

令和 6 年 4 月 24 日現在

機関番号：82708

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K21355

研究課題名（和文）養殖水産動物の薬剤耐性問題解決に向けた治療と予防への経済疫学的アプローチ

研究課題名（英文）Economic and epidemiological approach to treatment and prevention to solve the problem of Antimicrobial Resistance in farmed aquatic animals

研究代表者

棧敷 孝浩（SAJIKI, Takahiro）

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産技術研究所（長崎）・主幹研究員

研究者番号：10453250

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、第1に、エビ養殖業者へのアンケートに基づくItem count technique分析から、抗菌剤の不適正使用の可能性を推定した。スリランカでは抗菌剤への知識不足と故意による不適正使用の可能性が推察され、台湾では故意による不適正使用の可能性が推察された。

第2に、台湾の科学的なエビの養殖管理を対象として、Best-worst scaling手法を用いたアンケートから、養殖業者が適切なエビの養殖管理に期待する効果を分析した。分析の結果、エビ養殖業者は、収入向上や費用削減という経済的要因よりも、エビの健康や健康に配慮した良好な養殖環境づくりの効果を期待していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エビ養殖における疾病の蔓延、人や動物に抗菌剤が効かなくなる薬剤耐性等が社会問題となっている。しかし、養殖業者は医薬品の不適切な使用を表明しにくく、エビ養殖の実態が見えにくい。従って、本研究でエビ養殖業者の抗菌剤への不適正使用の存在を推察したことに社会的意義がある。

また、医薬品の使用を含め適切なエビの養殖管理に対して、養殖業者が期待する効果が不透明である。本研究で養殖業者が期待する効果を明らかにしたことで、適切なエビの養殖管理を遵守させるために、養殖業者に広く認知・アピールできる材料が提示できた。適切な養殖管理による養殖エビの安全・安心の確保に寄与する研究として社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, first, we estimated the possibility of inappropriate use of antimicrobial agents through the Item count technique analysis based on a questionnaire survey for shrimp farmers. In Sri Lanka, the possibility of inappropriate use of antimicrobial agents due to lack of knowledge and deliberate use was estimated. In Taiwan, it was estimated that there was a possibility of deliberate inappropriate use of antimicrobial agents.

Second, with a focus on scientific shrimp farming management in Taiwan, we analyzed the effects that shrimp farmers expect from appropriate shrimp farming management using a questionnaire using the Best-worst scaling method. As a result of the analysis, shrimp farmers expected the effects of creating a good aquaculture environment that takes into account the health of the shrimp and the health of the shrimp, rather than the economic factors of increasing income and reducing costs.

研究分野：水産経済学、農業経済学、養殖水産動物

キーワード：エビ養殖 Item Count Technique Best-Worst Scaling 台湾 スリランカ

1. 研究開始当初の背景

(1) 人や動物に抗菌剤が効かなくなる薬剤耐性 (AMR) 感染症は、食品の安全・安心を揺るがす地球規模の問題である。日本は、2016 年 4 月に薬剤耐性対策アクションプランを策定し、国内対策の更なる推進とアジアにおける主導的役割の発揮を掲げている。養殖水産動物では、AMR 菌が動物を介して人に伝播することも懸念されており、病気への抗菌剤の適正使用による治療とワクチンの開発・使用による予防を推進することとしている。

(2) これまで、研究代表者と研究分担者は、ベトナムのエビ養殖における衛生管理と疾病に関する研究を進めてきた。小規模なエビ養殖業者では、抗菌剤への知識不足による不適正使用や疾病に罹患したエビを故意に販売する行動が疑われた。

2. 研究の目的

(1) 抗菌剤に対して、エビ養殖業者が表明しにくい、知識不足と故意による不適正使用の存在の可能性を、それぞれ定量的に明らかにする。

(2) 医薬品の適正使用を含めた適切なエビの養殖管理を実現することで、養殖業者が期待する効果を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 研究の目的 (1) には、スリランカと台湾のエビ養殖業者を対象としたアンケート調査で得られたデータから、Item Count Technique (ICT) 分析を実施した。研究の目的 (2) には、適切なエビの養殖管理として、台湾の科学的なエビの養殖管理を事例に、養殖業者への Best-Worst Scaling (BWS) に基づくアンケート調査で得られたデータによる分析を実施した。

