

360km/h走行に対応した 光切断式トロリ線摩耗計測システム

電力技術研究部 集電管理研究室

副主任研究員 薄 広歩

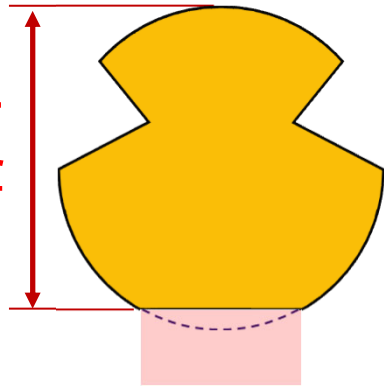
本日の発表

1. はじめに
2. 計測範囲の拡大手法
3. データ量の削減・解析時間の短縮手法
4. 新幹線車両での性能検証
5. まとめと成果の活用

はじめに - 現行のトロリ線摩耗計測の課題

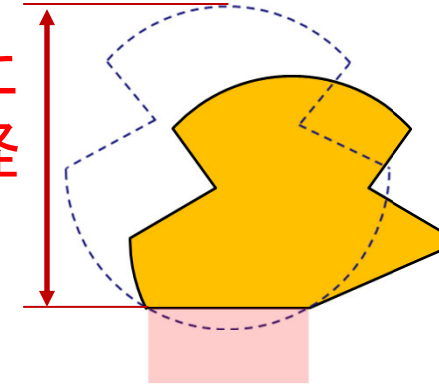
現行

しゅう動面幅に
基づく残存直径
(現行手法)



しゅう動面幅
(現行手法)

しゅう動面幅に
基づく残存直径
(現行手法)



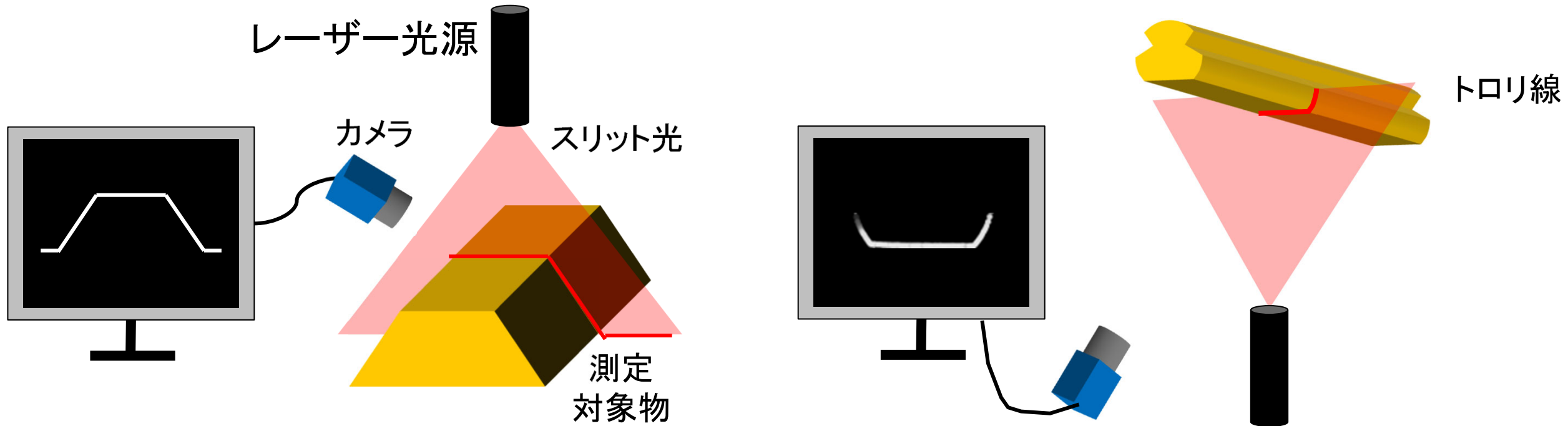
正しく
計測できない

しゅう動面幅
(現行手法)

現行は、レーザー等でしゅう動面幅を計測→残存直径に換算

偏摩耗・側面摩耗等が発生していると計測誤差が増大
→手測定(マイクロメータ等)によるフォローが必要となり、人的コスト大

はじめに - 光切断法とは



測定対象物にスリット光を照射してカメラで形状データを取得
取得した形状データから体積や断面積等を測定

カメラとレーザー光源の組み合わせ次第で非常に高精度な形状計測が可能

■はじめに –研究の目標

【目標】 下記を満足するトロリ線摩耗計測装置の開発

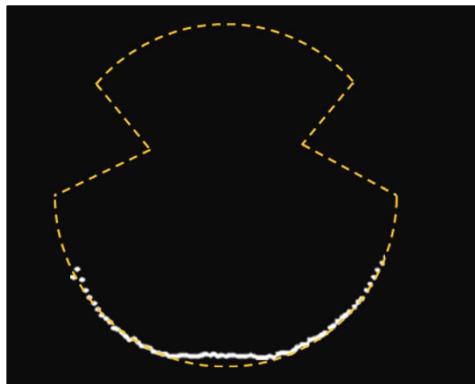
- 偏摩耗トロリ線でも $\pm 0.3\text{mm}$ 以内の精度で計測可能
- 新幹線検測車に搭載可能
- 日中夜間問わず計測可能
- 偏位 $\pm 400\text{mm}$ 、高さ $4800\sim 5300\text{mm}$ の範囲のトロリ線を計測可能な計測範囲
- 走行翌日中に解析結果が出力可能な解析時間
- 現実的な出力データサイズ(1kmあたり1GB以内)
- 最大 360km/h で計測可能

