

電車線の非接触測定技術

電力技術研究部(集電管理) 根津一嘉



Railway Technical Research Institute

本発表の概要

- ① 開発の目的
- ② 測定器の構成
- ③ 鉄道総研所内での測定試験結果
- ④ 応用例 — ちょう架線の張力推定
- ⑤ まとめと今後の課題



Railway Technical Research Institute

開発の目的

画像・レーザーによる位置測定・物体認識技術

↓ 電車線設備の検査に応用

トロリ線・補助ちょう架線・ちょう架線の位置測定



電車線金具等の
位置・形状測定

ちょう架線張力推定



電車線状態診断



Railway Technical Research Institute

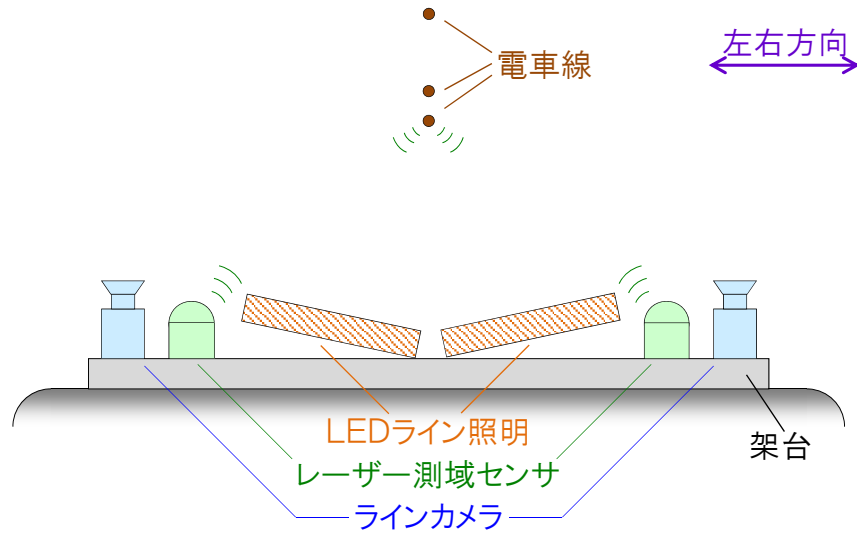
開発目標

対象電車線	・シンプル架線 ・コンパウンド架線 ・ツイン架線 ・き電ちょう架式電車線
対象線条	ちょう架線 (M) 補助ちょう架線 (A) トロリ線 (T)
同時測定	オーバーラップ・わたり線における複数電車線に対応
測定速度	新幹線営業速度(300km/h域)に対応
測定ピッチ	高さ・偏位は線路方向50mm間隔
高さ測定精度	M:4mm, A:2mm, T:1mm
昼/夜(トンネル)	昼夜とも測定可



