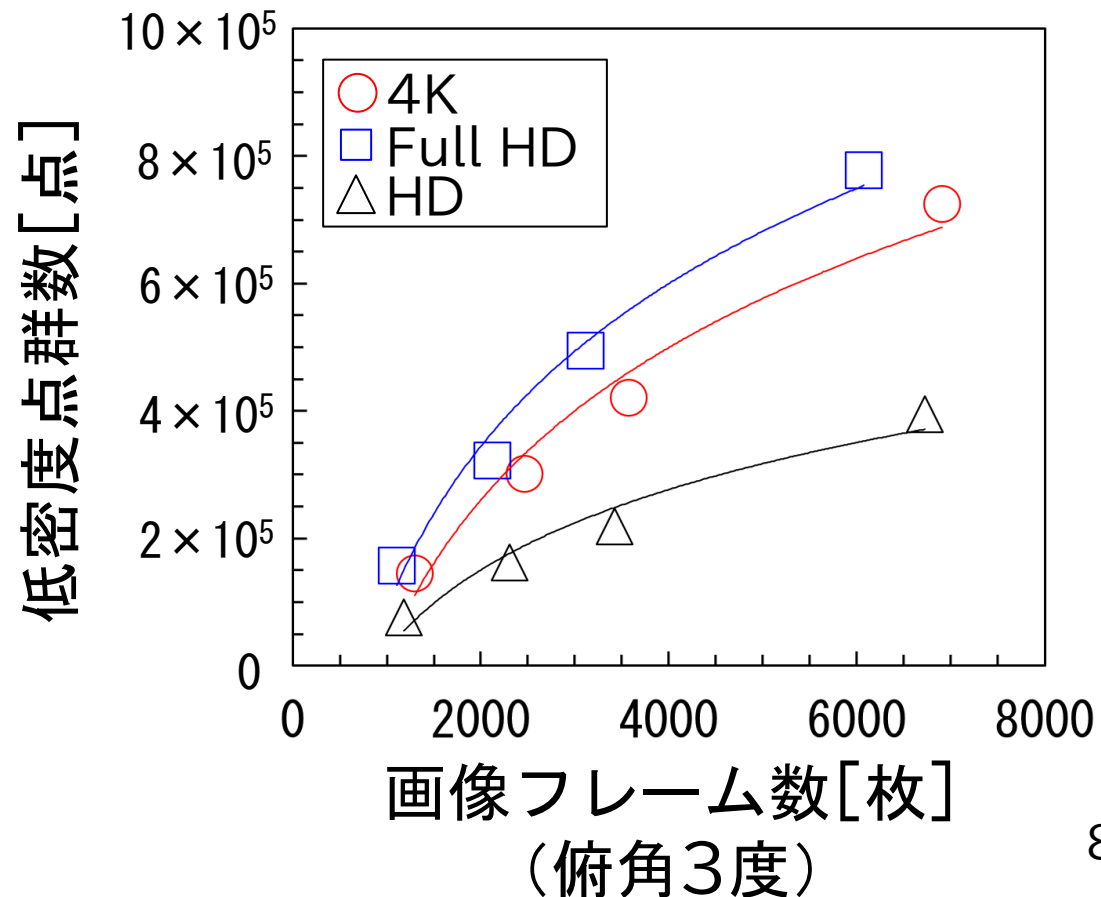
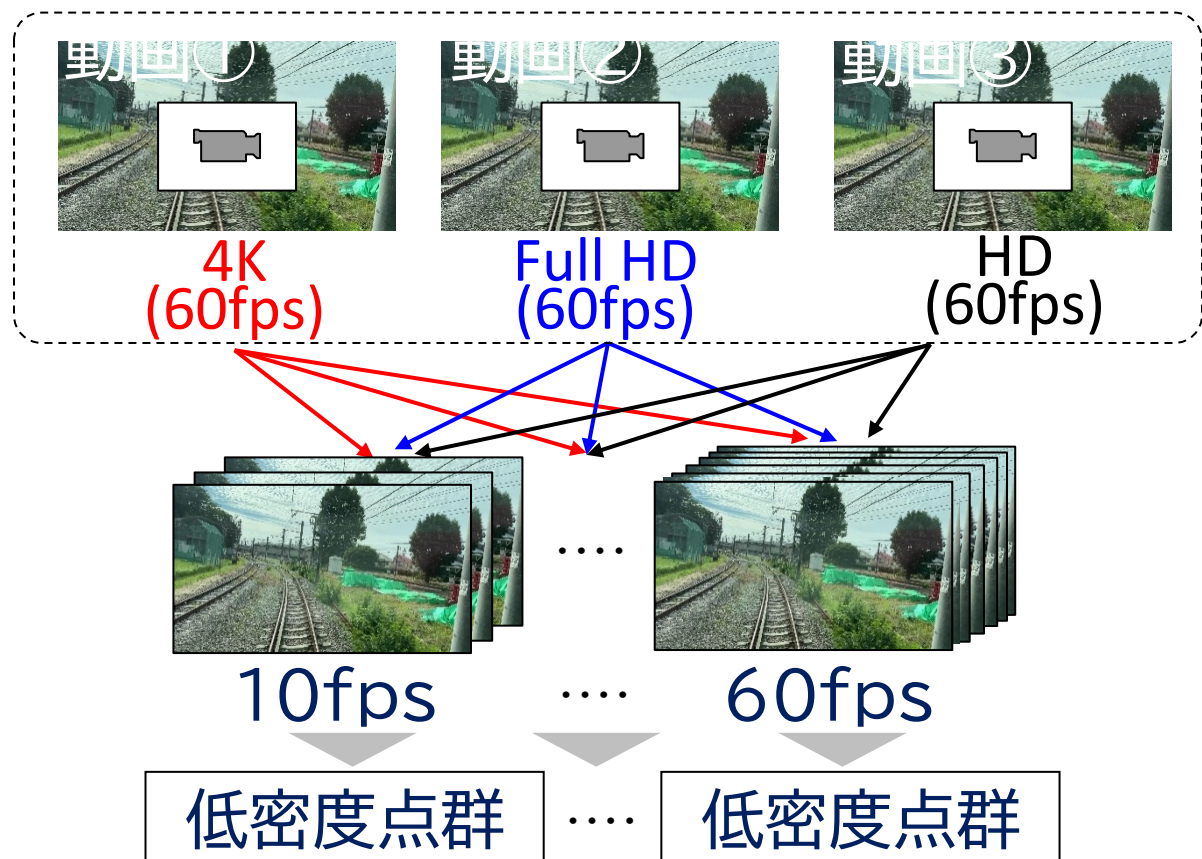
- 延長約700m
- 走行速度40km/h以下