先行研究で
原理検証済み

本研究で
取り組んだ内容

はじめに - 先行研究

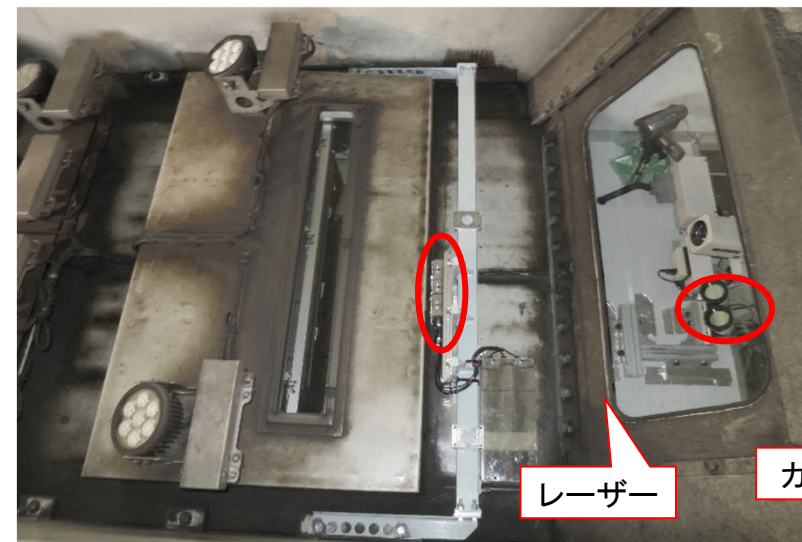
先行研究



新品形状に
フィッティング



残存断面積・
残存直径を算出



275km/hでの測定時の車両屋根上の仮設状況
(視野範囲が狭い)

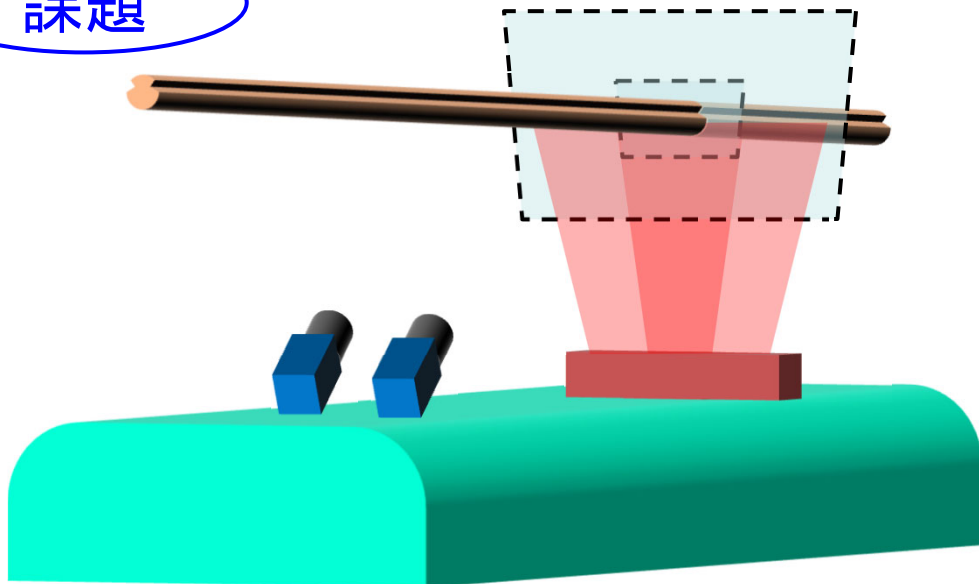
光切断法を用いて形状フィッティングにより残存断面積・残存直径を計測可能な手法を提案

最大275km/hで偏摩耗トロリ線を高精度に計測できることを確認

ただし、実用化にあたっては複数の課題が残存

はじめに –課題の整理と本研究の取り組み

課題



トロリ線架設範囲を
カバーできない

取り組み

計測範囲の拡大



非現実的な解析時間
膨大なデータ量

解析時間の短縮
データ量の削減



高速化(360km/h)への対応
実車環境での検証不足

新幹線試験車両での
性能検証

本日の発表

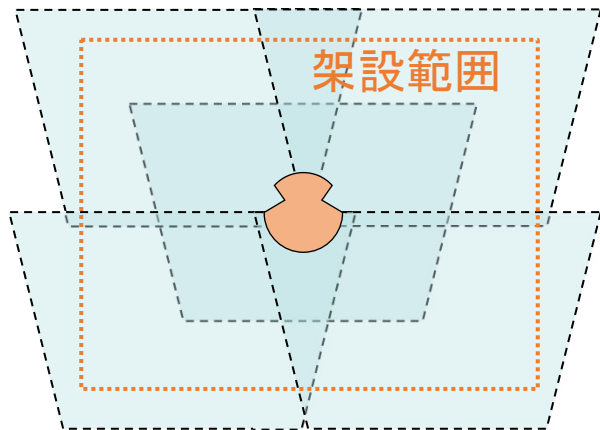
1. はじめに
2. 計測範囲の拡大手法
3. データ量の削減・解析時間の短縮手法
4. 新幹線車両での性能検証
5. まとめと成果の活用

計測範囲の拡大手法

カメラ・レーザーのアレイ化

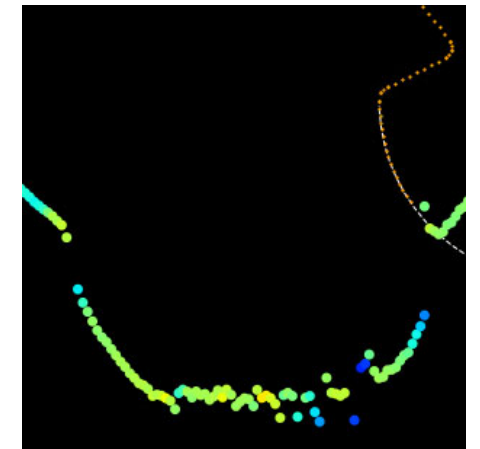
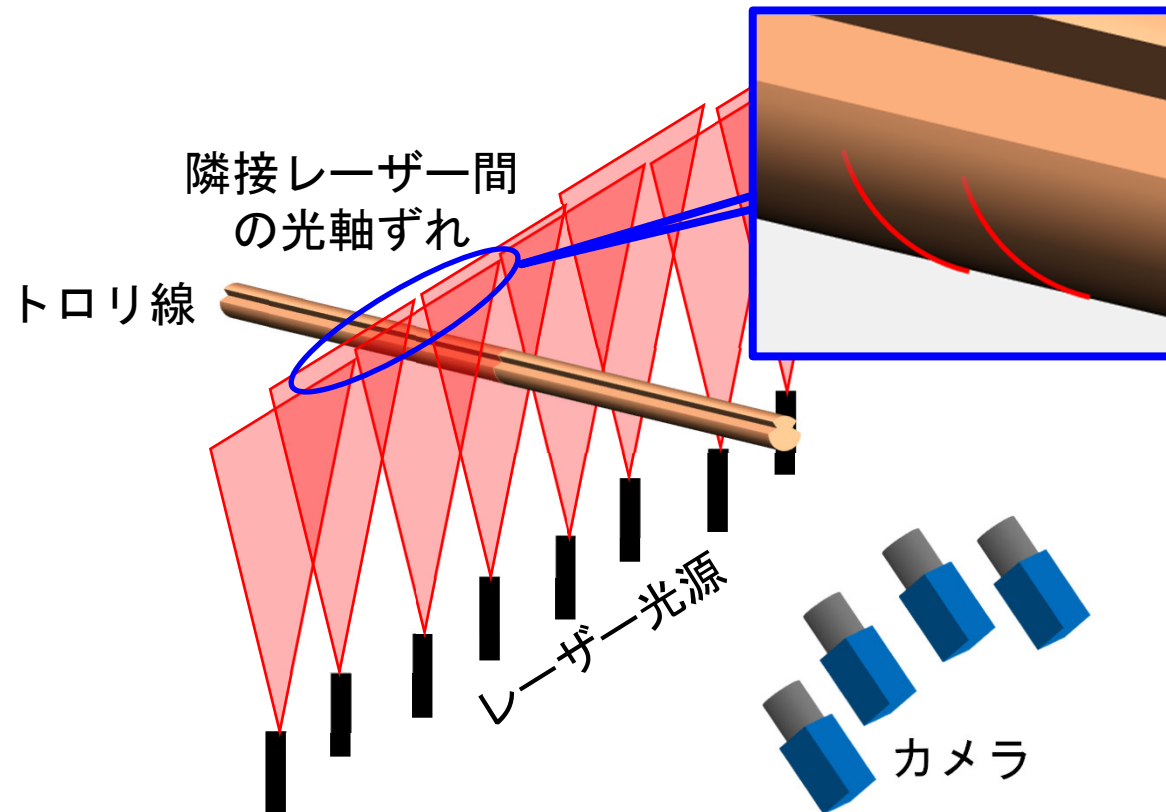
- カメラ4台(精度確保 & 視野拡大、4台で視野を分担)
- レーザー光源8台(光量確保、偏位方向の照射範囲拡大)

