

航空レーザー測量により見出された標津断層帯古多糠断層沿いの低崖地形

Recognition of parallel scarps along the Kotanuka fault of the Shibetsu fault zone, eastern Hokkaido, revealed by an airborne LiDAR survey

吾妻 崇¹・廣内大助²・奥村晃史³

Takashi Azuma¹, Daisuke Hirouchi² and Koji Okumura³

¹ 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, t-azuma@aist.go.jp)

² 信州大学教育学部 (Faculty of Education, Shinshu University)

³ 広島大学大学院文学研究科 (Graduate School of Letters, Hiroshima University)

Abstract: We conducted an airborne LiDAR survey along the Kotanuka fault of the Shibetsu fault zone in the eastern part of Hokkaido, Japan. Shade map produced by using a result of our survey shows four parallel lineaments and three topographic anticlines along the Kotanuka fault in the south of the Kunnui River. These lineaments may be formed as bedding-slip faults related to growth of fold or flexure of geological layers in this site. In the north of the Kunnui River, there are landslides and tectonic landforms with left-stepping distribution.

キーワード: 航空レーザー測量, 低断層崖, 古多糠断層, 標津断層帯, 北海道

Keywords: Airborne LiDAR survey, fault scarp, the Kotanuka fault, the Shibetsu fault zone, Hokkaido

1. はじめに

航空レーザー測量は、空中写真判読では見つけ出すことが困難な、植生に覆われた微細な変動地形の検出が可能な活断層調査技術として近年注目されてきた。今回、文部科学省から受託した「平成30年度内陸及び沿岸海域の活断層調査」の調査業務の一環として、北海道東部に位置する標津断層帯の古多糠断層において航空レーザー測量を実施した。

標津断層帯は、北海道東部の知床半島をなす山地の南東側の境界に分布する北東-南西走向の断層帯であり、丸山西方の断層、古多糠断層、開陽断層、荒川・パウシベツ川間の断層の4つの活断層で構成されている(第1図)。この断層帯は、主に新第三紀の火山岩および堆積岩からなる知床半島の脊梁山地の南東縁を限っており、堆積岩の急傾斜部に沿っている。また、断層帯の平野側には後期更新世から完新世にかけて噴出した降下火山灰に覆われた河成段丘面や火砕流堆積物が分布している。陸域で確認されている断層帯全体の長さは約52 km以上で、断層の北西側が相対的に隆起する逆断層である。この断層帯について、北海道が2002年度から2004年度にかけて活断層調査を実施しており(北海道, 2003, 2004, 2005)、古多糠断層で5万年前頃以降に形成された河成段丘に上下約4 mの変位があることなどが報告されている。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005, 2006)はこの断層帯の活動履歴や平均変位速度などの具体的な値は不明と評価した。

古多糠断層は標津町古多糠地区西方の山地と平野の地形境界に沿って分布する活断層である。活断層研究会編(1980)は、古多糠断層について、走向が北東-南西で長さ10 kmの確実度Ⅱの活断層とし、その分布について西側隆起のトレースと薫別川以南の区間にはその北西側に確実度Ⅲのトレースを図示した。また、変位について、山地に北西側隆起約100 mの上下変位を与えているとの記載を行い、活動度B級としているが、平均変位速度は算出されていない。寒川ほか(1987)は50万分の1活構造図の中で、活断層研究会編(1980)が図示した古多糠断層の北方延長に東北東-西南西~北北東-南南西走向の西側隆起の活断層を図示した。活断層研究会編(1991)は、寒川ほか(1987)に示された西側隆起の活断層を古多糠断層の北方延長として図示し、延長した部分の長さを約11 kmとした。また、約1~2万年前に形成された段丘面に約2 mの西側隆起を与えているという地形的な特徴を追加した。中田・今泉編(2002)は、縮尺25,000分の1の地形図上に古多糠断層の詳細な位置を示すとともに、活断層研究会編(1991)が図示した活断層のさらに北延長に3列の北西側隆起の推定活断層を図示した。北海道(2003)は、山地と平野(扇状地性段丘面)との間の地形変換線に古多糠断層が位置し、その東側では段丘面が東へ傾動している可能性を指摘するとともに、地形変換線の西側にみられる古多糠断層の走向方向と平行した丘陵の尾根を越川層(硬質頁岩:中新世後期)、幾品層(鮮新世; 興水ほか, 1987による軽石凝灰岩

