



Title	広域水準測量から見た北海道駒ヶ岳の深部マグマ溜まり
Author(s)	森, 濟; MORI, Hitoshi Y.
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 70, 145-142
Issue Date	2007-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.70.145
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20430
Type	departmental bulletin paper
File Information	70-16_p145-152.pdf



広域水準測量から見た北海道駒ヶ岳の深部マグマ溜まり

森 濟

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

(2007年1月15日受理)

Deep magma chamber inferred from the leveling survey near and around Mt. Hokkaido-Komagatake

Hitoshi Y. MORI

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University

(Received January 15, 2007)

Mt. Hokkaido-Komagatake is located at the southwestern part of Hokkaido and one of the most active volcanoes in Japan. The volcano had made one of the largest eruptions in the 20th century in Japan. But the usual seismic activity of the volcano is extremely low, and only few earthquakes observed before the each small phreatic eruption in 1996, 1998 and 2000. Wide area and long range geodetic measurements, therefore, are important to infer the long term activity of the volcano.

The first order leveling survey, which is administered by Geographical Survey Institute Japan, is the only one geodetic method having the good accuracy and the long term data enough to investigate the long term volcanic activity.

In Hokkaido, the distribution of the first order leveling routes is sparse compared with that in the other part of Japan. Mt. Hokkaido-Komagatake and Mt. Usu are the only two volcanoes, which were passed by the first order leveling routes at the foot of them, and the leveling routes extended in more than two directions.

The trend of regional deformation is found in the leveling results, and that is corrected. After this correction, the area of volcanic deformation is extended to about 50km far from the center of the deformation.

The location of the wide area deformation center estimated by the isotropic pressure source (Mogi's model) is situated at the southwestern foot of Mt. Hokkaido-Komagatake. Its horizontal distance from the central crater of the volcano is about 7km and its depth ranges from 15 to 24km. The rate of magma accumulation is supposed $1.4\sim 2.6\times 10^6\text{ m}^3/\text{year}$.

I. はじめに

北海道駒ヶ岳は、1929年に20世紀の我が国の噴火の中で最大級の噴火を記録している。全国の常時観測火山の中でも、大きい噴火をする極めて活動的な火山の一つである。しかし、平常時の地震活動度は著しく低く、一部の群発活動を除くと気象庁による1966年の定常地震観測点設置以来1996年噴火以前のほとんどの期間、年間数十回以下の地震が観測されている（気象庁、2005）だけで、中長期的地震活動度はきわめて低水準にあり、地震学的手法による中長期活動予測の困難な火山の一つである。

従って、測地学的観測手法の重要性は高く、1996年3月の小噴火に先立って、南西登山道路線の水準測量および山頂部の辺長測量により数年前からの山体の隆起膨張傾向が認められている（森・鈴木、1998）。さらに中長期的な活動状況の把握には、より長期間にわたり高精度なデータが得られている、山麓部を通過する一等水準測量の結果を用いることが可能である。

森(2005)では、函館から北海道駒ヶ岳西麓を通り噴火湾沿いに北上する路線のデータを用いて、その経年変化から中長期的火山活動の目安が得られることを示した。しかし、北麓から東麓を通り噴火湾沿いに南下する路線のデータについては、回数が少なく前述の西麓の路線と必ずしも測量時期が近くないことから使用しなかった。そのため、中長期的変動のソースの位置の推定が行えず、マグマ蓄積量の推定もできなかった。

本研究では、数少ない測量データのうち、噴火を含まないでかつ上記両路線のデータが使用可能である1968・69年～1986・87年の測量結果を用いて、深部マグマ溜りの位置および、マグマ蓄積量の推定を行い、北海道駒ヶ岳の中長期的活動予測の基とする。

II. 北海道駒ヶ岳の水準路線

北海道駒ヶ岳は、北海道内の火山としては、有珠山とともに周囲を取り巻く水準路線が整備されている火山である。

北海道駒ヶ岳山麓を通る明治に設置された一等水準路線は、Fig.1に示すように、

1) 函館 (J17) - 北海道駒ヶ岳西麓 - 森町 (J19) - 八雲町。

2) 森町 (J19) - 北海道駒ヶ岳北麓 - 北海道駒ヶ岳東麓 - 鹿部町 - 旧南茅部町 - 恵山 - 函館 (J17) がある。これを補完する形で、国土地理院設置の二等水準路線（北海道駒ヶ岳南麓）、北海道大学設置の南西登山道路線、大沼・小沼湖畔～留の湯（北海道駒ヶ岳南麓）があるが、いずれもデータとして役立てられるのは最近の20年程度である。

