

551.578.46 : 624.144 : 528.74 (235.4 : 181 m 2230)

ランドサット映像写真から求めた鳥海山の残雪域変化

中村 勉*・東浦将夫*・阿部 修**

国立防災科学技術センター新庄支所

Residual Snow Area Change on Mt. Chokai Analyzed by the Use of the LANDSAT Imagery

By

Tsutomu Nakamura, Masao Higashiura and Osamu Abe

*Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention
Shinjo-shi, Yamagata-ken 996, Japan*

Abstract

Residual snow areas in 1981 and 1982 on Mt. Chokai were analyzed by the use of the LANDSAT imagery. Time change of the snow area was expressed by the following equation;

$$\log_{10} A = -1.10 \log_{10} t + 3.84 ,$$

where A is the snow area (km²) and t is time in days counted from the date when no snow depth was observed at the Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention in Shinjo-city. Therefore, the residual snow area, A on Mt. Chokai can be estimated if we knew the last date of snow in Shinjo and counted the time in days in Shinjo.

1. はじめに

積雪域を航空機や衛星から撮影しその変化をとらえようという試みは今に始まった事ではない(例えば, I. G. S., 1975)が, 当新庄支所でも1979年からのランドサット映像写真の入手により, グランドトルースとの比較が可能になった。しかしこのランドサット映像写真から求められる積雪域と, グランドトルースについての比較は次報にゆずることとし, こ

*新庄支所, **雪害防災研究室

ここではランドサット映像写真だけから求められた鳥海山での残雪域の変化を述べることにする。

2. 解析に用いたデータとその解析方法

解析対象物は、山形、秋田両県境（北緯 $39^{\circ} 05' 17''$ ，東経 $140^{\circ} 03' 48''$ ）に位置する独立峰の火山の鳥海山（写真1，標高2230 m）の残雪像である。この鳥海山の写っているランドサット観測画像番号（シーン番号）は、パス番号：116，ロウ番号：33である。当報告書で解析したのは1981年と1982年の2カ年分である。ランドサット映像写真（処理データ）は、フィルムサイズ70mmの白黒ネガフィルム（バンド：4，5，6，7）の形で提供を受けたうちの4バンドのものである。この4バンドのものが一番コントラストが良かった。

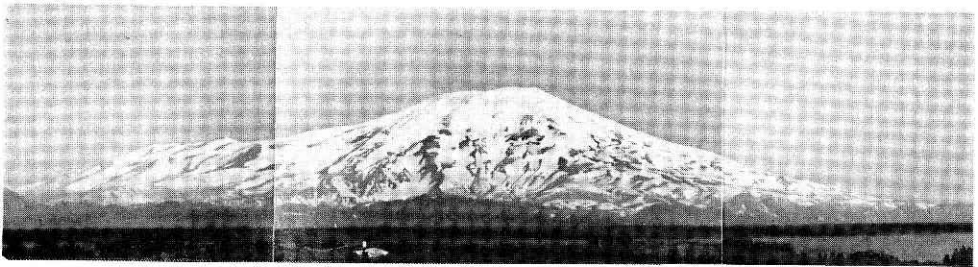


写真1 当新庄支所屋上から撮影された鳥海山（1981年5月22日，望遠レンズ300mm使用）

Photo 1 Mt. Chokai taken from the Shinjo Branch (May. 22, 1981, f:300 mm)

このフィルムから通常の写真引伸機を用いて，20万分の1の大きさの陽画像を得る。そのためには，20万分の1の地勢図を引伸機の台上に置き，ランドサット映像を地勢図上に重ねる。凹凸のある海岸線や湖沼，ダム，メアンダーしている河川などは同一縮尺をうるための良い目印となる。引伸縮尺がきまった所で陽画像をうる。

この陽画像の上に透明プラスチック紙（OHP用でも可）を重ね，残雪像の雪線を描く。雪線を描く時には，どうしても任意性が入るが止むを得まい。この雪線内の領域を黒く染める。この黒染めの面積を自動面積計（林電工，AAM-7型）で測定し，校正することにより残雪域の面積を得る。

