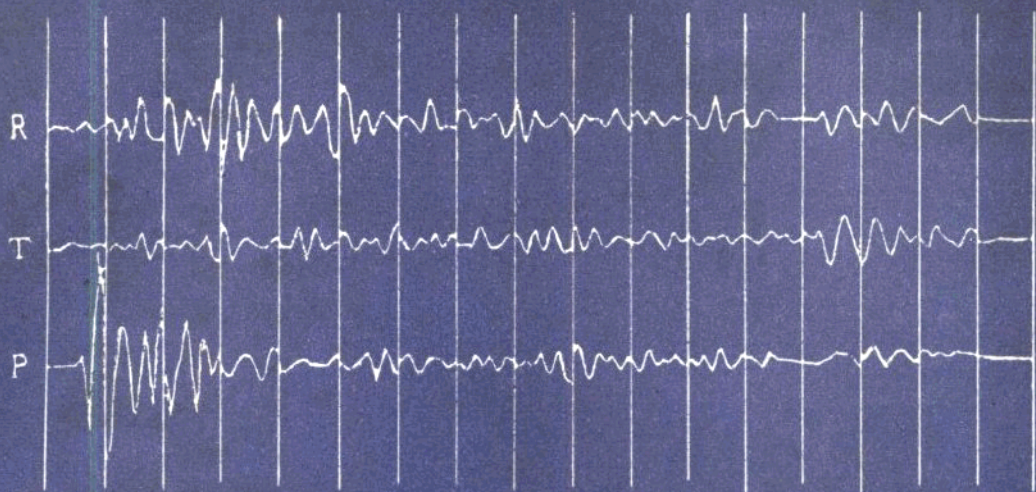




80年代

日本地震预报研究进展

卢振恒 李荣安 全鏊道 赵 振 吴 戈 编译

海洋出版社

八十年代日本地震预报 研究进展

卢振恒 李荣安 编译
全璧道 赵振 吴戈

海洋出版社

1990·北京

内 容 提 要

本文集概括地总结自1980年以来日本地震预报研究在各个专门领域内所取得的进展和成果。资料丰富,内容翔实,总结性强,基本上反映了日本地震预报研究八十年代的水平。

本文集可供从事地震预报研究人员和大专院校有关专业师生参考。

八十年代日本地震预报研究进展

* * * *

卢振恒 李荣安
 编译
全菱道 赵 振 吴 戈
特约编辑 李宣瑚 方伟芝
责任编辑 王加林

· ~ · ~ · ~ · ~ · ~ · ~ · ~ · ~ · ~

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

海洋出版社印刷厂印刷

* * * *

开本:787×1092毫米 16开本 印张:18.625 字数:470千字

1990年4月第一版 1990年4月第一次印刷

印数1-2000册 定价, 10.00元

ISBN 7-5027-0908-8/P·102

目 录

●大范围地区观测现状和成果●

气象厅地震观测现状及成果(津村建四朗)	(1)
国立防灾科学技术中心地震预报观测现状和成果(大竹政和)	(8)
日本的微震活动(1983年7月~1984年6月)(高木章雄等)	(15)
日本列岛精密大地测量网的测量及其成果(多田尧)	(29)
地质调查所的地壳活构造研究(衣笠善博)	(37)
日本水路部为地震预报进行的海底考察现状(加藤茂)	(42)

●近几年地震的研究成果●

伊豆半岛及周围地区的近期地震活动(石田瑞穗)	(47)
1982年浦河近海地震及其预报的若干问题(本谷义信等)	(57)
1982年茨城县近海地震的特征与关东地区周围地震活动性的关系(溝上惠)	(65)
1983年日本海中部地震(长谷川昭)	(77)
1983年10月31日鳥取县中部地震(M6.2)(尾池和夫)	(84)
1984年5月30日山崎断层地震(M5.6)(岸本兆方)	(98)
1984年长野县西部地震(青木治三)	(106)
花折断层的地震活动性(渡边晃)	(113)

●各学科领域的研究成果及问题●

地震活动与地震预报(宇津德治)	(122)
地震预报研究中的历史地震研究现状和问题(石桥克彦)	(129)

地震预报计划中的海底地震观测(岛村英纪)'	(143)
人工地震法调查地下构造(吉井敏尅)	(155)
与地震发生有关的散射和衰减随时间的变化(佐藤春夫)	(159)
最近地壳形变连续观测(石井紘)	(165)
用埋入式体积应变仪进行地壳形变的连续观测(山本雅博等)	(175)
地震预报中的重力测定方法(萩原幸男)	(183)
应用地球电磁学方法进行地震预报研究的最新进展(行武毅)	(190)
日本地壳应力测量的研究动向和问题(田中丰)	(199)
地球化学观测研究成果及问题(胁田宏)	(214)
活断层近期研究的进展与展望(山崎晴雄)	(224)
岩石破裂实验的基本问题(永谷仁)	(231)
作为地壳的力学薄弱点的火山—以伊豆大岛火山为例(中村一明)	(239)
日本地震前兆现象的统计(滨田和郎)	(244)

●地区性课题研究和今后问题●

内陆M7级地震预报的战略(力武常次)	(254)
日本海沿岸地震和区域大地构造及其长期地震预报(三云健等)	(262)
首都圈的地震预报(浜田和郎)	(273)
东海地区地震预报的几个问题(茂木清夫)	(282)

●综合研究●

地震预报的展望(青木治三)	(288)
---------------	---------

●校译者后记●

气象厅地震观测现状及成果

津村建四朗

(气象厅地震火山部地震预报情报课)

