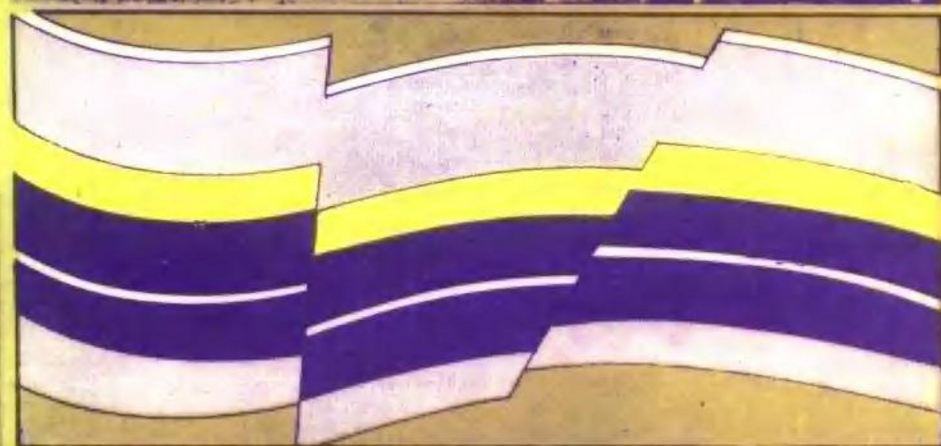
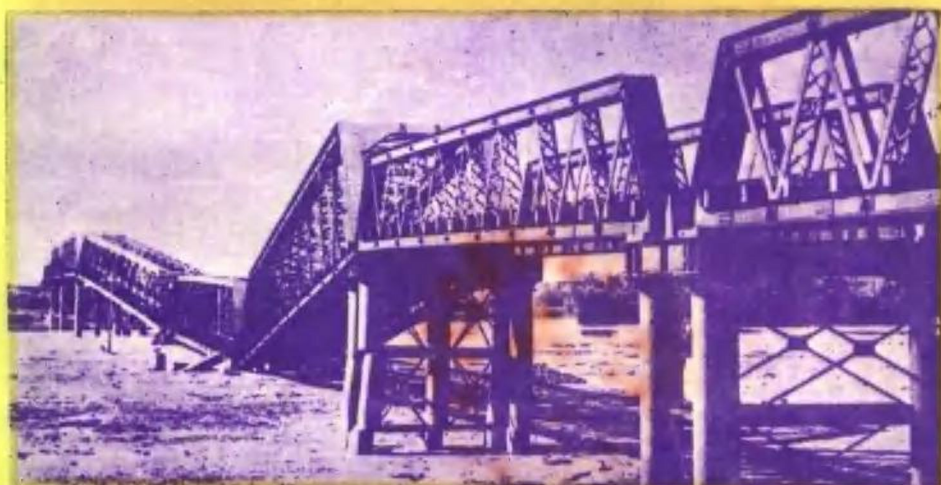


地震与活断层

小出 仁・山崎唯雄・加藤敏一 著



地质出版社

23658

地震与活断层

5.10.16
小出 仁・山崎晴雄・加藤硕一 著

陈宏德 吕越 译

郭正和 校

地质出版社

地震与活断层

小出 仁·山崎晴雄·加藤硕一 著

冻宏德 吕越 译 郭正和 校

责任编辑：刘海阔

地质出版社出版

(北京西四)

通县马驹桥印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂印张：4 字数：102,000

1985年6月北京第一版·1985年6月北京第一次印刷

印数：1—2,700册 定价：1.20元

统一书号：13038·新141

荐 辞

东京大学、地震研究所副教授、理学博士

松田 时彦

近年以来，地震灾害频繁，在这期间“活断层”这一名词几乎经常都在报纸和电视上出现。活断层能引起地震，这件事大概已为世人所周知。因此，地震和活断层的情况就常常为人们所关心了。人们在希望着能够得到一本地震的通俗读物。这本《地震与活断层》的出版，是件非常令人高兴的事，特向读者推荐。

三位作者都是日本地质调查所地震地质科的研究人员，长期在第一线从事活断层的研究。每当大的破坏性地震发生后，他们就立刻奔赴现场调查。作者在百忙中写成了这样一本通俗易懂的读物，真是令人钦佩，相信一定不会辜负广大读者的期望。

