

漁業者の行動を考慮したハタハタ資源の管理

平澤聖也¹, 嶋崎善章²

要旨

秋田県では急激なハタハタの漁獲量減少に伴い 1992 年 9 月から 3 年間の禁漁を行った。解禁以降、秋田県は漁獲割当を設定しハタハタの資源管理をしている。しかし近年、漁獲割当に対して漁獲量が減少している。そこで本研究は独自に行動する漁業者の最適化行動を考慮した、政策立案者による将来の総利益を最大化する割当量の決定を Diana van Dijk et al. (2014) の確定的な動的計画モデルを用いて試算する。また、その結果を現行の資源管理手法と比較し考察した。ハタハタに関してはモデルに対応する係数にまだ不明な部分が多く厳密な試算ではないが、2013 年の資源量から考えた場合、現在の認識より長期間禁漁をすることが最適であるという結果を得た。

キーワード：資源管理，ハタハタ，動的計画法，シミュレーション

JEL 分類番号：Q22, C61

1. 研究背景・目的

秋田県漁業においてハタハタは魚種別の漁獲量 2 位、売上額 1 位に位置する主要な水産物の一つである [秋田県漁業協同組合(2012)]。秋田県におけるハタハタの漁獲量は 1968 年の 20,607 トンをピークに、1974 年以降急激に減少し、1991 年には 71 トンにまで減少した [松倉・藤原・後藤(2014)]。漁獲量減少の原因として水温変動などの環境要因も指摘されているが、漁獲の影響も無視できないものと推察されている [杉山(1998)]。秋田県ではハタハタ漁獲量の急激な減少に伴い 1992 年 9 月から 1995 年 9 月までハタハタの禁漁を行った。1995 年にハタハタの漁獲を解禁して以降、秋田県では漁獲割当を毎年設定しハタハタの漁獲規制を行っている。秋田県では Virtual Population Analysis (VPA) を用いてハタハタの資源量を推定し、推定した資源量の 40% を漁獲割当としている。VPA とは年齢別漁獲尾数を使って資源尾数を推定する資源評価手法である。[日本水産資源保護協会(2001)]。玉置(1998)は秋田県におけるハタハタの漁獲割当の決定は漁業者間の合意に基づいた漁業者と行政の共同管理的性質のものであるため、各種の配分・管理方法は当事者間で議論を尽くし、決定したものであるとしている。さらに、ハタハタ資源量管理について禁漁をした 3 年間で資源量は倍増するというシミュレーションがほぼ当たったと報告している。しかし、2010 年以降は漁獲割当に対する漁獲量の割合が 80% に達することはなく、2012 年は 48% にまで差が広がった [秋田県水産振興センター(2014)]。Kyuji et al. (2006) は日

¹ 秋田県立大学 b13d036@akita-pu.ac.jp

² 秋田県立大学 yshimazaki@akita-pu.ac.jp

本海西部系群のハタハタについて季節と水温を関連付けた重回帰分析によって漁獲量の予測モデルを構築した³。しかし、漁獲割当を考慮したモデルとなっていない。また、ハタハタに関する研究は生物学的なものが一般的で経済学的な観点からハタハタの資源管理について分析を行っている文献は見当たらない。

本研究では、政策立案者が決定した漁獲割当に対する漁業者の最適化行動を考慮した資源管理モデルを導入する。国や県などの政策立案者と漁業者の2者によるゲーム理論を用いた Diana van Dijk et al. (2014)のモデルをハタハタに適用し、現行の資源管理法方法と結果にどのような違いがあるのか比較、考察することを目的とする。

2. 方法

本章においてシミュレーションに用いるモデルについて説明する。本研究では Diana et al. (2014)の確定的な動的計画法のモデルを用いてシミュレーションを行う。このモデルは、漁業者の行動を考慮したうえで政策立案者が将来の資源利益を最大にする漁獲割当を決定することを目的としている。

3.1. 生物学的モデル

Diana van Dijk et al. (2014)は Gordon (1954)と Schaefer (1954)のモデルをもとにして資源量の変化を表している。生物学的モデルを以下に示す。

$$X_{t+1} = X_t + rX_t \left(1 - \frac{X_t}{m}\right) - H_t \quad (1)$$

X は資源量を表し、 H は漁獲量を表す。 r は固有的な成長率を、 m は環境の収容力を表す。

3.2. 経済学的モデル

Diana van Dijk et al. (2014)は資本の変化を経済学的モデルで取り入れている。ここで扱うモデルは新古典派の投資理論に従っている。資本ストックについては

$$K_{t+1} = K_t(1 - \gamma) + I_t \quad (2)$$

で表される。 K は資本であり、船のトン数と出漁日数を用いて ton days（以後 td）で表される。 γ は1年あたりの減価償却率である。 I は投資を表す。

