

日本数值预报产品在 MM5 模式中的应用

张建海¹, 张广周²

(1. 绍兴市气象局, 浙江 绍兴 312000; 2. 平顶山市气象局, 河南 平顶山 467000)

摘要: 针对目前中尺度数值模式 MM5 所用初始场局限于 NCEP 和 T213 的现状, 提出了应用日本数值预报产品 (JMA, 下同) 格点资料做初始场的想法, 并对试验过程进行了介绍。对台风 Rananim (0414) 登陆浙江的路径、移速、强度和降水等方面的数值模拟结果表明, 应用了 JMA 资料的 MM5 模式在原有基础上提高了预报精度, 尤其在台风登陆时间和登陆地点上提高更为明显。

关键词: 日本数值产品; 格点资料; MM5; 初始场; 台风 Rananim

中图分类号: P456.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2007)04-0066-05

引言

多年的预报实践表明, 日本数值预报产品在降水预报上具有较高的准确率, 是气象台站预报员使用较多的客观预报产品。自日本气象厅 (JMA) 在其网站上提供格点资料以来, 初步的业务化应用已在各级气象台站开展^[1]。与过去的传真预报图相比, 因其在预报层次、预报时间间隔上都更为精细, 因而深受预报员的欢迎。然而其资料的时空分辨率仍远远不能细致地描述暴雨、强对流等中小尺度系统, 而做好上述灾害性天气的预报恰恰是气象工作的重中之重, 因此开展对日本数值预报产品更深层次的应用至关重要。

近年来, 随着气象业务现代化进展的加快, 省级以及许多市级气象台都建立了 PSU/NCAR 联合研制的非静力平衡中尺度数值模式 MM5, 并在业务工作中取得了良好的效果。但以往的模式运行都是以 NCEP 或 T213 资料作为模式的初始场, 用 JMA 产品作初始场进行数值预报在浙江省尚未有人做过。事实上大气是一个非线性的对初值敏感的动力系统, 文献[2]指出: 无论台风是处于非转向阶段还是转向阶段, 台风路径预报对初始场都很敏感。本文利用以 JMA 产品为初始场的 MM5 数值模式, 对 2004 年第 14 号台风 Rananim 的登陆过程进行数值模拟,

并将模拟结果与 JMA 原始预报和实况进行对比验证。

1 初始场的形成

与 NCEP 的 GFS 模式资料一样, JMA 格点资料也是以 GRIB 格式保存的, 但两者的文件组织形式不同。GFS 资料是以某一时次所有要素、所有层次作为数据集的形式来保存的, 由于它本身就适合 MM5 模式, 在日常业务预报中下载后不作处理就可应用; JMA 资料是以某一时次单个要素、单个层次为单位来存储的, 需要转换成类似 GFS 格式的数据集, 即将某一时次一个个“小文件”合并成一个“大文件”。在此需要用到一个名为 wgrib 的程序, 它是专门用于 NCEP/NCAR 再分析资料等 GRIB 码文件的便携解码器, 包含在 GRADS 软件包中。由于 MM5 初始场中只需用到位势高度、温度、水平风分量、相对湿度、海平面气压的数据, 因此对于 JMA 提供的其他要素不必参加合并, 将 JMA 资料合并成 MM5 可读取数据的命令如下:

```
C:\>wgrib jmadata -d 1 -grib -append -o mm5data
```

2 修改 pregrid 的 Vtable 表

在 MM5 的 REGRID 模块中, Vtable 表的功能是帮助 pregrid 程序从数据集抽取 MM5 系统所需要的

收稿日期: 2007-07-08; 修订日期: 2007-09-17

基金项目: 浙江气象科技开放研究专项 (KF2006009) 资助

作者简介: 张建海 (1977-), 男, 浙江绍兴人, 工程师, 硕士, 主要从事天气预报工作。E-mail: kinhae@sina.com

变量。MM5 已为 NCEP 系列数据建立了几个 Vtable 表,它们存放在 pregrid/grib. misc 目录下。由于由 wgrib 合并得到的 JMA 数据与 GFS 数据在要素变量场的代码描述上有所不同,所以必须通过修改 Vtable 表为 pregrid 程序提供代码信息。需要强调的是修改后 Vtable 表的描述必须与前面的合并数据集一致,以确保 pregrid 程序能找到数据集所使用的相应代码。表 1 给出的是适合 JMA 合并数据的 Vtable 表。

