

直流高電圧き電用電力変換器における回生電力有効活用のための制御方法

吉井剣 生出珠之助

直流電気鉄道は交流電気鉄道と比較して低圧大電流のシステムであり、電車線やレールの電気抵抗による電車線電圧降下や、それに伴う電力損失が大きいという課題があります。抜本的な対策法として電車線電圧の昇圧が挙げられますが、車両等の膨大な設備の改修や新製が必要になり、現実的には困難です。そこで、既存の電車線の電圧はそのままに、より高い電圧で運用する高電圧き電線を新たに設け、電力変換器で電車線と接続する高電圧き電方式が提唱されています。

本研究では、単巻変圧器(AT)を使用した

交流ATき電方式と高電圧き電方式の類似性に着目し、ATの特性を直流回路上で模擬するように変換器を制御する方法(DC-ATき電方式)を考案しました。このDC-ATき電方式がもたらす回生電力融通の促進効果と、高電圧き電線で電力融通することによる損失低減効果を併せて、大きな省エネ効果が得られることをシミュレーションにより確認しました。

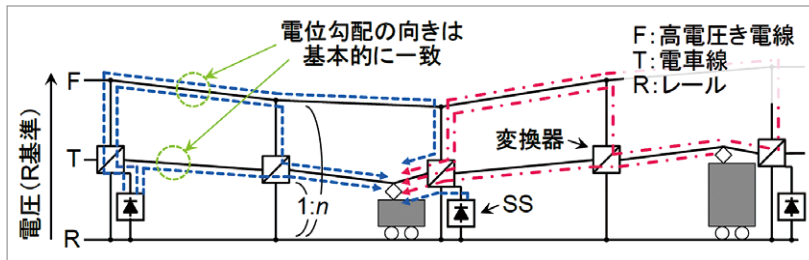


図 DC-ATき電方式の電力フローと電位勾配

摩擦熱に起因するトロリ線とすり板の機械的摩耗形態の分類

山下主税 根本公紀

集電材料であるトロリ線やパンタグラフすり板は、接触力や走行速度、集電電流などのさまざまな要因によって摩耗します。これまで集電電流によるジュール熱が摩耗形態に与える影響は明らかにされてきましたが、しゅう動による機械的な摩耗機構については十分に解明されていませんでした。

そこで、機械的な摩耗の主要因として摩擦熱に着目し、しゅう動中の熱起電力を測定することで接点温度を測定可能な回転型摩耗試験機を新たに開発し、接点の温度と摩耗形態

の関係を調査しました。摩擦試験の結果、摩擦係数や摩耗面より機械的な摩耗には4種類の形態が存在することが明らかとなりました(図)。さらに、接点温度の観点から各摩耗形態のメカニズムについて考察し、温度上昇によるトロリ線およびすり板の軟化が摩耗形態の発現にとって重要な要因であることを明らかにしました。

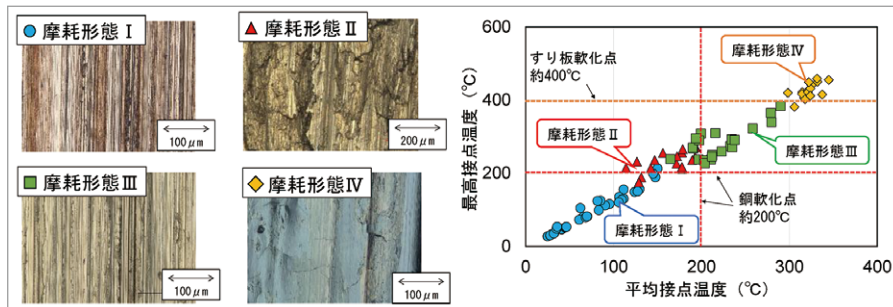


図 摩耗形態の発現条件と各摩耗形態の模擬トロリ線摩耗面

直流電車線路の点検を想定した無人航空機飛行可能エリアの提案

森田岳 樋口靖展 笹川卓

直流電気鉄道の電車線路の点検に無人航空機(ドローン)を活用するにあたり、直流磁界の影響によりドローンの飛行制御や姿勢制御に支障が生じる懸念があります。そのため、ドローンが飛行できるエリアの検討を行いました。

ドローンが許容する外部からの直流磁界レベル(イミュニティ)は、文献調査と2台のドローン製品における実験検証により、安全側運用基準値として $10\mu\text{T}$ 程度が適切であるとわかりました。また、停電時の点検で重要となる電車線支持物近傍の残留磁界レベルを、営業設備での実測調査と有限要素法による電磁界解析により検討しました。その結果、磁界レベルが $10\mu\text{T}$ 以下となる最小離隔は、電柱やビーム等の鋼材では1m程度、下束端部などの突起状の

