

西北太平洋黑潮路径变化 与柔鱼 CPUE 的关系研究*

邵全琴 马巍巍 陈卓奇 游智敏 王文宇

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

提要 利用西北太平洋长时间序列 SST、黑潮路径、柔鱼渔获量数据,基于 GIS 技术分析了黑潮路径类型变化和离岸摆动及其对柔鱼 CPUE 的影响。分析结果表明,1990—2003 年,黑潮弯曲发生的月份数占 82%,其中整月发生弯曲的月份数占 47%,共发生 2 次大弯曲、2 次准弯曲、5 次小弯曲。柔鱼年 CPUE,在黑潮发生准弯曲年份最高,黑潮发生小弯曲年份较高,黑潮发生大弯曲年份和平直年份较低,黑潮大弯曲发生的强盛年份最低。柔鱼月 CPUE 高值时段,多是黑潮发生弯曲时段,且主要是 C 型弯曲。连续 3 个月以上出现月 CPUE 高值段,黑潮路径模式是 C 型弯曲和平直路径交替出现。3 天 CPUE 的高值时段,黑潮弯曲型的频次远高于平直型;较高值时段,黑潮弯曲型的频次稍高于平直型;中值时段,黑潮平直型频次稍高于弯曲型;较低值时段,黑潮平直型高于弯曲型;低值时段,黑潮平直型远高于弯曲型。

关键词 西北太平洋,柔鱼,黑潮路径,CPUE

中图分类号 P731

在西北太平洋,强大的黑潮与亲潮的广泛交汇,为海洋生物的生长与发育带来了丰富的饵料,使该海域成为世界海洋中渔业产量最高的水域之一。该海区的头足类产量占世界头足类总产量的 30% 以上,其中,以柔鱼和太平洋褶柔鱼为主。柔鱼渔场的形成、分布、洄游等与海洋环境条件有密切的关系,特别是与黑潮和亲潮的动向以及西风漂流的消长关系密切(陈新军,1995)。国内外不少学者对西北太平洋柔鱼中心渔场与温度环境因子的关系做了探讨(村田守,1980;高崇义,1996;陈新军,1995,1997a, b)。邵全琴等(2004)对西北太平洋柔鱼渔场分布的黑潮亲潮交汇模式进行了探讨。

沿日本南岸流动的黑潮经常出现大弯曲现象,非常引人注目。黑潮大弯曲现象首先于 1934 年被商船发现,这次大弯曲持续约 10 年(Daitaro Shoji, 1972)。自 1934 年以来黑潮大弯曲共发生 8 次,其中前 7 次在国内外文献中均有报道(孙湘平等,1992,1993; Nishida, 1982)。根据数据分析,在

1999 年 11 月—2002 年 12 月发生了第 8 次黑潮大弯曲。对黑潮大弯曲的研究主要可分为两类:一是根据海洋调查资料(80 年代开始结合遥感资料)对黑潮弯曲类型、路径摆动周期、流速和流量特征,以及黑潮大弯曲伴随的中尺度涡旋、锋面特征等进行客观分析(Daitaro Shoji, 1972; 孙湘平等,1992,1993; Nishida, 1982; 贾英来等,2004);二是用数值模拟方法进行黑潮动力学特征的研究(董昌明等,1995; Jong *et al.*, 1987; Toshio Yamagata *et al.*, 1989; Bo *et al.*, 2000)。

黑潮大弯曲现象使西北太平洋海况异常,从而影响该区域的渔况和产量,这是海洋渔业学家所公认的。沈惠明(2000)认为,1999 年黑潮弯曲现象带来异常的海况,使金枪鱼、鲣鱼出现 10 多年来未有的大丰产,而秋刀鱼和秋鲑鱼则减产。然而,黑潮大弯曲现象对西北太平洋渔场和产量影响的定量研究很少,尤其是对柔鱼渔场和产量的影响研究。本文中作者从黑潮路径类型和离岸摆动两个方面,用定性和定量相结合的方法研究

* 中国科学院地理科学与资源研究所知识创新工程资助项目, CX10G-D00 10 号; 国家 863 计划资助项目, 863-818-11-03 号; 上海水产大学重点学科建设开放基金资助项目。邵全琴, 研究员, 博士生导师, E-mail: shaqq@lreis.ac.cn

了黑潮路径变化对西北太平洋柔鱼 CPUE 的影响。

1 数据来源

1995—2002 年我国北太平洋鱿钓生产统计数据,包括日期、公司、 $30' \times 30'$ 渔区产量、作业船次等由上海水产大学鱿钓技术组提供; SST 等值线图来自日本渔业情报服务中心发布的 1990—2001 年每 3 天 1 次的西北太平洋 ($125^{\circ}\text{E}—180^{\circ}\text{E}$, $26^{\circ}\text{N}—50^{\circ}\text{N}$) 海况速报; 1998—2002 年每 15 天 1 次的海洋速报图和相关观测数据,包括黑潮路径图,表层、100m 层、200m 层海温等值线图 ($125^{\circ}\text{E}—150^{\circ}\text{E}$, $26^{\circ}\text{N}—47^{\circ}\text{N}$) 由日本海上保安厅发布¹⁾。

2 数据处理与获取方法

用 ArcGIS、方正智慧等 GIS 软件将温度等值线图、黑潮路径图、黑潮路径标准类型图等进行数字化、图形编辑和投影转换处理。渔捞统计数据用 Sqlserver 建成数据库。

2.1 黑潮类型数据的获取

将日本海上保安厅发布的海洋速报 15 天 1 次的黑潮路径图,分别与同时期内日本渔业情报服务中心发布 3 天 1 次的 SST 图叠加,发现该时段内最后 1 幅 SST 反映的黑潮路径与 15 天黑潮

路径一致(图 1a),说明由 SST 反映的黑潮路径是可信的。将 1990—2001 年的数字化 SST 图分层设色,与标准的黑潮路径类型图(图 1b,其中白实线为 A 型,黑实线为 B 型,绿实线为 C 型,蓝实线为 D 型,红实线为 N 型,该图中 SST 反映的黑潮路径是 A 型),人机交互分析 1990—2001 年每 3 天的黑潮类型;将 1990—1991 年的黑潮类型结果与孙湘平等(1992)中数据对照验证,结果一致;将 1998—2003 年的数字化路径图与黑潮标准类型图叠加,人机交互判断 15 天黑潮类型数据。

