

# 光学クローキング設計における機械学習と遺伝的アルゴリズムの比較

## Comparison of machine learning and genetic algorithm in optical cloaking design

東工大工, °百瀬智也, 當麻真奈, 梶川浩太郎

Tokyo Inst. of Tech., °Tomoya Momose, Mana Toma and Kotaro Kajikawa

E-mail: momose.t.ab@m.titech.ac.jp

### 1. 背景

クローキング(不可視化)はメタマテリアル応用の1つである。当研究グループでは、図1のような多層シェル円筒構造を用いたクローキングの設計を行っている。当構造を高速に設計する手法が未確立であったため、先行研究ではニューラルネットワーク(NN)を用いることで、可視光領域でのクローキング設計の高速化に成功した<sup>1</sup>。具体的には約10万個の学習データによってNNを構築し、約200万通りの誘電率の組み合わせの中で最も低散乱なスペクトルを示すものを求めることができた。しかしNNの欠点として、学習を行う必要があり、そのためには大量の学習データを用意しなければならないことが挙げられる。一方、遺伝的アルゴリズム(GA)は学習が不要である。データ群をランダムに大量作成・評価し、高得点のものを次世代に残して交叉させ、それを何世代も繰り返して、優秀なデータを得る方法である。これは確率的に最適解の探索を行うため、入力パラメータ数を増やした場合においても現実的な計算時間で最適解を求められる可能性がある。そこで本研究では、NNとGAによる2種類の設計方法を比較し、GAの有効性を示した。

### 2. 方法

図1のように、クローク対象物質である円筒の誘電率 $\epsilon_0$ が9.0、半径 $r_0$ が500 nm、そしてシェルが8層、最外殻半径が1000 nmの多層シェル円筒構造を設計対象とした。先行研究では、各シェルの厚さを62.5 nmに固定し、1,2,7,8層目の誘電率 $\epsilon_A^1, \epsilon_B^1, \epsilon_A^4, \epsilon_B^4$ の4つを入力パラメータとした。それに対して私は、最外シェル層を除いた各シェルの厚さ7つ及び1,2,7,8層目の誘電率 $\epsilon_A^1, \epsilon_B^1, \epsilon_A^4, \epsilon_B^4$ の4つ、計11個を入力パラメータとしてGAを実行した。誘電率の取りうる値の範囲は先行研究と同じにし、A層とB層それぞれに関して、1~4層まで線形的に誘電率を変化させた。GAの設定は、トーナメントサイズを3、交叉率を50%、突然変異確率を10%、突然変異発生時の各遺伝子が変異する確率を5%、初期集団の大きさを500、最終世代を80とした。

### 3. 結果

図2に示すように、クローク対象物質である円筒(Uncloak)、先行研究のNNによる最適パラメータ、そして本研究のGAで求めた最適パラメータによる散乱効率を比較した。このとき、式1を用いて適合度を計算した。3つの適合度に関して、Uncloakは0.492、NNは1.403、GAは1.526となった。GA及びNNによる散乱効率は両者ともに、Uncloakの散乱効率よりも全ての可視光線で低い値を示した。さらにGAはNNよりも適合度が0.123高く、この結果はGAがクローキング設計に有効であることを示唆している。また、両者の計算時間に関して、NNは約10日必要であったが、GAは約10時間で十分だった。したがって、GAによる最適解の確率的探索は、更なる低散乱構造の設計を可能にするといえる。

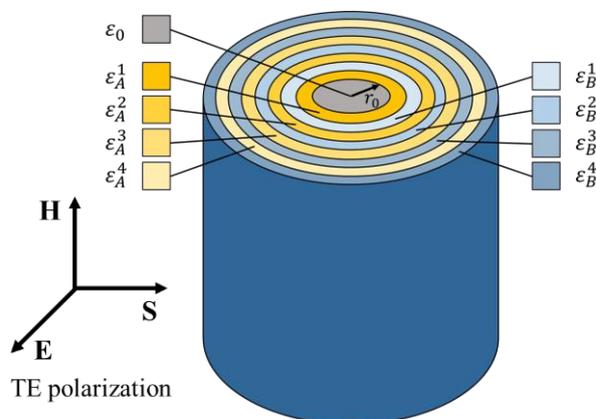


Fig1. Optical geometry of the multilayered cylinder

$$\text{Fitness} = \frac{301}{\sum_{\lambda=400}^{700} Q_{sca}}$$

Eq1. Fitness function

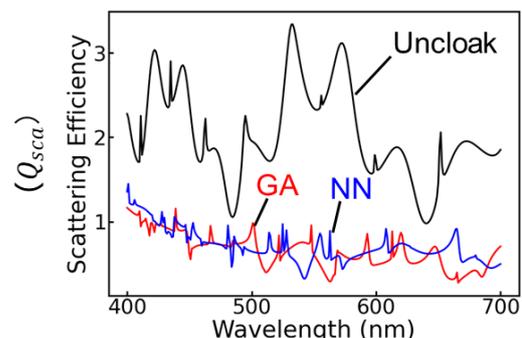


Fig2. Comparison of scattering efficiencies

<sup>1</sup> N. Akashi, *et al.* Appl. Phys. Express, **13** 042003, 2020.