

日本中部山岳地区牛首活动断裂 在陆地卫星图像上的反映*

陆 德 复

(中国科学院地质研究所)

1986年4月23日收稿。

日本中部山岳地方的迹津川活动断裂是日本著名的活动断裂之一,它是一条右行的走向滑动断裂。由于它具有一定的规模、明显的地形证据和活动幅度,得到了日本地质、地震界的高度重视,许多学者对它进行过研究分析。京都大学地壳变动研究所在岐阜县上宝村设立观察站对它进行长期观察研究,还召开过关于这一活动断裂的专题讨论会^[1-3]。值得注意的是在迹津川断裂的西北侧,还分布着另一条重要的活动断裂——牛首活动断裂。两者大致相互平行,均呈NE50°左右方向延伸,相距15—20公里。文献[4]中,对牛首活动断裂也曾有过介绍,其活动的证据主要是关于地面地质工作方面的资料。笔者通过对陆地卫星二号(Landsat-II)图像分析后进一步确认,牛首活动断裂的地形证据极其明显,它也是一条右行的走向活动断裂,并且走向滑动的幅度相当可观,它的活动性并不亚于迹津川活动断裂,应当引起足够的重视。

一、资料和判断依据

在分析研究中,笔者运用的基本资料是日本建设省国土地理院制作的1:50万《卫星影像合成图(中部山岳地方)》(昭和53年出版)^[5],此图是利用美国陆地卫星二号1975年9月17日的数据合成的假彩色图像,图像清晰、质量好,对于解译分析活动断裂的形迹及断裂对水系的改造等方面的地形特征效果极佳(图1)。同时,还参考了这一地区的有关地形图和地质图^[1-2]。

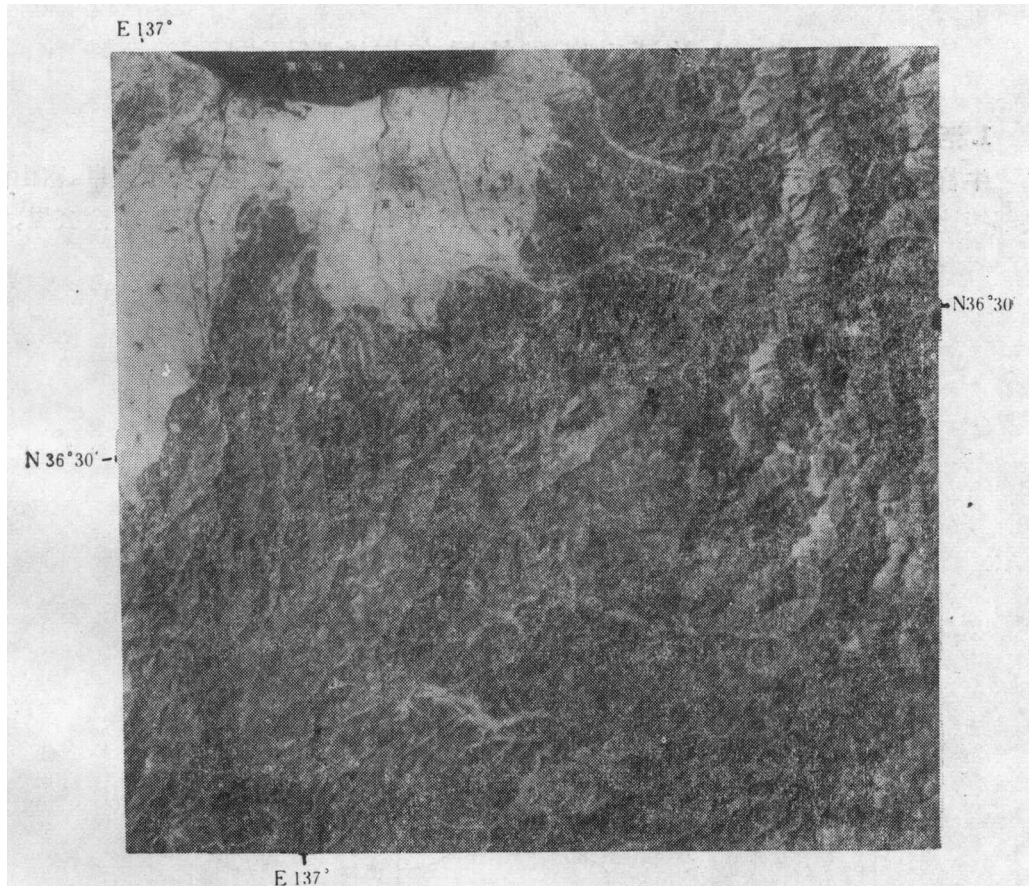
陆地卫星图像覆盖面积大(185×185公里²),放大至1:50万的图像所反映的地形地貌特征仍然非常清晰,为观察分析活动断裂的展布情况、总体特征以及局部细节提供了大量有用信息。多波段数据合成的假彩色图像又为分析研究提供了进一步的信息和更好的效果。