(2) ICT 分析は、回答者が表明しにくいセンシティブな質問を直接する代わりに、間接的に質問内の当てはまる項目数のみを尋ねることで、個人情報と秘匿し、より正直な回答を促すことができる手法である。本研究では、回答者が表明しにくいセンシティブな質問として、2つのキー項目に該当する養殖業者の割合を、それぞれ推定する。キー項目 1 は、抗菌剤への知識不足による不適正使用に関連して、「エビに使用する抗菌剤の効能、用法、用量、使用禁止期間を正確に知らない」とした。キー項目 2 は、抗菌剤への故意による不適正使用に関連して、「専門家の許可を得ずに抗菌剤を使用することがある」とした。

ICT 分析の概要は次の通りである (引用文献)。はじめに、大きさ N の母集団 U において、キー項目に当てはまる集団 T の割合を式で表す。母集団の第 i 要素が集団 T に属する場合を 1、属さない場合を 0 とする変数を Y_i とする。

$$Y_i = \begin{cases} 1, & i \in T \\ 0, & i \in U - T \end{cases} \quad (1)$$

集団 T の割合は、(2) で表される。

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_U Y_i \quad (2)$$

ICT 分析では、母集団 U から大きさ n_A と n_B の 2 つの等質なサンプルの A 群と B 群を、独立に抽出する。A 群には、キー項目以外の G 個の非キー項目からなるリストを提示し、その中で当てはまる項目数 X を回答させる。B 群にはキー項目を加えた $G + 1$ 個の項目からなるリストを提示し、その中で当てはまる項目数 Z を回答させる。 $Z_i = X_i + Y_i$ であることから、キー項目に当てはまる割合は (3) で表される。

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_U Y_i = \frac{1}{N} \sum_U (X_i + Y_i) - \frac{1}{N} \sum_U X_i = \bar{Z} - \bar{X} \quad (3)$$

以上より、ICT 分析でキー項目に該当するエビ養殖業者の割合の推定値 (\hat{Y}) は、(4) となる。

$$\hat{Y} = \hat{Z} - \hat{X} \quad (4)$$

\hat{Z} と \hat{X} は、それぞれ、B 群と A 群の当てはまる項目数の平均値から求められる。本研究では、A 群に 4 項目、B 群に A 群と同じ 4 項目にキー項目を加えた 5 項目をエビ養殖業者に提示した。キー項目 1 とキー項目 2 で、2 つのシナリオを質問した。

(3) BWS は、適切なエビの養殖管理を実現することで期待される様々な効果について、養殖業者の嗜好を明らかにできるアンケート手法である。BWS は、アンケートの回答者に複数の選択肢を提示して、最も重視度の高い選択肢 (best) と、最も重視度の低い選択肢 (worst) を選択させ、提示する選択肢を変え、質問を繰り返すことで、回答者の嗜好を把握する。BWS による質問では、はじめに、台湾の科学的なエビの養殖管理の実現で期待される 11 項目の効果を、回答者に提示した (表 1)。次に、表 1 の項目を、図 1 の質問形式で回答者に示してデータを収集した。BWS では、図 1 にある項目の選択肢集合を変え、同様の質問を繰り返すことで、回答者の嗜好を把握する。本研究では、Balanced Incomplete Block Design に基づき、各選択肢集合

が5項目からなる11種類の選択肢集合を作成した。各回答者には、11種類の選択肢集合に基づく質問を、11回繰り返した。

BWSで得られるデータを用いた計量経済学的な推定方法として、Conditional Logit Model (CL) および Random Parameter Logit Model (RPL) を適用する(引用文献、)。CLは、すべての回答者が同質な選好を持つ、すなわち選好の同質性を仮定している。1つの選択肢集合にJ個の選択肢が含まれる場合、'best' と 'worst' の組み合わせは、計 J(J-1) 個となる。本研究の場合、5×4=20個の組み合わせがある。回答者は、選択肢集合に含まれる選択肢の、ありうる全ての組み合わせについて、重視度の差を検討し、差が最大になるペアを 'best' と 'worst' として選択すると仮定している。各選択肢の重視度を示すパラメータとすると、回答者が J の選択肢の中から、選択肢 j を 'best'、選択肢 k を 'worst' として選択する確率は、(5)のCLで表される。

$$P_{jk} = \frac{e^{\lambda_j - \lambda_k}}{\sum_{l=1}^J \sum_{m=1}^J e^{\lambda_l - \lambda_m - j}} \quad (5)$$