の FT 年代は 5.1 ± 0.4 Ma) および忠類層 (薫別川集塊岩層: 中新世後期; 奥水・金, 1986, 1987 による緑色凝灰岩層の FT 年代は $7.7\text{--}8.6$ Ma) の互層状層理を示すリニアメントとしている。また, 北海道 (2004) は, 古多糠断層沿いで実施した簡易測定の結果に基づき, 薫別川右岸で中位面に約 4 m の西側隆起の上下変位が, 崎無異川右岸で中位面に約 2 m の西側隆起の上下変位があるとした。

吉岡ほか (2005) は, 古多糠断層と南東側隆起の丸山西方の断層を合わせた区間を長さ 23 km の「古多糠活動セグメント」とし, その平均変位速度について, 地形表現から B 級下位と推定し, 仮置き値として 0.3 m/千年を与えた。また, この平均変位速度と断層長から推定した単位変位量に基づき, 平均活動間隔を 8.9 千年としている。ただし, これらの値は活動度に基づいた暫定的な値であり, 活断層の古地震調査に基づく具体的な情報ではない。

2. 航空レーザー測量による DEM データ取得とその解析

航空レーザー測量を実施した範囲は, 古多糠断層南部の崎無異川から忠類川との間の山地と平野の境界に沿った 10 km, 幅 2 km の区間である (第 1 図, 第 2 図)。標津断層帯北部の丸山西方の断層については, 既に航空レーザー測量による DEM データが整備されていたため, 今回の測定の対象外とした。また, 断層帯中～南部に位置する開陽断層は, 断層変位を示す地形が幅広い撓曲崖を示すことから, 詳細な地形データがなくても変位量の検討が可能であると考え, この断層も対象外とした。古多糠断層の薫別川の南側には, 北東-南西走向の 2 列の活断層の存在が示されている (活断層研究会編, 1980, 1991; 中田・今泉編, 2002)。また, 薫別川右岸の中位面では北海道によって地質踏査, ピット調査およびボーリング調査が実施されている (北海道, 2004, 2005)。これらの地域を含む範囲について航空レーザー測量を実施した。

測量には, Leica 社 ALS70-HP (最大 150 kHz) を使用した。計測対象範囲全域において計測点が 0.5 m 四方の範囲に 1 点以上となるように計測した。取得されたオリジナルデータから建物や樹木等を除去したグランドデータを作成し, さらに線形補間 (TIN) による内挿補間を行なって格子点間隔 0.5 m のグリッドデータを作成した。計測作業およびデータ処理については株式会社パスコに委託し, 現地での計測作業は 2018 年 6 月に実施された。

3. 測量結果に基づく断層変位地形の検出

航空レーザー測量により得られた DEM データを用いて作成した地形陰影図 (光源は西) を第 3 図に示す。これらのうち, 薫別川以南と以北から地域か

ら抽出した断層変位と関係した特徴的な地形について以下に記載する。

3.1 薫別川以南

薫別川以南の山地と平野の境界付近には, 北東-南西方向に延びる 3 列の地形的な高まりが認められる (第 3 図: 1-1'~3-3')。活断層研究会編 (1980, 1991) によって示された西側隆起の古多糠断層は, これらの地形的な高まりのうち, 1-1' の東縁に引かれていたものと推定される。また, 1-1'~2-2' の間には連続性がよい線状構造が 4 列認められる (第 3 図: A-A'~D-D')。これらの地形について 4 測線 (第 3 図: Line 1~4) の地形断面図を作成した (第 4 図)。地形陰影図では線状構造が明るい色でハイライトされている部分を地形断面図で確認したところ, 全体として東へ傾き下がる丘陵斜面の途中で傾斜が緩くなる場所や逆傾斜する場所であることが確認された。

丘陵縁辺部には硬質頁岩からなるイケーショマナイ層 (越川層に相当) および泥岩と軽石凝灰岩からなる鮮新世の幾品層が東へ急傾斜して分布しており (第 5 図: 杉本, 1960; 北海道, 2004, 2005), 今回認められた低崖地形は組織地形である可能性もあるが, 地形的な高まり 2-2' を横切る谷地形も認められることから, 層理面すべりなどによる断層運動に起因して形成された可能性が考えられる。地質構造を考慮した成因に関する議論は, 周辺において今後実施する露頭調査の結果を含めて, 別稿にまとめる予定である。

