

高圧配電線・充電部の離隔距離検出技術の検証

High-Voltage Distribution Line Detection Technology

高所作業車による間接活線工事の安全確保・作業省力化を支援する
デバイス実現を目指して

間接活線工事では作業者の安全確保のため、高所作業車のバケットが高圧充電部と離隔距離を保つことが重要である。そこで3D LiDARと点群データを活用した間接検知方式による充電部との離隔距離算定の技術を検証評価し、間接活線工事における安全確保や現場作業の省力化を支援するデバイスの実現可能性を見いだした。



執筆者
先端技術応用研究所
情報技術グループ
中村 剛・難波 隆博

1 背景と目的

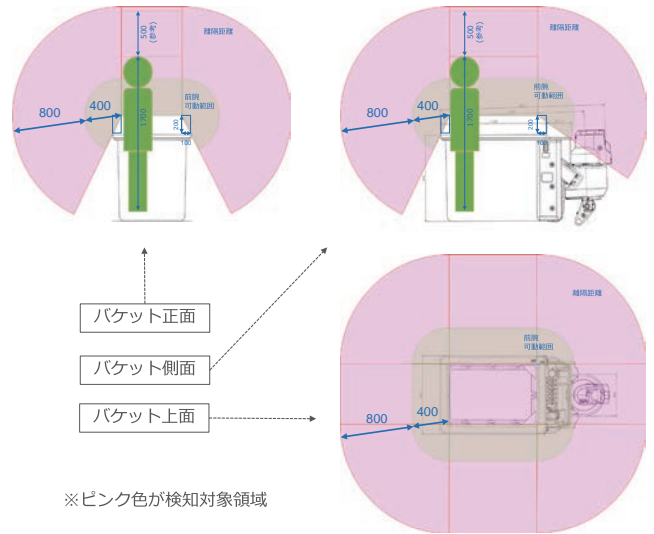
中部電力パワーグリッド 配電部（以降「配電部」と表記）では、これまでの直接活線作業による配電線工事を2025年度以降、間接活線作業に切り替えていく方針である。間接活線作業は充電部との離隔距離を保つことで安全を確保するが、高所作業車のバケットが不用意に充電部に接近した場合、接近に対する万全の防護を前提とした直接活線作業よりもむしろ危険な状況となりうるため、作業者の安全確保に係る現場監督者の監視はこれまで以上に責任重大となる。現場監督者の負荷低減と活線作業の安全を両立するには、充電部に対しセンシングなど、技術に基づく安全確保が不可欠である。

一方で、高圧配電線は一般的な障害物と比べて細い上、材質的にも光への反射率が低いためセンシングの難易度が高く、電線検出・測距に適した明確な技術は確立されていない。加えて、活線工事の際のバケットの進行方向および作業方位は工事場所により異なり、バケット周囲の全方位を網羅する離隔距離検出が必要となる。

そこで、様々な測距センサの評価結果を踏まえ、3D LiDARと事前作成した点群マップを組み合わせ、自己位置の推定と配電線や充電部との離隔距離算出を点群空間内でリアルタイムに行う間接検知方式を検証評価し、間接活線工事支援デバイスの実現可能性を見いだした。

2 離隔距離検出の要件

間接活線工事の支援デバイスに求められる充電部との離隔距離検出対象の領域を第1図に示す。バケットの移動方向や作業対象の方位は不特定のため、ピンク色に示す全方位の広範な領域が対象となる。事前の各種測距センサの要素技術評価においては、ステレオカメラおよび3D LiDARが屋外において高圧配電線のような細く光への反射率の低い物体に対し、良好な測距性能を確認していた。しかしながら、離隔距離検出の要件検討の結果、バケット周囲の広範な領域をこれらのセンサを用いて充電部までの離隔距離を直接的に検出するのは、センサ設置台数的に困難であることが判明した。

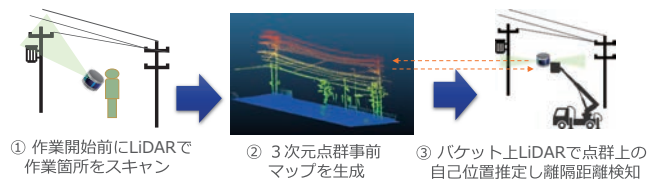


第1図 離隔距離の検出対象領域

そこで測距センサでリアルタイムに対象充電部との離隔距離を直接検知するのではなく、点群マップと3D LiDARの組み合わせによる間接検知を技術検証の対象として進めることとした。

3 間接検知方式による充電部測距の概要

第2図にLiDARによる間接検知のイメージを示す。



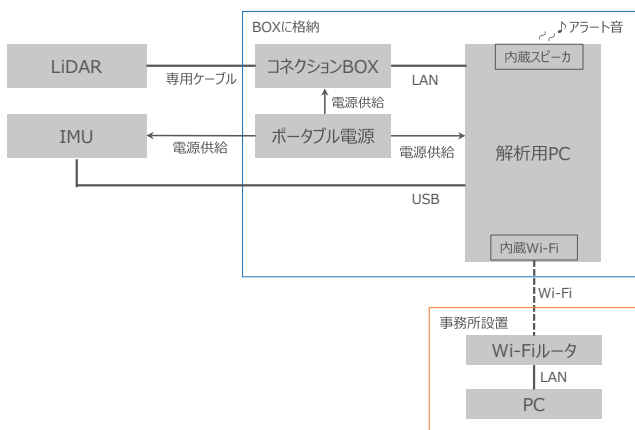
第2図 LiDARによる高圧充電部の間接検知

作業開始直前に作業者がLiDARで作業箇所をスキャンし、事前点群マップを生成する。その後LiDARを高所作業車に載せ替え、LiDARの周囲情報から点群マップ内での自己位置を推定し充電部との離隔距離を算出、近接状態でアラートを発報する。障害物を直接検知しないため、1台のLiDARで広範囲の領域の離隔距離を網羅できるのがメリッ