Vtable 表的前 4 列表示 GRIB 标志变量,后 3 列表示 MM5 标志变量。GRIB Code 是标识所要存取变量的代码,比如在 JMA 的 GRIB 文件中温度通常

被编码为 11。Level Code 是标识层次类型的代码,从此种类型的层次上可以获得想要的变量,比如 100 表示气压层,1 表示地面以上的某个固定高度(m)。Level 1 是代表层次值的 GRIB 码,一个星号表示从 Level Code 定义的层次类型的所有层中获取数据,此星号只对气压层有效,即 Level Code 为 100,非星号表示只从 Level Code 定义的层次类型的一个层次获取数据。Level 2 用于由两个值定义的层次类型,比如某一厚度的平均值或累计值。RE-GRID Name 用于标识模式系统中变量的字符串,REGRID Units 用于标识变量的单位,REGRID Description 则是对变量的一个文本描述。

表 1 适合于 JMA 数据集的 Vtable 表

GRIB Code	Level Code	Level 1	Level 2	REGRID Name	REGRID Units	REGRID Description
11	100	*		T	K	Temperature
33	100	*		U	m s ⁻¹	U
34	100	*		V	m s ⁻¹	V
				RH	%	Relative Humidity
18	100	*		DEPR	K	DEPR
7	100	*		HGT	m	Height
11	100	0		T	K	Temperature at 2 m
33	1	0		U	m s ⁻¹	U at 10 m
34	1	0		V	m s ⁻¹	V at 10 m
				RH	%	Relative Humidity at 2 m
18	1	0		DEPR	K	DEPR at 2 m
2	102	0		PMSL	Pa	Sea-level Pressure

MM5 初始场的形成需要相对湿度这个变量,而 JMA 原始资料并没有提供,数据集中仅仅提供了温度露点差(DEPR),因此可以从温度露点差、气压和温度来导出相对湿度,从温度露点差到相对湿度的转换已经被包含在 pregrid 程序中,需要做的只是在 Vtable 表中添加相对湿度这一行,因为它不存在于原始文件中,所以表 1 中有关相对湿度的行没有 GRIB Code,这一点与 GFS 资料存在显著差异。

3 天气概况和数值试验简介

3.1 台风 Rananim 概况

0414 号台风 Rananim 于 2004 年 8 月 8 日 20 时(北京时,下同)在吕宋岛以东洋面上生成,生成后向偏北方向移动。10 日 05 时发展成强热带风暴,并向西北方向移动。11 日 02 时增强为台风。12 日 20 时在浙江省温岭市石塘镇登陆,登陆时产生异常

激烈的天气现象,无论风力、降水还是登陆时的强度,都超过了 7209 号、9417 号及 9711 号台风。登陆后强度逐渐减弱,并向偏西方向移动。13 日 02 时减弱为强热带风暴,08 时减弱为热带风暴,11 时离开浙江省进入江西省境内,14 时减弱为热带低压。15 日 05 时消亡。

3.2 试验方案设计

采用前面形成的 JMA 时间间隔为 6 h、水平分辨率为 $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 的预报场为模式的第一猜测场,在模式初始化过程中使用了常规探空、船舶和地面观测资料,最终形成模式的初始场,对台风未进行人工处理。设计双向反馈两重嵌套网格,粗、细网格格距分别为 45km 和 15km。模式中心点为 (28°N , 115°E),格点数为 121×121 ,垂直方向取 23 层 σ 坐标,模式顶为 100 hPa。粗、细网格均采用 Blackdar 行星边界层参数化方案、Reisner 软雹方案和云辐射

方案,分别采用 Betts-Miller 和 Grell 对流参数化方案,侧边界分别为张弛和时变边界,时间积分步长分别为 90 s 和 30 s,积分时间为 48 h,基本涵盖了热带气旋登陆前后的全过程,为求得模拟状态的逼真,在模拟过程中采用了客观分析资料全程四维同化。

