

东海黑潮变异若干问题的初步分析*

于振娟 乐肯堂

(中国科学院海洋研究所)

黑潮是世界上著名的强流,它是影响黄海、东海陆架环流的主要流系。黑潮的变异,不仅对几乎整个东海及其邻近海域的水文状况的变化有巨大的影响,而且对东亚气候的变迁也有显著的影响。因此,黑潮变异问题的研究,对于大洋环流及其动力学研究以及黄海、东海海洋水文状况、东亚气候变迁的预测等,均有重要的意义。

关于东海黑潮的变异问题,在管秉贤(1979, 1981, 1982)^[2,3,4]及管秉贤等(1979)^[5]的论文中,已作了不少分析;但由于资料系列长度的限制,这些分析工作主要是定性的。诚然,即使在目前,要获得关于东海黑潮变异特征的定量关系也决非易事。有鉴于此,本文想在尽可能收集更多资料的基础上,对东海黑潮变异的若干问题作进一步分析,以期获得若干定量的概念。

一、黑潮表层最大流速的季节变化及其与风应力涡度的关系

管秉贤通过分析 G 断面和苏澳-与那国岛断面上黑潮表层流速和输送量的季节变化,指出它们与夏威夷群岛附近海面每两个月的平均风应力涡度存在着显著的相关关系(其相关系数分别约为 81% 和 95%)^[2,3,4]。但是,上述结果仅是根据两个断面较短的资料系列得到的,是否普遍适用于东海黑潮,仍有待于进一步的讨论。为此,本节利用 28 年来(1956—1983)东海黑潮各断面(见图 1)的实测 GEK 资料及相应时期夏威夷群岛附近海面的风应力涡度资料,对上述关系进行了系统的分析。

本节的统计方法与文献[2]的方法基本相同。首先把相同月份各断面表层最大流速垂直于断面的分量进行平均,得到 28 年来东海黑潮表层最大流速的月平均变化曲线(见图 2a)。其次,再将每两个月的流速进行平均,然后与夏威夷群岛附近海面每两个月的风应力涡度的平均值进行比较(见图 2b, c)。图 2d, e 分别为东海黑潮早春表层最

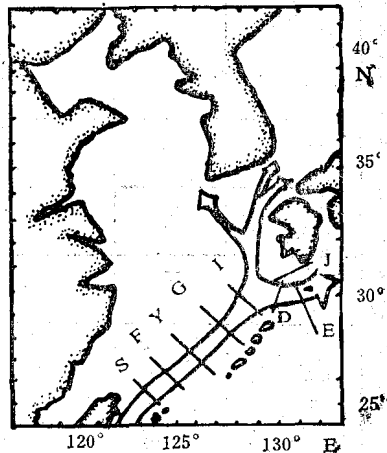


图 1 东海黑潮路径上主要断面的位置

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1249 号。

本文初稿承管秉贤教授审阅,并提供了许多指导性意见,特此致谢。

收稿日期: 1984 年 12 月 30 日。

表 1 东海黑潮表层最大流速与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系(分析结果与文献[5]中G断面相比较)

项目 分析结果 断面	东海黑潮表层最大 流速与风应力涡度 的关系——回 归方程	相关系 数	$n=6$, 5%的 相关显 著度	$n=6$, 位相差 (月)	东海黑潮早春表层 最大流速与冬季风 应力涡度的关 系——回归方程	相关系数	$n=17$, 5%的相 关显著度	东海黑潮表层最大流速的季节变化 (cm/s)				表层最大 流速的变 化范围 (kn)	平均流 速 (cm/s)	平均流 向 (°)	观测次 数
								冬	春	夏	秋				
S 西表岛西北向	$V_{0,max} = 62.84$ $-63.68Curlz$	0.91	0.81	2	—	—	—	82 (3)	105 (3)	115 (3)	102 (4)	1.5—3.1	101	30	13
F 宫古岛西北向	$V_{0,max} = 45.72$ $-42.10Curlz$	0.91	0.81	2	—	—	—	74 (7)	57 (6)	96 (7)	76 (4)	0.7—2.3	76	64	24
Y 那霸岛西北向	$V_{0,max} = 47.62$ $-57.51Curlz$	0.99	0.81	2	—	—	—	69 (14)	85 (7)	80 (13)	70 (6)	0.8—2.5	75	40	40
G 冲永良部岛西北向	$V_{0,max} = 70.44$ $-43.90Curlz$	0.90	0.81	2	$V_{0,max} = 49.27$ $-44.44Curlz$	0.53	0.48	96 (24)	107 (21)	99 (25)	88 (20)	0.8—3.0	97	47	90
I 奄美大岛西北向	$V_{0,max} = 73.60$ $-26.06Curlz$	0.86	0.81	2	$V_{0,max} = 47.98$ $-35.88Curlz$	0.59	0.48	96 (17)	100 (11)	104 (19)	84 (9)	1.1—2.8	96	53	56
吐噶喇海峡海域	$V_{0,max} = 63.26$ $-57.58Curlz$	0.88	0.81	2	$V_{0,max} = 34.07$ $-62.82Curlz$	0.69	0.48	111 (18)	116 (18)	101 (19)	88 (14)	0.9—3.6	105	91	69
各断面的平均值	$V_{0,max} = 69.10$ $-42.01Curlz$	0.94	0.81	2	$V_{0,max} = 42.01$ $-48.26Curlz$	0.70	0.48	92 (83)	101 (66)	98 (86)	86 (57)	0.7—3.6	94	58	292
文献[5]中G断面	$V_{0,max} = 55.5$ $-42.6Curlz$	0.81	0.81	2	$V_{0,max} = 40.38$ $-55.74Curlz$	0.62	0.48	次强	强	次强	弱	0.9—3.0	1.9 kn	50	54