特向广大地震与活断层的关心者、从事震害预防的实际工作者、以及新闻界人士推荐此书。

前言

“活断层”一词最近迅速地被一般人所知。并且经常有人到我们这里来打听。可是，大多数人对于活断层还没有正确的理解。有的人对它过分的恐惧，有的人则毫不在意，这两种态度都是不正确的。实际上，由于活断层的活动，对人们直接造成生命威胁的危险是极少的。可是，因为活断层是导致地震的原因，所以存在着因地震造成灾害的危险性。因此，我们必须了解活断层的分布。活断层各自具有不同的特征，所以必须分别调查各自的性质，特别是活动的频率，可能发生地震的震级以及可能发生地震的地点。

为了使多数人都能理解：什么是活断层？如何发现活断层？怎样调查断层的性质？我们编写了这本书。我们居住的大地，现在还在活动，因此就会形成活断层而发生地震。所谓活断层，顾名思义就是活动着的断层。尽管说它活动，实际上也几乎等于不动，偶然在比较近的时期曾有活动并发生过地震的活断层是地震断层。本书打算先谈一下地震断层，然后介绍怎样发现活断层，如何研究活断层。

小出 仁
山崎晴雄
加藤硕一

目 录

序言	(1)
第一章 日本的地震断层	(5)
第一节 浓尾地震和根尾谷断层	(5)
(一) 浓尾地震	(5)
(二) 水鸟地震断层崖	(7)
(三) 断层地震学说	(9)
(四) 根尾谷断层	(11)
(五) 弹性回跳学说	(14)
第二节 陆羽地震	(18)
(一) 陆羽地震概况	(18)
(二) 前震活动和地震灾害	(19)
(三) 地震断层	(22)
第三节 关东地震和延命寺、下浦断层	(26)
(一) 袭击大城市的地震	(26)
(二) 烈度与震级	(27)
(三) 关东地震和地震断层	(31)
第四节 北丹后地震和乡村、山田断层	(33)
雁行地震断层	(33)
第五节 北伊豆地震和丹那断层	(40)
(一) 丹那地震断层	(40)
(二) 横移断层地形	(44)
第六节 东南海地震和南海道地震	(45)
(一) 南海道近海大地震的预兆	(45)
(二) 从阶地观查到的垂直升降运动	(47)
(三) 南海冲断层说	(50)
第二章 断层和地震的形成	(52)

第一节	地震断层的活动特征	(52)
	(一) 地震断层的活动	(52)
	(二) 地震断层和地震震级的关系	(56)
第二节	地震断层的形态	(58)
	(一) 地震断层的地表形态	(58)
	(二) 多重雁行断层	(61)
	(三) 地下深部的断层	(66)
第三节	活断层力学	(68)
	(一) 地下深部的破坏	(68)
	(二) 扩容模式	(73)
	(三) 雁行活断层引起的地震	(73)
第三章	活断层的探讨	(78)
第一节	活断层的运动	(78)
	(一) 断层的反复活动	(78)
	(二) 活动中的断层：活断层	(83)
	(三) 活断层的运动形式	(84)
第二节	活断层的调查	(85)
	(一) 活断层的调查方法	(85)
	(二) 活断层地形	(87)
第三节	活断层的评价	(92)
	(一) 断层平均变位速度和活动频率	(92)
	(二) 断层活动周期和地震的大小	(94)
	(三) 地震变位量的推测	(95)
第四节	日本的活断层	(98)
	(一) 遍布伤痕的日本列岛	(98)
	(二) 日本活断层的区域特征	(109)
第四章	地震预报与活断层	(112)
第一节	地震地质学和地震预报	(112)
第二节	地震预报计划	(116)
第三节	结束语	(122)

序 言

我们生活在地球上，并在地球上创造各种各样的财富。我们的家庭、城市和文化也都建立在大地上。谁都认为大地是最为安全可靠的，可是，谁也没料到，就在和平的一瞬间，大地突然剧烈摇晃，房屋倒塌，山崩地裂。大地震带来的恐怖是无法用语言形容的。

地震的突然袭击比地震本身对人们造成的威胁还大，因而它是造成对地震产生恐怖感的主要原因。因此，如果能够预先知道什么时候、什么地方将要发生地震，那么实际上受到的灾害，以及对它的恐怖感都会大大减小。为此，许多研究人员为了做好预报，正在进行着地震的观测和研究。现在仅仅是掌握了一点地震的线索而已，还谈不上真正的预报。

