

那須岳の観測体制に関する検討結果の取りまとめ(その他火山)

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

茶臼岳火山は1.6万年前から活動を開始、現在までに6回のマグマ噴火の活動と、10回を超える水蒸気爆発の活動が繰り返されている。

1408～1410年に火砕流を噴出し茶臼岳溶岩ドームを形成したマグマ噴火の発生以降、小規模な水蒸気爆発を繰り返している(最後の噴火は1963年)。

噴火活動の様式は、水蒸気爆発で活動が開始し、活発化して爆発性のブルカノ式噴火に移行し、降下火砕物の堆積、火砕流の発生、溶岩流の流出で終了するような特長が見られる¹⁾。

②現在の火山活動状況

茶臼岳北西部、深さ5km以浅を中心とした地震活動が見られ、1～2年に1回程度の割合で数日程度の短期間に活発化することがある。また深さ30km付近には深部低周波地震活動が見られる。茶臼岳西側斜面では噴気活動が見られ、噴気の高高度・温度は1966年から1990年前後まで低下傾向であったが、それ以降はほぼ横ばいで推移。GPSによる地殻変動についても顕著な変化は見られない^{2)、3)}。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 気象庁 : 山体内(山頂から3km)に短周期地震計1点(地上型)
防災科研 : 山体内から周辺山麓(山頂から1～14km)に短周期地震計8点(地上型、うち2点はHi-net)

傾斜計 : 現在は観測を行っていない

空振計 気象庁 : 山体内(山頂から3km)に1点

GPS 気象庁 : 山体内から周辺山麓(山頂から1～8km)に3点

地理院 : 周辺山麓(山頂から6～20km)に4点

監視カメラ 気象庁 : 山体内(山頂から5km)の1点で観測を実施

栃木県 : 山頂付近と周辺山麓(山頂から7km)に2点(気象庁へは未分岐)

気象庁は、平成21年度補正予算により山体内(山頂から4km)に地震計・傾斜計(孔井型、設置深100m)・空振計、及びGPSを整備する。これに伴い、現行の地震計及び空振計観測点は廃止する。

・その他の観測

1～2年に1回程度の頻度で現地調査を実施しGPSの繰り返し観測や噴気地帯の状況、噴気温度等の観測も実施。

・監視体制

気象庁本庁は、防災科研のデータ分岐も含めて、地震、空振、GPS、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成21年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計も平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山
現在、火山活動の高まりは認められていない

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・特になし

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、以下の現象に注目する

- ・茶臼岳西側の噴気活動
- ・山体浅部の熱水系に関連する地震や火山性微動活動及び地殻変動
- ・山体深部へのマグマ貫入とそれに関連する地震活動

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・浅部の地震活動や深部低周波地震と火山活動の関連
- ・高精度の地殻変動観測によるマグマ供給系の検出
- ・地熱活動の推移と火山活動の関連
- ・マグマ供給系の時間変化および供給レート変化の追跡による活動推移の予測
- ・火道浅部における内部状態の解明による噴火機構のモデル化
- ・噴火時の火道内部の力学的プロセスの解明
- ・人工地震や電磁気探査による現行モデルの検証と予測精度の向上
- ・現地調査に代わる遠隔観測法の開発

4. 今後の観測体制の必要性

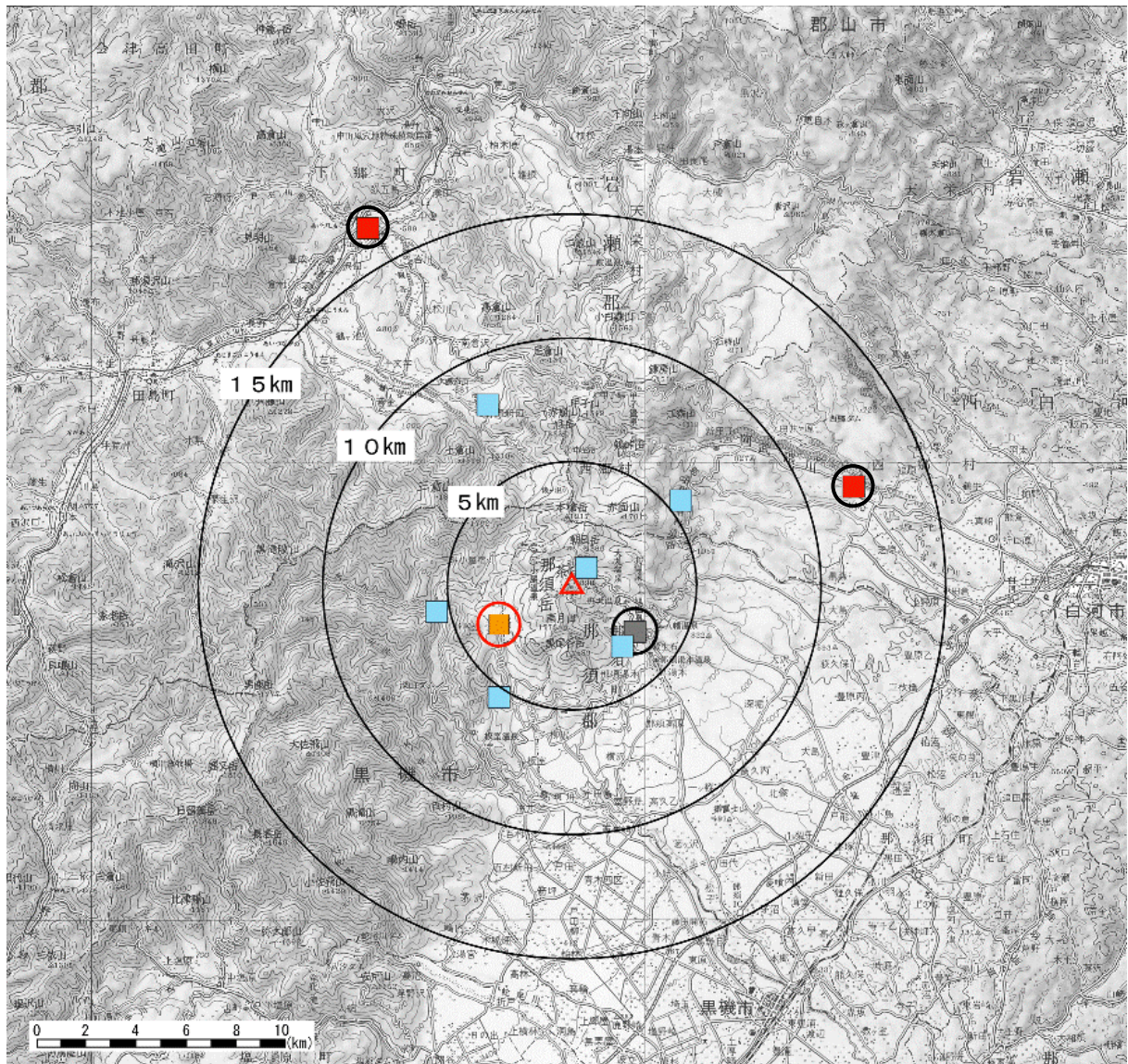
- ・山体浅部の地震微動を詳細に把握するためのS/Nの高い地震観測
- ・山体浅部及び山体深部の地殻変動を詳細に把握するための傾斜観測及びGPS観測
- ・茶臼岳西側傾斜面の表面現象を詳細に把握するための遠望観測及び空振観測

参考文献

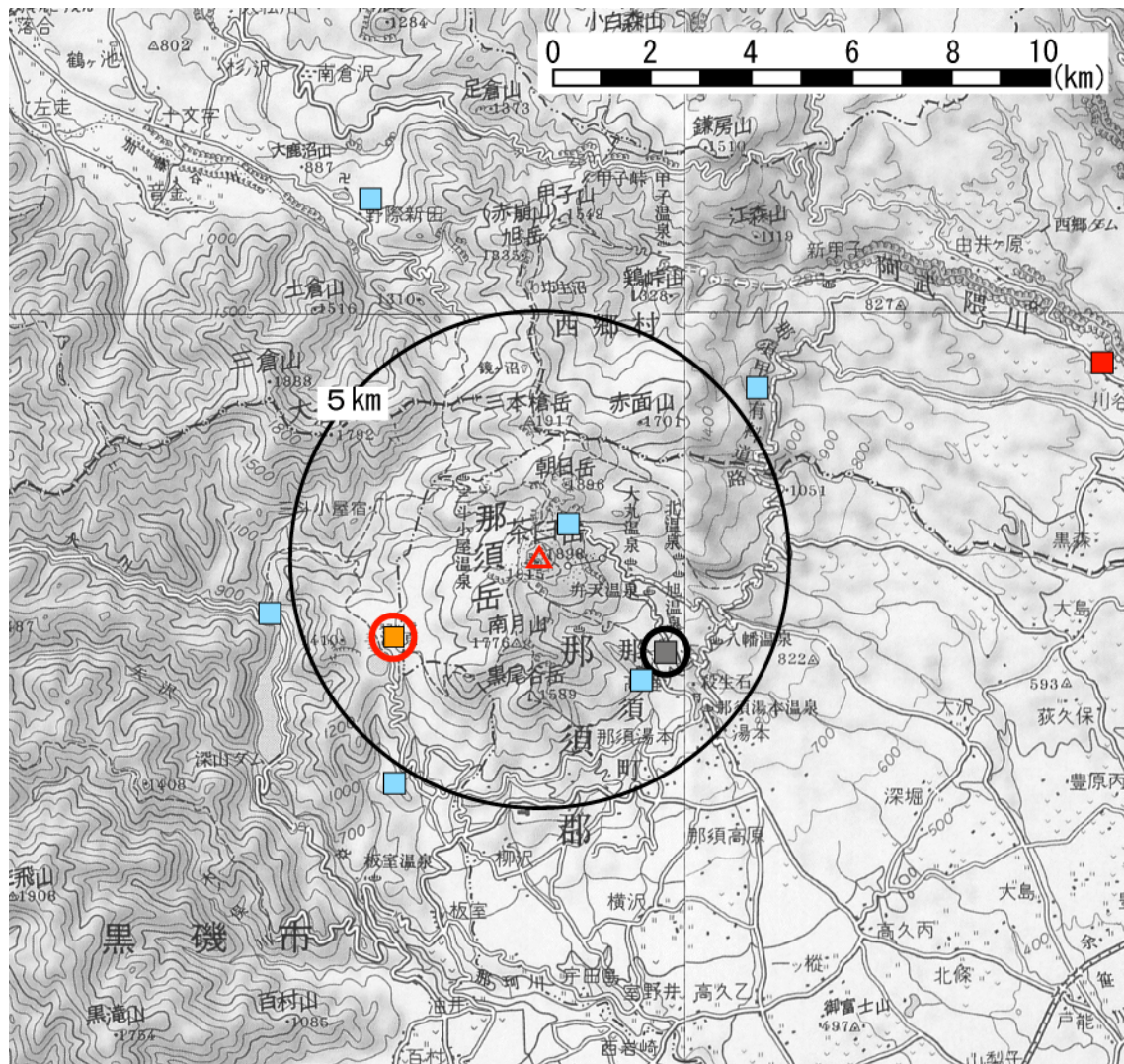
- 1) 山元孝広(1997): テフラ層序からみた那須茶臼岳火山の噴火史, 地質学雑誌, 103, 7, 676-691.
- 2) 那須岳火山噴火警戒レベル導入検討委員会(2009): 那須岳火山噴火警戒レベル導入検討委員会報告書.
- 3) 田中康裕(1962/1963) 那須山付近の地震活動と火山活動, 験震時報, 27, 3, 101-107, 気象庁.

観測点配置図

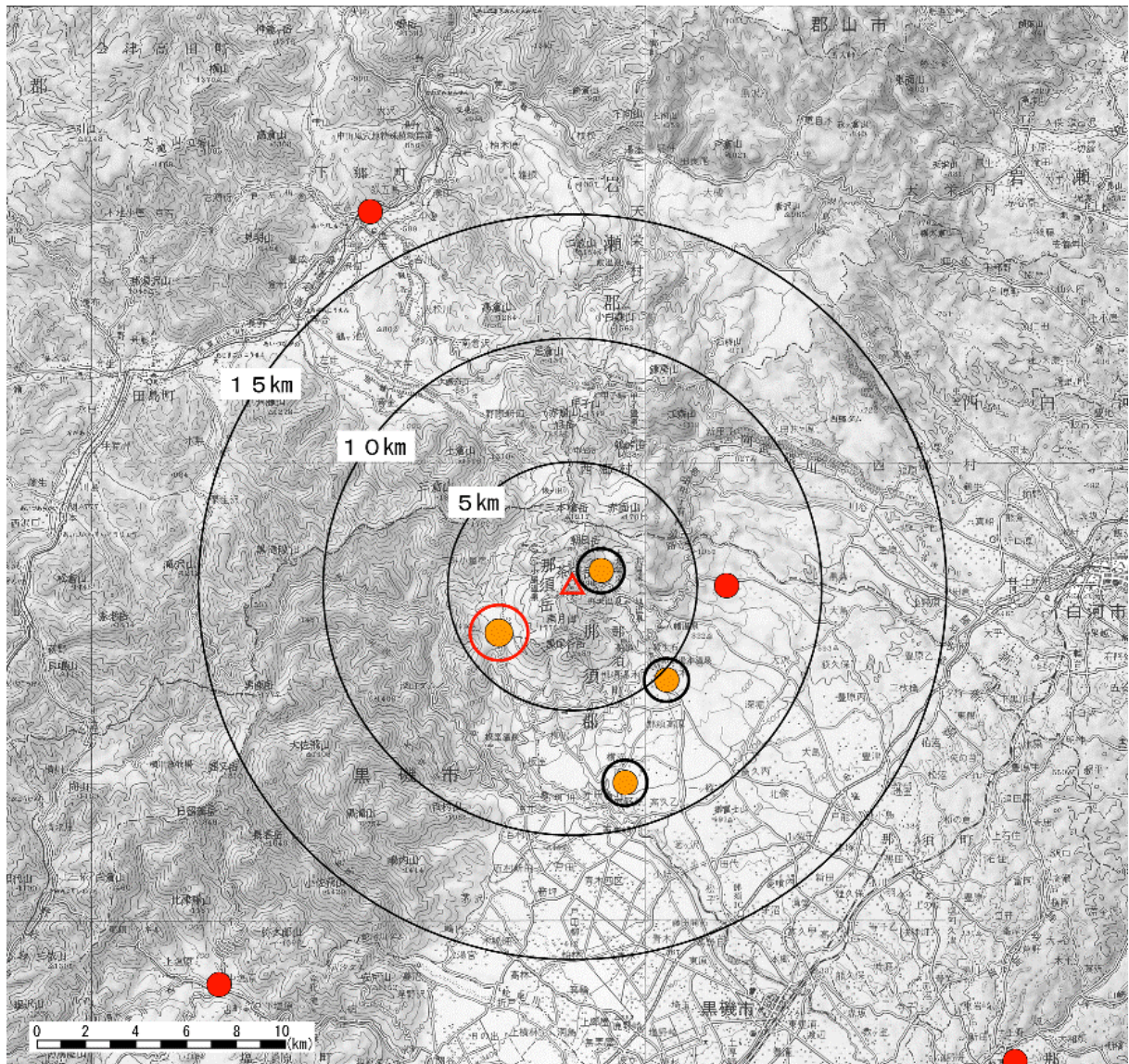
○地震計（広域）



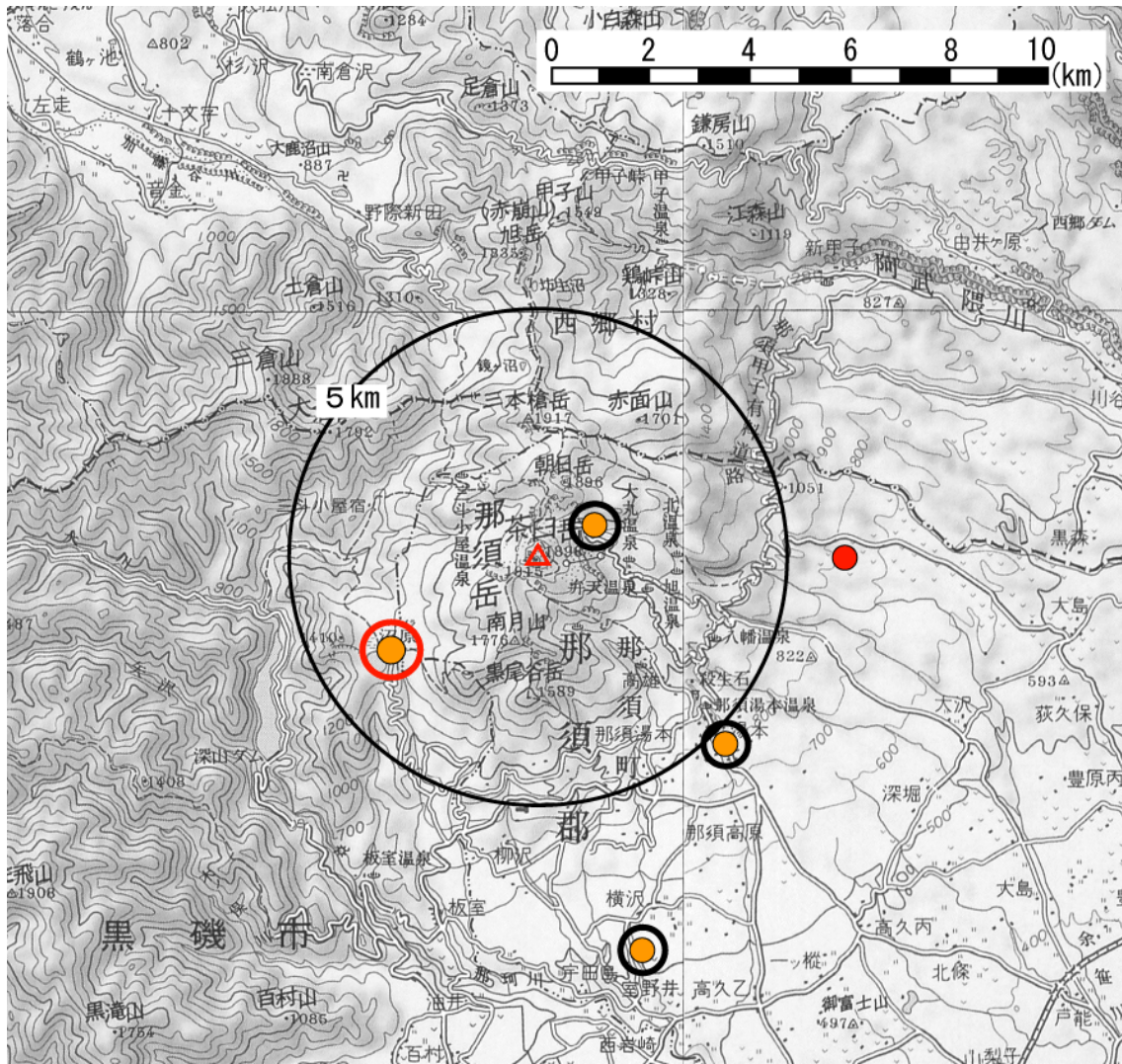
○地震計（狭域）



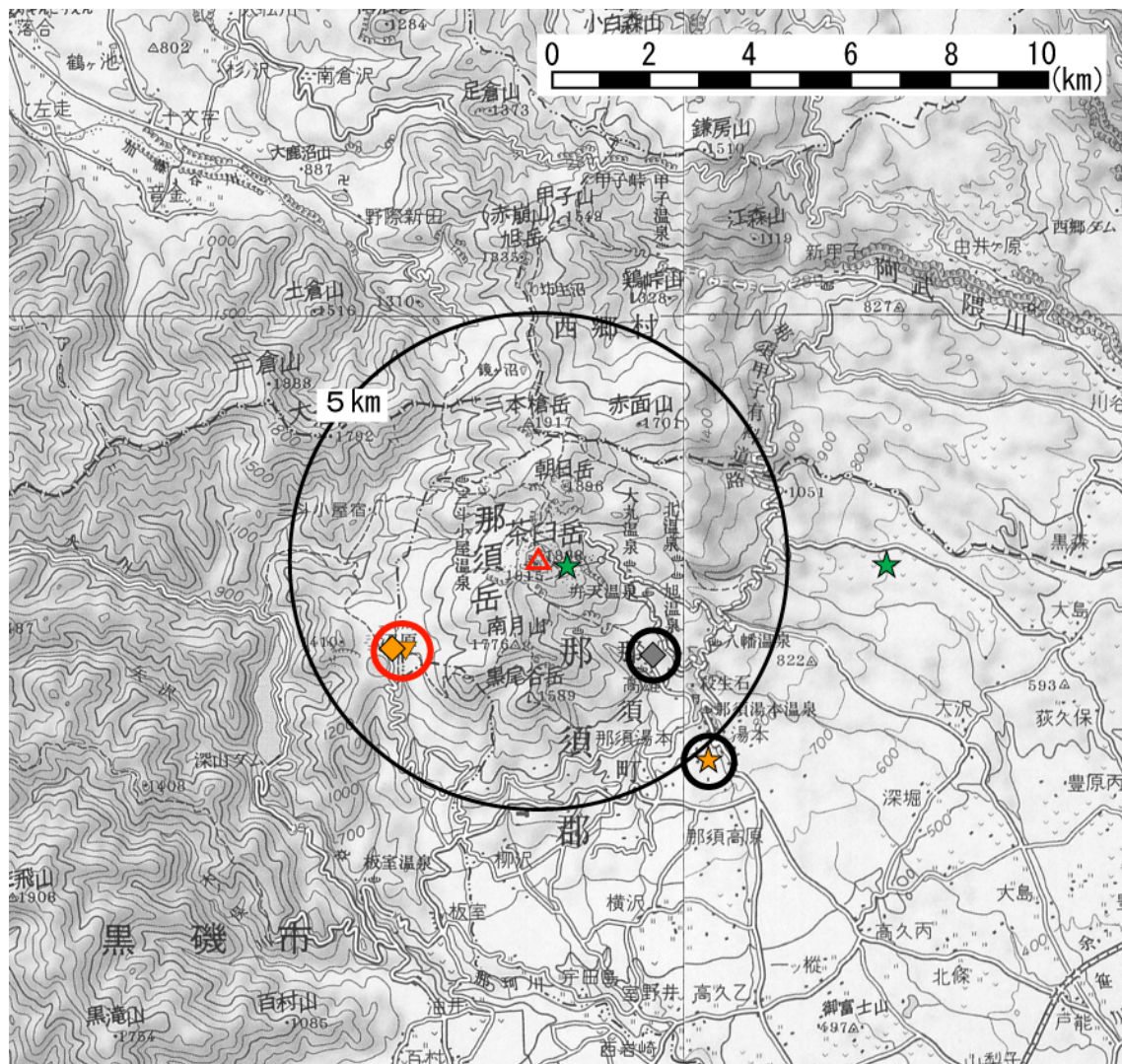
OGPS (広域)