大流速(各断面的平均值)与夏威夷群岛附近海面前期冬季风应力涡度的年际变化曲线。分析结果详见表 1。

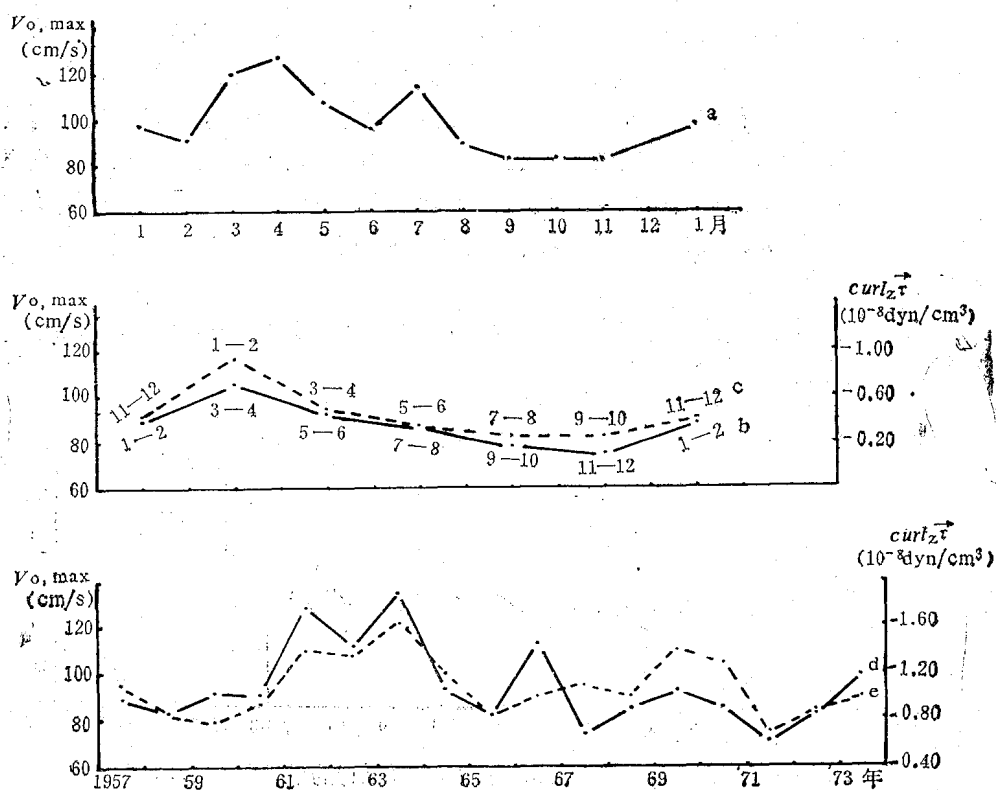


图 2 东海黑潮表层最大流速(各断面的平均值)的季节变化及其与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系

- a. 表层最大流速多年月变化; b. 表层最大流速多年双月变化; c. 风应力涡度多年双月变化;
d. 表层最大流速早春多年变化; e. 风应力涡度冬季多年变化

注: 图中 $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$, 其他各图同。

从表 1 可以看出: (1) 东海黑潮(各断面多年)双月平均表层最大流速的季节变化与上述特定海区风应力涡度双月平均值的季节变化的关系, 本节得到的结果与管秉贤等^[5]对 G 断面的分析结果基本一致。这表明在此问题上, G 断面对于东海黑潮来说, 有较好的代表性。(2) 东海黑潮表层最大流速对于上述海区风应力涡度反应之位相, 管秉贤等已经指出约为 2 个月^[5], 表 1 的初步统计结果亦为 2 个月。因受资料系列所限, 而且此种双月平均统计的对比方法较为粗糙, 因此, 这一结果尚有待于进一步分析与验证。(3) 管秉贤认为, 黑潮流速的季节变化特征是“春强而秋弱”^[2]; 本节按照同样方法所作的统计结果(表 1)则表明, 在东海黑潮区域的不同断面上, 表层最大流速季节变化的特征并不完全相同。“春强秋弱”的特征只主要表现于 Y, G 和吐噶喇海峡处的断面上。