4 试验结果验证

主要从台风路径、移速、中心气压、地面最大风速、降水等方面对模拟结果与实况进行对比验证。由于细网格更能直接反映台风系统的中尺度特征,故仅分析讨论细网格的模拟结果。

4.1 路径和移速的数值模拟结果

图 1 是中央气象台定位的 Rananim 实况路径和 JMA 数值预报、MM5 数值预报(采用 JMA 做初始场,下同)预报路径图,其中实线为实况路径,虚线为预报路径。不难看出,这 3 条路径是比较接近的,3 者的移动方向基本吻合,都是向西北偏西方向移动,特别是在台风登陆前 3 条移动路径非常一致,说明对台风 Rananim 路径模拟基本是成功的。但这 3 条路径在台风登陆后存在一定的差异,表现在登陆

后无论 JMA 还是 MM5 的预报路径都较实况偏北,误差较大。Rananim 登陆后有一个短暂的突然西折过程,虽然 JMA 也预报出来,但西折点较实况明显偏北,而 MM5 基本没有预报出来。

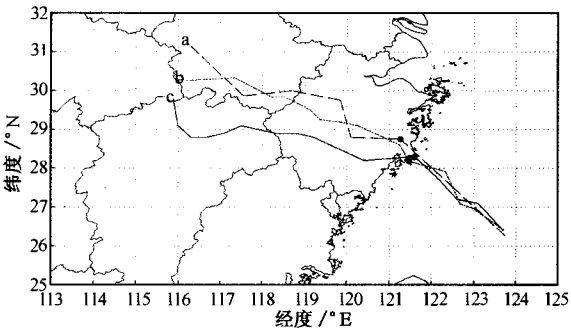


图 1 台风 Rananim 路径

a 为 JMA 预报,b 为 MM5 预报,c 为实况,
“·”为 12 日 20 时位置

图 2 为台风登陆时刻预报和实况的海平面气压场。从台风登陆时间和地点看,MM5 预报较优于 JMA 预报,与实况十分接近,而 JMA 预报在登陆时间上有明显提前,地点也有所偏北。

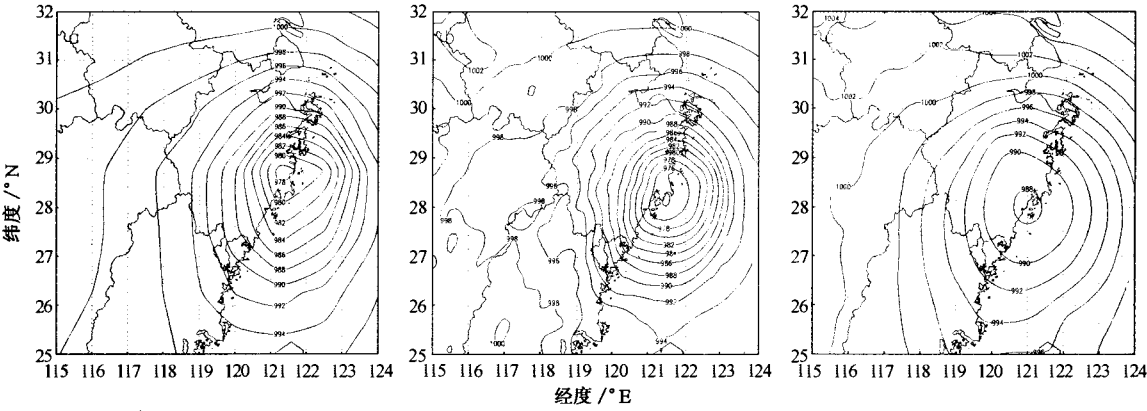


图 2 12 日 20 时海平面气压

a 为 JMA 预报,b 为 MM5 预报,c 为实况,单位:2hPa

表 2 给出了间隔为 6 h 的 JMA 和 MM5 的 48 h 路径预报误差。由表 2 可见,随着预报时效的延长,

显减小,0—24 h 和 24—48 h 平均误差分别减小 21.6 km 和 36.6 km。

表 2 Rananim 48 h 路径预报误差

时次/ (时/日)	08/12	14/12	20/12	02/13	08/13	14/13	20/13	02/14	08/14
JMA	16	34	59	45	138	152	144	191	166
MM5	1	15	18	82	67	129	181	165	66