2.2 黑潮路径的离岸摆动数据获取

从日本海上保安厅发布的 1998—2003 年黑潮路径图中,选取分别代表每月上、下半月的数字化样本数据。用 ArcGIS 生成路径中心线,作一条与黑潮基本平行的基线(图 2 中粗黑线,目的是为了自动化计算),过日本沿岸各点及中国舟山(表 1 中序号与图 2 中序号对应)作基线的垂直线切割各时段黑潮路径中心线获取 30 组点位置数据,计算所有点到基线的距离,获取 30 组黑潮路径中心离基线的距离数据(墨卡托投影下)。其中,第 1 组(犬吠 岸外)样本数为 43,第 28 组样本数为 71,第 29 组样本数为 69,第 30 组(石垣岛岸外)样本数为 45,其他各组样本数均为 72。

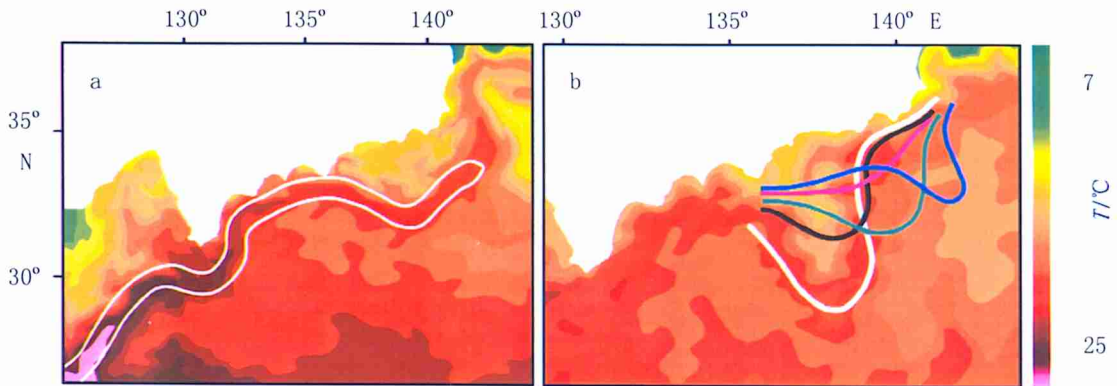


图 1 SST 与黑潮路径叠加(a)、SST 与黑潮路径标准类型图叠加(b)

Fig. 1 The overlay of SST isoline and Kuroshio path in same period (a) and the overlay of SST isoline and Kuroshio path type lines(b)

2.3 柔鱼中心渔场空间数据的获取

用 SqlServer 将渔捞统计数据按时间单位 15 天处理,用 ArcGIS 软件进行空间展布,生成渔场

coverage。

2.4 柔鱼 CPUE 的计算

CPUE 为单位捕捞努力量渔获量,本文的单位

1) 日本海上保安厅, 1998—2002 年, 海洋速报, No. 1—24, (51)

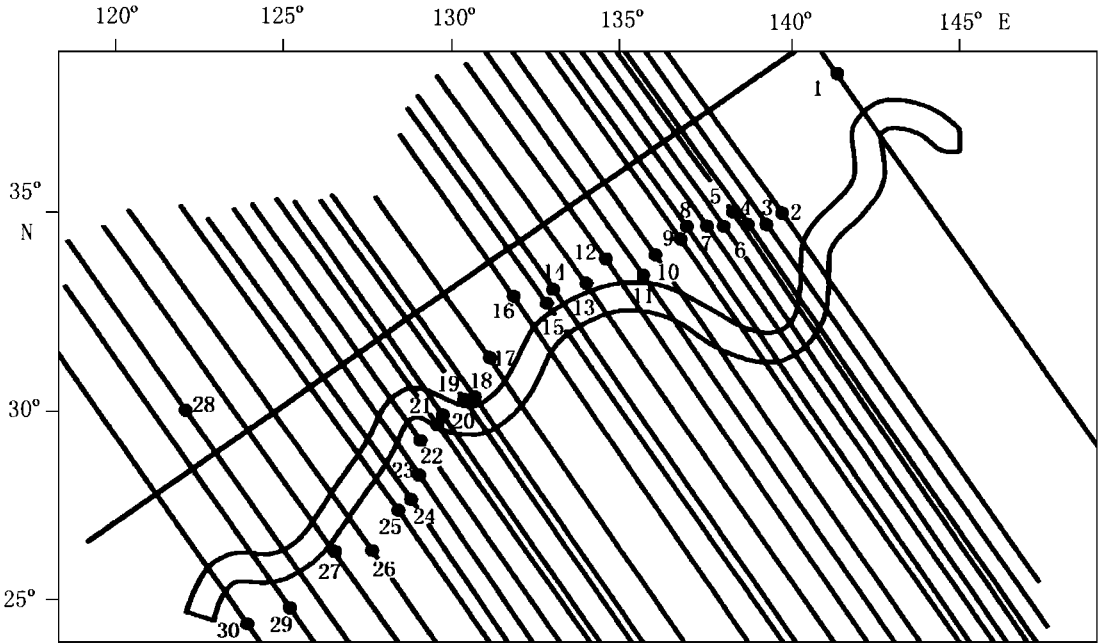


图 2 黑潮路径离岸摆动数据获取方法图示

Fig. 2 The method for obtaining oscillation data of Kuroshio path

表 1 图 2 中各站点名称

Tab. 1 The localities and corresponding numbers near Japanese and Chinese coastlines

站点	地名	站点	地名	站点	地名	站点	地名
1	犬吠	9	大王	17	都井岬	25	冲永良部岛
2	野岛	10	三木	18	种子岛	26	冲绳岛
3	壬岬	11	潮岬	19	屋久岛	27	久米岛
4	石廊	12	蒲生田岬	20	口之岛	28	舟山岛
5	三保松原	13	室户岬	21	諏访濑岛	29	宫古岛
6	御前	14	井岬	22	宝岛	30	石垣岛
7	天川	15	足摺岬	23	大岛		
8	伊良湖岬	16	鹤御	24	德三岛		

捕捞努力量以每天的作业船次计。年 CPUE、月 CPUE、15 天 CPUE、3 天 CPUE 分别是相应时间段总产量与总作业船次之比, CPUE 的单位为 t/d·船。