OGPS (狭域)



○空振計、傾斜計、遠望カメラ



- : 地震計 (気象庁)
 - : 地震計 (防災科研)
 - : Hi-net (防災科研)
 - : GPS (気象庁)
 - : GPS (地理院)
 - ◆: 空振計 (気象庁)
 - ▼: 【新設】傾斜計 (気象庁)
 - ★: 遠望カメラ (気象庁)
 - ★: 遠望カメラ (砂防部または自治体)
 - : 【廃止】地震計 (気象庁)
 - ◆: 【廃止】空振計 (気象庁)
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。○は今後整備が予定されている観測点を示す。

日光白根山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

約 5300 年前以降の噴火に対応すると考えられるテフラが 4 枚見つかり、これらはブルカノ式噴火あるいは水蒸気爆発によるものである^{1)、2)、3)}。

17 世紀以降、6 回の噴火があったことが文献から確認されており、これらは奥白根からの水蒸気爆発などの活動であったと考えられる（最後の噴火は 1890 年）。近年では 1952 年に噴煙増加と鳴動、1993 年～1995 年には地震多発と火山性微動の発生があった⁴⁾。

②現在の火山活動状況

火山活動は静穏

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 防災科研：周辺山麓（山頂から 12～20km）に 3 点（1 点は地上型、2 点は孔井型、設置深 102、202m）

G P S 地理院 ：周辺山麓（山頂から 13km）に 2 点

気象庁は平成 21 年度補正予算により山体内（山頂から 3 km）に地震計・傾斜計（孔井型、設置深 100m）、空振計、GPS および周辺山麓（山頂から 12km）に監視カメラを整備する

・その他の観測

特になし

・監視体制

気象庁本庁は連続監視を行っていない。平成 21 年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計・監視カメラにて平成 22 年度から監視開始予定

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山

現在、火山活動の高まりは認められていない

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

地震観測から日光白根山の南側に深さ 8－15km で日光白根山に向かって浅くなる S 波反射面及び北東側深さ 16－14km で北東に向かって浅くなる S 波反射面が推定されている⁵⁾。これらの反射面はマグマだまりをみている可能性がある。また、P 波速度構造からも顕著な低速度域が見つかり⁶⁾

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、火山活動の高まりや噴火発生を検知する

ため、表面現象、地震微動及び地殻変動を連続監視する

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・観測井による高品位の観測データを用いて静穏期における地震活動、地殻変動の把握を目指す
- ・噴火移行期の地震活動および地殻変動を捉え、噴火予測へ向けての基礎データを収集する
- ・マグマ供給系の解明

4. 今後の観測体制の必要性

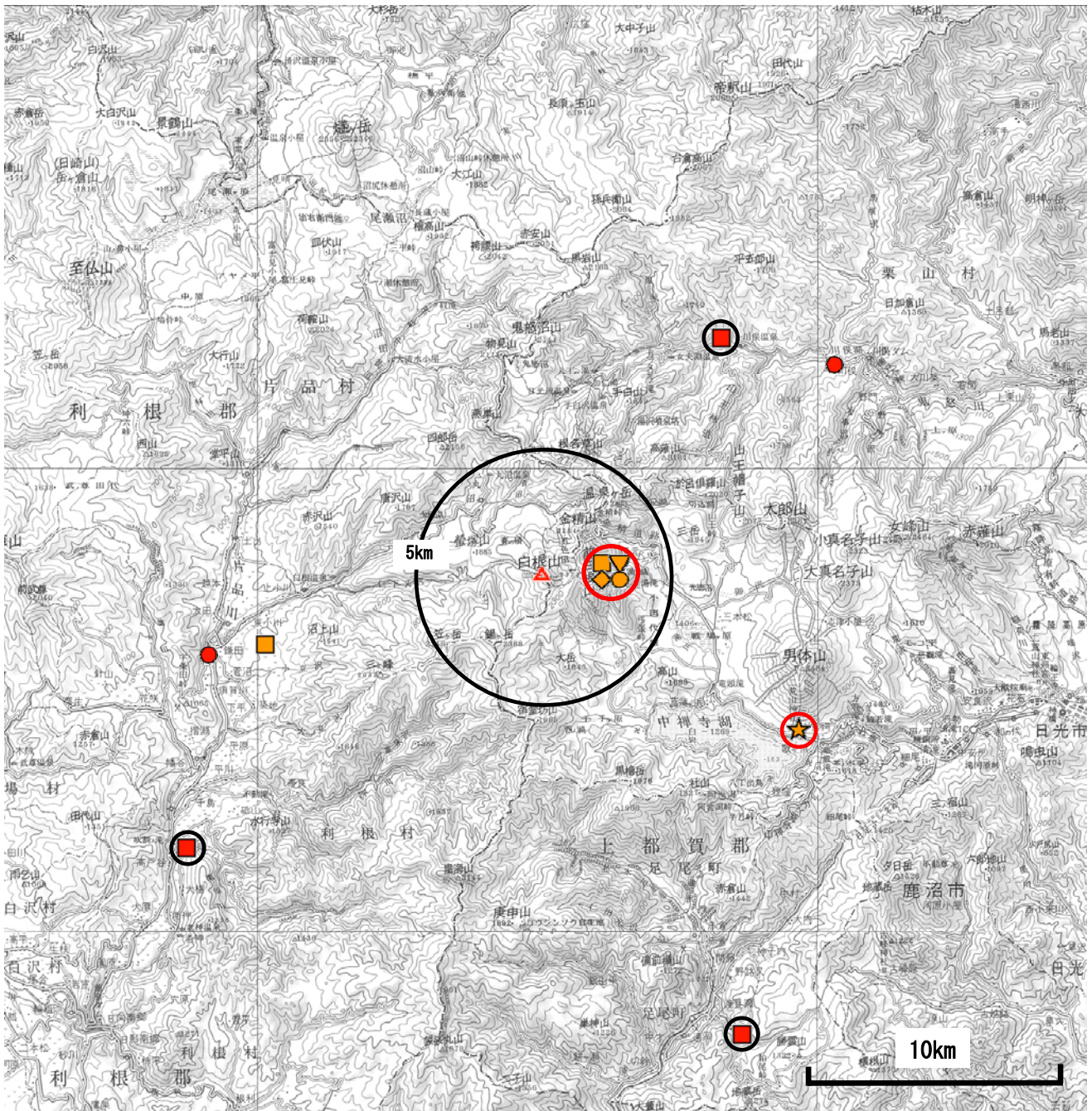
- ・噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・火山活動の高まりや噴火発生を監視するための多項目連続観測

参考文献

- 1) 鈴木・他 (1994) : テフラからみた日光火山群の噴火史, 月刊地球, 16, 215-221.
- 2) 佐々木 (1994) : 日光火山群の岩石学, 月刊地球, 16, 221-230.
- 3) 高橋・他 (1994) : 日光白根火山周辺域における 20ka 以降の浅部マグマ供給系モデル, 月刊地球, 16, 231-236.
- 4) 宇都宮大・他 (1995) : 日光白根山近傍の地震活動, 火山噴火予知連絡会会報, 62, 4-5.
- 5) 松本・長谷川 (1997) : 日光白根火山周辺域における S 波反射面の分布, 火山, 42, 127-139.
- 6) 松本・他 (1995) : 日光周辺域における地震波速度トモグラフィー, 月刊地球, 17, 81-85.

観測点配置図

○地震計・傾斜計・GPS・空振計



- : 地震計 (気象庁)
 - : Hi-net (防災科研)
 - ▼ : 傾斜計 (気象庁)
 - ◆ : 空振計 (気象庁)
 - : GPS (気象庁)
 - : GPS (地理院)
 - ★ : カメラ
 - ▲ : 火口
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。○は今後整備が予定されている観測点を示す。

草津白根山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（重点 16 火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

有史以降（1805 年～）発生した約 20 回の噴火は、すべて白根山の山頂付近での小規模な水蒸気爆発である。詳しい記録が残されている 1882 年以降、ほとんどの噴火は白根山の山頂火口（湯釜・水釜・涸釜）から発生しているが、山頂火口周辺でも 4 回（南東斜面 3 回、弓池火口 1 回）の噴火が発生している。これらの噴火では、火口内で泥水の噴出、噴石の飛散、火山灰の噴出等が発生している。近年では 1976 年に水釜で、1982～1983 年に湯釜で水蒸気爆発が発生している。1983 年 11 月のこの活動期における最大規模の噴火では、人頭大～こぶし大の噴石が湯釜から 600～700m の範囲に飛散した。1996 年 2 月には湯釜湖面が黒色に変色し、氷が湖岸に打ち上げられたことから、ごく小規模な活動があったことが推測されている。それ以降もしばしばガス突出やウォータードームなども起こり、浮遊硫黄の増加も観測されているが、地震活動や熱活動等には大きな変化はなかった。噴火時以外では、硫化水素を多く含む噴気活動が盛んで、火山ガスによる人的被害がしばしば発生している。

②最近の火山活動状況

2008 年 7 月に、湯釜火口北東側内壁に新たな噴気孔が確認されたほか、5 月、10 月には、水釜火口の北側にあたる斜面で新たな噴気を確認された。地震活動や地殻変動に特段の変化はみられないが、湯釜火口内の北壁や水釜火口の北から北東側に当たる斜面で引き続き熱活動の高まった状態が続いている。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計	気象庁：山頂火口付近（山頂火口から 1 km）に短周期地震計 1 点（地上型） 東工大：山頂火口付近（山頂火口から 2 km の範囲）に 6 点（4 点は孔井型）、周辺山麓（山頂火口から 5 km）に 1 点
G P S	気象庁：山体内（山頂火口から 2 km）に 1 点（1 周波）、周辺山麓（山頂火口から 9 km の範囲）に 2 点（2 周波 1 点、1 周波 1 点） 地理院：周辺山麓（山頂火口から 6 km）に 1 点
傾斜計	東工大：山頂火口付近（山頂火口から 1 km の範囲）に 3 点
空振計	気象庁：山頂火口付近（山頂火口から 1 km）に 1 点
監視カメラ	気象庁：南側山体内（山頂火口から 1 km）に 1 点 国交省利根川水系砂防事務所：南側山体内（山頂火口から 1 km）に 1 点

東工大：火口付近（湯釜火口内）に1点

気象庁は平成21年度補正予算により山体内（山頂火口から2km）に地震計・傾斜計（孔井型、設置深100m）、空振計、GPS、監視カメラを整備する。これに伴い、現行の監視カメラは廃止する。

・その他の観測

電磁気 気象庁：山体内に3点の全磁力連続観点を設置。周辺山麓を含め山頂火口付近の約20箇所の全磁力繰り返し観測点で毎年1～2回全磁力観測を実施。オフラインで解析。

赤外熱映像 気象庁：航空機からの赤外熱映像観測を繰り返し実施
東工大：航空機からの赤外熱映像観測を繰り返し実施

地中温度 気象庁：山頂火口内及び周辺の熱活動異常域で地中温度を連続観測。オフラインで解析。
東工大：山頂火口内及び周辺の熱活動異常域で地中温度を連続観測。オフラインで解析。

・監視体制

気象庁本庁は、東工大、国交省利根川水系砂防事務所のデータ分岐も含めて、地震、空振、GPS、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成21年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計・GPS・監視カメラも平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山

最近、火山活動に高まりが認められている

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・過去事例で噴火直前に観測された地震増加、微動発生¹⁾、熱消磁²⁾等は火口直下での熱水活動の活発化を示唆する。
- ・近年行われたMT観測から、湯釜以西では標高1km以深に大規模な低比抵抗体が、湯釜以東では向斜構造を示す低比抵抗層が存在し、いずれも火山性流体の貯留部とみられる³⁾。また、高密度電気探査から、湯釜火口北東斜面噴気口直下の深さ約100mに熱水溜まりとみられる低比抵抗体、その上位に蒸気溜まりとみられる高比抵抗体が確認された⁴⁾が、噴火発生条件の解明には至っていない。
- ・このほか、噴火前に火山ガス組成の変化及び放出量の増加⁵⁾ ⁶⁾、熱活動の活発化も認められている

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、以下の現象に注目する

- ・ 湯釜火口及び周辺の噴気活動、熱活動の活発化
- ・ 湯釜火口直下の熱水活動に関連する浅部地震微動活動及び地殻変動
- ・ 山体深部へのマグマ貫入と関連する地震活動の活発化

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山

②今後の調査研究のねらい

山頂領域に発生する極微小地震の決定精度を向上させて山頂領域の地震活動を詳細に解明するほか、周辺部も含めた草津白根山全域の地震活動を把握して、震源分布や地震波形と火山活動との関連性を検討

4. 今後の観測体制の必要性

- ・ 全域の地震活動を詳細に把握するための地震観測
- ・ 山体浅部及び深部の地殻変動を詳細に把握するための GPS 観測
- ・ 山頂部北側噴気地帯の表面現象を詳細に把握するための遠望観測

参考文献

- 1) 曾屋・他(1983)：草津白根山 1982 年の水蒸気爆発，火山，28，84－86
- 2) 手塚・他(1992)：草津白根山における全磁力観測，第3回草津白根山の集中総合観測報告書，53－59
- 3) ヌルハッサン・他(2004)：草津白根山の AMT 観測による比抵抗構造探査，第4回草津白根山の集中総合観測報告書，121－131
- 4) 橋本・他(2004)：草津白根山における高密度電気探査・自然電位調査，第4回草津白根山の集中総合観測報告書，133－142
- 5) 平林(1988)：草津白根山・木曾御嶽山の噴火から何を学んだか，火山，33，102-104
- 6) 平林・他(1992)：草津白根山の地球科学的観測，第3回草津白根山の集中総合観測報告書，3－11

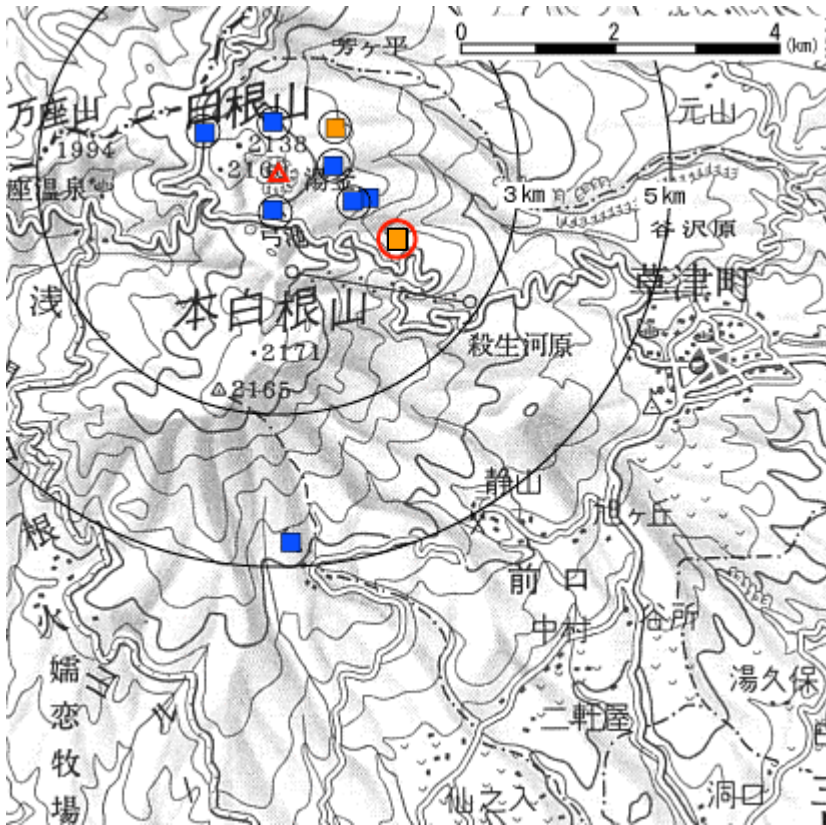
観測点配置図

○広域図（GPS と Hi-net のみ図示）



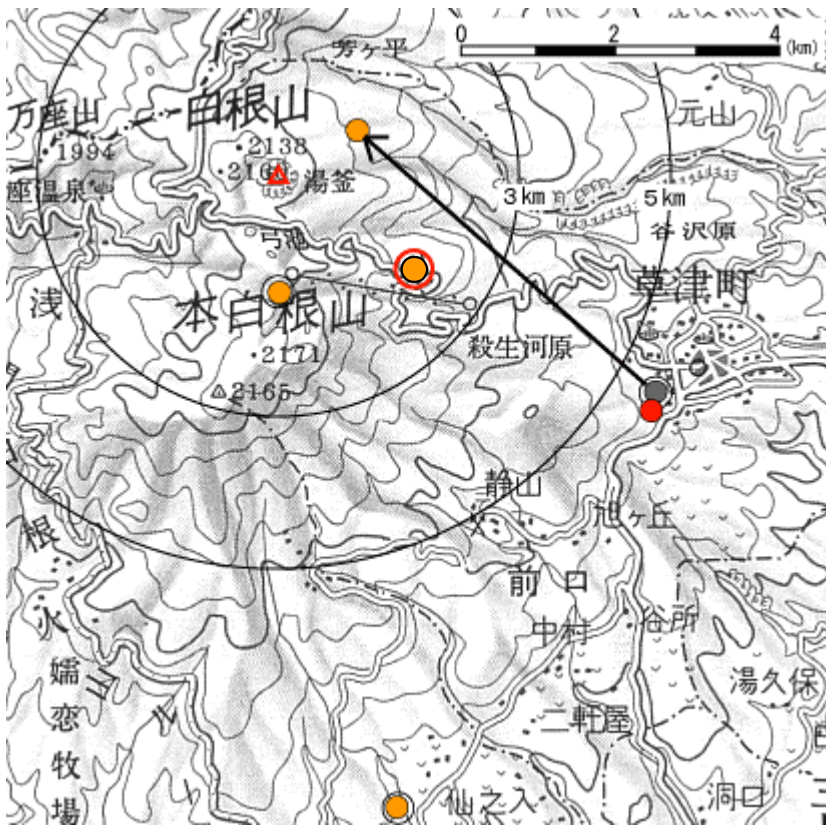
- : GPS (気象庁)
- : GPS (地理院)
- : Hi-net (防災科研)
- は気象庁が火山活動監視に使用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す。

○地震計



- : 地震計 (気象庁)
- : 地震計 (大学)
- は気象庁が火山活動監視に使用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す

○GPS



- : GPS (気象庁)
- : GPS (地理院)
- は気象庁が火山活動監視に使用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す

○傾斜計、空振計、カメラ



- ◆: 空振計 (気象庁)
- ▼: 傾斜計 (大学)
- ★: 遠望カメラ (大学)
- ★: 遠望カメラ (砂防)
- は気象庁が火山活動監視に使用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す

浅間山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（重点 16 火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

1108 年 1783 年に VEI 5 および 4 の大噴火が発生し、火砕流、岩屑なだれなどにより広域に大被害をもたらした（天仁、天明の大噴火）。近年では、20 世紀の初頭から中葉にかけて山頂火口で爆発的噴火活動（VEI3 以下）を繰り返し、山麓周辺に噴石、降灰を繰り返した。

直近では 1973 年と 2004 年に同様な噴火活動があり、火口底までのマグマ上昇がみられた。

②最近の火山活動状況

2004 年噴火活動後、火山活動は静穏に経過していたが、2008 年夏頃から深部へのマグマ貫入や地震増加、小噴火などがみられるなど、火山活動は高まった状態が続いている。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 気象庁 : 山頂火口付近から周辺山麓（山頂から 0～8 km）にかけて短周期地震計 7 点（地上型）、広帯域地震計 2 点（地上型）

東大震研 : 山頂火口付近から周辺山麓（山頂から 0～12 km）にかけて短周期地震計 7 点（2 点は広帯域地震計併設）、広帯域地震計 10 点（地上型）

防災科研 : 周辺山麓に 2 点（孔井型、設置深 153～712m）（Hi-Net）

空振計 気象庁 : 周辺山麓（山頂から 3～8 km）に 3 点

GPS 気象庁 : 山体内及び周辺山麓（山頂から 4～8 km）に点（1 周波 2 点）

気象研 : 山体内（山頂から 1～3 km）に 3 点（1 周波）

地理院 : 周辺山麓（山頂から 5～18 km）に 7 点

東大震研 : 山頂火口付近から周辺山麓（山頂火口付近から 12 km）に 8 点

傾斜計 気象庁 : 周辺山麓に孔井型（設置深 12m）3 点を設置

東大震研 : 周辺山麓に孔井型（設置深 12～25m）3 点を設置

監視カメラ 気象庁 : 周辺山麓（山頂から 4～8 km）に高感度カメラ 2 点

東大震研 : 山頂火口東西縁に可視カメラ 2 点

関東地整 : 周辺山麓（山頂から 7～10 km）に高感度カメラ 2 点

長野県 : 山体内及び周辺山麓（山頂から 3～10 km）に高感度カメラ 3 点、赤外カメラ 2 台

気象庁は平成 21 年度補正予算により、山体南側 1500m 林道沿いに地震計・傾斜計（孔井型、設置深 100m）、空振計を整備する。これに伴い、地震計 2 点は

