

TSUBAME 共同利用 令和3年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 海洋底探査を加速する AI とシミュレーション技術の開発

英文: Development of AI and simulation technologies to accelerate ocean-bottom exploration

橋本 博公

Hirotada Hashimoto

大阪府立大学 大学院工学研究科

Osaka Prefecture University

http://kyoindb.osakafu-u.ac.jp/html/110441_ja.html

海溝型地震や熱水活動観測による資源評価など、調査船を用いた海洋底探査の重要性が増している。外乱が複雑に変化する状況下では、革新的な船舶制御が求められるため、その第一歩として深層 Q 学習にもとづく自律操船 AI の開発を行った。また、海底での採掘・揚鉱装置の開発を加速させるために、個別要素法の GPU シミュレーションコードを開発し、その精度検証を行った。

The importance of seabed exploration using research vessels is increasing. An innovative ship control is required in a situation where natural disturbances complicatedly change in time. As a first step, we developed AI for autonomous ship maneuvering based on deep Q-learning. In addition, in order to accelerate the development of mining and mining equipment, a GPGPU DEM code for simulating seabed environment was developed.

Keywords: Seabed exploration, AI, DEM, GPU

背景と目的

海溝型地震や海底火山噴火の予測、熱水活動観測による資源評価など、調査船を用いた海洋底探査の重要性が増している。気象海象が複雑に変化する状況下において、海洋底探査に課せられた高度ミッションを達成するためには、革新的な船舶制御が求められる。本研究では、既存の制御理論では取り扱いが困難な海洋底探査における操船問題の新たな解として、深層強化学習にもとづく自律操船 AI の開発を行う。スパコンを利用した学習環境を構築し、学習用パラメータの最適化と分散型の強化学習を行うことで、海洋底探査の高度化と効率化に資する船舶制御を実現する。開発した自律操船 AI は、模型船を用いた水槽試験による検証に加えて、実船を用いた実海域での実証実験を実施することにより定量的な評価を行う。これらの研究成果をもとに、今後の海洋底探査を加速させるための基盤的な船舶制御技術として確立することを目的とする。

また、探査・開発の対象となる海底環境は、砂、泥、礫などの離散体で構成されており、採掘・揚鉱装置の開発を加速させるためには、連続体である海水との連成シミュレーションが求められる。本研究では、個別要素法と粒子法を組み合わせた離散対・連続体の連成シ

ミュレーションを開発し、スパコン上で実行可能なツールとして確立する。

概要

今年度は、深層 Q 学習ベースの自動避航 AI の開発を行った。ニューラルネットワークの入力には対象とする海域をメッシュで分割した各セルの数値を入力する。セルに与える数値は周辺他船との衝突予測領域と危険度、および目標となるウェイポイントにもとづき算出される。空間的な情報を保持するため、畳み込みニューラルネットワーク層と全結合ニューラルネットワーク層を用いた。

海底資源開発のための海底環境の模擬シミュレーションについては、個別要素法の GPGPU コードを自前で開発した。また、重力作用下の粉体挙動の計算精度について検証を行った。

結果および考察

開発した自動操船 AI を過去に実施した実船実験の遭遇シナリオに対して適用したところ、Fig.1 のように、輻輳する海域においても、相手船との衝突を好ましい余裕を持って回避しつつ、目的地に向かって自動航行

できることを確認した。

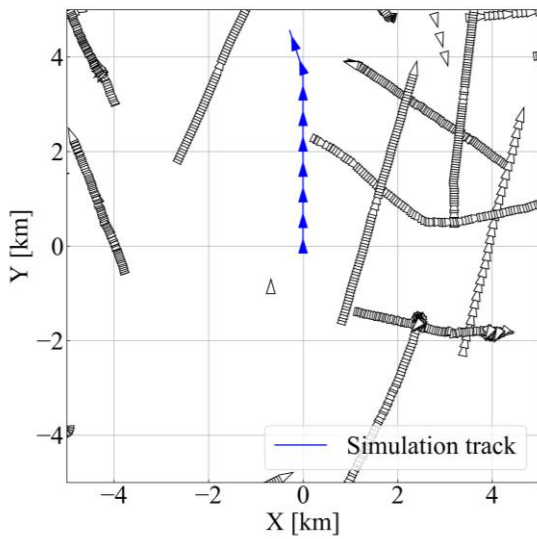


Fig.1 An example of ship trajectory of collision avoidance by AI

開発した DEM コードの精度検証のため、排出法と呼ばれる実験を行った。実験結果とシミュレーションの比較を Fig.2 に示す。



Fig.2 Visual comparison of discharge flow

両者の比較より、時間の経過とともに排出が減っていく様子が再現されていることが分かる。上部円筒内からの排出だけでなく、受け皿内のガラスビーズの盛り上がりなども良好に再現されていることが確認できる。ただし、流量や安息角については定性的な予測精度にとどまっており、今後の精度改善が必要である。

まとめ、今後の課題

今年度は、深層 Q 学習ベースの自動操船 AI の開発と GPU シミュレーション用の DEM コードの作成を行い、両者についてバリデーションを実施した。その結果、自動操船 AI は輻輳した海域であっても目的地へと向かいつつ、相手船との衝突を安全に回避できることを確認した。今後は、AI の改良を進めるとともに、模型実験や実船実験を通じて、その有用性を明らかにすることが求められる。

DEM の計算コードについては、検証実験と同条件でのシミュレーションの実施により、粉体挙動としては良好な精度での再現が可能であるが、流量と安息角の予測については課題が残る結果となった。今後は接触力のモデルを再検討したうえで、陽的 MPS 法との連成解析コードを開発していく予定である。