1 1. 平成 30 年北海道胆振東部地震(2018 年 9 月 6 日, M6.7)

1. はじめに

2018年9月6日3時7分ころ,北海道胆振地方中東 部を震源とする M6.7の地震が発生した.震源に近い厚 真町鹿沼の気象庁震度観測点で,北海道では観測史上 初となる震度7を記録したほか,安平町,むかわ町で震 度6強の強い揺れを観測した.震源から約60km離れた 札幌市東区でも震度6弱となり,道央を中心に広範囲に 強い揺れとなった.気象庁はこの地震を「平成30年北 海道胆振東部地震」と命名した.

この地震では、強震動により明治以来最大面積とな る同時多発斜面崩壊が震源に近い厚真町を中心に発生 した¹⁾. 直接死41名のうち、厚真町の36名は全員斜 面崩壊によるものであった. 強い揺れによる発送電設 備の損傷などにより、日本初となる同一エリア全域大 規模停電(北海道ブラックアウト)が発生し、生活・ 産業・物流に大きな影響が出た. 北海道大学の札幌キャ ンパスもブラックアウトと同時に停電となったが、非 常用自家発電装置が自動起動し、地震波形のテレメー タ処理系を運用することが出来た. しかし、震源域に 近い地震観測点では、停電により欠測となった事例も あった. 震源から50km以上離れた札幌市清田区や東 区では、埋め立て盛土の液状化が発生し、住宅地の地 盤などに大きな被害が出た.

2. 震源メカニズム・余震活動・断層すべり分布

震源域は、石狩低地帯南東縁部に位置する.余震域 の西側には、主要活断層である石狩低地東縁断層帯南 部の地表トレースが隣接している.

気象庁によるこの地震の震源の深さは 37km で,陸側 プレート内で発生する地震としては極めて深い.本震の 震源メカニズムは,東北東一西南西方向に圧力軸を持ち, 初動解では横ずれ成分を含む逆断層,CMT ではほぼ純 粋な逆断層であった²⁾.初期破壊から主破壊に至る過程 でメカニズムが変化した可能性がある.GNSS と InSAR による地震時地殻変動データより推定された断層パラ メータは,CMT 解析から得られた震源メカニズム解の 東落ちの高角節面とよく一致する³⁾.

余震は、南北走向の約 30km の範囲で発生している(図 1). この余震域の広がりは、本震直後には既に形成され ていて、時間とともに拡大したようには見えない. 余震 は、深さ 15-40km の東落ちの高角面上に分布し、震源 メカニズム解のうち東傾斜の節面にほぼ一致する. また、 余震は、深さ 15-20km と 25-40km の二つの領域に分か れて発生しているように見える. 中央部の余震活動が低





図1 気象庁震源による平成30年北海道胆振東部地震の半 年間の余震の震央分布(上)と東西方向に投影した深 さ分布(下).マグニチュード1.5以上.メカニズム 解は気象庁によるCMT 解.

調な領域は、本震時の大すべり域にほぼ一致しているように見える^{4), 5), 6)}.大すべり域を取り囲むように余震活動が活発である現象は、一般的に見られる性質である.

断層破壊は、南北方向に延びた余震域の中央付近の 最深部にあたる深さ35-40km付近から始まった.しかし、 この場所での相対的なすべり量は小さい.大きくすべっ た領域は、それよりも10km程度浅い、深さ20-30km付 近に位置している(図2)^{4).5).6}.破壊は、震源から南お よび北方向に進展した.最終的なすべり量は、余震域の 南半分で大きい.一方、多くの被害を出した同時多発斜 面崩壊は、余震域の北半分に集中して発生している.余 震域の北半分の領域では、斜面崩壊の素因となった表層 の降下火砕堆積物が、南側に比べて厚いことが知られて いる.

余震数は、時間とともにべき乗で減少する本震余震型の特徴を示していて、ETAS モデルで概ね説明可能である⁷⁾. これまでの最大余震は、2019 年 2 月 21 日に発生した M5.8 で、厚真町鹿沼で最大震度 6 弱を観測した.



