

## Study on Image Quality Improvement Methods for Underwater Imaging Systems

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-06-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 陸, 慧敏 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10228/5239">http://hdl.handle.net/10228/5239</a>

氏名	陸 慧敏 (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第367号
学位授与の日付	平成26年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Study on Image Quality Improvement Methods for Underwater Imaging Systems
論文審査委員	主査 教授 芹川 聖一 教授 中藤 良久 教授 池永 全志 教授 金 亨燮

## 学位論文内容の要旨

近年、陸上資源の枯渇に伴い、深海資源の調査や採集に関する研究が急速に進められている。広大な海底で資源を高精度に探し当て、効率的に採集するには、可視光によるイメージングシステムの導入は不可欠である。しかし、今までの海底イメージングシステムは超音波によるものが殆どである。本研究は、このような現状を踏まえ、従来の超音波によるイメージングシステムを再考し、その改善手法を提案すると共に、可視光による水中イメージングシステムモデルを構成し、水中画像特有問題を解決するための方法を提案している。以下に各章毎の内容と研究成果について述べる。

第1章では、研究の背景を述べ、論文の概要を説明する。

第2章では、局所エネルギー法を用いたタイプの異なる2つのソナー画像の融合手法を提案している。サイドスキャンソナーは解像度の高い音響反射強度画像を取得できるが、距離情報が得られにくい問題点がある。マルチビームソナーは、海底目標の高精度な画像を取得できるが、画像の解像度が良くない。この問題を解決するため、Curvelet変換を利用し、画像コントラストを改善する新たな画像融合方法を提案している。特に暗い部分の多い画像の雑音除去レベルが著しく改善され、可視性を向上させている。

第3章では、ベイジアン非線型ガウスノイズを除去する手法を提案している。水中環境計測等においてレーザ光スキャンによる画像センシングが用いられる。レーザスポットは一般の可視光源よりエネルギー密度が高いため、より遠距離の撮影に適するとされている。しかし、水中では、場所によって変化する水温や密度、流れ、気泡や泥、その他の浮遊物など、光路上に存在する様々な劣化要因がスペckルとして画像に現れ、粒子状の斑点が画像に表れる。そのような水中レーザ画像におけるスペckルの除去法を提案する。ベイジアン非線型ガウスノイズの除去法を利用し、パラメータの曖昧性（事前分布）を考慮したベイズ推定手法を提案している。従来法より明らかに改善が認められ、有効性が確認されている。

第4章では、深海向け画像処理モデルを新たに提案している。既存の光学水中結像モデルは浅水域におけるモデルであるため、深海には適用できない。提案モデルは、深海海水の特徴、地形、浮遊物の影響などを考慮した構成となっている。また、いくつかの深海画像を使った比較実験を行い、画像の霧状ノイズの除去や、人工照明の照度不均一による画像劣化の修復において、従来法より明らかに改善が認められ、有効性が確認されている。

第5章では、浅海域における水中画像の改善を行っている。浅海域での自然光や人工光による水中画像取得の際、被写体からの光の散乱や、色の変化が画像の劣化や歪みの要因と考えられている。従来のモデルでは、ノイズ推定に関する処理が十分でないため、処理後の画像にボケや変色が発生している。提案法では、ノイズを推定する際、画像のビットプレーン毎に高速なマルチレイヤフィルタを適用し、より細かなノイズの推定を行っている。また、光の特性を考慮した色の復元や画像強化も行っている。

第6章では、この論文のまとめを述べ、今後の方向性を示し、締めくくっている。

以上のように、本論文では、水中の画像改善に関する新たなモデルと画質改善手法を提案し、その有効性と実用性を示している。また、今後の水中画像処理の方向性についても示唆しており、今後の展開が期待できると考えられる。

