

氏 名(本 籍)	寺 嶋 正 己(岐阜県)
学 位 の 種 類	博 士(工学)
学 位 記 番 号	甲 第 89 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 3 月 25 日
専 攻	電 子 情 報 シ ス テ ム 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	CONSTRUCTION OF A MEDICAL IMAGE ANALYSIS SYSTEM AND ITS APPLICATIONS TO RENAL BIOPSY (医用画像解析システムの構築と腎生検への応用)
学 位 論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小 鹿 丈 夫 (副査) 教 授 後 藤 宗 弘 教 授 藤 田 廣 志

論文内容の要旨

近年、医学の分野において、診断、診療に用いる各種画像のコンピュータによる画像処理が活発に研究され、その一部は実用化されつつある。他方、病理学、生理学等基礎医学の分野でも数多くの画像が研究のために利用されており、各々に画像のパターン認識や自動計測が求められている。しかしながら、専門医と同等のレベルで各々の画像を解析・認識することは、非常に難しく実用化の域に達しているものは非常に少ない。この原因は、対象の多くが生体組織標本でその構造が極めて複雑であり、かつ処理の目的の多くが専門的な特徴量の認識であることに起因する。加えて、コンピュータシステムを構築する側、所謂工学者にとって、医学上の問題の所在と理解は困難を極めるからと考えられる。

特に、腎生検は腎疾患の臨床と研究にとって不可欠のものとなっているが、腎生検そのものは腎疾患の治療法ではないこと、被検者にとって全く安全な検査方法とは言いきれないことなどから、その専門性は極めて高い。従って、その腎生検画像の鑑別に際しては高度な専門知識を必要とし、コンピュータによる解析は非常に難しいものと考えられていた。

しかしながら、WHOによる腎疾患組織分類基準の制定は、鑑別に対するスタンダードを与えると共に、組織所見のみで鑑別できる範囲を明確にした。これにより、腎組織の形態計測を主体にした鑑別は、鑑別知識及びルールを知識データベースとして持つ知識処理型画像解析システムの対象範囲になったと考えられる。加えて、専門医の間からは病変度合いを定量的に評価したいとするニーズが急速に高まってきた。

このような背景を基に、本研究ではWHOの腎疾患組織分類に基づく鑑別視点で、組織標本画像を定量的に鑑別できるシステムの開発を目指した。

生体組織標本画像は、比較的早期からコンピュータ画像解析の対象とされて来た。しかし、従来の方法では、臨床医の最も関心が高い糸球体を周辺組織領域から自動で分離・抽出することは、極めて困難であった。本研究では、染色領域の色彩特徴に注目し、色彩処理能力を強化した。これにより従来困難とされていた、糸球体の自動抽出を実現した。加えて、糸球体を構成する組織要素の分離・抽出も可能とした。これにより、

組織の増殖を伴う病変については、特に有効で、定量指標を導出できるようになった。

上述したように、腎生検は治療法ではなく、しかも侵襲性の検査法であり、高度な専門性を必要とする。従って、臨床医は腎生検の実施に際しては、患者及びその家族に対し、検査方法の実際及びその必要性を、十分な時間を掛けて説明している。即ち、説明と同意、インフォームドコンセントの重視である。しかし、臨床医からの説明だけで患者の理解と同意を得ることは、容易なことではない。そこで、本研究ではVR技術を使って、インフォームドコンセントの実現を支援するシステムを構築し、その有効性と課題について考察した。

さらに、高度な専門性を有する検査法は、医学を学ぶ学生及び医療スタッフにとってもその手技の習得、インフォームドコンセントの実現、及び組織標本の鑑別トレーニングは容易ではない。そこで、本研究ではVR技術を使って、実際の手技を体験できる統合的な体験型訓練システムを構築し、その有効性と力覚フィードバックの重要性を示した。これにより、腎生検に関わる様々な場面を支援するVRシステムの可能性を示した。