老实说，就连为什么发生地震这样基本的问题，直到最近，专家们的意见还不一致。目前，地震是由岩石破坏引起的这一点，多数人的意见已趋一致。即地下的岩石一部分发生破坏，造成的冲击以地震波的形式传播到周围的岩体中。

地震波是相当复杂的，地表附近虽然还有一种叫做表面波的特殊波，但主要的是纵波和横波。纵波也叫疏密波或P波，它是通过介质

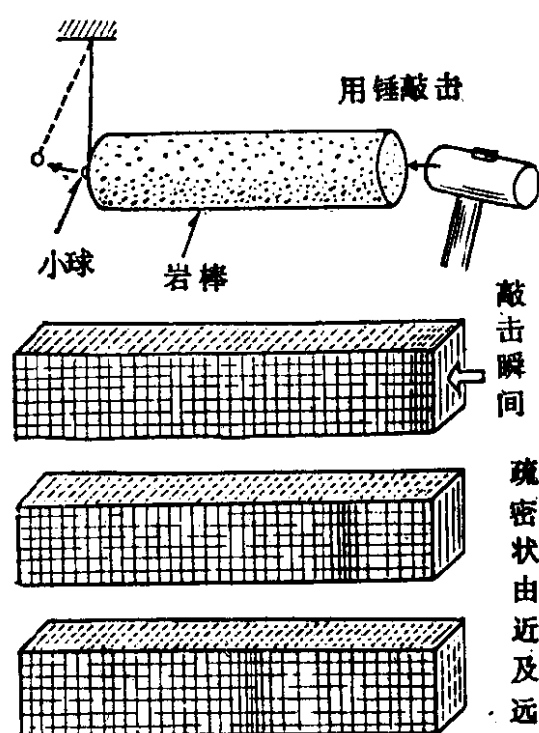


图 1 纵波传播方式
(笠原庆一，1966)

的体积压缩和膨胀来传播的波（图1）。纵波的典型例子是空气中传播的声波。因为纵波是通过体积的胀缩来传播的，所以也能在流体中传播。由于振动方向与传播方向一致，所以叫纵波。

横波也叫畸变波或S波，它是通过剪切变形来传播的波，传播时介质体积不变（图2）。由于振动方向与波的传播方向垂直，所以叫横波。流体不具有剪切变形特点，因此横波只能在固体中传播。

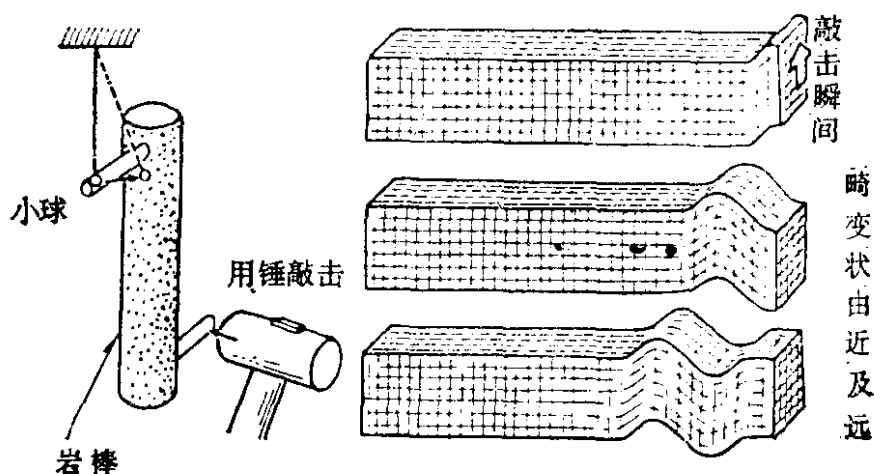


图 2 横波的传播方式(笠原庆一,1966)

地震波的传播速度依岩石的种类和产状虽有差别，但在一般岩石中，纵波波速约为每秒5公里，横波波速约为每秒3公里。地震波即使从100公里远的地方传来，纵波只需20秒，横波也不过30几秒。横波一般比纵波振动大，叫作主要振动。地震开始时先由速度较快的纵波引起小振动，横波到达后才出现真正的大振荡。地震波传播的越远，纵波和横波到达的时差就越大。因此，可根据到达的时间差推算出震源的距离。

