
俯冲大地震破裂范围受何控制？

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41210.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

俯冲大地震破裂范围受何控制？。俯冲带产生了地球上最多、最大的地震，其破裂空间范围的主控因素是解释地震规模多样性的关键，也是地震与海啸危险性评估的核心科学问题。长期以来，科学界聚焦二维视角，认为沿断层深度方向的破裂上、下边界受控于俯冲界面的热结构及摩擦稳定性。近二十年来，日益丰富的现代观测数据和理论模型不仅完善了这一框架，也发现了一些难以解释的现象，如2011年东日本大地震延伸至松散沉积物填充的浅部海沟，以及地幔楔相对较热区域也能发生中等规模以上（大于7级）强震等。另一同等重要但更具挑战的问题在于，断层破裂在走向上为何有时局限在单一区段，有时却能多个相邻断层段共同破裂？针对此问题，已有研究提出断层滑动屏障、俯冲板片粗糙地形及上覆板块结构非均一性等多种潜在控制因素，但这些因素往往是协同变化或相互折衷的。那么，大地震破裂空间范围是单一因素，还是多种因素共同控制的，这是地震科学领域极具争议的问题。

日本俯冲带是地震活动最活跃、观测全球最完善的俯冲区域之一，拥有长期连续的GPS观测、密集的地震监测以及丰富的历史地震资料，为研究大地震破裂范围控制机制提供了独特条件。2011年之前，日本海沟历史地震主要表现为百公里尺度的块体破裂（图1）；然而，2011年Mw9.1东日本大地震贯穿约 300×200 km范围的断层面，造成巨大灾害，凸显了认识俯冲带断层破裂分段和连通机制的重要性。与此同时，2011年东日本大地震产生的强烈的震后形变信号掩盖了断层闭锁的震间信号，导致难以准确评估该区域当前断层的闭锁状态与地震潜能。