3 黑潮路径类型与柔鱼 CPUE 的关系

3.1 1990—2003 年黑潮路径类型和黑潮大弯曲分析

日本沿岸黑潮路经常见类型(Daitaro Shoji, 1972; 孙湘平等, 1990; 日本海上保安厅, 1998—

2002) 有平直型 N, 弯曲型 A、B、C、D, 以及 3 种比较罕见的弯曲型 Φ 、W 和 S。表 2 是将日本海上保安厅海洋速报图上 5 种标准黑潮路径类型图数字化处理后, 在墨卡托投影下计算得到的参数。其中, 弯曲深度、离岸距离、离基线距离是指不同类型黑潮弯曲的发生地点(表 1)岸外路径上相应的点, 分别到 N 平直型路径、岸线和基线的距离(图 2)。弯曲宽度是弯曲根部/中部的宽度。

表 2 几种标准黑潮弯曲路径类型的弯曲参数
Tab. 2 The parameters of normal Kuroshio path types

弯曲类型	地点 ¹⁾	弯曲深度 (km)	离岸距离 (km)	离基线距离 (km)	弯曲宽度 (km)	弯曲顶点
A 型	三木 10	366	480	736	352/255	138.5°E,
	潮岬 11	413	456	738		30.2°N
B 型	伊良湖岬 8	126	337	572	319/238	138.6°E,
	大王 9	150	317	574		32.1°N
C 型	石廊 4	168	313	641	462/268	140.4°E,
	三保松原 5	175	368	652		32.3°N
	御前 6	178	345	645		
	天 川 7	168	360	632		
D 型	野岛 2	209	293	653	202/116	141.9°E,
	(无名)	235	308	670		33°N

1) 数字为图 2 中点的编号

结合表 2 和图 1b 可知: A 型弯曲发生在潮岬、三木 岸外, 弯曲深度达 413km; B 型弯曲发生在伊良湖岬、大王 岸外, 弯曲深度达 150km; C 型弯曲发生在石廊、三保松原、御前、天 川岸外, 弯曲深度达 178km; D 型弯曲发生在野岛岸外, 弯曲深度达 235km。

表 3 中, 类型 AB 表示黑潮弯曲地点与弯曲深度介于 A 型和 B 型之间, BC、DC 同理。B+ 表示弯曲地点与 B 型同, 但弯曲深度大于 B 型, 达到 A 型的弯曲深度, C+ 同理。ND 表示弯曲地点与 D 型重, 但弯曲深度介于 N 型和 D 型之间, NA、NB、NC 同理。

孙湘平等(1991, 1992) 根据有关资料统计了 1934—1990 年黑潮弯曲的情况, 发生弯曲的月份占 60%, 不发生弯曲的月份占 40%。本文中作者统计了 1990—2003 年共 146 个月的黑潮弯曲情况(表 3), 有黑潮弯曲发生的月份数达 120 个月, 占 82%, 其中整月发生弯曲的月份数达 69 个月, 占 47%。

孙湘平等(1991, 1992) 将黑潮弯曲分成大弯曲、准弯曲和小弯曲。大弯曲持续时间长, 冷水团范围大, 有形成期、强盛期和消衰期等完整的过程, A、B、C、D 型均出现。准弯曲路径多为 C 型, 持续时间在 1 年以下。小弯曲持续时间更短, 在半年以内, 有的仅有 1—2 个月。根据表 3 分析, 1990—2003

年间发生了两次大弯曲, 其中 1990—1991 年发生 1 次, 这与孙湘平等(1991, 1992) 的结论相一致。

1999—2001 年发生了一次大弯曲, 从表 3 可知, 这次大弯曲从 1999 年 10 月—2001 年 12 月持续了 27 个月。1990—2003 年之间发生准弯曲 2 次: 1998 年 6 月—1999 年 5 月持续时间 12 个月, 但其中有些月份为黑潮弯曲不完全月份; 1997 年 1—10 月持续时间 10 个月, 但强度小, 多为 D、ND 和 NC。1990—2003 年间, 发生小弯曲 5 次, 其中 1992 年 5 月持续时间 1 个月, 1993 年 4—10 月持续时间 6 个月, 1995 年 5—7 月持续时间 3 个月, 1995 年 12 月—1996 年 3 月持续时间 4 个月, 1996 年 11—12 月持续时间 2 个月。

3.2 1995—2002 年黑潮路径类型与柔鱼 CPUE 的关系

3.2.1 1995—2002 年黑潮弯曲类型与柔鱼年 CPUE 的关系 由表 4 可知, 1995 年、1998 年和 1997 年的柔鱼 CPUE 最高, 而 1995 年是小弯曲发生年份, 1998 年和 1997 年是准弯曲发生年份。但 1995 年的作业区主要位于专属经济区, 自 1996 年专属经济区制度实施后, 专属经济区内的作业区域只是后期的作业区, 因此 1995 年与其他年份的可比性较差。1996 年和 1999 年 CPUE 较高, 1996 年一头一尾发生了 2 次小弯曲, 1999 年发生了 1

表 3 1990—2003 年黑潮路径形态类型表
Tab. 3 Type distribution of Kuroshio path from 1990 to 2003