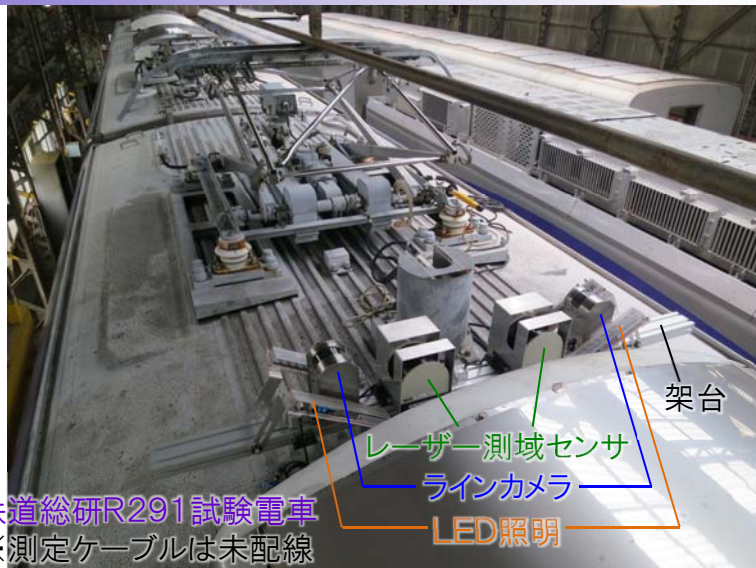
Railway Technical Research Institute

測定器の構成



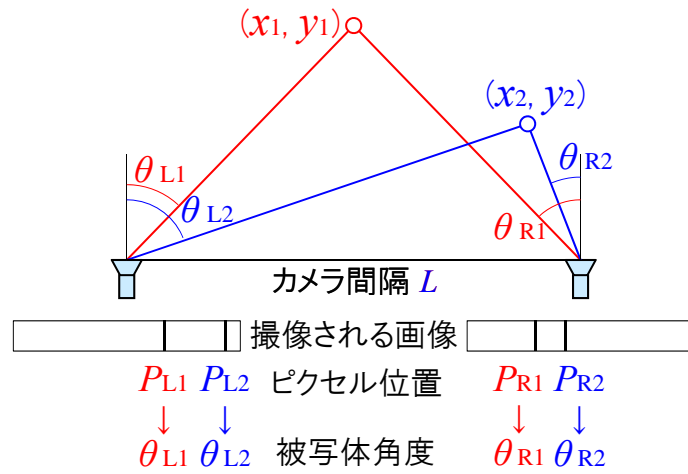
Railway Technical Research Institute

測定器の外観



Railway Technical Research Institute

ステレオ計測の原理

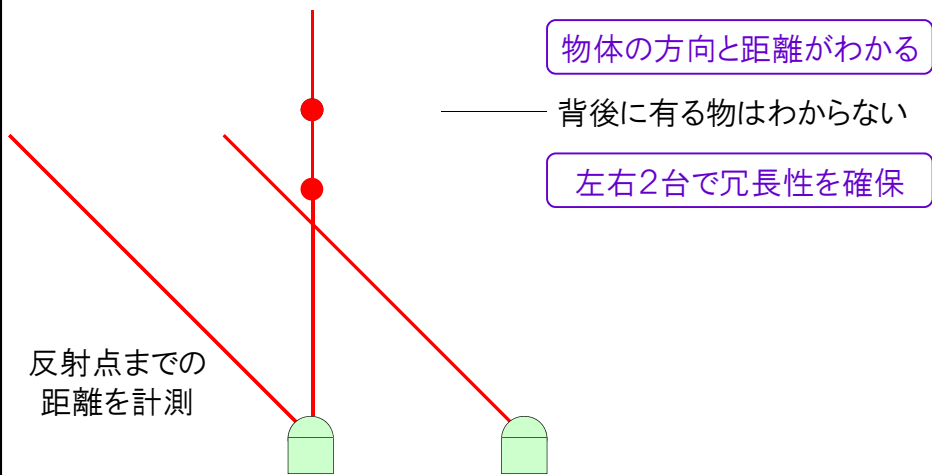


写された線を自動的に識別することは不可能。



Railway Technical Research Institute

レーザー測域センサ

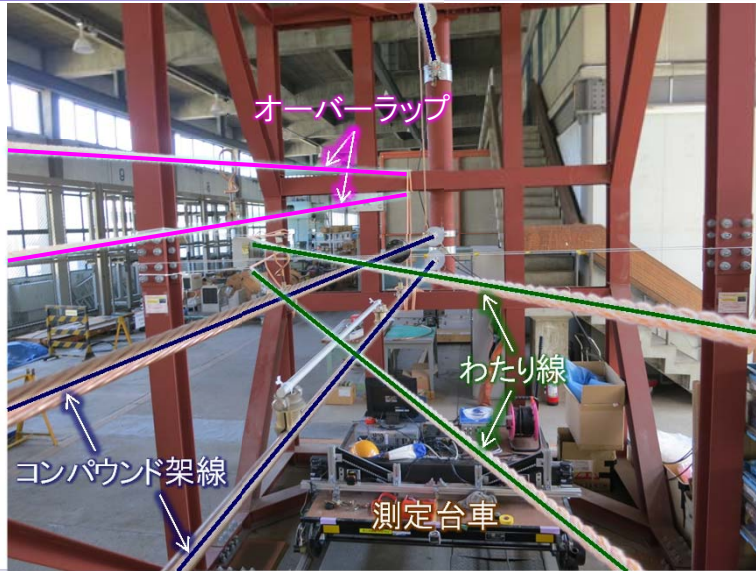


線條の空間位置を把握し、線條の属性を特定。



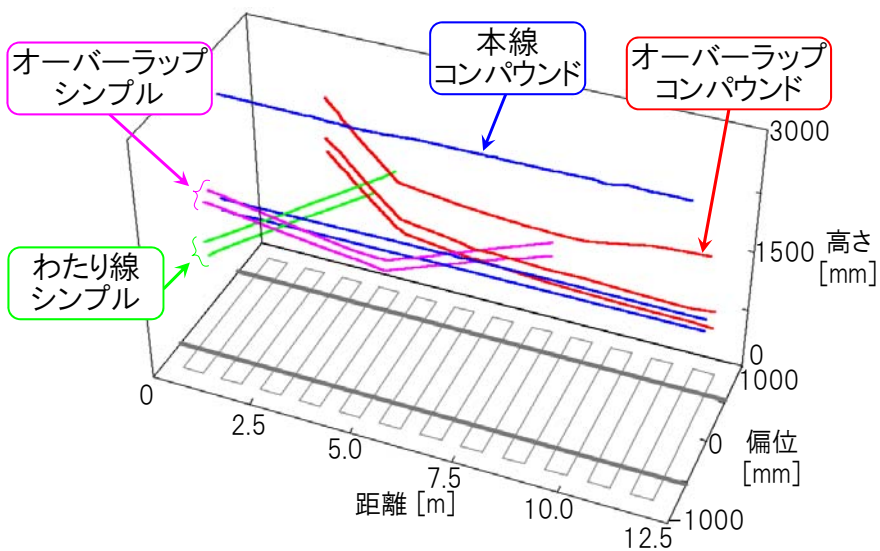
Railway Technical Research Institute

