

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Hyperspectral Imaging and Analysis for the Diagnosis of Pigmented Skin Lesions during Gross Pathology
著者(和文)	アルポヤニ エレニ
Author(English)	Eleni Aloupogianni
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12260号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小尾 高史,山口 雅浩,金子 寛彦,吉村 奈津江,八木 透
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12260号, Conferred date:2022/9/22, 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	ALOUPOGIANNI Eleni		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小尾 高史	准教授		八木 透	教授
	審査員	山口 雅浩	教授	審査員		
		金子 寛彦	教授			
		吉村 奈津江	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Hyperspectral Imaging and Analysis for the Diagnosis of Pigmented Skin Lesions during Gross Pathology」と題し、英文 8 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、本研究の背景、目的を述べている。まず、近年のデジタル病理診断の発展にもかかわらず、マクロ病理診断は依然として目視で行われており、顕微鏡で観察すべき部位を適切に切り出すには、病理医のスキルと手間が必要であると指摘している。また、この解決のため、ハイパースペクトル画像 (HSI) を用いた組織分類等の研究が行われているが、皮膚病変を対象とした病変分類や病変部領域推定の精度は十分でなく、精度向上のための更なる研究が必要であると述べている。そして、本研究の目的は、マクロ病理検査における色素性皮膚病変 (PSL) の診断に必要な HSI 解析技術を確立し、病変部領域の抽出精度向上に寄与することであると述べている。

第 2 章「Literature Review」では、ヘルスケア分野におけるシステマティック・レビューの実施方法を定めた Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis に基づき、HSI 等を用いた皮膚病変解析に関する過去の研究を詳細に分析・評価している。具体的には、まず、HSI 及びマルチスペクトル画像 (MSI) を用いた皮膚病変解析に係る 37 件の研究について、データ収集法、前処理手法、分類手法・領域分割手法及びその結果、各手法の課題等を調査・分析している。そして、今後の研究として、様々な病変を含む画像データセットを用いた複数の手法による解析が必要であること、前処理方法は分類性能に大きく影響しており、特にスペクトル情報が持つ冗長性を削減するためには適切な次元の削減法が必要であること、更には、空間情報とスペクトル情報の両方を用いた解析手法が必要であることを指摘している。

第 3 章「Materials」では、本研究で用いたマクロ病理画像撮影システム及び収集データについて述べている。撮影対象とする皮膚組織は、手術で摘出された直後の皮膚組織 (固定前組織)、及びそれをホルマリン固定したもの (固定後組織) とし、これらを、独自に開発した MSI カメラ及び HSI カメラによって撮影したと述べている。MSI データは、10 枚の 9 バンド MSI からなり、撮影時に 1 名の病理医が皮膚組織を目視で観察し、腫瘍・非腫瘍部のそれぞれ数点に関心点を設定したと述べている。HSI データは、28 枚の 311 バンド HSI からなり、各画像に対して、2 名の病理医が病理診断名の付与及び腫瘍領域の抽出を行ったと述べている。

第 4 章「Effectiveness of Hyperspectral Imaging for Tumor Classification」では、関心点の腫瘍・非腫瘍分類における HSI の有効性を示している。具体的には、MSI データから求めた HSI のスペクトル情報と Local Binary Pattern を特徴量として、Support Vector Machine (SVM)、Random Forest、k 近傍法を用いて、腫瘍・非腫瘍分類を行っている。その結果、HSI を利用することで、RGB 画像を用いた場合と比較して 30% 程度分類精度が向上することを示している。

第 5 章「Influence of Formalin-Fixing on Chromophore Concentrations」では、ホルマリン固定処理が色素量に与える影響を調査している。MSI データより、固定前組織、固定後組織に含まれるメラニン量及びヘモグロビン量を反映する 3 つの指標値を計算・比較し、その結果より、ホルマリン固定処理により、ヘモグロビン量が大きく減少する一方で、メラニン量はほとんど変化しないことを示している。そして、PSL の HSI 解析には固定前組織の撮影が必要であると述べている。

第 6 章「Effect of Dimension Reduction on Tumor Margin Detection」では、病変部領域抽出処理におけるスペクトル情報の次元削減の影響について調査している。まず、HSI を用いる解析では、一

一般的に冗長性を削減するための前処理として次元削減が行われているが、PSL に対する最適な次元削減法は明らかになっていないと述べている。そして、12 種類の次元削減法と SVM を用いた病変部領域抽出を行い、次元削減が領域抽出精度に与える影響を調査し、ランダムフォレストによる特徴量重要度を用いた次元削減法が有効であることを明らかにしている。一方で、今回の HSI データに対しては、次元削減を行わないで領域抽出を行った場合が最も精度が高くなることを示しており、次元削減が必ずしも良好な結果をもたらすとは限らないことから、次元削減の妥当性を対象データで確認した上で実験を進める必要があると述べている。

第 7 章「Implementation and Feasibility of HSI-based Tumor Margin Detection」では、HSI を用いたマクロ病理検査の PSL 診断への適用可能性を明らかにしている。まず、深層学習においてチャンネル方向の畳み込みと空間方向の畳み込みを分離して処理する手法である Xception をベースに、HSI のスペクトル情報を考慮し、空間方向の畳み込みを一部チャンネル方向に拡張した 3D Xception による病変部領域抽出法を提案している。そして、従来法と比較して、複数の精度評価指標において、提案法が良好な結果を示すことを明らかにしており、空間情報とスペクトル情報を組み合わせた解析手法が有益であることを示している。

第 8 章「Conclusions」では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題、展開について述べている。

以上を要するに、本論文は、HSI を用いた色素性皮膚病変のマクロ病理検査において、データの取得法や事前処理等についての指針を明らかにするとともに、空間情報とスペクトル情報を組み合わせた解析手法が病変部領域抽出精度向上に有用であることを示したものであり、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士（学術）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。