

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00682

研究課題名(和文) 海のオープンアクセス資源の持続性強化の新機軸：行動経済の実験と応用

研究課題名(英文) An innovative study on sustainability of marine biological open-access commons: experimental approach based on behavioral economics

研究代表者

大西 修平 (Ohnishi, Shuhei)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：00262337

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：水産資源は量的変動において不確実性が強いコモンズである。生物量を記述する数理モデルでは、ヒトの行動の合理性が前提となる。しかしながら漁業者の意思決定は非合理性を伴うことも経験則に知られる。昨今、意思決定の非合理性を積極的に考慮する行動経済学(Behavioral Economics; BE)が注目される。本研究ではBEの成果；プロスペクト理論(PT)と双曲割引(HD)に着目し、既存の水産資源動態モデルを再構築した。YPR(yield-per-recruit)モデルにはHDを、またIQ(Individual Quota)制度にはPTを導入し、意思決定バイアス下での資源最適利用計画を分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国連海洋法条約でのEEZ(排他的経済水域)内の水産資源保全の義務に沿って、我が国沖合では行政主導のTop-down施策による資源保全計画が進められる。一方、沿岸域のコモンズ利用では、食糧生産や環境の持続性維持にむけた活動の大半が、より小規模な漁業主体に依存する。いわゆる沿岸漁業ではコミュニティベースのコモンズ自主(共同)管理が主体で、これはBottom-up方式と呼べる。コモンズの自主管理では、地域の自然環境に文化・習慣、生活様式といった社会的要素が考慮される。さらに漁業主体の個性のバラツキを導入することで、Bottom-up方式の管理の実効性を高めることができる。

研究成果の概要(英文)：Fisheries resources are the commons with large-scale uncertainty in quantitative fluctuation. Theoretical models in which the dynamics of bioresources are described suppose that the fishermen act with rational decision making. However, it is also empirically known that fishermen's decision making often become irrational. In recent studies, behavioral economics, which considers the irrationality in human behavior have made remarkable progress in social sciences. In this study, we focused on the theoretical frameworks on behavioral economics such as prospect theory (PT) and hyperbolic discount (HD), and have reconstructed the existing model of fisheries population dynamics analysis. We discussed the behavior of resultant models by HD employed into the yield per recruit model, and PT employed into the Individual Quota management system.

研究分野：水産資源学

キーワード：コモンズの悲劇 水産資源管理

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

魚や海藻など海の天然物、水産資源の利用は「自由参入；オープンアクセス」が原則である。海それ自身が共有地で収獲前の水産資源は持ち主がない（無主物）コモンズである。このような条件が重なり、水産資源の利用ではいわゆる「早い者勝ち」が起きる。自由競争による利用は乱獲につながり、コモンズは確実に枯渇する。昨今の自然環境に対する理解では、生態系サービスの概念が定着している。生態系内の、たとえば捕食-被捕食などの相互作用による生命のつながりから環境が成立する。そこには人の生命・生活も含まれる。したがって、海の生態系のわずかな歪みも、海にとどまらず陸上環境に悪影響を与える。そこで海の生態系の管理や資源利用の適正化が強調されるようになった。

1994年発効の国連海洋法条約に明記されたEEZ（排他的経済水域）内の水産資源保全の義務化は、自助および国際協調による広域のコモンズの管理の強化につながった。我が国では「海洋生物資源の保存及び管理に関する法律」（通称TAC法）により、漁獲可能量（TAC; Total allowable catch）の設定と漁獲圧コントロールが、国内全体を通じた水産資源管理政策として実施され始めた。TAC制度は法整備に沿った行政主導によるTop-downの施策である。TAC制度は特に生産規模の大きな沖合回遊性資源の管理を主眼に置く。TAC自体が国際的基準であり諸外国の理解を得やすいメリットがある。国内を法整備で一本化することで即効性のある管理にもつながる。Top-downの施策では大きな力によるEEZ全体の広く浅い管理が特徴である。

沖合漁業とは対照的に、我が国沿岸域では小規模な漁業主体が、地域色のある水産資源を、多様な操業形態で利用する。いわゆる沿岸漁業がこれに該当する。沿岸では風土に合わせた資源管理方式が長い歴史に定着している。これはBottom-upの施策にあたる。Bottom-up方式ではルール・構成・監視・罰則といったあらゆる面に、ヒト意思決定の仕組みが反映されている。たとえば漁獲総量を数値そのものに代えて「収獲上限までの日数」で表現するなどの置き換えがある。取り決めの重みよりも理解や合意を優先するものといえる。これらは意思決定に対する経験的な理解を反映したもので、資源を持続させてきた経験則や実績、また在来知が込められている。

