

# キュービクル内動物検出手法の研究

## Method of find moving animal in the cubicle(electrical equipment box)

灯明 鈴音  
Suzune Toumyou

**Abstract** : I propose a method to detect abnormality of high voltage transformer from data such as vibration.  
Power component and frequency component calculated using Cooley-Tukey type Fast Fourier Transform are vector synthesized and used as a feature quantity.

**keyword** : microwave doppler sensor, deep learning, respiration, detection

### 1. はじめに

高圧を受電している電気設備内において、ネズミ、ヘビ等小動物の侵入は脅威である。特に電気設備は熱を生み出すために、冬場では比較的增加する傾向にある。そのため、短絡事故が発生し、最悪の場合合波及事故にも繋がり、甚大な被害となる。  
fig.1によると中部近畿管内では、鳥獣被害による波及事故が毎年4～9件発生している。これらの原因として小動物の侵入が約半数をしめている。

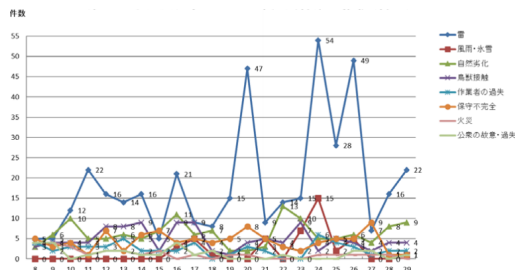


fig.1 波及事故の主な原因別件数の推移[1]

したがって、コスト面の視点より小動物侵入を検知することは有用であると考えられる。本研究においては、マイクロ波ドップラーセンサを電気設備内に設置し、小動物等の検知を目的とする。これにより、お客様の設備を小動物等の侵入被害を減少させることが可能となり、電気安全等に寄与できると考える。

### 2. 提案手法

#### 2.1. マイクロ波ドップラーセンサ

マイクロ波ドップラーセンサは送信波を発射し、動体に反射し、返ってきた反射波と送信波との差をドップラー周波数として検出するセンサである。

本実験にて使用したセンサは10.5GHzの送信波を用いている。したがって送信波 $f_0$ と動体の速度 $V$ 、ドップラー周波数 $f_d$ には以下の関係式が成立する。なお $C$ は光速である。

$$f_d = \frac{2f_0 \times V}{C} [Hz]$$

#### 2.2. 特徴抽出

前述センサより得られたドップラー周波数を特徴量抽出のためスペクトログラムに変換する。更に得られたスペクトログラムを画像変換し、心拍数等の特徴量として、侵入小動物等の種類の判定に用いる。スペクトログラムは横軸に時間、フーリエ変換で求めた周波数を縦軸、波の強さを濃淡としてグラフ化したものであり、電波、電子信号、音声の解析等に多く用いられている。

#### 2.3. Convolutional Neural Network(CNN)

Convolutional Neural Networkとは、従来のNeural Networkに対して、Convolutional層とPooling層を組み込んだものとなる。画像認識の分野で用いられるケースが多く、Fig.2で示すように元画像を $n \times n$  pixに分割し、Convolutional層とPooling層で1つのpixに畳み込んでいくことを繰り返すことで、特徴抽出を行う検出器であるフィルタのパラメータを自動的に学習していく特性を持つネットワークである。

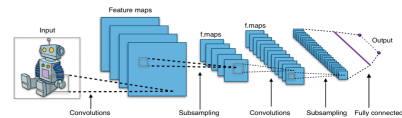


Fig.2 Convolutional Neural Network

### 3. 実験設定

以下の条件により実験を設定する。

#### 3.1. センサ部

本実験に用いるマイクロ波ドップラーセンサの外観及び仕様は、Fig.3及びtable 1に示す[2]。



Fig.3 センサ外観

table 1

送信中心周波数	10.525 GHz
周波数安定度	± 5 MHz (最大)
送信電力	E.I.R.P. +7 dBm (最大)
検知角度幅	36° / 70° (設置方向による)
電源	入力電圧範囲: 4.8 ~ 5.2 V
	消費電流: 30 mA
動作温度範囲	-20 ~ +60 °C
外形サイズ	(L) 46.5 x (W) 40 x (H) 12 mm

#### 3.2. 検出部

検出用エッジとして、Raspberry Pi 3を用いた。センサ出力はアナログ値であるため、DAコンバータを用いてデジタルデータに変換する。

#### 3.3. データ処理

DAコンバータより得られたドップラー周波数データをスペクトログラムに変換し、識別が可能であるかを評価する。

#### 3.4. AI判定ソフトウェア

CNNを用いて判定ソフトウェアを作成し、スペクトログラム画像2次元情報を学習・判定に使用する。当実験では、入力画像を200×150pixとし、Convolutional、Pooling層を2層、ノード数256のNeural Network層を3層のモデルを用いた。

### 4. 実験及び結果

#### 4.1. 実験1

小動物と同サイズの仮想物を動体として、センサが検出可能性の実験を実施する。

実験条件は、センサ付近500mmの位置に仮想物を被服用糸で吊り下げた振り子を用意し、振り子を動作させた状態で、センサを動

作させ波形検出を実施する。

動体種類は、ピンポン玉（Φ44mm）、テニス用ゴムボール（Φ67mm）、ビー玉（Φ30mm）の3種類、データ取得時間とし各45～50秒のデータ取得を実施する。なおそれぞれの表面素材はポリプロピレン、合成ゴム、ケイ素ガラスであり、また厚みは、ピンポン玉は2mm、ゴムボールは5mmであるが、ビー玉においては、中心内部まで素材が充填されている。

