

補助事業番号 2023M-252

補助事業名 2023年度 レーザー励起型超小型高出力テラヘルツ波光源を用いた非破壊計測の開発 補助事業

補助事業者名 東北工業大学 縄田耕二

## 1 研究の概要

レーザーの発明から約65年をかけて、人類はコヒーレントな電磁波の高度な活用法を開拓してきた。電波と光波の中間周波数領域であるテラヘルツ電磁波には、X線や超音波計測などの既存の非破壊検査技術に対して、非侵襲的・非電離的かつ非接触で遠隔計測できるため、樹脂製品の品質検査、コーティングの品質検査、化学物質の同定によるセキュリティ応用など様々な非破壊センシングが展開している。本補助事業では「バックワードテラヘルツ波パラメトリック発振」という独自のレーザー励起型小型テラヘルツ波発振法を用いた非破壊センシング技術を開発する。

## 2 研究の目的と背景

高度成長期に建設された建造物の老朽化や、震災による劣化を原因とした事故が起きており、それらの維持管理検査が社会的な問題となっている。現状では人力での打音や目視検査に留まっており、遠隔から非破壊計測の重要性が一層高まっている。テラヘルツ電磁波は、高い空間直進性と様々な材料に対する透過性を有しており、遠隔非破壊検査応用に適した光である。しかしながら、テラヘルツ波光源の出力は他の周波数領域と比べて低く(テラヘルツギャップと呼ばれる)、非破壊検査の実利用に適した高出力光源による非破壊検査法の開発が求められている。

申請者独自の高出力テラヘルツ波光源は手のひらサイズのモジュールからジャイロトン級の高出力実現している。独自光源による非破壊検査法の開発は、様々な物質の内部を透視して欠陥や不良を可視化でき、工業製品や薬の品質検査、インフラメンテナンス、違法薬物検知、など安全安心社会の実現に資する研究である。特に、遠隔からの非破壊検査法は、建築材料(タイル裏のひび割れや木材中の釘の錆)の検査など、インフラメンテナンス検査の高頻度化や低コスト化に有効であり、ロボット搭載による検査の自動化や高速化が将来期待できる。

本補助事業では、申請者の発見した独自原理に基づく高出力小型テラヘルツ波光源を利用した非破壊検査法の開発を目的とする。

## 3 研究内容

(1) レーザー励起型超小型高出力テラヘルツ波光源を用いた非破壊計測の開発  
(<https://www.tohtech.ac.jp/dept/teacher/ice/nawatakouji/>)

- ①テラヘルツ波発生に適した光学条件のパルス光を発生させる近赤外サブナノ秒パルスレーザーを開発。
- ②ニオブ酸リチウム結晶を用いたバックワードテラヘルツ波パラメトリック発振に関する光学条件を計算。

- ③テラヘルツ波を用いた非破壊検査応用、特に透過イメージング計測光学系を開発。
- ④断熱モルタルをはじめとした建築材料に関するテラヘルツ波特性の計測を実施。非破壊検査に重要なテラヘルツ波透過計算モデルを開発。

研究内容が紹介されたHPの写真を以下に示す。

**研究テーマ**

- **手のひらサイズのレーザー励起テラヘルツ波光源**  
 レーザー光から波長変換技術を用いて実用的な小型テラヘルツ波光源の研究を行っています。手のひらに載るサイズ、高出力、広帯域周波数可変性、といった性能を兼ね備えた光源は、非破壊検査に有効です。
- **テラヘルツ波非破壊イメージング**  
 テラヘルツ波の様々な物質に対する透過性と高い空間分解能を利用して、バッグの中に隠された物体や壁の下に隠された線を見つけることができます。テラヘルツ波光源を備えた計測システムの種類によって応用範囲が広がるため、光源の高効率化や高帯域帯域解析手法を利用した計測に関する研究を行っています。
- **光ネットワーク技術とテラヘルツ波技術の接続と融合**  
 光ネットワークは社会・経済活動を支える情報通信インフラです。近年、新たな社会インフラを担う超高速光通信・量子通信・省エネ（高効率化）といった革新的な光ネットワーク技術の研究が盛んにおこなわれています。光通信に利用されるレーザーからテラヘルツ波へと波長変換を行うことで両技術接続と融合に関する研究を行っています。





**研究助成金**

**JKA Social Action**  
経済産業省の社会貢献活動

1. JKA 2023年度 補助事業（代表：樋田）

「補助事業名 2023年度 レーザー励起型小型高出力テラヘルツ波光源を用いた非破壊計測の開発（補助事業）」本研究は、継続の補助を受け、実施しました。詳細は、以下の資料をご参照下さい。[補助事業概要の広報資料](#)

研究室・教員紹介へ戻る

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

テラヘルツ波は電波と光波の中間周波数領域に位置しており、電波に近い様々な物質に対する透過性と光波に近い空間分解能を両立した特徴を有していることから製品検査・セキュリティ検査・文化財調査などの非破壊計測応用がすでに利用されている。

さらなる応用範囲の拡大には散乱などによる位相ノイズを抑制する量子計測技術の活用が期待される。本研究で実施したレーザー励起型テラヘルツ波発生法は、小型かつ高出力であり、非破壊検査応用を一層開拓する強力なツールと成り得る。テラヘルツ波非破壊検査が広く実用化されることで、安心安全な社会の実現に大きく貢献するものである。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者はこれまで近赤外レーザー装置の開発、高効率な非線形光学テラヘルツ波パラメトリック波長変換法の開発、およびテラヘルツ波応用計測技術の開発を実施してきた。本補助事業の成果は、東北工業大学でのバックワードテラヘルツ波パラメトリック発振法による非破壊検査応用を開拓する研究シーズを発展させると同時に、社会のニーズに合わせたテラヘルツ波活用法の開拓を発信したものである。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 学会発表

- ・縄田耕二, “バックワードテラヘルツ波パラメトリック発振による極限長波長領域開拓の検討”, 2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会, 21p-P17-1, 熊本
- ・中村修真, 田中優津樹, 佐藤篤, 菊田貴恒, 縄田耕二, “エアロゲル入り断熱モルタルのサブテラヘルツ波透過測定”, 第71回応用物理学会春季学術講演会, 23a-P03-1, 東京都市大学

## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの

該当なし

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東北工業大学工学部(トウホクコウギョウダイガクコウガクブ)

住 所: 〒982-8577

宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1

担 当 者: 准教授 縄田耕二(ナワタコウジ)

担 当 部 署: 情報通信工学科(ジョウホウツウシンコウガクカ)

E - m a i l: k-nawata@tohtech.ac.jp

U R L: <https://www.tohtech.ac.jp/dept/teacher/ice/nawatakouji/>