

**表面プラズモンの解析画像を用いた電磁パラメータ推定  
- 畳み込みニューラルネットワークによる画像認識 -  
Parameter Estimation of Analysis Image of Surface Plasmon  
- Image Recognition of Convolutional Neural Network -**

○朱 権<sup>1</sup>, 田丸 幸寛<sup>2</sup>, 安田 拓弥<sup>3</sup>, 大貫 進一郎<sup>4</sup>

\*Syu Ken<sup>1</sup>, Tomohiro Tamaru<sup>2</sup>, takumi yasuda<sup>3</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>4</sup>

Abstract: In recent years, application of artificial intelligence has rapidly developed. In this report, machine learning is performed on the image data of the electromagnetic field distribution when a plane wave is incident from different angles to the Kretschmann structure used for sensing technology using surface plasmon, etc. By using machine learning results, unknown electromagnetic field distribution Consider the prediction of electromagnetic parameters from the image data of.

1. はじめに

近年, 人工知能の技術応用は急速に発展している. 本報告では表面プラズモンを利用したセンシング技術などに用いられるクレッチマン構造に, 異なる角度から平面波を入射した際の電磁界分布の画像データを機械学習する, 機械学習した結果を用いて未知の電磁界分布の画像データから電磁パラメータの予測を検討する.

2. 解析手法

図1は誘電体プリズムの底面に金属膜を蒸着させたクレッチマン配置の構造例である. クレッチマン構造に平面波を入射した際の電磁界分布のシミュレーション結果を機械学習し, 電磁パラメータを予測する.

機械学習には, 図2のような畳み込みニューラルネットワークを用いる. 電磁界分布の画像データを図3のような同じサイズのデータに分割すると各データは平均値を用いて等しい重みが付加され, 特異なデータが存在する場合はもう一度重み付けの計算を行う. この過程を複数回繰り返す, 各過程のデータを関係づけることでデータをダウンサンプリングする. また特徴的なデータを残しつつ元のデータを縮小する Pooling 技術を用いることで, 機械学習の効率を向上することができる.

その後のニューラルネットワークでは形状パターン等から予測を行い, Fully-Connected Network で画像データを全結合する.

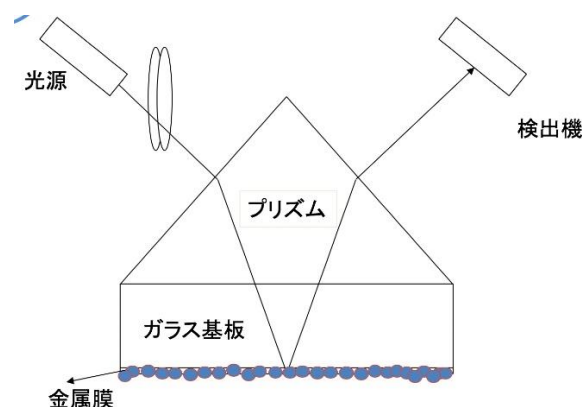


図1 クレッチマン配置の構造例

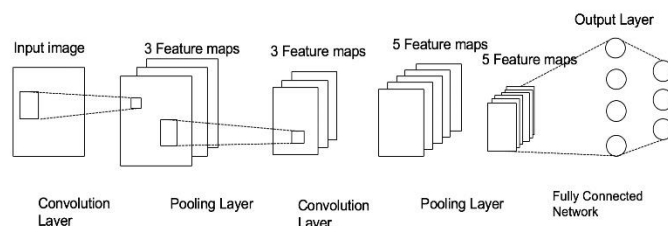


図2 ニューラルネットワークのイメージ

### 3. 解析結果

入射角度  $\theta = 35^\circ \sim 55^\circ$ ，波長  $\lambda = 620 \text{ nm}$  の平面波を  $\text{SiO}_2$ ，銀，真空のプリズムを仮定したクレッチマン配置に入射した際の電磁界分布を学習させ，テストデータの入射角と機械学習が推定した角度を比較する．また媒質のパラメータは， $\text{SiO}_2$  の屈折率を 1.445，銀は厚さ 40 nm，プラズマ周波数 9.01 eV，衝突係数 0.048 eV を用いる．

