

西北太平洋热带气旋国际实验概述

董克勤 彭治班

(气象科学研究院)

提 要

1990年8—9月,台风委员会成员、美国和苏联将在西北太平洋海域,分别组织同步热带气旋现场实验。本文对这些实验计划的目标,观测手段,资料收集等作了概括叙述。

引 言

1990年8—9月,在西北太平洋将同步进行几个分别组织的热带气旋现场实验。美国实验的主要目标是改善和提高对热带气旋移动基本规律的认识。台风委员会成员国实验的目标是获取加强观测资料,研究热带气旋移动,改进热带气旋业务预报。苏联的实验目标,除热带气旋移动研究和预报以外,还着重考察海洋的热力不均匀对热带气旋的影响以及海洋对热带气旋过境的响应。实验期间,有关地面、高空站的观测和探测将加密,美国、苏联实验将分别有专用气象探测飞机参加,苏联、日本、美国将有船只参加观测,较多的多普勒雷达和雷达风廓线仪将投入应用,将建立不少浮标站充实地面观测,气象卫星分析也将加强等等。综合考虑这些同步的现场观测的分析集成,将提供空前丰富的研究西北太平洋热带气旋的资料;其实时报告也将有助于热带气旋的业务预报。许多气象工作者都关心这些即将进行的西北太平洋热带气旋现场实验情况。为此,我们根据1989年底马尼拉第二次国际热带气旋科学研讨会上,关于西北太平洋热带气旋国际性实验的报告^[1],并参考部分热带气旋特别实验的材料,比较匆忙地写出这个材料。以下分实验计划的提出,实验目标,

实验观测和资料收集等几个部分进行介绍。

计划的提出

在1985年11月曼谷召开的第一次国际热带气旋学术研讨会的总结会上,美国热带气旋专家提出打算在西北太平洋进行热带气旋的现场实验。1986年10月,这项实验列入美国海军研究部(Office of Naval Research)关于改善对热带气旋移动的基本认识的5年计划的一部分。这项研究计划的其它部分包含对现有资料的观测和理论研究,提出有待现场实验检验的假说。1987年8月,美国停止了对西北太平洋热带气旋的飞机探测。在没有飞机观测平台和它们所提供的热带气旋和天气观测情况下,美国现场实验的维持成为疑问。美国方面决定请求台风委员会成员国参加。在1989年10月30日至11月6日东京召开的台风委员会第22届会议决定,台风委员会成员国组织有关热带气旋转向和异常运动的特别实验(SPECTRUM-90),目标是改进热带气旋业务预报,但实验时间可与美国实验同步。苏联也宣布,在1990年6—10月进行名称为TYPHOON-90的考察计划。考察队将包括4条船、一架飞机,考察将与以上两个现场实验协调。另外,我国台湾的气象工作者打算在实验同期进行热

带气旋与台湾地形相互作用的特别观测。这些实验观测资料的集成可望提供用于热带气旋移动研究的最好资料。毫无疑问，全部资料也将有利于西北太平洋地区热带气象学和热带气旋其它方面的研究。

实验目标概述

1. 美国实验

表 1 中给出了美国实验中要验证的 3 个

表 1 美国热带气旋移动现场实验 (TCM-90) 要检验的设想

设想 I	强热带气旋与副高脊间的相互作用将使环流发生变化，并使热带气旋路径比没有气旋-脊作用情况时发生显著偏离。
设想 II	热带气旋与瞬时天气尺度系统，如中纬度槽或对流层高层槽 (TUTT) 等的相互作用，引起一种伸展层次深厚的响应，当这种相互作用发生时，热带气旋路径发生显著转折。
设想 III	特定的一组传播矢量，即风暴运动与特定气流的偏离量，可由热带气旋的特征和环境场形状特征来定义。

设想。第一个设想包括由热带气旋诱生的一对反向旋转的环流叠加在副热带高压脊上引起的水平相互作用。一种情况 (如图 1a 所示) 是叠加使反气旋涡度增强，脊西伸，热带气旋继续西行。另一种情况 (如图 1b 所示) 是，在气旋的东边，反气旋涡度增强，使热带气旋穿过副高脊向极地方向移动，气旋转向偏早。这些环流的水平尺度为 1000 km，是由地球的涡度梯度 (β) 及纬向和经向的大气涡度梯度引起的。这些大尺度环流是一种引起热带气旋偏离“引导气流”的传播矢量。此传播矢量的大小是热带气旋

