

磁界センサを用いたレール破断検知方法の提案

AE15041 佐藤 尚輝

指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

日本においては近年、旅客数量、旅客人キロともに年々増加しているというデータが公表されている^[1]。つまり、鉄道の需要が高まっているということであり、鉄道事業者はより良い鉄道サービスをお客様に提供することが必然になっている。

現在、東日本旅客鉄道の管轄内においてATACS (Advanced Train Administration and Communication System) の導入が進められている。ATACSとは、各営業列車や踏切などの地上設備に無線機を設置して基地局と無線通信を行うことによって営業列車の在線位置を検知するシステムである^[2]。ATACSを導入することによって得られる利点は2つ存在する。まず1つは列車の運行本数を増加させることが可能であるということである。これは、ATACSが移動閉塞システムを導入していることによるものである。前述したように鉄道の需要が高まっている日本においては大きな利点である。他方の利点はメンテナンス業務の簡単化である。これは、従来の列車制御システムである軌道回路を用いた列車制御システムよりもデバイスの量が減少するからである。少子高齢化が進行しており、労働力が不足している日本においてはこちらも大きな利点である。ATACSによる列車制御システムの原理を図1に、従来の軌道回路を用いた列車制御システムの原理を図2に示す。

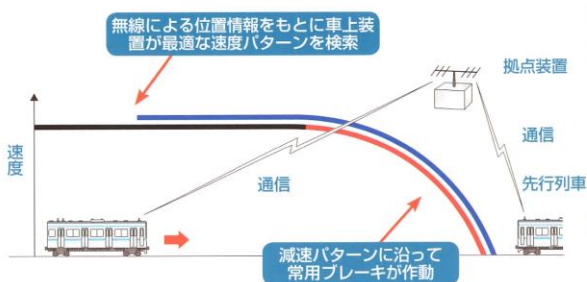


図1 ATACSによる列車制御システムの原理^[3]

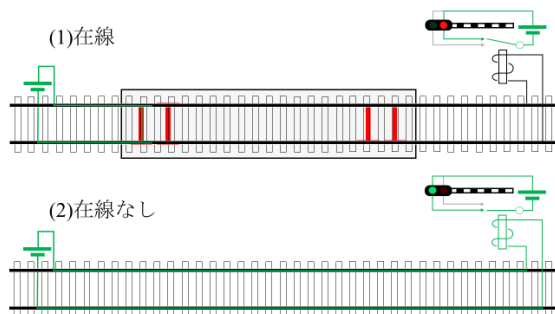


図2 軌道回路を用いた列車制御システムの原理

2. 研究目的

ATACSの導入が進むことにより軌道回路が不要となるため、これまで副次的に行っていたレール破断の検知が不可能になる。レール破断検知専用車両も存在するが、営業列車が運行していない終電から始発までの時間帯のみの検知となる。レール破断は列車の脱線の原因になりうるため、迅速に検知することが必要である。

本研究では、電化区間を走行する電気車両を対象とする。レールに流れる帰線電流を台車に設置した磁気センサで計測することで、破断の検知を行うことを提案する。そして、安価かつ効果的な破断検知方法を確立して、安全性の向上に寄与することを目的とする。そのために、まずは鉄道模型を用いて小型化してレール破断検知方法を構築する。

3. 破断検知原理

レールは左右対称に敷設されており、平常時は両方に均等な帰線電流が生じる。しかし、破断が生じている場合には、左右に流れる帰線電流が不均等となる。この不均等な電流を計測すれば破断検出が可能であると考えられる^[4]。計測方法は、地上に計測装置を設ける方法と、車上に計測装置を搭載する方法が考えられる。後者の方が営業車両を利用して広範囲に計測できるため有利であると考えられる。図3のように台車中央下に磁気センサを設け、レールに流れる帰線電流を非接触で検出することを本研究では提案する。破断の有無による帰線電流の違いのイメージ図を図4に示す。

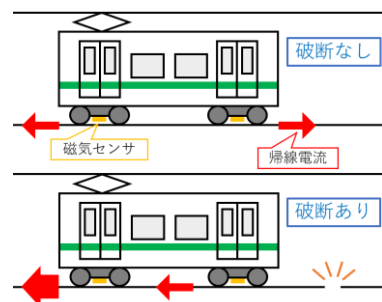


図3 破断検知の原理

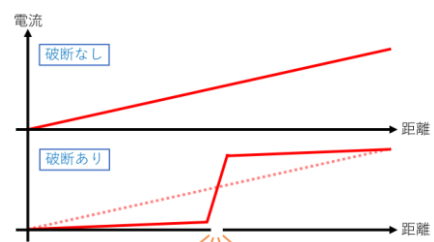


図4 破断の有無による帰線電流の違い

4. 帰線電流測定装置の構築

4.1 帰線電流測定回路

走行しながら連続かつ高精度に電流分布を計測できるかどうかは未知である。そのため、鉄道模型 (HOゲージ) を用いた原理検証機により確認を行った。鉄道模型を用いた原理検証に用いる帰線電流測定回路図を図5に示す。測定データを無線でPCまで通信させるために、TWE-LiteとToCoStickを使用した。また、磁気センサには両極アナログ出力が可能なホールセンサ、A1324LUA-Tを使用した。