东海黑潮右侧的逆流是经常观测到的现象, 现根据收集的资料, 对东海黑潮逆流的季节变化特征作一初步分析。

图 3 绘出了东海黑潮逆流的年际变化及其流速的频率分布。从分析结果(见表 2)可

以看出东海黑潮逆流的变化具有下列特征:

(1) 各断面的逆流流速有相当大的变幅,最大值约为 2.1kn,最小值约为 0.2kn,两者相差一个量级。

(2) 最大逆流的出现频率: 强流 (1.0—2.0kn) 约占 34%, 次强流 (0.5—1.0) 约占 50%, 其余约为 16%。由此可见,东海黑潮较强的逆流出现频率是相当高的。

(3) 从整个海区看来 (见图 4), 东海黑潮逆流的季节变化特点, 可以归纳为春季最强 (平均约为 57cm/s), 最大值出现在 5 月 (平均约为 69cm/s), 夏季次之 (平均约为 50cm/s), 秋季和冬季较弱 (平均值约为 42 和 41cm/s)。最小值出现在 11 月 (平均约为 31cm/s)。值得指出的是, 这一分析结果 (各断面的平均值) 与管秉贤等^[5]的结论基本上是一致的。

为了考察本海区的黑潮逆流与上述区域海面风应力涡度场之间的关系, 本文作了与前面相同的相关分析, 其结果详见表 2。

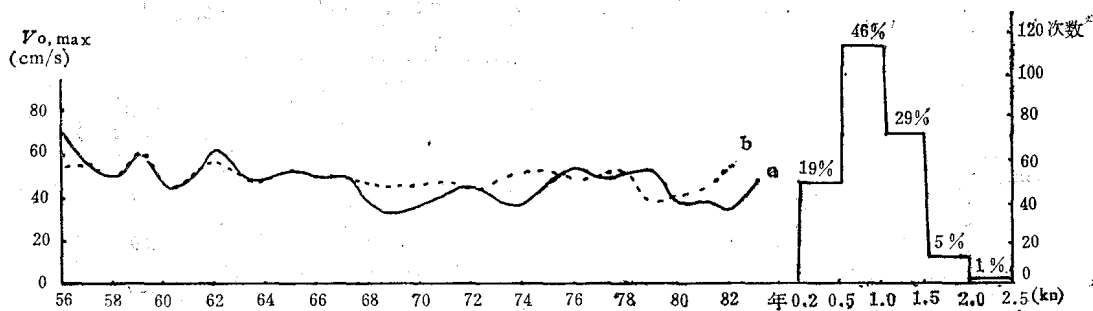


图 3 东海黑潮右侧逆流(各断面表层最大流速的平均值)的年际变化及其频率分布

a. 实测流速曲线; b. 计算结果

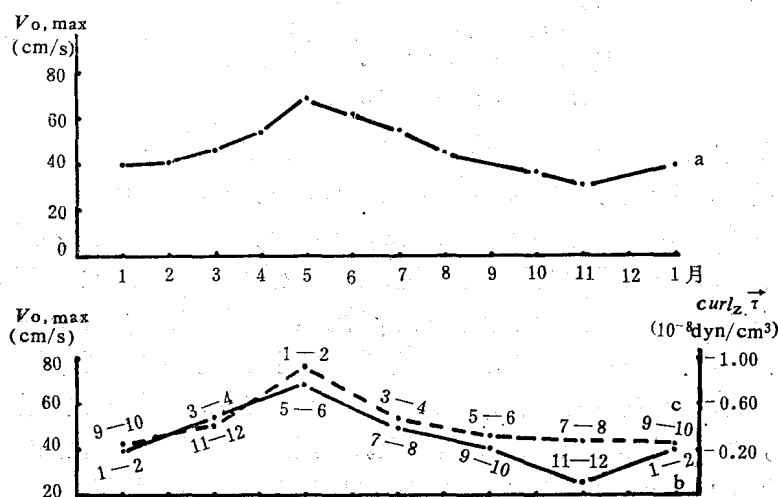


图 4 东海黑潮右侧逆流(各断面表层最大流速的平均值)的季节变化及其与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系

a. 逆流多年月变化; b. 逆流多年双月变化; c. 风应力涡度多年双月变化

表 2 东海黑潮右侧逆流与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系(分析结果与文献[5]中G断面相比较)