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1990*				A A A A A AB AB AB	AB AB A AB AB AB AB	A B AB AB AB AB AB AB
1991*	BC BC BC C BC BC	G C C C C G+ G+	G+ G+ G+ C C C G+ C+	C+ C+ C+ G+ C+ G+ C+ G+	C+ G+ C C C C C	D CD CD BC C C C C C
1992*	N N N C C C	C NC NC NC N N	N N N N N B N	N N N N N NC NC NC C	C C C C C CD CD D	N N N N N N N
1993*	N N N N N N	N N N N N	N N N N N	B B B AB B AB AB	C+ C+ C+ C+ C C C C	C C C C C C C C C
1994*	N N N N N N	NC NC N MD N N	N N N N N	NC NC N ND ND N N N	ND ND N N N N	N N N N N N N N
1995*	N N N N N N	N N N N N N	N N N N N N	N N ND N NA NA NA B B	B B BC BC C+ C C C	C C AB C C C C C C
1996*	C C C C C CD CD	CD CD NC NC NC NC NB	CD C C CD CD D D ND	N N N N N N N	N NC N N ND N N N	N N AB NC N NC N N
1997*	NC NC NC NC N N N	ND N ND D D D D	D D ND N N NC NC NC	NC NC NC C C G CD D	D D D D ND N NC N C NC	N NC NC N N N N N
1998*	C C C C D N N NC	NC ND D N N N N	N ND D N N NC NC	ND N N N N N N	N N N N N C N N N	NA NA NA NA NB NB NB
1998**	NC	N N	ND N	ND N	N N	NA B
1999*	C C C CD D W W	W W W C C C C C	C C C C C BC BC C	C C C C C C NC NC	NC NC D D N N N N	N N N N N N N
1999**	CD W	C	C	C	N	N
2000*	C C C C C C C C	C C C NB NB B AB	AB B AB AB AB AB A	A B+ B+ B+ C+ C+ C+	W W W W W B B+	B+ C+ C C C C C
2000**	C G+	NB B+	AB B+	B+	W	C
2001*	B+ B+ B+ C+ C+ C+ C+	C+ C+ C+ C+ C+ C+	C+ BC B+ A+ A+ C+ B+ B+	C+ C+ C+ C	B C+	B+
2001**	C+	C+	C+	B+	C+	C
2002**	N N N N	N N N N	N N N N	N N N NB	BC NC NC NC N	N N N N N
2003**	N N N N N	N N N NB	N B N N NC	ND ND N N	N NC C C C	N N N N N
年份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1990*	AB AB AB AB AB AB	AB AB AB C+ G+ C+ C+	AB C+ AB BC BC B AB BC	C+ AB B BC B BC B BC	BC BC C C G+ C+ C+	G+ C C C C
1991*	C C C C C C CD	CD CD NC NC C C C C	NC ND ND ND ND D N N	N N N N N N N	N N N N N NC	N N N NC
1992*	N N N N NC NC N NC	NC CD ND N N N N N	N N N NC N N N	N N N N N N	CD CD CD NC NC NC NC	N N N N
1993*	C C CD NC NC C NB NB	NC NC NC NC C NC N	NC NC NC NC NC NC CD	C NC NC NC N N NC	N N N N N N	N N N N
1994*	N N N N N NC N	ND ND N N N N N	N N N N N N	N N N N NC NC NC	NC NC N N N N N	N N N N N
1995*	CD CD CD D D ND NA NB	NC D N N N ND ND ND	ND ND N N N N N	N N N N N N	N N N N N NC NC	C C C C C C
1996*	ND NB NC NC NC N N	N N N N N N	N N N N N N	N N N N N N	D ND N N AB C C C	CD CD D+ D+ D+
1997*	N NC NC D D D D D	NC NC NC D D D D D	NC NC NC NC N N N	NC NC NC NC N N N	N N N N N N	N N N AC NC NC
1998*	B BC BC BC C BC BC	C C C C C C C C	C C C C C C C C	C C C C C C C C	C C C C C C C C	C C C C C C
1998**	BC BC	C NC	NC N	N NC	C	C
1999*	N N ND ND D D N N	N N NC NC NC N ND ND	N N N N N N	W W W W B B B B	B NB AB B+ B+ B+	B+ B+ C+ C+ C+
1999**	N N	N N	N ND	W B	AB B+	B+
2000*	C C C C C+ C+ C+ C+	C C C C C C+ C+ C+	C+ C C C C C C C C	C+ C+ C+ C+ C C C	C C C+ CD CD C C C C	C B B B B B+
2000**	C	C+	BC C+	C+	C	B+
2001**	BC C C C	C CD W W	C C C C	C C CD CD	D C+ C+ NC	D D NC NC
2002**	N N N N N	N N N N	N N ND N	N N N N	N N N N	N N N ND

* 根据日本渔业情报服务中心 SST 数据分析得到; ** 根据日本海上保安厅黑潮路径数据分析得到

次小弯曲, 并且是第 8 次大弯曲的开始年份。2000 年和 2002 年 CPUE 较低, 2000 年是大弯曲年份, 且其中 4 月、7 月和 10 月是强盛期, 2002 年是平直年份。2001 年 CPUE 最低, 且该年份是柔鱼

大减产年份, 造成很多渔业公司严重亏损, 而 2001 年是大弯曲年份, 且 1—5 月是强盛期, 同时 2001 年也是黑潮大弯曲结束年份。

表 4 1995—2002 年西北太平洋柔鱼总产量及 CPUE

Tab. 4 The yearly catch and CPUE of *Ommastrephes bartramii* from 1995 to 2002 in Northwest Pacific Ocean

年份	总产量 ¹⁾ (t)	作业船数(艘)	平均单船产量(t)	CPUE
1995	73000	248	294.3	2.60004
1996	83000	369	224.9	1.87013
1997	101839	337	302.2	2.469522
1998	117000	304	384.9	2.504547
1999	132000	399	330.8	1.899284
2000	124204	446	278.5	1.534746
2001	80873	426	189.8	1.337881
2002	84487	362	233.4	1.470703
1995—2002	796403	2891	275.5	1.959818

1) 鱿钓技术组, 2002 年度北太平洋鱿钓生产总结

综上所述, 黑潮发生准弯曲年份, 柔鱼年 CPUE 最高; 黑潮发生小弯曲年份, 柔鱼年 CPUE 较高; 黑潮发生大弯曲年份和平直年份, 柔鱼年 CPUE 较低; 黑潮大弯曲发生的强盛年份, 柔鱼年 CPUE 最低。

3.2.2 1995—2002 年黑潮路径类型与柔鱼月 CPUE 的关系 结合表 3 和表 5 分析可知, 月

CPUE 在 3.0 以上的时段, 黑潮路径类型主要是 C、C+、NC, 其次是 B+、B、NB、AB; 月 CPUE 在 2.5—3.0 的时段, 黑潮路径类型是 C、NC, 其次是平直型(N); 月 CPUE 在 2.0—2.5 的时段, 黑潮路径类型主要 C、NC、C+, 其次是平直型。总之, 月 CPUE 高值时段, 黑潮路径大多发生弯曲, 且主要在 C 处发生弯曲。

表 5 1995—2002 年西北太平洋柔鱼各月 CPUE

Tab. 5 The monthly CPUE of *Ommastrephes bartramii* from 1995 to 2002 in Northwest Pacific Ocean

年份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1995			0.339	2.396	2.676	2.939	2.568	1.859	1.000
1996			0.330	0.938	1.648	2.092	2.041	2.872	1.040
1997			0.522	1.236	2.333	3.281	2.953	2.242	
1998			1.323	1.745	2.533	2.350	2.423	3.991	2.499
1999		2.021	1.111	1.374	1.783	2.407	1.551	3.019	1.882
2000	0.185	0.403	0.882	0.801	3.016	2.227	1.527	1.181	
2001		1.139	0.772	0.702	1.366	1.249	1.809	1.999	
2002		0.495	0.931	1.072	1.662	1.997	1.587	1.969	

