

2011年日本M_w 9.0 地震震后形变机制与震源区总体构造特征

刘泰¹, 付广裕^{*}, 周新², 苏小宁¹
1 中国地震局地震预测研究所, 北京, 10036
2 中科院计算地球动力学重点实验室, 北京, 100049
Email: liutai_718@126.com

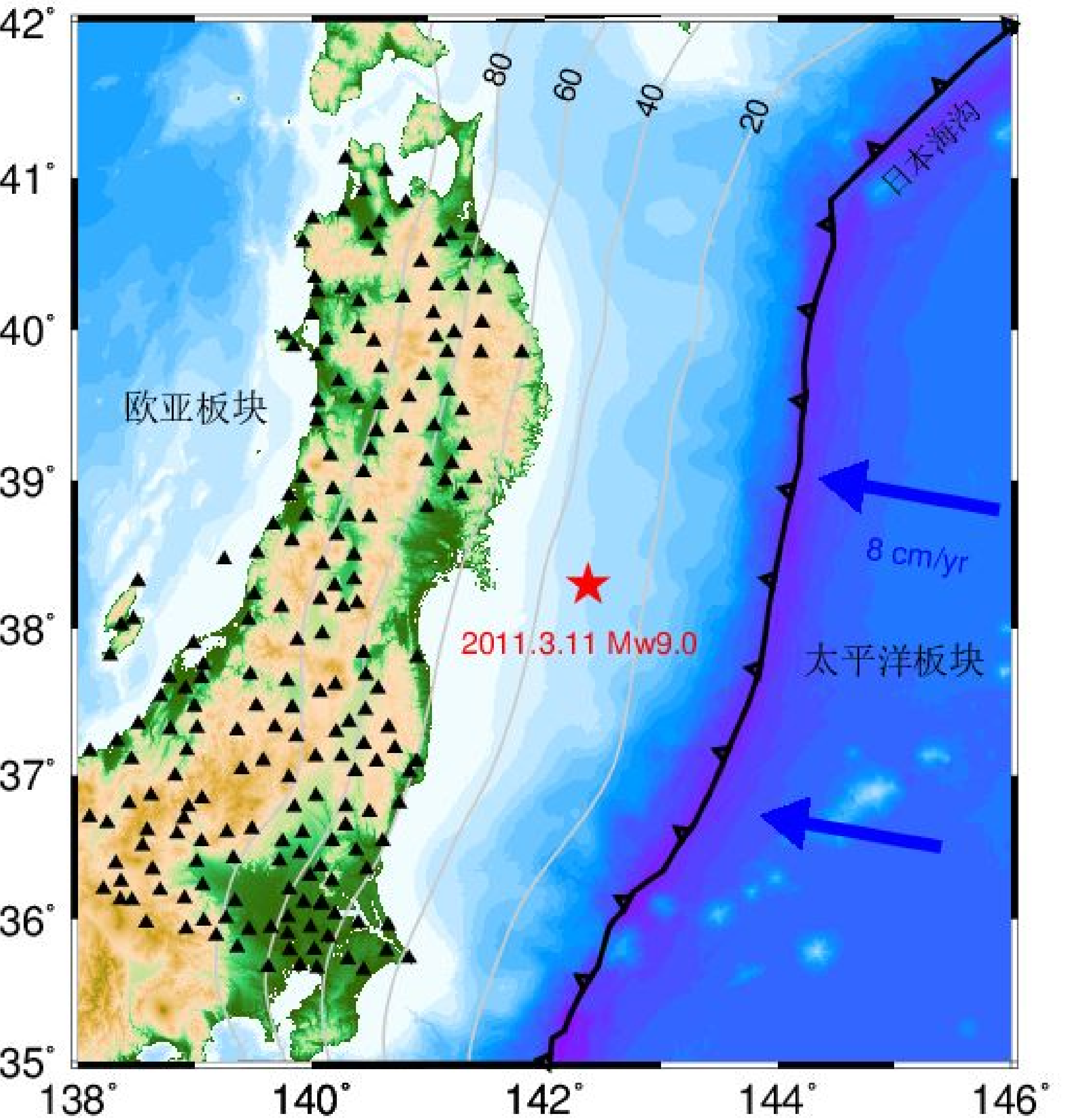


图1 215个GPS观测站点的位置分布, 灰色等值线表示日本海沟间隔20 km的等深度线, 红色五角星代表震中, 黑色三角形和实线代表日本海沟, 蓝色箭头表示太平洋板块向日本海沟的俯冲速度。

