

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# フランスの鉄道事情とフランス国鉄(SNCF) との共同研究

フランス国鉄と鉄道総研との共同研究は1995年からおおむね2年から3年を1つの区切りとして実施され、現在第7次目が進行中です。筆者は、第6次中の2013年2月から2014年12月までの約2年間、集電関係の共同研究テーマである「架線の検査と予防保全」に関する研究を行うためフランス国鉄の技術局電力部に出向しました。ここでは、フランス国鉄の組織、出向先である技術局電力部における研究開発、出向中に実施した共同研究「架線の検査と予防保全」の内容について紹介します。



**山下 義隆**  
Yoshitaka Yamashita  
鉄道力学研究部  
集電力学研究室  
主任研究員  
【専門分野】 架線・パンタグラフの相互作用

## はじめに

フランス国鉄と鉄道総研との共同研究(日仏共同研究)は1995年から実施されており、おおむね2年から3年を1つの共同研究期間として今まで継続されてきています。現在は、第7次日仏共同研究が実施されています。筆者が関わる集電技術に関する共同研究は、2007年(第4次日仏共同研究)から共同研究テーマの1つとして加えられました。集電技術に関連するグループでは、毎年パリあるいは東京で共同研究のミーティングを行い、両組織の関連メンバーと情報交換を実施しています。

筆者は、第6次日仏共同研究期間中の2013年2月から2014年12月までの約2年間、フランス国鉄技術局電力部に出向職員として派遣されました。出向中は、集電関係の共同研究テーマ「架線の検査と予防保全」に関する業務に携わっていました。

## フランス国鉄の組織改正

出向終了直後の2015年1月に、フランス国鉄の組織が大幅に変更されました。2014年12月までと2015年1月からのフランス国鉄の組織図を図1に示します。2014年12月までは、フラン

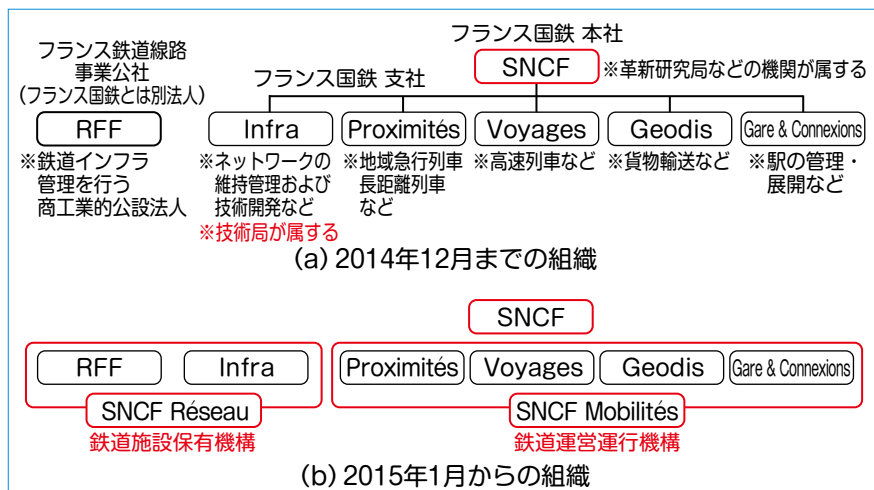


図1 フランス国鉄の組織図

ス国鉄本社の下に5つの支社が組織されていました。これとは別に、上下分離の下「インフラ管理」を担当する組織として、別法人であるRFF（フランス鉄道線路事業公社）が存在していました。2015年1月からは、業務の効率化のために、SNCF InfraとRFFを統合したSNCF Réseau（鉄道施設保有機構）、SNCF Infraを除く4つの支社を統合したSNCF Mobilité（鉄道運営運行機構）、およびSNCFの3つの商工業的公設法人に再編されました。新組織では、SNCF Réseauが上下分離の下をSNCF Mobilitéが上「運行・運営」を担当しています。筆者が所属した技術局電力部は、2014年12月まではSNCF Infra内の組織でしたが、現在は、SNCF Réseauの一組織です。

