

动力学延伸预报的前景

Kikuro Miyakodo

(GFDL/NOAA)

1 引言

我们确实清楚地看到,在过去十年里,业务中期预报获得了令人瞩目的改善。世界各业务中心已经花费了非常多的资源来提高其技巧水平。一场更激烈的国际性预报水平竞赛已在各业务中心间展开。

总的来看,朝着改善预报技巧方面的努力是十分正常和健康的。这些业务中心极为艰苦努力地工作,避免过分特别和取捷径的做法。从学院机构向中期预报中心作基本知识和技术的传播的确是有效果和有意义的,特别以ECMWF为例是如此。

由于模式的更新和资料同化的改善要求大量计算机时间和人力资源,经常提出这样的问题:对于小的研究团体或大学是否仍有参与改善各种预报系统的余地?1980年以来的历史表明,除了参数化的改善,数值计算效率的提高以及发展资料同化的某些部分等有限方面外,其可能性是不大的。

中期预报未来发展的前景十分光明,因而无需在此作进一步的讨论。为此,本文所述的“延伸”时段,不包括前10天,而是从第10天至两个季度。

自从用大气环流模式(GCM)试验制作数值长期天气预报以来(见Gilchrist,1986; Shukla,1985; Miyakodo和Sirutis,1985),已经有15年了。根据这些研究的成果大体形成了当前的如下共识:确定性预报上限约为2周,但超出此时限,仍然可以鉴别出某种程度的正技巧。我们认为,从战略上看一个月的预报应该是长期预报领域中要开拓的首选目标,因为这是紧靠着确定性预报时限以外的一个障碍。如果是这样,“预报技巧的预测”就是要从事的一个主要问题。

本文讨论的第二个主题是季节预报。Charney和Shukla(1981)推测,热带地区要较温带地区有更高的可预报性。因为前者边界强迫的可预报性占优势且斜压不稳定的影响较小,这是如今已被确认的事实。使用经验方法和简单的数值模式已经成功地显示出,对于El Nino(Barnett等,1987),对于印度尼西亚-澳大利亚地区、撒哈拉地区和巴西东北部地区的干旱(例如Nicolls,1981; Folland等,1986)以及印度季风(例如Shukla和Mooley,1987)作出预报是可行的。

假定ENSO是可预报的,ENSO信号的影响能扩展到全球,下一步则希望延伸的ENSO预报系统也能为作出温带地区的预报提供一个有用的基础。对于季度预报来说,前提条件之一就是构造一个可靠的预报体系,它包括一个适当的海气耦合的大气环流模式和正确的资料同化能力。海气耦合模式的第一个目标就是要达到其预报技巧能够与非耦合的大气环流模式(取指定SST观测值)相当。

2 30天预报

图1是30天预报的一个实例(Brankovic等,1990),显示出500hPa位势高度预报与观测值的距平相关系数数值随时间的变化情况,其模式为ECMWF的T63L16~L19。结果指出,集合平均预报的技巧从初始时刻以后逐渐减小,这一点并不令人感到意外。取5天平均和10天平均的后处理作法是为了评估一个月预报的技巧。然而,时间平均的结果,只不过使技巧得分略有增加。应该强调指出,在图1的一个月终了时,只余下微弱的技巧了。

对模式输出结果在作进一步后处理方面

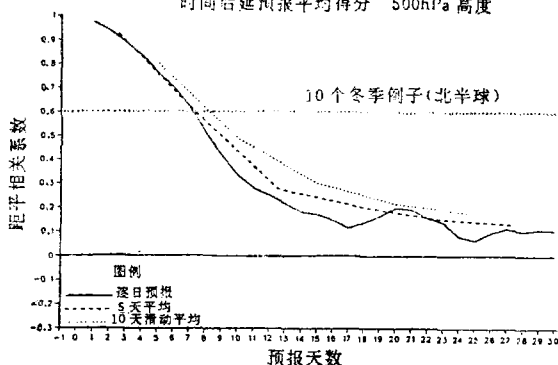


图 1 用ECMWF模式作的时间滞后预报的距平相关系数

曾进行过一些努力,以求挖掘出有用的特征,例如进行EOF平滑或进行“系统误差”的修正。2周以内的技巧得分确因进行EOF平滑而获得明显改善,而月平均的预报则改进不很大(Tribbia, 1988; Branstator, 1991)。Tracton 等(1989)认为,后处理是能够增进一个已有一定技巧的预报的技巧的,而对于不成功的预报来说则不能使之获得明显的提高。