パラメータ λ_j は、最尤法により推定する。

RPLは、選好の同質性を仮定せず、回答者の評価が個人間で異なること(選好の多様性)を許容する。そこで、RPLでは、個人ごとのパラメータが確率分布に従って連続的に分布すると仮定し、確率分布の平均 μ と標準偏差 σ を推定する。回答者が、選択肢 j を 'best'、選択肢 k を 'worst' として選択する確率を $L_{jk}(\eta)$ とする。各個人のパラメータは観測不可能であり、パラメータの密度に関する条件付きロジットモデルの積分を考える。その確率密度関数を $f(\eta|\Omega)$ とおき、 Ω をその確率密度関数の特徴を表す平均 μ と標準偏差 σ のパラメータとすると、RPLの選択確率は(6)で定式化される。

$$P_{jk} = \int L_{jk}(\eta) f(\eta|\Omega) d\eta \quad (6)$$

RPLは代数的に解けないため、シミュレーションによる近似計算を用いて、確率分布の平均 μ と標準偏差 σ を推定する。なお、CLおよびRPLで係数を推定するには、任意の1つの変数を、基準となる変数に設定する必要がある。本研究では、各項目について 'best' に選ばれた回数から 'worst' に選ばれた回数を差し引いた値が最小の項目であった「医薬品の費用削減」を基準となる変数として、他の変数との相対的評価を示す係数を推定する。

(4)スリランカのデータは、2021年にスリランカ国立水産資源研究開発機構(NARA)の研究者の協力のもと、エビ養殖業者に訪問し対面方式のアンケートから入手した。台湾のデータは、2021年と2022年に国立台湾海洋大学の研究者の協力のもと、エビ養殖業者へのWebアンケートから入手した。ICT分析のサンプル数は、スリランカ101、台湾61(各有効回答率100.0%)であった。BWSによる評価に使用した台湾のサンプル数は、75(有効回答率92.6%)であった。

4. 研究成果

(1)研究の目的(1)について、ICT分析の結果、スリランカはキー項目1で26.6%、キー項目2で19.1%と推定された(表2)。つまり、スリランカのエビ養殖では、抗菌剤の知識不足および故意による不適正使用の存在が推察された。台湾はキー項目1で3.1%、キー項目2で20.8%と推定された。つまり、台湾のエビ養殖では、抗菌剤の知識不足はほとんど見られず、抗菌剤の故意による不適正使用の存在が推察された。

表2 ICT分析による推定結果

対象	キー項目	群	合計 ^a	サンプル数 ^b	平均値 ^{a/b}	割合(%)
スリランカ	1	A	122	50	2.44 ^c	26.59 (d-c)*100
		B	138	51	2.71 ^d	
	2	A	130	51	2.55 ^e	19.10 (f-e)*100
		B	137	50	2.74 ^f	
台湾	1	A	91	31	2.94 ^c	3.12 (d-c)*100
		B	89	30	2.97 ^d	
	2	A	77	30	2.57 ^e	20.75 (f-e)*100
		B	86	31	2.77 ^f	

(2)スリランカの関係機関への聞き取り調査から、スリランカではFAO等が推奨するBMP(生産管理規範; Best Management Practice)を導入して、エビ養殖の衛生管理をしている。養殖業者は、BMPを遵守しなければエビ養殖の許可が取り消しになる。聞き取り調査から、抗生物質の検出でエビ養殖の許可が取り消された事例は、これまで見られない。とはいえ、スリランカのエビ養殖場でサンプリングされたエビから抗生物質の検出を示す研究(引用文献)がある。

(3)研究の目的(2)について、関係機関への聞き取り調査から、本研究で適切なエビの養殖管理の事例とした、台湾における科学的なエビの養殖管理は、国立台湾海洋大学が代表機関となり、