課題



計測範囲

高さ : 300mm ▶ 600mm
偏位 : 400mm ▶ 800mm

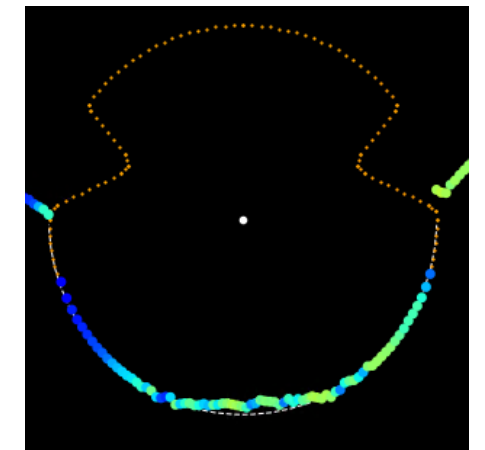
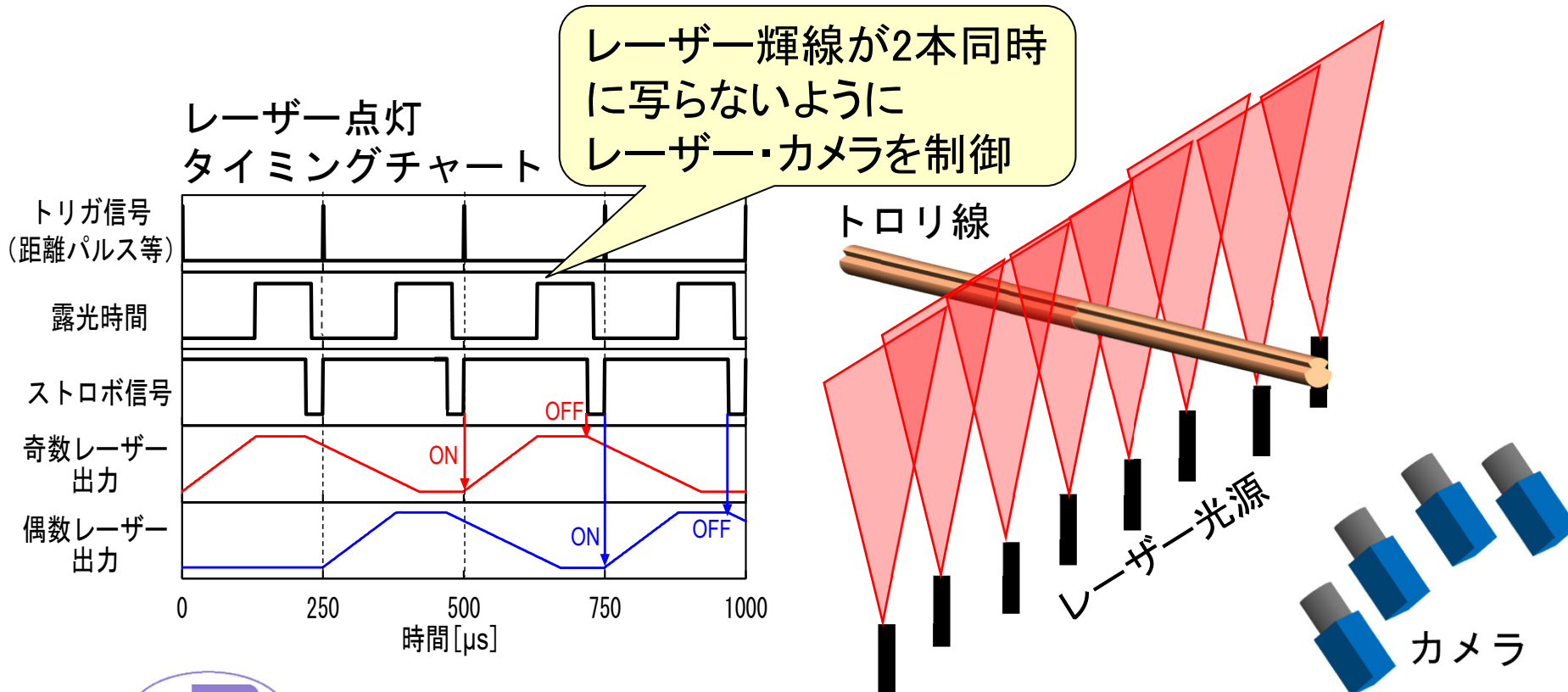


