

木まくらぎ劣化度判定システムによる劣化度判定の再現性に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○坪川洋友 糸井謙介

鉄道総合技術研究所 非会員 長峯望 合田航 前田梨帆

北海道旅客鉄道 非会員 加藤爽

1. はじめに

軌道に敷設された木まくらぎは、保線技術者が1本ごとに目視または打音検査により劣化度を判定している。木まくらぎの不良箇所が連続すると、レールとまくらぎの締結力が機能せず、車両から横圧が作用した場合には軌間の拡大につながり、脱線事故を引き起こすため、木まくらぎ検査は軌道の重要な検査の1つである。木まくらぎの敷設数は膨大であることから、他の検査に比べて、労力を必要とすることに加え、昨今の保線技術者不足の状況を踏まえると効率的かつ技能に左右されない検査手法の開発が必要である。

そこで、木まくらぎ検査の効率化を図るために、列車前方画像を用いた木まくらぎ劣化度判定システムを開発している。開発した手法は、Deep Learningにより木まくらぎの劣化度を5段階で判定しており、概ね90%の精度で判定を行えることを確認した。本稿では、本システムによる劣化度判定の再現性について検証した結果を報告する。

2. 木まくらぎ劣化度判定システムの概要

(1) システムの構成

図1に、木まくらぎ劣化度判定システムの構成を示す。本システムでは、低コストかつ簡易に撮影を行うため、市販のビデオカメラ(4K解像度以上)を用いて列車前方より軌道画像(以下、列車前方画像という)を撮影する。取得した列車前方画像について、地上処理では木まくらぎ劣化度判定アルゴリズム

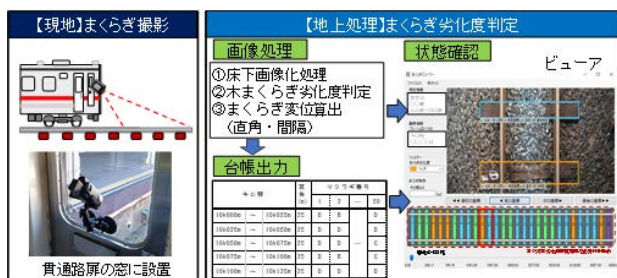


図1 木まくらぎ劣化度判定システムの構成

ムを用いて、まくらぎの劣化度・直角変位・間隔の診断や測定を行う。得られた結果は、「判定画像」と「台帳」形式で出力される。なお、開発したビューアや出力される台帳を活用することで、まくらぎの連続不良箇所の抽出や不良箇所の状態確認を効率的に行える。さらに、判定画像については、締結装置やバラストの状態確認にも応用できる。

(2) アルゴリズムの概要

本アルゴリズムの主な特徴は、列車前方画像の「床下画像化」とDeep Learningによる「劣化度判定」である。床下画像化では、図2に示すように列車前方画像に対し、射影変換を用いて指定した領域をまくらぎの実寸法と同じ縦横比率に変換し、床下画像を疑似的に再現する(以下、疑似床下画像という)。これにより、まくらぎの状態を診断・把握できる。

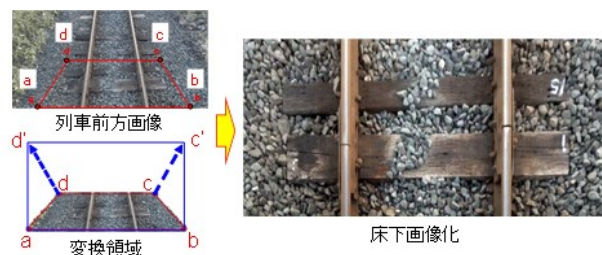


図2 床下画像化処理

劣化度判定では、図3に示す判定標準(劣化度A1~D及び未判定)を基に、Deep Learningにより構築した劣化度判定モデルを用いて、疑似床下画像から木まくらぎの検出と劣化度判定を行う。本モデルの構築には、約20万枚の画像に対し、37万個のタグ付けを行い、学習を行った。本モデルにより、木ま

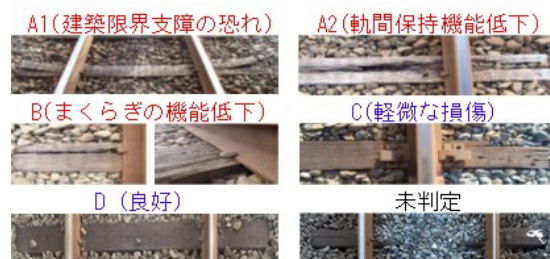


図3 木まくらぎの劣化度判定標準

キーワード:木まくらぎ検査, 列車前方画像, 画像処理, Deep Learning, 再現性

連絡先:〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7277

らぎ検出率は、バラスト等でまくらぎ表面が顕著に覆われている条件を除くと100%であり、劣化度判定精度は、保線技術者が画像から判定した劣化度と本システムが判定した劣化度を比較すると90%以上であることを確認している。図4に、木まくらぎの検出及び劣化度判定の結果例を示す。