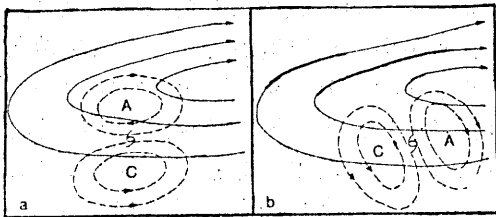


图 1 热带气旋诱生的一对反向旋转的环流 (虚线) 叠加在副高脊上引起的两种作用情况

- 使脊西伸，热带气旋继续西行
- 热带气旋穿过副高脊，向极地方向运动

外围风强度和环境场特征的函数。为了阐明这些环流及其对热带气旋移动的作用，需要观测热带气旋外区 (300—800 km) 的风和环境场。这要求现场实验布署集中于观测热带气旋沿副高脊和通过副高脊向极地的运动。

第二个设想 (表 1) 是考虑中纬度槽或热带对流层高层槽等特征 (见图 2)。热带

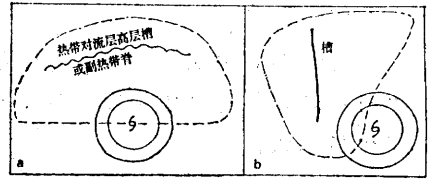


图 2

- 热带气旋和对流层高层槽及副高脊相互作用
- 热带气旋与中纬度槽相互作用

气旋转向与中纬度槽有关的例子最常见，也是造成预报误差大的相当重要的原因。这种作用对槽与热带气旋的相对位置相当敏感。一种情况是，中纬度槽扫过热带气旋而热带气旋继续西行，甚至可能西南行。尽管热带气旋和槽是天气尺度，但它们之间的相互作用时间相对较短 (6—12 小时)。G. J. Holland 最近根据澳大利亚季风实验资料分析指出，这种相互作用可以在高层激起一种正常方式的响应并向下传播，改变下层的气流。

第三个设想是试图按热带气旋特征 (例如外围风强度) 和/或环境气流条件 (例如环境切变或涡度梯度) 分组定义一小组传播矢量。环境引导气流定义为离风暴中心 5—7 纬距半径 850—300 hPa 的平均风。Carr 和 Elsberry (1990) 指出，从以前出版的合成资料集可以导出环境涡度梯度 (不是正好等于 β) 作为传播矢量。根据 Gray 教授的观测研究，使用 Krishnamuriti 等人的数值模式，这一题目的研究将继续进行。

2. SPECTRUM-90

实验总的目标是获取加强观测资料，研究西北太平洋热带气旋的移动路径，以便改

进各成员的热带气旋业务预报。同时也鼓励使用所获资料进行热带气旋其它课题的研究。

这次实验力求阐明的科学问题是:

- (1) 热带气旋转向;
- (2) 副高脊很弱时, 热带气旋仍向西移动;
- (3) 在弱的环境流场中, 热带气旋移动缓慢、打转、异常运动和多个热带气旋问题;
- (4) 热带气旋运动与大尺度环境流场相互作用。

3. TYPHOON-90

苏联的实验将研究引起热带气旋路径异常, 或热带气旋强度和移动发生大的变化的机制。异常路径定义为移速 6 小时变化 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上, 或移向 6 小时改变 45° 以上。强度变化的临界值为中心附近最低气压 12 小时加深或升高 10hPa 以上。TYPHOON-90 的关键在于有 4 条苏联研究船在热带气旋经过前后进行海洋热力结构观测。此外, 热带气旋进入研究区内时要增放探空仪, 苏联飞机 (IL-18) 将在此地区观测热带气旋内部结构及其附近环境场, 苏联的极轨卫星也将提供重要信息。

TYPHOON-90 的设想和特殊的目的是在表 2 中概要给出。其设想 I 与表 1 中 TCM-90 的设想一致。设想 I 有关的目标 (3)、(4)、(6) 与 SPECTRUM-90 的预报目标一致。

表 2 中设想 II 的海洋观测在美国的 TCM-90 和 SPECTRUM-90 中都没有。这几只苏联船观测洋流和温度的装备精良。苏联飞机将提供第 (3) 项所要求的热带气旋内部 (核心) 结构的观测。南北向间隔 2.5 经距的一系列海洋观测将给出热带气旋的海洋前期条件。苏联船也将追随热带气旋之后观测海洋的响应, 将得到确定热带气旋前后引起的海洋变化情况所

