

[参考資料]

明治時代以降の登山記録に基づく岩手火山及びその西方地域における噴気活動変遷

－薬師岳山頂部，大地獄谷，姥倉山～黒倉山稜線部，網張元湯－

1. 解析方法

各種の図書・雑誌(市販雑誌，山岳会機関誌，個人出版物等)に掲載されている岩手山およびその西部を対象とした登山記録から，4つの地域(薬師岳山頂部，大地獄谷，姥倉山～黒倉山稜線部，網張元湯)毎に噴気活動の記述を抽出した。収集した記録は，現地の状況を具体的に記述されているものほか，定性的な記述に過ぎないものまで多様であることから，一般登山者による定性的な観察により検知される事柄を元に，活動性のランク付け指標(第1表)を作成した。これに基づき，明治時代以降約150年間における，地域毎の噴気活動の変遷をまとめた(第1図)。

第1表. 登山記録に基づく噴気活動のランク付け指標

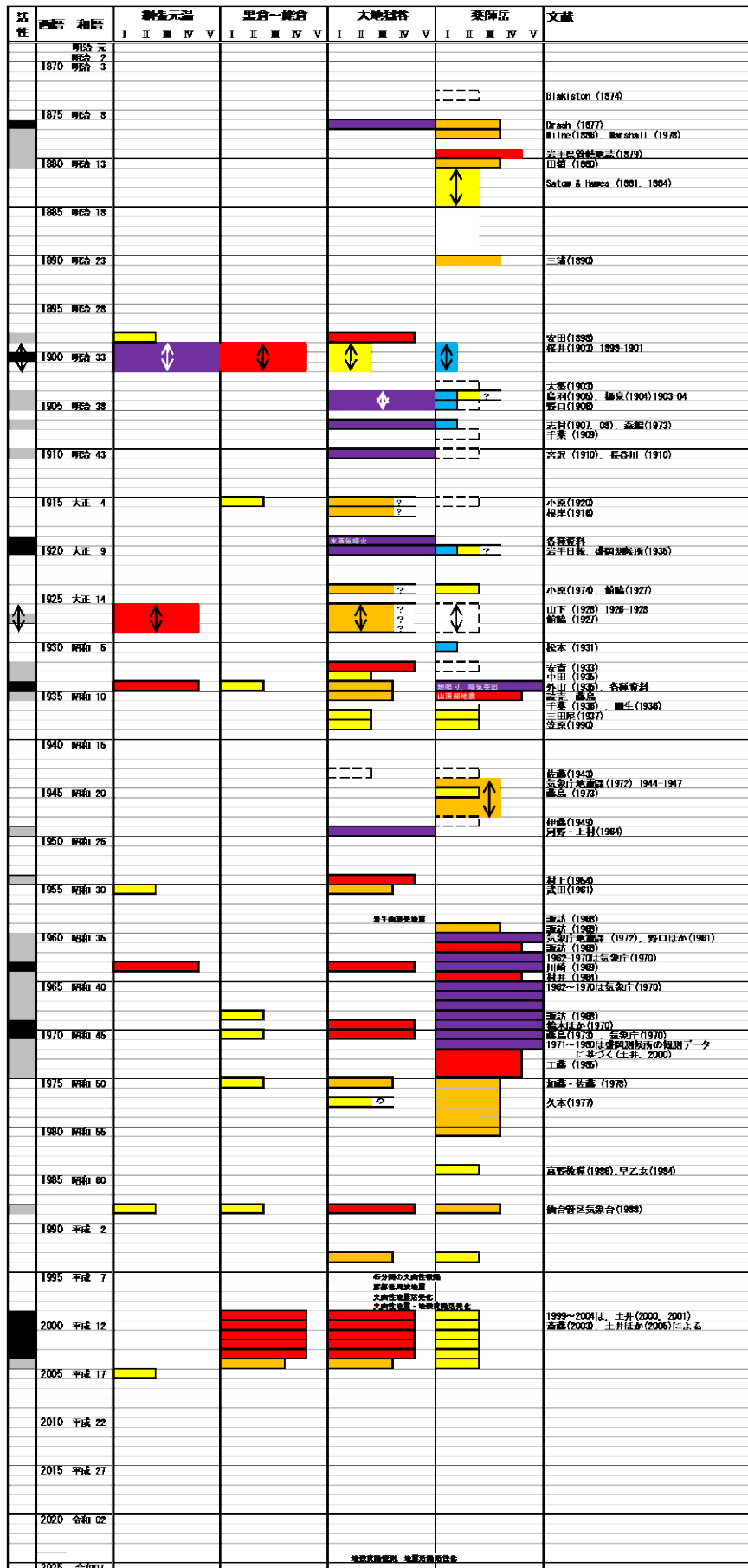
	I	II	III	IV	V
視認	みえない	近傍で，うっすらと見えることがある (天候による)	近傍でも，天候により見えないこともある	天候によらずはっきり見える	遠方から見える
分布	みえない	やや広い範囲に分布することがある，噴出口がわかりにくい	噴気地点の数・範囲が増大傾向 (温度に関わらず，拡大傾向の認知)		
勢い	みえない	湯気が立ち上る	白煙がゆっくりと立ち上る	白煙が噴き上がる	噴気音が聞こえる
温度(人感)	無	ほかほか	瞬間的に高温を感じる		
温度(機器)	気温	沸点以下	沸点	沸点以上	300℃以上
地熱	外気と同様	寝転がると，ほかほか暖かい	(噴気孔が明確な場合周囲の地面は特に熱くない場合が多い)		
硫黄臭 (H ₂ S臭)	なし	におう (どこからか漂ってくる)	(噴煙が上昇するために周囲では匂わない場合が多い， 噴煙内に入ると匂う)		
硫黄	なし	なし	噴気孔周辺に(新鮮な) 黄色い硫黄が付着していることがある	噴気孔周辺に(新鮮な) 黄色い硫黄が付着	硫黄は付着しない

2. 結果

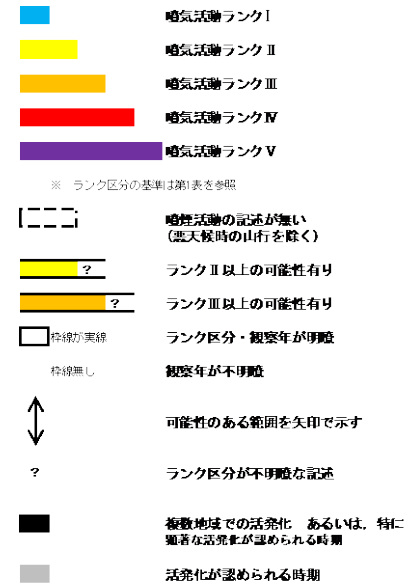
岩手山からその西部地域においては，十年～数十年スケールで活性期と沈静期を繰り返している。特に広域的な活動の活性化には2つの様式，すなわち(A) 薬師岳から網張元湯に及ぶ広い地域での活性化が認められる時期(1932年(昭和7年)～1936(昭和10)年，および，1963(昭和38)年前後)，と，(B) 薬師岳では活性化が確認されないが，大地獄谷～岩手山西部において噴気活動の活性化が認められる時期(1900(明治33)年前後，1999(平成11)～2003(平成14)年)，が存在する様である。

以上

岩手山



凡例

第1図. 岩手山及びその西部
地域の噴気活動の変遷

岩手山における長周期地震

【概要】

- ・ 岩手山において、2024 年 6 月頃から長周期地震(卓越周期約 10 秒)が断続的に発生している。
- ・ 山体近傍の観測点においては、長周期地震の発生に前後して準静的なひずみ変化が見られる。
- ・ 長周期地震・ひずみ変動の特徴は、1998 年火山活動活発化時に観測されたものに類似している。
- ・ 長周期地震は、大松倉山近傍の深さ約 2 km に位置する幅約 2 km の東西走向の破碎帯の振動であると推定され、岩手山とその西側における活動の連動の要因を示唆する。

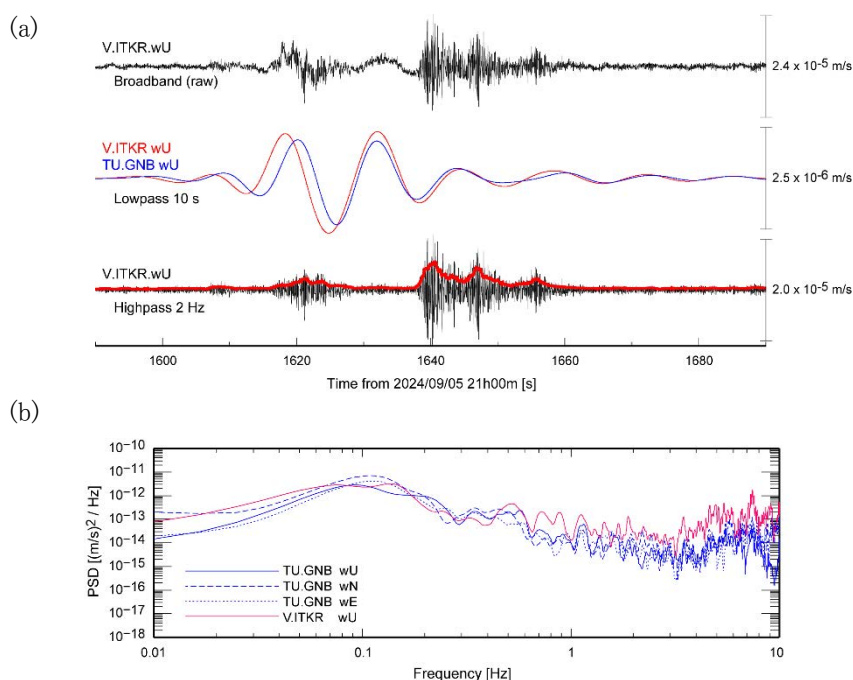


図1. 岩手山における長周期地震の例(2024 年 9 月 5 日 21:26): (a)気象庁・黒倉山西 V.ITKR 観測点及び東北大学・玄武洞 TU.GNB 観測点における速度波形。両観測点の位置は図3参照。最下段は 2 Hz ハイパスフィルタをかけた波形(黒線)とそのエンベロープ(赤線)。(b) (a)の速度波形のパワースペクトル密度。wU、wN、wE はそれぞれ広帯域地震計の上下動成分・南北動成分・東西動成分。

長周期地震の卓越周期は約 10 秒であり、高周波(約 3 Hz 以上)の連続的な振動を伴う。長周期地震の振動の観測点間での位相差は、初動部分とその後で異なることが多い。また、高周波振動のエンベロープの立ち上がりと減衰は、短波長不均質性による地震波散乱では説明が難しい挙動を示す。

謝辞: 本資料には、気象庁及び防災科学技術研究所の火山観測網のデータも使用しました。地形図の作成には国土地理院発行の「数値地図 10 m メッシュ」を使用しました。東北大学における観測及び解析には文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第2次)」及び「同(第3次)」の支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