3. 解析結果

写真2は，1982年5月15日の鳥海山のランドサット映像写真である。白いやや円形の

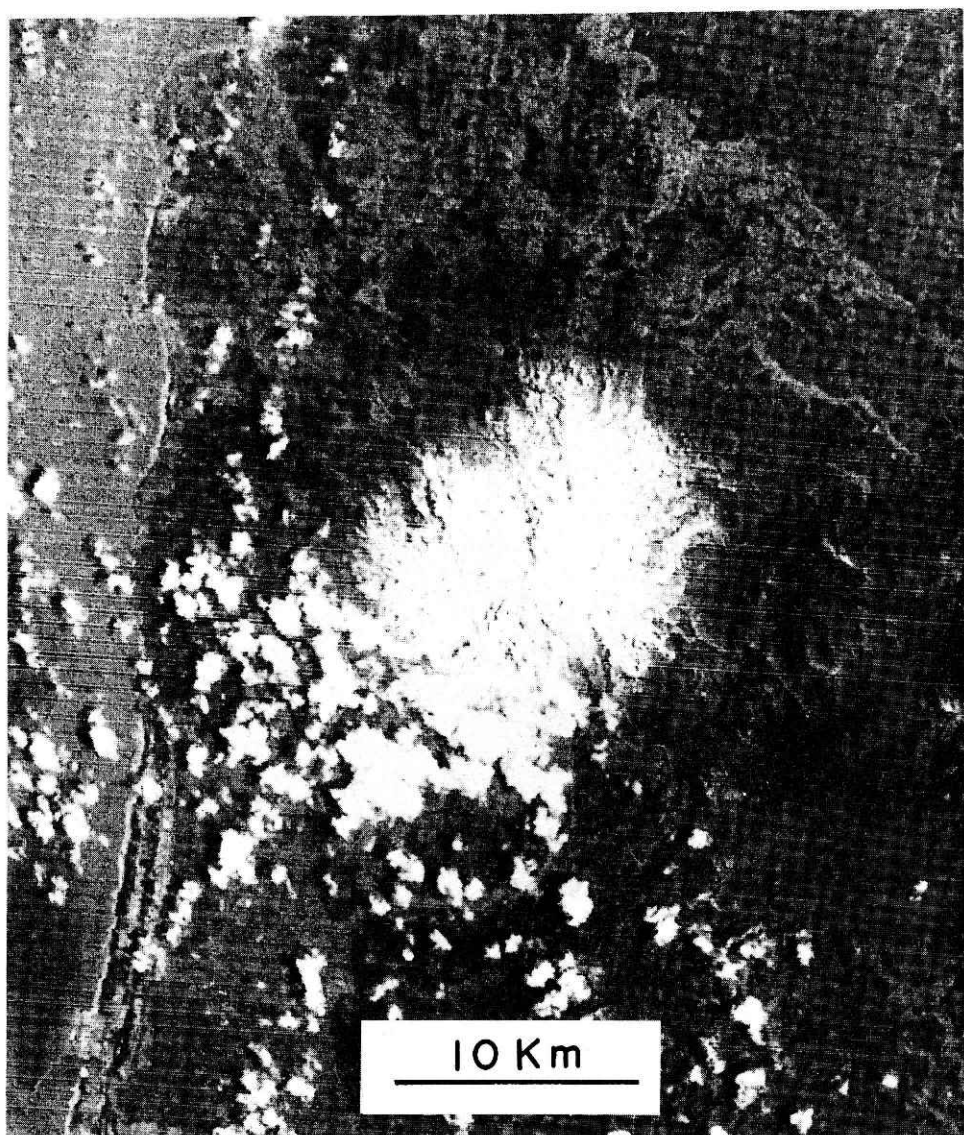


写真 2 ランドサットから撮影された鳥海山の残雪域 (1982年 5 月 15 日). 山の南西部から日本海上にかけては晴天積雲がみられる. 左端の縦線が日本海岸線.