表 2 苏联 TYPHOON-90 现场实验设想和目标

	设 想	目 标
设想 I	热带气旋和大尺度环境背景气流相互作用引起的异常路径	<ol style="list-style-type: none"> 1. 获得必要有关热带气旋结构和环境气流的资料, 分离出热带气旋环流, 揭示其与环流的相互作用。 2. 进行异常路径的天气形势的个例研究。 3. 检验苏联的热带气旋路径预报技术, 例如, 正压和斜压数值模式及统计模式。 4. 在路径异常阶段进行不用无线电探空、船舶报告、风廓线仪或卫星资料等和用不同客观分析法的敏感性试验。 5. 形成大尺度背景对异常路径影响的概念模式。 6. 检验考察船, 莫斯科和海参崴的业务热带气旋预报。
设想 II	海洋热结构变化引起热带气旋强度的变化, 同时产生侧向力, 此力正比于引导气流和热带气旋速度之差, 将引起路径变化和打转	<ol style="list-style-type: none"> 1. 观测热带气旋经过前后海洋上部温度分布不均匀的空间尺度和时间变化。 2. 路径的偏离与海洋上部热焓分布的相关。 3. 热带气旋内核 (半径为最大风区半径的 2-3 倍范围) 的热结构和气压场与海洋热量场的相关。 4. 比较热带气旋经过前后, 海洋上部 (至 1000m) 流场。 5. 观测热带气旋过后涌升流区的垂直运动随时间的变化。 6. 研究热带气旋引起的热力异常。
设想 III	热带气旋结构和强度的不对称与路径变化有关	<ol style="list-style-type: none"> 1. 观测热带气旋路径附近的对流、海温及风场的不对称分量。 2. 进行热带气旋路径的个例研究, 以建立适当的参数, 描述内流层和外流层的不对称特征。

必须的最详细的船舶调查资料。

另外, 据悉我国台湾的气象工作者打算在实验期间了解移近或登陆台湾的热带气旋的风场的变形和降水场分布。由于台湾中部山脉高达 3000m 以上, 所以影响相当大。热带气旋经过山脉后, 路径变化明显, 有时会第二次发展加深。热带气旋路径的改变, 与其接近台湾时的方向有关。热带气旋降水在起伏的山地的分布可能对其到达时的方向及风场的结构敏感。

实验观测

1. SPECTRUM-90

图 3 给出了台风委员会在 SPECTRUM-90 观测期间进行 6 小时一次高空探测的站

点分布。日本将向日本以南海域和Nansei群岛以北海域派遣两条观测船。位于Tsukuba的日本气象研究所计划每小时进行一次风廓线仪连续观测,但所得资料不能实时应用。

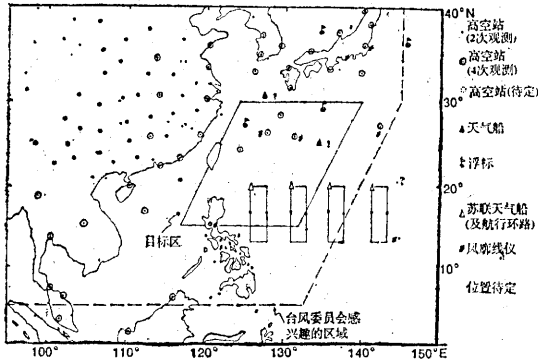


图3 台风委员会SPECTRUM-90的高空探测网

2. TCM-90

美国国家天气局在关岛, Yap, Koror和Truk的气象站在TCM-90的加强观测期间(IOP) 06和18时将进行高空探测(图略)。预计与菲律宾联合工作的Clark站在此期间也进行06和18时观测。在马里亚纳群岛北部的Pagan岛和Farallon de Pajaro增加了两个美国高空站,可能由在这一区域航行的船舶进行探测。计划在关岛和几个亚洲港口间经过的船舶上进行高空探测,从使用LORAN或OMEGA导航信号的微型无线电探空装置得到的观测资料,计算风廓线。