摘 要

如同由国土地理院进行的全国大地测量资料一样,日本气象厅在全国范围内进行的大、中、小地震的监测,为长期地震预报研究提供最基础的资料。

根据长期计划,日本气象厅扩大了全国地震监测网,使之尽可能均匀地复盖整个国家。自1978年以来,由于高增益地震仪(76型和OBS)的布设和遥测系统的建立,检测能力得到很大提高,发生在日本内陆和沿海地区的三级以上地震不仅可以检测到,而且能准确无误地确定出地震的位置。可是除了早已架设海底地震仪连续工作的东海和房总半岛邻近地区外,其他海域的检测水平仍然较低。

据日本气象厅资料编辑的日本气象厅地震月报,长期以来为各类用户广泛利用,还有几种对过去积累资料进行再分析后编辑成的地震目录,目前这些资料通过新的手段便于使用,例如,联机数据库与个人计算机。尽管如此,在使用时还是应该仔细考虑以前的观测和资料处理方法的改变

据1979年8月制定的大震对策特别措施法,指定东海地区为防灾对策强化地区。从此,该区建立起日本首次地震预报与对策相联系的体制。日本气象厅负责短期地震预报,与有关机构合作利用高密度台网进行连续观测。从1987年以来,由于称之为“地震前兆现象综合监测系统(EPOS)”的新的计算机系统的建立和遥测数据的增强,使监测能力有了更大提高。

1. 序言

在地震预报计划中气象厅所承担的全国大、中、小地震的观测,同国土地理院进行的全国性大地测量成为地震的长期预报最基础的观测项目。前震活动及震群活动的观测在短全预报中是重要的,因此,气象厅在长远设想的基础上,努力加强和完善尽量均匀地覆盖期国的地震监测体制。

由于使用76型放大倍数高的测震仪以及气象资料传输网的建设和完善,实现地震资料的遥测化及集中处理等,其结果,气象厅的全国性地震监测能力从1978年开始明显提高,对于内陆与沿海地区,几乎无遗漏的观测到最初定的目标, M_3 级以上地震,并能求得震源。对于海域在东海近海及房总近海建立海底地震日常监测系统,并正在达到同一水平,

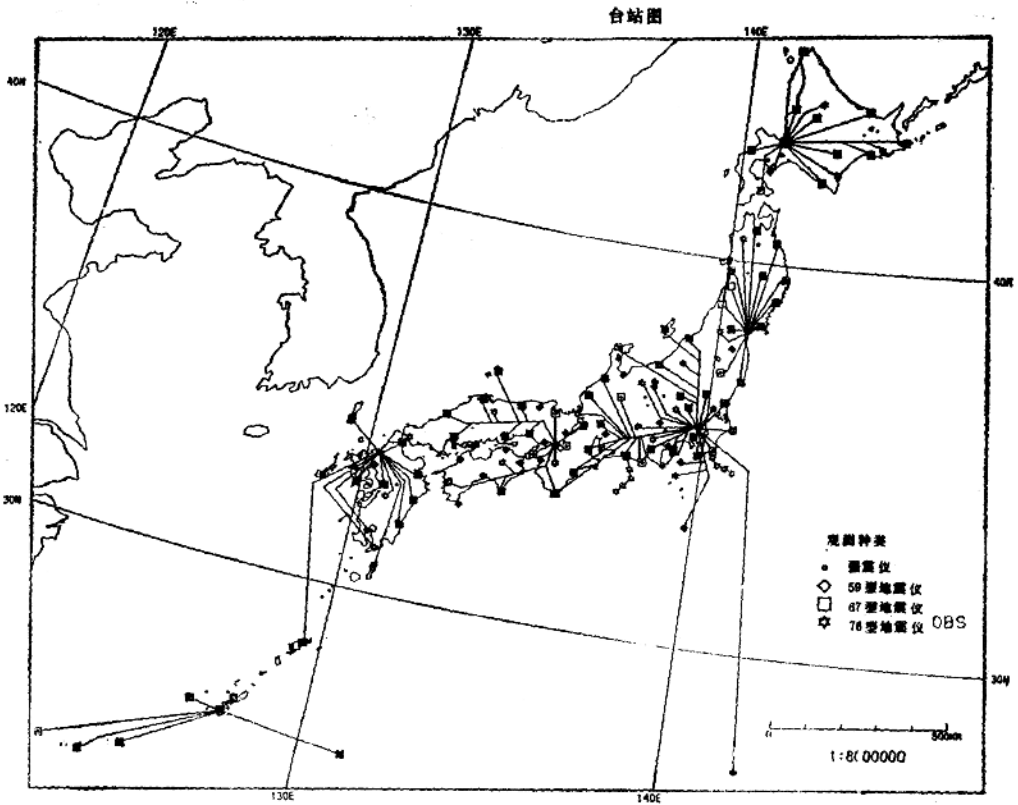


图1 日本气象厅所属地震台，向区域中心
传输的台站在图上用实线连接

但是，普遍尚不够理想。

在气象厅的地震观测成果中，震源资料和监测资料是以地震月报的形式发表，并广为利用。为充分利用过去积累的资料，还要进行重新调查，编制了若干地震目录。这些已成为在联机资料库及个人电脑等新型情报系统也可利用的时代。但是，需要注意由观测及数据处理的变迁而产生的数据的不均一性。

在东海地区，通过根据大规模地震对策特别措施法进行地震防灾对策强化地区的确定工作，从此在我国头一次建立与防灾直接联在一起的地震预报体制。负有短期预报责任的过象厅取得有关部门的协助，连续进行各种高密度观测数据的日常监视。从今年开始，通气建立“地震活动等综合监视系统”及利用遥测仪进一步集中数据，使得监视体制更加完善了。