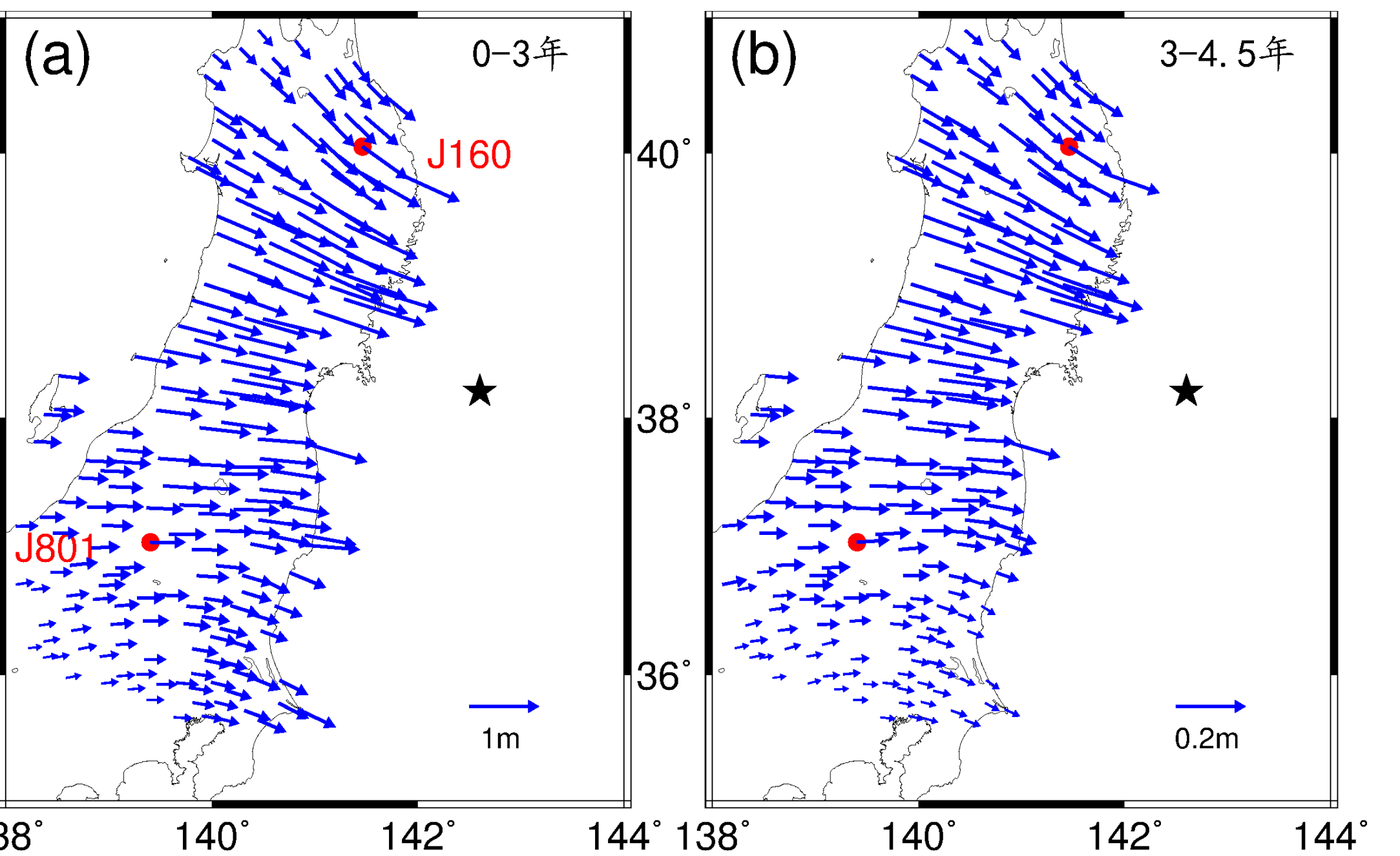


图2 GPS监测到的2011年日本M_w 9.0地震伴随的震后位移场, (a)震后0-3年内的累计水平位移, (b)震后3-4.5年内的累计水平位移, 红色圆点为特征观测站 (J160和J801)。

