

热带气旋强度资料的差异性分析^{*1}

余 晖^{1,2} 胡春梅³ 蒋乐贻^{1,2}

1 上海台风研究所, 上海, 200030

2 中国气象局台风预报技术重点开放实验室, 上海, 200030

3 重庆市气象台, 重庆, 401147

摘 要

通过对比西北太平洋 3 个主要预报中心(中国气象局(CMA)、日本东京台风中心(RSMC Tokyo)和美国联合台风警报中心(JTWC))的 16 a 数据, 分析了不同来源的热带气旋(TC)强度资料的差异性。结果表明: CMA 与 RSMC Tokyo 和 JTWC 的 TC 强度均值分别相差 0.6 和 1.7 m/s, 均通过 1% 信度的统计检验, 即存在显著差异; 3 个中心对同一 TC 确定的强度最大差异超过 30 m/s; CMA 资料的台风数多于 RSMC Tokyo 和 JTWC, 年台风频数的均方差也最大, 但是 3 个中心资料的各级 TC 频数差异均无统计显著性。对比有、无飞机探测时段的资料发现, 对 TC 进行飞机探测可在一定程度上减小各中心在确定 TC 强度方面的分歧。

为了初步了解上述资料问题对 TC 强度预报的可能影响, 采用一个气候持续性预报方法, 取不同来源的 TC 强度资料进行了 4 a(2000—2003 年)的预报。发现据 JTWC 资料所得 TC 强度预报有最大的均方根误差, RSMC Tokyo 的最小, CMA 居中; 据 CMA 和 RSMC Tokyo(CMA 和 JTWC)资料, 对相同 TC 相同时次 24 h 预报的平均绝对偏差达 2.5(4.0)m/s, 最大可相差 16(21)m/s。可见, 西北太平洋 TC 强度的基本资料问题增加了预报的难度。

关键词: 热带气旋, 强度, 资料。

1 引 言

在过去的几十年中, 世界各国的热带气旋(TC)路径预报准确率都在不断提高, TC 强度预报却进展缓慢^[1-4], 实际业务所依靠的主要是统计模型甚至是简单的外推。由于缺乏直接的观测资料, 在西北太平洋海域, TC 强度预报的难度不仅仅来自于缺少有效的预报方法, 还来自于 TC 强度真值的未知性。

随着探测技术的发展, 当前监测 TC 的手段日益增多。早期 TC 的监测主要依赖航海日志和陆面观测^①。自 20 世纪 30 年代至 60 年代, 逐渐有无线电探空网、雷达监测网和气象卫星监测网建立, 并开始有军事飞机对 TC 进行探测。70 年代, 浮标测站

网建立, 同时, 卫星云迹风产品投入使用。1975 年, Dvorak 提出了以红外/可见光图像云型识别为基础的 TC 强度估测方法。90 年代后, 极轨气象卫星的洋面风、降水、温度等探测资料开始在 TC 监测业务中发挥作用, 如 AMSU-A 的温度探测资料^[5]、QuikSCAT 的洋面风探测资料^[6]、TRMM 的微波探测资料^[7]等。然而, 上述大多数监测站网都集中在陆地上, 洋面浮标和船舶测报虽然精度高, 但时空分辨率低, 对西北太平洋 TC 的军事飞机探测业务则在 1987 年被终止。因此, 各预报中心在整编 TC 资料时, 基本上都以 Dvorak 方法为主, 再综合分析所能够收集到的其他各类资料, 人为确定 TC 强度。因为通信和资料交换等各方面的原因, 各预报中心所能收集到的资料参差不齐, 在确定 TC 强度时还

* 初稿时间: 2005 年 5 月 12 日; 修改稿时间: 2006 年 1 月 20 日。

资助课题: 上海台风研究基金、国家自然科学基金(40333025)和国家科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J104)。

作者简介: 余晖, 副研究员。研究方向: 热带气旋动力学。E-mail: yuh@mail.typhoon.gov.cn。

① Chu J-H, Sampson C R, Levine A S, et al. The Joint Typhoon Warning Center Tropical Cyclone Best-Tracks, 1945-2000. Technical Report, NRL Reference Number: NRL/MR/7540-02-16. 2002

