

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	H&E染色ハイパースペクトル画像を用いた弾性繊維及び膠原繊維の分別に関する研究
Title(English)	Elastic and Collagen Fibers Discrimination Methods using H&E Stained Hyperspectral Images
著者(和文)	SEPTIANALina
Author(English)	Lina Septiana
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11432号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小尾 高史,熊澤 逸夫,中本 高道,山口 雅浩,鈴木 賢治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11432号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	SEPTIANA Lina		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小尾高史	准教授		鈴木賢治	特任教授
	審査員	熊澤逸夫	教授	審査員		
		中本高道	教授			
山口雅浩		教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Elastic and Collagen Fibers Discrimination Methods using H&E Stained Hyperspectral Images」と題し、英文 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、まず、病理検査において、染色は、特定の疾患に伴って起きる組織や細胞の形態的な変化を観察するために重要なプロセスであり、ヘマトキシリン-エオジン (H&E) 染色は、組織の形態学的構造を観察するための標準的な染色方法として用いられていることを述べている。また、弾性線維の存在と静脈侵襲が関連している膵管癌等の一部のがんにおいては、H&E 染色では弾性線維と膠原線維を区別して観察することが難しいため、これら線維を異なる色で染め分けることのできる Elastic van Gieson (EVG) 染色が用いられる一方で、H&E 染色と比較して多くの手間やコストが必要であると述べている。そして、本論文の目的は、H&E 染色された病理標本をハイパースペクトルカメラで撮影し、得られた画像を用いて、弾性線維と膠原線維をセグメンテーションする手法を提案し、その有効性を示すことであると定めている。

第 2 章「Material and Method」では、本研究で用いる病理画像や前処理の方法について述べている。まず、本研究で用いる病理画像は、US Biomax 社の膵癌を含む 3 つのヒト腫瘍組織標本を用いて取得しており、H&E 染色した標本を顕微鏡及びハイパースペクトルカメラで撮影したデータから吸光度を求めることで 61 バンドの H&E 染色標本のハイパースペクトル画像 (HE-HS 画像) を取得すると述べている。そしてその後、同一標本を漂白し、EVG 染色した後、ホールスライドイメージング装置で撮影することで EVG 染色標本の RGB 画像 (EVG-RGB 画像) を取得していると述べている。さらに、EVG-RGB 画像に対して、阿部らの提案した弾性線維、膠原線維とその他組織をセグメンテーションする手法を適用した後、2 人の病理医が目視による確認を行い、得られた結果を、弾性線維と膠原線維を示す正解画像として用いることを述べている。

第 3 章「Elastic and Collagen Fibers Segmentation Based on Spectral Features using Linear Discriminant Analysis (LDA)」では、弾性線維と膠原線維の組成の違い等から分光吸光度に差異が生じると仮定し、HE-HS 画像に対して線形判別分析を適用することで線維領域を弾性線維と膠原線維にセグメンテーションする手法を検討している。HE-HS 画像から 6 つの関心領域を抽出し、そのうち 5 領域を用いて線維領域を弾性線と膠原線維に判別する線形判別関数を求め、残りの 1 領域を用いて線形判別の評価を行うと述べており、HE-HS 画像から生成した H&E 染色標本の RGB 画像 (HE-RGB 画像) に対しても同様に線形判別を行い、6-分割交差検証により精度の比較・評価すると述べている。そして、Dice 係数及び Receiver Operator Characteristic 曲線下面積による評価を行い、HE-HS 画像を用いることで HE-RGB 画像を用いる場合と比較してセグメンテーション精度が向上することを統計的優位性ともに示している。

第 4 章「Elastic and Collagen Fibers Segmentation based on Spectral-Spatial Features using U-net Based Architecture」では、弾性線維、膠原線維及びその他組織の構造の差異等が病理画像の局所的空間的構造に影響を与えていることを想定し、スペクトル情報に加えて、空間的特徴を考慮し

た弾性線維、膠原線維のセグメンテーション手法を検討している。具体的には、第 3 章で用いた画像データに対して、医用画像のセグメンテーションに適した畳み込みニューラルネットワークの一つである U-Net を適用し、弾性線維、膠原線維及びその他組織の 3 領域にセグメンテーションしている。そして、U-Net で用いるパラメータ等の一部最適化を行うとともに、HE-HS 画像及び HE-RGB 画像を用いて、セグメンテーション精度を第 3 章と同様に評価した結果、HE-HS 画像を用いることで、HE-RGB 画像を用いる場合と比較して精度向上が図れることを統計的優位性ともに示している。

第 5 章「Discussion and Conclusion」では、第 3 章、第 4 章で得られた HE-HS 画像を用いたセグメンテーション結果を比較し、スペクトル情報に加えて空間的情報を利用することで 2 割程度セグメンテーション精度が向上することを示すとともに、本研究を総括し、今後の課題、展開について記述している。

以上を要するに、本論文は、H&E 染色標本のハイパースペクトル画像を用いることで、H&E 染色標本のみから弾性線維、膠原線維の判別を行う手法を提案・評価し、提案手法の有効性を示すとともに、病理診断におけるスペクトル-空間情報利用の新たな可能性を示したものであり、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。