 図 2 Asano and Iwata (2019)⁶⁾によるすべり量分布(上) モーメントレート関数(下). 星印は本震の震源を示す.
図の左側が南側である.

今回の余震域の西側には,主要活断層である石狩低 地東縁断層帯南部の地表トレースが隣接して存在する. この活断層の形状は,北北西一南南東走行の上端深さ 0km とする低角東落ちとされている⁸⁾.一方,今回の地 震の余震域は,石狩低地東縁断層帯南部に比べ有意に 深く,メカニズム解や余震分布も高角の東落ち傾斜と いったように,活断層の形状とは違っている.

InSAR 解析によって、震源域の地表に、リニアメント 状の地殻変動が発見された⁹⁾. このリニアメント状地殻 変動の位置や走行は、石狩低地東縁断層帯の地表トレー スの南方延長部に相当する.しかし、この地表リニアメ ントと今回の深い震源断層、あるいは、既存活断層との 関係については不明である.地震断層から離れた場所で の副次的な地殻変動は、2007 年新潟県中越沖地震¹⁰⁾や 2016 年熊本地震¹¹⁾でも確認されており、活断層や褶曲 構造の発達を考えるうえで興味深い現象である.

3. 震源域周辺の地下構造

制御震源地震探査データから、震源域を含む日高衝 突帯の複雑な地下構造が明瞭にイメージングされた.震 源域での地殻の厚さは 16-22km と薄く,モホ面の深さ は 25km 程度であり,本震を含む多くの余震が上部マン トル内で発生していることが明らかになった(図3)¹²⁾. 本震時の断層すべりモデルとの比較では,大すべり域は



図3 Iwasaki et al. (2019)¹²による震源域を含む日高衝突 帯の詳細な地下構造.本震および余震の多くは上部マ ントル内で発生している.千島弧の下部地殻の下部が デラミネーションして震源域の近くまで西進している. 震源域の浅部には低速度の厚い堆積層が存在する.

下部地殻に相当する可能性がある. 東に緩く傾斜する東 北日本弧地殻の表層部には, 厚さ 8-10km 以上にも及ぶ 地震波速度が遅い堆積層が存在すること, 千島弧の下部 地殻の下部がデラミネーションしていることも改めて確 認された.

自然地震を用いた広域的な地震波速度トモグラフィー からは.震源域が東西方向の速度構造境界付近に位置 し^{3),13)},余震は厚化した下部地殻内で発生しているとす る考えが示されている¹³⁾.また,震源域は減衰構造の境 界にもなっている^{13),14),15)}.比抵抗構造探査からは,低 分解能ながら震源域付近に低比抵抗体の存在が示唆さ れている¹⁶⁾.

本震の震源が 37km と非常に深く,余震も深部で多く 発生している原因として,震源域での低い地殻熱流量と の関係が指摘されている^{12),13)}.制御震源による構造モデ ルでは,デラミネーションした千島弧の下部地殻が震源 域の東側深さ 60km 付近まで達している様子が描かれて いる.この特異な構造ために,最上部マントルでの熱循 環が妨げられ,深部での脆性破壊を可能とするモデルが 提案されている¹²⁾.また,断層面傾斜が約 70 度と高角で あり,高圧の間隙流体が関与していた可能性もある^{12),15)}.

4. 震源域周辺の地殻活動と将来予測

今回の震源域である胆振地方中東部では、1942年の M5.0 や 1949年の M5.1 などの地震が発生していたが、 M6 を超える地震は今回が初めてであった.

1988 年 7 月 21-22 日には,今回の震源域とほぼ同じ 場所で群発的な活動があり,M3.8 の最大地震を含め 6 回の地震があった.うち 3 回は厚真町などで震度 1-2 の 揺れを記録している.なお,深さは 25-28km に推定さ



図 4 Ohzono et al. (2019)¹⁸⁾による石狩低地地帯のひずみ 速度空間分布. 1996 年から 2003 年十勝沖地震前ま で(上), 2014 年から 2018 年まで(下). 石狩低地 帯では周辺より一桁程度大きな圧縮ひずみ場となって いる.

