

# 协方差分析法在东海、黄海带鱼 分类研究中的应用\*

沈晓民

(中国水产科学研究院东海水产研究所)

**提要** 本文以东海、黄海带鱼分类为实例,介绍了协方差分析在鱼类分类中应用的依据、条件和方法。作者认为,与生长有关的计量分类指标经相关检验后,可使用协方差分析方法消除生长对分类指标的影响,在统一的水平下考查两类间指标均值的差异性。

## 一、前言

协方差分析是一种差异性分析方法。当所要分析的分类指标与其它因素相关时,应用协方差分析可以去掉其它因素的影响,在同一水平下考查两类间指标的差异性。

迄今,协方差分析应用于动物分类方面国内尚未见报道。1977年,我国台湾省的李信彻等人根据齿型不同,将东海、黄海带鱼分为两个种<sup>[3,4]</sup>: 下颌齿枪型的称瘦带鱼,下颌齿钩型的称肥带鱼。分种的其它依据还有: 全长对肛长,全长对头长,全长对体高,头长对眼径,头长对眼间隔。对此五项进行协方差分析的结果差异显著。为了弄清这一问题,本文首先对协方差分析用于东海、黄海带鱼分类的合理性,依据、条件和方法进行了探讨,并根据作者在1984年对284尾枪型齿带鱼和284尾钩型齿带鱼的体形量度测量数据,在CJ-709计算机上,用自己编制的协方差分析计算程序对文献[3,4]的结果进行了验证。

## 二、应用协方差分析分类的依据

通过相关分析,作者注意到东海、黄海带鱼鱼体量度,如: 肛长、体高、头长与全长的相关关系以及眼径、眼间隔与头长的相关关系非常显著(表1)。

由于取样是随机的,各量度的测量值因体长不同而有差异,这种由体长不同引起的差异往往难以通过取样的过程加以控制,还会与种类间的差异混杂在一起。为了克服这一不足,必须避免直接使用量度指标。过去常常用比值指标代替直接量度指标进行分类,例如,吻长比头长、头长比体长等。由于在有些鱼的成鱼生长中体形也会发生变化,在这种情况下即使使用比值指标也必须谨慎从事。根据测量结果,带鱼肛长/全长、头长/全长、体高/全长这三个比例值随个体大小而呈有规律的变化(表2)。在研究中作者还观察到,肛长较小的往往多为枪型齿带鱼,肛长较大的往往是钩型齿带鱼,随着肛长增大,枪型齿带鱼所占百分比越来越小,钩型齿带鱼所占百分比越来越大<sup>[2]</sup>。如果用比值作为分类指标,二种齿型带鱼必有差异,并会导出错误的结论。由此可见,分类指标和计算方法不当,都会干扰我们对带鱼分类作出正确的判断。

协方差分析也是检验两均值差异显著性的统计方法。与方差分析不同,一般的方差分析往往要求方差齐性,从分类学角度来看就是分类指标仅仅受种类不同的影响,不受其它因素干扰。对很多体形量度指标而言,这一点往往

\* 本文承东海水产研究所林新濯研究员审阅,特此致谢。

表1 东海、黄海带鱼体形量度的五个相关关系  
Tab. 1 Five correlatives in the measurement of the largehead hairtail

量度	种类 相关关系	瘦带鱼		肥带鱼	
		回归方程	r	回归方程	r
全长与体长		$y = -35.94 + 0.36x$	0.99	$y = -78.41 + 0.41x$	0.97
全长与头长		$y = -19.12 + 0.14x$	0.98	$y = -43.07 + 0.18x$	0.96
全长与体高		$y = -11.24 + 0.07x$	0.96	$y = -14.87 + 0.08x$	0.91
头长与眼间隔		$y = 1.73 + 0.14x$	0.95	$y = 3.01 + 0.13x$	0.93
头长与眼径		$y = -0.48 + 0.13x$	0.97	$y = -0.27 + 0.13x$	0.96

