

3. 顕著な地震に関して得られた重要な成果

3-1. 大阪府北部の地震

2018年6月18日7時58分に、大阪府北部の深さ13kmでマグニチュード(M)6.1の地震が発生した。この地震により大阪府の複数地点で最大震度6弱を観測し、人的被害・構造物被害を伴った。震源過程*に関する理解を深めるため、強震動記録の解析、震源の再決定、余震の追加検出及び活動解析を実施したところ、破壊は北北西-南南東走向の東側傾斜(約45度)の逆断層*(断層面F1)で最初に生じ、約0.3秒後に東北東-西南西走向の高角傾斜の横ずれ断層*(断層面F2)に乗り移り、その後は同時に断層運動が起きていたことが明らかになった(図13)。断層面F2では、南西の浅い側に向かって破壊が伝播していたことも分かった。今回の地震は、有馬-高槻断層帯の数km南側に平行して存在する微小地震の線状配列の東の延長で発生した。断層面F2はこの線状配列の走向と整合的で、かつ、地表に明瞭な痕跡は現れていないため伏在断層の一部(伊丹断層の東部延長)が活動したと考えられる。1987年には、上記の線状配列に沿って右横ずれ型の地震($M_{\text{JMA}}4.2$)が起きている^[1903]。一方、断層面F1と上町断層帯(活断層)の深部延長との詳細な関係は不明であるが、断層面F1の滑りが上町断層帯などの東側傾斜の逆断層に与える応力*変化を計算したところ、断層運動を促進する方向に約0.1MPaの応力変化を引き起こしたことが分かった。水平圧縮応力場が卓越する近畿圏においては、逆断層と横ずれ断層が同時に活動することで、ひとつの地震になる場合があることが示された。地震ハザード評価において2つのタイプの断層の連鎖的破壊も考慮することが今後必要である。また、震源域の北部延長では、地震活動が遅れて活発化しており、その領域の背景地震活動度は時間とともに徐々に増加する傾向を示した。このことは、本震によって震源域の北部延長(地殻内)で非地震的な変形が引き起こされた結果だと解釈できる。

この地震では、北東から南西方向に沿う震度5強以上の強い揺れに加えて、複雑な後続波が観測された。観測された大阪平野の3次元地震波速度構造モデルを用いた強震動シミュレーション(周波数2Hzまで)を行ったところ、上記の震度分布や複雑な後続波の生成は、2つの断層面での破壊過程と大阪盆地北部の地盤構造が主な要因であることが示された。特に、堆積層内の多重反射波や、盆地端部及び平野下の活断層における基盤段差構造によって生じる表面波が複雑な後続波の要因になったと考えられる^[1911]。大阪平野の3次元地震波速度構造モデルの妥当性が確認され、地震動の事前評価手法や即時予測手法の高度化につながる成果である。

人的被害としては、関連死を含めてこの地震による死者は6名であった。うち2名は倒壊したブロック塀の下敷きに(高槻市と大阪市東淀川区)、3名は家の中でたんすまたは本棚(もしくは大量の本)の下敷きに(高槻市、茨木市、大阪市東淀川区)、1名は持病の悪化(箕面市)が原因である。建物の構造的被害による死者はいない。いずれの被害も震央より南西方向の大阪府内に集まっていることが分かる。大きな加速度が観測されたにもかかわらず、建物の構造的被害が少なかったが、これは強震動の卓越振動数*が3Hz程度と建物の固有周期*よりも有意に短く共振がほとんど起きなかったためと推定される。一方、屋根瓦など一部損壊の被害が多く、復旧に時間を要している。大都市域の直下で発生した地震であったため、震度5強以上地域内人口が比較的多く、公共交通機関の運転見合わせやライフラインの停止及び復旧までに時間を要したことによる大きな影響があった。このように、例えばマグニチュードがM6程度であっても、都市部で一定以上の揺れになる場合は、日常生活に支障を来すことが明らかとなった。このような地震が発生する頻度は、M7以上の大地震が発生する頻度に比べて約10倍高く、早期復旧のための点検・修理方法を検討することは喫緊の課題であると考えられる。

