

## 通信線と障害物との離隔距離異常検知システムの開発

(株)四国総合研究所 電子アグリ技術部 阿部 素久  
(株)四国総合研究所 電子アグリ技術部 松木 一隆  
四国電力送配電(株) 通信システム部 中山 博之

キーワード : 通信線  
巡視点検  
MMS  
3次元点群  
離隔距離

Key Words : Communication cable  
Patrolling operation  
Mobile Mapping System  
3D point cloud  
Separation distance

### Development of a system to detect abnormal separation distances automatically among communication cables and surrounding obstacles

Shikoku Research Institute, Inc., Electronics and Agricultural Technology Department

Motohisa Abe and Kazutaka Matsugi

Shikoku Electric Power Transmission & Distribution Company, Incorporated

Telecommunication Systems Department

Hiroyuki Nakayama

### Abstract

We have developed a system that can detect abnormal conditions of separation distances among communication cables and surrounding obstacles to streamline patrolling operations on communication cables.

We have developed a prototype system that can detect abnormal conditions of separation distances among communication cables and surrounding obstacles automatically, and confirmed that system's availability through various experiments in the real field. That prototype system analyzes a group of 3D point data measured by MMS(3D-LiDAR) technology.

## 1. はじめに

電力会社では、電力系統を安定かつ効率的に運用するために、制御所と変電所や発電所等との間に架空通信ケーブル（以下、「通信線」という）を敷設・整備している。

これら広範囲にわたる通信線の保安を確保するために、定期的に保守員が現地を徒歩で移動しながら直接目視により巡視点検を行っている。

過去の巡視点検記録によると、異常事例として通信線と他のケーブルや樹木等（以下、「障害物」という）との接触が最も多く報告されている。

そこで、通信線の巡視点検の作業時間の短縮等をねらいに、通信線と障害物との離隔距離異常検知システムを開発したので報告する。

本システムは、車両で移動しながら通信線と障害物との離隔距離をセンサで計測して、異常の有無や異常個所を自動検知するものである。（図 1）

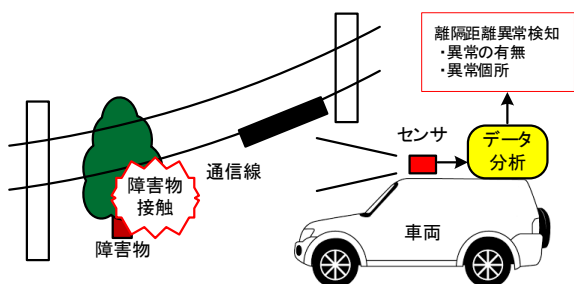


図 1 システムイメージ

## 2. システム構成

本システムは、図 2 のように、センサ部とデータ処理部で構成する。

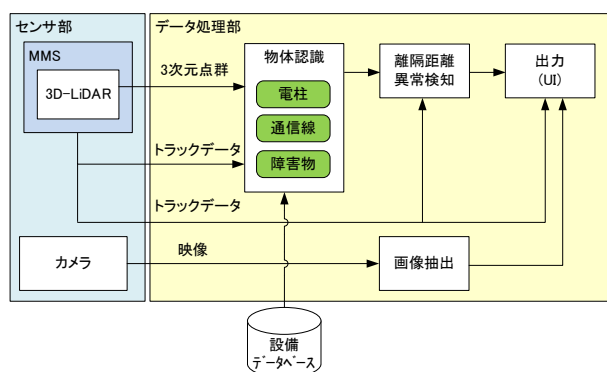


図 2 システム構成

センサ部には、離れた場所から通信線およびその周辺の物体の状態を安定して計測できる 3D-LiDAR (3-Dimensional Light Detection and Ranging) とカメラを使用する。

特に、車両で移動しながら計測するには、センサの自己位置と姿勢を正確に把握する必要があることから MMS (Mobile Mapping System) を採用した。

MMS (3D-LiDAR) により得られるデータは、物体表面の位置情報とレーザ反射率値からなる点の集合 (3次元点群) であり、カメラは、色情報がなく物体の形状を視認しにくい 3D-LiDAR の弱点を補うためのものである。

