

平成30年北海道胆振東部地震とその災害に関する総合調査

高橋浩晃¹・勝俣 啓¹・大園真子¹・橋本武志¹・青山 裕¹・酒井慎一²・松本 聡³
岡田知己⁴・小菅正裕⁵・寺川寿子⁶・飯尾能久⁷・中尾 茂⁸・上嶋 誠²・柴田智郎⁹
大津 直¹⁰・高井伸雄¹¹・飯場正紀¹¹・渡部要一¹¹・菊地 優¹¹・岡崎太一郎¹¹
白井和貴¹¹・西村裕一¹・石川達也¹²・高瀬裕也¹³・永井 宏¹³・宮森保紀¹⁴
三宅弘恵¹⁵・松島信一⁷・浅野公之⁷・重藤迪子¹⁶・卜部厚志¹⁷・前田宜浩¹⁸
石澤友浩¹⁹・廣瀬 亘¹⁰・小山内信智²⁰・山田 孝²⁰・笠井美青²⁰・檜垣大助²¹
風間基樹²²・千木良雅弘⁷・渦岡良介⁷・竹林洋史⁷・木村 誇²³・石丸 聡¹⁰
岡田成幸¹¹・内田賢悦¹¹・有村幹治¹³・植松武是²⁴・多々納裕一⁷・梶谷義雄²⁵
能島暢呂²⁶・田村圭子²⁷・中村洋光²⁸・戸松 誠²⁹

- 1 北海道大学大学院理学研究院
- 2 東京大学地震研究所
- 3 九州大学大学院理学研究院
- 4 東北大学大学院理学研究科
- 5 弘前大学大学院理工学研究科
- 6 名古屋大学大学院環境学研究科
- 7 京都大学防災研究所
- 8 鹿児島大学理工学域理学系
- 9 京都大学大学院理学研究科
- 10 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所
- 11 北海道大学大学院工学研究院
- 12 北海道大学公共政策学連携研究部
- 13 室蘭工業大学大学院工学研究科
- 14 北見工業大学工学部
- 15 東京大学大学院情報学環・学際情報学府
- 16 九州大学大学院人間環境学研究院
- 17 新潟大学災害・復興科学研究所
- 18 防災科学技術研究所社会防災システム研究部門
- 19 防災科学技術研究所水・土砂防災研究部門
- 20 北海道大学大学院農学研究院
- 21 弘前大学農学生命科学部
- 22 東北大学大学院工学研究科
- 23 防災科学技術研究所，気象災害軽減イノベーションセンター
- 24 北海学園大学工学部
- 25 香川大学創造工学部
- 26 岐阜大学工学部
- 27 新潟大学危機管理本部
- 28 防災科学技術研究所社会防災システム研究部門
- 29 北海道立総合研究機構建築研究本部北方建築総合研究所

要 旨

「平成30年北海道胆振東部地震」とその災害に関する総合調査を実施した。震度7を記録した揺れにより、同時多発斜面災害と、北海道全域同時停電（ブラックアウト）が発生

し、複合的な災害となった。震源の深さは約37kmで、大すべり域はそれより浅い20-25km付近であった。木造家屋の倒壊が多発したむかわ町市街では、地盤構造による地震波の増幅が見られた。同時多発斜面崩壊は、近隣の活火山の噴火による降下火砕堆積物が素因となった。札幌市内の地盤液状化地帯では、極めて軟弱な谷埋盛土層が確認された。地震発生が未明であったことが、建物倒壊による直接死が出なかったことに関係している可能性がある。ブラックアウトは、社会経済活動に大きな影響を与えた。

1. はじめに

平成30年9月6日3時7分ころ、北海道胆振地方東部の深さ37km付近を震源とするM6.7の地震が発生した。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、北海道厚真町鹿沼の気象庁観測点で震度7を観測した。北海道で震度7となったのは観測史上初である。この地震で、北海道中央部を中心に広い範囲で有感となり、震源から約60km離れた札幌市東区でも震度6弱を観測した。

この地震での死者は、厚真町・むかわ町・新ひだか町・苫小牧市・札幌市で関連死を含め42名となっている（内閣府、2019）。今回の地震では、震源に近い厚真町で、明治以降最大面積となる同時多発斜面崩壊が発生した（国土交通省、2018）。厚真町の直接死36名はすべて土砂災害による。

地震による揺れで、震源に近い北海道電力苫東厚真発電所の停止と送電線の事故の複合要因により、地震発生18分後から北海道全域同時停電（ブラックアウト）が発生し、社会経済活動に大きな二次的な被害をもたらした。新千歳空港が閉鎖となったほか、ATMの停止、食料やガソリンなどが欠品となった。北海道大学理学研究院では停電が9月8日14時まで続き、地震発生直後の調査研究に大きな支障を来した。