2018年大阪府北部の地震の震源断層モデル

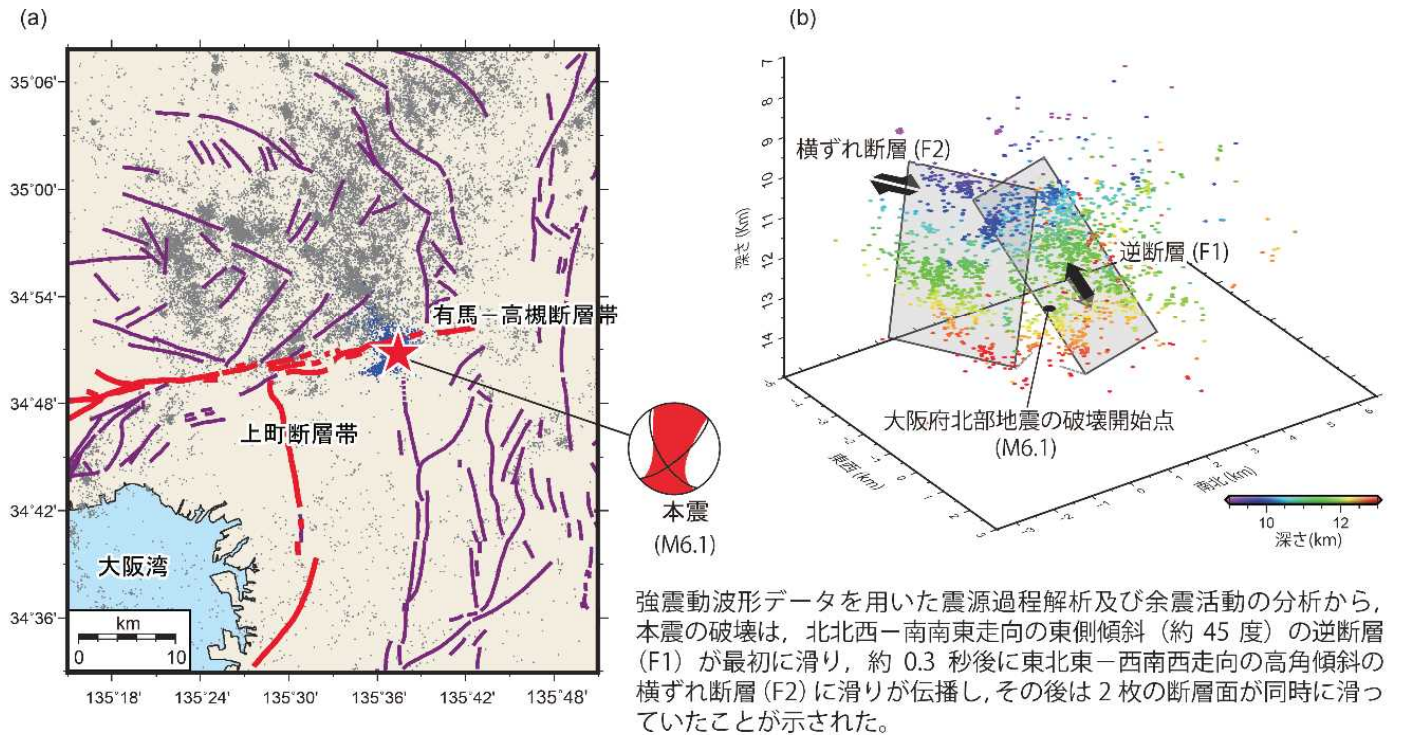


図13. 2018年大阪府北部の地震の震源断層モデル

(a) 大阪府北部の地震（2018年6月18日，M6.1）の震央と、活断層の分布を示す。灰色の点と青色の点は、それぞれ大阪府北部の地震の発生前と発生後の地震活動の分布を表す。上町断層帯と有馬高槻断層帯を赤い太線で示す。(b) 大阪府北部の地震の震源断層モデル。色のついた点は、大阪府北部の地震の余震分布を表しており、色は深さに対応する。逆断層（F1）と横ずれ断層（F2）に対応する面状の分布が確認される。