3.2 薫別川-崎無異川間

薫別川以北の崎無異川まで区間においては, 既知の断層線に沿う斜面において地すべりが発生している様子を認識することができる (第 6 図)。

地すべり地形については, 北北東-南南西～南北方向に伸びる丘陵の東斜面に, 小規模な地すべりの滑落崖 (下図の A~E) と崩壊堆積物の分布がみられる。地すべり A は小規模であるが, 滑落崖および崩壊堆積物の分布ともに明瞭であり, 崩壊堆積物が東方向に流れ下った様子が見て取れる。地すべり A のすぐ南に位置する地すべり B は, 2 つの明瞭な滑落崖を持ち, 崩壊堆積物が東方に向かって移動した様子が分かる。地すべり C は滑落崖が丘陵の頂部付近に位置し, 地形としては不明瞭であることから, 地すべり A, B と比べると古い時代に発生したものと考えられる。この地すべり C の崩壊堆積物中に新たな滑落崖 (地すべり D) が形成されている。地すべり D の滑落崖は明瞭であり, 北北東-南南西方向に直線的に伸びる。地すべり E は, 地すべり D のすぐ南側に位置しており, 複数の滑落崖で構成されている。地すべり E の崩壊堆積物の分布は不明瞭である。

これらの地すべりの崩壊堆積物の末端付近や隣り

合った崩壊堆積物の間に、左雁行する北北東-南南西走向で西側隆起の断層変位地形が認められる（下図の(a)~(f)）。地すべり A の北側には北西側隆起を伴うバルジ状に高まった地形が認められることから、その地下に北西側隆起の逆断層の存在が推定される。地すべり A と B の崩壊堆積物の分布域の間に、西側隆起を示す崖地形 (b) が認められる。この崖地形は、地すべり B の崩壊堆積物の南側にも続いているように見えるが、崩壊堆積物の分布域には明瞭な崖地形が認められないことから、断層変位地形 (b) の形成は地すべり B が発生する前であった可能性が高い。また、地すべり B の南側には断層変位地形 (b) と平行して (c) が認められる。さらに、地すべり C, D, E の東方に北北東-南南西走向で並行する断層変位地形 (d) と (e) が、その東側にほぼ南北走向の断層変位地形 (f) が認められる。ただし、断層変位地形 (d) の南部と (e) および (f) は断層変位地形としての地形表現が不明瞭であるので、第 6 図には破線で示した。

4. まとめ

標津断層帯の古多糠断層を対象として航空レーザー測量を実施し、従来から知られていた西側隆起の断層変位地形のほかに、薫別川以南の地域では複数列のリニアメントと背斜状の地形の高まりが同断層に沿って存在することを明らかにした。周辺の地質状況を考慮すると、これらのうちリニアメントの成因については、撓曲変形した地層の層理面すべり断層の活動が考えられる。また、薫別川と崎無異川の間においては、左雁行するバルジ状の地形変形を伴う西側隆起の断層変位地形が認められた。これらの断層変位地形は、空中写真判読で認定するのは困難であり、航空レーザー測量の技術によって認定が可能となったものである。今後、これらの断層変位地形について地質調査を実施し、断層の存在の確認とそれらの活動性の解明を試みる必要がある。

文 献

北海道 (2003) 「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯、富良野断層帯及び標津断層帯に関する調査成果報告書」。1-56.

北海道 (2004) 「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯、富良野断層帯及び標津断層帯に関する調査成果報告書」。1-183.

北海道 (2005) 「平成 16 年度 地震関係基礎調査交付金 標津断層帯及び富良野断層帯に関する調査成果報告書」。1-189.

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005) 標津断層帯の長期評価。http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/01_shibetsu.pdf, 2019 年 9 月 2 日確認

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) 標津断層帯の長期評価 (追補)。http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/01_shibetsu_2.pdf, 2019 年 9 月 2 日確認

活断層研究会編 (1980) 「日本の活断層一分布図と資料一」。東京大学出版会, 363p.

活断層研究会編 (1991) 「新編日本の活断層一分布図と資料一」。東京大学出版会, 437p.

奥水達司・Kim, Cheoul Woo (1986) 北海道中～東部地域の新生界のフィッシュン・トラック年代 (その 3) - 東部帯の “グリーン・タフ” 岩層 -。地質学雑誌, 92 (12), 871-878.

奥水達司・Kim, Cheoul Woo (1987) 北海道中～東部地域の新生界のフィッシュン・トラック年代 (その 4) - 陸上火山活動による火砕岩類 -。地質学雑誌, 93 (3), 217-227.

奥水達司・岡 孝雄・嵯峨山積 (1987) 北海道東部知床半島基部硬質頁岩層の時代。地質学雑誌, 93 (1), 61-64.

