

## 列車巡視システムの開発

### 1. はじめに

線路は、走行する列車を支持し、その列車が走行する空間を確保しながら誘導するという機能が求められます。一方で、列車の運行や経年などによって個々の施設の状態が変化することや、線路周辺の土地開発、山林伐採などによる排水経路や保水能力といった沿線環境が変化することによって、線路全体の機能の状態は変化します。

こういった観点から、定期的な検査を実施することに加えて、軌道周辺の線路の総合的な保守の状態、建築限界の支障の有無および線路沿線環境の変化などを含めて把握し、常に列車が安全に走行することができる状態を保持するために定期的な線路の巡視が必要となります。

線路の巡視の方法としては、徒歩による方法や営業列車等に添乗して実施する方法などがあります。その頻度は線区の軌道構造（レール重量、まくらぎ種別、道床厚、路盤等）および構造物（橋りょう、トンネル、盛土・切取など）の耐力、運転速度、車両性能、輸送量などから推定される線路の負担力、さらに線路周辺の地形、地質、土地利用および気候条件などの自然環境を総合的に勘案して設定されています。

今回、この線路の巡視における「列車による巡視」（以下、「列車巡視」といいます）を対象として、営業列車などに搭載したカメラで取得した映像を解析する方法で装置化するシステム（以下、「本システム」といいます）の開発を行っています。

### 2. 列車巡視の装置化

既述したように、列車巡視には、「①線路状態の確認」「②建築限界の確認」「③環境変化の抽出」の3つの行為が必要となります。現状では、営業列車に人が添乗して「体感等による列車動揺の確認」と「目視および目測により建築限界支障や環境変化の確認」を行っています。

本システムの開発では、前者は列車動揺計の活用、後者は列車前頭で撮影した映像データの画像処理にて要注意箇所を抽出する手法で装置化を目指しています。

本稿では、「②建築限界の確認」についての装置化の実用性を検証した結果について説明します。

### 3. ステレオ視

映像データを画像処理し、相対的な位置関係を定量評価する汎用技術としてステレオ視があり、目視・目測確認による行為を装置化する手法として広く使用されています。

この手法はカメラの数により大別されます。これまでは測定精度といった観点から複数のカメラを使用する複眼式が一般的でありましたが、近年のコンピューターの処理速度などの能

力向上により、1つのカメラで処理する単眼式（図1）の測定精度の改善が見込まれるようになってきました。安価でシンプルなシステム構成を可能とするメリットもあり、単眼式の活用事例が増えつつあります。

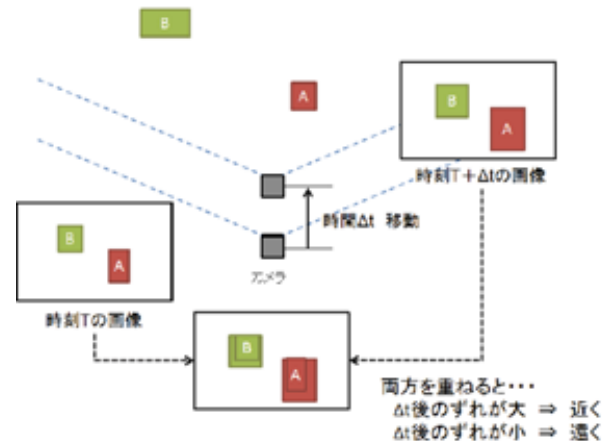


図1：単眼式ステレオ視の概念

### 4. 必要な機能

列車巡視を装置化するためには、データを取得すると同時に不具合の有無を判定する機能が必要となります。この機能を成立させるためには次の2つの性能について検討を行う必要がありました。