结合表 3 和表 5 分析可知: 1998 年 8—11 月连续 4 个月的月 CPUE 值在 2.3 以上, 对应的黑潮路径变化过程模式是 G-NG-N-NG-C; 1997 年 8—11

月连续 4 个月的月 CPUE 值在 2.2 以上, 对应的黑潮路径变化过程模式是 NG-D-NG-N-NG-N; 1996 年 9—11 月连续 3 个月的月 CPUE 值在 2.0 以上, 对

应的黑潮路径变化过程模式是 N-D-N-C; 1995 年 7—10 月连续 4 个月的月 CPUE 值在 2.3 以上(因 1995 年是专属经济区制度实施前, 故此数据仅作为参考), 对应的黑潮路径变化过程模式是 NG-ND-N-NC; 1999 年虽有 4 个月的高月 CPUE, 但 4 个月份是不连续的。总之, 连续多月(3 月以上)出现高月 CPUE 的时段, 黑潮路径是弯曲和平直交替变化的, 且弯曲类型多为 C 形。而 2001 年和 2002 年渔汛期黑潮路径分别是连续弯曲和连续平直, 都没有出现高于 2.0 以上的月 CPUE。

表 6 1995—2000 年渔汛期 3 天时段的黑潮类型频次

Tab. 6 The occurrence of Kuroshio types in different 3-day-interval CPUE of *Ommastrephes bartrami*

频次	< 1.0	1.0—2.0	2.0—3.0	3.0—4.0	4.0—6.5	总计
N	18	39	40	20	3	120
A、B+、C+	13	12	10	3	1	39
AB、B、BC	4	12	1		1	18
C、CD	21	23	12	8	5	69
D	2	9	9			20
NA、NB、NC、ND	14	16	24	10	1	65
W	5	4	1			10
总计	77	115	97	41	11	341
弯曲比例	76.6%	66.1%	58.8%	51.2%	72.7%	64.8%

3 天 CPUE 4.0—6.5 的值段, 弯曲型的频次比例远高于平直型, 在弯曲型中, C、CD 型比例最高; 3.0—4.0 值段, 弯曲型的频次稍高于平直型, 在弯曲型中, 过渡型比例最高; 2.0—3.0 值段, 平直型频次稍高于弯曲型, 在弯曲型中, C、CD 型比例最高; 1.0—2.0 值段, 平直型高于弯曲型, 在弯曲中, 虽然仍是 C、CD 型比例最高, 但 A、B+、C+, 以及 AB、B、BC 型比例大大增高; 小于 1.0 的值段, 平直型比例远高于弯曲型。

4 1998—2002 年黑潮摆动与柔鱼 CPUE 的关系

用 ArcGIS 分别在各期黑潮路径中心线上取 30 个点(方法如图 2), 计算各点到基线的距离, 获取了黑潮路径中心线离基线距离的 30 组数据。为方便起见, 以下用 No. 1、No. 2...分别表示相应岸段外黑潮路径上的点(表 1)。从图 2 可知, No. 2 位于 D 弯曲发生处, No. 3—7 位于 C 弯曲发生处,

3.2.3 1995—2002 年黑潮路径类型与柔鱼 3 天 CPUE 的关系 将 3 天作为基本统计时段, 统计 1995—2000 年渔汛期 CPUE 不同等级黑潮路径类型出现的频次(表 6)。总样本数为 341 个, 其中平直型为 120 个, 占 35.2%; 弯曲型为 221 个, 占 64.8%。在弯曲型样本中, C、CD 型最多, 占 31.2%; 其次是介于平直型与弯曲型之间的过渡类型, 占 29.4%; 弯曲程度最大的 A、B+、C+ 类型占 17.6%。

No. 7—9 位于 B 弯曲发生处, No. 9—11 位于 A 弯曲发生处。

4.1 1998—2002 年黑潮离基线距离与柔鱼 15 天 CPUE 的逐月变化

30 个位置的黑潮离岸摆动数据分别与 15 天 CPUE 的变化曲线绘制在一起, 得到 30 张变化图(图略)。分析可知: 1998 年, No. 2—9 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化较为一致, 也即离岸越远, 15 天 CPUE 越高。1999 年, No. 2—5 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化基本相反, 也即离岸越远, 15 天 CPUE 越低, 但 No. 6—10 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化较为一致。2000 年, No. 2—5 和 No. 11—12 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化基本相反, No. 6—9 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化较为一致。2001 年, No. 2—6 在 5—9 月份黑潮距离与 15 天 CPUE 变化基本相反, 10—11 月黑潮距离与 15 天 CPUE 变化较为一致, No. 7—11 黑潮距离与 15 天 CPUE 变化基本

相反。2002 年, No. 2—12 在 5—7 月黑潮距离与 15 天 CPUE 变化基本相反, 8—11 月黑潮距离与 15 天 CPUE 变化较为一致。

4.2 1998—2002 年黑潮路径摆动与柔鱼 15 天 CPUE 的回归分析

用 SPSS 统计软件, 分别将 30 组黑潮距离数据与 15 天 CPUE, 按全部、分年、分月绘制散点图和计算相关系数。通常认为, 相关系数 $|r|$ 在 0.7 以上, 表示相关性较好, $|r|$ 在 0.3 以下, 表示相关性很差(陈上及等, 1991)。因此, 作者将相关系数在 0.5 以上, 即具有一定相关性和相关性较好的数据组, 用一次函数或二次函数进行拟合。用全部数据进行分析, 所有岸点外黑潮摆动与 15 天 CPUE 的相关性都很差。用分年度、分月数据进行分析, 有些岸点外黑潮摆动与 15 天 CPUE 有较好的相关性。

4.2.1 1998—2002 年黑潮路径摆动与柔鱼 15 天 CPUE 的分年回归分析

限于篇幅, 表 7 只给出了每年相关系数最高的岸点外黑潮离基线距离与 15 天 CPUE 的回归分析结果。表 7 中 r^2 表示相关系数的平方, SigF 表示置信度, N 表示样本数。

表 7 1998—2002 年黑潮路径摆动与柔鱼 15 天 CPUE 的分年回归

Tab. 7 Yearly regression between the oscillation of Kuroshio path and 15-day-interval CPUE of *Ommastrephes bartrami*

年份	r^2	SigF	N	No	拟合方程
1998	0.504	0.004	14	13	$y = -0.0033x + 1153.21$
1999	0.265	0.035	17	9	$y = 0.3084x + 36.1421$
2000	0.528	0.011	15	8	$y = 0.0095x^2 - 10.337x + 2859.74$
2001	0.702	0.004	12	9	$y = 0.0043x^2 - 5.3152x + 1733.27$
2002	0.733	0.000	13	19	$y = 1.2867x - 368.14$

2000 年度, 30 组数据中, 有 6 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 6—9、No. 16、No. 20。其中相关系数在 0.7 以上的有两组: No. 8 和 No. 9。在 No. 6 处二者是正相关, 说明在 2000 年 C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高。2000 年是黑潮大弯曲发生年份, C 型弯曲发生时, CPUE 值高, 且弯曲程度越大, CPUE 值越高。其他均为二次函数关系。

2001 年度, 30 组数据中, 有 12 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 2、No.