レーザーが重なる箇所で形状が崩れる

計測範囲の拡大手法

隣接レーザー光源同士の交互点灯

- 隣接レーザーの発光タイミングをずらし光軸ずれの影響を解消
- レーザーの点灯タイミングに合わせたカメラ制御で、360km/h、50mm間隔の計測に対応



交互点灯により
光軸ずれの影響を解消

本日の発表

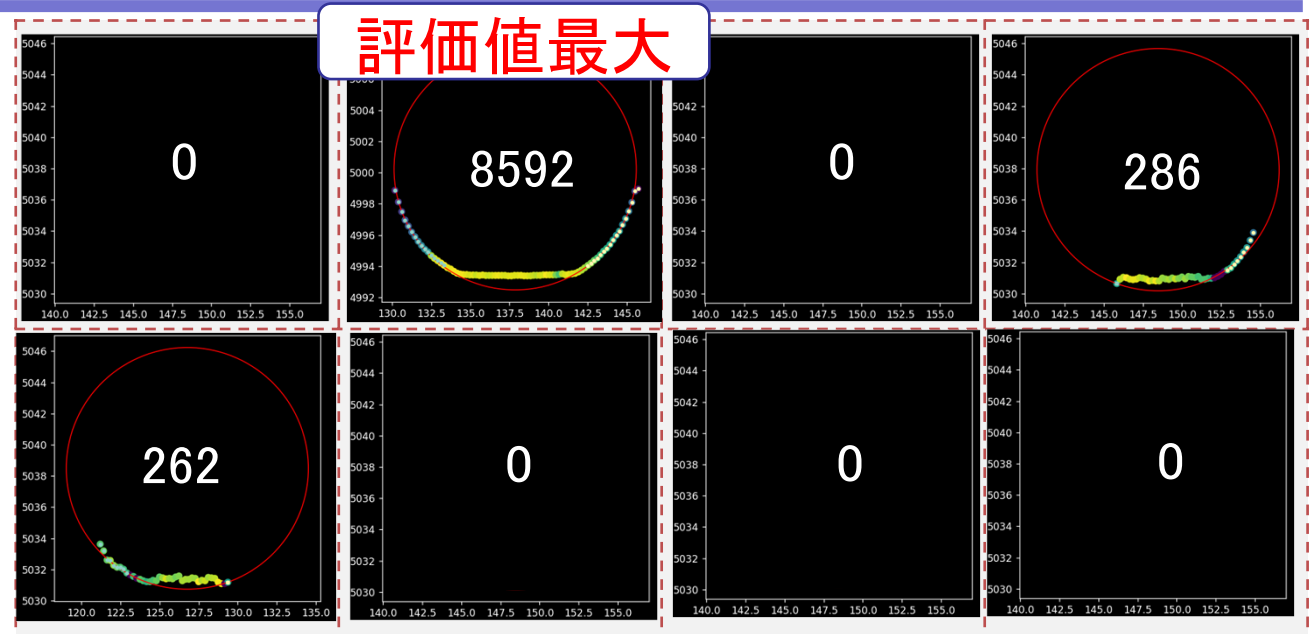
1. はじめに
2. 計測範囲の拡大手法
3. データ量の削減・解析時間の短縮手法
4. 新幹線車両での性能検証
5. まとめと成果の活用

■ データ量の削減・解析時間の短縮手法

【従来】1kmあたりのデータ量: 3.44GB

【本手法】 // データ量: 0.43GB

(1/8に削減)



50mmあたりに取得できるトリ線プロフィール形状(最大8断面)

最良プロフィールの選択手法

- 測定点数と輝度値に基づくプロフィール評価値の導入
- 評価値最大(=最良)のプロファイルを選択

レーザーの当たり方の
左右のバランス

レーザーの
全体的な明るさ

$$\text{評価値} = \frac{\text{左右円弧面の計測点数のうち小さい方}}{\text{左右円弧面の計測点数のうち大きい方}} \times \text{フィッティング点の輝度値の総和}$$

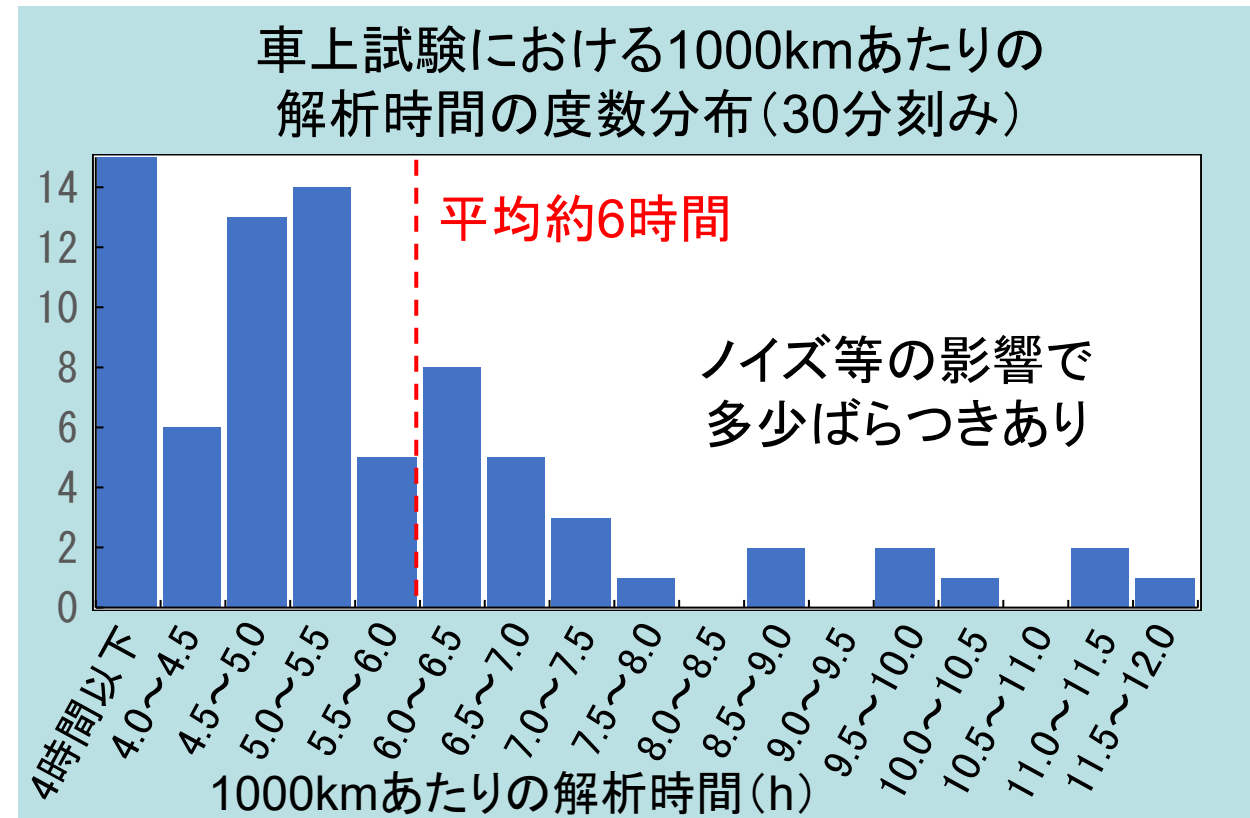
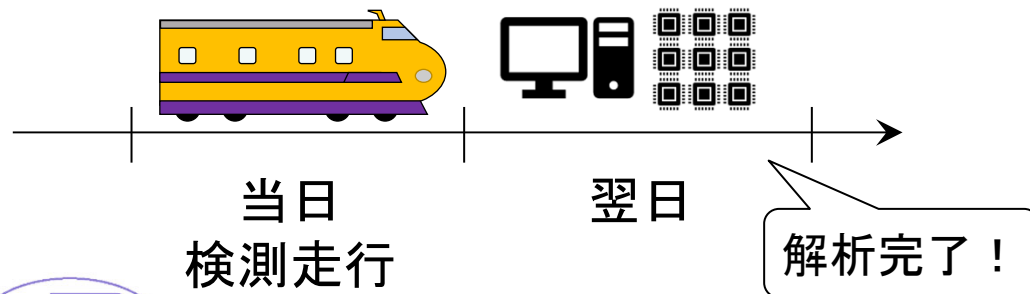
■ データ量の削減・解析時間の短縮手法

