

審査の結果の要旨

氏 名 金 季 利

論文題目「内視鏡下手術用視野可変内視鏡の視野変更方法に関する研究」の学位論文は、内視鏡下手術において患者体内に挿入した内視鏡の視野方向を変える際、内視鏡の位置姿勢を変えることなく視野方向を変える方法に関する研究論文である。特に、子宮内の胎児治療においては内視鏡の挿入部分が細径であること以外に、子宮内に挿入した内視鏡で胎児、臍帯、胎盤などを傷つけないことが重要である。そのため、外筒管の回転のみによる視野方向の変更は、本要求を満たすのに最適な機構である。また、胎児治療以外にも脳神経外科領域や整形外科領域でも同様なことが要求される。

本論文は7章からなり、第1章では内視鏡下手術の現状と問題点について触れ、安全性を有する視野変更方法の必要性について述べている。第2章では本研究の目的として、安全な内視鏡の視野変更方法にウェッジプリズム、ビームスプリッタおよび変形コーンレンズによる3種類の機構により内視鏡を開発することを述べている。第3章ではウェッジプリズムを用いた機構の内視鏡について試作および評価に関して述べている。第4章ではビームスプリッタを用いた機構の内視鏡について試作および評価に関して述べている。第5章では変形コーンレンズを用いた機構の内視鏡について試作および評価に関して述べている。第6章では各機構により開発した内視鏡の実験結果を基に考察を行い、特にビームスプリッタによる視野変更方法が胎児外科には適していることを述べている。最後に第7章で本論文の結論を述べている。

ウェッジプリズムを用いた視野変更方法は、硬性鏡の先端部に2個のウェッジプリズムを配置し、それぞれ回転させ光軸を屈折させることで視野の移動を実現した。これにより、斜視鏡では観察が不可能である視野の中心方向も観察可能となった。また、胎児外科、整形外科など様々な外科分野に臨床応用するために、外径 $\phi 4.3\text{mm}$ （照明系なし）の細径先端部プロトタイプを製作し、ファントムによる観察実験を行った。

ビームスプリッタによる視野変更方法の装置は、硬性内視鏡およびそれを納める内側スリーブおよび外側スリーブからなる。外側スリーブでは正面に偏光板を、側面には観察窓を設ける。内側スリーブでは、CCDカメラの先端部にビームスプリッタを配置し、正面には偏光板を、側面には観察窓を設ける。正面および側面で重なる偏光板の向きの組み合わせを外側スリーブの回転により変えることで、正面および側面の観察を可能とした。照明方法については、導光ファイバの一部を直視用とし、残りの部分を側視方向に曲げることで側視用の照明とした。試作機では、照明系を含めた外径 $\phi 5.4\text{mm}$ （通常外径 $\phi 5\text{mm}$ のトロッカに挿入可能）、有効長 250mm のものを開発した。

変形コーンレンズを用いた視野変更方法は、中心部にコーン形状の穴を開けた変形コーンレンズを用いて視野変更を行う方法で、CCDカメラと変形コーンレンズの穴との距離に応じて、正面の観察および、コーン部での全反射による側面の 360deg 全方向の観察を同時に実現した。

各方法について、MTF値による鮮鋭度、色収差、歪曲収差の定量評価を行った。ウェッジプリズム方式では、MTF値の低下および色収差、歪曲収差が見られたが、ビームスプリッタ方式ではMTF値の低下が少なかった。変形コーンレンズ方式では、側面のslanted-edge patternの撮像による評価実験では、大きなMTF値の低下、すなわち鮮鋭度の低下が見られた。

本論文の結論としては、患者体内に挿入した内視鏡の視野変更方法として、ビームスプリッタを採用した

機構は、内視鏡のサイズに依らず画質、画像の歪み、細径化など全ての点において他の 2 方式に比較して優れており、胎児外科をはじめとする様々な内視鏡下手術を、より低侵襲で安全に行なえる臨床応用可能性を示している。

以上のように、本論文では患者体内に挿入した内視鏡の視野方向を変える際、内視鏡の位置姿勢を変えることなく内視鏡の外筒管の回転のみで視野方向を変える方法として、3 種類の機構のものを開発し比較検討した。細径の内視鏡としてはビームスプリッタ方式が最も多くの利点を有しており、今後は前方と横方に電氣的に切り替え可能な液晶シャッタなどを用いて、外筒管の回転無しで前方と横方を同時観察可能とし、かつ内視鏡の更なる細径化を進めることで、実用化可能な視野可変細径内視鏡としての発展が期待される。

なお、本論文は東京大学の土肥健純教授、正宗賢准教授、松宮潔助教との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発並びに評価を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。