活动断裂具有最新活动的特征。一般来说,鉴别它的活动可以依据年龄新于11000年(全新世)岩石(或地层)单元的错位、现代地形破裂、地震断层以及历史地震记录等多种证据。地面地质调查可以获得岩石(地层)单元的错位和因地震活动而产生的地震断层,

* 感谢日本山口大学加纳隆博士为笔者提供有关的地理、地质图。

1) 1:5万,五百石、有峰湖、八尾、白木峰,地形图(日本国土地理院编); 1:5万集成图“富山”(日本国土地理院)。

2) 飞騨带主要部地质图(1:5万,加纳隆编)



飞驒山脉地区卫星象片(LandSat-D, 1975年9月11日)
1:500000

图 1.

Fig. 1

也可以获得明显的地形、地貌方面的实际证据。分析研究卫星图像主要可以获得活动断裂的地形、地貌证据。由于活动断裂的最新活动或继承性的反复活动,致使岩石破碎、风化和剥蚀,其证据不易为新的沉积所掩埋,能够很好保存下来。活动断裂的地形、地貌证据主要包括三个方面:一类是陡崖地形,如断层崖、低断层崖、断层三角面等;另一类是负地形,如断层谷、断层盆地、断层湖等;还有一类是断层两侧的地形、地貌变化,如水系的断错、截切、扭曲和山脊的断错、截切和扭曲等。前两类地形形迹联合起来即构成断层线,在陆地卫星图像上显示为连续性较好的线性形迹。尤其是走向滑动断裂,在卫星图像上的线性影像特征显得很清晰,它们延伸远、形态平直。水系和山脊的错断、扭曲往往在活动断裂两侧表现得非常清楚,较大比例尺的卫星图像也可以很好地得到显示;根据水系和山脊的断错、扭曲方向可以用来鉴别断裂两侧相对滑动的方向(是右行断裂还是左行断裂);依据断错的距离还可以估计走向滑动的幅度。

二、牛首活动断裂的展布与地形证据

1. 活动断裂的展布与地形证据

牛首活动断裂位于日本国本州富山县、岐阜县一带，断裂的西南部介于岐阜、富山两县邻接地带，东北部展布于富山县境内。总体呈 $N50^{\circ}E$ 方向展布，全长约 70 余公里，西