3. TYPHOON-90

如图3所示, 125°E西面、25°N北边有合适的观测网,但菲律宾海大部没有无线电探空,4条苏联船将在滞留期间提供20°N, 126—141°E必要的高空大气探测。如上面所示,这些船将向南移到13°N,向东移2.5个经距,然后再向北,在每个阶段的开始时回到20°N。这些船平时每日进行2次高空探测,热带气旋离船距离小于500km时,每日探测4次,离船距离小于300km时增加到8次。

4. 单层风报告

由于苏联船和日本船的加入,现有观测网覆盖情况改善了。但若没有其它观测补充,即使在最佳情况下,也还不足以解决图1所示的环流和热带气旋与其环境场相互作用的其它方面的观测问题。

在SPECTRUM-90期间,日本气象厅(JMA)将增加处理云推导风的资料。计划在威斯康星大学(麦迪逊)气象卫星研究协作所进行静止气象卫星图象的再分析。使用来自联合观测网增加的温度观测和风的报告,将使卷云推导风的高度确定有所改进。

5. 雷达风廓线

在SPECTRUM-90期间,日本有2台雷达风廓线仪每小时观测一次。

美国计划增设5台风廓线仪,补充现有的风廓线观测(见图4)。这5台风廓线仪

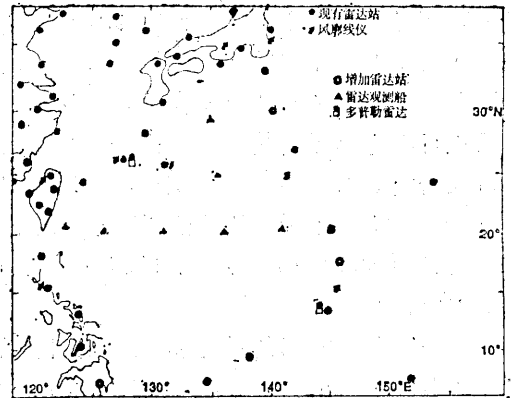


图4 1990年热带气旋国际实验雷达和风廓线仪位置位于观测区的边界上。由在冲绳, Minami Daita Jima和Iwo Jima补充的风廓线仪形成了沿副高脊线的东西向一线分布。南北方向的变化可由在马里亚纳群岛的塞班和菲律宾的克拉克增设的风廓线仪来观测。

风廓线仪计划在1990年7月1日开始运行,比整个实验提早一个月。这5台新风廓线仪大多数在两个月的野外实验中将连续作业。正在探讨通过全球通讯系统(GTS)传输一些雷达风廓线资料进入各个国家的分析和预报中心的业务资料同化系统。野外实验

的早期成果之一，可能是评价热带气旋预报中雷达风廓线仪资料的用途。另外，据悉我国台湾的气象工作者计划在实验期间用两台风廓线仪进行每小时一次观测。

6. 飞机

飞机将主要用于观测热带气旋的结构，补充陆地和船舶无线电探空间的空白。

苏联中央高空观测台的IL-18飞机是一架有4个发动机的涡轮螺旋桨飞机，可连续飞行3000km，最大飞行高度可达400hPa。飞机上装有整套的科学仪器，包括一台垂直方向的多普勒雷达。

TCM-90将用NASA DC-8飞机，9小时可以飞行4000海里，可以到达200hPa高度，可携带许多准备在卫星上使用的遥感仪器，例如测量热带降水的标准仪器，可以

用于测定热带气旋及其它热带环流的雨带、云。

最近获悉，在飞机（DC-8）上设置下投式降落槽（dropchute）的工作已进行，6月19日左右，初试机上装有两台罗伦型接收机，可同时得到两台下投式无线电探空仪的测风资料。图5上给出了一个使用DC-8证实表1中设想II的例子。由于飞行高度高，并有下投式探空仪，因此可得到完整的热带气旋和附近环流相互作用带的三维结构。

美国空军气象局（Air Weather Service）在TCM-90实验的第一阶段（8月1—23日），可有两架WC-130飞机支持实验。这种4个发动机的涡轮螺旋桨飞机一般可飞9小时，2700海里，飞行高度前期达500hPa，后期可达400hPa以上。有些WC-130飞机装有改进的天气侦察系统，其中包括惯性制导设备，自动资料探测和数字化传输。这些飞机可使用下投式探空仪，其应用见图5下。