## 学位論文審査の結果の要旨

近年陸上資源の枯渇に伴い、深海資源の調査や採集に関する研究が急速に進められている。広大な海底で資源を高精度に探し当て、効率的に採集するには、可視光によるイメージングシステムの導入は不可欠である。しかし、今までの海底イメージングシステムは超音波によるものが殆どである。本研究は、このような現状を踏まえ、従来の超音波によるイメージングシステムを再考し、その改善手法を提案すると共に、可視光による水中イメージングシステムモデルを構成し、水中画像特有問題を解決するための方法を提案している。

このような問題を解決するために、著者はまず、従来法に使われている長距離水中によく用いられるマルチビームソナーとサイドスキャンソナーの二つの情報を融合する手法を提案している。この手法により、性質の異なる音響画像からより鮮明な海底特徴が得られる。次に、中距離水中に用いるレーザ画像生成システムに焦点を当て、ノイズとして現れるスペckルを抑える新たな提案を行っている。さらに、水中カメラを用いた可視光による近距離水中画像取得システムにおいて、取得画像から、気泡や泥、浮遊物などに由来する視界の妨げとなる霧状ノイズや散乱光を除去する手法を提案している。また、水中光学結像モデルと高速な画像強調アルゴリズムについても新たな提案をしている。

以下に本論文の成果等の概略について順を追って示す。

- (1) 著者は、局所エネルギー法を用いたタイプの異なる2つのソナー画像の融合手法を提案している。サイドスキャンソナーは解像度の高い音響反射強度画像を取得できるが、距離情報が得られにくい問題点がある。マルチビームソナーは、海底目標の高精度な画像を取得できるが、画像の解像度が良くない。この問題を解決するため、新たな画像融合手法が示されている。本研究はCurvelet変換を利用し、画像コントラスト改善と画像融合を行っている。特に暗い部分の多い画像の雑音除去レベルが著しく改善され、暗い領域が見えやすくなった。
- (2) ベイジアン非線型ガウスノイズを除去する手法を提案している。水中環境計測等においてレーザ光スキャンによる画像センシングが用いられる。レーザスポットは一般の可視光源よりエネルギー密度が高いため、より遠距離の撮影に適するとされている。しかし、水中において、場所によって変化する水温や密度、流れ、気泡や泥、その他の浮遊物が存在するため、光路上に様々な劣化要因がスペckルとして画像に現れ、通常粒子状の斑点が画像に表れる。そこで、本研究では、水中レーザ画像におけるスペckル除去法を提案する。ベイジアン非線型ガウスノイズの除去法を利用し、パラ

メータの曖昧性（事前分布）を考慮したベイズ推定手法を提案している。

- (3) 深海向け画像処理モデルを新たに提案している。現存の光学水中結像モデルは浅水域におけるモデルであるため、深海では適用できない。提案モデルは、深海海水の特徴、地形、浮遊物の影響などを考慮した構成となっている。また、いくつかの深海画像を使った比較実験を行い、画像の霧状ノイズの除去や、人工照明の照度不均一による画像劣化の修復において、従来法より明らかに改善が認められ、有効性が確認されている。
- (4) 浅海域における水中画像の改善を行っている。浅海域での自然光や人工光による水中画像取得の際、被写体からの光の散乱や、色の変化が画像の劣化や歪みの要因と考えられている。従来のモデルでは、ノイズ推定に関する処理が十分でないため、処理後の画像にボケや変色が発生している。提案法では、ノイズを推定する際、画像のビットプレーン毎に高速なマルチレイヤフィルタを適用し、より細かなノイズの推定を行っている。また、光の特性を考慮した色の復元や画像エンハンスメントも行っている。

以上を要約するならば、本論文では、水中の画像改善に関する種々の有用なモデルを提案しており、水中画像計測分野への貢献が大きいと考えられる。

なお、本論文に関して、審査委員及び公聴会における出席者から、水中光学画像処理モデルの意味、画像評価等に関して種々の質問がなされたが、いずれも著者からの適切な説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。