实际上，从各地的地震仪记录上，可以测定纵波和横波到达的时间差（图3），由这些数据可确定地震波的发生源，即震源位置。

如前所述，地震波在岩石中传播的速度因岩石种类和产状而有差别，因此震源位置的确定还有某些程度的误差。震源正上方的地表叫作震中（图4）。过去，由于地震发生时，对震源深度

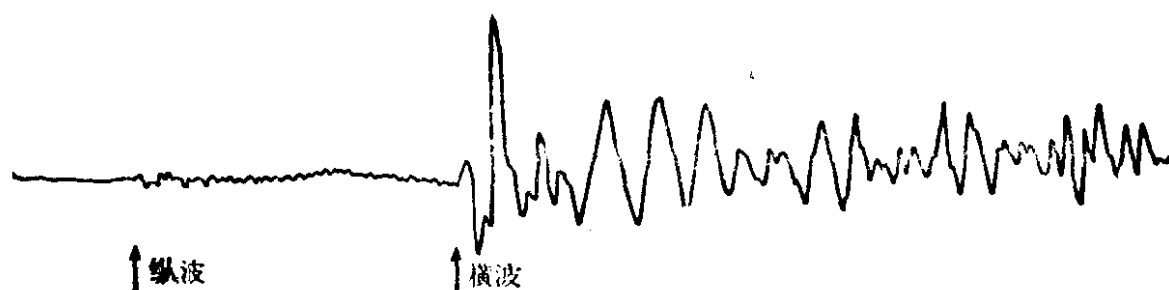


图 3 地震仪记录的地震波
(纵波先到, 横波后到)

不十分清楚, 所以经常不加区别地将震中和震源这两个词作为同义语来使用。

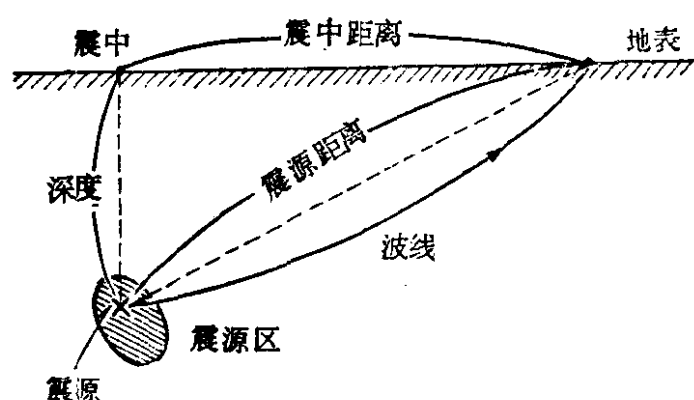


图 4 震源和震中
(神沼克伊等, 1973)

地下岩石的微小破坏似乎是在频繁地发生着。因此, 我们在地表感觉不到的微小地震各地都在大量发生。

然而, 人们能够感觉到的大地震不是任何时候、任何地点

都能发生的。

关于大地震发生的时间、地点、机制, 根据前面的结论得知, 大地震是由于与大断层有关的岩石破坏引起的强烈振动造成的。

但是, 地下虽然断层很多, 并不是所有的断层都能引起地震, 其中只有极少数的断层经常活动而发生地震。目前还在经常活动的断层叫活断层。由于活断层是造成地震恶果的根源, 因此必须查明其分布, 经常进行监视。

尽管活断层是形成地震的根源, 但一般的活断层要几千年才会发生一次地震。也就是说, 从人类历史的观点来看, 断层的发育是一件极其缓慢而长久的事, 慢说人的一生, 就连整个人类历史

时期在内，从未活动过的“活”断层也很多。然而，若不密切注意研究，即使认为已经停止活动的断层也会发生地震，造成突然的袭击。

在日本，对地震进行科学地研究、记录不过100年左右。然而在此期间已经发现、记录到相当数量的地震断层。所谓地震断层就是在地震时记录到有过活动的断层。国外有人从历史上曾有过活动的这一意义出发，称其为“历史断层”。

如前所述，因活断层活动引起地震，是几千年才会有一次的罕见现象，因此100年内不曾活动过的活断层很多。地震断层是指在最近100年内曾偶而有过活动的活断层，它与历史上虽然有过活动，但未曾记载的其它活断层并无本质上的差别。