1) の水準路線は、1904年の第1回目以降、部分的な短距離区間の測量を別にして、1954年、1968年、1996年及び2003年に国土地理院等により測量されている。また、北大・東大・京大などにより1987年に、森町から北海道駒ヶ岳西麓をBM7070まで測られている。2) の路線は同様に1904年、1969年及び1986年に全区間の測量が実施されており、1934年に、森町より旧南茅部町まで、2003年に森町より鹿部町までの区間が測量されている。

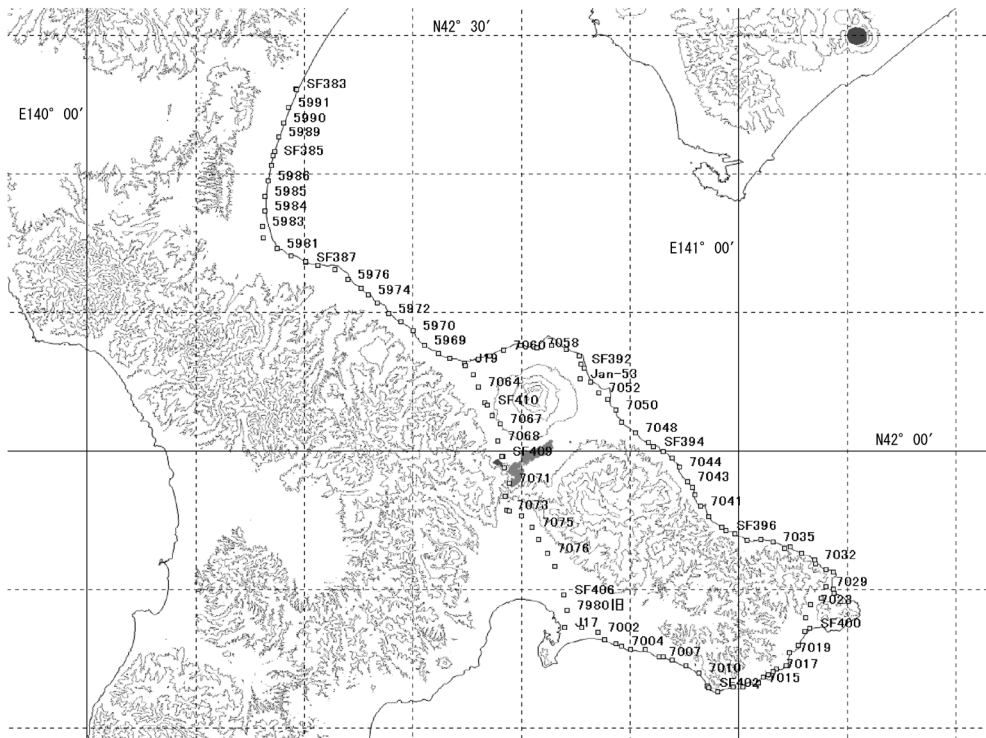


Fig. 1. The route map of the first order leveling survey near and around Mt. Hokkaido-Komagatake.

Ⅲ. 1968, 69年～1986, 87年の水準測量結果

Ⅱで述べた測量成果のうち、1968, 69年～1986, 87年のデータが、使用できる点数も多く両路線にわたり2次元的な広がりを持っているので、これらのデータを用いて、北海道駒ヶ岳の平常時の広域上下変動を明らかにする。その結果から、広域変動のソースの位置を等方圧力源(茂木モデル)を仮定して推定し、マグマ蓄積量を見積もる。

1987年の北大等の測量結果(未公表)以外は、国土地理院のホームページから変動量を読み取った。1987年北大等の測量は、北海道大学、東京大学、京都大学の共同観測として行われたものである。

使用したデータをTable 1にまとめて示す。森町北西部のBM5967を基準点とし、mm単位で示してある。北側は路線の区切りである、J20まで、南東側は、恵山の影響の無視できるであろうBM7040までとした。

Fig.2に、Table1のデータを南北方向(a)、東西方向(b)に投影したものを示す。南東上がりのトレンドが見える。森(2006)で有珠山について行ったと同様に、このトレンドを直線で近似し、トレンドの方向と量を決める。有珠山の場合で近傍のデータを用いなかったのと同様に、今回も駒