屋内模擬架線における複数電車線の測定試験



Railway Technical Research Institute

電車線の3次元位置測定結果



Railway Technical Research Institute

測定精度

	高さ最大誤差	偏位最大誤差
ちょう架線	5.6 mm	※
補助ちょう架線	2.4 mm	3.3 mm
トリ線	0.4 mm	1.1 mm

- ・ 専用のジグで直接測定したデータとの比較。
- ※ ちょう架線の偏位は直接測定が困難だったため評価から除外。

目標精度をほぼ満足。
ちょう架線は照明から遠いため、光量不足による誤差増大の可能性。



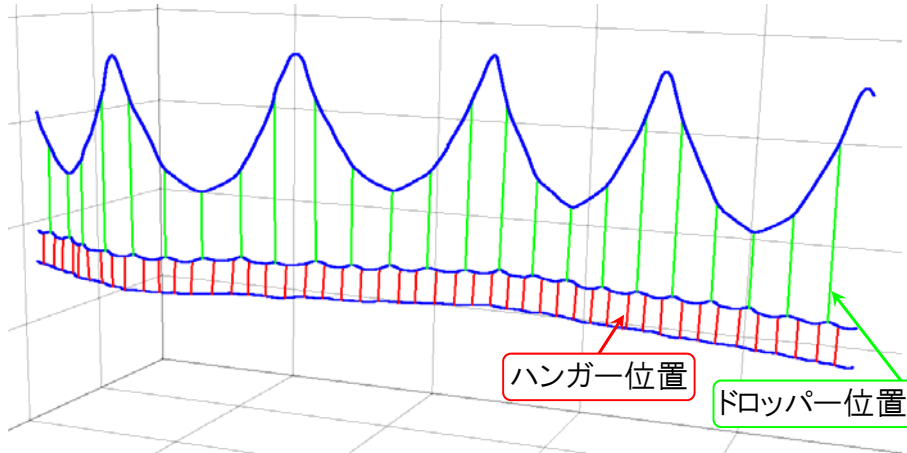
Railway Technical Research Institute

集電試験装置における屋外測定試験



Railway Technical Research Institute

線条・金具位置測定結果(コンパウンド架線)