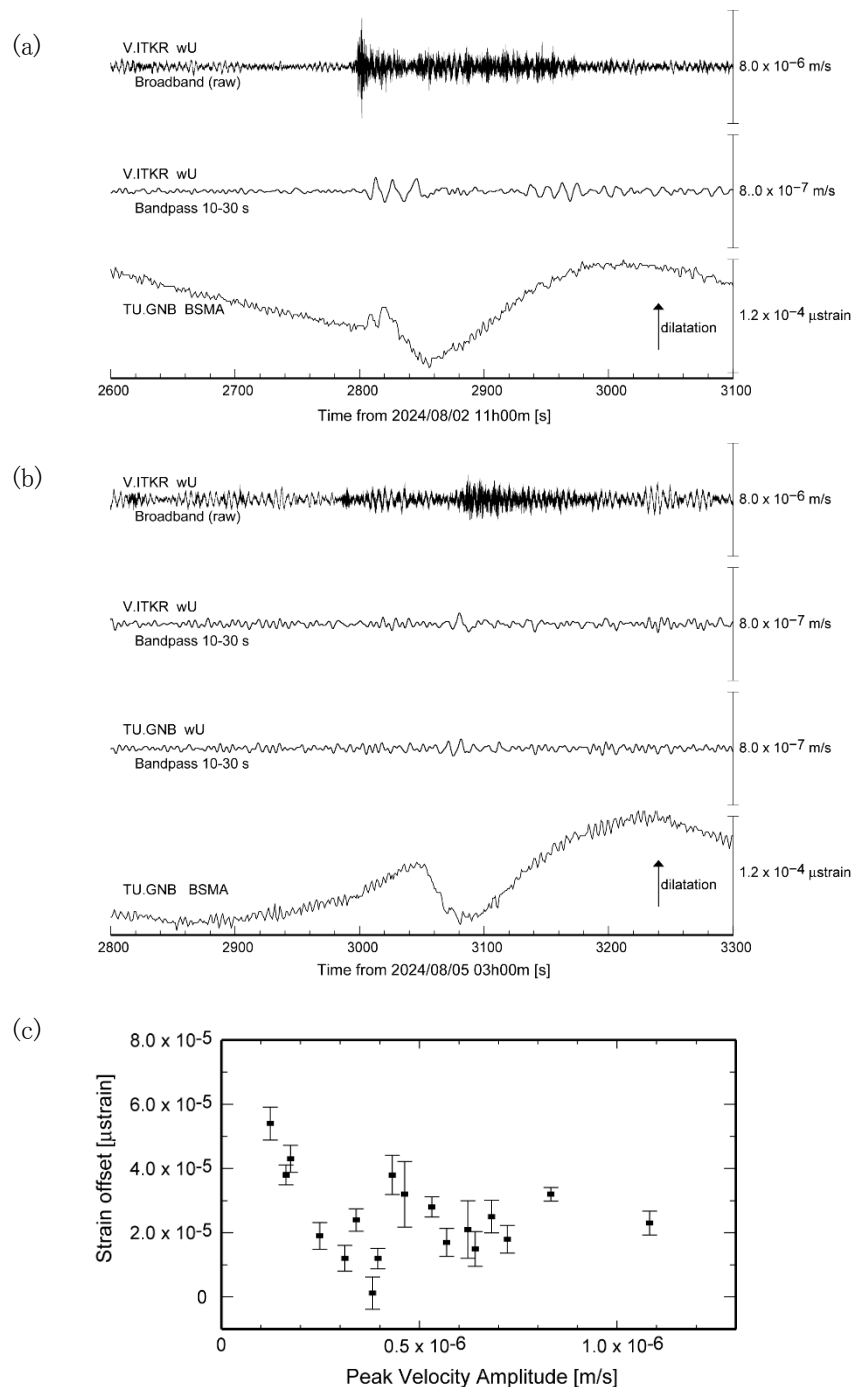
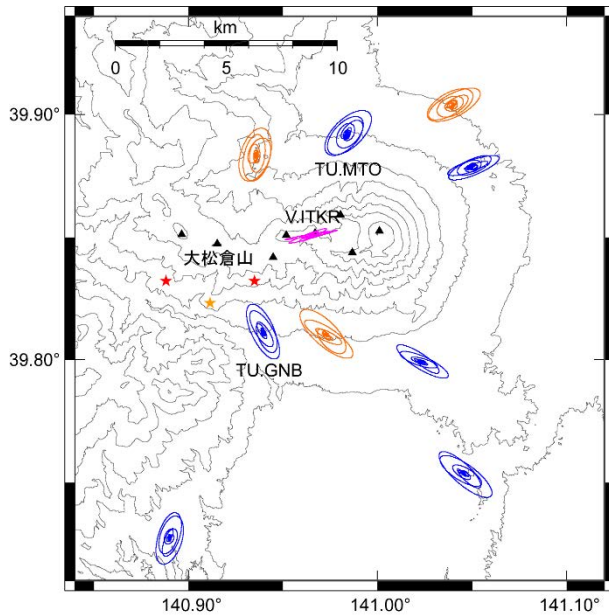
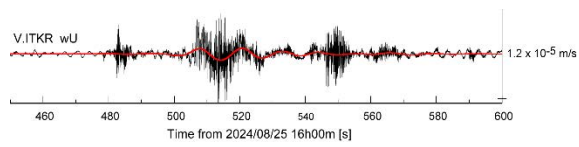


図2. 長周期地震に同期した準静的ひずみ変化：(a)2024年8月2日11:46の例。気象庁・黒倉山西 V.ITKR 観測点の速度波形及び東北大学・玄武洞 TU.GNB 観測点における体積ひずみ計記録。(b) 2024年8月5日03:49の例。(c) 2024年6月中旬から9月末に発生した長周期地震の最大振幅とひずみ変化量の関係。最大振幅は、10–30秒のバンドパスフィルタをかけた上下動速度波形の片振幅の最大値。wU は広帯域地震計の上下動成分、BSMA は体積ひずみ計の短周期成分(帯域:0.00056 Hz - 10Hz)。

長周期地震の発生に前後して準静的なひずみ変化が見られることが多い。長周期地震の規模とひずみ変化量に明瞭な相関は認められない。このことは、長周期地震の発生領域における体積変化が異なる時定数・空間波長で長周期地震の振動を励起している可能性を示唆する。

(a)



(b)

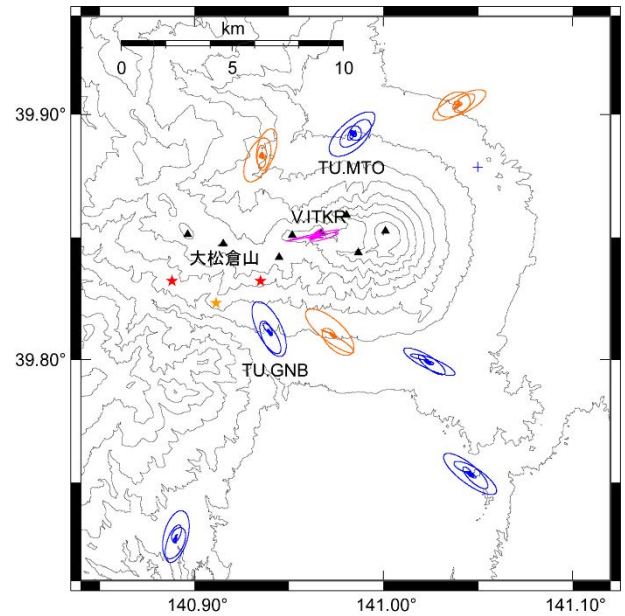
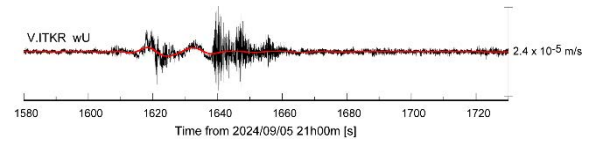


図3. 長周期地震の水平面内粒子軌跡: (a) 2024 年 8 月 25 日 16:08 の例。(b) 2024 年 9 月 5 日 21:16 の例。上段は、気象庁・黒倉山西 V.ITKR 観測点の広帯域地震計の上下動速度波形の生記録(黒線)と 10-30 秒のバンドパス波形(赤線)。下段の粒子軌跡は、気象庁(赤)、防災科学技術研究所(橙)、東北大学(青)の広帯域地震計の水平動速度波形に 10-30 秒のバンドパスフィルタをかけたもの。各地震計の設置方位は遠地地震の表面波で補正(東北大学・松尾 TU.MTO 観測点の広帯域地震計は 2024 年 8 月 9 日に増設したため設置方位は未補正)。下段の橙色及び赤色の星印は、1998 年に観測された長周期地震について単一震源または2つの震源を仮定したモーメントテンソル解析を行い推定した振動源位置 (Nishimura et al., 2000, JGR)。

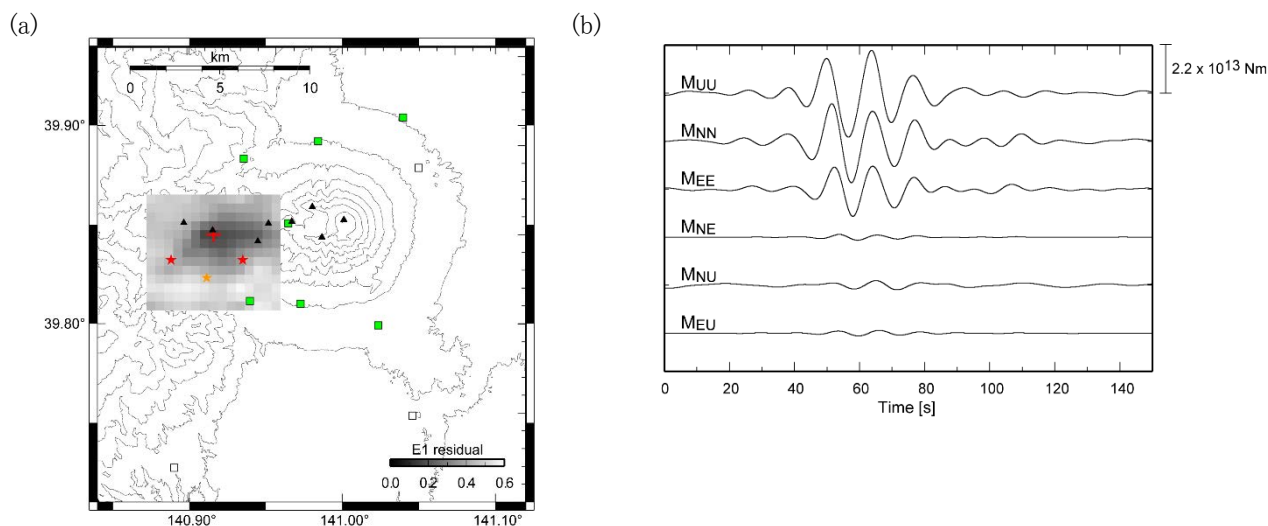


図4. 長周期地震のモーメントテンソル解析結果(2024年9月5日21:16の例)：(a) 観測波形と最適解を用いた計算波形の残差分布(海拔下1.5 kmの断面)。(b) 最適解のモーメント時間関数。モーメントテンソル解析は、(a)に緑色で示した観測点の3成分速度波形に10-30秒のバンドパスフィルタをかけた記録を用いて行い、水平・鉛直各0.5 km間隔に設定した仮想震源のそれぞれについてモーメント6成分の時間関数の最適解を Ohminato et al. (1998, JGR)の方法で求めた。グリーン関数の計算には国土地理院発行の数値地図50 mメッシュを用いた。赤色の+印が最適解の位置。橙色及び赤色の星印は、1998年に観測された長周期地震の振動源の推定位置(図3参照)。

推定された最適解は、大松倉山付近の海拔下1.5 kmに位置する東西方向に長軸をもつ回転楕円体の体積変化を示唆する。AIC(赤池情報量規準)の観点では、シングルフォースを入れた場合の解や2つの点力源の場合の解に比べて単一震源・モーメント6成分の場合の解が最尤解となる。

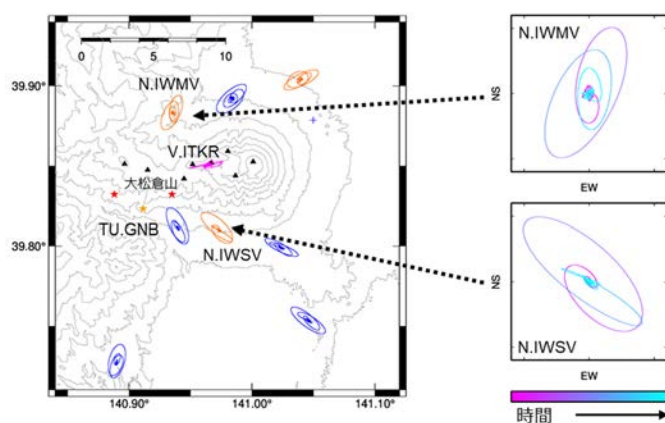


図5. 長周期地震の水平面内粒子軌跡の時間変化(2024年9月5日21:16の例)。

長周期地震の粒子軌跡は、初動付近は東寄りを指向し、時間経過とともに西寄りに変化する傾向がみられる。これは、長周期地震が東西走向の振動源の東側に励起され、振動のセントロイドが徐々に西側に移ることを示唆する。

長周期地震の振動源が地震活動領域の空白域(地溝状の構造の西端)に位置することや、長周期地震の活動と黒倉山周辺における微小地震の活動の間に相補的な傾向がみられることを勘案すると、長周期地震を生む流体系・破碎帯が岩手山とその西側の活動の連動に関係している可能性が考えられる。

岩手山の地殻変動(体積ひずみ変化)

【概要】

- ・ 岩手山において 2024 年 2 月頃から地殻変動(体積ひずみ変化)が観測されている。
- ・ 体積ひずみ変化の特徴は 1998 年活動活発化時と類似しているが、その進展はやや緩やかである。
- ・ 岩手山の西側における 2024 年 7 月頃以降の膨張については、近傍で観測される体積ひずみの変化率は 1998 年とほぼ同程度である。