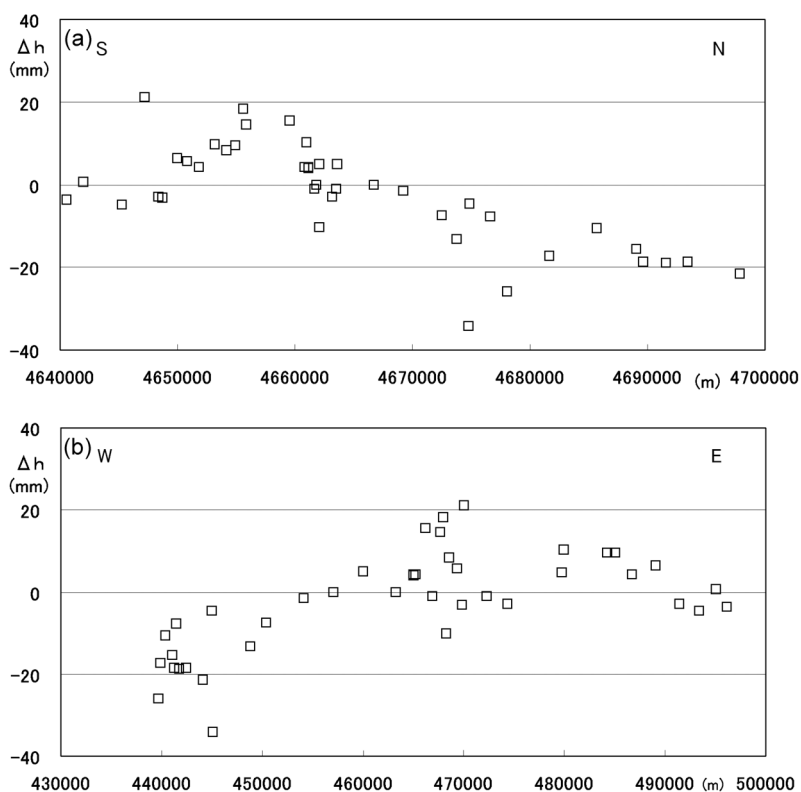


Fig. 2. (a)The north-south and (b) the east-west projections of the raw data of vertical deformation between 1968・69 and 1986・87.

ケ岳近傍のデータは除いて、投影の両端付近の点のみを用いて、トレンドを求めた。このとき、本期間が、1983年日本海中部地震を含むので、1993年の北海道南西沖地震で被害の出た八雲地域の点は除外した。

決められたトレンドは $N48^{\circ} W$ 方向に、 0.22mm/km の傾きで減少する。このトレンドを差し引いたものを、北海道駒ケ岳による変動と考え、それを示したのが Fig.3 である。但し、変動量のゼロ値は次節で述べる、最適等方圧力源モデル(茂木モデル)を仮定したときの観測値の値となるように決めたものである。また、前述した八雲付近の他、駒ケ岳近傍で北海道南西沖地震時に被害の出た地域の水準点および異常変動が観測された水準点 (BM7062, BM7061, BM7058, BM7066 および BM7068) を除いて示してある。森町中心部で、やや異常な変動が認められるのを除けば、ほぼ同心円状の変動分布が得られている。変動の広がりには Fig.3 に見られるように駒ケ岳から $40\sim 50\text{km}$ と考えられ、最大隆起量は、 30mm 程度と推測される。