3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例

低密度点群数(画質の影響)

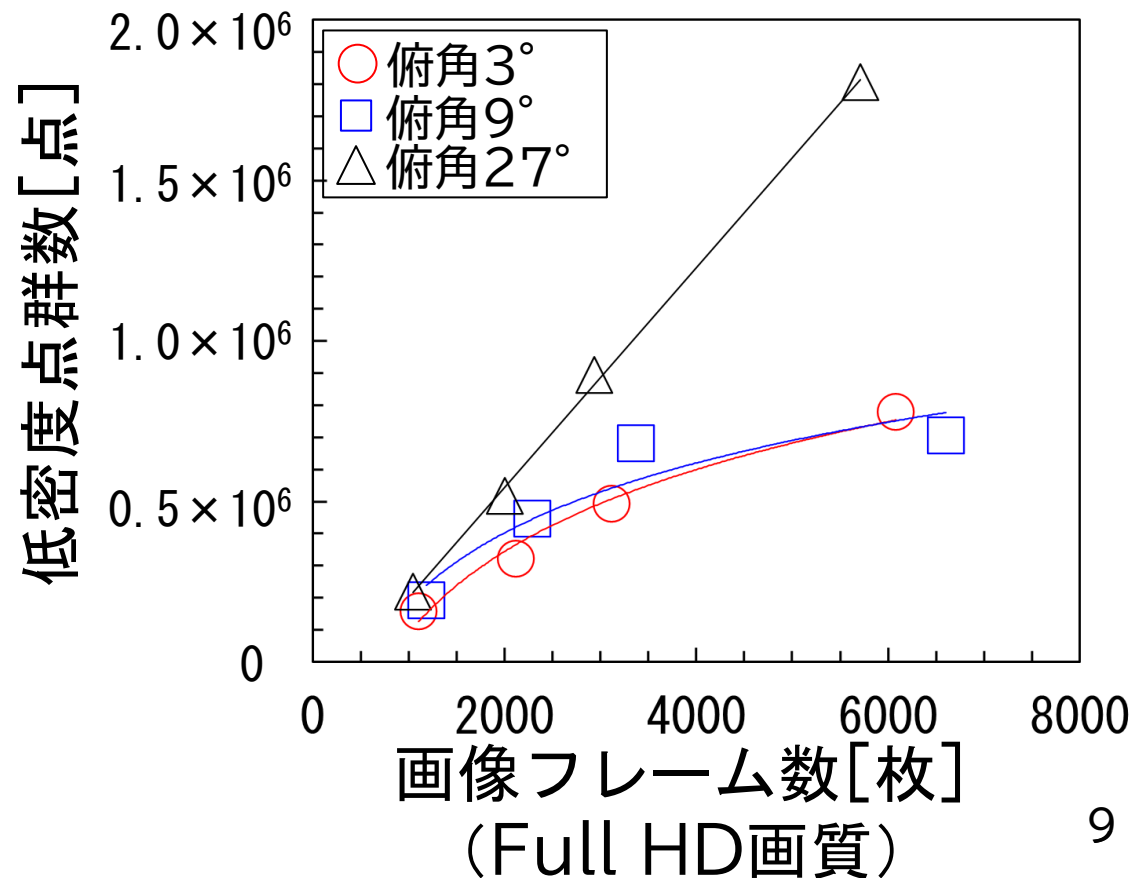