7. 多普勒雷达

实验期间，有4部多普勒雷达投入工作。美国空军地球物理实验室投资麻省理工学院在关岛设一部5cm雷达。目的是开发下一代天气雷达（NEXRAD）实时应用的热带风暴观测、追踪和分析算法。

日本气象研究所计划在冲绳设置一部3cm多普勒雷达。这部雷达只能对周围64km范围进行多普勒速度观测。

我国台湾的北端现有一部多普勒雷达，据悉在实验期间也将进行观测。这部雷达观测范围为120km，因而在热带气旋靠近台湾时最有效。

另外，苏联“Akademik Skirshov”号研究船上载有一部多普勒雷达。风速观测的覆盖半径为70km，TYPHOON-90实验期间也将观测几次热带气旋附近雨带的降水的反射率。

总的来说，设置的多普勒雷达应当能保

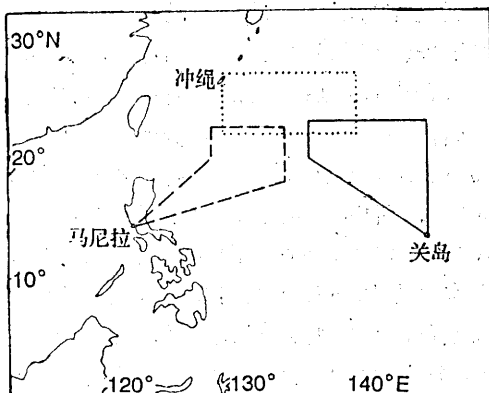
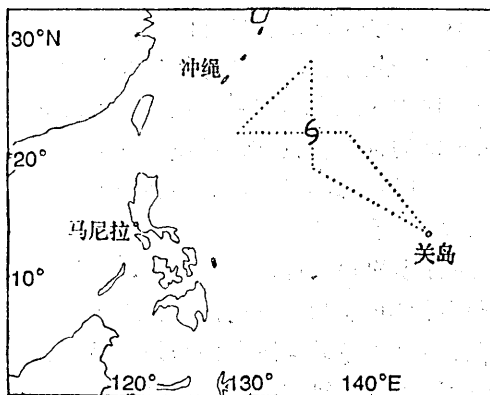


图5 飞机飞行路径

上图：观测热带气旋与附近大气环流间的相互作用

下图：从冲绳、关岛、菲律宾起飞提供天气学路径观测

证得到良好的热带气旋资料集。虽然其风的观测资料不能实时应用，但研究资料集将用于开发未来热带气旋应用的计算。

8. 浮标站

如图3所示，日本气象厅在 29°N ， 135°E 和 27°N ， 125°E 附近分别有一固定浮标站，观测资料通过GMS传输，很容易在GTS上得到。南朝鲜计划在黄海建一个浮标站，也将通过GMS传输资料。

美国预计1990年夏季建16个漂移浮标站，仅测量海平面气压、气温和海表温度。用极轨卫星通过Service Argos传输资料。浮标至少可以连续发送资料90天。可用飞机调度浮标站。

资料收集

1. SPECTRUM-90

SPECTRUM-90的目的是改进热带气旋路径预报。因此，主要是通过GTS实时收集资料。台风委员会各成员国将提供自己的资料目录，日本气象厅在此基础上，汇编总资料目录。预计总目录可在1990年12月底脱稿。另外，还将由日本整编提供速阅资料(quick look data)。台风委员会成员可以用磁带复制应用这些速阅资料。

2. TYPHOON-90

苏联参与这次考察的每条船(和飞机)都有一收集整理观测资料的计算机中心。各种类型的标准船舶观测实时传输到旗舰和海参崴的水文气象中心(和东京)。旗舰把所有资料都以适于国际交流的形式收集和贮存到磁带上。

3. TCM-90

TCM-90的资料管理如图6所示。实验资料尽可能地实时传输，以便实验预报组和实验实施组应用。但预计有些观测资料会在通讯中遗失而迟到，或供研究组用而不通过GTS传输。由于TCM-90的主要目的是改进对热带气旋运动的基本认识，因而将尽极

