

# 植物の生理情報取得に向けた中赤外域分光画像装置の開発

西村 彬<sup>1</sup>, 片岡 圭司<sup>1</sup>, 富田 孝幸<sup>2</sup>, 齊藤 保典<sup>2</sup>

<sup>1</sup>信州大学工学部 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

<sup>2</sup>信州大学学術研究院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

## Development of mid-infrared imaging system for plant's physiological information monitoring

Akira NISHIMURA<sup>1</sup>, Keiji KATAOKA<sup>1</sup>, Takayuki TOMIDA<sup>2</sup>, and Yasunori SAITO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,

<sup>2</sup>Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

**Abstract:** We have been developing a super wide-band(x-ray to IR) imaging system for plant's physiological information monitoring. In this study, we describe a mid-infrared imaging system. It basically consisted of a confocal imaging optics, a mid-infrared filter, a special filter and a MCT detector. The last two devices were cooled with a peltier device. Performance experiment of the developed system was made and two dimensional image of plant leaves have successfully obtained with 51 pixels by 5 pixels in mid-infrared region.

**Key Words:** plants, mid-infrared, MCT detector, imaging

### 1. はじめに

近年、有機物質を毎年確実に生産することができる植物の有用性は高まりつつある。そのため、植物の健康状態に関する情報を精密に計測し、それを正確に評価する手法が必要とされている。現在主流の薬品による化学的手法や、分解と粉碎による破壊的手法では、調査する植物を変質、破壊してしまう。我々は植物にダメージを与えることなく調査を行う手法として、X線から赤外にわたる超広域波長での画像システムを開発中である<sup>1)</sup>。その中で本研究では、植物の生理情報取得を目的とした中赤外検出システムの製作と画像化に関する報告を行う。

### 2. 超広帯域多波長分光画像システム

超広帯域多波長分光画像システムにおいては、様々な波長域の画像から植物の状態の観測が可能である。例えばX線領域では植物の内部構造、紫外線領域ではクロロフィル含有量、近赤外領域では水分含有量、また赤外カメラでは熱に関する各種植物生体情報を得ることができる<sup>2)3)</sup>。それらの全体構成の概念を Fig. 1 に示す。この中で、中赤外領域における画像化は、中赤外領域カメラが非常に高価であることや、多くの分子の吸収スペクトルが互いに重合しており解析が難しいことなどの理由からあまり行われてこなかった。我々はこの中赤外域での画像化を行うことを決定し、そのための中赤外検出システムの設計及び製作を行った。

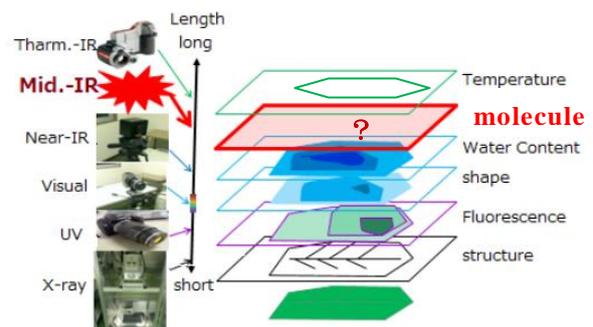


Fig.1 Overview of super wide-band imaging system

### 3. 中赤外域検出システム

#### 3.1 設計

今回は植物中赤外域分光として、植物生体構成物質である脂質、植物揮発性有機物質であるメタン、ピネン体などの検出を目的とした。

検出システムは共焦点光学系とした。この系では検出対象と受光部の焦点が共に合うように設定されており、散乱光の影響を受けずに焦点の合った検出対象の一点だけの情報を検出することができ、結果として装置全体の能率を大きく向上させることができる。