表2 东海、黄海带鱼三个比值依肛长不同比较<sup>1)</sup>  
Tab. 2 Three ratios of the different preanal length

体长组(cm)	比值	肛长	头长	体高
		全长	全长	全长
-149		0.2930	0.1083	0.0530
150-199		0.2963	0.1120	0.0533
200-249		0.3052	0.1178	0.0570
250-299		0.3184	0.1227	0.0610
300-349		0.3320	0.1299	0.0628
350-		0.3545	0.1418	0.0659

1) 共575尾标本。

很难做到。实际上体形量度指标往往与某一个和生长相关的指标有显著的相关关系。表1的结果证明这一点。全长、头长代表了生产因素，如何消除这些因素对分类指标的干扰，在统一水平上比较均值差异显著性正是协方差分析所要解决的问题。因此，在带鱼分类研究中，可以用协方差分析的方法，去掉生长因素的影响，对带鱼体形量度指标的差异性进行比较。

### 三、协方差分析的计算

我们以两型带鱼全长对肛长的协方差分析为例，说明在带鱼分类上应用协方差分析的方法。至于两型带鱼，全长对头长、全长对体高、头长对眼径、头长对眼间隔的协方差分析完全同全长对肛长，只不过数据不同而已。现令全长为自变量 $l$ ，肛长为因变量 $h$ ，种类数 $P=2$ ，每个种的样本数 $r=284$ 。具体计算步骤用公式表示如下。

#### 1. 计算平方和

对 $l$ 按单因素方差分析法分别计算出 $S_{组}^l$ 、 $S_{误}^l$ 、 $S_{总}^l$ ，对 $h$ 也按单因素方差分析分别计算出 $S_{组}^h$ 、 $S_{误}^h$ 、 $S_{总}^h$ 。其公式<sup>1)</sup>和结果如下：

$$S_{组}^l = r \times \sum_{i=1}^P (\bar{l}_i - \bar{l})^2$$

$$S_{误}^l = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^r (l_{ij} - \bar{l}_i)^2$$

$$S_{总}^l = S_{组}^l + S_{误}^l$$

$$S_{组}^h = r \times \sum_{i=1}^P (\bar{h}_i - \bar{h})^2$$

$$S_{误}^h = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^r (h_{ij} - \bar{h}_i)^2$$

$$S_{总}^h = S_{组}^h + S_{误}^h$$

#### 2. 计算交叉积

先计算：

$$K_i^l = \sum_{j=1}^r l_{ij} \quad (i=1,2)$$

$$K_i^h = \sum_{j=1}^r h_{ij} \quad (i=1,2)$$

$$K^l = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^r l_{ij}$$

$$K^h = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^r h_{ij}$$

再计算：

1) 下标变量 $i$ 代表种类， $j$ 代表第 $i$ 种的第 $j$ 号样品。

$$P_{lh} = \frac{1}{r \times P} K^l K^h$$

$$Q_{lh} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^P K_i^l K_i^h$$

$$R_{lh} = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^r l_{ij} h_{ij}$$

最后算出交叉积:

$$S_{组}^{lh} = Q_{lh} - P_{lh}$$

$$S_{误}^{lh} = R_{lh} - Q_{lh}$$

$$S_{总}^{lh} = R_{lh} - P_{lh}$$

### 3. 计算修正平方和

其公式和结果是:

$$S_{组} = S_{组}^h - (S_{组}^{lh})^2 / S_{组}^l$$

$$S_{总} = S_{总}^h - (S_{总}^{lh})^2 / S_{总}^l$$

$$S_{误} = S_{总} - S_{组}$$

### 4. 计算均方差和 F 值

设  $n$  是两型带鱼的总个体数则:

$$\bar{S}_{组} = S_{组} / P - 1$$

$$\bar{S}_{误} = S_{误} / n - P - 1$$

$$F = \bar{S}_{组} / \bar{S}_{误}$$

根据以上各计算步骤及公式, 作者编制了协方差分析的电子计算机程序。并将东海、黄海枪型齿和钩型齿带鱼各 284 尾标本的全长和肛长的数据输入计算机计算, 结果见表 3。