因此，进行活断层性质的调查时，必须从充分调查实际上有过活动的地震断层实例着手。本书首先大致介绍了日本实际出现的地震断层实例，进一步探讨断层是怎样引起地震的，然后说明如何发现历史上未曾记录到的许多活断层，以及怎样调查其性质。最后以调查断层为中心，从地震地质学观点讨论地震预报和防灾措施。

过去在日本的地震学中，大都认为断层不是地震的原因，而是由于地震的结果才发生断层错动，这种观点曾一度占优势。因此，往往把地震断层作为伴随地震的附属现象而被忽视。

地震对人类而言，是造成重大灾害的严重事件；可是对地球而言，只是伴随地球最表面地壳变动而产生的小事件。本书与以往的地震著作见解不同，认为地震是地壳变动形成断层过程中的一种伴生现象。

上述看法更接近真实情况，当然，这并不意味着忽视历来的以观测地震波为中心的地震学，要从不同角度去研究事物的真像才是基本的科学态度。

第一章 日本的地震断层

地震断层的发现，开始证实了存在着活的断层，即活断层。浓尾地震时地震断层的发现，在日本科学史上是最大的发现之一。但是过去在日本，因为没有充分认识到活断层是发生地震的原因，所以未能作出正确的评价。下面就日本具有代表性的几个地震断层实例，简略地介绍地震断层的发现和初期研究史。

另外，东南海地震和南海道地震，在陆地上虽未发现地震断层，但是由于它们是重要的地震类型，将在最后叙述。

第一节 浓尾地震和根尾谷断层

（一）浓尾地震

1891年（明治24年）10月28日以岐阜县为中心发生了一起大地震。仙台以南的整个日本都感觉到震动，造成了7273人死亡，14万户房屋全部倒塌的大破坏，是日本内陆有史以来最大的地震，称浓尾地震（图5）。

这次地震是出现在近代科学史上的最早的巨大地震，尤以首次发现了地震断层而闻名世界。地震的大小通常以震级（M）的大小来表示，浓尾地震，推测其震级为8.4或7.9。关于震级问题后面将另作说明，大体上，M 7级的地震是相当大的地震，一达到8级，就可以叫巨大地震了。可是，如声音的传播一样，如果离得太远，多大的声音也会听不

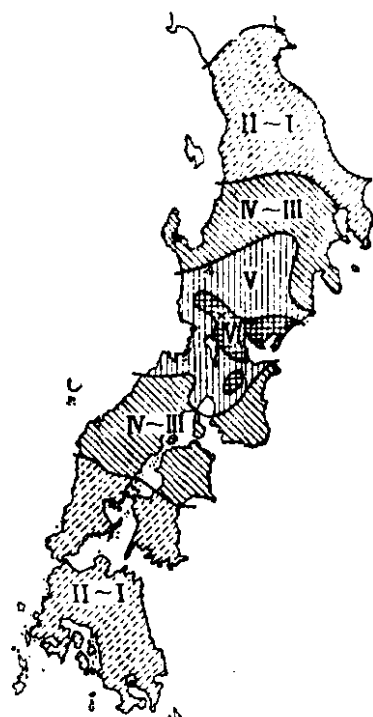
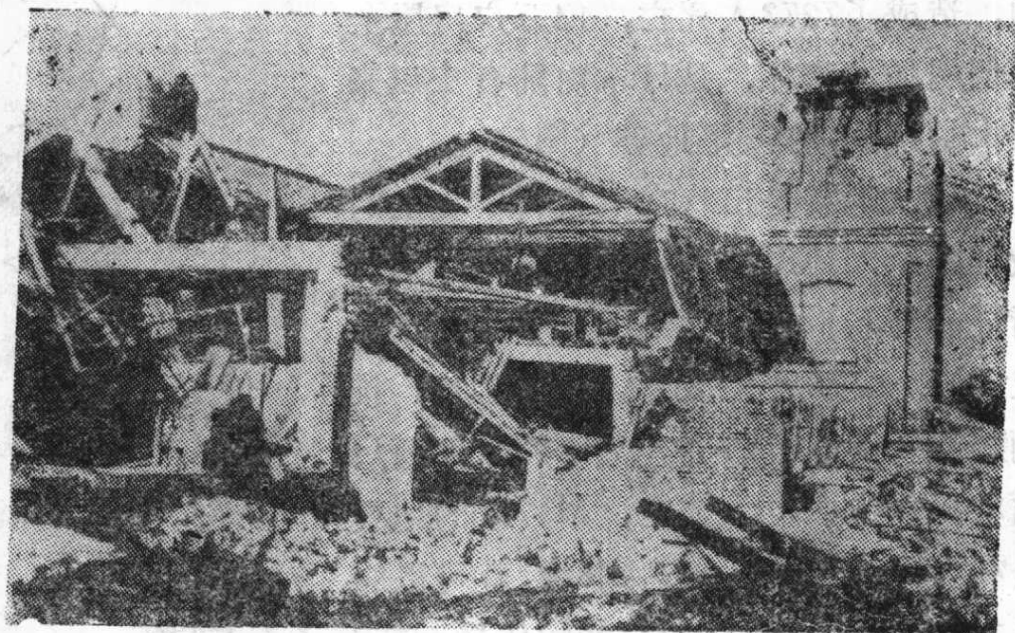