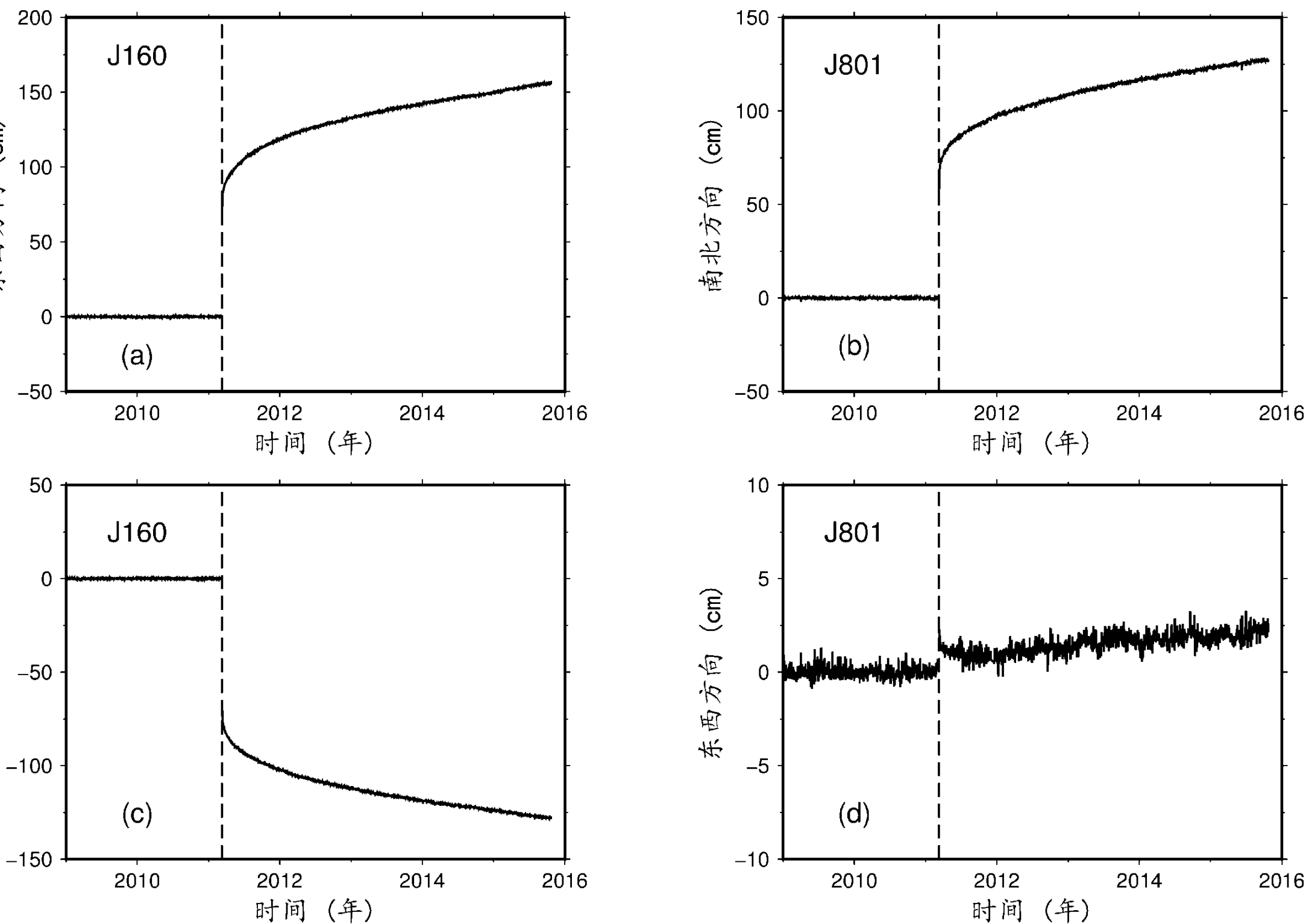


图3 两个GPS观测站J160 (141.46E°, 40.05N°) 和J801 (139.40E°, 37.04N°) 记录的2011年日本M_w 9.0地震震前后位移变化时间序列。

