



## 音響イメージングを活用した 部分放電の監視

部分放電(PD)は、世界中の高電圧の施設、特に老朽化したインフラなどに見られる、保守上の課題です。最近では、予知保全を行う作業員は、設備が過熱状態になる前に独特な音の特徴を発見することで、PDを対象とした音響イメージングを活用し始めています。FLIR Si124音響カメラは、フリーシステムズのサーモグラフィカメラと組み合わせて設備の故障、高額な損害、予定外のダウンタイムに至る前にPDを効果的に発見するのに不可欠です。

電流は監視がなければ常に漏れ出し、導体から飛び出して、隣接する電極に無駄に橋絡しようとしてます。漏出ルートを注意して探すと、古い絶縁体内の亀裂や、長年の汚れて劣化した架空線の絶縁体の表面から漏出が始まります。場合によっては、高電圧ケーブルの紙の巻線の小さな穴から生じるかもしれません。あるいは、老朽化した液体誘電体内で形成された気泡付近に隠れています。電圧の正弦波の高低ピークごとにこの現象が絶え間なく繰り返されます。

このタイプの部分放電(PD)は、電流が近隣の導体に連日流れていても、目に見えない状態が続きますが、ある時点で、繰り返される高電圧のストレスにより劣化が進んだ近くの絶縁体が破損して壊れます。

最終的に、電流が他の導体への分岐を破壊するため、これによって導体は完全に故障します。このため、将来的に電気設備、開閉装置、機械、施設に高額で破壊的な損害をもたらします。PDは工場設備に損害を与えたり、精密機器を破壊したりする可能性があります。さらに悪いことに、PDによって何時間にもおよびコミュニティへの電力供給停止や工場のシフトの操業停止が起きることで、貴重な生産性が失われる可能性があります。

IEC 60270はPDについて以下のように公式に定義しています。

「導体間の絶縁体を部分的にのみ橋絡する局所的な放電であり、導体に隣接して発生する場合と、発生しない場合がある。概して、PDは、絶縁体または絶縁体の表面に局所的な電氣的ストレスが集中することで発生し、通常は長さ1  $\mu$ s以下のパルスとして出現する。」<sup>\*1</sup>



音響カメラの活用により、高電圧の設備のPD/コロナ放電の発生による設備の故障とダウンタイムを最小限に軽減



電力会社では、FLIR Si124を使用することで、広範なトレーニング不要で検査にかかる時間を最大90%削減可能になります。



<sup>\*1</sup> 高電圧試験技術。部分放電の測定方法。IEC規格60270第4版、2001年3月

## 予知保全に不可欠なPDの診断

PDの検出は、効果的な状態監視保全 (CBM) や予知保全 (PdM) プログラムに不可欠なものです。PDを早期発見できれば、絶縁体に及ぼす損害が小さくなり、設備の故障およびそれに伴うダウンタイムのリスクが低くなります。

PDの発生箇所を突き止める金銭的なインセンティブはシンプルです。高額な費用をかけずに破壊的ではない方法でPDを発見して、予定通りのダウンタイムを計画することで、PDの発生現場で絶縁体や電気接続の修理や交換を行えます。

## 成功をもたらすツール

PDの発生箇所を正確に突き止めるために、電気工事請負業者、検査員、保守のプロフェッショナルは多数の診断技術を利用可能です。絶縁試験メーターは、絶縁体の有効値や抵抗値を数値で表します。フリーシステムのサーモグラフィカメラは、電気設備に生じる抵抗熱を発見して特定し、ピクセル単位で温度を測定して可視画像上に正確に示します。サーマルイメージと音響イメージを組み合わせて使用すると、PDの重大性を判定できます。音の特徴を伴った温度上昇は、絶縁設備に損傷が生じていることを示す可能性があります。

## 瞬時にPDを発見

診断エコシステムの一部として、フリーシステムズは、音響イメージング機能でサーマルイメージによる診断を補完しています。FLIR Si124のような音響カメラは、PDのような産業施設の故障、劣化、不具合の箇所を突き止めて解析する先進的な音響ベースのソリューションを提供します。コンポーネントが過熱状態となりサーモグラフィカメラで確認できるようになる前に、PDによる音の異常が発生することが判明しています。このため、差し迫った潜在的な故障の検出に事前通告というレイヤーがさらに加わります。

