

三次元点群データを用いた駅ホーム上家建築限界管理に関する研究

その1 建築限界測定システム及びプログラムの実装に向けた検証について：レール識別

正会員 ○柳原啓吾^{*1}
同 高杉文也^{*1}
同 磯岬希^{*2}

同 富田靖寛^{*1} 同 金子恒紀^{*1} 同 杉木貴則^{*1}
同 村井亮平^{*1} 同 池森崇^{*1} 同 中人美香^{*1}
同 中野淳子^{*2} 同 金子光^{*3}

三次元点群 鉄道建物 建築限界
軌道 カント 離隔

1. 研究背景と目的

列車軌道に近接する鉄道構造物は、列車運行の安全を確保するため、構造物を設けてはならない範囲として「建築限界」が定められている(図1)。これを支障しないことを確認するため、建築限界と構造物の離隔測定(以下「建築限界測定」)を定期的実施している。筆者ら^{1,2)}は、近年のデジタル変革や、労働人口減少などの社会的背景を受け、測定精度の向上や測定の効率化を目指し、三次元点群データによる建築限界測定への置き換えを検討してきた。本研究は、点群による建築限界測定を精度よく効率的に行うために、必要な建築限界測定システム(以下、「システム」)の開発、そのアルゴリズムの検討を行った。

2. 検証方法

構造物で建築限界測定の対象となるのは、多くの場合ホーム上家であるため、本研究ではホーム上家を対象に検証を行う。当社の駅ホーム上にて、3D レーザースキャナで撮影を行った。撮影の様子を写真1に示す。既往研究と同様、安全や事前の立入り手続き手間を削減するために、撮影はホーム上から行い、線路内への立入りは行わなかった。撮影した三次元点群データを使い、建築限界測定を試みた。

方法としては、データ上でレールに合わせて建築限界型のモデルを配置し、そのモデルから上家までの離隔距離を算出することとした。これを行うために、システムが正確にレールを識別できる必要がある。このレール識別の方法として、本研究では、システムにレール形状を記憶させることによる物体識別の仕組みを取り入れた。

図2にレールの半自動識別の概要を示す。具体的には、レール形状をあらかじめシステムに記憶させたうえで、三次元点群データ上でレールの一部を手動にて指定すると、指定位置周辺の点群にレール形状を当てはめて物体識別する仕組みである。レールの一部が識別できると、レールが連続している前提で演算し、点群データ全体の

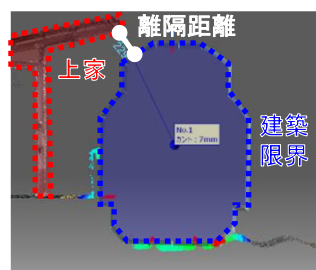


図1 建築限界の断面図



写真1 撮影の様子

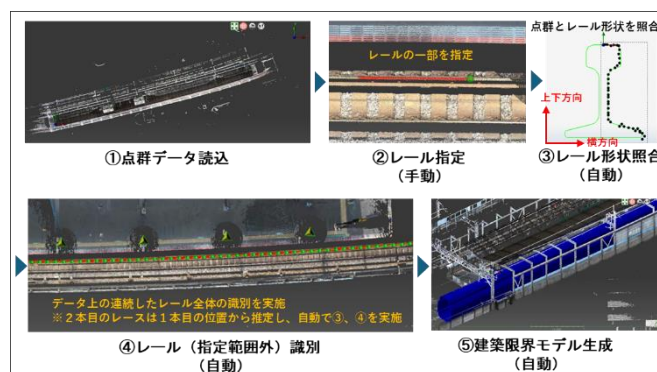


図2 レールの半自動識別の概要

レールを識別できる。これにより、点群データ上で手動によりレールの一部を指定するのみで、撮影した点群全体のレールを自動で検出できる(半自動識別)。

なお、レール識別において課題であったのが、脱線防止ガードの存在であった(写真2)。そこで、点群データ上でレールの物体検知を行う際の閾値を調整し(システムがレール探査する範囲を限定した)、脱線防止ガードを誤って識別してしまわないよう調整を行った。

