

# 研究スタッフ

教授：伊藤 弘昌

助教授： 四方 潤一

助手：水津 光司

COE 研究員：宮本 克彦

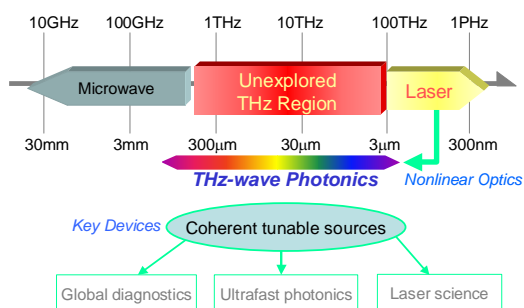
研究員：長能 重博

COE RA：太田 祥恵

COE RA：Cheikh Ndiaye

## 研究目的

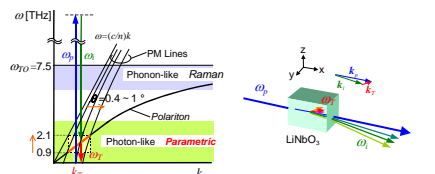
伊藤研究室では、強誘電体、半導体、有機の各種非線形光学材料に対する構造制御や、レーザー発振動作に対する高度な時間的・空間的制御により、光波からテラヘルツ波(1-100THz)に至る広範なコヒーレント波の発生を行うとともに、その検出・制御までの一貫した研究を推進しており、その知見と成果に基づいた新たな科学技術分野であるテラフォトニクス の確立と体系化を目指している。



## 主な研究テーマ

### 1. コヒーレントTHz波光源の開発

光波と電波の中間領域に位置するテラヘルツ波 (THz波) 領域は、これまで発生・検出が難しかったために未開拓の電磁波スペクトル領域として残されてきた。「この未開拓周波数領域をきちんと埋め、利用する事が、八木秀次先生以来の東北大学の伝統であり、我々の使命でもある」(西澤潤一先生談)。我々は誘電性結晶を用いたアプローチを行い、強誘電性結晶LiNbO<sub>3</sub>、MgO添加LiNbO<sub>3</sub>を用いて高効率なパラメトリック発振に成功した。理研フォトダイナミクス研究センターにおいて波長98~420μm (0.7~3.1THz) にわたる広帯域波長可変性と100mW以上(ピークパワー)の高出力特性をもつテーブルトップのコヒーレントTHz波光源を実現しており、分光計測やイメージングへの応用を展開している。このコンパクトで高性能なコヒーレント光源システムによりTHz波領域における応用研究を展開することで、新しい学際領域(テラフォトニクス)を確立することを目標としている。



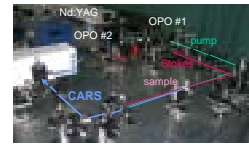
THzパラメトリック発振器分光システム  
\*共同開発 理研フォトダイナミクス研究センター  
\*製作 (有)バックス



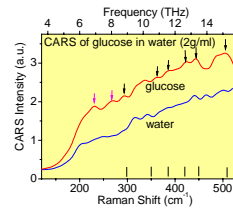
イメージング例

## 2. 生体関連物質の非線形ラマン分光

生体分子のTHz帯振動モードは分子のコンホメーションや分子間相互作用等に関連し、生命科学や医学等の研究における重要性が指摘されつつある。そこで、生細胞など水を含む物質において低周波振動スペクトルを高感度に捉えるため、近赤外コヒーレント反ストークスラマン(CARS)分光システムを開発した。励起光源には、光パラメトリック発振を利用しており、広帯域な振動スペクトル測定が可能である。本分光計を有機液体や固体試料に適用し、 $\nu = 14 \sim 1500 \text{ cm}^{-1}$  (0.4 ~ 45 THz) にわたる振動スペクトル測定に成功した。さらに、水溶液中にある蛋白質分子についても、低波数の振動モードを高感度に検出できることを実証した。



近赤外OPOを用いたCARS計測システム



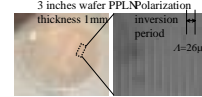
生体分子の広帯域CARSスペクトル測定例

## 3. 強誘電体ドメイン制御非線形光学

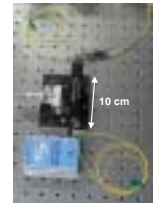
周期ドメイン反転誘電体結晶を用いた擬似位相整合法は、高効率な波長変換が可能な第二世代非線形光学デバイスへのキーテクノロジーとして急速に技術革新が進んでいる。我々は、世界に先駆けてドメイン制御非線形光学デバイスの研究を行っており、これまでにLiNbO<sub>3</sub>等の強誘電体結晶においてドメイン周期構造の作製法を確立し、高効率で広帯域な非線形光波長変換を実現している。また、周期分極反転LiNbO<sub>3</sub>結晶を用いた表面放射型差周波混合を新たに検討し、初めてこの方式による周波数可変コヒーレントテラヘルツ波発生を確認した。



伊藤研で開発した周期分極反転装置  
製作 榎波和電子



自作したドメイン制御非線形結晶  
(Periodically Poled Lithium Niobate)



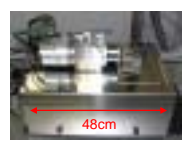
光ファイバー結合型  
PPL-THz波発生モジュール

## 4. 有機非線形結晶DASTの育成と加工

有機非線形光学結晶DAST<sup>+</sup> (4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate) は高い非線形光学係数と電気光学定数を有し、高効率な高周波発生・検出デバイスの実現が可能である。導電率測定に基づく最適育成プロセス技術を開発し、大型で高品質なDAST結晶を再現性よく得ることに成功した。また、新たに精密加工機を共同開発して高品質な加工・処理技術を開発し、ナノスケールの平坦度をもつ結晶加工を実現した。

\*発明者：東北大学多元研 中西、岡田

小型 48cm x 36cm  
精密 表面精度 0.3μm  
簡便 全コンピュータ制御



DAST加工用超精密マイクロ旋盤

\*共同開発 東北大学 厨川  
\*製作 榎東伸精工



As-grown



100μm加工後

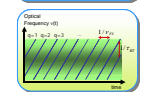
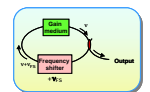
DAST結晶加工例

## 5. 周波数シフト帰還型レーザー

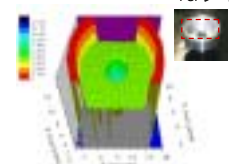
周波数シフト帰還型(FSF)レーザーは、共振器内に挿入した音響光学素子により光波の周波数をシフトさせてレーザー媒質に帰還させるタイプのレーザーである。モードロックFSFファイバーレーザーでは光学長150kmの光ファイバーを分解能40mmで測定することに成功。さらに高速光通信伝送網で問題となる通信用光ファイバーの波長分散(GVD)や偏波モード分散(PMD)計測、大気屈折率変化を利用した地球温暖化現象の計測、遠隔圧力センサと組み合わせた津波計測ネットワーク等の応用を行い、情報通信、環境計測、自然災害計測において有力なツールとなりうる。



導波路型AOM内蔵FSFレーザー  
\*共同開発 山梨大学 垣尾・中川  
\*製作 榎オプトクエスト



FSFレーザー原理図



距離計測イメージング例