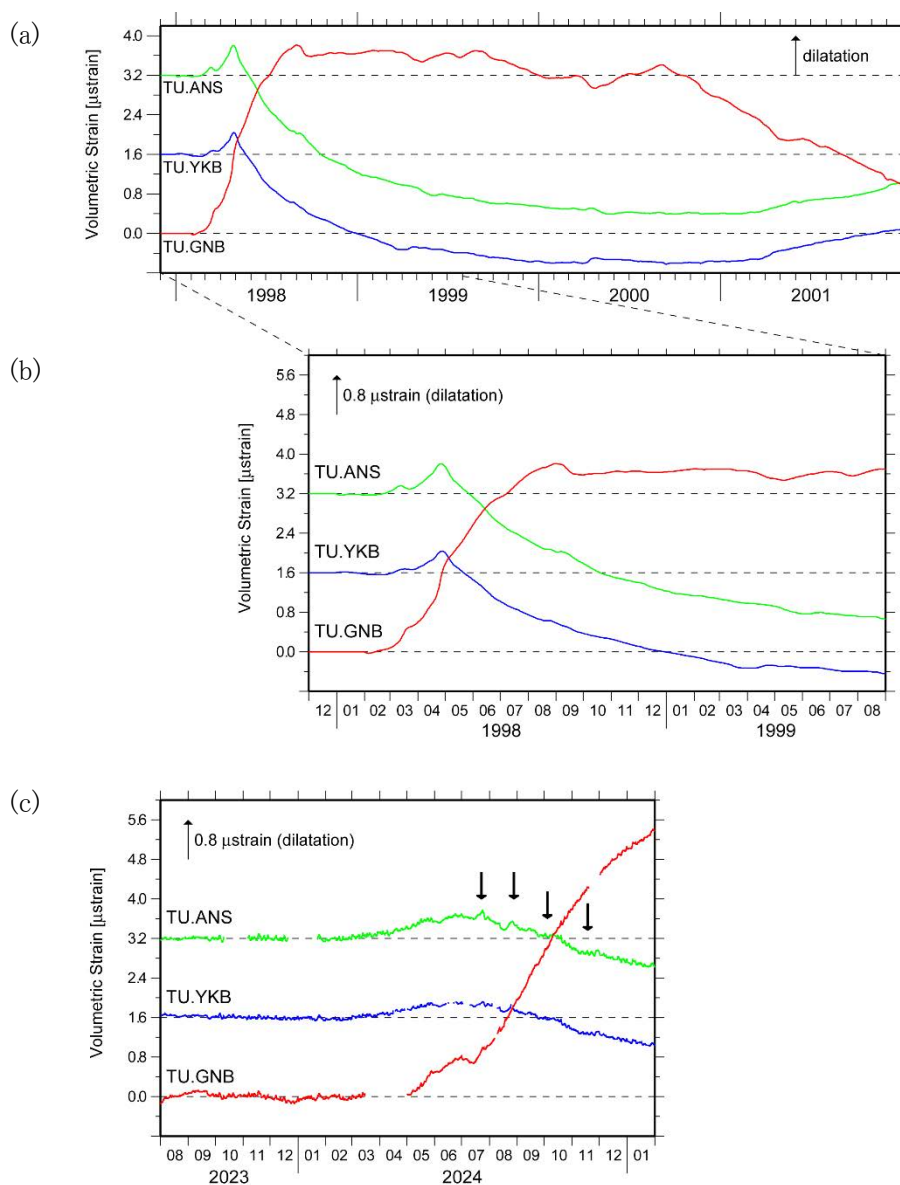


図1. 岩手山周辺の孔井式体積ひずみ計の記録(1998 年前後及び 2023 年夏以降): (a) 1998 年活動活発時とその後の変動(Sato and Hamaguchi, 2006)。 (b) 1998 年の活動初期の拡大。 (c) 2023 年 8 月から 2025 年 1 月末までの変動。

(b) と (c)は、1998 年と 2024 年の比較のため、時間軸・縦軸を同じスケールで描画。記録は、潮汐・気圧・降水・ドリフト・ステップ変化を補正。黒矢印は複数観測点で共通して見られる短期的な変動。

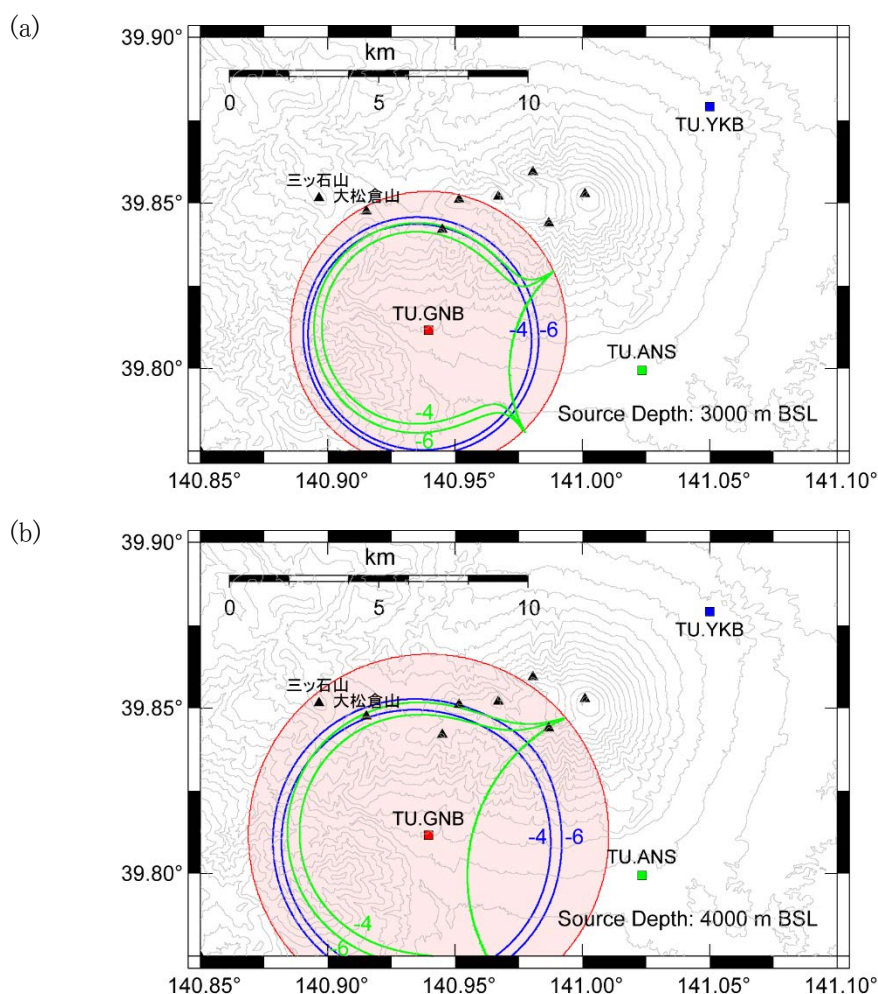


図2.球状圧力源を仮定した場合の体積ひずみ変化の挙動：(a) 膨張源を海拔マイナス 3 km に仮定した場合。

(b) 海拔マイナス 4 km に仮定した場合。桃色で塗られた領域は、TU.GNB における体積ひずみ変化が正 (dilatation) となる圧力源 (増圧) の存在範囲 (半無限媒質を仮定し、体積ひずみの符号が反転する境界：水平距離 = $\sqrt{2} \times$ 圧力源の深さ の内側)。青と緑の線は、それぞれ TU.YKB、TU.ANS における体積ひずみ変化量に対する TU.GNB における変化量の比の等高線。観測されたひずみ変化量の比を参考に、 -4 倍と -6 倍の等高線のみを表示。地形図の作成には国土地理院発行の「数値地図 10 m メッシュ」を使用。

岩手山の西部 (三ツ石山付近) に球状圧力源を仮定した場合、TU.GNB における顕著な体積ひずみ変化及び他観測点との変化量比を説明するためには、やや深い (海拔下 4 km 以深) の圧力源を考える必要がある。2024 年 7 月頃以降、岩手山の西部における膨張による地殻変動が卓越しているが、楕円体圧力源など球状以外の圧力源や東岩手山・西岩手山直下の変動源も含めた複合的な地殻変動源も検討が必要であることを示唆する。

引用文献

Sato M. and H. Hamaguchi (2006) Weak long-lived ground deformation related to Iwate volcanism revealed by Bayesian decomposition of strain, tilt and positioning data, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **155**, 244-262, <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.03.031>.

稠密 GNSS 観測網の基線長変化から見た岩手山の地殻変動

【概要】

国土地理院、ソフトバンク株式会社（以下、ソフトバンク）、東北大学が運用する GNSS 観測点のデータを用いて、岩手山近傍の地殻変動を基線長変化として調べた。その結果、2024 年 2 月頃から岩手山を南北に挟む基線で伸びが確認された後、2024 年 7 月からはそれに加えて東西基線でも顕著な基線長の伸びが確認された。このように、国土地理院の GEONET および東北大学の観測点に加えて、ソフトバンク独自基準点データを用いることで高い空間分解能かつ高品位に地殻変動の把握が可能になった。

【使用データおよび解析】

岩手山山頂を中心とした半径 40 km 内に位置する国土地理院 電子基準点 11 点、ソフトバンク 独自基準点 31 点、防災科学技術研究所 GNSS 観測点 2 点、気象庁 GNSS 観測点 2 点、東北大学 GNSS 観測点 5 点の合計 51 観測点のデータ（図 1）を GipsyX Ver. 2.2 の精密単独測位法を用いて日座標値を推定した。2025 年 2 月 1 日までの各観測点における時系列データから岩手山に近い観測点間で日々の基線長を計算し、それらを時系列としてプロットした（図 2）。なお、同基線長変化図では、定常トレンド、共通誤差成分、年周・半年周成分等は差し引いていない。

【結果・議論】

岩手山周辺では 2024 年 2 月頃からの基線長の伸びが特に南北基線で顕著（例えば BH19-BH1U や BH1U-BH29）である。また東西方向の基線では 2024 年 7 月頃からの基線長の伸びが明瞭に確認できる（BH15-BHAH や BH29-BHAH）。BH19-BH1U や BH1U-BH29 で見られた南北方向の基線の伸びは、2024 年末頃からやや鈍化しているように見える一方、東西方向の基線（BH15-BHAH や BH29-BHAH）の基線長の伸びは継続しているように見える。

謝辞：本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より提供を受けたものを使用しました。国土地理院の電子基準点 RINEX データを使用しました。防災科学技術研究所が運用する基盤的火山観測網（V-net）の GNSS データ（IWUV, IWSV）を使用させて頂きました。気象庁が運用する GNSS 観測点のデータ（J230, J250）を使用させて頂きました。地形図の作成には国土地理院発行の「数値地図 10m メッシュ（DEM10B）」を使用しました。観測及び解析には文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）」の支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

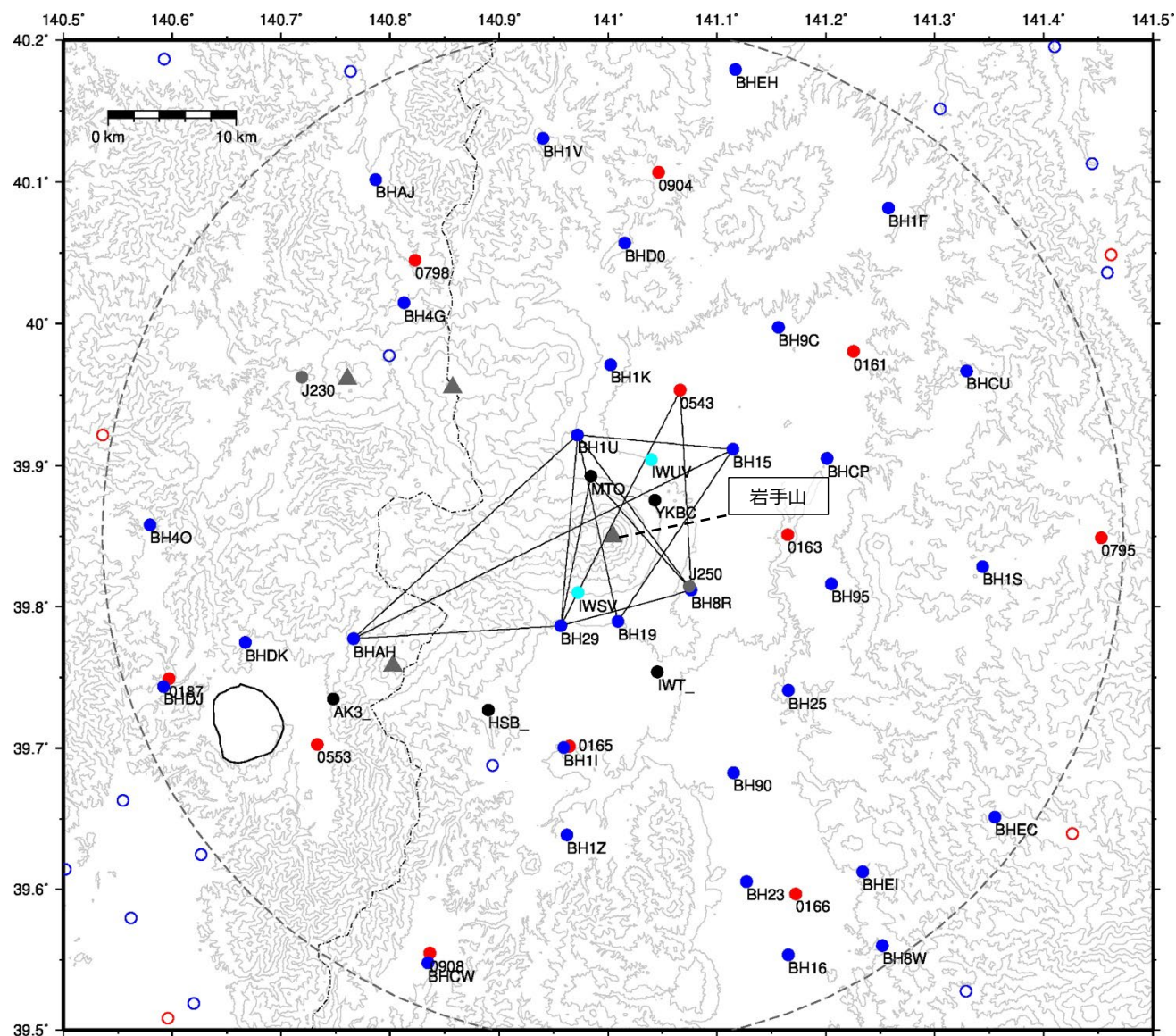


図 1. 岩手山周辺の国土地理院 GEONET (赤丸印)、ソフトバンク (青丸印)、防災科学技術研究所 (水色丸)、気象庁 (灰色丸)、東北大学 (黒丸印) の GNSS 観測点分布。岩手山山頂から半径 40 km の範囲を破線で示す。図中の実線は図 2 に記載した基線長変化図の基線を示す。