この地震とその災害の総合的な緊急調査を、文部科学省科学研究費補助金特別研究促進費の交付を受けて実施したので、その概要を報告する。

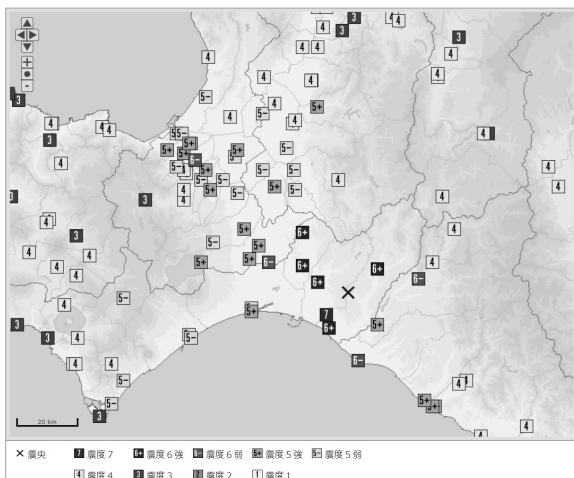


図-1 震度分布（気象庁震度データベースによる）

2. 研究計画の概要

今回の地震では、強い揺れを誘因とする多様な災害が発生したことから、課題ごとに以下の4つの研究班を組織して研究を進めた。

① 機動地震観測等による地震発生場とメカニズムの解明班

震源域周辺に機動地震観測点を設置して余震の観測を行う。精密な震源を得ることで余震域の形状を把握する。地下構造を推定する電磁気観測や、地殻変動・地殻流体等の調査も実施する。
班長：勝俣啓（北海道大学）・大園真子・橋本武志・青山裕（北海道大学）・酒井慎一（東京大学）・松本聡（九州大学）・岡田知己（東北大学）・小菅正裕（弘前大学）・寺川寿子（名古屋大学）・飯尾能久（京都大学）・中尾茂（鹿児島大学）・上嶋誠（東京大学）・柴田智郎（京都大学）・大津直（北海道立総合研究機構）

② 強震動観測による強震動生成機構の解明と地盤・建築被害の調査班

震源域周辺に機動強震観測点を設置して、震源特性・地盤特性を明らかにするほか、建築構造物被害、液状化等の地盤災害に関する調査、震源過程の解析を行う。

班長：高井伸雄（北海道大学）・飯場正紀・渡部要一・菊地優・岡崎太一郎・白井和貴・西村裕一・石川達也（北海道大学）・高瀬裕也・永井宏（室蘭工業大学）・宮森保紀（北見工業大学）・三宅弘恵（東京大学）・松島信一・浅野公之（京都大学）・重藤迪子（九州大学）・ト部厚志（新潟大学）・前田宜浩・石澤友浩（防災科研）・廣瀬亘（北海道立総合研究機構）

③ 同時多発斜面崩壊メカニズムの調査班

厚真町を中心に発生した同時多発斜面崩壊について、現地調査に基づき、表層地質や土質・すべり面の化学的・力学的特性の調査や土砂流動機構の解明を行う。

班長：小山内信智（北海道大学）・山田孝・笠井美青（北海道大学）・檜垣大助（弘前大学）・風間基樹（東北大学）・千木良雅弘・渦岡良助・竹林洋史（京都大学）・木村諤（防災科研）・石丸聡（北海道立総合研究機構）

④ 人的被害の様相と大規模広域同時停電が社会に与えたインパクト班

今回の地震で生じた直接的あるいは間接的な人的被害の様相を現地調査から明らかにする。ブラックアウトが社会インフラや経済活動、道民生活に与えた影響を調査する。

班長：岡田成幸（北海道大学）・内田賢悦（北海道大学）・有村幹治（室蘭工業大学）・植松武是（北海学園大学）・多々納裕一（京都大学）・梶谷義雄（香川大学）・能島暢呂（岐阜大学）・田村圭子（新潟大学）・中村洋行（防災科研）・戸松誠（北海道立総合研究機構）