図 4 は機械学習に用いる入射角度  $\theta = 45^\circ$ ，波長  $\lambda = 620 \text{ nm}$  の平面波を  $\text{SiO}_2$ ，銀，真空のプリズムを仮定したクレッチマン配置に入射した際の電磁界分布のテストデータ画像データの一例である．表 1 は比較結果をランダムに 5 つ抽出し，この 5 つのテストデータの予測結果と真値が  $\pm 4$  の範囲である．このような比較を複数回繰り返すことによって機械学習の予測精度を図 5 に示す．今回のモデルに対する入射角推測の精度は約 83.2% であることが分かる．

### 4. まとめ

本報告では，プリズムを仮定したクレッチマン配置に入射角度  $\theta = 35^\circ \sim 55^\circ$ ，波長  $\lambda = 620 \text{ nm}$  の平面波を入射した際の電界分布の画像データを畳み込みニューラルネットワークにより機械学習することで，未知の電界分布の画像データから入射波の入射角を推定することができることを明らかにした．

### 5. 謝辞

本研究の一部は，科研費基盤(C)17K0641，及び日本大学理工学部プロジェクト研究助成の援助を受けて行われた

### 6. 参考文献

- [1] D. Rakic, B. Djuricic, M. Elazar, L. Majewski, "Optical properties of metallic films for vertical-cavity optoelectronic devices", Appl. opt, Vol. 37, No.22, 1998
- [2] 田丸幸寛, 大西峻平, 大貫進一郎, "クレッチマン配置における FDTD 法を用いた表面プラズモンの解析—反射率の評価方法—", 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会, 2018
- [3] Jose Unpingco, "Python for Probability, Statistics and Machine Learning", 倉敷印刷株式会社, 2016

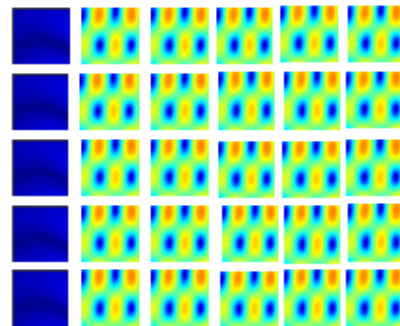


図 3 電磁界分布の画像データ分割例

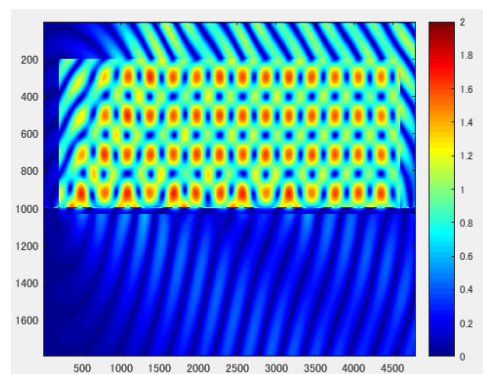


図 4 テストデータの例 ( $\theta = 45^\circ$ )

表 1 入射角の推定結果

真値	予測結果
$36^\circ$	$39^\circ$
$37^\circ$	$39^\circ$
$45^\circ$	$44^\circ$
$50^\circ$	$51^\circ$
$51^\circ$	$51^\circ$

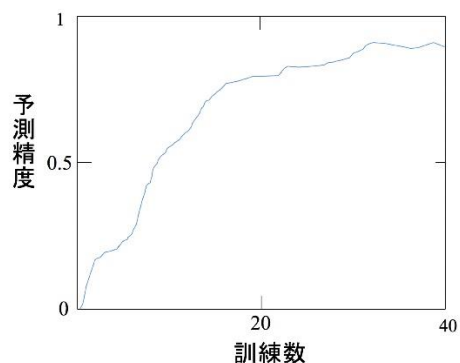


図 5 訓練数に対する機械学習の予測精度