2. 完善大中小地震观测网

气象厅的地震观测，其目的是提高以包括地震预报在内的各种调查研究的基础性资料。以及发布海啸预报及地震情报这一同防灾直接有关的问题。为此，全国性地震活动监

视业务采用24小时体制。对于大、中、小地震的异常活动，随时都能迅速反应，边发表必要的情报，边与有关部门联系，这是气象厅地震观测的一个特点。图1系气象厅地震观测网的现状。图2表示1960年以来各种地震仪的运转数目变迁情况。各种地震仪的配备情况如下。

1) 近几年，气象厅的一倍强震仪所取得的中周期低放大倍率的地震记录，作为重要资料用于大地震等震源过程的研究（例如，竹尾，1985）。不过，这是在50年代开始用的机械式地震仪，由于全振幅为6厘米左右时限幅而且采用滚筒式烟记录和墨水记录方式，对详细的解释是不够的。因此在气象厅研究所地震火山研究部(1983)，研制了宽频带、高动态范围的83型强震仪。从1987年开始，性能几乎差不多的电磁式强震仪从东海地区开始布设。由此可望在大震震源区获得完整的地震记录。

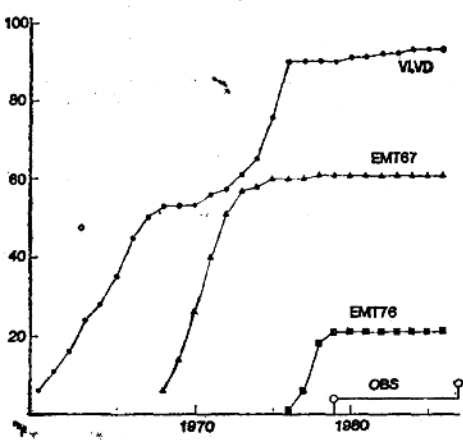


图2 日本气象厅累计的地震台数目。VI和VD分别为日本气象厅59型和61型带可见记录的电磁式地震仪。67型和76型是数字记录的电磁式地震仪，OBS是安装在东海和房总近海的长期海底地震观测系统

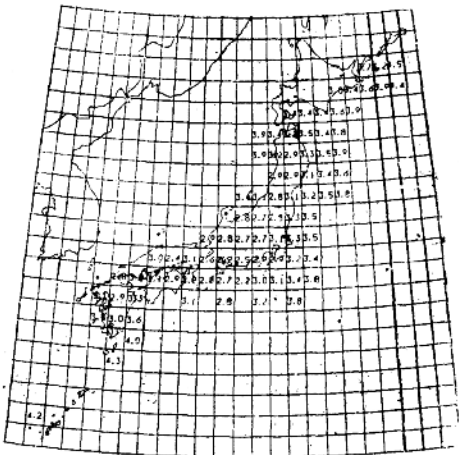


图3 由日本气象厅精确测定的最小震级分布

2) 从昭和初期开始，作为气象厅（中央气象台）地震观测的主要仪器维谢尔式测震仪，是从1960年开始经十几年时间，被差不多同样特性的可见式电磁地震仪（59型及61型，100倍）所代替。现在在93个观测站继续使用，为中、小地震震级的确定及有关地震波形的研究提供必要的资料。

3) 为了提高小地震的监测能力，首先从1968年开始，几年内在61个地震站配置了磁带记录式地震仪（67型，1000—3000倍）。在布设时，在城市曾通过将换能器设置于浅钻孔内的办法试图提高信噪比，但要避开日益增大的城市干扰还是不十分理想。因此，自1976年至1979年期间，除了冲绳之外，在全国20个观测站设置了高灵敏度磁带记录式电磁地震仪（76型，10000倍）这样改变了过去将地震仪放在气象官署院内的原则，在山区平静的地方（东京除外）设置井下换能器，并采用了遥测方式，因此得到了信噪比好的高灵敏

度记录,明显地提高了小震监测能力和确定震源的精度。就内陆及沿海地区,作为图3所示的目标,都能够不漏地求出 $M3$ 级以上地震的震源(横山,1984)。

4)气象厅地震观测站(松代)设置各种地震仪,进行近震及远震的观测,于1983年建设在直径为10公里的圆周上有六个观测点。在其中心有一个观测点的台阵观测系统,其目的是为了提高监测能力及进一步改善精度。这也是气象厅地震观测网的辅助手段(长田等,1984)。

3. 海底地震日常观测系统

在日本,海域的地震活动是活跃的。在海域为了监视同内陆一样的 $M3$ 级以上地震,需要用海底地震仪进行观测。而且,跟气象厅一样,为了监视地震的发生,并为海啸预报及地震情报的发布方面使用,有必要进行日常遥测。气象研究所地震火山研究部(1980)研制了适合这种目的的海底地震日常观测系统,于1978年设置在东海近海。从第二年开始正式观测,直到现在仍很正常,成为为东海地震预报的日常监视的有力武器。该系统是用长约160公里的海底电缆连结最远点和中间的三个点,在这些点上设置高倍率地震仪,在最远点(深度2202米)配备低倍率地震仪和使用高灵敏度压力传感器的海啸仪,所有数据通过御前崎的中继局遥传到东京。过去认为东海近海的地震活动很弱,但通过连续的海底地震观测,弄清楚了该区存在微弱地震活动及间歇性的震群活动(滨田,1983)(图4)。