项目 分析结果 断面	东海黑潮逆流与风应力涡度的 关系——回归方程	相关系数 r	$n=6$, 5%的相 关显著度	位相差 (月)	黑潮逆流的季节变化 (cm/s)				最大逆流的变 化范围 (kn)	平均流速 (cm/s)	平均流向 (°)	观测次数
					冬	春	夏	秋				
S	$V_0, \max = 6.10 - 90.89 \text{ Curl}_z$	0.91	0.81	3—4	23 (2)	44 (5)	82 (1)	38 (6)	0.3—1.6	41	191	14
F	$V_0, \max = 21.42 - 62.40 \text{ Curl}_z$	0.89	0.81	3—4	30 (4)	62 (4)	44 (5)	49 (6)	0.4—1.5	46	182	19
Y	$V_0, \max = 14.48 - 65.22 \text{ Curl}_z$	0.89	0.81	3—4	35 (7)	49 (4)	49 (9)	31 (5)	0.2—1.8	41	195	25
G	$V_0, \max = 24.27 - 49.39 \text{ Curl}_z$	0.81	0.81	3—4	41 (20)	62 (19)	51 (24)	40 (18)	0.3—2.1	49	199	81
I	$V_0, \max = 27.69 - 36.99 \text{ Curl}_z$	0.82	0.81	3—4	48 (18)	51 (10)	52 (21)	42 (9)	0.2—1.6	49	198	58
吐噶喇海峡海域	$V_0, \max = 23.49 - 63.36 \text{ Curl}_z$	0.89	0.81	3—4	42 (14)	61 (14)	46 (11)	51 (11)	0.2—2.1	50	201	50
各断面的平均值	$V_0, \max = 23.34 - 52.19 \text{ Curl}_z$	0.88	0.81	3—4	41 (65)	57 (56)	50 (71)	42 (55)	0.2—2.1	48	197	247
文献[5]中的G断面	—	—	—	—	弱	强	次强	较弱	0.3—2.1	0.9kn	—	52

表 2 表明,东海黑潮逆流与夏威夷群岛附近海面风应力涡度之间有显著的相关关系。逆流与主流的主要不同点是,逆流具有 3—4 个月的位相差,即每两个月逆流平均值的变化,迟后于所对应的风应力涡度约 3—4 个月。如 1—2 月平均风应力涡度值最强,黑潮逆流在 5—6 月也最强(因 6 月份观测次数较少,实际上逆流在 5 月份最强,如图 4a 曲线所示)。

黑潮流幅的季节变化是一个较难解答的问题。所谓流幅,即海流的宽度,不同学者取不同的定义。在理论上,人们往往把最大流速值所在位置与流速的 e -折合值 (e -folding) 所在位置之间的距离定义为海流的宽度。根据这一定义,湾流的宽度为 40km^[8]。管秉贤用流速大于或等于 40cm/s 部分的黑潮水体作为黑潮的流幅^[2]。本文在统计过程中,取用流速大于或等于 0.5kn (25.74cm/s) 的流速带作为东海黑潮的流幅。据此分析的结果是:东海黑潮区域流幅的多年平均值约为 49 n mile,最宽时约为 100 n mile,最窄时约为 20 n mile;其中流幅为 40—60 n mile 者约占 65%,30—70 n mile 者约占 91%。应该说,这些统计结果是较为粗略的。事实上,由于海流资料相对地较少,而且站距不等,再加上用流速作为确定流幅的指标在实际分析时带来的困难,这一统计结果有很大的局限性。我们将在另一篇文章中用其它指标来考察黑潮流幅的变动。

为了研究东海黑潮流幅的季节变化特征,本文也将各断面每两个月流幅的平均值与上述海区风应力涡度进行了相关分析,其结果如图 5 和表 3 所示。从图 5 可见:(1)每两个月的平均流幅与夏威夷群岛附近海面风应力涡度之间存在着良好的负相关关系(n 为 6,相关系数为 -0.89 , 0.05 的相关显著度为 0.81)。(2)象 G 断面流轴处的表层流速那样,两者变化的位相亦相差约 2 个月。例如,当风应力涡度在 1—2 月份达到最强时,东海

表 3 东海黑潮流幅与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系

东海黑潮流幅与风应力涡度 的关系——回归方程	相关系数	$n = 6$, 5% 的相关 显著度	位相差 (月)	东海黑潮流幅的季节变化(n mile)				平均值 (n mile)	观测次数
				冬	春	夏	秋		
$W = 60.94 + 23.21 \text{curl}_z \tau$	-0.89	0.81	2	47	41	54	56	49	87