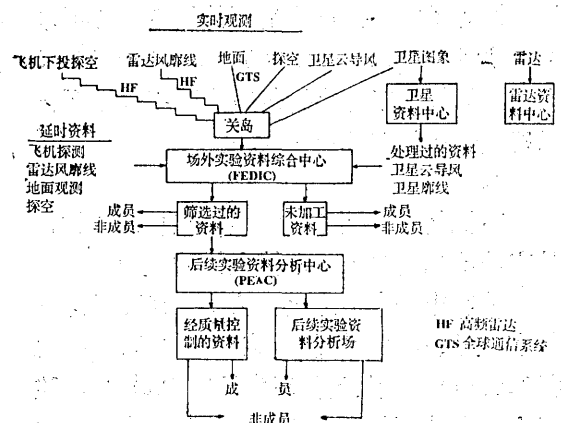


图6 TCM-90实验资料处理计划

大努力收集延时的或不传送的实验资料。另外，还计划对卫星云推导风(cloud-drift wind)、研究飞机观测、下投式探空仪资料实验后处理。这些资料将在Tamar Neta和Patrick Harr领导下在资料综合中心与实时资料结合起来。一级质量控制将消除传输中的错误或无意义的资料。进一步处理包括消除重复的资料和更细致的质量控制。所谓FGGE II级形式筛选过的资料预计实验结束后6个月可得到。

对许多用户来说，未加工的或筛选过的资料可满足研究和预报的需要。而另一些用户则希望得“最后分析”的结果。最近在蒙特雷举行了一个研究会，考虑以目前的资料同化系统作为准备最后分析的指导。在资料处理准备、客观分析、资料同化系统、初始化技术和准备最后分析的其它有关问题的基本方面得到了一致看法。分析的内范围为 $5-40^{\circ}\text{N}$ ， $105-150^{\circ}\text{E}$ 。由于要求水平分辨率为50km，所以经向约有75个网格点，纬向约为100个网格点，垂直方向约20层。预计所有的高空站在加强观测期间6小时放一次无线电探空仪，所以此期间6小时做一次分析。而在两个加强期之间，标准的12小时天气学时间间隔一般足够了。

美国国家气象中心将在S·Lord的领导下准备最后分析。风和质量场将用多重变化

(multivariate) 客观分析。在靠近赤道时, 将以质量场逐步吸收来维持热带环流的辐散和非地转风分量。湿度场分析将是单一变化的。还将探讨使用包括在卫星测得的云型、云顶资料基础上得出的假湿度廓线的方法。在资料同化过程中仍保留对失去吸引力的资料作一些人工检查, 分析的资料场将广泛地与公认的质量好的观测资料比较检查。为了避免由观测得出的外区风结构受到歪曲, 极小程度上伪造的热带气旋位置和核心区结构将被采用。最后分析的资料将达到FGGEⅢ级形式。这些分析资料预计在实验后一年可使用。

4. 资料交换

如果所有的野外实验期间实时和延时的观测资料能够共享, 那么上述的最后分析资料将是最精确的。因此正协商安排资料交换。完整的资料将首先供给参与计划和实施现场实验的研究者使用。其他研究者将迟一些得到。

从以上概述可以看出, 1990年西北太平洋热带气旋实验是一项对预报业务和科学研究都有重要意义的工作。参加现场实验的国

家和地区空前广泛。台风委员会成员、美国和苏联将协调进行同步观测实验。实验的主要科学问题是, 由于热带气旋与环境场的相互作用而引起热带气旋路径变化。这是长时间以来国内、外热带气旋预报和科研中迫切希望解决的课题。此外如热带气旋过程前后海-气的相互作用也是大家关注的科学问题。常规高空、地面观测时次的加密和飞机、卫星、船舶、漂浮站等观测的空间补充, 将大大改善热带气旋及其环境场的监测覆盖状况。多普勒雷达和风廓线仪等新型仪器将在实验中应用并得到检验, 这也是过去没有的。如前所述, 这些现场实验将获得比以往更丰富的关于热带气旋的资料, 其中一部分可实时传输用于业务预报, 较全的资料集将在同化分析整理后供热带气旋及有关的科研应用。

参考文献

- (1) R. L. Elsberry, An international experiment to study tropical cyclones in the western North Pacific. Presented at Second International Workshop on Tropical Cyclones 27 November—8 December, 1989, Manila.

International experiments on tropical cyclones over the western North Pacific

Dong Keqin Peng Zhiban

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

Three separated (but coincident in time) field experiments on tropical cyclones in the western North Pacific will be carried by the members of the Typhoon Committee, the USA and the USSR, respectively, during August—September 1990. Here is the summary on the objectives, observational network and instruments, and data collection of the experiments.