3. 研究成果の概要

3.1 機動地震観測等による地震発生場とメカニズムの解明

震源域周辺に機動地震観測を配置し、当該地域に最適な地震波速度構造を用いて余震の再決定を行った。余震域は、本震直後から深さ40km~15km、南北に約30kmの幅で形成されていた。初期破壊は、余震域の最深部で横ずれ成分を持って始まった後、断層破壊はより浅部の南北方向に逆断層成分を主として広がった可能性が示された。余震分布の形状は、震源メカニズムの東落ち高角断層面と一致するが、その詳細な分布は「くの字」を組みあせたような複雑な形状を呈している（Katsumata et al., 2019）。斜面崩壊が多発した地域は、余震域の北半分周辺に相当する。大すべり域は、初期破壊域よりも浅く、余震域の浅部にあたる深さ20-30km付近であった（Kobayashi H. et al., 2019）。この場所は、余震活動が低調な部分に相当している。

今回の余震域は、深部から浅部まで東落ちの高角面状を呈している。国の主要活断層である石狩低地東縁断層帯南部の東落ち低角の形状とは一致しない。今回の地震が石狩低地帯東縁断層のクローン破壊応力を上昇させた可能性が指摘されている（Kobayashi T. et al., 2019, Ohtani and Imanishi, 2019）。

今回の震源域では、定常的に震源が深い地震活動が見られており、2017年7月1日には深さ27kmでM5.1の地震が発生していた。また、厚真町周辺では1988年に群発的な活動があり、深さは25-28kmであった。

電磁気（MT）観測データから求められた比抵抗構造によると、今回の震源域は構造境界となっている可能性がある。また、同一観測点でMT観測を実施した結果からは、地震前後で顕著な構造の変化は見られていない。

石狩低地東縁断層帯は、ひずみ速度が周辺よりも最大1桁大きく、ひずみの集中帯となっていた

（Ohzono et al., 2019）。地震後に顕著な余効変動は見られていないが、ひずみ速度に変化が生じている可能性がある。このひずみ集中帯は、北海道北部まで連続している可能性がある（Ito et al., 2019）。

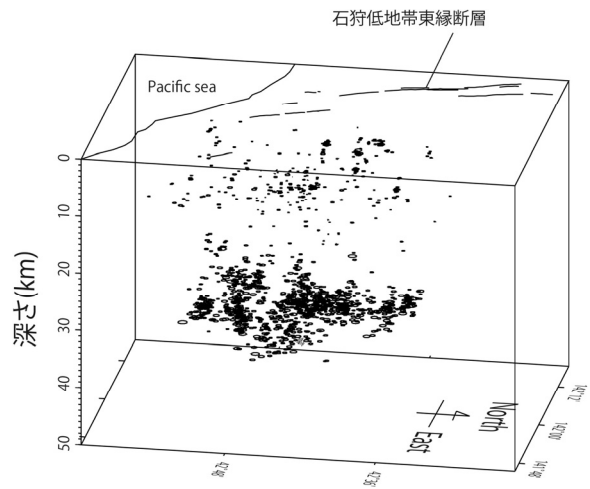


図-2 再決定された余震分布。東落ちの高角断層面とよい一致を示すが、微細構造は複雑である。

3.2 機動強震観測による強震動生成過程の解明と地盤・建築被害の調査

今回の地震では、北海道で観測史上初の震度7を厚真町鹿沼の気象庁観測点で記録した。また、北海道中央部で強い揺れとなり、震源から約60km離れた札幌市東区でも震度6弱となった。

観測された加速度は、防災科学技術研究所K-NET追分（HKD127）の1,796galが最大で、同じく防災科研KiK-net追分（IBUH01）で1,505gal、震度7を記録した気象庁厚真町鹿沼（JMA47004）で967.3gal（計測震度6.5）であった（いずれも3成分合成値）（防災科学技術研究所, 2018；気象庁, 2018）。斜面崩壊が多発した地域に最も近い観測点である厚真町京町では、加速度が461.9galで計測震度は6.0であった。木造建築の被害が集中した、むかわ町中心街にあるK-NET鶴川（HKD126, むかわ町松風）の最大加速度は662gal、震度は6強であった。

震源から距離100km程度以内では、一般的な距離減衰式よりも最大加速度や最大速度が大きかったことが明らかになった。KiK-net追分では短周期の応答が大きく、K-net鶴川やJMA鹿沼では1~3秒の応答が大きかったことが示された。機動強震観測で、むかわ町の建物被害が大きかった地域で余震の振幅が特に大きいことが確認された。この地域で実施した微動構造探査から浅部地盤構造が明らかにされ、この構造によるシミュレーションからむかわ町の地震動増幅特性をほぼ再現することが出来た（Takai et al., 2019）。

