



構造化光投影による 3 次元内視鏡の開発

広島市立大学大学院 情報科学部研究科

古川 亮

九州大学大学院 システム情報科学研究院

川崎 洋

1. はじめに

軟性内視鏡は、胃、食道、腸などの疾患の検査、治療に広く利用されている。軟性内視鏡での診療において、腫瘍のサイズを知ることは、治療の方針を決定するために重要である。従来、そのような計測は、内視鏡用メジャーを患部にあてての目視での計測や、勘や経験に基づいての目視による推定などで行われてきた。しかし、そのような方法では、人的要因による推定誤差が生じる可能性がある。従来の内視鏡機器を利用して、観察対象のサイズの計測が可能な方法があれば、そのような問題の解決につながると考えられる。また、近年では硬性内視鏡が低侵襲手術において多く利用されるようになってきており、さらに手術ロボットが医療現場で利用されるようになってきており、内視鏡による 3 次元計測の重要性が高まってきている。

我々は、アクティブステレオ法による 3 次元内視鏡を開発してきた^{1,7)}。本稿では、これらの研究について紹介する。

2. 3 次元内視鏡のシステム構成

対象の 3 次元形状を計測可能な内視鏡としては、ステレオカメラを利用した内視鏡⁸⁾がある。しかし、既存の単眼の内視鏡では、ステレオ視は利用できない。

軟性内視鏡には、通常、鉗子孔と呼ばれる穴があり、手術器具等を手元から先端部に挿入することができる。我々は、ファイバ状のパターン投光器を内視鏡の鉗子孔に挿入し、構造化光を対象に投影することで、3 次元計測を行うシステムを提案してきた。これにより、既存の軟性内視鏡でも 3 次元計測を行うことができる。

構造化光を対象に投影し、カメラで撮影することで形状計測を行う手法には、グレイコード投影などの長い歴史がある⁹⁾。以前には、その多くは、複数の異なるパターンを対象に投影する、というものであった。しかし、比較的最近になって、1 種類のパターンのみを投影する方法が、高速な形状計測の必要性や投光器の簡略化のために、広く試みられるようになった。我々のシステムでは、パターン投光器のサイズに大きな制約があるため、必然的に 1 種類のパターンを投影する方式を採用した。

現在における我々のシステムの構成を図 1 に示す。我々は、富士フイルムの VP-4450HD のシステムと、EG-590WR の内視鏡を利用している。DOE を用いたパターン投光器を内視鏡に付加し、対象となる生体組織にパターン光を投影しながら撮影することが可能である。鉗子孔から挿入されたパターン投光器は、内視鏡先端部において、あるパターンを持った構造化光（パターン光）を対象に投影する。対象に投影されたパターンは、内視鏡のカメラで撮影され、画像処理によって、撮影画像と、投影されたパターンとの対応関係が抽出される。その対応を利用して、3 角測量による 3 次元計測が行われる。

パターン投光器としては、以前はパターンをフィルムに印刷し、投影レンズを利用してパターンを対象に結像させる方式を利用していた^{1,2)}が、投光器の焦点深度が浅いこと、光源の光量の利用効率が悪いこと、焦点を対象シーンの全体に合わせることが困難なことなどの問題があった。この問題を解