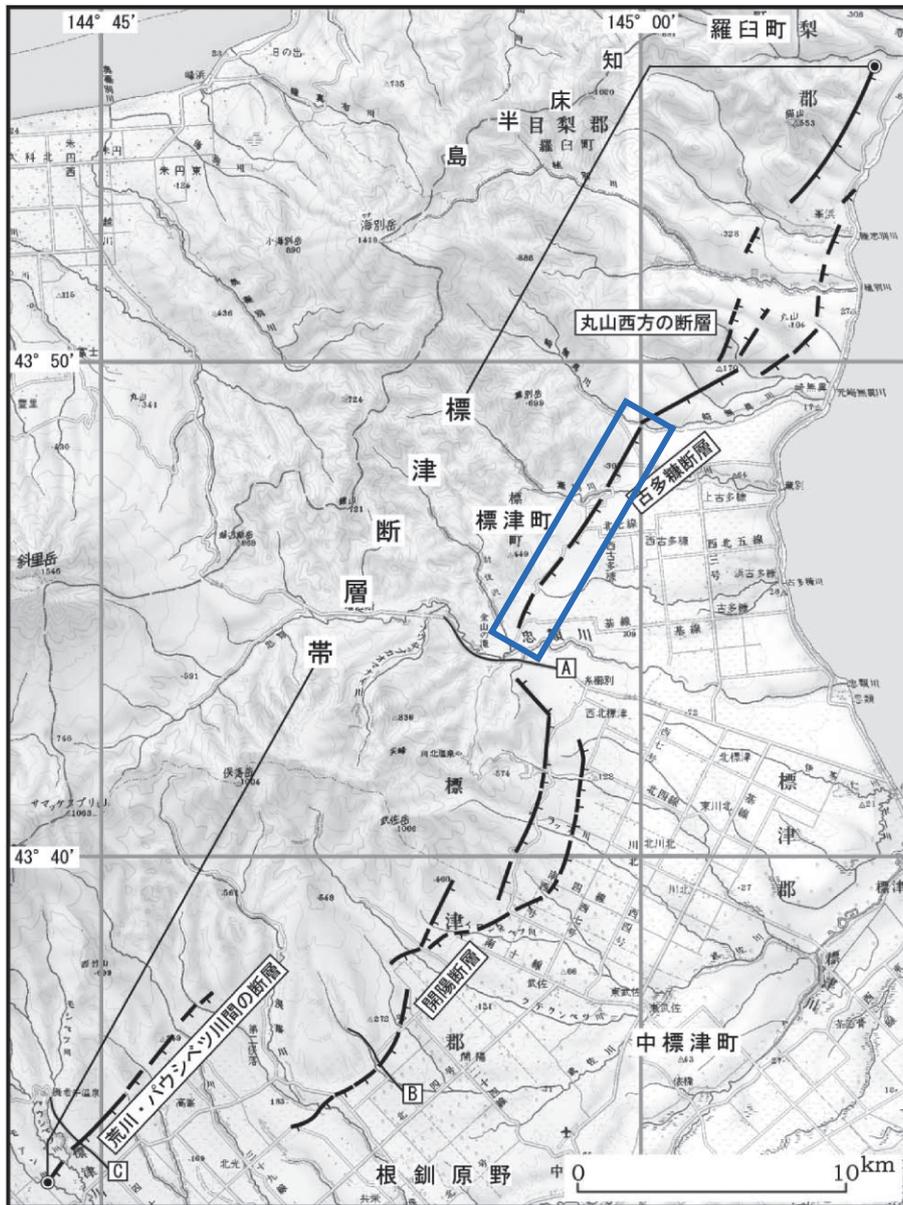
中田 高・今泉俊文編 (2002) 「活断層詳細デジタルマップ」。東京大学出版会, DVD-ROM 2 枚・付図 1 葉・60p.

寒川 旭・水野清秀・山口昇一 (1987) 50 万分の 1 活構造図「網走」。地質調査所.