图5 浓尾地震的烈度分布

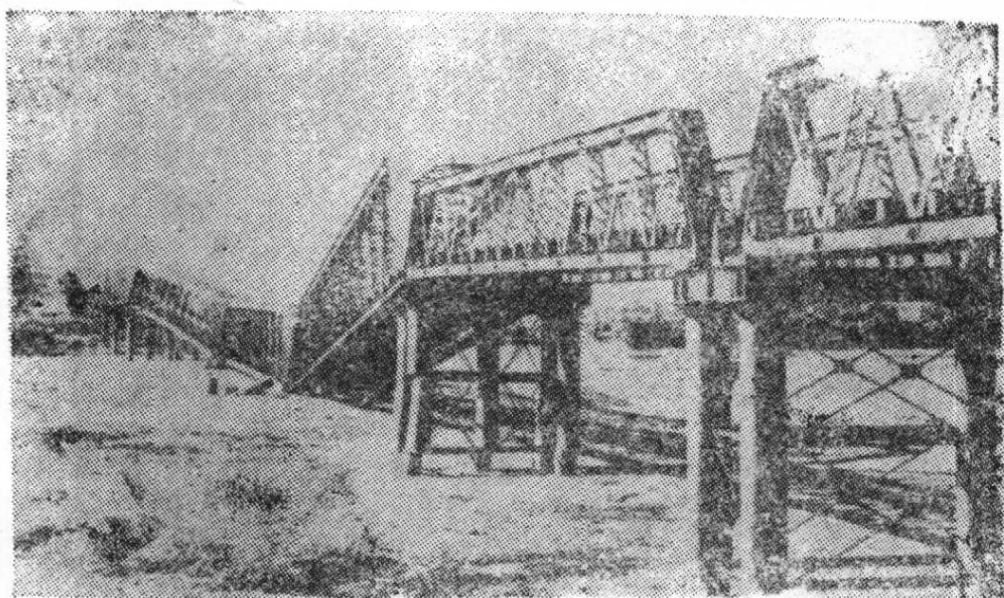
到，故在远离人们居住的地方发生的大地震，震级即使再大，破坏也不会很大。可是浓尾地震是在内陆浅部发生的巨大地震，因此破坏力很大。

浓尾地震发生的当时，日本正处于发展文化的高潮，直接引进西方科学技术和富国强兵、发展生产、振兴工业政策初见成效的时期。1887年时当横跨流经岐阜县和爱知县境内的木曾川、长良川上的铁桥业已完工；从太平洋经名古屋、岐阜县连接琵琶湖、日本海的横贯铁道也已完成；铁路进一步向东西延伸，连接首都东京和经济中心地区关西的东海道线于1889年通车。名古屋、岐阜县成了近代交通的要冲，以两市为中心的浓尾地区，是当时日本正倾注力量逐步发展成为纺织工业的一个中心。

可是，1891年的大地震直接冲击了浓尾地区，使当时最新敷设的铁道和砖结构西式建筑物遭到很大破坏。地震时，在砖结构的尾张纺织厂工作的430名职工中有38人死亡，114人受伤（照片1）。国营铁道东海道线木曾川、长良川铁桥桥墩（砖石、混凝土结构）崩塌破坏，桥梁塌落（照片2）。如果说“敲渡石桥”，意味着过于小心谨慎，因一般均认为石结构和砖结构是非常牢固的。可是在冲击和扭曲力的双重作用下，却意想不到地脆弱。并且因



