

## 6. 鉄道用予防保全システムを目指して

—画像処理技術を用いた地上設備の状態判断—

交通システム研究領域  
理事  
日本大学

※工藤 希 竹内 俊裕  
水間 毅  
本山信介

### 1. はじめに

現在、多くの地方鉄道は利用者減等の課題により経営が厳しい状態にある。しかしながら、交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会の提言には地方鉄道の必要性がうたわれている。そこで、地方鉄道における保守コストの低減を目的として、営業車両の走行に合わせて地上設備（地上信号機の現示状況、踏切遮断かんの開動作状況、発条転てつ機の転換動作状況など）を監視し、それら設備の経年劣化を検出することで予防保全が実現可能となるシステムを開発した。これを用いて、実際に営業路線で実験を行った結果と、今後の方向性について報告する。

### 2. 研究の背景

#### 2. 1. 鉄道を取り巻く状況

現在、地方の中小鉄道は、少子高齢化やモータリゼーションの進展による利用者減、設備のメンテナンスなどによるコストが高いという課題により、経営が厳しい状態にある。しかしながら、高齢化社会を迎え、自動車を運転できない高齢者が増加することから、公共交通機関としての必要性も増していくと考えられる。鉄道事業者も経営の合理化等を進めているもの

の、設備のメンテナンスによる費用は収益と比例しないため、車両、施設の適切な修繕やメンテナンスが困難になることが問題となっている。

#### 2. 2. 本研究の位置付け

踏切の機器や発条転てつ機などの地上設備は、通常は点検により機器の不具合が無いことを確認しているが、地方鉄道においては点検に係る負担が大きくなっている。本研究では、設備のメンテナンスを軽減させるため、簡易な装置で故障の兆候を検出することを目的とした。

検出方法には、主要な設備の周辺にカメラやセンサなどを設置して監視する方法や、専用の計測車両を用いる方法も考えられるが、どちらもコスト低減には結びつかない。そのため、営業列車において簡易な装置による検知、解析を行うことが最良であると考え、GPS やカメラを営業車両に設置し、走行中に得られたデータを画像解析することによる鉄道用予防保全システムを開発することとした。簡易な装置により日々のメンテナンスを省力化し、かつ安全性が向上するとともに、データを蓄積することで、最終的には通常の検査周期を延ばすことによりコスト低減を図る。

本研究では、地上信号機、踏切遮断かん、発条転てつ機を対象に開発を行った。それぞれ、

- ・ 信号機：経年劣化による輝度の低下
- ・ 遮断かん：モータの経年劣化による動作の遅延
- ・ 発条転てつ機：スプリングやダンパの劣化による戻り時間のずれ

を検出することを目指している。

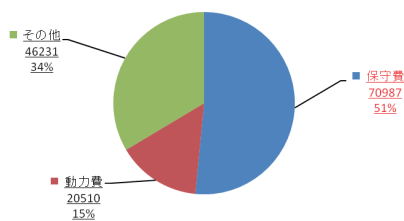


図1 地方鉄道の費用内訳の例<sup>1)</sup>

### 3. 鉄道用予防保全システム

#### 3. 1. システム概要

本システムの概要を図2に示す。本システムは、列車走行中に対象となる地上設備を車両前方又は後方の視認できる位置から、地上設備の状態を自動的に判別することが目的である。そのため、GPS とカメラを営業車両に設置し、列車の位置情報取得と各設備の動作状況を把握する。しかし、撮影した全画像から各設備の動作を検知するには、まず画像全体を解析する必要があり、処理に多くの時間がかかる。そこで、GPS による位置情報を活用し、撮影画像のどのあたりに対象となる地上設備が映し出されるかを算出したのち、特定された地上設備の動作を検知して、画像処理を迅速に行うこととした<sup>2)</sup>。

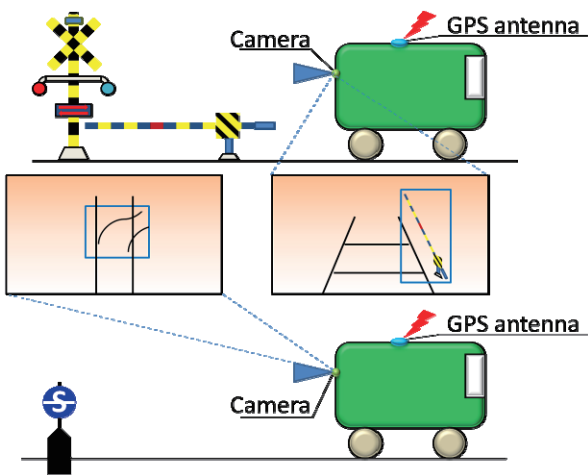


図2 システム概要（踏切・転てつ機の場合）

#### 3. 2. 目標追跡手法

撮影画像内から、目標とする地上設備を特定する手法について概要を述べる。まず、GPS において取得した列車の位置情報の、直前の位置  $(X', Y', Z')$  か