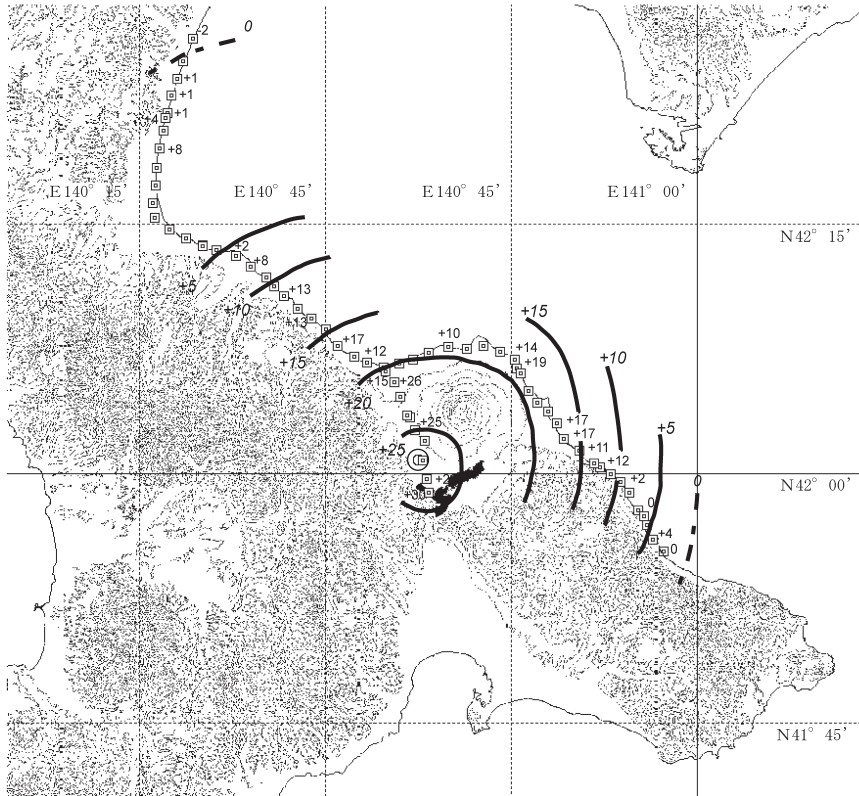


Fig. 3. The location map of the benchmarks used in this study and the contours of the vertical deformation during 1968・69 and 1986・87 are shown. The data are made by a trend correction, which is estimated by linear trend assumption and far field deformation data. Contours and corrected data have a unit in mm. The double circle, which is located at the southwestern foot of the volcano, indicates the best isotropic source location.

Table 1. The list of vertical displacements referred to BM5967 at the benchmarks in Fig.3 from 1968・69 to 1986・87.

	$\Delta h(\text{mm})$		$\Delta h(\text{mm})$		$\Delta h(\text{mm})$		$\Delta h(\text{mm})$
J20	-21.6	BM5976	-7.5	BM7067	-	BM7053	-
BM5991	-	BM5975	-	BM7068	5.6	BM7052	-
BM5990	-18.7	SF388	-9.4	SF409	-3.1	BM7051	-
BM5989	-18.9	BM5974	-	BM7069	-	BM7050	9.4
BM5988	-18.7	BM5973	-1.5	BM7070	21.0	BM7049	9.6
SF385	-15.6	BM5972	-			BM7048	4.2
BM5987	-	BM5971	-0.2	J19	4.1	BM7047	-
BM5986	-10.6	BM5970	-	BM7062	-1.1	SF394	6.4
BM5985	-	BM5969	4.9	BM7061	-10.3	BM7046	-
BM5984	-17.3	BM5968	-	BM7060	-	BM7045	-3.0
BM5983	-	BM5967	0.0	BM7059	-1.0	BM7044	-
BM5982	-26.0	J19	4.1	BM7058	-3.1	BM7043	-4.8
BM5981	-7.8	SF390	4.2	BM7057	-	SF395	-
BM5980	-	BM7063	15.4	BM7056	-	BM7042	-
BM5979	-4.6	BM7064	-	BM7055	4.8	BM7041	0.7
SF387	-34.3	BM7065	14.5	SF392	10.1	BM7040	-3.7
BM5978	-	SF410	18.2	BM7054	-	(BM5967基準)	
BM5977	-13.3	BM7066	8.3	BM7053-1	-	(単位: mm)	

IV. 等方圧力源モデル

IIIで得られたトレンドを差し引いた上下変動量から、仮不動点の変動量と、最大変動量を、森(2006)の(10)式

$$H = \Delta h_{\max} \times \xi - H_0 \quad (\xi = (d/X)^3, X = (r^2 + d^2)^{1/2}, r; \text{ソースからの水平距離}, \\ d; \text{ソースの深さ}, H; \text{上下変動観測値}, H_0; \text{仮不動点の上下変動量}, \Delta h_{\max}; \text{最大隆起量})$$