1998 年度, 30 组数据中, 有 12 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 3—6、No. 10—14、No. 17、No. 18、No. 28。其中, No. 3—6、No. 17 处二者是正相关, No. 11—13 处二者是负相关, No. 10、No. 14、No. 18、No. 28 处二者是二次函数关系, 反映出 1998 年, 在 C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 在 B 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。1998 年是黑潮发生准弯曲年份, 发生 C 弯曲时, 15 天 CPUE 高, 且弯曲程度越大, CPUE 值越高; 发生 B 型弯曲时, CPUE 值低, 且弯曲程度越大, CPUE 值越低。其中, 相关系数在 0.7 以上的是室户岬(No. 13)岸外, A 弯曲发生地段的北侧(表 7、图 2)。

1999 年度, 30 组数据中, 有 3 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 即 No. 8—10。其中 No. 8、No. 9 处二者是正相关, 说明在 1999 年 B 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。1999 年发生了 1 次小弯曲, 且是第 8 次大弯曲的开始年份, B 弯曲发生时, CPUE 值低, 且弯曲程度越高 CPUE 值越低。No. 10 处二者是二次函数关系。

6—12、No. 16、No. 18、No. 22、No. 23、No. 29。其中相关系数在 0.7 以上的有 5 组: No. 2、No. 8—10、No. 29。在 No. 6—11、No. 23 处二者关系为负相关, 说明在 2001 年 C、B、A 型弯曲发生地段黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低, 即在 2001 黑潮大弯曲发生的强盛年份, C、B 型弯曲发生时(该年度没有发生 A 型弯曲), CPUE 值低, 且弯曲程度越大, CPUE 值越低。其他均为二次函数关系。

2002 年度, 在 30 组距离数据中, 有 17 组距离数据与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别

是 No. 3—9、No. 12、No. 14、No. 16、No. 18—22、No. 24、No. 28、No. 29。其中相关系数在 0.7 以上的有 8 组: No. 5、No. 6、No. 14、No. 18、No. 19、No. 21、No. 28、No. 29。No. 4—7、No. 12 处二者关系为负相关, 说明在 2002 年黑潮路径平直年份, C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。No. 19 处二者关系为正相关, 其他均为二次函数关系。

4.2.2 1998—2002 年黑潮路径摆动与柔鱼 15 天 CPUE 的分月回归分析 限于篇幅, 表 8 只给出了每月相关系数最高的岸点外黑潮离基线距离与 15 天 CPUE 的回归分析结果。表 8 中参数意义同表 7。

5 月份, 30 组数据中, 有 4 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 10—12、No. 19。其中相关系数在 0.7 以上的有 2 组: No. 11、No. 12。在 No. 10—12 处二者关系呈线性负相关, 说明在 5 月份 A 弯曲发生地段(由表 3 可知, 1998—2002 年 5 月份并没有发生 A 型弯曲), 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低, 同时, 用二次函数拟合效果更好。

6 月份, 30 组数据中, 有 3 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 18、No. 19、No. 27。其中相关系数在 0.7 以上的有 1 组, 为 No. 27。在 No. 18、No. 19 处二者关系呈线性负相关, 即在屋久岛岸外, 黑潮离岸越远, CPUE 值越低; 在 No. 27 处二者为二次函数关系。

7 月份, 30 组数据中, 有 8 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 10—15、No. 19、

No. 20。其中相关系数在 0.7 以上的有 3 组, 为 No. 10、No. 19、No. 20。在 No. 10—15 处二者关系呈线性负相关, 说明 7 月份在 A 弯曲发生地段(由表 3 可知, 1998—2002 年的 7 月份并没有发生 A 型弯曲), 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。在 No. 18、No. 19 处二者为二次函数关系。

8 月份, 30 组数据中, 有 6 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 5—8、No. 13、No. 14。在 No. 5—8 处二者关系呈线性正相关, 说明 8 月份在 C、B 弯曲发生地段(由表 3 可知 1998—2002 年的 8 月份, 黑潮发生了 C 型弯曲, 但并没有发生 B 型弯曲), 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高。在 No. 13 处二者关系呈线性负相关, 在 No. 14 处二者关系呈二次函数关系。

9 月份, 30 组数据中, No. 24 与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 呈负相关。

10 月份, 30 组数据中, 有 6 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.5 以上, 分别是 No. 13—15、No. 18、No. 19。其中有 1 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.7 以上, 是 No. 15。在 No. 13 处二者关系呈线性负相关, 在 No. 18、No. 19 处二者关系呈线性正相关, 其他均呈二次函数关系。

11 月份, 30 组数据中, 有 5 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.7 以上, 分别是 No. 7—9、No. 12、No. 13。在 No. 7、No. 8 处呈正相关, 说明 11 月份在 B 弯曲发生处(由表 3 可知 1998—2002 年的 11 月份发生了 B、C 型弯曲), 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高, 其他均呈二次函数关系。

表 8 1998—2002 年黑潮路径摆动与柔鱼 15 天 CPUE 的分月回归

Tab. 8 Monthly regression between the oscillation of Kuroshio path and 15-day-interval CPUE of *Ommastrephes bartrami*

年份	r^2	SigF	N	No.	拟合方程
5	0.682	0.101	7	11	$y = 0.019x^2 - 15.81x + 3372.71$
6	0.652	0.025	10	27	$y = 0.831x^2 - 56.87x + 9800.9$
7	0.509	0.021	10	10	$y = -0.576x + 354.988$
8	0.455	0.032	10	8	$y = 0.476x - 40.872$
9	0.285	0.112	10	24	$y = -1.868x + 685.6$
10	0.514	0.080	10	15	$y = -0.058x^2 + 26.686x - 2841$
11	0.784	0.010	8	7	$y = -0.005x^2 + 6.732x - 1893.7$
12	1.000	0.02	4	4	$y = 0.0387x^2 - 51.45x + 17269.6$