这些试验的一个重要结果是,系统性误差(气候漂移)不仅在ECMWF模式中存在,而且对所有的GCM模式均存在类似的问题,即对流层和平流层下部总的都变冷,涡动能有可观的丧失,急流的最大值向北移动,气流纬向化和系统性的高度误差与阻塞预报误差相一致(Arpe, 1984)。模式工作者已被这些系统性的误差困扰十年之久了,他们在修改大气环流模式参数化方面以及增加模式空间分辨率方面作了大量的努力。Palmer 等(1990)称,由于大气环流模式的改善,ECMWF 大气环流模式的系统误差除热带地区外,已明显减小,温带地区的预报技巧由于进一步改善热带地区的预报还可以提高。的确, Tsuyuki (1990)发现北半球 6—15 天的预报技巧强烈地依赖于对赤道地区Madden-Julian振荡的预报能力,这表明,改进 30 天预报是有余地的。另一方面,ECMWF的经

验(见Molteni 等, 1987)表明, T21 的分辨率是太低了,而对于一个月的预报来说用 T 106 的分辨率并不比用 T63 在预报技巧方面有显著的增加。

还有一点应该指出, Tracton 等(1989)根据 108 个30天积分的动力学延伸预报(D-ERF)试验绘制了一张图(图 2),图中给出用 R 40 L 18 模式制作的 11—20 天预报的准确率以及持续性预报的技巧得分。可以看到,两条曲线有一定程度的相关。这可能表明,当天气形势发生重大变化时, 30 天预报的技

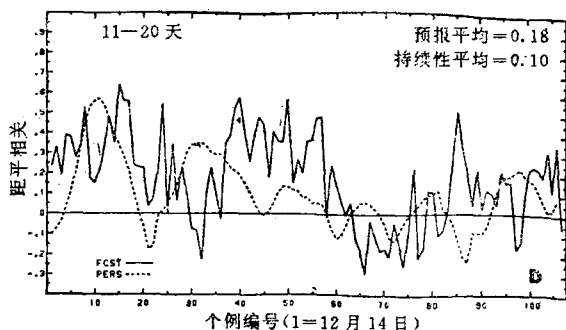


图 2 11—20天 500 hPa 高度预报(实线)和持续性预报(虚线)与实况的距平相关系数。横坐标为个案编号(取自 Tracton 等, 1989)

巧会丧失。换言之,当“天气体系”突然变化时,模式是很难模拟这种环流形势的。

总之,可以这样说, 30 天时间尺度上预报技巧的增加将主要限于那些已经有一定预报技巧的情形(约为全部预报个例的 40%)。换句话说,我们正面临着“确定性的”可预报性的极限,除了例如Madden-Julian 振荡等问题尚有余地外,预报技巧很难获得重大的改善。有意思的是,该极限的本身表现为对于某些例子其预报效果令人惊奇的好,而对另外一些例子,则完全失败。因此,对于长期预报来说近期的任务是要找出哪些情况不具备可预报性(当前约占 60%)。为达到此目的,一个合乎逻辑的步骤是利用二阶矩的信息,即表示集合预报诸个例“离散程度”的指数(Murphy, 1988; Hayashi, 1986; Molteni, 1988)。如果离散度太大,则 30 天预报的结

果将不提供给公众。这种作法是合理的和可能的吗?