于1985年,在房总近海也建立了跟东海近海的观测系统一样的系统,从1987年正式开

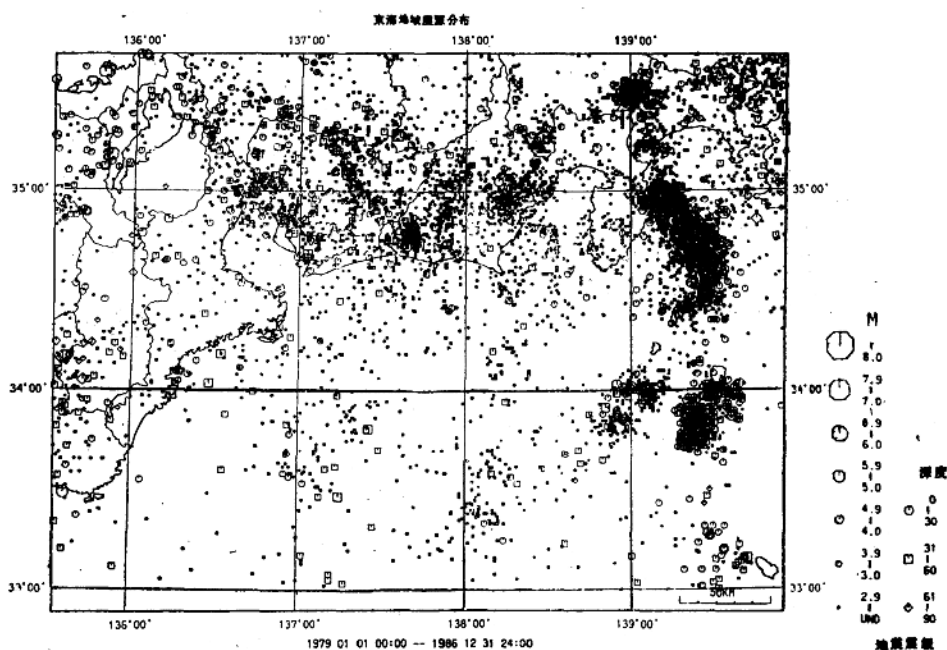


图4 东海遥测系统测定的1978至1986年间东海地区震中分布

始了经由胜浦遥传到东京的业务性的观测（藤泽等，1986）。房总近海的电缆长约110公里，最远点的深度达4011米。

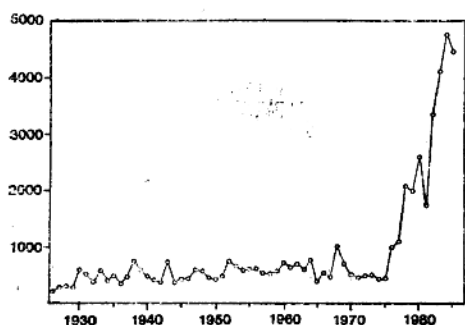


图5 日本气象厅测定的地震年频度。自1978年以来，由于增设高增益地震仪和遥测设备所测地震数在增加

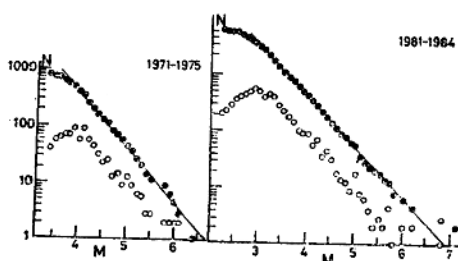


图6 由日本气象厅测定的1971—1975和1981—1984期间浅源内陆地震的震级—频度；震级—累计频度分布（滨田，1981）

4. 地震观测数据的传送及处理

于1968年，气象厅分别从4个点向各管辖区气象台实行遥测，1975年及1978年在管辖区区间完善了为及时交换部分地震波形资料的遥测工作。而且，为了强化地震预报观测体制，从1980年到1984年，作为气象资料传送网（ADESS）设施的一部分，进行地震资料传送网的健全工作，67型、76型地震仪及部分强震仪等的波形资料，遥传到札幌、仙台、东京、大阪、福岡的各个中心，最后实现了用计算机终端的对话方式的集中处理。

在1987年，在冲绳也建立与此相同的系统，这样就完善了全国性地震活动监视体制。各种处理的结果和地震波形资料由各区域中心编集，仍通过ADESS送到气象厅，进行最后的综合处理。这样集中处理的结果，有可能进行有效的地震检测，而且也提高检测精度（市川，1982；市川等，1984；山本等，1985），图5是地震的年频度变化，图6是对70年代前半期和最近的内陆浅震的震级—频度分布以及累积频度分布的比较。

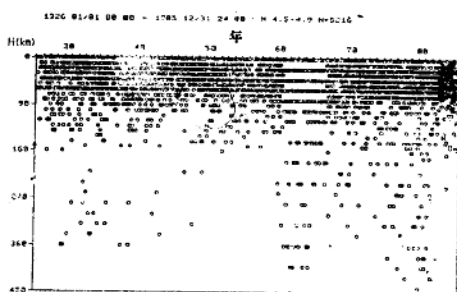


图7 1926—1985年间4.5—4.9级地震震源深度随时间变化图，表明由于处理方法的改变在深度分布上出现明显变化

5. 地震观测资料的提供和利用

气象厅地震观测成果，从1951年开始以《地震月报》形式出版，而其内容因时期不同而不同。从1961年开始，应用电子计算机进行震源确定；从1973年开始，由和达和鸺坂、益田走时表改为市川、望月（1971）走时表。进而从1983年开始，随着应用由滨田（1984）修正后的走时表，以1公里精度给出震源深度。由于过去是10公里的精度（1961—1966年

为20公里)所以绘制剖面图是很不方便的。深度到60公里的浅震震级是用维谢尔式地震仪或59型地震仪的记录振幅,从1957年开始用坪井(1954)公式求得的,更深的地震震级是从1974年开始用胜又(1964)公式确定的。从1977年开始,对于浅震,也开始应用67型和76型地震仪的记录振幅,但由于它不适用于深震,因此用76型地震仪得到的震源资料中, M 不明的地震占相当比例。而且,从1985年开始,对于确定不了震源的地震也全登载其监测值。另外,1973年开始,还登载主要地震的震源机制解的资料。

