

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07903

研究課題名(和文) 震災再建・空間生物経済分析による最適操業戦略探求:不確実性に強い漁業の社会実装

研究課題名(英文) Development of the optimum fishing strategies from the post-disaster and spatial bio economic analysis; building the resilience of fisheries

研究代表者

石村 学志 (ISHIMURA, GAKUSHI)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：50524815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、気仙沼近海延縄漁船団から提供される操業・市場データを解析に使用し、操業データの位置情報と漁獲魚種組成による空間クラスター分析を用いることで、漁場確定をさへ漁場の特性および経済評価をおこなう。さらに、漁業者とのワークショップにより随時研究結果へのフィードバックを得て漁場配置と選択漁場セットを明らかにした上で、各漁場の不確実性を確率過程として盛り込んだ最適操業戦略を追求する総合モデル、そして最適化操業戦略を確率シミュレーションにより探求した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果は、東日本大震災後の気仙沼近海はえ縄船団の操業・市場データを元にした空間的漁場把握と把握されたそれぞれの漁場の漁獲及び経済特性を明らかにした上でし、航海日数を限定した時期別の操業確率シミュレーションを各漁場選択を考慮し行うことで様々な不確実性に強い最適漁獲戦略を探求した。不確実性に強い最適操業戦略の提示は気仙沼近海延縄漁船団のみならず、日本の漁業新しい可能性を示す。これは学術的意義以上に不確実性に強い漁業構築に向けた研究の社会実装へと繋がる。

研究成果の概要(英文)：This study utilizes operational and market data provided by the Kesenuma offshore longline fisheries to explore optimum fishing strategies. By using the spatial cluster analysis based on the spatial information of the operational data, haul value & weight and the composition of the catch fish species. With identified fishing grounds with the probability distributions of catch, value and species compositions, this study conducted stochastic simulations for fishing strategies to explore the optimal fishing strategies.

研究分野：資源経済・政策

キーワード：最適化 空間生物経済分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

実学としての水産学は、産業としての水産業が抱える課題を解決し持続的発展を支える。漁獲漁業は、再生産性天然資源である水産資源を漁獲として我々の社会に供給することで、加工・流通・小売りを包括する水産業の起点として機能する。それゆえに、漁獲漁業の漁獲行動戦略の経済的最適化は、水産業全体の持続的発展の要となる。

しかしながら、個別の経営体のこうした漁獲活動の実証研究を進めるためには、

不十分なデータ：事象理解のための解析と予測に必要な十分なデータの質と量の確保、

複雑なモデル構築：経済活動である漁獲行動と潜在資源量の合成関数である漁獲モデル、また、漁獲の経済価値を決める市場需要モデル、構築の複雑さ、

推定・予測の不確実性：不十分なデータと複雑なモデル構築の故の事象推定の不確実性、さらに、漁獲漁業を取り巻く多様な経済・生物事象が絡み合い増幅する事象予測の不確実性、の問題に常に直面する。その一方で、現実の漁獲漁業を支えてゆくためには、質・量が担保された経済・生物データを統合解析し、不確実性をモデル化することで、漁業者が納得し実装できる、そして、機能する最適化操業戦略の提示する水産学研究が求められている。

東日本大震災により母港のある気仙沼が壊滅的被害を受けた気仙沼近海延縄漁船団再建は、そうした水産学研究が果たすべき役割を鮮明とした。本船団は、その漁獲高の半分をメカジキ、さらにその半分以上をヨシキリ鮫から得る、気仙沼地区独特の延縄操業形態を持つ。震災直後には魚価暴落により存続の危機に瀕した。その一方で、水産学における実証科学と経済理論は持続的漁業の設立条件である良好な資源状態と新しい操業戦略による利益改善可能性が本船団にあることを示し、震災前は一隻あたり平均年間 1.2 億円程度で採算ラインを下回っていた水揚げ高が 27 年度には平均 1.9 億円を超え、漁業存続の第一条件である代船建造を行える年間水揚げ 2 億円に達する船が半数を超えるまでになった。この船団の再建過程で蓄積した詳細な操業・市場データを分析し、これからの経済変化や資源変動、自然災害等の不確実性に対して強い漁業に向かう新たな漁獲行動戦略を示すことが、実学としての水産学に求められていた。

## 2. 研究の目的

本研究は震災後、経営改善を成し遂げた気仙沼近海延縄漁船団の再建戦略検証と分析、さらに不確実性に強い漁業を作るための最適操業戦略提案を目的とする。本研究では、

課題 1：震災影響と再建施策効果の漁獲・市場価格変化に対する時系列分析による検証

課題 2：空間クラスター分析と漁獲・市場データ統合による空間生物漁場確定・評価

課題 3：漁場ポートフォリオを使った空間生物経済漁業モデルの確率シミュレーション

の三つの課題を立て、研究を進めることで研究の目的達成を進めた。

## 3. 研究の方法

代表研究らは気仙沼遠洋漁業組合および気仙沼遠洋漁業組合所属の近海はえ縄船団より本船団についての全ての記録データの社会実装研究利用への了承を得ている。本研究課題では、そのうち、2011 年の震災後のデータを中心に、この期間に操業を行った全 19 隻を対象とし、