Photo 2 Residual snow area imagery on Mt. Chokai, taken from the LANDSAT (May 15, 1982). Left-hand: the Japan Sea.

部分が残雪域である。左側の縦線は日本海岸線である。日本海上から鳥海山の南西へかけて多少の晴天積雲が見られるが、この程度の雲は、解析には大きな誤差はもたらさない。写真から判るように、雪線を決めることはそれほど容易ではない。個人誤差が入らぬ様、同一人物が4回とも、雪線を描いた。

図1は上記の様にして求めた雪線を図化したものである。図には、1981年4月23日およ

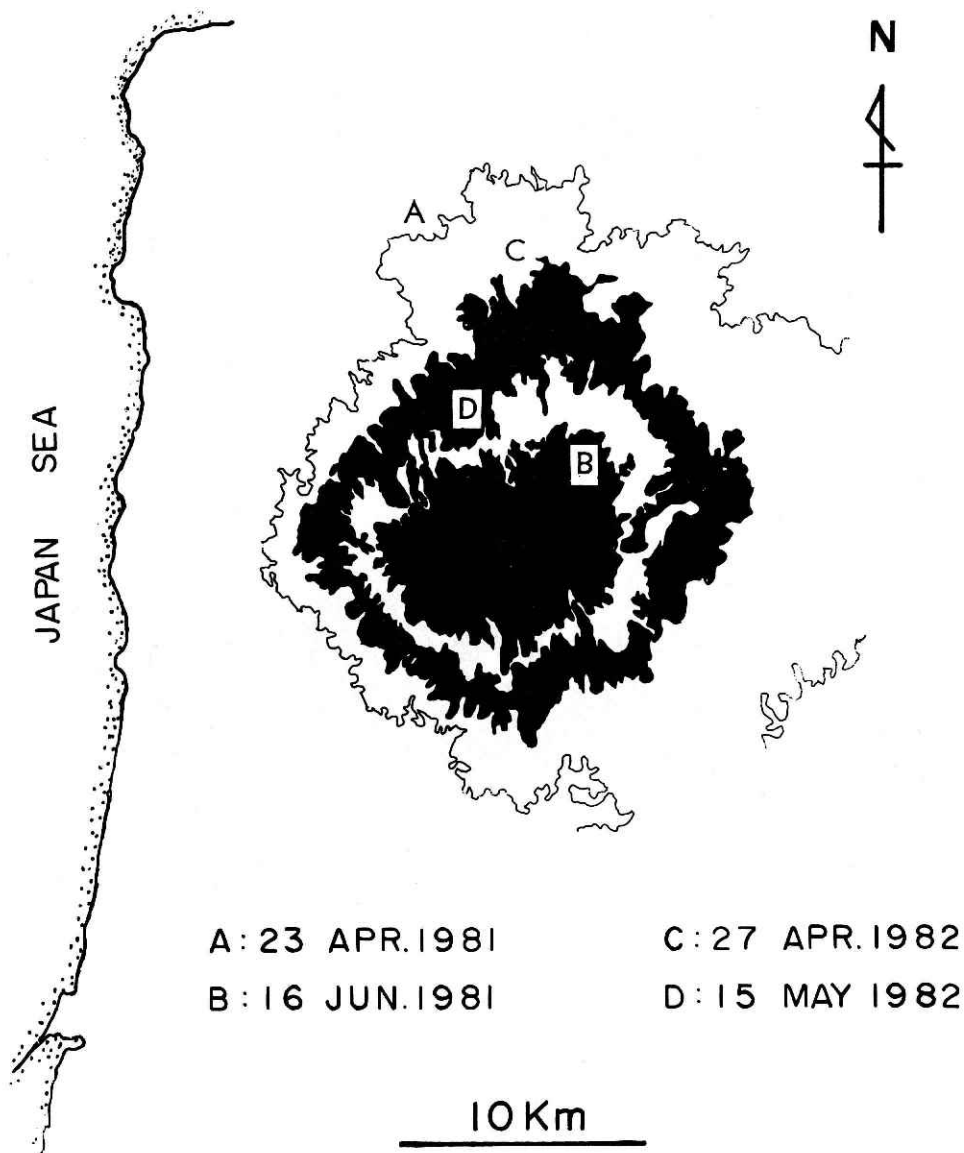


図1 鳥海山の雪線の縮退 (1981年及び1982年). ランドサット映像写真を図化したもの.