に従い、最小二乗法でグリッドサーチにより決定する。

このとき、Fig.3の分布図より、北海道駒ヶ岳山麓から離れた場所にソースが位置するとは考え難いので、東は鹿部町中心部、西は森町中心部、北は砂崎付近、南は小沼南端付近を縁とする、東西22km、南北21km、深さ1~40kmの範囲において1kmメッシュでグリッドサーチを行った。最適解は山頂中心火口(昭和4年火口)の南西約7km深さ19kmと求められた。求められたソースの水平位置をFig.3に二重丸で示してある。この水平位置での深さ方向の誤差の標準偏差の分布をFig.4に示す。標準偏差の増加量が最小値の2.5%以内の範囲は16~22km、5%以内は15~24kmとなっており、深さもある程度よく決まっている。

中村(1935)が推定している1929年噴火のソースの位置の南東麓とは異なっていることは興味深い。今回求めたのは中長期的な変動のソースと思われる深部ソースなので、噴火直前には、浅部へ移動するのかもしれない。浅部ソースについては、次の機会に議論を譲る。

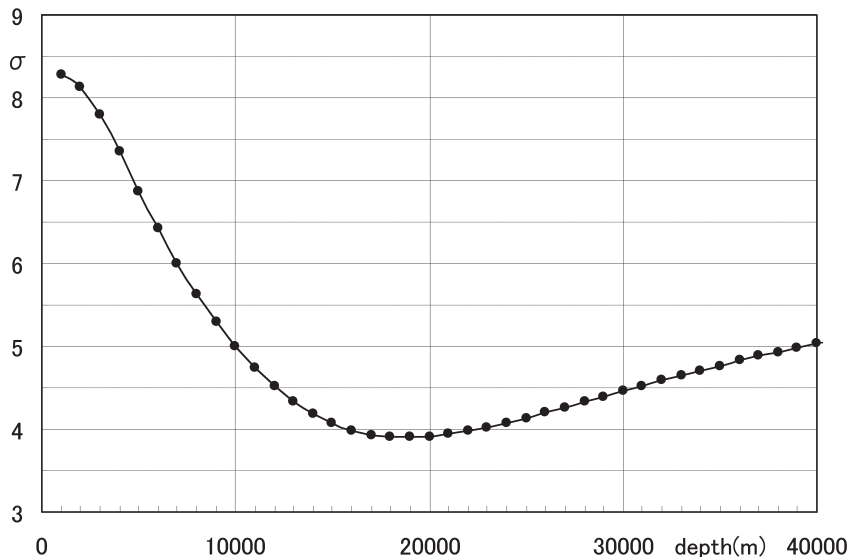


Fig. 4. Standard deviations of model calculations, which are calculated by using the source horizontally located at the position shown in Fig.3, change in its depth. The smallest value is calculated in the case of the 19km depth source.

深部ソースの 3 次元的な広がりを見ると、誤差の標準偏差が最適解から 2.5%以内に収まるのは、深さで 15~24km の範囲で北東方向に浅くなり水平に 3km 程度まで、南西方向は深くなり 4~5km まで、北西および南東へはほぼ同じ深さで 2km 程度までの広がりである。5%まで広げて考えると、それぞれ約 2 倍の距離まで広がる。これは、水準点の並びが北西南東方向に広がりを持ち、北東南西方向にはあまり広がっていないためと考えられる。

最適解の水平位置での観測値と計算値の比較を Fig.5 に示す。横軸はソースからの水平距離、縦軸が変動量である。距離 9km 付近で観測値のずれが大きいのは、森町の市街地の水準点で、同様の局所的な沈降は、今回除外した八雲町の市街地でも認められており、他の期間のデータにも見られる傾向で、人為的な原因の可能性はある。これらの点を除いて考えるとソースの位置が北西へ移動する可能性は、否定できないが、Fig.3 に見られるように尊菜沼付近で最大観測値が得られているので、大きくは移動しないと思われる。