### 技術局における研究開発

SNCF Infraの技術局電力部では、研究業務も実施しています。研究開発を実施する部署は、技術局以外にも研究革新局（SNCF内）があります。両組織の役割分担については、研究革新局では長期スパンの研究プロジェクトを主に担当し、技術局は短期的に成果が求められる研究を主に実施しています。ただし、技術局においても、例えば「ロボット技術の導入によるメンテナンスの省力化・効率化」などの長期間にわたるプロジェクトも実施しています。また、技術局と研究革新局が共同で進める研究プロジェクトもあります。技術局電力部の研究テーマは、メンテナンスコストや試験コストの低減に関するプロジェクトが多くを占めています。鉄道総研との共同研究テーマである「架線の検査と予防保全」も架線設備の効率的なメンテナンスを実現することによるメンテナンスコストの

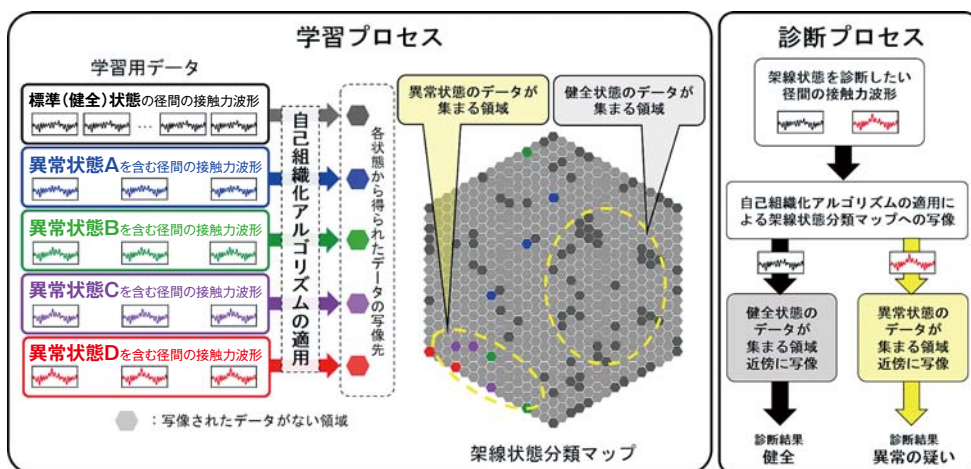


図2 架線異常分類・検知手法の基礎検討例

低減を目指したテーマです。フランス国鉄としてこのようなテーマに重点を置く背景には、格安航空や長距離バスあるいはカーシェアリングサービスとの熾烈な競争の中で業績が悪化していることが挙げられます。

また、フランス国鉄における営業速度の高速化に関する具体的計画は今のところありません。そのため、高速化に関するテーマは技術局および研究革新局の研究テーマにはありませんでした。フランス国鉄の職員から聞いたところによると、現状の営業速度320km/hを超えた運営は、現時点ではフランス国鉄にとって損益分岐点を下回ると経営陣が判断したということです。

### 共同研究「架線の検査と予防保全」

筆者が出向中に実施した研究テーマは、架線異常の分類・検知手法の基礎検討です。この手法は、パンタグラフに取り付けたセンサーからの情報を基に、架線の状態を把握するというものです。本手法ではまずセンサーから得られた情報に対して統計処理および自己組織化アルゴリズム<sup>1)</sup>(※参照)を適

用して、データの特徴分類を行います。類似する特徴を有するデータは、2次元マップの近傍に写像されます。異常な架線状態のデータをあらかじめ学習しておくことにより、測定データが異常を含む架線から得られたものである場合には、当該の測定データはマップ上の異常を示す領域に写像されます。そのため、当該データの写像位置から、データが得られた架線の異常の有無を判定することができると考えられます。

当該のテーマでは、SNCFが開発した架線・パンタグラフ系シミュレーションソフト「OSCAR<sup>2)</sup>」を用いて上記手法の検討を実施しました。図2は、本手法の概略図を示したものです。4種類の異常状態A～D（曲線引き金具の引き角度がそれぞれ40°、30°、20°、0°、標準状態は10.4°）を分類・検知することを目指したものです。学習用シミュレーションの結果群（学習用データ）から作成した架線状態分類マップは、特徴抽出により状態の妥当な分類ができていたことを示しています。これを架線の状態診断に用います。診断では、架線状態を診断したい対象の径間から得られたデータに自己組織化ア

#### ※ 自己組織化アルゴリズム

教師なしのニューラルネットワークアルゴリズムで、多次元データを2次元平面あるいは3次元空間へ写像するデータ解析方法。類似度が高いデータ群は平面あるいは空間の近傍に写像される。