図4 木まくらぎの検出と劣化度判定の結果例

3. 本システムによる劣化度判定の再現性

一方、本システムによる劣化度判定の再現性については十分な検討を行えていなかった。そこで、図5、表1に示すように、同日、同区間を、車両の進行方向、撮影方向、撮影時間を変えて4回撮影し、まくらぎ劣化度判定の再現性を確認した。当該区間の軌道構造は、50kgN レール、木まくらぎのバラスト軌道で、直線と半径800mの曲線を含む。また、進行方向と撮影方向が異なる試番1と試番4の撮影画像の例を図6に示す。同図より、木まくらぎのレール長手方向の端部の見え方には若干の違いがあることを確認できる。

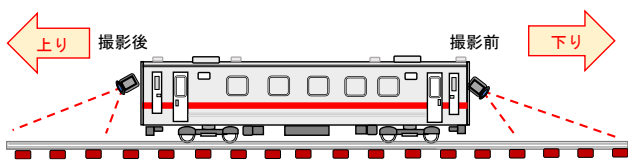


図5 撮影のイメージ

表1 木まくらぎの検出率

項目	進行方法	撮影方向	時間帯	天候
試番1	下り	前	10:00頃	曇
試番2	上り	後	12:30頃	曇
試番3	下り	前	12:30頃	曇
試番4	上り	前	15:00頃	曇



(a) 試番1 (b) 試番4

図6 進行方向と撮影方向が異なる撮影画像例

射影変換後の画像の分解能1mmの条件について、劣化度判定の再現性の結果を表2に示す。同表より、進行方向と撮影方向が同じ条件は、異なる条件(試番4との比較)に比べて全体の再現性は高く73%以上あった。また、進行方向などの条件によらず、Dランクの木まくらぎについては、劣化度判定の再現率は少なくとも86%有しており、その他の判定ランクに比べて再現性が高かった。一方、Cランクの木まくらぎについては、進行方向と撮影方向が同じ条件の再現性は55%以上であるのに対し、異なる条件の再現性は30%以下と低く、他のランクに比べて差が大きかった。

表2 劣化度判定の再現性(画像分解能1mm)

判定ランク	試番1- 試番2	試番1- 試番3	試番1- 試番4	試番2- 試番3	試番2- 試番4	試番3- 試番4
D	86.1%	86.6%	87.5%	89.3%	87.3%	87.6%
C	73.8%	62.0%	29.7%	55.7%	25.0%	29.5%
B	42.7%	52.0%	55.0%	71.3%	62.5%	63.9%
A2	69.4%	73.0%	66.7%	77.8%	67.3%	67.2%
全体	73.4%	73.7%	68.2%	76.0%	63.8%	68.7%

劣化度判定結果のばらつきが大きかった箇所の画像の例を図7に示す。この木まくらぎは、一部変形があることと、木目が少し粗いという特徴がある。また、試番4の画像においては締結装置付近に落葉が確認され、これが木まくらぎの損傷とみなされた可能性がある。

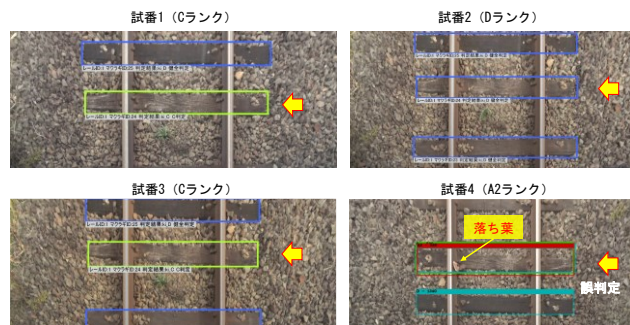


図7 劣化度判定のばらつきが大きいまくらぎ

4. まとめ

木まくらぎ劣化度判定システムの再現性について検証を行った。今後、劣化度判定のばらつきが大きくなる条件を整理して、本システムの使用方法の提案を進めていく。

参考文献

1) 糸井 謙介, 坪川 洋友, 長峯 望, 合田 航, 加藤 爽: 列車前方画像を用いた木まくらぎ検査手法の精度向上, J-Rail2021,2021.12