液化化により宅地に大きな被害が出た札幌市清田

区でボーリングやサウンディング調査を実施した。盛土は細粒分が多く密度が非常に小さい火山灰質土であることが確認された。盛土部は換算N値が1~4と非常に小さいこと、地下水位の違いにより地盤沈下の有無がみられた可能性が指摘された。また、液状化した宅地を模した振動台実験により、地下水位高の違いが液状化の形態に影響を及ぼした可能性が示された。苫小牧東港の液状化対策が行われていた区画では、震源に近いにも関わらず液状化が発生していないことが確認された。今回の地震では、免震構造では被害は見られていない。

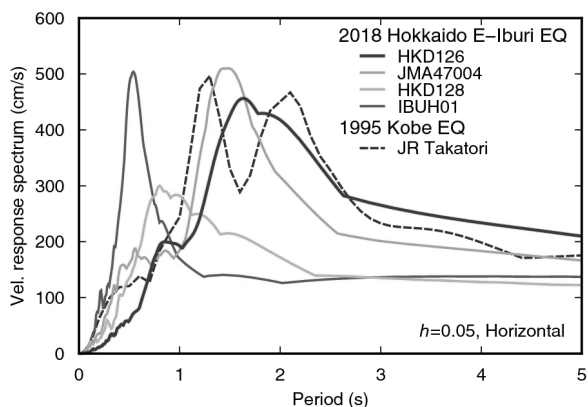


図-3 本震の速度応答スペクトル (Takai et al., 2019)

3.3 同時多発斜面崩壊メカニズムの調査

厚真町の同時多発斜面崩壊が発生した地域では、崩壊面積率が40%に及ぶ地域も確認された。この地域は、9,000年前の樽前山噴火によるTa-dや1.8万年前の恵庭岳噴火によるEn-a等の降下火砕物（軽石層）が堆積する地域であり、表層すべりのすべり面はTa-dやEn-aの最下部に相当していることが明らかにされた。

すべり面の土質サンプルをX線鉱物分析したところ、粘土鉱物であるハロイサイトが検出された。火砕降下物のせん断強度試験から、繰り返しせん断履歴により初期剛性が著しく低下する特性を確認した。この地域では、谷地形の浸食による斜面下部の切断による遷急線が形成され、斜面が力学的にも不安定であったことが示された。

層構造の発達した軽舞層での大規模な岩盤すべりの発生も認められ、河道閉塞による湛水が確認された。大きな人的被害が出た厚真町吉野地区の斜面の体積含水率は平均42.8%と高い値であった。直前の降雨に加え、長期的な積算降水量が関係していた可能性がある。この数値を参考に、地震動により斜面が液状化した水と土砂の混合物が斜面を流下するシミュレーションから、崩壊土砂が宅地に達する時間は6秒程度しかなかったことが推定された。これは、地

震動による斜面災害対策の難しさを示す結果となった。



図-4 厚真町の斜面表層崩壊の様相。

3.4 人的被害の様相と大規模広域停電が社会に与えたインパクトの調査

むかわ町で1階が崩壊した建物は店舗や店舗併用住宅が多く、地震発生が未明であったために人的被害が小さかった可能性が示された。今回の地震では、鉄筋コンクリート造の建築物への被害が限定的であったこと、木造建築でも震動被害が発生した場所は限られていたことが明らかにされた。

北海道全域同時停電（ブラックアウト）は、鉄道、水道、通信など社会情報インフラとその復旧に広く影響を与えたことが明らかにされた。復旧の順序は震度の大きさとは直接関係していない。道内事業所では、復電後の操業能力の回復に9日程度を要していた可能性が示されたほか、非製造部門を含めた売り上げの回復についてはより多くの日数を要した実態が明らかにされた。また、事業所の耐震化や設備の固定が一定の効果を上げていたことも示唆された。室蘭市民を対象にしたアンケートでは、若年層において要支援者の認知度が低いことが示された。地震発生が未明であったために、特に札幌市では帰宅困難の発生が抑制された可能性が高い。

4. 研究成果の発信

研究成果の迅速な発表を行う場として、日本地震学会等が運営する欧文誌「Earth Planets and Space」において特集号を企画した。研究速報を社会に発信することを目的として、北海道大学の高等教育推進機構オープンエデュケーションセンター科学技術コミュニケーション教育研究部門（CoSTEP・コーステップ）の映像メディア実習として、地震と災害の開映映像を製作し、「いいね！Hokudai」FBを通じて広報した（高橋他、2019）。

研究成果を社会に発信することを目的として、北

海道苫小牧市の苫小牧市民会館小ホールにおいて2019年3月17日に成果報告会を開催した。研究者や地質コンサルタント会社関係、地元行政機関、一般市民など200名の参加があった。