並列処理による解析時間の短縮

- 時系列処理をしないことで並列処理を容易に
- 60並列での処理により1000kmあたりの平均解析時間が

15日 ▶ 6時間に短縮 ※実績値

- ✓ 解析時間は最大でも12時間以内
- ✓ 走行翌日中には解析結果を出力可能

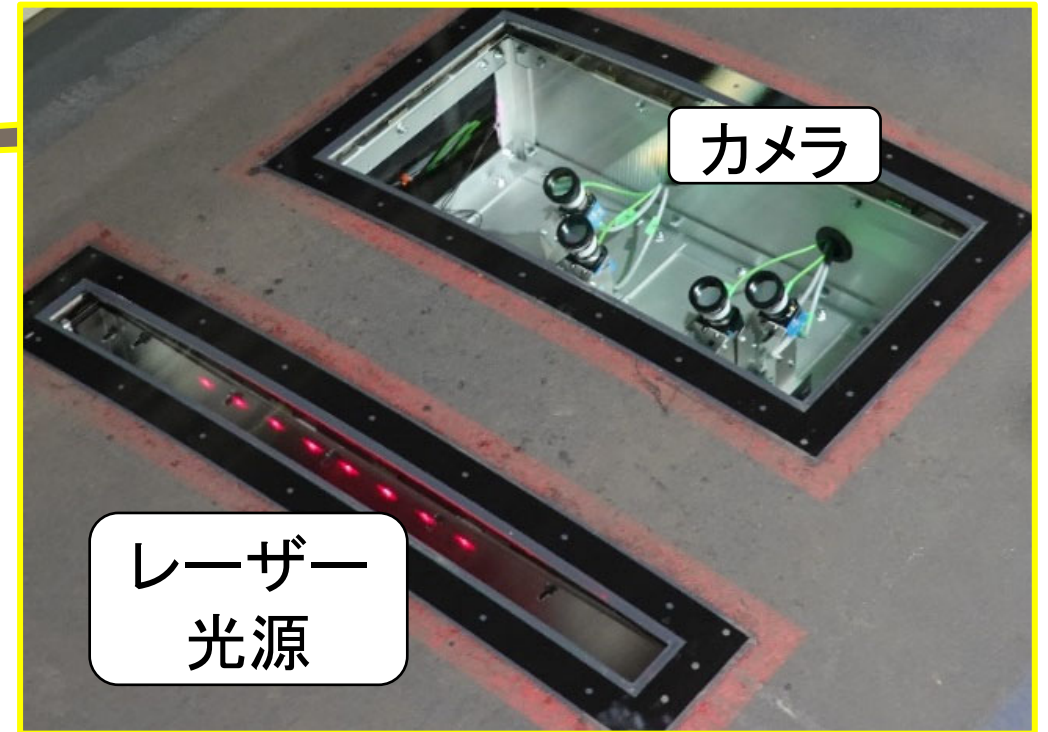


本日の発表

1. はじめに
2. 計測範囲の拡大手法
3. データ量の削減・解析時間の短縮手法
4. 新幹線車両での性能検証
5. まとめと成果の活用

■ 新幹線車両での計測試験 –試験概要

- 計測システムのプロトタイプを作成
- 新幹線試験車両 (ALFA-X、最高速度360km/h) に搭載して約3カ月間計測
- 速度、天候、走行時間帯等の様々な条件での性能を評価