磁性体端部からは2m程度とわかりました。これら結果から、代表的な装柱に対するドローンの飛行可能エリアを、図(緑色で表示した部分)のように提案しました。

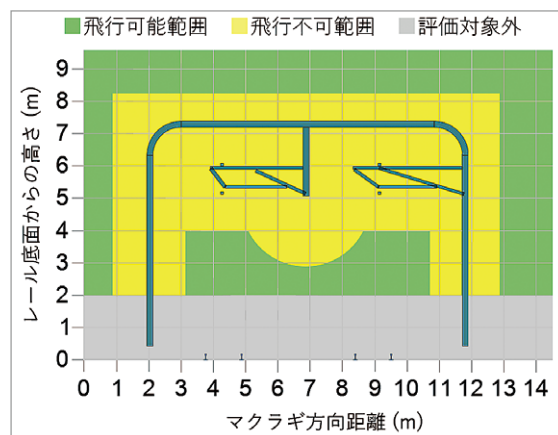


図 鋼管ビーム区間におけるドローンの飛行可能エリア(案)

ポリマーがいしの構造と劣化形態に着目した 保安全管理方法の提案

柴田直樹 白木理倫

ポリマーがいしは、コンパクトで軽量なため施工性や耐震性に優れていること、外被材の有する撥水性により優れた耐汚損性を有していることから、近年使用が拡大しています。しかし、ポリマーがいしの課題の1つとして、劣化評価方法が確立されていないことが挙げられています。近年では長期使用による不具合も発生しており、磁器がいしと異なるメカニズムで劣化している事例も見受けられます。

他方、電気鉄道におけるポリマーがいしの検査は、一部の事業者を除き、磁器がいしと同一の検査を行っているのが現状であり、ポリマーがいし特有の劣化に対応した保安全管理方法の確立が望まれています。

そこで、鉄道電力設備の安全性向上に資することを目的として、ポリマーがいしに関する過去の事故調査や撤去品の調査を行い、ポリマーがいしの構造と劣化形態に対応したポリマーがいしの保安全管理方法について検討を行いました。

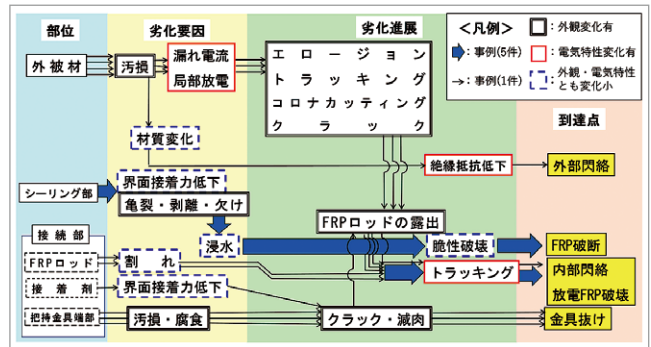


図 不具合事例の劣化要因図

公開データによる気象情報や地形情報を用いた がいし汚損度推定手法

白木理倫 柴田直樹

電気鉄道の電気絶縁に関する設計や保安全は、各鉄道事業者の電気工作物（例えば、電車線路）設計施工標準で定められている塩害対策に則り実施されています。この対策は塩害区間に対して実施されていますが、塩害区間は沿岸部に広く設定されている場合が多いと想定されます。もし、実情に即して塩害区間を細分化できれば、設備のスリム化や保安全管理の省力化を図ることが可能となります。

そこで、アメダスデータ（風向・風速・降雨）の気象情報や国土地理院による離岸距離などの地形情報という公開データを用いて、通常汚損に対する明かり区間の任意地点でのがいしの汚

損度（設備に飛来する海塩粒子の量）を推定する手法を提案しました。推定値と実測値を比較し、本手法は任意区間の汚損度設定などに適用できる推定精度を有することを確認しました。本手法により、汚損リスクが低い箇所と高い箇所を定量的に示すことができ、塩害区間の細分化が可能となります。

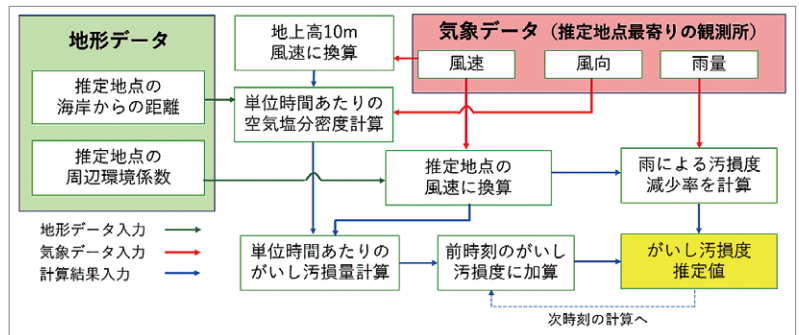


図 がいし汚損度推定アルゴリズム

トロッコ線の連続許容交流アーク電流値の導出手法

早坂高雅 和田祥吾

交流電気鉄道で発生するアークに関しては、これまで走行時の交流アークがトロッコ線の摩耗に与える影響についての研究などが進められています。しかし、交流の連続アークがトロッコ線を断線させる条件を実験などで定量的に評価した研究報告は見当たりません。そこで、筆者らは、これまでにトロッコ線とすり板間に発生したアークがトロッコ線に与える影響について研究を進めてきました。