廃止する。

・ その他の観測

火山ガス（二酸化硫黄放出量）

気象庁、東大理、東工大、産総研：繰り返し観測実施（気象庁では月に1～数回程度実施）

光波測距

気象研（月に1～数回程度実施）

赤外熱映像観測

気象庁、防災科研：航空機による繰り返し観測

重力観測

東大震研

ミュオン観測

東大震研

・ 監視体制

気象庁本庁は、東大震研、防災科研、関東地整及び長野県のデータ分岐も含めて、地震、傾斜、空振、GPS、遠望画像の連続データをリアルタイム監視している。平成21年度補正予算により整備予定の地震計、傾斜計、空振計も平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がある火山。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・ マグマ供給系（マグマは西側山麓へダイク状に貫入し、その後火道内を火口に向かって上昇移動）がある程度解明されている^{1) 2)}
- ・ 噴火数ヶ月前に西側山麓へのダイク貫入による地殻変動を観測³⁾
- ・ 噴火数ヶ月前に火口直下浅部の膨張を示す地殻変動を観測⁴⁾
- ・ 噴火直前における特異な長周期地震の発生頻度の減少⁵⁾
- ・ 爆発直前に山体内（山頂の北西側）の増圧を示す傾斜変動と火道内のBH型地震急増がみられる^{6) 7)}
- ・ 噴火に先駆けて重力値が増加から減少に転じる規則性⁹⁾
- ・ 合成開口レーダーを用いた火口内への溶岩出現の把握¹⁰⁾

③監視上注目すべき火山現象

- ・ 山体深部へのマグマ貫入に伴う地殻変動
- ・ 山頂火口内における熱活動の高まりに伴う噴煙量及び火山ガス量の増加、火映出現、火口直下でのB型地震及び微動の増加
- ・ 火道浅部のマグマ移動に関連した地震・地殻変動
- ・ 爆発直前の山体内（山頂の北西側）の膨張を示す傾斜変動及びBH型地震急増

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山

②今後の調査研究のねらい

- ・ マグマ供給系の時間変化および供給レート変化の追跡による活動推移の予測
- ・ 火道浅部の内部状態を反映していると考えられる、火口浅部で観測される長周期地震、微動の発生過程の解明
- ・ 火道浅部における内部状態の解明による噴火機構のモデル化
- ・ 噴火時の火道内部の力学的プロセスの解明
- ・ 人工地震や電磁気探査による現行モデルの検証と予測精度の向上
- ・ 現地調査に代わる遠隔観測法の開発

4. 今後の観測体制の必要性

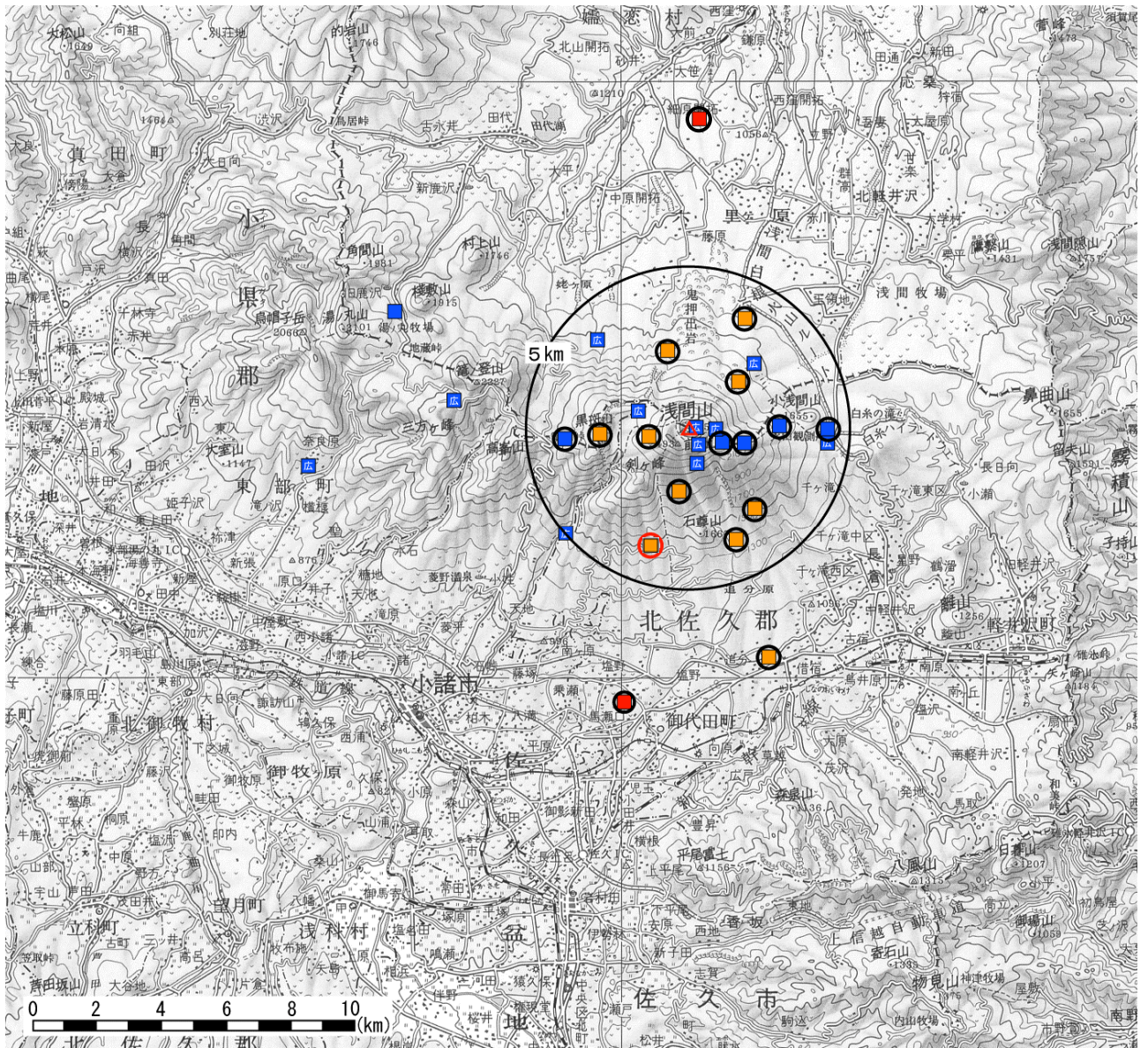
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための、観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・ より高精度高密度な地震・地殻変動観測網の展開（マグマ供給系を念頭に入れた効率的な展開）
- ・ 火道内浅部の物理的状态を詳細に把握するため、山頂火口周辺に広帯域地震計を含む稠密な地震・地殻変動観測
- ・ 山頂火口内の赤外熱映像観測
- ・ 二酸化硫黄放出量の自動計測システムの構築
- ・ リモートセンシングによる噴煙など噴出物の定量把握システムの構築

参考文献

- 1) 村上(2005) : GPS連続観測結果が示唆する浅間火山のマグマ供給系, 火山, 50, 347-361.
- 2) 武尾(2007) : 2004年浅間山の噴火活動ー地球物理観測の視点から, 第5回火山噴火予知研究シンポジウム, 11-12.
- 3) 青木・ほか(2005) : 2004-2005 浅間山火山活動に伴う地殻変動
- 4) 高木・ほか(2005) : 地殻変動から推定される2004年浅間山噴火前後の浅部マグマ供給系, 火山, 50, 363-375.
- 5) 山本・ほか(2005) : 2004年浅間山噴火に先行する特異な長周期地震活動, 火山, 50, 393-400.
- 6) 中禮・ほか(2006) : 2004年浅間山噴火活動に伴う傾斜変動について, 火山, 51, 91-101.
- 7) 舟崎・ほか(2006) : 2004年浅間山噴火前の地震活動と噴火前に観測された傾斜変化, 火山, 51, 125-133.
- 8) 西村・ほか(2005) : 2004年浅間山で発生した爆発地震のシングルフォースモデルによる解析, 火山, 50, 387-391.
- 9) 大木・ほか(2005) : 航空機搭載型合成開口レーダー(SAR)観測による浅間山2004年噴火に伴う火口内の地形変化, 火山, 50, 401-410.
- 10) 大久保(2005) : 重力変化から火山活動を探るー観測・理論・解析ー, 火山50, 特別号 S49-S58.

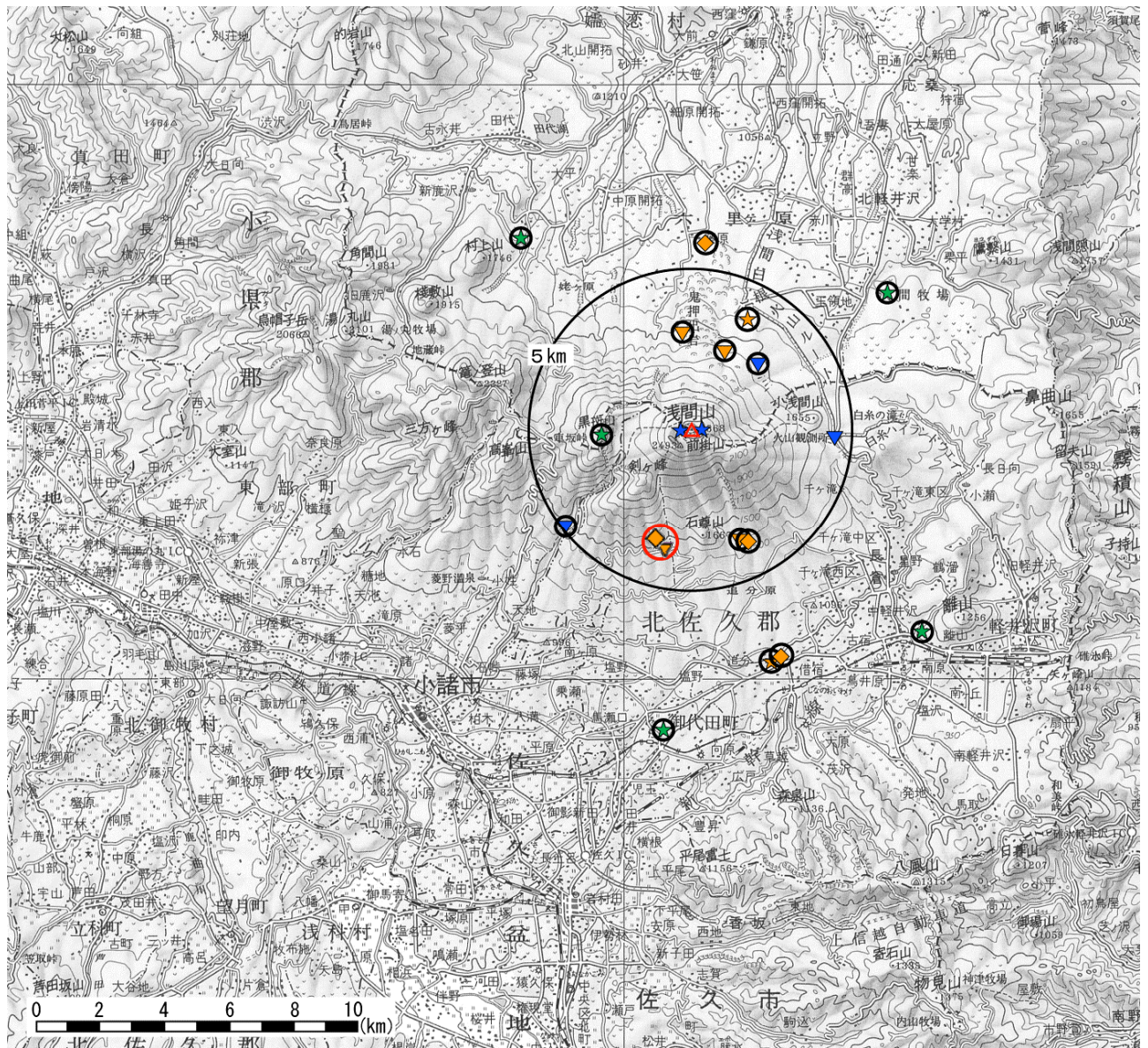
観測点配置図

○地震計



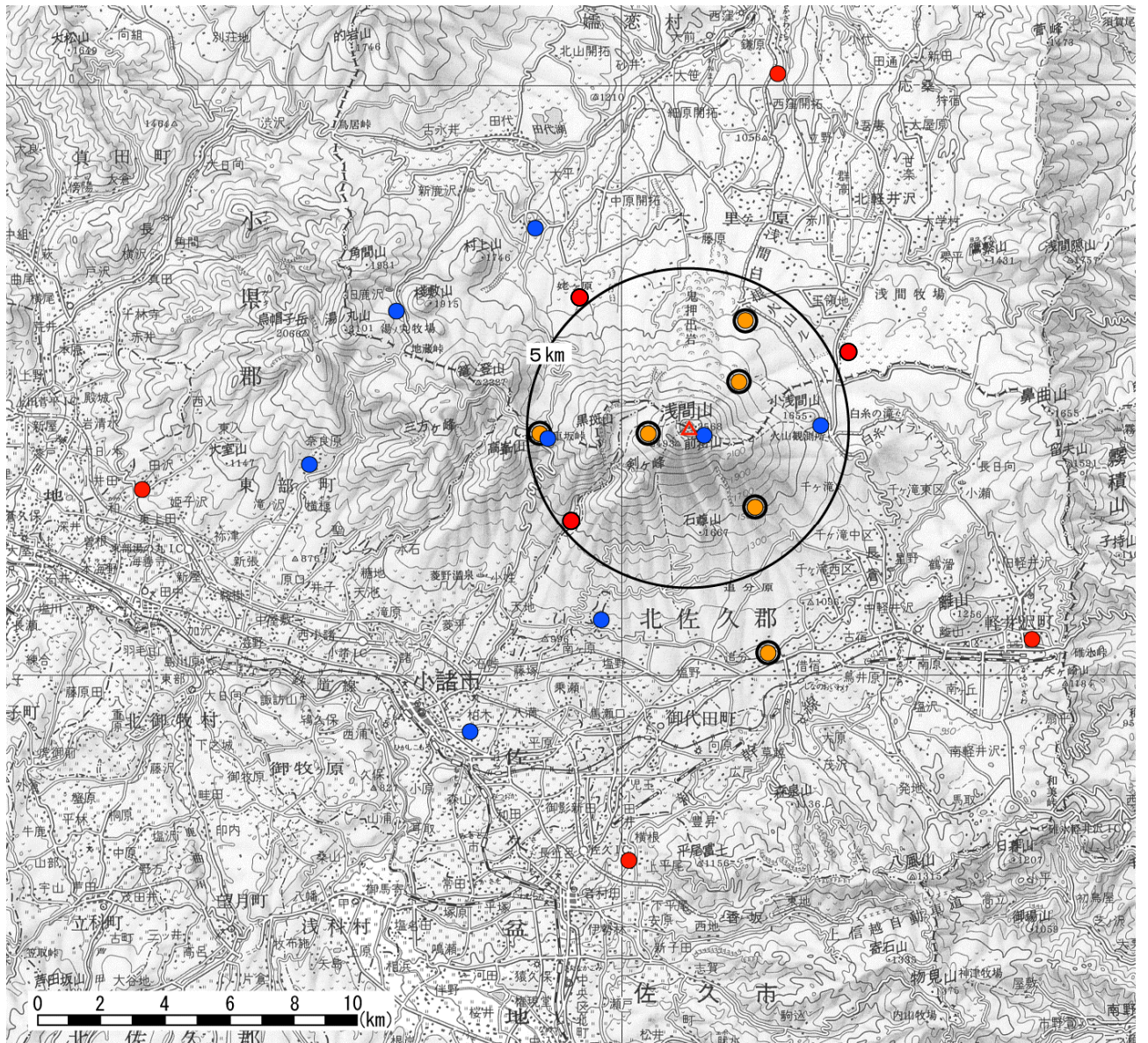
- : 地震計 (気象庁)
- : 地震計 (大学)
- : 広帯域地震計 (大学)
- : Hi-net (防災科研)
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す

○傾斜計・空振計・遠望カメラ



- ▼ : 傾斜計 (気象庁)
- ▼ : 傾斜計 (大学)
- ◆ : 空振計 (気象庁)
- ★ : 遠望カメラ (気象庁)
- ★ : 遠望カメラ (大学)
- ★ : 遠望カメラ (砂防または自治体)
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す
- は今後整備が予定されている観測点を示す

OGPS



- : GPS (気象庁)
- : GPS (大学)
- : GPS (地理院)
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す

新潟焼山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

約 3000 年前に活動を開始したと考えられている¹⁾。約 1000 年前の噴火では、日本海にまで達する火砕流が発生したほか、火口から約 6.5km まで溶岩流が流下した^{2) 3)}。日本海まで達するような火砕流を伴う噴火が 3 回あったことが分かっており、最後のマグマ噴火は 1773 年に発生している³⁾。近年では 1949 年～1983 年にしばしば小規模噴火を繰り返したほか、1987 年～1995 年、1997 年～1998 年には噴気活動が活発化した⁴⁾。

②現在の火山活動状況

火山活動は静穏。山頂部には少量の噴気が見られる

③観測体制の現状

・テレメータ観測点

地震計 気象庁 : 周辺山麓(山頂から 4 km)に 1 点(地上型)

防災科研 : 周辺山麓(山頂から 8 ~ 20km)に 3 点(孔井型、設置深 100~152m)

監視カメラ 新潟県 : 北側山麓(山頂から 5 ~ 7 km)に 2 点

気象庁は平成 21 年度補正予算により周辺山麓(山頂から 4 km)に地震計・傾斜計(孔井型、設置深 100m)、空振計および周辺山麓(山頂から 7 ~ 8 km)に GPS を 2 点整備する

・その他の観測

特に実施されていない

・監視体制

気象庁本庁では、防災科研および新潟県からのデータ分岐も含めて、地震、傾斜、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成 21 年度補正予算により整備予定の傾斜計・空振計・GPS 観測点も平成 22 年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山

現在、火山活動の高まりは認められていない

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

特になし

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、火山活動の高まりや噴火発生を検知する

ため、表面現象、地震微動及び地殻変動を連続監視する

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・どのような地震活動や地殻変動が進行しているのか明らかになっていないことから、臨時観測などが必要
- ・地質学的研究は進められているが、地球物理学的研究は行われていない。今後は観測井による高品位の観測データを用いて現在の活動状態における地震活動、地殻変動の把握を目指す
- ・近年の活動状態から見て将来水蒸気噴火の発生が考えられることから、噴火移行期の地震活動および地殻変動を捉え、噴火予測へ向けての基礎データを収集する
- ・マグマ供給系の解明

4. 今後の観測体制の必要性

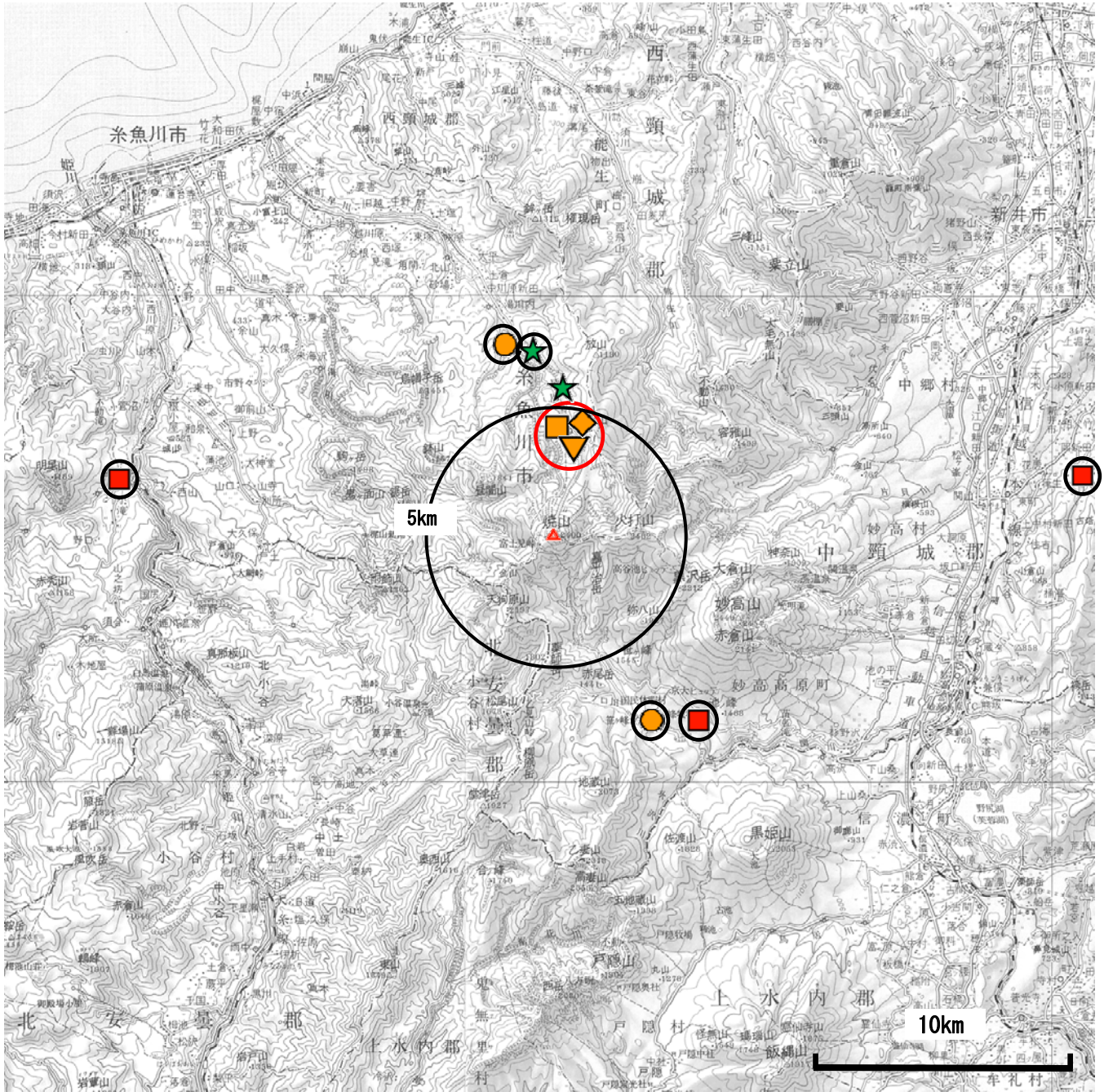
- ・噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・火山活動の高まりや噴火発生を監視するための多項目連続観測