12 月份, 30 组数据中, 有 8 组与 15 天 CPUE 的相关系数在 0.88 以上, 分别是 No. 4、No. 5、No. 1—No. 13、No. 19、No. 21、No. 27。其中有 3 组 15 天 CPUE 的相关系数在 0.98 以上, 是 No. 4、No. 5、No. 13。在 No. 11—No. 13、No. 27 处, 二者呈线性负相关, 即在 A 弯曲发生地段(由表 3 可知, 1998—2002 年的 12 月份, 黑潮发生了 B、C 型弯曲, 但并没有发生 A 型弯曲), 黑潮离岸越远, CPUE 值越低。在 No. 21 处呈正相关, 其他为二次函数关系。

5 结论

(1) 1990—2003 年, 黑潮弯曲发生的月份数占 82%, 其中整月发生弯曲的月份数占 47%。1990—2003 年间发生了 2 次大弯曲、2 次准弯曲和 5 次小弯曲。

(2) 柔鱼年 CPUE, 黑潮发生准弯曲年份最高, 小弯曲年份较高, 大弯曲年份和平直年份较低, 大弯曲发生的强盛年份最低。

(3) 月 CPUE 高值时段, 多是黑潮发生弯曲时段, 且主要在 C 处发生弯曲。连续 3 月以上出现月 CPUE 高值的时段, 黑潮路径是弯曲和平直交替变化的。

(4) 3 天 CPUE, 4.0—6.5 值时段, 弯曲型的频次远高于平直型; 3.0—4.0 值时段, 弯曲型的频次稍高于平直型; 2.0—3.0 值时段, 平直型频次稍高于弯曲型; 小于 1.0 值时段, 平直型频次远高于弯曲型。

(5) 1998 年, 在 C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 在 B 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。1999 年, 在 B 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低; 2000 年在 C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 2001 年, 在 C、B、A 弯曲发生地段黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低; 2002 年 C 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低。

(6) 5 月份, 在 A 弯曲发生地段, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 6 月份, 在久米岛岸外黑潮距离与 15 天 CPUE 的相关较好; 7 月份在 A 弯曲发生处黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越低; 8 月份, 在 C、B 弯曲发生处黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 10 月份, 在室户岬、足摺岬、种子岛、屋久岛岸外黑潮距离与 15 天 CPUE 的相关较好; 11 月份, 在 B 弯曲发生处, 黑潮离岸越远, 15 天 CPUE 值越高; 12 月份, 在石廊、三保松原、室户岬岸外黑潮距离与 15 天 CPUE 的相关很好。

日本和俄国在西北太平洋柔鱼生产中占有重要位置, 本文的渔获量数据只是我国的统计数据, 而经济专属区制度的实施对我国在西北太平洋的柔鱼生产有较大的影响。两个因素均对本文中柔鱼 CPUE 的计算有一定的影响。

参 考 文 献

- 孙湘平, 王元培, 袁启科, 1990. 黑潮下游段表层流路(途径)的初步分析. 黑潮调查研究论文选(一). 北京: 海洋出版社, 287—299 [Sun X P, Wang Y P, Yuan Q K, 1990. Preliminary analysis of the surface path of the Kuroshio current in the Southern Sea area of Japan. The Paper Collection on Kuroshio Investigation (1). Beijing: Ocean Press, 287—299]
- 孙湘平, 王元培, 袁起科等, 1991. 1986—1988 年黑潮的变异. 海洋与湖沼, 22(6): 524—533 [Sun X P, Wang Y P, Yuan Q K, 1991. The variation of the Kuroshio during 1986—1988. Oceanologia et Limnologia Sinica, 22(6): 524—533]
- 孙湘平, 王元培, 金子郁雄, 1992. 七次黑潮大弯曲的比较. 黑潮调查研究论文集(四). 北京: 海洋出版社, 303—317 [Sun X P, Wang Y P, Kaneko I K, 1992. A comparison of the seven large meanders of the Kuroshio. The Paper Collection on Kuroshio Investigation (4). Beijing: Ocean Press, 303—317]
- 孙湘平, 金子郁雄, 1993. 1989—1991 年黑潮的变异. 黑潮调查研究论文集(五). 北京: 海洋出版社, 52—67 [Sun X P, Kaneko I K, 1993. Variations of the Kuroshio during 1989—1991. The Paper Collection on Kuroshio Investigation (5). Beijing: Ocean Press, 52—67]
- 村田守, 1989. 主要浮鱼の资源动向. 本村纪念会志, 潮(1): 72—75
- 陈新军, 1995. 西北太平洋柔鱼渔场与水温因子关系的探讨. 上海水产大学学报, 4(3): 161—185 [Chen X J, 1995. The discussion on relationship between temperature factor and fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in Northwestern Pacific. Journal of Shanghai Fisheries University, 4(3): 161—185]
- 陈新军, 1997a. 关于西北太平洋的柔鱼渔场形成的海洋环境因子的分析. 上海水产大学学报, 6(4): 263—267 [Chen X J, 1997a. An analysis on marine environment factors of fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in Northwestern Pacific. Journal of Shanghai Fisheries University, 6(4): 263—267]
- 陈新军, 1997b. 如何掌握西北太平洋柔鱼的中心渔场. 远洋渔业, 2: 11—12 [Chen X J, 1997. How to learn fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in Northwestern Pacific.