3-2. 平成30年北海道胆振東部地震

2018年9月6日午前3時過ぎ、北海道胆振地方中東部を震源とする平成30年北海道胆振東部地震が発生した。この地震のマグニチュードは6.7、深さは37kmと、陸域で発生する地震としては非常に深かった。厚真町鹿沼で震度7を観測したほか、安平町追分のK-NET追分観測点で1,796ガル*（三成分合計*）の最大加速度を記録するなど、北海道中南部を中心に広範囲で強い揺れを観測した。震央から約70km離れた札幌市東区でも震度6弱となった。震源距離が50km以内の観測点では、一般的な距離減衰式*よりも大きな最大加速度が記録されている（Dhakal et al., 2019）。

この地震では、震源に近い厚真町を中心に同時多発斜面崩壊が発生した。今回の地震では41名の直接死の人的被害が出たが、うち36名は厚真町で発生した斜面崩壊による。震源に近い石炭火力発電所の損傷を発端とした電力供給の不安定が発生し、地震発生約18分後には北海道全域が停電となるブラックアウトが発生した。木造家屋の被害が集中したむかわ町市街では、地盤の影響で周期1.5秒程度の地震波が増幅されたことが明らかにされている（Takai et al., 2019）。札幌市内では、谷埋め盛り土の軟弱地盤が原因と考えられる大規模な宅地の液状化*が発生した。

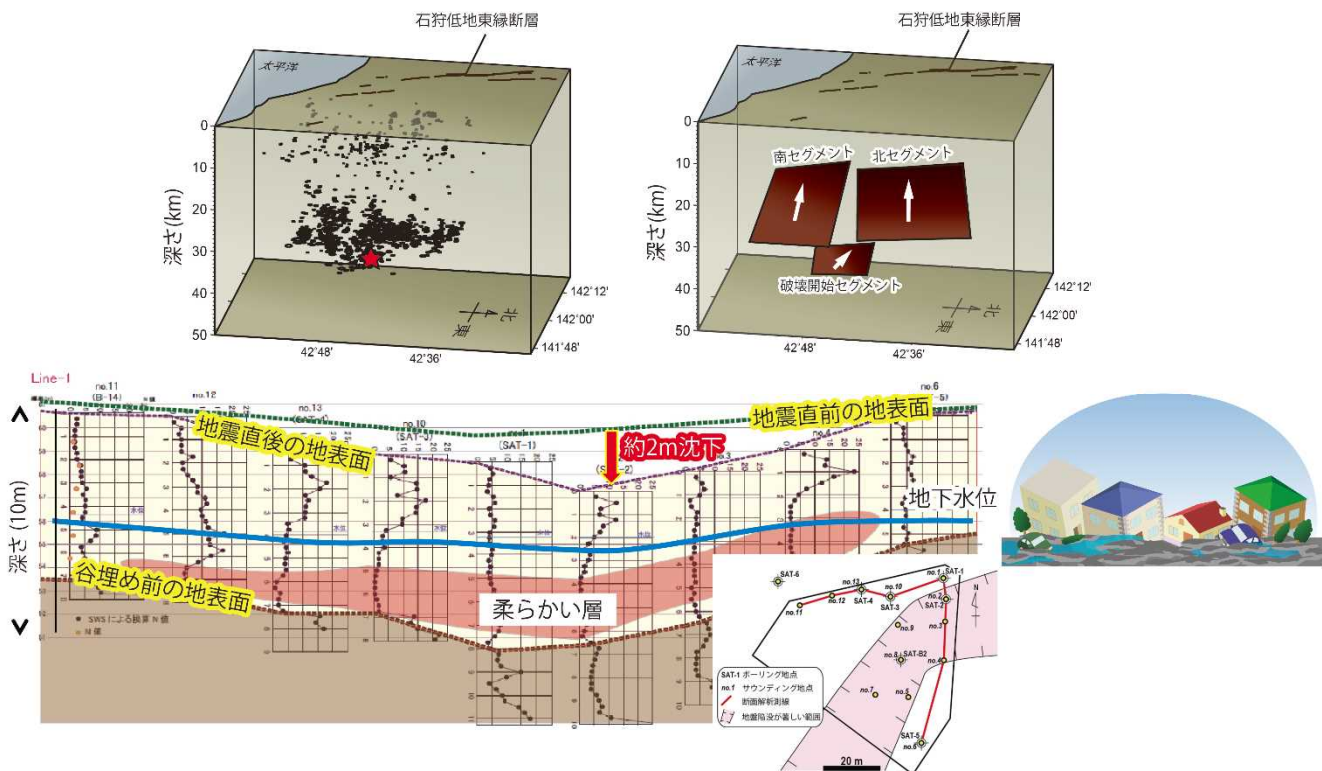
地震のメカニズム解は、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。余震域は、南北約30km程度で、深さは15-40kmで高角な面状を呈しており、InSAR*を用いた地殻変動*観測の結果からも、約70度の傾斜角を持つ高角の節面*が断層面と推定される（Katsumata et al., 2019; Kobayashi T. et al., 2019）。余震域の約10km西側には、国が主要活断層と位置付けている石狩低地東縁断層帯が存在するが、余震分布の形状は想定されている低角の断層面とは一致しない。

