

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | A study on the application of digital holography in digital pathology |
| 著者(和文) | SyukranHakim |
| Author(English) | Hakim Syukran |
| 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11587号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 雅浩,中本 高道,金子 寛彦,小尾 高史,渡辺 義浩 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11587号, Conferred date:2020/9/25, 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 | Syukran Hakim Bin Norazman | | |
|-------------|-----|-------|---------|----------------------------|-------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 山口 雅浩 | 教授 | 審査員 | 渡辺 義浩 | 准教授 |
| | 審査員 | 中本 高道 | 教授 | | | |
| | | 金子 寛彦 | 教授 | | | |
| 小尾 高史 | | 准教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は "A study on the application of digital holography in digital pathology (デジタルホログラフィーのデジタル病理診断への応用に関する研究)" と題し、英文 6 章から構成されている。

第 1 章 "Introduction (序論)" では、本研究の背景として、デジタル病理学と呼ばれる新しい分野の発展と課題について論じている。具体的には、従来の病理診断は、患者から採取した組織や細胞サンプルの顕微鏡観察を基本とするものであるのに対して、デジタル病理診断は、スライドスキャナを用いて得られる超高精細デジタル画像に基づくワークフローの革新により、迅速かつ正確な診断へ貢献するとともに、画像解析技術を応用した診断支援などの発展をもたらしていると述べている。一方で、生体組織は透明であるため、一般的な病理診断では染色の工程を経て視覚化する必要があるが、デジタルホログラフィー (DH) のような定量的な位相イメージング技術を応用することで、染色工程を経ずに組織を視覚化する技術も研究されていることを紹介している。しかし、従来の DH による位相イメージングで得られる像は、染色病理標本で観察される特徴との関係が明らかになっていない点が課題として挙げられている。これらの議論に基づき、本研究の目的は、DH をデジタル病理学に融合することで、病理診断の高度化に貢献する技術を具現化することであるとしている。

第 2 章 "Background (背景)" では、本論文に関連する技術分野として、デジタル病理学、DH、位相計測に基づく細胞のイメージング、明視野顕微鏡と DH の組み合わせなどに関して従来研究を概観し、本研究の新規性を明らかにしている。

第 3 章 "Quantitative phase imaging for stained cytological sample (染色細胞診標本の定量位相イメージング)" では、本研究で開発したインコヒーレント (明視野) イメージングとコヒーレント (DH) イメージングを組み合わせたハイブリッドシステムを紹介し、その細胞診標本への応用に関して実験結果を示している。このシステムでは、カラー画像は、重なり合っている細胞のセグメンテーション処理に利用され、細胞ごとの位相変調量取得を可能にしている。このシステムを用いて、染色された悪性リンパ腫の細胞診標本のカラー画像とデジタルホログラムを撮影し、位相分布を解析した結果、悪性のリンパ球の位相平均値は正常細胞と比較して大きく分散していることを示している。これらの結果から、提案した明視野画像解析と位相計測を組み合わせる解析手法は、悪性細胞の同定などに活用できると述べている。

第 4 章 "Quantitative phase analysis on H&E stained histopathological sample (H&E 染色病理組織標本の定量位相解析)" では、従来の一般的な病理組織染色手法であるヘマトキシリン (H) とエオシン (E) で染色した組織標本の定量的な位相の解析を行っている。ここでは、先述のハイブリッドイメージングシステムを用いて、肝臓組織標本の位相とカラー画像を撮影し、核領域内の位相と色のテクスチャ情報の関係を調べている。その結果、位相画像から得られるテクスチャ特徴はカラー画像とは異なる情報を提供する可能性があることを見出した。特に、位相画像における濃度共起行列のコントラストと均質性の特徴において、肝細胞癌と正常組織に分類するのに有益であったことを示している。そして、本手法を用いれば無染色の標本を使用して診断できるため、より迅速な病理診断につながる可能性があることを述べている。

第5章 “Three-dimensional image processing for application in digital pathology (デジタル病理学応用に向けた3次元画像処理)” では、本研究で開発したハイブリッドイメージングシステムの利点を生かす新しい3次元画像処理手法を提案している。提案する手法では、DHの情報をサポートとして用いることで、明視野画像からのカラー物体の3次元再構成とリフォーカスを可能にしている。3次元再構成のアルゴリズムは3次元物体の空間的なスパース性を利用しており、圧縮ホログラフィーの概念を用いてDHから再構成した画像により3次元ボクセル中にバイナリマスクを作成し、このバイナリマスクをサポートとして明視野画像からの3次元カラー物体の再構成を行っている。その後、再構成された物体と3次元点像分布関数の畳み込みによりリフォーカス処理を可能としている。そして、単純な物体と細胞ファントムを用いた計算機シミュレーションにより本アルゴリズムの有効性が示されている。この手法は、光軸方向の焦点走査を必要としないため、高速な3次元病理イメージングに応用できる可能性を有していると述べている。

第6章 “Conclusion (結論)” では、本論文で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文では、コヒーレントとインコヒーレントのハイブリッドなイメージングシステムを開発し、染色病理標本と定量的な位相画像情報の融合が細胞病理学及び病理組織学分野のイメージング技術の発展をもたらす可能性を示したものであり、工学上ならびに工業上において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。