コミュニティベースのコモンズの自主(共同)管理では、Ostrom(1990)によって実践的な方向が示された。Ostromは自主管理に8条件を挙げ、管理が成果を上げるための方向を示した。Ostromの示した管理での意思決定主体は、地域の小規模な漁業従事者の集団であるが、実際には集団の規模には大きなバラツキがみられる。体系化された組織から一個人まで、意思決定主体の規模は一貫しない。従来の漁業経済研究は生産主体や管理主体をいわゆる集団として、生産における個性や特性は無視されてきた。しかしながら現場の漁撈活動では、潮や地形を「読む」過程が生産の成果を大きく左右する。これら意思決定の個性は従来の漁業経済研究で扱われてこなかった。新しい資源管理のヒントを得るために「漁撈の個性」の研究の空白領域として注目に値する。

2. 研究の目的

漁業の規制は「ヒトの利益追求における合理性」を前提に構築されるが、漁業者の意思決定はときに非合理的で、気質(情動,主観,効用)の支配下にあるとされる。しかし「気質」の定義は曖昧で制度設計に反映されていない。近年ヒトの気質で生産活動の傾向を説明する理論；行動経済学(Behavioral Economics; BE)が注目される。コモンズ管理制度の現況の空白領域を勘案すれば、空白の補完と制度の再構築は、優先課題である。そこで行動経済の主要な理論に基づき、漁業者の気質と非合理的な意思決定が、海のコモンズにもたらす影響を評価する。

BEの着想と導入の詳細を示す。BEはヒトの選択と行動の性向を探る分野で、非合理的な経済現象を、脳科学など異分野と共同して説明する。本研究では、コモンズの管理制度における漁業者の意思決定の非合理性に対する補完を優先課題に挙げる。気質を組み入れた意思決定モデルを、新管理制度に展開することを目標とする。そこで「プロスペクト理論; Prospect Theory; PT」と「双曲割引; Hyperbolic Discounting; HD」に着目した。プロスペクト理論によれば、漁師は不確実な報酬「賭け」のリスクを競い、好む傾向を持つモデルが成立する。また双曲割引を使えば、漁師は見つけた魚を根こそぎ獲り尽くそうとする(将来に残さない)態度が説明できる。これら海のコモンズ利用で生じる非合理的な経済現象は、漁業者がオープンアクセス下の資源に過大な偏った魅力を持つ可能性や、資源が過剰な漁獲圧に晒されるリスクを示唆する。乱獲予防は非合理的漁獲圧のコントロールが有効であるため、PTとHDは、漁業者の非合理性の特定と回避に効力を発揮する。研究では資源研究の課題の扱いをマクロとミクロに区別し、PTとHDを適宜あてはめながら、研究領域の空白探しと補完を繰り返すことを目的とする。実験の手順すら確立されていない研究領域の空白に向けて試行錯誤を続ける。

3. 研究の方法

(1)マクロモデルによる扱い：Clark(2005)の生物経済モデルでは、最適管理を示す解の特性が考察された。Clarkモデルは静的MSYを一般化し、時間動態を与えた拡張モデル(動的余剰生産モデル)である。Clarkモデルでは意思決定の完全な合理性を前提とする指数割引モデルでさえ、非合理的な漁獲(乱獲)を引き起こす可能性を説明したものである。Clarkモデルの展開型として、HDによる非合理性を導入し、起こりうる乱獲の特性について定量化する。YPR(yield-per-recruit加入当たり収獲)モデルでは、資源の定常状態を前提にバイオマスの成長下での合理的収獲方法が算出される。YPRモデルもClarkモデルと同様、価値割引と資源減耗を指数関数で扱っており、HDの作用については調査されていない。またYPRモデルでは時間経過を無限大 ∞ まで考

慮できるが、ヒトの意思決定可能時間が有限であることは自明であることから、いわゆる打ち切り時間の効果も調べる必要がある。漁業者の有効な時間範囲、たとえば漁業就労年数の上限や、漁船設備の先行投資費用の借り入れの返済年数といった、有限時間と HD の組み合わせの中で最適解の振る舞いも、マクロなモデルで扱える。