操業データ：各船漁労長により記録された漁労日誌の日単位の、空間的操業位置、日付、漁獲種・量等を変数とする記録データ (n = 21,412)

市場データ：各漁船の水揚げ時の気仙沼市場での販売単位毎の売買原票記録データ (n = 438,388)

の二種類の異なる記録データを用いた。

**データサイエンスに基づくリレーショナル・データベースデザインと構築**：こうした記録データから分析用データフレーム、そして、データベース構築は研究提案書において明示的な研究手法としてはいない。しかしながら、本研究を進める過程において、

(a) 研究期間中であっても漁獲活動は継続するため分析を行いながらのデータ蓄積の担保、

(b) 本研究課題は研究結果の社会実装を意図するため、研究過程のなかで漁業者・関係者と動的に協働できる分析プロセス、

の二つの必要があることから、データ・サイエンス研究者、Hadley Wickham(ref)が提唱するデータの価値を引き出す利害関係者との動的・対話的な分析体系を目指し、操業と市場の個々のデータベースでは、動的分析プロセスを可能にする整然化データ(tidy data)概念に基づくデータベース化と、リレーショナル・データベースにおいては、データベース理論における正規化に則した関連づけによる操業データベースと市場データベースのリレーショナル・データベースを分析用データベースとして構築した。

各課題についてそれぞれ以下の研究方法により分析を行った。

### 課題1：震災影響と再建施策効果の漁獲・市場価格変化に対する時系列分析による検証

二つの価格分析：市場価格変動については当初予定した震災の影響を考察する時系列分析の他に、その応用としてのメカジキにおいては、市場入札における価格形成を、ノンパラメトリック・構造化オークションモデル分析を行うことで、気仙沼市場において、財としての漁獲の供給主体である漁業者と需要主体である買受人の間での漁獲のレント分配の分析を行なった。

### 課題2：空間クラスター分析と漁獲・市場データ統合による空間生物漁場確定・評価

操業位置・漁獲種組成の階層的クラスター分析と非階層的クラスター分析による漁場確定と評価：

本研究においては、操業位置により、二つのクラスター分析、最初にクラスター数を仮定し個々のデータの距離（差異）による階層化クラスター分析と、全データの中でランダム一点を選び集団の中心として分析を行う非階層化クラスター分析により漁場の特定を行なったうえで、操業地点毎の漁獲量・漁獲高・漁獲魚種構成から漁場を特徴づけるための漁場評価を行った。海洋環境と漁獲物、また、市場での需要の季節性を考慮して、一年を1~2月、3~4月、5~6月、7~8月、9~11月、12月の六つの時期に分け、それぞれのクラスター手法により事前の漁業者からの聞き取り調査により各時期に2から6の漁場を仮定し、確定した。そうした結果を、さらに漁業者とのワークショップによりフィードバックを得ることで、実際に各期間での選択候補となる漁場への絞り込みを行った。最終的に各時期における本漁業の持つ、「漁場ポートフォリオ（異なる経済価値と資源動態傾向を持つ漁場セット）」を作成した。

### 課題3：漁場ポートフォリオを使った空間生物経済漁業モデルの確率シミュレーション

確定された漁場の漁獲量・漁獲高・漁獲魚種構成確率分布の作成と航海日数制限下でのシミュレーションによる最適操業戦略探求：課題2の漁場ポートフォリオを用いて、設定された航海日数において、候補漁場から1つの漁場を選択した場合の操業の確率シミュレーションを行った。各漁獲量・漁獲高・漁獲魚種構成を対数正規分布とし、気仙沼港から候補漁場内の各操業地点までの距離により、漁場までの往復の移動日数と経費を算出した上で、操業回数に応じた操業シミュレーションを繰り返し、その合計の総漁獲量・漁獲高、メカジキ・ヨシキリ鯨の漁獲量・漁獲高を算出し、経費差し引くことで、選択された漁場での操業の経済価値の推定を行った(例えば、航海の総日数が30日間とすると、漁場への片道が5日であれば往復の移動で10日、そして操業は20日となる)。