表1 台湾のエビ養殖業者に提示した11項目

項目	
1	水質の改善
2	底質の改善
3	疾病の予防・削減
4	エビの生残率・免疫力向上
5	エビの薬剤耐性抑制
6	エビの成長率(増肉係数)向上
7	消毒剤・改良剤・プロバイオティクスの適正使用
8	作業の効率化(無駄のない、効果的な作業)
9	医薬品の費用削減
10	餌の費用削減
11	収入の向上

最も重視する	項目	最も重視しない
<input type="checkbox"/>	1 底質の改善	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	2 疾病の予防・削減	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	3 エビの生残率・免疫力向上	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	4 エビの薬剤耐性抑制	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	5 収入の向上	<input type="checkbox"/>

図1 BWSによる質問の回答例

2018 年から実施していた。国立台湾海洋大学での聞き取り調査から、科学的なエビの養殖管理は、西南台湾および東台湾にある 81 の養殖業者を対象として、疾病の予防および蔓延防止を図り、エビを健康に成長させつつ、作業の効率化、持続的な経営を実現するための、最適な養殖生産工程を、個別経営の環境特性に合わせて確立するものであった。

(4) CL の推定結果から、科学的なエビの養殖管理で養殖業者が期待する効果は、評価の高いものから、エビの生残率・免疫力向上、疾病の予防・削減、水質の改善、底質の改善、エビの成長率向上、収入の向上、消毒剤・改良剤・プロバイオティクスの適正使用、作業の効率化、餌の費用削減、エビの薬剤耐性抑制、そして、推定の基準とした、医薬品の費用削減の順であった(表 3)。RPL による平均パラメータの係数からも、ほぼ同様の結果が得られた。以上から、エビ養殖業者は、収入の向上、餌の費用削減、医薬品の費用削減という経済的要因よりも、エビの健康や健康に配慮した良好な養殖環境づくりなどの、衛生管理に関連する項目を相対的に重視していることが示された。また、RPL の推定結果から、選好の多様性が比較的大きい項目 (b/a) は、消毒剤・改良剤・プロバイオティクスの適正使用、エビの成長率向上、疾病の予防・削減であり、個人間で評価にバラツキが見られた(表 3)。

表3 CLおよびRPLの推定結果

変数	CL		RPL				b/a
	係数	t 値	平均パラメータ		標準偏差パラメータ		
			係数 ^a	t 値	係数 ^b	t 値	
エビの生残率・免疫力向上	3.6354 ***	23.4151	4.9011 ***	10.5486	1.6359 ***	4.2077	2.9959
疾病の予防・削減	2.9910 ***	19.6618	3.9506 ***	10.6456	1.2878 ***	3.5632	3.0678
水質の改善	2.9860 ***	19.5303	4.0394 ***	10.1897	0.0861	0.1742	-
底質の改善	2.9106 ***	19.1112	3.9366 ***	10.4452	0.3876	0.6861	-
エビの成長率(増肉係数)向上	2.7549 ***	18.2312	3.6644 ***	10.5095	1.1479 ***	3.3525	3.1924
収入の向上	2.7331 ***	18.2782	3.6175 ***	10.0374	1.8210 ***	5.6414	1.9866
消毒剤・改良剤・プロバイオティクスの適正使用	2.3284 ***	15.7925	3.0283 ***	10.0286	0.8123 **	2.3734	3.7281
作業の効率化(無駄のない、効果的な作業)	1.7215 ***	12.0860	2.2199 ***	8.9017	1.4977 ***	4.8926	1.4822
餌の費用削減	0.9552 ***	7.0812	1.2000 ***	6.3769	0.9568 ***	2.7873	1.2542
エビの薬剤耐性抑制	0.6398 ***	4.7620	0.7442 ***	4.1252	1.2941 ***	3.7852	0.5751
サンプル数	825		825				
対数尤度	-1,823		-1,805				

