HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	臨時観測によるニセコ火山群の地震活動
Author(s)	一柳，昌義；高橋，浩晃；大園，真子
Citation	北海道大学地球物理学研究報告，84，21-28
Issue Date	2021-03-26
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.84.21
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/80697
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
Type	departmental bulletin paper
File Information	GBHU_84_p21-28.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
No. 84, March 2021, pp. 21 － 28
doi : 10. 14943 / gbhu. 84. 21

論説

臨時観測によるニセコ火山群の地震活動

一柳　昌義・高橋　浩晃
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
大園　真子
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
東京大学地震研究所地震火山噴火予知研究推進センター

（2021 年 2 月 22 日受理）

Seismic activity in Niseko volcano group by temporal observation data

Masayoshi ICHIYANAGI and Hiroaki TAKAHASHI
Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University
Mako OHZONO
Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University
Coordination Center for Prediction Research of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

（Received February 22, 2021）

Seismic activity in Niseko volcano group was investigated using temporal and permanent seismic observation data. Three temporal seismic stations had been operated from November 2019 to October 2020. Location of precise hypocenters are calculated with optimum velocity structure estimated in this study. The number of earthquakes detected was 53, which is much larger than the JMA unified catalog. This indicates that there is existence of seismic activity in this region. Detected hypocenters distribute along the mountain ridge in west-east direction. In addition, relatively large earthquakes occur near Nitonupuri and Iwaonupuri volcano edifices. Temporal seismic observation around this volcanic region and its detailed analysis reveal the existence of local seismic activities.

BY-NC
この論文はクリエイティブ・コモンズ 表示 - 非営利 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています（http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/）.

Ⅰ．は　じ　め　に

北海道南西部にあるニセコ火山群は，西北西―東南東方向に分布するチセヌプリ，ニトヌプリ，イワオヌプリを含む 11 の火山で構成されている（広川・村山，1955，斎藤・他，1956，大場，1960）．イワオヌプリ火山では江戸時代後半や 20 世紀初頭には山頂部で噴気活動があったことが報告されている（田中館，1918，及川，2011）．

北海道大学地震火山研究観測センター（以下 ISV）は，ニセコ火山群の地震活動を調査する目的で，2019 年 7 月 30 日に蘭越町旭台地区に現地収録型の地震観測点を設置し，観測を開始した．その後，11 月 13 日に蘭越町湯里地区と岩内町老古美地区の 2 か所に観測点を増設した．

本報告では，臨時観測点と定常地震観測点のデータを用いて得られたニセコ火山群とその周辺で発生する地震活動の特徴について示す．

Ⅱ．臨時地震観測及び検測と震源決定

Fig. 1 には，震源決定に使用した地震観測点を示す．四角は防災科学技術研究所が設置した既設地震観測点（Hi-net），三角はニセコ火山群地域に ISV が設置した 3 点の臨時地震観測点である．臨時地震観測点では，Cercel 社製地震計 L22D-3D（3 成分地震計，固有周期 2Hz）と計測技研社

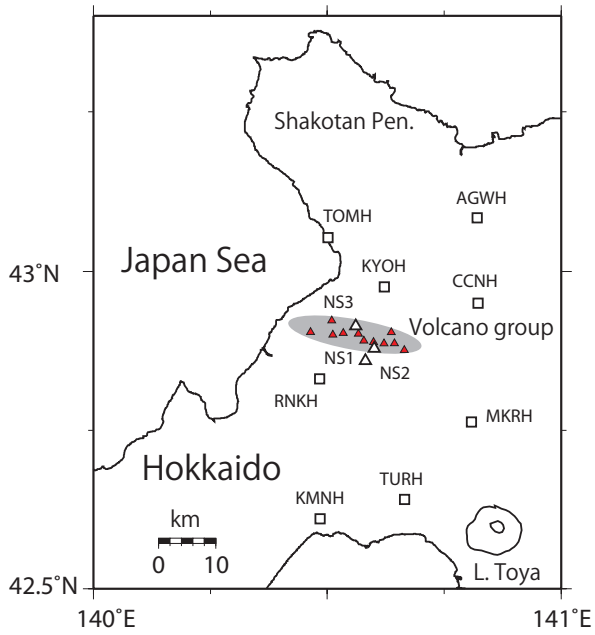


Fig. 1. Seismic stations used in this study. Open triangles are temporary seismic stations installed by Hokkaido University. Open squares are the Hi-net permanent stations by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience. Red triangles are summit of the Niseko volcano group (gray shaded area).