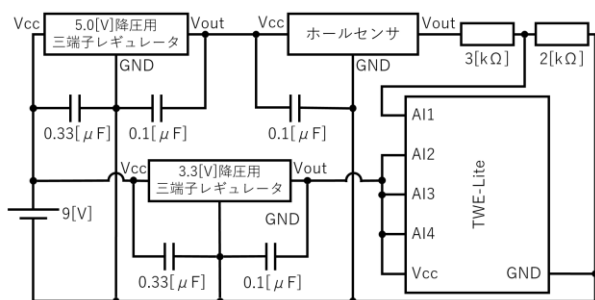


図5 帰線電流測定回路図

4.2 帰線電流測定回路の動作確認

先の図5に示した帰線電流測定回路図をブレッドボード上で製作して、動作確認を行った。検証結果を図6に示す。

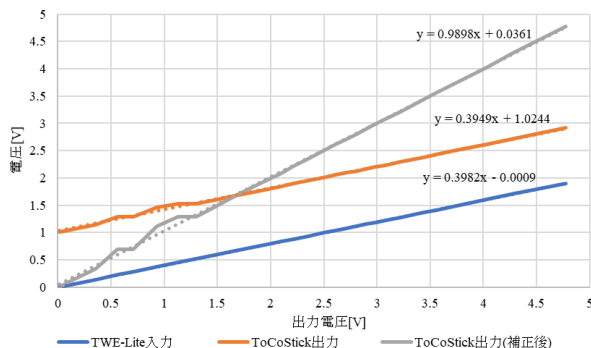


図6 帰線電流測定回路動作確認試験結果

ホールセンサの出力は0~5[V]であるが、TWE-Liteの各端子には3.3[V]までしかかけられない上、ToCoStickの特性として最大で2[V]までの電圧変化にしか対応できないため、ホールセンサの出力電圧を最大で2[V]になるように分圧しているが、ToCoStickの出力に補正をかけることでホールセンサ出力電圧と同じような線形性を得ることができた。

先の図6の帰線電流測定回路の動作は正常であることが確認されたため、これを用いて検証を行ったが、TWE-LiteとToCoStickの性能の問題から、帰線電流を計測することは不可能であった。

5. 理想帰線電流分布解析

先までの議論を理論的に行うために、図7のような理想帰線電流分布解析を行う。今回作成した理想帰線電流分布解析ではレール抵抗、き電線抵抗、帰線電流合計値、レールボンド抵抗、漏れコンダクタンス、破断位置、き電線長の7つのパラメータが設定可能であるため、かなり多様な状況におけるシミュレーションが可能である。しかしながら、アルゴリズムの構成上、き電区間が10[km]と固定であることが課題点である。

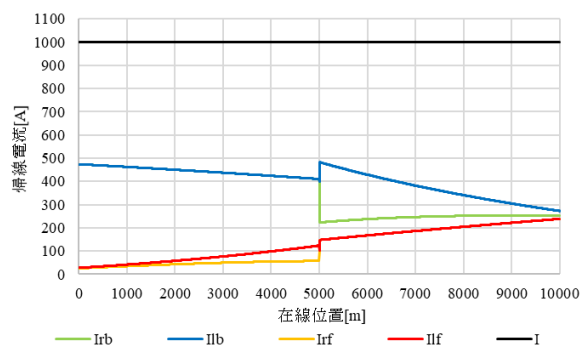


図7 理想帰線電流分布解析(破断なし)

6. まとめと展望

先の図5のシミュレーション回路が正常に動作するかどうかは確認することはできたが、帰線電流測定試験は失敗に終わった。原因は解明されているため検討を重ねる必要がある。

理想帰線電流分布解析は様々な状況が想定可能であるため、多様な解析が可能となった。

列車は加速・惰行・減速 (回生ブレーキ使用) を繰り返し、また複数が同一レール上を走行する。これを考慮した検知アルゴリズムを開発する必要がある。これを検証するため、現業機関の協力を得て、鉄道用地内に設置してデータを取得する予定である。

参考文献

- [1] 国土交通省 「鉄道輸送統計年報 旅客数量及び旅客人キロ年度別推移」
<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/10/annual/10a0excel.html>
- [2] 樋浦 昇, 「無線を用いた列車制御システム ATACSの概要」 JR EAST Technical Review No.43 (2013)
- [3] 谷藤 克也, 「プロが教える 電車の運転としくみがわかる本」, オーム社 (2013)
- [4] 本間 健一・鈴木 雅彦, 「帰線電流を活用したレール損傷検知装置の実用化開発」, 東日本旅客鉄道株式会社 (2012)