プロスペクト理論 PT と漁業者行動モデルの接点には、確率と効用のバイアスが空白領域になる。既往の Top-down 管理では、確率と効用ともに合理性が前提で、制度と漁業者の行動の乖離は認められつつも、研究は未着手である。TAC 制度または IQ (Individual Quota) 制度など、現行の制度に起きうる資源管理の問題点についてモデル化と考察を行う。

(2) ミクロモデルによる扱い：漁業者の意思決定のパーソナリティを定量化するための実験ツール作成とフィールド探しを行う。マクロなモデルの役割が、漁業コミュニティと資源に生じる変化の予測であるのに対し、ミクロなモデルは、意思決定の非合理性の原因特定のために扱う。

4. 研究成果

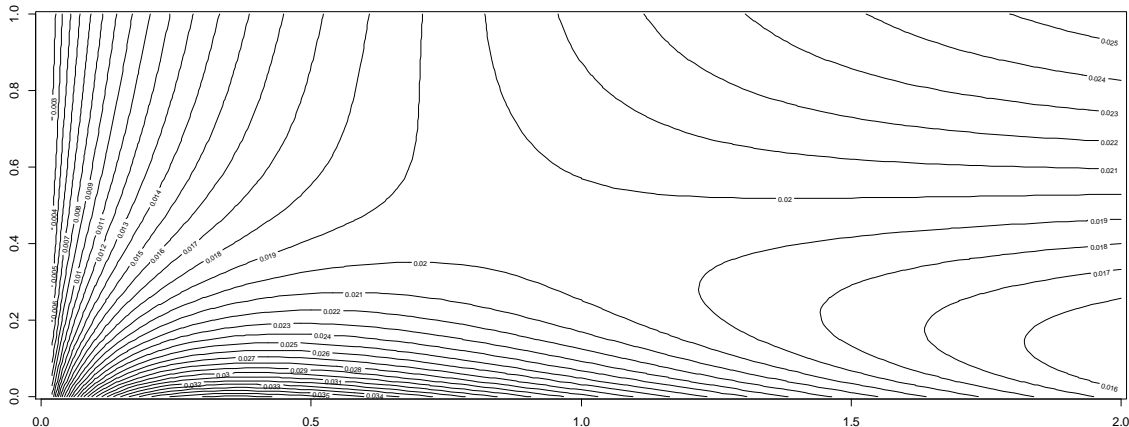
(1) マクロモデルによる成果：① 双曲割引: Hyperbolic Discounting ; HD YPR モデルの個体群自然死亡に HD による価値割引を導入した。双曲割引関数 $(1 + at)^{-1}$ の下で YPR の定義は、

$$YPR = \frac{F}{(1 + at_c)} \int_{t_c}^{\infty} \frac{e^{-F(t-t_c)}}{1 + a(t-t_c)} w(t) dt = \frac{F}{a(1 + at_c)} \sum_{n=0}^3 \Omega_n e^{-nkt_c + \frac{nk+F}{a}} \left[\Gamma \left(0, \frac{nk+F}{a} \right) \right]$$

となる。なお体重増加は von Bertalanffy 関数で表し、結果にガンマ関数が出現する。なお上記の演算は 2 条件が前提になる。条件 1: 漁業者は $t=t_0$ で $t_0 < t$ の計画を思案する。条件 2: 漁業者は期間 $t_0 < t < t_c$ での操業が禁止されることを理解している。YPR は 2 条件下の「漁業者の心理会計上の YPR」になっている。リパラメトライズ; $a/k = A$, $F/k = f$, $kt_c = x_c$ による変数変換で、

$$YPR = \frac{f}{A(1 + Ax_c)} \sum_{n=0}^3 \Omega_n e^{\frac{n(1-Ax_c)+f}{A}} \left[\Gamma \left(0, \frac{n+f}{A} \right) \right]$$

とすればモデルを簡略化できる。YPR 等高線を示す。軸については、横軸 f で縦軸 x_c である。



等高線には鞍点(サドル)が出現する。従来 YPR では極大値しか現れないが、鞍点は HD が与える特異性のひとつと考えられる。鞍点の、漁業者の心理会計に現れる特徴的な点としての意味、あるいは鞍点の資源管理計画遂行への影響(妨害など)の考察は未解決であるが、次のような考察は有効と思われる。YPR 値はここでは効用に当たる。効用が高い領域は「右上」「左下」に分離される。漁業者がどちらかを目標にしたい場合、判別(選択)の分かれ目になるのが、横軸 f の値になる。たとえば漁業者間に格差があり、資本金等の制約から大きな f を運用できない漁業者は、おのずと「左下」を目標にせざるを得ない。その際、小さな x_c が許される条件下でしか、将来の潤いの見通しは立たない。逆に潤沢な資本を持つ主体は大きな f を運用でき、選択肢の幅が広いので、漁業規制が x_c を大きく設定しても、余裕を持って「右上」を目標にすることができる。HD 導入モデルは、実在する漁業者の経済格差と行動様式を関連付ける端緒となる。

