

# マルチエージェントシミュレーション方式による 海上警備問題の再現法提案及び試作

鈴木智博<sup>†</sup> 坂直樹<sup>†</sup> 小林篤史<sup>‡</sup> 古市昌一<sup>†</sup>

<sup>†</sup>日本大学 生産工学部 数理情報工学科    <sup>‡</sup>日本大学大学院 生産工学研究科 数理情報工学専攻

## 1. はじめに

我が国の周辺海域において、不審船や違法操業の漁船取り締まり等海上警備問題は重要な課題の一つである。特に、2014年に小笠原諸島の周辺海域にて発生したサンゴ密漁事件の際には、200隻を超える外国の密漁船が出現し、少数の海上保安庁巡視船による海上警備の困難性が明らかになった。このように、海上警備問題は海上保安庁に加えて水産庁、自衛隊等複数組織が関係する我が国の重要な課題の一つである。

海上警備問題が一般の追跡問題と異なるのは、我が国の領海及び排他的経済水域(EEZ)上で発生する問題であるため、公海上に逃走した場合には複数の海上警備組織間の連携が必要となる上、領土問題が関係する場合には外交問題も加わる等、大変複雑な問題である。従って、事態発生時に現場で何が発生し、どのような対処が適切であるのかを、国民の理解の上で今後の方策について考えることが必要である。

そこで、本研究では海上警備問題に対する理解推進を目的とし、過去に発生した事件を例として理解を深めるための海上警備シミュレーションシステムの試作を行っている。これにより、今後発生が予測される事態に対してどのような対処が可能であるのを検討し、必要な巡視船等の数や性能等を確認するための支援環境としての利用が可能となることが期待される。試作にあたってはマルチエージェントシミュレーション方式によるシミュレーション基盤 FUSE[1]を利用した。本システムにより、例えば2014年に発生した小笠原諸島周辺海域で発生したサンゴ密漁事件では、約200隻を超える漁船を全て拿捕することが可能か否かを視覚的にわかりやすく把握することが可能となり、本稿にてシステムの概要を報告する。

---

A proposal of a Multi-Agent Simulation System to Support Investigation of Maritime Security Problems and its Prototype System, T. Suzuki, N. Saka, A. Kobayashi, M. Furuichi, College of Industrial Technology, Nihon University

## 2. 研究の背景

先述した通り近年海上警備問題の重要性は高まってきており、水産庁によると平成26年水産関係補正予算のうち、外国漁船操業対及び漁船被害防止対策に約30億円かけている。しかし、市街地、公共施設やビル等々陸上の警備問題に関する研究が多いのに対して、海上での警備問題に関する研究が少ない。陸上警備問題の場合、主として警察または警備会社等一つの組織内で対処する機会が多いとともに、過去の多数の事例を基にマニュアル等が整備されていることが予想される。一方、海上警備問題は多数の組織が関与する等問題の複雑度が高く、更に陸上問題と比較すると事例数が少ないという特徴がある。

今後も発生することが予想される事態に対して、国民による理解を深めるとともに、事態に備えた対処をあらかじめ検討しておくことが重要である。そのためには、シミュレーションによる仮想環境を用いて複雑な事態を適切なモデルにより再現することと、その結果に加えて結果に至った過程をわかりやすく可視化することが有効と考えられる。本研究はこのような背景の下で実施したもので、次章以降で提案方式及び試作の概要を示す。

## 3. 試作システム及び初期評価

先述した本研究の目的を達成するためには、シミュレーションに登場するエンティティをエージェントとし、後述する行動判断ルールに基づいてエージェントが自律的に行動判断を繰り返すことによってシミュレーションを行う。本試作におけるエージェントとしては巡視船及び漁船で、レーダまたは情報収集能力に応じて定められる探知範囲、船種等によって定まる最大速度等がエージェントの諸元として与えられる他、隻数、初期位置及び初期行動プラン(移動ルート)はあらかじめシナリオにより与えられる。