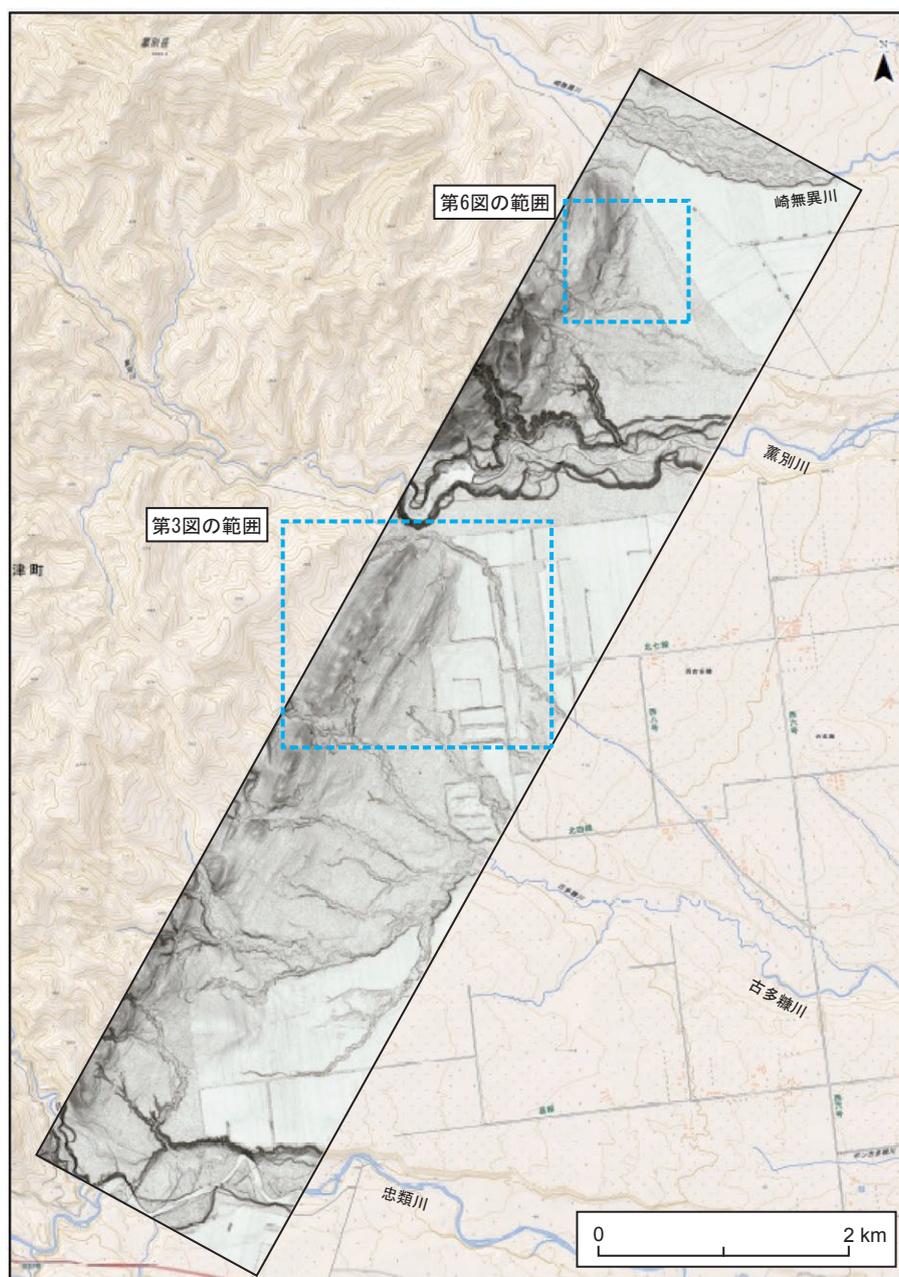
杉本良也 (1960) 5 万分の 1 地質図幅「武佐岳」。北海道立地下資源調査所.

吉岡敏和・栗田泰夫・下川浩一・杉山雄一・伏島祐一郎 (2005) 全国主要活断層活動確率地図説明書。構造図 (14), 産総研地質調査総合センター, 127p.

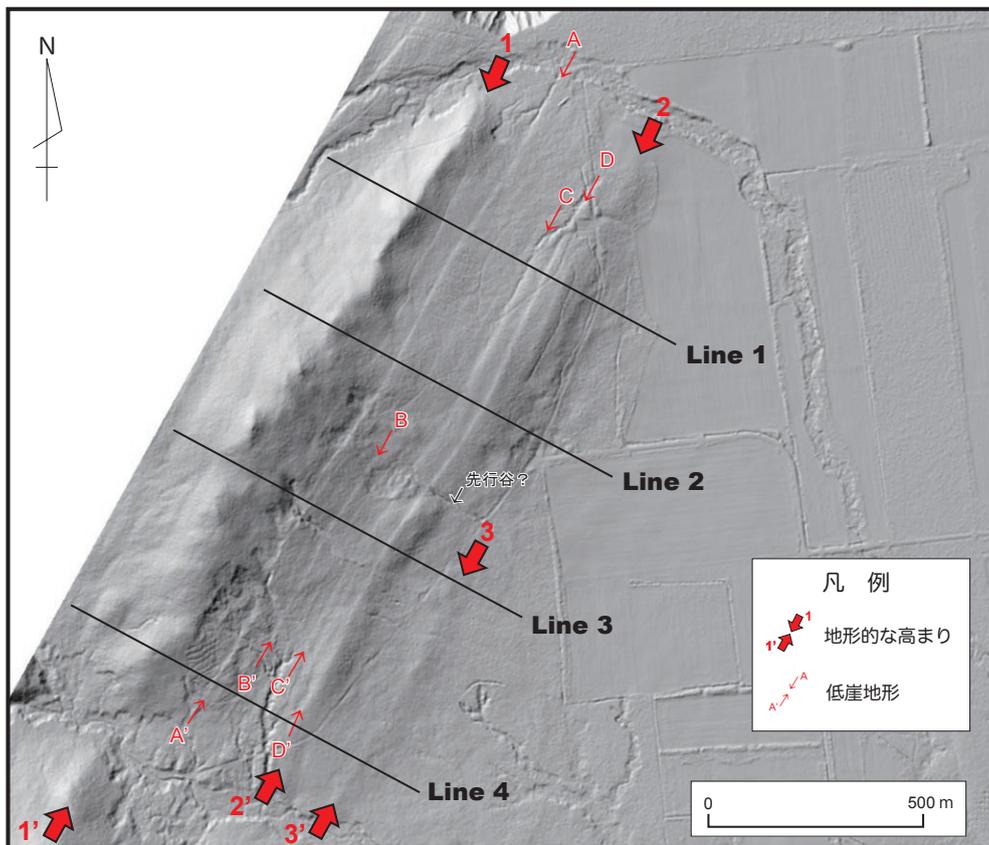
(受付: 2019 年 9 月 2 日, 受理: 2019 年 12 月 9 日)