带有一定的人为主观性,造成了不同来源的 TC 强度资料极易存在分歧。

Yu 和 Kwon^[8]对比了西北太平洋 3 个主要预报中心(中国国家气象局(CMA)、日本东京台风中心(RSMC Tokyo)和美国联合台风警报中心(JTWC))给出的台风 Prapiroon(2000)和 Olga(1999)的强度资料,发现尽管在总体变化趋势上,3 个中心是基本一致的,但是具体到某一确定时刻或时段,三者或多或少存在分歧,甚至存在变化趋势完全相反的情况。实际上,这一问题早已受到国际台风界的关注,在 2001 年还专门召开了一个国际研讨会,探讨研制统一的西北太平洋热带气旋最佳路径(包括强度)资料集的可能性。然而,不同来源的 TC 强度资料究竟存在多大分歧,并未见到有系统的分析工作。本文通过对比 CMA、RSMC Tokyo 和 JTWC 多年的 TC 强度资料,对这一问题进行探讨,以期对 TC 强度资料的现状有较为全面的认识。另外,本文还采用一个简单的统计预报方法,初步分析这一资料问题导致 TC 强度预报的不确定性。

2 资料和分析方法说明

本文所用 TC 强度均指中心附近最大风速,资料包括:CMA 的 TC 最佳路径和强度资料,由中国气象局上海台风研究所提供;RSMC Tokyo 的 TC 最佳路径和强度资料,下载自 <http://www.jma.go.jp/JMA-HP/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html>;JTWC 的 TC 最佳路径和强度资料,下载自 http://www.npmoc.navy.mil/jtwc/best_tracks/。其中,JTWC 的 1 min 平均风速转换成 10 min 平均,转换系数为 0.871^[9]。分析过程中,仅仅考虑达到热带风暴级以上的样本(最大风速超过 17.1 m/s)。

在 1987 年 9 月以前,确定西北太平洋 TC 强度有美国的飞机探测资料作为参考,为了保证资料的一致性,本文主要分析飞机探测业务停止之后各预报中心的强度资料,即研究时段取为 1988—2003 年。此外,一般认为飞机探测可以帮助我们获得更为可靠的 TC 强度资料,所以为了了解飞机探测的可能影响,还对比有、无飞机探测时段的特征。因 RSMC Tokyo 自 1977 年起才有最大风速资料,取 1977—1986 年作为有飞机探测的代表时段。

目前,在 TC 强度业务预报中发挥主要作用的是统计模型^[4]。因此,文中建立了一个简单的 TC 强度统计预报方法,即气候持续性预报方法,用于讨论取不同中心的资料作为初值对预报结果的可能影响。建立预报方程时,使用 CMA 的 30 a(1970—1999 年)资料。分析不同初值的影响时,则使用 3 个预报中心的 4 a(2000—2003 年)资料。

3 TC 频数比较

对比依据 3 个预报中心资料得到的 TC 年频数(图 1)发现,1988—2003 年,CMA 的平均年频数约 26 个,介于 RSMC Tokyo(约 27 个)和 JTWC(约 25 个)之间,但和 RSMC Tokyo 更为接近。图 1 还表明,CMA 的年频数离散程度是三者中最大的,均方差达 5.3,RSMC Tokyo 和 JTWC 分别为 4.9 和 4.6。TC 年频数的极大和极小值也出现在 CMA 资料中,分别为 37 和 14。为了了解 TC 频数差异是否显著,对 3 个资料集的均值和方差分别进行了 *t* 检验和 *F* 检验,发现均不能通过 1% 信度的统计检验。因此,3 个中心的 TC 频数资料并无显著差异。

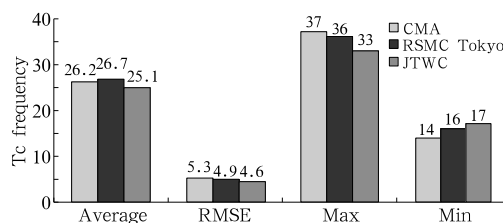


图 1 各预报中心 1988—2003 年 TC 年频数统计特征量

Fig. 1 Statistics for annual TC frequency from 1988 to 2003 according to the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