## 4. 研究の成果

### 課題1：震災影響と再建施策効果の漁獲・市場価格変化に対する時系列分析による検証

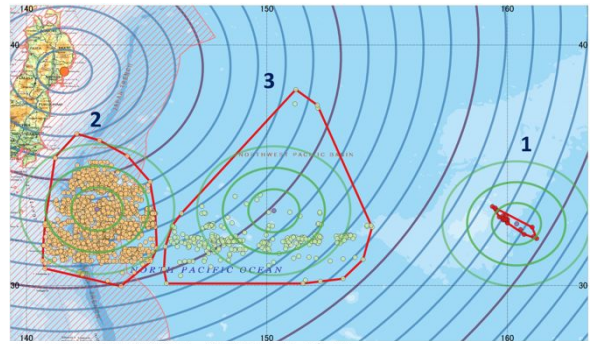
右表は、メカジキ単価に与える影響推定を行った六つのモデルの推定結果を示す。震災が価格に負の影響を与えていることを示唆するとともに、市場における一日およびその日まで一週間の総水揚量が同様にメカジキに単価に対して負の影響を与えている一方、より大きなメカジキにはより高い単価がつくことを示す。市場入札における価格形成のノンパラメトリック・構造化オークションモデル分析においては、メカジキの取引における需要主体である買受人は想定価格（この価格で入札しても良いと買受人が考えていると推定される価格）よりも、平均で48%低い価格で入札されていると推定結果が示された（現在、経済系英文学術誌へ論文投稿し、査読中）。この結果が必ずしも、オークションによる市場価格形成により漁業者にとって不利な状況を示してはいないが、流通を通じた消費者までのメカジキの価格形成過程をさらに調査・分析することにより、潜在的な適正市場価格を導き、それに基づく操業戦略の可能性を示唆している。

説明変数 モデル番号	非説明変数: kg 辺りのメカジキ単価					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
メカジキ一本の重量	0.240*** (0.006)	0.239*** (0.006)	0.234*** (0.005)	0.237*** (0.005)	0.237*** (0.005)	0.237*** (0.005)
一日のメカジキ総水揚量	-0.089*** (0.018)	-0.092*** (0.018)	-0.090*** (0.015)	-0.086*** (0.014)	-0.091*** (0.014)	-0.091*** (0.014)
その日まで一週間のメカジキ総水揚量	-0.048*** (0.017)	-0.048*** (0.017)	-0.112*** (0.014)	-0.076*** (0.013)	-0.073*** (0.013)	-0.073*** (0.013)
2011年の東日本大震災ダミー	-0.017 (0.016)	-0.017 (0.018)	-0.041*** (0.012)	-0.099*** (0.012)	-0.101*** (0.012)	-0.101*** (0.012)
東京中央市場(築地・豊洲)でのメカジキ価格				1.282*** (0.112)	1.281*** (0.111)	1.283*** (0.110)
切片	7.028*** (0.135)	7.108*** (0.134)	7.881*** (0.140)	-1.800*** (0.854)	-1.765*** (0.843)	-1.772*** (0.836)
個別漁船効果	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
月効果	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
曜日効果	No	No	No	No	Yes	Yes
天気効果	No	No	No	No	No	Yes
データ数	122,460	122,460	122,460	122,460	122,460	122,460
Adjusted R <sup>2</sup>	0.109	0.116	0.236	0.256	0.258	0.258

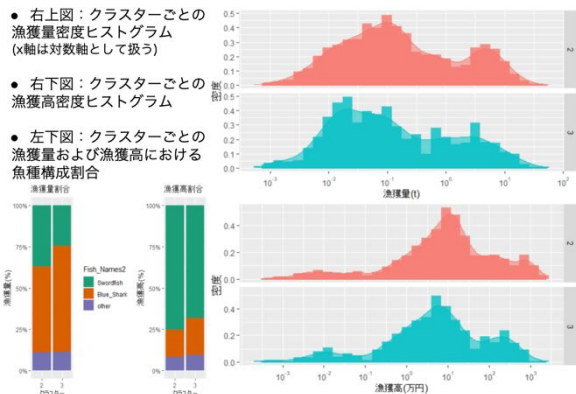
## 課題 2：空間クラスター分析と漁獲・市場データ統合による空間生物漁場確定・評価

操業位置・漁獲種組成の階層的クラスター分析と非階層的クラスター分析による漁場確定と評価：

右上図は 1~2 月における階層クラスターによる漁場確定を示す。漁場 1 は漁場開拓のための試験的な操業であり、明確に異なる漁場として階層的クラスター分析で抽出されている。これは漁業者の認識、近い漁場を狙うか（漁場 2）と、北のイレギュラーな一操業地点を含んではいるが北緯三十度線と平行移動し漁獲（漁場 3）するののかという漁場選択と確かに重なる結果が示している。これまでの分析で漁場の形態が一樣ではない、例えば、漁場 2 は中心を持つ円を描くように形成される、つまり、気仙沼港出港後に漁場中心部まで航海し、そこから操業を同心円状に展開するのに対して、より遠い漁場では、近い位置から遠方に操業を展開してゆくことで、緯度線に平行な形で漁場を形成する。右下図は漁場 2 と 3 の特徴付けのための、漁獲高・漁獲量、そして魚種構成を示す、1~2 月については、2 つの漁場はほぼ同じ、漁獲量・漁獲高分布を示す一方で、漁獲魚種構成をみると、漁場 2 においてはヨシキリ鮫よりもメカジキの漁獲が 15%ほど高いことがわかる。ここの研究で、各時期に対する漁場位置と特性についての把握はできているが、その漁場内での漁獲行動についてより踏み込んだ分析が必要であることも示唆されている。