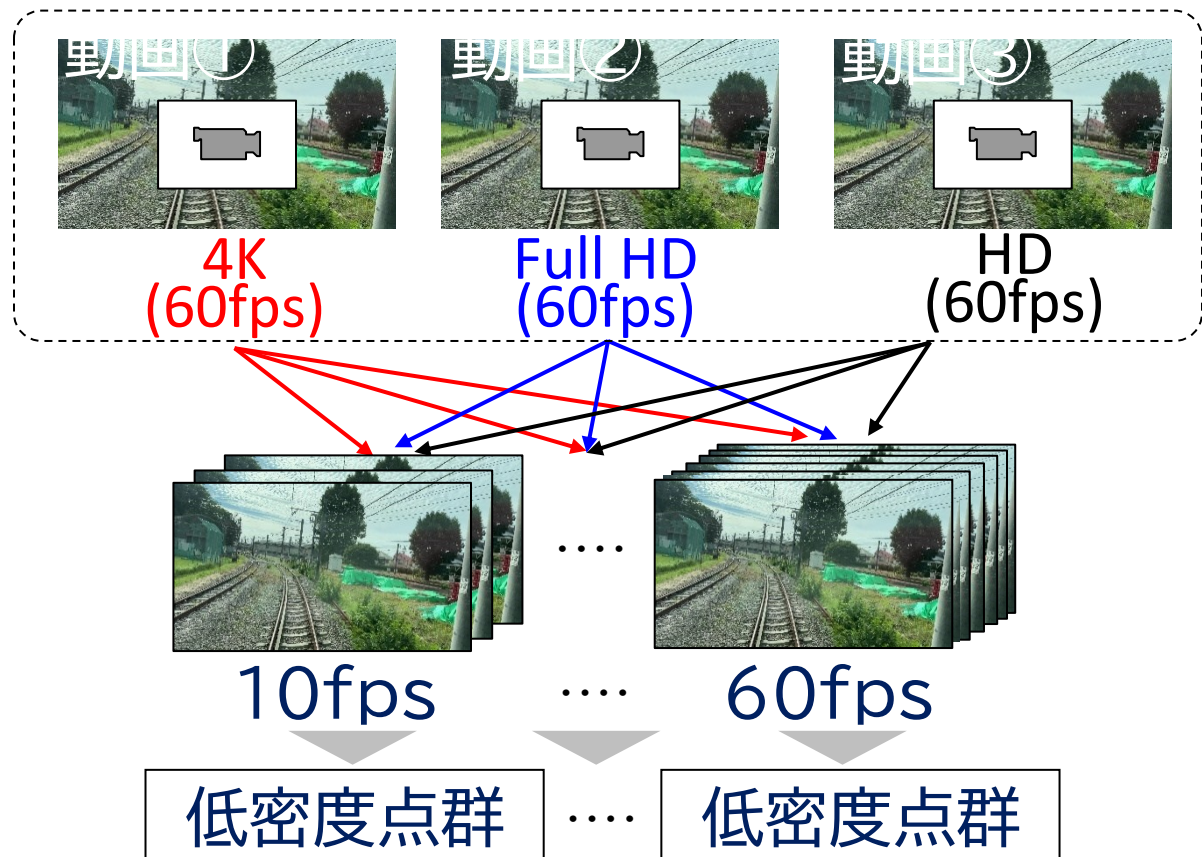
- 画像フレーム数に応じて対数関数的に増加
- HD, 4K, Full HD画質の順に増加(本事例の傾向)