製の HKS9550 データ収録装置を用い，刻時は GPS を利用して校正を行った．電源は 12V80Ah のカーバッテリーを 2 台並列に接続して供給し，波形データを 32Gbyte の大容量 CF カードに収録することで長期間観測が継続できる仕様になっている．しかしながら，新型コロナウイルスの感染拡大に伴う行動制限により 5 月中旬に予定していたバッテリー交換が行われなかったため，NS1 観測点は 2020 年 5 月 18 日から 6 月 17 日まで，NS3 観測点は 6 月 6 日から 6 月 17 日まで観測が停止した．NS2 観測点については，バッテリーケーブルの接続不良により 2020 年 2 月 15 日から 6 月 10 日まで観測が停止した．

データは 1 分ごとの WIN フォーマット（卜部, 1994）になっている．臨時観測点で得られたデータに対し，振幅の短時間平均（0.3 秒）を長時間平均（10 秒）で割った値を連続的に求め，同時に 2 観測点以上で超えた区間をトリガー波形データとして 9678 個抽出した．これに，Fig. 1 の四角の定常地震観測点（Hi-net）のデータを加え，win プログラム（卜部・束田，1992）を使用して，目視で各観測点の P，S 波相，及び最大振幅値の検測作業を行った．初期震源決定には hypomh プログラム（Hirata and Matsuura, 1987）を用い，P 波速度構造として，Fig. 2 の緑色の実線で示す北海道大学で使用しているモデル（笠原・他，1993）を使用し，Vp/Vs を 1.73 と仮定した．検測作業でノイズと判定されたものを取り除いた結果，ニセコ火山群やその周辺で発生した地震と考えられるものは 90 個であった．Fig. 3 には地震と判定された波形の例を示す．

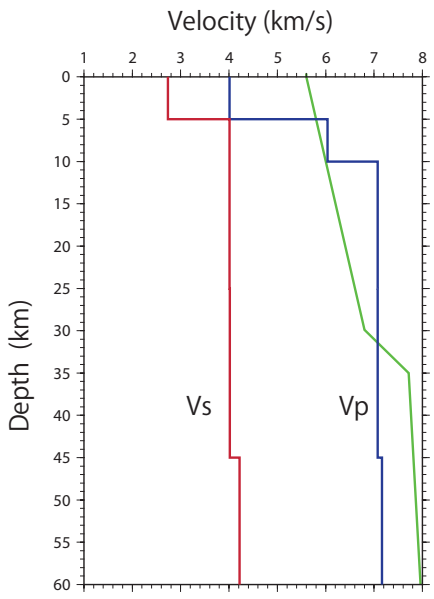


Fig. 2. One dimensional velocity structure model estimated in this study. Blue and red lines are P- and S-wave velocities, respectively. Green line is P-wave velocity model used for routine hypocenter determination in Hokkaido University.

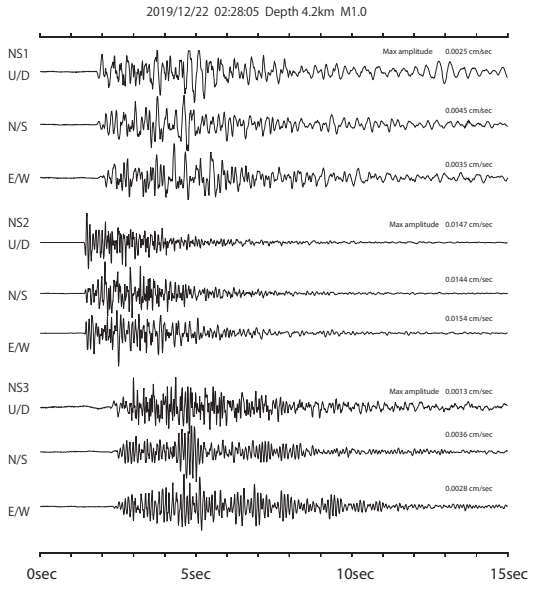


Fig. 3. An example of three component seismograms recorded at temporary seismic stations.