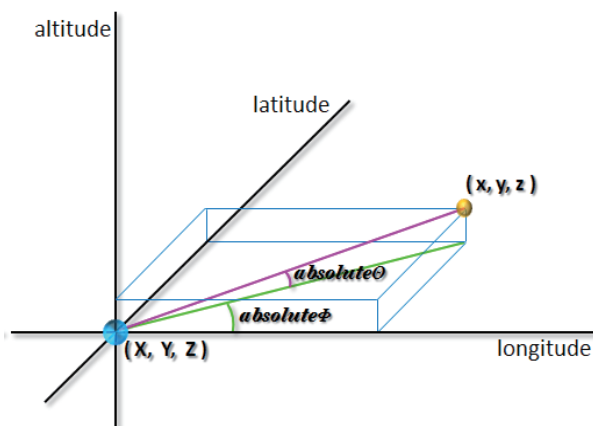


図3 対目標物角度算出

ら現在の位置  $(X, Y, Z)$  までのベクトルにより列車の傾きを表す。このとき、列車に設置してあるカメラの撮影方向は列車の進行方向と一致していることとする。 $(X, Y, Z)$  はそれぞれ（経度,緯度,高度）である。

次に、列車の位置から見た、目標物が設置されている位置までの角度を算出する。列車の傾き算出と同様に、列車の位置  $(X, Y, Z)$  から対象となる目標物の位置  $(x, y, z)$  までのベクトルが求められる角度である(図3)。これらを画像上に反映させることで、対象物の位置を特定する。

#### 3. 3. 信号機の判別方法

3. 2. までで特定した範囲から信号機を判別する手法を示す。特定した範囲から二値化を行い、図4のように信号機の黒い枠部分（図中の赤又は黄色く塗りつぶした部分）を特定する。その後、現示している部分（赤又は黄色の塗りつぶした部分内部の抜けている部分）の位置から現示されている色を特定する<sup>3)</sup>。

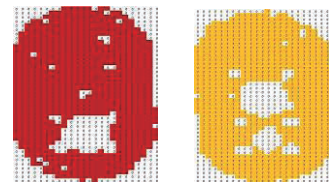


図4 信号機の判別

#### 3. 4. 踏切遮断かんの動作検知手法

同様に、踏切遮断機の開く様子を検知する手法を図

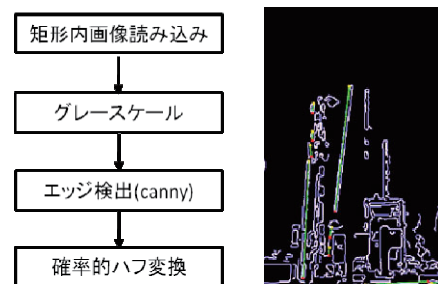


図5 画像処理の流れとその様子



絞り込み前

絞り込み後

図6 遮断かんの抽出の一例

5に示す。グレースケール化などの下処理の後、canny法によりエッジの検出を行い、確率的ハフ変換によりエッジ画像から線分の抽出を行う。この時、近傍の電柱などの建造物を除外するため、極端に短いものや水平から5度までの線分を除外している(図6)。抽出された遮断かんの角度と長さから遮断かんの開動作を判断する。

### 3. 5. 発条転てつ機転換検出手法

発条転てつ機も同様に、矩形によって捉えられた画像を切り出し、直線部分の抽出をしやすくするため二値化とアンシャープマスクによって画像の補正を行

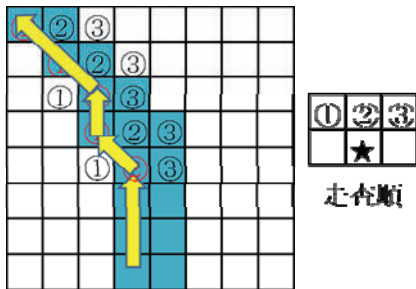


図7 レール走査の原理(左側面)

う。アンシャープマスク後の画像から、レールを抽出し、そこからレールのエッジを画像の上端まで探索する(図7)。片側のレールの左側面と右側面を走査している時、二つの線の距離が変わらなければ同じレールを走査していると判断し、離れば転てつ機周辺を走行したと判断する。2本のレールのうち、転てつ機周辺と判断したレールが線路の右側か左側かで定位か反位かを判断する。

## 4. 試験

以上の手法を組み込んだ装置を開発し、動作確認及び精度検証のために、実路線での試験を行った。

### 4. 1. 試験条件

まず、対象となる踏切遮断機及び発条転てつ機の中心の位置情報をGPS受信機で取得し、誤差を修正するためにマップマッチング補正を行う。算出された位置情報は、事前に目標位置として登録しておく。そして、車上にGPS受信機とカメラ、本システム搭載のPCを設置し、測位と撮影を行いながら試験区間を走行した。設置の状況を図8に示す。試験路線は真岡鐵道の真岡線、試験区間は下館～茂木間にて試験を実施した。

