

# ディープニューラルネットワークを用いたテラヘルツタグの高速識別

## Rapid Identification of THz Tags using a Deep Neural Network

名大院工<sup>1</sup> ◯鳥居 優貴<sup>1</sup>, 川瀬 晃道<sup>1</sup>, 村手 宏輔<sup>1</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, ◯Yuki Torii<sup>1</sup>, Kodo Kawase<sup>1</sup>, Kosuke Murate<sup>1</sup>

E-mail: [tori.yuki@h.mbox.nagoya-u.ac.jp](mailto:tori.yuki@h.mbox.nagoya-u.ac.jp)

既存のタグ技術の代表例としてバーコードや RFID があげられるが、光波を用いるバーコードは遮蔽物越しでの読み取りはできず、RFIDは近接している複数のタグ識別が困難である。そこで、遮蔽物への透過性と適度な空間分解能を有するテラヘルツ(THz)波を用いた、新たなタグ(THz タグ)が近年研究され始めている。メタマテリアルやフォトニック結晶を用いるタグはコスト面に加えて、正確なラスタースキャンを要するなどの課題がある。そこで本研究では、THz 帯で指紋スペクトルを有する試薬を用いた低コストかつ簡便な THz タグを提案する[1]。さらに、THz タグの測定に多波長光注入型テラヘルツ波パラメトリック発生器 (is-TPG) [2] を用い、識別にディープニューラルネットワーク(DNN)を組み合わせることで、THz タグを実用的な速度でスライドさせた場合でも高精度識別が可能なシステムを目指した。

THz タグとして、THz 帯に指紋スペクトルを持つ試薬(マルトース、水酸化アルミニウム、ラクトース、グルコースの 4 種類)をポリエチレンと混ぜペレット化したものを用いた。これを図 1(a)に示すようにアルミニウム板の間に適当な順番で 3 つ並べ、表裏を厚紙で覆った 3 つのカード型 THz タグ(tag A-C)を作成した。

本タグの測定には、リアルタイム分光が可能な多波長同時発生検出型 is-TPG を用いた[2]。今回、4 種類の試薬を用いることから、それぞれの吸収ピークに合わせた 4 波長の THz 波同時発生を行った。また、発生とは逆の過程を用いたテラヘルツ波パラメトリック検出により、サンプルを透過した THz 波を、近赤外光(検出ストークス光)へと波長変換し、近赤外カメラによって撮像した。この時、各波長の検出ストークス光は角度位相整合条件に従い異なる角度で発生するため、全波長の情報を同時にワンフレームで取得できる。そこで、その動画の各フレームを画像として抜き出し、DNN の一種で画像認識に特化した Convolutional Neural Network (CNN)を適応することで、リアルタイムで THz タグ識別を行った。

本システムを用いて、図 1(b)に示すように、集光点に設置したホルダに沿って、タグを約 10cm/s でスライドさせた。図 2(a)~(c)にマルトース、Al(OH)<sub>3</sub>、ラクト

ースを並べた tag A スライド時の、検出ストークス光、及び予測された試薬名、予測確率がリアルタイムで表示された動画のスクリーンショットを示す。図 2(d)に示すようにスライド後に、どのタグであるかの最終識別結果(ここでは tag-A)が表示される。

簡易な低コストタグにも関わらず、多波長 is-TPG と Deep Neural Network を組み合わせることにより、手でスライドさせた場合でも高精度な識別が可能なシステムを実証した。

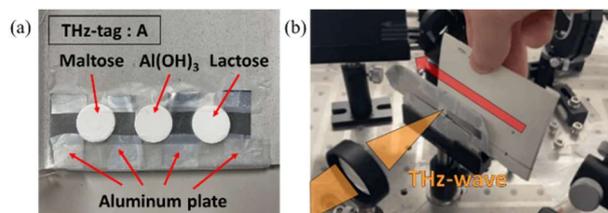


Fig. 1. (a) Interior part of the THz-tag. (b) Tag reading process.

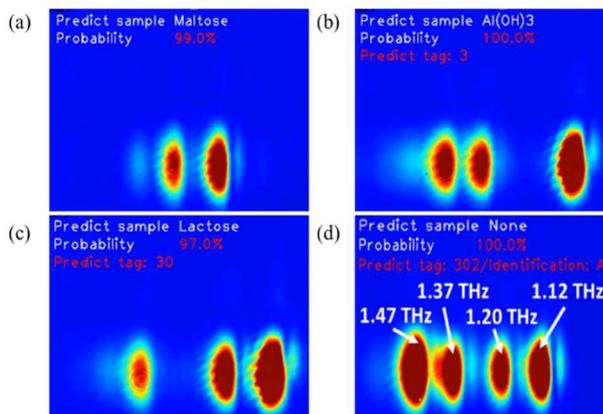


Fig. 2. Screenshots acquired at the moment when (a) maltose (reagent No. 3), (b) Al(OH)<sub>3</sub> (reagent No. 0), and (c) lactose (reagent No. 2) were identified during tag-A reading. (d) Final tag identification result. As reagents 3, 0 and 2 were identified in that order, the number 302 was generated, corresponding to tag-A. The reagent identification probabilities are shown in the images.

謝辞 本研究は、科研費 18H03887, 19H02627, 光科学技術研究振興財団, 日比科学技術振興財団の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] R. Mitsuhashi, K. Murate, S. Nijima, T. Horiuchi, and K. Kawase, *Opt. Express*, vol. 28, 3517 (2020).
- [2] K. Murate, S. Hayashi, and K. Kawase, *Appl. Phys. Express*, vol. 10, 032401 (2017).