次に，VELEST プログラム（Kissling et al., 1994）を用いて震源計算を行った．このプログラムでは，P 波と S 波の 1 次元速度構造モデルと震源を同時決定できる．ここでは，4 観測点以上の検測値がある地震 53 個を選択して震源計算を行った．初期震源を与えたのち，繰り返し 10 回の計算を行うことで，走時残差の二乗平均平方根が 0.580 から 0.141 に改善された．推定された P 波と S 波の速度構造モデルをそれぞれ Fig. 2 の青と赤の実線で示す．推定されたモデルは，北海道大学モデルと比較すると深さ 5km 以浅で低速度となっている．マグニチュードの計算には，最大振幅値と震源距離を用いる渡辺（1971）の式を利用した．

Ⅲ．地震活動の特徴

Fig. 4 に 2019 年 11 月 13 日から 2020 年 10 月 13 日までの VELEST プログラムによる震源分布を示す．ニセコ火山群で発生している地震と，火山群から南方向に離れて固まって発生している地震の 2 つの地震群があることが分かる．南側の地震群は，気象庁一元化震源カタログには掲載されていないマグニチュードの小さい地震である．この地震群は，西側に向かって深くなるように分布しているが，臨時観測点から離れているため震源決定精度が低く，見かけ上のものであ

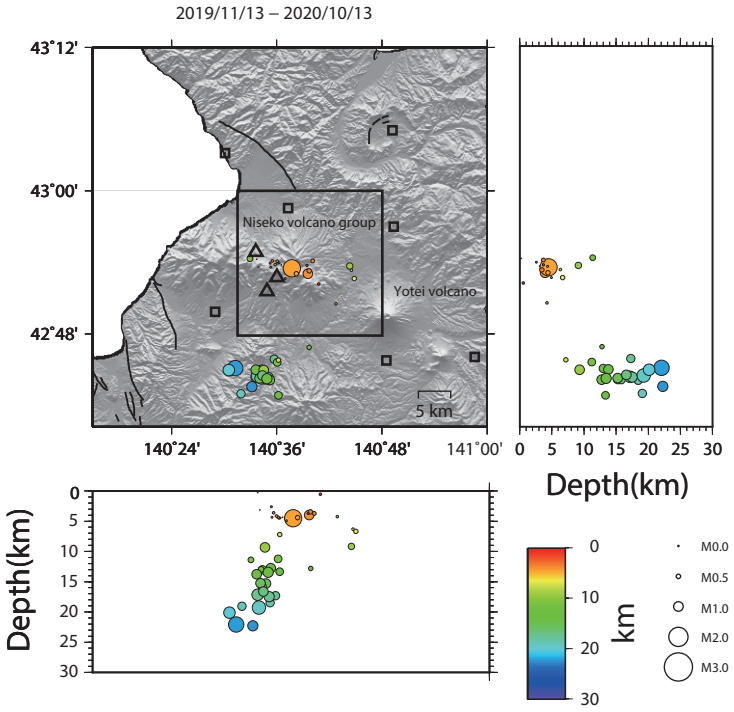


Fig. 4. Hypocenter distribution from 13 November 2019 to 13 October 2020 calculated by the VELEST program using more than four seismic stations. Open triangles and squares are temporal and Hi-net stations, respectively. Solid lines represent active faults. Rectangular part is shown in Fig. 5.

Table　Comparison of magnitude with JMA hypocenter catalog.

