

令和元年6月13日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14694

研究課題名（和文）深海採鉱機採削時の画像計測システムの研究開発

研究課題名（英文）Research and Development of Image Measurement System for Deep-sea Mining Machine

研究代表者

陸 慧敏（LU, HUIMIN）

九州工業大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：40742466

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：深海底には多量のコバルトリッチクラストがあり、多くのコバルトリッチクラストは海山の斜面に分布しています。海底鉱物コアリングを使用する場合は、急峻な崖やチムニー群等の複雑な地形が多く、粉塵が舞い上がりやすいです。現存の計測システムは、深海熱水鉱床の超高濁度の環境では使用できず、画像の解像度も良くないです。そこで、申請者は新たな人工知能を用いた深海採鉱機採削ローラ用画像計測システムの開発を行いました。本申請期間内に、超高濁度水中ビデオの可視化技術及びスペクトル計測プラットフォームによる鉱物識別法を開発しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、人工知能が適用できる多様な水中光学応用課題への取り組みと、それらを通じた横断的に抽出した情報学課題への取り組みとを往復することで、水中画質改善とスペクトルによる目標認識へのアプローチを展開しました。実施期間内に学術論文20編以上を公表し、市民講座4回を行いました。以上のことから、海洋立国を支える機械電子情報分野の人材の育成と基盤的な技術力の強化に貢献しています。

研究成果の概要（英文）：There is a large amount of cobalt rich crust on the deep sea floor, and many cobalt rich crusts are distributed on the slope of the seamount. When using submarine mineral coring, complex topography such as steep cliffs and chimney groups are often present, and sediments are likely to fly up. The existing measurement system can not be used in the ultra-high turbidity environment of deep-sea hydrothermal deposits, and the resolution of the imaging systems is not good. Therefore, this project has developed an imaging system for deep sea mining machine using advanced artificial intelligence. During the research period, we developed a mineral identification method using ultra-high turbidity underwater video visualization technology and spectrum measurement platform.

研究分野：画像計測

キーワード：人工知能 海洋工学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、日本の周辺国は深海進出の新たな既定国策が高まり、資源ナショナリズムの再興が相まって資源の供給構造は大きな変革期を迎えている。これまでの国立研究開発法人海洋研究開発機構等の調査より、我が国の排他的経済水域 (EEZ) と大陸棚には海底熱水鉱床、マンガン団塊、レアアースやコバルトリッチクラスト等、多数の鉱物資源が存在することが確認されている。

現在、様々な深海探査方法があるが、現存の深海資源探査方法である測地衛星リモートセンシング技術、母船曳航ソナー技術、自律型海中ロボット巡航イメージング技術、遠隔操作型無人探査機による電磁探査技術等は、リアルタイムに探査することが困難である。また、これらの方法は海底の複雑な環境に影響されやすく、精度が低い。さらに採掘時の粉塵により計測できなくなる場合がある。そこで、鉱物資源に対して新たな探査技術の開発が望まれている。そのため、深海採鉱機作業時に耐環境の画像計測技術や知能制御理論の解決が期待されている。

本研究は従来の大規模かつ高密度な深海探査方法と異なり、急峻な崖やチムニー群等の複雑な地形や粉塵が舞い上がりやすい採掘箇所など、視界不良時の小規模な地形の可視化技術と高精度計測技術の開発を目的とし、人工知能技術を使用した先進的な制御技術、画像計測技術及び光学結像技術を用い、これらの諸問題を克服する。

2. 研究の目的

深海 4000m 以下の海底には多量のコバルトリッチクラストがあり、多くのコバルトリッチクラストは海山の斜面に分布している。海底鉱物コアリングを使用する場合は、急峻な崖やチムニー群等の複雑な地形が多く、粉塵が舞い上がりやすい。現在使用している計測システムは、深海熱水鉱床の超高濁度の環境では使用できず、画像の解像度も良くない。そこで、申請者は新たな人工知能を用いた深海採鉱機採削ローラ用画像計測システムの開発を行う。本申請期間内に、1) 超高濁度水中ビデオの可視化技術の開発; 2) スペクトル計測プラットフォームの構築; 3) 深海劣化画像の圧縮と超解像技術の提案; 4) 新たな深層学習を用いた制御技術の作製を行う。本申請課題の成果により、高効率かつ低コストで深海採鉱技術の発展に大きく貢献する。

