



秋刀鱼资源丰度及渔场分布变动趋势的估计研究

贺钰雯



摘要

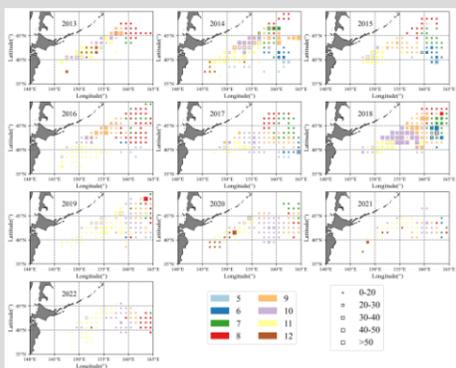
秋刀鱼广泛分布于西北太平洋，其在资源丰度和渔场分布上表现出很大的年际变化。

太平洋秋刀鱼寿命为 2 年，海洋环境变化对秋刀鱼种群丰度和分布有很大影响，先前的研究发现，秋刀鱼渔场受到海洋学因素的影响，如海洋表面温度、海表温度梯度、盐度和叶绿素 a 浓度有关。本文根据中国秋刀鱼的生产调查数据，研究秋刀鱼栖息地所处海域 2013–2022 年平均北太秋刀鱼资源丰度、渔场重心与气候海洋条件变量的相关关系，使用线性回归、多项式回归和 GAM 三种模型，对秋刀鱼资源丰度、渔场重心的变化趋势进行估计，以期秋刀鱼资源变化的认知提供参考。

材料与方法

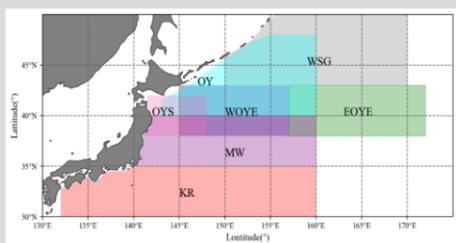
材料：

渔业数据来自中国远洋渔业协会秋刀鱼技术组，渔船主要作业海域为 38°~46° N, 150°~165° E。CPUE 定义为每艘船每天的渔获量，单位为 t/d，作为渔业资源丰度的指标。环境数据来源于美国国家海洋和大气管理局网站 (<http://www.noaa.gov>)。



方法：

使用 Min-Max Scaling 的方法进行归一化处理，斯皮尔曼相关性检验筛选显著相关的环境因子用于研究。使用线性回归、多项式回归和 GAM 三种模型，对秋刀鱼资源丰度、渔场重心的变化趋势进行估计。



讨论

本研究发现对 CPUE 的影响最大的环境变量主要为 SST, EKE, 和 Chla, 均为负相关关系。

- (1) 春季 SST 升高影响了秋刀鱼补充可能是 2018 年后秋刀鱼 CPUE 低迷的原因。
- (2) EKE 较弱时秋刀鱼的分布较分散，秋刀鱼于冬、春季产卵位置较分散且位于中尺度海洋动力较弱的海域产卵，有利于秋刀鱼补充群体的存活。
- (3) Chla 的升高可能会加剧小型中上层鱼类的中间竞争从而影响秋刀鱼的资源丰度。

本研究发现 5–6 月亲潮、WSG 及整体海域 SSTG 是影响渔场重心经度方向上偏移的原因。

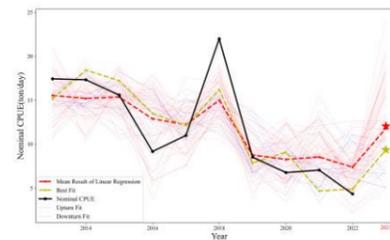
- (1) 秋刀鱼渔场的向东偏移可能与亲潮海域 SSTG 上升引起的海洋温度锋面的时空变化有关。
- (2) 2013 年至 2022 年间发生多次 El Niño/La Niña 事件，SSTG 的强度会影响 ENSO 事件的过程，渔场重心于经度方向上的剧烈变动可能于大尺度气候因子有关，具体影响机制有待今后研究证实。

结果

1、资源丰度变动趋势的估计

Variables that overlap in the ten characteristics with the highest goodness-of-fit for linear regression, GAM, and polynomial regression.