《地震月报》的内容也由各大学和研究单位提供磁带记录,例如东京大学地震研究所地震预报观测情报中心,自己实现资料库化,通过地震预报观测情报网络系统用联机由地方大学等终端进行检索和利用(宫武等,1984)。最近,并非这种大规模系统,而且为了用个人电脑有效地进行有关震源资料的各种解释,进行软件开发工作。石川等人(1985)提出的SEIS-PC就是其代表,据此,气象厅整个震源资料可收集在1M比特的1只软盘中,进行有关地震活动的各种分析,并可表示在彩色显示器上。这种新手段的出现,可望对利用大量地震资料的研究,作出很大的贡献。但是,如前所述,在震源资料分析时,必须充分考虑由于观测与资料处理方面的变化而带来的资料的不均一性问题。例如图7表示由气象厅资料数据文件确定的震源深度分布随时间的变化,由图可知有的时期出现外观方面的差异。

6. 地震资料的再调查

气象厅的全国性地震观测业务是由于1984年末由当时的内务省地理局负责进行的。主

要根据有感地震报告的全国性地震调查事业,经过中央气象台时期而继承和发展起来的。具有100多年的历史。地震预报计划开始以后的期间只不过是其五分之一;即使认为从用维谢尔地震仪为主的观测网得到发展的昭和年代以后期间,也不过相当于它的三分之一。因此,自实施地震预报计划的当初,开始重新调查过去积累下来的大量地震观测资料,希望它在时间上作为更均一的基础资料得以充分利用。即使从这点看也有相当进展的一面,但还需要很多时间与工作量。另外,应知道还有贵重的原始资料严重遗失的问题。

就1926—1960年期间的资料,气象厅根据本厅所保管的地震调查原始记录进行震源再确定工作,出版了地震目录(气象厅,1982)。不过,这一目录也有值得研究的问题。这是通过滨田追溯各官署的地

震观测原始记录,进行资料补充,并用新的方法确定震源等(1987)调查才弄清楚了的。图8系1945年三河地震前后震中分布图的比较的例子。

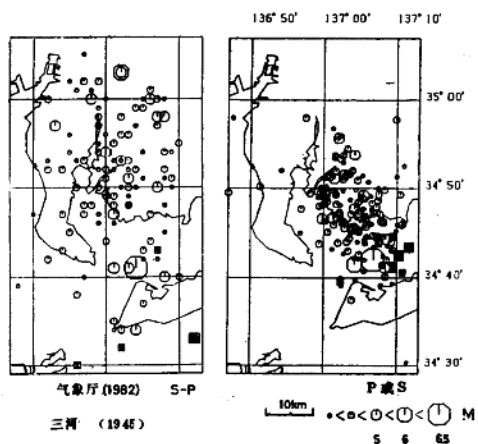


图8 前震(实心方块)、主震(1945年三河地震最大的圆)和余震(空心圆)的震中分布图
左图:JMA(JMA地震学报增卷1982年第6期)
右图:由HAMADA重新再定位的

宇津(1982)精心地重新调查了气象厅(中央气象台)等单位的历史资料,确定了许多大、中地震的震源与震级,这些与气象厅以后确定的结果加在一起,编制了1885—1980年间 M_6 级以上地震及破坏性地震的目录。跟以前所使用的地震目录比较,震源及震级大都进行很大的改动,这对于有关长期地震活动的研究产生很大的影响。

7. 东海地区的日常监视及地震活动等综合监视系统的建设

被指定为加强观测区的南关东、东海地区正在努力加强监视体制,如设置海底日常观测系统及埋入式体应变计等,但鉴于东海地震预报的重要性,自1977年开始已达到通过遥测将有关部门的各种资料向气象厅集中的日常监视。而且,从1979年8月开始,根据大规模地震对策特别措施法,指定了地震防灾对策加强地区;从此在我国该区首次完成了同防灾直接联系起来的地震预报体制,气象厅担负着短期预报的任务。

于1987年3月,以提高海啸预报的速度及提高东海地震预报准确率为主要目的,在气象厅(本厅)建立地震活动等综合监视系统(东京—EPOS,地震活动监视系统),结果能够综合而且迅速地处理由气象厅传送的关东及中部地区的地震观测资料和验潮资料、东海地区的地震预报观测资料以及有关全国地震、海啸的各种电报。与此同时,也加强了来自东海地区及其周围有关部门的资料的集中工作。这一系统具有地震的自动检测、震源及震级的自动确定功能以及对体应变仪等各种观测数据进行气压、潮汐影响的联机校正等,但对于海啸预报及发表地震情报等紧急业务等方面,也根据需要配置了手控系统。大量的观测资料和处理结果均收录在光盘中,对判定东海地震预报所需要的资料,也可在判定会议室直接显示出来。

8. 今后的课题

通过地震预报计划的实施,气象厅的全国性大、中、小地震观测体制更加充实和完善。在内地达到了能够毫无遗漏地观测 M_3 级以上地震的水平。但是,由于城市干扰的增加等因素,存在精度下降的情况,希望改善安装有67型地震仪的平静地方的遥测化等工作。对于海域,海底地震仪的有效性在东海近海及房总近海是被证实了的。关于向其他海域的扩展,有必要进行包括开发新方法在内的研究。另外,也应考虑通过陆地观测点的高灵敏度化来提高它对于海底地震的监测能力。提供大地震震源过程研究所必需的高精度数字地震波形资料的电磁式强震仪的设备,已从东海地区开始了,但为防备城市直下型地震,希望在全国范围内进行布设。

气象厅的地震观测成果,过去是以《地震月报》等形式发表,震源资料及监测资料被广泛用于各种调查研究中。今后将进入以新的情报传送手段提供包括地震波形资料在内的大量资料等更加高度利用的阶段。为适应这种情况,需要建立资料库。另外,有必要提高作为其基础的处理能力及重新整理过去积累的资料。