注)***と**は、それぞれ1%水準および5%水準で有意であることを示す。

(5) 関係機関等への聞き取り調査から、科学的なエビの養殖管理を実現するために、研究機関が養殖業者へ出向き、次の3分類の情報を、確認・収集していることが明らかとなった。具体的には、1) 養殖場の情報：池の数や種類、面積、水深、池ごとのエビ単一・複合養殖の内容等、2) 養殖生産の情報：種苗、餌、生残率、出荷、収入、コスト等、3) 衛生管理等の情報：疾病、医薬品、成長、水質、底質、消毒剤、水質や底質の改良剤、プロバイオティクス等であった。各養殖業者は、台湾政府、出荷先の加工会社、国立台湾海洋大学から、それぞれエビのサンプリング検査(合計3回)を受けており、抗菌剤を使用しにくい状況にあることが明らかとなった。

(6) 最後に本研究をまとめる。スリランカおよび台湾では、医薬品の適正使用に関する政策的な取り組みを実施している。とはいえ、ICT分析の結果から、スリランカでは抗菌剤への知識不足および故意による不適正使用の可能性が推察され、台湾では抗菌剤の知識不足はほとんど見られないものの、故意による不適正使用の可能性が推察された。今後、医薬品の適正使用を含めた適切なエビの養殖管理を遵守させるには、台湾における科学的なエビの養殖管理に関する推定結果からも、収入の向上、餌や医薬品の費用削減という経済的要因よりも、エビの健康および健康に配慮した良好な養殖環境づくりに、いかに寄与するのかを、エビ養殖業者に広く認知させ、アピールすることが有効と考えられる。

<引用文献>

- 合崎英男(2017)Rを利用したCase1 Best-Worst Scalingの実施手順, 農経論叢, 71, 59-71.
 Jayasinghe, G.D.T.M., Joanna Szpunar, Ryszard Lobinski, and Edirisinghe, E.M.R.K.B. (2023) Determination of Multi-Class Antibiotics Residues in Farmed Fish and Shrimp from Sri Lanka by Ultra Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (UPLC-MS/MS), fishes, 8(3), 154. Available at <https://doi.org/10.3390/fishes8030154> (2024-3-18 access)
 Sajiki, Takahiro., and Lu, Yu-Heng. (2021) Japanese consumer preference for raw fish: Best-worst scaling method, Journal of Marine Science and Technology, 29(6), 810-818.
 土屋隆裕・平井洋子・小野滋(2007)個別面接聴取法におけるItem Count法の諸問題と実用化可能性, 統計数理, 第55巻第1号, 159-175.
 柘植隆宏・庄子康・愛甲哲也・栗山浩一(2016)ベスト・ワースト・スケーリングによる知床国立公園の魅力の定量評価, 甲南経済学論集, 56(3・4), 59-78.

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 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hiroichi KONO, Takahiro SAJIKI, M.N.D.F. ABEYKOON, Keisuke KATO, Tiana N. RANDRIANANTOANDRO	4. 巻 11
2. 論文標題 The Sustainable Growth of Shrimp Farming and Utilization of BMPs and Antibiotics in Sri Lanka	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Veterinary and Animal Research	6. 最初と最後の頁 33-39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5455/javar.2024.k744	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 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 加藤圭介, 耕野拓一, 棧敷孝浩, M. Nirukshika Dilani Fonseka Abeykoon, Yu-Heng Lu, Fan-Hua Nan
2. 発表標題 スリランカにおけるエビ養殖の新技术普及と衛生管理行動
3. 学会等名 日本国際地域開発学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu-Heng Lu, Takahiro Sajiki, Hiroichi Kono, Fan-Hua Nan and Chun-Pei Liao
2. 発表標題 A study on the importance of scientific shrimp farming management by Taiwanese farmers
3. 学会等名 2022 Annual Conference of the Fisheries Society of Taiwan
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Sajiki, Yu-Heng Lu, Hiroichi Kono and Fan-Hua Nan
2. 発表標題 An evaluation of the appropriate use of medicines in Taiwanese shrimp farming
3. 学会等名 2022 Annual Conference of the Fisheries Society of Taiwan
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M. Nirukshika Dilani Fonseka Abeykoon, Keisuke Kato, Takahiro Sajiki and Hiroichi Kono
2. 発表標題 Farmers' knowledge, attitudes, and practices regarding the best management practices in shrimp farming in Sri Lanka
3. 学会等名 2023 International ISESSAH Conference (国際学会)
4. 発表年 2023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	耕野 拓一 (KONO Hiroichi)	帯広畜産大学・畜産学部・教授	
	(20281876)	(10105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------