レールを識別した後、レールに合わせて建築限界モデルを配置し、そのモデルからホーム上家までの離隔距離を求める。

駅ホーム上で取得した三次元点群データをこのシステムで解析することで建築限界測定を実施し、この物体識別の仕組みが有効であるかを検証した。

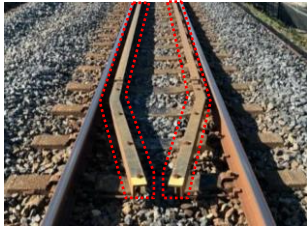


写真2 脱線防止ガード

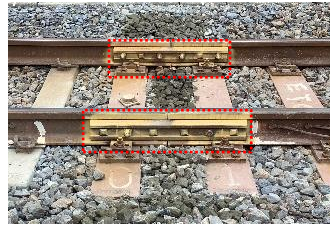


写真3 レール継目板

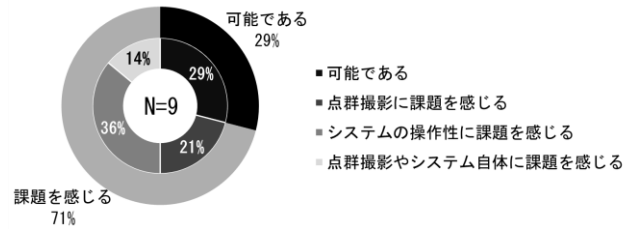


図3 調査結果

3. 結果と考察

レール形状をシステムに記憶させることで、ほぼ正確にレールを識別できた。ただし、一部ずれの生じる場合があることもわかった。ずれの生じ方は(1)横方向のずれ(2)上方向のずれの2パターンである。横方向のずれが顕著であったA駅を例にとるとカント値²⁾では、最大35mmのずれが生じた。データを分析したところ、それぞれの原因および想定される対策は以下と考える。

(1) 横方向のずれ

横方向のずれが生じるのは、レールの継目部分であった。これは、相互のレールを接合するための継目板(写真3)をレールの一部と識別したことにより、レール形状を正確に識別できずに横方向にずれが生じたものと推測される。これについては、レールが急激に曲がったり上振れたりすることがないという特性を踏まえてレール識別時の閾値を調整することでずれを抑制できると考える。

(2) 上下方向へのずれ

上下方向へのずれが生じたのは、レール面の反射などにより点群データにノイズ点が生じた箇所、複数の箇所では点群の両端部などの点群の密度が比較的疎らな箇所であった。レール上面付近にノイズ点が生じた箇所は実際よりも上方向に、点群の密度が十分でない箇所では実際よりも下方向にレールが識別される傾向があることがわかった。ノイズ点によるずれについては、レール形状を識別するアルゴリズムの修正により、密度不足によるずれについては点群撮影時の条件整理によりずれを抑制できると考える。

4. システムの実用可能性についてのアンケート調査

4.1 調査概要

JR 東日本の6の支社、JR 東日本ビルテックの6の支店においてシステムの試運用を行った。試運用期間は2025年8月5日から11月28日までである。試運用を踏まえ、システムの実用可能性についてアンケート調査を行った。調査期間は2025年12月3日から12日までである。アンケートは、「現行の建築限界測定に対してシステムは代替可能か」という内容で前述の12箇所の建築限界測定経験者9人に調査を行った。

4.2 調査結果と考察

結果を図3に示す。代替可能かという問いに対し、可能であると回答した人は29%である。一方で代替に課題を感じると回答した人は71%である。課題を感じると回答した人のうち21%は点群撮影に、14%はシステムの操作性に、36%はその両方に課題を感じると回答した。課題を感じると回答した人の意見として、作業時間や作業量の面で、現行の建築限界測定よりも点群のほうが多いという意見があった。

システムのレール識別は半自動処理のため、今後はシステムにおける処理の自動化や、車両で取得した点群を用いるなどの点群撮影の自動化により利便性を向上させていくことで現行の建築限界測定との代替が可能であると考えられる。

5. 結論と今後の展望

今回の方法でレールを半自動的に識別し、建築限界測定(離隔距離の算出)を行うことができた。また、脱線防止ガードを誤識別する現象も見られたことを踏まえ、レール識別の閾値を修正する措置を行った。この考え方を応用し、横・上下方向へのずれへの抑制を行っていく。

一方で、一部の測定結果において、横・上下方向へのずれが確認されたため、レール識別のアルゴリズム修正、撮影条件の整理によりずれの抑制を行う。

現行の測定手法との代替に関しては、点群撮影とシステム操作について作業量の面で課題感があることからシステム処理と点群撮影の自動化を図ることで導入を進めていく。

参考文献

- 1) 中野淳子ほか: 三次元点群データを用いた駅ホーム上家建築限界管理技術の検証, 日本建築学会大会学術梗概集, 情報システム技術, pp.21-22, 2022.
- 2) 金子恒紀ほか: 点群データを活用した建築限界管理に関する研究 曲線区間を考慮した建築限界測定手法についての一考察, 日本建築学会大会学術梗概集, 情報システム技術, pp.77-78, 2025.

*1 東日本旅客鉄道

*2 JR 東日本ビルテック

*3 JR 東日本パーソネルサービス

*1 East Japan Railway

*2 JR East Facility Management

*3 JR East Personnel Service