按照 CMA 西北太平洋热带气旋年鉴所用的标准,比较了 3 个预报中心热带风暴(TS)、强热带风暴(STS)和台风(TY)频数的差异。其中,TS 的最大风速为 17.2—24.4 m/s,STS 为 24.5—32.6 m/s,TY 大于 32.6 m/s。结果表明(表 1),按照 CMA 资料所得年平均 TY 频数多于 RSMC Tokyo 和 JTWC,3 个中心依次分别为 15.8,14.3 和 14.8。CMA 的均方差最大,达 4.7,而 RSMC Tokyo 和 JTWC 分别为 4.2 和 3.9。CMA 和 RSMC Tokyo 的年平均 STS 频数均为 5.7,均方差和极值也是略有差异,而 JTWC 的 STS 年平均频数(4.6)和均方差(1.9)均

偏小。3 个中心的 TS 频数差异较大,其中 CMA 和 RSMC Tokyo 平均值相差 2 个,分别为 4.7 和 6.7。

JTWC 居中(为 5.7)。与 TC 总频数类似,上述差异亦均不能通过 1%信度的统计检验。

表 1 据 3 个中心资料所得 TY,STS 和 TS 年频数的基本统计量对照表

Table 1 Statistics of the annual frequency of typhoon (TY), strong tropical storm (STS) and tropical storm (TS) based on the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

	TY			STS			TS		
	CMA	RSMC Tokyo	JTWC	CMA	RSMC Tokyo	JTWC	CMA	RSMC Tokyo	JTWC
平均值	15.8	14.3	14.8	5.7	5.7	4.6	4.7	6.7	5.7
均方差	4.7	4.2	3.9	2.3	2.1	1.9	2	2.7	2
极大值	21	20	19	9	9	8	10	13	10
极小值	6	5	7	1	2	2	2	3	2

为了解飞机探测对 TC 频数资料的可能影响,对比分析了飞机探测业务停止前(1977—1986 年)、后(1988—2003 年)3 个中心 TC 年频数的统计特征量。从平均绝对差异看,不论是 RSMC Tokyo 还是 JTWC,与 CMA 资料的年 TC 频数差异在后一阶段(1988—2003 年)都有所减小。其中,CMA 和 RSMC Tokyo 的差异从 1.0 减小到 0.9,CMA 和 JTWC 的差异从 2.2 减小到 1.9。而各中心年 TC 频数差值的标准差在两个时段没有明显差别。结合前面的显著性检验结果,可以认为各中心资料的 TC 频数差异并未因飞机探测的终止而变得更为显著,反而有减小的趋势,这应与各预报中心对卫星图像和资料应用水平的日益接近、国际间信息交流的日益频繁有关。

4 TC 强度统计特征比较

对比 3 个预报中心 TC 强度资料的基本统计特征量(表 2)。可见,不论是在飞机探测停止前,还是停止后,3 个中心的强度统计特征量都存在差异。

从现阶段的情况看(1988—2003 年),CMA 的

强度平均值和均方差均居于 RSMC Tokyo 和 JTWC 之间,但和 RSMC Tokyo 的更为接近,3 中心的平均值分别为 30.8(CMA),30.2(RSMC Tokyo)和 32.5 m/s(JTWC),均方差分别为 10.3(CMA),9.5(RSMC Tokyo)和 12.4 m/s(JTWC)。对 3 个平均值进行了信度为 1%的 t 检验,发现它们两两之间均存在着显著的差异。