また、地図は国土地理院の地図を使用し、密漁の対象となるサンゴの位置は、日本サンゴ礁学会

の情報を参考に島周辺にランダムに配置した。また、サンゴの量はシナリオにより設定可能である。図1にシミュレーション実行中の画面例を示す。



図1：シミュレーション実行中の画面例

### 3.1 地形設定

本システムでは海上での行動だけを対象とするため、処理効率向上のためにも、地図データは海域を標高0m、陸を1m以上とし、エージェントである船舶は標高0mの場所のみ移動可能とした。また、本システムにおいては水面下を航行する船舶等は対象としないため、水深は考慮しない。

### 3.2 エージェントの初期配置

エージェントの初期配置は GUI により手動で設定できる他、ランダム配置も可能である。

### 3.3 エージェントの行動モデル

図2(左)に巡視船の行動モデルの概要を示す。本試作における初期実装での巡視方法は、2つの島の間を八の字に巡視する方法である。漁船に追いついた場合、一定時間を経て捕獲完了とする。

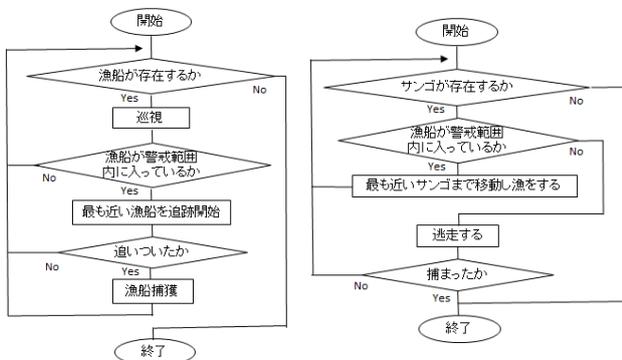


図2：巡視船(左)及び漁船(右)の行動モデル

図2(右)には漁船の行動モデルを示す。逃走方向は漁船から見た一番近い巡視船の逆方向とす

る。またサンゴにたどり着いた場合、一定時間を経て漁完了となる。

### 3.4 初期評価

本システムの妥当性確認のため、2014年に発生したサンゴ密漁事件を参考に東京都の小笠原諸島周辺海域を対象海域として試作システムを構築し、表1に示す条件で現在初期評価を実施中である。

表1：設定パラメータ

|      | 巡視船  | 漁船   |
|------|------|------|
| 隻数   | 2    | 10   |
| 探知範囲 | 8000 | 4000 |
| 速度   | 5    | 4    |

## 4. おわりに

本研究では海上警備に関する海上シミュレーションシステムの試作を行い、海上警備問題を可視化して検討するための基本部分が利用可能となった。今後、上述した条件による評価を実施するとともに、過去に発生した事例等を例として、巡視船の組織行動及び漁船の船団としての協調行動等の実現方法を検討することが課題である。

## 参考文献

- [1] Kuramoto, K., Furuichi, M.: "A Design and Preliminary Evaluation of Hierarchical Organizational Behavior Modeling Architecture", Proc. of the International Conference of Simulation Technology, pp. RS1-7 (2012).
- [2] Kuramoto, K., Furuichi, M.: "FUSE: A Multi-Agent Simulation Environment", Proc. of the 2013 WSC, pp. 3982-3983 (2013).
- [3] 森田修平, 宝崎隆祐, 畠山雄介: "数理計画法を用いた警備員の巡視路選択問題", 情報処理学会論文誌, 数理モデル化と応用, Vol.4 No.1 19-35 (2010).
- [4] 刈谷学他: 捕獲問題における群移動ロボットの協調行動の実現, IEEJ Trans EIS, Vol.124, No.2 (2004).
- [5] 西村 智久: "追跡捕捉中における巡視船艇の座礁事故分析と事故防止策" 海保大研究報告第57巻 第1・2号 合併号 (2013).
- [6] 日本サンゴ礁学会: [http://www.jcrs.jp/?page\\_id=622#q3](http://www.jcrs.jp/?page_id=622#q3) (アクセス日: 2016年1月7日).