由于建立地震活动等综合监测系统,东海地区的日常监视体制得到显著加强,但今后也应随着地震预报研究的进展,尽一切努力改善异常监视手段及数据的质量及数量。在朝着城市直下型地震预报实用化方向而不断完善全国性观测体制中,就气象厅应承担的作用,也有必要作为长期课题予以研究。

(全能韵 刘宝恒译)

国立防灾科学技术中心地震 预报观测现状和成果

大竹政和

(国立防灾科学技术中心)

摘 要

国立防灾研究中心在日本中部的关东—东海地区，正在为地震预报进行多手段观测。其中，有72个测震台、28个地壳形变连续监测点和9个与地下水有关的观测点。此外，还利用自浮式OBS仪器开展临时性地震观测。以及用水压致裂法进行原地应力测量。在这诸多观测的基础上，发现一些中等地震和大地震的前兆现象，它们包括：震级—频度关系变化、 v 值、尾波衰减、倾斜变化、水氧含量等。这些观测对了解关东—东海地区地下结构也起了重要作用。在上述结果的支持下，我们编制了一套新的地震前兆分析系统程序。该系统的目的是对联机数据自动地进行前兆异常识别，并判断地震发生的可能性。这套系统将是未来常规地震预报工作的重要基础。

1. 序言

在国立防灾科学技术中心的地震预报观测研究，以包括关东地区、中部地区东南部、伊豆诸岛在内的400公里 $\times$ 300公里的范围为中心进行的。将这个地区统称为“关东—东海地区”。

该中心在关东—东海地区的观测，由于1973年完成岩根深层地壳活动观测设施而正式实施，自70年代末开始迅速得到加强。其过程已作过报导，因此，本文简单归纳现在观测的现状。关于观测研究的成果，现摘录地震前兆的检测和地下构造的解释方面最近几年的成果中主要部分。

2. 观测、测定的现状。

微震观测：在包括三个深层观测设施在内的70个地点上配备了短周期地震仪，除此之外，还接受横滨市消防局以及建设省建筑研究所各1个地点提供的资料（图1a）。这个关东—东海观测网，至1984年已完成，以后又追加了若干观测点。如果去掉房总半岛及其海域，则在观测网内发生的 $M \geq 1.5$ 级极浅地震，几乎毫无遗漏地均可确定震源。

地壳形变连续观测：观测点的分布示于图1b中。具体有坑道用倾斜仪24处、3分量应

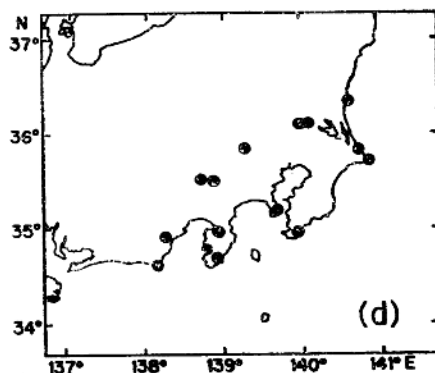
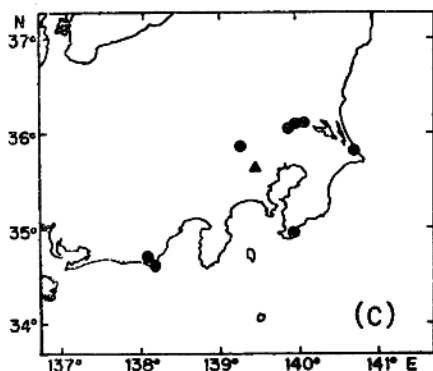
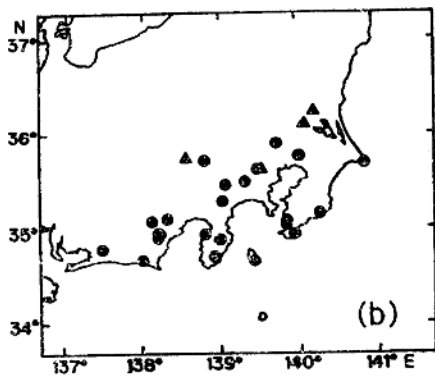
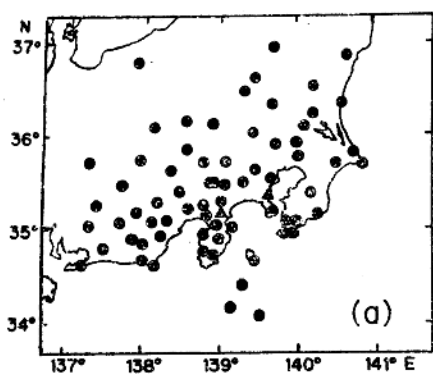


图1 国立防灾研究中心的观测点, (a)微震观测,
(b)形变观测(圆点: 倾斜仪, 三角形:
三分向应变仪), (c)地下水(三角形: 水氢),
(b)地壳应力(水压致裂法), (a)中三角
形表示该资料由外单位提供

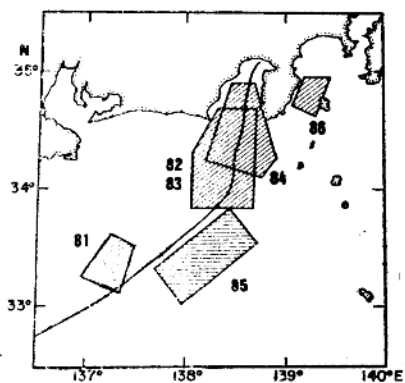


图2 采用自浮式OBS观测的区域和年份

变仪 4 处。倾斜仪对于倾斜变化量超过 5×10^{-6} 弧度/日、时间为几十天以内的异常都能够检测, 并具有一定的稳定性。

地下水连续观测: 在图1c中所示的 9 个点进行和地下水有关的连续观测。大部分为水位、涌水量观测, 但在东京都府中市实施氮浓度的连续观测。

海底地震观测: 在图2所示的 5 个海域用自浮式海底地震仪进行各 1 个月左右的观测。并且, 1983—1985 年度在南太平洋的 3 个海域进行了观测。现在还留有 21 台海底地震仪。