- ・各線条の位置(高さ・偏位)を連続的に測定可能
- ・ハンガー, ドロッパーの位置(キロ程)を検出可能



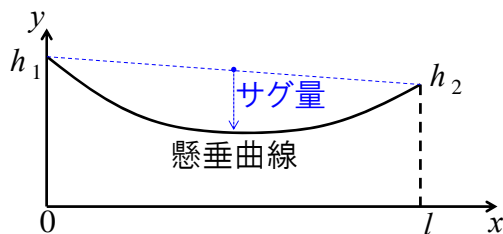
Railway Technical Research Institute

応用例 — ちょう架線の張力推定

従来の張力管理 … バランサの位置, ヨークの傾きから間接的に。



線条高さから張力を直接推定する方法



$$T = \frac{\rho l}{8s} g$$

s : サグ比
 T : 張力

ちょう架線形状



サグ比 (=サグ量/径間長)

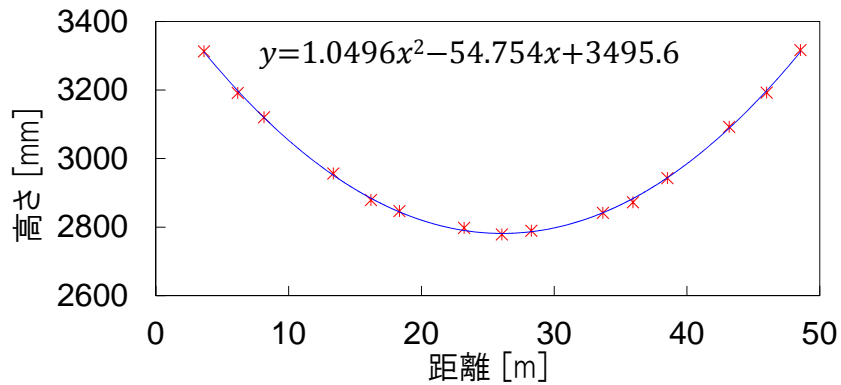


ちょう架線張力



Railway Technical Research Institute

懸垂曲線の近似式の導出



- ① ハンガ位置・ドロツパ位置のちょう架線の高さをプロット
- ② 最小二乗法により2次の近似式を求めてサグ比を算出



Railway Technical Research Institute

ちょう架線張力推定結果(コンパウンド架線)

径間番号	径間長 [m]	サグ比	推定張力 [kN]
1	50	0.0131	20.26
2	50	0.0130	20.33
3	50	0.0128	20.60
4	50	0.0133	19.89
5	50	0.0129	20.42
張力計(テンションメータ)			20.4

- 張力計との誤差は3%以下
⇒ 張力異常の診断には十分な精度



Railway Technical Research Institute

まとめ

- ① ステレオ画像計測とレーザー測距の併用による電車線位置の非接触測定手法を開発
 - 複雑な電車線構成でも電車線形式・線種の自動認識が可能
 - ちょう架線・補助ちょう架線の位置の自動測定を実現
 - ハンガー・ドロPPERの自動認識を実現
- ② ちょう架線測定の実用として、張力推定を実現

今後の課題

- ① より実用性を高めた条件での測定の実現
～走行速度の高速化, 振動補正の高度化など
- ② 電車線の状態監視・状態診断への応用
～不具合を見つけ, 補修方法を提示する



Railway Technical Research Institute

使用したセンサの分解能

	ラインカメラ	レーザー測域センサ
角度分解能	0.0177度	0.25度
1.5m先の分解能	0.46mm	6.54mm
撮影・測定周期	最大 43kHz	40Hz
300km/hでの間隔	最小 1.9mm	2.1m