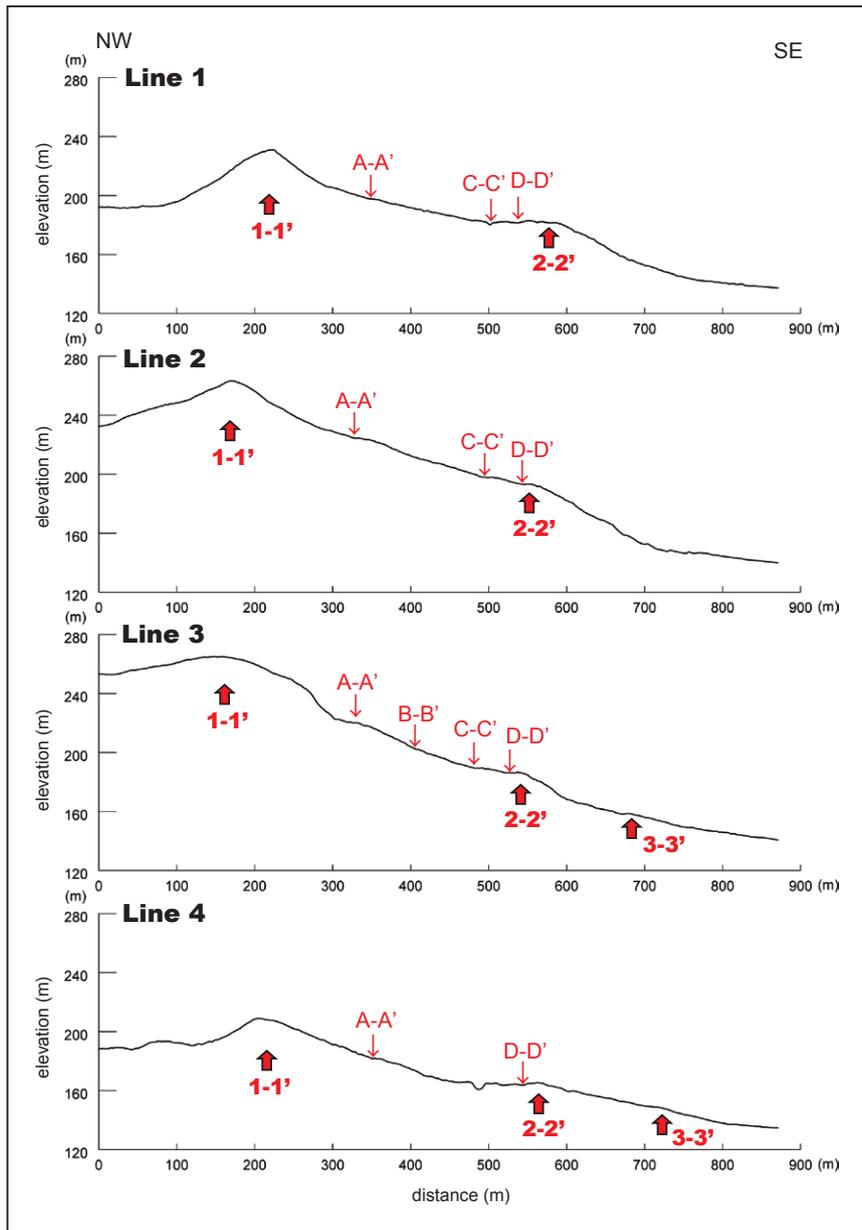
第1図. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)による標津断層帯の分布と航空レーザー測量実施範囲(青枠部分).
Fig. 1. Map showing the distribution of active faults and location of survey area along the Shibetsu fault zone (modified from HERP, 2005).