本論文では、交流アークによるトロッコ線断線実験の結果について述べ、交流アーク電流値とトロッコ線断線時間の関係および交流アークによる電力がトロッコ線の温度上昇に寄与する割合を明らかにしました。さらに、交流アークが連

続して発生してもトロッコ線が断線に至らない電流値を導出する手法を提案します。

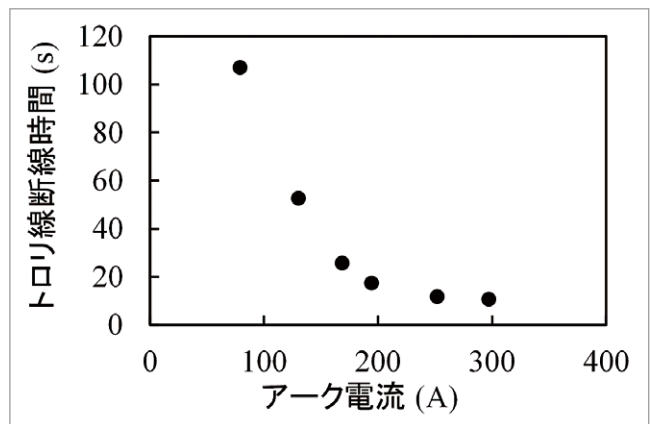


図 トロッコ線断線実験結果

耐震性能を向上した曲線引金具の開発

常本瑞樹 山下義隆 和田一範 小林武弘 佐藤修平 池田国夫

架空電車線の曲線引金具は、集電性能を考えた場合には軽量化が求められる一方、地震により損傷する恐れがあることから耐震性向上も求められます。近年の地震においても、土木構造物に顕著な被害が発生していないにもかかわらず、曲線引金具など電車線路設備の破損が発生する事例がみられます。また、新幹線で現在多く使用されている曲線引金具は、地震時などに外観検査で確認するのが難しい箇所なき裂が発生するため、その後の検査において亀裂が発見できない可能性があります。

そこで本研究では、金具架設時の集電性能の

低下を抑えつつ、L1地震動において速やかに運転再開するという架線金具の耐震性能目標を満たし、かつ外観検査で損傷の発見が容易な曲線引金具を開発しました。そして、曲げ強度試験により開発品が耐震性能を満たしていることを確認しました。さらに、営業線架設試験により開発品架設時の集電性能が良好であることを確認しました。

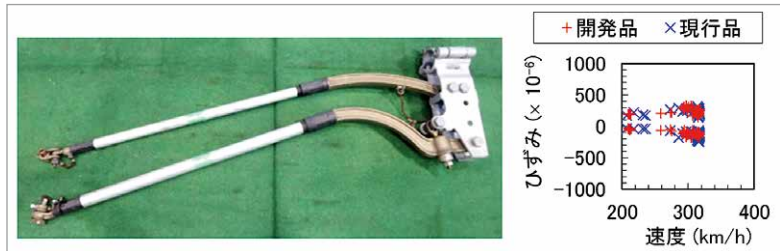


図 耐震性能を向上した曲線引金具の外観写真と営業線架設試験結果

高速パンタグラフ試験装置を用いた集電系ハイブリッドシミュレーション手法

小林樹幸 小山達弥 原田智

架線とパンタグラフの間のしゅう動状態を考慮しながら、パンタグラフの集電性能を定置で評価する手法として、高速パンタグラフ試験装置を用いたハイブリッドシミュレーション (HS) 手法を開発しました。集電系HSでは、実時間計算で得られた架線モデルの変位を用いて加振機がパンタグラフ舟体を加振します。架線モデルの実時間計算には、加振機・舟体間の接触力が必要ですが、高速パンタグラフ試験装置では回転円盤と舟体をしゅう動させるため、ロードセルによる力計測を行えません。そこで、舟体に生じるひずみに基づく接触力推定を用いたHS手法を開発しました。パンタグラフが走行速度300km/hで走行する条件でHS試験を実施して、別途実施した架線・パンタグラフ

系シミュレーション結果とHS試験結果を比較したところ、支持点通過周波数に相当する約1.7Hzの接触力変動を開発したHSによって表現できることを確認しました。

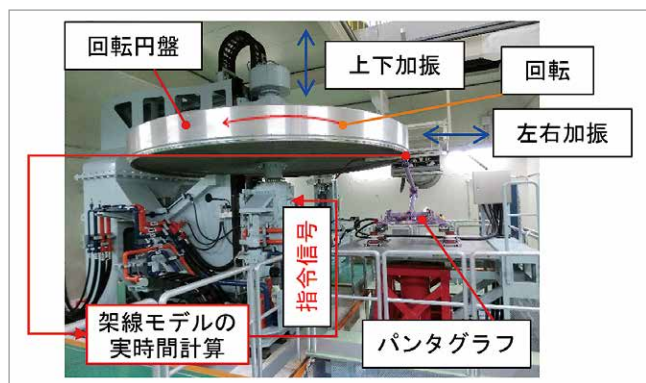


図 高速パンタグラフ試験装置を用いたハイブリッドシミュレーション