3 集合预报

Epstein (1969) 发展了一个随机动力预报的理论。考虑到随机动力系统花费大而且复杂, Zeith (1974) 建议更换另一种处理途径, 即使用一个数值模式和用随机数产生出若干初始条件, 这就是蒙特卡洛方法。还有与之有关的一些方法, 即一种不同的分析方法和滞后平均预报 (Hoffman 和 Kalnay, 1983)。应该说, 所有这些方法与 Epstein 原先提出的精巧的经典方法相反, 都是强力办法。我们的基本兴趣在于, 离散度能否对预报的可信程度提供有用的信息。

在将离散程度用于实例方面已经有若干工作。Kalnay 和 Dalcher (1987) 的早期工作表明离散程度与实际技巧之间的关系相当好, 但这种好的关系仅仅维持 4 天, 此后就迅速变坏。DERF 的结果 (Tracton 等, 1989) 表明预报的离散度对于 1—10 天和 1—25 天平均能够解释大约 17% 的技巧方差。

在另一研究工作中, Baumhefner (1989; 1991) 利用蒙特卡洛技术对 36 个冬季的例子作了 30 天预报, 每个集合预报包括 10 个预报。对这些集合预报均检验其实际预报技巧。Baumhefner 认为, 集合平均预报与实况的相关系数总是高于或等于诸个别预报与实况相关系数的平均值。而对于 30 天平均值而言, 预报技巧与离散度之间的关系实质上不存在。

据此, 我们认为, 从目前的情况看, 集合预报离散度在 4—5 天后并没有什么实际价值。为什么? Kaluay 和 Dalcher (1987) 和 Tracton 等 (1989) 指出, 在预测预报技巧的适用性方面与地区的关系很大。这当然是问题的一个方面, 另一方面则是系统的模式误差。

问题的第三个方面是当天气体系发生变化或分岔的时候, 描写集合预报诸个例间离

散程度的指数未必是个好的参数。例如, Baumhefner (1989) 指出, 某些构成集合预报的成员含有某种信号, 但它们只是少数。于是, 他推论说, 当前用以产生蒙特卡洛集合预报的采样方法对于正确估计散布情况是不够的。Brankovič 等 (1990) 在他们的聚类分析方法中也揭示出类似的现象。

4 天气体系的转换和 (或) 纬向气流与阻塞分岔

Blackmon 等 (1984) 根据 700hPa 位势高度的频率分布将温带地区的变化分为三个组, 但根据 Kushnir 和 Wallace (1989) 的工作, 在这里我们分为四个组。第一组为高频区, 由小于 10 天的高通滤波器来表示, 第二组为中频区, 由 10—60 天的带通滤波器或周平均来表示, 第三组为月际变化频率区, 可由 60—180 天的带通滤波器或取月平均来表示; 第四组为低频区, 可由大于 180 天的低通滤波器或取季度和更长时间的平均来表示。

其中, 高频区并非长期预报的目标。30 天预报的主要兴趣在于中频区的变率。而季度预报的重点则为月际及低频的变化。以下我们将简要讨论一下长期预报的三个目标, 并把频率的顺序颠倒过来, 从低频区开始。

根据 Kushnir 和 Wallace 的研究, 低频区是以明显的偶极子型占优势的, 即 PNA (太平洋—北美型) 和 NAO (北大西洋涛动)。由于 Wakler 和 Bliss 1932 年发表的开创性文献和后来 van Loon 和 Rogers (1978) 的再次强调, 后者是很有名的。关于月平均位势高度场的月际变化频率区, 已为 Wallace 和 Gutzler (1981) 的先驱性工作做了广泛的研究, 区分出五种主要型式, 即 WA (西大西洋型)、PN-A、EA (东大西洋)、EU (欧亚型) 和 WP (西太平洋型)。随后, Horel (1981), Barnston 和 Livezey (1987), Mo 和 Livezey (1989), Kushnir 和 Wallace (1989) 和 Malteni 等 (1990) 使用主分量或旋转主分量分析对这些