1~2月における漁獲量・漁獲高ヒストグラム 階層クラスター分析



- 右上図：クラスターごとの漁獲量密度ヒストグラム (x軸は対数軸として扱う)
- 右下図：クラスターごとの漁獲高密度ヒストグラム
- 左下図：クラスターごとの漁獲量および漁獲高における魚種構成割合

## 課題 3：漁場ポートフォリオを使った空間生物経済漁業モデルの確率シミュレーション

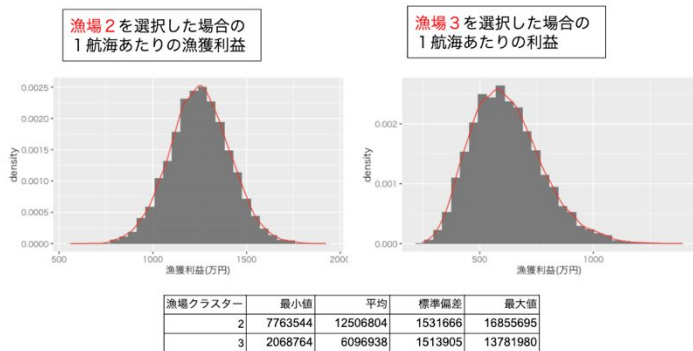
確定された漁場の漁獲量・漁獲高・漁獲魚種構成確率分布の作成と航海日数制限下でのシ

ミュレーションによる最適操業戦略探求：

右図は 1~2 月の漁場 2 と 3 を総航海日数を 30 日と規定した場合のシミュレーション結果をなっているより遠い漁場である漁場 3 は利益の平均と標準偏差を比べた場合、より低い平均で相対的に高い標準偏差（不確実性）を示す。このシミュレーション結果から、漁場 2 のほうが 3 よりもより不確実性の低い最適化された漁場選択であることがわかる。しかしながら実際のところは、漁場 3 を選ぶ漁業者も多い。しかし、課題 2 の結果とともに、漁業者の行動を考えてゆくと、この漁場の利益を決めるのが水揚げではなく、一操業辺りの漁獲高であるとして考えられる。本漁業において、漁業者は漁獲高に応じて給与が支払われ、船主は乗組員への給与支払後に経費を支払い利益とする。つまり、漁業者にとって、経費よりも漁獲高が漁獲行動決定要因であり、また、この課題 2 と 3 の分析から、漁業者は総漁獲高ではなく、操業一回当たりの漁獲高を考えていることが示唆された。

### 1~2月における漁獲シミュレーション

漁場クラスター	気仙沼からの平均距離	移動日数	往復燃料費	操業日数	操業燃料費	過水日数	過水燃料費	航海日数	総燃料費
2	751.8496	4	799585	20	2335561	6	1107690	30	4242836
3	922.8767	6	981471	18	2156674	6	1237719	30	4375864



漁場クラスター	最小値	平均	標準偏差	最大値
2	7763544	12506804	1531666	16855695
3	2068764	6096938	1513905	13781980

ここまで本課題は 1~2 月以外のじきについても、漁場選択による期待利益の違いを示し、より高い利益が期待される最適化された操業戦略の方向性を示してきた。それとともに、漁業者のこれまでの漁場選択が一つの航海全体での利益では、一回の操業辺りの漁獲高であることが示唆されている。現在コロナによって昨年末から研究は止まってしまっている一方で、これから、コロナの影響が続く場合、乗組員の半数あまりのインドネシアからの研修員が八月以降来日できなくなるため、乗組員確保が困難となり、操業パターン再編が必要となる。こうした状況下

での限定的乗員数を想定したシミュレーションを現在行いつつ、ここまでの結果成果の論文作成・投稿をこれから進めて行く。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Gakushi Ishimura, Ren Odaira, Keita Abe
2. 発表標題 Optimal Spatial Strategy of the Fishing Efforts for Heterogeneous Fishing Grounds
3. 学会等名 International Institute of Fishery Economics and Trade (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Gakushi Ishimura, Keita Abe
2. 発表標題 Optimizing fishing strategies and spatial management by linking spatial abundance information and economic indicators
3. 学会等名 IMBIZO 5: Marine biosphere research for a sustainable ocean: Linking ecosystems, future states and resource management (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考