DATE　TIME	Magnitude	
	This study	JMA
2019/12/22　02:28	1.0	0.8
2020/04/02　07:51	1.8	1.5
2020/06/06　23:32	-	0.6

る可能性がある．ここではニセコ火山群で発生している地震にのみ注目する．

Fig. 5 は，Fig. 4 のうち矩形で囲まれた部分を拡大したものである．また，時空間分布と M-T 図も示している．この領域で発生した地震は 22 個で，震央はニセコ火山群の稜線に沿って東西方向に分布し，その深さは 3-5km の範囲と非常に浅い活動であることが分かる．最大の地震は 2020 年 4 月 2 日 7 時 51 分に発生した M1.8（Fig.5　f）であった．2019 年 12 月中旬から 1 月初旬にかけて地震数がやや多いが，震源が集中しているわけではない．臨時観測期間中に深部低周波地震を除くと気象庁一元化震源カタログに掲載されていた地震は Table に示す 3 個であった．そ

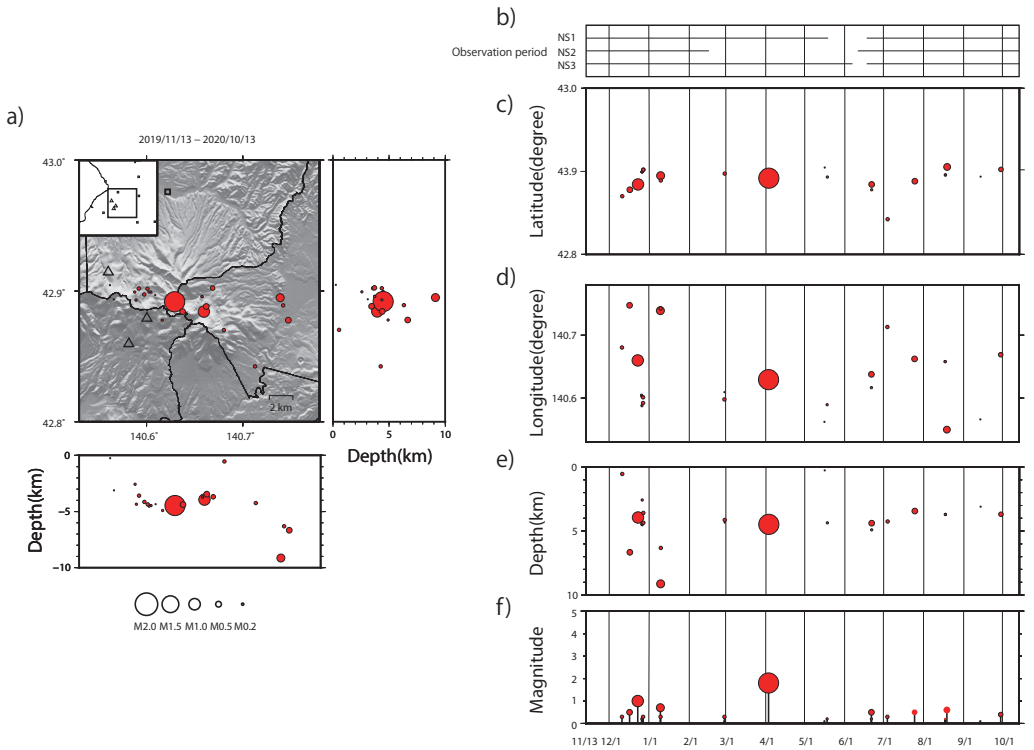


Fig. 5.　a）Enlarged map of hypocenter distribution as shown in Fig. 4. Solid lines represent boundaries of towns. b）Observation period of three temporary stations. c）Space-time distribution of epicenters along N-S profile. d）Space-time distribution along E-W profile. e）Space-time distribution in depth section. f）Magnitude-time distribution of earthquakes.