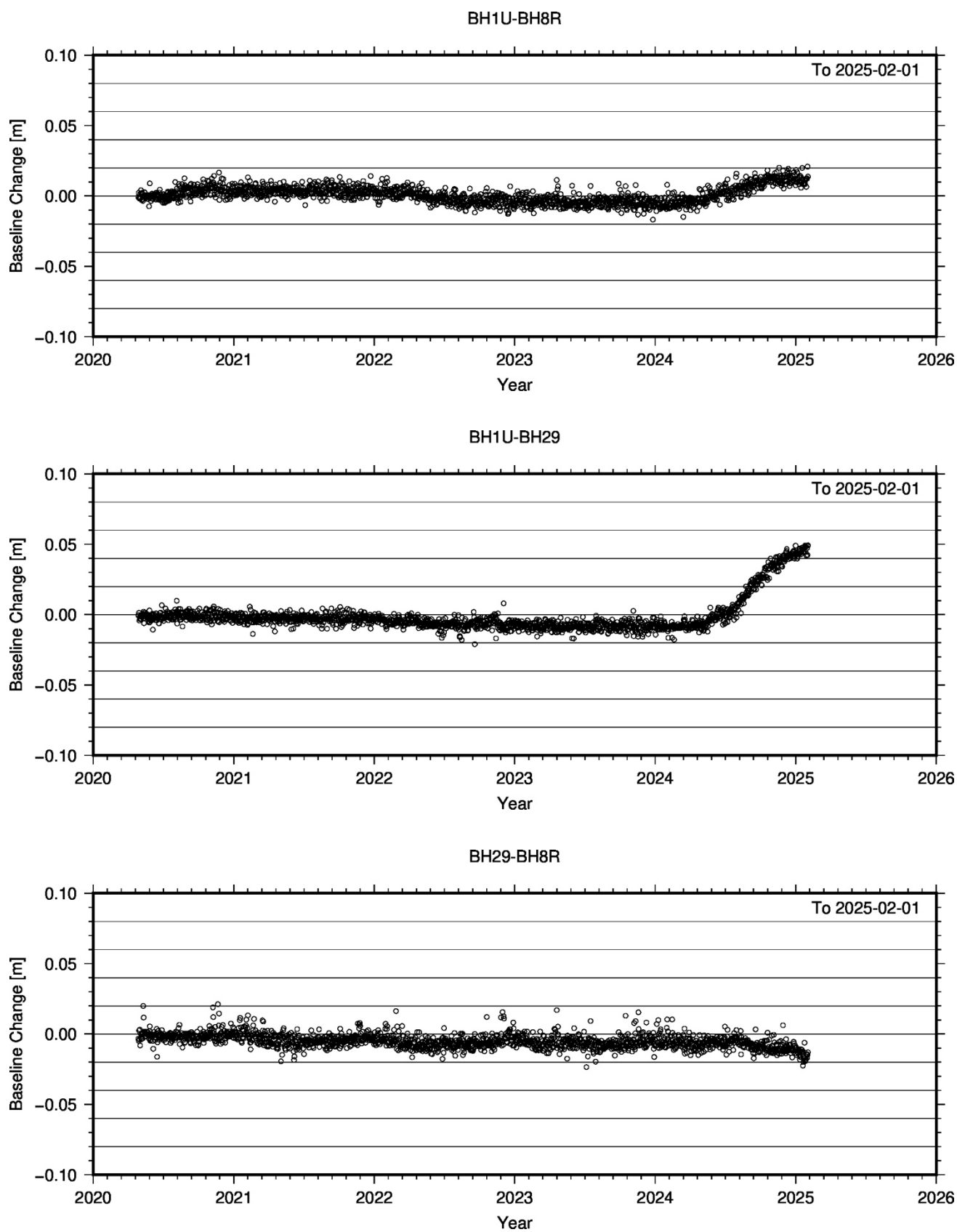


図 2. 岩手山周辺の観測点間における基線長変化図。

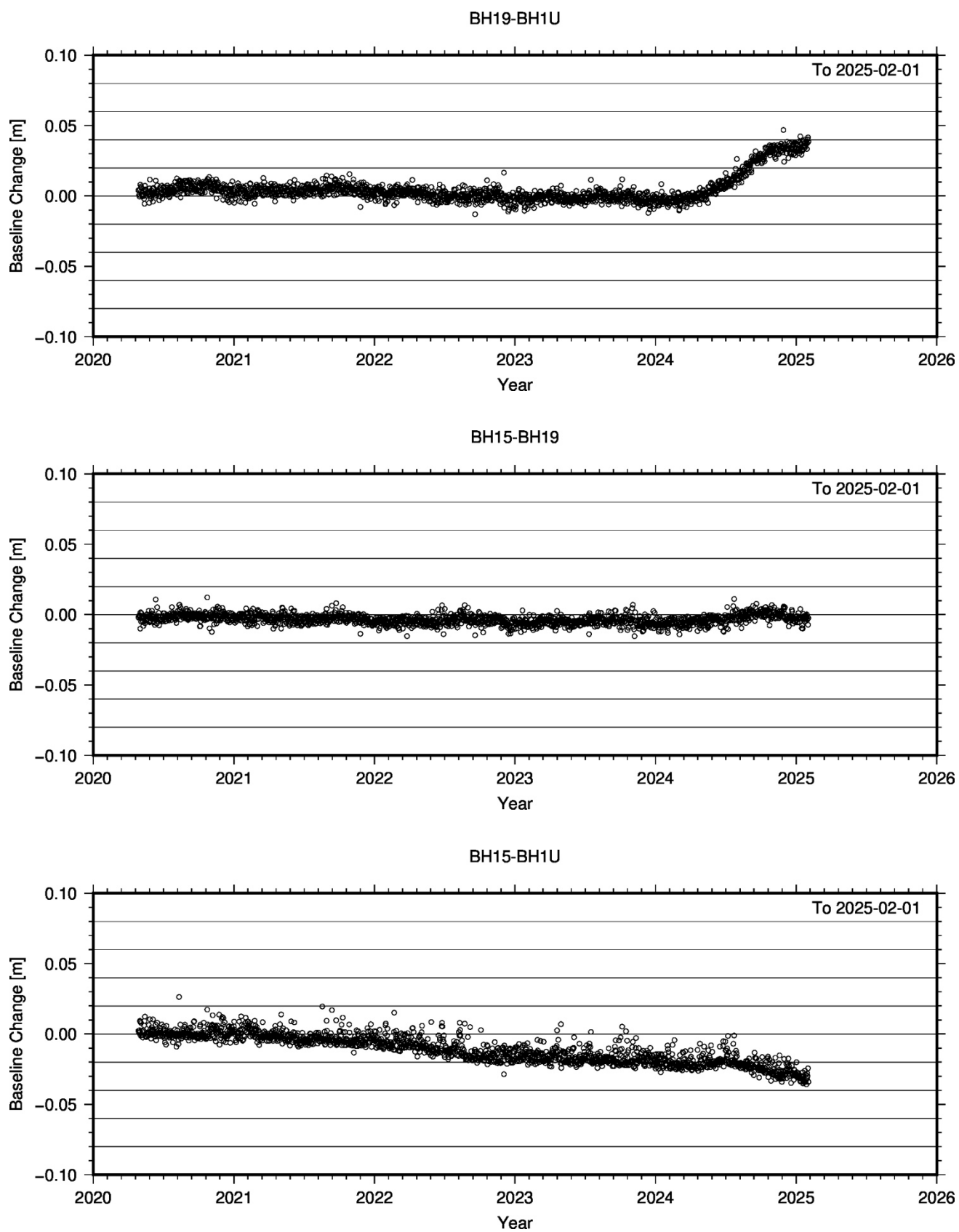


図 2 (続き)

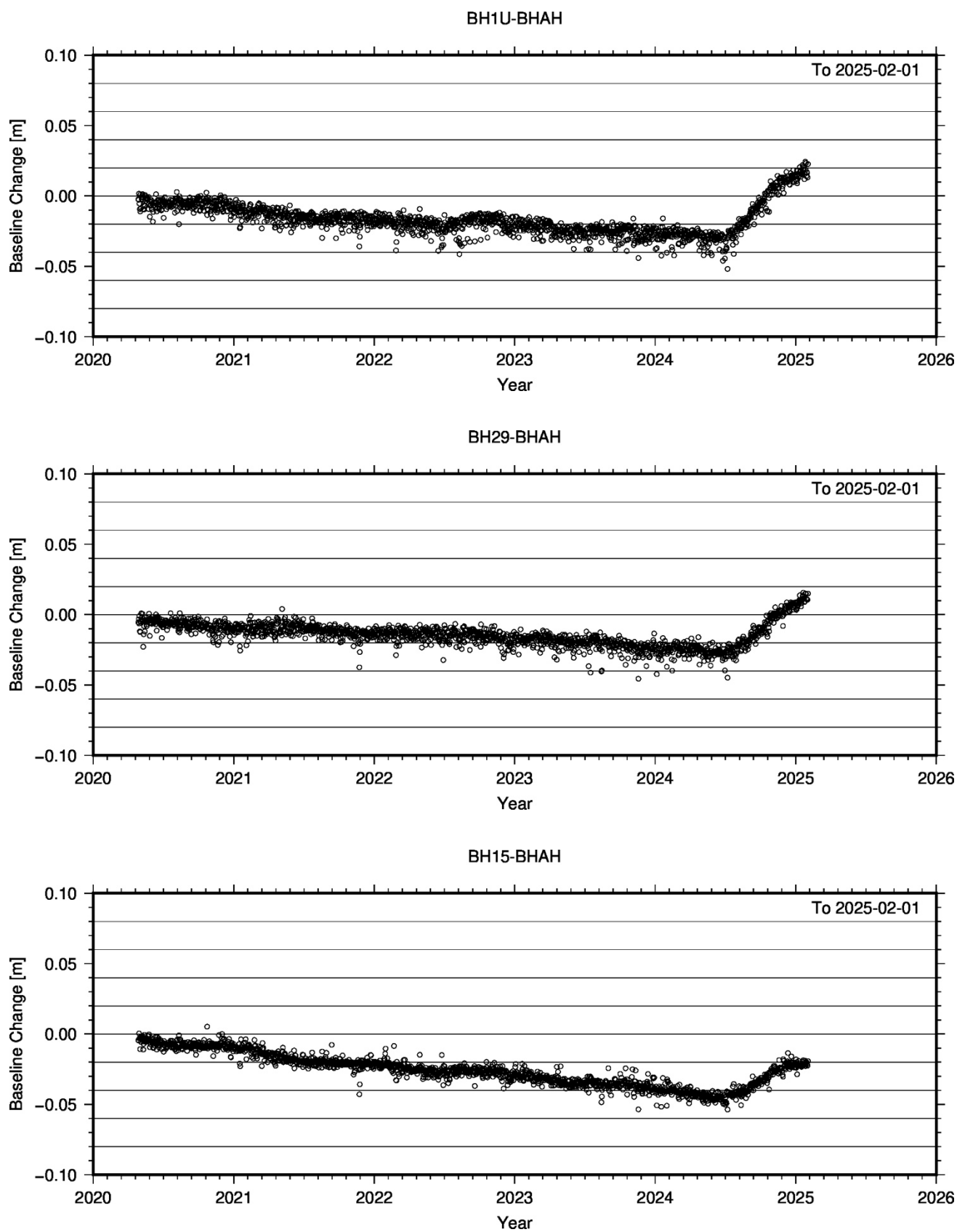


図 2. (続き)

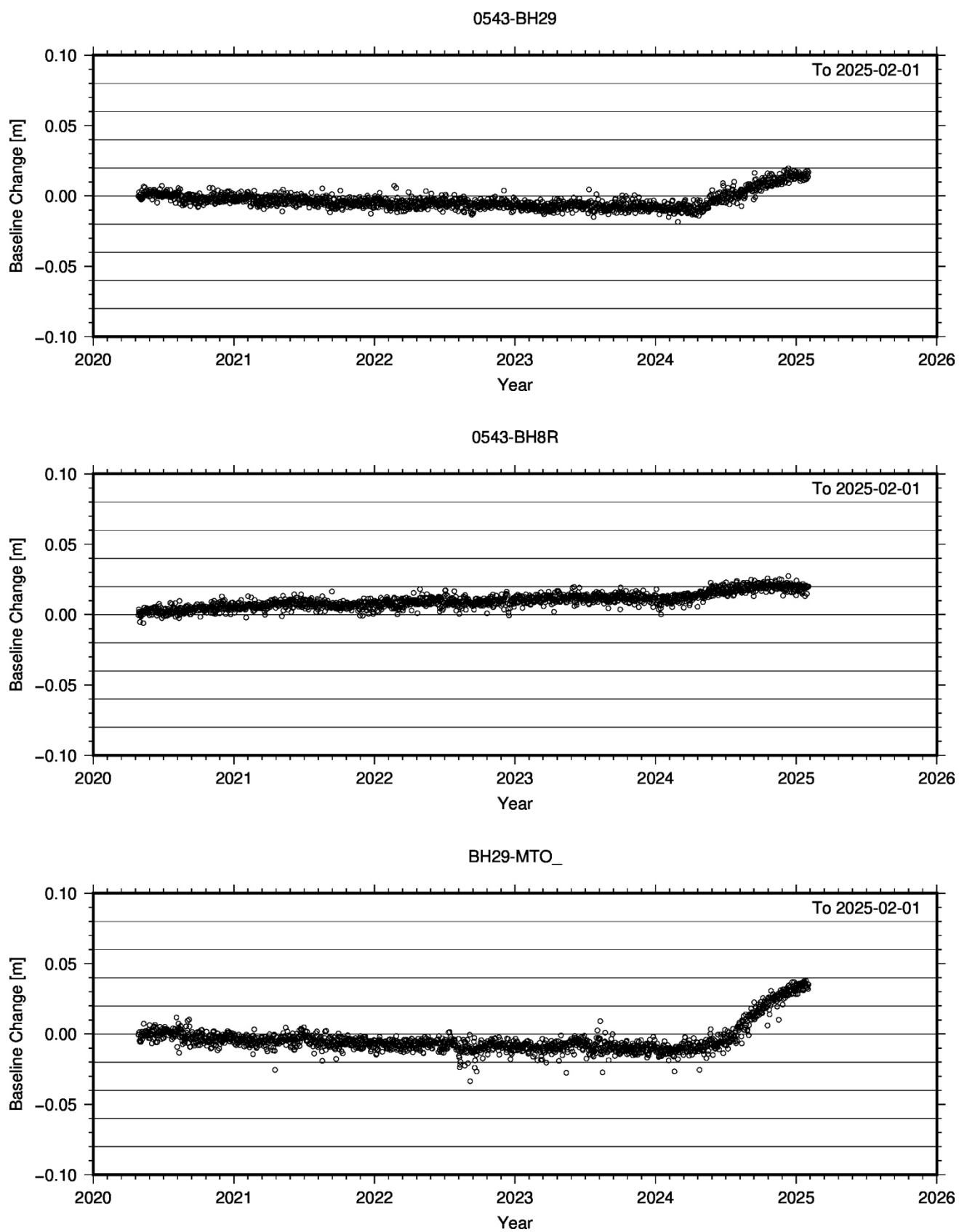


図 2. (続き)