■ 新幹線車両での計測試験 –試験概要

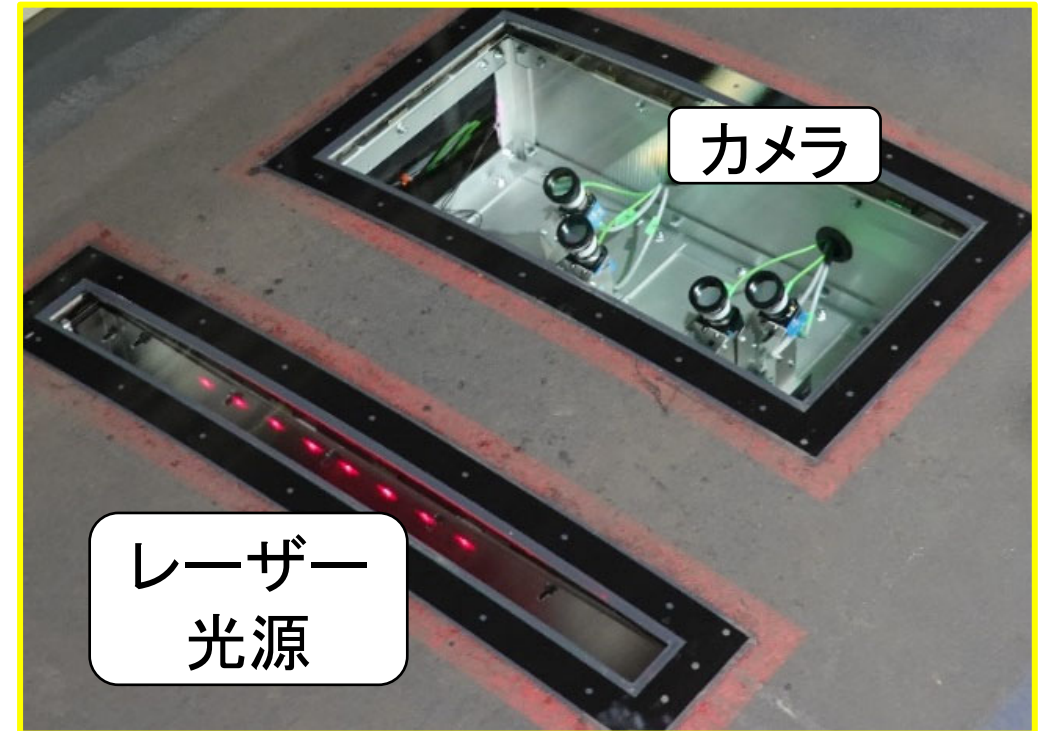
- 計測システムのプロトタイプを作成
- 新幹線試験車両(ALFA-X、最高速度360km/h)に搭載して約3カ月間計測
- 速度、天候、走行時間帯等の様々な条件での性能を評価

■ 計測装置の諸元

カメラ4台、レーザー8台

計測範囲: 偏位 $\pm 400\text{mm}$
高さ $4750 \sim 5350\text{mm}$

計測間隔: 50mm (線路方向)

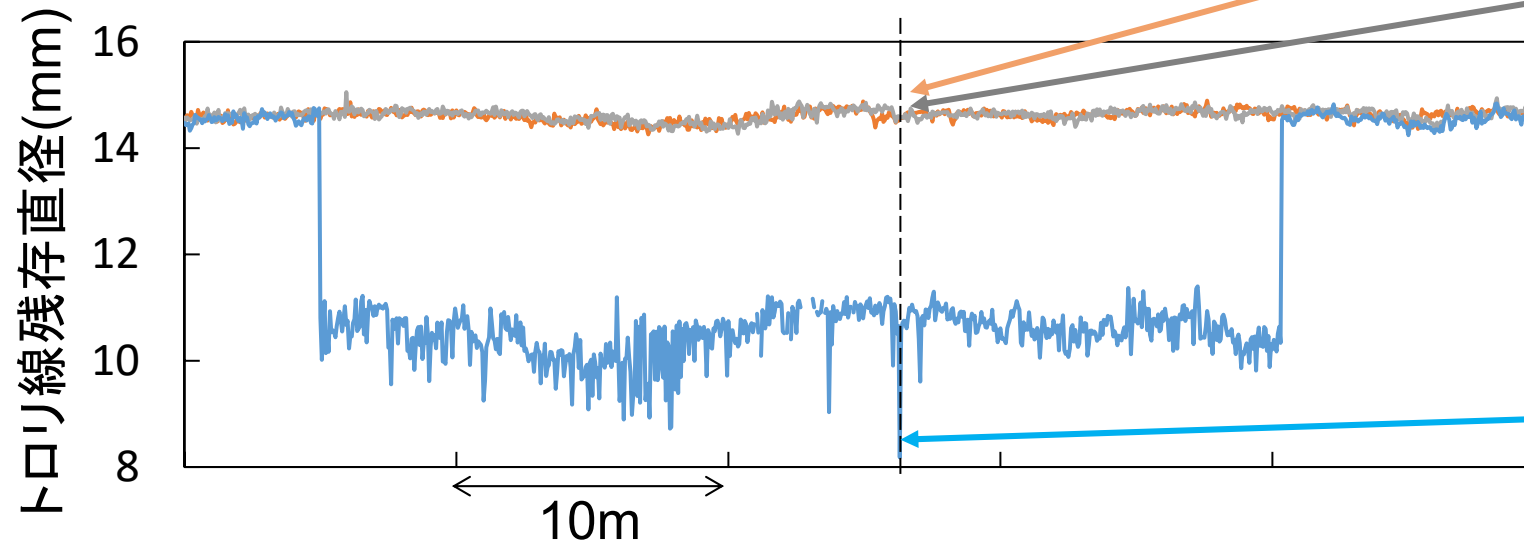
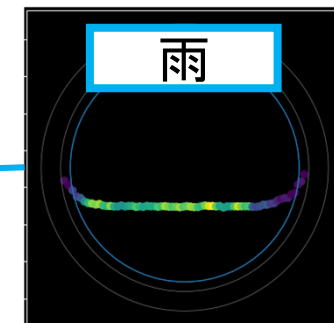
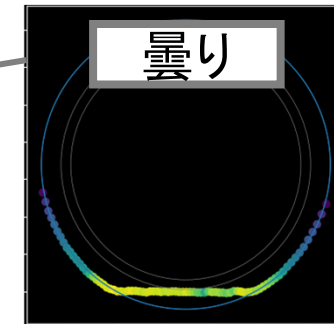
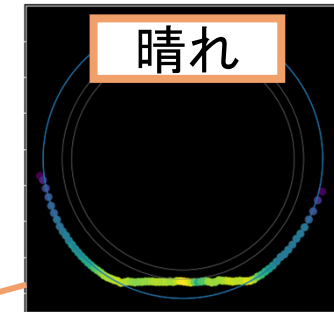


■ 新幹線車両での計測試験 – 天候による影響

◆ 天候による影響

- ✓ 晴れ or 曇りであればデータ欠損なく計測可能
(雨の場合は測定窓が濡れるため計測不可)

