

屈折境界面の位置姿勢推定に基づく 水中物体の3次元計測

静岡大学 工学部
伊部公紀, 小林祐一
東京大学 大学院工学系研究科
金子 透, 山下 淳

1. はじめに

計測技術の発達とセンシング機器の普及に伴い、様々な物体の3次元計測が行われ、計測された3次元情報はロボットのナビゲーションから構造物の検査または遺跡や美術品のデジタルアーカイブ化など多種多様な用途に利用されている。これらは主に空気中の環境下で計測が行われているが、水中探査機による海底調査や海中構造物の検査、養殖などの水産資源の生育状態の調査または貴重な水中生物のデジタルアーカイブ化など水中環境下におけるセンシング技術の重要性も増している。

水中センシングに用いられる非接触の3次元計測手法としてはソナーを用いる方法やカメラを用いる方法などがある。ソナーを用いる手法は遠距離の計測が可能だが、近距離では干渉などにより計測が困難なケースがある。一方、カメラを用いる手法は近距離での計測に用いられ、物体の色情報を得られることから物体の識別からアーカイブ化など様々な利用が可能である。

カメラによる3次元計測は三角測量に基づいて行われるが、水中環境下で用いる場合は光の屈折を考慮する必要がある。図1に光の屈折の影響を示す。水中にカメラを配置して計測する場合（水中ロボットなど）は、カメラを透明なハウジング内に配置するため、カメラに撮影される光は水、ハウジング（アクリルなど）そして空気（カメラのある空間）と光の屈折率が異なる媒質を通過することになり、屈折境界面（ハウジングと水または空気と接する面）において光の進む方向が変化する。水槽などの外側にカメラを配置して計測する場合も同様であり、水槽の透明な容器または水面などが屈折境界面となる。

Liら¹⁾は光線追跡を用いて光の屈折の影響を考慮する手法を提案している。この方法はカメラ側から光線の経路を追跡し、光線と屈折境界面との交点においてスネルの法則により屈折前の光線を算出して光線追跡を水中における光線を得るまで逐次的に行う。これにより光の屈折の影響を受けずに三角測量により3次元計測を行うことができる。これまでに光線追跡を用いた水中計測手法が多数提案されており、ステレオカメラを用いた手法²⁾や光源（レーザーやプロジェクタなど）とカメラを組合せたアクティブステレオによる手法³⁾などがある。

前述したように屈折を考慮した光線追跡では、光線と屈折境界面との交点計算とスネルの法則による屈折光線の計算（交点における境界面の法線情報を用いる）を行うため、屈折境界面の位置姿勢および形状の情報が必要となる。そのため、従来の光線追跡に基づいた水中計測では事前にカメラと屈折境界面との位置姿勢関係を校正する作業が要求される。屈折境界面は透明であるため、校正作業には屈折境界面に校正用のパターンまたはマーカなどを設置して調べる方法や水中に既知形状物体を設置して屈折の影響を調べる方法⁴⁾などが用いられる。

一般的に、カメラと屈折境界面との校正が行えるのは屈折境界面の形状情報などがある程度既知である必要であり、形状に関する情報が不足

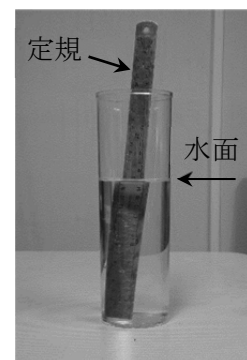


図1 屈折の影響