#### (1) 処理時間

映像データを取得しながら建築限界支障の有無をほぼ同時に確認し、必要により「支障あり」のアラームを明示する必要があります。

#### (2) 精度

人が列車に添乗し、営業列車の走行速度で移動しながら目視にて確認していることから、求める精度は動的な目視確認と同等レベルとなります。

上記(1)(2)より、列車巡視では、必要最小限の精度をクリアしながら、瞬時にデータ処理を完了する演算機能が必要であるということになります。

ステレオ視の手法は、処理時間を重視すると単眼式が、測定精度を重視すると複眼式が優位となります。列車巡視に必要な性能を考え、本システムでは単眼式を選択しました。

### 5. 実用性の検証方法

平成26年9月に草津線にて単眼式の試験を実施しました（図2）。試験では、総合検測車の運転台にハイビジョンカメラ



と位置情報取得のためのGPS受信機を設置し、運転席後方のスペースには列車動揺計を設置して、それぞれを配線する形で仮設しました。

### (1) 建築限界確認の精度

建築限界の支障箇所の有無を確認するためには、取得した映像データに仮想的に建築限界枠を設けて、その枠からの相対的な位置関係の把握を各点について実施しました。

### (2) 曲線区間の建築限界拡大量算定の精度

曲線区間においては、外側への建築限界拡大量を考慮して、建築限界支障の有無を確認します。本システムでは、収録した映像データから画像処理にてレールの軌跡を抽出し、その結果から曲率、曲線半径を計算し、建築限界拡大量を算定しています。この手法について、実半径から算出される拡大量との比較分析により精度の確認を行いました。

### (3) 処理時間

これまで基礎試験段階では、処理時間が実際の映像データ収録時間の11~12倍程度であり、実用化を可能とするためには、さらなる処理時間短縮が必要でありました。そこで、単位時間当たりのデータ処理量を増大させる処理方法やPC台数の増加、アルゴリズムの整理などを実施し、処理速度の向上を行いました。本取り組みの評価は、基礎試験時に収録したデータを用いて処理時間の比較分析を実施しました。

## 6. 試験結果

### (1) 建築限界確認の精度

試験区間のホーム端を対象として直近のホーム離れ測定結果と本システムで算出した計算結果の差分の平均は44.1mm、最大値101.0mm、99%限界値124.2mm(サンプル数72)という結果でありました。

### (2) 曲線区間の建築限界拡大量の算定精度

実半径に基づく拡大量と本システムの処理過程において導出されるものとの差分(=システムで計算-実半径より計算)と曲線半径との関係を(図2)に示します。

曲線半径が大きくなるほど、差分が小さくなっています。レール軌跡から曲率を求めるときに曲線半径が小さい方がレール軌跡の捉え方に誤差があることがわかります。

### (3) 処理時間の短縮

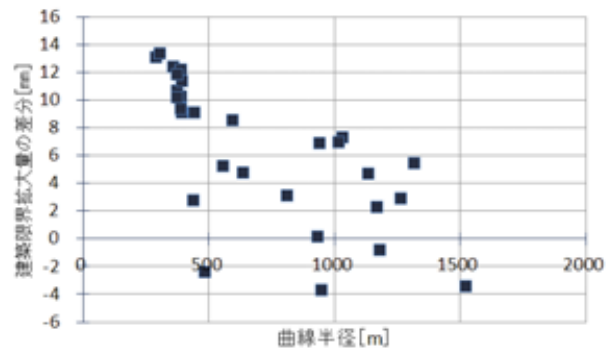
サンプルで分析を行ったところ、処理時間は実収録時間の1.7~1.8倍であり、基礎試験段階の約1/7に短縮化すること

を実現し、現在では、ほぼ同時間で処理できる見込みとなっています。



図2：取得した映像を使用した機能検証

表1：曲線における限界拡大量の差分



## 7. まとめ

今回の試験結果から本システムの建築限界確認による誤差は、曲線区間において最大で約120mm(≒101mm+13mm)となります。これは、建築限界確認は目視目測により軌道中心から1,500mm程度離れているところの確認であるという観点からすると、1割程度の誤差となることから実用性を有していると評価しました。

また、処理時間も大幅に短縮化し、データ取得と同時に処理結果をアラームとして表示する機能の構築を可能とする方向性を見出すことができました。

## 8. おわりに

列車巡視システムの開発は、現在、新製車両へ搭載する手法の標準化を目指して、実際に営業列車に搭載し、実証試験に取り組んでいます。

近い将来、列車巡視の装置化を実現し、少ない労力で、より精度良く線路の保守状態を確認することが可能とするとともに、将来にわたり持続可能な鉄道システムの構築に貢献していきたいと考えています。