漁業者の利益は、

$$\pi_2(Q_t, X_t, K_t) = pH_t - c^s pH_t - \frac{c^e}{q} \ln \frac{X_t}{X_t - H_t} \quad (3)$$

³ 日本海西部系群とは、大韓民国を産卵場とするハタハタの群れである。一方、秋田県を主な産卵場所とするハタハタの群れを日本海北部系群と呼ぶ。

と表される． p は価格， c^s は収入全体における船員への給与の割合， c^e は ton days 当たりの努力費用である．式(6)は漁獲による収入から船員へ支払う給与と漁獲行動にかかる費用が引かれる形で表されている．

3.3.最適化モデル

2.3.節では Diana van Dijk et al. (2014)で扱われている最適化モデルについて説明する．この最適化モデルは企業や国などによる最適化を目的としている．企業や国などの政策立案者は将来にわたって資源がもたらす利益を最大にするための最適な漁獲割当を決定する．政策立案者による最適化のモデルには自身の利益を最大にするための漁獲と投資をしようとする漁業者の行動が含まれる．

3.3.1.漁業者による決定

漁業者は漁獲量と投資についての決定を行う．漁業者による決定には2つの仮定がある．一つは，漁業者はそれぞれ自身の利益を最大化しようとする．二つ目は，すべての漁船に対して漁獲割当が作用しているということである．漁業者は漁業の限界費用が限界便益よりも大きくなってしまったときに漁獲をしないということが分かっている [Conrad and Clark(1987)]．漁業者の利益を最大化するための最適化問題は式(8)のように表される．

$$\begin{aligned} \pi_2(Q_t, X_t, K_t) &= \max_H \{ pH - c^s pH - \frac{c^e}{q} \ln \frac{X_t}{(X_t - H)} \} \\ \text{subject to } 0 &\leq H \leq Q_t, H \leq X_t(1 - e^{-qK_t}) \end{aligned} \quad (4)$$

漁業者の利益を最大とするための漁獲量は次の式で表される．

$$H(Q_t, X_t, K_t) = \min \left\{ \left(X_t - \frac{c^e}{pq(1 - c^s)} \right)^+, Q_t, X_t(1 - e^{-qK_t}) \right\} \quad (5)$$

$\left(X_t - \frac{c^e}{pq(1 - c^s)} \right)^+$ は非負という意味である．

投資行動の決定について考えるとき，漁業者の漁獲量は

$$\hat{h}(Q_t, X_t) = \min \left\{ \left(X_t - \frac{c^e}{pq(1 - c^s)} \right)^+, Q_t \right\} \quad (6)$$

と表される．投資は非負であるので，式(2)より投資関数は次のように与えられる．

$$I(Q_t, X_t, K_t) = \left(\frac{1}{q} \ln \frac{X_t}{X_t - \hat{h}(Q_t, X_t)} - K_t(1 - \gamma) \right)^+ \quad (7)$$

3.3.2.政策立案者による決定

政策立案者の最適化問題は次の式で与えられる．

$$\max_{Q(X,K)} E \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\pi_1(Q(X_t, K_t), X_t, K_t)}{(1+\rho)^t} \right\} \quad (8)$$

ここでの E は期待値演算子である．また， ρ は割引率である． $\pi_1(Q(X_t, K_t), X_t, K_t)$ は次のようになっている．

$$\pi_1(Q(X_t, K_t), X_t, K_t) = \pi_2(Q_t, X_t, K_t) - c^i I(Q_t, X_t, K_t) \quad (9)$$

c^i は ton days 当たりの投資費用である． $Q(X, K)$ は政策立案者にとっての最適な戦略となる．

3.5.定常値

価値関数を用いて長期的な資源量の変動をシミュレーションした際の資源量の定常値を説明する．安定したシステムでは資源量 X_t , 資本 K_t , 漁獲量 H_t , 投資 I_t , 割当 Q_t は毎年それぞれ一定となる．定常値は $\bar{X}, \bar{K}, \bar{H}, \bar{I}, \bar{Q}$ と表記する．資源量の定常値 $\bar{X}$ は,

$$\bar{X} = \frac{3m}{4} - \frac{m}{2r} \left(1 - \frac{1}{2} \sqrt{(r-2)^2 + \frac{8r(c^e + \gamma c^i)}{q(1-c^s)mp}} \right) \quad (10)$$