参考文献

- 1) 早津(2008) 妙高火山群—多世代火山の活動と年代—, 実業広報社
- 2) 早津(1987) 新潟焼山火山の中世における火砕流噴火, 火山 32, 77-80
- 3) 早津(1994) 新潟焼山の活動と年代—歴史時代のマグマ噴火を中心として, 地学雑誌 103, 149-165
- 4) 伊藤ほか(2000) 新潟焼山 1997年～1998年の小規模噴火活動, 火山 45, 181-186

観測点配置図

○地震計・GPS・傾斜計・空振計・遠望カメラ



■ : 地震計 (気象庁)

■ : Hi-net (防災科研)

● : GPS (気象庁)

▼ : 傾斜計 (気象庁)

◆ : 空振計 (気象庁)

★ : 遠望カメラ (自治体)

▲ : 火口

○ は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。

○ は今後整備が予定されている観測点を示す。

焼岳の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

有史以降（1907年～）は、山頂及び山腹で水蒸気爆発（VEI 2以下）が繰り返し発生し、山腹に噴石や火山灰をもたらした。1915年及び1962年の噴火（いずれもVEI 2）では、山腹で火口列を形成し、火口からは火口噴出型泥流が発生した。1915年の火口噴出型泥流では、流下物が梓川をせき止めて大正池を生成した。

②最近の火山活動状況

火山活動は静穏。山頂部では硫気活動が盛んである。山麓東側には、飛騨山脈に沿って、深さ6～7kmで発生する地震の集中域が南北に分布している。地震活動が始まると、活動域が短期間に南北に移動、再帰する現象が見られている¹⁾。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 名古屋大学：山体内（山頂から4km）に1点（地上型）

砂防：山体内から周辺山麓（山頂から3～5km）に5点（弱震計、地上型）

防災科研：周辺山麓（山頂から6～25km）に4点（孔井型、設置深200m）

GPS 名大：山体内から周辺山麓（山頂から4～7km）に2点

国土地理院：周辺山麓（山頂から10～25km）に4点

空振計 砂防：山体内（山頂から2～4km）に3点

カメラ 砂防：山体内から周辺山麓（山頂から3～8km）に5点

気象庁は平成21年度補正予算により山体内（山頂から4km）に地震計、傾斜計（孔井型、設置深さ150m）、空振計、山体内および周辺山麓（山頂から3～6km）にGPS2点を整備する。

・その他の観測

特になし

・監視体制

気象庁本庁は連続監視をおこなっていない。平成21年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・GPSにて平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山。

現在、火山活動の高まりは認められていない。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

・前兆活動の記録は乏しいが、1915年の噴火では、上高地（山頂から北東約4km）

や白骨温泉（山頂から南東約 13km）で有感となる地震が発生した。この地震は、山体深部で裂け目を生じるもので、水蒸気爆発の準備的経路が出現したとされる²⁾

- ・ 1998 年の山麓での地震活動のあと、焼岳近傍の深さ 25-35km で、卓越周波数が 2Hz の深部低周波地震が時々発生している。1999 年には、ややまとまって発生した。深部低周波地震の活動は、深部マグマ活動に関連している可能性がある³⁾

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、以下の現象に注目する

- ・ 山頂部や山腹での噴気活動
- ・ マグマから分離した高温ガスの上昇による、山体浅部の熱水系に関連する地震、微動活動及び地殻変動
- ・ 深部へのマグマ供給による深部低周波地震の活動及び地殻変動

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

- ・ 重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・ 観測井による高品位データを用いた地震活動・地殻変動の把握
- ・ 地質学的岩石学的・地球物理学的手法を用いたマグマ供給系の解明

4. 今後の観測体制の必要性

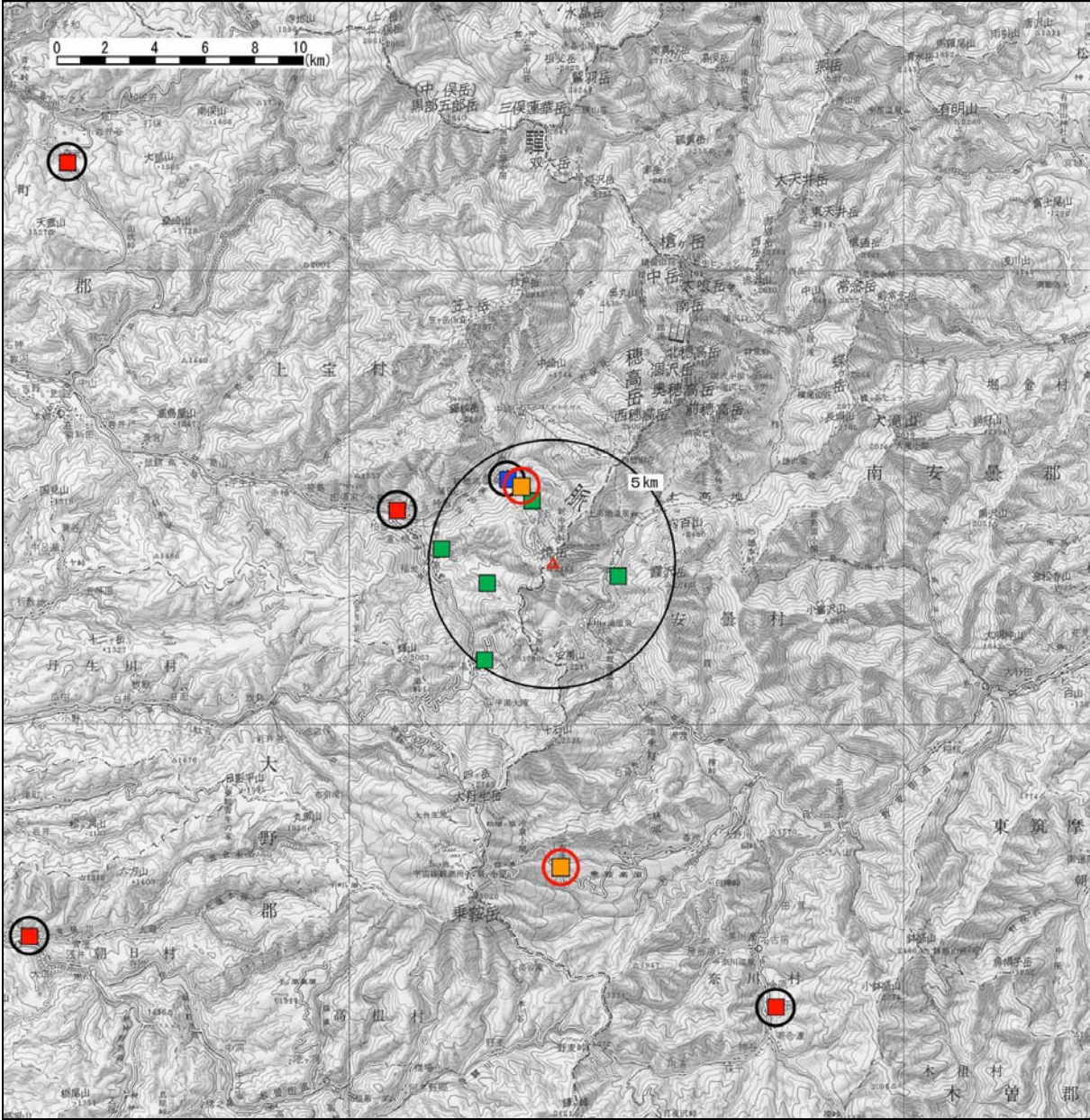
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・ 火山活動の状況に応じて必要な多項目多点観測の検討

参考文献

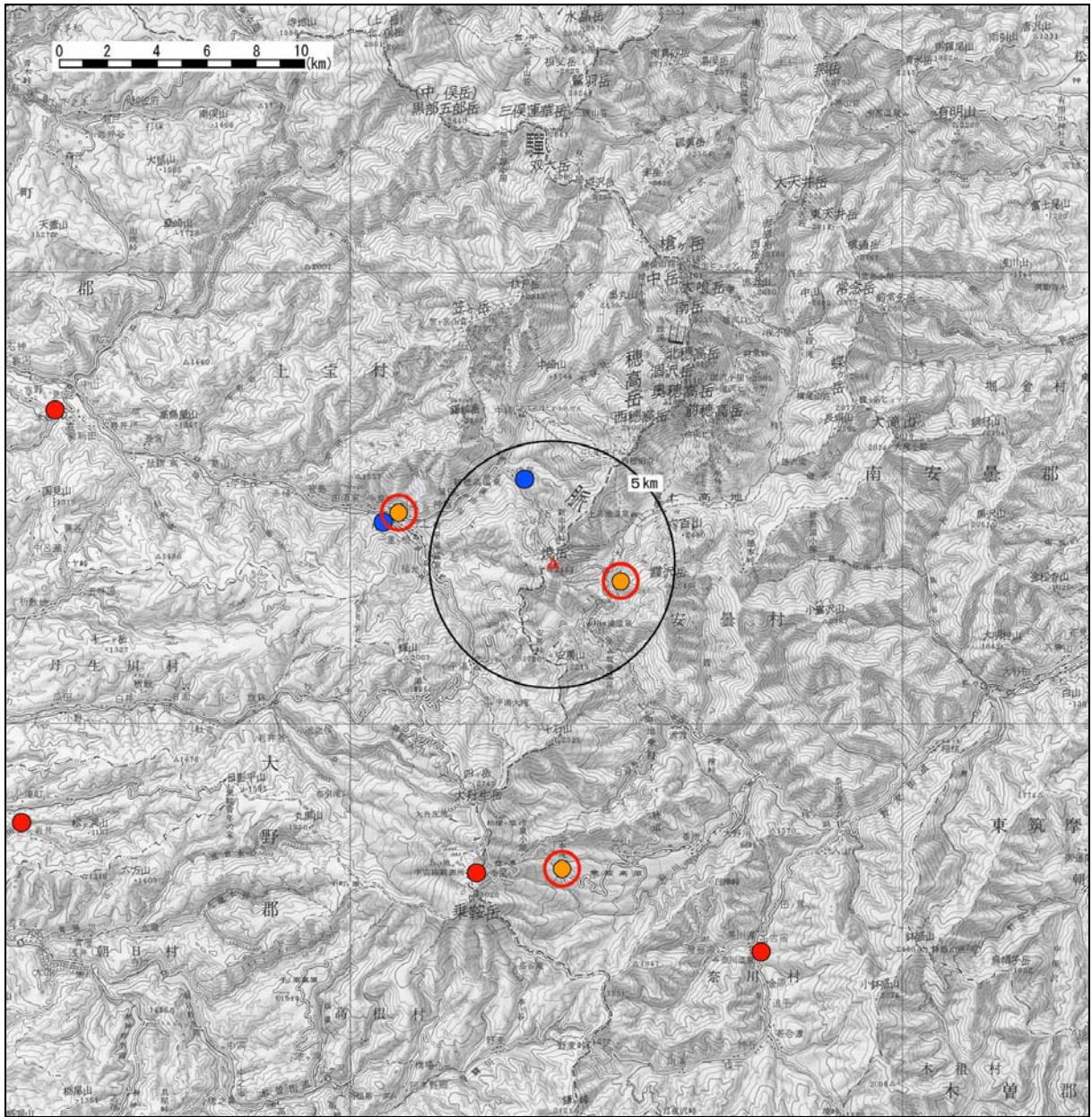
- 1) 和田博夫ほか（2000）：飛騨山脈の群発地震（その 2）. 京都大学防災研究所年報, 第 43 号, B-1, 115-121.
- 2) 大森房吉（1918）：焼岳（硫黄岳）噴火, 日本噴火志, 第 86 号上編, 第二十五表.
- 3) 大見士朗ほか（2003）：焼岳火山の深部地震活動, 京都大学防災研究所年報, 大 46 号, B, 691-700.

観測点配置図

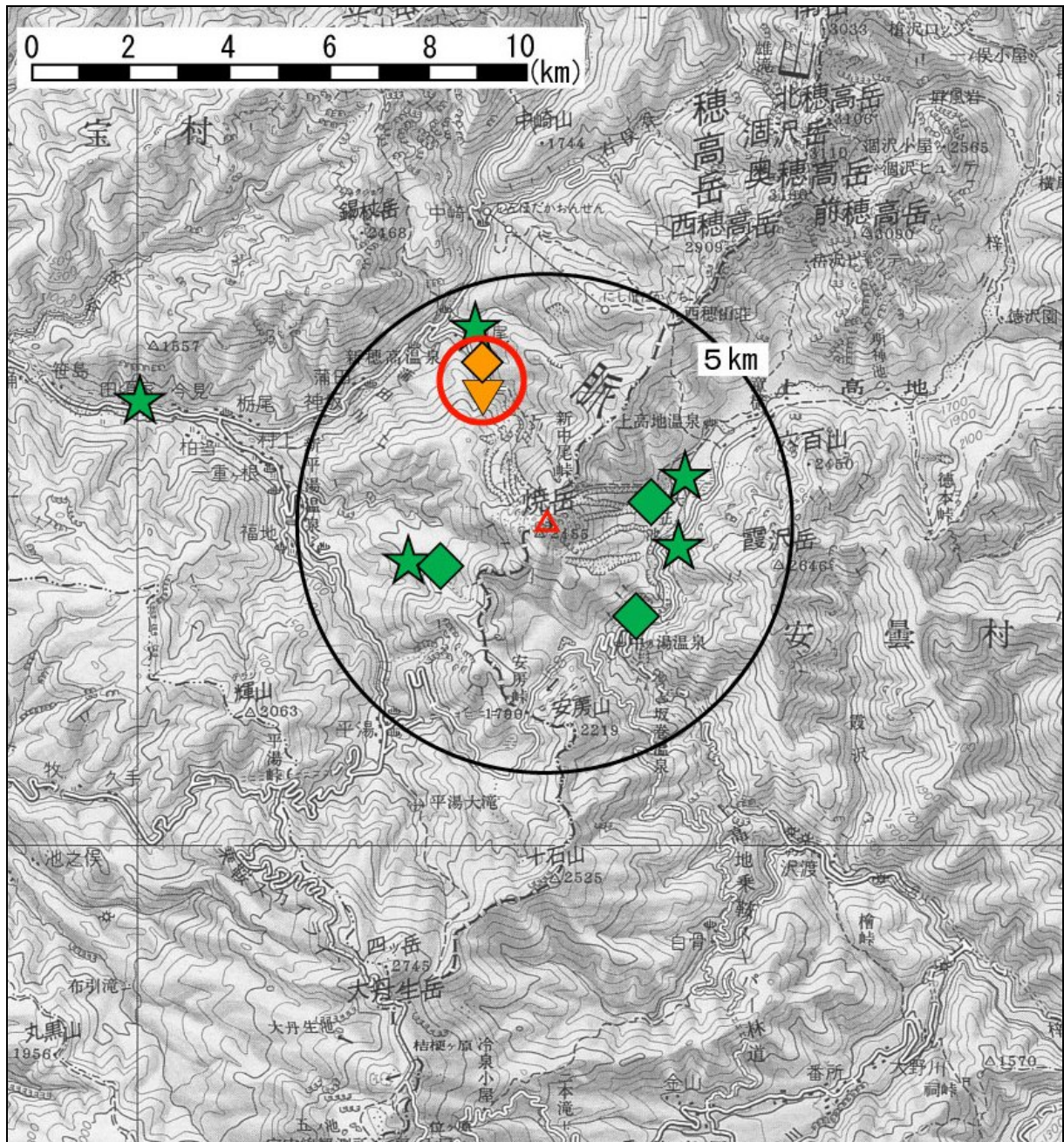
○地震計



OGPS



○傾斜計・空振計・遠望カメラ



- : 地震計 (砂防)
 - : 地震計 (大学)
 - : 地震計 (気象庁)
 - : Hi-net (防災科研)
 - : GPS (地理院)
 - : GPS (大学)
 - : GPS (気象庁)
 - ▼ : 傾斜計 (気象庁)
 - ◆ : 空振計 (砂防)
 - ◆ : 空振計 (気象庁)
 - ★ : 遠望カメラ (砂防)
 - ▲ : 火口
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。
 ○は今後整備が予定されている観測点を示す。

乗鞍岳の観測体制に関する検討結果の取りまとめ(その他の火山)

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

9600年前と9200年前頃に剣ヶ峰で噴火が起こり、火山灰、スコリアの噴出と溶岩流の流出が起こった。これらの活動以降も、何回かの水蒸気爆発が発生している。最新の噴火は、約2000年前に恵比寿岳で発生し、火山灰の噴出と溶岩が流出した。

②最近の火山活動状況

火山活動は静穏。山体周辺では、構造性の地震が時々多発している。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

- | | | |
|-----|------|-------------------------------------|
| 地震計 | 名大 | : 周辺山麓(山頂から13km)に1点(地上型) |
| | 防災科研 | : 周辺山麓(山頂から13~19km)に5点(孔井型、設置深200m) |
| GPS | 地理院 | : 山体内部および周辺山麓(山頂から1~26km)に5点 |
| | 名大 | : 周辺山麓(山頂から17km)に2点 |

気象庁は平成21年度補正予算により山体内部(山頂から4km)に地震計、傾斜計(孔井型、設置深100m)、GPS、空振計、周辺山麓(山頂火口から7km)に監視カメラを整備する。

・監視体制

気象庁本庁は連続監視をおこなっていない。平成21年度補正予算により整備予定の地震計、傾斜計、空振計、監視カメラにて平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山。

現在、火山活動の高まりは認められていない。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・特になし。

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、以下の現象に注目する。

- ・山頂部での噴気活動
- ・マグマから分離した高温ガスの上昇による、山体浅部の熱水系に関連する地震・微動活動及び地殻変動
- ・マグマ貫入による、地震活動及び地殻変動

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

- ・ 重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・ 観測井による高品位データを用いた地震活動・地殻変動の把握
- ・ 地質学的岩石学的・地球物理学的手法を用いたマグマ供給系の解明
- ・ 周辺の構造性地震活動域における地震観測の強化

4. 今後の観測体制の必要性

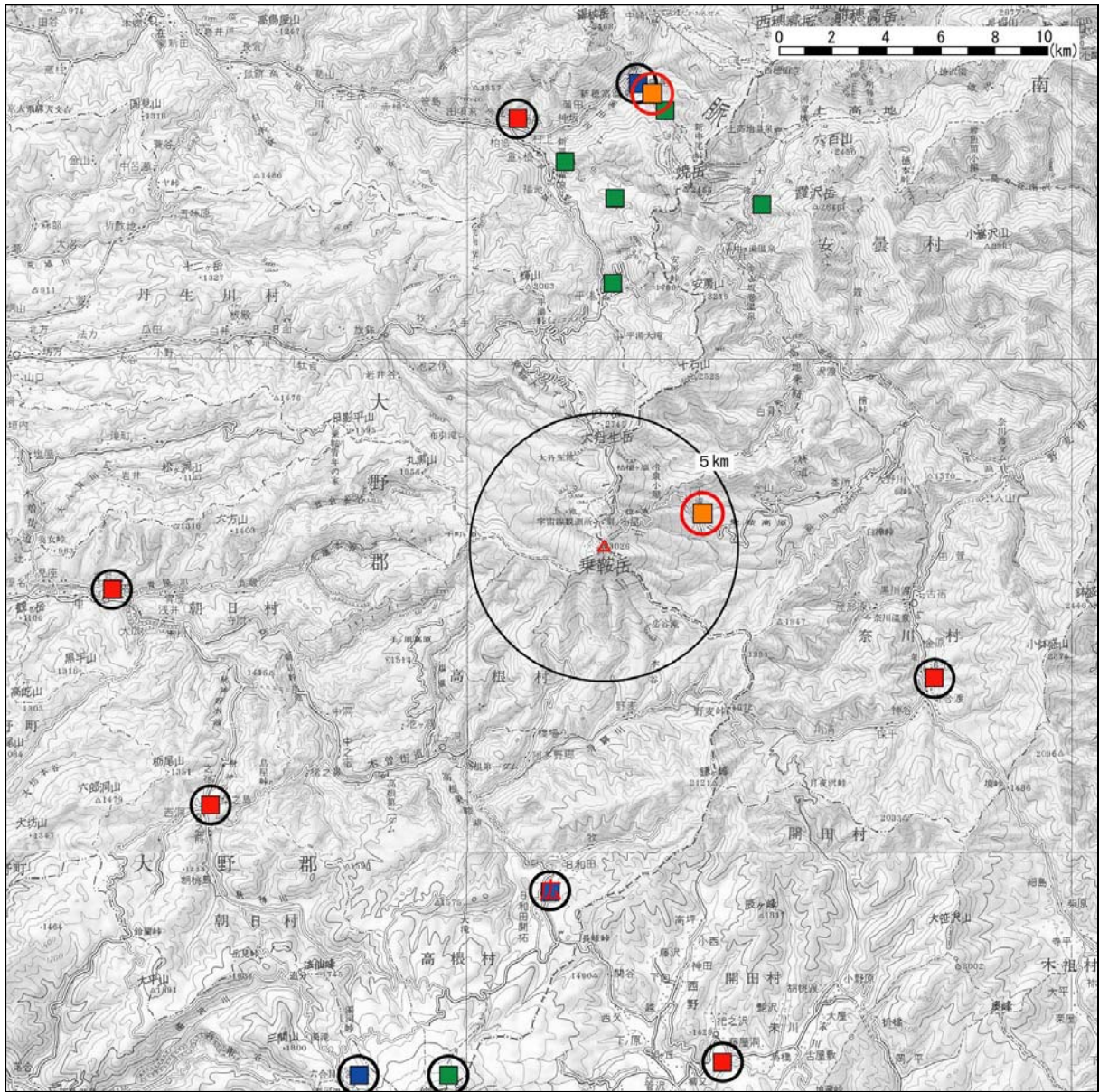
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・ 火山活動の状況に応じて必要な多項目多点観測の検討