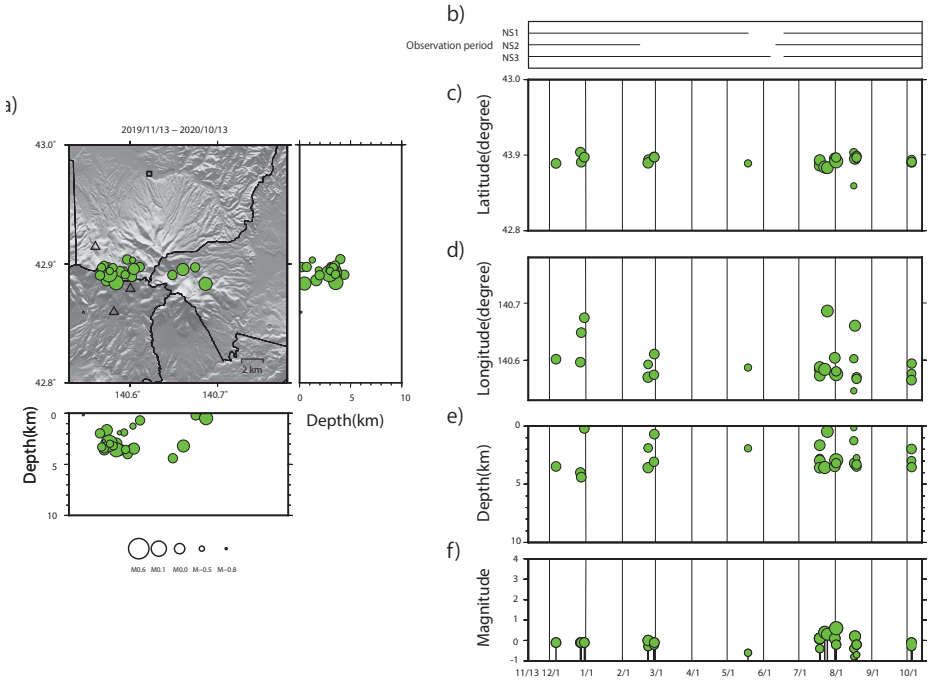


Fig. 6. Hypocenters distribution determined by only three seismic stations. The notation is the same as in Fig. 5.

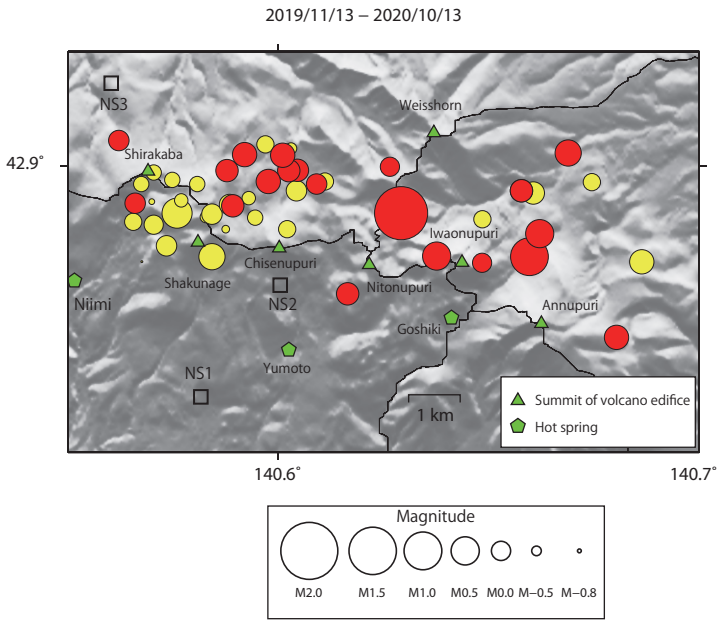


Fig. 7. Epicenter distribution map in the Niseko volcano group with locations of volcano summits (green triangle) and natural hot springs (green pentagons). Red and yellow stars are epicenters determined by more than four seismic stations, and by only three stations, respectively. Open squares are locations of temporary seismic stations.

のうち，2020 年 6 月 6 日に発生した地震は臨時観測点が停止している時に発生したものである．今回の臨時観測によって，ニセコ火山群での定常地震観測網では検知されないような微小地震活動の存在が明らかになった．

臨時観測点 3 観測点だけ検測された地震も 28 個あった．全ての地震活動を調べる目的で，それらについても，やや精度は落ちるものの同様の手法で震源決定を行い Fig. 6 に示す．全 28 個のうち 20 個はマグニチュードがマイナスの極めて小さい地震である．2020 年 7 月中旬から 8 月初旬にかけては西側の領域で群発的な発生がみられた．地震の深さは 0-4km と 4 点以上を使って決定された地震と比較して系統的に浅いように見えるが，観測点分布の偏りと速度構造の不均質性による見かけ上のものである可能性がある．