れている¹⁷⁾. ほぼ同じ場所では,1993年に深さ20km の M4.4,2002年に深さ12kmの M3.5も発生している. 2017年7月1日には、今回の震源域から西に約10km離 れた深さ27kmで M5.1の地震が発生し、安平町早来で 震度5弱,厚真町京町で震度4を観測した.このように、 今回の地震の震源域では、深さ20kmを超える地震が散 発的に発生していた.

長期間 GNSS データの解析によると、今回の地震の 震源域を含む石狩低地帯は、ひずみ速度が周辺部より も1桁程度大きい「ひずみ集中帯」となっている(図4). ひずみが集中する原因として、弾性定数が小さい厚い 堆積層の影響が検討されている¹⁸⁾.石狩低地帯東縁断 層からサハリンに抜ける南北ラインが、現在もテクト ニックブロックの境界として機能しているとする考え もある.

今回の地震の断層運動は、隣接する石狩低地東縁断 層帯で想定されている逆断層運動を促進する静的応力 変化をもたらした^{3),19)}.粘弾性効果を含めた推定からは、 石狩低地東縁断層帯で数十年にわたり応力上昇が続く 可能性が指摘されている(図 5)¹⁹⁾.石狩低地帯東縁断 層帯では、地震本部により M7.7 ~ 7.9 程度が評価され ており、今後の地殻活動を注意深く監視していく必要が ある. Time-dependent $\Delta CFF(t)$ along the southern fault



図 5 Ohtani and Imanishi (2019)¹⁹⁾による石狩低地東縁断 層帯南部でのΔ CFF の時間発展.

5. おわりに

平成 30 年北海道胆振東部地震は,規模が M6.7 と中 規模で震源が 37km と深いにも関わらず,強震動により 同時斜面崩壊やブラックアウトなどの大きな災害を引き 起こした.このような深い場所で地震が起こる原因につ いて,日高山脈周辺の複雑な地殻マントル構造という条 件の中で,地殻流体や地殻熱流量の影響などを含め,よ り詳細な地下のイメージングからモデル化を進めること が期待される.

札幌市をはじめ,震源距離 100km 程度までの範囲で は,一般的な距離減衰式を上回る最大加速度や最大速 度となった²⁰⁾.防災面からは,今回のような上部マント ルを震源とする地震の強震動について,震源と地盤特性 の両面から検討を進める必要がある.

地表で見られる活断層の深部形状については、いまだ 未解明な点が多い.地表で見られる石狩低地東縁断層帯 と、今回の地震の深い震源断層との関係の有無も不明で ある.震源断層と地表活断層の実態を明らかにする調査 研究をさらに進めることが望まれる.

参考文献

- 国土交通省, 2018. http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h30_iburitobu/ 181005_sediment_volume.pdf.
- 2) Katsumata et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 53.
- 3) Kobayashi et al., 2019. Earth Planets Space, 71:62.
- 4) Kobayashi et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 63.
- 5) Kubo et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 98.
- 6) Asano and Iwata, 2019. Earth Planets Space, 71, 101.
- 7) Kumazawa et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 130.

- 8) 地震本部,2010. 石狩低地帯東縁断層帯の長期評価 (一部改訂).
- 9) Fujiwara et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 64.
- 10) Nishimura et al., 2008. Geophysical Res. Lett., 35, L13301.
- 11) Fujiwara et al., 2016. Earth Planets Space, 68:160.
- 12) Iwasaki et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 103.
- 13) Kita, 2019. Earth Planets Space, 71, 122.

- 14) Nakamura and Shiina, Earth Planets Space, 71, 114.
- 15) Hua et al., 2019. Scientific Reports, 9, 13914.
- 16) Ichihara et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 100.
- 17) 札幌管区気象台,2000. 北海道の地震活動(第2版).
- 18) Ohzono et al., 2019. Earth Planets Space, 71, 50.
- Ohtani and Imanishi, 2019. Earth Planets Space, 71, 57.
- 20) 高井・重藤, 2019. 地震ジャーナル, 67, 10.