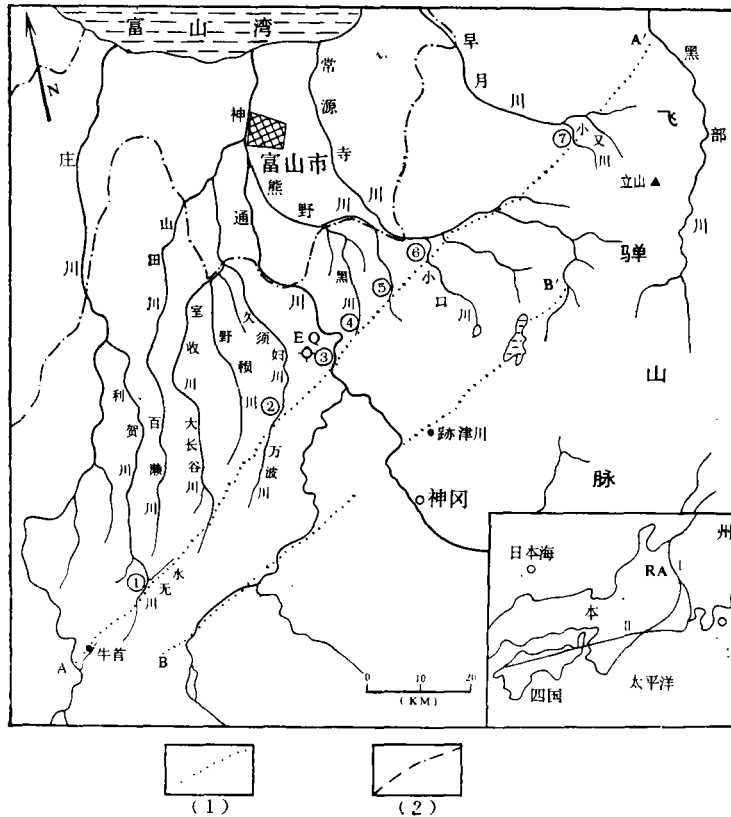


图 2 牛首活动断裂的展布及对水系的改造

Fig. 2 Location of Nuxiu active fault and reformation features of the rivers by faulting.

A—A': 牛首活动断裂; B—B': 迹津川活动断裂; ①—⑦: 断裂对水系改造的证据点 (详细说明见表 1); EQ: 1858 年 6.5 级飞越地震 RA: 研究区在日本的位置; I: 糸鱼川—静冈构造线; II: 中央构造线; (1): 活动断裂线; (2): 基岩山、丘区与第四系堆积区界线。

南端起始于岐阜县大野郡鸠谷、饭岛附近，东北端终止于飞驒山脉黑部峡谷的猿飞峡附近 (图 2)。在地质构造位置上，断裂处于日本著名的飞驒变质带内。断裂通过的地点，自西南至东北主要有牛首 (断裂命名地点)、牛道峠、水無、檜峠、小白木峰、白木峰、小糸、吉野、檜峠、河内、水須、藤桥、馬场岛、小黑部峡谷等。断裂所处的飞驒山地和飞驒山脉地区发

育有许多由南至北流向的河流, 这些河流皆流入北面的富山湾。主要水系有庄川、神通川、常愿寺川、早月川和黑部川。这些水系的上游和支流的许多河段沿牛首活动断裂发育, 属典型的断层河谷。例如, 庄川上游饭岛至牛道峠的支流, 庄川支流利贺川上游的水無川, 神通川支流井田川—室牧川—大长谷川的上游, 神通川支流井田川—久妇须川上游的万波川, 神通川的小系至吉野段, 神通川支流熊野川上游, 常愿寺川水须至藤桥段, 常愿寺川支流称名川的支津谷以及黑部川的小黑部谷。以上河谷与众多的沟谷联合在一起, 在卫星图像上构成了一条连续性好、形态平直的线性构造。

2. 活动断裂对水系的改造现象

在卫星图像上, 牛首活动断裂对以上水系的改造现象反映也很清楚。表 1 列出的是断裂对水系截切、断错的主要地点和情况。其中断错距离一栏的数字是活动断裂对水系断错后所产生的两个转折点之间的距离。

牛首断裂对水系改造的另一个重要证据是水系的同步扭曲现象。由图 3 可以清楚地看到, 断裂西北侧的水系, 尤其是神通川众多的支流以及庄川的支流, 在邻近断裂部分均呈明显的弯曲, 水系的弯曲凸面指向东北, 水系与断裂线的锐交角均指向西南。受扭曲的水系自西至东有: 小谷川、利贺川、百濑川、大长谷川、野积川、真川、别庄川、久妇须川、神通川、黑川、熊野川等。水系的扭曲与山脊的扭曲呈同步发展。

水系的断错与扭曲均说明牛首断裂是右行的走向活动断裂, 并且有着相当大的滑动幅度。从各水系断错段的断距来看, 在断裂的不同段落, 滑动幅度也不一致, 总的趋势是从东北至西南滑动幅度越来越大。水系扭曲现象, 在断裂西南部的西北部分表现最明显, 这很可能与断裂面倾向西北有关。