② プロスペクト理論: Prospect Theory ; PT 漁業管理のひとつの枠組みである IQ (Individual Quota) 制度を PT の視点でモデル分析した。TAC 制度下で生じる過剰な投資と競争とは対照的に、IQ 制度には、各経営体の独自のペース配分に基づく無駄な競争の排除が知られる。合理的な操業の実現が IQ 制度の魅力とされている。個別割当量を計画通り消化すれば理想的であるが、海洋環境や資源来遊の不確実性により収穫は安定しない。総生産量が伸びずに時間が経過するときは、未消化の割当枠を有効利用するためのノルマが重くなり、短時間で大きな収穫を達成しなければならなくなる。動態は次のように定式化できる。漁期間に個別割当量 Q が配分されているとする。漁期の長さを 1 として解禁から終漁までの時間経過を t ($0 \leq t \leq 1$) とする。漁獲実績つまり累積総漁獲量 y が時間に比例する単純な場合を $y = qt$ と表す。定数 q は成果の伸びの速さを表す。残り時間 $1-t$ に対応する未消化枠は $Q - qt$ で、これを Q で規準化すれば相対値は $(Q - qt)/Q = 1 - qt/Q$ となる。現在時刻 t で単位時間あたりノルマ η は、 $\eta = (1 - qt/Q)/(1 - t)$ となる。一貫して完全に一定のペースで割当枠を消化できる場合、累積総漁獲量は $(0, 0)$ と $(1, Q)$ の 2 点間をつなぐ直線になる。このとき $q = Q$ とおけば $\eta = 1$ となり、ノルマは一定値である。

一方、 $q < Q$ では、実績が伸びずに時間が経過し、 Q 未消化で終漁を迎えることになる。このとき η は時間依存である。 q/Q 値が小さくなるほどノルマ η は急激な変化をとる。漁獲目標に対する充足が遅れがちになるとノルマは高い値に推移する。この動態はPTの価値関数の参照点の右方向へのシフトに現れる。より高い参照点の影響としては、リスク態度における「リスク愛好」がある。TAC制度とIQ制度の対比では、後者のメリットが強調される機会が多い。しかしながらPTと意思決定の非合理性を考慮することで、IQ制度の問題点の一面を知る事ができた。

(2)マイクロモデルによる成果： 漁撈活動の意思決定の「量」における「時間」と「価値」のバイアスの測定実験用ソフトウェアを開発した。Microsoft-Windows上で汎用言語Pythonを用いて研究代表者がプログラミングを行った。室内外を問わず実験環境を確保するため、タブレットPCに収まる仕様とした。報酬と確率の情報を乱数生成し、数値を画面表示し刺激とする。刺激に対して、被験者は選択（意思決定）をタッチ入力する。刺激-被験者反応をセットで逐次記録する。刺激は「低収益・高確率」と「高収益・低確率」の二者択一である。宮城県気仙沼市の遠洋漁業漁撈長経験者数名にシステム全体を監修して頂いた。監修の結果、マグロ漁業はじめ回遊性浮魚を狙う漁業者は「高収益・低確率」選好が原則であった。年単位の操業が主体の遠洋漁業と、月単位の操業が主体の近海漁業では、被験者（漁業従事者）の反応は全く異なるというヒアリング結果も得た。システムは刺激にランダム性を前提とする仕様になっているが、実験期間が長い場合は「収益・確率」の前後の相関や周期性を考慮する必要がある。これは実際の洋上の漁撈活動での経験則からのアドバイスである。

被験者は、山口県宇部市の漁業者の協力を得た。ソフトウェアの画面とデータの一部を示す。

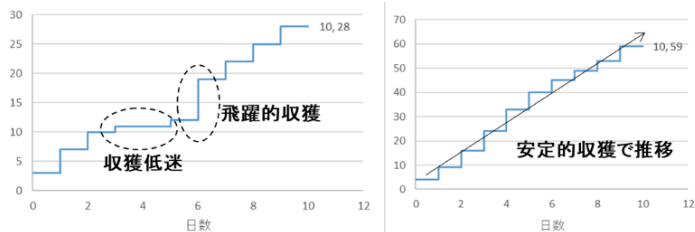


漁業者（漁業引退者）：66歳。経歴約50年。山口県漁業協同組合に所属。現在は刺網や海苔養殖漁業など比較的安定な生産手段のサポートを主体に活動。就業者確保育成活動にも参加。「漁業引退者66歳」の親族：23歳。経歴約5年。