また、光学系に用いる二つのレンズについては、対物側の焦点距離を長くし、検出器側の焦点距離を短くした。前者は検出対象の植物の表

面の微小な凹凸を吸収するための措置である。また、後者はシステム全体の小型化を考慮したものである。

### 3.2 製作

製作した中赤外域受光検出システムを Fig.2 に示す。

この検出システムは中赤外検出器とそのステージ、空間フィルタ、フッ化カルシウムレンズ2枚、バンドパスフィルタを用いて構成されている。

フッ化カルシウムレンズは焦点距離が 20 cm の物と 4 cm の物の二つを用意し、20 cm の方を対物側、4 cm の方を検出器側に配置した。また、検出器の直前には空間フィルタを配置したが、フィルタ自体をペルチェ冷却ユニットで包み込む構造の空間冷却フィルタとし、空間フィルタ自体の熱由来中間赤外線雑音を極力防ぐ構造にした。

中赤外検出器は「PVI-3TE-6-1×1-TO8-BaF2」という vigo 社製の光起電力型テルル化水銀カドミウム (Mercury cadmium telluride =MCT) 検出器を用いた。検出器の波長感度領域は 2.5～8.0 $\mu\text{m}$  である。

光起電力型 MCT はバイアス電圧を必要とせず、感度の線形性が高いという長所を持つ。この実験に用いた検出器の後部にもペルチェユニットが搭載されており、素子由来の熱雑音を遮断する。

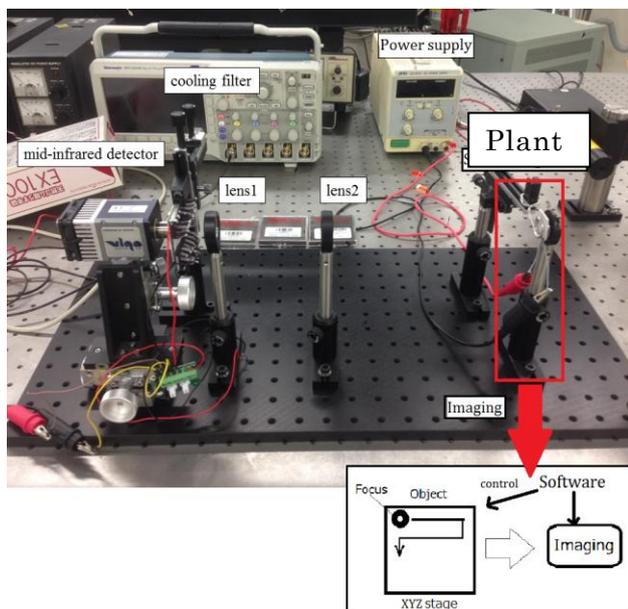


Fig.2 Mid-infrared imaging system

また、Fig.2 ではフィルタが示されていないが、レンズ1とレンズ2の間に挿入した。フィルタは前述の物質を計測対象として、3.0～3.3 $\mu\text{m}$  域に透過波長をもつ。

Fig.2 の下側に画像化の手順を示した。まず、赤の枠線で示した位置に試料台 XYZ ステージを置き、これを用いて検出装置を走査させ、特定波長における受光感度の空間分布の画像化を行う。

### 4. まとめと今後の計画

超広域多波長分光システムの中の中赤外域での画像化を目標として、中赤外域検出システムを設計し、製作を行った。

システムの動作試験では 51 ピクセル×5 ピクセルの画像が得られた。現在は画像化のための試料台 XYZ ステージ制御の自動化及び画像化のためのソフトウェアを製作中である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費挑戦的萌芽研究「15K14000」により行われている。

### 参考文献

- 1) 片岡 圭司, 川本 章博, 富田 孝幸, 大谷 武志, 小林 一樹, 斉藤 保典, 小平 計美, 丸山 次郎, 広帯域多波長画像の組み合わせによる植物健康診断システム, 11p-A14-4, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2015)
- 2) H.G.Jones, R.A.Vaughan, リモートセンシングの総合的な利用, 植生のリモートセンシング”, 久米 篤, 大政 謙次, 第 11 章, pp. 349-362, 森北出版株式会社 (東京) (2013)
- 3) 大政 謙次, 近藤 矩朗, 井上 頼直, 画像計測とリモートセンシング, 植物の計測と診断, 第 5 章, pp. 155-160, 朝倉書店 (東京) (1988)