3. 活动断裂滑动速率的估计

水系断错的错距大小主要由两种因素制约, 其一是河谷发育的年龄, 其二是断裂的滑动速率。在前面列出的被活动断裂所断错的水系中, 除在吉野至小系地段断错的神通川属该区的一级水系外, 其余被断错的水系皆属二级或三级水系, 这些二、三级水系都应当属于比较年轻的河谷。仅根据图像特征, 我们不可能获得河谷生成的绝对年代, 但是可以推断, 保存如此完好的活动断裂的地形证据, 形成于全新世以前的可能性较小。因为全新世以前形成的地形特征必然大部分被侵蚀作用和沉积作用所淹没^[6]。可以认为断错水系的错距达到数公里的活动断裂, 其年平均滑动速率即可超过 1×10^3 毫

米/年。退一步说, 如果这些河谷的形成年龄属于第四纪的话, 其平均年滑动速率也可达到每年若干毫米的幅度。因此, 按照日本地震学者所规定的衡量活动断裂活动性的标

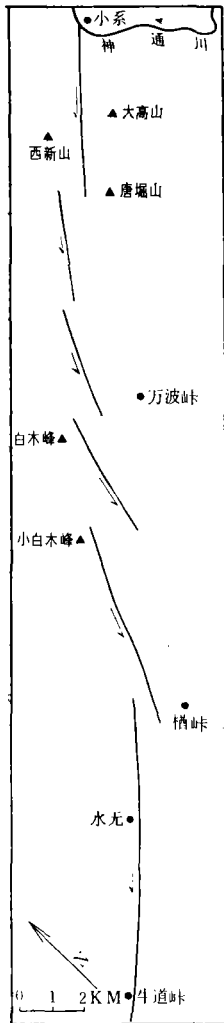


图 3 牛首活动断裂西南段的错列现象

Fig. 3 Dislocation arrays along the south-western part of Nuxiu active fault.

表 1 牛首活动断裂断错、截切水系主要情况

Table 1 Main features of offset and cutoff by faulting of Nuxiu active fault.

编号	水 系	地 段	改造现象	断错距离 (公里)
①	庄川—利贺川	水无川汇入利贺川处至牛道峠附近	右行断错	约 2.5
②	神通川—井田川—久妇须川—万波川	万波川 NE 走向段	右行断错	约 2.5
③	神通川	吉野至小系段	右行断错	约 2
④	熊野川	桧峠附近	截切	
⑤	熊野川	河内至蛇越附近	右行断错	约 2
⑥	常愿寺川—小口川	水须附近	右行断错	约 1.7
⑦	早月川	小又川	右行断错	约 1.5

准^[7],牛首活动断裂的活动性达到了 A 级。

4. 活动断裂的错列现象

在卫星图像上还可以看到,牛首活动断裂的西南段(即神通川以西部分)存在非常典型的断裂线呈雁行展布的现象。即这部分的断裂形迹并不是一条贯通的断裂线,而是由若干首尾错开的单个断裂线构成的断裂带(见图 3)。且单个断裂线之间的错开方式很有规律,彼此都表现为右错的方式。断裂线的错列现象具有重要的构造意义,各个断裂线首尾相错的部位是构造应力的特殊部位。如果行、错相一致,这些部位即是断裂带上局部拉张区;而行、错相反的部位则为断裂带上的局部挤压区(图 4)。在牛首活动断裂上存在五处错列区,即西新山与唐堀山间一处,橿峠附近一处,万波峠、白木峰、小白木峰一带三处。这些错列区都是属于行、错一致的拉张应力集中区。我们可以设想,如果活动断裂进一步发展,这些段落因受拉张应力的作用,即会进一步拉断、陷落,甚至形成断陷盆地、断陷湖泊。

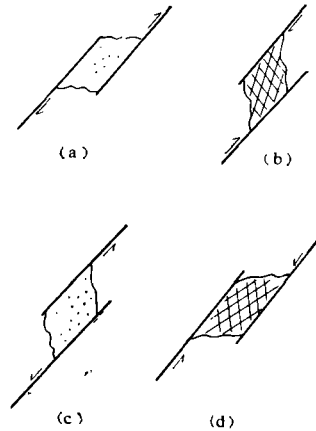


图 4 断裂的错列现象及其构造意义
Fig. 4 Dislocation arrays of fault and their tectonic sense.