参考文献

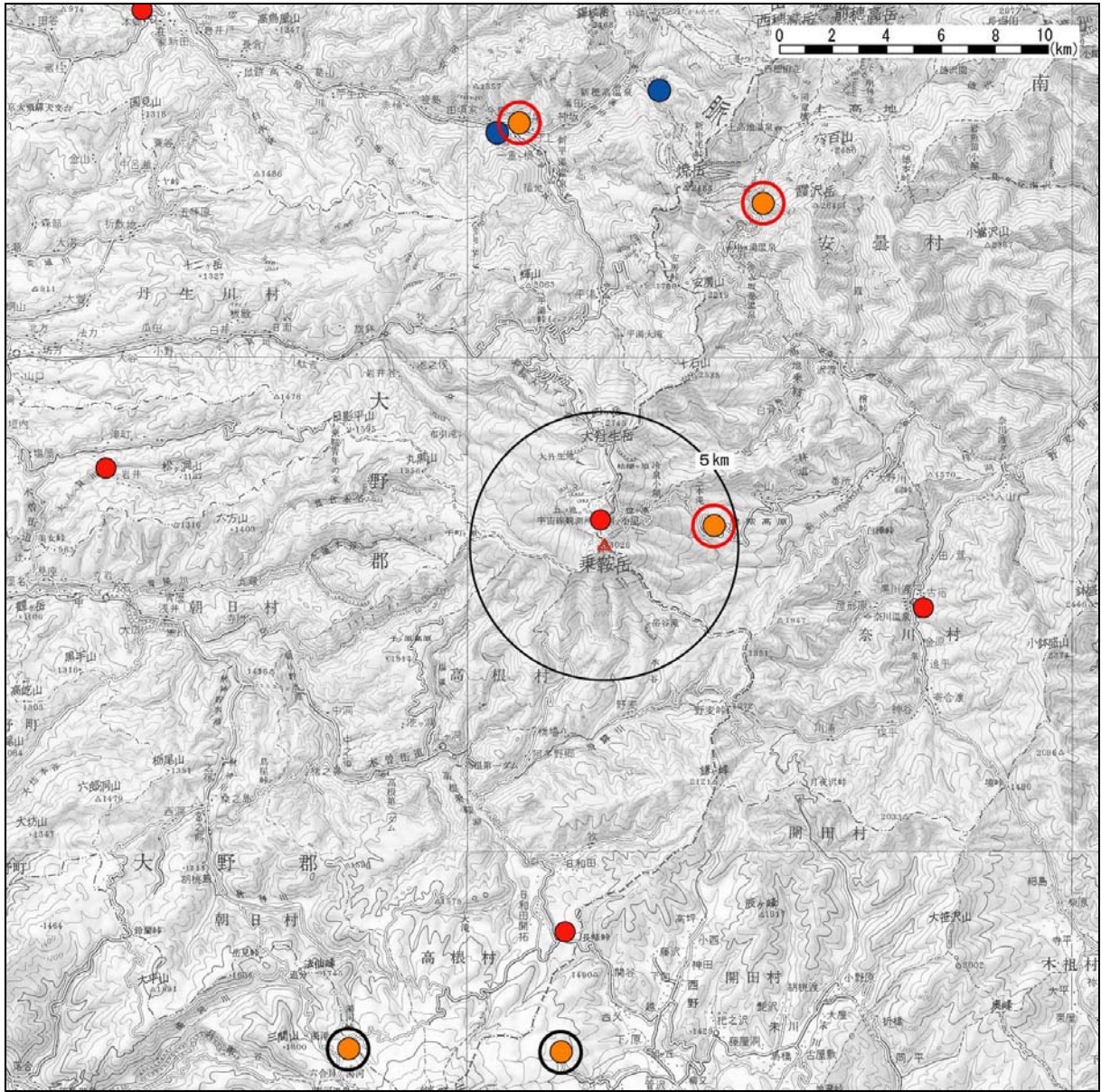
- 1) 気象庁 (2005) 日本活火山総覧 (第3版), 314-316P.
- 2) 中野俊ほか (1995) 乗鞍岳地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 139P.

観測点配置図

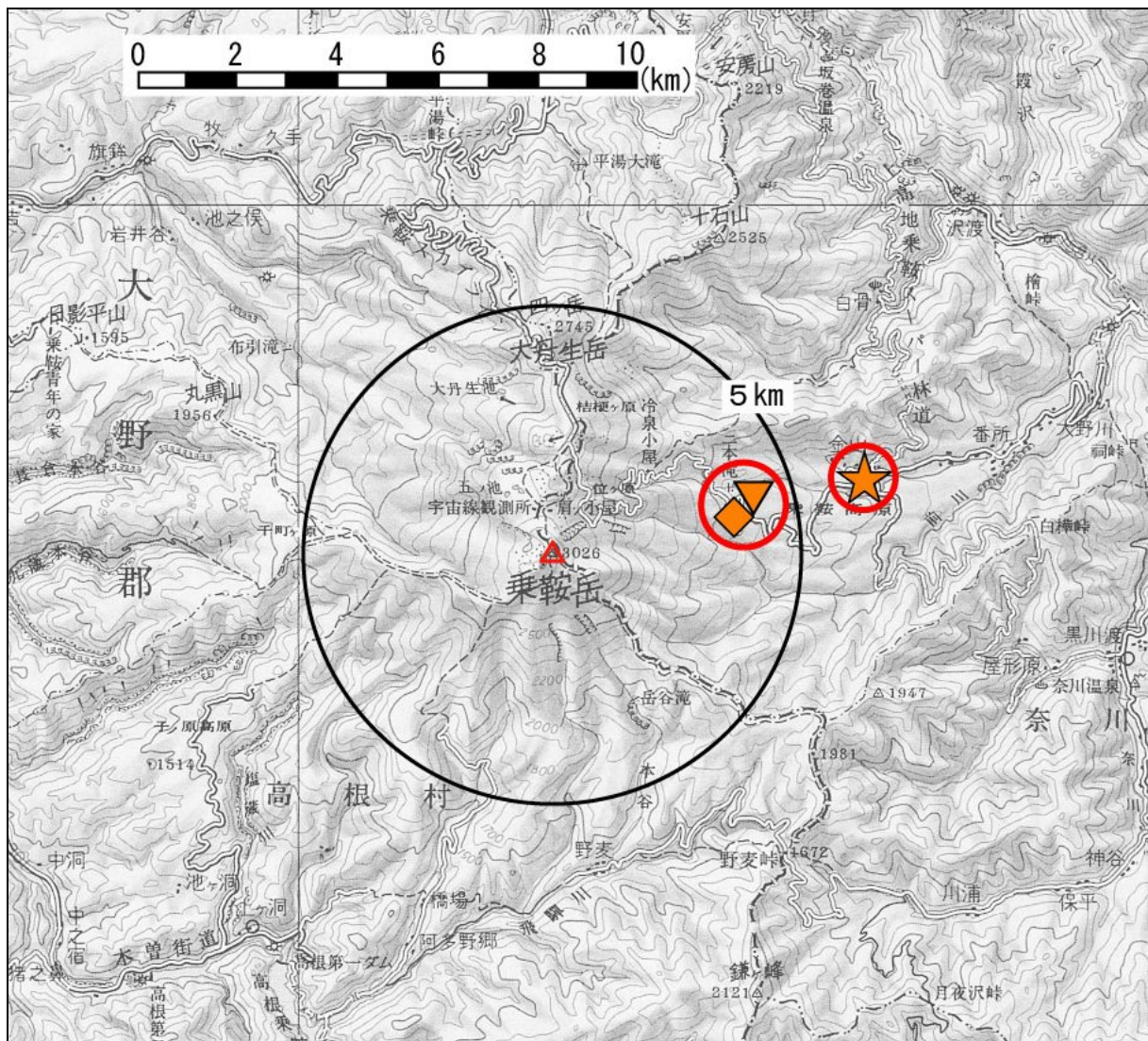
○地震計



OGPS



○傾斜計・空振計・遠望カメラ



- : 地震計 (大学)
 - : Hi-net (防災科研)
 - : 地震計 (気象庁)
 - : 広帯域地震計 (名大)
 - : GPS (地理院)
 - : GPS (気象庁)
 - ▼ : 傾斜計 (気象庁)
 - ◆ : 空振計 (気象庁)
 - ★ : 遠望カメラ (気象庁)
 - △ : 火山口
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。
- は今後整備が予定されている観測点を示す。

御嶽山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

1979年に剣ヶ峰南西側で水蒸気爆発が発生して火口列（79-1～10火口）を形成した。79-7火口では1991年と2007年にもごく小規模な噴火が発生した。

②現在の火山活動状況

火山活動は静穏。山頂部には少量の噴気がみられる。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計	気象庁	: 山体内（山頂から3km）に短周期地震計1点（地上型）
	名大	: 山体内から周辺山麓（山頂から4～11km）にかけて短周期地震計3点、（いずれも地上型）
		周辺山麓（山頂から11～13km）にかけて広帯域地震計2点（いずれも地上型）
	長野県	: 山頂火口周辺から周辺山麓（山頂から1～9km）にかけて短周期地震計3点（地上型）
	岐阜県	: 山体内から周辺山麓（山頂から3～12km）にかけて短周期地震計2点（孔井型、設置深5m及び横穴型）
空振計	気象庁	: 山体内（山頂から3km）に1点
	長野県	: 山頂火口周辺から周辺山麓（山頂から1～9km）にかけて3点
GPS	気象庁	: 山体内及び周辺山麓（山頂から4～6km）にかけて3点（1周波2点）
	地理院	: 周辺山麓（山頂から10～23km）にかけて4点
	東濃地震研究所	: 周辺山麓（山頂から7km）に1点
傾斜計	防災科研	: 周辺山麓（山頂から11km）に1点
監視カメラ	気象庁	: 周辺山麓（山頂から9km）に高感度カメラ1点
	長野県	: 周辺山麓（山頂から15km）に高感度カメラ1点

気象庁は平成21年度補正予算により、山体内（山頂火口から3km）に地震計・傾斜計（孔井型、設置深100m）、空振計を整備する。

・その他の観測

特になし

・監視体制

気象庁本庁は、名大、長野県、岐阜県及び防災科研のデータ分岐も含めて、地震、傾斜、空振、GPS、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成21年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計も平成22

年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山。
現在、火山活動の高まりは認められていない。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

過去2回のごく小規模噴火により以下の経験が得られた。

- ・ いずれの噴火でも事前に地震微動活動が活発化した^{1) 2) 3)}
- ・ 2007年噴火

活動初期にダイク貫入に伴う地殻変動と山頂直下の地震活動が広域観測網で捉えられた^{3) 4) 5) 6)}

その後、超長周期微動発生と同時に地殻変動はほぼ停止し、代わって山体浅部の地震微動活動が活発化した後、ごく小規模な噴火が発生した^{3) 5)}

地震活動の推移には特徴的なパターン変化が認められた⁵⁾

しかし、1991年と2007年のごく小規模な噴火では共に、既存の観測網では噴火日時が特定できていない

③監視上注目すべき火山現象

2007年噴火事例に基づき、以下の現象に注目する。

- ・ 山体浅部の熱水系に関連する地震微動活動及び地殻変動
- ・ 山体深部へのマグマ貫入とそれに関連する地震活動
- ・ 山頂部の噴気活動
- ・ 山体における土砂災害を引き起こす可能性のある周辺域群発地震の活動推移
群発地震域では地震活動の活発化により地殻の隆起が検出されている⁷⁾
- ・ 噴火時の地震活動と地殻変動（過去2回では観測できていない）

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山。

②今後の調査研究のねらい

- ・ 周辺域の群発地震活動と御嶽火山との関連の解明
- ・ 山麓部でマントル起源のガス成分が検出されるが、山頂噴火口での調査はなされていない

4. 今後の観測体制の必要性

- ・ 御嶽山の観測網独自での震源決定（自動処理）
- ・ 山頂部でも通年で安定稼働する観測点の確保
- ・ 火山活動の状況に応じて必要な多項目多点観測を検討
- ・ 噴火発生時特定のため山頂部での傾斜計等の地殻変動連続観測の導入
- ・ 周辺の群発地震活動域における地震観測の強化

参考文献

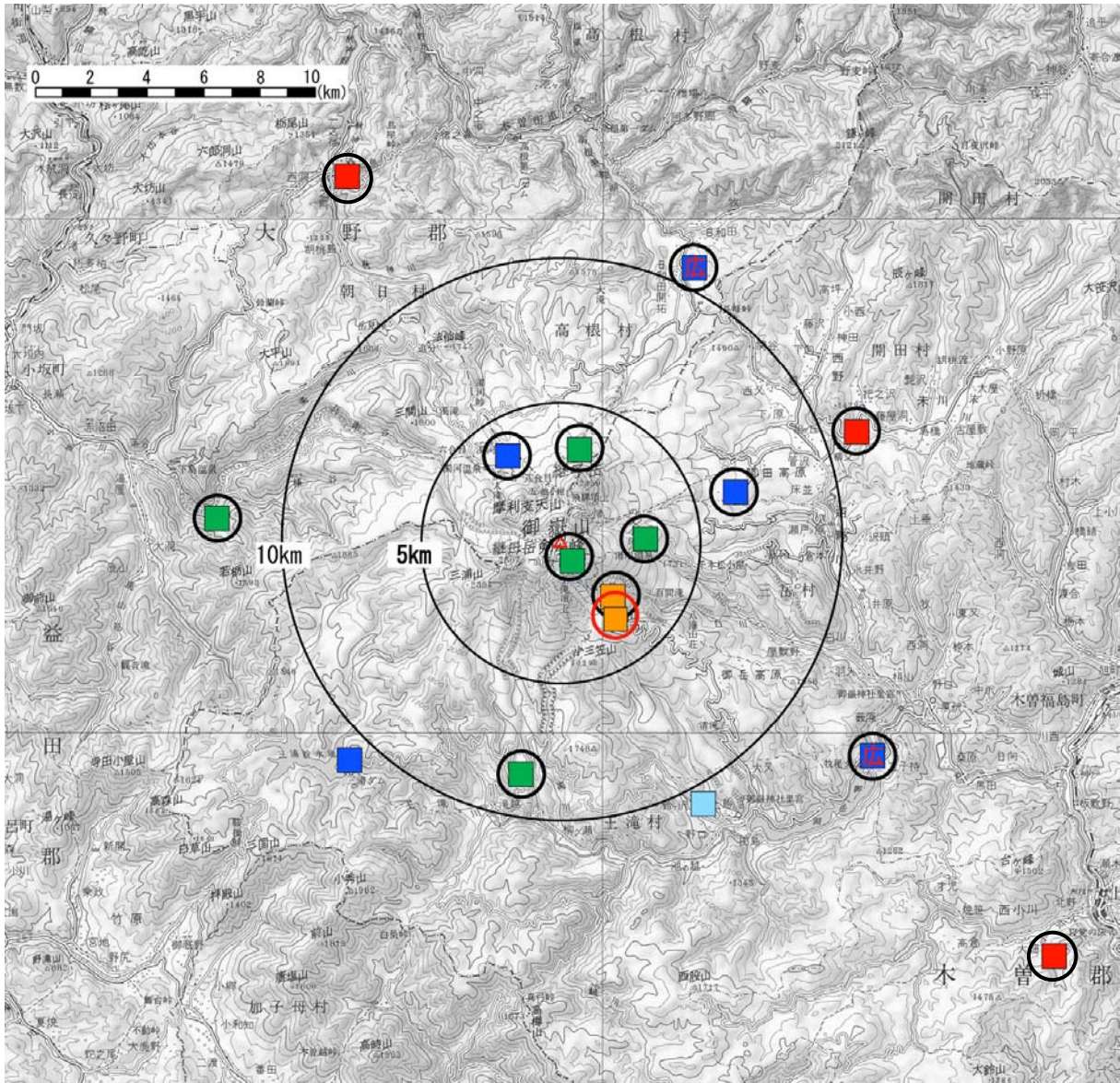
- 1) 松本測候所(1991)：御嶽山の火山活動，火山噴火予知連絡会会報，50，10-12.
- 2) 名大(1991)：1991年4月・5月の御嶽山の火山活動，火山噴火予知連絡会会報，







50, 13-15.

- 3) 気象庁 (2008) : 御嶽山の火山活動-2006年12月~2007年2月, 火山噴火予知連絡会会報, 96.
- 4) Nakamichi, H. et al, Source mechanism of a very-long-period event at Mt Ontake, central Japan: Response of a hydrothermal system to magma intrusion beneath the summit, Journal of Volcanology and Geothermal Research, doi:10.1016/j.jvolgeores.2009.09.006, 2009
- 5) 気象庁 (2007) : 2006年12月に始まった御嶽山の地震活動について, 日本火山学会講演予稿集 2007年度秋季大会.
- 6) 高木・ほか (2007) : GPS で捉えられた御嶽山の地殻変動, 日本火山学会講演予稿集 2007年度秋季大会.
- 7) Kimata, F. et al, Ground Uplift Detected by Precise Leveling in the Ontake Earthquake Swarm Area, Central Japan in 2002-2004, Earth Planets and Space, 12, E45-E48, 2004

観測点配置図

○地震計

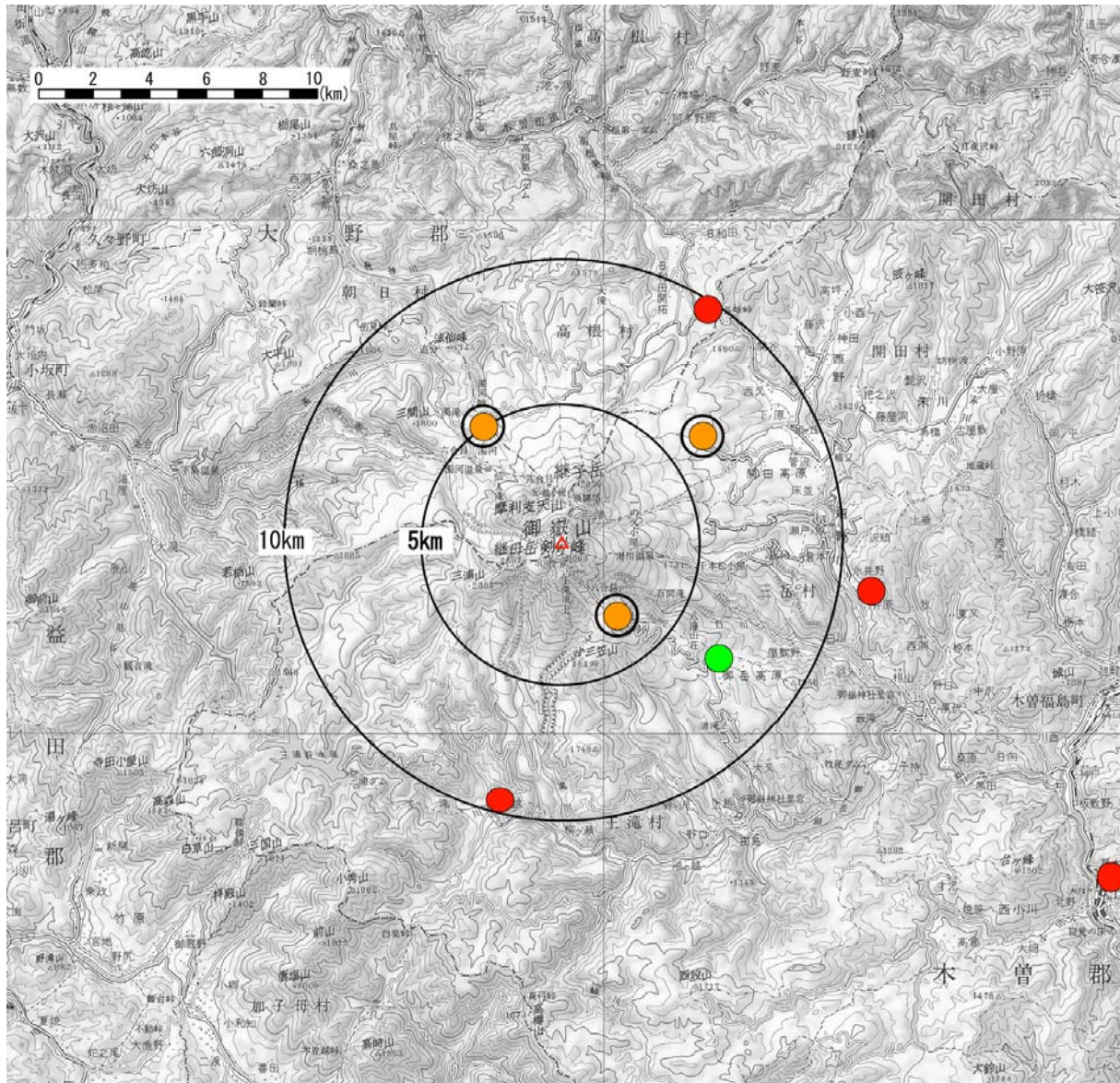


-  : 地震計 (気象庁)
-  : 地震計 (名大)
-  : 地震計 (防災科研)
-  : 地震計 (自治体：長野県、岐阜県)
-  : 広帯域地震計 (名大)
-  : Hi-net (防災科研)