図3 フランス国鉄で開催されたミーティングの様子



図5 鉄道総研で開催されたミーティングの様子

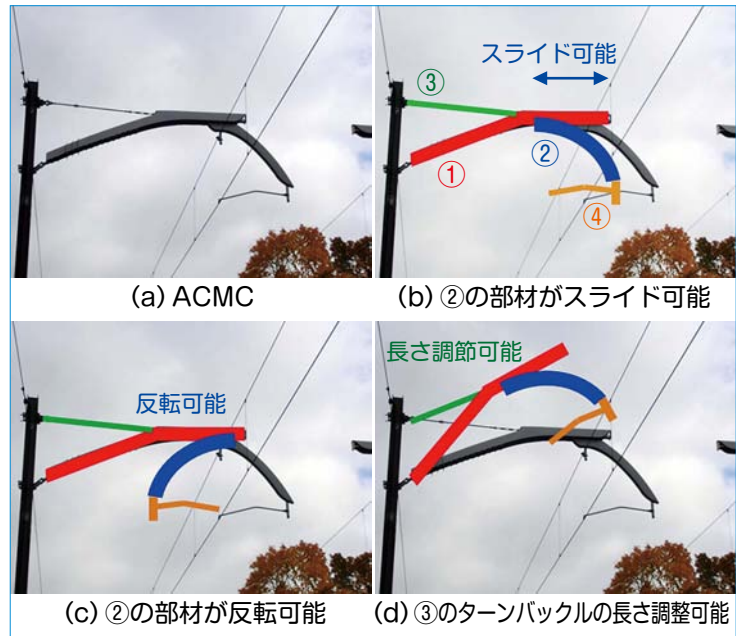


図4 複合材料製ブラケット (ACMC : Armement Caténaire en Matériaux Composites)

ルゴリズムを適用し、架線状態分類マップへの写像を行います。診断用データのマップ上の位置から架線の状態をするというのが本手法による架線の診断方法です。本研究はすべてシミュレーション結果を用いて実施しましたが、今後はシミュレーションベースの検討だけでなく、試験データに対する分類・検知精度の確認など実用化を意識して進めたいと考えています。

### 共同研究ミーティング

フランス国鉄と鉄道総研の共同研究テーマのうち、「架線の検査と予防保全」では年に一度の頻度で日仏の担当者同士が顔を合わせて共同研究ミーティングを行っています。このミーティングではテクニカルビジットを組み入れるなど、有益な情報交換も実施しています。

#### (1) フランスでのミーティング

2015年は、パリにてミーティングを実施しました(図3)。2日間で、合計15のトピックについて議論を行いました。3日目のテクニカルビジットでは、フランス国鉄の営業線に試験導入されている新しい電車線支持構造を見学しました(図4)。この電車線支持

構造は、ACMC(複合材料製ブラケット)と呼ばれており、図4中の部材①および部材②は複合材料(GFRP)製です。したがって、<sup>かい</sup> 碍子を設けずに絶縁を図ることができます。また、両者はそれぞれ一体成型されており、部材①に設けられているレール上で部材②をスライドさせることによって、ちょう架線およびトロリー線の左右偏位を同時に調整することができます(図4(b))。部材②は反転させることが可能であり、架線を内引き・外引きする場合のどちらに対しても使用することが可能です(図4(c))。ちょう架線高さの調整は、部材①と部材②の接続部において部材①に対する部材②の鉛直方向の取り付け位置を調節することで可能であり、トロリー線高さの調整は、部材②の振れ止め金具の鉛直方向の取り付け位置を調整することで可能です。また、部材③のターンバックルを調整することにより全体の角度を変更することも可能です(図4(d))。現在はまだ試験導入段階なので、製作コストが従来品よりも大きいようですが、試験導入結果により耐久性や集電性能に問題がないことが確認されて量産化されれば、メンテナンスコスト低

減の影響も含めて全体的に大きなメリットが出るとの試算のようです。このような架線支持構造の構想は2005年ごろの情報を見つけることができますが、実際に試験導入している最新の状況を見ることができ、有益な情報収集の機会であったといえます。

#### (2) 日本でのミーティング

一方、日本でミーティングを開催する際にはJR各社あるいは民鉄・メーカーの皆様にご協力をいただける範囲内で試験現場や製造現場などを視察するテクニカルビジットを実施しています。2014年に東京で開催したミーティング(図5)では、東日本旅客鉄道様の多大なるご協力により、電車線路更新工事用の作業車などの見学および東日本旅客鉄道様も交えた意見交換会をテクニカルビジットとして組み込みました。フランス国鉄では、パリ市内をセヌ川沿いに東西に走るRER(参照)C線の電車線路の経年劣化が深刻で、更新工事が重要課題となっています。当該路線は比較的運行密度が高く、