预报误差显著增大,后 24 h 约为前 24 h 的 3 倍左右。对比分析 MM5 和 JMA 误差数据可知,除个别时次外,MM5 较 JMA 在台风路径预报误差上有明

显减小,0—24 h 和 24—48 h 平均误差分别减小 21.6 km 和 36.6 km。Rananim 登陆前有个移速明显加快的时段,图 3 给出了预报和实况 6 h 平均移速对比图。从图 3 可以看出,实况台风前 30 h 移速变化较小,基本维持在 21~26 km/h 之间,30—42 h 明显减慢,由 21 km/h 锐减到 6 km/h,42 h 后移速又有所加快。MM 5 移速预报前 30 h 与实况比较接近,且变化趋势也完全一致,很好地再现了台风登陆前加速、登陆后缓慢减速的过程,而 JMA 预报显示台风登陆前的加速不够明显,台风登陆后减速过程又过于急剧。模拟后 18 h,

JMA 预报结果略优于 MM5。

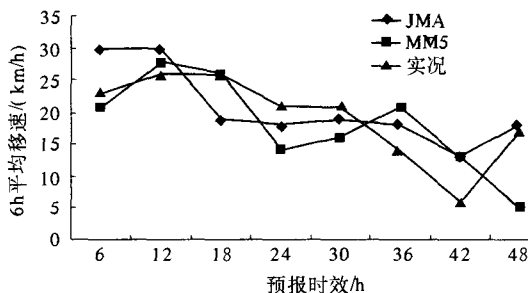


图3 台风实况和预报6 h 平均移速

4.2 强度的数值模拟结果

Ranim 台风中心气压和地面最大风速的模拟结果见表3。由表3可见,在模拟前12 h,JMA 和 MM5 台风中心气压平均预报误差分别为24.7和24.3 hPa,比实况值明显偏高;台风登陆后预报值与实况值逐渐接近,模拟后36 h 两者的差值仅为4.8和1.8 hPa。统计数据说明台风登陆后的强度预报比初始阶段要好,这与 JMA 格点资料的分辨率以及客观分析时海上缺少台风中心观测资料有关。虽然采用 Bogus 涡旋四维变分同化技术^[3]在一定程度上可以提高模拟初始阶段台风强度预报的准确性,但这一现象仍然存在。另外还发现强度预报误差的大小与台风本身强度有关:强度越强,差值越大;强度越弱,差值越小。地面最大风速的模拟结果与中心气压一样存在较大误差,但相对于 JMA 而言,MM5 预报误差要小一些。

4.3 降水的数值模拟结果

粗细网格的降水模拟结果非常类似,只不过细网格模拟的降水分布中具有更详细的中 β 尺度的雨团信息,这里仅给出细网格降水与实况降水的对比。

表3 Ranim 中心气压和地面最大风速

时间	中心气压/hPa			地面最大风速/(m/s)		
	JMA	MM5	实况	JMA	MM5	实况
12日08时	976	976	950	20	23	45
12日14时	971	973	950	24	27	45
12日20时	977	974	950	22	29	45
13日02时	985	978	975	18	22	30
13日08时	991	986	988	14	19	23
13日14时	992	988	992	12	18	18
13日20时	995	990	994	11	16	16
14日02时	996	992	995	9	13	14
14日08时	998	994	995	8	13	14

从图4所给出的 JMA、MM5 模拟降水与实况降水对比可见,暴雨区的范围两者与实况比较一致,但 MM5 预报最大降水中心位置比实况略偏北。从降水强度看,模拟得到的降水中心值小于实际值,MM5 相差约50 mm,JMA 则高达125 mm 左右,MM5 优于 JMA,这与钮学新^[4]用 MM5 模拟台风 Sinlaku(0216)降水预报偏小的结论一致。值得指出的是,实况浙西南和浙西北出现的3个次雨量中心 MM5 均模拟出来,且降水强度比较接近实况。图4b 中右下角的强降雨中心由于海上缺少雨量实况资料,预报准确性难以检验。另外,在 MM5 模拟降水分布中, β 中尺度雨团的特征非常明显,雨区中存在多个尺度在100 ~ 200 km 之间的强降雨中心,显示出台风降水的螺旋状结构,而实况由于地面气象站分布不均匀及空间分辨率不高的原因,其 β 中尺度特点不如模拟降水分布明显。