1.5m先 = センサから見たトロッコ線の位置に相当。

ラインカメラの高分解能・高レート撮影が必要。

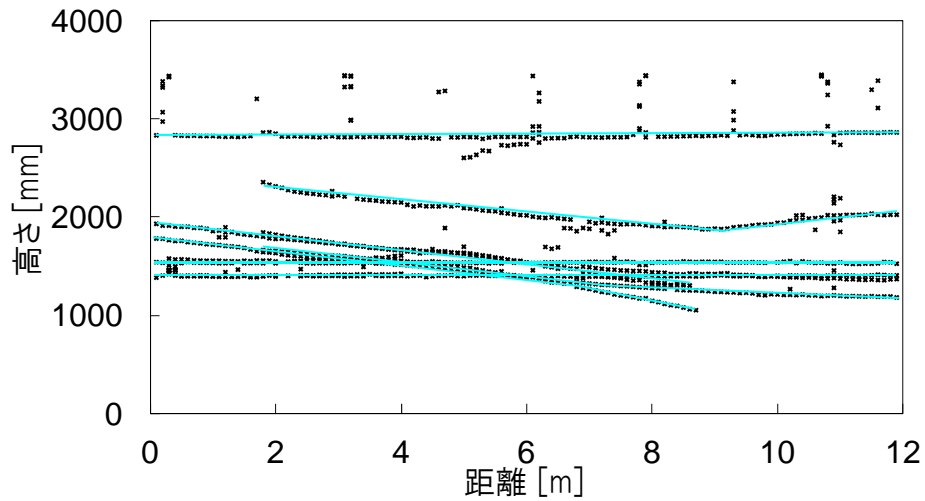


ステレオ計測における線条識別に、レーザー測域センサを活用



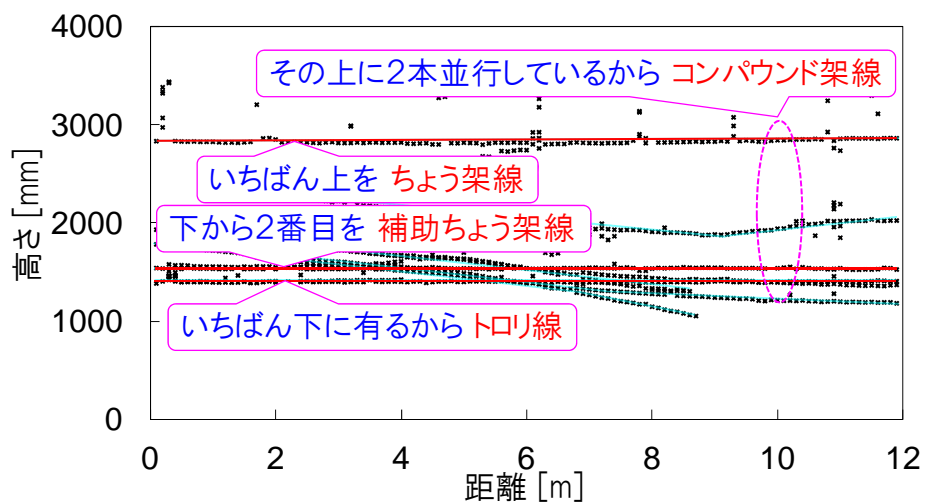
Railway Technical Research Institute

解析フロー① 線条検出



Railway Technical Research Institute