○は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。

○は今後整備が予定されている観測点を示す。

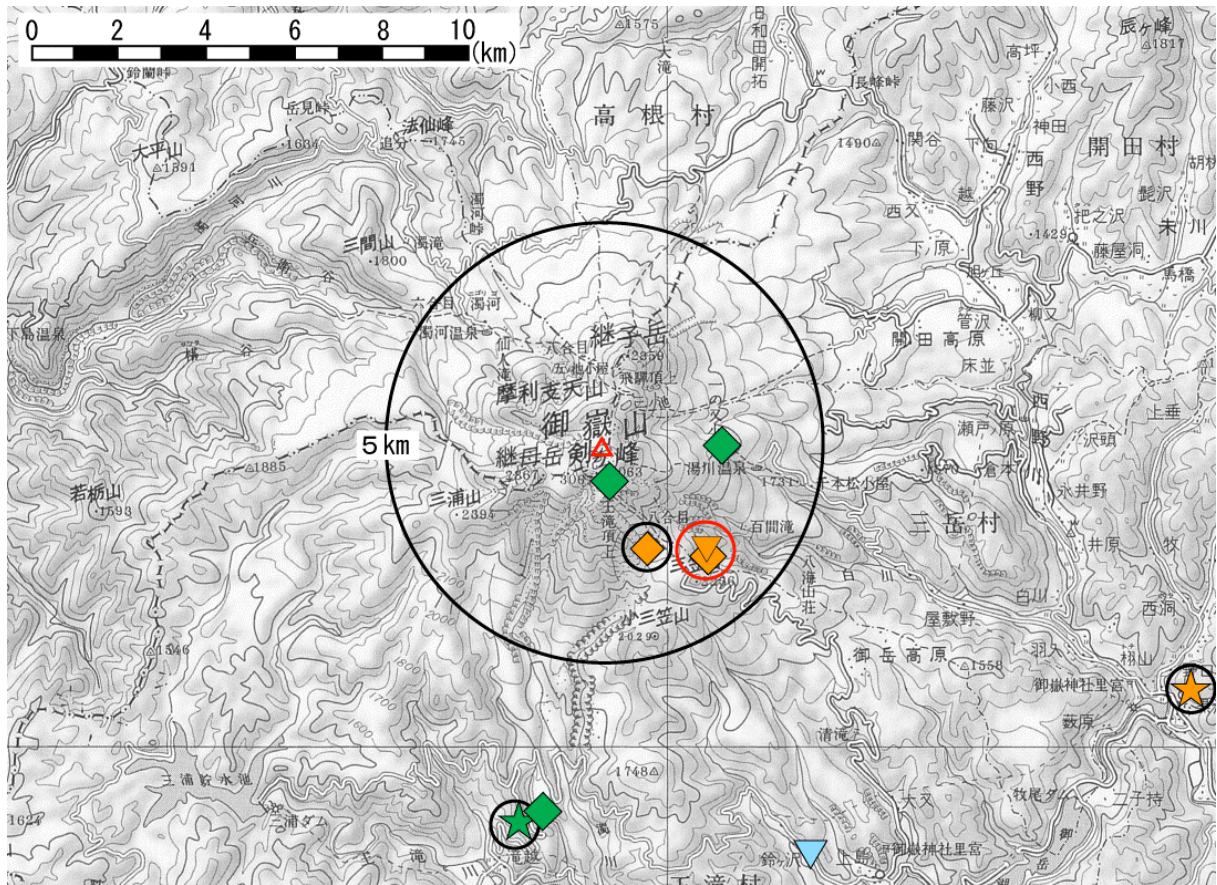
OGPS



- : GPS (気象庁)
- : GPS (地理院)
- : GPS (東濃地震研究所)

○は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。

○傾斜計・空振計・遠望カメラ



- ▼ : 傾斜計 (気象庁)
- ▼ : 傾斜計 (防災科研)
- ◆ : 空振計 (気象庁)
- ◆ : 空振計 (長野県)
- ★ : 監視カメラ (気象庁)
- ★ : 監視カメラ (長野県)

○は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。

○は今後整備が予定されている観測点を示す。

白山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

有史以降の噴火で火口群を形成、16世紀中頃から17世紀中頃の100年間に噴火を頻発し、1554年ブルカノ式噴火では小規模火砕流を噴出、1579年噴火では火山泥流が発生した（最後の噴火は1659年）¹⁾。山体付近及び山麓周辺では構造性地震の活動が時々みられている²⁾。

②現在の火山活動状況

火山活動は静穏。山頂直下には海面下0～2kmに構造性地震の震源集中域が見られ²⁾、その下の深さ10～14kmに高温マグマが存在している可能性がある³⁾

③観測体制の現状

・テレメータ観測

- 地震計 気象庁 : 山体内（山頂から約1km）に短周期地震計1点（地上型）
京大防災研 : 周辺山麓（山頂から約6km）に短周期地震計1点（地上型）
防災科研 : 周辺山麓（山頂から11～17km）に4点
GPS 地理院 : 周辺山麓（山頂から12～21km）に3点
京大防災研 : 周辺山麓（山頂から12～16km）に4点
監視カメラ 北陸地整 : 山体内（山頂から1km）に1点（冬季積雪のため欠測）

特記事項 山頂南側は顕著な地滑り地帯で表層はブロック状に変動しており、地殻変動観測には適さない。冬季は積雪（深さ数m以上）のため観測条件が悪い（太陽電池、各種アンテナ使用が制約を受ける）。

気象庁は、平成21年度補正予算により、山体（山頂から4km）に地震計（地上型）・空振計を、周辺山麓（山頂から12km）に監視カメラを整備する。

・その他の観測

特になし。

・監視体制

気象庁本庁は、京大防災研からのデータ分岐も含めて、地震計の連続データをリアルタイム監視している。平成21年度補正予算により整備予定の地震計（地上型）、空振計、遠望カメラも平成22年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山。

現在、火山活動の高まりは認められていない。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

特になし。

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、火山活動の高まりや噴火発生を検知するため、表面現象、地震微動及び地殻変動を連続監視する。

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山。

②今後の調査研究のねらい

現時点では、特になし。

4. 今後の観測体制の必要性

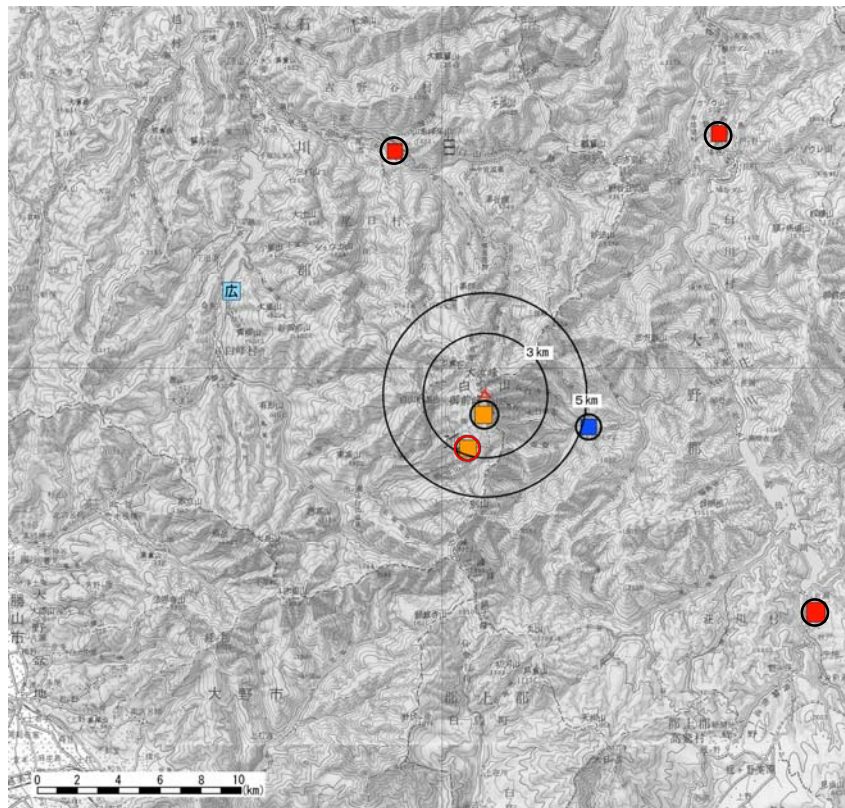
- ・ 観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位データの収集
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・ 火山活動活発化後の観測点増設は困難が予想されるため、計画的な整備を検討

参考文献

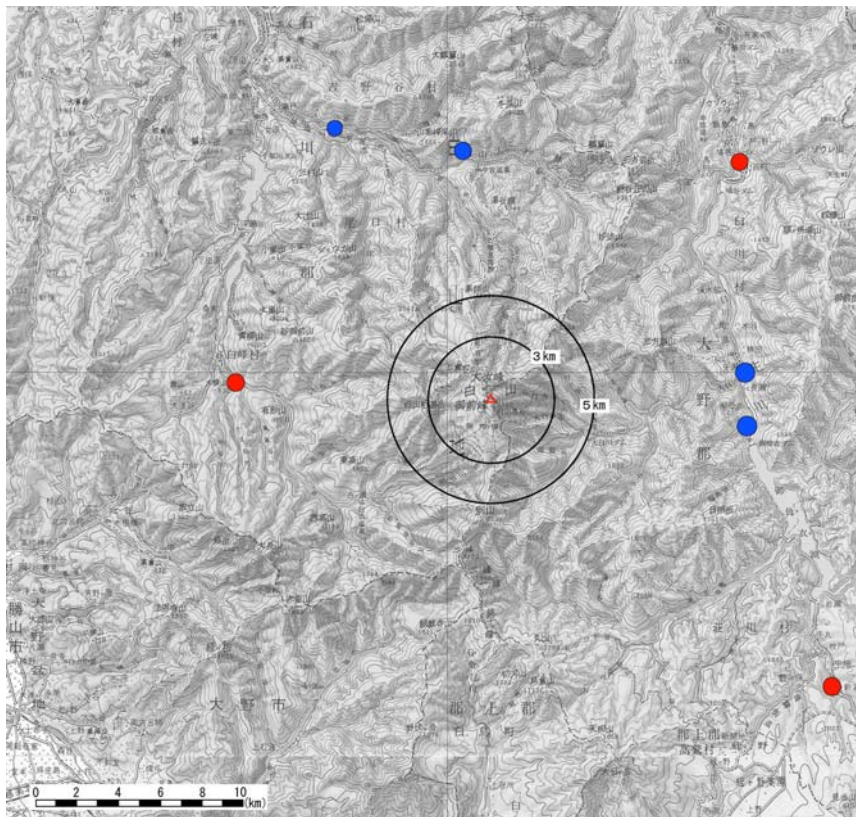
- 1) 工藤・星住(2006-) : 活火山データベース—1 万年噴火イベントデータ集. 産総研地質調査総合センター
- 2) 平松・他(2003) : 白山火山直下の地震の精密震源決定と震源メカニズム, 石川県白山自然保護センター研究報告, 31, 13-32.
- 3) 高橋・ほか(2004) : 白山火山周辺の三次元地震波速度構造, 火山, 49, 355-365.

観測点配置図

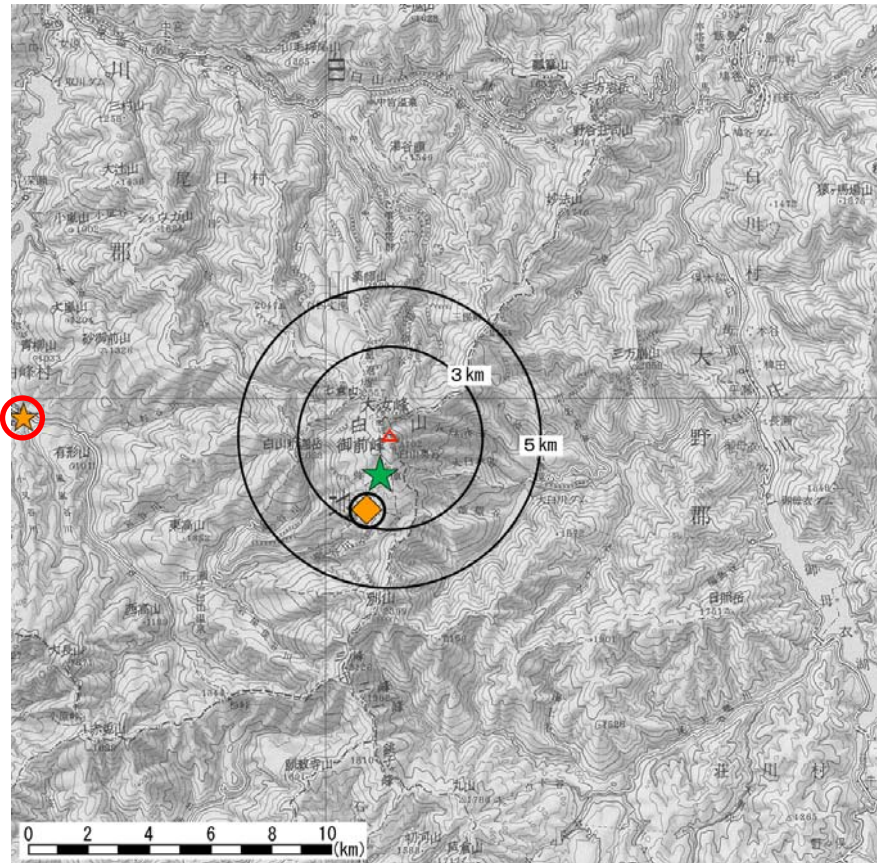
○地震計



○GPS



○空振計・遠望カメラ



- : 地震計 (気象庁)
- : 地震計 (大学)
- ▣ : 広帯域地震計 (防災科研)
- : Hi-net (防災科研)
- : GPS (地理院)
- : GPS (大学)
- ★ : 遠望カメラ (砂防部)

○は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。

○は今後整備が予定されている観測点を示す。

富士山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（重点 16 火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

有史以降、1707年噴火までにマグマ噴火を何度も繰り返し、800年、864年、1707年の噴火は大規模なものであった^{1)~3)}。山頂部では1897年~1982年に噴気が確認されていた。2000年~2001年には山体北東側の深さ約15km付近で深部低周波地震が多発した^{4)~7)}。また、2008年夏頃からGPS観測により山体を挟む北東-南西方向の基線に伸びの変化が観測されている⁸⁾。

②現在の火山活動状況

火山活動は静穏

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計	気象庁	：山頂火口付近から山体内(山頂から0~5km)に短周期地震計2点(地上型、1点は広帯域地震計併設)、広帯域地震計3点(地上型、1点は短周期地震計併設)
	東大震研	：山体内から周辺山麓(山頂から5~16km)に7点(3点は孔井型、設置深57~99mに中帯域地震計設置、1点には短周期地震計を設置深405mに併設)
	防災科研	：山体内から周辺山麓(山頂から3~12kmの範囲)にかけて短周期地震計14点(すべて孔井型、設置深191~201m、4点は広帯域地震計を併設)
傾斜計	東大震研	：山体内(山頂から6~7km)に2点(1点は孔井型、設置深405m)
	防災科研	：山体内から周辺山麓(山頂から3~12km)にかけて6点設置(すべて孔井型、設置深191~201m)
空振計	気象庁	：周辺山麓(山頂から20km)に1点
GPS	気象庁	：山頂火口付近に2点(山頂火口から2km)
	防災科研	：山体内から周辺山麓(山頂から3~10km)にかけて3点
	産総研	：山頂火口付近から周辺山麓(山頂から2~10km)にかけて9点
	地理院	：山頂から周辺山麓(山頂から15kmの範囲)にかけて10点
監視カメラ	中部地整	：周辺山麓(山頂から20km)に1点
体積歪計	東大震研	：山体内(山頂から6km)に1点(孔井型、設置深225m)
全磁力	東大震研	：山体内(山頂から5~7km)に2点

気象庁は平成21年度補正予算により山体内(山頂火口から7km)に地震計・傾斜計(孔井型、設置深100m)、空振計、GPS、周辺山麓(山頂火口から20km)

に監視カメラを整備する。

・その他の観測

特になし

・監視体制

気象庁本庁は、東大震研及び防災科研のデータ分岐も含めて、地震、傾斜、空振、GPS、歪、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成 21 年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計・監視カメラも平成 22 年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がある火山。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

・ 3次元速度構造の解析結果より、富士山直下には2つの低速度域の存在が示唆されている。このうち上部の低速度域（富士山直下深さ7-17km）には深部低周波地震の震源域が含まれている。また、下部の低速度域（富士山直下深さ20-30kmから富士山の東の深さ15km）はその V_p/V_s よりマグマの存在が指摘されている⁹⁾

・ 噴火の観測経験はないが、1707年宝永噴火を想定して、古文書等歴史資料や地質資料等をもとに噴火活動の経過及びマグマ貫入モデルから推定した火山活動プロセス（地殻変動・地震活動）を取りまとめた噴火シナリオがある¹⁰⁾

③監視上注目すべき火山現象

- ・ 火山体深部へのマグマ供給に伴う地殻変動
- ・ 山体深部から浅部へのマグマの移動とそれに伴う地震活動の活発化、震源の移動、深部低周波地震
- ・ 火道浅部のマグマ移動に関連した地震活動、地殻変動

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山

②今後の調査研究のねらい

- ・ 低周波地震や構造性地震の活動度、発生メカニズム、地下の地震波速度構造の詳細な分布、マグマ移動検知、マグマ溜まりの位置などの研究
- ・ 火山体深部におけるマグマ活動（蓄積・移動）および噴火への遷移過程を解明するために、深部低周波地震活動や中・広域的な地殻変動に注目
- ・ 地殻変動の時空間変化や地震活動・震源移動を捉えることによってマグマの移動・上昇経路を解明して、活動推移の予測を目指す

4. 今後の観測体制の必要性

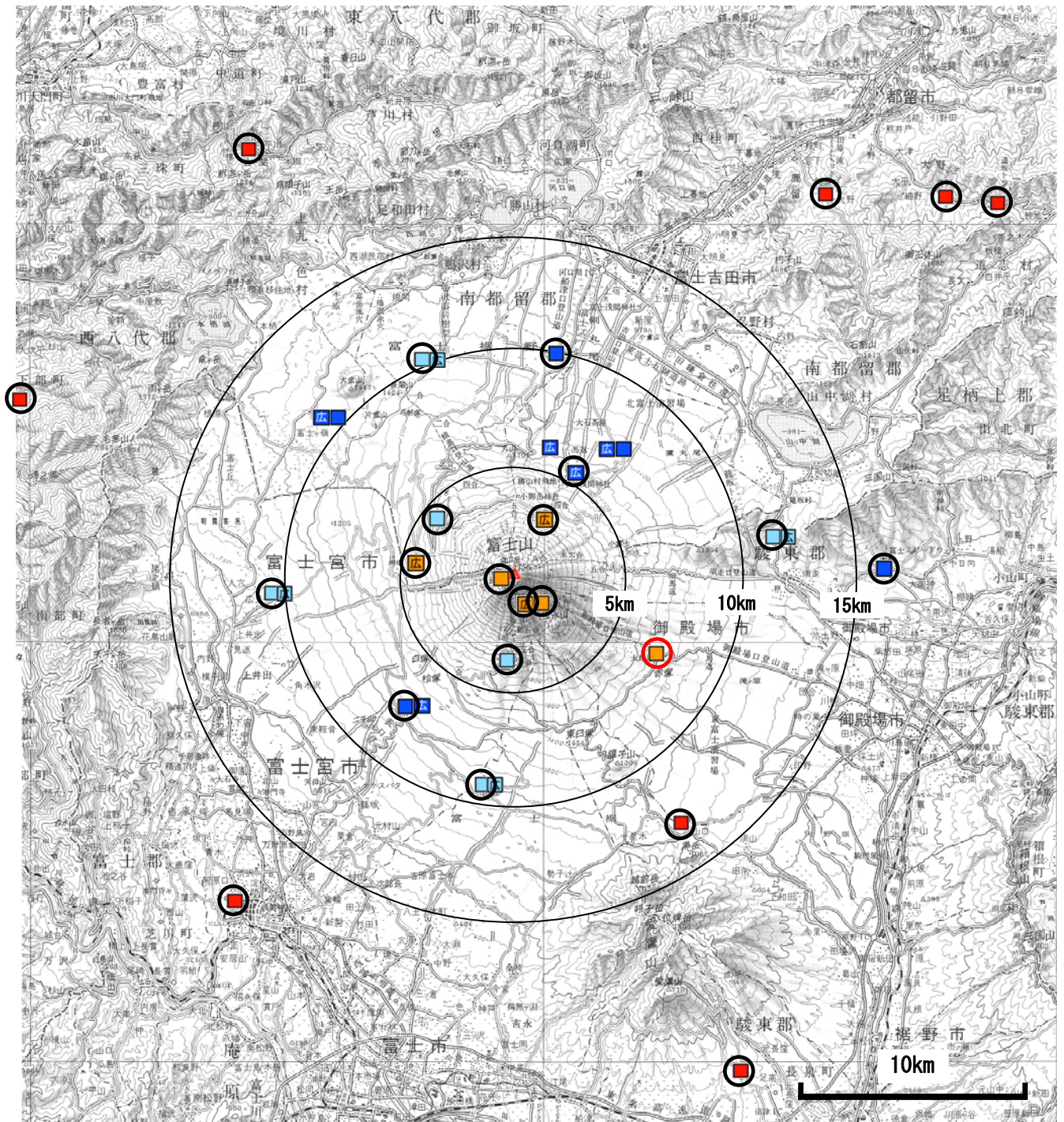
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化

- ・ 山体規模が大きく、想定火口が広範囲に分布していることから、それらをカバーする観測網を構築するための更なる観測点の増設
- ・ 活発化後の観測点増設は困難が予想されるため、計画的な整備の検討
- ・ 噴火後に噴火状況把握のためのレーダなどのリモートセンシング技術の検討