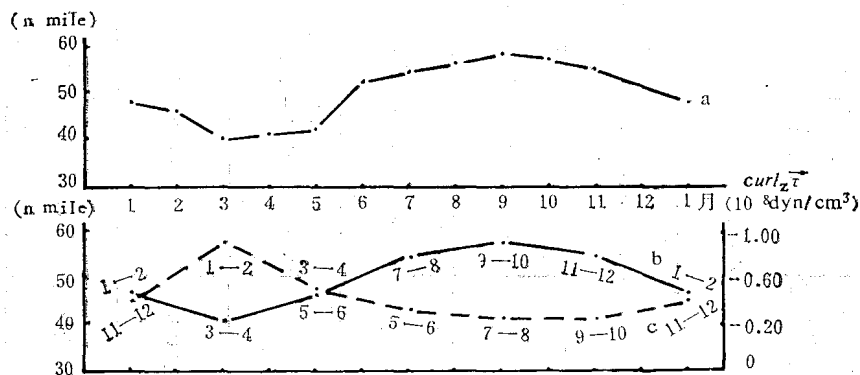


图 5 东海黑潮流幅(各断面的平均值)的季节变化及其与夏威夷群岛附近海面风应力涡度的关系

a. 流幅多年月变化; b. 流幅多年双月变化; c. 风应力涡度多年双月变化

黑潮流幅在 3—4 月份最窄。(3) 从上述相关关系不难看出,东海黑潮的双月平均流幅的变化与其表层最大流速双月平均值的变化之间也具有负相关关系。显然,这一点对于进一步探讨东海黑潮的动力学是有启发性的。

二、东海黑潮多年变化的 Fourier 分析

东海黑潮表层最大流速的变化范围相当大,根据收集到的 28 年资料的统计,约为 0.7—3.8kn,最大值约为最小值的 5 倍。各断面的多年表层最大流速的平均值约为 1.8kn (94cm/s),平均流向约为 50° (NE)。在东海黑潮入口处,表层最大流速的变化范围约为 1.5—3.8kn,平均流向约为 30° (NNE);而在东海黑潮出口处——吐噶喇海峡,表层最大流速的变化范围约为 0.9—3.6kn,其平均流向约为 91° (E)。

1956 年以来,日本学者用 GEK 对东海黑潮进行观测,已得到 28 年(1956—1983)的实测海流资料。在这期间,东海黑潮表层最大流速的峰值出现在 1963 年,平均约为 2.5kn;其次出现在 1975 年,平均约为 2.2kn;最小值出现在 1971 年,平均约为 1.2kn。从图 6 看出,东海黑潮表层最大流速分布在 1.5—2.5kn 者约占 72%,在 1.0—3.0kn 者约占 94%。

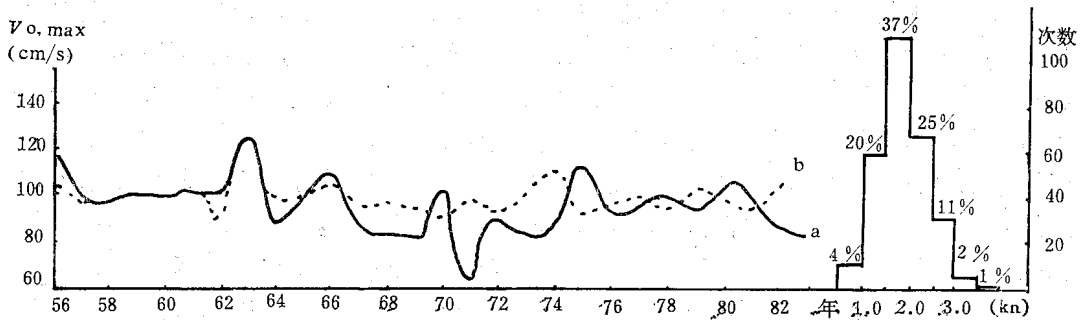


图 6 东海黑潮表层最大流速(各断面的平均值)的周期变化及其频率分布

a. 实测流速曲线; b. 计算结果

1. 分析方法简述 从统计分析角度来看,为了分析黑潮多年变化的基本特征,应当具有长期连续的测流资料,而且最好使用具有一定窗函数的波谱分析方法。但是,由于资料系列长度及其观测间隔的限制,尚不具备应用谱分析方法进行分析的条件。当然,如果利用基于最小二乘法拟合的调和分析方法,可以获得与现有资料最佳的拟合曲线。但是,如周期函数的频率是未知的话,这种方法未必能分析出真实的谐波分量。因此,本节试用 Fourier 展开的方法,对黑潮多年变化的特征作一初步分析。