第2図. 航空レーザー測量で得られたDEM(格子点間隔0.5m)に基づき作成した古多糠断層沿いの微地形表現図. 背後の地図には国土地理院発行の25,000分の1地形図を使用.
Fig. 2. Detailed topographic map along the Kotanuka fault based on DEM data (mesh size is 0.5 m) obtained by this study. Topographic map in the background is after GSI Map of 1:25,000 scale.

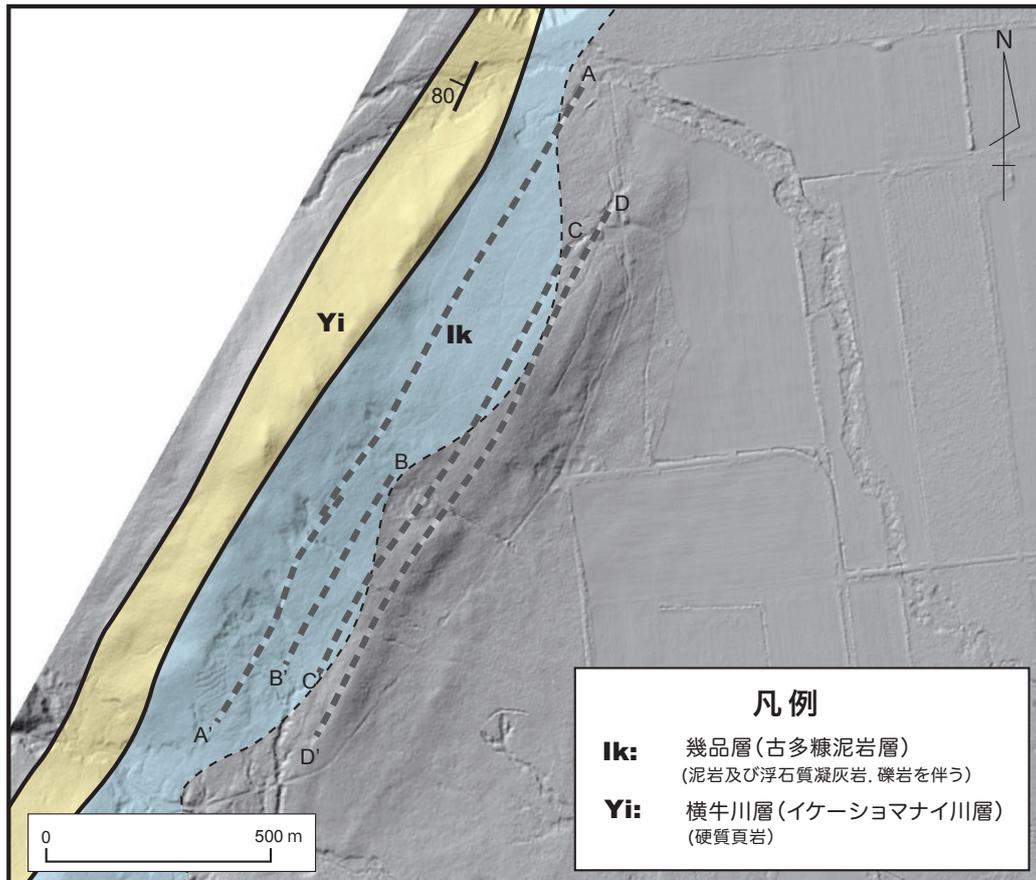


第3図. 西古多糠地区周辺（薫別川以南）の地形陰影図に認められる複数列の線状構造. 地形陰影図は本調査で取得したDEMデータを用いて作成した. 光源は西に配置した.
 Fig. 3. Detailed shade map around the Kotanuka fault. Shade map is produced by using 2 m DEM, a part of results of our air-borne LiDAR survey. Thick arrows with numbers 1-1' to 3-3' show the locations of topographic anticlinal axis along the Kotanuka fault. Thin arrows with subscripts of A-A' to D-D' show the ends of lineaments, which may be scarplets produced by faulting related to bedding-slip caused by growth of fold of geological layers in the hanging wall of the Kotanuka fault. Location of this map is shown in Fig. 2.

