

サケの成長分析のための鱗の年輪構造抽出

A study on extracting annuli structure of salmon scales for growth-process investigation

李 昊[†] 鈴木 元樹[†] 塩谷 浩之[†]
Hao Li Genki Suzuki Hiroyuki Shioya

1 はじめに

近年、日本の重要な海産資源であるシロサケの不漁が続いている [1]。サケ不漁はさまざまな地球環境の要因が影響していると推測されているが、直接的な原因究明には至っていない。現在、水産試験場では毎年の漁獲量の変化を把握するために、捕獲したサケ個体の年齢やその分布を記録している。具体的に、北海道の水産試験場では過去 20 年にわたる作製されたサケ鱗のレプリカ (図 1) が保管されている。サケは来遊魚であるため、レプリカから前年来遊したサケの年齢と個体数を算出し、翌年のサケの来遊数を統計的に予測している。しかしながら、シロサケの成長分析を目的とした鱗の年齢査定や形状の分析は専門性が高く、また、サンプル数の多さから多大な労力を必要とする。このため、情報科学技術に基づいたレプリカの鱗の年齢や形状に関する解析やその効率化が求められている。

これまでに、レプリカの鱗を対象とした情報科学を活用した研究が種々行われてきた [2-5]。特に、我々は鱗レプリカの画像データベース化のために、鱗領域を抽出する手法 [3,4] や、鱗形状を自動計測する方法 [5] を提案した。これにより、鱗レプリカをスキャンした画像から年毎および月毎の年齢別で鱗の大きさやその分布を算出することが可能となった。

本研究では、サケ個体の成長状況を分析するために、文献 [5] で算出した鱗の大きさから自動で年輪構造を抽出する手法を提案する。具体的に、画像処理を活用して鱗領域の最大半径と鱗休止帯の幅間隔の距離に基づいて、年輪構造を抽出する。本研究により、水産試験場で蓄積されている大量の鱗サンプルの利活用が可能となり、試験場の業務 DX 化に貢献する。

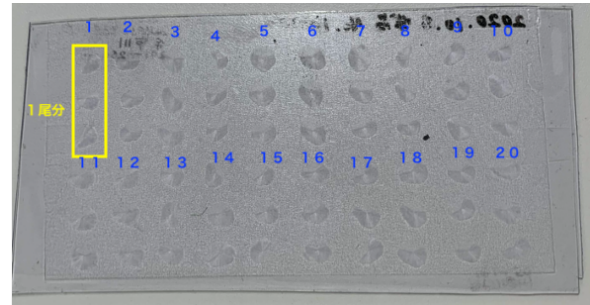


図 1 サケ鱗のレプリカサンプル。

2 画像処理による鱗の年輪構造の抽出

本章では、画像処理を用いてサケ鱗の年輪構造を抽出する手法について説明する。サケ鱗には多くの鱗紋が生じている。その中でも、特に鱗紋の間隔が密になった部分を休止帯と呼び、主に成長が停滞する冬に形成される [6]。休止帯はサケの成長に伴って複数形成され、外側に向かってその数が増していくため、休止帯の本数を計測することで年齢が査定可能となる。また、その休止帯同士の間隔は各年毎の鮭個体の成長度合いが現れているため、この年輪構造の抽出は不漁の解析に有用となる。

まず、年輪構造の抽出で使用する画像について説明する。本章で用いる休止帯の画像は文献 [4] によって抽出した鱗領域の画像に対応した、水産試験場で鮭の年齢査定を行なっている専門家が休止帯領域を手動で付与した画像 (図 2 右側) である。ただし、図 2 左側は、鱗レプリカを高解像度スキャナでスキャンした画像である。

続いて、鱗画像の最大半径を算出する方法 [5] について説明する。まず、鱗画像に対してフーリエ変換を適用して鱗紋方向に基づいた形状解析によって鱗の中心座標を取得する [7]。その後、鱗画像にマスク処理を適用し輪郭を抽出する。最後に、鱗の中心座標と輪郭座標から最大となる直線を決定することで鱗の最大半径が算出される。

休止帯同士の間隔は取得した最大半径と休止帯線

[†] 室蘭工業大学 Muroran Institute of Technology

表 1 5歳のサケ鱗における逐年の成長時の平均，分散，標準偏差.