Fig. 1 Variation of the snow line on Mt. Chokai analyzed and drawn from the LANDSAT imagery (in 1981 and 1982).

び同年6月16日の雪線と1982年4月27日および同年5月15日のものが描かれている。この二冬期の残雪域を比較して気の付く事は、同じ4月末でも、1981年の方が残雪域が大である。すなわち、豪雪年(56豪雪)の程度がうかがえるのである。今、同じ4月末と言ったが、実際には1982年の4月末の測定は前年よりも4日遅い測定である。しかし、この4日間のずれは、雪線のずれにして短距離の個所、すなわち日本海岸寄りの所でも2.5 kmもの差に相当する。この2.5 kmのずれは、4月末の4日間のずれだけで、これだけ雪線が後退(縮退)するとは考えにくいから、これは、やはり、豪雪の故であると考えるのがごく自然である。

また、この年、すなわち1981年の4月から6月までの雪線の縮退をみると、翌1982年の時と同じく、縮退は北部の方で一番大きく、南西側、すなわち日本海側では一番少ない。北部と西部での違いには約2倍以上もの違いがあることが分る。1981年の北部での縮退の速さは、約410 m/日(4月23日から6月16日迄の25日の平均)であり、1982年のそれは、約180 m/日(4月27日から、5月15日迄の20日間の平均)である。この日縮退速度の鳥海山周囲の平均値(東西南北両方向の測定値の平均)は、1981年では約280 m/日、1982年のそれは約140 m/日と計算された。1982年の残雪像、それは、4月のものであれ6月のものであれ、これらの像は前年の1979年の5月22日の残雪像と酷似している(中村他、1980)。

これらの鳥海山での残雪域の雪線の縮退距離やその速さを、表1にまとめて示した。

ただし、ここでいう東西南北方向とはそれぞれ次の方向とした。今図1を見ると、その残雪域の形は、ほぼ東西南北方向に対角線を持ったやや菱形であることが分る。この対角線方向をそれぞれ、東西、南北方向とし、この方向沿いに測定した距離をもって縮退距離とした

表1 残雪域の雪線の縮退(後退)距離およびその縮退速度

Table 1 Differences in horizontal distances between two snow lines at two different dates, and the degeneration speeds along the horizontal distances.

縮退距離 ・速度 方位	1981 年		1982 年	
	4/23～6/16までの25 日間の縮退距離 (km)	縮退速度 (m/日)	4/27～5/15までの20 日間の縮退距離 (km)	縮退速度 (m/日)
東 方 向	—	—	3.08	154
西 方 向	4.44	178	1.96	98
南 方 向	6.39	256	2.52	126
北 方 向	10.28	411	3.64	182
平 均	7.04	281	2.80	140

のである。それゆえ、南北方向は、地理学的南北方向と同一であるが、東西方向が少し異なっている。

図1から、海岸線から残雪域の雪線までの最短距離を求めたところ、豪雪年の4月末では約5 kmと一番小さく、翌年は約6.6 kmとなっている。表2の項目Bには、異なる4日の撮影日のそれぞれの日の値をまとめて表示してある。