参照 RER  
Réseau Express Régional (地域急行鉄道網)



図6 筆者の職場

パリ郊外からパリへの通勤にとって非常に重要な路線であるため、更新工事のために運休させることが難しく、また工事車両の接近が困難な箇所が多いため、どのように更新を実現するかについて頭を悩ませています。こうしたテクニカルビジットはフランス国鉄にとって非常に有意義であり、現在進められているC線の更新工事の検討にもその成果が活かされていると聞いています。今後もこのように双方にとって有意義な共同研究を継続できる良好な関係を維持していきたいと考えています。

### フランス国鉄での研究開発

フランス国鉄では例えば前述のシミュレーションソフトOSCARを開発するグループがその妥当性を評価するための現車試験を実施することはほとんどなく、他のグループに試験を委託するなど、分業が明確になされています。さらに技術局電力部の職員はプロジェクトの管理を行い、実際のプログラムコードの作成・修正やパンタグラフモデル作成のための特性調査試験は外部の専門機関に委託しています。それぞれの役割を専門性の高い内外機関に委託することで、非常にスピーディな開発がなされているという印象を受けました。ただし、プロジェクトの管理者がプロジェクトの詳細を把握していることは少ないため、全貌を把握するための情報収集は、非常に困難で、苦勞



図7 SNCF本社ビル

しました。委託業者の変更や、担当者の変更に伴って消失するノウハウもあるのではないかと懸念されます。また、他のプロジェクトではあまりにも多くの外部機関が関係するために、管理が上手くいかずにプロジェクトがほとんど進捗しないという事例も見受けられました。明確な役割分業にも一長一短があります。このような役割分業は、フランスのワークシェアリングの考え方に基づくものであるため、フランス国鉄のみならずフランスの多くの企業で同様の状況にあるといわれています。

### フランスでの生活

フランス滞在時に筆者が勤務していた職場(図6)は、パリ北郊のサンドニ市にあります。最寄駅は、パリ北駅からRER D線で一駅の「Stade de France Saint Denis」駅です。この地域は、近年オフィス街として発展してきており、SNCF本社ビル(図7)も2013年にパリ市内からこの駅の正面に移転してきました。筆者の自宅としてパリ市内のアパートを借りることができましたので、メトロとRERを乗り継いで30分強の電車通勤をしていました。通勤時間帯の車両は座席に空きがあることは少ないですが、立ちながらゆったり読書をするほどの空間を確保することができます。ただし、列車遅延が発生すると東京の通勤時間帯のように混雑します。列車遅延による混雑には何度か見舞われましたが、その度に日本の通勤ラッシュに思いをはせていました。

SNCFの他のオフィスに出勤するこ

とや仕事後に同僚と食事に出かけることもよくありましたが、パリのメトロ・RERの駅構内および地下道の案内はわかりやすく、地面・壁面・天井の案内板を歩きながら眺めていけば、初めて訪れる場所であっても感覚的に乗り換えホームへの移動や目的の出口にたどりつくことができます。

フランスでの生活に徐々に順応し、フランス語も少し話せるようになってくると、公私ともに活動範囲が広がりました。業務に限っていえば、他企業との打ち合わせに参加したり、研究の進捗状況を部の全体ミーティングで発表したり、夜間の現場に作業員として同行したりと貴重な経験ができました。

### おわりに

現在進行中のフランス国鉄と鉄道総研との第7次日仏共同研究は、2016年9月に終了し、第8次へと継続される見通しです。前述したように、集電技術関連のミーティングでは、これまでにJR各社、民鉄およびメーカーの方々にテクニカルビジットにおいて多大なご協力をいただいています。皆様にご場を借りてお礼申し上げます。

今後も共同研究を通じて「架線の検査と予防保全」に関わる技術の構築はもちろん、日本の鉄道技術を理解し、その良いところをフランス国内の設備に反映してもらえよう関係を築いていきたいと考えています。RRR

### 文献

- 1) Teuvo Kohonen, Self-Organizing Maps, Springer, 2001
- 2) CLEON L他: OSCAR: La caténaire en 3D, Revue Générale des Chemins de Fer, 155, pp.37-44, 2006