送電線付近でブーンという音やブンブンという音を聴くことは珍しいことではありませんが、PDは人間の耳では聴き取れないことが多いため、背景雑音の大きい騒がしい現場では、発生箇所を突き止めることが特に難しくなります。サーモグラフィカメラのようにハンドヘルド型の音響カメラを活用することで、背景雑音でかき消されたり聴き取れなかったりしても、エリアをスキャンして、検査対象のコンポーネントのデジタル画像上でPDによる超音波の発生箇所を実際に確認できます。

## 軽量かつ片手で操作可能

音響カメラは多数ありますが、携帯性から精度まで、留意すべき重要な事項があります。

まず現場に持ち運びしやすいカメラを選択しましょう。片手で持ちやすく、すぐに使用可能なハンドヘルド型の音響カメラは人間工学設計にも優れており、照準を合わせやすいカメラになります。



産業用音響カメラ FLIR Si124



## マイクの数が多いほど検査結果が向上

市販されている音響カメラでは、音響画像の作成に使われるマイクの数も多様です。テクノロジーの原則として、数が多いほど性能が向上するため、使用するマイクの数を増やすことが、十分に詳細な音響画像の生成に極めて重要であることは言うまでもありません。テクノロジーの原則に戻ると、マイクに関して言えば、大きいことは必ずしも良いことであるとは限りません。MEMS(微小電気機械システム)タイプのマイクを詳しく見てみましょう。このタイプのマイクは、性能、異なる環境下での安定性、小型バッテリーに対応する低消費電力、長時間駆動などのバランスに優れています。その上、マイクのサイズが小さいため、ハンドヘルド型ツール上にマイクを密集させて配置しやすくなります。

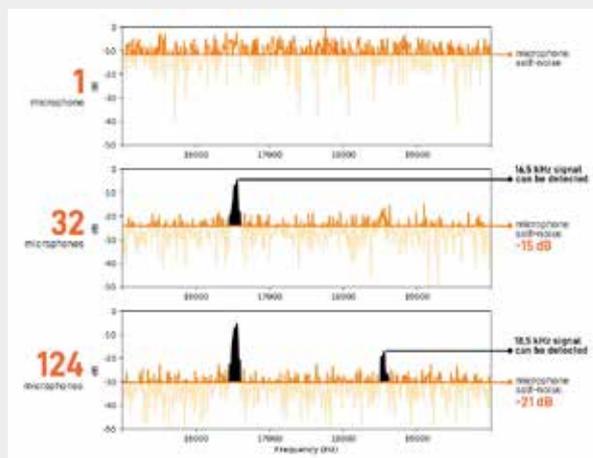
**感度:**音響カメラ FLIR Si124を調べてみると、124個のMEMSマイクが注意深く配置されており、連携することで最高レベルの感度を実現します。マイクの数が多くなると、画像上で音源を不適切な位置に表示する「空間エイリアシング」の可能性も低減します。

**検出範囲およびアクセス:**マイクの数が多いことによるもう一つの利点は、検出範囲が広がることです。空気を通して伝わる音は、距離が倍になるごとに6デシベルずつ減衰していくことに注意してください。中規模の部分放電であれば40デシベルになります。音源から15メートル離れた場所で聴こえる音は、30メートルの場合より6デシベル大きくなります。この点を補うために、音響カメラメーカーは、マイクの数を増やして検出範囲を向上させています。フリアーシステムズでは、マイクの数をもっと増やすことで、最大検出範囲がほぼ倍増するという成果を達成しています。

電気コンポーネントの多くは、安全のためフェンスで囲まれていたり、地面から遠く離れていたりするため、アクセスが困難です。アクセスの制限は、時間ベースとなる可能性もあり、入場許可のために顧客との接点が現場内である場合に限定されます。このようなアクセスに関する障害を考慮すると、離れた距離からもPDを正確に発見できるツールの使用が不可欠です。FLIR Si124は、地上から頭上高くにある電線やフェンスで囲まれた変電所のコンポーネントでも最大130メートル離れた距離から検査可能です。