3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例

低密度点群数(俯角の影響)

- 俯角27°は画像フレーム数に対する点群数の増加大
- 被写体の分解能の差異が特徴的検出数に影響した可能性



3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例

検証結果のまとめ

画質	データ容量	解析時間	低密度点群数(※)
4K	HDの約4~8倍	○(同程度)	○
Full HD	HDの約2倍		◎(最多)
HD	—	◎(最小)	△(最少)

※俯角27度の条件で最多

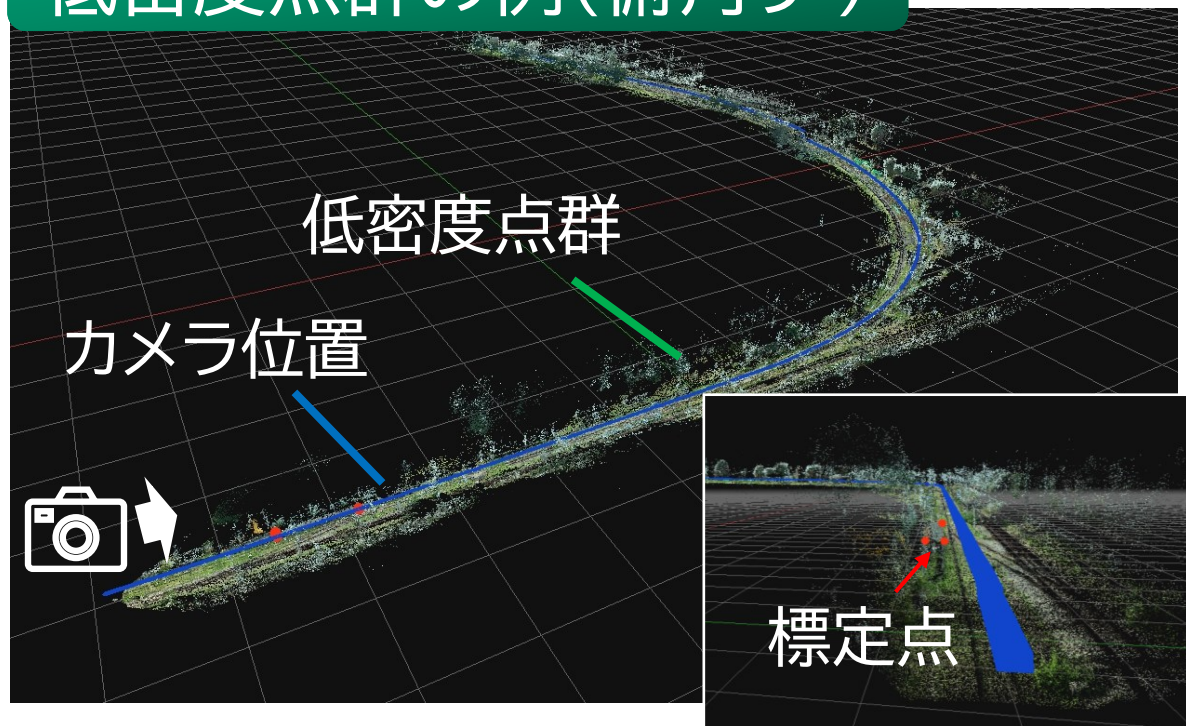


“Full HD/30fps/俯角9度・27度”を対象に3D空間モデルの寸法精度を検証

1. 背景・目的
2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法
3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例
4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討
5. まとめと成果の活用