データ処理部には、計測した 3次元点群から通信線や障害物の位置や形状を求め、その位置関係から離隔距離異常を自動検知する独自開発のソフトウェアを搭載する。

設備データベースには、電柱の緯度・経度および電柱毎の通信線架設位置の各データを収容する。

## 3. データ処理

センサ部の MMS (3D-LiDAR) やカメラで収集したデータを独自開発したソフトウェアで処理して、離隔距離異常の有無や異常個所を自動検知する。

その主な処理内容は次の通りである。

### 3.1 物体認識

本システムでは、大容量データを効率的に処理するために、図 3 のように 6つのステップに分けて分析・処理して、電柱、通信線、障害物を認識する。

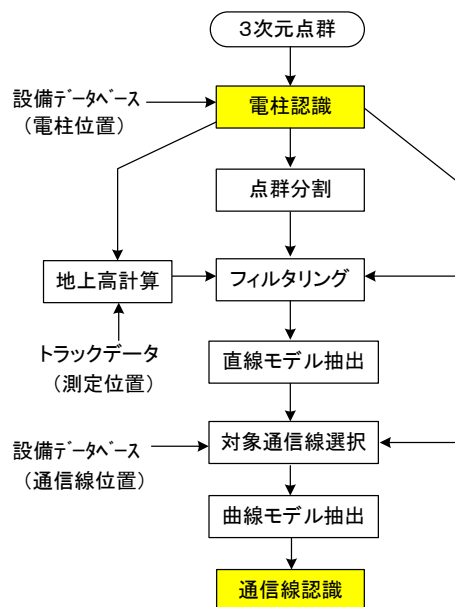


図 3 物体認識の処理フロー

### (1) 電柱認識処理

MMS (3D-LiDAR) で計測した 3 次元点群の中から、通信線を架設している電柱を識別する。

設備データベースの電柱の緯度・経度を点群座標に変換し、その近傍の点群を走査して分布が最も円柱に近い点群を電柱点群と識別する。(図 4)

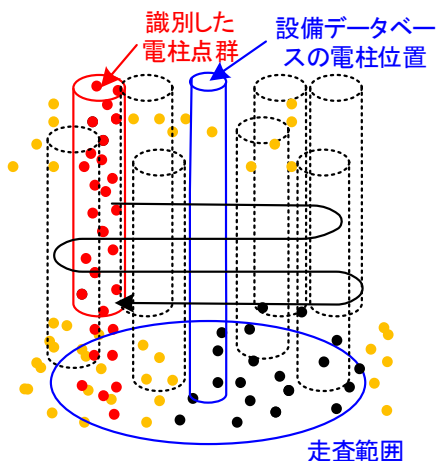


図 4 電柱認識方法の原理

### (2) 点群分割処理

MMS (3D-LiDAR) で計測した 3 次元点群の中から効率的に通信線を認識するために、通信線点群が存在する可能性が高い点群の絞り込みを行う。

電柱間に敷設されている通信線はカテナリー曲線で近似できるが、計測した 3 次元点群から直接カテナリー曲線を導くことは容易ではない。

そこでまず、直線による折れ線近似を行うために電柱間の点群を小さな区間 (10~20m) に分割する。(図 5)

この点群分割を行うことで、通信線点群はほぼ直線状に分布する形になる。

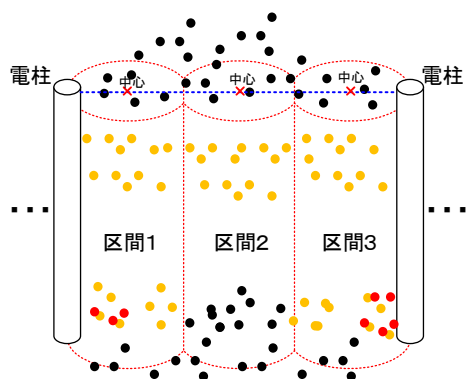


図 5 点群分割方法の原理

### (3) フィルタリング処理

点群処理を短時間かつ高精度に行うために、電柱間の点群をさらに、「地上高」、「電柱間空間における平面との距離」、「反射率」の 3 つの指標を用いて通信線が存在する点群の絞り込みを行う。

特に、「電柱間空間における平面との距離」によるフィルタリングでは、図 6 のように電柱間空間における平面から一定距離だけ離れた点群を通信線点群ではないとして除外する。

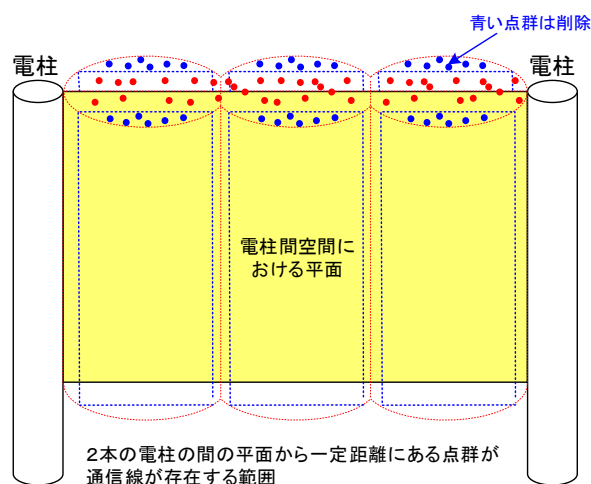


図 6 電柱間空間における平面との距離によるフィルタリングの原理

### (4) 直線モデル抽出処理

点群分割処理およびフィルタリングをした点群領域から、RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS: ロバスト推定アルゴリズム) を使って直線モデルを抽出する。