**処理能力:**FLIR Si124は、124の音声データのストリームを生成して画像表示のために処理・変換します。このカメラには音声周波数の自動選択機能があり、性能を損なわずに処理を簡素化することができます。データとグラフィックスの処理能力の向上によって、こうした大量の音声データを瞬時に画面上でわかりやすいイメージに合成することが可能になります。

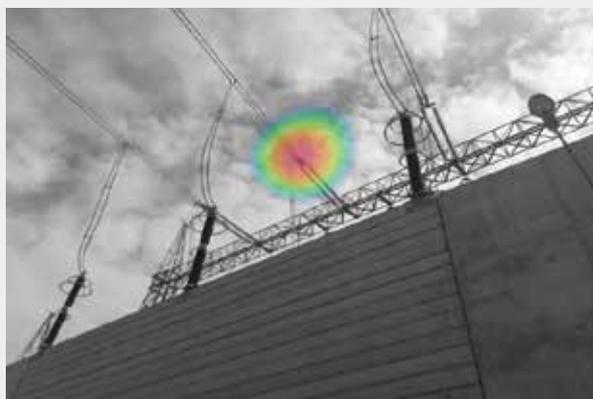
マイクの数少ないカメラや古いプロセッサを搭載したカメラを妥協して使用した結果、画像の品質や解像度が低下し、リフレッシュレートが低速になってしまう可能性があります。生産性の観点から言えば、FLIR Si124のような最先端のカメラは、他社製品に比べて最大10倍速く問題を発見可能になります。



この図は、音響カメラの感度が十分でない場合に見落とす可能性のある2つの音の2つの信号を示しています。16.5kHzの音響信号は、32個のマイク搭載のシステムでも検出できますが、18.5kHzの音響信号は124個のマイク搭載のシステムでのみ検出可能です。



FLIR Si124のような音響カメラにより、電力会社は、部分放電パターンの解析、自動化された漏電コスト見積と放電タイプの分類による修理の優先順位決定、非接触検査の迅速かつ安全な実施が可能になります。



FLIR Si124は、地上から頭上高くにある電線やフェンスで囲まれた変電所のコンポーネントでも最大130メートル離れた距離から検査可能です。

## マイクの周波数が検査に与える影響

電気工事請負業者が使用する検査ツールは、PDの特定にどれくらい適しているのかに関して、自ら誤解を広げている可能性があります。たとえば、PDは同一周波数(40kHz)で超音波を絶え間なく発します。多くの音響機器では、ほぼ例外なくこの周波数のみ使用・推奨しています。これが有用な場合もありますが、多くの場合、検出感度を著しく損なう可能性があります。10kHzから30kHzまでの広い範囲の周波数を使用することで、屋外の変電所など離れた距離から作業をする際によりよい検査結果を得ることができます。

**スマートなノイズキャンセル機能:** PDは、可聴周波数から不可聴周波数や超音波周波数までの広帯域音を発します。その上、静かな現場で検査を実施することはめったにありません。それどころか、幹線道路や航空機の騒音に近い、産業施設や屋外の現場などの背景雑音に対処しなければなりません。よりスマートな音響カメラは、干渉雑音や背景雑音を解明して取り除き、PDの原因を探し出します。

## AIとクラウドを採用してPD診断に活用

多くの場合、PDの分類には困難が伴います。フリーシステムズは、部分放電の解析にAIアルゴリズムを適用することで電気工事請負業者をサポートします。FLIR Acoustic Camera Viewerクラウドサービスに音響画像をアップロードすると、その画像が何千枚ものPD画像と自動的に比較されます。このクラウドサービスでは、発見したPDを、表面放電、浮遊放電、大気中への放電という3つの主要なカテゴリーに分類します。

頼りになる先進的なAIサービスは、エラーの低減やレポート作成を迅速化し、検査クライアントに対する大きな差別化要因となります。使いやすさが向上したことにより、状態監視や予知保全の一環としてより多くの作業員が音響イメージングを用いた検査を実施可能になります。