从飞机探测停止前后的变化看,CMA 与 RSMC Tokyo 的差异在飞机探测停止后有所减小,平均值差异从 0.9 m/s 减小到 0.6 m/s,均方差的差异从 1.3 m/s 减小到 0.8 m/s。而 CMA 与 JTWC 的差异则在飞机探测停止后有所增大,平均值差异从 1.1 m/s 增大到 1.7 m/s,均方差的差异从 0.4 m/s 增大到 2.1 m/s。RSMC Tokyo 与 JTWC 的差异也在飞机探测停止后增大,而且变化更为明显,平均值差异从 0.2 m/s 增大到 2.3 m/s,均方差的差异从 0.9 m/s 增大到 2.9 m/s。统计检验(信度 1%)结果表明,1977—1986 年,RSMC Tokyo 与 JTWC 的 TC 强度均值并无显著差异。可见,飞机探测业务的终止使得 CMA 及 RSMC Tokyo 确定的强度与 JTWC 分歧增大。

表 2 各预报中心 TC 强度资料统计特征量

Table 2 Statistics for tropical cyclone (TC) strength based on the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

	1988—2003			1977—1986		
	CMA	RSMC Tokyo	JTWC	CMA	RSMC Tokyo	JTWC
平均值(m/s)	30.8	30.2	32.5	31.3	30.4	30.2
均方差(m/s)	10.3	9.5	12.4	11.3	10	10.9
样本数	8999	9038	8284	5707	5591	4837

从 3 个中心不同强度区间资料的频率分布看(图 2),在所有小于 40 m/s 的风速等级,CMA 和 JTWC 的风速频率分布都较为接近,而 RSMC Tokyo 与他们

差异较大。其中,在 TS 和小于 40 m/s 的 TY 风速等级,RSMC Tokyo 资料的出现频率显著偏高(超过 5%)。而在 STS 风速等级,RSMC Tokyo 频率

明显偏低。在 40—50 m/s 风速等级, RSMC Tokyo 和 JTWC 较为接近, 约 16%, 而 CMA 偏高, 约 18%。在 50 m/s 以上风速区间, RSMC Tokyo 的频率最小, JTWC 最大, CMA 居中。RSMC Tokyo 各等级风速资料频率分布还有一明显特点是, 随着风速的增大, 出现频率逐渐减小, 而 CMA 和 JTWC 均无此特点。

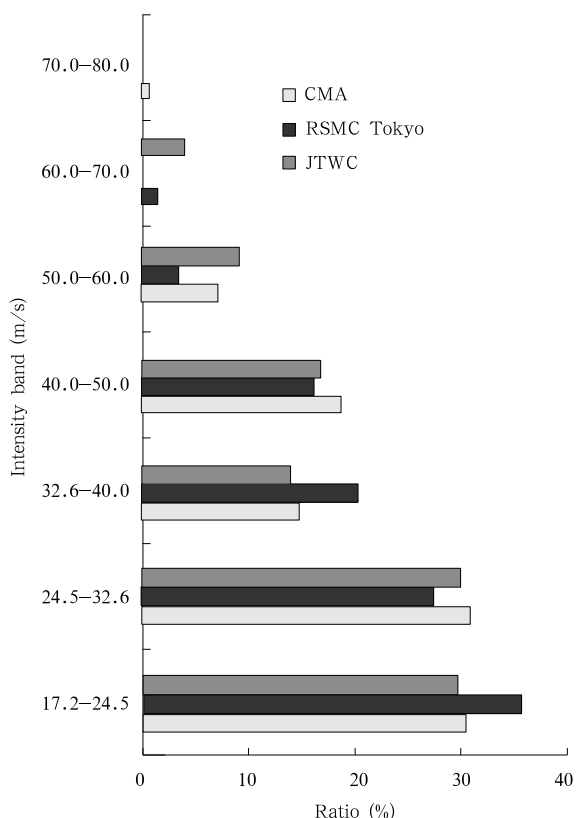


图2 各中心不同强度区间资料频率分布
Fig. 2 Ratio of TCs at different intensity bands according to the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

比较 3 个预报中心对相同 TC 在相同时刻强度值的差异(表 3), 发现 1988—2003 年, CMA 资料和 RSMC Tokyo 较为一致, 而且二者的差异比 1977—1986 年有所减小, 平均绝对偏差从 3.0 m/s 减小到 2.5 m/s。而 CMA 和 JTWC 的差异在 1988—2003 年较 1977—1986 年有所增大, 平均绝对偏差从 3.8 m/s 增大到 4.1 m/s。CMA 与其他 2 个中心资料差异的极值超过了 30 m/s。最为典型的个例是 1995 年 21 号 TC, 在该台风衰减阶段, CMA 的定强显著弱于 RSMC Tokyo 和 JTWC, 其