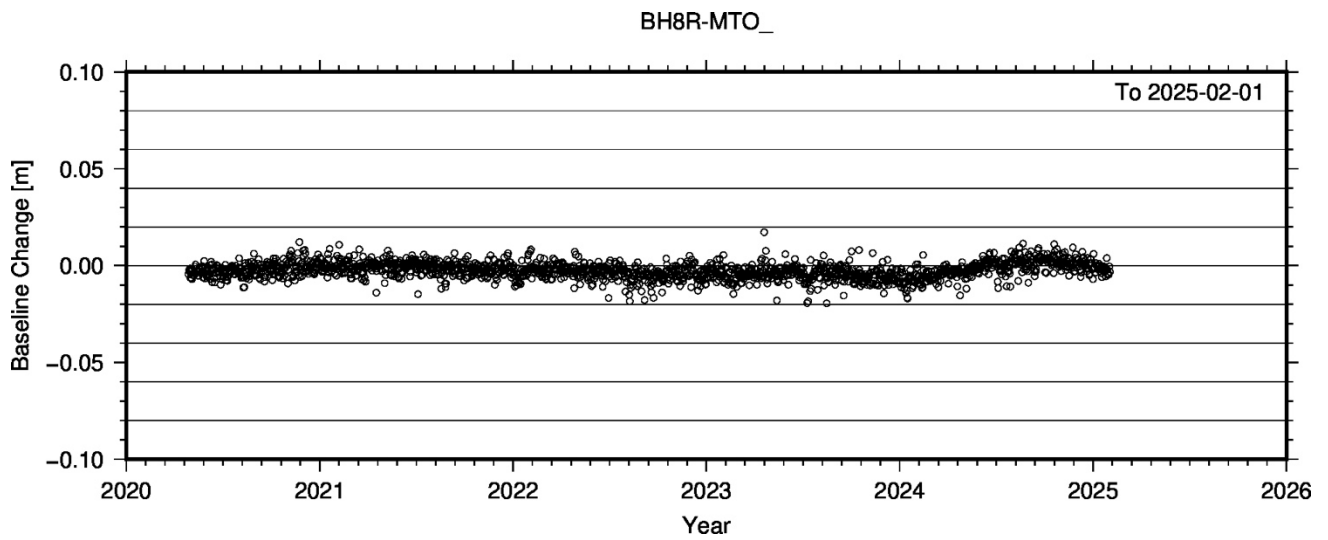


図 2. (続き)

稠密 GNSS 観測データにもとづく 2024 年岩手山膨張イベントの力源推定

【概要】

国土地理院、ソフトバンク株式会社 (以下、ソフトバンク)、防災科学技術研究所、気象庁、東北大学が運用する GNSS 観測点のデータを用いて 2024 年岩手山膨張イベントの力源推定を行った。推定した期間は 2024 年 2 月 1 日から 7 月 26 日 (期間 1) と 2024 年 7 月 26 日～12 月 15 日 (期間 2) の 2 期間である。期間 1 では東岩手山から西岩手山にかけての深部に東西走向・鉛直のダイク (開口割れ目) を仮定し、推定を行った。その結果、体積変化量は $3.59 \times 10^6 \text{ m}^3$ となった。期間 2 ではダイクに加え、岩手山の西側に球状圧力源を追加して推定を行った。その結果、それぞれの体積変化量は $3.35 \times 10^6 \text{ m}^3$ (ダイク) および $7.19 \times 10^6 \text{ m}^3$ (球状圧力源) と推定された。

【使用データおよび解析】

岩手山山頂を中心とした半径 40 km の円内に位置する国土地理院 電子基準点 11 点、ソフトバンク 独自基準点 31 点、防災科学技術研究所 GNSS 観測点 2 点、気象庁 GNSS 観測点 2 点、東北大学 GNSS 観測点 5 点の合計 51 観測点のデータ (図 1) を解析対象とし、それらの周囲の観測点を含めて GipsyX Ver.2.2 の精密単独測位法を用いて日座標値を推定した。

得られた日座標値時系列のうち、明瞭に品質が低い観測点を目視で除外した後、共通誤差成分を取り除いた。共通誤差成分は岩手山を中心とした半径 40 km の円よりも外側の観測点 112 点を使用した。最初に地震時および保守作業にともなうオフセットを除去した。次にそれらの観測時系列からスミルノフ・グラブス検定を使用して外れ値を除去した。さらに 2021 年 5 月 2 日から 2024 年 12 月 15 日の時系列を STL (Seasonal-Trend decomposition using LOESS) 分解し、その残差成分をスタックして共通誤差とした上で、解析対象の観測点データから差し引いた。次に 2021 年 5 月 2 日から 2024 年 1 月 31 日の期間で定常成分を推定し、それらを除去した。最後に、各期間の開始・終了の 10 日間の中央値の差から変位を計算した。

また比較のために、期間 2 について、東北大学が運用する体積ひずみ計 3 点について、潮汐・気圧・降水・直線トレンド・ステップ変化・年周変動を差し引いた 1 時間サンプリングのひずみ変化時系列を計算し、力源推定の入力とした。

【力源推定の手法】

MCMC 法を用いた力源推定手法である RENE (Real-time automatic uncertainty estimation of source models using crustal deformation data) (Ohno, Ohta et al., EPS, 2022, 2024) を用いた。同手法は国土地理院と東北大学大学院理学研究科で共同開発を進めているものである。推定には GNSS データの水平・上下 3 成分を用いた。推定時には観測点の標高を簡易的に補正する varying depth method (Williams and Wadge, 1998) を適用した。総連鎖数は 1×10^7 であり、Burn-in は 1%とし、それらを除外したサンプルから事後確率分布を得た。

期間 1 については、変位量が小さく、ノイズとの区別が一部困難であることを踏まえ、推定パラメータのうち、ダイクの位置、深さ、傾斜角、走向、長さ、幅について、正規分布型の事前分布を与えた。期間 2 についてはダイクの傾斜角、走向、長さ、幅について正規分布型の事前分布を与えた。球状圧力源の諸パラメータについては InSAR 解析の結果などにもとづき、深さに事前分布を与えた。また、ダイクと球状圧力源が深さ方向で大きく離れないように拘束を与えた。尤度関数の標準偏差は未知数としてデータから他の未知パラメータと同時に一旦推定

した上で、その値を固定して目的とする事後確率分布のサンプリングを行った。

また、RUNE で得られた事後確率分布のばらつきにもとづき、観測点を追加する場合、どこに設置するのが最適かを可視化したマップ (Station Placement Study map (SPS map), Ohno, Ohta et al., EPS, 2024) を期間 2 の結果を用いて作成した。

さらに、比較のために、期間 2 についてのみ体積ひずみ計のデータと GNSS データの水平・上下成分を併せて用いた力源推定も試行した。この試行においては、回転楕円体を仮定し、ダイクとともに推定を行った。その他の推定の設定等は、GNSS データのみを用いた期間 2 の推定に準ずる。

【結果・議論】

図 2、図 3 に推定された結果を、図 4(a,b) に各パラメータの事後確率分布を示す。期間 1 では岩手山を通る緯線を境に南北方向に数 mm 程度の大きさで広がる水平変動場が推定された。これらは東西走向のほぼ鉛直なダイクで大局的には説明できる (水平成分の VR: 37.5%)。一方、ダイクの位置および広がり存在確率を見ると、その不定性は大きい。期間 2 では、期間 1 では顕著な変動が確認されなかった秋田県側の観測点で明瞭な南西向き変位が観測された。これらは単一のダイクのみでは説明ができず、ダイクの西側浅部に球状圧力源を追加することで観測値を説明できる (水平成分の VR: 74.6%)。推定された体積変化量は期間 1 のダイクが $3.59 [2.03 \sim 5.70] \times 10^6 \text{ m}^3$ (中央値および 95% 信頼区間) となった。同様に、期間 2 のダイクが $3.35 [0.38 \sim 6.14] \times 10^6 \text{ m}^3$ 、球状圧力源が $7.19 [4.99 \sim 9.82] \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、中央値による体積増加量の合計は、 $1.05 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。期間 2 においては球状圧力源の体積変化量がダイクの約 2.1 倍となった。また、ダイクの体積変化量は期間 1 と 2 で概ね同様である。また、期間 1 と同様にダイクの位置および広がり存在確率を見ると、その不定性は大きい。なお、期間 2 の球状圧力源を回転楕円体に置き換えての推定も試行した。この場合、水平成分の VR は数%程度向上するものの、回転楕円体の仮定によって球状圧力源と比較してパラメータ数が増えたことも影響し、AIC (赤池情報量基準) による比較からは、回転楕円体を仮定することは有意とはならなかった。

図 4 (c) に期間 2 における周辺事後確率分布の例を示す。同図より、球状圧力源とダイクの体積変化量は負の相関を示すが、球状圧力源の体積変化量の方が常に大きい。また、VR (水平成分) と球状圧力源の深さは負の相関を示し、GNSS 観測データを説明するためには、球状圧力源の深さはより浅い方が適している。この結果は、今回の推定で球状圧力源に比較的強い事前分布を与えたことに起因する。

図 5 に SPS map を示す。既存観測点の空白域である岩手山西側の葛根田付近が推定された事後確率分布から計算される計算値のばらつきが大きい領域となり、この地域に観測点を追加することで、既存のモデルの不定性を改善可能である。

図 6 および図 7 に GNSS データに加えて、体積ひずみ計 3 点のデータも併せて推定した期間 2 における力源推定の結果、およびその事後確率分布を示す。推定された力源による GNSS データの説明度は水平成分の VR で 71.4%であり、体積ひずみ計に対しては 99.1%となった。南北方向に長軸を持つ回転楕円体が深さ 3.6km 程度に推定され、その体積変化量は $6.11 [1.88 \sim 9.61] \times 10^6 \text{ m}^3$ となった。また、ダイクの体積変化量は $5.52 [0.68 \sim 11.35] \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、ダイクの体積変化量の不定性が大きいことが明瞭である。

謝辞：本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」

の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社およびALES株式会社より提供を受けたものを使用しました。国土地理院の電子基準点 RINEX データを使用しました。防災科学技術研究所が運用する基盤的火山観測網 (V-net) の GNSS データ (IWUV, IWSV) を使用させて頂きました。気象庁が運用する GNSS 観測点のデータ (J230, J250) を使用させて頂きました。地形図の作成には国土地理院発行の「数値地図 10mメッシュ (DEM10B)」を使用しました。観測及び解析には文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第3次)」の支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