解析フロー② 線条ラベリング

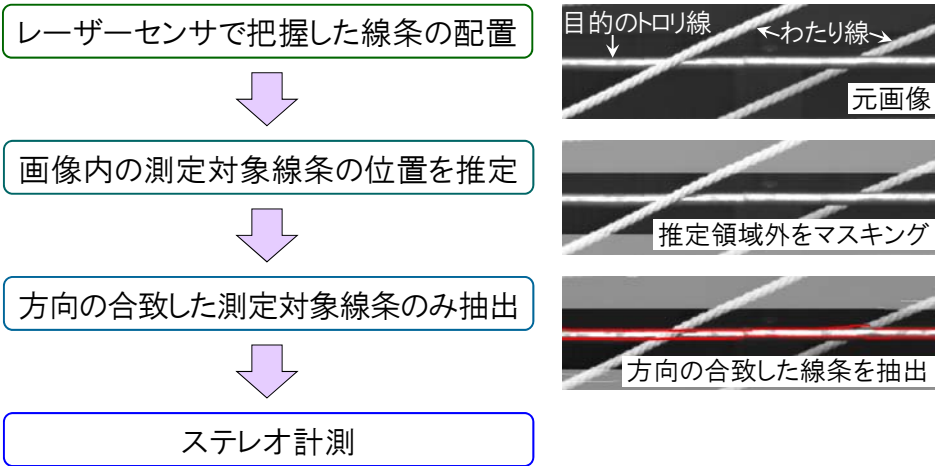


電車線形式や線条種別を, 電車線形式パターンに基づき自動認識。



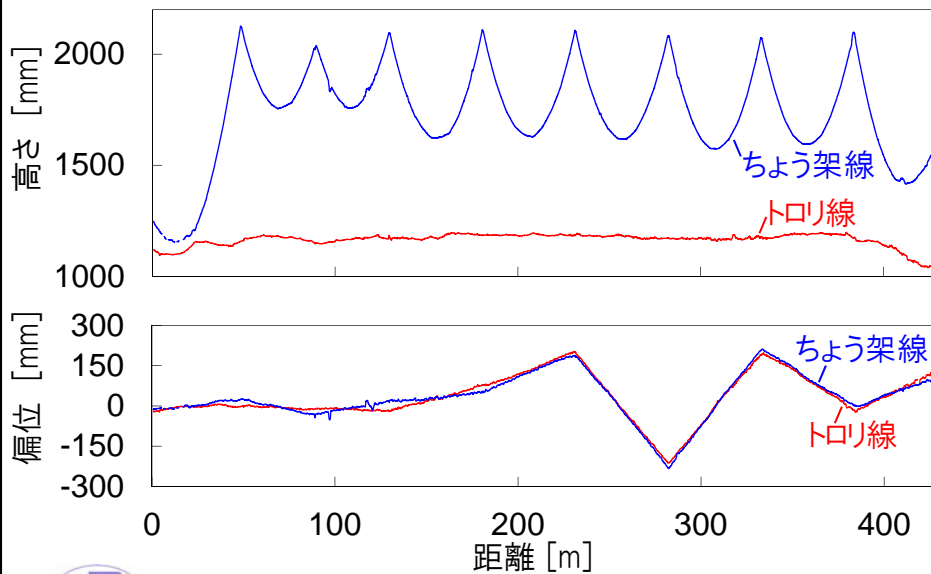
Railway Technical Research Institute

解析フロー③ 画像から目的の線を抽出



Railway Technical Research Institute

電車線位置測定結果(シンプル架線)