実験期間2018年9月11～25日、山口県宇部市。ソフトウェアを用い、仮想的な2通りの（遭遇する）魚群に対する選好を、逐次選択させる。ひとつは安定的に収獲可能な中規模群、他方は不安定な収獲となる小・大規模群の混合群とし、二者択一を促す。実験では1日を最小時間単位として、3通りの期間（10日・15日・20日）を想定した。日数制限下でより多くの利益を得る目標にそって自由に選択できるルールとした。

水揚げ累計をステップカウントし、階段状の変化の期間（待ち時間）とステップの高さを意思決定の特徴と

若手現役漁業者(23歳) 実験時系列データ記録 漁業引退者(66歳)



考えた。収獲の分散の平均は10日:5.03、15日:5.05、20日:4.62となった。平均値は、10日:45.4、15日、59.25、20日:88.8となった。山口県は季節ごとに様々な資源が来遊し、沿岸では資源は安定的である。リスクを避けても高い収入が得られる可能性が高い。漁業のキャリアが長いほど安定的な漁業を行うリスク態度の傾向が強いと考えられる。すなわち熟練者は、乱獲につながる傾向は弱いと考えられた。水産資源と接する環境に加え、就業年数による心理的ファクターも勘案する必要があり、より広い調査と実験デザインの再構築は必要である。

(3)漁業者の意思決定バイアス（特性値）と資源動態モデルの統合への課題と展望： 我が国の漁業制度で70年ぶりの大変更が行われることになった。改正漁業法（新漁業法）が公布され、2020年末までに施行される。この改革は漁業者の意思決定動態研究に少なからず影響する。MSY（最大持続生産量）が資源管理の合理的目標に置かれること、またTAC管理対象魚種の大幅な増加、さらにIQ制度の体型的な導入、これら新漁業法で強化される制度は、漁撈活動での強い制約条件となる。一方「競争が減る」との見込みもあり、意思決定バイアスの特性が見えにくくなるという課題は避けられない。漁業者の意思決定とリスク態度の詳細な測定のアプローチとして、漁業管理情報の伝達と漁業者の反応を実験計画に盛り込む方法がある。資源来遊量や豊度の見通しの情報提供に対し、その後漁業者のみせる意思決定を逐次測定する。この手順はいわゆるリスクコミュニケーションを意思決定実験として活用する考え方でもある。

現在、漁業者と研究者が資源管理を議論できる機会は設けられているが、実質的なサイエンスコミュニケーションが機能しているとはいえない。新漁業法の機会をとらえて、現在のサイエンスコミュニケーションをリスクコミュニケーションへ、さらにリスクコミュニケーションを実験計画の場として置き換える発想は、測定と資源動態モデルの統合につながる。

《引用文献》

Clark CW. Mathematical bioeconomics: the optimal management of renewable resources, 2nd edition. Wiley-Interscience, New York. 2005.

Ostrom E. Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press, New York. 1990.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 大西 修平, 山川 卓, 赤嶺 達郎, 筒井 義郎, 山根 承子	4. 巻 84
2. 論文標題 Prospect theoryによる漁業者の意思決定の解釈	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 720, 727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2331/suisan.17-00075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大西修平
2. 発表標題 水産資源の自主的管理を支援する情報の仕掛け
3. 学会等名 水産海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西修平, 山川卓, 赤嶺達郎
2. 発表標題 漁業者の行動における3つのあたらしい視点
3. 学会等名 水産海洋学会(2017年度研究発表大会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大西修平
2. 発表標題 水産資源管理へのプロスペクト理論の応用
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大西修平, 山川卓, 赤嶺達郎
2. 発表標題 水産資源管理と行動経済学の接点
3. 学会等名 日本水産学会 (平成30年度春季大会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	山川 卓 (Yamakawa Takashi) (10345184)	東京大学・大学院農学生命科学研究科 (農学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	赤嶺 達郎 (Akamine Tatsuro) (90371822)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・中央水産研究所・主幹研究員 (82708)	