与 JTWC 的最大差异达 31 m/s (图 3)。

表 3 CMA 和 RSMC Tokyo, JTWC 的 TC 强度差异统计特征量

Table 3 Statistics for difference in TC strength between CMA and RSMC Tokyo (CMA-RSMC Tokyo), CMA and JTWC (CMA-JTWC) for the same TC

	1988—2003		1977—1986	
	CMA-RSMC Tokyo	CMA-JTWC	CMA-RSMC Tokyo	CMA-JTWC
平均绝对偏差(m/s)	2.5	4.1	3.0	3.8
极小值(m/s)	-16	-31	-14	-18
极大值(m/s)	26	20	32	29
样本数	8448	7504	5198	4638

CMA-RSMC Tokyo 表示 CMA 与 RSMC Tokyo 对同一 TC 相同时次强度的差值, CMA-JTWC 表示 CMA 与 JTWC 对同一 TC 相同时次强度的差值

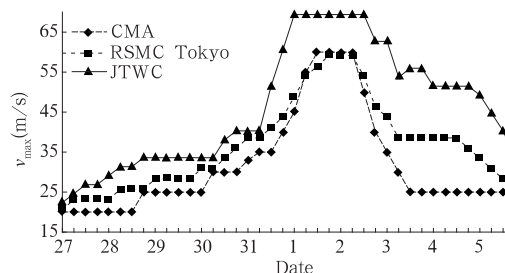


图3 各预报中心 9521 台风强度资料
Fig. 3 Intensity of typhoon 9521 according to the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

5 TC 强度变化统计特征比较

以 24 h 强度变化为代表, 对各中心资料所反映出的 TC 强度变化统计特征进行对比分析(表 4)。由表可见, JTWC 所定 TC 强度变化幅度较其他两中心大, 24 h 强度变化平均值为 2 m/s, 均方差为 9.3 m/s。24 h 强度变化的极大和极小值均出现在 JTWC 资料中, 分别为 38 (增强) 和 -40 m/s (减弱)。而 RSMC Tokyo 所定 TC 强度变化幅度较小, 平均值和均方差分别为 0.8 和 6.8 m/s, 24 h TC 最快发展速度仅 21 m/s。CMA 资料的强度变化幅度居中。信度达 1% 的统计检验结果表明, 3 个中心资料的 TC 强度变化均值间的差异是显著的。

从不同强度变率的频率分布看(图 4), CMA 资料呈单峰分布, 最高频率出现在 0—5 m/s, 达 27%。其次为强度稳定(0 m/s)和 5—10 m/s, 均为约 19%。JTWC 资料呈双峰分布, 主峰值出现在 5—10 m/s (21.7%), 次峰值出现在 0—5 m/s (14.1%)。RSMC Tokyo 资料则有 3 个峰值, 最大值出现在 5—10 m/s

表 4 据各预报中心资料 24 h TC 强度变化的统计特征量

Table 4 Statistics for TC strength changes in 24 hours based on the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

	1988—2003		
	CMA	RSMC Tokyo	JTWC
平均值(m/s)	1.6	0.8	2.0
均方差(m/s)	7.8	6.8	9.3
极大值(m/s)	30	21	38
极小值(m/s)	-35	-33	-40
样本数	8754	7329	8270

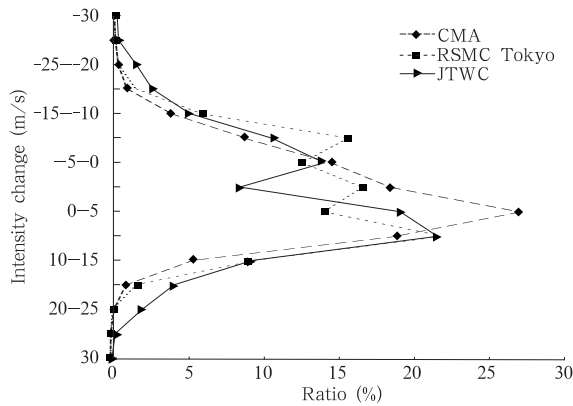


图 4 各中心资料 24 h 强度变化频率分布曲线
Fig. 4 Distribution of TC intensity change in 24 hours according to the datasets from CMA, RSMC Tokyo, and JTWC