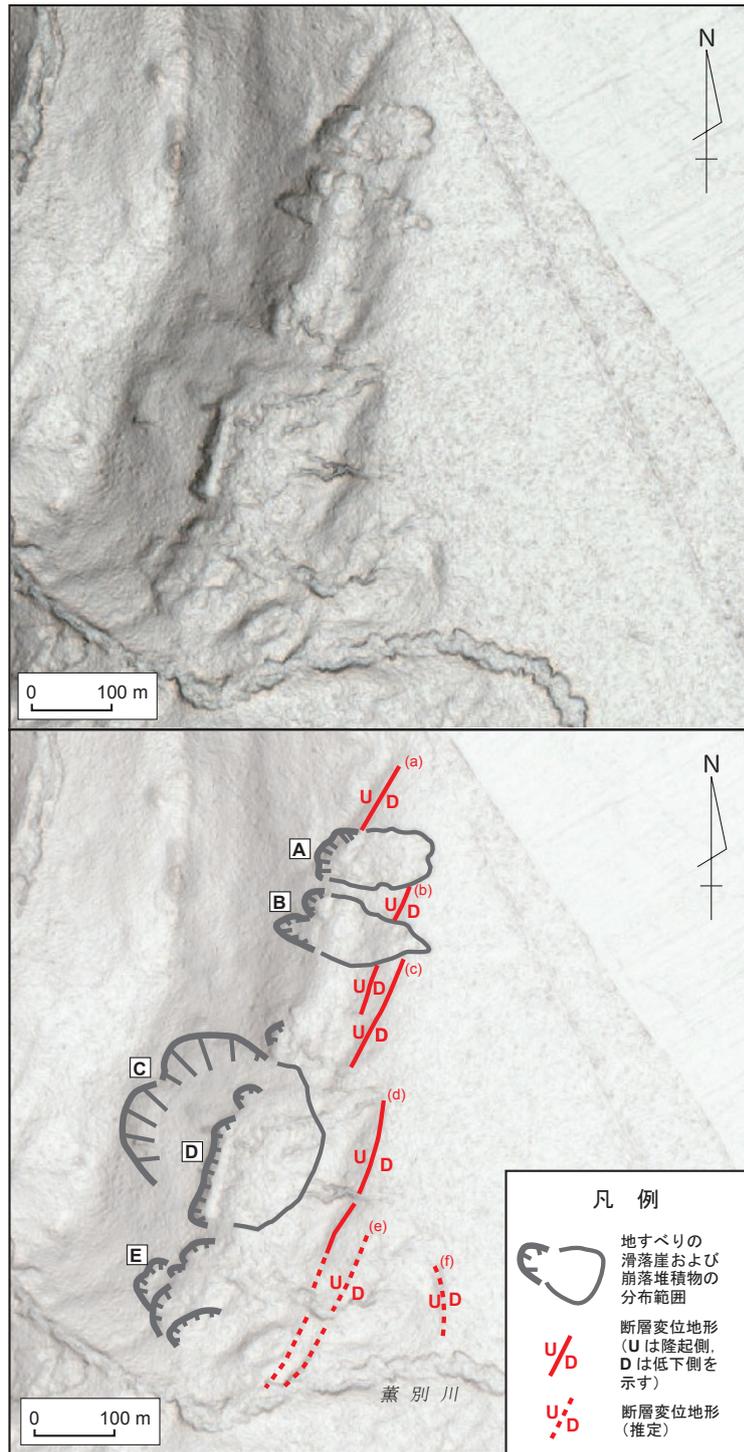


第4図. 西古多糠地区周辺(薫別川以南)に認められた線状構造及び背斜状の高まりを横切る地形断面図. 本調査で取得したDEMデータを用いて作成した. 各断面の位置は第3図に示す.

Fig. 4. Topographic profiles of line 1-4 acrossing the lineaments (A-A' to D-D') and topographic anticlinal axis (1-1' to 3-3') along the Kotanuka fault. Profiles are produced by using 0.5 m DEM, a part of results of our air-borne LiDAR survey. Locations of profile lines are shown in Fig. 3.



第5図. 薫別川以南にみられる線状構造と地質との関係. 地質区分と岩相は杉本(1960)による.
Fig. 5. Map showing the distribution of lineaments in the south of the Kunbetsu River and surface geology (Sugimoto, 1960).



第6図. 薫別川左岸（北方）に認められる古多糠断層沿いの地すべり地形。（上）航空レーザー測量で得られたDEMによる地形陰影図。（下）地すべり地形および断層変位地形を示した地形解釈図。
 Fig. 6. Tectonic landforms and landslides along the Kotanuka fault in the north side of the Kunbetsu River. Shade map based on DEM data of this study (top) and its geomorphic interpretation (bottom).