3. 研究の方法

提案する方法を実現するため、以下の4項目について重点的に研究を行った。

- (1) 超高濁度水中ビデオ可視化技術の開発：超高濁度水中における光学イメージングモデルを提案し、センサからアルゴリズムまでを再検討し、新たな可視化システムを製作した。
- (2) スペクトル計測プラットフォームを構築：複数レンズのスペクトルカメラを製作し、弱い光源の環境でビッグデータ解析技術を用いた基盤岩混入率の計測システムを開発した。
- (3) 深海劣化画像圧縮・超解像技術の提案：新たな劣化画像圧縮と超解像技術を提案し、その有効性を検証した。
- (4) 採削ローラの制御システムの作製：新たな深層学習技術を用いた採削ローラの制御システムを開発した。

4. 研究成果

申請者は新たな人工知能を用いた深海採鉱機採削ローラ用画像計測システムの開発を行った。本申請期間内に、超高濁度水中ビデオの可視化技術及びスペクトル計測プラットフォームによる鉱物識別法を開発した。本研究では、人工知能が適用できる多様な水中光学応用課題への取り組みと、それらを通じた横断的に抽出した情報学課題への取り組みとを往復することで、水中画質改善とスペクトルによる目標認識へのアプローチを展開した。実施期間内に学術論文 20 編以上を公表し、市民講座 4 回を行いました。以上のことから、海洋立国を支える機械電子情報分野の人材の育成と基盤的な技術力の強化に貢献している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

- ・ H. Lu, D. Wang, Y. Li, J. Li, X. Li, H. Kim, S. Serikawa, I. Humar, "CONet: A Cognitive Ocean Network", IEEE Wireless Communications, In Press, 2019. 査読有
<https://arxiv.org/abs/1901.06253>
- ・ H. Lu, T. Uemura, D. Wang, J. Zhu, Z. Huang, H. Kim, "Deep-sea Organisms Tracking Using Dehazing and Deep Learning", Mobile Networks and Applications, pp.1-8, In Press, 2019. 査読有
DOI: 10.1007/s11036-018-1117-9
- ・ H. Lu, Y. Li, T. Uemura, H. Kim, S. Serikawa, "Low Illumination Underwater Light Field Images Reconstruction Using Deep Convolutional Neural Networks", Future Generation Computer Systems, Vol.82, pp.142-148, 2018. 査読有
DOI: 10.1016/j.future.2018.01.001
- ・ H. Lu, Y. Li, S. Mu, D. Wang, H. Kim, S. Serikawa, "Motor Anomaly Detection for Unmanned Aerial Vehicles Using Reinforcement Learning", IEEE Internet of Things

