

3D-CNN を用いた多チャンネル地中レーダ画像の物体識別

Object identification of multi-channel ground penetrating rader image using 3D-CNN

中岡 黎^{*1}
Rei Nakaoka

木本 智幸^{*1}
Tomoyuki Kimoto

園田 潤^{*2}
Jun Sonoda

^{*1}大分工業高等専門学校
National Institute of Technology, Oita College

^{*2}仙台高等専門学校
National Institute of Technology, Sendai College

1. まえがき

地中レーダは、地中に入射させた電波の反射波により地中物体を検出する技術であり、社会インフラの劣化状況を非破壊でセンシングするのに有効な技術である。しかしながら、レーダ画像は反射画像のため、埋設物の形状をそのまま映し出しておらず、レーダ画像から物体の比誘電率やサイズを識別することは容易ではない。これまでに、Sonoda らは、レーダ画像を CNN に学習させて埋設物の識別を行って、物体の比誘電率や大きさの識別が可能であることを明らかにしている[1]。レーダ反射波の画像化はこれまで、グレースケール画像や RGB カラー画像で行われてきた。しかし、グレースケールの 1 チャンネル画像化や RGB の 3 チャンネル画像化では、小さな電界の違いが分かりにくかったり、大きな電界が飽和したりなど情報の損失が生じる。そこで本研究では、より多くのチャンネルをもつ画像に変換し、その画像を 3D-CNN を用いて識別精度向上を狙う。

2. 多チャンネル地中レーダ画像

先行研究ではレーダの反射電界強度を 10000 倍し±1 の範囲で値を飽和させ、図 1(a)の変換関数で図 2 のカラー画像を生成していた。本研究では図 1(b)の変換関数で図 3 の多チャンネル画像を生成し、弱い電界の変化を捉えると共に、強い電界を飽和させないようにする。

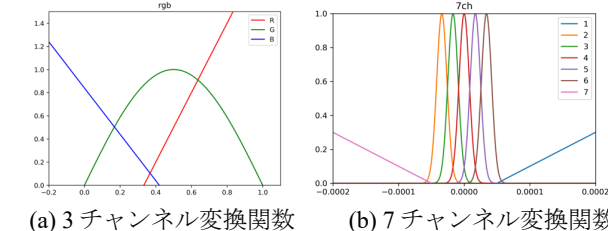


図 1 FDTD シミュレーションデータを変換する関数。横軸、縦軸はそれぞれ反射電界強度と変換後の値を示す。

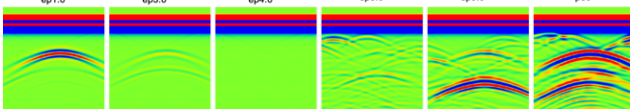


図 2 3 チャンネルレーダ画像の例。左 3 枚が均質画像、右 3 枚が不均質画像下におけるレーダ画像を示す。

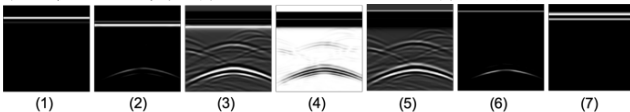


図 3 7 チャンネル画像の例。7 枚で 1 つのレーダ画像を示す。

3. 多チャンネル画像での比誘電率識別実験

今回の実験では 6 種類(比誘電率 $\epsilon=1, 3, 4, 5, 9$, 完全導体)のレーダ画像を FDTD 法による物理シミュレーションで生成して 6 クラス分類の識別実験を行う。実験では電界強度を 3, 5, 7, 9 チャンネル画像に変換し、モデルを学習させ識別率の比較を行う。多チャンネル画像を学習させるモデルはチャンネル方向に畳み込みを行わない 2D-CNN と畳み込みを行う 3D-CNN の両方を作成した。使用するモデルは VGG16 を参考に多チャンネル画像に対応したモデルを作成した[2]。モデルはそれぞれ 5 回学習させた。均質媒質画像で学習させ、不均質媒質画像でテストした結果を図 3 に示す。図 3 より 3 チャンネルモデルに比べ多チャンネル 2D-CNN モデルが 5% 程度高く、3D-CNN モデルが 8% 程度高いことが分かる。

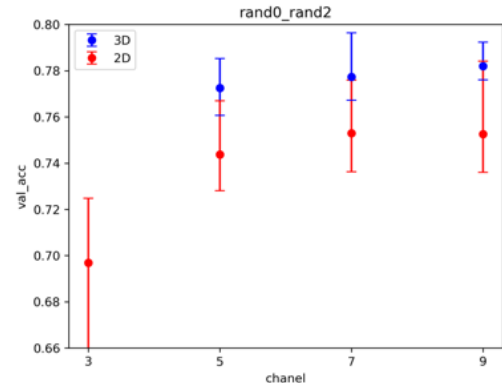


図 3 テスト画像の識別率。横軸、縦軸はそれぞれチャンネル数と識別率を示し、エラーバーはそれぞれ最大値と最小値を示す。

4. あとがき

本研究では、地中レーダ画像を多チャンネルに変換し 3D-CNN を適応することで現場に近い環境を模倣した不均質媒質下において、従来の 3 チャンネルモデルよりも物体の識別率が向上することを示した。

謝辞 本研究の一部は、総務省 SCOPE, 科研費・基盤研究(B)15H02997 および基盤研究(C)17K00357 の支援による。

[1] J.Sonoda and T.Kimoto, "Object Identification from GPR Images by Deep Learning Using FDTD Simulation with GPU Cluster," Proc. of PIRS 2018, Aug. 2018.

[2] Karen Simonyan & Andrew Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," ICLR 2015, arXiv:1409.1556v6