为了导出用于分析离散资料的 Fourier 展开计算公式,先假定,在一定时间内流速的变化曲线可以用 Fourier 级数表示,也就是说,实测海流可以用 n 个波型的叠加来表示,这样流速 u 可表示成

$$u(t) = C_0 + \sum_{k=1}^n C_k \cos\left(\frac{k\pi}{T}t - \varphi_k\right)$$

C_k 为谱,如果 φ_k 确定,便可得到具有一定形式的波形变化。其次,考虑到实际流场具有

随机变化的特征,假定 C_k 间是互相独立的,于是对具有同权的年平均流速资料而言,上式可改写为

$$u(t) - Mu(t) = a_0 + 2 \left[\sum_{k=1}^n a_k \cos \left(\frac{2k\pi}{T} t \right) + b_k \sin \left(\frac{2k\pi}{T} t \right) \right]$$

其中

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [u(t) - Mu(t)] dt$$

$$a_k = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [u(t) - Mu(t)] \cos \frac{2\pi k t}{T} dt$$

$$b_k = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [u(t) - Mu(t)] \sin \frac{2\pi k t}{T} dt$$

式中符号 M 表示资料的时间平均值,在实际计算时,积分用 Simpson 求积公式(设实测流速资料系列为 $u_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$)。

2. 结果及讨论 本节利用上述 Fourier 方法,对整个东海黑潮和 G 断面上表层流速进行了分析,所有结果见表 4—8 和图 6—8。现对上述结果作如下初步分析。

(1) 表 4 是对 G 断面表层最大流速的分析结果。二谷颖男 (1972)^[7] 曾根据 1955—1968 年间东海 G 断面和屋久岛东南方 E 断面上黑潮流量的变化,认为这两个断面的黑潮流量都显示出周期约为 7—8 年的变动。而佐伯理郎和网野正明在对 24 年(1955—1979)东海黑潮流量进行了调和发现,东海黑潮流量变动的显著周期为 20, 8 和 5.5 年^[6]。张兴发指出,东海黑潮强度的优势周期变化为 8—9 年和 3 年^[1]。但是,表 4 指出, G 断面上黑潮表层流速的变动周期以 2.2, 2.9, 4.3 和 13 年较为显著,而 2.6, 5.2, 6.5 和 26 年则次之。尽管黑潮流量的多年变化周期与流轴处表层流速的多年变化周期不一定完全相同。但是,这些结果之间的差异毕竟太大了。为了进一步考察表 4 的结果,又将东海黑潮各断面的流速资料进行了分析(结果见表 5),并把所得的各谐波分量重新叠加,以此与实测资

表 4 G 断面表层流速 Fourier 分析(长周期变化)

k	$A(k)$	$B(k)$	$C(k)$	$\lg(a)$	period(T)
0	0.334705	0	0.334705	0	+.+++++
1	1.8981	1.37036	2.34108	0.625315	26
2	-4.42344	-0.227468	4.42929	0.051378	13
3	0.101907	0.0873591	0.134343	0.709703	8.66667
4	2.21567	-0.846518	2.37187	-0.364946	6.5
5	0.325414	-2.69191	2.71151	-1.45049	5.2
6	3.58426	3.71726	5.16381	0.83612	4.33333
7	-0.336957	0.919782	0.979561	-1.21964	3.71429
8	-0.494794	-0.52706	0.72292	0.816964	3.25
9	-2.1845	3.56983	4.18518	-1.02165	2.88889
10	0.713007	-3.16689	3.24616	-1.34934	2.6
11	-0.410837	-1.68928	1.73852	1.33223	2.36364
12	0.0943584	5.42355	5.42437	1.5534	2.16667
13	-0.589034	-0.72528	0.93434	0.888692	2

料相对比(见图 6, 7)。

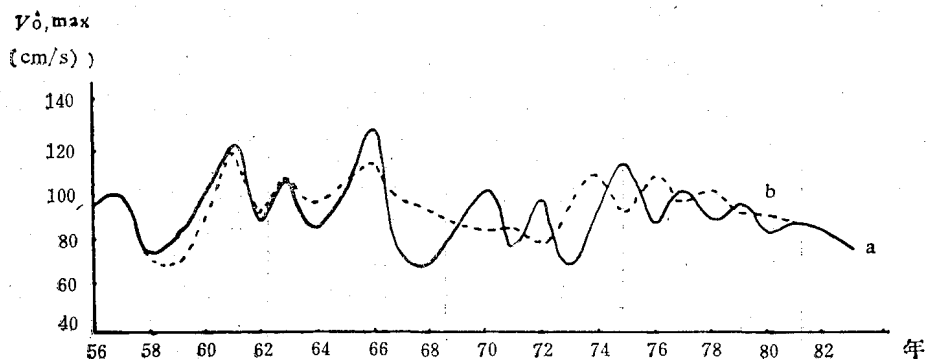


图 7 东海黑潮表层最大流速的周期变化

a. 实测流速曲线; b. 计算结果

表 5 东海黑潮(各断面的平均值)表层流速 Fourier 分析(长周期变化)