本震の震源は余震域の最深部に位置している。また、深さ20-25kmには、余震活動が低調な領域が見られる。今回の地震は、深さ37km付近から初期破壊が始まり、浅部に破壊が伝播したものと推定される（Kobayashi H. et al., 2019）。P波初動解と防災科学技術研究所などのモーメントテンソル解との比較から、断層深部で横ずれで始まった初期破壊が、徐々に逆断層が卓越する浅部での主破壊に進展したものと考えられた（Katsumata et al., 2019）（図14）。地殻変動データの解析によると、今回地震が発生した石狩低地帯はひずみ集中帯*となっており、周辺より一桁大きいひずみ速度*が観測されていた（Ohzono et al., 2019）。

大きな人的被害を出した厚真町の同時多発斜面崩壊は、最近数万年間に表層に堆積した樽前山や恵庭岳の降下火砕物*の底面を滑り面としていた。滑り面からは摩擦を低下させる粘土鉱物が検出されている。斜面崩壊は、地震動とほぼ同時に発生したと見られ、避難する時間はほとんどなかった可能性が高い。日本では、降下火砕物が堆積する地域が広く存在し、地震による斜面災害リスク対策は大きな課題である。また、400m程度の移動量を持つ大規模な岩盤滑り*の発生も確認されている。

北海道の胆振地方中東部から日高地方にかけては、1982年浦河沖地震など、震源が深い地震の発生が知られる。今回の地震の震源は上部マントルに相当する可能性がある。日高山脈の地下は、中期中新世に始まった東北日本弧と千島弧の衝突による複雑な構造が知られているが、今回の地震のような深い地震の発生との関係は良く分かっていない。

平成30年北海道胆振東部地震の余震分布と流動化発生個所の地盤断面図



上図：余震は深さ10～40km付近の、主に3つのセグメントで発生。
 下図：地盤の沈降量の大きい場所では、含水量の多い火山灰層が存在。

図 14. 平成 30 年北海道胆振東部地震の余震分布と流動化発生個所の地盤断面図

上図：臨時余震観測により高精度に推定された平成 30 年胆振東部地震の余震分布。余震は深さ 10～40km 付近に分布している。下図：ボーリング調査で明らかになった液状化に伴う流動化発生個所の地盤断面図。沈降量の大きな部分では含水量の多い特に柔らかい火山灰層が存在していた。