となる．式(15)の最適化問題において $\rho = 0$ とした時，資源量 X は $\bar{X}$ に収束する．

3.6.価値関数について

動的計画法の解は Puterman(1994)のベルマン方程式に従い,

$$V_t(X_t, K_t) = \max_{Q_t} \{ \pi_2(Q_t, X_t, K_t) - c^i I(Q_t, X_t, K_t) + \delta V_{t+1}(X_{t+1}, K_{t+1}) \} \quad (11)$$

で表される． δ は割引因子である． X_{t+1} と K_{t+1} はそれぞれ式(1), 式(2)で導き出すことができる．本研究では GNU Octave の fminbnd を使用することで式(11)を最適化した．fminbnd では，式(11)が最小となるような Q の値を導き出すことができる．

4 結果・考察

モデルをハタハタに応用するには適切なパラメータ値についてまだまだ不明確な部分が多く，パラメータ値によってはかなり荒い数字ではあるが， $m = 40542$ トン， $r = 0.20$ ， $p = 335730$ 円/トン， $c^e = 1615$ 円/td， $c^i = 3862$ 円/td， $c^s = 0.20$ ， $q = 0.025td^{-1}$ ， $\gamma = 0.11$ とした．シミュレーションを行った結果，資源量は20271トンに収束することが分かった．また，2013年の資源量を4800トンと設定してシミュレーションをした結果，長期的にみた場合の利益を考えると今後11年の間，漁獲割当が0トンになることが分かった．このことから，秋田県の現行の漁獲割当とは異なる結果となった．

5.結論と今後の課題

Diana van Dijk et al. (2014)の確定的な動的計画法モデルを用いて決定した秋田県におけるハタハタの漁獲割当と秋田県の設定している漁獲割当方法を比較，考察した。

今後の課題としては，資源量変動の不確実性導入や価格の変動についてモデルに導入していくことがあげられる。

7.謝辞

本研究を進めるにあたり，秋田県水産振興センターの甲本亮太博士から秋田県ハタハタについて詳細にご教示を賜りましたことをこの場を借りて心からお礼申し上げます。

8.引用文献

秋田県漁業協同組合，2013. 24 年度漁獲. <http://www9.ocn.ne.jp/~atgyokyo/> (2014 年 9 月 29 日アクセス)

秋田県水産振興センター，2014. 平成 25 年度 第 3 回ハタハタ資源対策協議会資料.

Conrad, J.M. and C.W. Clark, 1987. Natural Resource Economics: Notes and Problems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Gordon, H.S, 1954. The economic theory of a common-property resource : the fisheries. The Journal of Political Economics 62, 124-142.

平松一彦，2001. 資源評価体制確立推進事業報告書-資源解析手法教科書-，104-128. 日本水産資源保護協会，日本.

松倉隆一，藤原邦浩，後藤常夫，2014. 平成 25 年度ハタハタ日本海北部系群の資源評価.

Puterman, M.L, 1994. Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. John Wiley and Sons, New York, US.

Schaefer, M.B, 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial fisheries. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1, 25-56.

杉山秀樹，1998. 秋田県におけるハタハタの漁業管理-3 年間の全面禁漁と県 TAC の導入-. 北日本漁業(26)， 9-14.

玉置泰司，工藤裕紀，1998. 秋田県ハタハタ漁業における数量管理：複数漁業管理. 地域漁業研究 第 3 8 巻第 3 号， 1-22.

van Dijk, D., Eligius, M.T.H., Rena, H., Rolf.A.G. and E.C.van Ierland, 2014. On solving a bi-level stochastic dynamic programming model for analyzing fisheries policies: Fishermen behavior and optimal fish quota. Ecological Modelling 272, 68-75.

Watanabe, K., Kazumi, S., Takashi, M., and N, Suzuki., 2006. Population dynamics

and catch forecasts of sandfish *arctoscopus japonicus* in the western sea of japan. 水産
海洋研究 70(4), 221-228.