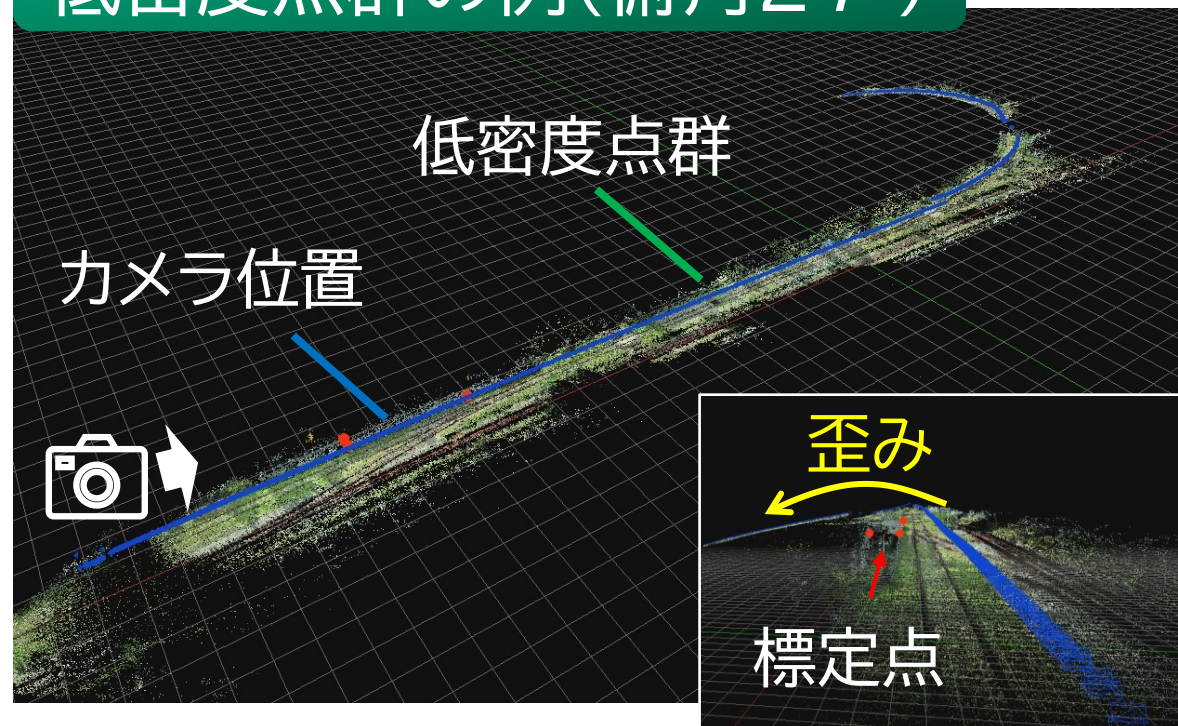
4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討

低密度点群の例(俯角9°)



➤カメラ軌跡は実際の経路と概ね一致

低密度点群の例(俯角27°)



➤カメラ軌跡に歪み・不連続点が発生
➤特徴点の平面的な分布が要因の可能性

適切な俯角で撮影した場合は平面線形推定への活用が期待

4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討

➤道床コンクリートの実測値とモデル寸法を比較

寸法値(俯角9°)



- まくらぎ方向の形状の歪みが大
- モデル寸法は実測値±50mm

寸法値(俯角27°)