発表論文リスト（学位論文に直接関係する論文）：

1. 論文名： Informed Consent System of Renal Biopsy
掲載誌名： Proceedings of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, pp.326-331(1995)
著者名： Masami Terajima, Michiko Harayama, Takeo Ojika, and Hisaaki Nagano
2. 論文名： Organic Training System for Reneal Biopy
掲載誌名： 画像電子学会、第 25 巻、第 5 号、pp.504-513(1996)
著者名： 寺島正己、木島竜吾、小鹿丈夫

論文審査結果の要旨

本論文では、腎生検の組織顕微鏡像の鑑別診断を支援するための画像解析システムを構築すると共に、腎生検の実施におけるインフォームドコンセントの獲得を支援するべく、その医用画像解析システムの活用と3次元アニメーションシステムを開発している。加えて、腎生検の特殊性を考慮し、医療スタッフ、医学生が腎生検の手技をも模擬体験できるような統合化訓練システムの開発を行っている。実際に開発を行ったシステムは以下の特徴を有する。

- 1) 医用画像解析システム (Electronic Atlas of Renal Biopsy) は、症例画像検索サブシステムと画像解析サブシステムの2つで構成している。
前者は、専門医の鑑別所見と共に標本画像をデータベース化し、WHOの疾患分類に準じて検索できる機能を備えている。臨床医のみならず、医療スタッフ、医学生が腎生検画像の研究や鑑別診断の学習に活用できる。
後者は、WHOの疾患分類基準に基づく鑑別診断の支援にターゲットを当て、画像解析ツールを開発している。特に、染色カラー画像解析、疾患領域抽出、組織形状の計測等、腎生検画像の特性に準じたもので、腎疾患の病変度合いの定量評価に極めて有用である。そして、これまで困難とされていた、臨床医の観察中心である糸球体の高精度自動抽出も実現している。本システムによる腎生検画像の定量評価の結果は、臨床医の要求を満たすレベルにある。

2) インフォームドコンセントシステムは、新しく3次元CGアニメーション技術を導入し、上述の電子アトラスと組み合わせて、インフォームドコンセントの獲得を支援しようとしている。正に、分かり易い医療(腎生検)の実現を目指すものである。腎生検そのものは腎疾患の治療法ではないこと、被検者にとって全く安全な検査方法とは言い切れないことなどから、臨床医は患者及びその家族に対し、最大限の説明を通して腎生検実施の同意を獲得して来ている。しかし、従来の方法では十分でなく、説明の充実と患者の理解を促進する手段として、腎生検の実施を、3次元CGアニメーション化し呈示できるようにしている。

この呈示は、実施の様子を理解を助けるだけでなく、実施に際しての、被検者の呼吸停止の協力の必要性とそのタイミングの訓練にも有用であるとの評価を得ている。同時に、CG映像が患者に及ぼす影響についても、言及し改善すべき課題をクリアにしている。

3) 腎生検統合化訓練システムは、腎生検の特殊性を考慮し、実施に関連する一連の課題、インフォームドコンセントの獲得、腎生検の手技、そして鑑別診断のための定量解析の手法、を訓練・学習できるようにしている。

腎生検の手技に関する訓練では、バーチャルリアリティ技術を採用して、映像と力覚フィードバックの組み合わせにより、生体に腎生検針を刺す時の感覚を実現している。また、この力覚フィードバックの開発を通して、バーチャルリアリティの3大要素の一つである、臨場感の向上を目的として、力覚フィードバックに関する新しい技術体系として、センスエンジニアリングの必要性とその枠組みを提案している。

また、上述のインフォームドコンセントシステムは、医療スタッフ、医学生自身の腎生検に関する理解を促進するのにも極めて有用であること示している。そして、症例画像検索サブシステムは、定量評価の解析結果と鑑別診断の結果との相関関係を検討する上においても極めて有用となっている。

これらをまとめると、本論文ではWHOの基準に基づく画像鑑別診断支援のコンピュータ化の有用性を示すと共に、腎生検の特殊性が故に、困難を極めていたインフォームドコンセントの獲得、腎生検手技の訓練も3次元画像技術、バーチャルリアリティ技術の導入により可能であることを示した。同時に、解決すべき課題を示すだけでなく、課題を解決するための新しい技術体系の提案もしており、学術上有意義である。