表 5 TC 强度气候持续性预报方法各预报时效的样本数和回归方程统计量

Table 5 Sample numbers and statistics of the regression equation of the climatic persistence forecast method for TC strength

	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
样本数	17971	15946	14917	13418	11885	10661
复相关系数	0.938	0.844	0.759	0.69	0.646	0.615
剩余标准差(m/s)	4.36	6.90	8.51	9.64	10.28	10.74

4.36 m/s 增大到 10.74 m/s,即随着预报时效的延长,方程预报效果变差,这是由气候持续性预报方法的特性所决定的。

6.2 预报不确定性分析

表 6 不同初值条件下,TC 强度气候持续性预报方法 2000—2003 年预报的均方根误差(RMSE,m/s)

Table 6 Root mean square errors (m/s) of TC strength forecasts for 2000—2003 using the climatic persistence forecast method with initial values from three different major forecast centers

	24 h			48 h			72 h		
	CMA	RSMC Tokyo	JTWC	CMA	RSMC Tokyo	JTWC	CMA	RSMC Tokyo	JTWC
样本数	959	959	959	725	725	725	524	524	524
RMSE(m/s)	5.95	5.48	8.07	8.83	7.80	10.92	9.92	8.54	11.04

(达 22%)。其次为强度稳定不变样本(0 m/s), 16.7%。第 3 个峰值出现在-5—-10 m/s(15.7%)。

6 简单统计预报方法的不确定性分析

从以上分析可以看出,不同预报中心给出的 TC 强度资料存在着较为显著的差异,在进行强度预报时,如采用不同预报中心的资料作为初值,很可能会得到不同的预报结果。这一初值问题给 TC 强度预报带来了一定程度的不确定性。为了对这种不确定性有一些定量的认识,首先建立了一个 TC 强度的气候持续性预报方法,然后采用 4a(2000—2003 年)的独立样本资料,分析取不同预报中心 TC 强度资料作为初值对预报结果的可能影响。

6.1 TC 强度的气候持续性预报方法

根据气候持续法原理,选取初始时刻纬度、经度、风速及它们在前 12 和 24 h 的变化共 9 个预报因子,采用逐步回归方法建立 12, 24, 36, 48, 60 和 72 h 预报方程,预报对象是相应时段的强度变化。为了简单起见,建方程时,仅仅采用 CMA 的资料,选取 1970—1999 年共 30 a 5—10 月所有 TC 组成统计样本,逐月建立预报方程,各预报时效的样本数和回归方程统计量见表 5。

由表 5 可见,所建方程的复相关系数从 12 h 预报的 0.938 减小到 72 h 的 0.615,剩余标准差则从

采用所建的 TC 强度气候持续性预报方法,分别用 CMA, RSMC Tokyo 和 JTWC 的 2000—2003 年的强度资料,进行 TC 强度的后报试验,预报误差分析结果见表 6。

由表可见,初值的差异会导致预报结果误差特性的明显不同。以 24 h 预报为例,采用 JTWC 资料所得预报误差最大,均方根误差(RMSE)达 8.07 m/s。而 RSMC Tokyo 资料所得预报误差最小, RMSE 仅为 5.48 m/s。CMA 资料居中,但与 RSMC Tokyo 的结果更为接近。

逐一分析预报方程后发现,初始时刻的强度和强度变化几乎入选了所有方程。简单地,线性多元回归方程可用以下等式概括

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots \quad (1)$$

式中 y 为预报对象, x_1, x_2, x_3, \dots 为预报因子, a, b, c, d, \dots 为回归系数。

如考虑最简单的一元回归情形

$$y = a + bx \quad (2)$$

代入均方根误差的计算公式

$$R_{\text{RMSE}} = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y - \hat{y})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