トオリ線断面形状



■ 新幹線車両での計測試験 – 摩耗計測精度

◆ トロリ線摩耗計測精度

■ 比較箇所

①摩耗進行箇所、②360km/h走行箇所、③偏摩耗箇所

■ 結果

いずれの箇所においても手測定との差は±0.3mm未満

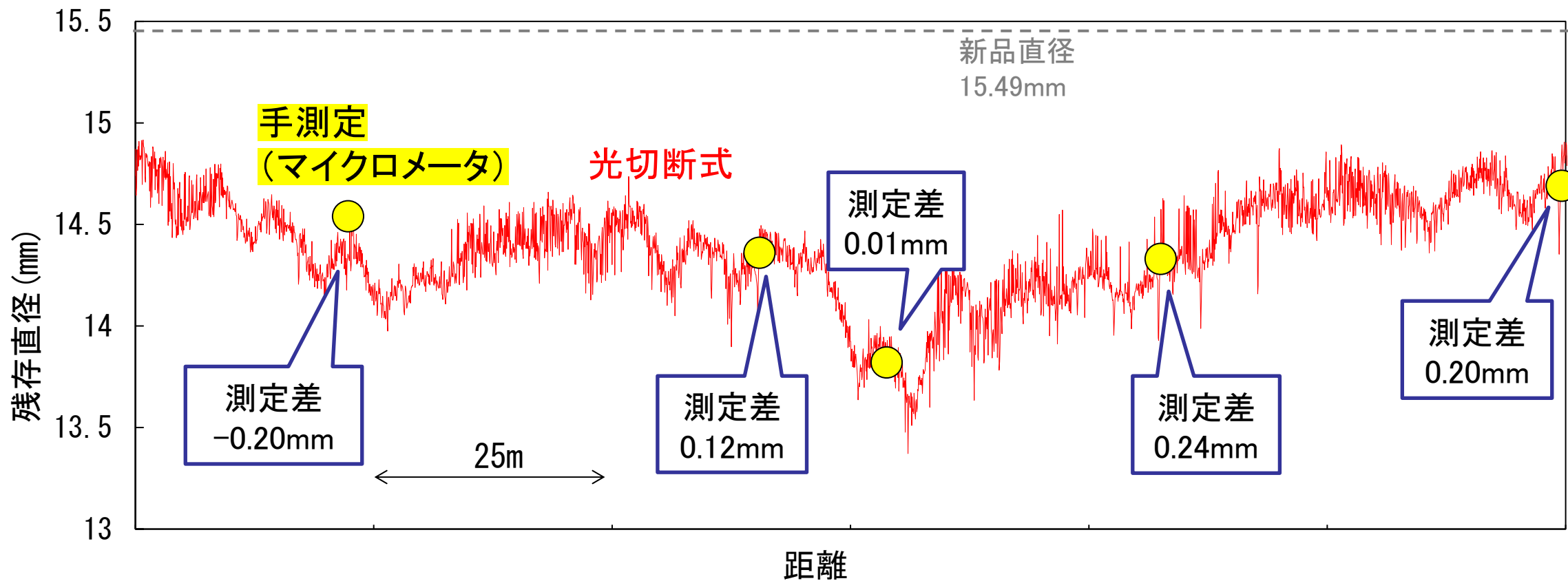
型取りゲージ^[1]



箇所	環境条件	手測定方法	手測定との差 ※各箇所の最悪値
摩耗進行箇所	駅ホーム部・日中	マイクロメータ	0.24mm
360km/h走行箇所	トンネル	マイクロメータ	-0.14mm
偏摩耗箇所	トンネル	型取りゲージ	-0.11mm