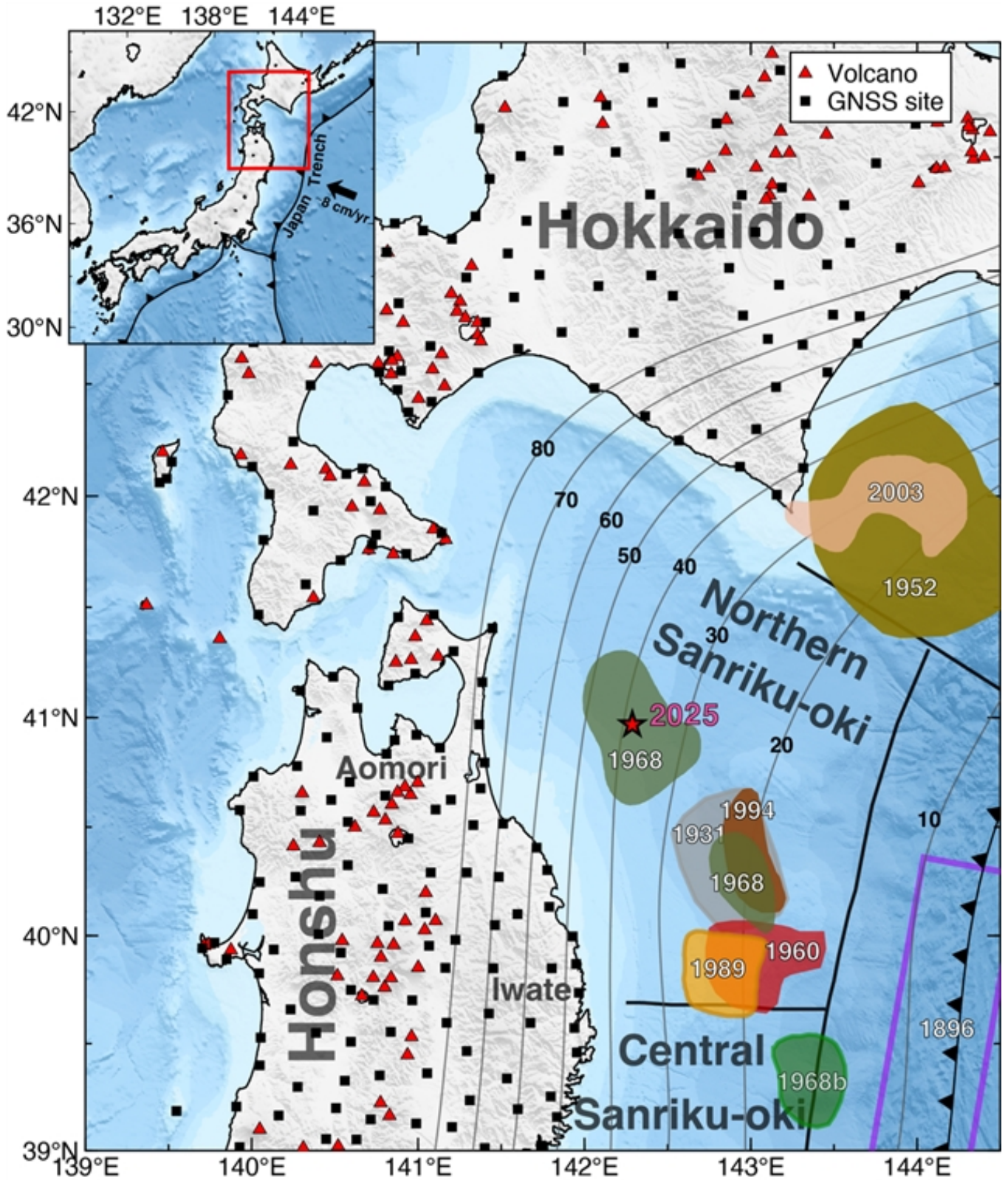


图1 日本本州北部日本海沟外海的地震构造背景及历史强震滑动分布

2025年12月8日，北三陆冲区域发生Mw 7.6 青森地震（图1）。这是该区近30年来发生的最大地震，为突破上述观测瓶颈提供了契机。历史资料显示，过去一个多世纪以来，该区域曾发生包括1968年Mw 8.3十胜冲地震和1994年Mw 7.7三陆冲地震等多次中强震（图1）。在空间破裂演化上，19

68年地震包含深、浅两个主要破裂区域，而其浅部区域于1994年再次发生破裂。此次青森地震则重新激活了1968年地震深部斑块，为认识不同破裂区之间的空间分段关系以及控制机制提供了新的研究机会。

精确厘定破裂的空间范围是探究其控制因素的前提，为此，中国科学院地质与地球物理研究所博士研究生张小龙与其导师李绍阳特聘研究员，联合日本东京大学地震研究所团队，利用高精度的现代GPS观测网络，结合能考虑真实地球结构和性质的三维有限元模型，精细刻画了2025年青森地震的同震滑动分布。为进一步揭示破裂区及其周边的摩擦和结构特征，团队还开展了早期余震重定位及震后余滑反演，并将结果与历史地震破裂区域、板片几何形态、上覆板块结构及慢地震活动等独立观测资料进行了综合对比研究。

研究表明，此次青森地震的破裂范围在三维空间受到了结构与流变的共同控制。在构造几何层面，上覆板块日高海盆框定了下方的破裂位置（图2a），而俯冲板片弯折区阻断了破裂的北向扩展（图2b）。在流变机制层面，大陆莫霍面与地幔楔构成的流变转换带分隔了深浅破裂，同时深部脆黏性过渡带则约束了发震深度下限（图2c）。值得注意的是，1968年地震曾跨越莫霍面界限，表明深浅分隔的转换带并非永久屏障，而是可打破的软边界。此外，破裂区外围微震及慢地震活动指示周边断层处于部分耦合状态，从而进一步限制了破裂扩展（图2d）。