- Journal, Vol.5, No.4, pp.2315-2322, 2018. 査読有
DOI: 10.1109/JIOT.2017.2737479
- . H. Lu, Y. Li, T. Uemura, Z. Ge, X. Xu, L. He, S. Serikawa, H. Kim, “FDCNet: Filtering Deep Convolutional Network for Marine Organism Classification”, Multimedia Tools and Applications, Vol.77, No.17, pp.21847-21860, 2018. 査読有
DOI: 10.1007/s11042-017-4585-1
 - . Y. Li, H. Lu, K.C. Li, H. Kim, S. Serikawa, “Non-uniform de-Scattering and de-Blurring of Underwater Images”, Mobile Networks and Applications, Vol.23, No.2, pp.352-362, 2018. 査読有
DOI: 10.1007/s11036-017-0933-7
 - . H. Lu, Y. Li, M. Chen, H. Kim, S. Serikawa, “Brain Intelligence: Go Beyond Artificial Intelligence”, Mobile Networks and Applications, Vol.23, No.2, pp.368-375, 2018. 査読有
DOI: 10.1007/s11036-017-0932-8
 - . H. Lu, Y. Li, Y. Zhang, M. Chen, S. Serikawa, H. Kim, “Underwater Optical Image Processing: A Comprehensive Review”, Mobile Networks and Applications, Vol.22, No.6, pp.1204-1211, 2017. 査読有
DOI: 10.1007/s11036-017-0863-4
 - . H. Lu, Y. Zhang, Y. Li, Q. Zhou, R. Tadoh, T. Uemura, H. Kim, S. Serikawa, “Depth Map Reconstruction for Underwater Kinect Camera Using inpainting and Local Image Mode Filtering”, IEEE Access, Vol.5, pp.7115-7122, 2017. 査読有
DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2690455
 - . H. Lu, Y. Li, S. Nakashima, H. Kim, S. Serikawa, “Underwater Image Super-resolution by Descattering and Fusion”, IEEE Access, Vol.5, pp.670-679, 2017. 査読有
DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2648845

[学会発表](計 10 件)

- . H. Lu, Y. Zheng, K. Hatano, Y. Li, S. Nakashima, H. Kim, “Hyperspectral Images Segmentation Using Active Contour Model for Underwater Mineral Detection”, International Symposium on Artificial Intelligence and Robotics, pp.513-522, 2018. 査読有
- . Y. Nakayama, H. Lu, Y. Li, H. Kim, “Wide Residual Networks for Semantic Segmentation”, International Conference on Control, Automation and Systems 2018, pp.1476-1480, 2018. 査読有
- . K. Mouri, H. Lu, J.K. Tan, H. Kim, “Object Detection on Video Images Based on R-FCN and GrowCut Algorithm”, 2018 International Conference on Information and Communication Technology Robotics, pp.1-5, 2018. 査読有
- . H. Hu, H. Gao, H. Lu, “A New Artificial Bee Algorithm and Its Application to Image Registration”, Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Internet Multimedia Computing and Service, pp.34:1-34:3, 2018. 査読有
- . H. Lu, H. Kim, Y. Li, Y. Zhang, “BrainNets: Human Emotion Recognition Using an Internet of Brian Things Platform”, Proceedings of 14th International Conference on Wireless Communications & Mobile Computing, pp.1313-1316, 2018. 査読有
- . Y. Li, H. Lu, K. Kihara, J. Guna, S. Serikawa, “Motor Anomaly Detection for Aerial Unmanned Vehicles Using Temperature Sensor”, Artificial Intelligence and Robotics, pp.295-304, 2018. 査読有
- . H. Lu, Y. Li, H. Kim, S. Serikawa, “Underwater Light Field Depth Map Restoration Using Deep Convolutional Neural Fields”, Artificial Intelligence and Robotics, pp.305-312, 2018. 査読有
- . Y. Nakayama, H. Lu, J.K. Tan, H. Kim, “Environment Recognition for Navigation of Autonomous Wheelchair from A Video Image”, Proceedings of 17th International Conference on Control, Automation and Systems, pp.1439-1443, 2017. 査読有
- . Z. Liu, Z. Wang, H. Lu, D. Wang, “Online Vehicle Tracking in Aerial Imagery”, Proceedings of 7th International Conference on Intelligence Science and Big Data Engineering, pp.335-345, 2017. 査読有
- . W. Yang, Q. Zhou, Y. Fan, G. Gao, S. Wu, W. Ou, H. Lu, J. Cheng, L. J. Latecki, “Deep Context Convolutional Neural Networks for Semantic Segmentation”, Proceedings of CCF Chinese Conference on Computer Vision, pp.696-704, 2017. 査読有

[図書](計 2 件)

- . H. Lu, X. Xu (Editors), “Artificial Intelligence and Robotics”, Springer International Publishing, 326 pages, 2018.
- . H. Lu, Y. Li (Editors), “Artificial Intelligence and Computer Vision”, Springer

International Publishing, 211 pages, 2017.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。