図2はこれらの残雪像から求めた残雪域の時間的变化を表わす。表2の項目Aには、これ

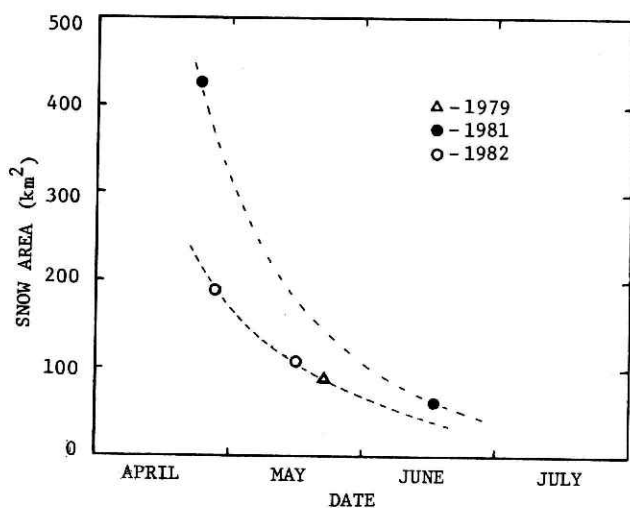


図2 残雪域の経時変化

Fig. 2 Measured time change of the residual snow area on Mt. Chokai.

表2 ランドサット映像写真(白黒写真, フィルムの大きさ:70mm)から求めた鳥海山の残存域とその残雪域の西側端部から日本海岸までの水平距離。項目Cは、新庄市における終雪日を零として数え始めた観測日までの日数。1981年では、終雪日は4月10日で、1982年では3月31日である。

Table 2 Residual snow areas and distances between the shoreline and the snow line at the western side of the snow area analyzed from the LANDSAT imagery.

観測日	項目	A, 残雪域 (km ²)	B, 海岸線迄の距離 (km)	C, 経過日数 (日)
1981, 4, 23		425.97	4.91	13 —
1981, 6, 16		61.68	8.69	60 —
1982, 4, 27		188.22	6.62	— 27
1982, 5, 15		106.51	7.94	— 45

らの数値が示されている。図2あるいは表2から分るように、豪雪年の1981年の4月末には426km²もの残雪域があり、これが6月の中旬には62km²と減っている。他方、1982年の4月27日の残雪域190km²は、その20日後に、その約1/2弱の100km²になっている。豪雪年の前年と比べると分るが、いかに1981年には多量の雪が降ったかが知られよう。図2中の三角形印の値は1979年の時の値である。観測数は少ないが、指数関数的に減っているとみなしてみよう。

毎年図2の様に指数関数的に減っていると考えれば、56豪雪年の4月末では平年値の約2倍以上もの雪が残っていた事が分る。ちなみに、56豪雪年の新庄市(鳥海山頂から41km内陸に入った地点)における平地での最大積雪深は174cmであり、最近20年間の平年値は140cmである。

図3は同じ値を対数表示したものである。図を見ると分るように、良く一直線上に並んでいる。それゆえ、指数関数的に変化していると考えられるので、この方程式として、次式を導出した。

$$\log_{10} A = -1.10 \log_{10} t + 3.84.$$

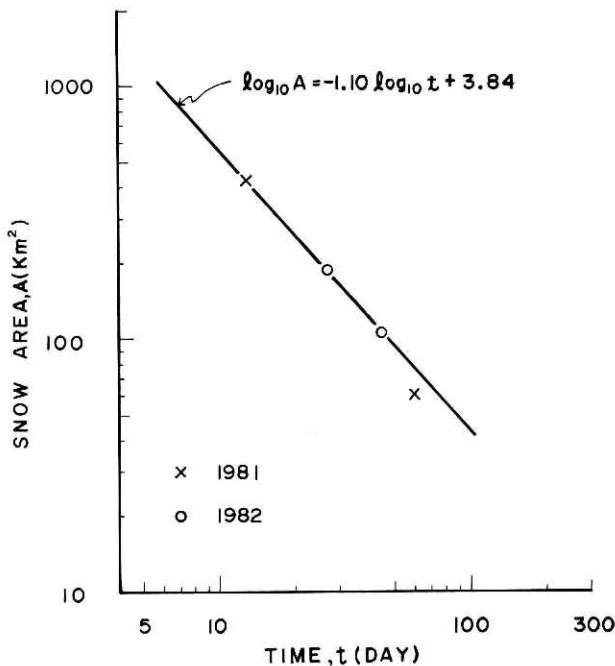


図3 残雪域の経時変化。式中のAは残雪域の面積(km²)を、tは新庄市における終雪日を零として数え始めた観測日までの日数を表す。この経過日数は表1に示してある。

Fig. 3 Time change of the residual snow area on Mt. Chokai, with a logarithmic equation fit to the data.