具体的には、ランダムに 2 点をサンプリングし、その 2 点を通る直線モデルに対し、その近傍に存在する点の数が最も多い直線モデルを最適なモデルとして抽出する。1 つの直線モデルを抽出すると、対象の点群領域から直線モデル近傍の点群を除去して、さらに別の直線モデルを抽出する。

この処理を繰り返すことにより、電柱間に存在する全ての直線モデルを抽出する。

なお、電柱間を結んだ直線方向から大きく外れる直線モデルは、支線や引き込み線であるため除外する。(図 7)

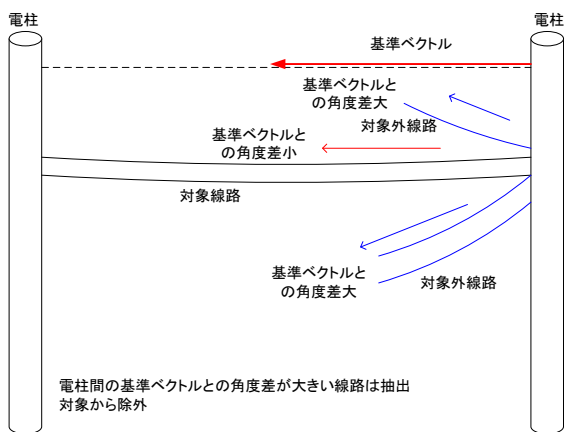


図7 方向による直線モデル抽出の原理

### (5) 対象通信線選択処理

抽出した直線モデルの中から、設備データベースの通信線架設位置と「直線モデルの連続性」の2つの条件を使って、巡視点検対象の通信線モデルを選択する。

ここで「直線モデルの連続性」による選択とは、隣接する区間の直線モデルは連続であるという考えのもと、区間の境界で同じ位置に存在する直線モデルを選択するものである。

### (6) 曲線モデル抽出処理

選択した区間毎の直線モデルから曲線モデル(2次曲線)を抽出する。

具体的には、直線モデルを合成した折れ線近似モデルを用いて2次曲線モデルの初期パラメータ(両端の座標および中心点の高さ)を設定し、このパラメータを微調整して、曲線モデルと直線モデルとの距離が最も小さくなる曲線モデルを抽出する。(図8)

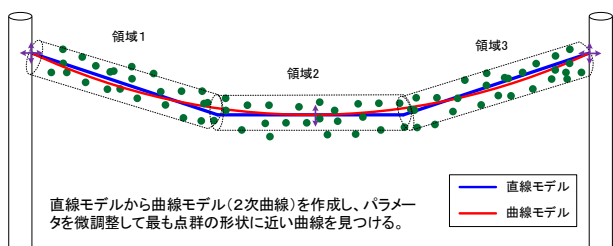


図8 曲線モデルの抽出の原理

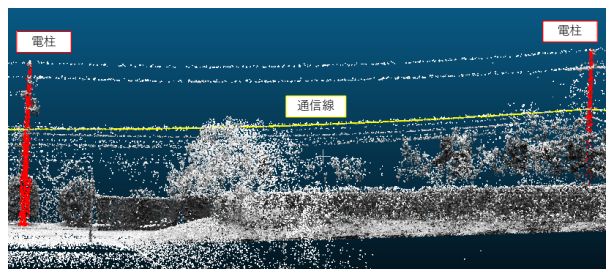


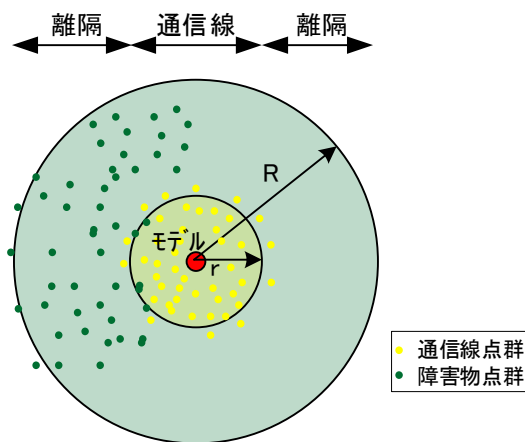
図9 物体認識処理の例

## 3.2 離隔距離異常検知

3次元点群のうちで、通信線近傍の電柱以外の点群を障害物とし、通信線モデルに接近または接触している障害物を自動判定する。

一般に、3D-LiDARによって得られる点群の分布には一定の広がりがあるので、一定の距離(半径r)の領域を通信線、その外側を離隔領域と定義し、それぞれの領域に含まれる点数の比(以下、「離隔距離異常パラメータ」という)により判定する。