可得

$$R_{\text{RMSE}} = \left[(a + b\bar{x} - \bar{y})^2 + b^2 \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2b\sigma_x \sigma_y \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式中 y 和 \hat{y} 分别为强度变化预报值和实况,其余均为常用符号。如假设预报对象序列 \hat{y} 的统计特性不变,那么,当预报因子序列 x 的均值和均方差增大时,相应的 R_{RMSE} 也将增大。因此,据 JTWC 资料所得 TC 强度预报有最大的 R_{RMSE} ,而 RSMC Tokyo 的最小。线性拟和方程决定了用不同资料所做预报的差异与初值差异存在简单的线性关系。

以 24 h 预报为例,进一步分析了对于相同 TC 的相同时次,用 3 个中心资料所作强度预报的差异。发现,CMA 和 RSMC Tokyo 的平均绝对偏差为 2.5 m/s,而 CMA 和 JTWC 的平均绝对偏差达 4.0 m/s。对同一 TC 进行预报的最大差异则分别达 16 和 21 m/s。这表明,当前 TC 强度资料中存在的确定性增大了 TC 强度预报的难度。

7 结论与讨论

通过对比西北太平洋 3 个主要预报中心(CMA, RSMC Tokyo 和 JTWC)的多年资料,系统分析了各中心在 TC 强度确定方面存在的分歧,并采用一个简单的 TC 强度统计预报方法,探讨了取不同中心的资料作为初值给 TC 强度预报带来的不确定性问题。主要结论如下:

(1) 3 个预报中心的 TC 强度资料存在较为显著的差异。其中,均值差异通过了 1% 信度的统计检验,而对同一 TC 确定强度的最大差异超过 30 m/s。

(2) 对 TC 进行飞机探测可在一定程度上减小上述差异。

(3) JTWC 所定 TC 强度变幅最大,24 h 强度变化的极大和极小值均出现在 JTWC 资料中。RSMC Tokyo 所定 TC 强度变幅较小,CMA 居中。

(4) 3 个中心资料的各级 TC 频数均无显著差异。

(5) 对简单统计方法的计算分析表明,采用同一预报方程,据 JTWC 资料所得 TC 强度预报有最大的均方根误差,而 RSMC Tokyo 最小。

(6) 采用同一预报方程、不同初值所得的 24 h TC 强度预报平均绝对偏差达 2.5 m/s (CMA 和 RSMC Tokyo) 和 4.0 m/s (CMA 和 JTWC),最大可相差 21 m/s。

文中的分析表明,西北太平洋 TC 强度的基本资料问题增大了预报的难度,在实际业务中不容忽视。但是,本文仅仅讨论了相关初值问题给简单的统计预报所带来的不确定性问题。对于更为复杂的预报方法,例如数值预报,初值与预报结果之间往往存在非线性的关系,这种非线性的放大可能会导致预报结果更为显著的差异,这还有待今后进一步的研究。

此外,在此所讨论的西北太平洋 TC 强度预报中存在的初值问题,与集合预报中的初值问题有所不同。集合预报的每一成员的初始场往往是通过增加随机扰动给出的^[10],而本文分析结果表明,不同中心给出的 TC 强度资料在统计意义上存在显著差异,这是 TC 强度预报中存在的特殊问题。这一问题应可通过开展飞机探测业务、提高遥感探测资料的分析能力、增加海上测站密度、加强部门之间、国家之间的信息沟通等途径而得到解决。

致谢: 本文完成过程中与上海台风研究所端义宏研究员、陈仲良教授和徐明博士进行了多次讨论。

参考文献

- [1] Chen Lianshou, Luo Huibang, Duan Yihong, et al. An overview of tropical cyclone and tropical meteorology research progress. *Adv Atmospheric Sci*, 2004, 21: 505-514
- [2] 罗哲贤. 台风环流区域内中尺度涡量传播特征的研究. *气象*