地壳应力测定: 1977 年日本首次用水压

致裂法实施了地壳应力测定。以后虽然在15处进行了测定（图1d），但是最近对深部应力状态的变化予以注意，努力进行大深度方面的测定。目前最深的测井是茨城县石下镇的900米深的井。

3. 最近的主要成果

3.1 地震前兆现象的检测方面成果

在地震资料的基础上，研究各种参数随时间的变化。井元利用情报量统计理论，提出了客观地评价震级—频度分布随时间变化的方法。利用这个方法，能发现1983年茨城县南部地震（ $M=6.0$ ）、1983年山梨县东部地震（ $M=6.0$ ）的一年前后的前兆异常，此外，还说明从地震发生前的资料也可以检测出异常。这个异常都相当于大地震的频度相对增加而 b 值减小的情况（参看图3）。对其他4个 $M5-7$ 级地震也能看到同样的倾向。

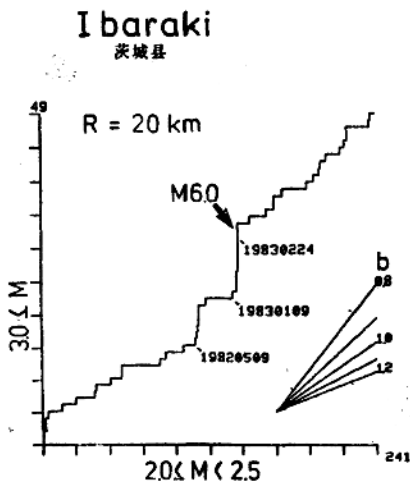


图3 横座标表示1983年日本茨城县南部 $M=6.0$ 级地震前后较小地震的累计次数，纵座标为较大地震的累计次数(国立防灾研究中心，1984)。与 b 值降低相对应的异常开始于1982年5月

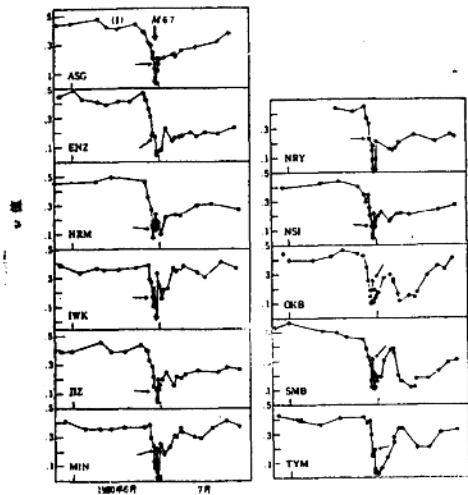


图4 1980年伊豆 $M=6.7$ 级地震前附近11个地震台所观测到的 v 值下降异常(滨田，1987)

松村以韦布尔分布为基础，引入了定量表示地震发生时间序列的间歇性、周期性的新参量 v 值。据滨田的系统研究，就13个 $M \geq 5$ 级地震中的9个在震前4.5—5天出现前兆的 v 值下降（间歇性）现象。图4表示这种情况的例子。

野口着眼于从烈度分布推算的地震大小同气象厅震级之差，发现从1982年茨城县近海地震（ $M=7.0$ ）前约10年，富有高频成份的地震开始有增加的现象。并且，指出在福岛县近海以及房总半岛近海，富有高频成份的地震占优势，但大地震并未发生。

佐藤报告了1984年长野县西部地震（ $M=6.8$ ）前出现尾波 Q^{-1} 减小的现象，指出了地震波的散射在大范围内增强的现象。关于地震波的衰减、散射的问题，在另文中作详细论述。另外，也有报告指出，发震应力场在大震前后发生大范围的变化。

由倾斜仪观测捕捉到了认为是1983年山梨县东部地震前兆的异常变化。图5为震中距约31公里的盐山观测站倾斜变化矢量图。8月8日地震发生之前18天,即从7月21日开始发生急剧向西倾斜的变化。在该地震前后,倾斜变化的潮汐常数也发生了变化。另外,伊豆大岛的倾斜仪捕捉到了1986年11月15日、21日火山喷发之前山顶一侧隆起的倾斜变化。

