

分光情報の三次元地図から消化器系の病変を 発見する分光センサの開発

Development of spectroscopic sensor for detecting digestive disease from
3D map of spectroscopic information

2151032



研究代表者

神奈川大学 工学部

准教授

松本光広

[研究の目的]

イメージング分光器は、対象物から分光器に入射する光を分光することで、光の波長を知ることができる。対象物から入射する光の領域は、イメージング分光器の前方における線状領域である。イメージング分光器周りの全方位における対象物の光の波長を知るためには、分光器を回転駆動させて走査する必要がある。イメージング分光器を駆動させる走査では、全方位を走査するまでに時間がかかり、走査する方位によって測定時間に差が生じる。研究代表者はセンサを駆動させずに、センサ周りの円状領域を多点同時に分光できる分光センサを開発した。しかし開発した分光センサは、対象物からの光を集光せずに、かつ透過型回折格子を用いた分光により分光効率が低いため、分光できる対象物はレーザー光などの強い光のみに止まっている。多数の対象物の中心付近にイメージング分光器を設置すれば、分光器周りの円状領域における全方位の対象物について、多点同時に光の波長を知ることができる。対象物の光の波長を用いることで、対象物を把握できる。本研究では、円状領域の対象物からの光を多点同時に分光して光の波長を知ることができるイメージング分光器を開発する。イメージング分光器の構造と仕組みを示して、分光器を設計する。設計したイ

メージング分光器を、実際に作成して構成する。

[研究の内容, 成果]

イメージング分光器の構造と仕組み

図1にイメージング分光器の構造と仕組みを示す。イメージング分光器は対物レンズ、分光部およびカメラにより構成される。イメージング分光器周りの全方向の円状領域における対象物からの光は、対物レンズから分光器に入射する。入射した光は、対物レンズによりイメージング分光器の中心軸方向に進む。対物レンズから分光部に進んだ光は、円環スリットを通り、分光部のレンズにより分光される。分光された光は、カメラの分光検出面に投影される。投影された分光の位置は、光の波長により異なる。イメージング分光器は、検出面に投影された分光の位置から光の波長を知ることができる。開発するイメージング分光器は、分光部におけるレンズを透過させて分光するために、分光効率が低い。

イメージング分光器の設計

イメージング分光器の構造と仕組みを用いて、分光器を設計する。表1にイメージング分光器の光学諸元を示す。表1に示す各項目の諸元を用いて、これらを満たすイメージング分光器に

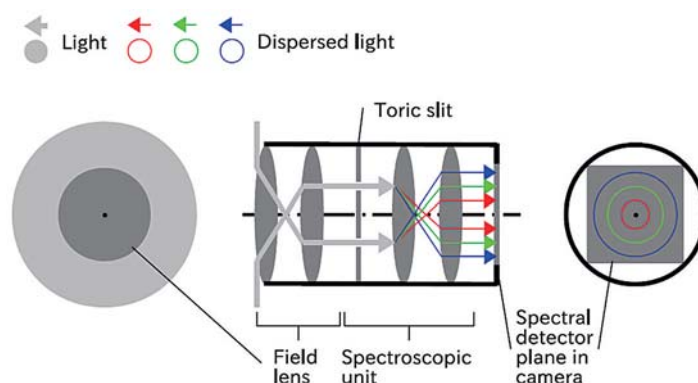


図1 イメージング分光器の構造と仕組み

表1 イメージング分光器の光学諸元

Item	Data
Model of field lens	FUJINON FE185C057HA-1
Focal range of field lens	1.8 mm
Fno of field lens	1.4-16
Image size	2.83 mm
Target wavelength λ	400 nm-650 nm
Model of camera	PointGrey BFLY-PGE-50S5M-C
Pixel size of camera	3.45 μm
Number of pixels in camera	2448 \times 2048
Size of light receiving section in camera	8.45 mm \times 7.07 mm
Size of spectral image	3.25 mm at $\lambda=400$ nm
Acceptable error about non-concentricity of axis between detector and spectroscopic unit	0.3 mm-0.285 mm
Magnification of spectroscopic unit	1.15 at $\lambda=400$ nm, 0.91 at $\lambda=700$ nm
Position and diameter of diaphragm in spectroscopic unit	Fixed position and diameter, Diameter of Fno=8.5 at intermediate image plane by field lens
Position and diameter of entrance pupil in spectroscopic unit	Partial luminous flux to injection luminous flux of field lens regardless of wavelength
Toric slit	Diameter of $\phi 5.66$ mm. Width of 8.5 μm . Width of 9.5 μm at final image plane in spectroscopic unit
Accessory function of focus adjustment	Transmissive portion of $\phi 2.5$ mm in the central area of toric slit
Imaging performance of spectroscopic unit	RMS spot diameter of monochromatic image of 1pixel

おける分光部について光学設計を進めた。図2にイメージング分光器の分光部における光路図を示す。表2および表3にイメージング分光器の分光部における設計値を示す。図2に示す光路図を用いて、表2および表3に示す設計値を算出した。各設計値は、波長が400 nmから700 nmの50 nm毎について、それぞれ算出した。図3にイメージング分光器の設計図を示す。イメージング分光器の分光部における光学設計の結果を用いて、分光器の分光部における機械

設計を進めた。分光部には対物レンズを取り付けるために、Cマウントを設置した。円環スリットを取り付けるために、スリットリングを設置した。イメージング分光器を三脚に取り付けるために、台座を設置した。カメラと分光部における回転位相を調整するために、機構を設置した。カメラを分光部に固定するために、ロックリングを設置した。