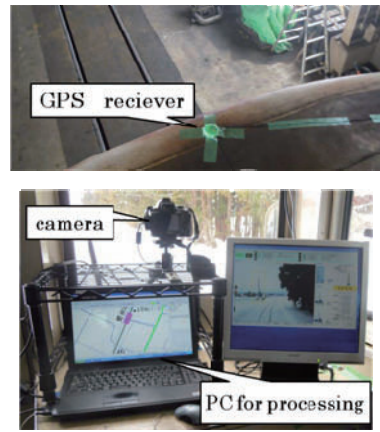


図8 各機器設置の様子

## 4. 2. 試験結果

### 4. 2. 1. 信号機の判別

走行中に目標を検出する動作の確認を行った。図9にその一例を示す。信号現示色の判別はほぼ正確に行うことができた。



図9 信号機検出の様子

### 4. 2. 2. 踏切遮断機の動作の判別

遮断機についても、複数ある直線の中から遮断かんの棹部分の直線のみを認識し、その角度と長さの条件から遮断機の動作が確認できた。図10に一例を示す。図中、画像内の直線が点線表示の場合は遮断かんであると認識しているが、開ききっていないと判断している状態(図中左)、直線が破線表示になると遮断かんが開いたと判断している状態(図中右)を指す。

試験中、(1)遮断かんを認識できない場合や、(2)遮断かん以外の直線を遮断かんとして認識してしまう場合、(3)上がっている最中の遮断かんを認識したが開検知にいたらなかった場合があった。(1)、(2)は、画像処理において遮断かんのみを直線として認識できれば解決できるので、それぞれの踏切遮断かんにあった条件としきい値を検討していく必要がある。(3)の原因は、遮断かんと認識する条件として垂直の直線



は除外していたため、垂直まで上がる遮断かんの認識ができなかったことが考えられる。これについては、角度によって線分を除外するのではなく、垂直線の増減から遮断かんを判断できるようにするなどの対策が必要である。



図 10 開検知の様子

#### 4. 2. 3. 発条転てつ機轉換検出手法の動作

発条転てつ機轉換検出手法の動作を確認した。今回の実験では、画像が取得できる距離で定位に戻らなかったため、轉換の様子は検出できなかったが、転てつ機そのものを検出することはできた。図 11 にその様子を示す。破線は左右レールを左上方向に走査した結果を、点線は左右レールを右上方向に走査した結果を示している。試験中、画像の強調を行っているが、レールの影に凹凸があり、直線として認識しづらい場合が見られた。こちらも踏切遮断機開検知同様、画像の強調方法を再検討する必要があると思われる。

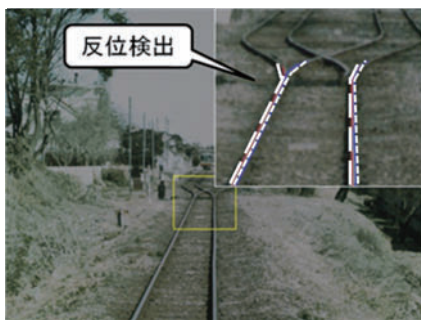


図 11 反位検出の様子

#### 5. 予防保全への取り組み

以上、GPS と画像処理技術を使い、営業列車から各装置の状態を検出できることが確認された。これらのデータを同じ路線において長期的に取得して、その経年変化を解析することにより、予防保全が可能となると考える。例えば、踏切遮断かんや転てつ機については、その動作時間によって劣化を判断できると考え

られる。信号機の灯火の輝度の減少については、色相、彩度、強度それぞれと輝度の関係を実際の信号機画像を用いて検討したところ、図 12 に示す彩度の下限値に差がみられることが分かった。このため、彩度の下限値をデータとして蓄積することで、予防保全システムとして検出出来る可能性がある。

従って、今後は、さらにデータを蓄積することにより、予防保全論理の深度化を進める予定である。

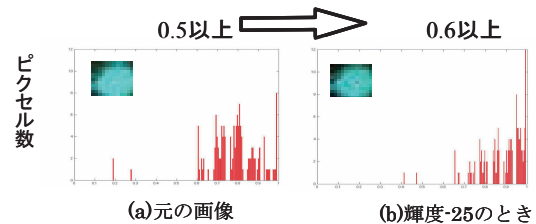


図 12 輝度と彩度の関係

#### 6. おわりに

以上、省コストを目的とした鉄道用予防保全システムの画像解析による動作検出について試験を行い、一定の効果を確認し、予防保全システムとしての可能性を示した。

これらにより、本方法によるデータ蓄積は、劣化の診断が可能となり、結果として、保守周期延伸等の技術基準改正にも活用可能となる。さらに、保守周期の予防保全技術が確立されれば、地方鉄道の保守費、信号保安設備費の節約に資することが可能となり、列車運行の信頼度向上や安全性向上も図られる。その結果、地方鉄道の運行本数の拡大等による活性化が可能となる。

#### 文 献

- (1)国土交通省鉄道局、：平成 20 年度鉄道統計年報，株式会社電気鉄道研究会，2010.
- (2)本山 信介他：「GPS と画像センサを利用した踏切遮断機の検出に関する検討」，電気学会交通・電気鉄道/リニアドライブ合同研究会資料，TER-11-023 ，LD-11-022 ， pp.5-8, July.2011
- (3)鈴木 貴明他：「画像センサと GPS を利用した鉄道の予防保全システムのための信号現示判別に関する研究」，電気学会交通・電気鉄道研究会資料，TER-10-030 ， pp.5-8, July.2010