摘要: 本文利用较为完备的球体位错理论, 结合4.5年的震后位移数据, 优化了2011年日本M_w 9.0地震震源区岩石圈弹性层厚度与地幔黏滞性因子, 更新了该强震断层余滑时空演化过程。首先, 基于日本列岛215个均匀分布的GPS连续观测站震前2年与震后4.5年的观测数据, 提取了2011年日本M_w 9.0地震引起的震后位移时空变化; 接着, 依据断层余滑衰减相对较快的特点, 利用黏弹性球体位错理论对震后3~4.5年的GPS观测数据进行反复拟合, 确定2011年日本M_w 9.0地震震源区地幔黏滞性系数和岩石圈弹性层厚度的最优解分别为 6×10^{18} Pa s和30 km; 然后, 从震后GPS观测数据中剔除地幔黏滞性松弛效应, 获取了断层余滑对应的震后位移场; 最后, 利用基于球体位错理论的反演算法, 反演了2011年日本M_w 9.0地震断层余滑的时空演化过程。结果表明, 2011年日本M_w 9.0地震引起的断层余滑在震后半年内变化显著, 震后两年基本停止, 断层余滑的累计震级达到8.59; 地震后4年, 地幔黏滞性松弛效应对震后位移场的贡献在总体上超过断层余滑的贡献。