(図10)



$$\text{離隔距離異常パラメータ} = \frac{\text{離隔領域の点数}}{\text{通信線領域の点数}}$$

図10 離隔距離異常パラメータ

抽出した通信線モデルに沿って、離隔距離異常パラメータを計算し、一定の値以上となる場合は離隔距離異常として検出させる。

特に、離隔距離異常と判定した場所については、カメラで撮影した画像および点群画像を個別に出力表示できる仕様にした。

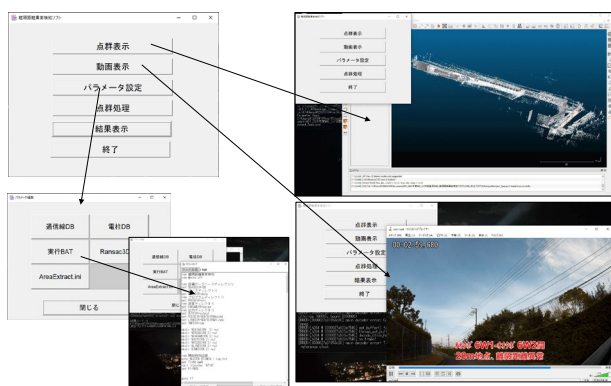


図 11 ユーザーインターフェース

#### 4. フィールド試験による検証

国道沿いの通信線を対象に計測した 3 次元点群を本システムで処理した。

図 12 は計測した一部区間の離隔距離異常パラメータを図示したもので、横軸は線路距離、縦軸は各地点における離隔距離異常パラメータ値である。

Pole07 から Pole08 の間で、離隔距離異常パラメータ値が大きくなっているが、これは樹木が通信線に接触している個所である。

図 13 は離隔距離異常パラメータの異常閾値を 200 として処理した結果であり、樹木の接触状況を写真と点群画像で確認できるなど、開発したシステムの有効性を確認した。

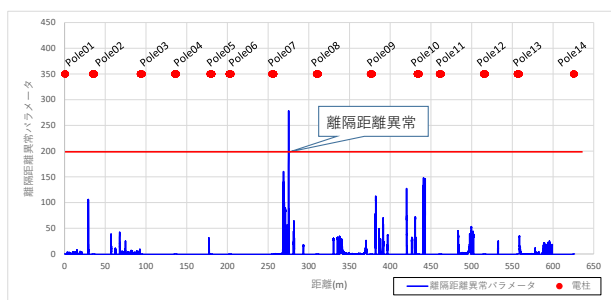


図 12 離隔距離異常パラメータの計算結果

#### 離隔距離異常点検結果

日付：YYYY/MM/DD  
 点検線路：XXXX光ケーブル  
 区間：Pole01-Pole14  
 距離：536.96m

---  
 Pole07 - Pole08 間  
 離隔距離異常:20.79m地点



離隔距離異常発生箇所 (写真)



離隔距離異常発生箇所 (点群)

図 13 離隔距離異常検知結果レポートの例

#### 5. まとめ

通信線の巡視点検作業の効率化をねらいに、通信線と障害物の離隔距離異常検知システムを開発した。

MMS (3D-LiDAR) を用いて測定した 3 次元点群データから、通信線と障害物の離隔距離異常を自動検知するシステムを試作し、実フィールドで機能の有効性を確認した。

将来の実用化に向けて、

- ・ GPU 対応や高速アルゴリズムの適用等によるさらなる処理の高速化
  - ・ 低価格 MMS 等の採用による低コスト化
- などが今後の課題である。

#### 【謝辞】

本研究は、四国電力送配電(株)通信システム部殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

**【参考文献】**

- 1) 伊東敏：「自動運転のためのセンサシステム入門」，日刊工業新聞社，2019年9月
- 2) 榎本圭高 他：「モバイルマッピングシステムを用いた架空線路構造物点検支援システムの設計と評価」，電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J100-B No.12，電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン，2017年12月
- 3) 和氣正樹 他：「MMS（モバイルマッピングシステム）を用いた3D設備管理技術」，電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン，2018年12巻1号