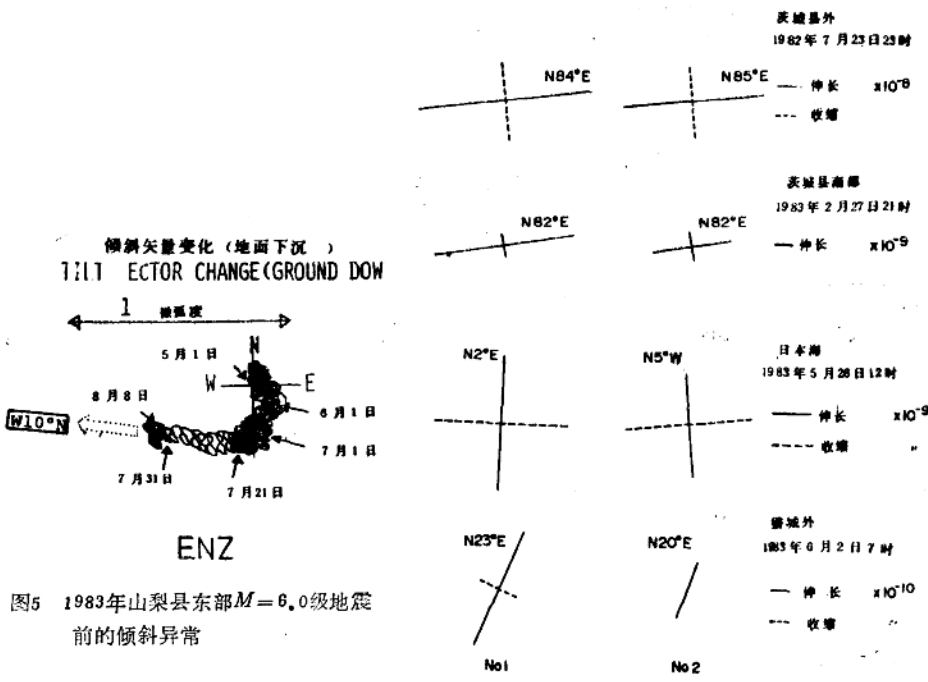


图5 1983年山梨县东部 $M=6.0$ 级地震前的倾斜异常

图6 相距60米的两台三分量应变计同震应变阶跃的对照(坂田, 1985)

图6为用3公里应变计观测到的地震时的应变阶跃。图中表示相距约60米处设置的两种仪器所观测的结果,其结果是很一致的,而且与理论应变阶跃相吻合。证实这种三分量应变计的可信度是高的。因此,期望今后它在捕捉地震前兆现象中发挥威力。

图7为在东京都府中市1985年5—10月期间的氦浓度测定结果。从图中可以看出,同年10月4日千叶、茨城交界的地震($M=6.1$)前约3周即从9月13日左右氦浓度开始急剧增加。在1983年山梨县东部地震($M=6.0$)前也发现了类似的异常现象。

3.2 地下构造方面的研究成果

基于震源分布、震源机制等资料,开展了以搞清俯冲海洋板块的形状和应力状态为目

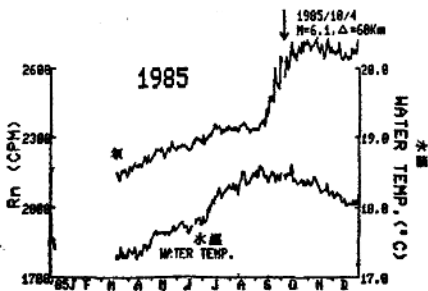


图7 千叶与茨城县交界 $M=6.1$ 级地震前水氦上升异常(国立防灾研究中心, 1986)

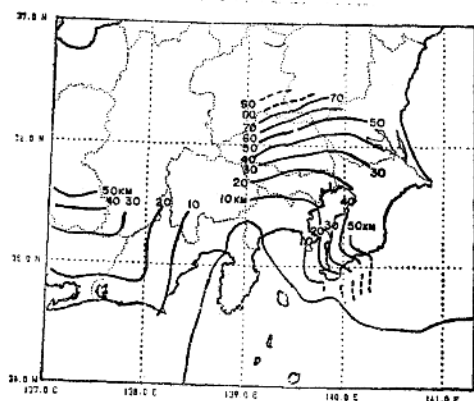


图8 由微震空间分布推出来的菲律宾海板块顶面深度分布

这种应力场的细微结构, 由地震的震源机制也逐步搞清楚了。尤其是关于甲府盆地周围的特异应力场, 塚原和池田、铃木和笠原进行了详细的讨论。另外, 根据S波的偏振波, 开始进行了结构各向异性方面的研究。

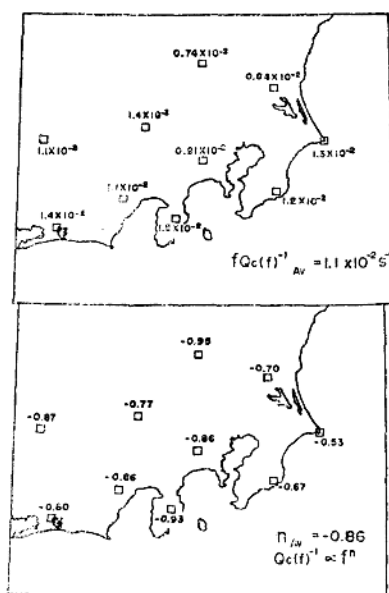


图9 由尾波衰减推算出的衰减因子 Q^{-1} (上) 和频率相关系数 (下) 的空间分布

的研究。作为成果的一例, 图8表示由石田所做的菲律宾海板块顶面的等值线。石田和Hasemi利用P波到时资料的反演, 研究了关东、东海地区的地下构造, 并取得了确认菲律宾海板块的厚度为30公里左右的成果。从海底地震观测资料中, 更清楚地了解该板块自骏河海沟俯冲的情况。

地震波的衰减、散射也提供地下构造的重要情报。图9为由佐藤得到的尾波衰减特性的地区分布。由此可知, 尾波 Q^{-1} 及其频率的依赖性, 在关东地方和中部地方颇有差异。

塚原、池田将地壳应力测定结果和其他资料加以综合, 绘出把关东、东海地区划分为几个“应力区”的情况 (图10)。

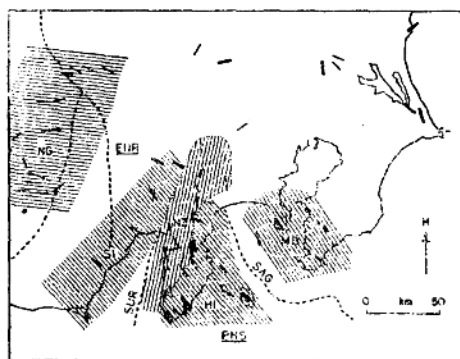


图10 由原地应力测量 (粗线) 和其他类型测量 (细线) 所得到的最大压缩应力。阴影部分表示计划应力测量区 (塚原和池田, 1983)