- 学报, 2003, 61(4): 396-405
- Luo Zhexian. A study on mesoscale vorticity propagations in a typhoon-like vortex. *Acta Meteor Sinica* (in Chinese), 2003, 61(4): 396-405
- [3] 王栋梁, 梁旭东, 端义宏. 云迹风在热带气旋路径数值预报中的应用研究. *气象学报*, 2005, 63(3): 351-358
- Wang Dongliang, Liang Xudong, Duan Yihong. Impact of four dimensional variational data assimilation of the cloud drift wind data on tropical cyclone track numerical forecast. *Acta Meteor Sinica* (in Chinese), 2005, 63(3): 351-358
- [4] Wang Y Q, Wu C C. Current understanding of tropical cyclone structure and intensity changes—a review. *Meteor Atmos Physics*, 2003
- [5] Demuth J L, DeMaria M, Knaff J A, et al. Evaluation of advanced microwave sounding unit tropical-cyclone intensity and size estimation algorithms. *J Appl Meteor*, 2004, 43: 282-296
- [6] Edson R T. Evaluation of microwave in the life cycle of tropical cyclones. Preprints of 25th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2002. 477-478
- [7] Edson R T. Evaluation of TRMM and SSM/I imagery in the early development of tropical cyclones. Preprints of 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2000. 254-255
- [8] Yu H, Kwon H J. Effect of TC-trough interaction on the intensity change of two typhoons. *Wea Forecasting*, 2005, 20: 199-211
- [9] Holland G. *Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting*. WMO/TD-No. 560, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 1993
- [10] 周霞琼, 端义宏, 朱永祺. 热带气旋路径集合预报方法研究 I: 正压模式结果的初步分析. *热带气象学报*, 2003, 19(1): 1-8
- Zhou Xiaqiong, Duan Yihong, Zhu Yongshi. The ensemble forecasting of tropical cyclone motion I: using a primitive equation barotropic model. *J Tropical Meteor* (in Chinese), 2003, 19(1): 1-8

COMPARISON OF THREE TROPICAL CYCLONE STRENGTH DATASETS

Yu Hui^{1,2} Hu Chunmei³ Jiang Leyi^{1,2}

¹ Shanghai Typhoon Institute, Shanghai 200030

² Laboratory of Typhoon Forecast Technique/CMA, Shanghai 200030

³ Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 401147

Abstract

Analyzed in this paper are the 16-year (1988—2003) tropical cyclone (TC) intensity data from three major forecast centers for Northwest Pacific typhoons, i. e. China Meteorological Administration (CMA), Regional Specialized Meteorological Center Tokyo (RSMC Tokyo), and Joint Typhoon Warning Center (JTWC). Analysis results show that the mean strength difference of tropical cyclones between the CMA and RSMC Tokyo datasets and between the CMA and JTWC datasets are 0.6 and 1.7 m/s, respectively, which are both significant at the 1% confidence level; the maximum difference in the strength of the same tropical cyclone determined by three major typhoon forecast centers is more than 30 m/s; and the number of typhoons of the CMA dataset is greater than those of the RSMC Tokyo and JTWC datasets, and the mean square deviation of the annual frequency of typhoons of the CMA datasets is also largest, but there is no significant difference in the frequency of various category tropical cyclones among the three center datasets. The comparison of the data of different time periods with and without flight reconnaissance suggests that the flight reconnaissance over TC can to some extent reduce the discrepancy in determining the strength of TC among different centers.

A climatic persistence prediction model for TC strength is established to assess the possible impact of initial values on the prediction of TC strength, and four years (2000—2003) prediction experiments using different initial values from different forecast centers are performed. The experimental results indicate that the root mean square error (RMSE) of the 4-year independent forecasts is largest using the JTWC data, smallest using the RSMC Tokyo data, and in between using the CMA data. The averaged absolute deviation of 24h strength prediction using the CMA and RSMC Tokyo data/CMA and JTWC data is 2.5/4.0 m/s, with the maximum deviation reaching 16/21 m/s, respectively. Such a problem of the initial value arose from the basic data of the strength of Northwest Pacific tropical cyclones raises the difficulty in the strength prediction of TCs.

Key words: Tropical cyclone, Typhoon strength, Strength data, Northwest Pacific.