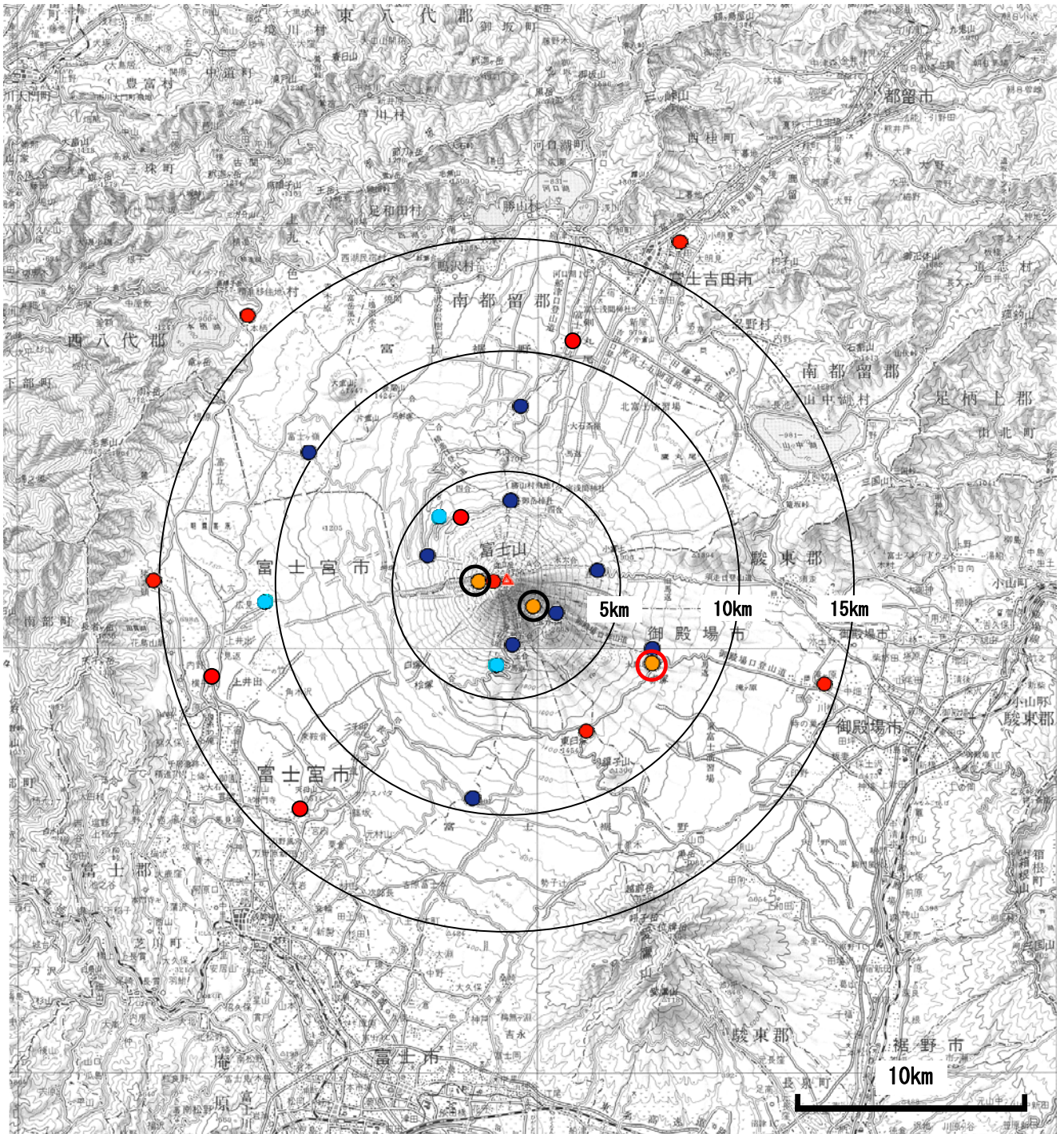
参考文献

- 1) 小山 (1998) : 歴史時代の富士山噴火史の再検討, 火山, 43, 323-347.
- 2) 小山 (2000) : 史料にもとづく富士山の火山活動史と災害予測, 月刊地球, 22, 558-563.
- 3) 宮地 (1988) : 新富士火山の活動史, 地質雑誌, 94, 433-452.
- 4) 鵜川 (2001) : 富士山の低周波地震(続報), 地震ジャーナル, 37-46.
- 5) Ukawa, M. (2005) : Deep low-frequency earthquake swarm in the mid crust Beneath Mount Fuji (Japan) in 2000 and 2001, Bulletin of Volcanology, 68, 47-56.
- 6) Nakamichi et al. (2005) : Precise hypocenter locations Of midcrustal low-frequency earthquakes beneath Mt. Fuji, Japan, Earth Planets and Space, 56, e37-e40.
- 7) 鵜川 (2007) : 富士山の低周波地震, 富士火山, 山梨県環境科学研究所, 161-172.
- 8) 西村・他 (2009) : GEONET によって観測された富士・箱根火山周辺における最近の地殻変動, 日本測地学会第 112 回講演会要旨集, 61-62.
- 9) Nakamichi et al. (2007) : Three-dimensional velocity Structure of Mount Fuji and the South Fossa Magna, central Japan, J. Geophys. Res., 112, B03310, doi:10.1029/2005JB004161.
- 10) 気象庁(2003) : 火山噴火予知連絡会富士山ワーキンググループ報告書.

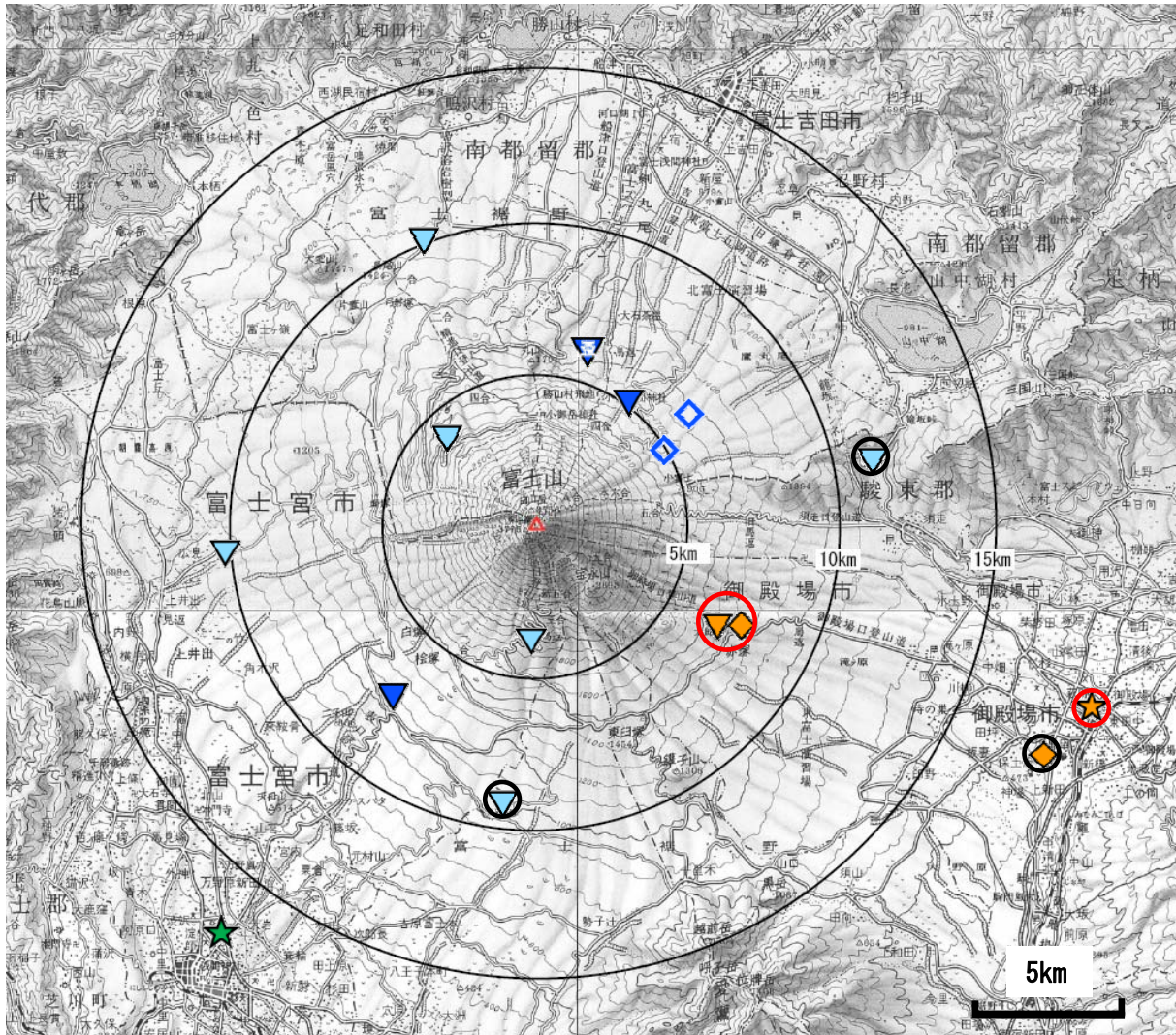
○地震計



OGPS



○傾斜計・空振計・全磁力、カメラ



- : 地震計 (気象庁)
 - : 地震計 (大学)
 - : 地震計 (防災科研)
 - : 広帯域地震計 (気象庁)
 - : 広帯域地震計 (大学)
 - : 広帯域地震計 (防災科研)
 - : Hi-net (防災科研)
 - : GPS (気象庁)
 - : GPS (地理院)
 - : GPS (防災科研)
 - : GPS (産総研)
 - : 傾斜計 (気象庁)
 - : 傾斜計 (大学)
 - : 傾斜計 (防災科研)
 - : 歪計 (大学)
 - : 空振計 (気象庁)
 - : 遠望カメラ (気象庁)
 - : 遠望カメラ (中部地整)
 - : 全磁力 (大学)
 - : 火口
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。○は今後整備が予定されている観測点を示す。

箱根山の観測体制に関する検討結果の取りまとめ（その他の火山）

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

記録に残る噴火はないが、地質調査によると、最近1万年間に3回のマグマ噴火が発生し、神山冠ヶ岳溶岩を噴出した約2800年前の最新のマグマ噴火以降、少なくとも5回の水蒸気爆発ないしマグマ水蒸気噴火が発生した^{1) 2)}。

②最近の火山活動状況

火山活動は静穏。大涌谷等で噴気活動がみられる⁸⁾。

群発地震活動を繰り返しており^{3) 4) 5)}、2001年にはダイク貫入による地殻変動と地震活動が観測された^{6) 7)}。その後も2006年及び2008～2009年には小規模ながら地殻変動を伴う地震活動が観測されている⁹⁾。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 気象庁 : 周辺山麓（神山山頂から7km）に短周期地震計1点（地上型）

温地研 : カルデラ内（神山山頂から5km以内）に6点及び周辺山麓に短周期地震計4点（孔井型6点、設置深100m及び地上型5点）

防災科研 : 周辺山麓にHi-net地震計7点（孔井型6点、設置深97m～2030m及び地上型1点）

G P S 地理院 : カルデラ内（神山山頂から2.5km）に1点及び周辺山麓に8点

温地研 : カルデラ内（神山山頂から2.5km）に1点及び周辺山麓に7点

傾斜計 温地研 : カルデラ内（神山山頂から3km以内）に3点及び周辺山麓に2点

歪計 気象庁 : 周辺山麓に1点

温地研 : 周辺山麓に1点

火山ガス・地温観測

温地研 : カルデラ内（神山山頂から2.5km）に1点

監視カメラ 環境省 : カルデラ内（神山山頂から500m）に1点

気象庁は、平成21年度補正予算により、カルデラ内の神山山頂から2.5kmに地震計・傾斜計（孔井型、設置深100m）・空振計を、神山山頂から3.5kmにGPSを、神山山頂から500mに監視カメラを整備する。

・監視体制

気象庁本庁は、温泉地学研究所のデータ分岐も含めて、地震計の連続データをリアルタイム監視している。平成 21 年度補正予算により整備予定の地震計、傾斜計、空振計、GPS、遠望カメラも平成 22 年度から監視開始予定。

2. 監視のための観測

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がない火山。

現在、火山活動の高まりは認められていない。

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・群発地震活動は、1786 年以降約 130 年間の平穏期を経て、1917 年、1920 年、1935 年、1943 年、1952 年、1959 年、1966 年と数年から 10 年程度に一度の割合で、有感地震や地鳴り、噴気異常を伴う規模の大きな活動が発生した³⁾
- ・2001 年に発生した山体膨張及び群発地震活動は、神山駒ヶ岳付近深さ約 7 km へのマグマ貫入及び大涌谷付近深さ約 1 km での熱水活動に伴う体積増加によるものと解釈された。この活動では、群発地震に先駆する傾斜変化が観測された⁷⁾
- ・2001 年の活動では、群発地震活動に伴い、大涌谷北側斜面に新たな噴気活動が生じた⁸⁾
- ・2001 年以降も小規模ながら同様な地殻変動を伴う地震活動が時々観測されている。2006 年及び 2008～2009 年に群発地震活動に伴い観測された地殻変動は箱根山を中心とした半径 20km 以内の領域で認められるものの有意な傾斜変化は観測されなかったことから、2001 年の活動よりも変動源が深かったものと推定された⁹⁾
- ・地震の発震機構解から求めた張力軸分布からは、駒ヶ岳直下の深部から伸びる張力場が示唆され、この張力場が熱水の供給路となり、浅い地震活動が 2001 年以降大涌谷付近で繰り返す原因であると考えられた⁵⁾
- ・これまでの活動をもとに、箱根山の活動について、駒ヶ岳深部でのマグマ付加作用→山体隆起による張力場の形成→熱水供給路の開通→ごく浅いところでの開口クラックの形成と地震活動の活発化→熱水供給路の閉塞→駒ヶ岳深部での地震活動→駒ヶ岳深部でのマグマ付加作用 というサイクルが成立している可能性があるとの提案がなされた⁵⁾

③監視上注目すべき火山現象

当面は一般的な火山学的知見に基づき、以下の現象に注目する。

- ・大涌谷等の噴気活動といった表面現象：
地殻変動を伴った 2001 年の群発地震活動では、大涌谷北側斜面に新たな噴気活動が生じたことから、今後の活動においても表面現象が発生する可能性が考えられる。
- ・山体浅部の熱水系に関連する地震活動及び地殻変動：
箱根山において繰り返し発生している群発地震活動に伴い地殻変動が観測

されるケースがあった。今後、浅部熱水系に関連して低周波地震や微動の発生するケースが予想される。

- ・ 山体深部へのマグマ貫入とそれに関連する地震活動及び地殻変動：
2006年及び2008～2009年に群発地震活動では、より深部に原因をもつと考えられる地殻変動が観測された。今後も、山体深部へのマグマ貫入に伴う地震活動や地殻変動が発生するケースが予想される。

3. 調査研究のための観測

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山

②今後の調査研究のねらい

- ・ 観測井による高品位データを用いた地震活動・地殻変動の把握
- ・ 地質学的・岩石学的・地球物理学的・地球化学的手法を用いたマグマ供給系の解明

4. 観測体制の必要性

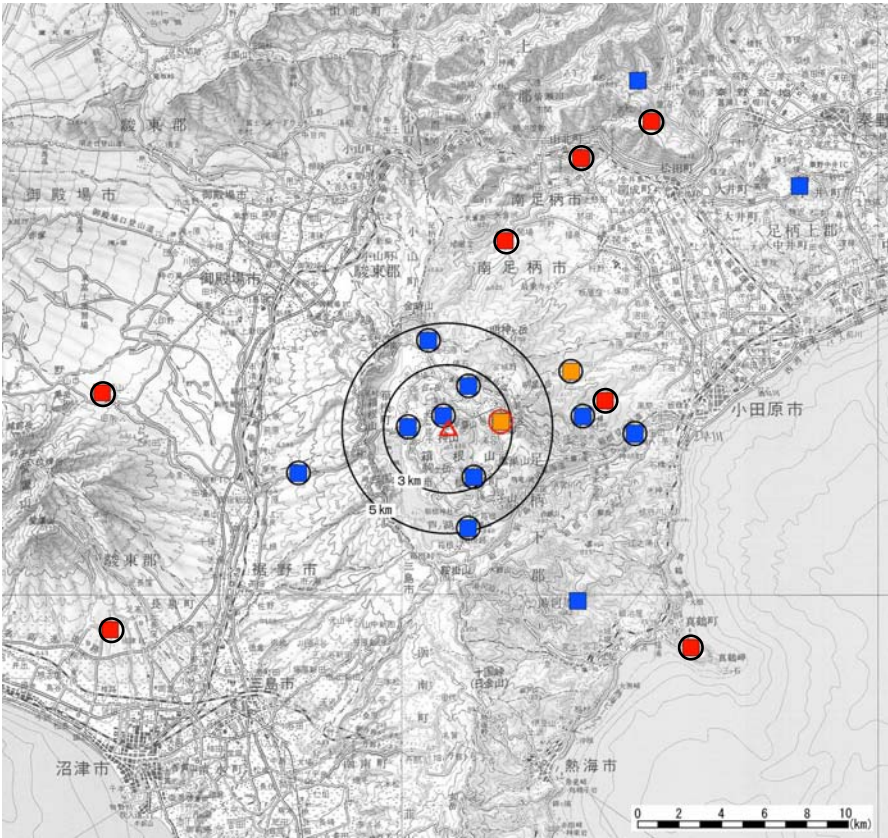
- ・ 噴火の前兆現象を検知するための観測井を用いた地震・傾斜観測を含む高品位多項目連続観測の強化
- ・ 火山活動活発化後の観測点増設は困難が予想されるため、計画的な整備を検討

参考文献

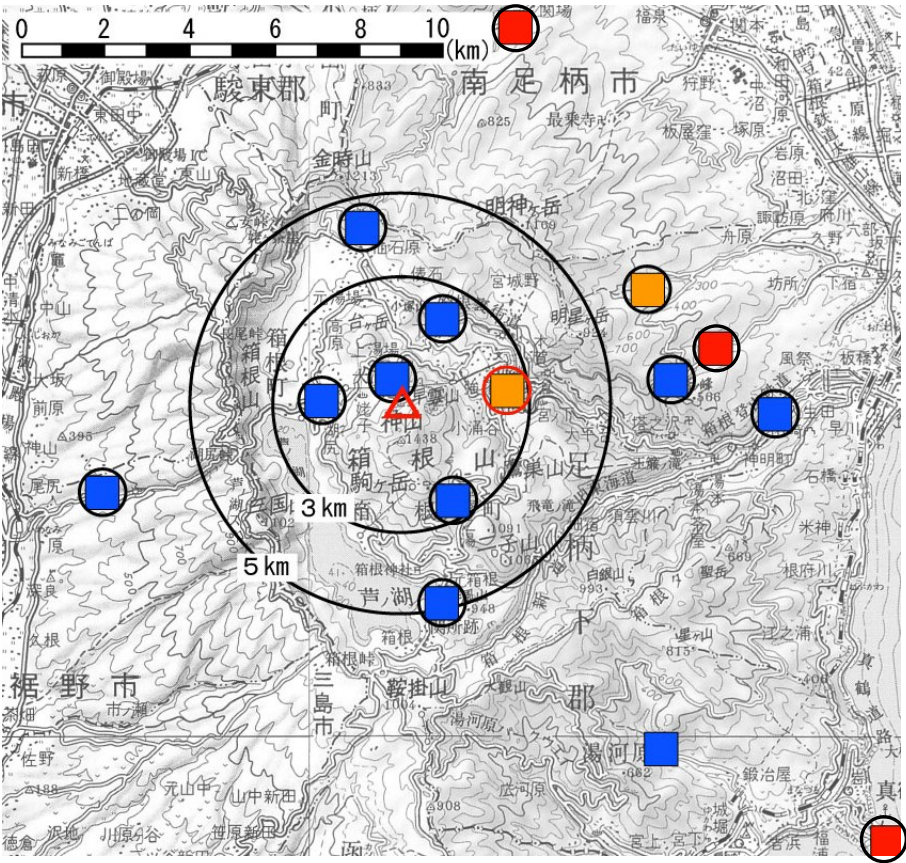
- 1) 小林 (1999) : 箱根火山最近5万年間のテフラ層序と噴火史. 第四紀研究, 38, 327-343.
- 2) 小林・他 (2006) : 箱根火山大涌谷テフラ群—最新マグマ噴火後の水蒸気爆発堆積物. 火山, 51, 245-256.
- 3) 平賀 (1987) : 箱根火山と箱根周辺海域の地震活動, 神奈川県温泉地学研究所報告, 18, 149-273.
- 4) 伊東・棚田 (1999) : 箱根火山における最近10年間(1989～1998)の地震活動. 神奈川県温泉地学研究所報告, 31, 45-52.
- 5) 棚田 (2008) : 箱根火山の地震活動(1990年～2007年)とその発生機構, 神奈川県立博物館調査研究報告 自然科学, 13, 187-194.
- 6) 棚田・他 (2002) : 2001(平成13)年箱根火山の群発地震活動について, 神奈川県温泉地学研究所観測だより, 52, 1-4.
- 7) 代田・他 (2009) : 2001年箱根群発地震活動に伴った傾斜変動と圧力源の時間変化, 火山, 54, 223-234.
- 8) 棚田・他 (2009) : 火山ガス・地温観測装置による噴気域の連続観測, 日本火山学会2009年講演予稿集, 113.
- 9) 原田・他 (2009) : 2001年箱根群発地震活動以後の箱根から富士山にかけての地殻変動, 日本火山学会2009年講演予稿集, 112.