k	$A(k)$	$B(k)$	$C(k)$	$\text{lag}(a)$	$\text{period}(T)$
0	-0.482853	0	0.482853	0	+.++++
1	3.98275	1.74576	4.34856	0.413107	26
2	-3.84199	-1.01092	3.97276	0.257291	13
3	1.20502	-0.077039	1.20748	-0.063845	8.66667
4	1.55342	-1.15824	1.93769	-0.640682	6.5
5	-1.67702	0.658641	1.80172	-0.374237	5.2
6	-0.140114	0.944309	0.954648	-1.42349	4.33333
7	0.152775	-1.06426	1.07517	-1.42822	3.71429
8	2.02826	-0.231559	2.04144	-0.113674	3.25
9	-2.08093	3.21938	3.83337	-0.996973	2.88889
10	1.54312	-0.270334	1.56662	-0.173427	2.6
11	1.09823	-3.95028	4.10009	-1.29963	2.36364
12	1.36445	4.14569	4.36446	1.25284	2.16667
13	-0.995929	-1.14975	1.52112	0.856966	2

从表 5 看出,对于东海黑潮各断面的平均情况而言,黑潮表层最大流速多年变化的周期以 2.2—2.4, 2.9, 13 和 26 年最显著,而 3.25 及 5.2—6.5 年则次之。通过表 4 和表 5 计算结果相比较,东海黑潮表层最大流速的长周期变化以 2.2, 2.9, 13 年及 5.2, 6.5 年为最显著。

从图 6, 7 看出,自 1956 到 1969 年,计算曲线与实测曲线的相位变化非常吻合,这表明,在这 13 年期间,我们所得到的黑潮表层最大流速长周期变化的诸周期与实际情况可能相当一致。但是,从 1970 年以后,计算曲线与实测曲线之间吻合得不好,这是由于受资料系列长度的限制,13 年周期的置信度并不高。尽管如此,这一结果表明,可能存在着比 13 年更长的多年变化周期,至少可以说,存在着 10 年以上的显著周期。由于上述原因,利用 Fourier 分析方法还不能确认周期大于 13 年的显著谐波分量。

(2) 为了分析东海黑潮逆流的长周期变化,分析了 G 断面右侧表层最大逆流的资料,

其 Fourier 分量见表 6。从表 6 看出,较为显著的 Fourier 分量出现的周期为 3.25 年和 13 年,其次则为 3.7,4.3 和 6.5 年。由于迄今尚未见到其他关于东海黑潮逆流长周期变化的报

表 6 东海黑潮 G 断面逆流 Fourier 分析(长周期变化)

k	$A(k)$	$B(k)$	$C(k)$	$\text{lag}(a)$	$\text{period}(T)$
0	-0.341564	0	0.341564	0	+.++++
1	-0.94719	1.17654	1.51043	-0.892973	26
2	-2.61731	1.72455	3.13439	-0.582608	13
3	-1.00567	-1.3807	1.70813	0.941277	8.66667
4	1.79204	1.54091	2.36343	0.710191	6.5
5	1.75417	-0.056665	1.75509	-0.0322917	5.2
6	1.27742	2.0683	2.43098	1.01752	4.33333
7	1.74975	1.25056	2.1507	0.62053	3.71429
8	0.0313575	-3.34836	3.34851	-1.56143	3.25
9	1.56379	-0.933739	1.82134	-0.538286	2.88889
10	0.644125	-0.228893	0.683585	-0.341437	2.6
11	-1.02332	-0.626039	1.19963	0.54903	2.36364
12	-0.152409	-1.75428	1.76089	1.48414	2.16667
13	1.08551	0.476296	1.18541	0.413481	2

表 7 东海黑潮流幅(各断面的平均值)的 Fourier 分析结果(长周期变化)

k	$A(k)$	$B(k)$	$C(k)$	$\text{lag}(a)$	$\text{period}(T)$
0	-0.102881	0	0.102881	0	+.++++
1	0.262406	-0.0510432	0.267324	-0.192121	26
2	0.910373	2.41022	2.57642	1.20965	13
3	-0.186277	1.97298	1.98176	-1.47666	8.66667
4	-0.131282	1.02089	1.02929	-1.4429	6.5
5	0.222358	-0.443293	0.495935	-1.10587	5.2
6	-0.563747	-0.105211	0.573481	0.184505	4.33333
7	0.474315	-0.0767164	0.480479	-0.160353	3.71429
8	0.224615	1.00665	1.0314	1.35126	3.25
9	0.843621	0.356389	0.915811	0.39971	2.88889
10	0.188306	0.3007	0.354795	1.01132	2.6
11	-0.5603	-0.216633	0.600721	0.368935	2.36364
12	-1.5545	-0.788063	1.74285	0.469196	2.16667
13	-0.39326	-0.532453	0.661937	0.934643	2