Fig. 7 には，この期間にニセコ火山群で発生した全ての地震の震央，火山の山頂，自然湧出の温泉の位置を示す．Fig. 5 で示した 4 観測点以上で決定された地震を赤丸，Fig. 6 の 3 観測点での地震を黄色丸で示している．ほとんどの地震は，火山群の山頂よりも北側で発生している．また，最大地震を含めマグニチュード 1 以上の地震はニトヌプリやイワオヌプリ付近で発生しているのに対して，マグニチュードがマイナスの微小な地震は，白樺山やシャクナゲ岳，チセヌプリ付近で群発的に発生していた．以上のように，ニセコ火山群では地震が定常的に発生していることが分かった．

Ⅳ. ま と め

ニセコ火山群に設置した 3 か所の臨時地震観測点と周辺にある定常観測点を使用して速度構造の推定と震源決定を行った．その結果，気象庁一元化震源には掲載されていない地震が多数検知された．地震は東西方向にかけて発生しており，ニセコ火山群の山体の分布の方向と調和的であった．観測された多くの地震は火山群の山頂より北側で発生していた．また，最大地震を含むマグニチュード 1 以上の相対的に大きな地震は，ニトヌプリや 20 世紀初頭に噴気活動があったイワオヌプリの周辺で発生し，マグニチュードがマイナスの相対的に小さい地震は，白樺山，シャクナゲ岳，チセヌプリ付近で群発的に発生していることが分かった．今回臨時地震観測を行うことにより，ニセコ火山群で発生する地震活動の発生場所や発生間隔，地震の規模が明らかになった．

謝辞　臨時地震観測を行うにあたり，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託調査費「超臨界地熱発電技術研究開発」，および，地方独立行政法人北海道立総合研究機構との共同研究費「ニセコ地域における地熱構造モデル構築と地熱資源量評価（2017 〜 2019）」を使用した．北海道立総合研究機構・エネルギー・環境・地質研究所の田村慎主査と岡大輔主査及び北海道大学理学院自然史科学専攻の西村祐香氏には観測に協力頂いた．観測点設置に関し，後志森林管理署，後志総合振興局保健環境部森林室及び小樽建設管理部共和出張所と蘭越町役場に協力頂いた．国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net の波形データを使用した．気象庁，

国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net，F-net，V-net，S-net，地震予知総合研究振興会，北海道大学，弘前大学，東北大学，東京大学，名古屋大学，京都大学，高知大学，九州大学，鹿児島大学，国立研究開発法人産業技術総合研究所，国土地理院，青森県，東京都，静岡県，神奈川県温泉地学研究所，横浜市，国立研究開発法人海洋研究開発機構の波形データで作成された気象庁一元化震源データを使用しました．図の作成にはGMT（Wessel and Smith, 2013）を使用しました．以上記して感謝いたします．

文　献

Hirata, N. and M. Matsuura, 1987. Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, Phys. Earth Planet. Inter., 47, 50-61.

広川治・村山正郎，1955．5万分の1地質図幅「岩内」説明書，地質調査所，26．

笠原稔・小平秀一・本谷義信，1994．1993年釧路沖地震の余震活動とそれ以前の北海道周辺の地震活動，1993年釧路沖地震による被害の調査研究，平成5年同文部省科学研究費突発災害被害調査研究成果報告，27-34．

Kissling, E., W. L. Ellsworth, D. Eberhart-Phillips and U. Kradolfer, 1994. Initial reference models in local earthquake tomography, J. Geophys. Res., 99, No. B10, 19,635-19,646.

及川輝樹，2011．江戸時代における北海道の噴気活動と噴火活動の関係，日本火山学会講演予稿集，2011年秋季大会 ，70．

大場与志男，1960．ニセコ火山群の岩石について，地質学雑誌，66，788-799．

斎藤昌之・藤原哲夫・石山昭三・松井公平，1956，5万分の1地質図幅「留寿都」説明書，39，北海道開発庁．

田中館秀三，1918．岩雄登円頂丘と硫黄鉱床，地質学雑誌，25，231-240．

卜部卓・東田進也，1991．ワークステーションによる微小地震観測網波形検測支援システム，日本地震学会講演集，1，70．

卜部卓，1994．多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案，日本地震学会講演予稿集，2，384．

渡辺晃，1977．近地地震のマグニチュード，地震2，24，189-200．

Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. Luis, and F. Wobbe, 2013, Generic Mapping Tools: Improved version released, EOS Trans. AGU, 94, 409-410.