#### 4.2.実験1結果

センサからのスペクトログラム出力はFig.4結果となった。以下のことより、当センサは厚みに依存する事が判明した。

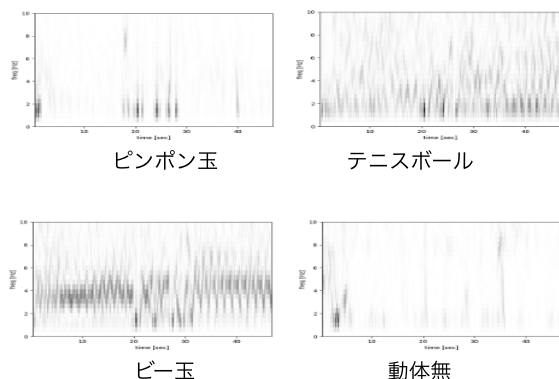


Fig.4 実験1 結果

#### 4.3.実験2

仮想物（ビー玉）をセンサ間の距離を変化させ波形を取得する実験を実施する。近接距離500mm、中間距離1000mm、遠隔距離2000mmの3ケースについて実施する。なお、データ取得時間は各45～50秒とする。

#### 4.4.実験2結果

センサからのスペクトログラム出力はFig.5結果となった。以下のことより、当センサは近距離では濃淡が強く、距離が遠くなるほど濃淡が薄くなる事が判明した。

従って、当実験結果より、センサから動体までの距離を推定する事が可能であること、距離が遠くすぎると検出が困難になることが判明した。

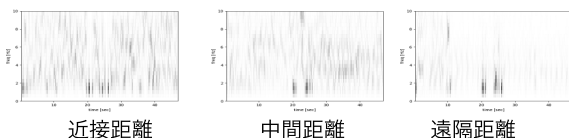


Fig.5 実験2結果

#### 4.5.実験3

キュービクル内に当実験装置を設置し、高圧機器の動作からの影響の有無を調査する。当実験では動作は用いず、データ取得時間は45～50秒とする。設置場所は東大阪営業所キュービクルである。

#### 4.6.実験3結果

センサからのスペクトログラム出力はFig.6結果となった。従って、当該キュービクル内では、周期的な信号がノイズとしてスペクトログラム波形に発現することが判明した。

ノイズ源として考えられることは、弊社監視装置類の信号が電源からの侵入したケースや、直接的なセンサへの電波侵入などが挙げられる。

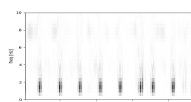


Fig.6 実験3結果

#### 4.4.実験4

ラジコンを動体として用いてセンサの検出実験を実施する。スペクトログラムをCNNへ入力し、ラジコンが動作しているデータと動体が無いデータの判別可能性を検証する。各学習データ15枚、テストデータ5枚とし、ノイズのない環境で実施する。

#### 4.5.実験4結果

CNNでの判別結果をFig.7に示す。以下の結果より、CNN判別の正答率は100%であることが判明した。

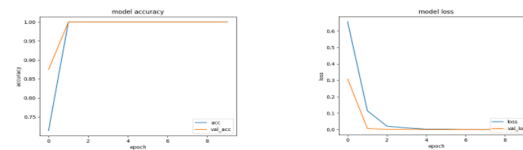


Fig.7 実験4結果

### 5. 結論及び考察

#### 5.1.実験結果への考察

実験の結果、CNNで動体の有無の判別は100%判別できることが判明した。今後は、この検出物体が他の物体に置き換わったかどうかのような波形出力になるのか、その波形を検出できるのか、物体が異なることをCNNで検出できるのか、といった点について焦点を絞り実験や検証を実施していく予定である。

#### 5.1.ノイズ対策について

実験3の結果を受けて、電源をモバイルバッテリーに変えて実験を行ったが、改善が見られなかったため、センサへの電波の侵入が最も可能性が高いことが判明した。そのため、ノイズ対策を行うため、エッジ装置のケースを従来のプラスチック製から3mmアルミ板製の防磁ケースに変更し、波形を取得してみたが、若干のノイズが見られたため、さらに内部のセンサ回路からDAコンバータへの電波侵入の可能性を考慮し、内部電子基板の配置の変更も実施した。

#### 5.2.接点出力検出の改良

当センサは接点出力があり、動体の種類までは判定できないが、動体の検出を行うことができる。従って、当機能を用いることで、接点検出している状態で、スペクトログラムを取得し動体の種類、距離等を判別することや、カメラを動作させることも可能であるため、当接点の状態をエッジで検出できるよう改良を行った。

### 6. 今後の予定

まず直近として、実際のキュービクル内で、前章内で述べたノイズ低減改良の検証を行う予定としている。

さらに、接点出力を用いた動体についても検証の実施を行う必要があると考えている。

将来的には複数のセンサとエッジを組み合わせる実験を行い、各測定結果が侵入した小動物からの距離を求める実験も検討している。

#### 参考文献

[1]平成29年度電気事故の概要について

中部近畿産業保安監督部電力安全課

[https://www.safety-chubu.meti.go.jp/denryoku/iiko/iiko29fy\\_honbun.pdf](https://www.safety-chubu.meti.go.jp/denryoku/iiko/iiko29fy_honbun.pdf)

[2]新日本無線株式会社

マイクロ波製品

<https://www.nir.co.jp/micro/sensor/doppler/analog/x-band/nir4178.html>