観測点配置図

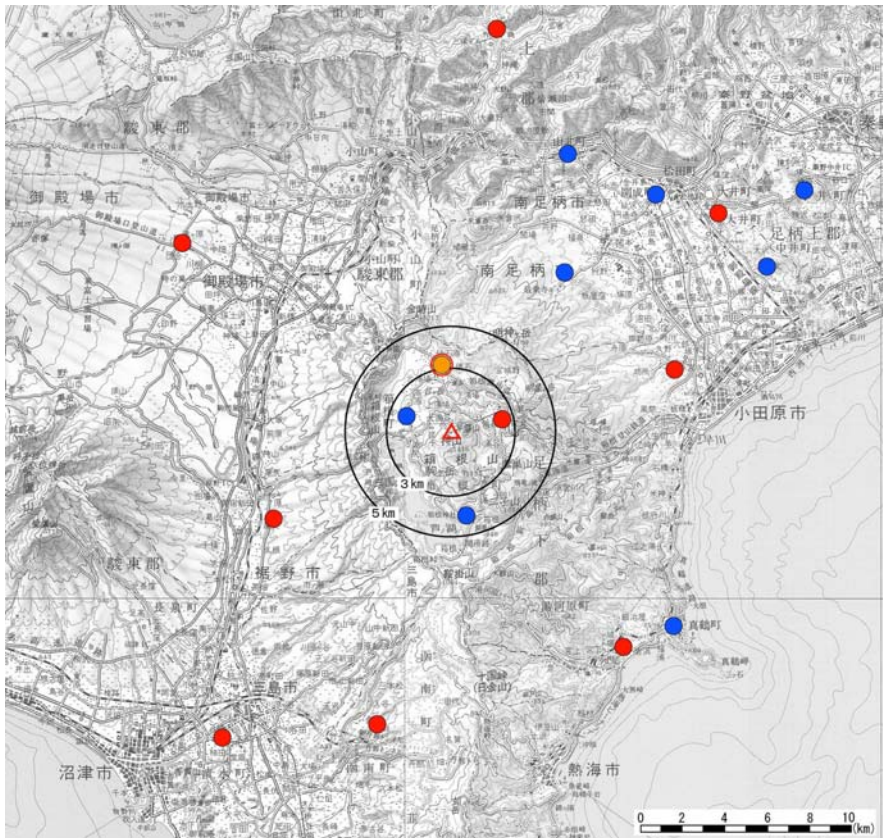
○地震計（広域図）



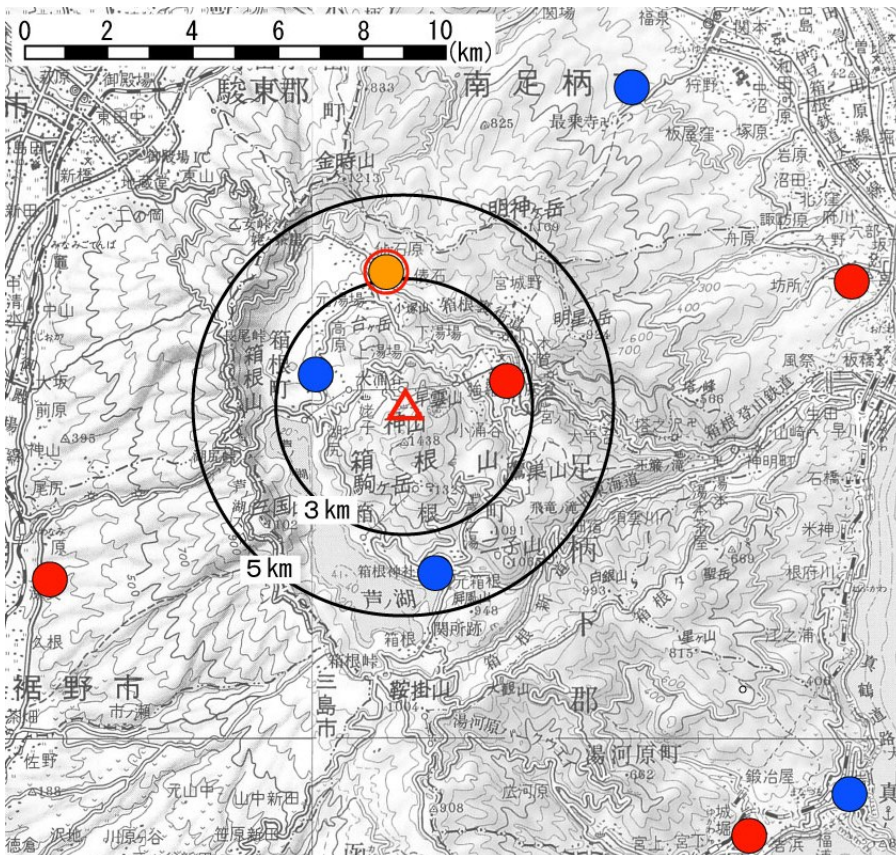
○地震計（狭域図）



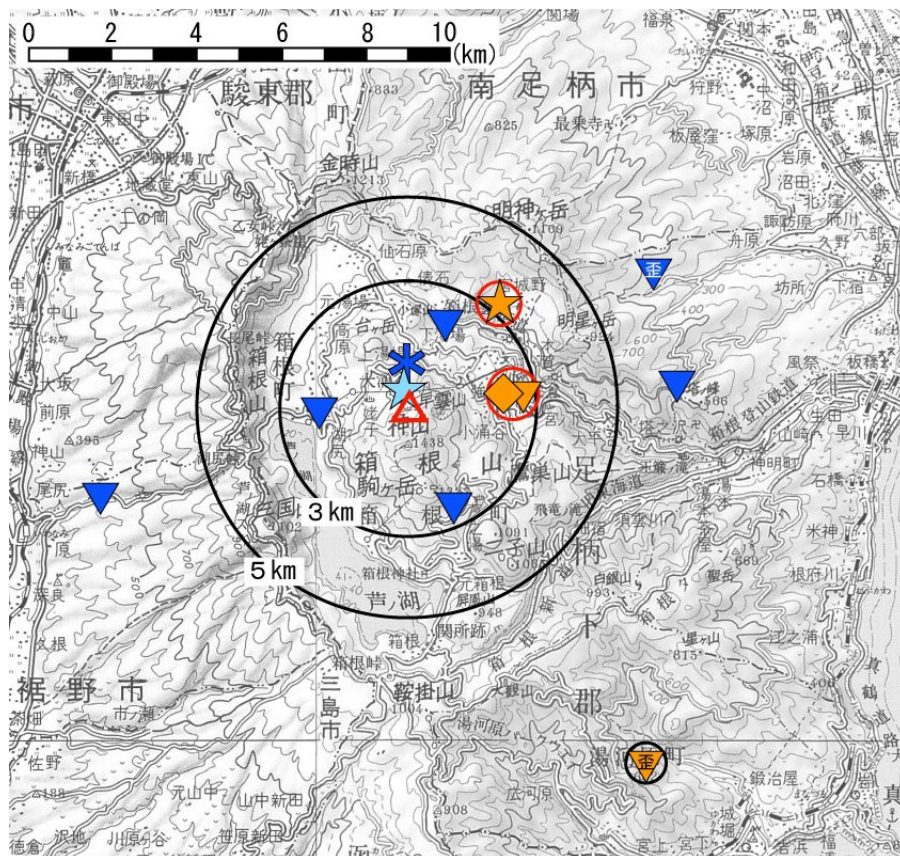
OGPS (広域図)



OGPS (狭域図)



○傾斜計・空振計・遠望カメラ・歪計



- ・凡例
- : 地震計 (気象庁)
 - : 地震計 (温地研)
 - : Hi-net (防災科研)
 - : GPS (気象庁)
 - : GPS (地理院)
 - : GPS (温地研)
 - ▽ : 傾斜計 (気象庁)
 - ▽ : 傾斜計 (温地研)
 - ▽ : 歪計 (気象庁)
 - ▽ : 歪計 (温地研)
 - ◇ : 空振計 (気象庁)
 - ★ : 遠望カメラ (環境省)
 - ★ : 遠望カメラ (気象庁)
 - ★ : 火山ガス・地温観測装置 (温地研)
 - △ : 火口 (神山火口)
- は気象庁が火山活動監視に利用している観測点を示す。
 ○は今後整備が予定されている観測点を示す。

伊豆東部火山群の観測体制に関する検討結果の取りまとめ(その他の火山)

1. 火山活動の状況及び観測体制の現状

①過去の主な活動履歴

1989年に手石海丘でマグマ水蒸気爆発(有史以降初の噴火)^{1)~2)}。1978年~1998年に群発地震が繰り返され、2002年以降も時々地震が多発した³⁾。地震活動はマグマ貫入によると考えられ、ほぼ同時に顕著な地殻変動が観測されている⁴⁾。

②最近の火山活動状況

火山活動は静穏。

③観測体制の現状

・テレメータ観測

地震計 気象庁 : 手石海丘から0~5kmに短周期地震計2点(1点は孔井型、設置深97m、1点は地上型) 手石海丘から10kmに短周期地震計1点(地上型)

東大震研 : 手石海丘から0~5kmに短周期地震計3点(1点は孔井型、設置深145m、2点は地上型)、手石海丘から5~10kmに短周期地震計3点(地上型)、手石海丘から10~15kmに短周期地震計2点(地上型)

防災科研 : 手石海丘から0~5kmに短周期地震計1点(孔井型、設置深95m)、手石海丘から5~10kmに地震計2点(孔井型、設置深110~303m)、手石海丘から10~15kmに地震計1点(地上型)

傾斜計 気象庁 : 手石海丘から2kmに1点(孔井型、設置深88m)

東大震研 : 手石海丘から6kmに1点

防災科研 : 手石海丘から5~10kmに4点(孔井型、設置深94~224m)、手石海丘から10~15kmに2点(1点は孔井型、設置深96m、1点(中伊豆)は横抗型)

空振計 気象庁 : 手石海丘から2kmに1点

G P S 気象庁 : 手石海丘から2~5kmに3点

東大震研 : 手石海丘から3~7kmに6点、手石海丘から10~11kmに2点

防災科研 : 手石海丘から4kmに1点

地理院 : 手石海丘から3~7kmに7点、手石海丘から12~14kmに3点

監視カメラ 気象庁 : 手石海丘から4kmに1点

体積歪計 気象庁 : 手石海丘から7kmに1点(孔井型、設置深260m)、手石海丘から22kmに1点(孔井型、設置深251m)

東大震研 : 手石海丘から3kmに1点(孔井型、設置深145m)

気象庁は平成21年度補正予算により手石海丘から5kmに地震計・傾斜計(孔井型、設置深100m)、空振計を整備する。これに伴い、手石海丘から10kmの地

震計 1 点を廃止。

・その他の観測

特になし

・監視体制

気象庁本庁は、東大震研及び防災科研のデータ分岐も含めて、地震、傾斜、空振、GPS、歪、監視カメラの連続データをリアルタイム監視している。平成 21 年度補正予算により整備予定の地震計・傾斜計・空振計・監視カメラも平成 22 年度から監視開始予定。

2. 監視の視点

①監視上の区分

噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がある火山

②これまでに得られた噴火発生予測に関する経験や知見

- ・ 1989 年の手石海丘の水蒸気爆発前に、規模の大きな (M3 以上の) 群発地震と同時に傾斜計、東伊豆の体積歪計に変化がみられ、低周波地震、火山性微動が観測された。⁵⁾
- ・ 1989 年の手石海丘での水蒸気爆発前の数日間に、振幅の大きな火山性微動が発生した後、海丘が形成された。¹⁾
- ・ 群発地震は、広域応力場とダイクの貫入に伴うダイク先端での応力集中によって発生し、群発地震の震源の広がりやダイク貫入の広がりや相関があるなど、震源移動はマグマの移動を反映していると思われる。⁶⁾
- ・ 群発地震の分布は、この地域の広域応力場の方向である北西-南東方向、西北西-東南東方向と一致し、地殻変動解析から得られるダイクの貫入方向とも一致する。^{6) ~ 7)}
- ・ 群発地震の相対震源決定法による高精度な震源解析から、一連の活動は深部 (深さ 8km 程度) から始まり約 1 日間浅部への震源の移動が見られる。浅部でのマグマのダイク状貫入が起きると、主な地震活動域はダイクの中心部から時間とともに上下左右と広がり、その中心部は地震の空白域となることが分かった。⁸⁾
- ・ 高精度な震源分布と高密度な地殻変動データの解析から、ダイクの貫入現象は、浮力による上昇とダイク内部の過剰圧によるダイクの拡大の 2 つの過程に区別できる。^{9) ~ 10)}
- ・ 東伊豆の歪変化量と体積増加量に高い相関が認められ、歪変化量からおおよそのマグマ貫入量を推定することが可能となる。³⁾
- ・ 1970 年代から 2000 年代の一連の群発地震活動は、全体として 1 枚のほぼ鉛直の板状の分布をしている。この地域には単成火山が多いことも勘案すると、次の噴火地点は 1989 年の手石海丘と同じ地点であるとは限らず、群発地震発生域全体の直上のいずれかの場所である可能性がある。

③監視上注目すべき火山現象

- ・ 地震増加の検知と震源の時空間的移動 (特に深さ): 地震一元化の活用
- ・ 正確な震源位置推定に基づくマグマ貫入量の推定

- ・貫入位置を考慮した地殻変動量によるダイク貫入量の推定
- ・地殻変動（特に防災科研傾斜計）の時間変化とマグマ移動の把握
- ・低周波地震活動
- ・火山性微動の発現、微動源の推定
- ・クリプトドーム形成

3. 調査研究の視点

①調査研究上の区分

重点的研究対象火山以外の火山。

②今後の調査研究のねらい

- ・地震活動と地殻変動の同時解析によるマグマ移動の時間変化の定量的推定
- ・深部活動と浅部活動の違いの本質、噴火未遂の理由の解明
- ・マグマ蓄積の時系列の解明
- ・マグマ蓄積場所の解明（深さ約 15km の反射面と群発地震の位置関係）

③今後の調査研究を推進する上で必要な観測

現時点では、特になし。

- ・海底を含めた群発地震近傍の観測網及び群発地震から少し離れた観測点の充実

4. 今後の観測体制の必要性

- ・群発地震発生域直上の観測網の充実（特に、伊東川奈崎沖海底での地震・地殻変動観測）
- ・活動域北西側に S/N の高い陸上観測点（地震計・傾斜計）の増設
- ・老朽化の進んだ伊豆半島東方沖海底地震計の更新と高度化

参考文献

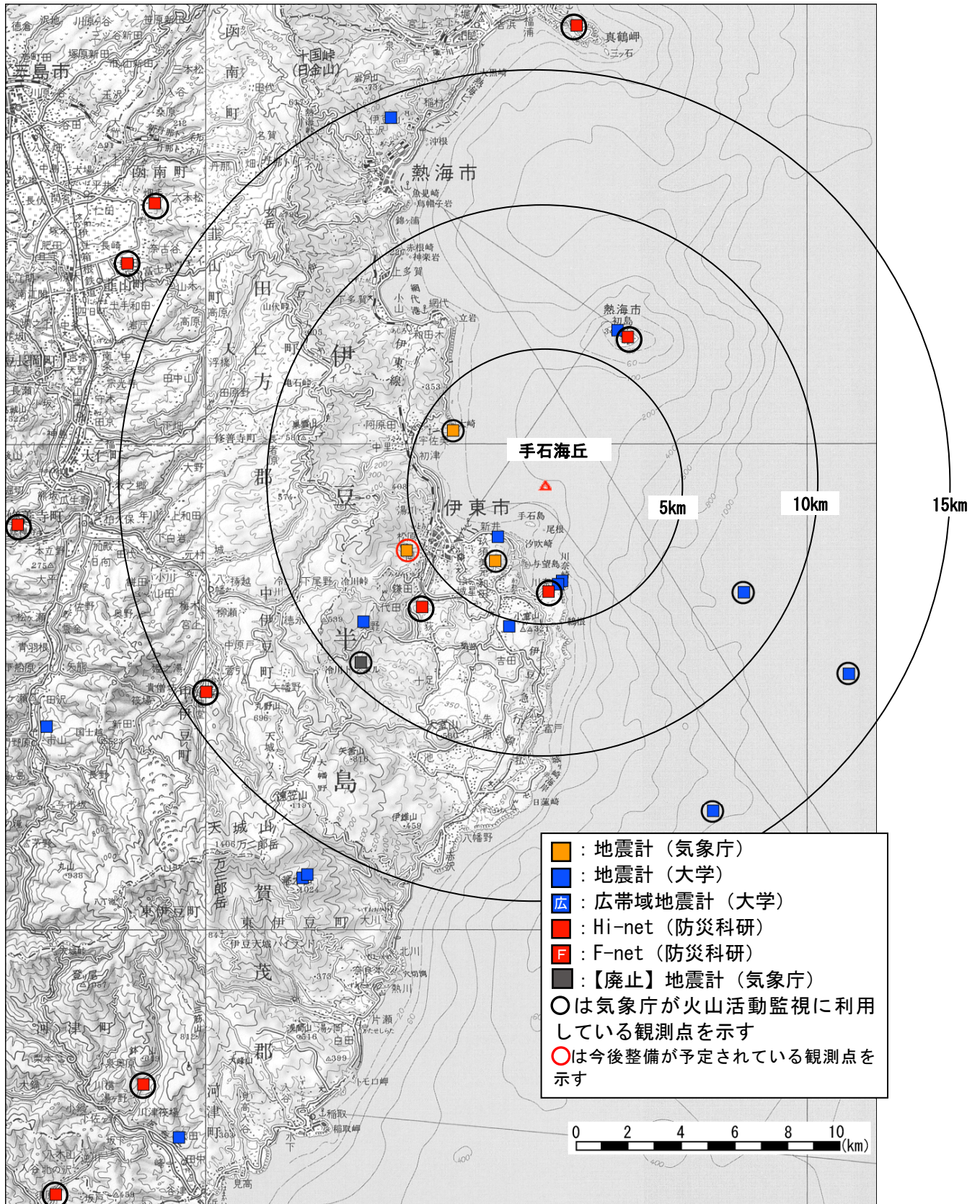
- 1) 大島・他 (1991) : 手石海丘の噴火現象と海底地形・地質構造, 月刊地球, 13, 124-133.
- 2) 山本・他 (1991) : 1989 年伊東沖海底噴火の岩石学・地質学的モデル, 月刊地球, 13, 134-137.
- 3) 気象庁地震火山部火山課 (2006) : 体積歪変化量を用いた伊豆東部火山群のマグマ貫入量推定と火山活動評価の試み, 火山噴火予知連絡会会報, 95, 41-46.
- 4) Okada, Y. and Yamamoto, E. (1991) : Dyke intrusion model for the 1989 seismovolcanic activity off Ito, Central Japan, J. Geophys. Res., 96, 10362-10376.
- 5) 山里・他 (1990) : 1989 年 7 月伊豆半島東方沖火山活動に伴う微動—気象庁常時観測網データを用いた解析—, 気象研究所研究報告, 41, 83-95.
- 6) Ukawa, M. and Tsukahara, H. (1996) : Earthquake swarms and dike intrusions off the east coast of Izu Peninsula, central Japan, Tectonophysics, 253, 285-303.
- 7) Ukawa, M. (1991) : Collision and fan-shaped compressional stress pattern in the Izu block at the northern edge of the Philippine Sea plate, J. Geophys. Res., 96, 713-728.
- 8) Hayashi, Y. and Morita, Y. (2003) : An image of a magma intrusion process inferred from precise hypocentral migrations of the earthquake swarm east

of the Izu Peninsula, *Geophys. J. Int.*, 153, 159-174.

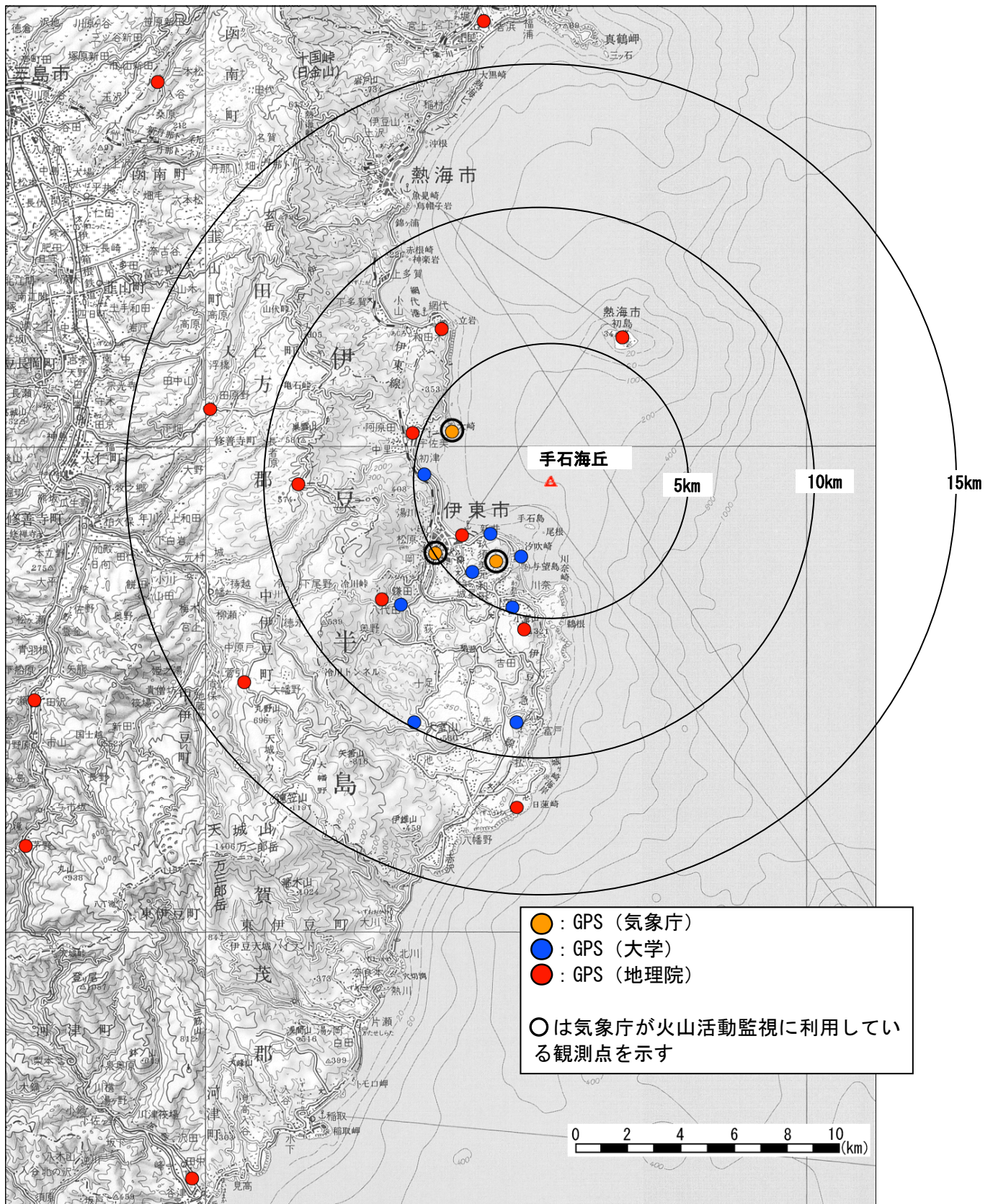
- 9) 森田・他 (2002) :ダイク貫入の一典型ー伊豆半島東方沖群発地震活動の解明ー, *月刊地球*, 39, 76-82.
- 10) Morita, Y., Nakao, S. and Hayashi, Y. (2006) :A quantitative approach to the dike intrusion process inferred from a joint analysis of geodetic and seismological data for the 1998 earthquake swarm off the east coast of Izu Peninsula, central Japan, *J. Geophys. Res.*, 111, doi:10.1029/2005JB003860.

観測点配置図

○地震計



OGPS



○空振計・傾斜計・体積歪計・遠望カメラ