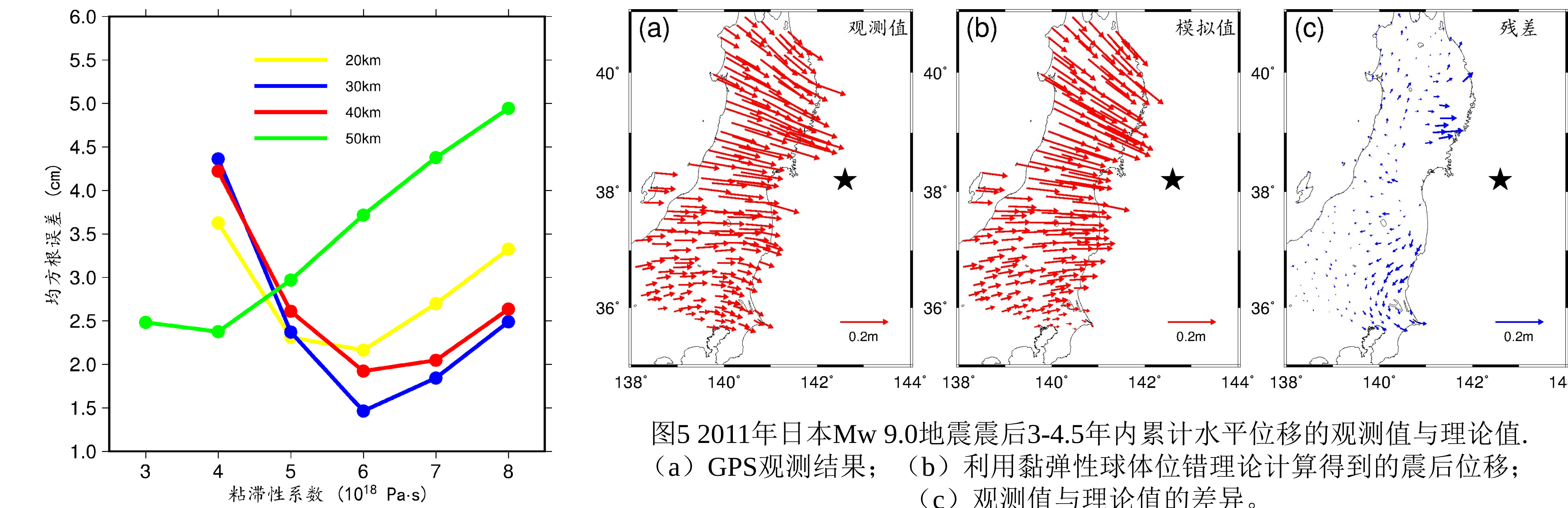


图4 不同地幔粘滞性系数和岩石圈弹性层厚度对应的拟合结果与观测值之间的均方根误差。

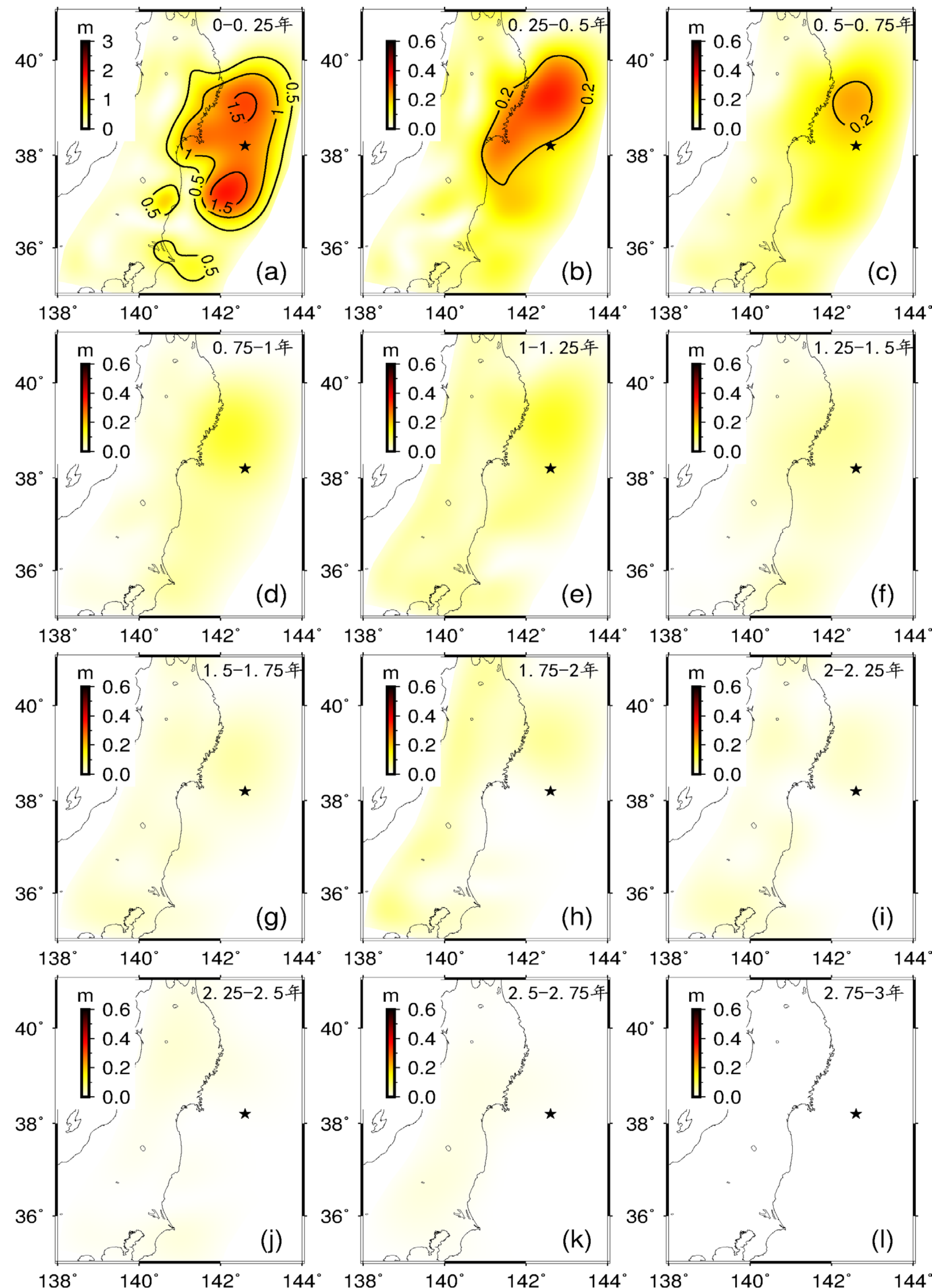


图7 2011年日本M_w 9.0地震震后3年内震后余滑的演化过程, 时间间隔为0.25年。