照片 1 震灾后的砖结构纺织厂
(米勒、巴东、小川一真，1891)



照片 2 被破坏的长良川铁道桥
(米勒、巴东、小川一真, 1891)

为砖石沉重, 一旦崩塌, 破坏也大。即使现在, 伊朗和土耳其等地遭受地震时, 往往死伤人数很多, 就是因为当地居民多用土、砖之类的材料建造房屋的缘故。欧洲由于地震少, 因此砖石结构不致引起太大问题。但在多地震的日本, 由于原封不动地照搬欧洲建筑方法, 因而受到剧烈的破坏。因此浓尾地震之后, 促进了对抗震结构的研究, 并开始对无选择地直接照搬西方文化引起了警惕。

(二) 水鸟地震断层崖

震动最激烈地区在岐阜县的根尾谷, 715户居民中有675户的住房倒塌, 总人口3,346人中有142人死亡。根尾谷的水鸟地区出现了断层崖。(照片3) 水鸟断层的照片为小藤文次郎提供, 至今凡提到地震断层, 大多引用水鸟断层的照片。照片中向前延伸的道路, 在照片中部附近被断崖切断。当然, 道路是不会修成中途呈阶梯状的, 表明它是地震时被切断并错开的。在水平的道路和田野中突然出现一个陡崖, 可知断崖的两侧的高度震前是相同的, 由于地面发生上下不同方向的运动, 所以出现了高度差, 据说水鸟地区的高差达6米左右。不仅如此, 在道路的延长方向, 可以看到在水平方向也有部分位移。断层上盘较断层下盘大约向左错动了4米。



照片 3 水鸟断层崖
(米勒、巴东、小川一真, 1891)

浓尾地震时约有1万处发生了山崩, 由于山崩, 到处出现了地裂。

山崩和滑坡是斜面上的岩石和泥砂出现向下滑落的现象。原来就处于不稳定状态的土地, 在地震作用下开始运动, 所以通常仅是局部性的活动, 并受斜坡形状支配。但是水鸟断层, 正如照片上见到的那样, 发生在开阔的谷底, 大体上平坦的土地上。而且从水鸟地区起由北西至南东方向, 断续地出现略呈线状的地表变形。这种“地表变形线”与地形无关, 跨越山、谷而不间断, 因此是不能用山崩和滑坡解释的(图6)。

曾任东京大学地质学教授的小藤文次郎认为: 这种地表变形线是地下断层错动在地表的反映, 并命名为根尾谷断层。

地表的岩石, 受水和风化作用的剥蚀、搬运并再度沉积。由于沉积时的条件经常不断变化, 在长期作用下沉积下来的岩屑和泥砂一旦固结, 便形成条带状的沉积岩。但从岩石特征和产出化石来看, 是同一时期沉积、连续的岩层, 却往往出现交错现象。这是因为在地层沉积后, 岩石发生过裂缝, 沿裂缝产生了错动, 所以出现参差不齐的地层。促使这类岩石错动的裂缝, 地质学术语称作