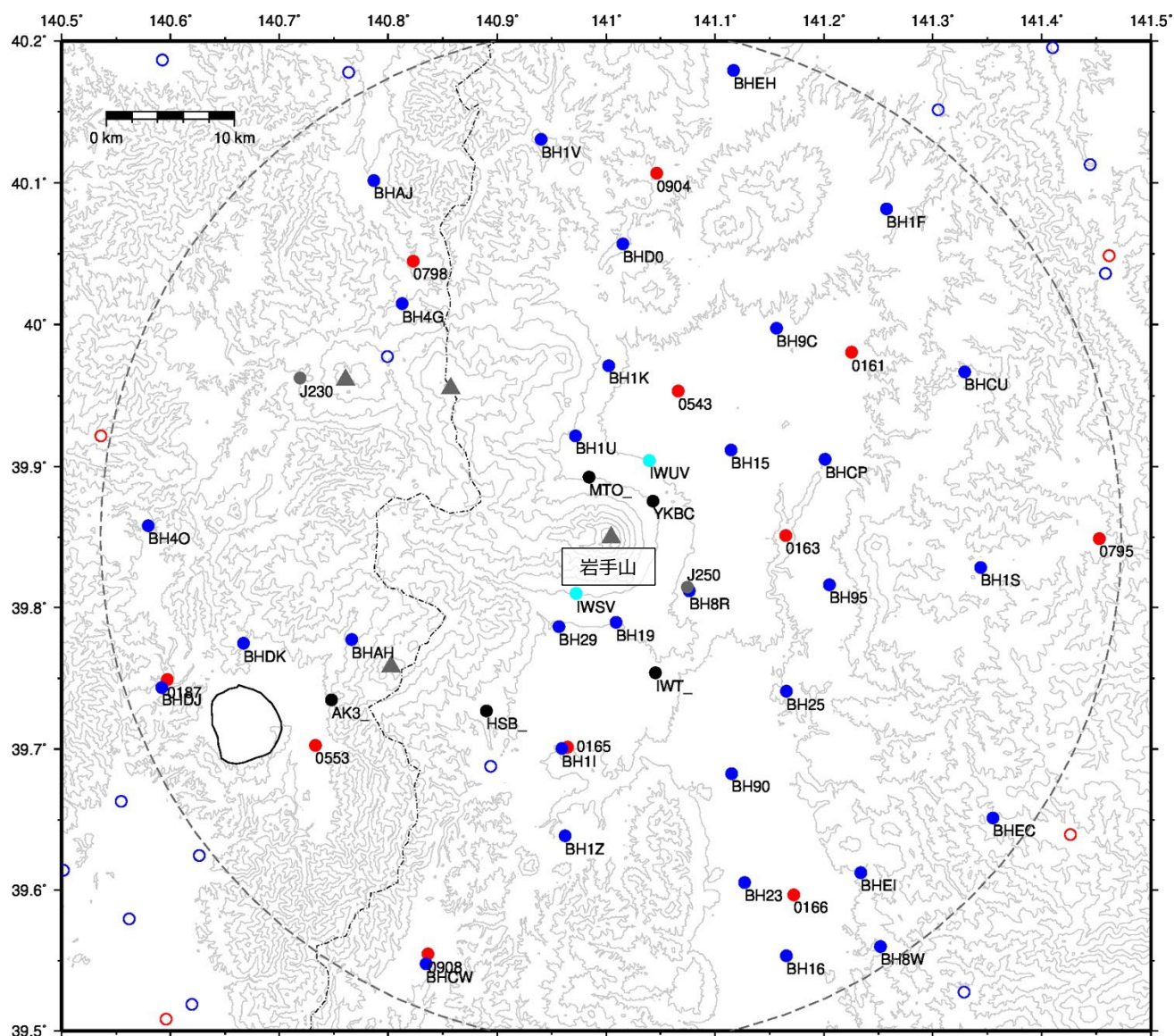


図1. 解析に用いた岩手山周辺の国土地理院 GEONET (赤丸印)、ソフトバンク(青丸印)、防災科学技術研究所 (水色丸)、気象庁 (灰色丸)、東北大学 (黒丸印) のGNSS観測点分布。岩手山山頂から半径40 kmの範囲を破線で示し、その範囲内のデータを力源推定のデータとして用いた。同円内における白抜き丸印の観測点は欠測等で解析に用いていない。

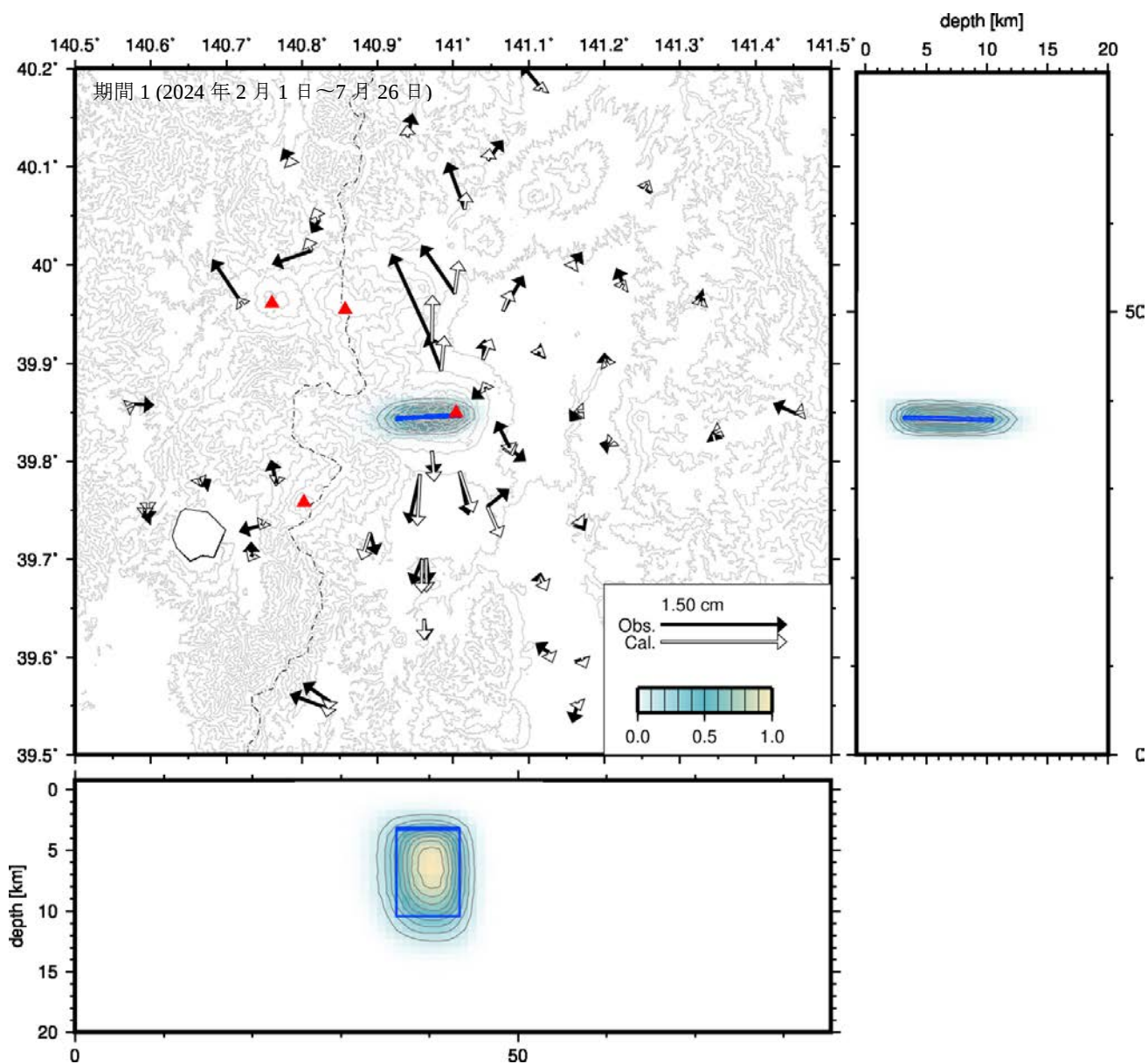


図2. 期間1 (2024年2月1日から7月26日) において観測された水平変動 (黒矢印) および計算値 (白矢印) と推定されたダイク。青色矩形が推定されたダイクであり、事後確率分布の中央値を用いて描画した。色付きコンターがMCMC法でのサンプル値から計算したダイク位置および広がり存在確率。

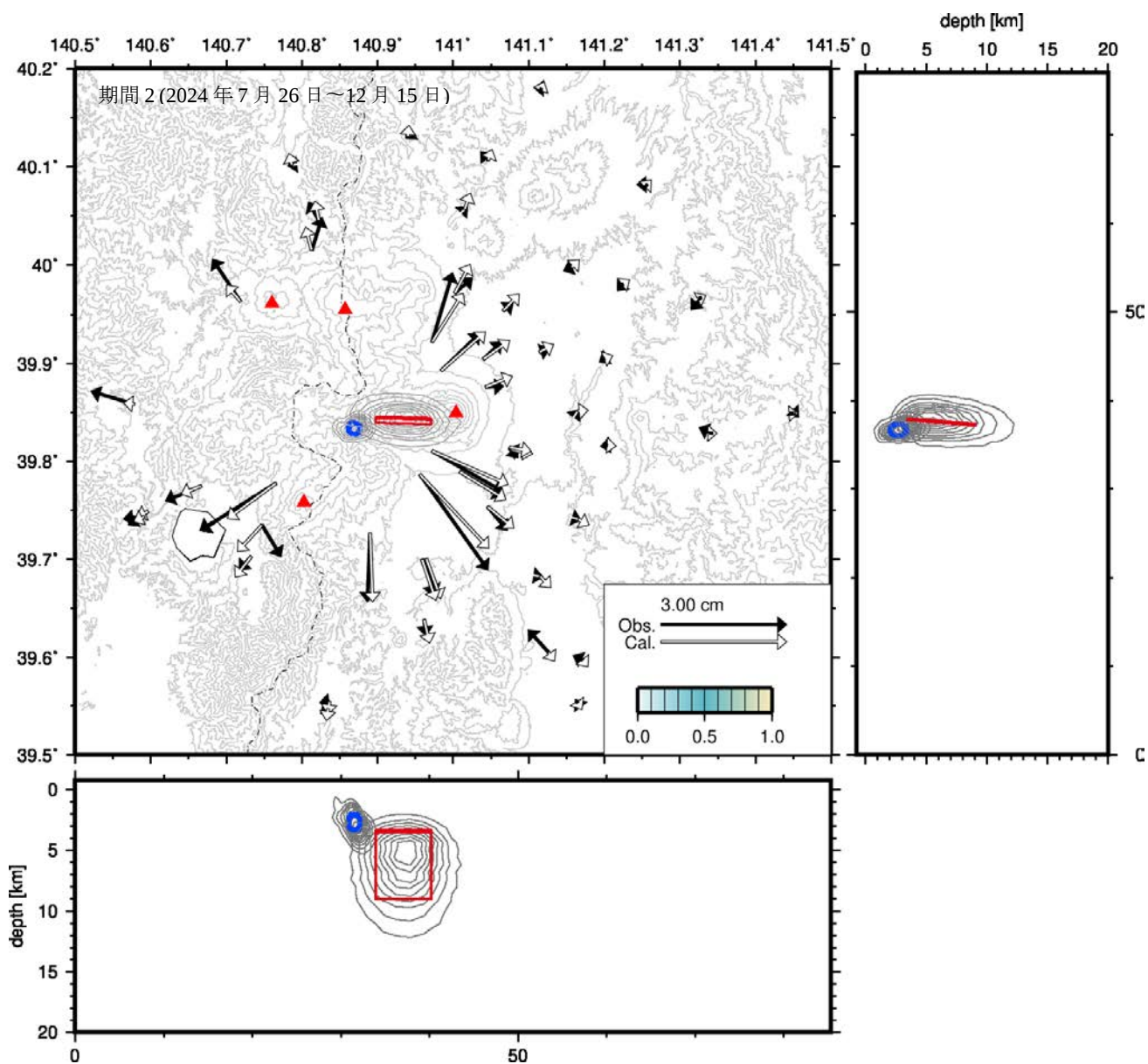


図3. 期間2 (2024年7月26日～12月15日) において観測された水平変動 (黒矢印) および計算値 (白矢印) と中央値を用いて描画したダイク (赤矩形) および球状圧力源 (青丸印)。コンターはそれぞれの力源の位置および広がり存在確率を示す。

