

## 二次元センサを用いたレール締結ボルト緩み検知手法の開発

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○小島 瑛太郎

東海旅客鉄道株式会社 非会員 三澤 真

日立ハイテクファインシステムズ 非会員 坂井 光夫

### 1. はじめに

締結装置の機能を正常に機能させるためには、緩みや脱落を早期に発見し補修することが重要である。そのためには、精度高く自動で締結装置の緩みを検知することが有効である。

そこで、高精度・低コスト・自動化への取り組みの一つとして、鉄道分野以外の技術である二次元センサを活用したレール締結ボルト緩み検知手法を開発し、その測定精度を検証した内容を報告する。

### 2. 現行のレール締結ボルト緩み検知手法の課題

現行は、ドクター東海（以下、軌道試験車）に搭載した締結画像撮影カメラにより撮影した画像を2値化（画素の輝度がある値で仕切り、明るい部分を白、暗い部分を黒の2つの部分に分けることで図形を切り出す）により処理することで、ボルトキャップ（図-1）頭部の白い部分を検出し、キャップの回転角度を算出してボルトの緩みを検知している。しかし、ボルトキャップが汚れていたり、脱落していたりする場合には、処理不能となってしまうため、現地確認が必要となる。また、検測精度を維持するため、ボルトキャップの清掃や取替を行うのに材料費や施工費が掛かるのも課題である。

こうした課題を解決するため、検測精度が高く、非接触で高速検測が可能である二次元センサを活用したレール締結ボルト緩み検知手法の開発に取り組んだ。



図-1 ボルトキャップ

### 3. 二次元センサの仕様検討

二次元センサの仕様を決めるにあたっては、軌道試験車で高速走行しながら測定することを大前提に、現行よりも精度高く検測できるような仕様を検討した。図-2に今回開発にあたって採用した二次元センサの測定性能を示す。

レール締結ボルトの緩みを検知するためには、締結装置およびレール等の位置座標を測定する必要があるが、この

二次元センサを用いれば、締結装置やレール等の位置座標を高精度に測定することが可能である。

また、測定したデータから対象となる締結装置（特にレール締結ボルト）の位置を特定する必要があるが、二次元センサの測定データを活用し処理を行えば、レール締結ボルト頭頂面の平面部分を抽出し、レール締結ボルトの位置（高さ）を特定することが可能である。そして、レールを基準点として設定すれば、その基準点から特定したレール締結ボルト頭頂面までの距離を測定することもできるため、その測定データを時系列で監視していくことでレール締結ボルトの緩み検知が可能になる。

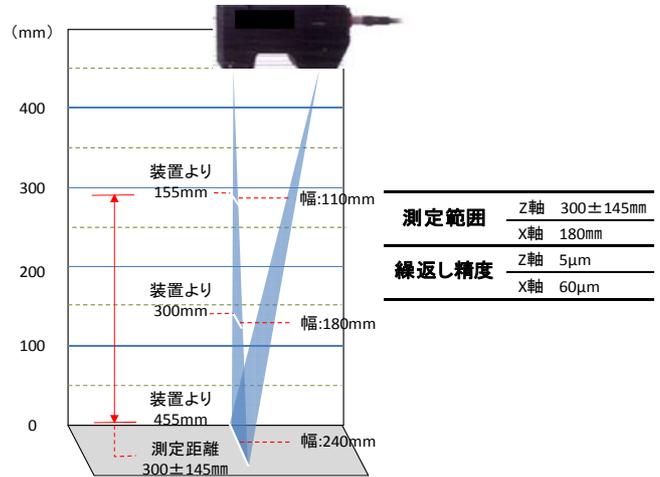


図-2 二次元センサの測定範囲

### 4. アルミ製トロによる測定精度検証

軌道試験車に搭載し試験を行う前に、測定精度検証のためアルミ製トロ（以下、トロ）を用いた低速での走行試験を実施した。トロに二次元センサを搭載するにあたり、レールおよび締結装置を確実に測定するため、二次元センサを2つ並列に配置し、高さ290mm、幅266mm以上の測定範囲を確保した。図-3に測定装置の配置を示す。

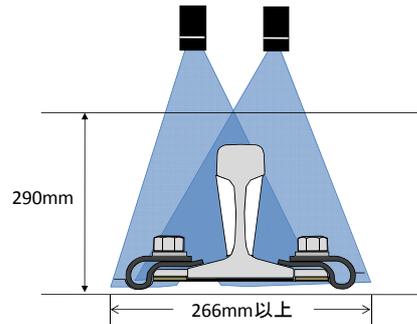


図-3 測定装置の配置

キーワード 二次元センサ, 締結装置, 緩み検知, 軌道試験車

連絡先 〒453-8520 名古屋市中村区名駅1-3-4 東海鉄道事業本部 工務部 保線課 TEL052-564-248

試験では、レール締結ボルトの位置特定の可否、太陽光や雨水、カーブ(カント)の影響について確認を行った。試験は、R=600mの曲線、60kgレールの箇所で行い、当社在来線において敷設本数の多いPC6号まくらぎ9形締結装置を対象とした。なお、雨水による影響を確認するため、乾燥状態と湿潤状態(事前に散水)で測定を行った。測定方法は、トロを徒歩にて手押しし、40本のレール締結ボルトを対象に、同一箇所において、レール基準点からレール締結ボルト頭頂面までの距離を3回ずつ測定し、比較を行った。