(a) 右行右错; (b) 右行左错; (c) 左行左错; (d) 左行右错。

(a) (c) 显示局部拉张, (b) (d) 显示局部挤压。

三、讨 论

(1) 迹津川活动断裂与牛首活动断裂均呈 NE 方向展布,且又是右行的走滑断裂,它们位于分割东北日本弧与西南日本弧的糸鱼川—静冈构造线的西侧。糸鱼川—静冈构造线也是一条重要的活动断裂,并具有较大的左行走向滑动分量^[8]。根据卫星图像分析,在日本飞驒山脉周边地区,大型的活动断裂还有 NE 走向的中央构造线和伊奈谷断裂、NW 走向的阿寺断裂等(图 5)。NE 走向的断裂均为右行的走滑断裂,NW 走向的断裂均为左行走滑断裂。

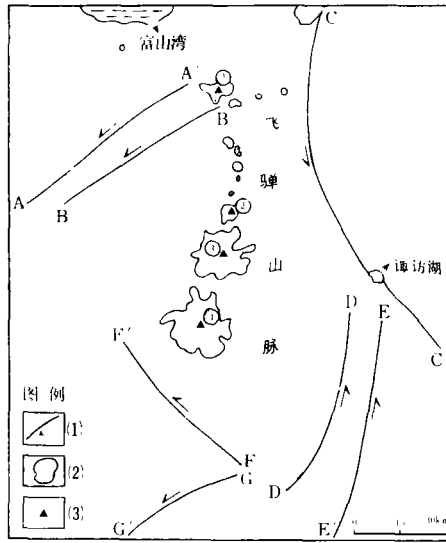


图 5 飞驒山脉周围的活动断裂

Fig. 5 Active faults in the region around the Hida mountains.

A—A': 牛首断裂; B—B': 迹津川断裂; C—C': 糸鱼川-静冈构造线; D—D' 伊奈谷断裂;
 E—E': 中央构造线; F—F' 阿寺断裂; G—G' 屏风山断裂。(1): 活动断裂线; (2) 洪积世
 中-后期火山岩; (3): 活动火山①立山、②烧岳、③乘鞍岳、④御岳(①—④总称乘鞍火山带)。

由这些断裂的性质可知，这一地区现代应力场的最大压应力轴是近于东西的。第四纪以来，包括飞驒山脉在内的日本中部山岳地方一直处于抬升状态，其抬升的幅度相当可观，可达 1700 米以上^[9]，日本的阿尔卑斯就是指的这一地区。这一新构造现象与东西向的压应力密切相关，日本岛弧以东的太平洋板块-菲律宾板块循日本海沟向西俯冲，并与包含岛弧在内的亚洲板块相互作用，这是产生这种东西向压应力的动力来源。

(2) 以北东方向的牛首断裂、迹津川断裂和伊奈谷断裂、中央构造线以及北西方向的糸鱼川-静冈构造线、阿寺断裂为边界的地块，可以视为一个大型的菱形断块，飞驒山脉正纵贯于菱形断块的南北轴部。该断块在巨大的东西向挤压力的作用下，便发生上拱。而轴部地区正是上拱最强烈的地方，形成了当今耸立的飞驒山脉。而且轴部地区也是最易发生张性破裂的地方，其破裂深度可相当大，可为在向西倾斜插入的俯冲带上所发生的熔融作用而生成的岩浆，提供良好的上升通道。著名的乘鞍火山带正是在这种背景上发育起来的。张性破裂发育的地方，也正是活动火山发育的地方，而活动火山又往往成带状分布，这种带状地段不妨可称为岛弧上的“扩张脊”。扩张脊两侧发育的活动走向滑动断裂，是地壳表面物质向两侧作差异性滑移的迹线。牛首断裂和迹津川断裂正是这类迹线的重要组成部分(图 6)。