- Deep Sea Fishery, 2: 11—12]
- 陈上及, 马继瑞, 1991. 海洋数据处理分析方法及其应用. 北京: 海洋出版社, 82—83 [Chen S J, Ma J R, 1991. Process and Analysis of Marine data—Methods and Applications. Beijing: Ocean Press, 82—83]
- 邵全琴, 戎 恺, 马巍巍等, 2004. 西北太平洋柔鱼中心渔场分布模式研究. 地理研究, 23(1): 1—9 [Shao Q Q, Rong K, Ma W W *et al*, 2004. Study on spatial patterns of *Ommastrephes bartrami* fishing ground in the Northwest Pacific Ocean. Geographical Research, 23(1): 1—9]
- 沈惠明, 2000. 1999 年 6—12 月北太平洋鱿钓渔场海况总结. 远洋渔业, 3: 15—18 [Shen H M, 2000. The summarization on marine environment factors of fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in North Pacific during Jun.—Dec. 1999. Deep Sea Fishery, 3: 15—18]
- 高崇义, 1996. 日本海和西北太平洋我国鱿钓渔业渔场与海洋环境的关系. 远洋渔业, 3: 11—17 [Gao C Y, 1996. The relationship between environment factors and fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in Northwestern Pacific and Japan Sea. Deep Sea Fishery, 3: 11—17]
- 贾英来, 刘秦玉, 刘 伟等, 2004. 台湾以东黑潮流量的年际变化特征. 海洋与湖沼, 35(5): 507—512 [Jia Y L, Liu Q Y, Liu W *et al*, 2004. The interannual variation of the Kuroshio transport East of Taiwan. Oceanologia et Limnologia Sinica, 35(5): 507—512]
- 董昌明, 张庆华, 1995. 黑潮双流态特征的动力学研究. 海洋学报, 17(1): 130—136 [Dong C M, Zhang Q H, 1995. The bimodal character of Kuroshio. Acta Oceanologica Sinica, 17(1): 130—136]
- Bo Qiu, Weifeng Miao, 2000. Kuroshio path variations South of Japan: Bimodality as a self-sustained internal oscillation. Journal of Physical Oceanography, 30: 2124—2137
- Daitaro Shoji, 1972. Time Variation of the Kuroshio South of Japan. University of Tokyo Press, 217—234
- Jong-Hwan Yoon, Ichiro Yasuda, 1987. Dynamics of the Kuroshio large meander: Two-layer model. Journal of Physical Oceanography, 17: 66—81
- Nishida H, 1982. Description of the Kuroshio meander in 1975—1980. Report of Hydrographic Research, 17: 181—217
- Toshio Yamagata, Shin-Ichiro Umatani, 1989. Geometry-forced coherent structures as a model of the Kuroshio large meander. Journal of Physical Oceanography, 19: 130—138

RELATIONSHIP BETWEEN KUROSHIO MEANDER PATTERN AND *OMMASTREPHEs BARTRAMI* CPUE IN NORTHWEST PACIFIC OCEAN

SHAO Quan-Qin, MA Wei-Wei, CHEN Zhuo-Qi, YOU Zhi-Min, WANG Wen-Yu

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

Abstract The data used in this paper include daily catches of *Ommastrephes bartrami* during 1995 to 2002 by Chinese fishing boats, SST isoline charts from 1991 to 2001 issued by Japan Fisher Information Service Center in the interval of every 3 days, the Kuroshio path charts and temperature isoline charts on 0m, 100m, 200m depths from 1998 to 2003 issued by Japan Coast Guard in 15-day span. All data were processed using software ArcGIS, SPSS, and SQL Server.

To overlay digital SST isoline with topology and normal Kuroshio path line, the data of Kuroshio path variation from 1990 to 2001 in 3-day-span were obtained, and results were validated by comparing to the Kuroshio path charts. The Kuroshio path at 15-day-interval is coincident with the 3-day-interval path in the last same period.

During the period of 1990 to 2001, Kuroshio bended in different scale and pattern, those noticed were: two large bendings in 1990—1991 and 1999—2001, two, quasi-bendings in January to October 1997 and June 1998 to May 1999, and 5 time small bendings in May 1992, April to October 1993, May to July 1997, December 1995 to March 1996, and November to December 1996.

1997 and 1998 were the years of quasi-bending of Kuroshio occurred, corresponding to the highest CPUE value. 1996 and 1999 were the years of small Kuroshio bending occurred, corresponding to high yearly CPUE value. In 2002, the Kuroshio path was straight, which was matched by yearly low in the CPUE. Year 2000 and 2001 were the period when large Kuroshio bending showed, the corresponding CPUE, therefore, was the lowest.

Between 1995 and 2001, the monthly CPUE was high during which the Kuroshio path was often in Ctyped meander (several types of Kuroshio meander were defined in the Section 2. 1). When the monthly CPUE remained high for more than three months, the corresponding Kuroshio path alternated between bending type and straight type.

Between 1995 and 2001, when 3-day-spanned CPUE values were 4.0—6.5, the bending was more common than straight ones, in mostly C type or CD type. When 3-day-spanned CPUE was between 3.0—4.0, the Kuroshio path were generally straight type, but many were transitional ones between straight and bended. When the value were 2.0—3.0, the occurrence of straight type is higher bended type; When 3-day-spanned CPUE of *Ommastrephes bartrami* is less than 1.0, the occurrence of straight type is much higher bended type.

Based on the data in 1995 and 2001, the CPUE values in 3-day interval reflected the meandering type of the Kuroshio. Generally speaking, the greater the CPUE is, the more frequent bending occurred. Specifically, between 4.0—6.5, the bending was very often; between 3.0—4.0, bending events were slightly more than straight ones, with many transitional types; between 2.0—3.0, straight type were more frequent than bending ones; and between 1.0—2.0, mostly straight type.

Distance data from 30 points on the Kuroshio path to baseline in 15-day-interval was obtained using ArcGIS software. 30-group distance data and 15-day-interval CPUE of *Ommastrephes bartrami* was analyzed using SPASS software, based on the data analysis, the authors summarized:

In 1998, there were 13 places on Kuroshio path whose offshore oscillation has high correlation with the CPUE of *Ommastrephes bartrami* in 15-day-interval. In 1999, there were 3 places with the feature, 8 in 2000, 12 in 2001 and 17 in 2002.

Monthly, in May 1998, there were 5 places on Kuroshio path whose offshore oscillation has good correlation to the CPUE at 15-day-interval, similarly, 3 in June, 11 in July, 6 in August, 1 in September, 7 in October, 10 in November, and 11 in December.

Key words Northwest Pacific Ocean, *Ommastrephes bartrami*, Kuroshio path, CPUE

征集《海洋与湖沼》封面彩色图片

为了使《海洋与湖沼》期刊封面能更好地与国际期刊接轨,又能体现出其学科特色,起到美化封面的效果,自2004年第1期开始,拟定每期更换一个彩色封面图片,故向广大海洋湖沼科技工作者约附有较高学术价值的质优彩色图版的稿件,一旦选用,稿件优先发表。欢迎积极投稿。

来稿请寄: 青岛市南海路7号《海洋与湖沼》编辑部收

E-mail: pychen@ms.qdio.ac.cn 电话: 0532- 2898753