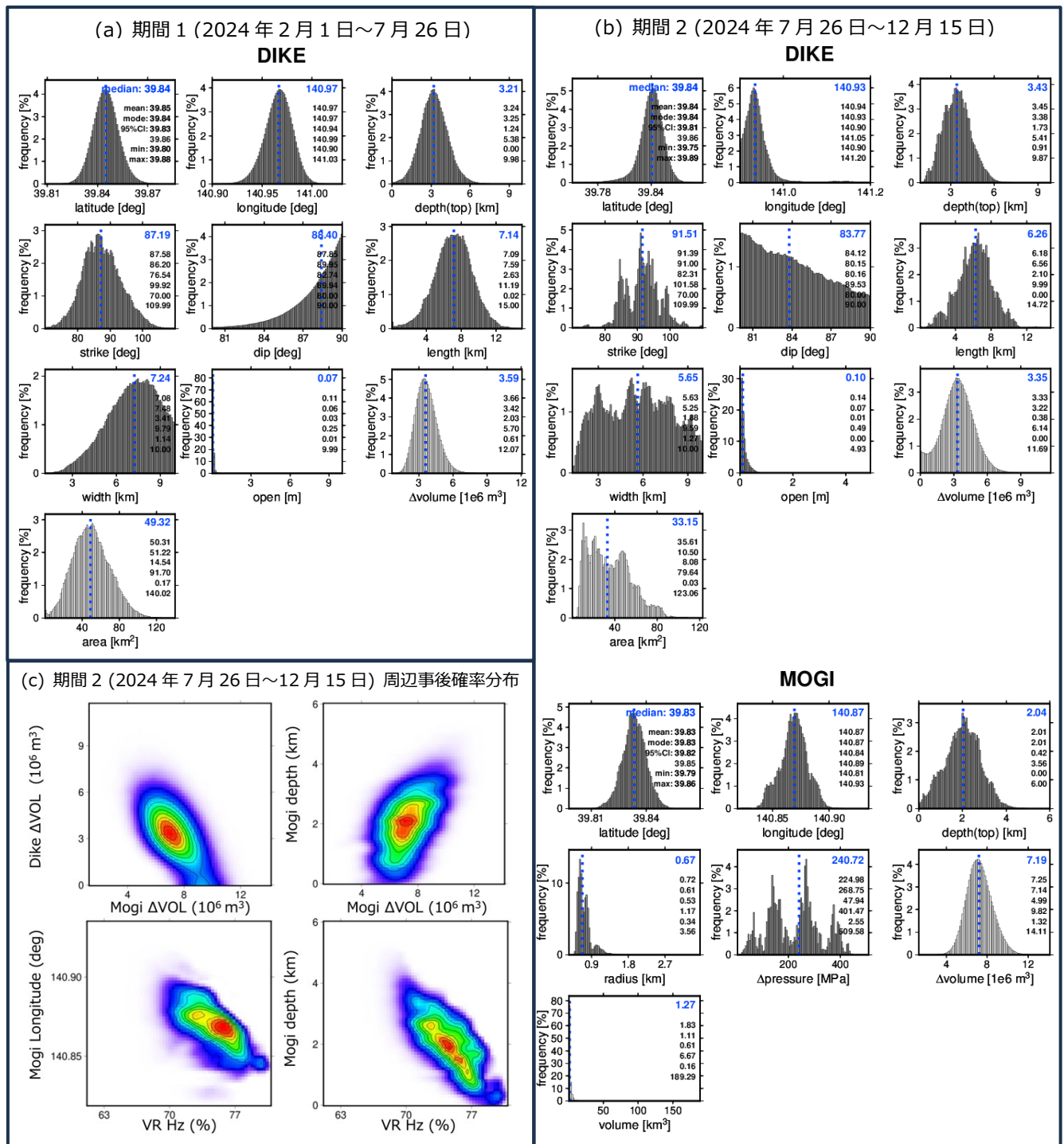


図 4. (a) 期間 1 において推定したダイクの各パラメータにおける事後確率分布。(b) 期間 2 において推定したダイクおよび球状圧力源の各パラメータにおける事後確率分布。各図中の数値は上から中央値（図中縦青破線に相当）、平均値、最頻値、95%信頼区間、最小、最大をそれぞれ示す。各図の横軸は RUNE における各パラメータの探索範囲に相当する。濃い灰色で示した事後確率分布が未知パラメータ、薄い灰色で示した事後確率分布がそれらから計算されるパラメータをそれぞれ示す。ダイクおよび球状圧力源の位置・深さは、いずれも力源浅部中央の位置を示す。(c) 期間 2 における周辺事後確率分布の例。カラースケールは最大値で規格化している。

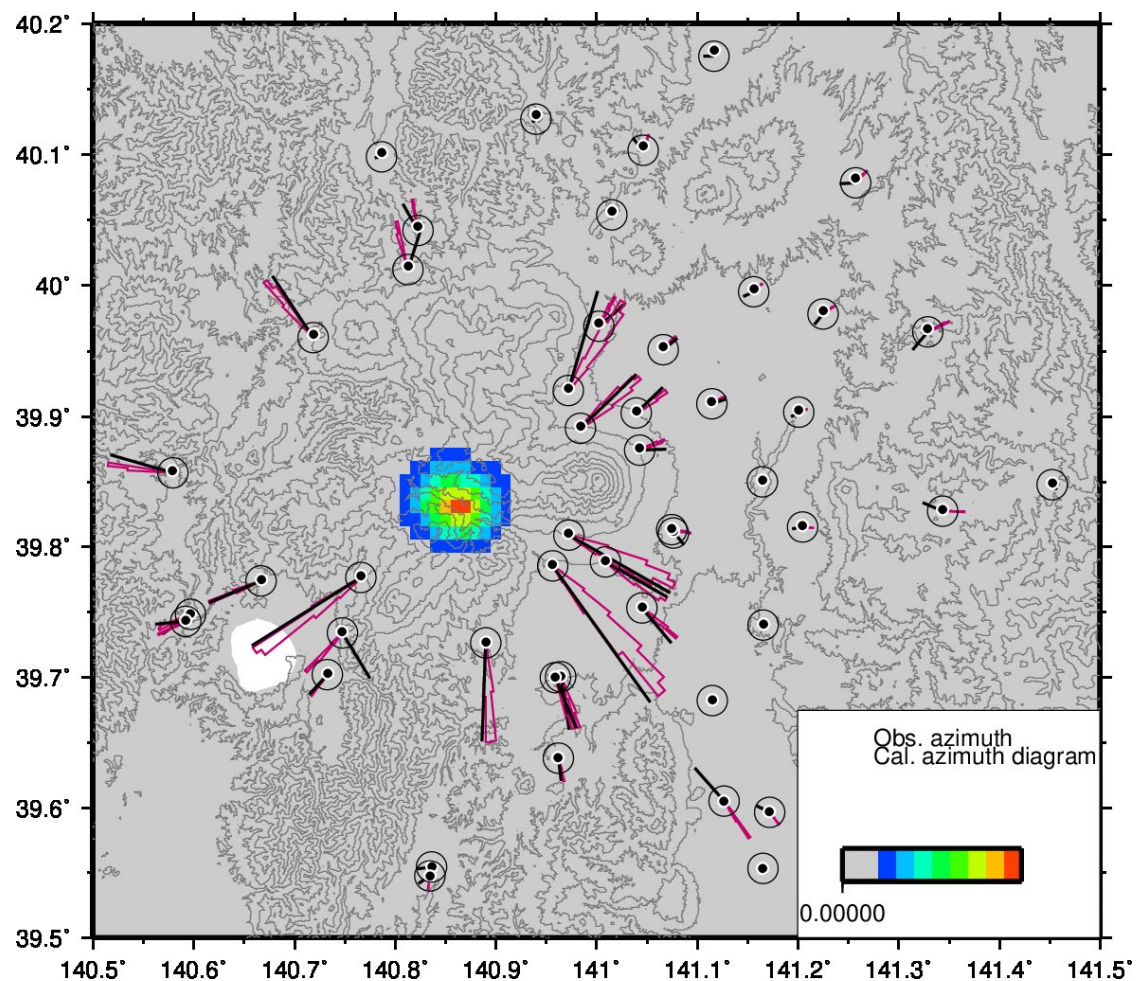


図 5. 期間 2 のデータから推定された事後確率分布から計算される Station Placement Study map (SPS マップ)。各観測点における黒線が観測された水平ベクトル、紫色で計算値のばらつきをローズダイアグラムで示す。図中のカラーのうち、暖色系の色ほど計算値のばらつきが大きい領域を示し、同箇所に観測点を追加することで効率的にモデルの不定性を改善できる。

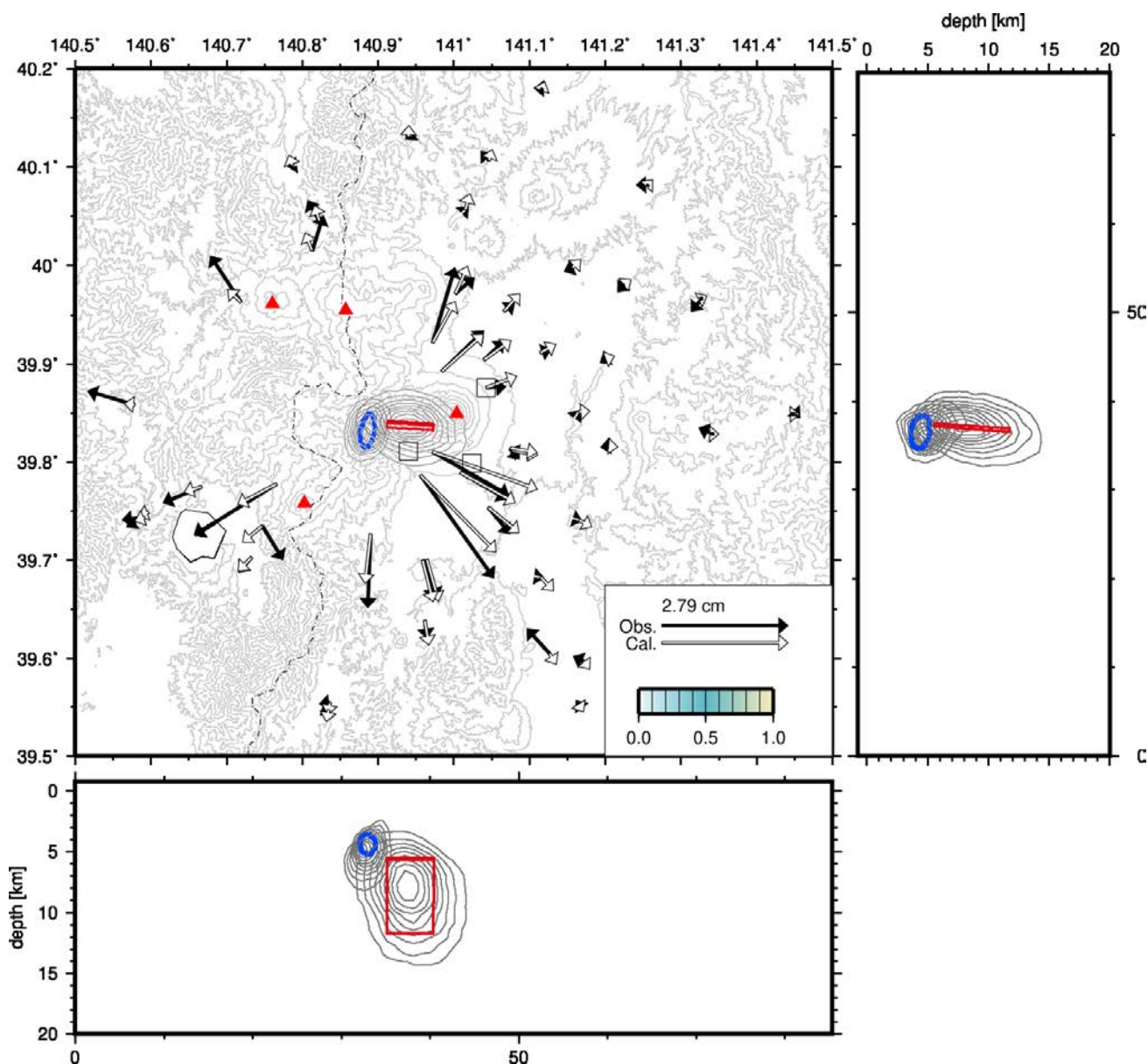


図 6. GNSS データに加えて、体積ひずみ計データを併用して力源推定をした結果。期間 2 (2024 年 7 月 26 日～12 月 15 日) において観測された GNSS の水平変動 (黒矢印) および計算値 (白矢印) と中央値を用いて描画したダイク (赤矩形) および回転楕円体 (青丸印)。コンターはそれぞれの力源の位置および広がり存在確率を示す。図中白抜き四角が解析に用いた体積ひずみ計の位置を示す。

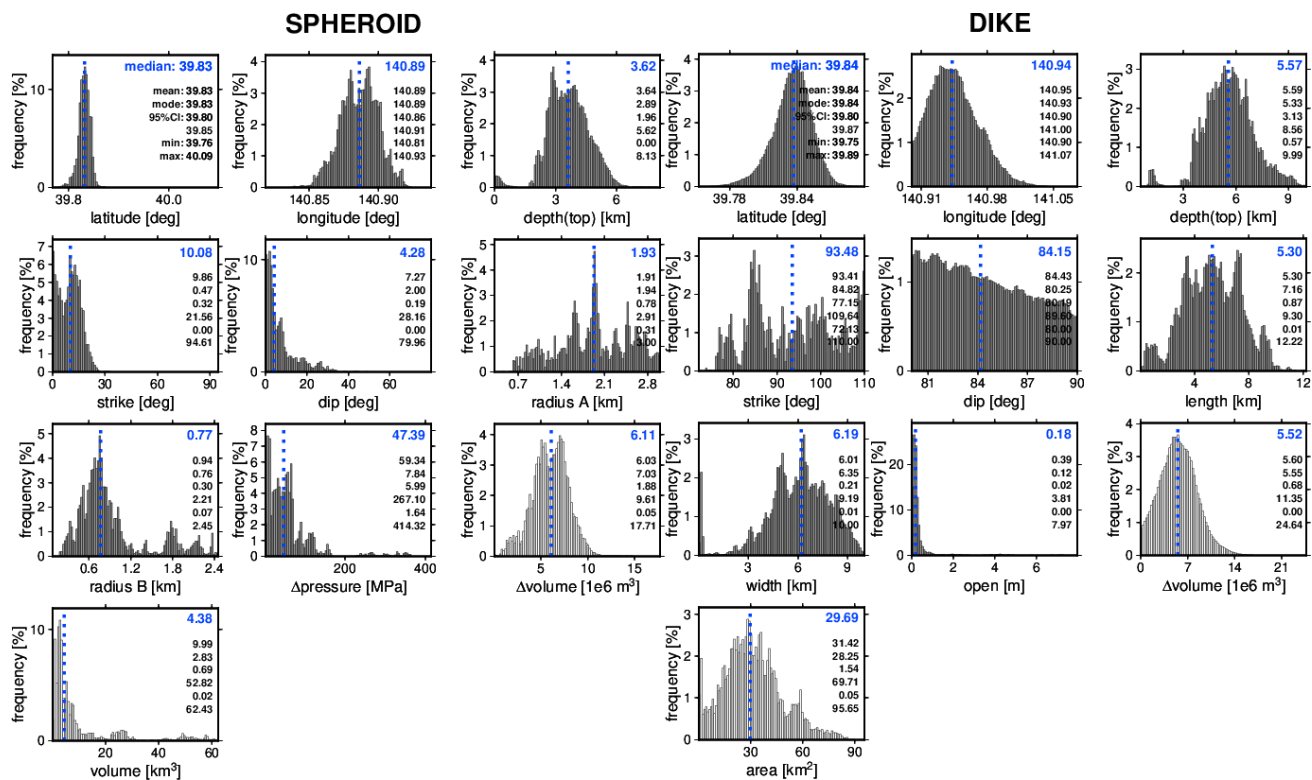


図7. 図6に対応する期間2において推定した回転楕円体およびダイクの各パラメータにおける事後確率分布。各図中の数値は上から中央値（図中縦青破線に相当）、平均値、最頻値、95%信頼区間、最小、最大をそれぞれ示す。各図の横軸はRUNEにおける各パラメータの探索範囲に相当する。濃い灰色で示した事後確率分布が未知パラメータ、薄い灰色で示した事後確率分布がそれらから計算されるパラメータをそれぞれ示す。ダイクおよび圧力源（回転楕円体）の位置・深さは、いずれも力源浅部中央の位置を示す。