- レール長手方向の形状の歪みが大
- モデル寸法は実測値と乖離

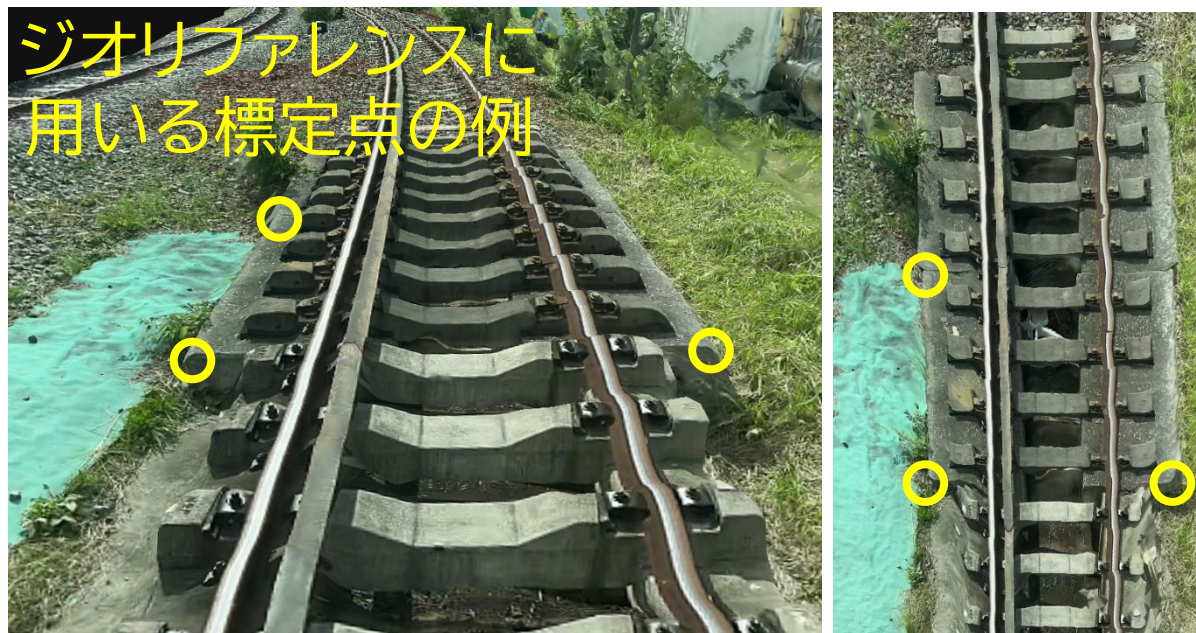
(実測値)
長さ4995mm
幅 2500mm

俯角が大きい場合の標定点の配置を再検討

4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討

- 標定点を軌道面(道床コンクリート角部)に配置
- PCまくらぎ長さともくらぎ間隔で寸法精度を検証

標定点の配置



検証結果

俯角 [°]	測定値[mm] (誤差[mm])	
	まくらぎ 長さ	まくらぎ 間隔
9	1790 (-10)	610 (+10)
27	1980 (+180)	570 (-30)

俯角が小さい場合は軌道部材寸法を基準に3D空間の寸法を定量化可能

1. 背景・目的
2. 携帯情報端末を用いた車上測定方法
3. 線路周辺3次元空間モデルの作成例
4. 線路周辺3次元空間モデルの活用検討
5. まとめと成果の活用

5. まとめと成果の活用

まとめ

- 3次元空間モデルの解析時間・点群数と撮影条件の関係を分析し、SfM-MVSによる3次元空間モデル作成に適した撮影条件を調査
- 列車前方動画から走行経路を一定精度で推定(平面線形の推定)
- 画像上の基準点を用いて3次元空間の寸法を定量化(現場調査の代替)

成果の活用

- 現場調査や線路設備台帳作成の支援ツールとして活用
- 列車巡視支援アプリ(Train Patroller)の専用WEBサーバーの一部機能として実装することで実用化と社会実装を目指す

1. 田中博文, 趙博宇, 蘇迪, 長山智則: 携帯情報端末を活用した低コストな列車巡視支援方法の開発, 鉄道総研報告, Vol.39, No.1, pp.21-27, 2025
2. 梶原和博, 田中博文: 携帯情報端末で取得した列車前方動画にSfM-MVS 技術を適用した3次元空間モデルの作成, 第29回鉄道工学シンポジウム論文集, Vol. 29, pp.15-22, 2025
3. 梶原和博, 田中博文: 携帯情報端末で取得した列車前方動画を用いた軌道の3次元モデルの作成, IV-769, 第80回土木学会年次学術講演会, 2025