Railway Technical Research Institute

開発の目的



Railway Technical Research Institute

開発の目的

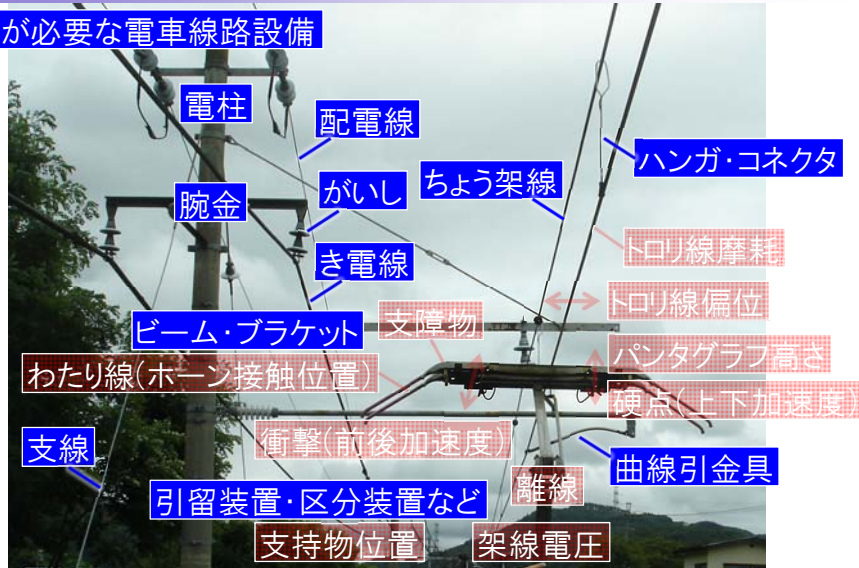
現在の検測項目 …… トロリ線, パンタグラフが中心



Railway Technical Research Institute

開発の目的

検査が必要な電車線路設備



Railway Technical Research Institute

開発の目的

現状 検測装置で検査できない電車線路設備が多い

画像・レーザーによる
非接触測定技術

検測対象となる設備・項目の拡大

目標 保守作業の効率化・測定データの定量化

今回は、トロリ線・補助ちょう架線・ちょう架線の位置測定



Railway Technical Research Institute

今回使用したセンサ類の仕様

センサ名称	項目	仕様	備考
レーザー 測域センサ	角度ステップ	0.25度	270度範囲に1080点
	スキャン周期	40スキャン/秒	
	測距範囲	～30m ※1	
	公称精度	±30mm	@距離0.1～10m
ラインカメラ	画素数	8192ピクセル	魚眼レンズ使用
	スキャン周期	～43kHz ※2	300km/hで2mm間隔
LEDライン照明	照射面照度	100万ルクス	

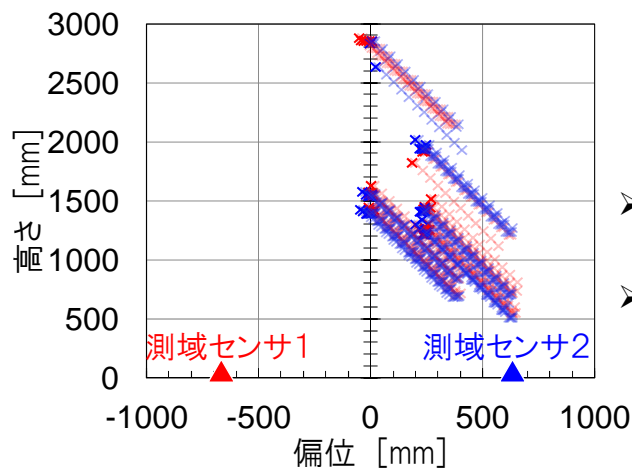
※1: 今回はセンサ～トリ線＝約1.5m, ちょう架線＝約3mの距離

※2: 今回はスキャン周期を1kHzに設定



Railway Technical Research Institute

解析フロー① レーザー測域センサの測定データ



- コンパウンド架線のオーバーラップ箇所
- 2台それぞれの1スキャン分のデータ

レーザー測域センサで各線条のおおよその位置を測定。

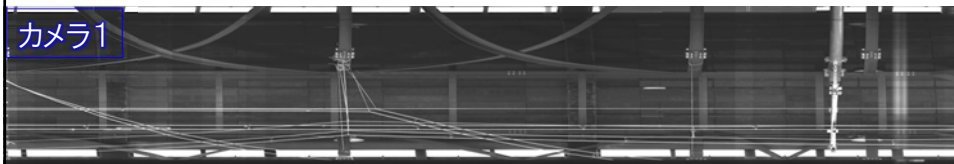


Railway Technical Research Institute

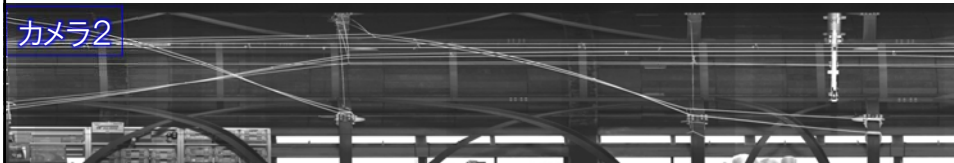
ラインカメラによる撮影結果

屋内模擬架線・魚眼レンズ使用

カメラ1



カメラ2



レーザー測距データをもとに目的の線條を正しく抽出してステレオ計測。



Railway Technical Research Institute