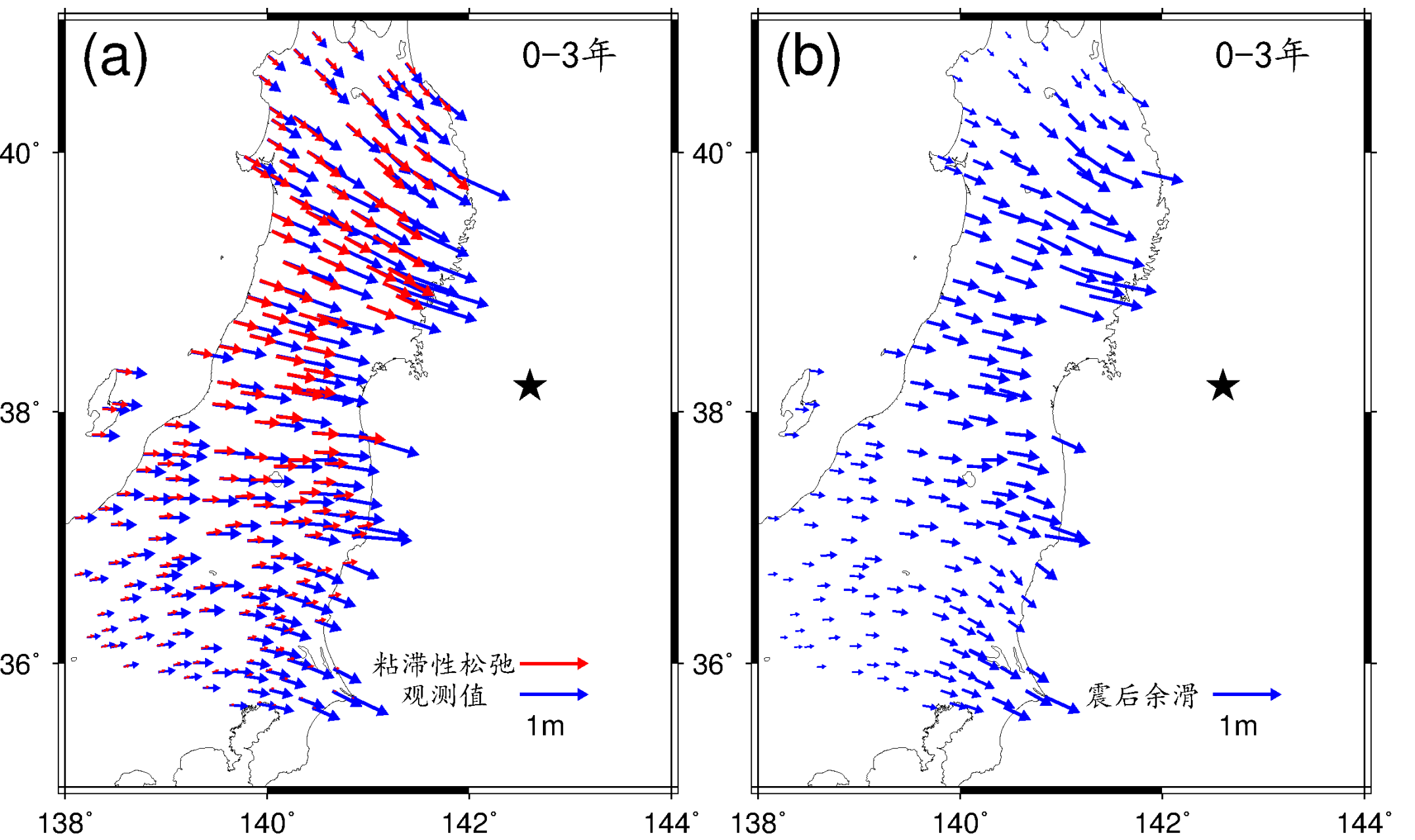


图6 2011年日本M_w 9.0地震引起的震后3年累计水平位移, (a) 蓝色箭头表示GPS观测到的震后位移, 红色箭头表示地幔黏滞性松弛效应引起的震后位移 (b) 蓝色箭头表示震后余滑引起的震后水平位移