休止帯段数(年齢)	平均	分散	標準偏差	成長の前年比変化(平均)
1 段目(2歳)	362.48	2454.38	49.54	362.48
2 段目(3歳)	529.77	3038.31	55.12	167.29
3 段目(4歳)	628.61	3623.71	60.20	98.84
4 段目(5歳)	725.89	4131.28	64.28	97.28

の OpenCV による交点計算で算出される. 具体的に, まず, 図 2 右側の専門家が付与した休止帯線が赤色であるため, 赤色の 2 値化を適用することで図 3 右側の休止帯のマスク画像を生成する. その後, 鱗の中心から最大半径の線に沿って外側に画素を走査し, 休止帯と交差する箇所を算出する. これにより, 各休止帯間の幅が算出される.

3 サケ個体の休止帯間隔変化の分析

本章では, 休止帯幅間隔の計測実験結果と分析について説明する. 本研究では 2017 年 9 月に常呂沿岸に捕獲された鱗を 69 枚を使用して実験を行った. 同一の鱗において中心座標から各休止帯段数までの成長状況を算出する. 表 1 に逐年にそれぞれの最大半径の平均, 分散および標準偏差を示す. まず, サケ鱗の休止帯段数が多くなると捕獲されたサケ鱗も大きくなる傾向が示されている. さらに, サケの年間成長量は 1 歳から 3 歳までの間に顕著増長するものの, 4 歳以降の成長が緩やかに毎年同じ程度で大きくなる傾向も明らかとなった.

4 まとめ

本稿では, 水産試験場における鮭の生育環境や成長度合いの分析効率化を目的として, 画像処理を用いて鱗の年輪構造を抽出する手法を提案した. 鱗の休止帯線と最大半径に基づいて, 鱗休止帯の幅間隔を算出することでサケ個体の成長度合いが可視化可能となった. 実験により, 各年齢ごとの鱗の成長度合いを定量化した. このシステムにより, 水産試験場に保管されている鱗レプリカサンプルの画像化および基礎的な形状分析が可能となった.

謝辞

共同研究にご協力いただきました地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 水産試験本部 さげます・内水面水産試験場に深くお礼申し上げます.

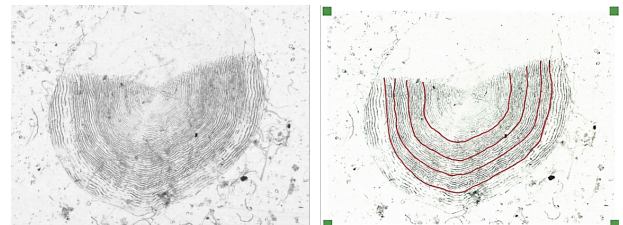


図 2 高解像度スキャナで抽出した鱗領域画像(左側)とその画像に描画された休止帯(右側).

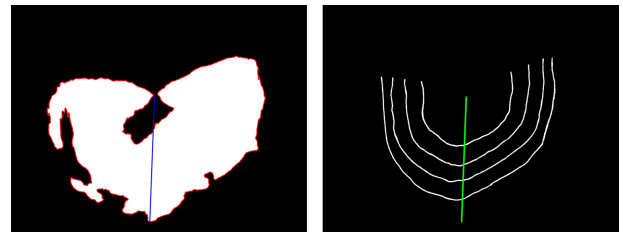


図 3 文献 [5] により算出した最大半径(左側)と休止帯画像に描画した最大半径(右側).

参考文献

- [1] 水産庁, “令和 2 年度 水産白書,” 2020.
- [2] 遠藤 義則, 渡會 理, 五十嵐 満, “鱗紋画像によるサケの年齢情報解析システム,” 東海大学紀要, 1997.
- [3] 西山 幹泰, 鈴木 元樹, 塩谷 浩之, “サケ年齢査定のための鱗サンプルからのニューラルネットによる画像抽出に関する検討,” 第 20 回情報科学技術フォーラム (FIT2021), pp. 131–132, 2021.
- [4] 李 昊, 西山 幹泰, 鈴木 元樹, 塩谷 浩之, “k 平均法を用いたサケ鱗サンプルのラベリングに関する検討,” 情報処理北海道シンポジウム 2021, アブストラクト集, 2021.
- [5] 李 昊, 鈴木 元樹, 塩谷 浩之, “画像処理を用いたサケ鱗画像の形状計測に関する検討,” 情報処理北海道シンポジウム 2022, アブストラクト集, 2022.
- [6] 實吉 隼人, “鱗から検証するサケ稚魚の生き残り,” さげます・内水面水産試験場 道北支場, 試験研究は今 no. 676, 2010.
- [7] 吉田 勝宣, 保尊 良真, 塩谷 浩之, 山口 文, 石田 良太郎, 卜部 浩一 “画像処理とニューラルネットを用いたシロサケ年齢査定を試み,” 映像情報メディア学会技術報告, pp. 137–142, 2021.