我们还计算出全长对头长、全长对体高、头长对眼径、头长对眼间隔的协方差分析表, 为了加以比较, 表 4 列出了五个协方差分析的  $F$  值和临界值 ( $F_{\alpha}$ ),  $A$  是作者计算的结果,  $B$  是台湾省李信彻计算的结果, 两者大不相同。根据作者的结果, 两种齿型的带鱼在体形方面不存在文献 [3, 4] 中所说的差异, 因而是同一种。

## 四、讨 论

本文仅仅介绍了作者在东海、黄海带鱼分类研究中应用协方差分析的过程。由于协方差

表 3 协方差分析结果

Tab. 3 Covariance analysis

方差来源	修正平方和	修正自由度	均 方	F
组间	$S_{组} = 988.41$	$P - 1 = 1$	$\bar{S}_{组} = 988.41$	8.67
误差	$S_{误} = 64375.19$	$n - P - 1 = 565$	$\bar{S}_{误} = 113.94$	
总和	$S_{总} = 65363.61$	$n - 2 = 566$		

分析可以去掉生长对量度测量值的影响, 即体长对量度测量值的影响, 为这一分析技术在分类领域中应用提供了依据; 只要符合相关这一条件(如表 1 所示), 这样的条件在鱼类分类中乃至动物分类研究中是较易得到满足的。因此我们在对东海、黄海带鱼分类研究中应用协方差分析的探讨及其结论和方法可以推广到鱼类分类及其它动物分类中去。但需要指出, 统计方法在分类中仅仅是一种辅助性的工具。尽管应用统计方法有助于发现差异, 证明差异是否显著, 但更重要的是应用生物学知识去选择遗传性状稳定的分类指标, 还要根据生物学知识和统计学知识选用合适的统计方法。一般地说来, 均值差异比较有两种常用的统计方法, 与生

表 4 协方差分析 F 值比较

Tab. 4 Comprison of value F by covariance analysis

	项目	F	$F_{\alpha}$
A	全长对肛长	8.67	$F_{0.01} = 6.63$
	全长对头长	3.56	$F_{0.05} = 3.84$
	全长对体高	4.05	$F_{0.01} = 6.63$
	头长对眼径	0.67	$F_{0.05} = 3.84$
	头长对眼间隔	1.45	$F_{0.05} = 3.84$
B	全长对肛长	15.97	$F_{0.01} = 6.85$
	全长对头长	42.66	$F_{0.01} = 6.85$
	全长对体高	8.98	$F_{0.01} = 6.85$
	头长对眼径	4.16	$F_{0.05} = 3.92$
	头长对眼间隔	6.06	$F_{0.05} = 3.92$

长无关的量度指标和计数指标可考虑使用方差分析, 与生长有关的指标则可考虑使用协方差

分析方法,但事先应检验其与体长相关是否显著。这两种方法是可以相互补充的。

### 参 考 文 献

[1] 中国科学院数学研究所统计组,1981。方差分析。科学出版社,170—183页。

[2] 林新濯、沈晓民,1986。东、黄海带鱼分种问题的初步研究。水产学报 10(4): 339—350。

[3] Lee, S. C., Chang, K. H. 1977. Formosa Ribbon-fishes (Perciformes, Trichiuridae), Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica. 16(2): 77—84.

[4] Lee, S. C., 1979. Species Composition and Distribution of the Taiwan ribbonfishes Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica. 18(1): 29—37.

## THE APPLICATION OF COVARIANCE ANALYSIS IN RESEARCH OF THE CLASSIFICATION OF LARGEHEAD AIRTAIL IN THE YELLOW AND EAST CHINA SEAS

Shen Xiaomin

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science)

### Abstract

For the classification of largehead airtail in the Yellow and East China Sea, this paper introduces the covariance analysis to the classification. The writer holds that covariance analysis can be used to classify the indexes in correlation with growth. This method can eliminate the disturbance brought up by growth, and make clear the variance between two group means under a unified level.