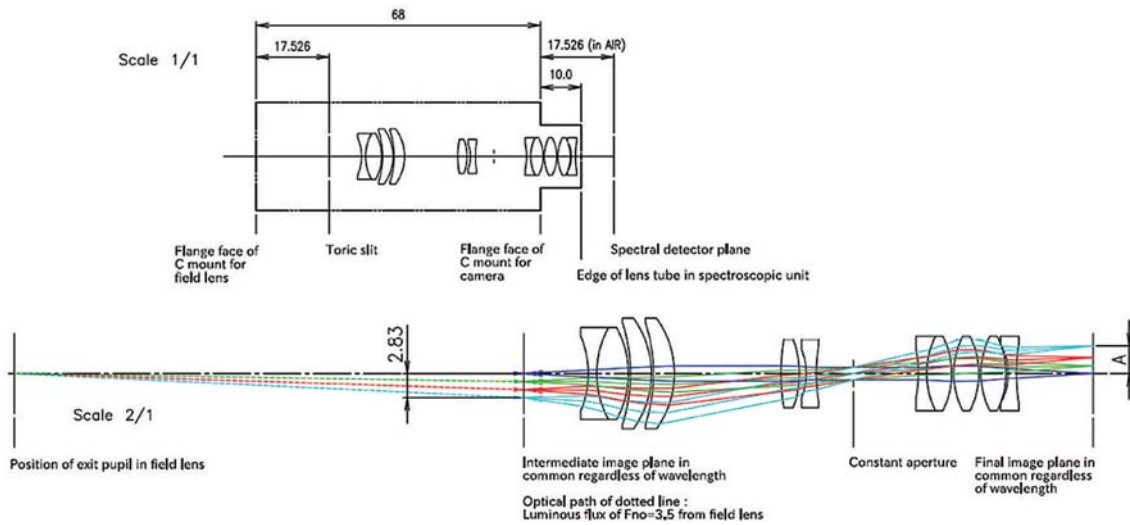


図2 イメージング分光器の分光部における光路図

表2 イメージング分光器の分光部における設計値

Wavelength [nm]	Lateral magnification	Final image height A [mm]	Fno at intermediate image plane side	Fno at final image plane side	RMS spot diameter of monochromatic image
700	0.9045	2.578	10.09	7.72	Less than $\phi 5 \mu\text{m}$
650	0.9171	2.614	10.03	7.76	
600	0.9340	2.662	9.96	7.82	
550	0.9574	2.729	9.86	7.90	
500	0.9917	2.826	9.74	8.03	
450	1.0453	2.979	9.56	8.23	
400	1.1392	3.247	9.28	8.59	

表3 イメージング分光器の分光部における設計値

Wavelength [nm]	Linear dispersion [mm/50 nm]	Wavelength resolution R
700-650	0.036	69.4
650-600	0.048	85.7
600-550	0.067	110.1
550-500	0.097	145.5
500-450	0.153	207.6
450-400	0.268	325.4

イメージング分光器の作成

イメージング分光器の設計図を用いて、実際に分光器を構成した。図4に構成したイメージング分光器を示す。設計した分光部を、図3に示す設計図を用いて実際に作成した。対物レンズは、表1に示す光学諸元で用いたFUJINOのFE185C057HA-1を購入した。カメラは、表1に示す光学諸元で用いたPointGreyの

BFLY-PGE-50S5M-Cを購入した。なおカメラ内部に設置されていた、IRフィルタ、IRフィルタ固定器具およびガスケットは取り外した。作成した分光部、購入した対物レンズおよびカメラを用いて、イメージング分光器を実際に構成した。

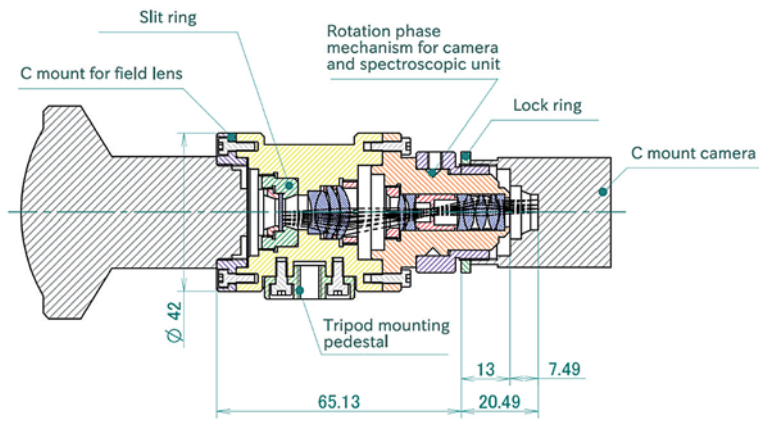


図3 イメージング分光器の設計図

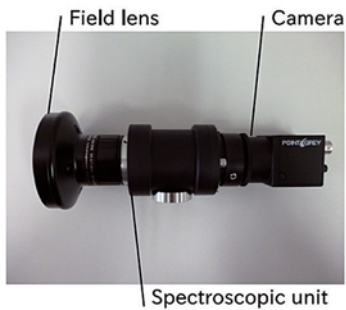


図4 構成したイメージング分光器

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、円状領域の対象物からの光を多点同時に分光して光の波長を知ることができるイメージング分光器を開発した。イメージング分光器の構造と仕組みを示して、分光器を設計した。設計したイメージング分光器を、実際に作成して構成した。今後イメージング分光器における、対物レンズおよび分光部とカメラのピント調整を行う。また黒体炉をイメージング分光器に見せることで、分光キャリブレーションを行う。