表 8 G 断面上表层最大流速季节变化 Fourier 分析结果(短周期变化)

k	$A(k)$	$B(k)$	$C(k)$	$\text{lag}(a)$	$\text{period}(T)$
0	0.898148	0	0.898148	0	+.++++
1	-0.753009	7.64067	7.67768	1.47256	11
2	0.467593	2.14101	2.19147	1.35577	5.5
3	-1.85185	-0.0833333	1.85373	0.0449697	3.66667
4	0.273148	-1.32309	1.351	-1.36721	2.75
5	-1.12338	-0.0573351	1.12484	0.0509938	2.2
6	0.287037	-0.118663E-07	0.287037	-0.413405E-07	1.83333

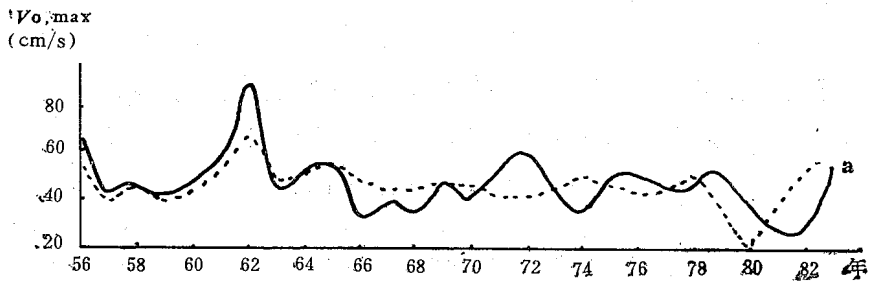


图8 东海黑潮G断面右侧表层最大逆流的长周期变化

a. 实测流速曲线; b. 计算结果

道,因而对这里的分析结果无法作进一步的比较。但是,从图8的计算与实测曲线的比较中仍然可以看出,上述各周期对于G断面右侧黑潮逆流的变化有显著作用。

(3) 表7给出了对东海黑潮流幅变化的分析结果(长周期变化)。由表7可知,流幅的显著谐波分量出现于13, 8.7, 2.2年这三种周期处,其次则为3.25, 6.5及2.9年的周期。因为黑潮流幅与流速之间存在着负相关关系,故这一结果仍有启发性意义。

(4) 用Fourier分析方法分析G断面上黑潮表层最大流速的季节变化(短周期变化)的结果见表8。从表8可知,在G断面上,黑潮表层最大流速的季节变化显著周期为11个月,其次为5.5个月和3.7个月。

以上几点分析结果很粗浅,有些问题有待于今后进一步的分析研究。

参 考 文 献

- [1] 张兴发, 1981. 东海黑潮强度的长周期变化及其与西北太平洋副热带高压关系的初步研究。海洋研究 2: 26—29。
- [2] 管秉贤, 1979. 东海黑潮变异研究的若干结果。海洋与湖沼 10(4): 298—306。
- [3] —, 1981. 苏澳-与那国岛断面上黑潮流速结构的特征及其季节变化。海洋科学集刊 18: 1—18。
- [4] —, 1982. 东海黑潮流量的变动及其原因的分析。中国海洋湖沼学会水文气象学会学术会议(1980)论文集。科学出版社, 103—116页。
- [5] 管秉贤、刘举平、范继铨、于振娟, 1979. 东海G断面上二十年(1956—1975)来黑潮表层流速的变动。科学通报 21: 990—993 页。
- [6] 佐伯理郎、網野正明, 1979. 東シナ海の黒潮流量と黒潮大蛇行。1979年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集。東京日本海洋学会誌。142 頁。
- [7] Nitani, H., 1972. Kuroshio—Its Physical Aspects. Tokyo Univ Press, pp. 129—163.

A PRELIMINARY STUDY ON SOME ASPECTS OF VARIATIONS OF THE KUROSHIO IN THE EAST CHINA SEA*

Yu Zhenjuan and Le Kentang

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Abstract

Based on the GEK data obtained by JMA at six sections in twenty-eight years (1956—1983), seasonal and interannual variations of Kuroshio in the East China Sea are analyzed. The main results are as follows.

(1) As far as the bimonthly average is concerned, there are some good correlations between variations of the surface velocity of Kuroshio in the above area and those of wind stress curl over the sea near Hawaiian Islands having the lag of about two months with the main current and that of three-four months with its counter current.

(2) There exist some significant periods such as 2.2, 2.9, 5.2, 6.5 and 13 years.

(3) Fourier analysis shows that there must have some significant periods longer than 13 years which may not be covered in the above periods.

(4) As for seasonal variations, it appears that such periods as 11, 5.5 and 3.7 months are more important.

(5) Successful prediction of the tendency of variations of Kuroshio is unlikely without knowing the main mechanisms of variations of Kuroshio.

* Contribution No. 1249 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.