■ 岩手山

・ 熱異常の長期的変化： 2020–2024年

岩手山ではひまわり、しきさいにより、当該期間、熱異常は認められない(図1)。ひまわり、しきさいに比べ分解能の高いASTER画像(熱赤外の分解能 90 m)では、1998年に始まった活動に関連すると思われる熱異常が観測されている(図2)。

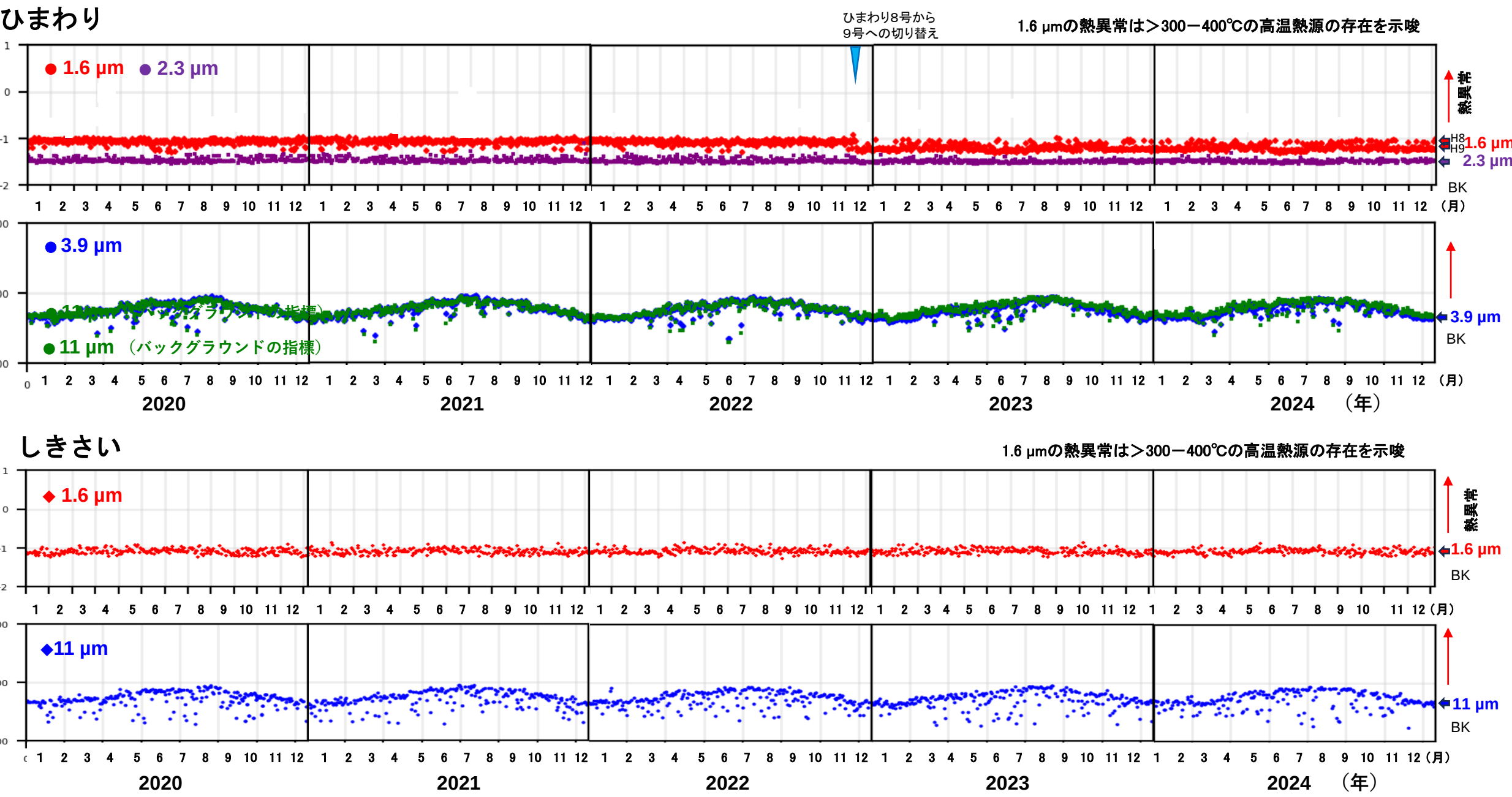


図1 ひまわり、しきさいによる熱異常の長期的変化: 2020–2024年

・ 補足：高分解能赤外画像（ASTER）による熱異常域の観測

2000年10月30日のASTER夜間熱赤外画像(10.6 μm、分解能 90 m)では、旧岩手カルデラ内西部にある御苗代湖付近から西の姥倉山へ向かって約2kmに渡って熱異常が直線状に並ぶ(図2)。熱異常域が見られるのは、御苗代湖、大地獄谷、黒倉山、姥倉山東側鞍部である。また、犬倉山南の崩壊地形内にある網張元湯でも熱異常域が認められる。2003年10月13日の画像でも同様の熱異常域の分布が認められる。

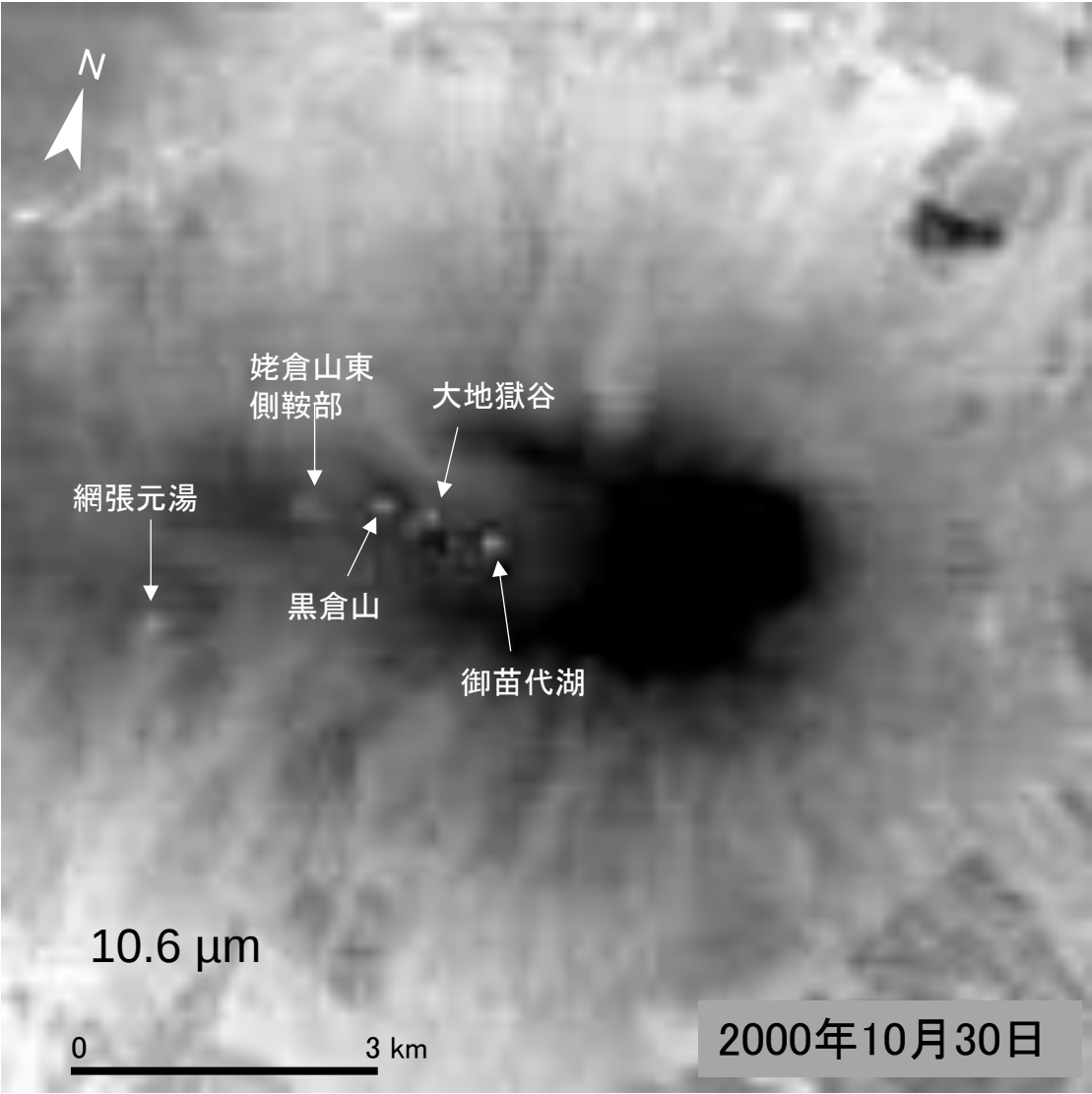


図2 ASTER画像(10.6 μm, 分解能 90 m)による岩手山山頂域の熱異常域

ひまわり・しきさい（GCOM-C）等による熱異常観測

重点評価対象火山となった諏訪之瀬島、薩摩硫黄島、桜島、小笠原硫黄島、口永良部島、焼岳、岩手山について、ひまわり・しきさい（GCOM-C）による熱異常観測（2020年～2024年）の結果を報告する。

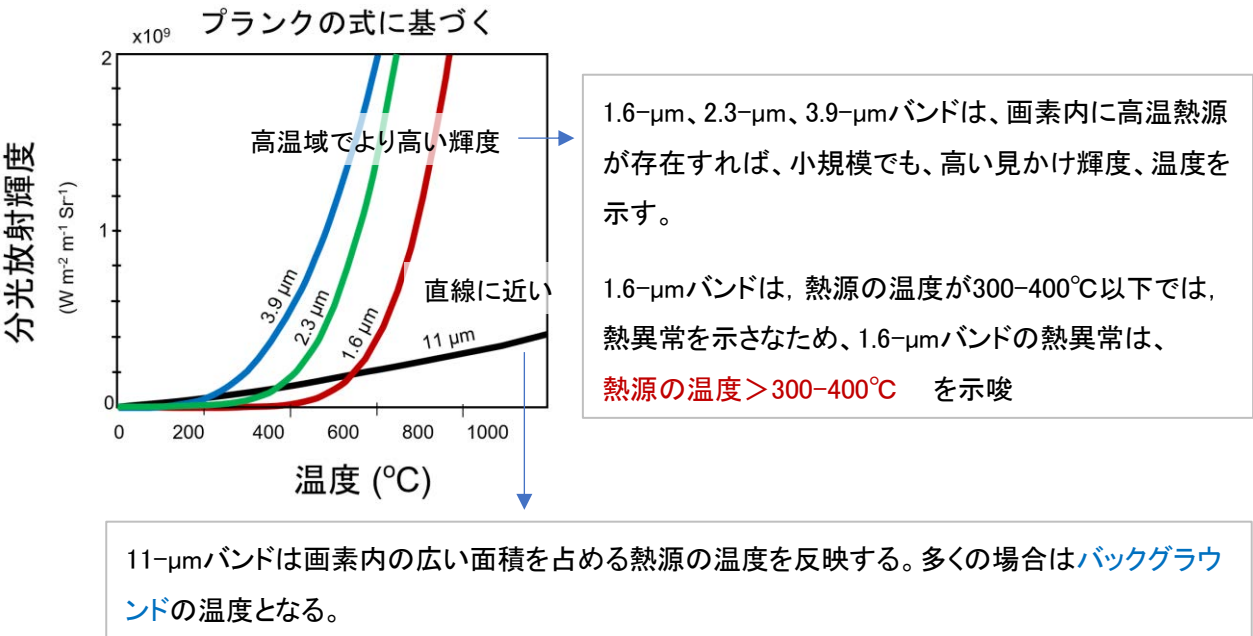
■ ひまわり・しきさい（GCOM-C）赤外画像の特徴

観測に用いたひまわり・しきさい（GCOM-C）赤外画像の特徴と利点について整理する。

- ・ 観測に用いたバンドの諸元と特徴
- ・ ひまわりの利点 観測頻度が10分ごとと圧倒的に高い

	ひまわり	GCOM-C(しきさい)
使用バンド	1.6, 2.3, 3.9, 11 μm	1.6, 11 μm
分解能	2 km	250 m
観測頻度	10 分ごと	2-3 日ごと

- ・ 細かな時間変化を捉えられる
- ・ 一時でも被覆している雲が切れれば観測可能
- ・ リアルタイム性が高い



- ・ しきさいの利点

- 空間分解能が高い
- 噴出物の分布を捉えることができる
- 実効的感度が高い
- 画素サイズが小さいので、同じ熱源でも**実効的な感度**が高くなる