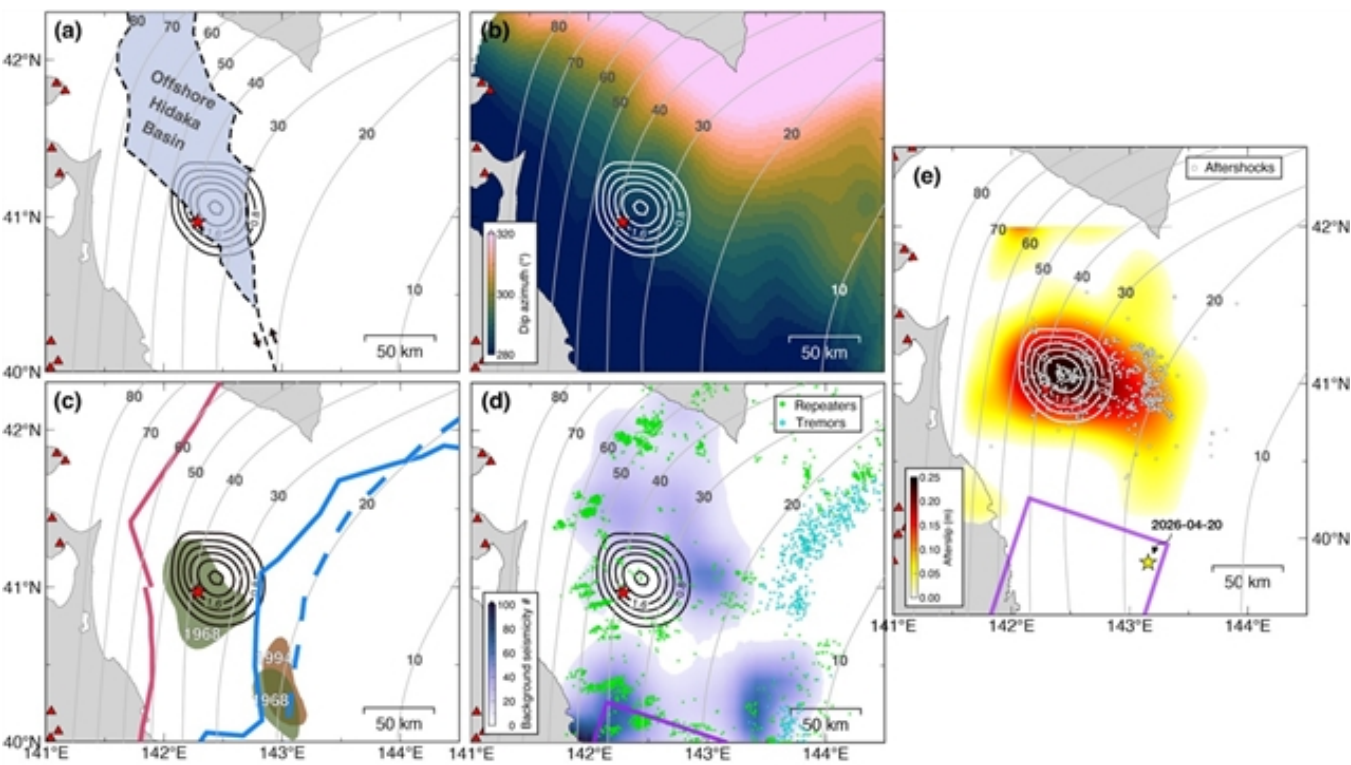


图2 (a)同震破裂与日高海盆的空间对应关系；(b)俯冲界面的几何形态变化；(c)此次地震与历史强震（1968年、1994年）及深部流变边界的相对位置；(d)主震破裂与周边背景微震及慢地震的空间分布；(e)同震滑动与震后余滑、早期余震的空间分布

除破裂区外部控制因素外，破裂区内部亦呈现出显著的摩擦非均一性。同震快速破裂与余震及震后的缓慢余滑空间上高度重叠（图2e），表明同一断层区域不仅能在主震中快速破裂，还能在震后通过无震滑动持续释放残余应力。该现象与研究团队此前在日本西南俯冲带研究结果一致（见《发现能有震和无震交替滑动的俯冲大断层》），挑战了两种端元滑动方式不可兼容的传统认识

。

综上，该研究基于高精度的断层滑动模型，系统研究了日本青森地震破裂空间范围的主要结构和流变学控制因素，发现该事件的破裂尺度由多种因素共同控制。未来，结合海底大地测量观测与动态破裂模拟，有望探明断层跨越软边界引发连通破裂的力学条件，以及快慢滑动转换的物理机制，为评估断层稳定性及潜在大地震规模提供依据。

研究成果发表于国际学术期刊GRL（张小龙，李绍阳*，施金宏，Yuji Itoh，Ji Zhang，Aitaro Kato，陈凌. The 2025 Mw 7.6 Aomori Megathrust Earthquake in Northeast Japan: Failure of a Structurally and Rheologically Bounded Asperity beneath a Cold Mantle Wedge[J]. Geophysical Research Letters, 2026, 53: e2026GL122179. DOI: 10.1029/2026GL122179.）。研究受国家重点研发计划（2023YFF0803200）和国家自然科学基金（42288201）共同资助。（来源：中国科学院地质与地球物理研究所）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1029/2026GL122179>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。

作者：张小龙等 来源：《地球物理研究快报》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发