

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	小田川 真之
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
Implementation of Real-Time Computer-Aided Diagnosis System with Quantitative Staging and Navigation on Customizable Embedded Digital Signal Processor (定量的ステージングとナビゲーションを有するリアルタイム診断支援システムのカスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサへの実装)			
論文審査担当者			
主 査	准 教 授	小 出 哲 士	印
審査委員	教 授	黒 木 伸一郎	印
審査委員	教 授	寺 本 章 伸	印
審査委員	教 授	藤 島 実	印
審査委員	教 授	亀 田 卓	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>大腸がんの診断方法として、NBI (Narrow Band Imaging) システムを用いた大腸拡大内視鏡による画像診断が行われている。大腸 NBI 拡大内視鏡画像診断では、所見分類に基づいて医師が大腸内壁の血管等の微細模様構造から腫瘍の有無やがんの進行度(ステージング)を診断する。この画像診断を行う医師には専門知識と経験が必要であり、診断できる医師が限られており、医師による診断のばらつきも問題となっている。また、従来のCAD (Computer-Aided Diagnosis) システムはポリープの検出や、静止画像での分類が主流であり、動画に対してリアルタイムで医師にステージングの客観的指標を提示する方法は提案されていない。</p> <p>上記課題を解決するために、NBI 内視鏡診断における CAD システムによる定量的な指標を提示するステージング分類手法と、病変の診断精度を向上させるナビゲーション手法を開発し、これらを組込システム上に実装するために、カスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサ上へ実装する技術を開発する。</p> <p>本研究では、上記を達成するために、以下の工夫をした。</p> <p>① 限られた学習データで定量的なステージング指標を提供する CAD システムを実現するために、特徴量抽出に学習済み CNN (Convolutional Neural Network) を用い、機械学習に SVM (Support Vector Machine) 適用する手法を開発した。これにより、大腸がんの定量的ステージング分類を 90%以上の精度で実現した。</p> <p>② 病変の見え方(大きさや位置等)が変化する内視鏡動画の診断支援に対応するために、複数サイズの学習画像データセットの作成方法と偏向学習を抑制する学習データ数のバランス化手法を開発した。これにより、内視鏡動画の定量的ステージング分類精度が 90%以上に向上することを可能とした。</p>			

- ③ 提案した定量的ステージング分類手法を、カスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサ上に実現するために、CNN と SVM の 8 bit 量子化を行うと共に、CNN の中間層の出力を特徴量として使用することにより、システムバスの競合を回避し、高速化を実現した。これにより、処理周波数 200 MHz において、44.6 fps のスループットとレイテンシー 22 ms、消費電力 66.6 mW のリアルタイム CAD システムを実現した。
- ④ 内視鏡動画に対して、より信頼性の高い効果的な定量的ステージングのために、リアルタイムでのナビゲーション手法として、ステージング領域を病変が含まれる明瞭な領域へナビゲーションする手法と、複数のステージング領域を融合し、同時処理するナビゲーション手法の 2 つの方法を開発した。これにより、2 コアを有するカスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサを用いることで、処理周波数 525 MHz で 30 fps 以上のリアルタイム処理が可能な CAD システムの構築技術を確立した。

以上の技術開発により、大腸 NBI 拡大内視鏡による診察時において、病変の腫瘍・非腫瘍の分類と同時に、腫瘍に対する客観的な定量的ステージング分類の指標を、リアルタイムで医師に提示することが可能となり、主観に左右されない診断結果が得られるリアルタイム CAD システムの構築が可能となった。

本論文は以下の構成である。第 1 章は背景と目的、第 2 章は内視鏡画像診断支援のための定量的ステージング分類手法、第 3 章は内視鏡動画に対する定量的ステージング分類精度の改善手法、第 4 章はリアルタイム CAD システムのカスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサへの実装と性能評価、第 5 章はナビゲーション機能を用いたリアルタイム CAD システムの構築、第 6 章は結論をそれぞれ述べている。

以上のように、本研究では、大腸 NBI 拡大内視鏡診察時に、90 %以上の精度での客観的な定量的ステージング分類と、ナビゲーション機能を医師に提示するリアルタイム CAD 技術を実現した。その学術的意義は十分高い。また、カスタマイザブルデジタルシグナルプロセッサ上に 30 fps 以上のスループット、30 ms 以下の遅延、100 mW 以下の消費電力での組み込むシステム化が可能なリアルタイム CAD システムを実現したことの工学的意義も極めて大きい。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。