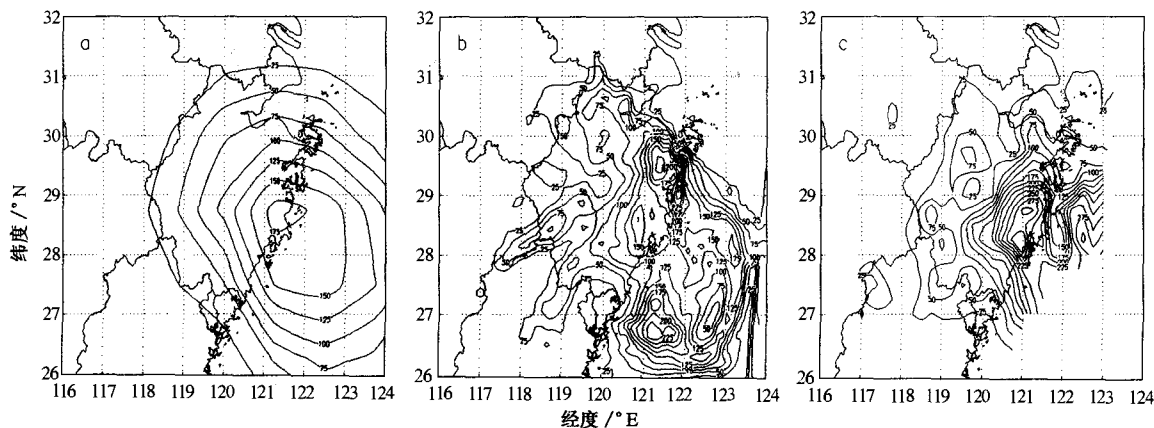


图4 12日08时—13日08时降水
a 为 JMA 预报,b 为 MM5 预报,c 为实况

5 小 结

数值天气预报问题在数学上表述为偏微分方程的初值问题。针对目前中尺度数值模式 MM5 所用初值仅限于 NCEP 或 T213 的现状,以及日本数值预报格点资料又能实时获取的有利条件,提出了使用 JMA 资料运行 MM5 模式的思路,并对初始场的形成和 MM5 相关配置的修改作了详细说明。

利用改进后的 MM5 模式对 2004 年登陆浙江的第 14 号台风 Rananim 进行了数值模拟,并对台风路径、移速、强度和降水等多方面进行了对比验证,结果表明:MM5 模拟是基本成功的,特别是对台风登

陆时间、地点的预报更接近实况,24 h 和 48 h 路径预报误差较 JMA 模式明显减小。

参考文献

- [1] 张建海,朱健,张寒. 日本数值预报格点资料介绍及处理的几个技术问题[J]. 浙江气象,2005(2):26-29.
- [2] 麻素红,瞿安祥. 不同初始场及侧边界对台风路径数值预报的影响[J]. 热带气象学报,2004,20(6):737-742.
- [3] 王栋梁,梁旭东. 台风数值模拟中 bogus 涡旋四维变分同化的研究[J]. 南京气象学院学报,2004,27(4):502-510.
- [4] 钮学新,杜惠良,刘建勇. 0216 号台风降水及影响降水机制的数值模拟试验[J]. 气象学报,2005,63(1):57-68.

Application of JMA Numerical Weather Prediction Product in MM5 Model

Zhang Jianhai¹, Zhang Guangzhou²

- (1. Shaoxing Meteorological Bureau, Shaoxing 312000, China;
2. Pingdingshan Meteorological Bureau, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: Focusing on the present situation of initial fields limited in NCEP and T213 data in using mesoscale model (MM5), a new thought of using JMA numerical weather prediction product in MM5 model is detailed introduced in this paper. With JMA initial field, a numerical experiment is conducted on the landfall typhoon Rananim, verified against observations. The track, the moving speed, intensity change and precipitation distributions are well reproduced and the accuracy is certainly improved base on JMA data, particularly on the landfall time and landfall dot.

Key words: JMA NWP; grid data; MM5; initial field; typhoon Rananim