型式作了研究。至于中频区, Blackmon 等指出, 波列的发展是以能量向下游频散为特征的。两个波列沿着大陆的“波导”呈纬向扩展。他们强调的另一个方面是: 波列起源于急流的入口区, 与急流交会并以从中纬到热带的向南频散占优势。而Lanzante(1990)利用旋转复主分量技术对同一课题(500hPa高度的10—30天平均)作了独立的研究, 得出了很不相同的图象。他认为, 在这个频区的变化是以明显的准周期(周期性有变化)为特征的。

综上所述, 30天预报的目标是中频区大气的变化, 即周际的振荡, 而季度预报的目标是月际和低频区的变化, 即月际变动和季平均值。至于中频区, 环流型式的变动是有明显周期的, 虽然周期性并不固定而有变化。这个频区内的一种波型是在 60°N 附近的一族后退的 Rossby 波; 第二种波型是类似于NAO的空间波型; 第三种是中纬度的一族按经度受地区限制的前进和后退波列。与此相对照的是, 对于月际变化频率区, 已经得出五种或更多的主要遥相关型式。两类在急流出口区有偶极子结构, 另两类是在风暴路径的上游部分的偶极子, 第三种类型则是有波列穿过欧亚大陆。至于低频区, 明显的偶极子型式占总方差的18%, 即PNA和NAO。

对于温带环流型式还有其它的分类方法。Sutera(1986)和Hansen与Sutera(1986)研究了实测的位势高度场的密度分布, 发现行星波振幅具有统计上显著的双峰分布。Sutera(1986)是在Charney和DeVore's(1979)理论推动下完成他的工作的, 他们提倡两种平衡解, 分别代表“纬向气流”型和“阻塞”型。

识别这些突出的环流型, 有什么意义? 对我们有什么启示? 首先, 人们希望(如果不是必要的话)知道一个模式能在多大程度上预报这些型式, 因为这些环流型在相应的频率区间是显著的和主导的分量, 例如阻塞形势是导致干旱的决定性因素。其次, 这些

天气体系的分岔或变换会导致预测预报技巧的复杂化。

从长期预报的观点来看, 最少有两种天气变化的情况值得注意。一种是可预报性令人瞩目的丧失。Palmer(1988)根据与PNA型相联系的正压不稳定的理论研究, 在这方面引入了一个崭新的思想。他根据ECMWF大量10天预报的集合预报分析后得出, 东太平洋地区的预报技巧与低频振荡的PNA型的振动有很强的相关。

这个概念随后被许多人作了研究, 如Horel和Roads(1988)使用一个简单动力学模式, Chen(1989)和O'Lenic和Livezey(1989), 使用NMC的业务中期预报, 以及Traction等(1989)使用30天预报试验。这些研究均支持Palmer的发现。

当天气体系转变为反PNA型时, 由于动力学的不稳定, 大气就经历一急剧变化, 其结果是可预报性丧失。

另一种值得注意的和难以应付的情形是, 出现了天气体系的分岔或变化。此时, 新解将偏离原来的解, 而离散度必将表现为双峰分布。或者由于天气体系的转换, 离散度的计算变得特别复杂, 指数会失去它的意义, 除非各种天气体系的密度分布是确切已知的。

有待探讨的问题是: 在何种情况下会出现天气体系的分岔或变化? 应该如何对环流型式进行分类? “聚类分析”能有助于揭示所有这种类型的转换吗(Legras和Ghil, 1985; Mo和Ghil, 1985; Kimoto, 1987; Molteni等, 1990; Molteni和Tibaldi, 1990)? 在聚类分析时, 环流体系是根据多维空间超球面按优势EOF特征向量进行分类的。使用仅识别纬向气流和阻塞形势的概率密度函数, 如Sutera(1986)所作的那样, 是足够的和适当的吗?

李小泉译自 Ninth Conf. on Numerical Weather Prediction, 1991.

卞琪校