## 適切な音響カメラの決定

音響イメージングは、電力インフラを稼働させるための必須技術へと急速に成長しています。FLIR Si124のようなカメラを自身の工具箱に加えているCBM管理担当者が増えてきています。修理費用や予定外のダウンタイムを軽減する一方で問題を素早く簡単に発見できるため、速やかに投資の元を取ることができます。



部分放電の箇所を特定して解析するAI搭載のプリセットを備えたFLIR Si124の周波数レンジとマイクグリッドは、干渉雑音を自動的に除去できるように最適化されています。



## PDの分類能力について

特定した様々なタイプのPDの把握に関して、音響画像の解析にはトレーニングや知識が必要となる場合があります。問題の内容とその重大性を把握することは、より優れたレポートおよび修理提案の作成や、よりスマートな今後の対策の考案に役立ちます。

PDには、放電が発生している場所とパルスパターンに基づいた複数のタイプがあります。表面放電は異なる絶縁体の境界部分で発生します。表面放電は、過熱状態のブッシング、ケーブル終端、発電機巻線など多数の場所で見られます。

浮遊放電は、高電圧の設備内にスペーサなどで分離されている浮遊導体がある場合に発生する可能性があります。浮遊放電は、PDのなかで最も頻繁に発生すると考えられています。

大気中への部分放電は、絶縁体の役割を果たす送電線などの導体の周囲の空気が高湿であったり汚染がひどかったりするために絶縁体の特性が一部失われてしまう場合に発生します。大気中への放電によって、周囲の大気環境の悪化と導体の劣化がさらに進行してしまいます。

放電のタイプと重大性を把握することによって、適切な改善策や計画保全が必要な施設で、故障やダウンタイムを最小限に抑えることができます。

### 部分放電の音響イメージングの対象となる設備エリア

- ・導体および母線
- ・発電機
- ・送配電設備 (T&D)
- ・変電所
- ・ステータ、モーター、コイル
- ・開閉装置
- ・変圧器

### 部分放電の音響イメージングを活用するプログラム

- ・状態監視保全プログラム (CBM)
- ・状態監視プログラム (CM)
- ・予知保全 (PdM)

フリーシステムズジャパン株式会社

〒141-0021

東京都品川区上大崎2-13-17 目黒東急ビル5階

電話: 03-6721-6648 FAX: 03-6721-7946

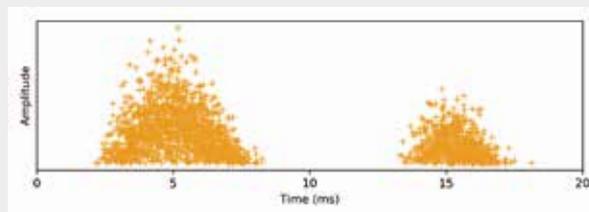
e-mail: info@flir.jp

本書に記載されている製品は米国の輸出規制の対象となるため、輸出には認可が必要となる場合があります。米国の法律に反する転用は禁止されています。画像は参照目的のみで使用されています。仕様は予告なく変更される可能性があります。

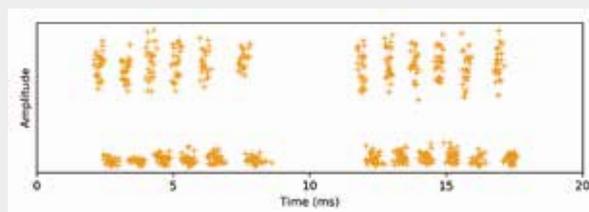
©2021 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. 3/2021



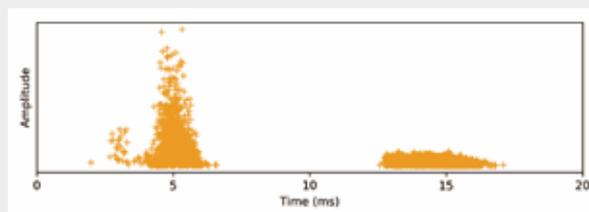
www.flir.jp  
NASDAQ: FLIR



表面放電のPDパターンの例



浮遊放電のPDパターン



正および負のコロナ放電のPDパターン。正のコロナ放電は左側に、負のコロナ放電は右側に見られます。