トである。一方でデメリットとしては、作業の都度、事前点群マップの生成が必要なため、本来作業の支障とならないよう極力短時間で簡便に生成可能なことが要求される。

4 性能検証

間接検知の検証は第3図に示す構成の機器を用い、配電部の訓練所（名古屋市内）にて行った。解析用PCとLiDARをセットにして点群マップ内での自己位置推定と離隔距離算出を行い、対象領域内に障害物を検知するとアラートを発報する仕組みとした。



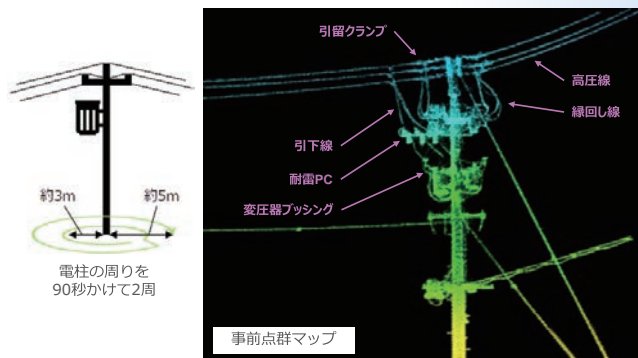
第3図 検証用機器構成

検証結果をまとめたのが第1表である。事前マップ作成では45～90秒程度の作成時間（スキャン+生成処理）でも、高圧充電部の各装置が目視で十分認識できる密度のマップが得られ、良好な結果となった。

第1表 性能検証の目標と結果

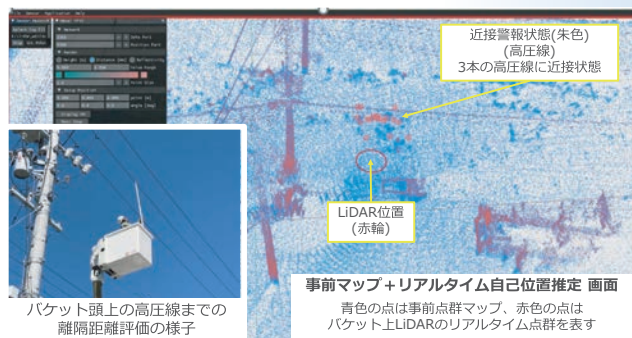
項目	目標	結果	評価
マップ 作製対象	以下の障害物が点群マップとして捕捉可能なこと ・高圧線 ・引留クランプ ・引下線 ・耐雷pc ・変圧器の高圧ブッシング	目標対象物をすべて目視で認識できる密度の点群取得が可能	○
マップ 作製時間	3分以内 (LiDARスキャン+点群マップ作製処理)	45～90秒	○
アラート 発報距離	誤差10cm以内（水平+垂直） LiDAR照射範囲外の障害物も検知可能なこと	最大誤差3cm、 バケット直下（死角）の共架線も検知	○
総合 処理時間	0.5秒以内	235.2ms(最大)	○

第4図は90秒間で作業箇所をスキャンした際の事前作成マップの例である。45秒・60秒でスキャンした場合は若干点群の密度が低下するものの、十分認識できるレベルであった。一方で、LiDAR操作に不慣れた作業員がスキャンした場合、LiDARのレーザー光が対象箇所に適切に照射されず、作業箇所の点群密度が著しく低くなるといった課題も見いだされた。



第4図 事前点群マップ（90秒間で作成）

第5図はLiDARを高所作業車のバケットに載せ替え、リアルタイムに自己位置推定、および離隔距離算出・評価を行っている様子である。画面内の青色の点が事前取得マップの点群、赤色の点がバケット上からLiDARがリアルタイムにスキャンしている点群を表している。これらが精度良く重なっていることから、自己位置推定に成功していることがわかる。画面内の赤い輪はLiDAR位置を示しており、真上の朱色の点は検知対象領域内（バケット頭上）に高圧配電線が近接状態であることを表している。バケット上から配電線への距離を実測して比較した算出離隔距離も誤差が最大3cm程度、演算処理時間も最大で235ms程度と良好な結果が得られた。



第5図 自己位置推定・近接状態検知の様子

5 今後の展開

今回の検証により、LiDARを用いた間接検知方式がバケット周囲の広範囲な領域における充電部との離隔距離検出に有用な技術である可能性が見いだせた一方、配電訓練所以外の環境で同様の性能を発揮できるかは未評価である。また、間接工事支援デバイスとしての実現に向けては、作業者の技量によらず適切な点群密度の事前点群マップが作成可能な支援機能などの具備も必要である。今後、配電訓練所以外の環境、例えば森林地帯において枝葉の揺らぎが自己位置推定の精度に与える影響や、LiDARのスキャンを遮る街中の狭隘箇所でも事前マップが精度良く生成可能かなど、配電訓練所以外の環境での性能評価を進める予定である。