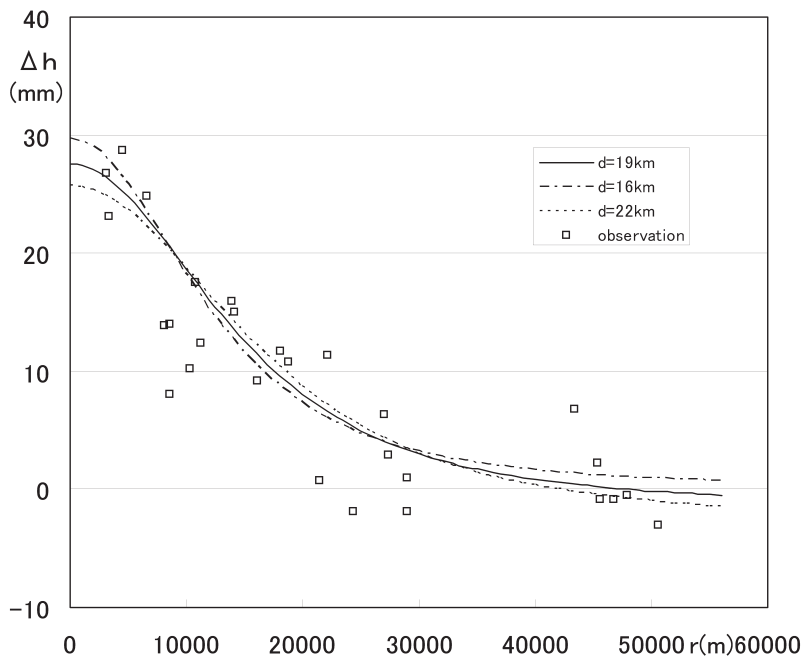


Fig. 5. The results of model calculations and the vertical deformation corrected with regional trend are shown. Solid line denotes the best fit curve, dotted line, and dot and dash line indicate the calculations that have a 102.5% size standard deviation of that of the best result.

Fig.5 の計算値で、1968~1986 年間の体積増加量を見積もると、最適解で $3.5 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、標準偏差 2.5%の範囲で、 $2.5 \sim 4.6 \times 10^7 \text{ m}^3$ と求められる。年率にすると、それぞれ、 $1.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ 、 $1.4 \sim 2.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ となる。

V. お わ り に

水準測量のデータを用いて、北海道駒ヶ岳の中長期的火山活動の準備過程の場となる深部マグマ溜りと思われる広域地殻変動のソースの位置の推定を行った。

求められた位置は南西山麓の山体中心から約 7km の深さ 19km 付近である。中村(1935)の噴火時の沈降中心が南東麓に位置していることとの関連は不明だが、1929 年噴火の直接のソースが南東麓にあった可能性は大きい。浅部ソースと深部ソースの関係は次の機会に議論を譲る。

求められた深部ソースの体積増加量は 1968,69~1986,87 年の間に $3.5 \times 10^7 \text{ m}^3$ であり、1929 年の噴出物量 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (勝井ほか, 1989) をまかなうのに、噴出による密度低下を考慮すれば、おおよそ 100 年かかるという計算になる。

国土地理院は、2003 年に、駒ヶ岳一周の水準測量とあわせて、II. 1) の路線の測量を実施している。東海岸が鹿部町までなので、トレンドの推定に困難が予測されるが、今回の結果を参考にすれば、1986, 87 年~2003 年の広域変動の議論が可能になるとと思われる。近いうちに、このデータを使った議論を行い、今回の結果とあわせて、より詳細な深部ソースのモデルを構築し、中長期的活動予測の議論へ進む予定である。

謝辞 1987 年の水準測量を北大と共同で実施していただいた、当時東大地震研究所の宮崎務博士、当時京都大学防災研究所の江頭庸夫博士に深く感謝します。本研究のきっかけを与えていただいた、北海道大学の大島弘光助教授にお礼申し上げます。本研究の主要なデータは国土地理院のホームページから読み取りました。記して感謝します。

文 献

- 勝井義雄・鈴木建夫・曾屋龍典・吉久泰樹, 1989. 北海道駒ヶ岳火山地質図, 地質調査所. 気象庁, 2005. 日本活火山総覧 (第 3 版), 635pp.
- 森 濟, 2005. 水準測量による北海道駒ヶ岳の中長期活動予測, 特定領域「火山爆発のダイナミクス」平成 16 年度研究成果報告書, 322-327.
- 森 濟, 2006. 20 世紀の有珠火山噴火後の地殻変動と中長期的前兆地殻変動の特性, 北海道大学博士学位論文.
- 森 濟・鈴木敦生・前川徳光・岡田弘, 1998. 北海道駒ヶ岳 1996 年 3 月 5 日の小噴火前後の地殻変動, 北海道大学地球物理学研究報告, 60, 121-130.
- 中村佐衛門太郎, 1935. 北海道駒ヶ岳山麓水準変化, 岩石鉱物鉱床学会誌, 8, 276-280.