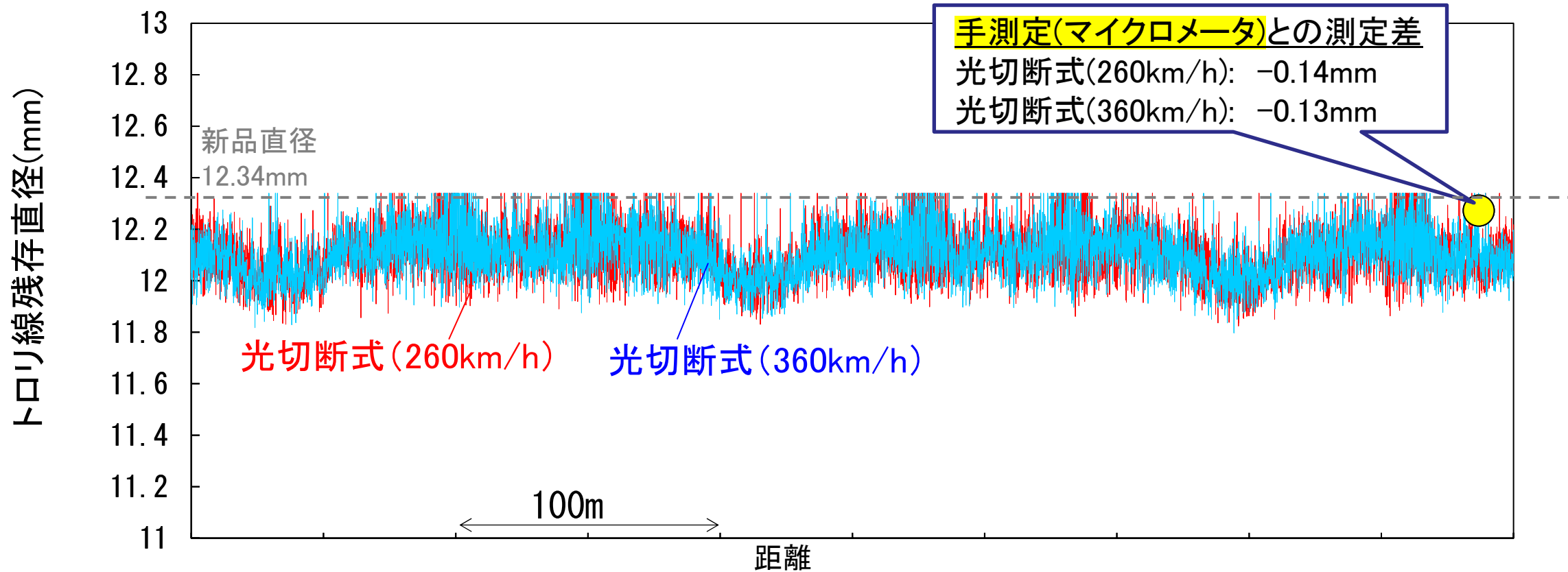
■ 新幹線車両での計測試験 – 摩耗計測精度

① 摩耗進行箇所（駅）



■ 新幹線車両での計測試験 – 摩耗計測精度

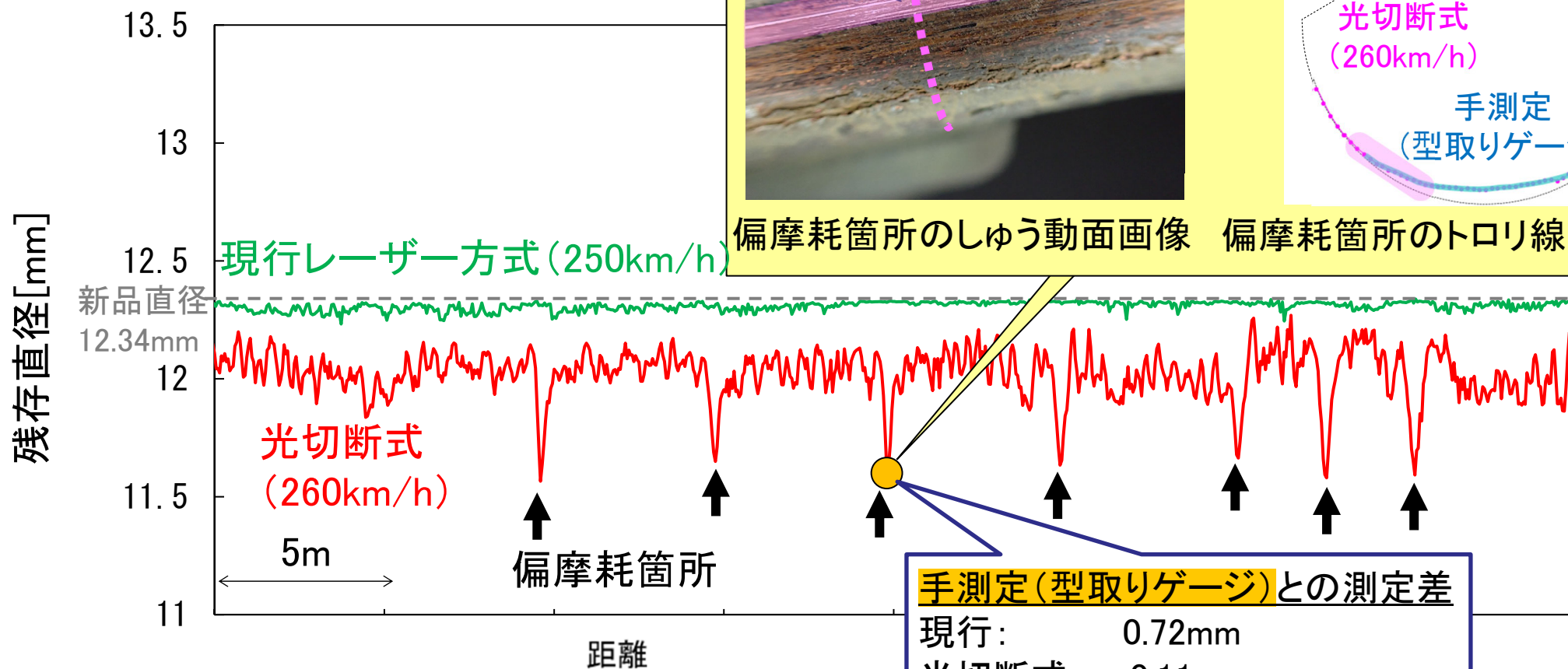
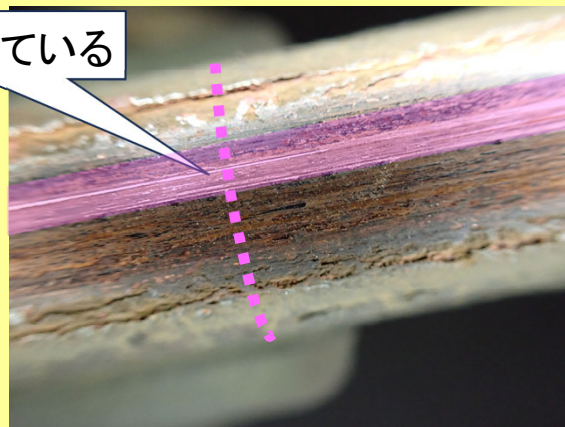
②360km/h走行箇所（トンネル区間）



■ 新幹線車両での計測試験 – 摩耗計測精度

③ 偏摩耗箇所(トンネル区間)

角が丸まっている



本日の発表

1. はじめに
2. 計測範囲の拡大手法
3. データ量の削減・解析時間の短縮手法
4. 新幹線車両での性能検証
5. まとめと成果の活用

まとめ

【目標】 下記を満足するトロリ線摩耗計測装置の開発

- 偏摩耗トロリ線でも $\pm 0.3\text{mm}$ 以内の精度で計測可能
- 新幹線検測車に搭載可能
- 日中夜間問わず計測可能
- 偏位 $\pm 400\text{mm}$ 、高さ $4800\sim 5300\text{mm}$ の範囲のトロリ線を計測可能な計測範囲
- 走行翌日中に解析結果が出力可能な解析時間
- 現実的な出力データサイズ(1kmあたり1GB以内)
- 最大 360km/h で計測可能

先行研究で
原理検証済み

本研究の
取り組み

■ まとめ

【目標】すべて達成済み

- 偏摩耗トロリ線でも $\pm 0.3\text{mm}$ 以内の精度で計測可能
- 新幹線検測車に搭載可能
- 日中夜間問わず計測可能
- 偏位 $\pm 400\text{mm}$ 、高さ $4800\sim 5300\text{mm}$ の範囲のトロリ線を計測可能な計測範囲
 - カメラ・レーザーのアレイ化、レーザーの交互点灯により実現
- 走行翌日中に解析結果が出力可能な解析時間
 - 並列処理により実現
- 現実的な出力データサイズ(1km あたり 1GB 以内)
 - 最良プロファイルの選択により実現
- 最大 360km/h で計測可能
 - 現車試験で確認

先行研究で
原理検証済み

本研究の
取り組み

成果の活用

- ◆ 本装置によりトロリ線残存断面積の直接的な計測が可能。
- ◆ 偏摩耗箇所でも高精度な計測が可能。
- ◆ 今後は、光切断式トロリ線摩耗計測装置の実用機の製作・車両への搭載等に関する技術支援を引き続き実施する。

参考文献

- 薄広歩, 根津一嘉, 松村周: トロリー線の摩耗形状を光で測る, RRR, Vol.77, No.9, pp.16-19, 2020
- 薄広歩, 根津一嘉, 松村周: 光切断法を適用したトロリ線断面形状測定
の基礎研究, 鉄道総研報告, Vol.33, No.6, pp.29-34, 2019
- 薄広歩: 光切断式トロリ線摩耗計測の高速度域における精度検証, 電力
ニュース, 2024年9月号