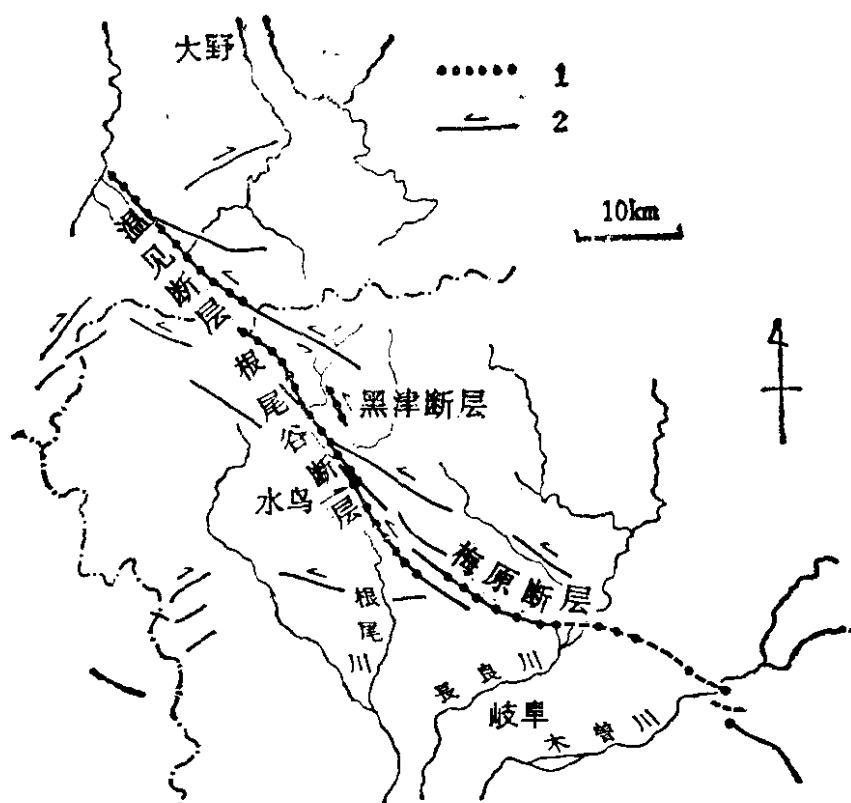


图 6 浓尾地震时发生的地表变形线
(地震断层) (松田时彦, 1974)

1—浓尾地震时的活动范围；2—活断层

断层。尽管这样说，但浓尾地震前，实际上尚不知道有正在活动中的断层存在。其实，大部分人，在当时也包括地质学家在内，还不认为断层果真仍在活动。因为存在这种状况，即使当时找到了活动的断层（活断层）也会使很多人感到吃惊。

(三) 断层地震学说

日本明治维新后，由于政府的发展文化方针，招聘了很多外国学者。外国人来到日本，对日本的地震和火山非常注意。1880年2月22日的横滨地震，虽然震级不太大，但当时多数居住在横滨港口的外国人却感到非常吃惊。

以横滨地震为开端，成立了日本地震学会，但会员大多是外国科学工作者。由米勒、欧文、古内伊等人组成并起到推动地震研究的作用，这些侨居在日本的外国学者们奠定了近代地震学的基础。在外国科学家的指导下，日本的科学工作者也逐渐地培养出来了。1891年浓尾大地震时，刚刚培养出来的日本科学人员就

奔赴现场进行调查，工作非常活跃。继而以浓尾地震为开端，设立了震灾预防调查会，成为以后调查、研究地震和火山喷发的基础。可是，即使说当时的日本科学工作者能够开始独立工作，那也只不过是原封不动地照搬欧美的研究方法和学说而已。

在希腊、罗马时代，认为地震的原因是火山。这是因为在欧洲，地震发生次数最多的希腊和意大利，同时也处于火山地带，所以把地震与火山连系在一起是件很自然的事。即使在近代的欧洲，洪保德（1769—1859年）也认为由于地下岩浆（熔融液体状岩石）的运动而发生地震，正如在火山喷火时见到的从火山口流出的熔化岩石，即从熔岩的流出得到了启示，认为火山地带的地下存在着熔融的岩石。据说岩浆在地下深部发生，在上升移动中引起地震。与此相反，休斯（1831—1914）提出了断层引起地震的学说。

赫尔内斯（1850—1912年）根据地震的成因，把地震分为火山地震、构造地震、陷落地震三种。火山地震是由岩浆活动引起的地震，构造地震是由断层引起的地震，陷落地震是地下空洞内的岩石塌陷时发生的地震，因为地下不存在大的空洞，所以实际上不存在这个问题。

曾任东京大学地质学教授的小藤文次郎，在日本介绍过这些地震成因学说。1889年熊本地震时还进行了现场调查，认为虽然也有火山地震的因素，但主要还是构造地震。

根尾谷地表变形线的调查工作，除小藤以外，大森房吉和比企忠也曾作过调查，但因为小藤有这种背景条件，所以能迅速地认识到根尾谷断层的重要性，认为由于根尾谷断层的活动才发生了浓尾大地震。因此，他首先证实了断层地震学说。

世界上最早的地震学专业教授关谷清景等大多数的地震学家，都接受了小藤的断层地震说。但是不久在日本又提出了反对的意见，当然小藤自己也并不是完全否定火山地震，直到现在，火山地震的名字也还存在，但火山地震仍然认为是由于岩石破坏引起的。岩浆和水虽也容易引起破坏作用，但不能认为火山地震