試験の結果、3回測定の違いは0.3~0.4mm程度であり、非常に高い測定精度であることを確認した。また、雨水やカーブ(カント)における影響がないことも確認した。

### 5. 軌道試験車による測定精度検証

トロによる走行試験の結果、測定精度に問題がなかったため、軌道試験車に装置を搭載し、本線における走行試験(最高速度120km/h)を実施した。装置の配置については、トロによる試験結果を受けて図-4のように変更を行った。

まず、太陽光の影響を極力排除するため、これまで車体に水平に配置していた二次元センサを一定角度傾けて配置した。これにより送信側のレーザ照射角度が変更され、太陽光の影響を軽減することができる(図-4左図)。

また、二次元センサの配置数を2つから3つに増やし、中央についてはレール直上に、残りの2つは内側に斜角配置とした。これにより陰になる部分が少なくなるため、レール断面プロファイルの取得範囲が広がり、正確に基準点を設定することが可能となる。(図-4右図)。

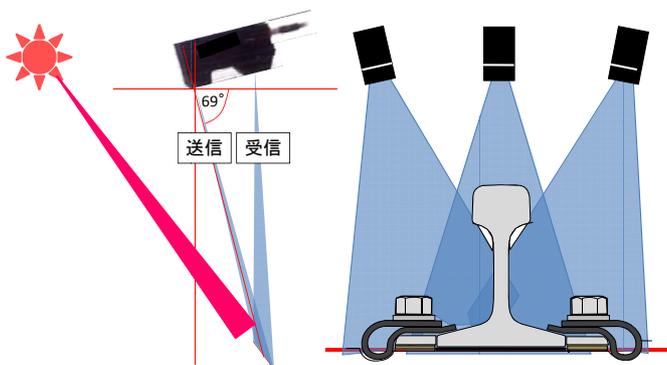


図-4 測定装置の配置

軌道試験車による本線測定データをもとに、同一箇所の1回目と2回目の測定結果の差を比較し、測定精度の確認を行った。その結果、測定差の最大は約0.84mm、2つの測定値の差の標準偏差σは約0.18という結果を得ることができた。このことから、高速走行時においてもその影響を受けることなく測定が可能であることを確認した。また急曲線区間や、天候、時間帯によらず測定できることも確認できた。

測定により得られたプロファイルデータを、1断面ごとに表示したものを図-5に、連続的に表示したものを図-6

に示す。図より、レール及び締結装置の形状が精度良く測定出来ていることが分かる。さらに、ボルトタイプの締結装置以外に、ショックボルトや線ばね締結等についても、その形状をはっきりと捉える事ができることを確認した。これらの締結装置については、その形状により締結ボルト頭頂面のような一定の平面を持たないため、締結装置の位置を特定し、緩み検知を行うことは難しいが、締結装置の板ばね等の脱落検知は十分可能である。

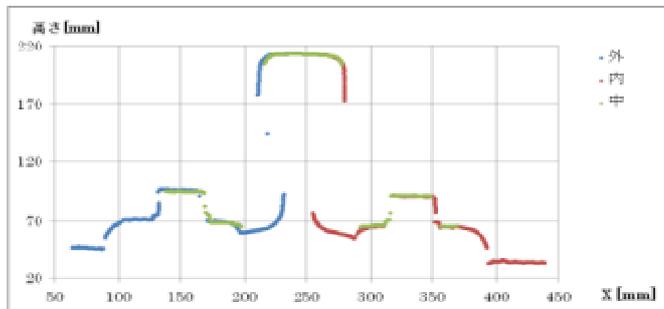


図-5 1断面プロファイル

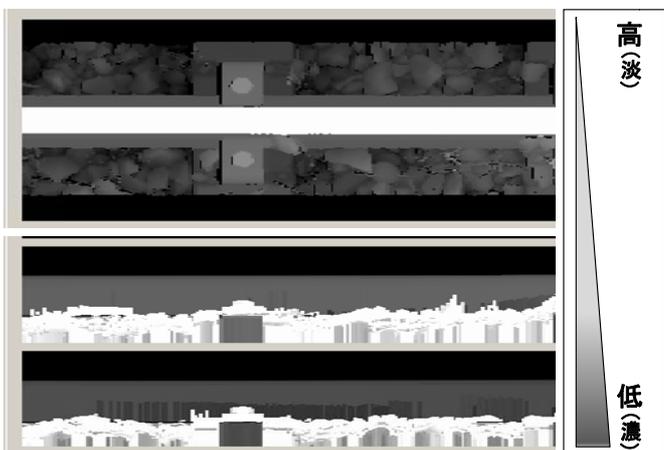


図-6 連続断面プロファイル

### 6. まとめと今後の課題

本研究では二次元センサを活用して、レール締結ボルトの緩み検知手法を開発するとともに、その測定精度を検証した。

開発にあたっては、軌道試験車による高速走行において、線形、天候、測定時間帯等に関わらず、精度良くプロファイルデータを取得できることを確認した。また、測定したプロファイルデータを処理することで、レール締結ボルトについてはその頭頂面の位置を特定し、レール基準点からの距離を時系列比較することで、緩み検知ができることを確認した。また、その他の締結装置についても、板ばね等の脱落検知が可能であることを確認した。これにより二次元センサを用いたレール締結ボルト緩み検知手法を確立することができた。

今後は、実際の検査に活用するための具体的なシステム構築、運用方法の検討を行い、本格的な実用化を目指す。