Table Variables that overlap			
Variables	Area	Month	count
SST	WA	Apr	3
SST	WA	Jun	3
SST	WA	Mar	2
EKE	WA	Jan	2
EKE	WA	Apr	2
EKE	WA	May	2
EKE	WA	year mean	2
Chla	WOYE	Aug	2
Chla	WOYE	Jun	2
Chla	WOYE	year mean	2
Chla	EOYE	Jun	2



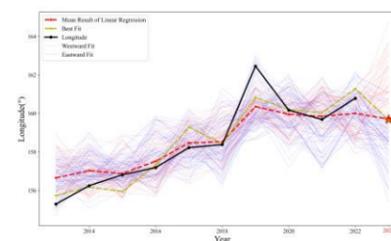
Total	Linear regression model				Polynomial Regression model				GAM			
	Fit results	Upturn Fit	Upturn rate	predicted value	Fit results	Upturn Fit	Upturn rate	predicted value	Fit results	Upturn Fit	Upturn rate	predicted value
494	64	49	76.60%	Best 9.4 Mean 11.8	26	20	76.90%	Best 17.7 Mean 11.2	17	16	94.10%	Best 11.8 Mean 11.5
diagnosis	42	35	83.3%	Best 11.3 Mean 11.7	22	18	81.8%	Best 5.1 Mean 10.4	17	15	88.2%	Best 10.5 Mean 11.3

通过分析三种模型回归拟合结果，影响 CPUE 年均值的海洋环境变量主要为 SST、EKE、Chla；影响海区主要为 WA、WOYE、EOYE。影响月份主要为春季（3—6 月）及年平均，线性拟合结果，CPUE 年均值呈显著性相关的指数间，2023 年平均 CPUE 结果上升率为 76.6%，多项式回归拟合结果上升率为 76.9%。GAM 拟合结果上升率 94.1%。

2、渔场重心变动趋势的估计

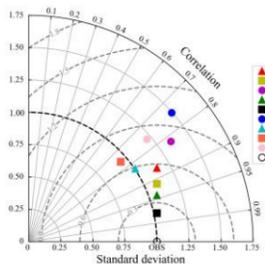
Variables that overlap in the ten characteristics with the highest goodness-of-fit for linear regression, GAM, and polynomial regression.

Table Variables that overlap			
Variables	Area	Month	count
SSTG	WA	May	2
SSTG	OY	Jun	2
SSTG	EOYE	Jun	2
SSTG	WSG	Jun	2
SSTG	OY	year mean	2
SST	MW	Dec	2
SSTG	WA	Jun	2
SSTG	WOYE	year mean	2
SSTG	WA	year mean	2



Total	Linear regression model				Polynomial Regression model				GAM			
	Fit results	West ward Fit	Westward rate	predicted value	Fit results	West ward Fit	Westward rate	predicted value	Fit results	West ward Fit	Westward rate	predicted value
494	133	80	60.2%	Best 159.7 Mean 159.7	102	67	65.7%	Best 159.9 Mean 160.0	80	47	58.6%	Best 158.9 Mean 160.0
diagnosis	119	67	56.3%	Best 159.4 Mean 160.0	63	36	57.1%	Best 160.0 Mean 160.4	48	26	54.2%	Best 159.1 Mean 160.4

通过分析三种模型回归拟合结果，影响经度重心年均值的海洋环境变量主要为 SSTG；影响海区主要为 WA、OY、WOYE、EOYE，影响月份主要为 5、6 月和年平均。线性拟合 2023 年经度重心向西偏移率为 56.3%，多项式回归拟合经度重心向西偏移率为 57.1%。GAM 拟合经度重心向西偏移率为 54.2%。



从左图模型的泰勒图可以看出，多项回归对渔场经度重心的拟合最佳，其 RSME 为 0.216，标准差比例为 1.02，相关系数 0.977。GAM 的拟合均较欠佳，线性拟合和多项式拟合优度较接近。对于 CPUE 和渔场重心经纬度的拟合结果，渔场经度重心的拟合优度最佳，渔场纬度重心拟合优度最差。