図-5 2019年3月17日に苫小牧市民会館小ホールで開催された成果報告シンポジウムの様子。200名の参加があった。

5. おわりに

平成30年北海道胆振東部地震は、最大震度7を記録し、震源に近い厚真町では同時多発斜面崩壊が発生して大きな人的被害が出た。北海道をはじめ、日本では近年の火山噴火による降下火砕物が堆積した地域が多く見られる。地震動による斜面災害のリスク対策について、技術的・社会的な側面からの検討が必要である。ブラックアウトは、北海道全域に社会経済的な影響を及ぼした。電源喪失は、特に冬季の被災時に重大な支障を及ぼす可能性があり、重要施設においては非常電源の確保を進める必要がある。札幌市内の地盤災害は、人工的な谷埋盛土の軟弱地盤で発生した。より強い揺れにより、より広範囲に被害が出る可能性がある。地盤特性により地震波が増幅されたむかわ町市街では、2階建て木造建築が多数倒壊したが、地震発生時刻によっては人的被害が発生していた可能性がある。今後も耐震化を着実に進める重要性が示された。札幌都市圏を含む石狩低地帯は、ひずみの集中域となっており、今後も地震に対する対策を着実に進める必要がある。下部地殻もしくは上部マントルの深度に相当する37kmという深さで地震が発生する要因については未解明であり、今後、調査研究を進める必要がある。

謝 辞

本研究の実施にあたり、文部科学省研究開発局地震・防災研究課、同省学術振興局学術研究助成課、東京大学地震研究所地震・火山噴火予知研究協議会

企画部、京都大学防災研究所自然災害研究協議会、北海道庁、厚真町、むかわ町、安平町、札幌市、北海道大学理学部生命事務部研究協力系の協力を頂きました。また、成果報告会の実施にあたり、北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、北海道地区自然災害科学資料センター、北海道大学突発災害防災・減災共同プロジェクト拠点、室蘭工業大学環境科学・防災研究センターから共催を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

防災科学技術研究所 (2018) : 平成30年北海道胆振東部地震による強震動, http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20180906030750/main_20180906030750.html (閲覧2019年6月28日) .

Katsumata K., M. Ichianagi, M. Ohzono, H. Aoyama, R. Tanaka, M. Takada, T. Yamaguchi, K. Okada, H. Takahashi, S. Sakai, S. Matsumoto, T. Okada, T. Matsuzawa, S. Hirano, T. Terakawa, S. Horikawa, M. Kosuga, H. Katao, Y. Iio, A. Nagaoka, N. Tsumura, T. Ueno, the Group for the Aftershock Observations of the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake (2019): The 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake (MJMA = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the main shock, *Earth Planets Space*, 71:53

気象庁 (2018) : 強震波形 (胆振地方中東部の地震), https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/1809060307_hokkaido-iburi-tobu/index.html, 閲覧2019年6月28日 .

Kobayashi H., K. Koketsu, H. Miyake (2019): Rupture process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake derived from strong motion and geodetic data, *Earth Planets Space*, 71:63.

Kobayashi T., K. Hayashi, H. Yurai (2019): Geodetically estimated location and geometry of the fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake, *Earth Planets Space*, 71:62.

国土交通省 (2018) : 「平成30年北海道胆振東部地震の被災地の皆様へ緊急のお知らせ」「平成30年北海道胆振東部地震の崩壊面積は明治以降の地震災害で最大」、閲覧2019年8月11日 .

内閣府 (2019) : 平成30年北海道胆振東部地震に係る被害状況について、閲覧2019年8月11日 .

Ohzono M., H. Takahashi, C. Ito (2019): Spatiotemporal crustal strain distribution around the Ishikari-Teichi-Toen fault zone estimated from global

navigation satellite system data, *Earth Planets Space*, 71:50.

Ohtani M., K. Imanishi (2019): Seismic potential around the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake assessed considering the viscoelastic relaxation, *Earth Planets Space*, 71:57.

Takai N., M. Shigefuji, J. Horita, S. Nomoto, T. Maeda, M. Ichiyangi, H. Takahashi, H. Yamanaka, K. Chimoto, S. Tsuno, M. Korenaga, N. Yamada (2019):

Cause of destructive strong ground motion within 1–2 s in Mukawa town during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake, *Earth Planets Space*, 71:67.

Takahashi H., R. Kimura (2019): The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake and its Aftermath, *J. Disaster Res.*, 14 Sci. Comm., sc20190112.

高橋浩晃・谷内元・早岡英介（2019）：インタビュー：北海道胆振東部地震における揺れ方と震源の特徴、*科学技術コミュニケーション*、25、51-62.