(3) 活动断裂与地震发生的关系相当密切，多数强震往往沿着活动断裂成带发生；而地震活动又常常伴随产生地震断层——活动断裂的发展或新的活动断裂。据松田时彦统计，在日本岛上，近百年来曾在十几条活动断裂上发生过大地震，除松代地震外都在 6.5

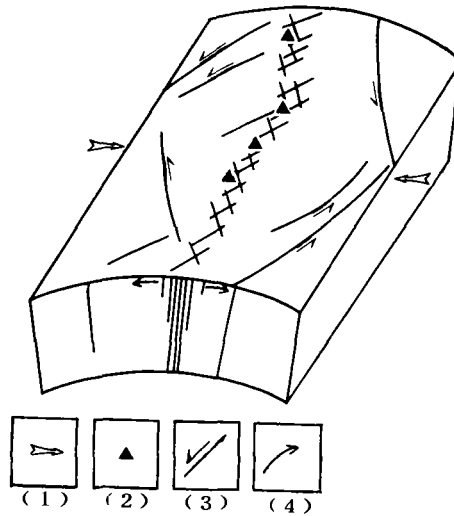


图 6 飞弹周边的活动断裂与乘鞍火山带关系示意图

Fig. 6 Relation between active faults around the Hida mountains and Norikura volcano belt.

(1) 主压应力; (2) 活火山; (3) 活动断裂; (4) 地壳表面物质运移方向。

级以上,因此可以说活动断裂即是 6.5 级以上地震的痕迹^[10]。牛首活动断裂的活动性应属 A 级,1858 年在它的中段曾发生过 6.9 级飞越地震;今后沿着断裂仍然有可能发生较大规模的地震,危险地段应在断裂的西南段,因为那里存在着若干应力集中区——局部拉张区(或称断裂的闭锁段)。因此,观察和监测牛首断裂的活动情况是极其必要的。

参 考 文 献

- [1] 東乡正美、冈田篤正,从断层位移地形來观察跡津川断层,地球,48(6),1983 年。
- [2] 河野芳輝、冈田篤正,概論:跡津川断层,地球,48(6),1983 年。
- [3] 三云健、和田博夫,跡津川断层与地震活动,地球,48(6),1983 年。
- [4] 日本活断层研究会,日本の活断层图,東京大学出版会,1982 年。
- [5] 日本建設省国土地理院,衛星画像合成图(中部山岳地方 1:500000),1978 年。
- [6] C. R. Allen, Geological criteria for evaluating sesmisity, Geological Society America Bullefin, Vol. 86, pp. 1047—1057, 1975.
- [7] 松田時彦等,活断层和地震的地质研究,活断层研究,地震出版社,1983 年。
- [8] 松田時彦,从日本大陸的活断层估计今后的破坏性地震,活断层研究,地震出版社,1983 年。
- [9] K. Tanaka and T. Nazawa, Geology and mineral resources of Japan, Vol. 1, Geological survey of Japan, 1977.
- [10] 松田時彦,确定活断层和发展的六条經驗規律,地理,(9),1979 年。

REFLECTION OF THE NUXIU (牛首) ACTIVE FAULT ON LANDSAT-2 IMAGE IN THE MOUNTAIN REGIONS OF CENTRAL JAPAN

Lu Defu

(Institute of Geology, Academia Sinica)

Abstract

On the base of analysis of landsat-2 image (Sep. 11, 1975) in the mountains of Central Japan, author indicated that the Nuxiu fault is an active fault with right lateral strike-slip. The reform of streams showing on the image are distinct. Activity of the fault belongs to a degree. By synthetic analysing all of active faults around the Hida (飞弹) mountains, the largest compressive stress is determined to be E-W direction, due to the collision of the pacific ocean plate-philippine plate with the eurAsian plate including the Japan islands. Besides, the maximum upheaval of the Hida mountains and the activity of the Narikura (乘鞍) volcanic zone during the quaternary period also came from same reason. As regards the possibility of earthquake along the fault, author subjected that it should occur in the south-west part of the Nuxiu active fault.