ただし、 A は残雪域(km²)であり、 t は新庄市における終雪日を零として数え始めた観測日までの日数である。新庄市における終雪日は、1981年にあっては4月10日、1982年では3月31日である。表2の項目Cには、この終雪日から観測日までの経過日数を表記してある。この式が、他のどの年にも当てはまるとすれば、一旦、新庄市での終雪日が来た後は、鳥海山の残雪域が予測できることになる。

4. 結論と考察

太陽光の雪面からの反射のために、地表が一部露出している、ランドサット映像には白く写ってしまうであろう。すなわち残雪域は過大に見積もられよう。他方、残雪域の決定、換言すれば雪線の同定には少なからぬ困難さがある。少なくとも上記の二つが、ランドサット映像写真から雪の面積を考察するときの重点と考えられるし、またそこに問題もあるが、ランドサットデータから残雪域の時間変化を表現する式を鳥海山について導出した。この式によれば、もし新庄市での終雪日さえ分れば、その後の鳥海山の残雪域が予測できる。しかも、この式は、4月の中旬から6月上旬頃までは良く予測できそうである。しかし、その前後については未だ不明である。例えば、新庄市での終雪日の時の鳥海山での残雪域は、上式によれば、6918 km²となり、この面積を円近似すれば、直径は約94 kmとなる。図1から分るように、鳥海山頂から海岸までは、わずかの16 kmしかないから、直径94 kmという値は、かなりの範囲であることが知られよう。また6月以降の値の実測値が無いから、これ以降の日についての妥当性も目下の所は不明である。しかし、年にかかわらず、一つの直線式で表現できるということは、一つの自然現象をよく表現しているといつて良さそうである。

雪線の縮退(後退)距離の方位依存性の原因は、まず第1番に積雪分布の違い、すなわち、降雪量の違いに相当すると思われる。2番目の要因は鳥海山周囲の気象の違いと考えられる。また、鳥海山は1974年に153年ぶりに爆発した火山なので、火山エネルギーに基づく融雪も考慮に入れる必要があろう。春先の融雪期のこの雪線の縮退速度が、一日に100 mものオーダーである事は意外であった。

当初のランドサットデータへの期待に反して、毎年得られる利用しうるデータ数は雲のため少ないが、毎年わずかずつでも収集することにより、ランドサットデータの積雪域への利用の可能性は高まると思われる。また、映像写真による残雪域の調査のみに止まることなく、雪の物理的諸量の解読が将来行なわれることが必要である。種々の制約があるとはいえ、広域の積雪野を一度に把握できるランドサットデータへ対する期待は大きい。

謝辞

ここに使用したランドサットデータは、宇宙開発事業団(地球観測センター)から提供さ

れた。提供を受ける際には、当国立防災科学技術センターの植原茂次第3研究部長から種々御力添えを賜った。また、T・E・ラング教授からは英文の通読をしていただいた。併せて深く感謝の意を表わすものである。

参 考 文 献

- 1) International Glaciological Society (1975) : Symposium on Remote Sensing in Glaciology. Cambridge, 1974. J. of Glaciology, Vol. 15, No. 73, 482 pp.
- 2) 中村勉, 中村秀臣, 沼野夏生, 阿部修, 東浦将夫 (1980) : 鳥海山の残雪変化, 日本雪氷学会秋季大会講演予稿集, 第266番.

(1983年12月1日 原稿受理)