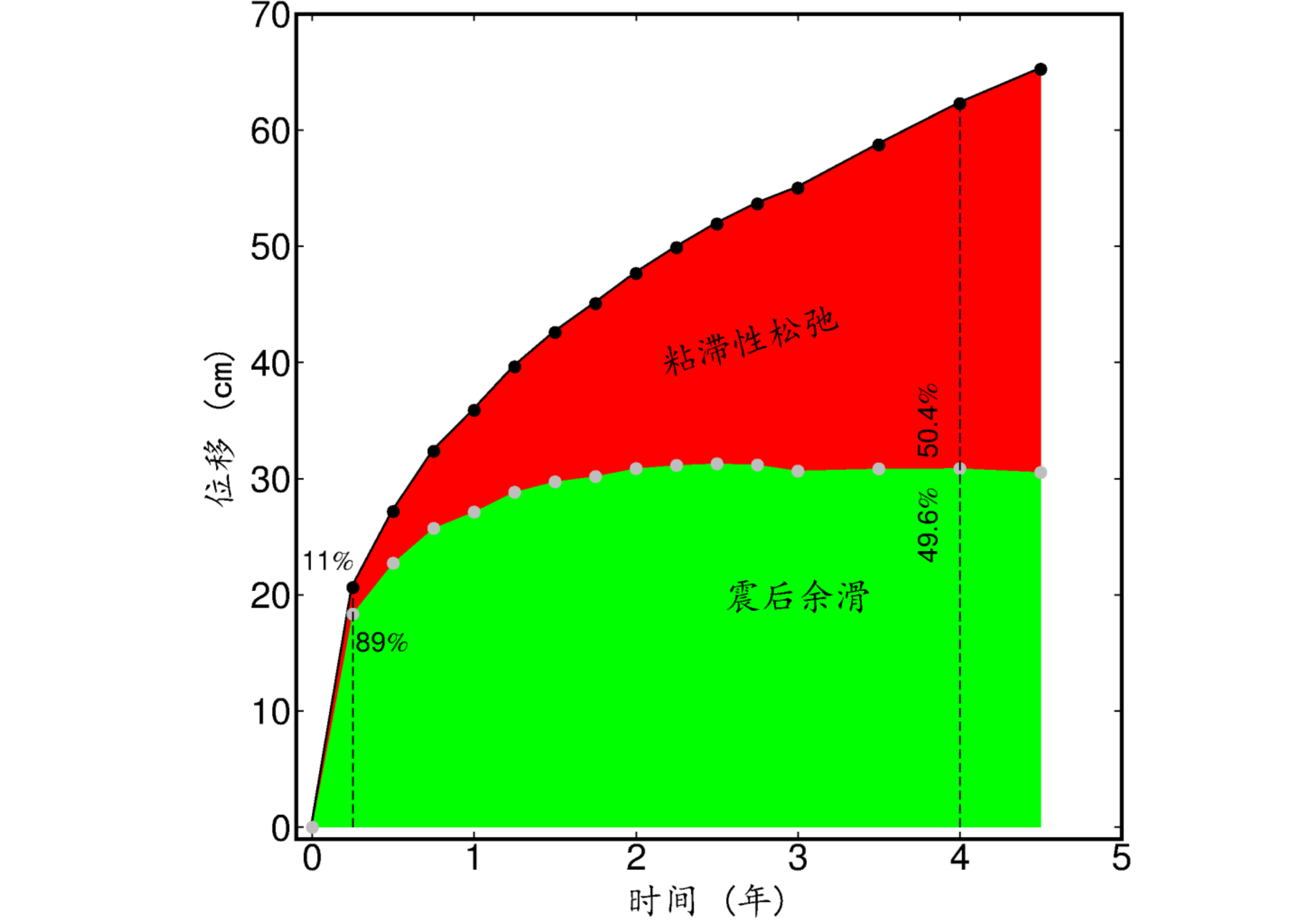


图8 2011年日本M_w 9.0地震后, 震后余滑和地幔黏滞性松弛效应随时间的累计变化, 绿色区域和红色区域分别表示震后余滑和地幔黏滞性松弛效应对应的震后位移 (215 GPS观测站的位移均值), 黑色数字表示该时刻两种震后形变机制在震后位移中所占的比例。

结论:
1 本研究模拟计算了2011年日本M_w 9.0地震后由于地幔黏滞性松弛效应导致的震后位移, 通过与震后3-4.5年间的GPS观测位移进行对比, 确定震源区岩石圈弹性层厚度的最优解为30 km, 地幔黏滞性系数的最优解为 6×10^{18} Pa s。
2 从GPS时间序列中剔除地幔黏滞性松弛效应, 分离出断层余滑产生的震后位移, 接着反演了2011年日本M_w 9.0地震后0-3年内断层余滑分布及其演化过程。结果表明, 断层余滑主要发生在震后初期 (半年内), 随时间的推移迅速衰减, 并在震后2年左右消失, 断层余滑的累计震级达到8.59; 地幔黏滞性松弛效应则随着时间的推移而逐步占据主导, 并在震后4年左右超过断层余滑效应。

参考文献: 刘泰, 付广裕, 周新等. 2011年日本M_w9.0地震震后形变机制与震源区总体构造特征. 地球物理学报, 2017(9): 3406-3417.